BDeBooks.com

E-BOOK

www.BDeBooks.com
FB.com/BDeBooksCom
BDeBooks.Com@gmail.com

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ডের নতুন সিলেবাস অনুযায়ী **৪র্থ পর্ব** : ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজির ছাত্র-ছাত্রীদের জন্য রচিত।

বিষয় কোড : ৬৮৪২

কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১

Communication Engineering-1

কেন এ বইটি অনন্য :

- বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ডের সর্বশেষ সিলেবাস ও প্রশ্নের ধারা অনুযায়ী প্রণীত।
- কারিগরি শিক্ষা বোর্ডের বিগত বছরের প্রশ্নের সমাধান।
- বোর্ড ফাইনাল পরীক্ষার প্রশ্ন (উত্তর সংকেতসহ) সংযুক্ত করা হয়েছে।
- সিলেবাস অনুসারে ব্যবহারিক সংযোজন করা হয়েছে।
- গবেষণামূলক সাজেশন সংযোজন করা হয়েছে।

রচনায়

মোহাম্মদ কামরুজ্জামান
বিএসসি টিই
(ইলেকট্রিক্যাল অ্যান্ড ইলেকট্রনিক্স ইঞ্জিনিয়ারিং)
পিজিডিটিই (ইই), আইইউটি
ইনস্ট্রাক্টর ও বিভাগীয় প্রধান (ইলেকট্রনিক্স)
সিরাজগঞ্জ পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট, সিরাজগঞ্জ।

অলোক সরকার
ইনস্ট্রাক্টর (ইলেকট্রনিক্স)
সাতক্ষীরা পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট,
সাতক্ষীরা।

শেখ মোঃ সাজেদুল আনোয়ার
ডিপ্লোমা ইন ইঞ্জিনিয়ারিং (ইলেকট্রনিক্স)
বিএসসি ইন টেকনিক্যাল এডুকেশন
(ইলেকট্রিক্যাল অ্যান্ড ইলেকট্রনিক্স)
জুনিয়র ইনস্ট্রাক্টর (ইলেকট্রনিক্স)
সিলেট পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট, সিলেট।

মোঃ মোস্তাফিজুর রহমান খান
ডিপ্লোমা ইন ইঞ্জিনিয়ারিং (ইলেকট্রনিক্স)
বিএসসি ইন টেকনিক্যাল এডুকেশন
(ইলেকট্রিক্যাল অ্যান্ড ইলেকট্রনিক্স)
জুনিয়র ইনস্ট্রাক্টর (ইলেকট্রনিক্স)
টাঙ্গাইল পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট, টাঙ্গাইল।

মোঃ বাবুল
জুনিয়র ইনস্ট্রাক্টর (ইলেকট্রনিক্স)
খুলনা পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট, খুলনা।

প্রকাশনায়
টেকনিক্যাল প্রকাশনী
৩৮ বাংলাবাজার (৪র্থ তলা), ঢাকা- ১১০০।

প্রকাশক	:	টেকনিক্যাল প্রকাশনীর পক্ষে মোঃ তালহা ইসলাম (বাবু) বেগম তাসলিমা ইসলাম ৩৮, বাংলাবাজার (৪র্থ তলা) ঢাকা- ১১০০। ফোন : ০২-৯৫৬৩২৩২, ০২-৯৫১৪২৯০।
ম্যানেজার মোবাইল	:	০১৯১৫৬৪৯৯৭২, ০১৯৪২২৭৪৭৪৬, ০১৯২৩৭০৪০২৬, ০১৯৫৪০০০৯৫৪,
বিকাশ মোবাইল	:	০১৯৮৪৭৫৫১১৫, ০১৯৫৯৯৯৫৫৪০ (পার্সোনাল), ০১৭১২৫৮৪৪৫৩ (মার্চেন্ট, পেমেন্ট)।
মোবাইল ম্যাসেজ অর্ডার	:	০১৯৪২২৭৪৭৪৬, ০১৯২৩৭০৪০২৬, ০১৭১৭১৭১৮৭৩, ০১৯১৫৬৪৯৯৭২
গোডাউন ডেলিভারি কাউন্টার	:	০১৯৬৩৮২৬৬৯৯।
		ই-মেইল : technicalprocashoni@gmail.com Web : technicalprokashoni.com http://www.facebook.com/technicalprocashoni/

গ্রন্থস্বত্ব	:	প্রকাশক কর্তৃক গ্রন্থস্বত্ব-সংরক্ষিত

প্রথম প্রকাশ	:	অক্টোবর, ২০০৭ ইং
দ্বিতীয় সংস্করণ	:	২০০৮ ইং
তৃতীয় সংস্করণ	:	২০০৯ ইং
চতুর্থ সংস্করণ	:	২০১০ ইং
পঞ্চম সংস্করণ	:	২০১১ ইং
ষষ্ঠ সংস্করণ	:	২০১২ ইং
সপ্তম পরিমার্জিত সংস্করণ	:	২০১৩ ইং
অষ্টম পরিমার্জিত সংস্করণ	:	২০১৪ ইং
নবম পরিমার্জিত সংস্করণ	:	২০১৫ ইং
পরিমার্জিত সংস্করণ	:	২০১৬ ইং
পরিমার্জিত সংস্করণ	:	২০১৭ ইং
প্রচ্ছদ পরিকল্পনায়	:	জনাব আলহাজ্ব মোঃ সাইফুল ইসলাম মোবাইল : ০১৭১২৫৮৪৪৫৩, ০১৯১৭৬৬৬০৫৮
বর্ণবিন্যাসে	:	শাপলা অ্যান্ড তালহা কম্পিউটার সেন্টার ৩৮ বাংলাবাজার (৪র্থ তলা) ঢাকা- ১১০০।
মুদ্রণে	:	টেকনিক্যাল প্রিন্টিং প্রেস বাংলাবাজার, ঢাকা- ১১০০।

মূল্য : ২০০/- (দুইশত) টাকা মাত্র।

উৎসর্গ

শ্রদ্ধেয় বাবা, মা,
স্ত্রী ও কন্যাদ্বয়কে

ভূমিকা

কারিগরি শিক্ষা ব্যবস্থায় শিক্ষার্থীরা বহুদিন ধরেই মাতৃভাষা বাংলায় পড়াশুনা করে আসছে। কিন্তু বহুদিন যাবৎ তাদেরকে ইংরেজি বইয়ের উপরই নির্ভর করতে হতো। কয়েকটি প্রকাশনা সংস্থার মহতী উদ্যোগে অনেকেই কারিগরি বিষয়ের উপর বাংলায় বই লেখা শুরু করলে শিক্ষার্থীদের ইংরেজি বই পড়ার কষ্টসাধ্য পর্যায় অতিক্রমের সুযোগ হয়। যদিও এখন পর্যন্ত বাংলায় কারিগরি বিষয়ের উপর যে সকল বই রচিত হয়েছে সেগুলোর মধ্যে অনেক বইয়ের মান ভালো নয়। তবুও বাংলায় বই লেখার প্রচেষ্টা অব্যাহত থাকলে এক সময় ভালো বই বের হবে বলে আমরা আশাবাদী। বাংলায় বই লিখে যারা কারিগরি শিক্ষার্থীদের বই পিপাসা মিটাতে কাজ করে যাচ্ছেন আমরা নিজে **"৬৮৪২-কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১"** বইটি লিখে এ ধারায় নিজেদের সম্পৃক্ত করলাম মাত্র। একই সংগে ইলেক্ট্রনিক্স বিভাগের শিক্ষার্থীদের এ বিষয়ের বইয়ের চাহিদা পূরণ হবে বলে আমরা মনে করি।

স্বল্প সময়ে গ্রন্থসত্ত্ব সহ বইটি প্রকাশের ব্যবস্থা করায় টেকনিক্যাল প্রকাশনীর স্বত্ত্বাধিকারী জনাব আলহাজ্ব সাইফুল ইসলামকে জানাই আন্তরিক ধন্যবাদ।

একান্ত সদিচ্ছা থাকা সত্ত্বেও বইটিতে অনেক অনিচ্ছাকৃত ভুল-ত্রুটি থাকতে পারে। ভুল-ত্রুটি সংশোধনের জন্য যে কোনো গঠনমূলক মন্তব্য, পরামর্শ সাদরে গ্রহণ করব। যাদের উদ্দেশ্যে বইটি রচিত হলো তাদের কিছুটা উপকারে আসলে আমরা নিজেদের সার্থক মনে করব।

ধন্যবাদান্তে—
লেখকবৃন্দ

সিলেবাস

কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১

6842 Communication Engineering-1

T	P	C
3	3	4

Theory

1. Understand the signals and spectra.

1.1 Describe electromagnetic wave and energy.
1.2 Describe the allocation of frequency bands for various communication system.
1.3 Explain the nature of different signals and their frequency ranges.
1.4 Define information.
1.5 Describe the basic building block of a communication system.
1.6 Define baud.
1.7 Describe bandwidth and information capacity.
1.8 Describe the factors affecting the channel capacity.

2. Understand the Noise in telecommunication system.

2.1 Define noise.
2.2 Mention the different types and sources of noise.
2.3 Describe the different noise.
2.4 Define Signal-to-Noise ratio.
2.5 Describe the noise figure.

3. Understand Amplitude modulation.

3.1 Define modulation.
3.2 Mention the need for modulation.
3.3 Define Amplitude modulation.
3.4 Describe the basics of AM modulation.
3.5 Derive the expression of AM modulation.
3.6 Define modulation index and depth of modulation.
3.7 State the relative power distribution in carrier and side bands.
3.8 Solve problem related with band width and side band power
3.9 Describe the idea of DSB-SC, SSB-SC and V.S.B modulation.

4. Understand the frequency and pulse modulation.

4.1 Define frequency modulation.
4.2 Describe the concept of frequency modulation
4.3 Derive the expression for frequency modulated wave.
4.4 Explain the FM spectra and bandwidth.
4.5 Describe the idea of modulation index, maximum frequency deviation and deviation ratio of FM wave.
4.6 State the method of generation of PPM, PDM and PWM signals.
4.7 Describe the comparison of AM , FM and PM.

5. Understand the feature of AM and FM modulator.

5.1 Explain the basic operation of collector modulator, base modulator and balanced modulator.
5.2 Describe the principle of SSB-SC generation.
5.3 Mention the principles of operation of varactor diode modulator.
5.4 Mention the application of various modulator.

6. Understand the demodulation of AM waves.

6.1 Explain the principle of operation of linear diode detector.
6.2 State the concept of diagonal clipping and empirical formula for RC time constant.
6.3 Understand the synchronous detector and PLL.
6.4 Explain the basic principle of PLL with block diagram.

7. Understand the demodulation of FM wave.

7.1 Explain the basic principle of detection of FM wave.
7.2 List the methods of FM demodulation.
7.3 Describe the foster-Seeley discriminator and its working principle.
7.4 State ratio detector and its advantages over foster-Seeley discriminator circuit.
7.5 State the function of limiter circuit

8. Understand the Radio Transmitter.

8.1 State the classification of radio transmitters in terms of power, frequency, modulation, service involved
8.2 Explain the block diagram of AM transmitter with function of each state.
8.3 State the difference between high level and low level modulation.
8.4 Explain the block diagram of stereo FM transmitter with resulting spectrum.
8.5 Explain the operation of SSB-SC transmitter with block diagram.

9. Understand the radio receiver.

9.1 Describe briefly the operation of crystal, Tuned radio-frequency receiver and super receiver.
9.2 Explain the block diagram of super heterodyne AM radio receiver with function of each block and waveforms at input and output of each block.
9.3 Define the term frequency and Co channel interference
9.4 Explain the typical circuit of each block of super heterodyne receiver.
9.5 Explain a typical IC based AM and FM radio receiver circuit
9.6 Explain choice, alignment and tracking, IF and band switch of a radio receiver.
9.7 Explain the sensitivity, selectivity and fidelity.

10. Understand the feature of Telephone.

10.1 Describe briefly telegraphy and telephony system.
10.2 Describe the working principle of telephone handset transmitter and receiver.
10.3 Define side tone.
10.4 Mention advantage and disadvantage of side tone.
10.5 Describe the tones used in automatic telephone.
10.6 Describe different type of dialing system .
10.7 Define the terms traffic, busy hour traffic unit, grade of service, availability and erlong's formula.

11. Understand the concept of digital communication.

11.1 Mention the advantage of digital communication.
11.2 Describe the sampling theorem
11.3 Mention the types of sampling.
11.4 Describe the quantization & coding principle of PNM & PCM
11.5 Describe the functional diagram of PNM & PCM.
11.6 Describe the quantization noise, fold-Over noise, Interpolation Noise & error for PCM.
11.7 Explain the methods of reducing quantization noise, fold-Over noise and Interpolation noise.

12. Understand the modulation of digital data.

12.1 Understand the modulation of binary data.
12.2 Describe ASK, FSK and PSK.
12.3 List the application of ASK, FSK and PSK techniques in analogue and data communication.
12.4 Explain the methods of quadrature amplitude modulation(QAM).

13. Understand the transmission media.

13.1 Mention the categories of transmission media.
13.2 Describe the construction of twisted pair (UTP,STP), coaxial and fiber optic cable.
13.3 State the characteristics of twisted pair (UTP,STP), coaxial and fiber optic cable.
13.4 State the application field of twisted pair (UTP,STP), coaxial and fiber optic cable.
13.5 Advantages and disadvantages of each types of cables.
13.6 Describe the method of radio, microwave and infra red communication system.
13.7 State the characteristics of radio, microwave and infra red communication system.

PRACTICAL

1. Study the communication signals and spectra.

1.1 Select required equipment, tools and materials.
1.2 Set up the equipment for observing audio frequency signal
1.3 Observe amplitude, loudness, frequency, tone, wave, shape and sound quality.
1.4 Observe low frequency sine waves/square waves/triangular waves at different frequencies and note sound quality.
1.5 Note the relationship between bandwidth and sound quality.

2. Measure the modulation index for AM wave forms with different combination of modulating and carrier signals (at least four combination

2.1 Select required circuit board , equipment, tools and materials.
2.2 Connect the circuit and equipment.
2.3 Input different modulating and carrier signals.
2.4 Make proper adjustments.
2.5 Record the required data.
2.6 Calculate modulation index for each set of data.

3. Study the working of a DSB modulator with and without carrier suppression.

3.1 Select required circuit board, equipments, tools and materials.
3.2 Set up the equipment for above conditions.
3.3 Observe the operation.
3.4 Observe the operation of carrier suppression on power efficiency

4. Study the working of Frequency modulation.

4.1 Select required circuit board, equipments, tools and materials.
4.2 Set up circuit board and equipment.
4.3 Input proper signals.
4.4 Make proper adjustments.
4.5 Observe FM wave.

5. Familiarize with the component layout and controls of popular radio receiver.

5.1 Select radio receiver, required equipments, tools and materials.
5.2 Observe different components and their layout.
5.3 Observe different control knobs.
5.4 Observe adjustment of different control knobs and the service.

6. Study the RF amplifier and converter stage of AM radio receiver
- 6.1 Select radio receiver, required equipments, tools and materials.
- 6.2 Identify the RF and converter stage in the circuit diagram and in the receiver.
- 6.3 Make the list of the components.
- 6.4 Trace the circuit in the receiver.

7. Study the IF and detector section of an AM radio receiver.
- 7.1 Select radio receiver, required equipments, tools and materials.
- 7.2 Identify the IF and converter stage in the circuit diagram and in the receiver.
- 7.3 Make the list of the components.
- 7.4 Trace the circuit in the receiver.

8. Study the audio stage of an AM radio receiver.
- 8.1 Select radio receiver, required equipments, tools and materials.
- 8.2 Identify the stage in the circuit diagram and in the receiver.
- 8.3 Make the list of the components.
- 8.4 Trace the circuit in the receiver.

9. Measure the DC and AC voltages at different points of a super heterodyne radio receiver.
- 9.1 Select radio receiver, required equipments, tools and materials.
- 9.2 Observe the circuit diagram and select the test points.
- 9.3 Measure the voltage at various points .
- 9.4 Prepare a voltage chart for observed voltage.
- 9.5 Compare the observed voltage with the given values in the diagram.

10. Demonstrate the process of alignment of AM radio receiver.
- 10.1 Select AM radio receiver, required equipments, tools and materials.
- 10.2 Identify the components of alignment.
- 10.3 Process the alignment from output to input with half (middle) way setting.
- 10.4 Observe the tone.
- 10.5 Make realignment for better output.

11. Demonstrate the process of alignment of FM radio receiver.
- 11.1 Select FM radio receiver, required equipments, tools and materials.
- 11.2 Identify the components of alignment.
- 11.3 Process the alignment from output to input with half (middle) way setting.
- 11.4 Observe the tone.
- 11.5 Make realignment for better output.

12. Study the operation of pulse code modulator.
- 12.1 Select pulse code modulator and required tools and materials.
- 12.2 Identify different parts and note its function.
- 12.3 Input an analogue signal.
- 12.4 Observe the digital output.
- 12.5 Observe different operation of demodulator.

13. Study the operation of pulse code modulation
- 13.1 Select the circuit and required tools and materials.
- 13.2 Identify different parts and note its function.
- 13.3 Input pulse code (digital) signal.
- 13.4 Observe the analogue output.
- 13.5 Observe different process of operation.

14. Identify different types of guided communication media (UTP, STP, Co-axial, fiber optic cable), types of connectors and accessories used with them and observe their constructional features.

মানবণ্টন

ক-বিভাগ **অতি-সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন**

(১৫টি প্রশ্ন দেওয়া থাকবে। ১৫টি প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে। প্রতিটি প্রশ্নের মান– ২।) ২ × ১৫ = ৩০

খ-বিভাগ **সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন**

(১০টি প্রশ্ন দেওয়া থাকবে। ১০টি প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে। প্রতিটি প্রশ্নের মান– ৩।) ৪ × ১০ = ৪০

গ-বিভাগ **রচনামূলক প্রশ্ন**

(৬টি প্রশ্ন দেওয়া থাকবে। ৫টি প্রশ্নের উত্তর দিতে হবে। প্রতিটি প্রশ্নের মান– ৬।) ১০ × ৫ = ৫০

সর্বমোট : ১২০

অধিক কমনের নিশ্চয়তায়
টেকনিক্যাল প্রকাশনীর বই
গুণে ও মানে বাজারের সেরা বই।

"টেকনিক্যাল প্রকাশনীর" বই পড়ুন
রেফার্ডমুক্ত জীবন গড়ুন।

সূচিপত্র

প্রথম অধ্যায় সিগন্যাল ও স্পেকট্রা

১.১ ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ এবং এনার্জি ১৩
১.২ বিভিন্ন প্রকার কমিউনিকেশন নেটওয়ার্কের জন্য নির্ধারিত ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ড-এর বর্ণনা ১৭
১.৩ বিভিন্ন প্রকার সিগন্যালের প্রকৃতি/বৈশিষ্ট্য এবং সেগুলোর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ ব্যাখ্যা ১৮
১.৪ ইনফরমেশন-এর সংজ্ঞা ২০
১.৫ কমিউনিকেশন সিস্টেমের মৌলিক ব্লক তৈরিকরণ ২০
১.৬ বাডের সংজ্ঞা ২২
১.৭ ব্যান্ড ওয়াইডথ এবং ইনফরমেশন ক্যাপাসিটি বর্ণনা ২৩
১.৮ চ্যানেল ক্যাপাসিটিকে প্রভাবিত করে এরূপ বিষয়সমূহের বর্ণনা ২৪

দ্বিতীয় অধ্যায় টেলিকমিউনিকেশন সিস্টেমে নয়েজ

২.১ নয়েজের সংজ্ঞা ৩৪
২.২ বিভিন্ন প্রকার নয়েজ এবং নয়েজের উৎস ৩৪
২.৩ বিভিন্ন প্রকার নয়েজের বর্ণনা ৩৫
২.৪ সিগন্যাল টু নয়েজ রেশিওর সংজ্ঞা ৪০
২.৫ নয়েজ ফিগার-এর বর্ণনা ৪০

তৃতীয় অধ্যায় অ্যামপ্লিচুড মডুলেশন

৩.১ মডুলেশনের সংজ্ঞা ৪৮
৩.২ মডুলেশনের প্রয়োজনীয়তা ৫০
৩.৩ অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের সংজ্ঞা ৫১
৩.৪ AM মডুলেশনের মূলনীতি ৫১
৩.৫ AM মডুলেশনের এক্সপ্রেশন ৫৪
৩.৬ মডুলেশন ইনডেক্স ও ডেপথ অব মডুলেশন এর সংজ্ঞা ৫৭
৩.৭ ক্যারিয়ার পাওয়ার ও সাইড ব্যান্ড পাওয়ারসমূহের মান ৫৯
৩.৮ ব্যান্ডওয়াইডথ এবং সাইড ব্যান্ড পাওয়ারের সাথে সম্পর্কিত সমস্যা ৬১
৩.৯ DSB-SC, SSB-SC এবং VSB মডুলেশনের ধারণা বর্ণনা ৬৯

চতুর্থ অধ্যায় ফ্রিকুয়েন্সি ও পাল্‌স মডুলেশন

৪.১ ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন-এর সংজ্ঞা ৮১
৪.২ ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের ধারণা ৮২
৪.৩ ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড ওয়েভের অ্যানালাইসিস ৮৪
৪.৪ এফএম স্পেকট্রাম এবং ব্যান্ডওয়াইডথ ব্যাখ্যা ৮৫
৪.৫ মডুলেশন ইনডেক্স, সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশন এবং FM ওয়েভের ডেভিয়েশন রেশিও বর্ণনা ৮৭
৪.৬ PPM, PDM এবং PWM সিগন্যাল জেনারেশন পদ্ধতি বর্ণনা ৮৮
৪.৭ এ এম, এফএম এবং পিএম-এর তুলনা ৯০

পঞ্চম অধ্যায় এএম ও এফএম মড্যুলেটরের বৈশিষ্ট্য

৫.১ কালেক্টর মডুলেটর, বেইজ মডুলেটর এবং ব্যালান্স মডুলেটর-এর মূলনীতি ব্যাখ্যা ৯৯
৫.২ SSB-SC সিঙ্গেল সাইড ব্যান্ড সাপ্রেজড ক্যারিয়ারের মূলনীতি ১০২
৫.৩ ভ্যারেক্টর ডায়োড মডুলেটরের মূলনীতি ১০৪
৫.৪ বিভিন্ন প্রকার মডুলেটরের ব্যবহার বা প্রয়োগক্ষেত্র ১০৫

ষষ্ঠ অধ্যায় এএম ওয়েভের ডিমডুলেশন

৬.১ লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের কার্যপ্রণালি ১১২
৬.২ RC টাইম কনট্যান্টের জন্য ডায়াগোনাল ক্লিপিং এবং ইম্পেরিক্যাল ফর্মূলা বর্ণনা ১১৪
৬.৩ সিনক্রোনাস ডিটেক্টর এবং PLL ১১৬
৬.৪ ব্লক ডায়াগ্রাম সহকারে PLL-এর মূলনীতি ব্যাখ্যা ১১৭

সপ্তম অধ্যায় এফএম ওয়েভের ডিমডুলেশন

৭.১ FM ওয়েভ-এর ডিটেকশনের মূলনীতি ১২৬
৭.২ এফএম ডিমডুলেশনের পদ্ধতি ১২৭
৭.৩ ফস্টার-সিলী ডিসক্রিমিনেটর এবং এর কার্যনীতি ১২৯
৭.৪ রেশিও ডিটেক্টর এবং ফস্টার সিলি ডিসক্রিমিনেটর সার্কিট হতে এর সুবিধা বর্ণনা ১৩২
৭.৫ লিমিটার সার্কিটের কাজ বর্ণনা ১৩৩

অষ্টম অধ্যায় রেডিও ট্রান্সমিটার

৮.১ পাওয়ার, ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন এবং সার্ভিস সম্পর্কিত রেডিও ট্রান্সমিটারের শ্রেণিবিভাগ বর্ণনা ১৩৯
৮.২ প্রতিটি স্টেটের কার্যাবলীসহ AM ট্রান্সমিটারের ব্লক ডায়াগ্রাম ব্যাখ্যা ১৪১
৮.৩ লো লেভেল এবং হাই লেভেল মডুলেশনের মধ্যে পার্থক্য বর্ণনা ১৪৩
৮.৪ স্পেকট্রাম সহযোগে একটি স্টেরিও FM ট্রান্সমিটারের ব্লক ডায়াগ্রাম ১৪৪
৮.৫ ব্লক চিত্রের সাহায্যে SSB ট্রান্সমিটারের কার্যপদ্ধতি ব্যাখ্যা ১৪৬

নবম অধ্যায় রেডিও রিসিভার

৯.১ ক্রিস্টাল টিউন্ড রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি রিসিভার এবং সুপার রিসিভারের অপারেশনের বর্ণনা ১৫৮
৯.২ একটি সুপার হেটারোডাইন AM রেডিও রিসিভারের ব্লক ডায়াগ্রাম ওয়েভ ফর্মসহ অঙ্কন ও তার প্রতিটি স্টেজের বর্ণনা... ১৬০
৯.৩ ফ্রিকুয়েন্সি এবং কো-চ্যানেল ইন্টারফারেন্স ১৬২
৯.৪ একটি সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের প্রতিটি স্টেজের সার্কিট ও তাদের কার্যপ্রণালির ব্যাখ্যা ১৬২
৯.৫ একটি টিপিক্যাল IC বেজড AM এবং FM রেডিও রিসিভার সার্কিট ১৬৬
৯.৬ সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের অ্যালাইনমেন্ট এবং ট্র্যাকিং ১৭২
৯.৭ সেনসিটিভিটি, সিলেকটিভিটি এবং ফাইডেলিটি ব্যাখ্যা ১৭৫

দশম অধ্যায় টেলিফোনের বৈশিষ্ট্য

১০.১ টেলিগ্রাফ এবং টেলিফোন সিস্টেম বর্ণনা ১৮৮
১০.২ টেলিফোন হ্যান্ডসেট ট্রান্সমিটার ও রিসিভারের কার্যপ্রণালি বর্ণনা ১৯৫
১০.৩ সাইড টোন-এর সংজ্ঞা ১৯৯
১০.৪ সাইড টোনের সুবিধা ও অসুবিধা ১৯৯
১০.৫ স্বয়ংক্রিয় টেলিফোনে ব্যবহৃত টোনসমূহের বর্ণনা ২০০
১০.৬ বিভিন্ন প্রকার ডায়ালিং পদ্ধতি বর্ণনা ২০১
১০.৭ ট্রাফিক অ্যান্ড ট্রাঙ্কিং, বিজি আওয়ার ট্রাফিক ইউনিট, গ্রেড অব সার্ভিস, অ্যাভেইলাবিলিটি এবং আরলংস সূত্রের টার্মসমূহ ২০৪

একাদশ অধ্যায় ডিজিটাল কমিউনিকেশনের ধারণা

১১.১ ডিজিটাল কমিউনিকেশনের সুবিধা ২১২
১১.২ Sampling তত্ত্ব বর্ণনা ২১৩
১১.৩ Sampling-এর প্রকারভেদ ২১৩
১১.৪ পিএনএম ও পিসিএম-এর কোয়ান্টাইজেশন ও কোডিং-এর মূলনীতি বর্ণনা ২১৩
১১.৫ PNM ও PCM পদ্ধতির ফাংশনাল ডায়াগ্রাম বর্ণনা ২১৮
১১.৬ PCM-এর জন্য কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ, ফোল্ড-ওভার নয়েজ, ইন্টারপোলেশন নয়েজ এবং এরর/ত্রুটি ২২০
১১.৭ কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ, ফোল্ড-ওভার নয়েজ, ইন্টারপোলেশন নয়েজ হ্রাস করার পদ্ধতি ব্যাখ্যা ২২২

দ্বাদশ অধ্যায় ডিজিটাল ডাটার মডুলেশন

১২.১ বাইনারি ডাটার মডুলেশন ২২৯
১২.২ ASK, FSK এবং PSM-এর বর্ণনা ২২৯
১২.৩ অ্যানালগ এবং ডাটা কমিউনিকেশনে ASK, FSK এবং PSK কৌশলের প্রয়োগ ২৩৩
১২.৪ কোয়াড্রেচার অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন-এর পদ্ধতি ব্যাখ্যা (QAM) ২৩৩

ত্রয়োদশ অধ্যায় ট্রান্সমিশন মিডিয়া

১৩.১ ট্রান্সমিশন মিডিয়ার প্রকারভেদ ২৪১
১৩.২ টুইস্টেড পেয়ার (UTP, STP) কো-এক্সিয়াল এবং ফাইবার অপটিক ক্যাবলের গঠন বর্ণনা ২৪২
১৩.৩ টুইস্টেড পেয়ার (UTP, STP) কো-এক্সিয়াল এবং ফাইবার অপটিক ক্যাবলের বৈশিষ্ট্য বর্ণনা ২৪৮
১৩.৪ টুইস্টেড পেয়ার (UTP, STP) কো-এক্সিয়াল এবং ফাইবার অপটিক ক্যাবলের প্রয়োগক্ষেত্র বর্ণনা ২৪৮
১৩.৫ প্রত্যেক প্রকার ক্যাবলের সুবিধা-অসুবিধা ২৪৯
১৩.৬ রেডিও, মাইক্রোওয়েভ এবং ইনফ্রারেড কমিউনিকেশন পদ্ধতি ২৫১
১৩.৭ রেডিও, মাইক্রোওয়েভ ও ইনফ্রারেড কমিউনিকেশন সিস্টেমের বৈশিষ্ট্য ২৬৪

ব্যবহারিক ২৭৫ – ৩০৬

সাজেশন্স ৩০৭ – ৩২৫

বিগত বছরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্ন ও উত্তর ৩২৬ – ৩৬৮

অধ্যায় ১

সিগনাল ও স্পেকট্রা

(Understand the Signals and Spectra)

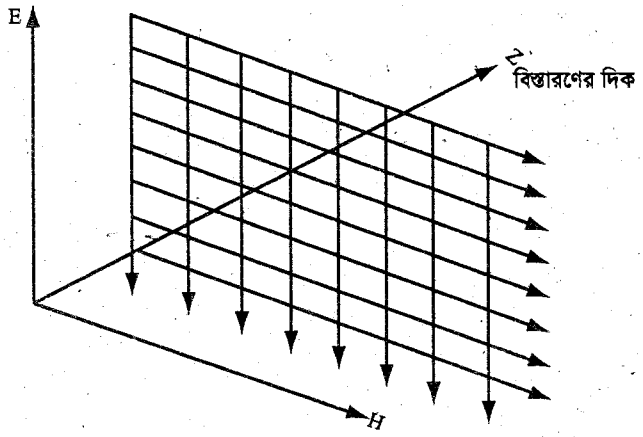
১.০ ভূমিকা
(Introduction)

বর্তমান যুগ হলো কমিউনিকেশনের যুগ। কমিউনিকেশন বলতে তথ্যের আদান-প্রদানকে বুঝানো হয়। ব্যাপক অর্থে কমিউনিকেশন বলতে কোন ইলেকট্রিক ডিভাইসের মাধ্যমে কোন তথ্য আদান-প্রদান এবং এ তথ্যের প্রয়োজনীয় প্রক্রিয়াকরণকে বুঝায়। সর্বপ্রথম কমিউনিকেশন সিস্টেম হলো টেলিগ্রাফ সিস্টেম। ইলেকট্রনিক ইঞ্জিনিয়ারিং এর উন্নয়নের সাথে সাথে পর্যায়ক্রমিকভাবে টেলিফোন, রেডিও, টেলিভিশন, স্যাটেলাইট, ফাইবার অপটিকস, সেলুলার মোবাইল, ফেক্সিমিল, রাডার, কম্পিউটার ও অন্যান্য ডাটা কমিউনিকেশন সিস্টেমের উৎপত্তি হয়। বর্তমানে কমিউনিকেশন সিস্টেমে তথ্য ট্রান্সমিশনের পূর্বে একে সংরক্ষণ, বাছাই ও প্রক্রিয়াকরণ ইত্যাদি কার্যাদি সম্পন্ন করতে হয়। অনুরুপভাবে তথ্য রিসিপশনের পূর্বেও একে সংরক্ষণ, বাছাই ও প্রক্রিয়াকরণ ইত্যাদি কার্যাদি সম্পন্ন করতে হয়। আর এসব কাজে ব্যবহৃত ডিভাইসসমূহের সম্যক ধারণা থাকা আবশ্যক। তাই বলা যায় যে, কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং হলো ইলেকট্রনিক্স এর এমন একটি শাখা যেখানে কোনো তথ্য আদান-প্রদানের জন্য একে সংরক্ষণ, বাছাই ও প্রক্রিয়াকরণ, ট্রান্সমিশন, রিসিপশন ও এ কাজে ব্যবহৃত বিভিন্ন ইলেকট্রনিক ডিভাইসের গঠন, কার্যনীতি, সুবিধা-অসুবিধা, প্রয়োগক্ষেত্র ও এর বিভিন্ন কলাকৌশল নিয়ে বিস্তারিত আলোচনা করা হয়। যে কোন কমিউনিকেশন সিস্টেমের প্রধান ফ্যাক্টর হলো সিগন্যাল।

১.১ ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ এবং এনার্জি
(Describe Electromagnetic Wave and Energy)

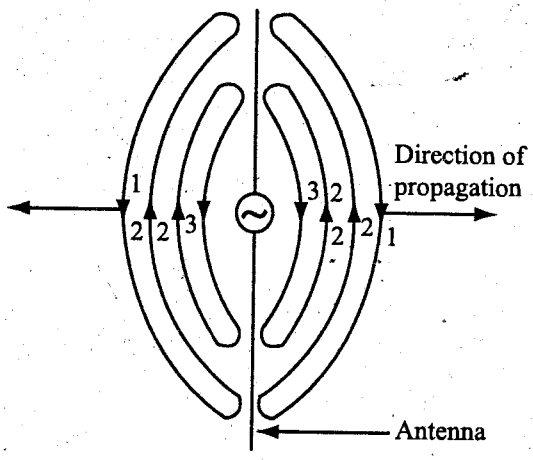
বর্তমান সময়ে রেডিও যোগাযোগ ব্যবস্থা অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিষয় হয়ে উঠেছে। তারবিহীন ইলেকট্রিক্যাল কমিউনিকেশন, যেখানে রেডিও ওয়েভকে ট্রান্সমিশনের জন্য ব্যবহার করা হয়, তাকেই রেডিও কমিউনিকেশন (Radio Communication) বলে। রেডিও কমিউনকেশনের জন্য প্রয়োজন রেডিও ওয়েভ। রেডিও ওয়েভ হলো মূলত ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ, যা শূন্য মাধ্যমের (Free space) মধ্য দিয়ে ভ্রমণ করতে পারে।

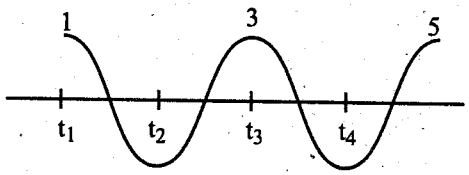
এন্টিনা থেকে বৈদ্যুতিক শক্তি, যা মহাশূন্যে মুক্তভাবে ছড়িয়ে পড়ে, তা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ আকারে পরিচিতি লাভ করে। এ ওয়েভগুলো আলোর বেগে বিস্তার বা প্রোপাগেট (Propagate) করে। এটি ইলেকট্রিক ও ম্যাগনেটিক ফিল্ড নিয়ে গঠিত। এ দুটি ফিল্ড পরস্পর 90° কোণে অবস্থান করে এবং প্রোপাগেশনের দিকের সাথেও সমকোণে অবস্থান করে, যা চিত্রে দেখানো হলো–



চিত্র-১.১ : Z দিকে আড়াআড়িভাবে (Transverse) বিস্তারণ করে এরূপ একটি ইলেকট্রোম্যাগনেটিক তরঙ্গ

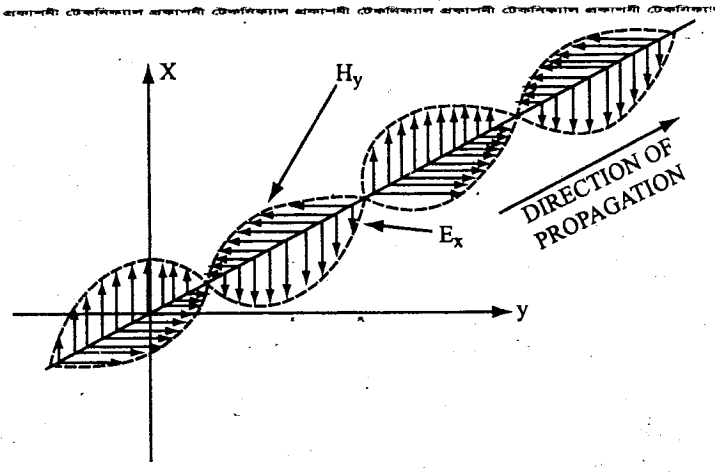
এন্টিনা এমন একটি উপাদান, যার সাহায্যে বৈদ্যুতিক সিগনালকে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভে এবং ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভকে বৈদ্যুতিক সিগন্যালে রূপান্তর করা হয়। যখন এন্টিনাতে রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি (RF) সিগনাল প্রয়োগ করা হয়, তখন এন্টিনা উপাদানের চারদিকে বৈদ্যুতিক ফিল্ড (E-field) এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ড (H-field) সৃষ্টি হয়। এন্টিনাতে প্রয়োগকৃত সিগনাল এসি হওয়ায় সৃষ্ট বৈদ্যুতিক এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ডও পরিবর্তিত হয়। পরিবর্তিত উভয় ফিল্ডই লুপ গঠন করে। অর্থাৎ ধনাত্মক ভোল্টেজ বা কারেন্টের জন্য সৃষ্ট বৈদ্যুতিক বা ম্যাগনেটিক ফিল্ড এবং ঋণাত্মক ভোল্টেজ বা কারেন্টের জন্য সৃষ্ট বৈদ্যুতিক বা ম্যাগনেটিক ফিল্ড লুপ গঠন করে। এভাবে গঠিত পূর্ববর্তী লুপকে পরবর্তী লুপ সামনের দিকে ধাক্কা দেয়। ফলে বৈদ্যুতিক এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ড সামনের দিকে ধাবিত হয়। এভাবে এন্টিনা হতে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ শূন্যস্থানে বা মুক্ত স্থানে ছড়িয়ে পড়ে। এ প্রক্রিয়াকে বিকিরণ (Radiation) বলে।





চিত্র-১.২ : ডাইপোলে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি (RF) সিগনাল প্রয়োগ এবং উৎপন্ন ফিল্ড

ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ একটি পুকুরে সৃষ্ট ঢেউয়ের অনুরূপ। তবে একমাত্র পার্থক্য এই যে, পুকুরে সৃষ্ট ওয়েভ লম্বিক (Longitudinal) তরঙ্গ, অর্থাৎ কণিকাগুলো গমনের দিকে আন্দোলিত হয়, কিন্তু ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ আড় (Transvers) তরঙ্গ, অর্থাৎ অসিলেশন প্রপাগেশন দিকের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বিকিরণের সময় এন্টিনাতে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট পরস্পরের সাথে 90° ফেজ পার্থক্যে বিদ্যমান থাকে। অর্থাৎ ভোল্টেজ সর্বোচ্চ হলে কারেন্ট শূন্য হয় এবং ভোল্টেজ শূন্য হলে কারেন্ট সর্বোচ্চ হয়। ভোল্টেজের জন্য বৈদ্যুতিক ফিল্ড এবং কারেন্টের জন্য ম্যাগনেটিক ফিল্ড সৃষ্টি হয়। এজন্য বৈদ্যুতিক এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ড পরস্পরের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে। আবার ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ প্রপাগেশনের দিক বৈদ্যুতিক এবং ম্যাগনেটিক উভয় ফিল্ডের লম্ব দিকে হয়ে থাকে। এজন্য বলা হয় যে, ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ড প্রপাগেশনে বৈদ্যুতিক ফিল্ড, ম্যাগনেটিক ফিল্ড এবং ওয়েভ প্রপাগেশনের দিক পরস্পরের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে। ১.৩ নং চিত্রে শূন্যস্থানে আড়াআড়ি (Transverse) ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ দেখানো হয়েছে।



চিত্র-১.৩ : শূন্যস্থানে আড়াআড়ি (Transverse) ইলেকট্রোম্যাগ্নেটিক ওয়েভ

বায়ুমণ্ডলকেই এখানে শূন্যস্থান হিসেবে অভিহিত করা হয়েছে। শূন্যস্থানে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ প্রায় আলোর গতির কাছাকাছি গতিতে গমন করে। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের গতি V_C = 299792500 ± 300 মিটার/সেকেন্ড, কিন্তু বিভিন্ন মান নির্ণয়ে আনুমানিক গতি 3×10^8 মিটার/সেকেন্ড ধরা হয়ে থাকে, যা আলোর গতি নির্দেশ করে। বায়ুমণ্ডলে বিভিন্ন স্তর বিদ্যমান থাকে। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বিভিন্ন স্তরের মধ্য দিয়ে গমন করতে পারে। কোন ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ বায়ুমণ্ডলের কোন স্তরে গমন করবে, তা এন্টিনার উচ্চতা এবং ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভর করে।

ইতোমধ্যে আমরা আলোচনা করেছি যে, বৈদ্যুতিক ফিল্ড, ম্যাগনেটিক ফিল্ড এবং ওয়েভ গমনের দিক পরস্পরের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে। শূন্যস্থানে কোন ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ প্রকৃতপক্ষে যেভাবে সজ্জিত থাকে, তাকে পোলারাইজেশন (Polarization) বলে। কোন ওয়েভের পোলারাইজেশন দিক মূলত বৈদ্যুতিক ফিল্ডের অবস্থানের দিক দ্বারা নির্দেশ করা হয়। এটি নির্ভর করে এন্টিনার দিকের উপর। উল্লম্বভাবে অবস্থিত এন্টিনার দ্বারা ভার্টিক্যাল (Vertical) পোলারাইজড ওয়েভ এবং অনুভূমিক দিকে অবস্থিত এন্টিনার দ্বারা হরিজন্টাল (Horizontal) পোলারাইজড ওয়েভ পাওয়া যায়।

যদি ইলেকট্রিক ফিল্ডটি উল্লম্ব (Vertical) তলে অবস্থান করে, তবে তাকে বলা হয় যে, ওয়েভটি Vertically Polarized হয়েছে। যদি ইলেকট্রিক ফিল্ডটি (E) অনুভূমিকভাবে অবস্থান করে, তবে বলা হয় যে, ওয়েভটি Horizontally Polarized হয়েছে। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভসমূহকে আড়াআড়ি ইলেকট্রোম্যাগনেটিক তরঙ্গ (Transverse Electromagnetic wave) বা TEM বলে আখ্যায়িত করা হয়। যেহেতু উভয়ই ইলেকট্রিক এবং ম্যাগনেটিক ফিল্ড কম্পোনেন্টসমূহ Propagation-এর দিকের সাথে আড়াআড়ি (Transverse) হয়ে থাকে। এই ওয়েভের শক্তি মাইক্রোভোল্টে চাপ/মিটারে পরিমাপ করা হয়। এটি করা হয় ম্যাগনেটিক ফিল্ডের সাথে সমকোণে এক মিটার দৈর্ঘ্যের একটি কন্ডাক্টর স্থাপন করে। ওয়েভের ম্যাগনেটিক ফিল্ডটি যখন এই কন্ডাক্টর বরাবর অতিক্রম করে তখন emf আবেশিত হয়, যা ফিল্ডের শক্তি প্রকাশ করে।

এভাবে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ শূন্যস্থানে গমন করে। এ ওয়েভ গ্রহণ করার জন্য গ্রাহক এন্টিনা আবশ্যক হয়। এটি একটি ওয়েভ বিকিরণের বিপরীত প্রক্রিয়া। যখন গ্রাহক এন্টিনা শূন্যে স্থাপন করা হয়, তখন এটা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ কর্তন করে এবং এতে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন ভোল্টেজের জন্য এন্টিনাতে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। এতে যে সিগনাল গৃহীত হয়, তা প্রেরিত সিগন্যালের অনুরূপ হয়ে থাকে। গৃহীত সিগনালকে গ্রাহককে বিভিন্ন প্রক্রিয়ার জন্য প্রেরণ করা হয়ে তাকে। এভাবেই ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের মাধ্যমে প্রেরক এবং গ্রাহকের মধ্যে যোগাযোগ হয়ে থাকে।

১.১.১ ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের স্পেকট্রাম

(The Spectrum of Electromagnetic Wave)

ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভকে নিম্নলিখিতভাবে শ্রেণিবিন্যাস করা যায় :

(১) **Radio Frequency Wave :** রেডিও ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ কয়েক সাইকেল/সেকেন্ড হতে 10^9 সাইকেল/সেকেন্ড হয়ে থাকে। এ ফ্রিকুয়েন্সি ইলেকট্রনিক্স ডিভাইস যেমন অসিলেটর দ্বারা উৎপন্ন করা যায়। টেলিভিশন ও রেডিও ব্রডকাস্টে এ ওয়েভ ব্যবহার করা হয়।

(২) **Micro Wave :** 10^9 সাইকেল/সেকেন্ড হতে 3×10^{11} সাইকেল/সেকেন্ড ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ হলো মাইক্রো ওয়েভ ফ্রিকুয়েন্সি। ইলেকট্রনিক ডিভাইস Klystron এবং Magnetron দ্বারা এ ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করা হয়।

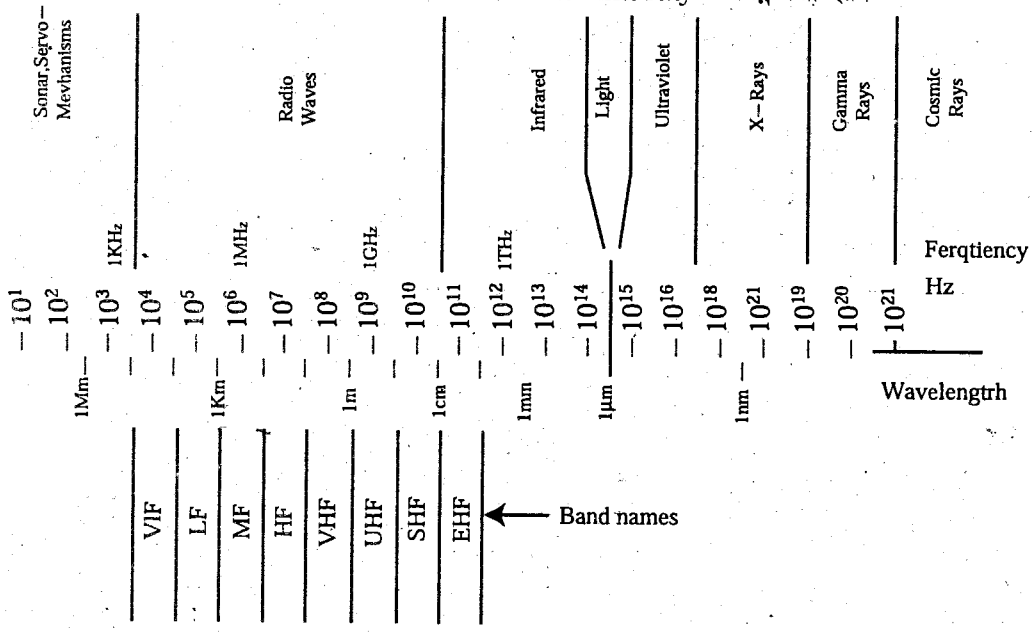
(৩) **Infrared Spectrum :** 3×10^{11} সাইকেল/সেকেন্ড হতে 4×10^{14} সাইকেল/ সেকেন্ড ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ হল Infrared স্পেকট্রাম। মলিকুল (Molecules) এবং উত্তপ্ত কোন বস্তু হতে এটি উৎপন্ন করা হয়। শিল্পকারখানা, জোতির্বিদ্যা, মেডিসিন টেকনোলোজিতে এ স্পেকট্রাম ব্যবহার করা হয়।

(৪) **Light or Visible Spectrum :** 4×10^{14} সাইকেল/সেকেন্ড হতে 8×10^{14} সাইকেল/সেকেন্ড পর্যন্ত ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ হল Visible Spectrum. Atom ও molecule হতে এ স্পেকট্রাম উৎপন্ন করা হয়। সাধারণত Atom ও molecule -এর আভ্যন্তরীণ কম্পোনেন্ট প্রধানত ইলেকট্রনের গতির আভ্যন্তরীণ অ্যাডজাস্টমেন্ট দ্বারা ইহা তৈরি করা হয়। এ ক্ষেত্রে সাধারণত লেজার টেকনোলোজি ব্যবহার করা হয়।

(৫) **Ultraviolet Ray :** এর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 8×10^{14} সাইকেল/সেকেন্ড হতে 3×10^{17} সাইকেল/ সেকেন্ড। এটম ও মলিকুলের ইলেকট্রিক ডিসচার্জের মাধ্যমে এ ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন হয়। চিকিৎসা বিজ্ঞানে আলট্রাভায়োলেট রে ব্যবহার করা হয়।

(৬) **X-Ray :** এর ফ্রিকোয়েন্স রেঞ্জ 3×10^{17} সাইকেল/সেকেন্ড হতে 5×10^{19} সাইকেল/সেকেন্ড পর্যন্ত হয়ে থাকে। এটমের আভ্যন্তরীণ ইলেকট্রন অথবা More tightly bound electron দ্বারা X-ray উৎপন্ন করা হয়। চিকিৎসা বিজ্ঞানে রোগ নির্ণয়ের ক্ষেত্রে এ রশ্মি খুবই কার্যকরী।

(৭) **Gamma Rays (গামা রে) :** এর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 3×10^{18} সাইকেল/সেকেন্ড হতে 3×10^{21} সাইকেল/সেকেন্ড। রেডিও একটিভ পদার্থ হতে Gamma Ray উৎপন্ন করা হয়।



চিত্র-১.৪ : ইলেকট্রোম্যাগনেটিক রেডিয়েশনের স্পেকট্রাম

১.২ বিভিন্ন প্রকার কমিউনিকেশন নেটওয়ার্কের জন্য নির্ধারিত ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ড-এর বর্ণনা

(Describe the Allocation of Frequency Bands for Various Communication System)

বিভিন্ন প্রকার কমিউনিকেশন নেটওয়ার্কের জন্য বিভিন্ন প্রকার ফ্রিকুয়েন্সি নির্ধারণ করা থাকে। একটি নির্দিষ্ট কমিউনিকেশন নেটওয়ার্কের জন্য একটি নির্দিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ থাকে যাকে ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ড বলা হয়। এছাড়াও বিভিন্ন প্রকার সিস্টেমের জন্য আলাদা আলাদা ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ড বরাদ্দ করা থাকে যাকে ফ্রিকুয়েন্সি অ্যালোকেশন (Allocation) বলা হয়। এগুলো ছাড়াও বিভিন্ন প্রকার কমিউনিকেশন নেটওয়ার্কের জন্য ব্যবহৃত মাধ্যমের প্রকৃতির উপর নির্ভর করেও ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ড নির্ধারণ করা হয়।

নিচের তালিকায় বিভিন্ন প্রকার কমিউনিকেশন নেটওয়ার্কের জন্য নির্ধারিত ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ড দেখানো হলো :

Classification	Frequency Range	Wave length Range	Uses
Very Low Frequency (V. L. F.)	10–30 KHz	30–10 km	Long distance point to point communication. (দূরবর্তী দুটি স্থানের মধ্যে যোগাযোগে।)
Low Frequency (L.F)	30-300 KHz	10-1 km	Long distance point to point communication, marine, navigation and broadcast. (দূরবর্তী দুটি স্থানের মধ্যে যোগাযোগে, সমুদ্রে, নৌচালনায় এবং রেডিও ব্রডকাস্টিংয়ে।)
Medium Frequency (M.F)	300–3000 KHz	1000–100 meters	Broadcast, marine commuication navigation and harbour telephone. (রেডিও ব্রডকাস্টিংয়ে, সমুদ্র যোগাযোগে, নৌচালনায় এবং পোতাশ্রয়ের সাথে টেলিফোন যোগাযোগে।)
High Frequency (H. F.)	3 – 30 MHz	100–10 meters	Moderate and long range communication of all types broadcast. (জাতীয় এবং আন্তর্জাতিক সকল প্রকার ব্রডকাস্টিংয়ে।)
Very High Frequency (V.H. F.)	30–300 MHz	10–1 meters	Short distance Communications, TV broadcast, radar, aeronautical and navigation. (অল্প/স্বল্প দূরত্বে যোগাযোগে, টিভি ব্রডকাস্টিংয়ে, রাডার, বিমান চালনায় এবং নৌযান চালনায়।)
Utra High Frequency (U. H. F)	300 –3000 MHz	1–0.1 meters	Short distance communication, TV broadcast, radar and microwave relay system. (স্বল্প দূরত্বে, টিভি ব্রডকাস্টিংয়ে, রাডার এবং মাইক্রোওয়েভ রিলে সিস্টেমে।)
Super High Frequency (S. H.F)	3–30 GHz	10–1 cms	Radar, microwave relay and navigation system. (রাডার, মাইক্রোওয়েভ রিলে সিস্টেম ও নৌচালনায়।)
Extremely High Frequency (E.H. F)	30–300 GHz	1–0.1 cm	Radar, microwave, relay and navigation. (রাডার, মাইক্রোওয়েভ রিলে এবং নৌচালনায়।)

Table : Allocation of Frequency Bands

রেডিও কমিউনিকেশনের জন্য বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়ে সিগনালের প্রপাগেশন (propagation) করানো হয়। সাধারণত এক্ষেত্রে ট্রান্সমিশন ও রিসিপশনের জন্য নন-ডিরেকশনাল এন্টেনা ব্যবহার করা হয়। রেডিও টেলিফোনী ও অন্যান্য আরো কয়েক ধরনের যোগাযোগ ব্যবস্থায় পয়েন্ট টু পয়েন্ট লিঙ্ক ব্যবহার করা হয়। ডিরেকশনাল এন্টেনাগুলো শুধুমাত্র নির্দিষ্ট দিকেই সর্বোচ্চ এনার্জি ট্রান্সমিট ও রিসিভ করে থাকে। Radio wave শব্দটি সাধারণ অর্থে ব্যবহৃত একটি শব্দ যেখানে বিভিন্ন মানের ওয়েভ বিদ্যমান আছে। তবে ভূপৃষ্ঠ ও বিভিন্ন ionospheric conducting layer-এর মাধ্যমে একটি সীমিত সংখ্যক ওয়েভকে রেডিও কমিউনিকেশনের জন্য ব্যবহার করা হয়। আয়নমণ্ডল ভূমি হতে 50 km উপর হতে 400 km পর্যন্ত বিস্তৃত। বিভিন্ন মানের সিগনাল বিভিন্ন আয়নমণ্ডলে প্রতিফলিত হয়ে ফিরে আসে। ভূপৃষ্ঠের চারদিকে রেডিও ওয়েভ ভূপৃষ্ঠ ও আয়নমণ্ডলে পুনঃপুন প্রতিফলিত হয়ে কয়েকবার ভ্রমণ করতে পারে।

VLF (Very low frequency) : VLF রেঞ্জের রেডিও ওয়েভ লং ওয়েভ নামেও পরিচিত। Medium frequency রেঞ্জের ওয়েভ মিডিয়াম ওয়েভ নামে পরিচিত। এই রেঞ্জের ওয়েভগুলো রেডিও ব্রডকাস্টের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

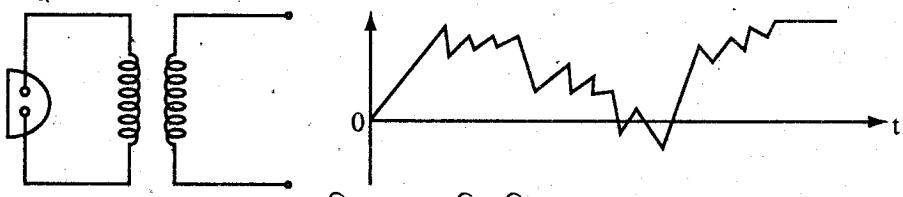
(High Frequency Band) : হাই ফ্রিকোয়েন্সি ব্যান্ডকে শর্ট ওয়েভ বলা হয়। দূরবর্তী স্থানে ব্রডকাস্টের জন্য এই ওয়েভ ব্যবহার করা হয়। তাছাড়া মেরিন এবং অ্যারোনটিক্যাল কমিউনিকেশন, রেডিও টেলিফোনী, টেলেক্স লিঙ্ককে এই ওয়েভ ব্যবহার করা হয়।

VHF (Very High Frequency) এবং UHF (Ultra High Frequency) : VHF এবং UHF রেঞ্জের ওয়েভগুলো স্পেস ওয়েভ হিসেবে তুলনামূলক অল্প দূরত্বের ক্ষেত্রে যেমন কয়েক কিলোমিটার হতে কয়েকশ কিলোমিটারের ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়। ট্রান্সমিটিং এন্টেনা ও রিসিভিং এন্টেনার উচ্চতার উপর নির্ভর করে সিগনাল কত কিলোমিটার দূরত্ব ভ্রমণ করবে। টেলিভিশন ব্রডকাস্টের ক্ষেত্রে এই ফ্রিকোয়েন্সি ব্যবহার করা হয়।

১.৩ বিভিন্ন প্রকার সিগন্যালের প্রকৃতি/বৈশিষ্ট্য এবং সেগুলোর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ ব্যাখ্যা (Explain the Nature of Different Signals and Their Frequency Range)

(১) **অডিও সিগনাল (Audio Signal) :** যে সিগনাল শ্রবণযোগ্য শব্দে পরিবর্তন করা যায় তাকে অডিও সিগনাল বলে। এর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 20 Hz – 20000 Hz. মানুষের কণ্ঠস্বর হতে নির্গত শব্দ অথবা অন্য কোনো উৎস হতে উৎপন্ন শব্দকে সিগনালে রূপান্তর করলে তাকে অডিও সিগনাল বলে।

অন্যভাবে বলা যায়, যে সিগনাল হতে মানুষের শ্রবণযোগ্য শব্দ উৎপন্ন হয় তাকে অডিও সিগনাল বলে। অডিও সিগনালের ওয়েভ সাইন ওয়েভ আকৃতির হয়ে থাকে। অডিও সিগনাল এক প্রকার অ্যানালগ সিগনাল। মাইক্রোফোন নামক ডিভাইস দ্বারা শব্দকে অডিও সিগনালে রূপান্তর করা হয়। মাইক্রোফোনের আউটপুটে প্রাপ্ত অডিও সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সি ও অ্যামপ্লিচুড মূল শব্দের ফ্রিকুয়েন্সি ও অ্যামপ্লিচিউডের অনুরূপ হয়ে থাকে।

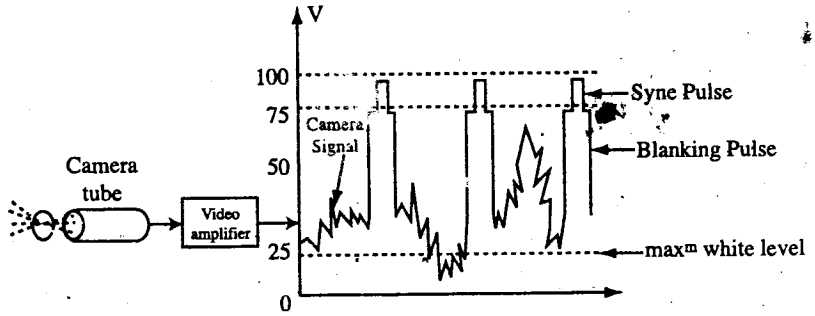


চিত্র-১.৫ : অডিও সিগনাল

(Frequency Range 20Hz – 20 KHz)

(২) **ভিডিও সিগনাল (Video Signal) :** কোনো দৃশ্যকে তার অনুরূপ ইলেকট্রিক্যাল সিগনালে রূপান্তর করলে যে সিগনাল উৎপন্ন হয় তাকে ভিডিও সিগনাল বলে। ভিডিও ক্যামেরার সাহায্যে ভিডিও সিগনাল উৎপন্ন করা হয়। ভিডিও সিগনালের ওয়েভ শেপ সাইন ওয়েভ নয়। ক্যামেরা দ্বারা যখন ভিডিও সিগনাল উৎপন্ন করা হয় তখন কোনো হরিজন্টাল লাইনে অবস্থিত প্রতিটি আলোক বিন্দুকে তার উজ্জ্বলতার অনুরূপ সিগনাল ভোল্টেজে রূপান্তরিত করা হয়। এরূপ ক্ষুদ্রতম আলোক বিন্দুকে পিকচার ইলিমেন্ট বলে।

নিচের চিত্রে তা দেখানো হয়েছে :



চিত্র-১.৬ : Composite Video Signal

সাধারণত উজ্জ্বল বিন্দুর জন্য ভিডিও সিগনালের অ্যামপ্লিচুড বেশি হয় ও অন্ধকার বা কম উজ্জ্বল আলোক বিন্দু হতে উৎপন্ন ভিডিও সিগনালের অ্যামপ্লিচুড কম হয়ে থাকে। ভিডিও সিগনালের ফ্রিকোয়েন্সি 0 থেকে 5.5 MHz পর্যন্ত হয়ে থাকে। ক্যাথোড রে টিউব বা পিকচার টিউবের মাধ্যমে ভিডিও সিগনালকে দৃশ্যে রূপান্তরিত করা হয়। ভিডিও সিগনাল একটি অ্যানালগ সিগনাল।

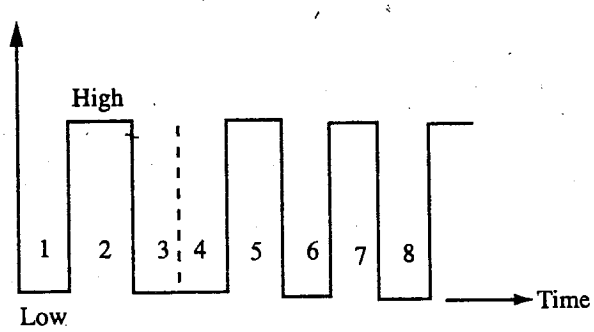
(৩) **ডিজিটাল ডাটা সিগনাল (Digital Data Signal) :** তথ্যকে ডাটা আকারে এক স্থান থেকে অন্যত্র প্রেরণ করা যায়। কমিউনিকেশন সিস্টেমে ডাটাকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে স্থানান্তর করতে হয়। যে সিগনাল কোন ডাটা বা তথ্য বহন করে, তাকে ডাটা সিগনাল বলে। যেমন– ব্যবসা সংক্রান্ত ডাটা, শিল্প সংক্রান্ত ডাটা, অথবা পরিসংখ্যানগত ডাটাকে কম্পিউটারে বিশ্লেষণের জন্য পাঠানোর দরকার হলে একে ডাটা সিগনাল আকারে পাঠানো হয়। আবার ডাটাকে স্যাটেলাইটের মাধ্যমে দূরবর্তী স্থানের আর্থ স্টেশনে পাঠানো হয়, যেখানে ঐ ডাটাকে বিশ্লেষণ করা হবে। যে ডাটাকে ট্রান্সমিট করা হয় তাকে পালসে রূপান্তর করা হয়। সুতরাং ডাটা সিগনাল হচ্ছে এক প্রকার ডিজিটাল সিগনাল। এর ব্যান্ড ওয়াইডথ পরিবর্তনশীল। তবে কয়েকশত হার্টজ থেকে কয়েক কিলোহার্টজ পর্যন্ত হয়ে থাকে। ডাটা স্থানান্তরে এনকোডার এবং ডিকোডার ব্যবহার করা হয়, যার মাধ্যমে সিগনালের পরিবর্তন ঘটানো হয়। এই রূপান্তরের কাজ নিম্নলিখিত স্তরে সম্পাদন করতে হয়। যথা–

(ক) বিট স্তর (Bit level);

(খ) বাইট স্তর (Byte level);

(গ) ফ্রেম স্তর (Frame level)

নিচের চিত্রে ডাটা সিগনালের তরঙ্গাকৃতি দেখানো হলো :



চিত্র-১.৭ : Data signal

অডিও, ভিডিও এবং ডাটা সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ
(The Frequency ranges of Audio, Video and Data Signal) :

নিচের ছকে অডিও, ভিডিও এবং ডাটা সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ দেখানো হলো :

সিগনাল	ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ
অডিও সিগনাল	20 হতে 20000 Hz
ভিডিও সিগনাল	0 হতে 5.5 MHz
ডাটা সিগনাল	ডাটা সিগনালের রেঞ্জ কয়েকশ হার্টজ হতে কয়েক কিলোহার্টজ হয়ে থাকে। তবে সিস্টেমের পরিবর্তনে এই রেঞ্জেরও পরিবর্তন হয়ে থাকে।

১.৪ ইনফরমেশন-এর সংজ্ঞা
(Define Information)

একটি ম্যাসেজ কমিউনিকেট করার জন্যই হচ্ছে কমিউনিকেশন সিস্টেম। এই ম্যাসেজটি আসে ইনফরমেশন সোর্স থেকে। ইনফরমেশন সোর্স যে অর্থে ম্যাসেজ উৎপন্ন করে, তা হচ্ছে ম্যাসেজের একটি গ্রুপ হতে একটি ম্যাসেজকে নির্বাচন করা। যদিও এ ধারণাটি বিনোদনমূলক সম্প্রচারের চেয়ে টেলিগ্রাফিতে বেশি প্রয়োগ হয়। ম্যাসেজের সর্বমোট সংখ্যা অথবা সেট পৃথক পৃথক ম্যাসেজ দ্বারা গঠিত হয়, যাকে পরস্পর থেকে আলাদা করা যায়। এগুলো হতে পারে শব্দ, শব্দের গ্রুপ, কোড-সিম্বল অথবা অন্য কোনো পূর্বে সজ্জিত ইউনিটসমূহ।

যা কিছু প্রদান বা জ্ঞাপন করা হয় ইনফরমেশন নিজেই হচ্ছে তা। যে-কোনো প্রদত্ত ম্যাসেজে ধারণকৃত ইনফরমেশনের পরিমাণ bit দ্বারা পরিমাপ করা হয় এবং এটা নির্বাচন সংখ্যার (number of choices) উপর নির্ভর করে থাকে। সম্ভাব্য নির্বাচনের মোট সংখ্যা যত বেশি হবে বহনকৃত ইনফরমেশনের পরিমাণও তত বেশি হবে। ইনফরমেশন একটি পরিমাপযোগ্য ফিজিক্যাল কোয়ানটিটি। কাজেই, ম্যাসেজের একটি ফাইনাইট সেট থেকে একটি ম্যাসেজ নির্বাচন করা হিসেবে ইনফরমেশনকে সংজ্ঞায়িত করা যায়।

১.৫ কমিউনিকেশন সিস্টেমের মৌলিক ব্লক তৈরিকরণ
(Describe the Basic Building Block of a Communication System)

কোনো সিগনালকে এক স্থান থেকে অন্যত্র পৌঁছনোর ব্যবস্থাকে যোগাযোগ বলে। কোনো উৎস থেকে প্রাপ্ত সিগনালটি বৈদ্যুতিক সিগনাল না হলে ট্রান্সডিউসার ব্যবহার করে তাকে বৈদ্যুতিক সিগনালে পরিবর্তন করা হয়। এই বৈদ্যুতিক সিগনালকে গ্রাহক যন্ত্রে আবারো অন্য একটি ট্রান্সডিউসারের সাহায্যে মূল সিগনালে পরিবর্তন করা হয়।

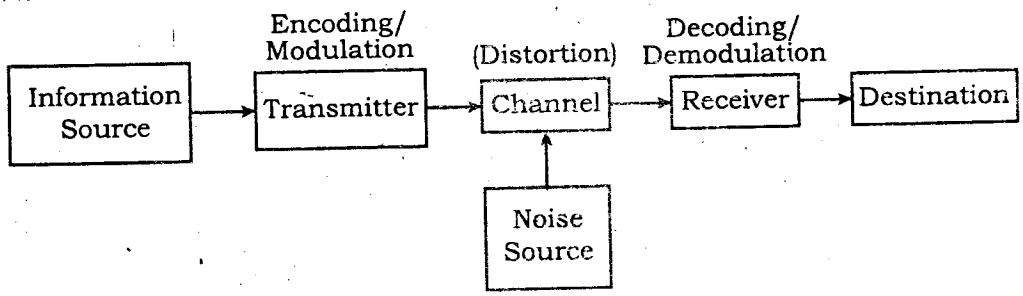
মৌলিক কমিউনিকেশন সিস্টেমের তিনটি অংশ থাকে। এগুলো হলো :

(১) ট্রান্সমিটার (Transmitter);

(২) চ্যানেল (Channel) এবং

(৩) রিসিভার (Receiver)।

নিচের চিত্রে কমিউনিকেশন সিস্টেমের ব্লক চিত্র দেখানো হয়েছে।

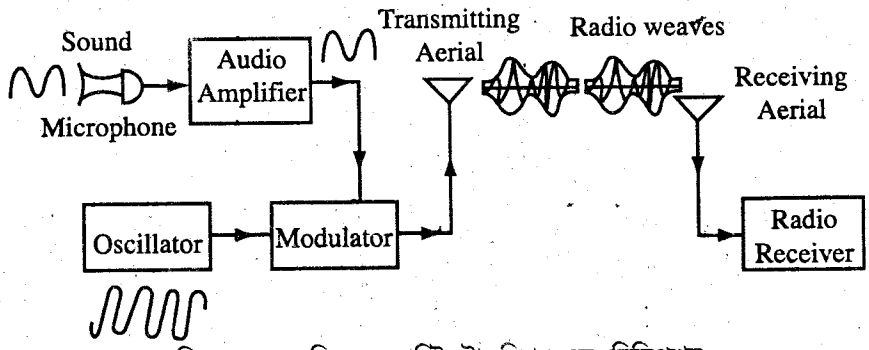


চিত্র-১.৮ : Basic block diagram of communication system

কমিউনিকেশন সিস্টেমের উদাহরণ হচ্ছে– লাইন টেলিফোনি এবং টেলিগ্রাফি, রেডিও, টেলিফোনি এবং টেলিগ্রাফি, রেডিও ব্রডকাস্টিং, পয়েন্ট-টু-পয়েন্ট এবং মোবাইল কমিউনিকেশন (সিভিল অথবা মিলিটারি), কম্পিউটার কমিউনিকেশন, রাডার, টেলিভিশন ব্রডকাস্টিং, রেডিও টেলিমিট্রি, রেডিও এইড্স-টু-নেভিগেশন, রেডিও এইড্স-টু-এয়ারক্রাফট ইত্যাদি।

ট্রান্সমিটারের সাহায্যের ইনপুট সিগনালকে হাই ফ্রিকুয়েন্সির ক্যারিয়ার ওয়েভের সাথে মিশ্রিত করে দূরদূরান্তে প্রেরণ করার উপযোগী করা হয়। এ আউটপুট সিগনালটি চ্যানেলে বা যোগাযোগ মাধ্যমের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে রিসিভারে পৌঁছে প্রবাহিত হওয়ার সময় মূল সিগনালটি কিছু অনাকাঙ্ক্ষিত সিগনালের সাথে মিশ্রিত হয়ে দূষিত হয়। অনাকাঙ্ক্ষিত সিগনালসমূহকে নয়েজ বলে। ট্রান্সমিশন লাইন, ওয়েভ গাইড, অপটিক্যাল ফাইবার বা শূন্য মাধ্যম কমিউনিকেশন চ্যানেল হিসেবে ব্যবহৃত হয়। চ্যানেলের মাধ্যমে প্রবাহিত সিগনালকে রিসিভার ও আউটপুট ট্রান্সডিউসারের সাহায্যে গ্রাহকের কাছে পৌঁছনো হয়।

নিচের চিত্রে রেডিও ব্রডকাস্টিং ট্রান্সমিশন এবং রিসিপশনের সাধারণ মূলনীতি দেখানো হলো ঃ



চিত্র-১.৯ : রেডিও ব্রডকাস্টিং ট্রান্সমিশন এবং রিসিপশন

(১) **ট্রান্সমিটার (Transmitter) :** ট্রান্সমিটারের উদ্দেশ্য হলো চ্যানেলে ট্রান্সমিশনের জন্য রেডিও ওয়েভ উৎপন্ন করা। একটি ট্রান্সমিটারের গুরুত্বপূর্ণ কম্পোনেন্টগুলো হলো মাইক্রোফোন (ট্রান্সডিউসার), অডিও অ্যামপ্লিফায়ার, অসিলেটর এবং মড্যুলেটর।

মাইক্রোফোনের সাহায্যে সাউন্ড ওয়েভকে ইলেকট্রিক্যাল ওয়েভে পরিণত করা হয় যার ফ্রিকুয়েন্সি মূল সিগনালের অনুরূপ হয়। এই দুর্বল সিগনালের শক্তি বৃদ্ধি করার জন্য মাইক্রোফোনের আউটপুটকে একটি মাল্টিস্টেজ অডিও অ্যামপ্লিফায়ারে প্রয়োগ করা হয়। সর্বশেষ অডিও অ্যামপ্লিফায়ার হতে বিবর্ধিত আউটপুটকে মড্যুলেশনের নিমিত্তে মড্যুলেটরে প্রয়োগ করা হয়। অন্যদিকে অসিলেটরটি ক্যারিয়ার ওয়েভ নামে একটি হাই ফ্রিকুয়েন্সি ওয়েভ উৎপন্ন করে। সচরাচর এ কাজের জন্য একটা ক্রিস্টাল অসিলেটর ব্যবহৃত হয়। রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি অ্যামপ্লিফায়ার স্টেজের সাহায্যে ক্যারিয়ার ওয়েভের পাওয়ার লেভেলকে উপযুক্ত পরিমাণে বাড়ানো হয়। যার মান বেশ কয়েক কিলোওয়াট হয়ে থাকে। নির্দিষ্ট দূরত্বে সিগনাল ট্রান্সমিট করার জন্য এরূপ হাই পাওয়ার দরকার হয়।

বিবর্ধিত অডিও সিগনাল এবং ক্যারিয়ার ওয়েভ উভয়ে মড্যুলেটরে প্রয়োগ হয়। এখানে একটা উপযোগী পদ্ধতিতে অডিও সিগনালটি ক্যারিয়ার ওয়েভের উপর সুপার ইমপোজ হয়। লব্ধ ওয়েভকে বলা হয় মড্যুলেটেড ওয়েভ অথবা রেডিও ওয়েভ এবং পদ্ধতিকে বলা হয় মড্যুলেশন। এই মড্যুলেশন পদ্ধতির কারণে অডিও সিগনালের ট্রান্সমিশন সম্ভব হয়। যেহেতু ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি খুবই উচ্চ থাকে সেহেতু অডিও সিগনাল দীর্ঘ দূরত্বে ট্রান্সমিট হতে পারে। ট্রান্সমিটার থেকে রেডিও ওয়েভকে ট্রান্সমিটিং অ্যানটিনাতে যুক্ত করা হয় এবং সেখান থেকে ওয়েভ স্পেসে বিকিরিত হয় এবং সর্বদিকে ছড়িয়ে যায়। এই রেডিও ওয়েভ আলোর বেগে অর্থাৎ 3×10^8 m/sec বেগে ভ্রমণ করে। এই রেডিও ওয়েভগুলো হচ্ছে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ।

(২) **চ্যানেল এবং নয়েজ সোর্স (Channel and Noise Source) :** চ্যানেল শব্দটি দ্বারা মিডিয়ামকে বুঝানো হয় যার মধ্য দিয়ে ম্যাসেজ ট্রান্সমিটার থেকে রিসিভারে গমন করে। যেমন– রেডিও, ওয়্যার এবং ফাইবার অপটিক চ্যানেল। আবার কোনো সার্ভিস অথবা ট্রান্সমিশনের জন্য বরাদ্ধকৃত ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জকে নির্দেশ করার জন্য চ্যানেল শব্দটিকে প্রায়ই ব্যবহার করা হয়। এভাবে একটি টেলিভিশন চ্যানেল 7 MHz–এর ব্যান্ড ওয়াইডথ দখল করে। অন্যদিকে একটি অ্যামপ্লিচিউড মড্যুলেশন ব্রডকাস্ট চ্যানেল 10 KHz এর ব্যান্ড ওয়াইডথ দখল করে।

ট্রান্সমিশন এবং রিসিপশনের প্রক্রিয়াকরণের সময় সিগনাল দুটি কারণে খারাপ হয়ে যেতে পারে। যেমন– (i) সিস্টেমের মধ্যে ডিস্টরশনের কারণে, (ii) সিস্টেমের মধ্যে নয়েজ প্রবেশের কারণে যা বিভিন্ন সোর্সসমূহ থেকে আসতে পারে। এই নয়েজ সিগনালের উপর সুপার ইমপোজ হয়। নয়েজের পরিমাণ তীব্রতর হলে সিগনাল-টু-নয়েজ পাওয়ার রেশিও এতই কমে যায় যে তা থেকে ম্যাসেজ উদ্ধার করা কঠিন হয়ে পড়ে এবং সেহেতু সিগনাল অব্যবহার্য হয়ে যায়। যদিও চ্যানেলের মধ্যে সিগনাল নয়েজ দ্বারা অধিক আক্রান্ত হয় তথাপি কমিউনিকেশন সিস্টেমের যেকোনো স্থানে সিগনালের সাথে নয়েজ যুক্ত হতে পারে। সিগনাল দুর্বল হলে নয়েজ সিগনালকে সম্পূর্ণভাবে বিনষ্ট করে দিতে পারে।

(৩) **রিসিভার (Receiver) :** চ্যানেলের মাধ্যমে রিসিভিং অ্যান্টিনাতে পৌছনোর পর রেডিও ওয়েভ এতে ক্ষুদ্র e.m.f আবিষ্ট করে। এই ক্ষুদ্র ভোল্টেজ রেডিও রিসিভারে প্রয়োগ হয়। এখানে রেডিও ওয়েভ প্রথমে বিবর্ধিত হয়। তারপর ডিমড্যুলেশন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে সিগনালকে বের করে নেওয়া হয়। অডিও অ্যামপ্লিফায়ার দ্বারা সিগনালকে বিবর্ধন করা হয় ও সাউন্ড ওয়েভ পুনরোৎপাদন করার জন্য একে স্পিকারে প্রদান করা হয়। লাউড স্পিকার একে শব্দে রূপান্তরিত করে।

১.৬ বাডের সংজ্ঞা

(Define Baud)

যে-কোনো টেলিগ্রাফ সিস্টেমে সিগনালিং-এর গতিকে প্রকাশ করার মৌলিক ইউনিটকে বলা হয় বাড (Baud)। একটি সিগনালিং কোডের ক্ষুদ্রতম এলিমেন্টের ডিউরেশনের (সেকেন্ডে প্রকাশিত) ব্যস্তানুপাত দ্বারা বাডকে সংজ্ঞায়িত করা হয়। সংখ্যাগতভাবে এটা প্রতি সেকেন্ডে পাঠানো ক্ষুদ্রতম এলিমেন্টগুলোর সংখ্যার সমান। আমরা জানি যে, টেলিগ্রাফ কোডগুলো মার্ক (Mark) এবং স্পেস (Space)-এর সমন্বয়ে গঠিত। সুতরাং, এটা বাইনারি প্রকৃতির। কাজেই বাড হচ্ছে Bits/sec. এর সমতুল্য।

ইঞ্জিনিয়ারিং দৃষ্টিকোণ থেকে একটি সিস্টেম বা নেটওয়ার্ক ডিজাইন করতে Baud speed-কে বিবেচনায় আনা হয়। গুরুত্বপূর্ণ এই Baud speed দ্বারা একটি ইকুইপমেন্টের মার্জিন অথবা একটি নেটওয়ার্কের ফ্রিকুয়েন্সি এবং BW নির্ধারণ করা হয়। যদি একটি টেলিগ্রাফ কোডে ক্ষুদ্রতম এলিমেন্টের ডিউরেশন 20 msec. হয় অর্থাৎ $\frac{20}{1000}$ sec. বা $\frac{1}{50}$ sec. হয়, তবে Baud speed হবে 50 bauds। Baud হচ্ছে কোড ট্রান্সমিশনের সর্বোচ্চ ইনফরমেশন রেট। অর্থাৎ,

$$\text{Telegraphic speed} = \frac{1}{T} \text{ baud}$$

যেখানে, T = ক্ষুদ্রতম ইনফরমেশন ইউনিটের ডিউরেশন (সেকেন্ডে)।

১.৭ ব্যান্ড ওয়াইডথ এবং ইনফরমেশন ক্যাপাসিটি বর্ণনা

(Describe Bandwidth and Information Capacity)

(১) **চ্যানেল ব্যান্ডওয়াইডথ (Chanel Bandwidth) :** ব্যান্ড ওয়াইড্থকে বিভিন্নভাবে সংজ্ঞায়িত করা যায়। সাইন ওয়েভের ক্ষেত্রে, এন্টেনার ক্ষেত্রে, ডাটা ট্রান্সমিশনের ক্ষেত্রে ব্যান্ড ওয়াইড্থ-এর পৃথক পৃথক সংজ্ঞা দেওয়া গেলেও প্রকৃতপক্ষে সকল চ্যানেল ব্যান্ড ওয়াইডথ একই অর্থ প্রকাশ করে। ব্যান্ড ওয়াইড্থ বলতে কোনো ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জকে বুঝায় যে রেঞ্জের মধ্যে সন্তোষজনকভাবে কোনো অপারেশন সম্পন্ন করা যায়। সাধারণত হাফ পাওয়ার পয়েন্টের মধ্যে ব্যান্ড ওয়াইড্থ-এর মান গ্রহণ করা হয়।

আবার যে ফ্রিকুয়েন্সির মধ্যে কোনো সিগনালের পাওয়ার অর্ধেকের চেয়ে কমে যায় সেই ফ্রিকুয়েন্সিসমূহের পার্থক্যকে ব্যান্ড ওয়াইড্থ বলে।

কোনো একটি অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিটের ব্যান্ড ওয়াইড্থ বলতে লো ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ ও হাই ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের পার্থক্যকে বুঝায়।

AM ট্রান্সমিশনে $f_L = f_c - f_m$, $f_H = f_c + f_m$

উদাহরণ : ধরা যাক, ব্যান্ডউইডথ 3000 Hz এবং S/N এর মান 30 dB (30 dB = 1000)

তাহলে, সর্বোচ্চ ডাটা রেট বা ক্যাপাসিটিকে লেখা যায়–

$C = 3000 \log2 (1 + 1000) \approx 30,000$ bit/sec

এখানে band width $= f_H - f_L$

$= f_c + f_m - (f_c - f_m)$

$= f_c + f_m - f_c + f_m$

$BW = 2f_m$.

অর্থাৎ মডুলেটিং সিগনালের দ্বিগুণ হলো ব্যান্ড ওয়াইডথ। আবার টিউনিং সার্কিটের Bandwidth বলতে টিউনিং সার্কিটের রেজোন্যান্স কার্ভের দুটি বিন্দুর উপরের অংশে অবস্থিত ফ্রিকোয়েন্সিসমূহের মানকে বুঝায়। এই অংশে রেজোনেন্স কারেন্টের সর্বোচ্চ মানের 0.707 অংশ কারেন্ট প্রবাহিত হয়।

$BW = \Delta f = f_2 - f_1$

দেখানো যায়, $BW = f_2 - f_1 = \frac{R}{2\pi L}$

or, $BW = \frac{fo}{Q}$

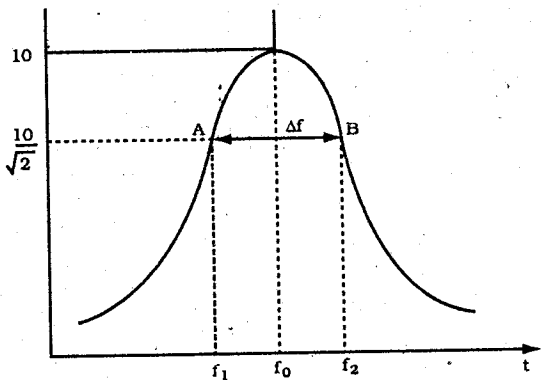
প্রমাণ করা যায় যে edge ফ্রিকোয়েন্সিসমূহের মান,

$f_1 = f_o - \frac{\Delta f}{2}$

$= f_o - \frac{BW}{2} = f_o - \frac{R}{4\pi L}$

অনুরূপভাবে, $f_2 = f_o + \frac{\Delta f}{2}$

$= f_o + \frac{BW}{2} = f_o + \frac{R}{4\pi L}$



চিত্র-১.১০ : টিউনিং সার্কিটের রেজোন্যান্স কার্ভ

(২) **ইনফরমেশন ক্যাপাসিটি (Information Capacity) :** কোনো চ্যানেলের মধ্য দিয়ে সর্বোচ্চ কতগুলো সিগনালকে প্রতি সেকেন্ডে (সর্বোচ্চ কত বিট তথ্য) অবিকৃত অবস্থায় প্রেরণ করা যায়, তাকে ইনফরমেশন ক্যাপাসিটি বলে। একে C দ্বারা সূচিত করা হয়। এর একক হলো বিট/সেকেন্ড।

Hartly-Shanon-এর তত্ত্ব অনুসারে $C = W \log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right)$

এখানে, C = চ্যানেলের সর্বোচ্চ ক্যাপাসিটি

W = চ্যানেল ব্যান্ড ওয়াইড্থ

S = গৃহীত সিগনালের ক্ষমতা

N = নয়েজের ক্ষমতা

নয়েজ এবং ব্যান্ড ওয়াইড্থ চ্যানেলের মধ্য দিয়ে ইনফরমেশন প্রবাহের হারকে প্রভাবিত করে। White Gaussian নয়েজের ক্ষেত্রে উপরের সমীকরণটি সঠিক। অন্য প্রকার নয়েজের ক্ষেত্রে সমীকরণটির পরিবর্তন প্রয়োজন হয়।

Hartly-Shanon-এর তত্ত্ব অনুসারে এটা প্রমাণিত হয় যে, একটি নির্দিষ্ট হারে সিগনাল ট্রান্সমিট করতে হলে যদি সিগনাল পাওয়ার কমানো হয় তবে ব্যান্ড ওয়াইড্থ বৃদ্ধি পায়। আবার যদি ব্যান্ড ওয়াইড্থ কমানো হয় তবে সিগনাল পাওয়ার বৃদ্ধি পায়।

১.৮ চ্যানেল ক্যাপাসিটিকে প্রভাবিত করে এরূপ বিষয়সমূহের বর্ণনা (Describe the Factors Affecting the Channel Capacity)

Hartly Shannon-এর তত্ত্বানুসারে,

$$R = B\log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right)$$

যেখানে,

R = চ্যানেল ক্যাপাসিটি বা সর্বোচ্চ ডাটা রেট

B = চ্যানেল ব্যান্ডউইডথ

S = গৃহীত সিগন্যালের ক্ষমতা

N = নয়েজের ক্ষমতা

সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, কোন চ্যানেলের ক্যাপাসিটি তার ব্যান্ডউইডথ B, উৎপন্ন নয়েজ N এবং সিগনাল ক্ষমতা S-এর উপর নির্ভরশীল। S এবং B বৃদ্ধি পেলে R বৃদ্ধি পায়। N বৃদ্ধি পেলে R হ্রাস পায়। চ্যানেল ব্যান্ডউইডথ B চ্যানেলের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। শূন্য মাধ্যম চ্যানেল হিসেবে ব্যবহৃত হলে এর ব্যান্ডউইডথ নিচের উপাদানসমূহের উপর নির্ভর করে :

(ক) মাধ্যমের উচ্চতা

(খ) আবহাওয়া

(গ) ব্যবহৃত ফ্রিকুয়েন্সি

(ঘ) পারিপার্শ্বিক তাপমাত্রা।

নিম্নে এদের বর্ণনা দেওয়া হলো :

(ক) মাধ্যমের উচ্চতা : শূণ্য মাধ্যমের উচ্চতা বেশি হলে বা বেশি নিচুতে হলে এর মধ্যে দিয়ে ডাটা প্রবাহ হতে বিঘ্নতার সৃষ্টি হয়।

(খ) আবহাওয়া : আবহাওয়ার পরিবেশ যদি ভালো না থাকে তবে এর চ্যানেল ক্যাপাসিটি কমে যায়।

(গ) ব্যবহৃত ফ্রিকুয়েন্সি : ব্যবহৃত ফ্রিকুয়েন্সির উপর এর চ্যানেল ক্যাপাসিটি নির্ভর করে।

(ঘ) পারিপার্শ্বিক তাপমাত্রা : যে কোন চ্যানেলের ক্যাপাসিটি এর পারিপার্শ্বিক তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে।

অনুশীলনী-১

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **চ্যানেল ক্যাপাসিটি কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?** *[বাকাশিবো : '৯৮, '১৪]*

উত্তর : চ্যানেল ক্যাপাসিটি ব্যান্ডওয়াইডথ, গৃহীত সিগন্যালের ক্ষমতা ও নয়েজের ক্ষমতার উপর নির্ভর করে।

২। **MF, EHF ও UHF-এর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ উল্লেখ কর।** *[বাকাশিবো : '৯৭, '৯৯, '১৪R]*

উত্তর : MF এর রেঞ্জ 300 – 3000 KHz

UHF এর রেঞ্জ 300 – 3000 MHzw

EHF এর রেঞ্জ 30 – 300 GHz

৩। **অডিও সিগনাল ও ভিডিও সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ লিখ।**

[বাকাশিবো : '৯৭, '০০, '০২, '০৮R, '১১, '১১R, ১২(৪র্থ), '১২(৫ম), '১৪]

উত্তর : অডিও সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 20 Hz – 20 KHz এবং ভিডিও সিগন্যালের রেঞ্জ 0 – 5.5 MHz।

৪। **Channel Capacity কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '৯৭, '০০, '০২, '০৬, '১১R, '১৩R]*

উত্তর : কোন চ্যানেলের মধ্যে দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে সর্বোচ্চ যত বিট তথ্য অবিকৃত অবস্থায় প্রেরণ করা যায়, তাকে চ্যানেল ক্যাপাসিটি বা রেট বলে। একে P দ্বারা সুচিত করা হয় এবং এর একক হলো বিট/সেকেন্ড।

৫। **চ্যানেলের ব্যান্ডউইডথ কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?** *[বাকাশিবো : '০৯R, '১২(৪র্থ)]*

উত্তর : শূন্য মাধ্যম চ্যানেল হিসেবে ব্যবহৃত হলে ব্যান্ডউইডথ নিম্নলিখিত বিষয়গুলোর উপর নির্ভর করে :

(ক) মাধ্যমের উচ্চতা,

(খ) ব্যবহৃত ফ্রিকুয়েন্সি,

(গ) আবহাওয়া,

(ঘ) পারিপার্শ্বিক তাপমাত্রা।

৬। **পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট বলতে কী বুঝায়?** *[বাকাশিবো : '১২]*

উত্তর : পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট হলো নন-কন্ডাকটিং পদার্থ থেকে ইলেকট্রিক চার্জ তৈরির পদ্ধতি যেমন কোয়ার্টজ, ক্রিস্টাল এবং সিরামিক এ পদার্থের মেকানিক্যাল চাপ বা ভাইব্রেশন তৈরি হয় যখন তাদেরকে ইলেকট্রিক ফিল্ড-এ প্রযুক্ত করা হয়।

৭। **ইনফরমেশন ক্যাপাসিটি কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '০৬, '১১]*

উত্তর : কোনো চ্যানেলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে সর্বোচ্চ যত বিট তথ্য অবিকৃত অবস্থায় প্রেরণ করা যায়, তাকে ইনফরমেশন ক্যাপাসিটি বা রেট বলে। এর একক হলো বিট/সেকেন্ডে।

৮। **Baud কী?** *[বাকাশিবো : '১০]*

উত্তর : যে-কোনো টেলিগ্রাফ সিস্টেমে সিগনালিং এর গতিকে প্রকাশ করার মৌলিক ইউনিটকে বাড (Baud) বলা হয়।

৯। **একটি কমিউনিকেশন সিস্টেমের কয়টি অংশ থাকে?** *[বাকাশিবো : '০৯]*

উত্তর : একটি কমিউনিকেশন সিস্টেমের তিনটি অংশ আছে। যথা–

(ক) ট্রান্সমিটার,

(খ) রিসিভার এবং

(গ) চ্যানেল।

১০। অডিও, ভিডিও এবং ডাটা সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ লেখ। *[বাকাশিবো : '০৮]*

উত্তর : নিম্নে অডিও, ভিডিও ও ডাটা সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ উল্লেখ কর হলো–

অডিও সিগনাল	→	20 Hz – 20KHz
ভিডিও সিগনাল	→	0 – 5.5 MHz
ডাটা সিগনাল	→	এর রেঞ্জ অত্যন্ত বেশি, সাধারণত কয়েকশত হার্টস থেকে কয়েক কিলোহার্টস হয়ে থাকে। তবে সিস্টেমের পরিবর্তনে এই রেঞ্জেরও পরিবর্তন হয়ে থাকে।

১১। ডাটা সিগনাল কী? *[বাকাশিবো : '০৭]*

উত্তর : যে সিগনাল কোন ডাটা বা তথ্য বহন করে, তাকে ডাটা সিগনাল বলে।

১২। Broadcast band-এর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ কত? *[বাকাশিবো : '০১]*

উত্তর : Broadcast band-এর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 3 – 30 MHz.

১৩। চ্যানেল ব্যান্ডওয়াইডথ বলতে কী বুঝায়? *[বাকাশিবো : '০১]*

উত্তর : চ্যানেলের ব্যান্ডওয়াইডথ : কোন চ্যানেলের মধ্য দিয়ে যে সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন ফ্রিকুয়েন্সির সিগনাল অবিকৃত অবস্থায় প্রেরণ করা যায়, তাদের তফাতকে চ্যানেলের ব্যান্ডওয়াইডথ বলে। এটাকে B দ্বারা সূচিত করা হয়। ধরা যাক, কোন চ্যানেলের মধ্য দিয়ে সর্বনিম্ন f_L ও সর্বোচ্চ f_H ফ্রিকুয়েন্সির সিগনাল অবিকৃত অবস্থায় প্রবাহিত হতে পারে, তাহলে উক্ত চ্যানেলের ব্যান্ডওয়াইডথ হবে–

$B = f_H = f_L$

১৪। কমিউনিকেশন বলতে কী বুঝায়? *[বাকাশিবো : '৯৮]*

উত্তর : কোনো সিগনালকে এক স্থান থেকে অন্যত্র পৌঁছনোর ব্যবস্থাকে যোগাযোগ বলে। কোনো উৎস থেকে প্রাপ্ত সিগনালটি বৈদ্যুতিক সিগনাল না হলে ট্রান্সডিউসার ব্যবহার করে তাকে বৈদ্যুতিক সিগনালে পরিবর্তন করা হয়। এই বৈদ্যুতিক সিগনালকে গ্রাহক যন্ত্রে আবারো অন্য একটি ট্রান্সডিউসারের সাহায্যে মূল সিগনালে পরিবর্তন করা হয়।

মৌলিক কমিউনিকেশন সিস্টেমের তিনটি অংশ থাকে। এগুলো হলো ঃ

(১) ট্রান্সমিটার (Transmitter);

(২) চ্যানেল (Channel) এবং

(৩) রিসিভার (Receiver)।

১৫। ইনফরমেশন বলতে কী বুঝায়? *[বাকাশিবো : '৯৮]*

উত্তর : একটি ম্যাসেজ কমিউনিকেট করার জন্যই হচ্ছে কমিউনিকেশন সিস্টেম। এই ম্যাসেজটি আসে ইনফরমেশন সোর্স থেকে। ইনফরমেশন সোর্স যে অর্থে ম্যাসেজ উৎপন্ন করে, তা হচ্ছে ম্যাসেজের একটি গ্রুপ হতে একটি ম্যাসেজকে নির্বাচন করা। যদিও এ ধারণাটি বিনোদনমূলক সম্প্রচারের চেয়ে টেলিগ্রাফিতে বেশি প্রয়োগ হয়। ম্যাসেজের সর্বমোট সংখ্যা অথবা সেট পৃথক পৃথক ম্যাসেজ দ্বারা গঠিত হয়, যাকে পরস্পর থেকে আলাদা করা যায়। এগুলো হতে পারে শব্দ, শব্দের গ্রুপ, কোড-সিম্বল অথবা অন্য কোনো পূর্বে সজ্জিত ইউনিটসমূহ।

যা কিছু প্রদান বা জ্ঞাপন করা হয় ইনফরমেশন নিজেই হচ্ছে তা। যে-কোনো প্রদত্ত ম্যাসেজে ধারণকৃত ইনফরমেশনের পরিমাণ bit দ্বারা পরিমাপ করা হয় এবং এটা নির্বাচন সংখ্যার (number of choices) উপর নির্ভর করে থাকে। সম্ভাব্য নির্বাচনের মোট সংখ্যা যত বেশি হবে বহনকৃত ইনফরমেশনের পরিমাণও তত বেশি হবে। ইনফরমেশন একটি পরিমাপযোগ্য ফিজিক্যাল কোয়ানটিটি। কাজেই, ম্যাসেজের একটি ফাইনাইট সেট থেকে একটি ম্যাসেজ নির্বাচন করা হিসেবে ইনফরমেশনকে সংজ্ঞায়িত করা যায়।

১৬। সিগনাল কী?

উত্তর : সময়ের সাথে পরিবর্তনশীল বৈদ্যুতিক রাশিকে সিগনাল বলে।

১৭। মাইক্রোওয়েভ ফ্রিকুয়েন্সির রেঞ্জ লিখ।

উত্তর : মাইক্রোওয়েভ রেঞ্জ 10° c/s – 3×10^{11} c/s।

১৮। কোন কোন ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জকে TV ট্রান্সমিশনের জন্য ব্যবহার করা হয়?

উত্তর : VHF এবং UHF রেঞ্জকে TV ট্রান্সমিশনের ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়।

১৯। চ্যানেল ক্যাপাসিটির সূত্রটি লিখ।

উত্তর : $R = B\log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right)$

২০। ব্যান্ডওয়াইডথ-এর সাথে চ্যানেল ক্যাপাসিটির সম্পর্ক কী?

উত্তর : ব্যান্ডওয়াইডথ বেশি হলে চ্যানেল ক্যাপাসিটি বৃদ্ধি পায়।

২১। ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম কাকে বলে?

উত্তর : ফ্রিকুয়েন্সির সাথে অ্যামপ্লিচ্যুডের পরিবর্তনের গ্রাফকে ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম বলে।

২২। ডিসক্রিট স্পেকট্রাম কাকে বলে?

উত্তর : এনালগ সিগনালকে বিশ্লেষণ করলে দেখা যায় যে, এটা অনেকগুলো মৌলিক ফ্রিকুয়েন্সি ও তাদের অনেক হারমোনিক নিয়ে গঠিত এবং ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রামের মাত্র একটি অতি ক্ষুদ্র অংশ বিস্তার করে আছে। ফলে এ ধরণের স্পেকট্রামকে ডিসক্রিট স্পেকট্রাম বলে।

২৩। কন্টিনিওয়াস স্পেকট্রাম কাকে বলে?

উত্তর : ডিজিটাল সিগনালকে বিশ্লেষণ করলে অসীম সংখ্যক ফ্রিকুয়েন্সি পাওয়া যায়। এ ধরনের স্পেকট্রামকে কন্টিনিওয়াস স্পেকট্রাম বলে।

২৪। ব্যান্ডওয়াইডথ কাকে বলে?

উত্তর : কোন চ্যানেলের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত সিগন্যালের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন ফ্রিকুয়েন্সির পার্থক্যকে ব্যান্ডওয়াইডথ বলা হয়। কোন চ্যানেলের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত সিগন্যালের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন ফ্রিকুয়েন্সির মান যদি f_H এবং f_L হয় তবে, ব্যান্ডওয়াইডথ $W = f_H - f_L$ হবে।

২৫। বেস ব্যান্ড সিগনাল কী?

উত্তর : যে সব সিগন্যালের ব্যান্ডওয়াইডথ নির্দিষ্ট থাকে তাকে বেস ব্যান্ড সিগনাল বলে।

২৬। চ্যানেল বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : কমিউনিকেশন সিস্টেমে যে মাধ্যমের ভিতর দিয়ে সিগনাল একস্থান থেকে অন্য স্থানে চলাচল করতে পারে তাকে চ্যানেল বলে।

২৭। গৃহীত সিগন্যালের ক্ষমতার সাথে চ্যানেল ক্যাপাসিটির সম্পর্ক কী?

উত্তর : গৃহীত সিগন্যালের ক্ষমতা বৃদ্ধি পেলে চ্যানেল ক্যাপাসিটি বৃদ্ধি পাবে।

২৮। নয়েজের ক্ষমতার সাথে চ্যানেল ক্যাপাসিটির সম্পর্ক কী?

উত্তর : নয়েজের ক্ষমতা বৃদ্ধি পেলে চ্যানেল ক্যাপাসিটি হ্রাস পাবে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **গাণিতিক সমীকরণসহ চ্যানেল ব্যান্ডওয়াইডথ ও চ্যানেল ক্যাপাসিটির সংজ্ঞা দাও।** *[বাকাশিবো : '০৭, '০৮, '০৯R, '১৪R]*

উত্তর : চ্যানেলের ব্যান্ডওয়াইডথ : কোন চ্যানেলের মধ্য দিয়ে যে সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন ফ্রিকুয়েন্সির সিগনাল অবিকৃত অবস্থায় প্রেরণ করা যায়, তাদের তফাতকে চ্যানেলের ব্যান্ডওয়াইডথ বলে। এটাকে B দ্বারা সূচিত করা হয়। ধরা যাক, কোন চ্যানেলের মধ্য দিয়ে সর্বনিম্ন f_L ও সর্বোচ্চ f_H ফ্রিকুয়েন্সির সিগনাল অবিকৃত অবস্থায় প্রবাহিত হতে পারে, তাহলে উক্ত চ্যানেলের ব্যান্ডওয়াইডথ হবে--

$B = f_H = f_L$

চ্যানেলের ক্যাপাসিটি : কোন চ্যানেলের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে সর্বোচ্চ যত বিট তথ্য অবিকৃত অবস্থায় প্রেরণ করা যায়, তাকে চ্যানেল ক্যাপাসিটি বা রেট বলে। একে R দ্বারা সূচিত করা হয় এবং এর একক হল বিট/সেকেন্ড। ডাটা ট্রান্সফারের রেট ট্রান্সমিশন চ্যানেলের কতিপয় বিষয়ের উপর নির্ভর করে। একটি ট্রান্সমিশন চ্যানেল ট্রান্সমিটার থেকে রিসিভারের ইলেকট্রিক্যাল সিগনাল ট্রান্সপোর্ট করে নিয়ে যায়। এটা দুটি মৌলিক প্যারামিটার দ্বারা বিশেষিত হয়, যেমন–ব্যান্ডউইডথ (B) এবং সিগনাল-টু-নয়েজ রেশিও (S/N)।

এই প্যারামিটারগুলো চ্যানেলের Information carrying capasity নির্ধারণ করে। Nyquist সম্পূর্ণরূপে নয়েজলেস চ্যানেল বিবেচনা করে ডাটা রেটের সীমা নির্ণয় করেছেন। Nyquist-এর তত্ত্বানুসারে ট্রান্সমিশন চ্যানেলের ব্যান্ডউইডথ যদি B হয়, যা L লেভেলের সিগনাল বহন করে, তবে সর্বোচ্চ ডাটা রেট R-কে নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যাবে–

$R = B\log_2 L$

আবার নয়েজের প্রভাব অন্তর্ভুক্ত করে Shannon, Nyquist-এর কাজকে সম্প্রসারিত করেছে। Shannon-এর তত্ত্বানুসারে চ্যানেল ক্যাপাসিটি বা সর্বোচ্চ ডাটা রেট হবে–

$R = B\log_2 - \left(1 + \frac{S}{N}\right)$

২। **চ্যানেল ক্যাপাসিটি কী কী ফ্যাক্টরের উপর নির্ভর করে, ব্যাখ্যা কর।** *[বাকাশিবো : '১৪R]*

উত্তর : Hartly Shannon-এর থিওরী অনুসারে চ্যানেল ক্যাপাসিটি, $C = W \log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right)$ বিট/সেকেন্ড।

উপরোক্ত সমীকরণ থেকে দেখা যাচ্ছে যে, চ্যানেল ক্যাপাসিটি নির্ভর করে নিম্নলিখিত ফ্যাক্টরগুলোর উপর–

(১) ব্যান্ডওয়াইডথ (W), (২) গৃহীত সিগন্যালের ক্ষমতা (S) এবং (৩) নয়েজের ক্ষমতা (N)।

ব্যান্ডওয়াইডথ ও গৃহীত সিগন্যালের ক্ষমতা বৃদ্ধি পেলে চ্যানেল ক্যাপাসিটি বৃদ্ধি পাবে এবং নয়েজের ক্ষমতা বৃদ্ধি পেলে চ্যানেল ক্যাপাসিটি হ্রাস পাবে। এ ফ্যাক্টরগুলো ছাড়াও ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি ও মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সির মানের উপরও চ্যানেল ক্যাপাসিটি নির্ভর করে।

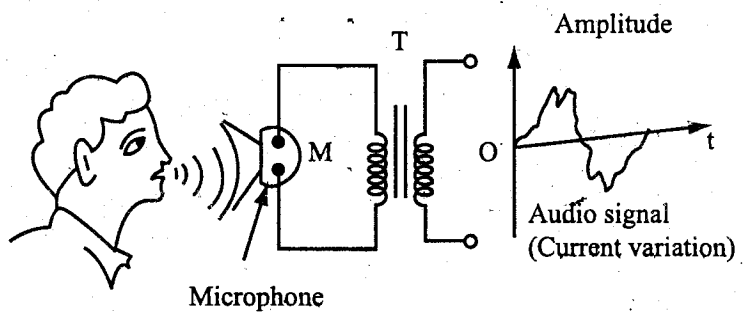
৩। **ব্যান্ডওয়াইডথ বলতে কী বোঝায়?** *[বাকাশিবো : '০৯, '১৩R]*

উত্তর : কোন চ্যানেলের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত সিগন্যালের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন ফ্রিকুয়েন্সির পার্থক্যকে ব্যান্ডওয়াইডথ বলা হয়। কোন চ্যানেলের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত সিগন্যালের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন ফ্রিকুয়ন্সির মান যদি f_H এবং f_L হয়, তবে ব্যান্ডওয়াইডথ $W = f_H - f_L$ হবে। যে সব সিগন্যালের ব্যান্ডওয়াইড নির্দিষ্ট থাকে, তাকে বেস ব্যান্ড সিগনাল বলে। এ সব সিগনালকেই শুধুমাত্র অবিকৃত অবস্থায় দূর-দূরান্তে প্রেরণ করা যায়। তাই কমিউনিকেশন সিস্টেমে এ ধরনের সিগনাল খুবই গুরুত্বপূর্ণ।

৪। **অডিও সিগনাল কাকে বলে, চিত্র এঁকে দেখাও।** *[বাকাশিবো : '১৩]*

উত্তর : যে সিগনালকে শ্রবণযোগ্য শব্দে পরিবর্তন করা যায়, তাকে অডিও সিগনাল বলে। অর্থাৎ মানুষের কণ্ঠস্বর হতে নির্গত শব্দ অথবা কোন উৎস হতে উৎপন্ন শব্দকে সিগন্যালে রূপান্তর করলে তাকে অডিও সিগনাল বলে। মানুষের কণ্ঠস্বরের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ হচ্ছে 20-4000 Hz, বা 20-20,000 Hz শ্রবণযোগ্য পরিসরের মধ্যে নিহিত থাকে। মাইক্রোফোনের সাহায্যে মানুষের কণ্ঠস্বরে পরিবর্তনশীলতাকে সংগতিশীল বৈদ্যুতিক কারেন্টের পরিবর্তনে রূপান্তর করা যায়।

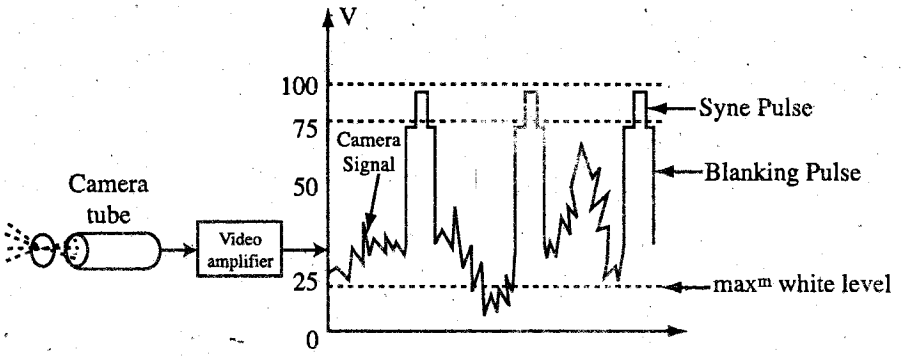
চিত্রে তা দেখানো হয়েছে।



মাইক্রোফোনের আউটপুট অডিও সিগন্যালের উৎকৃষ্ট উদাহরণ। এ সিগনাল এক প্রকার অ্যানালগ সিগনাল, যা সাইন ওয়েভ আকৃতির হয়ে থাকে। অডিও সিগনালকে লাউড স্পিকারের সাহায্যে শব্দে পরিবর্তন করা যায়। মাইক্রোফোনের আউটপুটে প্রাপ্ত AF সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি ও অ্যামপ্লিচিউড মূল শব্দের ফ্রিকুয়েন্সি ও অ্যামপ্লিচিউডের অনুরূপ হয়ে থাকে।

৫। **ভিডিও সিগনাল কাকে বলে, চিত্র এঁকে ব্যাখ্যা কর।** *[বাকাশিবো : '১৩]*

উত্তর : কোন দৃশ্যকে তার অনুরূপ ইলেকট্রিক্যাল সিগন্যালে রূপান্তর করলে যে সিগনাল উৎপন্ন হয়, তাকে ভিডিও সিগনাল বলে। ভিডিও ক্যামেরার সাহায্যে ভিডিও সিগনাল উৎপন্ন করা হয়। ভিডিও সিগন্যালের ওয়েভ শেপ সাইন ওয়েভ নয়। ক্যামেরা দিয়ে যখন ভিডিও সিগনাল উৎপন্ন করা হয় তখন কোন হরিজন্টাল লাইনে অবস্থিত প্রতিটি আলোক বিন্দুকে তার উজ্জ্বলতার অনুরূপ সিগনাল ভোল্টেজে রূপান্তরিত করা হয়। এরূপ ক্ষুদ্রতম আলোক বিন্দুকে পিকচার এলিমেন্ট বলে।

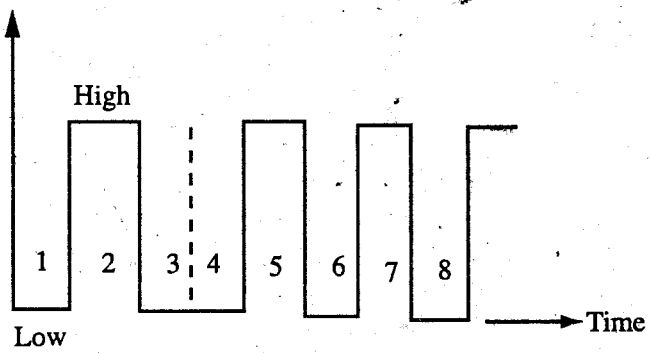


চিত্র : Composite Video Signal

সাধারণত উজ্জ্বল বিন্দুর জন্য ভিডিও সিগন্যালের অ্যামপ্লিচিউড বেশি হয় ও অন্ধকার বা কম উজ্জ্বল আলোক বিন্দু হতে উৎপন্ন ভিডিও সিগন্যালের অ্যামপ্লিচিউড কম হয়ে থাকে, নিম্নে একটি ভিডিও সিগন্যালের ওয়েভ দেখানো হল। ভিডিও সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি 0 থেকে 5.5 MHz পর্যন্ত হয়ে থাকে। ক্যাথোড রে টিউব বা পিকচার টিউবের মাধ্যমে ভিডিও সিগনালকে দৃশ্যে রূপান্তরিত করা হয়। ভিডিও সিগনাল একটি অ্যানালগ সিগনাল।

৬। **ডাটা সিগনাল কাকে বলে, চিত্র এঁকে ব্যাখ্যা কর।** *[বাকাশিবো : '১৩]*

উত্তর : তথ্যকে ডাটা আকারে এক স্থান থেকে অন্যত্র প্রেরণ করা যায়। কমিউনিকেশন সিস্টেমে ডাটাকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে স্থানান্তর করতে হয়। যে সিগনাল কোন ডাটা বা তথ্য বহন করে, তাকে ডাটা সিগনাল বলে। যেমন– ব্যবসা সংক্রান্ত ডাটা, শিল্প সংক্রান্ত ডাটা, অথবা পরিসংখ্যানগত ডাটাকে কম্পিউটারে বিশ্লেষণের জন্য পাঠানোর দরকার হলে একে ডাটা সিগনাল আকারে পাঠানো হয়। আবার ডাটাকে স্যাটেলাইটের মাধ্যমে দূরবর্তী স্থানের আর্থ স্টেশনে পাঠানো হয়, যেখানে ঐ ডাটাকে বিশ্লেষণ করা হবে। যে ডাটাকে ট্রান্সমিট করা হয়, তাকে পালসে রূপান্তর করা হয়। সুতরাং, ডাটা সিগনাল হচ্ছে এক প্রকার ডিজিটাল সিগনাল। এর ব্যান্ডওয়াইডথ পরিবর্তনশীল, তবে কয়েক শত হার্টস থেকে কয়েক কিলোহার্টস পর্যন্ত হয়ে থাকে। ডাটা স্থানান্তরে ইনকোডার এবং ডিকোডার ব্যবহার করা হয়, যার মাধ্যমে সিগন্যালের পরিবর্তন ঘটানো হয়। এই রূপান্তরের কাজ নিম্নলিখিত স্তরে সম্পাদন করতে হয়, যথা– (ক) বিট স্তর (Bit level); (খ) বাইট স্তর (Byte level); (গ) ফ্রেম স্তর (Frame level)। নিচের চিত্রে ডাটা সিগন্যালের তরঙ্গাকৃতি দেখানো হল।

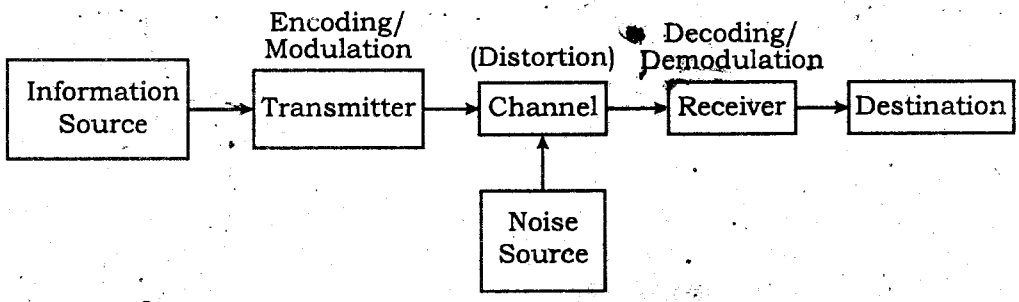


চিত্র : Data signal

৭। **একটি কমিউনিকেশন সিস্টেম-এর ব্লক চিত্র অঙ্কন করে বিভিন্ন অংশ চিহ্নিত কর।**

[বাকাশিবো : '৯৮, '৯৯, '০২, '০৫, '০৬, '০৭, '০৮R, '১১]

উত্তর : কোন সিগনালকে একস্থান থেকে অন্যত্র পৌছানোর ব্যবস্থাকে যোগাযোগ বলে। কোন উৎস থেকে প্রাপ্ত সিগনালটি বৈদ্যুতিক সিগনাল না হলে ট্রান্সডিউসার ব্যবহার করে তাকে বৈদ্যুতিক সিগন্যালে পরিবর্তন করা হয়। এই বৈদ্যুতিক সিগনালকে গ্রাহক যন্ত্রে আবারো অন্য একটি ট্রান্সডিউসারের সাহায্যে মূল সিগন্যালে পরিবর্তন করা হয়। নিচের চিত্রে কমিউনিকেশন সিস্টেমের ব্লক চিত্র দেখানো হয়েছে। মৌলিক কমিউনিকেশন সিস্টেমের তিনটি অংশ থাকে। এরা হলো–(ক) ট্রান্সমিটার (Transmitter); (খ) চ্যানেল (Channel) এবং (গ) রিসিভার Receiver)।



চিত্র : The basic block diagram of a communication system

৮। **কোন কোন উপাদানের উপর চ্যানেলের বৈশিষ্ট্য নির্ভর করে?** *[বাকাশিবো : '১১R]*

উত্তর : Hartly Shannon-এর তত্ত্বানুসারে,

$$R = B\log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right)$$

যেখানে,

R = চ্যানেল ক্যাপাসিটি বা সর্বোচ্চ ডাটা রেট

B = চ্যানেল ব্যান্ডউইডথ

S = গৃহীত সিগন্যালের ক্ষমতা

N = নয়েজের ক্ষমতা।

সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, কোন চ্যানেলের ক্যাপাসিটি তার ব্যান্ডউইডথ B, উৎপন্ন নয়েজ N এবং সিগনাল ক্ষমতা S-এর উপর নির্ভরশীল। S এবং B বৃদ্ধি পেলে R বৃদ্ধি পায়। N বৃদ্ধি পেলে R হ্রাস পায়। চ্যানেল ব্যান্ডউইডথ B চ্যানেলের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। শূন্য মাধ্যম চ্যানেল হিসেবে ব্যবহৃত হলে এর ব্যান্ডউইডথ নিচের উপাদানসমূহের উপর নির্ভর করে :

(ক) মাধ্যমের উচ্চতা

(খ) আবহাওয়া

(গ) ব্যবহৃত ফ্রিকুয়েন্সি

(ঘ) পারিপার্শ্বিক তাপমাত্রা।

৯। **কোন কোন উপাদানের উপর চ্যানেলের বৈশিষ্ট্য নির্ভর করে?** *[বাকাশিবো : '১১]*

উত্তর : Hartly Shannon-এর তত্ত্বানুসারে,

$$R = B\log_2\left(1 + \frac{S}{N}\right)$$

যেখানে,

R = চ্যানেল ক্যাপাসিটি বা সর্বোচ্চ ডাটা রেট

B = চ্যানেল ব্যান্ডউইডথ

S = গৃহীত সিগন্যালের ক্ষমতা

N = নয়েজের ক্ষমতা।

১০। **একটি কমিউনিকেশন সিস্টেমের মৌলিক অংশগুলো কী কী?** *[বাকাশিবো : '০৯]*

উত্তর : কমিউনিকেশন সিস্টেম বলতে কোন সিগন্যলকে ট্রান্সমিটারের সাহায্যে ট্রান্সমিট করে রিসিভারের সাহায্যে রিসিভ করাকেই বুঝানো হয়। একটি কমিউনিকেশন সিস্টেম নিম্নলিখিত মৌলিক অংশগুলো নিয়ে গঠিত হয় :

(ক) Information source (খ) Encoder

(গ) Transmitter (ঘ) Channel

(ঙ) Receiver (চ) Decoder.

১১। **অডিও, ভিডিও এবং ডাটা সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ লেখ।** *[বাকাশিবো : '০৮]*

উত্তর : নিচে অডিও, ভিডিও এবং ডাটা সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ উল্লেখ করা হলো–

অডিও সিগন্যাল → 20 Hz – 20kHz

অডিও সিগন্যাল → 0 – 5.5 MHz

অডিও সিগন্যাল → এর রেঞ্জ অত্যন্ত বেশি, সাধারণত কয়েকশত হার্টস থেকে কয়েক কিলোহার্টস হয়ে থাকে। তবে সিস্টেমের পরিবর্তনে এই রেঞ্জেরও পরিবর্তন হয়ে থাকে।

১২। **কমিউনিকেশনে ট্রান্সমিটারের গুরুত্ব বুঝিয়ে লিখ।** *[বাকাশিবো : '০০]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১.৫ এর ১নং দ্রষ্টব্য।

১৩। যোগাযোগ ব্যবস্থায় ব্যবহৃত বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ডের নাম ও ফ্রিকুয়েন্সি ব্যবহারসহ উল্লেখ কর। *[বাকাশিবো : '০০]*

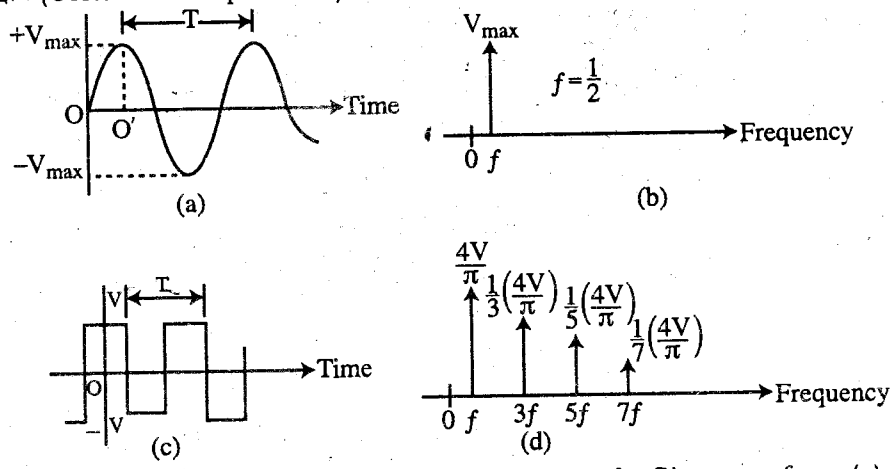
উত্তর : ব্যবহারসহ বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ডের নাম নিচের ছকে দেখানো হলো–

Frequency	Designation	Abbreviation	Uses
10 – 30 KHz	Very low frequency	VLF	দীর্ঘ দূরত্বে টেলিগ্রাফী ব্রডকাস্টিং-এ।
30 – 300 KHz	Low frequency	LF	দীর্ঘ দূরত্বে পয়েন্ট-টু-পয়েন্ট সার্ভিসে, নেভিগেশনাল এইডস-এ, সাউন্ড ব্রডকাস্টিং এবং লাইন ক্যারিয়ার সিস্টেমে।
300 – 3000 KHz	Medium frequency	MF	সাউন্ড ব্রডকাস্টিং, সিপ-সোর সার্ভিসে এবং লাইন ক্যারিয়ার সিস্টেমে।
3 – 30 MHz	High frequency	HF	মিডিয়াম এবং লং ডিসট্যান্স পয়েন্ট-টু পয়েন্ট সার্ভিসে, সাউন্ড ব্রডকাস্টিং-এ, এবং লিনিয়ার ক্যারিয়ার সিস্টেমে।
30 – 300 MHz	Very high frequency	VHF	শর্ট-ডিসট্যান্স কমিউনিকেশন, TV এবং সাউন্ড ব্রডকাস্টিং, নেভিগেশন সিস্টেমে।
300 – 3000 MHz	Ultra high frequency	UHF	টিভি ব্রডকাস্ট, রাডার মাইক্রোওয়েভ রিলে সিস্টেমে।
3 – 30 GHz	Super high frequency	SHF	আউটার স্পেস রেডিও কমিউনিকেশন, রাডার, মাইক্রোওয়েভ রিলে, নেভিগেশন সিস্টেমে।
30 – 300 GHz	Extra high frequency	EHF	রাডার, মাইক্রোওয়েভ রিলে ও নেভিগেশনে

১৪। ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম বলতে কী বুঝায়, ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : একটি সিগন্যালের টাইম ওয়েভ ফরমকে এক সিরিজ সাইন এবং কোসাইন কিংবা সাইন বা কোসাইন ওয়েভ দ্বারা দেখানো যেতে পারে। এরূপ প্রদর্শনকে বলা হয় সিগন্যালের স্পেকট্রাম।

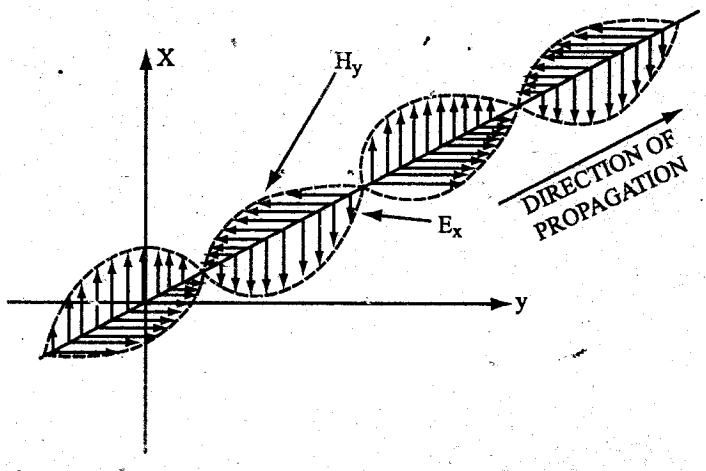
যখন অ্যানালগ সিগনালকে বিশ্লেষণ করা হয় তখন দেখা যায় যে, এটি কতিপয় ফান্ডামেন্টাল ফ্রিকুয়েন্সি এবং তাদের হারমোনিক নিয়ে গঠিত হয়েছে এবং ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রামের মাত্র একটি ক্ষুদ্র অংশ দখল করে আছে। এরূপ স্পেকট্রামকে বলা হয় ডিসক্রিট স্পেকট্রাম (Discrete Spectrum)। অন্য দিকে ডিজিটাল সিগনালসমূহকে বিশ্লেষণ করলে অসীম সংখ্যক ফ্রিকুয়েন্সি পাওয়া যায়। এরূপ স্পেকট্রামকে বলা হয় কন্টিনিউয়াস স্পেকট্রাম (Continuous Spectrum)।



চিত্র :- (a) A sinusoidal voltage waveform, (b) Spectrum of a Sine waveform (c) a square voltage waveform, (d) frequency for (c)

১৫। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ কী, চিত্র এঁকে দেখাও।

উত্তর : রেডিও কমিউনিকেশনের জন্য রেডিও ওয়েভের প্রয়োজন হয়। রেডিও ওয়েভ হলো মূলত ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ, যা শূন্য মাধ্যমের মধ্য দিয়ে ভ্রমণ করতে পারে।



চিত্র : শূন্যস্থানে আড়াআড়ি (transverse) ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ

এন্টিনা থেকে বৈদ্যুতিক শক্তি, যা মহাশূন্যে মুক্তভাবে ছড়িয়ে পড়ে, তা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ আকারে পরিচিতি লাভ করে। এ সকল ওয়েভগুলো আলোর বেগে বিস্তার বা প্রোপাগেট করে। এটি ইলেকট্রিক ফিল্ড (E-field) ও ম্যাগনেটিক ফিল্ড (H-field) নিয়ে গঠিত হয়। এ দুটি ফিল্ড পরস্পর 90° কোণে অবস্থান করে এবং প্রোপাগেশনের দিকের সাথেও সমকোণে অবস্থান করে।

১৬। ইনফরমেশন (Information) কী, বুঝিয়ে লেখ।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। বাড (Baud)-এর সংজ্ঞা লেখ।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১.৬ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

১। ব্লক চিত্রসহ কমিউনিকেশন সিস্টেমের বর্ণনা দাও। *[বাকাশিবো : '০৮(৪র্থ), '১৩]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

২। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের উৎপত্তি ও প্রোপাগেশন ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১.১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। বিভিন্ন প্রকার সিগন্যালের চিত্র অঙ্কন করে বৈশিষ্ট্য বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১.১.১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। চ্যানেল-এর বৈশিষ্ট্য নির্ধারণকারী উপাদানসমূহের বিবরণ দাও।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১.৮ নং দ্রষ্টব্য।

৫। কমিউনিকেশন সিস্টেমে ব্যবহৃত ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের নাম, তাদের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ ও ব্যবহার বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১.২ নং দ্রষ্টব্য।

পলিটেকনিকের সকল বই ডাওনলোড করতে
ভিজিটঃ
www.BDeBooks.Com/polytechnic

অধ্যায় ২ টেলিকমিউনিকেশন সিস্টেমে নয়েজ
(Understand the Noise in Telecommunication System)

২.০ ভূমিকা
(Introduction)

কমিউনিকেশন সিস্টেমে ট্রান্সমিটার থেকে চ্যানেলের মধ্য দিয়ে সিগন্যাল প্রবাহিত হওয়ার সময় মূল সিগন্যালটি কিছু অনাকাংখিত সিগন্যালের সাথে মিশ্রিত হয়ে রিসিভিং সিস্টেমে নানা প্রকার সমস্যার সৃষ্টি করে। এ অনাকাংখিত সিগন্যালকেই নয়েজ বলা হয়। এ নয়েজ মূল সিগন্যালকে বিকৃত করে এবং দূরবর্তী স্থান থেকে আগত সিগন্যালকে রিসিভ হতে বাধাগ্রস্থ করে। নয়েজের ফ্রিকুয়েন্সি এবং অ্যামপ্লিচ্যুড যে কোন মানের হতে পারে।

২.১ নয়েজের সংজ্ঞা
(Define Noise)

নয়েজ হলো র‍্যানডম ফ্রিকুয়েন্সি এবং অ্যামপ্লিচিউড বিশিষ্ট যে-কোন ধরনের অনাকাঙ্ক্ষিত এনার্জি, যা দূরবর্তী স্থান থেকে আগত আকাঙ্ক্ষিত সিগন্যালসমূহের যথাযথ এবং সহজ Reception ও Reproduction এর উপর ইন্টারফেয়ার করে বা করার প্রবণতা দেখায়। সাধারণত ট্রান্সমিটার হতে রিসিভারে সিগন্যাল ট্রান্সমিশনের সময় সিগন্যাল কর্তৃক নয়েজ পিক আপ হতে পারে। এ ধরনের নয়েজকে বলা হয় এক্সটারনাল নয়েজ (External noise)। অন্যদিকে, রিসিভিং ইউনিট যখন সিগন্যাল রিসিভ করে তখন রিসিভিং ইকুইপমেন্টের মধ্যেও নয়েজ উৎপন্ন হতে পারে। এ প্রকার নয়েজকে বলা হয় ইন্টারনাল নয়েজ (internal noise)। এটি লক্ষণীয় যে, সাধারণত ট্রান্সমিটিং ইকুইপমেন্টগুলো নয়েজ উৎপন্ন করে না। বস্তুত ট্রান্সমিটিং ইকুইপমেন্টগুলোতে সিগন্যাল লেভেলকে এমন এক উচ্চমানে উত্তোলন করা হয় যে, ট্রান্সমিটিং সিস্টেমের মধ্যে অবস্থিত যে-কোন নয়েজকে সিগন্যালের তুলনায় সহজেই উপেক্ষা করা যায়।

২.২ বিভিন্ন প্রকার নয়েজ এবং নয়েজের উৎস
(Mention the Different Types and Sources of Noise)

নয়েজকে সামগ্রীকভাবে দু'ভাগে ভাগ করা যায়–

(A) এক্সটারনাল নয়েজ (External Noise)
(B) ইন্টারনাল নয়েজ (Internal Noise)

এক্সটারনাল নয়েজকে আবার তিন ভাগে ভাগ করা যায়–

(i) অ্যাটমোস্ফেরিক নয়েজ (Atmospheric Noise)
(ii) এক্সট্রাটেরিসট্রিয়াল নয়েজ (Extraterrestrial Noise)
(iii) ম্যান-মেড নয়েজ (Man-made Noise) অথবা ইন্ডাস্ট্রিয়াল নয়েজ।

এক্সট্রাটেরিসট্রিয়াল নয়েজ আবার দু'প্রকার, যথা–

(ক) সোলার নয়েজ (Solar Noise)
(খ) কজমিক নয়েজ (Cosmic Noise)

ইন্টারনাল নয়েজকে চার ভাগে ভাগ করা যায়, যথা–

(i) থার্মাল অ্যাজিটেশন নয়েজ (Thermal Agitation Noise)
(ii) শট নয়েজ বা স্কটকি নয়েজ (Shot noise or Schottky Noise)
(iii) ট্রানজিট টাইম নয়েজ অথবা হাই ফ্রিকুয়েন্সি নয়েজ (Transit-time Noise/High Frequency Noise)
(iv) Miscellaneous internal noise
  (a) Flicker or low frequency noise
  (b) Transistor thermal noise
  (c) Partition noise
  (d) Noise in mixers.

২.৩ বিভিন্ন প্রকার নয়েজের বর্ণনা
(Describe the Different Noise)

নয়েজ বিভিন্ন প্রকার। নিচে বিভিন্ন প্রকার নয়েজের বর্ণনা প্রদত্ত হলো :

২.৩.১ বিভিন্ন প্রকার বহিঃস্থ নয়েজ
(Different Types of External Noise)

রিসিভারের বাহিরে সৃষ্ট বিভিন্ন ধরনের নয়েজই হচ্ছে বহিঃস্থ বা এক্সটারনাল নয়েজ। এগুলো হচ্ছে Atmospheric, Extraterrestrial এবং Man-made noise.

অ্যাটমোসফেরিক নয়েজ (Atmospheric Noise) : বায়ুমণ্ডলের মধ্যে বজ্রপাতের ফলে বিদ্যুৎ ক্ষরণ এবং অন্যান্য প্রাকৃতিক বৈদ্যুতিক ডিস্টারব্যান্স ঘটায়, ফলে অ্যাটমোসেফেরিক নয়েজ অথবা স্টেটিক নয়েজ সৃষ্টি হয়। এই বৈদ্যুতিক ইমপালসগুলো র‍্যানডম প্রকৃতির। অ্যাটমোস্ফেরিক নয়েজগুলো কৃত্রিম রেডিও সিগন্যাল দ্বারা গঠিত হয়, যার কম্পোনেন্টগুলো বিস্তৃতি ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের উপর প্রসারিত থাকে। নয়েজ গঠনকারী এই কৃত্রিম ফ্রিকুয়েন্সিগুলো আসল রেডিও ওয়েভগুলোর মত একই ফ্রিকুয়েন্সিতে পৃথিবীর উপর প্রোপাগেট করে। কাজেই একটি নির্দিষ্ট রিসিভিং পয়েন্টে রিসিভিং অ্যান্টিনা কেবলমাত্র সিগন্যালকে রিসিভ করে না অধিকন্তু অ্যাটমোস্ফেরিক নয়েজকেও রিসিভ করে।

অ্যাটমোসফেরিক নয়েজের ক্ষেত্র শক্তি প্রায় ফ্রিকুয়েন্সির ব্যস্তানুপাতিক হয়। এজন্য লো এবং মিডিয়াম ব্রডকাস্ট ফ্রিকুয়েন্সির ক্ষেত্রে বৃহৎ অ্যাটমোস্ফেরিক নয়েজ উৎপন্ন হয়। অন্যদিকে VHF এবং UHF ব্যান্ডে অতি অল্প পরিমাণে নয়েজ উৎপন্ন হয়। আবার নয়েজের VHF এবং UHF কম্পোনেন্টগুলো লাইন অফ সাইট (প্রায় 80 km চেয়ে কম) প্রোপাগেশন পর্যন্ত সীমাবদ্ধ থাকে। এই দুই কারণে অ্যাটমোস্ফেরিক নয়েজ প্রায় 30 MHz ফ্রিকুয়েন্সির উর্ধ্ব ফ্রিকুয়েন্সিতে কম তীব্রতর হয়।

এক্সট্রাটেরিসট্রিয়াল নয়েজ (Extraterrestrial Noise) : সোর্সের উপর ভিত্তি করে বেশ কয়েক ধরনের এক্সট্রাটেরিসট্রিয়াল নয়েজ অথবা স্পেস নয়েজ পাওয়া যায়। তবে তাদেরকে নিম্নলিখিত দুটি সাব গ্রুপে ভাগ করা যায় :

(i) সোলার নয়েজ (Solar Noise)

(ii) কজমিক নয়েজ (Cosmic Noise)।

সোলার নয়েজ (Solar Noise) : এটি হলো সূর্য হতে নির্গত ইলেকট্রিক্যাল নয়েজ। শান্ত অবস্থায় সূর্য হতে স্থির নয়েজ রেডিয়েশন পাওয়া যায়। এটি ঘটার কারণ হলো সূর্য হচ্ছে অতি উচ্চ তাপমাত্রার (পৃষ্ঠে 6000°C-এর বেশি) প্রকাণ্ড বস্তু এবং বিস্তৃত ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রামের উপর নয়েজ আকারে ইলেকট্রিক্যাল এনার্জি বিকিরণ করে এবং এই স্পেকট্রামের মধ্যে রেডিও কমিউনিকেশনের জন্য ব্যবহৃত স্পেকট্রাম থাকে। কিন্তু সূর্যের অবস্থা পরিবর্তিত হয় এবং এগার বছর সাইকেল অনুসরণ করে। এভাবে এই সাইকেলের চূড়ান্ত বৈদ্যুতিক ডিস্টারবান্স উদগত হয় এবং করোনা ফ্লেয়ার (Corona Flares) ও সান স্পট তৈরি করে। ইলেকট্রিক্যাল ডিস্টারবান্স থেকে আসা এই নয়েজ সূর্যের শান্ত নয়েজের (Quiet Noise) অতিরিক্ত। যদিও এই অতিরিক্ত নয়েজ সূর্য পৃষ্ঠের একটি ক্ষুদ্র অংশ থেকে আসে তথাপি এটি "Quiet" সোলার নয়েজ হতে বড় হতে পারে।

এই সোলার সাইকেল প্রায় প্রতি ১১ বছর অন্তর এ সকল বৈদ্যুতিক ডিস্টারবান্সকে পুনরাবৃত্তি করে।

কজমিক নয়েজ (Cosmic Noise) : দূরবর্তী নক্ষত্রগুলোও এক একটি সূর্যের মত এবং তাদেরও উচ্চ তাপমাত্রা থাকে। সুতরাং এ সকল নক্ষত্রগুলোও আমাদের সূর্যের মত একইভাবে নয়েজ বিকিরণ করে। এসকল দূরবর্তী নক্ষত্রগুলো থেকে প্রাপ্ত নয়েজ হল থার্মাল নয়েজ (অথবা ব্ল্যাক বডি নয়েজ) এবং সমগ্র আকাশ জুড়ে এটি প্রায় সুসমভাবে বণ্টিত থাকে। আবার আমরা Galaxy থেকেও নয়েজ পেয়ে থাকি। এই নয়েজকে বলা হয় Galactic noise। যেহেতু এই সোর্সগুলো খুবই দূরে থাকে সেহেতু এই নয়েজের তীব্রতা হ্রাস পায়।

ম্যান-মেড নয়েজ (ইন্ডাস্ট্রিয়াল নয়েজ) : বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি, অটোমোবাইলের ইগ্নিশন সিস্টেম নয়েজ, ফ্লুরোসেন্ট টিউব ইত্যাদি যেগুলো স্পার্ক উৎপন্ন করে, তাদের থেকে উৎপন্ন বিকিরণ দ্বারা ম্যান-মেড নয়েজ বা ইন্ডাস্ট্রিয়াল নয়েজের সৃষ্টি হয়। ক্ষুদ্রতর ওয়েভ লেংথের জন্য এর অবস্থা খুবই খারাপ হয়। স্পার্কিং এর কারণে যে রেডিয়েশন উৎপন্ন হয় তাতে ফ্রিকুয়েন্সির বিস্তৃতি ব্যান্ড থাকে এবং ডিস্টারবান্স সরবরাহ করে। DC মোটর, ডায়নামো ইত্যাদির মধ্যে স্পার্কিং এর কারণে যে ইন্টারফারেন্স হয়, তা কমানোর জন্য একটি ক্যাপাসিটর অথবা নিম্ন HF রেজিস্ট্যান্সের চোক ক্যাপাসিটর মোটর টার্মিনালে যুক্ত করা যায়। এতে রেডিয়েশনসমূহ নগণ্য লেভেলে নেমে আসে।

ইন্টারফারেন্সের অন্য আর একটি শক্তিশালী সোর্স হলো অটোমোবাইল অথবা এয়ারক্রাফ্‌ট এর ইগ্নিশন সিস্টেম। এই ইন্টারফারেন্স 6-7 মিটারের উপর সর্বাধিক তীব্রতর হয়। এজন্য যানবাহনগুলোর মধ্যে যে সকল রিসিভার অপারেট করে, তাদের জন্য সাপ্রেশন সার্কিটের দরকার হয়। এয়ারক্রাফ্‌টের মধ্যে এ সমস্যা সমাধান করার জন্য ইগ্নিশন লিড এবং স্পার্ক প্লাগকে শিল্ডিং করা হয়।

পাওয়ার ট্রান্সমিশন লাইনে ব্যবহৃত ইন্সুলেটরগুলো যখন নোংরা ও ময়লা হয়ে যায় অথবা এগুলোর উপর লবণের স্তর পড়ে যায় তখন এটি দ্বারাও ইন্টারফারেন্স ঘটতে পারে। এসকল লিকেজ পথের মধ্য দিয়ে লিকেজ কারেন্ট প্রবাহিত হয়। এগুলো হচ্ছে Unsteady current এবং সম্ভবত জমাকৃত কণাসমূহের মধ্যে ক্ষুদ্র আর্ক সৃষ্টির মাধ্যমে এটি চলাচল করে। এই কারেন্টের RF কম্পোনেন্টগুলো লাইন কন্ডাক্টরগুলো দ্বারা বিকিরিত হয়ে অ্যান্টিনার মত কাজ করে এবং যোগাযোগ ব্যবস্থায় ডিস্টারবান্স তৈরি করে। ট্রাম এবং ট্রলির কালেক্টর থেকেও অনুরূপ ইন্টারফারেন্স ঘটে এবং এক্ষেত্রেও সাপ্রেসর সার্কিটের দরকার হয়।

বেশ কয়েক প্রকারের ইন্টারফারেন্স রিসিভারে পৌঁছাতে পারে। যেমন–

(a) নয়েজ সোর্স থেকে সরাসরি বিকিরণের মাধ্যমে রিসিভার অ্যান্টিনাতে অথবা স্বয়ং রিসিভারের মধ্যে প্রবেশ করতে পারে।

(b) মেইন লাইনগুলোতে ডিস্টারবান্সগুলো RF কারেন্ট উৎপন্ন করতে পারে এবং এই কারেন্ট সরাসরি রিসিভারে পৌঁছাতে পারে অথবা রিসিভার অ্যান্টিনার সাথে ইন্ডাকটিভ অথবা ক্যাপাসিটিভ কাপলিং-এর মাধ্যমে যেতে পারে।

(c) এমনকি যখন ডিস্টারবিং মেশিনারি এনং রিসিভার ভিন্ন ভিন্ন সাপ্লাই লাইনে অপারেট করে তখন সাপ্লাই সিস্টেমের মধ্যে স্ট্রে-কাপলিং ইন্টারফারেন্স ঘটতে পারে।

বড় বড় জাহাজগুলোতে প্রচুর পরিমাণ ইলেকট্রিক্যাল মেশিন থাকে এবং এর রেডিও ট্রান্সমিশন ব্যবহার করার দরকার হয় এবং অন্যদিকে ভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সিতে সিগন্যাল রিসিভও করে। তাই রিসিভার রুমকে সম্পূর্ণভাবে সিল্ডিং করার দরকার হয়। আবার রিসিভিং কক্ষে যে পাওয়ার লিড প্রবেশ করে, তাকেও ফিল্টারসহ স্থাপন করা হয়।

২.৩.২ বিভিন্ন প্রকার আভ্যন্তরীণ নয়েজ (Different Types of Internal Noise)

(A) থার্মাল অ্যাজিটেশন নয়েজ (Thermal Agitation Noise) : থার্মাল অ্যাজিটেশন নয়েজ, হোয়াইট নয়েজ (White noise) অথবা জনসন নয়েজ (Jonhnson noise) হচ্ছে র‍্যানডম নয়েজ। অণু, পরমাণু এবং ইলেকট্রনসমূহের দ্রুত এবং এলোমেলো গতির কারণে রেজিস্টর অথবা একটি কমপ্লেক্স ইম্পিড্যান্সের কম্পোনেন্টের মধ্যে এই নয়েজ উৎপন্ন হয়।

একটি রেজিস্টরের মধ্যে উৎপন্ন নয়েজ পাওয়ার এটির অ্যাবসলুট টেম্পারেচারের সাথে সমানুপাতিক হয়। আবার যে ব্যান্ডওয়াইডথের উপর নয়েজ পরিমাপ করা হয়, নয়েজ পাওয়ার সে ব্যান্ডওয়াইডথের সাথেও সরাসরি সমানুপাতিক হয়। কাজেই একটি রেজিস্টরের ম্যাক্সিমাম নয়েজ পাওয়ার আউটপুট P_n এর জন্য নিম্নলিখিত রাশি লেখা হয়–

$P_n = \overline{K}\,TB$.....(1)

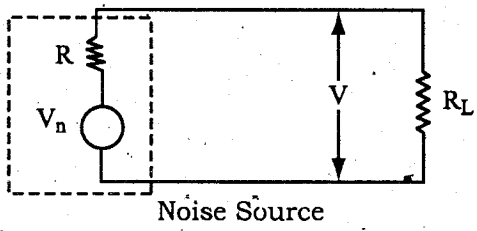
যেখানে, $\overline{K}$ = Boltzmann constant (1.38×10^{-23} Joule-deg.K)

T = Absolut temperature, K = 273° + deg.C

B = Bandwidth in hertz

যদি কক্ষ উষ্ণতা ধরি 27°C (300K)-এ কোন রেজিস্টরের আড়াআড়িতে একটি dc ভোল্ট মিটার যুক্ত করা হয় এবং কোনো এনার্জি সোর্সের সাথে রেজিস্টরটি যুক্ত না থাকে, তাহলে dc ভোল্টমিটারটি দ্বারা কোন ভোল্টেজ রেকর্ড হবে না। কিন্তু যদি উচ্চ সেন্সিটিভ ইলেকট্রনিক ভোল্টমিটার ব্যবহৃত হয় তবে পাঠ দেখাবে। এরূপ ফলাফল পাওয়ার কারণ হল প্রত্যেকটি রেজিস্টর একটি নয়েজ জেনারেটর গঠন করে এবং এটির আড়াআড়িতে বৃহৎ ভোল্টেজ আবির্ভাব হতে পারে। কিন্তু যেহেতু এভাবে উৎপন্ন ভোল্টেজ র‍্যানডম কাজেই তার সুনির্দিষ্ট rms মান থাকবে কিন্তু dc ভ্যালু থাকবে শূন্য (zero)। সেহেতু কেবলমাত্র এটির আড়াআড়িতে একটি এসি মিটার দ্বারা এই মান রেকর্ড হবে। কাজেই র‍্যানডম নয়েজ সর্বদাই rms ভ্যালুর প্রেক্ষিতে প্রকাশিত হয়, এটির তাৎক্ষণিক মান দ্বারা নয়।

সমীকরণ (i) এর সাহায্যে নয়েজ জেনারেটর হিসেবে একটি রেজিস্টরের সমতুল্য সার্কিট আঁকা যায়। নিচে তা দেওয়া হয়েছে।



চিত্র-২.১ : Resistor as a noise generator.

সমতুল্য সার্কিট থেকে রেজিস্টরের সমতুল্য নয়েজ ভোল্টেজ V_n হিসেবে করা যায়।

ধরা যাক, একটি নয়েজবিহীন লোড রেজিস্টার R_L চিত্র ২.১ এর ন্যায় নয়েজ জেনারেটরের আড়াআড়িতে যুক্ত করা হয়েছে। নয়েজ সোর্স V_n থেকে লোড রেজিস্টর R_L-এ সর্বোচ্চ পাওয়ার ট্রান্সফারের জন্য অবশ্যই $R_L = R$ হতে হবে।

তাহলে ট্রান্সফারকৃত সর্বোচ্চ নয়েজ পাওয়ারকে লেখা যায়–

$$P_n = \frac{V^2}{R_L} = \frac{V^2}{R}$$

$$= \frac{\left(\frac{V_n}{2}\right)^2}{R}$$

$$= \frac{V_n^2}{4R}$$

or, $V_n^2 = 4RP_n$

or, $V_n^2 = 4R\bar{K}TB$ .....(2)

এবং $V_n = \sqrt{4R\bar{K}TB}$.....(3)

সমীকরণ (2) হতে এই সিদ্ধান্তে আসা যায় যে, রেজিস্টরের সাথে সংশ্লিষ্ট rms নয়েজ ভোল্টেজের স্কোয়ার বা বর্গ রেজিস্টরের অ্যাবসলুট টেম্পারেচার T, রেজিস্টরের মান R এবং ব্যান্ডউইডথ B এর সমানুপাতিক। কিন্তু নয়েজ ভোল্টেজ পরিমাপ ক্ষেত্রের ফ্রিকুয়েন্সি থেকে স্বাধীন থাকে।

উদাহরণ–১। একটি অ্যামপ্লিফায়ারের ইনপুট 20 KΩ এর-রেজিস্টার যুক্ত করা হয়েছে। অ্যামপ্লিফায়ারটি 10 থেকে 11MHz ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জে কাজ করছে। যদি পারিপার্শ্বিক (Ambient) তাপমাত্রা 24°C হয়, তবে অ্যামপ্লিফায়ারের ইনপুটে আরএমএস নয়েজ নির্ণয় কর।

সমাধান :

দেওয়া আছে,

$T = 273° + 24° = 297°C$

$R = 20 \times 10^3\ \Omega$

$B = (11 - 10) \times 10^6\ Hz = 1 \times 10^6\ Hz$

$\bar{T} = 1.38 \times 10^{-23}\ J/°K$

∴ আরএমএস নয়েজ ভোল্টেজ,

$$V_n = \sqrt{4\bar{K}TRB}$$

$$= \sqrt{4 \times 1.38 \times 10^{-23} \times 297 \times 20 \times 10^3 \times 1 \times 10^6}\ \text{Volt.}$$

$$= 18.1\mu V.$$

উদাহরণ-২। 40 গেইন ও 40 KHz ব্যান্ডউইডথ বিশিষ্ট একটি নয়েজলেস অ্যামপ্লিফায়ার দ্বারা একটি রেজিস্টরের নয়েজ আউটপুট বিবর্ধিত হয়েছে। অ্যামপ্লিফায়ারের আউটপুটে সংযুক্ত মিটারে 4 mV rms পাঠ দেয়। (a) যদি রেজিস্টরটি 27°C-এ কাজ করে, তবে এর রেজিস্ট্যান্স কত? (b) যদি অ্যামপ্লিফায়ারের ব্যান্ড-উইডথকে কমিয়ে 10 KHz করা হয়, তবে এর গেইন ধ্রুব থাকে। তাহলে মিটার এখন কত পাঠ দিবে?

সমাধান : (a) আমরা জানি,

$$V_n = \sqrt{4\bar{K}\,TRB}$$

$$\text{বা, } R = \frac{V_n^2}{4\bar{K}TB}$$

রেজিস্টরের মধ্যে পৃষ্ঠ rms নয়েজ ভোল্টেজ $= \frac{4mV}{40} = 100\mu V$

$$\text{সুতরাং, } R = \frac{(100 \times 10^{-6})^2}{4 \times 1.38 \times 10^{-23} \times (273 + 27) \times 40 \times 10^3}\Omega$$

$$= 15.1 \times 10^6 \textbf{ (Ans.)}$$

(b) প্রথমে, $B = 40$ KHz

$$\text{তখন, } V_n = \sqrt{4\bar{K}TRB}$$

$$V_n = A\sqrt{4\bar{K}TRB}$$

যেখানে, A হচ্ছে অ্যামপ্লিফায়ার গেইন।

পরবর্তীতে ব্যান্ডউইডথকে 10 KHz-এ কমিয়ে আনা হয়েছে। অর্থাৎ $B' = \frac{B}{4}$

$$\text{সেহেতু, } V_o = A\sqrt{4\bar{K}TR\left(\frac{B}{4}\right)}$$

$$= \frac{1}{2}A\,4\bar{K}\,TRB = \frac{1}{2} \times 4mV$$

$$= 2mV \textbf{ (Ans.)}$$

উদাহরণ-৩। একটি প্যারালাল টিউনড সার্কিটের Q = 10 এবং 10 MHz-এ 10 PF ক্যাপাসিটরের সাথে রেজোনেন্স হয়। যদি এই সার্কিটটিতে 27°C তাপমাত্রা বজায় থাকে, তবে এটির আড়াআড়িতে বসানো একটি ওয়াইড ব্যান্ড অ্যামপ্লিফায়ার দ্বারা পরিমাপকৃত নয়েজ ভোল্টেজ কত হবে?

সমাধান : $\frac{1}{W_o.C} = \frac{R_o}{Q_o}$

$$\text{বা, } R_o = \frac{Q_o}{W_o.C} = \frac{10}{(2\pi \times 10 \times 10^6) \times 10 \times 10^{-12}}\Omega$$

$$= 15.9\ K\Omega$$

$$B = \frac{1}{Q_o} = \frac{10 \times 10^6}{10} = 10^6 \text{ Hz}$$

$$\therefore V_n = \sqrt{4\bar{K}TR_oB}$$

$$= \sqrt{4 \times 1.38 \times 10^{-23} \times (273 + 27) \times 15.9 \times 10^3 \times 10^6}V$$

$$= 16.22\ \mu V \textbf{ (Ans.)}$$

(B) শট নয়েজ (Shot Noise) : শট নয়েজ ইন্টারনাল নয়েজের অন্য একটি গুরুত্বপূর্ণ উৎস। সকল অ্যামপ্লিফাইং ডিভাইস এবং অ্যাকটিভ ডিভাইসগুলোর মধ্যে অবস্থিত Shot effect থেকে শট নয়েজের সৃষ্টি হয়। একটি অ্যামপ্লিফাইং ডিভাইসের আউটপুট ইলেকট্রোডে (CE-অ্যামপ্লিফায়ারের ক্ষেত্রে Collector) ইলেকট্রনসমূহের (অথবা হোল) পৌঁছার মধ্যে এলোমেলো পরিবর্তনশীলতার কারণে এই নয়েজ ঘটে থাকে। এই নয়েজ ভোল্টেজ পর্যায়ক্রমিক অ্যামপ্লিফাইং স্টেজ দ্বারা বিবর্ধিত হয় এবং যখন লাউড স্পিকারে প্রয়োগ হয় তখন নয়েজ সৃষ্টি করে যেন মেটাল শিটের উপর এক ঝাঁক সীসার গুলি বর্ষণ হচ্ছে। অন্য এই নয়েজের নাম শট নয়েজ।

যেহেতু টিউব অথবা সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসে ইলেকট্রন অথবা হোল-বাহিত ডিসক্রিট ইলেকট্রিক চার্জের চলাচলের কারণে শট নয়েজ উৎপন্ন হয়, সেহেতু এ কারণে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তা কন্টিনিউয়াস নয়। এই কারেন্টের সমান ফ্লাকচুয়েশনের কারণে অ্যানোড অথবা কালেক্টরের লোডে নয়েজ ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। শট নয়েজ উৎপাদনের সাথে কতিপয় ভেরিয়েবল জড়িত থাকে। সেহেতু ডায়োড ছাড়া শট নয়েজের জন্য সচরাচর কাছাকাছি সমীকরণ (Approximate equation)-গুলো ব্যবহৃত হয়। একটি ডায়োডের জন্য অ্যাম্পিয়ার এককে r.m.s শট নয়েজ কারেন্টকে লেখা হয়–

$In = \sqrt{2qI_pB}$

যেখানে, q = একটি ইলেকট্রনের চার্জ (1.6×10^{-19} Coulmb)

I_p = ডাইরেক্ট ডায়োড কারেন্ট, (Amp)

B = সিস্টেমের ব্যান্ডউইডথ, (Hertz)

(C) ট্রানজিট টাইম নয়েজ (Transit Time Noise) : অতি উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির (VHF) রেঞ্জের ক্ষেত্রে একটি ট্রানজিস্টরের মধ্যে ইমিটার হতে কালেক্টরে একটি ইলেকট্রন ভ্রমণ করতে যে সময় লাগে, তা বিবর্ধনের নিমিত্তে ব্যবহৃত সিগন্যালের পিরিওডিক টাইমের সাথে তুলনীয় হয়। এই সময়কে বলা হয় ট্রানজিট টাইম। এই ট্রানজিট টাইম ইফেক্টের ফলে ট্রানজিস্টরের ইনপুট অ্যাডমিটেন্স বেড়ে যায়। এই ইনপুট রেজিস্ট্যান্সের মধ্যে উৎপন্ন থার্মাল নয়েজকে তখন ট্রানজিট টাইমের নয়েজ হিসেবে বিবেচিত হয়।

একটি ট্রানজিস্টরে যে ফ্রিকুয়েন্সিতে ট্রানজিট টাইম নয়েজ উপলব্ধিযোগ্য হয় সেই ফ্রিকুয়েন্সি থেকে ফ্রিকুয়েন্সি বাড়ার সাথে সাথে এই নয়েজ বাড়তে থাকে। এই নয়েজ এমন একটি হারে বাড়ে যে শীঘ্রই এটি 6dB/Octave-এ পৌঁছে যায়। এরূপ উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিগুলোতে অন্যান্য নয়েজগুলো থেকে এই নয়েজ প্রাধান্য বিস্তার করে। তবে RF-ট্রানজিস্টরগুলোতে উল্লেখযোগ্য লো-নয়েজ থাকে।

(D) বিবিধ আভ্যন্তরীণ নয়েজ (Miscellaneous Internal Noise) :

(a) ফ্লিকার নয়েজ (Flicker Noise) : ট্রানজিস্টর যখন লো অডিও ফ্রিকুয়েন্সিতে কাজ করে তখন ফ্লিকার নয়েজ বা মডুলেশন নয়েজ ট্রানজিস্টরে আবির্ভাব হয়। এই নয়েজের প্রকৃত কারণ পরিষ্কারভাবে জানা যায় নি। ফ্লিকার নয়েজ ইমিটার কারেন্ট এবং জাংশন টেম্পারেচারের সমানুপাতিক হয়। তবে এই নয়েজ ফ্রিকুয়েন্সির ব্যস্তানুপাতিক। সেহেতু প্রায় 500 Hz এবং উপরের ফ্রিকুয়েন্সিতে একে উপেক্ষা করা যায়। সুতরাং, এটি খুব মারাত্মক সমস্যার সৃষ্টি করে না।

(b) ট্রানজিস্টর থার্মাল নয়েজ (Transistor Thermal Noise) : ট্রানজিস্টরের মধ্যে ইমিটার, বেস এবং কালেক্টরের ইন্টারনাল রেজিস্টার দ্বারা থার্মাল নয়েজ সৃষ্টি হয়। এই তিনটি অঞ্চলের মধ্যে বেস অঞ্চল সর্বোচ্চ থার্মাল নয়েজ উৎপন্ন করে। ট্রানজিস্টরের মধ্যে প্রায় 500 Hz থেকে $0.2f_\alpha$ (alpha cut off frequency) পর্যন্ত লো ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জে ট্রানজিস্টর নয়েজ ধ্রুব থাকে। সেহেতু শট নয়েজ এবং ট্রানজিস্টর থার্মাল নয়েজ উভয়ের দ্বারা প্রদত্ত নয়েজকে সমতুল্য ইনপুট রেজিস্ট্যান্স দ্বারা উপস্থাপন করা যায়।

(c) পার্টিশন নয়েজ (Partition Noise) : ট্রানজিস্টরের মধ্যে কালেক্টর এবং বেসের মধ্যে কারেন্ট বিভক্তিতে র‍্যানডম ফ্লাকচুয়েশনের দ্বারা পার্টিশন নয়েজ ঘটে থাকে।

(d) Noise in Frequency Mixers : মাইক্রোওয়েভ ফ্রিকুয়েন্সির কথা বাদ দিলে Frequency Mixer-গুলো অ্যামপ্লিফায়ার হতে অধিক নয়েজি হয়। নিম্নলিখিত দুটি কারণে মিক্সারের মধ্যে এই উচ্চতর নয়েজ ঘটে থাকে :

(i) মিক্সচারের Conversion Transconductance ger অ্যামপ্লিফায়ারের Transconductance g_m-এর চেয়ে অনেক নিম্নতর হয়।

(ii) যদি Image frequency rejection অপর্যাপ্ত হয়, তবে ইমেজ ফ্রিকুয়েন্সির সাথে সংশ্লিষ্ট নয়েজও গৃহীত হবে।

২.৪ সিগন্যাল টু নয়েজ রেশিওর সংজ্ঞা

(Define Signal to Noise Ratio)

কোনো রেডিও রিসিভারের ভোল্টেজ, কারেন্ট অথবা পাওয়ারের r.m.s মানের সাথে নয়েজের অনুপাতকে সিগনাল টু নয়েজ রেশিও বলে। একে ডেসিবেল দ্বারা প্রকাশ করা হয়। একটি সন্তোষজনক ব্রডকাস্ট সিস্টেমে গ্রহণযোগ্য সিগনাল টু নয়েজ রেশিওর মান ৪০ ডেসিবেল।

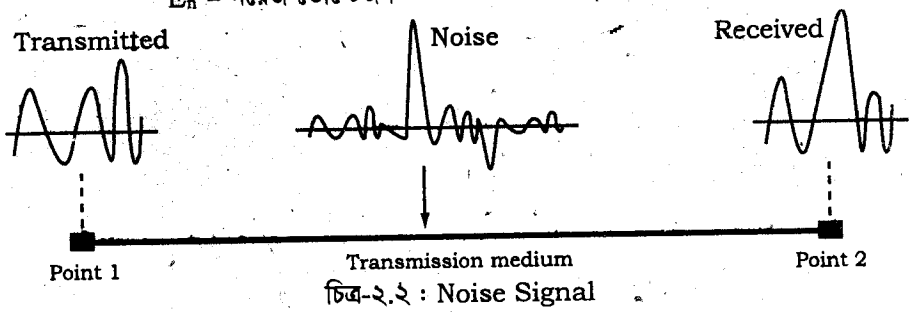
নিচের সমীকরণ দ্বারা একে প্রকাশ করা হয়,

$$S/N \text{ Voltage ratio} = \frac{m_a E_o}{E_n}$$

এখানে E_o = ক্যারিয়ার অ্যামপ্লিচুড

m_a = degree of modulation.

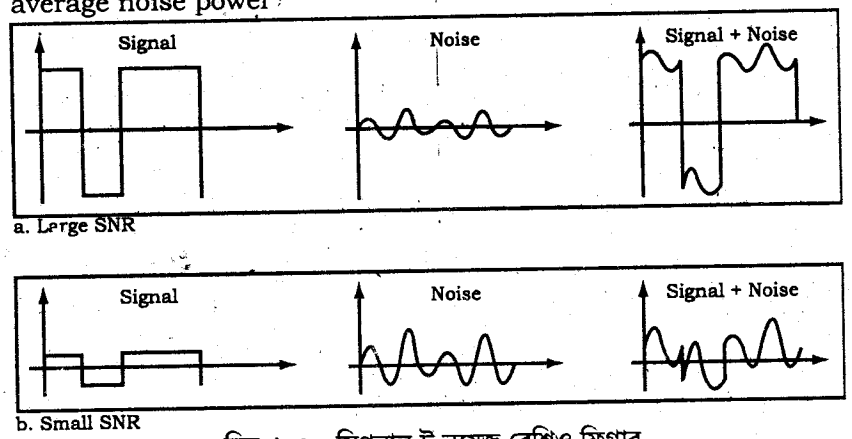
E_n = নয়েজ ভোল্টেজ।



চিত্র-২.২ : Noise Signal

অর্থাৎ মূল সিগন্যালের পাওয়ার এবং অনাকাংখিত সিগন্যাল (Noise) পাওয়ার এর অনুপাতকে বুঝায়।

$SNR = \frac{\text{average signal power}}{\text{average noise power}}$, $SNRdB = 10 \log_{10} SNR$. SNR এর মান বেশি হওয়া ভালো।



চিত্র-২.৩ : সিগনাল টু নয়েজ রেশিও ফিগার

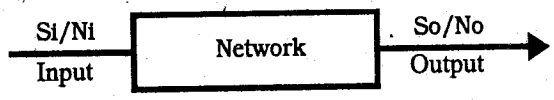
২.৫ নয়েজ ফিগার-এর বর্ণনা

(Describe the Noise Figure)

কমিউনিকেশন সিস্টেমে লো পাওয়ার বিশিষ্ট রিসিভকৃত সিগনালের মধ্যে নয়েজ থাকে। যখন এসি সিগনালকে অ্যামপ্লিফাই করা হয় তখন সিগনালের সাথে নয়েজও অ্যামপ্লিফাই হয়। যেহেতু নয়েজকে বাদ দেওয়া যায় না। অতএব রিসিভিং সিস্টেমের বিভিন্ন অংশে সিস্টেমের পারফরমেন্সকে সিগনালের পাওয়ারের সাথে নয়েজের পাওয়ারের অনুপাত হিসেবে পরিমাপ করা হয়। সার্কিটের নয়েজ পরিমাপ করার জন্য ইনপুটের সিগনাল টু নয়েজ রেশিও এবং আউটপুটের সিগনাল টু নয়েজ রেশিওকে তুলনা করা হয়। এই অনুপাতকে নয়েজ ফ্যাক্টর বা নয়েজ ফিগার বলে।

যদি ইনপুটের সিগনাল টু নয়েজ রেশিও Si/Ni এবং আউটপুটের সিগনাল টু নয়েজ রেশিও So/No হয়, তবে

নয়েজ ফিগার হবে, $F = \frac{(Si/Ni)}{(So/No)} = \frac{P_{si}}{P_{ni}} \times \frac{P_{no}}{P_{so}}$



চিত্র-২.৪ : নেটওয়ার্কের নয়েজ

এখানে,

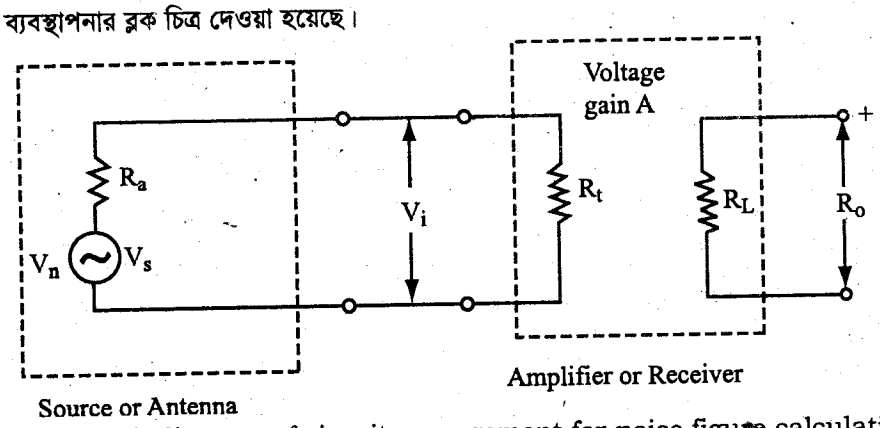
P_{si} = Signal Power available at the input
P_{ni} = Noise Power available at the Input
P_{so} = Signal Power available at the Output
P_{no} = Noise Power available at the Output

যে-কোন ব্যবহারিক রিসিভার কিছু পরিমাণ নয়েজ উৎপন্ন করে এবং যতই O/P-এর দিকে অগ্রসর হবে ততই S/N এর মান খারাপ হবে। সেহেতু ব্যবহারিক রিসিভারের ক্ষেত্রে Output S/N ইনপুট S/N এর চেয়ে নিম্নতর হবে এবং নয়েজ ফিগার ইউনিটি (Unity) অতিক্রম করবে। কাজেই নয়েজ ফিগার বা নয়েজ ফ্যাক্টর সংযুক্ত নয়েজ পরিমাণের পরিমাপক এবং F সর্বদাই ইউনিটি (Unity) থেকে বেশি হবে।

আদর্শ রিসিভারের ক্ষেত্রে রিসিভারের বিভিন্ন স্টেজ কর্তৃক অতিরিক্ত কোন নয়েজের অনুপ্রবেশ ঘটে না। এক্ষেত্রে নয়েজ ফিগার হয় ইউনিটি। কাজেই নয়েজ ফিগারকে ভিন্নভাবে সংজ্ঞায়িত করা যায়। পরীক্ষাধীন সিস্টেমের অথবা রিসিভারের আউটপুটে S/N দ্বারা আদর্শ সিস্টেমের S/N কে ভাগ করলে যে ফলাফল পাওয়া যায় নয়েজ ফিগার তার সমান। এক্ষেত্রে সিস্টেমদ্বয় অবশ্যই একই তাপমাত্রায় একই ব্যান্ডউইডথ্-এর কাজ করতে হবে এবং একই সোর্স হতে সিগন্যাল ফেড হবে। তাছাড়া সিস্টেমদ্বয় উভয়ই অবশ্যই লিনিয়ার হতে হবে।

নয়েজ ফিগারকে অনুপাত হিসেবে অথবা ডেসিবেলে প্রকাশ করা যেতে পারে। একটি ব্যবহারিক রিসিভারের নয়েজ ফিগার যতটুকু সম্ভব ছোট হওয়া উচিত। ১ম ট্রানজিস্টরটি উপযুক্তভাবে নির্বাচন করে, সঠিকভাবে সার্কিট ডিজাইন করে এবং লো নয়েজ রেজিস্টর ব্যবহার করে একে কম রাখা যায়।

নয়েজ ফিগার ক্যালকুলেশন (Calculation of Noise Figure) : একটি রিসিভার অথবা অ্যামপ্লিফায়ারের নয়েজ ফিগারকে হিসাব করার জন্য সমগ্র সিস্টেমকে একটি টু-পোর্ট, নেটওয়ার্ক হিসেবে বিবেচনা করা হয়, যার ইনপুট ইম্পিড্যান্স হচ্ছে R_i, আউটপুট ইম্পিড্যান্স R_L এবং ওভারঅল ভোল্টেজ গেইন A। ধরা যাক সিস্টেমকে একটি সোর্স (অথবা অ্যান্টিনা) হতে ফিড দেওয়া হচ্ছে, যার আভ্যন্তরীণ ইম্পিড্যান্স R_a। নিচের চিত্রে (২.৪) সার্কিট ব্যবস্থাপনার ব্লক চিত্র দেওয়া হয়েছে।



চিত্র-২.৫ : The block diagram of circuit arrangement for noise figure calculation of an amplifier (or receiver)

এই সিস্টেমের নয়েজ ফিগার হিসাবের জন্য নিম্নলিখিত পদ্ধতি গৃহীত হতে পারে :

(i) ইনপুট সিগন্যাল পাওয়ার S_i নির্ধারণ করা।

(ii) ইনপুট নয়েজ পাওয়ার N_i নির্ধারণ করা।

(iii) ইনপুট সিগন্যাল-টু-নয়েজ পাওয়ার রেশিও S_i/N_i হিসাব করা।

(iv) আউটপুট সিগন্যাল পাওয়ার S_o নির্ধারণ করা

(v) আউটপুট নয়েজ পাওয়ার N_o নির্ধারণ করা।

(vi) আউটপুট সিগন্যাল-টু-নয়েজ পাওয়ার রেশিও N_o হিসাব করা।

(vii) স্টেপ (iii) ও (iv) হতে নয়েজ ফিগার F হিসাব করা।

চিত্র হতে আমরা লিখতে পারি,

$$V_{si} = \frac{V_s R_t}{R_a + R_t}$$

সুতরাং, $$Si = \frac{V_{si}^2}{R_t} = \left(\frac{V_s.R_t}{R_a + R_t}\right)^2 \cdot \frac{1}{R_t} = \frac{V_s^2 R_t}{(R_s + R_t)^2}$$

ইনপুট নয়েজ ভোল্টেজ, $$V_{ni}^2 = 4\,\bar{K}\,TB\,\frac{R_a R_t}{R_a + R_t}$$

সুতরাং, ইনপুট নয়েজ পাওয়ার হচ্ছে, $$N_i = \frac{V_{ni}^2}{R_1} = \frac{4\bar{K}\,TBR_a}{R_a + R_t}$$

ইনপুট সিগন্যাল-টু-নয়েজ পাওয়ার রেশিও,

$$\frac{S_i}{N_i} = \frac{V_s^2 R_t}{(R_a + R_1)^2} = \frac{(R_a + R_t)}{4\bar{K}\,TBR_a} = \frac{Vs^2\,R_t}{4\bar{K}\,TBR_a\,(R_a + R_t)}$$

আউটপুট সিগন্যাল পাওয়ারকে লেখা হয়,

$$S_o = \frac{Vso^2}{R_L} = \frac{(AV_{si})^2}{R_L} = \left(\frac{AV_s R_1}{R_a + Rt}\right)^2 \cdot \frac{1}{R_L}$$

$$= \frac{A^2 V_S^2 R_t^2}{(R_a + R_t)^2 R_1}$$

মনে করি, N_o নয়েজ আউটপুট পাওয়ার নির্দেশ করে। তাহলে আউটপুট S/N গাওয়ার রেশিওকে লেখা যাবে–

$$\frac{S_o}{N_o} = \frac{A^2 V_s^2 R_t^2}{(R_a + R_t)^2\,R_L N_o}$$

সুতরাং নয়েজ ফিগার,

$$F = \frac{S_i/N_i}{S_o/N_o} = \frac{V_s^2 R_t}{4\bar{K}\,TBR_a\,(R_a + R_t)} \times \frac{(R_a + R_t)^2\,R_L N_o}{A^2 V_s^2 R^2{}_t}$$

$$= \frac{R_L N_o\,(R_a + R_t)}{4\bar{K}\,TBA^2\,R_a R_t}$$

অনুশীলনী-২

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **SNR কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '১২(৫ম), '১৪]*

অথবা, সিগনাল টু নয়েজ রেশিও কাকে বলে? *[বাকাশিবো : '৯৮]*

উত্তর : কমিউনিকেশন সিস্টেমে সিগন্যাল পাওয়ার এবং নয়েজ পাওয়ারের অনুপাতকে SNR বলে।

২। **নয়েজ ফ্যাক্টর কী?** *[বাকাশিবো : '১৪R]*

উত্তর : সার্কিটের নয়েজ পরিমাপ করার জন্য ইনপুটের সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও এবং আউটপুটের সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিওকে তুলনা করা হয়। এই অনুপাতকে নয়েজ ফ্যাক্টর বা নয়েজ ফিগার বলে।

৩। **সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও'র একক কী?** *[বাকাশিবো : '১৪R]*

উত্তর : সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও'র একক ডেসিবেল (dB)।

৪। **নয়েজ কী?** *[বাকাশিবো : '৯৮, '০৮R, '১৩R]*

উত্তর : নয়েজ হচ্ছে একটি অনাকাঙ্ক্ষিত ধরনের এনার্জি, যা আকাঙ্ক্ষিত সিগন্যালের সঠিক রিসিপশন এবং রিপ্রোডাকশনে ইন্টারফেয়ার করার প্রবণতা দেখায়।

৫। **নয়েজ ফিগার কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '৯৯, '০১, '১৩]*

উত্তর : কোন কমিউনিকেশন সিস্টেমের ইনপুট সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও এবং আউটপুট সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিওর অনুপাতকে নয়েজ ফিগার বা নয়েজ ফ্যাক্টর বলে।

৬। **পার্টিশন নয়েজ কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '১২]*

উত্তর : সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসে যখন কারেন্ট দুই বা ততোধিক পথে বিভক্ত হয়ে যায় এবং প্রতিটি ভাগেই অনিয়মিত ফ্লাকচুয়েশন হয় যে নয়েজ উৎপন্ন হয় তাকে পার্টিশন নয়েজ বলে।

৭। **SNR এর মান কেমন হওয়া উচিত?** *[বাকাশিবো : '১০]*

উত্তর : SNR এর মান বেশি হওয়া উচিৎ।

৮। **এক্সটারনাল নয়েজ কী?**

উত্তর : রিসিভারের বাইরে সৃষ্ট বিভিন্ন ধরনের বাহ্যিক নয়েজ সোর্সই হলো এক্সটারন্যাল নয়েজ, যেমন–

(i) অ্যাটমোস্ফেরিক নয়েজ,

(ii) এক্সট্রাটেরিসট্রিয়াল নয়েজ,

(iii) ম্যান-মেড নয়েজ।

৯। **ইন্টারনাল নয়েজ কী?**

উত্তর : রিসিভারের অভ্যন্তরে যে সকল নয়েজ সৃষ্টি হয়, তাদেরকে বলা হয় ইন্টারনাল নয়েজ, যেমন–থার্মাল নয়েজ, শট নয়েজ ইত্যাদি।

১০। **জনসন নয়েজ কাকে বলে?**

উত্তর : থার্মাল এনার্জির কারণে রেজিস্টরের মধ্যে যে নয়েজ পাওয়ারের সৃষ্টি হয়, তাকে থার্মাল নয়েজ বা জনসন নয়েজ বলা হয়।

১১। **হোয়াইট নয়েজ কী?**

উত্তর : এটি এক প্রকার র‍্যানডম নয়েজ। রেজিস্টর অথবা একটি কমপ্লেক্স ইম্পিড্যান্সের কম্পোনেন্টের মধ্যে তাপীয় প্রভাবে এই উৎপন্ন হয়।

১২। থার্মাল অ্যাজিটেশন নয়েজ কী?

উত্তর : কন্ডাক্টরের মধ্যে ইলেকট্রনের এলোমেলো চলাফেরা এবং গতির জন্য যে নয়েজ উৎপন্ন হয়, তাকে থার্মাল অ্যাজিটেশন নয়েজ বলে।

১৩। SNR-এর সমীকরণটি লিখ।

উত্তর : SNR-এর সমীকরণটি হলো–

$$(SNR)_{dB} = 10 \log_{10} \frac{\text{Signal Power}}{\text{Noise Power}}$$

১৪। ফ্লিকার (Flicker) ফ্যাক্টর কী?

উত্তর : অল্প কয়েক কিলোহার্টসের নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সিতে এক প্রকারের নয়েজ আবির্ভাব হয়, যার স্পেক্ট্রাল ডেনসিটি ফ্রিকুয়েন্সি কমার সাথে সাথে বেড়ে যায়। এই নয়েজকে বলা হয় ফ্লিকার নয়েজ।

১৫। স্পট নয়েজ ফ্যাক্টর কী?

উত্তর : অনেক ক্ষেত্রেই নয়েজ ফ্যাক্টর ফ্রিকুয়েন্সি নির্ভরশীল হয় এবং সেখানে তাকে একটি ফ্রিকুয়েন্সিতে নির্ধারণ করা হয়। তখন তাকে বলা হয় স্পট নয়েজ ফ্যাক্টর (Spot Noise factor)।

১৬। উৎসের উপর ভিত্তি করে নয়েজকে প্রধানত কী কী ভাগে বিভক্ত করা যায়?

উত্তর : উৎসের উপর ভিত্তি করে নয়েজকে প্রধানত দুভাগে ভাগ করা যায়, যথা :

(ক) বাহ্যিক নয়েজ ও

(খ) অভ্যন্তরীণ নয়েজ।

১৭। জেনারেটেড নয়েজের প্রকারভেদ লেখ।

উত্তর : জেনারেটেড নয়েজকে তিনভাগে বিভক্ত করা যেতে পারে। যথা :

(ক) জনসন নয়েজ

(খ) হোয়াইট নয়েজ

(গ) শট নয়েজ।

১৮। সোলার নয়েজ কী?

উত্তর : এটি হল সূর্য হতে নির্গত ইলেকট্রিক্যাল নয়েজ। শান্ত অবস্থায় সূর্য হতে স্থির নয়েজ রেডিয়েশন পাওয়া যায়, কিন্তু সূর্যের অবস্থা পরিবর্তিত হয় এবং এগার বছরে সাইকেল অনুসরণ করে। এভাবে এই সাইকেলের চূড়ান্ত বৈদ্যুতিক ডিস্টারবান্স উদগত হয়, যা সূর্যের শান্ত নয়েজের অতিরিক্ত। এ সকল নয়েজকে সোলার নয়েজ বলে।

১৯। কজমিক নয়েজ কাকে বলে?

উত্তর : দূরবর্তী নক্ষত্রগুলো এক একটা সূর্যের মত এবং তাদেরও উচ্চ তাপমাত্রা থাকে। সুতরাং, এ সকল নক্ষত্রগুলোও সূর্যের মত নয়েজ বিকিরণ করে এবং সমগ্র আকাশ জুড়ে এটি প্রায় সুষমভাবে বণ্টিত থাকে। এই নয়েজকে কজমিক নয়েজ বলে।

২০। স্যুট নয়েজ কাকে বলে?

উত্তর : ভ্যাকুয়াম টিউব বা সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসে হোল বা ইলেকট্রন বাহিত বিচ্ছিন্ন ইলেকট্রিক চার্জের কারণে যে নয়েজ উৎপন্ন হয় তাকে স্যুট নয়েজ বা স্টকি (Schottky) নয়েজ বলা হয়।

২১। ফ্লিকার নয়েজ কাকে বলে?

উত্তর : ভ্যাকুয়াম টিউব ডিভাইসের ক্যাথড সারফেজ বা সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসের জাংশন সারফেজে হোল বা ইলেকট্রন রিকম্বিনেশনের ফলে যে নয়েজ উৎপন্ন হয় তাকে ফ্লিকার নয়েজ বা লো ফ্রিকুয়েন্সি নয়েজ বলে।

২২। ট্রানজিট টাইম নয়েজ কাকে বলে?

উত্তর : ভ্যাকুয়াম টিউব বা সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসে যখন চার্জ ক্যারিয়ারসমূহ জাংশনকে অতিক্রম করে তখন কিছুসংখ্যক ক্যারিয়ার ইমিটার বা সোর্সের দিকে পুনঃপ্রবেশ করতে চায় ফলে ডিভাইসে যে নয়েজের সৃষ্টি হয় তাকে ট্রানজিট টাইম নয়েজ বা হাই ফ্রিকুয়েন্সি নয়েজ বলে।

২৩। ক্রস টক নয়েজ কাকে বলে?

উত্তর : যেহেতু অনেকগুলো কমিউনিকেশন চ্যানেল সর্বদাই পাশাপাশি থাকে তাই অনেক সময় এক চ্যানেলের সিগন্যাল অন্য চ্যানেলে প্রবেশ করে নয়েজের সৃষ্টি করতে পারে। এ ধরনের নয়েজকে ক্রস টক নয়েজ বলা হয়।

২৪। ইমপালস নয়েজ কাকে বলে?

উত্তর : অনেক সময় উচ্চ শক্তি বিশিস্ট ওয়েভ চ্যানেলে প্রবাহিত স্বাভাবিক ওয়েভের সাথে মিশে গিয়ে অতি অল্প সময়ের জন্য এ প্রকার নয়েজ উৎপন্ন করে। এ প্রকার নয়েজকে ইমপাল্‌স নয়েজ বলে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও বলতে কী বুঝায়? *[বাকাশিবো : '১৩]*

উত্তর : কোন কমিউনিকেশন সিস্টেমের রিসিভারের ভোল্টেজ কারেন্ট অথবা পাওয়ারের আরএমএস মানের সাথে নয়েজের একই রাশির আরএমএস মানের অনুপাতকে সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও বলে। একে ডেসিবেল একক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। নিচের সমীকরণ দ্বারা সিগন্যাল-টু-রেশিওকে প্রকাশ করা যেতে পারে।

$$(SNR)_{dB} = 10 \log \frac{\text{সিগন্যাল পাওয়ারের কার্যকরী মান}}{\text{নয়েজ পাওয়ারের কার্যকরী মান}}$$

২। নয়েজের প্রকারভেদ উল্লেখ কর। *[বাকাশিবো : '০৪, '০৬, '১০]*

অথবা, Noise-এর উৎসগুলো কী কী? *[বাকাশিবো : '০৭R, '১০]*

উত্তর : নয়েজকে সামগ্রীকভাবে দু'ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(A) এক্সটারনাল নয়েজ (External noise)

(B) ইন্টারনাল নয়েজ (Internal noise)

এক্সটারনাল নয়েজকে আবার তিন ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(i) অ্যাটমোস্ফেরিক নয়েজ (Atmospheric Noise)

(ii) এক্সট্রাটেরিসট্রিয়াল নয়েজ (Extraterrestrial Noise)

(iii) ম্যান-মেড নয়েজ (Man-made Noise) অথবা ইন্ডাস্ট্রিয়াল নয়েজ।

এক্সট্রাটেরিসট্রিয়াল নয়েজ আবার দু'প্রকার, যথা–

ক. সোলার নয়েজ (Solar Noise)

খ. কজমিক নয়েজ (Cosmic Noise)

ইন্টারনাল নয়েজকে চার ভাগে ভাগ করা যায়, যথা–

(i) থার্মাল অ্যাজিটেশন নয়েজ (Thermal Agitation noise)

(ii) শট নয়েজ বা স্কটকি নয়েজ (Shot noise or Schottky noise)

(iii) ট্রানজিট টাইম নয়েজ অথবা হাই ফ্রিকুয়েন্সি নয়েজ (Transit-time noise/High frequency noise)

(iv) Miscellaneous internal noise
   (a) Flicker or low frequency noise
   (b) Transistor thermal noise
   (c) Partition noise
   (d) Noise in mixers.

৩। **'নয়েজ ফিগার' টার্মটির ব্যাখ্যা লেখ।** *[বাকাশিবো : '০৩, '০৮R]*

অথবা, সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও কম না বেশি হওয়া ভালো তোমার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দেখাও। *[বাকাশিবো : '০০]*

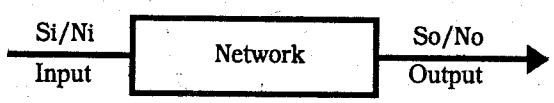
উত্তর : কমিউনিকেশন সিস্টেমে গৃহীত সিগন্যালগুলো সাধারণত লো পাওয়ারের হয়ে থাকে এবং সিগন্যালের সাথে নয়েজ যুক্ত থাকে। আবার সন্তোষজনক রিসিপশনের জন্য যখন সিগন্যালকে অ্যামপ্লিফাই করার প্রয়োজন হয় তখন এতে নয়েজও অ্যামপ্লিফাই হয়। যেহেতু নয়েজকে দূর করা সম্ভব হয় না সেহেতু একটি সিস্টেমের পারফরম্যান্সকে সিগন্যাল পাওয়ারের সাথে নয়েজ পাওয়ারের অনুপাত হিসেবে পরিমাপ করা হয়।

একটি সার্কিটের নয়েজনেস পরিমাপ করার জন্য নেটওয়ার্কের ইনপুট সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও'র সাথে তার আউটপুট সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও'র তুলনা করা হয়। এই রেশিওকে বলা হয় নয়েজ ফ্যাক্টর বা নয়েজ ফিগার।

যদি একটি নেটওয়ার্কের ইনপুট সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও $\frac{S_i}{N_i}$ হয় এবং আউটপুটে এই অনুপাত $\frac{S_o}{N_o}$ হয়, তাহলে নয়েজ ফিগার F হবে–

$$F = \frac{\frac{S_i}{N_i} \text{ at the input}}{\frac{So}{No} \text{ at the output}}$$

$$= \frac{P_{si}}{P_{ni}} \times \frac{P_{no}}{P_{so}}$$



চিত্র : Noise of a network

এখানে,

P_{si} = Signal Power available at the input
P_{ni} = Noise Power available at the Input
P_{so} = Signal Power available at the Output
P_{no} = Noise Power available at the Output

যে-কোন ব্যবহারিক রিসিভার কিছু পরিমাণ নয়েজ উৎপন্ন করে এবং যতই O/P-এর দিকে অগ্রসর হবে ততই S/N এর মান খারাপ হবে। সেহেতু ব্যবহারিক রিসিভারের ক্ষেত্রে Output S/N ইনপুট S/N এর চেয়ে নিম্নতর হবে এবং নয়েজ ফিগার ইউনিটি (Unity) অতিক্রম করবে। কাজেই নয়েজ ফিগার বা নয়েজ ফ্যাক্টর সংযুক্ত নয়েজ পরিমাণের পরিমাপক এবং F সর্বদাই ইউনিটি (Unity) থেকে বেশি হবে।

৪। **মানুষের তৈরি নয়েজ সম্বন্ধে সংক্ষেপে লেখ।** *[বাকাশিবো : '০৩]*

উত্তর : মানুষের কারণে যে সকল নয়েজ উৎপন্ন হয় এবং শিল্পকারখানায় বিভিন্ন যন্ত্রপাতি হতে যে সকল নয়েজ উৎপন্ন হয়, তাকে মানুষের তৈরি নয়েজ (Man-made noise/Industrial noise) বলে। এ নয়েজের ফ্রিকুয়েন্সি 1 হতে 600 MHz পর্যন্ত হতে পারে। গাড়ি, ট্রেন, ইঞ্জিন, জলযান ও উড়োজাহাজের ইগনিশনের কারণে, ইলেকট্রিক মোটর, সুইচগিয়ার, হাইভোল্টেজ লাইনে লিকেজ অথবা অত্যন্ত ভারী বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি হতে যে সকল নয়েজ উৎপন্ন হয়, এগুলো মানুষের তৈরি নয়েজের অন্তর্ভুক্ত। টিউব লাইট জ্বালানোর সময় বা কোন সুইচ অন/অফ করার সময় যে সকল নয়েজ উৎপন্ন হয়, সেগুলোও মানুষের তৈরি নয়েজ। স্পার্কিং এর কারণে যে নয়েজ হয়, তার ফ্রিকুয়েন্সি অনেক বেশি হয়। ডিসি মোটর বা ডায়নামোর টার্মিনালে ক্যাপাসিটর ও নিম্নমানের রেজিস্টেন্স যুক্ত করে নয়েজ রেডিয়েশনকে খুবই নিম্নমান পর্যন্ত কমানো যেতে পারে।

৫। **Atmospheric noise কী?** *[বাকাশিবো : '০১]*

অথবা, বায়ুমণ্ডলীয় নয়েজ বলতে কী বোঝায়?

উত্তর : বায়ুমণ্ডলের নিম্নস্তরে কতকগুলো বৈদ্যুতিক ঘটনা যেমন বজ্রপাতের সময় এখানে এত বেশি বৈদ্যুতিক পাওয়ার উৎপন্ন হয় যে বায়ুমণ্ডলের হাজার হাজার কিলোমিটার দূরেও এর প্রতিক্রিয়া ঘটে। ফলে ঝড়, বৃষ্টি, ঘূর্ণিঝড়ের সময় রেডিও কমিউনিকেশনে অসুবিধা সৃষ্টি হয়। বায়ুমণ্ডলীয় প্রতিক্রিয়াগুলোর ফ্রিকুয়েন্সি অসীম। সে কারণে রিসিভারে কী পরিমাণ নয়েজ উৎপন্ন হবে, তা এর ব্যান্ডউইডথ এর উপর নির্ভরশীল। তবে বায়ুমণ্ডলীয় নয়েজের ফ্রিকুয়েন্সি খুব কমই 30 MHz এর বেশি হয়ে থাকে। কারণ উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে লাইন অফ সাইট ডিসট্যান্স 80 কিলোমিটারের বেশি হতে পারে না। তাছাড়া নয়েজের প্রকৃতি এমন যে, তার ফ্রিকুয়েন্সি খুব কমই VHF রেঞ্জের হয়ে থাকে।

৬। **সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও কাকে বলে, বুঝিয়ে দাও।**

উত্তর : সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও অংশ দ্রষ্টব্য।

৭। **ট্রানজিট-টাইম নয়েজ কী, ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর : ট্রানজিট-টাইম নয়েজ অংশ দ্রষ্টব্য।

৮। **শট নয়েজ কীভাবে সৃষ্টি হয়, ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর : শট নয়েজ অংশ দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

১। **কমিউনিকেশনে আগত বিভিন্ন প্রকার নয়েজের বিবরণ দাও।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ২.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। **বিভিন্ন প্রকার এক্সটারনাল নয়েজের বিবরণ দাও।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ২.৩.১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **বিভিন্ন প্রকার ইন্টারনাল নয়েজের বিবরণ দাও।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ২.৩.২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **নয়েজ ফিগার বলতে কী বুঝ, ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ২.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও কাকে বলে, ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ২.৪ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায় ৩

অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন
(Understand Amplitude Modulation)

৩.০ ভূমিকা
(Introduction)

কোনো তথ্য বা ইনফরমেশনকে দূরবর্তী স্থানে পাঠানোর জন্য শব্দশক্তিকে প্রথমে ইলেকট্রিক্যাল সিগনালে রূপান্তর করা হয়। শব্দকে মাইক্রোফোনের সাহায্যে ইলেকট্রিক্যাল সিগনালে রূপান্তর করা হয়, যাকে অডিও সিগনাল বলা হয়। এই অডিও সিগনালকে স্পেসে রেডিয়েট করার জন্য এন্টেনা ব্যবহার করা হয়। এন্টেনা হতে রেডিয়েট হওয়ার জন্য উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট কারেন্ট এতে প্রয়োগ করা প্রয়োজন। কিন্তু অডিও সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সি খুব বেশি নয়। তাছাড়া একে রেডিয়েশনের জন্য এন্টেনাতে প্রয়োগ করা যায় না। সুতরাং এন্টেনাতে অডিও সিগনালকে প্রয়োগ করার পূর্বে একে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি সিগনালের উপর Supperimpose করা হয়। এই উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট সিগনালকে ক্যারিয়ার বলা হয়। অর্থাৎ ট্রান্সমিশনের জন্য একটি উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট সিগনাল প্রয়োজন কারণ অডিও সিগনালের কোনো বৈশিষ্ট্যকে যেমন–অ্যাপ্লিচিউড, ফেজ অথবা ফ্রিকুয়েন্সিকে পরিবর্তন করা যায় না। কিন্তু ক্যারিয়ার সিগনালের অ্যাপ্লিচিউড, ফ্রিকুয়েন্সি ও ফেজ এঙ্গেলকে অডিও সিগনাল দ্বারা পরিবর্তন করা হয়ে। এই নতুন সিগনালকে মডুলেটেড সিগনাল বলে। যে পদ্ধতিতে এটি করা হয় তাকে মডুলেশন বলে।

৩.১ মডুলেশনের সংজ্ঞা
(Define Modulation)

মডুলেশন বলতে এমন একটি প্রসেস বা পদ্ধতিকে বুঝায় যার দ্বারা উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ওয়েভের কয়েকটি বৈশিষ্ট্য যেমন অ্যামপ্লিচিউড, ফ্রিকুয়েন্সি অথবা ফেজ এঙ্গেলকে লো ফ্রিকুয়েন্সি সিগনালের ভোল্টেজের তাৎক্ষণিক মানের পরিবর্তনের সাথে পরিবর্তন করা হয়। লো ফ্রিকুয়েন্সি সিগনালকে বলা হয় মডুলেটিং ভোল্টেজ এবং যে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি সিগনালের বৈশিষ্ট্যকে পরিবর্তন করা হয়, তাকে ক্যারিয়ার ওয়েভ বলা হয়। ক্যারিয়ার ভোল্টেজকে নিম্নে সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হলো–

$e_c = E_c \cos(\omega_c t + \theta)$

যেখানে E_c হলো ক্যারিয়ার ভোল্টেজের Peak amplitude.

ω_c হলো ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যাঙ্গুলার ফ্রিকুয়েন্সি এবং θ হলো ফেজ অ্যাঙ্গেল।

এই সমীকরণ হতে তিনটি ঘটনা ঘটে। ফলে তিন ধরনের মডুলেশনের উৎপত্তি হয়। যথা–

(১) মডুলেটিং ওয়েভ দ্বারা E_c-এর মান পরিবর্তন হলে তবে তাকে অ্যাপ্লিচিউড মডুলেশন বলে। এই ক্ষেত্রে ω_c এবং θ স্থির থাকে।

(২) যখন মডুলেটিং ওয়েভের মাধ্যমে ω_c-এর মান পরিবর্তন করা হয় এবং E_c এবং θ স্থির থাকে, তখন এই প্রসেস বা পদ্ধতিকে বলা হয় ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন।

(৩) আবার যখন মডুলেটিং ওয়েভের দ্বারা θ –এর মান পরিবর্তন করা হয়, তখন এই প্রসেসকে ফেজ মডুলেশন বলা হয়। এই মডুলেশনের সময় ω_c এবং E_c স্থির থাকে।

৩.১.২ অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন সিগনালের ওয়েভ

(Wave form of Amplitude modulation)

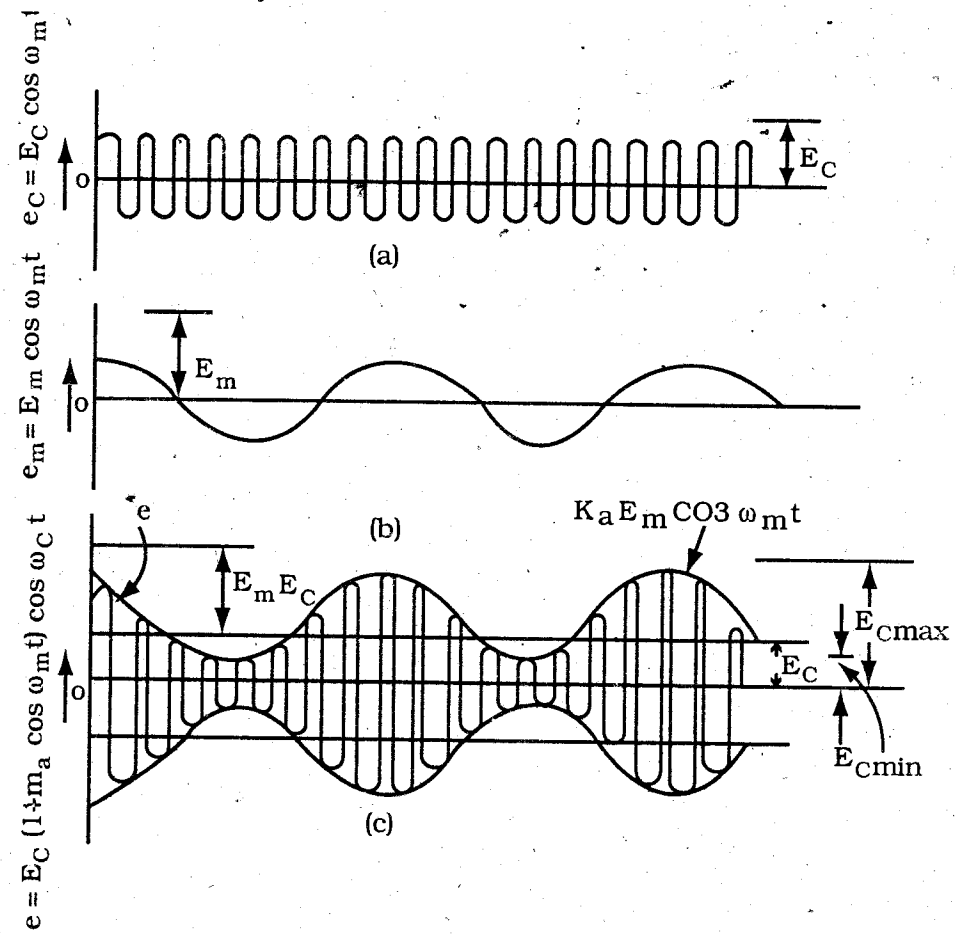
নিম্নে চিত্রে মডুলেটিং সিগনালের সাথে ক্যারিয়ার সিগনালের মডুলেশনের পর যে মডুলেশন এনভেলোপ সৃষ্টি হয়েছে তাকে দেখানো হয়েছে। চিত্রে দেখা যায় যে,

$m_a E_c = E_{max} - E_c$

$\therefore m_a = \frac{E_{max} - E_c}{E_c}$ ------- ৩.১ (ক)

এবং $m_a E_c = E_c - E_{min}$

$\therefore m_a = \frac{E_c - E_{min}}{E_c}$ ---------- ৩.১ (খ)



চিত্র-৩.১ : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড ওয়েভ

সমীকরণ : ৩.১ (ক) ও ৩.১(খ) হতে পাওয়া যায়,

$E_{max} - E_c = E_c - E_{min}$

$\therefore 2E_c = E_{max} + E_{min}$

or, $E_c = \frac{E_{max} + E_{min}}{2}$

E_c-এর এইদ মান ৩.১ (ক) সমীকরণে বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$m_a = \frac{E_{max} - \frac{E_{max} + E_{min}}{2}}{\frac{E_{max} + E_{min}}{2}}$$

$$= \frac{\frac{2E_{max} - E_{max} - E_{min}}{2}}{\frac{E_{max} + E_{min}}{2}}$$

$$= \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max} + E_{min}} \text{ ------- ৩.১ (গ)}$$

সুতরাং, মডুলেশনের শতকরা হার

$$= \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max} + E_{min}} \times 100$$

.২ মডুলেশনের প্রয়োজনীয়তা

(Mention the Need for Modulation)

মডুলেশনের প্রয়োজনীয়তাগুলো নিম্নে বর্ণিত হলো :

(১) মডুলেশনের ফলে ট্রান্সমিশন এন্টিনার দৈর্ঘ্য কমে। কারণ ফ্রিকুয়েন্সি যত বেশি হবে এন্টিনার দৈর্ঘ্য তত ছোট হয়ে আসবে। তাই সিগন্যালকে হাই ফ্রিকুয়েন্সি ক্যারিয়ারের সাথে মডুলেশন না করলে এন্টিনার আকার অনেক বড় হবে এমনকি বাস্তবে এত বড় এন্টিনা তৈরি করাই সম্ভব হবে না।

(২) মডুলেশনের ফলে ট্রান্সমিটারের অপারেটিং রেঞ্জ বৃদ্ধি পায়। কারণ ফ্রিকুয়েন্সি যত বেশি হবে ওয়েভের রেডিয়েশন স্পিড তত বেশি হবে। তাই সিগন্যালকে হাই ফ্রিকুয়েন্সি ক্যারিয়ারের সাথে মডুলেশন করে ট্রান্সমিটারের অপারেটিং রেঞ্জ বৃদ্ধি করা যায়। অর্থাৎ বেশি দূরত্বে সিগন্যাল ট্রান্সমিট করা সম্ভব হয়।

(৩) মডুলেশনের ফলে ওয়্যারলেস কমিউনিকেশন অর্থাৎ তার ছাড়া সিগন্যাল ট্রান্সমিট করা সম্ভব হচ্ছে।

(৪) একই ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট একাধিক চ্যানেল থেকে সিগন্যাল ট্রান্সমিট করলে রিসিভারে তা টিউনিং করা সম্ভব হতো না। মডুলেশনের ফলে একাধিক চ্যানেলকে পৃথক পৃথক ফ্রিকুয়েন্সিতে ভাগ করা সম্ভব হয়েছে।

(৫) উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ব্যবহারের কারণে রেডিয়েশনের মাধ্যমে ইনটেলিজেন্স ট্রান্সমিট করা সম্ভব হয়।

(৬) বিভিন্ন প্রকার ম্যাসেজের ফ্রিকুয়েন্সি লেভেল বিভিন্ন হওয়ার কারণে কোন প্রকার ইন্টারেফারেন্স ছাড়াই ট্রান্সমিট করা সম্ভব হয়।

(৭) অ্যামপ্লিফায়ার ও এন্টেনা ডিজাইন করা সম্ভব নয়। মডুলেটেড সিগনালের ব্যান্ড ওয়াইড্থ অরিজিনাল সিগনালের চেয়ে ছোট বড় করা যায়। তাছাড়া সিগনাল টু নয়েজ রেশিও বৃদ্ধি করা যায়।

(৮) মডুলেশনের ফলে এন্টেনা ডিজাইন করা সহজ হয়। ক্যারিয়ার সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সি যত বেশি হয় এন্টেনার সাইজ তত ছোট হয়ে আসে। কাজেই মডুলেশন না করলে এন্টেনার সাইজ অনেক বড় হত। বাস্তবে এত বড় এন্টেনা তৈরি করা সম্ভব হত না।

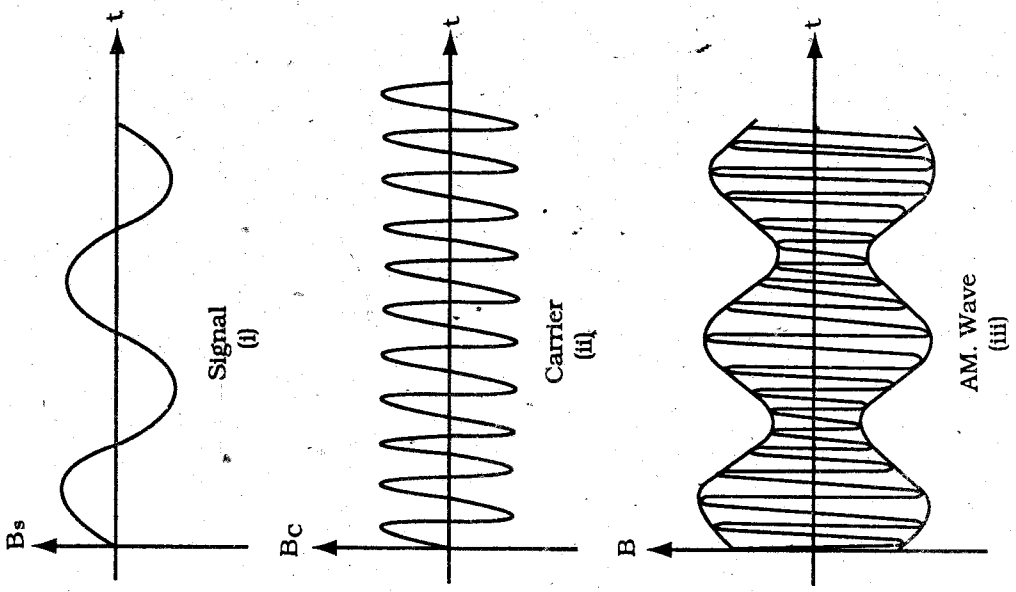
রেডিও ব্রডকাস্ট, রেডিও টেলিফোনীতে AM/DSB ব্যবহার করা হয়। টেলিভিশন ট্রান্সমিশনের জন্যও AM ব্যবহার করা হয়। সিগনালটু নয়েজ রেশিও উন্নতি করার জন্য এবং পাওয়ার সেভ করার জন্য ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন ব্যবহার করা হয়। ডাটা ট্রান্সমিশনের জন্য পাল্স মডুলেশনের প্রয়োজন হয়।

৬৮৪২-কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১- ৪/খ

৩.৩ অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের সংজ্ঞা

(Define Amplitude Modulation)

লো ফ্রিকুয়েন্সির মূল সিগনালের সাথে হাই ফ্রিকুয়েন্সির ক্যারিয়ার সিগন্যালকে মিশ্রিত করে মূল সিগনাল অনুসারে ক্যারিয়ার সিগনালের অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তন করে মডুলেটেড সিগনাল উৎপন্ন করার পদ্ধতিকে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন বলা হয়। অর্থাৎ, মডুলেটিং সিগনালের অ্যামপ্লিচিউডের মানের পরিবর্তনের সাথে ক্যারিয়ার সিগনালের অ্যামপ্লিচিউডের মানের পরিবর্তন ঘটলে যে মডুলেশন হয় তাকে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন বলে। এই সময় ক্যারিয়ার সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সি ও ফেজ অ্যাঙ্গেল স্থির থাকে। চিত্রে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের নীতি দেখানো হয়েছে। চিত্রে অডিও সিগনাল দেখানো হয়েছে। চিত্রে কনস্টট্যান্ট অ্যামপ্লিচিউড বিশিষ্ট ক্যারিয়ার সিগনাল দেখানো হয়েছে। নিম্নে চিত্রে মডুলেশন করার পর সিগনালের ওয়েভ দেখানো হয়েছে।



চিত্র-৩.২ : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের বিভিন্ন সিগনাল

মডুলেটেড সিগনালে দেখা যাচ্ছে যে, ক্যারিয়ার সিগনালের নেগেটিভ ও পজেটিভ উভয় হাফ সাইকেলই মডুলেটিং সিগনাল অনুযায়ী পরিবর্তিত হচ্ছে। অর্থাৎ যখন মডুলেটিং সিগনাল পজিটিভ দিকে বৃদ্ধি পায়, ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউডও পজিটিভ দিকে বৃদ্ধি পায়। অপর দিকে নেগিটিভ হাফ সাইকেলের সময় ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড কমে।

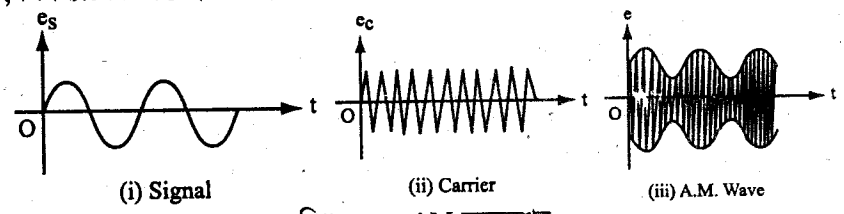
৩.৪ AM মডুলেশনের মূলনীতি

(Describe the Basic of AM Modulation)

যখন হাই ফ্রিকুয়েন্সি ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড সিগন্যালের ইনটেনসিটি অনুসারে পরিবর্তিত হয়, তখন তাকে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন বলে।

অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের ক্ষেত্রে সিগন্যালের ইনটেনসিটি অনুসারে ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন ঘটে, কিন্তু মডুলেটেড ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি একই থাকে অর্থাৎ ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির সমান থাকে। নিচের চিত্রে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের মূলনীতি দেখানো হয়েছে। লক্ষ করলে দেখা যাবে যে, ক্যারিয়ার ওয়েভের +ve এবং –ve উভয় হাফ সাইকেল সিগন্যাল অনুসারে পরিবর্তন হয়েছে। যেমন– সিগন্যাল যখন +ve ভাবে বর্ধিত হয়, তখন ক্যারিয়ারের অ্যামপ্লিচিউডও বেড়ে যায়।

অন্যদিকে, সিগন্যালের –ve হাফ সাইকেলের সময় ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড হ্রাস পায়।



চিত্র-৩.৩ : AM মডুলেশন

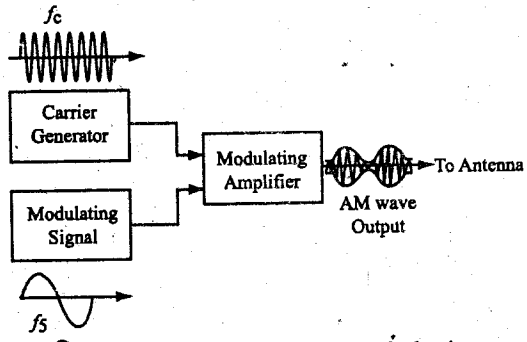
যে ইলেকট্রনিক সার্কিটের সাহায্যে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন সম্পন্ন করা হয়, তাকে বলা হয় মডুলেটর। দূরবর্তী স্থানে প্রেরণের জন্য যে সিগন্যালকে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যালের সাথে মিশ্রিত করা হয়, তাকে মডুলেটিং সিগন্যাল বলে; যেমন–অডিও বা ভিডিও সিগন্যাল। আর যে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যালের সাথে মিশ্রিত করা হয়, ঐ উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যালকে ক্যারিয়ার সিগন্যাল বলে। মডুলেটিং সিগন্যালের সাথে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যালের মিশ্রণের ফলে যে লব্ধি ওয়েভ উৎপন্ন হয়, তাকে মডুলেটেড ওয়েভ বা রেডিও ওয়েভ বলে।

অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের ক্ষেত্রে নিম্নের বিষয়সমূহ লক্ষণীয় :

(i) ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড, সিগনালের ইনটেনসিটি অনুসারে পরিবর্তন হয়।

(ii) ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তনশীলতা সিগনাল ফ্রিকুয়েন্সি f_s-এ সংঘটিত হয়।

(iii) অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সী একই থাকে অর্থাৎ ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি f_c-এর সমান।

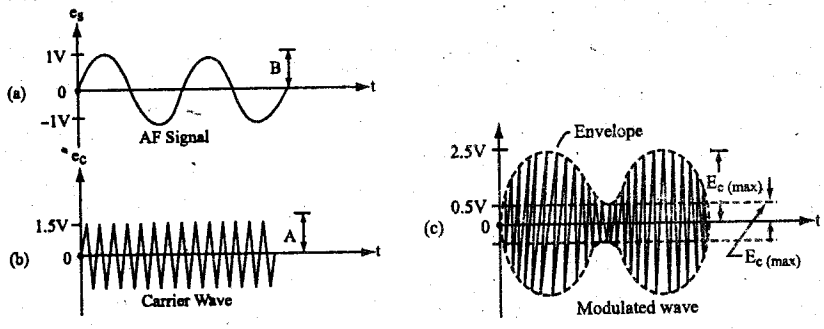


চিত্র-৩.৪ : Basic idea of modulation

৩.৪.১ অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের ওয়েভ ফরম (Wave form of Amplitude Modulation)

নিচের চিত্রে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের পদ্ধতি গ্রাফিক্যালি দেখানো হয়েছে। সহজ করার জন্য AF সিগন্যালকে সাইনুসুইডাল ধরা হয়েছে চিত্র-(a)। চিত্র-(b) তে ক্যারিয়ার ওয়েভকে দেখানো হয়েছে। লব্ধ ওয়েভ হিসেবে মডুলেটেড ওয়েভকে চিত্র-(c) তে দেখানো হয়েছে।

মডুলেটরের কাজ হচ্ছে দুটি ওয়েভকে মেশানো, যাতে (a)-wave (b)-এ সাথে প্রেরিত হয়। মডুলেটেড ক্যারিয়ার ওয়েভের এনভেলোপটি লক্ষ করলে দেখা যায় যে, এটি AF সিগন্যালের একটি অবিকল নকল (Replica)।



চিত্র-৩.৫ : Formation of AM wave

মডুলেটিং সিগন্যালের সমীকরণ $e_m = E_m \sin\omega_m t$ এবং আনমডুলেটেড ক্যারিয়ার ওয়েভের সমীকরণ $e_c = E_c \sin\omega_c t$ হলে মডুলেশন ইনডেক্স m এর বিভিন্ন মানের জন্য মডুলেটেড ওয়েভ এর ওয়েভাকৃতি নিচে দেখানো হলো–

$$m = \frac{\text{সিগন্যাল ওয়েভের সর্বোচ্চ মান}}{\text{ক্যারিয়ার ওয়েভের সর্বোচ্চ মান}} \times 100$$

$$= \frac{\text{Signal amplitude}}{\text{Carrier amplitude}} \times 100$$

$$= \frac{B}{A} \times 100$$

B/A অনুপাতটিকে ভগ্নাংশ হিসেবে প্রকাশ করা হয়, যাকে বলা হয় মডুলেশন ইনডেক্স (modulation index) বা MI

$m = M_I \times 100$

চিত্র-(৩.৭) হতে দেখা যায় যে, B = IV এবং A = 1.5V

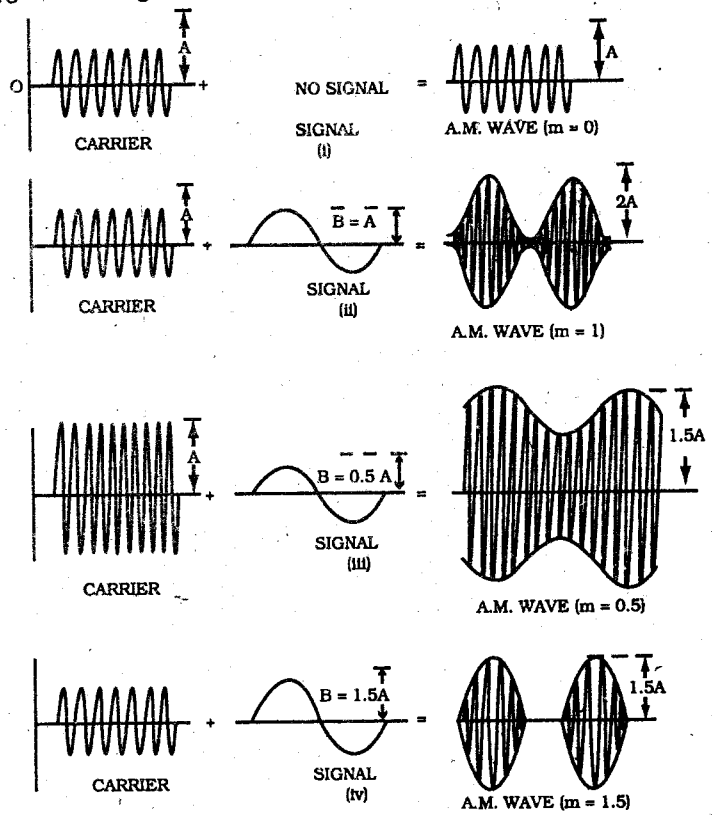
$$\therefore m = \frac{1}{1.5} \times 100 = 66.7\%$$

মডুলেটেড ক্যারিয়ার ওয়েভের প্রেক্ষিতেও মডুলেশন ইনডেক্সকে সংজ্ঞায়িত করা যায়।

$$m = \frac{E_{C(max)} - E_{C(min)}}{E_{C(max)} + E_{C(min)}} \times 100$$

যেখানে, $E_{C(max)}$ এবং $E_{C(min)}$ হচ্ছে মডুলেটেড ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউডের সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন মান। পুনরায় চিত্র-হতে দেখা যায় যে,

$$m = \frac{2.5 - 0.5}{2.5 + 0.5} \times 100 = \frac{2}{3} \times 100 = 66.7\%$$



চিত্র-৩.৬ : বিভিন্ন প্রকার AM মডুলেশন

চিত্রে মডুলেশনের বিভিন্ন মানের জন্য মডুলেটেড ওয়েভ দেখানো হয়েছে।

(i) $m = \frac{B}{A} \times 100 = \frac{0}{A} \times 100 = 0\%$

এর অর্থ হচ্ছে আনমডুলেটেড ক্যারিয়ার ওয়েভের জন্য $m = 0$।

(ii) $m = \frac{B}{A} \times 100 = \frac{A}{A} \times 100 = 100\%$

এক্ষেত্রে ক্যারিয়ারকে 100% মডুলেটেড বলা হয় এবং $m = 1$ হয়। কোনরূপ ডিস্টরশন উৎপন্ন না করে m এর মান 0 থেকে 100% মধ্যে যে-কোন মানে পরিবর্তন হতে পারে।

(iii) $m = \frac{B}{A} \times 100 = \frac{0.5A}{A} \times 100 = 50\%$

এক্ষেত্রে ক্যারিয়ারকে বলা হয় 50% মডুলেটেড।

(iv) $m = \frac{B}{A} \times 100 = \frac{1.5A}{A} \times 100 = 150\%$

এক্ষেত্রে ক্যারিয়ারকে বলা হয় 150% মডুলেটেড অর্থাৎ ওভার মডুলেটেড। 100% এর বেশি মডুলেশন এর ফলে তীব্র ডিস্টরশনের সৃষ্টি হয়।

৩.৫ AM মডুলেশনের এক্সপ্রেশন (Derive The Expression of AM Modulation)

একটি আনমডুলেটেড ক্যারিয়ার ওয়েভের সমীকরণকে লেখা যায়,

$e_c = E_c \cos\omega_c t$

যেখানে,

e_c = ক্যারিয়ারের তাৎক্ষণিক ভোল্টেজ

E_c = ক্যারিয়ারের অ্যামপ্লিচিউড

$\omega_c = 2\pi f_c$

= ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি f_c-তে কৌণিক বেগ।

অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন, ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড E_c সিগন্যালের অ্যামপ্লিচিউড অনুসারে পরিবর্তিত হয়, যা নিচের চিত্রে দেখানো হয়েছে। মনে করি, মডুলেশন ফ্যাক্টর হচ্ছে m। কাজেই সিগন্যালের অ্যামপ্লিচিউড,

$E_S = mE_c$

সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি সমীকরণকে লেখা যায়,

$e_s = E_s \cos\omega_s t$

যেখানে,

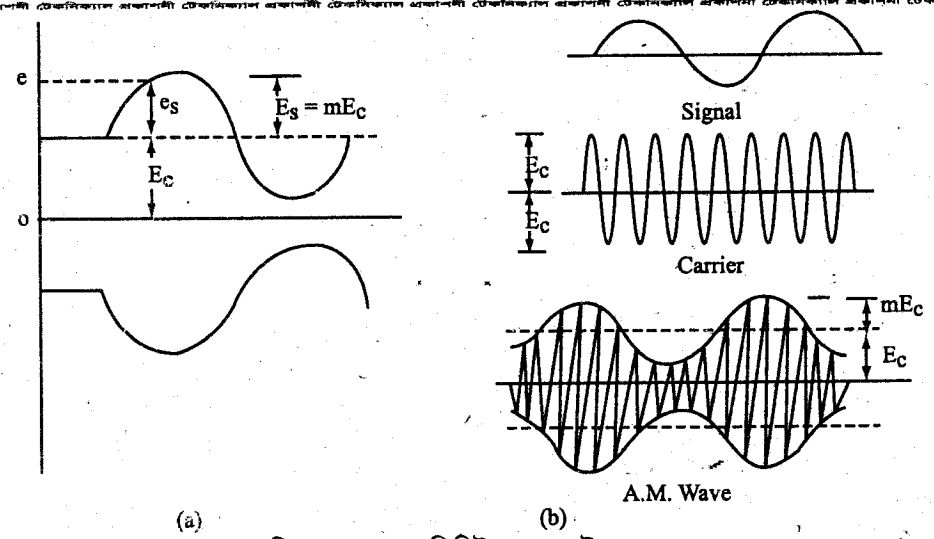
e_s = সিগনালের তাৎক্ষণিক ভোল্টেজ

mE_c = সিগনালের অ্যামপ্লিচিউড

বা, $e_c = mE_c \cos\omega_c t$

$\omega_s = 2\pi f_s$

= সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি f_s-এ কৌণিক বেগ।



চিত্র-৩.৭ : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড ওয়েভ

ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি f_s এর সাথে পরিবর্তিত হয়। কাজেই যে-কোন মুহূর্তে AM ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউডকে লেখা যাবে,

AM ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড $= E_c + es$ [$\because E_c$ is constant]

$$= E_c + mE_c\cos\omega_s t$$
$$= E_c(1 + m\cos\omega_s t)$$

সুতরাং, AM ওয়েভের তাৎক্ষণিক ভোল্টেজের মান হবে–

$$e = \text{Amplitude} \times \cos\omega_c t$$
$$= E_c(1 + m\cos\omega_s t)\cos\omega_c t$$
$$= E_c\cos\omega_c t + mE_c\cos\omega_s t\cos\omega_c t$$
$$= E_c\cos\omega_s t + \frac{mE_c}{2}(2\cos\omega_s t\cos\omega_c t)$$
$$= E_c\cos\omega_c t + \frac{mE_c}{2}(\cos(\omega_c + \omega_s)t + \cos(\omega_c - \omega_s)t]$$
$$= E_c\cos\omega_c t + \frac{mE_c}{2}\cos(\omega_c + \omega_s)t + \frac{mE_c}{2}\cos(\omega_c - \omega_s)t$$
$$= E_c\cos 2\pi f_c t + \frac{mE_c}{2}\cos 2\pi(f_c + f_s)t + \frac{mE_c}{2}\cos 2\pi(f_c - f_s)t$$

অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড ওয়েভের উপরিউক্ত সমীকরণ হতে নিম্নলিখিত বিষয়গুলো পরিলক্ষিত হয়।

(i) AM ওয়েভটি তিনটি সাইনুসয়ডাল ওয়েভের যোগফলের সমতুল্য। এদের একটি অ্যামপ্লিচিউড E_c এবং ফ্রিকুয়েন্সি f_c। দ্বিতীয়টির অ্যামপ্লিচিউড $mE_c/2$ এবং ফ্রিকুয়েন্সি $(f_c + f_s)$ এবং তৃতীয়টির অ্যামপ্লিচিউড $mE_c/2$ এবং ফ্রিকুয়েন্সি $(f_c - f_s)$।

(ii) AM ওয়েভটিতে তিনটি ফ্রিকুয়েন্সি আছে; যেমন– f_c, $f_c + f_s$ এবং $f_c - f_s$। প্রথম ফ্রিকুয়েন্সিটা হলো ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি। এটি হতে বোঝা যায় যে, মডুলেশনের ফলে মূল ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির কোন পরিবর্তন হয় না। কিন্তু দুটি নতুন ফ্রিকুয়েন্সি $(f_c + f_s)$ এবং $(f_c - f_s)$ উৎপন্ন হয়, যাদেরকে বলা হয় সাইডব্যান্ড ফ্রিকুয়েন্সি।

(iii) ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি এবং সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সির যোগফল অর্থাৎ, $(f_c + f_s)$ কে বলা হয় Upper Sideband frequency (USF)। আর ক্যারিয়ার এবং সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সির পার্থক্যকে অর্থাৎ $(f_c - f_s)$ কে বলা হয় (Lower sideband frequency (LSF)।

৩.৫.১ AM ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম

(Frequency Spectrum of AM wave)

অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন পদ্ধতিতে পৃথক ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট সিগনাল ও ক্যারিয়ার ওয়েভ একত্রিত করে মডুলেটেড ওয়েভ সৃষ্টি করা হয়। মডুলেটেড ওয়েভটি একটি জটিল ওয়েভ এবং তাকে তিনটি বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট সাইন ওয়েভের সমষ্টি হিসাবে প্রকাশ করা যায়। বিভিন্ন অ্যামপ্লিচিউডকে লেখচিত্রে প্রকাশ করা হলে প্রাপ্ত চিত্রকে ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম বলে।

অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড ওয়েভের সমীকরণ হলো–

$$e = E_c\cos 2\pi f_c t + \frac{mE_c}{2}\cos 2\pi (f_c + f_s)t + \frac{mE_c}{2}\cos 2\pi (f_c - f_s)t)$$

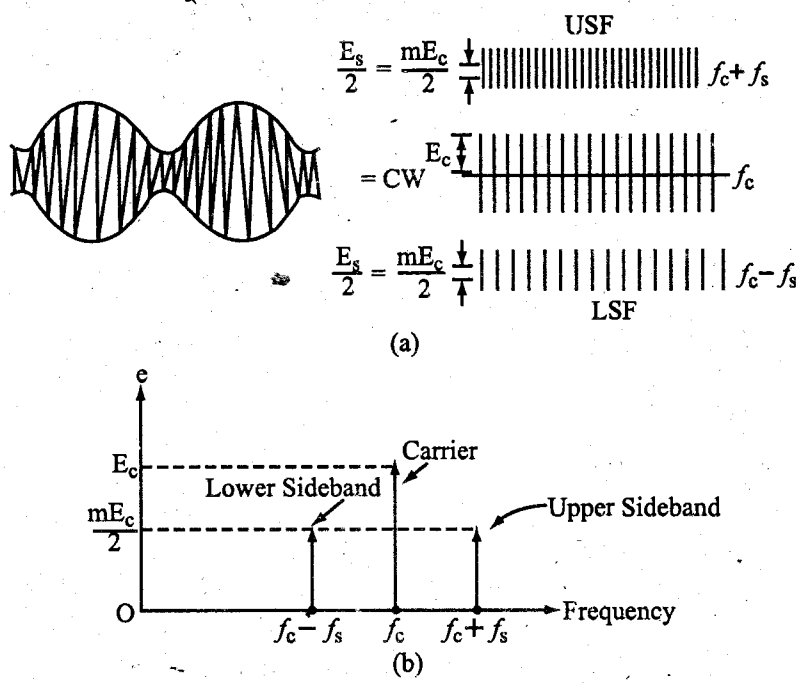
সমীকরণ হতে দেখা যায় যে, মডুলেটেড ওয়েভটি তিনটি কম্পোনেন্ট ধারণ করে আছে, যেমন–

(i) $E_c\cos 2\pi f_c t$— মূল ক্যারিয়ার ওয়েভ

(ii) $\frac{mE_c}{2}\cos 2\pi (f_c + f_s)t)$ — Upper sideband frequency

(iii) $\frac{mE_c}{2}\cos 2\pi (f_c - f_s)t$ — Lower sideband frequency.

নিচের চিত্রে AM ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম দেখানো হয়েছে।



চিত্র-৩.৮ : Frequency spectrum of an AM wave

ফ্রিকুয়েন্সি কম্পোনেন্টগুলোকে ভার্টিক্যাল লাইন দ্বারা দেখানো হয়েছে। প্রতিটি ভার্টিক্যাল লাইনের উচ্চতা বিদ্যমান কম্পোনেন্টগুলোর অ্যামপ্লিচিউডের সমান। সাধারণত ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি f_c সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি f_s অপেক্ষা অনেক গুণ বড় হয়। সেহেতু সাইডব্যান্ড ফ্রিকুয়েন্সিগুলো সাধারণত ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির নিকটবর্তী হয়।

এখানে $(f_c - f_s)$ হচ্ছে Lower sideband এবং $(f_c + f_s)$ হচ্ছে Upper sideband frequency। ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রামটি ক্যারিয়ারের সাপেক্ষে সাইডব্যান্ডগুলোর অবস্থান ও অ্যামপ্লিচিউডের মানকে প্রকাশ করে।

৩.৬ মডুলেশন ইনডেক্স ও ডেপথ অব মডুলেশন এর সংজ্ঞা

(Define Modulation Index and Depth of Modulation)

অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের একটি গুরুত্ব পূর্ণ বিষয় হলো মডুলেশনের মাত্রা (depth of modulathon) যা দ্বারা বুঝা যায় যে, মডুলেটিং সিগনাল দ্বারা ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউডের কতটুকু পরিবর্তন হয়েছে। বিষয়টিকে যা দ্বারা প্রকাশ করা হয়, তাকেই মডুলেশন ইনডেক্স (modulation Index)। অন্যভাবে বলা যায়, ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তনের সাথে নরমাল ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউডের অনুপাতকে মডুলেশন ইনডেক্স (modulation index) বলে।

$$\text{Modulation Index} = \frac{\text{Amplitude Change of Carrier Wave}}{\text{Normal Carrier Wave (unmodulated)}}$$

$$m_a = \frac{K_a E_m}{E_c}$$

এখানে, m_a = মডুলেশন ইনডেক্স

K_a = Proportionality factor, যা দ্বারা নির্ধারিত হয় যে মডুলেটিং সিগনালের সর্বোচ্চ কী পরিমাণ পরিবর্তন হবে।

E_m = মডুলেটিং সিগনালের ভোল্টেজের মান।

E_c = ক্যারিয়ার ভোল্টেজের মান।

আবার আমরা জানি,

$$m_a E_c = E_{max} - E_c$$

$$\therefore \quad m_a = \frac{E_{max} - E_c}{E_c} \text{ - -------- (i)}$$

এবং $m_a E_c = E_c - E_{min}$

$$\therefore \quad m_a = \frac{E_c - E_{min}}{E_c} \text{ ---------(ii)}$$

(i) ও (ii) নং সমীকরণ হইতে পাই,

$$E_{max} - E_c = E_c - E_{min}$$

$$\therefore \quad 2E_c = E_{max} + E_{min}$$

$$E_c = \frac{E_{max} + E_{min}}{2}$$

E_c-এর মান (৩) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$m_a = \frac{E_{max} - \frac{E_{max} + E_{min}}{2}}{\frac{E_{max} + E_{min}}{2}}$$

$$= \frac{\frac{2E_{max} - E_{max} - E_{min}}{2}}{\frac{E_{max} + E_{min}}{2}}$$

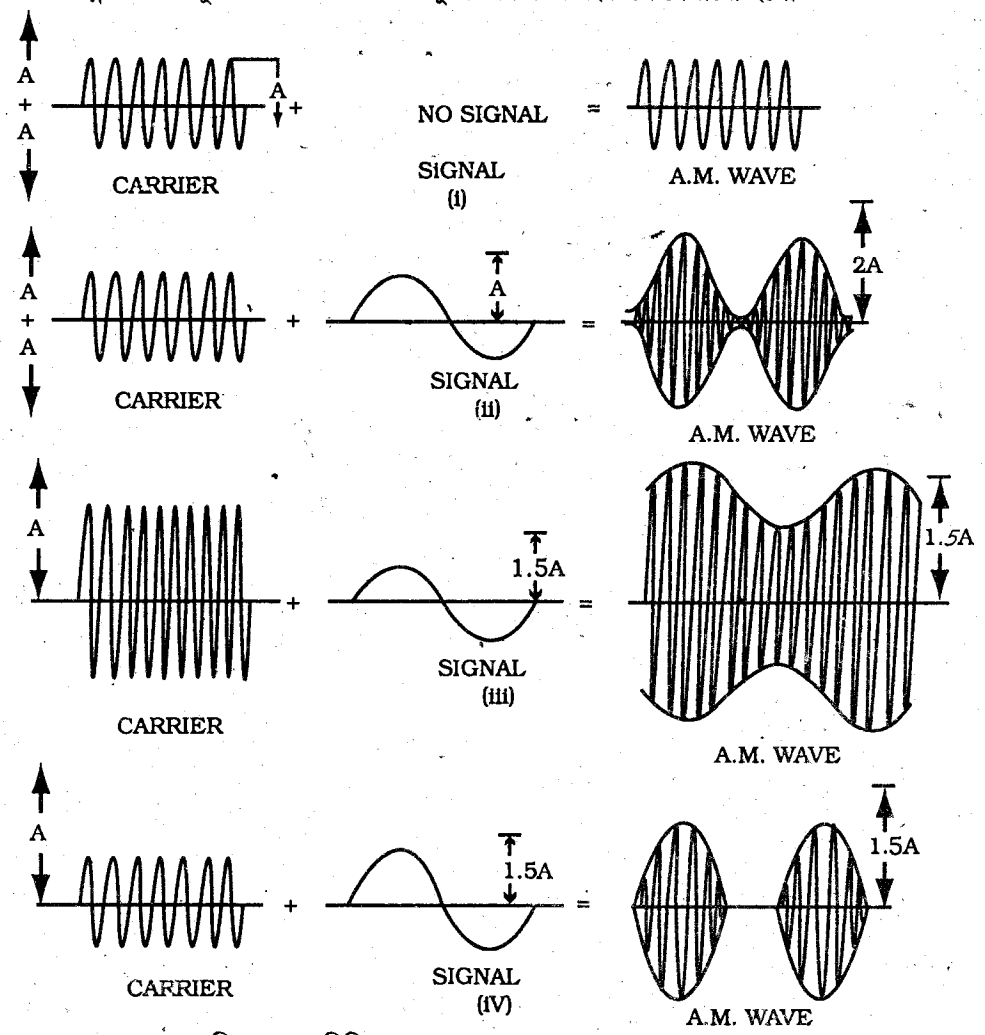
$$= \frac{E_{max} - E_{min}}{E_{max} + E_{min}}$$

মডুলেশনের গভীরতা : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনে মডুলেটিং সিগন্যালের সর্বোচ্চ অ্যামপ্লিচিউড এবং ক্যারিয়ার সিগন্যালের অ্যামপ্লিচুডের অনুপাতকে মডুলেশনের গভীরতা (Depth of Modulation) বলে।

∴ মডুলেশনের গভীরতা (Depth of Modulation)

$$= \frac{\text{মড্যুলেটেড ওয়েভের সর্বোচ্চ অ্যামপ্লিচুড}}{\text{ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচুড}} = \frac{V_{max}}{E_C}$$

নিচে বিভিন্ন মাত্রার মডুলেশন বা ডেপথ অব মডুলেশন নিচের নং চিত্রে দেখানো হলো–



চিত্র-৩.৯ : বিভিন্ন মাত্রার মডুলেশন বা ডেপথ অব মডুলেশন

মডুলেশন ইনডেক্স-এর গুরুত্ব (Importance of Modulation Index) : ট্রান্সমিটেড সিগনালের শক্তি এবং কোয়ালিটি নির্ধারণ করার জন্য মডুলেশন ইনডেক্স খুবই গুরুত্ব পূর্ণ বিষয়। AM ওয়েভে ক্যারিয়ার সিগন্যাল পরিবর্তনশীল আকারে থাকে। মডুলেশন ইনডেক্সের মান যত কম হয় মডুলেটেড সিগনালে অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন তত কম হয়। ফলে প্রেরণকৃত সিগনালের মান তত শক্তিশালী হয় না। ফলে যে অডিও সিগনালকে ট্রান্সমিট করা হয় উহাও তত শক্তিশালী হয় না। আবার যখন মডুলেশনের গভীরতা বেশি হয়, মডুলেটেড সিগনালে অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন তত বেশি হয়। ফলে অডিও সিগনাল তত শক্তিশালী ও স্পষ্ট হয়। যদি ক্যারিয়ার সিগনালে over modulation হয় অর্থাৎ $m_a > 1$ হয় তবে সিগনাল রিসিপশনের সময় নয়েজের সৃষ্টি হবে। সুতরাং দেখা যায় যে, মডুলেশনের গভীরতা বেশি হওয়া ঠিক নয়।

৩.৭ ক্যারিয়ার পাওয়ার ও সাইড ব্যান্ড পাওয়ারসমূহের মান

(State the Relative Power Distribution in Carrier and Side Bands)

অ্যাপ্লিচিউড মডুলেটেড ওয়েভে ক্যারিয়ার ও সাইডব্যান্ড কম্পোনেন্টসমূহ যোগ করে মোট পাওয়ার বের করা হয়। আমরা ইতোপূর্বে প্রমাণ করেছি যে মডুলেটেড ওয়েভে তিনটি কম্পোনেন্ট থাকে, এগুলো হলো–

(i) ক্যারিয়ার ওয়েভ = $E_c \cos \omega_c t$.

(ii) আপার সাইডব্যান্ড = $\frac{m_a}{2} E_c \cos (\omega_c + \omega_m)t$.

(iii) লোয়ার সাইডব্যান্ড = $\frac{m_a}{2} E_c \cos (\omega_c - \omega_m)t$.

এন্টেনাতে অথবা কোন রেজিস্টিভ লোডে যে পাওয়ার খরচ হয় এটি ঐ সিগনালের অ্যামপ্লিচিউডের (ভোল্টেজ অথবা কারেন্টের) বর্গের সাথে সমানুপাতিক।

$\therefore$ ক্যারিয়ার পাওয়ার $\propto E_c^2 = KE_c^2$

আপার সাইডব্যান্ডের পাওয়ার $\propto \left(\frac{m_a}{2} E_c\right)^2$

$$= K \frac{m_a^2}{4} E_c^2$$

লোয়ার সাইডব্যান্ড পাওয়ার $\propto \left(\frac{m_a}{2} E_c\right)^2$

$$= K \frac{m_a^2}{4} E_c^2$$

$\therefore$ মোট পাওয়ার,

$$P_T = KE_c^2 + K\frac{m_a^2}{4} E_c^2 + K\frac{m_a^2}{4} E_c^2$$

$$= K E_c^2 \left(1+\frac{m_a^2}{4}+\frac{m_a^2}{4}\right)$$

$$= KE_c^2 \left(1+\frac{m_a^2}{2}\right)$$

ক্যারিয়ার পাওয়ার = $\left(1 + \frac{m_a^2}{2}\right)$

যদি $m_a = 1$ অর্থাৎ 100% মডুলেশন করা হয়, তখন মডুলেশনকৃত সিগনালের মোট পাওয়ার

ক্যারিয়ার পাওয়ার $= \left(1 + \frac{1}{2}\right)$

$= \frac{3}{2}$ ক্যারিয়ার পাওয়ার

ক্যারিয়ার পাওয়ার = $\frac{2}{3} \times$ মোট পাওয়ার

আবার সাইডব্যান্ড পাওয়ারকে যদি P_s দ্বারা প্রকাশ করা হয় তবে,

$$P_s = K\frac{m_a^2}{4} E_c^2 + K\frac{m_a^2}{4} E_c^2$$

$$= 2K\frac{m_a^2}{4} E_c^2$$

$$= K\frac{m_a^2}{4} E_c^2$$

অতএব, মোট পাওয়ারে যে অংশ সাইডব্যান্ডে উপস্থিত থাকে তা হলো–

$$\frac{PS}{PT} = \frac{K\frac{m_a^2}{2}E_c^2}{KE_c^2\left(1+\frac{m_a^2}{2}\right)}$$

$$= \frac{\frac{m_a^2}{2}}{1+\frac{m_a^2}{2}}$$

$$= \frac{m_a^2}{2+m_a^2}$$

সমীকরণ (৮) হতে দেখা যায় যে সাইডব্যান্ড পাওয়ার মডুলেশন ইনডেক্সের উপর নির্ভর করে। m_a-এর মান যত বেশি হয় সাইডব্যান্ডে পাওয়ারের পরিমাণ তত বেশি হয় বা সাইডব্যান্ড বেশি পাওয়ার বহন করে। আমরা এক্ষেত্রে নিচের তিনটি উদাহরণ হতে মডুলেশন ইনডেক্সের গুরুত্ব প্রমাণ করতে পারি।

(i) যখন $m_a = 0$, তখন সাইডব্যান্ড দ্বারা বাহিত পাওয়ার

$$= \frac{0^2}{2+0^2} = 0$$

(ii) যখন $m_a = 0.5$, তখন সাইডব্যান্ড দ্বারা বাহিত পাওয়ার

$$= \frac{0.5^2}{2+0.5^2} = 11.1\%$$

(iii) যখন $m_a = 1$, সাইডব্যান্ড দ্বারা বাহিত পাওয়ার

$$= \frac{1^2}{2+1^2} = 33.3\%$$

অর্থাৎ, AM ওয়েভের মোট পাওয়ার 33.3%

অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের সীমাবদ্ধতা (Limitations of Amplitude Modulation) : যদিও অ্যামপ্লিচুড মডুলেশন খুবই ইফেক্টিভ একটি মডুলেশন পদ্ধতি তবুও এই পদ্ধতির কতগুলো অসুবিধা আছে। নিচে এই অসুবিধাগুলো বর্ণনা করা হলো।

(i) Noisy Receiption : AM ওয়েভে ক্যারিয়ারের অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তন হয়। অন্যদিকে সকল প্রকার নয়েজ যেগুলো মানুষের দ্বারা সৃষ্টি হয় সেগুলোর দ্বারাও কোন সিগনালের অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন ঘটে। ফলে রিসিভার দ্বারা মডুলেশনের কারণে অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন ও নয়েজের কারণে অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তনকে পার্থক্য করা সম্ভব হয় না। ফলে সিগনাল রিসিপশনে সব সময়ই নয়েজের উপস্থিতি থাকে।

(ii) ইফিসিয়েন্সি বা দক্ষতা কম : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের সাইডব্যান্ডসমূহের মধ্যে পাওয়ার উপস্থিত থাকে। কিন্তু এর সাইডব্যান্ড পাওয়ারের মান বেশি নয়। যদি মডুলেশন 100% হয় তবে সাইডব্যান্ড পাওয়ার মোট পাওয়ারের এক-তৃতীয়াংশ। অতএব দেখা যায় যে, এই প্রকার মডুলেশনে দক্ষতা কম।

(iii) এর অপারেটিং রেঞ্জ কম : দক্ষতা কম হওয়ার কারণে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনে ব্যবহৃত অপারেটিং রেঞ্জ কম হয়। ফলে ম্যাসেজ খুব বেশি দূরে পাঠানো যায় না।

(iv) অডিও কোয়ালিটি ভালো নয় : AM-এর অডিও কোয়ালিটি ভালো নয় এটি এই পদ্ধতির একটি বড় অসুবিধা। ভাল শব্দ পেতে হলে অবশ্যই 15 KHz পর্যন্ত অডিও ফ্রিকুয়েন্সিকে reproduce করতে হবে। এর ফলে ব্যান্ডওয়াইডথ 30 KHz হয়ে যায়। উভয় সাইডব্যান্ডকে reproduce করা প্রয়োজন। কিন্তু AM ব্রডকাস্ট ট্রান্সমিশনে পাশাপশি অবস্থিত চ্যানেলগুলোর ইন্টারফারেন্স কমানোর জন্য মাত্র 10 KHz ব্যান্ডওয়াইডথ অনুমোদন দেওয়া হয়। অর্থাৎ মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সির সর্বোচ্চ মান হবে মাত্র 5 KHz ফলে মিউজিক reproduction ভাল হওয়া সম্ভব নয়।

৩.৮ ব্যান্ডওয়াইডথ এবং সাইড ব্যান্ড পাওয়ারের সাথে সম্পর্কিত সমস্যা

(Problems related to Bandwidth and side Band Power)

উদাহরণ-১। একটি মডুলেটেড ক্যারিয়ার ওয়েভের ম্যাক্সিমাম ও মিনিমাম অ্যামপ্লিচিউডের মান যথাক্রমে 750 mv ও 250 mV। মডুলেশনের শতকরা মান (Value of Percentage Modulation) বাহির কর।

সমাধান :

এখানে, $E_{c(max)} = 750$ mV এবং

$E_{c(min)} = 250$ mV

Value of Percentage modulation,

$$m = \frac{E_c\,(max) - E_c\,(min)}{E_c\,(max) + E_c\,(min)} \times 100$$

$$= \frac{750 - 250}{750 + 250} \times 100$$

$$= 50\%$$ **(উত্তর)**

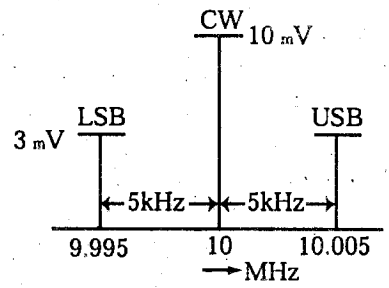
উদাহরণ-২। 10 mV অ্যামপ্লিচিউড বিশিষ্ট একটি 10 MHz সাইনোসুইডাল ক্যারিয়ার ওয়েভকে 6 mV অ্যামপ্লিচিউড বিশিষ্ট একটি 5 kHz সাইনোসুইডাল অডিও সিগন্যাল ওয়েভ দ্বারা মডুলেট করা হলে লব্ধ মডুলেটেড ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি কম্পোনেন্ট এবং তাদের অ্যামপ্লিচিউড বাহির কর।

সমাধান :

এখানে, $f_c = 10$ MHz এবং

$f_s = 5$kHz $= 0.005$ MHz

মডুলেটেড ক্যারিয়ারটি নিম্নলিখিত ফ্রিকুয়েন্সি ধারণ করবে।



চিত্র-৩.১০

(১) মূল ক্যারিয়ার ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি $f_c = 10$KHz ←

(২) USB frequency

$= 10 + 0.005$

$= 10.005$ kHz ←

(৩) LSB frequency

$= 10 - 0.005 = 9.995$ kHz ←

এখানে, $m = \frac{E_s}{E_c} = \frac{6}{10} = 0.6$

$\therefore$ Amplitude of LSF = USF = $\frac{mF_c}{2}$

$$= \frac{0.6 \times 10}{2} = 3\text{mV} \leftarrow$$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৩। 15 sin2π (2000t)-এর একটি অডিও সিগন্যাল একটি সাইনোসুইডাল ক্যারিয়ার ওয়েভ 60 sin2π (100,000t)-কে মডুলেট করে। *[বাকাশিবো : '০১]*

বাহির কর :

(a) মডুলেশন ইনডেক্স, **(b) পারসেন্ট মডুলেশন,**

(c) সিগন্যাল ও ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি, **(d) মডুলেটেড ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম।**

সমাধান :

এখানে, $E_s = 15$

$E_c = 60$

(a) মডুলেশন ইনডেক্স, $m = \frac{E_s}{E_c} = \frac{15}{60} = 0.25$ **(উত্তর)**

(b) পারসেন্ট মডুলেশন $= m \times 100 = 0.25 \times 100$

$= 25\%$ **(উত্তর)**

(c) $f_s = 2{,}000$ HZ **(উত্তর)**-প্রদত্ত সমীকরণ পরীক্ষা করে

$f_c = 100{,}000$ Hz **(উত্তর)**-প্রদত্ত সমীকরণ পরীক্ষা করে

(d) মডুলেটেড CW-এ তিনটি ফ্রিকুয়েন্সি উপস্থিত আছে :

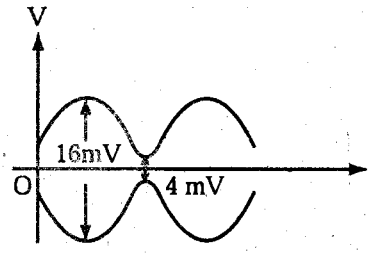
(i) $f_c = 100{,}000$ Hz = 100 kHz **(উত্তর)**

(ii) USF = 100,000 + 2,000 = 102,000 Hz = 102 kHz **(উত্তর)**

(iii) LSF = 100,000 – 2,000 = 98,000 Hz = 98 kHz **(উত্তর)**

উদাহরণ-৪। একটি AM ওয়েভের সর্বোচ্চ পিক-টু-পিক ভোল্টেজ হচ্ছে 16 mV এবং সর্বনিম্ন পীক-টু-পীক ভোল্টেজ হচ্ছে 4 mV। মডুলেশন ফ্যাক্টরের মান বাহির কর।

সমাধান :



চিত্র-৩.১১ :

AM ওয়েভের ম্যাক্সিমাম ভোল্টেজ, $V_{max} = \frac{16}{2} = 8$ mV

AM ওয়েভের মিনিমাম ভোল্টেজ, $V_{min} = \frac{4}{2} = 2$mV

$\therefore$ মডুলেশন ফ্যাক্টর, $m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}}$

$= \frac{8-2}{8+2} = \frac{6}{16} = 0.6$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৫। একটি AM ওয়েভকে নিম্নের রাশি দ্বারা প্রকাশ করা হয় :

$V = 5\,(1 + 0.6 \cos 6280t) \sin 211 \times 10^4 t$ volts

(i) ওয়েভের মিনিমাম এবং ম্যাক্সিমাম অ্যামপ্লিচিউড কত?

(ii) মডুলেটেড ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি কম্পোনেন্টগুলো কী কী? এবং প্রতিটি কম্পোনেন্টের অ্যামপ্লিচিউড কত?

সমাধান :

প্রদত্ত AM ওয়েভের সমীকরণ $v = 5\,(1 + 0.6 \cos 6280t) \sin 211 \times 10^4 t$ vots.....(i)

আদর্শ AM ওয়েভ সমীকরণ $v = E_c\,(1 + m\cos\omega_s t) \sin\omega_c t$.....(ii)

সমীকরণ (i) ও (ii) হতে আমরা পাই,

E_c = Carrier amplitude = 5V

m = Modulation Factor = 0.6

f_s = signal frequency = $\frac{\omega_s}{2\pi}$

$= \frac{6280}{2\pi}$ 1kHz

f_c = Carrier Frequency = $\frac{\omega_c}{2\pi}$

$= \frac{211 \times 10^4}{2\pi} = 336$ kHz

(i) AM ওয়েভের সর্বনিম্ন অ্যামপ্লিচিউড = $E_c - mE_c$

$= 5 - 0.6 \times 5 = 2V$

AM ওয়েভের সর্বোচ্চ অ্যামপ্লিচিউড = $E_c + mE_c$

$= 5 + 0.6 \times 5 = 8V$

(ii) AM ওয়েভটিতে তিনটি ফ্রিকুয়েন্সি থাকবে, যেমন–

fc – fs.	fc.	fc + fs.
বা, 336 – 1,	336,	336 + 1,
বা, 335 kHz,	336 kHz,	337 kHz,
←	←	←

AM ওয়েভের তিনি কম্পোনেন্টের অ্যামপ্লিচিউড হচ্ছে–

$\frac{mE_c}{2}$,	Ec,	$\frac{mE_c}{2}$
বা, $\frac{0.6 \times 5}{2}$,	5,	$\frac{0.6 \times 5}{2}$
বা, 1.5V, ←	5V, ←	1.5V ←

উদাহরণ-৬। একটি ব্রডকাস্টিং স্টুডিওতে একটি 1000 kHz ক্যারিয়ারকে 100 – 5000 Hz ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের অডিও সিগন্যাল দ্বারা মডুলেট করা হলে নির্ণয় কর : (i) সাইডব্যান্ডগুলোর উইডথ অথবা ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ, (ii) USB-এর সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি, (iii) LSB-এর সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি, (iv) চ্যানেল উইডথ।

সমাধান :

(i) সাইডব্যান্ডের উইডথ,

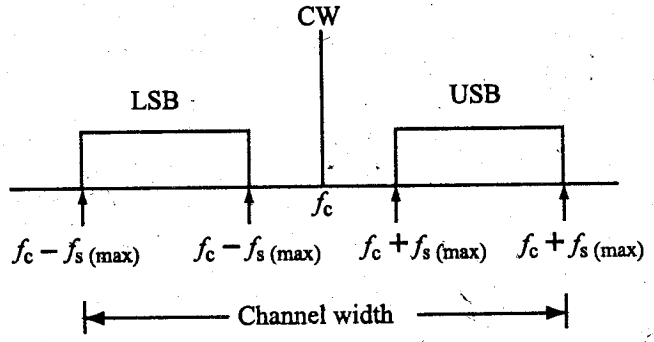
$= [f_c - f_{s(min)}] - [f_c - f_{s(max)}] = f_{s(max)} - f_{s(min)}$

or $[f_c + f_{s(max)}] - [f_c + f_{s(min)}]$

$= f_{s(max)} - f_{s(min)}$

$= 5000 - 100$

4900 Hz **(উত্তর)**



চিত্র-৩.১২ :

(ii) USB-এর সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি $= f_c + f_{s(max)}$

$= 100$ kHz $+ 5$ kHz

$= 1005$ kHz **(উত্তর)**

USB-এর সর্বনিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি $= f_c + f_{s(min)}$

$= 1000$ kHz $+ 0.1$ kHz

$= 1000.1$ kHz **(উত্তর)**

(iii) LSB এর সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি $= f_c - f_{s(min)}$

$= 1000 - 0.1 = 999.9$ kHz **(উত্তর)**

LSB-এর সর্বনিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি $= f_c - f_{s(max)}$

$= 1000 - 5 = 995$ kHz **(উত্তর)**

(iv) চ্যানেল উইডথ $= [f_c + f_{s(max)}] - [f_c - f_{s(max)}]$

$= 2fs(max)$

$= 2 \times 5 = 10$ kHz **(উত্তর)**

অথবা, চ্যানেল উইডথ $= 1005 - 995 = 10$ kHz **(উত্তর)**

উদাহরণ-৭। একটি AM ওয়েভের মোট পাওয়ারের পরিমাণ 1500w। 100% মডুলেশনের ক্ষেত্রে বাহির কর : (i) ক্যারিয়ার কর্তৃক ট্রান্সমিটেড পাওয়ার, (ii) প্রতিটি সাইডব্যান্ড কর্তৃক ট্রান্সমিটেড পাওয়ার।

সমাধান : *[বাকাশিবো : '০৮, '১০R]*

এখানে, $P_T = 1500w$

$m = 1$ of 100% modulation

$P_C = ?$

$P_{USB} = ?$

$P_{LSB} = ?$

(i) $P_c = P_T \times \frac{2}{(2 + m^2)}$

$= 1500 \times \frac{2}{2 + 1^2}$

$= \frac{2}{3} \times 1500$

$= 1000w$ **(উত্তর)**

(ii) $P_{USB} = P_{LSB} = \frac{1}{2}\left(\frac{m^2}{2 + m^2}\right) \times P_T$

$= \frac{1}{2}\left(\frac{1^2}{2 + 1^2}\right)$

$= \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2 + 1}\right) \times 1500$

$= \frac{1}{6} \times 1500$

$= 250w$ **(উত্তর)**

অথবা, $P_{USB} = P_{LSB} = \frac{m^2}{4} P_C$

$= \frac{1}{4} \times 1000$

$= 250w$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৮। একটি AM-ওয়েভের মোট পাওয়ার কনটেন্ট হচ্ছে 2.64KW। মডুলেশন ফ্যাক্টর 80% হলে নির্ণয় কর : (i) ক্যারিয়ার পাওয়ার, (ii) প্রতিটি সাইডব্যান্ড পাওয়ার।

সমাধান :

(i) $P_C = P_T\left(\frac{2}{2 + m^2}\right)$

$= 2.64 \times 10^3\left(\frac{2}{2 + 0.8^2}\right) = 2000$ w **(উত্তর)**

(ii) $P_{USB} = P_{LSB} = \frac{m_2}{4} PC$

$= \frac{0.8^2}{4} \times 2000 = 320$ w **(উত্তর)**

উদাহরণ-৯। ক্যারিয়ার আনমডুলেটেড অবস্থায় কোন এক ট্রান্সমিটার 10 KW পাওয়ার বিকিরণ করে এবং মডুলেটেড অবস্থায় 11.8 KW বিকিরণ করে। *[বাকাশিবো : '১২(৪র্থ)]*

(a) মডুলেশন ফ্যাক্টর নির্ণয় কর,

(b) যদি অন্য একটি ওয়েভ 40% মডুলেটেড করে ট্রান্সমিট করা হয়, তাহলে রেডিয়েটেড পাওয়ার নির্ণয় কর।

সমাধান :

এখানে, মোট বিকিরণ পাওয়ার $P_T = 11.8$ KW

ক্যারিয়ার পাওয়ার $P_C = 10$ KW

(a) $P_T = P_C\left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$

বা, $11.8 = 10\left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$

বা, $\frac{m^2}{2} = 1.18 - 1$

বা, $\frac{m^2}{2} = 0.18$

বা, $m = \sqrt{0.36}$

বা, $m = 0.6$

বা, $m = 60\%$ **(উত্তর)**

(b) $P_T = 10\left(1 + \frac{0.6^2}{2} + \frac{0.4^2}{2}\right)$

$= 12.6$ KW **(উত্তর)**

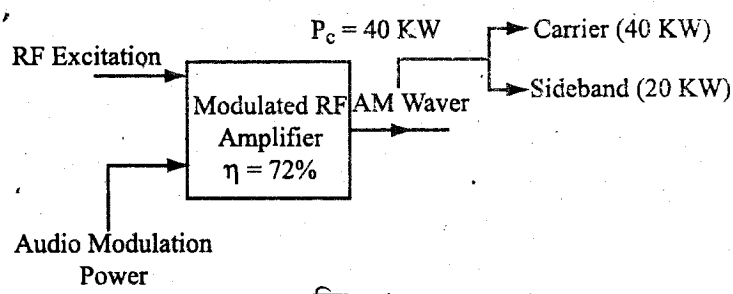
উদাহরণ-১০। একটি 40 KW ক্যারিয়ারকে 100% লেভেলে মডুলেটেড করা হলে,

(i) মডুলেশনের পরে ক্যারিয়ার পাওয়ার কত হবে?

(ii) মডুলেটেড RF অ্যামপ্লিফায়ারের ইফিসিয়েন্সী 72% হলে কী পরিমাণ অডিও পাওয়ারের দরকার হবে?

সমাধান :

নিম্নের চিত্রে পাওয়ার রিলেশন নির্দেশ করে ব্লক চিত্র দেখানো হয়েছে।



চিত্র-৩.১৩ :

(i) যেহেতু ক্যারিয়ার নিজে মডুলেটিং সিগন্যাল দ্বারা প্রভাবিত হয় না, সেহেতু ক্যারিয়ার লেভেলের কোন পরিবর্তন ঘটে না।

(ii) $P_{SB} = \frac{1}{2} m^2 P_C = \frac{1}{2}(1)^2 \times 40 = 20$ KW

এখন, $\eta = \frac{P_{SB}}{P_{audio}}$

or, $0.72 = \frac{P_{SB}}{P_{audio}}$

$\therefore P_{audio} = \frac{P_{SB}}{0.72} = \frac{20}{0.72} = 27.8$ KW **(উত্তর)**

উদাহরণ-১১। একটি আনমডুলেটেড AM ট্রান্সমিটারের ট্রান্সমিটিং অ্যান্টেনাতে লোড কারেন্ট হচ্ছে 8A। যখন মডুলেশন 40% হবে, তখন অ্যান্টেনা কারেন্ট কত হবে?

সমাধান :

$$P_{SB} = \frac{1}{2} m^2 P_C$$

$$P_T = P_C + P_{SB} + P_C\left(1 + \frac{M^2}{2}\right)$$

$$\therefore \frac{P_T}{P_C} = 1 + \frac{m^2}{2}$$

অথবা, $\left(\frac{I_T}{I_C}\right)2 = 1 + \frac{m^2}{2}$

দেওয়া আছে, $I_C = 8A$; $m = 0.4$

$$\therefore \left(\frac{I_T}{8}\right)^2 = 1 + \frac{(0.4)^2}{2}$$

অথবা, $(I_T/8)^2 = 1.08$

$\therefore I_T = 8\sqrt{1.08} = 8.31.A$ (উত্তর)

উদাহরণ-১২। ক্যারিয়ার ভোল্টেজের r.m.s মান 100 V। একটি সাইনোসুইডাল A.F ভোল্টেজ দ্বারা অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের পরে r.m.s মান হয় 110 V। মডুলেশন ইনডেক্সের মান বাহির কর।

সমাধান : $\frac{P_T}{P_C} = 1 + \frac{m^2}{2}$

or, $\left(\frac{V_T}{V_C}\right)^2 = 1 + \frac{m^2}{2}$

দেওয়া আছে, $V_T = 110$ V; $V_C = 100$ V; $m = ?$

$$\therefore \left(\frac{110}{100}\right)^2 = 1 + \frac{m^2}{2}$$

or, $1.21 = 1 + \frac{m^2}{2}$

or, $m^2/2 = 0.21$

or, $m = \sqrt{0.21 \times 2} = 0.648$ (উত্তর)

উদাহরণ-১৩। প্রমাণ কর যে, 100% মডুলেশনের ক্ষেত্রে মোট পাওয়ার ক্যারিয়ার পাওয়ারের দেড়গুন। *[বাকাশিবো : '১২]*

অথবা, প্রমাণ কর যে, Am পাওয়ারের মোট পাওয়ার, ক্যারিয়ার পাওয়ারের $\frac{3}{2}$ গুণ, যেমন m = 1) *[বাকাশিবো : '০৭]*

অথবা, AM wave-এর পাওয়ার রাশিমালাটি নির্ণয় কর।

অথবা, AM এর ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, Total Power = 1.5 × Carrier Power, যখন মডিউলেশন ফ্যাক্টর একক মানে হয়। *[বাকাশিবো : '০১]*

সমাধান :

$\therefore$ ক্যারিয়ার পাওয়ার $\propto E_c^2 = KE_c^2$

আপার সাইডব্যান্ডের পাওয়ার $\propto \left(\frac{m_a}{2} E_c\right)^2$

$$= K\frac{m_a^2}{4} E_c^2$$

লোয়ার সাইডব্যান্ড পাওয়ার $\propto \left(\frac{m_a}{2} E_c\right)^2$

$$= K\frac{m_a^2}{4} E_c^2$$

∴ মোট পাওয়ার,

$$P_T = KE_c^2 + K\frac{m_a^2}{4}E_c^2 + K\frac{m_a^2}{4}E_c^2$$

$$= K E_c^2\left(1 + \frac{m_a^2}{4} + \frac{m_a^2}{4}\right)$$

$$= KE_c^2\left(1 + \frac{m_a^2}{2}\right)$$

ক্যারিয়ার পাওয়ার $= \left(1 + \frac{m_a^2}{2}\right)$

যদি $m_a = 1$ অর্থাৎ 100% মডুলেশন করা হয়, তখন মডুলেশনকৃত সিগনালের মোট পাওয়ার

ক্যারিয়ার পাওয়ার $= \left(1 + \frac{1}{2}\right)$

$= \frac{3}{2}$ ক্যারিয়ার পাওয়ার

ক্যারিয়ার পাওয়ার $= \frac{2}{3} \times$ মোট পাওয়ার

∴ মোট পাওয়ার $= \frac{3}{2} \times$ ক্যারিয়ার পাওয়ার

মোট পাওয়ার $= 1.5 \times$ ক্যারিয়ার পাওয়ার **(প্রমাণিত)**

উদাহরণ-১৪। AM এর ক্ষেত্রে যখন 50% মডুলেশন করা হবে, তখন মোট পাওয়ার এবং ক্যারিয়ার পাওয়ারের মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর। *[বাকাশিবো : '১৪]*

সমাধান :

∴ ক্যারিয়ার পাওয়ার $\propto E_c^2 = KE_c^2$

আপার সাইডব্যান্ডের পাওয়ার $\propto \left(\frac{m_a}{2}E_c\right)^2$

$= K\frac{m_a^2}{4}E_c^2$

লোয়ার সাইডব্যান্ড পাওয়ার $\propto \left(\frac{m_a}{2}E_c\right)^2$

$= K\frac{m_a^2}{4}E_c^2$

∴ মোট পাওয়ার,

$$P_T = KE_c^2 + K\frac{m_a^2}{4}E_c^2 + K\frac{m_a^2}{4}E_c^2$$

$$= K E_c^2\left(1 + \frac{m_a^2}{4} + \frac{m_a^2}{4}\right)$$

$$= KE_c^2\left(1 + \frac{m_a^2}{2}\right)$$

ক্যারিয়ার পাওয়ার $= \left(1 + \frac{m_a^2}{2}\right)$

যদি $m_a = 0.5$ অর্থাৎ 50% মডুলেশন করা হয়, তখন মডুলেশনকৃত সিগনালের মোট পাওয়ার

ক্যারিয়ার পাওয়ার $= \left(1 + \frac{0.5^2}{2}\right)$

$= 1.125$ ক্যারিয়ার পাওয়ার

ক্যারিয়ার পাওয়ার $= \frac{8}{9} \times$ মোট পাওয়ার

∴ মোট পাওয়ার $= \frac{9}{8} \times$ ক্যারিয়ার পাওয়ার

মোট পাওয়ার $= 1.125 \times$ ক্যারিয়ার পাওয়ার **(Ans)**

৩.৯ DSB-SC, SSB-SC এবং VSB মডুলেশনের ধারণা বর্ণনা
(Describe the Idea of DSB-SC, SSB-SC and VSB Modulation)

(১) **DSB-SC :** যেহেতু AM ওয়েভের ক্ষেত্রে ক্যারিয়ার সিগনাল কোনো ইনফরমেশন বহন করে না। ফলে ক্যারিয়ার ট্রান্সমিট করার জন্য যতটুকু পাওয়ার দরকার সেই পাওয়ারটুকু শুধুই অপচয় মাত্র। যদি ক্যারিয়ার বাদ দিয়ে শুধু সাইড ব্যান্ড দুটি প্রচার করা হয় তবে মোট পাওয়ারের তিন ভাগের দু'ভাগ পাওয়ার অপচয় রোধ সম্ভব হয়। অতএব, অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের ক্ষেত্রে ক্যারিয়ার বাদ দিয়ে শুধু দুটি সাইড ব্যান্ড ট্রান্সমিট করার জন্য যে মডুলেশন করা হয়, তাকে DSB-SC বলা হয়।

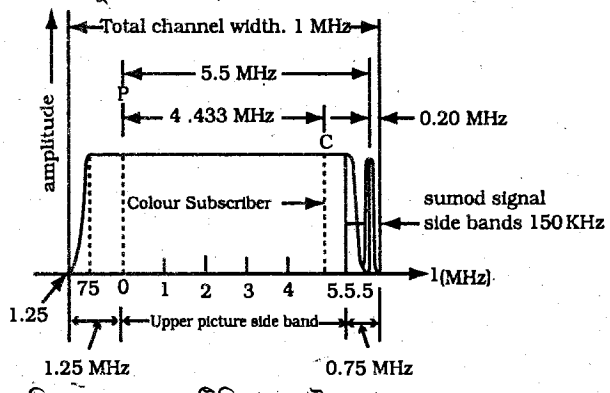
DSB-SC মডুলেশনে বিশেষ পদ্ধতিতে ক্যারিয়ার সিগনালকে সাপ্রেস করা হয়।

অতএব বলা যায়, যে মডুলেশনে শুধুমাত্র দুটি সাইড ব্যান্ডকে ট্রান্সমিট করা হয় ও ক্যারিয়ারকে বাদ দেওয়া হয় তাকে DSB-SC বা Double Side Band Suppressd Carrier মডুলেশন বলে।

(২) **SSB-SC :** SSB-SC হলো Single Side Band Suppressed Carrier. এই পদ্ধতিতে ক্যরিয়ার সিগনাল ও একটি সাইড ব্যান্ড বাদ দিয়ে (Suppressed) শুধুমাত্র একটি সাইড ব্যান্ডকে ট্রান্সমিট করা হয়। এজন্য একে সিঙ্গেল সাইড ব্যান্ড সাপ্রেস্ড ক্যারিয়ার পদ্ধতি বলা হয়।

অন্যভাবে বলা যায় যে, যে পদ্ধতিতে দুটি সাইড ব্যান্ডের একটি ও ক্যারিয়ার সিগনালকে বাদ দিয়ে শুধুমাত্র একটি সাইড ব্যান্ডকে ট্রান্সমিট করা হয়, তাকে SSB-SC বলা হয়।

(৩) **VSB বা ভেস্টিজিয়াল সাইড ব্যান্ড সিস্টেম :** যে মডুলেশন পদ্ধতিতে আপার সাইড ব্যান্ডের সবটুকু ও লোয়ার সাইড ব্যান্ডের কিছু অংশকে একত্রিত করে ট্রান্সমিট করা হয়, তাকে Vestigial Side Band বলা হয়। এ ধরনের সাইড ব্যান্ড উৎপন্ন করার প্রধান উদ্দেশ্য হলো ব্যান্ড ওয়াইড্থ ছোট রাখা। বিশেষ করে টেলিভিশন ট্রান্সমিশনের জন্য VSB পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। টেলিভিশনে ব্যবহৃত ভিডিও সিগনালের ব্যান্ড ওয়াইডথ প্রায় 6 MHz যদি ডাবল সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিট করা হয় তবে ব্যান্ড ওয়াইড্থ হবে 12 MHz। এছাড়াও ডাবল সাইড ব্যান্ডের যে মান হয় তা অনেক সময় ক্যারিয়ার সিগনালের মানের প্রায় কাছাকাছি হয়। ফলে মডুলেটিং সিগনালকে রিসিভারে পৃথক করা করা খুব জটিল। আবার টেলিভিশন ট্রান্সমিশনে একটি সাইড ব্যান্ডকে পুরোপুরি বাদ দেওয়া যায় না। কারণ লো ফ্রিকোয়েন্সিবিশিষ্ট সিগনালগুলো পিকচারের গুরুত্বপূর্ণ ইনফরমেশন বহন করে এবং কোনো একটি সাইড ব্যান্ড পুরোপুরি বাদ দিলে Phase distortion ঘটে। এজন্য Lower side band-এর একটি অংশ বাদ দিয়ে তার বাকি অংশ ও আপার সাইড ব্যান্ডের সবটুকু এক সঙ্গে মডুলেট করে ট্রান্সমিট করা হয়।



চিত্র-৩.১৪ : ভেসটিজিয়াল সাইড ব্যান্ড

টেলিভিশন ট্রান্সমিশনের যে পদ্ধতিতে 625 টি হরিজন্টাল লাইন থাকে সে পদ্ধতিতে লোয়ার সাইড ব্যান্ডের 0.75 MHz ট্রান্সমিট করা হয়। এখানে গুরুত্বপূর্ণ বিষয় এই যে, DC হতে 0.75 MHz মানের সিগনাল VSB তে দু'বার আছে এবং বাকি সিগনাল ফ্রিকোয়েন্সি একবারই আছে এবং এরা শুধুমাত্র upper side band-এ আছে। যখন রিসিভারে এই ফ্রিকোয়েন্সিগুলো অ্যামপ্লিফাই করা হয় তখন 0 হতে 0.75 MHz -এর সিগনালের মান দ্বিগুণ হয়ে যায়। এ অসুবিধা দূর করার জন্য রিসিভারের অ্যামপ্লিফিকেশনকে অর্ধেক মানে অ্যাডজাস্ট করা হয় যেন আউটপুটের ফ্রিকোয়েন্সিগুলো অরিজিনাল আকৃতিতে থাকে।

অনুশীলনী-৩

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **মডুলেশন কী?** *[বাকাশিবো : '০০, '০৭, '০৯, '০৯R, '১১R, '১৪R]*

উত্তর : কোন একটি উপযোগী পদ্ধতিতে ক্যারিয়ার ওয়েভের উপর সিগন্যালকে সুপার ইমপোজ করাকে মডুলেশন বলে। অন্যকথায়, সিগন্যালের ইনেটেনসিটি অনুসারে একটি ক্যারিয়ার ওয়েভের কোন বৈশিষ্ট্যের পরিবর্তন ঘটানোর পদ্ধতিকে মডুলেশন বলা হয়।

২। **মডুলেশন ইনডেক্স কী?** *[বাকাশিবো : '০১, '০৮R, '০৯, '০৯R, '১০R, '১২, '১২, '১৩, '১৩R, '১৪]*

অথবা, AM wave-এর Modulation Index বলতে কী বুঝায়? *[বাকাশিবো : '০৯]*

উত্তর : সিগন্যাল অ্যামপ্লিচিউড ও ক্যারিয়ার অ্যামপ্লিচিউড-এর অনুপাতকে বলা হয় মডুলেশন ইনডেক্স (m)। যদি সিগন্যাল অ্যামপ্লিচিউড = E_s ও ক্যারিয়ার অ্যামপ্লিচিউড = E_C হয়, তবে– $m = \frac{E_s}{E_c}$

৩। **VSB কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '৯৮, '৯৯, '০০, '০৭, '০৮R, '১১, '১২, '১৩R, '১৪]*

উত্তর : লোয়ার সাইডব্যান্ডের কিছু অংশ বাদ দিয়ে বাকী অংশ এবং আপার সাইডব্যান্ডের সম্পূর্ণ অংশ নিয়ে সিগন্যাল ট্রান্সমিট করাকে VSB বলা হয়। VSB এর পূর্ণনাম হলো Vestigial Side Band.

৪। **মাল্টিপ্লেক্সিং কেন করা হয়?** *[বাকাশিবো : '০৯, '১১, '১৩R, '১৪]*

অথবা, মাল্টিপ্লেক্সিং এর সুবিধা কী? *[বাকাশিবো : '০৬(৪র্থ)]*

উত্তর : নিম্নে মাল্টিপ্লেক্সিং-এর কারণ দেওয়া হলো :

(i) ফেইথফুল (Faithfull) রিসিপশন পাওয়ার জন্য,
(ii) ব্যান্ডউইডথ অ্যাডজাস্টমেন্ট করার জন্য,
(iii) চ্যানেল বা স্টেশন বৃদ্ধি করার জন্য,
(iv) রেডিও কমিউনিকেশনে গোপনীয়তা রক্ষা করার জন্য।

৫। **SSB-এর সুবিধা কী?** *[বাকাশিবো : '১৩]*

উত্তর : SSB পদ্ধতির সুবিধা হলো–(১) ট্রান্সমিটেড পাওয়ার কম লাগে, মোট পাওয়ারের $\frac{1}{6}$ অংশ কম লাগে।

(২) কম ব্যান্ডওয়াইডথের প্রয়োজন হয়।

৬। **অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনে কয়টি সাইডব্যান্ড উৎপন্ন হয় ও কী কী?** *[বাকাশিবো : '১৩R]*

উত্তর : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনে দুটি সাইডব্যান্ড উৎপন্ন হয়, যথা :

(ক) আপার সাইডব্যান্ড (USB), (খ) লোয়ার সাইডব্যান্ড (LSB)।

৭। **SSB-SC বলতে কী বুঝায়?** *[বাকাশিবো : '০৯, '১৩R]*

উত্তর : SSB-SC হলো Single Side Band Suppressed Carrier. এই পদ্ধতিতে ক্যারিয়ার সিগনাল ও একটি সাইড ব্যান্ড বাদ দিয়ে (Suppressed) শুধুমাত্র একটি সাইড ব্যান্ডকে ট্রান্সমিট করা হয়। এজন্য একে সিঙ্গেল সাইড ব্যান্ড সাপ্রেস্ড ক্যারিয়ার পদ্ধতি বলা হয়।

৮। **মাল্টিপ্লেক্সিং ও ডিমাল্টিপ্লেক্সিং কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '৯৮, '০০, '১০, '১২]*

উত্তর : মাল্টিপ্লেক্সিং : একাধিক এনালগ অথবা ডিজিটাল মেসেজ সিগনালকে একত্রিকরণ করে একটি Signal-এ পরিণত করাকে মাল্টিপ্লেক্সিং বলে।

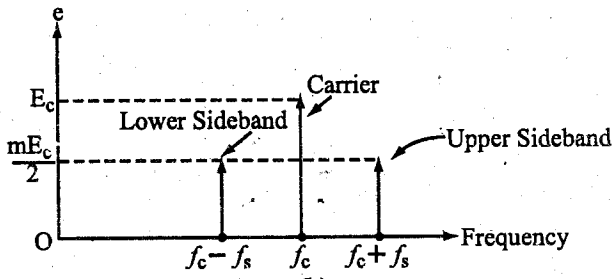
ডি-মাল্টিপ্লেক্সিং : ডি-মাল্টিপ্লেক্সিং হলো মাল্টিপ্লেক্সিং-এর রিভার্স বা বিপরীত পদ্ধতি এর মাধ্যমে মাল্টিপ্লেক্সকৃত ডাটাকে পূর্বের অবস্থায় অরিজিনাল Signal-এ রূপান্তরিত করা হয়।

৯। **SSB, SSB-SC-এর অর্থ লিখ।** *[বাকাশিবো : '০৮R, '১২(৫ম), '১২(৪র্থ)]*

উত্তর : SSB-এর অর্থ Single sideband ও SSB-SC এর অর্থ Single Sideband Suppressed Carrier.

১০। **AM এর Frequency Spectrum অঙ্কন কর।** *[বাকাশিবো : '৯৭, '১০*

উত্তর : নিম্নে AM এর Frequency Spectrum অঙ্কন করা হলো :



(b)

চিত্র : Frequency spectrum of an AM wave

১১। **SSB বলতে কী বুঝায়?** *[বাকাশিবো : '১০]*

উত্তর : SSB-এর পূর্ণনাম হলো Single Side Band. এ্যামপ্লিচ্যুড মডুলেশনের ক্ষেত্রে আমরা জানি যে, এতে মূল ক্যারিয়ার সিগন্যাল এবং দু'টি সাইডব্যান্ড উৎপন্ন হয়। এদের মধ্যে ক্যারিয়ার কোন ইনফরমেশন বহন করে না। তাই একে ট্রান্সমিট করার কোন প্রয়োজন হয় না। আবার সাইডব্যান্ড দু'টির প্রতিটিই সকল ইনফরমেশন বহন করে তাই যেকোন একটি ট্রান্সমিট করলেই চলে। তাই একটি সাইডব্যান্ডকে বাদ দিয়ে ক্যারিয়ারের সাথে মাত্র একটি সাইডব্যান্ডকে ট্রান্সমিট করা হয়।

১২। **মডুলেশন কোথায় ব্যবহৃত হয়?** *[বাকাশিবো : '০৯]*

উত্তর : বর্তমানে মডুলেশন সাধারণত সকল কমিউনিকেশন সিস্টেমে ব্যবহৃত হয়। যেমন– মোবাইল কমিউনিকেশন, নেটওয়ার্ক কমিউনিকেশন সিস্টেম।

১৩। **ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '০৭, '০৮R]*

উত্তর : এ্যামপ্লিচ্যুড মডুলেটেড (AM) ওয়েভের বিভিন্ন এ্যামপ্লিচ্যুডকে ফ্রিকুয়েন্সির সাপেক্ষে গ্রাফে প্রকাশ করলে যে চিত্র পাওয়া যায় তাকে ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম বলে।

১৪। **Data Signal কী?** *[বাকাশিবো : '০৭]*

উত্তর : Data Signal হলো মূল Signal যার সাথে Carrier Signal Modulate করে Data কে দুরবর্তী স্থানে প্রেরণ করা হয়। যে Signal তথ্য বহন করে তাকে Data Signal বলে।

১৫। **ক্যারিয়ার সিগন্যালের কাজ কী?** *[বাকাশিবো : '০৭]*

উত্তর : একটি ওয়েভের এনার্জি তার ফ্রিকুয়েন্সির সমানুপাতিক। তাই উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির ক্যারিয়ার ওয়েভের সাথে লো ফ্রিকুয়েন্সির ইনফরমেশন সিগন্যালকে মিশ্রিত করে সিগন্যালের এনার্জি বৃদ্ধি করা হয় এবং দূর-দূরান্তে প্রেরণ করা যায়। এজন্য লো ফ্রিকুয়েন্সির অডিও, ভিডিও বা অন্য কোন ডাটা সিগন্যালকে দূরে প্রেরণের উদ্দেশ্যে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির ক্যারিয়ার সিগন্যাল মিশ্রিত করা হয়, যা সিগন্যালকে দূরে বহনের কাজে সাহায্য করে।

১৬। **বিভিন্ন প্রকার মডুলেশনের নাম লিখ।** *[বাকাশিবো : '০৬]*

উত্তর : নিম্নে বিভিন্ন প্রকার মডুলেশনের নাম লেখা হলো :

(i) অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন, (ii) ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন, (iii) ফেজ মডুলেশন।

১৭। **মডুলেশন কত প্রকার ও কী কী?** *[বাকাশিবো : '০৬]*

উত্তর : মডুলেশন প্রধানত দুই প্রকার : যথা–

(১) অ্যানালগ মডুলেশন (Analog Modulation)

(২) ডিজিটাল মডুলেশন (Digital Modulation)

১৮। **Depth of Modulation কী?** *[বাকাশিবো : '৯৮]*

উত্তর : মডুলেটিং সিগনাল দ্বারা ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউডের কতটুকু পরিবর্তন হয়েছে তা জানা যায়।

১৯। মডুলেটিং সিগন্যাল কী?

উত্তর : দূরবর্তী স্থানে পাঠানোর উদ্দেশ্যে যে লো ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যালকে হাই ফ্রিকুয়েন্সি ক্যারিয়ার সিগন্যালের সাথে মডুলেশন করা হয়, সেই লো-ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যালকে মডুলেটিং সিগন্যাল বলে।

২০। ক্যারিয়ার সিগন্যাল কী?

উত্তর : কোন ইনফরমেশন সিগন্যালকে দূরে পাঠানোর উদ্দেশ্যে যে হাই ফ্রিকুয়েন্সি RF ওয়েভের সাথে মডুলেশন বা মিশ্রিত করা হয়, সেই হাই ফ্রিকুয়েন্সি সিগন্যালকেই ক্যারিয়ার সিগন্যাল বলে।

২১। অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন কাকে বলে?

উত্তর : ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড সিগন্যালের অ্যামপ্লিচিউডের সাথে পরিবর্তিত হলে তাকে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন বলে।

২২। মডুলেশন ইনডেক্সের মান কত?

উত্তর : মডুলেশন ইনডেক্সের (m) ক্ষুদ্রতম মান হচ্ছে শূন্য (0) এবং সর্বোচ্চ মান হচ্ছে এক (1)।

২৩। মডুলেশন ইনডেক্সের সমীকরণটি লিখ।

উত্তর : মডুলেশন ইনডেক্স m হলে,

$$m = \frac{E_s}{E_c}$$

যেখানে, E_s = সিগন্যাল অ্যামপ্লিচিউড, E_c = ক্যারিয়ার অ্যামপ্লিচিউড

অথবা, $m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}}$

V_{max} = মডুলেটেড ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউডের সর্বোচ্চ মান।

V_{min} = মডুলেটেড ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউডের সর্বনিম্ন মান।

২৪। অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড ওয়েভের বিভিন্ন কম্পোনেন্টগুলো কী কী?

উত্তর : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড ওয়েভে তিনটি কম্পোনেন্ট থাকে। যথা–
(ক) ক্যারিয়ার ওয়েভ, (খ) আপার সাইডব্যান্ড, (গ) লোয়ার সাইডব্যান্ড।

২৫। আপার সাইডব্যান্ডের ফ্রিকুয়েন্সি কত?

উত্তর : $f_c + f_s$

২৬। লোয়ার সাইডব্যান্ডের ফ্রিকুয়েন্সি কত?

উত্তর : $f_c - f_s$

২৭। DSB ও DSB-SC-এর অর্থ কী?

উত্তর : DSB এর অর্থ Double sideband ও DSB-SC-এর অর্থ Double sideband Suppressed Carrier.

২৮। VSB-এর পুরো নাম কী?

উত্তর : VSB-এর পুরো নাম Vestigial Sideband.

২৯। মডুলেটেড সিগন্যাল কাকে বলে?

উত্তর : মূল সিগন্যালের সাথে ক্যারিয়ার সিগন্যালকে মিশ্রিত করার ফলে যে সিগন্যাল উৎপন্ন হয় তাকে মডুলেটেড সিগন্যাল বলে।

৩০। অ্যামপ্লিচ্যুড মডুলেটেড (AM) ওয়েভটি কয়টি ওয়েভের সমন্বয়ে গঠিত?

উত্তর : এ্যামপ্লিচ্যুড মডুলেটেড (AM) ওয়েভটি তিনটি সাইনওয়েভের সমষ্টি যাদের এ্যামপ্লিচ্যুড যথাক্রমে (E_c, $\frac{1}{2} m_a E_c$ এবং $\frac{1}{2} m_a E_c$.

৩১। অ্যামপ্লিচ্যুড মডুলেটেড (AM) ওয়েভে কয়টি সাইডব্যান্ড উৎপন্ন হয়?

উত্তর : এ্যামপ্লিচ্যুড মডুলেটেড (AM) ওয়েভে দুইটি সাইব্যান্ড উৎপন্ন হয় যথা আপার সাইডব্যান্ড ($f_c + f_s$) এবং লোয়ার সাইডব্যান্ড ($f_c - f_s$).

৩২। মডুলেশন ইনডেক্সের মান একক অপেক্ষা বেশি হলে কী হতে পারে?

উত্তর : মডুলেশন ইনডেক্সের মান একক অপেক্ষা বেশি হলে অর্থাৎ ক্যারিয়ার ওয়েভ ওভারমডুলেটেড হলে ট্রান্সমিটারের আউটপুটে অত্যাধিক ডিস্টরশন ও ইন্টারফিয়ারেন্স দেখা দেবে।

৩৩। **মোট পাওয়ার ও ক্যারিয়ার পাওয়ারের মধ্যকার সম্পর্ক কী?**

উত্তর : মোট পাওয়ার, $P_T = 1.5$ x ক্যারিয়ার পাওয়ার।

৩৪। **মোট সাইডব্যান্ড পাওয়ার ও ক্যারিয়ার পাওয়ারের মধ্যকার পাওয়ারের মধ্যকার সম্পর্ক কী?**

উত্তর : মোট সাইডব্যান্ড পাওয়ার $P_{SB} = 0.5$ x ক্যারিয়ার পাওয়ার।

৩৫। **সিঙ্গেল সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিশন অধিক দক্ষতা সম্পন্ন কেন?**

উত্তর : ট্রান্সমিটার দ্বারা রেডিয়েটেড মোট পাওয়ারের মাত্র $\frac{1}{6}$ অংশ একটি সাইডব্যান্ডে থাকে। ফলে সিঙ্গেল সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিশন অধিক দক্ষতা সম্পন্ন।

৩৬। **মডুলেশন ইনডেক্স বা সূচক বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : মডুলেশন ইনডেক্স অংশ দ্রষ্টব্য।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **VSB মডুলেশনের ব্যবহার উল্লেখ কর।** *[বাকাশিবো : '৯৮, '০৯, '১১R, '১৪R]*

উত্তর : VSB নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়–

(১) টেলিভিশন ট্রান্সমিশনে VSB ব্যবহার করা হয়।

(২) Facsimile-এর ক্ষেত্রে একটি ব্যবহার করা হয়।

(৩) High-speed data signal কমিউনিকেশনে এটি ব্যবহৃত হয়।

২। **AM-এর জন্য m = 0, m = 1, m = 0.5, m = 1.5 ধরে modulated wave চিত্র অঙ্কন করে দেখাও।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.৪.১ নং দ্রষ্টব্য। *[বাকাশিবো : '১৪R]*

৩। **মডুলেশনের প্রয়োজনীয়তা লিখ বা মডুলেশনের দরকার হয় কেন?** *[বাকাশিবো : '৯৭, '৯৮, '০৯, '১১R, '১২(৫ম), '১৩, '১৩R]*

উত্তর : মডুলেশনের প্রয়োজনীয়তাগুলো নিম্নে পয়েন্ট আকারে দেয়া হলো–

(১) মডুলেশনের ফলে ট্রান্সমিশন এন্টিনার দৈর্ঘ্য কমে। কারণ ফ্রিকুয়েন্সি যত বেশি হবে এন্টিনার দৈর্ঘ্য তত ছোট হয়ে আসবে। তাই সিগন্যালকে হাই ফ্রিকুয়েন্সি ক্যারিয়ারের সাথে মডুলেশন না করলে এন্টিনার আকার অনেক বড় হবে এমনকি বাস্তবে এত বড় এন্টিনা তৈরি করাই সম্ভব হবে না।

(২) মডুলেশনের ফলে ট্রান্সমিটারের অপারেটিং রেঞ্জ বৃদ্ধি পায়। কারণ ফ্রিকুয়েন্সি যত বেশি হবে ওয়েভের রেডিয়েশন স্পিড তত বেশি হবে। তাই সিগন্যালকে হাই ফ্রিকুয়েন্সি ক্যারিয়ারের সাথে মডুলেশন করে ট্রান্সমিটারের অপারেটিং রেঞ্জ বৃদ্ধি করা যায়। অর্থাৎ বেশি দূরত্বে সিগন্যাল ট্রান্সমিট করা সম্ভব হয়।

(৩) মডুলেশনের ফলে ওয়্যারলেস কমিউনিকেশন অর্থাৎ তার ছাড়া সিগন্যাল ট্রান্সমিট করা সম্ভব হচ্ছে।

(৪) একই ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট একাধিক চ্যানেল থেকে সিগন্যাল ট্রান্সমিট করলে রিসিভারে তা টিউনিং করা সম্ভব হত না। মডুলেশনের ফলে একাধিক চ্যানেলকে পৃথক পৃথক ফ্রিকুয়েন্সিতে ভাগ করা সম্ভব হয়েছে।

৪। **AM-এর Frequency Spectrum অঙ্কন কর।** *[বাকাশিবো : '১০, '১১, '১৩]*

উত্তর : AM ওয়েভটি একটি জটিল ওয়েভ এবং তাকে তিনটি বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট সাইন ওয়েভের সমষ্টি হিসাবে প্রকাশ করা যায়। বিভিন্ন অ্যামপ্লিচিউডকে লেখচিত্রে প্রকাশ করা হলে প্রাপ্ত চিত্রকে ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম বলে।

অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড ওয়েভের সমীকরণ হল–

$$e = E_c\cos 2\pi f_c t + \frac{mE_c}{2}\cos 2\pi (f_c + f_s)t + \frac{mE_c}{2}\cos 2\pi (f_c - f_s)t)$$

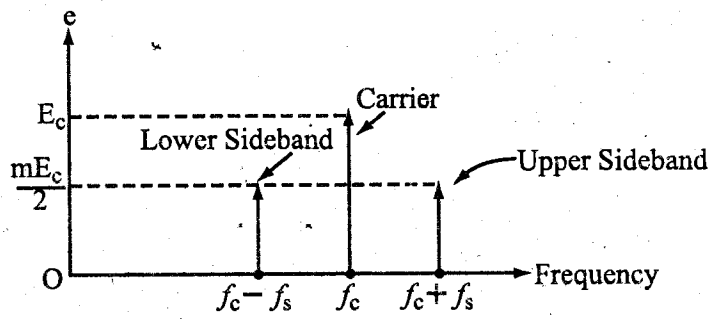
সমীকরণ হতে দেখা যায় যে, মডুলেটেড ওয়েভটি তিনটি কম্পোনেন্ট ধারণ করে আছে, যেমন–

(i) $E_c\cos 2\pi f_{sc}t$- মূল ক্যারিয়ার ওয়েভ

(ii) $\frac{mE_c}{2}\cos 2\pi (f_c + f_s)t$ – Upper sideband frequency

(iii) $\frac{mE_c}{2}\cos 2\pi (f_c - f_s)t$ -- Lower sideband frequency.

নিচের চিত্রে AM ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম দেখানো হয়েছে।



চিত্র : Frequency spectrum of an AM wave

ফ্রিকুয়েন্সি কম্পোনেন্টগুলোকে ভার্টিক্যাল লাইন দ্বারা দেখানো হয়েছে। প্রতিটি ভার্টিক্যাল লাইনের উচ্চতা বিদ্যমান কম্পোনেন্টগুলোর অ্যামপ্লিচিউডের সমান। সাধারণত ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি f_c সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি f_s অপেক্ষা অনেক গুণ বড় হয়। সেহেতু সাইডব্যান্ড ফ্রিকুয়েন্সিগুলো সাধারণত ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির নিকটবর্তী হয়।

এখানে $(f_c - f_s)$ হচ্ছে Lower sideband এবং $(f_c + f_s)$ হচ্ছে Upper sideband frequency। ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রামটি ক্যারিয়ারের সাপেক্ষে সাইডব্যান্ডগুলোর অবস্থান ও অ্যামপ্লিচিউডের মানকে প্রকাশ করে।

৫। **দেখাও যে, AM ওয়েভের মোট পাওয়ার, $P_t = P_c\left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$** *[বাকাশিবো : '১৯, '১৩R]*

অথবা, Power Distribution-এর ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $P_t = P_c\left(1 + \frac{ma^2}{2}\right)$ এখানে প্রতীকগুলো অর্থ বহন করে।

উত্তর : AM ওয়েভের সমীকরণ,

বা, $v = V_c\cos\omega_c t + \frac{mv_c}{2}[\cos(\omega_c + \omega_s)t + \cos(\omega_c - \omega_s)t]$

যদি এন্টিনার রেজিস্ট্যান্স = R ওহম হয় তবে, অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড ওয়েভের

মোট পাওয়ার $P_t = P_c + P_{LBS} + P_{USB} = \frac{V_c^2}{R} + \frac{(F_{LSB})^2}{R} + \frac{(V_{USB})^2}{R}$

$$P_c = \frac{\left(\frac{V_c}{\sqrt{2}}\right)^2}{R} = \frac{V_c^2}{2}$$

$$P_{LSB} = P_{USB} = \frac{\left(\frac{mV_c}{2\sqrt{2}}\right)^2}{R} = \frac{m^2V_c^2}{8R} = \frac{V_c^2}{2R} \times \frac{m^2}{4} = P_c \times \frac{m^2}{4}$$

$\therefore$ মোট পাওয়ার, $P_t = \frac{V_c^2}{2R} + \frac{V_c^2}{2R} \times \frac{m^2}{4} + \frac{V_c^2}{2} \times \frac{m^2}{4}$

$$= \frac{V_c^2}{2R}\left(1 + \frac{m^2}{4} + \frac{m^2}{4}\right) = P_c\left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$$

বা, $P_t = P_c\left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$

৬। **VSB মডুলেশন বলতে কী বুঝায়?** *[বাকাশিবো : '১২(৫ম)]*

অথবা, VSB কী? *[বাকাশিবো : '০৭, '০৮R, '১১R]*

উত্তর : VSB-এর পূর্ণনাম Vestigial Side Band যে মডুলেশন পদ্ধতিতে আপার সাইড ব্যান্ডের সম্পূর্ণ অংশ এবং লোয়ার সাইড ব্যান্ডের কিছু অংশকে একত্রিত করে ট্রান্সমিট করা হয়, তাকে VSB মডুলেশন বলে। ব্যান্ডউইডথকে ছোট করার জন্য এ ধরনের সাইড ব্যান্ড উৎপন্ন করে মডুলেশন করা হয়। বিশেষ করে TV ট্রান্সমিশনের ক্ষেত্রে এ পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়। TV ট্রান্সমিশনে একটি সাইড ব্যান্ডকে পুরোপুরি বাদ দেওয়া যায় না কারণ লোয়ার সাইড ব্যান্ড বিশিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সিগুলো পিকচারের গুরুত্বপূর্ণ ইনফরমেশন বহন করে। ফলে কোন একটি সাইড ব্যান্ডকে বাদ দিলে ফেজ বিকৃতি ঘটে। এজন্য লোয়ার সাইড ব্যান্ডের কিছু অংশকে বাদ দিয়ে বাকি অংশ এবং আপার সাইড ব্যান্ডের সম্পূর্ণ অংশকে একত্রে ট্রান্সমিট করা হয়, যাকে VSB মডুলেশন বলে।

৭। **মাল্টিপ্লেক্সিং-এর ব্যবহার লিখ।** *[বাকাশিবো : '১২]*

উত্তর : নিম্নে মাল্টিপ্লেক্সিং-এর ব্যবহার লেখা হলো :

(১) মোবাইল কমিউনিকেশনে
(২) নেটওয়ার্ক সিস্টেমে
(৩) Data এনক্রিপশন কর Data Sending করতে
(৪) যেকোনো প্রকার ডিজিটাল কমিউনিকেশনে।

৮। **মাল্টিপ্লেক্সিং এর সুবিধা লিখ।** *[বাকাশিবো : '১২]*

অথবা, মডুলেশনের প্রয়োজনীয়তা সংক্ষেপে বর্ণনা কর। *[বাকাশিবো : '০২, '০৯, '১১]*

উত্তর : মডুলেশনের প্রয়োজনীয়তা নিম্নরূপ :

(i) সিগন্যালের অপারেটিং রেঞ্জ বৃদ্ধি করার জন্য,
(ii) অ্যান্টেনার দৈর্ঘ্যকে স্বাভাবিক মানে রাখার জন্য,
(iii) ওয়্যারলেস কমিউনিকেশন সিস্টেমের ক্ষেত্রে হাই ফ্রিকুয়েন্সি সিগন্যাল তৈরি করার জন্য,
(iv) ফেইথফুল (Faithfull) রিসিপশন পাওয়ার জন্য,
(v) ব্যান্ডওয়াইডথ অ্যাডজাস্টমেন্ট করার জন্য,
(vi) ইন্টারফারেন্স দূর করার জন্য,
(vii) স্পেসে প্রপাগেশনের সুবিধার জন্য,
(viii) চ্যানেল বা স্টেশন বৃদ্ধি করার জন্য,
(ix) রেডিও কমিউনিকেশনে গোপনীয়তা রক্ষা করার জন্য।

৯। **VSB কী?** *[বাকাশিবো : '০৭, '০৮R, '১১R]*

উত্তর : VSB-এর পূর্ণনাম Vetigial Side Band যে মড্যুলেশন পদ্ধতিতে আপার সাইড ব্যান্ডের সম্পূর্ণ অংশ এবং লোয়ার সাইড ব্যান্ডের কিছু অংশকে একত্রিত করে ট্রান্সমিট করা হয়, তাকে VSB মড্যুলেশন বলে। ব্যান্ডউইডথকে ছোট করার জন্য এ ধরনের সাইড ব্যান্ড উৎপন্ন করে মড্যুলেশন করা হয়। বিশেষ করে TV ট্রান্সমিশনের ক্ষেত্রে এ পদ্ধতি ব্যবহৃতহয়। TV ট্রান্সমিশনে একটি সাইট ব্যান্ডকে পুরোপুরি বাদ দেওয়া যায় না কারণ লোয়ার সাইড ব্যান্ড বিশিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সিগুলো পিকচারের গুরুত্বপূর্ণ ইনফরমেশন বহন করে। ফলে কোন একটি সাইড ব্যান্ডকে বাদ দিলে ফেজ বিকৃতি ঘটে। এজন্য লোয়ার সাইড ব্যান্ডের কিছু অংশকে বাদ দিয়ে বাকি অংশ এবং আপার সাইড ব্যান্ডের সম্পূর্ণ অংশকে একত্রে ট্রান্সমিট করা হয়, যাকে VSB মড্যুলেশন বলে।

১০। **AM-এর Frequency Spectrum অঙ্কন কর।** *[বাকাশিবো : '১০, '১১]*

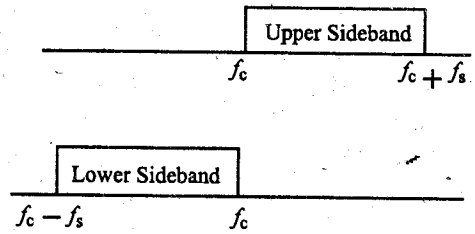
উত্তর : AM ওয়েভটি একটি জটিল ওয়েভ এবং তাকে বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট সাইন ওয়েভের সমষ্টি হিসাবে প্রকাশ করা যায়। বিভিন্ন অ্যামপ্লিচিউডকে লেখচিত্রে প্রকাশ করা হলে প্রাপ্ত চিত্রকে ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম বলে।

১১। **SSB-SC বলতে কী বুঝায়?** *[বাকাশিবো : '০৯]*

উত্তর : AM জেনারেশনে একটি ক্যারিয়ার এবং দুটি সাইডন্যান্ড উৎপন্ন হয়। SSB-SC পদ্ধতিতে একটি সাইডব্যান্ড এবং ক্যারিয়ারটিকে সাপ্রেস করা হয় এবং কেবলমাত্র অবশিষ্ট সাইডব্যান্ডকে ট্রান্সমিট করা হয়। কারণ এই একটিমাত্র সাইডব্যান্ডেই সকল ইনফরমেশন নিহিত থাকে। এই পদ্ধতিটির নাম হল Single Sideband Suppressed Carrier বা সংক্ষেপে SSB-SC।

১২। **SSB-SC জেনারেশনের মূলনীতি সংক্ষেপে লেখ।** *[বাকাশিবো : '০৯R]*

উত্তর : AM জেনারেশনে একটি ক্যারিয়ার এবং দুটি সাইডব্যান্ড উৎপন্ন হয়। দেখা গেছে যে, মূল সিগন্যালকে পুনর্গঠনের কাজে রিসিভারকে সক্ষম করার জন্য এই সিগন্যালগুলোর সবগুলোকে প্রেরণ করা দরকার হয় না। কারণ ক্যারিয়ার কোন ইনফরমেশন বহন করে না বিধায় তাকে ট্রান্সমিট না করলেও চলে। আবার যেহেতু দুটি সাইডব্যান্ডের প্রতিটিতে সকল ইনফরমেশন বিদ্যমান থাকে, কাজেই দুটি সাইডব্যান্ডের যে-কোন একটিকে ট্রান্সমিট করলেই চলে। এতে দুটি সুবিধা পাওয়া যায়; যেমন–(ক) ট্রান্সমিটেড পাওয়ার কম লাগে, (খ) কম ব্যান্ডউইডথের দরকার হয়।



চিত্র : SSB-SC

কাজেই Single Sideband Suppressed Carrier (SSB-SC) পদ্ধতিতে একটি সাইডব্যান্ড এবং ক্যারিয়ারটিকে সাপ্রেস করা হয় এবং কেবলমাত্র অবশিষ্ট সাইডব্যান্ডকে ট্রান্সমিট করা হয়। চিত্রে তা দেখানো হয়েছে। এই একটি সাইডব্যান্ডেই সকল ইনফরমেশন নিহিত থাকে।

১৩। **বিভিন্ন প্রকার মডুলেশনের সংক্ষিপ্ত পরিচয় দাও।** *[বাকাশিবো : '০৮]*

অথবা, মডুলেশনের প্রকারভেদ লিখ।

উত্তর : মডুলেশন প্রধানতঃ দুই প্রকার। যথা–

(১) এনালগ মডুলেশন (Analog Modulation) এবং

(২) ডিজিটাল মডুলেশন (Digital Modulation)

এনালগ মডুলেশন আবার দু'প্রকার। যথা–

(১) এ্যামপ্লিচ্যুড মডুলেশন (Amplitude Modulation) এবং

(২) এংগেল মডুলেশন (Angle Modulation)

এংগেল মডুলেশন আবার দু'প্রকার। যথা–

(ক) ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন (Frequency Modulation) এবং

(খ) ফেজ মডুলেশন (Phase Modulation)

ডিজিটাল মডুলেশনকে পালস মডুলেশন বলা হয় যা চার প্রকার। যথা–

(ক) পালস এ্যামপ্লিচ্যুড মডুলেশন (Pulse Amplitude Modulation)

(খ) পালস ওয়াইথ বা পালস ডিউরেশন মডুলেশন (Pulse Width or Pulse Duration Modulation)

(গ) পালস পজিশন মডুলেশন (Pulse Position Modulation)

(ঘ) পালস কোড মডুলেশন (Pulse Code Modulation)

১৪। **ক্যারিয়ার সিগন্যালের কাজ কী?** *[বাকাশিবো : '০৭]*

উত্তর : একটি ওয়েভের এনার্জি তার ফ্রিকুয়েন্সির সমানুপাতিক। তাই উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির ক্যারিয়ার ওয়েভের সাথে লো ফ্রিকুয়েন্সির ইনফরমেশন সিগন্যালকে মিশ্রিত করে সিগন্যালের এনার্জি বৃদ্ধি করা হয় এবং দূর-দূরান্তে প্রেরণ করা যায়। এজন্য লো ফ্রিকুয়েন্সির অডিও, ভিডিও বা অন্য কোন ডাটা সিগন্যালকে দূরে প্রেরণের উদ্দেশ্যে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির ক্যারিয়ার সিগন্যাল মিশ্রিত করা হয়, যা সিগন্যালকে দূরে বহনের কাজে সাহায্য করে।

১৫। দেখাও যে, মডুলেশন ইনডেক্স, $m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}}$ *[বাকাশিবো : '০৬]*

উত্তর : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনে সিগন্যাল অনুযায়ী ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচুডের যে পরিবর্তন, তাকে একটি ফ্যাক্টর দ্বারা প্রকাশ করা হয়, যাকে মডুলেশন ফ্যাক্টর বা মডুলেশন ইনডেক্স বলে। এটি নিম্নভাবে সংজ্ঞায়িত করা যায়–

অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনে ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচুডের পরিবর্তন এবং স্বাভাবিক (normal) ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচুডের অনুপাতকে মডুলেশন ফ্যাক্টর বা মডুলেশন ইনডেক্স বলে। মডুলেশন ইনডেক্সকে m/μ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$\therefore$ মডুলেশন ইনডেক্স, $m = \frac{\text{ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচুডের পরিবর্তন}}{\text{স্বাভাবিক ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচুড}}$

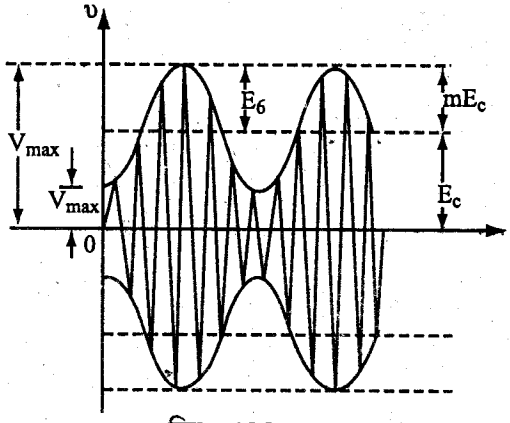
উপরে একটি অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড ওয়েভের চিত্র দেখানো হয়েছে, যার–

E_C = স্বাভাবিক ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড

E_S = সিগন্যাল ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড

V_{max} = মডুলেটেড ওয়েভের সর্বোচ্চ অ্যামপ্লিচিউড

V_{max} = মডুলেটেড ওয়েভের সর্বনিম্ন অ্যামপ্লিচিউড



চিত্র : AM wave

মডুলেশন ইনডেক্সের সংজ্ঞানুযায়ী,

$m = \frac{V_{max} - E_C}{E_C}$ .....(i)

এবং $m = \frac{E_C - V_{min}}{E_C}$ .....(ii)

(i) এবং (ii) নং সমীকরণ হতে পাওয়া যায়,

$V_{max} - E_C = E_C - V_{min}$

$\therefore EC = \frac{V_{max} + V_{min}}{2}$ .....(iii)

E_C এর মান (i) নং সমীকরণে বসিয়ে পাওয়া যায়,

$$m = \frac{V_{max} - \frac{V_{max} + V_{min}}{2}}{\frac{V_{max} + V_{min}}{2}} = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}} \text{ .....(iv)}$$

১৬। চিত্রসহকারে AM ওয়েভের বর্ণনা দাও। *[বাকাশিবো : '০২]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.১.২ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। VSB মডুলেশন কোথায় ব্যবহৃত হয়? *[বাকাশিবো : '০২]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.৯ এর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। অ্যামপ্লিচিউড ওয়েভ ও তার বিভিন্ন অংশের চিত্র এঁকে চিহ্নিত কর। *[বাকাশিবো : '০১]*

অথবা, AM কী এবং একটি AM wave এর তরঙ্গাকৃতি অঙ্কন করে বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সি কমপোনেন্টগুলো চিহ্নিত কর।

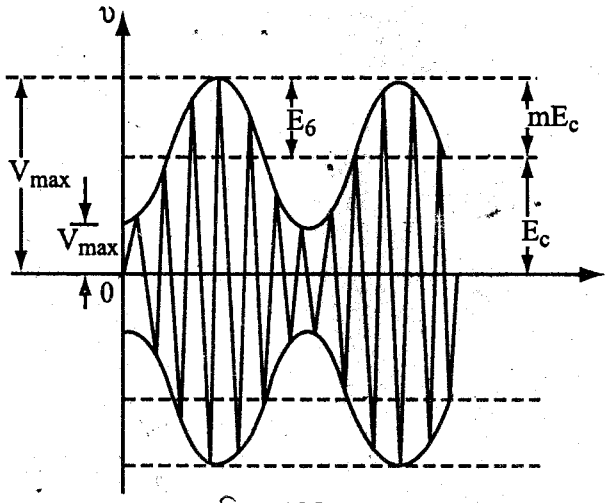
উত্তর : উপরে একটি অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড ওয়েভের চিত্র দেখানো হয়েছে, যার–

E_C = স্বাভাবিক ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড

E_S = সিগন্যাল ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড

V_{max} = মডুলেটেড ওয়েভের সর্বোচ্চ অ্যামপ্লিচিউড

V_{max} = মডুলেটেড ওয়েভের সর্বনিম্ন অ্যামপ্লিচিউড



চিত্র : AM wave

১৯। AM ওয়েভের Bandwidth বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : ব্যান্ডওয়াইডথ (Bandwidth) : AM ওয়েভের ক্ষেত্রে USB এবং LSB এর পার্থক্যকে বলা হয় চ্যানেল উইডথ (Chennel Width) বা ব্যান্ডউইডথ।

$\therefore$ ব্যান্ডওয়াইডথ BW = $[f_c + f_{s(max)}] - [f_c - f_{s(max)}]$

$= 2 \times f_{s(max)}$

$= 2 \times$ maximum frequency of signal

২০। অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের সীমাবদ্ধতাগুলো আলোচনা কর।

উত্তর : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের সীমাবদ্ধতা (Limitaitons of Amplitude Modulation) : যদিও তাত্ত্বিকভাবে খুবই ইফেকটিভ, তথাপি AM নিম্নলিখিত অসুবিধাগুলোর সম্মুখীন হয় :

(i) নয়েজি রিসিপশন (Noisy Reception) : AM ওয়েভে ক্যারিয়ারের অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তন হয়। অন্যদিকে সকল প্রকার নয়েজ যেগুলো মানুষের দ্বারা সৃষ্টি হয়, সেগুলো দ্বারাও কোন সিগন্যালের অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন ঘটে। ফলে রিসিভার দ্বারা মডুলেশনের কারণে অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন ও নয়েজের কারণে অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তনকে পার্থক্য করা সম্ভব হয় না। ফলে সিগন্যাল রিসিপশনে সব সময়ই নয়েজের উপস্থিতি থাকে।

(ii) লো ইফিসিয়েন্সি (Low Efficiency) : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের ক্ষেত্রে সাইডব্যান্ডগুলোর মধ্যে প্রয়োজনীয় পাওয়ার নিহিত থাকে। কিন্তু AM ওয়েভের সাইডব্যান্ড পাওয়ার নিম্নমানের হয়। যেমন মডুলেশন যদি 100% হয়, তাহলে সাইডব্যান্ড পাওয়ার হয় AM ওয়েভের মোট পাওয়ারের কেবলমাত্র এক-তৃতীয়াংশ। কাজেই এ প্রকারের মডুলেশনের ইফিসিয়েন্সি লো থাকে।

(iii) অপারেটিং রেঞ্জ ক্ষুদ্র (Small Operating Range) : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের লো-ইফিসিয়েন্সির কারণে এই পদ্ধতির ট্রান্সমিটারগুলোর অপারেটিং রেঞ্জ কম হয় অর্থাৎ দীর্ঘতর দূরত্বে ম্যাসেজ ট্রান্সমিট করা যায় না।

(iv) অডিও কোয়ালিটি দুর্বল (Lack of Audio Quality) : এটি অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের একটি প্রধান অসুবিধা। হাই-ফাইডিলিটি রিসিপশন (High-fidelity reception) অর্জন করতে হলে 15 KHz পর্যন্ত অডিও ফ্রিকুয়েন্সকে অবশ্যই পুনঃউৎপাদন করতে হবে। এতে 30 KHz ব্যান্ডউইডথের প্রয়োজন হয়, যেহেতু উভয় সাইডব্যান্ডকে অবশ্যই পুনঃউৎপাদন করতে হয়। কিন্তু সন্নিহিত ব্রডকাস্টিং স্টেশনগুলো ব্যান্ড থেকে আসা ইন্টারফারেন্সকে কমানোর জন্য AM ব্রডকাস্টিং স্টেশনগুলোর ব্যান্ডউইডথকে কেবলমাত্র 10 KHz এ নির্ধারণ করে দেয়া হয়। এর অর্থ হলো সর্বোচ্চ মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সি হতে পারে 5 KHz, যা মিউজিককে সঠিকভাবে পুনঃউৎপাদন (Reproduce) করার জন্য যথেষ্ট নয় বললেই চলে।

২১। মডুলেশনের গভীরতা বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : মডুলেশনের গভীরতা : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনে মডুলেটিং সিগন্যালের সর্বোচ্চ অ্যামপ্লিচিউড এবং ক্যারিয়ার সিগন্যালের অ্যামপ্লিচুডের অনুপাতকে মডুলেশনের গভীরতা (Depth of Modulation) বলে।

∴ মডুলেশনের গভীরতা (Depth of Modulation)

$$= \frac{\text{মড্যুলেটেড ওয়েভের সর্বোচ্চ অ্যামপ্লিচুড}}{\text{ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচুড}} = \frac{V_{max}}{E_C}$$

২২। SSB-SC System-এর সুবিধাসমূহ উল্লেখ কর।

উত্তর : SSB-SC-এর নিম্নলিখিত সুবিধাসমূহ পাওয়া যায় :

(১) ট্রান্সমিটেড পাওয়ারের মোট 83.3% সেইভ (ক্যারিয়ারের সাপ্রেশনের কারণে 66.7% এবং একটি সাইডব্যান্ডের সাপ্রেশনের কারণে 16.6%) হয়।

(২) প্রয়োজনীয় ব্যান্ডউইডথ অর্ধেকে হ্রাস পায় অর্থাৎ 50%।

(৩) পাওয়ার সাপ্লাইয়ের আকৃতি খুবই ছোট হয়।

(৪) যেহেতু SSB-SC সিগন্যালের অপেক্ষাকৃত ন্যারো ব্যান্ডউইডথ থাকে, সেহেতু রিসিভারের মধ্যে ন্যারো পাসব্যান্ডের আবির্ভাব ঘটে। এতে নয়েজ পিক আপ সীমিত থাকে।

২৩। মডুলেশন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : মাইক্রোফোন থেকে প্রাপ্ত সাউন্ড বা ভিডিও ক্যামেরা থেকে প্রাপ্ত পিকচারকে ট্রান্সডিউসারের মাধ্যমে ইলেকট্রিক্যাল সিগন্যালে রূপান্তর করা হয় তাদেরকে যথাক্রমে অডিও এবং ভিডিও সিগন্যাল বলা হয়। এ অডিও বা ভিডিও সিগন্যালকে ট্রান্সমিটিং এন্টিনার সাহায্যে দূরবর্তী স্থানে প্রেরণ করা হয় যা থেকে রেডিয়েশন হওয়ার জন্য হাই ফ্রিকুয়েন্সি সিগন্যাল প্রয়োজন। কিন্তু অডিও বা ভিডিও সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি খুব কম। তাই এ সিগন্যালকে হাই ফ্রিকুয়েন্সি সিগন্যালের সাথে মিশ্রিত করা হয়। এ হাই ফ্রিকুয়েন্সি সিগন্যালকে বলা হয় ক্যারিয়ার সিগন্যাল। মূল সিগন্যালের সাথে ক্যারিয়ার সিগন্যালকে মিশ্রিত করে এর কিছু বৈশিষ্ট্য (যেমন–এ্যামপ্লিচ্যুড, ফ্রিকুয়েন্সি বা ফেজ) পরিবর্তন করার পদ্ধতিকে মডুলেশন বলা হয়। মূল সিগন্যালের সাথে ক্যারিয়ার সিগন্যালকে মিশ্রিত করার ফলে যে সিগন্যাল উৎপন্ন হয় তাকে মডুলেটেড সিগন্যাল বলে।

অর্থাৎ লো ফ্রিকুয়েন্সির মূল সিগন্যালের সাথে হাই ফ্রিকুয়েন্সির ক্যারিয়ার সিগন্যালকে মিশ্রিত করে মূল সিগন্যাল অনুসারে ক্যারিয়ার সিগন্যালের কিছু বৈশিষ্ট্য (যেমন–এ্যামপ্লিচ্যুড, ফ্রিকুয়েন্সি বা ফেজ) পরিবর্তন করার পদ্ধতিকে মডুলেশন বলা হয়।

২৪। এ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড (AM) ওয়েভের বৈশিষ্ট্য লিখ?

উত্তর : এ্যামপ্লিচ্যুড মডুলেটেড (AM)-ওয়েভের বৈশিস্ট্য হলো– ওয়েভটি তিনটি কম্পোন্যান্ট সমন্বয়ে গঠিত। যথা–

(ক) মূল ক্যারিয়ার ওয়েভ $E_c \cos 2\pi f_c t$ যার এ্যামপ্লিচ্যুড ও ফ্রিকুয়েন্সি যথাক্রমে E_c ও f_c.

(খ) আপার সাইডব্যান্ড $\frac{1}{2} m_a E_c \cos 2\pi (f_c + f_s)t$ যার এ্যামপ্লিচ্যুড ও ফ্রিকুয়েন্সি যথাক্রমে $\frac{1}{2} m_a E_c$ ও $(f_c + f_s)$.

(গ) লোয়ার সাইডব্যান্ড $\frac{1}{2} m_a E_c \cos 2\pi (f_c - f_s)t$ যার এ্যামপ্লিচ্যুড ও ফ্রিকুয়েন্সি যথাক্রমে $\frac{1}{2} m_a E_c$ ও $(f_c - f_s)$.

২৫। **টেলিভিশন ব্রডকাস্টিং সিস্টেমে VSB ব্যবহার করা হয় কেন?**

উত্তর : টেলিভিশন ব্রডকাস্টিং সিস্টেমে VSB ব্যবহার করা হয়। টেলিভিশনে ব্যবহৃত পিকচার সিগন্যালের ব্যান্ডওয়াইড্থ প্রায় 6 MHz. DSB ব্যবহার করলে এর মান প্রায় 12 MHz হয়ে যায়। তাছাড়াও DSB এর যে মান হয় তা প্রায় ক্যারিয়ার সিগন্যালের সমান হয়। ফলে মডুলেটিং সিগন্যালকে পৃথক করা কঠিন হয়ে পরে। লো ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যালগুলো পিকচারের গুরুত্বপূর্ণ ইনফরমেশন বহন করে বলে SSB ব্যবহার করলে ফেজ বিকৃতি (Phase distorsion) ঘটে। তাই লোয়ার সাইডব্যান্ডের কিছু অংশ বাদ দিয়ে বাকী অংশ এবং আপার সাইডব্যান্ডের সম্পূর্ণ অংশ নিয়ে VSB ট্রান্সমিশন করা হয়।

২৬। **অ্যামপ্লিচিউড মড্যুলেশনের সংজ্ঞা দাও।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। **মড্যুলেশন ইনডেক্স বা সূচক বলতে কী বোঝায়?**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.৬ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

১। **AM ওয়েভকে বিশ্লেষণ করে একটি সমীকরণ প্রতিপাদন করে।** *[বাকাশিবো : '৯৮, '০৪, '০৬, '০৮R, '০৯, '০৯R, '১১, '১১R, '১২, '১৪]*

অথবা, দেখাও যে, মডুলেশন ইনডেক্স $m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}}$ *[বাকাশিবো : '০৬]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.১.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। **AM এর ক্ষেত্রে যখন 50% মডুলেশন করা হবে, তখন মোট পাওয়ার এবং ক্যারিয়ার পাওয়ারের মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর।** *[বাকাশিবো : '১৪]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.৮ এর উদাহরণ ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **AM এর জন্য Modulation index-এর সমীকরণ লেখ।** *[বাকাশিবো : '১৪]*

অথবা, অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের ক্ষেত্রে মডুলেশন ইনডেক্স গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **AM ওয়েভের Frequency Spectrum চিত্রসহ বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '১৪R]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.৫.১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **দেখাও যে, AM-এর ক্ষেত্রে একটি ক্যারিয়ার ও দুটি সাইডব্যান্ড উৎপন্ন হয়।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.৫ নং দ্রষ্টব্য। *[বাকাশিবো : '৯৯, '০৭, '১০, '১১, '১২(৪র্থ)]*

৬। **ওয়েভ শেপসহ অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড (AM) ওয়েভের গাণিতিক সমীকরণ প্রতিপাদন করে।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.৫ নং দ্রষ্টব্য। *[বাকাশিবো : '০১, '০৯]*

৭। **AM মডুলেশনের মডুলেশন ইনডেক্স (ma) 100% হলে প্রমাণ কর যে, মোট পাওয়ার, সাইডব্যান্ড পাওয়ারের তিনগুণ।** *[বাকাশিবো : '০৮]*

অথবা, অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের ক্ষেত্রে ক্যারিয়ার এবং সাইডব্যান্ডসমূহে পাওয়ার বন্টন গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর। *[বাকাশিবো : '০২]*

অথবা, অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন ফ্যাক্টর একক হলে প্রমাণ কর যে, মোট পাওয়ার সাইড ব্যান্ড পাওয়ারের এক তৃতীয়াংশ। *[বাকাশিবো : '০০]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.৭ নং দ্রষ্টব্য।

৮। **SSB ও DSB-এর পার্থক্য ও সুবিধাগুলো বর্ণনাপূর্বক একটি SSB জেনারেশন পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '০১]*

অথবা, DSB-SC, SSB-SC এবং VSB মডুলেশন পদ্ধতিসমূহের একটি তুলনামূলক চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.৯ নং দ্রষ্টব্য।

৯। **প্রয়োজনীয় ওয়েভসহ ডেপথ অব মডুলেশন গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.৬ নং দ্রষ্টব্য।

১০। **VSB মডুলেশন বলতে কী বুঝ? এর প্রয়োজনীয়তা আলোচনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.৯ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায় ৪ ফ্রিকুয়েন্সি ও পাল্‌স মডুলেশন
(Understand the Frequency and Pulse Modulation)

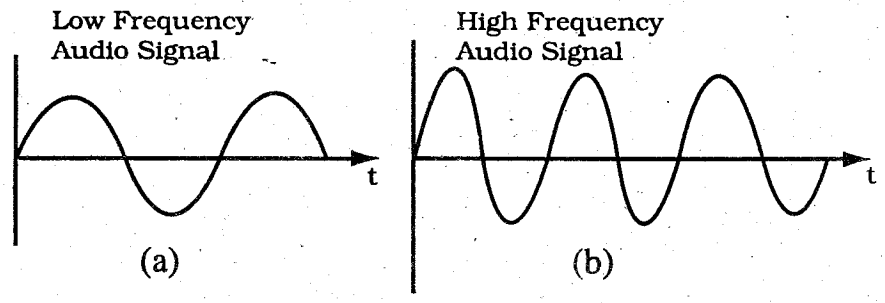
৪.০ ভূমিকা
(Introduction)

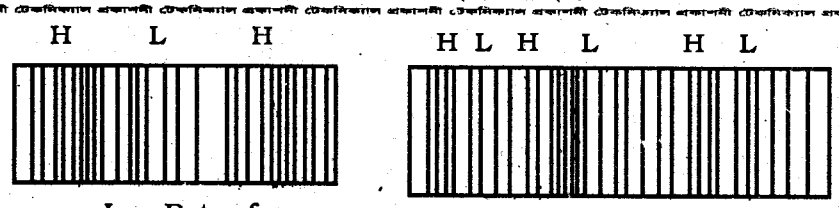
ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনে মডুলেটিং সিগনালের তাৎক্ষণিক মানের সাথে ক্যারিয়ার সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তন হয়। ক্যারিয়ারের অ্যামপ্লিচিউডের কোন পরিবর্তন হয় না। এ পদ্ধতির কিছু সুবিধা পাওয়া যায়। প্রথমত, সকল প্রকার নয়েজ যেগুলো মানুষের দ্বারা সৃষ্টি হয় অথবা অন্য কোন কারণে সৃষ্টি হয় সেগুলো ক্যারিয়ার সিগনালের অ্যামপ্লিচুডকে পরিবর্তন করে। কখন ফ্রিকুয়েন্সিকে পরিবর্তন করে না। ফলে রেডিও রিসিভারে মডুলেশনের কারণে অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন ও নয়েজের কারণে অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তনকে পার্থক্য করতে পারে না। ফলে AM রিসিপশন সাধারণত নয়েজ বিশিষ্ট হয়ে থাকে।

ভাল রিসিপশন পেতে হলে মানুষ যে সকল মানের ফ্রিকুয়েন্সি শুনতে পায় সে সকল ফ্রিকোয়েন্সীর সবগুলোকেই সন্তোষজনকভাবে পুনরোৎপাদন করতে হবে। এর ফলে কমপক্ষে 30000 Hz ব্যান্ড ওয়াইড্‌থ প্রয়োজন। AM ব্রডকাস্ট সর্বোচ্চ 20 KHz ব্যান্ড ওয়াইড্‌থ ব্যবহার করার অনুমিত পেয়ে থাকে। কিন্তু অধিকাংশ ক্ষেত্রেই 15 KHz ব্যান্ড ওয়াইড্‌থ ব্যবহার করা হয়ে থাকে। এ কারণে পাশাপাশি অবস্থিত চ্যানেগুলোর সাথে ইন্টারফারেন্স কমে যায়। এর ফলে দেখা যায় যে, AM ব্রডকাস্টে সর্বোচ্চ মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সি ব্যবহার করা যায় 7.5 KHz এটি হতে স্পষ্টই বুঝতে পারা যায় যে, বাস্তবসম্মতভাবে মানুষের কণ্ঠে সৃষ্ট সকল ফ্রিকুয়েন্সিকে AM ব্রডকাস্টে Reproduce করা সম্ভব নয়। ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন দ্বারা এ অসুবিধা দূর করা যায়। কারণ ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনে অ্যামপ্লিচুড স্থির রাখার ব্যবস্থা করা হয়।

৪.১ ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন-এর সংজ্ঞা
(Define Frequency Modulation)

যে প্রকার মডুলেশনে মডুলেটিং সিগনালের intensity বা তীব্রতা অনুযায়ী ক্যারিয়ার সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তন হয়, তাকে ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন বলে। অর্থাৎ লো ফ্রিকুয়েন্সির মূল (মডুলেটিং) সিগনালের সাথে হাই ফ্রিকুয়েন্সির ক্যারিয়ার সিগনাল মিশ্রিত করলে মূল সিগনালের অ্যামপ্লিচিউডের তাৎক্ষণিক মানের সমানুপাতে ক্যারিয়ার সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তন হয় কিন্তু এর অ্যামপ্লিচিউড বা ফেজের কোনো পরিবর্তন হয় না এ এ পদ্ধতিকে ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন বলা হয়। ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের সময় অ্যামপ্লিচুড ও ফেজ অ্যাঙ্গেল স্থির থাকে।





Low Rate of Deviation (c)

High Rate of Deviation (d)

চিত্র-৪.১ : ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের ওয়েভ

৪.১ (a) চিত্রে মডুলেটিং সিগনালকে, ৪.১ (b) চিত্রে ক্যারিয়ার সিগনালকে ও ৪.১ (c) চিত্রে মডুলেটেড সিগনালকে দেখানো হয়েছে। যখন মডুলেটিং সিগানলের মান শূন্য বা 0, তখন আউটপুট ফ্রিকুয়েন্সির মান f_c-এর সমান। যখন মডুলেটিং সিগনালের মান সর্বোচ্চ হয়, তখন মডুলেটেড সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সি সবচেয়ে বেশি এবং তা $(f_c + f_m)$ -এর সমান। যখন মডুলেটিং সিগনালের মান নেগেটিভ দিকে পৌছায়, তখন FM ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি সচচেয়ে কম এবং তা $(f_c - f_m)$ এর সমান। মডুলেটিংয়ের দ্বারা সেন্টার ফ্রিকুয়েন্সি হতে ফ্রিকুয়েন্সির একটি ভেরিয়েশন ঘটে। এই ডেরিয়েশনের পরিমাণ $\pm \Delta f$, Δf ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের সময় মোট পাওয়ারের কোনো পরিবর্তন হয় না, কিন্তু ক্যারিয়ার পাওয়ারের একটি অংশ সাইড ব্যান্ডে ট্রান্সফার হয়ে যায়।

ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন পদ্ধতি

(Frequency Modulation Method)

ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন সম্পন্ন করার অনেকগুলো পদ্ধতি আছে। এদের মধ্যে যে পদ্ধতিগুলো সচরাচর ব্যবহার করা হয় সেগুলো হল :

(১) Reactance tube modulator
(২) Varactor diode modulator
(৩) Armstrong modulator
(৪) Phasitron modulation

Reactance tube modulator আবার নিম্নলিখিত প্রকার হয়ে থাকে–

(i) Capacitive reactance tube modulator
(ii) Inductive reactance tube modulator
(iii) Transistor reactance tube modulator
(iv) Stabilized reactance tube modulutor

বিভিন্ন প্রকার মডুলেশনের প্রয়োগ :

(i) **রিং মডুলেটর :** DSB/SC জেনারেশনের কাজে ব্যবহৃত হয়।

(ii) **পুশ-পুল ব্যালেন্স মডুলেটর :** DSB/SC জেনারেশনের কাজে ব্যবহৃত হয়।

(iii) **ফেজ মডুলেটর :** ফেজ মডুলেটেড ওয়েভ তৈরি করতে ব্যবহৃত হয়।

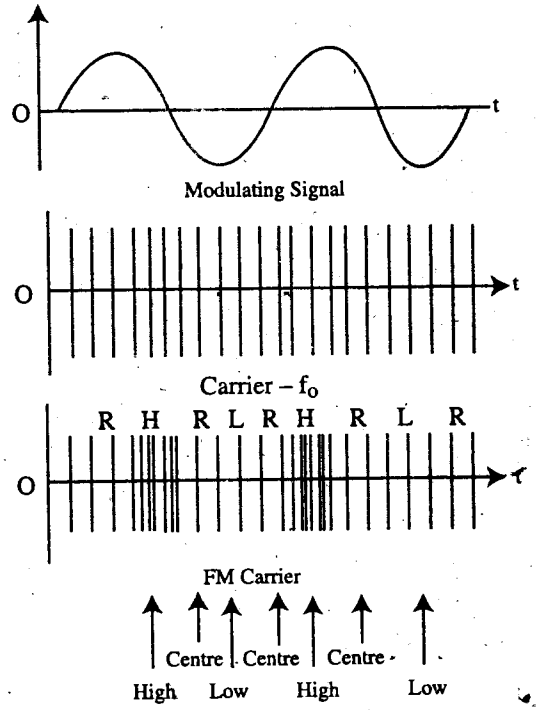
(iv) **ডেল্টা মডুলেটর :** পালস মডুলেশনের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

(v) **ফেজ শিফট মডুলেটর :** SSB/SC জেনারেশনের ক্ষেত্রে।

৪.২ ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের ধারণা

(Describe The Concept of Frequency Modulation)

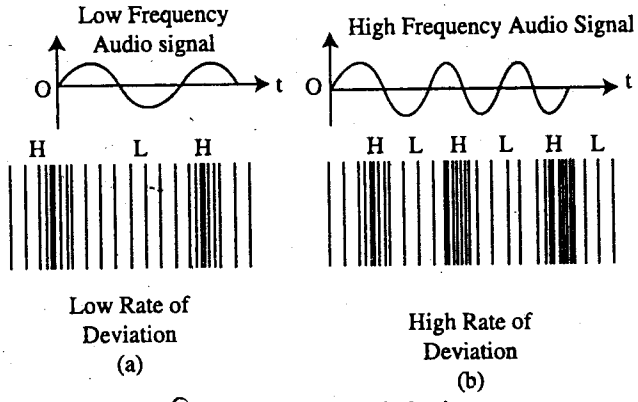
এই প্রকার মডুলেশনে ক্যারিয়ার ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সিই একমাত্র পরিবর্তন হয়-এর অ্যামপ্লিচিউড নয়। ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তনের পরিমাণ মডুলেটিং সিগন্যালের অ্যামপ্লিচিউড দ্বারা নির্ধারিত হয়। অন্যদিকে পরিবর্তনের হার নির্ধারিত হয় মডুলেটিং সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি দ্বারা, যাকে নিম্নে চিত্রে দ্বারা দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে ইনফরমেশন বা তথ্যকে ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির পরিবর্তনশীলতা হিসাবে বহন করা হয়।



চিত্র-৪.২ : FM Modulation

সিগন্যাল অ্যামপ্লিচিউড বাড়ার সাথে সাথে মডুলেটেড ক্যারিয়ারের ফ্রিকুয়েন্সি বাড়ে, কিন্তু সিগন্যাল অ্যামপ্লিচিউড কমার সাথে সাথে মডুলেটেড ক্যারিয়ারের ফ্রিকুয়েন্সিও কমে যায়। এটি এর উচ্চতম ফ্রিকুয়েন্সিতে (H বিন্দু) থাকে, যখন সিগন্যাল অ্যামপ্লিচিউড এর সর্বোচ্চ পজেটিভ ভ্যালুতে থাকে এবং এর নিম্নতম ফ্রিকুয়েন্সিতে (L বিন্দু) থাকে, যখন সিগন্যাল অ্যামপ্লিচিউড এর সর্বোচ্চ নেগেটিভ ভ্যালুতে থাকে। যখন সিগন্যাল অ্যামপ্লিচিউড জিরোতে থাকে, তখন ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সিটি এর স্বাভাবিক ফ্রিকুয়েন্সি f_o তে অবস্থান করে। এই স্বাভাবিক ফ্রিকুয়েন্সিকে রেস্টিং অথবা সেন্টার ফ্রিকুয়েন্সিও বলা হয়। মোটকথা হল ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তনের পরিমাণ সিগন্যাল অ্যামপ্লিচিউডের উপর নির্ভর করে। চিত্রে R রেস্টিং ফ্রিকুয়েন্সি নির্দেশ করে।

আবার ফ্রিকুয়েন্সি শিফট্ ঘটার হার নির্ভর করে সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সির উপর, যা নিচের চিত্র-দেখানো হয়েছে। উদাহরণস্বরূপ যদি মডুলেটিং সিগন্যালের মান 1 KHz হয়, তাহলে মডুলেটেড ক্যারিয়ারটি তার সর্বোচ্চ এবং সর্বনিম্ন ফ্রিকুয়েন্সির মধ্যে প্রতি সেকেন্ডে 1000 বার সুইং (Swing) করবে। যদি f_m = 2 KHz হয়, তাহলে ফ্রিকুয়েন্সি সুইং দ্বিগুণ হবে।



চিত্র-৪.৩ : FM Modulation

সংক্ষেপে, ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের প্রকৃতি সম্বন্ধে আমরা দুটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়ের কথা অবতারণা করেছি।

(i) ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশনের (অথবা শিফট্ অথবা ভ্যারিয়েশন) পরিমাণ নির্ভর করে অডিও সিগন্যালের অ্যামপ্লিচিউডের (লাউডনেস) উপর। শব্দের লাউডনেস যত বেশি হবে, ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন (deviation) তত বেশি হবে এবং বিপরীত কার্যক্রমও সত্য।

কিন্তু FM ব্রডকাস্টের উদ্দেশ্যে সর্বোচ্চ লাউডনেসের সাউন্ডের জন্য সেন্টার ফ্রিকুয়েন্সির প্রতি পাশে সর্বোচ্চ ডিভিয়েশন 75 KHz-এ সীমাবদ্ধ রাখার জন্য আন্তর্জাতিকভাবে একমত হয়েছেন।

(ii) ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশনের হার সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভর করে।

৪.৩ ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড ওয়েভের অ্যানালাইসিস

(Derive the Expression for Frequency Modulated Wave)

ধরা যাক, সাইনুসয়ডাল মডুলেটিং ভোল্টেজের সমীকরণ,

$v_m = V_m \cos\omega_m t$.....(1)

যেখানে, ω_m = মডুলেটিং ভোল্টেজের অ্যাঙ্গুলার ফ্রিকুয়েন্সি (rad/sec.)

V_m = মডুলেটিং ভোল্টেজের অ্যামপ্লিচিউড (ভোল্ট)

ধরি, ক্যারিয়ার ভোল্টেজের সমীকরণ

$v_c = V_c \sin(\omega_c t + \theta)$.....(2)

যেখানে, ω_c = ক্যারিয়ারের অ্যাঙ্গুলার ফ্রিকুয়েন্সি (rad/sec.)

V_c = ক্যারিয়ার ভোল্টেজের অ্যামপ্লিচিউড (volt)

θ ফেজ অ্যাঙ্গেল (rad)

মনে করি, $\phi = \omega_c t + \theta$ .....(3)

সমীকরণ (৩)-এর ϕ হচ্ছে ক্যারিয়ার ভোল্টেজের মোট তাৎক্ষণিক ফেজ অ্যাঙ্গেল। কাজেই সমীকরণ (২)-কে লেখা যায়–

$v_c = V_c \sin\phi$ .....(4)

স্পষ্টতঃই অ্যাঙ্গুলার ফ্রিকুয়েন্সি ω_c ফেজ অ্যাঙ্গেল ϕ এর সাথে নিম্নোক্ত সম্বন্ধে থাকে–

$$\omega_c = \frac{d\phi}{dt} \text{ .....(5)}$$

ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের ক্ষেত্রে ক্যারিয়ারের ফ্রিকুয়েন্সি ধ্রুব থাকে না বরং মডুলেটিং ভোল্টেজের তাৎক্ষণিক মান অনুসারে সময়ের সাথে পরিবর্তিত হয়। কাজেই ক্যারিয়ার ভোল্টেজের ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের পরে নিম্নোক্তভাবে লেখা যায়–

$\omega = \omega_c + k_f, v_m$ .....(6)

$= \omega_c k_f, V_m \cos\omega_m t$ .....(7)

যেখানে, K_f = সমানুপাতিক ধ্রুবক।

(৭) নং সমীকরণে ইন্টিগ্রেশন করলে মডুলেটেড ক্যারিয়ার ভোল্টেজের ফেজ অ্যাঙ্গেল পাওয়া যায়। এভাবে আমরা পাই–

$\phi = \int \omega dt = \int [\omega_c + K_f V_m \cos\omega_m t]\, dt$.....(8)

বা, $\phi = \omega_c t + K_f V_m \frac{1}{\omega_m} \sin\omega_m t + \theta_1$ .....(9)

যেখানে, θ_1 হচ্ছে ইন্টিগ্রেশন ধ্রুবক এবং এটি ধ্রুব ফেজ অ্যাঙ্গেল প্রকাশ করে।

θ_1-কে উপেক্ষা করা যায় কারণ মডুলেশন পদ্ধতিতে এটি গুরুত্ব বহন করে না। কাজেই ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড ক্যারিয়ার ভোল্টেজকে লেখা যায়–

$$v = V_c \sin\left[\omega_c t + K_f \frac{V_m}{\omega_m} \sin\omega_m t\right] \text{ .....(10)}$$

সমীকরণ (৭) হতে ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড ক্যারিয়ার ভোল্টেজের তাৎক্ষণিক ফ্রিকুয়েন্সি (Hz)-কে নিম্নোক্তভাবে দেখা যাবে–

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = f_c + K_f \frac{V_m}{\omega_m} \cos \omega_m t \text{.....}(11)$$

ফ্রিকুয়েন্সির সর্বোচ্চ মান–

$$f_{max} = f_c + K_f \frac{V_m}{2\pi} \text{.....}(12)$$

ফ্রিকুয়েন্সির সর্বনিম্ন মান–

$$f_{min} = f_c - K_f \frac{V_m}{2\pi} \text{.....}(13)$$

এভাবে ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন অর্থাৎ মীন ভ্যালু থেকে ফ্রিকুয়েন্সির সর্বোচ্চ পরিবর্তনশীলতা–

$$f_d = f_{max} - f_c = f_c - f_{min} = K_f \frac{V_m}{2\pi} \text{.....}(14)$$

মডুলেশন ইনডেক্স (m_f) হচ্ছে ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন এবং মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সির অনুপাত। একে আবার δ দিয়েও প্রকাশ করা হয়।

$$\delta = m_f = \frac{f_d}{f_m} = \frac{\omega_d}{\omega_m} = \frac{K_f V_m}{\omega_m} \text{.....}(15)$$

এভাবে ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড ভোল্টেজ এর জন্য সমীকরণ হবে–

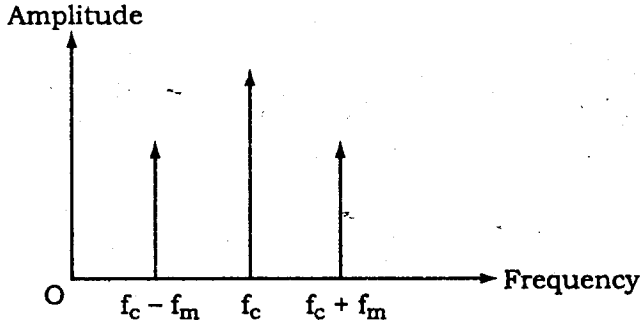
$$v = V_c \sin(\omega_c t = m_f \sin \omega_m t) \text{.....}(16)$$

৪.৪ এফএম স্পেকট্রাম এবং ব্যান্ডওয়াইডথ ব্যাখ্যা

(Explain The FM Spectra and Bandwidth)

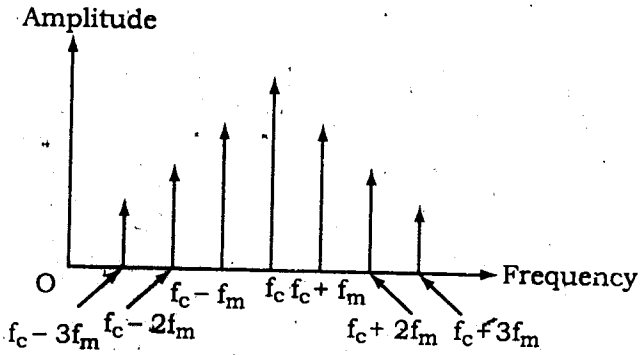
গাণিতিক বিশ্লেষণের মাধ্যমে FM ওয়েভকে অসীম সংখ্যক সাইনাকৃতির উপাংশক ওয়েভের যোগফল আকারে প্রকাশ করা যায়। উক্ত উপাংশকসমূহের ফ্রিকুয়েন্সি যথাক্রমে f_c, $f_c \pm f_m$, $f_c \pm 2f_m$, $f_c \pm 3f_m$ ইত্যাদি। তাই FM ওয়েভকে সীমিত ব্যান্ডের ওয়েভ হিসেবে বিবেচনা করা যায় না। তার ব্যান্ড পরিধি অসীম। তবে মডুলেশন ইনডেক্সের (δ) মানের উপর ভিত্তি করে গণনার সুবিধার্থে কিছু কিছু উপাংশক পরিহার করা যায়।

$\delta << 1$ হলে FM ওয়েভকে সরু ব্যান্ডের FM (Narrow band FM) বলা হয়। এ অবস্থায় তার শুধুমাত্র তিনটি উপাংশক বিবেচনা করা হয়, যাদের ফ্রিকুয়েন্সি যথাক্রমে f_c, $f_c + f_m$ এবং $f_c - f_m$। এ অবস্থায় FM ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সির চিত্র নিম্নের চিত্রে দেখানো হয়েছে।



চিত্র-৪.৪ : সরু ব্যান্ড FM-এর Frequency Spectrum

$\delta > 1$ হলে FM ওয়েভকে ওয়াইড ব্যান্ড (wide band) এর FM ওয়েভ বলা হয়। এ অবস্থায় তার বহুসংখ্যক উপাংশক বিবেচনা করার প্রয়োজন পড়ে। তবে উচ্চতর ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট উপাংশকসমূহের শীর্ষমান ক্রমাগত কমে যায়। নিম্নে চিত্রে বিস্তৃত ব্যান্ডের FM-এর ফ্রিকুয়েন্সি Spectrum দেখানো হয়েছে।



চিত্র-৪.৫ : ওয়াইড ব্যান্ডে FM-এর Frequency Spectrum

৪.৪.১ ব্যান্ডওয়াইডথ এবং স্পেকট্রাম

(Bandwidth and spectrum requirement) :

আন্তর্জাতিক FM ব্রডকাস্ট রেগুলেশন অনুযায়ী নিম্নলিখিত মানগুলো অনুমোদিত হয়েছে :

(i) সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন $f_d = \pm 75$ Khz;

(ii) প্রতি চ্যানেল অনুমোদনযোগ্য ব্যান্ডউইডথ = 200 kHz;

(iii) ক্যারিয়ারের ফ্রিকুয়েন্সি স্ট্যাবিলিটি = ± 2 kHz.

নিম্নের চিত্রে বিভিন্ন মডুলেটিং ইনডেক্সের জন্য ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম দেখানো হয়েছে। প্রতিটি ক্ষেত্রে স্পেকট্রাল লাইনগুলো f_m দ্বারা ব্যবধান থাকে এবং স্পেকট্রাম কর্তৃক দখলকৃত ব্যান্ডউইডথ, $B_{FM} = 2nf_m$

যেখানে, n হচ্ছে সাইড ফ্রিকুয়েন্সির উচ্চতম ক্রম (highest order), যার জন্য অ্যামপ্লিচিউড তাৎপর্যপূর্ণ হয়। যদি সাইড ফ্রিকুয়েন্সির ক্রম $(\delta + 1)$-এর চেয়ে বেশি হয়, তাহলে–

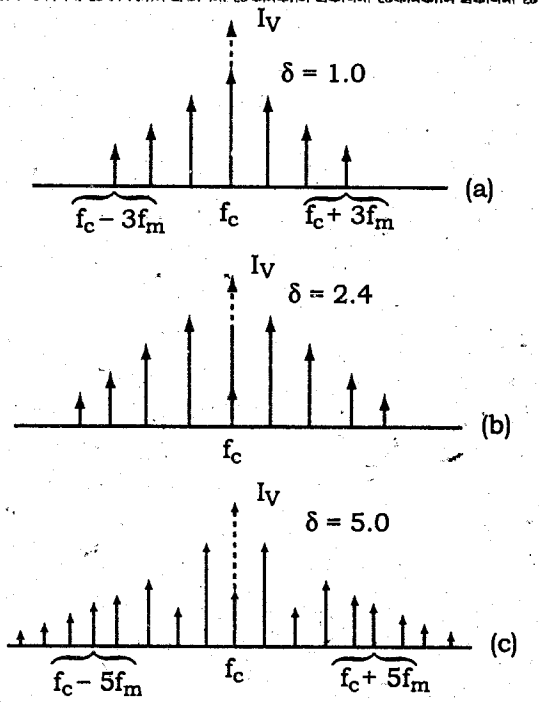
$B_{FM} = 2(\delta + 1) f_m$

যেহেতু, $\delta = \frac{f_d}{f_m}$

$\therefore B_{FM} = 2\left(\frac{f_d}{f_m} + 1\right) f_m$

বা, $B_{FM} = 2(f_d + f_m)$

1. $\delta = 75$ kHz
   $f_m = 0.1$ kHz
   $\therefore B_{FM} = 2(75 + 0.1) = 150$ kHz
2. $\delta = 75$ kHz
   $f_m = 1.0$ kHz
   $\therefore B_{FM} = 2(75 + 1) = 152$ kHz
3. $\delta = 75$ kHz
   $f_m = 10$ kHz
   $\therefore B_{FM} = 2(75 + 10) = 170$ kHz



চিত্র-৪.৬ : Spectra for Sinusoidally modulated FM waves with various modulation indexes
(a) $\delta = 1.0$; (b) $\delta = 2.4$ (note missing carrier); (c) $\delta = 5.0$

উপরোক্ত উদাহরণগুলো হতে দেখা যায়, যদিও মডুলেশন ফ্রিকুয়েন্সি 0.1 kHz হতে 10 kHz-এ পরিবর্তন হয়েছে, তথাপি স্পেকট্রাম কর্তৃক দখলকৃত ব্যান্ডউইডথ খুবই কম পরিমাণ পরিবর্তন হয়েছে, মাত্র 150 kHz থেকে 170 kHz। এজন্য ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনকে কখনো কখনো Constant bandwidth system-ও বলা হয়।

৪.৫ মডুলেশন ইনডেক্স, সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশন এবং FM ওয়েভের ডেভিয়েশন রেশিও বর্ণনা (Describe the Idea of Modulation Index, Maximum Frequency Deviation and Deviation Ratio of FM Wave)

(ক) মডুলেশন ইনডেক্স (Modulation Index) :

Frequency deviation এবং modulation frequency-এর অনুপাতকে মডুলেশন ইনডেক্স বলা হয়। একে m_f দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\text{Modulation index } m_f = \frac{\text{Frequency deviation}}{\text{Modulatiog frequency}}$$

$$= \frac{\Delta f}{f_m} = \frac{K_f E_m}{2\pi . f_m} = \frac{K_f E_m}{\omega_m}$$

(খ) ম্যাক্সিমাম ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন (Maximum Frequency Deviation) :

ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন পদ্ধতিতে ক্যারিয়ার ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটিং সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সির তাৎক্ষণিক মানের সাথে পরিবর্তনশীল। এ পরিবর্তনশীল ফ্রিকুয়েন্সির সর্বোচ্চ মান f_{max} এবং ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির মান f_c-এর পার্থক্যকে ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশন (ফ্রিকুয়েন্সি বিচ্যুতি) বলে। Frequency deviation-কে Δf দ্বারা প্রকাশ করা হয়। FM ওয়েভকে নিচের সমীকরণ দ্বারা লেখা যায়–

$$e = E_c \sin\left(\omega_c t + k_f \frac{E_m}{\omega_m} \sin \omega_m t\right)$$

যেখানে FM wave -এর তাৎক্ষণিক ফ্রিকুয়েন্সি (Instantaneous Frequency) হলো

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = f_c + K_f \frac{E_m}{\omega_m} \cos \omega_m t$$

সুতরাং, $f_{max} = f_c + K_f \frac{E_m}{2\pi}$ এবং $f_{min} = f_c - K_f \frac{E_m}{2\pi}$

$\therefore$ Frequency deviation $\Delta f = f_{max} - f_c = f_c - f_{min} = \frac{K_f E_m}{2\pi}$

উপরের সমীকরণ হতে প্রতীয়মান হয় যে, সাইন ওয়েভ সিগনালের জন্য Frequency deviation সিগনাল ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউডের সমানুপাতিক।

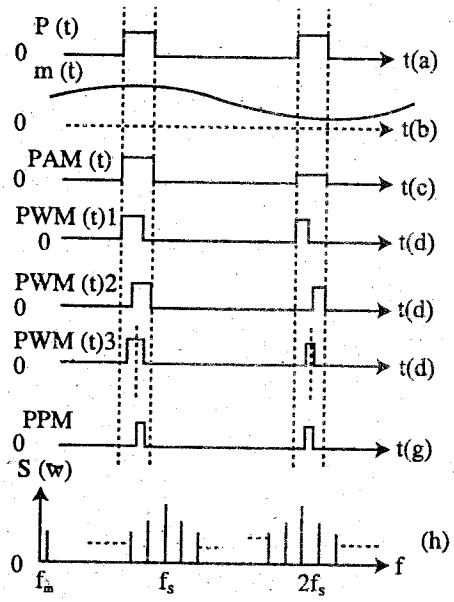
(গ) ডেভিয়েশন রেশিও (Deviation Ratio) :

Madulation index শুধুমাত্র সাইন ওয়েভের জন্য প্রযোজ্য। সিগনাল ওয়েভ সাইন ওয়েভ না হলে বিচ্যুতি অনুপাত নামে অন্য একটি সূচক ব্যবহার করা হয়। সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশন এবং সর্বোচ্চ মানের মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সির অনুপাতকেই ডেভিয়েশন রেশিও বলা হয়। একে δ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

Deviation Ratio $(\delta) = \frac{\Delta f_{(max)}}{f_{m\,(max)}}$ ।

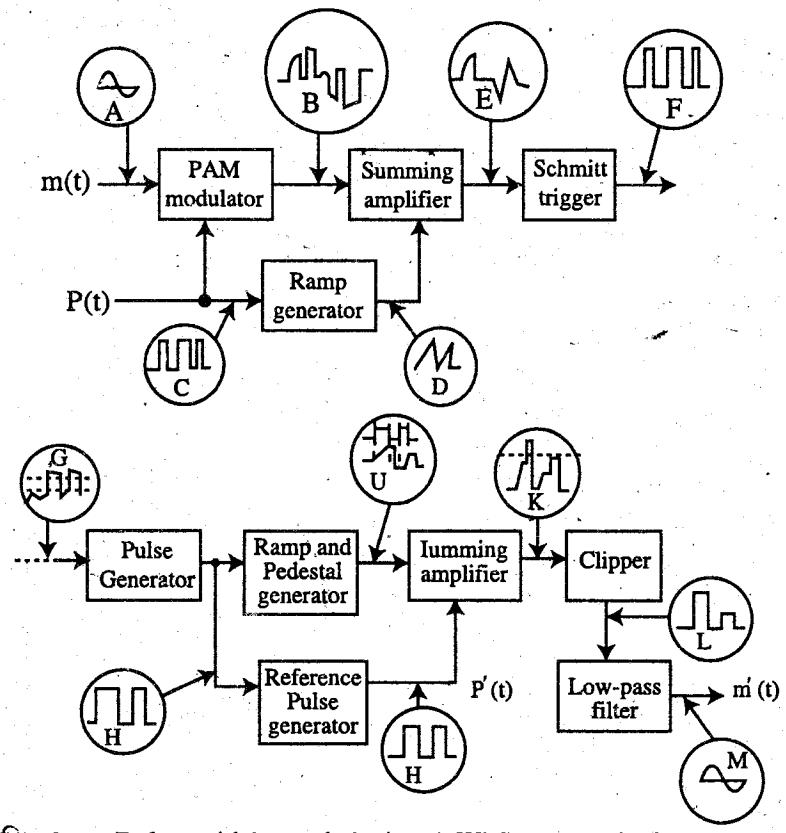
৪.৬ PPM, PDM এবং PWM সিগন্যাল জেনারেশন পদ্ধতি বর্ণনা (State the Method of Generation of PPM, PDM and PWM Signals)

পালস টাইম মডুলেশন (Pulse time modulation বা PTM) চারটি পৃথক পদ্ধতিতে সম্পন্ন হতে পারে। এই চার পদ্ধতির প্রথম তিনটি একটি গ্রুপ গঠন করে। এই গ্রুপ পালস ডিউরেশন (Pulse duration) অথবা পালস-ওয়াইডথ মডুলেশন (Pulse-width modulation) নামে পরিচিত। সংক্ষেপে একে PDM অথবা PWM বলা হয়। ৪র্থ পদ্ধতিটি হচ্ছে পালস পজিশন মডুলেশন (Pulse position modulation) বা PPM। মডুলেশনের সাথে পালস ওয়াইডথ পরিবর্তনের সময় পালসের Lead edge, tail edge অথবা center-কে ইনফেজে স্থির রাখা হয় কিনা, তার উপর নির্ভর করে পালস-ওয়াইডথ মডুলেশনের তিনটি ভিন্ন ভিন্ন রূপ পাওয়া সম্ভব। এ ধরনের মডুলেশনকে ক্লাস D মডুলেশনও বলা হয়।



চিত্র-৪.৭ : (a) Carrier sampling pulses, (b) Modulating signal, (c) PAM signal, (d) PWM st-edge modulate signal, (e) PWM lead-edge modulated signal, (f) PWM symmetrical signal, (g) PPM signal, (h) Spectrum of a PWM signal].

PDM বা PWM : PDM-এর পুরো নাম হলো Pulse duration modulation। একে PWM (pulse-width modulation)-ও বলে। এক্ষেত্রে pulse-এর width সিগন্যালের অ্যামপ্লিচিউডের সাথে সরাসরি সমানুপাতিক। নিচের চিত্রে পালস-ওয়াইডথ মডুলেশন পদ্ধতি দেখানো হয়েছে।



চিত্র-৪.৮ : Pulse-width modulation (PWM) transmission system

প্রথমে একটি PAM সিগন্যাল উৎপন্ন করা হয় এবং অন্যান্য PAM সিগন্যালসমূহের সাথে মাল্টিপ্লেক্সড করা যেতে পারে। PAM সিগন্যাল হতে PWM সিগন্যাল তৈরি করা হয় এবং প্রেরণ করা হয়। রিসিভারে PAM-সিগন্যাল পুনঃউৎপাদন করা হয় এবং তারপর লো-পাস ফিল্টারিং-এর সাহায্যে ডিমডুলেট করা হয়।

মডুলেটিং সিগন্যাল m(t)-কে (চিত্র A) একটি PAM মডুলেটিং সার্কিটের ইনপুটে প্রয়োগ করে PAM সিগন্যাল (B) উৎপন্ন করা হয়। একই পালস ট্রেইন (C), যা PAM মডুলেটরে প্রয়োগ করা হয়, তাকে আবার একটি র‍্যাম্প জেনারেটরে গেটিং পালস হিসাবে ব্যবহার করে এক শ্রেণি র‍্যাম্প পালস (D) উৎপন্ন করা হয়। এই পালস ট্রেইনগুলোর সকলের সমপরিমাণ স্লোপ অ্যামপ্লিচিউড এবং ডিউরেশন থাকে। পরিবর্তনশীল উচ্চতাবিশিষ্ট র‍্যাম্প (E) উৎপন্ন করার জন্য এই র‍্যাম্প পালসগুলোকে সরাসরি PAM পালসগুলোর সাথে যুক্ত করা হয়। PWM ওয়েভের (F) বিভিন্ন ওয়াইডথের আয়তাকার পালস উৎপন্ন করার জন্য পরিবর্তনশীল উচ্চতার র‍্যাম্পকে একটি Schmitt trigger circuit-এ প্রয়োগ করা হয়। এ সকল PWM পালসকে সরাসরি ট্রান্সমিট করতে পারা যায় অথবা একটি পালস-পজিশন মডুলেটরের ইনপুট হিসাবে ব্যবহৃত হতে পারে।

রিসিভারে গৃহীত পালসগুলোকে (G) রি-জেনারেটিং সার্কিটের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করিয়ে কিছু নয়েজকে দূর করা হয় এবং পালসগুলোকে বর্গাকৃতিতে পরিণত করা হয়। ধ্রুব-ওয়াইডথ এবং ধ্রুব উচ্চতার এক শ্রেণি পালস উৎপন্ন করার জন্য এই পুনঃউৎপাদিত পালসগুলোকে (H) একটি রেফারেন্স পালস জেনারেটরে প্রয়োগ করা হয়। এই ধ্রুব পালসগুলো গৃহীত পালসগুলোর leading edge-এর সাথে সিংক্রোনাইজড থাকে কিন্তু একটি নির্দিষ্ট ব্যবধানে (I)

ডিলে (delayed) হয়। পুনঃউৎপাদিত পালসগুলো আবার একটি র‍্যাম্প জেনারেটরকেও গেট করে, যা পালসের ডিউরেশনের জন্য ধ্রুব-স্লোপ র‍্যাম্প (Constant slope ramp) উৎপন্ন করে। পালসের শেষে একটি স্যাম্পল এবং হোল্ড অ্যামপ্লিফায়ার চূড়ান্ত র‍্যাম্প ভোল্টেজকে অপরিবর্তিত রাখে যতক্ষণ পর্যন্ত পিরিয়ডের শেষে এটি রিসেট হচ্ছে। ফলে র‍্যাম্প এবং পেডেস্টাল (Ramp-and-pedstal) ওয়েভফরম (J) তৈরি হয়। ধ্রুব-উচ্চতার পালসগুলো (I) পেডেস্টালের সঙ্গে যুক্ত হয়ে K ওয়েভফরম তৈরি করে, যাকে একটি থ্রেশহোল্ড লেভেলে ক্লিপ করে PAM সিগন্যাল তৈরি করা হয় (L)। তারপর লো-পাস ফিল্টারিং-এর সাহায্যে সিগন্যাল ওয়েভফরম m′(t) উদ্ধার করা হয় (M)।

PPM : PPM-এর পুরো নাম হলো Pulse-Position Modulation. এক্ষেত্রে time axis-এ অবস্থিত পালসগুলোর মধ্যে দূরত্ব বা স্পেসিং সমান থাকে না। মডুলেটিং সিগন্যালের পরিবর্তন অনুযায়ী পালস্ ট্রেনে পালসগুলোর অবস্থান পরিবর্তিত হয়।

PWM সিগন্যাল হতে PPM সিগন্যাল সহজেই উৎপন্ন করা যায়। এজন্য PWM পালসের মডুলেটেড এজকে মনোস্টেবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের ট্রিগারিং কাজে ব্যবহার করতে হয়। যখন ট্রিগার করা হয়, তখন উক্ত MV-টি নির্দিষ্ট ওয়াইডথ এবং নির্দিষ্ট অ্যামপ্লিচিউডের পালস উৎপন্ন করে।

রিসিভারে, আগত PPM ওয়েভফরম থেকে একটি Fixed-period রেফারেন্স পালস উৎপন্ন করা হয় এবং একটি ফ্লিপ-ফ্লপকে (Bistable multivibrator) রেফারেন্স পালস দ্বারা সেট (set) করা হয় ও PPM পালস দ্বারা রিসেট (reset) করা হয়। ফলে ফ্লিপ-ফ্লপের আউটপুটে আয়তাকার ওয়াইডথ মডুলেটেড পালস পাওয়া যায়।

৪.৭ এ এম, এফএম এবং পিএম-এর তুলনা
(Describe the Comparison of AM, FM and PM)

যে সকল ক্ষেত্রে ট্রান্সমিটারের আউটপুট পাওয়ার স্থির রাখা দরকার, সেই সকল ক্ষেত্রে PPM প্রয়োগ করা হয়।

যদি কোন ক্ষেত্রে প্রেরক এবং গ্রাহক যন্ত্র সিংক্রোনাইজেশন করতে ব্যর্থ হয়, সেই সকল ক্ষেত্রে Pulse width modulation (PWM) প্রয়োগ করা হয়।

(AM) অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন ও (FM) ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের মধ্যে পার্থক্য নিম্নের ছকে দেয়া হলো–

বৈশিষ্ট্য	(AM) অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন	(FM) ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন
ব্যান্ডওয়াইডথ	AM পদ্ধতিতে ব্যান্ডওয়াইডথ মডুলেটিং সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সির দ্বিগুণ BW = 2 f_m, অর্থাৎ ব্যান্ডওয়াইডথ মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল।	FM পদ্ধতিতে ব্যান্ডওয়াইডথ মডুলেটিং সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সির n গুণ। BW = $2nf_m$, আবার $f_m = \frac{\Delta f}{m_f}$ অতএব BW = $2n.\frac{\Delta f}{m_f}$ তাই দেখা যাচ্ছে যে, ব্যান্ডওয়াইডথ ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশন এবং মডুলেশন ইনডেক্স বা সাইডব্যান্ড সংখ্যার উপর নির্ভরশীল।
নয়েজ	নয়েজের কারণে কোন সিগনালের অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন হয়। আবার AM পদ্ধতিতেও মূলত অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন হয়। তাই নয়েজকে পরিহার করা যায় না। ফলে নয়েজ দ্বারা AM ওয়েভ অতি সহজেই প্রভাবিত হয়ে থাকে।	নয়েজের কারণে কোন সিগনালের অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন হয়। আর FM পদ্ধতিতে অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন হয় না। ফলে নয়েজ দ্বারা FM ওয়েভ প্রভাবিত হয় না।
ফাইডেলিটি	AM পদ্ধতিতে ফাইডেলিটি তুলনামূলকভাবে অনেকটা কম এবং আউটপুট সিগনালের মানও কম।	FM পদ্ধতিতে ফাইডেলিটি তুলনামূলকভাবে বেশি এবং আউটপুট সিগনালের মানও অনেক বেশি।

উদাহরণ-১। 100 kHz ক্যারিয়ার সুইং বিশিষ্ট একটি FM ক্যারিয়ারের মডুলেশন ইনডেক্স কত হবে, যখন মডুলেটিং সিগন্যালের মান 5kHz হয়?

সমাধান :

আমরা জানি, ক্যারিয়ার সুইয়িং = 2 × ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন

অর্থাৎ,

$CS = 2 \times \Delta f$

$\therefore \Delta f = \frac{CS}{2} = \frac{100}{2} = 50 \text{ kHz}$

$\therefore$ মডুলেশন ইনডেক্স, $mf = \frac{\Delta f}{f_m} = \frac{50}{5}$

$= 10$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-২। একটি FM ট্রান্সমিশনের ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন হচ্ছে 18.75 kHz। যদি ব্রডকাস্ট (i) 88 – 108 MHz ব্যান্ডে ও (ii) TV ব্রডকাস্ট এর অংশ হিসাবে কাজ করে, তবে % মডুলেশন নির্ণয় কর।

সমাধান :

(i) এরূপ ট্রান্সমিশন ব্যান্ডের জন্য

$(\Delta f)_{max} = 75 \text{ kHz}$

$\therefore$ % মডুলেশন, $m = \frac{(\Delta f)_{actual}}{(\Delta f)_{max}} = \frac{18.75}{75} \times 100$

$= 25\%$ **(উত্তর)**

(ii) এক্ষেত্রে $(\Delta f)_{max} = 25 \text{ kHz}$

$\therefore$ % মডুলেশন, $m = \frac{18.75}{25} \times 100 = 75\%$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৩। একটি FM সিগন্যালের রেস্টিং ফ্রিকুয়েন্সি 105 mHz, যখন 5 kHz-এর সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি দ্বারা মডুলেট করা হয়, তখন সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি হয় 105.03 MHz। নির্ণয় কর :

(i) ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন **(ii) ক্যারিয়ার সুইং**

(iii) মডুলেশন ইনডেক্স **(iv) পারসেন্ট মডুলেশন**

(v) ওয়েভের নিম্নতম ফ্রিকুয়েন্সি।

সমাধান :

(i) $\Delta f = f_{max} - f_c = 105.03 - 105$

$= 0.03 \text{ MHz} = 30 \text{ kHz}$ **(উত্তর)**

(ii) $CS = 2 \times \Delta f = 2 \times 30 = 60 \text{ kHz}$ **(উত্তর)**

(iii) $m_f = \frac{\Delta f}{f_m} = \frac{30}{5} = 6$

(iv) পারসেন্ট মডুলেশন,

$m = \frac{(\Delta f)_{actual}}{(\Delta f)_{max}} \times 100 = \frac{30}{75} \times 100$

$= 40\%$ **(উত্তর)**

(v) নিম্নতম ফ্রিকুয়েন্সি $f_{min} = (105 - 0.03) \text{ MHz}$

$= 104.97 \text{ MHz}$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৪। একটি FM সার্কিটে মডুলেশন ইনডেক্স-এর মান 10 এবং সর্বোচ্চ মডুলেশন ফ্রিকুয়েন্সি হচ্ছে 20 kHz। লব্ধ FM সিগন্যালের ব্যান্ডওয়াইডথ কত?

সমাধান :

যেহেতু মডুলেশন ইনডেক্সের m_f এর মান 6 এর অধিক, কাজেই আমরা BW এর জন্য নিম্নের সমীকরণ ব্যবহার করব।

$BW = 2(\Delta f + f_m)$

এখন, $m_f = \frac{\Delta f}{f_m}$

বা, $10 = \frac{\Delta f}{f_m} \therefore \Delta f = 200$ kHz

$\therefore BW = 2(200 + 20) = 440$ kHz **(উত্তর)**

উদাহরণ-৫। একটি FM সিস্টেমে ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশনের মান 5 kHz যখন অডিও মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সির মান থাকে 400 Hz এবং মডুলেটিং ভোল্টেজের মান থাকে 2V। মডুলেশন ইনডেক্সের মান বাহির কর। আবার (i) মডুলেশন ফ্রিকুয়েন্সির মান অপরিবর্তিত রেখে AF ভোল্টেজকে 6V-এ উন্নীত করা হলে (ii) AF ভোল্টেজকে 8V-এ উন্নীত করা হলে ও মডুলেশন ফ্রিকুয়েন্সিকে 200 Hz-এ কমানো হলে (a) ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন ও (b) মডুলেশন ইনডেক্সের মান বাহির কর। *[বাকাশিবো : '৯৮]*

সমাধান :

দেওয়া আছে, AF ফ্রিকুয়েন্সি = 400 HZ

AF ভোল্টেজ = 2V

Δf বা f_d = 5 kHz = 5000 Hz

সুতরাং মডুলেশন ইনডেক্স, $mf = \frac{d}{f_m} = \frac{5000}{400} = 12.5$ **(উত্তর)**

আবার, $f_d \propto V_m$

কাজেই $\frac{f_d}{V_m} = \frac{5 \text{ kHz}}{2 \text{ volt}} = 2.5$ kHz/volt (of modulation voltage)

১ম ক্ষেত্রে

$V_m = 6V$

কাজেই $f_d = V_m \times 2.5 = 6 \times 2.5 = 15$ kHz **(উত্তর)**

এবং $m_f = \frac{f_d}{f_m} = \frac{15 \text{ kHz}}{400 \text{ Hz}} = 37.5$ **(উত্তর)**

২য় ক্ষেত্রে

$V_m = 8V$, $f_m = 200$ Hz

সেহেতু, $f_d = 2.5 \times 8 = 20$ kHz **(উত্তর)**

এবং $mf = \frac{f_d}{f_m} = \frac{20 \text{ kHz}}{200 \text{ Hz}} = 100$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৬। একটি FM ওয়েভকে নিম্নের ভোল্টেজ সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হলো–

$v = 20 \sin (5 \times 10^8 t + 4 \sin 1500t)$ *[বাকাশিবো : '৯৭, '০৯R, '১২(৪র্থ)]*

নির্ণয় কর : ক্যারিয়ার এবং মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সি, মডুলেশন ইনডেক্স এবং ম্যাক্সিমাম ডিভিয়েশন। 20Ω রেজিস্টার দ্বারা এই FM ভোল্টেজ কী পরিমাণ পাওয়ার খরচ করবে?

সমাধান :

FM ভোল্টেজকে লেখা হয়–

$v = V_c \sin (\omega_c t + m_f \sin \omega_m t)$.....(i)

দেওয়া আছে, $v = 20 \sin (5 \times 10^8 t + 4 \sin 1500t)$.....(ii)

(i) এবং (ii) সমীকরণ তুলনা করে আমরা পাই,

$\omega_c = 5 \times 108$

বা, $2\pi f_c = 5 \times 10^8$

$\therefore f_c \frac{5 \times 10^8}{2\pi}$ Hz = 7.96 × 107Hz **(উত্তর)**

অনুরূপভাবে, $f_m = \frac{1500}{2\pi}$ Hz = 238.7 Hz **(উত্তর)**

মডুলেশন ইনডেক্স, $m_f = 4$ **(উত্তর)**

আবার, $m_f = \frac{\Delta f}{f_m}$

$\therefore$ ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন, $\Delta f = m_f \times f_m$

$= 4 \times 238.7$ Hz

$= 955$ Hz **(উত্তর)**

পাওয়ার খরচ, $P = \frac{V^2_{mas}}{R}$

$= \frac{(20/\sqrt{2})^2}{20} = \frac{400}{2 \times 20} = 10$ watts. **(উত্তর)**

উদাহরণ-৭। FM ওয়েভ s(t) = 50 cos (10000t + 8 sin 2000t) এর মডুলেশন সূচক, ফ্রিকুয়েন্সি বিচ্যুতি ও ব্যান্ড পরিধি নির্ণয় কর।

সমাধান :

প্রদত্ত সমীকরণ হতে মডুলেশন সূচক,

$m_f = 9$ **(উত্তর)**

এবং $\omega_m = 2000$

বা, $f_m = \frac{2000}{2\pi} = 318.31$ HZ

এখন, $m_f \frac{\Delta f}{f_m}$

$\therefore \Delta f = m_f \therefore f_m = 8 \times 318.31 = 2546$ Hz

$\therefore$ ফ্রিকুয়েন্সি বিচ্যুতি = 2456 Hz **(উত্তর)**

ব্যান্ড পরিধি = $2(1 + m_f) f_m = 2(1 + 8) \times 318.31$

= 5730 HZ **(উত্তর)**

অনুশীলনী-৪

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন কী?** *[বাকাশিবো : '০৬, '৯৭, '১৪R]*

উত্তর : সেন্টার ফ্রিকুয়েন্সির উপরে অথবা নিচে ফ্রিকুয়েন্সির পরিবর্তন অথবা শিফটকে বলা হয় ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন। একে f_d বা Δf দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

২। **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনে ক্যারিয়ারের কী পরিবর্তন হয়?** *[বাকাশিবো : '০৯, '১৩]*

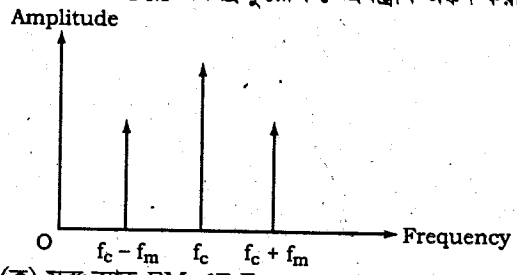
উত্তর : ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তন হয়।

৩। **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন কাকে বলে?** *বাকাশিবো : '০২, '১১, '১২R]*

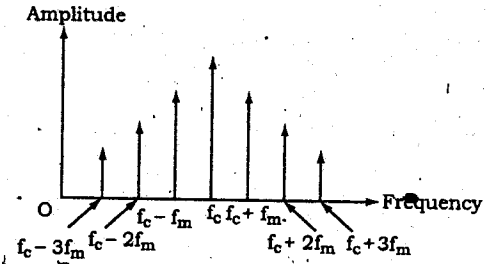
উত্তর : যে প্রকার মডুলেশনে মডুলেটিং সিগন্যালের ইনটেনসিটি অনুযায়ী ক্যারিয়ার সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তন হয়, তাকে ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন (FM) বলে।

৪। **FM এর ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম অঙ্কন কর।** *[বাকাশিবো : '০২, '১২(৫ম)]*

উত্তর : নিম্নে FM এর ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম অঙ্কন করা হলো :



(ক) সরু ব্যান্ড FM-এর Frequency Spectrum



(খ) ওয়াইড ব্যান্ডে FM-এর Frequency Spectrum

৫। **ডেভিয়েশন রেশিও কী?** *[বাকাশিবো : '৯৭, '০০, '০১]*

অথবা, FM ওয়েভের ডেভিয়েশন রেশিও বলতে কী বুঝায়? *[বাকাশিবো : '০০]*

উত্তর : ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড ওয়েভের সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশন এবং মডুলেটিং ওয়েভের সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির অনুপাতকে ডেভিয়েশন রেশিও বলে। একে δ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

৬। **FM-এর Bandwidth-এর সূত্রটি লিখ।**

উত্তর : $B_{FM} = 2(\delta + 1)f_m$

৭। **PPM-এর পুরো নাম কী?**

উত্তর : Pulse-Position Modulation.

৮। **PWM-এর পুরো নাম কী?**

উত্তর : Pulse-Width Modulation.

৯। **PDM-এর পুরো নাম কী?**

উত্তর : Pulse-Duration Modulation.

১০। **মডুলেশন ইনডেক্স কিসের উপর নির্ভর করে?**

উত্তর : ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন এবং সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সির উপর।

১১। **পালস অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন কাকে বলে?**

উত্তর : যে প্রকার পালস মডুলেশনে মডুলেটিং সিগন্যালের ইনটেনসিটি অনুযায়ী পালস ট্রেইনের পালসগুলোর অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তিত হয়, তাকে পালস্ অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন বলে।

১২। **Wide band FM wave কী?**

উত্তর : $\delta > 1$ হলে FM ওয়েভকে wide band এর FM ওয়েভ বলা হয়।

১৩। **ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির পরিবর্তন কীসের উপর নির্ভর করে?**

উত্তর : ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির পরিবর্তন নির্ভর করে মডুলেটিং সিগন্যালের অ্যামপ্লিচ্যুডের উপর।

১৪। ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড ওয়েভে কতগুলো সাইডব্যান্ড থাকে?

উত্তর : ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড ওয়েভ অসংখ্য সাইডব্যান্ড সমন্বয়ে গঠিত। প্রতিটি সাইডব্যান্ডের ফ্রিকুয়েন্সি তার পাশেরটির ফ্রিকুয়েন্সি অপেক্ষা f_m পরিমান কম বা বেশি। অর্থাৎ সাইডব্যান্ডগুলোর ফ্রিকুয়েন্সি যথাক্রমে f_c, $(f_c \pm f_m)$, $(f_c \pm 2f_m)$, $(f_c \pm 3f_m)$, $(f_c \pm 4f_m)$ ইত্যাদি।

১৫। ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড ওয়েভের সাইডব্যান্ডগুলোর ফ্রিকুয়েন্সির মান কত?

উত্তর : প্রতিটি সাইডব্যান্ডের ফ্রিকুয়েন্সি তার পাশেরটির ফ্রিকুয়েন্সি অপেক্ষা f_m পরিমাণ কম বা বেশি। অর্থাৎ সাইডব্যান্ডগুলোর ফ্রিকুয়েন্সি যথাক্রমে f_c, $(f_c \pm f_m)$, $(f_c \pm 2f_m)$, $(f_c \pm 3f_m)$, $(f_c \pm 4f_m)$ ইত্যাদি।

১৬। মডুলেটিং সিগন্যালের অ্যামপ্লিচ্যুডের মানের সাথে ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশনের সম্পর্ক কী?

উত্তর : ট্রান্সমিটারে মডুলেটিং সিগন্যালের অ্যামপ্লিচ্যুডের মান বাড়ালে ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশন বেশি হয় এবং মডুলেটেড সিগন্যালের ব্যান্ডওয়াইডথ বড় হয়।

১৭। মডুলেশন ইনডেক্স কাকে বলে?

উত্তর : ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশন এবং মডুলেটিং ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সির অনুপাতকে মডুলেশন ইনডেক্স বলে। একে mf দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

১৮। পালস মডুলেশন কী?

উত্তর : সাইনোসুইডাল মডুলেটিং সিগন্যালের সাথে ক্যারিয়ার পালস মিশ্রিত করে ক্যারিয়ার পালসের কিছু বৈশিস্ট্য যেমন–অ্যামপ্লিচিউড, টাইম বা ওয়াইডথ ইত্যাদির পরিবর্তন করার পদ্ধতিকে পালস মডুলেশন বলে।

১৯। মডুলেশন ইনডেক্স কীসের উপর নির্ভর করে?

উত্তর : ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশন ও সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সির উপর মডুলেশন ইনডেক্স নির্ভর করে।

২০। পালস ডিউরেশন মডুলেশন কাকে বলে?

উত্তর : মডুলেটিং সিগন্যালের বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী ক্যারিয়ার পালসের প্রশস্থতা বা ডিউরেশন পরিবর্তন করার পদ্ধতিকে পালস ডিউরেশন মডুলেশন বা পালস ওয়াইডথ মডুলেশন বলা হয়।

২১। মডুলেটিং সিগন্যালের অ্যামপ্লিচ্যুডের সাথে পালসের প্রশস্থতার সম্পর্ক কী?

উত্তর : মডুলেটিং সিগন্যালের অ্যামপ্লিচিউড বাড়লে পালসের প্রশস্থতা বাড়ে এবং অ্যামপ্লিচিউড কমলে প্রশস্থতা কমে।

২২। পালস পজিশন মডুলেশন কাকে বলে?

উত্তর : মডুলেটিং সিগন্যালের বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী ক্যারিয়ার পালসের অবস্থান বা পজিশন পরিবর্তন করার পদ্ধতিকে পালস পজিশন মডুলেশন বলা হয়।

২৩। ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনে ক্যারিয়ারের কী পরিবর্তন হয়?

উত্তর : ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনে ক্যারিয়ারের ফ্রিকুয়েন্সির পরিবর্তন হয়।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। পালস মডুলেশনের সুবিধাসমূহ লেখ। *[বাকাশিবো : '১১, '১৪]*

উত্তর : Pulse modulation-এর সুবিধাসমূহ নিম্নে উল্লেখ করা হলো–

(ক) পালস মডুলেশন পদ্ধতিতে অ্যামপ্লিচিউডকে সীমিত রাখা যায়। ফলে নয়েজের পরিমাণ কমে যায়।

(খ) ফেডিং এবং অন্যান্য জটিলতা ছাড়াই ট্রান্সমিশন সম্ভব হয়।

(গ) একটি ক্যারিয়ার সিগন্যালের সাথে একাধিক সিগন্যালকে মডুলেশন করে পাঠান সম্ভব।

(ঘ) অল্প সময়ের জন্য এনার্জি রেডিয়েট করা হয়, ফলে পাওয়ার খরচ কম হয়।

২। PWM Transmission System বর্ণনা কর। *[বাকাশিবো : '১৪R]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৪.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **FM-এর সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ লেখ।** *[বাকাশিবো : '৯৭, '৯৯, '০০, '০২, '০৬, '০৯, '১১R, '১৪]*

উত্তর : FM-এর সুবিধাসমূহ :

(i) অ্যাটমোস্ফেরিক বা মানুষ দ্বারা সৃষ্ট নয়েজের কারণে ক্যারিয়ারের অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তন হয় কিন্তু ফ্রিকুয়েন্সির কোন পরিবর্তন হয় না। ফলে FM-এ রিসিভারে নয়েজমুক্ত আউটপুট পাওয়া যায়।

(ii) পাশাপাশি চ্যানেলের মধ্যকার ফ্রিকুয়েন্সি পার্থক্য বেশি থাকায় ইন্টারফারেন্স কম হয়।

(iii) অপারেটিং রেঞ্জ প্রশস্ত হওয়ায় নয়েজ কম হয়।

(iv) রিসিভারের বিশ্বস্ততা অনেক বেশি।

(v) ট্রান্সমিটারের দক্ষতা অনেক বেশি হয়।

(vi) SNR বেশি হয়।

(vii) FM ব্রডকাস্ট ট্রান্সমিটার আপার VHF এবং UHF রেঞ্জে অপারেট করে। ফলে এ উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জে নয়েজ কম হয়।

অসুবিধা :

(i) চ্যানেল প্রশস্ততা বেশি হয় প্রায় 200KHz-এর প্রয়োজন হয়, কিন্তু AM-এ 10KHz প্রয়োজন হয়। এটি FM-এর একটি বিরাট সীমাবদ্ধতা।

(ii) FM-এ মডুলেশন এবং ডিমডুলেশনের জন্য ট্রান্সমিটিং এবং রিসিভিং ইকুইপমেন্টসমূহ খুব জটিল এবং ব্যয়বহুল হয়।

৪। **FDM-এর মূলনীতি লেখ।** *[বাকাশিবো : '১৩R]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৪.২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **AM এবং FM-এর মধ্যে গুরুত্বপূর্ণ পার্থক্যসমূহ লেখ।** *[বাকাশিবো :'৯৮, '৯৯, '০০, '০১, '০৬, '০৭, '০৯R, '১২(৫ম), '১৩R]*

উত্তর : AM এবং FM এর মধ্যে গুরুত্বপূর্ণ পার্থক্যসমূহ :

বৈশিষ্ট্য	অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন (AM)	ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন (FM)
১। সংজ্ঞা	এতে সিগনালের তাৎক্ষণিক মান অনুসারে ক্যারিয়ারের অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তিত হয়।	এতে সিগনালের তাৎক্ষণিক মান অনুসারে ক্যারিয়ারের ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তিত হয়।
২। ব্যান্ডওয়াইডথ (Bandwidth)	AM-এর বান্ডওয়াইডথ, সিগনাল ওয়েভের সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির দ্বিগুণ। অর্থাৎ ব্যান্ডওয়াইডথ, BW = $2 \times f_{s(max)}$ এখানে, $f_{s(max)}$ হচ্ছে মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সির সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি।	FM-এর ক্ষেত্রে ব্যান্ডওয়াইডথের জন্য BW = $2nf_m$ ফর্মূলা ব্যবহার করা হয়। এখানে n হচ্ছে সিগনিফিক্যান্ট সাইডব্যান্ডের সর্বোচ্চ ক্রম। তাছাড়া আনমডুলেটেড ক্যারিয়ার ওয়েভের 5% এর কম অ্যামপ্লিটিউড বিশিষ্ট সাইডব্যান্ডগুলোকে উপেক্ষা করে BW = $2(1 + mf)f_m$, ফর্মূলাও ব্যবহার করা হয়। যেহেতু $mf = \Delta f/f_m$ কাজেই BW = $2(\Delta f + f_m)$ অথবা যখন m_f-এর মান কমপক্ষে 6 হয়, তখনও উপরোক্ত রাশি ব্যবহৃত হবে।
৩। নয়েজ (Noise)	এ ধরনের মডুলেশনে মডুলেটেড ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তনশীল বিধায় নয়েজ দ্বারা সহজেই আক্রান্ত হয়। কাজেই নয়েজকে সহজে পরিহার করা যায় না, কারণ নয়েজের কারণেও সিগনাল অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন হয়। ফলে আউটপুটে নয়েজ থেকে যায়।	FM ওয়েভে অ্যামপ্লিচিউড অপরিবর্তিত থাকে বলে নয়েজের প্রভাব কম হয়। তাছাড়া FM পদ্ধতিতে নয়েজকে সহজেই কমানোও যায়। রিসিভারে অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তনকে লিমিটার দ্বারা বাদ দেওয়া যায়। ফলে নয়েজের প্রভাব পাওয়া যায় না।
৪। বিশ্বস্ততা (Fidelity)	এ পদ্ধতিতে Fidelity FM-এর তুলনায় ভাল নয়।	এ পদ্ধতিতে Fidelity ভাল পাওয়া যায়। ফলে শব্দের কোয়ালিটি ভাল হয়।
৫। অপারেটিং রেঞ্জ	AM-এর অপারেটিং রেঞ্জ 535 KHz হতে 1605 KHz।	FM-এর অপারেটিং রেঞ্জ 88 MHz হতে 108 MHz।
৬। ইন্টারফারেন্স	ইন্টারফারেন্স বেশি সৃষ্টি হয়।	ইন্টারফারেন্স সৃষ্টি হয় না।

৬। বিভিন্ন প্রকার পালস মডুলেশন পদ্ধতির ব্যবহার লিখ *[বাকাশিবো : '১০, '১২]*

উত্তর : পালস মডুলেশনের ক্ষেত্রে ট্রান্সমিশন নয়েজ বা ডিস্টরশন কম হয় এবং ট্রান্সমিশন স্পিডও বেশি হয় তাই বিভিন্ন টেলিকমিউনিকেশন সিস্টেম যেমন–টেলিফোন, টেলেক্স, টেলিমেট্রি, ডিজিটাল কমিউনিকেশন, ডাটা ট্রান্সমিশন ইত্যাদি ক্ষেত্রে পালস মডুলেশন ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হচ্ছে। তবে ট্রান্সমিটারের আউটপুট স্থির রাখার ক্ষেত্রে PPM ব্যবহার করা হয় এবং ট্রান্সমিটার ও রিসিভারের মধ্যে সিনক্রোনাইজেশন সমস্যার ক্ষেত্রে PDM বা PWM ব্যবহার করা হয়।

৭। পালস মডুলেশন কত প্রকার ও কী কী? *[বাকাশিবো : '৯৯, '১২(৪র্থ)]*

উত্তর : পালস মডুলেশন মূলত চার প্রকার। যথা–

(i) Pulse Amplitude Modulation (PAM)
(ii) Pulse Width Modulation (PWM) বা Pulse Duration Modulation (PDM)
(iii) Pulse Position Modulation (PPM)
(iv) Pulse Code Modulation (PCM).

৮। PPM, PDM এবং PWM সিগনালের প্রয়োগ লেখ। *[বাকাশিবো : '১০]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৪.৭ এর দ্রষ্টব্য।

৯। ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম বলতে কী বোঝায়? *[বাকাশিবো : '০৭, '০৮R]*

উত্তর : ওয়েভের বিভিন্ন অ্যামপ্লিচিউডকে ফ্রিকুয়েন্সির সাপেক্ষে গ্রাফে প্রকাশ করলে যে গ্র্যাফিক্যাল চিত্র পাওয়া যায়, তাকে ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম বলে।

১০। ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশন বলতে কী বুঝায়? *[বাকাশিবো : '০৬]*

উত্তর : ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন সিস্টেমে ক্যারিয়ার সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটিং সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সির তাৎক্ষণিক মানের সাথে পরিবর্তন হয়। ক্যারিয়ার সিগন্যালের সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি (f_{max}) এবং ক্যারিয়ার সিগন্যালের মূল ফ্রিকুয়েন্সির (f_c) পার্থক্য অথবা ক্যারিয়ার সিগন্যালের মূল ফ্রিকুয়েন্সি এবং (f_c) ক্যারিয়ার সিগন্যালের সর্বনিম্ন ফ্রিকুয়েন্সির (f_{min}) পার্থক্যকে ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশন (Δf) বলা হয়।

ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশন $(\Delta f) = f_{max} - f_c = f_c - f_{min} = \frac{K}{2\pi} E_m$

১১। পারসেন্ট মডুলেশন বলতে কী বুঝায়? *[বাকাশিবো : '৯৭, '০১]*

উত্তর : FM-এর ক্ষেত্রে প্রকৃত ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশনের সাথে অনুমোদিত সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশনের অনুপাত হল পারসেন্ট মডুলেশন (Percent modulation)।

% মডুলেশন, $m = \frac{(\Delta f)_{actual}}{(\Delta f)_{max}} \times 100$

১২। ডেভিয়েশন রেশিও বা ডেভিয়েশন অনুপাত বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : সর্বোচ্চ অনুমোদিত ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশন এবং সর্বোচ্চ অনুমোদিত সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সির অনুপাতকে বলা হয় ডেভিয়েশন রেশিও।

Deviation ratio, $D = \frac{\Delta f_{max}}{f_{m(max)}}$

১৩। আন্তর্জাতিক FM ব্রডকাস্ট রেগুলেশনের অনুমোদিত মানগুলো কী কী?

উত্তর : আন্তর্জাতিক FM ব্রডকাস্ট রেগুলেশন অনুযায়ী নিম্নলিখিত মানগুলো অনুমোদিত হয়েছে :

(i) সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন, f_d বা $\Delta f = \pm 7.5$ KHz
(ii) প্রতি চ্যানেলে অনুমোদনযোগ্য ব্যান্ডওয়াইডথ = 200 KHz
(iii) ক্যারিয়ারের ফ্রিকুয়েন্সি স্ট্যাবিলিটি = ± 2 KHz
(iv) সর্বোচ্চ অনুমোদিত অডিও ফ্রিকুয়েন্সি = 15 KHz
(v) গার্ড ব্যান্ড = 50 KHz

১৪। **পালস মডুলেশন কী?**
উত্তর : সাইনোসুইডাল মডুলেটিং সিগন্যালের সাথে ক্যারিয়ার পালস মিশ্রিত করে ক্যারিয়ার পালসের কিছু বৈশিষ্ট্য যেমন– অ্যামপ্লিচিউড, টাইম বা উইডথ্ ইত্যাদি পরিবর্তন করার পদ্ধতিকে পালস্ মডুলেশন বলে।

১৫। **পালস ডিউরেশন মডুলেশনের সংজ্ঞা লেখ।**
উত্তর : মডুলেটিং সিগন্যালের বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী ক্যারিয়ার পালসের প্রশস্ততা ও ডিউরেশন পরিবর্তন করার পদ্ধতিকে পালস ডিউরেশন মডুলেশন বা পালস উইডথ মডুলেশন বলা হয়।

১৬। **পালস পজিশন মডুলেশন কাকে বলে?**
উত্তর : মডুলেটিং সিগন্যালের বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী ক্যারিয়ার পালসের অবস্থান বা পজিশন পরিবর্তন করার পদ্ধতিকে পালস পজিশন মডুলেশন বলা হয়। এতে পালসের অ্যামপ্লিচিউড ও উইডথ বা ডিউরেশন স্থির থাকে। এ ধরনের মডুলেশনের ক্ষেত্রে সময়-অক্ষে অবস্থিত পালসগুলোর মধ্যে দূরত্ব সমান থাকে না। মডুলেটিং সিগন্যালের বৈশিষ্ট্যের উপর নির্ভর করে পালসগুলোর অবস্থান পরিবর্তন হয়।

১৭। **মডুলেশন ইনডেক্স কী, সমীকরণসহ বর্ণনা কর।**
উত্তর : ৪.৫ নং অনুচ্ছেদ-এর মডুলেশন ইনডেক্স দ্রষ্টব্য।

১৮। **FM-ওয়েভের ব্যান্ডওয়াইডথ্ সংক্ষেপে আলোচনা কর।**
উত্তর : ৪.৪.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৯। **অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের সমস্যা কী এবং কীভাবে দূর করা যায়?**
উত্তর : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের ক্ষেত্রে কিছু অসুবিধা পরিলক্ষিত হয় যা ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের সাহায্যে দূর করা বা কমানো যায়। ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনে মূল মডুলেটিং সিগন্যালের তাৎক্ষণিক মানের সাথে ক্যারিয়ার সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সির পরিবর্তন হয় কিন্তু অ্যামপ্লিচিউডের কোনো পরিবর্তন হয় না। কমিউনিকেশন সিস্টেমে যে সকল নয়েজ মনুষ্যসৃষ্ট বা অন্য কোনো উপায়ে সৃষ্টি হয় সেগুলো ক্যারিয়ার সিগন্যালের অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন করে কিন্তু ফ্রিকুয়েন্সির পরিবর্তন করতে পারে না। তাই অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের ক্ষেত্রে গৃহীত সিগন্যাল নয়েজযুক্ত হয়। মানুষ যে সব ফ্রিকুয়েন্সি শুনতে পায় সেসব ফ্রিকুয়েন্সির সবগুলোকেই পুনরোৎপাদন করতে হয় যার জন্য কমপক্ষে 30 kHz ব্যান্ডওয়াইডথ প্রয়োজন। অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ 20 kHz ব্যান্ডওয়াইডথ ব্যবহার করা যেতে পারে। তাই অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের ক্ষেত্রে সব ফ্রিকুয়েন্সিগুলোকেই পুনরোৎপাদন করা সম্ভব হয় না। এসব সমস্যা দূর করার জন্য ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন ব্যবহার করে সিগন্যালের অ্যামপ্লিচিউড স্থির রাখা হয়।

রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

১। **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন পদ্ধতির গাণিতিক সমীকরণ প্রতিপাদন কর।** *[বাকাশিবো : '৯৮, '০০, '০২, '০৬, '০৭, '০৮R, '০৯, '১০R, '১৩, '১৪]*
অথবা, Wave-এর রাশিমালা নির্ণয় কর। *[বাকাশিবো : '০৬]*
উত্তর : অনুচ্ছেদ ৪.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। **দেখাও যে, FM তে অসংখ্যা সাইড ব্যান্ড উৎপন্ন হয়।** *[বাকাশিবো : '০০, '১৩]*
অথবা, ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন পদ্ধতির ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রামের বর্ণনা দাও। *[বাকাশিবো : '০০, '০৬, '০৯R]*
উত্তর : অনুচ্ছেদ ৪.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **PDM মডুলেশন চিত্রসহ বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '১২৫ম]*
অথবা, PPM, PDM এবং PWM সিগন্যাল জেনারেশনের পদ্ধতি বর্ণনা কর।
উত্তর : অনুচ্ছেদ ৪.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **দেখাও যে, FM-এ মডুলেটেড ওয়েভকে $V = V_c \sin(\omega_c t + m_f \sin\omega_m t)$ আকারে প্রকাশ করা যায়।** *[বাকাশিবো : '১০]*
উত্তর : অনুচ্ছেদ ৪.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন পদ্ধতির বর্ণনা দাও।**
উত্তর : অনুচ্ছেদ ৪.২ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **দেখাও যে, সাইনাকৃতি সিগন্যাল ওয়েভের জন্য ফ্রিকুয়েন্সি বিচ্যুতি (Frequency deviation) সিগন্যাল ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউডের সমানুপাতিক।**
উত্তর : অনুচ্ছেদ ৪.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৭। **FM-ওয়েভের মডুলেশন ইনডেক্স, সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন এবং ডিভিয়েশন রেশিও ব্যাখ্যা কর।**
উত্তর : অনুচ্ছেদ ৪.৫ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায় ৫

এএম ও এফএম মড্যুলেটরের বৈশিষ্ট্য

(Understand the Feature of AM and FM Modulator)

৫.০ ভূমিকা
(Introduction)

বিভিন্ন ধরনের ইলেকট্রনিক সার্কিট ব্যবহার করে মড্যুরেশন কার্য সম্পাদন করা হয়। এ সকল সার্কিটের সমন্বয়কে মড্যুলেটর বলা হয়। মড্যুলেশনের প্রকৃতি অনুযায়ী মড্যুলেটর বিভিন্ন রকমের হতে পারে। যেমন– যে সব মড্যুলেটরের সাহায্যে অ্যামপ্লিচ্যুড মড্যুলেশন কার্য সম্পাদন করা হয় তাকে অ্যামপ্লিচ্যুড মড্যুলেটর (AM) এবং যে সব মড্যুলেটরের সাহায্যে ফ্রিকুয়েন্সি মড্যুলেশন কার্য সম্পাদন করা হয় তাকে ফ্রিকুয়েন্সি মড্যুলেটর (FM) বলা হয়। নিম্নে বিভিন্ন প্রকার মড্যুলেটরের নাম উল্লেখ করা হলো–

(১) লো লেভেল মড্যুলেটর– এ পদ্ধতিতে মড্যুলেশন কার্য সম্পাদন করার জন্য খুবই কম লেভেলের পাওয়ারের প্রয়োজন হয়।

(২) হাই লেভেল মড্যুলেটর– এ পদ্ধতিতে মড্যুলেশন কার্য সম্পাদন করার জন্য উচ্চ লেভেলের পাওয়ারের প্রয়োজন হয়।

টিউব বা সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসের V-I ক্যারেক্টারিস্টিকস কার্ভের ব্যবহারের উপর ভিত্তিকরে মড্যুলেটরকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(১) লিনিয়ার (Linear) মড্যুলেটর– এ পদ্ধতিতে টিউব বা সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসের V-I ক্যারেক্টারিস্টিকস কার্ভের লিনিয়ার রিজিয়নকে মড্যুলেশনের জন্য ব্যবহার করা হয়।

(২) নন-লিনিয়ার (Non-linear) বা স্কয়ার ল (Square law) মড্যুলেটর-এ পদ্ধতিতে টিউব বা সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসের V-I ক্যারেক্টারিস্টিকস কার্ভের নন-লিনিয়ার রিজিয়নকে মড্যুলেশনের জন্য ব্যবহার করা হয়।

লিনিয়ার মড্যুলেটরগুলো নিম্ন প্রকারের হতে পারে। যথা–

(i) বেজ মড্যুলেটর
(ii) কালেকটর মড্যুলেটর
(iii) ক্যাথড মড্যুলেটর
(iv) স্ক্রিন গ্রিড মড্যুলেটর
(v) সাপ্রেসর গ্রিড মড্যুলেটর
(vi) শান্ট প্লেট মড্যুলেটর
(vii) সিরিজ প্লেট মড্যুলেটর

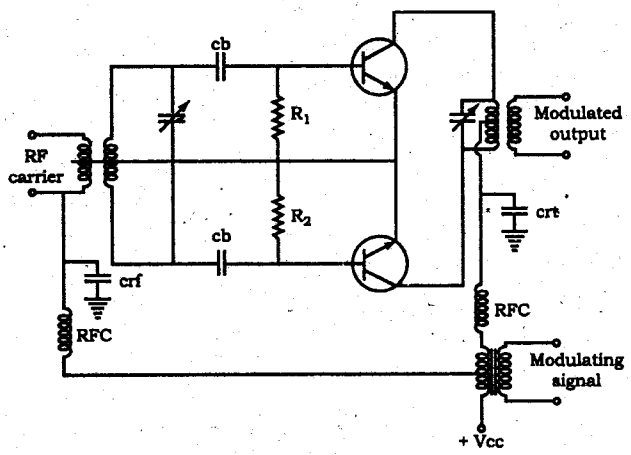
নন-লিনিয়ার মড্যুলেটরগুলো নিম্ন প্রকারের হতে পারে। যথা–

(i) ডায়ড মড্যুলেটর
(ii) ব্যালেন্সড মড্যুলেটর।

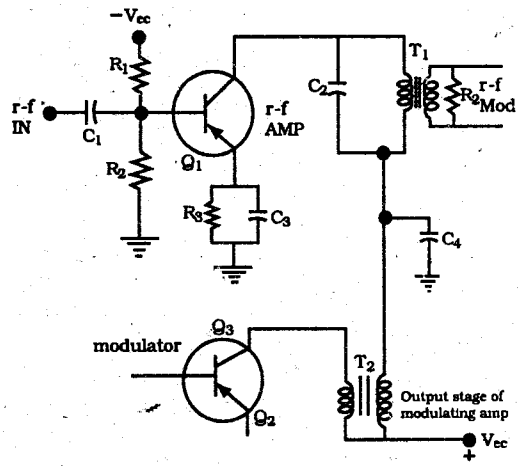
৫.১ কালেক্টর মডুলেটর, বেইজ মডুলেটর এবং ব্যালান্স মডুলেটর-এর মূলনীতি ব্যাখ্যা
(Explain the Basic Operation of Collector Modulator, Base Modulator and Balanced Modulator)

(১) **কালেক্টর মডুলেটরের মূলনীতি :** নিম্নের চিত্রে সচরাচর ব্যবহৃত হয় এরূপ একটি কালেক্টর মডুলেটর সার্কিট দেখানো হয়েছে। এ প্রকার মডুলেটরে মডুলেটিং সিগনাল দ্বারা r.*f* অ্যামপ্লিফায়ারের কালেক্টর ভোল্টেজকে পরিবর্তন করা হয়। চিত্রে ক্যাপাসিটর C r.*f* সিগনাল বা ক্যারিয়ার সিগনালের জন্য low impedance path হিসেবে কাজ করে যাতে ক্যারিয়ার কারেন্ট মডুলেশন ট্রান্সফরমারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হতে না পারে। ক্যাপাসিটর C মডুলেটিং সিগনালের জন্য High reactance path হিসেবে কাজ করে যাতে এর মধ্য দিয়ে modulating সিগনাল বাইপাস না হয়। ট্রান্সফরমার T এখানে মডুলেটিং অ্যামপ্লিফায়ারের আউটপুটকে ক্লাস C r.*f* অ্যামপ্লিফায়ারের কালেক্টর লোডের সাথে ম্যাচিং করে। মডুলেটিং অ্যামপ্লিফায়ারের

সাথে মডুলেটরের ভোল্টেজ রিলেশনশিপ এবং মডুলেটিং সার্কিটের কালেক্টর সার্কিটে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয় তার ওপর মডুলেটরের বায়াসিং নির্ভর করে।



চিত্র-৫.১ (ক) : কালেক্টর মডুলেটরের সার্কিট ডায়াগ্রাম



চিত্র-৫.১ (খ) : কালেক্টর মডুলেটর

100% মডুলেশন পেতে হলে মডুলেটিং ভোল্টেজ E_{mm}-কে অবশ্যই পাওয়ার সাপ্লাই Vec-এর সমান রাখতে হবে। মডুলেটিং সিগনালের নেগেটিভ পিকের সময় মডুলেটিং r.f অ্যামপ্লিফায়ারের আউটপুট শূন্য হলে $E_{mm} = V_{ec}$.

এ সময় মডুলেটিং অ্যামপ্লিফায়ারের অ্যাভারেজ কালেক্টর কারেন্টের মান মডুলেটিং সিগনালের নেগেটিভ হাফ সাইকেলের সময় শূন্যে আনা হয়। মডুলেটিং সিগনাল কারেন্টের সর্বোচ্চ মান হবে–

$I_{mm} = I_c$

এভাবে একটি কালেক্টর মডুলেটর দ্বারা মডুলেশন সম্পন্ন হয়।

মডুলেটর পাওয়ার আউটপুট (Modulator power output) :

$$P_{mod} = \frac{V_{m(max)}\, I_{m\,(max)}}{2} = \frac{V_{ec}\, I_c}{2}$$

সমীকরণ হতে দেখা যায় যে, মডুলেটর আউটপুটে যে পাওয়ার পাওয়া যাবে তা অবশ্যই r.f অ্যামপ্লিফায়ারে প্রয়োগকৃত সাপ্লাই পাওয়ারের অর্ধেক। সুতরাং মডুলেটরের পাওয়ারের উপর সাইডব্যান্ড পাওয়ার নির্ভর করে। মডুলেটর সার্কিটের কার্যকরী লোডের মান কত হবে তা মডুলেটর ভোল্টেজ এবং কারেন্টের সর্বোচ্চ অ্যামপ্লিচিউডের ওপর নির্ভর করে। এটি নিম্নের সমীকরণ দ্বারা নির্ধারিত হয়–

$$R_L = \frac{V_{m(max)}}{I_{m(max)}} = \frac{V_{ec}}{I_c}$$

V_{ec}-এর মান সাধারণত জানা থাকে। অন্য দিকে ক্লাস সি অথবা ক্লাস বি অ্যামপ্লিফায়ারের কালেক্টর কারেন্টের গ্রাফিক্যাল অ্যানালাইসিসের মাধ্যমে I_c-এর মান নির্ধারণ করা যায়।

কালেক্টর মডুলেটরের সুবিধা :

(১) এই মডুলেটরের লিনিয়ারিটি সাধারণত ভাল।

(২) কালেক্টর ইফিসিয়েন্সি খুব বেশি।

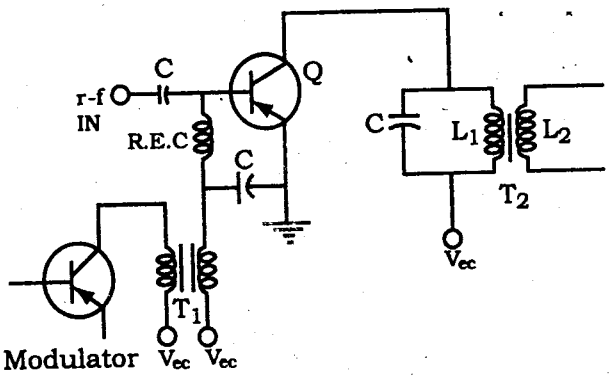
(৩) প্রতিটি ট্রানজিস্টরের পাওয়ার আউটপুট বেশি মানের হয়।

কালেক্টর মডুলেটরের অসুবিধা :

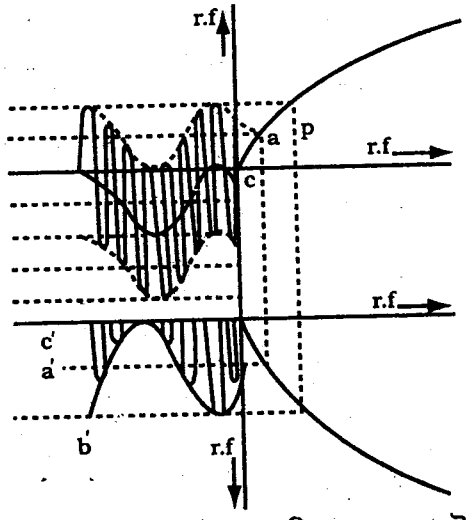
(১) হাই পাওয়ার মডুলেটিং অ্যামপ্লিফায়ারে বেশি মানের পাওয়ার সরবরাহ করা দরকার।

(২) যখন কালেক্টর মডুলেশন সম্পন্ন হয়, তখন কালেক্টর স্যাচুরেশনে গেলে 100% মডুলেশন হতে পারে না।

(২) **বেজ মডুলেটরের মূলনীতি :** নিম্নের চিত্রে একটি বেজ মডুলেশন সার্কিট দেখান হয়েছে। এর r.*f* অ্যামপ্লিফায়ারটি ক্লাস B অথবা ক্লাস C অ্যামপ্লিফায়ার হতে পারে। এই মডুলেটরে r.*f* অ্যামপ্লিফায়ারের বেজ বায়াস মডুলেটিং সিগনাল দ্বারা পরিবর্তন করা হয়। এ প্রকার মডুলেটরে ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরের কারেন্ট ট্রান্সফার বৈশিষ্ট্য নিম্নের চিত্রে দেখানো হলো।



চিত্র-৫.২ : বেজ মডুলেটর



চিত্র-৫.৩ : বেজ মডুলেটর অ্যামপ্লিফায়ারের ভোল্টেজ এবং কারেন্ট রিলেশনশিপ

মডুলেটিং সিগনাল মডুলেটরের কালেক্টরে আসে। তারপর কালেক্টর হতে ট্রান্সফরমার T-এর মাধ্যমে r.*f* অ্যামপ্লিফায়ারের বেজ সার্কিটে আসে। r.*f* অ্যামপ্লিফায়ারের কালেক্টরে মডুলেটেড সিগনাল পাওয়া যায়। সার্কিটের ক্যারিয়ার ও মডুলেটিং সিগনাল উভয়ের সোর্স রেজিস্ট্যান্স সমান রাখার ব্যবস্থা করা হয়। r.*f* অ্যামপ্লিফায়ারের মডুলেটিং সিগনালের সর্বনিম্ন মান c′ হতে সর্বোচ্চ মান b′ পর্যন্ত পরিবর্তন হয়। সুতরাং unmodulated সিগনালের মানকে a′ বিন্দুতে অ্যাভারেজ মানে অ্যাডজাস্ট করা হয়। মডুলেটিং ভোল্টেজের অ্যামপ্লিচুড a এবং b বিন্দুর পটেনশিয়াল ডিফারেন্সের সমান হবে অথবা a এবং c বিন্দুর পটেনশিয়াল ডিফারেন্সের সমান হবে। এই পটেনশিয়াল ডিফারেন্সকে V_m দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ক্যারিয়ার সিগনাল যখন unmodulated অবস্থায় থাকে তখন মডুলেটিং ভেল্টেজের নেগেটিভ হাফ সাইকেলের পরিবর্তন অনুযায়ী বায়াস কারেন্ট পরিবর্তন হয়। মডুলেটরের পাওয়ার,

$$P_m = \frac{V_m I_{Ba}}{2}।$$

Base Modulator-এর বৈশিষ্ট্য : বেজ মডুলেটরের বৈশিষ্ট্যসমূহ নিম্নরূপ :

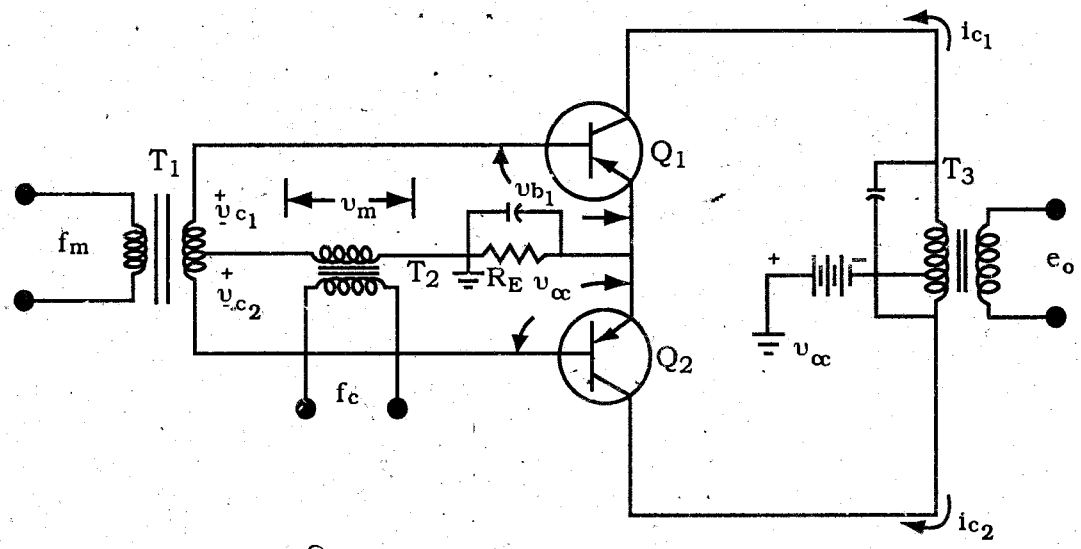
(১) Base modulator-এ প্রয়োজনীয় পাওয়ার কালেক্টর মডুলেটরে প্রয়োজনীয় পাওয়ারের তুলনায় কম।

(২) এর আউটপুট পাওয়ার ও দক্ষতা কালেক্টর মডুলেটরের চেয়ে কম। কারণ Unmodulated কালেক্টর কারেন্টের মান কালেক্টর মডুলেটিং সার্কিটের অর্ধেক।

(৩) বেজ মডুলেশন অ্যামপ্লিফায়ারের অ্যাডজাস্টমেন্ট জটিল এবং এই মডুলেশনে ভাল লিনিয়ারিটি পাওয়া কঠিন।

(৪) টেলিভিশন ট্রান্সমিশন পদ্ধতিতে এটি ব্যবহার করা হয়। কারণ এক্ষেত্রে কম পাওয়ার প্রয়োজন হয় এবং বৃহৎ ব্যান্ড ওয়াইড্থ-এর ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় পাওয়ার অ্যাডজাস্টমেন্ট সম্ভব হয়।

(৩) **Balanced modulator-এর মূলনীতি :** নিচের চিত্রে একটি Balanced modulator-এর সার্কিট ডায়াগ্রাম দেখানো হয়েছে। এর গঠন মূলত একটি পুশপুল অ্যামপ্লিফায়ারের মত। এই সার্কিটের প্রধান বৈশিষ্ট্য এই যে, এটি স্বয়ংক্রিয়ভাবে ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি অথবা মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সি এমনকি কিছু কিছু intermodulating frequency-কেও বাদ দেওয়ার ক্ষমতা রাখে। Balanced modulator-এ ব্যবহৃত ট্রানজিস্টর দুটি একই রকম হয়। যেহেতু এর অপারেশন ট্রানজিস্টরের dynamic transfer characteristic-এর non-linear region-এ সম্পন্ন হয়, এর ac কালেক্টর কারেন্ট I_{c1} ও I_{c2} -কে টেইলর সিরিজের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়।



চিত্র-৫.৪ : Balanced modulator circuit

টেইলরের ব্যাখ্যায় দেখা যায় যে I_{c1} ও I_{c2} বিপরীত পোলারিটির হয়ে থাকে। পুশপুল ব্যবস্থার কারণে বিপরীত পোলারিটি বিশিষ্ট কালেক্টর কারেন্টই আউটপুট সিগনাল উৎপন্ন করবে। আউটপুটে শুধু ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি ও দুটি সাইডব্যান্ড ফ্রিকুয়েন্সিই পৌঁছায়। মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সির কোন অংশই আউটপুটে পাওয়া যায় না। কোন কোন ক্ষেত্রে ক্যারিয়ার সিগনালকেও বাদ দেওয়ার প্রয়োজন হয়। সেক্ষেত্রে উভয় ট্রানজিস্টরের ইনপুটে ক্যারিয়ার সিগনালকে ইন ফেজে প্রয়োগ করা হয়। অপর দিকে মডুলেটিং সিগনালকে উভয় ট্রানসজিস্টরে বিপরীত ফেজে প্রয়োগ করা হয়।

৫.২ SSB-SC সিঙ্গেল সাইড ব্যান্ড সাপ্রেজড ক্যারিয়ারের মূলনীতি (Describe the Principle of SSB-SC Generation)

১। SSB-SC-এর মূলনীতি :

অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড সিগনালে ক্যারিয়ার ও দুটি সাইডব্যান্ড থাকে। মডুলেশনের ফলে ক্যারিয়ারের অ্যামপ্লিচিউড, ফ্রিকুয়েন্সি এবং ফেজ অ্যাঙ্গেল অপরিবর্তিত থাকে। অন্যকথায় বলা যায় যে, ক্যারিয়ার সিগনালে কোন ইনফরমেশন বা তথ্য থাকে না। অতএব দেখা যায় যে, ক্যারিয়ার সিগনালকে ট্রান্সমিট না করলেও চলে। ক্যারিয়ারকে বাদ দিয়ে ট্রান্সমিট করলে ট্রান্সমিটারের পাওয়ার সেভ হয়। অবশিষ্ট দুটি সাইডব্যান্ডের প্রতিটি সাইডব্যান্ড মডুলেটেড ওয়েভের সকল ইনফরমেশন বহন করে। সুতরাং ক্যারিয়ার ওয়েভ ও একটি সাইডব্যান্ডকে বাদ দিয়েও মডুলেটিং সিগনালের সকল ইনফরমেশন ট্রান্সমিট করা যায়। এক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ড ডাবল সাইডব্যান্ডের চেয়ে অর্ধেক।

Suppressed carrier আউটপুটকে একটি ফিল্টার সার্কিটের ইনপুটে দেওয়া হয়। এই ফিল্টার সার্কিট একটি সাইডব্যান্ডকে বাদ দেয়। অপর সাইডব্যান্ডকে ফিল্টারের আউটপুটে পাওয়া যায়। তবে এই পদ্ধতি শুধুমাত্র লো ফ্রিকুয়েন্সির ক্ষেত্রেই উপযোগী। বাস্তবে সঠিক কাট অফ ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট ফিল্টার তৈরি করা খুব কঠিন। একটি সাইডব্যান্ড বাদ দেওয়ার সময় অন্য সাইডব্যান্ডটি সামান্য attenuate হয়ে যায়।

সিঙ্গেল সাইডব্যান্ড উৎপন্ন করার প্রকারভেদ :

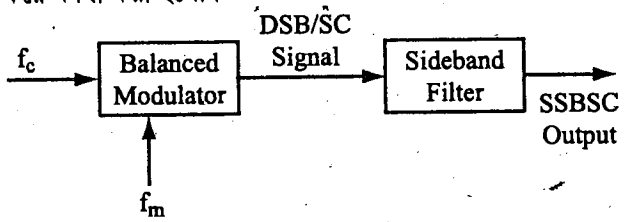
তিনটি উপায়ে সিঙ্গেল সাইডব্যান্ড উৎপন্ন করা যায়। যেমন–

(i) ফিল্টার পদ্ধতি (Filter Method) ,

(ii) ফেজ শিফ্‌ট পদ্ধতি (Phase Shift Method) ও

(iii) Weaver's Method or, Third Method

ফিল্টার পদ্ধতি : SSB-SC উৎপন্ন করার জন্য ফিল্টার পদ্ধতি হলো সবচেয়ে সহজ পদ্ধতি। নিম্নে উক্ত পদ্ধতির ব্লক ডায়াগ্রাম অংকন করে বর্ণনা করা হলো।

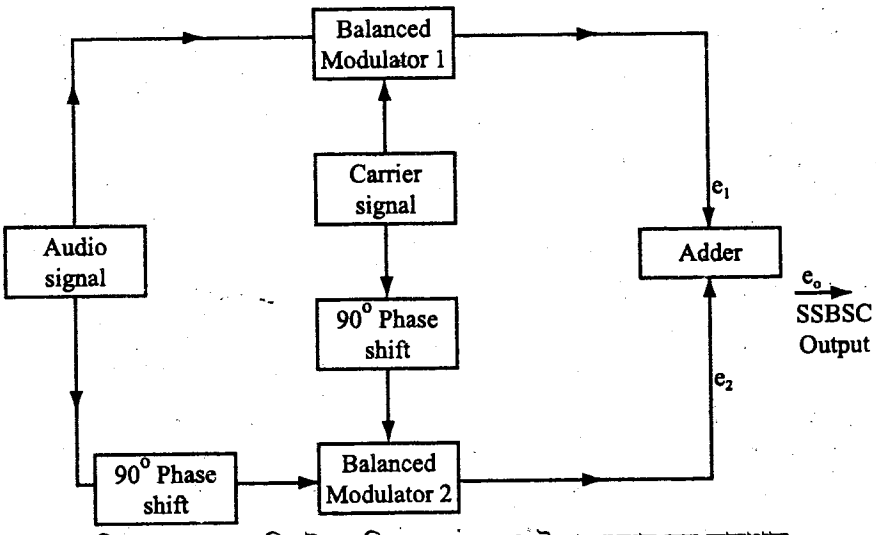


চিত্র-৫.৫ : ফিল্টার পদ্ধতিতে SSB-SC উৎপন্ন করার ব্লক ডায়াগ্রাম

মডুলেটেড সিগনালকে প্রথমে ব্যালেন্সড মডুলেটরের সাহায্যে DSB-SC উৎপন্ন করার পর একে একটি সাইডব্যান্ড সাপ্রেসন ফিল্টারে দেয়া হয়। এ ফিল্টার একটি সাইডব্যান্ডকে বাদ দিয়ে শুধুমাত্র অপর সাইডব্যান্ডকে আউটপুটে প্রদান করে। অর্থাৎ এ পদ্ধতিতে মডুলেটেড সিগনালের ক্যারিয়ার এবং একটি সাইডব্যান্ড দিয়ে SSB-SC উৎপন্ন করা যায়। এতে ফিল্টার হিসেবে L-C ফিল্টার, ক্রিস্টাল ফিল্টার অথবা সিরামিক ফিল্টার ব্যবহার করা হয়। তবে কোন ধরনের ফিল্টার ব্যবহার করা হবে তা নির্ভর করে ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির উপর।

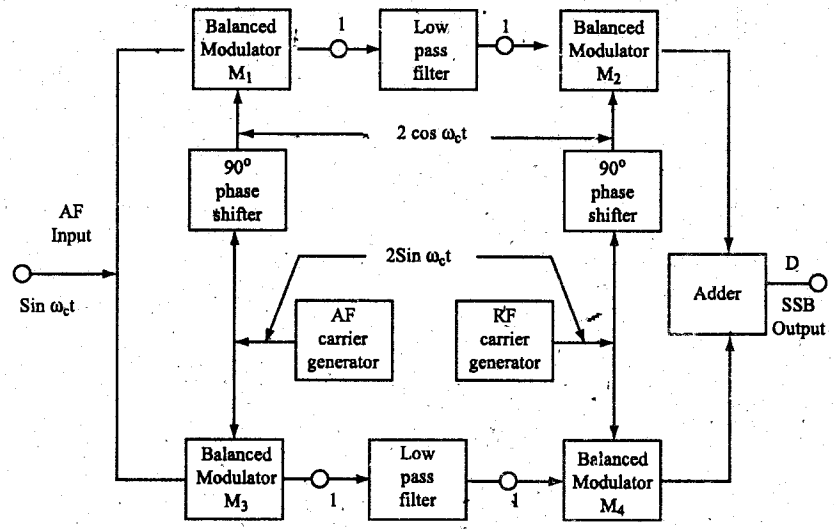
ফিল্টার পদ্ধতির অসুবিধা–এ পদ্ধতি শুদুমাত্র লো ফ্রিকুয়েন্সির ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। যেকোনো এক সাইডে সঠিক কাট-অফ ফিল্টার ডিজাইন করা খুবই কঠিন। একটি সাইডব্যান্ড বাদ দেয়ার জন্য ব্যান্ডওয়াইডথ হ্রাস করলে কাংখিত সাইডব্যান্ড এটিনুয়েশন সৃষ্টি হয়। আবার ব্যান্ডওয়াইডথ বৃদ্ধি করলে কাংখিত সাইডব্যান্ডে কিছু অনাকাংখিত সাইডব্যান্ড প্রবেশ করে।

ফেজ শিফট পদ্ধতি : ফিল্টার পদ্ধতির অসুবিধাসমূহ দূর করে সঠিক SSB-SC উৎপন্ন করার জন্য ফেজ শিফট পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। এ পদ্ধতিতে দু'টি ব্যালেন্সড মডুলেটর, দু'টি ফেজ শিফটার এবং একটি এডার সার্কিট প্রয়োজন হয়।



চিত্র-৫.৬ : ফেজ শিফট পদ্ধতিতে SSB-SC উৎপন্ন করার ব্লক ডায়াগ্রাম

উয়েভার পদ্ধতি : SSB-SC উৎপন্ন করার তৃতীয় পদ্ধতিটি হলো উয়েভার (Weaver) কর্তৃক উদ্ভাবিত পদ্ধতি। এতে ফেজ শিফট পদ্ধতির সকল সুবিধা বজায় থাকে। যেমন যেকোনো ফ্রিকুয়েন্সিতে ব্যবহার করা যায় এবং কোনো অডিও ফেজ শিফটারের প্রয়োজন হয় না। তবে সার্কিট জটিলতার কারণে বাস্তবক্ষেত্রে এটা ব্যবহৃত হয় না। নিম্নে এর ব্লক ডায়াগ্রাম দেখানো হলো।



চিত্র-৫.৭ : Weaver's method of sideband suppresion

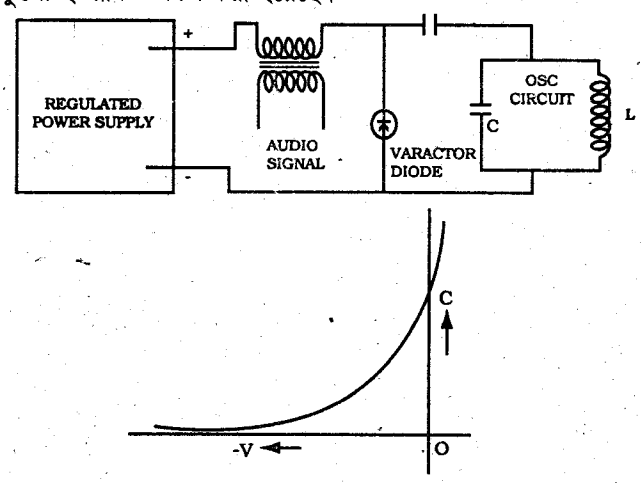
৫.৩ ভ্যারেক্টর ডায়োড মডুলেটরের মূলনীতি

(Mention the Principles of Operation of Varactor Diode Modulator)

Varactor diode একটি বিশেষ ধরনের PN জাংশন ডায়োড। এতে রিভার্স বায়াস প্রয়োগ করা হলে এই ডায়োড একটি ভেরিয়েবল ক্যাপাসিটরের মত কাজ করে। এই ক্যাপাসিটরের মান নির্ভর করে এতে প্রয়োগকৃত রিভার্স বায়াসের ওপর। ক্যাপাসিটেন্সের মান নিচের সমীকরণ দ্বারা নির্ণয় করা যায়।

$$C \propto \frac{1}{\sqrt{J}}$$

সিলিকন ভ্যারেক্টর ডায়োডের প্রতি ভোল্ট রিভার্স বায়াস পরিবর্তনে 10 — 15 pF ক্যাপাসিটেন্স পরিবর্তন হয়। 1 ভোল্ট রিভার্স বায়াস প্রয়োগ করলে এই ডায়োডের ক্যাপাসিটেন্স 150 হতে 200 PF হয়। চিত্রে একটি ভ্যারেক্টর ডায়োড মডুলেটিং সার্কিট অঙ্কন করা হয়েছে।



চিত্র-৫.৮ : ভ্যারেক্টর ডায়োড মডুলেটর

ভ্যারেক্টর ডায়োডকে এখানে অসিলেটরের রেজোন্যান্স সার্কিটের সাথে একটি কাপলিং ক্যাপাসিটরের মাধ্যমে প্যারালালে যুক্ত করা হয়েছে। কাপলিং ক্যাপাসিটেন্সের মান ভ্যারেক্টর ডায়োডের ক্যাপাসিটেন্সের মানের তুলনায় বেশি। ফলে এই ক্যাপাসিটরটি ভ্যারেক্টর ডায়োডকে অসিলেটর সার্কিটে প্রয়োগকৃত ডিসি সরবরাহ হতে পৃথক (isolate) রাখে। ভ্যারেক্টর ডায়োডের DC বায়াসকে রেগুলেট করা হয় যাতে ভ্যারেক্টর ডায়োডের বায়াসিং ভোল্টেজের ফ্লাক্চুয়েশন অসিলেটরের দ্বারা উৎপন্ন ফ্রিকুয়েন্সিতে কোন প্রভাব না ফেলে। মডুলেটিং সিগনালকে রেগুলেটেড সাপ্লাইয়ের সাথে সিরিজে ইনপুট করা হয়। ফলে মডুলেটিং সিগনালের তাৎক্ষণিক মান ও রেগুলেটেড পাওয়ার সাপ্লাইয়ের বীজগণিতীয় যোগফলই হবে ভ্যারেক্টর ডায়োডের কার্যকরী বায়াস ভোল্টেজ। এর ফলে মডুলেটিং সিগনালের মান পরিবর্তন হলে ভ্যারেক্টর ডায়োডের ক্যাপাসিটেন্সেরও পরিবর্তন হয়। ক্যাপাসিটেন্সের এই পরিবর্তনের ফলে অসিলেটর সার্কিটের ফ্রিকুয়েন্সির পরিবর্তন হয়। অর্থাৎ মডুলেটিং সিগনালের মানের সাথে ক্যারিয়ার সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সির পরিবর্তন হয়ে ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন সম্পন্ন হয়।

৫.৪ বিভিন্ন প্রকার মডুলেটরের ব্যবহার বা প্রয়োগক্ষেত্র (Mention the Application of Various Modulator)

নিম্নে বিভিন্ন প্রকার মডুলেটরের প্রয়োগ দেখানো হলো–

ক্রমিক নং	মডুলেটরের নাম	প্রয়োগক্ষেত্র
১.	এমপ্লিচিউড মডুলেটর	মিডিয়াম ও শর্ট ওয়েভ রেডিও ব্রডকাস্ট শর্ট ওয়েভ রেডিও টেলিফোন, টেলিগ্রাফ, টেলিভিশনের ছবির জন্য ইত্যাদি।
২.	ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটর	VHF ও UHF রেঞ্জের রেডিও ব্রডকাস্ট, টেলিভিশনের শব্দের জন্য, অল্প দূরত্বের টেলিফোন সিস্টেম, রাডার, মোবাইল, সেলুলার ইত্যাদি।
৩.	রিং ও ব্যালেন্সড মডুলেটর	ডবল সাইড ব্যান্ড সাপ্রেসড ক্যারিয়ার (DSB-SC) জেনারেশনের কাজে।
৪.	ফেজ শিফট মডুলেটর	সিংগেল সাইড ব্যান্ড সাপ্রেসড ক্যারিয়ার (SSB-SC) জেনারেশনের কাজে।
৫.	ভ্যারেক্টর ডায়োড মডুলেটর	ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের কাজে।
৬.	ডেল্টা মডুলেটর	পালস মডুলেশনের কাজে।
৭.	ফেজ মডুলেটর	ফেজ মডুলেশনের কাজে।
৮.	কোয়াড্রেচার অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটর	কালার টেলিভিশনে দু'টি কালার ডিফারেন্স সিগন্যাল (R-Y) এবং (B-Y) এর মাধ্যমে ক্রোমিন্যান্স সিগনাল তৈরীর জন্য।

অনুশীলনী-৫

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **ভ্যারেক্টার ডায়োড-এর কাজ কী?** *[বাকাশিবো : '০২, '১৪]*
অথবা, ভ্যারেক্টার ডায়োড কী?
উত্তর : ভ্যারেকটর ডায়োড হলো বিশেষভাবে তৈরি P-N জাংশন ডায়ড যা রিভার্স বায়াসে ভেরিয়েবল ক্যাপাসিটরের ন্যায় কাজ করে।

২। **বেইস মডুলেশন কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '১৪R]*
উত্তর : যে মডুলেটরে r.f অ্যামপ্লিফায়ারের বেইস বায়াস মডুলেটিং সিগন্যাল দ্বারা পরিবর্তন করা হয়, তাকে বেইস মডুলেশন বলে।

৩। **কালেকটর মডুলেটর সার্কিটে ট্রানজিস্টরের কোন লিডে কোন সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়?** *[বাকাশিবো : '১২]*
উত্তর : কালেকটর মডুলেটর সার্কিটটির ট্রানজিস্টরের কালেকটরে মডুলেটিং সিগন্যাল এবং বেজে RF ক্যারিয়ার সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়।

৪। **Linear Modulator কী?** *[বাকাশিবো : '০৮R, '০৯]*
উত্তর : যে মডুলেটর সার্কিটে টিউব বা সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসের V-I ক্যারেক্টারিস্টিকস কার্ভের লিনিয়ার রিজিয়নকে মডুলেশনের জন্য ব্যবহার করা হয় তাকে Linear Modulator বলে।

৫। **Varactor diode কোথায় ব্যবহৃত হয়?** *[বাকাশিবো : '০২]*
উত্তর : Modulation-এর কাজে ব্যবহৃত হয়।

৬। **SSB-SC কী?**
উত্তর : Single Sideband Suppressed Carrier.

৭। **কালেক্টর মডুলেশন কী?**
উত্তর : যে মডুলেটরে মডুলেটিং সিগন্যাল দ্বারা r.f অ্যামপ্লিফায়ারের কালেক্টর ভোল্টেজকে পরিবর্তন করা হয়, তাকে কালেক্টর মডুলেটর বলে।

৮। **Non-linear device কী কী?**
উত্তর : Diode, Transistor.

৯। **স্কয়ার-ল মডুলেশন বলতে কী বুঝ?**
উত্তর : যে প্রকার মডুলেশন ডায়োড অথবা ট্রায়োডের নন-লিনিয়ার বৈশিষ্ট্য প্রয়োগ করে সম্পন্ন করা হয়, তাকে স্কয়ার-ল মডুলেশন বলে।

১০। **স্কয়ার-ল মডুলেশন কত প্রকার ও কী কী?**
উত্তর : স্কয়ার-ল মডুলেশন দু'প্রকার, যথা–
(১) স্কয়ার-ল ডায়োড মডুলেটর
(২) ব্যালেন্সড মডুলেটর।

১১। **Balanced Modulator-এ কয়টি Modulator দরকার?**
উত্তর : দুটি Amplitude modulator-এর দরকার হয়।

১২। **SSB-এর সুবিধা কী?**
উত্তর : SSB-এর সুবিধা হলো এতে পাওয়ার সেভ হয় এবং ব্যান্ডউইডথ কমে যায়।

১৩। **Varactor diode-এর ক্যাপাসিট্যান্স-এর সমীকরণ লিখ।**
উত্তর : $CX = \frac{1}{\sqrt{v}}$

১৪। SSB উৎপন্ন করার তিনটি পদ্ধতির নাম লিখ।

উত্তর : SSB উৎপন্ন করার তিনটি পদ্ধতি হলো–

(ক) Filter method,

(খ) Phase shift method,

(গ) Weaver's method.

১৫। DSB Transmission-এর অসুবিধা কী?

উত্তর : DSB পদ্ধতিতে ব্যান্ডউইডথ বৃদ্ধি পায়, ফলে ট্রান্সমিটার পাওয়ার বেশি লাগে।

১৬। মডুলেটর কাকে বলে?

উত্তর : যে সকল ইলেকট্রনিক সার্কিট ব্যবহার করে মডুলেশন কার্য সম্পাদন করা হয় তাদের সমন্বয়কে মডুলেটর বলা হয়।

১৭। অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটর (AM) কাকে বলে?

উত্তর : যে সব মডুলেটরের সাহায্যে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন কার্য সম্পাদন করা হয় তাকে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটর (AM) বলা হয়।

১৮। ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটর (FM) কাকে বলে?

উত্তর : যে সব মডুলেটরের সাহায্যে ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন কার্য সম্পাদন করা হয় তাকে ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটর (FM) বলা হয়।

১৯। পাওয়ার লেভেলের উপর ভিত্তি করে মডুলেটর কত প্রকার ও কি কি?

উত্তর : পাওয়ার লেভেলের উপর ভিত্তি করে মডুলেটর দুই প্রকার। যথা– লো লেভেল মডুলেটর এবং হাই লেভেল মডুলেটর।

২০। ক্যালেক্টারিস্টিকস কার্ভের ব্যবহারের উপর ভিত্তি করে মডুলেটর কত প্রকার ও কি কি?

উত্তর : ক্যালেক্টারিস্টিকস কার্ভের ব্যবহারের উপর ভিত্তি করে মডুলেটর দুই প্রকার। যথা– লিনিয়ার মডুলেটর এবং নন-লিনিয়ার মডুলেটর।

২১। লো লেভেল এ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের (AM) ক্ষেত্রে বহুল ব্যবহৃত জনপ্রিয় মডুলেটর কোনটি?

উত্তর : লো লেভেল অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের (AM) ক্ষেত্রে বহুল ব্যবহৃত জনপ্রিয় সার্কিট হলো ট্রানজিস্টর কালেক্টর মডুলেটর।

২২। কালেকটর মডুলেটর কোন ধরনের সার্কিট?

উত্তর : কালেক্টর মডুলেটর সার্কিটটির ট্রানজিস্টরের কালেক্টরে মডুলেটিং সিগন্যাল এবং বেজে RF ক্যারিয়ার সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়।

২৩। কালেক্টর মডুলেটরের সুবিধা লিখ।

উত্তর : কালেক্টর মডুলেটরের সুবিধা হলো–এর লিনিয়ারিটি ভাল, দক্ষতা খুব বেশী পাওয়া যায় এবং প্রতিটি ট্রানজিস্টরের পাওয়ার আউটপুটও খুব ভাল হয়।

২৪। কালেক্টর মডুলেটরের অসুবিধা লিখ।

উত্তর : কালেক্টর মডুলেটরের প্রধান অসুবিধা হল এতে 100% মডুলেশন পাওয়া যায় না। 100% মডুলেশন পাওয়ার জন্য মডুলেটিং ভোল্টেজকে অবশ্যই পাওয়ার সাপ্লাই ভোল্টেজ V_{CC} এর সমান রাখতে হবে।

২৫। বেজ মডুলেটর কোন ধরনের সার্কিট?

উত্তর : বেজ মডুলেটর মূলতঃ একটি সিঙ্গেল স্টেজ কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর এ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট।

২৬। বেজ মডুলেটরে কোন ধরনের বায়াসিং ব্যবহার করা হয়?

উত্তর : বেজ মডুলেটরে পটেনশিয়াল ডিভাইডার বায়াসিং পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

২৭। ব্যালেন্সড মডুলেটর কোন ধরনের সার্কিট?

উত্তর : ব্যালেন্সড মডুলেটর পুশপুল এ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট।

২৮। সাপ্রেসড ক্যারিয়ার ব্যালেন্সড মডুলেটর কাকে বলে?

উত্তর : বিশেষ ব্যবস্থার মাধ্যমে ব্যালেন্স মডুলেটরের আউটপুট থেকে ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সিকে বাদ দেয়া হলে তখন এ ধরনের মডুলেটরকে বলা হয় সাপ্রেসড ক্যারিয়ার ব্যালেন্সড মডুলেটর।

২৯। সাপ্রেসড ক্যারিয়ার ব্যালেন্সড মডুলেটরের সুবিধা কি?

উত্তর : সাপ্রেসড ক্যারিয়ার ব্যালেন্সড মডুলেটরের দক্ষতা অনেক বেশী এবং ক্যারিয়ারকে বাদ দেয়া হয় বলে দুই-তৃতীয়াংশ পাওয়ার সেভ হয়।

৩০। ফিল্টার পদ্ধতির অসুবিধাসমূহ দূর করার জন্য কোন পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়?

উত্তর : ফিল্টার পদ্ধতির অসুবিধাসমূহ দূর করে সঠিক SSB-SC উৎপন্ন করার জন্য ফেজ শিফট পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

৩১। ভ্যারেকটর ডায়োড ক্যাপাসিটরের মান কিসের উপর নির্ভর করে?

উত্তর : ভ্যারেকটর ডায়োড ক্যাপাসিটরের মান নির্ভর করে প্রয়োগকৃত রিভার্স বায়াসিং এর উপর। অর্থাৎ $C \alpha \frac{1}{\sqrt{V}}$

৩২। ভ্যারেকটর ডায়ড ক্যাপাসিটরের মান কিসের উপর নির্ভর করে?

উত্তর : সিলিকন ভ্যারেকটর ডায়োডের ক্ষেত্রে প্রতি ভোল্ট রিভার্স বায়াস পরিবর্তনে গড় ক্যাপাসিটেন্স পরিবর্তন হয় 10–15 pF এবং প্রতি ভোল্ট রিভার্স বায়াসের জন্য এর ক্যাপাসিটেন্স 150-200 pF রেঞ্জের মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে।

৩৩। নন-লিনিয়ার (Non-linear) মডুলেটর কী?

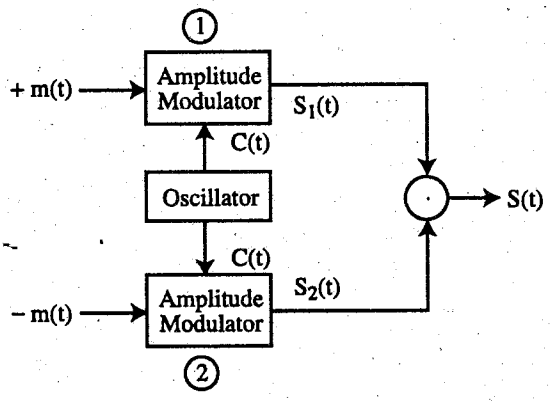
উত্তর : যে মডুলেটর সার্কিটে টিউব বা সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসের V-I ক্যারেক্টারিস্টিকস কার্ভের নন-লিনিয়ার রিজিয়নকে মডুলেশনের জন্য ব্যবহার করা হয় তাকে নন-লিনিয়ার মডুলেটর বলে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **Balanced Modulator-এর মূলনীতি লেখ।** *[বাকাশিবো : '০১, '১০, '১২(৫ম), '১৪R]*

অথবা, একটি Balanced Modulator আউটপুট একটি DSB-SC মড্যুলেটেড ওয়েভ নির্দেশ করে– প্রমাণ কর। *[বাকাশিবো : '১৩]*

উত্তর : ব্যালেন্সড মডুলেটর এক প্রকার লিনিয়ার অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটর, যার সাহায্যে প্রয়োজন অনুযায়ী ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি, মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সি বা ইন্টারমডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সিকে বাদ দিয়ে অবশিষ্ট অংশকে আউটপুটে প্রদান করা হয়। দুটি সাধারণ অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটর ব্যবহার করে একটি ব্যালান্সড মডুলেটর তৈরি করা যায়। নিচের চিত্রে ব্যালান্সড মডুলেটরের ব্লক চিত্র দেখানো হয়েছে।



চিত্র : The block diagram of a balanced modulator

এখানে প্রথম AM মডুলেটরের আউটপুট, $= S_1(t) = E_c\,[1 + Km(t)c]\cos\omega_c t$

দ্বিতীয় AM মডুলেটরের আউটপুট, $= S_2(t) = E_c\,[1 - Km(t)]\cos\omega_c t$

সুতরাং, $S(t) = S_1(t) - S_2(t)$

$= E_c [1 + Km(t)]\cos\omega_c t - E_c[1 - Km(t)]\cos\omega_c t$

$= E_c [1 + Km(t) - 1 + Km(t)]\cos\omega_c t$

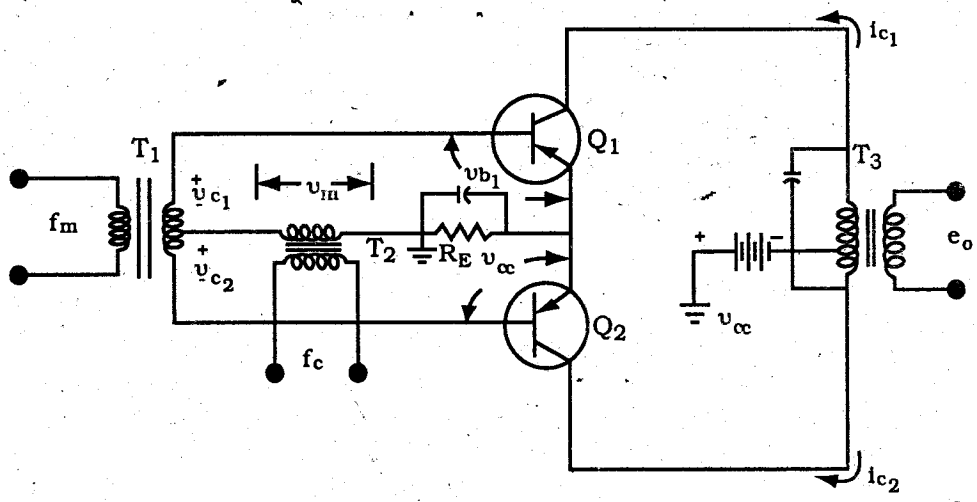
$= E_c [2 K.m(t)]\cos\omega_c t$

$\therefore S(t) = 2K. E_c m(t) \cos\omega_c t$

সুতরাং, S(t) একটি DSB-SC মডুলেটেড ওয়েভ নির্দেশ করে।

২। **একটি ব্যালেন্সড মডুলেটরের সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।** *[বাকাশিবো : '০১, '১২(৪র্থ), '১৩R]*

উত্তর : নিম্নে একটি ব্যালেন্সড মডুলেটরের সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করা হলো :



৩। **বিভিন্ন প্রকার মডুলেটরের ব্যবহার লিখ।** *[বাকাশিবো : '০৯]*

উত্তর : ভ্যারাক্টর ডায়োড মডুলেটর : স্বয়ংক্রিয় ফ্রিকুয়েন্সি নিয়ন্ত্রণে ব্যবহার করা হয়। ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন সম্পন্ন করতে ব্যবহৃত হয়–

QAM : কালার টেলিভিশনে কালার সিগন্যাল ট্রান্সমিশনে ব্যবহৃত হয়;

Collector Modulator : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনে ব্যবহৃত হয়;

Vander Bijl Modulation : ক্যারিয়ার কারেন্ট টেলিফোনিতে অথবা মেজারমেন্ট এবং কন্ট্রোল অ্যাপ্লিকেশনে ব্যবহৃত হয়;

Suppressed Carrier Balanced Modulator : পয়েন্ট-টু-পয়েন্ট কমিউনিকেশন সিস্টেমে ব্যবহৃত হয়;

Single Side Band Modulation : পুলিশ ডিপার্টমেন্টে ওয়্যারলেস কমিউনিকেশনে, টেলিগ্রাফ সিস্টেমে, পয়েন্ট-টু-পয়েন্ট রেডিও কমিউনিকেশনে এবং VHF ও UHF কমিউনিকেশনে ব্যবহার হয়।

৪। **SSB-SC জেনারেশনের মূলনীতি বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '০৯R]*

উত্তর : ৫.২নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৫। **অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।** *[বাকাশিবো : '৯৭]*

উত্তর : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন পদ্ধতিকে প্রধানত দুই ভাগে ভাগ করা হয়। যথা :

(ক) লিনিয়ার মডুলেশন পদ্ধতি (Linear modulation system)

(খ) স্কয়ার ল মডুলেশন পদ্ধতি (Square law modulation method).

লিনিয়ার মডুলেশন পদ্ধতিকে আবার কয়েক প্রকারে ভাগ করা যায়।

তবে বহুল ব্যবহৃত এরূপ মডুলেটরগুলো হলো–

(i) কালেক্টর মডুলেটর (Collector modulator)

(ii) বেইস মডুলেটর (Base modulator)।

৬। **বেইস মডুলেশনের তুলনায় কালেক্টর মডুলেশনের সুবিধা-অসুবিধা লিখ।** *[বাকাশিবো : '৯৭]*

উত্তর : নিম্নলিখিত কারণে বেইস মডুলেশনের তুলনায় কালেক্টর মডুলেশন উৎকৃষ্ট :

(১) মডুলেশনের লিনিয়ারিটি ভাল হয়

(২) কালেক্টর সার্কিট ইফিসিয়েন্সী উচ্চতর হয়

(৩) প্রতি ট্রানজিস্টরে উচ্চতর পাওয়ার আউটপুট থাকে।

কিন্তু এর নিম্নলিখিত অসুবিধা থাকে–

(১) এর উচ্চতর মডুলেটিং পাওয়ারের দরকার হয়।

(২) কালেক্টর স্যাচ্যুরেশনের কারণে 100% মডুলেশন অর্জিত হতে পারে না।

৭। **কালেক্টর মডুলেটরের সুবিধা-অসুবিধাগুলো লিখ।**

উত্তর : সুবিধা :

(১) কালেক্টর মডুলেটরের লিনিয়ারিটি সাধারণত ভালো হয়।

(২) কালেক্টর ইফিসিয়েন্সি খুব বেশি থাকে।

(৩) প্রতিটি ট্রান্সজিস্টরের পাওয়ার আউটপুট বেশি মানের হয়।

অসুবিধা :

(১) হাই পাওয়ার মডুলেটিং অ্যামপ্লিফায়ারের বেশি মানের পাওয়ার সরবরাহ করা দরকার হয়।

(২) যখন কালেক্টর মডুলেশন সম্পন্ন হয়, তখন কালেক্টর স্যাচুরেশনে গেলে 100% মডুলেশন হতে পারে না।

৮। **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।**

উত্তর : ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের জন্য অনেকগুলো পদ্ধতি আছে, তবে বহুল ব্যবহৃত পদ্ধতিগুলো হল–

(১) রিয়্যাকট্যান্স টিউব মডুলেটর,

(২) ভ্যারাক্টর ডায়োড মডুলেটর,

(৩) আর্মস্ট্রং মডুলেটর।

রিয়্যাকট্যান্স টিউব মডুলেটর আবার বেশ কয়েক প্রকারের হতে পারে–

(ক) ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স টিউব মডুলেটর

(খ) ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স টিউব মডুলেটর

(গ) ট্রানজিস্টর রিয়্যাকট্যান্স টিউব মডুলেটর।

(ঘ) স্টাবিলাইজড রিয়্যাকট্যান্স টিউব মডুলেটর।

৯। **সাপ্রেসড ক্যারিয়ার ব্যালেন্সড মডুলেটরের সুবিধাসমূহ লিখ।**

উত্তর :

(১) এর দক্ষতা বা ইফিসিয়েন্সি বেশি।

(২) এতে দুই-তৃতীয়াংশ পাওয়ার সেভ হয়।

(৩) একটি সাইডব্যান্ডকে বাদ দিয়ে দক্ষতা বৃদ্ধি করা যায়।

(৪) ব্যান্ডউইডথ কম লাগে।

১০। **DSB ও SSB-এর মধ্যে পার্থক্য লিখ।**

উত্তর : নিচে পার্থক্য দেওয়া হলো–

DSB	SSB
১। DSB-এর সম্পূর্ণ অর্থ হচ্ছে Double Side Band.	১। SSB-এর সম্পূর্ণ অর্থ হচ্ছে–Single Side Band.
২। DSB-তে দুটি সাইডব্যান্ডই ট্রান্সমিট করা হয়।	২। SSB-তে শুধুমাত্র একটি সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিট করা হয়।
৩। DSB পদ্ধতিতে ব্যান্ডওয়াইডথ বেশি হয়।	৩। SSB পদ্ধতিতে ব্যান্ডওয়াইডথ কম হয়।

১১। কালেক্টর মডুলেটরের চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর : চিত্র নং ৫.১ দ্রষ্টব্য।

১২। কালেকটর মডুলেটরের সুবিধা অসুবিধা লিখ।

উত্তর : কালেকটর মডুলেটরের সুবিধা হলো-এর লিনিয়ারিটি ভাল, দক্ষতা খুব বেশী পাওয়া যায় এবং প্রতিটি ট্রানজিস্টরের পাওয়ার আউটপুটও খুব ভাল হয়। আর প্রধান অসুবিধা হলো এতে 100% মডুলেশন পাওয়া যায় না। 100% মডুলেশন পাওয়ার জন্য মডুলেটিং ভোল্টেজকে অবশ্যই পাওয়ার সাপ্লাই ভোল্টেজ V_{CC} এর সমান রাখতে হবে।

১৩। সাপ্রেসড ক্যারিয়ার ব্যালেন্সড মডুলেটরকে DSB-SC জেনারেটর বলা হয় কেন?

উত্তর : সাপ্রেসড ক্যারিয়ার ব্যালেন্সড মডুলেটরের আউটপুট কারেন্টে দুটি সাইডব্যান্ড পাওয়া যায় যাদের ফ্রিকুয়েন্সি যথাক্রমে $(f_c + f_m)$ এবং $(f_c - f_m)$ কিন্তু কোন ক্যারিয়ার বা মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সি পাওয়া যায় না। এজন্য একে ডাবল সাইডব্যান্ড সাপ্রেসড ক্যারিয়ার (DSB-SC) জেনারেটর বলা হয়।

১৪। SSB-SC জেনারেশনের ফিল্টার পদ্ধতির অসুবিধা লিখ।

উত্তর : ফিল্টার পদ্ধতির অসুবিধা-এ পদ্ধতি শুধুমাত্র লো ফ্রিকুয়েন্সির ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। যেকোন এক সাইডে সঠিক কাট-অফ ফিল্টার ডিজাইন করা খুবই কঠিন। একটি সাইডব্যান্ড বাদ দেয়ার জন্য ব্যান্ডওয়াইডথ হ্রাস করলে কাংখিত সাইডব্যান্ড এটিনুয়েশন সৃষ্টি হয়। আবার ব্যান্ডওয়াইডথ বৃদ্ধি করলে কাঙ্ক্ষিত সাইডব্যান্ডে কিছু অনাকাঙ্ক্ষিত সাইডব্যান্ড প্রবেশ করে।

১৫। ভ্যারেকটর ডায়োড মডুলেটরের মূলনীতি লিখ।

উত্তর : কোন L-C সার্কিটের ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় করা হয় টিউনিং ক্যাপাসিটর ও ইন্ডাকটরের সাহায্যে। যদি সিস্টেমে একটি রিয়্যাকটিভ এলিমেন্ট ব্যবহার করা হয় যার রিয়্যাকট্যান্স মডুলেটিং সিগন্যাল দ্বারা পরিবর্তিত হয় তবে ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড ওয়েভ উৎপন্ন হবে। এ মূলনীতি ভ্যারেকটর ডায়োড মডুলেটর ও রিয়্যাকট্যান্স টিউব মডুলেটরে প্রয়োগ করা হয়। ভ্যারেকটর ডায়োড মডুলেটর হলো একটি ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটর। আর ভ্যারেকটর ডায়োড হল বিশেষভাবে তৈরি P-N জাংশন ডায়োড যা রিভার্স বায়াসে ভ্যারিয়্যাবল ক্যাপাসিটরের ন্যায় কাজ করে। ক্যাপাসিটরের মান নির্ভর করে প্রয়োগকৃত রিভার্স বায়াসিং এর উপর। অর্থাৎ, $C \alpha \frac{1}{\sqrt{V}}$

রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

১। **চিত্রসহ Suppressed carrier balanced modulator-এর কার্যপ্রণালী আলোচনা কর।** *[বাকাশিবো :'৯৭, '১১R, '১২(৪র্থ), '১৪]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৫.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। **একটি Balanced Modulator-এর কার্যপ্রণালী লিখ।** *[বাকাশিবো : '৯৯, '০০, '০৯, '১৩R]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৫.১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **একটি বেইস মডুলেটর সার্কিট অঙ্কন করে তার কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '০৭, '০৮R, '১৩R]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৫.১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **একটি SC-Balanced Modulator-এর চিত্র অঙ্কন করে দেখাও যে, এর আউটপুটে শুধুমাত্র দুটি সাইডব্যান্ড থাকে।** *[বাকাশিবো : '৯৮, '১৩]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৫.২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **চিত্রসহ কালেক্টর মডুলেটর বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '০২, '০৬]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৫.১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **একটি ভ্যারাক্টর ডায়োড মডুলেটরের কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৫.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭। **বিভিন্ন প্রকার মডুলেটরের প্রয়োগক্ষেত্র লিখ।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৫.৪ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায় ৬

এএম ওয়েভের ডিমডুলেশন

(Understand the Demodulation of AM Waves)

৬.০ ভূমিকা (Introduction)

কোন সিগন্যালকে ট্রান্সমিটার থেকে দূরবর্তী স্থানে প্রেরণ করা হলো রিসিভার পর্যন্ত পৌছতে উক্ত সিগন্যালের শক্তি অনেকাংশে হ্রাস পায়। তাই উক্ত সিগন্যাল দিয়ে প্রয়োজনীয় কার্যাদি সম্পন্ন করা যায় না। তাই উক্ত মূল মডুলেটিং সিগন্যালকে হাই ফ্রিকুয়েন্সি ক্যারিয়ার সিগন্যালের সাথে মিশ্রিত (মড্যুলেশন) করে মড্যুলেটেড সিগন্যালকে ট্রান্সমিট করা হয়। কিন্তু মড্যুলেটেড সিগন্যাল দ্বারা কোন ডিভাইস পরিচালনা করা যায় না। তাই মডুলেটেড সিগন্যাল থেকে ক্যারিয়ার সিগন্যালকে পৃথক করে মূল মড্যুলেটিং সিগন্যাল পুনরুদ্ধার করে উক্ত সিগন্যাল দ্বারা ডিভাইস পরিচালনা করা হয়। এ পদ্ধতিকে ডিমড্যুলেশন বা ডিটেকশন বলা হয়। অর্থাৎ মড্যুলেটেড সিগন্যাল থেকে ক্যারিয়ার সিগন্যালকে পৃথক করে মূল মডুলেটিং সিগন্যাল পুনরুদ্ধার করার প্রক্রিয়াকে ডিমড্যুলেশন বলা হয়। ডিমড্যুলেশন হলো মড্যুলেশনের বিপরীত প্রক্রিয়া। মড্যুলেশন করা হয় ট্রান্সমিটর প্রান্তে এবং ডিমড্যুলেশন করা হয় রিসিভার প্রান্তে। ডিমড্যুলেশন কাজে নন-লিনিয়ার ডিভাইস যেমন– ডায়ড, ট্রানজিস্টর ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। যে সার্কিট ব্যবস্থার মাধ্যমে ডিমড্যুলেশন বা ডিটেকশন কার্যাদি সম্পন্ন করা হয় তাকে ডিমড্যুলেটর বা ডিটেকটর বলা হয়। অ্যামপ্লিচ্যুড মড্যুলেটেড (AM) সিগন্যাল থেকে ক্যারিয়ার সিগন্যালকে পৃথক করে মূল মডুলেটিং সিগন্যাল পুনরুদ্ধার করার প্রক্রিয়অকে অ্যামপিড্যুচ্যুড ডিমড্যুলেশন বা অ্যামপ্লিচ্যুড ডিটেকশন বলা হয়। আর যে সার্কিট ব্যবস্থার মাধ্যমে অ্যামপ্লিচ্যুড ডিমড্যুলেশন বা অ্যামপ্লিচুড ডিটেকশন কার্যাদি সম্পন্ন করা হয় তাকে অ্যামপ্লিচ্যুড ডিমড্যুলেটর বা অ্যামপ্লিচ্যু ডিটেকটর বলা হয়।

AM ডিটেকশন মূলত দুই প্রকার। যথা–

(ক) লিনিয়ার ডিটেকশন (Linear detection) এবং

(খ) নন-লিনিয়ার ডিটেকশন (Non-linear detection)।

লিনিয়ার ডিটেকশন আবার দুই প্রকার। যথা–

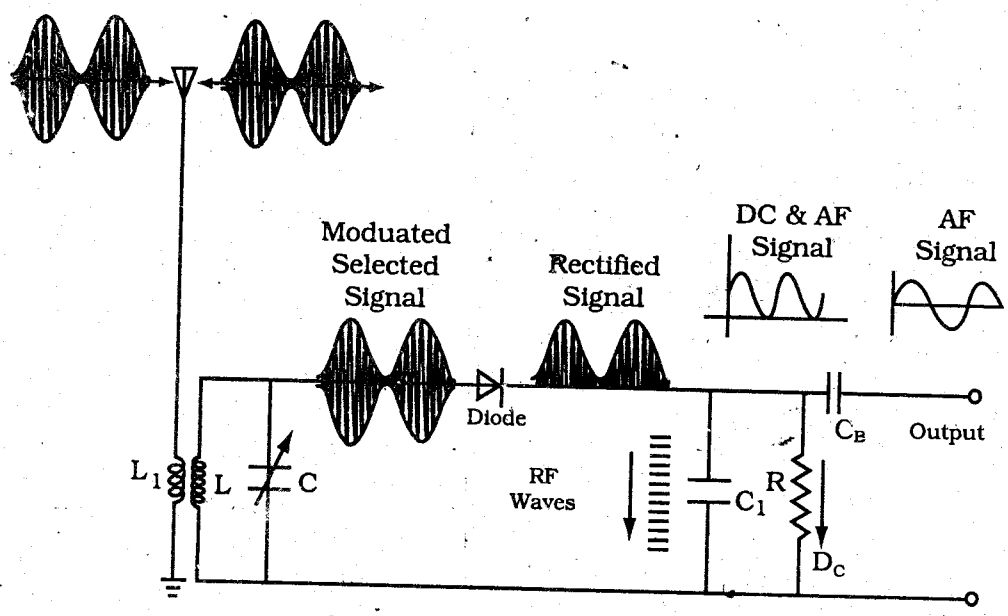
(ক) Non-coherent detection বা Envelope detection

(খ) Coherent detection বা Synchronous detection.

এদের মধ্যে লিনিয়ার তথা এনভেলপ ডিটেকশন পদ্ধতিই সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত হয়। কারণ এনভেলপ ডিটেকশন পদ্ধতি অতি সহজ। মানুষেল কণ্ঠস্বর, মিউজিক ও ভিডিও সিগনালের ক্ষেত্রে AM/DSB বা VSB সিস্টেমে এনভেলপ ডিটেকশন ব্যবহৃত হয়। অপরদিকে সিনক্রোনাস ডিটেকশন পদ্ধতি সঠিক ক্যারিয়ার সিনক্রোনাইজেশনের উপর নির্ভর করে বিধায় এর ব্যবহার জটিল। তাই এ পদ্ধতি DSB-SC বা SSB সিস্টেমে সিনক্রোনাস ডিটেকশন ব্যবহৃত হয়।

৬.১ লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের কার্যপ্রণালি (Explain the Principle of Operation of Linear Diode Detector)

লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের অপর নাম হলো Envelope detection এটি ইনপুট ক্যাপাসিটর বিশিষ্ট একটি হাফ ওয়েভ রেক্টিফায়ারের মত। মড্যুলেটেড সিগনাল হতে অডিও ফ্রিকুয়েন্সি সিগনালকে এনভেলপ আকারে পৃথক করা হয় বলে এটিকে এনভেলপ ডিটেকশন বলে। এটি একটি ডায়োড ডিটেক্টর। এটিকে লিনিয়ার ডিটেক্টর বলা হয়। কারণ এর আউটপুট ইনপুট ভোল্টেজের সাথে সমানুপাতিক। নিচে একটি লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের সার্কিট ডায়াগ্রাম দেখানো হলো।

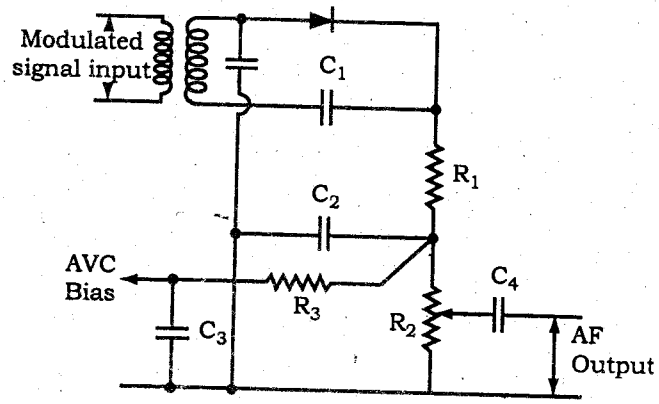


চিত্র-৬.১ : লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টর

কার্যপ্রণালি : এন্টেনাতে যে সকল r.∂ ভোল্টেজ ইনডিউস হয় এর মধ্যে যে ভোল্টেজের ফ্রিকুয়েন্সি LC সার্কিটের রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সির সমান শুধুমাত্র সেই ফ্রিকুয়েন্সিই টিউন্‌ড হয়। C-এর মান পরিবর্তন করে LC সার্কিটের রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সির মান পরিবর্তন করে যে কোন ফ্রিকুয়েন্সি টিউন্‌ড করা যায়। এই সিগনাল ডায়োডের মাধ্যমে রেক্টিফাই হয়ে একটি লো পাস ফিল্টার RC_1-এর মধ্য দিয়ে পাস করানো হয়।

RF ক্যারিয়ার ওয়েভ লো রিয়েক্ট্যান্স ক্যাপাসিটর দ্বারা ফিল্টার হয়। এটিকে RF ফিল্টার ক্যাপাসিটর অথবা RF-বাইপাস ক্যাপাসিটর বলে। প্রাপ্ত সিগনালের ডিসি কম্পোনেন্ট R-এর মধ্য দিয়ে পাস হয়। কেননা dc কম্পোনেন্ট ব্লকিং ক্যাপাসিটর C_B-এর মধ্য দিয়ে পাস করতে পারে না। ফলে এর আউটপুটে শুধুমাত্র মডুলেটিং সিগনাল পাওয়া যায়।

নিম্নে একটি প্রাকটিক্যাল লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের সার্কিট ডায়াগ্রাম দেখানো হলো।



চিত্র-৬.২ : ব্যবহারিক লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের সার্কিট ডায়াগ্রাম

লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের সুবিধা : AM ব্রডকাস্ট রিসিভারে ডায়োড ডিটেক্টর খুব বেশি ব্যবহার করা হয়। কারণ এর নিম্নলিখিত সুবিধাগুলো আছে।

(১) এই ডিটেক্টর তুলনামূলকভাবে বেশি ইনপুট ভোল্টেজ অপারেট করতে পারে।
(২) এটি লিনিয়ার অথবা পাওয়ার ডিটেক্টরের মত কাজ করতে পারে।
(৩) এরা অল্প পরিমাণ ডিমটরশনকে রেক্টিফাই করতে পারে। ফলে ভাল লিনিয়ারিটি পাওয়া যায়।
(৪) অটোমেটিক গেইন কন্ট্রোলেও এটি ভূমিকা রাখতে পারে।

লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের অসুবিধা :

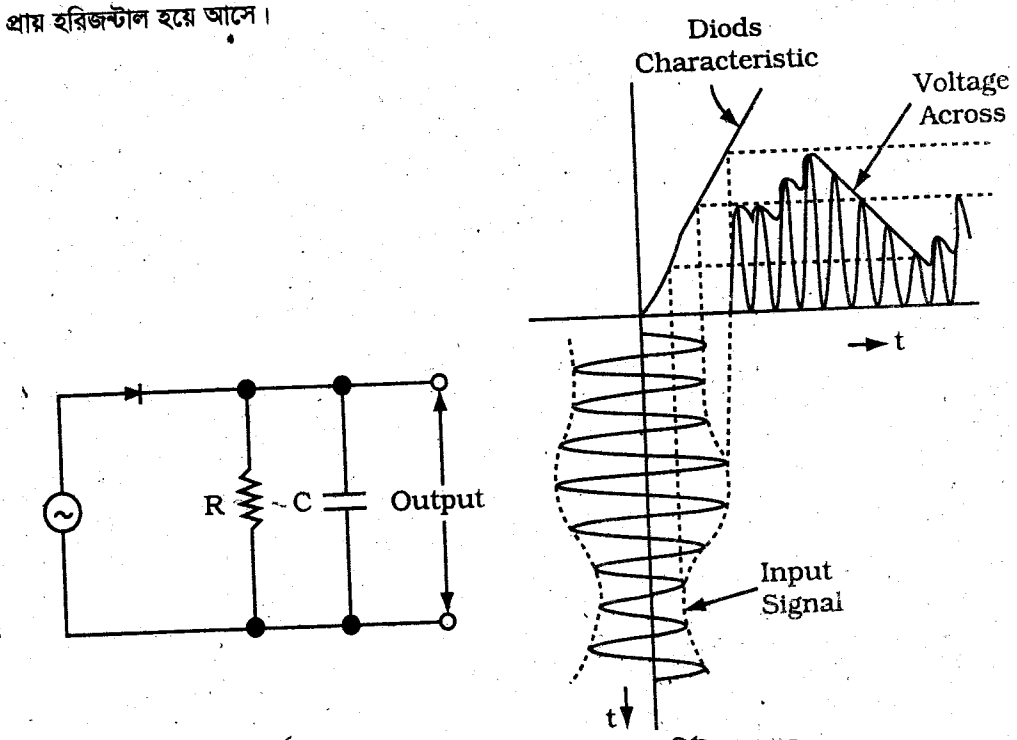
(১) রেক্টিফাইকৃত সিগনালকে এটি অ্যামপ্লিফাই করতে পারে না।
(২) ডায়োড যখন কন্ডাকশন দেয় তখন এতে কিছু পাওয়ার লস হয়। ফলে টিউন্‌ড সার্কিটের Q-এর মান কমে যায়। ফলে গেইন ও সিলেক্টিভিটি কমে যায়।

৬.২ RC টাইম কনট্যান্টের জন্য ডায়াগোনাল ক্লিপিং এবং ইম্পেরিক্যাল ফর্মুলা বর্ণনা (State the concept of Diagonal Clipping and Emperical Formula for RC Time Constant)

RC টাইম কন্সট্যান্ট-এর জন্য ডায়াগোনাল ক্লিপিং

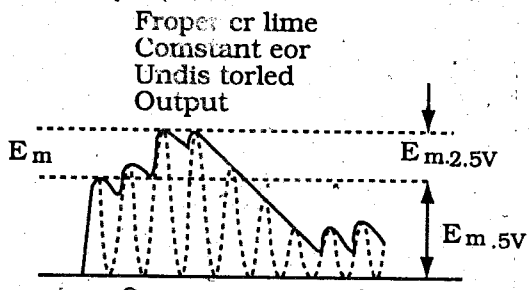
নিচের চিত্রে এনভেলপ ডিটেকটরের সার্কিট ডায়াগ্রাম দেখানো হয়েছে। এই সার্কিটে টাইম কন্সট্যান্ট RC একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। টাইম কন্সট্যান্ট RC-এর মান কম হলে আউটপুট ভোল্টেজের মান non-conducting পিরিয়ডের মানের চেয়ে কমে যায়। ফলে আউটপুটের ওয়েভ এনভেলপের মত ওয়েভশেপের মত হয়, আউটপুটের মান কম হয় এবং উচ্চমানের RF-এ ripple হয়। অন্যদিকে টাইম কন্সট্যান্ট RC বৃদ্ধি পাইলে আউটপুট এমন মান পর্যন্ত করে যায় যে, তা মডুলেশন ওয়েভের এনভেলপের মতই হয়। চিত্রে এইরূপ একটি ওয়েভ দেখানো হয়েছে।

টাইম কন্সট্যান্ট RC-এর মান আরও বৃদ্ধি পেলে ক্যাপাসিটরের ডিসচার্জ রেট আরও কমে যায় এবং ডিসচার্জ কার্ভ প্রায় হরিজন্টাল হয়ে আসে।



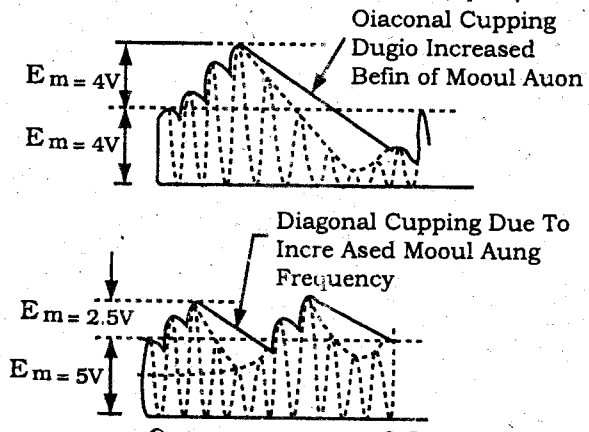
চিত্র-৬.৩ : এনভেলপ ডিটেক্টরের মূল সার্কিট ডায়াগ্রাম

মডুলেটিং ভোল্টেজের নেগেটিভ হাফ সাইকেলের সময় মডুলেশন এনভেলপের পরিমান কমে যাওয়ার হার যদি RC এর আড়াআড়ি ভোল্টেজ কমে যাওয়ার চেয়ে দ্রুত হয় তবে আউটপুট এনভেলপ আকৃতির হয় না। এই ধরনের ডিসটোরশনকে ডায়াগোনাল ক্লিপিং বলে।



চিত্র-৬.৪ : ডায়াগোনাল ক্লিপিং

অনেক সময় ডিটেকটরের টাইম কন্সট্যান্ট RC কে সঠিক মানের গ্রহণ করার পরও ডায়াগোনাল ক্লিপিং হতে পারে। ট্রান্সমিটারে মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সির মান বৃদ্ধি পেলে ডায়াগোনাল ক্লিপিং ঘটে যা চিত্র (খ) তে দেখানো হয়েছে। এই সময় মডুলেশন এনভেলপে একটি slope উৎপন্ন হয় যা মডুলেটিং সিগনালের নেগেটিভ হাফ সাইকেলে কাপাসিটরের ডিসচার্জের সময় যে Slope উৎপন্ন হয় তার চেয়েও বেশি হয়। আবার depth of modulation বৃদ্ধি পেলেও মডুলেশন এনভেলপে steeper slope উৎপন্ন হয়। ফলেও ডায়াগোনাল ক্লিপিং হয়। সুতরাং RC টাইম কন্সট্যান্ট নির্বাচনের ক্ষেত্রে depth of modulation, সর্বোচ্চ মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সিকে বিবেচনায় আনতে হয়।



চিত্র-৬.৫ : ডায়াগোনাল ক্লিপিং

RC টাইম কন্সট্যান্টের জন্য ডায়াগোনাল ক্লিপিংয়ের ইম্পেরিক্যাল ফরমুলা।
(Emperical Formula of Diagonal Clipping for RC Time Constant)

মনে করা যাক RC-এর আড়ে নন-কনডাক্টিং পিরিয়ডের যে কোন সময় T তে ভোল্টেজ v_c

অতএব, v_c

$$= V_o e^{-t/RC} \text{ -------(৭.১)}$$

সমীকরণ ৭.১ কে t-এর সাপেক্ষে ডিফারেনসিয়েট করে RC-এর আড়ে ভোল্টেজ কমে যাওয়ার হার বের করা যায়।

$$-\frac{dJ_c}{dt}$$

$$= \frac{V_O}{CR} \cdot e^{-t/RC}$$

$$= \frac{V_c}{CR} \text{ ------- (৭.২)}$$

যাতে কোন ডিসটোরশন না হয় তার জন্য ক্যাপাসিটরের আড়ে এর ভোল্টেজের ওয়েভ মডুলেশন ওয়েভের মত হতে হবে। যদি একটি ফ্রিকুয়েন্সির Sinusoida! মডুলেটিং সিগনাল ধরা হয় তবে ভোল্টেজ

$v_c = KE_c (1 + m_a \sin \omega_m t)$ ------ (৭.৩)

যেখানে K হল ডিটেক্টর ডায়োডের ইফিসিয়েন্সি।

$\therefore -\frac{dJ_c}{dt} = -KE_c \omega_m m_a . \cos \omega_m t$ ----৭.৪

প্রকৃতপক্ষে ক্যাপাসিটর ভোল্টেজ কমে যাওয়ার হার

$-\left(\frac{dJ_c}{dt}\right)$-এর মান (৭.৪)-এর মানের চেয়ে বড় হতে হবে।

অর্থাৎ $-\frac{dJ_c}{dt} \varepsilon - K. E_c m_a \omega_m \cos \omega_m t$

বা, $\frac{v_c}{CR} \quad \varepsilon - K. E_c m_a \omega_m \cos \omega_m t$

৭.৩ নং সমীকরণ হতে v_c-এর মান বসিয়ে পাই

$\frac{KE_c (1 + m_a \sin \omega_m t)}{RC} \quad \varepsilon - K. E_c \omega_m m_a \cos \omega_m t$

$CR \leq \frac{(1 + m_a \sin \omega_m t)}{\cos \omega_m t}$

CR-এর সর্বনিম্ন মান কত হবে তা ডান পক্ষকে ডিফারেন্সিয়েট করেও ঐ মানকে শূন্যের সমান ধরে পাওয়া যায়। এই মান হবে

$\sin \omega_m t = -m_a$

এবং $\cos \omega_m t = \sqrt{1 - m^2_a}$

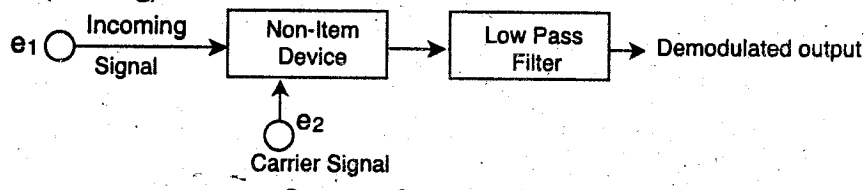
অতএব, $CR \leq \frac{\sqrt{1 + m_a}}{m_a . \omega_m^2}$

এটি হলো সন্তোষজনক CR বের করার সাধারণ সমীকরণ। এটি হতে দেখা যায় যে সর্বোচ্চ ফ্রিকোয়েন্সি 5 KH_z এবং মড্যুলেশনের শতকরা হার 30% হতে 40% হলে সর্বনিম্ন পরিমাণ ডিসটোরশন ঘটে।

৬.৩ সিনক্রোনাস ডিটেক্টর এবং PLL

(Understand the Synchronous Detector and PLL)

Synchronous detector হচ্ছে এমন একটি পদ্ধতি, যেখানে Modulated Signal Carrier Wave এর সাথে একটি Non-Linear Device-এর মধ্যে এমনভাবে মিশ্রিত হয় যে, output যোগফল এবং বিয়োগফল রূপে Frequency Component-গুলো পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে আগত Signal-টি সচরাচর ত্রুটি DSB/SC অথবা SSB/SC Signal হয়ে থাকে। Modulating Signal পাওয়ার জন্য এই Signal-কে Carrier-এর সাথে বীটিং (Beating) করতে দেওয়া হয়।



চিত্র-৬.৬ : সিনক্রোনাস ডিটেক্টর

DSB/SS Signal-এর ক্ষেত্রে বিবেচনা করলে Signal Input হবে-

$e_1 = m_a E \sin\omega_c t . \sin\omega_c t$

এবং $e_2 = E \sin\omega_c t$

Multiplying Device হিসেবে কার্যরত Non-Linear Device-টির Output,

$e_1 = e_1 e_2 = m_a E_c E \sin\omega_m t \sin^2\omega_c t$

বা, $e = \frac{E_m.E}{2} \sin\omega_m t\ (1 - \cos 2\omega_c t)$ $(\because Ma = \frac{E_m}{Er})$

$= \frac{E_m E}{2} (\sin\omega_m t - \sin\omega_m t + \cos 2\omega_c t)$

Low Pass Filter প্রথম Component-টিকে পাস করবে এবং দ্বিতীয় Compount-টিকে হ্রাস করবে। যদি আগত Signal-টি একটি SSB/S_c Signal হয়, তবে

$e_1 = \frac{m_a E_c}{2}. \cos(\omega_c - \omega_m) t$

output, $e_o = e_1 e_2 = \frac{m_a E_c E}{2} \sin\omega_c t. \cos(\omega_c - \omega_m) t$

$= \frac{m_a E_c E}{4} [\sin\omega_m t. + \sin(2\omega_c - \omega_m) t]$

আউটপুটের প্রথম পদটি হচ্ছে মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সি সিগনাল, যা আউটপুটে পাওয়া যাবে। দ্বিতীয় কম্পোনেন্টটি হচ্ছে RF কম্পোনেন্ট এবং এটি ফিল্টার কর্তৃক হ্রাস পাবে বা বাধা পাবে। এভাবে সিনক্রোনাস ডিটেকটরটি DSB/SSB সিগনাল অথবা SSB/SC সিগনালসমূহ ডিমডুলেট করতে সক্ষম। কিন্তু সিনক্রোনাস ডিটেকটরটি কেবল তখনি কার্যকরী হবে, যখন স্থানীয়ভাবে উৎপন্ন ক্যারিয়ারটি সঠিকভাবে ট্রান্সমিটার ক্যারিয়ারের সাথে সিনক্রোনাইজড হবে। স্থানীয়ভাবে উৎপন্ন ক্যারিয়ারের মধ্যে ফেজ অথবা ফ্রিকুয়েন্সির কোনরূপ বিচ্যুতি, ডিলে অথবা ফেজ ডিস্টোরশন উৎপন্ন করবে।

এ সকল ডিস্টোরশন এড়ানোর জন্য এবং প্রকৃত সিনক্রোনাইজেশন নিশ্চিত করার জন্য স্বাভাবিক ক্যারিয়ার স্তরের নিম্নে প্রায় 26 dbs লেভেলের একটি পাইলট ক্যারিয়ার ট্রান্সমিট করা হয়। রিসিভারে এই ক্যারিয়ারকে পৃথক করা হয় এবং লোকাল ক্যারিয়ারকে সিনক্রোনাইজ করতে ব্যবহৃত হয়। কখনো কখনো রিসিভারে একটি ফেজ লক্‌ড লুপ (PLL) ব্যবাহর করে লোকাল ক্যারিয়ারের ফেজ পার্থক কে শূন্যতে আনা হয়। অন্যভাবে, পাইলট ক্যারিয়ারকে বিবর্ধন করা হয় এবং লোকাল ক্যারিয়ার হিসেবে SSB-SC সিগন্যালের সাথে মিশ্রিত করা হয়।

PLL (Phase Locked Loop-PLL) :

ফেজ লকড লুপ হলো একটি কন্ট্রোল সিস্টেম, যা এমন একটি সিগনাল উৎপন্ন করে, যেটি একটি reference সিগন্যালের ফেজের সাথে নির্দিষ্ট সম্পর্কে থাকে। একটি ফেজ লকড্ লুপ সার্কিট ইনপুট সিগনালসমূহের ফ্রিকুয়েন্সি এবং ফেজ উভয়ের সাথে রেসপন্ড করে এবং রেফারেন্সের ফ্রিকুয়েন্সি ও ফেজ উভয়ের সাথে ম্যাচ করা পর্যন্ত একটি কন্ট্রোলড অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সিকে স্বয়ংক্রিয়ভাবে বাড়ায় অথবা কমায়। নেগেটিভ ফিডব্যাক ব্যবহৃত একটি কন্ট্রোল সিস্টেমের উদাহরণ হলো এই ফেজ লকড্ লুপ বা PLL।

রেডিও, টেলিকমিউনিকেশন, কম্পিউটার এবং অন্যান্য ইলেকট্রনিক প্রয়োগে এই ফেজ লকড্ লুপগুলো ব্যাপক ব্যবহৃত হয়। এই সার্কিট স্থিতিশীল ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করতে পারে, একটি নয়েজি কমিউনিকেশন চ্যানেল থেকে সিগনাল উদ্ধার করতে পারে এবং মাইক্রোপ্রসেসরের মত ডিজিটাল লজিক ডিজাইনগুলোতে ক্লক টাইমিং পালস বণ্টন করে। যেহেতু একটি একক IC সম্পূর্ণ একটি ফেজ লক্‌ড লুপ প্রদান করতে পারে সেহেতু এই কৌশল প্রতি সেকেন্ডে এক সাইকেলের ভগ্নাংশ থেকে শুরু করে বহু গিগাহার্টজ পর্যন্ত আউটপুট ফ্রিকুয়েন্সি সহকারে আধুনিক ইলেকট্রনিক ডিভাইসগুলোতে ব্যাপক ব্যবহৃত হয়।

৬.৪ ব্লক ডায়াগ্রাম সহকারে PLL-এর মূলনীতি ব্যাখ্যা (Explain the Basic Principle of PLL with Block Diagram)

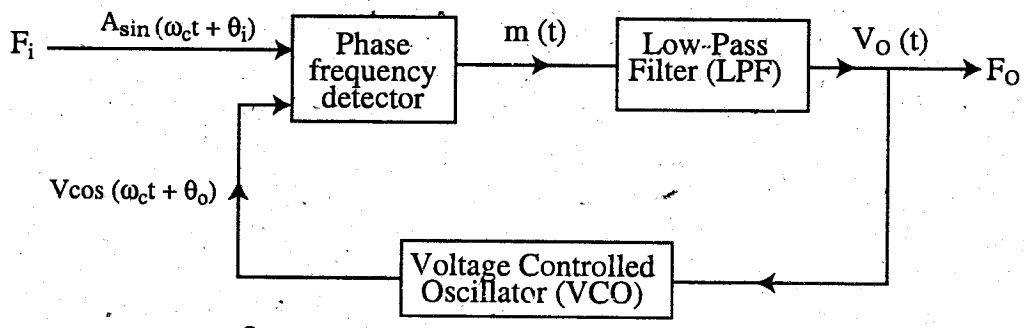
ফেজ লক্‌ড লুপ (PLL) অ্যানালগ ও ডিজিটাল উভয় সার্কিটে ব্যবহৃত হয় এবং উভয় ক্ষেত্রে একই মৌলিক গঠন থাকে। অ্যানালগ এবং ডিজিটাল উভয় PLL সার্কিটের তিনটি মৌলিক এলিমেন্ট থাকে, যেমন–

(১) একটি ফেজ ডিটেক্টর

(২) একটি ভ্যারিয়েবল ইলেকট্রনিক অসিলেটর, এবং

(৩) একটি ফিডব্যাক পথ (যেখানে প্রায়ই একটি ফ্রিকুয়েন্সি ডিভাইডার অন্তর্ভুক্ত থাকে)।

PLL সার্কিট দুটি সিগনাল এর ফ্রিকুয়েন্সিকে তুলনা করে এবং ইনপুট ফ্রিকুয়েন্সির পার্থক্যের সমানুপাতে একটি এরর সিগনাল উৎপন্ন করে। এরপর এরর সিগনালকে লো-পাস ফিল্টারের মধ্য দিয়ে পাস করানো হয় এবং একটি Voltage Controlled Oscillator (VCO)-কে ড্রাইভ করার জন্য ব্যবহার করা হয়, যা একটি আউটপুট ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করে। এ আউটপুট ফ্রিকুয়েন্সিকে একটি ফ্রিকুয়েন্সি ডিভাইডারের মাধ্যমে সিস্টেমের ইনপুটে চালনা করা হয়, যা নেগেটিভ ফিডব্যাক লুপ গঠন করে। নিচের চিত্রে একটি ফেজ লক্‌ড লুপের ব্লক ডায়াগ্রাম দেখানো হলো–



চিত্র-৬.৭ : Phase-Locked loop block diagram

যদি আউটপুট ফ্রিকুয়েন্সি ড্রিফ্‌ট করে, তবে এরর সিগনাল বাড়বে এবং এরর কমানোর জন্য VCO ফ্রিকুয়েন্সিকে বিপরীত দিকে পরিচালনা করবে। এভাবে অন্য ইনপুটের ফ্রিকুয়েন্সির সাথে আউটপুটটি লক্‌ড হয়। এ ইনপুটকে বলা হয় 'রেফারেন্স' এবং প্রায়ই একটি কৃস্টাল অসিলেটর হতে এটি উৎপন্ন হয়, যা ফ্রিকুয়েন্সিতে খুবই স্টেবল থাকে।

অ্যানালগ ফেজ লক্‌ড লুপগুলো সাধারণত একটি ফেজ ডিটেক্টর, লো-পাস ফিল্টার এবং একটি VCO নিয়ে গঠিত হয় এবং এগুলোকে নেগেটিভ ফিডব্যাক ক্লোজড লুপ কনফিগারেশনে স্থাপন করা হয়। PLL-এর আউটপুট সিগনাল ফ্রিকুয়েন্সিকে রেফারেন্সের একটি অখন্ড গুণিতক হিসেবে পাওয়ার জন্য ফিডব্যাক পথে একটি ফ্রিকুয়েন্সি ডিভাইডার থাকতে পারে। অসিলেটরটি একটি পিরিওডিক সিগনাল উৎপন্ন করে। ধরা যাক, শুরুতেই অসিলেটর ফ্রিকুয়েন্সি রেফারেন্স সিগনাল ফ্রিকুয়েন্সির প্রায় নিকটেই আছে। এরপর যদি অসিলেটরটির ফেজ, রেফারেন্সের পিছনে পড়ে যায়, তবে ফেজ ডিটেক্টরটি অসিলেটরের কন্ট্রোল ভোল্টেজকে এমনভাবে পরিবর্তন করে যাতে সেটি ত্বরান্বিত (Speed up) হয়। একইভাবে যদি ফেজ, রেফারেন্স হতে এগিয়ে থাকে, তাহলে ফেজ ডিটেক্টরটি অসিলেটরটিকে মন্থর (Slow down) করার জন্য কন্ট্রোল ভোল্টেজকে পরিবর্তন করে। একটি Low-pass filter কন্ট্রোল ভোল্টেজের মধ্যে আকস্মিক পরিবর্তনকে মসৃণ করে।

ফেজ ডিটেক্টর (PD)-এর ইনপুটদ্বয় হল রেফারেন্স ইনপুট (F_i) এবং VCO হতে প্রাপ্ত ফিডব্যাক PD-এর আউটপুট VCO-কে এমনভাবে নিয়ন্ত্রণ করে যে, দুটি ইনপুটের মধ্যে ফেজ পার্থক্য ধ্রুব থাকে। ফেজ ডিটেক্টরটি হল একটি আদর্শ ফ্রিকুয়েন্সি মিক্সার। এ ডিভাইসটি এমন একটি আউটপুট উৎপন্ন করে, যা দুটি তাৎক্ষণিক ইনপুট ভোল্টেজের গুণফলের সমান হয়। এ গুণন প্রক্রিয়াটি মিক্সারের চিরায়ত যোগফল এবং বিয়োগফল ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করে। কিন্তু যখন ফেজ ডিটেক্টর হিসাবে ব্যবহৃত হয় তখন যোগফল ফ্রিকুয়েন্সিকে অ্যাটুনিয়েট করার জন্য লো-পাস ফিল্টারের দরকার হয়। যখন অবশিষ্ট পার্থক্য ফ্রিকুয়েন্সি যথেষ্ট হ্রাস পেয়ে উপযুক্ত অ্যামপ্লিচিউড সহকারে ফিল্টারের মধ্য দিয়ে পাস হয় তখন এটা VCO ফ্রিকুয়েন্সিকে রেফারেন্স ফ্রিকুয়েন্সির অতি নিকটে নিয়ে আসে এবং একটি Transient period পরে লক হওয়ার জন্য লুপকে সহায়তা করে। এ পদ্ধতিকে বলা হয় "Capture" এবং সর্বোচ্চ Frequency separation (রেফারেন্স ইনপুট এবং VCO এর মধ্যে), যা Lock-এ সহায়তা করে, তাকে বলা হয় 'Capture range'। যখন VCO টি রেফারেন্সের মত একই ফ্রিকুয়েন্সিতে অবস্থান করে এবং কেবলমাত্র কোন পরিমাণ ফেজে পার্থক্য থাকে তখন লুপটিকে বলা হয় "Locked'।

যখন লুপটি লকড হয় তখনও যোগফল (Sum) ও বিয়োগফল (Difference) উপস্থিত তাকে। কিন্তু যোগফল ফ্রিকুয়েন্সি রেফারেন্সের দ্বিগুণ হয়। পার্থক্য ফ্রিকুয়েন্সি, যা যোগফল ফ্রিকুয়েন্সি মানের গড় হিসাবে উপস্থিত হয় এবং ফিল্টারের পরে DC কম্পোনেন্টে পরিণত হয়। এই DC কম্পোনেন্ট ফেজ পার্থক্যের (Cosine-এর) সাথে সমানুপাতিক হয়। এটি তারপর VCO ফ্রিকুয়েন্সি সেট করে।

এ প্রকার সার্কিটে যখন লক হয় তখন ইনপুটে ফেজ পার্থক্য হয় প্রায় 90°, তবে প্রকৃত মান লুপ গেইন দ্বারা নির্ধারিত হয়। যদিও 90° তে আনার জন্য একটি অতিরিক্ত ইন্টিগ্রেশন যোগ করা যেতে পারে, কিন্তু সাধারণ লুপের ক্ষেত্রে এটা কদাচিৎ ব্যবহৃত হয়।

লুপের Capture range, lock time এবং Transient performance নির্ধারণের ক্ষেত্রে লো-পাস ফিল্টারের ফেজ এবং অ্যামপ্লিচিউড বৈশিষ্ট্য প্রধান ফ্যাক্টর হিসেবে কাজ করে।

সাধারণত VCO-এর জন্য ভ্যারিয়েবল ক্যাপাসিট্যান্স ভ্যারাক্টর ডায়োড ব্যবহার করা হয় এবং রেফারেন্স ফ্রিকুয়েন্সির জন্য Crystal Oscillator ব্যবহার করা হয়।

সমীকরণ : PLL কিভাবে ইনকামিং সিগন্যালের ফেজ অ্যাঙ্গেল ও ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তন করে, তা নিচে সমীকরণের মাধ্যমে দেখানো হলো–

মনে করি, PLL-এর ইনপুট = $A \sin(\omega_c t + \theta_i)$

VCO এর আউটপুট = $V \cos(\omega_c t + \theta_o)$

তাহলে ফেজ ডিটেক্টরের আউটপুট, গুণফল হিসেবে পাওয়া যায়,

$$m(t) = AV \sin(\omega_c t + \theta_i).\cos(\omega_c t + \theta_o)$$

$$= \frac{AV}{2}[\sin(\theta_i - \theta_o) + \sin(2\omega_c t + \theta_i + \theta_o)] \ldots\ldots\ldots\ldots(i)$$

এটি লো-পাস ফিল্টারের মধ্য দিয়ে পাস হয় এবং আউটপুট সিগনাল $V_o(t)$ উৎপন্ন করে। (i) নং সমীকরণের শেষ পদটি একটি হাই ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট টার্ম। তাই এটি ন্যারো ব্যান্ড লো পাস ফিল্টারের মাধ্যমে সাপ্রেসড হয়ে যায়। ফলে আউটপুট সিগনাল,

$$V_o(t) = \frac{AV}{2}\sin\theta_c \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(ii)$$

যেখানে, $\theta_c = (\theta_i - \theta_o)$ হলো ফেজ এরর।

PLL-এর ব্যবহার : রেডিও, টেলিকমিউনিকেশন, কম্পিউটার এবং অন্যান্য ইলেকট্রনিক প্রয়োগে Phase locked loop-এর ব্যাপক ব্যবহার দেখা যায়। নিম্নে PLL-এর কতিপয় ব্যবহার উল্লেখ করা হলো–

(১) সিনক্রোনাইজেশন পারপাসে PLL-এর ব্যাপক ব্যবহার দেখা যায়। Coherent carrier tracking এবং Threshold extension, বিট সিনক্রোনাইজেশন, এবং সিম্বল সিংক্রোনাইজেশনের জন্য স্পেস কমিউনিকেশনে PLL ব্যবহৃত হয়।

(২) ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড সিগনালসমূহকে ডিমডুলেট করার কাজে PLL ব্যবহৃত হয়।

(৩) রেডিও ট্রান্সমিটারে নতুন ফ্রিকুয়েন্সি Synthesize করার কাজে PLL ব্যবহার হয়।

(৪) ফ্রিকুয়েন্সি সিনথেসাইজার, মাল্টিপ্লেক্সার এবং বিভিন্ন প্রকার সিগনাল প্রসেসরগুলোতে এর ব্যবহার দেখা যায়।

(৫) ইনকামিং সিগন্যালের ক্যারিয়ার কম্পোনেন্টের ফেজ ও ফ্রিকুয়েন্সিকে পরিবর্তন করার জন্য এটি ব্যবহৃত হয়।

(৬) সাপ্রেসড ক্যারিয়ার অথবা খুব অল্প ক্যারিয়ার AM সিগনালকে সিনক্রোনাস ডিমডুলেশন করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

অনুশীলনী-৬

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **ডায়াগোনাল ক্লিপিং (Diagonal Clipping) বলতে কী বুঝ?** *[বাকাশিবো : '৯৭, '৯৯, '০০, '০৮, '১০, '১২(৫ম), '১৪R]*

উত্তর : মডুলেটেড ওয়েভের Envelope-এর পরিবর্তনের হার R–C সার্কিটের ডিসচার্জ হারের তুলনায় বেশি হলে Envelope detector-এর আউটপুট বিকৃত হয়ে যায় এবং এ আউটপুট থেকে সিগনাল ওয়েভ উদ্ধার করা যায় না। আউটপুটের এ ধরনের বিকৃতিকে diagonal clipping বলে।

২। **পাইলট ক্যারিয়ার কী?** *[বাকাশিবো : '১৪R]*

উত্তর : সিনক্রোনাস ডিটেকশন পদ্ধতিতে স্থানীয়ভাবে উৎপন্ন ক্যারিয়ারের মধ্যে ফেজ অথবা ফ্রিকুয়েন্সির কোনরূপ বিচ্যুতি হলে ডিলে অথবা ফেজ ডিস্টরশন উৎপন্ন হয়। এ সকল ডিস্টরশন এড়ানোর জন্য এবং প্রকৃত সিনক্রোনাইজেশন নিশ্চিত করার জন্য স্বাভাবিক ক্যারিয়ার মানের নিম্নে প্রায় 26 d Bs লেভেলের একটি ক্যারিয়ার ট্রান্সমিটার থেকে প্রেরণ করা হয়। এ ক্যারিয়ারকে পাইলট ক্যারিয়ার বলা হয়। রিসিভারে এই ক্যারিয়ারকে পৃথক করা হয় এবং লোকাল ক্যারিয়ারকে সিনক্রোনাইজ করতে ব্যবহার করা হয়।

৩। **সিনক্রোনাস ডিটেকশন কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '১২(৪র্থ)]*

উত্তর : সিনক্রোনাস ডিটেকশন হলো এমন একটি পদ্ধতি, যেখানে মডুলেটেড সিগনাল ক্যারিয়ার ওয়েভের সাথে একটি নন-লিনিয়ার ডিভাইসের মধ্যে এমনভাবে মিশ্রিত হয় যে, আউটপুটে যোগফল এবং বিয়োগফলরূপে ফ্রিকুয়েন্সি কম্পোনেন্টগুলো পাওয়া যায়। মডুলেটেড ওয়েভ থেকে মডুলেটিং সিগনাল পাওয়ার জন্য মডুলেটেড ওয়েভকে স্থানীয়ভাবে উৎপন্ন ক্যারিয়ার অথবা পাইলট ক্যারিয়ারের সাথে বিটিং করতে দেয়া হয়।

৪। **এনভেলপ ডিটেকটর কোথায় ব্যবহৃত হয়?** *[বাকাশিবো : '১২(৫ম)]*

উত্তর : মানুষের কণ্ঠস্বর, মিউজিক ও ভিডিও সিগনালের ক্ষেত্রে AM/DSB বা VSB সিস্টেমে এনভেলপ ডিটেকশন ব্যবহৃত হয়।

৫। **ডিমডুলেশন কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '০০, '০৯, '১১R]*

উত্তর : মডুলেটেড ওয়েভ হতে মডুলেটিং সিগনালকে পৃথক করার পদ্ধতিকেই ডিমডুলেশন বলে।

৬। **ডিটেকশন কী?** *[বাকাশিবো : '০২]*

উত্তর : সিগনালকে ক্যারিয়ার ওয়েভ থেকে আলাদা করা।

৭। **AVC-এর অর্থ কী?**

উত্তর : Automatic Volume control.

৮। **AGC-এর অর্থ কী?**

উত্তর : AGC-এর অর্থ Automatic Again Control.

৯। **Demodulation বা Detection কোথায় করা হয়?**

উত্তর : Radio Receiver-এ।

১০। **কোন ধরনের Modulation-এ noise কম হয়?**

উত্তর : Frequency Modulation-এ।

১১। **মডুলেশন কোথায় করা হয়?**

উত্তর : Transmitter-এ।

১২। **Diagonal Clipping কী?**

উত্তর : এটি এক প্রকার Distortion.

১৩। **কীভাবে ডায়াগোনাল ক্লিপিং কমানো যায়?**

উত্তর : সঠিক মানের Resistor ও ক্যাপাসিটর ব্যবহার করে।

১৪। **Diagonal Clipping-এর ক্ষেত্রে Time Constant-এর মান কত?**

উত্তর : $\frac{1}{RC} \geq \omega_m \frac{m_a}{\sqrt{1 - m_a^2}}$

১৫। AM ডিটেক্টর কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর : AM ডিটেক্টর মূলত দুই প্রকার, যথা– (১) লিনিয়ার ডিটেক্টর ও (২) নন-লিনিয়ার ডিটেক্টর।

১৬। নন-লিনিয়ার ডিভাইসগুলো কী কী?

উত্তর : Diode, Transistor ইত্যাদি।

১৭। ফেজ লক্‌ড লুপ কী?

উত্তর : ফেজ লক্‌ড লুপ বা PLL হলো এমন একটি সিস্টেম, যার মূল লক্ষ্য হলো একটি VCO-এর আউটপুটের তাৎক্ষণিক অ্যাঙ্গেলকে (ফেজ এবং ফ্রিকুয়েন্সি) একটি বাহ্যিক ব্যান্ডপাস সিগন্যালের (যার কোনো এক প্রকারের CW মডুলেশন আছে) তাৎক্ষণিক অ্যাঙ্গেলের সাথে লক বা সিনক্রোনাইজ করা।

১৮। PLL-এর পূর্ণনাম কী?

উত্তর : PLL-এর পূর্ণনাম হলো Phase Locked Loop.

১৯। VCO-এর পূর্ণনাম কী?

উত্তর : VCO-এর পূর্ণনাম হলো Voltage Controlled Oscillator.

২০। ডিমডুলেশন কোথায় করা হয়?

উত্তর : Radio Receiver-এ ডিমডুলেশন করা হয়।

২১। নন-লিনিয়ার ডিসটোরশন কাকে বলে?

উত্তর : ট্রান্সমিটিংয়ের সময় যে সিগনাল মডুলেটিং সিগনালে উপস্থিত ছিল না অথচ ডিমড্যুলেশনের পর প্রাপ্ত মডুলেটিং সিগনালে উপস্থিত থাকে সেই প্রকার ডিসটোরশনকে নন-লিনিয়ার ডিসটোরশন বলে।

২২। ফেজ ডিসটোরশন কাকে বলে?

উত্তর : ডিটেক্‌শনের পর প্রাপ্ত মডুলেটিং সিগনালে যদি ফেজের কোন পরিবর্তন পাওয়া যায়, তাকে ফেজ ডিসটোরশন বলে।

২৩। ডায়াগোনাল ক্লিপিং কীভাবে কমানো যায়?

উত্তর : সঠিক মানের রেজিস্ট্যান্স ও ক্যাপাসিট্যান্স ব্যবহার করে ডায়াগোনাল ক্লিপিং কমানো যায়।

২৪। ডিটেকশন কী?

উত্তর : Signal-কে Carrier Wave থেকে আলাদা করা।

২৫। কোন ধরনের Modulation-এ Noise কম হয়?

উত্তর : Frequency Modulation.

২৬। মডুলেশন এবং ডিমডুলেশন কোথায় ব্যবহার করা হয়?

উত্তর : মডুলেটেড সিগনাল থেকে ক্যারিয়ার সিগনালকে পৃথক করে মূল মডুলেটিং সিগনাল পুনরুদ্ধার করার প্রক্রিয়াকে ডিমডুলেশন বলা হয়। ডিমডুলেশন হল মডুলেশনের বিপরীত প্রক্রিয়া।

২৭। ডিমডুলেশন কাজে কোন ধরনের ডিভাইস ব্যবহার করা হয়?

উত্তর : ডিমডুলেশন কাজে নন-লিনিয়ার ডিভাইস যেমন-ডায়োড, ট্রানজিস্টর ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়।

২৮। ডিমডুলেটর বা ডিটেকটর কাকে বলে?

উত্তর : যে সার্কিট ব্যবস্থার মাধ্যমে ডিমডুলেশন বা ডিটেকশন কার্যাদি সম্পন্ন করা হয় তাকে ডিমডুলেটর বা ডিটেকটর বলা হয়।

২৯। অ্যামপ্লিচিউড ডিটেকটর কাকে বলে?

উত্তর : যে সার্কিট ব্যবস্থার মাধ্যমে অ্যামপ্লিচিউড ডিমডুলেশন বা অ্যামপ্লিচিউড ডিটেকশন কার্যাদি সম্পন্ন করা হয় তাকে অ্যামপ্লিচিউড ডিমডুলেটর বা অ্যামপ্লিচিউড ডিটেকটর বলা হয়।

৩০। অ্যামপ্লিচিউড ডিমডুলেশন কাকে বলে?

উত্তর : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড (AM) সিগনাল থেকে ক্যারিয়ার সিগনালকে পৃথক করে মূল মডুলেটিং সিগনাল পুনরুদ্ধার করার প্রক্রিয়াকে অ্যামিপ্লচ্যুড ডিমডুলেশন বা অ্যামপ্লিচিউড ডিটেকশন বলা হয়।

৩১। কোন্ ধরনের ডিটেকশন পদ্ধতি সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত হয়?

উত্তর : লিনিয়ার তথা এনভেলপ ডিটেকশন পদ্ধতিই সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত হয়। কারণ এনভেলপ ডিটেকশন পদ্ধতি অতি সহজ।

৩২। **সিনক্রোনাস ডিটেকশন পদ্ধতি কোথায় ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর : সিনক্রোনাস ডিটেকশন পদ্ধতি সঠিক ক্যারিয়ার সিনক্রোনাইজেশনের উপর নির্ভর করে বিধায় এর ব্যবহার জটিল। তাই এ পদ্ধতি DSB বা SSB সিস্টেমে সিনক্রোনাস ডিটেকশন ব্যবহৃত হয়।

৩৩। **এনভেলপ ডিটেকটর সার্কিটে RC টাইম কনস্ট্যান্ট গুরুত্বপূর্ণ কেন?**

উত্তর : এনভেলপ ডিটেকটর সার্কিটে RC টাইম কনস্ট্যান্ট একটি গুরুত্বপূর্ণ ফ্যাক্টর। তাই RC টাইম কনস্ট্যান্ট অতি গুরুত্ব সহকারে নির্বাচন করতে হবে। এর মান কম-বেশি হলে আউটপুটের মান এবং আকৃতি ভিন্ন হবে।

৩৪। **কি কি কারনে ক্লিপিং ডিস্টরশন হতে পারে?**

উত্তর : মডুলেটিং সিগন্যালের সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির মান এবং ডেপথ অব মডুলেশন এর কারণেও ক্লিপিং ডিস্টরশন হতে পারে।

৩৫। **RC টাইম কনস্ট্যান্ট এর মান নির্বাচনের ক্ষেত্রে কী কী বিষয়ে বিবেচনা করতে হয়?**

উত্তর : RC টাইম কনস্ট্যান্ট এর মান নির্বাচনের ক্ষেত্রে মডুলেটিং সিগন্যালের সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির মান এবং ডেপথ অব মডুলেশন বিবেচনা করতে হয়।

৩৬। **সর্বনিম্ন ডিস্টরশন পাওয়ার জন্য মডুলেশনের শতকরা হার কেমন হওয়া উচিৎ?**

উত্তর : ট্রান্সমিটিং স্টেশনের মডুলেশনের শতকরা হার 30% থেকে 40% হলে ডিটেকটেড আউটপুট সর্বনিম্ন ডিস্টরশন পাওয়া যাবে।

৩৭। **লিনিয়ার ডায়োড ডিটেকটর কী?**

উত্তর : লিনিয়ার ডায়োড ডিটেকটর মূলত একটি এনভেলপ ডিটেকটর যার ইনপুট সার্কিট ক্যাপাসিটির বিশিষ্ট একটি হাফ ওয়েভ রেকটিফায়ারের মত।

৩৮। **লিনিয়ার ডায়োড ডিটেকটরের সুবিধা কী?**

উত্তর : লিনিয়ার ডায়োড ডিটেকটরের সুবিধা–

(১) লিনিয়ার ডায়োড ডিটেকটরের সাহায্যে বেশি পরিমাণ ইনপুট ভোল্টেজকে অপারেট করা যায়।

(২) এটা অল্প পরিমাণ ডিস্টরশন থাকলেও তা রেকটিফাই করতে পারে ফলে লিনিয়ারিটি ভাল হয়।

(৩) এটা অটোমেটিক গেইন কন্ট্রোলের ক্ষেত্রেও সাহায্য করতে পারে।

৩৯। **লিনিয়ার ডায়োড ডিটেকটরের অসুবিধা কী?**

উত্তর : লিনিয়ার ডায়োড ডিটেকটরের অসুবিধা–

(১) রেকটিফাই করা সিগনালকে অ্যামপ্লিফাই করতে পারে না।

(২) ডায়োড কন্ডাকশনে গেলে এতে কিছুটা পাওয়ার লস হয়।

৪০। **সিনক্রোনাস ডিটেকশন কাকে বলে?**

উত্তর : সিনক্রোনাস ডিটেকশন এমন একটি পদ্ধতি যেখানে মডুলেটেড সিগনালকে ক্যারিয়ার সিগন্যালের সাথে একটি নন-লিনিয়ার ডিভাইসের মধ্যে এমনভাবে মিশ্রিত করা হয় যাতে ফ্রিকুয়েন্সি কম্পোন্যান্টসমূহের যোগফল ও বিয়োগফল হিসেবে আউটপুট পাওয়া যায়।

৪১। **সিনক্রোনাস ডিটেকটরে ইনকামিং সিগনাল কিভাবে পরিবর্তন হয়?**

উত্তর : ইনকামিং সিগনালটি সাধারণত একটি DSB-SC অথবা SSB-SC সিগনাল যার থেকে মডুলেটিং সিগনাল পাওয়ার জন্য ক্যারিয়ার সিগন্যালের সাথে beat করা হয়।

৪২। **সিনক্রোনাস ডিটেকটরের লোকাল অসিলেটরের কাজ কী?**

উত্তর : লোকাল অসিলেটরের সাহায্যে অথবা পাইলট ক্যারিয়ারকে অ্যামপ্লিফাই করে ক্যারিয়ার সিগনাল উৎপন্ন করা হয়।

৪৩। **সিনক্রোনাস ডিটেকটরে লোপাস ফিল্টারের কাজ কী?**

উত্তর : সিনক্রোনাস ডিটেকটরের আউটপুটকে একটি লো পাস ফিল্টারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করানো হয় যার পাসব্যান্ড হবে মডুলেটিং সিগন্যালের সর্বোচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির চেয়ে বেশি।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। পালস লক্‌ড লুপ-এর প্রয়োগ ক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর। *[বাকাশিবো : '১২(৪র্থ)]*

অথবা, PLL-এর ব্যবহার লেখ।

উত্তর : PLL-এর ব্যবহার :

(১) রেডিও, টেলিকমিউনিকেশন, কম্পিউটার এবং অন্যান্য ইলেকট্রনিক প্রয়োগে PLL ব্যবহৃত হয়।

(২) Coherent carrier tracking এবং Threshold extension, বিট সিনক্রোনাইজেশন এবং সিম্বল সিনক্রোনাইজেশনের জন্য স্পেস কমিউনিকেশনে PLL ব্যবহৃত হয়।

(৩) রেডিও ট্রান্সমিটারে নতুন ফ্রিকুয়েন্সি Synthesize করার কাজে PLL ব্যবহৃত হয়।

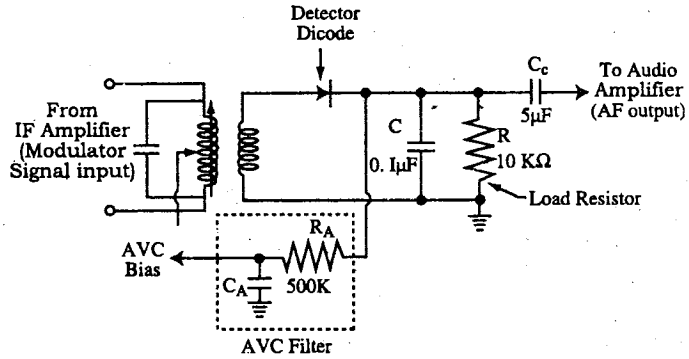
(৪) ফ্রিকুয়েন্সি সিনথেসাইজার মাল্টিপ্লেক্সার এবং বিভিন্ন প্রকার সিগনাল প্রসেসরগুলোতে এর ব্যবহার দেখা যায়।

(৫) ইনকামিং সিগন্যালের ক্যারিয়ার কম্পোনেন্টের ফেজ ও ফ্রিকুয়েন্সিকে পরিবর্তন করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

(৬) সাপ্রেসড ক্যারিয়ার অথবা খুব অল্প ক্যারিয়ার AM সিগনালকে সিনক্রোনাস ডিমডুলেশন করার জন্য ব্যবহৃত হয়।

২। একটি ব্যবহারিক লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টর সার্কিট অঙ্কন কর। *[বাকাশিবো : '৯৭, '৯৯, '১১R]*

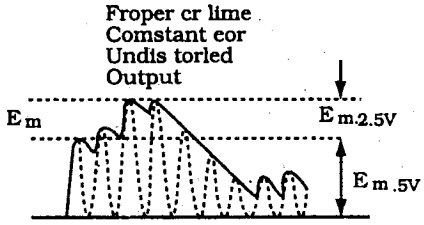
উত্তর : নিচের চিত্রে একটি ব্যবহারিক লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের চিত্র দেওয়া হলো–



চিত্র : Practical linear diode detector with capacitor filter and simple AVC

৩। একটি প্র্যাকটিক্যাল ডায়োড ডিটেক্টর অংকন কর। *[বাকাশিবো : '৯৭, '১১R]*

উত্তর : নিম্নে একটি প্র্যাকটিক্যাল ডায়োড ডিটেক্টর অংকন করা হলো :



৪। ডায়াগোনাল ক্লিপিং (Diagonal Clipping) বলতে কী বুঝ? *[বাকাশিবো : '৯৭, '৯৯, '০০, '০৮, '০৯, '১০R]*

উত্তর : মডুলেটেড ওয়েভের Envelope-এর পরিবর্তনের হার R–C সার্কিটের ডিসচার্জ হারের তুলনায় বেশি হলে Envelope detector-এর আউটপুট বিকৃত হয়ে যায় এবং এ আউটপুট থেকে সিগনাল ওয়েভ উদ্ধার করা যায় না। আউটপুটের এ ধরনের বিকৃতিকে diagonal clipping বলে।

৫। লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের সুবিধাগুলো লিখ।

উত্তর : এর নিম্নলিখিত সুবিধাগুলো রয়েছে :

(ক) এই ডিটেক্টর তুলনামূলকভাবে বেশি ইনপুট ভোল্টেজ অপারেট করতে পারে।

(খ) এটি লিনিয়ার অথবা পাওয়ার ডিটেক্টরের মতো কাজ করতে পারে।

(গ) এরা অল্প পরিমাণ ডিসটোরশনকে রেকটিফাই করতে পারে। ফলে ভালো লিনিয়ারিটি পাওয়া যায়।

(ঘ) অটোমেটিক গেইন কন্ট্রোলেও এটি ভূমিকা রাখতে পারে।

৬। **লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের অসুবিধাগুলো লিখ।**

উত্তর : লিনিয়ার ডায়োড এর অসুবিধাগুলো নিম্নরূপ :

(ক) রেকটিফাইকৃত সিগনালকে এটি অ্যামপ্লিফাই করতে পারে না।

(খ) ডায়োড যখন কন্ডাকশন করে, তখন এতে কিছু পাওয়ার লস হয়। ফলে টিউন্ড সার্কিটের Q-এর মান কমে যায়। ফলে গেইন ও সিলেক্টিভিটি কমে যায়।

৭। **Diagonal Clipping-এর কারণগুলো কী কী?**

উত্তর : মডুলেটেড ওয়েভের Envelop-এর পরিবর্তনের হার Time constant R–C সার্কিটের ডিসচার্জ হারের তুলনায় বেশি হলে Envelope detector-এর আউটপুট বিকৃত হয়ে যায় এবং এ আউটপুট থেকে সিগনাল ওয়েভ উদ্ধার করা যায় না। আউটপুটের এ ধরনের বিকৃতিকে Diagonal clipping বলে।

আবার ডিটেক্টরের Time constant-RC-কে সঠিক মানে অ্যাডজাস্ট করার পরও ডায়াগোনাল ক্লিপিং হতে পারে। যেমন–ট্রান্সমিটারে মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সির মান বৃদ্ধি পেলেও Diagonal clipping ঘটে।

অনেক সময় Depth of Modulation বৃদ্ধি পেলেও মডুলেশন এনভেলপে Steeper slope উৎপন্ন হয় এবং Diagonal Clipping ঘটে।

৮। **Diagonal Clipping রোধকল্পে কী কী ব্যবস্থা নেয়া যায়?**

উত্তর : Diagonal Clipping রোধ করার জন্য ডিটেক্টরের Time constant R–C-এর সর্বোচ্চ মান নিচের সম্পর্ক থেকে বের করতে হবে :

$$\frac{1}{RC} \geq \omega_m \frac{m_a}{\sqrt{1 - m_a^2}}$$

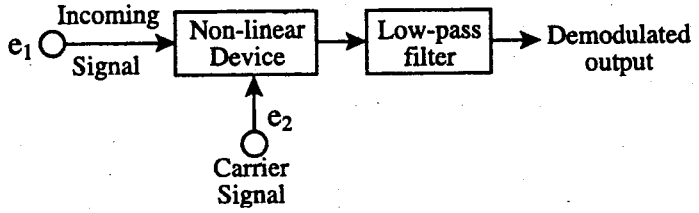
যেখানে, ω_m = Maximum modulating frequency permissible

m_a = Modulation index

কাজেই RC time constant নির্বাচনের ক্ষেত্রে Depth of Modulation ও সর্বোচ্চ মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সিকে বিবেচনায় আনতে হবে।

৯। **সিনক্রোনাস ডিটেকশনের মূলনীতি লেখ।**

উত্তর : সিনক্রোনাস ডিটেকশন হচ্ছে এমন একটি পদ্ধতি, যেখানে মডুলেটেড সিগনাল ক্যারিয়ার ওয়েভের সাথে একটি নন-লিনিয়ার ডিভাইসের মধ্যে এমনভাবে মিশ্রিত হয় যে, আউটপুটে যোগফল এবং বিয়োগফলরূপে ফ্রিকুয়েন্সি কম্পোনেন্টগুলো পাওয়া যায়। এক্ষেত্রে আগত সিগনালটি সচরাচর একটি DSB/SC অথবা SSB/SC সিগনাল হয়ে থাকে। মডুলেটিং সিগনাল পাওয়ার জন্য এই সিগনালকে ক্যারিয়ারের সাথে বিটিং (Beating) করতে দেওয়া হয়। একটি অসিলেটরের সাহায্যে ক্যারিয়ারকে স্থানীয়ভাবে উৎপন্ন করা যেতে পারে, অথবা পাইলট ক্যারিয়ারের (Pilot carrier) অ্যামপ্লিফিকেশনের দ্বারা পাওয়া যেতে পারে। সিনক্রোনাস ডিটেকটরের আউটপুটকে পাস ব্যান্ড সহযোগে একটি লো-পাস ফিল্টারের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত করানো হয়। নিচের চিত্রে একটি সিনক্রোনাস ডিটেকটরের ব্লকচিত্র দেখানো হয়েছে। তবে সিনক্রোনাস ডিটেক্টরটি কেবল তখনি কার্যকরী হয়, যখন স্থানীয়ভাবে উৎপন্ন ক্যারিয়ারটি সঠিকভাবে ট্রান্সমিটার ক্যারিয়ারের (পাইলট ক্যারিয়ার) সাথে সিনক্রোনাইজড হয়। এভাবে লো-পাস ফিল্টারের আউটপুটে ডিমডুলেটেড মডুলেটিং সিগনাল পাওয়া যায়।



চিত্র : Block diagram of a synchronous detector.

১০। **Diagonal Clipping রোধকল্পে কী কী ব্যবস্থা নেওয়া যায়?**

উত্তর : RC time Constant নির্বাচনের ক্ষেত্রে depth of modulation ও সর্বোচ্চ modulating frequency কে বিবেচনায় আনতে হয়।

১১। **ডিমডুলেশন বা ডিটেকশন বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : কোন সিগনালকে ট্রান্সমিটার থেকে দূরবর্তী স্থানে প্রেরণ করা হলে রিসিভার পর্যন্ত পৌছতে উক্ত সিগন্যালের শক্তি অনেকাংশে হ্রাস পায়। তাই উক্ত সিগনাল দিয়ে প্রয়োজনীয় কার্যাদি সম্পন্ন করা যায় না। তাই উক্ত মূল মডুলেটিং সিগনালকে হাই ফ্রিকুয়েন্সি ক্যারিয়ার সিগন্যালের সাথে মিশ্রিত (মডুলেশন) করে মডুলেটেড সিগনালকে ট্রান্সমিট করা হয়। কিন্তু মডুলেটেড সিগনাল দ্বারা কোন ডিভাইস পরিচালনা করা যায় না। তাই মডুলেটেড সিগনাল থেকে ক্যারিয়ার সিগনালকে পৃথক করে মূল মডুলেটিং সিগনাল পুনরুদ্ধার করে উক্ত সিগনাল দ্বারা ডিভাইস পরিচালনা করা হয়। এ পদ্ধতিকে ডিমডুলেশন বা ডিটেকশন বলা হয়। অর্থাৎ মডুলেটেড সিগনাল থেকে ক্যারিয়ার সিগনালকে পৃথক করে মূল মডুলেটিং সিগনাল পুনরুদ্ধার করার প্রক্রিয়াকে ডিমডুলেশন বলা হয়। ডিমডুলেশন হল মডুলেশনের বিপরীত প্রক্রিয়া। মডুলেশন করা হয় ট্রান্সমিটার প্রান্তে এবং ডিমডুলেশন করা হয় রিসিভার প্রান্তে। ডিমডুলেশন কাজে নন-লিনিয়ার ডিভাইস যেমন– ডায়োড, ট্রানজিস্টর ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। যে সার্কিট ব্যবস্থার ম্যাধমে ডিমডুলেশন বা ডিটেকশন কার্যাদি সম্পন্ন করা হয় তাকে ডিমডুলেটর বা ডিটেকটর বলা হয়।

১২। **AM ডিটেকশন কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর : AM ডিটেকশন মূলত দুই প্রকার। যথা–

(১) লিনিয়ার ডিটেকশন (Linear detection) এবং

(২) নন-লিনিয়ার ডিটেকশন (Non-linear detection)।

লিনিয়ার ডিটেকশন আবার দুই প্রকার। যথা–

(১) Non-coherent বা Envelope detection

(২) Coherent detection বা Synchronous detection.

রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

১। **চিত্রসহ একটি লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের কার্যপ্রণালি লিখ।** *[বাকাশিবো : '০৬, '১০, '১২(৪র্থ), '১২(৫ম), '১৩, '১৪, '১৪R]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। **একটি Practical Diode Detector-এর সার্কিট অঙ্কন করে সংক্ষেপে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '৯৮, '১১R]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **RC টাইম কনস্ট্যান্ট-এর জন্য Diagonal Clipping-এর Emptrical সূত্রটি প্রতিপাদন কর।** *[বাকাশিবো : '০৭]*

অথবা, ডায়াগোনাল ক্লিপিং-এর ক্ষেত্রে সঠিকমানের RC time constant বের করার সমীকরণ বের কর।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৬.২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **ডায়াগোনাল ক্লিপিং কী, চিত্র অঙ্কন করে বুঝিয়ে দাও।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৬.২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **একটি ব্যবহারিক ডায়োড ডিটেক্টর সার্কিট অঙ্কন করে সংক্ষেপে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **একটি সিনক্রোনাস ডিটেক্টরের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৬.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭। **ব্লক চিত্রসহ PLL-এর গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৬.৪ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায় ৭

এফএম ওয়েভের ডিমডুলেশন
(Understand the Demodulation of FM Wave)

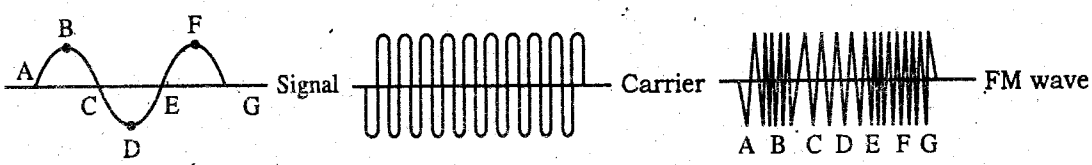
৭.০ ভূমিকা
(Introduction)

কোন সিগন্যালকে ট্রান্সমিটার থেকে দূরবর্তী স্থানে প্রেরন করা হলো রিসিভার পর্যন্ত পৌছতে উক্ত সিগন্যালের শক্তি অনেকাংশে হ্রাস পায়। তাই উক্ত সিগন্যাল দিয়ে প্রয়োজনীয় কার্যাদি সম্পন্ন করা যায় না। তাই উক্ত মূল মডুলেটিং সিগন্যালকে হাই ফ্রিকুয়েন্সি ক্যারিয়ার সিগন্যালের সাথে মিশ্রিত (মড্যুলেশন) করে মড্যুলেটেড সিগন্যালকে ট্রান্সমিট করা হয়। কিন্তু মড্যুলেটেড সিগন্যাল দ্বারা কোন ডিভাইস পরিচালনা করা যায় না। তাই মডুলেটেড সিগন্যাল থেকে ক্যারিয়ার সিগন্যালকে পৃথক করে মূল মড্যুলেটিং সিগন্যাল পুনরুদ্ধার করে উক্ত সিগন্যাল দ্বারা ডিভাইস পরিচালনা করা হয়। এ পদ্ধতিকে ডিমড্যুলেশন বা ডিটেকশন বলা হয়। অর্থাৎ মড্যুলেটেড সিগন্যাল থেকে ক্যারিয়ার সিগন্যালকে পৃথক করে মূল মডুলেটিং সিগন্যাল পুনরুদ্ধার করার প্রক্রিয়াকে ডিমড্যুলেশন বলা হয়। ডিমড্যুলেশন হলো মড্যুলেশনের বিপরীত প্রক্রিয়া। মড্যুলেশন করা হয় ট্রান্সমিটার প্রান্তে এবং ডিমড্যুলেশন করা হয় রিসিভার প্রান্তে। ডিমড্যুলেশন কাজে নন-লিনিয়ার ডিভাইস যেমন- ডায়ড, ট্রানজিস্টর ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। যে সার্কিট ব্যবস্থার মাধ্যমে ডিমড্যুলেশন বা ডিটেকশন কার্যাদি সম্পন্ন করা হয় তাকে ডিমড্যুলেটর বা ডিটেকটর বলা হয়। ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড (FM) সিগন্যাল থেকে ক্যারিয়ার সিগন্যালকে পৃথক করে মূল মডুলেটিং সিগন্যাল পুনরুদ্ধার করার প্রক্রিয়াকে ফ্রিকুয়েন্সি ডিমড্যুলেশন বা ফ্রিকুয়েন্সি ডিটেকশন বলা হয়। আর যে সার্কিট ব্যবস্থার মাধ্যমে ফ্রিকুয়েন্সি ডিমড্যুলেশন বা ফ্রিকুয়েন্সি ডিটেকশন কার্যাদি সম্পন্ন করা হয় তাকে ফ্রিকুয়েন্সি ডিমড্যুলেটর বা ফ্রিকুয়েন্সি ডিটেকটর বলা হয়।

৭.১ FM ওয়েভ-এর ডিটেকশনের মূলনীতি
(Explain the Basic Principle of Detection of FM Wave)

যখন সিগন্যালের ইনটেনসিটি অনুসারে ক্যারিয়ার ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তিত হয়, তখন একে বলা হয় ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন। ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনে ক্যারিয়ার ওয়েভের কেবলমাত্র ফ্রিকুয়েন্সি সিগন্যাল অনুসারে পরিবর্তন হয়। কিন্তু মডুলেটেড ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড একই থাকে। ক্যারিয়ার ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তনশীলতা সিগন্যালের তাৎক্ষণিক অ্যামপ্লিচিউডের উপর নির্ভর করে। চিত্রে তা দেখানো হয়েছে। A, C, E এবং G-এর মতো স্থানে যখন সিগন্যাল ভোল্টেজ শূন্য হয়, তখন ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি অপরিবর্তিত থাকে। যখন সিগন্যাল-এর পজেটিভ পিকে (B এবং F) পৌছে, তখন ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধি পেয়ে সর্বোচ্চ হয়, যা চিত্র (iii)-এ কাছাকাছি স্পেসড সাইকেল দিয়ে দেখানো হয়েছে।

কিন্তু সিগন্যালের নেগেটিভ পিকগুলোর (D) সময় ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি হ্রাস পেয়ে ন্যূনতম হয়, যা চিত্রে প্রসারিত স্পেসড সাইকেল দ্বারা দেখানো হয়েছে। পুরো ব্যাপারটি নিচের চিত্রে তিনটি ধাপে দেখানো হয়েছে। যথা-



(i) Signal wave (ii) Carrier wave (iii) FM wave.

চিত্র-৭.১ : FM-wave-এর মূলনীতি

পূর্বেই বলা হয়েছে যে, Frequency Modulation wave থেকে সিগন্যালকে আলাদা করাকেই FM detection বলে। যেহেতু FM ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তনশীল নয়, তাই FM ডিমডুলেটরকে Frequency to amplitude changer-ও বলা হয়ে থাকে। FM ওয়েভকে ডিমডুলেটরের ইনপুটে স্থির অ্যামপ্লিচিউড বিশিষ্ট IF সিগন্যাল ইনপুট হিসেবে প্রদান করা হয়। এর আউটপুটে প্রথমে অ্যামপ্লিচিউড ও ফ্রিকুয়েন্সি উভয় প্রকার মডুলেশন সম্পন্ন সিগন্যাল পাওয়া যায়। পরবর্তীতে এই সিগন্যালকে আবার ডিটেক্টরে প্রদান করা হলে তা অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তনে সাড়া দেয় এবং ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তনের প্রতি কোনো সাড়া দেয় না। এ কারণে FM detector-এর আউটপুট ইনপুট ভোল্টেজের ফ্রিকুয়েন্সি ডিভাইয়েশনের উপর নির্ভর করে। Detector-কে কোনো কোনো সময় Discriminator-ও বলা হয়।

বিভিন্ন পদ্ধতিতে FM detection করা হয়ে থাকে।

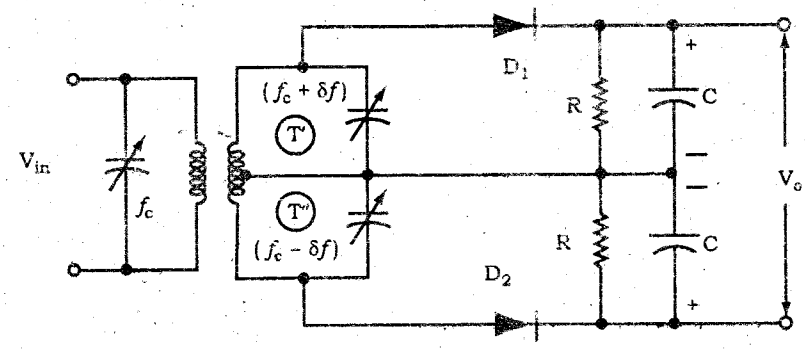
৭.২ এফএম ডিমডুলেশনের পদ্ধতি

List the Methods of FM Demodulation

ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড ওয়েভ থেকে ক্যারিয়ার সিগনালকে পৃথক করে মূল (মডুলেটিং) সিগনাল পৃথক করার পদ্ধতিকে ফ্রিকুয়েন্সি ডিমডুলেশন বলা হয়। আর যে ইলেকট্রনিক সার্কিট ব্যবস্থাপনার মাধ্যমে ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড ওয়েভ থেকে ক্যারিয়ার সিগনালকে পৃথক করে মূল (মডুলেটিং) সিগনাল পৃথক করা হয় তাকে ডিটেক্টর বা ডিমডুলেটর বা ডিসক্রিমিনেটর বলা হয়। FM সিস্টেম দু'টি অংশে কাজ সম্পাদন করে। প্রথমে এক বা একাধিক টিউন্ড সার্কিট ব্যবহার করে FM ওয়েভকে সমতুল্য AM ওয়েভে রূপান্তর করা হয়। তারপর উক্ত ওয়েভকে ডিটেক্টরের সাহায্যে মড্যুলেটিং ওয়েভে রূপান্তর করা হয়। এ কারণে FM ডিটেক্টরকে ফ্রিকুয়েন্সি টু অ্যামপ্লিচিউড চেঞ্জারও (Frequency to Amplitiude Changer) বলা হয়। নিম্নে বিভিন্ন প্রকার FM ডিটেক্টরের নাম উল্লেখ করা হলো–

(১) স্লোপ ডিটেক্টর (Slope Detector)
(২) ব্যালেন্সড স্লোপ ডিটেক্টর (Balanced Slope Detector)
(৩) রেশিও ডিটেক্টর (Ratio Detector)
(৪) ব্যালেন্সড রেশিও ডিটেক্টর (Balanced Ratio Detector)
(৫) কোয়াড্রেচার ডিটেক্টর (Quadrature Detector)
(৬) ফোস্টার শেলী ডিটেক্টর (Foster-Seeley Detector)

৭.২.১ ব্যালেন্সড স্লোপ ডিটেক্টর : ব্যালেন্সড স্লোপ ডিটেক্টর দু'টি স্লোপ ডিটেক্টর সমন্বয়ে গঠিত যাদেরকে একটি সেন্টার টেপ ট্রান্সফর্মারের বিপরীত প্রান্তগুলোতে ব্যাক টু ব্যাক সংযোগ করা হয়। ফলে এদের ইনপুট 180° আউট অব ফেজে থাকে। উভয় স্লোপ ডিটেক্টরকে একই মানের ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশনের জন্য টিউন্ড করা হয়। প্রতিটি টিউন্ড সার্কিটকে একটি করে ডায়োড ডিটেক্টরের সাথে সংযুক্ত করা হয়েছে। আবার দু'টি ডায়োড ডিটেক্টরের লোডকে সিরিজে সংযোগ করে এই সিরিজ কম্বিনেশন থেকে আউটপুট নেয়া হয়। ফলে দু'টি ডায়োড ডিটেক্টরের আউটপুটের যোগফলই ব্যালেন্সড স্লোপ ডিটেক্টরের আউটপুট হিসেবে পাওয়া যায়। নিম্নের চিত্রে ব্যালেন্সড স্লোপ ডিটেক্টরের সার্কিট ডায়াগ্রাম দেখানো হলো :

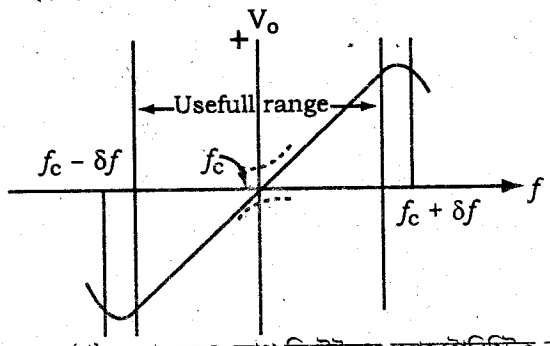


চিত্র-৭.২ (ক) : ব্যালেন্সড স্লোপ ডিটেক্টর

ধরা যাক, ট্রান্সফর্মারের প্রাইমারী সার্কিটকে f_c ফ্রিকুয়েন্সির জন্য টিউন্ড করা হয়েছে এবং উপর ও নিচের সেকেন্ডারি সার্কিটের রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি যথাক্রমে $(f_c + \delta f)$ এবং $(f_c - \delta f)$। যখন ইনপুট ফ্রিকুয়েন্সি f_c এর সমান হয় তখন উপরের সেকেন্ডারি সার্কিটের আড়াআড়িতে প্রাপ্ত ভোল্টেজ ডায়োড D_1 এর ইনপুটে আসে। যখন f_c এর মান রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সির চেয়ে কিছু কম হয় ডায়োড D_1 এর ইনপুটও কম মানের হয়। তখন নিচের সেকেন্ডারি সার্কিটের অবস্থাও একইরূপ হবে। যেহেতু f_c এর মান $(f_c + \delta f)$ এবং $(f_c - \delta f)$ মানের চেয়ে সামান্য পার্থক্য হয় তাই উভয় ডায়োডের ইনপুটে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ একই মানের হয়। ফলে ডিসি আউটপুট ভোল্টেজও একই মানের হয়। সুতরাং ব্যালেন্সড স্লোপ ডিটেক্টরের আউটপুট শুন্য হবে। কারণ D_1 এর আউটপুট পজিটিভ এবং D_2 এর আউটপুট নেগেটিভ হয়।

ধরি যেকোনো এক মুহূর্তের ইনপুট ফ্রিকুয়েন্সি $(f_c + \delta f)$ এর সমান। যেহেতু উপরের সেকেন্ডারি সার্কিটকে এই ফ্রিকুয়েন্সির জন্য টিউন্ড করা হয়েছে তাই D_1 এর আউটপুট পূর্বের তুলনায় বেশি হবে এবং D_2 এর আউটপুট কম হবে। কারণ $(f_c + \delta f)$ এর মান $(f_c - \delta f)$ এর মানের চেয়ে বেশি। আবার ইনপুট ফ্রিকুয়েন্সি $(f_c - \delta f)$ এর সমান হলে D_2 এর আউটপুট D_1 এর আউটপুটের তুলনায় বেশি হবে। ফলে ব্যালেন্সড স্লোপ ডিটেক্টরের আউটপুট প্রথম ক্ষেত্রে বেশি মানের পজিটিভ এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বেশি মানের নেগেটিভ হবে।

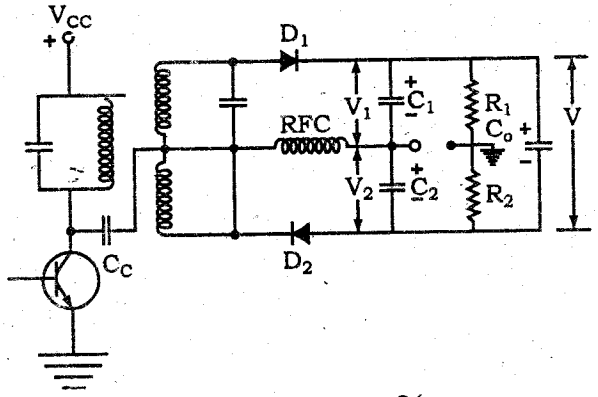
কিন্তু যদি ইনপুট ফ্রিকুয়েন্সি এই দুই মানের মাঝামাঝি হয় তবে আউটপুট ফ্রিকুয়েন্সিও মাঝামাঝি কোনো মানের হবে। এই মান পজিটিভ বা নেগেটিভ যে কোনো মানের হতে পারে। তবে এটি নির্ভর করে ইনপুটের কোন অংশটি পজিটিভ বা নেগেটিভ হয়েছে। ব্যালেন্সড স্লোপ ডিটেক্টরের ক্যারেক্টারিস্টিক কার্ভ নিম্নের চিত্রে দেখানো হলো।



চিত্র-৭.২ (খ) : ব্যালেন্সড স্লোপ ডিটেক্টরের ক্যারেক্টারিস্টিক কার্ভ

ব্যালেন্সড স্লোপ ডিটেক্টরের অসুবিধা হলো এটা এলাইমেন্ট করা জটিল, লিনিয়ারিটি ভালো হয় না এবং অ্যামপ্লিচিউড লিমিটিংও ভালো হয় না।

৭.২.২ রেশিও ডিটেক্টর : রেশিও ডিটেক্টর সার্কিট এবং ফোস্টার শেলী ডিটেক্টর সার্কিট অনেকক্ষেত্রেই প্রায় একই রকম। উভয়ের ইনপুট সার্কিট একই রকমের তবে রেশিও ডিটেক্টরে ডায়োড D_2 এর কানেকশন উল্টা হয়। ফলে D_1 এবং D_2 এর রেকটিফাইড আউটপুট ভোল্টেজ এডিটিভ হয়। রেশিও ডিটেক্টরের সার্কিট ডায়াগ্রাম নিম্নের চিত্রে দেখানো হলো :



চিত্র-৭.৩ : রেশিও ডিটেক্টরের সার্কিট ডায়াগ্রাম

এখানে বেশি মানের একটি ক্যাপাসিটর C_o রেজিস্টর R_1 এবং R_2 এর প্যারালালে সংযোগ করা হয়েছে। এই ক্যাপাসিটরটি $V = (V_1 + V_2)$ ভোল্টেজে চার্জিত হয়। সাধারণতঃ R_1 এবং R_2 এর মান সমান রাখা হয় এবং R_1 ও R_2 এর জাংশনের ভোল্টেজ $\frac{V_1 + V_2}{2}$। বেশি মানের ক্যাপাসিটর ও উচ্চ টাইম কনস্ট্যান্টের কারণে এই ভোল্টেজের মান স্থির থাকে।

যখন সিগনাল ফ্রিকুয়েন্সির মান f_c হয় তখন ইনপুট সার্কিট ডায়োড দু'টিতে সমান ভোল্টেজ প্রদান করে। ক্যাপাসিটর C_1 এবং C_2 সর্বদা সমান থাকে বিধায় ভোল্টেজ V_1 এবং V_2 সমান হয়। এ অবস্থায় আউটপুট টার্মিনালের ভোল্টেজ শুন্য হয়।

যখন সিগাল ফ্রিকুয়েন্সির মান f_c অপেক্ষা বড় হয় তখন ইনপুট সার্কিট ডায়োড D_1 এর ভোল্টেজ V_{D1} এর মান ডায়োড D_2 এর ভোল্টেজ V_{D2} অপেক্ষা বেশি হয়। ফলে V_1 এর মান বৃদ্ধি পেয়ে $(V1 + \Delta V)$ হয় এবং V_2 এর মান একই হারে হ্রাস পেয়ে $(V_2-\Delta V)$ হয়। তাই R_1 ও R_2 এর জাংশনের ভোল্টেজ $\frac{V_1 + \Delta V + V_2 - \Delta V}{2} = \frac{V_1 + V_2}{2}$ হয়। অর্থাৎ R_1 ও R_2 এর জাংশনের ভোল্টেজ এর মান স্থির থাকে। ফলে আউটপুট ভোল্টেজ V_o এর মান হবে,

$$V_o = \frac{V_1 + V_2}{2} = (V1 + \Delta V)$$

$$\text{বা, } V_o = V_2 - \Delta V - \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$\text{বা, } Vo = -\Delta V \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\text{(i)}$$

আবার যখন সিগনাল ফ্রিকুয়েন্সির মান f_c অপেক্ষা ছোট হয় তখন ইনপুট সার্কিট ডায়োড D_2 এর ভোল্টেজ V_{D2} এর মান ডায়োড D_1 এর ভোল্টেজ V_{D1} এর মান অপেক্ষা বেশি হয়। ফলে V_1 এর মান হ্রাস পেয়ে $(V_1 - \Delta V)$ হয় এবং V_2 এর মান একই হারে বৃদ্ধি পেয়ে $(V_2 + \Delta V)$ হয়। তাই R_1 ও R_2 এর জাংশনের ভোল্টেজ $\frac{V_1 + \Delta V + V_2 + \Delta V}{2} = \frac{V_1 + V_2}{2}$ হয়। অর্থাৎ R_1 ও R_2 এর জাংশনের ভোল্টেজ এর মান স্থির থাকে। ফলে আউটপুট ভোল্টেজ V_o এর মান হবে,

$$V_o = \frac{V_1 + V_2}{2} = (V1 - \Delta V)$$

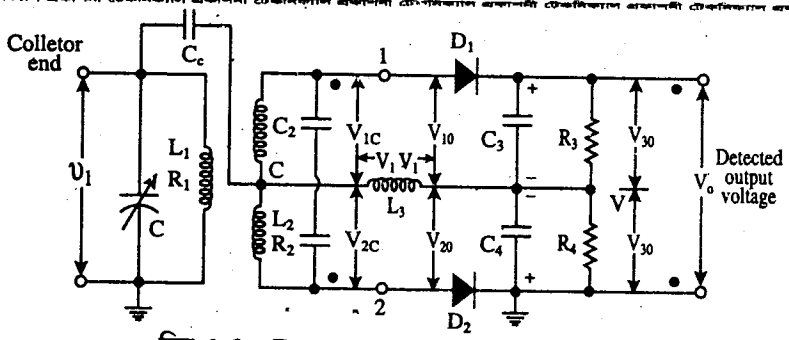
$$\text{বা, } V_o = V_2 + \Delta V - \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$\text{বা, } Vo = -\Delta V \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\text{(ii)}$$

সমীকরণ হতে দেখা যায় যে, আউটপুট ভোল্টেজ সিগনাল ফ্রিকুয়েন্সির ডেভিয়েশনকে অনুসরণ করে। অর্থাৎ সার্কিটটি ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড সিগন্যালকে মূল মড্যুলেটিং সিগন্যালে রূপান্তর করে।

৭.৩ ফস্টার-সিলী ডিসক্রিমিনেটর এবং এর কার্যনীতি
(Describe the Foster-Seeley Discriminator and its Working Principle)

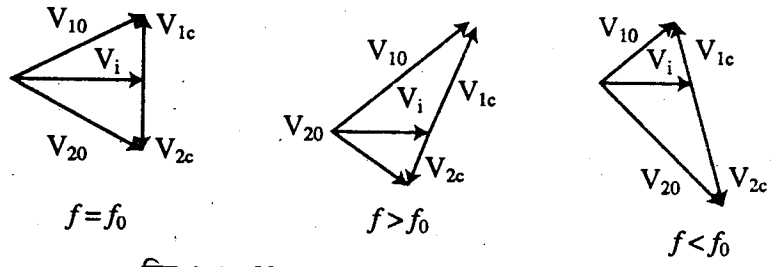
Foster Seeley Discriminator-এর অন্য নামগুলো হলো ফেজ ডিসক্রিমিনেটর, সেন্টার-টিউনড ডিসক্রিমিনেটর ইত্যাদি। এটি সাধারণভাবে ব্যবহৃত একটি FM detector। নিম্নের চিত্রে এর একটি মৌলিক সার্কিট দেখানো হয়েছে। এই সার্কিটে ডাবল টিউনড সার্কিট ব্যবহৃত হয়। এই ডাবল টিউনড সার্কিটের মধ্যে প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি উভয়ই ইন্ডাকটিভলি কাপলড্ করা থাকে এবং এরা ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সি নামে একই ফ্রিকুয়েন্সিতে টিউন করা থাকে। আবার সেকেন্ডারির কেন্দ্র কাপলিং ক্যাপাসিটর-এর মাধ্যমে প্রাইমারি টিউনড সার্কিটের কালেক্টর প্রান্তে যুক্ত থাকে।



চিত্র-৭.৪ : Foster Seeley discriminator

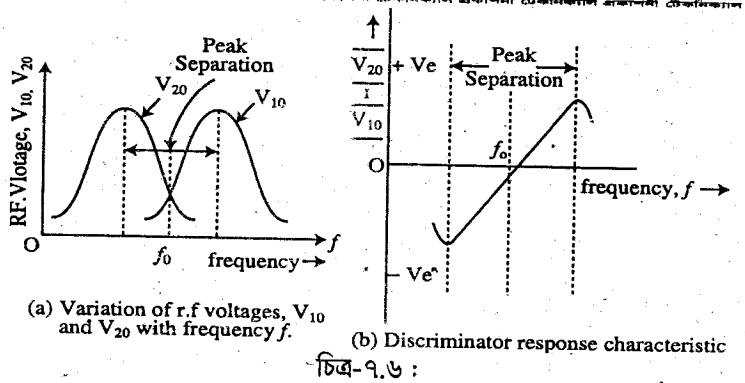
এই কাপলিং ক্যাপাসিটরটি ডিসি ব্লকিং হিসেবেও কাজ করে। RF চোক L_3-টি ডায়োড D_1 ও D_2 এর রেকটিফাইড কারেন্টগুলোর ডিসি কম্পোনেন্টগুলোর জন্য রিটার্ন পথ সরবরাহ করে। এই L_3-এর ইন্ডাকট্যান্স প্রাইমারি L_1-এর ইন্ডাকট্যান্সের সাথে সাথে শান্টে আসে এবং এর মান L_1-এর চেয়ে তুলনামূলকভাবে অধিক বড় রাখা হয়। চোক কয়েল L_3-এর আড়াআড়িতে সৃষ্ট ভোল্টেজ V_i প্রাইমারি সার্কিট ভেল্টেজ V_i এর চেয়ে সামান্য কম থাকে। কাপলিং ক্যাপাসিটর C_c-এ ভোল্টেজ ড্রপই এর প্রধান কারণ। কিন্তু যেহেতু C_c-এর রিয়্যাকট্যান্স চোক L_3-এর রিয়্যাকট্যান্সের তুলনায় খুবই ক্ষুদ্র, সেহেতু $V_1 = V_i$।

যেহেতু C-বিন্দু হচ্ছে সেকেন্ডারির সত্যিকারের Electrical centre, সেহেতু চিত্রে প্রদর্শিত RF ভোল্টেজ V_{ic} এবং V_{2c} মানে সমান এবং বিপরীত ফেজের হয়। ডায়োড D_1-এ প্রয়োগকৃত FR ভোল্টেজ V_{10}, $V_1 + V_{1c} \approx V_i + V_{1c}$ এর সমান। অনুরূপভাবে D_2-এ প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ V_{20}, $V_1 + V_{2c} \approx V_i + V_{2c}$ এর সমান। ভোল্টেজ V_{1c} এবং V_{2c}, V_i-এর সাথে ইনফেজ থাকে না। সেহেতু ভোল্টেজ V_{10} এবং V_{20} উৎপন্ন করার জন্য এগুলোকে V_i এর সাথে Vectorically যোগ করতে হয়। নিচের চিত্রে প্রয়োগকৃত RF সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সির বিভিন্ন মানের জন্য ভেক্টর যোগ দেখানো হয়েছে। এভাবে প্রয়োগকৃত ফ্রিকুয়েন্সি f, টিউনড সার্কিটগুলোর f_o ফ্রিকুয়েন্সির সমান হলে ভোল্টেজ V_{ic}, এবং V_{2c}, ভোল্টেজ V_i,-এর সাথে 90° ইনফেজে থাকে। তখন V_{10} এবং V_{20} ভোল্টেজগুলো মানে সমান হয়।



চিত্র-৭.৫ : Vector diagram of r.f voltage.

কিন্তু যদি প্রয়োগকৃত ফ্রিকুয়েন্সি f, টিউনড সার্কিটগুলোর রেজোন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সি হতে ভিন্ন হয়, তবে ভোল্টেজ V_{1c} এবং V_{2c} এর ফেজ অ্যাঙ্গেলগুলো V_i-এর সাপেক্ষে 90° থেকে কিছুটা ভিন্ন হয়। এভাবে যদি ইনপুট ফ্রিকুয়েন্সি f, রেজোন্যান্ট f_o হতে বেশি হয় (অর্থাৎ $f > f_o$) তখন V_i-এর সাপেক্ষে V_{2c}-এর ফেজ অ্যাঙ্গেল ধরি 90°-$\Delta\theta$ এবং V_{1c} এর ফেজ অ্যাঙ্গেল 90° + $\Delta\theta$। সে অনুসারে রেজালট্যান্ট ভোল্টেজ $V_{10} > V_{20}$। আবার যদি ইনপুট ফ্রিকুয়েন্সি f, রেজোন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সি f_o-এর কম হয় অর্থাৎ $f < f_o$ হয়, তবে রেজালট্যান্ট ভোল্টেজ $V_{10} < V_{20}$ হয়। তাৎক্ষণিক ফ্রিকুয়েন্সির সাথে RF ভোল্টেজ V_{10} ও V_{20}-এর অ্যাম্প্লিচিউডের যে পরিবর্তনশীলতা ঘটে, তা নিম্নের চিত্রে দেখানো হয়েছে।



(a) Variation of r.f voltages, V_{10} and V_{20} with frequency f.

(b) Discriminator response characteristic

চিত্র-৭.৬ :

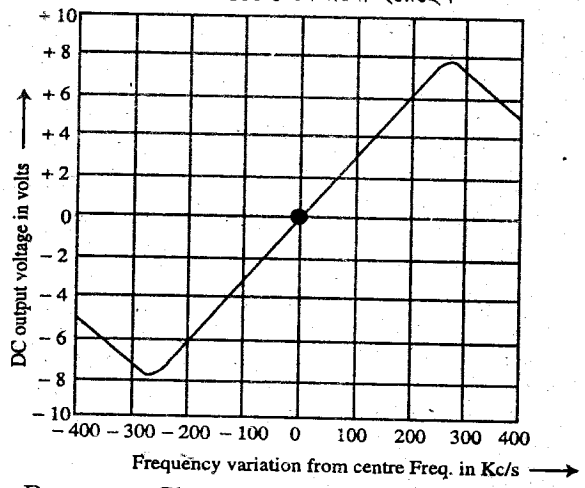
RF ভোল্টেজ V_{10} এবং V_{20} পৃথকভাবে যথাক্রমে লিনিয়ার ডিটেক্টর ডায়োড D_1 এবং D_2 এর মধ্যে রেকটিফাই হয়ে আউটপুট ভোল্টেজ V_{30} এবং V_{40} উৎপন্ন হয়, যা যথাক্রমে R_3 ও R_4 এর আড়াআড়ি হতে পাওয়া যায়। রেকটিফাইড কারেন্টের r.f কম্পোনেন্টগুলো শান্ট ক্যাপাসিটর C_3 ও C_4 দ্বারা বাইপাস হয়ে যায় এবং কেবলমাত্র মডুলেশন কম্পোনেন্ট এবং ডিসি কম্পোনেন্টগুলো রেখে যায়, যা রেজিস্টর R_3 এবং R_4 এর মধ্যদিয়ে প্রবাহিত হয়। তাহলে আউটপুট ভোল্টেজ V_{30} এবং V_{40}, RF ভোল্টেজ V_{10} এবং V_{20} এর অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তনশীলতা প্রকাশ করে। চিত্র হতে দেখা যায় যে, ডায়োডের বর্তমান ব্যবস্থাপনার জন্য আউটপুট ভোল্টেজ একে অন্যকে বাধা দেয়। কাজেই চূড়ান্ত আউটপুট ভোল্টেজ V_o হবে $|V_{30}| - |V_{40}|$ এর সমান। এই রেজাল্ট্যান্স রেকটিফাইড আউটপুট ভোল্টেজ V_o একইভাবে প্রয়োগকৃত সিগন্যালের তাৎক্ষণিক ফ্রিকুয়েন্সির সাথে পরিবর্তন করবে, যখন RF ভোল্টেজের পার্থক্য $|V_1| - |V_2|$ ডায়োডগুলোতে প্রয়োগ হবে।

রেকটিফাইড আউটপুট ভোল্টেজকে নিম্নের সমীকরণ দ্বারা দেখানো হয়–

$$Vo = |V_{30}| - |V_{40}| = K\,[\,|V_{10}| - |V_{20}|\,]$$

যেখানে, K হচ্ছে সমানুপাতিক ধ্রুক।

নিচের চিত্রে Discriminator Characteristic দেখানো হয়েছে।



চিত্র-৭.৭ : Response Characteristic of a Typical Foster-Seeley Discriminator (at Centre Frequency of 10 MHz).

$f = f_o$, $V_0 = 0$, শূন্য ভোল্টেজ ঘটে কারণ RF ভোল্টেজ V_{10}, V_{20}-এর অ্যামপ্লিচিউড সমান থাকে।

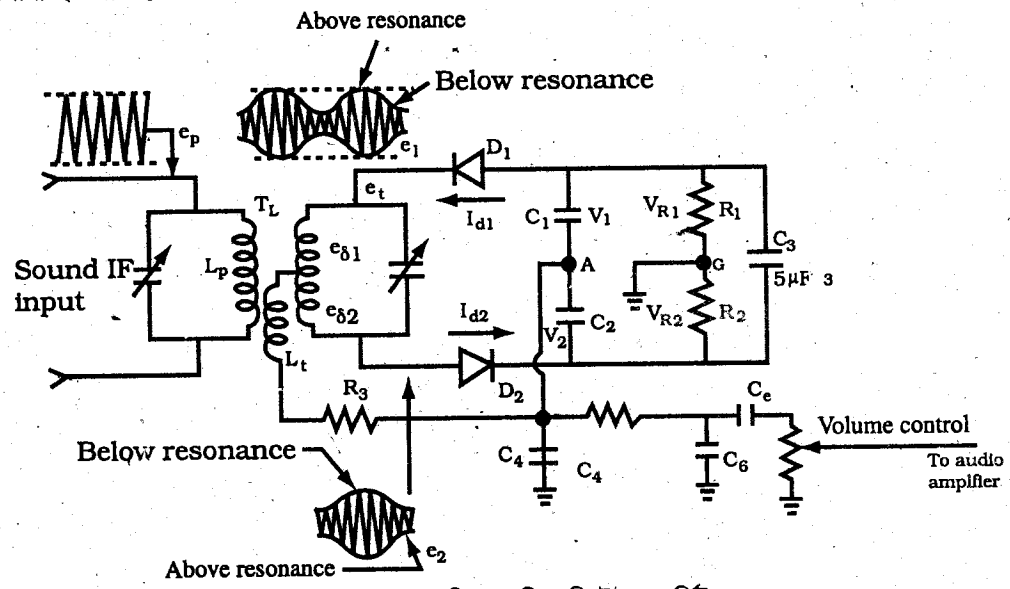
$f > f_o$, $V_o = +V_e$, কারণ RF ভোল্টেজ $V_{10} > V_{20}$

$f < f_o$, $V_o = -V_e$ কারণ RF ভোল্টেজ $V_{10} < V_{20}$

$\therefore V_o \propto$ Variation of instantaneous frequency from the centre value.

৭.৪ রেশিও ডিটেক্টর এবং ফস্টার সিলি ডিসক্রিমিনেটর সার্কিট হতে এর সুবিধা বর্ণনা (State Ratio Detector and its Advantages over Foster-Seeley Discriminator Circuit)

ফস্টার সিলি ডিসক্রিমিনেটরে ইনপুট সিগনালের মান পরিবর্তন হলে আউটপুট ভোল্টেজের অ্যামপ্লিচিউডের মান বৃদ্ধি পায়। এর অ্যামপ্লিচিউডকে লিমিট করার দরকার হয়। অ্যামপ্লিচিউডের এ পরিবর্তন ডিসক্রিমিনেটর সার্কিট দ্বারা লিমিটিং করা যায়। এরূপ একটি ডিসক্রিমিনেটর সার্কিট হলো রেশিও ডিটেকটর যা দ্বারা অ্যামপ্লিচিউডকে লিমিটিং করা সম্ভব। নিচের চিত্রে একটি রেশিও ডিটেকটর সার্কিট দেখানো হয়েছে।



চিত্র-৭.৮ : বেসিক রেশিও ডিটেক্টর সার্কিট

এই সার্কিটে ফস্টার সিলি ডিসক্রিমিনেটর সার্কিট হতে তিনটি বিষয় পরিবর্তন করা হয়েছে। যথা–

(১) এতে একটি ক্যাপাসিটর C যুক্ত করা হয়েছে।

(২) দুটি ডায়োডের একটিকে উল্টিয়ে লাগানো হয়েছে।

(৩) এই সার্কিটের আউটপুট ক্যাপাসিটর C_1 ও C_2-এর কমন টার্মিনাল A এবং রেজিস্টর R_1 ও R_2 এর কমন টার্মিনাল G' হতে পাওয়া যায়। এর ইনপুট ট্রান্সফরমার-এর প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি উভয়কেই IF ফ্রিকোয়েন্সিতে টিউন্ড করা হয়। সেকেন্ডরিকে সেন্টার টেপ করা হয়েছে যাতে ডায়োডে বিপরীত পোলারিটির সমান মানের ভোল্টেজ প্রয়োগ হয়। অন্যদিকে ট্রান্সফরমারের টারশিয়ারি ওয়াইন্ডিংয়ের মাধ্যমে উভয় ডায়োডের প্যারালালে প্রাইমারি ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয়।

সার্কিট অপারেশন : প্রাইমারি ভোল্টেজ সেকেন্ডারিতে দুটি অংশে বিভক্ত হয়ে যায়। এর ফলে দুটি রেজান্যান্স ভোল্টেজ e_1 ও e_2 উৎপন্ন হয়। এই ভোল্টেজ যথাক্রমে দুটি ডায়োড D_1 ও D_2 তে প্রয়োগ হয়। ডায়োড দুটির মাধ্যমে রেকটিফাইকৃত কারেন্টের দ্বারা ক্যাপাসিটর C_1 ও C_2 চার্জ হয়। ফলে এদের আড়ে যথাক্রমে v_1 ও v_2 ভোল্টেজে ডেভেলপ করে। দুটি ক্যাপাসিটরের মোট ভোল্টেজ হয় ($|v_1|+|v_1|$). এই ভোল্টেজ R_1 ও R_2- এর আড়ে পাওয়া যায়। যেহেতু $R_1 = R_2$ অতএব এদের প্রতিটিতে সমান ভোল্টেজ পাওয়া যায় যার পরিমাণ

$$v_{R1} = v_{R2} = \frac{|J_1|+|J_2|}{2}$$

সুতরাং নেট আউটপুট ভোল্টেজ,

$$V_{AG} = |v_1| - \frac{|J_1|+|J_2|}{2}$$

$$= \frac{|J_1|-|J_2|}{2} \quad \text{---- (৩.১)}$$

ফস্টার সিলি ডিসক্রিমিনেটর সার্কিট হতে রেশিও ডিটেকটরের সুবিধা :

ফস্টার সিলি ডিসক্রিমিনেটরে ইনপুট সিগনালের মানের পরিবর্তন হলে আউটপুটে অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তিত হয়। ফলে আউটপুট ভোল্টেজের মান পরিবর্তন হয়। রেশিও ডিটেক্টর দ্বারা এই অসুবিধা দূর করা সম্ভব হয়। অর্থাৎ রেশিও ডিটেক্টরের সাথে একটি অ্যামপ্লিচিউড লিমিটার থাকে যা ইনপুটে অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন হলেও আউট অ্যামপ্লিচিউড একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত স্থির থাকে। ফস্টার সিলি ডিসক্রিমিনেটর হতে এতে আরো তিনটি মডিফিকেশন সম্পন্ন করা হয়েছে।

এগুলো হলো–

(১) এতে আলাদা কোনো লিমিটার সার্কিট প্রয়োজন হয় না কারণ এর নিজস্ব লিমিটিং অ্যাকশন আছে।

(২) এর আউটপুট ক্যাপাসিটরের টাইম কনস্ট্যান্টের মান বেশি।

(৩) এর আউটপুটের স্ট্যাবিলিটি ভালো।

(৪) এর লিনিয়ারিটি ভালো।

(৫) এতে দু'টি ডায়োডের রেকটিফাইড আউটপুট ভোল্টেজ এডিটিভ (Additive) হয়।

(৬) এতে কম মানের ইনপুট সিগন্যালেও নয়েজমুক্ত আউটপুট পাওয়া যায়।

(৭) এর আউটপুট রিপল মুক্ত হয়।

৭.৫ লিমিটার সার্কিটের কাজ বর্ণনা

(State the Function of Limiter Circuit)

Man-made noise অথবা natural noise-এর কারণে ট্রান্সমিশন পথে হঠাৎ অ্যাপ্লিচিউডের পরিবর্তন হতে পারে। লিমিটার ক্যারিয়ার থেকে এ সকল অ্যামপ্লিচিউড ভ্যারিয়েশনকে দূর করে। অ্যামপ্লিচিউড ভ্যারিয়েশনকে বাধা দেওয়া খুবই জরুরি। কারণ FM রিসিভারে S/N-এর উন্নতির সিংহভাগ এই দূরীকরণের উপর নির্ভর করে। একটি আদর্শ লিমিটারের বৈশিষ্ট্য হবে–

(i) ইনপুট ক্যারিয়ারের সকল লেভেলে এটা কাজ করতে সক্ষম হতে হবে।

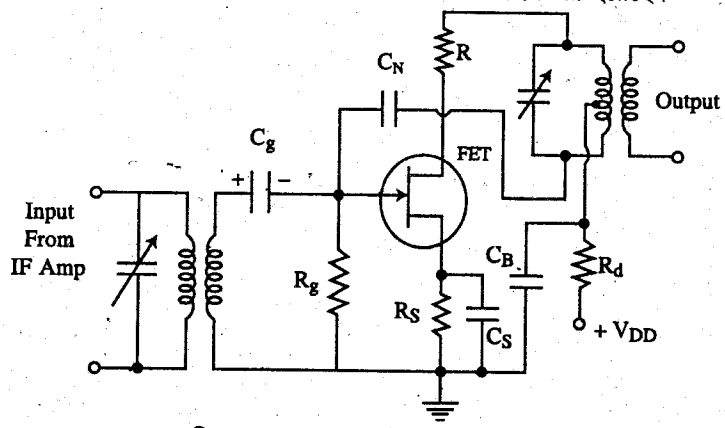
(ii) ক্যারিয়ার ভোল্টেজের পরিবর্তনশীলতার সকল রেটে এর কাজ করার সক্ষমতা থাকা উচিত।

ব্যবহারিক লিমিটারগুলোতে লো ক্যারিয়ার লেভেলে (i) নং শর্ত সম্পূর্ণভাবে সন্তোষজনক হয় না। অন্যদিকে, ক্যারিয়ার ইনপুটের অতি দ্রুত এবং অতি ধীর পরিবর্তনশীলতাতে (ii) নং শর্ত পূরণ হয় না। FM রিসিভারে ব্যবহৃত লিমিটারগুলো নিম্নলিখিত ইলেকট্রিক্যাল ইফেক্টের একটি বা উভয়টি ব্যবহার করতে পারে–

(i) Leak-type bias এবং

(ii) Early (drain/collector) Saturation 1 লিমিটার সার্কিটগুলোতে প্রায়ই উভয় ইফেক্ট একই সাথে ব্যবহৃত হয়।

ব্যবহৃত অ্যামপ্লিফায়ার ডিভাইসগুলো গঠন করা হয় BJT অথবা FET দ্বারা। উপরে উল্লেখিত উভয় ইলেকট্রিক্যাল ইফেক্ট ব্যবহার করে নিচে একটি FET অ্যামপ্লিচিউড লিমিটারের চিত্র দেওয়া হয়েছে।



চিত্র-৭.৯ : Amplitude Limiter

মূলত এই অ্যামপ্লিচিউড লিমিটারটি একটি টিউনড IF অ্যামপ্লিফায়ার। তবে এর নিম্নলিখিত বিশেষ বৈশিষ্ট্যগুলো রয়েছে; যেমন–

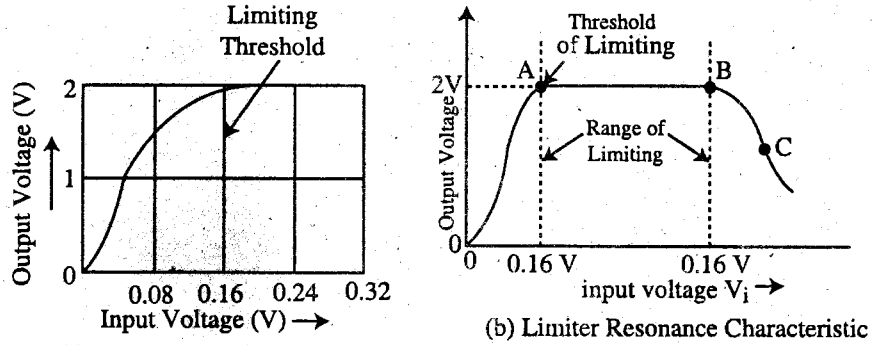
(i) ভোল্টেজ ড্রপিং রেজিস্টার R_d ব্যবহার করে ড্রেন সাপ্লাই ভোল্টেজকে লোডে রাখা হয়েছে,

(ii) $R_g - C_g$ কম্বিনেশন ব্যবহার করে গেটে Leak-type bias সরবরাহ করা হয়েছে এবং

(iii) Neutralizing Capacitor C_N দ্বারা FET-কে neutralized করা হয়েছে।

Gate limiting Action : Leak-type bias লিমিটিং অ্যাকশন প্রদান করে। যখন ইনপুট সিগন্যাল ভোল্টেজ বাড়ে, তখন C_g-এর মধ্যদিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট প্রবাহও বাড়ে এবং চিত্রে প্রদর্শিত পোলারিটিতে C_g-এর আড়াআড়িতে উৎপন্ন $-V_e$ ভোল্টেজ বাড়ে। এভাবে ইনপুট ভোল্টেজ যখন বাড়ে, তখন FET-এর বায়াসও বাড়ে এবং অ্যামপ্লিফায়ারের গেইন হ্রাস পায়। ফলে ফান্ডামেন্টাল ফ্রিকুয়েন্সিতে আউটপুট ভোল্টেজ ধ্রুব থাকার প্রবণতা দেখায়। এতে লিমিটার অ্যাকশন পাওয়া যায়। কিন্তু কার্যকরী লিমিটিং অ্যাকশন পাওয়া যায়, যখন কেবলমাত্র বৃহৎ ইনপুট ভোল্টেজের আবির্ভাব ঘটে। ক্ষুদ্র ইনপুট সিগন্যালের জন্য Leak-bias কম হয় এবং সেহেতু কোনো লিমিটিং action ঘটে না। যখন সিগন্যাল যথেষ্ট পরিমাণে বড় হয়ে প্রায় 0.6 V_{co} পরিমাণের Leak-bias উৎপন্ন করে, তখন Limiting Action শুরু হয়, যেখানে V_{co} হচ্ছে Cut-off bias।

Drain Limiting Action : ইনপুট সিগন্যালের লো ভ্যালুতে লিমিটিং অ্যাকশন পাওয়ার জন্য ড্রেন লিমিটিং অ্যাকশন ব্যবহৃত হয়। লো ড্রেন সাপ্লাই ভোল্টেজ ব্যবহার করে এ কাজটি করা হয়। এতে লো ইনপুট সিগন্যাল ভোল্টেজ দ্বারা আউটপুট কারেন্টের স্যাচুরেশন ঘটে। ড্রেন ড্রপিং রেজিস্টর R_d ব্যবহার করে লো ড্রেন সাপ্লাই ভোল্টেজের ব্যবস্থা করা হয়। ড্রেন সাপ্লাই ভোল্টেজকে স্বাভাবিক d.c ড্রেন ভোল্টেজের প্রায় এক অর্ধাংশে রাখা হয়। প্রায় 0.16 Volt RMS এর ইনপুট ভোল্টেজে কার্যকরী লিমিটিং শুরু হয়। স্যাচুরেশন অবস্থায় গেট-ড্রেন সেকশন ফরোয়ার্ড বায়াসপ্রাপ্ত হয়। এতে ইনপুট ও আউটপুটের মধ্যে শর্ট সার্কিট সৃষ্টি হয়। ড্রেন এবং এর ট্যাঙ্ক সার্কিটের মধ্যে অল্প কয়েকশত ওহমের রেজিস্টর R ব্যবহার করে এটি পরিহার করা হয়।



(a) Limiting Characteristic of Drain Limiter. (b) Limiter Resonance Characteristic

চিত্র-৭.১০ : অ্যামপ্লিচিউড লিমিটারের রেসপন্স ক্যারেক্টারিস্টিক

উপরের (b) চিত্রে অ্যামপ্লিচিউড লিমিটারের রেসপন্স ক্যারেক্টারিস্টিক দেখানো হয়েছে। এতে Leak-bias limiting এবং Drain saturation action উভয়কে বিবেচনায় আনা হয়েছে। এ থেকে স্পষ্টই বুঝা যায় যে, ইনপুট ভোল্টেজের একটি নির্দিষ্ট রেঞ্জের জন্য লিমিটিং সম্পন্ন হয়ে থাকে। এই রেঞ্জের বাইরে আউটপুট ইনপুটের সাথে পরিবর্তন করবে। এভাবে (b) চিত্রে ইনপুট ভোল্টেজ প্রায় 0.16V-এর চেয়ে কম হওয়ার জন্য (কার্ভ OA), ইনপুট বাড়ার সাথে সাথে আউটপুটও বাড়ে, অর্থাৎ কোনো লিমিটিং ঘটে না। লিমিটিং A বিন্দু হতে শুরু হয়। এই বিন্দুকে বলা হয় Threshold of Limiting। AB রেঞ্জে যখন ইনপুট ভোল্টেজ 0.16V থেকে 1.6V-এ বাড়ে, তখন ড্রেন কারেন্ট ধ্রুব থাকে। কাজেই আউটপুট ভোল্টেজ ধ্রুব থাকে। কাজেই সঠিক লিমিটিং এই রেঞ্জে ঘটে থাকে। অপারেশনটি একটি ক্লাস C অ্যামপ্লিফায়ারের অনুরূপ, যেখানে আউটপুট কারেন্ট শর্ট ডিউরেশনের পালস্ হওয়া সত্ত্বেও সায়নুসয়ডাল আউটপুট ভোল্টেজ পাবার জন্য ট্যাঙ্ক সার্কিটের flywheel effect-কে ব্যবহার করা হয়। বৈশিষ্ট্য রেখার B-বিন্দুর পরে আউটপুট কারেন্ট (ড্রেন কারেন্ট) প্রবাহ কমে যায়। ফলে আউটপুট ট্যাঙ্কে কম পাওয়ার প্রবিষ্ট হয় এবং আউটপুট ভোল্টেজ কমে যায়। কাজেই B বিন্দু হচ্ছে লিমিটিং অপারেশন রেঞ্জের আপার লিমিট।

অনুশীলনী–৭

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **FM ডিমডুলেশনে লিমিটার সার্কিটের কাজ কী?** *[বাকাশিবো : '১২, '১৩, '১৪R]*
অথবা, FM রিসিভারের লিমিটারের কাজ কী? *[বাকাশিবো : '৯৮, '০৯R, '১০R]*
উত্তর : Man-made noise বা Natural noise-এর কারণে ট্রান্সমিশন পথে হঠাৎ অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তন হতে পারে। লিমিটার ক্যারিয়ার থেকে এ সকল অ্যামপ্লিচিউড ভ্যারিয়েশনকে দূর করে FM রিসিভারে S/N রেশিওর মান উন্নত করে। মোটকথা, অ্যামপ্লিচিউডকে Stable মানে ধরে রাখাই হলো লিমিটারের কাজ।

২। **Ratio detector-এর কাজ কী?** *[বাকাশিবো : '৯৭, '০০, '০৬, '১১, '১৩, '১৩R, '১৪]*
উত্তর : ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড সিগন্যালকে ডিমডুলেটেড করা ও ডিটেক্টরের আউটপুটের অ্যামপ্লিচিউডকে স্থির মানে রাখা Ratio detector-এর কাজ।

৩। **Ratio detector-এর সুবিধা কী?** *[বাকাশিবো : '১৩]*
উত্তর : এটি FM ডিমডুলেশনের পাশাপাশি কিছুটা অ্যামপ্লিচিউড লিমিটিং সম্পন্ন করে, যা Balanced slope detector অথবা Slope detector phase discriminator দ্বারা সম্ভব হয় না।

৪। **ডিসক্রিমিনেটর বলতে কী বুঝ?** *[বাকাশিবো : '৯৮, '৯৯, '০৭, '০৮R, '১২(৫ম)]*
উত্তর : ডিসক্রিমিনেটর হলো এমন একটি সার্কিট যা ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড সিগনাল হতে মডুলেটিং সিগনালকে পৃথক করে। এর প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো এর টিউন্ড সার্কিটটি সেন্টার ফ্রিকুয়েন্সিতে টিউন্ড করা থাকে। সেন্টার ফ্রিকুয়েন্সি ও ইনপুটে আগত ফ্রিকুয়েন্সি fin-এর মানের উপর ভিত্তি করে টিউন্ড সার্কিটের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারির ফেজ ডিফারেন্স 90°-এর সমান, কম অথবা বেশি হয়ে থাকে।

৫। **Demodulator বলতে কী বুঝায়?** *[বাকাশিবো : '০৯]*
উত্তর : মূল সিগন্যালকে ক্যারিয়ার থেকে আলাদা করা।

৬। **Detector-এর অপর নাম কী?**
উত্তর : Detector-এর অপর নাম Discriminator বা Demodulator।

৭। **কোন দুটি Detector গঠনে প্রায় কাছাকাছি?**
উত্তর : Foster-Seeley discriminator ও Ratio detector।

৮। **Balanced slope detector-এ কয়টি diode ব্যবহার করা হয়?**
উত্তর : দুটি diode।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **Ratio ডিটেক্টর-এর কাজ উল্লেখ করে একটি Ratio ডিটেক্টরের বর্তনী চিত্র অংকন কর।** *[বাকাশিবো : '০১, '১৪]*
উত্তর : অনুচ্ছেদ ৭.৪ নং দ্রষ্টব্য।

২। **Foster Seeley discriminator এর তুলনায় Ratio detector-এর সুবিধা লেখ।**
উত্তর : রেশিও ডিটেকটরে নিম্নলিখিত সুবিধাগুলো পাওয়া যায়– *[বাকাশিবো : '০৯R, '১০R, '১২(৪র্থ)]*
(১) এতে আলাদা কোন লিমিটার সার্কিট প্রয়োজন হয় না কারন এর নিজস্ব লিমিটিং এ্যাকশন আছে।
(২) এর আউটপুট ক্যাপাসিটরের টাইম কনস্ট্যান্টের মান বেশি।
(৩) এর আউটপুটের স্ট্যাবিলিটি ভাল।
(৪) এর লিনিয়ারিটি ভাল।
(৫) এতে দুইটি ডায়োডের রেকটিফাইড আউটপুট ভোল্টেজ এডিটিভ হয়।
(৬) এতে কম মানের ইনপুট সিগন্যালেও নয়েজমুক্ত আউটপুট পাওয়া যায়।
(৭) এর আউটপুট রিপল মুক্ত হয়।

৩। **লিমিটার সার্কিটের কাজ কী?** *[বাকাশিবো : '১২(৫ম)]*

অথবা, FM রিসিভারে লিমিটারের কাজ কী? *[বাকাশিবো : '৯৮, '০৯]*

উত্তর : FM পদ্ধতিতে মডুলেশনের পর সিগনালের অ্যামপ্লিচিউড স্থির থাকে। রিসিভারে সেই সিগনাল রিসিভ হওয়ার পুর্বে বিভিন্ন কারণে অথবা রিসিভারে রিসিভ হওয়ার পর বিভিন্ন কারণে অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তিত হয়। এই অ্যামপ্লিচিউড স্থির মানে আনয়ন করাই হলো লিমিটারের কাজ।

৪। **Foster-Seeley discriminator কী?** *[বাকাশিবো : '৯৯, '১১R]*

উত্তর : FM-detector হিসেবে ব্যবহৃত একটি Common সার্কিট হলো Foster-Seeley discriminator। একে কখনো কখনো Center-Tuned Discriminator অথবা Phase Shift Discriminator-ও বলা হয়। FM সিগন্যালকে ডিমডুলেটেড করাই হলো এই সার্কিটের কাজ। এই সার্কিটে ডাবল টিউনড সার্কিট ব্যবহৃত হয়। এই সার্কিটের Detected output-voltage,

$V_o = K\,[|V_{10}| - |V_{20}|]$

$= |V_{30}| - |V_{40}|$

যেখানে, $|V_{10}| - |V_{20}|$ হচ্ছে দুটি ডায়োডে প্রয়োগকৃত RF ভোল্টেজের পার্থক্য এবং $|V_{30}| - |V_{40}|$ হচ্ছে দুটি আউটপুট রেজিস্টরের আড়ে ভোল্টেজের Arithmetic difference.

৫। **Balanced Slope Detector-এর অসুবিধা কী কী?** *[বাকাশিবো : '১১R]*

উত্তর : (ক) এটা অ্যালাইন (align) করা জটিল, (খ) এর অ্যামপ্লিচিউড লিমিটিং ভালো নয়, (গ) এর লিনিয়ারিটি ভালো নয়।

৬। **Discriminator বলতে কী বুঝ?** *[বাকাশিবো : '০৭, '০৮, '০৯]*

উত্তর : Discriminator হলো এক প্রকার FM demodulator। অর্থাৎ এই সার্কিটটি ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড সিগন্যাল হতে মডুলেটিং সিগন্যালকে পৃথক করে। এর মূলনীতি হলো এর টিউনড সার্কিট সেন্টার ফ্রিকুয়েন্সিতে টিউন করা থাকে। সেন্টার ফ্রিকুয়েন্সিতে f_c ও ইনপুটে আগত ফ্রিকুয়েন্সি f_{in} এর মানের উপর ভিত্তি করে টিউনড সার্কিটের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারির যে ফেজ পার্থক্য হয়, তার উপর ভিত্তি করে ডিমডুলেটর বলে।

৭। **FM ওয়েভের ডিটেকশন পদ্ধতিগুলোর নাম লিখ।** *[বাকাশিবো : '০৮R]*

উত্তর : FM ওয়েভের detection বিভিন্ন পদ্ধতিতে করা যায়। নিচে এদের নাম উল্লেখ করা হলো–

(ক) রেশিও ডিটেক্টর (Ratio detector)

(খ) ফোস্টার-সীলি ডিটেক্টর (Foster-Seeley detector)

(গ) কোয়াড্রেচার ডিটেক্টর (Quadrature detector)

(ঘ) স্লোপ ডিটেক্টর (Slope detector)

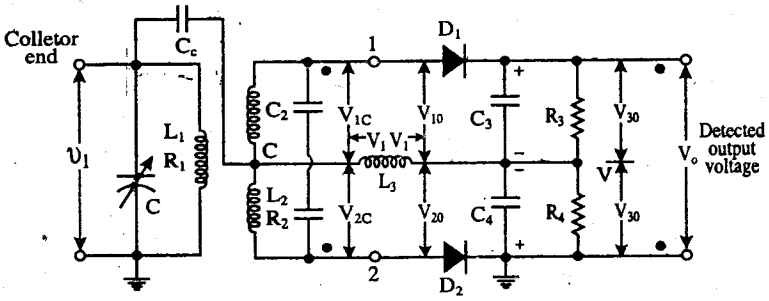
(ঙ) ব্যালান্সড্ স্লোপ ডিটেক্টর (Balanced slope detector)।

৮। **রেশিও ডিটেকটরের কাজ কী?** *[বাকাশিবো : '৯৭, '০০]*

উত্তর : রেশিও ডিটেক্টরের কাজ হলো Frequency modulated wave হতে মডুলেটিং সিগনালকে পৃথক করা। তবে এটি এটি সঙ্গে অ্যামপ্লিচিউড লিমিটিংয়ের কাজ করে থাকে।

৯। **Foster-Seeley Detector-এর সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।** *[বাকাশিবো : '০০]*

উত্তর : নিম্নে Foster-Seeley Detector-এর সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করা হলো :



চিত্র : Foster Seeley discriminator

১০। Ratio detector-এর সুবিধাসমূহ লিখ।

উত্তর : Ratio detector-এর সুবিধাসমূহ নিম্নরূপ :

(১) Input FM Signal নয়েজ দ্বারা আক্রান্ত হয়ে দ্রুত পরিবর্তিত হয়ে থাকলেও Ratio detector-এর আউটপুটে এর প্রভাব পড়ে না।

(২) আউটপুট ক্যাপাসিটর C_o এর মান বেশি হওয়ায় Time constant high হয়।

(৩) এর আউটপুট মোটামুটি স্থির।

(৪) এটি কিছুটা অ্যামপ্লিচিউড লিমিটিং সম্পন্ন করে।

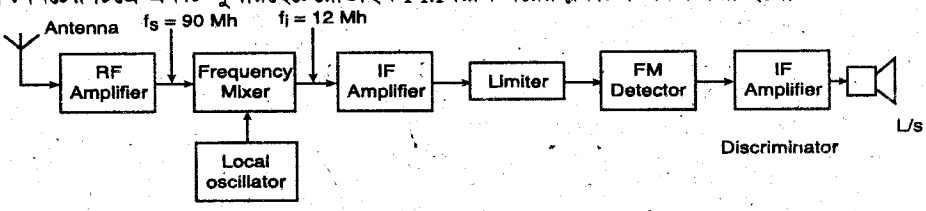
১১। Balanced Slope Detector-এর চেয়ে ফস্টার-সীলি discriminator-এর সুবিধা লিখ।

উত্তর : (ক) Balanced Slope Detector-এর চেয়ে Foster-Seeley Discriminator-কে অ্যালাইন করা সহজ। কারণ এর দুটি টিউনড সার্কিট আছে। এর উভয়কে ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সি নামে একই ফ্রিকুয়েন্সিতে টিউন করা হয়।

(খ) Foster-Seeley discrimination-এর লিনিয়ারটি অনেক ভালো। কারণ সার্কিটটি প্রাইমারি ও সেকেন্ডারির ফেজ সম্পর্কের উপর নির্ভর করে এবং এর প্রাইমারি ও সেকেন্ডারির ফেজ সম্পর্ক লিনিয়ার।

১২। একটি Superheterodyne FM receiver এর ব্লকচিত্র অঙ্কন করে সংক্ষেপে প্রতি ব্লকের কাজ লিখ।

উত্তর : নিচের চিত্রে একটি সুপারহেটেরোডাইন FM রিসিভারের ব্লকচিত্র অঙ্কন করা হলো–



$f_o = f_s - f_i = (90 - 12)$ MHz

চিত্র : The Block diagram of a super heterodyne F.M. receiver

(i) R.F Amplifier : FM broadcast-এ সিগন্যাল ব্যান্ডউইডথ থাকে 150 KHz। এই বড় BW-কে পরিচালনা করার মতো সক্ষম করে RF amp ডিজাইন করা হয়। মিক্সারে দেওয়ার পূর্বে এটি সিগন্যাল লেভেলকে যথেষ্ট পরিমাণে বর্ধিত করে।

(ii) Frequency Mixer : Intermediate frequency voltage তৈরি করার জন্য সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি f_s ও local oscillator voltage f_o কে মিক্সার করে। Intermediate frequency-এর typical value হলো 12 MHz।

(iii) IF Amplifier : বৃহৎ Gain পাওয়ার জন্য একটি মাল্টিস্টেজ IF amp. ব্যবহৃত হয়।

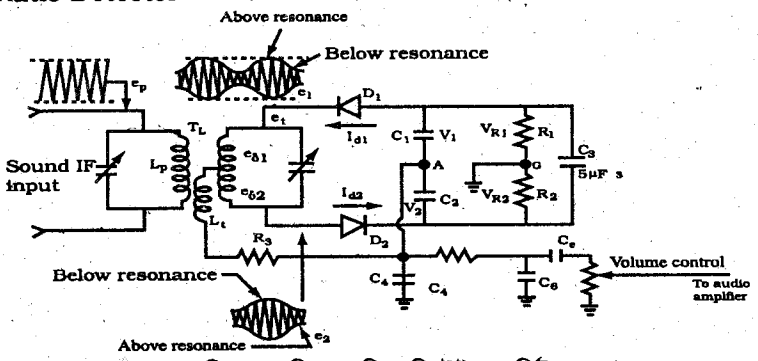
(iv) Limiter : যে-কোনো অ্যামপ্লিচিউড ভ্যারিয়েশনকে দূর করার জন্য লিমিটার ব্যবহৃত হয়।

(v) FM Detector : FM wave থেকে মূল অডিও সিগন্যালকে বের করে আনার জন্য FM detector ব্যবহৃত হয়।

(vi) Audio Amplifier : দুর্বল AF voltage-কে শক্তিশালী করার জন্য ব্যবহার করা হয় (for 15 kHz BW)।

১৩। Ratio Detector-এর সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

উত্তর : নিম্নে Ratio Detector-এর সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করা হলো :



চিত্র : বেসিক রেশিও ডিটেক্টর সার্কিট

১৪। **এফএম ডিমডুলেশন কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর : (i) Slope detection
(ii) Balanced slope detection
(iii) Phase discriminator/Foster-Seely Discriminator
(iv) Ratio Detector
(v) Quadrature Detector

১৫। **FM wave-এর Detection পদ্ধতিগুলোর নাম লিখ।**

উত্তর : (i) Ratio Detector
(ii) Foster seely detector
(iii) Quadrature detector
(iv) Slope detector
(v) Balanced slop detector.

১৬। **ফ্রিকুয়েন্সি ডিমডুলেশনের শ্রেণিবিন্যাস কর।**

উত্তর : নিম্নে বিভিন্ন প্রকার FM ডিটেকটরের নাম উল্লেখ করা হল–

(১) স্লোপ ডিটেকটর (Slope Detector)
(২) ব্যালেন্সড স্লোপ ডিটেকটর (Balanced Slope Detector)
(৩) রেশিও ডিটেকটর (Ratio Detector)
(৪) ব্যালেন্সড রেশিও ডিটেকটর (Balanced Ratio Detector)
(৫) কোয়াড্রেচার ডিটেকটর (Quadrature Detector)
(৬) ফোস্টার শেলী ডিটেকটর (Foster-Seeley Detector)

১৭। **Balanced slope detector-এর সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৭.২.১ এর চিত্র-৭.২-(ক) নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

১। **একটি Foster-Seeley discriminator চিত্রসহ বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '৯৮, '০০, '০১, '০৯, '১১R, '১৪, '১৪R]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৭.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। **একটি অ্যামপ্লিচিউড লিমিটার সার্কিট অঙ্কন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '১২(৪র্থ)]*

অথবা, একটি অ্যামপ্লিচিউড লিমিটার সার্কিট অংকন করে ওয়েভশেপসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

অথবা, চিত্রসহ লিমিটার সার্কিটের কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৭.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **একটি রেশিও ডিটেক্টর সার্কিট অঙ্কন করে তার কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '১০R, '১১]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৭.২.২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **FM detection-এর মূলনীতি ব্যাখ্যা কর।** *[বাকাশিবো : '৯৮]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৭.১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **একটি Balanced slope detector-এর সার্কিট অঙ্কন করে তার কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৭.২.১ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায় ৮

রেডিও ট্রান্সমিটার
(Understand the Radio Transmitter)

৮.০ ভূমিকা
(Introduction)

ট্রান্সমিটার শব্দের অর্থ হলো প্রেরক যন্ত্র। দূরবর্তী স্থানে রেডিও ওয়েভাকারে তথ্য প্রেরণ করার জন্য ব্যবহৃত যন্ত্রকে রেডিও প্রেরক যন্ত্র বা ট্রান্সমিটার বলে। এই যন্ত্রে সিগন্যাল ওয়েভকে উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট ক্যারিয়ার ওয়েভ ব্যবহার করে মডুলেট করা হয়। মডুলেটেড ওয়েভকে অ্যান্টিনা ব্যবহার করে সহজেই দূরদূরান্তে প্রেরণ করা যায়।

রেডিও ট্রান্সমিটারের উল্লেখযোগ্য অংশসমূহ হলো–

(১) সিগন্যাল ট্রান্সডিউসার (Signal transducer),

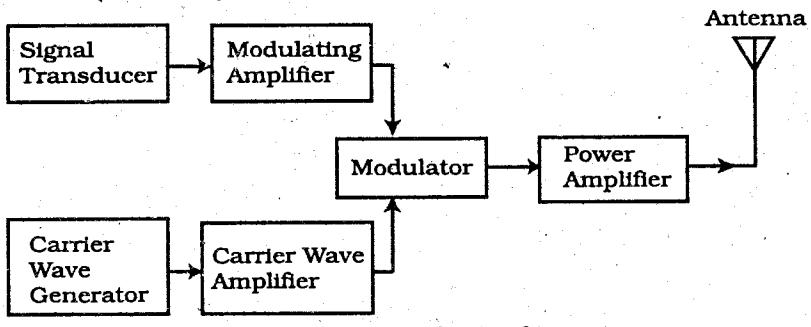
(২) হাই ফ্রিকুয়েন্সি অসিলেটর (High frequency oscillator),

(৩) মডুলেটর (Modulator),

(৪) অ্যামপ্লিফায়ার (Amplifier),

(৫) অ্যান্টিনা (Antenna)।

একটি সরল রেডিও ট্রান্সমিটারের ব্লকচিত্র নিম্নের চিত্রে দেখানো হলো :



চিত্র-৮.১ : সরল রেডিও ট্রান্সমিটার

৮.১ পাওয়ার, ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন এবং সার্ভিস সম্পর্কিত রেডিও ট্রান্সমিটারের শ্রেণিবিভাগ বর্ণনা
(State the Classification of Radio Transmitters in Terms of Power, Frequency, Modulation, Service Involved)

পাওয়ার, ফ্রিকুয়েন্সি, মডুলেশন এবং সার্ভিস-এর ওপর ভিত্তি করে ট্রান্সমিটারের শ্রেণিবিভাগ নিম্নে প্রদত্ত হলো :

ট্রান্সমিটারকে নিচের বিষয়গুলোর ওপর ভিত্তি করে বিভক্ত করা হয় :

(১) মডুলেশনের ওপর ভিত্তি করে।

(২) যে কাজের জন্য ট্রান্সমিশন করা হয় তার ওপর ভিত্তি করে।

(৩) যে ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ ব্যবহার করা হয় তার ওপর ভিত্তি করে।

(৪) পাওয়ারের ওপর ভিত্তি করে।

(১) মডুলেশনের ওপর ভিত্তি করে ট্রান্সমিটারকে নিম্নলিখিত শ্রেণিতে বিভক্ত করা হয় :

(ক) অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন ট্রান্সমিটার,

(খ) ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন ট্রান্সমিটার,

(গ) পাল্‌স মডুলেশন ট্রান্সমিটার।

(ক) **অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন ট্রান্সমিটার :** যে ধরনের ট্রান্সমিটারে ক্যারিয়ার ওয়েভকে মডুলেটিং সিগনাল দ্বারা অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন করা হয় সেই ট্রান্সমিটারকে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন ট্রান্সমিটার বলে। এই প্রকারের ট্রান্সমিটার মিডিয়াম ওয়েভ, শর্ট ওয়েভ, রেডিও ব্রডকাস্টে, শর্ট ওয়েভ রেডিও টেলিফোনি, শর্ট ওয়েভ রেডিও টেলিগ্রাফি, VHF, UHF রেঞ্জে টেলিভিশন পিকচার ট্রান্সমিশনের জন্য ব্যবহার করা হয়।

(খ) **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন ট্রান্সমিটার :** যে প্রকার ট্রান্সমিটারে মডুলেটিং সিগনালের ভোল্টেজ অনুযায়ী ক্যারিয়ার ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সিকে পরিবর্তন করা হয় সেই ট্রান্সমিটারকে ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন ট্রান্সমিটার বলে। ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন ট্রান্সমিটারকে VHF, UHF রেঞ্জে রেডিও ব্রডকাস্ট, VHF ও UHF রেঞ্জে টেলিভিশন ব্রডকাস্টে সাউন্ড ট্রান্সমিশন করার জন্য, VHF ও UHF রেঞ্জে অল্প দূরত্বের মধ্যে টেলিফোন কমিউনিকেশনে ব্যবহার করা হয়।

(গ) **পাল্‌স মডুলেশন ট্রান্সমিটার :** যে ট্রান্সমিটারে কতকগুলো পাল্‌স বা পাল্‌স ট্রেইনের বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী সিগনাল ভোল্টেজের বৈশিষ্ট্যকে (ক্যারিয়ার সিগনাল ভোল্টেজকে) পরিবর্তন করা হয়, তাকে পাল্‌স মডুলেশন ট্রান্সমিটার বলে।

এই প্রকারের ট্রান্সমিটারে মডুলেশন অনুযায়ী Pulse width, Pulse position, Pulse frequency অথবা Pulse code পরিবর্তন করা হয়। সুতরাং পাল্‌স মডুলেশন আবার বিভিন্ন প্রকারের হয়ে থাকে। যেমন–

(i) Pulse width modulation,
(ii) Pulse position modulation,
(iii) Pulse amplitude modulation,
(iv) Pulse frequency modulation,
(v) Pulse code modulation.

(২) **যে কাজের জন্য ট্রান্সমিট করা হয় সেই অনুযায়ী ট্রান্সমিটারের প্রকারভেদ :**

(ক) **রেডিও ব্রডকাস্ট ট্রান্সমিটার :** কথাবার্তা, বক্তৃতা, আলাপ-আলোচনা, মিউজিক, নাটক, খবর ইত্যাদি জনসাধারণের জানার জন্য ও বিনোদনের জন্য যে ট্রান্সমিটার দ্বারা প্রচার করা হয় তাকে রেডিও ব্রডকাস্ট ট্রান্সমিটার বলে। এই ধরনের ট্রান্সমিটারের ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির স্ট্যাবিলিটি অনেক ভালো, ডিসটোরশন ও নয়েজ কম। Radio Broadcast Transmitter-এ অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন অথবা ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন ব্যবহৃত হয়ে থাকে। অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন ট্রান্সমিটারগুলোকে মিডিয়াম ওয়েভ ও শর্ট ওয়েভের জন্য ব্যবহার করা হয়। এই প্রকার ট্রান্সমিটারের ক্যারিয়ার সিগনালের পাওয়ার 1 KW হতে 1000 KW অথবা তার চেয়েও বেশি হতে পারে। FM Broadcast Transmitter-কে Very short wave রেঞ্জে অথবা UHF রেঞ্জে অপারেট করা হয়। এই ট্রান্সমিটারের ক্যারিয়ার পাওয়ার সাধারণত 100 KW ব্যবহার করা হয়।

(খ) **রেডিও টেলিফোন ট্রান্সমিটার :** এই ট্রান্সমিটার দ্বারা টেলিফোনের কথাবার্তা অনেক দূরে পাঠানো যায়। কিন্তু বিশেষ ধরনের ডিভাইস যেমন– ভলিউম কমপ্রেসার, প্রাইভেসি ডিভাইস, পিক লিমিটার ট্রান্সমিটারে ব্যবহার করা হয়। এই ট্রান্সমিটারে বিশেষ ধরনের ট্রান্সমিটার ব্যবহার করা হয়। এর এন্টেনা দ্বারা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভকে চিকন বিম আকারে রিসিভিং এন্টেনাতে প্রেরণ করা হয়। রেডিও টেলিফোন ট্রান্সমিটারে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন অথবা ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন ব্যবহার করা হয়। AM ট্রান্সমিটারে সাধারণত শর্ট ওয়েভ রেঞ্জ ব্যবহার করা হয়। দূরবর্তী স্থানের ক্ষেত্রে এতে Point to point communication পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। এর ক্যারিয়ার পাওয়ার সাধারণত কয়েক কিলোওয়াট হয়ে থাকে। ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন রেডিও টেলিফোন ট্রান্সমিটারগুলো UHF রেঞ্জ ব্যবহার করে। এর পাওয়ার 1 KW এর চেয়ে কম হয়। অল্প দূরত্বের (যেমন : 40 fm এর চেয়ে কম) জন্য এই প্রকার ট্রান্সমিটারে Point to point Communication ব্যবহার করা হয়।

(গ) **রেডিও টেলিগ্রাফ ট্রান্সমিটার :** রেডিও টেলিগ্রাফ ট্রান্সমিটার দ্বারা টেলিগ্রাফ সিগনালকে একটি রেডিও স্টেশন হতে অন্য রেডিও স্টেশনে পাঠানো হয়। এতে AM অথবা FM উভয় মডুলেশনই ব্যবহার করা হয়। এতে point to point কমিউনিকেশন ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

(ঘ) **টেলিভিশন ট্রান্সমিটার :** টেলিভিশন ব্রডকাস্টের জন্য মূলত দুটি ট্রান্সমিটার ব্যবহার করা হয়। একটি ট্রান্সমিটারে ছবিকে মডুলেট করা হয়, অন্যটিতে শব্দকে মডুলেট করা হয়। উভয় ট্রান্সমিটারের ক্ষেত্রে VHF ও UHF রেঞ্জ ব্যবহার করা হয়। ছবিকে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন করা হয় এবং শব্দকে ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন করা হয়। টেলিভিশন ট্রান্সমিটারে Vestigial side band ট্রান্সমিশন পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

(ঙ) **রাডার ট্রান্সমিটার :** Radar-এর পূর্ণরূপ Radio Detection and Ranging. Radar Transmitter দুই প্রকার। যেমন–

(i) Pulse Radar ও

(ii) CW (Continuous Wave) Radar.

পাল্‌স Radar-এ ক্যারিয়ারকে Pulse modulation করা হয়। Radar Transmitter-এ ব্যবহৃত ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 3000 MHz হতে 10000 MHz. এতে ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন ব্যবহার করা হয়।

(৩) **ফ্রিকুয়েন্সির ওপর ভিত্তি করে ট্রান্সমিটারের শ্রেণিবিভাগ :**

ফ্রিকুয়েন্সির ওপর ভিত্তি করে ট্রান্সমিটারকে নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা হয় :

(ক) **Medium Wave Transmitter :** পাবলিক ব্রডকাস্টের ক্ষেত্রে মিডিয়াম ওয়েভ ট্রান্সমিটার ব্যবহার করা হয়। এতে ব্যবহৃত ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 550 KHz হতে1650 KHz. এতে ব্যবহৃত ক্যারিয়ার পাওয়ার 5 KW হতে 1000 KW হয়ে থাকে।

(খ) **Short Wave Transmitter :** Short wave transmitter-এ 3 MHz হতে 30 MHz পর্যন্ত ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ ব্যবহার করা হয়। তবে প্রকৃতপক্ষে 24 MHz-এর উপরের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ ব্যবহার করা হয় না। শর্টওয়েভ ট্রান্সমিশনের ক্ষেত্রে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভকে Ionospheric propagation করা হয়। এতে ব্যবহৃত ক্যারিয়ার পাওয়ারের মান কম লাগে। একটি বৃহৎ এরিয়াতে ট্রান্সমিশনের জন্য প্রয়োজনীয় ক্যারিয়ার পাওয়ার 1 হতে 10 KW. সাগর এলাকার বিশাল এরিয়া জুড়ে ট্রান্সমিশনের জন্য 10 KW হতে 100 KW পাওয়ার প্রয়োজন। আবার শর্টওয়েভ ট্রান্সমিটার Radio Telephony-তে ব্যবহার করলে তুলনামূলক কম পাওয়ার যেমন : 5 KW এবং directive এন্টেনার প্রয়োজন।

(গ) **VHF, UHF Transmitter :** VHF রেঞ্জের ট্রান্সমিটার 30 MHz থেকে 300 MHz ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জে অপারেট করে। VHF Transmitter-এ 30 MHz থেকে 300 MHz পর্যন্ত ব্যবহার করা হয়। এগুলোকে FM ব্রডকাস্ট, টেলিভিশন ব্রডকাস্ট, FM রেডিও টেলিফোনিতে ব্যবহার করা হয়।

(ঘ) **Microwave Transmitter :** মাইক্রোওয়েভ ট্রান্সমিটার 1000 MHz -এর উপরের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের জন্য ব্যবহার করা হয়। Radar, television relay, পাশাপাশি দুটি দেশের মধ্যে সিগনাল আদান-প্রদানের জন্য Microwave link ব্যবহার করা হয়।

(৪) **সিগনালের ক্ষমতার ওপর ভিত্তি করে ট্রান্সমিটারকে তিন ভাগে ভাগ করা হয়। যথা–**

(ক) উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন ট্রান্সমিটার (High power transmitter),

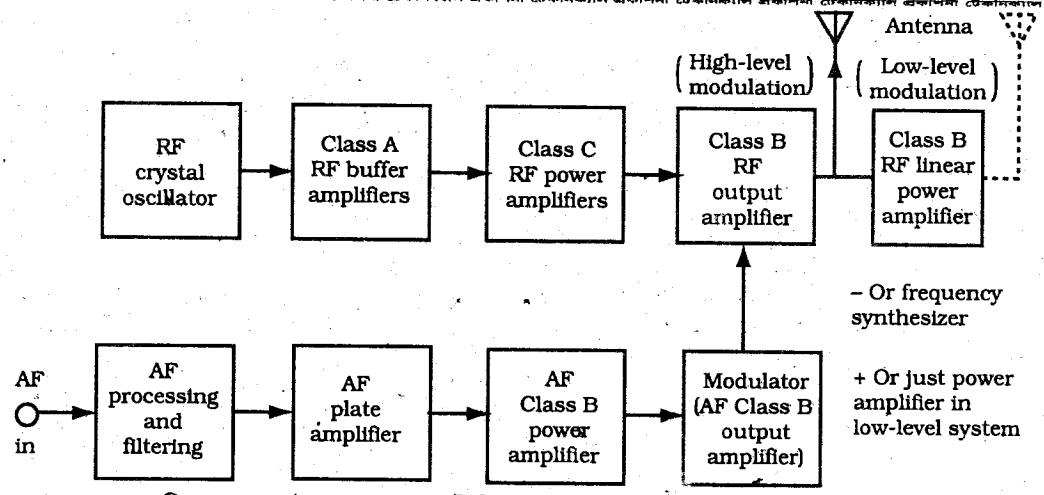
(খ) মধ্যম ক্ষমতাসম্পন্ন ট্রান্সমিটার (Medium power transmitter) ও

(গ) নিম্ন ক্ষমতাসম্পন্ন ট্রান্সমিটার (Low power transmitter)।

৮.২ প্রতিটি স্টেটের কার্যাবলীসহ AM-ট্রান্সমিটারের ব্লক ডায়াগ্রাম ব্যাখ্যা

(Explain the Block Diagram of AM Transmitter with Function of Each State)

AM ট্রান্সমিটারের দুটি অংশ থাকে। এরা হলো RF চ্যানেল এবং AF চ্যানেল। RF চ্যানেলে অসিলেটরের সাহায্যে RF সিগনাল জেনারেট করা হয় এবং ঐ সিগনালকে অ্যামপ্লিফাই করে এন্টেনাতে প্রয়োগ করা হয়। AF চ্যানেলে মাইক্রোফোনের সাহায্যে উৎপন্ন অডিও সিগনালকে ধাপে ধাপে অ্যামপ্লিফাই করে RF চ্যানেলের কোনো একটি সেকশনে মডুলেট করা হয়। নিচের চিত্রে একটি হাই পাওয়ার অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন ট্রান্সমিটারের ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন করা হয়েছে।



চিত্র-৮.২ : হাই পাওয়ার অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন ট্রান্সমিটারের ব্লক ডায়াগ্রাম

নিচে এর বিভিন্ন অংশের নাম ও বর্ণনা প্রদান করা হলো :

(১) **মাস্টার অসিলেটর (Master Oscillator) :** মাস্টার অসিলেটর দ্বারা ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করা হয়। এই ফ্রিকুয়েন্সি অত্যন্ত স্থির মানের (Stable) হওয়া প্রয়োজন। তবে বিভিন্ন কারণে এই ফ্রিকুয়েন্সির মান পরিবর্তিত হতে চায়। যেমন– সাপ্লাই ভোল্টেজের পরিবর্তন, তাপমাত্রার পরিবর্তন, বিভিন্ন কম্পোনেন্ট ও লোডের তাপমাত্রার পরিবর্তনের কারণে ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির মান পরিবর্তন হতে পারে। অনেক সময় ট্রান্সমিটারের বয়স ও তাতে ব্যবহৃত টিউবের বয়সের কারণে ফ্রিকুয়েন্সির মান পরিবর্তিত হতে পারে। যে কারণেই মাস্টার অসিলেটর দ্বারা উৎপন্ন ফ্রিকুয়েন্সির মান পরিবর্তন হোক না কেন একে স্থির মানে রাখার ব্যবস্থা করা হয়।

(২) **বাফার অ্যামপ্লিফায়ার :** যদি মাস্টার অসিলটরে উৎপন্ন RF সিগনালকে সরাসরি হারমোনিক জেনারেটরে অথবা ক্লাস সি পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারে প্রদান করা হয় তবে মাস্টার অসিলটরে লোডিং ইফেক্ট পড়ে। এর ফলে অসিলেটর সার্কিটের কার্যকরী রেজিস্ট্যান্সের মান পরিবর্তন হয়। অতএব, মাস্টার অসিলেটর ও ট্রান্সমিটার লোডের পরস্পরের প্রভাব (Interration) দূর করার জন্য অসিলেটর ও হারমোনিক জেনারেটরের মাঝখানে একটি বাফার অ্যামপ্লিফায়ার স্থাপন করা হয়। বাফার অ্যামপ্লিফায়ার একটি একক গেইন (Unity gain) বিশিষ্ট অ্যামপ্লিফায়ার। এটি অসিলেটরকে পরবর্তী স্টেজের লোডিং ইফেক্ট-এর প্রভাব হতে রক্ষা করে। বাফার অ্যামপ্লিফায়ারের টিউবটিকে ক্লাস-এ বায়াস প্রদান করা হয়। ফলে এতে কোনো গ্রিড কারেন্ট প্রবাহিত হয় না। ফলে অসিলেটরে কোনো লোডিং ইফেক্ট সৃষ্টি হয় না। ফলে লোডিং ইফেক্টের জন্য অসিলেটরের দ্বারা উৎপন্ন ফ্রিকুয়েন্সিতে কোনো পরিবর্তন হয় না।

(৩) **হারমোনিক জেনারেটর :** মাস্টার অসিলেটর এমন একটি ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করে যা ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির একটি Sub-multiple বা উপগুণিতক মানের ফ্রিকুয়েন্সি। এই উপগুণিতক মানের ফ্রিকুয়েন্সিকে হারমোনিক জেনারেটর দ্বারা মূল ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সিতে রূপান্তর করা হয়। একে ফ্রিকুয়েন্সি মালটিপ্লায়ারও বলা হয়। এটি একটি ক্লাস সি টিউন্‌ড অ্যামপ্লিফায়ার।

(৪) **ইন্টারমিডিয়েট পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার :** মাস্টার অসিলেটর যে r.f ভোল্টেজ উৎপন্ন করে তার পাওয়ার খুবই কম। এত অল্প পাওয়ার বিশিষ্ট সিগনালকে ট্রান্সমিট করা যায় না। একে উচ্চমানের প্লেট ইফিসিয়েন্সি বিশিষ্ট ক্লাস C অ্যামপ্লিফায়ার দ্বারা যথেষ্ট শক্তিশালী করা হয়।

(৫) **ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার :** RF চ্যানেলের সর্বশেষ সেকশন হলো ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার। এটি সিগনালকে অ্যামপ্লিফাই করে সর্বোচ্চ মানে উন্নীত করে এবং এই সিগনালকে রেডিয়েশনের জন্য এন্টেনাতে প্রয়োগ করা হয়। এই অ্যামপ্লিফায়ারটি একটি ক্লাস সি টিউন্‌ড অ্যামপ্লিফায়ার। অডিও ফ্রিকুয়েন্সি পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারের আউটপুট এই অ্যামপ্লিফায়ারে মডুলেট করা হয়। এই প্রকার মডুলেশনকে হাই লেভেল মডুলেশন করা হয়। ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারের আউটপুটকে এন্টেনাতে প্রয়োগ করা হয়।

(৬) **অডিও ফ্রিকুয়েন্সি চ্যানেল :** ট্রান্সমিটারের অডিও ফ্রিকুয়েন্সি সেকশন মডুলেটিং সিগনাল উৎপন্ন করে। মাইক্রোফোনের মাধ্যমে শব্দশক্তিকে ইলেকট্রিক্যাল সিগনালে রূপান্তর করা হয়। মাইক্রোফোন হতে যে সিগনাল পাওয়া যায় তার মান খুবই কম। এজন্য এই সিগনালকে অ্যামপ্লিফায়ার দ্বারা প্রয়োজনীয় গেইন পর্যন্ত অ্যামপ্লিফাই করা হয় যাতে তাকে যথাযথ ব্যবহার করা যায়। অ্যামপ্লিফিকেশনের জন্য যে অ্যামপ্লিফায়ার ব্যবহার করা হয় সেগুলোর প্রথমটি সাধারণত ভোল্টেজ অ্যামপ্লিফায়ার হয়ে থাকে। ভোল্টেজ অ্যামপ্লিফায়ারের আউটপুট পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার দ্বারা অ্যামপ্লিফাই করে তার আউটপুটকে মডুলেটরে প্রদান করা হয়।

৮.৩ লো লেভেল এবং হাই লেভেল মডুলেশনের মধ্যে পার্থক্য বর্ণনা (State the Difference Between Low Level and High Level Modulation)

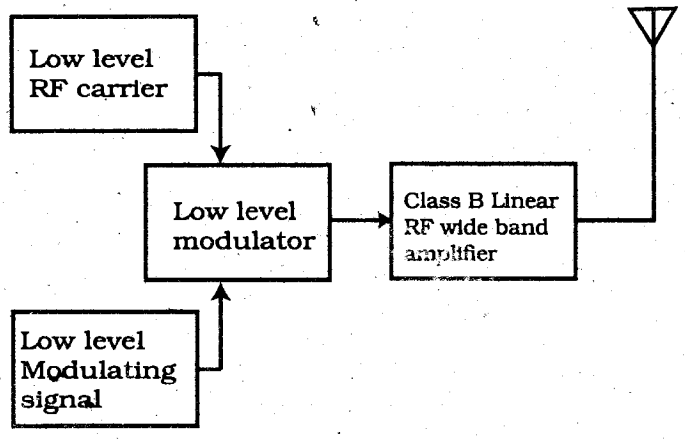
মডুলেটরের ইনপুট হিসেবে ব্যবহৃত ক্যারিয়ার ও সিগনাল ওয়েভের শক্তির ভিত্তিতে মডুলেশন পদ্ধতিকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(১) নিচু স্তরের মডুলেশন (Low level modulation),

(২) উচু স্তরের মডুলেশন (High level modulation)।

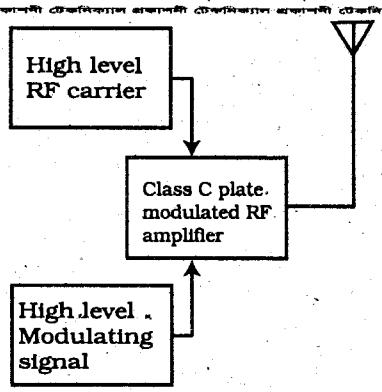
নিচে এগুলোর বর্ণনা প্রদত্ত হলো :

(১) **Low Level Modulation :** দুর্বল প্রকৃতির ক্যারিয়ার ওয়েভকে দুর্বল প্রকৃতির সিগন্যাল ওয়েভ দ্বারা মডুলেট করার পদ্ধতিকে নিচু স্তরের মডুলেশন বলে। ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারের পূর্বের স্টেজে এই ধরনের মডুলেশন সম্পন্ন করা হয়। এই মডুলেশনে প্রাপ্ত ওয়েভকে পাওয়ার অ্যামপ্লিফিকেশন করে প্রেরণ করা হয়। ক্যারিয়ার ও উভয় সাইডব্যান্ডকে বিবর্ধিত করতে হয় বলে এক্ষেত্রে Wide band amplifier ব্যবহৃত হয়। ৮.৩ নং চিত্রে Low power level modulation system দেখানো হলো।



চিত্র-৮.৩ : Low level modulation system.

(২) **High Level Modulation :** দুর্বল প্রকৃতির ক্যারিয়ার ও সিগন্যাল ওয়েভের পাওয়ার অ্যামপ্লিফাই করে বিবর্ধিত ওয়েভদ্বয়কে যদি ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারে মডুলেশন করা হয়, তবে তাকে হাই লেভেল মডুলেশন বলা হয়। অত্যন্ত উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন ট্রান্সমিটারে এই পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। বিবর্ধন করার কাজে Class-C বিবর্ধক ব্যবহার করা হয়। ৮.৪নং চিত্রে High level modulation পদ্ধতি দেখানো হলো।



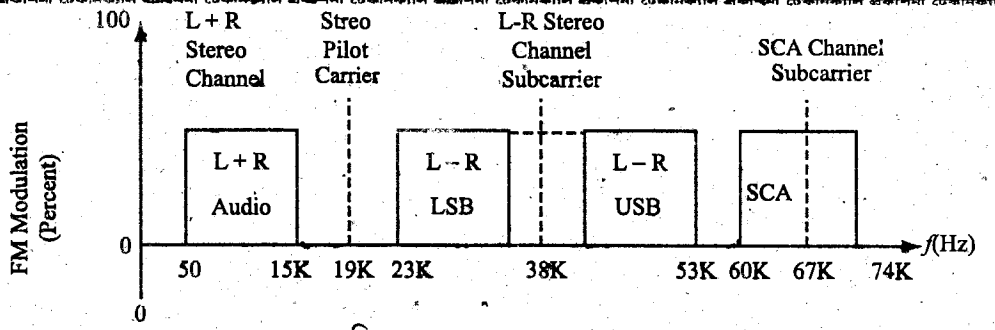
চিত্র-৪.৪ : High level modulation system.

নিচের ছকে হাই লেভেল ও লো লেভেল মডুলেশনের মধ্যে পার্থক্য দেখানো হলো :

লো লেভেল মডুলেশন	হাই লেভেল মডুলেশন
১। দুর্বল প্রকৃতির ক্যারিয়ার ওয়েভকে দুর্বল প্রকৃতির মডুলেটিং সিগনাল ওয়েভ দ্বারা মডুলেট করা হয়।	১। দুর্বল প্রকৃতির ওয়েভসমূহের পাওয়ার বিবর্ধিত করে বিবর্ধিত ওয়েভদ্বয়ের সমন্বয়ে মডুলেশন সম্পন্ন করা হয়।
২। ট্রান্সমিটারের ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারের পূর্বে মডুলেশন সম্পন্ন করা হয়।	২। ট্রান্সমিটারের ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারে মডুলেশন সম্পন্ন করা হয়।
৩। মাঝারি বা নিম্ন ক্ষমতাসম্পন্ন ট্রান্সমিটারে এ পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।	৩। অতি উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন ট্রান্সমিটারে এ পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।
৪। ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে Class-B turned power amplifier ব্যবহার করা হয়।	৪। ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে Class-C turned operation ব্যবহার করা হয়।
৫। অ্যামপ্লিফায়ারের পাওয়ার গেইন ও দক্ষতা কম।	৫। অ্যামপ্লিফায়ারের পাওয়ার গেইন ও দক্ষতা বেশি।
৬। মডুলেশনের পর মডুলেটেড সিগন্যালকে পুনঃঅ্যামপ্লিফাই করার পর অ্যান্টেনাতে ফিড করা হয়।	৬। মডুলেশনের পর পরই মডুলেটরের আউটপুটকে সরাসরি অ্যান্টেনাতে ফিড করা হয়।
৭। রেডিও কমিউনিকেশনের প্রথম দিকে Low level modulation system ব্যবহার হতো বিধায় এটি পুরাতন পদ্ধতি।	৭। বর্তমানে High level modulation system-ই ব্যবহৃত হয় বিধায় এটি আধুনিক পদ্ধতি।

৮.৪ স্পেকট্রাম সহযোগে একটি স্টেরিও FM ট্রান্সমিটারের ব্লক ডায়াগ্রাম (Explain the Block Diagram of Stereo FM Transmitter With Resulting Spectrum)

১৯৬১ সাল পর্যন্ত সকল বাণিজ্যিক ব্রডকাস্ট-ব্যান্ড ট্রান্সমিশনগুলো ছিল মনোফোনিক (Monophonic)। এরপর FCC বাণিজ্যিক FM ব্রডকাস্ট ব্যান্ডের জন্য স্টেরিওফোনিক (Stereophonic) ট্রান্সমিশন চালু করে। স্টেরিওফোনিক ট্রান্সমিশনের ক্ষেত্রে ইনফরমেশন সিগন্যালকে স্থানিকভাবে দুটি 50 Hz থেকে 15 KHz অডিও চ্যানেলে (একটি বাম এবং অপরটি ডান) ভাগ করা হয়। বাম পার্শ্বে যে মিউজিক উৎপন্ন হবে তা কেবলমাত্র বাম স্পিকার দিয়ে পুনরুৎপাদিত হবে এবং যে মিউজিক ডান পাশে উৎপন্ন হবে তা ডান স্পিকার দিয়ে পুনঃরুৎপাদিত হবে। নিচের চিত্রে দেখানো 50 Hz – 15 Hz স্টেরিও চ্যানেলের সাথে একটি 19 KHz পাইলট ক্যারিয়ার নিয়ে কম্পোজিট বেস-ব্যান্ড সিগন্যালটি গঠন করা হয়।



চিত্র-৮.৫ : FM spectrum

তিন চ্যানেল হলো–

(১) L (left) + R (Right) অডিও চ্যানেল

(২) (L (left) + Inverted right অর্থাৎ (L – R) অডিও চ্যানেল

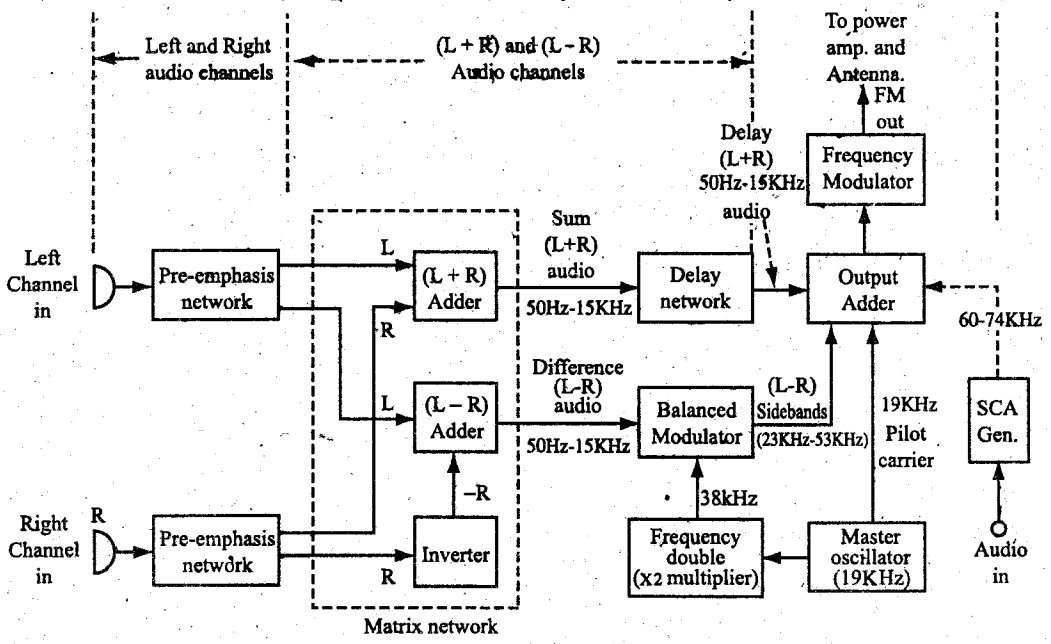
(৩) SCA (Subsidiary Communication Authorization) সাবক্যারিয়ার এবং সংশ্লিষ্ট সাইডব্যান্ডসমূহ।

(L + R) স্টেরিও চ্যানেলটি 0 – 15 KHz পাসব্যান্ড দখল করে।

(L – R) অডিও চ্যানেলটি 38 KHz সাব-ক্যারিয়ারকে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেট করে (L – R) স্টেরিও চ্যানেল উৎপন্ন করে, যা একটি ডাবল সাইডব্যান্ড সাপ্রেসড ক্যারিয়ার (DSB – SC)। এটি 23 KHz – 53 KHz পাসব্যান্ড দখল করে এবং কেবলমাত্র FM Stereo transmission-এর জন্য ব্যবহৃত হয়। SCA transmission 60 KHz – 74 KHz ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম দখল করে। মনোরিসিভারগুলো সম্পূর্ণ বেসব্যান্ড স্পেকট্রামকে ডিমডুলেট করতে পারে কিন্তু কেবলমাত্র 50 Hz – 15 KHz (L + R) চ্যানেলকে বিবর্ধন করে থাকে এবং সকল স্পিকারে প্রয়োগ করে।

Stereophonic রিসিভারগুলো অবশ্যই 23 KHz – 53 KHz (L – R) স্টেরিও চ্যানেলের অতিরিক্ত ডিমডুলেশন সম্পন্ন করে এবং বাম ও ডান অডিও চ্যানেলে পৃথক করে এবং তারপর তাদেরকে স্ব-স্ব স্পিকারে প্রয়োগ করে।

নিম্নের চিত্রে একটি স্টেরিও FM ট্রান্সমিটারের জন্য সরল ব্লক চিত্র দেওয়া হলো–



চিত্র-৮.৬ : The block diagram of a stereo FM transmitter (Using FDM with optional SCA)

(L + R) এবং (L – R) অডিও চ্যানেল উৎপন্ন করার জন্য L এবং R অডিও চ্যানেলগুলোকে একটি মেট্রিক্স নেটওয়ার্কের মধ্যে একত্রিত করা হয়। তারপর (L – R) সিগন্যালকে একটি ব্যালেন্সড মডুলেটরের মধ্যে 38 KHz সাব-ক্যারিয়ারের সাথে মিশ্রণ করা হয়। এর ফলে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড Double Sideband Suppressed Carrier (DSB – SC)-এর একটি 23 KHz – 53 KHz (L – R) স্টেরিও চ্যানেল পাওয়া যায়। যেহেতু (L – R) সিগন্যালকে ব্যালেন্সড মডুলেটরের মধ্য দিয়ে গমন করতে হয় সেহেতু (L – R) সিগন্যাল পথে একটি টাইম ডিলে তৈরি হয়। এ কারণে ডিমডুলেশনের উদ্দেশ্যে (L – R) স্টেরিও চ্যানেলের সাথে phase integrity বজায় রাখার জন্য (L + R) স্টেরিও চ্যানেলকে অবশ্যই কৃত্রিমভাবে কিছুটা বিলম্ব করানো হয়। আবার ডিমডুলেশনের উদ্দেশ্যে 38 KHz সাবক্যারিয়ারের পরিবর্তে একটি 19 KHz পাইলট ট্রান্সমিট করা হয় কারণ রিসিভারে 38KHz সাবক্যারিয়ারকে উদ্ধার করা তুলনামূলকভাবে অধিক কঠিন। এরপর প্রাপ্ত কম্পোজিট বেসব্যান্ড সিগন্যালকে FM ট্রান্সমিটারে প্রয়োগ করা হয়, যেখানে এটি মেইন ক্যারিয়ারকে মডুলেট করে। তারপর সিগন্যালের পাওয়ার বৃদ্ধি করে এটিকে অ্যান্টেনাতে প্রয়োগ করা হয়।

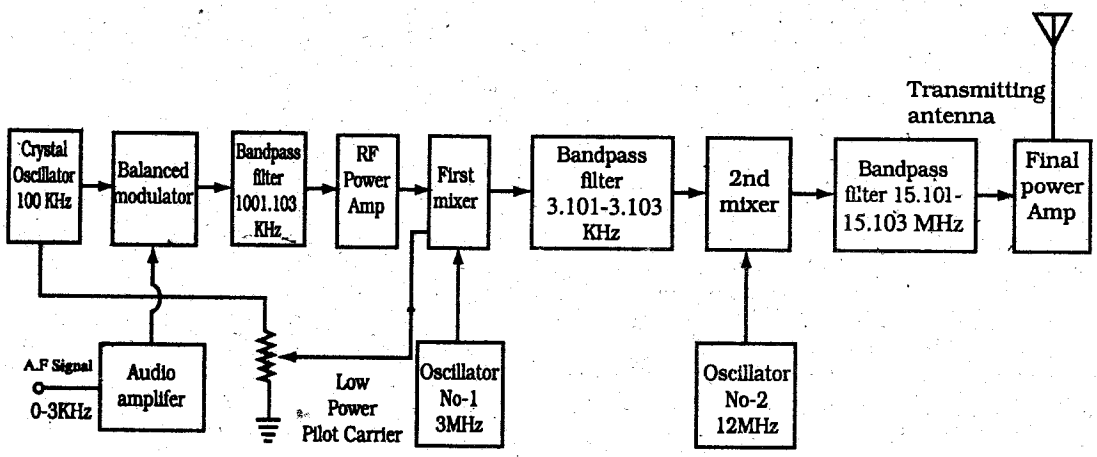
৮.৫ ব্লক চিত্রের সাহায্যে SSB ট্রান্সমিটারের কার্যপদ্ধতি ব্যাখ্যা (Explain the Operation of SSB-SC Transmitter with Block Diagram)

সিঙ্গেল সাইডব্যান্ড (SSB) ট্রান্সমিটার একটি বিশেষ ধরনের ট্রান্সমিটার, যেখানে মাত্র একটি সাইডব্যান্ড (সাধারণত আপার সাইডব্যান্ড) ট্রান্সমিট করা হয় এবং অপর সাইডব্যান্ড ও ক্যারিয়ারকে সাপ্রেসড করা হয়। দীর্ঘ দূরত্বের রেডিও কমিউনিকেশনের ক্ষেত্রে এ ধরনের ট্রান্সমিটার ব্যবহার করা হয়। সিঙ্গেল সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিটারের সুবিধাসমূহ নিম্নরূপ–

(ক) ডাবল সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিটারের তুলনায় ক্যারিয়ার পাওয়ারের পরিমাণ অর্ধেক হয়।
(খ) ডাবল সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিটারের তুলনায় নয়েজ পাওয়ারের পরিমাণও অর্ধেক হয়।
(গ) ডাবল সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিটারের তুলনায় সিগন্যাল টু নয়েজ রেশিও'র পরিমাণ দ্বিগুণ বা তার চেয়েও বেশি হয়।
(ঘ) একই ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ডে একই সঙ্গে দুটি চ্যানেল ট্রান্সমিট করা যায়।
(ঙ) যেহেতু ক্যারিয়ারকে ট্রান্সমিট করা হয় না, তাই পরিচালন ও রক্ষণাবেক্ষণ খরচও কম হয়।
(চ) সিঙ্গেল সাইডব্যান্ড সিগন্যালকে যে-কোন সাধারণ ব্রডকাস্ট রিসিভার দ্বারা রিসিভ করা যায় না বিধায় প্রাইভেসি অধিকাংশ বজায় থাকে।

উপরোক্ত সুবিধাসমূহ থাকা সত্ত্বেও এর একটি অসুবিধা হলো এতে ট্রান্সমিটিং ও রিসিভিং ইকুইপমেন্টসমূহ খুবই দামী।

নিম্নের চিত্রে একটি সিঙ্গেল সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিটারের ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে প্রতিটি ব্লকের বর্ণনা দেওয়া হলো।



চিত্র-৮.৭ : Block Diagram of SSB Transmitter

ক্রিস্টাল অসিলেটর– ক্রিস্টাল অসিলেটরের সাহায্যে একটি নির্দিষ্ট মানের ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি (সাধারণত 100 kHz) উৎপন্ন করা হয়। উৎপন্ন ফ্রিকুয়েন্সিকে একটি ব্যালেন্সড মডুলেটরে প্রয়োগ করা হয়।

অডিও অ্যামপ্লিফায়ার– অডিও অ্যামপ্লিফায়ার দ্বারা 0.1 kHz–3kHz এর অডিও মডুলেটিং সিগন্যালকে অ্যামপ্লিফাই করে ব্যালেন্সড মডুলেটরে প্রয়োগ করা হয়।

ব্যালেন্সড মডুলেটর– ক্রিস্টাল অসিলেটর থেকে আগত ক্যারিয়ার সিগন্যাল এবং অডিও অ্যামপ্লিফায়ার থেকে আগত মডুলেটিং সিগন্যালকে ব্যালেন্সড মডুটেরের সাহায্যে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন করে ক্যারিয়ার সাপ্রেসড করা হয়। ক্যারিয়ার সাপ্রেসড মডুলেটেড সিগন্যালের দুটি সাইডব্যান্ডকে একটি ব্যান্ড পাস ফিল্টারে প্রয়োগ করা হয়।

ব্যান্ড পাস ফিল্টার– ব্যান্ড পাস ফিল্টার ক্যারিয়ার সাপ্রেসড মডুলেটেড সিগন্যালের একটি সাইডব্যান্ডকে (সাধারণত লোয়ার সাইডব্যান্ড) বাদ দিয়ে আপার সাইডব্যান্ড গ্রহণ করা হয়। গৃহীত আপার সাইডব্যান্ডের ফ্রিকুয়েন্সির মান 100.1 kHz – 103 kHz হয়। এ ফ্রিকুয়েন্সিকে একটি পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারে প্রয়োগ করা হয়।

পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার– ব্যান্ড পাস ফিল্টার থেকে আগত 100.1 kHz – 103 kHz এর আপার সাইডব্যান্ডকে পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার দ্বারা অ্যামপ্লিফাই করে প্রথম মিক্সার সার্কিটে প্রয়োগ করা হয়।

প্রথম অসিলেটর– প্রথম অসিলেটরের সাহায্যে 3 MHz-এর একটি সিগন্যাল উৎপন্ন করা হয়। উৎপন্ন সিগন্যালকে প্রথম মিক্সার সার্কিটে প্রয়োগ করা হয়।

প্রথম মিক্সার– পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার থেকে আগত 100.1 kHz – 103 kHz এর এবং প্রথম অসিলেটর থেকে আগত 3 MHz-এর একটি সিগন্যালকে প্রথম মিক্সারে হেটারোডাইন অ্যাকশন (Heterodyne action) ঘটানো হয়। ফলে যোগফল আকারে একটি সিগন্যাল ও বিয়োগফল আকারে একটি সিগন্যাল উৎপন্ন হয়, যাদের ফ্রিকুয়েন্সি যথাক্রমে 3.1001 MHz–3.103 MHz এবং 2.897 MHz–2.8999 MHz হয়। উক্ত 3.1001 MHz–3.103 MHz এর সিগন্যালকে ব্যান্ড পাস ফিল্টারের মধ্য দিয়ে দ্বিতীয় মিক্সার সার্কিটে প্রয়োগ করা হয়।

দ্বিতীয় অসিলেটর– দ্বিতীয় অসিলেটরের সাহায্যে 12 MHz এর একটি সিগন্যাল উৎপন্ন করা হয়। উৎপন্ন সিগন্যালকে দ্বিতীয় মিক্সার সার্কিটে প্রয়োগ করা হয়।

দ্বিতীয় মিক্সার– প্রথম মিক্সার থেকে আগত 3.1001 MHz–3.103 MHz এর এবং দ্বিতীয় অসিলেটর থেকে আগত 12 MHz এর একটি সিগন্যালকে দ্বিতীয় মিক্সারে হেটারোডাইন অ্যাকশন (Heterodyne action) ঘটানো যোগফল আকারে একটি সিগন্যাল ও বিয়োগফল আকারে একটি সিগন্যাল উৎপন্ন হয়, যাদের ফ্রিকুয়েন্সি যথাক্রমে 15.1001 MHz–15.103 MHz এবং 8.897 MHz–8.8999 MHz হয়। উক্ত 15.1001 MHz–15.103 MHz এর সিগন্যালকে ব্যান্ড পাস ফিল্টারের দিয়ে ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিটে প্রয়োগ করা হয়।

ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার– দ্বিতীয় দ্বিতীয় মিক্সার থেকে আগত 15.101 MHz–15.103 MHz এর সিগন্যালকে ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার দ্বারা অ্যামপ্লিফাই করে ট্রান্সমিটিং অ্যান্টিনার মাধ্যমে ট্রান্সমিট করা হয়।

অনুশীলনী-৮

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **বাফার অ্যামপ্লিফায়ার কী?** *[বাকাশিবো : '০৭, '০৯, '১৩, '১৩R, '১৪]*

উত্তর : বাফার অ্যামপ্লিফায়ার মূলত একটি একক গেইন বিশিষ্ট ক্লাশ-এ টিউন্ড অ্যামপ্লিফায়ার।

২। **GSM, RADAR, PWM এবং NWD এর পূর্ণনাম লিখ।** *[বাকাশিবো : '০৯, '১৩, '১৪]*

উত্তর : GSM এর পূর্ণরূপ Global System for Mobile Communications.

RADAR এর পূর্ণরূপ Radio Deteation and Ranging.

PWM এর পূর্ণরূপ Pulse-Width Modulation.

NWD এর পূর্ণরূপ Nation Wide Dialling.

৩। **High-level modulation কী?** *[বাকাশিবো : '১৩]*

অথবা, High Level Modulation কোথায় ব্যবহার করা হয়? *[বাকাশিবো : '৯৮]*

উত্তর : দুর্বল প্রকৃতির ক্যারিয়ার ও সিগনাল ওয়েভের পাওয়ার অ্যামপ্লিফাই করে বিবর্ধিত ওয়েভদ্বয়কে যদি ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারে মডুলেশন করা হয় তবে তাকে হাই লেভেল মডুলেশন বলে।

উচ্চ ক্ষমতা সম্পন্ন ট্রান্সমিটারে এই পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

৪। **ফ্রিকুয়েন্সি ড্রিফট (Frequency drift) কী?** *[বাকাশিবো : '১৩]*

উত্তর : সময়ের সাথে ফ্রিকুয়েন্সির পরিবর্তনকেই ফ্রিকুয়েন্সি ড্রিফট বলে।

৫। **শর্ট ওয়েভ ট্রান্সমিটারের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ কত?** *বাকাশিবো : '১২(৪র্থ)]*

উত্তর : শর্ট ওয়েট ট্রান্সমিটারে 3 MHz–30 MHz রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি ব্যবহার করা হয়।

৬। **মিডিয়াম ওয়েভ প্রেরকযন্ত্রের ফ্রিকুয়েন্সি Range কত?** *[বাকাশিবো : '০২]*

উত্তর : Medium Wave Transmitter-এর Range-550 – 1650 KHz.

৭। **একটি AM Radio Transmitter-এর উল্লেখযোগ্য অংশসমূহের নাম লিখ।** *[বাকাশিবো : '০০]*

উত্তর : একটি AM Radio Transmitter-এর উল্লেখযোগ্য Stage-সমূহ হলো–

(i) Master oscillator
(ii) Buffer amplifier
(iii) Harmonic generator
(iv) Class-C tuned amplifier
(v) Modulated amplifier
(vi) Modulating amplifier.

৮। **সার্ভিস টাইপের উপর ভিত্তি করে রেডিও ট্রান্সমিটারের শ্রেণিবিভাগ লিখ।** *[বাকাশিবো : '৯৮]*

অথবা, ৪টি Public Broadcast Service-এর নাম লিখ।

উত্তর : এ পদ্ধতিতে ট্রান্সমিটারকে পাঁচ ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(ক) Radio broadcast transmitter, (খ) Radio telegraph transmitter,
(গ) Television transmitter, (ঘ) Radar transmitter, (ঙ) Navigational transmitter.

৯। **রেডিও ট্রান্সমিটার কী?**

উত্তর : দূরবর্তী স্থানে রেডিও ওয়েভ আকারে তথ্য প্রেরণ করার জন্য ব্যবহৃত যন্ত্রকে রেডিও ট্রান্সমিটার বলে।

১০। **মডুলেশনের উপর ভিত্তি করে রেডিও ট্রান্সমিটারের শ্রেণিবিভাগ লিখ।**

উত্তর : মডুলেশনের উপর ভিত্তি করে রেডিও ট্রান্সমিটার তিন প্রকার। যথা–

(ক) Amplitude modulation transmitter
(খ) Frequency modulation transmitter
(গ) Pulse modulation transmitter.

১১। ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির উপর ভিত্তি করে ট্রান্সমিটারের শ্রেণিবিভাগ কর।

উত্তর : এ পদ্ধতিতে ট্রান্সমিটারকে পাঁচ ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(ক) Long wave transmitter (Below 300 KHz)

(খ) Medium wave transmitter (550 – 1650 KHz)

(গ) Short wave transmitter (3 – 30 MHz)

(ঘ) VHF and UHF transmitter (30 – 300 MHz)

(ঙ) Microwave transmitter (beyond 1000 MHz)

১২। মাস্টার অসিলেটর কী?

উত্তর : এটি হচ্ছে একটি অসিলেটর স্টেজ, যা highly stable frequency উৎপন্ন করে।

১৩। বাফার অ্যামপ্লিফায়ার কাকে বলে?

উত্তর : এটি একটি Class-A টিউনড ভোল্টেজ অ্যামপ্লিফায়ার। মাস্টার অসিলেটরের উপর পরবর্তী ধাপে ব্যবহৃত অ্যামপ্লিফায়ারের লোডিং ইফেক্ট কমানোর জন্য বাফার অ্যামপ্লিফায়ার ব্যবহৃত হয়।

১৪। হারমোনিক জেনারেটর কী?

উত্তর : মাস্টার অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সিকে সচরাচর নিচুতে সেট করা হয়। এক্ষেত্রে একসারি ফ্রিকুয়েন্সি ডাবলার এবং ট্রিপলার-এর সাহায্যে ফ্রিকুয়েন্সিকে আকাঙ্ক্ষিত উচ্চমানে উন্নীত করা হয়। এই হারমোনিক জেনারেটর মূলত একটি Class-C অ্যামপ্লিফায়ার, যেখানে আউটপুট টিউনড সার্কিটকে আকাঙ্ক্ষিত হারমোনিক টিউন করা হয়।

১৫। হারমোনিক জেনারেটরের অপর নাম কী?

উত্তর : ফ্রিকুয়েন্সি মাল্টিপ্লায়ার।

১৬। রেডিও টেলিফোন ট্রান্সমিটার কী?

উত্তর : স্পিচ্ অথবা কথাবার্তার Point to point কমিউনিকেশনের জন্য এ ধরনের ট্রান্সমিটার ব্যবহৃত হয়। অনুমোদিত সর্বোচ্চ মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সি হচ্ছে 3 KHz। দীর্ঘ দূরত্বের জন্য শর্ট ওয়েভ ব্যবহৃত হয়, আর শর্ট ডিসট্যান্স রেডিও টেলিফোনির ক্ষেত্রে UHF ব্যবহৃত হয়।

১৭। টেলিগ্রাফ ট্রান্সমিটার কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর : টেলিগ্রাফ ট্রান্সমিটার দু'প্রকারের হয়ে থাকে :

(ক) Amplitude modulation transmitter

(খ) Frequency modulation transmitter.

১৮। ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির প্রয়োজনীয় উপাদানগুলো কী কী?

উত্তর : (i) ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি অবশ্যই অবিকল নির্দিষ্ট মানের হতে হবে।

(ii) ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি তাৎক্ষণিকভাবে নিয়ন্ত্রণযোগ্য হওয়া উচিত।

(iii) ফ্রিকুয়েন্সি ড্রিফট্ খুবই ক্ষুদ্র হওয়া উচিত।

১৯। হাই-লেভেল মডুলেশন কাকে বলে?

উত্তর : ট্রান্সমিটারের ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারে ক্যারিয়ার সিগন্যালের সাথে মডুলেটিং সিগন্যালকে মডুলেট করা হলে তাকে হাই-লেভেল মডুলেশন বলা হয়।

২০। লো-লেভেল মডুলেশন কাকে বলে?

উত্তর : ট্রান্সমিটারের ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারের পূর্বে মডুলেটিং সিগন্যালকে ক্যারিয়ার সিগন্যালের সাথে মডুলেট করলে তাকে লো-লেভেল মডুলেশন বলে।

২১। সার্ভিস অনুসারে রেডিও ট্রান্সমিটারের শ্রেণিবিভাগ লেখ।

উত্তর : সার্ভিস অনুসারে রেডিও ট্রান্সমিটারকে পাঁচ শ্রেণিতে বিভক্ত করা হয়। যথা–

(১) রেডিও ব্রডকাস্ট ট্রান্সমিটার,

(২) রেডিও টেলিফোন ট্রান্সমিটার,

(৩) রেডিও টেলিগ্রাফ ট্রান্সমিটার,

(৪) টেলিভিশন ট্রান্সমিটার ও

(৫) রাডার ট্রান্সমিটার।

২২। সিগন্যাল পাওয়ারের পরিমাণের ভিত্তিতে ট্রান্সমিটার কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর : সিগন্যাল পাওয়ারের পরিমাণের ভিত্তিতে ট্রান্সমিটার তিন প্রকার। যথা– লো পাওয়ার ট্রান্সমিটার, হাই পাওয়ার ট্রান্সমিটার এবং মিডিয়াম পাওয়ার ট্রান্সমিটার।

২৩। মিডিয়াম ওয়েভ ট্রান্সমিটারের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ কত?

উত্তর : মিডিয়াম ওয়েভ ট্রান্সমিটারের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 550 KHz–1650 KHz

২৪। লং ওয়েভ ট্রান্সমিটারের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ কত?

উত্তর : লং ওয়েভ ট্রান্সমিটারের ফ্রিকুয়েন্সি 300 KHz-এর কম।

২৫। রেডিও ট্রান্সমিটারের মাস্টার অসিলেটরে উৎপন্ন RF সিগন্যালকে সরাসরি হারমোনিক জেনারেটরে প্রয়োগ করলে কী সমস্যা দেখা দেয়?

উত্তর : মাস্টার অসিলেটরে উৎপন্ন RF সিগন্যালকে সরাসরি হারমোনিক জেনারেটরে বা পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারে প্রয়োগ করলে লোডিং ইফেক্ট দেখা দেয়। ফলে অসিলেটর সার্কিটের ইফেকটিভ রেজিস্ট্যান্সের মান পরিবর্তন হয়।

২৬। রেডিও ট্রান্সমিটারের লোডিং ইফেক্ট দূর করার জন্য কি করতে হয়?

উত্তর : রেডিও ট্রান্সমিটারের লোডিং ইফেক্ট সমস্যা দূর করার জন্য মাস্টার অসিলেটর এবং হারমোনিক জেনারেটরের মাঝখানে একটি বাফার অ্যামপ্লিফায়ার ব্যবহার করা হয়।

২৭। SSB ট্রান্সমিটার কাকে বলে?

উত্তর : সিঙ্গেল সাইডব্যান্ড (SSB) ট্রান্সমিটার একটি বিশেষ ধরনের ট্রান্সমিটার যেখানে মাত্র একটি সাইডব্যান্ড (সাধারণত আপার সাইডব্যান্ড) ট্রান্সমিট করা হয় এবং অপর সাইডব্যান্ড ও ক্যারিয়ারকে সাপ্রেসড করা হয়।

২৮। SSB ট্রান্সমিটার কোথায় ব্যবহার করা হয়?

উত্তর : দীর্ঘ দূরত্বের রেডিও কমিউনিকেশনের ক্ষেত্রে এ ধরনের ট্রান্সমিটার ব্যবহার করা হয়।

২৯। SSB ট্রান্সমিটার এর অসুবিধা কী?

উত্তর : SSB ট্রান্সমিটার এর অসুবিধা হল এতে ট্রান্সমিটিং ও রিসিভিং ইকুইপমেন্ট সমূহ খুবই দামী।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। রেডিও ট্রান্সমিটারকে শ্রেণিবিন্যাস কর। *[বাকাশিবো : '৯৮, '১০, '১৪R]*

উত্তর : রেডিও ট্রান্সমিটারকে শ্রেণিবিন্যাস করার জন্য নিম্নলিখিত বিষয়গুলো বিবেচনা করা হয়–

(১) পাওয়ারের পরিমাণ, (২) ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ, (৩) মডুলেশনের প্রকার, (৪) কাজের ধরন।

সিগন্যাল পাওয়ারের পরিমানের ভিত্তিতে ট্রান্সমিটার তিন প্রকার। যথা–

(ক) লো পাওয়ার ট্রান্সমিটার, (খ) হাই পাওয়ার ট্রান্সমিটার এবং (গ) মিডিয়াম পাওয়ার ট্রান্সমিটার।

সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের উপর ভিত্তি করে রেডিও ট্রান্সমিটার পাঁচ প্রকার–

(ক) শর্ট ওয়েভ ট্রান্সমিটার, (খ) VHF এবং UHF ট্রান্সমিটার, (গ) মাইক্রোওয়েভ ট্রান্সমিটার।

মডুলেশনের ভিত্তিতে ট্রান্সমিটার তিন প্রকার। যথা–

(ক) অ্যামপ্লিটিউড মডুলেটেড ট্রান্সমিটার, (খ) ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড ট্রান্সমিটার এবং (গ) পালস মডুলেটেড ট্রান্সমিটার।

কাজের ধরনের উপর ভিত্তি করে রেডিও ট্রান্সমিটার ছয় প্রকার–

(ক) রেডিও ব্রডকাস্ট ট্রান্সমিটার, (খ) রেডিও টেলিফোন ট্রান্সমিটার, (গ) রেডিও টেলিগ্রাফি ট্রান্সমিটার (ঘ) টেলিভিশন ট্রান্সমিটার, (ঙ) রাডার ট্রান্সমিটার এবং (চ) নেভিগেশন ট্রান্সমিটার।

২। **লো লেভেল ও হাই লেভেল মডুলেশনের মধ্যে তিনটি পার্থক্য লেখ।** *[বাকাশিবো : '০০, '০৬, '১০R, '১৩]*

উত্তর : লো লেভেল ও হাই লেভেল মডুলেশনের মধ্যে পার্থক্য নিম্নে বর্নিত হলো :

লো লেভেল মডুলেশন	হাই লেভেল মডুলেশন
১। আউটপুট পাওয়ার কম।	১। এর আউটপুট পাওয়ার বেশি।
২। এর দক্ষতা কম।	২। এর দক্ষতা বেশি।
৩। এর পাওয়ার গেইন কম।	৩। এর পাওয়ার গেইন বেশি।

৩। **মাস্টার অসিলেটরের বৈশিষ্ট্যসমূহ লিখ।** *[বাকাশিবো : '০৯, '১১, '১৩]*

উত্তর : মাস্টার অসিলেটর হিসেবে LC অসিলেটর ব্যবহার করলে এটি ডিজাইন ও অপারেট করতে নিম্নলিখিত বিষয়ের প্রতি নজর দিতে হবে–

(i) ট্রান্সমিটারে স্ট্যাবিলাইজড পাওয়ার সাপ্লাই ব্যবহার করতে হবে।
(ii) অসিলেটরকে একটি ধ্রুব তাপমাত্রাবিশিষ্ট চেম্বারে স্থাপন করতে হবে, যাতে তাপমাত্রার পরিবর্তন L ও C-এর মান পরিবর্তন না হয়।
(iii) টিউবের gm ও inter-electrode capacitance-এর অনুপাত বেশি হওয়া উচিত।
(iv) ট্যাংক সার্কিটের Q-এর মান বেশি হওয়া উচিত।
(v) অসিলেটর মূল ক্যারিয়ারের Sub-harmonic ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করবে।
(vi) মাস্টার অসিলেটরকে বাফার অ্যামপ্লিফায়ারের সাথে যুক্ত করতে হবে।

৪। **SSB ট্রান্সমিটারের ব্লক চিত্র অংকন করে দেখাও।** *[বাকাশিবো : '৯৮, '১২(৫ম)]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৮.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **Radio Telegraph Transmitter ও Radio Telephone Transmitter-এর মধ্যে পার্থক্য কী?** *[বাকাশিবো : '৯৮, '১১]*

উত্তর : রেডিও টেলিগ্রাফ ট্রান্সমিটারগুলো রেডিও টেলিফোন ট্রান্সমিটারের মতো, তবে ব্যতিক্রমগুলো হলো–

(i) টেলিফোন মডুলেটরের স্থলে একটি টেলিগ্রাফ মডুলেটর ব্যবহৃত হয়।
(ii) লোয়ার ক্যারিয়ার পাওয়ার লেভেলে মডুলেশন সম্পন্ন করা হয়।
(iii) সর্বত্রই Class-C অ্যামপ্লিফায়ার ব্যবহৃত হয়, এমনকি মডুলেশনের পরেও।

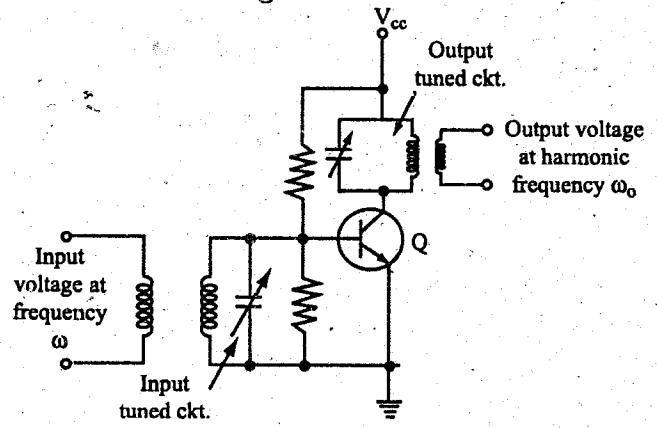
৬। **অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন বা AM ট্রান্সমিটার কত প্রকার ও কী কী?** *[বাকাশিবো : '৯৭, '১১R]*

উত্তর : অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন বা AM ট্রান্সমিটারকে নিম্নলিখিতভাগে ভাগ করা যায় :

(i) মিডিয়াম ওয়েভ ট্রান্সমিটার
(ii) শর্ট ওয়েভ ট্রান্সমিটার
(iii) শর্ট ওয়েভ রেডিও টেলিফোনি ট্রান্সমিটার
(iv) শর্ট ওয়েভ রেডিও টেলিগ্রাফি ট্রান্সমিটার।

৭। **একটি Class-C Harmonic generator-এর Basic Circuit অঙ্কন কর।** *[বাকাশিবো : '০৯R]*

উত্তর : নিচের চিত্রে Class-C Harmonic generator-এর Basic Circuit অঙ্কন করা হলো :



চিত্র : The Basic circuit of a class-C Harmonic generator.

৮। **ভালো ট্রান্সমিটারের বৈশিষ্ট্যগুলো লিখ।** *[বাকাশিবো : '০৭]*

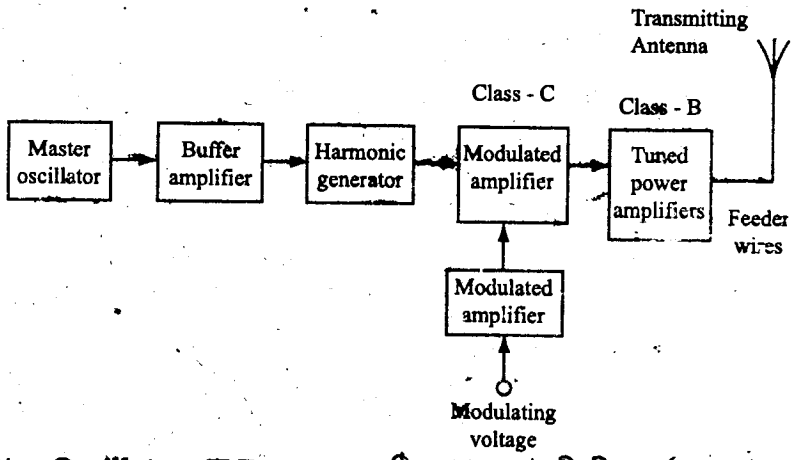
উত্তর : নিম্নে একটি ভালো ট্রান্সমিটারের বৈশিষ্ট্যগুলো দেওয়া হলো :

(১) ট্রান্সমিটারে স্ট্যাবিলাইজড পাওয়ার সাপ্লাই ব্যবহার করতে হবে।

(২) ট্রান্সমিটারের অসিলেটরকে একটি ধ্রুব তাপমাত্রাবিশিষ্ট চেম্বারে স্থাপন করতে হবে যাতে তাপমাত্রার পরিবর্তন L ও C এর মান পরিবর্তন না হয়।

৯। **একটি Low carrier power level ব্যবহৃত AM Radio Transmitter-এর ব্লকচিত্র অঙ্কন কর।** *[বাকাশিবো : '০১]*

উত্তর : নিচে ব্লকচিত্র অঙ্কন করা হলো :



১০। **একটি Master Oscillator-এর Frequency ঠিক রাখার জন্য কী কী সতর্কতা অবলম্বন করা হয়?** *[বাকাশিবো : '৯৯]*

উত্তর : নিম্নে সতর্কতাসমূহ দেওয়া হলো :

(i) সাপ্লাই ভোল্টেজের পরিবর্তন

(ii) তাপমাত্রার পরিবর্তন

(iii) বিভিন্ন কম্পোনেন্ট ও লোডের তাপমাত্রার পরিবর্তন।

১১। **একটি রেডিও ট্রান্সমিটারের উল্লেখযোগ্য অংশসমূহের নাম লেখ।** *[বাকাশিবো : '৯৯]*

উত্তর : একটি রেডিও ট্রান্সমিটারের উল্লেখযোগ্য অংশসমূহ হলো :

(১) মাস্টার অসিলেটর,
(২) ফ্রিকুয়েন্সি মাল্টিপ্লায়ার,
(৩) ফাইনাল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার,
(৪) ক্যামেরা,
(৫) ভিডিও অ্যামপ্লিফায়ার,
(৬) পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার,
(৭) বাফার অ্যামপ্লিফায়ার,
(৮) ইন্টারমিডিয়েট পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার,
(৯) মাইক্রোফোন,
(১০) অডিও প্রি অ্যামপ্লিফায়ার ও (১১) ড্রাইভার অ্যামপ্লিফায়ার ।

১২। **Power ও Frequency-এর উপর ভিত্তি করে রেডিও ট্রান্সমিটারের শ্রেণিবিভাগ কর।** *[বাকাশিবো : '৯৮]*

উত্তর : (ক) প্রেরিত সিগন্যালের পাওয়ারের ভিত্তিতে–

(i) উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন ট্রান্সমিটার (High power transmitter),

(ii) মধ্যম ক্ষমতাসম্পন্ন ট্রান্সমিটার (Medium power transmitter),

(iii) নিম্ন ক্ষমতাসম্পন্ন ট্রান্সমিটার (Low power transmitter),

(খ) ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির উপর ভিত্তি করে–

(i) লং ওয়েভ ট্রান্সমিটার (Long wave transmitter),

(ii) মিডিয়াম ওয়েভ ট্রান্সমিটার (Medium wave transmitter),

(iii) শর্ট ওয়েভ ট্রান্সমিটার (Short wave transmitter),

(iv) ভিএইচএফ ট্রান্সমিটার (VHF transmitter),

(v) ইউএইচএফ ট্রান্সমিটার (UHF transmitter),

(vi) মাইক্রোওয়েভ ট্রান্সমিটার (Microwave transmitter).

১৩। রিয়্যাকট্যান্স টিউব মডুলেশন ট্রান্সমিটারের অসুবিধাগুলো লিখ।

উত্তর : রিয়্যাকট্যান্স টিউব মডুলেশন ট্রান্সমিটারের নিম্নলিখিত অসুবিধা দেখা যায় :

(i) ট্রান্সমিটারের ফ্রিকুয়েন্সি ক্রিস্টাল অসিলেটর দ্বারা পুরোপুরি নিয়ন্ত্রণ করা যায় না।

(ii) যে ফ্রিকুয়েন্সি ট্রান্সমিট করা হয়, তাকে রেগুলেট করার জন্য ক্রিস্টাল মনিটর ছাড়াও ডিসক্রিমিনেটরের সেন্টার ফ্রিকুয়েন্সিকে ব্যবহার করা হয়।

(iii) যদি কোনো কারণে কন্ট্রোল সিস্টেমকে কন্ট্রোল করতে হয়, তবে ট্রান্সমিটকৃত ফ্রিকুয়েন্সি হঠাৎ করেই পরিবর্তন হয়ে অন্য মানে উপনীত হয়।

১৪। SSB Transmitter বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : SSB Transmitter-এ প্রথমত দুটি Sideband তৈরি করার জন্য একটি ক্রিস্টাল অসিলেটরের আউটপুটকে একটি ব্যালেন্সড মডুলেটরের মধ্যে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেট করা হয়। তারপর একটি ব্যান্ডপাস ফিল্টার দ্বারা একটি সাইডব্যান্ডকে বাদ দেওয়া হয়। অবশিষ্ট সাইডব্যান্ডকে একটি RF অ্যামপ্লিফায়ারের মধ্যে বিবর্ধন করা হয় এবং ক্যারিয়ারকে হ্রাস মাত্রায় রিইনট্রোডিউস করা হয়। তারপর প্রাপ্ত সাইডব্যান্ডকে একসারি REPA-এর মধ্যে বিবর্ধন করা হয় এবং সাইডব্যান্ডের ফ্রিকুয়েন্সি লেভেলকে বাড়ানোর জন্য দুটি ফ্রিকুয়েন্সি মিক্সারের মধ্যে হেটেরোডাইন (Heterodyne) করা হয়। এই পুরো ব্যবস্থাই যে যন্ত্রে সম্পন্ন করা হয়, তাই SSB Transmitter।

১৫। একটি AM ট্রান্সমিটারের Block চিত্র অঙ্কন কর।

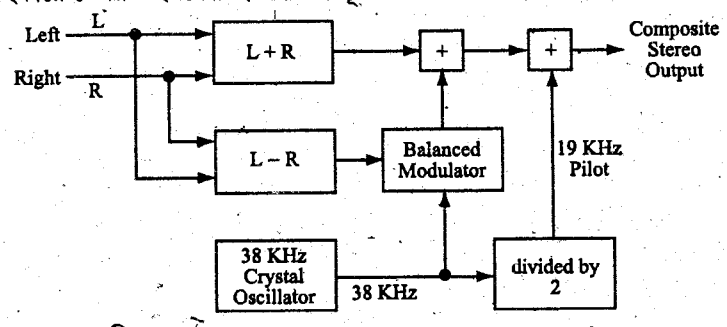
উত্তর : ৮.২ নং চিত্র দ্রষ্টব্য।

১৬। স্টেরিওফোনিক FM ট্রান্সমিশন বলতে কী বোঝায়?

উত্তর : স্টেরিওফোনিক FM ট্রান্সমিশন হলো একটি মডুলেশন সিস্টেম, যেখানে মূল স্টেরিও উপাদানসমূহ পুনরুৎপাদনের জন্য রিসিভারকে সক্ষম করতে যথেষ্ট পরিমাণ ইনফরমেশন রিসিভারে পাঠানো হয়। এ পদ্ধতিতে ইনফরমেশন সিগন্যালকে স্থানিকভাবে দুটি 50 Hz – 15 KHz অডিও চ্যানেলের একটি বাম (L) ও অন্যটি ডান (R) চ্যানেলে ভাগ করে ট্রান্সমিশন করা হয়। এক্ষেত্রে বাম পাশে যে মিউজিক উৎপন্ন হবে তা কেবলমাত্র বাম স্পিকার দিয়ে এবং যে মিউজিক ডান পাশে উৎপন্ন হবে তা ডান স্পিকার দিয়ে পুনরুৎপাদিত হবে।

১৭। Stereo FM transmitter-এ Stereo Encoding পদ্ধতির মূলনীতি বর্ণনা কর।

উত্তর : Stereo Encoding ট্রান্সমিটারের ইনকোডার অংশে সম্পন্ন হয়। এই ইনকোডার বাম এবং ডান Stereo signal-সমূহকে একত্রিত করে একটি একক কম্পোজিট স্টেরিও সিগন্যালে পরিণত করে ট্রান্সমিটারে প্রেরণ করে। নিচে ব্লক চিত্রসহকারে স্টেরিও ইনকোডিং পদ্ধতির মূলনীতি দেখানো হলো :

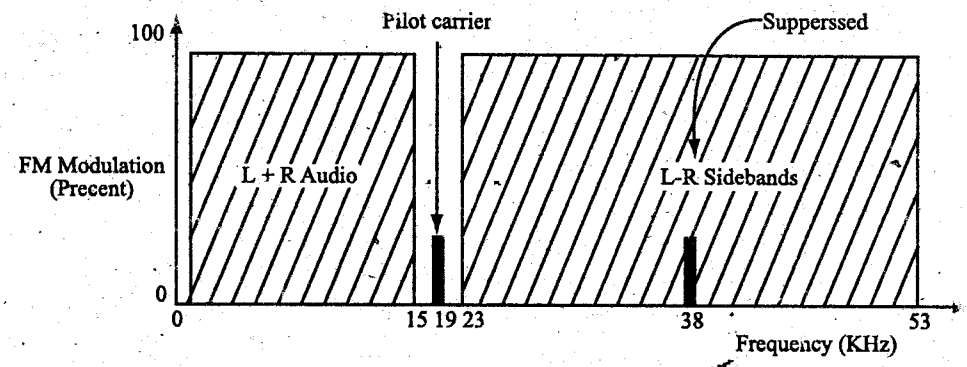


চিত্র : Block diagram of a Stereo Encoder.

প্রথমে বাম বা Left (L) এবং ডান বা Right (R) Channel সিগন্যালকে একটি সামিং এবং ডিফারেন্সিয়াল অ্যামপ্লিফায়ারে প্রয়োগ করে যথাক্রমে (L + R) ও (L – R) সিগন্যাল উৎপন্ন করা হয়। তারপর (L – R) সিগন্যালকে একটি ব্যালেন্সড মডুলেটরের মধ্যে 38 KHz সাবক্যারিয়ারের সাথে মিশ্রিত করা হয়। এর ফলে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড ডাবল সাইডব্যান্ড সাপ্রেসড ক্যারিয়ার (DSB-SC) সিগন্যাল পাওয়া যায়। (L + R) সিগন্যাল, (L – R) সিগন্যালের ইনফরমেশন সম্বলিত সাইডব্যান্ডগুলো এবং 19 KHz পাইলট টোনের একটি ক্ষুদ্র অংশ মিশ্রণ করে কম্পোজিট স্টেরিও সিগন্যাল গঠন করা হয়। এটিই ইনকোডিং প্রক্রিয়া।

১৮। একটি Composite Stereo Modulating Signal-এর চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর :



চিত্র : Composite Stereo Modulating Signal.

১৯। Stereo FM transmitter-এ কেন L এবং R-এর পরিবর্তে L + R এবং L – R রূপে সিগন্যাল ইনকোড করা হয়?

উত্তর : Stereo FM transmitter-এ L এবং R সিগন্যাল রূপে ইনকোড না করে (L + R) এবং (L – R) সিগন্যাল রূপে চ্যানেল ইনকোড করা হয়, যাতে FM stereo এবং Mono উভয় রিসিভারের জন্য ডিকোডিং কাজে সুবিধা হয়। যেমন– Stereo decoder যখন L + R এবং L – R অডিও চ্যানেল খুঁজে বের করে তখন নিম্নলিখিতভাবে সহজেই মূল Left (L) ও Right (R) সিগন্যালসমূহ পাওয়া যায়–

(L + R) + (L – R) = 2L

এবং (L + R) – (L – R) = 2R

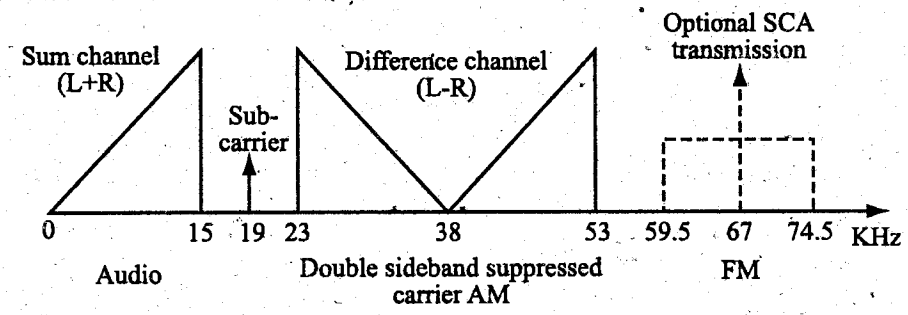
অন্যদিকে, একটি Mono রিসিভার কেবলমাত্র L + R স্টেরিও চ্যানেলকে ডিমডুলেট করতে পারে, যার মধ্যে L ও R অডিও চ্যানেল উভয়ের মূল ইনফরমেশন বিদ্যমান থাকে এবং সিগন্যালের বাকি অংশকে অগ্রাহ্য করে। যদি L এবং R হিসেবে ইনকোড করা হত, তবে একটি FM মনো-রিসিভার দ্বারা কেবলমাত্র L-চ্যানেল (Left-Channel) শোনা যেত, যা সঠিক হত না।

২০। SCA চ্যানেল বলতে কী বোঝায়?

উত্তর : SCA transmission channel হলো Subsidiary Communication Authorization Channel. টেলেক্স টাইপ সার্ভিস পেতে FM এবং TV ব্রডকাস্টিং কর্তৃক ব্যবহারের জন্য SCA চ্যানেল অনুমোদিত। FCC-এর নিয়মানুযায়ী Left-Right subchannel-এর ক্ষেত্রে SCA সিগন্যাল অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড না হয়ে অবশ্যই ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড হবে। স্টেরিও স্টেশনের জন্য মডুলেশন-বিহীন SCA সাবক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সিকে সাধারণত 67 KHz-এ স্থাপন করা হয়। –Ve মডুলেটিং ভোল্টেজ ফ্রিকুয়েন্সি হ্রাস করে এবং +Ve মডুলেটিং ভোল্টেজ ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধি করে। তাৎক্ষণিক ফ্রিকুয়েন্সি এবং 67 KHz-এর সেন্টার ফ্রিকুয়েন্সি এই দুয়ের পার্থক্যকে বলা হয় ডিভিয়েশন। তাৎক্ষণিক ফ্রিকুয়েন্সি কখনই 53 KHz থেকে 75 KHz রেঞ্জের বাইরে যাবে না। 67 KHz এর রেস্ট ফ্রিকুয়েন্সি (no modulation) সহকারে একটি SCA চ্যানেলের জন্য সিমেট্রিক্যাল ডিভিয়েশন হবে ± 8 KHz. SCA সিগন্যাল হলো অপশনাল। কিছু কিছু স্টেশন দ্বিতীয় মিডিয়াম-কোয়ালিটি ট্রান্সমিশন হিসেবে SCA সরবরাহ করে এবং দোকান, রেস্টুরেন্ট ইত্যাদিতে ব্যাকগ্রাউন্ড মিউজিক হিসেবে এটি ব্যবহৃত হয়।

২১। স্টেরিও FM transmitter-এর মাল্টিপ্লেক্স মডুলেটিং সিগন্যালের স্পেকট্রাম অঙ্কন কর।

উত্তর : নিম্নে চিত্র অঙ্কন করে দেখানো হলো–



চিত্র : Spectrum of the stereo FM multiplex modulating signal (with optional SCA)

SCA-এর উপস্থিতিতে SUM এবং Difference signal-এর অ্যামপ্লিচিউড অবশ্যই হ্রাস (সাধারণত 10%) করতে হবে, অন্যথায় মেইন ক্যারিয়ারের ওভারমডুলেশন ঘটতে পারে।

২২। পাওয়ার ও ফ্রিকুয়েন্সির ওপর ভিত্তি করে রেডিও ট্রান্সমিটারের শ্রেণিবিভাগ কর।

উত্তর : সিগনালের পাওয়ারের ওপর ভিত্তি করে ট্রান্সমিটারকে তিন শ্রেণিতে বিভক্ত করা হয়। যথা–

(ক) হাই পাওয়ার ট্রান্সমিটার,

(খ) মিডিয়াম পাওয়ার ট্রান্সমিটার ও

(গ) লো পাওয়ার ট্রান্সমিটার।

সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সির ওপর ভিত্তি করে ট্রান্সমিটারকে চার শ্রেণিতে বিভক্ত করা হয়। যথা–

(ক) মিডিয়াম ওয়েভ ট্রান্সমিটার,

(খ) শর্ট ওয়েভ ট্রান্সমিটার,

(গ) ভিএইচএফ ট্রান্সমিটার ও

(ঘ) মাইক্রো ওয়েভ ট্রান্সমিটার,

২৩। ট্রান্সমিটার বলতে কি বুঝায়?

উত্তর : ট্রান্সমিটার শব্দের অর্থ হলো প্রেরক যন্ত্র। দূরবর্তী কোন স্থানে কোন সিগন্যাল প্রেরণের জন্য ব্যবহৃত যন্ত্রকে ট্রান্সমিটার বলে। আর হাই ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট রেডিও সিগন্যাল প্রেরণের জন্য ব্যবহৃত যন্ত্রকে রেডিও ট্রান্সমিটার বলে। কোন সিগন্যালকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে প্রেরণের জন্য একে প্রথমে হাই ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট ক্যারিয়ার সিগন্যালের সহিত মিশ্রিত করে মডুলেশন করা হয়। পরবর্তিতে এই মডুলেটেড সিগন্যালকে ট্রান্সমিটিং এন্টিনার সাহায্যে শুন্যস্থানে ছেড়ে দেয়া হয়। এতে বিভিন্ন প্রকার কম্পোনেন্টের প্রয়োজন হয় যাদের সমষ্টিকে রেডিও ট্রান্সমিটার বলে।

২৪। রেডিও ট্রান্সমিটারের কম্পোনেন্টগুলোর নাম লিখ।

উত্তর : রেডিও ট্রান্সমিটারের নিম্নলিখিত কম্পোনেন্টগুলোর আছে–

(১) সিগন্যাল সোর্স

(২) সিগন্যাল ট্রান্সডিউসার

(৩) ক্যারিয়ার ওয়েভ জেনারেটর

(৪) মডুলেটিং সিগন্যাল এ্যামপ্লিফায়ার

(৫) ক্যারিয়ার ওয়েভ এ্যামপ্লিফায়ার

(৬) মডুলেটর

(৭) পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার এবং

(৮) ট্রান্সমিটিং এন্টিনা।

২৫। সিঙ্গেল সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিটারের সুবিধা-অসুবিধা লিখ।

উত্তর : সিঙ্গেল সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিটারের সুবিধাসমূহ নিম্নরূপ–

(১) ডাবল সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিটারের তুলনায় ক্যারিয়ার পাওয়ারের পরিমাণ অর্ধেক হয়।

(২) ডাবল সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিটারের তুলনায় নয়েজ পাওয়ারের পরিমাণও অর্ধেক হয়।

(৩) ডাবল সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিটারের তুলনায় সিগন্যাল টু নয়েজ রেশিওর পরিমাণ দ্বিগুন বা তার চেয়েও বেশি হয়।

(৪) একই ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ডে একই সঙ্গে দুটি চ্যানেল ট্রান্সমিট করা যায়।

(৫) যেহেতু ক্যারিয়ারকে ট্রান্সমিট করা হয় না তাই পরিচালন ও রক্ষণাবেক্ষণ খরচও কম হয়।

(৬) সিঙ্গেল সাইডব্যান্ড সিগন্যালকে যেকোন সাধারন ব্রডকাস্ট রিসিভার দ্বারা রিসিভ করা যায় না বিধায় প্রাইভেসি অধিকাংশে বজায় থাকে।

উপরোক্ত সুবিধাসমূহ থাকা সত্ত্বেও এর একটি অসুবিধা হল এতে ট্রান্সমিটিং ও রিসিভিং ইকুইপমেন্ট সমূহ খুবই দামী।

২৬। সিঙ্গেল সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিটারের কম্পোনেন্টগুলোর নাম লিখ।

উত্তর : সিঙ্গেল সাইডব্যান্ড ট্রান্সমিটারের কম্পোনেন্টগুলোর নাম হল–

(১) ক্রিস্টাল অসিলেটর

(২) অডিও এ্যামপ্লিফায়ার

(৩) ব্যালেন্সড মডুলেটর

(৪) ব্যান্ড পাস ফিল্টার

(৫) পাওয়ার এ্যামপ্লিফায়ার

(৬) প্রথম অসিলেটর

(৭) প্রথম মিক্সার

(৮) দ্বিতীয় অসিলেটর

(৯) দ্বিতীয় মিক্সার

(১০) ফাইনাল পাওয়ার এ্যামপ্লিফায়ার এবং

(১১) ট্রান্সমিটিং এন্টিনা।

রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

১। **একটি AM Radio Transmitter-এর ব্লকচিত্র অঙ্কন করে বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '৯৮, '০৯, '১৩R, '১৪]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৮.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। **স্পেকট্রামসহ একটি স্টেরিও FM ট্রান্সমিটারের ব্লকচিত্র অঙ্কন করে বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '৯৯, '০০, '০১, '১১, '১৩]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৮.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **হাই-লেভেল এবং লো-লেভেল মডুলেশন পদ্ধতি ব্লকচিত্র সহকারে বিস্তারিত বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '৯৭]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৮.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **রেডিও ট্রান্সমিটারের শ্রেণিবিন্যাস আলোচনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৮.১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **ব্লক ডায়াগ্রাম সহযোগে একটি SSB-SC ট্রান্সমিটারের বর্ণনা দাও।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৮.৫ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায় ৯

রেডিও রিসিভার

(Understand the Radio Receiver)

৯.০ ভূমিকা
(Introduction)

রেডিও রিসিভার এমন একটি ডিভাইস যা এর অ্যান্টিনাতে আগত অসংখ্য r.f সিগনাল হতে আকাঙ্ক্ষিত সিগনালটি ধরে একে অ্যামপ্লিফাই করে তা হতে অরিজিনাল মড্যুলেটিং সিগন্যালকে পৃথক, ডিসপ্লে এবং শব্দে পরিণত করে।

রেডিও রিসিভারের প্রকারভেদ :

রেডিও রিসিভার প্রধাণত ৩ প্রকার। যথা–

(১) ক্রিস্টাল রেডিও রিসিভার,
(২) TRF রেডিও রিসিভার ও
(৩) Super Heterodyne রেডিও রিসিভার।

বিভিন্ন বিষয়ের উপর ভিত্তি করে রেডিও রিসিভারকে নিম্নোক্ত ভাগে ভাগ করা হয়। যেমন–

(১) AM ব্রডকাস্ট রিসিভার,
(২) FM ব্রডকাস্ট রিসিভার,
(৩) TV রিসিভার,
(৪) কমিউনিকেশন রিসিভার,
(৫) কোড রিসিভার,
(৬) রাডার রিসিভার ইত্যাদি।

অপারেশন টেকনিকের উপর ভিত্তি করে রেডিও রিসিভারকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(১) স্ট্রেইট রিসিভার ও
(২) সুপার হেটারোডাইন রিসিভার।

TRF রেডিও রিসিভারের মোট ৫টি অংশ। যথা–

(১) অ্যান্টিনা, (২) RF সেকশন, (৩) ডিটেক্টর সেকশন, (৪) অডিও অ্যামপ্লিফায়ার সেকশন ও (৫) লাউড স্পিকার।

TRF-এর পূর্ণরূপ হলো Tuned Radio Frequency.

সুপার হেটারোডাইন রিসিভার : যে রিসিভারে RF সিগন্যাল ও লোকাল সিগন্যালের অসিলেটরে উৎপন্ন সিগন্যালকে মিক্সার স্টেজে মিশ্রিত করে বা beat করে TF সিগনাল তৈরি করা হয়, তাকে Super Heterodyne রেডিও রিসিভার বলে।

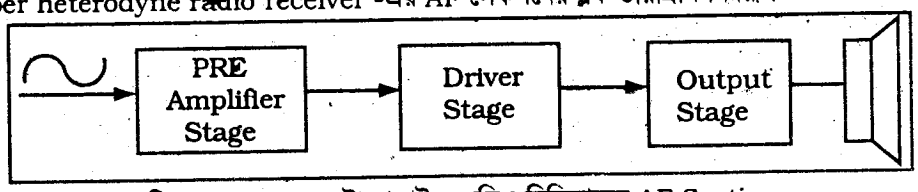
একটি সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের IF মান–455 KHz.

সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের বিভিন্ন অংশ :

(১) অ্যান্টিনা, (২) RF অ্যামপ্লিফায়ার, (৩) লোকাল অসিলেটর, (৪) মিক্সার সেকশন, (৫) ডিটেক্টর, (৬) অডিও অ্যামপ্লিফায়ার ও (৭) লাউড স্পিকার।

একটি সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের AF সেকশনের ব্লক ডায়াগ্রাম :

Super heterodyne radio receiver -এর AF সেকশনের ব্লক ডায়াগ্রাম নিম্নরূপ :



চিত্র-৯.১ : সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের AF Section

স্ট্রেইট রেডিও রিসিভার : যে রিসিভার ফ্রিকুয়েন্সি কনভার্সন ছাড়া সরাসরি কাজ করে তাকে স্ট্রেইট রেডিও রিসিভার বলে।

TRF রেডিও রিসিভারের সুবিধা :

(১) এর সার্কিট সহজ ও ছোট,

(২) এতে কোনো গ্যাং ক্যাপাসিটর থাকে না।

TRF রেডিও রিসিভারের অসুবিধা :

(১) বেশি মানের ফ্রিকুয়েন্সিতে এর রিসিপশন দুর্বল হয়।

(২) টিউনিং রেঞ্জের মধ্যে ব্যান্ড ওয়াইড্‌থের পরিবর্তন ঘটে।

সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের সুবিধা :

(১) এই রিসিভারের পাশাপাশি চ্যানেলগুলোর উপস্থিতিতে Selectivity ভালো হয়।

(২) সম্পূর্ণ ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের মধ্যে Selectivity ইউনিফর্ম থাকে।

(৩) এর স্ট্যাবিলিটি ভালো হয়।

(৪) প্রতিটি স্টেজের গেইন বেশি বা ভালো হয়।

(৫) ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সি স্থির মানের হওয়ায় ব্যান্ড ওয়াইডথ্ Q একই সমান বজায় থাকে।

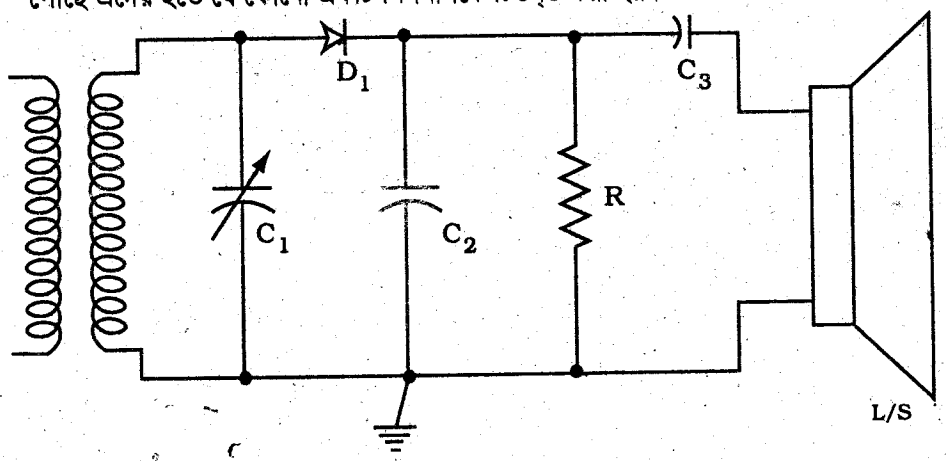
সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের অসুবিধা :

(১) সার্কিট অনেক জটিল।

(২) এতে নয়েজের পরিমাণ বেশি।

৯.১ ক্রিস্টাল টিউন্‌ড রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি রিসিভার এবং সুপার রিসিভারের অপারেশনের বর্ণনা (Describe Briefly the Operation of Crystal, Tuned Radio-Frequency Receiver and Super Receiver)

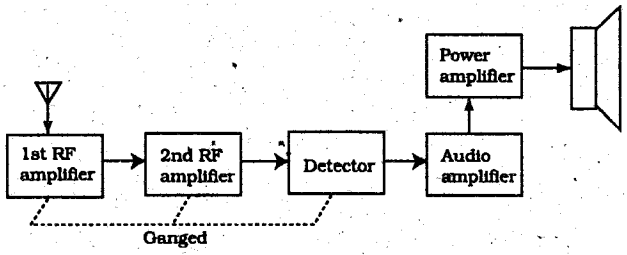
(১) **ক্রিস্টাল রিসিভার (Crystal Receiver) :** ক্রিস্টাল রিসিভার অত্যন্ত সরল প্রকৃতির এক ধরনের গ্রাহক যন্ত্র। এর অংশসমূহ হলো এন্টেনা, টিউন্‌ড সার্কিট, এনভেলোপ ডিটেক্টর এবং স্পিকার। নিচের চিত্রে একটি ক্রিস্টাল রেডিও রিসিভারের সার্কিট ডায়াগ্রাম দেখানো হয়েছে। এর এন্টেনাতে যে সমস্ত সিগনালসমূহ পৌঁছে এদের হতে যে কোনো একটি সিগনালকে টিউন্‌ড করা হয়।



চিত্র-৯.২ : ক্রিস্টাল রেডিও রিসিভার।

ক্যাপাসিটর C_1 পরিবর্তনের মাধ্যমে টিউনিং করা হয়। ডায়োড D_1 ক্যাপাসিটর C_2 এবং রেজিস্টর R সমন্বয়ে একটি এনভেলোপ ডিটেক্টর তৈরি হয়েছে। উক্ত ডিটেক্টরের আউটপুটে অডিও সিগনাল, ডিসি ভোল্টেজ পাওয়া যায়। উক্ত ডিসিকে ক্যাপাসিটর C_3 এর সাহায্যে ব্লক করে শুধুমাত্র অডিও সিগনালকে স্পিকারে প্রয়োগ করা হয়। স্পিকার উক্ত অডিও সিগনালকে শব্দে রূপান্তরিত করে।

(২) **টিউন্‌ড রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি রিসিভার :** চিত্রে Tuned Radio Frequency Radio receiver-এর ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন করা হলো। এটি এমন একধরনের রিসিভার যার সার্কিটটি সরল প্রকৃতির। এতে দুই বা তিনটি RF অ্যামপ্লিফায়ার থাকে। এন্টেনাতে আগত রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি সিগনাল ধরার জন্য এদেরকে একই সঙ্গে টিউন্ড করা হয়। ফলে যে কোনো একটি সিগনাল ধরে বাকি সিগনালগুলোকে এরা বাদ দেয়।



চিত্র-৯.৩ : টিউন্‌ড রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি রিসিভার

এই সিগনাল অ্যামপ্লিফাই করে ডিমড্যুলেটরে প্রদান করা হয়। ডিমডুলেশন করার মাধ্যমে মডুলেটিং সিগনালকে পৃথক করে অডিও অ্যামপ্লিফায়ারে প্রদান করা হয়। দুই বা তিন ধাপে অডিও অ্যামপ্লিফায়ারে অ্যামপ্লিফাই হওয়ার পর অডিও সিগনাল স্পিকারে যায় এবং শব্দে রূপান্তরিত হয়। 500 KHz হতে 1600KHz ফ্রিকুয়েন্সির সিগনালকে ব্রডকাস্ট করার জন্য এই ধরনের রিসিভার ডিজাইন করা ও এলাইন করা খুবই সহজ। কিন্তু বেশি মানের ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির জন্য এই ধরনের রিসিভার ডিজাইন করা খুবই জটিল। কারণ উঁচু মানের ফ্রিকুয়েন্সিতে গেইন বৃদ্ধির সাথে সাথে সার্কিটের Stability হ্রাস পায়। এর প্রতিটি রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি স্টেজের ($r.f_1$ গেইন 20000 থেকে 90000 পর্যন্ত হয়ে থাকে। সর্বশেষ স্টেজের গেইনের 1/90,000 অংশ প্রথম স্টেজে Feed back করানো হয়। সাধারণত একটি stray ক্যাপাসিট্যান্স দ্বারা এটি সম্পন্ন করা হয়।

টিউন্‌ড রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি রিসিভারের অসুবিধা :

টিউন্ড রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি রিসিভারের প্রধান দুটি অসুবিধা আছে। অসুবিধাসমূহ হলো–

(১) অত্যন্ত বেশি মানের ফ্রিকুয়েন্সিতে এই রেডিও রিসিভারের রিসিপশন খুবই দুর্বল হয়।

(২) এর টিউনিং রেঞ্জের মধ্যে (500 KHz থেকে 1600 KHz) ব্যান্ড ওয়াইড্‌থ-এর পরিবর্তন ঘটে। তাছাড়া বেশি মানের ফ্রিকুয়েন্সিতে Selectivity ভালো হয় না। এটি ছাড়া এর ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সির মান বৃদ্ধির সাথে সাথে Quality factor Q-এর মানের পরিবর্তন ঘটে। উপরে উল্লিখিত অসুবিধাসমূহ যেমন- গেইন পরিবর্তন, বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সিতে রিসিপশনের মানের পরিবর্তন, ব্যান্ড ওয়াইডথ পরিবর্তন ইত্যাদি কারণে টিউন্‌ড রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি রিসিভার আজকাল আর বেশি ব্যবহার করা হয় না। এই রিসিভারের বদলে বর্তমানে সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভার ব্যবহার করা হয়।

(৩) **সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভার :** Super heterodyne Radio Receiver বা Superhet শব্দটি SUPER এবং HET-erodyne শব্দ দুটি হতে উৎপন্ন হয়েছে। অর্থাৎ এই ধরনের রিসিভারে heterodyne action ঘটে। এর ফলে অডিও ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের চেয়ে অধিক মানের ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন হয়। চিত্রে একটি সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের ব্লক ডায়াগ্রাম অংকন করা হয়েছে। এতে এন্টেনা দ্বারা রিসিভকৃত সিগনালকে অ্যামপ্লিফাই করার পর লোকাল অসিলেটর ও মিক্সার বা কনভারটার সার্কিটের মাধ্যমে একটি নূতন ও স্থির মানের ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করা হয়। এই ফ্রিকুয়েন্সিকে ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সি বলে। এর মান অডিও ফ্রিকুয়েন্সির চেয়ে বেশি। এই ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সিকে অ্যামপ্লিফাই ও ডিমডুলেট করে অরিজিনাল ইনফরমেশন বা মডুলেটিং সিগনালকে পাওয়া যায়। যে অংশে এই সিগনালকে অ্যামপ্লিফাই করা হয় তাকে IF স্টেজ বলে। সাধারণত একটি IF স্টেজের বদলে ২টি বা ৩টি IF (Intermediate frequency) স্টেজ ব্যবহার করা হয়। সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারে TRF রেডিও রিসিভারের প্রয়োজনীয় সার্কিট ছাড়াও লোকাল অসিলেটর, মিক্সার বা কনভারটার এবং ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সি অ্যামপ্লিফায়ার আছে। এই রিসিভারে সব সময়ই RF অ্যামপ্লিফায়ার দ্বারা রিসিভকৃত ফ্রিকুয়েন্সি ও লোকাল অসিলেটর দ্বারা উৎপন্ন ফ্রিকুয়েন্সির মধ্যে একটি স্থির মানের পার্থক্য বজায় রাখা হয়। সাধারণত একটি গ্যাং ক্যাপাসিটর দ্বারা ক্যাপাসিট্যান্স টিউনিংয়ের মাধ্যমে এটি করা হয়ে থাকে।

IF অ্যামপ্লিফায়ারে সাধারণত দুই বা তিনটি ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয় এবং এবং প্রতিটি IF স্টেজের সাথে একটি ডাবল টিউন্ড সার্কিট থাকে যা একটি স্থির মানের ফ্রিকুয়েন্সিতে কাজ করে। IF স্টেজের গেইন এবং ব্যান্ড ওয়াইড্থ অনেক বেশি রাখা হয়। যে মানের ফ্রিকুয়েন্সিকেই টিউনিং করা হোক না কেন এর selectivity ও sensitivity একই রকম থাকে। এই রিসিভারের rf সার্কিট দ্বারা আকাঙ্ক্ষিত সিগনালকে ধরা হয় এবং সকল interference যেমন image frequency (যা উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে উৎপন্ন হয়) বাদ দেওয়া হয়। এটি ছাড়া এই রিসিভার দ্বারা নয়েজ ফিগারের মান কমানো হয়।

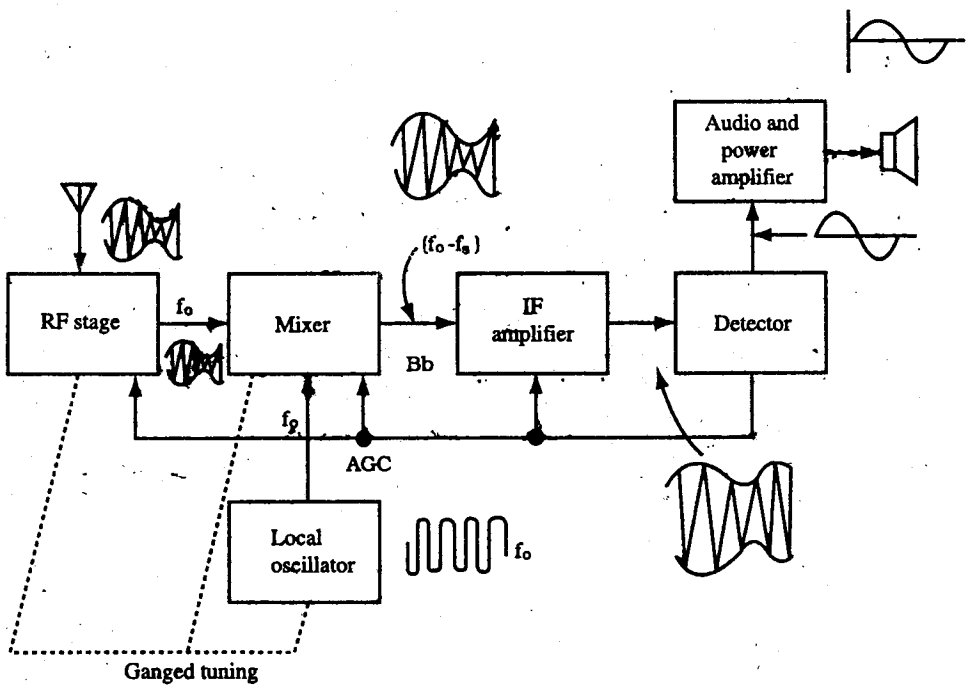
সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের সুবিধার জন্য রেডিও রিসিভার হিসেবে আজ কাল সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারকেই ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

Super Heterodyne Radio Receiver-এর ব্যবহার : AM কমিউনিকেশনে, FM কমিউনিকেশনে, সিঙ্গেল সাইড ব্যান্ড কমিউনিকেশনে, টেলিভিশন কমিউনিকেশনে এমন কি রাডার রিসিভার হিসেবেও Super heterodyne radio receiver ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের মূলনীতি : সুপার হেটারোডাইন রিসিপশন পদ্ধতিতে rf অ্যামপ্লিফায়ারের আউটপুটে প্রাপ্ত সিগনালকে লোকাল অসিলেটরে উৎপন্ন সিগনালের সাথে কম্বাইন করে একটি নতুন সিগনাল ফ্রিকুয়েন্সিতে রূপান্তর করা হয়। উৎপন্ন ফ্রিকুয়েন্সি একটি lower carrier ফ্রিকুয়েন্সি। এর অপর নাম Intermidiate frequency (IF) যার মান 455 KHz. এই সিগনালকে অ্যামপ্লিফায়ারের মাধ্যমে অ্যামপ্লিফাই করার পর ডিমডুলেটর বা ডিটেক্টর সার্কিট দ্বারা অরিজিনাল মডুলেটিং সিগনালে রূপান্তর করা হয়। এটিই সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের মূলনীতি।

৯.২ একটি সুপার হেটারোডাইন AM রেডিও রিসিভারের ব্লক ডায়াগ্রাম ওয়েভ ফর্মসহ অঙ্কন ও তার প্রতিটি স্টেজের বর্ণনা (Explain the Block Diagram of Super Heterodyne AM Radio Receiver With Function of Each Block and Waveforms at Input and Output of Each Block)

নিচের চিত্রে একটি সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভার অঙ্কন করে প্রতিটি স্টেজের ইনপুট ও আউটপুট ওয়েভশেপ দেখানো হলো :



চিত্র-৯.৪ : ইনপুট-আউটপুট ওয়েভসহ একটি সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের ব্লক ডায়াগ্রাম

তার এন্টেনাতে আগত rf সিগনাল f_s কে লোকাল অসিলেটরে উৎপন্ন ফ্রিকুয়েন্সি f_o-এর সাথে মিশ্রিত করা হয়। সিগনাল দুটি মিশ্রিত করার পর যোগফল $(f_o + f_s)$ ও বিয়োগফল $(f_o - f_s)$ বোধক দুটি সিগনাল উৎপন্ন হয়। যথাযথ সার্কিটের মাধ্যমে বিয়োগবোধক সিগনাল $(f_o - f_s)$ কে আউটপুটে পাওয়া যায়। এটিই IF সিগনাল যার মান 455 KHz একে IF অ্যামপ্লিফায়ার দ্বারা অ্যামপ্লিফাই করে ডিটেক্টরে প্রদান করা হয়। ডিটেক্টরের আউটপুটে অরিজিনাল সিগনালকে অ্যামপ্লিফাই করে স্পিকারের মাধ্যমে শব্দে পরিণত করা হয়। চিত্রে একটি সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভার দেখানো হয়েছে যা AM ব্রডকাস্টকে রিসিভ করার জন্য ব্যবহার করা হয়। AM ব্রডকাস্ট ট্রান্সমিটিং স্টেশনগুলো শুধু লং ওয়েভ, মিডিয়াম ওয়েভ ও শর্ট ওয়েভের ক্ষেত্রেই ব্যবহার করা হয়।

সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের প্রতিটি ব্লকের বর্ণনা :

(১) **RF অ্যামপ্লিফায়ার :** এই রেডিও রিসিভারের প্রথম স্টেজটি হলো R.F অ্যামপ্লিফায়ার। এটি একটি টিউন্ড ভোল্টেজ অ্যামপ্লিফায়ার। এটি আকাঙ্ক্ষিত সিগনালকে রিসিভ করে অ্যামপ্লিফাই করে মিক্সার স্টেজে প্রদান করে। সকল প্রকার অনাকাঙ্ক্ষিত সিগনালকে reject করাও rf অ্যামপ্লিফায়ারের একটি কাজ। এছাড়াও rf অ্যামপ্লিফায়ার রিসিভারের sensitivity ও selectivity বৃদ্ধি করে রিসিভারের পারফরম্যান্স বৃদ্ধি করে। এটি সিগনাল টু নয়েজ রেশিওকেও বৃদ্ধি করে।

(২) **লোকাল অসিলেটর :** লোকাল অসিলেটর এমন একটি অসিলেটর সার্কিট যা rf অ্যামপ্লিফায়ার দ্বারা রিসিভ করা সিগনাল ফ্রিকুয়েন্সির চেয়ে অধিক মানের ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করে। এর আউটপুট মিক্সার স্টেজে প্রদান করা হয়। rf অ্যামপ্লিফায়ার ও লোকাল অসিলেটর একটি গ্যাং ক্যাপাসিটর দ্বারা পরস্পর যুক্ত থাকে এবং একটি মাত্র নব দ্বারা এই গ্যাং ক্যাপাসিটরের মান পরিবর্তন করার মাধ্যমে rf সার্কিটের রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সির পরিবর্তন ঘটে এবং লোকাল অসিলেটরের উৎপন্ন ফ্রিকুয়েন্সির মানেরও পরিবর্তন ঘটে। তবে উভয় ফ্রিকুয়েন্সির মধ্যে একটি স্থির মানের পার্থক্য থাকে। এই মান 455 KHz.

(৩) **মিক্সার স্টেজ :** R.F অ্যামপ্লিফায়ারের আউটপুটকে মিক্সার স্টেজে ইনপুট হিসেবে প্রদান করা হয় এবং এই স্টেজে লোকাল অসিলেটর হতে আগত সিগনালকে rf স্টেজের সিগনালের সাথে মিশ্রিত করা হয়। সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের নীতিই হলো rf সিগনালকে একটি নির্দিষ্ট মানে কমিয়ে ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করা। এই কাজটিই মূলত মিক্সার স্টেজে সম্পন্ন করা হয়। একে কনভারটারও বলা হয়। মিক্সার স্টেজে লোকাল অসিলেটরে উৎপন্ন ফ্রিকুয়েন্সি হতে rf স্টেজের রিসিভ করা ফ্রিকুয়েন্সিকে বাদ দিয়ে IF সিগনাল তৈরি করে। IF = Oscillator Frequency-radio frequency.

ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করার পদ্ধতিকে ফ্রিকুয়েন্সি কনভারশনও বলা হয়। যে পদ্ধতিতে ফ্রিকুয়েন্সি কনভারশন করা হয় তাকে heterodyne action, mixing অথবা beating বলা হয়। ক্যারিয়ার সিগনাল যে মানেরই হোক না কেন AM-এর IF সিগনালের মান সবসময়ই 455 KHz হয়।

(৪) **IF অ্যামপ্লিফায়ার স্টেজ :** IF স্টেজ মিক্সার স্টেজ হতে আগত সিগনালকে ইনপুট সিগনাল হিসেবে গ্রহণ করে। এটি টিউনড্ অ্যামপ্লিফায়ার যা 455 KHz ফ্রিকুয়েন্সিতে টিউন্ড করা থাকে। এখানে IF সিগনাল অ্যামপ্লিফাই ও নয়েজ ডিটেকশন হয়। একটি রেডিও রেসিভারে সাধারণত একাধিক IF অ্যামপ্লিফায়ার থাকে।

(৫) **Detector স্টেজ :** ডিটেক্টর স্টেজ সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের এমন এক ধরনের অংশ যেখানে IF সিগনাল হতে লো ক্যারিয়ার সিগনালকে বাদ দিয়ে মডুলেটিং সিগনালকে পৃথক করা হয়। সর্বশেষ IF সেকশনের আউটপুট হতে এর ইনপুটে সিগনাল প্রদান করা হয়। ডিটেকশনের জন্য সাধারণত একটি ডায়োড ব্যবহার করা হয়। এটি ডিসটোরশন কমায় এবং ভালো fidality প্রদান করে।

(৬) **অডিও ফ্রিকুয়েন্সি অ্যামপ্লিফায়ার :** ডিটেকটরের মাধ্যমে যে মডুলেটিং সিগনাল পাওয়া যায় তার মান খুবই কম। এই সিগনালকে স্পিকারে প্রদান করলে কোনো শব্দ শোনা যাবে না। তাই এই সিগনালকে যথেষ্ট শক্তিশালী করা প্রয়োজন। এই কাজটিই AF স্টেজে করা হয়। সাধারণত কয়েকটি অডিও অ্যামপ্লিফায়ারের মাধ্যমে এই স্টেজ গঠিত হয়। সর্বশেষ অডিও অ্যামপ্লিফায়ারের আউটপুটকে স্পিকারে প্রদান করে শব্দে রূপান্তর করা হয়।

৯.৩ ফ্রিকুয়েন্সি এবং কো-চ্যানেল ইন্টারফারেন্স

(Define the term Frequency and Co-channel Interference)

ফ্রিকুয়েন্সি ইন্টারফারেন্স : রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি ইন্টারফারেন্স (RFI) বা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ইন্টারফারেন্স (EMI) হলো একটি ডিস্টারবান্স, যা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন অথবা বাহ্যিক একটি উৎস হতে নির্গত ইলেকট্রোম্যাগনেটিক রেডিয়েশনের কারণে একটি ইলেকট্রিক্যাল সার্কিটকে অ্যাফেক্ট করে। এ ডিস্টারবান্স সার্কিটের কার্যকরী পারফরম্যান্সকে বাধাগ্রস্ত করে অথবা হ্রাস বা সীমিত করে। এ ক্রিয়াগুলো ডাটার সাধারণ হ্রাস থেকে শুরু করে ডাটার সম্পূর্ণ লসও ঘটাতে পারে। সোর্সগুলো কৃত্রিম বা প্রাকৃতিক যে-কোনো বস্তু হতে পারে, যা দ্রুত পরিবর্তনশীল ইলেকট্রিক্যাল কারেন্ট বহন করে, যেমন–একটি ইলেকট্রিক্যাল সার্কিট, সূর্য, Northern Light ইত্যাদি।

এই রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি ইন্টারফারেন্স প্রায়ই AM রেডিও এর রিসিপশনে প্রভাব ফেলে। বিকিরিত EMI অথবা RFI-কে দু'ভাগে ভাগ করা যায়–ন্যারো ব্যান্ড এবং ব্রডব্যান্ড। ন্যারো ব্যান্ড ইন্টারফারেন্সগুলো সচরাচর ঐচ্ছিক ট্রান্সমিশন হতে ঘটে থাকে, যেমন–রেডিও ও টিভি স্টেশন, পেজার ট্রান্সমিটার, সেলফোন ইত্যাদি। ব্রডব্যান্ড ইন্টারফারেন্সগুলো আসে সচরাচর ঘটনাক্রমে রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি ইমিটারগুলো হতে, যেমন–ইলেকট্রিক পাওয়ার ট্রান্সমিশন লাইন, ইলেকট্রিক মোটর, থার্মোস্ট্যাট ইত্যাদি। ব্রডব্যান্ড FRI এর বৈশিষ্ট্য এমন যে, এটা একবার রিসিভার চেইনে প্রবেশ করলে সম্পূর্ণভাবে ফিল্টার আউট করা যায় না।

কো-চ্যানেল ইন্টারফারেন্স (Co-channel Interference) : কো-চ্যানেল ইন্টারফারেন্স বা CCI হলো একই ফ্রিকুয়েন্সি ব্যবহৃত দুটি ভিন্ন ট্রান্সমিটার হতে প্রাপ্ত ক্রস-টক (Cross-talk)। কো-চ্যানেল রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি ঘটার বেশ কতগুলো কারণ আছে। এখানে কয়েকটি উল্লেখ করা হলো–

(i) খারাপ আবহাওয়া অবস্থা (Adverse Weather Condition) : অস্বাভাবিক High-pressure weather-এর সময় VHF সিগন্যালগুলো ট্রপোস্ফিয়ার দ্বারা প্রতিফলিত হতে পারে। এরূপ ট্রপোস্ফেরিক ডাক্টিং-এর কারণে সিগন্যাল নির্দিষ্ট দূরত্বের চেয়ে বেশি দূরে ভ্রমণ করে থাকে। ফলে কোনো দূরবর্তী ট্রান্সমিটারের বর্ধিত রেঞ্জের দ্বারা লোকাল ট্রান্সমিটারে প্রায়ই ইন্টারফারেন্স ঘটে।

(ii) সেলুলার মোবাইল নেটওয়ার্ক (Cellular Mobile Network) : সেলুলার মোবাইল যোগাযোগ ব্যবস্থায় ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রামকে কতগুলো নন-ওভারল্যাপিং স্পেকট্রাম ব্যান্ডে ভাগ করা হয় এবং এগুলোকে বিভিন্ন সেলে নির্দিষ্ট করে দেয়া হয়। কিন্তু নির্দিষ্ট একটি ভৌগোলিক দূরত্বের পর ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ডগুলো পুনঃব্যবহার হয়। অর্থাৎ একই স্পেকট্রাম ব্যান্ডগুলোকে অপর দূরবর্তী সেলসমূহে পুনঃনির্দিষ্ট করে দেয়া হয়। ফ্রিকুয়েন্সি পুনঃব্যবহারের এই ঘটনার কারণে সেলুলার মোবাইল নেটওয়ার্কগুলোতে Co-channel interference ঘটতে পারে।

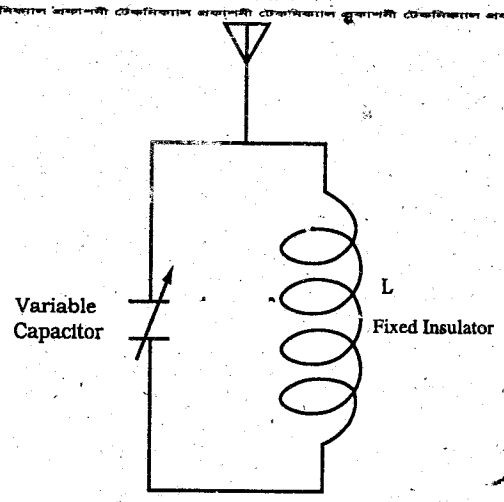
(iii) অত্যধিক বেশি রেডিও স্পেকট্রাম (Overly-Crowded Radio Spectrum) : অনেক জনবহুল এলাকাতে রেডিও স্পেকট্রামের মধ্যে অধিক জায়গা থাকে না। স্টেশনগুলো Jam-Packed থাকে এবং কখনো কখনো একজন ব্যক্তি একই জায়গায় একই ফ্রিকুয়েন্সিতে দুটি, তিনটি অথবা আরও বেশি স্টেশন স্পষ্ট ও উচ্চস্বরে শুনতে পায়।

(iv) দুর্বল ফ্রিকুয়েন্সি পরিকল্পনা (Poor Frequency Planning) : ব্রডকাস্টিং-এর ক্ষেত্রে দুর্বল ফ্রিকুয়েন্সি পরিকল্পনা CCI সৃষ্টি করতে পারে, যদিও একটি সচরাচর দেখা যায় না।

৯.৪ একটি সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের প্রতিটি স্টেজের সার্কিট ও তাদের কার্যপ্রণালির ব্যাখ্যা

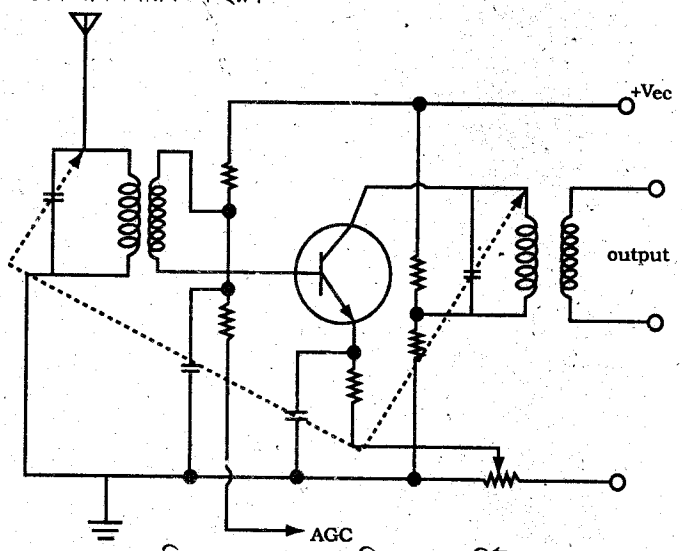
(Explain the Typical Circuit of Each Block of Super Heterodyne Receiver)

(১) RF অ্যামপ্লিফায়ার : নিচে সচরাচর ব্যবহৃত একটি *rf* অ্যামপ্লিফায়ারের সার্কিট অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে। এটি একটি সিঙ্গেল টিউন্ড ট্রান্সফরমার কাপলড অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট। মিডিয়াম ফ্রিকুয়েন্সিতে এই সার্কিটটি ব্যবহার করা হয়। এর Ganged টিউনিং ক্যাপাসিটরের মাধ্যমে আকাঙ্ক্ষিত সিগনাল ধরা হয়। এতে AGC বায়াসিং করা হয়েছে যাতে ইনপুট সিগনালের মানের ওপর ভিত্তি করে স্বয়ংক্রিয়ভাবে গেইন নিয়ন্ত্রিত হয়। AGC বায়াসের পরিবর্তনের ফলে AC ইনপুট রেজিস্ট্যান্সের পরিবর্তন হয়। ফলে অ্যামপ্লিফায়ারের গেইনের পরিবর্তন হয়।



চিত্র-৯.৫ : Tuned circuit

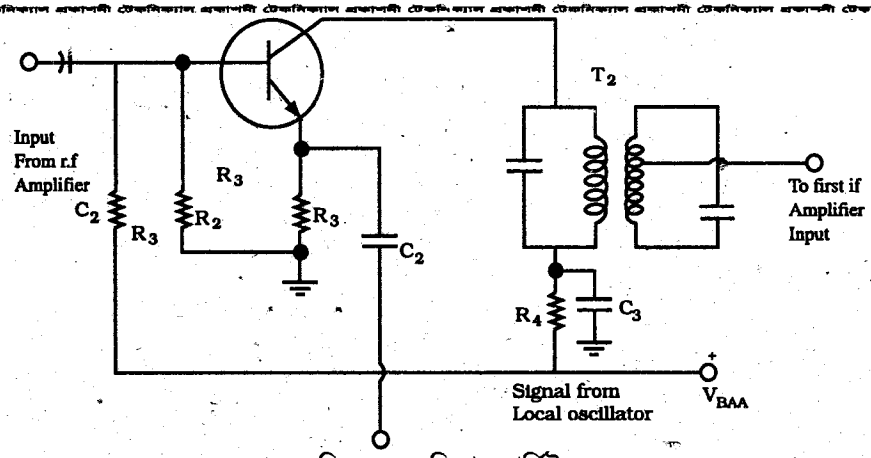
এই LC সার্কিটের রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সির সমান মানের ফ্রিকুয়েন্সি এন্টেনাতে টিউন্‌ড হলে এর ইনপুটে সর্বোচ্চ ভোল্টেজ পাওয়া যায়। রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সির বেশি অথবা কম মানের ফ্রিকুয়েন্সিসমূহ বাদ পড়ে যায়। এই ভোল্টেজকে r.f অ্যামপ্লিফায়ারের বেজে প্রদান করে অ্যামপ্লিফাই করা হয়। গ্যাং ক্যাপাসিটরকে ঘুরালে ক্যাপাসিটরের মান পরিবর্তন হয়।



চিত্র-৯.৬ : r.f অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট

ইন্ডাক্টরের মান স্থির থাকে। ইন্ডাক্টরকে এন্টেনা কয়েল বলা হয়। ফেরাইট রড অথবা পাউডার বিশিষ্ট আয়রন কোরের উপরে এই ইন্ডাক্টর প্যাঁচানো থাকে। এর Q Value বেশি হতে হয়।

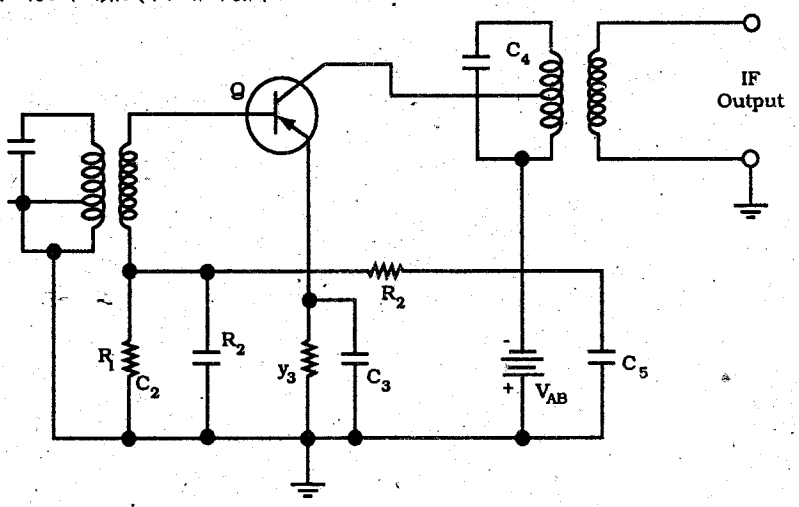
(২) **কনভারটার সার্কিট/ মিক্সার সার্কিট :** কনভারটার সার্কিট মূলত একটি লোকাল অসিলেটর ও মিক্সার সার্কিটের সমন্বয়ে গঠিত। যে সার্কিটের মাধ্যমে ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করা হয় তাকে কনভারটার সার্কিট বলে। নিম্নে চিত্রে এরূপ একটি সার্কিট দেখানো হয়েছে। ট্রানজিস্টর অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিটে C_1 ও R_2-এর মধ্যে দিয়ে rf অ্যামপ্লিফায়ার হতে ইনপুট প্রদান করা হয়। সার্কিটটিতে ভোল্টেজ ডিভাইডার-এর মাধ্যমে প্রয়োজনীয় বেজ ভোল্টেজ প্রদান করা হয়। R_3 দ্বারা কালেক্টর কারেন্ট স্ট্যাবল রাখা হয়। এতে আগত r.f সিগনাল ফ্রিকুয়েন্সি f_s কে মিক্সার সার্কিটে লোকাল অসিলেটর হতে আগত সিগনাল f_o-এর সাথে মিশ্রিত করা হয়।



চিত্র-৯.৭ : মিক্সার সার্কিট

লোকাল অসিলেটর হতে আগত সিগনালকে ইমিটার সার্কিটে C_2 দ্বারা কাপল করা হয়। ফলে ইমিটার সার্কিট শুধু নেগেটিভ হাফ সাইকেলের সময় কন্ডাকশন দেয়। এভাবে ট্রান্সজিস্টরটি ক্লাস বি অ্যামপ্লিফায়ারের মতো অপারেট করে। বেজ ইমিটার ডায়োড কারেন্ট $r.f$ সিগনাল এবং অসিলেটর সিগনাল দ্বারা মডুলেট হয়। ফলে কালেক্টর কারেন্ট অসিলেটর ও $r.f$ সিগনালের মান অনুযায়ী পরিবর্তিত হয়। কালেক্টর সার্কিট হতে $(f_c - f_s)$ সিগনালটি ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সি মানের আউটপুট পাওয়া যায়। এই আউটপুট প্রথম IF অ্যামপ্লিফায়ারে ইনপুট হিসেবে প্রদান করা হয়।

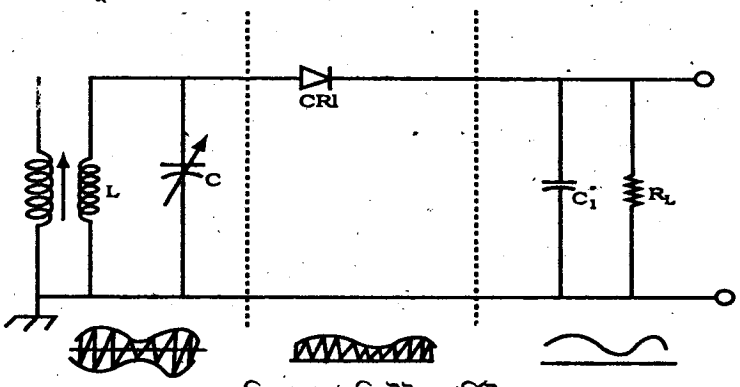
(৩) **IF অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট :** চিত্রে একটি সিঙ্গেল স্টেজ IF অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট দেখানো হয়েছে। এটি স্থির মানের (455 KHz) IF সিগনাল ছাড়া অন্যান্য সকল ফ্রিকুয়েন্সিকে প্রবেশ করতে দেয় না। যেহেতু IF অ্যামপ্লিফায়ার স্থির মানের ফ্রিকুয়েন্সিতে অপারেট করে; অতএব সার্কিটটিকে ডাবল টিউন্ড ইন্ডাক্টিভ কাপল করা হয়। ফলে এটি ব্যান্ড পাস প্রক্রিয়া ভালোভাবে সম্পন্ন করতে পারে এবং এতে ব্যান্ড সিলেকশন ভালো হয়। ট্রান্সজিস্টরটি এখানে অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে কাজ করে। সার্কিটটিতে R_1 ও R_2 ভোল্টেজ ডিভাইডার নেটওয়ার্ক দ্বারা ফরওয়ার্ড বায়াস প্রদান করা হয়। C_2 ও C_3 দ্বারা degeneration প্রতিরোধ করা হয়। Selectivity যাতে ভালো হয় সেজন্য IF ট্রান্সফরমারের আউটপুট রেজিস্ট্যান্স 25 kΩ রাখা হয়। কালেক্টরকে IF ট্রান্সফরমারের প্রাইমারির সাথে টেপিং করে যুক্ত করা হয়। টেপিংয়ের অবস্থানের ওপর সঠিক ইম্পিডেন্স ম্যাচিং নির্ভর করে।



চিত্র-৯.৮ : সিঙ্গেল স্টেজ IF অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট

(৪) **ডিটেক্টর স্টেজ :** নিম্নের চিত্রে একটি ডিটেক্টর সার্কিট অঙ্কন করা হয়েছে। সর্বশেষ IF অ্যামপ্লিফায়ার হতে ডিটেক্টরে ইনপুট প্রদান করা হয়। ডিটেক্টরের আউটপুট অডিও অ্যামপ্লিফায়ারের বেজ ইমিটার ইনপুটে প্রদান করা হয়। এটি ডায়োড দ্বারা তৈরি একটি হাফ ওয়েভ রেকটিফায়ার। এখানে দুই ধাপে ডিটেকশন হয়ে থাকে। প্রথমে ডায়োডের ইনপুটে রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি সিগনাল আসলে এর আউটপুটে পজিটিভ হাফ সাইকেল পাওয়া যায়। এরপর একটি ফিল্টার নেটওয়ার্ক যুক্ত করা হয়েছে যা RF সিগনালকে বাদ দিয়ে শুধু অডিও ভোল্টেজকেই আউটপুটে প্রদান করে।

RF ওয়েভের প্রতিটি পজিটিভ হাফ সাইকেলের সময় ক্রিস্টাল ডায়োড কন্ডাকশন দেয় এবং রেজাল্ট্যান্ট কারেন্টের জন্য লোড রেজিস্টর R_L-এ ভোল্টেজ ড্রপ হয়। RF সিগনালের অংশ (যা মূলত RF ripple) ফিল্টার ক্যাপাসিটর C_1 দ্বারা বাইপাস হয়। C_1 ও R_L -এর মান এমনভাবে নির্বাচন করা হয় যেন অডিও সিগনালের জন্য প্রয়োজনীয় টাইম কনস্ট্যান্ট বেশি হয়। R_L-এ যে ভোল্টেজ ড্রপ হয় তাই অডিও অ্যামপ্লিফায়ারের ইনপুট হিসেবে প্রদান করা হয়।

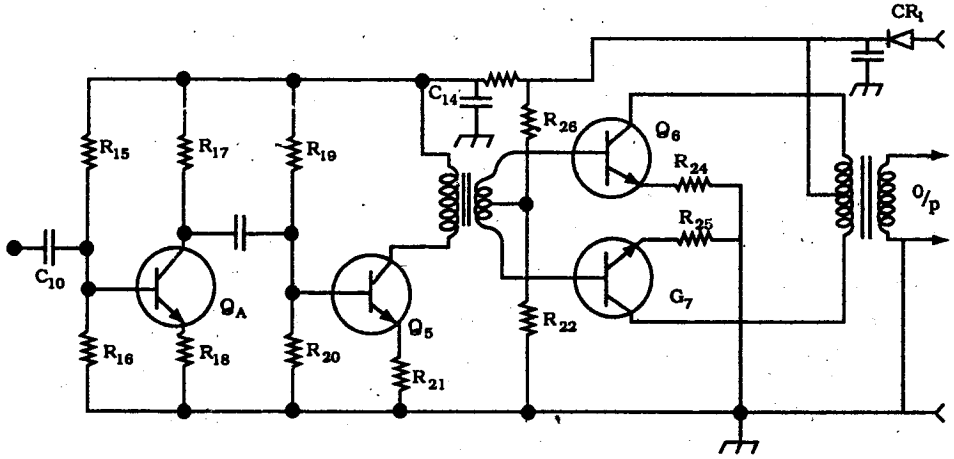


চিত্র-৯.৯ : ডিটেক্টর সার্কিট

(৫) **অডিও অ্যামপ্লিফায়ার স্টেজ :** রেডিও রিসিভারের অডিও স্টেজটি মূলত তিনটি স্টেজের সমন্বয়। এগুলো হলো–

(i) Pre-Amplifier, (ii) Driver stage, (iii) Output stage বা Power Amplifier.

প্রি অ্যামপ্লিফায়ার ডিটেক্টর সার্কিটের আউটপুটে প্রাপ্ত ক্ষুদ্র মানের সিগনালকে অ্যামপ্লিফাই করে ড্রাইভার স্টেজে প্রদান করে। ড্রাইভার স্টেজ আরো অ্যামপ্লিফাই করে সিগনালকে ফাইনাল অডিও অ্যামপ্লিফায়ারে প্রদান করে। প্রি অ্যামপ্লিফায়ার ও ড্রাইভার স্টেজ ক্লাস A অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে অপারেট করে। অপর দিকে আউটপুট স্টেজটি পুশপুল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে অপারেট করে।



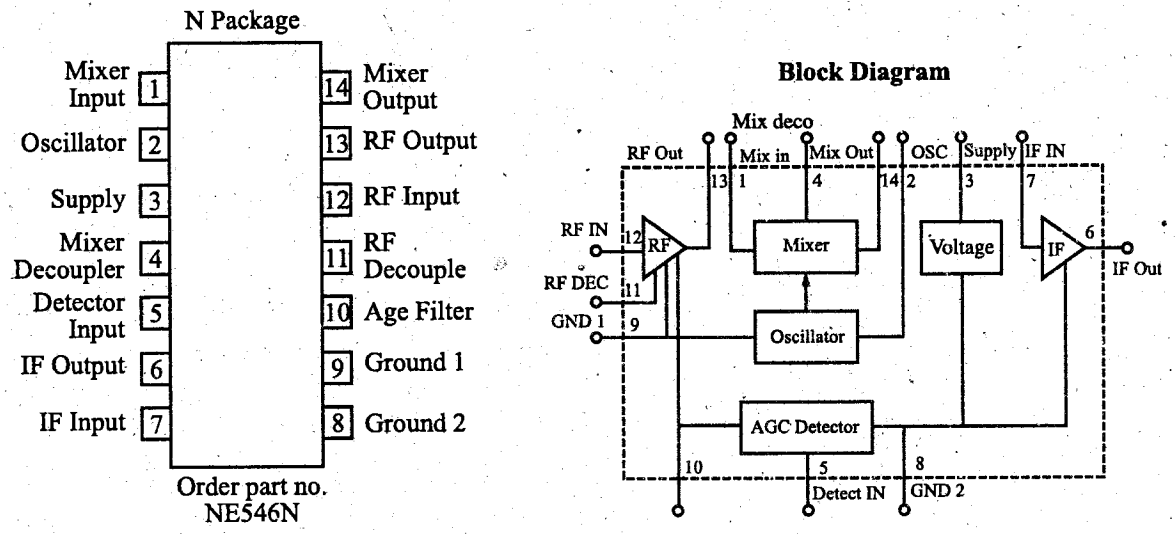
চিত্র-৯.১০ : অডিও অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট

ট্রানজিস্টর Q_A এখানে প্রি অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে কাজ করে। C_{10}-এর মাধ্যমে বেজে ইনপুট সিগনালকে কাপল করা হয়। কালেক্টর লোড রেজিস্টর R_{17}-এর মাধ্যমে আউটপুট নেওয়া হয়। এই আউটপুট Q_5-এর বেজ সার্কিটে ইনপুট হিসেবে প্রদান করা হয়। Q_5 দ্বারা গঠিত অ্যামপ্লিফায়ারটি ড্রাইভার অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে কাজ করে। ড্রাইভার অ্যামপ্লিফায়ারের আউটপুট একটি কাপলিং ট্রান্সফরমারের প্রাইমারিতে প্রদান করা হয়। প্রাইমারিতে আগত অ্যামপ্লিফাইড সিগনাল ট্রান্সফরমার কাপলিংয়ের মাধ্যমে Q_6 ও Q_7-এর বেজে ইনপুট হিসেবে প্রয়োগ হয়। এই দুটি ট্রানজিস্টর পুশপুল পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে অপারেট করে। দুটি out of phase ইনপুট সিগনাল Q_6 ও Q_7 -এর বেজের সাথে সেন্টার টেপ ওয়াইন্ডিং দ্বারা কাপল করা হয়। R_{26} ও C_{14} দ্বারা গঠিত ফিল্টার সার্কিট প্রথম দুটি স্টেজকে আউটপুট স্টেজের সাথে decoupling করে। Isolation diode CR_1 রেডিও সার্কিটকে ভুল পোলারিটির সাপ্লাই ভোল্টেজের ক্ষেত্রে রক্ষা করে।

৯.৫ একটি টিপিক্যাল IC বেজড AM এবং FM রেডিও রিসিভার সার্কিট (Explain a Typical IC Based AM and FM Radio Receiver circuit)

IC বেসড AM radio receiver circuit : নিম্নে চিত্রে-এ ইন্টিগ্রেটেড সাবসিস্টেমের পূর্ণাঙ্গ রূপ এবং নিম্নে চিত্রে-এ AM রিসিভারে এর সংযুক্ত দেখানো হয়েছে। নিচের (a) চিত্রে 14 – Pin dual-in-line package দেখানো হয়েছে। সাধারণত এর সাইজ হয় 19 × 6.3 × 3.2 mm এবং এতে প্রধান ছয়টি সার্কিট ব্লক থাকে, যা নিম্নে চিত্রে-(b) তে দেখানো হয়েছে। চিত্র নিম্নেতে AM রিসিভার দেখানো হয়েছে। এতে টিউনড সার্কিটগুলোকে বাহ্যিকভাবে সংযুক্ত করতে হয়।

Pin Configuration

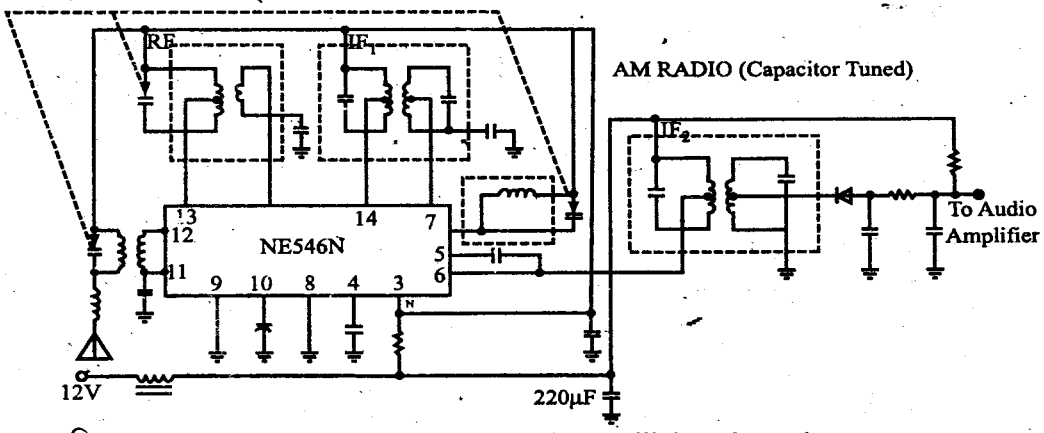


(a) (b)

চিত্র-৯.১১ : AM radio receiver subsystem in IC form.

AM সিগন্যাল ইনপুটকে টিউনড কাপলড সার্কিটের মাধ্যমে পিন 11 এবং 12 এর সাথে যুক্ত করা হয়। এটি হচ্ছে RF ইনপুট। RF-এ Pin-II গ্রাউন্ডেড থাকে। পিন 13 হতে RF আউটপুটকে টিউনড সার্কিটের মাধ্যমে মিক্সার ইনপুট পিন-1 এ যুক্ত করা হয়। মিক্সারের আউটপুট হিসেবে IF সিগন্যাল 14 নং পিনে পাওয়া যায়। এটা টিউনড-ট্রান্সফরমার কাপলড-এর মাধ্যমে 7 নং পিনে যুক্ত হয় এবং বিবর্ধিত IF আউটপুট হিসেবে 6 নং পিনে পাওয়া যায়। এই সিগন্যালকে পুনরায় টিউনড ট্রান্সফরমার-এর মাধ্যমে এনভেলপ ডিটেক্টরে প্রয়োগ করা হয়। এক্ষেত্রে AGC-তে একটি ডায়োড সিস্টেম ব্যবহৃত হয়, যা ডিটেক্টর ডায়োড থেকে পৃথক থাকে। একটি 5 pF-এর বাহ্যিক ক্যাপাসিটরের সাহায্যে IF সিগন্যালকে AGC ডায়োডে যুক্ত করা হয়। ক্যাপাসিটরটিকে পিন 5 এবং 6-এর মধ্যে যুক্ত করা হয়। AGC ডায়োডটি IF-এর অভ্যন্তরে থাকে। AGC ডায়োডের রেকটিফায়িং ক্রিয়া এবং

10 পিনে যুক্ত ক্যাপাসিটরের ফিল্টারিং অ্যাকশনের সম্মিলিত ক্রিয়ায় AGC বায়াস উৎপন্ন হয়। এই বায়াসকে 11 ও 12 নং পিনের মধ্যে অবস্থিত কয়েলের মাধ্যমে RF অ্যামপ্লিফায়ারের বেসে প্রয়োগ করা হয়।

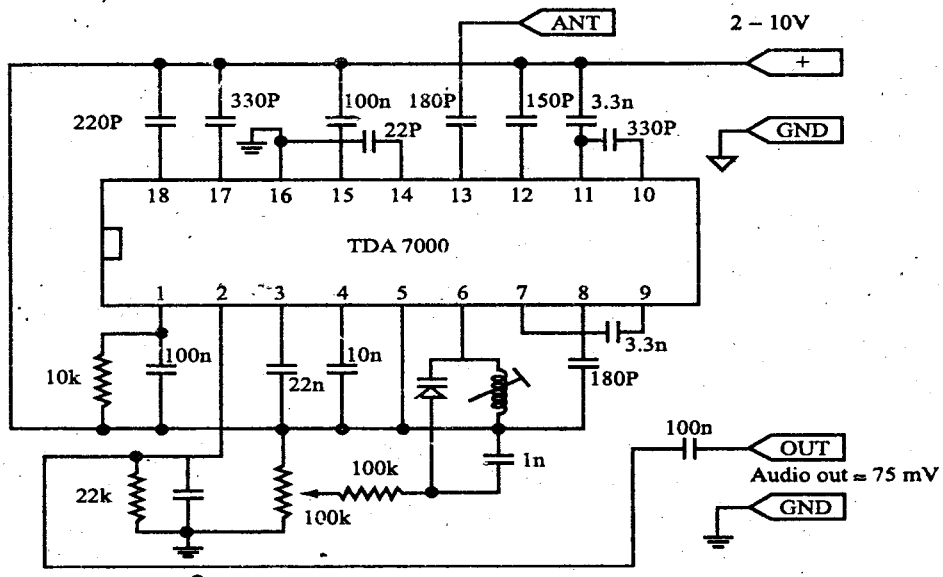


চিত্র-৯.১২ : Details of an AM radio receiver utilising the subsystem

অ্যাকটিভ সার্কিটগুলোকে সহজেই একটি একক চিপের মধ্যে সমন্বিত করা যায় এবং IC-এর মধ্যে রেজিস্টর এবং ক্যাপাসিটরের চেয়ে যেহেতু ট্রানজিস্টর নির্মাণ করা অধিকতর সাশ্রয়ী হয়, সেহেতু সার্কিট ডিজাইনের ক্ষেত্রে বায়াস কন্ট্রোলের জন্য যেখানেই সম্ভব সেখানেই ট্রানজিস্টর এবং ডায়োড ব্যবহার করা হয়।

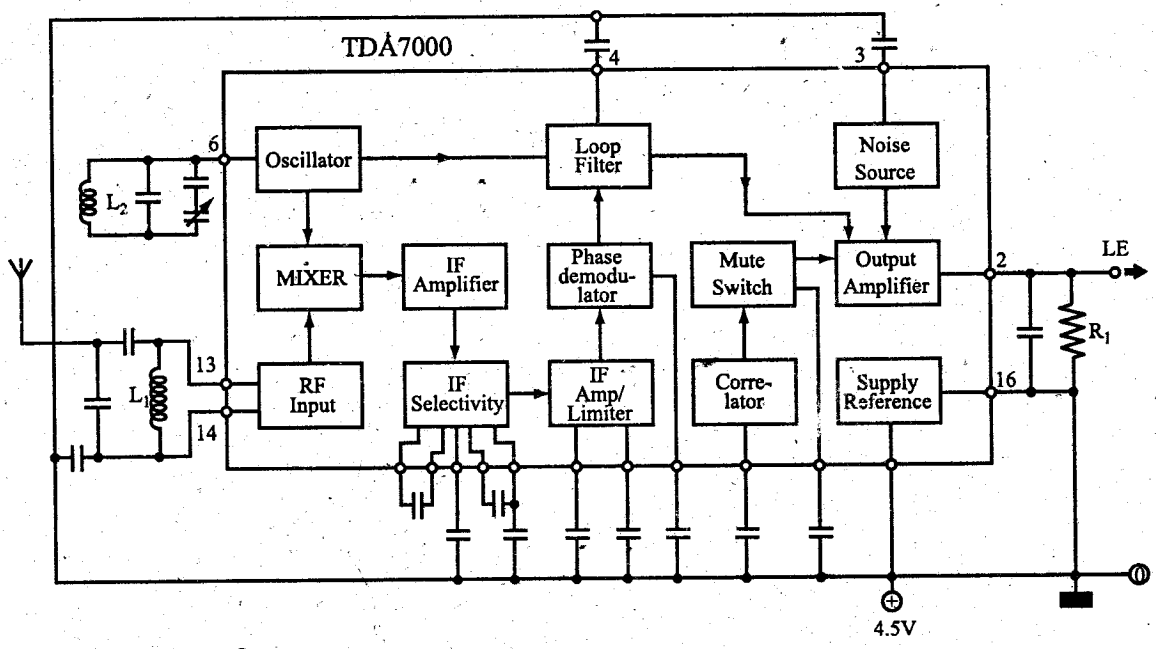
আই-সি বেজড FM রেডিও রিসিভার সার্কিট : একটি আর্দশ FM Radio Receiver-এর জন্য TDA 7000 IC ব্যবহার করা যায়। এটি একটি সঠিক FM সুপারহেট রিসিভার। এই IC-তে রয়েছে লোকাল অসিলেটর, মিক্সার, আই এফ অ্যামপ্লিফায়ার, লিমিটার এবং ফেজ ডিটেক্টর। TDA 7000 Low IF-এর উপর নির্ভর করে; কাজেই একটি সাধারণ OP AMP গেইন এবং ব্যান্ডপাস বৈশিষ্ট্যের উন্নতি সাধন করে। TDA 7000-এ শুধুমাত্র 70Kc/s ব্যবহৃত হয়।

এই IC-এর মিক্সার আউটপুটের ব্যান্ড ওয়াইড্থ কখনই ± 15Kc/s-এর বেশি হয় না। তবে, TDA 7000 স্টেরিও ডিকোডার হিসেবে উপযোগী নয়। এটি একটি 18 পিনের DIP প্যাকেজ। পরবর্তীকালে TDA7010T IC বাজারে আসে। এটি সারফেস মাউন্ট ভার্শন এবং 16 পিনের SMD প্যাকেজ। এরপর বাজারে আসে TDS2021T, এটিও সারফেস মাউন্ট কিন্তু স্টেরিও কম্পাটিবল।



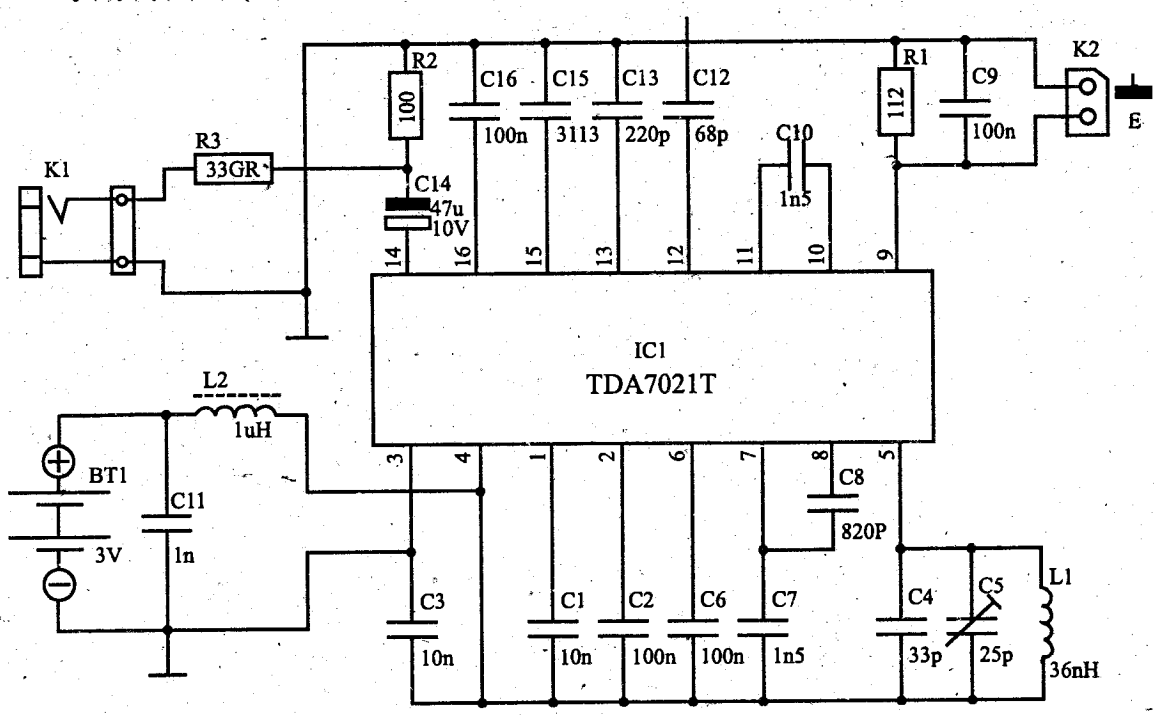
চিত্র-৯.১৩ : FM Radio Receiver with TDA 7000

সর্বশেষে আসে সারফেস মাউন্ট TDA7088T যা মনো-টাইপের কিন্তু এটির সার্চ-টাইপ টিউনিং রয়েছে এবং 3V-এ কাজ করে। উপরোক্ত সকল FM রিসিভার IC-গুলো Philips Production.



চিত্র-৯.১৪ : TDA 7000 Radio Receiver এর Block Diagram

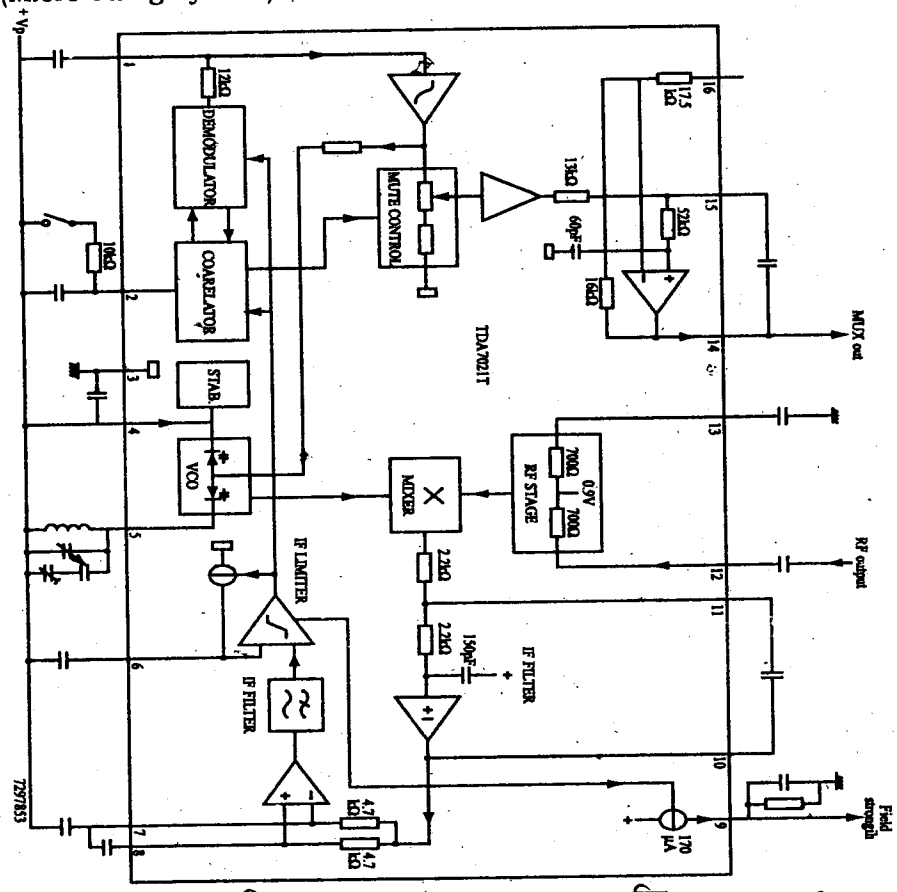
FM রিসিভার IC (TDA 7021T) এর ডায়াগ্রাম নিম্নের চিত্রে দেখানো হলো এবং এর কম্পোনেন্ট তালিকা টেবিলে দেখানো হলো–



চিত্র-৯.১৫ : FM Receiver with TDA 7021T

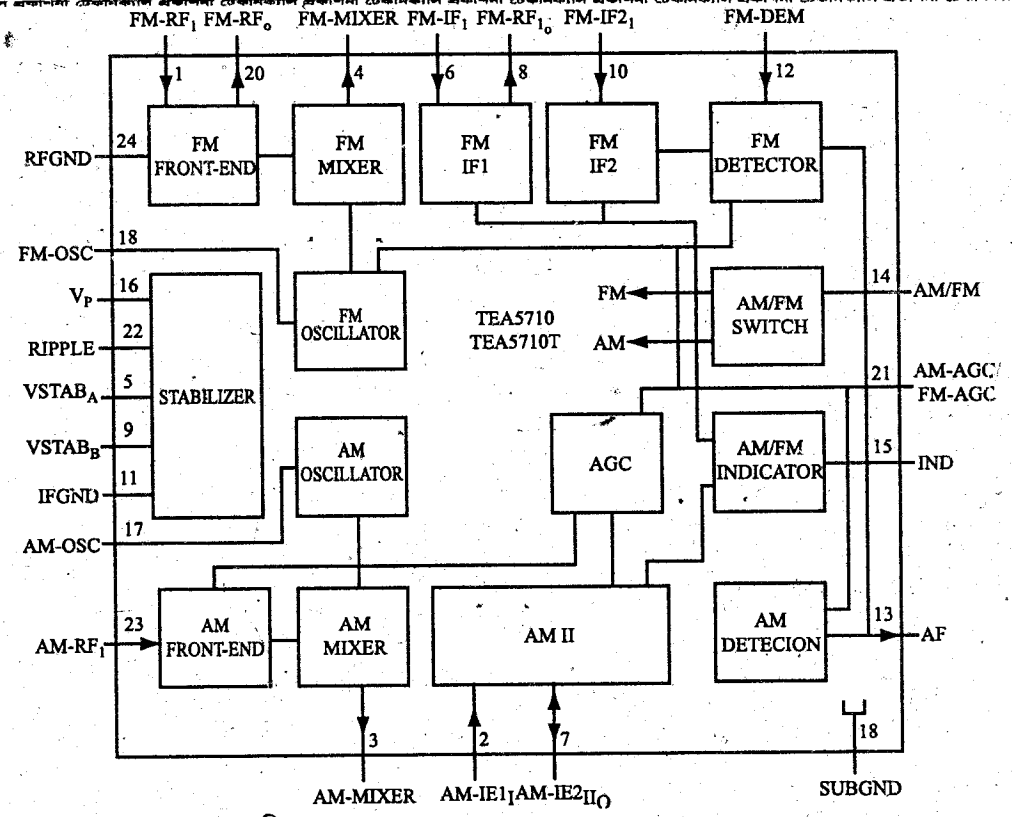
Component parts list :

R1 = 8K Ω
R2 = 10K Ω
R3 = 390 Ω
C1, C3 = 10nF
C2, C6, C9, C16 = 100 nF
C4 = 33 pF
C5 = 24 pF trimmer (Murata type TZB4Z250AB10R00)
C7, C10 = 1nF5
C8 = 820 pF
C11 = 1nF
C12 = 68 pF
C13 = 220 pF
C14 = 47 μF, 10V
C15 = 3 nF3
L1 = 36 nH (4turns 0.5 mm silver – plated wire, inside dia 4mm, Length 7mm)
L2 = 1μH
IC1 = TDA7021T (SMD in SO 16 case)
Supply voltage (Pin4) = V_p = 3V
AF output voltage, V_o = 90 mV
MTS (Micro Tunig System)



চিত্র-৯.১৬ : IC TDA7021T-এর ব্লক চিত্র

AM/FM রেডিও রিসিভার আইসি (IC-TEA5710/TEA5710T) এর ডায়াগ্রাম ৯.১৭ নং চিত্রে এবং এর ডাটা ৯.১ টেবিলে দেখানো হয়েছে।



চিত্র-৯.১৭ : AM/FM Radio Block Diagram

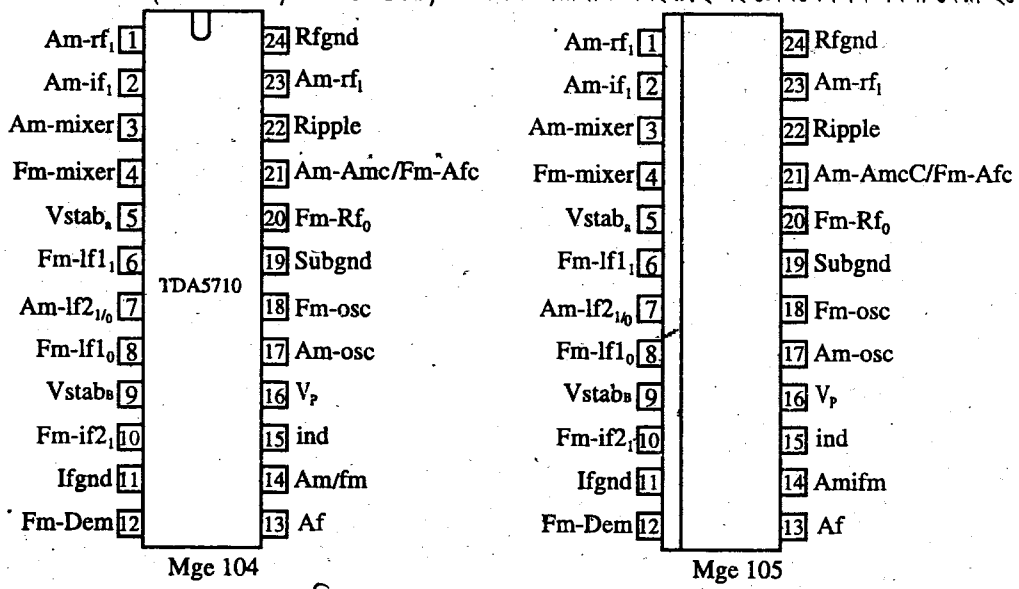
SYMBOL	PARAMETER	MIN	TYP.	MAX.	UNIT
V_p	positive supply voltage	2.0		12	V
I_p	supply current in AM mode in FM mode	5.6 7.3	7.5 9.0	9.9 11.2	mA mA
T_{amb}	oparating ambient temperature range	−15		+60	°C
AM Performance					
V_{m1}	RF sensitivity	40	55	70	μV
V_{13}	AF output voltage	36	45	70	mV
THD	total harmonic distortion	–	0.8	2.0	%
FM performance					
V_{in3}	RF sensitivity	1.0	2.0	3.8	mV
V_{13}	AF output voltage	47	58	69	mV
THD	total harmonic distortion	—	0.3	0.8	%

ORDERING INFORMATION

EXTENDED TYPE NUMBER	PACKAGE			
	PINS	PIN POSITION	MATERIAL	CODE
TEA5710	24	SDIL	plastic	SOT234AG(1)
TEA5710T	24	SO24L	plastic	SOT137A(2)

টেবিল ৯.১ :

৯.১৯ নং চিত্রে (TEA5710/TEA5710T) এর পিন ডায়াগ্রাম এবং ৯.২ নং টেবিলে পিন বর্ণনা দেয়া হলো।



চিত্র-৯.১৮ : TEA5710/TEA5710T

SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
FM-RF$_1$	1	FM-RF aerial input (input inpedance-typ. 50Ω)
AM-IF1$_1$	2	input from IFT or ceramic filter (input impedance typ. 3kΩ)
AM-MIXER	3	open-collector output to IFT
FM-MIXER	4	out to ceramic IF filter (output impedance typ. 330Ω)
VSTAB$_A$	5	stabilized internal supply voltage (A)
FM-IF1$_1$	6	first FM-IF input (input impedance typ. 330Ω)
AM-IF2$_{1/0}$	7	input/output to IFT; output; current source
FM-IF1$_0$	8	first FM-IF output (output impedance typ. 330Ω)
VSTAB$_B$	9	stabilized intemal supply voltage (B)
FM-IF2$_1$	10	second FM-IF input (imput impedance typ. 330Ω)
IFGND	11	ground of IF and detector stages
FM-DEM	12	ceramic discriminatory pin
AF	13	audio output (output impedance typ. 5 kΩ)
AM/FM	14	switch terminal; open for AM; ground for FM
IND	15	fiefd-strength dependent indicator
Vp	16	positive supply voltage
AM-OSC	17	parallel tuned AM-OSC circuit to ground
FM-OSC	18	parallel tuned FM-OSC circuit to ground
SUBGND	19	substrate and RF ground
FM-RF$_0$	20	parallel tuned FM-RF circuit to ground
AM-AGC/DM-AFC	21	AGC/AFC capacitor pin
RIPPLE	22	ripple capacitor pin
AM-RF$_1$	23	parallel tuned AM aerial circuit to ground (total input capacitance typ. 3 pf)
RFGND	24	FM-RF ground

টেবিল ৯.২ :

৯.৬ সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের অ্যালাইনমেন্ট এবং ট্র্যাকিং (Explain Choice Alignment and Tracking, IF and Band Switch of A Radio Receiver)

প্রত্যেকটি সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের একটি লোকাল অসিলেটর থাকে, যা অসিলেটর ফ্রিকুয়েন্সি fo (= f_s + f_i)-এর সাথে টিউন করা থাকে এবং এক বা একাধিক টিউনড সার্কিট থাকে, যা সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি f_s-এর সাথে টিউন করা থাকে, সকল RF টিউনড় সার্কিটগুলো এবং অসিলেটর টিউনড সার্কিটটি অবশ্যই একটি সিঙ্গেল ডায়ালের টিউনিং-এ সকল টিউনিং ক্যাপাসিটরগুলোর রোটরগুলো একই শ্যাফট-এর উপর বসানো হয় অর্থাৎ হয় অর্থাৎ টিউনিং ক্যাপাসিটরগুলো গ্যাংগড অবস্থায় থাকে। ক্যাপাসিট্যান্স টিউনিং ব্যবস্থায় প্রতিটি ক্যাপাসিটরকে স্থির মানের ইন্ডাক্টরের সাথে যুক্ত করা হয়। স্থির মানের বিভিন্ন ইন্ডাক্টরের বিভিন্ন পরিবর্তনশীল ক্যাপাসিট্যান্সসমূহকে একটি শ্যাফট-এর সাথে যুক্ত করতে গিয়ে Residual error হয়। এই error দূর করার জন্য প্রতিটি টিউন্ড সার্কিটের L এবং C-এর মানকে অ্যাডজাস্ট করে সর্বোচ্চ গেইন পাওয়ার পদ্ধতিকে অ্যালাইনমেন্ট বলা হয়।

RF অ্যালাইনমেন্টের পদ্ধতি (Procedure for R.F Alignment) :

RF সার্কিটগুলোর অ্যালাইনমেন্ট নিম্নলিখিত ধাপে সম্পন্ন হয় :

(i) টিউনিং ডায়ালের উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি প্রান্তের একটি সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি রিসিভার ইনপুটে প্রয়োগ করে রিসিভারকে এই সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সিতে টিউনিং করে এবং R.F সার্কিটের ট্রিমারগুলোকে অ্যাডজাস্ট করে রিসিভার আউটপুটে সর্বোচ্চ পাওয়ার আনার ব্যবস্থা করা হয়।

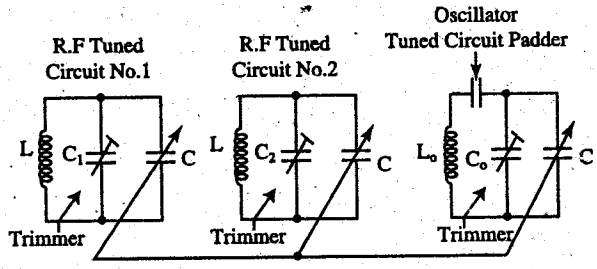
(ii) টিউনিং ডায়ালের লো ফ্রিকুয়েন্সি প্রান্তের একটি সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সির জন্য উপরের পদ্ধতিকে পুনরাবৃত্তি করা হয়।

(iii) এই উভয় ফ্রিকুয়েন্সিতে রিসিভার আউটপুটে যুগপৎ সর্বোচ্চ পাওয়ার পেতে উপরের দুই পদ্ধতিকে পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্তি করা হয়।

ধরা যাক, 550 – 1650 Khz প্রসারিত M.W ব্যান্ডের জন্য দুটি সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি হিসেবে (RF CKT. অ্যালাইনমেন্টের জন্য) 600 KHz এবং 1600 KHz নির্বাচন করা যায়।

অসিলেটর সার্কিট ট্র্যাকিং (Oscillator Circuit Tracking) :

সঠিক সিঙ্গেল ডায়াল টিউনিং-এর শর্ত হচ্ছে যে, লোকাল অসিলেটর ফ্রিকুয়েন্সি f_o সর্বদাই সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি f_s থেকে বেশি থাকবে এবং এই বেশির পরিমাণ হবে ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সি f_i-এর অবিকল সমান। এজন্য যা দরকার, তা হচ্ছে টিউনিং ক্যাপাসিটরের রোটেশন অ্যাঙ্গেলের বিপরীতে f_o এবং f_s এর অঙ্কিত গ্রাফ, f_i এর সমান স্পেসিং সহকারে অবশ্যই প্যারালাল ট্রাক অনুসরণ করতে হবে। এই নির্দিষ্ট শর্ত থেকে যে কোনো বিচ্যুতি ট্রাকিং এরর (Traking error) সৃষ্টি করবে। আদর্শগতভাবে সমগ্র ব্যান্ডব্যাপী ট্র্যাকিং এরর অবশ্যই শূন্য হবে। বাস্তবক্ষেত্রে এই শর্ত সম্পূর্ণভাবে মোকাবিলা করা যায় না। কারণ বাস্তবে যখন গ্যাং ক্যাপাসিটরের মান পরিবর্তন করা হয়, তখন R.F. ও লোকাল ফ্রিকুয়েন্সির পার্থক্য সব সময় সমান (455 KHz) থাকে না। যখন উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির দিকে পরিবর্তন করা হয়, তখন লোকাল অসিলেটরে পরিবর্তন বেশি হয়। কিন্তু যে-কোনো ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ডের জন্য এই পরিবর্তন সমান হওয়া উচিত, এর জন্য অসিলেটর টিউন্ড সার্কিটে একটি স্থির মানের কয়েল L_0 ব্যবহার করা হয়, যার মান R.F. সার্কিটে ব্যবহৃত L-এর চেয়ে কম। এটি ছাড়াও অসিলেটর সার্কিটে একটি ট্রিমার ক্যাপাসিটর ও একটি প্যাডার ক্যাপাসিটর ব্যবহার করা হয়।



3 – Section Tuning Capacitor

চিত্র-৯.১৯ : Trimmers and padder for alignment of R.F. and oscillator tuned circuits

অসিলেটর টিউনড সার্কিট অ্যালাইনমেন্টের পদ্ধতি (Procedure for Oscillartor Turned Circuit Alignment) : নিম্নলিখিত ধাপে এই সার্কিটের অ্যালাইনমেন্ট করা হয় :

(i) টিউনিং ব্যান্ডের আপার এন্ডের ফ্রিকুয়েন্সিতে সিগন্যাল রিসিভার ইনপুটে প্রয়োগ করতে হবে এবং রিসিভার আউটপুটে সর্বোচ্চ পাওয়ার পাবার জন্য অসিলেটর সার্কিটের ট্রিমারকে অ্যাডজাস্ট করতে হবে।

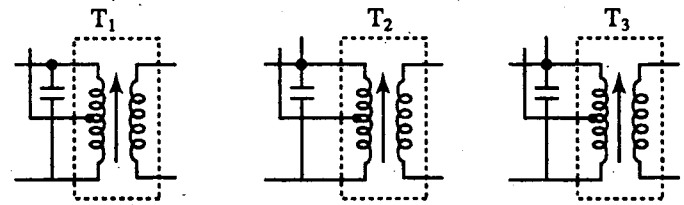
(ii) টিউনিং ব্যান্ডের লোয়ার এন্ডের ফ্রিকুয়েন্সিতে একটি সিগন্যাল রিসিভার ইনপুটে প্রয়োগ করতে হবে এবং রিসিভার আউটপুটে সর্বোচ্চ পাওয়ার পাবার জন্য অসিলেটর সার্কিটের প্যাডারকে অ্যাডজাস্ট করতে হবে।

(iii) এই উভয় ফ্রিকুয়েন্সিতে রিসিভার আউটপুটে যুগপৎ সর্বোচ্চ পাওয়ার পেতে উপরের দুই পদ্ধতিকে পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্তি করতে হবে।

এক্ষেত্রে মাঝের ফ্রিকুয়েন্সিতে IF এর মান ঠিক 455 KHz হয় না।

কোনো কোনো সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারে পারমিয়েবিলিটি টিউনিং ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে ডাস্ট কোরকে ভিতর বের করে কয়েলের ইন্ডাকট্যান্সকে পরিবর্তন করার মাধ্যমে টিউনিং কার্য সম্পন্ন করা হয় এবং কয়েলের সাথে স্থির মানের কন্ডেনসার ব্যবহার করা হয়। Identical permeability tuned কয়েলগুলোকে একটি কমন শ্যাফ্‌ট এর উপর বসানো হয় যাতে ভিন্ন ভিন্ন ডাস্টকোরগুলো সমলয়ে মুভ করতে পারে।

IF স্টেজের অ্যালাইনমেন্ট (Alignment of IF stage for maximum gain) : অ্যালাইনমেন্টের প্রথমে IF স্টেজসমূহকে অ্যালাইনমেন্ট করা হয়। প্রতিটি IF সেকশনে একটি করে IF ট্রান্সফরমার থাকে। নিম্নের চিত্রে তে তাদেরকে দেখানো হয়েছে। প্রতিটি IF ট্রান্সফরমারকে একটি করে ট্রিমার ক্যাপাসিটর দ্বারা টিউনড করা হয়।



চিত্র-৯.২০ : IF Transformer

অ্যালাইনমেন্ট করার জন্য RF সেকশনকে অ্যান্টেনা হতে বিচ্ছিন্ন করে RF জেনারেটর হতে 455 KHz মডুলেটেড সিগন্যাল উৎপন্ন করে RF অ্যামপ্লিফায়ারের ইনপুটে প্রয়োগ করা হয়। রিসিভারের ভলিউমকে স্বাভাবিক মানে রেখে প্রথমে 3rd IF ট্রান্সফরমারের ভ্যারিয়েবল কোরকে একটি নন-মেটালিক স্ক্রু-ড্রাইভার দিয়ে ঘুরানো হয়। ঘুরানোর সময় লাউড স্পিকারে যখন সর্বোচ্চ শব্দ পাওয়া যাবে, তখন ঘুরানো বন্ধ করতে হবে। ভোল্টমিটার দ্বারা এ সময় RF ইনপুট মাপতে হবে এবং খেয়াল রাখতে হবে যেন RF ইনপুট ভোল্টেজ AVC-এর চেয়ে বেশি না হয়।

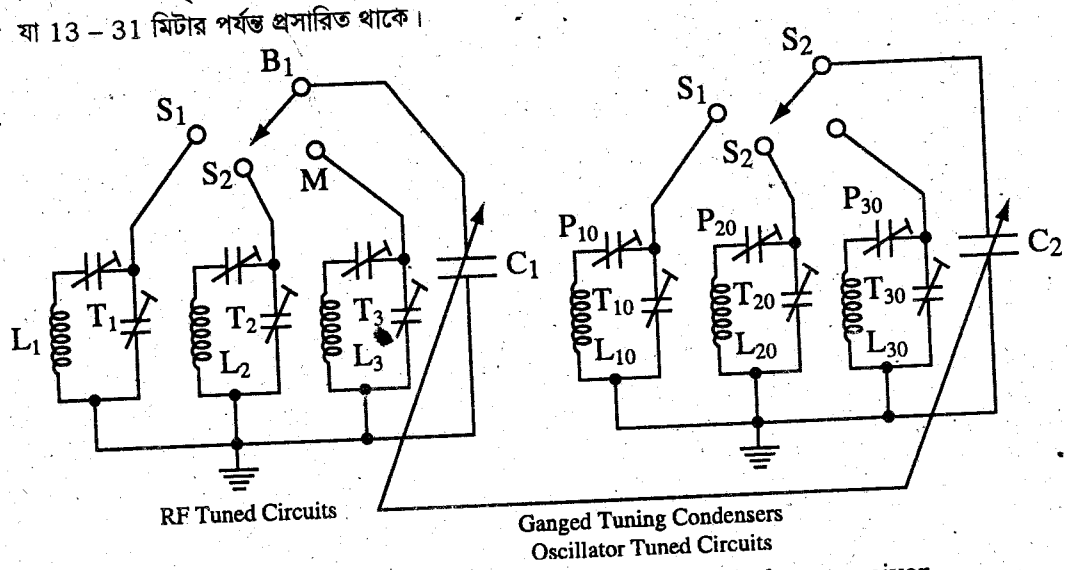
3rd IF ট্রান্সফরমারটি অ্যাডজাস্ট করার পর একই নিয়মে 2nd ও 1st IF ট্রান্সফরমারকে অ্যাডজাস্ট করতে হবে।

৯.৬.১ রেডিও রিসিভারের ব্যান্ড সুইচ
(The Band Switch of a Radio Receiver)

রিসিভারের কতগুলো কমন যন্ত্রাংশের সাথে এক ব্যান্ডের কয়েল হতে অন্য ব্যান্ডের কয়েলের সংযুক্তির জন্য ব্যান্ড সুইচ ব্যবহার করা হয়। বিভিন্ন রকম রিসিভারে বিভিন্ন রকম ব্যান্ড সুইচ দেখা যায়, যেমন– রোটারি টাইপ (Rotary type), স্লাইডিং-ওয়ে টাইপ (Sliding-way type), পুশ-বাটন টাইপ (Push-button type) ইত্যাদি।

রেডিও ওয়েভস-এর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জকে ব্যান্ড বলে। যেমন, 530 Khz থেকে 1600 Khz পর্যন্ত ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ মিডিয়াম ব্যান্ড এবং 2.5 MHz থেকে প্রায় 27 MHz পর্যন্ত ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ শর্ট ওয়েভ ব্যান্ডের জন্য ব্যবহৃত হয়। আবার শর্ট ওয়েভের এই রেঞ্জ বিভিন্ন ব্যান্ডে বিভক্ত থাকে, যেমন– শর্ট ওয়েভ– 1 (SW_1), শর্ট ওয়েভ– 2 (SW_2), শর্ট ওয়েভ–3 (SW_3) ইত্যাদি। এই রেঞ্জ যত বেশি ব্যান্ডে বিভক্ত করা যাবে, তার ব্যান্ডউইডথ (Bandwidth) তত বৃদ্ধি পাবে। ফলে স্টেশন ধরার জন্য ডায়ালে বেশি জায়গা পাওয়া যাবে, অর্থাৎ কোনো গোলমাল ছাড়া সহজেই স্টেশন ধরা যাবে। অপরদিকে কোনো ব্যান্ডে ফ্রিকুয়েন্সির রেঞ্জ যত বেশি হবে, তার ডায়ালে স্টেশন তত অল্প জায়গার মধ্যে ধরবে, অর্থাৎ অসুবিধা বেশি হবে। একাধিক ব্যান্ডের রিসিভারে একাধিক RF সেকশন ও একাধিক অসিলেটরের সেকশন থাকে, অর্থাৎ রিসিভারটি যত ব্যান্ডের হয়, তাতে ততগুলো R.F ও ততগুলো অসিলেটর সেকশন থাকে। কনভারটার হতে অডিও অ্যামপ্লিফায়ার পর্যন্ত স্টেজগুলো সব ব্যান্ডের জন্যই কমন হয়।

আর এফ ও অসিলেটর সেকশনের কয়েল ও ক্যাপাসিটরগুলো একটি সুইচের সাহায্যে পরিবর্তন করা হয়। এই সুইচকে ব্যান্ড সুইচ বলে। নিম্নে একটি 3 band receiver-এর জন্য ব্যান্ড সুইচ ব্যবস্থা দেখানো হয়েছে। একটি 3 band receiver-এর band তিনটি হচ্ছে– ব্রডকাস্ট ব্যান্ড বা মিডিয়াম ওয়েভ ব্যান্ড, যা 200 থেকে 500 মিটার পর্যন্ত বিস্তৃত; শর্ট ওয়েভ ব্যান্ড নং–1, যা 41 – 91 মিটার পর্যন্ত বিস্তৃত এবং শর্ট ওয়েভ ব্যান্ড নং–2, যা 13 – 31 মিটার পর্যন্ত প্রসারিত থাকে।



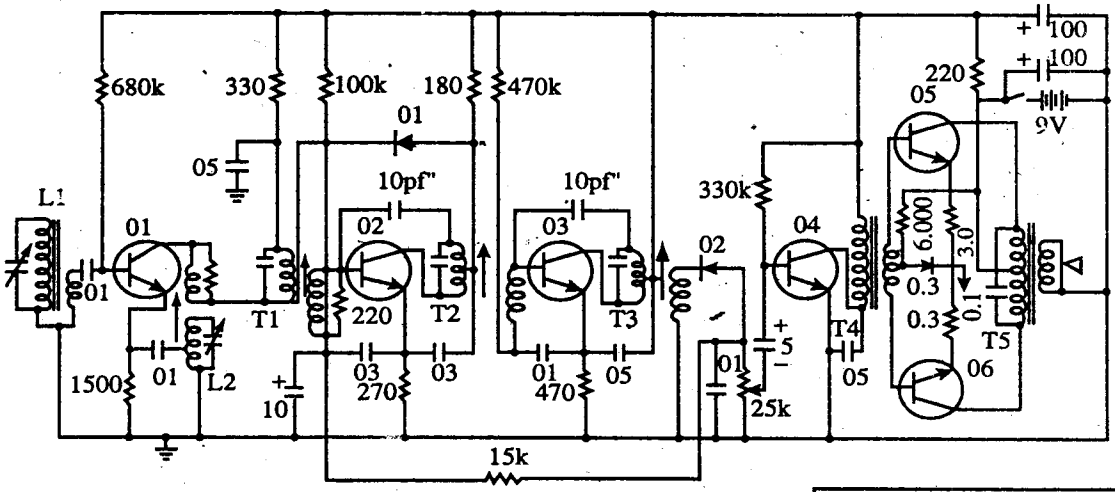
চিত্র-৯.২১ : Band switch in 3-band Super heterodyne receiver.

উপরের সার্কিটের বিভিন্ন এলিমেন্টের কাজ নিম্নরূপ–

C_1, C_2	→	The Ganged tuning condenser
L_1. L_2, L_3	→	r.f. tuned circuit coils
L_{10}, L_{20}, L_{30}	→	Oscillartor tuned circuist coils
T_1, T_2, T_3	→	r.f. circuit trimmers
T_{10}, T_{20}, T_{30}	→	Oscillator circuit trimmers
P_{10}, P_{20}, P_{30}	→	Oscillator circuit padders

Band switch-এর মাত্র দুটি সেকশন B_1 এবং B_2-কে চিত্রে দেখানো হয়েছে। ব্যান্ড সুইচের অন্য অংশগুলো ইনপুট কয়েল বা অ্যান্টিনা কয়েল (Feeding the R.F. tuned CKT.), আউটপুট কয়েল এবং অসিলেটর সার্কিটের ফিডব্যাক কয়েলগুলোকে নির্বাচন করে।

একটি এক ব্যান্ড six-transistor-9V AM receiver-এর সার্কিট ডায়াগ্রাম :



General Electric co
01.03 2n2926 (Red) or 2N2715 or 2N3394
02,04 2N2926 (orange) or 2N2716 or 2N3393
05,06 2N2714 (with Heat Sink)
Di in60 (germaniu)
D2,D3 In4009 (Silicon)

Radio in dustries,Inc
T1 – 13694 – R_1
T2, T3 – 1364
L1 16413
L2 16411
ΔC Model 42 – 2A

Performance
Nominal Sensitivity 20μv/m
Rated output power 500 mw
Battery Drain 10MA

Orher Components
T4 – 5k/2k CT
T5 – 250 ½ CT/CV

চিত্র-৯.২২ : A six-transistor 9-V receiver

৯.৭ সেনসিটিভিটি, সিলেকটিভিটি এবং ফাইডেলিটি ব্যাখ্যা

(Explain the Sensitivity Selectivity and Fidelity)

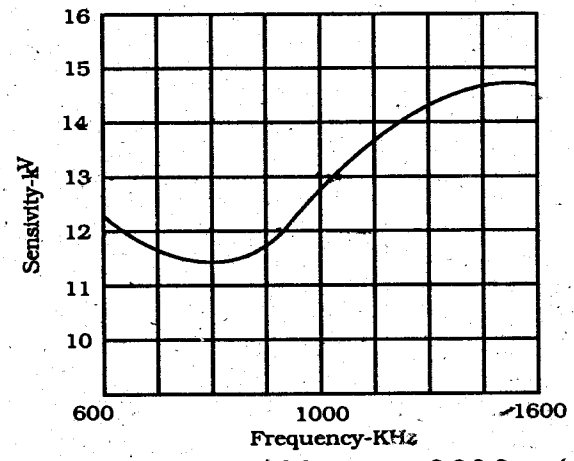
একটি রেডিও রিসিভার মূলত কয়েকটি নির্দিষ্ট ও পৃথক পৃথক কাজ সম্পন্ন করে। প্রথমেই এটি সন্তোষজনকভাবে দুর্বল r.f সিগনালকে রিসিভ করে এবং এই সিগনালকে অ্যামপ্লিফাই করে পরবর্তী অংশে পাঠায়। রিসিভারকে অবশ্যই সকল অনাকাঙ্ক্ষিত সিগনাল বাদ দিতে হয়। গৃহীত সিগনাল অবিকৃত থাকতে হবে এবং এই সিগনালে সর্বনিম্ন পরিমাণ নয়েজ থাকতে হবে। রিসিভারকে অবশ্যই কম পাওয়ার খরচ করতে হবে। রিসিভারের এই সকল পারফরমেন্স খুবই গুরুত্বপূর্ণ। আর এ জন্য রিসিভারের নিম্নলিখিত বৈশিষ্ট্য থাকা উচিত।

(ক) **সেনসিটিভিটি (Sensitivity) :** কোনো রিসিভারের দুর্বল সিগনাল গ্রহণ করে আকাঙ্ক্ষিত মানের আউটপুট দেওয়ার বৈশিষ্ট্যকে সেনসিটিভিটি বলে। সেনসিটিভিটিকে ভোল্টেজ অথবা পাওয়ারের টার্ম দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অ্যামপ্লিচুড মডুলেশন রিসিভারের ক্ষেত্রে সেনসিটিভিটির সংজ্ঞা নতুন করে নির্ধারণ করা হয়েছে। এখানে বলা হয়েছে, যদি 400 Hz মডুলেটিং সিগনাল দ্বারা ক্যারিয়ারকে 30% মডুলেশন করে এন্টেনাতে প্রদান করা হয় তবে রিসিভার সর্বোচ্চ সেনসিটিভিটি প্রদানের মাধ্যমে স্ট্যান্ডার্ড আউটপুট দেয়, যদি একই সঙ্গে রিসিভার কন্ট্রোলকে সর্বোচ্চ মানে রাখা হয়।

FM মডুলেশনের ক্ষেত্রে 400 Hz মডুলেটিং সিগনাল দ্বারা ইনপুট ক্যারিয়ার ভোল্টেজকে মডুলেট করলে যদি 22.25 KHz deviation হয় তবে তাকে FM রিসিভারের সেনসিটিভিটি বলে।

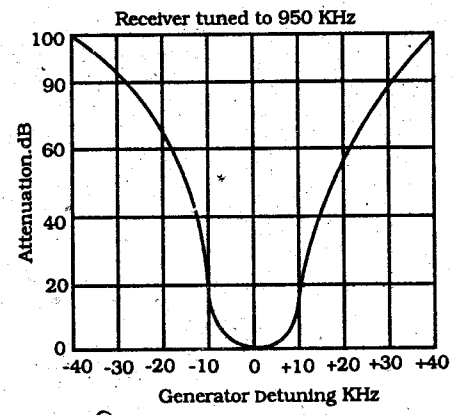
রেডিও রিসিভারের সেনসিটিভিটি কয়েক মাইক্রোভোল্টের মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। আবার রিসিভারের গেইন রিসিভারের সকল ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ডের জন্য সমান বা স্থির নয়। বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জে সেনসিটিভিটিও ভিন্ন হয়ে থাকে।

নিচের চিত্রে মিডিয়াম ওয়েভ ব্যান্ডের জন্য একটি সেনসিটিভিটি কার্ভ দেখানো হয়েছে।



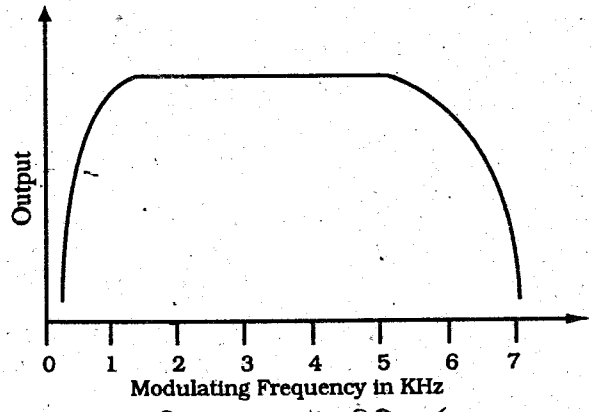
চিত্র-৯.২৩ : একটি ভালো রিসিভারের সেনসিটিভিটি কার্ভ

(খ) সিলেকটিভিটি (Selectivity) : কোনো রিসিভারের অনাকাঙ্ক্ষিত সিগনালকে বাদ দিয়ে আকাঙ্ক্ষিত সিগনালকে রিসিভ করার সামর্থ্যকে সিলেকটিভিটি বলে। যেহেতু সিগনাল সিলেকশন রেজোন্যান্স সার্কিট দ্বারা সম্পন্ন হয়, সেহেতু রিসিভারের সিলেকটিভিটি সম্পূর্ণরূপে রেজোন্যান্স সার্কিটের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্সের ওপর নির্ভর করে। কোনো রেজোন্যান্স সার্কিটের Q-এর মান বেশি হলে Selectivity ভালো হয়। Q-এর মান কম হলে Selectivity কম হয়। Selectivity পরিমাপ করতে হলে যে Frequency-তে Selectivity পরিমাপ করা হবে সেই ফ্রিকুয়েন্সিতে রিসিভারকে টিউন করা হয়। বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সির ক্যারিয়ার সিগনালের জন্য সিলেকটিভিটি কেমন হয় তা নিম্নের চিত্রের মাধ্যমে প্রকাশ করা যায়।



চিত্র-৯.২৪ : Selectivity curve

(গ) ফাইডেলিটি (Fidelity) : যে মডুলেটিং সিগনালকে মডুলেট করে ট্রান্সমিট করা হয় সেই সিগনালের বিভিন্ন কম্পোনেন্টগুলোকে কোনো রিসিভার কতটুকু সঠিকভাবে Reproduce করতে পারে, তাকে Fidelity বলে। নিচের চিত্রে একটি Fidelity Curve দেখানো হয়েছে।



চিত্র-৯.২৫ : ফাইডেলিটি কার্ভ

অনুশীলনী–৯

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **লোকাল অসিলেটরের কাজ কী?** *[বাকাশিবো : '৯৯, '১১R, '১৪]*

উত্তর : অ্যান্টেনা দ্বারা গৃহীত r.f. সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি হতে অধিক মানের একটি ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি তৈরি করা।

২। **AGC এর কাজ লেখ।** *[বাকাশিবো : '১৪]*

উত্তর : AGC ডিলে সার্কিটের মাধ্যমে AGC ভোল্টেজকে RF এবং IF স্টেজে প্রয়োগ করা হয়।

৩। **AVC-এর অর্থ কী?** *[বাকাশিবো : '১৩R, '১৪R]*

উত্তর : Automatic Volume Control.

৪। **w**

উত্তর : Tuned Radio Frequency.

৫। **অ্যালাইনমেন্ট বলতে কী বুঝায়?** *[বাকাশিবো : '৯৭, '০০, '৯৯, '১০R, '১৩R]*

উত্তর : রেডিও রিসিভারে অনেকগুলো টিউনড সার্কিট থাকে। রিসিভার ঠিকমতো বাজাতে হলে এ টিউন্ড সার্কিটগুলো সঠিকভাবে রেজোন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সিতে থাকা প্রয়োজন। এসব টিউনড সার্কিটগুলোকে রেজোন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সিতে আনাকেই অ্যালাইনমেন্ট বলে। অন্য কথায় রেডিও রিসিভারের পরিবর্তনশীল সার্কিটসমূহ, যেমন– IF কয়েল, লোকাল অসিলেটর কয়েলসমূহের মানকে সর্বোচ্চ গেইনের জন্য সেটিং করাকে অ্যালাইনমেন্ট বলে।

৬। **ডিমডুলেশন বা ডিটেকশন কী?** *[বাকাশিবো : '১১, '১২R, '১৩]*

উত্তর : মডুলেটেড রেডিও ওয়েভ থেকে মূল সিগন্যালকে (AF) পৃথকীকরণ এবং ক্যারিয়ারকে গ্রাউন্ডিং/রিজেক্টিং-এর পদ্ধতিকে বলা হয় ডিমডুলেশন বা ডিটেকশন।

ডিমডুলেশন অথবা ডিটেকশন হলো রিসিভারের প্রসেস। ডিটেকশনের পর AF সিগন্যালকে লাউড স্পিকারে দেয়া হয়, যা ইলেকট্রিক্যাল সিগন্যালকে সাউন্ড ওয়েভে পরিণত করে।

৭। **সিলেকটিভিটি কী?** *[বাকাশিবো : '০০, '০২, '০৬, '১১R, '১৩R]*

উত্তর : একটি রিসিভার কত সহজে আকাঙ্ক্ষিত সিগন্যালকে গ্রহণ করে এবং অনাকাঙ্ক্ষিত সিগন্যালকে বাতিল করে, তাই সিলেকটিভিটি (Selectivity)।

৮। **সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের এলাইনমেন্ট কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '১০, '১২(৪র্থ)]*

উত্তর : রিসিভারে ঠিকমত শব্দ পাওয়ার জন্য টিউনিং সার্কিটগুলোকে সঠিক রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সিতে এডজাস্ট করার পদ্ধতিকেই এলাইনমেন্ট বলা হয়।

৯। **AGC-এর পুরো নাম কী?** *[বাকাশিবো : '০৯, '১১R]*

উত্তর : Automatic Gain Control.

১০। **ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সি কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '০৭, '১১R]*

উত্তর : RF সিগন্যাল ও লোকাল অসিলেটর সিগন্যালকে মিক্সার স্টেজে Beating-এর মাধ্যমে যে নিম্নমানের ও স্থির মানের ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করা হয়, তাকে IF সিগন্যাল বলে। AM রিসিভারে এর মান 455 KHz।

১১। **রেডিও রিসিভার কত প্রকার ও কী কী?** *[বাকাশিবো : '১১R]*

উত্তর : রেডিও রিসিভার মূলত তিন প্রকার। যথা :

(১) ক্রিস্টাল রেডিও রিসিভার,

(২) TRF রেডিও রিসিভার,

(৩) Super heterodyne রেডিও রিসিভার।

১২। **কমিউনিকেশন রিসিভারের কাজ কী?** *[বাকাশিবো : '১১R]*

উত্তর : রিসিভার ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভকে গ্রহণ করে প্রয়োজনীয় মানে অ্যামপ্লিফাই করে ও ডিমডুলেশন পদ্ধতিতে ক্যারিয়ার ওয়েভকে পৃথক করে মূল সিগন্যালকে পুনরুদ্ধার করে। সর্বশেষে আউটপুট ডিভাইসের মাধ্যমে সাউন্ড উৎপন্ন করে থাকে।

১৩। রিসিভারের ফাইডেলিটি কাকে বলে? *[বাকাশিবো : '০৭, '০৮R]*

উত্তর : ফাইডেলিটি বলতে কোন রিসিভারের সিগন্যাল রিসিভ করার স্পষ্টতাকে বুঝায়। অর্থাৎ কোন একটি সিরভার সিগন্যালকে গ্রহণ করে বিবর্ধন, বাছাই ও বিশুদ্ধ করণের পর কোন প্রকার ডিস্টোরশন ছাড়া কতটা স্পষ্টভাবে আউটপুটে শব্দ হিসেবে প্রেরণ করতে পারে তাকে উক্ত রিসিবারের ফাইডেলিটি বলা হয়।

১৪। মিক্সার কী? রেডিও রিসিভারের মিক্সার স্টেজ-এর কাজ কী? *[বাকাশিবো : '০৬]*

অথবা, গ্রাহক মিক্সারএর কাজ কী? *[বাকাশিবো : '০২]*

উত্তর : RF অ্যামপ্লিফায়ার হতে আগত সিগন্যাল এবং Local Oscillator-এর সিগন্যাল যেখানে মিশ্রিত হয়, তাকে মিক্সার স্টেজ বলে।

১৫। একটি সুপার হেটোরোডাইন রেডিও রিসিভারের IF-এর মান কত? *[বাকাশিবো : '০২]*

উত্তর : 455 KHz

১৬। রিসিভারের সেনসিটিভিটি কাকে বলে? *[বাকাশিবো : '৯৮, '০১]*

উত্তর : একটি রিসিভার কত দূর্বল সিগন্যাল গ্রহণ করে তা বিবর্ধিত করার পর মূল মডুলেটিং সিগন্যাল পুনরুদ্ধার করতে পারে তাকে উক্ত রিসিভারের সেনসিটিভিটি বলা হয়।

১৭। TRF কী? *[বাকাশিবো : '০১]*

উত্তর : TRF কথাটির অর্থ হচ্ছে Tuned Radio Frequency. এটি এক ধরনের রেডিও রিসিভার।

১৮। ট্র্যাকিং বলতে কী বুঝায়? *[বাকাশিবো : '৯৮]*

উত্তর : টিউনড সার্কিটসমূহের রেফারেন্সে ট্র্যাকিং-এর সংজ্ঞা নিরূপণ করা হয়। যখন দুটি টিউনড সার্কিটের রেজোন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সিকে একটি ঘূর্ণনক্ষম কমন শ্যাফট দ্বারা একই অনুপাতে পরিবর্তন করতে পারা যায় তখন টিউনড সার্কিটদ্বয়কে পরস্পরের ট্র্যাকিং (Tracking) বলা হয়। একটি কমিউনিকেশন রিসিভারের ক্ষেত্রে, RF সেকশনের টিউনড সার্কিট এবং লোকাল অসিলেটরের টিউনড সার্কিট একত্রে Track করে।

১৯। স্পিকারের কাজ কী?

উত্তর : অডিও সিগন্যালকে শব্দে পরিণত করা।

২০। IF-এর পুরো নাম কী?

উত্তর : Intermediate Frequency.

২১। কোন রিসিভারে Local oscillator থাকে?

উত্তর : সুপার হেটোরোডাইন রিসিভারে লোকাল অসিলেটর থাকে।

২২। কনভার্টার স্টেজের কাজ কী?

উত্তর : RF সিগন্যাল ও লোকাল অসিলেটরে উৎপন্ন সিগন্যালকে মিশ্রিত করে Intermediate frequency (IF) উৎপন্ন করাই কনভার্টারের কাজ।

২৩। নির্দিষ্ট ওয়েভ কীভাবে সিলেক্ট করা হয়?

উত্তর : Ganged Tuning-এর মাধ্যমে।

২৪। টিউনারের কাজ কী?

উত্তর : অনাকাঙ্ক্ষিত সিগন্যালকে অপসারণ করে কাঙ্ক্ষিত সিগন্যালকে নির্বাচন করা।

২৫। সিলেকটিভিটি কিসের উপর নির্ভর করে?

উত্তর : RF সেকশনের রেজোন্যান্স সার্কিটের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্সের উপর সিলেকটিভিটি নির্ভর করে।

২৬। ট্র্যাকিং এরর কী?

উত্তর : Intermediate Frequency থেকে Difference Frequency ($f_0 - f_s$)-এর বিচ্যুতিকে বলা হয় ট্র্যাকিং এরর।

২৭। রেডিও কমিউনিকেশন পদ্ধতির মূল অংশ কী কী?

উত্তর : রেডিও কমিউনিকেশন পদ্ধতির মূল অংশ হলো দুটি রেডিও ট্রান্সমিটার এবং রেডিও রিসিভার।

২৮। ট্রান্সমিটারের কাজ কী?

উত্তর : ট্রান্সমিটারের সাহায্যে মডুলেটেড সিগন্যালকে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ আকারে ট্রান্সমিট করা হয়।

২৯। ক্রিস্টাল রেডিও রিসিভারের অসুবিধা কী?

উত্তর : ক্রিস্টাল রেডিও রিসিভারের অসুবিধা হল এর সেনসিটিভিটি ও সিলেকটিভিটি খুবই খারাপ। এ অসুবিধা দূর করার লক্ষ্যে টিউন্ড রিসিভার ব্যবহার করা যায়।

৩০। সুপার হেটারোডাইন অর্থ কী?

উত্তর : Superheterodyne শব্দটি SUPER-sonic এবং HET-erodyne শব্দ দু'টি থেকে উৎপত্তি। অর্থাৎ এ ধরনের রিসিভারে হেটারোডাইন একশন ঘটে। হেটারোডাইন (heterodyne) অর্থ মিশ্রিত করা।

৩১। সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের বিভিন্নপ্রকার ব্যান্ডের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ লিখ।

উত্তর : শর্ট ওয়েভ (3–30 MHz), মিডিয়াম ওয়েভ (550–1650 KHz) পর্যন্ত হওয়া দরকার। তবে এ রেঞ্জের মধ্যে সর্বাধিক জনপ্রিয় ফ্রিকুয়েন্সি হল 455 KHz।

৩২। সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের এলাইনমেন্টের প্রয়োজনীয়তা কী?

উত্তর : রিসিভারে ঠিকমত শব্দ পাওয়ার জন্য, রিসিভার সার্কিটের কোন ট্রানজিস্টর বা আইসি পরিবর্তন করলে, বায়াসিং পরিবর্তন করলে, অসিলেটর বা এন্টিনা কয়েল পরিবর্তন করলে এলাইনমেন্টের প্রয়োজন হয়।

৩৩। সুপার হেটারোডাইন রিসিবারের টিউনিং ক্যাপাসিটরকে কীভাবে এলাইনমেন্ট করা হয়?

উত্তর : রিসিবারের সবগুলো টিউনিং ক্যাপাসিটরকে একটি শ্যাফটের সাথে যুক্ত করে একই সঙ্গে এলাইনমেন্ট করা হয়।

৩৪। সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের কয় ধরনের এলাইনমেন্ট করা হয়?

উত্তর : রেডিও রিসিভারে প্রধানত তিন ধরনের এলাইনমেন্ট প্রয়োজন হয়। যথা– (১) IF স্টেজ টিউনিং বা এলাইনমেন্ট, (২) RF টিউন্ড সার্কিট এবং লোকাল অসিলেটর এলাইনমেন্ট, (৩) RF টিউন্ড সার্কিট এবং লোকাল অসিলেটর ট্র্যাকিং।

৩৫। সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের পারমিয়্যাবিলিটি টিউনিং কাকে বলে?

উত্তর : কোন কোন রিসিবারের ক্ষেত্রে কয়েল ও কোরের ইন্ডাকট্যান্স পরিবর্তন করে টিউনিং করা হয়। এ ধরনের টিউনিংকে পারমিয়্যাবিলিটি টিউনিং বলা হয়।

৩৬। সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের পারমিয়্যাবিলিটি টিউনিং কীভাবে করা হয়?

উত্তর : সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের পারমিয়্যাবিলিটি টিউনিং করার জন্য স্থিরমানের একটি ক্যাপাসিটর এবং অনুরূপ একটি পারমিয়্যাবিলিটি টিউন্ড কয়েল একটি কমন শ্যাফটের সহিত স্থাপন করা হয়। প্রধান টিউনিং ইন্ডাক্টরের প্যারালালে অবস্থিত ট্রিমার ইন্ডাক্টরকে পরিবর্তন করে সঠিকমানের RF এলাইনমেন্ট করা হয়।

৩৭। রিসিভারের সেনসিটিভিটি ও সিলেকটিভিটি ভাল হলেও স্পষ্ট শব্দ পাওয়া যায় না কেন?

উত্তর : কোন রিসিভারের সেনসিটিভিটি ও সিলেকটিভিটি ভাল হলেও অনেক ক্ষেত্রে স্পষ্ট শব্দ পাওয়া যায় না। কারণ উক্ত রিসিভারের ফাইডেলিটি ভাল নয়।

৩৮। AM রেডিও ব্রডকাস্টের ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ অনুমোদিত ডেভিয়েশন কত?

উত্তর : AM রেডিও ব্রডকাস্টের ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ অনুমোদিত ডেভিয়েশন 75 KHz।

৩৯। রিসিভারের সিলেকটিভিটি ভাল না হলে কী অসুবিধা হয়?

উত্তর : সিলেকটিভিটি ভাল না হলে একই সঙ্গে একাধিক সিগন্যাল রিসিভ হবে বিধায় কোনটার শব্দই ঠিকমত শোনা যাবে না।

৪০। রিসিভারের সিলেকটিবিটি কিসের উপর নির্ভর করে?

উত্তর : রিসিভারের সিলেকটিভিটি নির্ভর করে রেজোন্যান্স সার্কিটের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্সের উপর। আবার ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স নির্ভর করে সার্কিটের কোয়ালিটি ফ্যাক্টর বা ম্যাগনিফিকেশন ফ্যাক্টরের (Q) উপর। Q এর মান বেশি হলে সিলেকটিভিটি ভাল হবে এবং Q এর মান কম হলে সিলেকটিভিটি খারাপ হবে।

৪১। রিসিভারের সিগন্যাল-টু-নয়েজ (S/N) রেশিও কাকে বলে?

উত্তর : কোন রেডিও রিসিভারের আউটপুট সিগন্যাল পাওয়ার ও নয়েজ পাওয়ারের অনুপাতকে সিগন্যাল-টু-নয়েজ (S/N) রেশিও বলা হয়। একে সাধারণত ডেসিবেল (dB) এককে প্রকাশ করা হয়।

৪২। স্ট্রেইট রিসিভার কী?

উত্তর : এ সকল রিসিভারগুলোতে ফ্রিকুয়েন্সি কনভার্শন (frequency conversion) ব্যবহৃত হয় না।

৪৩। সুপার হেটারোডাইন রিসিভার কী?

উত্তর : এই রিসিভারে গৃহীত মডুলেটেড সিগন্যালকে লোকাল অসিলেটর ভোল্টেজের সাথে এক বা একাধিক বার হেটারোডাইন করে একটি স্ট্যান্ডার্ড ফ্রিকুয়েন্সি (IF) ভোল্টেজ উৎপন্ন করা হয়। AM রিসিভারে এর মান 455 KHz।

৪৪। অটোডাইন মিক্সার কী?

উত্তর : সুপার হেটারোডাইন রিসিভারে একই ট্রানজিস্টর যদি মিক্সার এবং অসিলেটর উভয়ের কাজ সম্পন্ন করে, তাকে বলা হয় অটোডাইন মিক্সার (Autodyne mixer)।

৪৫। Adjacent channel selectivity কী?

উত্তর : ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রামের মধ্যে আকাঙ্ক্ষিত চ্যানেলকে নির্বাচন করা এবং এর সন্নিহিত চ্যানেলগুলোকে বাদ দেওয়া বা তাদের প্রতি কোনো সাড়া প্রদান না করার সামর্থ্যকে রিসিভারের adjacent channel selectivity বলা হয়।

৪৬। রেডিও রিসিভারে উৎপন্ন নয়েজ ভোল্টেজসমূহ কী কী?

উত্তর : একটি রেডিও রিসিভারে নিম্নলিখিত নয়েজ ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় :

(১) থার্মাল অ্যাজিটেশন নয়েজ বা জনশন নয়েজ, (২) সূট নয়েজ, (৩) পার্টিশন নয়েজ, (৪) নয়েজ ইন মিক্সার।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। IF Amplifier কী? এর কাজ কী? *[বাকাশিবো : '১১R, '১৪]*

উত্তর : দুই বা অধিক টিউন্ড স্টেজ নিয়ে IF amplifier গঠন করা হয়। প্রতিটি স্টেজ ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সিতে টিউন্ড করা থাকে।

কাজ : (১) এটি Sensitivity-এর উন্নতি সাধন করে। (২) এই অ্যামপ্লিফায়ার দ্বারা সিংহভাগ adjacent channel selectivity সম্পন্ন হয়।

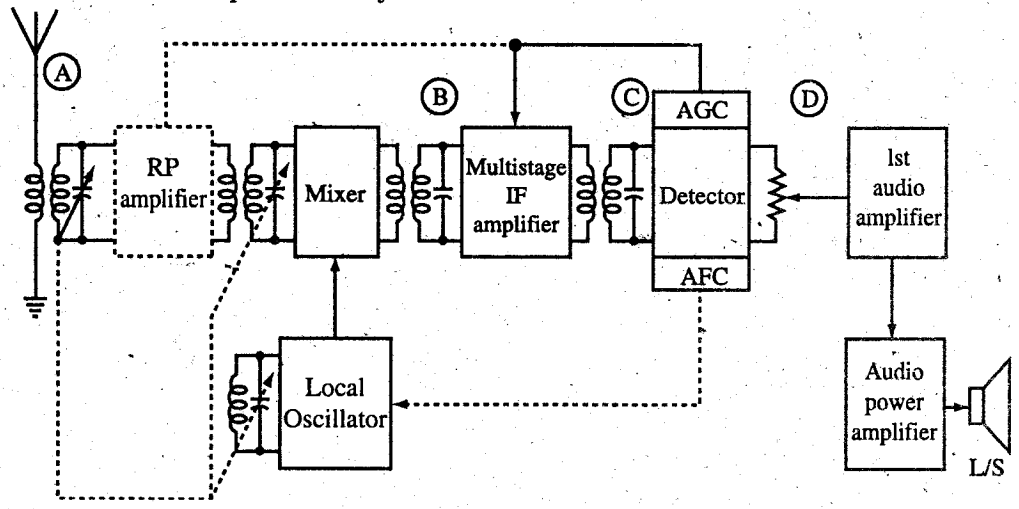
২। রিসিভারের সেনসিটিভিটি বলতে কী বুঝায়? *[বাকাশিবো : '১১R, '১৪R]*

উত্তর : সেনসিটিভিটি বলতে একটি রিসিভার কত দুর্বল সিগন্যাল গ্রহণ করে এবং তা বিবর্ধিত করে কাজের উপযুক্ত করতে পারে, তা বুঝায়। রিসিভারের সেনসিটিভিটি ভালো না হলে তা দুর্বল সিগন্যালকে বিবর্ধিত করতে পারে না, অর্থাৎ দূরের দুর্বল স্টেশনগুলো ভালো শোনা যায় না।

৩। একটি Super heterodyne receiver-এর ব্লকচিত্র অঙ্কন কর। *[বাকাশিবো : '০০, '০১, '০৯, '০৯R, '১১, '১৪]*

অথবা, কমিউনিকেশন রিসিভারের ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। *[বাকাশিবো : '৯৮, '১০R]*

উত্তর : নিম্নে একটি Super heterodyne receiver-এর Block চিত্র প্রদত্ত হলো :



৪। **রিসিভারের সিলেকটিভিটি কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '০০, '১১R, '১৪R]*

উত্তর : সিলেকটিভিটি বলতে একটি রিসিভার আকাঙ্ক্ষিত সিগন্যালকে নির্বাচন করে অন্য সব অবাঞ্ছিত সিগন্যালকে কতদূর প্রত্যাখ্যান করতে পারে, তা বুঝায়। কাজেই কোনো রিসিভারের অনাকাঙ্ক্ষিত সিগন্যালকে বাদ দিয়ে আকাঙ্ক্ষিত সিগন্যালকে রিসিভ করার সামর্থ্যকে Selectivity বলে।

৫। **রিসিভারের ফাইডেলিটি কী?** *[বাকাশিবো : '০৭, '০৮R, '১৪R]*

উত্তর : ফাইডেলিটি বলতে একটি রিসিভার ইনপুট সিগন্যালকে বিবর্ধন, বাছাই, বিশুদ্ধ ইত্যাদি করে কোনো বিকৃতি ছাড়াই উক্ত সিগন্যালকে কিরূপ শব্দে রূপান্তরিত করতে পারে, তা বুঝায়। একটি রিসিভারের সেনসিটিভিটি এবং সিলেকটিভিটি ভালো হলেও যদি তার শব্দ অস্পষ্ট বা খারাপ হয়, তবে ঐ রিসিভারের ফাইডেলিটি ভালো হয় না।

৬। **একটি সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের লোকাল অসিলেটর ফ্রিকুয়েন্সি 1415 KHz হলে রিসিভারের টিউনকৃত সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি কত হবে?** *[বাকাশিবো : '০১, '০৬, '১৩, '১৪]*

উত্তর : আমরা জানি,

$f_i = f_o - f_s$.....(i)

আমরা আরো জানি যে, সুপারহেট রেডিও রিসিভারের ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সির মান, $f_i = 455$ KHz

দেওয়া আছে, $f_o = 1415$ KHz

এখন, (i) নং সমীকরণ হতে,

$f_s = f_o - f_i$

$= (1415 - 455)$ KHz

$= 960$ KHz

টিউনকৃত সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি 960 KHz।

৭। **একটি ভালো কমিউনিকেশন রিসিভারের বৈশিষ্ট্য কী কী?** *[বাকাশিবো : '০০, '১৩]*

অথবা, ব্রডকাস্ট রিসিভারের প্রধান বৈশিষ্ট্যগুলো কী কী? *[বাকাশিবো : '৯৭, '৯৮, '০১, '০২, '০৬]*

অথবা, যোগাযোগ গ্রাহক যন্ত্রের বৈশিষ্ট্যগুলো কী কী? *[বাকাশিবো : '০২]*

অথবা, Radio রিসিভারের বৈশিষ্ট্যসমূহ আলোচনা কর। *[বাকাশিবো : '০১]*

উত্তর : ব্রডকাস্ট রিসিভারের প্রধান বৈশিস্ট্যগুলো নিম্নরূপ–

(১) Simplicity of operation,
(২) Good fidelity,
(৩) Good selectivity,
(৪) Average sensitivity,
(৫) Adaptability to different types of aerials.

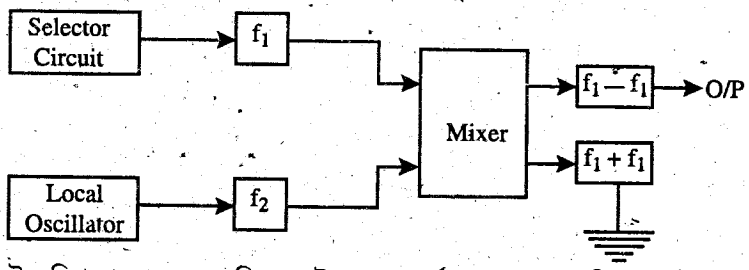
৮। **সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের মূলনীতি লিখ।** *[বাকাশিবো : '৯৭, '৯৯, '১২(৪র্থ)]*

অথবা, Superheterodyne action কী? *[বাকাশিবো : '৯৯]*

উত্তর : সকল আধুনিক রেডিও রিসিভারগুলো সুপার হেটারোডাইন রিসিভার Super heterodyne শব্দটি SUPER-sonic এবং HET-erodyne শব্দ দুটি থেকে উৎপত্তি, অর্থাৎ এ ধরনের রিসিভারের হেটারোডাইন অ্যাকশন ঘটে। Heterodyne অর্থ মিশ্রিত করা। হেটারোডাইন রিসিপশনের অর্থ হচ্ছে মডুলেটেড ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সিকে ভিন্ন ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সিতে কনভার্ট করার পর অডিও ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের চেয়ে অধিক মানের ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করা।

নির্বাচিত রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি (FR) এবং Local Oscillator (L.O) দ্বারা উৎপন্ন উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিকে একটি মিক্সারে দেয়া হয়, যেখানে উভয় ফ্রিকুয়েন্সি হেটারোডাইনড হয়। ফলে Lower এবং higher বীট উৎপন্ন হয়। মিক্সার সার্কিটটি এমনভাবে ডিজাইন করা হয় যেন আউটপুট হিসেবে লোয়ার বীটগুলো গৃহীত হয় এবং আপার বীটগুলো বাতিল হয়ে যায়। যেমন– f_1 যদি নির্বাচিত রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি হয় এবং f_2 যদি LO এর ফ্রিকুয়েন্সি হয়, তবে মিশ্রণের পর উৎপন্ন আপার বীট হবে $(f_1 + f_2)$ এবং লোয়ার বীট হবে $(f_2 - f_1)$। আউটপুট হিসেবে $(f_2 - f_1)$ পাওয়া যাবে এবং $(f_2 + f_1)$ গ্রাউন্ড হয়ে যাবে। এই আউটপুট $(f_2 - f_1)$ কে বলা হয় Intermediate frequency (IF)। এটি একটি নতুন ও স্থির মানের ফ্রিকুয়েন্সি, যা নির্বাচিত ফ্রিকুয়েন্সি থেকে অনেক কম মানের

হয়। ফলে IF-এর পরে অ্যামপ্লিফায়ার, ডিটেক্টর এবং অন্যান্য ইকুইপমেন্টগুলো লো-ফ্রিকুয়েন্সিতে ডিজাইন করতে হয় বলে সিস্টেম ইকোনমিক্যাল হয়। এভাবে IF-এর ধারণা সুবিধাজনক।



এখানে মডুলেটেড সিগন্যালকে (RF) ডিমডুলেট করার পূর্বেই এক বা একাধিকবার ফ্রিকুয়েন্সি কনভারশন ঘটানো হয়। এভাবে দুবার ফ্রিকুয়েন্সি কনভারশন হলে তাকে ডাবল সুপার হেটারোডাইন রিসিভার এবং তিনবার ফ্রিকুয়েন্সি কনভারশন হলে তাকে ট্রিপল সুপার হেটারোডাইন রিসিভার বলে।

৯। **রেডিও রিসিভারের শ্রেণিবিন্যাস কর।** *[বাকাশিবো : '০৯, '১০]*

উত্তর : অপারেশন টেকনিকের উপর ভিত্তি করে রেডিও রিসিভার তিন প্রকার। যথা–

(ক) স্ট্রেইট বা টিউন্ড রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি (TRF) রিসিভার,
(খ) ক্রিস্টাল রেডিও রিসিভার এবং
(গ) সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভার।

ব্যবহারের ক্ষেত্র হিসেবে রেডিও রিসিভারের প্রকারভেদ নিম্নরূপ :

(ক) অ্যামপ্লিচিউড এডুলেটেড (AM) ব্রডকাস্ট রিসিভার,
(খ) ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড (FM) ব্রডকাস্ট রিসিবার,
(গ) টেলিভিশন (TV) ব্রডকাস্ট রিসিভার,
(ঘ) কমিউনিকেশন রিসিভার,
(ঙ) কোড (Code) রিসিভার,
(চ) রাডার রিসিভার।

১০। **রেডিও রিসিভারের শ্রেণিবিভাগ লিখ।** *[বাকাশিবো : '০৯, '১০]*

উত্তর : নিম্নে বিভিন্ন প্রকার রেডিও রিসিভারের নাম দেওয়া হলো–

(১) AM broadcast receiver,
(২) FM broadcast receiver,
(৩) Television receiver,
(৪) Communication receiver,
(৫) Code receiver,
(৬) Radar receiver.

১১। **Sensitivity এবং Selectivity-এর মাঝে পার্থক্য লিখ।** *[বাকাশিবো : '০৮]*

উত্তর : নিম্নে Sensitivity এবং Selectivity-এর মাঝে পার্থক্য দেওয়া হলো :

Sensitivity	Selectivity
সেনসিটিভিটি বলতে একটি রিসিভার কত দুর্বল সিগন্যাল গ্রহণ করে এবং তা বিবর্ধিত করে কাজের উপযুক্ত করতে পারে, তা বুঝায়। রিসিভারের সেনসিটিভিটি ভালো না হলে তা দুর্বল সিগন্যালকে বিবর্ধিত করতে পারে না, অর্থাৎ দূরের দুর্বল স্টেশনগুলো ভালো শোনা যায় না।	সিলেকটিভিটি বলতে একটি রিসিভার আকাঙ্ক্ষিত সিগন্যালকে নির্বাচন করে অন্য সব অবাঞ্ছিত সিগন্যালকে কতদূর প্রত্যাখ্যান করতে পারে, তা বুঝায়। কাজেই কোনো রিসিভারের অনাকাঙ্ক্ষিত সিগন্যালকে বাদ দিয়ে আকাঙ্ক্ষিত সিগন্যালকে রিসিভ করার সামর্থ্যকে Selectivity বলে।

১২। **TRF ও Super heterodyne রিসিভারের সুবিধা-অসুবিধাসমূহ উল্লেখ কর।** *[বাকাশিবো : '০১]*

উত্তর : TRF রেডিও রিসিভারের সুবিধা :

(১) এই রিসিভারের গঠন সহজ ও আকারের ছোট হয়।

(২) এতে মাত্র একটি বা দুটি টিউন্ড RF অ্যামপ্লিফায়ার থাকে, কোনো গ্যাং ক্যাপাসিটর থাকে না বলে খরচ কম পড়ে।

অসুবিধা :

(১) টিউন্ড R.F amp সার্কিটের সংখ্যা বাড়লে সার্কিটটি অধিক সিলেকটিভ হয়ে যায় এবং রিসিভারের ফাইডেলিটি কমে যায়।

(২) ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি বাড়ার সাথে সাথে সিলেকটিভিটি হ্রাস পায়।

(৩) টিউনিং রেঞ্জের মধ্যে ব্যান্ডউইডথ-এর পরিবর্তন ঘটে।

সুপারহেটারোডাইন রিসিভারের সুবিধা :

(১) r.f অ্যামপ্লিফিকেশন উচ্চ থাকে।

(২) r.f অ্যামপ্লিফিকেশন অধিক স্ট্যাবল হয়।

(৩) ম্যাক্সিমাম সিলেকটিভিটিতে অ্যামপ্লিফায়ারগুলো অপারেট করে।

(৪) পাশাপাশি চ্যানেলের উপস্থিতিতেও Selectivity ভালো হয়।

(৫) IF (455 KHz) স্থির মানের হওয়ায় ব্যান্ডউইডথ Q একই সমান বজায় থাকে।

(৬) অন্যান্য রিসিভারের তুলনায় এই রিসিভার অপেক্ষাকৃত সস্তা।

অসুবিধা :

(১) এই রিসিভারের সার্কিট অনেক জটিল।

(২) নয়েজের পরিমাণও কিছুটা বেশি হয়।

১৩। **উদাহরণসহ ইমেজ ফ্রিকুয়েন্সির সংজ্ঞা দাও।** *[বাকাশিবো : '৯৭, '৯৮, '৯৯, '০১]*

উত্তর : ইমেজ ফ্রিকুয়েন্সি হচ্ছে এমন একটি অনাকাঙ্ক্ষিত গৃহীত ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি, যা লোকাল অসিলেটর ফ্রিকুয়েন্সির সাথে মিশ্রণের পর ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সি (IF)-এর সমান "পার্থক্য ফ্রিকুয়েন্সি (Difference frequency)" উৎপন্ন করে।

উদাহরণ : মনে করি, রিসিভারকে 1000 KHz-এ টিউন করা হয়েছে। যেহেতু IF = 455 KHz, তাহলে এক্ষেত্রে লোকাল অসিলেটর ফ্রিকুয়েন্সি হবে 1455 Khz।

এই লোকাল অসিলেটর ফ্রিকুয়েন্সির জন্য 1910 KHz-এর একটি গৃহীত ফ্রিকুয়েন্সিও একই IF (1910 KHz – 1455 KHz = 455 KHz) উৎপন্ন করতে পারে এবং রিসিভারের বিভিন্ন স্তরে প্রসেস হয়। 1910 KHz হবে 1000 KHz-এর ইমেজ ফ্রিকুয়েন্সি এবং এটি অতি অনাকাঙ্ক্ষিত।

১৪। **একটি Tuned Radio Frequency Receiver-এর Block Diagram অংকন করে সংক্ষেপে বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '৯৯]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৯.১ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। **AM রিসিভারের মৌলিক কাজগুলো কী কী?**

উত্তর : AM রিসিভারের মৌলিক কাজগুলো হচ্ছে–

(১) রিপিসশন (Reception),

(২) সিলেকশন (Selection),

(৩) ডিটেকশন বা ডিমডুলেশন (Detection or demodulation),

(৪) রিপ্রোডাকশন (Reproduction).

১৬। একটি সুপারহেট রিসিভারের বিভিন্ন স্টেজগুলোর নাম লিখ।

উত্তর : একটি সুপারহেট রিসিভারের বিভিন্ন স্টেজগুলো নিম্নরূপ–

(১) Antenna,

(২) R.F. Amplifier,

(৩) Frequency converter,

(৪) IF Amplifier,

(৫) Second detector,

(৬) Audio frequency amplifier and

(৭) Loudspeaker.

১৭। RF অ্যামপ্লিফায়ার স্টেজের কাজ কী?

উত্তর : এই স্টেজের কাজ নিম্নরূপ :

(১) অ্যামপ্লিফায়ারের আউটপুটে সিগন্যাল-নয়েজ রেশিওর উন্নতি সাধন করে।

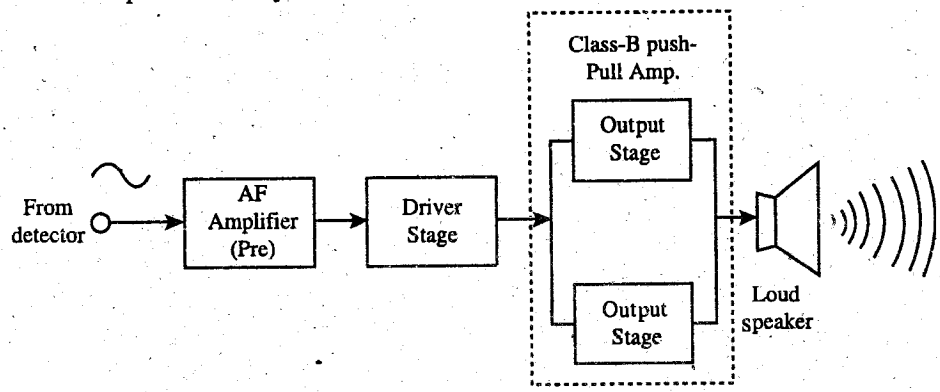
(২) সেনসিটিভিটির উন্নতি সাধন করে।

(৩) ইমেজ সিগন্যাল সিলেকটিভিটির উন্নতি সাধন করে।

(৪) লোকাল অসিলেটর সিগন্যালের রেডিয়েশন প্রতিরোধ করে।

১৮। একটি সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের AF সেকশনের ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

উত্তর : নিম্নে Super heterodyne radio receiver-এর AF সেকশনের ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন করা হলো :

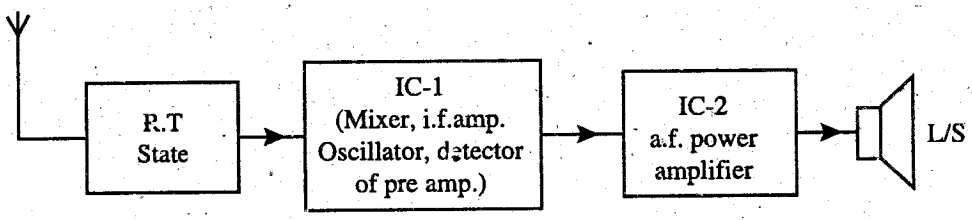


১৯। একটি TRF Receiver-এর ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উত্তর : ৯.১ নং অনুচ্ছেদের TRF রেডিও রিসিভার অংশ দ্রষ্টব্য।

২০। IC ব্যবহৃত রেডিও রিসিভারের ব্লকচিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর : বর্তমানে Integrated circuit (IC) ব্যাপকভাবে Radio receiver-এ ব্যবহৃত হচ্ছে। নিচের চিত্রে IC-এর মাধ্যমে Radio receiver-এর block diagram দেখানো হলো :



২১। কো-চ্যানেল ইন্টারফারেন্স কী?

উত্তর : কো-চ্যানেল ইন্টারফারেন্স বা CCI হলো একই ফ্রিকুয়েন্সি ব্যবহৃত দুটি ভিন্ন ট্রান্সমিটার হতে প্রাপ্ত ক্রস-টক।

২২। কো-চ্যানেল ইন্টারফারেন্স ঘটার সম্ভাব্য কারণগুলো কী কী?

উত্তর : সম্ভাব্য কারণগুলো নিম্নরূপ–

(১) সেলুলার মোবাইল নেটওয়ার্কে ফ্রিকুয়েন্সির পুনঃব্যবহার।

(২) খারাপ আবহাওয়া।

(৩) দুর্বল ফ্রিকুয়েন্সি পরিকল্পনা।

(৪) অত্যধিক বেশি রেডিও স্পেকট্রাম।

২৩। রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি ইন্টারফারেন্স (RFI) কী?

উত্তর : রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি ইন্টারফারেন্স (FFI) বা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ইন্টারফারেন্স (EMI) হলো একটি ডিস্টারবান্স, যা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন অথবা বাহ্যিক একটি উৎস হতে নির্গত ইলেকট্রোম্যাগনেটিক রেডিয়েশনের কারণে একটি ইলেকট্রিক্যাল সার্কিটকে ইফেক্ট করে। এ ডিস্টারবান্স সার্কিটের কার্যকরী পারফরম্যান্সকে বাধাগ্রস্ত করে অথবা হ্রাস বা সীমিত করে।

২৪। রিসিভারের কাজ কী?

উত্তর : রিসিভার একাধিক ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ থেকে আকাঙ্ক্ষিত ফ্রিকুয়েন্সিকে নির্বাচন করে প্রয়োজনীয় মানে অ্যামপ্লিফাই করে ও ডিমডুলেশন পদ্ধতিতে ক্যারিয়ার ওয়েভকে পৃথক করে মূল সিগন্যালকে পুনরুদ্ধার করে, সর্বশেষে আউটপুট ডিভাইসের মাধ্যমে সাউন্ড উৎপন্ন করে থাকে।

২৫। AM ডিটেকশনের শ্রেণিবিভাগ লিখ।

উত্তর : AM ডিটেকশন মূলত দু'প্রকার। যথা–

(১) Diode/envelope detector

(২) Synchronous/square law detector.

২৬। AM রিসিভারের শ্রেণিবিভাগ লিখ।

উত্তর : দু'প্রকারের জনপ্রিয় AM রিসিভার আছে। এগুলো হলো–

(১) Tuned Radio Frequency (TRF) রিসিভার এবং

(২) Super heterodyne Receiver.

২৭। সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের সুবিধাসমূহ লিখ।

উত্তর : TRF রিসিভারের চেয়ে সুপার হেটারোডাইন রিসিভারে নিম্নলিখিত সুবিধাসমূহ পরিলক্ষিত হয় :

(১) উন্নতমানের সিলেকটিভিটি,

(২) উচ্চ স্ট্যাবিলিটি,

(৩) প্রতি স্টেজে উচ্চতর গেইন,

(৪) সুষম ব্যান্ডউইডথ।

এ সকল সুবিধার কারণে অধিকাংশ রেডিও রিসিভারের জন্য সুপার হেটারোডাইন রিসিভার ব্যবহার হয়, যেমন– AM, FM, SSB, Communication, TV এবং radar রিসিভারসমূহে।

২৮। মিক্সিং পদ্ধতির প্রকারভেদ উল্লেখ কর।

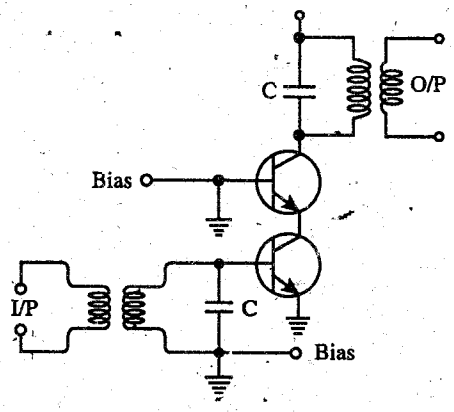
উত্তর : সাধারণত দুটি মিক্সিং পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। যথা–

(১) Additive mixing

(২) Multiplicative mixing.

২৯। একটি ক্যাসকেড RF অ্যামপ্লিফায়ারের ব্যাখ্যা দাও।

উত্তর : একটি ক্যাসকোড RF অ্যামপ্লিফায়ার হলো কম্পোজিট অ্যামপ্লিফায়ার পেয়ার, যা একটি CE অ্যামপ্লিফায়ার ও একটি CB অ্যামপ্লিফায়ারকে ডাইরেক্ট কাম্পলিং করে গঠন করা হয়। ফলে উভয়ের সমন্বিত বৈশিষ্ট্য পাওয়া যায়। এরূপ সমন্বয়ের ফলে CE অ্যামপ্লিফায়ারের কারেন্ট গেইন এবং ক্ষুদ্র রিভার্স ফিডব্যাক সহকারে CB অ্যামপ্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন পাওয়া যায়।



সুবিধা :

(১) এটি ইনপুট এবং আউটপুটের মধ্যে আইসোলেশন সৃষ্টি করে।

(২) যখন এটি টিউনড অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহৃত হয় তখন কোনো নিউট্রালাইজেশনের দরকার হয় না।

৩০। AM রিসিভারে AGC-এর কাজ বর্ণনা কর।

উত্তর : অটোমেটিক ভলিউম কন্ট্রোল (AVC) বা অটোমেটিক গেইন কন্ট্রোল (AGC) এর কাজ : সিনক্রোনাস ফেডিং অথবা জেনারেল ফেডিং-এর কারণে ডিটেক্টর ইনপুটে প্রয়োগকৃত IF ক্যারিয়ারের অ্যামপ্লিচিউড 30 – 40 dB পর্যন্ত পরিবর্তন হতে পারে। এর ফলে রিসিভার আউটপুটে পুনঃউৎপাদিত প্রোগ্রামের সাধারণ লেভেলের মধ্যেও অনুরূপ পরিবর্তন দেখা দেয়। ক্যারিয়ার মিনিমাম অবস্থায় লাউড স্পিকারের আউটপুট শোনাই যাবে না এবং নয়েজের মিশ্রণ ঘটে। আবার ক্যারিয়ার ম্যাক্সিমাম হলে লাউড স্পিকারের আউটপুট অসহনীয় রকমের বৃহৎ হয়ে পড়ে। এই দুই অসুবিধাকে মোকাবেলা করার জন্য AVC বা AGC উপায় অবলম্বন করা হয় এবং প্রায় সকল ব্রডকাস্ট রিসিভারে ব্যবহৃত হয়। সঠিকভাবে ডিজাইনকৃত AVC সিস্টেম, ফেডিং-এর কারণে সৃষ্ট অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তনশীলতা 20 – 40 dB-কে কমিয়ে 3 – 4 dB তে নিয়ে আসে। পরিবর্তনশীলতার এই ক্ষুদ্র মানে পুনরুৎপাদিত প্রোগ্রাম-এর গুণাগুণ উল্লেখযোগ্যভাবে ক্ষতিগ্রস্ত হয় না।

৩১। AVC-এর মূলনীতি বর্ণনা কর।

উত্তর : AVC-এর মূলনীতি (The Principle of AVC) : AVC-এর অপারেশনের মূলনীতি নিম্নলিখিত দুটি অংশ নিয়ে গঠিত হয় :

(১) লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরে ক্যারিয়ার ভোল্টেজকে রেকটিফিকেশন করে ডি.সি উৎপন্ন করা হয়। এই ডি.সি. ভোল্টেজ ক্যারিয়ার অ্যামপ্লিচিউডের সমানুপাতিক থাকে। (২) এই ডি.সি. ভোল্টেজকে রিভার্স বায়াস হিসেবে R.F অ্যামপ্লিফায়ার, ফ্রিকুয়েন্সি মিক্সার এবং IF অ্যামপ্লিফায়ারের ইনপুটে প্রয়োগ করা হয়। কাজেই ক্যারিয়ার অ্যামপ্লিফায়ারের অ্যামপ্লিচিউড বাড়লে AVC বায়াস বাড়বে এবং ডিটেকটরের পূর্ববর্তী সকল টিউনড স্টেজের গেইন কমে যাবে। ফলে ডিটেক্টরের ইনপুটে ক্যারিয়ার অ্যামপ্লিচিউড হ্রাস পেয়ে স্বাভাবিক মানে ফিরে আসবে। আবার যদি ক্যারিয়ার অ্যামপ্লিচিউড হঠাৎ হ্রাস পায়, তবে বিপরীত কার্য সংঘটিত হবে। এভাবে AVC ক্যারিয়ার অ্যামপ্লিচিউডের ব্যাপক পরিবর্তনশীলতাকে রোধ করে একে মসৃণ করে।

৩২। **IC ব্যবহৃত AM সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের উপর সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ।**

উত্তর : পৃথক পৃথক কম্পোনেন্ট ব্যবহার করে সুপার হেটারোডাইন রিসিভার ডিজাইন করা যেতে পারে। কিন্তু বাজারে এই রিসিভারের জন্য বেশ কিছু IC পাওয়া যায়। এরূপ একটি IC প্যাকেজ হলো L.M-1820। এটি 14 পিনের DIL প্যাকেজ, যা 6টি প্রধান সার্কিট ব্লক ধারণ করে। তবে বড় এবং ভারি কম্পোনেন্টগুলো (যেমন–টিউনড সার্কিট) বাহ্যিকভাবে যুক্ত করা হয়। IC-ভিত্তিক AM রিসিভারগুলো অধিক জনপ্রিয়তা লাভ করেনি কারণ উচ্চমূল্য ও আকারে বড়। টিউনিং সার্কিট দ্বারা রিসিভারের আকার নির্ধারণ করা হয় কারণ টিউনিং সার্কিটকে IC ফরমের মধ্যে অন্তর্ভুক্ত করা যায় না। তবে LC টিউনিং সার্কিটের পরিবর্তে সিরামিক ক্যাপাসিটর ব্যবহার করা যেতে পারে। এ সকল ক্যাপাসিটরসহ IC, দুটি বাহ্যিক POT (ভলিউম এবং টিউনিং এর জন্য) এবং একটি অ্যান্টিনা ব্যবহার করে AM রিসিভার তৈরি করা যেতে পারে।

রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

১। **রেডিও রিসিভারের ব্যান্ড সুইচের বর্ণনা দাও।** *[বাকাশিবো : '১৪R]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৯.৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। **ব্লকচিত্রের সাহায্যে একটি সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের কার্যনীতি আলোচনা কর।** *[বাকাশিবো : '৯৮, '৯৯, '০২, '০৮R, '০৯, '১০, '১২, '১৩]*

অথবা, কমিউনিকেশন রিসিভারের ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। *[বাকাশিবো : '১১]*

অথবা, ইনপুট/আউটপুট ওয়েভসহ একটি Super heterodyne AM রিসিভারের প্রতি ব্লকের কাজ লিখ।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৯.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **ব্লক ডায়াগ্রামসহ AM রিসিভারের বর্ণনা দাও।** *[বাকাশিবো : '০৭]*

অথবা, একটি IC ভিত্তিক AM রেডিও রিসিভারের বর্ণনা দাও।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৯.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **ক্রিস্টাল রিসিভারের কার্যপদ্ধতি আলোচনা কর।** *[বাকাশিবো : '৯৮]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৯.১ (১) নং দ্রষ্টব্য।

৫। **IF stage alignment করার পদ্ধতি প্রয়োজনীয় চিত্রসহ বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '৯৭]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৯.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **TRF গ্রাহক যন্ত্রের কার্যপদ্ধতি আলোচনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৯.১ (২) নং দ্রষ্টব্য।

৭। **সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের RF অ্যামপ্লিফায়ারের কার্যনীতি আলোচনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৯.১ (৩) নং দ্রষ্টব্য।

৮। **সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের মিক্সার স্টেজের কাজ বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৯.২ (৩) নং দ্রষ্টব্য।

৯। **সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের ডিটেক্টর স্টেজের বিবরণ দাও।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৯.২ (৫) নং দ্রষ্টব্য।

১০। **AGC বলতে কী বুঝায়? AGC সার্কিটের কার্যপ্রণালী লিখ।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৯.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১১। **রিসিভারের AF পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারের বর্ণনা দাও।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৯.০ নং দ্রষ্টব্য।

১২। **একটি IC ভিত্তিক FM রেডিও রিসিভারের বর্ণনা দাও।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৯.৫ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায় ১০

টেলিফোনের বৈশিষ্ট্য
(Understand the Feature of Telephone)

১০.০ ভূমিকা
(Introduction)

যে সিস্টেমে কোন লিখিত ম্যাসেজকে একস্থান থেকে অন্য স্থানে প্রেরণ করা হয়, তাকে টেলিগ্রাফী বলে। এ পদ্ধতিতে লিখিত ম্যাসেজকে যে কোন এক প্রকার কোডে রূপান্তর করে ট্রান্সমিট করা হয়। রিসিভিং প্রান্তে উক্ত কোডকে ডিকোড করে মূল ম্যাসেজে রূপান্তর করা হয়।

যে সাংকেতিক পদ্ধতিতে টেলিগ্রাফ যন্ত্রের সিগন্যাল ট্রান্সমিট ও রিসিভ করা হয়, তাকে টেলিগ্রাফ কোড বলা হয়। এ কোড কতকগুলো সিগন্যাল এলিমেন্টের সমন্বয়। টেলিগ্রাফ সিস্টেমে প্রধানত নিম্নলিখিত কোডসমূহ ব্যবহৃত হয়। যথা–

(ক) মোর্স কোর্ড (Morse Code)
(খ) ক্যাবল কোড (Cable Code)
(গ) ৫ ইউনিট কোড (5-unit Code)
(ঘ) ৭.৫ ইউনিট কোড (7.5 unit Code)
(ঙ) হেলস্ক্রাইবার কোড (Hellscriber Code)

১০.১ টেলিগ্রাফ এবং টেলিফোন সিস্টেম বর্ণনা
(Describe Briefly Telegraphy and Telephony System)

টেলিফোনি সিস্টেম (Telephony System) : যে যন্ত্রের সাহায্যে মানুষের কথাকে অর্থাৎ ভয়েস সিগন্যাল এক স্থান হতে অন্য স্থানে স্থানান্তর করা হয় তাকে টেলিফোন বলে। টেলিফোন সিস্টেম ট্রান্সমিটার, এক্সচেঞ্জ এবং রিসিভারের সমন্বয়ে গঠিত। ট্রান্সমিটার শব্দশক্তিকে বৈদ্যুতিক সিগন্যালে রূপান্তরিত করে এক্সচেঞ্জের মাধ্যমে টেলিফোন লাইনে প্রেরণ করে। রিসিভার এ বৈদ্যুতিক সিগন্যাল থেকে শব্দশক্তি উৎপন্ন করে।

টেলিগ্রাফি সিস্টেম (Telegraphy System) : Tele এবং graphese দুটি ভিন্ন শব্দ হতে Tele graph শব্দের উৎপত্তি। Tele শব্দের অর্থ দূর এবং graphese শব্দের অর্থ লিখন। অর্থাৎ Telegraph শব্দের অর্থ দূর লিখন। কাজেই টেলিগ্রাফ এমন একটি বিশেষ কৌশল বা পদ্ধতি যার মাধ্যমে কোনো তথ্য বা মেসেজকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে বিদ্যুৎ প্রবাহের মাধ্যমে সিগন্যাল আকারে স্থানান্তর করা হয়।

টেলিগ্রাফ পদ্ধতিতে তথ্য বা মেসেজ-এর বর্ণগুলোকে কোড অনুসারে সিগন্যালিং-এর মাধ্যমে টেলিগ্রাফ লাইনের সাহায্যে গ্রাহক প্রান্তে প্রেরণ করা হয়। গ্রাহক প্রান্তের রিসিভার সিগন্যাল কারেন্টের বৈশিষ্ট্যের ভিত্তিতে বিভিন্ন দৈর্ঘ্যের শব্দ উৎপন্ন করে। এ থেকে পুনরায় লিখিত তথ্য বা সংবাদ পাওয়া যায়।

ডি.সি. টেলিগ্রাফ সার্কিট : স্বল্প দূরত্বের জন্য টেলিগ্রাফ কোডকে Direct কারেন্ট পালসে রূপান্তর করে লাইনে সম্প্রচার করানো হয়। এ জন্য পাওয়ার সোর্স হিসেবে ব্যাটারি বা রেকটিফায়ার ব্যবহার করা হয়। এ জন্য এই ধরনের সার্কিটকে ডি.সি. টেলিগ্রাফ সার্কিট বলে।

ডিসি টেলিগ্রাফ সার্কিটের প্রকারভেদ :

ডিসি টেলিগ্রাফ সার্কিট বিভিন্ন প্রকার, যেমন–

(১) সিমপ্লেক্স সার্কিট (Simplex Circuit)
(২) ডুপ্লেক্স সার্কিট (Duplex Circuit)
(৩) ডাইপ্লেক্স সার্কিট (Diplex Circuit)
(৪) কোয়াড্রুপ্লেক্স সার্কিট (Quadruplex Circuit)

নিচে এগুলোর বর্ণনা প্রদত্ত হলো :

(১) **Simplex Circuit :** Transmitter ——▸—— Receiver

যখন একটি লাইনের মধ্য দিয়ে কোনো সময়ে একটিমাত্র ম্যাসেজ প্রেরণ করা হয় সেই প্রকার সার্কিটকে Simplex Circuit বলা হয়। এক্ষেত্রে একটি স্টেশন সিগনাল প্রেরণ করে অন্য স্টেশন সিগনাল রিসিভ করে।

(২) **Duplex Circuit :** Transmitter ——▸—— Receiver

যখন কোনো টেলিগ্রাফ লাইন দিয়ে একই সময়ে দুটি ম্যাসেজকে যুগপৎভাবে বিপরীত ডিরেকশনে পাঠানো হয় সেই সার্কিটকে Duplex Circuit বলে। এক্ষেত্রে প্রতিটি স্টেশন একই সময়ে একটি ম্যাসেজ প্রেরণ করে ও অন্য একটি ম্যাসেজ রিসিভ করে।

(৩) **Diplex Circuit :** Transmitter ——◂▸—— Receiver

যখন কোনো স্টেশন একই সময়ে দুটি ম্যাসেজ প্রেরণ করে এবং অন্য স্টেশন সেই সিগনাল গ্রহণ করে তাকে Diplex Circuit বলে।

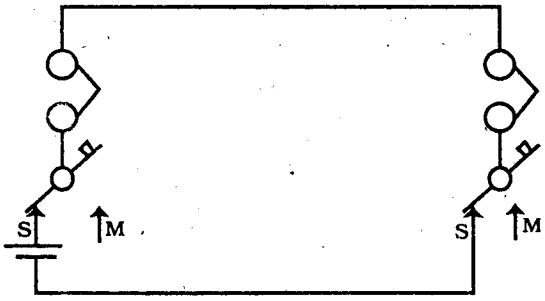
(৪) **Quadruplex Circuit :** Transmitter and Receiver ——▸▸◂◂—— Transmitter and Receiver

যখন একই সময়ে দুটি ম্যাসেজ এক ডিরেকশনে ও অন্য দুটি ম্যাসেজ তার বিপরীত ডিরেকশনে একই লাইনের মাধ্যমে পাঠানো হয় তাকে Quadruplex Circuit বলে।

সিঙ্গেল কারেন্ট সিমপ্লেক্সড ক্লোজড সার্কিট-এর গঠন ও কার্যপ্রণালি :

গঠন : Telegraphy-তে যখন একটি station transmit করে এবং অন্য একটি station প্রেরণকৃত সিগনাল receive করে তখন তাকে Simplex circuit বলে।

চিত্রে station 'A' sounder, key এবং battery নিয়ে গঠিত এবং station 'B' sounder, key নিয়ে গঠিত। এই circuit দিয়ে normal অবস্থায় সবসময় current প্রবাহিত হয় বলে একে Closed Simplex circuit বলে।

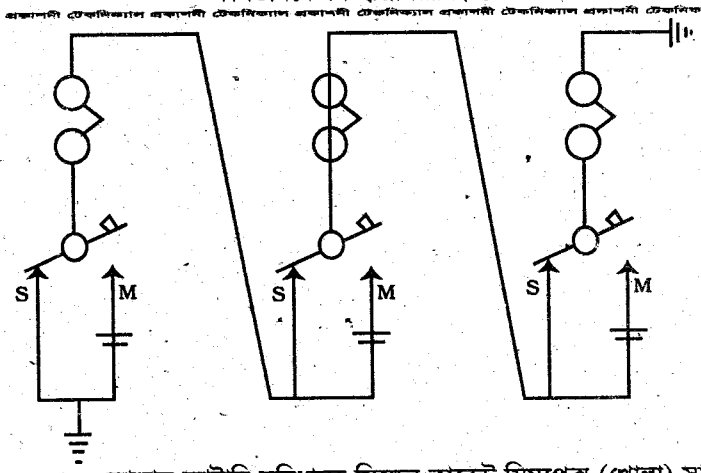


চিত্র-১০.১ : Single current simplex circuit

কার্যপ্রণালি : চিত্রে দেখা যাচ্ছে station 'A' এর battery spacing contact 'S' এর সাথে যুক্ত থাকে। ফলে উভয় station-এর sounder-গুলোর armature, residual air gap-এর মধ্যে অবস্থান করে। যখন কোনো station হতে message প্রেরণ করার প্রয়োজন হয় তখন ঐ station-এর operator নির্দিষ্ট code অনুযায়ী transmission key-এর knobe-কে চাপ এবং ছেড়ে দেওয়ার মাধ্যমে তথ্য প্রেরণ করেন। চাপ প্রয়োগ করায় যখন knobe-টি marking-এ আসে তখন circuit-এর মধ্যেও current প্রবাহ থাকে না। ফলে armature-টি spring-এর কারণে উপরের দিকে উঠে আসে এবং lever-এর সাথে আঘাতপ্রাপ্ত হয়। Receiving station-এর operator sounder হতে উক্ত শব্দকে তথ্যে রূপান্তর করে।

লোকাল রেকর্ড সুবিধাসহ সিঙ্গেল কারেন্ট সিমপ্লেক্সড ক্লোজড সার্কিট-এর গঠন ও কার্যপ্রণালি :

গঠন : এই circuit-এ প্রত্যেকটি station-এর নিজস্ব battery থাকে। যখন একটি station signal প্রেরণ করে, তখন অন্য সকল station গ্রাহকরূপে কাজ করে। এই system-এ যখন কোনো code transmit করা হয় শুধু তখনই circuit-এর মধ্য দিয়ে current প্রবাহিত হয়। যখন key spacing অবস্থায় থাকে তখন circuit দিয়ে কোনো current প্রবাহিত হয় না।

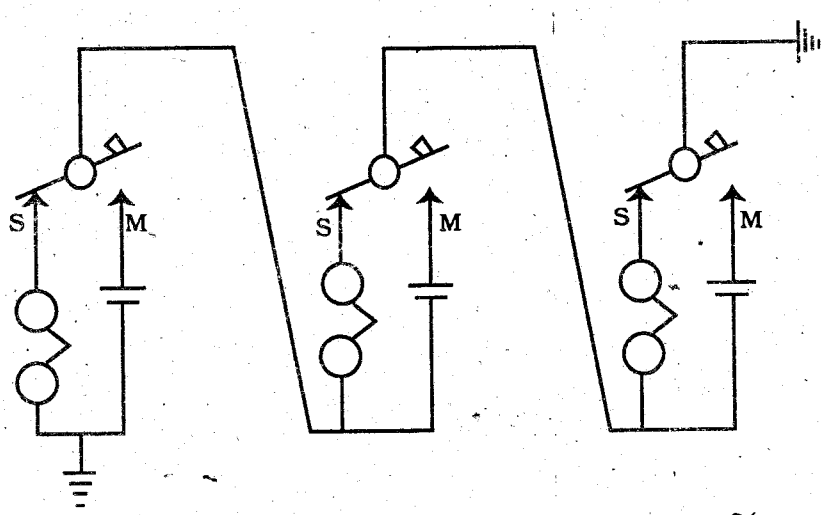


চিত্র-১০.২ : লোকাল ব্যাটারি সুবিধাসহ সিঙ্গেল কারেন্ট সিমপ্লেক্স (খোলা) সার্কিট

কার্যপ্রণালি : যখন কোনো station হতে message প্রেরণ প্রয়োজন হয়, তখন ঐ station-এর operator code অনুযায়ী knobe-এর ওপর চাপ প্রয়োগ করে। ফলে সমস্ত circuit-এর মধ্য দিয়ে current flow হয়। এর ফলে প্রত্যেক station-এর armature চলাচল ঘটে। ফলে sounder-এ শব্দের সৃষ্টি করে। Operator উক্ত sound-কে তথ্যে পরিণত করে।

লোকাল রেকর্ড সুবিধা ব্যতীত সিঙ্গেল কারেন্ট সিমপ্লেক্সড ওপেন সার্কিট -এর গঠন ও কার্যপ্রণালি

গঠন : এই circuit-এ প্রত্যেকটি station-এ battery-গুলো marking point 'M' এর সাথে যুক্ত থাকে এবং spacing point-এর সাথে sounder সংযুক্ত থাকে। যখন কোনো station message প্রেরণ করে তখন অন্য সবগুলো station receiption-এর কাজ করে। এ সকল circuit-এ যখন message transmit করা হয় শুধুমাত্র তখনই circuit-এর মধ্য দিয়ে current প্রবাহিত হয়। অন্য সময় key space-এর সাথে যুক্ত থাকে।



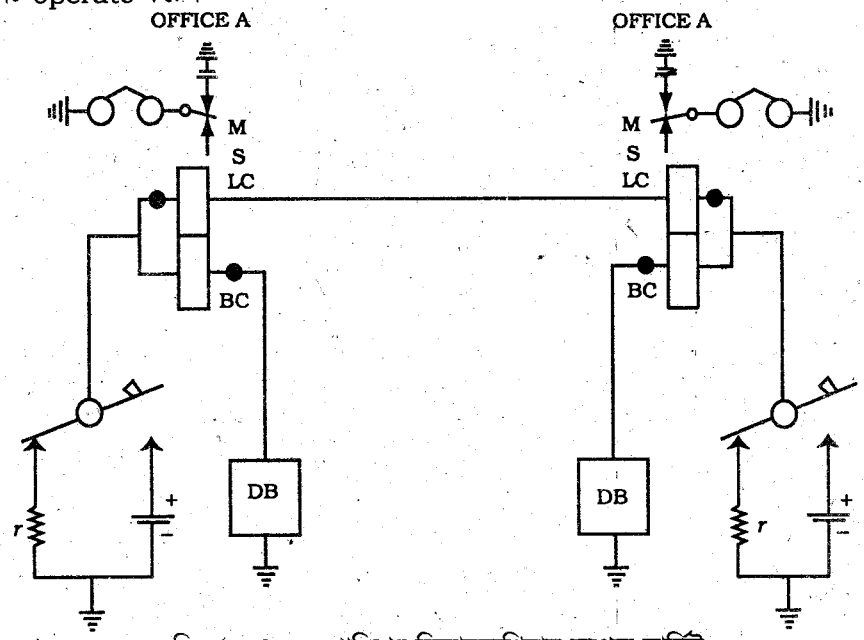
চিত্র-১০.৩ : লোকাল রেকর্ড সুবিধা ব্যতীত সিঙ্গেল কারেন্ট ওপেন সার্কিট

কার্যপ্রণালি : যখন message প্রেরণ করার প্রয়োজন হয়, তখন Operator telegraphy code অনুসারে knobe-এর ওপর চাপ প্রয়োগ করে। ফলে উক্ত station হতে current বর্তনীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। প্রত্যেক station-এর armature চলাচল করার ফলে sounder-এ শব্দ শক্তির সৃষ্টি হয়। Receiving station-এর operator উক্ত শব্দ শুনে তাকে মূল তথ্যে পরিণত করে।

অপোজিশন ডিফারেনশিয়াল ডুপ্লেক্স সার্কিট-এর সংজ্ঞা ও চিত্রসহ গঠন বর্ণনা :

অপোজিশন ডিফারেনশিয়াল ডুপ্লেক্স সার্কিটের সংজ্ঞা : যখন কোনো differential duplex circuit-এর মাধ্যমে message transmit করা হয় এবং উভয় station হতে current-এর direction বিপরীতমুখী হয় আর একে অপরকে oppose করে এই কারেন্ট ঐ প্রকার সার্কিটকে opposition differential duplex circuit বলে।

গঠন : Differential duplex circuit-এর অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ element এবং telegraph relay-টি দুই বা ততোধিক different coil দিয়ে প্যাঁচের একটি coil line-এর সাথে series-এ থাকে, যাকে Line Coil (LC) বলে এবং অন্য একটি coil duplex balanced-এর সাথে যুক্ত থাকে যাকে Balance Coil (BC) বলে। Coil দুটির মধ্য দিয়ে যখন সমান ও বিপরীত current প্রবাহিত হয়, তখন উৎপন্ন flux-দ্বয় একে অন্যকে oppose করে দেয়। যদি যেকোনো একটি coil-এর current-এর মান বৃদ্ধি পায় তবে relay-টি operate করে।



চিত্র-১০.৪ : অপোজিশন ডিফারেনশিয়াল ডুপ্লেক্স সার্কিট

কার্যপ্রণালি : উভয় Office-এর Key-এর ওপর নির্ভর করে চারটি Condition দ্বারা Transmission প্রক্রিয়া সম্পন্ন হয়। যথা–

(১) **A Key Spacing, B key Spacing :** এই Condition-এ Battery Circuit-এর সাথে যুক্ত হয় না এবং Relay Coil দিয়ে Current প্রবাহিত হয় না। সুতরাং relay দ্বয় space bias-এর কারণে Space Condition-এ থাকে।

(২) **A Key Marking, B key Spacing :** একমাত্র Station A Battery-এর সাথে সংযুক্ত হয় এবং Marking Current Circuit দিয়ে প্রবাহিত হয়।

সুতরাং A office-এর balance coil এবং Duplex Balance দিয়ে প্রবাহিত Current

$$I_A = \frac{E_A}{r + Z_R + Z_{DB}} \text{.....(i)}$$

এখানে, E_A = EMF of battery A

Z_R = Relay impedance

Z_{DB} = Impedance of duplex of balance

r = Internal resistance of battery

A এবং B office-এর line এবং line coil দিয়ে প্রবাহিত current

$$I_L = \frac{E_A}{r + 2Z_R + Z_L}$$

এখানে, Z_L = Line impedance

B office-এর balance circuit দিয়ে প্রবাহিত current.

$$I_B = \frac{rI_L}{r + Z_R + Z_{DB}} \uparrow 0$$

দেখা যাচ্ছে যে, B office-এর line coil দিয়ে I_L current প্রবাহিত হয় এবং balance coil দিয়ে কোনো current প্রবাহিত হয় না।

সুতরাং $I_A = I_L$ যদি $Z_{DB} = Z_R + Z_L$

(৩) **A Key Spacing, B Key Marking :** এই অবস্থায় Current ২নং Condition-এর মতোই হয়। তবে current -এর দিক উল্টো হয়। অর্থাৎ A ও B Station Interchanged হয়।

(৪) **Both A and B Key Marking :** এ অবস্থায় দুটি Battery-ই Circuit-এর সাথে মিলিত হবে এবং Circuit-এর মধ্য দিয়ে বিপরীতমুখী current প্রবাহিত হবে।

সুতরাং, Line coil দিয়ে প্রবাহিত Current

$$I'_L = \frac{E_A - E_B}{r + 2Z_R + Z_L}$$

এ সময় battery voltage এমনভাবে অ্যাডজাস্ট করা হয় যেন $E_A = E_B = E$;

অতএব, $I'_L = 0$

এ সময় line দিয়ে কোনো কারেন্ট প্রবাহিত হবে না। কারণ battery দুটি office-এর একটি অন্যটিকে oppose করে দেয়। একে opposition method বলে।

A station-এর balance coil এবং duplex balance দিয়ে প্রবাহিত current

$$I_{A'} = \frac{E_A}{r + Z_R + Z_{DB}} = \frac{E}{r + 2Z_R + Z_L} = I_L$$

যখন $Z_{DB} = Z_R + Z_L$

B office-এর balance coil এবং duplex balance দিয়ে প্রবাহিত current. $I'_B = \frac{E_B}{r + Z_R + Z_{DB}} = \frac{E}{r + 2Z_R + Z_L} = I_L$

এই circuit-এর operation-এর ক্ষেত্রে নিচের তিনটি condition প্রয়োজন।

যথা :

(i) $Z_{DB} = Z_R + Z_L$

(ii) $E_A = E_B = E$

(iii) Relays are given spacing bias

সুতরাং, $I_L = I_A = I_B = I_A' = I_B' = I = \frac{E}{r + 2Z_R + Z_L} \uparrow \frac{E}{2Z_R + Z_L}$

যখন $r << 2Z_R + Z_L$

সমস্ত operation নিচের table-এর সাহায্যে দেখানো যায় :

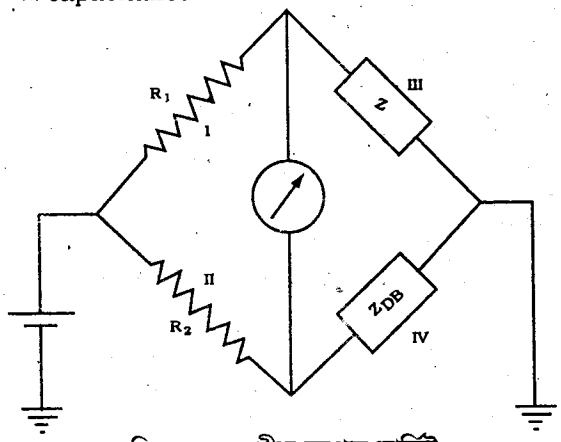
Condition of		Current through			Condition of	
A key	B key	Line coils and line	Balance coil DB at A.	Balance coil DB at B.	A relay	B relay
S	S	0	0	0	S	S
M	S	1	1	0	S	M
S	M	1	0	1	M	S
M	M	0	1	1	M	M

ব্রিজ ডুপ্লেক্স (Bridge duplex) সার্কিট ও এর কার্যপ্রণালি : Wheat stone bridge-এর মূলনীতি ওপর ভিত্তি করে bridge duplex circuit তৈরি করা হয়। এই bridge-এ balance অবস্থায় galvanometer দিয়ে কোনো current প্রবাহিত হয় না। অর্থাৎ যখন–

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{Z}{Z_{DB}}$$

কার্যপ্রণালি : নিম্ন চিত্রে একটি bridge duplex circuit দেখানো হয়েছে। এই circuit-এর equivalent circuit খ নং চিত্রে এবং ক নং চিত্রে একটি wheatstone bridge-এর circuit দেখানো হলো। যদি office A mark এবং B space অবস্থানে থাকে তখন resister R1 এবং R2 bridge-এর 1 ও 2 নং বাহুর ন্যায় কাজ করে। duplex balance এবং station দ্বয়ের মধ্যে সংযোগকারী তারের impedeance (Z1) যথাক্রমে bridge-এর IV এবং III নং বাহু নির্দেশ করে।

যখন Z_{DB} ও Z_1 সমান হয় তখন bridge-টি balance-এ থাকে এবং sounder-এ কোনো current প্রবাহ থাকে না। কিন্তু যখন B key mark এবং A key space অবস্থায় থাকে তখন এর বিপরীত ক্রিয়া ঘটে। যখন উভয় key mark-এ থাকে তখন এদের বিভিন্ন বাহুর মধ্যে প্রবাহিত current superposition theorem প্রয়োগ করে বের করা যায়। সুতরাং বুঝা যায় যে, A station-এর battery B station-এর sounder-এ current পাঠায় এবং B station-এর battery A station-এর sounder-এ current পাঠায়। এভাবে station দ্বয়ের অসম battery voltage দ্বারা balance condition-এর ওপর কোনো প্রভাব ফেলবে না। একে double current দ্বারা operate করা যায়। যে সমস্ত line-এর capacitance অনেক বেশি সেক্ষেত্রে তা ব্যবহৃত হয়।



চিত্র-১০.৫ : ব্রীজ ডুপ্লেক্স সার্কিট

টেলিপ্রিন্টারের কার্যপ্রণালির মূলনীতি :

কোনো ম্যাসেজকে দূরবর্তী স্থানে কাগজে অথবা টেপের ওপর প্রিন্ট করার ব্যবস্থাই হলো টেলিপ্রিন্টার। টেলিপ্রিন্টার মোট চারটি অংশ নিয়ে গঠিত। নিচে এই অংশগুলোর নাম ও তাদের কার্যপ্রণালির মূলনীতি বর্ণনা করা হলো :

(ক) **Keyboard :** Keyboard-এর মাধ্যমে ৫টি Key ব্যবহার করে ম্যাসেজ পাঠানো হয়। Baudot System-এ 5 unit Code-এর জন্য এই ৫টি কী ব্যবহার করা হয়। অপারেটর এই কী-গুলোর ওপর চাপ প্রয়োগ করে ম্যাসেজ প্রেরণ করে। এক্ষেত্রে কী-বোর্ডটি একটি টাইপ রাইটারের মতো কাজ করে। এই কীগুলো হলো–

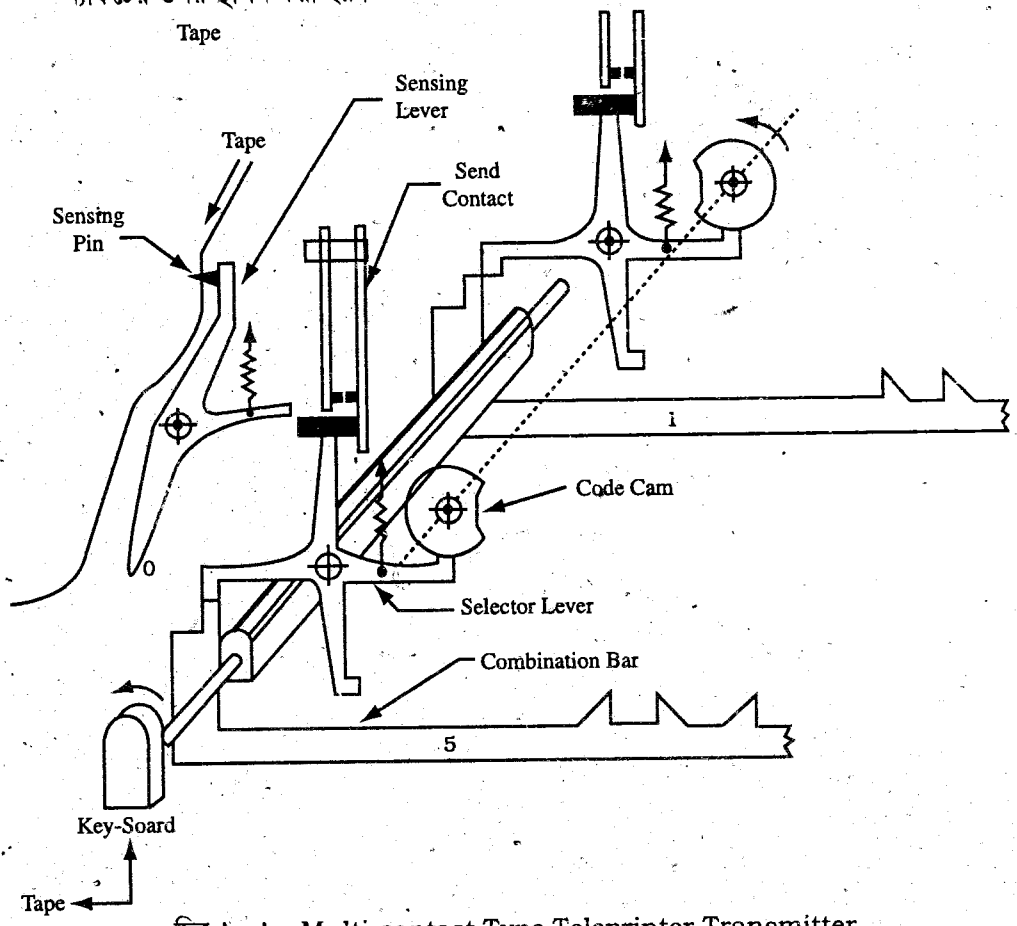
(১) Letter Shift (LS) Key.
(২) Figure Shift (FS) Key.
(৩) Space Key
(৪) Carriage Return Key (CR)
(৫) Line Feed Key (LF)

এই কী-গুলোকে ফাংশনাল কী বলে।

(খ) টেলিপ্রিন্টার ট্রান্সমিটারের গঠন ও কার্যপ্রণালি :

নিচে একটি Multicontact type ট্রান্সমিটারের গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা করা হলো :

গঠন : এটি একটি Cam-Sleeve assembly নিয়ে গঠিত যা ৫টি Codecam, ১টি Start-Stop cam, ১টি reseting cam এবং একটি trip cam নিয়ে গঠিত। এ সকল ক্যামকে একটি কমন শ্যাফটের ওপর স্থাপন করা হয়।



চিত্র-১০.৬ : Multi-contact Type Teleprinter Transmitter

কার্যপ্রণালি : ৫টি কোড ক্যামের প্রতিটি ও Start stop cam সিলেক্টর লিভারকে চালনা করে। প্রতিটি কোড ক্যাম ও স্টার্ট স্টপ ক্যাম সিলেক্টর লিভারকে পরিচালনা করে। যখন সিলেক্টর লিভারটি কোড ক্যামের বৃত্তাকার অংশের উপরে অবস্থান করে তখন এর ভারটিক্যাল অংশটি ভারটিক্যাল অবস্থায় থাকে এবং কন্টাক্টটি ওপেন থাকে। আবার যখন সিলেক্টর লিভারটি কোড ক্যামের খাঁজের মধ্যে পড়ে তখন কন্টাক্টটি বন্ধ হয়ে যায়। কম্বিনেশনাল বারটি এমনভাবে স্থাপন করা হয় (বার নং-৫, চিত্র ৫.৬) যেন সিলেক্টর লিভারটি সরে যেতে না পারে। আবার যখন বারটিকে বাম দিকে সরানো হয় (যা বার নং-১ দ্বারা দেখানো হয়েছে) তখন সিলেক্টর লিভারটি কোডক্যামের খাঁজের মধ্যে পড়ে। তা হলে দেখা যায় যে, কম্বিনেশনাল বারের পজিশনের ওপর ভিত্তি করে সিলেক্টর লিভারটি কোড ক্যামের বৃত্তাকার অংশে অথবা খাঁজে অবস্থান গ্রহণ করে। আর এর ফলেই নির্ধারিত হয় যে কন্ট্যাক্ট ওপেন থাকবে নাকি ক্লোজ থাকবে। কোডক্যামের ওপর খাঁজের অবস্থান ও এর কৌণিক মানের ওপর ইলিমেন্টের মার্ক অথবা স্পেসের সময় নির্ধারণ হয়। স্টার্ট অ্যান্ড স্টপ ইলিমেন্ট সিঙ্গেল ক্যাম দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। এই ক্যামটির সিলেক্টিং লিভারের নিচে কোনো বার থাকে না। স্বাভাবিক অবস্থায় যখন ক্যাম স্লিভটি স্থির থাকে তখন সিলেক্টর লিভারটি খাঁজের কিনারায় অবস্থান করে। ফলে এর সাথে সম্পর্কযুক্ত কন্ট্যাক্টটি ক্লোজ হয়।

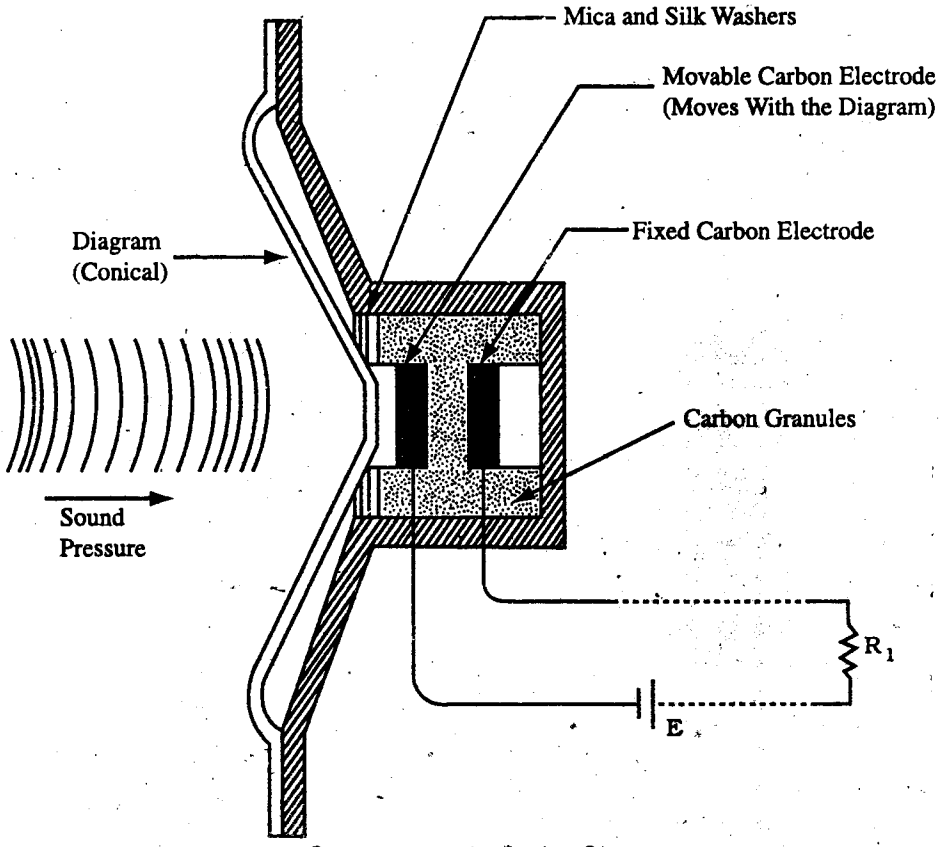
১০.২ টেলিফোন হ্যান্ডসেট ট্রান্সমিটার ও রিসিভারের কার্যপ্রণালি বর্ণনা

(Describe the Working Principle of Telephone Handset Transmitter and Receiver)

(১) টেলিফোন ট্রান্সমিটার (Transmitter) :

বিশেষ কিছু সুবিধার জন্য টেলিফোন সিস্টেমে ট্রান্সমিটার হিসেবে কার্বন ট্রান্সমিটার ব্যবহার করা হয়। মূলত এই কার্বন ট্রান্সমিটারটি একটি কার্বন মাইক্রোফোন তত্ত্বের ওপর ভিত্তি করে কাজ করে। টেলিফোন ট্রান্সমিটার এক ধরনের ট্রান্সডিউসার যা সাউন্ড এনার্জিকে ইলেকট্রিক্যাল এনার্জিতে রূপান্তর করে। বর্তমান যুগে কার্বন গ্র্যানুয়েল ট্রান্সমিটার টেলিফোন হ্যান্ডসেটে বহুলভাবে ব্যবহৃত হয়। কার্বন মাইক্রোফোনের মধ্যে কার্বনের গুঁড়ার পর্যায়ক্রমিক সংকোচন ও প্রসারণ ক্রিয়ার ফলে এর অভ্যন্তরীণ রেজিস্ট্যান্সের যে পরিবর্তন হয় তার ফলে সাউন্ড ওয়েভ ইলেকট্রিক্যাল এনার্জিতে পরিণত হয়। এটি একটি হাই সেনসিটিভিটি সম্পন্ন এবং দক্ষ আধুনিক ট্রান্সমিটার। এজন্য এটি টেলিফোন ট্রান্সমিটার হিসেবে বহুল ব্যবহৃত হয়।

টেলিফোন ট্রান্সমিটারের গঠন : কার্বন মাইক্রোফোনে একটি ছোট Protector এর মধ্যে কার্বনের গুঁড়াগুলোকে ছোট একটি গ্র্যানুয়েল চেম্বারে রাখা হয়। উক্ত চেম্বারের ভিতরে দুটি কার্বন-ইলেকট্রোড বসানো থাকে। প্রটেক্টর হতে ইলেকট্রোড দুটি ইনসুলেটেড করা থাকে যাতে শর্ট সার্কিট না হয়। ইলেকট্রোড দু'টির একটি প্রান্ত স্থির থাকে ও অন্য প্রান্ত ডায়াফ্রামের সাথে আটকানো থাকে যাতে মুভ করতে পারে। ইলেকট্রোডদ্বয়ের মধ্যবর্তী কার্বন গুঁড়ার রেজিস্ট্যান্সই হলো ট্রান্সমিটারের রেজিস্ট্যান্স। এই রেজিস্ট্যান্স ডায়াফ্রামের ভাইব্রেশনের সাথে সম্পর্কযুক্ত কার্বনদ্বয়ে ব্যাটারি যুক্ত করা থাকে। ফলে সাধারণ অবস্থায় বর্তনীর মধ্য দিয়ে ডিরেক্ট কারেন্ট প্রবাহিত হয়। নিচের চিত্রে একটি টেলিফোন ট্রান্সমিটারের চিত্র দেওয়া হলো :



চিত্র-১০.৭ : কার্বন গুঁড়া ট্রান্সমিটার

টেলিফোন ট্রান্সমিটারের কার্যপ্রণালি : যখন কোনো সাউন্ড ওয়েভ ডায়াফ্রামের ওপর আঘাত করে তখন ডায়াফ্রামের সাথে যুক্ত movable কার্বন ইলেকট্রোডটির মাধ্যমে চেম্বারের মধ্যবর্তী কার্বনের গুঁড়াগুলো সংকুচিত এবং প্রসারিত হতে থাকে। ফলে কার্বনের গুঁড়ার ইলেকট্রিক্যাল রেজিস্ট্যান্স কম-বেশি হয়। এই পরিবর্তনশীল ইলেকট্রিক্যাল রেজিস্ট্যান্সের জন্য বাহ্যিক রেজিস্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে একটি পরিবর্তনশীল কারেন্ট প্রবাহিত হয়। এই কারেন্টের ফ্রিকুয়েন্সি ইনপুট সাউন্ড ফ্রিকুয়েন্সির অনুরূপ হয়। এভাবে একটি কার্বন টেলিফোন ট্রান্সমিটার কার্বনের গুঁড়ার পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্সের ওপর ভিত্তি করে কাজ করে।

কার্বন গ্র্যানুয়েল (Granule) মাইক্রোফোনের তত্ত্বকে নিচের মতো ব্যাখ্যা করা যায় :

মনে করি, R_0 = কার্বন গ্র্যানুয়েলের quiescent (যখন ডায়াফ্রামের ওপর কোনো শব্দ চাপ থাকে না) resistance.

যখন ডায়াফ্রামের ওপর $\frac{w}{2p}$ ফ্রিকুয়েন্সির একটি সাইন ওয়েভ প্রয়োগ হয়, তখন গ্র্যানুয়েলের তাৎক্ষণিক রোধ (instantaneous resistance) এর মান, $R_i = R_0 - r \sin \omega t$ ..... (1)

– ve চিহ্ন দ্বারা বুঝানো হয় যে, যখন চাপ সর্বোচ্চ হয়, তখন R_i হয় সর্বনিম্ন। রেজিস্ট্যান্সের তাৎক্ষণিক পরিবর্তনের অ্যামপ্লিচুডকে r দ্বারা নির্দেশ করা হয়।

লোড রেজিস্ট্যান্স RL এর মধ্য দিয়ে তাৎক্ষণিক কারেন্ট প্রবাহের মান,

$$i = \frac{E}{R_L + R_0 - r \sin \omega t} \quad \text{..... (2)}$$

$$= \frac{E}{R - r \sin \omega t}$$

$$= \frac{E}{R\left(1 - \frac{R}{r} \sin \omega t\right)}$$

$$= \frac{E}{R}\left(\frac{1}{1 - m \sin \omega t}\right)$$

$$= I_0 (1 - m \sin \omega t)^{-1} \quad \text{..... (3)}$$

যেখানে, $R = R_L + R_0$

$I_0 = E/R$

$m = r/R$

সাধারণত r হচ্ছে R_0 এর একটি ভগ্নাংশ। ফলে $m < 1$ এবং $(1 - m \sin \omega t)^{-1}$ কে binomial theorem দ্বারা বিস্তৃত করা যায় এবং সমীকরণ (3) কে নিম্নরূপে লেখা যায়–

$$i = I_0 (1 + m \sin \omega t + m^2 \sin^2 \omega t + m^3 \sin^3 \omega t + \ldots\ldots) \quad \text{..... (4)}$$

যেহেতু m এর মান ক্ষুদ্র, কাজেই (4) নং সমীকরণের m^2 এবং তদূর্ধ্ব পদগুলোকে উপেক্ষা করলে পাওয়া যায়।

$$i = \pm I_0 (1 + m \sin \omega t) \quad \text{..... (5)}$$

সমীকরণ (5) অ্যামপ্লিচুড মডুলেশন সমীকরণের অনুরূপ। যেখানে,

I_0 = ক্যারিয়ার কারেন্টের অ্যামপ্লিচুড।

m = মডুলেশন ইনডেক্স।

(২) **টেলিফোন রিসিভার (Telephone Receiver) :** সকল বাণিজ্যিক টেলিফোন রিসিভারগুলো ইলেকট্রোম্যাগনেটিক টাইপ। এতে একটি ফ্লেক্সিবল (flexible) ডায়াফ্রাম থাকে এবং বেশিরভাগ ক্ষেত্রেই এটি acoustic device নামে পরিচিত। এর বিশেষ কিছু পরিবর্তন সাধন করে Watch case ধরনের রিসিভার টেলিফোন হ্যান্ডসেটে ব্যবহার করা হয়। সাধারণভাবেই এটি একটি ট্রান্সডিউসার। এর কার্যাবলি টেলিফোন ট্রান্সমিটারের বিপরীত। এটি এমন একটি ট্রান্সডিউসার যা টেলিফোন ট্রান্সমিটার হতে প্রেরিত সিগনালকে শ্রবণযোগ্য শব্দে রূপান্তরিত করে।

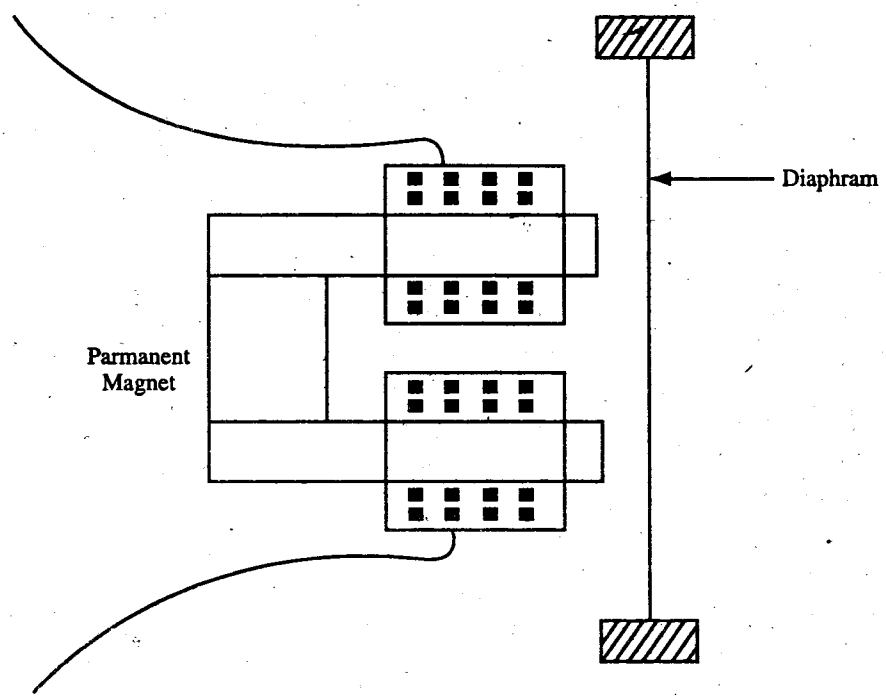
টেলিফোন রিসিভারের গঠন : নিচে একটি টেলিফোন রিসিভারের গঠনগত চিত্র দেখানো হলো এবং এর বিভিন্ন অংশ চিহ্নিত করা হলো :

(১) Permanent magnet .

(২) Electromagnetic Coil বা Winding

(৩) Protecting Cover (metal case)

(৪) Flexible steed diaphram.



চিত্র-১০.৮ : টেলিফোন রিসিভার

দুটি মোটা কয়েলকে Soft Pole Pitch-এর সাথে জড়ানো থাকে যা স্থায়ী চুম্বকের পোলের সাথে সংযুক্ত থাকে। আউটপুটে ডিসটোরশন কমানোর জন্য স্থায়ী চুম্বক ব্যবহার করা হয়। একটি Flexible iron diaphram থাকে এবং উক্ত ডায়াফ্রামটি যান্ত্রিকভাবে Permanent magnet-এর সাথে সংযুক্ত থাকে। সমস্ত ব্যবস্থাকে একটি মেটাল কেসের Protective Cover-এর মধ্যে রক্ষিত থাকে।

টেলিফোন রিসিভারের কার্যপ্রণালি : টেলিফোন ট্রান্সমিটার হতে আগত পরিবর্তনশীল ভয়েস ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট কারেন্ট যখন ইলেকট্রোম্যাগটিক কয়েলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয় তখন কয়েলের মধ্যে একটি পরিবর্তনশীল ফ্লাক্স উৎপন্ন হয় যা স্থায়ী চুম্বকের আয়রন পথ, চুম্বকের মধ্যকার Pole pitch ও ডায়াফ্রামের মধ্যবর্তী দুটি ফাঁকা স্থানে অবস্থান করে। যখন পরিবর্তনশীল ভয়েস ফ্রিকুয়েন্সিবিশিষ্ট কারেন্টের একটি হাফ সাইকেল আসে তখন এর জন্য যে ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স উৎপন্ন হয় তা যদি স্থায়ী চুম্বকের ফ্লাক্সের একই দিকে হয় তবে ডায়াফ্রামটি আকর্ষিত হবে। আবার যখন পরবর্তী হাফ সাইকেল আসে তখন কারেন্টের দিক বিপরীত হয় বলে আকর্ষণ কমে যায়। ফলে ডায়াফ্রামটি পূর্বাবস্থায় ফিরে আসে।

রিসিভারের কার্যনীতি হতে আমরা জানি যে ডায়াফ্রামের ওপর আঘাতকারী বলের পরিমাণ

$F = k_2\varphi_0^2 + k_3 I_m \sin \omega t$

এই সমীকরণের ২য় টার্মটির ওপরই ডায়াফ্রামের আকাঙ্ক্ষিত কম্পন নির্ভর করে। অর্থাৎ ডায়াফ্রামের কম্পন $I_m \sin \omega t$ এর সমানুপাতিক বা ভয়েস ফ্রিকোয়েন্সীবিশিষ্ট কারেন্টের অ্যামপ্লিচুড ও ফ্রিকুয়েন্সি ওপর নির্ভর করে। ডায়াফ্রামের পর্যায়ক্রমিক কম্পনের ফলে এর সামনের বায়ুর সংকোচন ও প্রসারণের ফলে প্রকৃত শব্দ উৎপন্ন হয়।

আগত ভয়েস ফ্রিকুয়েন্সির কারেন্ট কয়েলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার ফলে ম্যাগনেটিক পথ বরাবর ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স তৈরি হয়। এই পথ হচ্ছে PM এর আয়রন পথ, পোল পিচদ্বয়, ডায়াফ্রাম ও পোল পিচদ্বয়ের মধ্যবর্তী দুটি এয়ার গ্যাপ।

ধরা যাক, ϕ_0 = PM এর কারণে ধ্রুব ফ্লাক্স।

ϕ_v = কয়েলের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত ভয়েস ফ্রিকুয়েন্সি কারেন্টের কারণে পৃষ্ঠ ফ্লাক্স।

তাহলে, তাৎক্ষণিক ফ্লাক্স (instantaneious flux)

$\phi_i = \phi_0 + \phi_v$

ডায়াফ্রামের কম্পন এত কম যে, তা এয়ার গ্যাপের দৈর্ঘ্যকে প্রভাবিত করতে পারে না ধরে নিলে, ম্যাগনেটিক পথের রিলাকট্যান্সকে ধ্রুব ধরা যায় এবং তা কয়েলের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট থেকে স্বাধীন থাকে। সেহেতু লেখা যায়-

$\phi_v = K_1 I_m \sin \omega t$

$= \phi_v = \phi_{vm} \sin \omega t$

যেখানে, $I_m \sin\omega t$, কয়েলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট এবং K_1 একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক।

তাহলে, $\phi_i = \phi_0 + \phi_{vm} \sin \omega t$

কাজেই ডায়াফ্রামের ওপর টান হবে,

$F \propto \phi_i^2$

বা, $F \propto (\phi_0 + \phi_{vm} \sin \omega t)^2$

বা, $F = K_2 (\phi_0 + \phi_{vm} \sin \omega t)^2$ ..... (1)

এখন, $(\phi_0 + \phi_{vm} \sin \omega t)^2$ কে বিস্তৃতি করলে পাওয়া যায়,

$$(\phi_0 + \phi_{vm} \sin \omega t)^2 = \phi_0^2 + 2\phi_0 \phi_{vm} \sin \omega t + \phi_{\varpi\mu}^2 \sin^2 \omega t$$

$$= \phi_0^2 + 2\phi_0 \phi_{vm} \sin \omega t + \phi_{\varpi\mu}^2 \frac{1}{2}(1 - \cos 2\omega\tau)$$

$$= \phi_0^2 \left[1 + 2\frac{\phi_{m\mu}}{\phi_0} \sin \omega\tau + \frac{1}{2}\left(\frac{\phi_{m\mu}}{\phi_0}\right)^2 (1 - \cos 2\omega\tau)\right]$$

যদি $\frac{f_{vvm}}{f_0} << 1$ হয়, তবে $\left(\frac{f_{vvm}}{f_0}\right)$ পদকে উপেক্ষা করা যায়।

$$\therefore (\phi_0 + \phi_{vm} \sin \omega t)^2 = \phi_0^2 \left[1 + 2\frac{\phi_{m\mu}}{\phi_0} \sigma\iota\nu\, \omega\tau\right] \quad \text{..... (2)}$$

(1) ও (2) নং সমীকরণ থেকে পাওয়া যায়।

$$F = K_2 \phi_0^2 + \left[1 + 2\frac{f_{vm}}{f_0} \sin\omega t\right]$$

$$= K_2 \phi_0^2 + 2K_2\phi_0 + \phi_{vm} \sin\omega t$$

$$= K_2 \phi_0^2 + K_3 I_m \sin\omega t \quad \text{..... (3)}$$

যেখানে, $K_3 I_m = 2K_2 \phi_0 + \phi_{vm}$

১০.৩ সাইড টোন-এর সংজ্ঞা

(Define Side tone)

সাইড টোনের সংজ্ঞা : ট্রান্সমিটার দ্বারা উৎপন্ন ভয়েস ফ্রিকুয়েন্সি রিসিভারের মধ্য দিয়েও পাস করে। সেহেতু বক্তাও তার নিজের কণ্ঠ শুনবে। তাই শব্দ, যা তার নিজের ট্রান্সমিটার থেকে উৎপন্ন হয় এবং বক্তা তার নিজের রিসিভারের মধ্যে শুনতে পায়, তাকে সাইড টোন বলা হয়। অর্থাৎ যখন কোনো ব্যক্তি টেলিফোনে কথা বলে, তখন যদি তার নিজস্ব কথা রিসিভারে শুনতে পায়, তাহলে এই প্রতিক্রিয়াকে সাইড টোন বলে।

কারো কথা বলার পর ট্রান্সমিটার আউটপুটে যে বৈদ্যুতিক তরঙ্গ সৃষ্টি হয়, সেই বৈদ্যুতিক তরঙ্গ শক্তির কিছু অংশ নিজস্ব রিসিভারে পৌছায় এবং বাকি বৈদ্যুতিক শক্তিকে ট্রান্সমিশন লাইনের মাধ্যমে আকাঙ্ক্ষিত রিসিভারে পৌছায়। ট্রান্সমিটারের শক্তির যে অংশ নিজস্ব রিসিভারে গিয়ে পৌছায়, তা ঐখানে নিজস্ব কথার প্রতিধ্বনি তৈরি করে বলে একে সাইড টোন বলে।

সাইড টোন কেন হয় : টেলিফোন ইনস্ট্রুমেন্টের রিসিভার এবং ট্রান্সমিটার একটি টু-ওয়্যার লাইন দ্বারা সংযুক্ত থাকায় এতে সাইড টোনের সৃষ্টি হয়। যখন মাইক্রোফোনের আউটপুট অটো ট্রান্সফরমারের মধ্যে রিসিভিং ওয়াইন্ডিংয়ে একটি ই.এম.এফ. ইনডিউস করে, তখন রিসিভারের মধ্য দিয়ে স্পিচ কারেন্ট প্রবাহিত হয় এবং সাইড টোন সৃষ্টি করে।

১০.৪ সাইড টোনের সুবিধা ও অসুবিধা

(Mention Advantage and Disadvantage of Side Tone)

সাইড টোনের সুবিধা : মনোবিজ্ঞানের দিক হতে সাইড টোনের গুরুত্ব অপরিসীম। একজন টেলিফোন ব্যবহারকারী সাধারণ অবস্থায় তার নিজস্ব কণ্ঠস্বর যেরূপ শুনতে পায়, যদি টেলিফোন রিসিভারেও সে তার নিজের ভয়েস অনুরূপ শুনতে পায়, তবে তা তার নিকট সবচেয়ে আরামদায়ক মনে হবে।

যদি সাইড টোন সম্পূর্ণরূপে না থাকে, তবে টেলিফোন সেটটি ব্যবাহারকারীর নিকট মৃত (dead) বলে মনে হবে। এই কারণে টেলিফোন সেটে অবশ্যই সাইড টোনের ব্যবস্থা রাখা হয়। সাইড টোন মূলত টেলিফোন ব্যবহারকারীর ব্যবহারের সুবিধার্থে করা হয়। তবে অতিরিক্ত সাইড টোন আবার অসুবিধাজনক।

সাইড টোনের অসুবিধা :

(১) সাইড টোনের কারণে কোনো টেলিফোন ব্যবহারকারী যদি তার রিসিভারে নিজস্ব কণ্ঠস্বর অতিরিক্ত জোরে শুনতে পায়, তখন সাইকোলজিক্যাল কারণে সে তার নিজের কণ্ঠস্বর কমিয়ে ফেলে। এতে শব্দের অ্যামপ্লিচিউড কমে যায় এবং ট্রান্সমিটারটি পূর্ণ দক্ষতায় কাজ করতে পারে না। ফলে দূরের রিসিভারে উক্ত ব্যবহারকারীর শব্দ ভালোভাবে শুনতে পারা যায় না।

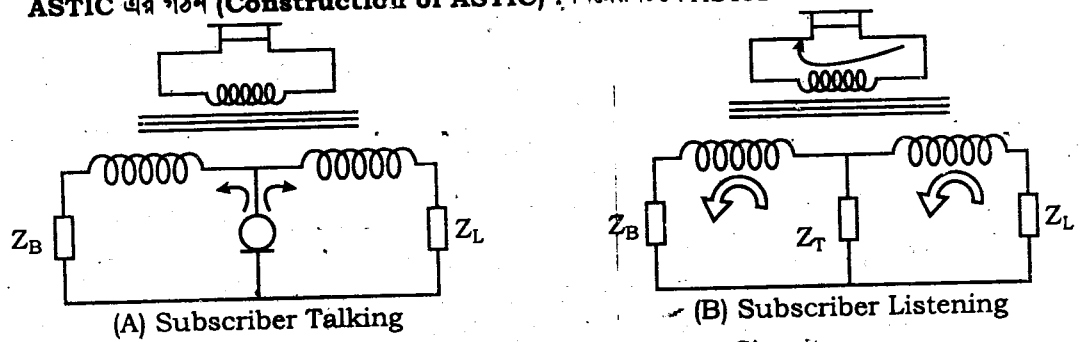
(২) সাইড টোন বেশি হলে টেলিফোন রিসিভারে লোকাল রেঞ্জ নয়েজের ইন্টারফারেন্স সৃষ্টি হয়। অর্থাৎ রিসিভারের সাইড টোনই তখন ট্রান্সমিটারে প্রতিধ্বনির সৃষ্টি করে, যা গ্রাহক যন্ত্রে গিয়ে নয়েজের মতো শব্দ তৈরি করে।

(৩) সাইড টোন বেশি হলে টেলিফোন ব্যবহারকারীর কানের জন্য এটা ক্ষতিকর। অর্থাৎ কানের অত্যন্ত নিকটে বেশি জোরে অনবরত শব্দ কানে শব্দ শোনার ক্ষমতা বা দক্ষতা হ্রাস করে।

(৪) অতিরিক্ত সাইড টোনের জন্য যে নয়েজের সৃষ্টি হয়, তা রিসিভিং শব্দকে অস্পষ্ট ও গোলমালপূর্ণ করে দেয়, ফলে দূরবর্তী স্টেশন হতে প্রেরিত বক্তব্য বুঝতে অসুবিধা হয়।

ASTIC সার্কিটের কার্যাবলী (Operation of ASTIC circuit) : আধুনিক CB টেলিফোন সেটগুলোতে সাইড টোনকে কমানোর জন্য একটি বিশেষ ধরনের ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয়। এ বিশেষ ধরনের ট্রান্সফরমারটিকে বলা হয় Anti Side Tone Induction Coil। এটিকে সংক্ষেপে ASTIC ও বলা হয়। যে সার্কিট ব্যবস্থাপনার মাধ্যমে সাইড টোনকে উল্লেখযোগ্যভাবে কমানো হয়, তাকে বলা হয় অ্যান্টিসাইড টোন সার্কিট।

ASTIC এর গঠন (Construction of ASTIC) : নিম্নের চিত্রে ASTIC সার্কিটের গঠন দেখানো হলো–



(A) Subscriber Talking (B) Subscriber Listening

চিত্র-১০.৯ : Principle of Antiside tone Circuit

ASTIC সার্কিট তিন ধরনের ওয়াভিং বিশিষ্ট Induction coil এর মাধ্যমে গঠিত। প্রথম দুটি কয়েল প্রায় সমমানের প্রাইমারী এবং তৃতীয়টি সেকেন্ডারি হিসেবে কাজ করে।

কার্যাবলী (Working Principle) : যদি তিন ওয়াইন্ডিং ইন্ডাকশন কয়েলটি ব্যালেন্সড হয় এবং যদি $Z_t = Z_B$ হয়, তবে হুইটস্টোন ব্রিজের তত্ত্বানুসারে, ট্রান্সমিটার দ্বারা উৎপন্ন যে কোন e.m.f রিসিভারের মধ্য দিয়ে কোন কারেন্ট প্রেরণ করে না। ট্রান্সমিটারটির emf কেবলমাত্র Z_L এর মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রেরণ করে, যদিও সমপরিমাণ কারেন্ট Z_B এর মধ্য দিয়েও প্রবাহিত হয়। কিন্তু যেহেতু তাদের দিক বিপরীত, তাই তাদের একত্রিত প্রতিক্রিয়ার ফলে সেকেন্ডারী ওয়াইন্ডিং এ কোন emf আবেশিত হবে না, অর্থাৎ কোন সাইড টোন পাওয়া যায় না। কিন্তু যখন কোন সিগন্যালকে রিসিভ করা হয়, তখন রিসিভারের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। কারণ এখন ইন্ডাকশন কয়েলের প্রাইমারির দুই অংশ দ্বারা আবেশিত ফ্লাক্সসমূহ সেকেন্ডারীতে পরস্পরকে সহায়তা করে, যা চিত্র (B) তে দেখানো হয়েছে। সেকেন্ডারিতে আবেশিত ভোল্টেজ দ্বারা রিসিভারটি অপারেট হবে।

১০.৫ স্বয়ংক্রিয় টেলিফোনে ব্যবহৃত টোনসমূহের বর্ণনা (Describe the Tones Used in Automatic Telephone)

স্বয়ংক্রিয় টেলিফোনে চার প্রকার টোন ব্যবহৃত হয়। নিচে এগুলোর বর্ণনা প্রদত্ত হলো :

(১) **ডায়াল টোন (Dial tone) :** যখন কোনো Calling Subscriber তার হ্যান্ডসেট তোলে তখন গ্রুপ সিলেক্টর হতে তার কাছে যে টোন আসে তাকে ডায়াল টোন বলে। এই টোনের মাধ্যমে প্রকাশ পায় যে, এক্সচেঞ্জ তখন Subscriber হতে ডায়ালিং গ্রহণ করতে প্রস্তুত আছে। তাই গ্রাহককে অবশ্যই ডায়াল টোন শুনতে হবে এবং তারপর ডায়ালিং শুরু করতে হবে। যখনই গ্রাহক হ্যান্ডসেটকে তুলে তার কানের কাছে আনে সাথে সাথে এক্সচেঞ্জ হতে ডায়াল টোন ফিরে আসে। যখন গ্রাহক তার প্রয়োজনীয় টেলিফোন নাম্বারের প্রথম ডিজিট ডায়াল করে তখনই ডায়াল টোন বন্ধ হয়ে যায়। ডায়াল টোন একটি Continuous tone-এর ফ্রিকুয়েন্সি 33 Cycle/ seconds.

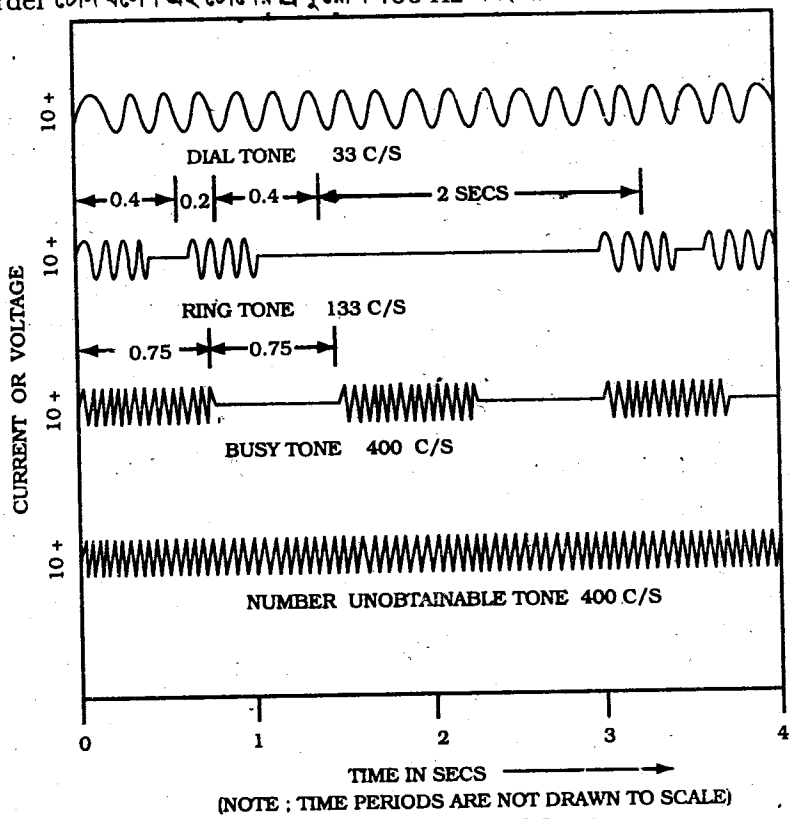
(২) **Ring tone :** যখন Called party-এর টেলিফোনটি Ringing হয় তখন ফাইনাল সিলেক্টর হতে যে টোনটি কলিং সাবসক্রাইবারের কাছে ফিরে আসে তাকে Ring tone বলে। যখন Called party তার হ্যান্ডসেট তুলে উত্তর প্রদান করে বা কথা বলে তখই ring tone বন্ধ হয়ে যায়। এটি 133 c/s frequency যুক্ত interrupted tone যার frequency-টি Ringing current-এর frequency-এর সমান। এর interruption নিম্নরূপ :

0.4 sec on, 0.2 sec off, 0.4 sec on, 0.2 sec off এভাবে চলতে থাকে।

(৩) **Busy tone :** যখন Called party-র সেটটি ব্যস্ত থাকে তখন ফাইনাল সিলেক্টর হতে Calling Subscriber-এর কাছে যে tone-টি ফিরে আসে তাকে busy tone বলে। এই টোন যেকোনো গ্রুপ সিলেক্টর স্টেজ হতে পাঠানো হয়। যখন নির্দিষ্ট গ্রুপ সিলেক্টর পরবর্তী স্টেজের একটি ফ্রি সিলেক্টরকে খুঁজে পেতে ব্যর্থ হয় এবং তা লেভেলের 11th Contact-এ ধাবিত হয়। যখন Calling subscriber তার hand set রেখে দেয় তখনই এই টোন বন্ধ হয়। এটি 400 c/s frequency বিশিষ্ট interrupted tone যার interruption নিম্নরূপ :

0.75 sec on,0.75 sec off and So on.

(৪) **Number Unobtainable Tone (Out of Order Tone) :** যখন Called party-'র লাইনটি খারাপ থাকে অথবা সংযুক্ত থাকে না অথবা অন্য কোনো কারণে লাইন পাওয়া যায় না তখন ফাইনাল সিলেক্টর হতে যে টোন কলিং সাব্‌সক্রাইবারের নিকট আসে সেই টোনকে number unobtainable টোন বা out of order টোন বলে। এই টোনের ফ্রিকুয়েন্সি 400 Hz এবং এটি একটি continuous tone.



চিত্র-১০.১০ : স্বয়ংক্রিয় টেলিফোনে ব্যবহৃত বিভিন্ন টোনের ওয়েভ

১০.৬ বিভিন্ন প্রকার ডায়ালিং পদ্ধতি বর্ণনা

Describe Different Type of Dialing System

বিভিন্ন প্রকার ডায়ালিং পদ্ধতি সম্পর্কে নিম্নে আলোচনা করা হলো :

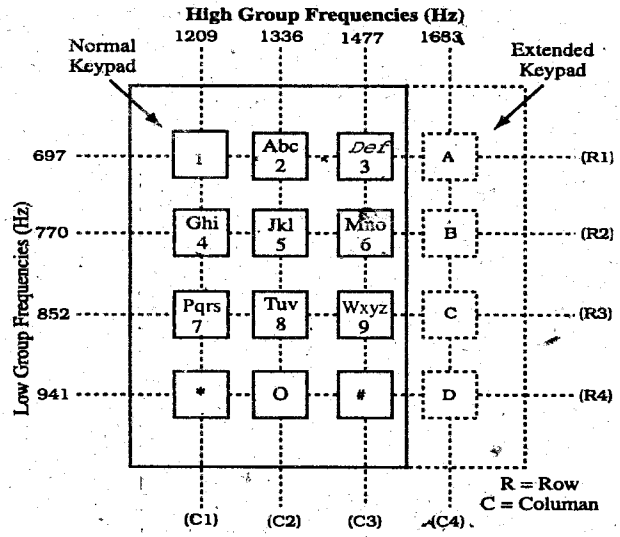
(১) ডিজিটাল টেলিফোন সেটের দুটি ডায়ালিং মোড আছে। এগুলো হলো :

(i) Pulse dialing ও (ii) Tone/DTMF dialing।

(i) Pulse dialing : টেলিফোন সেট প্রকৃতপক্ষে কোন্ ডায়ালিং মোডে কাজ করবে তা টেলিফোন এক্সচেঞ্জের ওপর নির্ভর করে। পূর্বে পাল্‌স ডায়ালিং পদ্ধতি ব্যবহৃত হতো। ঐ পদ্ধতিতে যে বোতাম চাপা হতো তার ওপর নির্ভর করে প্রতি সেকেন্ডে নির্দিষ্ট সংখ্যক পাল্‌স উৎপন্ন হত। যেমন "0" বোতামটিতে চাপ দেওয়া হলে প্রতি সেকেন্ডে সর্বোচ্চ ১০টি পাল্‌স উৎপন্ন হয়।

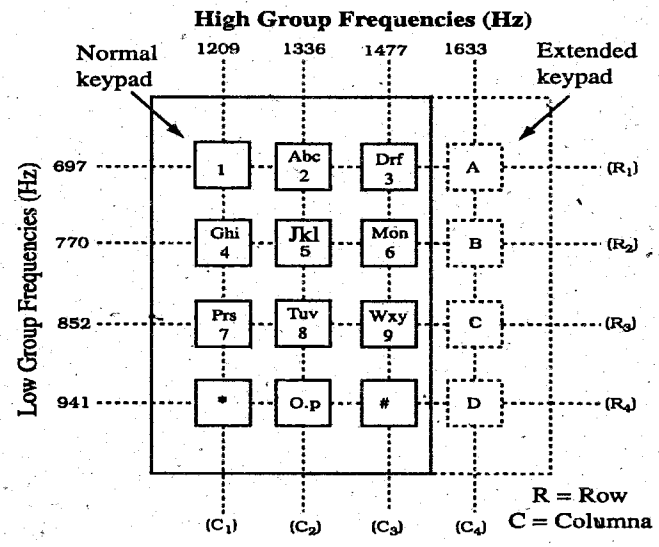
(ii) Tone/DTMF dialing : ইলেকট্রনিক্স টেলিফোন এক্সচেঞ্জ পাল্‌স এবং DTMF উভয় মোডে কাজ করে। টোন মোড ও DTMF উভয় মোডে কলাম ও সারি একই রূপে সজ্জিত থাকে। কিন্তু DTMF মোডে প্রতিটি সারি একটি নির্দিষ্ট নিম্নমানের ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করে ও কলামগুলো উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করে। যখন কোনো বোতামে চাপ দেওয়া হয় ঐ বোতামের সাথে সংশ্লিষ্ট সারি ও কলাম হতে যথাক্রমে নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি ও উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিবিশিষ্ট সিগনাল উৎপন্ন হয়ে এক্সচেঞ্জে যায়। যদি "1" বোতাম চাপা হয় তবে প্রথম সারি হতে 697 Hz ও প্রথম কলাম হতে 1209 Hz বিশিষ্ট

সিগনাল উৎপন্ন হয়ে এক্সচেঞ্জে যায়। ফলে এক্সচেঞ্জ বুঝতে পারে যে, "1" বোতামটিতে চাপ দেওয়া হয়েছে। সারি ও কলামের এই ফ্রিকুয়েন্সি আন্তর্জাতিকভাবে স্বীকৃত। সারি ও কলামের ফ্রিকুয়েন্সি নিচের চিত্রে দেখানো হলো :



চিত্র-১০.১১ : DTMF ফ্রিকুয়েন্সি

(২) **ডিজিটাল টেলিফোন সেটের পুশ বাটন ডায়ালিং পদ্ধতি (Push Button Dialling System of Digital Telephone Set) :** Calling Subscriber-এর টেলিফোন সেটের সাহায্যে কিছু নাম্বারকে কোড বা সিগন্যাল আকারে রূপান্তর করে পাঠানোর ব্যবস্থাই হচ্ছে ডায়ালিং। এই ডায়ালিং ব্যবস্থা দু'ভাবে সম্পন্ন করা যায়। যেমন-(১) ফিঙ্গার প্লেটকে ঘুরিয়ে ও (২) শুধুমাত্র নাম্বার বা বাটন টিপে। বাটনে চাপ দিয়ে ডায়ালিং করার অপর নাম হলো Push Button Dialling। কোন নাম্বার চাপ দেওয়ার ফলে উক্ত নাম্বারের জন্য একটি নির্দিষ্ট রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি এক্সচেঞ্জে প্রবেশ করে। এই ফ্রিকুয়েন্সিকে বলা হয় টোন ফ্রিকুয়েন্সি, যা এক্সচেঞ্জে গিয়ে চাপকৃত নাম্বারের সমতুল্য ডিজিট উৎপন্ন করে। নিম্নের চিত্রে Push Button Dialling System-এর পদ্ধতি দেখানো হলো :

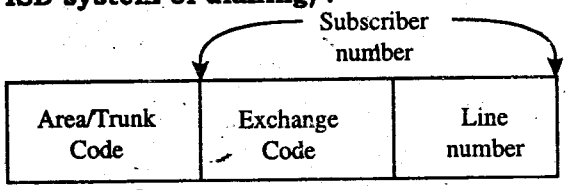


চিত্র-১০.১২ : Push button dialling system (DTMF frequency)

এক্সচেঞ্জের সুইচিং সার্কিট প্রত্যেকটি টোন ফ্রিকুয়েন্সির সংশ্লিষ্ট নাম্বারকে সুইচিং করে। টোন ফ্রিকুয়েন্সি প্রত্যেকটি নাম্বারের জন্য ভিন্ন ভিন্ন হয়ে থাকে। Push Button Dialling System-এর DTMF মোডে প্রত্যেকটি সারি একটি নির্দিষ্ট নিম্নমানের ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করে ও কলামগুলো উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করে। যখন কোনো বাটনে চাপ প্রয়োগ করা হয়, তখন ঐ বাটনের সাথে সংশ্লিষ্ট সারি ও কলাম হতে যথাক্রমে নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি ও উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি বিশিষ্ট সিগন্যাল উৎপন্ন হয়ে গ্রাহক সেট হতে ট্রান্সমিশন লাইনের মাধ্যমে এক্সচেঞ্জে যায়। যেমন–যদি "4" নাম্বার বাটনটি চাপ দেওয়া হয়, তবে ১ম সারি থেকে 770 Hz ও ১ম কলাম থেকে 1209 Hz বিশিষ্ট টোন ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন হয়ে এক্সচেঞ্জে যাবে। অনুরূপভাবে 0-9 পর্যন্ত আলাদা আলাদা ফ্রিকুয়েন্সি সিগন্যাল এক্সচেঞ্জে যাবে ও এক্সচেঞ্জে তা শনাক্ত হবে।

(৩) NWD এবং IDS ডায়ালিং সিস্টেম (NWD & ISD system of dialling) :

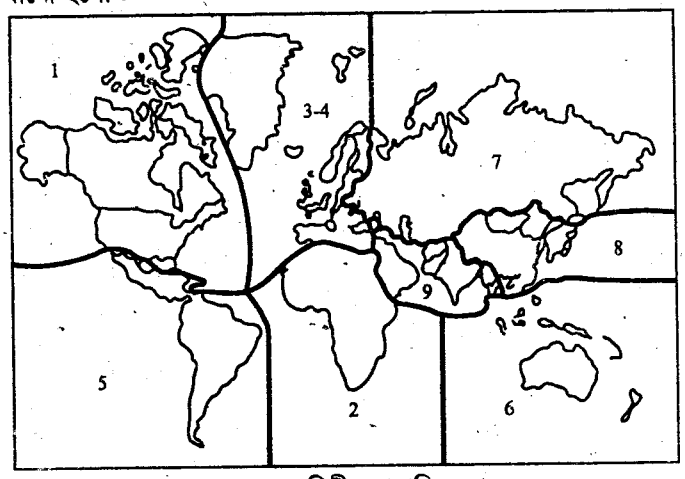
NWD ডায়ালিং : কোনো একটি দেশের বিভিন্ন অঞ্চলের মধ্যে Telecommunication-ই হচ্ছে NWD (Nation Wide Dialling) ডায়ালিং। জাতীয় টেলিফোন নাম্বার তিনটি অংশের সমন্বয়ে গঠিত। যেমন–



চিত্র-১০.১৩ : NWD Dialing

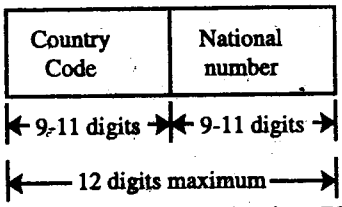
এখানে প্রথমে Area অথবা Trunk code ব্যবহার করা হয়, পরে Exchange code ও Line number ব্যবহার করে ডায়াল করা হয়।

ISD ডায়ালিং : সমগ্র পৃথিবীব্যাপী টেলিযোগাযোগের জন্য পৃথিবীকে ৮টি অঞ্চলে ভাগ করা হয়েছে, যা নিচের চিত্রের মাধ্যমে দেখানো হলো :



১০.১৪ : পৃথিবীর নাম্বারিং জোন

সাবস্ক্রাইবার ট্রাঙ্ক ডায়ালিং (STD) অথবা Direct Distance Dialling (DDD) এর শহর হতে অন্য শহরের মধ্যে সংঘটিত হয়, যা জাতীয় Numbering plan অনুসারে সংঘটিত হয়। এখানে একাধিক এক্সচেঞ্জ থাকলে তার চিহ্নিতকরণ নাম্বার থাকবে। তেমনি আন্তর্জাতিক টেলিকমিউনিকেশনের ক্ষেত্রে International Subscriber Dialling (ISD) সম্পাদনের জন্য International numbering plan থাকে। যেমন, এই নাম্বারিং প্লান অনুসারে আন্তর্জাতিক সাবস্ক্রাইবার ডায়ালিং সম্পাদন করা হয়।



চিত্র-১০.১৫ : ISD Numbering Plan

১০.৭ ট্রাফিক অ্যান্ড ট্রাঙ্কিং, বিজি আওয়ার ট্রাফিক ইউনিট, গ্রেড অব সার্ভিস, অ্যাভেইলাবিলিটি এবং আরলংস সূত্রের টার্মসমূহ

(Define the Terms Traffic & trunking, busy hour traffic unit, grade of service, availability and Erlong's formula)

Traffic : টেলিফোন ট্রাফিক বলতে কোনো টেলিফোন এক্সচেঞ্জের মধ্য দিয়ে যে টেলিফোন কল সংঘটিত হয়, তাকে বুঝায় এবং ট্রাফিক ইউনিট (TU) বলতে কোনো বিজি আওয়ারে কোনো এক্সচেঞ্জের মধ্য দিয়ে ট্রাফিক প্রবাহের রেটকে বুঝায়।

যদি N = বিজি আওয়ারে গড় কল সংখ্যা

T = গড় হোল্ডিং টাইম (ঘণ্টা)

A = ট্রাফিক প্রবাহের হার (TU ইউনিট) হয়,

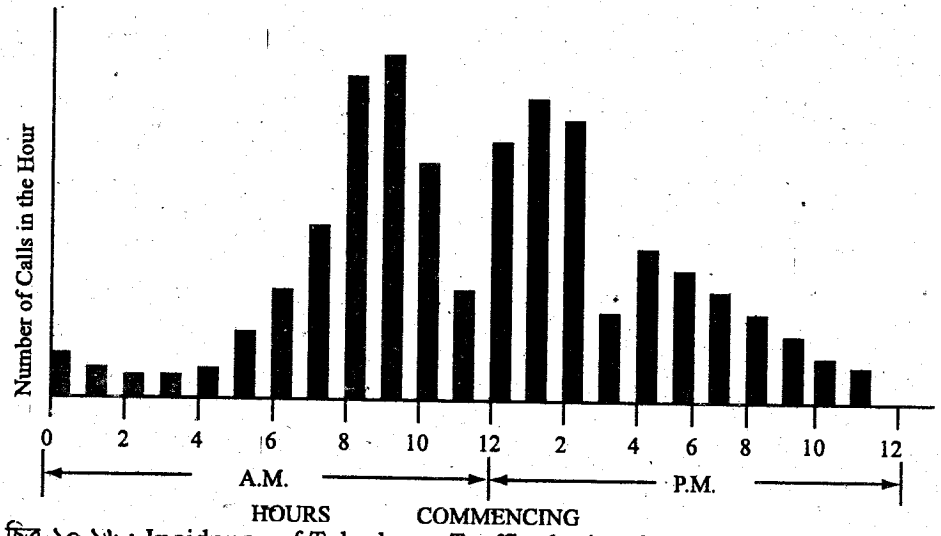
তবে, $A = NT$

যদি, $T = 1$ hour হয়, তবে $A = N$

অর্থাৎ যদি গড় হোল্ডিং টাইম এক ঘণ্টা হয়, তাহলে TU এককে ট্রাফিক প্রবাহ হবে গড় কল সংখ্যার সমান। টেলিফোন ট্রাফিকের পরিমাণ সকাল 10.30 থেকে 11.30 এর মধ্যে এবং বিকেল 3.00 থেকে 4.00 এর মধ্যে সর্বোচ্চ হয়। ট্রাঙ্কিং (Trunking) বলতে কোনো এক্সচেঞ্জ হতে টেলিফোন কল প্রবাহের পথ বা trute কে বুঝায়।

বিজি আওয়ার ট্রাফিক ইউনিট (Busy hour traffic unit) :

একটি এক্সচেঞ্জের বিজি আওয়ার হলো সেই 60 minute কাল যখন টেলিফোন ট্রাফিকের সংখ্যা সর্বোচ্চ থাকে। লোকেশনের উপর ভিত্তি করে এক্সচেঞ্জ হতে এক্সচেঞ্জে এই বিজি আওয়ার পরিবর্তিত হয়। যেমন একটি বাণিজ্যিক কেন্দ্রে অবস্থিত এক্সচেঞ্জে বিজি আওয়ার থাকে 10.30 – 11.30 AM, যা চিত্রে দেখানো হয়েছে। অন্যদিকে, বেশ কিছু সংখ্যক সিনেমা এবং বিনোদনমূলক কেন্দ্র সম্বলিত স্থানে অবস্থিত অন্য একটি এক্সচেঞ্জের সম্ভাব্য বিজি আওয়ার হচ্ছে 6–7 PM।



চিত্র-১০.১৬ : Incidence of Telephone Traffic during 24 Hours of a week day

বিজি আওয়ারের সময় প্রতি সাবস্ক্রাইবারের কলের গড় সংখ্যাকে বলা হয় বিজি আওয়ার কলিং রেট। যদি একটি এক্সচেঞ্জ বিজি আওয়ারের সময় কলের সংখ্যা 6000 হয় এবং ঐ এক্সচেঞ্জের মোট সাবস্ক্রাইবারের সংখ্যা 5000 হয়, তবে কলিং রেট (Calling rate) হবে–

$$\text{Busy hour calling rate, } R = \frac{6000}{5000}$$

$$= 1.2 \text{ calls/Subscriber}$$

বিজি আওয়ারে কোনো এক্সচেঞ্জের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ট্রাফিক প্রবাহের হার বা রেটকে বিজি আওয়ার ট্রাফিক ইউনিট বলে। ট্রাফিক ইউনিট দ্বারা ভলিউম অফ ট্রাফিক পরিমাপ করা হয়।

যদি N = Average number of calls in the busy hour

T = Average holding time (hours)

A = Rate of flow of traffic in TU, তাহলে

A = NT.....(i)

এখন যদি, T = 1 হয়, তবে

A = N.....(ii)

অর্থাৎ গড় হোল্ডিং টাইম 1 ঘণ্টা হলে ট্রাফিক ইউনিট হবে বিজি আওয়ারের গড় কল সংখ্যার সমান। এ বিজি আওয়ার ট্রাফিক ইউনিটের মাধ্যমে কোনো এক্সচেঞ্জের গড় কল সংখ্যা এবং গড় কল সময় জানা যায়।

গ্রেড অব সার্ভিস (Grade of Service) : কোনো এক্সচেঞ্জের সর্বোচ্চ ট্রাফিক সংখ্যা নির্ভর করে অল্প সময়ে ট্রাফিকের পিক মান এবং এর সম্ভাবনার উপর। অল্প সময়ে পিক ট্রাফিক মানের পর্যাপ্ত সুইচ ব্যবস্থা করা ইকোনমিক নয়। এজন্য সুইচের সংখ্যা পিক ট্রাফিক মানের চেয়ে কম রাখা হয়। কিন্তু সুইচের সংখ্যা অধিক পরিমাণে হ্রাস করলে বিরাট সংখ্যক কল ক্ষতিগ্রস্ত হবে।

অপর্যাপ্ত সুইচের জন্য বিজি আওয়ারে কোনো স্বয়ংক্রিয় এক্সচেঞ্জের অধীনে যে কলসমূহের লস অনুমান করা হয়, তাকে গ্রেড অব সার্ভিস বলে। বিজি আওয়ারে lost call ও মোট call সংখ্যার অনুপাত দ্বারা গ্রেড অফ সার্ভিস পরিমাপ করা হয়।

যদি A = অনুমোদিত বিজি আওয়ার ট্রাফিক হয় এবং a = বিজি আওয়ার ট্রাফিক লস হয়, তবে গ্রেড অব সার্ভিস, $B = \frac{a}{A}$ এভাবে গ্রেড অব সার্ভিস 0.002 দ্বারা বুঝায়, প্রতি 1000 কলে 2 টি কল অথবা প্রতি 500 তে 1 টি কল লস হয়েছে।

অ্যাভেইলাবিলিটি (Availability) : অ্যাভেইলাবিলিটি বলতে এক্সচেঞ্জের দুটি successive স্টেজের দুটি গ্রুপ সিলেক্টরের মধ্যে পূর্ববর্তী সিলেক্টর দিয়ে পরবর্তী গ্রুপের যে ট্রাঙ্ক সংযোগসমূহ লাভ করা যাবে, তাকে বুঝায়। যদি কোনো স্টেজের সুইচের সংখ্যা এর পূর্ববর্তী স্টেজের সুইচের ব্যাংক সংখ্যার সমান বা কম হয়, তাহলে সম্পূর্ণ Availability কন্ডিশন পাওয়া যাবে। কিন্তু পূর্ববর্তী স্টেজের সুইচের ব্যাংক কন্ট্যাক্ট সংখ্যা, পরবর্তী স্টেজের সুইচের চেয়ে বেশি হলে লিমিটেড Availability অবস্থা পাওয়া যাবে।

আরলংস এর সূত্র (Erlong's formula) : নির্দিষ্ট Grade of Service-এ বিশেষ পরিমাণ টেলিফোন ট্রাফিকের জন্য কতগুলো সুইচের প্রয়োজন হবে, তা Erlong's formula-এর সাহায্যে সঠিকভাবে নির্ণয় করা যায়।

Erlong's formula টি নিম্নরূপ–

$$B = \frac{\frac{A^N}{N!}}{1 + A + \frac{A^2}{2!} + \frac{A^3}{3!} + \ldots + \frac{A^N}{N!}}$$

যেখানে,

B = Grade of Service

A = Average traffic offered (TU)

N = Number of trunks.

অনুশীলনী প্রশ্ন

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **সাইড টোন কী?** *[বাকাশিবো : '০৮, '১০, '১৪]*

উত্তর : যখন কোনো ব্যক্তি টেলিফোনে কথা বলে, তখন যদি তার নিজস্ব কথা রিসিভারে শুনতে পায়, তাহলে এই প্রতিক্রিয়াকে সাইড টোন বলে।

অন্য কথায়, প্রেরক নিজের ট্রান্সমিটার থেকে উৎপাদিত শব্দের যে অংশ নিজের রিসিভারে শুনতে পায়, তাকে সাইড টোন (side tone) বলে।

২। **ASTIC কী?** *[বাকাশিবো : '১৪R]*

উত্তর : আধুনিক টেলিফোন সেটগুলোতে সাইড টোনকে কমানোর জন্য একটি বিশেষ ধরনের ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয়। এই বিশেষ ধরনের ট্রান্সফরমারটিকে বলা হয় Anti Side Tone Induction Coil বা সংক্ষেপে ASTIC।

৩। **সেলুলার ফোন কী?** *[বাকাশিবো : '০৭, '০৯, '১৪]*

উত্তর : সেলুলার ফোন এক ধরণের টেলিফোন যার মাধ্যমে ফোন প্রকার ভৌত সংযোগ ছাড়াই রেডিও সিস্টেমে access করা যায় ফলে এটিকে বিশাল ব্যাপ্তিতে ব্যবহার করা যায়।

৪। **অটোমেটিক টেলিফোনে কয়টি টোন ব্যবহৃত হয় ও কী কী?** *[বাকাশিবো : '১২(৪র্থ)]*

উত্তর : স্বয়ংক্রিয় টেলিফোনে ৪টি টোন ব্যবহৃত হয়, যথা–

(১) ডায়াল টোন (Dial tone),

(২) রিং টোন (Ring tone),

(৩) বিজি টোন (Busy tone) ও

(৪) নাম্বার অপ্রাপ্যতাজ্ঞাপক টোন (Number unobtainable tone)।

৫। **NWD ও ISD এর পূর্ণনাম লিখ।** *[বাকাশিবো : '০৫, '০৬, '০৮, '১০, '১১]*

উত্তর : NWD ও ISD এর পূর্ণনাম হলো Nation Wide Dialing এবং International Subscriber Dialing.

৬। **টেলিফোন ট্রান্সমিটার কী?**

উত্তর : টেলিফোন ট্রান্সমিটার হচ্ছে এমন একটি ট্রান্সডিউসার, যা শব্দ তরঙ্গকে ইলেকট্রিক্যাল সিগন্যালে পরিণত করে।

৭। **কার্বন গ্র্যানুয়েল ট্রান্সমিটারের কার্যপ্রণালির সূত্রটি লিখ।**

উত্তর : লোড রেজিস্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তাৎক্ষণিক কারেন্টের মান হচ্ছে–

$i = I_0 (1 + m \sin\omega t)$

চিহ্নগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে।

৮। **টেলিফোন সিস্টেমের প্রধান অংশ কয়টি ও কী কী?**

উত্তর : টেলিফোন সিস্টেমের প্রধান অংশ তিনটি। যথা–

(১) ট্রান্সমিটার,

(২) রিসিভার ও

(৩) টেলিফোন লাইন।

৯। **Energizing Current কী?**

উত্তর : ন্যূনতম যে D.C স্থির কারেন্ট (I_0) না থাকলে কার্বনগুঁড়া ট্রান্সমিটারের আউটপুটে কোনো সিগন্যাল পাওয়া যায় না, তাকে Energizing Current বলে।

১০। **টেলিফোন রিসিভার বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : টেলিফোন রিসিভার এমন একটি ট্রান্সডিউসার, যা বৈদ্যুতিক সিগন্যালকে সাউন্ড সিগন্যালে রূপান্তর করে।

১১। **টেলিফোন রিসিভারের কার্যপ্রণালির সমীকরণটি লিখ।**

উত্তর : $F = K_2\phi^2 + K_3I_m\sin\omega t$ সকল চিহ্নগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে।

১২। **DTMF অর্থ কী?**

উত্তর : DTMF অর্থ Dual Tone Multi frequency.

১৩। **ডিজিটাল টেলিফোন সেটের ডায়ালিং মোড কয়টি ও কী কী?**

উত্তর : ডিজিটাল টেলিফোন সেটের ডায়ালিং মোড ২টি। যথা–

(১) পালস্ ডায়ালিং মোড ও

(২) টোন/DTMF ডায়ালিং মোড।

১৪। **ভোল্টেজ ড্রপার সেকশনের কাজ কী?**

উত্তর : ভোল্টেজ ড্রপার সেকশন এক্সচেঞ্জ হতে আগত 40-60 V-কে 9-12 V-এ রূপান্তর করে সেটের ইলেকট্রনিক সার্কিটে সরবরাহ করে।

১৫। **Ring tone telephone exchange-এর কোন্ স্তর থেকে আসে?**

উত্তর : এই টোনটি ফাইনাল সিলেক্টর হতে Calling Subscriber-এর নিকট আসে।

১৬। **NWD এবং ISD এর পূর্ণ নাম লিখ।**

উত্তর : NWD এর পূর্ণ নাম হচ্ছে Nation Wide Dialing এবং ISD-এর পূর্ণ নাম হচ্ছে International Subscriber Dialing।

১৭। **বিজি আওয়ার কাকে বলে?**

উত্তর : সকাল ৯টা হতে ১০টা এবং বিকেল ৩টা হতে ৪টা ও সন্ধা ৬টায় সর্বোচ্চ কল যাতায়াত করে। দিনের এ সময়কে বিজি আওয়ার বলে।

১৮। **বিজি আওয়ার কলিং রেট কী?**

উত্তর : বিজি আওয়ারের সময় প্রতি সাবস্ক্রাইবারের কলের গড় সংখ্যাকে বলা হয় বিজি আওয়ার কলিং রেট (Busy hour calling rate।

১৯। **Grade of Service কী?**

উত্তর : অপর্যাপ্ত সুইচের জন্য বিজি আওয়ারে কোনো স্বয়ংক্রিয় এক্সচেঞ্জের অধীনে যে কলসমূহের লস (loss) অনুমান করা হয় তাকে Grade of Service বলে।

২০। **অ্যাভেইলেবিলিটি কাকে বলে?**

উত্তর : কোনো এক্সচেঞ্জের দুটি পর্যায়ক্রমিক স্টেজের দুটি গ্রুপ সিলেক্টরের মধ্যে পূর্ববর্তী সিলেক্টর দিয়ে পরবর্তী গ্রুপের সাথে ট্রাঙ্ক প্রতিষ্ঠা করাকে অ্যাভেইলেবিলিটি বলে।

২১। Erlong's formula টি লিখ।

উত্তর : Erlong's formula-টি নিম্নরূপ–

$$B = \frac{\frac{A^N}{N!}}{1 + A + \frac{A^2}{2!} + \frac{A^3}{3!} + \ldots + \frac{A^N}{N!}}$$

যেখানে,

B = Grade of Service

A = Average traffic offered (TU)

N = Number of trunks.

২২। টেলিগ্রাফী কাকে বলে?

উত্তর : যে সিস্টেমে কোন লিখিত ম্যাসেজকে একস্থান থেকে অন্য স্থানে প্রেরণ করা হয়, তাকে টেলিগ্রাফী বলে। এ পদ্ধতিতে লিখিত ম্যাসেজকে যে কোন এক প্রকার কোডে রূপান্তর করে ট্রান্সমিট করা হয়। রিসিভিং প্রান্তে উক্ত কোডকে ডিকোড করে মূল ম্যাসেজে রূপান্তর করা হয়।

২৩। টেলিগ্রাফ কোড কাকে বলে?

উত্তর : যে সাংকেতিক পদ্ধতিতে টেলিগ্রাফ যন্ত্রের সিগন্যাল ট্রান্সমিট ও রিসিভ করা হয়, তাকে টেলিগ্রাফ কোড বলা হয়। এ কোড কতকগুলো সিগন্যাল এলিমেন্টের সমন্বয়।

২৪। অটোমেটিক টেলিফোনীতে কি কি ডায়ালিং সিস্টেম ব্যবহৃত হয়?

উত্তর : অটোমেটিক টেলিফোনীতে ডায়ালিং সিস্টেম মূলতঃ দুই প্রকার। যথা–

(১) পালস ডায়ালিং (Pulse dialing),

(২) টোন ডায়ালিং (Tone dialing),

২৫। টোন ডায়ালিং এর সুবিধা লিখ।

উত্তর : টোন ডায়ালিং এর সুবিধা :

(১) এর গতিবেগ পালস্ ডায়ালিং এর তুলনায় বেশি।

(২) সেন্ট্রাল অফিসের সাতে যোগাযোগ সহজ।

২৬। NWD পদ্ধতি কাকে বলে?

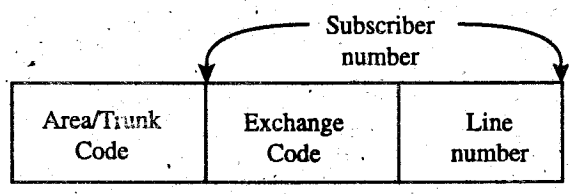
উত্তর : কোন একটি দেশের বিভিন্ন জোনের টেলিফোন গ্রাহকের মধ্যে যোগাযোগ স্থাপনের পদ্ধতিকে NWD বলা হয়। অর্থাৎ কোন একজন গ্রাহক তার নিজ দেশের যে কোন গ্রাহকের সাথে টেলিযোগাযোগ স্থাপন পদ্ধতিই হলো NWD একে DDD (Direct Distance Dialing) পদ্ধতি বলা হয়।

২৭। ISD পদ্ধতি কাকে বলে?

উত্তর : কোন দেশের যে কোন গ্রাহক পৃথিবীর যে কোন দেশের যে কোন গ্রাহকের সাথে টেলিযোগাযোগ করার পদ্ধতিতে ISD পদ্ধতি বলা হয়।

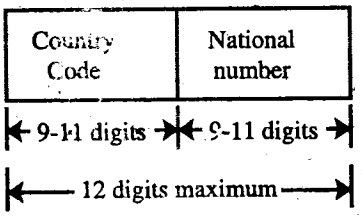
২৮। NWD পদ্ধতির ফরমেট দেখাও।

উত্তর : নিম্নে NWD পদ্ধতির ফরমেট দেখানো হলো :



২৯। **ISD পদ্ধতির ফরমেট দেখাও।**

উত্তর : নিম্নে ISD পদ্ধতির ফরমেট দেখানো হলো :



৩০। **ট্রাফিক কাকে বলে?**

উত্তর : কোন একটি টেলিফোন এক্সচেঞ্জের মধ্য দিয়ে যে টেলিফোন কল সংগঠিত হয়, তাকে ট্রাফিক বলে।

৩১। **বিজি আওয়ারে ট্রাফিক ইউনিট কী?**

উত্তর : বিজি আওয়ারে প্রত্যেক গ্রাহক গড়ে যত সংখ্যক কল করেন, তাকে বিজি আওয়ার ট্রাফিক ইউনিট বলে।

৩২। **গ্রেড অব সার্ভিস কাকে বলে?**

উত্তর : অপর্যাপ্ত সুইচের জন্য বিজি আওয়ারে কোন অটোমেটিক এক্সচেঞ্জের অধীনে যে কলসমূহের মিস বা লস অনুমান করা হয়, তাকে গ্রেড অব সার্ভিস বলে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **স্বয়ংক্রিয় টেলিফোনে ব্যবহৃত বিভিন্ন টোনসমূহের ফ্রিকুয়েন্সি উল্লেখ কর।** *[বাকাশিবো : '০৬, '০৭, '০৮, '১০, '১১, '১৩, '১৪]*

উত্তর : স্বয়ংক্রিয় টেলিফোনে ব্যবহৃত বিভিন্ন টোনসমূহের ফ্রিকুয়েন্সি নিম্নরূপ :

(ক) ডায়াল টোন (DT) : 33Hz এর Continuous tone

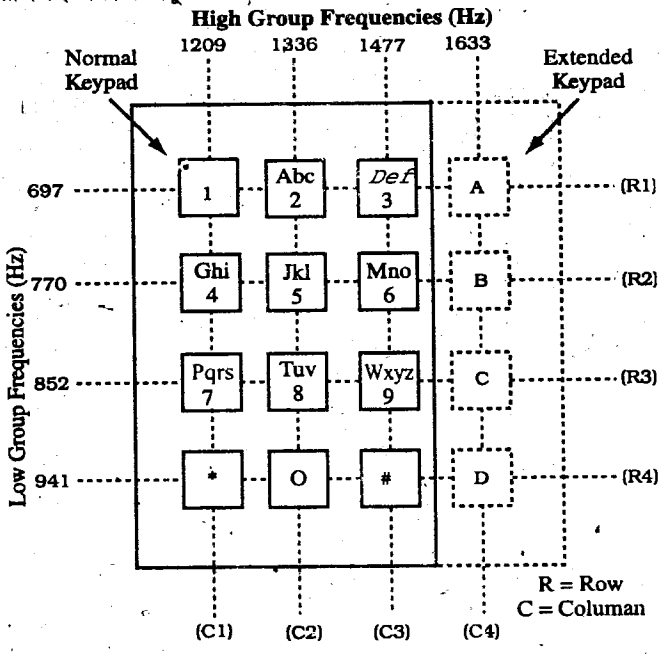
(খ) রিং টোন (RT) : 133Hz এর বিরতিযুক্ত সিগন্যাল

(গ) বিজি টোন (BT) : 400 Hz এর বিরতিযুক্ত সিগন্যাল

(ঘ) Number unobtainable tone (NUT) : 400 Hz এর একটি Continuous সিগন্যাল।

২। **ফ্রিকুয়েন্সিসহ একটি আধুনিক টেলিফোন সেটের কী-প্যাড অঙ্কন কর।** *[বাকাশিবো : '১২(৪র্থ)]*

উত্তর : নিম্নে ফ্রিকুয়েন্সিসহ একটি আধুনিক টেলিফোন সেটের কী-প্যাড অঙ্কন করা হলো :



৩। **কার্বনগুড়া টেলিফোন ট্রান্সমিটারের সুবিধা-অসুবিধা লিখ।** *[বাকাশিবো : '০৬, '০৮, '১০]*

উত্তর : কার্বনগুড়া টেলিফোন ট্রান্সমিটারের সুবিধা–

(১) সেনসিটিভিটি খুবই উচ্চ।

(২) খুব মজবুত ও টেকসই হয়।

অসুবিধা–

(১) পৃথক পাওয়ার সোর্সের প্রয়োজন হয়।

(২) মডুলেশনের হার বেশি হলে ডিশটরশন দেখা দেয়।

৪। **সাইড টোনের সুবিধা লিখ।** *[বাকাশিবো : '০৬, '০৭, '০৮, '১০]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১০.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **সাইড টোনের অসুবিধা লিখ।** *[বাকাশিবো : '০৬, '০৭, '০৮, '১০]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১০.৪ নং দ্রষ্টব্য।

কার্বন ট্রান্সমিটারে কার্বনগুঁড়া ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধা লিখ। *[বাকাশিবো : '০৬, '০৮, '১০]*

উত্তর : সুবিধা :

(ক) এর সেনসিটিভিটি উচ্চ।

(খ) এটা খুবই মজবুত এবং টেকসই হয়।

অসুবিধা :

(ক) এতে পৃথক পাওয়ার সোর্সের দরকার হয়।

(খ) মডুলেশনের শতকরা হার বেশি হলে ডিসটোরশন দেখা দেয়।

৭। **ডিজিটাল টেলিফোন সেটের পালস ডায়ালিং ও টোন ডায়ালিং মোড বলতে কী বুঝ?**

উত্তর :

(১) **পালস ডায়ালিং মোড :** এটা একটি পুরাতন পদ্ধতি। এ পদ্ধতির মূলনীতি হলো, যে বাটনে চাপ দেওয়া হবে তার উপর ভিত্তি করে প্রতি সেকেন্ডে নির্দিষ্ট সংখ্যক পালস্ উৎপন্ন হবে।

(২) **টোন/DTMF ডায়ালিং মোড :** এই মোডে কীগুলো মেট্রিক্স আকারে সজ্জিত থাকে। প্রতিটি সারি একটি নির্দিষ্ট নিম্নমানের ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করে ও কলামগুলো উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করে। যখন কোনো বাটনে চাপ প্রয়োগ করা হয় তখন সংশ্লিষ্ট সারি ও কলাম থেকে যথাক্রমে নিম্ন ও উচ্চ মানের ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন হয়ে এক্সচেঞ্জে গমন করে।

৮। **সাধারণ ডিজিটাল টেলিফোন সেট ও কর্ডলেস টেলিফোন সেটের মধ্যে পার্থক্য কী?**

উত্তর : সাধারণ ডিজিটাল টেলিফোন সেট ও কর্ডলেস টেলিফোন সেটের মধ্যে পার্থক্য হলো, কর্ডলেসে একটি রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি ট্রান্সমিটার, মডুলেটর ও ডিমডুলেটর সার্কিট থাকে। তাছাড়া কর্ডলেস টেলিফোন সেটে পাওয়ার বেশি দরকার হয়। ফলে তাকে সবসময়ই A.C পাওয়ারের সাথে সংযুক্ত রাখা হয়। ফলে পাওয়ার সাপ্লাইয়ে বিঘ্ন ঘটলে কর্ডলেস পদ্ধতি কোনো কাজ করে না।

৯। **পুশ বাটন ডায়ালিং পদ্ধতি কীভাবে কাজ করে?**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১০.৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। **সাইড টোন কেন সৃষ্টি হয়?**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১০.৩ নং দ্রষ্টব্য।

১১। ট্রাফিক ও ট্রাঙ্কিং-এর মধ্যে পার্থক্য লিখ।

উত্তর : টেলিফোন ট্রাফিক বলতে কোনো টেলিফোন একচেঞ্জের মধ্য দিয়ে যে টেলিফোন কল সংঘটিত হয় তাকে বুঝায় আর ট্রাঙ্কিং বলতে কোনো একচেঞ্জ হতে টেলিফোন কল প্রবাহের পথ বা route-কে বুঝায়।

১২। ডিজিটাল টেলিফোন সেটের ডায়ালিং মোড কয়টি ও কী কী?

উত্তর : ডিজিটাল টেলিফোন সেটের দুটি ডায়ালিং মোড থাকে :

(১) পালস্ ডায়ালিং মোড,

(২) টোন/DTME ডায়ালিং মোড।

(১) পালস্ ডায়ালিং মোড : এটি একটি পুরাতন পদ্ধতি। এ পদ্ধতির মূলনীতি হলো, যে বাটনে চাপ দেওয়া হবে তার উপর ভিত্তি করে প্রতি সেকেন্ডে নির্দিষ্ট সংখ্যক পালস্ উৎপন্ন হবে।

(২) টোন/DTME ডায়ালিং মোড : এই মোডে কীগুলো মেট্রিক্স আকারে সজ্জিত থাকে। প্রতিটি সারি একটি নির্দিষ্ট নিম্নমানের ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করে ও কলামগুলো উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন করে। যখন কোন বাটনে চাপ প্রয়োগ করা হয় তখন সংশ্লিষ্ট সারি ও কলাম থেকে যথাক্রমে নিম্ন ও উচ্চ মানের ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন হয়ে এক্সচেঞ্জ গমন করে।

১৩। ASTIC সার্কিটের মূলনীতি লিখ।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১০.৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। আধুনিক হ্যান্ডসেটের চিত্র অঙ্কন করে বিভিন্ন অংশের নাম লিখ।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১০.২ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

১। চিত্রসহ একটি কার্বন গ্র্যানিউল ট্রান্সমিটারের কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর। *[বাকাশিবো : '১২(৪র্থ), '১৪, '১৪R]*

অথবা, আধুনিক হ্যান্ড সেট টেলিফোন ট্রান্সমিটারের কার্যপ্রণালি গাণিতিক বিশ্লেষণসহকারে বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১০.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। স্বয়ংক্রিয় টেলিফোনে ব্যবহৃত বিভিন্ন টোনের বিবরণ দাও। *[বাকাশিবো : '১৪]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১০.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩। আধুনিক হ্যান্ডসেট টেলিফোন রিসিভারের কার্যপ্রণালি গাণিতিকি বিশ্লেষণসহকারে বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১০.২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। NWD এবং ISD ডায়ালিং সিস্টেম সম্পর্কে যা জান লিখ।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১০.৬ (৩) নং দ্রষ্টব্য।

৫। বিভিন্ন প্রকার ডায়ালিং সিস্টেমের বর্ণনা দাও।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১০.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬। অ্যান্টিসাইডটোন সার্কিট কী কাজে ব্যবহৃত হয়? একটি ASTIC সার্কিটের গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১০.৪ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায় ১১ ডিজিটাল কমিউনিকেশনের ধারণা
(Understand the Concept of Digital Communication)

১১.০ ভূমিকা
(Introduction)

যে কমিউনিকেশন পদ্ধতিতে সিগন্যাল এনকোডিং, চ্যানেল নিয়ন্ত্রণ ও নির্বাচন, গ্রাহক প্রান্ত হতে আগত সিগন্যাল ডিজিটাল আকারে বাইনারি 0 এবং 1 আকারে গ্রহণ করা হয়, তাকে ডিজিটাল কমিউনিকেশন বলে। এরূপ কমিউনিকেশনের জন্য PCM ব্যবহার করা হয়। ডিজিটাল কমিউনিকেশন অন্যান্য যোগাযোগ বা কমিউনিকেশনের তুলনায় ব্যয়বহুল ও জটিল হলেও এর অনেক সুবিধা রয়েছে।

ডিজিটাল কমিউনিকেশনের সুবিধা :

ডিজিটাল কমিউনিকেশনের সুবিধাসমূহ নিম্নরূপ :

(১) এটি বিশ্বস্ত যোগাযোগ ব্যবস্থা।
(২) এ ব্যবস্থায় নয়েজ ও ডিসটোরশন সীমিত থাকে।
(৩) ডিজিটাল তথ্য পুনরুৎপাদন সহজ।
(৪) ডিজিটাল কমিউনিকেশনে হার্ডওয়্যার বাস্তবায়ন সহজ।
(৫) ডিজিটাল সিগনাল কোডিং করা সহজ। ফলে এতে বিশ্বস্ততা ও গোপনীয়তা রক্ষা করা সহজ।
(৬) একাধিক ডিজিটাল সিগনাল হতে অধিক দক্ষতার সাথে একটি সিগনালকে মাল্টিপ্লেক্স করা যায়।
(৭) ডিজিটাল সিগনাল স্টোর করা সহজ।

ডিজিটাল কমিউনিকেশনের অসুবিধা : ডিজিটাল কমিউনিকেশনের অসুবিধা হলো–

(১) ডিজিটাল কমিউনিকেশন সিস্টেম ডিজাইন করা জটিল।
(২) অ্যানালগ সিগনালের Accuracy ঠিক রেখে ডিজিটাল সিগনালে রূপান্তর করা কঠিন।

১১.১ ডিজিটাল কমিউনিকেশনের সুবিধা
(Mention the Advantage of Digital Communication)

কোনো তথ্যকে ডিজিটাল তথ্যে রূপান্তর করে ট্রান্সমিট করার পদ্ধতিকে ডিজিটাল কমিউনিকেশন বলে। এর সুবিধাসমূহ নিম্নে প্রদত্ত হলো :

(১) ডিজিটাল কমিউনিকেশনে ট্রান্সমিটার পাওয়ার কম লাগে।
(২) এর সাহায্যে বিভিন্ন জটিল সিস্টেম প্রসেস করা যায়।
(৩) এ সিস্টেমে এরর (error) কম হয়।
(৪) এতে সহজে ডাটা স্টোর করা যায়।
(৫) এর স্পিড বেশি।
(৬) এতে প্রয়োজনীয় ইনস্ট্রাকশন মেমোরিতে সংরক্ষণ করে স্বয়ংক্রিয় অপারেশন সম্পন্ন করা যায়।
(৭) এ সিস্টেমে স্যাটেলাইট ও অপটিক্যাল ফাইবার ব্যবহার করা হয় বিধায় দ্রুতগতিতে কাজ করা যায়।
(৮) এতে এরর ডিটেকটিং ও কারেকটিং কোড (Error Detecting and Correcting Code) ব্যবহার করা হয় বলে তথ্যের ত্রুটি খুব সহজে নির্ণয় করা যায়। অর্থাৎ এতে তথ্যের ত্রুটি খুব সহজে নির্ণয় করা যায়।
(৯) এতে যে কোনো সূক্ষ্মতায় তথ্য ট্রান্সমিট করা যায়।
(১০) এতে বিভিন্ন জটিল সিস্টেমের ডাটা সহজেই ব্যবহার করা যায়।
(১১) এতে যে কোনো সিস্টেমের সমন্বয় করা সহজ।
(১২) এতে ব্যবহৃত আইসি (IC)-গুলো সহজলভ্য। অর্থাৎ এর গুরুত্বপূর্ণ সুবিধা হলো কম দামে হাই পারফরম্যান্স ডিজিটাল আইসি পাওয়া যায়।
(১৩) এতে তথ্যের গোপনীয়তা রক্ষা করা যায়।
(১৪) এতে বিশাল ডিজিটাল সিস্টেমকে সহজে ডুপ্লিকেট করা যায়।

১১.২ Sampling তত্ত্ব বর্ণনা
(Describe the Sampling Theorem)

অ্যানালগ সিগন্যালকে ট্রান্সমিট করার জন্য পালস কোড মডুলেশন (PCM) ব্যবহার করা হয়। যেখানে কন্টিনিউয়াস ওয়েভকে একটি নির্দিষ্ট ব্যবধানে স্যাম্পল করা হয়। Sampling তত্ত্ব অনুসারে যে কোনো পালস মডুলেশন পদ্ধতিতে Sampling হার সর্বোচ্চ Sampling ফ্রিকুয়েন্সির দ্বিগুণ মান অতিক্রম করলে অরিজিনাল সিগন্যাল রিসিভারের মধ্যে সর্বনিম্ন ডিস্টরশনসহ পুনঃউৎপাদন হতে পারে। অর্থাৎ যদি কোনো পালস মডুলেশন পদ্ধতির Sampling হার সর্বোচ্চ Sampling ফ্রিকুয়েন্সির (f_m) দ্বিগুণ ($2f_m$) মান অতিক্রম করে, তবে মূল সিগন্যাল (f_m) রিসিভারের মধ্যে সর্বনিম্ন ডিস্টরশনসহ পুনঃউৎপাদন হবে। অর্থাৎ যদি অ্যানালগ ফ্রিকুয়েন্সি (f_m) এবং Sampling টাইম T_S হয়, তবে $T_S = \frac{1}{2f_m}$ হবে। বাস্তবক্ষেত্রে সর্বনিম্ন Sampling গতিবেগ নির্ণয় করার জন্য Sampling তত্ত্ব প্রয়োগ করা হয়। গাণিতিকভাবে প্রমাণ করা যায় যে, সর্বনিম্ন অনুমোদনযোগ্য Sampling হার হলো $2f_m$। এ সর্বনিম্ন হারকে বলা হয় Nyquist rate. আদর্শ অডিও ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 300 – 3400 Hz এর জন্য Sampling হার হবে 8000 স্যাম্পল/সেকেন্ড। অর্থাৎ এ Sampling হার সর্বোচ্চ অডিও ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের দ্বিগুণ অপেক্ষা বেশি।

১১.৩ Sampling-এর প্রকারভেদ
(Mention the types of Sampling)

যখন কোনো ম্যাসেজকে Continuous সিগনালের পরিবর্তে পাল্‌স আকারে ট্রান্সমিট করা হয় তখন তাকে Sampling বলে।

Sampling-এর প্রকারভেদ :

Sampling সাধারণত তিন প্রকার । যথা :

(১) Chopper Sampling, (২) Ideal Sampling ও (৩) Practical Sampling.

Chopper Sampling আবার দুই প্রকার। যথা–

(i) Unipolar chopper ও (ii) Bipolar chopper

Ideal Sampling আবার ৩ প্রকার। যথা–

(i) Uniform Periodic, (ii) Non-Uniform Periodic ও (iii) Cyclic Variable।

Practical Sampling আবার ২ প্রকার। যথা–

(i) Natural Sampling ও (ii) Flat-top Sampling।

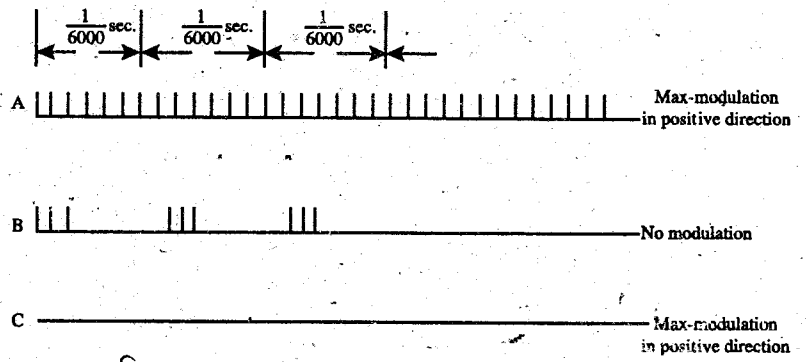
১১.৪ পিএনএম ও পিসিএম-এর কোয়ান্টাইজেশন ও কোডিং-এর মূলনীতি বর্ণনা
(Describe the Quantization and Coding Principle of PNM & PCM)

(১) PNM কোডিং-এর মূলনীতি (The Coding Principle of PNM) : কমিউনিকেশনের উদ্দেশ্যে PNM বা Pulse Number Modulation ব্যবহার করা হয়। এটি একটি পালস কমিউনিকেশন সিস্টেম। এ মডুলেশনে সমান দৈর্ঘ্যের পালস ব্যবহার করা হয় এবং কার্যকরী মডুলেশন (Useful modulation) অনুসারে প্রেরিত পালসের সংখ্যা পরিবর্তিত হয়।

সমান দৈর্ঘ্যের এবং ধ্রুব অ্যামপ্লিচিউডের পালস প্রেরণের জন্য রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি এনার্জির পৌনঃপুনিকভাবে হার কমপক্ষে সর্বদা সর্বোচ্চ মডুলেশন ফ্রিকুয়েন্সির দ্বিগুণ হতে হবে।

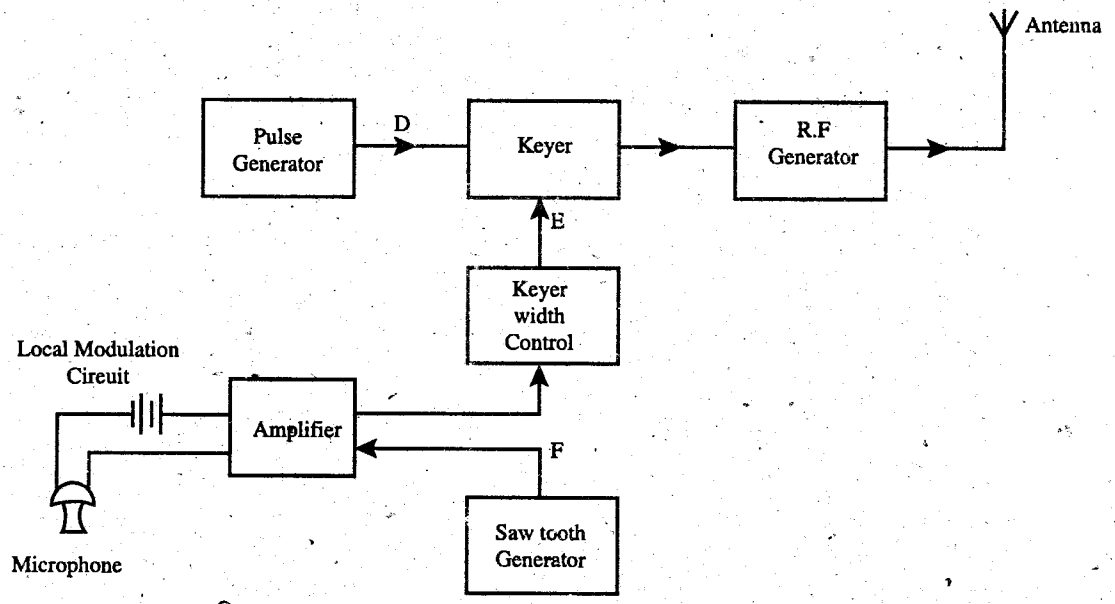
এক্ষেত্রে প্রেরিত পালসের সংখ্যা মডুলেশন পটেনশিয়াল অনুসারে পরিবর্তন করা হয়। অন্যকথায় বলতে গেলে, পালসের বিভিন্ন সংখ্যা বাদ দিয়ে সিগন্যালিং সম্পন্ন করা হয়। এভাবে যদি প্রেরিত পালসের সর্বোচ্চ সংখ্যা 36,000/sec. হয় এবং গড়ে মডুলেশন ফ্রিকুয়েন্সি 3000 c/s হয়, তাহলে কার্যকরী মডুলেশন অনুসারে প্রেরিত পালসের সংখ্যা 36000/sec. হতে শূন্যের মধ্যে পরিবর্তন হবে। No Signal Modulation-এর ক্ষেত্রে প্রেরিত পালসের সংখ্যা হবে 18,000/sec. অথবা সর্বোচ্চ পালস সংখ্যার অর্ধেক। কোনো একদিকে সর্বোচ্চ মডুলেশনের জন্য ধরি ধনাত্মক দিকের জন্য পালসের সংখ্যা হবে 36000-টি। অন্য দিকে, ধরি ঋণাত্মক দিকে সর্বোচ্চ মডুলেশনের জন্য কোনো আউটগোয়িং পালস থাকবে না। Acoustic transducer-এর মধ্য দিয়ে গমনে সক্ষম হওয়ার জন্য রিসিভারে থাকবে পালস সিলেকটিভ সার্কিট এবং একটি সিনক্রোনাসলি কন্ট্রোলড ইলেকট্রনিক গেট। যদি কমিউনিকেশনের উদ্দেশ্যে পালস ব্যবহার করা হয়, তবে পালসগুলো তাদের মধ্যকার টাইম ইন্টারভ্যালের তুলনায় সংক্ষিপ্ত (Short) হবে হবে।

নিচের চিত্রে তিনটি পালস মডুলেশন অবস্থা দেখানো হয়েছে, যা ট্রান্সমিটার দ্বারা পাওয়া যায়। এ পদ্ধতিতে পালসের উচ্চতা, পালস টাইমিং এবং পালস অ্যামপ্লিচিউড ধ্রুব থাকে। লাইন A দ্বারা দেখানো হয়েছে যে, সর্বোচ্চ মডুলেশন অবস্থার জন্য ট্রান্সমিটারটি একদিকে সর্বোচ্চ সংখ্যক পালস পাঠায়।



চিত্র-১১.১ : Pulse Number Modulation System

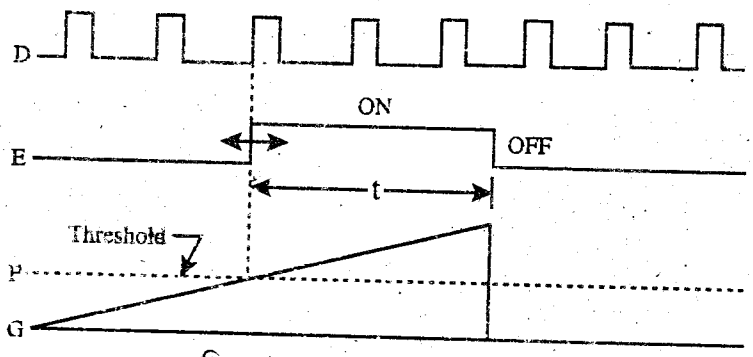
ধরে নেয়া হয়েছে যে, +ve দিকে সর্বোচ্চ মডুলেশনের অবস্থা প্রকাশ করে এবং প্রতি সেকেন্ডে সর্বোচ্চ পালসের সংখ্যা 36000 অথবা $\frac{1}{6000}$ সেকেন্ডের জন্য Nটি করে পালস। এখানে প্রতিটি Vertical line pulse নির্দেশ করে। লাইন B কোনো মডুলেশন নির্দেশ করে না। এটি লক্ষণীয় যে, no modulation অবস্থায় কেবলমাত্র এর পালস সংখ্যার অর্ধেক ট্রান্সমিট হয়। এভাবে লাইন B-তে কেবলমাত্র তিনটি গ্রুপে 18000 পালস/সেকেন্ড ট্রান্সমিট হয়। লাইন C, A-এর সম্পর্কে বিপরীত বা –ve দিকে সর্বোচ্চ মডুলেশন নির্দেশ করে। লাইন C-তে কোনো পালস্ ট্রান্সমিট হয় না। এভাবে ট্রান্সমিটার দ্বারা প্রেরিত পালসের সংখ্যা 36000/sec. থেকে শূন্য পর্যন্ত পরিবর্তন হয়। সর্বোচ্চ অবস্থা এবং No-modulation অবস্থার মধ্যে Modulation অবস্থার জন্য, মডুলেশনের পরিমাণ এবং দিকের উপর নির্ভর করে ট্রান্সমিটেড পালসগুলো B-line থেকে কমবেশি হতে পারে। তাহলে দেখা যায় যে, গ্রুপের পালসের বিভিন্ন সংখ্যা বাদ দিয়ে সিগন্যালিং সম্পন্ন করা হয়। নিচের চিত্রে ব্লকচিত্র দেওয়া হলো। এটি একটি আয়তাকার ওয়েভ পালস জেনারেটর, যা একটি পালস কী-য়ার এবং একটি RF জেনারেটর নিয়ে গঠিত।



চিত্র-১১.২ : The block diagram of a PNM coding system

জেনারেটর হতে উৎপন্ন আকাঙ্ক্ষিত সংখ্যক রেফারেন্স ওয়েভ পালস্ কীয়ারটির মধ্য দিয়ে পাস হতে কীয়ারটি ভালভ্ হিসেবে কাজ করে এবং রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি জেনারেটর কর্তৃক RF পালসের জেনারেশন নিয়ন্ত্রণ করে। কীয়ারে যুক্ত অবস্থায় একটি কীয়ার ওয়াইডথ কন্ট্রোল সার্কিট থাকে। লোকাল মডুলেশন সার্কিট চিত্রে দেখানো হয়েছে, যা একটি মাইক্রোফোন এবং উপযোগী অ্যামপ্লিফায়ার নিয়ে গঠিত। "Keyer"টি গেটের মতো কাজ করে। RF Oscillator হতে উৎপন্ন রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি এনার্জি-এর পালসগুলো ট্রান্সমিটিং অ্যান্টিনাতে দেয়া হয়।

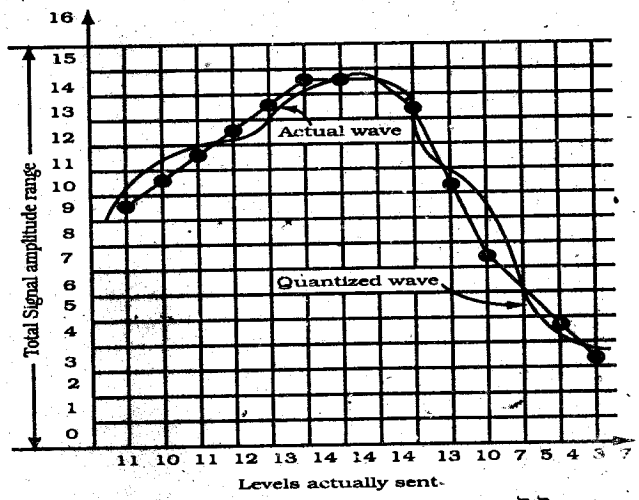
অপারেশন (Operation) : নিচের চিত্রে বিভিন্ন স্থানের ভোল্টেজ ওয়েভ ফরমকে নিচে ১১.৮ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। D-এর পালসগুলো হলো পালস জেনারেটর হতে উৎপন্ন আয়তাকার ওয়েভ ফরমের সিরিজ পালস, যা কীয়ারের উপর প্রয়োগ হয়। কীয়ারটিকে সাধারণত Cut-off condition-এ বায়াস করা হয় এবং D-তে প্রদর্শিত নির্দিষ্ট সংখ্যক পালস গমনের জন্য Keyer width control circuit দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। এ নির্দিষ্ট সংখ্যক পালস দ্বারা মডুলেশন অনুসারে RF পাল্সের উৎপাদন নিয়ন্ত্রিত হয়। E হলো Keyer width control-এর আউটপুট পালস, যা Keyer-কে চালু করে। ফলে পালস জেনারেটর হতে পালসগুলো কীয়ারের মধ্য দিয়ে পাস হতে পারে। E এর প্রারম্ভিক প্রান্তে উভয়মুখী তীর চিহ্ন দ্বারা বুঝানো হয়েছে যে, এই পালসের Starting time পরিবর্তনশীল। তবে আউটপুট পালসের শেষ প্রান্ত নির্দিষ্ট (Fixed) থাকে। লোকাল মডুলেশন সার্কিট এবং স-টুল জেনারেটরের সমন্বিত ভোল্টেজের উপর আউটপুট পালস E-এর starting time নির্ভর করে। স-টুল জেনারেটর হতে G-Saw tooth voltage উৎপন্ন হয়। লক্ষণীয় যে, E-পালসের Starting time নির্ভর করে থ্রেশহোল্ড বা ক্রিটিক্যাল ভোল্টেজ মান দ্বারা, যা অনুভূমিক ড্যাশ লাইন E দিয়ে স-টুথ ভোল্টেজ ওয়েভকে ছেদ করে দেখানো হয়েছে। পালস E-এর দৈর্ঘ্যকে পরিবর্তন করা যায়। লোকাল মডুলেশন সার্কিট হতে মডুলেশনের অনুপস্থিতিতে Keyer width control সার্কিটের আউটপুট পালস E চিত্রের অনুরূপ হবে এবং ডিউরেশন হবে T। মডুলেশন সার্কিটের সাহায্যে স-টুল ওয়েভের সাথে +ve পটেনশিয়াল মিশিয়ে স-টুল ওয়েভের থ্রেশহোল্ড মান P-কে স-টুল স্লোপের বামে বা নিচের দিকে সরানো যাবে; এতে পালস E-এর দৈর্ঘ্য প্রসারিত হবে এবং –ve পটেনশিয়াল যুক্ত করে স্লোপের ডানে বা উপরের দিকে সরানো যাবে। ফলে পালস E সংকীর্ণ হবে। এভাবে পালস E-এর উভয় প্রান্তের টাইমিং Signal modulation দ্বারা পরিবর্তিত হবে এবং সেহেতু Signal modulation অনুসারে কী-য়ার কর্তৃক বিভিন্ন সংখ্যাব পালস পাস হবে।



চিত্র-১১.৬ : PNM এর Wave চিত্র

(২) পি সি এম-এর কোয়ান্টাইজেশন-এর মূলনীতি : Pulse code modutation-এ অ্যানালগ সিগনালকে ডিজিটাল সিগনালে রূপান্তর করতে হয়। এজন্য অ্যানালগ সিগনালের সম্পূর্ণ অ্যামপ্লিচুডকে কতকগুলো স্ট্যান্ডার্ড লেভেলে ভাগ করা হয়। যেহেতু এই লেভেলগুলো বাইনারি কোডে পরিবর্তন করা হবে সেহেতু প্রকৃত লেভেলের সংখ্যা দুইয়ের পাওয়ারে হতে হবে। যে পদ্ধতিতে স্যাম্পলিং টাইমে অ্যানালগ সিগনাল অ্যামপ্লিচিউডের নিকটবর্তী স্ট্যান্ডার্ড লেভেল বা কোয়ান্টাম লেভেল ট্রান্সমিশনের জন্য নির্ধারণ করা হয় তাকে কোয়ান্টাইজেশন বলে।

নিচের চিত্রে কোয়ান্টাইজেশনের একটি রূপ দেখানো হয়েছে :



চিত্র-১১.৪ : পাল্‌স কোড মডুলেশনের জন্য কোয়ান্টাইজেশন

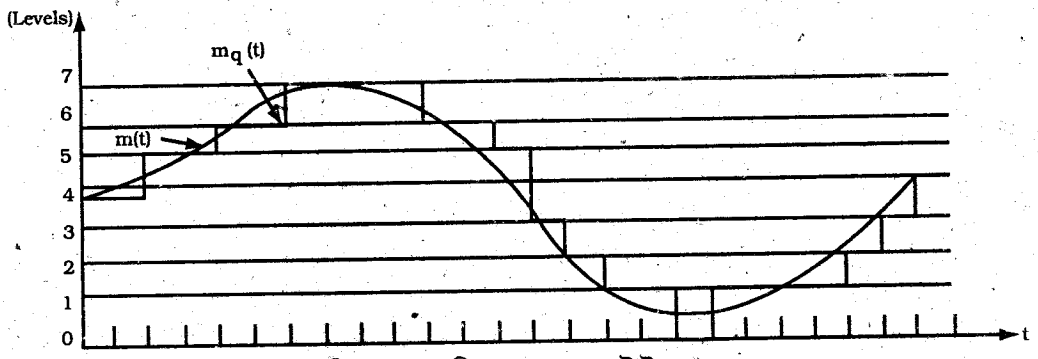
একে সহজ করার জন্য অ্যানালগ সিগনালের ১৬টি লেভেল দেখানো হয়েছে। চিত্র হতে বুঝা যায়, কোনো স্যাম্পলে অ্যানালগ সিগনাল অ্যামপ্লিচুড ৬.৮ হলে তার নিকটতম কোয়ান্টাম লেভেল ৭ ভোল্টেজের জন্য এর বাইনারি সংখ্যার মধ্যে '1' এর সংখ্যানুপাত পাল্‌স ট্রেইন গঠন করা হবে। যেহেতু এখানে ১৬টি লেভেল আছে ফলে চারটি বাইনারি পাল্‌সই যথেষ্ট এবং এর জন্য বাইনারি সংখ্যা 0111-কে OPPP আকারে প্রেরিত হবে। এখানে P = পাল্‌স এবং 0 = শূন্য পাল্‌স (No pulse).

চিত্রে দেখানো হয়েছে যে, প্রতিটি স্যাম্পল অ্যামপ্লিচুডক স্যাম্পল, কোয়ান্টাইজ ও কোডিং করা হয়েছে ও তারপর প্রেরণ করা হয়েছে। এভাবে প্রতিটি লেভেলের অ্যামপ্লিচুডকে নিকটকতম স্ট্যান্ডার্ডে অ্যামপ্লিচুড মানে ও তার অনুরূপ বাইনারি মানে রূপান্তর করা হয়।

কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ : কোয়ান্টাইজেশনের মাধ্যমে সিঁড়ির মতো যে সিগনাল উৎপন্ন করা হয় এর মান অরিজিনাল সিগনালের মানের খুব নিকটবর্তী (Approximation) মান। কোনো সিগনালকে কোয়ান্টাইজ করা হলে কোয়ান্টাইজিং সার্কিট দ্বারা তাতে কিছু নয়েজ যুক্ত হয়। এই নয়েজকে কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ বলে। যে সিগনালকে কোয়ান্টাইজ করা হয় ও কোয়ান্টাইজেশন করার পর যে সিগনাল উৎপন্ন হয় এই দুই সিগনালের ওয়েভ ফরমের পার্থক্যকে কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ বলে।

Mean square কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ ভোল্টেজের মান $E^2_{nq} = \frac{S^2}{12}$

এখানে S হলো প্রতি ধাপের ভোল্টেজ। কোয়ান্টাইজেশন নয়েজের মান কম রাখার জন্য কোয়ান্টাইজেশন লেভেলের সংখ্যা বেশি রাখতে হয়।



চিত্র-১১.৫ : সিগনালের কোয়ান্টাইজেশন

Mean Square Signal Voltage : $E^2_s = \frac{1}{2}\ E^2_{peak} = \frac{1}{2}\left(\frac{MS}{2}\right)^2 = \frac{(MS)^2}{8}$

এখানে M হলো ধাপের সংখ্যা S হলো Step height voltage. তা হলে সিগনাল টু নয়েজ রেশিও হবে

$$\frac{\text{Signal}}{\text{Noise}} = \frac{E^2s}{E^2_{nq}} = \frac{(MS)^2}{8} \times \frac{12}{S^2} = \frac{3}{2}\ M^2 \ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

লেভেল সংখ্যা M প্রতি লেভেলের বিট সংখ্যা n এর সাথে সম্পর্কযুক্ত।

$M = 2^n$

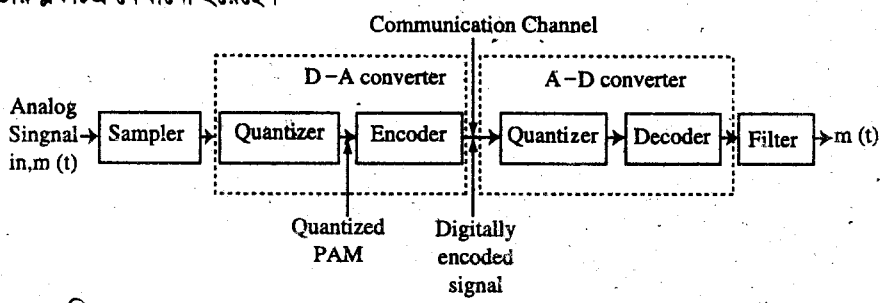
এই মান (৩) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$S/N = \frac{3}{2} \times 2^{2n}$$

ডেসিবেলে এই মান হবে $(S/N)dB = 10 \log\left(\frac{3}{2} \times 2^{2n}\right) = 1.761 + 6.02n\ dB$

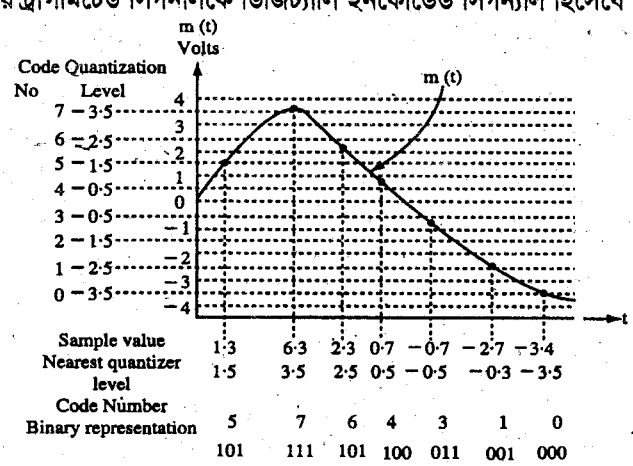
এই সমীকরণটি হতে বুঝতে পারা যায় যে, লেভেল সংখ্যা বেশি হলে S/N ratio বেশি হবে।

PCM-এর কোডিং-এর মূলনীতি : নিচের চিত্রে PCM-Communication System-এর একটি এনকোডার ও ডিকোডার ব্লকচিত্র দেখানো হয়েছে।



চিত্র-১১.৬ : PCM Communication System-এর Block Diagram.

PCM Encoder : এখানে অ্যানালগ সিগন্যাল m(t)-কে স্যাম্পল করা হয়েছে এবং এ স্যাম্পলগুলোকে কোয়ান্টাইজেশনের অপারেশনে দেওয়া হয়েছে। পরবর্তীতে Quantized Sample-গুলোকে একটি ইনকোডারে দেওয়া হয়। এরূপ প্রতিটি স্যাম্পলের জন্য ইনকোডারটি শনাক্তযোগ্য বাইনারি পালস্ প্যাটার্ন উৎপন্ন করে। কোয়ান্টাইজার এবং ইনকোডারকে একত্রে বলা হয় Analog-to-digital converter। সংক্ষেপে A-to-D converter বলা হয়। A-to-D converter একটি অ্যানালগ সিগন্যাল গ্রহণ করে এবং একে পর্যায়ক্রমিক কোড সিগন্যালে পরিণত করে। প্রতিটি সিগন্যাল এক সারি পালস দিয়ে গঠিত হয়। এভাবে PCM কমিউনিকেশন চ্যানেলের মধ্যে দিয়ে ট্রান্সমিটেড সিগনালকে ডিজিট্যালি ইনকোডেড সিগন্যাল হিসেবে ধরা যায়।



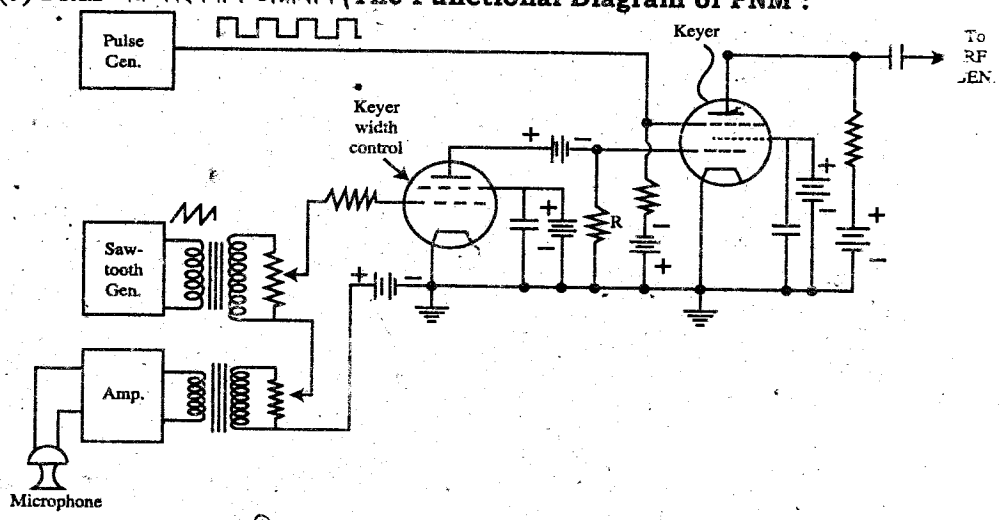
চিত্র-১১.৭ : A Message signal is regularly sampled, Quantization levels are indcated.

PCM Decoder : রিসিভারে ডিজিট্যাল ইনকোডেড সিগন্যাল গৃহীত হওয়ার পর প্রথম কাজ হচ্ছে নয়েজ হতে সিগন্যালকে মুক্ত করা। এ অপারেশনটা হচ্ছে Requantization। এ জন্য রিসিভারে প্রথম ব্লকটি হলো কোয়ান্টাইজার। কোয়ান্টাইজার এবং ডিকোডারকে একত্রে D-A কনভার্টার বলা হয়। এটি ইনকোডারের উল্টা কাজ করে। ডিকোডারের আউটপুট হলো Quantized multi level sample pulse-এর সারি। এভাবে Quantized PAM signal পুনর্গঠিত হয়। এখন বেজ ব্যান্ডের বাইরে যে কোনো ফ্রিকুয়েন্সি কম্পোনেন্টকে দূর করার জন্য একে ফিল্টারের মাধ্যমে ফিল্টার করা হয় এবং ফিল্টারের আউটপুট হতে আমরা পুনরায় ট্রান্সমিটার কর্তৃক প্রেরিত m(t) অ্যানালগ সিগন্যাল পাব। এ সিগন্যাল মূল সিগন্যালের অনুরূপ হবে।

১১.৫ PNM ও PCM পদ্ধতির ফাংশনাল ডায়াগ্রাম বর্ণনা

(Describe the Functional Diagram of PNM & PCM) :

(১) PNM-এর ফাংশনাল ডায়াগ্রাম (The Functional Diagram of PNM :



চিত্র-১১.৮ : PNM-এর Functional Diagram

উপরের চিত্র PNM-এর Functional diagram দেখানো হয়েছে। এখানে কী-য়ার একটি পেনটোড টিউব, যার একটি সিগন্যাল গ্রিডের সাথে পালস জেনারেটরের আউটপুট যুক্ত করা হয়েছে এবং অন্য একটি সিগন্যাল গ্রিড কীয়ার ওয়াইডথ কন্ট্রোল ভ্যাকুয়াম টিউবের সাথে যুক্ত করা হয়েছে। তাই টিউবের ইনপুট সার্কিটে স-টুথ ওয়েভ জেনারেটর এবং অ্যামপ্লিফায়ার উভয়ের আউটপুটের সাথে সিরিজে যুক্ত করা হয়েছে। স-টুথ জেনারেটরকে নেগেটিভ ডিরেকশনে স-টুথ ভোল্টেজ ওয়েভ উৎপন্ন করতে দেয়া হয় যাতে টিউবের গ্রিড বায়াস অধিক নেগেটিভভাবে পরিবর্তন হয়। এর ফলে কারেন্ট প্রবাহ কাট-অফ হয়। এই টিউবে ক্যাথোডের সাপেক্ষে কন্ট্রোল গ্রিডকে সাধারণত পজেটিভে বায়াস করা হয়। সাধারণত স-টুথ ওয়েভ না থাকলে এবং অ্যামপ্লিফায়ার হতে কোনো মডুলেশন না থাকলে কীয়ার উইডথ কন্ট্রোল টিউবটি কারেন্ট সরবরাহ করবে এবং এর আউটপুট সার্কিটে R-এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ড্রপ উৎপন্ন করবে। যেহেতু এই R আবার কীয়ারের কন্ট্রোল গ্রিড সার্কিটে থাকে সেহেতু কীয়ার ওয়াইডথ কন্ট্রোল কারেন্ট প্রবাহিত করলে কী-য়ার কাট-অফে আসবে। এ অবস্থায় পালস জেনারেটর হতে আয়তাকার ওয়েভ পালস কীয়ারের মধ্য দিয়ে পাস হতে সক্ষম হবে না এবং রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি পালসের উৎপাদনকে কন্ট্রোলও করতে পারবে না।

যখন স-টুথ জেনারেটর কী-য়ার-ওয়াইডথ কন্ট্রোল টিউবের গ্রীডে নেগেটিভ স-টুথ ভোল্টেজ ওয়েভ সরবরাহ করে তখন একটি নির্দিষ্ট থ্রেশহোল্ড ভ্যালুতে টিউবটি কারেন্ট প্রবাহকে কাট-অফ করবে। তখন কীয়ারের কাট-অফ বায়াস অপসারিত হবে এবং কীয়ারের মধ্য দিয়ে আয়তাকার ওয়েভ পালস প্রবাহিত হয়ে RF জেনারেটর পর্যন্ত পৌছবে। যে থ্রেশহোল্ড মানে কীয়ার ওয়াইডথ কন্ট্রোল টিউব কাট-অফে থাকে, সে মানকে এমনভাবে ঠিক করা হয় যেন টিউবটি অপারেশন টাইমের অর্ধেকের জন্য কাট-অফ হয়, যখন সেখানে কোনো সিগন্যাল থাকে না। এভাবে যদি পালস জেনারেটরটি প্রতি সেকেন্ডে 36,000 আয়তাকার ওয়েভ পালস তৈরি করে, তবে কীয়ার ওয়াইডথ কন্ট্রোল সার্কিট কীয়ারটিকে অপারেশন সময়ের অর্ধেক সময়ের জন্য কন্ট্রোল করবে।

১১। **PNM-এর পুরো অর্থ কী?**

উত্তর : PNM এর সম্পূর্ণ অর্থ হলো Pulse Number Modulation.

১২। **PNM বলতে কী বোঝায়?**

উত্তর : এটি একটি পালস কমিউনিকেশন সিস্টেম। এরূপ মডুলেশনে সমান দৈর্ঘ্যের এবং ধ্রুব অ্যামপ্লিচিউডের পালস ব্যবহার করা হয়। কার্যকরী মডুলেশন পটেনশিয়াল অনুসারে প্রেরিত পালসের সংখ্যা পরিবর্তিত হয় এবং পালসগুলো তাদের মধ্যকার টাইম ইন্টারভ্যালের তুলনায় সংক্ষিপ্ত (Short) হয়।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **Sampling কাকে বলে? Sampling rate কী?** *[বাকাশিবো : '১৩R, '১৪]*

উত্তর : Sampling : যখন কোনো ম্যাসেজকে Continuous signal-এর পরিবর্তে পালস্ ফরমে ট্রান্সমিট করা হয়, তখন তাকে Sampling বলে।

Sampling rate : কোনো অ্যানালগ সিগন্যালকে Digitally pulse code modulation করার সময় স্যাম্পল এবং হোল্ড সার্কিট দ্বারা নির্দিষ্ট স্যাম্পল তৈরি করা হয়। এই স্যাম্পলের ফ্রিকুয়েন্সিকে স্যাম্পল রেট বলে। সর্বনিম্ন অনুমোদনযোগ্য স্যাম্পলিং রেট হচ্ছে $2f_m$, যেখানে f_m হচ্ছে Highest frequency spectral component.

যেমন–স্ট্যান্ডার্ড অডিও ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 300 – 3400 Hz এর জন্য ব্যবহৃত স্যাম্পলিং রেট হচ্ছে 8000 Samples/sec.

২। **ডিজিটাল কমিউনিকেশনের সুবিধাসমূহ লিখ।** *[বাকাশিবো : '০১, '১২(৪র্থ)]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.১ দ্রষ্টব্য।

৩। **PCM-এর ব্যবহার লিখ।** *[বাকাশিবো : '৯৮]*

উত্তর : PCM-এর ব্যবহার নিম্নরূপ :

(১) ডিজিটাল ট্রান্সমিশন সিস্টেমে PCM-এর ব্যবহার।
(২) টেলিফোনিতে PCM-এর প্রধান ব্যবহার লক্ষ করা যায়।
(৩) Space communication-এ PCM ব্যবহার হয়।
(৪) Broadband network-সমূহে PCM ব্যবহৃত হয়।

৪। **PCM-এর সুবিধা-অসুবিধাগুলো লিখ।**

উত্তর : PCM-এর সুবিধা :

(১) PCM সিস্টেম Interference এবং noise কর্তৃক কম আক্রান্ত হয়।
(২) এটি অধিক খারাপ Singnal-to-noise ratio সহ্য করতে পারে।
(৩) প্রেরিত ইনফরমেশনের পুনরুদ্ধার কার্য পৃথক পৃথক পালসগুলোর উচ্চতা, ব্যান্ডওয়াইডথ অথবা এনার্জি কনটেন্টের উপর নির্ভর করে না শুধুমাত্র এদের উপস্থিতি অথবা অনুপস্থিতির উপর নির্ভর করে। সেহেতু অধিক নয়েজ ডিস্টরশনের উপস্থিতিতে পালসগুলো তুলনামূলকভাবে সহজে উদ্ধার করা যায়।
(৪) Long-distance communication-এর চমৎকার ফলাফল পাওয়া যায়।
(৫) এই সিস্টেমের Multiplexing equipment অথি সস্তায় পাওয়া যায়।

PCM-এর অসুবিধা :

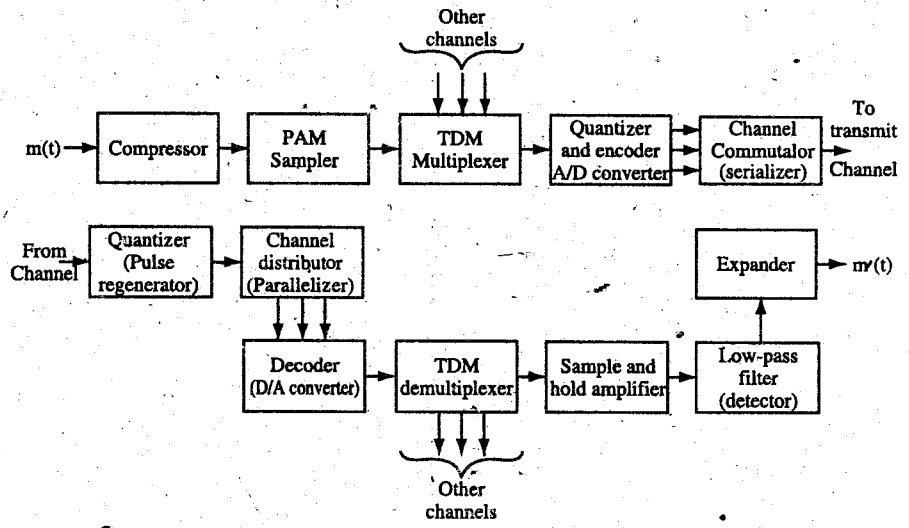
(১) PCM-এ অধিক জটিল ইনকোডিং এবং কোয়ান্টাইজিং সার্কিটটির দরকার হয়।
(২) অ্যানালগ সিস্টেমের তুলনায় PCM এর বড় ব্যান্ডওয়াইডথ এর প্রয়োজন হয়।

৫। **সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : যে নয়েজ সিগন্যালকে দূষণ করে সে নয়েজ লেভেলের প্রেক্ষিতে সিগন্যাল লেভেলের মান দ্বারা এর গুণাগুণ নির্ধারণ করা হয়। নয়েজ পাওয়ার (P_n) এর সাথে সিগন্যাল পাওয়ার (P_s) এর অনুপাত দ্বারা এটিকে প্রকাশ করা হয় এবং (Signal-to-Noise Ratio (SNR) নামকরণ করা হয়।

গাণিতিকভাবে একে লেখা হয়, $\frac{S}{N} = \frac{P_s}{P_n}$

পিসিএম এনকোডিং সিস্টেম (PCM Encoding System) : PCM encoding-এর মাধ্যমে প্রতিটি স্যাম্পলের কোয়ান্টাইজেশন লেভেলের অনুরূপ বাইনারি কোড উৎপন্ন করা হয়। PCM সিস্টেমের ব্লক ডায়াগ্রাম নিম্নের চিত্রে দেখানো হয়েছে। একটি Volume Compressor unit-এ মডুলেটিং সিগনাল m(t) প্রয়োগ করা হয়। তারপর একটি স্যাম্পলিং সার্কিট দ্বারা PAM উৎপন্ন করা হয়। এই সিগনালকে অন্য ইনপুট চ্যানেলের সিগনালের সাথে মাল্টিপ্লেক্স করা হয়।



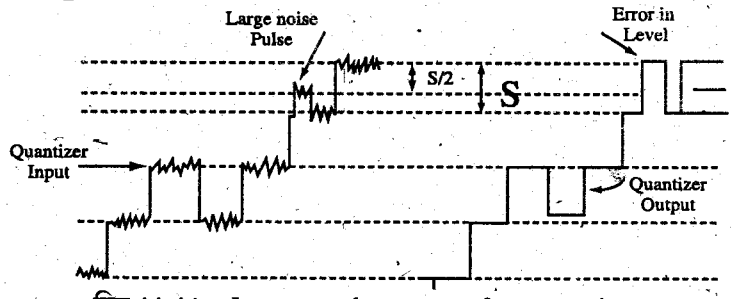
চিত্র-১১.১০ : Pulse code modulation transmission system

তারপর একটি অ্যানালগ টু ডিজিটাল কনভার্টারের মাধ্যমে কোয়ান্টাইজেশন এবং এনকোডিং করা হয়। এভাবে প্রতিটি চ্যানেলের স্যাম্পলিং পিরিয়ডে বাইনারি কোডেড নাম্বার উৎপন্ন করা হয়। তারপর একটি কম্যুটেটর সার্কিট দ্বারা কোডেড সিগনালকে সিরিয়াল ডাটা হিসেবে প্রেরণ করা হয়।

১১.৬ PCM-এর জন্য কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ, ফোল্ড-ওভার নয়েজ, ইন্টারপোলেশন নয়েজ এবং এরর/ত্রুটি (Describe the Quantization Noise, Fold-over Noise, Interpolation Noise Error for PCM)

(১) কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ ও ত্রুটি : প্রকৃত সিগন্যাল এবং Quantized signal-কে যদি তুলনা করা হয়, তাহলে দেখা যাবে যে, কোয়ান্টাইজেশনের জন্য কিছু ডিস্টরশন ঘটেছে। একে কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ বলে। এটি এক প্রকার র‍্যানডম নয়েজ। কারণ প্রেরিত ডিজিট এবং সেই মুহূর্তে প্রকৃত সিগন্যালের মধ্যে পার্থক্য সম্পূর্ণভাবে অননুমেয় (Unpredictable) অর্থাৎ random।

এক্ষেত্রে সর্বোচ্চ যে পরিমাণ এরর সংঘটিত হতে পারে, তা স্যাম্পল ইন্টারভ্যান (S)-এর অর্ধেকের সমান হয়। এভাবে যতক্ষণ নয়েজের তাৎক্ষণিক অ্যামপ্লিটিউডের মান $\frac{S}{2}$ এর কম থাকে ততক্ষণ আউটপুটে নয়েজ আবির্ভাব হবে না। যদি নয়েজ $\frac{S}{2}$ এর বেশি হয়, তবে Error level ঘটতে দেখা দেয়।



চিত্র-১১.১১ : Input and output of a quantizer

কাজেই ক্ষুদ্র ধাপ (Step) আকারের S নির্বাচন করে নয়েজকে যে-কোনো কাঙ্ক্ষিত মানে কমানো যায়। অর্থাৎ কোয়ান্টাইজেশনে লেভেলের সংখ্যা বৃদ্ধি করে এই নয়েজের মান হ্রাস করা যায়।

Calculation of the r.m.s quantization noise :

ধরা যাক, S = দুটি পাশাপাশি লেভেলের মধ্যে ব্যবধান (Volts)

M = লেভেলের মোট সংখ্যা

P = Peak-to-peak signal swing (Volts).

সুতরাং, $S = \frac{P}{M}$.....(1)

যদি প্রকৃত সিগন্যাল এবং এর Quantized equivalent-এর মধ্যে এরর ভোল্টেজ e হয়, তবে নিচের সম্পর্ক দ্বারা e কে প্রকাশ করা যায়–

$$e_{r.m.s} = \frac{S}{\sqrt{12}} \text{ Volts}$$

বা, $e_{r.m.s} = \frac{S}{2\sqrt{3}}$ Volts

এটি সিস্টেম আউটপুটে r.m.s প্রকাশ করে।

এখন Signal-to-noise ratio (SNR)-এর মান–

$$\frac{S}{N} = \frac{P}{e_{rms}} = \frac{SM}{(S/2\sqrt{3})} = 2\sqrt{3}\,M$$

এবং এর সম্পর্কিত পাওয়ারের অনুপাত (Corresponding power ratio) হলো,

$\frac{S_o}{N_o} = 12M^2$.....(2)

বা, $\left(\frac{S_o}{N_o}\right)_{dB} = 10\log_{10}(12M^2)$

বা, $\left(\frac{S_o}{N_o}\right)_{dB} = 10.8 + 20\log_{10} M$.....(3)

যদি কোড গ্রুপের মধ্যে N-সংখ্যক পালস থাকে এবং n যদি কোড লেভেলের সংখ্যা হয়, তবে–

$M = n^N$.....(4)

এখন, (2) নং হতে, $\frac{S_o}{N_o} = 12n^{2N}$.....(5)

এবং (3) নং হতে $\left(\frac{S_o}{N_o}\right)_{dB} = 10.8 + 20\log_{10}(n^N)$

$= 10.8 + 20N\log_{10} n$

বাইনারি কোডের জন্য n = 2 ধরলে

$\left(\frac{S_o}{N_o}\right)_{dB} = 10.8 + 20N\log_{10} 2$

যেহেতু ব্যান্ডওয়াইডথ N-এর সাথে সমানুপাতিক, কাজেই সমীকরণ (6) নং হতে দেখা যায় যে, ডেসিবেল SNR, ব্যান্ডউইডথের সাথে রৈখিকভাবে বৃদ্ধি পায় এবং ত্রুটি হ্রাস পায়।

অন্য কথায়, লেভেলের সংখ্যা বৃদ্ধি করলে SNR বৃদ্ধি পায় এবং ত্রুটি (error) হ্রাস পায়।

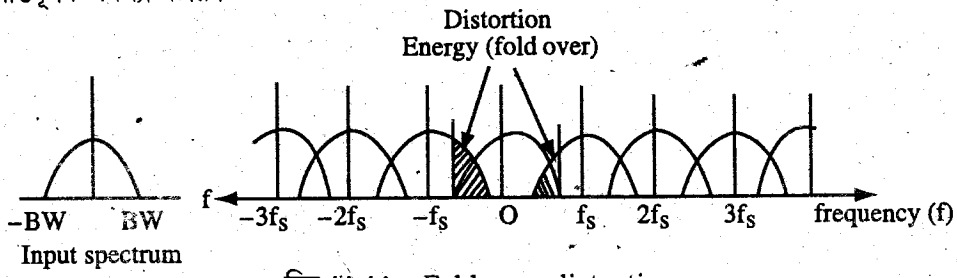
এভাবে 128 লেভেল সিস্টেমের জন্য S_o/N_o = 53dB এবং 7-পালস বাইনারি কোড গ্রুপ ট্রান্সমিট করা হয় ($2^7 = 128$)।

(২) ফোল্ড-ওভার নয়েজ ও ত্রুটি : Nyquist sampling theorem সর্বনিম্ন Sampling rate (f_s) প্রতিষ্ঠিত করেছে, যা একটি PCM সিস্টেমের জন্য ব্যবহৃত হতে পারে। একটি PCM রিসিভারের মধ্যে একটি স্যাম্পল সঠিকভাবে পুনরোৎপাদিত হওয়ার জন্য অ্যানালগ ইনপুট সিগন্যালের (f_a) প্রতিটি সাইকেল অবশ্যই কমপক্ষে দ্বিগুণ হারে স্যাম্পল হতে হবে ; ফলে সর্বনিম্ন স্যাম্পলিং রেট সর্বোচ্চ অডিও ইনপুট ফ্রিকুয়েন্সির দ্বিগুণের সমান। যদি f_s, f_a এর দ্বিগুণের কম হয় তবে একটি ক্ষতিসাধন হয়-যাকে বলা হয়-এলিয়াস (Alias) বা ফোল্ড-ওভার ডিস্টোরশন (Fold-over distortion)।

গাণিতিকভাবে সর্বনিম্ন Nyquist sapling rate হচ্ছে-

$f_s \geq 2 f_a$

কাজেই Under sampling-এর কারণে Aliasing বা Fold-over distortion ঘটে থাকে। Playback-এর সময় পুনর্ঘটিত সিগন্যালটি মূল ওয়েভফরম থেকে একটি ভিন্ন পিচে শব্দ করবে, যা রেকর্ডিংয়ে আকস্মিক বিপত্তিমূলক সমস্যা ঘটায়।



চিত্র-১১.১২ : Fold-over distortion

এই ফোল্ড-ওভারের কারণে ভিডিও ব্যান্ডের মধ্যে হারমোনিক ডিস্টোরশন ঘটতে পারে এবং ইন্টারফারেন্স ফ্রিনজ বা ঝলরের আবির্ভাব ঘটে। এই ইন্টারফারেন্স ফ্রিনজকে অপসারণের জন্য Sampling rate-কে বৃদ্ধি করা যেতে পারে যাতে একটু Over sampling processing সাধিত হয়। কাজেই এতে যদি ফোল্ড-ওভার নয়েজ সৃষ্টিও হয়, তা ভিডিও ব্যান্ডের বাইরে চলে যায়। কিন্তু এ পদ্ধতি ব্যবহারিক নয়, কারণ এটাতে অতি হাই ফ্রিকুয়েন্সিতে Large-scale ডিজিটাল সার্কিটের দরকার হয়।

তাছাড়া RF ট্রান্সমিট সিগন্যালের পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারের নন-লিনিয়ারিটি দ্বারা সৃষ্ট Interodulation phenomenon-এর কারণেও ফোল্ড-ওভার নয়েজ সৃষ্টি হতে পারে।

(৩) ইন্টারপোলেশন নয়েজ ও ত্রুটি : দুই বা ততোধিক নেটওয়ার্কের ব্যান্ডওয়াইডথ কাছাকাছি মানের হওয়ার কারণে তাদের মধ্যে যে Interference ঘটে Noise-এর সৃষ্টি হয় তাকে ইন্টারপোলেশন নয়েজ বলে।

১১.৭ কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ, ফোল্ড-ওভার নয়েজ, ইন্টারপোলেশন নয়েজ হ্রাস করার পদ্ধতি ব্যাখ্যা (Expiain the Methods of Reducing Quantization noise, Fold-over noise, Interpolation noise)

(১) কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ হ্রাস করার পদ্ধতি :

Method of Reducing Quantization Noise

কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ কমানোর দুটি জনপ্রিয় পদ্ধতি হচ্ছে Over sampling method এবং Dithering method. এখানে Over sampling পদ্ধতি নিয়ে আলোচনা করা হলো।

একটি আদর্শ N-bit ADC (Analog-to digital converter) এর Signal-to-quantization-noise ratio হচ্ছে-

$SNR_Q = 6.02N + 4.77 + 20 \log_{10} (L_F)$ dB

যেখানে, L_F = ADC এর Input analog voltage level-এর লোডিং ফ্যাক্টর পরিমাপ।

যদি $L_F = 0.707$ হয়, তবে SNR_Q সমীকরণের শেষ পদটির মান হবে −3dB এবং ADC-এর সর্বোচ্চ আউটপুট সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও হবে-

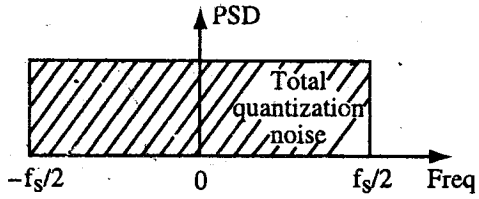
$$SNR_{Q\text{-}max} = 6.02N + 4.77 - 3$$
$$= 6.02N + 1.77\text{dB}$$

মনে করি, একটি ADC এর SNR-এর জন্য মান 6dB/b। এখন-কে উন্নত করার জন্য SNR_Q বিবেচনা করা যাক। ADC quantization noise-কে কমানোর জন্য Over sampling process হচ্ছে Straight forward. একটি অ্যানালগ সিগন্যাল f_s স্যাম্পল রেটে ডিজিটাইজ হয়, যা Nyquist criterion (ইনপুট অ্যানালগ সিগন্যাল BW এর দ্বিগুণ)-কে সিদ্ধ করার জন্য প্রয়োজনীয় সর্বনিম্ন রেট থেকে উচ্চতর হয় এবং তারপর Low pass filter করা হয়।

Over sampling যে ধারণার উপর প্রতিষ্ঠা হয়েছে, তা হচ্ছে ADC-এর মোট Quantization noise power, কনভার্টারের LSB ভোল্টেজের বর্গমান ও 12 এর ভাগফলের সমান।

অর্থাৎ, Total quantization noise power $= \delta^2/12 = (\text{LSB value})^2/12$

Over sampling process-এ এটাও ধরা হয় যে, Quantization noise-গুলো সত্যিকারভাবে র‍্যানডম। চিত্রে Quantization নয়েজের অন্য একটা দিক দেখানো হয়েছে, তা হচ্ছে Power spectral density (PSD)। এটি হচ্ছেকোয়ান্টাইজেশন নয়েজের ফ্রিকুয়েন্সি ডোমেন বৈশিষ্ট্য, যা প্রতি Hz-এ নয়েজ পাওয়ার দ্বারা পরিমাপ করা হয়।



চিত্র-১১.১৩ : This simple diagram illustrates the frequency-domain power spectral density of an ideal ADC.

PSD-এর ক্ষেত্রে কোয়ান্টাইজেশন নয়েজকে প্রতি একক ব্যান্ডওয়াইডথের পাওয়ারের নির্দিষ্ট পরিমাণ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। র‍্যানডম নয়েজ ধারণা দ্বারা যা পাওয়া যায়, তা হলো মোট কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ (কনভার্টারের LSB ভোল্টেজের উপর ভিত্তি করে একটি নির্দিষ্ট মান) ফ্রিকুয়েন্সি ডোমেনের মধ্যে ($-fs/2$ হতে $+ fs/2$) সমভাবে বণ্টিত হয়। এ কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ PSD-এর অ্যামপ্লিচিউড হচ্ছে মোট কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ পাওয়ার ও মোট ব্যান্ডওয়াইডথ fs এর ভাগফল।

$PSD_{noise} = [(\text{LSB value})^2/12]\,(1/f_s)$

$= (\text{LSB value})2/12fs$

যাকে W/Hz-এ পরিমাপ করা হয়।

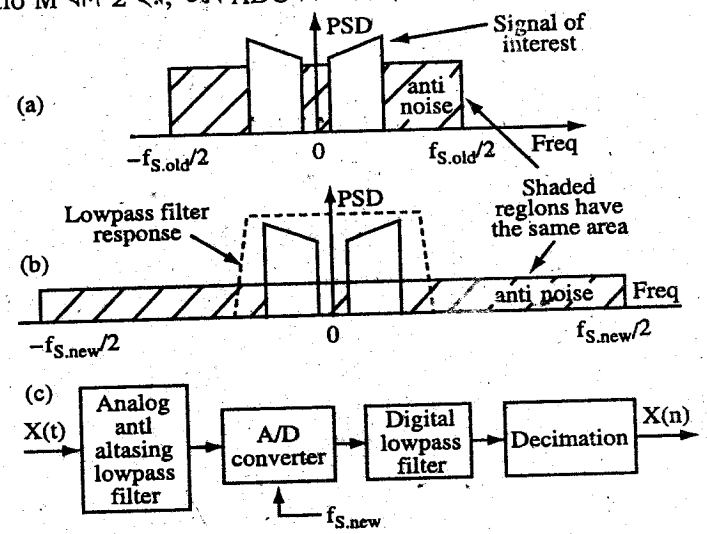
এখন প্রশ্ন হচ্ছে কীভাবে PSD_{noise} লেভেলে হ্রাস পেতে পারে? অতিরিক্ত বিট রেজুলেশন সহযোগে একটি ADC ব্যবহার করে লবের LSB মান হ্রাস করতে পারা যায়। LSB value হ্রাস পেলে PSD_{noise} হ্রাস পাবে। কিন্তু এটি একটি ব্যয়বহুল সমাধান। অপেক্ষাকৃত ভালো সমাধান হচ্ছে উচ্চতর Sampling rate সহকারে হরকে বর্ধিত করা।

উচ্চতর Sampling rate ব্যবহারের ক্রিয়াকে লো-লেভেল ডিসক্রিট সিগন্যাল দ্বারা দেখানো যেতে পারে। চিত্রে (a) ADC-এর $F_{S.old}$ sample rate-কে বাড়িয়ে অন্য কোনো কোনো উচ্চতর মান $F_{S.new}$ (Over sampling)-তে উন্নীত করে মোট নয়েজ পাওয়ারকে (a fixed value) বিস্তৃত ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের উপর ছড়িয়ে দেয়া হয়। কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ লেভেলকে কমানোর জন্য কনভার্টারের আউটপুটে একটি লো-পাস ফিল্টার স্থাপন করা হয়।

Over sampling দ্বারা অর্জিত dB-তে পরিমাপকৃত Signal-to-quantization-noise ratio-এর উন্নতি হচ্ছে–

$SNR_{Q\text{-}gain} = 10\log10\,(f_{s.new}/f_{s.old})$

যেহেতু SNR-এর ফাংশন হিসেবে একটি N-bit ADC-এর বিট সংখ্যা হচ্ছে SNR/6, এ কারণে ইফেক্টিভ বিটের সংখ্যা হচ্ছে 10log (M)/6 + N, যেখানে $M = f_{S.new}/f_{s.old}$ এটা দ্বারা বুঝা যায় যে, Over sampling ratio M যদি 2 হয়, তবে ADC বিট এর ইফেক্টিভ নাম্বার হবে– Nos = 0.5 + N



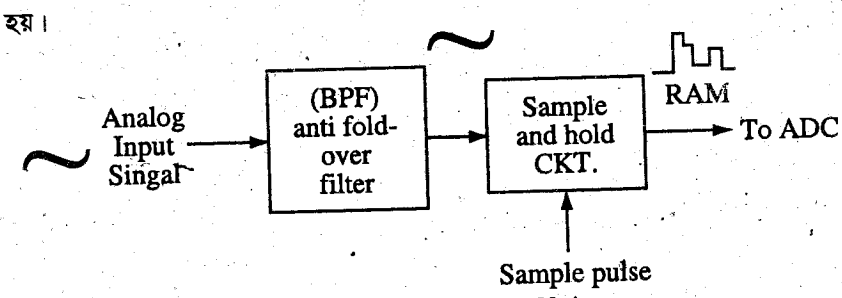
(a) noise PSD at $F_{S.old}$ rate; (b) noise PSD at the higher $F_{S.new}$ rate, and (c) processing steps.

চিত্র-১১.১৪ : The concept of over sampling can be shown by means of

ফ্যাক্টর 2 Over sampling যোগে ইফেকিটভ SNR এর মধ্যে এক-অর্ধ বিট অর্জিত হয়। এটি দেখানো যায় যে, Over sampling ratio M-এর নির্দিষ্ট সংখ্যা K অতিরিক্ত ইফেক্টিভ বিট অর্জন করার জন্য, $M = 4^K$ হবে। কাজেই বিটের কার্যকরী সংখ্যা হবে, Nos = K + N

উদাহরণস্বরূপ, যদি $F_{S.old}$ = 100 KHz এবং $f_{S.new}$ = 400/KHz তবে, $SNR_{Q\text{-}gain}$ = 10 log10 (4) = 6.02 dB। এভাবে ফ্যাক্টর 4 দ্বারা Over sampling (এবং ফিল্টারিং) করে কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ কমানো যায়।

(২) ফোল্ড-ওভার নয়েজ হ্রাস করার পদ্ধতি (Method of reducing fold-over noise) : Over sampling পদ্ধতি দ্বারা Fold-over noise-কে হ্রাস করা যায়। তাছাড়া Anti-aliasing অথবা Antifold-over filler ব্যবহার করে এই Noise দূর করা যায়। এ ফিল্টারের আপার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সিকে এমনভাবে নির্বাচন করা হয়–যেন Sampling rate-এর এক-অর্ধাংশের চেয়ে বড় নয় এমন ফ্রিকুয়েন্সিকে Sample-and-hold সার্কিটের মধ্যে প্রবেশ করতে দেয়া হয়। এভাবে Fold-over distortion বা Noise ঘটার সম্ভাবনাকে দূর করা হয়।



চিত্র-১১.১৫ : Fold Over Noise

(৩) ইন্টারপোলেশন নয়েজ হ্রাসকরণ পদ্ধতি : (Method of Reducing interpolation noise) : Over sampling এবং Filtering-এর মাধ্যমে ইন্টারপোলেশন নয়েজ হ্রাস কমানো যায়।

অনুশীলনী–১১

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **Nyquist rate কী?** *[বাকাশিবো : '১২(৪র্থ), '১৪]*

উত্তর : যে-কোনো Pluse modulation system-এর সর্বনিম্ন অনুমোদনযোগ্য স্যাম্পলিং রেট হচ্ছে $2f_m$। এই সর্বনিম্ন স্যাম্পলিং রেটকে বলা হয় Nyquist rate।

২। **PCM কী?** *[বাকাশিবো : '৯৯, '১৪]*

উত্তর : PCM এর পূর্ণরূপ Pulse Code Modulation. এটি একধরণের Modulation প্রক্রিয়া।

৩। **স্যাম্পলিং থিওরেমটি লিখ।** *[বাকাশিবো : '১৪R]*

উত্তর : যে-কোনো Pulse modulation system-এ যদি স্যাম্পলিং রেট Maximum signal frequency-এর দ্বিগুণ বা তার চেয়ে বেশি হয়, তবে ন্যূনতম ডিস্টরশন সহকারে মূল সিগন্যাল রিসিভারে পুনর্গঠিত হতে পারে। এটাই স্যাম্পলিং থিওরেম।

৪। **স্যাম্পলিং কত প্রকার ও কী কী?** *[বাকাশিবো : '১৩R]*

উত্তর : স্যাম্পলিং পদ্ধতিকে সাধারণত তিন ভাগে ভাগ করা যায়, যথা–

(১) Uniform periodic,

(২) Non-uniform periodic ও

(৩) Cyclic Variable.

৫। **Quantization কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '০১, '১২(৪র্থ)]*

উত্তর : কোনো অ্যানালগ সিগন্যালকে পালস কোডে মডুলেশন করার জন্য এটাকে প্রথমে পালসে পরিণত করা হয়। পরবর্তীতে উক্ত পালস বা স্যাম্পলকে এর কাছাকাছি মানের একটি স্ট্যান্ডার্ড লেভেল বা কোয়ান্টাম লেভেল উন্নত করার জন্য কোয়ান্টাইজার ব্যবহার করা হয়। একে কোয়ান্টাইজেশন বলে।

৬। **পূর্ণনাম লেখ : AM, FM, QAM, PWM.** *[বাকাশিবো : '১১]*

উত্তর : (i) AM এর পূর্ণরূপ Amplitude Modulation.

(ii) FM এর পূর্ণরূপ Frequency Modulation.

(iii) QAM এর পূর্ণরূপ Quadrature Amplitude Modulation.

(iv) PWM এর পূর্ণরূপ Pulse Width Modulation.

৭। **কোয়ান্টাইজেশন ডিস্টরশন কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '০১]*

উত্তর : কোনো সিগন্যালকে কোয়ান্টাইজ করা হলে এতে কিছু পরিমাণ নয়েজ যুক্ত হয়। ফলে সিগন্যালের বিকৃতি ঘটে। যেহেতু কোয়ান্টাইজেশনের জন্য ডিস্টরশন ঘটে সেহেতু একে কোয়ান্টাইজেশন ডিস্টরশন বলে।

৮। **Quantization noise কাকে বলে?**

উত্তর : কোনো সিগন্যালকে কোয়ান্টাইজ করা হলে কোয়ান্টাইজ সার্কিট দ্বারা এতে কিছু নয়েজ যুক্ত হয়। এই নয়েজকে কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ বলে।

অন্যকথায়, যে সিগন্যালকে কোয়ান্টাইজ করা হয় ও কোয়ান্টাইজ করার পর যে সিগন্যাল উৎপন্ন হয়-এই দুই সিগন্যালের ওয়েভ ফরমের পার্থক্যকে কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ বলে।

৯। **Quantized signal-এর নয়েজ কীভাবে কমানো যায়?**

উত্তর : কোয়ান্টাইজেশনে লেভেলের সংখ্যা বৃদ্ধি করে নয়েজের মান হ্রাস করা যায়।

১০। **SNR-এর সমীকরণটি লিখ।**

উত্তর : $\frac{S}{N} = 2\sqrt{3}\ M$

যেখানে, M = Level-এর মোট সংখ্যা।

৬৮৪২-কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (ক)-১৫/১৬

১১। **PNM-এর পুরো অর্থ কী?**

উত্তর : PNM এর সম্পূর্ণ অর্থ হলো Pulse Number Modulation.

১২। **PNM বলতে কী বোঝায়?**

উত্তর : এটি একটি পালস কমিউনিকেশন সিস্টেম। এরূপ মডুলেশনে সমান দৈর্ঘ্যের এবং ধ্রুব অ্যামপ্লিচিউডের পালস ব্যবহার করা হয়। কার্যকরী মডুলেশন পটেনশিয়াল অনুসারে প্রেরিত পালসের সংখ্যা পরিবর্তিত হয় এবং পালসগুলো তাদের মধ্যকার টাইম ইন্টারভ্যালের তুলনায় সংক্ষিপ্ত (Short) হয়।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **Sampling কাকে বলে? Sampling rate কী?** *[বাকাশিবো : '১৩R, '১৪]*

উত্তর : Sampling : যখন কোনো ম্যাসেজকে Continuous signal-এর পরিবর্তে পালস্ করমে ট্রান্সমিট করা হয়, তখন তাকে Sampling বলে।

Sampling rate : কোনো অ্যানালগ সিগন্যালকে Digitally pulse code modulation করার সময় স্যাম্পল এবং হোল্ড সার্কিট দ্বারা নির্দিষ্ট স্যাম্পল তৈরি করা হয়। এই স্যাম্পলের ফ্রিকুয়েন্সিকে স্যাম্পল রেট বলে। সর্বনিম্ন অনুমোদনযোগ্য স্যাম্পলিং রেট হচ্ছে $2f_m$, যেখানে f_m হচ্ছে Highest frequency spectral component.

যেমন–স্ট্যান্ডার্ড অডিও ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 300 – 3400 Hz এর জন্য ব্যবহৃত স্যাম্পলিং রেট হচ্ছে 8000 Samples/sec.

২। **ডিজিটাল কমিউনিকেশনের সুবিধাসমূহ লিখ।** *[বাকাশিবো : '০১, '১২(৪র্থ)]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.১ দ্রষ্টব্য।

৩। **PCM-এর ব্যবহার লিখ।** *[বাকাশিবো : '৯৮]*

উত্তর : PCM-এর ব্যবহার নিম্নরূপ :

(১) ডিজিটাল ট্রান্সমিশন সিস্টেমে PCM-এর ব্যবহার।
(২) টেলিফোনিতে PCM-এর প্রধান ব্যবহার লক্ষ করা যায়।
(৩) Space communication-এ PCM ব্যবহার হয়।
(৪) Broadband network-সমূহে PCM ব্যবহৃত হয়।

৪। **PCM-এর সুবিধা-অসুবিধাগুলো লিখ।**

উত্তর : PCM-এর সুবিধা :

(১) PCM সিস্টেম Interference এবং noise কর্তৃক কম আক্রান্ত হয়।
(২) এটি অধিক খারাপ Singnal-to-noise ratio সহ্য করতে পারে।
(৩) প্রেরিত ইনফরমেশনের পুনরুদ্ধার কার্য পৃথক পৃথক পালসগুলোর উচ্চতা, ব্যান্ডওয়াইডথ অথবা এনার্জি কনটেন্টের উপর নির্ভর করে না শুধুমাত্র এদের উপস্থিতি অথবা অনুপস্থিতির উপর নির্ভর করে। সেহেতু অধিক নয়েজ ডিস্টরশনের উপস্থিতিতে পালসগুলো তুলনামূলকভাবে সহজে উদ্ধার করা যায়।
(৪) Long-distance communication-এর চমৎকার ফলাফল পাওয়া যায়।
(৫) এই সিস্টেমের Multiplexing equipment অতি সস্তায় পাওয়া যায়।

PCM-এর অসুবিধা :

(১) PCM-এ অধিক জটিল ইনকোডিং এবং কোয়ান্টাইজিং সার্কিটটির দরকার হয়।
(২) অ্যানালগ সিস্টেমের তুলনায় PCM এর বড় ব্যান্ডওয়াইডথ এর প্রয়োজন হয়।

৫। **সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : যে নয়েজ সিগন্যালকে দূষণ করে সে নয়েজ লেভেলের প্রেক্ষিতে সিগন্যাল লেভেলের মান দ্বারা এর গুণাগুণ নির্ধারণ করা হয়। নয়েজ পাওয়ার (P_n) এর সাথে সিগন্যাল পাওয়ার (P_s) এর অনুপাত দ্বারা এটিকে প্রকাশ করা হয় এবং (Signal-to-Noise Ratio (SNR) নামকরণ করা হয়।

গাণিতিকভাবে একে লেখা হয়, $\frac{S}{N} = \frac{P_s}{P_n}$

৬। ডিজিটাল কমিউনিকেশন কী? এর প্রয়োজনীয় ব্যান্ডওয়াইডথ কত?

উত্তর : ডিজিটাল কমিউনিকেশন সিস্টেমে এক স্থান হতে অন্য স্থানে ডিজিটাল সিগন্যালের মাধ্যমে ইনফরমেশন প্রেরণ করা হয়। এতে পর্যায়ক্রমে অ্যানালগ সিগন্যালের নমুনা বা স্যাম্পল নিয়ে এর অ্যামপ্লিচিউড A/D কনভার্টারের মাধ্যমে কোয়ান্টাইজড করা হয়। ডিজিটাল কমিউনিকেশনের জন্য PCM ব্যবহার করা হয়।

কমিউনিকেশন সিস্টেমে ডাটা হ্যান্ডলিং ক্যাপাসিটি, ব্যান্ডওয়াইডথ (BW)-এর মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়। BW বলতে ডাটা ট্রান্সমিশনের জন্য প্রাপ্ত ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জকে বুঝায়। PCM পদ্ধতিতে বৃহৎ পরিসরের BW ব্যবহার করা হয়। বাস্তবক্ষেত্রে 1.5 MHz এর BW ব্যবহার করা হয়।

৭। স্যাম্পলিং তত্ত্বটি বুঝিয়ে লিখ।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.২ নং দ্রষ্টব্য।

৮। PCM-এর কোয়ান্টাইজেশনের মূলতত্ত্ব বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯। PCM-এর কোডিং-এর মূলনীতি লিখ।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০। PCM-এর কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ এবং ত্রুটি বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৬ নং দ্রষ্টব্য।

১১। PCM-এর ক্ষেত্রে দেখাও যে, লেভেলের সংখ্যা বৃদ্ধি করলে ত্রুটি হ্রাস পায়।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

১২। ন্যাচারাল স্যাম্পলিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : যে স্যাম্পলিং পদ্ধতিতে পালসের শীর্ষদেশ মডুলেটিং ওয়েভফরমকে অনুসরণ করে এবং মডুলেটরের মধ্যে Finite-width পালস ব্যবহৃত হয় তাকে ন্যাচারাল স্যাম্পলিং বলে।

১৩। Flat-top sampling কী?

উত্তর : এ Sampling পদ্ধতিতে Finite width পালস ব্যবহৃত হয় কিন্তু মডুলেশনের পরে এদের Flat top থাকে। PCM সিস্টেমে নয়েস সিগন্যাল Sampling করার জন্য সর্বাধিক ব্যবহৃত পদ্ধতি হচ্ছে Flat-top sampling. যা একটি Sample and hold সার্কিটের মধ্যে সম্পাদিত হয়। Flat top sampling-এর ক্ষেত্রে সরু পালস সহকারে ইনপুট ভোল্টেজকে স্যাম্পল করা হয় এবং পরবর্তী স্যাম্পল গৃহীত হওয়া অবধি এটিকে ধ্রুবভাবে ধরে রাখা হয়।

১৪। ফোল্ড-ওভার নয়েজ কী?

উত্তর : গাণিতিকভাবে সর্বনিম্ন Nyquist sampling rate হচ্ছে–

$f_s \geq fa$

যেখানে, f_s = Sampling rate

f_s = Analog input signal

যদি f_s, f_a এর দ্বিগুণের চেয়ে কম হয়, তবে ডিস্টোরশন দেখা দেয়। এ ডিস্টোরশনকে বলা হয় এইলিয়াস বা ফোল্ড-ওভার ডিস্টোরশন। Undersampling এর কারণে Aliasing বা Foldover distortion ঘটে থাকে। আর এ ডিস্টোরশনের ফলে যে নয়েজের সৃষ্টি হয়, তাকে বলা হয় ফোল্ড-ওভার নয়েজ।

১৫। ফোল্ড-ওভার নয়েজের অসুবিধা কী?

উত্তর : ফোল্ড-ওভার নয়েজের অসুবিধা নিম্নরূপ :

(১) Play back এর সময় পুনর্ঘটিত সিগন্যালটি মূল ওয়েভফর্ম থেকে একটি ভিন্ন পিচে শব্দ করবে, যা রেকর্ডিংয়ে আকস্মিক বিপত্তিমূলক সমস্যা ঘটায়।

(২) Fold-over noise-এর কারণে ভিডিও ব্যান্ডের মধ্যে হারমোনিক ডিস্টোরশন ঘটতে পারে এবং ইন্টারফারেন্স ফ্রিনজ বা ঝালরের আবির্ভাব ঘটে।

১৬। ইন্টারপোলেশন নয়েজ কীভাবে হ্রাস করা যায়?

উত্তর : Over-sampling এবং Filtering-এর মাধ্যমে ইন্টারপোলেশন নয়েজ হ্রাস বা কমানো যায়।

১৭। **ফোল্ড-ওভার নয়েজ হ্রাস করার পদ্ধতি বর্ণনা কর।**

উত্তর : Over sampling পদ্ধতি দ্বারা Fold-over নয়েজ হ্রাস করা যায়। তাছাড়া Antialiasing অথবা Antifold-over filter ব্যবহার করে এ নয়েজ দূর করা যায়। এ ফিল্টারের আপার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সিকে এমনভাবে নির্বাচন করা হয় যেন Sampling rate-এর এক অর্ধাংশের চেয়ে বড় নয় এমন ফ্রিকুয়েন্সিকে Sample-and-hold সার্কিটের মধ্যে প্রবেশ করতে দেয়া হয়। এভাবে Fold-over distortion বা Noise ঘটার সম্ভাবনাকে দূর করা হয়।

১৮। **PNM কোডিং সিস্টেমের মূলনীতি লিখ।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। **PNM কোডিং সিস্টেমের ব্লকচিত্র অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

২০। **PNM-এর শর্তগুলো লেখ।**

উত্তর : PNM-এর শর্তগুলো নিম্নে বর্ণিত হলো :

(১) সমান দৈর্ঘ্যের এবং ধ্রুব অ্যামপ্লিচিউডের পালস প্রেরণের জন্য রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি এনার্জির পৌনঃপুনিকতার হার কমপক্ষে সর্বদা সর্বোচ্চ মডুলেশন ফ্রিকুয়েন্সির দ্বিগুণ হতে হবে।

(২) কার্যকরী মডুলেশন (Useful modulation) অনুসারে প্রেরিত পালসের সংখ্যা পরিবর্তিত হবে।

(৩) পালসগুলো তাদের মধ্যকার টাইম ইন্টারভ্যালের তুলনায় সংক্ষিপ্ত (Short) হতে হবে।

২১। **PNM-এর ফাংশনাল ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৫ (১) নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

১। **PCM-এর ফাংশনাল ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '১৩R, '১৪]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

২। **PCM সিস্টেমের ব্লকচিত্র অঙ্কন করে কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '১৪R]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **PNM-এর ফাংশন্যাল ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '১৪]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **Simple PCM Transmission System-এর সার্কিটসহ কাজ বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '১৪]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৫ নং দ্রষ্টব্য। *[বাকাশিবো : '১৩R]*

৫। **PNM-এর কোডিং মূলনীতি ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৪ (১) নং দ্রষ্টব্য।

৬। **ডিজিটাল কমিউনিকেশনের সুবিধাসমূহ বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। **ব্যাখ্যাসহ স্যাম্পলিং তত্ত্বটি লিখ।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.২ নং দ্রষ্টব্য।

৮। **PCM-এর কোডিং এবং কোয়ান্টাইজেশনের মূলনীতি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯। **ব্লক ডায়াগ্রামসহ PCM Coding-এর মূলনীতি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০। **PCM-এর জন্য কোয়ান্টাইজেশনের নয়েজ এবং ত্রুটি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৬ নং দ্রষ্টব্য।

১১। **কোয়ান্টাইজেশন নয়েজ হ্রাস করার পদ্ধতি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১১.৭ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায় ১২

ডিজিটাল ডাটার মডুলেশন

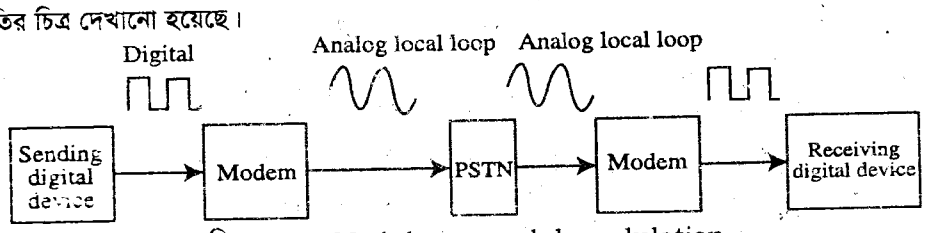
(Understand the Modulation of Digital Data)

১২.০ ভূমিকা
(Introduction)

বর্তমান এনালগ কমিউনিকেশন সিস্টেম প্রায়ই ডিজিটালে রূপান্তরিত হয়েছে। অল্প কয়েক দশকের মধ্যেই সকল প্রকার কমিউনিকেশন সিস্টেমই ডিজিটাল হয়ে যাবে। তাই আমাদেরও ডিজিটাল কমিউনিকেশন সিস্টেমের মৌলিক ধারণা থাকা দরকার। আর এ ধারণার প্রাথমিক পর্যায় হলো বাইনারি ডাটার মড্যুলেশন।

১২.১ বাইনারি ডাটার মডুলেশন
(Understand the Modulation of Binary Data)

সেন্ডিং কমিউনিকেশন ডিভাইসের উপর ডিজিটাল সিগন্যালকে অ্যানালগ সিগন্যালে রূপান্তর করাকে বলা হয় মডুলেশন। ডিজিটাল বা বাইনারি ডাটাকে বিভিন্ন পদ্ধতিতে মডুলেট করা যায়, কিন্তু সকল কৌশলের মধ্যে বাইনারি সিগন্যালসমূহকে (ডিজিটাল 0 এবং 1) অ্যানালগ অডিও ফ্রিকুয়েন্সি (AF) টোনে রূপান্তর করা হয়। রিসিভিং প্রান্তে এ সকল AF টোনগুলোকে রিসিভিং ডিজিটাল ডিভাইসের জন্য বাইনারি সিগন্যালে রূপান্তর করা হয়। নিচে এ পদ্ধতির চিত্র দেখানো হয়েছে।



চিত্র-১২.১ : Modulation and demodulation

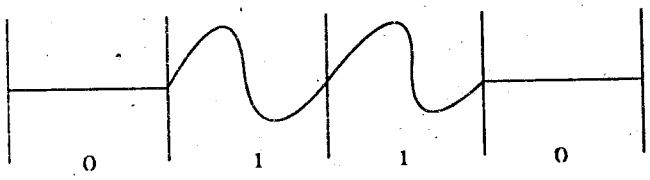
এ কাজটি করার জন্য একটি মডেম, অ্যানালগ ক্যারিয়ার অথবা ক্যারিয়ার সিগন্যাল উৎপন্ন করে। রিসিভিং ডিভাইসে ইনফরমেশনকে বহন করার জন্য এই সিগন্যালকে তারপর বিভিন্ন পদ্ধতিতে পরিবর্তন বা মডুলেট করা হয়। এই ক্যারিয়ার সিগন্যালগুলোকে চার পদ্ধতির যে-কোনো এক পদ্ধতিতে মডুলেট করা যায় :

1. Amplitude-Shift Keying (ASK)
2. Frequency-Shift Keying (FSK)
3. Phase-Shift Keying (PSK)
4. Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

১২.২ ASK, FSK এবং PSM-এর বর্ণনা
(Describe of ASK, FSK and PSK)

ডিজিটাল কমিউনিকেশনে ডিজিটাল সিগন্যালকে দূরে পাঠাতে হলে ক্যারিয়ার ওয়েভের সাথে মডুলেশন করে পাঠানো হয়। এক্ষেত্রে ASK, FSK এবং PSK ইত্যাদি পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়।

(১) ASK (Amplitude Shift Keying) : ASK ডিজিটাল মডুলেশনের সবচেয়ে সরলতম মডুলেশন। এক্ষেত্রে অ্যানালগ ক্যারিয়ার সিগন্যালের শুধুমাত্র অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তিত হয়। ফ্রিকুয়েন্সি এবং ফেজ ধ্রুব থাকে। মূলত সিগন্যালকে নিচের চিত্রের (১২.২) মতো অন-অফ রাখা হয়। ASK-কে OOK (on-off-keying) হিসেবে উল্লেখ করা হয়।

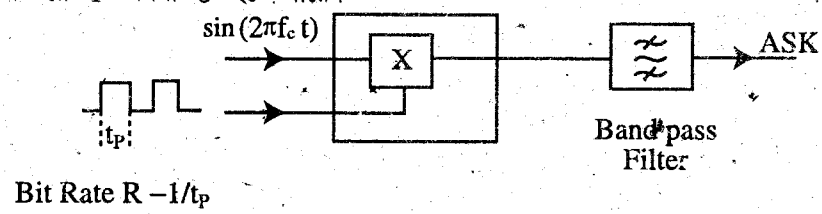


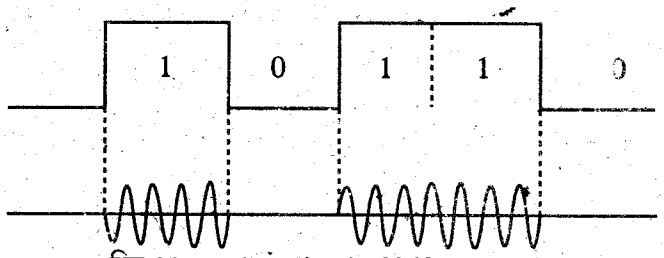
চিত্র-১২.২ : Amplitude Shift Keying (ASK)

ASK-তে ক্যারিয়ার অ্যামপ্লিচিউডকে বাইনারি '1' অথবা '0' দ্বারা গুণ করা হয় (চিত্র-১২.৩)। ডিজিটাল ইনপুট হচ্ছে একটি ইউনিপোলার NRZ সিগন্যাল। অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড ক্যারিয়ার সিগন্যালকে নিম্নভাবে লেখা যায়–

$v(t) = d \sin(2\pi f_c t)$

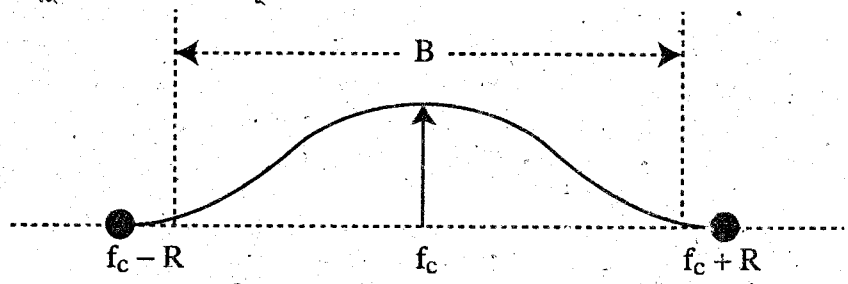
যেখানে, f_c হচ্ছে ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি এবং d হচ্ছে ডাটা বিট ভ্যারিয়েবল, যার মান ডিজিটাল সিগন্যালের অবস্থার উপর নির্ভর করে "1" অথবা "0" হতে পারে।





চিত্র-১২.৩ : Amplitude Shift Keying

ASK সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম আপার ও লোয়ার সাইড ব্যান্ডসহ ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি নিয়ে গঠিত (চিত্র-১২.৪) R বিট রেইট সম্বলিত র‍্যানডম ইউনিপোলার NRZ ডিজিটাল সিগন্যালের জন্য স্পেকট্রামের প্রথম জিরো ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি থেকে R Hz দূরে ঘটবে।



চিত্র-১২.৪ : ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম (ASK)

ASK-এর ট্রান্সমিশন ব্যান্ডওয়াইডথকে ফিল্টার ব্যবহার করে সীমাবদ্ধ করা হয়।

$B = (1 + r) R$

যেখানে, r হচ্ছে একটি ফ্যাক্টর, যার মান 0 – 1

ASK নয়েজে খুবই সেন্সিটিভ থাকে এবং ডাটা ট্রান্সমিশনে এর ব্যবহার সীমিত। এটি খুবই লো বিট রেইটে ব্যবহৃত হয় (less than 100 bps)।

(২) ফ্রিকুয়েন্সি শিফট কীইং (Frequency Shift Keying-FSK) : FSK এমন একটি মডুলেশন টেকনিক, যেখানে কেবলমাত্র অ্যানালগ ক্যারিয়ার সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সিকে পরিবর্তন করা হয়। অ্যামপ্লিচিউড এবং ফেজ ধ্রুব থাকে।

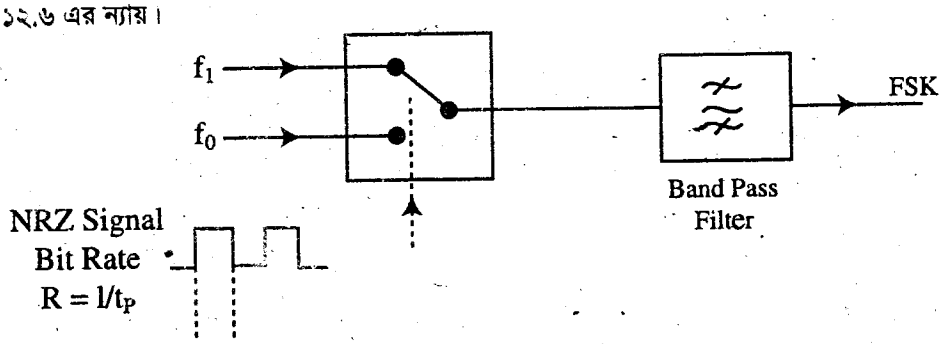
ফ্রিকুয়েন্সি শিফট কীইং (FSK) এর ক্ষেত্রে ক্যারিয়ারের ফ্রিকুয়েন্সি দুটি ভিন্ন মানের মধ্যে শিফট হয়। এই দুটি ভিন্নমানের একটি বাইনারি "1" এবং অন্যটি বাইনারি "0" (চিত্র ১২.৫)। ক্যারিয়ারের অ্যামপ্লিচিউডের কোনো পরিবর্তন ঘটে না। লো-স্পীড মডেমগুলোতে এ পদ্ধতি ব্যাপক ব্যবহৃত হয়, যাদের বিট রেইট 1200 bps-এর নিচে।

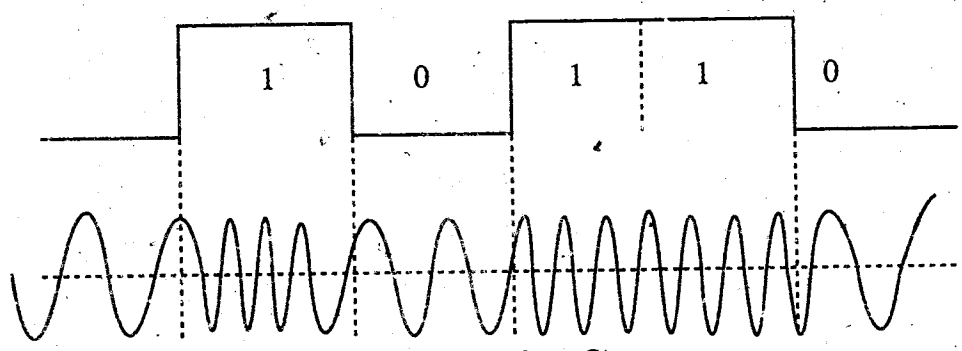
FSK সিগন্যালের তাৎক্ষণিক মানকে লেখা হয়–

$v(t) = d \sin(2\pi f_1 t) + d \sin(2\pi f_0 t)$

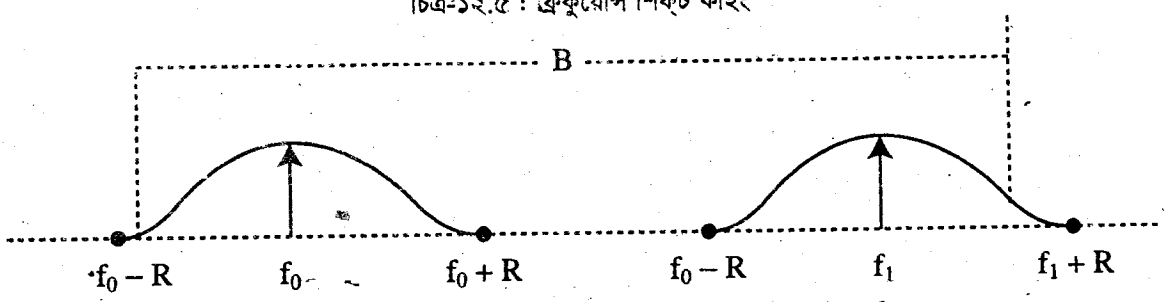
যেখানে, f_1 এবং f_0 হচ্ছে যথাক্রমে বাইনারি "1" এবং "0" এর সাথে সঙ্গতিশীল ফ্রিকুয়েন্সি এবং d হচ্ছে ডাটা সিগন্যাল ভেরিয়েবল, যার মান ডিজিটাল সিগন্যালের অবস্থার উপর নির্ভর করে। '1' বা '0' হতে পার।

উপরোক্ত সমীকরণ থেকে এটি স্পষ্ট যে, FSK সিগন্যালকে দুটি ASK সিগন্যাল দ্বারা গঠিত বলে বিবেচনা করা যায়, যাদের ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি হচ্ছে f_1 এবং f_0। কাজেই FSK সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম হবে চিত্র ১২.৬ এর ন্যায়।





চিত্র-১২.৫ : ফ্রিকুয়েন্সি শিফ্‌ট কীইং



চিত্র-১২.৬ : Frequency Spectrum of a FSK Signal

FSK সিগন্যালের জন্য ব্যান্ডওয়াইডথ B এর পরিমাণ নির্ণয় করতে হবে f_1 এবং f_o এর মধ্যবর্তী পার্থক্য জানা এবং f_1 এর আপার সাইড ব্যান্ড এবং f_o ক্যারিয়ারে, লোয়ার সাইড ব্যান্ড।

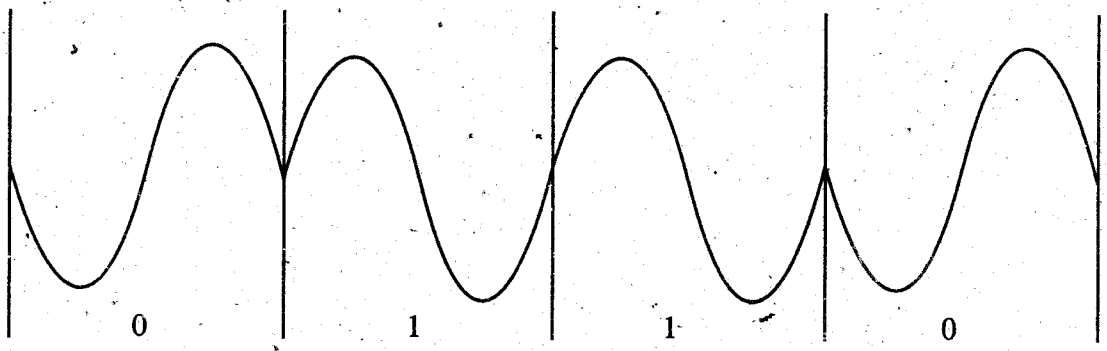
$B = |f_1 - f_0| + (1 + r) R$

r = ফিল্টার বৈশিষ্ট্যের সাথে সম্পর্কযুক্ত একটি ফ্যাক্টর এবং এর মান 0 – 1 রেঞ্জের মধ্যে।

R = বিট রেট।

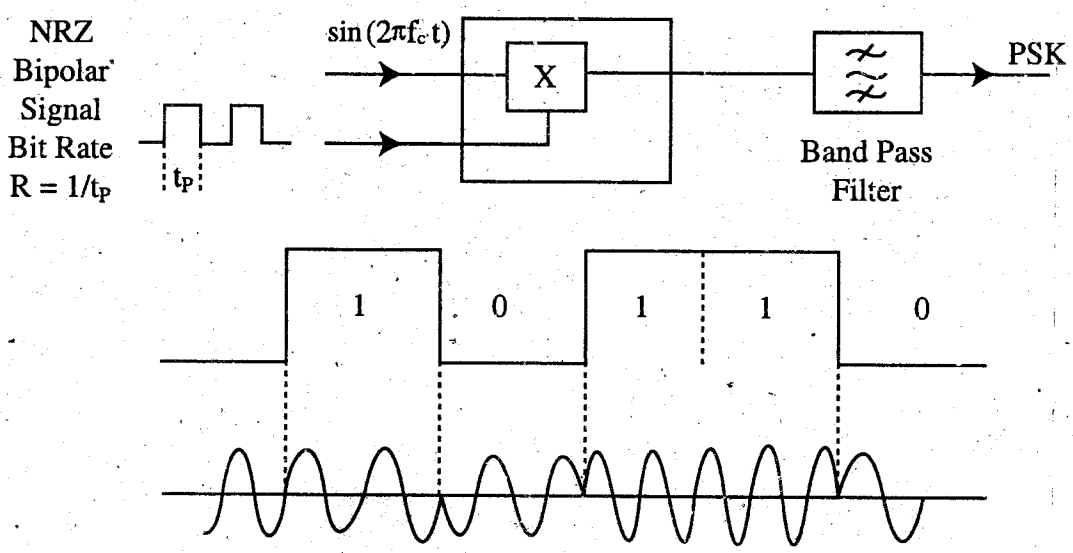
f_1 এবং f_0 এর মধ্যে ব্যবধান কমপক্ষে 2R/3 রাখা হয়। CCITT Recommendation V.23 নির্দেশনা অনুসারে 1200 bps বিট রেটের জন্য f_0 = 2100 Hz এবং f_0 = 1300 Hz ধরা হয়। প্রাপ্ত ট্রান্সমিশন চ্যানেল ব্যান্ডওয়াইডথের জন্য এর ব্যবহার সন্তোষজনক নয়।

(৩) ফেজ শিফ্‌ট কীইং (Phase Shift Keying-PSK) : ফেজ-শিফট কীইং (PSK) হচ্ছে এমন একটি মডুলেশন টেকনিক, যেখানে শুধুমাত্র ক্যারিয়ার সিগন্যালের ফেজের শিফ্‌ট ঘটানো হয়। PSK-এর সরলতম রূপ হচ্ছে BPSK (Binary-phase-shift keying), যেখানে কেবলমাত্র দুটি ভিন্ন ফেজ ব্যবহৃত হয়। নিম্নের চিত্রে তা দেখানো হয়েছে।



চিত্র-১২.৭ : Binary Phase Shift Keying (BPSK)

তিনটি মডুলেশনের মধ্যে PSK সবচেয়ে বেশি দক্ষতার সাথে কাজ করে এবং উচ্চ বিট রেটে ব্যবহৃত হয়। PSK-তে বাইনারি মানকে প্রকাশ করার জন্য ক্যারিয়ারের ফেজকে মডুলেট করা হয়। বাইপোলার ডিজিটাল সিগন্যাল দ্বারা ক্যারিয়ার ফেজ 0 এবং π-এর মধ্যে পরিবর্তিত হয়। ডিজিটাল সিগন্যালের নেগেটিভ এবং পজেটিভ পোলারিটি দ্বারা বাইনারি স্টেট '1' এবং '0' প্রকাশিত হয়।



চিত্র-১২.৮ : Binary Phase Shift Keying (BPSK)

BPSK সিগন্যালের তাৎক্ষণিক মানকে নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা হয়–

$v(t) = \sin(2\pi f_c t)$ যখন, $d = 1$ for binary state "0"

$v(t) = -\sin(2\pi f_c t)$

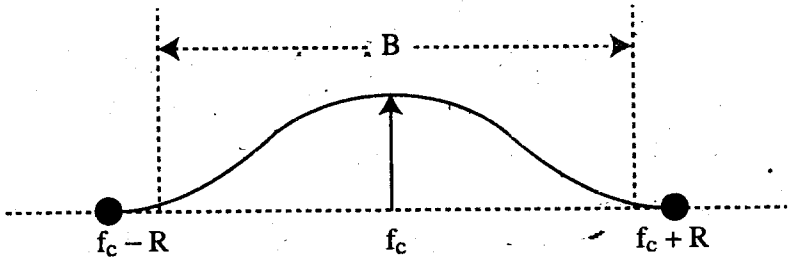
$\sin(2\pi f_c t + \pi)$

যখন, $d = -1$ for binary state "1"

অন্যকথায়,

$v(t) = d \sin(2\pi f_c t)$ $d = \pm 1$

BPSK-এর জন্য রাশিমালা ASK সিগন্যালের রাশিমালার প্রায় অনুরূপ, ব্যতিক্রম শুধু ডাটা ভেরিয়েবল d-এর মান ± 1। নিম্নের চিত্রে (১২.৯) র‍্যানডম NRZ ডিজিটাল মডুলেটিং সিগন্যালের জন্য PSK সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম দেখানো হয়েছে।



চিত্র-১২.৯ : ফ্রিকুয়েন্সি স্পেক্ট্রাম (BPSK)

Bandwidth, B = (1 + r)
R 0 < r < 1
FSK সিগন্যালের সাথে তুলনা করলে BPSK সিগন্যালের ব্যান্ডওয়াইডথ কম লাগে।

১২.৩ অ্যানালগ এবং ডাটা কমিউনিকেশনে ASK, FSK এবং PSK কৌশলের প্রয়োগ (List the Application of ASK, FSK and PSK Techniques in Analogue and Data Communication)

সাধারণত ডিজিটাল যোগাযোগ ব্যবস্থায় ASK, FSK, PSK পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। যেমন ডিজিটাল ডাটা কমিউনিকেশনের ক্ষেত্রে ASK অপটিক্যাল ফাইবারে ব্যবহৃত হয়। তাছাড়া ASK কৌশলকে ওয়্যারলেস টেলিগ্রাফিতে ব্যবহার করা হয়। FSK হাই ফ্রিকুয়েন্সি (3 to 3 MHz) রেডিও ট্রান্সমিশনের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা হয়। অন্য দিকে যেসব ক্ষেত্রে সিগন্যালিং স্পিড বেশি যেমন 2400 baud, সে সকল ক্ষেত্রে PSK টেকনিক ব্যবহৃত হয়।

Amplitude Shift Keying (ASK) : ASK খুবই নিম্ন বিট রেটের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয় (less than 100 bps)। ডিজিটাল ডাটাকে অপটিক্যাল ফাইবারের মাধ্যমে ট্রান্সমিট করার জন্য ASK পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। ভয়েস গ্রেড লাইনেও ASK ব্যবহৃত হয়।

Frequency Shift Keying (FSK) : FSK টেলিগ্রাফিতে ব্যাপকভাবে প্রয়োগ করা হয়। FSK-এর এরর ASK-এর চেয়ে কম। এটি অবশ্য হাই ফ্রিকুয়েন্সি (3-3 Mhz) রেডিও ট্রান্সমিশনেও প্রয়োগ করা হয়। এছাড়াও Local area network (LAN)-এর ক্ষেত্রেও FSK প্রয়োগ করা হয়।

Phase Shift Keying (PSK) : হায়ার সিগন্যালিং স্পিডের জন্য PSK ব্যবহার করা হয়। কারণ এক্ষেত্রে FSK এবং ASK-এর তুলনায় PSK ভালো ফলাফল দেয়। তাছাড়া Noisy Condition-এও PSK অন্য দুই পদ্ধতির তুলনায় ভালো কাজ করে।

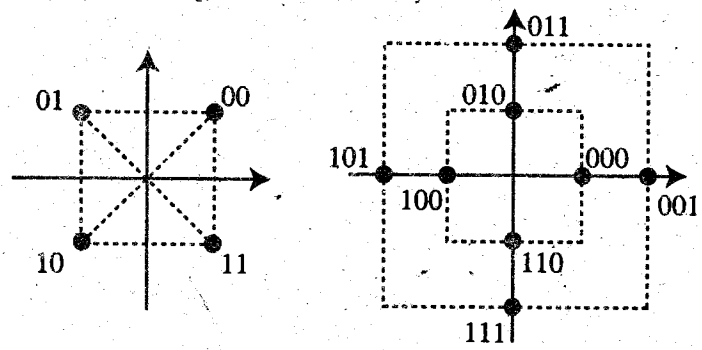
১২.৪ কোয়াড্রেচার অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন-এর পদ্ধতি ব্যাখ্যা (QAM) (Explain the Methods of Quadrature Amplitude Modulation)

Quadrature Amplitude Modulation (QAM) অ্যানালগ এবং ডিজিটাল মডুলেশন উভয় ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। দুটি ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তন করে এটি দুটি অ্যানালগ ম্যাসেজ সিগন্যাল অথবা দুটি ডিজিটাল Bit streams প্রদান করে।

কাজেই QAM হলো এমন একটি সিগন্যাল, যেখানে দুটি ক্যারিয়ার পরস্পর 90° দ্বারা ফেজ-শিফট হয়ে মডুলেট হয় এবং লব্ধ আউপুট অ্যামপ্লিচিউড এবং ফেজ ভ্যারিয়েশনের কম্বিনেশন রূপে পাওয়া যায়। কাজেই এটাকে অ্যামপ্লিচিউড ও ফেজ মডুলেশনের মিশ্রণ হিসেবে বিবেচনা করা যায়। সচরাচর দুটি সাইনুসয়ড ক্যারিয়ার ওয়েভ পরস্পর 90°-তে আউট-অভ-ফেজে থাকে, এজন্য এগুলোকে বলা হয় quadrature carrier অথবা quadrature components এবং পদ্ধতির নাম QAM। ডিজিটাল টেলিকমিউনিকেশন সিস্টেমের জন্য মডুলেশন স্কীম হিসেবে QAM ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

ডিজিটাল/কোয়ান্টাইজড QAM (Digital/Quantised QAM) : QAM যখন রেডিও কমিউনিকেশনে ব্যবহার করা হয় তখন এটি সাধারণ AM এবং PM scheme থেকে উচ্চতর ডাটা রেট বহন করতে সক্ষম হয়। ফেজ-শিফট কীইং সহযোগে যে যে পয়েন্টে সিগন্যাল বিশ্রাম নিতে পারে, তাদের সংখ্যাকে অর্থাৎ কনস্টিলেশনে (Constellation) বিন্দুর সংখ্যাকে মডুলেশন ফরম্যাট বর্ণনায় নির্দেশ করা হয়। যেমন- 16-QAM, যেখানে 16 Point constellation ব্যবহার হয়। QAM ব্যবহারের সময় সমান ভার্টিক্যাল ও হরিজন্টাল স্পেসিং সহকারে সাধারণত কনসটিলেশন পয়েন্টগুলোকে বর্গাকৃতি গ্রিডে সাজানো হয়। ফলে QAM-এর সর্বাধিক সাধারণ ফরমে ব্যবহৃত কনস্টিলেশনে পয়েন্টের সংখ্যা হয় 2-এর পাওয়ার সমান, অর্থাৎ 2, 4, 8, 16.....।

নিচের চিত্রে 4-QAM এবং 8-QAM-এর দুটি সম্ভাব্য কনস্টিলেশন কনফিগারেশন দেখানো হলো। উভয় ক্ষেত্রেই ফেজ শিফটের সংখ্যার চেয়ে অ্যামপ্লিচিউড শিফটের সংখ্যা কম। কারণ হলো অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনে নয়েজের প্রভাব থাকে এবং এটা দূর করার জন্য বড় ফেজ শিফটের প্রয়োজন হয়।



4-QAM
1Amplitude, Phases

8-QAM
2 Amplitudes, 4 Phases

চিত্র-১২.১০ : QAM Modulation

QAM কীভাবে কাজ করে তা বোঝার জন্য নিচের টেবিলে bit sequence এবং সংশ্লিষ্ট অ্যামপ্লিচিউড ও ফেজ স্টেট দেখানো হলো। এখানে অবিরাম bit stream-কে তিনটি করে গ্রুপ করে আটটি স্টেটে দেখানো হয়েছে-

Bit Sequency	Amplitude	Phase (degree)
000	1/2	0 (0°)
001	1	0(0°)
010	1/2	$\frac{\pi}{2}$ (90°)
011	1	$\frac{\pi i}{2}$ (90°)
100	1/2	π (180°)
101	1	π (180°)
110	1/2	3πi/2 (270°)
111	1	$\frac{3\pi}{2}$ (270°)

টেবিল ১২.১ : Bit sequencs amplitude and phases for 8 – QAM

এখন এমন একটি সিগন্যাল ধরা যাক, যা 36000 bps অথবা 3 bits/baud-এ ট্রান্সমিশন হচ্ছে। এটা দ্বারা বোঝা যায় যে, 8-টি বাইনারি কম্বিনেশন উপস্থাপন করা যাবে। ধরা যাক, অ্যামপ্লিচিউডের দুটি পরিমাপ 1 ও 2 এবং 4-টি সম্ভাব্য ফেজ-শিফট ব্যবহার করা হয়। দুটিকে একত্রিত করে আটটি সম্ভাব্য ওয়েভ পাঠানো যেতে পারে।

এখন কোন ওয়েভগুলো কোন বাইনারি কম্বিনেশনের সাথে সঙ্গতিশীল, তা দেখার জন্য নিচে একটি টেবিল তৈরি করা হলো-

Bit value	Amplitude	Phase-shift
000	1	None
001	2	None
010	1	$\frac{1}{4}$
011	2	$\frac{1}{4}$
100	1	$\frac{1}{2}$
101	2	$\frac{1}{2}$
110	1	$\frac{3}{4}$
111	2	$\frac{3}{4}$

টেবিল ১২.২ :

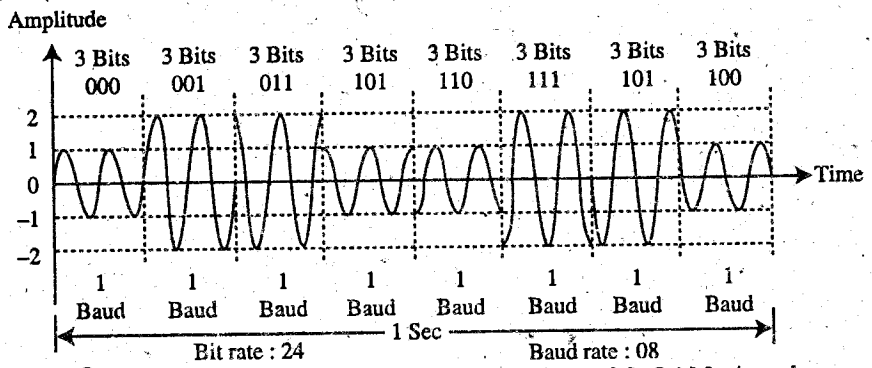
এখন একটি বড় bit-stream-কে ইনকোড করতে হবে :

000 00101101011011110110 0

প্রথমে এটিকে 3-bit triads-এ ভাগ করে নিতে হবে :

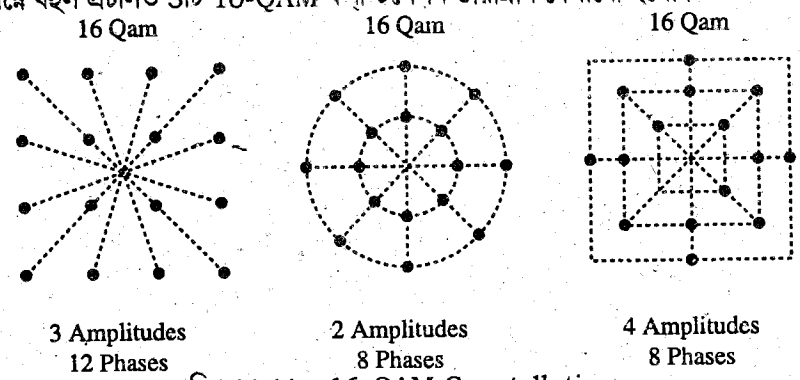
000-001-001-010-110-111-101-100

এখন লব্ধ সিগন্যালটি দেখতে কেমন হবে, তা বের করতে হবে। 8-QAM সিগন্যালের টাইম ডোমেন উপস্থাপন নিম্নে দেয়া হলো–



চিত্র-১২.১১ : Time domain representation of 8-QAM signal

চিত্রে 3টি বিটকে 1টি Baud ধরা হয়েছে এবং 1 সেকেন্ড সময়ে Baud-টি শিফট করে, ফলে বিট রেট 24 হয়েছে। নিম্নে বহুল প্রচলিত 3টি 16-QAM কনস্টিলেশন ডায়াগ্রাম দেখানো হলো।



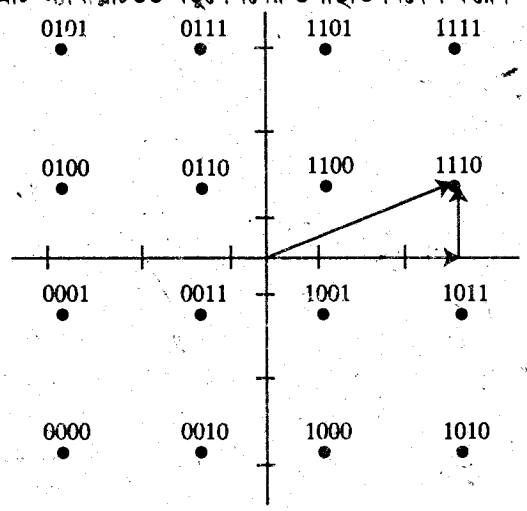
চিত্র-১২.১২ : 16-QAM Constellations

১ম উদাহরণে 3 Amplitude এবং 12 phase-এর সম্পর্ক দেখানো হয়েছে। এতে ফেজ শিফট ও অ্যামপ্লিচিউড রেডিও বেশি হওয়াতে নয়েজ-এর প্রভাব থাকে কিন্তু ৩য় চিত্রে 4 Amplitude এবং 8 phase-এর সম্পর্ক দেখানো হয়েছে। এতে $4 \times 8 = 32$ টি শিফটিং সম্ভব কিন্তু অর্ধেক সংখ্যক পরিবর্তনশীলতা ব্যবহার করে শিফটের মধ্যকার ব্যবধান বৃদ্ধি করে ভালো সিগন্যাল পাওয়া যায়।

কোয়াড্রেচার অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন (QAM)-এর পদ্ধতি : কোয়াড্রেচার অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন (QAM) হচ্ছে এমন একটি কৌশল, যেখানে অ্যামপ্লিচিউড এবং ফেজ মডুলেশন একত্রিত করে স্টেটের সেপারেশনকে বর্ধিত করা হয়। চিত্র নং ১২.১৩-তে QAM 16 স্টেটগুলো উদাহরণস্বরূপ দেখানো হয়েছে। QAM16 প্রতি সাইকেলে 4 bits অথবা Quadbits প্রদান করে। কাজেই,

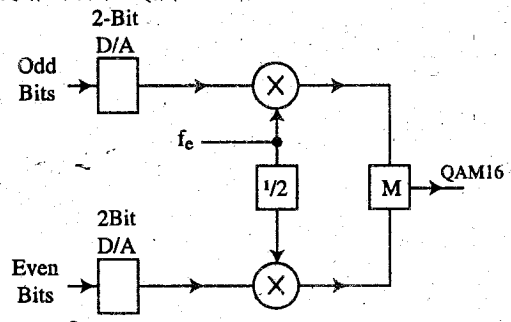
ডাটা-ট্রান্সমিশন রেইট = 4 × baud rate

এখানে 16টি স্টেট ($2^4 = 16$) আছে এবং প্রতিটি স্টেট 4 বিটের একটি গ্রুপ। স্টেটগুলো মূলবিন্দু থেকে সমদূরবর্তী নয়। কাজেই এটি অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের উপস্থিতি নির্দেশ করে।



চিত্র-১২.১৩ : Phase state of 16 quadrature amplitude modulation

লক্ষণীয় যে, প্রতিটি স্টেটকে কোয়াড্রেচারে দুটি ক্যারিয়ারের যোগফলরূপে প্রকাশ করা যায়। এ সকল ক্যারিয়ারগুলোর চারটি সম্ভাব্য অ্যামপ্লিচিউড $\pm v_1$ এবং $\pm v_2$ থাকতে পারে। ১২.১৪ নং চিত্রে QAM 16 এর জন্য মডুলেটরের ব্লকচিত্র দেখানো হয়েছে। ইনপুটে বিজোড় সংখ্যক বিটগুলো জোড়ায় একত্রিত হয় এবং D/A আউটপুটে চার লেভেলের একটি সিগন্যাল উৎপন্ন করে, যা ক্যারিয়ারকে মডুলেট করে। জোড় সংখ্যক বিটগুলো একই পদ্ধতিতে একত্রিত হয়ে $\frac{r}{2}$ ফেজ শিফটেড অন্য ক্যারিয়ারকে মডুলেট করে। QAM 16 আউটপুট পাওয়ার জন্য মডুলেটেড ক্যারিয়ারগুলো একত্রিত হয়।



চিত্র-১২.১৪ : QAM 16 Modulator

PSK 16 এর চেয়ে QAM 16 অধিকতর ভালো পারফরম্যান্স প্রদর্শন করে। QAM এর মতো মডুলেশন টেকনিক ব্যবহার করে মডেমগুলো আজকাল প্রতি সাইকেলে বহুগুণিত বিট ট্রান্সমিট করতে পারে।

অনুশীলনী–১২

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **ASK, AGC, FSK, QAM, PCM, SSB-SC, DSB-SC এবং PSK-এর পূর্ণনাম লিখ।**

উত্তর : ASK-এর পূর্ণনাম– Amplitude Shift Keying *[বাকাশিবো : '৯৮, '০০, '০২, '০৭, '০৯, '১১, '১২(৪র্থ), '১৩]*

AGC এর পূর্ণনাম– Automatic Gain Control

FSK এর পূর্ণনাম– Frequency Shift Keying

QAM এর পূর্ণনাম– Quadrature Amplitude Modulation.

PCM এর পূর্ণনাম– Pulse Code Modulation.

SSB-SC এর পূর্ণনাম– Single Side Band-Suppressed Carrier.

DSB-SC এর পূর্ণনাম– Double Side Band-Suppressed Carrier.

PSK এর পূর্ণনাম– Phase Shift Keying.

CW এর পূর্ণনাম– Continous Wave.

২। **QAM মডুলেশন কী?** *[বাকাশিবো : '৯৯, '০০, '০৭, '১০R, '১১, '১৩R]*

উত্তর : কোয়াড্রেচার অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন (QAM) হচ্ছে এমন একটি কৌশল, যেখানে ASK এবং PSK মডুলেশন একত্রিত করে ফেজ স্টেটের সেপারেশনকে বর্ধিত করা হয়।

৩। **বাইনারি ডাটার মডুলেশন কী?**

উত্তর : সেন্ডিং কমিউনিকেশন ডিভাইসের উপর বাইনারি ডাটা সিগন্যালকে অ্যানালগ সিগন্যালে রূপান্তর করাকে বলা হয় বাইনারি ডাটার মডুলেশন।

৪। **অ্যানালগ ক্যারিয়ার সিগন্যালগুলোকে কী কী পদ্ধতিতে মডুলেট করা যায়? তাদের নাম লিখ।**

উত্তর : অন্যালগ ক্যারিয়ার সিগন্যালগুলোকে নিম্নের চার পদ্ধতিতে মডুলেট করা যায়। যথা–

(১) Amplitude Shift Keying (ASK)

(২) Frequency Shift Keying (FSK)

(৩) Phase Shift Keying (PSK)

(৪) Quadrature Amplitude Modulation (QAM)।

৫। **FSK, CW-এর পূর্ণঅর্থ লিখ।**

উত্তর : FSK-এর অর্থ Frequency Shift Keying এবং CW-এর অর্থ Continous Wave.

৬। **ASK, FSK ও PSK-তে যথাক্রমে ক্যারিয়ার ওয়েভের কী পরিবর্তন হয়?**

উত্তর : ASK-এর ক্ষেত্রে ক্যারিয়ারের অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তন হয়।

FSK-এর ক্ষেত্রে ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তন হয়।

PSK-এর ক্ষেত্রে ফেজ পরিবর্তন হয়।

৭। **ASK মডুলেশনের সংজ্ঞা লিখ।**

উত্তর : যে ডিজিটাল মডুলেশনে অ্যানালগ ক্যারিয়ার সিগন্যালের শুধুমাত্র অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তিত হয়, কিন্তু ফ্রিকুয়েন্সি এবং ফেজ ধ্রুব তাকে, তাকে ASK মডুলেশন বলা হয়।

৮। **OOK কী?**

উত্তর : OOK-এর অর্থ হচ্ছে On-Off Keying

ASK-কে OKK হিসেবে উল্লেখ করা হয়।

৯। **FSK মডুলেশনের সংজ্ঞা লিখ।**

উত্তর : যে মডুলেশনে অ্যানালগ ক্যারিয়ার সিগন্যালের শুধুমাত্র ফ্রিকুয়েন্সিকে পরিবর্তন করা হয়, কিন্তু অ্যামপ্লিচিউড এবং ফেজ ধ্রুব থাকে, তাকে FSK বা ফ্রিকুয়েন্সি শিফট কীইং মডুলেশন বলা হয়।

১০। **FSM সিগন্যালের তাৎক্ষণিক মানের সমীকরণটি লিখ।**

উত্তর : $v(t) = d \sin(2\pi f_1 t) + d \sin(2\pi f_0 t)$

যেখানে, f_1 এবং f_0 হচ্ছে যথাক্রমে বাইনারি '1' এবং '0'-এর সাথে সঙ্গতিশীল ফ্রিকুয়েন্সি এবং d হচ্ছে ডাটা সিগন্যাল ভেরিয়েবল, যার মান ডিজিটাল সিগন্যালের অবস্থার উপর নির্ভর করে '1' বা '0' হতে পারে।

১১। **PSK মডুলেশনের সংজ্ঞা লিখ।**

উত্তর : যে মডুলেশন টেকনিকে শুধুমাত্র ক্যারিয়ার সিগন্যালের ফেজের শিফ্‌ট ঘটানো হয়, কিন্তু অ্যামপ্লিচিউড এবং ফ্রিকুয়েন্সি ধ্রুব থাকে, তাকে PSK বা ফেজ শিফ্‌ট কীইং মডুলেশন বলা হয়।

১২। **ASK, FSK এবং PSK কৌশলের প্রয়োগ উল্লেখ কর।**

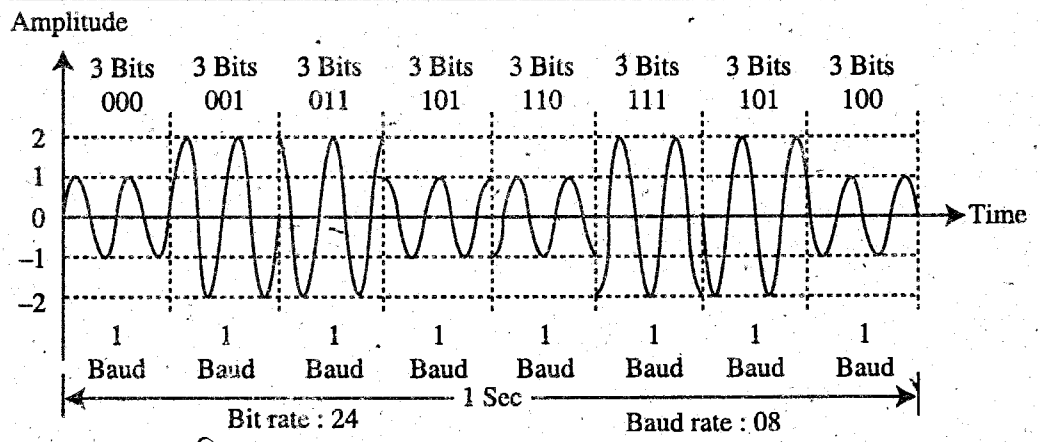
উত্তর : অনুচ্ছেদ ১২.৩ নং দ্রষ্টব্য।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

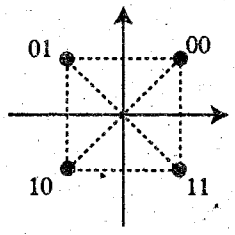
১। **4-QAM-এর ওয়েভ ডায়াগ্রাম এবং কন্‌স্টিলেশন ডায়াগ্রাম আঁক।** *[বাকাশিবো : '১৪]*

উত্তর : কোন ওয়েভগুলো বাইনারি কম্বিনেশনের সাথে সঙ্গতিশীল, তা দেখার জন্য টেবিল তৈরি করা হলো–

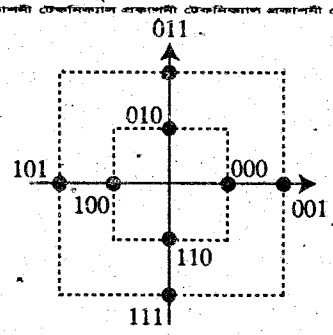
Bit value	Amplitude	Phase-shift
000	1	None
001	2	None
010	1	$\frac{1}{4}$
011	2	$\frac{1}{4}$
100	1	$\frac{1}{2}$
101	2	$\frac{1}{2}$
110	1	$\frac{3}{4}$
111	2	$\frac{3}{4}$



চিত্র : Time domain representation of 8-QAM signal



4-QAM
1Amplitude, Phases



8-QAM
2 Amplitudes, 4 Phases

২। **ASK, FSK ও PSK-এর বর্ণনা দাও।** *[বাকাশিবো : '১০, '১৩]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১২.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **চিত্রের সাহায্যে PSK ব্যাখ্যা কর।** *[বাকাশিবো : '১২(৪র্থ)]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১২.২ এর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **QAM পদ্ধতির চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর।** *[বাকাশিবো : '১২(৫ম)]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১২.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **পূর্ণ অর্থ লেখ : QAM, CWFSK, QPSK..** *[বাকাশিবো : '০৬, '০৯R]*

উত্তর : QAM – Quadrature Amplitude Modulation.
CWFSK – Continuous Wave Frequency Shift Keying.
QPSK – Qudrature Phase Shift Keying.

৬। **Quartenary বা Quadriphase PSK কাকে বলে?** *[বাকাশিবো : '০৯]*

উত্তর : QPSK-এর পূর্ণরূপ হলো Quadrature Phase Shift Keying. PSK পদ্ধতিতে ক্যারিয়ার সিগন্যালের দুটি পরিবর্তনশীলতা 0° অথবা 180° ব্যবহার করা হয়। কিন্তু QPSK পদ্ধতিতে চারটি পরিবর্তনশীলতা ব্যবহার করা হয়। অর্থাৎ এখানে প্রতিটি Phase-shift-এ ২টি বিট উপস্থাপন করে। এরূপ পদ্ধতিকে Quartenary বা Quadriphase PSK (QPSK বা 4-PSK) বলে।

৭। **QAM-এর মৌলিক নীতি উল্লেখ কর।** *[বাকাশিবো : '০৭, '০৮(R)]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১২.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৮। **ফেজ মডুলেশনের (Phase Modulation) সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।** *[বাকাশিবো : '৯৮, '৯৯, '০৬]*

উত্তর : যে মডুলেশনে মডুলেটিং ভোল্টেজের তাৎক্ষণিক মান অনুযায়ী ক্যারিয়ার সিগন্যালের ফেজ অ্যাঙ্গেলকে পরিবর্তন করা হয়, তাকে ফেজ মডুলেশন বলে। এ সময় ক্যারিয়ার সিগন্যালের অ্যামপ্লিটিউড এবং ফ্রিকুয়েন্সি স্থির থাকে।

ধরা যাক, ক্যারিয়ার ভোল্টেজের মান– $e_c = E_c \sin(\omega_c t + \theta)$

এবং মডুলেটিং ভোল্টেজের মান– $e_m = E_m \sin \omega_m t$

মডুলেশনের পূর্বে ক্যারিয়ার ফেজ অ্যাঙ্গেল– $\phi_c = \omega_c t + \theta$

ফেজ মডুলেশনের পর ক্যারিয়ার সিগন্যালের যে-কোনো মুহূর্তের ফেজ (তাৎক্ষণিক ফেজ)–

$\phi_t = \omega_c t + \theta + K_p E_m \sin \omega_m t$

৯। **Quantised QAM কী?**

উত্তর : QAM-এর ডিজিটাল ফরম্যাটকে প্রায়ই "Quantised QAM" বলা হয়।

১০। **কনস্টিলেশন ডায়াগ্রাম কী?**

উত্তর : যে ডায়াগ্রামের মাধ্যমে ফেজ-টু-বিট ভ্যালু এর সম্পর্ক প্রদর্শন করা হয়, তাকে কনস্টিলেশন (Constellation) বা ফেজ স্টেট ডায়াগ্রাম বলে।

১১। **QAM-এর ব্যবহার লেখ।**

উত্তর : QAM-এর ব্যবহার নিচে প্রদত্ত হলো :

(১) রেডিও কমিউনিকেশনে (QAM) ব্যবহৃত হয়।

(২) NTSC এবং PAL television system-এ অ্যানালগ QAM ব্যবহৃত হয়, যেখানে 1 এবং Q-signal ক্রোমা ইনফরমেশনের কম্পোনেন্টসমূহ বহন করে।

(৩) স্টেরিও ডিফারেন্স ইনফরমেশন বহন করার জন্য AM stereo radio-তে "কম্পাটিবল QAM" অথবা C-QUAM ব্যবহৃত হয়।

(৪) রেডিও কমিউনিকেশনের ক্ষেত্রে সেলুলার টেকনোলজি থেকে শুরু করে WiMAX এবং Wi-Fi. 802.11 সহ ওয়্যারলেস সিস্টেম পর্যন্ত সকলেই QAM-এর বিভিন্ন ফরমের কোনো একটি ব্যবহার করে এবং রেডিও কমিউনিকেশন ক্ষেত্রে QAM-এর ব্যবহার নিয়তই বেড়ে চলেছে।

(৫) বিট রেইট বাড়ার কারণে বর্তমানে অপটিক্যাল ফাইবার সিস্টেমে QAM মডুলেশন ব্যবহৃত হচ্ছে।

১২। **QAM-এর সুবিধা-অসুবিধাগুলো উল্লেখ কর।**

উত্তর : অ্যামপ্লিচিউড এবং ফেজ ভ্যারিয়েশন ব্যবহারের মাধ্যমে QAM যদিও রেডিও কমিউনিকেশনের জন্য ট্রান্সমিশনের দক্ষতা বৃদ্ধি করে তথাপি এর বেশ কিছু অসুবিধা রয়েছে। প্রথমত, Higher order modulation format ব্যবহার করে অর্থাৎ কনস্টিলেশনে অধিক পয়েন্ট ব্যবহার করে প্রতি সিম্বলে অধিক সংখ্যক বিট ট্রান্সমিট করা গেলেও পয়েন্টগুলো একত্রে কাছাকাছি হওয়ার কারণে এরা নয়েজ এবং ডাটা এরর তৈরি করে। ফেজ এবং ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন ব্যবহৃত রিসিভারগুলো লিমিটিং অ্যামপ্লিফায়ার ব্যবহার করে যে-কোনো অ্যামপ্লিচিউড নয়েজ দূর করতে সক্ষম এবং সেহেতু নয়েজ আস্থাকে (Noise reliance) উন্নত করে। কিন্তু QAM-এর ক্ষেত্রে এটি সম্ভবপর নয়।

দ্বিতীয় সীমাবদ্ধটিও সিগন্যালের অ্যামপ্লিচিউড কম্পোনেন্টের সাথে সংশ্লিষ্ট। যখন একটি রেডিও ট্রান্সমিটারের মধ্যে ফেজ অথবা ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেড সিগন্যাল বিবর্ধন হয় সেক্ষেত্রে লিনিয়ার অ্যামপ্লিফায়ার ব্যবহারের কোনো দরকার নেই। কিন্তু যখন QAM ব্যবহৃত হয় তখন এতে অ্যামপ্লিচিউড কম্পোনেন্ট থাকে এবং এক্ষেত্রে লিনিয়ারিটি অবশ্যই রক্ষা করতে হয়। কিন্তু লিনিয়ার অ্যামপ্লিফায়ারগুলো কম দক্ষতাসম্পন্ন হয় এবং অধিক পাওয়ার খরচ করে; সেহেতু মোবাইল প্রয়োগে এটি এদেরকে কম আকর্ষণীয় করে তোলে।

রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

১। **চিত্রসহ ASK বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '১৪]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১২.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। **চিত্রসহ FSK পদ্ধতি আলোচনা কর।** *[বাকাশিবো : '১৪R]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১২.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **ব্লকচিত্রসহ QAM পদ্ধতি ব্যাখ্যা কর।** *[বাকাশিবো : '০৯, '০৯R]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১২.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **চিত্র অঙ্কন করে PSK পদ্ধতি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১২.২ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায় ১৩

ট্রান্সমিশন মিডিয়া

(Understand the Transmission Media)

১৩.০ ভূমিকা

(Introduction)

একস্থান থেকে অন্যস্থানে বা এক ডিভাইস থেকে অন্য ডিভাইসে সিগন্যাল বা ডাটা বা ম্যাসেজ স্থানান্তর করার পদ্ধতিকে বলা হয় ট্রান্সমিশন। আর যে সব মাধ্যম ব্যবহার করে ডাটা স্থানান্তর করা হয়, তাকে ট্রান্সমিশন মিডিয়া বলা হয়। যেকোন কমিউনিকেশন সিস্টেমে ট্রান্সমিশন মিডিয়া অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। কারণ মিডিয়া ছাড়া কোন প্রকার ট্রান্সমিশন সম্ভব নহে। লং ডিসট্যান্স কমিউনিকেশনে বিভিন্ন ধরনের মিডিয়া ব্যবহার করা হয়। তাই মিডিয়া নির্বাচনের জন্য কয়েকটি ফ্যাক্টর বিবেচনা করা হয়। যেমন– ব্যান্ডওয়াইথ, নয়েজ, রেডিয়েশন, অ্যাটিনুয়েশন ইত্যাদি।

১৩.১ ট্রান্সমিশন মিডিয়ার প্রকারভেদ

(Mention the Categories of Transmission Media)

এক লোকেশন থেকে অন্য লোকেশনে ডাটা সিগন্যাল স্থানান্তর করার পদ্ধতিকে বলা হয় ডাটা ট্রান্সমিশন আর যে সকল মাধ্যম ব্যবহার করে ডাটাকে এক স্থান হতে অন্য স্থানে আদান-প্রদান করা হয়, তাই ট্রান্সমিশন মিডিয়া। যে-কোনো কমিউনিকেশন সিস্টেমে ট্রান্সমিশন মিডিয়া একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয়। কারণ মিডিয়া ছাড়া কোনো ট্রান্সমিশনই সম্ভব নয়। সাধারণভাবে Data Transmission Media-কে দুটি গ্রুপে ভাগ করা যায়। যথা–

(1) Guided Media বা Cable Media : যেমন– Copper wire, fiber optics ইত্যাদি;

(2) Unguided Media : যেমন– Wireless communication.

Cable-media-কে আরো কয়েকটি ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(a) টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবল (Twisted pair cable),

(b) কো-এক্সিয়াল ক্যাবল (Co-axial cable),

(c) ফাইবার অপটিক ক্যাবল ইত্যাদি।

টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবলকে আবার নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(i) Shielded Twisted Pair (STP)
(ii) Unshield Twisted Pair (UTP)
(iii) Loaded Twisted Pair
(iv) Unloaded Wisted Pair
(v) Bonded Twisted Pair
(vi) Twisted Ribbon Cable

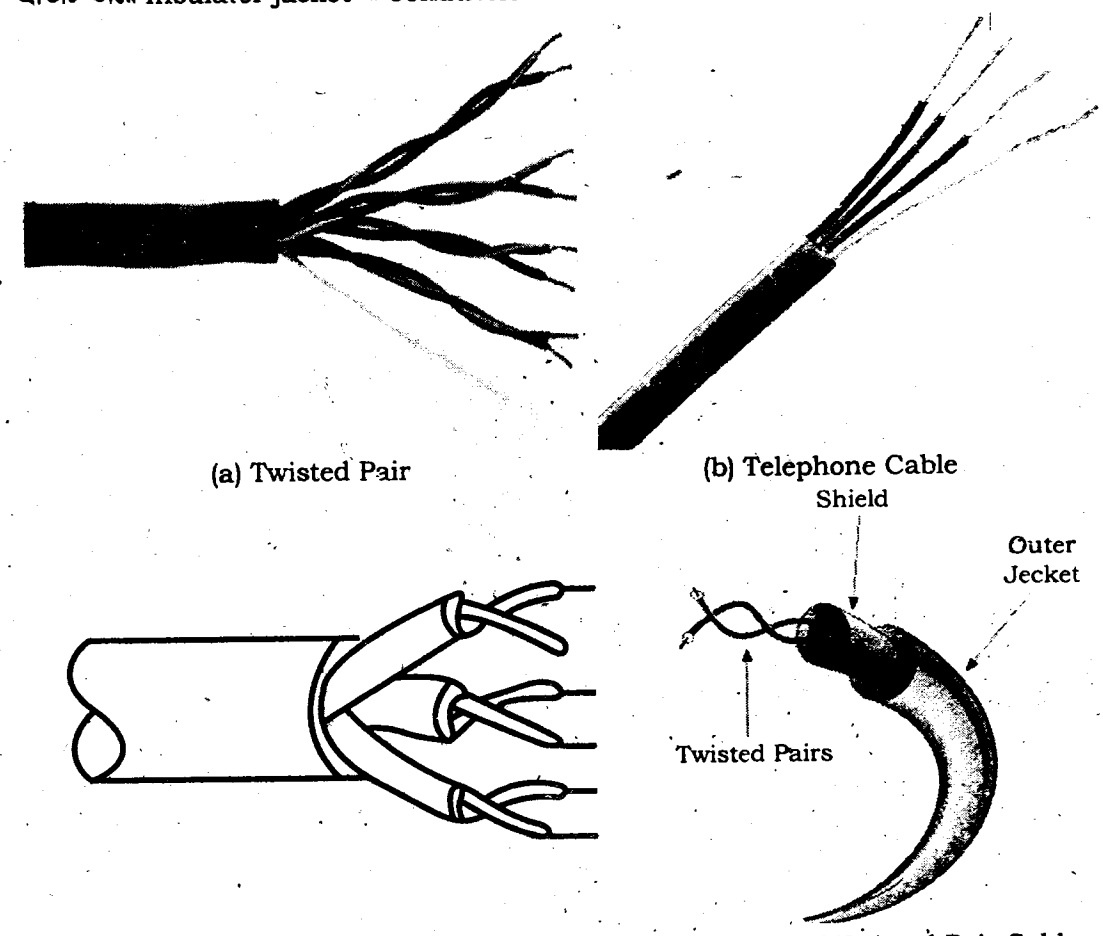
Unguided media-কে বেশ কয়েক ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(ক) Infrared transmission media
(খ) Laser transmission media
(গ) Narrow band radio transmission media
(ঘ) Spread spectrum radio transmission media
(ঙ) Microwave transmission media
(চ) Satellite microwave transmission media ইত্যাদি।

১৩.২ টুইস্টেড পেয়ার (UTP, STP), কো-এক্সিয়াল এবং ফাইবার অপটিক ক্যাবলের গঠন বর্ণনা

(Describe the Construction of Twisted Pair (UTP, STP), Co-axial and Fiber Optic Cable)

(১) টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবলের গঠন : সবচেয়ে কমন ট্রান্সমিশন মিডিয়াম হচ্ছে এই টুইস্টেড পেয়ার। এটি একটি গাইডেড বা মেটালিক ট্রান্সমিশন লাইন। টুইস্টেড পেয়ারের দাম কম হওয়াতে আজকাল এর ব্যবহার বেড়েই চলেছে। ভয়েস কমিউনিকেশনের জন্য এটা যদিও ব্যাপক ব্যবহৃত হয়, তবে এটা ভয়েস ব্যান্ড থেকেও অধিক উচ্চতর ফ্রিকুয়েন্সিসমূহ পরিচালনা করতে পারে। Twisted pair cable দুটি প্যাঁচানো কপার তার দিয়ে তৈরি। প্রতিটি তারে Insulator jacket ও Conductor থাকে।



(a) Twisted Pair (b) Telephone Cable

(c) Multiple Shielded Twisted Pairs (d) Shieled Twisted Pair Cable

চিত্র-১৩.১ : Twisted Cable

পাকানোর ফলে ক্রসটক (Crosstalk) এবং ইন্টারফারেন্স সমস্যা হ্রাস পায়। এক পেয়ারের চেয়ে বেশি পেয়ারকে একত্রে আঁটি করে ক্যাবল আকৃতিতে আনা যায়। নয়েজ থেকে রক্ষা করার জন্য একটি টুইস্টেড পেয়ারের শিল্ড হিসেবে ধাতব বিনুনি থাকতে পারে।

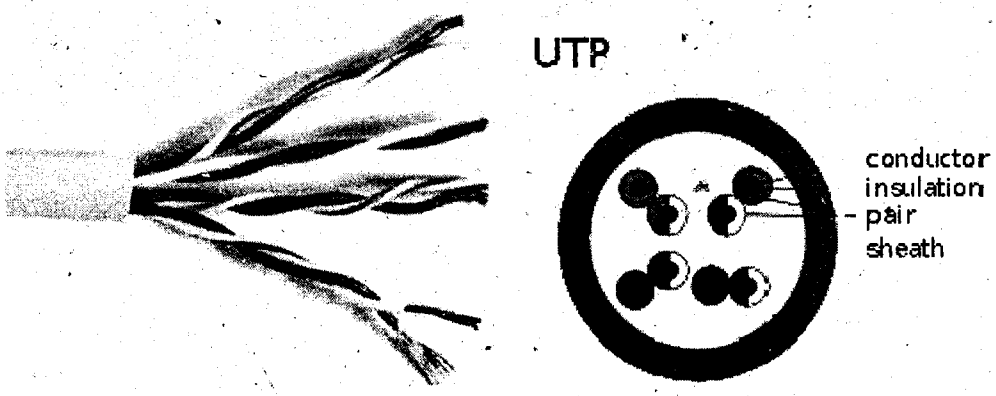
Twisted pair cable দু'ধরনের হয়ে থাকে। যথা–

(১) Unshielded Twisted Pair (UTP) Cable।

(২) Shielded Twisted Pair (STP) Cable এবং

(i) Unshielded Twisted Pair (UTP) Cable : UTP বা Unshielded Twisted Pair Cable অনেক ক্ষেত্রে STP-এর মতো হলেও এতে কোনো Shield নেই। এ পদ্ধতিতে একটি সিঙ্গেল ক্যাবলে কতকগুলো টুইস্টেড পেয়ার বান্ডেল করা থাকে এবং এদের পৃথক করার জন্য কালার কোডিং করা থাকে।

(ii) Shielded Twisted Pair (STP) Cable : STP ক্যাবলিং-এর কপার ওয়্যারের প্রত্যেক পৃথক জোড়ার উপর মেটাল শিল্ডিং দেয়া থাকে। এ প্রকারের শিল্ডিং ক্যাবলকে বাহ্যিক EMI (Electromagnetic Interferences) থেকে রক্ষা করে। IBM cabling system কর্তৃক স্পেসিফিকেশনকৃত 150 Ω STP ক্যাবল টোকেন রিং নেটওয়ার্কগুলোতে ব্যবহৃত হয়।

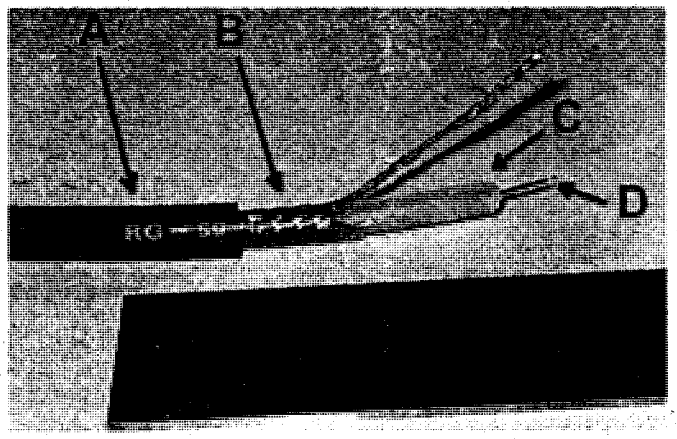


Unshielded Twisted Pair Cable Unshielded Twisted Pair

চিত্র-১৩.২ : UTP Cable

আরো এক প্রকারের Shielded twisted pair আছে। একে বলা হয় Screened Shielded Twisted Pair (S/STP) অথবা Screened Fully Shielded Twisted Pair (S/FTP)। এটিকেও STP ক্যাবলিং-এর মতো শিল্ডিং করা হয়, তবে শিল্ডেড কপার পেয়ারগুলোর সমগ্র গ্রুপকে আবৃত করে একটি আউটার মেটাল শিল্ডিং থাকে। এক্সটারনাল সোর্সের ইন্টারফারেন্স হতে এই জাতীয় ক্যাবল সর্বাপেক্ষা ভালো প্রোটেকশন দিতে পারে এবং ক্রসটক (Crosstalk) দূর করতে পারে।

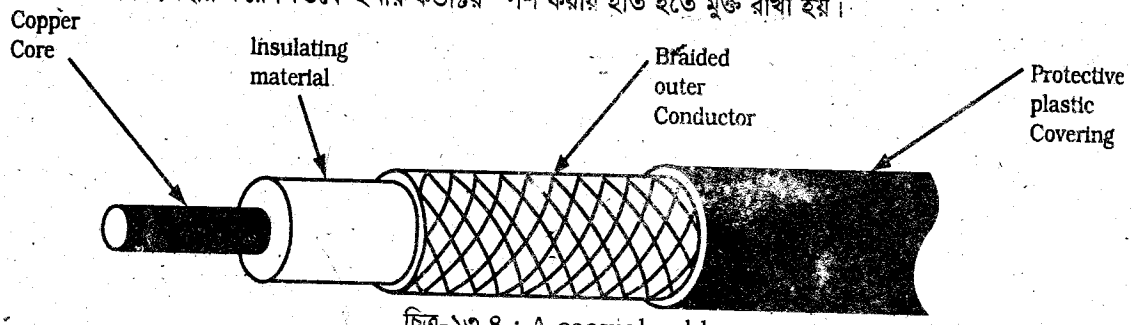
(২) কো-এক্সিয়াল ক্যাবল : দুটি সমকেন্দ্রিক কন্ডাক্টর (Concentric conductors) দ্বারা কো-এক্সিয়াল ক্যাবল গঠন করা হয়। Co-axial cable অথবা Coax হচ্ছে এমন একটি ইলেকট্রিক্যাল ক্যাবল, যার মধ্যে রয়েছে একটি অভ্যন্তরীণ বা Inner Conductor। এই Inner conductor-টি সলিড অথবা Stranded ধরনের হতে পারে। উচ্চ হাই ফ্রিকুয়েন্সি পারফরম্যান্স পাওয়ার জন্য এই ইনার কন্ডাক্টরটি Silver plated হতে পারে। কখনো কখনো ইনার কন্ডাক্টর হিসেবে কপার-প্লেটেড আয়রন ওয়্যারও ব্যবহৃত হয়।



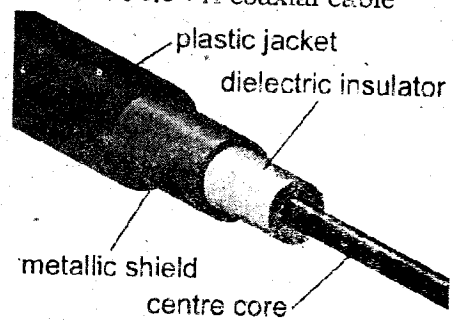
চিত্র-১৩.৩ : RG-59 flexible coaxial cable.

A : Outer plastic sheath
B : Copper screen
C : Inner dielectric insulator
D : Copper core

এ ইনার কন্ডাক্টরটির উপর বেষ্টিত থাকে একটি টিউবুলার ইনসুলেটিং লেয়ার। এ লেয়ার সাধারণত একটি উচ্চ ডাই-ইলেকট্রিক কনস্ট্যান্স বিশিষ্ট নমনীয় পদার্থের হয়ে থাকে। বেষ্টনকারী এই ইনসুলেটরটি সলিড প্লাস্টিক, ফোম প্লাস্টিক (Foam plastic) অথবা ইনার কন্ডাক্টরটিকে স্পেসার সাপোর্টিং করে বাতাস দ্বারা গঠন করা যায়। ডাই-ইলেকট্রিকের ধর্ম ক্যাবলের কিছু বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্যকে নিয়ন্ত্রণ করে। সাধারণত অপেক্ষাকৃত কম লস ক্যাবলের জন্য সলিড Polyethylene (PE) ইনসুলেটর নির্বাচন করা হয়। ইনসুলেটর হিসেবে সলিড Teflon (PTFE)-ও ব্যবহৃত হয়। কিছু কিছু কো-এক্সিয়াল লাইনে বাতাস (অথবা অন্য কোনো গ্যাস) ব্যবহার করা হয় এবং সেই ক্ষেত্রে স্পেসার ব্যবহার করে শিল্ডকে ইনার কন্ডাক্টর স্পর্শ করার হাত হতে মুক্ত রাখা হয়।



চিত্র-১৩.৪ : A coaxial cable

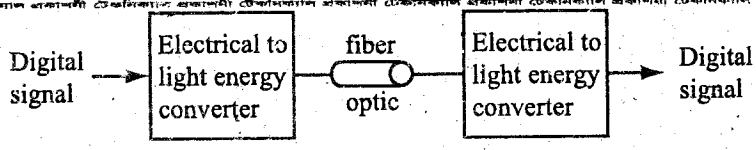


চিত্র-১৩.৫ : Coaxial cable cutaway

সমগ্র সমাবেশকে ঘিরে থাকে একটি কন্ডাক্টিভ লেয়ার বা টিউবুলার শিল্ড। এই শিল্ড বিভিন্ন রকমের হয়ে থাকে। প্রচলিত কো-এক্সিয়াল ক্যাবলগুলো কপার তারের বিনুনি (Braided copper wire) দ্বারা শিল্ড গঠন করা হয়। এর ফলে ক্যাবলটি নমনীয় হয়। কখনো কখনো বিনুনি (braid)-কে সিলভার প্লেটেড করা হয়। ভালো শিল্ড পারফরম্যান্স পাওয়ার জন্য কিছু কিছু ক্যাবলে Double-layer shield থাকে। আজকাল পাতলা মেটালিক ফয়েল (Foil) শিল্ডও ব্যবহৃত হচ্ছে। কিছু কিছু ক্যাবলে সলিড মেটাল টিউব দিয়ে শিল্ড তৈরি করা হয়। এতে ভালো পারফরম্যান্স পাওয়া যায় কিন্তু নমনীয়তা থাকে না।

সর্বশেষে বাইরের দিকে একটি ইনসুলেটিং লেয়ার দ্বারা আবৃত করা হয়, যাকে বলা হয় ইনসুলেটিং জ্যাকেট। এই জ্যাকেটটি অনেক ধরনের পদার্থ দ্বারা তৈরি হতে পারে। সাধারণত PVC ব্যবহার করা হয়। কিন্তু কিছু কিছু প্রয়োগে Fire-resistant material-এরও দরকার হয়।

(৩) ফাইবার অপটিক ক্যাবলের গঠন : অপটিক্যাল ফাইবার হচ্ছে আলো পরিবহন করতে সক্ষম এক প্রকার মাইক্রোওয়েভ গাইড। এটি এক প্রকার গ্লাস ফাইবার। ইনফরমেশনকে আলোকশক্তিতে রূপান্তর করে এর মধ্য দিয়ে ট্রান্সফার করা হয়। ট্রান্সমিশন পথ হিসেবে এর বড় সুবিধা হচ্ছে খুব সহজেই ও দ্রুত গতিতে ইনফরমেশন বহু দূরে প্রেরণ করা যায় এবং এটি দ্বারা অধিক ব্যান্ডওয়াইডথ বিশিষ্ট সিগন্যালকে বহন করানো যায়।



চিত্র-১৩.৬ : Fiber Optic System

অপটিক্যাল ফাইবার তিনটি সমকেন্দ্রিক স্তরের সমন্বয়ে গঠিত, যথা–

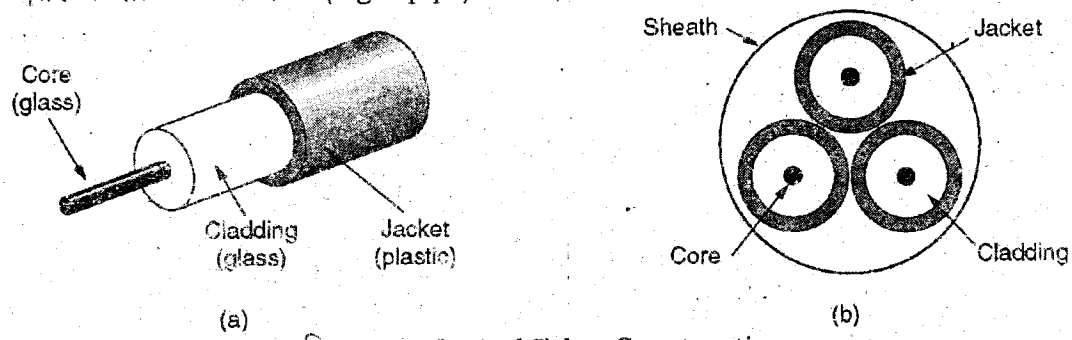
(১) আলোক পরিবহণকারী কোর (Light carrier core),

(২) ক্ল্যাডিং (Cladding) ও

(৩) কোটিং (Coating)।

(১) কোর (Core) : কোর হচ্ছে গ্লাস বা প্লাস্টিক দিয়ে তৈরি ফাইবারের সবচেয়ে ভিতরের অংশ। এটি ফাইবারের ট্রান্সমিশন অঞ্চল হিসেবে কাজ করে। কোরের একটি নির্দিষ্ট Refractive index থাকে, যাকে μ_1 দ্বারা প্রকাশ করা হয়। বড় ধরনের কোর একত্রিত করলে বেশি আলো ট্রান্সমিশনের কাজ করতে পারে। কোরের ব্যাস সচরাচর 50 থেকে 500 মাইক্রোমিটার (μm) পর্যন্ত হয়ে থাকে।

(২) ক্ল্যাডিং (Cladding) : কোরের চারিদিকের অংশকে ক্ল্যাডিং বলে, যার আলোক প্রতিসরাঙ্ক কোরের আলোক প্রতিসরাঙ্ক থেকে ভিন্ন। এটিও গ্লাস বা প্লাস্টিক দিয়ে তৈরি করা হয়। ক্ল্যাডিংয়ের যে একটি নির্দিষ্ট Refractive index আছে, তাকে μ_2 দ্বারা প্রকাশ করা হয়। আসলে ক্ল্যাডিং হচ্ছে কোরের অপটিক্যাল বাউন্ডারি, যা কোরের সমস্ত অভ্যন্তরীণ প্রতিসরণকে কোরের বাইরের পৃষ্ঠে তাড়িত করে। কোর এবং ক্ল্যাডিং একত্রে অপটিক্যাল ওয়েভ গাইড কিংবা আলোর পাইপের (Light pipe) ন্যায় কাজ করে।



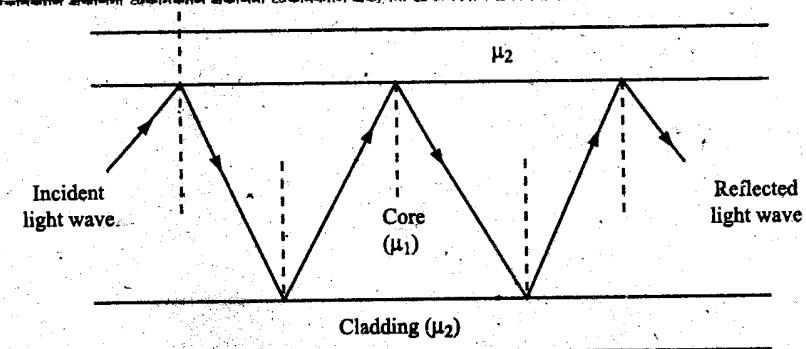
চিত্র-১৩.৭ : Optical Feber Construction

কোটিং (Coating) : কোর এবং ক্ল্যাডিং-এর বাইরের অংশে চতুর্দিকে আবৃত স্তরকে কোটিং বলে। কোটিংকে Jacket-ও বলে। এটা প্লাস্টিক কিংবা পলিমার দ্বারা তৈরি। জ্যাকেটটি অপটিক্যাল ফাইবারকে আর্দ্রতা শোষণ করা, ভেঙে যাওয়া এবং অন্য যে-কোনো প্রকার আঘাত হতে রক্ষা করে। এটির পুরুত্ব 250-100 μm হয়ে থাকে। আলোর বাস্তব ট্রান্সমিশনের কাজে কোটিং জড়িত নয়।

ফাইবার-এর মাধ্যমে আলোক প্রোপাগেশন :

যে সিগন্যালকে ট্রান্সমিট করতে হবে, তাকে প্রথমে আলোকশক্তিতে রূপান্তর করা হয়। তারপর এ আলোকে কোরের মধ্যে একটি নির্দিস্ট অ্যাঙ্গেলে নিক্ষেপ করা হয়। কোরের মধ্য দিয়ে আলোক তরঙ্গ ভ্রমণ করার সময় ক্ল্যাডিংয়ের গায়ে ক্রিটিক্যাল অ্যাঙ্গেল θ_c-তে আপতিত হয় এবং সম্পূর্ণরূপে প্রতিফলিত হয়। এ প্রতিফলিত রশ্মিটি আবার ক্ল্যাডিংয়ের বিপরীত দেওয়ালে ক্রিটিক্যাল অ্যাঙ্গেলে পতিত হয় এবং আবার সম্পূর্ণরূপে প্রতিফলিত হয়। এভাবে আলোক তরঙ্গ কোর ও ক্ল্যাডিংয়ের সারফেসে পূর্ণ প্রতিফলিত হতে হতে প্রোপাগেট হয় বা সামনের দিকে অগ্রসর হয়।

এখানে প্রতিসরাঙ্ক $\mu_1 > \mu_2$ হতে হবে। নিচের চিত্রে মাত্র একটি আলোক উৎস দেখানো হয়েছে, তবে বাস্তবে একাধিক আলোক উৎস থাকতে পারে।



চিত্র-১৩.৮ : গ্লাস ফাইবার কোরের মধ্য দিয়ে আলোক তরঙ্গের প্রোপাগেশন

বাস্তবে আলোক উৎস হতে বিভিন্ন কোণে বিভিন্ন পথে বাউন্ডারি স্তরে আলো আপতিত হয়। এগুলো একাধিক বর্ণের এবং ফ্রিকুয়েন্সির। ফলে তা স্টেপ ইনডেক্স মাল্টিমোড প্রোপাগেশনে চলাচল করে। এ প্রকার আলোক তরঙ্গের মধ্যে যেগুলো θ_C কোণে আপতিত হয়, কেবল সেগুলোই কোরের সমান্তরালে প্রবাহিত হয়। θ_C কোণের কম কোণে আলো আপতিত হলে তা ক্ল্যাডিং দ্বারা শোষিত হয়ে যায়।

ফাইবারের বহিঃআপাতন কোণের সর্বোচ্চ যে মানের জন্য আলোক ফাইবারের মধ্যে প্রোপাগেট করে, তাকে Acceptance angle বলা হয়। আবার ফাইবারের আলোক তরঙ্গ বিভিন্ন কোণ হতে আহরণ (Capture) করার সামর্থ্যের গাণিতিক পরিমাপকে Numerical aperture (NA) বলে। একে অপটিক্যাল ফাইবারের ফিগার অভ মেরিট (Figure of merit) বলা হয়। ফাইবারের Acceptance angle-কে লেখা হয়–

$$\theta_{0(max)} = \sin^{-1}\left(\frac{\sqrt{\mu_1^2 - \mu_2^2}}{\mu_0}\right)$$

অপটিক্যাল ফাইবার প্রধানত দু'প্রকার হয়। যথা–

(১) Single mode fiber ও

(২) Multimode fiber।

সিঙ্গেল মোড ফাইবারের মধ্য দিয়ে কেবল একটি মোডে সিগন্যাল গমন করতে পারে। মাল্টিমোড ফাইবারের মধ্য দিয়ে অনেকগুলো মোডে সিগন্যাল গমন করে। এটা আবার দু'প্রকারের হয়। যথা–

(১) স্টেপ ইনডেক্স ফাইবার (Step index fiber) ও

(২) গ্রেডেড ইনডেক্স ফাইবার (Graded index fiber)।

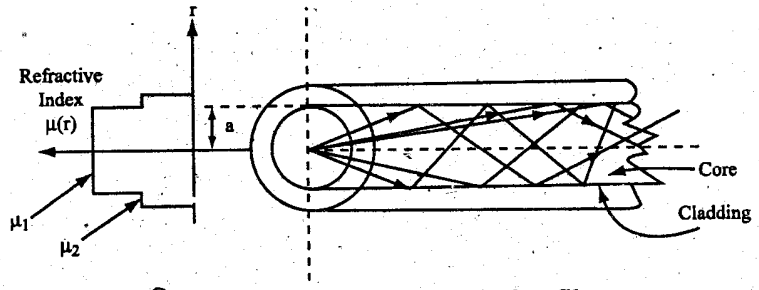
অপটিক্যাল ফাইবারের কোরের Refractive index m_1 যদি ধ্রুব হয় এবং ক্ল্যাডিং-এর Refractive index μ_2 যদি সামান্য কম হয়, তবে তাকে তাকে স্টেপ ইনডেক্স ফাইবার বলে।

স্টেপ ইনডেক্স ফাইবার আবার দু'ধরনের হতে পারে। যথা–

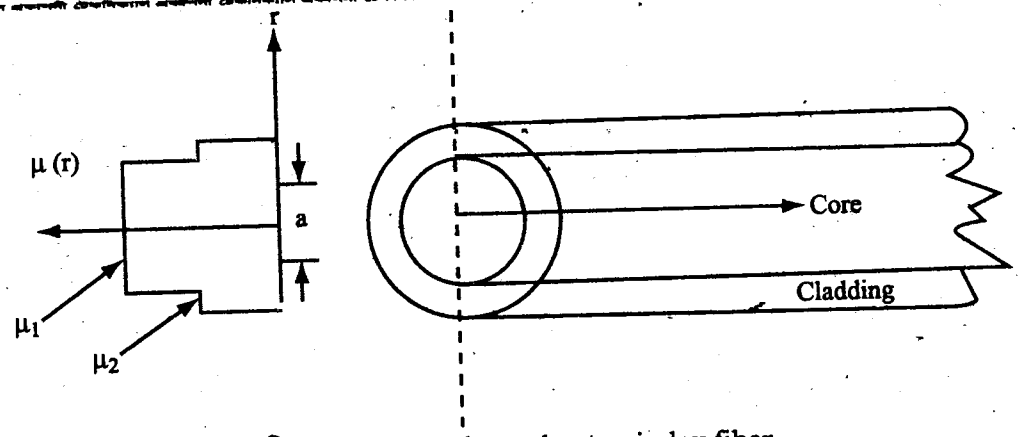
(১) মাল্টিমোড স্টেপ ইনডেক্স ফাইবার।

(২) সিঙ্গেল মোড স্টেপ ইনডেক্স ফাইবার।

সিঙ্গেল মোড স্টেপ ইনডেক্স ফাইবারের মধ্য দিয়ে লাইট প্রোপাগেশন :



চিত্র-১৩.৯ : Multimode step index fiber

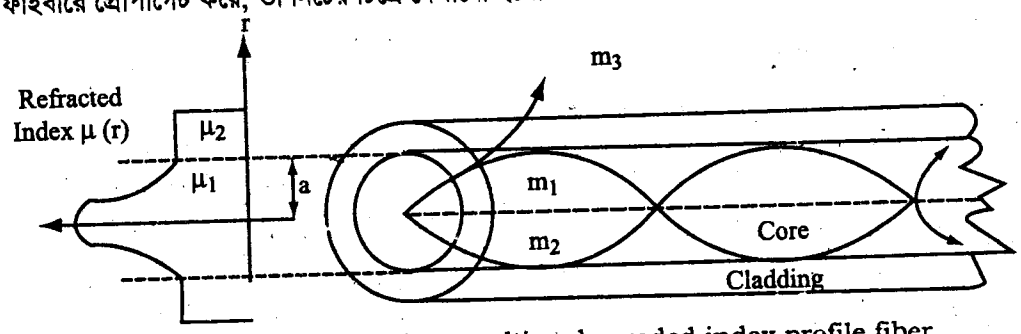


চিত্র-১৩.১০ : Single mode step index fiber

চিত্র ১৩.৯ এ মাল্টিমোড স্টেপ ইনডেক্স ফাইবার দেখানো হয়েছে, যার কোর ব্যাস প্রায় 50 μm অথবা আরো বড়, যা ফাইবার কোরের মধ্য দিয়ে বহু মোডের প্রোপাগেশনের জন্য যথেষ্ট বড় হয়। চিত্র ১৩.১০-এ একটি সিঙ্গে মোড অথবা মনোমোড স্টেপ ইনডেক্স ফাইবার (Monomode step index fiber) দেখানো হয়েছে, যা কেবল একটি Transverse electromagnetic mode (HF_{11})-কে প্রোপাগেশনের অনুমতি প্রদান করে। এ ধরনের ফাইবারের কোর ব্যাস 2-10 μm এর হয়ে থাকে। শুধু একটি মোডে ট্রান্সমিট করার কারণে সিঙ্গেল মোড স্টেপ ইনডেক্স ফাইবারের একটি বিশেষ সুবিধা আছে, তা হচ্ছে Low intermodal dispersion অন্য দিকে একাধিক প্রোপাগেটিং মোডগুলোর গ্রুপ ভেলোসিটি বিভিন্নতার কারণে মাল্টিমোড স্টেপ ইনডেক্স ফাইবারের উল্লেখযোগ্য dispersion থাকতে পারে। আবার সিঙ্গেল মোড-স্টেপ-ইনডেক্স ফাইবারের সাথে তুলনা করলে মাল্টিমোড-স্টেপ-ইনডেক্স ফাইবারের সর্বোচ্চ ব্যান্ডওয়াইডথ সীমাবদ্ধ হয়।

গ্রেডেড ইনডেক্স ফাইবার (Graded index fiber)-এর মধ্য দিয়ে লাইট প্রোপাগেশন :

গ্রেডেড ইনডেক্স ফাইবারের ক্ষেত্রে কোরের ধ্রুব Refractive index থাকে না। এ প্রকার ফাইবারের কোরের ম্যাটেরিয়ালকে এমনভাবে করা হয় যেন কেন্দ্রে Refractive index μ_1 এর উচ্চমানে থাকে এবং সতর্কতার সঙ্গে নির্বাচিত প্রোফাইল অনুসারে অক্ষ হতে ব্যাসার্ধ বরাবর হ্রাস পায়। মাল্টিমোড ট্রান্সমিশনের ক্ষেত্রে পালসের টাইম Dispersion কমানোর জন্য গ্রেডেড ইনডেক্স ফাইবার ব্যবহৃত হয়। লাইট কীভাবে একটি গ্রেডেড-ইনডেক্স ফাইবারে প্রোপাগেট করে, তা নিচের চিত্রে দেখানো হলো :



চিত্র-১৩.১১ : Propagation in a multimode graded index profile fiber,

যেহেতু কোরের অভ্যন্তরে Refractive index সুষমভাবে বণ্টিত থাকে না কিন্তু কোরের অক্ষ থেকে দূরত্বের সাথে হ্রাস পায় কাজেই আলোকরশ্মিগুলো প্রতিসরণের দ্বারা বাঁকা হয়ে যায়। ফলে তারা অক্ষের দিকে অন্তঃমুখীভাবে বক্রতাপ্রাপ্ত হয়। যে সকল রশ্মি বিভিন্ন কোণে আপতিত হয়, তাদের বিভিন্ন মানের বক্রতা থাকে। রশ্মিগুলো এমন এক বড় কোণে আপতিত হয় (ক্রিটিক্যাল কোণ থেকে বড় কোণে) যে শেষে তারা কোর হতে মুক্তি লাভ করে (যেমন– m_3)।

১৩.৩ টুইস্টেড পেয়ার (UTP, STP), কো-এক্সিয়াল এবং ফাইবার অপটিক ক্যাবলের বৈশিষ্ট্য বর্ণনা (State the Characteristics of Twisted Pair (UTP, STP) Co-axial and Fiber Optic Cable)

Unshielded Twisted Pair Cable (UTP)-এর বৈশিষ্ট্য :

(১) এ ধরনের Cabling এর Cost সবচেয়ে কম।
(২) এর Installation process বেশ সহজ এবং Installation requirement-এর দামও কম।
(৩) এর Data transmission speed প্রায় 100 Mbps.
(৪) এর কোনো রকম অ্যামপ্লিফিকেশন ছাড়াই এর মধ্য দিয়ে সিগন্যাল বেশ কয়েক কিলোমিটার যেতে পারে।
(৫) এর দূরত্ব বেশি হলে মাঝখানে রিপিটারের প্রয়োজন হয়।
(৬) এতে EMI বা Transmission loss এবং Crosstalk সমস্যা বিদ্যমান।

টুইস্টেড পেয়ার (STP)-এর বৈশিষ্ট্য :

(১) Co-axial কিংবা Unshielded twisted pair-এর চেয়ে এটির দাম বেশি।
(২) এর Installation process অপেক্ষাকৃত জটিল।
(৩) এর Data transmission speed প্রায় 500 Mbps.
(৪) এটি প্রায় 100 meter দূরত্বে data ট্রান্সমিট করতে পারে।
(৫) এর Transmission loss কিংবা Interference নেই বললেই চলে।
(৬) শিল্ডিং মেটালের তৈরি বলে এটা গ্রাউন্ড হিসেবেও কাজ করতে পারে।

Co-axial Cable-এর বৈশিষ্ট্য :

(১) এর Cost, parallel wire-এর চেয়ে বেশি।
(২) Co-axial cable-কে Install করা অপেক্ষাকৃত সহজ। কারণ এই ক্যাবলটি বলবান (Robust) আকৃতির এবং এটি সহজে নষ্ট হয় না।
(৩) এর ক্যাপাসিটি বা ডাটা ট্রান্সমিশন স্পিড প্রায় 20 Mbps পর্যন্ত।
(৪) এতে EMI নেই বললেই বলে।
(৫) এর সাহায্যে 1 km দূরত্বে ডাটা ট্রান্সমিট করা যায়।
(৬) এর ট্রান্সমিশন লস প্যারালাল ওয়্যার-এর তুলনায় কম।
(৭) কো-এক্সিয়াল ক্যাবলের সাধারণ Characteristic impedance-এর মানগুলো হচ্ছে 50 Ωs এবং 75Ωs। ক্যাবলকে বলা হয় বেইসব্যান্ড ক্যাবল আর 50 Ω ক্যাবলকে বলা হয় ব্রডব্যান্ড ক্যাবল।

ফাইবার অপটিক ক্যাবলের বৈশিষ্ট্য :

(১) এ ধরনের Cabling cost খুব বেশি। তবে বর্তমানে এর দাম কমে আসছে।
(২) এর Installation cost ও Requirement cost বেশি এবং Installation process-ও জটিল।
(৩) এর ডাটা ট্রান্সমিশন স্পিড বেশ উচ্চ প্রায় 1,86000 mile/sec. এবং 1 giga bps data এক স্থান হতে অন্য স্থানে স্থানান্তর করা যায়।
(৪) এটাতে কোনো ট্রান্সমিশন লস নেই বললেই চলে।
(৫) এ পদ্ধতিতে 10 km দূরত্বেও ডাটা পাঠানো যায়।

১৩.৪ টুইস্টেড পেয়ার (UTP, STP) কো-এক্সিয়াল এবং ফাইবার অপটিক ক্যাবলের প্রয়োগক্ষেত্র বর্ণনা (State the Application field of Twisted pair (UTP, STP), Co-axial and Fiber Optic Cable)

(১) টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবলের প্রয়োগ ক্ষেত্র :

সবচেয়ে কম ট্রান্সমিশন মিডিয়াম হচ্ছে টুইস্টেড পেয়ার। ভয়েস কমিউনিকেশনের ক্ষেত্রে এটা ব্যাপক ব্যবহৃত হয়। Point-to-point এবং Point-to-multipoint প্রয়োগের ক্ষেত্রে টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবল ব্যবহৃত হয়। সাধারণত টেলিফোন লাইনেই এই তার ব্যবহার করা হয়।

অল্প দূরত্বে অবস্থিত টেলিফোনসমূহকে যুক্ত করতে টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবল ব্যবহার হয়। কম্পিউটার নেটওয়ার্কিং-এর ক্ষেত্রে UTP ক্যাবলও সর্বাধিক সাধারণভাবে ব্যবহৃত হয়। ইথারনেটে UTP ক্যাবল ব্যবহার হয়ে থাকে। STP ক্যাবল মূলত IBM টোকেন রিং সিস্টেমে ব্যবহৃত হয়। খরচের কথা বিবেচনা করলে টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবল, কো-এক্সিয়াল অথবা অপটিক্যাল ফাইবারের তুলনায় খরচ অনেক কম বলে শর্ট এবং মিডিয়াম দৈর্ঘ্যের কানেকশনের জন্য ডাটা নেটওয়ার্কে টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবলিং প্রায়ই ব্যবহার হতে দেখা যায়।

(২) কো-এক্সিয়াল ক্যাবলের প্রয়োগক্ষেত্র : টেলিফোন নেটওয়ার্কে লং ডিসট্যান্স ট্রান্সমিশন মিডিয়াম হিসেবে কো-এক্সিয়াল ক্যাবলগুলো ব্যবহার হয়। আবার ক্যাবল টেলিভিশন নেটওয়ার্কে এবং কম্পিউটার কমিউনিকেশনের জন্য লোকাল এরিয়া নেটওয়ার্কের মধ্যে ট্রান্সমিশন মিডিয়াম হিসেবে কো-এক্সিয়াল ক্যাবল ব্যাপক ব্যবহৃত হয়। লোকাল এরিয়া নেটওয়ার্কের মধ্যে 50 Ω এবং 75 Ω CATV কো-এক্সিয়াল ক্যাবলগুলো বেশ জনপ্রিয়। হোম ভিডিও ইকুইপমেন্ট, হ্যাম রেডিও সেটআপ (Ham radio setup) এবং মেজারমেন্ট ইলেকট্রনিক্সে শর্ট কো-এক্সিয়াল ক্যাবল সাধারণভাবে ব্যবহৃত হয়।

বিভিন্ন কনজুমার ডিভাইসসমূহে, মিলিটারি ইকুইপমেন্টে এবং আল্ট্রাসাউন্ড স্ক্যানিং ইকুইপমেন্টগুলোতেও মাইক্রো কো-এক্সিয়াল ক্যাবল ব্যবহৃত হয়।

আবার 50/52 Ω ক্যাবলগুলো ইন্ডাস্ট্রিয়াল এবং বাণিজ্যিক Two-way radio frequency প্রয়োগে ব্যাপক ব্যবহৃত হয়। 75 Ω এর কো-এক্সিয়াল ক্যাবলগুলো ব্রডকাস্ট টেলিভিশন এবং রেডিওর জন্য ব্যবহৃত হয়।

(৩) ফাইবার অপটিক ক্যাবলের প্রয়োগক্ষেত্র :

নিম্নে অপটিক ক্যাবলের গুরুত্বপূর্ণ প্রয়োগসমূহ উল্লেখ করা হলো–

(১) ইন্টারন্যাশনাল কমিউনিকেশনে (International Communication)
(২) ইন্টারসিটি কমিউনিকেশনে (Intercity communication)
(৩) ইন্টার এক্সচেঞ্জ কমিউনিকেশনে (Inter exchange communication)
(৪) ডাটা লিংকে (Data link)
(৫) ডোমেস্টিক কমিউনিকেশনে (Domestic communication)
(৬) প্ল্যান্ট এবং ট্রাফিক কন্ট্রোলে (Plant and traffic control)
(৭) নাইট ভিশন, থার্মাল ইমেজিং, লেজার, রাডারের মতো ডিফেন্স কমিউনিকেশনে।
(৮) লেজার ইন্সট্রুমেন্টেশন (Laser instrumentation)।

১৩.৫ প্রত্যেক প্রকার ক্যাবলের সুবিধা-অসুবিধা (Advantages and Disadvantages of Each Types of Cables)

নিচে প্রত্যেক প্রকার ক্যাবলের সুবিধা ও অসুবিধা প্রদত্ত হলো :

(১) টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবলের সুবিধা ও অসুবিধা :

সুবিধা (Advantages) :

(১) এটা একটি পাতলা, নমনীয় ক্যাবল, ফলে দেওয়ালে টানানো সহজ।
(২) অন্যান্য LAN ক্যাবলের তুলনায় প্রতি মিটার UTP-এর দাম কম পড়ে।
(৩) UTP চিকন বিধায় এটা ওয়্যারিং ডাক্টকে (Wiring duct) দ্রুত পূর্ণ করে না।
(৪) এটি ক্ষুদ্রতর আকৃতির এবং ওজনে হালকা হয়।
(৫) পাকানোর ফলে এর ক্রসটক (Crosstalk) এবং ইন্টারফারেন্স সমস্যা হ্রাস পায়।
(৬) এক পেয়ারের চেয়ে বেশি পেয়ারকে একত্রে আঁটি করে একে ক্যাবল আকৃতিতে আনা যায়।
(৭) কোনো রকম অ্যামপ্লিফিকেশন ছাড়াই এর মধ্য দিয়ে সিগন্যাল বেশ কয়েক কিলোমিটার যেতে পারে।
(৮) খরচের কথা বিবেচনা করলে টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবলের কো-এক্সিয়াল অথবা অপটিক্যাল ফাইবারের তুলনায় খরচ অনেক কম।

অসুবিধা (Disadvantages) :

(১) EMI-এর প্রতি টুইস্টেড পেয়ারের Susceptibility প্রধানত নির্ভর করে Pair twisting scheme (সচরাচর প্রস্তুতকারকগণ ঠিক করে) এর উপর, যাকে Installation-এর সময় অবিকৃত রাখতে হয়। ফলে ন্যূনতম বক্র ব্যাসার্ধ (Bend radius) এবং সর্বাধিক পুলিং টেনশনের (Pulling tension) জন্য টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবলগুলোর সচরাচর আঁটো ভারের (Stringent) দরকার হয়। টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবলগুলোর এই আপেক্ষিক ভঙ্গুরতা Installation practice-কে ক্যাবল পারফরম্যান্স নিশ্চয়তার একটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ হিসেবে চিহ্নিত করে।

(২) ভিডিও অ্যাপ্লিকেশনের ক্ষেত্রে টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবলিং-এর আড়াআড়িতে প্রেরণকৃত ইনফরমেশন Skew নামে সিগন্যালিং ডিলে সৃষ্টি করতে পারে। ফলে সূক্ষ্ম কালার ডিফেক্টস এবং গোস্টিং (Subtle colour defects and ghosting) তৈরি হয়।

(২) কো-এক্সিয়াল ক্যাবলের সুবিধা-অসুবিধা :

সুবিধা (Advantages) :

(১) কো-এক্সিয়াল ক্যাবলের লস খুব কম হয়।

(২) ব্যান্ডওয়াইডথ বেশি থাকে,

(৩) বাহ্যিক নয়েজ ও ক্রসটক মুক্ত থাকে,

(৪) Point-to-point এবং Point-to-Multipoint উভয় ক্ষেত্রে কো-এক্সিয়াল ক্যাবল ব্যবহৃত হতে পারে।

(৫) তাছাড়া টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবলের চেয়ে কো-এক্সিয়াল ক্যাবলের জিওগ্রাফিক কাভারেজ ভালো।

(৬) প্যারালাল ওয়্যারের তুলনায় এর ডাটা স্থানান্তরের গতি বেশি।

অসুবিধা (Disadvantages) :

(১) এর Installation process সহজ কিন্তু ব্যয়বহুল।

(২) বিস্তৃতিকরণ আর্কিটেকচারে সমস্যার সৃষ্টি করে। বাস টপোলজিতে ব্যবহৃত কো-এক্সিয়াল ক্যাবল গাদাগাদি, নয়েজ এবং নিরাপত্তা ঝুঁকিতে থাকে।

(৩) টুইস্টেড পেয়ার থেকে এটি অধিক ব্যয়বহুল এবং কিছু কিছু নেটওয়ার্ক স্ট্যান্ডার্ড এটা সাপোর্ট করে না (যেমন– টোকেন রিং)।

(৪) এটা বেশি ভারি এবং উচ্চ অ্যাটেনিউয়েশনও থাকে। কাজেই রিপিটারের ব্যবস্থা করতে হয়।

(৫) ক্যাবল বরাবর কন্ডাক্টরদ্বয়ের স্পেসিং-এর কোনো উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন ঘটলে সোর্সের দিকে রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি পাওয়ার পুনঃপ্রতিফলিত হবে এবং স্ট্যান্ডিং ওয়েভ সৃষ্টি হবে। ফলে প্রেরিত পাওয়ারের পরিমাণ এবং গুণাগুণ হ্রাস পাবে।

(৩) ফাইবার অপটিক ক্যাবলের সুবিধা-অসুবিধা :

সুবিধা (Advantages) : নিচে এর সুবিধাসমূহ উল্লেখ করা হলো–

(১) যেহেতু লাইট বা আলো কার্যকরীভাবে রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি রেডিয়েশনের অনুরূপ কিন্তু খুবই উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির (প্রায় 3×10^8 GHz), কাজেই তাত্ত্বিকভাবে একটি ফাইবারের তথ্য বহন ক্ষমতা মাইক্রোওয়েভ রেডিও সিস্টেম থেকে অনেক বেশি।

(২) অপটিক্যাল ফাইবার ক্যাবলের ওজন কম এবং Non-corrosiveness থাকায় তা এয়ারক্রাফট এবং অটোমোটিভ অ্যাপ্লিকেশনে উপযোগী।

(৩) একটি একক ফাইবার দ্বারা 1500 পেয়ার ক্যাবলের সমান ভয়েস চ্যানেল বহন করা সম্ভব।

(৪) ফাইবারে যে পদার্থ ব্যবহৃত হয় তা হচ্ছে সিলিকা গ্লাস (Silica glass) অথবা সিলিকন ডাই-অক্সাইড (Silincon dioxide), যা পৃথিবীতে প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়। কাজেই তারের লাইন বা মাইক্রোওয়েভ সিস্টেম থেকে এরূপ লাইনের খরচ কম হবে।

(৫) সাধারণ তারে সাধারণত $1\frac{1}{2}$ কিলোমিটার পর পর রিপিটার ব্যবহার করতে হয়। অন্য দিকে, অপটিক্যাল ফাইবার ক্যাবলে 35 থেকে 80kg পর পর রিপিটার ব্যবহার করার প্রয়োজন হয়।

(৬) ফাইবার ক্যাবল বজ্রপাত, ক্রসটক এবং ইলেকট্রোম্যাগনেটিক রেডিয়েশনের প্রভাবমুক্ত।

(৭) ফাইবারগুলো ইলেকট্রিক্যালি কন্ডাকটিভ নয়। কাজেই যেখানে ইলেকট্রিক্যাল আইসোলেশন এবং ইন্টারফারেন্স তীব্রতর সমস্যা হিসেবে দেখা দেয়, সেক্ষেত্রে এগুলো ব্যবহার হতে পারে।

(৮) কো-এক্সিয়াল ক্যাবল অথবা টুইস্টেড পেয়ারের তুলনায় এ প্রকার ক্যাবলের অ্যাটেনিউয়েশন অত্যন্ত কম। ফলে রিপিটার ছাড়া বহু দূরে সিগন্যাল পাঠানো সম্ভব হয়।

(৯) তথ্য বহনের উচ্চ ক্ষমতা থাকার কারণে একাধিক চ্যানেল রুটকে অধিক ক্ষুদ্রতর ক্যাবলে সংকোচন করা যায়। ফলে অতিমাত্রায় গাদাগাদি করা ক্যাবল নলের ভিড় কমানো যায়।

(১০) এটি একই আকারের অন্যান্য ক্যাবলের তুলনায় আকারে ছোট, ওজনে হালকা ও চিকন বলে খুব কম জায়গার প্রয়োজন হয়।

(১১) এটা ইলেকট্রোম্যাগনেট ওয়েভের প্রভাব থেকে পৃথক থাকে। ইলেকট্রিক্যাল ডিস্টারব্যান্স অথবা ইলেকট্রিক্যাল নয়েজ আলোক তরঙ্গের উপর কোনো প্রভাব বিস্তার করতে পারে না। ফলে এ প্রকার সিস্টেমে ইন্টারফারেন্স, ইমপাল্স নয়েজ অথবা ক্রসটক সংঘটিত হয় না।

(১২) দূষণ বিকিরণ এবং লবণাক্ততায় প্রভাবিত হয় না বলে ফাইবার অপটিক অধিক বিশ্বস্ত। অধিকন্তু এটা নিউক্লিয়ার বিকিরণে নামমাত্র প্রভাবিত হয় এবং তামার তারের তুলনায় আয়ুষ্কাল বেশি।

(১৩) অপটিক্যাল ফাইবারে কোনো ক্রসটক না থাকায় সম্প্রচার অধিকতর নিরাপদ এবং ব্যক্তিগত, যার ফলে গোপনীয়তা রক্ষা করা যায়।

(১৪) এর ব্যান্ডওয়াইডথ অনেক প্রশস্ত। সমতুল্য তারের সম্প্রচার লাইনের তুলনায় অপটিক্যাল ফাইবারের ব্যান্ডওয়াইডথ অনেক বেশি।

(১৫) যেহেতু এই ফাইবার উন্নতমানের ডাই-ইলেকট্রিক, ফলে আইসোলেশনের প্রয়োজন হয় না।

(১৬) সমতুল্য তামার তারের তুলনায়-এর ডাটা প্রবাহের হার অনেক বেশি। ফলে এর মধ্য দিয়ে কপার তারের চেয়ে বেশি তথ্য পাঠানো সম্ভব।

(১৭) সমতুল্য তারের ক্যাবল সিস্টেমের তুলনায় এর প্রতি চ্যানেলের খরচ অত্যন্ত কম। ফলে অদূর ভবিষ্যতে যে-কোনো কমিউনিকেশনে অপটিক্যাল ফাইবার বহুল পরিমাণে ব্যবহার করা হবে।

(১৮) নন-ইন্ডাকটিভ এবং নন-কন্ডাকটিভ বৈশিষ্ট্যের জন্য সিস্টেম এবং অন্যান্য সার্কিটে তা কোনো বিকিরণ এবং ইন্টারফারেন্স সৃষ্টি করতে পারে না।

(১৯) অপটিক্যাল ফাইবার দ্বারা গঠিত কমিউনিকেশন সিস্টেমে রিপিটার স্টেশনের মধ্যে দূরত্ব বেশি রাখা সম্ভব।

(২০) এ প্রকার সিস্টেমের প্রয়োজনীয় কাঁচামাল সহজলভ্য।

অসুবিধা (Disadvantages) :

(১) এটি অত্যন্ত ব্যয়বহুল পদ্ধতি।

(২) এর ক্ষেত্রে দুটি কনভার্টার ব্যবহার করার প্রয়োজন পড়ে।

১৩.৬ রেডিও, মাইক্রোওয়েভ এবং ইনফ্রারেড কমিউনিকেশন পদ্ধতি

(Describe the Methods of Radio, Microwave and Infrared Communication Systems)

(১) রেডিও কমিউনিকেশন পদ্ধতি : ওয়্যারলেস মিডিয়া মানে তারবিহীন মাধ্যম। অর্থাৎ যে কমিউনিকেশন প্রক্রিয়ায় কোনো ধরনের Cable সংযোগ ছাড়াই এক স্থান থেকে অন্য স্থানে কিংবা এক কম্পিউটার থেকে অন্য কম্পিউটারে মেসেজ বা ডাটা ট্রান্সমিট করা যায়, তাকে বলা হয় Wireless Communication। রেডিও সিস্টেম একটি Wireless Communication সিস্টেম।

বস্তুর মধ্যে কম্পনের ফলে শব্দ সৃষ্টি হয়। শূন্যস্থানের (Vacuum) ভিতর দিয়ে শব্দ চলতে পারে না। দৃশ্যমান আলো, ইনফ্রারেড, আল্ট্রাভায়োলেট, X-ray এবং গামা রে-এর মতো রেডিও ওয়েভ একটি ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ, যা শূন্য স্থানের মধ্য দিয়ে চলতে পারে।

এখন একটি রেডিও অন করা হয়, তখন শব্দ শোনা যায়। কারণ রেডিও স্টেশনের ট্রান্সমিটারটি শব্দ তরঙ্গকে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভে রূপান্তর করেছে, যা আবার রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জে (AM এর জন্য রেঞ্জ 500 – 1600 KHz অথবা FM স্টেশনের জন্য 88 – 108 MHz) ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের উপর ইনকোড করা হয়। রেডিও ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ ব্যবহারের কারণ হলো এ ওয়েভ বিচ্ছুরণ অথবা অ্যাবসরবশনের কারণে অত্যধিক হ্রাস না পেয়ে বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়ে অধিক দূরত্ব অতিক্রম করতে পারে। রেডিওটি রেডিও ওয়েভগুলো গ্রহণ করে, এই ইনফরমেশনকে ডিকোড করে এবং পুনরায় সাউন্ড ওয়েভে ফিরে আনার জন্য একটি স্পিকার ব্যবহার করে। নিচে এ পদ্ধতির বর্ণনা দেওয়া হলো :

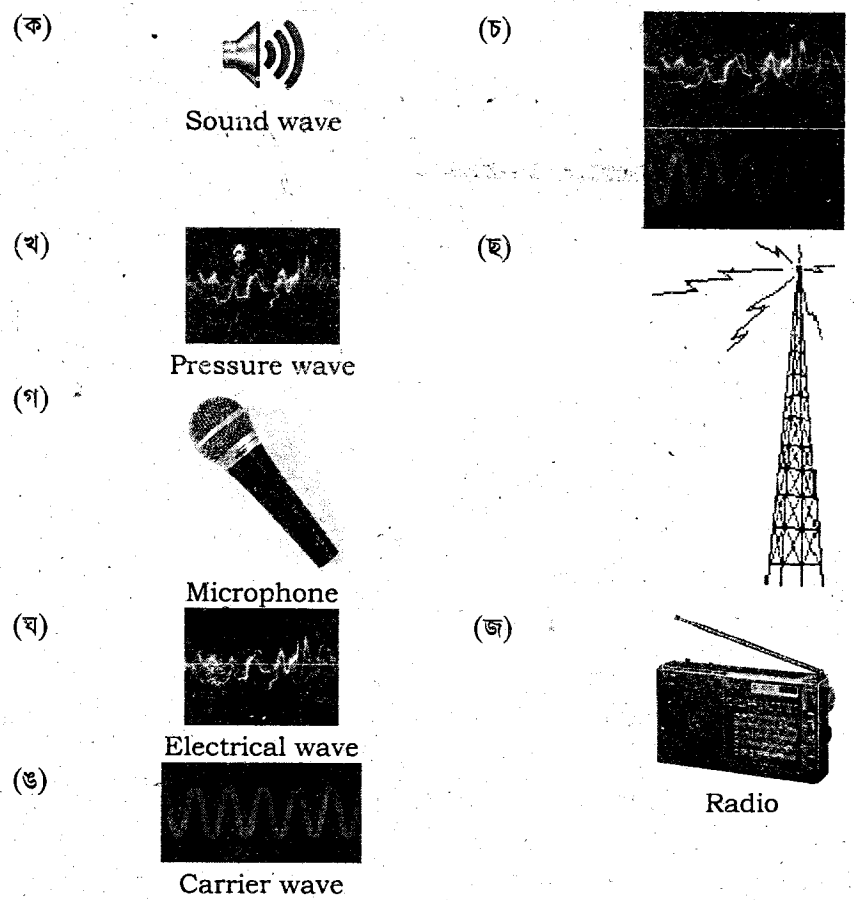
(ক) 5Hz – 20 KHz-এর ফ্রিকুয়েন্সিতে একটি শব্দ তরঙ্গ উৎপন্ন করা হয়।

(খ) শব্দ তরঙ্গ প্রেসার ওয়েভের সমতুল্য যা, বাতাসের মধ্য দিয়ে গমন করে।

(গ) একটি মাইক্রোফোন এ শব্দ তরঙ্গকে একটি সমতুল্য বৈদ্যুতিক সিগন্যালে রূপান্তর করে।

(ঘ) মাইক্রোফোন তারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত বৈদ্যুতিক তরঙ্গটি মূল শব্দ তরঙ্গের অনুরূপ থাকে।

(ঙ) একটি উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি "ক্যারিয়ার" রেডিও ওয়েভকে ইনকোড অথবা মডুলেট করার জন্য বৈদ্যুতিক তরঙ্গটিকে ব্যবহার করা হয়। মডুলেট হওয়ার পূর্ব পর্যন্ত ক্যারিয়ার ওয়েভটি নিজে কোনো সাউন্ড ইনফরমেশন ধারণ করে না।

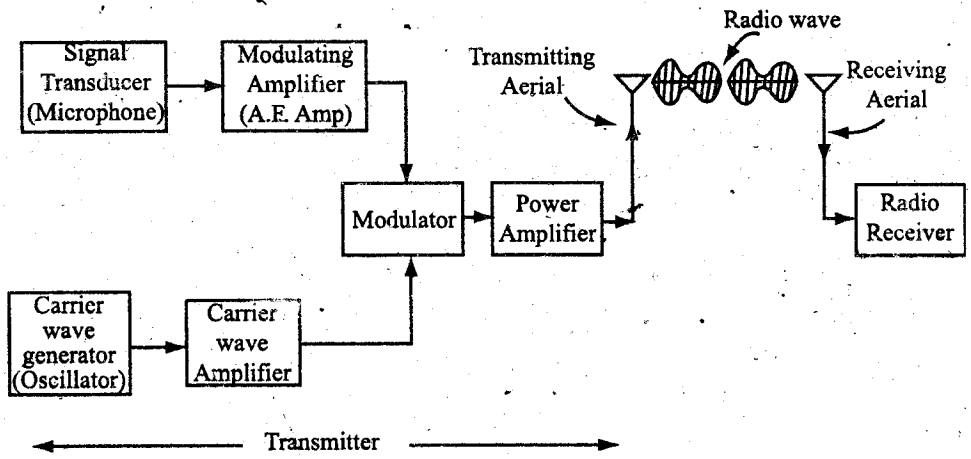


চিত্র-১৩.১২ : How Radio Communication Works

(চ) বৈদ্যুতিক সিগন্যাল দ্বারা ক্যারিয়ার ওয়েভটি অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড (AM) হতে পারে অথবা ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেটেডও (FM) হতে পারে।

(ছ) সিগন্যালটিকে একটি রেডিও ব্রডকাস্ট টাওয়ার দ্বারা ট্রান্সমিট করা হয়।

(জ) ট্রান্সমিটেড সিগন্যালকে ডিটেক্ট করার জন্য রেডিওতে একটি অ্যান্টিনা, আকাঙ্ক্ষিত ফ্রিকুয়েন্সিকে পিক-আপ করার জন্য একটি টিউনার, ট্রান্সমিটেড সিগন্যাল থেকে মূল শব্দ তরঙ্গকে বের করে আনার জন্য একটি ডি-মডুলেটর এবং একটি অ্যামপ্লিফায়ার থাকে, যা সিগন্যালকে স্পিকারে পাঠায়। স্পিকারটি বৈদ্যুতিক সিগন্যালকে রূপান্তর করে শব্দ তরঙ্গে পরিণত করে। নিচে রেডিও সিস্টেমের প্রডাক্টিং ট্রান্সমিশন এবং রিসিপশনের সাধারণ মূলনীতি দেখানো হলো :



চিত্র-১৩.১৩ : A Basic Radio System

ট্রান্সমিটার (Transmitter) : ট্রান্সমিটারের উদ্দেশ্য হলো চ্যানেলে ট্রান্সমিশনের জন্য রেডিও ওয়েভ উৎপন্ন করা। একটি ট্রান্সমিটারের গুরুত্বপূর্ণ কম্পোনেন্টগুলো হলো মাইক্রোফোন (ট্রান্সডিউসার), অডিও অ্যামপ্লিফায়ার, অসিলেটর এবং মডুলেটর।

মাইক্রোফোনের সাহায্যে সাউন্ড ওয়েভকে ইলেকট্রিক্যাল ওয়েভে পরিণত করা হয়, যার ফ্রিকুয়েন্সি মূল সিগন্যালের অনুরূপ হয়। এ দুর্বল সিগন্যালের শক্তি বৃদ্ধি করার জন্য মাইক্রোফোনের আউটপুটকে একটি মাল্টিস্টেজ অডিও অ্যামপ্লিফায়ারে প্রয়োগ করা হয়। সর্বশেষ অডিও অ্যামপ্লিফায়ার হতে বিবর্ধিত আউটপুটকে মডুলেশনের নিমিত্তে মডুলেটরে প্রয়োগ করা হয়। অন্য দিকে, অসিলেটরটি ক্যারিয়ার ওয়েভ নামে একটি হাই ফ্রিকুয়েন্সি ওয়েভ উৎপন্ন করে। সচরাচর এ কাজের জন্য একটি ক্রিস্টাল অসিলেটর ব্যবহৃত হয়। রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি স্টেজের সাহায্যে ক্যারিয়ার ওয়েভের পাওয়ার লেভেলকে উপযুক্ত পরিমাণে বাড়ানো হয়, যার মান বেশ কয়েক KW হয়ে থাকে। নির্দিষ্ট দূরত্বে সিগন্যাল ট্রান্সমিট করার জন্য এরূপ হাই পাওয়ার দরকার হয়।

বিবর্ধিত অডিও সিগন্যাল এবং ক্যারিয়ার ওয়েভ উভয়ে মডুলেটরে প্রয়োগ হয়। এখানে একটি উপযোগী পদ্ধতিতে অডিও সিগন্যালটি ক্যারিয়ার ওয়েভের উপর সুপারইমপোজ হয়। লব্ধ ওয়েভকে বলা হয় মডুলেট ওয়েভ বা রেডিও ওয়েভ এবং পদ্ধতিকে বলা হয় মডুলেশন। এ মডুলেশন পদ্ধতির কারণে অডিও সিগন্যালের ট্রান্সমিশন সম্ভব হয়। যেহেতু ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি খুবই উচ্চ থাকে, সেহেতু অডিও সিগন্যাল দীর্ঘ দূরত্বে ট্রান্সমিট হতে পারে। ট্রান্সমিটার থেকে রেডিও ওয়েভকে ট্রান্সমিটিং অ্যান্টেনাতে যুক্ত করা হয় এবং সেখান থেকে ওয়েভ স্পেসে বিকিরিত হয় এবং সর্ব দিকে ছড়িয়ে যায়। এ রেডিও ওয়েভ আলোর বেগে অর্থাৎ 3×10^8 m/sec. বেগে ভ্রমণ করে। এ রেডিও ওয়েভগুলো হচ্ছে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ।

চ্যানেল এবং নয়েজ সোর্স (Channel and noise source) : চ্যানেল শব্দটি দ্বারা মিডিয়ামকে বুঝানো হয়, যার মধ্য দিয়ে মেসেজ ট্রান্সমিটার থেকে রিসিভারে গমন করে, যেমন–রেডিও, ওয়্যার এবং ফাইবার অপটিক চ্যানেল। আবার কোনো সার্ভিস অথবা ট্রান্সমিশনের জন্য বরাদ্দকৃত ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জকে নির্দেশ করার জন্য চ্যানেল শব্দটিকে প্রায়ই ব্যবহার করা হয়। এভাবে একটি টেলিভিশন চ্যানেল 7 MHz-এর ব্যান্ডওয়াইডথ দখল করে। অন্য দিকে, একটি অ্যামপ্লিচিউ মডুলেশন ব্রডকাস্ট চ্যানেল 10 KHz-এর ব্যান্ডওয়াইডথ দখল করে।

ট্রান্সমিশন এবং রিসিপশনের প্রক্রিয়াকরণের সময় সিগন্যাল দুটি কারণে খারাপ হয়ে যেতে পারে-(i) সিস্টেমের মধ্যে ডিস্টরশনের কারণে, (ii) সিস্টেমের নয়েজ প্রবেশের কারণে, যা বিভিন্ন সোর্সসমূহ থেকে আসতে পারে। এ নয়েজ সিগন্যালের উপর সুপারইমপোজ হয়। নয়েজের পরিমাণ তীব্রতর হলে সিগন্যাল-টু-নয়েজ পাওয়ার রেশিও এতই কমে যায় যে, তা থেকে মেসেজ উদ্ধার করা কঠিন হয়ে পড়ে এবং সেহেতু সিগন্যাল অব্যবহার্য হয়ে যায়। যদিও চ্যানেলের মধ্যে সিগন্যাল, নয়েজ দ্বারা অধিক আক্রান্ত হয়, তথাপি কমিউনিকেশন সিস্টেমের যে-কোনো স্থানে সিগন্যালের সাথে নয়েজ যুক্ত হতে পারে। সিগন্যাল দুর্বল হয়ে নয়েজ সিগন্যালকে সম্পূর্ণভাবে বিনষ্ট করে দিতে পারে।

রিসিভার (Receiver) : চ্যানেলের মাধ্যমে রিসিভিং অ্যান্টিনাতে পৌছার পর রেডিও ওয়েভ তাতে ক্ষুদ্র e.m.f আবিষ্ট করে। এ ক্ষুদ্র ভোল্টেজ রেডিও রিসিভারে প্রয়োগ হয়। এখানে রেডিও ওয়েভ প্রথমে বিবর্ধিত হয় তারপর ডিমডুলেশন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে সিগন্যালকে বের করে নেয়া হয়। অডিও অ্যামপ্লিফায়ার দ্বারা সিগন্যালকে বিবর্ধন করা হয় এবং সাউন্ড ওয়েভে পুনরুৎপাদন করার জন্য একে স্পিকারে প্রদান করা হয়। লাউড স্পিকার একে শব্দে রূপান্তরিত করে।

উপরোক্ত আলোচনা হতে দেখা যায় যে, একটি রেডিও সিস্টেম ট্রান্সমিটারে ইনফরমেশন ট্রান্সমিট করে। ইনফরমেশনটি অ্যান্টেনার মাধ্যমে ট্রান্সমিট হয় এবং অ্যান্টেনাই RF সিগন্যালটিকে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভে পরিণত করে। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ প্রোপাগেশনের জন্য এখানে ট্রান্সমিশন মিডিয়ামটি হচ্ছে ফ্রি স্পেস (free space)। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভটি রিসিভিং অ্যান্টেনা কর্তৃক ছেদন হয়, যা একে পুনরায় RF সিগন্যালে রূপান্তর করে। প্রকৃতপক্ষে, এ RF সিগন্যালটি ট্রান্সমিটার কর্তৃক উৎপাদিত মূল সিগন্যালের সমান। কাজেই মূল ইনফরমেশনটি এর মূল ফরমে ডিমডুলেট হয়।

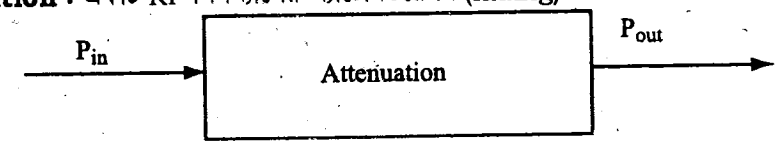
RF টার্মস এবং সংজ্ঞা (RF Terms and Definitions) :

RF পাওয়ার লেভেল : ট্রান্সমিটারের আউটপুটে অথবা রিসিভার ইনপুটে RF পাওয়ার লেভেলকে ওয়াটে প্রকাশ করা হয়। একে RF দ্বারাও প্রকাশ করা যেতে পারে। dBm এবং Watt-এর মধ্যে সম্পর্ককে নিচের রাশি হিসেবে দেখানো হয় :

$P_{dBm} = 10 \times \log P_m W$

যেমন- 1 Watt = 1000 mV; $P_{dBm} = 10 \times \log 1000 = 30_{dBm}$. 100 mW; $P_{dBm} = 10 \times \log 100 = 20_{dBm}$ লিঙ্ক বাজেট (Link budget) হিসেবের ক্ষেত্রে Watt-এর চেয়ে dBm সুবিধাজনক।

Attenuation : একটি RF সিগন্যালের অ্যাটেনিউয়েশন (fading)-কে নিচের মতো সংজ্ঞা দেয়া যায় :



চিত্র-১৩.১৪ : Attenuation of an RF Signal.

P_{in} = Incident power level at the attenuator input.
P_{out} = Output power level at the attenuator output.
নিম্নলিখিতভাবে অ্যাটেনিউয়েশনকে dB তে প্রকাশ করা হয় :

$P_{dB} = 10 \times \text{Log}\,(P_{out}/P_{in})$

যেমন- যদি অ্যাটেনিউয়েশনের ফলে অর্ধেক পাওয়ার নষ্ট

$(P_{out}/P_{in} = 2)$ হয়ে যায়, তবে-

Attenuation in dB = $10 \times \text{Log}\,(2) = 3\text{dB}$

পথের লস (Path loss) : পথের লস হচ্ছে স্পেসের মধ্য দিয়ে RF সিগন্যাল যাওয়ার সময় (Propagation) পাওয়ারের লস। তাকে dB-তে প্রকাশ করা হয়। Path loss নির্ভর করে-

- ট্রান্সমিটিং এবং রিসিভিং অ্যান্টেনার মধ্যবর্তী দূরত্বের উপর;
- ট্রান্সমিটিং এবং রিসিভিং অ্যান্টেনার মধ্যবর্তী Line of Sight ক্লিয়ারেন্সের উপর;
- অ্যান্টেনার উচ্চতার উপর।

ফ্রি-স্পেস লস (Free-space loss) : স্পেসের মধ্য দিয়ে প্রোপাগেশনের সময় ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের অ্যাটেনিউয়েশনই হলো ফ্রি-স্পেস লস। নিম্নলিখিত সূত্র ব্যবহার করে এ অ্যাটেনিউয়েশন হিসাব করা হয়।

Free-space loss = 32.4 + 20Log F (MHz) + 20 log R (km)
F = RF frequency expressed in MHz
R = Distance between Tx and Rx antennas.
যেমন– 2.4 KHz-এ এই সূত্রটি হবে : 100 + 20 × Log R (km)

সিস্টেম বৈশিষ্ট্য (System characteristics) :

রিসিভার সেনসিটিভিটি (Receiver sensitivity) : নির্দিষ্ট পারফরমেন্সের জন্য একটি রিসিভারের ইনপুটে প্রয়োজনীয় ন্যূনতম RF সিগন্যাল পাওয়ার লেভেল।

EIRP (Effective Isotropic Radiated Power) : এটি হচ্ছে অ্যান্টেনা ট্রান্সমিটেড পাওয়ার, যা ট্রান্সমিটেড আউটপুট পাওয়ার থেকে ক্যাবল লস বাদ দিয়ে ও ট্রান্সমিটিং অ্যান্টেনা গেইন যোগ করে হিসাব করা হয়।

P_{out} = Output power of transmitted in dBm
C_1 = Transmitter cable attenuation in dB
G_t = Transmitting antenna gain in dBi
G_r = Receiving antenna gain in dBi
P_l = path loss in dB
C_r = Receiver cable attenuation in dB
S_i = Received power level at receiver input in dBm
P_s = Receiver sensitivity in dBm
S_i = Put – Ct + Gt – Pl + Gr – Cr
EIRP = Pout – Ct + Gt

উদাহরণ :

Link Parameters :
Frequency : 2.4 GHz
P_{out} = 4 dBm (2.5 mW)
Tx. and Rx. Cable length (C_1 and C_r) = 10m.
cable type RG 214 (0.6 dB/meter)
Tx. and Rx. antenna gain (Gt and Gr) = 18 dBi
Distance between sites = 3 km
Receiver Sensitivity (Ps = - 84 dBm)

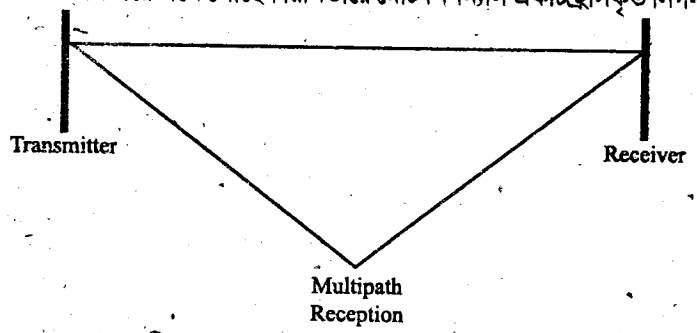
Link Budget Calculation :

$$\begin{aligned} EIRP &= P_{out} - C_t + G_t \\ &= 4 - 10 \times 0.6 + 18 \\ &= 4 - 6 + 18 \\ &= 16 \text{ dBm} \end{aligned}$$

P_l = 32.4 + 20 log F (MHz) + 20 log R (km) @ 110 dB
S_i = EIRP – P_l + G_r – C_r = – 82 dBm

সিগন্যাল ফেডিং (Signal Fading) : RF সিগন্যালের ফেডিং কতকগুলো কারণে ঘটে থাকে। যেমন–

(ক) **একাধিক পথ (Multipath) :** বিভিন্ন পথ দৈর্ঘ্য Attenuation এবং delay সহকারে বিভিন্ন দিক থেকে প্রেরিত সিগন্যাল রিসিভারে এসে পৌঁছে। রিসিভারে মোট সিগন্যাল একটি হ্রাসকৃত সিগন্যাল উৎপন্ন করতে পারে।



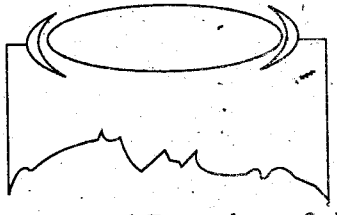
চিত্র-১৩.১৫ : Multipath reception

(খ) **খারাপ লাইন অভ সাইট (Bad line of sight) :** যদি লিঙ্কের উভয় পাশে একটি কাল্পনিক সরলরেখা অ্যান্টেনাদ্বয়কে যুক্ত করতে পারে, তবে একটি অপটিক্যাল লাইন অভ সাইট বিদ্যমান থাকবে। যদি অপটিক্যাল লাইন অভ সাইটের (Fresnel zone) চারদিকে একটি নির্দিষ্ট অঞ্চল বাধাবিহীন হয়, তবে রেডিও ওয়েভের ক্লিয়ার লাইন অভ সাইট বিদ্যমান থাকবে। যদি প্রথম Fresnel Zone অস্পষ্ট বা বাধাগ্রস্ত হয়, তবে খারাপ লাইন অব সাইট বিদ্যমান থাকবে।

(গ) লিঙ্ক বাজেট ক্যালকুলেশন।

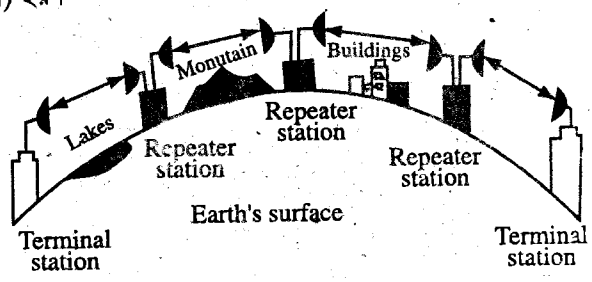
(ঘ) **আবহাওয়ার অবস্থা (Weather condition) :** উচ্চ বৃষ্টিপাতে 9150 mm/hr), 2.4 GHz-এ একটি RF সিগন্যালের ফেডিং সর্বোচ্চ 0.02 dB/km-এ পৌঁছাতে পারে। আবার বাতাসের কারণে অ্যান্টেনা নড়াচড়ার ফলে ফেডিং হতে পারে।

(ঙ) **ইন্টারফারেন্স (Interference) :** একই ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জের অন্য কোনো সিস্টেম, বাহ্যিক নয়েজ অথবা অন্য কোনো কো-লোকেটেড দ্বারা ইন্টারফারেন্স ঘটতে পারে।

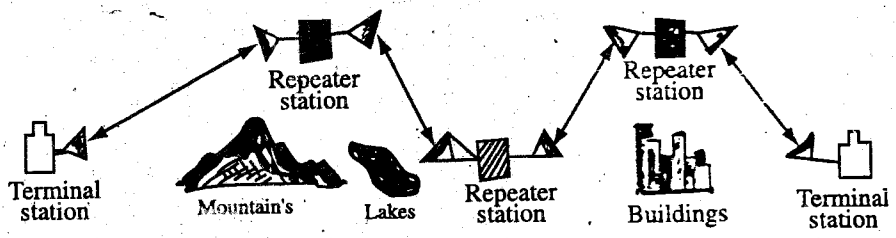


চিত্র-১৩.১৬ : Fresnel Zone clear of obstacles

(২) মাইক্রোওয়েভ কমিউনিকেশন সিস্টেম : মাইক্রোওয়েভ রেডিও সিস্টেম সাধারণত 1 GHz এর উর্ধ্বে ফ্রিকুয়েন্সিতে অপারেট করে। গ্রাউন্ড অথবা স্যাটেলাইট সিস্টেম যাই হোক না কেন মাইক্রোওয়েভ প্রধানত লাইন-অব সাইট অথবা ফ্রি স্পেস মোডে প্রোপাগেট করে। 1950 সাল থেকে মাইক্রোওয়েভ রেডিও সিস্টেম লং-ডিস্ট্যান্স টেলিফোন কমিউনিকেশনে ব্যবহার হয়ে আসছে। একই সুবিধা এবং একই রুট এর উপর দিয়ে বহু হাজার টেলিফোন চ্যানেল এবং বেশ কিছুসংখ্যক টেলিভিশন চ্যানেলের ট্রান্সমিশন সম্ভবপরকরার জন্য এ সিস্টেম প্রয়োজনীয় ট্রান্সমিশন ব্যান্ডওয়াইডথ এবং বিশ্বস্ততার যোগান দেয়। এতে 3-12 GHz রেঞ্জের মধ্যে ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি ব্যবহৃত হয়। যেহেতু মাইক্রোওয়েভগুলো কেবলমাত্র লাইন অব সাইট (Line of sight) পথে ভ্রমণ করে সেহেতু প্রায় 50 km অন্তর অন্তর রিপিটার স্টেশনের প্রয়োজন হয়। এ সিস্টেমে উচ্চতর দিকদর্শী (Highly directional) হাই গেইন অ্যান্টিনাসমূহ ব্যবহার করা হয় বলে ট্রান্সমিটার আউটপুট পাওয়ার লো (1 watt-এর চেয়েও কম হতে পারে) হয়।

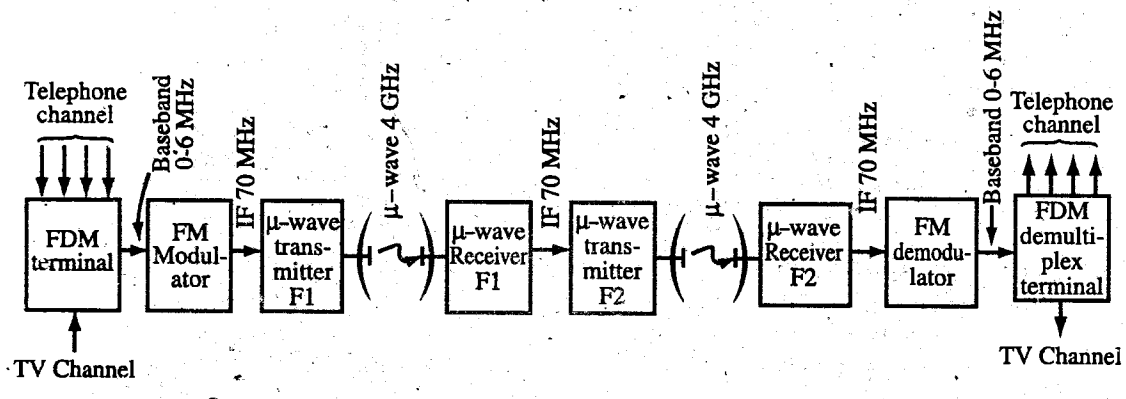


Microwave radio communicaton link (Side viev)

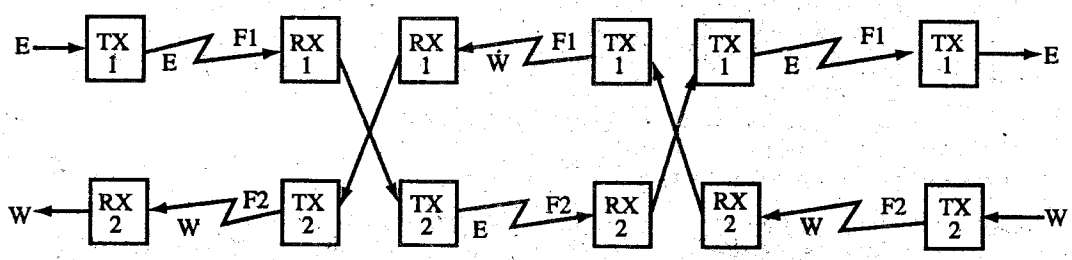


চিত্র-১৩.১৭ Microwave radio communication Link (Top view)

নিচের চিত্র ১৩.১৮ তে মাইক্রোওয়েভ সিস্টেমের একটি চ্যানেল সরবরাহ করার জন্য প্রয়োজনীয় ইকুইপমেন্ট দেখানো হয়েছে। দুটি টার্মিনাল স্টেশন এবং এক বা একাধিক রিপিটার স্টেশন দ্বারা এটি গঠিত হয়। প্রেরক প্রান্তে কয়েকশত টেলিফোন চ্যানেল এবং/অথবা একটি টেলিভিশন চ্যানেলকে 6 MHz এর বেসব্যান্ড ব্যান্ডপাসের মধ্যে ফ্রিকুয়েন্সি মাল্টিপ্লেক্সড করে ইনপুট গঠন করা হয়। বেস ব্যান্ড ফ্রিকুয়েন্সিটি একটি 70-MHz IF সিগন্যালকে মডুলেট করে, যাকে 4 GHz ব্যান্ডের মধ্যে আপ-কনভার্ট করে মাইক্রোওয়েভ আউটপুট ফ্রিকুয়েন্সি f_1-এ পরিণত করা হয়। এ সিগন্যালকে অ্যামপ্লিফাই করা হয় এবং প্রায় 50 km দূরের একটি রিপিটার স্টেশনের দিকে একটি ডিরেকশনাল অ্যান্টেনার মাধ্যমে ফিড করা হয়। রিপিটার স্টেশনে, মূল স্টেশনের দিকে তাক করা একটি অ্যান্টেনা দ্বারা f_1 ফ্রিকুয়েন্সির সিগন্যাল গৃহীত হয়। তারপর ডাউন-কনভার্ট করে IF সিগন্যাল রূপান্তর করা হয়। আবার রিসিভিং টার্মিনালে স্টেশনের দিকে ট্রান্সমিশনের জন্য আপ-কনভার্ট করে নতুন ফ্রিকুয়েন্সি f_2-তে রূপান্তর করা হয়। যখন সিগন্যালটি বেশ কয়েকটি রিপিটার চেইনের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করে তখন চেইনের অল্টারনেট লিংকগুলো অল্টারনেট ফ্রিকুয়েন্সি ব্যবহার করে, যাতে একটি রিপিটার স্টেশনে পুনঃপ্রেরিত এনার্জি এর নিজের রিসিভারে ফিডব্যাক না হয়। কিছু কিছু মাইক্রোওয়েভ সিস্টেমে কয়েকটি two-way চ্যানেল পেয়ার ব্যবহার করা হয় এবং রিপিটার স্টেশনগুলোতে অধিক জটিল ফ্রিকুয়েন্সি সুইচিং সিস্টেম ব্যবহৃত হয়।



চিত্র-১৩.১৮ A microwave relay system : (One-way channel)



চিত্র-১৩.১৯ Two-way channel showing interchanges at intermediate repeater stations

রিসিভিং টার্মিনাল স্টেশনে সিগন্যালকে ডাউন কনভার্ট করে IF সিগন্যালে রূপান্তর করা হয় এবং বেসব্যান্ড সিগন্যালকে উদ্ধার করার জন্য ডিমডুলেট করা হয়। এ বেসব্রান্ড সিগন্যালকে তারপর ডিমাল্টিপ্লেক্সড করে পৃথক পৃথক টেলিফোন অথবা টেলিভিশন চ্যানেল সিগন্যাল পরিণত করা হয়। টার্মিনাল স্টেশনগুলোতে দুটি অ্যান্টেনা ব্যবহৃত হয়– একটি রিসিভিং-এর এবং অন্যটি ট্রান্সমিটিং এর জন্য। সিস্টেমটির অনেকগুলো ট্রান্সমিটার এবং রিসিভার থাকতে পারে কিন্তু তারা সকলেই একই অ্যান্টেনা ব্যবহার করে। রিপিটার স্টেশনগুলোতেও দুটি অ্যান্টেনা দেয়া থাকে, যারা পরস্পররের সাথে পয়েন্টিং করা থাখে। রিপিটার স্টেশনগুলোর জন্য উঁচু জায়গা নির্বাচন করা হয় যেমন– পাহাড়ের শীর্ষদেশ অথবা উঁচু দালান এবং দুটি স্টেশনের মধ্যে দূরত্ব বাড়ানোর জন্য সেখানে নির্মিত টাওয়ার অতিরিক্ত উচ্চতা প্রদান করে।

৬৮৪২-কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (ক)

মাইক্রোওয়েভ রেডিও সিস্টেম গেইন (Microwave radio system gain) : সিস্টেম গেইন (G_s) হচ্ছে একটি ট্রান্সমিটারের আউটপুট পাওয়ার (P_t) এবং সন্তোষজনক কাজ অর্জনের জন্য রিসিভারের ইনপুটে ন্যূনতম পাওয়ার (C_{min}) এর পার্থক্য। সিগন্যাল যখন ট্রান্সমিটার হতে রিসিভারে গমন করে তখন সিস্টেম গেইন হবে সকল গেইন এর যোগফলের সমান অথবা তার চেয়ে বেশি।

গাণিতিকভাবে, সিস্টেম গেইনের সবচেয়ে সহজতম সমীকরণ হল,

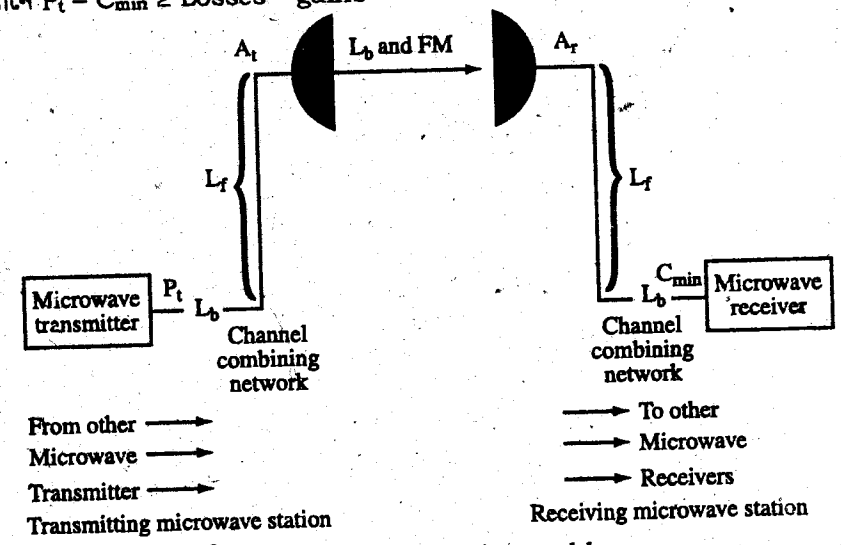
$G_s = P_t - C_{min}$

যেখানে, G_s = System gain (dB)

P_t = Transmitter output power (dBm of or dBw)

C_{min} = minimum receiver input power.

এবং যেখানে $P_t - C_{min} \geq$ Losses – gains



চিত্র-১৩.২০ : System gains and losses.

Gains : A_t = Transmit antenna gain (dB)

A_t = Receive antenna gain (dB)

Losses : L_p = Free – space path loss (dB)

L_f = Transmission line loss (dB)

L_b = Total coupling or branching loss (dB)

FM = Fade margin (dB)

সিস্টেম গেইনের জন্য আরও অধিক দরকারি সমীকরণ হলো–

$G_{s(dB)} = P_t - C_{min} \geq FM_{(dB)} + L_{p(dB)} + L_{f(dB)} - A_{t(dB)} - A_{r(dB)}$

(৩) ইনফ্রারেড কমিউনিকেশন পদ্ধতি : ইনফ্রারেড (Infrared) বা IR রেডিয়েশন হচ্ছে একটি ইলেকট্রোম্যাগনেটিক রেডিয়েশন, যার তরঙ্গদৈর্ঘ্য দৃশ্যনীয় আলোর (Visible light) তরঙ্গদৈর্ঘ্য (400~700 nm) অপেক্ষা বড় কিন্তু টেরাহার্টস (Terahertz) রেডিয়েশন (100 μm – 1 mm) এবং মাইক্রোওয়েভ (~30,000 μm) থেকে ছোট। ইনফ্রারেড রেডিয়েশনের বিস্তার মোটামুটি 750 nm – 100 μm। ল্যাটিন শব্দ Infra অর্থ 'below' সেহেতু Infrared অর্থ হচ্ছে দৃশ্যনীয় লাল আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা কিছুটা কম অর্থাৎ নিচে। কাজেই IR লাইটের ফ্রিকুয়েন্সি লাল অপেক্ষা কিছুটা বেশি।

International Commission on Illumination (CIE) অপটিক্যাল রেডিয়েশনকে নিম্নলিখিত তিনটি ব্যান্ডে ভাগ করেছে :

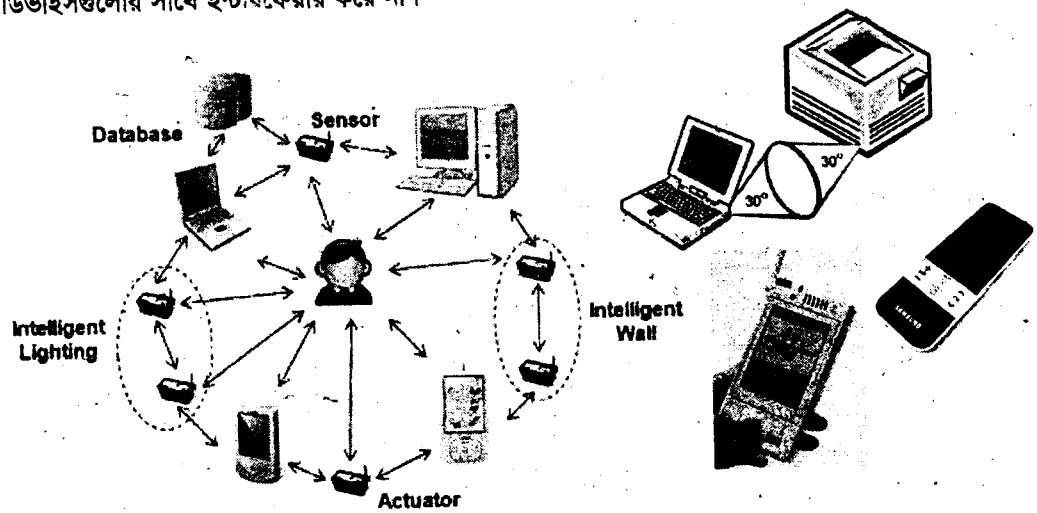
- IR – A : 700 nm – 14000 nm
- IR – B : 1400 nm – 300 nm
- IR – C : 3000 nm – 1 mm

Telecommunication bands in the infrared : অপটিক্যাল কমিউনিকেশনের ক্ষেত্রে ইনফ্রারেড স্পেকট্রামের যে অংশটি ব্যবহার করা হয়, তাকে কতকগুলো ব্যান্ডে ভাগ করা হয়। নিম্নের সারণিতে এ ব্যান্ডগুলো দেখানো হয়েছে :

Band	Descriptor	Wavelength range
O band	Original	1260 – 1360 nm
E band	Extended	1360 – 1460 nm
S band	Short wavelength	1460 – 1530 nm
C band	Conventional	1530 – 1565 nm
L band	Long wavelength	1665 – 1625 nm
U band	Ultralong wavelength	1625 – 1675 nm

দীর্ঘ দূরত্বের টেলিকমিউনিকেশনে নেটওয়ার্কের ক্ষেত্রে C–band টি হচ্ছে ডমিন্যান্ট ব্যান্ড।

ব্যক্তিগত ডিজিটাল সহায়ক যন্ত্রসমূহ এবং কম্পিউটার পেরিফেরালসমূহের মধ্যে শর্ট রেঞ্জ কমিউনিকেশন ঘটানোর জন্যও IR data transmission ব্যবহৃত হয়। এ সকল ডিভাইসগুলো সচরাচর IRDA কর্তৃক প্রকাশিত স্ট্যান্ডার্ডের সাথে মিল থাকে। রিমোট কন্ট্রোল এবং IRDA (Infrared Data Association) ডিভাইসগুলোতে Infrared light-emitting diode (LEDS) ব্যবহার করা হয়। এ সকল ডায়োডগুলো ইনফ্রারেড রেডিয়েশন নির্গত করে, যাকে একটি প্লাস্টিক লেন্স কর্তৃক সরু বীম আকারে ফোকাস করা হয়। ডাটাকে ইনকোড করার জন্য বীমটিকে মডুলেট করা হয় অর্থাৎ সুইচড অন এবং অফ করা হয়। ইনফ্রারেড রেডিয়েশনকে ইলেকট্রিক কারেন্ট রূপান্তর করার জন্য রিসিভারে একটি সিলিকন ফটোডায়োড ব্যবহার করা হয়। এটি কেবলমাত্র ট্রান্সমিটার কর্তৃক সৃষ্ট দ্রুত পালসিং সিগন্যাল সাড়া প্রদান করে এবং পারিপার্শ্বিক আলো থেকে আসা ধীর পরিবর্তনশীল ইনফ্রারেড রেডিয়েশনকে ফিল্টার আউট করে। জনসংখ্যার উচ্চ ঘনত্ব অঞ্চলে ইনডোরে ব্যবহারের জন্য ইনফ্রারেড কমিউনিকেশনের উপকারিতা রয়েছে। IR দেয়াল ভেদ করতে পারে না এবং সেহেতু সন্নিহিত কক্ষের অন্যান্য ডিভাইসগুলোর সাথে ইন্টারফেয়ার করে না।



চিত্র-১৩.২১ Ubiquitous Network by Infrared Communication

কমান্ড অ্যাপ্লায়েন্সগুলোকে রিমোট কন্ট্রোলের জন্য ইনফ্রারেড হচ্ছে সর্বাপেক্ষা সাধারণ পদ্ধতি। যখন 'Infrared Communication'-এর কথা বলা হয় তখন অনেকের মনে TV, Video এবং Air-Conditioning এর জন্য রিমোট-কন্ট্রোলের কথা জাগরিত হয়। কিন্তু চারদিকে তাকালে আরও অনেক ইলেকট্রনিক সামগ্রী দেখা যায়, যাদের ইনফ্রারেড ফাংশন রয়েছে, যেমন– মোবাইল ফোন, নোটবুক কম্পিউটার, PDAS, ডিজিটাল ক্যামেরা, ভিডিও প্রিন্টার, ইমেজ স্ক্যানার এবং গেম ডিভাইসসমূহ।

একটি রিমোট কন্ট্রোলের অপারেটিং মুহূর্তে 'Strong and short instant infrared pulses' সংঘটিত হয়। প্রয়োজনীয় ট্রান্সমিশন ডাটার স্বল্প পরিমাণের কারণে (যেমন– ON/OFF ইনফরমেশন ইত্যাদি) এর ট্রান্সমিশন রেট প্রায় 300 – 1200 bit/sec. এর মত হয়ে থাকে।

একটি ইনফ্রারেড রিমোট কন্ট্রোল দ্বারা কমিউনিকেশন পদ্ধতি বেশি পরিমাণ পর্যায়ক্রমিক ডাটা ট্রান্সমিশনের জন্য উপযোগী নয়। কারণ হচ্ছে যে, এটি একটি Person to person রিলেটেড কমিউনিকেশন পদ্ধতি, যেখানে ডাটা কমিউনিকেশনের এরর স্বয়ংক্রিয়ভাবে ডিটেক্ট হয় না এবং এর উচ্চ এনার্জি শোষণ থাকে ও ডাটা কমিউনিকেশন স্পিড তুলনামূলকভাবে ধীর প্রকৃতির হয়।

পৌর এলাকায় ফাইবার অপটিক ক্যাবল স্থাপন করার খরচের সাথে তুলনা করলে ইনফ্রারেড লেজার ব্যবহৃত কমিউনিকেশন লিংক স্থাপন করে Free space optical কমিউনিকেশন পদ্ধতিতে খরচ কম পড়বে, যেখানে 4 gigabit/s-এ অপারেট করা সম্ভব।

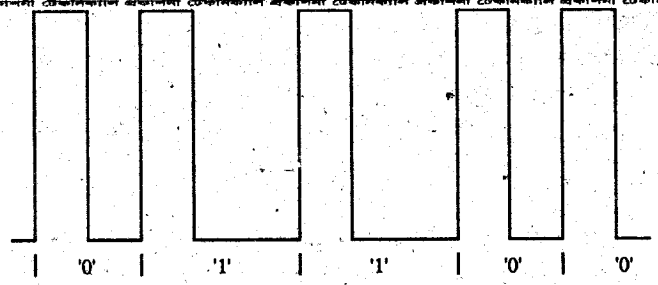
আবার অপটিক্যাল ফাইবার কমিউনিকেশন সিস্টেমগুলোর জন্য আলো যোগান দিতে ইনফ্রারেড লেজার ব্যবহৃত হয়। স্ট্যান্ডার্ড সিলিকা ফাইবারগুলোর জন্য 1,330 nm (least dispersion) তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ইনফ্রারেড লাইট অথবা 1,550 nm (best transmission) তরঙ্গদৈর্ঘ্যের ইনফ্রারেড লাইট সুবিধাজনকভাবে ব্যবহৃত হয়।

ইনফ্রারেড কমিউনিকেশন কনসেপ্ট (Infrared communication concept) : আজকাল ইনফ্রারেড রিমোট কন্ট্রোল ডিভাইসগুলো ব্যাপক হারে ব্যবহৃত হচ্ছে এবং কন্ট্রোল সিগন্যাল প্রেরণ করতে এতে ইনফ্রারেড লাইট ব্যবহার করা হয়। মৌলিকভাবে বলতে গেলে রিমোট কন্ট্রোলারের মধ্যে একটি ট্রান্সমিটার সার্কিট থাকে, যার একটি অংশ হল ইনফ্রারেড লাইট ইমিটিং ডায়োড (IRLED)। যখন কন্ট্রোলারের উপর একটি কী (Key) চাপ দেয়া হয় তখন কমান্ডটি একটি IR সিগন্যাল হিসেবে লক্ষ্য ডিভাইসের দিকে ধাবিত হয়। যে ডিভাইসটিকে নিয়ন্ত্রণ করা হচ্ছে এতে একটি রিসিভার সার্কিট থাকবে, যার একটি অংশ হবে ফটোডায়োড। এ ফটোডায়োডটি IR সিগন্যালকে ডিটেক্ট করবে এবং একে ইলেকট্রিক কারেন্টে পরিণত করবে। এটি হচ্ছে IRRC কমিউনিকেশনের সহজতম চিত্র। কিন্তু যখন অন্যান্য তাপ উৎপাদনকারী অবজেক্টগুলো কর্তৃক ব্যাকগ্রাউন্ড ইনফ্রারেড 'noise' নির্গত হয় এবং একাধিক IR রিমোট কন্ট্রোলড ডিভাইসগুলো পরস্পরের খুবই নিকটে থাকে তখন ব্যাপারটি দ্রুত জটিল হয়ে পড়ে। কাজেই সাধারণ ইনফ্রারেড লাইট সহযোগে কমান্ড রিসিভারে সঠিকভাবে পৌছায় না। এজন্য মডুলেশন এবং ইনকোডিং এর সাহায্য নিতে হয়।

মডুলেশন এবং এনকোডিং পদ্ধতি (Modulation and method of encoding) : প্রেরণকৃত IR সিগন্যাল এর সঠিক গন্তব্যে পৌছা নিশ্চিত করতে অথবা টার্গেট ডিভাইসটি কেবলমাত্র এর নিকট প্রেরিত সিগন্যালটি যাতে রিসিভ করতে পারে তা নিশ্চিত করতে মডুলেশন ব্যবহার করা হয়। IR রিমোট কন্ট্রোল সিস্টেম পালস কোড মডুলেশন (PCM) ব্যবহার করে থাকে, যেখানে মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সি সাধারণত 30 kHz থেকে 58 kHz রেঞ্জের মধ্যে অবস্থান করে। ট্রান্সমিশনের প্রেক্ষিতে মডুলেশন অর্থ হল ক্যারিয়ারের বারস্ট্ দ্বারা IRLED কে দ্রুত অন-অফ করা। রিসিভারকে সাধারণত এ ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সিতে টিউন করা হয়। ফলে এটি কেবলমাত্র প্রয়োজনীয় সিগন্যাল রিসিভ করার নিশ্চয়তা প্রদান করে। তারপর রিসিভার এ সিগন্যালকে ডিমডুলেট করে।

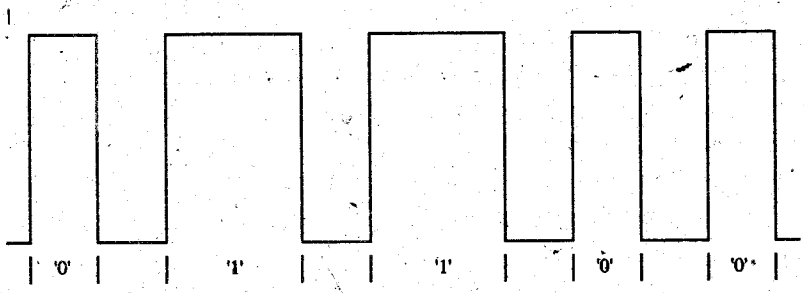
যখন IRLED লাইট ইমিট বা নির্গত করে না তখন ট্রান্সমিটারটি OFF স্টেটে থাকে, যাকে সিগন্যালের প্রেক্ষিতে বলা হয় 'Space'। IRLED যখন ক্রিয়াশীল থাকে তখন এটি ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সিতে পালস আকৃতির আলো নির্গত করে। এ অবস্থায় ট্রান্সমিটারটি অন স্টেটে থাকে, যাকে বলা হয় পালস্ বা 'mark'। এসকল স্পেস এবং মার্কগুলো কিন্তু প্রেরণকৃত কমান্ডের '0' এবং '1' নয়। কন্ট্রোলের হতে পাঠানোর জন্য প্রকৃত ডাটাকে ইনকোড করতে হয়। ব্যবহৃত ইনকোডিং এর পদ্ধতিই নির্ধারণ করে মার্কস এবং স্পেসের প্রেক্ষিতে '1' গুলো এবং '0' গুলো কিভাবে প্রকাশিত হবে। IR রিমোট কন্ট্রোল সিস্টেমের মধ্যে সাধারণত নিম্নলিখিত তিনটি পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়।

পালস ডিসট্যান্স ইনকোডিং (Pulse distance encoding) : ইনকোডিং এর এ পদ্ধতিতে পালস্ বারস্ট (mark)-এর দৈর্ঘ্য সর্বদা একই থাকে, কিন্তু লজিক্যাল '0' অথবা লজিক্যাল '1' প্রেরিত হচ্ছে তার উপর নির্ভর করে দুটি পরপর বারস্ট এর মধ্যে সময় ভিন্ন হতে পারে। একটি লজিক্যাল '1' প্রেরণের সময় দীর্ঘতর হয় (অর্থাৎ, Transmitter off for longer time after the IR burst)।



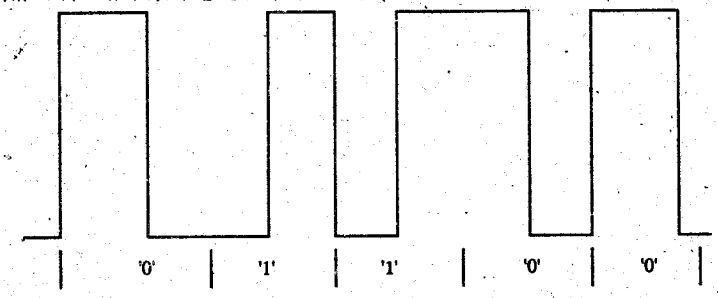
চিত্র-১৩.২২ Example of pulse distance encoding

পালস্ লেন্থ ইনকোডিং (Pulse Length Encoding) : ইনকোডিং-এর এ পদ্ধতিতে লজিক্যাল '0' এবং লজিক্যাল '1' এর জন্য পালস্ বারস্টের (mark) দৈর্ঘ্য ভিন্ন হয়। লজিক্যাল '1' এর জন্য দীর্ঘতর বারস্টের দরকার হয়।



চিত্র-১৩.২৩ Example of pulse length encoding

ম্যানচেস্টার ইনকোডিং (Manchester Encoding) : ইনকোডিং এর এ পদ্ধতিতে সকল টিউবগুলো সমান দৈর্ঘ্যের হয়ে থাকে, যেখানে বিট পিরিয়ডের অর্ধেক হচ্ছে একটি পালস বারস্ট (মার্ক) এবং অপর অর্ধাংশ হচ্ছে একটি স্পেস। লজিক্যাল '0' কে প্রকাশ করার জন্য বিট পিরিয়ডের প্রথম অর্ধাংশে রাখা হয় একটি বারস্ট (burst) এবং দ্বিতীয় অর্ধাংশে রাখা হয় স্পেস। ফলে মিড-পিরিওড ট্রানজিশন হয় High থেকে Low। আর বিট পিরিয়ডের প্রথম অধাংশে স্পেস ও দ্বিতীয় অর্ধাংশে রাখা হয় একটি বারস্ট (burst) এবং দ্বিতীয় অধাংশে রাখা হয় স্পেস। ফলে মিড-পিরিওড ট্রানজিশন হয় High থেকে Low। আর বিট পিরিয়ডের প্রথম অর্ধাংশে স্পেস ও দ্বিতীয় অর্ধাংশে বার্স্ট দ্বারা একটি লজিক্যাল '1' কে প্রকাশ করা হয়। ফলে মিড-পিরিয়ড ট্রানজিশন হবে Low থেকে High।



চিত্র-১৩.২৪ : Example of Manchester (or Bi-phase) encoding

যে-কোন IRRC ট্রান্সমিশনের জন্য মডুলেটিং ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সি এবং ইনকোডিং মেথড হচ্ছে মূল বিবেচ্য বিষয়। কিন্তু বিভিন্ন প্রস্তুতকারীদের মধ্যে ট্রান্সমিটেড ম্যাসেজ ফ্রেমের প্রকৃত ফরমেট পরিবর্তিত হতে দেখা যায়। যেমন– অ্যাড্রেস এবং কমান্ড বিটগুলোর মধ্যে ভিন্নতর সংখ্যা থাকতে পারে, এদের আগে এবং পরে কিংবা আগে অথবা পরে অতিরিক্ত পালস বারস্ট যুক্ত হতে পারে, বিল্ট-ইন এবং চেকিং থাকতে পারে ইত্যাদি। এ সকল ভিন্ন ইনকোডেড ম্যাসেজ ফরম্যাটের প্রত্যেকটিকে একটি স্বতন্ত্র ইনফ্রারেড ট্রান্সমিশন প্রটোকল হিসাবে উল্লেখ করা যেতে পারে।

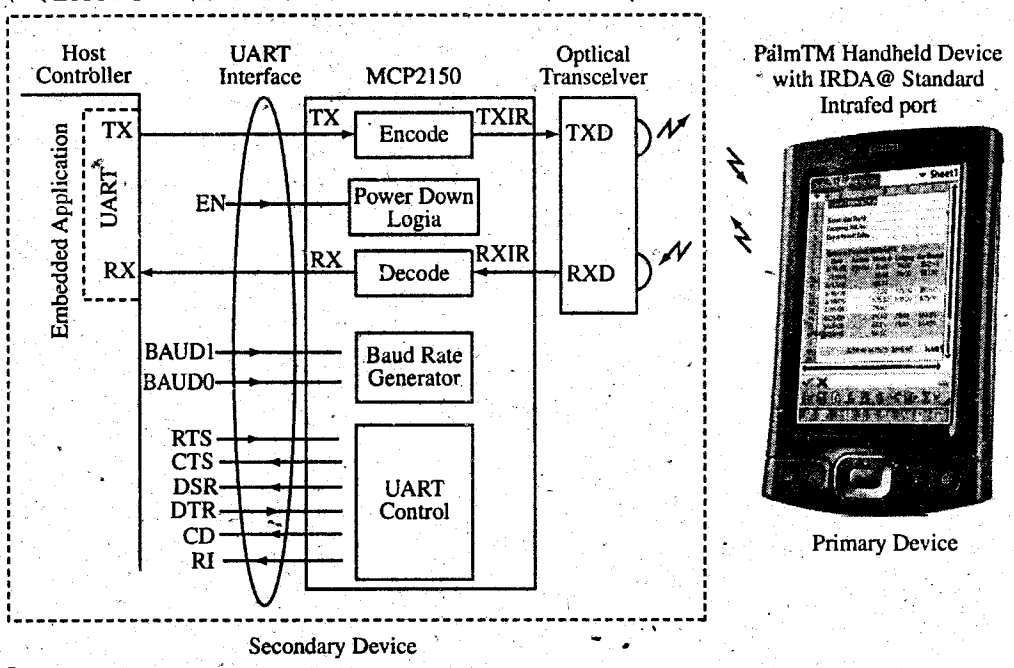
IRDA স্ট্যান্ডার্ড প্রটোকল (IRDA standard protocol) : ওয়্যারলেস কমিউনিকেশন জগতে দুটি সর্বাধিক জনপ্রিয় মাধ্যম হলো ইনফ্রারেড (IR) এবং রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি (RF)। যখন কোন ওয়্যারলেস সিস্টেম তৈরি করার কথা ভাবা হয় তখন খরচ, ডিজাইনে সহজতা এবং প্রয়োজনীয় দূরত্ব ইত্যাদিকে বিবেচনায় আনতে হয়। স্বল্প দূরত্ব, লো-টু-মিডিয়াম ডাটা, ওয়্যারলেস কমিউনিকেশন চ্যানেল ইত্যাদি ক্ষেত্রে IR টেকনোলজি অধিকতর উপযোগী। বর্তমানে ব্যবহৃত দুটি সাধারণ টাইপের IR টেকনোলজি হচ্ছে TV Remote (TVR) এবং IRDA (Infrared Data Association) স্ট্যান্ডার্ড প্রটোকল।

সবচেয়ে কম খরচের ওয়্যারলেস কানেকশন টেকনোলজি হচ্ছে TVR। সচরাচর এ ইন্টারফেসটিও হচ্ছে ইউনিডিরেকশনাল। যদি কোন প্রয়োগে বাইডিরেকশনাল উচ্চতর ডাটা ব্যান্ডওয়াইডথের দরকার হয়, তখন IRDA সিস্টেম ডিজাইন অবলম্বন করতে হয়। এ ইনফ্রারেড কমিউনিকেশন স্ট্যান্ডার্ডটি IRDA ইন্ডাস্ট্রি বেসড গ্রুপ কর্তৃক সংজ্ঞা দান করা হয়েছে। এ গ্রুপটি এমন একটি কমিউনিকেশন স্ট্যান্ডার্ড তৈরি করেছে, যা কম খরচ, স্বল্প দূরত্ব, পয়েন্ট-টু-পয়েন্ট ইনফ্রারেড চ্যানেলগুলোর জন্য বেশি উপযোগী। Laptop, printer, handheld PC এবং PDA ইত্যাদির মধ্যে 300 মিলিয়নেরও বেশি কম-খরচ, স্বল্প-রেঞ্জের কমিউনিকেশন সিস্টেম ইন্সটল করতে IRDA স্ট্যান্ডার্ডগুলো ব্যবহৃত হয়েছে।

নিচের চিত্রে একটি IRDA স্ট্যান্ডার্ড ইমবেডেড সিস্টেম দেখানো হয়েছে। এ পদ্ধতিতে প্রাইমারি ডিভাইসটি (PDA) অন্যান্য IRDA স্ট্যান্ডার্ড ডিভাইসগুলোকে খোঁজ করে। সেকেন্ডারি ডিভাইসটি (Host controller and MCP2150) প্রাইমারি ডিভাইসের অনুসন্ধানে সাড়া প্রদান করে।

হোস্ট কন্ট্রোলারটি এর UART ইন্টারফেস পোর্টের মাধ্যমে ডাটা আদান-প্রদান দ্বারা MCP2150 কে কন্ট্রোল করে। হোস্ট কন্ট্রোলার UART ডিভাইস এবং ইনফ্রারেড অপটিক্যাল ট্রান্সরিসিভার এর মধ্যে স্থাপিত MCP2150 টি সিগন্যালকে ডিকোড এবং ইনকোড করে।

MCP2150 এর দুটি স্বাধীন বাড (baud) রেট আছে। একটি বাড রেট প্রাইমারি ডিভাইসের (PDA) সাথে কমিউনিকেশনের জন্য ব্যবহৃত হয়। IRDA-এর সংজ্ঞা অনুযায়ী প্রাইমারি ডিভাইসটি এই বড় রেটকে MCP2150 এর সাথে সমঝোতায় আনে। দ্বিতীয় বড রেটটি দুটি হার্ডওয়্যার পিনের সাথে সেট করা হয়। এরা হচ্ছে BAUDI এবং BAUD0। এ দ্বিতীয় বাড রেটটি হোস্ট কন্ট্রোলারের সাথে যোগাযোগের কাজে ব্যবহৃত হয়।

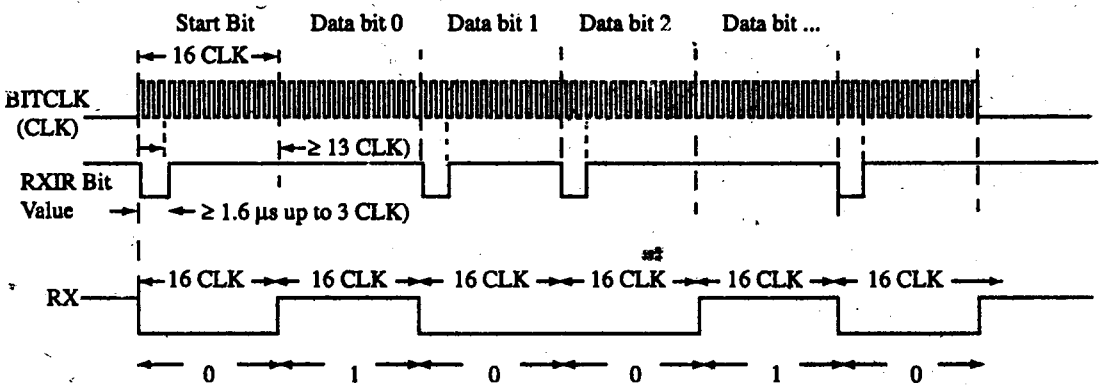


চিত্র-১২.২৫ The Primary Device (PDA) sends data through the infrared interface to the MCP2150. The MCP2150 then decodes this data into the UART standard. After translation, the data is sent to the Host Controller through the UART interface. The Host Controller can also send data to the MCP2 1 50 where the data is encoded and made ready for transmission the Primary device.

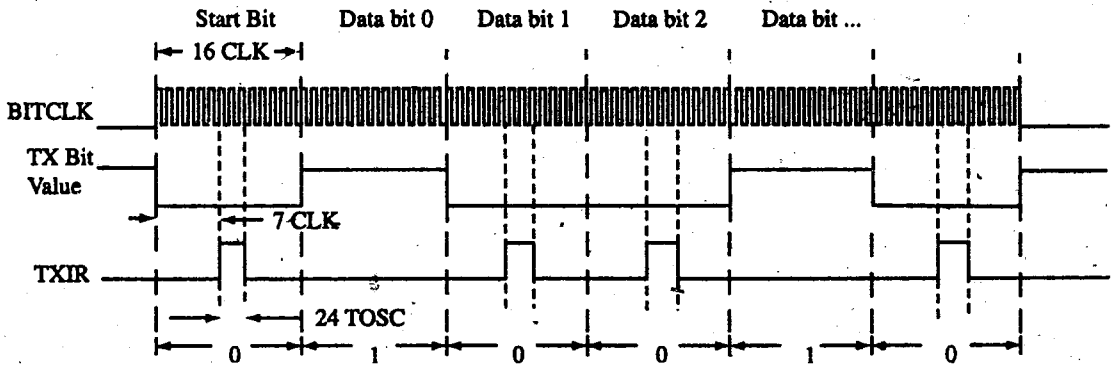
IRDA স্ট্যান্ডার্ড হচ্ছে একটি নেটওয়ার্ক প্রটোকল এবং এটি লোয়ার অ্যাপ্রোচে বিন্যাস থাকে। নিচের ছকে IRDA-এর প্রটোকল স্ট্যাক দেখানো হয়েছে। MCP2150 হচ্ছে একটি IRDA স্ট্যান্ডার্ড প্রটোকল স্ট্যাক কন্ট্রোলার, যা IRDA স্ট্যান্ডার্ড প্রটোকলের জন্য সাপোর্ট "Stack" এবং বিট ইনকোডিং/ডিকোডিং সরবরাহ করে।

IRTRAN-P	IRObex	IRLAN	IRCOMM(1)	IRMC
LM-IAS	Tiny Transport Protocol (Tiny TP)			
IR Link Management - Mux (IRLMP)				
IR Link Access - Mux (IRLAP)				
Asynchronous Serial IR (2, 3) (SIR) (9600 - 115200 Baud)	Synchronous Serial IR(1, 15MBaud)	Synchronous Fast IR (FIR) (4 MBaud)		

ছক : This IRDA protocol stack has been defined by the IRDA industry-based group Within the protocol stack date communications, details as well as the data structures are defined.



চিত্র-১৩.২৬ : Bit Decoding



চিত্র-১৩.২৭ : Bit Encoding

MCP2150 এর একটি কাজ হল এসিনক্রোনাস সিরিয়াল ডাটা স্ট্রীমকে ইনকোড-ডিকোড করা। চিত্র-১৩.২.৬ এ দেখানো হয়েছে কিভাবে PDA হতে গৃহীত IR ডাটা ডিকোড হয়ে UART-ফরমেটেড ডাটায় পরিণত হয়। চিত্র-১৩.২৭ এ দেখানো হয়েছে কিভাবে Host Controller হতে ডাটা গৃহীত হয় এবং MCP2150 এর মধ্যে ইনকোড হয়ে PDA তে ট্রান্সমিশনের জন্য প্রস্তুত হয়।

১৩.৭ রেডিও, মাইক্রোওয়েভ ও ইনফ্রারেড কমিউনিকেশন সিস্টেমের বৈশিষ্ট্য

(State the Characteristics of Raidio, Microwave and Infrared Communication Systems) :

নিচে Radio, Microwave ও Infrared communication system-এর বৈশিষ্ট্যাবলি উল্লেখ করা হলো :

রেডিও কমিউনিকেশনের বৈশিষ্ট্য :

(১) এতে ইনফ্রারেড ও লেজার কমিউনিকেশন মিডিয়া অপেক্ষা খরচ বেশি পড়ে।

(২) এতে Installation প্রক্রিয়ায় trained technician-এর প্রয়োজন পড়ে।

(৩) এটি সাধারণত কয়েকশত কিলোমিটার পর্যন্ত Data transmit করতে পারে।

(৪) এতে Transmission loss বিদ্যমান।

(৫) এতে বৃষ্টি, ঝড়, তুফান ইত্যাদির কারণে Data Interference জনিত সমস্যা দেখা দিতে পারে।

মাইক্রোওয়েভ কমিউনিকেশনের বৈশিষ্ট্য :

(১) এতে খরচের পরিমাণ বেশি।

(২) এতেও Installation প্রক্রিয়ায় Trained technician প্রয়োজন।

(৩) এর মাধ্যমে সাধারণত 25 – 30 মাইল দূরত্বে Data transmit করা যায়।

(৪) এতেও EMI (Electromagnetic Interference) সমস্যা আছে।

(৫) এর ট্রান্সমিশন speed প্রায় 16 Gbps।

ইনফ্রারেড কমিউনিকেশনের বৈশিষ্ট্য :

(১) এর খরচ সবচেয়ে কম।

(২) এর Installation process খুবই সহজ।

(৩) এর মাধ্যমে মাত্র এক কিলোমিটারের কম দূরত্বে Data transmit করা যায়।

(৪) এতে EMI-জনিত সমস্যা হতে পারে।

(৫) এর Data transmission speed প্রায় 10 Mbps।

অনুশীলনী-১৩

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **Acceptance angle বলতে কী বুঝায়?** *[বাকাশিবো : '১৪]*

উত্তর : আলোকরশ্মি ফাইবার কোরের কেন্দ্রবিন্দুতে আপতিত হয়ে যে কোণ সৃষ্টি করে, তাকে Acceptance angle বলে।

২। **গাইডেড মিডিয়া কয় প্রকার ও কী কী?** *[বাকাশিবো : '১২(৪র্থ)]*

উত্তর : গাইডেড মিডিয়া প্রধানত ৩ প্রকার। যথা–

(১) টুইস্টেড পেয়ার কেবল (Twisted Pair Cable)

(২) কো-এক্সিয়াল কেবল (Co-axial cable)

(৩) ফাইচার অপটিক কেবল (Fiber Optic Cable)

৩। **ট্রান্সমিশন মিডিয়া কী?**

উত্তর : ডাটা আদান-প্রদান করার প্রক্রিয়াকে ট্রান্সমিশন, আর যে সকল মাধ্যম ব্যবহার করে ডাটাকে এক স্থান হতে অন্য স্থানে আদান-প্রদান করা হয়, তাই ট্রান্সমিশন মিডিয়া।

৪। **STP ক্যাবল কী?**

উত্তর : STP হচ্ছে Shielded Twisted Pair ক্যাবল। STP ক্যাবলিং-এর কপার ওয়্যারের প্রত্যেক পৃথক জোড়ার উপর মেটাল শিল্ডিং দেয়া থাকে। এ প্রকারের শিল্ডিং ক্যাবলকে বাহ্যিক EMI থেকে রক্ষা করে।

৫। **UTP ক্যাবল কী?**

উত্তর : UTP হচ্ছে Unshielded twisted pair ক্যাবল। UTP বা Unshielded twisted pair cable অনেক ক্ষেত্রে STP-এর মতো হলেও এতে কোনো Shield নেই। এ পদ্ধতিতে একটি সিঙ্গেল ক্যাবলে কতগুলো টুইস্টেড পেয়ার বান্ডেল করা থাকে এবং এদের পৃথক করার জন্য কালার কোডিং করা থাকে।

৬। **S/STP ও S/FTP কী?**

উত্তর : S/STP হচ্ছে Screened Shielded Twisted Pair ক্যাবল। S/FTP হচ্ছে Screened Fully Shileded Twisted Pair Cable.

৭। **অপটিক্যাল ফাইবার কী?**

উত্তর : এটি একটি বিশেষ ধরনের ট্রান্সমিশন লাইন, যার মধ্য দিয়ে ডাটাকে আলোকশক্তিতে রূপান্তর করে ট্রান্সমিট করা হয়। ট্রান্সমিশন লাইনটি অসংখ্য ফাইবার টাইপ Glass material line দ্বারা তৈরি।

৮। **Wireless media বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : Wireless communition-এ যে সকল Media বা Medium ব্যবহৃত হয়, তাদেরকে Wireless media বলে। একে Boundless media-ও বলা হয়।

৯। **অপটিক্যাল ফাইবারের আলোক কোন প্রকার কোণে আপতিত হয়?**

উত্তর : অপটিক্যাল ফাইবার আলোক তরঙ্গ সংকট কোণে আপতিত হয়।

১০। **ফাইবারের Numberical aperture (NA) বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : ফাইবারের আলোক তরঙ্গ বিভিন্ন কোণ হতে আহরণ করার সামর্থ্যের গাণিতিক পরিমাপকে Numerical aperture বলে।

১১। **অপটিক্যাল ফাইবারের ফিগার অভ মেরিট বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : অপটিক্যাল ফাইবারের নিউমেরিক্যাল অ্যাপারচারকে ফিগারকে ফিগার অভ মেরিট বলে।

১২। **ফাইবারের বাফার জ্যাকেট বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : ফাইবার কোরের চতুর্দিকে বাফার টিউবের উপরে ব্যবহৃত শক্তিশালী তন্তুকে (Strength member) বাফার জ্যাকেট বলে। এটি বাফার টিউবকে বহিঃআঘাত ও চাপ থেকে রক্ষা করে।

১৩। অপটিক্যাল ফাইবার প্রধানত কয় প্রকারের?

উত্তর : দু'প্রকারের। যথা–

(১) সিঙ্গেল মোড ফাইবার এবং (২) মাল্টিমোড ফাইবার।

১৪। মাল্টিমোড ফাইবার কত প্রকার?

উত্তর : মাল্টিমোট ফাইবার দু'ধরনের। যথা–

(১) স্টেপ ইনডেক্স ফাইবার এবং (২) গ্রেডেড ইনডেক্স ফাইবার।

১৫। স্টেপ ইনডেক্স মাল্টিমোড ফাইবার কাকে বলে?

উত্তর : যে ফাইবারের মধ্য দিয়ে বিভিন্ন ওয়েভলেন্থ বিশিষ্ট আলোকরশ্মিসমূহ কোর ক্ল্যাডিং সারফেসে বিভিন্ন কোণে আপতিত হয়ে প্রতিফলিত হয়, তাকে Stepped index multimode fiber বলে।

১৬। স্পেট ইনডেক্স মনোমোড ফাইবার কাকে বলে?

উত্তর : যে প্রকার অপটিক্যাল ফাইবারের গঠন এমন যে, এর মধ্য দিয়ে একটিমাত্র ওয়েভলেন্থ বিশিষ্ট আলোকরশ্মি প্রপাগেট হতে পারে, তাকে স্টেপ ইনডেক্স মনোমোড ফাইবার বলে।

১৭। ট্রানজিট টাইম ডিসপারশন (Transit time dispersion) কী?

উত্তর : ফাইবার অপটিকে আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য বিভিন্ন হওয়ায় তা কোরের এক প্রান্ত হতে আরেক প্রান্তে পৌছাতে ভিন্ন ভিন্ন সময় লাগে। ফলে সিগন্যাল ট্রান্সমিশনের ক্ষেত্রে এক প্রকার ডিস্টরশনের সৃষ্টি হয়, তাকে ট্রানজিট টাইম ডিসপারশন বলে।

১৮। ফাইবার অপটিক্যাল ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ কত?

উত্তর : এটার ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 40 GHz থেকে 36 Terahertz (3.6×10^{14} Hz)।

১৯। ফাইবার বাফার জ্যাকেটিং-এর জন্য কী কী বস্তু বেশি ব্যবহৃত হয়?

উত্তর : নিম্নের বস্তুগুলো ব্যবহৃত হয়–

(i) Polyvinyl chloride (PVC)
(ii) Polythylene
(iii) Polyurethane.

২০। ফাইবার অপটিক ট্রান্সমিশনে ব্যবহৃত আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য কত?

উত্তর : 800 – 1500 ন্যানোমিটার।

২১। স্টেপ ইনডেক্স ফাইবার কী? এটা কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর : অপটিক্যাল ফাইবারের কোরের Refractive index μ_1 যদি ধ্রুব হয় এবং ক্ল্যাডিং-এর Refractive index μ_2 যদি সামান্য কম হয়, তবে তাকে স্টেপ ইনডেক্স ফাইবার বলে।

স্টেপ ইনডেক্স ফাইবার দু'ধরনের হতে পারে। যথা– (ক) মাল্টিমোড স্টেপ ইনডেক্স ফাইবার ও (খ) সিঙ্গেল মোড স্টেপ ইনডেক্স ফাইবার।

২২। ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের প্রধান বৈশিষ্ট্য কী?

উত্তর : ইলেকট্রিক ফিল্ড, ম্যাগনেটিক ফিল্ড এবং ওয়েভ গমনের দিক পরস্পরের সাথে লম্বভাবে অবস্থান করে।

২৩। গ্রাউন্ড ওয়েভ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : যে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ ভূ-পৃষ্ঠ বরাবর গমন করে, তাকে গ্রাউন্ড ওয়েভ বলে।

২৪। স্পেস ওয়েভ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : যে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ ট্রোপোস্ফেয়ার স্তরের মাধ্যমে গমন করে, তাকে স্পেস ওয়েভ বলে।

২৫। স্কাই ওয়েভ বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : যে ওয়েভ আয়োনোস্ফিয়ার স্তর হতে প্রতিফলিত ও প্রতিসরিত হয়ে প্রেরক হতে গ্রাহকে পৌছায়, তাকে স্কাই ওয়েভ বলে।

২৬। রেডিও কমিউনিকেশনে 'সিগন্যাল ফেডিং' কী?

উত্তর : আয়োনোস্ফিয়ার মাধ্যমের অনিয়মিত পরিবর্তনের ফলে স্কাই ওয়েভের শক্তির মাত্রা পরিবর্তিত হয়। স্কাই ওয়েভের ফিল্ডের শক্তির পরিবর্তন হওয়াকে ফেডিং বলে।

২৭। মাইক্রোওয়েভ রেডিও সিস্টেম গেইন কী?

উত্তর : মাইক্রোওয়েভ রেডিও সিস্টেম গেইন (G_s) হচ্ছে ট্রান্সমিটারের আউটপুট পাওয়ার (P_t) এবং রিসিভারের ইনপুটে ন্যূনতম পাওয়ারের (C_{min}) পার্থক্য।

অর্থাৎ, $G_s = P_t - C_{min}$

২৮। ফাইবারের Numerical aperture (NA) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : ফাইবারের আলোক তরঙ্গ বিভিন্ন কোণ হতে আহরণ করার সামর্থ্যের গাণিতিক পরিমাপকে Numerical Aperture বলে।

২৯। রেডিও কমিউনিকেশনে 'সিগন্যাল ফেডিং' কী?

উত্তর : আয়োনোস্ফিয়ার মাধ্যমের অনিয়মিত পরিবর্তনের ফলে স্কাই ওয়েভের শক্তির মাত্রা পরিবর্তিত হয়। স্কাই ওয়েভের ফিল্ডের মক্তির পরিবর্তন হওয়াকে ফেডিং বলে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। কো-এক্সিয়াল ও অপটিক্যাল ক্যাবলের প্রয়োগ ক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর। *[বাকাশিবো : '১৩, '১৪R]*

উত্তর : Co-axial ক্যাবলের ব্যবহার :

(১) টেলিফোন নেটওয়ার্কে রং ডিসট্যান্স ট্রান্সমিশন মিডিয়াম হিসেবে কো-এক্সিয়াল ক্যাবলগুলো ব্যবহার হয়।
(২) ক্যাবল টেলিভিশন নেটওয়ার্কে এটি ব্যবহৃত হয়।
(৩) কম্পিউটার কমিউনিকেশনের জন্য লোকাল এরিয়া নেটওয়ার্কের মধ্যে ট্রান্সমিশন মিডিয়াম হিসেবে এটি ব্যবহৃত হয়।
(৪) হোম ভিডিও ইকুপমেন্ট, Ham radio setup এবং মেজারমেন্ট ইলেকট্রনিকে শর্ট Co-axial cable ব্যবহৃত হয়।
(৫) বিভিন্ন কনজুমার ডিভাইসসমূহে, মিলিটারি ইকুপমেন্টে এবং আল্ট্রাসাউন্ড স্ক্যানিং ইকুপমেন্টগুলোতে মাইক্রো কো-এক্সিয়াল ক্যাবল ব্যবহৃত হয়।
(৬) ব্রডকাস্ট TV এবং Radio-এর জন্য Co-axial cable ব্যবহৃত হয় (75 Ω)।

অপটিক্যাল ক্যাবলের প্রয়োগক্ষেত্রসমূহ :

(১) ইন্টারন্যাশনাল কমিউনিকেশনে
(২) ইন্টারসিটি কমিউনিকেশনে
(৩) ডাটা লিংকে
(৪) ডোমেস্টিক কমিউনিকেশনে
(৫) প্ল্যান্ট এবং ট্রাফিক কন্ট্রোলে
(৬) নাইটভিশন, থার্মাল ইমেজিং, লেজার রাডারের মতো ডিফেন্স কমিউনিকেশনে
(৭) লেজার ইন্সট্রুমেন্টেশন ইত্যাদি অপটিক্যাল ক্যাবল ব্যবহৃত হয়।

২। অপটিক্যাল ফাইবারের মধ্য দিয়ে আলোক তরঙ্গ প্রবাহের প্রক্রিয়া কী? *[বাকাশিবো : '১৪]*

উত্তর : অপটিক্যাল ফাইবারের মধ্য দিয়ে আলোক তরঙ্গ প্রবেশ করানো হলে ফাইবারের কোর, ক্ল্যাডিং সারফেসে প্রতিফলিত হতে হতে সামনের দিকে অগ্রসর হয়।

৩। ইনফ্রারেড কমিউনিকেশন পদ্ধতির মূলনীতি বর্ণনা কর। *[বাকাশিবো : '১৩]*

উত্তর : ইনফ্রারেড কমিউনিকেশনে ট্রান্সমিটার সার্কিট অংশে একটি ইনফ্রারেড লাইট ইমিটিং ডায়োড (IRLED) থাকে। এ ডায়োড থেকে ইনফ্রারেড রেডিয়েশন নির্গত হতে পারে, যাকে একটি প্লাস্টিক লেন্স কর্তৃক সরু বিম আকারে লক্ষ ডিভাইসের দিকে ফোকাস করা হয়। যে ডিভাইসটিকে নিয়ন্ত্রণ করা হবে তাতে একটি রিসিভার সার্কিট থাকে। ইনফ্রারেড রেডিয়েশনকে ইলেকট্রিক কারেন্টে রূপান্তরের জন্য রিসিভারে একটি সিলিকন ফটোডায়োড ব্যবহার করা হয়, যা IR সিগন্যালকে ডিটেক্ট করে। এটিই হচ্ছে IRRC কমিউনিকেশনের মূলনীতি। কিন্তু প্রেরণকৃত IR সিগন্যাল-এর সঠিক গন্তব্যে পৌঁছা নিশ্চিত করতে অথবা টার্গেট ডিভাইসটি যাতে কেবলমাত্র এর নিকট প্রেরিত সিগন্যালটি রিসিভ করতে পারে, তা নিশ্চিত করতে মডুলেশন এবং ইনকোডিং এর সাহায্য নিতে হয়।

৪। **আনগাইডেড মিডিয়া কয় প্রকার ও কী কী?** *[বাকাশিবো : '১২(৪র্থ)]*

উত্তর : Unguided media বা Boundless media-কে বেশ কয়েক ভাগে ভাগ করা যায়। যেমন–

(a) Infrared transmission media
(b) Laser transmission media
(c) Narrow band radio transmission media
(d) Spread spectrum radio transmission media
(e) Microwave transmission media
(f) Satellite microwave transmission media ইত্যাদি।

৫। **বিভিন্ন প্রকার কমিউনিকেশন টেনওয়ার্কের নাম লিখ।** *[বাকাশিবো : '১২(৫ম)]*

উত্তর : নিম্নে বিভিন্ন প্রকার কমিউনিকেশন নেটওয়ার্কের নাম দেওয়া হলো :

(i) Radio Communication.
(ii) Microwave Communication.
(iii) Infrared Communication.

৬। **সংক্ষেপে Microwave Network-এর বর্ণনা দাও।** *[বাকাশিবো : '৯৭, '০৯(R)]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.৬ এর ২নং দ্রষ্টব্য।

৭। **ট্রান্সমিশন মিডিয়া কত ধরনের ও কী কী?**

উত্তর : সাধারণভাবে ডাটা ট্রান্সমিশন মিডিয়াকে দুটি গ্রুপে ভাগ করা যায়। যথা–

(1) Guided media বা Cable media এবং
(2) Unguided media.

ক্যাবল মিডিয়াকে আরো কয়েকটি ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(a) Twisted pair cable
(b) Co-axial cable
(c) Fiber optic cable ইত্যাদি।

Twisted pair cable-কে নিম্নলিখিতভাবে ভাগ করা যায়। যথা–

(i) Shielded Twisted Pair (STP)
(ii) Unshield Twisted Pair (UTP)
(iii) Loaded Twisted Pair
(iv) Unloaded Wisted Pair
(v) Bonded Twisted Pair
(vi) Twisted Ribbon Cable

Unguided media বা Boundless media-কে বেশ কয়েক ভাগে ভাগ করা যায়। যেমন–

(a) Infrared transmission media
(b) Laser transmission media
(c) Narrow band radio transmission media
(d) Spread spectrum radio transmission media
(e) Microwave transmission media
(f) Satellite microwave transmission media ইত্যাদি।

৮। **কো-এক্সিয়াল ক্যাবলের সুবিধাগুলো লিখ।**

উত্তর : কো-এক্সিয়াল ক্যাবলের সুবিধাসমূহ নিম্নে প্রদত্ত হলো :

(১) প্যারালাল ওয়্যারের তুলনায় এর ডাটা স্থানান্তরের গতি বেশি।
(২) প্যারালাল ওয়্যারের তুলনায় এর ট্রান্সমিশন লস কম।
(৩) এর মাধ্যমে 1 km পর্যন্ত দূরত্বে ডিজিটাল ডাটা স্থানান্তর করা যায়।

৯। **EMI কী?**

উত্তর : Interference মানে অবাঞ্ছিতভাবে হস্তক্ষেপ করা। Medium বা মাধ্যমের মধ্য দিয়ে Signal transmission-এর সময় যদি বাইরের কোনো Noise signal-এর সাথে মিশে যায় এবং সিগন্যালকে Distort করে, তবে তাকে Electromagnetic Interference (EMI) বলা হয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, আমরা যখন AM Radio শুনি তখন নিকটে বিদ্যমান কোনো Motor কিংবা Lightning-এর Noise মূল সিগন্যালকে বাধাগ্রস্ত করে।

১০। ট্রান্সমিশন মিডিয়ার সাধারণ (Common) বৈশিষ্ট্যগুলো লিখ।

উত্তর : Transmission system-এর বিভিন্ন ধরনের Transmission media ব্যবহার করা হয়। এ সকল Transmission media-এর ক্ষেত্রে যে সকল সাধারণ বৈশিষ্ট্যবলি লক্ষণীয় সেগুলো নিম্নরূপ :

(১) দাম (Cost)
(২) ইনস্টলেশন মূল্য বা ইনস্টলেশন প্রসেস (Installation cost or installation process)
(৩) Data transmission speed.
(৪) Data transmission range
(৫) Data transmission loss ইত্যাদি।

১১। ট্রান্সমিশন মিডিয়া নির্বাচনে কী কী বিষয়ের উপর লক্ষ রাখা উচিত?

উত্তর : ট্রান্সমিশন মিডিয়া নির্বাচনে নিম্নলিখিত বিষয়ের উপর লক্ষ রাখা উচিত :

(i) Cost
(ii) Installation cost
(iii) Installation requirement
(iv) Bandwidth
(v) Band usage (Baseband or broadband)
(vi) Transmission loss
(vii) Immunity from transmission interference ইত্যাদি।

১২। ডাটা কমিউনিকেশনের মিডিয়াম নাম লিখ।

উত্তর : ডাটা কমিউনিকেশনের মিডিয়া নিম্নরূপ–

(১) ক্যাবল (Cable)
(ক) প্যারালাল ওয়্যার (Parallel wire), (খ) কো-এক্সিয়াল ক্যাবল (Co-axial cable)
(২) রেডিও সিস্টেম (Radio system)
(৩) স্যাটেলাইট কমিউনিকেশন (Satellite communication)
(৪) অপটিক্যাল ফাইবার কমিউনিকেশন (Optical fiber communication)

১৩। অপটিক্যাল ফাইবারের গঠন সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উত্তর : অপটিক্যাল ফাইবার সাধারণত তিনটি অংশ নিয়ে গঠিত হয়। এদের নাম হচ্ছে কোর, ক্ল্যাডিং এবং জ্যাকেট। কোরের প্রতিসরাঙ্ক ক্ল্যাডিং-এর প্রতিসরাঙ্ক অপেক্ষা বেশি। কোরটি সিলিকা গ্লাস দ্বারা তৈরি করা হয়। ক্ল্যাডিংও সিলিকা গ্লাস দ্বারা তৈরি করা হয়। জ্যাকেটটি একটি প্লাস্টিক অথবা পলিমার এবং অন্য পদার্থের মিশ্রণে তৈরি করা হয়।

১৪। অপটিক্যাল ফাইবারের মধ্য দিয়ে আলোক তরঙ্গ গমনের শর্ত কী?

উত্তর : অপটিক্যাল ফাইবারের মধ্য দিয়ে আলোক তরঙ্গ গমনের শর্ত হচ্ছে দুটি। যথা–

(১) গ্লাস ফাইবার কোরের প্রতিসরাঙ্ক (Index of refraction) μ_1 ফাইবারের চারদিকে জড়ানো পদার্থের (Cladding) প্রতিসরাঙ্ক μ_2 থেকে সামান্য বড় হতে হবে।
(২) আলোকের এমন একটি আপাতন কোণ ϕ (আলোক পথ এবং ফাইবার গাত্রের সাথে লম্ব-এই দুয়ের মধ্যবর্তী কোণ) থাকবে, যা সংকট কোণ (Critical angle) ϕ_C অপেক্ষা বড় হবে।

ϕ আপাতন কোণকে লেখা হয়– $\sin \phi_C = \frac{\mu_2}{\mu_1}$

১৫। টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবলের প্রয়োগ ক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর : টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবলের প্রয়োগ ক্ষেত্রগুলো নিচে উল্লেখ করা হলো :

(১) ভয়েস কমিউনিকেশনের ক্ষেত্রে এটি ব্যবহৃত হয়।
(২) Point-to-point এবং Point-to-multipoint প্রয়োগের ক্ষেত্রে এটি ব্যবহৃত হয়।
(৩) টেলিফোন লাইনে এই তার ব্যবহৃত হয়।
(৪) ইথারনেটে UTP ক্যাবল ব্যবহৃত হয়।
(৫) IBM টোকেন রিং সিস্টেমে STP ক্যাবল ব্যবহৃত হয়।
(৬) শর্ট এবং মিডিয়াম দৈর্ঘ্যের কানেকশনের জন্য ডাটা নেটওয়ার্কে টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবল প্রায়ই ব্যবহার হয়।

১৬। গ্রেডেড ইনডক্স ফাইবার ও স্টেপ ইনডেক্স ফাইবারের মধ্যে পার্থক্য কী?

উত্তর : পার্থক্য নিচে দেয়া হলো :

Step Index Fiber	Graded Index Fiber
১। এ জাতীয় ফাইবারের কোরের Refractive index μ_1 ধ্রুব থাকে।	১। কোরের ধ্রুব Refractive index থাকে না।
২। এ প্রকার ফাইবারের ব্যান্ডওয়াইডথ 50 MHzkm এর মতো হয়।	২। এ প্রকার ফাইবারের ব্যান্ডওয়াইডথ 200, 400 অথবা 600 Mhzkm, যদিও তাত্ত্বিকভাবে এদের ব্যান্ডওয়াইডথ অসীম।
৩। Attenuation বেশি।	৩। Attenuation কম।
৪। একই আকৃতির ফাইবারের মধ্যে Step index ফাইবারের NA-এর মান 0.2 হতে 0.35।	৪। একই আকৃতির ফাইবারের মধ্যে Graded index ফাইবারের NA এর মান 0.16 হতে 0.2।

১৭। টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবলের সুবিধা-অসুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। কো-এক্সিয়াল ক্যাবলের সুবিধা-অসুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। ফাইবার অপটিক ক্যাবলের সুবিধা-অসুবিধাগুলো লিখ।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.৫ নং দ্রষ্টব্য।

২০। টুইস্টেড পেয়ার (STP)-এর বৈশিষ্ট্যসমূহ লিখ।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২১। Unshielded Twisted Pair (UTP) cable-এর বৈশিষ্ট্যসমূহ লেখ।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২২। Co-axial cable-এর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। ফাইবার অপটিক ক্যাবলের বৈশিষ্ট্যগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। গাইডেড ও আনগাইডেড ট্রান্সমিশন মিডিয়ার সংজ্ঞা লিখ।

উত্তর : Gulded media : যে ডাটা ট্রান্সমিশন প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন প্রকার ক্যাবল মাধ্যম ব্যবহার করা হয়, তাকে guided media বলা হয়। Coaxial cable, Shielded twisted pair, unshield twisted pair, fiber optic cable ইত্যাদি guided media।

Unguided Transmission Media : যে ডাটা ট্রান্সমিশন প্রক্রিয়ায় কোনো প্রকার ক্যাবল মাধ্যম ব্যবহারের প্রয়োজন পড়ে না, তাকে বলা হয় আনগাইডেড ট্রান্সমিশন মিডিয়া। আনগাইডেড ট্রান্সমিশন মিডিয়া হচ্ছে ডাটা সিগন্যালসমূহ, যা বাতাসের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। প্রবাহিত হওয়ার জন্য এগুলোকে একটি চ্যানেলে আবদ্ধ বা গাইড করতে হয় না।

Unguided media হচ্ছে Wireless communication যেমন-রেডিও ওয়েভ, মাইক্রোওয়েভ, স্যাটেলাইট কমিউনিকেশন ইত্যাদি।

২৫। সিগন্যাল প্রোপাগেশন কী?

উত্তর : প্রেরকযন্ত্র থেকে গ্রাহক যন্ত্রে বৈদ্যুতিক সিগন্যাল গমন করাকে সিগন্যাল প্রোপাগেশন বলা হয়। প্রেরক থেকে গ্রাহককে বৈদ্যুতিক সিগন্যাল দু'ভাবে প্রোপাগেট করতে পারে। যেমন-

(১) পরিবাহীর মধ্য দিয়ে, যা কন্ডাকশন পদ্ধতিতে পরিবাহীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয় বা প্রোপাগেট করে।

(২) স্পেসের মধ্য দিয়ে, যা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ আকারে স্পেসের মধ্য দিয়ে প্রোপাগেট করে।

২৬। সিগন্যাল প্রোপাগেশনের জন্য বিভিন্ন পদ্ধতির নাম লিখ।

উত্তর : বৈদ্যুতিক সিগন্যাল পরিবাহীর মধ্য দিয়ে কন্ডাকশন পদ্ধতিতে গমন করতে পারে কিংবা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ হিসেবে নিম্নলিখিতবাবে গমন করতে পারে। যথা–

(১) গ্রাউন্ড ওয়েভ প্রোপাগেশন (Ground wave propagation)

(২) স্কাই ওয়েভ প্রোপাগেশন (Sky wave propagation)।

গ্রাউন্ড ওয়েভ প্রোপাগেশনকে আবার দু'ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(i) সারফেস ওয়েভ প্রোপাগেশন এবং (ii) স্পেস ওয়েভ প্রোপাগেশন।

২৭। অমনিডিরেকশনাল অ্যান্টেনা কী?

উত্তর : যে অ্যান্টেনা সব দিকে বা সব দিক থেকে সমভাবে সিগন্যাল বিকিরণ (Radiate) বা গ্রহণ (Receive) করে, তাকে অমনিডিরেকশনাল অ্যান্টেনা বলে। একে আবার 'non-directional' অ্যান্টেনাও বলা হয় কারণ এটি বিশেষ কোনো দিককে সমীহ করে না।

২৮। রেডিও কমিউনিকেশন পদ্ধতি কী?

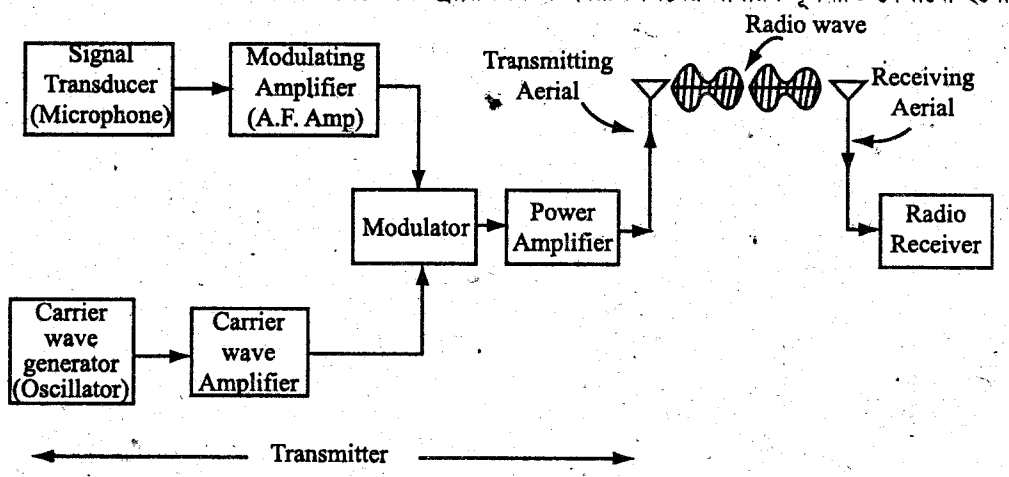
উত্তর : ওয়্যারলেস মিডিয়া মানে তারবিহীন মাধ্যম। অর্থাৎ যে কমিউনিকেশন প্রক্রিয়ায় কোনো ধরনের ক্যাবল সংযোগ ছাড়াই এক স্থান থেকে অন্য স্থানে ডাটা ট্রান্সমিট করা যায়, তাকে বলা হয় Wireless Communication। রেডিও সিস্টেম একটি Wireless communication সিস্টেম। এরূপ যোগাযোগ ব্যবস্থায় ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ ব্যবহৃত হয় এবং ট্রান্সমিশন মিডিয়ামটি থাকে ফ্রি-স্পেস।

২৯। রেডিও কমিউনিকেশনে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ ব্যবহারের কারণ কী?

উত্তর : রেডিওতে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ ব্যবহারের কারণ হলো এ ওয়েভ বিচ্ছুরণ অথবা অ্যাবসরপশনের কারণে অত্যধিক হ্রাস না পেয়ে বায়ুমণ্ডলের মধ্য দিয়ে অধিক দূরত্ব অতিক্রম করতে পারে।

৩০। রেডিও কমিউনিকেশন সিস্টেমের মূলনীতি লিখ।

উত্তর : নিচে রেডিও কমিউনিকেশন সিস্টেমের ট্রান্সমিশন এবং রিসিপশনের সাধারণ মূলনীতি দেখানো হলো–



ট্রান্সমিটারের কাজ হচ্ছে চ্যানেলে ট্রান্সমিশনের জন্য রেডিও ওয়েভ উৎপন্ন করা। এজন্য মাইক্রোফোনের সাহায্যে সাউন্ড ওয়েভকে ইলেকট্রিক্যাল ওয়েভে পরিণত করা হয় এবং অসিলেটর থেকে আগত ক্যারিয়ার ওয়েভ নামে একটি হাই-ফ্রিকুয়েন্সির সাথে মডুলেটরের মধ্যে মিশানো হয়। লব্ধ ওয়েভকে বলা হয় মডুলেটেড ওয়েভ বা রেডিও ওয়েভ। ট্রান্সমিটার থেকে রেডিও ওয়েভকে ট্রান্সমিটিং অ্যান্টিনাতে যুক্ত করা হয় এবং সেখান থেকে ওয়েভ আলোর বেগে স্পেসে বিকিরিত হয়।

চ্যানেলের মাধ্যমে রিসিভিং অ্যান্টিনাতে পৌছার পর রেডিও ওয়েভ (ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ) এতে ক্ষুদ্র emf আবিষ্ট করে। এ ক্ষুদ্র ভোল্টেজ রেডিও রিসিভারে প্রয়োগ হয়। এখানে রেডিও ওয়েভ প্রথমে বিবর্ধিত হয় এবং তারপর ডিমডুলেশন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে মূল সিগন্যালকে বের করে নেয়া হয়।

৩১। **Free-space loss কী?**

উত্তর : স্পেসের মধ্য দিয়ে প্রোপাগেশনের সময় ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের অ্যাটেনিউয়েশনই হলো ফ্রি-স্পেস লস। নিম্নলিখিত সূত্র ব্যবহার করে এ অ্যাটেনিউয়েশন হিসাব করা হয় :

Free-space loss = 32.4 + 20 log F (MHz) + 20 log R (km)

যেখানে, F = R F frequency

R = Tx. ও Rx. antenna-দ্বয়ের মধ্যে দূরত্ব।

৩২। **EIRP কী?**

উত্তর : EIRP হচ্ছে Effective Isotropic Radiated Power-এর সংক্ষিপ্ত রূপ। এটি হচ্ছে অ্যান্টেনা ট্রান্সমিটেড পাওয়ার, যা ট্রান্সমিটেড আউটপুট পাওয়ার থেকে ক্যাবল লস বাদ দিয়ে ও ট্রান্সমিটিং অ্যান্টেনা গেইন যোগ করে হিসাব করা হয়। অর্থাৎ, EIRP = $P_{out} - C_t + G_t$

৩৩। **RF সিগন্যালের ফেডিং (Fading) কী কারণে সংঘটিত হয়?**

উত্তর : নিম্নলিখিত কারণে RF সিগন্যালের ফেডিং হতে পারে :

(১) আয়োনোস্ফিয়ারের অনিয়মিত পরিবর্তনের কারণে।

(২) একাধিক পথ পার্থক্যের জন্য ফেজ পরিবর্তনের কারণে।

(৩) খারাপ লাইন অভ সাইট (Bad line of Sight)-এর কারণে।

(৪) আবহওয়ার অবস্থা ও

(৫) ইন্টারফারেন্স।

৩৪। **মাইক্রোওয়েভ কী?**

উত্তর : মাইক্রো শব্দের আভিধানিক অর্থ ক্ষুদ্র এবং ওয়েভ শব্দের আভিধানিক অর্থ তরঙ্গ। সুতরাং ক্ষুদ্র তরঙ্গ বিশিষ্ট সিগন্যালকে মাইক্রোওয়েভ নামে অভিহিত করা যায়। এ ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ সচরাচর 0.3 – 30 গিগাহার্টস। তবে ব্যবহারিক ক্ষেত্রে মাইক্রোওয়েভকে 100 গিগাহার্টস পর্যন্ত বর্ধিত করা যায়।

৩৫। **মাইক্রোওয়েভের ডাইরেকটিভিটি বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : মাইক্রোওয়েভ তরঙ্গের ফ্রিকুয়েন্সি বেশি হওয়ায় অ্যান্টেনার সাইজ হ্রাস পায় এবং ডাইরেকটিভিটি বৃদ্ধি পায়। মাইক্রোওয়েভ তরঙ্গ বিভিন্ন দিকে না ছড়িয়ে সুনির্দিষ্ট দিকে গমন করে।

৩৬। **মাইক্রোওয়েভ কমিউনিকেশন সিস্টেমের উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্যগুলো ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর : বৈশিষ্ট্যসমূহ নিম্নরূপ :

(১) **ব্যান্ডওয়াইডথ (Bandwidth) :** মাইক্রোওয়েভের রেঞ্জ অধিক হওয়ায় চ্যানেল ক্যাপাসিটি বৃদ্ধি পায়। ফলে টিভি কমিউনিকেশন চ্যানেল সংখ্যা বৃদ্ধি করা যায়। এতে সিগন্যাল টু নয়েজ রেশিও বৃদ্ধি পায়।

(২) **ডাইরেকটিভিটি (Directivity) :** মাইক্রোওয়েভ তরঙ্গের ফ্রিকুয়েন্সি বেশি হওয়ায় অ্যান্টেনার সাইজ হ্রাস পায় এবং ডাইরেকটিভিটি বৃদ্ধি পায়। মাইক্রোওয়েভ তরঙ্গ বিভিন্ন দিকে না ছড়িয়ে সুনির্দিষ্ট দিকে গমন করে।

(৩) **বিশ্বস্ততা (Reliability) :** মাইক্রোওয়েভের ক্ষেত্রে লাইন অভ সাইট (Line of Sight) প্রোপাগেশন ঘটে। ফলে প্রেরক ও গ্রাহকের মধ্যে সরাসরি শক্তির স্থানান্তর ঘটে বলে ফেডিং ইফেক্ট (Fading effect) কম ঘটে। তাছাড়া মাইক্রোওয়েভ প্রোপাগেশনে প্রতিকূল আবহাওয়ার কোনো প্রভাব পড়ে না।

(৪) **পাওয়ার (Power) :** মাইক্রোওয়েভ তরঙ্গের ক্ষেত্রে প্রেরক ও গ্রাহক উভয়ের জন্য অপেক্ষাকৃত কম পাওয়ারের প্রয়োজন হয়। ফলে অন্যান্য কমিউনিকেশনের চেয়ে এতে রিপিটার স্টেশন (Repeater Station) কম প্রয়োজন হয়।

(৫) **গেইন (Gain) :** মাইক্রোওয়েভের ক্ষেত্রে তরঙ্গ সুনির্দিষ্ট দিকে গমন করে বলে তরঙ্গের অপচয় কম হয়, ফলে গেইন বৃদ্ধি পায়।

৩৭। **মাইক্রোওয়েভ কমিউনিকেশনে রিপিটারের প্রয়োজনীয়তা কী?**

উত্তর : যেহেতু মাইক্রোওয়েভগুলো কেবলমাত্র লাইন অভ সাইট (Line of sight) পথে ভ্রমণ করে সেহেতু প্রায় 50 kg অন্তর রিপিটার স্টেশনের (Repeater station) প্রয়োজন হয়। রিপিটার স্টেশনগুলোতে দুটি অ্যান্টেনা দেয়া থাকে, যারা পরস্পরের সাথে পয়েন্টিং হয়ে থাকে।

৩৮। ইনফ্রারেড (Infrared) রেডিয়েশন কী?

উত্তর : ইনফ্রারেড বা IR রেডিয়েশন হচ্ছে একটি ইলেকট্রোম্যাগনেটিক রেডিয়েশন, যার তরঙ্গদৈর্ঘ্য দৃশ্যনীয় আলোর তরঙ্গদৈর্ঘ্য অপেক্ষা বড় হয় কিন্তু টেরাহার্টস রেডিয়েশন এবং মাইক্রোওয়েভ থেকে ছোট। ইনফ্রারেড রেডিয়েশনের বিস্তার মোটামুটি 750 nm – 100 μm।

৩৯। ইনফ্রারেড কমিউনিকেশনে মডুলেশন এবং ইনকোডিং-এর প্রয়োজনীয়তা কী?

উত্তর : ইনফ্রারেড কমিউনিকেশন চলাকালীন সময় যখন তাপ উৎপাদনকারী অন্যান্য অবজেক্টগুলো কর্তৃক ব্যাকগ্রাউন্ড ইনফ্রারেড 'Noise' নির্গত হয় এবং একাধিক IR রিমোট কন্ট্রোলড ডিভাইস পরস্পরের খুবই নিকটে থাকে তখন ব্যাপারটি দ্রুত জটিল হয়ে পড়ে। তখন সাধারণ ইনফ্রারেড লাইট সহযোগে কমান্ড রিসিভারে সঠিকভাবে পৌছায় না। এজন্য প্রেরণকৃত IR সিগন্যাল-এর সঠিক গন্তব্যে পৌছা নিশ্চিত করতে ডাটাকে ইনকোড করার জন্য ইনফ্রারেড রেডিয়েশন বিমকে মডুলেট করা হয়।

৪০। IR রিমোট কন্ট্রোল সিস্টেমে কীভাবে মডুলেশন-ডিমডুলেশন সম্পন্ন হয়?

উত্তর : IR রিমোট কন্ট্রোল সিস্টেমে সাধারণত পালস কোড মডুলেশন ব্যবহার হয়। মডুলেশন ফ্রিকুয়েন্সি সাধারণত 30 KHz হতে 58 KHz রেঞ্জের মধ্যে অবস্থান করে। ট্রান্সমিশনের প্রেক্ষিতে মডুলেশন অর্থ হলো ক্যারিয়ারের বারসট্ দ্বারা IRLED-কে দ্রুত অন-অফ করা। রিসিভারকে সাধারণত এ ক্যারিয়ার ফ্রিকুয়েন্সিতে টিউন করা হয়। ফলে এটা কেবলমাত্র প্রয়োজনীয় সিগন্যাল রিসিভ করার নিশ্চয়তা প্রদান করে। তারপর রিসিভার এ সিগন্যালকে ডিমডুলেট করে।

৪১। IR-Remote control system-এ ডাটা ইনকোডিং-এ কী কী পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়?

উত্তর : IR-remote control system-এর মধ্যে ডাটা ইনকোডিং-এর জন্য সাধারণত নিম্নলিখিত তিনটি পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়। যেমন–

(১) পালস ডিসট্যান্স ইনকোডিং (Pulse distance encoding)
(২) পালস্ লেন্থ ইনকোডিং (Pulse length encoding)
(৩) ম্যানচেস্টার ইনকোডিং (Manchester encoding)।

৪২। TVR এবং IRDA স্ট্যান্ডার্ড প্রটোকল বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : ওয়্যারলেস কমিউনিকেশনে দুটি সর্বাধিক জনপ্রিয় মাধ্যম হলো ইনফ্রারেড (IR) এবং রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি (RE)। বর্তমানে ব্যবহৃত দুটি সাধারণ টাইপের IR টেকনোলজি হচ্ছে TV Remote (TVR) এবং IRDA (Infrared Data Association) স্ট্যান্ডার্ড প্রটোকল।

সবচেয়ে কম খরচের ওয়্যারলেস কারেনকশন টেকনোলজি হচ্ছে TVR। সচরাচর এ ইন্টারফেসটি হচ্ছে ইউনিডিরেকশনাল। যদি কোনো প্রয়োগে বাইডিরেকশনাল, উচ্চতর ডাটা ব্যান্ডওয়াইডথের দরকার হয় তখন IRDA সিস্টেম ডিজাইন অবলম্বন করতে হয়। এ ইনফ্রারেড কমিউনিকেশন স্ট্যান্ডার্ডটি IRDA ইন্ডাস্ট্রি-বেসড গ্রুপ কর্তৃক সংজ্ঞা দান করা হয়েছে। এ গ্রুপটি এমন একটি কমিউনিকেশন স্ট্যান্ডার্ড তৈরি করেছে, যা কম খরচ, স্বল্প-দূরত্ব, Point-to-point ইনফ্রারেড চ্যানেলগুলোর জন্য বেশি উপযোগী। IRDA হচ্ছে একটি নেটওয়ার্ক প্রটোকল এবং এটা লেয়ার অ্যাপ্রোচে বিন্যাস থাকে।

৪৩। ইনফ্রারেড কমিউনিকেশনের ব্যবহার লিখ।

উত্তর : জনসংখ্যার উচ্চ ঘনত্ব অঞ্চলে ইনডোরে ব্যবহারের জন্য ইনফ্রারেড কমিউনিকেশনের উপকারিতা রয়েছে। IR দেয়াল ভেদ করতে পারে না এবং সেহেতু সন্নিহিত কক্ষের অন্যান্য ডিভাইসগুলোর সাথে এটা ইন্টারফেয়ার করে না। নিচে ইনফ্রারেড কমিউনিকেশনের ব্যবহার উল্লেখ করা হলো :

(১) কমান্ড অ্যাপ্লায়েন্সগুলোকে রিমোট কন্ট্রোলের জন্য ব্যবহার হয়।
(২) ডিজিটাল সহায়ক যন্ত্রসমূহ এবং কম্পিউটার পেরিফেরালসমূহের মধ্যে শর্ট রেঞ্জ কমিউনিকেশন ঘটানোর জন্যও IR data transmission ব্যবহৃত হয়।
(৩) TV, Video এবং Air conditioning-এর রিমোট কন্ট্রোলারের ক্ষেত্রে এটি ব্যবহৃত হয়।
(৪) অপটিক্যাল ফাইবার কমিউনিকেশন সিস্টেমগুলোর জন্য আলো যোগান দিতে ইনফ্রারেড লেজার ব্যবহৃত হয়।
(৫) Laptop, Printer, Handheld PC এবং PDA ইত্যাদির মধ্যে স্বল্প রেঞ্জের কমিউনিকেশন ঘটানোর জন্য IRDA স্ট্যান্ডার্ড ব্যবহৃত হয়।

৪৪। **অপটিক্যাল কমিউনিকেশনের ক্ষেত্রে ইনফ্রারেড স্পেকট্রামের ব্যান্ডগুলো উল্লেখ কর।**

উত্তর : নিচের সারণিতে ব্যান্ডসমূহ দেখানো হয়েছে–

Band	**Descriptor**	**Wave length range**
O band	Original	1260 – 1360 nm
E band	Extended	1360 – 1460 nm
S band	Short wave length	1460 – 1530 nm
C band	Conventional	1530 – 1565 nm
L band	Long wave length	1565 – 1625 nm
U band	Ultra wave length	1625 – 1675 nm

দীর্ঘ দূরত্বের টেলিকমিউনিকেশন নেটওয়ার্কের ক্ষেত্রে C-band-টি হচ্ছে ডমিন্যান্ট ব্যান্ড।

৪৫। **রেডিও কমিউনিকেশনের বৈশিষ্ট্যগুলো লিখ।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.৭ নং দ্রষ্টব্য।

৪৬। **মাইক্রোওয়েভ কমিউনিকেশনের বৈশিষ্ট্যগুলো উল্লেখ কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.৭ নং দ্রষ্টব্য।

৪৭। **ইনফ্রারেড কমিউনিকেশনের বৈশিষ্ট্যগুলো লিখ।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.৭ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

১। **চিত্রসহ মাইক্রোওয়েভ কমিউনিকেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '১৪R]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.৬ (২) নং দ্রষ্টব্য।

২। **রেডিও, মাইক্রোওয়েভ এবং ইনফ্রারেড কমিউনিকেশনের সিস্টেমের বৈশিষ্ট্য বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '১৪R]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **টুইস্টেড পেয়ার (UTP, STP) ক্যাবলের গঠন চিত্রসহ বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '১৩]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.২ (১) নং দ্রষ্টব্য।

৪। **কো-এক্সিয়াল ক্যাবলের গঠন চিত্রসহ বর্ণনা কর।** *[বাকাশিবো : '১৩]*

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.২ (২) নং দ্রষ্টব্য।

৫। **ফাইবার অপটিক ক্যাবলের গঠন চিত্রসহ বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.২ (৩) নং দ্রষ্টব্য।

৬। **চিত্রসহ রেডিও কমিউনিকেশন পদ্ধতির বর্ণনা দাও।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.৬ (১) নং দ্রষ্টব্য।

৭। **চিত্রসহ ইনফ্রারেড কমিউনিকেশনের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**

উত্তর : অনুচ্ছেদ ১৩.৬ (৩) নং দ্রষ্টব্য।

৩৮৪২-কমিউনিকেশন (ব)-১৮

টেকনিক্যাল প্রকাশনীর বই পড়ুন

রেফার্ডমুক্ত জীবন গড়ুন।

ব্যবহারিক
Practical

"তাত্ত্বিক হলো জ্ঞান অর্জন,
ব্যবহারিক হলো অর্জিত জ্ঞানকে কাজে পরিণত করা।"

– লেখক

জব নং- ১ পরীক্ষার নাম : কমিউনিকেশন সিগনাল এবং স্পেকট্রাম পর্যবেক্ষণ
Experiment Name : (Study the Communication Signals and Spectrum)

উদ্দেশ্য : (Objectives)

(১) বিভিন্ন প্রকার কমিউনিকেশন সিগনাল পর্যবেক্ষণ।

(২) বিভিন্ন প্রকার কমিউনিকেশন সিগনালের স্পেকট্রা পর্যবেক্ষণ।

যন্ত্রপাতি ও কাঁচামাল (Equipment and Materials)

(১) ব্রেড বোর্ড ১ টি।

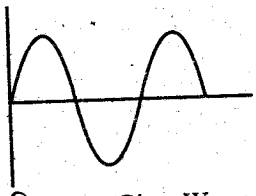
(২) ডিজিটাল মাল্টিমিটার ১ টি।

(৩) প্রাকটিক্যাল ইলেক্ট্রনিক ট্রেইনার ১ টি।

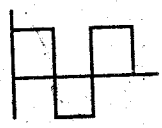
(৪) অসিলোস্কোপ ১ টি।

(৫) পাওয়ার সাপ্লাই।

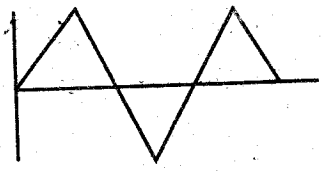
বিভিন্ন প্রকার ফ্রিকোয়েন্সি (Different Types of Frequencies)



চিত্র-১.১ : Sine Wave

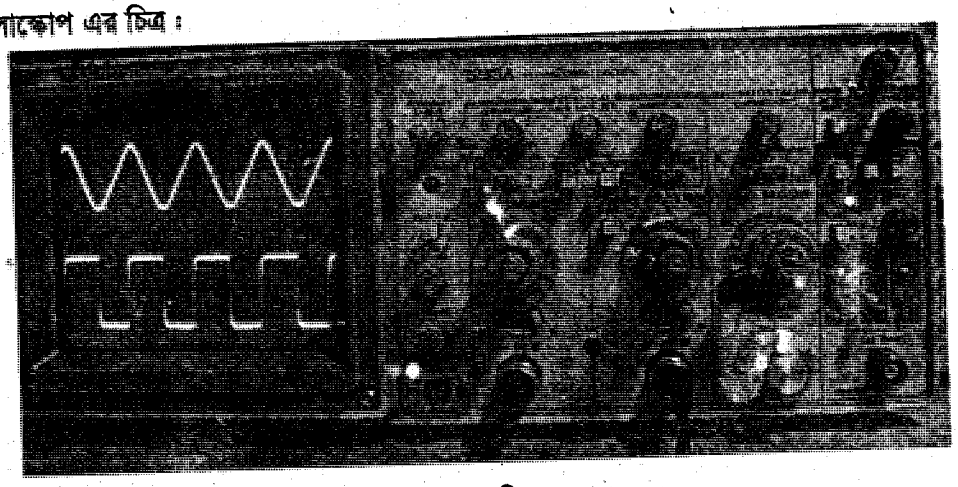


চিত্র-১.২ : Square Wave



চিত্র-১.৩ : Triangular Wave

অসিলোস্কোপ এর চিত্র :



চিত্র : ১.৪ অসিলোস্কোপ

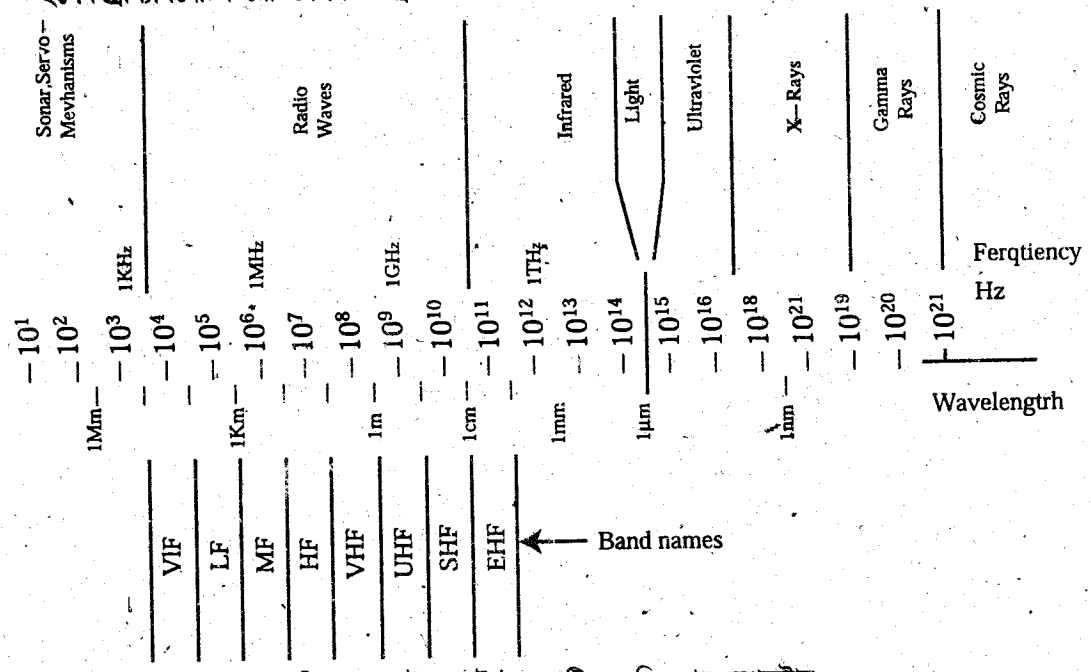
কাজের ধারা (Working Procedure) :

(১) প্রথমে বিভিন্ন প্রকার Communication Signal তৈরির জন্য সার্কিট তৈরি করি।

(২) এখন সার্কিটের সাথে অসিলোস্কোপ-এর সংযোগ প্রদান করি।

(৩) এরপর Power Supply প্রদান করি ও বিভিন্ন প্রকার Signal পর্যবেক্ষণ করি।

ইলেকট্রোম্যাগনেটিক রেডিয়েশন স্পেক্ট্রাম :



চিত্র-১.৫ : ইলেকট্রোম্যাগনেটিক রেডিয়েশন স্পেক্ট্রাম

বিভিন্ন প্রকার Frequency Band :

নিচের তালিকায় বিভিন্ন প্রকার কমিউনিকেশন নেটওয়ার্কের জন্য নির্ধারিত ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ড দেখানো হলো :

Classification	Frequency Range	Wave length Range	Uses
Very Low Frequency (V. L. F.)	10–30 KHz	30–10 km	Long Distance Point to Point Communication. (দূরবর্তী দুটি স্থানের মধ্যে যোগাযোগে।)
Low Frequency (L.F)	30-300 KHz	10-1 km	Long Distance Point to Point communication, marine, navigation and Broadcast. (দূরবর্তী দুটি স্থানের মধ্যে যোগাযোগে, সমুদ্রে, নৌচালনায় এবং রেডিও ব্রডকাস্টিংয়ে।)
Medium Frequency (M.F)	300–3000 KHz	1000–100 meters	Broadcast, Marine Commuication Navigation and Harbour Telephone. (রেডিও ব্রডকাস্টিংয়ে, সমুদ্র যোগাযোগে, নৌচালনায় এবং পোতাশ্রয়ের সাথে টেলিফোন যোগাযোগে।)
High Frequency (H. F.)	3 – 30 MHz	100–10 meters	Moderate and Long Range Communication of all types Broadcast. (জাতীয় এবং আন্তর্জাতিক সকল প্রকার ব্রডকাস্টিংয়ে।)

Very High Frequency (V.H. F.)	30–300 MHz	10–1 meters	Short Distance Communications, TV Broadcast, Radar, Aeronautical and Navigation. (অল্প/স্বল্প দূরত্বে যোগাযোগে, টিভি ব্রডকাস্টিংয়ে, রাডার, বিমান চালনায় এবং নৌযান চালনায়।)
Utra High Frequency (U. H. F)	300 –3000 MHz	1–0.1 meters	Short Distance Communication, TV Broadcast, Radar and Microwave Relay System. (স্বল্প দূরত্বে, টিভি ব্রডকাস্টিংয়ে, রাডার এবং মাইক্রোওয়েভ রিলে সিস্টেমে।)
Super High Frequency (S. H.F)	3–30 GHz	10–1 cms	Radar, Microwave Relay and Navigation System. (রাডার, মাইক্রোওয়েভ রিলে সিস্টেম ও নৌচালনায়।)
Extremely High Frequency(E.H. F)	30–300 GHz	1–0.1 cm	Radar, Microwave, Relay and Navigation. (রাডার, মাইক্রোওয়েভ রিলে এবং নৌচালনায়।)

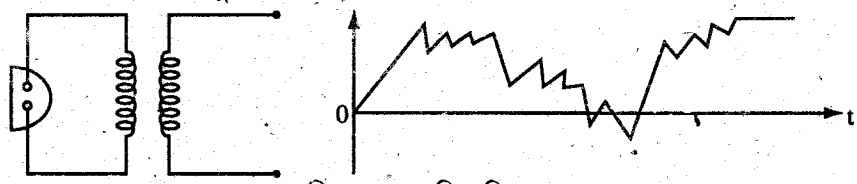
Table : Allocation of Frequency Bands

কমিউনিকেশন সিস্টেমের বিভিন্ন প্রকার ফ্রিকোয়েন্সি ব্যান্ড

(Different Frequency Band in Communication System)

বিভিন্ন প্রকার সিগন্যালের বৈশিষ্ট্য ও ফ্রিকোয়েন্সি রেঞ্জ

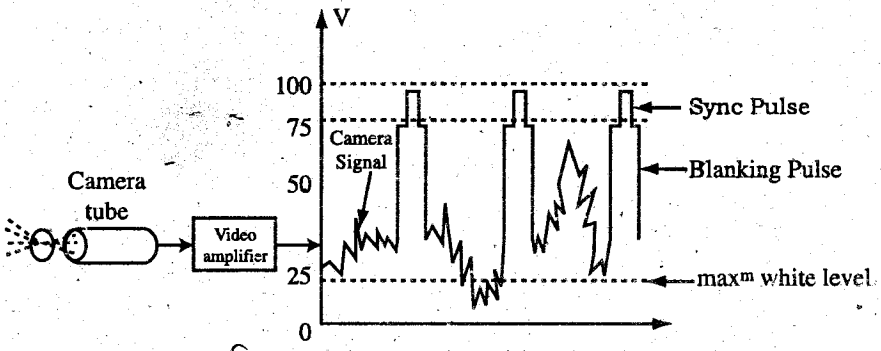
(১) **অডিও সিগনাল (Audio Signal)** : যে সিগনাল শ্রবণযোগ্য শব্দে পরিবর্তন করা যায় তাকে অডিও সিগনাল বলে। এর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 20 Hz — 20000 Hz. মানুষের কণ্ঠস্বর হতে নির্গত শব্দ অথবা অন্য কোনো উৎস হতে উৎপন্ন শব্দকে সিগনালে রূপান্তর করলে তাকে অডিও সিগনাল বলে।



চিত্র-১.৬ : অডিও সিগনাল

(Frequency Range 20Hz — 20 KHz)

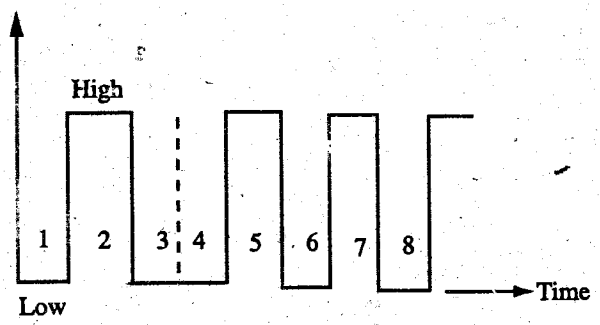
(২) **ভিডিও সিগনাল (Video Signal)** : কোনো দৃশ্যকে তার অনুরূপ ইলেকট্রিক্যাল সিগনালে রূপান্তর করলে যে সিগনাল উৎপন্ন হয় তাকে ভিডিও সিগনাল বলে। ভিডিও ক্যামেরার সাহায্যে ভিডিও সিগনাল উৎপন্ন করা হয়। ভিডিও সিগনালের ওয়েভ শেপ সাইন ওয়েভ নয়। ভিডিও সিগনালের ফ্রিকোয়েন্সি 0 থেকে 5.5 MHz পর্যন্ত হয়ে থাকে। ক্যাথোড রে টিউব বা পিকচার টিউবের মাধ্যমে ভিডিও সিগনালকে দৃশ্যে রূপান্তরিত করা হয়। ভিডিও সিগনাল একটি অ্যানালগ সিগনাল। নিচের চিত্রে তা দেখানো হয়েছে :



চিত্র-১.৭ : Composite Video Signal

সাধারণত উজ্জ্বল বিন্দুর জন্য ভিডিও সিগনালের অ্যামপ্লিচুড বেশি হয় ও অন্ধকার বা কম উজ্জ্বল আলোক বিন্দু হতে উৎপন্ন ভিডিও সিগনালের অ্যামপ্লিচুড কম হয়ে থাকে।

(৩) **ডিজিটাল ডাটা সিগনাল (Digital Data Signal) :** Pulse-এ রূপান্তরকৃত Analog Data Signal কে Digital Data Signal নির্দিষ্ট Analog Data Signal কে Pulse-এ রূপান্তর করে। নিচের চিত্রে ডাটা সিগনালের তরঙ্গাকৃতি দেখানো হলো :



চিত্র-১.৮ : Digital Data Signal

উপসংহার : উপরোক্ত আলোচনা থেকে আমরা বিভিন্ন প্রকার Communication Signal ও ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের স্পেকট্রাম ও বিভিন্ন প্রকার ফ্রিকোয়েন্সি ব্যান্ড সম্পর্কে জানলাম।

জব নং- ২

পরীক্ষার নাম : ক্যারিয়ার সিগনাল ও মডুলেটিং সিগনাল এর বিভিন্ন প্রকার সহযোগে AM Wave Forms-এর Modulation Index নির্ণয় করণ

Experiment Name : Measure the Modulation Index for AM wave Forms with Different Combination of Modulating and Carrier Signal

উদ্দেশ্য (Objectives) :

(১) AM Wave Form-এর বিভিন্ন প্রকার ক্যারিয়ার সিগনাল ও মডুলেটি সিগনাল সম্পর্কে জানা।

(২) AM Wave Form-এর মডুলেশন ইনডেক্স সম্পর্কে জানা।

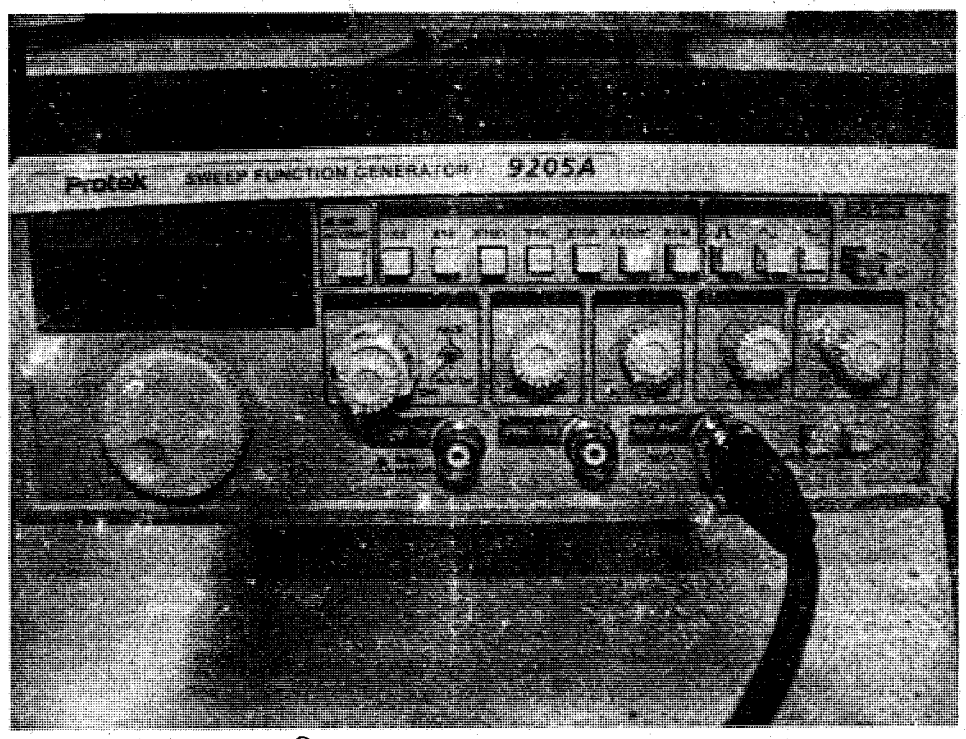
যন্ত্রপাতি ও কাঁচামাল (Equipment & Materials)

(১) বেড বোর্ড ১ টি (৪) ফাংশন জেনারেটর

(২) পাওয়ার সাপ্লাই

(৩) অসিলোস্কোপ ১ টি।

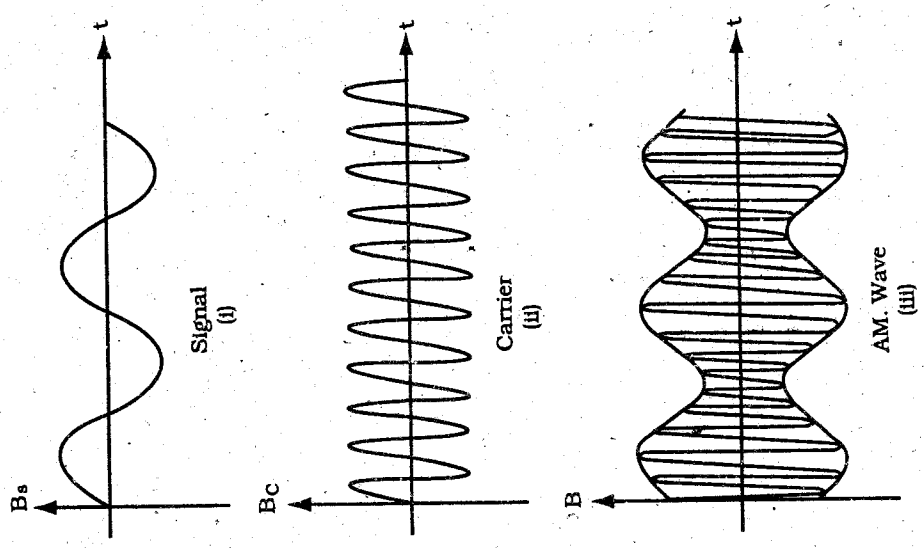
ফাংশন জেনারেটর (Function Generator)



চিত্র-২.১ : (Function Generator)

তত্ত্ব (Theory) :

লো ফ্রিকোয়েন্সির মূল সিগনালের সাথে হাই ফ্রিকোয়েন্সির ক্যারিয়ার সিগনালকে মিশ্রিত করে মূল সিগনাল অনুসারে ক্যারিয়ার সিগনালের অ্যামপ্লিচিউড পরিবর্তন করে মডুলেটেড সিগনাল উৎপন্ন করার পদ্ধতিকে অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন বলে।



চিত্র-২.২ : অ্যামপ্লিচুড মডুলেশনের বিভিন্ন সিগনাল

মডুলেটেড সিগনালে দেখা যাচ্ছে যে, ক্যারিয়ার সিগনালের নেগেটিভ ও পজেটিভ উভয় হাফ সাইকেলই মডুলেটিং সিগনাল অনুযায়ী পরিবর্তিত হচ্ছে। অর্থাৎ যখন মডুলেটিং সিগনাল পাজিটিভ দিকে বৃদ্ধি পায়, ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচুডও পজিটিভ দিকে বৃদ্ধি পায়। অপর দিকে নেগেটিভ হাফ সাইকেলের সময় ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচুড কমে।

মডুলেশন ইনডেক্স : অ্যামপ্লিচুড মডুলেশনের একটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয় হলো মডুলেশনের মাত্রা (Depth of Modulathon) যা দ্বারা বুঝা যায় যে, মডুলেটিং সিগনাল দ্বারা ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউডের কতটুকু পরিবর্তন হয়েছে। বিষয়টিকে যা দ্বারা প্রকাশ করা হয়, তাকেই মডুলেশন ইনডেক্স (Modulation Index)। অন্যভাবে বলা যায়, ক্যারিয়ার ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউডের পরিবর্তনের সাথে নরমাল ওয়েভের অ্যামপ্লিচিউডের অনুপাতকে মডুলেশন ইনডেক্স (Modulation Index) বলে।

$$\text{Modulation Index} = \frac{\text{Amplitude Change of Carrier Wave}}{\text{Normal Carrier Wave (Unmodulated)}}$$

$$m_a = \frac{K_a E_m}{E_c}$$

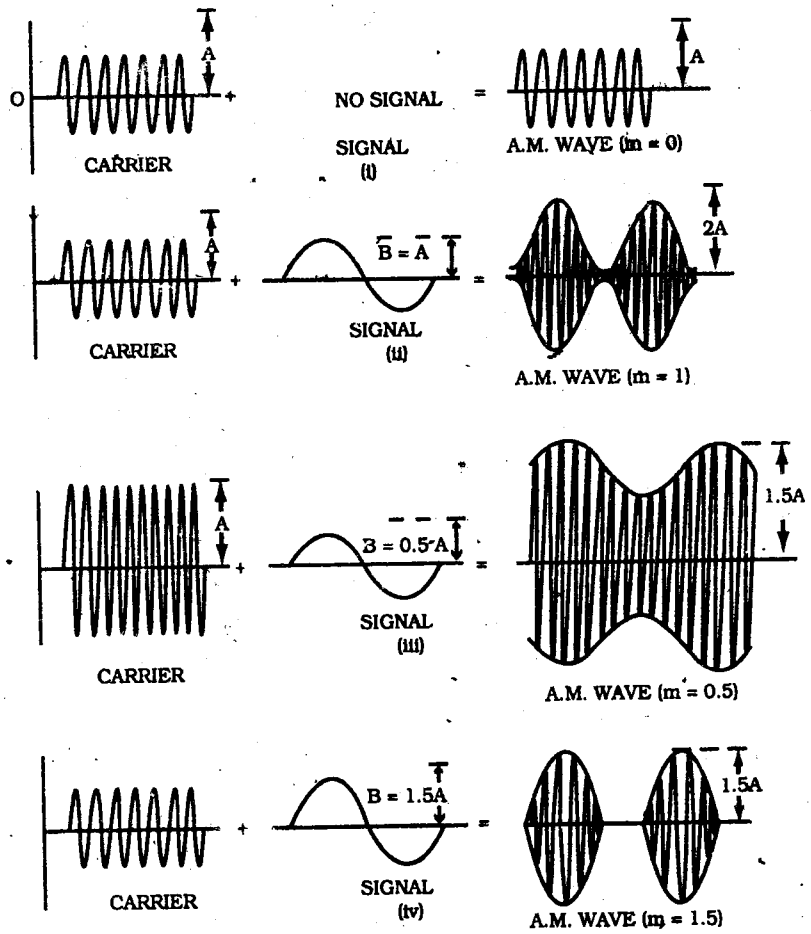
এখানে, m_a = মডুলেশন ইনডেক্স

K_a = Proportionality Factor, যা দ্বারা নির্ধারিত হয় যে মডুলেটিং সিগনালের সর্বোচ্চ কী পরিমাণ পরিবর্তন হবে।

E_m = মডুলেটিং সিগনালের ভোল্টেজের মান।

E_c = ক্যারিয়ার ভোল্টেজের মান।

বিভিন্ন প্রকার Signal এর চিত্র :



চিত্র-২.৩ : বিভিন্ন প্রকার Signal

কাজের ধারা (Working Procedure) :

(১) প্রথমে Signal বা Function Generator দিয়ে AM Wave এর জন্য বিভিন্ন প্রকার Carrier Signal তৈরি করি।

(২) এখন ঐ Carrier এর সাথে অন্য একটি Signal কে Modulating কারী Signal-এর সাথে Modulation করায় এবং উপরোক্ত সূত্রের সাহায্যে Modulation Index নির্ণয় করি।

উপসংহার : এ ব্যবহারিক থেকে আমরা বিভিন্ন প্রকার Signal, Carrier Signal ও Modulation Index সম্পর্কে জানলাম।

জব নং- ৩

পরীক্ষার নাম : Carrier Suppression DSB মডুলেটর-এর কার্য পর্যবেক্ষণ
Experiment Name : Study the Working of a DSB Modulator With and Without Carrier Suppression.

উদ্দেশ্য (Objectives) :

(১) DSB মডুলেটর সম্পর্কে জানা

(২) Carrier Suppression সম্পর্কে জানা

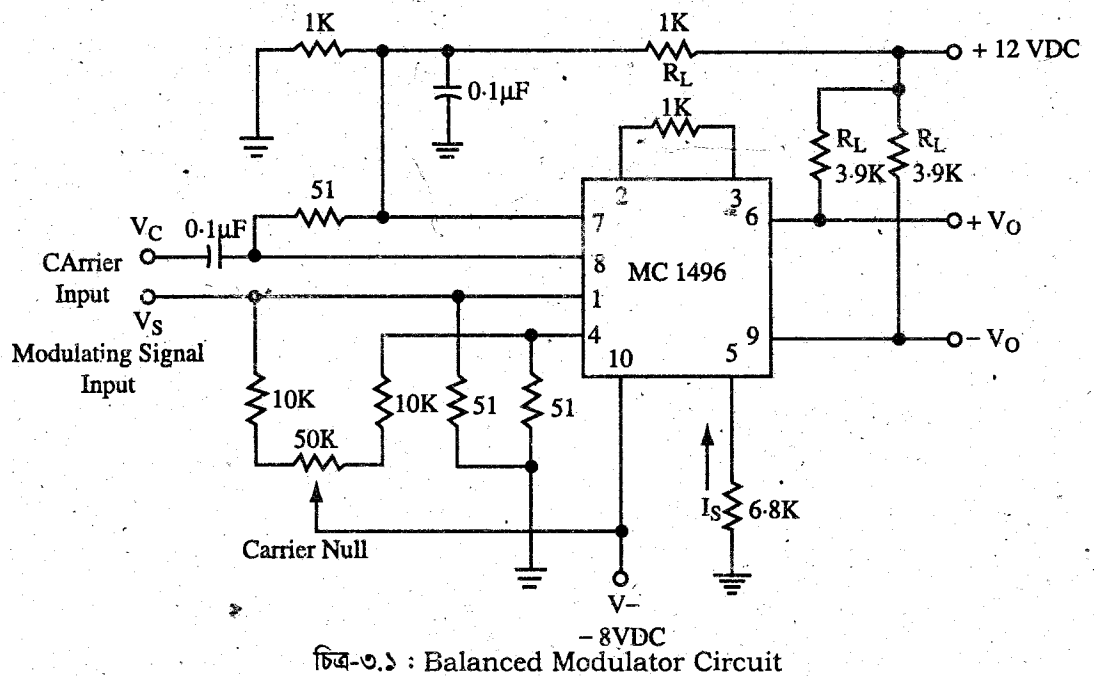
যন্ত্রপাতি ও কাঁচামাল (Equipment & Materials)

(১) পাওয়ার সোর্স (৪) ট্রানজিস্টর

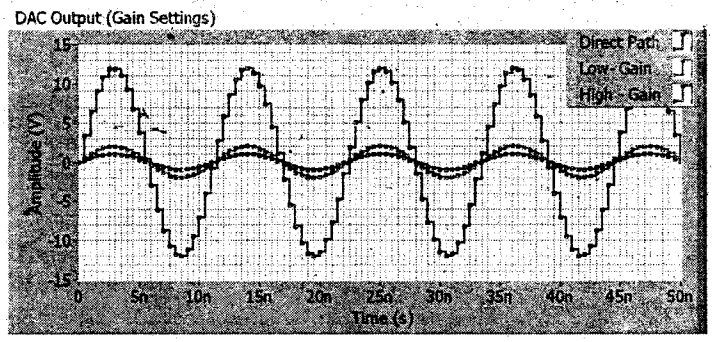
(২) অসিলোস্কোপ (৫) ক্যাপাসিটর

(৩) ইলেকট্রনিক্স ট্রেইনার বোর্ড (৬) রেজিস্টর

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit Diagram) :



চিত্র-৩.১ : Balanced Modulator Circuit



চিত্র-৩.২ : মডুলেটর সার্কিট আউটপুট

তত্ত্ব (Theory) :

DSB-SC : অ্যামপ্লিচুড মডুলেশনের ক্ষেত্রে ক্যারিয়ার বাদ দিয়ে শুধু দুটি সাইড ব্যান্ড ট্রান্সমিট করার জন্য যে মডুলেশন করা হয়, তাকে DSB-SC বলা হয়। DSB-SC মডুলেশনে বিশেষ পদ্ধতিতে ক্যারিয়ার সিগনালকে সাপ্রেস করা হয়।

অতএব বলা যায়, যে মডুলেশনে শুধুমাত্র দুটি সাইড ব্যান্ডকে ট্রান্সমিট করা হয় ও ক্যারিয়ারকে বাদ দেওয়া হয় তাকে DSB-SC বা Double Side Band Suppressd Carrier মডুলেশন বলে।

কাজের ধারা (Working Procedure) :

(১) প্রথমে ট্রেইনার বোর্ডে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও Equipment দিয়ে সার্কিটটি তৈরি করি।

(২) সার্কিটের সাথে অসিলোস্কোপ সংযোগ দিয়া Power Supply দিই এবং Output পর্যবেক্ষণ করি।

উপসংহার : এখানে DSB Modulator হিসেবে Balanced Modulator-এর সার্কিট চিত্র ও এর কার্যাবলি সম্পর্কে জানলাম।

অনুশীলন : ৪

পরীক্ষার নাম : ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন কার্যের পর্যবেক্ষণ
Experiment Name : (Study the Working of Frequency Modulation)

উদ্দেশ্য (Objectives) :

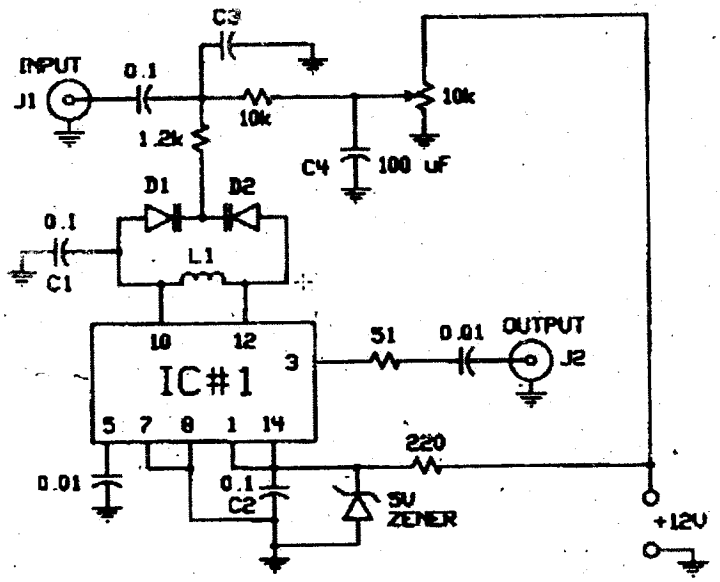
(১) ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন সম্পর্কে জ্ঞান লাভ

(২) ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের প্রক্রিয়া সম্পর্কে ধারণা লাভ।

মালামাল ও যন্ত্রপাতি (Equipment & Meterials) :

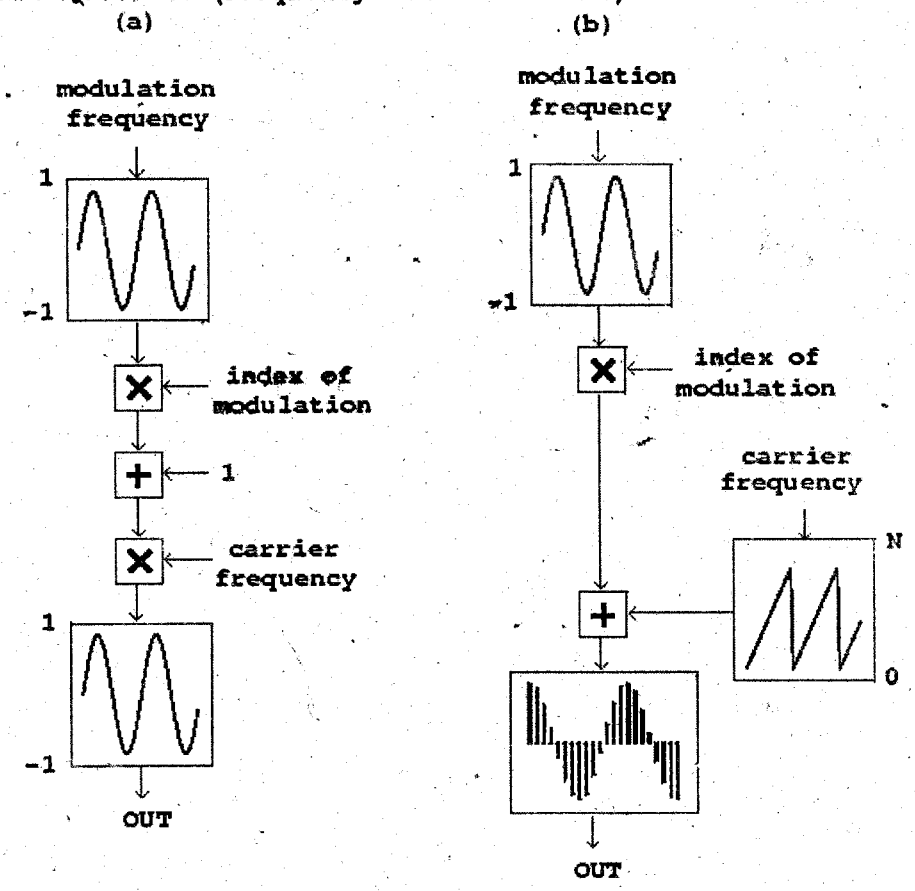
(১) রেজিস্টর
(২) ক্যাপাসিটর
(৩) জেনার ডায়োড
(৪) অসিলোস্কোপ
(৫) বিভিন্ন প্রকার আইসি
(৬) ট্রান্সজিস্টর
(৭) Power Source
(৮) Trainer Board

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit Diagram) :



চিত্র-৪.১ : ফিকুয়েন্সি মডুলেটর সার্কিট ডায়াগ্রাম

ফিকুয়েন্সি মডুলেশন ওয়েভ (Frequency Modulation Wave)



চিত্র-৪.২ : ফিকুয়েন্সি মডুলেশন ওয়েভ

তত্ত্ব (Theory) :

যে প্রকার মডুলেশনে মডুলেটিং সিগনালের Intensity বা তীব্রতা অনুযায়ী ক্যারিয়ার সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তন হয়, তাকে ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন বলে। অর্থাৎ লো ফ্রিকুয়েন্সির মূল (মডুলেটিং) সিগনালের সাথে হাই ফ্রিকুয়েন্সির ক্যারিয়ার সিগনাল মিশ্রিত করলে মূল সিগনালের অ্যামপ্লিচিউডের তাৎক্ষণিক মানের সমানুপাতে ক্যারিয়ার সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তন হয় কিন্তু এর অ্যামপ্লিচিউড বা ফেজের কোনো পরিবর্তন হয় না এ এ পদ্ধতিকে ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন বলা হয়। ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের সময় অ্যামপ্লিচুড ও ফেজ অ্যাঙ্গেল স্থির থাকে।

কাজের ধারা (Working Procedure) :

(১) প্রথমে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল দিয়ে সার্কিট তৈরি করি।

(২) এখন Signal Generator দিয়ে Signal তৈরি করে এর ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন করে এর Output পর্যবেক্ষণ করি।

উপসংহার : এ ব্যবহারিক থেকে আমরা ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন সম্পর্কে জানলাম।

জব নং–০৫

পরীক্ষার নাম : জনপ্রিয় রেডিও রিসিভার বিভিন্ন কম্পোনেন্ট এর লে–আউট ও নিয়ন্ত্রণ সম্পর্কে জানা

Experiment Name : Amiliarize with the Component Layout and Controls of Popular Radio Receiver.

উদ্দেশ্য (Objectives) :

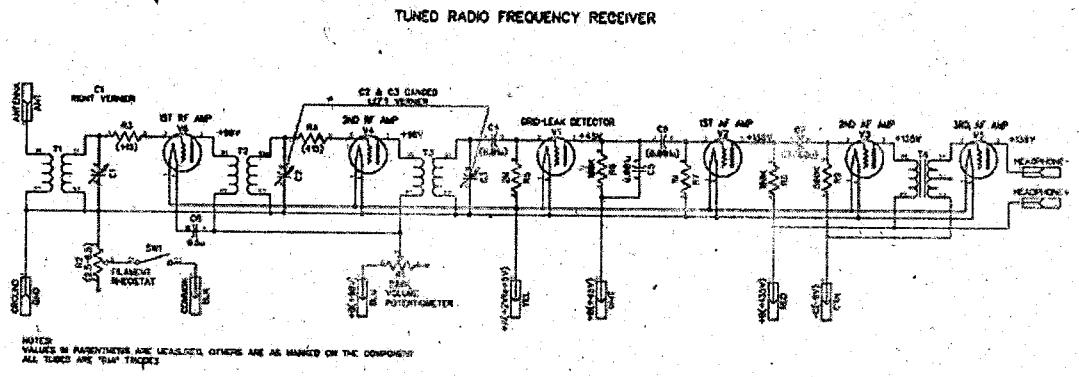
(১) রেডিও রিসিভারের বিভিন্ন কম্পোনেন্ট সম্পর্কে ধারণা লাভ

(২) রেডিও রিসিভারের বিভিন্ন কন্ট্রোলিং সম্পর্কে জ্ঞান লাভ।

যন্ত্রপাতি ও মালামাল (Equipment & Materials)

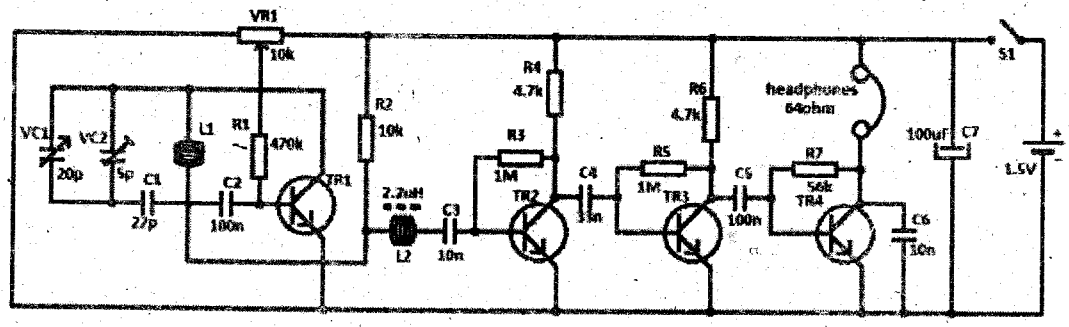
(১) রেডিও রিসিভার
(২) ব্যাটারী
(৩) ইন্ডাক্টর
(৪) রেজিস্টর
(৫) বিভিন্ন প্রকার হ্যান্ড টুলস
(৬) আইসি TDA 7021T
(৭) ক্যাপাসিটর
(৮) ভেরিয়েবল ক্যাপাসিটর
(৯) পাওয়ার সোর্স

TRF রেডিও রিসিভারের সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit Diagram of TRF Radio Receiver)



চিত্র-৫.১ : TRF রেডিও রিসিভারের সার্কিট ডায়াগ্রাম

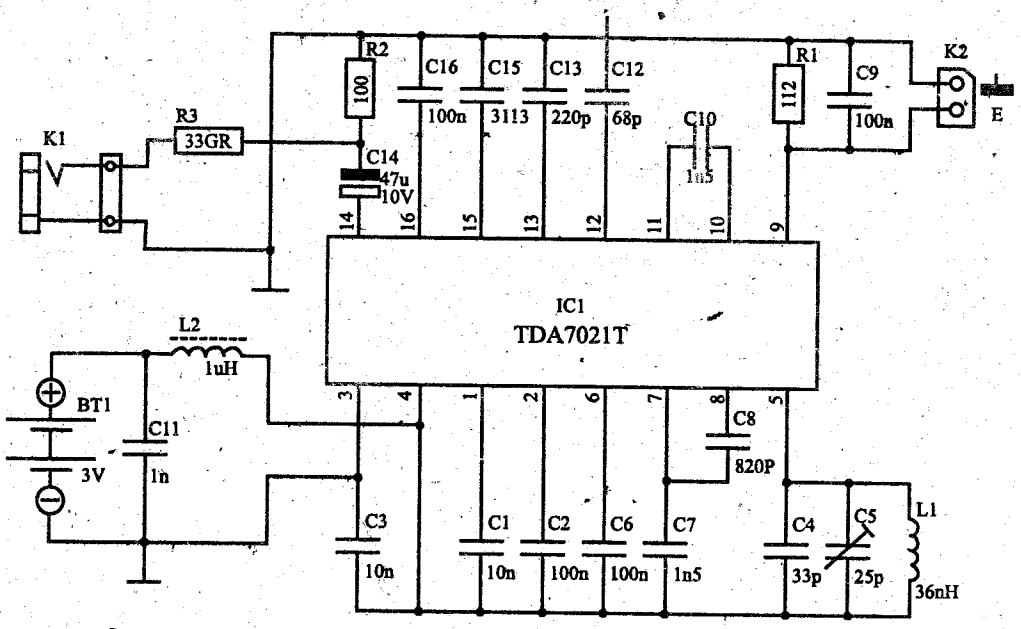
FM রেডিও রিসিভারের সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit Diagram of FM Radio Receiver)



চিত্র-৫.২ : FM রেডিও রিসিভারের সার্কিট ডায়াগ্রাম

FM রেডিও রিসিভার-এর ব্লক ডায়াগ্রাম (Block Diagram of FM Radio Receiver)

FM রিসিভার IC (TDA 7021T) এর ডায়াগ্রাম নিম্নের চিত্রে দেখানো হলো এবং এর কম্পোনেন্ট তালিকা টেবিলে দেখানো হলো–

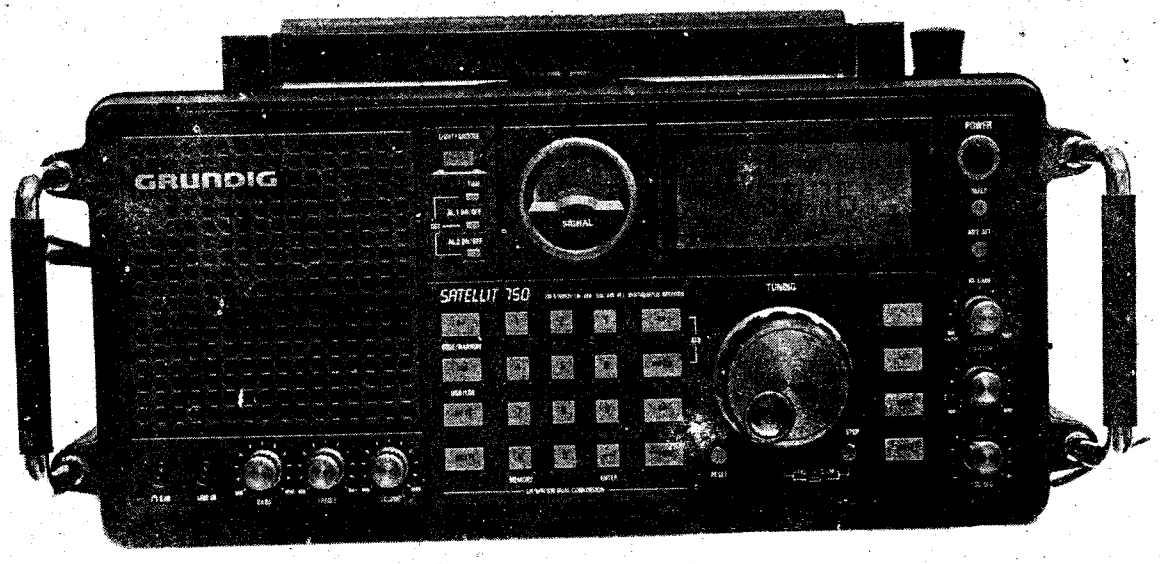


চিত্র-৫.৩ : Block & Pin Diagram of FM Receiver with TDA 7021T

Component Parts List :

R1 = 8K Ω2
R2 = 10K Ω
R3 = 390 Ω
C1, C3 = 10nF
C2, C6, C9, C16 = 100 nF
C4 = 33 pF
C5 = 24 pF trimmer (Murata type TZB4Z250AB10R00)
C7, C10 = 1nF5
C8 = 820 pF
C11 = 1nF
C12 = 68 pF
C13 = 220 pF
C14 = 47 μF, 10V
C15 = 3 nF3
L1 = 36 nH (4turns 0.5 mm silver – plated wire, inside dia 4mm, Length 7mm)
L2 = 1μH
IC1 = TDA7021T (SMD in SO 16 case)
Supply voltage (Pin4) = V_p = 3V
AF output voltage, V_o = 90 mV
MTS (Micro Tunig System)

জনপ্রিয় রেডিও রিসিভার এর চিত্র (Picture of Popular Radio Receiver)



চিত্র-৫.৪ : Radio Receiver

কাজের ধারা (Working Procedure)

(১) প্রথমে রেডিও রিসিভারটি নিয়ে Power On করতে হবে।

(২) এখন এর বিভিন্ন Knob adjust করে দেখতে হবে কোন Knob-এ কী কাজ করে তা লিপিবদ্ধ করতে হবে।

উপসংহার : এ ব্যবহারিক-এর মাধ্যমে রেডিও রিসিভারের বিভিন্ন কম্পোনেন্ট ও কন্ট্রোল এর সম্পর্কে জানলাম।

জব নং- ০৬

পরীক্ষার নাম : AM রেডিও রিসিভারের RF অ্যাম্পিফায়ার স্টেজ এবং কনভার্টার স্টেজ পর্যবেক্ষণ

Experiment Name : Study the Amplifier and Converter Stage of AM Radio Receiver

উদ্দেশ্য :

(১) AM রেডিও রিসিভারের RF অ্যামপ্লিফায়ার স্টেজ-এর কার্যাবলি সম্পর্কে জানা।

(২) AM রেডিও রিসিভারের Converter Stage-এর কার্যাবলি পর্যবেক্ষণ

যন্ত্রপাতি ও মালামাল (Equipment & Materials)

(১) Variable Capacitor

(২) Inductor

(৩) Resistor

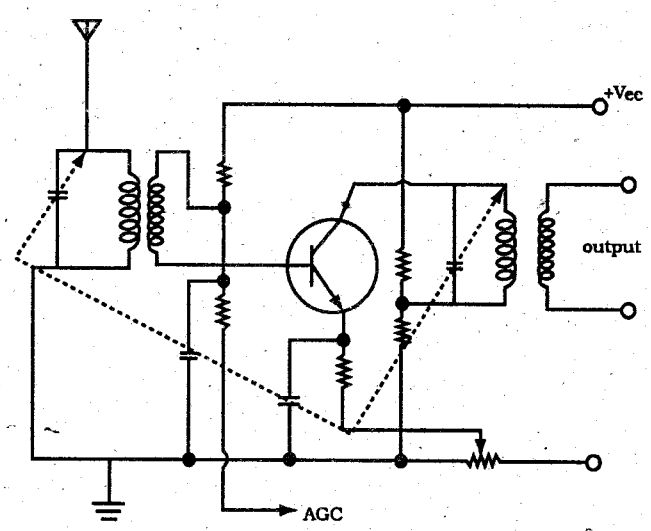
(৪) Capacitor

(৫) Transistor

(৬) Oscilloscope

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit Diagram)

নিম্নে RF অ্যামপ্লিফায়ার-এর সার্কিট চিত্র দেওয়া হলো



চিত্র-৬.১ : RF অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট

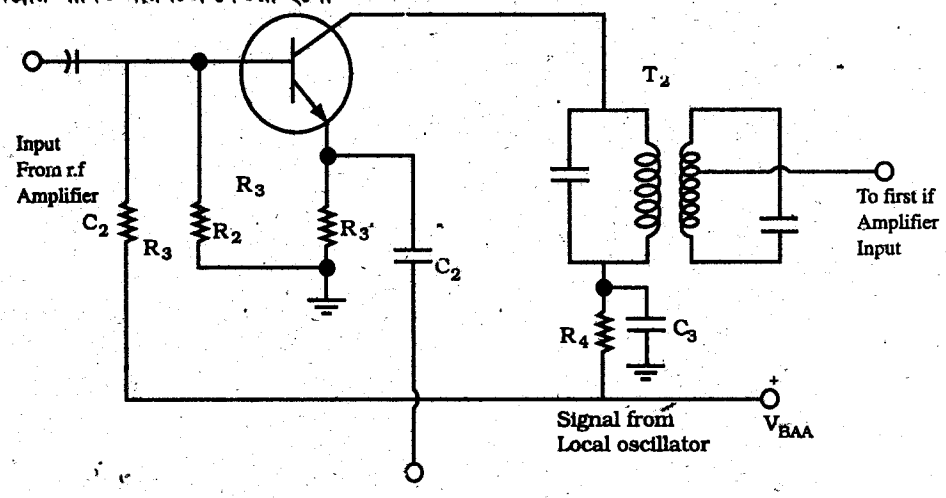
কাজের ধারা (Working Procedure) :

(১) প্রয়োজনীয় মালামাল নিয়ে উপরোক্ত RF Amplifier Circuit টি তৈরি করি।

(২) এখন সার্কিটে Power Supply প্রদান করে এর Input ও Output পর্যবেক্ষণ করি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit Diagram) :

নিম্নে মিক্সার সার্কিট-এর চিত্র দেওয়া হলো :



চিত্র-৬.২ : মিক্সার সার্কিট

কাজের ধারা (Working Procedure)

(১) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল নিয়ে উপরোক্ত সার্কিটটি তৈরি করি।

(২) এখন RF অ্যাম্প্লিফায়ার আউটপুট এ মিক্সার সার্কিটে Input-এ প্রদান করি এবং এর আউটপুট পর্যবেক্ষণ করি।

উপসংহার : এ ব্যবহারিকের মাধ্যমে আমরা AM Radio Receiver-এর RF Amplifier ও কনভার্টার স্টেজ-এর কার্য সম্পর্কে জানলাম।

জব নং- ০৭ পরীক্ষার নাম : AM রেডিও রিসিভারের IF এবং ডিটেক্টর সেকশন-এর কার্যাবলি পর্যবেক্ষণ
Experiment Name : Study the IF and Detector Section of an AM Radio

উদ্দেশ্য (Objectives) :

(১) AM রেডিও রিসিভারের IF সেকশন-এর কার্যাবলি সম্পর্কে জানা।

(২) AM রেডিও রিসিভারের Detector সেকশন-এর কার্যাবলি সম্পর্কে জানা।

যন্ত্রপাতি মালামাল (Equipment & Materials)

(১) ক্যাপাসিটর

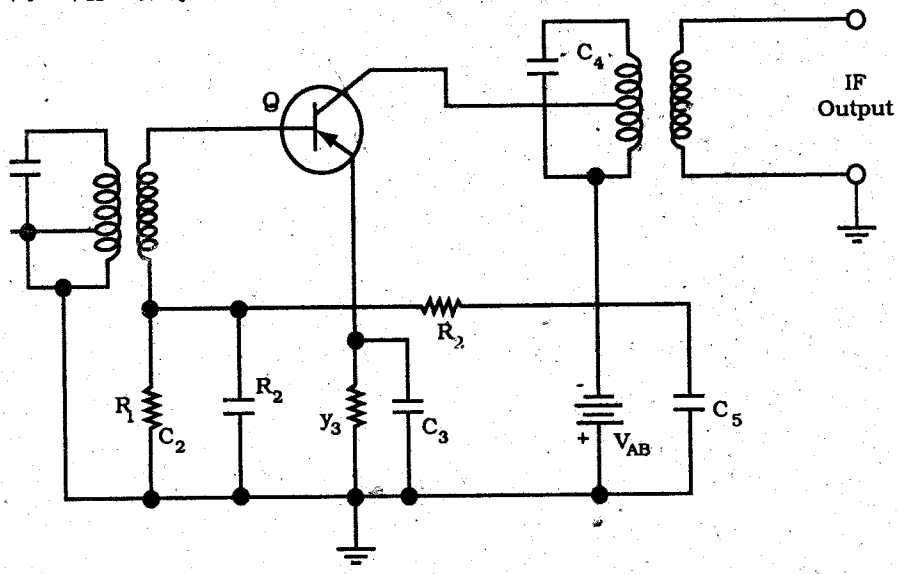
(২) ট্রানজিস্টর

(৩) রেজিস্টর

(৪) ইন্ডাক্টর কয়েল

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit Diagram) :

নিম্নে সিঙ্গেল স্টেজ IF অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিটের চিত্র দেওয়া হলো



চিত্র-৭.১ : সিঙ্গেল স্টেজ IF অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট

IF অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট :

চিত্রে একটি সিঙ্গেল স্টেজ IF অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট দেখানো হয়েছে। এটি স্থির মানের (455 KHz) IF সিগনাল ছাড়া অন্যান্য সকল ফ্রিকুয়েন্সিকে প্রবেশ করতে দেয় না। যেহেতু IF অ্যামপ্লিফায়ার স্থির মানের ফ্রিকুয়েন্সিতে অপারেট করে; অতএব সার্কিটটিকে ডাবল টিউন্ড ইন্ডাক্টিভ কাপল করা হয়। ফলে এটি ব্যান্ড পাস প্রক্রিয়া ভালোভাবে সম্পন্ন করতে পারে এবং এতে ব্যান্ড সিলেকশন ভালো হয়। ট্রান্সজিস্টরটি এখানে অ্যামপ্লিফায়ার হিসেবে কাজ করে। সার্কিটটিতে R_1 ও R_2 ভোল্টেজ ডিভাইডার নেটওয়ার্ক দ্বারা ফরওয়ার্ড বায়াস প্রদান করা হয়। C_2 ও C_3 দ্বারা degeneration প্রতিরোধ করা হয়। Selectivity যাতে ভালো হয় সেজন্য IF ট্রান্সফরমারের আউটপুট রেজিস্ট্যান্স 25 kΩ রাখা হয়। কালেক্টরকে IF ট্রান্সফরমারের প্রাইমারির সাথে টেপিং করে যুক্ত করা হয়। টেপিংয়ের অবস্থানের ওপর সঠিক ইম্পিডেন্স ম্যাচিং নির্ভর করে।

কাজের ধারা (Working Procedure) :

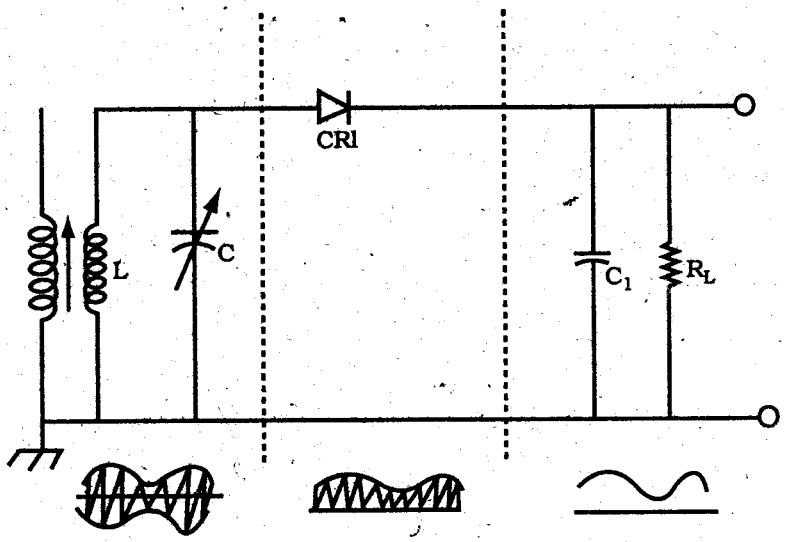
(১) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল দিয়ে উপরোক্ত সার্কিটটি তৈরি করি।

(২) এতে স্থির মানে (455 KHZ) IF Signal Input-এ প্রদান করি।

(৩) এখন ঐ সার্কিটের Output পর্যবেক্ষণ ও করি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit Diagram) :

নিম্নে রেডিও রিসিভারের ডিটেক্টর সার্কিটের চিত্র দেওয়া হলো :



চিত্র-৭.২ : ডিটেক্টর সার্কিট

ডিটেক্টর স্টেজ :

নিম্নের চিত্রে একটি ডিটেক্টর সার্কিট অঙ্কন করা হয়েছে। সর্বশেষ IF অ্যামপ্লিফায়ার হতে ডিটেক্টরে ইনপুট প্রদান করা হয়। ডিটেক্টরের আউটপুট অডিও অ্যামপ্লিফায়ারের বেজ ইমিটার ইনপুটে প্রদান করা হয়। এটি ডায়োড দ্বারা তৈরি একটি হাফ ওয়েভ রেকটিফায়ার। এখানে দুই ধাপে ডিটেকশন হয়ে থাকে। প্রথমে ডায়োডের ইনপুটে রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি সিগনাল আসলে এর আউটপুটে পজিটিভ হাফ সাইকেল পাওয়া যায়। এরপর একটি ফিল্টার নেটওয়ার্ক যুক্ত করা হয়েছে যা RF সিগনালকে বাদ দিয়ে শুধু অডিও ভোল্টেজকেই আউটপুটে প্রদান করে।

RF ওয়েভের প্রতিটি পজিটিভ হাফ সাইকেলের সময় ক্রিস্টাল ডায়োড কন্ডাকশন দেয় এবং রেজাল্ট্যান্ট কারেন্টের জন্য লোড রেজিস্টর R_L-এ ভোল্টেজ ড্রপ হয়। RF সিগনালের অংশ (যা মূলত RF ripple) ফিল্টার ক্যাপাসিটর C_1 দ্বারা বাইপাস হয়। C_1 ও R_L -এর মান এমনভাবে নির্বাচন করা হয় যেন অডিও সিগনালের জন্য প্রয়োজনীয় টাইম কনস্ট্যান্ট বেশি হয়। R_L-A যে ভোল্টেজ ড্রপ হয় তাই অডিও অ্যামপ্লিফায়ারের ইনপুট হিসেবে প্রদান করা হয়।

কাজের ধারা (Working Procedure) :

(১) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল নিয়ে ঐ AM Radio Delector Circuit টি তৈরি করি।

(২) ঐ Detector সার্কিটে IF অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিটের Output Input হিসেবে প্রদান করি।

(৩) এখন ঐ Detector Circuit এর Output পর্যবেক্ষণ করি।

উপসংহার : এ ব্যবহারিক থেকে আমরা AM রেডিও রিসিভারের IF ও Detector সেকশনের কাজ সম্পর্কে ধারণা লাভ করলাম।

ভব নং- ০৮ পরীক্ষার নাম : AM রিসিভারের Audio Stage পর্যবেক্ষণ
Experiment Name : (Study the Audio Stage of an AM Radio Receiver)

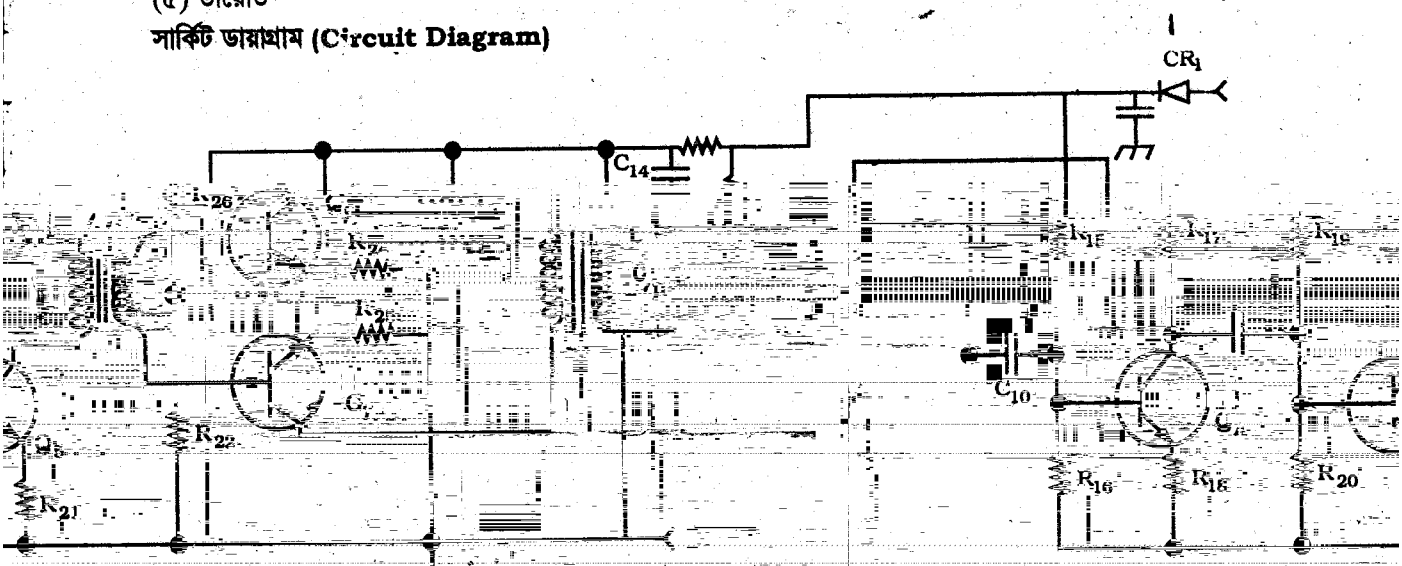
উদ্দেশ্য (Objective) :

(১) AM Radio Receiver-এর Audio Stage-এর কার্যাবলি পর্যবেক্ষণ

যন্ত্রপাতিও কাঁচামাল (Equipment & Material)

(১) ট্রানজিস্টর
(২) রেজিস্টর
(৩) ক্যাপাসিটর
(৪) পাওয়ার ট্রান্সফরমার
(৫) ডায়োড

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit Diagram)



-৮.১ : অডিও অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট চিত্র

: উপরোক্ত সার্কিটটি তৈরি করি।

র এতে Power Supply প্রদান করতে হবে।

t পর্যবেক্ষণ করি।

M Receiver-এর Audio Stage-এর কার্য সম্পর্কে জানলাম।

কার্যপ্রণালি (Working Procedure)

(১) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল নি

(২) সার্কিটের ঠিকমত সংযোগ নিশ্চিত ক

(৩) এখন এ সার্কিটে Input ও Outpu

উপসংহার : ঐ ব্যবহারিক থেকে আমরা

পরীক্ষার নাম : সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের বিভিন্ন পয়েন্টে AC ও DC Voltage পরিমাপ

Experiment Name : Measure the DC and AC Voltages at Different Points of a Super Heterodyne Radio Receiver

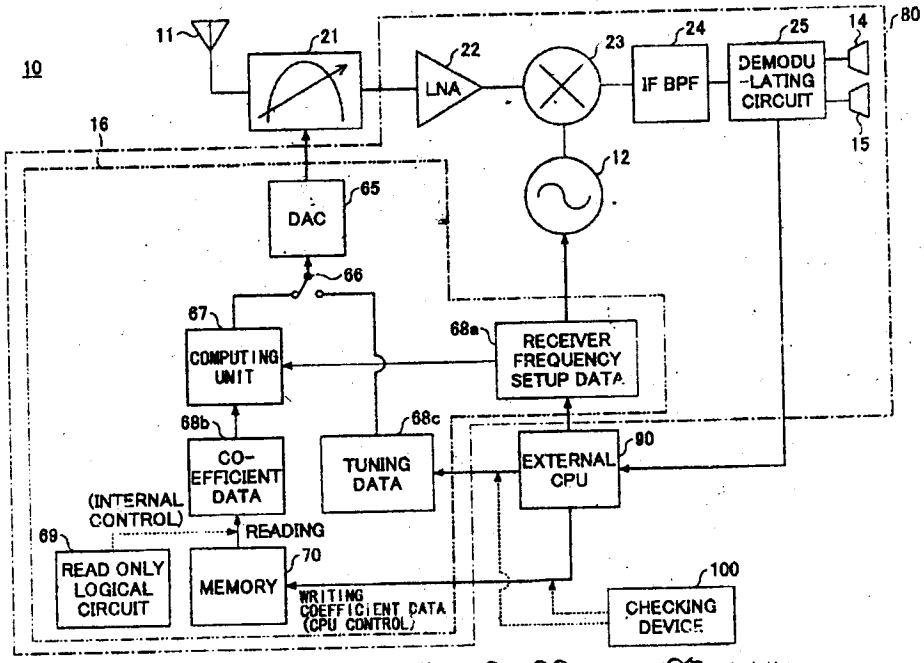
উদ্দেশ্য (Objective) :

(১) সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের বিভিন্ন পয়েন্টে AC Voltage ও DC Voltage পরিমাপ করার জন্য

যন্ত্রপাতি ও মালামাল (Equipment & Materials)

(১) Capacitor
(২) Inductor Coil
(৩) Resistor
(৪) Power Amplifior

ব্লক ডায়াগ্রাম (Block Diagram)



চিত্র-৯.১ : সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের সার্কিট ডায়াগ্রাম

তত্ত্ব (Theory) :

বিভিন্ন সময়ে সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের বিভিন্ন ধরনের সমস্যা দেখা দিতে পারে ঐ কারণে রিসিভারের বিভিন্ন পয়েন্টের AC ও DC-Voltage-এর পরিমাপ জানার প্রয়োজন হয়।

কাজের ধারা (Working Procedure) :

(১) উপরের সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী বিভিন্ন যন্ত্রপাতি দিয়ে সার্কিটটি তৈরি করি।
(২) সার্কিটটির সংযোগ সঠিক হলে এরপর সেখানে Power Supply প্রদান করি।
(৩) এখন সার্কিটের বিভিন্ন চিহ্নিত Point থেকে মাল্টিমিটার এর সাহায্যে AC ও DC ভোল্টেজ পরিমাণ পর্যবেক্ষণ ও লিপিবদ্ধ করি।

উপসংহার : ঐ ব্যবহারিক থেকে আমরা সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের বিভিন্ন পয়েন্টের AC ও DC Voltage নির্ণয় করতে শিখলাম।

ভাব নং-১০

পরীক্ষার নাম : AM রেডিও রিসিভার-এর অ্যালাইনমেন্ট পদ্ধতি উপস্থাপন

Experiment Name : Demonstrate the Process of Alligment of AM Radio Receiver

উদ্দেশ্য (Objective) :

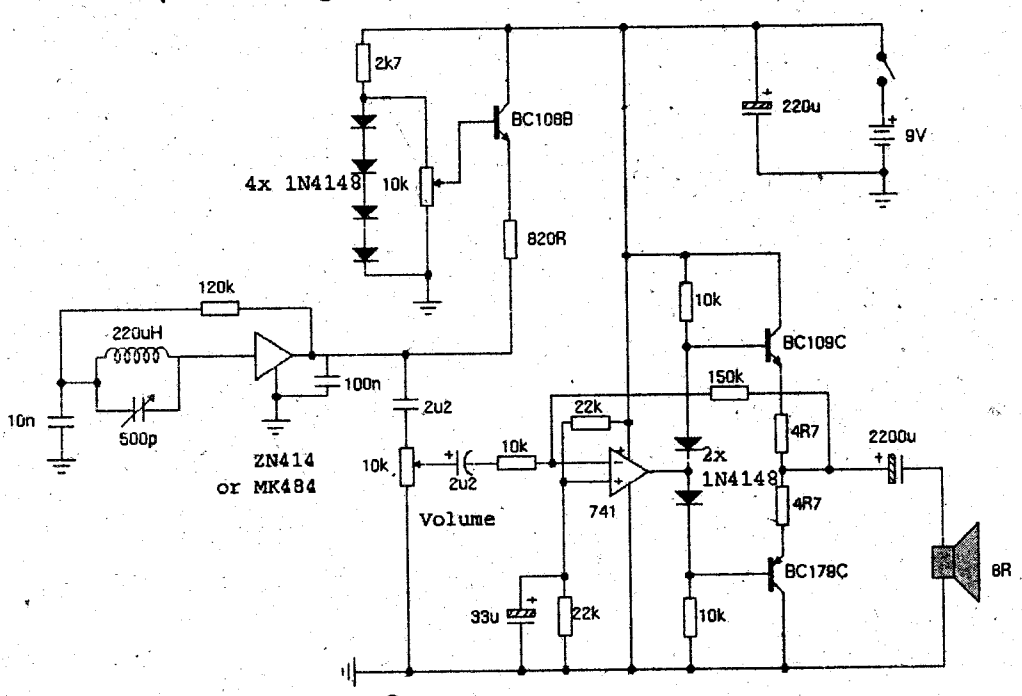
(১) অ্যালাইনমেন্ট সম্পর্কে জানা

(২) AM রেডিও রিসিভারে এ অ্যালাইনমেন্ট পদ্ধতি সম্পর্কে জানা

যন্ত্রপাতি ও কাঁচামাল (Equipment & Materials)

(১) অসিলেটর সার্কিট
(২) ক্যাপাসিটর
(৩) টিউন্ড সার্কিট
(৪) অসিলোস্কোপ
(৫) সিগনাল জেনারেটর
(৬) অপারেশন অ্যাম্প্লিফায়ার
(৭) ট্রেনার বোর্ড
(৮) কয়েল বা ইন্ডাক্টর
(৯) ডায়োড
(১০) পাওয়ার সোস ট্রানজিস্টর

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit Diagram) :



চিত্র-১০.১ : AM Receiver

তত্ত্ব (Theory) : প্রত্যেকটি সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের একটি লোকাল অসিলেটর থাকে, যা অসিলেটর ফ্রিকুয়েন্সি fo (= $f_s + f_i$)-এর সাথে টিউন করা থাকে এবং এক বা একাধিক টিউনড সার্কিট থাকে, যা সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি f_s-এর সাথে টিউন করা থাকে, সকল RF টিউনড সার্কিটগুলো এবং অসিলেটর টিউনড সার্কিটটি অবশ্যই একটি সিঙ্গেল ডায়ালের টিউনিং-এ সকল টিউনিং ক্যাপাসিটরগুলোর রোটরগুলো একই শ্যাফট-এর উপর বসানো হয় অর্থাৎ হয় অর্থাৎ টিউনিং ক্যাপাসিটরগুলো গ্যাংগড অবস্থায় থাকে। ক্যাপাসিট্যান্স টিউনিং ব্যবস্থায় প্রতিটি ক্যাপাসিটরকে স্থির মানের ইন্ডাক্টরের সাথে যুক্ত করা হয়। স্থির মানের বিভিন্ন ইন্ডাক্টরের বিভিন্ন পরিবর্তনশীল ক্যাপাসিট্যান্সসমূহকে একটি শ্যাফট-এর সাথে যুক্ত করতে গিয়ে Residual error হয়। এই error দূর করার জন্য প্রতিটি টিউন্ড সার্কিটের L এবং C-এর মানকে অ্যাডজাস্ট করে সর্বোচ্চ গেইন পাওয়ার পদ্ধতিকে অ্যালাইনমেন্ট বলা হয়।

বর্ণনা (Description) :

নিম্নে Radio রিসিভারের IF Stage-এর Alignment ও RF এবং অসিলেটর টিউন্ড সার্কিটের অ্যালাইনমেন্ট পদ্ধতি আলোচনা করা হলো :

RF অ্যালাইনমেন্টের পদ্ধতি (Procedure for R.F Alignment) :

RF সার্কিটগুলোর অ্যালাইনমেন্ট নিম্নলিখিত ধাপে সম্পন্ন হয় :

(i) টিউনিং ডায়ালের উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি প্রান্তের একটি সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি রিসিভার ইনপুটে প্রয়োগ করে রিসিভারকে এই সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সিতে টিউনিং করে এবং R.F সার্কিটের ট্রিমারগুলোকে অ্যাডজাস্ট করে রিসিভার আউটপুটে সর্বোচ্চ পাওয়ার আনার ব্যবস্থা করা হয়।

(ii) টিউনিং ডায়ালের লো ফ্রিকুয়েন্সি প্রান্তের একটি সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সির জন্য উপরের পদ্ধতিকে পুনরাবৃত্তি করা হয়।

(iii) এই উভয় ফ্রিকুয়েন্সিতে রিসিভার আউটপুটে যুগপৎ সর্বোচ্চ পাওয়ার পেতে উপরের দুই পদ্ধতিকে পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্তি করা হয়।

ধরা যাক, 550 – 1650 Khz প্রসারিত M.W ব্যান্ডের জন্য দুটি সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি হিসেবে (RF CKT. অ্যালাইনমেন্টের জন্য) 600 KHz এবং 1600 KHz নির্বাচন করা যায়।

অসিলেটর টিউনড সার্কিট অ্যালাইনমেন্টের পদ্ধতি (Procedure of Oscillartor Turned Circuit Alignment)

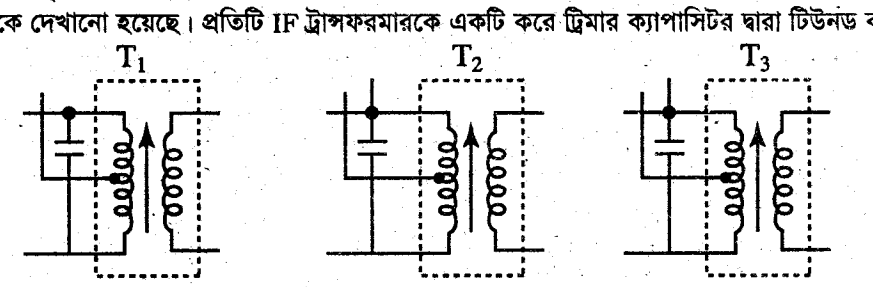
নিম্নলিখিত ধাপে এই সার্কিটের অ্যালাইনমেন্ট করা হয় :

(i) টিউনিং ব্যান্ডের আপার এন্ডের ফ্রিকুয়েন্সিতে সিগন্যাল রিসিভার ইনপুটে প্রয়োগ করতে হবে এবং রিসিভার আউটপুটে সর্বোচ্চ পাওয়ার পাবার জন্য অসিলেটর সার্কিটের ট্রিমারকে অ্যাডজাস্ট করতে হবে।

(ii) টিউনিং ব্যান্ডের লোয়ার এন্ডের ফ্রিকুয়েন্সিতে একটি সিগন্যাল রিসিভার ইনপুটে প্রয়োগ করতে হবে এবং রিসিভার আউটপুটে সর্বোচ্চ পাওয়ার পাবার জন্য অসিলেটর সার্কিটের প্যাডারকে অ্যাডজাস্ট করতে হবে।

(iii) এই উভয় ফ্রিকুয়েন্সিতে রিসিভার আউটপুটে যুগপৎ সর্বোচ্চ পাওয়ার পেতে উপরের দুই পদ্ধতিকে পর্যায়ক্রমে পুনরাবৃত্তি করতে হবে।

IF স্টেজের অ্যালাইনমেন্ট (Alignment of IF stage for maximum gain) : অ্যালাইনমেন্টের প্রথমে IF স্টেজসমূহকে অ্যালাইনমেন্ট করা হয়। প্রতিটি IF সেকশনে একটি করে IF ট্রান্সফরমার থাকে। নিম্নের চিত্রে তাদেরকে দেখানো হয়েছে। প্রতিটি IF ট্রান্সফরমারকে একটি করে ট্রিমার ক্যাপাসিটর দ্বারা টিউনড করা হয়।



চিত্র-১০.২ : IF Transformer

অ্যালাইনমেন্ট করার জন্য RF সেকশনকে অ্যান্টেনা হতে বিচ্ছিন্ন করে RF জেনারেটর হতে 455 KHz মডুলেটেড সিগন্যাল উৎপন্ন করে RF অ্যামপ্লিফায়ারের ইনপুটে প্রয়োগ করা হয়। রিসিভারের ভলিউমকে স্বাভাবিক মানে রেখে প্রথমে 3rd IF ট্রান্সফরমারের ভ্যারিয়েবল কোরকে একটি নন-মেটালিক স্ক্রু-ড্রাইভার দিয়ে ঘুরানো হয়। ঘুরানোর সময় লাউড স্পিকারে যখন সর্বোচ্চ শব্দ পাওয়া যাবে, তখন ঘুরানো বন্ধ করতে হবে। ভোল্টমিটার দ্বারা এ সময় RF ইনপুট মাপতে হবে এবং খেয়াল রাখতে হবে যেন RF ইনপুট ভোল্টেজ AVC-এর চেয়ে বেশি না হয়।

উপসংহার : ঐ ব্যবহারিক থেকে আমরা রেডিও রিসিভারের বিভিন্ন অ্যালাইনমেন্ট সম্পর্কে জানলাম।

পরীক্ষার নাম : FM রেডিও রিসিভারের অ্যালাইনমেন্ট প্রসেস উপস্থাপন

Experiment Name : (Demonstrate the Process of Alignment of FM Radio Receiver)

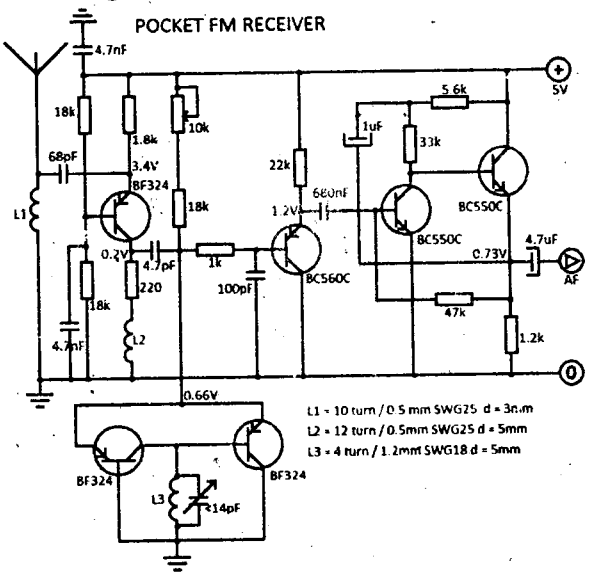
উদ্দেশ্য (Objectives) :

(১) অ্যালাইনমেন্ট সম্পর্কে জানা।
(২) AM রেডিও রিসিভারে এ অ্যালাইনমেন্ট পদ্ধতি সম্পর্কে জানা।

যন্ত্রপাতি ও কাঁচামাল (Equipment & Materials)

(১) অসিলেটর সার্কিট
(২) ক্যাপাসিটর
(৩) টিউন্ড সার্কিট
(৪) অসিলোস্কোপ
(৫) সিগনাল জেনারেটর
(৬) ব্রেড বোর্ড
(৭) ট্রানজিস্টর
(৮) রেজিস্টর
(৯) পাওয়ার সোর্স

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit Diagram) :



চিত্র-১১.১ : FM রেডিও রিসিভার

তত্ত্ব (Theory) : প্রত্যেকটি সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের একটি লোকাল অসিলেটর থাকে, যা অসিলেটর ফ্রিকুয়েন্সি fo (= $f_s + f_i$)-এর সাথে টিউন করা থাকে এবং এক বা একাধিক টিউনড সার্কিট থাকে, যা সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি f_s-এর সাথে টিউন করা থাকে, সকল RF টিউনড সার্কিটগুলো এবং অসিলেটর টিউনড সার্কিটটি অবশ্যই একটি সিঙ্গেল ডায়ালের টিউনিং-এ সকল টিউনিং ক্যাপাসিটরগুলোর রোটরগুলো একই শ্যাফট-এর উপর বসানো হয় অর্থাৎ হয় অর্থাৎ টিউনিং ক্যাপাসিটরগুলো গ্যাংগড অবস্থায় থাকে। ক্যাপাসিট্যান্স টিউনিং ব্যবস্থায় প্রতিটি ক্যাপাসিটরকে স্থির মানের ইন্ডাক্টরের সাথে যুক্ত করা হয়। স্থির মানের বিভিন্ন ইন্ডাক্টরের বিভিন্ন পরিবর্তনশীল ক্যাপাসিট্যান্সসমূহকে একটি শ্যাফট-এর সাথে যুক্ত করতে গিয়ে Residual error হয়। এই error দূর করার জন্য প্রতিটি টিউন্ড সার্কিটের L এবং C-এর মানকে অ্যাডজাস্ট করে সর্বোচ্চ গেইন পাওয়ার পদ্ধতিকে অ্যালাইনমেন্ট বলা হয়।

কাজের ধারা (Woking Procedure)

(১) প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি নিয়ে উপরোক্ত সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুসারে সার্কিটটি তৈরি করি।
(২) এখন সার্কিটের সংযোগগুলো পর্যবেক্ষণ করে এখন এর Input-এ সঠিক হলে সার্কিটে পাওয়ার সাপ্লাই দিই।
(৩) বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সি প্রদান করে এর Output পর্যবেক্ষণ করি।
(৪) এর Output পর্যবেক্ষণ করে বিভিন্ন প্রকার অ্যালাইনমেন্ট নির্ধারণ করি।

উপসংহার : এ ব্যবহারিকের মাধ্যমে আমরা FM Receiver এর বিভিন্ন প্রকার অ্যালাইনমেন্ট সম্পর্কে জানলাম।

জব নং- ১২ পরীক্ষার নাম : পালস কোড মডুলেটরের কার্যাবলি পর্যবেক্ষণ

Experiment Name : (Study the Operation of Ralse Code Modulator)

উদ্দেশ্য (Objectives) :

(১) পালস কোড মডুলেশন সম্পর্কে জানা

(২) পালস কোড মডুলেশনের ইনপুট আউটপুট সম্পর্কে জানা

যন্ত্রপাতি ও মালামাল (Equipment & Materials)

(১) রেজিস্ট্যান্স

(২) অপারেশন অ্যাম্প্লিফায়ার

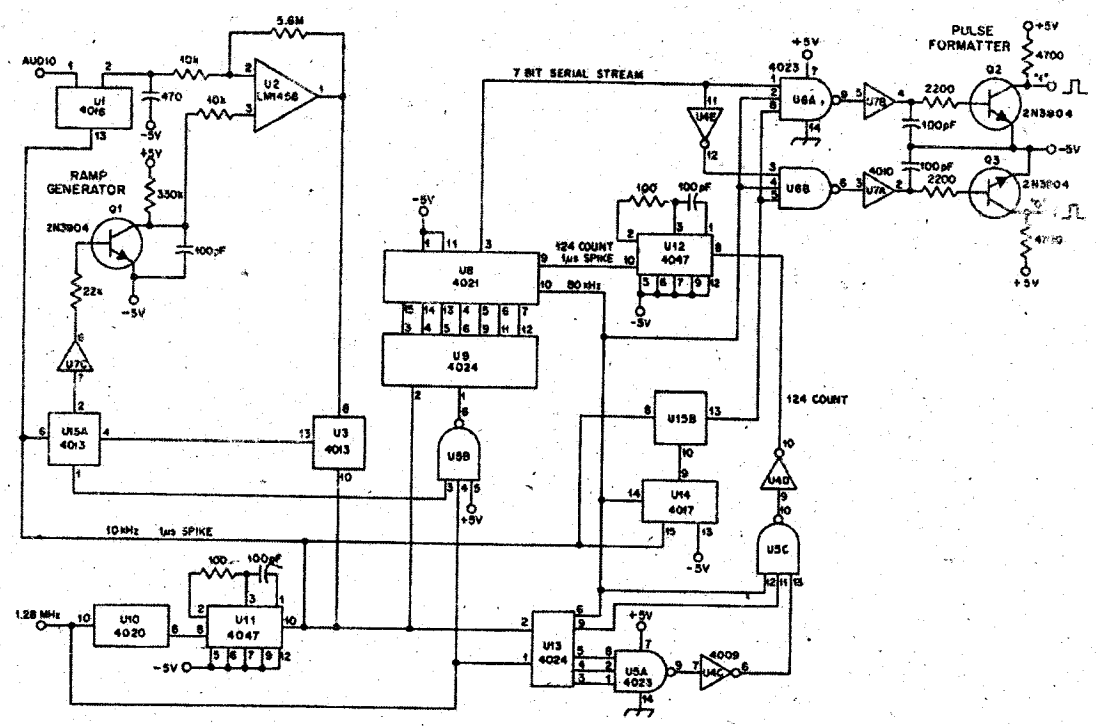
(৩) ট্রান্সজিস্টর

(৪) ক্যাপাসিটর

(৫) অসিলোস্কোপ

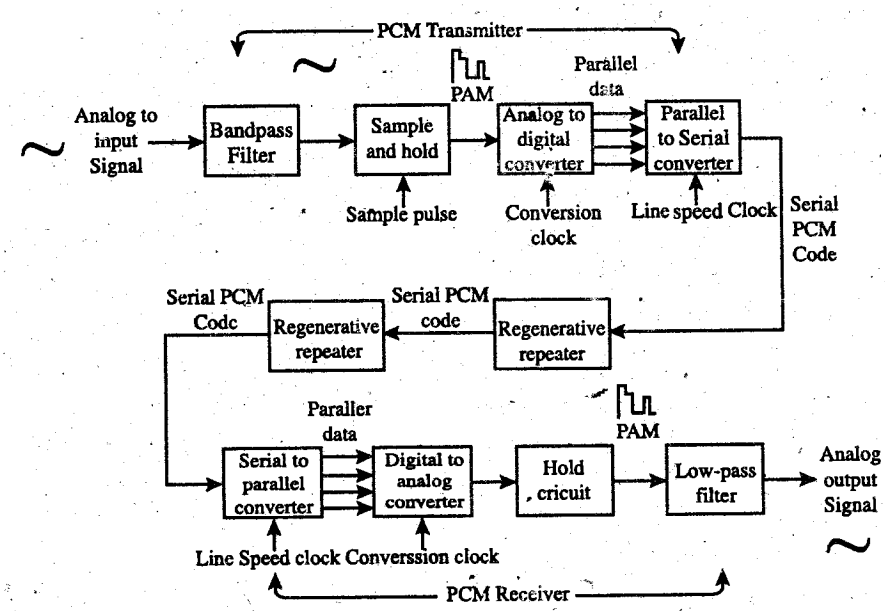
(৬) বিভিন্ন প্রকার IC

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit Diagram) :



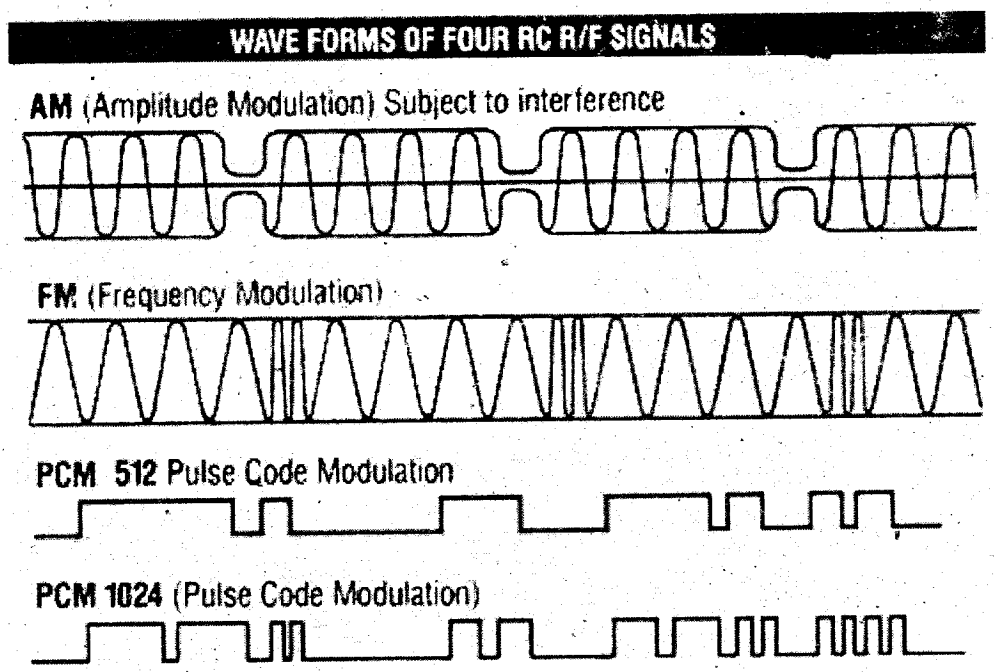
চিত্র-১২.১ : পালস কোড মডুলেটর

ব্লক ডায়াগ্রাম (Block Diagram) :



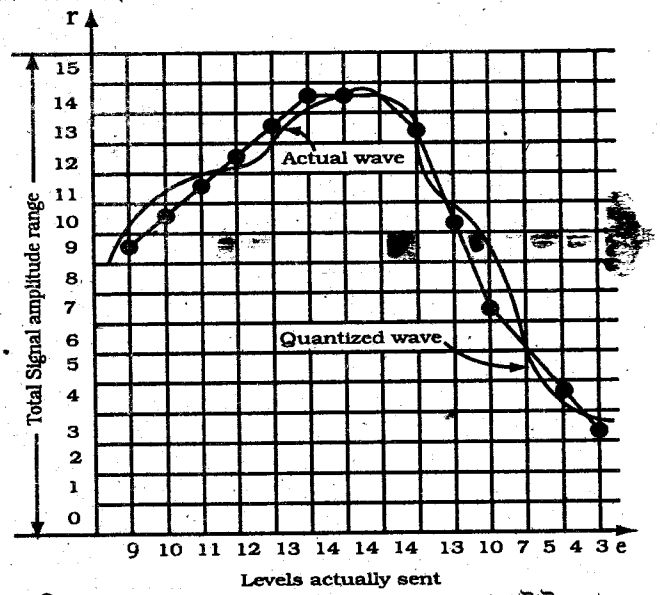
চিত্র-১২.২ : Pulse Code Modulation Transmission System

আউটপুট (Output) :



চিত্র- ১২.৩ : পালস কোড মডুলেশন ওয়েভ

পালস কোড মডুলেশন কোয়ান্টাইজেশনের চিত্র :



চিত্র-১২.৪ : পাল্‌স কোড মডুলেশনের জন্য কোয়ান্টাইজেশন

বর্ণনা (Description) :

Pulse Code Modutation-এ অ্যানালগ সিগনালকে ডিজিটাল সিগনালে রূপান্তর করতে হয়। এজন্য অ্যানালগ সিগনালের সম্পূর্ণ অ্যামপ্লিচুডকে কতকগুলো স্ট্যান্ডার্ড লেভেলে ভাগ করা হয়। যেহেতু এই লেভেলগুলো বাইনারি কোডে পরিবর্তন করা হবে সেহেতু প্রকৃত লেভেলের সংখ্যা দুইয়ের পাওয়ারে হতে হবে। যে পদ্ধতিতে স্যাম্পলিং টাইমে অ্যানালগ সিগনাল অ্যামপ্লিচুডের নিকটবর্তী স্ট্যান্ডার্ড লেভেল বা কোয়ান্টাম লেভেল ট্রান্সমিশনের জন্য নির্ধারণ করা হয় তাকে কোয়ান্টাইজেশন বলে।

একে সহজ করার জন্য অ্যানালগ সিগনালের ১৬টি লেভেল দেখানো হয়েছে। চিত্র হতে বুঝা যায়, কোনো স্যাম্পলে অ্যানালগ সিগনাল অ্যামপ্লিচুড ৬.৫ হলে তার নিকটতম কোয়ান্টাম লেভেল ৭ ভোল্টেজের জন্য এর বাইনারি সংখ্যার মধ্যে '১' এর সংখ্যানুপাত পাল্‌স ট্রেইন গঠন করা হবে। যেহেতু এখানে ১৬টি লেভেল আছে ফলে চারটি বাইনারি পাল্‌সই যথেষ্ট এবং এর জন্য বাইনারি সংখ্যা ০১১১-কে OPPP আকারে প্রেরিত হবে। এখানে P = পাল্‌স এবং O = শূন্য পাল্‌স (No pulse)

চিত্রে দেখানো হয়েছে যে, প্রতিটি স্যাম্পল অ্যামপ্লিচুডক স্যাম্পল, কোয়ান্টাইজ ও কোডিং করা হয়েছে ও তারপর প্রেরণ করা হয়েছে। এভাবে প্রতিটি লেভেলের অ্যামপ্লিচুডকে নিকটকতম স্ট্যান্ডার্ডে অ্যামপ্লিচুড মানে ও তার অনুরূপ বাইনারি মানে রূপান্তর করা হয়।

PCM Encoding-এর মাধ্যমে প্রতিটি স্যাম্পলের কোয়ান্টাইজেশন লেভেলের অনুরূপ বাইনারি কোড উৎপন্ন করা হয়। PCM সিস্টেমের ব্লক ডায়াগ্রাম নিম্নের চিত্রে দেখানো হয়েছে। একটি Volume Compressor Unit-এ মডুলেটিং সিগনাল m(t) প্রয়োগ করা হয়। তারপর একটি স্যাম্পলিং সার্কিট দ্বারা PAM উৎপন্ন করা হয়। এই সিগনালকে অন্য ইনপুট চ্যানেলের সিগনালের সাথে মাল্টিপ্লেক্স করা হয়।

তারপর একটি অ্যানালগ টু ডিজিটাল কনভারটারের মাধ্যমে কোয়ান্টাইজেশন এবং এনকোডিং করা হয়। এভাবে প্রতিটি চ্যানেলের স্যাম্পলিং পিরিয়ডে বাইনারি কোডেড নাম্বার উৎপন্ন করা হয়। তারপর একটি কম্পিউটের সার্কিট দ্বারা কোডেড সিগনালকে সিরিয়াল ডাটা হিসেবে প্রেরণ করা হয়।

উপসংহার : ঐ ব্যবহারিকের মাধ্যমে আমরা Pulse Code Modulation কী ও এর প্রক্রিয়া সম্পর্কে জানলাম।

পরীক্ষার নাম : বিভিন্ন প্রকার গাইডেড কমিউনিকেশন মিডিয়ার গাঠনিক বৈশিষ্ট্য

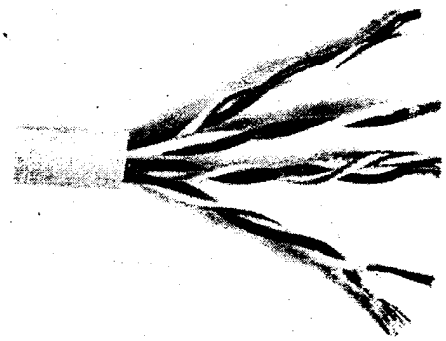
Experiment Name : Identify Different Types of guided Communication Media (UTP, STP, Co-axial, Fiber Optic Cable), Types & Connectors and accerssrries used with them and observe their Constructional Feaatures)

উদ্দেশ্য (Objectives) :

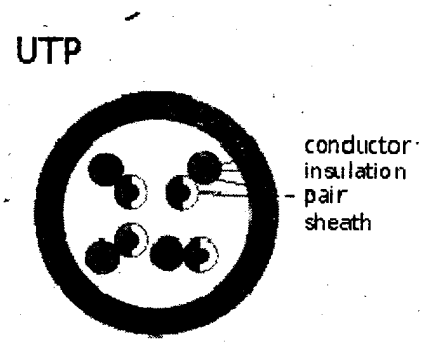
(১) বিভিন্ন প্রকার গাইডেড কমিউনিকেশন মিডিয়ার গাঠনিক বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে জানা

(২) বিভিন্ন প্রকার Connector-এর পরিচিতি লাভ।

UTP (Unshielded Twisted Pair)

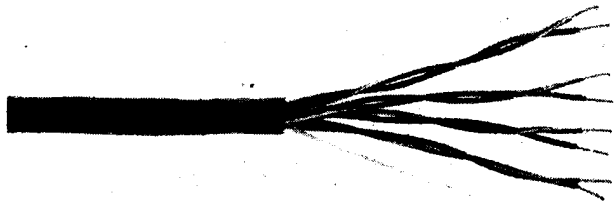


Unshielded Twisted Pair Cable

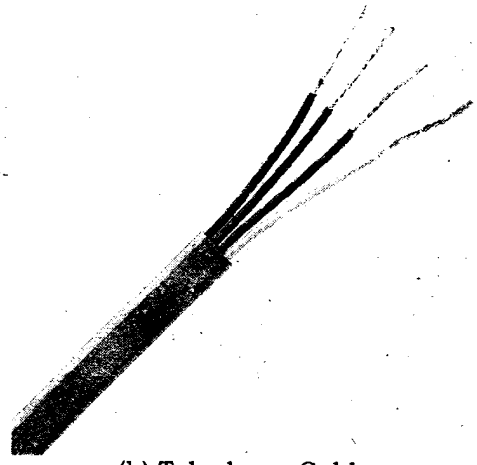


Unshielded Twisted Pair

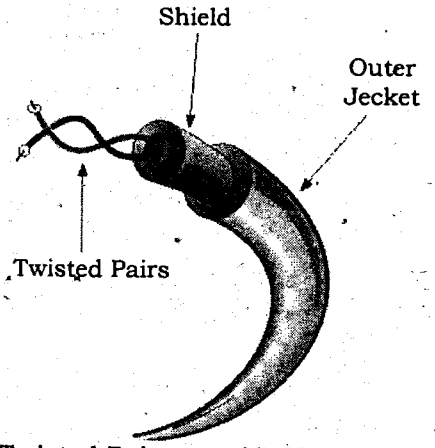
চিত্র-১৩.১ : Unshielded Twisted Paid



(a) Twisted Pair

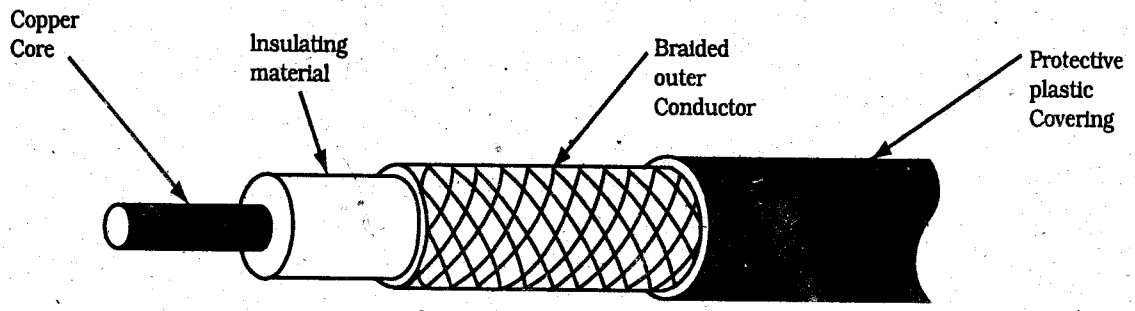


(b) Telephone Cable

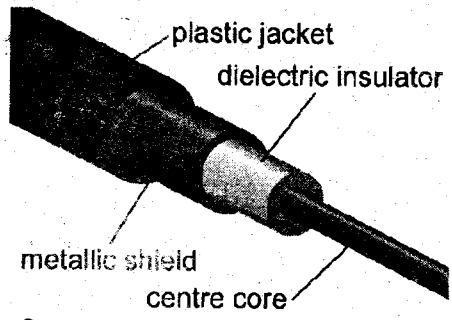


(c) Multiple Shielded Twisted Pairs (d) Shieled Twisted Pair Cable

চিত্র ১৩.২ : Twisted Cable



চিত্র-১৩.৩ : Coaxial Cable



চিত্র-১৩.৪ : Coaxial cable cutaway

ফাইবার অপটিকাল ক্যাবল (Fiber Optic Cable)

চিত্র-১৩.৫ : Opticl Fiber Cable

বর্ণনা (Description) :

টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবলের গঠন : সবচেয়ে কমন ট্রান্সমিশন মিডিয়াম হচ্ছে এই টুইস্টেড পেয়ার। এটি একটি গাইডেড বা মেটালিক ট্রান্সমিশন লাইন। টুইস্টেড পেয়ারের দাম কম হওয়াতে আজকাল এর ব্যবহার বেড়েই চলেছে। ভয়েস কমিউনিকেশনের জন্য এটা যদিও ব্যাপক ব্যবহৃত হয়, তবে এটা ভয়েস ব্যান্ড থেকেও অধিক উচ্চতর ফ্রিকুয়েন্সিসমূহ পরিচালনা করতে পারে। Twisted pair cable দুটি প্যাঁচানো কপার তার দিয়ে তৈরি। প্রতিটি তারে Insulator jacket ও Conductor থাকে।

পাকানোর ফলে ক্রসটক (Crosstalk) এবং ইন্টারফারেন্স সমস্যা হ্রাস পায়। এক পেয়ারের চেয়ে বেশি পেয়ারকে একত্রে আঁটি করে ক্যাবল আকৃতিতে আনা যায়। নয়েজ থেকে রক্ষা করার জন্য একটি টুইস্টেড পেয়ারের শিল্ড হিসেবে ধাতব বিনুনি থাকতে পারে।

Twisted pair cable দু'ধরনের হয়ে থাকে। যথা–

(১) Unshielded Twisted Pair (UTP) Cable।

(২) Shielded Twisted Pair (STP) Cable এবং

(i) Unshielded Twisted Pair (UTP) Cable : UTP বা Unshielded Twisted Pair Cable অনেক ক্ষেত্রে STP-এর মতো হলেও এতে কোনো Shield নেই। এ পদ্ধতিতে একটি সিঙ্গেল ক্যাবলে কতকগুলো টুইস্টেড পেয়ার বান্ডেল করা থাকে এবং এদের পৃথক করার জন্য কালার কোডিং করা থাকে।

(ii) Shielded Twisted Pair (STP) Cable : STP ক্যাবলিং-এর কপার ওয়্যারের প্রত্যেক পৃথক জোড়ার উপর মেটাল শিল্ডিং দেয়া থাকে। এ প্রকারের শিল্ডিং ক্যাবলকে বাহ্যিক EMI (Electromagnetic Interferences) থেকে রক্ষা করে। IBM cabling system কর্তৃক স্পেসিফিকেশনকৃত 150 Ω STP ক্যাবল টোকেন রিং নেটওয়ার্কগুলোতে ব্যবহৃত হয়।

আরো এক প্রকারের Shielded twisted pair আছে। একে বলা হয় Screened Shielded Twisted Pair (S/STP) অথবা Screened Fully Shielded Twisted Pair (S/FTP)। এটিকেও STP ক্যাবলিং-এর মতো শিল্ডিং করা হয়, তবে শিল্ডেড কপার পেয়ারগুলোর সমগ্র গ্রুপকে আবৃত করে একটি আউটার মেটাল শিল্ডিং থাকে। এক্সটারনাল সোর্সের ইন্টারফারেন্স হতে এই জাতীয় ক্যাবল সর্বাপেক্ষা ভালো প্রোটেকশন দিতে পারে এবং ক্রসটক (Crosstalk) দূর করতে পারে।

কো-এক্সিয়াল ক্যাবল :

দুটি সমকেন্দ্রিক কন্ডাক্টর (Concentric conductors) দ্বারা কো-এক্সিয়াল ক্যাবল গঠন করা হয়। Co-axial cable অথবা Coax হচ্ছে এমন একটি ইলেকট্রিক্যাল ক্যাবল, যার মধ্যে রয়েছে একটি অভ্যন্তরীণ বা Inner Conductor। এই Inner conductor-টি সলিড অথবা Stranded ধরনের হতে পারে। উচ্চ হাই ফ্রিকুয়েন্সি পারফরম্যান্স পাওয়ার জন্য এই ইনার কন্ডাক্টরটি Silver plated হতে পারে। কখনো কখনো ইনার কন্ডাক্টর হিসেবে কপার-প্লেটেড আয়রন ওয়্যারও ব্যবহৃত হয়।

A : Outer plastic sheath

B : Copper screen

C : Inner dielectric insulator

D : Copper core

এ ইনার কন্ডাক্টরটির উপর বেষ্টিত থাকে একটি টিউবুলার ইনসুলেটিং লেয়ার। এ লেয়ার সাধারণত একটি উচ্চ ডাই-ইলেকট্রিক কনস্ট্যান্স বিশিষ্ট নমনীয় পদার্থের হয়ে থাকে। বেষ্টনকারী এই ইনসুলেটরটি সলিড প্লাস্টিক, ফোম প্লাস্টিক (Foam plastic) অথবা ইনার কন্ডাক্টরটিকে স্পেসার সাপোর্টিং করে বাতাস দ্বারা গঠন করা যায়। ডাই-ইলেকট্রিকের ধর্ম ক্যাবলের কিছু বৈদ্যুতিক বৈশিষ্ট্যকে নিয়ন্ত্রণ করে। সাধারণত অপেক্ষাকৃত কম লস ক্যাবলের জন্য সলিড Polyethylene (PE) ইনসুলেটর নির্বাচন করা হয়। ইনসুলেটর হিসেবে সলিড Teflon (PTFE)-ও ব্যবহৃত হয়। কিছু কিছু কো-এক্সিয়াল লাইনে বাতাস (অথবা অন্য কোনো গ্যাস) ব্যবহার করা হয় এবং সেই ক্ষেত্রে স্পেসার ব্যবহার করে শিল্ডকে ইনার কন্ডাক্টর স্পর্শ করার হাত হতে মুক্ত রাখা হয়।

সমগ্র সমাবেশকে ঘিরে থাকে একটি কন্ডাক্টিভ লেয়ার বা টিউবুলার শিল্ড। এই শিল্ড বিভিন্ন রকমের হয়ে থাকে। প্রচলিত কো-এক্সিয়াল ক্যাবলগুলো কপার তারের বিনুনি (Braided copper wire) দ্বারা শিল্ড গঠন করা হয়। এর ফলে ক্যাবলটি নমনীয় হয়। কখনো কখনো বিনুনি (braid)-কে সিলভার প্লেটেড করা হয়। ভালো শিল্ড পারফরম্যান্স পাওয়ার জন্য কিছু কিছু ক্যাবলে Double-layer shield থাকে। আজকাল পাতলা মেটালিক ফয়েল (Foil) শিল্ডও ব্যবহৃত হচ্ছে। কিছু কিছু ক্যাবলে সলিড মেটাল টিউব দিয়ে শিল্ড তৈরি করা হয়। এতে ভালো পারফরম্যান্স পাওয়া যায় কিন্তু নমনীয়তা থাকে না।

সর্বশেষে বাইরের দিকে একটি ইনসুলেটিং লেয়ার দ্বারা আবৃত করা হয়, যাকে বলা হয় ইনসুলেটিং জ্যাকেট। এই জ্যাকেটটি অনেক ধরনের পদার্থ দ্বারা তৈরি হতে পারে। সাধারণত PVC ব্যবহার করা হয়। কিন্তু কিছু কিছু প্রয়োগে Fire-resistant material-এরও দরকার হয়।

ফাইবার অপটিক ক্যাবলের গঠন :

অপটিক্যাল ফাইবার হচ্ছে আলো পরিবহন করতে সক্ষম এক প্রকার মাইক্রোওয়েভ গাইড। এটি এক প্রকার গ্লাস ফাইবার। ইনফরমেশনকে আলোকশক্তিতে রূপান্তর করে এর মধ্য দিয়ে ট্রান্সফার করা হয়। ট্রান্সমিশন পথ হিসেবে এর বড় সুবিধা হচ্ছে খুব সহজেই ও দ্রুত গতিতে ইনফরমেশন বহু দূরে প্রেরণ করা যায় এবং এটি দ্বারা অধিক ব্যান্ডওয়াইডথ বিশিষ্ট সিগন্যালকে বহন করানো যায়।

অপটিক্যাল ফাইবার তিনটি সমকেন্দ্রিক স্তরের সমন্বয়ে গঠিত, যথা–

(১) আলোক পরিবহণকারী কোর (Light carrier core),

(২) ক্ল্যাডিং (Cladding) ও

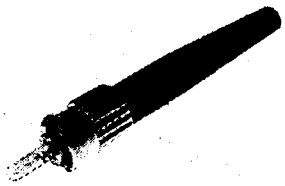
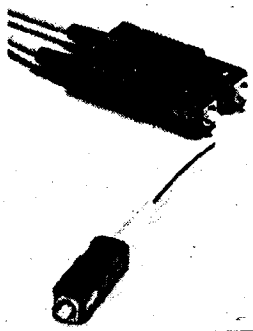
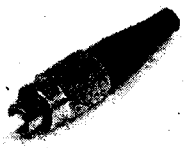
(৩) কোটিং (Coating)।

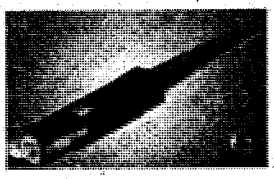
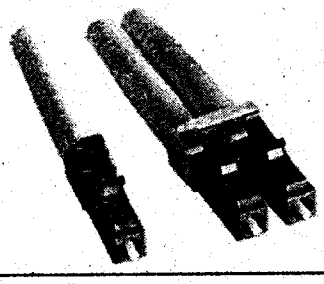
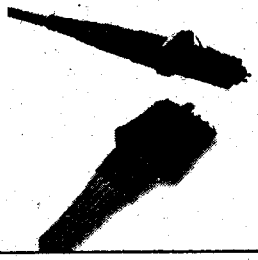
(১) কোর (Core) : কোর হচ্ছে গ্লাস বা প্লাস্টিক দিয়ে তৈরি ফাইবারের সবচেয়ে ভিতরের অংশ। এটি ফাইবারের ট্রান্সমিশন অঞ্চল হিসেবে কাজ করে। কোরের একটি নির্দিষ্ট Refractive index থাকে, যাকে μ_1 দ্বারা প্রকাশ করা হয়। বড় ধরনের কোর একত্রিত করলে বেশি আলো ট্রান্সমিশনের কাজ করতে পারে। কোরের ব্যাস সচরাচর 50 থেকে 500 মাইক্রোমিটার (μm) পর্যন্ত হয়ে থাকে।

(২) ক্ল্যাডিং (Cladding) : কোরের চারিদিকের অংশকে ক্ল্যাডিং বলে, যার আলোক প্রতিসরাঙ্ক কোরের আলোক প্রতিসরাঙ্ক থেকে ভিন্ন। এটিও গ্লাস বা প্লাস্টিক দিয়ে তৈরি করা হয়। ক্ল্যাডিংয়ের যে একটি নির্দিষ্ট Refractive index আছে, তাকে μ_2 দ্বারা প্রকাশ করা হয়। আসলে ক্ল্যাডিং হচ্ছে কোরের অপটিক্যাল বাউন্ডারি, যা কোরের সমস্ত অভ্যন্তরীণ প্রতিসরণকে কোরের বাইরের পৃষ্ঠে তাড়িত করে। কোর এবং ক্ল্যাডিং একত্রে অপটিক্যাল ওয়েভ গাইড কিংবা আলোর পাইপের (Light pipe) ন্যায় কাজ করে।

কোটিং (Coating) : কোর এবং ক্ল্যাডিং-এর বাইরের অংশে চতুর্দিকে আবৃত স্তরকে কোটিং বলে। কোটিংকে Jacket-ও বলে। এটা প্লাস্টিক কিংবা পলিমার দ্বারা তৈরি। জ্যাকেটটি অপটিক্যাল ফাইবারকে আর্দ্রতা শোষণ করা, ভেঙে যাওয়া এবং অন্য যে-কোনো প্রকার আঘাত হতে রক্ষা করে। এটির পুরুত্ব 250-100 μm হয়ে থাকে। আলোর বাস্তব ট্রান্সমিশনের কাজে কোটিং জড়িত নয়।

বিভিন্ন প্রকার কানেক্টর (Different Types of Connector)

Type Shape	Insertion loss (dB)	Features and applications
SMA	1.00-1.50	A slotted screw-on connector; preferred in multimode fiber, data communication, multimedia and instrumentation connections
FDDI	0.20-0.70	A push-on, pull-off type of dual connector primarily used with multimode fiber in LANs.
D4	0.30-1.00	A slotted screw-on type of multimode and single-mode fiber connector; used for data communications, instrumentation connections and telecommunication applications
ST 	0.20-0.50	A slotted bayonet (push-in, twist-out) type of metallic multimode or single-mode fiber connector with a ceramic ferrule; widely used in inter/intra building, data communication and also telecommunication applications
SC (simplex and duplex) 	0.20-0.45	A push-on, pull-off type of multimode or single-mode connector with a ceramic ferrule and an SFF design in a simplex or a duplex plastic housing; often used for LANs and data communication
FC 	0.25-1.00	A screw-on metallic connector with a ceramic ferrule; widely used with single-mode fiber, for active device termination and in high-vibration environments

MU 	0.10-0.30	A push-on, pull-off type of multimode or single-mode fiber connector with plastic housing and ceramic ferrule; SFF and SFP designs with packaging density that is greater than the SC connector and can be simplex or duplex; useful for board-mounted applications and high-density interconnections
LC (simplex and duplex) 	0.10-0.50	A push-on, pull-off, multimode or single-mode fiber type of connector containing a standard RJ 45 telephone plug housing with a ceramic ferrule in a simplex or duplex plastic housing; SFF and SFP designs are suitable for high-density interconnection and also useful for instrumentation and test equipment interconnections
E2000	0.12-0.30	A push-on, pull-off types of connector, mostly preferred for single-mode fiber operation; SFF and SFP designs similar to the SC type but also contains an eye protection sfaety cover built into the end face
MT-RJ (single or multiple) 	0.25-0.75	A push-on, pull-off type of connector with two (or more) fibers in a single plastic ferrule where the housing uses the standard RJ 45 latch mechanism; it can connect up to 72 fibers, and it is suitable for both local and metropolitan area networks, particularly with high-density interconnections
MTP/MPO	0.25-1.00	A push-on, pull-off type of connector for multifiber ribbon cable (4 to 72 fibers) based on multiple MT-RJ connectors in a plastic housing and used for high-density interconnections

কাজের ধারা (Working Procedure) :

(১) প্রথমে বিভিন্ন প্রকার Cable নিই এবং এর Constructional বৈশিষ্ট্যগুলি পর্যবেক্ষণ করি।

(২) এখন প্রতিটি Cable ও Connector গুলোকে নিয়ে উপরের চিত্রের সাথে মিলিয়ে এর বিভিন্ন অংশের পরিচিতি ও কাজ পর্যবেক্ষণ করি।

উপসংহার : ঐ ব্যবহারিকে মাধ্যমে আমরা Commnunication System-এর বিভিন্ন প্রকার Cable ও Connector-এর কাজ সম্পর্কে জানলাম।

পলিটেকনিকের সকল বই ডাওনলোড করতে
ভিজিটঃ
www.BDeBooks.Com/polytechnic

টেকনিক্যাল প্রকাশনীর বই পড়ুন
রেফার্ডমুক্ত জীবন গড়ুন।

সাজেশন

১। অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর
২। সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর
৩। রচনামূলক প্রশ্নোত্তর
৪। সমস্যাবলি

অধিক কমনের নিশ্চয়তা
দিচ্ছে টেকনিক্যাল প্রকাশনী

ফ্লেক্সিলোড অথবা বিকাশযোগে মূল্য পরিশোধে টেকনিক্যাল প্রকাশনী
থেকে আজই আপনার কপিটি সংগ্রহ করুন।

বোর্ড ফাইনাল পরীক্ষার সাজেশন এবং উত্তরমালা

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। **চ্যানেল ক্যাপাসিটি কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **MF, EHF ও UHF-এর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ উল্লেখ কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **অডিও সিগনাল ও ভিডিও সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

Channel Capacity কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

। **চ্যানেলের ব্যান্ডউইডথ কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **ইনফরমেশন ক্যাপাসিটি কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **Baud কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **একটি কমিউনিকেশন সিস্টেমের কয়টি অংশ থাকে?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **অডিও, ভিডিও এবং ডাটা সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। **ডাটা সিগনাল কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **Broadcast band-এর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ কত?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **চ্যানেল ব্যান্ডওয়াইডথ বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **কমিউনিকেশন বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **ইনফরমেশন বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৬। SNR কাকে বলে?

অথবা, সিগন্যাল টু নয়েজ রেশিও কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। নয়েজ ফ্যাক্টর কী?

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও'র একক কী?

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। নয়েজ কী?

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। নয়েজ ফিগার কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। পার্টিশন নয়েজ কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। SNR এর মান কেমন হওয়া উচিত?

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। মডুলেশন কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। মডুলেশন ইনডেক্স কী?

অথবা, AM wave-এর Modulation Index বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। VSB কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৬। মাল্টিপ্লেক্সিং কেন করা হয়?

অথবা, মাল্টিপ্লেক্সিং এর সুবিধা কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। SSB-এর সুবিধা কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনে কয়টি সাইডব্যান্ড উৎপন্ন হয় ও কী কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। SSB-SC বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। মাল্টিপ্লেক্সিং ও ডিমাল্টিপ্লেক্সিং কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। SSB, SSB-SC-এর অর্থ লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩২। **AM এর Frequency Spectrum অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৩। **SSB বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৪। **মডুলেশন কোথায় ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৫। **ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৬। **Data Signal কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৭। **ক্যারিয়ার সিগন্যালের কাজ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৮। **বিভিন্ন প্রকার মডুলেশনের নাম লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৯। **মডুলেশন কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪০। **Depth of Modulation কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪১। **ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪২। **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনে ক্যারিয়ারের কী পরিবর্তন হয়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৩। **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৪। **FM এর ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৫। **ডেভিয়েশন রেশিও কী?**

অথবা, FM ওয়েভের ডেভিয়েশন রেশিও বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৬। **ভ্যারেক্টার ডায়োড-এর কাজ কী?**

অথবা, ভ্যারেক্টার ডায়োড কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৭। **বেইস মডুলেশন কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৮। **কালেকটর মডুলেটর সার্কিটে ট্রানজিস্টরের কোন লিডে কোন সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৯। **Linear Modulator কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫০। **Varactor diode কোথায় ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫১। **ডায়াগোনাল ক্লিপিং (Diagonal Clipping) বলতে কী বুঝ?**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫২। **পাইলট ক্যারিয়ার কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৩। **সিনক্রোনাস ডিটেকশন কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৪। **এনভেলপ ডিটেকটর কোথায় ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৫। **ডিমডুলেশন কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৬। **ডিটেকশন কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৭। **AVC-এর অর্থ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৮। **FM ডিমডুলেশনে লিমিটার সার্কিটের কাজ কী?**

অথবা, FM রিসিভারের লিমিটারের কাজ কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৯। **Ratio detector-এর কাজ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬০। **Ratio detector-এর সুবিধা কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬১। **ডিসক্রিমিনেটর বলতে কী বুঝ?**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬২। **Demodulator বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬৩। **বাফার অ্যামপ্লিফায়ার কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬৪। **GSM, RADAR, PWM এবং NWD এর পূর্ণনাম লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬৫। **High-level modulation কী?**

অথবা, High Level Modulation কোথায় ব্যবহার করা হয়?

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬৬। **ফ্রিকুয়েন্সি ড্রিফট (Frequency drift) কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬৭। **শর্ট ওয়েভ ট্রান্সমিটারের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ কত?**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬৮। **মিডিয়াম ওয়েভ প্রেরকযন্ত্রের ফ্রিকুয়েন্সি Range কত?**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬৯। **একটি AM Radio Transmitter-এর উল্লেখযোগ্য অংশসমূহের নাম লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭০। **সার্ভিস টাইপের উপর ভিত্তি করে রেডিও ট্রান্সমিটারের শ্রেণিবিভাগ লিখ।**

অথবা, ৪টি Public Broadcast Service-এর নাম লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭১। **লোকাল অসিলেটরের কাজ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭২। **AGC এর কাজ লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭৩। **AVC-এর অর্থ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭৪। **TRF-এর অর্থ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭৫। **অ্যালাইনমেন্ট বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭৬। **ডিমডুলেশন বা ডিটেকশন কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭৭। **সিলেকটিভিটি কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭৮। **সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের এলাইনমেন্ট কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭৯। **AGC-এর পুরো নাম কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮০। **ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সি কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮১। **রেডিও রিসিভার কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮২। **কমিউনিকেশন রিসিভারের কাজ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮৩। রিসিভারের ফাইডেলিটি কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮৪। মিক্সার কী? রেডিও রিসিভারের মিক্সার স্টেজ-এর কাজ কী?
অথবা, গ্রাহক মিক্সারএর কাজ কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮৫। একটি সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের IF-এর মান কত?

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮৬। রিসিভারের সেনসিটিভিটি কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮৭। TRF কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮৮। ট্র্যাকিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮৯। সাইড টোন কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯০। ASTIC কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯১। সেলুলার ফোন কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯২। অটোমেটিক টেলিফোনে কয়টি টোন ব্যবহৃত হয় ও কী কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯৩। NWD ও ISD এর পূর্ণনাম লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯৪। Nyquist rate কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯৫। PCM কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯৬। স্যাম্পলিং থিওরেমটি লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯৭। স্যাম্পলিং কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯৮। Quantization কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯৯। পূর্ণনাম লেখ : AM, FM, QAM, PWM.

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০০। কোয়ান্টাইজেশন ডিস্টরশন কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০১। ASK, AGC, FSK, QAM, PCM, SSB-SC, DSB-SC এবং PSK-এর পূর্ণনাম লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০২। QAM মডুলেশন কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০৩। বাইনারি ডাটার মডুলেশন কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০৪। অ্যানালগ ক্যারিয়ার সিগন্যালগুলোকে কী কী পদ্ধতিতে মডুলেট করা যায়? তাদের নাম লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০৫। FSK, CW-এর পূর্ণঅর্থ লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০৬। Acceptance angle বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০৭। গাইডেড মিডিয়া কয় প্রকার ও কী কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০৮। ট্রান্সমিশন মিডিয়া কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০৯। STP ক্যাবল কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১০। UTP ক্যাবল কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর

১। গাণিতিক সমীকরণসহ চ্যানেল ব্যান্ডওয়াইডথ ও চ্যানেল ক্যাপাসিটির সংজ্ঞা দাও।

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। চ্যানেল ক্যাপাসিটি কী কী ফ্যাক্টরের উপর নির্ভর করে, ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। ব্যান্ডওয়াইডথ বলতে কী বোঝায়?

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। অডিও সিগনাল কাকে বলে, চিত্র এঁকে দেখাও।

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। ভিডিও সিগনাল কাকে বলে, চিত্র এঁকে ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **ডাটা সিগনাল কাকে বলে, চিত্র এঁকে ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **একটি কমিউনিকেশন সিস্টেম-এর ব্লক চিত্র অঙ্কন করে বিভিন্ন অংশ চিহ্নিত কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **কোন কোন উপাদানের উপর চ্যানেলের বৈশিষ্ট্য নির্ভর করে?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **কোন কোন উপাদানের উপর চ্যানেলের বৈশিষ্ট্য নির্ভর করে?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **একটি কমিউনিকেশন সিস্টেমের মৌলিক অংশগুলো কী কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। **অডিও, ভিডিও এবং ডাটা সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **কমিউনিকেশনে ট্রান্সমিটারের গুরুত্ব বুঝিয়ে লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **যোগাযোগ ব্যবস্থায় ব্যবহৃত বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ডের নাম ও ফ্রিকুয়েন্সি ব্যবহারসহ উল্লেখ কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **নয়েজের প্রকারভেদ উল্লেখ কর।**

অথবা, Noise-এর উৎসগুলো কী কী?

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৬। **'নয়েজ ফিগার' টার্মটির ব্যাখ্যা লেখ।**

অথবা, সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও কম না বেশি হওয়া ভালো তোমার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দেখাও।

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **মানুষের তৈরি নয়েজ সম্বন্ধে সংক্ষেপে লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **Atmospheric noise কী?**

অথবা, বায়ুমণ্ডলীয় নয়েজ বলতে কী বোঝায়?

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **VSB মডুলেশনের ব্যবহার উল্লেখ কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **AM-এর জন্য m = 0, m = 1, m = 0.5, m = 1.5 ধরে modulated wave চিত্র অঙ্কন করে দেখাও।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। **মডুলেশনের প্রয়োজনীয়তা লিখ বা মডুলেশনের দরকার হয় কেন?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **AM-এর Frequency Spectrum অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **দেখাও যে, AM ওয়েভের মোট পাওয়ার,** $P_t = P_c\left(1 + \frac{m^2}{2}\right)$

অথবা, Power Distribution-এর ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $P_t = P_c\left(1 + \frac{ma^2}{2}\right)$ **এখানে প্রতীকগুলো অর্থ বহন করে।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **VSB মডুলেশন বলতে কী বুঝায়?**

অথবা, VSB কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **মাল্টিপ্লেক্সিং-এর ব্যবহার লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৬। **মাল্টিপ্লেক্সিং এর সুবিধা লিখ।**

অথবা, মডুলেশনের প্রয়োজনীয়তা সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। **VSB কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। **AM-এর Frequency Spectrum অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। **SSB-SC বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। **SSB-SC জেনারেশনের মূলনীতি সংক্ষেপে লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। **বিভিন্ন প্রকার মডুলেশনের সংক্ষিপ্ত পরিচয় দাও।**

অথবা, মডুলেশনের প্রকারভেদ লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩২। **ক্যারিয়ার সিগন্যালের কাজ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৩। **দেখাও যে, মডুলেশন ইনডেক্স,** $m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}}$

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৪। **চিত্রসহকারে AM ওয়েভের বর্ণনা দাও।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৫। **VSB মডুলেশন কোথায় ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৬। **অ্যামপ্লিচিউড ওয়েভ ও তার বিভিন্ন অংশের চিত্র এঁকে চিহ্নিত কর।**

অথবা, AM কী এবং একটি AM wave এর তরঙ্গাকৃতি অঙ্কন করে বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সি কমপোনেন্টগুলো চিহ্নিত কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৭। **পালস মডুলেশনের সুবিধাসমূহ লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৮। **PWM Transmission System বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৯। **FM-এর সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪০। **FDM-এর মূলনীতি লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪১। **AM এবং FM-এর মধ্যে গুরুত্বপূর্ণ পার্থক্যসমূহ লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪২। **বিভিন্ন প্রকার পালস মডুলেশন পদ্ধতির ব্যবহার লিখ**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৩। **পালস মডুলেশন কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৪। **PPM, PDM এবং PWM সিগনালের প্রয়োগ লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৫। **ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম বলতে কী বোঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৬। **ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশন বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৭। **পারসেন্ট মডুলেশন বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৮। **Balanced Modulator-এর মূলনীতি লেখ।**

অথবা, একটি Balanced Modulator আউটপুট একটি DSB-SC মড্যুলেটেড ওয়েভ নির্দেশ করে– প্রমাণ কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৯। **একটি ব্যালেন্সড মডুলেটরের সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫০। **বিভিন্ন প্রকার মডুলেটরের ব্যবহার লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫১। **SSB-SC জেনারেশনের মূলনীতি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫২। **অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৩। **বেইস মডুলেশনের তুলনায় কালেক্টর মডুলেশনের সুবিধা-অসুবিধা লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৪। **পালস লক্‌ড লুপ-এর প্রয়োগ ক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর।**

অথবা, PLL-এর ব্যবহার লেখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৫। **একটি ব্যবহারিক লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টর সার্কিট অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৬। **একটি প্র্যাকটিক্যাল ডায়োড ডিটেক্টর অংকন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৭। **ডায়াগোনাল ক্লিপিং (Diagonal Clipping) বলতে কী বুঝ?**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৮। **লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের সুবিধাগুলো লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৯। **Ratio ডিটেক্টর-এর কাজ উল্লেখ করে একটি Ratio ডিটেক্টরের বর্তনী চিত্র অংকন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬০। **Foster Seeley discriminator এর তুলনায় Ratio detector-এর সুবিধা লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬১। **লিমিটার সার্কিটের কাজ কী?**

অথবা, FM রিসিভারে লিমিটারের কাজ কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬২। **Foster-Seeley discriminator কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬৩। **Balanced Slope Detector-এর অসুবিধা কী কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬৪। **Discriminator বলতে কী বুঝ?**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬৫। **FM ওয়েভের ডিটেকশন পদ্ধতিগুলোর নাম লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬৬। **রেশিও ডিটেকটরের কাজ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬৭। **Foster-Seeley Detector-এর সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬৮। **রেডিও ট্রান্সমিটারকে শ্রেণিবিন্যাস কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬৯। লো লেভেল ও হাই লেভেল মডুলেশনের মধ্যে তিনটি পার্থক্য লেখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭০। মাস্টার অসিলেটরের বৈশিষ্ট্যসমূহ লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭১। SSB ট্রান্সমিটারের ব্লক চিত্র অংকন করে দেখাও।

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭২। Radio Telegraph Transmitter ও Radio Telephone Transmitter-এর মধ্যে পার্থক্য কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭৩। অ্যামপ্লিটিউড মডুলেশন বা AM ট্রান্সমিটার কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭৪। একটি Class-C Harmonic generator-এর Basic Circuit অঙ্কন কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭৫। ভালো ট্রান্সমিটারের বৈশিষ্ট্যগুলো লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭৬। একটি Low carrier power level ব্যবহৃত AM Radio Transmitter-এর ব্লকচিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭৭। একটি Master Oscillator-এর Frequency ঠিক রাখার জন্য কী কী সতর্কতা অবলম্বন করা হয়?

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭৮। একটি রেডিও ট্রান্সমিটারের উল্লেখযোগ্য অংশসমূহের নাম লেখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭৯। Power ও Frequency-এর উপর ভিত্তি করে রেডিও ট্রান্সমিটারের শ্রেণিবিভাগ কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮০। IF Amplifier কী? এর কাজ কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮১। রিসিভারের সেনসিটিভিটি বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮২। একটি Super heterodyne receiver-এর ব্লকচিত্র অঙ্কন কর।

অথবা, কমিউনিকেশন রিসিভারের ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮৩। রিসিভারের সিলেকটিভিটি কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৪-নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮৪। রিসিভারের ফাইডেলিটি কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮৫। একটি সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের লোকাল অসিলেটর ফ্রিকুয়েন্সি 1415 KHz হলে রিসিভারের টিউনকৃত সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি কত হবে?

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮৬। **একটি ভালো কমিউনিকেশন রিসিভারের বৈশিষ্ট্য কী কী?**

অথবা, ব্রডকাস্ট রিসিভারের প্রধান বৈশিষ্ট্যগুলো কী কী?

অথবা, যোগাযোগ গ্রাহক যন্ত্রের বৈশিষ্ট্যগুলো কী কী?

অথবা, Radio রিসিভারের বৈশিষ্ট্যসমূহ আলোচনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮৭। **সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের মূলনীতি লিখ।**

অথবা, Superheterodyne action কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮৮। **রেডিও রিসিভারের শ্রেণিবিন্যাস কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮৯। **রেডিও রিসিভারের শ্রেণিবিভাগ লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯০। **Sensitivity এবং Selectivity-এর মাঝে পার্থক্য লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯১। **TRF ও Super heterodyne রিসিভারের সুবিধা-অসুবিধাসমূহ উল্লেখ কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯২। **উদাহরণসহ ইমেজ ফ্রিকুয়েন্সির সংজ্ঞা দাও।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯৩। **একটি Tuned Radio Frequency Receiver-এর Block Diagram অংকন করে সংক্ষেপে বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯৪। **স্বয়ংক্রিয় টেলিফোনে ব্যবহৃত বিভিন্ন টোনসমূহের ফ্রিকুয়েন্সি উল্লেখ কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯৫। **ফ্রিকুয়েন্সিসহ একটি আধুনিক টেলিফোন সেটের কী-প্যাড অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯৬। **কার্বনগুড়া টেলিফোন ট্রান্সমিটারের সুবিধা-অসুবিধা লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯৭। **সাইড টোনের সুবিধা লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯৮। **সাইড টোনের অসুবিধা লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯৯। **কার্বন ট্রান্সমিটারে কার্বনগুঁড়া ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধা লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০০। **Sampling কাকে বলে? Sampling rate কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০১। ডিজিটাল কমিউনিকেশনের সুবিধাসমূহ লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০২। PCM-এর ব্যবহার লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০৩। PCM-এর সুবিধা-অসুবিধাগুলো লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০৪। সিগন্যাল-টু-নয়েজ রেশিও বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০৫। 4-QAM-এর ওয়েভ ডায়াগ্রাম এবং কনস্টিলেশন ডায়াগ্রাম আঁক।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০৬। ASK, FSK ও PSK-এর বর্ণনা দাও।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০৭। চিত্রের সাহায্যে PSK ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০৮। QAM পদ্ধতির চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০৯। পূর্ণ অর্থ লেখ : QAM, CWFSK, QPSK.

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১০। Quartenary বা Quadriphase PSK কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১১। QAM-এর মৌলিক নীতি উল্লেখ কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১২। ফেজ মডুলেশনের (Phase Modulation) সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১৩। কো-এক্সিয়াল ও অপটিক্যাল ক্যাবলের প্রয়োগ ক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১৪। অপটিক্যাল ফাইবারের মধ্য দিয়ে আলোক তরঙ্গ প্রবাহের প্রক্রিয়া কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১৫। ইনফ্রারেড কমিউনিকেশন পদ্ধতির মূলনীতি বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১৬। আনগাইডেড মিডিয়া কয় প্রকার ও কী কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১৭। বিভিন্ন প্রকার কমিউনিকেশন টেনওয়ার্কের নাম লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১৮। সংক্ষেপে Microwave Network-এর বর্ণনা দাও।

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নোত্তর

১। **ব্লক চিত্রসহ কমিউনিকেশন সিস্টেমের বর্ণনা দাও।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভের উৎপত্তি ও প্রোপাগেশন ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **বিভিন্ন প্রকার সিগন্যালের চিত্র অঙ্কন করে বৈশিষ্ট্য বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **কমিউনিকেশনে আগত বিভিন্ন প্রকার নয়েজের বিবরণ দাও।**

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **বিভিন্ন প্রকার এক্সটারনাল নয়েজের বিবরণ দাও।**

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **AM ওয়েভকে বিশ্লেষণ করে একটি সমীকরণ প্রতিপাদন করে।**

অথবা, দেখাও যে, মডুলেশন ইনডেক্স $m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}}$

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **AM এর ক্ষেত্রে যখন 50% মডুলেশন করা হবে, তখন মোট পাওয়ার এবং ক্যারিয়ার পাওয়ারের মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **AM এর জন্য Modulation index-এর সমীকরণ লেখ।**

অথবা, অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের ক্ষেত্রে মডুলেশন ইনডেক্স গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **AM ওয়েভের Frequency Spectrum চিত্রসহ বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **দেখাও যে, AM-এর ক্ষেত্রে একটি ক্যারিয়ার ও দুটি সাইডব্যান্ড উৎপন্ন হয়।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। **ওয়েভ শেপসহ অ্যামপ্লিচিউড মডুলেটেড (AM) ওয়েভের গাণিতিক সমীকরণ প্রতিপাদন করে।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **AM মডুলেশনের মডুলেশন ইনডেক্স (ma) 100% হলে প্রমাণ কর যে, মোট পাওয়ার, সাইডব্যান্ড পাওয়ারের তিনগুণ।**

অথবা, অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশনের ক্ষেত্রে ক্যারিয়ার এবং সাইডব্যান্ডসমূহে পাওয়ার বন্টন গাণিতিকভাবে ব্যাখ্যা কর।

অথবা, অ্যামপ্লিচিউড মডুলেশন ফ্যাক্টর একক হলে প্রমাণ কর যে, মোট পাওয়ার সাইড ব্যান্ড পাওয়ারের এক তৃতীয়াংশ।

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **SSB ও DSB-এর পার্থক্য ও সুবিধাগুলো বর্ণনাপূর্বক একটি SSB জেনারেশন পদ্ধতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।**

অথবা, DSB-SC, SSB-SC এবং VSB মডুলেশন পদ্ধতিসমূহের একটি তুলনামূলক চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন পদ্ধতির গাণিতিক সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

অথবা, Wave-এর রাশিমালা নির্ণয় কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। দেখাও যে, FM তে অসংখ্যা সাইড ব্যান্ড উৎপন্ন হয়।

অথবা, ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন পদ্ধতির ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রামের বর্ণনা দাও।

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৬। PDM মডুলেশন চিত্রসহ বর্ণনা কর।

অথবা, PPM, PDM এবং PWM সিগন্যাল জেনারেশনের পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। দেখাও যে, FM-এ মডুলেটেড ওয়েভকে $V = V_c \sin(\omega_c t + m_f \sin\omega_m t)$ আকারে প্রকাশ করা যায়।

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। চিত্রসহ Suppressed carrier balanced modulator-এর কার্যপ্রণালী আলোচনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। একটি Balanced Modulator-এর কার্যপ্রণালী লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। একটি বেইস মডুলেটর সার্কিট অঙ্কন করে তার কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। একটি SC-Balanced Modulator-এর চিত্র অঙ্কন করে দেখাও যে, এর আউটপুটে শুধুমাত্র দুটি সাইডব্যান্ড থাকে।

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। চিত্রসহ কালেক্টর মডুলেটর বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। চিত্রসহ একটি লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের কার্যপ্রণালি লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। একটি Practical Diode Detector-এর সার্কিট অঙ্কন করে সংক্ষেপে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। RC টাইম কনস্ট্যান্ট-এর জন্য Diagonal Clipping-এর Emptrical সুত্রটি প্রতিপাদন কর।

অথবা, ডায়াগোনাল ক্লিপিং-এর ক্ষেত্রে সঠিকমানের RC time constant বের করার সমীকরণ বের কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৬। ডায়াগোনাল ক্লিপিং কী, চিত্র অঙ্কন করে বুঝিয়ে দাও।

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। একটি Foster-Seeley discriminator চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। **একটি অ্যামপ্লিচিউড লিমিটার সার্কিট অঙ্কন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**

অথবা, একটি অ্যামপ্লিচিউড লিমিটার সার্কিট অংকন করে ওয়েভশেপসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

অথবা, চিত্রসহ লিমিটার সার্কিটের কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। **একটি রেশিও ডিটেক্টর সার্কিট অঙ্কন করে তার কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। **FM detection-এর মূলনীতি ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। **একটি AM Radio Transmitter-এর ব্লকচিত্র অঙ্কন করে বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩২। **স্পেকট্রামসহ একটি স্টেরিও FM ট্রান্সমিটারের ব্লকচিত্র অঙ্কন করে বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৩। **হাই-লেভেল এবং লো-লেভেল মডুলেশন পদ্ধতি ব্লকচিত্র সহকারে বিস্তারিত বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৪। **রেডিও রিসিভারের ব্যান্ড সুইচের বর্ণনা দাও।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৫। **ব্লকচিত্রের সাহায্যে একটি সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের কার্যনীতি আলোচনা কর।**

অথবা, কমিউনিকেশন রিসিভারের ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

অথবা, ইনপুট/আউটপুট ওয়েভসহ একটি Super heterodyne AM রিসিভারের প্রতি ব্লকের কাজ লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৬। **ব্লক ডায়াগ্রামসহ AM রিসিভারের বর্ণনা দাও।**

অথবা, একটি IC ভিত্তিক AM রেডিও রিসিভারের বর্ণনা দাও।

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৭। **ক্রিস্টাল রিসিভারের কার্যপদ্ধতি আলোচনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৮। **IF stage alignment করার পদ্ধতি প্রয়োজনীয় চিত্রসহ বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩৯। **চিত্রসহ একটি কার্বন গ্র্যানিউল ট্রান্সমিটারের কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।**

অথবা, আধুনিক হ্যান্ড সেট টেলিফোন ট্রান্সমিটারের কার্যপ্রণালি গাণিতিক বিশ্লেষণসহকারে বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪০। **স্বয়ংক্রিয় টেলিফোনে ব্যবহৃত বিভিন্ন টোনের বিবরণ দাও।**

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪১। **আধুনিক হ্যান্ডসেট টেলিফোন রিসিভারের কার্যপ্রণালি গাণিতিকি বিশ্লেষণসহকারে বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪২। NWD এবং ISD ডায়ালিং সিস্টেম সম্পর্কে যা জান লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৩। বিভিন্ন প্রকার ডায়ালিং সিস্টেমের বর্ণনা দাও।

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৪। অ্যান্টিসাইডটোন সার্কিট কী কাজে ব্যবহৃত হয়? একটি ASTIC সার্কিটের গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৫। PCM-এর ফাংশনাল ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৬। PCM সিস্টেমের ব্লকচিত্র অঙ্কন করে কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৭। PNM-এর ফাংশন্যাল ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৮। Simple PCM Transmission System-এর সার্কিটসহ কাজ বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪৯। PNM-এর কোডিং মূলনীতি ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫০। চিত্রসহ ASK বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫১। চিত্রসহ FSK পদ্ধতি আলোচনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫২। ব্লকচিত্রসহ QAM পদ্ধতি ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৩। চিত্র অঙ্কন করে PSK পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৪। চিত্রসহ মাইক্রোওয়েভ কমিউনিকেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৫। রেডিও, মাইক্রোওয়েভ এবং ইনফ্রারেড কমিউনিকেশনের সিস্টেমের বৈশিষ্ট্য বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৬। টুইস্টেড পেয়ার (UTP, STP) ক্যাবলের গঠন চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫৭। কো-এক্সিয়াল ক্যাবলের গঠন চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

টেকনিক্যাল প্রকাশনীর বই-পড়ুন
রেফার্ডমুক্ত জীবন গড়ুন।

বিগত বছরের বোর্ড পরীক্ষার প্রশ্ন ও উত্তর

ফ্লেক্সিলোড অথবা বিকাশযোগে মূল্য পরিশোধে টেকনিক্যাল প্রকাশনী
থেকে আজই আপনার কপিটি সংগ্রহ করুন।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

প্রকৌশল ডিপ্লোমা শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব (১৯৯৬-৯৭ শিক্ষাসন) সমাপনী পরীক্ষা-১৯৯৭

ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজি

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (ইএনটি-৪২৪)

সময় : ৩ ঘণ্টা **পূর্ণমান : ৭৫**

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১ × ১৫ = ১৫)

১। **MF, UHF ও EHF-এর Frequency range উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **অডিও এবং ভিডিও সিগনালের frequency range লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **চ্যানেল ক্যাপাসিটির সজ্ঞা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **বিভিন্ন প্রকার telecommunication network-এর নাম লিখ।**

৫। **AM Wave-এর frequency spectrum-এর চিত্র অংকন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **পূর্ণনাম লিখ :- SSB-SC, PWM, QAM, FCC.**
উত্তর : SSB-SC→ Single Side Band Supressed Carrier.
PWM→ Path Width Modulation
QAM→ Quadrature Amplitude Modulation.

৭। **Frequency deviation ও deviation ratio কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ ও ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **একটি Practical diode detector ckt অংকন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **Ratio detector-এর কাজ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **TRF-এর অসুবিধা কী কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। **Image frequency কাকে বলে? এর মান কত?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **এলাইনমেন্ট (Alignment) বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **AM Modulator-এর শ্রেণিবিভাগ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **Radio Receiver-এর প্রধান বৈশিষ্ট্যগুলো কী কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **Diagonal Clipping কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৩ × ১০ = ৩০)

১৬। **মডুলেশন-এর প্রয়োজনীয়তা সংক্ষেপে ব্যাখ্যা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **অ্যামপ্লিচুড মডুলেশনে মডুলেশন ফ্যাক্টর একক হলে প্রমাণ কর যে, মোট পাওয়ার সাইড ব্যান্ড পাওয়ারের এক-তৃতীয়াংশ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর উদাহরণ ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **মাইক্রো ওয়েভ কমিউনিকেশন বলতে কী বুঝায় সংক্ষেপে লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **FM-এর সুবিধা ও অসুবিধা কী কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **FDM-এর মূলনীতি বর্ণনা কর।**

২১। **Collector modulation-এর তুলনায় base modulation-এর সুবিধা ও অসুবিধাগুলো লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **Reactance tube modulator-এর ব্যবহার উল্লেখ কর।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

২৩। **AM Transmitter কত প্রকার ও কী কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **AM ও FM Radio-এর Parameter কী কী?**

২৫। **Super heterodyne radio receiver-এর মূলনীতি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ- বিভাগ (মান : ৬ × ৫ = ৩০)

২৬। **একটি Balanced modulator-এর চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। **আর্মস্ট্রং (Armstrong) FM ট্রান্সমিটার (transmitter)-এর ব্লক ডায়াগ্রামসহ কার্যপ্রণালী লিখ।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

২৮। **হাই লেভেল এবং লো লেভেল মডুলেশন পদ্ধতি ব্লকচিত্র সহকারে বিস্তারিত বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। **Communication Receiver-এর মূলনীতি ও বৈশিষ্ট্য বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। **একটি FM Wave-এর তাৎক্ষণিক ভোল্টেজ সমীকরণ হলো :**
$V = 20 \sin (5 \times 10^8 t + 4 \sin 1500 t)$ এক্ষেত্রে বের কর :
(i) Carreir ও Modulationg frequency,
(ii) Modulation index ও frequency deviation
(iii) 20 ওহম Resister-এ কত Power dissipate করবে?
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর উদাহরণ ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। **IF stage alignment পদ্ধতি প্রয়োজনীয় চিত্রসহকারে বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

প্রকৌশল ডিপ্লোমা শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব (১৯৯৭-৯৮ শিক্ষাসন) সমাপনী পরীক্ষা-১৯৯৮

ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজি

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (ইএনটি-৪২৪)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ৭৫

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১ × ১৫ = ১৫)

১। **চ্যানেল ক্যাপাসিটি কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **এ এম (AM) ওয়েভের মডুলেশন ইন্ডেক্স। (Modulation Index) বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **স্যাটেলাইট (Satellite)-এ Transponder-এর ভূমিকা কী?**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৪। **VSB কাকে বলে।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **ইমেজ ফ্রিকোয়েন্সী কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **এফ এম ওয়েভের (FM Wave) তাৎক্ষণিক মানের সমীকরণ লিখ।**

৭। **DSB Transmission-এর প্রধান অসুবিধা লিখ।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৮। **৪টি Public Broadcast Service-এর নাম লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **QAM কোথায়, কী জন্য ব্যবহার করা হয়?**

১০। **FM Receiver-এ Limiter-এর কাজ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। **S/N ratio বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **High Level Modulation কোথায় ব্যবহার করা হয়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **Reactance tube-এর প্রধান বৈশিষ্ট্য কী?**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১৪। **PCM-এর ব্যবহারিক প্রয়োগক্ষেত্র উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **FSK, CW, SSB-SC, FDM-এর পূর্ণ অর্থ লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৩ × ১০ = ৩০)

১৬। **AM ও FM-এর মধ্যে পার্থক্য লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **টেলিগ্রাফী ও টেলিফোনী-এর মধ্যে পার্থক্য কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **একটি Communication রিসিভারের ব্লক ডায়াগ্রাম অংকন করে প্রতিটি ব্লক চিহ্নিত কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **একটি ক্রিস্টাল রিসিভারের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **মাল্টিপ্লেক্সিং (Multipliexing)-এর মূলনীতি লিখ।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভুত।

২১। **একটি ভালো রেডিও রিসিভারের বৈশিষ্ট্যগুলো বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **SSB-SC এবং DSB-SC-এর মধ্যে পার্থক্য লিখ।**
উত্তর : SSB-SC→ Single Side-band Suprreseed Carrier.
DSB-SC→ Doble Side-band Suprreesed Carrier.

২৩। **Phase Moduiation-এর সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **SSB-SC তৈরির ব্লক ডায়াগ্রাম অংকন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **একটি বেসিক কমিউনিকেশন সিস্টেম চিত্রসহ দেখাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ- বিভাগ (মান : ৬ × ৫ = ৩০)

২৬। **একটি SC-Balanced Modulator-এর চিত্র অংকন করে গাণিতিকভাবে দেখাও যে, এর আউটপুটে শুধুমাত্র দুটি Sideband থাকে।**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। **TDM-এর মূল কার্যনীতি চিত্রসহ বর্ণনা কর।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভুত।

২৮। **একটি Foster-Seeily Discriminator-এর চিত্রসহ বর্ণনা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। **গাণিতিকভাবে AM Wave-এর ব্যাখ্যা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। **একটি AM Radio Transmitter-এর ব্লক ডায়াগ্রাম অংকন করে বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। **একটি Superheterodyne Radio রিসিভারের ব্লক ডায়াগ্রাম অংকন করে বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

প্রকৌশল ডিপ্লোমা শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব (১৯৯৭-৯৮ শিক্ষাসন) পরিপূরক পরীক্ষা-১৯৯৮

ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজি

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (ইএনটি-৪২৪)

সময় : ৩ ঘণ্টা **পূর্ণমান : ৭৫**

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক–বিভাগ (মান : ১ × ১৫ = ১৫)

১। **কমিউনিকেশন বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **ইনফরমেশন বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **আধুনিক কমিউনিকেশনের বৈশিষ্ট্যসমূহ কী কী?**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৪। **কোন কোন ক্ষেত্রে V.S. B মডুলেশন ব্যবহার করা হয়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **Depth of modulation কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **Noise কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **Demultiplexing বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **Service অনুসারে Radio Transmitter-এর শ্রেণিবিভাগ লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **আধুনিক কমিউনিকেশনের ৪টি নেটওয়ার্কের নাম লিখ।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১০। **Sensitivity কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। **Discriminator বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **FSK, PCM, QAM এবং CW-এর পূর্ণ নাম ইংরেজিতে লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **Tracking বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **Phase modulation কী?**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১৫। **স্যাটেলাইট কমিউনিকেশন পদ্ধতি বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

খ-বিভাগ (মান : ৩ × ১০ = ৩০)

১৬। **মডুলেশন কেন করা হয়? ব্যাখ্যা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **অ্যামপ্লিচুড মডুলেশনে মডুলেটেড ওয়েভের মোট পাওয়ার এবং ক্যারিয়ারের মোট পাওয়ারের সাথে সম্পর্ক নির্ণয় কর এবং কোন্ শর্তে মডুলেটেড ওয়েভের মোট পাওয়ার ক্যারিয়ার ওয়েভের মোট পাওয়ারের 150% হবে তা নির্ণয় কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর উদাহরণ ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **FM detection পদ্ধতির মূলনীতি ব্যাখ্যা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **পাওয়ার, ফ্রিকুয়েন্সি ও মডুলেশনের উপর ভিত্তি করে Radio Transmitter-এর শ্রেণিবিভাগ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **একটি কমিউনিকেশন রিসিভারের ব্লকচিত্র অংকন করে বিভিন্ন অংশ চিহ্নিত কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। **Mutiplexing ও Demulitplexing সংক্ষেপে ব্যাখ্যা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **চিত্রসহ একটি ক্রিস্টাল রিসিভারের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **FDM ও TDM-এর পার্থক্যসমূহ লিখ।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

২৪। **Image frequency বলতে কী বুঝায়? বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **Amplitude modulation এবং Frequecncy modulation-এর পার্থক্য লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ৬ × ৫ = ৩০)

২৬। **Frequency mouulation-এ তরঙ্গ চিত্রসহ মডুলেটেড ওয়েভের সমীকরণ নির্ণয় কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। **Foster Seeily Discriminator-এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। **একটি Superheterodyne রিসিভারের ব্লকচিত্র অংকন করে তার বিভিন্ন অংশের কার্যপাণালি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। **প্রমাণ কর যে, একটি suppressed carrier balanced modulator-এর দুটি Side band থাকে।**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। **একটি Typical practical diode detector-এর কার্যপ্রণালি ব্যাখ্যা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। **FM পদ্ধতিতে যখন অডিও মডুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সি 400 Hz এবং অডিও মডুলেটিং ভোল্টেজ 2V হয় তখন ফ্রিকুয়েন্সি ডেভিয়েশন (fd) 10 KHz হয়। মডুলেশন ইনডেক্স বের করা। এ ছাড়াও modulation index ও Frequency deviation বের কর। যদি (a) AF Voltage 16 volt-এর বৃদ্ধি করা হয় এবং modulation frequency অপরিবর্তিত থাকে, এবং (b) Voltage 20 volt-এর বৃদ্ধি পেলে এবং modulation frequency 200 Hz হ্রাস পায়।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর উদাহরণ ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

প্রকৌশল ডিপ্লোমা শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব (১৯৯৮-৯৯ শিক্ষাসন) সমাপনী পরীক্ষা-১৯৯৯

ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজি

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (ইএনটি-৪২৪)

সময় : ৩ ঘণ্টা **পূর্ণমান : ৭৫**

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১ × ১৫ = ১৫)

১। **QAM বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **Phase Modulation কাকে বলে?**

৩। **Image Frequency-এর সংজ্ঞা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **Alignment কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **Local Oscillator-এর কাজ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **Superheterodyne action কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **Telegraph Transmitter কত প্রকার ও কী কী?**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৮। **একটি Transmitter-এর বিভিন্ন অংশগুলোর নাম লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **Foster Seeily discriminator কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **Diagonal clipping কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। **PCM কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **Pulse Modulation-এর প্রকারভেদ লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **Noise figure বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **VSB Modulation-এর সংজ্ঞা লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **UHF ও EHF-এর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৩ × ১০ = ৩০)

১৬। **Basic Communication System বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **Satellite Communication-এর মূলনীতি লিখ।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১৮। **Power Distribution-এর ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $Pt = Pc\ (1+m_a^2/2)$ এখানে প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **FM এর সুবিধা ও অসুবিধা কী কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **Amplitude Modulation (A.M) এবং Frequency Modulation (F.M)-এর মধ্যে পার্থক্য দেখাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। **TDM Communication System বর্ণনা কর।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

২২। **একটি Practical diode detector ckt অংকন করে সংক্ষেপে কার্যপ্রণালি লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **একটি Master Oscillator-এর Frequency ঠিক রাখার জন্য কী কী সর্তকতা অবলম্বন করা হয়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **একটি Tuned Radio Frequency Receiver-এর Block Diagram অংকন করে সংক্ষেপে বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ- বিভাগ (মান : ৫ × ৬ = ৩০)

২৫। **Communicaton Receiver Bolck ডায়াগ্রাম অংকন করে প্রতিটি Block-এর বর্ণনা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৬। **প্রমাণ কর যে, Amplitude Modulation-এর ক্ষেত্রে Modulated Wave কেবলমাত্র দুটি সাইড ব্যান্ড তৈরি করে।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। **একটি Balanced Modulator-এর সার্কিট ডায়াগ্রাম অংকন করে বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। **অ্যানালগ ও ডিজিটাল কমিউনিকেশনে ফেজ মডুলেশন কৌশল বর্ণনা কর।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

২৯। **একটি Armstorng F. M. Transmitter-এর block diagram অংকন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৩০। **একটি Superheterodyne Radio Receiver-এর Block চিত্র অংকন করে বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

প্রকৌশল ডিপ্লোমা শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব (১৯৯৯-২০০০ শিক্ষাসন) সমাপনী পরীক্ষা-২০০০

ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজি

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (ইএনটি-৪২৪)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ৭৫

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১× ১৫ = ১৫)

১। **চ্যানেল ক্যাপাসিটি বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **অডিও, ভিডিও এবং data signal-এর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **Digital telephony-এর দুটি সুবিধা লিখ।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৪। **মডুলেশন বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **কমিউনিকেশন সিস্টেমে ডি-মাল্টিপ্লেক্সিং কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **স্যাটেলাইট কমিউনিকেশন কাকে বলে?**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৭। **Diagonal Clipping কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **রেডিও রিসিভারের সিলেকটিভিটি বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **AM অপেক্ষা FM এর দুটি সুবিধা উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **কোয়াড্রেচার অ্যামপ্লিচুড মডুলেশন (QAM) বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। **পূর্ণ অর্থ লিখ : DSB- SC, FCC, AFC, PCM.**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **এফ. এম (FM) ওয়েভের ডেভিয়েশন রেশিও বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **অ্যালাইনমেন্ট (Alignment) বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **VSB কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **রেশিও ডিটেকটরের কাজ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৩ × ১০ = ৩০)

১৬। **সিগনাল-টু-নয়েজ রেশিও কম না বেশি হওয়া ভালো-তোমার উপরের স্বপক্ষে যুক্তি দেখাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **অ্যামপ্লিচুড মডুলেশনে মডুলেশন ফ্যাক্টর একক হলে প্রমাণ কর যে, মোট পাওয়ার সাইড ব্যান্ড পাওয়ারের এক-তৃতীয়াংশ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **এ. এম-এর সাথে এফ. এম-এর তুলনামূলক তিনটি পার্থক্য বুঝিয়ে লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **লো-লেভেল ও হাই-লেভেল মডুলেশনের মধ্যে তিনটি পার্থক্য লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **কমিউনিকেশনে ট্রান্সমিটারের গুরুত্ব বুঝিয়ে লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। **Foster Seeily Discriminator-এর চিত্র অংকন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **Superheterodayne রেডিও রিসিভারের ব্লকচিত্র অংকন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **সেলুলার টেলিফোনের কার্যপ্রণালি সংক্ষেপে লিখ।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

২৪। **ভালো কমিউনিকেশন রিসিভারের বৈশিষ্ট্যসমূহ উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **বিভিন্ন প্রকার কমিউনিকেশন পদ্ধতির ফ্রিকুয়েন্সি ব্যান্ড উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ৬ × ৫ = ৩০)

২৬। **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন-এর গাণিতিক সমীকরণটি প্রতিপাদন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। **একটি এ. এম. ভোল্টেজ সমীকরণ হলো–**

$$\vartheta = 15\left[\cos 4 \times 10^5 t + \frac{1}{2}\{\cos 4.5 \times 10^5 t + \cos 3.5 \times 10^5 t\}\right]$$ **হলে বের কর :**

(অ) ব্যান্ড ওয়াইড্থ
(আ) মডুলেশন ইনডেক্স
(ই) 10 ওহম রেডিও রিসিভারে পাওয়ার অপচয়।
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর উদাহরণ ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। **চিত্রসহ Balanced Modulator-এর কার্যপ্রণালি ব্যাখ্যা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। **Armstrong FM ট্রান্সমিটরের ব্লক ডায়াগ্রামসহ কার্যপ্রণালি ব্যাখ্যা কর।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৩০। **ব্লক ডায়াগ্রামসহ FDM-এর কার্যনীতি ব্যাখ্যা কর।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৩১। **দেখাও যে FM-তে অসংখ্য সাইড ব্যান্ড উৎপন্ন হয়।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

প্রকৌশল ডিপ্লোমা শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব (২০০০-২০০১ শিক্ষাসন) সমাপনী পরীক্ষা-২০০১

ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজি

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (ইএনটি-৪২৪)

সময় : ৩ ঘণ্টা **পূর্ণমান : ৭৫**

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো পাঁচটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১ × ১৫ = ১৫)

১। **Noise Figure কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **Broadcast band-এর ফ্রিকোয়েন্সি রেঞ্জ কত?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **চ্যানেল ব্যান্ডওয়াইডথ বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **মডিউলেশন ইনডেক্স কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **ডিজিটাল কমিউনিকেশনের দুটি সুবিধা উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **রিসিভার সেনসিটিভিটি বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **Atmospheric noise কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **FM এর Deviation ratio কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **AM এর Percentage মডিউলেশন বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **TRF কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। **PAM, PWM, SNR ও VSB-এর পূর্ণ অর্থ লিখ।**
উত্তর : PAM → Pulse Amplitude Modulation.
PWM→ Pulse Width Modulation.
SNR→ Signal to Noise Ratio.
VSB → Vestigial Side Band.

১২। **কোয়ান্টাইজেশন বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **TDM ও FDM কী?**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১৪। **Image ফ্রিকোয়েন্সী কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **AM অপেক্ষা F.M এর দুটি সুবিধা উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৩ × ১০ = ৩০)

১৬। **AM কী এবং একটি AM wave-এর তরঙ্গাকৃতি অংকন করে বিভিন্ন ফ্রিকোয়েন্সি কমপোনেন্টসগুলো চিহ্নিত কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **একটি AM ট্রান্সমিটার-এর ব্লকচিত্র অংকন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **AM এর ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, Total Power = 1. 5 × Carrier Power, যখন মডিউলেশন ফ্যাক্টর একক মানে হয়।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর উদাহরণ ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **AM ও FM এর মৌলিক পার্থক্যগুলো লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **Balance মডিউলেটর কী এবং একটি Balance মডিউলেটরের চিত্র অংকন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ১ ও ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। **Ratio ডিটেকটর-এর কাজ উল্লেখ করে একটি Ratio ডিটেকটরের বর্তনী চিত্র অংকন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **একটি সুপারহেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের ব্লকচিত্র অংকন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **Radio রিসিভারের বৈশিষ্ট্যসমূহ আলোচনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **একটি সুপারহেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের লোকাল অসিলেটর ফ্রিকোয়েন্সি ১৪১৫ কিলোহার্টজ হলে রিসিভারের Tune-কৃত সিগনালের ফ্রিকোয়েন্সি কত হবে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **TRF ও Superheterodyne রেডিও রিসিভারের সুবিধা-অসুবিধাগুলো উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ৬ × ৫ = ৩০)

২৬। **AM এর গাণিতিক সমীকরণটি প্রতিপাদন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। **ব্লকচিত্রসহ FDM এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

২৮। **Foster Seeily Discriminator-এর কার্যক্রম চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। **একটি AM ভোল্টেজ সমীকরণ : $e = 25\ (1+0.1 \cos 5000\ t - 0.3 \cos 10000t) \sin 5\times10^5 t$ হলে নির্ণয় কর :**
(ক) মডিউলেটেড তরঙ্গের ফ্রিকোয়েন্সি কম্পোনেন্টসমূহ
(খ) প্রতিটি ফ্রিকোয়েন্সি কম্পোনেন্টের উচ্চতা
(গ) মডিউলেশন ফ্যাক্টর ও Percentage মডিউলেশন
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর উদাহরণ ৫ এর অনুরূপ দ্রষ্টব্য।

৩০। **Single Side Band ও DSB-এর পার্থক্য ও সুবিধাগুলো বর্ণনাপূর্বক একটি SSB জেনারেশন পদ্ধতি ব্লকচিত্রসহ সংক্ষেপে বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। **Reactance মডিউলেটরযুক্ত FM transmitter-এর ব্লকচিত্র ও কার্যাবলী ব্যাখ্যা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

প্রকৌশল ডিপ্লোমা শিক্ষাক্রম

চতুর্থ পর্ব (২০০১-২০০২ শিক্ষাসন) সমাপনী পরীক্ষা-২০০২

ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজি

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (ইএনটি-৪২৪)

সময় : ৩ ঘণ্টা **পূর্ণমান : ৫০**

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১ × ১০ = ১০)

১। **অডিও (Audio) এবং ভিডিও (Video) সিগনালের (Frequency range) ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন (F.M) বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **SSB এবং SSB-SC-এর সম্পূর্ণ নাম লিখ।**
উত্তর : SSB → Single Side Band.
SSB-SC → Single Side Band Supressed Carrier.

৪। **ভ্যারেকটর ডায়োড (Varactor diode) কোথায় ব্যবহৃত হয়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **ডিটেকশন (Detection) কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **মিডিয়াম ওয়েভ (F.W) প্রেরকযন্ত্রের ফ্রিকুয়েন্সি Range কত?**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **একটি সুপার হেটোরোডাইন (Super heterodyne) রেডিও রিসিভারে I.F. এর মান কত?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **সিলেকটিভিটি (Selectivity) বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **গ্রাহক মিক্সার (Mixer)-এর কাজ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **ASK, FSK এবং PSK-এর পূর্ণনাম লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ- বিভাগ (মান : ২ × ১০ = ২০)

১১। **ব্লকচিত্র অংকন করে একটি কমিউনিকেশন সিস্টেম (Communication System)-এর সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **FDM-এর মূলনীতি লিখ।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১৩। **মডুলেশন-এর প্রয়োজনীয়তা লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **চিত্রসহকারে AM ওয়েভের বর্ণনা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **VSB মডুলেশন কোথায় ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৬। **FM ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম (Frequency Spectrum) অংকন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **মাল্টিপ্লেক্সিং (Multiplexing)-এর সুবিধা লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **একটি রেডিও ট্রান্সমিটারের উল্লেখযোগ্য Unit-সমূহের নাম লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **যোগাযোগ গ্রাহকযন্ত্রের বৈশিষ্টগুলো কী কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **একটি 500 ওয়াট ক্যারিয়ার ওয়েভ-এর মডুলেশন যদি শতকরা 100 ভাগ হয় (m-1), তবে AM ওয়েভের মোট ক্ষমতা এবং সাইডব্যান্ড ক্ষমতা নির্ণয় কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর উদাহরণ ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ - বিভাগ (মান : ৫ × ৪ = ২০)

২১। **AM ওয়েভের ক্ষেত্রে ক্যারিয়ার (Carrier) ওয়েভ ও সাইডব্যান্ড (Sideband) কর্তৃক মোট ক্ষমতার কত অংশ ব্যয়িত হয়, তা নির্ণয় কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **চিত্র অংকন করে স্যাটেলাইট কমিউনিকেশন পদ্ধতির বর্ণনা দাও।**

উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

২৩। **বর্তনী অংকনপূর্বক একটি কালেক্টর মডুলেটর (Collector modulator) -এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন (FM)-এর গাণিতিক রাশিমালাটি নির্ণয় কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **ব্লকচিত্রের সাহায্যে একটি সুপার হেটারোডাইন গ্রাহকযন্ত্রের কার্যনীতি আলোচনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৬

ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজি

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড-২৮৫৭)

সময় : ৩ ঘণ্টা **পূর্ণমান : ৫০**

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১ × ১০ = ১০)

১। **চ্যানেল ক্যাপাসিটি বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **ট্রান্সপন্ডার কী?**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৩। **সিলেকটিভিটি কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **পূর্ণনাম লিখ : CWFSK, QAM.**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **মালটিপ্লেক্সিং-এর সুবিধা কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **মডুলেশন কত প্রকার ও কী কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **রেশিও ডিটেক্টরের কাজ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **একটি সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের লোকাল অসিলেটর ফ্রিকুয়েন্সি 1560 KHz হলে রিসিভারের টিউনকৃত সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি কত হবে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর অনুরূপ।

৯। **রেডিও রিসিভারে মিক্সার স্টেজ-এর কাজ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন-এর প্রধান সুবিধা কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ২ × ১০ = ২০)

১১। **একটি কমিউনিকেশন সিস্টেম-এর ব্লকচিত্র অঙ্কন করে বিভিন্ন অংশ চিহ্নিত কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **দেখাও যে,** $m = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}}$
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **একটি লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের কার্যপ্রণালি লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **High level এবং Low level modulation-এর মধ্যে পার্থক্য লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **FM এর Frequency Spectrum অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৬। **কমিউনিকেশন রিসিভারের বৈশিষ্ট্য কী কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **Phase modulation-এর সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**

উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১৮। **AM ও FM-এর মধ্যে পার্থক্য লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **FDM-এর মূলনীতি লিখ।**

উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

২০। **FM-এর ফ্রিকুয়েন্সি ডিভিয়েশন বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ৫ × ৪ = ২০)

২১। **FM wave-এর রাশিমালা নির্ণয় কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **একটি Collector modulator ckt অঙ্কন করে এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **একটি সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে প্রতিটি ব্লকের কাজ বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **AM wave-এর পাওয়ার রাশিমালাটি নির্ণয় কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর উদাহরণ ১২ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। **Reactance tube FM transmitter-এর কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।**

উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৭

ইলেকট্রনিক্স ও ইলেকট্রো-মেডিক্যাল টেকনোলজি

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড-২৮৫৭)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ৫০

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১ × ১০ = ১০)

১। **সেলুলার ফোন বা সেল ফোন কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **ক্যারিয়ার সিগন্যালের কাজ লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **Data Signal কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **VSB কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **Discriminator কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **Fidelity বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **Buffer Amplifier কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **Intermediate frequency বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **ASK, FSK এবং PSK-এর পূর্ণনাম লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ২ × ১০ = ২০)

১১। **Satellite-এ ব্যবহৃত আপ লিংক এবং ডাউন লিংক ফ্রিকুয়েন্সিগুলো উল্লেখ কর।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১২। **AM এবং FM এর মাঝে পার্থক্য কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **প্রমাণ কর যে, AM এর মোট পাওয়ার, ক্যারিয়ার পাওয়ারের $^3/_2$ গুণ, (যখন m = 1)।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর উদাহরণ ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **QAM এর মূলনীতি লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **যদি $e_m = 5 \sin 314\ t$ এবং $e_c = 10 \sin 3140\ t$ হয়, তাহলে সাইডব্যান্ড ফ্রিকুয়েন্সি ও মডুলেশন ইনডেক্স নির্ণয় কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর উদাহরণ ৩ এর অনুরূপ দ্রষ্টব্য।

১৬। **কমিউনিকেশন সিস্টেমের ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **নয়েজের উৎসগুলোর নাম লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **ভালো ট্রান্সমিটারের বৈশিষ্ট্যগুলো লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **FDM এবং TDM এর মাঝে পার্থক্য লিখ।**

উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

২০। **গাণিতিক সমীকরণসহ চ্যানেল ব্যান্ডউইডথ এবং চ্যানেল ক্যাপাসিটির সংজ্ঞা দাও।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ৫ × ৪ = ২০)

২১। **প্রমাণ কর যে, Amplitude মডুলেশনে মাত্র দু'টি সাইড ব্যান্ড উৎপন্ন হয়।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **Base মডুলেটরের চিত্রসহ কার্যপ্রণালি লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের গাণিতিক রাশিমালাটি নির্ণয় কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **ব্লক ডায়াগ্রামসহ AM রিসিভারের বর্ণনা দাও।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **RC টাইম কনস্ট্যান্ট-এর জন্য Diagonal clipping-এর Empirical সূত্রটি প্রতিপাদন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম
৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৮
(অনিয়মিত পরীক্ষার্থীদের জন্য)
ইলেকট্রনিক্স ও ইলেকট্রো-মেডিক্যাল টেকনোলজি

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড-২৮৫৭)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ৫০

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১০ × ১ = ১০)

১। **অডিও, ভিডিও এবং ডাটা সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **নয়েজ বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **আপ লিংক এবং ডাউন লিংক ফ্রিকুয়েন্সি কী?**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৪। **Diagonal clipping বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **দুটি সেলুলার পদ্ধতির নাম লিখ।**
উত্তর : GSM ও CDMA।

৬। **Fidelity কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **SSB, DSB-SC-এর পূর্ণনাম লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **Discriminator কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **ভিএসবি (VSB)-এর সংজ্ঞা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ২ × ১০ = ২০)

১১। **গাণিতিক সমীকরণসহ চ্যানেল ব্যান্ডউইডথ ও চ্যানেল ক্যাপাসিটরের সংজ্ঞা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **বিভিন্ন প্রকার মডুলেশনের সংক্ষিপ্ত পরিচয় দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **500 ওয়াটের একটি ক্যারিয়ার ওয়েভকে 100% AM মডুলেশন করা হয়। মডুলেটেড ওয়েভের পাওয়ার এবং সাইডব্যান্ড পাওয়ার বের কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর উদাহরণ ৭ এর অনুরূপ দ্রষ্টব্য।

১৪। **FDM এবং TDM-এর মাঝে পার্থক্য লিখ।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১৫। **নয়েজ ফিগার এবং মডুলেশন ইনডেক্স বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

এবং অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৬। **মাল্টিপ্লেক্সিং-এর মূলনীতি লিখ।**

উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১৭। **FM ওয়েভ ডিটেকশনের পদ্ধতিগুলোর নাম লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **AM মডুলেশনের মডুলেশন ইনডেক্স (m_a) ১০০% হলে প্রমাণ কর যে, মোট পাওয়ার, সাইডব্যান্ড পাওয়ারের তিন গুণ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **Sensitivity এবং Selectivity-এর মাঝে পার্থক্য লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **QAM-এর মৌলিক নীতি উল্লেখ কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ৫ × ৪ = ২০)

২১। **ব্লক ডায়াগ্রামসহ বেসিক কমিউনিকেশনের বর্ণনা দাও।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনের গাণিতিক রাশিমালা নির্ণয় কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **ইনপুট/আউটপুট ওয়েভসহ একটি Super heterodyne AM রিসিভারের প্রতিটি ব্লকের কাজ উল্লেখ কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **AM-এর গাণিতিক সমীকরণ প্রতিপাদন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **Base Modulator-এর সচিত্র কার্যপ্রণালি লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

পঞ্চম পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০০৯

ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজি

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড-২৮৫৭)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ৫০

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১ × ১০ = ১০)

১। **চ্যানেলের ব্যান্ডওয়াইডথ কী কী বিষয়ের ওপর নির্ভর করে?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **GSM এবং RADAR-এর পূর্ণনাম লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **Uplink Frequency কাকে বলে?**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৪। **Modulation কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **Modulation Index কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **TDM বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৭। **Liner Modulator কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **লিমিটার সার্কিটের কাজ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **Buffer Amplifier কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **CWFSK কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ২ × ১০ = ২০)

১১। **পূর্ণ অর্থ লেখ : FSK, PCM, QAM, SSB-SC.**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **গাণিতিক সমীকরণসহ চ্যানেল ব্যান্ডউইডথ এবং চ্যানেল ক্যাপাসিটির সংজ্ঞা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **সংক্ষেপে Microwave network-এর বর্ণনা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **AM ও FM system-এর মাঝে পার্থক্য লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **কমিউনিকেশন সিস্টেমে Multiplexing এবং Demultiplexing-এর মূলনীতি লেখ।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

পঞ্চম পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০০৯

ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজি

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং--১ (বিষয় কোড-২৮৫৭)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ৫০

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১ × ১০ = ১০)

১। **চ্যানেলের ব্যান্ডওয়াইডথ কী কী বিষয়ের ওপর নির্ভর করে?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **GSM এবং RADAR-এর পূর্ণনাম লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **Uplink Frequency কাকে বলে?**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৪। **Modulation কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **Modulation Index কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **TDM বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৭। **Liner Modulator কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **লিমিটার সার্কিটের কাজ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **Buffer Amplifier কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **CWFSK কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ২ × ১০ = ২০)

১১। **পূর্ণ অর্থ লেখ : FSK, PCM, QAM, SSB-SC.**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **গাণিতিক সমীকরণসহ চ্যানেল ব্যান্ডউইডথ এবং চ্যানেল ক্যাপাসিটির সংজ্ঞা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **সংক্ষেপে Microwave network-এর বর্ণনা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **AM ও FM system-এর মাঝে পার্থক্য লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **কমিউনিকেশন সিস্টেমে Multiplexing এবং Demultiplexing-এর মূলনীতি লেখ।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

পঞ্চম ও ৭ম পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০০৯

ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজি

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড-২৮৫৭)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ৭৫

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১ × ১০ = ১০)

১। **একটি কমিউনিকেশন সিস্টেমের মৌলিক অংশগুলো কি কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **সেলুলার ফোন কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **মডুলেশন কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **মডুলেশন ইনডেক্স কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশনে ক্যারিয়ারের কী পরিবর্তন হয়?**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৬। **মাল্টিপ্লেক্সিং কেন করা হয়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **SSB-SC বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **AGC-এর অর্থ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **মডুলেশন কোথায় ব্যবহৃত হয়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **Demodulation বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ২ × ১০ = ২০)

১১। **Modulation দরকার হয় কেন?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **VSB-এর ব্যবহার উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **FM-এর সুবিধা বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **বিভিন্ন প্রকার Modulator-এর ব্যবহার উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **Diagonal Clipping কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৬। **Discriminator বলতে কী বুঝ?**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **একটি Super heterodyne FM Receiver-এর Block চিত্র অংকন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **Master Oscillator-এর বৈশিষ্ট্য লিখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **Radio Receiver-এর শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **একটি ভালো কমিউনিকেশন রিসিভারের বৈশিষ্ট্য কি কী?**

অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ৫ × ৪ = ২০)

২১। **AM ওয়েভকে বিশ্লেষণ করে একটি সমীকরণ প্রতিপাদন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **FM wave-এর Frequency Spectrum চিত্রসহ বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **একটি Foster Seelly discriminator চিত্রসহ বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **একটি AM Radio Transmitter-এর Block চিত্র অংকন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **ব্লকচিত্রসহ QAM পদ্ধতি ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

১ম, ৩য়, ৫ম ও ও ৭ম পর্ব সমাপনী এবং ২য়, ৪র্থ ও ৬ষ্ঠ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১০

৫ম পর্ব-ইলেকট্রনিক্স (২০০৫ প্রবিধান) টেকনোলজি

৬ষ্ঠ/৭ম পর্ব-ইনস্ট্রুমেন্টেশন অ্যান্ড প্রসেস কন্ট্রোল (২০০৫ প্রবিধান)

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং--১ (বিষয় কোড-২৮৫৭)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ৫০

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১ × ১০ = ১০)

১। **AM-এর Frequency spectrum অঙ্কন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **Modulation index বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **Multiplexing বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **SSB বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **FM receiver-এ লিমিটারের কাজ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **ডায়াগোনাল ক্লিপিং বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **Alignment বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **Baud কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **QAM কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **SNR-এর মান কেমন হওয়া উচিত?**
উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ২ × ১০ = ২০)

১১। **Telecommunication-এর ক্ষেত্রফল উল্লেখ কর।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১২। **PPM, PDM এবং PWM সিগন্যালের প্রয়োগ লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **Balanced modulator-এর মূলনীতি লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **ফস্টার সীলি ডিসক্রিমিনেটরের তুলনায় রেশিও ডিটেক্টরের সুবিধা লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের কার্যপ্রণালি লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৬। **Low level ও High level modulation-এর মধ্যে চারটি পার্থক্য লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **Radio receiver-এর শ্রেণিবিভাগ লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **একটি Commication receiver-এর Block চিত্র অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **ASK, FSK, PSK-এর বর্ণনা দাও।**

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **Noise-এর উৎসগুলো কী কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ৫ × ৪ = ২০)

২১। **দেখাও যে, AM-এর ক্ষেত্রে একটি ক্যারিয়ার ওয়েভ ও দুটি Side band উৎপন্ন হয়।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **একটি AM ওয়েভের মোট পাওয়ারের পরিমাণ 1500 W। 100% মডুলেশনের ক্ষেত্রে বের কর :**
(ক) ক্যারিয়ার দিয়ে ট্রান্সমিটেড পাওয়ার, (খ) প্রতিটি সাইডব্যান্ড দিয়ে ট্রান্সমিটেড পাওয়ার।

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর উদাহরণ ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। **দেখাও যে, FM-এর মডুলেটেড ওয়েভকে $V = V_c \sin(W_c t + \delta \sin W_n t)$ আকারে প্রকাশ করা যায়।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **একটি Ratio detector সার্কিটের চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **একটি Super heterodyne AM Radio receiver-এর ব্লকচিত্র Wave form-সহ কার্যনীতি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম
৫ম পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১১
ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজি

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড-২৮৫৭)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ৫০

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১ × ১০ = ১০)

১। **অডিও ও ভিডিও সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **মডুলেশন কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **VSB-এর পুরো নাম কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **ফ্রিকুয়েন্সি মডুলেশন কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **ডিমডুলেশন কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **সিলেকটিভিটি কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিকুয়েন্সি কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **কমিউনিকেশন রিসিভার কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **FSK এবং PSK-এর পূর্ণনাম লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **QAM মডুলেশন কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ২ × ১০ = ২০)

১১। **কোন কোন উপাদানের উপর চ্যানেলের বৈশিষ্ট্য নির্ভর করে?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **টেলিগ্রাফ ও টেলিফোনের মাঝে পার্থক্য কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **VSB-এর ব্যবহার উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **FM-এর সুবিধাগুলো লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **মাল্টিপ্লেক্সিংয়ের মূলনীতি লেখ।**
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১৬। **Balanced slope detector-এর অসুবিধা কী কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **মাস্টার অসিলেটরের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **IF Amplifier কী? এর কাজ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **কমিউনিকেশন রিসিভারের ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **রিসিভারের সেনসিটিভিটি বলতে কী বোঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ৪ × ৫ = ২০)

২১। **AM ওয়েভকে বিশ্লেষণ করে একটি সমীকরণ প্রতিপাদন করে।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **Suppressed carrier balanced modulator-এর কার্যপ্রণালি লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **একটি Foster Seeily discriminator চিত্রসহ বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **ব্লকচিত্রের সাহায্যে একটি সুপার হেটারোডাইন রিসিভারের কার্যনীতি আলোচনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **কমিউনিকেশন রিসিভারের ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রম

৫ম ও ৭ম পর্ব সমাপনী এবং ৬ষ্ঠ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১১

৫ম পর্ব-ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজি

৬ষ্ঠ/৭ম পর্ব-ইনস্ট্রুমেন্টেশন অ্যান্ড প্রসেস কন্ট্রোল

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড-২৮৫৭)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ৭৫

ক ও খ বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগ হতে যে কোনো চারটি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১ × ১০ = ১০)

১। অডিও এবং ভিডিও সিগন্যালের **Frequency range** লেখ।
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **Channel capacity** কাকে বলে?
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। পূর্ণনাম লেখ : **AM, FM, QAM, PWM.**
উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **Modulation** কাকে বলে?
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **Multiplexing** কেন করা হয়?
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **AGC** দিয়ে কী বোঝায়?
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **Ratio Detector**-এর কাজ কী?
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **Communication receiver** কাকে বলে?
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। বিভিন্ন প্রকার রেডিও রিসিভারের নাম লেখ।
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **Local oscillator**-এর কাজ কী?
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ২ × ১০ = ১০)

১১। **Communication system**-এর **Block diagram** অঙ্কন করে বর্ণনা দাও।
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **Modulation**-এর প্রয়োজনীয়তা সংক্ষেপে লেখ।
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **Amplitude modulation**-এর **Frequency Spectrum** অঙ্কন কর।
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **Pulse modulation**-এর সুবিধা লেখ।
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **FDM ও TDM-এর মাঝে পার্থক্য লেখ।**

উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১৬। **QAM কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **একটি Practical diode detector অঙ্কন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **Foster Seesly discriminator কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **AM transmitter কয় প্রকার ও কী কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **Selectivity কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ৫ × ৪ = ২০)

২১। **AM ওয়েভকে বিশ্লেষণ করে একটি সমীকরণ প্রতিপাদন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **Armstrong FM Transmitter-এর Block Diagram-সহ কার্যপ্রণালি লেখ।**

উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

২৩। **চিত্রসহ Satellite Communication ব্যবস্থা বর্ণনা কর।**

উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

২৪। **চিত্রসহ রেশিও ডিটেক্টরের অপারেশন বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **একটি Practical Diode Detector-এর সার্কিট অঙ্কন করে সংক্ষেপে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৫ম পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১২

টেকনোলজি : ইলেকট্রনিক্স

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড : ২৮৫৭)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ৫০

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোনো ৪ (চার) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১০ × ১ = ১০)

১। **অডিও ও ভিডিও সিগনালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ কত?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **সিগনাল টু নয়েজ রেশিও বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **মডুলেশন ইনডেক্স কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **ডায়াগোনাল ক্লিপিং বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **ডিসক্রিমিনেটর বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **SSB-SC-এর পূর্ণনাম লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **PM এর ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম অঙ্কন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **মাল্টিপ্লেক্সিং ও ডিমাল্টিপ্লেক্সিং কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **ইনভেলপ ডিকেটশন কোথায় ব্যবহৃত হয়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **পিজোইলেকট্রিক ইফেক্ট বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ১০ × ২ = ২০)

১১। **বিভিন্ন প্রকার কমিউনিকেশন নেটওয়ার্কের নাম লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **ব্যালেন্সড মডুলেটরের মূলনীতি লিখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **VSB মডুলেশন বলতে কী বুঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **প্রমান কর যে, 100% মডুলেশনের ক্ষেত্রে মোট পাওয়ার ক্যারিয়ার পাওয়ারের দেড়গুন।**
উত্তর : অধ্যায় ৩ এর উদাহরণ ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। **মডুলেশন দরকার হয় কেন?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৬। মাল্টিপ্লেক্সিং এর ব্যবহার লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। SSB ট্রান্সমিটারের ব্লক চিত্র অংকন করে দেখাও।

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। AM ও FM এর মাঝে পার্থক্য লিখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। QAM পদ্ধতির চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। লিমিটার সার্কিটের কাজ কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ–বিভাগ (মান : ৪ × ৫ = ২০)

২১। AM ওয়েভকে বিশ্লেষণ করে একটি সমীকরণ প্রতিপাদন কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। PDM মডুলেশন চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের ব্লক ডায়াগ্রাম অংকন করে বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। স্যাটেলাইট কমিউনিকেশন এর ব্লকচিত্র অংকন করে বর্ণনা কর।

উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

২৫। চিত্রসহ লিনিয়ার ডায়ড ডিটেক্টরের কার্যপ্রণালি ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

চতুর্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১২

টেকনোলজি : ইলেকট্রনিক্স (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড : ৬৮৪২)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ১২০

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোনো ৫ (পাঁচ) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ২ × ১৫ = ৩০)

১। ভিডিও সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ কত?

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। চ্যানেল ব্যান্ড-উইড্থ্ কী কী বিষয়ের ওপর নির্ভরশীল?

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। পার্টিশন নয়েজ কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। SSB-SC এর পূর্ণনাম লেখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। মড্যুলেশন ইনডেক্স কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। কালেক্টর মড্যুলেটর সার্কিটে ট্রানজিস্টরের কোন টার্মিনালে কোন সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়?

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। সিনক্রোনাস ডিটেকশন কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। FM ডিমড্যুলেশনে লিমিটার সার্কিটের কাজ কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। শর্ট ওয়েভ ট্রান্সমিটারের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ কত?

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। সুপার হেটারোডাইন রিসিভারে কী কী এলাইনমেন্ট করা হয়?

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। অটোমেটিক টেলিফোনে কী কী টোন ব্যবহৃত হয়?

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। Nyquist rate কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। কোয়ান্টিজেশন কাকে বলে?

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। ASK, PSK এবং QAM-এর পূর্ণনাম লেখ।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। গাইডেড মিডিয়া কয় প্রকার ও কী কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। ক্যারিয়ার আন্‌মড্যুলেটেড অবস্থায় কোনো একটি ট্রান্সমিটার 10KW পাওয়ার বিকিরণ করে। যদি মড্যুলেটেড অবস্থায় ঐ ট্রান্সমিটার 11.8KW পাওয়ার বিকিরণ করে, তবে এর মড্যুলেশন ফ্যাক্টর নির্ণয় কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর উদাহরণ ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। পাল্‌স্‌ মড্যুলেশন কয় প্রকার ও কী কী?

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। একটি ব্যালেন্সড্‌ মড্যুলেটরের সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। পাল্‌স্‌ লক্‌ড্‌ লুপ-এর প্রয়োগ ক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। Foster-Seeley ডিটেক্টরের তুলনায় রেশিও ডিটেক্টরের সুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। সুপার হেটারোডাইন রিসিভার কাজের মূলনীতি লেখ।

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। ফ্রিকুয়েন্সিসহ একটি আধুনিক টেলিফোন সেটের 'কী'-প্যাড অঙ্কন কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। ডিজিটাল কমিউনিকেশনের সুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। চিত্রের সাহায্যে PSK ব্যাখ্যা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। আন্‌গাইডেড মিডিয়া কয় প্রকার ও কী কী?

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। দেখাও যে, এমপ্লিচিউড মড্যুলেশনের ক্ষেত্রে একটি ক্যারিয়ার ওয়েভ ও দুটি সাইড ব্যান্ড উৎপন্ন হয়।

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। একটি FM ওয়েভের সমীকরণ : $V = 20 \sin(5 \times 10^8 t + 4 \sin 1500t)$ এর (ক) ক্যারিয়ার এবং মড্যুলেটিং ফ্রিকুয়েন্সি; (খ) মড্যুলেশন ইনডেক্স এবং সর্বোচ্চ ডেভিয়েশন নির্ণয় কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর উদাহরণ ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। চিত্রসহ একটি সাপ্রেস্‌ড্‌ ক্যারিয়ার ব্যালেন্সড্‌ মড্যুলেটরের কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। চিত্রসহ একটি লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টর সার্কিটের কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। চিত্রসহ একটি লিমিটার সার্কিটের কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। চিত্রসহ একটি কার্বন গ্র্যানিউল ট্রান্সমিটারের কার্যপ্রণালী বর্ণনা কর।

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৫ম পর্ব সমাপনী এবং ৬ষ্ট পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৩

টেকনোলজি : ৫ম পর্ব : ইলেকট্রনিক্স (২০০৫ প্রবিধান)

৬ষ্ট পর্ব : ইন্সট্রুমেন্টেশন অ্যান্ড প্রসেস কন্ট্রোল (২০০৫ প্রবিধান)

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড : ২৮৫৭)

সময় : ৩ ঘন্টা পূর্ণমান :৫০

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন ৪ (চার) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ১ × ১০ = ১০)

১। **AMPS ও GCM-এর পূর্ণঅর্থ লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **মড্যুলেশন ইনডেক্স বলতে কী বোঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **ফ্রিক্যুয়েন্সি মড্যুলেশনে ক্যারিয়ারের কী পরিবর্তন হয়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **SSB-এর সুবিধা কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **ডিমড্যুলেশন বলতে কী বোঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **FM রিসিভারের লিমিটারের কাজ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **ফ্রিক্যুয়েন্সি ড্রিফ্‌ট কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **সিলেকটিভিটি Gain বলতে কী বোঝায়?**

উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৯। **কমিউনিকেশন রিসিভারে ব্লকিং বলতে কী বোঝায়?**

উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১০। **FSK-এর পূর্ণনাম লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ২ × ১০ = ২০)

১১। **চিত্রসহ অডিও, ভিডিও ও ডাটা সিগন্যালের সংজ্ঞা দাও।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৪, ৫ ও ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **মড্যুলেশনের প্রয়োজনীয়তা লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **চিত্রের সাহায্যে AM ওয়েভের ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম বিশ্লেষণ কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **15sin 2π (2000t)-এর একটি অডিও সিগন্যাল একটি সাইনোসুইডাল ক্যারিয়ার ওয়েভ 60sin 2π(1,00,000t) কে মড্যুলেট করে। বের কর :**

(ক) মড্যুলেশন ইনডেক্স; (খ) ফ্রিকুয়েন্সি স্পেকট্রাম।

উত্তর : অনুচ্ছেদ ৩.৮ এর উদাহরণ ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। **TDM-এর মূল কার্যনীতি চিত্রসহ বর্ণনা কর।**

উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১৬। **Ratio detector-এর সুবিধাগুলো লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **Transmitter-এর মাস্টার অসিলেটরের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **একটি সুপার হেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের লোকাল অসিলেটর ফ্রিকুয়েন্সি 1415KHz হলে রিসিভারের টিউনকৃত সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি কত হবে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **একটি ভাল কমিউনিকেশন রিসিভারের বৈশিষ্ট্য লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **চিত্রসহ ASK বর্ণনা কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ৫ × ৪ = ২০)

২১। **ব্লকচিত্রসহ কমিউনিকেশন সিস্টেমের বর্ণনা দাও।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **FM ওয়েভকে বিশ্লেষণ করে একটি গাণিতিক সমীকরণ প্রতিপাদন কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **একটি Balanced Modulator আউটপুট একটি DSB-SC মড্যুলেটেড ওয়েভ নির্দেশ করে-প্রমাণ কর।**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের কার্যপ্রণালী লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **ব্লক ডায়াগ্রামসহ একটি সুপার হেটারোডাইন AM রেডিও রিসিভারের বর্ণনা দাও।**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৩

টেকনোলজি : ইলেকট্রনিক্স (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড : ৬৮৪২)

সময় : ৩ ঘন্টা **পূর্ণমান : ১২০**

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোন ৫ (পাঁচ) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ২ × ১৫ = ৩০)

১। **চ্যানেল ক্যাপাসিটি বলতে কী বোঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **সিলেকটিভিটি বলতে কী বোঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **রেশিও ডিটেক্টরের কাজ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **VSB কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **Buffer Amplifier বলতে কী বোঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **নয়েজ বলতে কী বোঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **Modulation Index বলতে কী বোঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **SSB-sc বলতে কী বোঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **QAM বলতে কী বোঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **AVC বলতে কী বোঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। **Multiplexing কেন করা হয়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **FM range উল্লেখ কর।**
উত্তর : FM range 88 to 108 MHz
অথবা, 1200 to 2400 bps.

১৩। **AM modulationo-এ Side Band কয়টি, উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৬ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **Alignment বলতে কী বোঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **Band width বলতে কী বোঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। Modulation এর প্রয়োজনীয়তা সংক্ষেপে লেখ।
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। স্যাম্পলিং বলতে কী বোঝায় এবং কয় প্রকার ও কী কী?
উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। AM ও FM modulation এর মাঝে পার্থক্য লেখ।
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। FDM-এর মূলনীতি লেখ।
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। AM wave এর Power নির্ণয় কর : $P_T = P_C(1 + \frac{m^2}{2})$।
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। স্বয়ংক্রিয় টেলিফোনে ব্যবহৃত বিভিন্ন টোনের বিবরণ দাও।
উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। PNM এবং PCM-এর ফাংশনাল ব্লক চিত্র অঙ্কন কর।
উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক ১ ও ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। অপটিক্যাল ক্যাবলের ব্যবহারগুলো লেখ।
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। কো-এক্সিয়াল ক্যাবলের গঠন চিত্র অঙ্কন করে সংক্ষেপে বর্ণনা দাও।
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। ইনফ্রারেড কমিউনিকেশন পদ্ধতির মূলনীতি বর্ণনা কর।
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। FM modulation-এর ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, অসংখ্য Side band উৎপন্ন হয়।
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। একটি Base modulator সার্কিট অঙ্কন করে বর্ণনা কর।
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। Balanced modulator-এর সার্কিট অঙ্কন করে বর্ণনা কর।
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। AM Transmitter এর ব্লক চিত্র অঙ্কন করে বর্ণনা কর।
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। RF section এর Frequency converter সার্কিট অঙ্কন করে কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।
উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

৩১। STP UTP cable-এর চিত্রসহ বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপোমা ইন ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা– ২০১৪

টেকনোলজি : ইলেকট্রনিক্স (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড : ৬৮৪২)

সময় : ৩ ঘন্টা পূর্ণমান : ১২০

ক ও খ–বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ–বিভাগের যে কোনো ৫ (পাঁচ) টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ২ × ১৫ = ৩০)

১। **নয়েজ ফ্যাক্টর কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **সিগনাল টু নয়েজ রেশিও-এর একক কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **VSB মডুলেশন-এর ব্যবহার লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **Modulation কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **AM-এর জন্য Modulation index-এর সমীকরণ লেখ। [$ma = \frac{KaEm}{Ec}$**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **Frequency deviation কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **FM-এর সুবিধাগুলো লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **Base modulation কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **পাইলট ক্যারিয়ার কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **ডায়াগোনাল ক্লিপিং বলতে কী বোঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। **FM রিসিভারের লিমিটারের কাজ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **AVC ও TRF-এর অর্থ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ ও ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **ASTIC-এর অর্থ ও কাজ লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **Sampling Theorem টি লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **Optical fiber কী কাজে ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। **Channel capacity কী কী ফ্যাক্টরের উপর নির্ভর করে?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **গাণিতিক সমীকরণসহ চ্যানেল Band width ও চ্যানেল ক্যাপাসিটি-এর সংজ্ঞা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **AM-এর জন্য m = 0, m = 1, m = 0.5, m = 1.5 ধরে modulated wave চিত্র অঙ্কন করে দেখাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **PWM transmission system বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। **পাওয়ার মড্যুলেশন এবং সার্ভিস-এর উপর নির্ভর করে রেডিও ট্রান্সমিটারের শ্রেণিবিভাগ দেখাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **রেডিও রিসিভারের জন্য Band switch-এর চিত্র অঙ্কন করে কাজ বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **রেডিও রিসিভারের সিলেক্টিভিটি, সেনসিটিভিটি ও ফিডেলিটি কাকে বলে, বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ২, ৪ ও ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **টেলিফোন হ্যান্ড-সেট ট্রান্সমিটারের চিত্রসহ মূলনীতি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **চিত্রসহ মাইক্রোওয়েভ কমিউনিকেশন পদ্ধতির বর্ণনা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। **AM ওয়েভের Frequency spectrum চিত্রসহ বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। **Frequency modulated wave-এর গাণিতিক সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। **Foster Seely discriminator-এর সার্কিটসহ কাজ বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। **Simplex PCM transmission system-এর জন্য ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে কাজ বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। **চিত্রসহ FSK পদ্ধতি আলোচনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। **রেডিও Microwave ইনফ্রারেড কমিউনিকেশন সিস্টেমের বৈশিষ্ট্য বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩২। **Suppressed career balanced modulator-এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৪

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড : ৬৮৪২)

সময় ঃ ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ১২০

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে-কোনো ৫(পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ২ × ১৫ = ৩০)

১। **পূর্ণনাম লেখ : GSM, RADAR, PWM ও NWD।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **সেলুলার ফোন কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **VSB কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **মডুলেশন ইনডেক্স কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **SNR কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **Varactor diode-এর কাজ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **মিডিয়াম ওয়েভ প্রেরক যন্ত্রের ফ্রিক্যুয়েন্সি কত?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **বাফার অ্যামপ্লিফায়ার কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **লোকাল অসিলেটরের কাজ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **সাইড টোন কী?**
উত্তর: অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। **PCM কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **AGC এর কাজ লেখ?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **Nyquist rate কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **মাল্টিপ্লেক্সিং কেন করা হয়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **চ্যানেল ক্যাপাসিটি কী কী বিষয়ের ওপর নির্ভর করে?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। **পাল্‌স্ মডুলেশনের সুবিধাগুলো লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **IF Amplifier কী? এটির কাজ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **Ratio ডিটেক্টরের কাজ কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **একটি সুপারহেটারোডাইন রেডিও রিসিভারের লোকাল অসিলেটরের ফ্রিক্যুয়েন্সি কত হলে রিসিভারের টিউনকৃত সিগন্যালের ফ্রিক্যুয়েন্সি 1000 KHZ হবে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৬ নং অনুরূপ দ্রষ্টব্য।

২০। **একটি Superheterodyne receiver এর ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। **AM এর ক্ষেত্রে যখন 50% মডুলেশন করা হবে, তখন মোট পাওয়ার এবং ক্যারিয়ার পাওয়ারের মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **স্বয়ংক্রিয় টেলিফোনে ব্যবহৃত বিভিন্ন টোনগুলোর ফ্রিক্যুয়েন্সি উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **Sampling বলতে কী বোঝায়? Sampling থিওরেমটি লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।।

২৪। **4-QAM -এর ওয়েভ ডায়াগ্রাম এবং কনস্টিলেশন ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **Acceptance angle বলতে কী বোঝায়? Optical fider -এর মাঝ দিয়ে আলোক তরঙ্গ গমনের শর্ত কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ এবং সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। **AM ওয়েভকে বিশ্লেষণ করে একটি সমীকরণ প্রতিপাদন লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। **চিত্রসহ একটি লিনিয়ার ডায়োড ডিটেক্টরের কার্যপ্রণালি লেখ?**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। **একটি Foster-Seeley discriminator চিত্রসহ বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। **একটি AM radio transmitter এর ব্লক চিত্র অঙ্কন করে বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। **একটি টেলিফোন হ্যান্ড-সেটের ট্রান্সমিটারের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১০ রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। **চিত্রসহ ASK -এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩২। **PNM এবং PCM এর ফাংশনাল ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১১ রচনামূলক ১ ও ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৫

টেকনোলজি : ইলেকট্রনিক্স (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড : ৬৮৪২)

সময় : ৩ ঘণ্টা **পূর্ণমান : ১২০**

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোন ৫ (পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ২ × ১৫ = ৩০)

১। **ট্রান্সপন্ডার কী?**

উত্তর : ট্রান্সপন্ডার হলো একটি ইন্টার ক্যানেক্টিভ ইউনিটের সিরিজ যা রিসিভিং অ্যান্টেনা এবং ট্রান্সমিটিং অ্যান্টেনার মধ্যে কমিউনিকেশন চ্যানেল তৈরি করে।

২। **Channel capacity কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **Ratio detector-এর কাজ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **ইন্টারমিডিয়েট ফ্রিক্যুয়েন্সি কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **Local cosclator-এর কাজ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **Modulation কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **চ্যানেলের ব্যান্ড উইড্থ কী কী বিষয়ের ওপর নির্ভর করে?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **নয়েজ বলতে কী বোঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **ASK, FSK, PSK ও SSB-SC-এর পূর্ণনাম লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **SNR-এর সমীকরণটি লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। **অডিও সিগন্যাল ও ভিডিও সিগন্যালের ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **সিলেক্টিভিটি কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **লিমিটার সার্কিটের কাজ কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **QAM মড্যুলেশন কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **Optical Fiber কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। **একটি কমিউনিকেশন সিস্টেমের ব্লক চিত্র অঙ্কন করে বিভিন্ন অংশ চিহ্নিত কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **AM ও FM-এর মাঝে পার্থক্য লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **Amplitude modulation -এর Frequency spectrum অঙ্কন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **একটি Practical diode detector অঙ্কন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **দেখাও যে মড্যুলেশন ইনডেক্স,** $m = \frac{V\,max - V\,min}{V\,max + V\,min}$
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। **সাইড টোনের সুবিধা ও অসুবিধাগুলো লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ৪ ও ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **ফ্রিকুয়েন্স মড্যুলেশনের সংক্ষিপ্ত বর্ণনা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **নয়েজের উৎসগুলোর নাম লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **FM-এর সুবিধা বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **ASTIC সার্কিটের মূলনীতি লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। **AM ওয়েভকে বিশ্লেষণ করে এটির গাণিতিক সমীকরণ প্রতিপাদন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। **ব্লক চিত্রের সাহায্যে একটি সুপারহেটোরোডাইন রিসিভারের কার্যনীতি ব্যাখ্যা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। **ব্লক ডায়াগ্রামসহ PCM coding-এর মূলনীতি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। **আধুনিক হ্যান্ডসেট টেলিফোন রিসিভারের কার্যপ্রণালি গাণিতিক বিশ্লেষণ সহকারে বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। **একটি Foster seely discriminator-এর কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। **চিত্রসহ Satellite communication ব্যবস্থা বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩২। **ব্লক চিত্রের সাহায্যে SSB-SC ট্রান্সমিটারের কার্যপ্রণালি ব্যাখ্যা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৫

টেকনোলজি : ইলেকট্রনিক্স (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড : ৬৮৪২)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ১২০

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোনো ৫ (পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ২ × ১৫ = ৩০)

১। **Audio ও Video Signal-এর Frequency range লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **Baud-এর সংজ্ঞা লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **SNR-এর মান কেমন হওয়া উচিত?**
উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **Frequency Modulation-এ Carrier-এর কী পরিবর্তন হয়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **Channel-এর Bandwidth কী কী বিষয়ের ওপর নির্ভর করে?**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **ASK, FSK, PNM ও PLL-এর পূর্ণরূপ লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১১ ও ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১১ ও ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **Frequency Spectrum বলতে কী বোঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **অপটিক্যাল ফাইবার কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **Modulation Index কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **Erlong's formula টি লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। **Linear Modulator কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **Quantization কাকে বলে?**
উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **Fidelity বলতে কী বোঝায়?**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৯ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৪। **সেলুলার ফোন কী?**
উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **VSB-এর ব্যবহার লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। **গাণিতিক সমীকরণসহ Channel bandwidth এবং Channel capacity-এর সংজ্ঞা দাও।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **দেখাও যে, Modulation Index,** $M = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_{max} + V_{min}}$
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **AM ও FM-এর মধ্যে পার্থক্য লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **QAM-এর মূলনীতি লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর সংক্ষিপ্ত ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **Foster Seely discriminator-এর তুলনায় Ratio detector-এর সুবিধা লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। **Block diagramসহ PCM Coding-এর মূলনীতি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২২। **টুইস্টেড পেয়ার ক্যাবলের প্রয়োগক্ষেত্রগুলো উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **ASTIC Circuit-এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **Ratio detector-এর সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত ১৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **ফাইবার অপটিক ক্যাবলের গঠন চিত্রসহ বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। **দেখাও যে, AM-এর ক্ষেত্রে একটি Carrier Wave এবং দুটি Side band উৎপন্ন হয়।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ৭ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। **Block চিত্রের সাহায্যে একটি Superheterodyne AM Radio Receiver-এর কার্যনীতি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। **Linear diode detector-এর কার্যপ্রণালি সার্কিট অঙ্কন করে বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। **আধুনিক হ্যান্ড সেট টেলিফোন রিসিভারের কার্যপ্রণালি চিত্র সহকারে বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। **Base Modulator-এর সচিত্র কার্যপ্রণালি লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। **একটি Foster Seely discriminator চিত্রসহ বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩২। **একটি SSB-SC ট্রান্সমিটারের ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৬

টেকনোলজি : ইলেকট্রনিক্স (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় : কমিউনিকেশন ইঞ্জিনিয়ারিং-১ (বিষয় কোড : ৬৮৪২)

সময় : ৩ ঘণ্টা পূর্ণমান : ১২০

ক ও খ-বিভাগের সকল প্রশ্নের এবং গ-বিভাগের যে কোনো ৫ (পাঁচ)টি প্রশ্নের উত্তর দাও।

ক-বিভাগ (মান : ২ × ১৫ = ৩০)

১। **Information বলতে কী বোঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২। **Signal to noise ratio কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩। **Modulation Index কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৪। **VSB modulation কোথায় ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৫। **PLL কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৬। **Bandwidth কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৭। **Ratio detector এর প্রধান সুবিধাটি লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৮। **Demodulation বলতে কী বোঝায়?**

উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৯। **Low level modulation কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত ২০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১০। **Super Heterodyne action কাকে বলে?**

উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৩০ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১১। **Side tone এর সুবিধা লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১২। **Sampling theorem টি লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৩। **সীল ব্লক (Sill Block) কী?**

উত্তর : সিলেবাস বহির্ভূত।

১৪। **FSK কী?**

উত্তর : অনুশীলনী ১২ এর অতি সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৫। **ফাইবার অপটিক্যাল এর frequency range লেখ।**

উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান : ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। **Channel capacity কী কী বিষয়ের ওপর নির্ভর করে লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৭। **বিভিন্ন প্রকার Noise এর নাম লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৮। **Modulation এর প্রয়োজনীয়তা লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

১৯। **AM এবং FM এর মাঝে পার্থক্য লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২০। **FM এর Spectrum অঙ্কন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত ৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২১। **Telegraphy তে ব্যবহৃত code গুলোর নাম লেখ।**

২২। **Linear diode detector এর মূলনীতি লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৩। **Super heterodyne receiver এর Block diagram অঙ্কন কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৪। **Automatic telephone tone গুলো বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ২৪ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৫। **Coaxial cable এর সুবিধা লেখ।**
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর সংক্ষিপ্ত ৮ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান : ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। **Basic communication system এর Block diagram অঙ্কন করে বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৭। **AM modulation এর equation বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৮। **Balanced modulator এর কার্যপ্রণালী চিত্রসহ বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক ২ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

২৯। **Ratio detector এর কাজ চিত্রসহ বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক ৩ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩০। **স্বয়ংক্রিয় টেলিফোনে ব্যবহৃত বিভিন্ন টোনসমূহের ফ্রিকুয়েন্সি উল্লেখ কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত ১ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

৩১। **Fiber optic cable এর গঠন চিত্রসহ বর্ণনা কর।**
উত্তর : অনুশীলনী ১৩ এর রচনামূলক ৫ নং প্রশ্নোত্তর দ্রষ্টব্য।

BDeBooks.com

E-BOOK

www.BDeBooks.com
FB.com/BDeBooksCom
BDeBooks.Com@gmail.com