BDeBooks.com

E-BOOK

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

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড কর্তৃক চালুকৃত পরিমার্জিত ও সংশোধিত সিলেবাস অনুযায়ী ৪ বছর মেয়াদি প্রকৌশল ডিপ্লোমা শিক্ষাক্রমের **ইলেকট্রনিক্স** টেকনোলজির **দ্বিতীয় পর্বের** ছাত্রছাত্রীদের জন্য প্রণীত

ইলেকট্রনিক ডিভাইসেস অ্যান্ড সার্কিটস

Electronics Devices And Circuits

Subject Code : 66821

রচনায় ঃ

প্রফেসর ড. এন এম আলম চৌধুরী
অধ্যাপক (ইলেকট্রিক্যাল অ্যান্ড ইলেকট্রনিক ইঞ্জিনিয়ারিং বিভাগ)
ঢাকা প্রকৌশল ও প্রযুক্তি বিশ্ববিদ্যালয় (ডুয়েট), গাজীপুর, ঢাকা

প্রকৌশলী মোঃ নুরুল ইসলাম
এমএসসি টিই (ইলেকট্রিক্যাল), পিজিডি টিই (ইলেকট্রিক্যাল), বিএসসি ইঞ্জিনিয়ারিং (ইইই)
ওয়ার্কশপ সুপারেনটেনডেন্ট (ইলেকট্রিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং বিভাগ)
ঢাকা পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট, তেজগাঁও, ঢাকা-১২০৮

প্রকৌশলী মোঃ মোকসেদুল আলম
বিএসসি-ইন ইঞ্জিনিয়ারিং (ইইই)
ইনস্ট্রাক্টর (টেক) ইলেকট্রনিক্স
চট্টগ্রাম মহিলা পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট
উত্তর হালিশহর, চট্টগ্রাম-৪২১৬

প্রকৌশলী মোঃ আব্দুর রহিম
বিএসসি ইন ইইই (ডুয়েট)
ইনস্ট্রাক্টর (ইলেকট্রনিক্স)
সিলেট পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট, সিলেট

হক পাবলিকেশনস্
HAQUE PUBLICATIONS
৩৮ বাংলাবাজার (২য় তলা), ঢাকা-১১০০

প্রকাশক : হক পাবলিকেশনস্-এর পক্ষে
হাজী জাহানারা হক
৩৮ বাংলাবাজার (২য় তলা), ঢাকা-১১০০
ফোন ঃ ৯৫৮০৩৭০

[প্রকাশক কর্তৃক সকল স্বত্ব সংরক্ষিত]

প্রথম প্রকাশ : ১ ফেব্রুয়ারি ২০১৭

প্রচ্ছদ পরিকল্পনায় : মোঃ আশরাফুল হক আলো

সার্বিক তত্ত্বাবধানে : মোঃ হামিদুল হক মামুন

চিত্রাঙ্কনে : লেখক

কম্পিউটার কম্পোজে : জি. মাওলা কম্পিউটারস্

মুদ্রণে : জি. মাওলা প্রিন্টিং প্রেস
৩৪ শ্রীস দাস লেন, বাংলাবাজার
ঢাকা-১১০০

[বাংলাদেশ পুস্তক প্রকাশক ও বিক্রেতা সমিতি কর্তৃক গৃহীত]

মূল্য (MRP) ঃ ২৮০ টাকা মাত্র

লেখকের কথা

বিসমিল্লাহির রাহমানির রাহিম

বিজ্ঞান ও প্রকৌশল জগতের অধিকাংশ তত্ত্ব উদ্ভাবন করেছেন উন্নত বিশ্বের বিজ্ঞানী ও প্রকৌশলীগণ। তাদের এ তত্ত্ব প্রকাশের জন্য তাদের নিজেদের ভাষা এবং আন্তর্জাতিক ভাষা ইংরেজি ব্যবহার করেছেন। ব্রিটিশ ও আমেরিকান ভাষায় প্রকাশিত গ্রন্থসমূহকে ভারত উপমহাদেশের দেশসমূহের শিক্ষার্থীদের সহজে অনুধাবনের সুবিধার্থে ভারতীয় প্রকৌশলী ও প্রফেসরগণ আরও সহজ ইংরেজিতে উপস্থাপনের মাধ্যমে গ্রন্থাকারে প্রকাশ করে থাকেন।

আমাদের বাংলাদেশে মিড-লেভেল কারিগরি শিক্ষায় শিক্ষার মাধ্যম ইংরেজি ও বাংলা বলা হলেও ইংরেজি রেফারেন্স বই পড়ে অনুধাবন করা শিক্ষার্থীদের জন্য একটু কষ্টকর। আমার জানামতে প্রকৃতপক্ষে বাংলা মাধ্যমের কোন রেফারেন্স বই এখন পর্যন্ত প্রকাশ হয় নি।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড কর্তৃক চালুকৃত দ্বিতীয় ও তৃতীয় পর্বের ইলেকট্রনিক্স টেকনোলজির ছাত্রছাত্রীদের জন্য "ইলেকট্রনিক্স ডিভাইস অ্যান্ড সার্কিটস (৬৬৮২১)" বিষয়-এর জন্য গতানুগতিক ধারা বাদ দিয়ে সম্পূর্ণ ভিন্ন আঙ্গিকে আমার নিজের দর্শন ও ভাষায় উপস্থাপন করে বইটি প্রকাশ করছি। আশা করি শিক্ষার্থীদের নিকট বইটি ভাল লাগবে। অজান্তে কিছু শব্দের বানান ভুল হতে পারে, সেজন্য আন্তরিকভাবে দুঃখিত। ইংরেজি রেফারেন্স বইয়ের লেখক গ্রোব, থেরাজা, ভি. কে. মেহতা, ম্যালভিনো, বয়েলস্টেডসহ সংশ্লিষ্ট সকলের নিকট আমি কৃতজ্ঞতা প্রকাশ করছি।

প্রাইম পাবলিকেশনস-এর কর্ণধার মোঃ আশরাফুল হক আলো সাহেব, যিনি আন্তরিক সহযোগিতা ও নির্দেশনা প্রদান করেছেন, সেজন্য তাকে ধন্যবাদ জানাই। ধন্যবাদ জানাই আমার স্ত্রী-কে তার আন্তরিক সহযোগিতার জন্য ও অন্যান্য সকলকে, যারা বিভিন্ন সময় এ পুস্তক রচনায় অনুপ্রাণিত করেছেন।

ধন্যবাদান্তে

প্রফেসর ড. এন. এম. আলম চৌধুরী
প্রকৌশলী মোঃ নুরুল ইসলাম
প্রকৌঃ মোঃ মোকসেদুল আলম
প্রকৌশলী মোঃ আব্দুর রহিম

উৎসর্গ

যাদের দোয়া, ভালোবাসা ও ত্যাগ
আমাদেরকে করেছে ধন্য
আমাদের স্নেহময়ী মা ও বাবা'কে

— লেখকগণ

সিলেবাস

66821 ELECTRONICS DEVICES AND CIRCUITS

T	P	C
3	3	4

OBJECTIVES

- To provide understanding and skill of transistor biasing and characteristics.
- To develop the comprehensive skill on Transistor model and equivalent circuits.
- To provide understanding of the Multistage, power and tuned voltage amplifier.
- To develop the understanding of FET and FET amplifier.
- To provide understanding and skill on Feedback amplifier and oscillator.
- To provide understanding and skill on Multivibrator circuits

SHORT DESCRIPTION

Transistor characteristics, Transistor biasing & stabilization, Transistor model, Multistage amplifier, Power & tuned amplifier, FET & FET amplifier, Feedback amplifier, Sinusoidal oscillators, Multivibrator circuits.

DETAILS DESCRIPTION

Theory:

1. **Transistor characteristics.**
   - 1.1 State the biasing rule of transistor
   - 1.2 Explain the characteristics of transistor in CB, CC & CE configuration.
   - 1.3 Determine the input and output resistance of transistor in CB, CC, CE configuration.
   - 1.4 Mention transistor cut-off, active and saturation region
   - 1.5 Describe transistor ratings.
   - 1.6 Compare CB, CC, CE configuration.
2. **Transistor Biasing and Stabilization**
   - 2.1 Define (i) load line (ii) Operating Point (iii) Stability factor.
   - 2.2 Describe the methods of drawing DC load line.
   - 2.3 Explain the leakage current in CB & CE circuits.
   - 2.4 List the factors affecting stability of Q-points.
   - 2.5 Mention the condition for proper biasing of transistor.
   - 2.6 Describe various methods of transistor biasing.
   - 2.7 Determine the stability factor of various transistor biasing circuits.
   - 2.8 Solve problem related to components values, Q-Points and stability factor
3. **Transistor Model and equivalent circuits.**
   - 3.1 Define term Transistor Model.
   - 3.2 Mention the notation for currents and voltages of transistor amplifier.
   - 3.3 Describe the transistor as a four terminal device.
   - 3.4 Describe the low frequency small signal model (AC Equivalent) of transistor.
4. **Single stage Transistor amplifier.**
   - 4.1 Define single stage amplifier..
   - 4.2 Describe the operation of voltage divider biased CE amplifier circuit.
   - 4.3 Draw DC and AC equivalent circuit of the CE amplifier circuit.
   - 4.4 Determine the AC equivalent load resistance of the CE amplifier circuit.
   - 4.5 Determine voltage and power gain of the CE amplifier circuit.
   - 4.6 Solve problem related to voltage and power gain where β and input resistance of the transistor are given.

5. Transistor Hybrid (H) Parameter.

5.1 Define H- Parameter.
5.2 Describe the H-Parameter model of a linear four terminal network.
5.3 Determine the H-Parameter of the four terminal network.
5.4 Explain the Transistor with H-Parameter model.
5.5 Derive formula for current gain, voltage gain, input impedance, and output impedance of CE transistor amplifier by H-Parameters.
5.6 Mention the effects of source resistance on voltage and current gain.
5.7 Solve problem for transistor amplifier using H-Parameters.

6. Power Amplifier.

6.1 Define class A, B, AB and C amplifier.
6.2 State the difference between voltage and power amplifier.
6.3 Explain the circuit operation and efficiency of RC and transformers coupled class-A power amplifier.
6.4 Explain the operation and efficiency of class-B and push - pull amplifier.
6.5 Describe the operation of complementary symmetry push -pull amplifier.
6.6 Explain the operation, efficiency and distortion of class-C amplifier.
6.7 Explain the operation and frequency response of various tuned amplifier.
6.8 Describe the advantages, disadvantages & application of the various types of power amplifier.

7 Field-Effect Transistor(FET).

7.1 Define field effect transistor.
7.2 Mention the types of FET
7.3 Describe the construction and operation of Junction Field Effect Transistor (JFET).
7.4 Explain characteristics of JFET.
7.5 Describe the parameters of JFET.
7.6 Establish the relationship among FET parameters.
7.7 Describe the DC biasing of JFET and its load line.
7.8 Explain the operation of CS, CD and CG JFET amplifiers.
7.9 Solve problems based on FET parameters.

8 Metal Oxide Semiconductor FET (MOSFET).

8.1 Define MOSFET.
8.2 Mention the Types of MOSFET.
8.3 Describe the Construction and operation of DE and E-Only MOSFET.
8.4 Explain the characteristics of DE and E-Only MOSFET.
8.5 Compare BJT and FET.
8.6 Compare MOSFET and JFET.
8.7 Mention the application of JFET and MOSFET in analog and digital circuits.

9 Feedback Amplifier.

9.1 Define feedback
9.2 List the types of feedback.
9.3 Describe different types of feedback with block diagram.
9.4 Calculate the gain of amplifier with feedback (positive and negative).
9.5 Describe the effect of positive and negative feedback .
9.6 Mention the advantages and disadvantages of negative feedback in amplifier.

10 Sinusoidal Oscillators.

10.1 Define Oscillator.
10.2 List the types of Oscillator.
10.3 Explain the principle of operation of an oscillatory tank circuit.
10.4 Describe the essentials of feedback LC oscillators.
10.5 Explain the principle of operation of tuned collector, tuned base and tuned drain oscillators.
10.6 Explain the principle of operation of Hartly, Colpitt and Wein-bridge oscillators.
10.7 Explain the principle of operation of phase shift & crystal oscillators.
10.8 Solve problem related to the frequency of various oscillators.

11. **Multivibrator circuits.**
   - 11.1 Define time base circuit.
   - 11.2 Mention the methods of generating time base waveform.
   - 11.3 Explain the generation of saw-tooth wave using charging and discharging of a capacitor.
   - 11.4 Understand the features of multivibrator circuits.
   - 11.5 State what is meant by multivibrator.
   - 11.6 Explain the operation of astable, monostable and bistable mutivibrator circuits with wave shapes.
   - 11.7 Mention the principle of operation of Schmitt trigger circuit.

Practical: (Using Real component and Simulation Software)

1. **Identify the terminals of transistor**
   - 1.1. Select a transistor
   - 1.2. Select proper tools, equipment and materials.
   - 1.3. Collect the required data for indicating the terminal.
2. **Determine input and output characteristics of a transistor in common base connection.**
   - 2.1. Select a circuit diagram.
   - 2.2. Select proper tools, equipment and materials.
   - 2.3. Prepare the circuit.
   - 2.4. Check the connections.
   - 2.5. Collect the required data.
   - 2.6. Plot input and output characteristic curves.
3. **Determine input and output characteristics of a transistor in common emitter connection.**
   - 3.1. Select a circuit diagram.
   - 3.2. Select proper tools, equipment and materials.
   - 3.3. Prepare the circuit.
   - 3.4. Check the connections.
   - 3.5. Collect the required data.
   - 3.6. Plot input and output characteristic curves.
4. **Measure the operating points (V_{CE} and I_C) for Transistor circuit.**
   - 4.1. Select a fixed bias transistor circuit.
   - 4.2. Select required equipment.
   - 4.3. Prepare the circuit.
   - 4.4. Check the connections.
   - 4.5. Measure the operating points.
5. **Demonstrate the frequency response of single stage R-C coupled transistor amplifier.**
   - 5.1 Draw the circuit diagram for the experiment.
   - 5.2 List required tools, equipment and materials.
   - 5.3 Make all the connections according to the circuit diagram.
   - 5.4 Check the connections.
   - 5.5 Energize the circuit and record the data.
   - 5.6 Draw the frequency response curve from the data.
6. **Demonstrate operation of a transistor class-B push pull amplifier.**
   - 6.1 Select an appropriate circuit diagram.
   - 6.2 Select required tools, equipment and materials.
   - 6.3 Make the circuit connection according to the given diagram.
   - 6.4 Energize the circuit.
   - 6.5 Observe the output wave and calculate the power gain.

7. Demonstrate the input and output wave shape of single tuned voltage amplifier.

7.1 Draw the circuit for the experiment.
7.2 Indentify requires materials, tools and equipment.
7.3 Make all the connection.
7.4 Check the circuit.
7.5 Energize the circuit and note the important properties.

8. Demonstrate operation of negative feedback on the gain and band width of an amplifier.

8.1 Select a required circuit diagram for the experiment.
8.2 List required materials, tools and equipment.
8.3 Connect everything according to the diagram.
8.4 Check and energize the circuit.
8.5 Record the data for frequency response with and without negative feedback.
8.6 Plot the frequency response curves and observe the difference.

09. Determine characteristics of JFET in Common source mode.

9.1 Select a circuit diagram.
9.2 Select required tools, equipment and materials.
9.3 Make all the connections according to the circuit diagram.
9.4 Check the circuit.
9.5 Record required data.
9.6 Plot input and output characteristic curves.

10. Determine characteristics of MOSFET (enhancement and depletion type)

10.1 Sketch a circuit diagram.
10.2 Indent required tools, equipment and materials.
10.3 Connect the components and equipment according to the circuit diagram.
10.4 Check the circuit.
10.5 Record required data.
10.6 Plot the characteristic curves.

11. Demonstrate the operation of a Hartly oscillator.

11.1 Draw the circuit diagram.
11.2 Select tools, equipment and materials.
11.3 Connect the circuit diagram.
11.4 Check and energize the circuit.
11.5 Observe the output for different frequencies.

12. Demonstrate the operation of a Colpitt oscillator.

12.1 Draw the circuit diagram.
12.2 Select tools, equipment and materials.
12.3 Connect the circuit diagram.
12.4 Check and energize the circuit.
12.5 Observe the output for different frequencies

13. Demonstrate the operation of a transistor (astable, monostable& bi-astable multivibrator) circuit.

13.1 Sketch an experiment circuit.
13.2 Select the required tools and materials.
13.3 Build up the circuit as per diagram.
13.4 Switch on the power supply.
13.5 Switch on the trigger signal.
13.6 Observe the wave shapes at each collector & base of the transistor

সূচিপত্র

অধ্যায়-১ ঃ ট্রানজিস্টরের বৈশিষ্ট্যসমূহের ধারণা

১.০ ট্রানজিস্টর ১৫
১.১ ট্রানজিস্টরের বায়াসিং এর নীতি ১৫
১.২ CB, CC এবং CE কনফিগারেশনে ট্রানজিস্টরের বৈশিষ্ট্যসমূহ ১৬
১.৩ CB, CC এবং CE কনফিগারেশনে ট্রানজিস্টরের ইনপুট এবং আউটপুট রেজিস্ট্যান্স নির্ধারণ ১৮
১.৩.১ CB অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট আউটপুট ফেজ সম্পর্ক ১৮
১.৩.২ কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার ২০
১.৩.৩ কমন কালেক্টর অ্যাম্প্লিফায়ার ২২
১.৪ ট্রানজিস্টরের কাট অফ, অ্যাকটিভ এবং স্যাচুরেশন রিজিয়ন ২৩
১.৫ ট্রানজিস্টর-এর রেটিংসমূহ ২৪
১.৬ CB, CC এবং CE কনফিগারেশনের মধ্যে তুলনাকরণ ২৮

অনুশীলনী-১

- অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯
- সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৪
- রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩৮

অধ্যায়-২ ঃ ট্রানজিস্টর এর বায়াসিং এবং স্ট্যাবিলাইজেশন এর ধারণা

২.১ (i) লোড লাইন (ii) অপারেটিং পয়েন্ট (iii) স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের সংজ্ঞা ৩৯
২.২ লোড লাইন অঙ্কনের পদ্ধতিসমূহ ৪০
২.৩ CB এবং CE সার্কিটসমূহে লিকেজ কারেন্ট ৪১
২.৪ Q বিন্দুর স্থিরতার উপর প্রভাব সৃষ্টিকারী বিষয়সমূহ ৪৩
২.৫ ট্রানজিস্টরের সঠিক বায়াসিং এর শর্তসমূহ ৪৪
২.৬ ট্রানজিস্টর বায়াসিং এর বিভিন্ন পদ্ধতিসমূহ ৪৬
২.৭ বিভিন্ন প্রকার ট্রানজিস্টর বায়াসিং সার্কিটের স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর নির্ধারণ ৫০
২.৮ কম্পোনেন্টসমূহের মান, Q-বিন্দু এবং স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের সম্পর্কিত সমস্যা সমাধান ৫২

অনুশীলনী-২

- অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬৫
- সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬৯
- রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭৪

অধ্যায়-৩ ঃ ট্রানজিস্টর মডেল এবং সমতুল্য সার্কিটের ধারণা

৩.১ ট্রানজিস্টর মডেল ৭৫

৩.২ ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের কারেন্ট এবং ভোল্টেজসমূহের চিহ্নগুলো নির্ধারণ ৭৫

৩.৩ ট্রানজিস্টর একটি চার প্রান্তবিশিষ্ট ডিভাইস হিসাবে কাজ করে ৭৬

৩.৪ ট্রানজিস্টরের নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি ছোট সিগন্যাল মডেলের বর্ণনা ৭৭

৩.৪.১ ছোট সিগন্যাল (r_e) মডেল ব্যবহার করে অ্যাম্প্লিফায়ারের প্যারামিটার সম্পর্কিত সমস্যা সমাধান ৮০

অনুশীলনী-৩

▸▸ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮১

▸▸ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮১

▸▸ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮৪

অধ্যায়-৪ ঃ সিঙ্গেল স্টেজ ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার

৪.১ সিঙ্গেল স্টেজ ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার ৮৫

৪.২ একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার এর অপারেশন ৮৫

৪.৩ CE অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের ডিসি এবং এসি সমতুল্য সার্কিট ৮৬

৪.৪ কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের সমতুল্য লোড রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় ৮৭

৪.৫ ইনপুট রেজিস্ট্যান্স, আউটপুট রেজিস্ট্যান্স, কারেন্ট গেইন, ভোল্টেজ গেইন ও পাওয়ার গেইন-এর সূত্রাবলি ৯০

৪.৬ ট্রানজিস্টর কনফিগারেশনসমূহের জন্য ইনপুট ও আউটপুট ইম্পিড্যান্স, ভোল্টেজ কারেন্ট এবং পাওয়ার গেইনের সরল সমস্যার সমাধান ৯১

অনুশীলনী-৪

▸▸ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯৮

▸▸ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯৯

▸▸ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০০

অধ্যায়-৫ ঃ ট্রানজিস্টর হাইব্রিড প্যারামিটার

৫.১ ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড প্যারামিটার ১০১

৫.২ ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড মডেল ও সমতুল্য সার্কিট ১০১

৫.৩ h-প্যারামিটারসমূহ নির্ণয়করণ ১০১

৫.৪ ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড প্যারামিটার মডেল ১০২

৫.৫	ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের h-প্যারামিটার দ্বারা কারেন্ট গেইন, ভোল্টেজ গেইন, ইনপুট এবং আউটপুট ইম্পিড্যান্সের সূত্র প্রতিপাদন	১০৩
৫.৬	সোর্স এবং লোড রেজিস্ট্যান্স এর প্রভাব	১০৪
৫.৭	হাইব্রিড প্যারামিটার ব্যবহার করে ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সংক্রান্ত বিভিন্ন সমস্যা ও তার সমাধান	১০৫
	অনুশীলনী-৫	
	▸▸ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর	১১৫
	▸▸ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর	১১৫
	▸▸ রচনামূলক প্রশ্নাবলি	১১৬

অধ্যায়-৬ : পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের ধারণা

৬.১	ক্লাস A, B, AB এবং C অ্যাম্প্লিফায়ার	১১৭
৬.২	ভোল্টেজ এবং পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের মধ্যে পার্থক্য	১১৯
৬.৩	RC এবং ট্রান্সফরমার কাপলকৃত ক্লাস-A পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের সার্কিটের কার্যাবলি এবং দক্ষতা	১২০
৬.৩.১	সিঙ্গেল স্টেজ ক্লাস-এ পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার	১২০
৬.৩.২	ট্রান্সফরমার কাপলড ক্লাস-এ পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার	১২১
৬.৪	ক্লাস-A এবং ক্লাস-B পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যাবলি এবং দক্ষতা	১২৩
৬.৫	কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যাবলি	১২৫
৬.৬	ক্লাস-সি অ্যাম্প্লিফায়ারের দক্ষতা, ডিস্টরশন এবং কার্যাবলি	১২৭
৬.৭	বিভিন্ন প্রকার টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স এবং কার্যাবলি	১২৭
৬.৮	বিভিন্ন প্রকার পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার এর সুবিধা-অসুবিধা এবং প্রয়োগ	১৩০
	অনুশীলনী-৬	
	▸▸ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর	১৩৪
	▸▸ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর	১৩৫
	▸▸ রচনামূলক প্রশ্নাবলি	১৪০

অধ্যায়-৭ : ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টরের ধারণা

৭.০	ভূমিকা	১৪১
৭.১	ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর	১৪১
৭.২	FET এর প্রকারভেদ	১৪২
৭.৩	P এবং N-চ্যানেল JFET এর গঠন এবং কার্যপ্রণালির মূলনীতি	১৪২
৭.৪	JFET এর বৈশিষ্ট্যসমূহ	১৪৪
৭.৫	JFET এর প্যারামিটারসমূহ	১৪৬
৭.৬	FET প্যারামিটারসমূহের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন	১৪৮

৭.৭ JFET এর DC বায়াসিং এবং এর লোড লাইন ১৪৯
৭.৮ CS, CD এবং CG FET অ্যাম্প্লিফায়ারের সার্কিটের কার্যাবলি ১৫১
৭.৯ FET প্যারামিটারসমূহের উপর ভিত্তি করে সমস্যা সমাধান ১৫৬

অনুশীলনী-৭

- অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫৯
- সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬১
- রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৬৪

অধ্যায়-৮ ঃ মেটাল অক্সাইড সেমিকন্ডাক্টর ফেট এর ধারণা

৮.১ মসফেট ১৬৫
৮.২ মসফেট এর প্রকারভেদ চিহ্নিতকরণ ১৬৫
৮.৩ DE এবং E-Only MOSFET এর গঠন এবং কার্যাবলি ১৬৬
৮.৪ DE এবং E-Only MOSFET এর বৈশিষ্ট্যসমূহ ১৬৯
৮.৫ BJT এবং JFET এর মধ্যে তুলনা ১৭০
৮.৬ MOSFET এবং JFET এর মধ্যে তুলনাকরণ ১৭১
৮.৭ অ্যানালগ এবং ডিজিটাল সার্কিটে JFET এবং MOSFET এর প্রয়োগ ১৭১

অনুশীলনী-৮

- অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭৫
- সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭৬
- রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৮০

অধ্যায়-৯ ঃ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ধারণা

৯.১ ফিডব্যাক ১৮১
৯.২ ফিডব্যাকের প্রকারভেদ ১৮১
৯.৩ ব্লক ডায়াগ্রাম সহযোগে বিভিন্ন প্রকার ফিডব্যাক ১৮২
৯.৪ পজিটিভ এবং নেগেটিভ ফিডব্যাক সহযোগে অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয়করণ ১৮৫
৯.৫ অসিলেটর এবং অ্যাম্প্লিফায়ারের উপর পজিটিভ এবং নেগেটিভ ফিডব্যাকের প্রভাব ১৮৭
৯.৬ অ্যাম্প্লিফায়ারের নেগেটিভ ফিডব্যাক এর সুবিধা এবং অসুবিধাসমূহ ১৮৮

অনুশীলনী-৯

- অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮৯
- সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯০
- রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৯২

অধ্যায়-১০ ঃ সাইনোসয়ডাল অসিলেটরসমূহের ধারণা

১০.১ অসিলেটর ১৯৩

১০.২ অসিলেটরের প্রকারভেদ ১৯৪

১০.৩ অসিলেটরি ট্যাঙ্ক সার্কিটের কার্যপ্রণালির মূলনীতি ১৯৪

১০.৪ ফিডব্যাক LC অসিলেটরের প্রয়োজনীয় উপাদান ১৯৫

১০.৪.১ বার্কহাউসেন মানদণ্ড ১৯৬

১০.৫ টিউন্ড কালেক্টর, টিউন্ড বেস এবং টিউন্ড ড্রেন অসিলেটরের কার্যপ্রণালির মূলনীতি ১৯৬

১০.৬ হার্টলি, কলপিট এবং উইন-ব্রিজ অসিলেটরের কার্যপ্রণালির মূলনীতি ১৯৮

১০.৭ ফেজ শিফ্‌ট এবং ক্রিস্টাল অসিলেটর এর কার্যাবলির মূলনীতি ২০০

১০.৮ বিভিন্ন প্রকার অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সি সম্পর্কিত সমাধানকৃত সমস্যাবলি ২০২

অনুশীলনী-১০

- অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০৫
- সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০৭
- রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২১০

অধ্যায়-১১ ঃ মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট

১১.১ টাইম বেস সার্কিট ২১১

১১.১.১ টাইম বেস সার্কিটের প্রকারভেদ ২১১

১১.১.২ টাইম বেস ওয়েভ ফর্মের প্রয়োজনীয়তা ২১২

১১.১.৩ টাইম-বেস ২১২

১১.২ টাইম বেস ওয়েভ উৎপাদনের পদ্ধতিসমূহ ২১২

১১.৩ একটি ক্যাপাসিটরকে চার্জিং এবং ডিসচার্জিং করে স-টুথ ওয়েভ উৎপাদন ২১৩

১১.৩.১ UJT স-টুথ জেনারেটর ২১৩

১১.৩.২ থাইরেট্রন স-টুথ জেনারেটর ২১৪

১১.৪ মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের বৈশিষ্ট্য ২১৫

১১.৫ মাল্টিভাইব্রেটর ২১৬

১১.৫.১ মাল্টিভাইব্রেটরের প্রকারভেদ চিহ্নিতকরণ ২১৭

১১.৬ অ্যাস্ট্যাবল, মনোস্ট্যাবল এবং বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের ওয়েভ শেপ সহকারে কার্যাবলি ২১৮

১১.৬.১ বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের জন্য ট্রিগারিং পদ্ধতি ২২১

১১.৭ স্মিট ট্রিগার সার্কিটের কার্যপ্রণালির মূলনীতি ২২৩

১১.৮ সমাধানকৃত সমস্যাবলি ২২৪

অনুশীলনী-১১

- অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২৮
- সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩০
- রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২৩৪

ব্যবহারিক

১। বিভিন্ন প্রকার ট্রানজিস্টর পরীক্ষাকরণ ২৩৭

২। কমন বেস সংযোগে একটি ট্রানজিস্টরের ইনপুট এবং আউটপুট বৈশিষ্ট্যরেখা নির্ণয়করণ ২৩৯

৩। কমন ইমিটার সংযোগে একটি ট্রানজিস্টরের ইনপুট এবং আউটপুট বৈশিষ্ট্যরেখা নির্ণয়করণ ২৪০

৪। ট্রানজিস্টর সার্কিটের অপারেটিং বিন্দু (V_{CE} এবং I_C) পরিমাপকরণ ২৪৩

৫। একক স্টেজ R–C কাপলকৃত ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স নিশ্চিত করে প্রমাণ ২৪৬

৬। যে কোন ট্রানজিস্টর ক্লাস-বি পুশ পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যাবলি পঠন ২৪৯

৭। একটি একক টিউন্ড ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারের বৈশিষ্ট্যসমূহ পর্যবেক্ষণ ২৫২

৮। একটি অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন এবং ব্যান্ড উইথ এর উপর ঋণাত্মক ফিডব্যাকের প্রভাব পর্যবেক্ষণ ২৫৪

৯। কমন সোর্স মোডে JFET এর ইনপুট এবং আউটপুট বৈশিষ্ট্যরেখা অঙ্কন ও প্রদর্শন ২৫৫

১০। এনহ্যান্সমেন্ট এবং ডিপ্লেশন টাইপ MOSFET এর বৈশিষ্ট্যসমূহ প্রদর্শন ২৫৯

১১। একটি হার্টলি, কলপিট এবং R–C অসিলেটরের কার্যাবলি নিশ্চিতরূপে প্রমাণ করণ ২৬২

১২। একটি হার্টলি, কলপিট এবং R–C অসিলেটরের কার্যাবলি নিশ্চিতরূপে প্রমাণ করণ ২৬৪

১৩(ক) একটি অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের কার্যাবলি পর্যবেক্ষণ ২৬৫

১৩(খ) একটি ট্রানজিস্টর মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের কার্যাবলি গঠন ২৬৭

১৩(গ) একটি ট্রানজিস্টর বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের কার্যাবলি পর্যবেক্ষণ ২৬৯

✪ সুপার সাজেশনস্ ..... ২৭১ – ২৯৬

❁ বাকাশিবো প্রশ্নাবলি ..... ২৯৭ – ৩১৮

অধ্যায়-১

ট্রানজিস্টরের বৈশিষ্ট্যসমূহ (Transistor Characteristics)

১.০ ট্রানজিস্টর (Transistor) ঃ

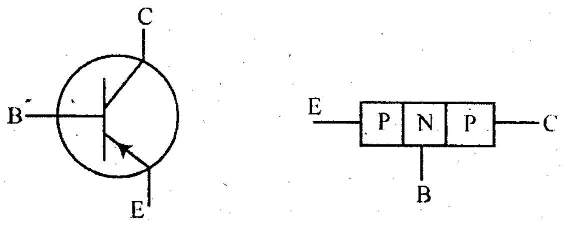
একটি P টাইপ সেমিকন্ডাক্টরকে দুটি N টাইপ সেমিকন্ডাক্টরের মাঝে বসিয়ে অথবা একটি N টাইপ সেমিকন্ডাক্টরকে এবং দুটি P টাইপ সেমিকন্ডাক্টরের মাঝে বসিয়ে যে ডিভাইস তৈরি করা হয়, তাকে ট্রানজিস্টর বলে। ট্রানজিস্টর এমন একটি ডিভাইস, যার ইনপুটে কোন ইলেকট্রিক্যাল সিগন্যাল দিলে আউটপুটে এ সিগন্যাল বর্ধিত আকারে পাওয়া যায়।

ট্রানজিস্টর প্রধানত দুই প্রকার। যথা ঃ

১। PNP Transistor ও

২। NPN Transistor।

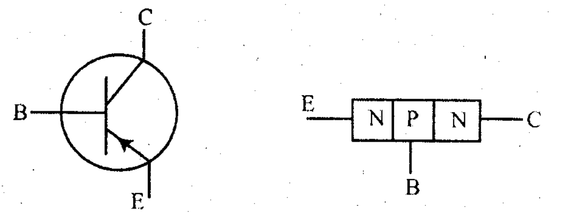
১। PNP Transistor ঃ একটি পাতলা N টাইপ সেমিকন্ডাক্টরকে দুটি পুরু P টাইপ সেমিকন্ডাক্টর এর মধ্যে স্থাপন করে যে ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয়, তাকে PNP ট্রানজিস্টর বলে। এই ট্রানজিস্টরে তিনটি টার্মিনাল আছে। এক প্রান্তের P টাইপ স্তরকে ইমিটার (E), অন্য প্রান্তের P স্তরকে কালেক্টর (C) এবং মধ্যের N স্তরকে বেস (B) বলে। নিম্নের চিত্রে PNP ট্রানজিস্টর এর সংকেত ও গাঠনিক ডায়াগ্রাম দেখানো হলো।



(ক) সংকেত PNP Type Transistor (খ) গাঠনিক ডায়াগ্রাম PNP type Transistor

চিত্র ঃ ১.১

২। NPN Transistor ঃ একটি পাতলা P টাইপ সেমিকন্ডাক্টরকে দুটি পুরু N টাইপ সেমিকন্ডাক্টর এর মধ্যে স্থাপন করে যে ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয়, তাকে NPN ট্রানজিস্টর বলে। এই ট্রানজিস্টরে তিনটি টার্মিনাল আছে। এক প্রান্তের N টাইপ স্তরকে ইমিটার (E), অন্য প্রান্তের N স্তরকে কালেক্টর (C) এবং মধ্যের P স্তরকে বেস (B) বলে। নিম্নের চিত্রে NPN ট্রানজিস্টর এর সংকেত ও গাঠনিক ডায়াগ্রাম দেখানো হলো।



(ক) সংকেত NPN Type Transistor (খ) গাঠনিক ডায়াগ্রাম NPN type Transistor

চিত্র ঃ ১.২

ট্রানজিস্টর এর প্রধান তিনটি অংশ হলো ইমিটার (E), বেস (B), কালেক্টর (C)। যে অংশ মেজরিটি ক্যারিয়ার সরবরাহ করে, তাকে ইমিটার বলে। আর যে অংশ মেজরিটি ক্যারিয়ার সংগ্রহ করে, তাকে কালেক্টর বলে এবং এই দুইয়ের মাঝের অংশকে বেস বলে।

অ্যাম্প্লিফিকেশন এর জন্য ইনপুট রেজিস্ট্যান্স কম এবং আউটপুট রেজিস্ট্যান্স বেশি হওয়ার দরকার। অ্যাম্প্লিফিকেশনের জন্য ইনপুটে ফরোয়ার্ড বায়াস এবং আউটপুটে রিভার্স বায়াস প্রয়োগ করা হয়।

১.১ ট্রানজিস্টরের বায়াসিং এর নীতি (The biasing rule of transistor) ঃ

সাধারণত কোন ট্রানজিস্টরকে কার্যক্ষম করে তোলার জন্য বাহির হতে যে ডিসি সরবরাহ দেওয়া হয়, তাকে বায়াসিং বলে। ট্রানজিস্টরে সাধারণত দুটি P-N জাংশন থাকে। একটিকে ইমিটার বেস জাংশন এবং অন্যটিকে কালেক্টর বেস জাংশন বলে। ফলে বায়াসিংয়ের জন্য এতে দুটো ডিসি পাওয়ার সরবরাহের প্রয়োজন হয়।

জাংশন ট্রানজিস্টরের দুটো জাংশনকে সাধারণত সম্ভাব্য চার উপায়ে বায়াসিং করা হয়। যথা–

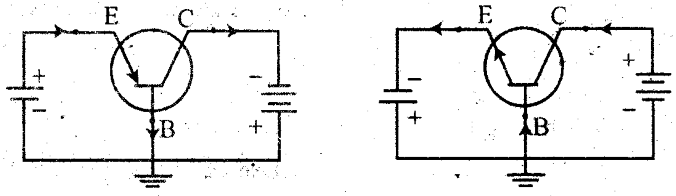
১। ফরোয়ার্ড-রিভার্স বায়াসিং (Forward-Reverse biasing)

২। ফরোয়ার্ড-ফরোয়ার্ড বায়াসিং (Forward-Forward biasing)

৩। রিভার্স-রিভার্স বায়াসিং (Reverse-Reverse biasing)

৪। রিভার্স-ফরোয়ার্ড বায়াসিং (Reverse-Forward biasing) ইত্যাদি।

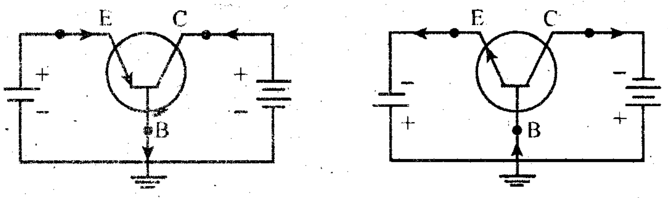
১। **ফরোয়ার্ড-রিভার্স বায়াসিং (Forward-Reverse biasing) ঃ** নিচের চিত্রে ট্রানজিস্টরের ফরোয়ার্ড-রিভার্স বায়াসিং সার্কিট অংকন করে দেখানো হল। এ ধরনের বায়াসিংয়ে কালেক্টর কারেন্ট প্রায় ইমিটার কারেন্টের সমান হয় এবং তার মান ইমিটার কারেন্টের মানের উপর নির্ভর করে। সাধারণত ট্রানজিস্টরকে অ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে চালানোর সময় এ ধরনের বায়াসিং করা হয়।



(ক) PNP Transistor (খ) NPN Transistor

চিত্র ঃ ১.৩ ট্রানজিস্টরের ফরোয়ার্ড-রিভার্স বায়াসিং

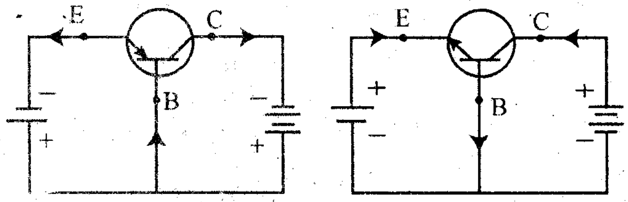
২। **ফরোয়ার্ড-ফরোয়ার্ড বায়াসিং (Forward-Forward biasing) ঃ** নিচের চিত্রে এ ধরনের বায়াসিং সার্কিট অংকন করে দেখানো হল। এক্ষেত্রে ইমিটার ও কালেক্টর কারেন্ট উভয়েরই মান বেশি থাকে এবং কালেক্টরের উপর বেস কারেন্টের কোন নিয়ন্ত্রণ থাকে না। সাধারণত কোন ট্রানজিস্টরকে বন্ধ সুইচের ন্যায় কাজ করানোর জন্য এ ধরনের বায়াসিং ব্যবহার করা হয়।



(ক) PNP Transistor (খ) NPN Transistor

চিত্র ঃ ১.৪ ট্রানজিস্টরের ফরোয়ার্ড-ফরোয়ার্ড বায়াসিং

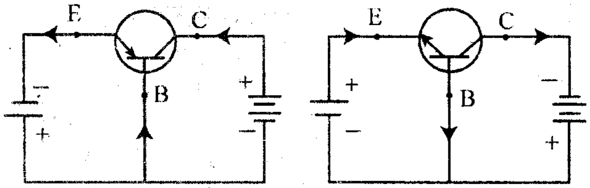
৩। **রিভার্স-রিভার্স বায়াসিং (Reverse-Reverse biasing) ঃ** নিচের চিত্রে এ ধরনের বায়াসিং সার্কিটের ব্যবস্থাপনা অংকন করে দেখানো হল। এ ব্যবস্থায় কালেক্টরের মধ্য দিয়ে খুবই সামান্য পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হয়। সাধারণত কোন ট্রানজিস্টরকে খোলা (Open) সুইচের ন্যায় কাজ করানোর জন্য এ ধরনের বায়াসিং ব্যবহার করা হয়।



(ক) PNP Transistor (খ) NPN Transistor

চিত্র ঃ ১.৫ ট্রানজিস্টরের রিভার্স-রিভার্স বায়াসিং

৪। **রিভার্স-ফরোয়ার্ড বায়াসিং (Reverse-Forward biasing) ঃ** এ ধরনের বায়াসিং ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার বায়াসিংয়ের ঠিক উল্টা। নিচের চিত্রে তা দেখানো হল। সাধারণত এ ধরনের বায়াসিং ব্যবহার করা হয় না।



(ক) PNP Transistor (খ) NPN Transistor

চিত্র ঃ ১.৬ ট্রানজিস্টরের রিভার্স-ফরোয়ার্ড বায়াসিং

বিভিন্ন প্রকার বায়াসিং পদ্ধতি (Different methods for transistor biasing) ঃ

ট্রানজিস্টরকে বায়াসিংকরণে যে সকল পদ্ধতি অবলম্বন করা হয় তা হল ঃ

১। বেস বায়াস অথবা ফিক্সড কারেন্ট বায়াস (Base bias or fixed current bias)
২। ইমিটার ফিডব্যাক সহযোগে বেস বায়াস (Base bias with emitter feedback)
৩। কালেক্টর ফিডব্যাক সহযোগে বেস বায়াস (Base bias with collector feedback)
৪। কালেক্টর এবং ইমিটার ফিডব্যাক সহকারে বেস বায়াস (Base bias with collector and emitter feedback)
৫। দুটো সরবরাহ ব্যবস্থা সহযোগে ইমিটার বায়াস (Emitter bias with two supplies)
৬। ভোল্টেজ বিভক্তকারী বায়াস (Voltage divider bias) ইত্যাদি।

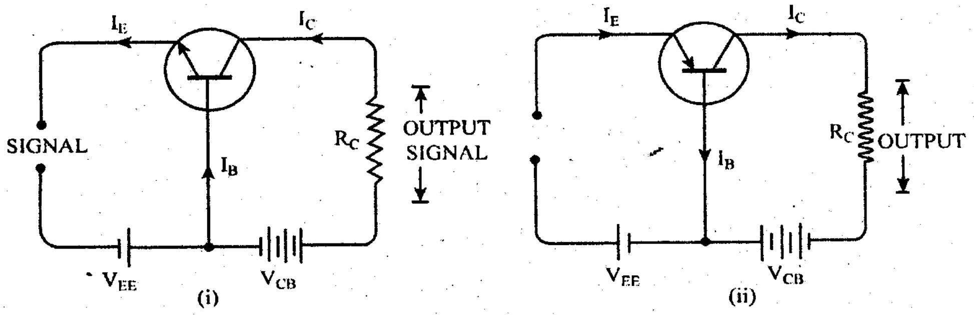
১.২ CB, CC এবং CE কনফিগারেশনে ট্রানজিস্টরের বৈশিষ্ট্যসমূহ (The characteristics of transistor in CB, CC and CE configuration) ঃ

কোন ট্রানজিস্টরের একটি টার্মিনালকে কমন রেখে অন্যান্য প্রান্তসমূহ সার্কিটে সংযোজন পদ্ধতিকে ট্রানজিস্টর কনফিগারেশন বলে। একটি ট্রানজিস্টরকে কার্যকর করার জন্য সাধারণত তিন প্রকার সার্কিট সংযোগ ব্যবস্থা রয়েছে। যথা–

১। কমন বেস (Common base, CB)
২। কমন ইমিটার (Common emitter, CE)
৩। কমন কালেক্টর (Common collector, CC) ইত্যাদি।

কমন কথাটির মাধ্যমে যে ইলেকট্রোডটি ইনপুট এবং আউটপুট সার্কিটের জন্য একই কথাটি বুঝানো হয়। সাধারণত একটি ইলেকট্রোডকে গ্রাউন্ডে রাখা হয়। এই কার্যাবলির মোডসমূহকে আবার গ্রাউন্ডেড-বেস (Grounded-base), গ্রাউন্ডেড-ইমিটার (Grounded-emitter) এবং গ্রাউন্ডেড-কালেক্টর (Grounded-collector) কনফিগারেশনও বলা হয়। যেহেতু ট্রানজিস্টর তিন-প্রান্ত বিশিষ্ট ডিভাইস, তাই তার একটি প্রান্তকে কার্যকর অপারেশনের জন্য কমন বা সাধারণ রাখা হয়।

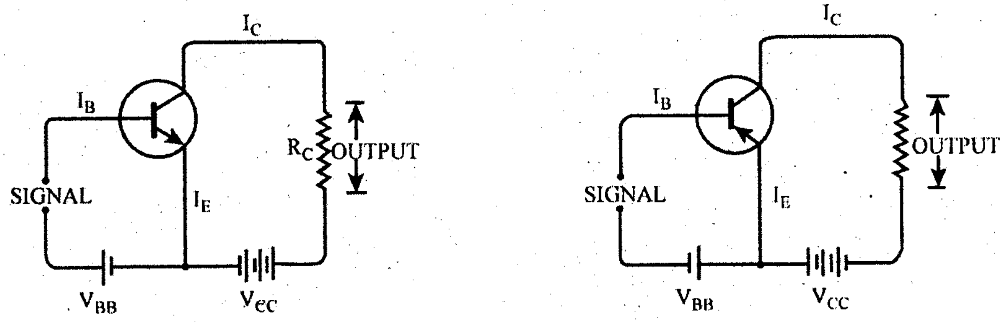
১। কমন বেস সংযোগ (Common base connection) ঃ এ প্রকার সার্কিট ব্যবস্থাপনায় ইনপুট সিগন্যালকে ইমিটার ও বেস সার্কিটে এবং কালেক্টর ও বেস হতে আউটপুট সিগন্যাল নেয়া হয়। ট্রানজিস্টরের বেসটি ইনপুট এবং আউটপুট সার্কিটের জন্য সাধারণ হওয়ায়, তাকে কমন বেস কানেকশন বলে। নিচের চিত্রে কমন বেস NPN এবং PNP ট্রানজিস্টর সার্কিট অংকন করে দেখানো হল।



চিত্র ঃ ১.৭ কমন বেস NPN এবং PNP কানেকশন

❑ **কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর (Current amplification factor) ঃ** এটি হল আউটপুট কারেন্ট এবং ইনপুট কারেন্টের অনুপাত। অর্থাৎ, ইনপুট কারেন্টের পরিবর্তনের স্বাপেক্ষে আউটপুট কারেন্টের পরিবর্তনের অনুপাতকে কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকিশেন ফ্যাক্টর বলে। একে α (আলফা) দ্বারা সূচিত করা হয়। কমন বেস কনফিগারেশনের ক্ষেত্রে ইনপুট কারেন্ট হল, ইমিটার কারেন্ট I_E এবং আউটপুট কারেন্ট হল কালেক্টর কারেন্ট I_C। সুতরাং, অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর, $\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$ [যখন, V_{CB} স্থির]

২। কমন ইমিটার সংযোগ (Common emitter connection) ঃ এ প্রকার সার্কিট ব্যবস্থাপনায় বেস এবং ইমিটারের মধ্যে ইনপুট সিগন্যাল দেয়া হয় এবং কালেক্টর ও ইমিটার হতে আউটপুট সিগন্যাল নেয়া হয়। এখানে ট্রানজিস্টরের ইমিটারটি উভয় ইনপুট এবং আউটপুট সার্কিটের জন্য কমন বা সাধারণ বলে তাকে কমন ইমিটার সংযোগ বলা হয়। নিচের চিত্রে PNP এবং NPN ট্রানজিস্টরের কমন ইমিটার সংযোগ চিত্র দেখানো হল।

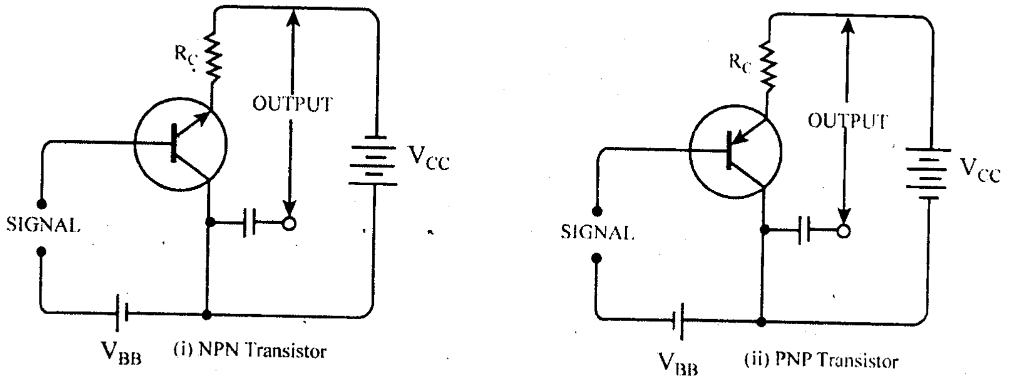


(i) NPN Transistor (ii) PNP Transistor

চিত্র ঃ ১.৮ কমন ইমিটার NPN এবং PNP সংযোগ

❑ **বেস কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর (Base current amplification factor) ঃ** কমন ইমিটার কনফিগারেশনের ক্ষেত্রে ইনপুট কারেন্ট হল বেস কারেন্ট I_B এবং আউটপুট কারেন্ট হল কালেক্টর কারেন্ট I_C। সুতরাং, বেস কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর, $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$ ।

৩। কমন কালেক্টর সংযোগ (Common collector connection) ঃ এ প্রকার সার্কিট ব্যবস্থাপনায় ইনপুট সিগন্যালকে বেস এবং কালেক্টরে দেয়া হয়; অন্যদিকে, আউটপুট সিগন্যালকে ইমিটার এবং কালেক্টর হতে নেয়া হয়। এখানে ট্রানজিস্টরের কালেক্টরটি উভয় ইনপুট এবং আউটপুট সার্কিটের জন্য সাধারণ বলে, তাকে কমন কালেক্টর সংযোগ বলা হয়। পাশের চিত্রে NPN এবং PNP ট্রানজিস্টরের জন্য এ প্রকার সার্কিটের সংযোগ ব্যবস্থা অংকন করা হল।



চিত্র ঃ ১.৯ কমন কালেক্টর NPN এবং PNP সংযোগ

☐ **কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর** (Current amplification factor) ঃ কমন কালেক্টর কনফিগারেশনের ক্ষেত্রে ইনপুট কারেন্ট হল বেস কারেন্ট I_B এবং আউটপুট কারেন্ট হল ইমিটার কারেন্ট I_E। সুতরাং, কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর, $\gamma = \frac{\Delta I_E}{\Delta I_B}$।

১.৩ CB, CC এবং CE কনফিগারেশনে ট্রানজিস্টরের ইনপুট এবং আউটপুট রেজিস্ট্যান্স নির্ধারণ (Determination the input and output resistance of transistor in CB, CC, CE configuration) ঃ

কমন বেস ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার (Common base transistor amplifier) ঃ কমন বেস মোডে ট্রানজিস্টরকে অ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে ব্যবহার করা হয়। এতে ফরোয়ার্ড রিভার্স বায়াসিং করা হয়। এ প্রকার বায়াসিং ব্যবস্থার ফলে বেস-ইমিটার জাংশনের রেজিস্ট্যান্সের মান 20Ω–100Ω হবে এবং আউটপুটে কালেক্টর বেস জাংশনের রেজিস্ট্যান্সের মান 100kΩ–1MΩ পাওয়া যাবে। রেজিস্ট্যান্সের এ প্রকার বৈশিষ্ট্যের কারণে ইনপুটে প্রয়োগকৃত এসি সিগন্যাল নিম্ন রেজিস্ট্যান্স প্রান্ত হতে উচ্চ রেজিস্ট্যান্স প্রান্তে স্থানান্তরিত হবে। ফলে আউটপুটে বর্ধিত আকারের সিগন্যাল পাওয়া যায়।

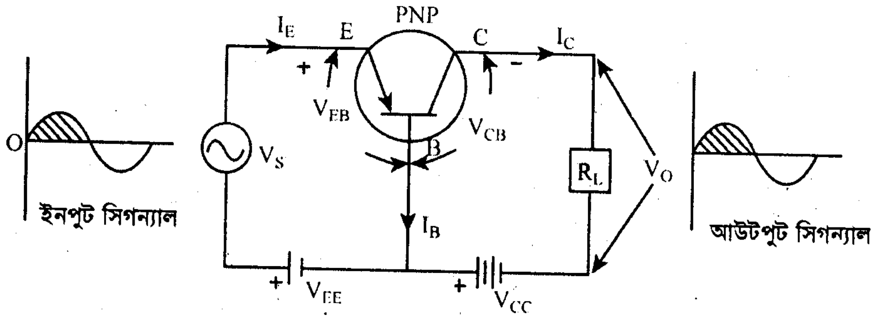
অতএব বলা যায়, নিম্ন রেজিস্ট্যান্স প্রান্ত হতে সিগন্যাল উচ্চ রেজিস্ট্যান্স প্রান্তে বিবর্ধিত আকারে সৃষ্টি হবে।

১.৩.১ CB অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট আউটপুট ফেজ সম্পর্ক (I/O and O/P phase relation of CB amplifier) ঃ

CB অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট আউটপুট ফেজ সম্পর্ক আলোচনা করার জন্য নিচের চিত্র অংকন করা হল।

সার্কিট বিশ্লেষণ (Circuit analysis) ঃ ইনপুটে এসি ভোল্টেজ V_s প্রদান করা হলে তার ধনাত্মক অর্ধসাইকেলে ট্রানজিস্টরের ইমিটার বেস ফরোয়ার্ড ভোল্টেজে V_{CB} বৃদ্ধি পায়। ফলে I_E, I_B ও I_C এর মানও বৃদ্ধি পায়। I_C এর সামান্য পরিবর্তনের (ΔI_C) জন্য আউটপুট ভোল্টেজ (V_O) এর মান ধনাত্মক দিকে বাড়তে থাকে। আবার সিগন্যাল ভোল্টেজ V_S এর ঋণাত্মক অর্ধসাইকেলের জন্য V_{EB} এর মান কমতে থাকবে। ফলে I_C এর মানের পরিবর্তন হবে এবং V_O এর মান ঋণাত্মক দিকে বাড়তে থাকবে।

অতএব, দেখা যাচ্ছে কমন বেস ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে ফরোয়ার্ড রিভার্স বায়াসে ইনপুট ও আউটপুট ভোল্টেজের মধ্যে কোন ফেজ পার্থক্য থাকে না। অর্থাৎ ইনপুট সিগন্যালের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক ভোল্টেজের জন্য আউটপুটে যথাক্রমে ধনাত্মক (+ve) ও ঋণাত্মক (−ve) ভোল্টেজ পাওয়া যাবে। সুতরাং সিগন্যালদ্বয়ের ফেজ পার্থক্য শূন্য হবে।



চিত্র ঃ ১.১০ CB অ্যাম্প্লিফায়ারের ফেজ সম্পর্ক

গাণিতিক বিশ্লেষণ (Mathematical analysis) ঃ সার্কিটের বহিস্থ কালেক্টর বেস লুপে কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র (KVL) প্রয়োগ করে আমরা পাই–

$$V_{CC} = V_{CB} + V_O$$

অথবা $V_{CB} = V_{CC} - V_O$

$\therefore \quad V_{CB} = V_{CC} - I_C R_L$

আবার, নির্দিষ্ট সার্কিটে V_{CC}, I_C R_L এর মান স্থির থাকে বলে I_C এর সামান্য পরিবর্তনে V_{CB} এর মান পরিবর্তিত হবে।

সুতরাং, $\Delta V_{CB} = -R_L \Delta I_C$

V_{CB} ভোল্টেজই লোড রেজিস্ট্যান্স R_L এর আড়াআড়িতে প্রাপ্ত এসি আউটপুট ভোল্টেজ V_O এর সমান। অর্থাৎ,

$\Delta V_{CB} = - V_O$

$\therefore V_O = R_L \Delta I_C$

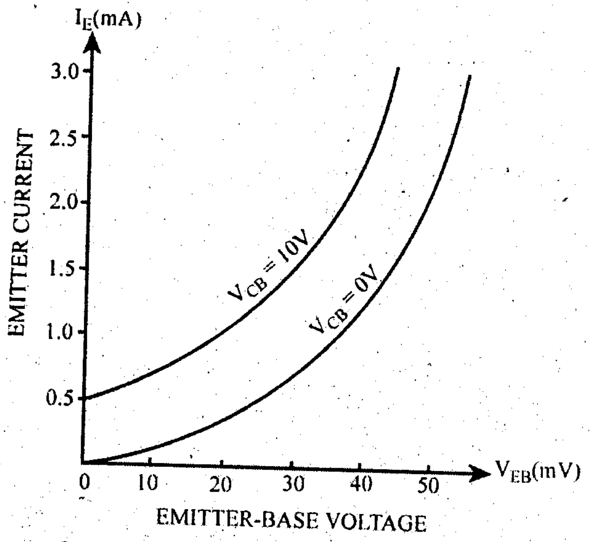
অর্থাৎ ইনপুট ও আউটপুট সিগন্যালের মধ্যে কোন ফেজ পার্থক্য থাকে না।

ইনপুট এবং আউটপুট ইম্পিড্যান্স (Input and output impedance) ঃ কমন বেস ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের ইনপুট ও আউটপুট ইম্পিড্যান্স জানার জন্য আমাদের ইনপুট ও আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা জানতে হবে। নিচে তা আলোচনা করা হল–

১। ইনপুট বৈশিষ্ট্যসমূহ (Input characteristics) ঃ স্থির মানের কালেক্টর বেস ভোল্টেজে (V_{CB}) ইমিটার কারেন্ট (I_E) এবং ইমিটার বেস ভোল্টেজের (V_{EB}) অনুপাতই ইনপুট বৈশিষ্ট্য। ইমিটার কারেন্ট সাধারণত Y-অক্ষে এবং ইমিটার বেস ভোল্টেজ X-অক্ষে স্থাপন করা হয়। পাশের চিত্রে এ প্রকার বৈশিষ্ট্য রেখা অংকন করে দেখানো হল। এই বৈশিষ্ট্য রেখা হতে নিম্নোক্ত বিষয়সমূহ জানা যায় ঃ

(ক) ইমিটার বেস ভোল্টেজের অল্প মানের বৃদ্ধির জন্য ইমিটার কারেন্ট খুব দ্রুত বৃদ্ধি পায়।

(খ) ইমিটার কারেন্ট প্রায় কালেক্টর বেস ভোল্টেজ V_{CB} এর তুলনায় স্বাধীন।



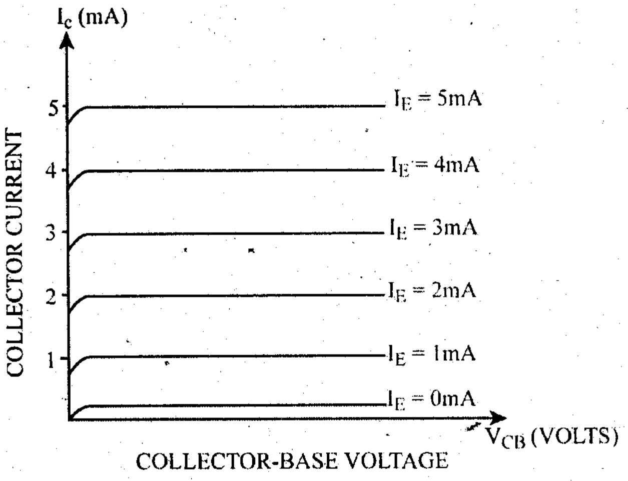
চিত্র ঃ ১.১১ কমন বেস অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

ইনপুট রেজিস্ট্যান্স (Input resistance) ঃ স্থির মানের কালেক্টর বেস ভোল্টেজে (ΔV_{CB}), ইমিটার বেস ভোল্টেজ (ΔV_{EB}) এবং ইমিটার কারেন্ট (ΔI_E) এর অনুপাতকে ইনপুট রেজিস্ট্যান্স বলে। অর্থাৎ,

ইনপুট রেজিস্ট্যান্স, $r_i = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_E}$ (স্থির মানের V_{CB})

সাধারণত এই ইনপুট রেজিস্ট্যান্সের মান কয়েক ওহম।

২। আউটপুট বৈশিষ্ট্যসমূহ (Output characteristics) ঃ স্থির মানের ইমিটার কারেন্ট (I_E) এর জন্য কালেক্টর কারেন্ট (I_C) এবং কালেক্টর বেস ভোল্টেজ (V_{CB}) এর মধ্যকার বক্ররেখাকেই আউটপুট বৈশিষ্ট্য বলে। সাধারণত কালেক্টর কারেন্টটি Y-অক্ষে এবং কালেক্টর বেস ভোল্টেজটি X-অক্ষে স্থাপন করা হয়। পাশের চিত্রে এ প্রকার বৈশিষ্ট্য রেখা অংকন করা হল।



চিত্র ঃ ১.১২ আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

এই বৈশিষ্ট্যরেখা হতে নিম্নোক্ত বিষয়সমূহ জানা যায় ঃ

(ক) শুধুমাত্র V_{CB}-এর কম মানের ক্ষেত্রে V_{CB} এর সাথে কালেক্টর কারেন্ট I_C পরিবর্তিত হয়।

(খ) এরপর V_{CB} এর মান বৃদ্ধি পেলেও কালেক্টর কারেন্টের মান স্থির থাকে এবং তা শুধুমাত্র I_E এর উপর নির্ভরশীল।

(গ) কালেক্টর বেস ভোল্টেজের বড় মানের পরিবর্তন কালেক্টর কারেন্টের অল্প মানের পরিবর্তন ঘটায়।

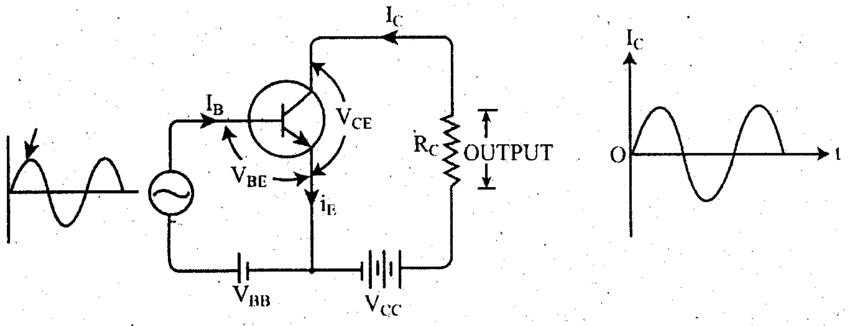
আউটপুট রেজিস্ট্যান্স (Output resistance) ঃ স্থির মানের ইমিটার কারেন্টে কালেক্টর বেস ভোল্টেজের (ΔV_{CB}) পরিবর্তন এবং কালেক্টর কারেন্টের (ΔI_C) পরিবর্তনের অনুপাতকে আউটপুট রেজিস্ট্যান্স বলে। অর্থাৎ,

আউটপুট রেজিস্ট্যান্স, $r_o = \dfrac{\Delta V_{CB}}{\Delta I_C}$ (স্থির মানের I_E)

সাধারণত কমন বেস সার্কিটে আউটপুট রেজিস্ট্যান্সের মান কয়েকশত কিলোওহম।

১.৩.২ কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার (Commom emitter amplifier) ঃ

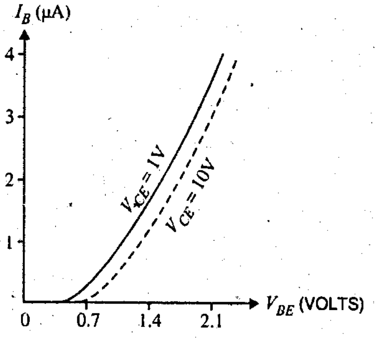
নিচের চিত্রে কমন ইমিটার NPN অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট অংকন করা হল। এখানে ব্যাটারি ভোল্টেজ V_{BB} সিগন্যালের সাথে যুক্তকরণের জন্য দেয়া হয়। এই ডিসি ভোল্টেজকে বায়াস ভোল্টেজ বলা হয় এবং তা সকল সময় ইমিটার বেস জাংশনকে ফরোয়ার্ড বায়াসে রাখে।



চিত্র ঃ ১.১৩ CE ব্যবস্থাপনায় ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার

কার্যপ্রণালি (Operation) ঃ সিগন্যালের ধনাত্মক অর্ধসাইকেলের সময় ইমিটার বেস জাংশনের আড়াআড়িতে ফরোয়ার্ড বায়াস বৃদ্ধি পাবে। ফলে ইমিটার হতে অনেক বেশি পরিমাণ ইলেকট্রন কালেক্টর বেসের মাধ্যমে প্রবেশ করবে। এ কারণে কালেক্টর কারেন্ট বৃদ্ধি পায়। এই বৃদ্ধিপ্রাপ্ত কালেক্টর কারেন্ট কালেক্টর লোড রেজিস্ট্যান্স R_C এর আড়াআড়িতে বড় মানের ভোল্টেজ ড্রপ ঘটাবে। অধিকন্তু ঋণাত্মক অর্ধসাইকেলের সময়, ইমিটার বেস জাংশনের আড়াআড়িতে ফরোয়ার্ড বায়াস হ্রাস পাবে। ফলে কালেক্টর কারেন্ট হ্রাস পাবে। ফলাফলস্বরূপ বিপরীত দিকে আউটপুট ভোল্টেজ বৃদ্ধি পাবে। অর্থাৎ ঋণাত্মক অর্ধসাইকেল পূর্ণ করবে। এক্ষেত্রে লোডের আড়াআড়িতে বিবর্ধিত আউটপুট পাওয়া যাবে।

কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর সার্কিটের ইনপুট বৈশিষ্ট্য রেখা ঃ



১.১৪ CE-এর ইনপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

চিত্রে একটি NPN ট্রানজিস্টরে কমন ইমিটার কানেকশন দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে বেস কারেন্ট I_B হচ্ছে ইনপুট কারেন্ট এবং V_{BE} হচ্ছে ইনপুট ভোল্টেজ। I_B কে Y-অক্ষ রেখায় এবং V_{BE} কে X-অক্ষ রেখায় ধরে উপরোক্ত I_B এবং V_{BE} এর মান গ্রাফ পেপারে বসিয়ে স্থির V_{CE} এর জন্য ইনপুট বৈশিষ্ট্য রেখা পাওয়া যায়।

এ রেখাটি হতে নিম্নলিখিত তথ্যগুলো লক্ষ করা যায়–

১। এটি ডায়োডের ফরোয়ার্ড বায়াসড রেখার মতো। কারণ ট্রানজিস্টরের বেস ইমিটার সেকশন একটি ফরোয়ার্ড বায়াসড ডায়োডের মতো।

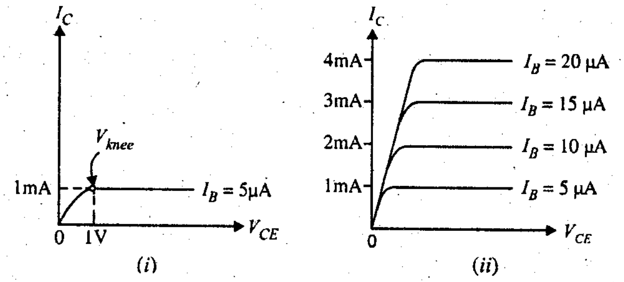
২। V_{BE} এর মান 0.6 ভোল্টেজ পর্যন্ত I_B এর পরিবর্তনের হার খুব কম।

ইনপুট ইম্পিড্যান্স (Input impedance) ঃ স্থির মানের V_{CE} ভোল্টেজে, বেস-ইমিটার ভোল্টেজ (ΔV_{BE}) এর সাথে বেস কারেন্টের (ΔI_B) পরিবর্তনের অনুপাতকে ইনপুট ইম্পিড্যান্স বলে। অর্থাৎ,

ইনপুট ইম্পিড্যান্স, $r_i = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} \Big|$ V_{CE} = স্থির মান

সচরাচর CE সার্কিটে ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান কয়েকশত ওহম।

কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর সার্কিটের আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা ঃ



চিত্র ঃ ১.১৫ কমন ইমিটার সংযোগের জন্য আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

এটি কালেক্টর কারেন্ট I_C এবং কালেক্টর ভোল্টেজ V_{CE} এর মধ্যে অংকিত রেখা, যখন ইনপুট বেস কারেন্ট I_B স্থির থাকে।

আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা হতে নিম্নবর্ণিত বিষয়গুলো পরিলক্ষিত করা যায় ঃ

১। V_{CE} এর মান যখন 0 থেকে 1 ভোল্ট হয়, কেবলমাত্র তখনই I_C এর মান পরিবর্তিত হয়; কিন্তু V_{CE} এর মান 1V ভোল্টের বেশি হলে I_C প্রায় অপরিবর্তিত থাকে।

২। V_{CE} এর যে মান পর্যন্ত I_C পরিবর্তিত হয়, সেই মানকে নী ভোল্টেজ (V_{knee}) বলে।

৩। নী ভোল্টেজ অপেক্ষা বেশি ভোল্টেজে I_C স্থির থাকে। অর্থাৎ নী ভোল্টেজের উপরে V_{CE} পরিবর্তনে I_C এর তেমন পরিবর্তন হয় না।

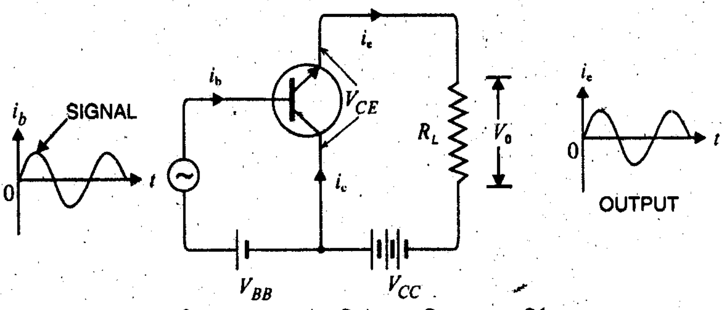
আউটপুট ইম্পিড্যান্স (Output impedance) ঃ স্থির মানের বেস কারেন্টে (I_B) কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ (ΔV_{CE}) এর সাথে কালেক্টর কারেন্ট (ΔI_C) এর পরিবর্তনের অনুপাতকে আউটপুট ইম্পিড্যান্স বলে। অর্থাৎ,

আউটপুট ইম্পিড্যান্স, $r_o = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C} \Big|$ I_B = স্থির মান

সচরাচর CE সার্কিটের আউটপুট ইম্পিড্যান্সের মান 50 kΩ (প্রায়)।

১.৩.৩ কমন কালেক্টর অ্যাম্প্লিফায়ার (The common collector amplifier) ঃ

নিচের চিত্রে কমন কালেক্টর সিঙ্গেল স্টেজ NPN ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারে সার্কিট অঙ্কন করা হল। বেস-কালেক্টর সার্কিটের মাধ্যমে ইনপুট সিগন্যালকে দেয়া হয় এবং ইমিটার কালেক্টর সার্কিট হতে আউটপুট সিগন্যালটিকে নেয়া হয়।



চিত্র ঃ ১.১৬ CC ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট

কালেক্টর ইমিটার সার্কিটে KVL সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই, $V_{CE} = V_{CC} - V_O$

অথবা, $V_{CE} = V_{CC} - I_E R_L$

সার্কিটে V_{CC}, R_L এর মান নির্দিষ্ট থাকার ফলে I_E এর মানের পরিবর্তনে V_{CE} এর মান পরিবর্তিত হবে। সুতরাং উপরের সমীকরণের এই সকল মানসমূহকে অগ্রাহ্য করে লেখা যায়–

$$\Delta V_{CE} = -R_L \Delta I_E$$

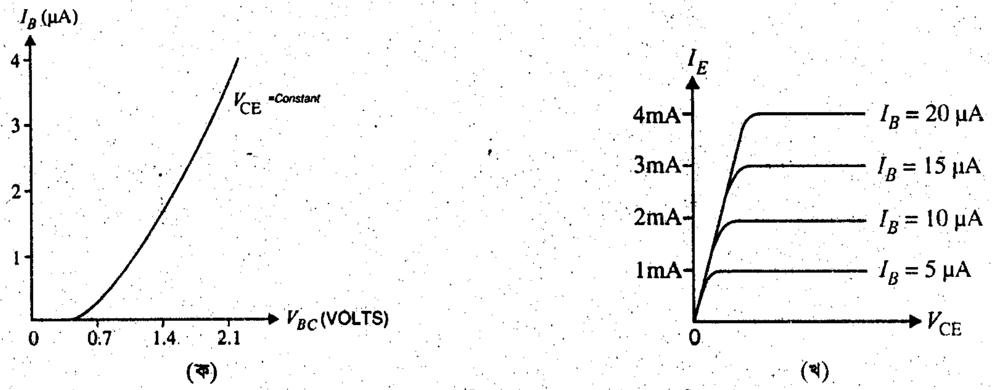
এই পরিবর্তিত ভোল্টেজই লোড R_L এর আড়াআড়িতে আউটপুট এসি ভোল্টেজ হিসাবে পাওয়া যায়।

$$\therefore V_O = R_L \Delta I_E$$

ট্রানজিস্টরের ইনপুটে এসি সিগন্যাল ভোল্টেজ V_s এর ধনাত্মক অর্ধসাইকেল বৃদ্ধি পেতে থাকলে ইমিটার বেস ফরোয়ার্ড বায়াস V_{BE} বৃদ্ধি পায়। ফলে I_E, I_B এবং I_C কারেন্টও বেড়ে যায়। এতে ইমিটার কারেন্টের যে মানের পরিবর্তন হয় (ΔI_E) তার জন্য V_O এর মান ধনাত্মক দিকে বাড়তে থাকে। আবার সিগন্যাল ভোল্টেজ V_s এর ঋণাত্মক অর্ধসাইকেলের জন্য V_{BE} এর মান কমতে থাকে, ফলে I_E এর মানের পরিবর্তন হয় এবং V_O এর মান ঋণাত্মক দিকে বাড়তে থাকে।

অতএব দেখা যায় যে, CC ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে ফরোয়ার্ড-রিভার্স বায়াসে ইনপুট ও আউটপুট ভোল্টেজের মধ্যে কোন ফেজ পার্থক্য থাকে না। অর্থাৎ ইনপুট সিগন্যালের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক ভোল্টেজের জন্য আউটপুটে যথাক্রমে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক ভোল্টেজ পাওয়া যায়।

কমন কালেক্টর ট্রানজিস্টর সার্কিটের ইনপুট ও আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা ঃ



চিত্র ঃ ১.১৭ (ক) ইনপুট বৈশিষ্ট্য রেখা (খ) আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

চিত্রে একটি NPN ট্রানজিস্টরের কমন কালেক্টর কানেকশন, এর ইনপুট এবং আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা দেখানো হয়েছে। কমন কালেক্টর কানেকশনের ক্ষেত্রে বেস কারেন্ট I_B হচ্ছে ইনপুট কারেন্ট এবং বেস কালেক্টর ভোল্টেজ V_{BC} হচ্ছে ইনপুট ভোল্টেজ। আবার, ইমিটার কারেন্ট I_E এবং ইমিটার কালেক্টর ভোল্টেজ V_{CE} হচ্ছে যথাক্রমে আউটপুট কারেন্ট এবং আউটপুট ভোল্টেজ।

V_{CE} কে কনস্ট্যান্ট ধরে V_{BC} এবং I_B এর মধ্যে অংকিত বৈশিষ্ট্য রেখাটিই কমন কালেক্টর কানেকশনের ইনপুট বৈশিষ্ট্য রেখা। এক্ষেত্রেও বেস ও কালেক্টর জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস পায়, ফলে ইনপুট কার্ভ ফরোয়ার্ড বায়াসপ্রাপ্ত ডায়োডের অনুরূপ হয়।

১। CC অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ইম্পিড্যান্স (Input impedance) ঃ স্থির মানের কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজে (V_{CE}), কালেক্টর বেস ভোল্টেজের (ΔV_{CB}) পরিবর্তনের সাথে সাথে বেস কারেন্টের (ΔI_B) পরিবর্তনের অনুপাতকে কমন কালেক্টর ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের জন্য ইনপুট ইম্পিড্যান্স বলে। সুতরাং,

ইনপুট ইম্পিড্যান্স, $r_i = \frac{\Delta V_{CB}}{\Delta I_B} \Big|\ V_{CE}$ = স্থির মান

সাধারণত কমন কালেক্টর কনফিগারেশনে ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান 750kΩ এর কাছাকাছি থাকে।

২। CC অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুট ইম্পিড্যান্স (Output impedance) ঃ স্থির বেস কারেন্টে (I_B), কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজের (ΔV_{CE}) পরিবর্তনের সাথে সাথে কালেক্টর কারেন্টের (ΔI_C) পরিবর্তনের অনুপাতকে কমন কালেক্টর ট্রানজিস্টরের আউটপুট ইম্পিড্যান্স বলে। অর্থাৎ,

আউটপুট ইম্পিড্যান্স, $r_o = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_E} \Big|\ I_B$ = স্থির মান

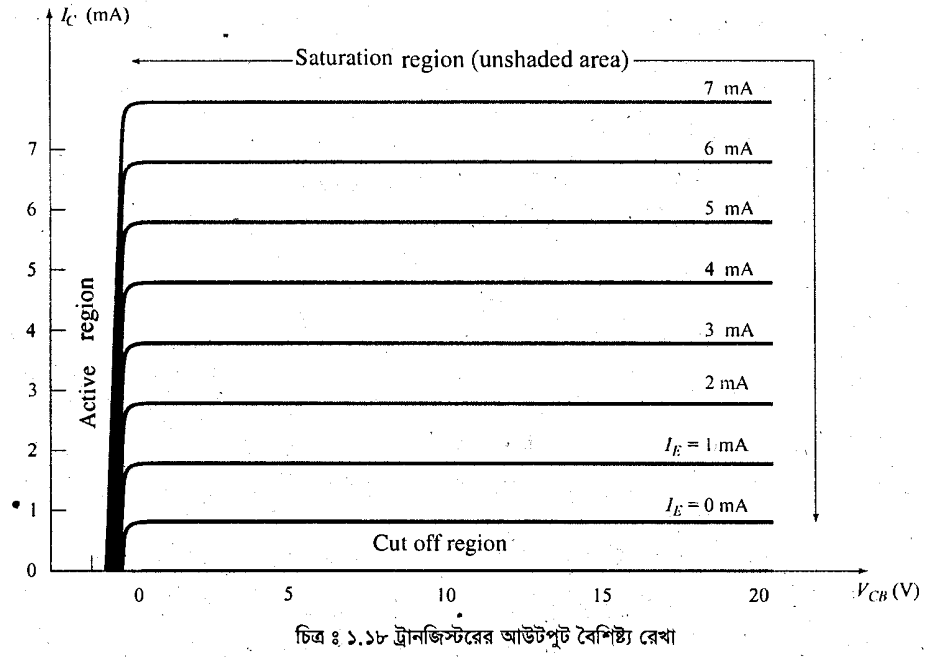
সাধারণত কমন কালেক্টর ট্রানজিস্টরের সংযোগের ক্ষেত্রে আউটপুট ইম্পিড্যান্সের মান 50Ω-এর কাছাকাছি হয়।

১.৪ ট্রানজিস্টরের কাট অফ, অ্যাকটিভ এবং স্যাচুরেশন রিজিয়ন (Mention transistor cut-off, active and saturation regions) ঃ

১। কাট-অফ রিজিয়ন (Cut off region) ঃ যখন ইনপুট অর্থাৎ বেস ভোল্টেজ শূন্য অথবা নেগেটিভ হয় তখন বেসের মধ্য দিয়ে I_B প্রবাহিত হয়। ফলে আউটপুট কারেন্ট কাট-অফ কন্ডিশন। এ অবস্থায় কালেক্টর কারেন্ট, E_{CEO} (collector leakage current) এর সমান।

২। স্যাচুরেশন রিজিয়ন (Saturation region) ঃ স্থির ইনপুট কারেন্টে, আউটপুট ভোল্টেজ বাড়াতে থাকলে আউটপুট কারেন্টও বাড়তে থাকে। কিন্তু আউটপুট ভোল্টেজ যখন নী ভোল্টেজের সমান বা বেশি হয়, তখন আউটপুট কারেন্ট প্রায় স্থির হয়ে যায়। অর্থাৎ আউটপুট ভোল্টেজ বাড়ালেও আউটপুট কারেন্টের তেমন পরিবর্তন হয় না। একে আউটপুট ক্যারেকটারিসটিক কার্ভে স্যাচুরেশন রিজিয়ন বলে।

৩। অ্যাকটিভ রিজিয়ন (Active region) ঃ কাট-অফ ও স্যাচুরেশন কন্ডিশনের মধ্যবর্তী রিজিয়নকে ট্রানজিস্টরের অ্যাকটিভ রিজিয়ন বলে। অফ ও অন রিজিয়ন হলো ট্রানজিস্টরের স্থির অপারেটিং রিজিয়ন। যখন অফ স্টেট থেকে অন স্টেটে যায় তখন ট্রানজিস্টরের এ রিজিয়ন সৃষ্টি হয়।



চিত্র ঃ ১.১৮ ট্রানজিস্টরের আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

১.৫ ট্রানজিস্টর-এর রেটিংসমূহ (Transistor ratings) :

❑ কমন বেস কনফিগারেশন (Common base configuration) :

১। CB অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন (Voltage gain) : কোন অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের লোডের আড়াআড়িতে প্রাপ্ত এসি আউটপুট ভোল্টেজের সাথে এসি ইনপুট ভোল্টেজের অনুপাতকে ভোল্টেজ গেইন বলে। ভোল্টেজ গেইনকে A_V দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সুতরাং

$$\text{ভোল্টেজ গেইন, } A_V = \frac{\text{লোডের আড়াআড়িতে প্রাপ্ত এসি আউটপুট ভোল্টেজ}}{\text{ইনপুটে প্রয়োগকৃত এসি ভোল্টেজ}} = \frac{V_O}{V_{IN}} = \frac{R_L \Delta I_C}{\Delta V_{EB}}$$

আমরা জানি, কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের ইনপুট ইম্পিড্যান্স, $r_i = \frac{\Delta V_{EB}}{\Delta I_E}$

$$\therefore \Delta V_{EB} = r_i \, \Delta I_E$$

এবং এসি কারেন্ট গেইন, $\alpha_{ac} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$ $\therefore \Delta I_C = \alpha_{ac} \Delta I_E$

এ মানসমূহ উপরের সমীকরণে বসিয়ে আমরা পাই,

$$A_V = \frac{R_L . \alpha_{ac} \Delta I_E}{r . \Delta I_E} = \alpha_{ac} . \frac{R_L}{r_i}$$

সাধারণত কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটে ভোল্টেজ গেইন A_V এর মান ১৫০ এর কাছাকাছি।

২। CB অ্যাম্প্লিফায়ারের কারেন্ট গেইন (Current gain) : কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের আউটপুট কালেক্টর কারেন্ট এবং ইনপুট ইমিটার কারেন্টের পরিবর্তনের অনুপাতকে কারেন্ট গেইন বলে। কারেন্ট গেইনকে A_i দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অতএব–

$$\text{কারেন্ট গেইন, } A_i = \frac{\text{আউটপুট কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তনের মান}}{\text{ইনপুট ইমিটার কারেন্টের পরিবর্তনের মান}}$$

$$= \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$$

সাধারণত কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের কারেন্ট গেইন এর মান ১ এর চেয়ে কম হয়।

৩। পাওয়ার গেইন (Power gain) : কোন ট্রানজিস্টর সার্কিটের আউটপুট সিগন্যালের পাওয়ার এবং ইনপুট সিগন্যালের পাওয়ারের অনুপাতকে পাওয়ার গেইন বলে। তা ছাড়া সার্কিটের ভোল্টেজ গেইন ও কারেন্ট গেইনের গুণফল থেকেও পাওয়ার গেইন নির্ণয় করা যায়। একে A_p দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অতএব–

$$A_P = \text{ভোল্টেজ গেইন} \times \text{কারেন্ট গেইন} = A_V \times A_i$$

সাধারণত কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের পাওয়ার গেইন A_P এর মান 20 dB থেকে 30 dB এর মধ্যে হয়ে থাকে।

৪। ইনপুট রেজিস্ট্যান্স (Input resistance) : স্থির মানের কালেক্টর বেস ভোল্টেজে (ΔV_{CB}), ইমিটার বেস ভোল্টেজ (ΔV_{BE}) এবং ইমিটার কারেন্ট (ΔI_E) এর অনুপাতকে ইনপুট রেজিস্ট্যান্স বলে। অর্থাৎ,

$$\text{ইনপুট রেজিস্ট্যান্স, } r_i = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_E} \quad (\text{স্থির মানের } V_{CB})$$

সাধারণত এই ইনপুট রেজিস্ট্যান্সের মান কয়েক ওহম।

৫। আউটপুট রেজিস্ট্যান্স (Output resistance) : স্থির মানের ইমিটার কারেন্টে কালেক্টর বেস ভোল্টেজের (ΔV_{CB}) পরিবর্তন এবং কালেক্টর কারেন্টের (ΔI_C) পরিবর্তনের অনুপাতকে আউটপুট রেজিস্ট্যান্স বলে। অর্থাৎ,

$$\text{আউটপুট রেজিস্ট্যান্স, } r_o = \frac{\Delta V_{CB}}{\Delta I_C} \quad (\text{স্থির মানের } I_E)$$

সাধারণত কমন বেস সার্কিটে আউটপুট রেজিস্ট্যান্সের মান কয়েকশত কিলোওহম।

❑ কমন ইমিটার কনফিগারেশন (Common emitter configuration) ঃ

১। ভোল্টেজ গেইন (Voltage gain) ঃ অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের লোডের আড়াআড়িতে প্রাপ্ত এসি আউটপুট ভোল্টেজের সাথে এসি ইনপুট ভোল্টেজের অনুপাতকে ভোল্টেজ গেইন বলে। ভোল্টেজ গেইনকে A_v দ্বারা সূচিত করা হয়।

অর্থাৎ, $A_v = \frac{\text{লোডের আড়াআড়িতে প্রাপ্ত এসি আউটপুট ভোল্টেজ}}{\text{লোডের আড়াআড়িতে প্রাপ্ত এসি ইনপুট ভোল্টেজ}} = \frac{v_o}{v_{in}} = \frac{R_L \Delta_{IC}}{\Delta v_{BE}}$

আমরা জানি, CE সংযোগে ট্রানজিস্টরের ইনপুট ইম্পিড্যান্স, $r_i = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}$

অথবা, $\Delta V_{BE} = r_i \Delta I_B$

এবং এসি কারেন্ট গেইন, $\beta_{ac} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$

অথবা, $\Delta I_C = \beta \Delta I_B$

এই মানসমূহ উপরের সমীকরণে বসিয়ে আমরা পাই,

$$A_v = \frac{R_L \beta \Delta I_B}{r_i \Delta I_B} = \beta \frac{R_L}{r_i}$$

সাধারণত কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে A_v এর মান ৫০০ এর কাছাকাছি থাকে।

২। কারেন্ট গেইন (Current gain) ঃ কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে আউটপুটে কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তন এবং ইনপুটের বেস কারেন্টের পরিবর্তনের অনুপাতকে কারেন্ট গেইন বলে। অতএব,

কারেন্ট গেইন, $A_i = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$

সাধারণত কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে অ্যাম্প্লিফায়ারের কারেন্ট গেইনের মান ১০০ এর কাছাকাছি থাকে।

৩। পাওয়ার গেইন (Power gain) ঃ ভোল্টেজ ও কারেন্ট গেইনের গুণফল হতে কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের পাওয়ার গেইন পাওয়া যায়। অতএব,

পাওয়ার গেইন, A_P = ভোল্টেজ গেইন × কারেন্ট গেইন

$= A_v \times A_i$

সাধারণত কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের পাওয়ার গেইন A_P এর মান ৪০ ডেসিবেল এর চেয়ে বেশি হয়।

৪। ইনপুট ইম্পিড্যান্স (Input impedance) ঃ স্থির মানের V_{CE} ভোল্টেজে বেস ইমিটার ভোল্টেজ (ΔV_{BE}) এর সাথে বেস কারেন্টের (ΔI_B) পরিবর্তনের অনুপাতকে ইনপুট ইম্পিড্যান্স বলে। অর্থাৎ,

ইনপুট ইম্পিড্যান্স, $r_i = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}$ | V_{CE} = স্থির মান

সচরাচর CE সার্কিটে ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান কয়েকশত ওহম।

৫। আউটপুট ইম্পিড্যান্স (Output impedance) ঃ স্থির মানের বেস কারেন্টে (I_B) কালেক্টও ইমিটার ভোল্টেজ (ΔV_{CE}) এর সাথে কালেক্টর কারেন্ট (ΔI_C) এর পরিবর্তনের অনুপাতকে আউটপুট ইম্পিড্যান্স বলে। অর্থাৎ,

আউটপুট ইম্পিড্যান্স, $r_o = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}$ | I_B = স্থির মান

সচরাচর CE সার্কিটের আউটপুট ইম্পিড্যান্সের মান ৫০ kΩ (প্রায়)।

❑ কমন কালেক্টর কনফিগারেশন (Common collector configuration) ঃ

১। CC অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন (Voltage gain) ঃ কমন কালেক্টর সার্কিটের লোডের আড়াআড়িতে প্রাপ্ত আউটপুট AC ভোল্টেজের সাথে ইনপুট AC ভোল্টেজের অনুপাতকে ভোল্টেজ গেইন বলে। অর্থাৎ,

ভোল্টেজ গেইন, $A_v = \frac{\text{লোডের আড়াআড়িতে প্রাপ্ত আউটপুট ভোল্টেজ}}{\text{সার্কিটে প্রয়োগকৃত ইনপুট ভোল্টেজ}}$

$$= \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{R_L \Delta I_E}{\Delta V_{CB}}$$

সাধারণত কমন কালেক্টর ট্রানজিস্টরের সার্কিটে ভোল্টেজ গেইনের মান ১ এর চেয়ে কম হয়।

২। কারেন্ট গেইন (Current gain) ঃ কমন কালেক্টর ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে আউটপুট সার্কিটে প্রাপ্ত ইমিটার কারেন্টের (ΔI_E) পরিবর্তনের সাথে ইনপুটে প্রয়োগকৃত বেস কারেন্টের (ΔI_B) পরিবর্তনের অনুপাতকে কারেন্ট গেইন বলে। অর্থাৎ,

$$\text{কারেন্ট গেইন, } A_i = \frac{\Delta I_E}{\Delta I_B}$$

যেহেতু বেস কারেন্টের সামান্য পরিবর্তনে ইমিটার কারেন্টের ব্যাপক পরিবর্তন হয়, ফলে CC ট্রানজিস্টরের কারেন্ট গেইন এর মান ১ এর চেয়ে অনেক বেশি হয়। সচরাচর CC ট্রানজিস্টরের কারেন্ট গেইনের মান ৩০ হতে ২৫০ এর মধ্যে হয়ে থাকে।

৩। পাওয়ার গেইন (Power gain) ঃ ভোল্টেজ ও কারেন্ট গেইনের গুণফল হতে পাওয়ার গেইন পাওয়া যায়।

অর্থাৎ, পাওয়ার গেইন, A_p = ভোল্টেজ গেইন × কারেন্ট গেইন

$$\therefore A_p = A_v \times A_i$$

কমন কালেক্টর ট্রানজিস্টরে যেহেতু ভোল্টেজ গেইন ১ এর চেয়ে কম থাকে এবং কারেন্ট গেইন ১ এর চেয়ে বেশি হয়, ফলে সাধারণত পাওয়ার গেইন A_p এর মান ১০ হতে ২০ ডেসিবেল এর মধ্যে হয়ে থাকে।

৪। CC অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ইম্পিড্যান্স (Input impedance) ঃ স্থির মানের কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজে (V_{CE}), কালেক্টর বেস ভোল্টেজের (ΔV_{CB}) পরিবর্তনের সাথে সাথে বেস কারেন্টের (ΔI_B) পরিবর্তনের অনুপাতকে কমন কালেক্টর ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের জন্য ইনপুট ইম্পিড্যান্স বলে। সুতরাং

$$\text{ইনপুট ইম্পিড্যান্স, } r_i = \frac{\Delta V_{CB}}{\Delta I_B} \Bigg|\; V_{CE} = \text{স্থির মান}$$

সাধারণত কমন কালেক্টর কনফিগারেশনে ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান 750kΩ এর কাছাকাছি থাকে।

৫। CC অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুট ইম্পিড্যান্স (Output impedance) ঃ স্থির বেস কারেন্টে (I_B) কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজের (ΔV_{CE}) পরিবর্তনের সাথে সাথে কালেক্টর কারেন্টের (ΔI_C) পরিবর্তনের অনুপাতকে কমন কালেক্টর ট্রানজিস্টরের আউটপুট ইম্পিড্যান্স বলে। অর্থাৎ, আউটপুট ইম্পিড্যান্স, $r_o = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}$ I_B = স্থির মান

সাধারণত কমন কালেক্টর ট্রানজিস্টরের সংযোগের ক্ষেত্রে আউটপুট ইম্পিড্যান্সের মান ৫০Ω এর কাছাকাছি হয়।

বাণিজ্যিকভাবে তৈরি বহুল প্রচলিত কিছু এনপিএন ট্রানজিস্টরের ভোল্টেজ, কারেন্ট রেটিং এবং ব্যবহার উল্লেখসহ একটি তালিকা দেওয়া হল ঃ

Type	I_C (max)	P_O (max)	V_{CC} (max)	V_{CB} (max)	ব্যবহার
BC107	100mA	300mW	45V	50V	অডিও ড্রাইভার
BC108	100mA	300mW	20V	30V	সাধারণ ক্ষেত্রে
BC109	100mA	300mW	20V	30V	লো-নয়েজ অডিও
BC184L	100mA	350mW	30V	45V	লো-নয়েজ অডিও
BC548	100mA	625mW	30V	30V	অ্যাম্প্লিফায়ার
BC337	500mA	625mW	45V	50V	অডিও ড্রাইভার
BFY50	1.0A	800mW	35V	80V	সাধারণ
BFY90	25mA	20mW	15V	30V	লো-নয়েজ আরএফ অ্যাম্প্লিফায়ার
2N3904	200mA	350mW	40V	60V	সুইচিং
2N3055E	15A	115W	60V	100V	উচ্চ ক্ষমতার অ্যাম্প্লিফায়ার এবং সুইচিং
2TX300	500mA	300W	25V	25V	উচ্চ ক্ষমতার অ্যাম্প্লিফায়ার এবং সুইচিং
BLY82	10A	30W	60V	150V	সাধারণ
BD131	3A	15W	45W	70V	উচ্চ ক্ষমতার সুইচিং
TIP31C	3A	40W	100V	140V	সাধারণ/অডিও
BUV20	50A	250W	125V	160V	পাওয়ার সুইচিং
BUP51	80A	300W	175V		ইনডাকটিভ সুইচিং
BUP48	100A	300W	60V		দ্রুতগতি সম্পন্ন সুইচিং

α ও β এর মধ্যে সম্পর্ক ঃ

কমন বেস এর ক্ষেত্রে কারেন্ট গেইন, $\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$

কমন ইমিটার এর ক্ষেত্রে কারেন্ট গেইন, $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$

যে কোন ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে,

$\Delta I_E = \Delta I_C + \Delta I_B$ .... (1)

ΔI_C দ্বারা (1) নং সমীকরণকে ভাগ করে পাই,

$$\frac{\Delta I_E}{\Delta I_C} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_C} + \frac{\Delta I_B}{\Delta I_C}$$

$$\frac{1}{\alpha} = 1 + \frac{1}{\beta} \qquad \left[\alpha = \frac{I_C}{I_E}, \beta = \frac{I_C}{I_B}\right]$$

বা, $\frac{1}{\alpha} = \frac{\beta + 1}{\beta}$

$$\therefore \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

এটিই α ও β এর মধ্যে সম্পর্ক।

α ও γ এর মধ্যে সম্পর্ক ঃ

কমন বেস এর ক্ষেত্রে কারেন্ট গেইন, $\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$

কমন কালেক্টর এর ক্ষেত্রে কারেন্ট গেইন, $\gamma = \frac{\Delta I_E}{\Delta I_B}$

যে কোন ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে,

$\Delta I_E = \Delta I_C + \Delta I_B$ .... (1)

ΔI_E দ্বারা (1) নং সমীকরণ ভাগ করে পাই,

$$\frac{\Delta I_E}{\Delta I_E} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} + \frac{\Delta I_B}{\Delta I_E}$$

$$1 = \alpha + \frac{1}{\gamma} \qquad \left[\alpha = \frac{I_C}{I_E}, \gamma = \frac{I_C}{I_B}\right]$$

বা, $\alpha = 1 - \frac{1}{\gamma}$

$$\therefore \alpha = \frac{\gamma - 1}{\gamma}$$

এটিই α এবং γ এর মধ্যে সম্পর্ক।

α, β ও γ এর মধ্যে সম্পর্ক ঃ

উপরোক্ত α ও β এবং α ও γ এর মধ্যকার সম্পর্ক হতে পাই,

$$\alpha = \frac{\beta}{1 + \beta}$$

$= \frac{\gamma - 1}{\gamma}$ এটিই α, β এবং γ এর মধ্যে সম্পর্ক।

১.৬ CB, CC এবং CE কনফিগারেশনের মধ্যে তুলনাকরণ (Compare CB, CC and CE configuration) ঃ

কমন ইমিটার, কমন বেস এবং কমন কালেক্টর সার্কিটের বৈশিষ্ট্য এবং ব্যবহারের তুলনা ঃ

বৈশিষ্ট্য	কমন ইমিটার	কমন বেস	কমন কালেক্টর
(ক) ইনপুট রেজিস্ট্যান্স	নিম্নমানের (প্রায় $1k\Omega - 2k\Omega$)	নিম্নমানের ($30\Omega - 150\Omega$)	অতি উচ্চমানের (প্রায় $500k\Omega$)
(খ) আউটপুট রেজিস্ট্যান্স	উচ্চমানের (প্রায় $50k\Omega$)	অতি উচ্চমানের (প্রায় $450k\Omega$)	নিম্নমানের (প্রায় $50\Omega - 1000\Omega$)
(গ) কারেন্ট গেইন	বেশি কারেন্ট গেইন, 20 থেকে 200 পর্যন্ত β।	খুব কম, 0.85 থেকে 0.995 পর্যন্ত, α	উচ্চ কারেন্ট গেইন, 50 থেকে 300, $(1 + \beta)$
(ঘ) পাওয়ার গেইন	সর্বোচ্চ পাওয়ার গেইন	আদর্শ পাওয়ার গেইন	অন্যান্য সার্কিট থেকে পাওয়ার গেইন কম
(ঙ) ভোল্টেজ গেইন	প্রায় 1500	প্রায় 2000	1 অপেক্ষা কম
(চ) ইনপুট এবং আউটপুট সিগন্যালের গেইন	ইনপুট এবং আউটপুট সিগন্যাল 180° বিপরীত ফেজে থাকে	ইনপুট এবং আউটপুট সিগন্যাল একই ফেজে থাকে	ইনপুট এবং আউটপুট সিগন্যালের ফেজ পার্থক্য নেই।
(ছ) ব্যবহার	অডিও ফ্রিকুয়েন্সির ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।	উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সির ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।	ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং এর কাজে ব্যবহৃত হয়।

উদাহরণ-১। একটি কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের কালেক্টর রেজিস্ট্যান্স $3k\Omega$, লোড রেজিস্ট্যান্স $6k\Omega$, ট্রানজিস্টরের ইনপুট রেজিস্ট্যান্স $1k\Omega$ এবং $\beta = 100$ হলে নির্ণয় কর ঃ

(i) ভোল্টেজ গেইন (ii) আউটপুট ভোল্টেজ, যখন ইনপুট ভোল্টেজ 2mV।

সমাধান ঃ

দেওয়া আছে,

কালেক্টর রেজিস্ট্যান্স, $R_C = 3k\Omega$

লোড রেজিস্ট্যান্স, $R_L = 6k\Omega$

ইনপুট রেজিস্ট্যান্স, $r_1 = 1k\Omega$

$\beta = 100$

ইনপুট ভোল্টেজ $= 2mV = 2 \times 10^{-3}V$

(i) ভোল্টেজ গেইন,

$$A_v = \beta \frac{R_L}{r_1}$$

$$= \frac{100 \times 6k\Omega}{1k\Omega} = 600 \text{ (উত্তর)}$$

(ii) ভোল্টেজ গেইন, $A_V = \dfrac{\text{আউটপুট ভোল্টেজ}}{\text{ইনপুট ভোল্টেজ}}$

$\therefore$ আউটপুট ভোল্টেজ $= 600 \times 2 \times 10^{-3}$

$= 1.2V$ **(উত্তর)**

অনুশীলনী-১

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ট্রানজিস্টরের বায়াসিংয়ের প্রয়োজনীয়তা উল্লেখ কর।**

উত্তর ঃ কোন ট্রানজিস্টর সার্কিটের মধ্যদিয়ে সিগন্যাল অতিক্রমের সময় শূন্য সিগন্যাল কালেক্টর কারেন্ট এবং কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজের মান স্থির রাখার জন্য সার্কিটকে বায়াসিং করতে হয়। এখানে বেস ইমিটার জাংশনকে সঠিকভাবে ফরোয়ার্ড বায়াস এবং কালেক্টও বেস জাংশনকে রিভার্স বায়াস রাখতে হয়।

২। **ট্রানজিস্টরের ইমিটারের তুলনায় বেস পাতলা হওয়ার কারণ কী?**

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টরের ইমিটারের তুলনায় বেস পাতলা না হলে সম্পূর্ণ ইমিটার কারেন্ট বেসের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হবে। ফলে কালেক্টরে কোন কারেন্ট পাওয়া যাবে না। তা ছাড়া এর ফলে বেস ইমিটার জাংশন রেজিস্ট্যান্স কম হয় এবং বেস কালেক্টরের জাংশন রেজিস্ট্যান্স বেশি হয়।

৩। **ইমিটার কারেন্টের চেয়ে কালেক্টর কারেন্ট সামান্য কম হয় কেন?**

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টরের বেসে সামান্য ডোপিং করা হয়। তা ছাড়া বেস ইমিটার জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস এবং বেস কালেক্টর জাংশন রিভার্স বায়াস থাকায় ইমিটারের কারেন্টের চেয়ে কালেক্টর কারেন্ট সামান্য কম হয়।

৪। **লিকেজ কারেন্ট (I_{CBO}) বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৮, ১২, ১২(পরি), ১৪]

অথবা, লিকেজ কারেন্ট কী? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি), ২০১১]

উত্তর ঃ ইমিটার সার্কিটে আগত কারেন্টের মান শূন্য থাকা অবস্থায় মাইনরিটি চার্জ ক্যারিয়ারের জন্য কালেক্টর সার্কিটে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাকে লিকেজ কারেন্ট বা I_{CBO} বলে। এটি সাধারণত αI_E এর চেয়ে কম হয়ে থাকে।

৫। **বায়াসিং বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

অথবা, ট্রানজিস্টর বায়াসিং বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর ঃ সাধারণত কোন ট্রানজিস্টরকে কার্যক্ষম করে তোলার জন্য বাহির হতে যে ডিসি সরবরাহ ভোল্টেজ দেয়া হয়, তাকে বায়াসিং বলে।

৬। **ট্রানজিস্টরের ইমিটারকে বেশি ডোপিং করা হয় কেন?**

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টরের মধ্য দিয়ে সর্বোচ্চ পরিমাণ পাওয়ার বিকিরণ করার জন্য ইমিটারকে বেশি পরিমাণে ডোপিং করা হয়।

৭। **ট্রানজিস্টরের দুটি প্রধান কাজ লেখ।**

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টরের দুটি প্রধান কাজ হল–

১। একটি সিগন্যালকে নিম্নমানের রেজিস্ট্যান্স পথ হতে উচ্চমানের রেজিস্ট্যান্স পথে স্থানান্তর করা।

২। অল্প মানের সিগন্যালকে বহুগুণে বিবর্ধন করা।

৮। **ট্রানজিস্টরের কনফিগারেশন বলতে কী বুঝায়? এটির প্রকারভেদ লেখ।**

উত্তর ঃ কোন ট্রানজিস্টরের একটি টার্মিনালকে কমন রেখে অন্যান্য প্রান্তসমূহ সার্কিটে সংযোজন পদ্ধতিকে ট্রানজিস্টর কনফিগারেশন বলে। এটি মূলত তিন প্রকার, যথা–

১। কমন বেস ২। কমন ইমিটার এবং

৩। কমন কালেক্টর ইত্যাদি।

৯। **ট্রানজিস্টর কী?** [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর ঃ একটি P টাইপ এবং দুটি N টাইপ অথবা একটি N টাইপ এবং দুটি P টাইপ সেমিকন্ডাক্টর মিলিত হয়ে যে ডিভাইস তৈরি করে, তাকে ট্রানজিস্টর বলে।

১০। **ফরোয়ার্ড বায়াসিং বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ কোন ট্রানজিস্টরের বেস ইমিটার জাংশনে অথবা বেস কালেক্টর জাংশনে যদি একই পোলারিটির ভোল্টেজ অর্থাৎ N প্রান্তে ঋণাত্মক ও P প্রান্তে ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্ত যুক্ত করা হয়, তবে তাকে ফরোয়ার্ড বায়াসিং বলে।

১১। ট্রানজিস্টরের কালেক্টরের আকার বড় রাখা হয় কেন? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর ঃ কোন ট্রানজিস্টরের মধ্যে সর্বোচ্চ তাপ বিকিরণের জন্য কালেক্টরের আকার বড় রাখা হয়।

১২। ইমিটার হতে আগত ক্যারিয়ারসমূহ কোথায় গমন করে?

উত্তর ঃ ইমিটার হতে আগত ক্যারিয়ারসমূহ কালেক্টর ও বেসে গমন করে।

১৩। কোন ধরনের কনফিগারেশন সবচেয়ে বেশি ব্যবহার করা হয়?

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টরের কমন বেস কনফিগারেশন সবচেয়ে বেশি ব্যবহার করা হয়।

১৪। কমন বেস সংযোগের রেজিস্ট্যান্স কেমন হয়?

উত্তর ঃ কমন বেস সংযোগের ইনপুট রেজিস্ট্যান্স কম ও আউটপুট রেজিস্ট্যান্স বেশি হয়।

১৫। α এবং β এর মধ্যে সম্পর্কটি লেখ।

উত্তর ঃ α এবং β এর মধ্যে সম্পর্ক হল, $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$

১৬। কমন বেস সংযোগে মোট কালেক্টর কারেন্ট নির্ণয়ের সূত্রটি লেখ।

উত্তর ঃ কমন বেস সংযোজনে মোট কালেক্টর কারেন্ট নির্ণয়ের সূত্রটি হল, $I_C = \alpha I_E + I_{CO}$

১৭। PNP ট্রানজিস্টর কখন অ্যাকটিভ রিজিয়নে কাজ করে?

উত্তর ঃ PNP ট্রানজিস্টরের বেস ইমিটার জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস এবং বেস কালেক্টর জাংশন রিভার্স বায়াস হলে অ্যাকটিভ রিজিয়নে কাজ করে।

১৮। ট্রানজিস্টরের α এর মান কত?

উত্তর ঃ কমন বেস ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটে α এর মান এক এর চেয়ে কম।

১৯। ট্রানজিস্টর প্রধানত কোথায় ব্যবহার করা হয়?

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টর প্রধানত অ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

২০। কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারে ইনপুট ও আউটপুট সিগন্যাল কেমন হয়? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর ঃ কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারে ইনপুট ও আউটপুট সিগন্যাল $180°$ ফেজ শিফ্‌ট হয়।

২১। কোন ট্রানজিস্টরের বেস, ইমিটার এবং কালেক্টরের মধ্যে কারেন্টসমূহের সূত্রটি লেখ।

উত্তর ঃ কোন ট্রানজিস্টরের বেস, ইমিটার এবং কালেক্টরের মধ্যেকার কারেন্ট সমূহের সূত্র হল, $I_E = I_B + I_C$

২২। বাইপোলার ট্রানজিস্টর কাকে বলে? [বকাশিবো-২০০৬, ১০, ১৩ (পরি)]

উত্তর ঃ যদি কোন ট্রানজিস্টরের মধ্য দিয়ে হোল এবং ইলেকট্রন উভয় ধরনের চার্জ প্রবাহিত হয়, তবে তাকে বাইপোলার ট্রানজিস্টর বলে।

২৩। কোন ট্রানজিস্টরের α_{dc} এর মান কত?

উত্তর ঃ কোন ট্রানজিস্টরের α_{dc} এর মান হল, $\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E}$

২৪। কোন ট্রানজিস্টরের β_{dc} এর মান কত?

উত্তর ঃ কোন ট্রানজিস্টরের β_{dc} এর মান হল, $\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B}$

২৫। কোন ট্রানজিস্টর সার্কিটের বায়াসিং সাধারণত কেমন হয়? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর ঃ কোন ট্রানজিস্টর সার্কিটের বেস ইমিটার জাংশন ফরোয়ার্ড এবং বেস কালেক্টর জাংশন রিভার্স বায়াস হয়।

২৬। স্যাচুরেশন পয়েন্ট কী? [বাকাশিবো-২০১০, ০৫]

অথবা, স্যাচুরেশন পয়েন্ট কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টরের ইনপুট ভোল্টেজকে যথেষ্ট পরিমাণ পজিটিভ করা হলে স্যাচুরেশন কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহিত হয়। ট্রানজিস্টরের এ অবস্থাকে স্যাচুরেশন পয়েন্ট বলে।

২৭। অ্যাকটিভ রিজিয়ন কী? [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর ঃ কাট-অফ এবং স্যাচুরেশন কন্ডিশনের মধ্যবর্তী রিজিয়নকে ট্রানজিস্টরের অ্যাকটিভ রিজিয়ন বলে।

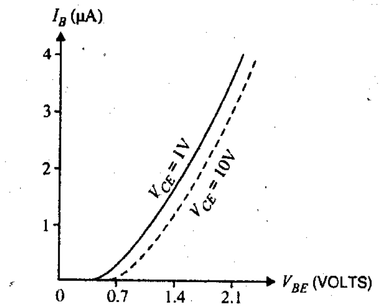
২৮। কাট-অফ রিজিয়ন কী?

উত্তর : যখন ইনপুট অর্থাৎ বেস ভোল্টেজ শূন্য অথবা নেগেটিভ হয় তখন বেসের মধ্য দিয়ে I_B প্রবাহিত হয়। ফলে আউটপুট কারেন্ট কাট-অফ কন্ডিশন। এ অবস্থায় কালেক্টর কারেন্ট, E_{CEO} (Collector leakage current) এর সমান।

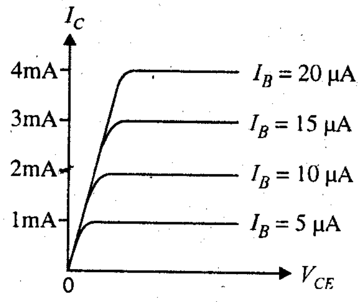
২৯। কমন ইমিটার কানেকশনের ইনপুট এবং আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা আঁক। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৭, ০৮]

অথবা, CE Transistor amplifier-এর I/P এবং O/P V-I characteristics curve অঙ্কন কর।[বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর : CE কানেকশনের ইনপুট ও আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা নিম্নে দেখানো হল :



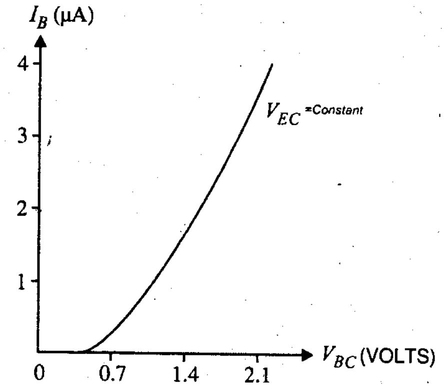
চিত্র : (ক) কমন ইমিটার সংযোগের ইনপুট বৈশিষ্ট্য রেখা



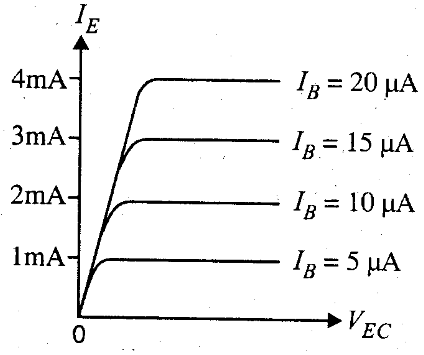
চিত্র : (খ) আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

৩০। কমন কালেক্টর কানেকশনের ইনপুট এবং আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা আঁক। [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর : CE কানেকশনের ইনপুট ও আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা নিম্নে দেখানো হল :



চিত্র : (ক) কমন কালেক্টর ইনপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

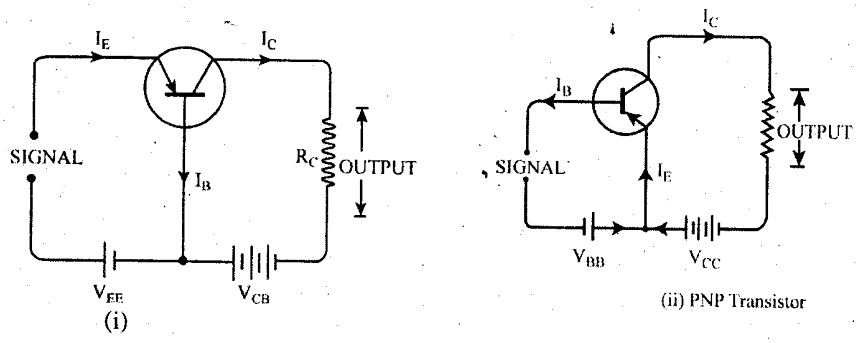


চিত্র : (খ) কমন কালেক্টর সার্কিটের আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

৩১। একটি PNP ট্রানজিস্টর এর CB এবং CE কানেকশন দেখাও। [বাকাশিবো-২০১০]

অথবা, একটি কমন ইমিটার কনফিগারেশনের চিত্র অঙ্কন করে কারেন্ট প্রবাহের দিক নির্দেশ কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর : নিচের চিত্রে PNP ট্রানজিস্টরের CB এবং CE কানেকশন দেখানো হল–



চিত্র : PNP ট্রানজিস্টরের CB এবং CE কানেকশন

৩২। Transistor এর বায়াসিং পদ্ধতির নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টরকে বায়াসিংকরণে যে সকল পদ্ধতি অবলম্বন করা হয় তা হল ঃ

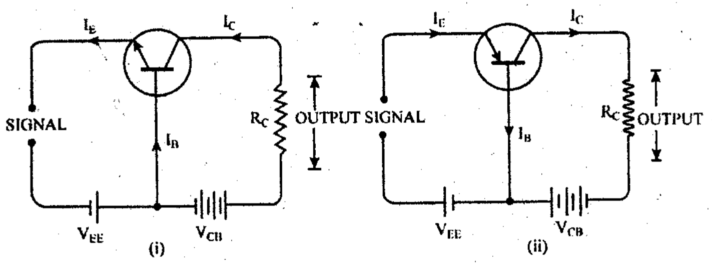
১। বেস বায়াস অথবা ফিক্সড কারেন্ট বায়াস (Base bias or fixed current bias)
২। ইমিটার ফিডব্যাক সহযোগে বেস বায়াস (Base bias with emitter feedback)
৩। কালেক্টর ফিডব্যাক সহযোগে বেস বায়াস (Base bias with collector feedback)
৪। কালেক্টর এবং ইমিটার ফিডব্যাক সহকারে বেস বায়াস (Base bias with collector and emitter feedback)
৫। দুটো সরবরাহ ব্যবস্থা সহযোগে ইমিটার বায়াস (Emitter bias with two supplies)
৬। ভোল্টেজ বিভক্তকারী বায়াস (Voltage divider bias) ইত্যাদি।

৩৩। Transistor এর সংযোগ কয় প্রকার ও কী কী, চিত্রসহ লেখ। [বাকাশিবো-২০১০]
অথবা, Transistor configuration-গুলোর চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর ঃ একটি ট্রানজিস্টরকে কার্যকর করার জন্য সাধারণত তিন প্রকার সার্কিট সংযোগ ব্যবস্থা রয়েছে। যথা–

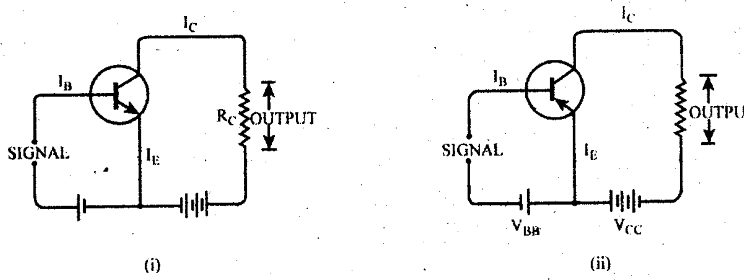
১। কমন বেস (Common base, CB)
২। কমন ইমিটার (Common emitter, CE)
৩। কমন কালেক্টর (Common collector, CC) ইত্যাদি।

১। কমন বেস সংযোগ (Common base connection) ঃ



চিত্র ঃ কমন বেস NPN এবং PNP কানেকশন

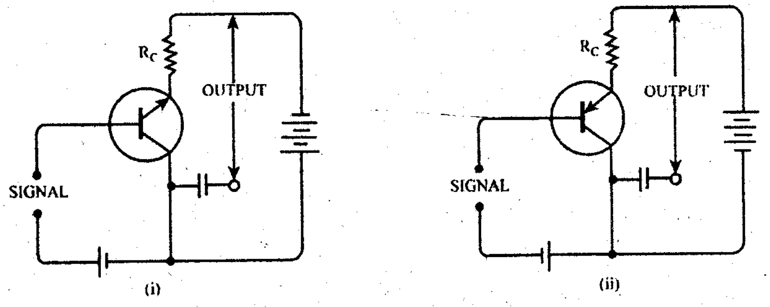
২। কমন ইমিটার সংযোগ (Common emitter connection) ঃ



NPN Transistor PNP Transistor

চিত্র ঃ কমন ইমিটার NPN এবং PNP সংযোগ

৩। কমন কালেক্টর সংযোগ (Common collector connection) ঃ



চিত্র ঃ কমন কালেক্টর NPN এবং PNP সংযোগ

৩৪। ট্রানজিস্টরের গুরুত্বপূর্ণ রেটিংগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টরের গুরুত্বপূর্ণ রেটিংগুলো হল–

১। অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন

২। কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর

৩। ইনপুট রেজিস্ট্যান্স

৪। আউটপুট রেজিস্ট্যান্স।

৩৫। বেস উইডথ মডুলেশন কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর ঃ কোন ট্রানজিস্টর কার্যকর অঞ্চলে অপারেশন শুরু করলে ইমিটার বেস জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস ও কালেক্টর বেস জাংশন রিভার্স করতে হয়। ফলশ্রুতিতে রিভার্স বায়াসে কালেক্টর জাংশনের পরিমাণ বৃদ্ধি পায় ও কার্যক্ষম বেস এর প্রশস্ততা (W) হ্রাস পায়। কালেক্টর রিভার্স বায়াস এর তারতম্যের সাথে বেস এর প্রশস্ততায় তারতম্যকে বেস উইডথ মডুলেশন (Base width modulation) বলে।

৩৬। ট্রানজিস্টরের সঠিক বায়াসিং-এর শর্তগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১৩, ২০১৫]

অথবা, ট্রানজিস্টর বায়াসিং বিধি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি), ২০১৬]

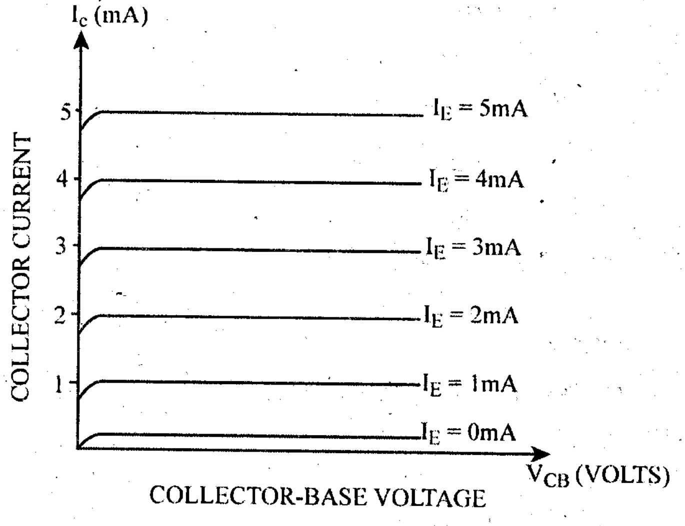
উত্তর ঃ ট্রানজিস্টরে দুটি শর্ত মেনে বায়াসিং করা হয়। যেমন–

(ক) বেস-ইমিটার জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস এবং

(খ) বেস-কালেক্টর জাংশন রিভার্স বায়াসিং করা হয়।

৩৭। একটি কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের আউপটুপ বৈশিষ্ট্য রেখা অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর ঃ



চিত্র ঃ আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

৩৮। ডিপ্লেশন রিজিয়ন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২(পরি), ২০১৪]

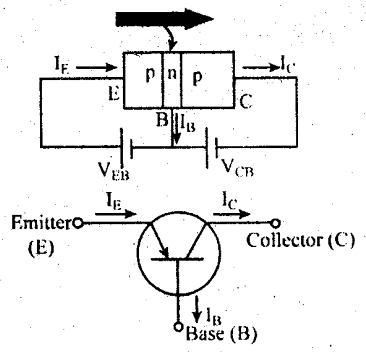
উত্তর ঃ P-N জাংশনের উভয় পাশে যে এলাকা জুড়ে কোন মুক্ত ইলেকট্রন বা হোল থাকে না, তাকে ডিপ্লেশন রিজিয়ন বলে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। PNP বা NPN ট্রানজিস্টরের অপারেশন বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৮, ০৯, ১০, ১২, ১২(পরি)]
অথবা, ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফিকেশনের মূলনীতি আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬]

উত্তর ঃ নিচে PNP ট্রানজিস্টরের কার্যাবলি অনুধাবনের জন্য চিত্র অংকন করা হল—

এখানে ফরোয়ার্ড বায়াসের কারণে P-টাইপ ইমিটারের হোলসমূহ বেসের দিকে প্রবাহিত হয় এবং I_E গঠন করে। যেহেতু এই হোলসমূহ N-টাইপ বেস অতিক্রম করছে, সেহেতু তাদের ইলেকট্রনের সাথে যুক্ত হওয়ার ইচ্ছাই বেশি। অল্প মানের ডোপিং ও তা পাতলা হওয়ার কারণে অল্প সংখ্যক হোলই ইলেকট্রনের সাথে মিলিত হয়, বাকি অংশ কালেক্টর অঞ্চলে কালেক্টর কারেন্ট (I_C) গঠন করে। এভাবে সমস্ত ইমিটার কারেন্টই কালেক্টরে প্রবাহিত হয়।



চিত্র ঃ PNP ট্রানজিস্টরের সাধারণ সংযোগ

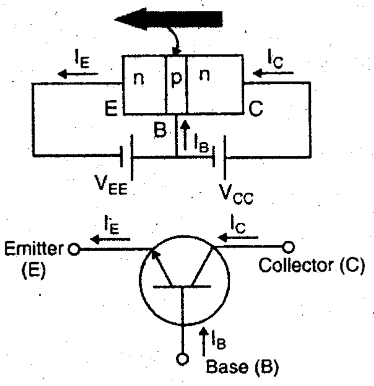
২। ট্রানজিস্টরের লিকেজ (Leakage) কারেন্ট বলতে কী বুঝায়?
অথবা, Common base amplifier-এ লিকেজ কারেন্ট সম্পর্কে আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ PNP অথবা NPN উভয় ট্রানজিস্টরের ফরোয়ার্ড রিভার্স বায়াসিংয়ে কালেক্টর জাংশন সবসময় রিভার্স বায়াসিং করা হয়। এ প্রকার রিভার্স বায়াসিং আবার কালেক্টর ও বেসে মাইনরিটি চার্জ ক্যারিয়ারের জন্য ফরোয়ার্ড বায়াস হিসাবে কাজ করে। ফলে কালেক্টর হতে বেসের দিকে মূল কারেন্ট প্রবাহের বিপরীতে একটি কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাকে লিকেজ কারেন্ট I_{CO} বা I_{CBO} বলে। যেহেতু মাইনরিটি চার্জ ক্যারিয়ারের সংখ্যা মেজরিটি চার্জ ক্যারিয়ারের তুলনায় খুব কম, ফলে এর জন্য যে কারেন্ট প্রবাহিত হয় তাকে নগণ্য ধরা হয়।

৩। NPN ট্রানজিস্টরের বায়াসিং চিত্রসহ আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০৮, ১০, ১২]

উত্তর ঃ নিচের চিত্রে NPN ট্রানজিস্টরের বায়াসিং পদ্ধতি দেখানো হল—

NPN ট্রানজিস্টরের বেস ইমিটার জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস এবং বেস কালেক্টর জাংশনকে রিভার্স বায়াসে রাখা হয়। এ কারণে V_{EE} ভোল্টেজের –ve প্রান্ত ইমিটারের সাথে + ve প্রান্ত বেসের সাথে যুক্ত থাকে। আবার V_{CC} ভোল্টেজের – ve প্রান্ত বেসের সাথে ও + ve প্রান্ত কালেক্টরের সাথে যুক্ত থাকে। ফলে ট্রানজিস্টরের মধ্যে I_C ও I_B কারেন্ট প্রবেশ করে ও I_E কারেন্ট বের হয়ে আসে।



চিত্র ঃ NPN ট্রানজিস্টরের বায়াসিং

৪। ট্রানজিস্টরে বায়াসিং কেন করা হয়?

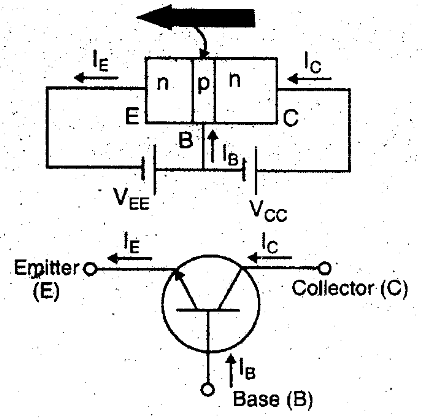
উত্তর ঃ ফেইথফুল বিবর্ধনের জন একটি ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারকে সাধারণত তিনটি সাধারণ শর্ত পূরণ করতে হবে—

১। সঠিক শূন্য সিগন্যাল কালেক্টর কারেন্ট,
২। যে কোন অবস্থায় সঠিক বেস ইমিটার ভোল্টেজ,
৩। যে কোন অবস্থায় সঠিক কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ। যদি কোন সার্কিট এই তিনটি শর্ত পূরণ করে, তবে তাকে বায়াসিং সার্কিট বলে।

ট্রানজিস্টরকে বায়াসিং করার সাধারণ উদ্দেশ্য হল বেস ইমিটার জাংশনকে ফরোয়ার্ড বায়াস এবং কালেক্টর ইমিটার জাংশনকে সিগন্যাল প্রদানের সময় রিভার্স বায়াসে রাখা। ফলে শূন্য সিগন্যাল কালেক্টর প্রবাহিত হতে পারে। এটি অপারেটিং বিন্দুকে স্ট্যাবিলাইজেশন করে।

৫। **NPN ট্রানজিস্টরের কারেন্ট প্রবাহ কৌশল সংক্ষেপে লেখ।** [বাকাশিবো-২০০৪, ০৭, ০৮]
অথবা, ট্রানজিস্টরে কারেন্ট প্রবাহের কৌশল সংক্ষেপে বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর ঃ নিচের চিত্রে NPN ট্রানজিস্টর ও কারেন্ট প্রবাহ কৌশল দেখানো হল–



চিত্র ঃ NPN ট্রানজিস্টরে কারেন্ট প্রবাহ

এখানে বেস ইমিটার জাংশনের ফরোয়ার্ড বায়াসিংয়ের কারণে ব্যাটারির – ve প্রান্ত হতে ইলেকট্রন ইমিটারে প্রবেশ করে। ফলে ইমিটার হতে মুক্ত ইলেকট্রন বিকর্ষিত হয়ে জাংশন অতিক্রম করে বেসে প্রবাহিত হয়। এই ইলেকট্রনের কিছু অংশ P-টাইপ বেসের হোলের সাথে মিলিত হয়ে বেস কারেন্ট তৈরি করে। কালেক্টর অংশ আবার ব্যাটারির ধনাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত থাকে। ফলে কালেক্টর হতে আগত ইলেকট্রনসমূহ ধনাত্মক প্রান্তের আকর্ষণে ব্যাটারিতে প্রবাহিত হয়।

এভাবে ব্যাটারির ঋণাত্মক প্রান্ত হতে মুক্ত ইলেকট্রনসমূহ ইমিটার বেস ও কালেক্টরের মধ্য দিয়ে ব্যাটারির + ve প্রান্তে প্রবাহিত হয়ে NPN ট্রানজিস্টরে কারেন্ট প্রবাহিত করে।

৬। **দুটি সোর্স ব্যবহার করে ট্রানজিস্টর বায়াসিং পদ্ধতিগুলোর চিত্র অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ চিত্র ১.৩, ১.৪, ১.৫ এবং ১.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৭। **লিকেজ কারেন্টের উপর তাপমাত্রার প্রভাব বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৩, ১৪]

উত্তর ঃ আমরা জানি, P ও N-টাইপ অর্ধপরিবাহী পদার্থে তাপমাত্রার প্রভাবে হোল ইলেকট্রন যুগল (Hole-electron pair) তৈরি হয়ে মাইনরিটি চার্জ ক্যারিয়ারের সৃষ্টি হয়। ফলে তাপমাত্রা বাড়ালে বেশি হোল ইলেকট্রন যুগল তথা মাইনরিটি চার্জ ক্যারিয়ার তৈরি হয় ও লিকেজ কারেন্টের পরিমাণ বাড়ে। আবার তাপমাত্রা কমালে হোল ইলেকট্রন মিলিত হয়ে মাইনরিটি চার্জ ক্যারিয়ারের পরিমাণ কমে যায়। ফলে লিকেজ কারেন্ট বাড়ে এবং তাপমাত্রা কমালে লিকেজ কারেন্ট কমে।

৮। **কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর (α) বলতে কী বুঝ?** [বাকাশিবো-২০১০, ১৩]

উত্তর ঃ কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের আউটপুট কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তনের সাথে সাথে ইনপুট ইমিটার কারেন্টের পরিবর্তনের অনুপাতকে কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর (α) বলে। একে α দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

অতএব, কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর, $= \frac{\text{আউটপুট কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তন}}{\text{ইনপুট ইমিটার কারেন্টের পরিবর্তন}}$

$$\therefore \alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$$

যেহেতু কালেক্টর কারেন্টের মান ইমিটার কারেন্টের চেয়ে কম হয়, ফলে কমন বেস ট্রানজিস্টরের কারেন্ট গেইন (α) এর মান 1 এর চেয়ে কম হয়।

৯। **ট্রানজিস্টর কী? এটি কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর ঃ একটি P টাইপ সেমিকন্ডাক্টরকে দুটি N-টাইপ সেমিকন্ডাক্টরের মাঝে বসিয়ে অথবা একটি N-টাইপ সেমিকন্ডাক্টরকে দুটি P-টাইপ সেমিকন্ডাক্টরের মাঝে বসিয়ে যে ডিভাইস তৈরি করে, তাকে ট্রানজিস্টর বলে। ট্রানজিস্টর এমন যার ইনপুটে কোন ইলেকট্রিক্যাল সিগন্যাল দিলে আউটপুটে এ সিগন্যাল বর্ধিত আকারে পাওয়া যায়।

ট্রানজিস্টর প্রধানত দুই প্রকার, যথা ঃ

১। PNP Transistor এবং

২। NPN Transistor।

১০। ট্রানজিস্টর কনফিগারেশন বলতে কী বুঝ? এটি কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর ঃ কোন ট্রানজিস্টরের একটি টার্মিনালকে কমন রেখে অন্যান্য প্রান্তসমূহ সার্কিটে সংযোজন পদ্ধতিকে ট্রানজিস্টর কনফিগারেশন বলে।

একটি ট্রানজিস্টরকে কার্যকর করার জন্য সাধারণত তিন প্রকার সার্কিট সংযোগ ব্যবস্থা রয়েছে। যথা–

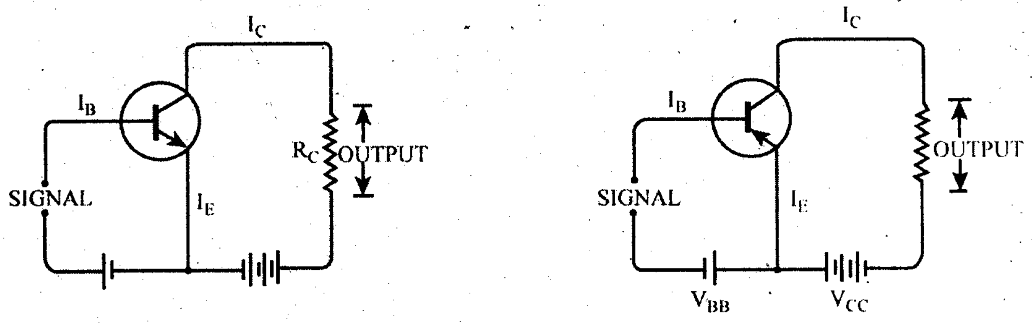
১। কমন বেস (Common base, CB)

২। কমন ইমিটার (Common emitter, CE)

৩। কমন কালেক্টর (Common collector, CC) ইত্যাদি।

১১। একটি কমন ইমিটার NPN ট্রানজিস্টর বায়াসিং এর মূলনীতি চিত্রসহ লেখ।

উত্তর ঃ এ প্রকার সার্কিট ব্যবস্থাপনায় বেস এবং ইমিটারের মধ্যে ইনপুট সিগন্যাল দেয়া হয় এবং কালেক্টর ও ইমিটার হতে আউটপুট সিগন্যাল নেয়া হয়। এখানে ট্রানজিস্টরের ইমিটারটি উভয় ইনপুট এবং আউটপুট সার্কিটের জন্য কমন বা সাধারণ বলে তাকে কমন ইমিটার সংযোগ বলা হয়। নিচের চিত্রে PNP এবং NPN ট্রানজিস্টরের কমন ইমিটার সংযোগ চিত্র দেখানো হল।



(i) NPN Transistor (ii) PNP Transistor

চিত্র ঃ কমন ইমিটার NPN এবং PNP সংযোগ

১২। α ও β এর মাঝে সম্পর্ক দেখাও। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৮, ১০]

উত্তর ঃ আমরা জানি, $\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$ .... (1)

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \text{ .... (2)}$$

যেকোন ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে, $I_E = I_B + I_C$ বা, $\Delta I_E = \Delta I_B + \Delta I_C$ .... (3)

সমীকরণ (3) নং কে ΔI_C দ্বারা ভাগ করে

$$\frac{\Delta I_E}{\Delta I_C} = \frac{\Delta I_B}{\Delta I_C} + \frac{\Delta I_C}{\Delta I_C}$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{B} + 1 \left[\alpha = \frac{I_C}{I_E}, \beta = \frac{I_C}{I_B}\right]$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1+\beta}{\beta}$$

$$\therefore \alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$$

এটিই α ও β এর মধ্যে সম্পর্ক।

১৩। দেখাও যে, $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ (অক্ষরগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে) [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর ঃ আমরা জানি,

$\alpha(1+\beta) = \beta$

বা, $\alpha + \alpha\beta = \beta$

বা, $\alpha = \beta - \alpha\beta$

বা, $\alpha = \beta(1-\alpha)$

বা, $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ (showed)

১৪। α ও γ এর মধ্যে সম্পর্ক দেখাও।

উত্তর ঃ আমরা জানি, $\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$ .... (1)

$\gamma = \frac{\Delta I_E}{\Delta I_B}$ ....(2)

আবার, যেকোন ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে, $I_E = I_B + I_C$

বা, $\Delta I_E = \Delta I_B + \Delta I_C$ .... (3)

সমীকরণ (3) কে I_E দ্বারা ভাগ করে পাই,

$\frac{I_E}{I_E} = \frac{I_B}{I_E} + \frac{I_C}{I_E}$

$1 = \frac{1}{\gamma} + \alpha$

$\alpha = 1 - \frac{1}{\gamma}$

$\therefore \alpha = \frac{\gamma - 1}{\gamma}$ এটিই α ও γ এর মধ্যে সম্পর্ক।

$\therefore \gamma = \frac{1}{1-\alpha}$; এটিই নির্ণেয় সম্পর্ক।

১৫। β এবং γ এর মাঝে সম্পর্ক দেখাও। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর ঃ কমন ইমিটার মোডে কারেন্ট গেইন, $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$

কমন কালেক্টর মোডে কারেন্ট গেইন, $\gamma = \frac{\Delta I_E}{\Delta I_B}$

পিএনপি এবং এনপিএন উভয় ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে, $I_E = I_C + I_B$

বা, $\Delta I_E = \Delta I_C + \Delta I_B$

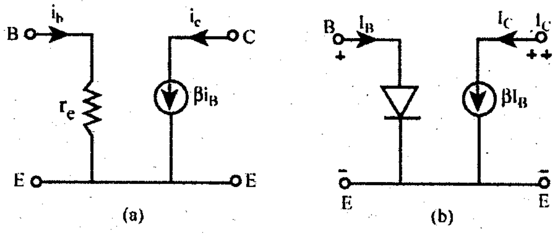
বা, $\frac{\Delta I_E}{\Delta I_B} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} + \frac{\Delta I_B}{\Delta I_B}$ (উভয় পক্ষকে ΔI_B দ্বারা ভাগ করে)

বা, $\gamma = \beta + 1$

বা, $\beta = \gamma - 1$ এটিই β এবং γ এর মাঝে সম্পর্ক।

১৬। CE ট্রানজিস্টরের সংযোগের জন্য AC ও DC সমতুল্য বর্তনী আঁক। [বাকাশিবো-২০০৭, ১১]

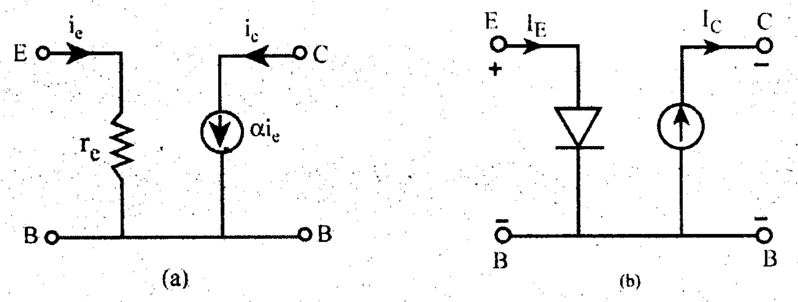
উত্তর ঃ নিম্নে CE সংযোগের AC ও DC সমতুল্য সার্কিট অঙ্কন করা হল ঃ



চিত্র ঃ CE ট্রানজিস্টরের AC এবং DC সমতুল্য সার্কিট

১৭। CB ট্রানজিস্টরের সংযোগের জন্য AC ও DC সমতুল্য বর্তনী আঁক। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর ঃ



চিত্র ঃ PNP, CB ট্রানজিস্টর এর AC এবং DC সমতুল্য সার্কিট

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। CB, CE, CC কনফিগারেশনের মধ্যে তুলনা বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১.৬ নং দ্রষ্টব্য।

২। একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার এর চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-০৪, ০৭,০৮, ১০, ১২, ১২ (পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১.৩.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। একটি কমন কালেক্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের মূলনীতি প্রয়োজনীয় চিত্রসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৭]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১.৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। লিকেজ কারেন্ট কী? লিকেজ কারেন্টের উপর তাপমাত্রার প্রভাব বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ ও ৭ দ্রষ্টব্য।

৫। বিভিন্ন প্রকার বায়াসিং সার্কিট অংকন করে বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর সংকেত ঃ ১.১ নং অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৬। কমন বেস ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের ডিসি ও এসি সমতুল্য সার্কিট অংকন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১.২ নং দ্রষ্টব্য।

৭। কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের ডিসি ও এসি সমতুল্য বর্তনী অংকন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১.২ নং দ্রষ্টব্য।

৮। CE অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ও আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখার বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১.৩.২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। ট্রানজিস্টরের কাট-অফ, অ্যাকটিভ ও স্যাচুরেশন অবস্থা বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

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

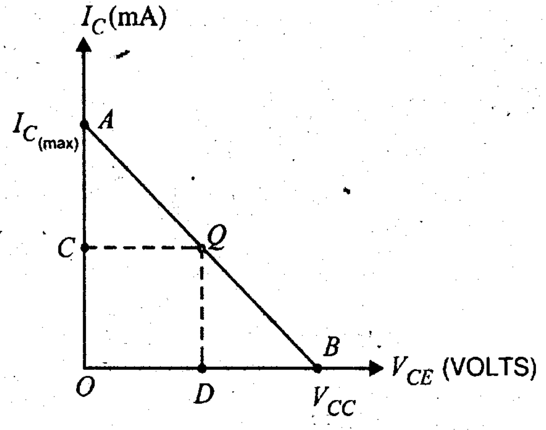
অধ্যায়-২

ট্রানজিস্টর বায়াসিং এবং স্ট্যাবিলাইজেশন
(Transistor Biasing and Stabilization)

২.১ (i) লোড লাইন (ii) অপারেটিং পয়েন্ট (iii) স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের সংজ্ঞা (Definition of (i) load line (ii) operating point (iii) stability factor) ঃ

ট্রানজিস্টরের অপারেটিং পয়েন্ট নির্ধারণে স্ট্যান্ডার্ড বায়াসিং পদ্ধতিসমূহ আলোচনা করার পূর্বে নিম্নোক্ত বিষয়সমূহ জানা প্রয়োজন।

(i) লোড লাইন (Load line) ঃ নির্দিষ্ট পরিমাণ লোড অবস্থায় কোন ট্রানজিস্টরের স্যাচুরেশন পয়েন্ট এবং কাট-অফ ভোল্টেজ নির্ণয় করে, তাকে গ্রাফে যথাক্রমে লম্ব ও অনুভূমিক রেখায় স্থাপনপূর্বক বিন্দুদ্বয়কে সরল রেখা দ্বারা সংযোগ করলে উক্ত সংযোগকারী সরল রেখাকে লোড লাইন বলে। স্যাচুরেশন পয়েন্ট সর্বোচ্চ লোড কারেন্ট নির্দেশ করে। লোড লাইনের উপর ট্রানজিস্টরের অপারেটিং পয়েন্ট অবস্থান করে। অর্থাৎ ট্রানজিস্টরের সঠিক অপারেশনের জন্য ভোল্টেজ ও কারেন্টের সম্ভাব্য কম্বিনেশন পয়েন্টগুলো লোড লাইনের উপর থাকে। লোড লাইন সাধারণত দুই প্রকার,



চিত্র ঃ ২.১ লোড লাইন

(ক) ডিসি লোড লাইন (D/C Load Line) ও

(খ) এসি লোড লাইন (A/C Load Line)।

(ক) ডিসি লোড লাইন (D/C Load Line) ঃ ডিসি কন্ডিশন অথবা জিরো সিগন্যালের ক্ষেত্রে ট্রানজিস্টরের কালেক্টর কারেন্ট (I_C) এবং কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ (V_{CE}) এর সাপেক্ষে ট্রানজিস্টরের যে লোড লাইন অঙ্কন করা হয়, তাকে ডিসি লোড লাইন বলে।

(খ) এসি লোড লাইন (A/C Load Line) ঃ এসি কন্ডিশন অথবা যখন কোন ট্রানজিস্টরের ইনপুটে সিগন্যাল প্রদান করা হয়, তখন ট্রানজিস্টরের কালেক্টর কারেন্ট (i_c) এবং কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ (v_{ce}) এর সাপেক্ষে যে লোড লাইন অঙ্কন করা হয়, তাকে এসি লোড লাইন বলে।

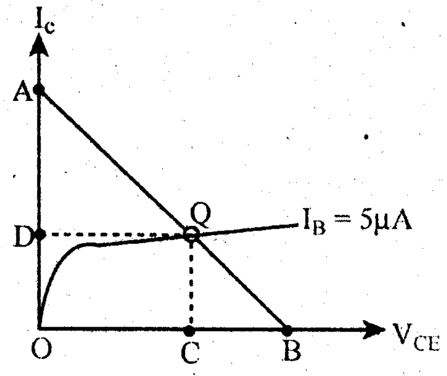
(ii) অপারেটিং পয়েন্ট বা কুইসেন্ট পয়েন্ট (Operating Point or Q-Point) ঃ কোন ট্রানজিস্টরের আউটপুট ক্যারেক্টরিসটিক কার্ভ লোড লাইনের যে বিন্দুতে ছেদ করে ঐ বিন্দু উক্ত ট্রানজিস্টরের অপারেটিং পয়েন্ট বা Q-Point নির্দেশ করে। Q-Point হচ্ছে লোড লাইনের উপর অবস্থিত এমন একটি বিন্দু, যা দ্বারা ট্রানজিস্টরের কালেক্টর কারেন্ট (I_C) ও কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ (V_{CE}) নির্দেশ করে, যখন ট্রানজিস্টরের বেসে বায়াস ভোল্টেজ অন্য কোন ইনপুট সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয় না।

নিম্নে একটি চিত্র অংকন করে Q-Point দেখানো হলো।

মনে করি, সিগন্যালের অনুপস্থিতিতে বেস কারেন্টের মান 5μA (প্রায়)। ফলে $I_B = 5\mu A$ বৈশিষ্ট্যের জন্য I_C এবং V_{CE} এর শর্ত কিছু বিন্দুর মাধ্যমে প্রতিস্থাপিত হবে। কিন্তু I_C এবং V_{CE} এর শর্ত সার্কিটে ডিসি AB লোড লাইনকে প্রতিস্থাপন করে। এই Q পয়েন্টেই লোড লাইন এবং বৈশিষ্ট্য রেখা পরস্পরকে ছেদ করে এবং তা উভয় শর্তই পূরণ করে। ফলে Q বিন্দুর মাধ্যমে সিগন্যাল ছাড়া সার্কিটের উভয় অবস্থাকেই প্রকাশ করা যায়। এই বিন্দুকে অপারেটিং বিন্দু বলে।

এমতাবস্থায়, V_{CE} = OC ভোল্ট

I_C = OD মিলি অ্যাম্পিয়ার।



চিত্র ঃ ২.২ অপারেটিং বিন্দু

(iii) স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর (Stability factor) ঃ I_{CBO} এর তারতম্যে I_C এর মান স্থির রাখতে হবে। ফলে বায়াসিং সার্কিটের স্থিরতার মান (Stability factor)-কে একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে স্থির রাখতে হয়।

স্থির মানের β এবং বেস কারেন্টে (I_B), কালেক্টর লিকেজ কারেন্ট I_{CO} এর সাপেক্ষে কালেক্টর কারেন্ট I_C এর পরিবর্তনের হারকে স্থিরতার সূচক (Stability factor) বলে।

অর্থাৎ Stability factor,

$$S = \frac{dI_C}{dI_{CO}} \quad \Big| \quad I_B \text{ এবং } \beta \text{ এর মান স্থির।}$$

স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের মাধ্যমে কালেক্টর লিকেজ কারেন্ট I_{CO} এর পরিবর্তনের সাপেক্ষে কালেক্টর কারেন্ট I_C এর পরিবর্তনকে প্রকাশ করা হয়।

গাণিতিক বিশ্লেষণ (Mathematical analysis) ঃ CE কনফিগারেশনের জন্য স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের সাধারণ সমীকরণ নিচের সূত্রানুসারে পাওয়া যায়–

$$I_C = \beta I_B + (\beta + 1) I_{CO}$$

I_C এর সাপেক্ষে উপরের সমীকরণকে অন্তরীকরণ (Differentiation) করলে আমরা পাই,

$$1 = \beta \frac{dI_B}{dI_C} + (1 + \beta) \frac{dI_{CO}}{dI_C}$$

অথবা, $1 = \beta \frac{dI_B}{dI_C} + \frac{(\beta + 1)}{S}$ | যেহেতু, $\frac{dI_{CO}}{dI_C} = \frac{1}{S}$

$$\therefore S = \frac{\beta + 1}{1 - \beta \frac{dI_B}{dI_C}}$$

২.২ লোড লাইন অঙ্কনের পদ্ধতিসমূহ (The methods of drawing DC load line) ঃ

লোড লাইন ও অপারেটিং পয়েন্ট (Load line and Operating point) ঃ ট্রানজিস্টর সার্কিট বিশ্লেষণ করার জন্য সাধারণত বিভিন্ন কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজে (V_{CE}) কালেক্টর কারেন্ট নির্ণয়ের প্রয়োজন পড়ে। তাই ট্রানজিস্টর সার্কিটের আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা অঙ্কন করে ($V_{CE} - I_C$ কার্ভ) ঐ রেখা থেকে বিভিন্ন V_{CE} এর জন্য I_C এর মান নির্ণয় করা যায়। কিন্তু ট্রানজিস্টর সার্কিট বিশ্লেষণ এর জন্য বহুলভাবে ব্যবহৃত হয় লোড লাইন পদ্ধতি। এ পদ্ধতি সহজ পদ্ধতি।

একটি নির্দিষ্ট লোড রেজিস্ট্যান্সের জন্য কালেক্টর কারেন্ট, I_C এবং কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ, V_{CE} এর মধ্যে লিনিয়ার সম্পর্ক থাকে, যা একটি নেগেটিভ ঢালের সরল রেখা নির্দেশ করে। এ নেগেটিভ ঢালের সরল রেখাকেই লোড লাইন বলে। লোড লাইনের যে কোন বিন্দুতে অর্থাৎ ইনপুট কারেন্ট, I_B এর জন্য কালেক্টর কারেন্ট, I_C এবং কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ, V_{CE} এর মান নির্ণয় করা যায়।

এ লোড লাইন এর ঢাল এসি এবং ডিসি সরবরাহ এর ক্ষেত্রে আলাদা হয়। তাই লোড লাইন দু'প্রকার, যথা–

(ক) ডিসি লোড লাইন (D.C load line)

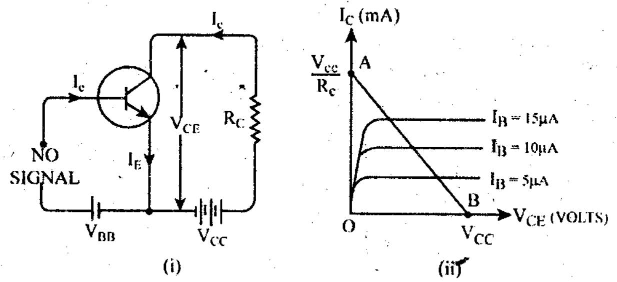
(খ) এসি লোড লাইন (A.C load line)।

(ক) ডিসি লোড লাইন (D.C load line) ঃ নিচের চিত্র অনুযায়ী একটি কমন ইমিটার NPN ট্রানজিস্টর সার্কিট বিবেচনা করি। যখন কোন সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয় না তখন সার্কিটটি ডিসি অবস্থায় অবস্থান করে। এ অবস্থায় আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা ২.৩নং চিত্রে দেখানো হল ঃ

যে কোন সময় কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ,

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

যেহেতু V_{CC} এবং R_C এর মান নির্দিষ্ট তাই এটি একটি এক ঘাত (First degree) বিশিষ্ট সমীকরণ। কাজেই আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখার উপর একে একটি সরল রেখা দ্বারা প্রকাশ করা যায়। এ সরল রেখাকেই ডিসি লোড লাইন বলা হয়। যে কোন মানের R_C এর জন্য (V_{CE}, I_C) পয়েন্ট এর সঞ্চার পথ তৈরি করা যায়। এ লোড লাইন অঙ্কনের জন্য দুটি বিন্দু প্রয়োজন, যে বিন্দুদ্বয়ের সংযোগকারী রেখাই লোড লাইন। বিন্দুদ্বয় নিম্নলিখিতভাবে বের করা যায় ঃ



চিত্র ঃ ২.৩ CE ট্রানজিস্টর সার্কিট ও ডিসি লোড লাইন

(ক) যখন $I_C = 0$ তখন কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ, V_{CE} সাপ্লাই ভোল্টেজ V_{CC} এর সমান হয়।

অর্থাৎ $V_{CE} = V_{CC} - 0 \times R_C$

বা, $V_{CE} = V_{CC}$

একে কাট-অফ অবস্থা বলা হয়।

এ বিন্দুই লোড লাইনের উপর একটি বিন্দু যা চিত্র ২.৩ (ii) তে ক্যালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ, V_{CE} অক্ষে B $(OB = V_{CC})$ বিন্দু দ্বারা দেখানো হয়েছে।

(খ) যখন $V_{CE} = 0$

অর্থাৎ $0 = V_{CC} - I_C R_C$

বা, $I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$ একে স্যাচুরেশন অবস্থা বলা হয়। এ বিন্দুই দ্বিতীয় বিন্দু নির্দেশ করবে যা চিত্রে A $\left(OA = \frac{V_{CC}}{R_C}\right)$ বিন্দু দ্বারা দেখানো হয়েছে।

এ বিন্দুদ্বয় A ও B এর সংযোগকারী সরল রেখাই ডিসি লোড লাইন নির্দেশ করবে।

২.৩ CB এবং CE সার্কিটসমূহে লিকেজ কারেন্ট (The leakage current in CB and CE circuits) ঃ

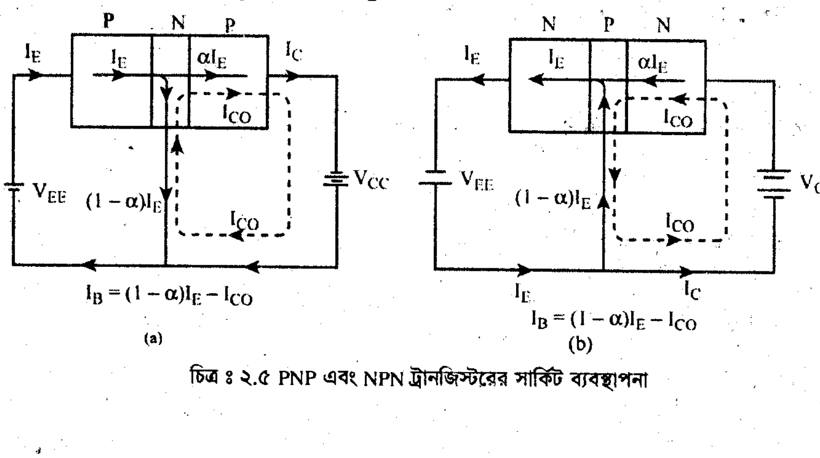
ফরোয়ার্ড রিভার্স বায়াসিংয়ে কালেক্টর জাংশনে সকল সময় রিভার্স বায়াস প্রয়োগ করা হয়। এই রিভার্স বায়াসিং আবার কালেক্টর ও বেসের অথবা কালেক্টর ও ইমিটারের মাইনরিটি চার্জ ক্যারিয়ারের জন্য ফরোয়ার্ড বায়াস হিসাবে কাজ করে। ফলে কালেক্টর হতে বেসের দিকে বা কালেক্টর হতে ইমিটারের মূল কারেন্ট প্রবাহের বিপরীতে একটি কারেন্ট প্রবাহিত হয়, যাকে লিকেজ কারেন্ট $I_{leakage}$ বলে।

ট্রানজিস্টরে লিকেজ কারেন্ট (Leakage current in a transistor) ঃ

১। কমন বেস সার্কিট (CB Circuit) ঃ নিচের চিত্রের CB ট্রানজিস্টর ব্যবস্থাপনা বিবেচনা করি। ফরোয়ার্ড বায়াসকৃত ইমিটার বেস জাংশনের জন্য প্রারম্ভিককৃত ইমিটার কারেন্ট দুটো অংশে বিভক্ত। যথা–

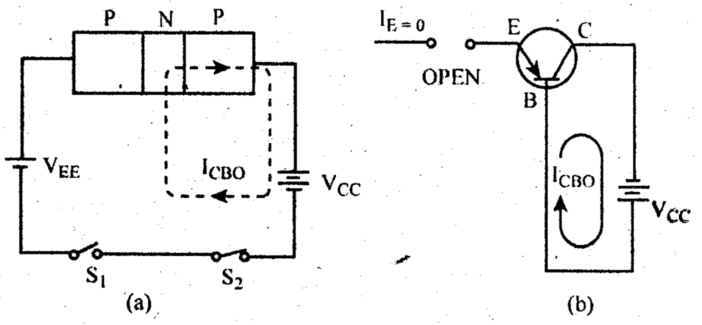
১। বহিস্থ সার্কিটের জন্য বেস কারেন্ট I_B এর কারণে $(1 - \alpha) I_E$ কারেন্ট।

২। বহিস্থ সার্কিটের কালেক্টর কারেন্ট I_C এর জন্য αI_E কারেন্ট।



চিত্র ঃ ২.৫ PNP এবং NPN ট্রানজিস্টরের সার্কিট ব্যবস্থাপনা

আমরা জানি, কালেক্টর বেস জাংশন মেজোরিটি চার্জ ক্যারিয়ারের জন্য রিভার্স বায়াস, তবে তা তাপীয় কারণে উৎপাদিত মাইনরিটি চার্জ ক্যারিয়ারের জন্য ফরোয়ার্ড বায়াস হিসাবে কাজ করে। এই কারেন্টটি ইমিটার ডিসি পাওয়ার সরবরাহ হতে বিচ্যুত হলেও প্রবাহিত হয়। এটা মেজোরিটি ক্যারিয়ারের কালেক্টর কারেন্টের জন্য একই দিকে প্রবাহিত হয়। এটাকে লিকেজ কারেন্ট I_{CBO} বলে। নিচের চিত্রে CB কনফিগারেশনের জন্য PNP ট্রানজিস্টরের লিকেজ কারেন্ট দেখানো হল।



চিত্র ঃ ২.৬ CB সার্কিটের লিকেজ কারেন্ট

২.৬ নং চিত্র হতে দেখা যায় যে, মোট কালেক্টর কারেন্ট প্রকৃতপক্ষে দুটো কম্পোনেন্টের যোগফল ঃ

১। স্বাভাবিক ট্রানজিস্টর কার্যাবলির জন্য উৎপাদিত কারেন্ট অর্থাৎ মেজরিটি ক্যারিয়ারসমূহের জন্য αI_E কারেন্ট।

২। মাইনরিটি ক্যারিয়ারসমূহের কারণে তাপমাত্রার উপর নির্ভরশীল লিকেজ কারেন্ট $I_{leakage}$. তাহলে মোট কালেক্টর কারেন্ট,

$$I_C = \alpha I_E + I_{leakage} \text{ .... (i)}$$

এটি পরিষ্কার যে, ইমিটার ওপেন থাকা অবস্থায় কালেক্টর বেস সার্কিটে একটি লিকেজ কারেন্ট প্রবাহিত হবে। কমন বেস কনফিগারেশনের ক্ষেত্রে এ লিকেজ কারেন্ট $I_{leakage}$ কে I_{CBO} দ্বারা সূচিত করা হয়। তাহলে (i) নং সমীকরণকে নিম্নোক্তভাবে লেখা যায়।

$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO} \text{ .... (ii)}$$

উপরের সমীকরণে $I_E = I_C + I_B$ এর মান বসিয়ে আমরা পাই,

$$I_C = \alpha (I_C + I_B) + I_{CBO}$$

অথবা, $I_C (1 - \alpha) = \alpha I_B + I_{CBO}$

$$\therefore \quad I_C = \frac{\alpha I_B}{1-\alpha} + \frac{I_{CBO}}{1-\alpha} \text{ .... (iii)}$$

উপরের সমীকরণ থেকে I_C এর মান নির্ণয় করা যায়।

আবার আমরা জানি,

$$I_E - I_B = I_C \text{ .... (iv)}$$

(iv) ও (ii) সমীকরণ তুলনা করলে পাই,

$$(I_E - I_B) = \alpha I_E + I_{CBO}$$

$$\therefore I_B = (1 - \alpha) I_E - I_{CBO} \text{ .... (v)}$$

২। কমন ইমিটার সার্কিট (CE Circuit) ঃ চিত্রে কমন ইমিটার NPN ট্রানজিস্টর দেখানো হলো, যার বেস ইমিটার-এর সুইচ খোলা অবস্থায় আছে। এক্ষেত্রে $I_B = 0$ এ অবস্থায় কালেক্টর লিড দিয়ে কারেন্ট প্রবেশ করে এবং ইমিটার লিড দিয়ে কারেন্ট বের হয়ে আসে। এই সামান্য পরিমাণ কালেক্টর কারেন্টকে কালেক্টর লিকেজ কারেন্ট (I_{CEO}) বলে। হলো Collector to Emitter with base open-এর সংক্ষিপ্ত রূপ।

কমন ইমিটার সার্কিটের চিত্রে কারেন্ট ডিস্ট্রিবিউশন দেখানো হলো (লিকেজ কারেন্ট ধরে)।

আমরা জানি, $I_E = I_B + I_C$ .... (i)

এবং $I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$ .... (ii)

I_E-এর মান (ii) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$I_C = \alpha(I_B + I_C) + I_{CBO}$$

or, $(1 - \alpha) I_C = \alpha I_B + I_{CBO}$

$$I_C = \frac{\alpha I_B}{1-\alpha} + \frac{I_{CBO}}{1-\alpha} \text{ ....(iii)}$$

চিত্র হতে দেখা যায় যে, যদি বেস কারেন্ট শূন্য হয় অর্থাৎ $I_B = 0$ হয় তবে কালেক্টর কারেন্ট হিসেবে শুধুমাত্র লিকেজ কারেন্ট প্রবাহিত হবে। অর্থাৎ, $I_C = I_{CEO}$ হবে। তাহলে (iii) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$$I_{CEO} = \frac{1}{1-\alpha} I_{CBO}$$

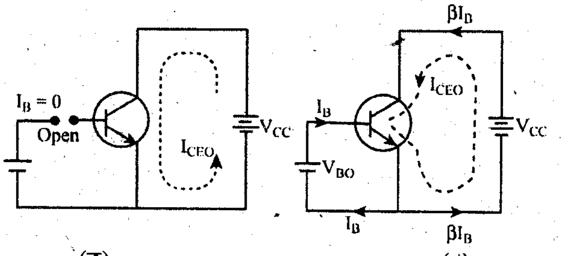
এই মানকে (iii) নং সমীকরণে বসাই,

$$I_C = \frac{\alpha I_B}{1-\alpha} I_{CEO}$$

$$\text{or, } I_C = \beta I_B + I_{CEO} \quad \text{.......... (iv)} \qquad \left(\because \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}\right)$$

যদি $\beta I_B = \alpha I_E$ হয়, তবে (iv) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$$I_C = \alpha I_E + I_{CEO} \quad \text{.......... (v)}$$



চিত্র ঃ ২.৭ CE সার্কিটের লিকেজ কারেন্ট

২.৪ Q বিন্দুর স্থিরতার উপর প্রভাব সৃষ্টিকারী বিষয়সমূহ (The factors affecting stability of Q-points) ঃ

অপারেটিং পয়েন্টের স্থিরতার উপর প্রভাব বিস্তারকারী ফ্যাক্টরসমূহ হল ঃ

১। তাপমাত্রা
২। ট্রানজিস্টর প্যারামিটার
৩। বায়াসিং নেটওয়ার্ক।

ট্রানজিস্টর পরিবর্তনের জন্য β পরিবর্তন হয়। অন্যদিকে তাপমাত্রা পরিবর্তনে I_{CEO} এর ব্যাপক পরিবর্তন হয়। কাজেই I_C পরিবর্তন তথা অপারেটিং পয়েন্ট পরিবর্তন হয়। কিন্তু বিশ্বস্ত অ্যাম্প্লিফিকেশনের জন্য অপারেটিং পয়েন্ট স্থির রাখা অত্যন্ত প্রয়োজন। স্ট্যান্ডার্ড বায়াসিং পদ্ধতি ব্যবহার করে অপারেটিং পয়েন্টকে স্থির রাখা যায়।

ট্রানজিস্টর প্যারামিটার যেমন β এর মান সকল ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে একই হয় না। এমনকি একই ধরনের (Same type) হলেও β এর মান আলাদা হতে পারে। β এর এ পরিবর্তনের জন্য অপারেটিং পয়েন্ট পরিবর্তন হয়। ফলে বিশ্বস্ত অ্যাম্প্লিফিকেশন (Faithful amplification) পাওয়া যায় না। কাজেই অপারেটিং পয়েন্ট স্থির রাখার জন্য বায়াসিং নেটওয়ার্ক অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। বায়াসিং এমনভাবে করতে হবে যাতে একই ধরনের যে কোন ট্রানজিস্টর দিয়ে কাজ করা যায়, যাদের β এর মান যতই আলাদা হোক না কেন। অন্যদিকে আমরা জানি,

$$I_C = \beta I_B + I_{CEO}$$

উপরের সমীকরণে I_C এর মান β এর মতো I_{CEO} (রিভার্স স্যাচুরেশন কারেন্ট) এর উপরও নির্ভর করে। কাজেই অপারেটিং পয়েন্ট স্থির রাখার জন্য I_{CEO} এর মান স্থির রাখা প্রয়োজন। কিন্তু আমরা জানি যে I_{CEO} এর মান তাপমাত্রার সাথে ব্যাপক পরিবর্তন হয় এবং যেহেতু তাপমাত্রা স্থির রাখা সম্ভব নয়; সুতরাং যে কোন তাপমাত্রায় যাতে অপারেটিং পয়েন্ট স্থির থাকে সে ব্যবস্থা করা প্রয়োজন। যে পদ্ধতির মাধ্যমে অপারেটিং পয়েন্টকে ট্রানজিস্টর প্যারামিটার এবং তাপমাত্রার পরিবর্তনজনিত প্রভাব থেকে মুক্ত রাখা যায়, সে পদ্ধতিকে স্ট্যাবিলাইজেশন বলে।

একটি ভাল বায়াসিং পদ্ধতি স্ট্যাবিলাইজেশন নিশ্চিত করতে পারে। বায়াসিং পদ্ধতিসমূহের মধ্যে প্রথম পদ্ধতি অত্যন্ত খারাপ (Poor), কারণ এক্ষেত্রে β এবং তাপমাত্রা এর মধ্যে যে কোন একটির পরিবর্তনেই অপারেটিং পয়েন্ট স্থির থাকে না। দ্বিতীয় পদ্ধতি ফিডব্যাক রেজিস্টর পদ্ধতিটি তাপমাত্রার পরিবর্তনকে নিয়ন্ত্রণ রাখতে সক্ষম। কিন্তু এক্ষেত্রে β এর পরিবর্তন (ট্রানজিস্টর পরিবর্তনজনিত কারণে β এর পরিবর্তন) হলে I_C কে নিয়ন্ত্রণ করতে পারে না অর্থাৎ অপারেটিং পয়েন্ট পরিবর্তন হয়। কাজেই এ পদ্ধতি আংশিক সাফল্য প্রদান করে। কিন্তু তৃতীয় এবং শেষ পদ্ধতি ভোল্টেজ ডিভাইডার পদ্ধতিটি তাপমাত্রার পরিবর্তন এবং ট্রানজিস্টর প্যারামিটার পরিবর্তন, উভয় পরিবর্তনেই কালেক্টর কারেন্ট I_C কে নিয়ন্ত্রণে তথা স্থির রাখতে পারে অর্থাৎ অপারেটিং পয়েন্টকে স্থির রাখতে সক্ষম। তাই ভোল্টেজ ডিভাইডার পদ্ধতিটি স্ট্যান্ডার্ড বায়াসিং পদ্ধতি হিসেবে পরিচিত। এ পদ্ধতিটি ট্রানজিস্টর বায়াসিং এর জন্য ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

২.৫ ট্রানজিস্টরের সঠিক বায়াসিং এর শর্তসমূহ (The condition for proper biasing of transistor) ঃ

আমরা জানি যে, ট্রানজিস্টর মূলত দুটি P-N ডায়োডের ব্যাক টু ব্যাক সংযোগ এবং এতে দুটি জাংশন আছে। কাজেই ট্রানজিস্টরের দুটি জাংশনকেই বায়াসিং করতে হবে। এর একটিকে ইমিটার জাংশন এবং অপরটিকে কালেক্টর জাংশন বলা হয়। ট্রানজিস্টরকে দিয়ে সঠিকভাবে কাজ করানোর জন্য ইমিটার জাংশনকে ফরোয়ার্ড বায়াস এবং কালেক্টর জাংশনকে সর্বদা রিভার্স বায়াসে রাখা হয়।

জাংশন বায়াসিং এর উপর নির্ভর করে, একটি ট্রানজিস্টর কী ধরনের বৈশিষ্ট্য প্রকাশ করবে। নিচে ছক আকারে বিভিন্ন বায়াসিং অবস্থায় ট্রানজিস্টর অপারেশন দেখানো হল ঃ

	অবস্থা	ইমিটার জাংশন	কালেক্টর জাংশন	ট্রানজিস্টর অপারেশন
1.	FR	ফরোয়ার্ড বায়াস	রিভার্স বায়াস	কার্যকরী (Active)
2.	FF	ফরোয়ার্ড বায়াস	ফরোয়ার্ড বায়াস	স্যাচুরেশন (Saturation)
3.	RR	রিভার্স বায়াস	রিভার্স বায়াস	কাট-অফ (Cut-off)
4.	RF	রিভার্স বায়াস	ফরোয়ার্ড বায়াস	ইনভার্টেড (Inverted)

F.R = Forward – Reverse
F.F = Forward – Forward
R.R = Reverse – Reverse
R.F = Reverse – Forward

অবস্থা-১ ঃ	এ অবস্থায় ট্রানজিস্টরের ইমিটার জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস এবং কালেক্টর জাংশন রিভার্স বায়াস থাকবে। যাকে ফরোয়ার্ড রিভার্স অবস্থা (FR) বলা হয়। একটি ট্রানজিস্টর এ অবস্থাতেই কার্যকরী থাকে।
অবস্থা-২ ঃ	এ অবস্থায় উভয় জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস অবস্থায় থাকে এবং ট্রানজিস্টর স্যাচুরেশন-এ থাকে। ফলে কালেক্টর কারেন্ট বেস কারেন্টের উপর নির্ভর করে না এবং ট্রানজিস্টর বন্ধ সুইচ হিসাবে কাজ করে।
অবস্থা-৩ ঃ	এ অবস্থায় উভয় জাংশন রিভার্স বায়াসে থাকে। ইমিটার জাংশন রিভার্স বায়াসে থাকে বলে এটি কোন ক্যারিয়ার বেসে পাঠাতে পারে না, তাই কালেক্টর কারেন্ট শূন্য হয়। একে কাট-অফ অবস্থা বলে এবং ট্রানজিস্টর ওপেন সুইচ হিসেবে কাজ করে।
অবস্থা-৪ ঃ	এটি অবস্থা-১ এর উল্টো। অর্থাৎ ইমিটার জাংশন রিভার্স এবং কালেক্টর জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াসে থাকে। ফলে কালেক্টর চার্জ ক্যারিয়ার সরবরাহ করে এবং এটি তখন ইনভার্টেড অপারেশনে কাজ করে।

ফেইথফুল অ্যাম্প্লিফিকেশন (Faithful amplification) ঃ কোন দুর্বল সিগন্যালকে কোনরূপ পরিবর্তন ছাড়াই শক্তিশালীকরণের পদ্ধতিকেই ফেইথফুল অ্যাম্প্লিফিকেশন বলে। এখানে সবসময় ইনপুট সার্কিট অর্থাৎ বেস ইমিটার জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস এবং আউটপুট সার্কিট অর্থাৎ কালেক্টর বেস জাংশন রিভার্স বায়াস হতে হয়।

ফেইথফুল অ্যাম্প্লিফিকেশনের জন্য যেসব শর্ত প্রতিপাদন করা হয় তা হল–

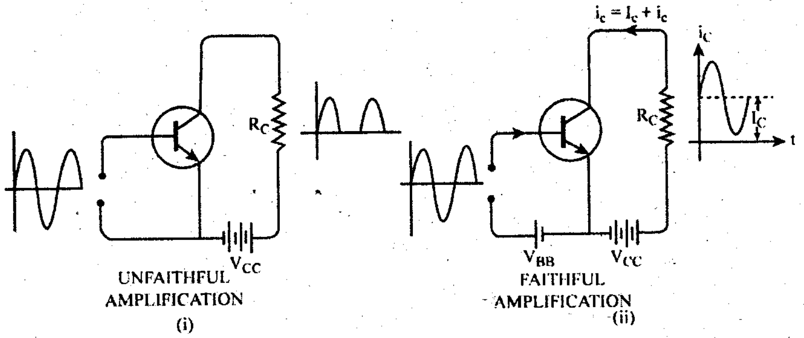
১। শূন্য সিগন্যালে সঠিক মানের কালেক্টর কারেন্ট।

২। যে কোন মুহূর্তে সর্বনিম্ন সঠিক বেস ইমিটার ভোল্টেজ।

৩। যে-কোন মুহূর্তে সর্বনিম্ন কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ (V_{CE})।

এখানে ১ ও ২ নং শর্ত সিগন্যালের সকল অংশে বেস ইমিটার জাংশনের ফরোয়ার্ড বায়াসকে নিশ্চিত করে। অন্যদিকে ৩ নং শর্তটি সকল সময়ে বেস কালেক্টর জাংশনকে রিভার্স বায়াস নিশ্চিত করে।

১। **শূন্য সিগন্যালে সঠিক কালেক্টর কারেন্ট ঃ** নিচের চিত্রে একটি npn ট্রানজিস্টর সার্কিট দেখানো হল।

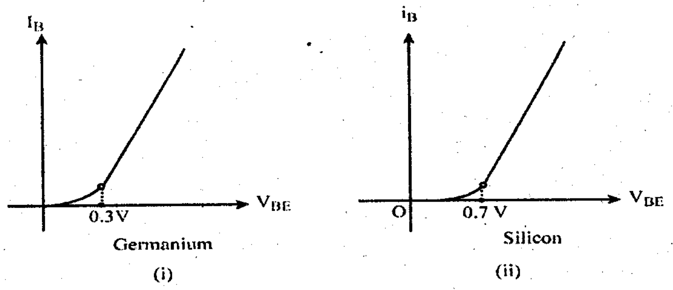


চিত্র ঃ ২.৮ CE অ্যাম্প্লিফায়ার

২.৮ (i) নং চিত্রে সিগন্যালের পজিটিভ অর্ধসাইকেলের সময় বেসটি ইমিটারের সাপেক্ষে পজিটিভ থাকে এবং ফলে বেস ইমিটার জাংশনটি ফরোয়ার্ড বায়াস প্রাপ্ত হয়। এতে বেস কারেন্ট প্রবাহিত হয় ও সার্কিটে বড় মানের কালেক্টর কারেন্ট পাওয়া যায়। নেগেটিভ অর্ধসাইকেলের সময় বেস ইমিটার জাংশন রিভার্স বায়াস হওয়ার সার্কিটে কোন কারেন্ট প্রবাহিত হয় না। ফলে আউটপুটে কোন সিগন্যাল পাওয়া যাবে না। এই কারণে ইনপুট সার্কিটে V_{BB} ভোল্টেজ দেয়া হয় [চিত্র ঃ ২.৮ (ii)]। উভয় সাইকেলে ইনপুট সার্কিটকে ফরোয়ার্ড রাখার জন্য যে পরিমাণ ভোল্টেজ থাকা দরকার V_{BB} এর পরিমাণ একই। কোন সিগন্যাল না থাকলেও V_{BB} বায়াসের জন্য একটি ডিসি কারেন্ট I_C কালেক্টর সার্কিটে প্রবাহিত হবে। সুতরাং ফেইথফুল অ্যাম্প্লিফিকেশনের জন্য শূন্য সিগন্যালের ক্ষেত্রে শুধুমাত্র বেস বায়াসের জন্য প্রবাহিত কালেক্টর কারেন্টের পরিমাণ, বেস বায়াস ছাড়া সিগন্যাল থাকা অবস্থায় সর্বোচ্চ কালেক্টর কারেন্টের থেকে বেশি হতে হবে। অর্থাৎ

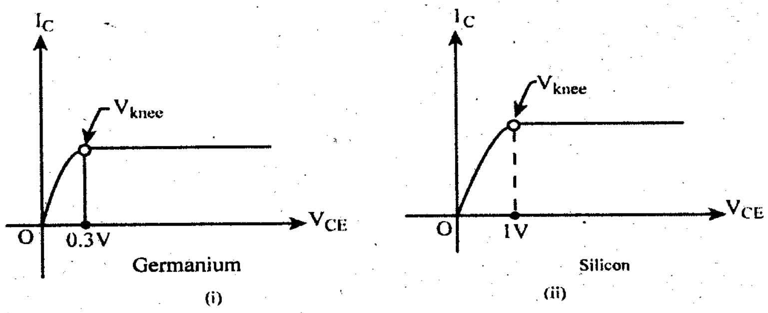
Zero signal collector current > maximum collector current due to signal alone.

২। **সর্বনিম্ন সঠিক মানের বেস ইমিটার ভোল্টেজ ঃ** ফেইথফুল বিবর্ধনের জন্য জার্মেনিয়াম ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে বেস ইমিটার (V_{BE}) ভোল্টেজের পরিমাণ 0.3V এবং সিলিকন ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে 0.7V প্রায়। নিচের চিত্রে তা দেখানো হল।



চিত্র ঃ ২.৯ ট্রানজিস্টরের পটেনশিয়াল ব্যারিয়ার ভোল্টেজ

৩। **যে কোন মুহূর্তে সঠিক সর্বনিম্ন V_{CE} ভোল্টেজ ঃ** বিশ্বস্ত বিবর্ধনের জন্য কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ V_{CE} এর পরিমাণ জার্মেনিয়াম ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে 0.3V এবং সিলিকন ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে 1V। এ ভোল্টেজকে নী ভোল্টেজ (Knee voltage) বলে।



চিত্র ঃ ২.১০ নী ভোল্টেজ

উপরের শর্তসমূহ আলোচনা করে এ কথাই বলা যায় যে, শূন্য সিগন্যালে কালেক্টর কারেন্টের সঠিক প্রবাহ এবং সিগন্যাল অতিক্রান্ত হওয়ার সময় সঠিক কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজের পরিমাণ ঠিক রাখাকেই ট্রানজিস্টরের বায়াসিং বলে।

২.৬ ট্রানজিস্টর বায়াসিং এর বিভিন্ন পদ্ধতিসমূহ (Various methods of transistor biasing) ঃ

ট্রানজিস্টর বায়াসিংয়ের পদ্ধতিসমূহ (Methods of transistor biasing) ঃ ট্রানজিস্টর সার্কিটে সাধারণত নিম্নোক্ত বায়াসিং পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। যথা–

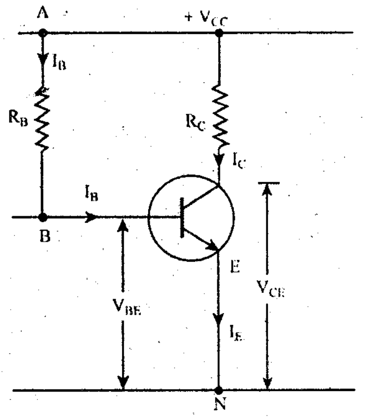
১। বেস রেজিস্টর পদ্ধতি বা ফিক্সড কারেন্ট বায়াস (Base resistor method or fixed current bias)

২। কালেক্টর ফিডব্যাক রেজিস্টরের মাধ্যমে বায়াসিং (Biasing with collector feedback resistor)

৩। ভোল্টেজ ডিভাইডার বায়াস বা সেলফ বায়াস (Voltage divider bias or self bias)

৪। ইমিটার স্ট্যাবিলাইজড্ বায়াস পদ্ধতি (Emitter stabilized bias method) ইত্যাদি।

১। বেস রেজিস্টর পদ্ধতি (Base resistor method) ঃ এ পদ্ধতিতে কয়েকশত কিলোওহমের উচ্চ মানের রেজিস্ট্যান্স R_B কে বেস এবং ধনাত্মক সরবরাহের প্রান্তে (NPN এর ক্ষেত্রে) অথবা ঋণাত্মক প্রান্তের সাথে (PNP এর ক্ষেত্রে) যুক্ত করা হয়। এখানে প্রয়োজনীয় সিগন্যালবিহীন বেস কারেন্ট V_{CC} এর মধ্য হতে আসে এবং তা R_B এর মাধ্যমে প্রবাহিত হয়। ফলে বেস ইমিটার জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস প্রাপ্ত হয়। সঠিক মানের R_B নির্বাচনের মাধ্যমে সঠিক মানের শূন্য সিগন্যালের বেস কারেন্ট I_B এর যোগান দেয়া হয়। নিচের চিত্রে তা দেখানো হল–



চিত্র ঃ ২.১১ বেস রেজিস্টর পদ্ধতিতে বায়াসিং সার্কিট

সার্কিট বিশ্লেষণ (Circuit analysis) ঃ ইনপুটে সিগন্যালবিহীন কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহের জন্য R_B এর মান নির্ণয় করতে হবে। মনে করি, সিগন্যালবিহীন কালেক্টরে প্রবাহিত কারেন্টের মান I_C.

$$\therefore I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

ABENA বন্ধ সার্কিটে কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE}$$

অথবা, $I_B R_B = V_{CC} - V_{BE}$

$$\therefore R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B}$$

যেহেতু V_{CC} এবং I_B এর মান জানা আছে এবং V_{BE} এর মান ট্রানজিস্টর ম্যানুয়াল হতে পাওয়া যায়, ফলে R_B এর মান উপরের সমীকরণ হতে পাওয়া যাবে।

সাধারণত V_{CC} এর তুলনায় V_{BE} এর মান অত্যন্ত ছোট থাকায়, তার মানের তারতম্যকে অগ্রাহ্য করা যায়। সুতরাং উপরের সমীকরণ থেকে আমরা পাই, $R_B = \frac{V_{CC}}{I_B}$

যেহেতু V_{CC} এর মান স্থির এবং I_B কে কিছু আকাঙ্ক্ষিত মান হতে নির্বাচন করা যায়। ফলে R_B এর মান সরাসরি নির্ণয় করা যাবে। ফলে এই পদ্ধতিকে স্থির বায়াস পদ্ধতি (Fixed-bias method) বলে।

সুবিধাসমূহ (Advantages) ঃ

১। একটিমাত্র বেস রেজিস্টর R_B ব্যবহার করা হয় বলে এই বায়াসিং সার্কিটটি অত্যন্ত সাধারণ।

২। বায়াসিং শর্তাবলিকে সহজে স্থাপন করা যায় এবং হিসাব করা সহজ।

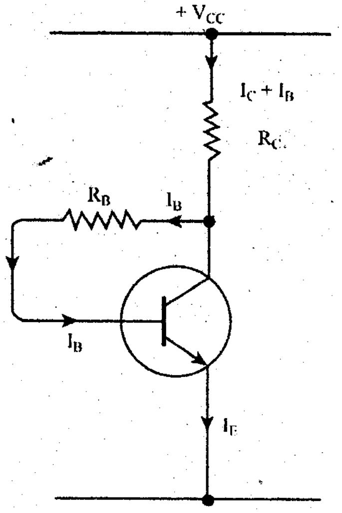
৩। বায়াসিং সার্কিট দ্বারা সোর্সের উপর কোন প্রকার লোডিং প্রভাব আসে না। বেস ইমিটার জাংশনের আড়াআড়িতে কোন রেজিস্টর ব্যবহার করা হয় না।

অসুবিধাসমূহ (Disadvantages) ঃ

১। এই পদ্ধতিতে প্রাপ্ত স্ট্যাবিলাইজেশনের মান দুর্বল। তাপমাত্রার কারণে কালেক্টর কারেন্ট অল্প পরিমাণ বৃদ্ধি পেলে, সার্কিটের বিভিন্ন মানের তারতম্যের সৃষ্টি হয়। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, যদি β এর মান ট্রানজিস্টরের প্রতিস্থাপনের কারণে বৃদ্ধি পায়, তবে I_B এর মান স্থির থাকলেও I_C এর মান বৃদ্ধি পাবে।

২। স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের মান অত্যন্ত উচ্চ। ফলে থার্মাল রানওয়ের কারণে বড় মানের পরিবর্তন হয় ও সহজে ট্রানজিস্টরটি নষ্ট হয়ে যায়।

২। কালেক্টর ফিডব্যাক রেজিস্টর সহযোগে বায়াসিং পদ্ধতি (Collector biasing with feedback resistor) ঃ এ পদ্ধতিতে R_B এর একটি প্রান্ত বেস এবং অন্য প্রান্ত কালেক্টরের সাথে যুক্ত থাকে। এখানে প্রয়োজনীয় শূন্য সিগন্যাল বেস কারেন্ট, V_{CB} ভোল্টেজ হতে নির্ণয় করা হয়। এটা স্পষ্ট যে V_{CB} ইমিটার বেস জাংশনে ফরোয়ার্ড বায়াস প্রাপ্ত হয়, ফলে R_B এর মাধ্যমে বেস কারেন্ট (I_B) প্রবাহিত হয়। এ কারণে সার্কিটে শূন্য সিগন্যাল কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহিত হবে। পাশের চিত্রে তা দেখানো হল–



চিত্র ঃ ২.১২ কালেক্টর ফিডব্যাক রেজিস্টর সহযোগে বায়াসিং সার্কিট

সার্কিট বিশ্লেষণ (Circuit analysis) ঃ নিম্নোক্ত উপায়ে শূন্য সিগন্যালের কালেক্টর কারেন্ট I_C এর জন্য R_B এর প্রয়োজনীয় মান নির্ণয় করতে হবে।

চিত্রে কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

$$V_{CC} = I_C R_C + I_B R_B + V_{BE}$$

অথবা, $R_B = \dfrac{V_{CC} - V_{BE} - I_C R_C}{I_B} = \dfrac{V_{CC} - V_{BE} - \beta I_B R_C}{I_B}$ [যেহেতু $I_C = \beta I_B$]

বিকল্প পদ্ধতি (Alternative method) ঃ ইনপুট সার্কিটে কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

$$V_{CE} = V_{BE} + V_{CB}$$

অথবা, $V_{CB} = V_{CE} - V_{BE}$

$$R_B = \frac{V_{CB}}{I_B} = \frac{V_{CE} - V_{BE}}{I_B}$$

গাণিতিক সূত্রানুসারে দেখানো যায় যে, এ প্রকার বায়াসিং পদ্ধতিতে স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর S এর মান $(1 + \beta)$ অর্থাৎ স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর, $S < (1 + \beta)$।

ফলে ফিক্সড বায়াসের তুলনায় এই পদ্ধতিতে আরো ভাল থার্মাল স্ট্যাবিলিটি পাওয়া যায়।

সুবিধাসমূহ (Advantages) ঃ

১। এটি একটি সহজ পদ্ধতি এবং এতে একটিমাত্র রেজিস্ট্যান্স R_B ব্যবহারের দরকার হয়।

২। সার্কিটে কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ $V_{CE} = V_{BE} + V_{CB}$.

অপারেটিং পয়েন্টে নিম্নোক্ত কারণে স্ট্যাবিলাইজেশন পাওয়া যায় ঃ

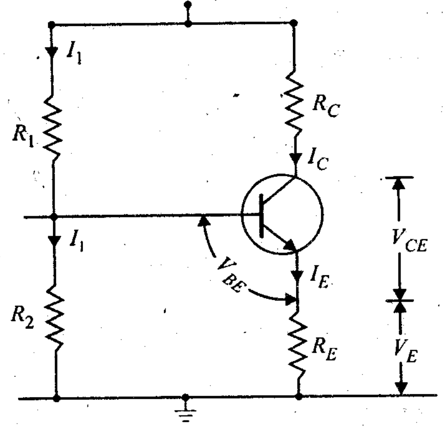
মনে করি, তাপমাত্রা বৃদ্ধি পাচ্ছে। তাতে কালেক্টর লিকেজ কারেন্ট বৃদ্ধি পাবে এবং সর্বমোট কালেক্টর কারেন্ট বৃদ্ধি পাবে। কিন্তু যদি দ্রুত কালেক্টর কারেন্টের মান বৃদ্ধি পায়, তবে R_C এর আড়াআড়িতে বড় মানের ভোল্টেজ ড্রপের কারণে V_{CE} হ্রাস পাবে। ফলে V_{CB} এর মান হ্রাস পাবে অর্থাৎ R_B এর আড়াআড়িতে কম মানের ভোল্টেজ পাওয়া যাবে। তথায় বেস কারেন্ট I_B হ্রাস পাবে। I_B এর অল্প মানের পরিবর্তনই কালেক্টর কারেন্টকে মূল মান থেকে হ্রাস করার চেষ্টা করবে।

অসুবিধাসমূহ (Disadvantages) ঃ

১। স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর উচ্চমানের থাকার জন্য সার্কিটটির স্ট্যাবিলাইজেশন ভাল নয়। অপারেটিং বিন্দু পরিবর্তন হয়ে যায় এবং তাপমাত্রা ও অন্যান্য প্রভাবের কারণে সার্কিটটি প্রভাবিত হয়।

২। সার্কিটে ঋণাত্মক ফিডব্যাক থাকায় তা অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইনকে হ্রাস করে। সিগন্যালে ধনাত্মক অর্ধসাইকেলের সময় কালেক্টর কারেন্ট বৃদ্ধি পায়। বৃদ্ধিপ্রাপ্ত কালেক্টর কারেন্ট R_C এর আড়াআড়িতে বড় মানের ভোল্টেজ ড্রপ ঘটায়। এটি বেস কারেন্ট এবং তারপর কালেক্টর কারেন্টকে হ্রাস করে।

৩। **ভোল্টেজ ডিভাইডার বায়াস পদ্ধতি (Voltage divider bias method) ঃ** ট্রানজিস্টরের সার্কিটের ভাল মানের বায়াসিং এবং স্ট্যাবিলাইজেশনের জন্য এটি একটা বহুল ব্যবহৃত পদ্ধতি। এ পদ্ধতিতে দুটো রেজিস্টর R_1 এবং R_2 সরবরাহ ভোল্টেজের V_{CC} এর সাথে সিরিজে যুক্ত করা হয়। ইমিটার রেজিস্ট্যান্স R_E এর মাধ্যমে স্ট্যাবিলাইজেশনের ব্যবস্থা করা যায়। R_1 এবং R_2 দ্বারা V_{CC} ভোল্টেজকে বিভক্ত করা হয় বলে তাকে ভোল্টেজ বিভক্তকারী বায়াস বলে। R_2 এর আড়াআড়িতে ড্রপকৃত ভোল্টেজ বেসইমিটার জাংশনে ফরোয়ার্ড বায়াস প্রদান করে। ফলে সিগন্যালবিহীন অবস্থায় বেস কারেন্ট এবং কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহিত হয়। নিম্নের চিত্রে তা দেখানো হল–



চিত্র ঃ ২.১৩ ভোল্টেজ বিভাজনকারী বায়াস পদ্ধতি

সার্কিট বিশ্লেষণ (Circuit analysis) ঃ মনে করি, R_1 রেজিস্টরে I_1 পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হচ্ছে। বেস কারেন্ট I_B এর মান খুব অল্প হওয়ায় R_2 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের মান I_1 ধরা হয়।

(i) কালেক্টর কারেন্ট I_C ঃ

$$I_1 = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2}$$

∴ R_2 রেজিস্ট্যান্সের আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ড্রপ,

$$V_2 = \left(\frac{V_{CC}}{R_1 + R_2}\right) R_2$$

বেস সার্কিটে কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

$$V_2 = V_{BE} + V_E$$

অথবা, $$V_2 = V_{BE} + I_E R_E$$

অথবা, $$I_E = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E}$$

যেহেতু $I_E \simeq I_C$

$$\therefore I_C = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E}$$

উপরের সমীকরণ হতে এটি পরিষ্কার বুঝা যায় I_C এর মান β এর মানের উপর নির্ভর করে না। I_C এর মান V_{BE} এর মানের উপর নির্ভরশীল, কিন্তু $V_2 >> V_{BE}$, সুতরাং I_C এর মান বাস্তবক্ষেত্রে V_{BE} এর উপর নির্ভরশীল। ফলে সার্কিটে I_C এর মান ট্রানজিস্টরের প্যারামিটারের উপর নির্ভরশীল নয় এবং তাই ভাল মানের স্ট্যাবিলাইজেশন পাওয়া যায়। এ সকল কারণে ভোল্টেজ বিভাজনকারী বায়াস পদ্ধতিকে বিশ্বজনীন পদ্ধতিও বলা যায়।

(ii) কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ V_{CE} ঃ

কালেক্টর সার্কিটে কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

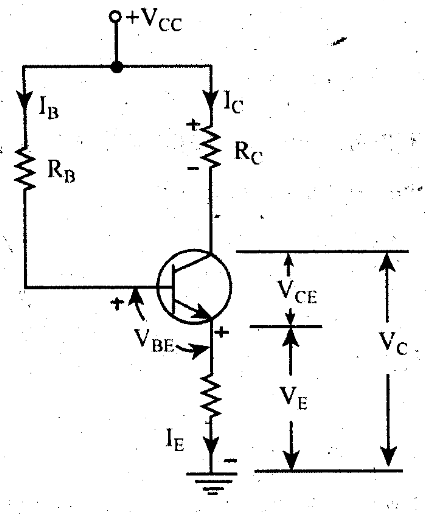
$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E$

অথবা, $V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_C R_E$ (যেহেতু $I_E \simeq I_C$)

অথবা, $V_{CC} = I_C (R_C + R_E) + V_{CE}$

$\therefore V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$

৪। ইমিটার স্ট্যাবিলাইজড বায়াস মেথড (Emitter stabilized bias method) ঃ এ প্রকার বায়াসিং পদ্ধতিতে কালেক্টর এবং ইমিটার উভয় সার্কিট হতে বায়াসিং প্রদান করা হয়। ইমিটার রেজিস্টর R_E এর মাধ্যমে স্ট্যাবিলাইজেশন এবং বেস রেজিস্টর এর মাধ্যমে সিগন্যালবিহীন অবস্থায় কালেক্টর কারেন্টের প্রবাহের সৃষ্টি করা হয়। নিচের চিত্রে এ প্রকার সার্কিট ব্যবস্থাপনা দেখানো হল—



চিত্র ঃ ২.১৪ কালেক্টর এবং ইমিটার ফিডব্যাকসহ বেস বায়াস

সার্কিট বিশ্লেষণ (Circuit analysis) ঃ কালেক্টর এবং ইমিটার ফিডব্যাকসহ বেস বায়াস ব্যবস্থাপনার কালেক্টর রেজিস্টর, ইমিটার রেজিস্টর এবং বেস ভোল্টেজ বিভাজনকারী রেজিস্টরের মানের হিসাব নিচে বর্ণনা করা হল ঃ

(i) বেস কারেন্ট নির্ণয় ঃ

$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$

$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} + (\beta + 1) I_B R_E$

$I_B [R_B + (\beta + 1) R_E] = V_{CC} - V_{BE}$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E}$$

(ii) কালেক্টর কারেন্টকে নিম্নোক্ত সমীকরণের মাধ্যমে নির্ণয় করা যায় ঃ

$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$

এখন $I_B = \frac{I_C}{\beta}$ এবং $I_E \simeq I_C$ হলে

$$V_{CC} \simeq \frac{I_C R_B}{\beta} + V_{BE} + I_C R_E$$

$$\therefore I_C \simeq \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_E + \frac{R_B}{\beta}}$$

$$\simeq \frac{V_{CC}}{R_E + \frac{R_B}{\beta}}$$ [V_{BE} এর মান অগ্রাহ্য করে।]

আবার $V_{CC} = I_CR_C + V_{CE} + I_ER_E$

$V_{CE} = V_{CC} - (R_C + R_E)\,I_C$ [যেহেতু $I_C \simeq I_E$]

$\therefore I_C = \dfrac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C + R_E}$

(iii) ইমিটার রেজিস্টর ঃ

$V_E = I_ER_E$

অথবা, $V_E = V_C - V_{CE}$

অথবা, $R_E = \dfrac{V_C - V_{CE}}{I_E}$

(iv) বেস ভোল্টেজ বিভাজনকারী রেজিস্টর ঃ

$V_{CC} = I_BR_B + V_{BE} + I_ER_E$

অথবা, $R_B \simeq \dfrac{V_{CC} - I_ER_E}{I_B}$ [যেহেতু $V_{BE} << V_{CC}$]

২.৭ বিভিন্ন প্রকার ট্রানজিস্টর বায়াসিং সার্কিটের স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর নির্ধারণ (Determination of the stability factor of various transistor biasing circuits) ঃ

স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর (Stability factor) ঃ I_{CBO} এর তারতম্যে I_C এর মান স্থির রাখতে হবে। ফলে বায়াসিং সার্কিটের স্থিরতার মান (Stability factor)-কে একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে স্থির রাখতে হয়।

স্থির মানের β এবং বেস কারেন্টে (I_B), কালেক্টর লিকেজ কারেন্ট (I_{CO}) এর সাপেক্ষে কালেক্টর কারেন্ট I_C এর পরিবর্তনের হারকে স্থিরতার সূচক (Stability factor) বলে।

অর্থাৎ Stability factor,

$$S = \frac{dI_C}{dI_{CO}} \qquad \Big|\ I_B \text{ এবং } \beta \text{ এর মান স্থির।}$$

স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের মাধ্যমে কালেক্টর লিকেজ কারেন্ট I_{CO} এর পরিবর্তনের সাপেক্ষে কালেক্টর কারেন্ট I_C এর পরিবর্তনকে প্রকাশ করা হয়।

গাণিতিক বিশ্লেষণ (Mathematical analysis) ঃ CE কনফিগারেশনের জন্য স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের সাধারণ সমীকরণ নিচের সূত্রানুসারে পাওয়া যায়–

$$I_C = \beta\, I_B + (\beta + 1)\, I_{CO}$$

I_C এর সাপেক্ষে উপরের সমীকরণকে অন্তরীকরণ করলে আমরা পাই,

$$1 = \beta \frac{d\,I_B}{d\,I_C} + (1 + \beta)\frac{d\,I_{CO}}{d\,I_C}$$

অথবা, $1 = \beta \dfrac{d\,I_B}{d\,I_C} + \dfrac{(\beta + 1)}{S}$ $\quad\Big|\quad$ যেহেতু $\dfrac{d\,I_{CO}}{d\,I_C} = \dfrac{1}{S}$

$$\therefore S = \frac{\beta + 1}{1 - \beta \dfrac{d\,I_B}{d\,I_C}}$$

ট্রানজিস্টর বায়াসিংয়ের পদ্ধতিসমূহ (Methods of transistor biasing) ঃ ট্রানজিস্টর সার্কিটে সাধারণত নিম্নোক্ত বায়াসিং পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। যথা–

১। বেস রেজিস্টর পদ্ধতি বা ফিক্সড কারেন্ট বায়াস (Base resistor method or fixed current bias)

২। ইমিটার ফিডব্যাকসহ বেস বায়াস (Base bias with emitter feedback bias)

৩। কালেক্টর এবং ইমিটার ফিডব্যাকসহ বেস বায়াস (Base bias with collector and emitter feedback bias)

৪। ভোল্টেজ ডিভাইডার বায়াস বা সেলফ বায়াস (Voltage divider bias or self bias) ইত্যাদি।

১। বেস রেজিস্টর পদ্ধতি (Base resistor method) ঃ

স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর (Stability factor) ঃ স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর নিচের সূত্রানুসারে নির্ণয় করা যায়–

স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর, $S = \dfrac{1+\beta}{1-\beta\dfrac{(d\,I_B)}{(d\,I_C)}}$

ফিক্সড বায়াস পদ্ধতিতে I_B এর মান I_C এর উপর নির্ভরশীল নয়, ফলে $\dfrac{d\,I_B}{d\,I_C} = 0$.

$\dfrac{d\,I_B}{d\,I_C} = 0$ এই মানটিকে উপরের সমীকরণে বসিয়ে আমরা পাই,

স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর, $S = 1 + \beta$.

ফলে ফিক্সড বায়াস পদ্ধতিতে স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের মান $(1 + \beta)$। অর্থাৎ I_C এর মান $(1 + \beta)$ গুণ এবং I_{CO} এর যে কোন মানের পরিবর্তনে পরিবর্তিত হবে।

২। কালেক্টর ফিডব্যাক রেজিস্টর সহযোগে বায়াসিং পদ্ধতি (Collector biasing with feedback resistor) ঃ

গাণিতিক সূত্রানুসারে দেখানো যায় যে, এ প্রকার বায়াসিং পদ্ধতিতে স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর S এর মান $(1 + \beta)$ অর্থাৎ স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর, $S < (1 + \beta)$। ফলে ফিক্সড বায়াসের তুলনায় এই পদ্ধতিতে আরো ভাল থার্মাল স্ট্যাবিলিটি পাওয়া যায়।

৩। ভোল্টেজ বিভাজনকারী বায়াস পদ্ধতি (Voltage divider bias method) ঃ

স্ট্যাবিলাইজেশন (Stabilisation) ঃ এ প্রকার সার্কিটে R_E দ্বারা ভাল মানের স্ট্যাবিলাইজেশনের ব্যবস্থা তৈরি হয়। আমরা জানি,

$$V_2 = V_{BE} + I_C R_E$$

মনে করি, তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে কালেক্টর কারেন্ট I_C বৃদ্ধি পাচ্ছে। ফলে R_E এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ড্রপের মান বৃদ্ধি পাবে। যেহেতু R_2 এর আড়আড়িতে ভোল্টেজ ড্রপের পরিমাণ I_C এর উপর নির্ভরশীল নয়, ফলে V_{BE} হ্রাস পাবে। তাতে I_B এর মান ও হ্রাস পাবে। I_B এর এই হ্রাসকৃত মান I_C কে মূল মানে ফিরিয়ে আনবে।

স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর (Stability factor) ঃ গাণিতিকভাবে দেখানো যায় যে সার্কিটের স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর–

$$S = \frac{(1+\beta)(R_T + R_E)}{R_T + R_E + \beta R_E}$$

$$= (1+\beta) \times \frac{1 + \dfrac{R_T}{R_E}}{1 + \beta + \dfrac{R_T}{R_E}} \quad \left(\text{এখানে, } R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

যদি R_T/R_E এর অনুপাতের মান খুব ছোট হয়, তবে R_T/R_E এর মান 1 এর চেয়ে কম হওয়ায় অগ্রাহ্য করা যায়।

সুতরাং স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর $= (1+\beta) \times \dfrac{1}{(1+\beta)}$

S এর এটাই সর্বনিম্ন মান এবং তা সর্বোচ্চ থার্মাল স্ট্যাবিলিটিকে প্রকাশ করে। বাস্তব ক্ষেত্রে এ প্রকার সার্কিটের স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের মান 10 এর কাছাকাছি।

৪। ইমিটার স্ট্যাবিলাইজড্ বায়াস (Emitter stabilized bias) ঃ

ইমিটার স্ট্যাবিলাইজড বায়াসের বেস কারেন্টের সমীকরণ,

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE} - I_E R_E}{R_B}$$

সুতরাং $\dfrac{dI_B}{dI_C} = 0$, এটিকে স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের সমীকরণে স্থাপন করে পাই,

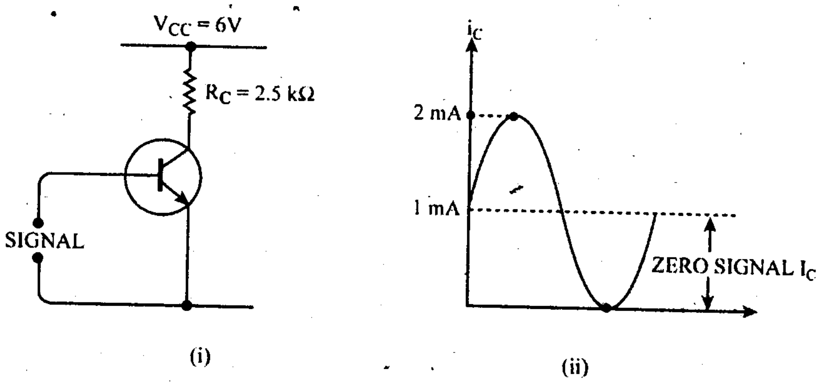
$$S = \frac{1+\beta}{1-\beta\left(\dfrac{dI_B}{dI_C}\right)}$$

$$\therefore S = 1 + \beta$$

২.৮ কম্পোনেন্টসমূহের মান, Q-বিন্দু এবং স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের সম্পর্কিত সমস্যা সমাধান (Solving problem related to components values, Q-points and stability factor) ঃ

উদাহারণ-২.১ ঃ নিচের চিত্রে NPN সিলিকন ট্রানজিস্টরটির $V_{CC} = 6V$ এবং $R_C = 2.5k\Omega$ হলে, নিচের মানসমূহ নির্ণয় কর–
১। বিশ্বস্ত বিবর্ধনের জন্য সিগন্যাল প্রয়োগের সময় সর্বোচ্চ কালেক্টর কারেন্টের মান।
২। প্রয়োজনীয় সর্বনিম্ন শূন্য সিগন্যাল কালেক্টর কারেন্ট।

সমাধান ঃ



চিত্র ঃ NPN ট্রানজিস্টর সার্কিট

দেওয়া আছে,
কালেক্টর সরবরাহ ভোল্টেজ, $V_{CC} = 6V$
কালেক্টর লোড, $R_C = 2.5k\Omega$
১। ফেইথফুল বিবর্ধনে V_{CE} এর মান সিলিকন ট্রানজিস্টরের জন্য 1V এর নিচে থাকবে না।
$\therefore$ R_C এর আড়াআড়িতে সর্বোচ্চ ভোল্টেজ $= 6 - 1$
$= 5V$

$\therefore$ সর্বোচ্চ কালেক্টর কারেন্ট $= \frac{5V}{R_C} = \frac{5V}{2.5k\Omega} = 2mA$ **(উত্তর)**

২। শূন্য সিগন্যাল কালেক্টর কারেন্ট $= \frac{2mA}{2} = 1mA$

ধনাত্মক পিক সিগন্যালে $i_C = 1 + 1$
$= 2mA$ এবং
ঋণাত্মক পিক সিগন্যালে $i_C = 1 - 1 = 0$

উদাহরণ-২.২। কোন ট্রানজিস্টর সার্কিটের কালেক্টর লোড $4k\Omega$ এবং $V_{CC} = 13\ V$, $\beta = 100$ হলে সর্বোচ্চ ইনপুট সিগন্যালের মান কত? দেওয়া আছে $V_{Knee} = 1V$ এবং V_{BE} এর ভোল্টেজের 1V এর পরিবর্তনের কারণে কালেক্টর কারেন্ট 5mA.

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,
কালেক্টর সরবরাহ ভোল্টেজ, $V_{CC} = 13V$
নী ভোল্টেজ, $V_{Knee} = 1V$
কালেক্টর লোড, $R_C = 4k\Omega$
$\therefore$ R_C এর আড়াআড়িতে সর্বোচ্চ কার্যকর ভোল্টেজ $= 13 - 1 = 12V$

$\therefore$ সর্বোচ্চ কালেক্টর কারেন্ট, $i_C = \frac{12V}{R_C} = \frac{12V}{4k\Omega}$
$= 3mA$

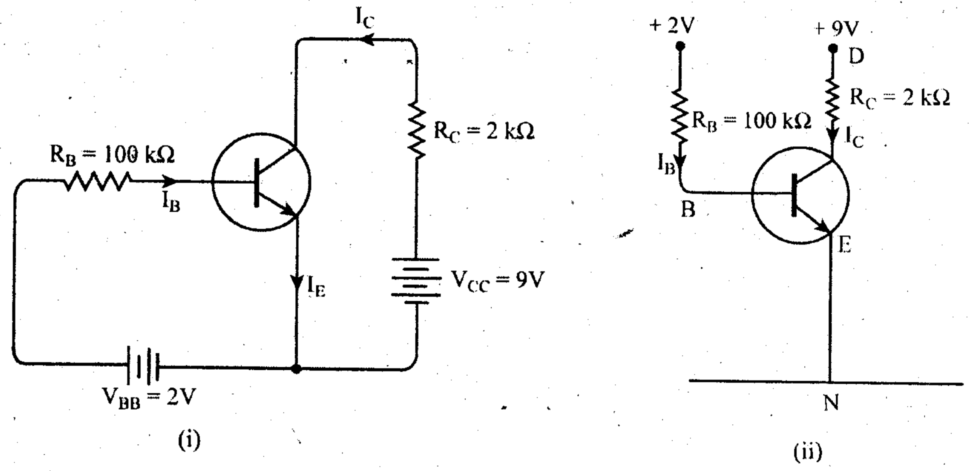
এখন, $\frac{\text{কালেক্টর কারেন্ট}}{\text{বেস ভোল্টেজ (সিগন্যাল ভোল্টেজ)}} = 5mA/V$

$\therefore$ বেস ভোল্টেজ (সিগন্যাল ভোল্টেজ) $= \frac{\text{কালেক্টর কারেন্ট}}{5mA/V} = \frac{3mA}{5mA/V}$
$= 0.6\ V = 600\ mV$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.৩। নিচের চিত্রে বেস রেজিস্টর পদ্ধতিতে বায়াসিং সার্কিট অঙ্কন করে দেখানো হল।

১। $\beta = 50$ এর বেস ইমিটার ভোল্টেজ অগ্রাহ্য করে কালেক্টর কারেন্ট I_C এবং V_{CE} এর মান নির্ণয় কর।

২। R_B এর মান 50kΩ এর মানে পরিবর্তন হলে নতুন অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় কর।



চিত্র ঃ বেস রেজিস্টর পদ্ধতির বায়াসিং সার্কিট

সমাধান ঃ সার্কিটে দেওয়া আছে,

$V_{BB} = 2V$

$V_{CC} = 9V$

১। ABEN সার্কিটে কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

$I_BR_B + V_{BE} = 2V$

V_{BE} এর মান অগ্রাহ্য করে আমরা পাই,

$I_BR_B = 2V$

$\therefore I_B = \frac{2V}{R_B} = \frac{2V}{100k\Omega} = 20\mu A$

$\therefore$ কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = \beta I_B = 50 \times 20 \times 10^{-6} = 1mA$ **(উত্তর)**

DEN সার্কিটে কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

$I_CR_C + V_{CE} = 9$

অথবা, $1mA \times 2k\Omega + V_{CE} = 9$

$\therefore V_{CE} = 9 - 2 = 7V$ **(উত্তর)**

২। R_B এর মান 50kΩ হলে বেস কারেন্টের মান দ্বিগুণ হবে। অর্থাৎ,

$I_B = 40\mu A$

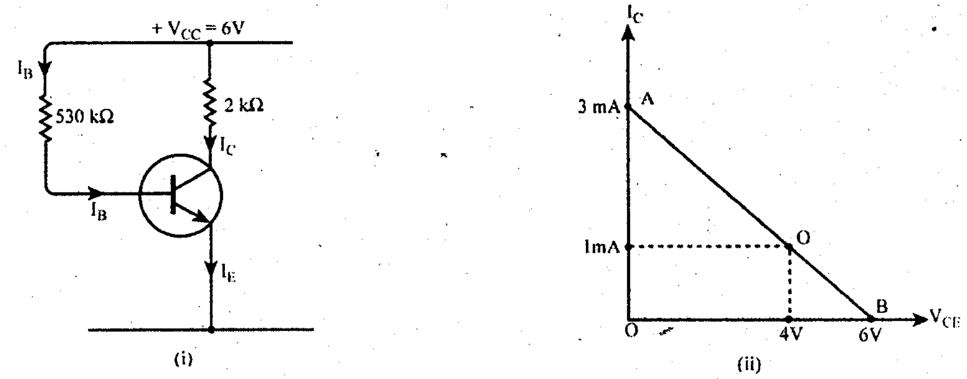
$\therefore$ কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = \beta I_B = 50 \times 40 \times 10^{-6} = 2mA$

কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ, $V_{CE} = V_{CC} - I_CR_C$

অথবা, $V_{CE} = 9 - 2mA \times 2k\Omega = 5V$

$\therefore$ নতুন অপারেটিং পয়েন্ট হল 5V, 2mA. **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.৪। নিচের চিত্রে বেস রেজিস্টর পদ্ধতিতে β = 100 মানের জন্য সিলিকন ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার অঙ্কন করে দেখানো হল। ডিসি লোড লাইন এবং অপারেটিং পয়েন্ট নির্ধারণ কর। স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের মান কত?



চিত্র ঃ বেস রেজিস্টর পদ্ধতিতে বায়াস সার্কিট

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$V_{CC} = 6V$

$R_B = 530\ k\Omega$

$R_C = 2k\Omega$

১। D.C লোড লাইন ঃ

আমরা জানি, $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

$I_C = 0$ হলে, $V_{CE} = V_{CC} = 6V$

এটার মান দ্বারা OB = 6V অথবা প্রথম বিন্দু B লোড লাইনে চিহ্নিত করা হয়।

$V_{CE} = 0$ হলে,

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{6V}{2k\Omega} = 3mA$$

এটার মাধ্যমে দ্বিতীয় বিন্দু A অথবা OA = 3mA কে প্রকাশ করা হয়। এই A এবং B-কে সংযুক্ত করলে AB ডিসি লোড লাইন পাওয়া যায়। **(উত্তর)**

২। অপারেটিং বিন্দু Q ঃ

ট্রানজিস্টরটি সিলিকনের তৈরি হওয়ায় $V_{BE} = 0.7V$. সুতরাং আমরা লিখতে পারি,

$I_B R_B + V_{BE} = V_{CC}$

অথবা, $I_B = \dfrac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$

অথবা, $I_B = \dfrac{(6 - 0.7)V}{530\ k\Omega}$

$\therefore\ I_B = 10\mu A$

$\therefore$ কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = \beta\ I_B = 100 \times 10 = 1mA$

কালেক্টর-ইমিটার ভোল্টেজ, $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

অথবা, $V_{CE} = 6 - 1mA \times 2k\Omega$

$\therefore\ V_{CE} = 4V$

$\therefore$ অপারেটিং পয়েন্ট হল 4V, 1mA

চিত্র হতে দেখা যায় $I_C = 1mA$ এবং $V_{CE} = 4V$

সুতরাং স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর = β + 1 = 100 + 1 = 101 **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.৫ । একটি জার্মেনিয়াম ট্রানজিস্টর $I_C = 1mA$ কারেন্টে শূন্য সিগন্যালে কাজ করে। যদি $V_{CC} = 12V$ হয়, তবে বেস রেজিস্টর পদ্ধতিতে R_B এর মান কত? $\beta = 100$ এই মানটি ধরতে হবে।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে, $V_{CC} = 12V$

$\beta = 100$

জার্মেনিয়াম ট্রানজিস্টর ব্যবহার করায়, $V_{BE} = 0.3V$

শূন্য সিগন্যাল কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = 1mA$.

$\therefore$ শূন্য সিগন্যাল বেস কারেন্ট, $I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1mA}{100} = 0.01mA$

কার্শফের ভোল্টেজের সূত্রানুসারে আমরা পাই,

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE}$$

$$\therefore R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{12 - 0.3}{0.01mA}$$

$$= \frac{11.7V}{0.01mA} = 1170k\Omega$$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.৬ । পাশের চিত্রের সার্কিট হতে তিনটি কারেন্টের মান হিসাব কর।

সমাধান ঃ বেস সার্কিটে KVL প্রয়োগ করে আমরা পাই,

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E$$

বা, $10 = (1 \times 10^6)\, I_B + 0 + 1 \times 10^3\, (I_B + I_C)$

বা, $10 = (1 \times 10^6)\, I_B + 1 \times 10^3\, (I_B + \beta I_B)$

বা, $10 = (1 \times 10^6)\, I_B + (1 \times 10^5)\, I_B + (1 \times 10^3)\, I_B$

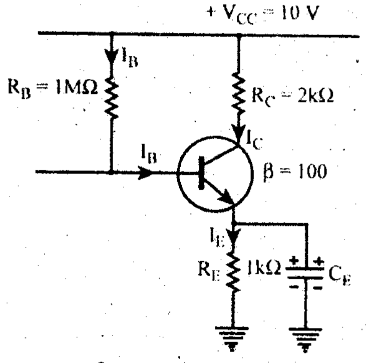
বা, $10 = (1101 \times 10^3)\, I_B$

বা, $I_B = \frac{10}{1101 \times 10^3}$

$\therefore\ I_B = 0.0091\ mA$ **(উত্তর)**

$\therefore\ I_C = \beta I_B = 100 \times 0.0091$
$= 0.91mA$ **(উত্তর)**

$\therefore\ I_E = I_B + I_C = 0.91 + 0.0091$
$= 0.919mA.$ **(উত্তর)**



চিত্র ঃ সার্কিট ডায়াগ্রাম

উদাহরণ-২.৭ । অপারেটিং বিন্দু $V_{CE} = 8V$ এবং $I_C = 2mA$ এর জন্য CE অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে বেস রেজিস্টর বায়াস সার্কিট ডিজাইন কর। $V_{CC} = 15V$ এবং সিলিকনের জন্য $\beta = 100$ ব্যবহার করতে হবে। $V_{BE} = 0.6V$ হলে উক্ত মান হতে লোড রেজিস্টরের মান নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ উপরোক্ত ডাটার জন্য নিচের বেস রেজিস্টর বায়াস সার্কিট অংকন করা হল।

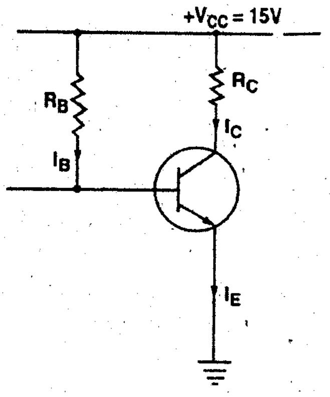
দেওয়া আছে,

$V_{CC} = 15V, \beta = 100, V_{BE} = 0.6V$
$V_{CE} = 8V, I_C = 2mA$
$R_C = ?$
$R_B = ?$

আমরা জানি, $V_{CC} = V_{CE} + I_C R_C$

অথবা, $15V = 8V + 2mA \times R_C$

$\therefore\ R_C = \frac{(15-8)V}{2mA} = 3.5k\Omega$ **(উত্তর)**



চিত্র ঃ বেস রেজিস্টর বায়াস সার্কিট

আবার আমরা জানি, $I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2}{100} = 0.02mA$

$\therefore I_B = 0.02mA$

এবং $V_{CC} = I_B R_B + V_{BE}$

$\therefore R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{(15 - 0.6)V}{0.02mA}$

$= 720k\Omega$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.৮। ফিডব্যাক রেজিস্টর পদ্ধতিতে $\beta = 100$ মানের জন্য নিচের সিলিকন ট্রানজিস্টর বায়াসিং সার্কিট হতে অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ দেয়া আছে,

$V_{CC} = 20V$

$R_B = 100k\Omega$

$R_C = 1k\Omega$

সিলিকন ট্রানজিস্টরের জন্য $V_{BE} = 0.7V$

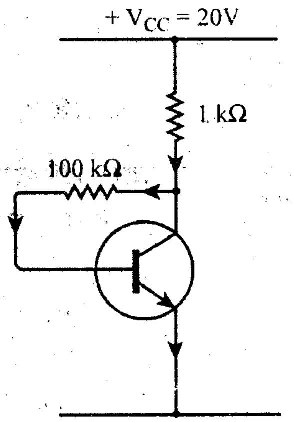
আমরা জানি, $I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE} - \beta I_B R_C}{R_B}$

অথবা, $100 \times I_B = 20 - 0.7 - (100 \times I_B \times 1)$

অথবা, $200 I_B = 19.3$

অথবা, $I_B = \frac{19.3}{200}$

$\therefore I_B = 0.096mA$



চিত্র ঃ ফিডব্যাক রেজিস্টর পদ্ধতির বায়াসিং সার্কিট

$\therefore$ কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = \beta I_B$

$= 100 \times 0.096$

$\therefore I_C = 9.6mA$

কালেক্টর-ইমিটার ভোল্টেজ, $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

$= 20 - 9.6mA \times 1k\Omega$

$= 10.4V$

$\therefore$ অপারেটিং পয়েন্টের মান হল- 10.4V, 9.6mA **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.৯। ফিডব্যাক রেজিস্টর পদ্ধতির বায়াসিং সার্কিটের নিম্নোক্ত মানের জন্য অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় কর।

$I_C = 1mA$, $V_{CE} = 8V$, $\beta = 100$, $V_{CC} = 12V$, $V_{BE} = 0.3V$

যদি $\beta = 50$ হয় তবে উপরোক্ত মানের জন্য নতুন অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$V_{CC} = 12V$, $I_C = 1mA$

$V_{CE} = 8V$ $\beta = 100$

$V_{BE} = 0.3V$

অপারেটিং বিন্দু নির্ণয়ের জন্য আমাদের R_B এর মান নির্ণয় করতে হবে। এখন, কালেক্টর লোড,

$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} = \frac{(12 - 8)V}{1mA} = 4k\Omega$

এবং $I_B = \frac{I_C}{\beta}$

$= \frac{1mA}{100}$

$= 0.01mA$

আমরা জানি, $R_B = \dfrac{V_{CC} - V_{BE} - \beta I_B R_C}{I_B}$

$$= \frac{12 - 0.3 - 100 \times 0.01 \times 4}{0.01} = 770k\Omega$$

$\beta = 50$ মানের জন্য ঃ

আমরা জানি, $V_{CC} = V_{BE} + I_B R_B + \beta I_B R_C$

অথবা, $12 = 0.3 + I_B (R_B + \beta R_C)$

অথবা, $11.7 = I_B (770 + 50 \times 4)$

অথবা, $I_B = \dfrac{11.7V}{970k\Omega}$

$\therefore \quad I_B = 0.012mA.$

$\therefore$ কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = \beta I_B = 50 \times 0.012 = 0.6mA$

$\therefore$ কালেক্টর-ইমিটার ভোল্টেজ, $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 12 - 0.6mA \times 4k\Omega = 9.6V$

$\therefore$ নতুন অপারেটিং বিন্দু 9.6V, 0.6mA **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.১০ । 2V, 1mA-এ অপারেটিং পয়েন্ট সেট করতে হলে একটি সিলিকন ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে কালেক্টর ফিডব্যাক রেজিস্টর R_B এর মান নির্ণয় কর। যখন $\beta = 100$ ।

সমাধান ঃ আমরা জানি, সিলিকন ট্রানজিস্টরের জন্য $V_{BE} = 0.7V$

$\therefore I_B = \dfrac{I_C}{\beta} = \dfrac{1}{100}$

$= 0.01mA$

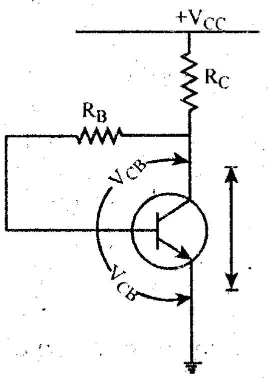
এখন, $V_{CE} = V_{BE} + V_{CB}$

অথবা, $2 = 0.7 + V_{CB}$

$\therefore V_{CB} = 2 - 0.7 = 1.3V$

আবার আমরা জানি, $R_B = \dfrac{V_{CB}}{I_B}$

$$= \frac{1.3V}{0.01mA} = 130k\Omega$$



চিত্র ঃ ফিডব্যাক রেজিস্টর সহযোগে বায়াসিং সার্কিট

উদাহরণ-২.১১ । নিচের ভোল্টেজ বিভাজনকারী বায়াস পদ্ধতির সার্কিট হতে ডিসি লোড লাইন এবং অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় কর। ধরে নাও ট্রানজিস্টরটি সিলিকনের তৈরি।

সমাধান ঃ (ক) ডিসি লোড লাইন ঃ

কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ V_{CE} নিচের সূত্রানুসারে নির্ণয় করা যায়–

$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$

$I_C = 0$ এবং

$V_{CE} = V_{CC}$

$= 15V$

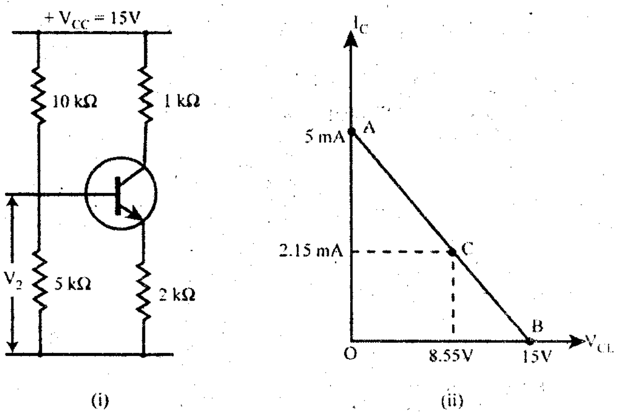
I_C এর মান নিম্নোক্ত সূত্রানুসারে পাওয়া যাবে,

$V_{CE} = 0$ হলে,

$I_C = \dfrac{V_{CC}}{R_C + R_E} = \dfrac{15V}{(1+2)k\Omega} = 5mA$

$\therefore OB = 15V$ এবং OA

$= 5mA$



চিত্র ঃ ভোল্টেজ বিভাজনকারী বায়াস সার্কিট এবং লোড লাইন

২। অপারেটিং পয়েন্ট ঃ

সিলিকন ট্রানজিস্টরের জন্য $V_{BE} = 0.7V$

5kΩ এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ড্রপের মান

$$V_2 = \frac{V_{CC}}{10+5} \times 5 = \frac{15 \times 5}{10+5} = 5V$$

$\therefore$ ইমিটার কারেন্ট, $I_E = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E} = \frac{5-0.7}{2k\Omega} = \frac{4.3V}{2k\Omega} = 2.15mA$

$\therefore$ কালেক্টর কারেন্ট, $I_C \simeq I_E = 2.15mA$

কালেক্টর-ইমিটার ভোল্টেজ, $V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$

$= 15 - 2.15mA \times 3k\Omega$

$= 15 - 6.45$

$= 8.55V$

$\therefore$ অপারেটিং বিন্দুর মান হল 8.55V, 2.15mA **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.১২। $V_{CC} = 12V$, $R_E = 1k\Omega$, $R_1 = 50k\Omega$ এবং $R_2 = 10k\Omega$ হলে–

(ক) $V_{BE} = 0.1V$ এর জন্য I_C এর মান নির্ণয় কর।

(খ) $V_{BE} = 0.3V$ এর জন্য I_C এর মান নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে, $R_1 = 50k\Omega$, $R_2 = 10k\Omega$, $R_E = 1k\Omega$, $V_{CC} = 12V$

(ক) $V_{BE} = 0.1V$ হলে

R_2 এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ,

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{CC} = \frac{10}{50+10} \times 12 = 2V$$

$\therefore$ কালেক্টর কারেন্ট, $I_C \simeq I_E = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E} = \frac{2-0.1}{1k\Omega} = 1.9mA$

(খ) $V_{BE} = 0.3V$ হলে,

$\therefore$ কালেক্টর কারেন্ট, $I_C \simeq I_E = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E} = \frac{2-0.3}{1k\Omega} = 1.7mA.$

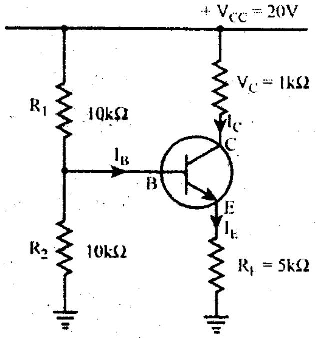
উদাহরণ-২.১৩। নিচের চিত্র হতে ইমিটার কারেন্টের মান বের কর এবং কালেক্টর পটেনশিয়াল V_C এবং V_{CE} এর মান নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ R_2 এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ,

$$V_2 = \left(\frac{V_{CC}}{R_1 + R_2}\right) R_2$$

$$= \left(\frac{20}{10+10}\right) 10$$

$$= 10V$$



চিত্র ঃ ভোল্টেজ বিভাজনকারী বায়াসিং সার্কিট

আমরা জানি, $V_2 = V_{BE} + I_E R_E$

V_{BE} এর মান অগ্রাহ্য-করে আমরা পাই,

$$I_E = \frac{V_2}{R_E} = \frac{10V}{5k\Omega} = 2mA$$

এখন, $I_C \simeq I_E = 2mA$

$\therefore V_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$

$= 20 - 2 \times 10^{-3} \times (5+1) \times 10^3$

$= 8V$ **(উত্তর)**

কালেক্টর পটেনশিয়াল, $V_C = V_{CC} - I_C R_C$

$= 20 - 2mA \times 1k\Omega$

$= 20 - 2$

$= 18V$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.১৪ । নিচের সার্কিটের জন্য $I_C = 2mA$, $V_{CE} = 3V$ অপারেটিং বিন্দু নির্বাচন করা হয়েছে। যদি $R_C = 2.2k\Omega$, $V_{CC} = 9V$ এবং $\beta = 50$ হয়, তবে R_1, R_2 এবং R_E এর মান নির্ণয় কর। $V_{BE} = 0.3V$ এবং $I_1 = 10\ I_B$ মান দেয়া আছে।

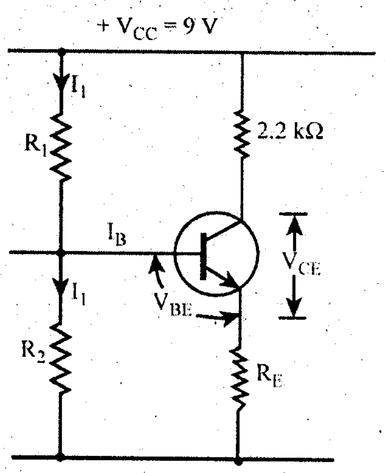
সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$R_C = 2.2k\Omega$, $V_{CC} = 9V$

$V_{BE} = 0.3V$, $I_1 = 10\ I_B$

$\beta = 50$

I_1 এর তুলনায় I_B এর মান অত্যন্ত কম বলে, R_1 এর মধ্যে I_1 পরিমাণ কারেন্টই প্রবাহিত হচ্ছে বলা যাবে।



চিত্র ঃ ভোল্টেজ বিভাজনকারী বায়াস সার্কিট

$\therefore$ বেস কারেন্ট, $I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2mA}{50} = 0.04\ mA$

R_1 এবং R_2 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট,

$$I_1 = 10I_B$$
$$= 10 \times 0.04$$
$$= 0.4mA$$

এবং আবার আমরা জানি, $I_1 = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2}$

$\therefore R_1 + R_2 = \frac{V_{CC}}{I_1} = \frac{9V}{0.4mA} = 22.5k\Omega$

সার্কিটের কালেক্টর পার্শ্বে KVL প্রয়োগ করে আমরা পাই,

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E$$

অথবা, $V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_C R_E \quad (\because I_C \simeq I_E)$

অথবা, $9 = 2mA \times 2.2k\Omega + 3 + 2mA \times R_E$

$\therefore R_E = \frac{9 - 4.4 - 3}{2}$

$= 0.8k\Omega$ **(উত্তর)**

আবার R_2 এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ড্রপ,

$$V_2 = V_{BE} + V_E$$
$$= 0.3 + 2mA \times 0.8k\Omega$$
$$= 0.3 + 1.6$$
$$= 1.9V$$

$\therefore$ রেজিস্ট্যান্স, $R_2 = \frac{V_2}{I_1} = \frac{1.9V}{0.4mA}$

$= 4.75k\Omega$ **(উত্তর)**

$\therefore R_1 = 22.5 - 4.75$

$= 17.75k\Omega$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.১৫। নিচের NPN ট্রানজিস্টরের $\alpha = 0.985$ এবং $V_{BE} = 0.3V$. যদি $V_{CC} = 16V$ হয়, তবে $I_C = 2mA$, $V_{CE} = 6$ V এর Q-পয়েন্টের জন্য R_1 এবং R_C এর মান নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$$\alpha = 0.985,\ V_{BE} = 0.3V,\ V_{CC} = 16V$$

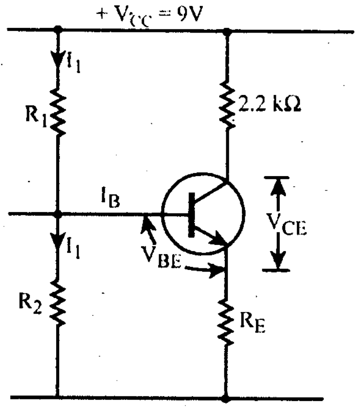
আমরা জানি, $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.985}{1-0.985} = 66$

বেস কারেন্ট, $I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2mA}{66} = 0.03mA$

R_2 এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ,

$$V_2 = V_{BE} + V_E$$
$$= 0.3 + 2mA \times 2k\Omega$$
$$= 4.3V$$

$\therefore$ R_1 এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ $= V_{CC} - V_2$
$= 16 - 4.3$
$= 11.7V$



চিত্র ঃ ভোল্টেজ বিভাজনকারী বায়াস সার্কিট

$\therefore$ R_1 এবং R_2 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট,

$$I_1 = \frac{V_2}{R_L}$$
$$= \frac{4.3V}{20k\Omega}$$
$$= 0.215mA$$

$\therefore$ R_1 রেজিস্ট্যান্স $= \dfrac{R_1 \text{ এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ}}{I_1}$

$$= \frac{11.7V}{0.215mA}$$

$= 54.4k\Omega$ **(উত্তর)**

$\therefore$ R_C এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ $= V_{CC} - V_{CE} - V_E$
$= 16 - 6 - 2 \times 2$
$= 6V$

$\therefore$ কালেক্টর রেজিস্ট্যান্স, $R_C = \dfrac{R_C \text{ এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ}}{I_C}$

$$= \frac{6V}{2mA}$$

$= 3k\Omega$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.১৬। একটি ট্রানজিস্টরে 15mA ইমিটার কারেন্টের পরিবর্তনে এর কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তন হয় 14.8 mA। ট্রানজিস্টরটির α_{ac} এবং β_{ac} এর মান বের কর।

সমাধান ঃ আমরা জানি,

$$\alpha_{ac} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} = \frac{14.8 \text{ mA}}{15 \text{ mA}}$$

$= 0.987$ **(উত্তর)**

দেয়া আছে,

$\Delta I_E = 15$ mA
$\Delta I_C = 14.8$ mA

আবার আমরা জানি,

$$\beta_{ac} = \frac{\alpha_{ac}}{1-\alpha_{ac}}$$
$$= \frac{0.987}{1-0.987}$$

$= 76$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.১৭। একটি ট্রানজিস্টর CE মোডে সংযোগ করা হয়েছে। যার কালেক্টর সাপ্লাই ভোল্টেজ $V_{CC} = 8V$ এবং কালেক্টর সার্কিটে সংযুক্ত R_C ভোল্টেজ ড্রপ 0.5V। $\alpha = 0.96$ এবং $R_C = 800\Omega$ হলে,

(i) কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ V_{CE} এবং

(ii) বেস কারেন্ট বের কর।

সমাধান: আমরা জানি,

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$$

∴ কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ, $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

$$= 8 - 0.5$$

$$= 7.5V \text{ (উত্তর)}$$

$$I_C = \frac{V_C}{R_C} = \frac{0.5}{800} = 0.625 \text{ mA}$$

আবার আমরা জানি, $\beta = \frac{I_C}{I_b}$

এখন $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.96}{1-0.96} = 24$

অথবা, $I_b = \frac{I_C}{\beta} = \frac{0.625}{24}$

$$= 0.026 \text{ mA (উত্তর)}$$

উদাহরণ-২.১৮। যদি কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = 150$ mA এবং বেস কারেন্ট, $I_B = 200\mu A$ হয়, তাহলে β এবং I_E এর মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১২, ১২(R)]

সমাধান: আমরা জানি,

$$I_E = I_C + I_B$$

∴ $I_E = (150 + 200/1000)$

$$= 150.2 \text{ mA (উত্তর)}$$

আবার,

$$I_B = 200/1000$$

$$= 0.2 \text{ mA}$$

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{150}{0.2} = 750 \text{ (উত্তর)}$$

উদাহরণ-২.১৯। একটি কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের কালেক্টর সাপ্লাই ভোল্টেজ $V_{CC} = 4V$ এবং কালেক্টর সার্কিটে সংযুক্ত রেজিস্টরের (R_C) আড়াআড়ি ভোল্টেজ ড্রপ 0.5V। যদি $R_C = 800\Omega$ এবং $\alpha = 0.90$ হয়, তাহলে কালেক্টর-ইমিটার ভোল্টেজ, V_{CE} এবং বেস কারেন্ট, (I_b) এর মান বের কর।

সমাধান: আমরা জানি, $V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$

∴ কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ, $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

$$= 4 - 0.5$$

$$= 3.5V \text{ (উত্তর)}$$

$$I_C = \frac{V_C}{R_C} = \frac{0.5}{800} A = 0.625 \text{ mA}$$

এখন $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$

$$= \frac{0.90}{1-0.90} = 9$$

∴ $\beta = \frac{I_C}{I_b}$

অথবা $I_b = \frac{I_C}{\beta} = \frac{0.625}{9} = 0.069$ mA (উত্তর)

উদাহরণ-২.২০ । **যদি কমন বেস ট্রানজিস্টরের Amplication factor 0.9 এবং ইমিটার কারেন্ট 1mA হয়, তবে বেস কারেন্ট নির্ণয় কর ।**

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

Amplication factor, $\alpha = 0.9$ এবং ইমিটার কারেন্ট, $I_E = 1mA$

আমরা জানি, $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

$\Rightarrow I_C = \alpha \times I_E = 0.9 \times 1 = 0.9mA$

$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.9}{1-0.9} = 9$

$I_B = \beta I_C = 9 \times 0.9$ mA

$\therefore$ বেস কারেন্ট $= 8.1mA$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.২১ । **একটি কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের ইমিটার কারেন্ট 1mA এবং বেস কারেন্ট 30µA হলে, Amplication factor (α) এবং কালেক্টর কারেন্ট বের কর ।**

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

ইমিটার কারেন্ট, $I_E = 1mA$, বেস কারেন্ট, $I_B = 30\mu A$

আমরা জানি, $I_E = I_B + I_C$

বা, $I_C = I_E - I_B = 1 - 0.03 = 0.97mA$

এখন, Amplification factor, $\alpha = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} = \frac{I_C}{I_E} = \frac{0.970}{1}$

$= 0.97$ **(উত্তর)**

$\therefore$ কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = 0.97mA$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.২২ । **একটি কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর সার্কিটে $R_C = 5k\Omega$ এবং শূন্য সিগন্যাল কালেক্টর কারেন্ট 1mA, যদি $V_{CC} = 10V$ হয়, তাহলে এর অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় কর ।**

সমাধান ঃ দেওয়া আছে, $R_C = 5k\Omega$, $I_C = 1mA$, $V_{CC} = 10V$

আমরা জানি, কমন ইমিটার কনফিগারেশনে, $V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$

যখন $V_{CE} = 0$, $\therefore V_{CC} = I_C R_C + 0 = I_C R_C$

or, $I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{10}{5 \times 1000} = \frac{2}{1000} = 2mA$

যখন $I_C = 0$,

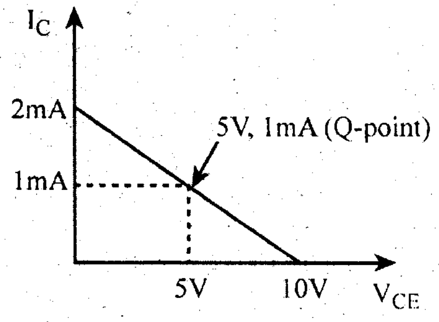
$\therefore V_{CE} = 10V$ (cut-off point)

শূন্য সিগন্যাল, $I_C = 1mA$

$\therefore V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

$= 10 - (1mA \times 5k\Omega) = 10 - 5 = 5Volt$

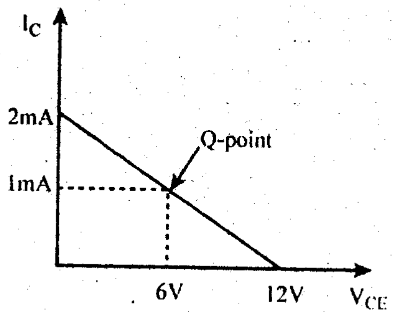
$\therefore$ Operating point, (5V, 1mA) **(উত্তর)**



উদাহরণ-২.২৩। একটি কমন ইমিটার সার্কিটের কালেক্টর ভোল্টেজ এবং কালেক্টর রেজিস্টর এর মান যথাক্রমে 12V এবং 6kΩ হলে এর লোড লাইন অংকন কর। শূন্য সিগন্যাল বেস কারেন্ট 20μA এবং β = 50 হলে, অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় কর।

সমাধান: দেওয়া আছে, $V_{CC} = 12V$, $R_C = 6k\Omega$,

$I_{BO} = 20\mu A$, এবং $\beta = 50$



আমরা জানি, কমন ইমিটার কনফিগারেশনে $V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$

যখন $V_{CE} = 0$,

$$\frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{12}{6 \times 1000} = \frac{2}{1000} = 2mA \text{ (Saturation Point)}$$

আবার যখন $I_C = 0$,

$\therefore V_{CC} = 0 + V_{CE}$

or, $V_{CE} = V_{CC} = 12V$ (cut off point)

শূন্য সিগন্যাল, $\beta = \frac{I_C}{I_B}$

$\therefore I_C = I_B\beta = 20 \times 10^{-6} \times 50 = 1mA$

$\therefore V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$

$$\therefore V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 12 - \frac{1}{1000} \times 6 \times 1000$$

$$= 12 - 6 = 6V$$

$\therefore$ Operating point, (6V, 1mA) **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.২৪। একটি কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর 0.90-এর বেস কারেন্টের পরিবর্তন 0.25mA হলে কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তন কত? [বাকাশিবো-২০০৩]

সমাধান:

দেওয়া আছে,

অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর, $\alpha = 0.90$

বেস কারেন্টের পরিবর্তন, $I_B = 0.25mA$

কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তন, $\Delta I_C = ?$

আমরা জানি,

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.9}{1-0.9} = 9$$

আবার, $\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$

$\Rightarrow \Delta I_C = \beta \times \Delta I_B = 9 \times 0.25 = 2.25$ mA

$\therefore$ কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তন = 2.25 mA **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.২৫। একটি কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর 0.9 এবং বেস কারেন্ট 20 মাইক্রোঅ্যাম্পিয়ার হলে কালেক্টর কারেন্ট কত? [বাকাশিবো-২০০৭]

দেওয়া আছে,

অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর, $\alpha = 0.90$

বেস কারেন্ট, $I_B = 20\ \mu A$

$= 0.02$ mA

কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = ?$

সমাধান: আমরা জানি,

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.9}{1-0.9} = 9$$

$\beta = \frac{I_C}{I_B}$

$\Rightarrow I_C = \beta \times I_B = 9 \times 0.02 = 0.18$ mA **(Ans.)**

$\therefore$ কালেক্টর কারেন্ট = 0.18 mA

উদাহরণ-২.২৬। **একটি CE অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের কালেক্টর রোধ 1 কিলোওহম। কালেক্টর বায়াস ভোল্টেজ 10 ভোল্ট এবং সিগন্যালবিহীন অবস্থায় এর বেস কারেন্ট 20 মাইক্রো-অ্যাম্পিয়ার। $\beta = 50$ হলে ঐ সার্কিটের লোড লাইন অঙ্কন করে অপারেটিং পয়েন্ট বের কর।** [বাকাশিবো-২০০৭]

সমাধান ঃ আমরা জানি,

কমন ইমিটার কনফিগারেশন,

$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$

যখন, $V_{CE} = 0$

$\therefore V_{CC} = I_C R_C + 0 = I_C R_C$

বা $I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{10}{1 \times 1000} = 10mA$ (স্যাচুরেশন পয়েন্ট)

আবার, যখন $I_C = 0$

$\therefore V_{CC} = 0 + V_{CE}$

বা, $V_{CC} = V_{CE} = 10$ ভোল্ট (কাট-অফ পয়েন্ট)

শূন্য সিগন্যাল, $\beta = \frac{I_c}{I_b}$

$\therefore I_c = I_b \beta = 20 \times 10^{-6} \times 50$

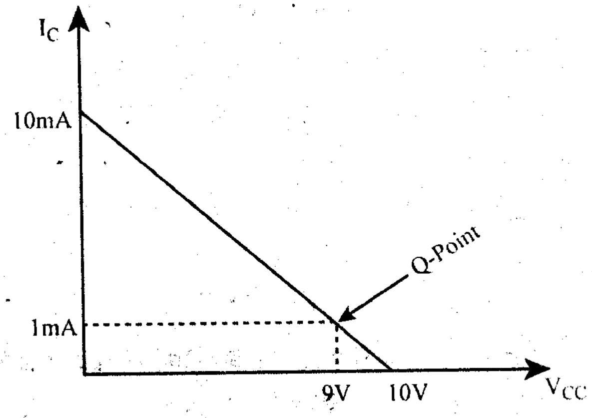
$= 1mA$

$\therefore V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

বা, $V_{CE} = 10 - \frac{1}{1000} \times 1 \times 100$

$= 10 - 1 = 9$ ভোল্ট

$\therefore$ অপারেটিং পয়েন্ট (9V, 1mA) **(উত্তর)**



উদাহরণ-২.২৭। **যদি Transistor এর $V_{BE} = 0.7V$ এবং $V_{CE} = 4.7V$ হয়, তবে V_{CB} = কত?** [বাকাশিবো-২০০৫, ২০০৮]

সমাধান ঃ আমরা জানি,

$V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$

বা, $V_{CB} = V_{CE} - V_{BE}$

$= 4.7 - 0.7 = 4V$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-২.২৮। **কমন বেস সংযোজনের ক্ষেত্রে ইমিটার কারেন্টের 1 মাইক্রো-অ্যাম্পিয়ার এবং $\alpha = 0.9$ হলে, বেস কারেন্টের মান কত হবে?** [বাকাশিবো-২০০৯]

দেওয়া আছে,

$I_E = 1\mu A = 0.001$ mA.

$I_B = ?$

$\alpha = 0.9$

সমাধান ঃ আমরা জানি,

$\alpha = \frac{I_C}{I_B}$

বা, $I_C = \alpha \times I_E = 0.9 \times 0.001$

$= 9 \times 10^{-4} mA$

আবার, $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.9}{1-0.9} = 9$

$\therefore I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{9 \times 10^{-4} mA}{9} = 0.1\mu A$ **(উত্তর)**

অনুশীলনী-২

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **CB ও CE অ্যাম্প্লিফায়ারের ব্যবহার লেখ।**

উত্তর ঃ কমন বেস অ্যাম্প্লিফায়ারের ব্যবহার ঃ

১। ইম্পিড্যান্স ম্যাচিংকরণের জন্য ড্রাইভার অ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে।

২। মধ্যম মানের ভোল্টেজ ও পাওয়ার গেইন পাওয়ার জন্য ব্যবহার করা হয়।

কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারের ব্যবহার ঃ

১। উচ্চ মানের ভোল্টেজ, কারেন্ট ও পাওয়ার গেইন পাওয়ার জন্য ব্যবহার করা হয়।

২। অডিও ফ্রিকুয়েন্সি অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটে ব্যবহার করা হয়।

২। **ট্রানজিস্টরের কারেন্ট গেইন বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে আউটপুট কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তনের সাথে সাথে ইনপুট বেস কারেন্টের পরিবর্তনের অনুপাতকে কারেন্ট গেইন বলে। অতএব কারেন্ট গেইন,

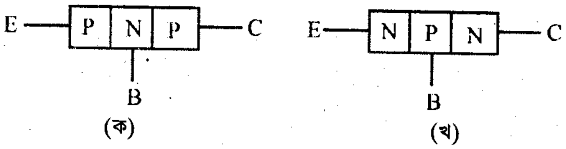
$$A_i = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

৩। **CE ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ও আউটপুট ফেজ সম্পর্ক কেমন হয়?** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর ঃ কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে ইনপুট ও আউটপুট ভোল্টেজ অথবা কারেন্টের মধ্যে 180° ফেজ পার্থক্য থাকে।

৪। **বাইপোলার ট্রানজিস্টরের গঠন কাঠামো দেখাও।**

উত্তর ঃ একটি পাতলা N-টাইপ সেমিকন্ডাক্টরকে দুটি পুরু P-টাইপ সেমিকন্ডাক্টর এর মধ্যে স্থাপন করে যে ট্রানজিস্টর তৈরি করা হয়, তাকে PNP ট্রানজিস্টর বলে। একটি পাতলা P-টাইপ সেমিকন্ডাক্টরকে দুটি পুরু N-টাইপ সেমিকন্ডাক্টর এর মধ্যে স্থাপন করে NPN ট্রানজিস্টর বলে।



চিত্র ঃ PNP এবং ট্রানজিস্টরের গঠন কাঠামো

৫। **CE তে – ve ইনপুট অর্ধসাইকেলে আউটপুট কারেন্ট কেমন হয়?**

উত্তর ঃ CE তে –ve অর্ধসাইকেলে বেস ইমিটার জাংশনের ফরোয়ার্ড বায়াস কমতে থাকে, ফলে আউটপুট কারেন্টও কমতে থাকে।

৬। **ইলেকট্রনিক্স সার্কিটে ট্রানজিস্টরের কোন্ কনফিগারেশন বেশি ব্যবহৃত হয়?**

উত্তর ঃ কমন ইমিটার কনফিগারেশন বেশি ব্যবহৃত হয়।

৭। **ট্রানজিস্টর কনফিগারেশন কী?**

উত্তর ঃ ব্যবহারিক সার্কিটে কোন ট্রানজিস্টরের সংযোগ করাকে বা সংযোগের পদ্ধতিকে ট্রানজিস্টর বলে।

৮। **α এবং β এর মধ্যে সম্পর্ক কী?**

উত্তর ঃ α এবং β এর মধ্যে সম্পর্ক হল–

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \text{ বা, } \alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$$

৯। **বেস কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর কী?**

উত্তর ঃ বেস কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর, $\beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}$

V_{CB} এর মান স্থির এবং একের চেয়ে বেশি।

১০। কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের বিটা ফ্যাক্টর (β) বা গেইন ফ্যাক্টর বা ট্রানপোর্ট ফ্যাক্টর বা কারেন্ট গেইন বলতে কী বুঝ?

উত্তর ঃ কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর সার্কিটের আউটপুট, কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তনের সাথে ইনপুট বেস কারেন্টের পরিবর্তনের অনুপাতকে কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর (β) বা কারেন্ট গেইন বলে। একে A_i বা β দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

অতএব–

$$A_i = \beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}$$

১১। ডিসি কারেন্ট গেইন কী?

উত্তর ঃ কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের ইনপুটে কোন এসি সিগন্যাল প্রয়োগ না করা অবস্থায় স্থির কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজে (V_{CE}) কালেক্টর কারেন্ট (I_c) ও বেস কারেন্টের (I_b) অনুপাতকে ডিসি কারেন্ট গেইন বা ডিসি বিটা বলে।

১২। এসি কারেন্ট গেইন কী?

উত্তর ঃ কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের ইনপুটে এসি সিগন্যাল প্রয়োগকৃত অবস্থায় স্থির কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজে (V_{CE}) কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তনের (ΔI_c) সাথে বেস কারেন্টের (ΔI_b) পরিবর্তনের অনুপাতকে এসি কারেন্ট গেইন বা এসি বিটা বলে।

১৩। কোন ট্রানজিস্টর সার্কিটে কারেন্ট গেইন এবং ভোল্টেজ গেইন উভয়ই বেশি হয়?

উত্তর ঃ কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর সার্কিটে কারেন্ট এবং ভোল্টেজ গেইন উভয়ই বেশি হয়।

১৪। α এবং β এর মধ্যে মৌলিক পার্থক্য কী?

উত্তর ঃ α হল কমন বেস সার্কিটের এবং β কমন ইমিটার সার্কিটের অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর।

১৫। ডিসি বিটা (β_{dc}) সমান কত?

উত্তর ঃ $\beta_{dc} = \frac{I_c}{I_b}$

$V_{CE} = \text{Const}$

১৬। এসি বিটা (β_{ac}) সমান কত?

উত্তর ঃ $\beta_{ac} = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b} = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}$

$V_{CE} = \text{Const}$

১৭। CE-তে ভোল্টেজ গেইন কী?

উত্তর ঃ ভোল্টেজ গেইন,

$$A_v = \frac{\text{লোডের আড়াআড়িতে প্রাপ্ত এসি আউটপুট ভোল্টেজ}}{\text{এসি ইনপুট ভোল্টেজ}}$$

১৮। CE-তে A_v এর মান কত?

উত্তর ঃ CE ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারে A_v এর মান 500 এর কাছাকাছি হয়।

১৯। CE-তে কারেন্ট গেইন কত?

উত্তর ঃ CE তে কারেন্ট গেইন,

$$(A_i) = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b}$$

২০। CE-তে পাওয়ার গেইন কত?

উত্তর ঃ CE তে পাওয়ার গেইন,

$$(A_p) = A_v \cdot A_i$$

২১। কোন ট্রানজিস্টরের অ্যাম্প্লিফায়ারের কারেন্ট গেইন এবং ভোল্টেজ গেইন উভয়ই বেশি হয়?

উত্তর ঃ কমন ইমিটার কনফিগারেশনের কারেন্ট গেইন এবং ভোল্টেজ গেইন উভয়ই বেশি হয়।

২২। কোন বৈশিষ্ট্য রেখা হতে সরাসরি ট্রানজিস্টরের β নির্ধারণ করা যেতে পারে?

উত্তর ঃ V_{CE} বনাম I_c, বৈশিষ্ট্য রেখা হতে ট্রানজিস্টরের β সরাসরি নির্ণয় করা যায়, যেখানে I_b এর মান ধ্রুব থাকে।

২৩। CE সংযোগ পদ্ধতিতে ট্রানজিস্টরের ইনপুট বৈশিষ্ট্য চিত্র কোন সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয়?

উত্তর: $V_{BE} = f_1 (V_{CE}, I_b)$ এ সমীকরণ দ্বারা ইনপুট বৈশিষ্ট্য চিত্র প্রকাশ করা হয়।

২৪। CE সংযোগ পদ্ধতিতে ট্রানজিস্টরের আউটপুট বৈশিষ্ট্য চিত্র কোন সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয়?

উত্তর: $I_c = f_2 (V_{CE}, I_b)$ এ সমীকরণ দ্বারা আউটপুট বৈশিষ্ট্য চিত্র প্রকাশ করা হয়।

২৫। CE আউটপুট বৈশিষ্ট্য চিত্রকে কতটি রিজিয়নে ভাগ করা হয়? [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর: CE আউটপুট বৈশিষ্ট্য চিত্রকে তিনটি রিজিয়নে ভাগ করা যায়, যথা—

(ক) অ্যাকটিভ রিজিয়ন

(খ) স্যাচুরেশন রিজিয়ন

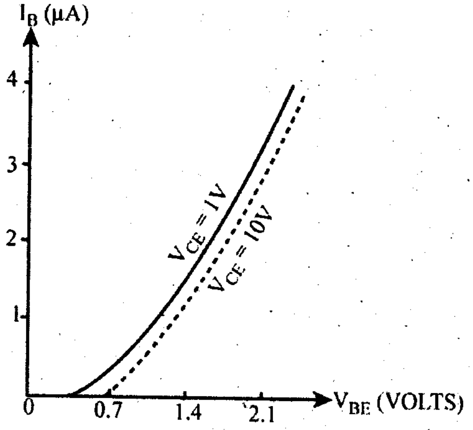
(গ) কাট-অফ রিজিয়ন ইত্যাদি।

২৬। CE ট্রানজিস্টরের ইনপুট বৈশিষ্ট্য চিত্র বলতে কী বুঝ?

উত্তর: $V_{BE} = f_i (V_{CE}, I_b)$ সমীকরণ অনুযায়ী আউটপুট ভোল্টেজ V_{CE} কে স্থির রেখে ইনপুট ভোল্টেজ V_{BE} এর পরিবর্তনের সাথে ইনপুট কারেন্ট I_b এর পরিবর্তনের প্রতিটি মানকে নিয়ে গ্রাফ অংকন করলে যে বৈশিষ্ট্য চিত্র পাওয়া যায়, তাকে CE ট্রানজিস্টরের ইনপুট বৈশিষ্ট্য চিত্র বলে।

২৭। কমন ইমিটার (CE) ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট বৈশিষ্ট্য কার্ভ অঙ্কন কর।

উত্তর: নিচে CE ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট বৈশিষ্ট্য কার্ভ অঙ্কন করা হল—



চিত্র ঃ কমন ইমিটার কানেকশনের জন্য ইনপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

২৮। ডাইনামিক আউটপুট রেজিস্ট্যান্স বা আউটপুট ইম্পিড্যান্স কী?

উত্তর: স্থির বেস কারেন্টে (I_b) কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজের পরিবর্তনের (ΔV_{CE}) সাথে কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তনের (ΔI_c) অনুপাতকে কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের আউটপুট ডাইনামিক রেজিস্ট্যান্স বা আউটপুট ইম্পিড্যান্স বলে। অতএব আউটপুট-ইম্পিড্যান্স, $r_o = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_c}$, I_b = কনস্ট্যান্ট

২৯। Q-point নির্ণয়ে ইনপুটে কী সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়?

উত্তর: কোন সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয় না।

৩০। কোন ট্রানজিস্টর কখন কুইসেন্ট অবস্থায় আসে?

উত্তর: যখন ইনপুটে কোন সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয় না এবং উপযুক্ত মানের বায়াসিং করা থাকে তখন ট্রানজিস্টর কুইসেন্ট অবস্থায় আসে।

৩১। লোড লাইন কী? [বাকাশিবো-২০০৮, ১২(R)]

অথবা, লোড লাইন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি), ২০১৬]

অথবা, লোড লাইন কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর : যখন কোন ট্রানজিস্টর সার্কিটে স্যাচুরেশন পয়েন্ট এবং কাট-অফ পয়েন্ট Indicate করা হয় এবং উক্ত বিন্দুগুলো একটি সরল রেখা নির্দেশ করে, তাকে লোড লাইন বলে।

৩২। ডিসি লোড লাইন কী?

অথবা, ডিসি লোড লাইন কাকে বলে?

অথবা, ট্রানজিস্টরের ডিসি লোড লাইন কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর : যখন কোন ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটে সিগন্যাল প্রয়োগের পূর্বে এর আউটপুট ক্যারেক্টেরিসটিক লাইন নির্ণয় করা হয় এবং এ লাইন হতে I_c এবং V_{CE} এর মান বের করা হয়, তখনই এই আউটপুট ক্যারেক্টেরিসটিক লাইনকে ডিসি লোড লাইন বলে।

লোড লাইনের সমীকরণ নিম্নরূপ ঃ

$V_{cc} = I_C R_C + V_{CE}$

৩৩। এসি লোড লাইন কী? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ১৩(পরি)]

উত্তর : ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটে সিগন্যাল প্রয়োগ করার পর এর আউটপুট ক্যারেক্টেরিসটিক লাইন নির্ণয় করে I_c এবং V_{CE} এর মান বের করা হয়। এ অবস্থায় এ আউটপুট ক্যারেক্টেরিসটিক লাইনকে এসি লোড লাইন বলে।

৩৪। CE তে ইনপুট ইম্পিড্যান্স (r_i) সমান কত?

উত্তর : ইনপুট ইম্পিড্যান্স,

$$r_i = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_b},\ V_{CE} = \text{কনস্ট্যান্ট}$$

৩৫। CE তে ইনপুট ডাইনামিক রেজিস্ট্যান্স বা ইনপুট ইম্পিড্যান্স বলতে কী বুঝায়?

উত্তর : সাধারণত স্থির কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ (V_{CE}), বেস ইমিটার ভোল্টেজের পরিবর্তনের (ΔV_{BE}) সাথে বেস কারেন্টের পরিবর্তনের (Δ_{ib}) অনুপাতকে কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের ইনপুট ডাইনামিক রেজিস্ট্যান্স বা ইনপুট ইম্পিড্যান্স বলে।

৩৬। লিকেজ কারেন্ট কী?

উত্তর : মাইনরিটি ক্যারিয়ারের জন্য পি-এন জাংশনে যে সামান্য পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাকে লিকেজ কারেন্ট বলে।

৩৭। কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের উষ্ণতা সামান্য বৃদ্ধি পেলে কী ফল দেখা যায়?

উত্তর : I_{CEO} এর মান বৃদ্ধি পায়।

৩৮। ট্রানজিস্টরের অপারেটিং পয়েন্টের স্থিরতার উপর প্রভাববিস্তারকারী ফ্যাক্টরগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর : Q-Point-এর স্থিরতার উপর প্রভাব বিস্তারকারী ফ্যাক্টরগুলো হল–

১। তাপমাত্রা,

২। ট্রানজিস্টর প্যারামিটার, ও

৩। বায়াসিং নেটওয়ার্ক।

✪ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **CE ট্রানজিস্টর সার্কিটের বেলায় দেখাও যে, $I_C = \beta I_B + I_{CEO}$.**

উত্তর ঃ কোন ট্রানজিস্টরের ইনপুট ও আউটপুট কারেন্টের সম্পর্ক হতে আমরা পাই,

$I_E = I_B + I_C$ এবং

$I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$.

∴ I_E এর মান বসিয়ে পাই,

$I_C = (I_B + I_C) + I_{CBO}$

অথবা, $I_C (1 - \alpha) = \alpha I_B + I_{CBO}$

অথবা, $I_C = \dfrac{\alpha}{1-\alpha} I_B + \dfrac{1}{1-\alpha} I_{CBO}$

$I_B = 0$ অর্থাৎ বেস সার্কিট ওপেন হলে, কালেক্টর কারেন্টের মান ইমিটার কারেন্টের সমান হবে। এক্ষেত্রে I_{CBO} কে I_{CEO} ধরা হবে।

∴ $I_{CEO} = \dfrac{1}{1-\alpha} I_{CBO}$

এই মান পূর্বের সমীকরণে স্থাপন করে আমরা পাই,

$I_C = \dfrac{\alpha}{1-\alpha} I_B + I_{CEO}$

∴ $I_C = \beta I_B + I_{CEO}$

২। **যদি কালেক্টর কারেন্ট $I_C = 150mA$ এবং বেস কারেন্ট $I_B = 200\mu A$ হয়, তাহলে β এবং I_E এর মান নির্ণয় কর।**

[বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

সমাধান ঃ এখানে দেওয়া আছে,

$I_C = 150mA = 150 \times 10^{-3}A$

$I_B = 200\mu A = 200 \times 10^{-6}A$

$\beta = ?$ এবং $I_E = ?$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} I_E &= I_B + I_C \\ &= 200 \times 10^{-6} + 150 \times 10^{-3} \\ &= 10^{-3} (200 \times 10^{-3} + 150) \\ &= 10^{-3} (0.2 + 150) \\ &= 150.20 \times 10^{-3} \\ &= 150.20mA. \end{aligned}$$

আবার আমরা জানি, $\beta = \dfrac{\Delta I_C}{\Delta I_B} = \dfrac{150 \times 10^{-3}}{200 \times 10^{-6}}$

$= \dfrac{150 \times 1000000}{200 \times 1000} = \dfrac{150 \times 10}{2}$

$= 5 \times 150 = 750$

∴ $I_E = 150.20mA$ এবং $\beta = 750$.

৩। **ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে আলফা (α) ও বিটা (β) এর মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর।**

উত্তর ঃ কমন বেস এবং কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের কারেন্ট গেইনের সূত্রানুসারে

আমরা জানি, $\beta = \dfrac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$

এবং $\alpha = \dfrac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$

এখন, $I_E = I_B + I_C$

অথবা, $\Delta I_E = \Delta I_B + \Delta I_C$

অথবা, $\Delta I_B = \Delta I_E - \Delta I_C$

এই মান β এর সমীকরণে বসিয়ে আমরা পাই,

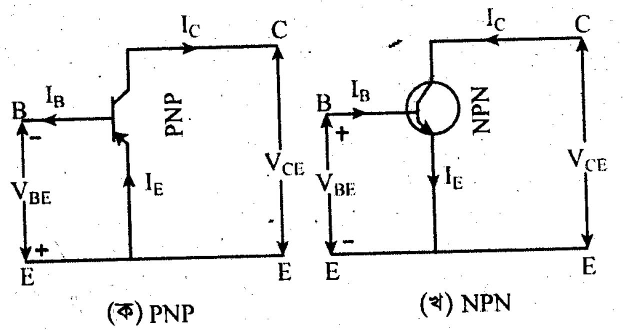
$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E - \Delta I_C}$ সমীকরণের হর ও লবকে ΔI_E দ্বারা ভাগ করে আমরা পাই,

$$\beta = \frac{\Delta I_C / \Delta I_E}{\frac{\Delta I_E}{\Delta I_E} - \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}} = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

$$\therefore \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

৪। **ট্রানজিস্টরের CE সংযোগ অংকন করে দেখাও।** [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর ঃ নিচের চিত্রে ট্রানজিস্টরের CE সংযোগ অংকন করে দেখানো হল–



চিত্র ঃ ট্রানজিস্টরের CE সংযোগ

৫। **একটি CE ট্রানজিস্টরের β = 50 এবং কালেক্টর সার্কিটে সংযুক্ত 1kΩ লোড রেজিস্টরের আড়াআড়িতে ভোল্টেজ 1 ভোল্ট হলে বেস কারেন্টের মান নির্ণয় কর।**

সমাধান ঃ দেওয়া আছে, β = 50

$R_C = 1k\Omega$

এবং $V_{RC} = 1V$.

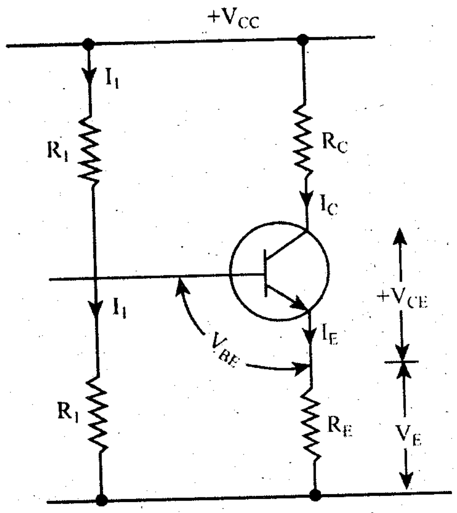
আমরা জানি, $I_C = \frac{V_{RC}}{R_C} = \frac{1}{1000} = 10^{-3}A = 1mA$

পুনরায় আমরা জানি,

$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

অথবা, $I_b = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1}{50} = 0.02mA$

$\therefore I_b = 0.02mA.$



চিত্র ঃ ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট

৬। **CE ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ লেখ।**

উত্তর ঃ সুবিধাসমূহ ঃ

১। এর ইনপুট ও আউটপুট ইম্পিড্যান্সের মধ্যে পার্থক্য খুব কম থাকে।

২। কারেন্ট গেইন ও ভোল্টেজ গেইন বেশি।

৩। এ ধরনের অ্যাম্প্লিফায়ারের পাওয়ার গেইন সবচেয়ে বেশি।

অসুবিধা ঃ

১। ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স (Response) নিম্ন মানের হয়।

৭। **ট্রানজিস্টরের বায়াসিং কেন প্রয়োজন?**

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টর হতে সঠিক কাজ পেতে হলে একে বায়াস করতে হয়। যেমন–

১। ইমিটার বেস জাংশনকে ফরোয়ার্ড বায়াস এবং

২। কালেক্টর বেস জাংশনকে রিভার্স বায়াস করতে হয়।

অধিকন্তু, ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের অপারেটিং পয়েন্ট বা Q পয়েন্টকে স্থির রাখার জন্য উপযুক্ত বায়াসিং এর প্রয়োজন হয়।

৮। **Common emitter transistor amplifier এর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।**

উত্তর ঃ বৈশিষ্ট্যগুলো নিম্নরূপ–

১। Input ইম্পিড্যান্স নিম্নমানের ও Output ইম্পিড্যান্স উচ্চমানের হয়।

২। Current gain এবং voltage gain বেশি।

৩। Power gain এই amplifier-এ সবচেয়ে বেশি।

৪। Input ও output সিগন্যালের মধ্যে ফেজ পার্থক্য ১৮০° হয়।

৯। **স্যাচুরেশন রিজিয়ন কী?**

উত্তর ঃ V_{CE} এর মান কমে যখন ভোল্টেজের কয়েক দশমাংশ (0.1V অথবা 0.2V) হয়, তখন এর মান V_{BE} এর তুলনায় কম হয়। ফলে PNP ট্রানজিস্টরের কালেক্টর প্রান্ত বেসের তুলনায় +ve হয়, অর্থাৎ কালেক্টর বেস জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস পায়। এ অবস্থায় উভয় জাংশনই ফরোয়ার্ড বায়াস দশমাংশ ভোল্টের বাম হতে $I_B = 0$ রেখার বাম পার্শ্ব পর্যন্ত দেখানো হয়। এ সময় V_{CE} এর মান কমার সাথে সাথে I_C এর মান দ্রুত হারে কমতে থাকে। এ রিজিয়নকে স্যাচুরেশন রিজিয়ন বলা হয়। কারণ এ সময় আউটপুট কালেক্টর কারেন্ট I_C এর মান ইনপুট বেস কারেন্ট I_B এর উপর নির্ভর করে না।

১০। **স্যাচুরেশন পয়েন্ট কী?**

উত্তর ঃ যখন কমন ইমিটার কনফিগারেশনে কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ, V_{CE} শূন্য এবং কালেক্টর কারেন্ট, I_c সর্বোচ্চের দিকে যায় তখন ট্রানজিস্টরের এ অবস্থাকে স্যাচুরেশন কন্ডিশন বলা হয়। আর ট্রানজিস্টর লোড লাইনের যে বিন্দুতে কালেক্টর কারেন্ট, I_c সর্বোচ্চ এবং কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ, V_{CE} শূন্য হয় ঐ বিন্দুকে স্যাচুরেশন পয়েন্ট বলা হয়।

১১। **অ্যাকটিভ রিজিয়ন কাকে বলে?**

উত্তর ঃ অফ এবং অন কন্ডিশনের মাঝামাঝি রিজিয়নকে ট্রানজিস্টরের অ্যাকটিভ রিজিয়ন বলা হয়। এই রিজিয়নে ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে কাজ করে।

১২। **লোড লাইন এবং অপারেটিং পয়েন্ট এর সংজ্ঞা দাও।** [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৭; ০৯]

অথবা, লোড লাইন এবং অপারেটিং পয়েন্ট বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১১, ১২]

অথবা, অপারেটিং পয়েন্ট এর সংজ্ঞা দাও। [বাকাশিবো-২০১২(পরি), ১৩(পরি), ১৪]

অথবা, ট্রানজিস্টরের অপারেটিং পয়েন্ট কী? [বাকাশিবো-২০১৫]

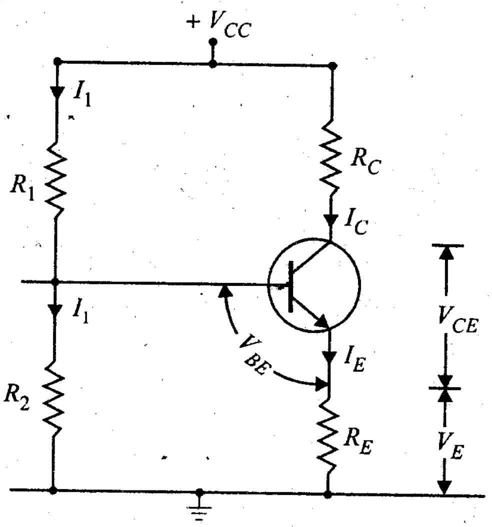
উত্তর ঃ **ডিসি লোড লাইন (D/C Load Line) ঃ** ডিসি কন্ডিশন অথবা জিরো সিগন্যাল ও ট্রানজিস্টরের কালেক্টর কারেন্ট (I_c) এবং কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ (V_{CE}) এর সাপেক্ষে ট্রানজিস্টরের আউটপুটে যে ক্যারেক্টারিস্টিক কার্ভ পাওয়া যায়, তাকে ডিসি লোড লাইন বলে।

এসি লোড লাইন (A/C Load Line) ঃ এসি কন্ডিশন অথবা যখন কোন ট্রানজিস্টরের ইনপুটে সিগন্যাল প্রদান করা হয়, তখন ট্রানজিস্টরের কালেক্টর কারেন্ট (I_c) এবং কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ (V_{CE}) এর সাপেক্ষে আউটপুটে যে ক্যারেক্টেরিস্টিক কার্ভ পাওয়া যায়, তাকে এসি লোড লাইন বলে।

কুইসেন্ট পয়েন্ট বা অপারেটিং পয়েন্ট ঃ Q-Point হচ্ছে লোড লাইনের উপর অবস্থিত এমন একটি বিন্দু যা দ্বারা ট্রানজিস্টরের কালেক্টর কারেন্ট (I_C) ও কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ (V_{CE}) নির্দেশ করা হয়, যখন স্থির বেসে কোন ইনপুট সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয় না।

১৩। ভোল্টেজ ডিভাইডার বায়াসিং পদ্ধতির বর্তনী চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর ঃ নিচে ভোল্টেজ ডিভাইডার বায়াসিং পদ্ধতির বর্তনী চিত্র অঙ্কন করা হল ঃ



চিত্র ঃ ভোল্টেজ বিভাজনকারী বায়াস পদ্ধতি

১৪। ট্রানজিস্টর বায়াসিং কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টর বায়াসিং চার প্রকার, যথা–

১। বেস রেজিস্টর পদ্ধতি বা ফিক্সড কারেন্ট বায়াস (Base resistor method or fixed current bias)

২। ইমিটার ফিডব্যাকসহ বেস বায়াস (Base bias with emitter feedback bias)

৩। কালেক্টর এবং ইমিটার ফিডব্যাকসহ বেস বায়াস (Base bias with collector and emitter feedback bias)

৪। ভোল্টেজ ডিভাইডার বায়াস বা সেলফ বায়াস (Voltage divider bias or self bias) ইত্যাদি।

১৫। স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর (Stability factor) কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১২, ২০১৫]

উত্তর ঃ β এর স্থির অবস্থায় কালেক্টর লিকেজ কারেন্ট I_{CO} এর সাপেক্ষে কালেক্টর কারেন্ট I_c এর পরিবর্তনের হারকে স্থিরতার সূচক (Stability factor) বলে।

১৬। Transistor এর থার্মাল রানওয়ে বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২, ১৩(পরি), ১৫]

অথবা, থার্মাল রানওয়ে কী? [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর ঃ Transistor এর জাংশনে তাপজনিত কারণে উৎপন্ন লিকেজ কারেন্ট এর ক্রমান্বয়ে বৃদ্ধির প্রক্রিয়াকে থার্মাল রানওয়ে বলা হয়।

১৭। দেখাও যে, $I_B = (1 - \alpha) I_E - I_{CBO}$ [বাকাশিবো-২০১১, ১২, ১৫]

উত্তর ঃ আমরা জানি, $I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$ .... (i)

$I_E = I_B + I_C$ .... (ii)

সমীকরণ (ii) হতে পাই,

$(I_E - I_B) = I_C$ .... (iii)

(iv) ও (i) সমীকরণ তুলনা করলে পাই,

$(I_E - I_B) = \alpha I_E + I_{CBO}$

$\therefore I_B = (1 - \alpha) I_E - I_{CBO}$ .... (iv)

১৮। **Faithful amplification এর শর্তাবলি লেখ।** [বাকাশিবো-২০১৩(পরি), ১৫, ১৫(পরি)]

উত্তর ফেইথফুল অ্যাম্প্লিফিকেশনের জন্য যেসব শর্ত প্রতিপাদন করা হয় তা হল–

১। শূন্য সিগন্যালে সঠিক মানের কালেক্টর কারেন্ট।

২। যে কোন মুহূর্তে সর্বনিম্ন সঠিক বেস ইমিটার ভোল্টেজ।

৩। যে-কোন মুহূর্তে সর্বনিম্ন কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ (V_{CE})।

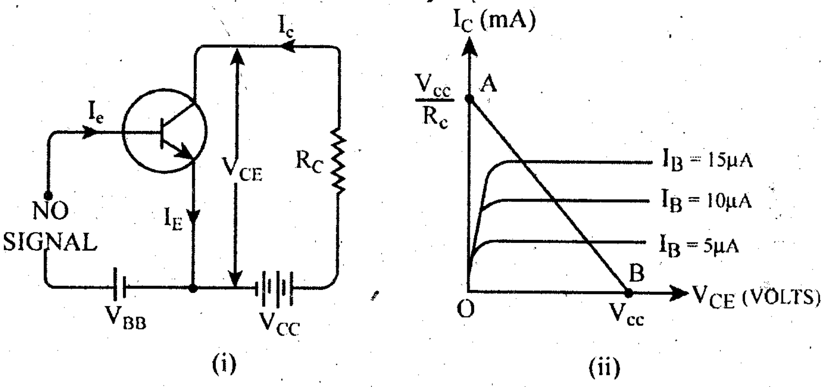
এখানে ১ ও ২ নং শর্ত সিগন্যালের সকল অংশে বেস ইমিটার জাংশনের ফরোয়ার্ড বায়াসকে নিশ্চিত করে। অন্যদিকে ৩ নং শর্তটি সকল সময়ে বেস কালেক্টর জাংশনকে রিভার্স বায়াস নিশ্চিত করে।

১৯। **CE ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার এর ডিসি লোড লাইন চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর।** [বাকাশিবো-২০০৪, ০৯]

উত্তর নিচের চিত্র অনুযায়ী একটি কমন ইমিটার npn ট্রানজিস্টর সার্কিট বিবেচনা করি।

$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

যেহেতু V_{CC} এবং R_C এর মান নির্দিষ্ট তাই এটি একটি এক ঘাত (First degree) বিশিষ্ট সমীকরণ। কাজেই আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখার উপর একে একটি সরল রেখা দ্বারা প্রকাশ করা যায়। এ সরল রেখাকেই ডিসি লোড লাইন বলা হয়।



চিত্র ঃ CE ট্রানজিস্টর সার্কিট ও ডিসি লোড লাইন

(ক) যখন $I_C = 0$ তখন কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ, V_{CE} সাপ্লাই ভোল্টেজ V_{CC} এর সমান হয়।

অর্থাৎ $V_{CE} = V_{CC} - 0 \times R_C$

বা, $V_{CE} = V_{CC}$

একে কাট-অফ অবস্থা বলা হয়।

এ বিন্দুই লোড লাইনের উপর একটি বিন্দু যা চিত্র (ii) তে ক্যালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ, V_{CE} অক্ষে B ($OB = V_{CC}$) বিন্দু দ্বারা দেখানো হয়েছে।

(খ) যখন $V_{CC} = 0$

তখন $I_C = 0$

তখন $I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$ এর সমান

অর্থাৎ $0 = V_{CC} - I_C R_C$

বা, $I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$ একে স্যাচুরেশন অবস্থা বলা হয়। এ বিন্দুই দ্বিতীয় বিন্দু নির্দেশ করবে যা চিত্রে A $\left(OA = \frac{V_{CC}}{R_C}\right)$ বিন্দু দ্বারা দেখানো হয়েছে।

এ বিন্দুদ্বয় A ও B এর সংযোগকারী সরল রেখাই ডিসি লোড লাইন নির্দেশ করবে।

২০। **একটিমাত্র সোর্স ব্যবহার করে Transistor biasing পদ্ধতিগুলোর চিত্র অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

অথবা, Transistor এর বিভিন্ন ধরনের বায়াসিং ব্যবস্থাপনার চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১২ (R)]

উত্তর সংকেত চিত্র ২.১১, ২.১২, ২.১৩ এবং ২.১৪ নং দ্রষ্টব্য।

✪ রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ভোল্টেজ ডিভাইডার পদ্ধতিতে একটি ট্রানজিস্টর বায়াসিং চিত্রসহ বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০২]

অথবা, ভোল্টেজ ডিভাইডার পদ্ধতি আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১০, ১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.৬ এর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। **ট্রানজিস্টরে বায়াসিং কেন করা হয়? স্ট্যান্ডার্ড বায়াসিং পদ্ধতিগুলোর নাম লিখে যে কোন একটির বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **ট্রানজিস্টরের সেলফ বায়াসিং পদ্ধতির বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.৬ এর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **চিত্রসহ একটি আদর্শ বায়াসিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **CE ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের লোড লাইন ও অপারেটিং পয়েন্ট চিত্রসহ বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.২ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **CE ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের উপর তাপমাত্রার পরিবর্তনে β ও অপারেটিং পয়েন্ট এর প্রভাব বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৭। **ট্রানজিস্টর বায়াসিং সার্কিটের স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের সাধারণ সমীকরণ নির্ণয় কর।** [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.৭ নং দ্রষ্টব্য।

৮। **আদর্শ বায়াসিং পদ্ধতিগুলো কী কী? চিত্রসহ ভোল্টেজ ডিভাইডার বায়াসিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১১, ১২, ১৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.৬ এর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৯। **অপারেটিং পয়েন্টসহ DC লোড লাইনের ব্যাখ্যা কর।** [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। **Common base amplifier এ লিকেজ কারেন্ট সম্পর্কে আলোচনা কর।** [বাকাশিবো-২০১২]

অথবা, Common emitter সার্কিটে লীকেজ কারেন্ট ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ২.১ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৩

ট্রানজিস্টর মডেল এবং সমতুল্য সার্কিট
(Transistor Model and Equivalent Circuits)

৩.১ ট্রানজিস্টর মডেল (Definition of transistor model) ঃ

ট্রানজিস্টর একটি সাধারণ সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস। এটি স্থান ভেদে ভিন্ন ভিন্ন আচরণ করে। কোন একটি সার্কিটে ট্রানজিস্টর ব্যবহার করে, সার্কিটের সামগ্রিক আচার-আচরণ এবং গ্রহণযোগ্য কার্যক্রম সম্পর্কে অবহিত হওয়ার জন্য একটি বিজ্ঞানসম্মত মডেল প্রয়োজন। সুতরাং বলা যায়, যে বিজ্ঞানসম্মত মডেল বা আকারের মাধ্যমে একটি ট্রানজিস্টরকে সার্কিটে ব্যবহার উপযোগী করে গড়ে তুলা যায় তাই ট্রানজিস্টর মডেল। ট্রানজিস্টর মডেলকে প্রধান ২ ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(ক) ডিভাইস ডিজাইন মডেল ও

(খ) সার্কিট ডিজাইন মডেল।

৩.২ ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের কারেন্ট এবং ভোল্টেজসমূহের চিহ্নগুলো নির্ধারণ (Mentioning the notation for currents and voltages of transistor amplifier) ঃ

অর্ধপরিবাহী ডিভাইসসমূহের নাম্বারিং পদ্ধতি (Semiconductor devices numbering system) ঃ বেলজিয়ামের Proelectron standardisation Authority কর্তৃক দেয়া নাম্বারিং পদ্ধতিই বর্তমানে সমস্ত পৃথিবীতে অর্ধপরিবাহী ডিভাইসসমূহকে নাম্বারিংকরণে ব্যবহৃত হচ্ছে। এই নাম্বারিং পদ্ধতি অনুসারে অর্ধপরিবাহী ডিভাইসসমূহ–

১। প্রতিটি অর্ধপরিবাহী ডিভাইসকে পাঁচটি আলফা নিউমেরিক চিহ্নের মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়। এগুলোর দুটো বর্ণ এবং বাকি তিনটি সংখ্যা (যেমন– BF194) অথবা তিনটি বর্ণ এবং দুটো সংখ্যা (যেমন– BFX63) ব্যবহার করা হয়।

২। প্রথম বর্ণটি অর্ধপরিবাহী পদার্থের প্রকৃতিকেই প্রকাশ করে। যেমন– A = জার্মেনিয়াম, B = সিলিকন, C = গ্যালিয়াম আর্সেনাইড এবং R = যৌগিক পদার্থ (যেমন– ক্যাডমিয়াম সালফাইড)-কে চিহ্নিত করে।

দ্বিতীয় বর্ণটি ডিভাইস এবং সার্কিটের কার্যাবলিকে প্রকাশ করে। নিচে তা উল্লেখ করা হল–

A = Diode	B = Variable capacitance diode
C = AF low powered transistor	D = AF power transistor
E = Tunnel diode	F = HF low power transistor
G = Multiple device	H = Magnetic sensitive diode
K = Hall-effect device	L = HF power transistor
M = Hall-effect modulator	P = Radiation sensitive diode
Q = Radiation generating diode	R = Thyristor (SCR or TRIAC)
S = Low power switching transistor	T = Thyristor, power
U = Power switching transistor	X = Diode, multiplier
Y = Power device	Z = Zener diode

১। **ডাইনামিক রেজিস্ট্যান্স (Dynamic resistance) ঃ** স্থির ইমিটার কারেন্টে (I_E), কালেক্টর বেস ভোল্টেজের পরিবর্তনের (ΔV_{CB}) সাথে সাথে কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তনের (ΔI_C) অনুপাতকে কমন বেস ট্রানজিস্টরের আউটপুট ইম্পিড্যান্স বা ডাইনামিক রেজিস্ট্যান্স বলে।

অর্থাৎ,

$$r_o = \frac{\Delta V_{CB}}{\Delta I_C}$$

I_E = স্থির মান।

সচরাচর r_o এর মান 100kΩ হতে 1MΩ পর্যন্ত হয়ে থাকে।

২। **লার্জ সিগন্যাল কারেন্ট গেইন বা ডিসি আলফা (Large signal current gain or D.C alpha)** ঃ কমন বেস ট্রানজিস্টরের ইনপুটে কোন সিগন্যাল না দেয়া হলে কালেক্টর বেস ভোল্টেজে (V_{CB}) এবং কালেক্টর কারেন্ট I_C এবং ইমিটার কারেন্ট (I_E) এর অনুপাতকে লার্জ সিগন্যাল কারেন্ট গেইন বা ডিসি আলফা বলে। অর্থাৎ,

$$\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E}$$

V_{CB} = স্থির মান

সচরাচর ডিসি আলফার মান 0.9 হতে 0.99 হয়ে থাকে।

৩। **এসি কারেন্ট গেইন বা এসি আলফা (A.C current gain or A.C alpha)** ঃ কমন বেস ট্রানজিস্টরের ইনপুটে এসি সিগন্যাল প্রয়োগকৃত অবস্থায় স্থির মানের কালেক্টর বেস ভোল্টেজে (V_{CB}), কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তনের (ΔI_C) সাথে ইমিটার কারেন্টের যে পরিবর্তন (ΔI_E) হয়, তাদের অনুপাতকে এসি কারেন্ট গেইন বা এসি আলফা (α_{ac}) বলে।

$$\alpha_{ac} = \frac{\Delta i_C}{\Delta i_E} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \quad \Big| \quad V_{CB} \text{ স্থির মান}$$

সাধারণত এসি আলফার মান 0.95 হতে 0.995 পর্যন্ত হয়ে থাকে।

৪। **ডিসি কারেন্ট গেইন বা ডিসি বিটা (DC current gain or DC beta)** ঃ কমন বেস ট্রানজিস্টরের ইনপুটে কোন সিগন্যাল না দেয়া হলে কালেক্টর কারেন্ট (I_C) এবং বেস কারেন্ট (I_B) এর অনুপাতকে ডিসি কারেন্ট গেইন বা ডিসি বিটা বলে।

অর্থাৎ, $\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B}$

সাধারণত ডিসি বিটার β_{dc} মান ৫০ থেকে ৩০০ এর মধ্যে হয়ে থাকে।

ট্রানজিস্টর সার্কিটের জন্য সমীকরণের চিহ্নসমূহ (Symbols used in transistor circuit equation) ঃ

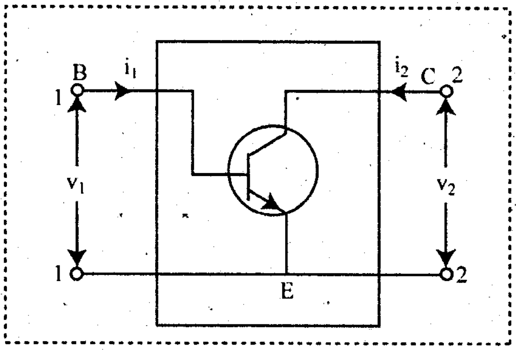
নিচের তালিকার মাধ্যমে তা দেখানো হল–

ক্রমিক নং	বর্ণনা	তাৎক্ষণিক এসি	ডিসি	মোট আউটপুট
১	ইমিটার কারেন্ট	i_e	I_E	i_E
২	কালেক্টর কারেন্ট	i_c	I_C	i_C
৩	বেস কারেন্ট	i_b	I_B	i_B
৪	কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ	i_{ce}	V_{CE}	v_{CE}
৫	ইমিটার বেস ভোল্টেজ	i_{eb}	V_{EB}	v_{EB}

৩.৩ ট্রানজিস্টর একটি চার প্রান্তবিশিষ্ট ডিভাইস হিসাবে কাজ করে (The transistor as a four terminal device) ঃ

যে সকল ডিভাইসের শুধুমাত্র একজোড়া ইনপুট এবং একজোড়া আউটপুট টার্মিনাল থাকে, সে সকল ডিভাইসকে চার প্রান্তিক ডিভাইস (Four terminal device) বলে।

আমরা জানি যে, ট্রানজিস্টরের তিনটি টার্মিনাল রয়েছে। এগুলো হল বেস, ইমিটার ও কালেক্টর। কিন্তু ট্রানজিস্টর চার প্রান্তিক (Four terminal) ডিভাইস তখনই হবে যখন এর চারটি টার্মিনাল থাকবে আর ট্রানজিস্টরের তিনটি টার্মিনাল থেকে যে কোন একটি টার্মিনালকে কমন নিলে চারটি টার্মিনাল পাওয়া যাবে। একেই চার টার্মিনাল বিশিষ্ট ট্রানজিস্টর বলে। উক্ত চার টার্মিনাল মিলে দু'টি পোর্ট তৈরি করে একজোড়া টার্মিনাল নিয়ে ইনপুট পোর্ট আর অপর একজোড়া টার্মিনাল নিয়ে আউটপুট পোর্ট গঠিত। চিত্র ৩.২ নং এ চারটি টার্মিনাল ডিভাইস হিসেবে একটি ট্রানজিস্টরকে দেখানো হল।



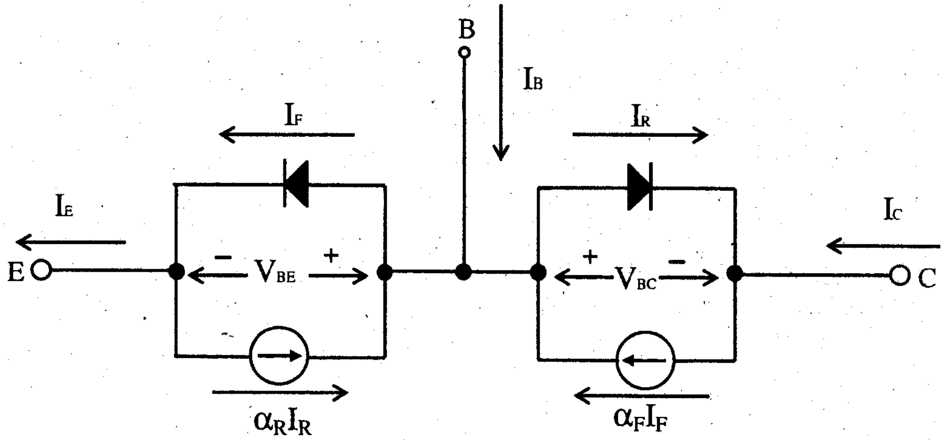
চিত্র ঃ ৩.২ চার টার্মিনাল ডিভাইস হিসাবে ট্রানজিস্টর

চিত্র হতে দেখা যায় যে, ট্রানজিস্টরের তিনটি টার্মিনালের মধ্যে ইমিটারকে কমন নেয়া হয়েছে। ফলে এটির বেস ইমিটার প্রান্তকে ইনপুট পোর্ট এবং কালেক্টর ইমিটার প্রান্তকে আউটপুট পোর্ট বলা হয়। এভাবে ট্রানজিস্টরের অন্য দুটি টার্মিনালকেও কমন হিসেবে নিয়ে ট্রানজিস্টরকে চার টার্মিনাল ডিভাইস হিসেবে দেখানো যায়। চিত্রে v_1 ও i_1 হল ভোল্টেজ এবং কারেন্ট। এগুলো চার টার্মিনাল বিশিষ্ট ট্রানজিস্টর ডিভাইসের প্যারামিটার (Parameter)-সমূহের সাথে সম্পর্কযুক্ত।

এই সমীকরণের h প্যারামিটারসমূহের মান স্থির। কিন্তু v_1, i_1, v_2, i_2 এর মান পরিবর্তিত হয়।

৩.৪ ট্রানজিস্টরের নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি ছোট সিগন্যাল মডেলের বর্ণনা (The low frequency small signal (Shockley relationship $r_e' = \frac{25mv}{I_E}$ model) of transistor) ঃ

যেহেতু ট্রানজিস্টরের স্বাভাবিক অপারেশনে ইমিটার বেস জাংশনটি ফরোয়ার্ড বায়াস এবং কালেক্টর বেস জাংশনটি রিভার্স বায়াস করা হয়, ফলে ইভার্স-মোল (Ebers-Moll) মডেল অনুসারে ট্রানজিস্টরের ছোট সিগন্যাল মডেলকে নিচের চিত্রানুসারে দেখানো যায়।



চিত্র ঃ ৩.৩ NPN ট্রানজিস্টরের Ebers-Moll মডেল

ট্রানজিস্টরের ছোট সিগন্যাল মডেলকে আবার এসি সমতুল্য সার্কিটও বলা হয়। এ ধরনের মডেলসমূহের আচরণ মোটামুটিভাবে ট্রানজিস্টরের মতোই। সাধারণত ছোট সিগন্যাল বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে দুই ধরনের মডেল ব্যবহৃত হয়–

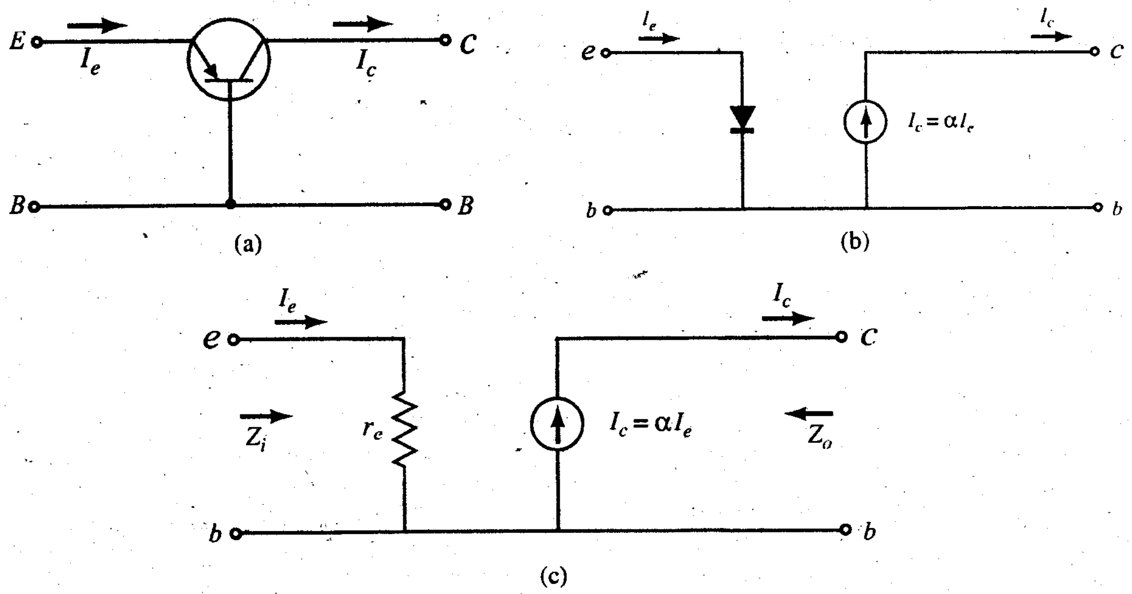
১। r_e মডেল (r_e model),

২। হাইব্রিড মডেল (Hybrid model)।

r_e ট্রানজিস্টর মডেল (The r_e Transistor Model) ঃ একটি ডায়োড এবং একটি নিয়ন্ত্রণযোগ্য কারেন্ট সোর্স এর মাধ্যমে ট্রানজিস্টরের r_e মডেল তৈরি করা হয়।

কমন বেস কনফিগারেশন (Common base configuration) ঃ

চিত্র ৩.৪(a) নং এ কমন বেস PNP ট্রানজিস্টরের দুই পোর্টবিশিষ্ট গঠন দেখানো হয়েছে। চিত্র ৩.৪ (b) এবং ৩.৪ (c) নং এ যথাক্রমে উক্ত ট্রানজিস্টরের r_e মডেল এবং r_e সমতুল্য সার্কিট দেখানো হয়েছে।



চিত্র ৩.৪ CB, PNP ট্রানজিস্টরের r_e মডেল

যেহেতু ট্রানজিস্টরের ইমিটার বেস জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস হয়, সেহেতু উক্ত জাংশনকে একটি ডায়োড দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হয়। অপর জাংশনটি একটি কারেন্ট সোর্স হিসেবে বিবেচনা করা হয়। ইমিটার কারেন্টের সাপেক্ষে উক্ত সোর্সের কারেন্টের পরিমাণ $I_c = \alpha I_e$।

আমরা জানি, ডায়োডের ডাইনামিক রেজিস্ট্যান্স, $r_{ac} = \frac{25mV}{I_D}$, যেখানে I_D হল ডায়োডের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ফরোয়ার্ড কারেন্ট। অনুরূপভাবে ট্রানজিস্টরের ইমিটার জাংশনের রেজিস্ট্যান্স, $r_e = \frac{25mV}{I_E}$।

সুতরাং ৩.৪(c) নং চিত্রে ডায়োডকে একটি রেজিস্টর দ্বারা প্রতিস্থাপন করা হয়েছে।

তাহলে চিত্র হতে দেখা যায় যে, কমন বেস কনফিগারেশনের ক্ষেত্রে ইনপুট ইম্পিড্যান্স Z_i অবশ্যই r_e এর সমান। অর্থাৎ,

$$\boxed{Z_i = r_e}_{CB}$$

কমন বেস কনফিগারেশনের ক্ষেত্রে ইনপুট ইম্পিড্যান্স কয়েক ওহম থেকে 50 ওহম পর্যন্ত হয়ে থাকে।

আউটপুট ইম্পিড্যান্সের ক্ষেত্রে, যদি ইনপুটে কোন সিগন্যাল প্রদান করা না হয় অর্থাৎ $I_e = 0$ হয়, তবে $I_c = \alpha I_e = \alpha(0) = 0A$। অন্যভাবে বলা যায়, আউটপুট ইম্পিড্যান্স অতি উচ্চমানের। অর্থাৎ,

$$\boxed{Z_o \simeq \infty}_{CB}$$

কমন বেস কনফিগারেশনের ক্ষেত্রে আউটপুট ইম্পিড্যান্স মেগাওহম রেঞ্জের হয়ে থাকে।

ভোল্টেজ গেইন ঃ

$V_o = -(-I_c)R_L = \alpha I_e R_L$

এবং $V_i = I_e Z_i = I_e r_e$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{\alpha I_e R_L}{I_e r_e}$$

$$\boxed{A_v = \frac{\alpha R_L}{r_e} \simeq \frac{R_L}{r_e}}_{CB}$$

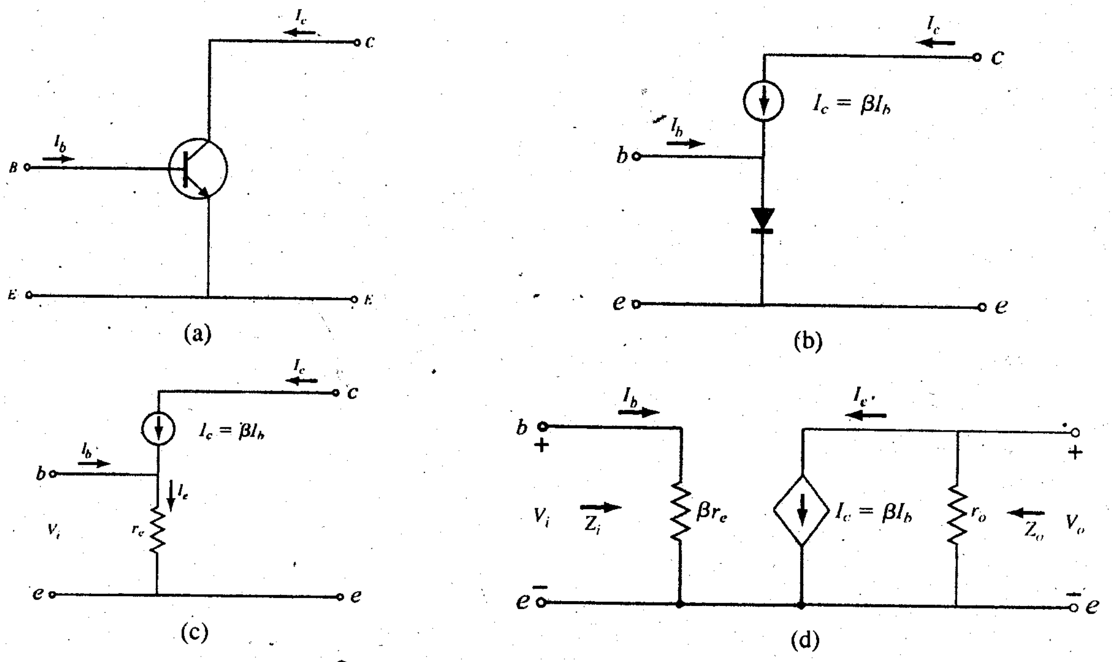
কারেন্ট গেইন ঃ

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{-I_c}{I_e} = -\frac{\alpha I_e}{I_e}$$

$$\boxed{A_i = -\alpha}$$

কমন ইমিটার কনফিগারেশন (Common emitter configuration) ঃ

কমন ইমিটার কনফিগারেশনের ক্ষেত্রে বেস এবং ইমিটার টার্মিনালে ইনপুট প্রদান করা হয়। কিন্তু আউটপুট নেয়া হয় কালেক্টর এবং ইমিটার টার্মিনাল হতে। এখানে ইমিটার টার্মিনাল ইনপুট আউটপুট উভয় ক্ষেত্রে কমন থাকে।



চিত্র ঃ ৩.৫ CE, NPN ট্রানজিস্টরের r_e মডেল

কমন বেস কনফিগারেশনের মতো এক্ষেত্রেও কারেন্ট সোর্সকে কালেক্টর বেস জাংশনে এবং ডায়োডকে বেস ইমিটার জাংশনে স্থাপন করা হয়েছে। এখানে, I_b হল ইনপুট কারেন্ট এবং I_c হল আউটপুট কারেন্ট।

সুতরাং, $I_c = \beta I_b$

ডায়োডের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট,

$$I_e = I_c + I_b$$
$$I_e = \beta I_b + I_b$$
$$I_e = (\beta + 1)\, I_b$$
$$I_e \simeq \beta I_b$$

ইনপুট ইম্পিড্যান্স,

$$Z_i = \frac{V_i}{I_b} = \frac{I_e r_e}{I_b}$$
$$\simeq \frac{\beta I_b r_e}{I_b}$$
$$\therefore \boxed{Z_i \simeq \beta r_e}_{CE}$$

কমন ইমিটার কনফিগারেশনের ক্ষেত্রে ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান কয়েকশত ওহম থেকে কিলোওহম রেঞ্জে হয়ে থাকে।

আউটপুট ইম্পিড্যান্স, $\boxed{Z_o = r_o}_{CE}$

এক্ষেত্রে আউটপুট ইম্পিড্যান্সের মান 40 থেকে 50 কিলোওহম হয়ে থাকে।

ভোল্টেজ গেইন ঃ

$$V_o = -I_oR_L = -I_cR_L = -\beta I_bR_L$$

$$V_i = I_iZ_i = I_b\beta r_e$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -\frac{\beta I_bR_L}{I_b\beta r_e}$$

$$\boxed{A_v = -\frac{R_L}{r_e}}_{CE}$$

কারেন্ট গেইন ঃ

$$A_i = \frac{I_o}{I_i} = \frac{I_c}{I_b} = \frac{\beta I_b}{I_b}$$

$$\boxed{A_i = \beta}_{CE}$$

৩.৪.১ ছোট সিগন্যাল (r_e) মডেল ব্যবহার করে অ্যাম্প্লিফায়ারের প্যারামিটার সম্পর্কিত সমস্যা সমাধান (Solving problem related to amplifier parameters using small signal (r_e) model) ঃ

উদাহরণ-১। কমন বেস কনফিগারেশনের ক্ষেত্রে $I_E = 4mA$, $\alpha = 0.98$ এবং ইনপুট এসি সিগন্যাল ভোল্টেজ 2mV। বের কর — (ক) ইনপুট ইম্পিড্যান্স (খ) ভোল্টেজ গেইন, যখন লোড রেজিস্ট্যান্স 0.56 kΩ (গ) আউটপুট ইম্পিড্যান্স এবং (ঘ) কারেন্ট গেইন।

সমাধান ঃ (ক) ইনপুট ইম্পিড্যান্স,

$$r_e = \frac{25mV}{4mA} = 6.25\Omega$$ **(উত্তর)**

(খ) $I_i = I_e = \frac{V_i}{Z_i} = \frac{2mV}{6.25\Omega} = 320\ \mu A$

$$V_o = I_cR_L = \alpha I_eR_L$$

$$= 0.98 \times 320\mu A \times 0.56\ k\Omega = 175.6\ mV$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = \frac{175.6\ mV}{2mV} = 84.43$$ **(উত্তর)**

(গ) $Z_o \simeq \propto$

(ঘ) $A_i = \frac{I_o}{I_i} = -\alpha = -0.98$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-২। একটি কমন ইমিটারের ক্ষেত্রে দেয়া আছে, $\beta = 120$, $I_E = 3.2mA$ এবং $r_o = \alpha\Omega$। বের কর — (ক) Z_i (খ) A_v, যখন লোড রেজিস্ট্যান্স 2kΩ (গ) A_i, যখন লোড রেজিস্ট্যান্স 2kΩ.

সমাধান ঃ

(ক) $r_e = \frac{25mV}{I_E} = \frac{25mV}{3.2mA} = 7.81\Omega$

$$Z_i = \beta r_e = 120 \times 7.81$$

$$= 937.5\ \Omega$$ **(উত্তর)**

(খ) $A_v = -\frac{R_L}{r_e} = -\frac{2k\Omega}{7.81}$

$$= -256.1$$ **(উত্তর)**

(গ) $A_i = \frac{I_o}{I_i} = \beta = 120$ **(উত্তর)**

অনুশীলনী-৩

✪ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ট্রানজিস্টরের নামের সার্থকতা কী?**

উত্তর ঃ Transfer এর Trans এবং Resistor এর istor যোগ করে Transistor নামকরণ করা হয়েছে। Transfer অর্থ স্থানান্তর এবং Resistor অর্থ প্রতিরোধকারী। ট্রানজিস্টর (Transistor) এ ছোট মানের সিগন্যালকে কম রেজিস্ট্যান্সের দিকে প্রয়োগ করলে তা বেশি Resistance এর দিকে বেশি পাওয়ার আকারে স্থানান্তরিত হয়। তাই ট্রানজিস্টর নামের সার্থকতা যথার্থ।

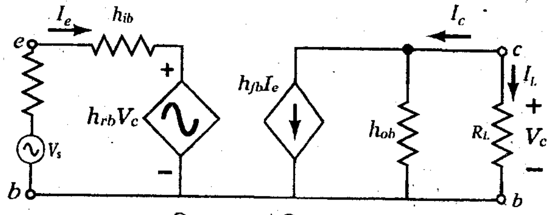
২। **ট্রানজিস্টরকে দুই পোর্ট ডিভাইস বলা হয় কেন?** [বাকাশিবো-২০০৬(R), ২০১১, ২০১২, ২০১২(R), ২০১৪, ২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টরের তিনটি প্রান্তের যে কোন একটিকে ইনপুট ও আউটপুট এর জন্য সাধারণ হিসেবে ধরে চার প্রান্ত দুটি পোর্ট হিসাবে চিহ্নিত করা যায় বলে ট্রানজিস্টরকে দুই পোর্ট ডিভাইস বলা হয়। এখানে চারটি প্রান্তকে সমন্বয় করে ট্রানজিস্টরকে CB, CE এবং CC কনফিগারেশন করা হয়। প্রতিটি কনফিগারেশনেই একটি ইনপুট এবং একটি আউটপুট পাওয়া যায়।

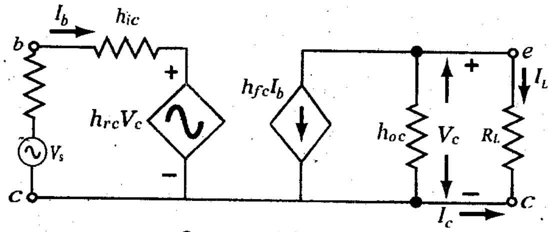
✪ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ট্রানজিস্টরের CB এবং CE কনফিগারেশনের হাইব্রিড মডেল অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০০৮, ২০১১, ২০১২]
অথবা, CE, CB, ও CC এর H মডেল অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০৪]
অথবা, Transistor এর H-Model অঙ্কন করে দেখাও। [বাকাশিবো-২০১২(R), ২০১৩, ২০১৩(R)]
অথবা, ট্রানজিস্টরের সাধারণ হাইব্রিড মডেল অঙ্কন কর।
অথবা, টানজিস্টরের CB কনফিগারেশনের হাইব্রিড মডেল অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৪]

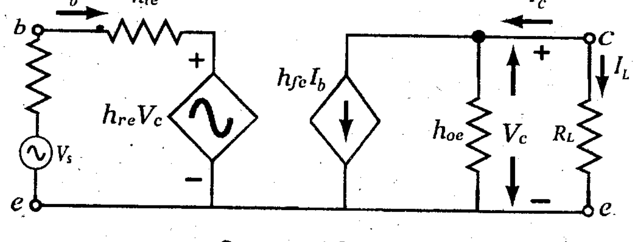
উত্তর ঃ নিচে একটি CB, CC এবং CE কনফিগারেশনের হাইব্রিড মডেল অঙ্কন দেখানো হল ঃ



চিত্র ঃ CB হাইব্রিড মডেল



চিত্র ঃ CC হাইব্রিড মডেল



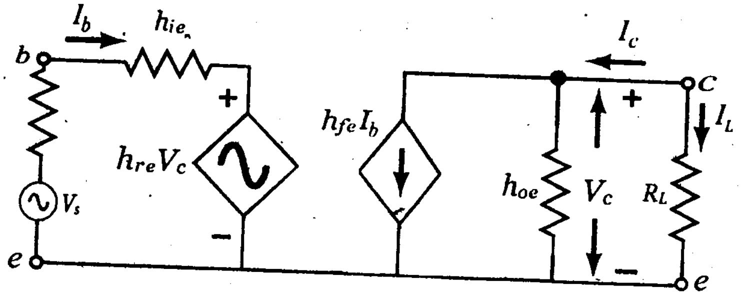
চিত্র ঃ CE হাইব্রিড মডেল

২। **CE ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড মডেল হতে এর কারেন্ট ও ভোল্টেজ গেইন নির্ণয় কর।** [বাকাশিবো-২০০৮, ২০১৩(R), ২০১৫]

অথবা, CE হাইব্রিড মডেল হতে এটির বিভিন্ন প্যারামিটারগুলো নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, CE সার্কিটে ট্রানজিস্টরের লো-ফ্রিকুয়েন্সি স্মল সিগন্যাল এসি সমতুল্য বর্তনী আঁক। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ নিচে CE ট্রানজিস্টরের সমতুল্য হাইব্রিড মডেল অংকন করা হল ঃ



চিত্র ঃ CE সমতুল্য হাইব্রিড মডেল

আমরা জানি,

$$A_i = \frac{I_L}{I_i} = \frac{I_c}{I_b}$$

আবার, $$I_c = \frac{h_{fe} \times I_b}{1 + h_{oe} R_L}$$

$$\therefore \quad A_i = \frac{h_{fe} \times I_b}{(1 + h_{oe} R_L)\, I_b}$$

$$= \frac{h_{fe}}{1 + h_{oe} R_L}$$

ভোল্টেজ গেইনের ক্ষেত্রে,

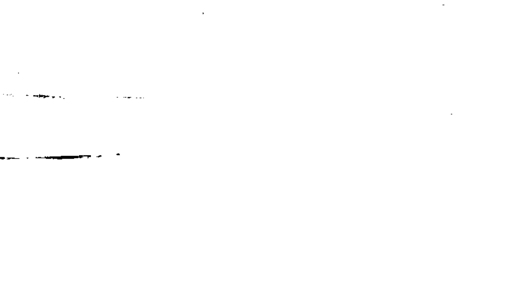
$$A_v = \frac{V_c}{V_b} = \frac{-A_i I_b R_L}{Z_i I_b}$$

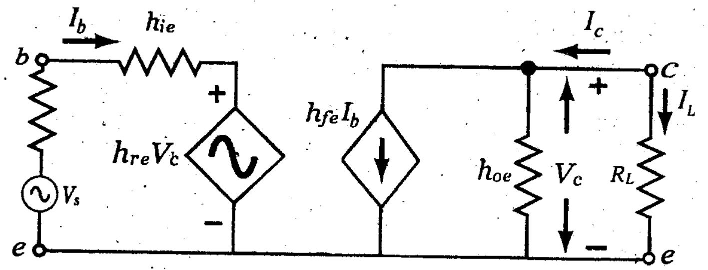
$$= \frac{-h_{fe} R_L}{Z_i (1 + h_{oe} R_L)}$$

$$= \frac{h_{fe}}{Z_i\left(h_{oe} + \frac{1}{R_L}\right)}$$

৩। **একটি কমন ইমিটার সার্কিটের হাইব্রিড মডেল অংকন কর।** [বাকাশিবো-২০০৬, ১০(R)]

উত্তর ঃ নিচে একটি CE ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড মডেল অংকন করে বিভিন্ন প্যারামিটারসমূহ দেখানো হল ঃ

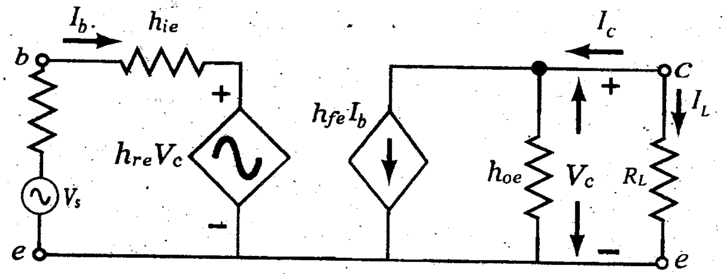




চিত্র ঃ CE ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড মডেল

৪। **একটি CE ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড মডেল এঁকে এর ইনপুট ভোল্টেজ আউটপুট কারেন্ট এর সমীকরণ দু'টি লেখ।** [বাকাশিবো-২০০৬(R)]
অথবা, Common emitter transistor configuration-এর জন্য H-model-এর চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-১৩(R)]

উত্তর ঃ নিচে একটি CE ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড মডেল অংকন করে ইনপুট আউটপুট প্যারামিটারসমূহ দেখানো হল ঃ



চিত্র ঃ CE ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড মডেল

কারেন্ট এবং ভোল্টেজ V_2 কে স্বাধীন ধরে V_2 এবং I_2 এর সাপেক্ষে চারটি h-প্যারামিটার সম্পর্কযুক্ত সমীকরণসমূহ হল ঃ

$V_1 = h_{11} I_1 + h_{12} V_2$

$I_2 = h_{21} I_1 + h_{22} V_2$

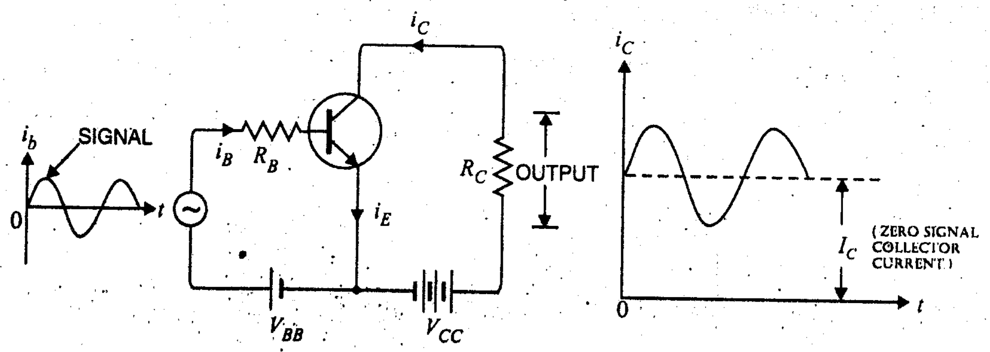
৫। **কমন বেস ও কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর এর কারেন্ট গেইন বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০২, ২০১০]

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টরের কারেন্ট গেইন বলতে ট্রানজিস্টরের আউটপুট কারেন্ট ও ইনপুট কারেন্টের অনুপাতকে বুঝায়। একে সাধারণত A_i দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

কারেন্ট গেইন, $A_i = \frac{I_L}{I_1} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{h_f}{1 + h_o Z_L} \simeq h_f$.

৬। **একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট অঙ্কন করে ওয়েভ সেপ দেখাও।** [বাকাশিবো-২০১২]

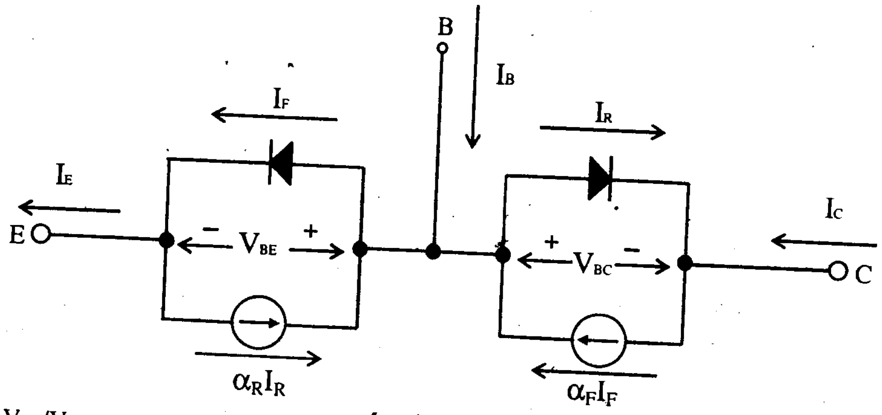
উত্তর ঃ নিম্নে CE অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট এবং ওয়েভ সেপ দেখানো হল ঃ



চিত্র ঃ CE ব্যবস্থাপনায় ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার

৭। **একটি NPN ট্রানজিস্টরের কারেন্ট কম্পোনেন্ট এবং Ebers-Moll মডেলসহ সমীকরণগুলো লেখ।**
অথবা, লো-ফ্রিকুয়েন্সি স্মল সিগন্যাল ট্রানজিস্টর মডেল এর কারেন্ট কম্পোনেন্টগুলো চিত্রের মাধ্যমে দেখাও। [বাকামিবো-২০১৫]

উত্তর ঃ নিচে NPN ট্রানজিস্টরের Ebers-Moll মডেল দেখানো হল ঃ



$I_E = I_{ES} (e^{V_{BE}/V_T} - 1) - \alpha_R I_{CS} (e^{V_{BC}/V_T} - 1)$

$I_C = \alpha_F I_{ES} (e^{V_{BE}/V_T} - 1) - I_{CS} (e^{V_{BC}/V_T} - 1)$

$I_B = (1 - \alpha_F) I_{ES} (e^{V_{BE}/V_T} - 1) + (1 - \alpha_R) I_{CS} (e^{V_{BC}/V_T} - 1)$

৮। **ট্রানজিস্টর মডেল বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টর একটি সাধারণ সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস। এটি স্থান ভেদে ভিন্ন ভিন্ন আচরণ করে। কোন একটি সার্কিটে ট্রানজিস্টর ব্যবহার করে, সার্কিটের সামগ্রিক আচার-আচরণ এবং গ্রহণযোগ্য কার্যক্রম সম্পর্কে অবহিত হওয়ার জন্য একটি বিজ্ঞানসম্মত মডেল প্রয়োজন। সুতরাং বলা যায়, যে বিজ্ঞানসম্মত মডেল বা আকারের মাধ্যমে একটি ট্রানজিস্টরকে সার্কিটে ব্যবহার উপযোগী করে গড়ে তুলা যায় তাই ট্রানজিস্টর মডেল।

✪ রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের কারেন্ট এবং ভোল্টেজসমূহের চিহ্নগুলো নির্ধারণ পদ্ধতি বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৩.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। **ট্রানজিস্টর একটি চার প্রান্তবিশিষ্ট ডিভাইস হিসাবে কাজ করে ব্যাখ্যা দাও।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৩.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **ট্রানজিস্টরের নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি ছোট সিগন্যাল মডেলের বর্ণনা দাও।**

অথবা, প্রমাণ কর যে, $r_{e'} = \frac{25mv}{I_E}$। এখানে প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৩.৪ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৪

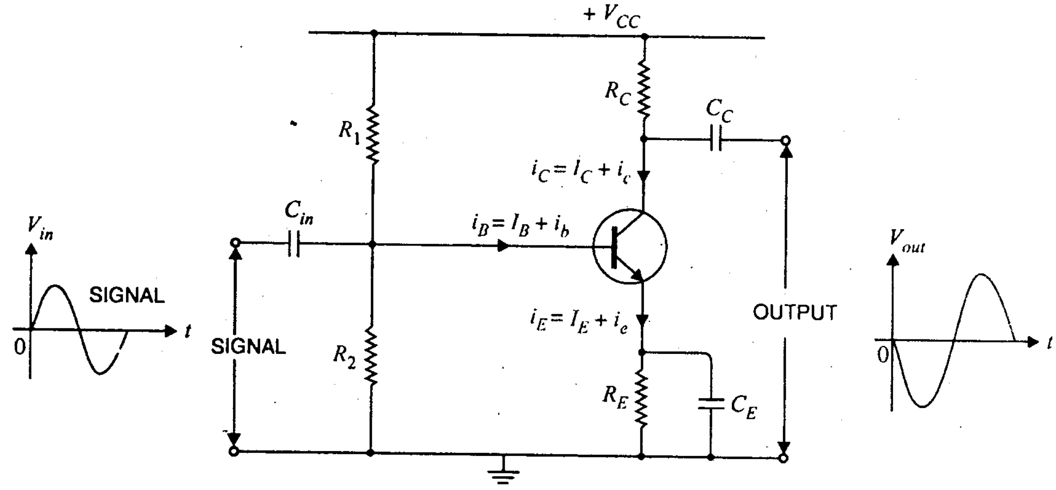
সিঙ্গেল স্টেজ ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার (Single Stage Transistor Amplifier)

৪.১ সিঙ্গেল স্টেজ ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার (Single stage Transistor Amplifier) ঃ

সিঙ্গেল অর্থ এক এবং অ্যাম্প্লিফায়ার অর্থ বিবর্ধক। অর্থাৎ সিঙ্গেল ট্রানজিস্টর দ্বারা গঠিত বিবর্ধকের সিঙ্গেল স্টেপ বিশিষ্ট ইলেকট্রনিক বর্তনীকে সিঙ্গেল স্টেজ ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার বলা হয়।

৪.২ একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার এর অপারেশন (The operation of voltage divider biased common emmitter (CE) amplifier Circuit) ঃ

চিত্র ৪.১-এ একটি সিঙ্গেল স্টেজ R-C কাপলড কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারের সার্কিট দেখানো হল। এতে একটি NPN ট্রানজিস্টর রয়েছে, যার ইমিটারকে কমন রেখে বেস ইমিটারে ইনপুট সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয় এবং কালেক্টর ইমিটার হতে আউটপুট সিগন্যাল নেয়া হয়। C_{in} একটি ইলেক্ট্রোলাইটিক (Electrolytic) ক্যাপাসিটর, যার মাধ্যমে ট্রানজিস্টরের বেসে ইনপুট সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়।



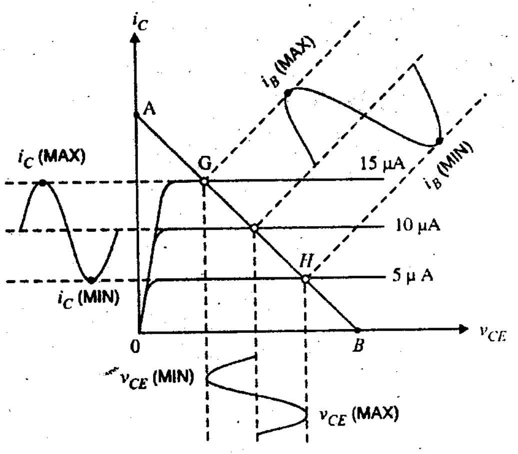
চিত্র ঃ ৪.১ Single stage R-C couple CE amplifier

রেজিস্টার R_1, R_2 এবং R_E দ্বারা সার্কিট বায়াসিং এবং স্ট্যাবিলাইজেশন সম্পন্ন করা হয়। এক স্টেজের প্রাপ্ত অ্যাম্প্লিফিকেশন পাওয়ার পরবর্তী স্টেজে কাপলড করার জন্য কাপলিং ক্যাপাসিটর C_C ব্যবহৃত হয়েছে।

যখন ইনপুট ক্যাপাসিটর C_{in} এর মাধ্যমে ইনপুট সিগন্যালের পজিটিভ হাফ সাইকেল বেস ইমিটার জাংশন প্রয়োগ করা হয়, তখন বেস ইমিটারে ফরওয়ার্ড বায়াসের পরিমাণ বৃদ্ধি পায়। এতে বেস কারেন্ট i_B বৃদ্ধি পেতে থাকে এবং কালেক্টর (Collector) কারেন্ট i_C-ও বৃদ্ধি পেতে থাকে। i_C বৃদ্ধির দরুন R_C এর আড়াআড়ি ভোল্টেজ ড্রপ অত্যধিক বৃদ্ধি পায়। এ অবস্থায় $v_{CE} = V_{CC} - i_C R_C$ এই সূত্রে $i_C R_C > V_{CC}$; ফলে ইনপুট ভোল্টেজ সিগন্যাল পজিটিভ হাফ সাইকেলে বৃদ্ধি পেলে আউটপুট ভোল্টেজ নেগেটিভ বৃদ্ধি পায়। অর্থাৎ আউটপুট সিগন্যাল ইনপুট সিগন্যালের 180° আউট অব ফেজ বর্ধিত হয়।

আবার যখন বেস ইমিটার জাংশন C_{in} ক্যাপাসিটরের মাধ্যমে ইনপুট সিগন্যালের নেগেটিভ (Negative) হাফ সাইকেলকে সুইং (Swing) করা হয়, তখন উক্ত জাংশনে ফরওয়ার্ড (Forward) বায়াস-এর পরিমাণ কমতে থাকে, যার ফলে বেস কারেন্ট কমতে থাকে। এতে কালেক্টর i_C কমতে থাকে। ফলে R_C এর আড়াআড়ি ভোল্টেজ ড্রপও কমতে থাকে এবং তা খুবই কম হয় বা নেগেটিভ হয়। আউটপুট-এ খুব বেশি পরিমাণ পজিটিভ ভোল্টেজ পাওয়া যায়।

উপরিউক্ত একটি সিঙ্গেল স্টেজ RC কাপলড কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার ইনপুট সিগন্যালকে অ্যাম্প্লিফিকেশন করে এবং তা 180° আউট অব ফেজে থাকে। নিম্নে গ্রাফিক্যালি উক্ত অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট-আউটপুট ওয়েভসহ লোড লাইন দেখানো হল ঃ

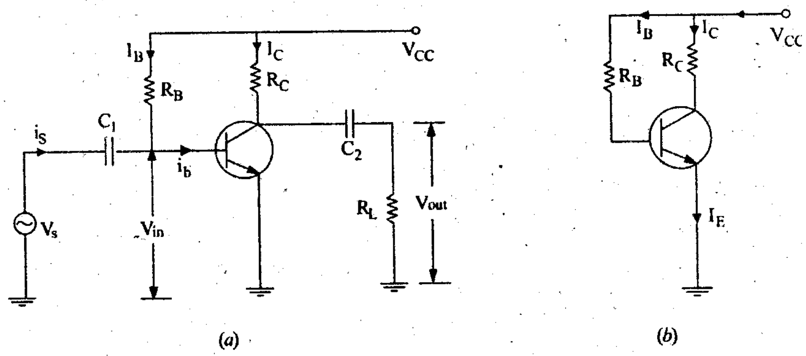


চিত্র ঃ ৪.২ RC কাপলড CE অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট, আউটপুট ওয়েভসহ লোড লাইন

৪.৩ CE অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের ডিসি এবং এসি সমতুল্য সার্কিট (Draw DC and AC equivalent circuit of the CE amplifier Circuit) ঃ

ট্রানজিস্টর সার্কিট সহজে এবং দ্রুত বুঝার (Analyse or study) জন্য কিছু অ্যাপ্রোক্সিমেশন-এর সাহায্য নেয়া হয়। এর ফলে ট্রানজিস্টর সার্কিটের প্রয়োজনীয় বৈশিষ্ট্য সম্পর্কে সহজ ধারণা পাওয়া যায়। স্মল সিগন্যাল অপারেশনে এসি ইনপুট সিগনাল ভোল্টেজ এবং কারেন্টসমূহ, Q-পয়েন্ট ভোল্টেজ ও কারেন্টসমূহের তুলনায় শতকরা ± 10 ভাগ হয়ে থাকে। এ পদ্ধতিতে বিভিন্ন ট্রানজিস্টরের অভ্যন্তরীণ গঠন, প্যারামিটার ভ্যালু ও বৈশিষ্ট্য ইত্যাদি সঠিকভাবে Analysis করা যায়।

ডিসি সমতুল্য সার্কিট ঃ নিচের ৪.৩ (a) নং চিত্রে একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট দেখানো হয়েছে। মূলত উচ্চ ভোল্টেজ গেইন অর্জনের ক্ষেত্রে কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার ব্যবহার করা হয়। অ্যাম্প্লিফায়ারের অপারেটি পয়েন্ট (Q-Point) নির্ধারণের জন্য এর ডিসি সমতুল্য মডেল তৈরি করা হয়। ডিসি সমতুল্য মডেল তৈরির জন্য সার্কিটের সকল ক্যাপাসিটরকে অপসারণ করা হয়। নিচে ৪.৩ (b) নং চিত্রে কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারের ডিসি সমতুল্য সার্কিট দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ৪.৩

৪.৩ (b) নং চিত্র হতে পাই,

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$$

বা, $I_B \cong \frac{V_{CC}}{R_B}$ [$\because V_{CC} \gg V_{BE}$]

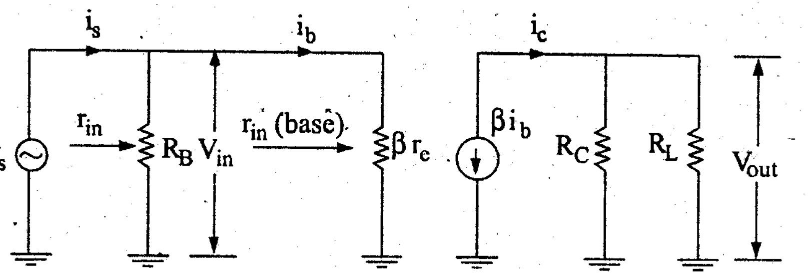
আমরা জানি, $I_C = \beta I_B$

বা, $I_E \cong I_C \cong \beta I_B$

অর্থাৎ $I_E \cong \beta I_B$

এসি সমতুল্য সার্কিট ঃ নিচের ৪.৪ নং চিত্রে কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারের এসি সমতুল্য সার্কিট দেখানো হয়েছে। সার্কিটে ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরের ইনপুট এসি রেজিস্ট্যান্স $\beta r'_e$। একে $r_{in(base)}$ দ্বারা সূচিত করা হয়।

তা ছাড়া অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট রেজিস্ট্যান্স হল r_{in}।



চিত্র ঃ ৪.৪

যেহেতু R_B এবং $\beta r'_e$ পরস্পরের সাথে প্যারালালে সংযুক্ত, সেহেতু ইনপুট সিগন্যাল ভোল্টেজ V_S সরাসরি R_B এবং $\beta r'_e$ এর আড়াআড়িতে প্রযুক্ত হবে।

তা ছাড়া $\beta r'_e$-এর মান R_B এর তুলনায় ক্ষুদ্র হওয়ায় অধিকাংশ ইনপুট কারেন্ট $\beta r'_e$-এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হবে। ফলে R_B এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টকে উপেক্ষা করা যায়।

ফলে $i_b \cong i_s$ হবে।

৪.৪ নং চিত্র বিশ্লেষণে নিচের উপাত্তসমূহ পাওয়া যায়—

(i) ইনপুট রেজিস্ট্যান্স, $r_{in} = R_B \parallel \beta r'_e \cong \beta r'_e \; [\because R_B >> \beta r'_e]$

অর্থাৎ $r_{in} \cong r_{in(base)}$

(ii) এসি লোড রেজিস্ট্যান্স, $r_L = R_C \parallel R_L$

(iii) কারেন্ট গেইন, $A_i = \frac{i_c}{i_b}$

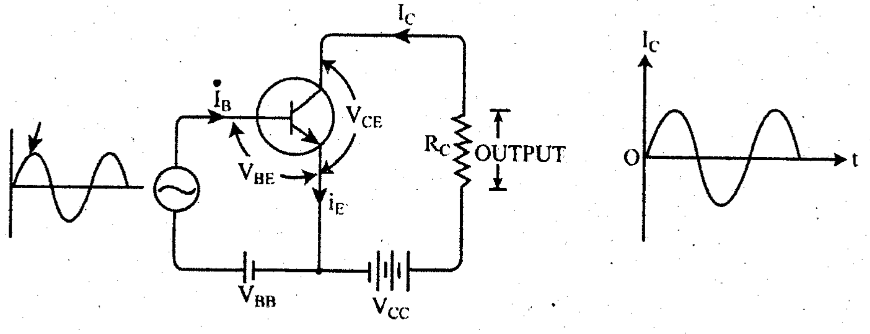
(iv) ভোল্টেজ গেইন, $A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{i_c r_L}{i_b \beta r'_e} = \frac{\beta i_b r_L}{i_b \beta r'_e} = \frac{r_L}{r'_e}$

(v) পাওয়ার গেইন, $A_p = A_i \times A_V$

৪.৪ কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের সমতুল্য লোড রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় (Determine the AC equivalent load resistance of the CE amplifier circuit.)

❑ **কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার (Commom emitter amplifier)** ঃ

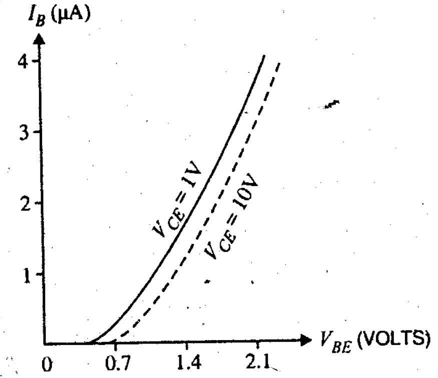
নিচের চিত্রে কমন ইমিটার NPN অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট অংকন করা হল। এখানে ব্যাটারি ভোল্টেজ V_{BB} সিগন্যালের সাথে যুক্তকরণের জন্য দেয়া হয়। এই ডিসি ভোল্টেজকে বায়াস ভোল্টেজ বলা হয় এবং তা সকল সময় ইমিটার বেস জাংশনকে ফরোয়ার্ড বায়াসে রাখে।



চিত্র ঃ ৪.৫ CE ব্যবস্থাপনায় ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার

কার্যপ্রণালি (Operation) : সিগন্যালের ধনাত্মক অর্ধসাইকেলের সময় ইমিটার বেস জাংশনের আড়াআড়িতে ফরোয়ার্ড বায়াস বৃদ্ধি পাবে। ফলে ইমিটার হতে অনেক বেশি পরিমাণ ইলেকট্রন কালেক্টর বেসের মাধ্যমে প্রবেশ করবে। এ কারণে কালেক্টর কারেন্ট বৃদ্ধি পায়। এই বৃদ্ধিপ্রাপ্ত কালেক্টর কারেন্ট কালেক্টর লোড রেজিস্ট্যান্স R_C এর আড়াআড়িতে বড় মানের ভোল্টেজ ড্রপ ঘটাবে। অধিকন্তু ঋণাত্মক অর্ধসাইকেলের সময়, ইমিটার বেস জাংশনের আড়াআড়িতে ফরোয়ার্ড বায়াস হ্রাস পাবে। ফলে কালেক্টর কারেন্ট হ্রাস পাবে। ফলাফলস্বরূপ বিপরীত দিকে আউটপুট ভোল্টেজ বৃদ্ধি পাবে। অর্থাৎ ঋণাত্মক অর্ধসাইকেল পূর্ণ করবে। এক্ষেত্রে লোডের আড়াআড়িতে বিবর্ধিত আউটপুট পাওয়া যাবে।

কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর সার্কিটের ইনপুট বৈশিষ্ট্য রেখা :



চিত্র : ৪.৬ CE-এর ইনপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

চিত্রে একটি NPN ট্রানজিস্টরে কমন ইমিটার কানেকশন দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে বেস কারেন্ট I_B হচ্ছে ইনপুট কারেন্ট এবং V_{BE} হচ্ছে ইনপুট ভোল্টেজ। I_B কে Y-অক্ষ রেখায় এবং V_{BE} কে X-অক্ষ রেখায় ধরে উপরোক্ত I_B এবং V_{BE} এর মান গ্রাফ পেপারে বসিয়ে স্থির V_{CE} এর জন্য ইনপুট বৈশিষ্ট্য রেখা পাওয়া যায়।

এ রেখাটি হতে নিম্নলিখিত তথ্যগুলো লক্ষ করা যায়–

১। এটি ডায়োডের ফরোয়ার্ড বায়াসড রেখার মতো। কারণ ট্রানজিস্টরের বেস ইমিটার সেকশন একটি ফরোয়ার্ড বায়াসড ডায়োডের মতো।

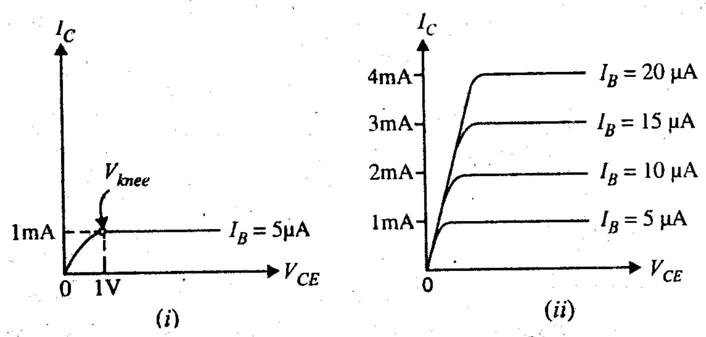
২। V_{BE} এর মান 0.6 ভোল্টেজ পর্যন্ত I_B এর পরিবর্তনের হার খুব কম।

ইনপুট ইম্পিড্যান্স (Input impedance) : স্থির মানের V_{CE} ভোল্টেজে, বেস-ইমিটার ভোল্টেজ (ΔV_{BE}) এর সাথে বেস কারেন্টের (ΔI_B) পরিবর্তনের অনুপাতকে ইনপুট ইম্পিড্যান্স বলে। অর্থাৎ,

ইনপুট ইম্পিড্যান্স, $r_i = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} \Big| V_{CE}$ = স্থির মান

সচরাচর CE সার্কিটে ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান কয়েকশত ওহম।

কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর সার্কিটের আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা :



চিত্র : ৪.৭ কমন ইমিটার সংযোগের জন্য আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

এটি কালেক্টর কারেন্ট I_C এবং কালেক্টর ভোল্টেজ V_{CE} এর মধ্যে অংকিত রেখা, যখন ইনপুট বেস কারেন্ট I_B স্থির থাকে।

আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা হতে নিম্নবর্ণিত বিষয়গুলো পরিলক্ষিত করা যায় ঃ

১। V_{CE} এর মান যখন 0 থেকে 1 ভোল্ট হয়, কেবলমাত্র তখনই I_C এর মান পরিবর্তিত হয়; কিন্তু V_{CE} এর মান 1V ভোল্টের বেশি হলে I_C প্রায় অপরিবর্তিত থাকে।

২। V_{CE} এর যে মান পর্যন্ত I_C পরিবর্তিত হয়, সেই মানকে নী ভোল্টেজ (V_{knee}) বলে।

৩। নী ভোল্টেজ অপেক্ষা বেশি ভোল্টেজে I_C স্থির থাকে। অর্থাৎ নী ভোল্টেজের উপরে V_{CE} পরিবর্তনে I_C এর তেমন পরিবর্তন হয় না।

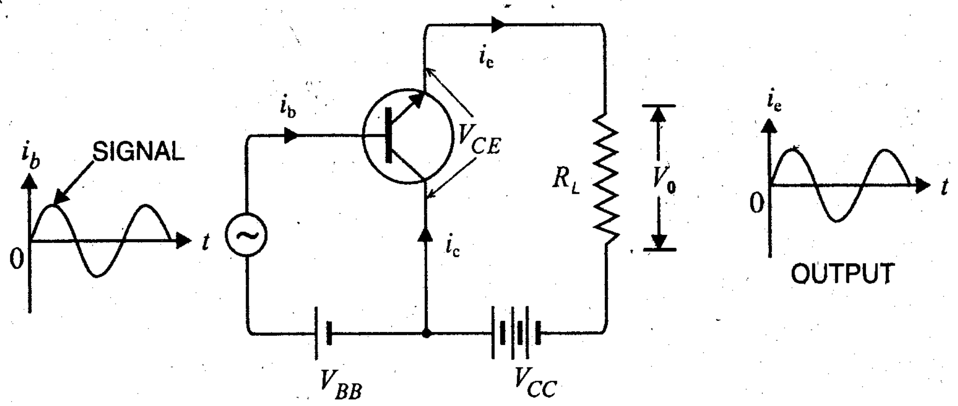
আউটপুট ইম্পিড্যান্স (Output impedance) ঃ স্থির মানের বেস কারেন্টে (I_B) কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ (ΔV_{CE}) এর সাথে কালেক্টর কারেন্ট (ΔI_C) এর পরিবর্তনের অনুপাতকে আউটপুট ইম্পিড্যান্স বলে। অর্থাৎ,

আউটপুট ইম্পিড্যান্স, $r_o = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C} \Big| I_B =$ স্থির মান

সচরাচর CE সার্কিটের আউটপুট ইম্পিড্যান্সের মান 50 kΩ (প্রায়)।

❑ কমন কালেক্টর অ্যাম্প্লিফায়ার (The common collector amplifier) ঃ

নিচের চিত্রে কমন কালেক্টর সিঙ্গেল স্টেজ NPN ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারে সার্কিট অঙ্কন করা হল। বেস-কালেক্টর সার্কিটের মাধ্যমে ইনপুট সিগন্যালকে দেয়া হয় এবং ইমিটার কালেক্টর সার্কিট হতে আউটপুট সিগন্যালটিকে নেয়া হয়।



চিত্র ঃ ৪.৮ CC ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট

কালেক্টর ইমিটার সার্কিটে KVL সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই, $V_{CE} = V_{CC} - V_O$

অথবা, $V_{CE} = V_{CC} - I_E R_L$

সার্কিটে V_{CC}, R_L এর মান নির্দিষ্ট থাকার ফলে I_E এর মানের পরিবর্তনে V_{CE} এর মান পরিবর্তিত হবে। সুতরাং উপরের সমীকরণের এই সকল মানসমূহকে অগ্রাহ্য করে লেখা যায়–

$\Delta V_{CE} = -R_L \Delta I_E$

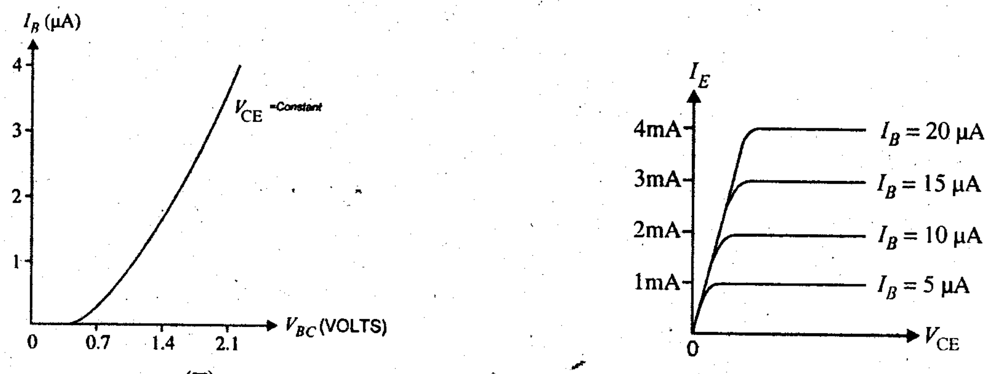
এই পরিবর্তিত ভোল্টেজই লোড R_L এর আড়াআড়িতে আউটপুট এসি ভোল্টেজ হিসাবে পাওয়া যায়।

$\therefore V_O = R_L \Delta I_E$

ট্রানজিস্টরের ইনপুটে এসি সিগন্যাল ভোল্টেজ V_s এর ধনাত্মক অর্ধসাইকেল বৃদ্ধি পেতে থাকলে ইমিটার বেস ফরোয়ার্ড বায়াস V_{BE} বৃদ্ধি পায়। ফলে I_E, I_B এবং I_C কারেন্টও বেড়ে যায়। এতে ইমিটার কারেন্টের যে মানের পরিবর্তন হয় (ΔI_E) তার জন্য V_O এর মান ধনাত্মক দিকে বাড়তে থাকে। আবার সিগন্যাল ভোল্টেজ V_s এর ঋণাত্মক অর্ধসাইকেলের জন্য V_{BE} এর মান কমতে থাকে, ফলে I_E এর মানের পরিবর্তন হয় এবং V_O এর মান ঋণাত্মক দিকে বাড়তে থাকে।

অতএব দেখা যায় যে, CC ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে ফরোয়ার্ড-রিভার্স বায়াসে ইনপুট ও আউটপুট ভোল্টেজের মধ্যে কোন ফেজ পার্থক্য থাকে না। অর্থাৎ ইনপুট সিগন্যালের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক ভোল্টেজের জন্য আউটপুটে যথাক্রমে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক ভোল্টেজ পাওয়া যায়।

কমন কালেক্টর ট্রানজিস্টর সার্কিটের ইনপুট ও আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা ঃ



(ক) (খ)

চিত্র ঃ ৪.৯ (ক) ইনপুট বৈশিষ্ট্য রেখা (খ) আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

চিত্রে একটি NPN ট্রানজিস্টরের কমন কালেক্টর কানেকশন, এর ইনপুট এবং আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা দেখানো হয়েছে। কমন কালেক্টর কানেকশনের ক্ষেত্রে বেস কারেন্ট I_B হচ্ছে ইনপুট কারেন্ট এবং বেস কালেক্টর ভোল্টেজ V_{BC} হচ্ছে ইনপুট ভোল্টেজ। আবার, ইমিটার কারেন্ট I_E এবং ইমিটার কালেক্টর ভোল্টেজ V_{CE} হচ্ছে যথাক্রমে আউটপুট কারেন্ট এবং আউটপুট ভোল্টেজ।

V_{CE} কে কনস্ট্যান্ট ধরে V_{BC} এবং I_B এর মধ্যে অংকিত বৈশিষ্ট্য রেখাটিই কমন কালেক্টর কানেকশনের ইনপুট বৈশিষ্ট্য রেখা। এক্ষেত্রেও বেস ও কালেক্টর জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস পায়, ফলে ইনপুট কার্ভ ফরোয়ার্ড বায়াসপ্রাপ্ত ডায়োডের অনুরূপ হয়।

১। CC অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ইম্পিড্যান্স (Input impedance) ঃ স্থির মানের কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজে (V_{CE}), কালেক্টর বেস ভোল্টেজের (ΔV_{CB}) পরিবর্তনের সাথে সাথে বেস কারেন্টের (ΔI_B) পরিবর্তনের অনুপাতকে কমন কালেক্টর ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের জন্য ইনপুট ইম্পিড্যান্স বলে। সুতরাং,

ইনপুট ইম্পিড্যান্স, $r_i = \frac{\Delta V_{CB}}{\Delta I_B} \Big| V_{CE} =$ স্থির মান

সাধারণত কমন কালেক্টর কনফিগারেশনে ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান 750kΩ এর কাছাকাছি থাকে।

২। CC অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুট ইম্পিড্যান্স (Output impedance) ঃ স্থির বেস কারেন্টে (I_B), কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজের (ΔV_{CE}) পরিবর্তনের সাথে সাথে কালেক্টর কারেন্টের (ΔI_C) পরিবর্তনের অনুপাতকে কমন কালেক্টর ট্রানজিস্টরের আউটপুট ইম্পিড্যান্স বলে। অর্থাৎ,

আউটপুট ইম্পিড্যান্স, $r_o = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_E} \Big| I_B =$ স্থির মান

সাধারণত কমন কালেক্টর ট্রানজিস্টরের সংযোগের ক্ষেত্রে আউটপুট ইম্পিড্যান্সের মান 50Ω-এর কাছাকাছি হয়।

৪.৫ ইনপুট রেজিস্ট্যান্স, আউটপুট রেজিস্ট্যান্স, কারেন্ট গেইন, ভোল্টেজ গেইন ও পাওয়ার গেইন-এর সূত্রাবলি (Determine voltage Power gain of CE amplifier circuit) ঃ

ইনপুট রেজিস্ট্যান্স (Input resistance) ঃ স্থির মানের কালেক্টর বেস ভোল্টেজে (ΔV_{CB}) ইমিটার বেস ভোল্টেজ (ΔV_{CB}) এবং ইমিটার কারেন্ট (ΔI_E) এর অনুপাতকে Input resistance বলে।

অর্থাৎ ইনপুট রেজিস্ট্যান্স, $r_i = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_E}$ (স্থির মানের V_{CB})

সাধারণত এই ইনপুট রেজিস্ট্যান্সের মান কয়েক ওহম।

আউটপুট রেজিস্ট্যান্স (Output resistance) ঃ স্থির মানের ইমিটার কারেন্টে কালেক্টর বেস ভোল্টেজের (ΔV_{CB}) পরিবর্তন এবং কালেক্টর কারেন্টের (ΔI_C) পরিবর্তনের অনুপাতকে আউটপুট রেজিস্ট্যান্স বলে।

অর্থাৎ আউটপুট রেজিস্ট্যান্স, $r_o = \frac{\Delta V_{CB}}{\Delta I_C}$ (স্থির মানের I_E)

সাধারণত কমন বেস সার্কিটে আউটপুট রেজিস্ট্যান্স এর মান কয়েকশত কিলোওহম।

কারেন্ট গেইন (Current gain) ঃ কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের আউটপুট কালেক্টর কারেন্ট এবং ইনপুট ইমিটার কারেন্টের পরিবর্তনের অনুপাতকে কারেন্ট গেইন বলে। কারেন্ট গেইনকে A_I দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অতএব,

$$\text{কারেন্ট গেইন, } A_I = \frac{\text{আউটপুট কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তনের মান}}{\text{ইনপুট ইমিটার কারেন্টের পরিবর্তনের মান}} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$$

সাধারণত কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের কারেন্ট গেইন এর মান ১ এর চেয়ে কম।

ভোল্টেজ গেইন (Voltage gain) ঃ কোন অ্যাম্পিফায়ার সার্কিটের লোডের আড়াআড়িতে প্রাপ্ত এসি আউটপুট ভোল্টেজের সাথে এসি ইনপুট ভোল্টেজের অনুপাতকে ভোল্টেজ গেইন বলে। ভোল্টেজ গেইনকে A_V দ্বারা প্রকাশ করা হয়। সুতরাং ভোল্টেজ গেইন,

$$A_V = \frac{\text{লোডের আড়াআড়িতে প্রাপ্ত এসি আউটপুট ভোল্টেজ}}{\text{ইনপুটে প্রয়োগকৃত এসি ভোল্টেজ}}$$

$$\text{বা, } A_V = \frac{V_O}{V_{IN}} = \frac{R_L \Delta I_C}{\Delta V_{EB}} \text{ .... (i)}$$

আমরা জানি, কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের ইনপুট ইম্পিড্যান্স, $r_i = \frac{\Delta V_{EB}}{\Delta I_E}$ $\therefore \Delta V_{EB} = r_i \Delta I_E$

এবং এসি কারেন্ট গেইন, $\alpha_{ac} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$ $\therefore \Delta I_C = \alpha_{ac} \Delta I_E$

এ মানসমূহ উপরের (i) নং সমীকরণে বসিয়ে আমরা পাই,

$$A_V = \frac{R_L \alpha_{ac} \Delta I_E}{r.\ \Delta I_E} = \alpha_{ac} \cdot \frac{R_L}{r_i}$$

সাধারণত কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটে ভোল্টেজ গেইন A_V এর মান ১৫০ এর কাছাকাছি।

পাওয়ার গেইন (Power gain) ঃ কোন ট্রানজিস্টর সার্কিটের আউটপুট সিগন্যালের পাওয়ার এবং ইনপুট সিগন্যালের পাওয়ারের অনুপাতকে পাওয়ার গেইন বলে। তা ছাড়া সার্কিটের ভোল্টেজ গেইন ও কারেন্ট গেইনের গুণফল থেকেও পাওয়ার গেইন নির্ণয় করা যায়। একে A_P দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অতএব,

$A_P = \text{Voltage gain} \times \text{Current gain} = A_V \times A_I$

সাধারণত কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের পাওয়ার গেইন A_P এর মান 20dB থেকে 30dB এর মধ্যে হয়ে থাকে।

৪.৬ ট্রানজিস্টর কনফিগারেশনসমূহের জন্য ইনপুট ও আউটপুট ইম্পিড্যান্স, ভোল্টেজ কারেন্ট এবং পাওয়ার গেইনের সরল সমস্যার সমাধান (Solved simple problems for input and output impedance, voltage current and power gain for the transistor configuration) ঃ

উদাহরণ-১। কোন অ্যাম্পিফায়ার সার্কিটের অ্যাম্পিফিকেশন ফ্যাক্টর 0.9; যদি ইমিটার কারেন্ট 1mA হয়, তবে বেস কারেন্ট কত? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

সমাধান ঃ আমরা জানি, $\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

বা, $I_C = \alpha I_E = 0.9 \times 1 = 0.9\text{mA}$

আবার, $I_B = I_E - I_C = 1 - 0.9 = 0.1 \text{ mA}$

উদাহরণ-২। একটি কমন বেস সার্কিটের $I_C = 0.9\text{mA}$ এবং $I_B = 0.05\text{mA}$ হলে α এর মান নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ আমরা জানি,

$I_E = I_B + I_C = 0.05 + 0.95 = 1\text{mA}$

$\therefore \alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{0.95}{1} = 0.95$

উদাহরণ-৩। যদি কমন বেস কারেন্ট গেইন $\alpha_{dc} = 0.95$, লোড রেজিস্ট্যান্স $R_L = 1k\Omega$ এবং লোড রেজিস্টরের আড়াআড়িতে ভোল্টেজ 1.5V হয়, তবে বেস কারেন্টের মান নির্ণয় কর।

সমাধান: দেয়া আছে,

$\alpha_{dc} = 0.95$

$R_L = 1k\Omega = 1000\Omega$

লোডে ভোল্টেজ ড্রপ 1.5V

অতএব, কালেক্টর কারেন্ট,

$$I_C = \frac{V_{RL}}{R_L} = \frac{1.5V}{1000\Omega} = 1.5mA$$

আবার, $\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E}$

বা, $I_E = \frac{I_C}{\alpha_{dc}} = \frac{1.5mA}{0.95} = 1.58mA$

$\therefore$ বেস কারেন্ট $I_B = I_E - I_C = 1.58mA - 1.5mA = 0.08mA$

উদাহরণ-৪। কমন বেস সংযোগে সিলিকন ট্রানজিস্টরের $R_C = 1.8\ k\Omega$, $R_E = 2k\Omega$, $V_{EE} = 10V$ এবং $\alpha_{dc} = 0.98$ হলে, কালেক্টর কারেন্ট I_C এবং কালেক্টর বেস ভোল্টেজ V_{BC} এর মান বের কর।

সমাধান: দেয়া আছে,

$R_C = 1.8k\Omega = 1.8 \times 10^3\Omega$

$R_E = 2k\Omega = 2 \times 10^3\Omega$

$V_{EE} = 10V$

$\alpha_{dc} = 0.98$

এবং সিলিকন ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে, $V_{BE} = 0.7V$

ইমিটার সার্কিটে KVL (কার্শফ ভোল্টেজ সূত্র) প্রয়োগ করে আমরা পাই, $V_{EE} = I_E R_E + V_{BE}$

বা, $I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E} = \frac{10V - 0.7V}{2 \times 1k\Omega} = 4.65mA$

আবার $\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E}$

বা, $I_C = \alpha_{dc} I_E = 0.98 \times 4.65mA = 4.56\ mA$

এখন কালেক্টর সার্কিটে কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে লেখা যায়,

$V_{CC} = I_C R_C + V_{BC}$

বা, $V_{BC} = V_{CC} - I_C R_C = 20V - 4.56mA \times 1.8k\Omega = 11.79V$

উদাহরণ-৫। একটি ট্রানজিস্টরের বেস কারেন্ট 0.08mA, ইমিটার কারেন্ট 9.60mA হলে কালেক্টর কারেন্টের মান এবং α_{dc} এর মান কত হবে?

সমাধান:

দেয়া আছে,

$I_B = 0.08mA$

$I_E = 9.60mA$

আমরা জানি,

$I_E = I_C + I_B$

বা, $I_C = I_E - I_B$

$= 9.60mA - 0.08mA = 9.52mA$

$\therefore\ I_C = 9.52mA$

আবার, $\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E} = \frac{9.52mA}{9.60mA} = 0.992$

উদাহরণ-৬। একটি ট্রানজিস্টরের কারেন্ট গেইন $\beta_{ac} = 100$ দেয়া আছে। যদি ট্রানজিস্টরটি কমন বেসে সংযোগ দেয়া হয়, তবে 5mA ইমিটার কারেন্টের পরিবর্তনে এসি কালেক্টর কারেন্টের কী পরিমাণ পরিবর্তন হবে?

সমাধান : আমরা জানি, কমন বেস সংযোগে

$$\beta_{ac} = \frac{\alpha_{ac}}{1-\alpha_{ac}}$$

বা, $\alpha_{ac} = \frac{\beta_{ac}}{1+\beta_{ac}} = \frac{100}{1+100} = \frac{100}{101}$

দেয়া আছে,
$\beta_{ac} = 100$
$\Delta I_E = 5mA$

আবার, আমরা জানি, $\alpha_{ac} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}$

বা, $\Delta I_C = \alpha_{ac}\,\Delta I_E = \frac{100}{101} \times 5mA = 4.95\ mA$

উদাহরণ-৭। একটি ট্রানজিস্টরে 15mA ইমিটার কারেন্টের পরিবর্তনে এর কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তন হয় 14.8 mA। ট্রানজিস্টরটির α_{ac} এবং β_{ac} এর মান বের কর।

সমাধান : আমরা জানি,

$$\alpha_{ac} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} = \frac{14.8\ mA}{15\ mA} = 0.987$$

দেয়া আছে,
$\Delta I_E = 15\ mA$
$\Delta I_C = 14.6\ mA$

আবার আমরা জানি, $\beta_{ac} = \frac{\alpha_{ac}}{1-\alpha_{ac}} = \frac{0.987}{1-0.987} = 76$

উদাহরণ-৮। একটি ট্রানজিস্টর CE মোডে সংযোগ করা হয়েছে, যার কালেক্টর সাপ্লাই ভোল্টেজ $V_{CC} = 8V$ এবং কালেক্টর সার্কিটে সংযুক্ত R_C ভোল্টেজ ড্রপ 0.5V। $\alpha = 0.96$ এবং $R_C = 800\Omega$ হলে–

(i) কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ V_{CE} এবং (ii) বেস কারেন্ট বের কর।

সমাধান : আমরা জানি, $V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$

∴ কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ, $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 8 - 0.5 = 7.5V$ **(উত্তর)**

$$I_C = \frac{VR_C}{R_C} = \frac{0.5}{800} = 0.625\ mA$$

আবার আমরা জানি, $\beta = \frac{I_C}{I_b}$

এখন $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.96}{1-0.96} = 24$

অথবা, $I_b = \frac{I_C}{\beta} = \frac{0.625}{24} = 0.026\ mA$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৯। একটি কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের কালেক্টর সাপ্লাই ভোল্টেজ $V_{CC} = 4V$ এবং কালেক্টর সার্কিটে সংযুক্ত রেজিস্টরের (R_C) আড়াআড়ি ভোল্টেজ ড্রপ 0.5V। যদি $R_C = 800\Omega$ এবং $\alpha = 0.90$ হয়, তা হলে কালেক্টর-ইমিটার ভোল্টেজ, V_{CE} এবং বেস কারেন্ট, (I_b) এর মান বের কর।

সমাধান : আমরা জানি, $V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$

∴ কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ; $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 4 - 0.5 = 3.5V$ **(উত্তর)**

∴ কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = \frac{VR_C}{R_C} = \frac{0.5}{800}\ A = 0.625\ mA$

এখন $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.90}{1-0.90} = 9$

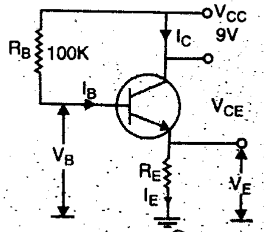
∴ $\beta = \frac{I_C}{I_b}$

অথবা $I_b = \frac{I_C}{\beta} = \frac{0.625}{9} = 0.069\ mA$ **(উত্তর)**

১০। চিত্রের কমন কালেক্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের জন্য নিম্নলিখিত মানগুলো নির্ণয় কর।

(ক) I_B (খ) I_E (গ) V_{CE} (ঘ) V_E এবং (ঙ) V_B

এখানে ট্রানজিস্টর, $\beta = 49$ এবং $V_{BE} = 0.7V$ ধরা হয়েছে।



কমন কালেক্টর অ্যাম্প্লিফায়ার

সমাধান : আমরা জানি,

এখানে দেয়া আছে, $\beta = 49$

$V_{BE} = 0.7V$

(ক) $I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B + (1+\beta) R_E} = \frac{9.0 - 0.7}{100 + 50 \times 2} = 41.5/A$

(খ) $I_E = (1 + \beta) I_B = 50 \times 41.5 = 2.075$ mA

(গ) $V_{CE} = V_{cc} - I_F R_F = 9 - 2.075 \times 2 = 5.85V$

(ঘ) $V_E = I_E R_E = 2.075 \times 2 = 4.15V$

(ঙ) $V_B = V_{BF} + I_E R_E = 0.7 + 4.15 = 4.85V$

উদাহরণ-১১। নিচের চিত্র হতে ইমিটার কারেন্টের মান বের কর এবং কালেক্টর পটেনশিয়াল V_C এবং V_{CE} এর মানও নির্ণয় কর।

সমাধান : R_2 এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ,

$$V_2 = \left(\frac{V_{CC}}{R_1 + R_2}\right) R_2$$

$$= \left(\frac{20}{10 + 10}\right) 10 = 10 \text{ Volt}$$

আমরা জানি, $V_2 = V_{BE} + I_E R_E$

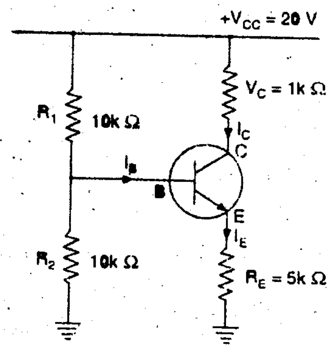
V_{BE} এর মান অগ্রাহ্য করে আমরা পাই, $I_E = \frac{V_2}{R_E} = \frac{10V}{5k\Omega} = 2mA$

এখন, $I_C \simeq I_E = 2mA$

$\therefore V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$

$= 20 - 2mA \times (5 + 1)k\Omega$

$= 8V$



ভোল্টেজ বিভাজনকারী বায়াসিং সার্কিট

কালেক্টর পটেনশিয়াল, $V_C = V_{CC} - I_C R_C = 20 - 2mA \times 1k\Omega = 20 - 2 = 18V$

উদাহরণ-১২। নিচের সার্কিটের জন্য $I_C = 2mA$, $V_{CE} = 3V$ অপারেটিং বিন্দু নির্বাচন করা হয়েছে। যদি $R_C = 2.2k\Omega$, $V_{CC} = 9V$ এবং $\beta = 50$ হয়, তবে R_1, R_2 এবং R_3 এর মান নির্ণয় কর। $V_{BE} = 0.3V$ এবং $I_1 = 10\ I_B$ মান দেয়া আছে।

সমাধান : দেয়া আছে,

$R_C = 2.2k\Omega$, $V_{CC} = 9V$

$V_{BE} = 0.3V$ $I_1 = 10 I_B$

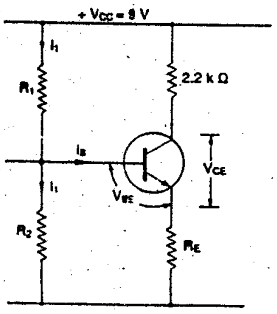
$\beta = 50$

I_1 এর তুলনায় I_B এর মান অত্যন্ত কম বলে, R_1 এর মধ্যে I_1 পরিমাণ কারেন্টই প্রবাহিত হচ্ছে বলা যাবে।

$\therefore$ বেস কারেন্ট, $I_B = \frac{I_C}{\beta}$

$= \frac{2mA}{50}$

$= 0.40mA$



ভোল্টেজ বিভাজনকারী বায়াস সার্কিট

R_1 এবং R_2 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট,

$$I_1 = 10I_B = 10 \times 0.04 = 0.4mA$$

এবং আবার আমরা জানি, $I_1 = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2}$

$$\therefore R_1 + R_2 = \frac{V_{CC}}{I_1} = \frac{9V}{0.4mA} = 22.5k\Omega$$

সার্কিটের কালেক্টর পার্শ্বে কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E$$

অথবা, $V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_C R_E \quad (\because I_C \cong I_E)$

অথবা, $9 = 2mA \times 2.2k\Omega + 3 + 2mA \times R_E$

$$\therefore R_E = \frac{9 - 4.4 - 3}{2} = 0.8k\Omega$$

আবার R_2 এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ড্রপ,

$$V_2 = V_{BE} + V_E = 0.3 + 2mA \times 0.8k\Omega = 0.3 + 1.6 = 1.9V$$

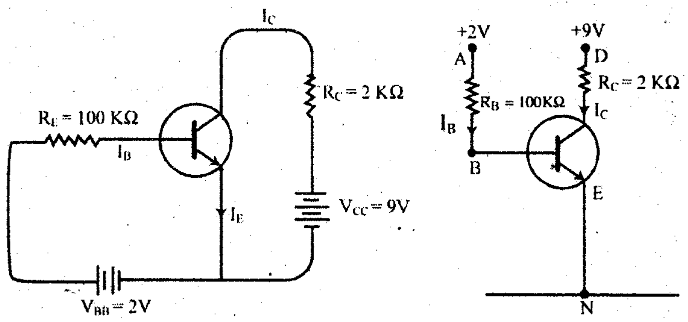
$\therefore$ রেজিস্ট্যান্স, $R_2 = \frac{V_2}{I_1} = \frac{1.9V}{0.4mA} = 4.75k\Omega$

$$\therefore R_1 = 22.5 - 4.75 = 17.75k\Omega$$

উদাহরণ-১৩। নিচের চিত্রে বেস রেজিস্টার পদ্ধতিতে বায়াসিং সার্কিট অঙ্কন করে দেখানো হল ঃ

১। $\beta = 50$ এর বেস ইমিটার ভোল্টের অগ্রাহ্য করে কালেক্টর I_C এবং V_{CE} এর মান নির্ণয় কর।

২। R_B এর মান $50k\Omega$ এর মানে পরিবর্তন হলে নতুন অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় কর।



বেস রেজিস্টার পদ্ধতির বায়াসিং সার্কিট

সমাধান ঃ সার্কিটে দেয়া আছে,

$$V_{BB} = 2V$$
$$V_{CC} = 9V$$

১। ABEN সার্কিটে কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

$I_B R_B + V_{BE} = 2V$

V_{BE} এর মান অগ্রাহ্য করে আমরা পাই,

$I_B R_B = 2V$

$$\therefore I_B = \frac{2V}{R_B} = \frac{2V}{100k\Omega} = 20\mu A$$

কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = \beta I_B$

$= 50 \times 20\mu A$

$= 1mA$

DEN সার্কিটে কার্শফের ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে আমরা পাই,

$I_C R_C + V_{CE} = 9$

অথবা, $1mA \times 2k\Omega + V_{CE} = 9$

$\therefore V_{CE} = 9 - 2 = 7V$

২। R_B এর মান $50k\Omega$ হলে বেস কারেন্টের মান দ্বিগুণ হবে। অর্থাৎ

$I_B = 40\mu A$

$\therefore$ কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = \beta I_B$

$= 50 \times 40$

$= 2mA$

কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ, $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$

অথবা, $V_{CE} = 9 - 2mA \times 2k\Omega$

$= 5V$

উদাহরণ-১৪। অপারেটিং বিন্দু $V_{CE} = 8V$ এবং $I_C = 2mA$ এর জন্য CE অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে বেস রেজিস্টর বায়াস সার্কিট ডিজাইন কর। $V_{CC} = 15V$ এবং সিলিকনের জন্য $\beta = 100$ ব্যবহার করতে হবে। $V_{BE} = 0.6V$ হলে উক্ত মান হতে লোড রেজিস্টরের মান নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ উপরোক্ত ডাটার জন্য নিচের বেস রেজিস্টর বায়াস সার্কিট অঙ্কন করা হল ঃ

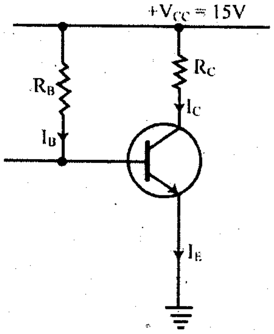
দেয়া আছে,

$V_{CC} = 15V, \beta = 100, V_{BE} = 0.6V$

$V_{CE} = 8V, I_C = 2mA$

$R_C = ?$

$R_B = ?$



বেস রেজিস্টর বায়াস সার্কিট

আমরা জানি, $V_{CC} = V_{CE} + I_C R_C$

সুতরাং, $15V = 8V + 2mA \times R_C$

$$\therefore R_C = \frac{(15-8)V}{2mA}$$

$= 3.5k\Omega$

আবার আমরা জানি, $I_B = \frac{I_C}{\beta}$

$= \frac{2}{100}$

$= 0.02mA$

$\therefore I_B = 0.02mA$

এবং $V_{CC} = I_B R_B + V_{BE}$

$$\therefore R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B}$$

$$= \frac{(15-0.6)V}{0.02mA} = 720k\Omega$$

উদাহরণ-১৫। ফিডব্যাক রেজিস্টর পদ্ধতিতে $\beta = 100$ মানের জন্য নিচের সিলিকন ট্রানজিস্টর বায়াসিং সার্কিট হতে অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় কর ঃ

সমাধান ঃ দেয়া আছে,

$V_{CC} = 20V$

$R_B = 100k\Omega$

$R_C = 1k\Omega$

সিলিকন ট্রানজিস্টরের জন্য $V_{BE} = 0.7V$

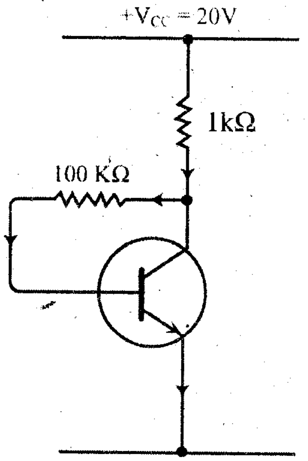
আমরা জানি, $I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE} - \beta I_B R_C}{R_B}$

বা, $100 \times I_B = 20 - 0.7 - 100 \times I_B \times 1$

বা, $200 I_B = 19.3$

বা, $I_B = \frac{19.3}{200}$

$\therefore I_B = 0.0965$



ফিডব্যাক রেজিস্টর পদ্ধতির বায়াসিং সার্কিট

উদাহরণ-১৬। একটি কমন বেস অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর 0.92-এর মিটার কারেন্ট 1.25mA হলে, বেস কারেন্ট কত? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

সমাধান ঃ

দেয়া আছে,

$\alpha = 0.92$

$I_E = 1.25mA$

$I_B = ?$

আমরা জানি,

$\alpha = \frac{I_C}{I_E}$

বা, $I_C = \alpha \times I_E$

$= 0.92 \times 1.25$

$\therefore I_C = 1.15 \text{ mA}$

আবার,

আমরা জানি,

$I_E = I_C + I_B$

বা, $I_B = I_E - I_C$

$= 1.25mA - 1.15 \text{ mA}$

$\therefore I_B = 0.1 \text{ mA}$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-১৭। একটি কমন বেস অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটে কালেক্টর কারেন্ট 0.96mA এবং বেস কারেন্ট 0.14mA হলে এটি কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর কত হবে?

সমাধান ঃ আমরা জানি,

$I_E = I_C + I_B$

$= 0.96 + 0.14$

$= 1.1 \text{ mA}$

$\therefore$ কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর, $\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{0.96}{1.1} = 0.87$ **(উত্তর)**

অনুশীলনী-৪

✪ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। অ্যাম্প্লিফিকেশন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর ঃ অ্যাম্প্লিফায়ারের মাধ্যমে দুর্বল সাইনোসুইডাল সিগন্যালকে সবল সিগনালে পরিণত করার প্রক্রিয়াকে অ্যাম্প্লিফিকেশন বলে।

২। গেইন কি?

উত্তর ঃ অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুট ইলেকট্রিক্যাল রাশি (কারেন্ট, ভোল্টেজ বা পাওয়ার) এবং ইনপুট ইলেকট্রিক্যাল রাশির অনুপাতকে গেইন বলে।

গেইন তিন ধরনের। যথা–

১। কারেন্ট গেইন, ২। ভোল্টেজ গেইন ও ৩। পাওয়ার গেইন।

৩। α_{dc} কী?

উত্তর ঃ Common Base Configuration-এ Transistor amplifier circuit-এ input signal অনুপস্থিত অবস্থায় আউটপুট কারেন্ট ও ইনপুট কারেন্টের অনুপাতকে ডিসি আলফা (α_{dc}) বলে।

৪। কাট-অফ (Cut-off) কী?

উত্তর ঃ Transistor সার্কিটে ইনপুট শূন্য বা নেগেটিভ অবস্থায় আউটপুট এ কোন কারেন্ট প্রবাহিত হয় না। ট্রানজিস্টরের এ অবস্থাকে কাট-অফ অবস্থা বলা হয়।

৫। কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের ক্ষেত্রে ইনপুট এবং আউটপুট সিগনালের মধ্যে ফেজ শিফটের পরিমাণ কত?

উত্তর ঃ CE এর ক্ষেত্রে Input ও output signal এর মধ্যে ফেজ পার্থক্য $180°$ (বিপরীত)।

৬। কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর কী?

অথবা, অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর কী? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর ঃ অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুট এবং ইনপুট কারেন্টের অনুপাতকে কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর বলে। কমন বেস অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে একে α দ্বারা CE এর ক্ষেত্রে β দ্বারা এবং CC এর ক্ষেত্রে λ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

৭। α ও β এর মধ্যে সম্পর্কটি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

অথবা, α ও β এর মাঝে সম্পর্ক কী? [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

অথবা, ট্রানজিস্টরে α ও β এর সম্পর্ক সূচকে সূত্রটি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর ঃ $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ অথবা $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$.

৮। স্যাচুরেশন পয়েন্ট কী?

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টরের ইনপুট কারেন্টকে যথেষ্ট পরিমাণে পজিটিভ করা হলে তখন স্যাচুরেশন কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহিত হয় এবং ট্রানজিস্টরের এ অবস্থাকে স্যাচুরেশন পয়েন্ট বলে।

৯। অ্যাকটিভ রিজিয়ন কাকে বলে?

উত্তর ঃ OFF এবং ON কন্ডিশনের মাঝামাঝি রিজিয়নকে ট্রানজিস্টরের অ্যাকটিভ রিজিয়ন বলা হয়। অন্যভাবে বলা যায়, ট্রানজিস্টরের ইমিটার বেস জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস এবং কালেক্টর বেস জাংশনে রিভার্স বায়াস প্রয়োগ করা হলে ট্রানজিস্টরের এই অবস্থায় কার্যকরী রিজিয়নকে অ্যাকটিভ রিজিয়ন বলে।

১০। α, β এবং γ এর মধ্যে সম্পর্কসূচক সমীকরণ লেখ।

উত্তর ঃ $\alpha = \frac{\beta}{1+\beta} = \frac{\gamma - 1}{\gamma}$.

১১। অ্যাম্প্লিফায়ার কাকে বলে?
অথবা, Amplifier কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ যে পদ্ধতিতে দুর্বল সিগন্যালকে শক্তিশালী সিগন্যালে পরিণত করা হয়, তাকে অ্যাম্প্লিফিকেশন বলে। আর যে ডিভাইসের মাধ্যমে অ্যাম্প্লিফিকেশন কার্য সম্পন্ন করা হয়, তাকে অ্যাম্প্লিফায়ার বলে।

১২। অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন কাকে বলে?

উত্তর ঃ কোন অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুটের তুলনায় আউটপুট ভোল্টেজ, কারেন্ট ও পাওয়ারের যে বৃদ্ধি ঘটে, তার মানের অনুপাতকে অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন বলে।

১৩। কারেন্ট গেইন কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি), ১৪(পরি)]

উত্তর ঃ কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের আউটপুট কালেক্টর কারেন্ট এবং ইনপুট ইমিটার কারেন্টের পরিবর্তনের অনুপাতকে কারেন্ট গেইন বলে।

১৪। ভোল্টেজ গেইন কাকে বলে?

উত্তর ঃ কোন অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের লোডের আড়াআড়িতে প্রাপ্ত এসি আউটপুট ভোল্টেজের সাথে এসি ইনপুট ভোল্টেজের অনুপাতকে ভোল্টেজ গেইন বলে।

১৫। পাওয়ার গেইন কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর ঃ কোন ট্রানজিস্টর সার্কিটের আউটপুট সিগন্যালের পাওয়ার এবং ইনপুট সিগন্যালের পাওয়ারের অনুপাতকে পাওয়ার গেইন বলে।

১৬। ফিল্টারের কাজ কী? [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর ঃ ফিল্টারের কাজ হচ্ছে সিগন্যালের অপ্রয়োজনীয়, অনাকাঙ্ক্ষিত অংশকে বা কম্পোনেন্টকে (উপাদান) বাদ দেয়া বা পরিহার বা মুছে ফেলা।

১৭। ট্রানজিস্টরের Dynamic Resistance কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর ঃ ট্রানজিস্টরের আউটপুট ভোল্টেজের নির্দিষ্ট মানে পরিবর্তনের সাথে আউটপুট কারেন্টের যে পরিবর্তন হয় তার অনুপাতকে ডাইনামিক রেজিস্ট্যান্স বলে।

১৮। আইসি বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট বা IC বলতে এমন এ ধরনের মাইক্রো-ইলেকট্রনিক ডিভাইসকে বুঝায়, যাতে বিভিন্ন ধরনের অসংখ্য অ্যাকটিভ ও প্যাসিভ কম্পোনেন্টকে সিলিকন চিপের উপর নির্মাণ করে জোড়া লাগানো হয়।

✪ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার কাকে বলে? সংযোগ অনুসারে অ্যাম্প্লিফায়ার কত প্রকার ও কী কী? [বাকাশিবো-২০০৪, ০৫]

উত্তর ঃ যে সার্কিট দুর্বল বা কম শক্তির সাইনুসয়ডাল ওয়েভকে শক্তিশালী সিগন্যালে পরিণত করে অর্থাৎ যে সার্কিট সিগন্যালকে বিবর্ধন করে, তাকে Amplifier (অ্যাম্প্লিফায়ার) বলে। ট্রানজিস্টর এর কনফিগারেশন বা সংযোগ অনুসারে অ্যাম্প্লিফায়ার তিন প্রকার যথা ঃ (১) কমন বেস অ্যাম্প্লিফায়ার (২) কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার ও (৩) কমন কালেক্টর অ্যাম্প্লিফায়ার।

২। কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারের সুবিধা-অসুবিধাসমূহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর ঃ **সুবিধাসমূহ ঃ**

১। ইনপুট ও আউটপুট ইম্পিড্যান্সের মধ্যে পার্থক্য কম থাকে।
২। কারেন্ট গেইন ও ভোল্টেজ গেইন বেশি।
৩। পাওয়ার গেইনে ধরনের অ্যাম্প্লিফায়ারের সবচেয়ে বেশি।

অসুবিধা ঃ এর ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স (response) নিম্ন হয়।

৩। **কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারের চারটি বৈশিষ্ট্য লেখ।**

উত্তর ঃ কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারের চারটি বৈশিষ্ট্য নিম্নরূপ ঃ

১। এর ইনপুট রেজিস্ট্যান্স নিম্নমানের মধ্যে থাকে ($1k\Omega$–$2k\Omega$)

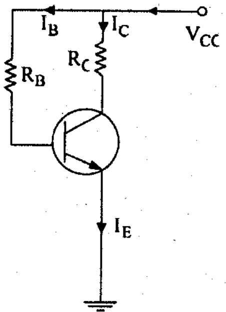
২। আউটপুট রেজিস্ট্যান্স হাই।

৩। এর কারেন্ট গেইন (β) হাই।

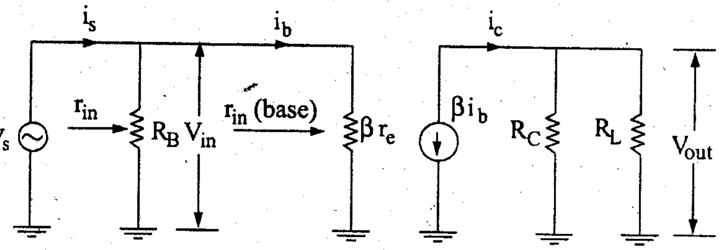
৪। ভোল্টেজ গেইন খুব উচ্চ হয় (1500 বা তার উপরে)

৪। **একটি ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের সমতুল্য সার্কিট অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর ঃ



চিত্র ঃ (a) সমতুল্য সার্কিট (ডিসি)



চিত্র ঃ (b) সমতুল্য সার্কিট (এসি)

৫। **একটি কমন কালেক্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের বৈশিষ্ট্য লেখ।** [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ কমন কালেক্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের বৈশিষ্ট্য ঃ

(i) কমন কালেক্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুট ইমিটার থেকে নেওয়া হয় বিধায় একে ইমিটার ফলোয়ার বলে।

(ii) এর আউটপুট ইম্পিড্যান্সের তুলনায় ইনপুট ইম্পিড্যান্স অনেক বেশি।

(iii) এর কারেন্ট গেইন ও ভোল্টেজ গেইন উচ্চমানের হয়।

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **CE Amplifier অপারেশন ব্যাখ্যা কর।**

অথবা, একটি CE ট্রানজিস্টর Amp. এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১২, ১৪, ১৪(পরি)]

অথবা, একটি কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১১(পরি), ১৫(পরি)]

অথবা, একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

অথবা, একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারের চিত্র অঙ্কন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

অথবা, Common Emitter Amplirer- এর মূলনীতি চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১৫]

অথবা, একটি সিঙ্গেল স্টেজ কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার এর চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত ঃ ৪.২ অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

২। **DC ও AC সমতুল্য সার্কিট ব্যাখ্যা কর।**

অথবা, কমন ইমিটারের ক্ষেত্রে ডিসি সমতুল্য বর্তনী অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত ঃ ৪.৩ অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

৩। **একটি কমন ইমিটার Amplifier সার্কিট অঙ্কন করে ইনপুট রেজিস্ট্যান্স, আউটপুট রেজিস্ট্যান্স এবং Voltage gain নির্ণয় কর।** [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত ঃ ৪.৪ এবং ৪.৫ অনুচ্ছেদ দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৫

ট্রানজিস্টর হাইব্রিড প্যারামিটার
(Transistor Hybrid Parameter)

৫.১ ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড প্যারামিটার (Hybrid Parameter of transistor) ঃ

হাইব্রিড প্যারামিটারকে সংক্ষেপে H প্যারামিটার বলা হয়। হাইব্রিড অর্থ মিশ্রিত এবং প্যারামিটার অর্থ হলো উপাদান। একটি Transistor এর প্যারামিটারসমূহকে যখন বিভিন্ন এককে সহজ ও সঠিকভাবে একটি ট্রানজিস্টর সার্কিটের ইনপুট ইম্পিড্যান্স, ভোল্টেজ গেইন ও কারেন্ট গেইন নির্ণয় করা হয়, তখন তাকে H- Paramer বা Hybrid প্যারামিটার বলে।

H Parameter মূলত চারটি ঃ

(ক) $h_{11} = h_i$ = input impedance, যার একক Ω (Ohm)

(খ) $h_{22} = h_o$ = Output Admitance, যার একক ℧ (mho)

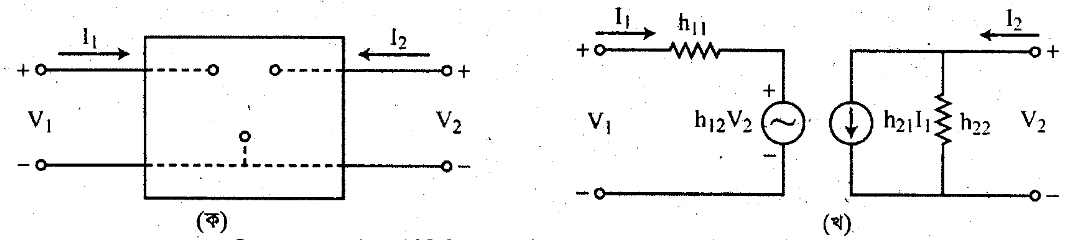
(গ) $h_{12} = h_r$ = Revarse voltage gain, যার একক নেই

(ঘ) $h_{21} = h_f$ = Forward current gain, যার একক নেই।

উপরোক্ত প্যারামিটারসমূহের একক ভিন্ন বিধায় এদেরকে Hybrid প্যারামিটার বলে।

৫.২ চার টার্মিনাল বিশিষ্ট হাইব্রিড প্যারামিটার এর সমতুল্য সার্কিট (H-parameter model of a linear four terminal network) ঃ

তিন টার্মিনাল বিশিষ্ট একটি ট্রানজিস্টরের যে কোন একটি টার্মিনালকে ইনপুট বা আউটপুটের সাথে কমন ধরে চার টার্মিনাল বিশিষ্ট ডিভাইস হিসাবে বিবেচনা করা হয়, যার ইনপুট ভোল্টেজ ও কারেন্ট যথাক্রমে V_1 ও I_1 এবং আউটপুট ভোল্টেজ ও কারেন্ট যথাক্রমে V_2 ও I_2। নিচে ট্রানজিস্টরের একটি সাধারণ হাইব্রিড মডেল ও সমতুল্য সার্কিট অঙ্কন করে দেখান হল ঃ



চিত্র ঃ ৫.১ (ক) টু পোর্ট লিনিয়ার সার্কিট (খ) হাইব্রিড মডেল ও সমতুল্য সার্কিট

উপরোক্ত সমতুল্য সার্কিটের ইনপুট কারেন্ট I_1 এবং আউটপুট ভোল্টেজ V_2 কে স্বাধীন ধরে V_1 এবং I_2 এর সমীকরণ নিম্নোক্তভাবে লেখা যায়–

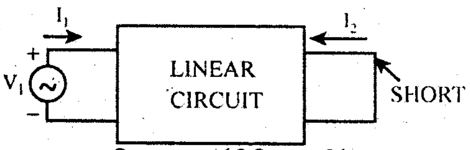
$$V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2$$

$$I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2$$

৫.৩ h-প্যারামিটারসমূহ নির্ণয়করণ (Determination of h-parameters) ঃ

h-প্যারামিটারের মাধ্যমে তুলনামূলক কিছু সংখ্যক পরিমাপগত মান নির্ণয় করা হয়। নিচের চিত্রে একটি সার্কিটের h-প্যারামিটারসমূহ দেখানো হল–

(ক) শর্ট সার্কিট পরীক্ষা হতে h_{11} এবং h_{12} নির্ণয়করণ (Finding h_{11} and h_{21} from short circuit test) ঃ নিচের চিত্রে আউটপুট প্রান্ত শর্ট থাকায় $V_2 = 0$ হবে। বক্সের মধ্যকার লিনিয়ার সার্কিটটি ইনপুট ভোল্টেজ V_1 দ্বারা চালিত। এটি ইনপুট কারেন্ট I_1 উৎপাদন করে, যার পরিমাণ সার্কিটের প্রকারভেদের উপর নির্ভরশীল।



চিত্র ঃ ৫.২ শর্ট লিনিয়ার সার্কিট

$$V_1 = h_{11}I_1 + h_{12} \times 0$$

$$I_2 = h_{21}I_1 + h_{22} \times 0$$

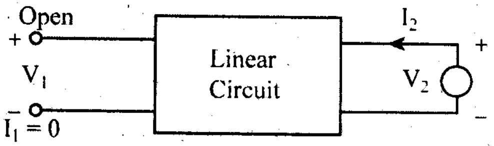
তাহলে, $h_{11} = \frac{V_1}{I_1}$

$$h_{21} = \frac{I_2}{I_1}$$

এই দুটো কম্পোনেন্টসকে ফরোয়ার্ড প্যারামিটার বলে।

h_{11} দ্বারা আউটপুট শর্ট সার্কিট থাকা অবস্থায় ইনপুট ইম্পিড্যান্সকে প্রকাশ করে এবং এটির একক ওহম। h_{21} কনস্ট্যান্টটি আউটপুট শর্ট সার্কিট অবস্থায় সার্কিটের কারেন্ট গেইনকে প্রকাশ করে এবং তার কোন প্রকার একক নেই।

(খ) ওপেন সার্কিট পরীক্ষা হতে h_{12} এবং h_{22} নির্ণয়করণ (Finding h_{12} and h_{22} from open circuit test) ঃ নিচের চিত্রে খোলা প্রান্ত সমন্বিত লিনিয়ার সার্কিট দেখানো হল, ফলে $I_1 = 0$ পাওয়া যাবে। এখানে এসি ভোল্টেজ, V_2 দ্বারা আউটপুট প্রান্ত চালিত হয়; যা I_2 কারেন্টকে নির্দিষ্ট মানে স্থাপন করে।



চিত্র ঃ ৫.৩ ইনপুট খোলা লিনিয়ার সার্কিট

$$V_1 = h_{11} \times 0 + h_{12}V_2$$
$$I_2 = h_{21}I_2 \times 0 + h_{22}V_2$$

তাহলে, $h_{12} = \frac{V_1}{V_2}$

$$h_{22} = \frac{I_1}{V_2}$$

h_{12} কনস্ট্যান্টটির মাধ্যমে রিভার্স ভোল্টেজ গেইনকে প্রকাশ করা হয়। ফলে তার কোন একক নেই। h_{22} কনস্ট্যান্টটি অ্যাডমিট্যান্সকে প্রকাশ করে এবং তার একক হল মহও। এই দুটো প্যারামিটারকে রিভার্স প্যারামিটার বলে।

৫.৪ ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড প্যারামিটার মডেল (Hybrid parameter model of transistor) ঃ

Transistor এর হাইব্রিড প্যারামিটারকে সংক্ষেপে H প্যারামিটার বলা হয়। হাইব্রিড কথার অর্থ মিশ্রিত আর প্যারামিটার কথার অর্থ উপাদান। একটি Transistor এর প্যারামিটারসমূহকে যখন বিভিন্ন এককে প্রকাশ করে সহজ ও সঠিকভাবে একটি ট্রানজিস্টর সার্কিটের ইনপুট ইম্পিড্যান্স, ভোল্টেজ গেইন ও কারেন্ট গেইন নির্ণয় করা হয়, তখন তাকে Hybrid প্যারামিটার বলে।

H-প্যারামিটার মূলত চারটি ঃ

(ক) $h_{11} = h_i$ = ইনপুট ইম্পিড্যান্স, যার একক Ω (ohm)।

(খ) $h_{22} = h_o$ = আউটপুট অ্যাডমিট্যান্স, যার একক ℧ (mho)।

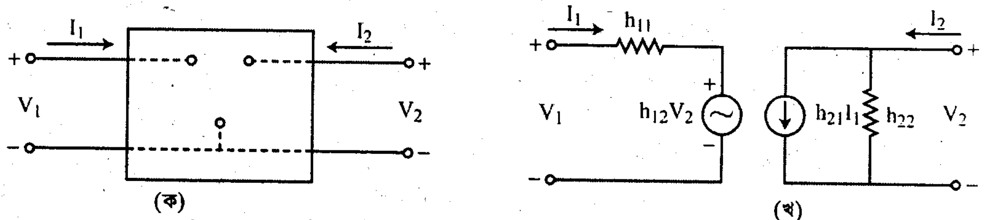
(গ) $h_{12} = h_r$ = রিভার্স ভোল্টেজ গ্রেইন, যার একক নেই।

(ঘ) $h_{21} = h_f$ = ফরোয়ার্ড কারেন্ট গেইন, যার একক নেই।

উপরোক্ত প্যারামিটারসমূহের একক ভিন্ন বিধায় এদেরকে Hybrid প্যারামিটার বলে।

ট্রানজিস্টরের Hybrid মডেল ও সমতুল্য সার্কিট (Equivalent circuit and hybrid model of transistor) ঃ

তিন টার্মিনাল বিশিষ্ট একটি ট্রানজিস্টরের যে কোন একটি টার্মিনালকে ইনপুট বা আউটপুটের সাথে কমন ধরে চার টার্মিনাল বিশিষ্ট ডিভাইস হিসাবে বিবেচনা করা হয়, যার ইনপুট ভোল্টেজ ও কারেন্ট যথাক্রমে V_1 ও I_1 এবং আউটপুট ভোল্টেজ ও কারেন্ট যথাক্রমে V_2 ও I_2। নিচে ট্রানজিস্টরের একটি সাধারণ হাইব্রিড মডেল ও সমতুল্য সার্কিট অঙ্কন করে দেখান হল ঃ



চিত্র ঃ ৫.৪ (ক) টু পোর্ট লিনিয়ার সার্কিট (খ) হাইব্রিড মডেল ও সমতুল্য সার্কিট

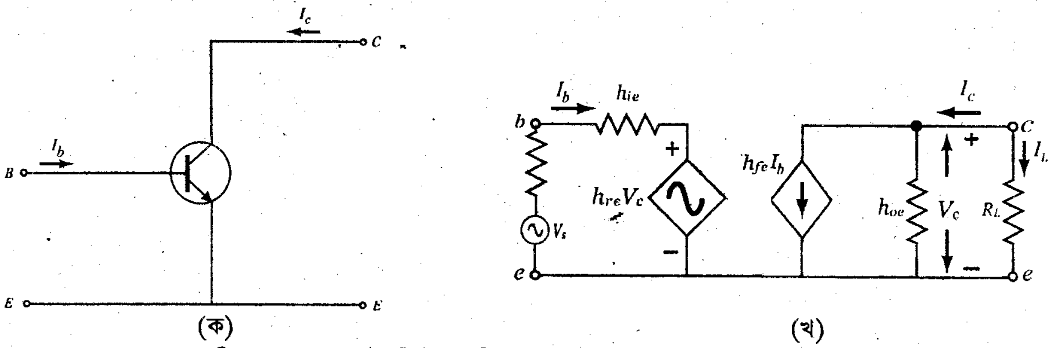
উপরোক্ত সমতুল্য সার্কিটের ইনপুট কারেন্ট I_1 এবং আউটপুট ভোল্টেজ V_2 কে স্বাধীন ধরে V_1 এবং I_2 এর সমীকরণ নিম্নোক্তভাবে লেখা যায়–

$$\boxed{V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2}$$

$$\boxed{I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2}$$

৫.৫ ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের h-প্যারামিটার দ্বারা কারেন্ট গেইন, ভোল্টেজ গেইন, ইনপুট এবং আউটপুট ইম্পিড্যান্সের সূত্র প্রতিপাদন (Derivating the formula for current gain, voltage gain, input voltage gain, input impedance and output impedance of CE transistor amplifier by h-parameter) ঃ

কমন ইমিটার (CE) ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের হাইব্রিড মডেল ঃ



চিত্র ঃ ৫.৫ (ক) CE ট্রানজিস্টর কনফিগারেশন ও (খ) CE হাইব্রিড মডেল

কারেন্ট গেইন (Current gain) ঃ ট্রানজিস্টরের আউটপুট কারেন্ট ও ইনপুট কারেন্টের অনুপাতকে সেটির কারেন্ট গেইন বলে। একে A_i দ্বারা প্রকাশ করা হলে,

কারেন্ট গেইন, $A_i = \frac{I_c}{I_b}$ .... (i)

আমরা জানি যে,

$I_c = h_{fe}I_b + h_{oe}V_c$

$\Rightarrow I_c = h_{fe}I_b - h_{oe}I_cR_L$ $\quad [\because V_c = -I_cR_L]$

$\Rightarrow I_c + h_{oe}.I_c.R_L = h_{fe}I_b$

$\Rightarrow I_c(1 + h_{oe}.R_L) = h_{fe}I_b$

$\Rightarrow I_c = \frac{h_{fe} \times I_b}{1 + h_{oe}R_L}$ .... (ii)

সুতরাং $A_i = \frac{I_c}{I_b} = \frac{h_{fe} \times I_b}{1 + h_{oe}R_L} \times \frac{1}{I_b}$ [(ii) নং সমীকরণে I_c এর মান বসিয়ে]

$$\mathbf{A_i = \frac{h_{fe}}{1 + h_{oe}R_L}}$$

যদি $h_{oe}R_L << 0.1$ হয় তবে সেক্ষেত্রে, $A_i \cong h_{fe}$

ভোল্টেজ গেইন (Voltage gain) ঃ ট্রানজিস্টর সার্কিটের আউটপুট ভোল্টেজ (V_c) ও ইনপুট ভোল্টেজ (V_b) এর অনুপাতকে সেটির ভোল্টেজ গেইন বলে। একে A_V দ্বারা প্রকাশ করা হয়,

$\therefore A_V = \frac{V_c}{V_b}$

এখন, $V_c = I_LR_L$

$= -I_cR_L$ $\quad [\because I_L = -I_c]$

$= -A_iI_bR_L$ $\quad [\because I_c = A_iI_b]$

সুতরাং $A_V = \frac{-A_iI_bR_L}{Z_iI_b}$ $\quad [\because V_b = Z_iI_b]$

$\Rightarrow A_V = \frac{-A_iR_L}{Z_i}$

$\Rightarrow A_V = \frac{-h_{fe} \times R_L}{(1 + h_{oe}R_L) \times Z_i}$ $\quad [\because A_i = \frac{h_{fe}}{1 + h_{oe}R_L} \simeq h_{fe}]$

$\Rightarrow A_V = \frac{-h_{fe}}{Z_i(1 + h_{oe}R_L)}$

$\Rightarrow A_V = \frac{-h_{fe} \times R_L}{Z_i}$

$\Rightarrow A_V = \frac{-h_{fe} \times R_L}{h_{ie}}$ $\quad [\because Z_i \simeq h_{ie}]$

ইনপুট ইম্পিড্যান্স (Input impedance) ঃ ট্রানজিস্টর সার্কিটের ইনপুট পোর্টের মধ্যদিয়ে তাকালে যে ইম্পিড্যান্স পাওয়া যায়, তাকে সেটির ইনপুট ইম্পিড্যান্স বলে। একে Z_i দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

সুতরাং $Z_i = \frac{V_b}{I_b}$

এখানে, $V_b = h_{ie} I_b + h_{re} V_c$

$= h_{ie} I_b + h_{re} A_i . I_b . R_L$

$= h_{ie} . I_b + h_{re} R_L \left(\frac{-h_{fe}}{1 + h_{oe} R_L}\right) I_b$

$= h_{ie} \times I_b - \frac{h_{re} . h_{fe} . I_b}{\frac{1}{R_L} + \frac{h_{oe} R_L}{R_L}}$

$= I_b\left(h_{ie} - \frac{h_{re} h_{fe}}{Y_L + h_{oe}}\right)$ $\quad [\because Y_L = \frac{1}{R_L} = \text{Admittance}]$

$\therefore Z_i = \frac{I_b\left(h_{ie} - \frac{h_{re} . h_{fe}}{Y_L + h_{oe}}\right)}{I_b}$

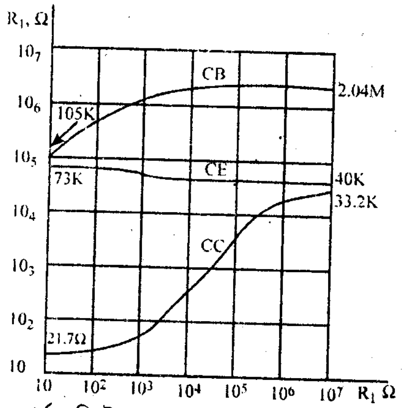
$\Rightarrow Z_i = h_{ie} - \frac{h_{re} . h_{fe}}{Y_L + h_{oe}}$

$\Rightarrow Z_i \simeq h_{ie}$

আউটপুট ইম্পিড্যান্স (Output impedance) ঃ চিত্র ৫.৬ এ অংকিত সার্কিটকে সরলীকৃত করলে এর আউটপুট রেজিস্ট্যান্স অসীম পাওয়া যায়। কেননা $V_S = 0$ হলে তার আউটপুটে একটি ভোল্টেজ সোর্স প্রয়োগ করলে $I_b = 0$ হবে। ফলে $I_c = 0$ হয়।

সুতরাং $Z_o = \frac{V_c}{I_c} = \frac{V_c}{0} = \infty$

তবে উক্ত মান নির্ভর করে সোর্স রেজিস্ট্যান্স R_S এর উপর এবং যা সাধারণত 40kΩ হতে 80kΩ রেঞ্জের মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। নিচের ৫.১০ নং চিত্রে তা দেখানো হল।



চিত্র ঃ ৫.৬ সোর্স রেজিস্ট্যান্সের সাথে ট্রানজিস্টরের আউটপুট রেজিস্ট্যান্স

৫.৬ সোর্স এবং লোড রেজিস্ট্যান্স এর প্রভাব (Mention the effects of source resistance on voltage and current gain) ঃ

আমরা জানি, একটি ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট টার্মিনাল (1, 1′) এবং আউটপুট টার্মিনাল (2, 2′) এর মধ্য হতে কারেন্ট এবং ভোল্টেজ গেইন নির্ণয় করা হয়। এ প্রকার পরিমাপে সোর্স রেজিস্ট্যান্স (R_s) এর মান বিবেচনায় আনয়ন করা দরকার। এক্ষেত্রে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট গেইনকে সর্বোপরি গেইন অথবা স্টেজ গেইন বলা হয়।

সুতরাং সর্বোপরি ভোল্টেজ গেইন,

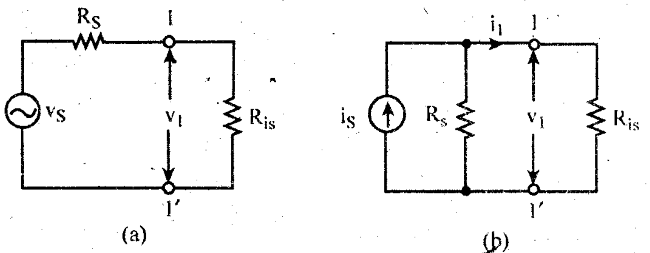
$A_{vs} = \frac{v_2}{v_s}$

এখানে, v_2 = আউটপুট ভোল্টেজ, v_s = সোর্স ভোল্টেজ।

সমীকরণের হর ও লবকে v_1 দ্বারা গুণ ও ভাগ করে আমরা পাই,

$$A_{vs} = \frac{v_2}{v_s} \times \frac{v_1}{v_1} = \frac{v_2}{v_1} \times \frac{v_1}{v_s} = A_v \times \frac{v_1}{v_s}$$

এখানে ইনপুট প্রান্ত হতে ভোল্টেজ গেইনের মান A_v । $\frac{v_1}{v_s}$ এর ভোল্টেজ অনুপাত নির্ণয়ে নিচের সার্কিটটির বিবেচনা করি–



চিত্র ঃ ৫.৭ অ্যাম্প্লিফায়ারে কার্যকর সোর্স রেজিস্ট্যান্স

সার্কিটে R_{is} হল অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট রেজিস্ট্যান্স। চিত্র হতে লিখতে পারি–

$$v_1 = v_s \times \frac{R_{is}}{R_s + R_{is}}$$

$$\therefore \frac{v_1}{v_s} = \frac{R_{is}}{R_s + R_{is}}$$

এই মান পূর্বের A_{vs} সমীকরণে স্থাপন করলে আমরা পাই, $A_{vs} = A_v \times \frac{R_{is}}{R_s + R_{is}}$

একইভাবে ইনপুট ও আউটপুট কারেন্টের মান অনুসারে আমরা লিখতে পারি–

$$A_{is} = \frac{i_2}{i_s} = -\frac{i_2}{i_s}$$

সমীকরণের হর ও লবকে i দ্বারা ভাগ করে আমরা পাই,

$$A_{is} = \frac{i_2}{i_s} \times \frac{i_1}{i_1} = -\frac{i_2}{i_1} \times \frac{i_1}{i_s} = -A_i \times \frac{i_1}{i_s}$$

পূর্ববর্তী ৩.১৩-এর (b) নং চিত্র হতে আমরা পাই।

$$i_1 = i_s \times \frac{R_s}{R_s \times R_{is}}$$

$$\therefore \frac{i_1}{i_s} = \frac{R_s}{R_s + R_{is}}$$

এই মান A_{is} সমীকরণে স্থাপন করলে পাওয়া যায়–

$$A_{is} = A_i \times \frac{i_1}{i_s}$$

$$= A_i \times \frac{R_s}{R_s + R_{is}}$$

৫.৭ হাইব্রিড প্যারামিটার ব্যবহার করে ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সংক্রান্ত বিভিন্ন সমস্যা ও তার সমাধান (Solving problem for various transistor amplifier using h-parameters) ঃ

উদাহরণ-৫.১ । একটি ট্রানজিস্টর কমন ইমিটার (CE) কনফিগারেশনে রয়েছে। যখন ডিসি অপারেটিং পয়েন্ট, $V_{CE} = 10$ Volt এবং $I_C = 1$ mA তখন নিম্নলিখিত h-প্যারামিটার পাওয়া যায় ঃ $h_{ie} = 2000\Omega$; $h_{oe} = 10^{-4}$ mho; $h_{re} = 10^{-3}$; $h_{fe} = 50$ । এসি লোড রেজিস্ট্যান্স $r_L = 600\Omega$ মান হলে আমাদের নির্ণয় করতে হবে, (i) ইনপুট ইম্পিড্যান্স (ii) কারেন্ট গেইন এবং (iii) ভোল্টেজ গেইন এর মান। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

সমাধান ঃ

দেওয়া আছে, $h_{ie} = 2000\Omega$

$h_{oe} = 10^{-4}$ mho

$h_{re} = 10^{-3}$

$h_{fe} = 50$

$r_L = 600\Omega$

(i) আমরা জানি,

ইনপুট ইম্পিড্যান্স, $Z_{in} = h_{ie} - \frac{h_{re} \times h_{fe}}{h_{oe} + \frac{1}{r_L}}$ ...... (i)

∴ (i) নং সমীকরণ হতে পাই,

$$Z_{in} = 2000 - \frac{10^{-3} \times 50}{10^{-4} + \frac{1}{600}}$$

$= 2000 - 28$

$= 1972\Omega$ **(উত্তর)**

(ii) আমরা জানি,

কারেন্ট গেইন, $A_i = \dfrac{h_{fe}}{1 + h_{oe} \times r_L}$

$= \dfrac{50}{1 + 10^{-4} \times 600}$

$= 47$ **(উত্তর)**

কিন্তু, $h_{oe} \times r_L << 1$, হলে, কারেন্ট গেইন এর মান $A_i \simeq h_{oe} = 50$ **(উত্তর)**

(iii) আমরা জানি, ভোল্টেজ গেইন, $A_v = \dfrac{-h_{fe}}{Z_{in}\left(h_{oe} + \frac{1}{r_L}\right)}$ .... (ii)

এখানে, $Z_{in} = 1972\Omega$

$$\therefore A_V = \frac{-50}{1972\left(10^{-4} + \frac{1}{600}\right)}$$

$= -14.4$

$-V_e$ মান দ্বারা বুঝায় আউটপুট ইনপুটের 180° আউট অফ ফেজে রয়েছে।

$\therefore A_V = -14.4$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৫.২। একটি CE ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের সোর্স ভোল্টেজের (V_S) অভ্যন্তরীণ রেজিস্ট্যান্স $R_S = 800\Omega$ ও লোড রেজিস্ট্যান্স $R_L = 2k\Omega$, ট্রানজিস্টরের প্যারামিটারসমূহ এর মান হল ঃ $h_{ie} = 1100\Omega$, $h_{re} = 2.5 \times 10^{-4}$, $h_{fe} = 50$, $h_{oe} = 25\mu A/V$ ট্রানজিস্টরের কারেন্ট গেইন, ভোল্টেজ গেইন, সামগ্রিক (Overall) কারেন্ট গেইন ও ভোল্টেজ গেইন, ইনপুট ইম্পিড্যান্স, আউটপুট ইম্পিড্যান্স ও অপারেটিং পাওয়ার গেইন নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ দেয়া আছে,

$R_S = 800\ \Omega$

$R_L = 2k\Omega = 2000\Omega$

$h_{ie} = 1100\Omega$

$h_{re} = 2.5 \times 10^{-4}$

$h_{fe} = 50$

$h_{oe} = 25\mu A/V$

$= 25 \times 10^{-6}$ A/V

আমরা জানি,

কারেন্ট গেইন, $A_i = \dfrac{-h_{fe}}{1 + h_{oe}R_L}$

$= \dfrac{50}{1 + (25 \times 10^{-6} \times 2000)}$

$= 47.6$ **(উত্তর)**

ভোল্টেজ গেইন, $A_v = \dfrac{-h_{fe}}{Z_{in}\left(h_{oe} + \frac{1}{R_L}\right)}$

$= \dfrac{-50}{1076\left(25 \times 10^{-6} + \frac{1}{2000}\right)}$

$= -88.51$ **(উত্তর)**

ইনপুট ইম্পিড্যান্স,

$$Z_i = h_{ie} - \frac{h_{re} \times h_{fe}}{h_{oe} + \frac{1}{R_L}}$$

$$= 1100 - \frac{2.5 \times 10^{-4} \times 50}{25 \times 10^{-6} + \frac{1}{2000}}$$

$$= (1100 - 24)\ \Omega$$

$$= 1076$$ **(উত্তর)**

সামগ্রিক কারেন্ট গেইন, $A_{is} = \frac{A_i R_S}{R_i + R_S} = \frac{47.6 \times 800}{1076 + 800} = 20.30$ **(উত্তর)**

সামগ্রিক ভোল্টেজ গেইন, $A_{vs} = \frac{A_v R_i}{R_i + R_s} = \frac{88.51 \times 1076}{1076 + 800} = 50.76$ **(উত্তর)**

আউটপুট অ্যাডমিট্যান্স, $Y_o = h_{oe} - \frac{h_{fe} \times h_{re}}{h_{ie} + R_s}$

$$= 25 \times 10^{-6} - \frac{50 \times 2.5 \times 10^{-4}}{1100 + 800}$$

$$= 25 \times 10^{-6} - 6.6^{-6} \times 10^{-6}$$

$$= 18.4 \times 10^{-6}\ \text{mho}$$

∴ আউটপুট ইম্পিড্যান্স $Z_o = \frac{1}{Y_o}$

$$= \frac{1}{18.4 \times 10^{-6}}\ \Omega = 54347.82\Omega = 54.34\ k\Omega$$ **(উত্তর)**

এবং অপারেটিং পাওয়ার গেইন $= A_v \times A_i$

$$= (88.51 \times 47.6) = 4213.1$$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৫.৩। একটি CB ট্রানজিস্টর-এর সোর্স ভোল্টেজের অভ্যন্তরীণ রেজিস্ট্যান্স $R_S = 800\Omega$, লোড রেজিস্ট্যান্স $R_L = 2k\Omega$। এর h-প্যারামিটারসমূহ হল $h_{ib} = 25\Omega$, $h_{rb} = 3 \times 10^{-4}$, $h_{fb} = -0.98$ এবং $h_{ob} = 0.5\ \mu A/V$. ট্রানজিস্টরের কারেন্ট গেইন, ইনপুট ইম্পিড্যান্স, ভোল্টেজ গেইন, সামগ্রিক ভোল্টেজ গেইন ও কারেন্ট গেইন, আউটপুট ইম্পিড্যান্স এবং অপারেটিং পাওয়ার গেইন নির্ণয় কর।

সমাধান :

দেওয়া আছে,

$h_{fb} = -0.98$

$h_{ob} = 0.5\ \mu A/V = 0.5 \times 10^{-6}\ A/V$

$R_L = 2k\Omega$
$= 2000\ \Omega$

$h_{ib} = 22\ \Omega$

কারেন্ট গেইন, $A_i = \frac{h_{fb}}{1 + h_{ob} R_L}$

$$= \frac{-0.98}{1 + 0.5 \times 10^{-6} \times 2000}$$

$$= -0.979$$

$$\simeq -0.98$$ **(উত্তর)**

ইনপুট ইম্পিড্যান্স, $Z_i = h_{ib} - \frac{h_{rb} \times h_{fb}}{h_{ob} + \frac{1}{R_L}}$

$$= 22 - \frac{3 \times 10^{-4} \times (-0.98)}{0.5 \times 10^{-6} + \frac{1}{2000}}$$

$$= 22 + 0.59$$

$$= 22.59\ \Omega$$ **(উত্তর)**

ভোল্টেজ গেইন, $A_v = -\frac{-h_{fb}}{Z_{in}\left(h_{ob} + \frac{1}{R_L}\right)}$

$$= \frac{-(-0.98)}{22.59\left(0.5 \times 10^{-6} + \frac{1}{2000}\right)}$$

$$= 86.67$$ **(উত্তর)**

সামগ্রিক ভোল্টেজ গেইন, $A_{vs} = \frac{A_v \times Z_i}{Z_i + R_s}$ $[\because R_s = 800\Omega]$

$= \frac{86.67 \times 22.59}{22.54 + 800}$

$= 2.38$ **(উত্তর)**

সামগ্রিক কারেন্ট গেইন, $A_{is} = \frac{A_i \times R_S}{Z_i + R_S}$

$= \frac{0.98 \times 800}{22.59 + 800} = 0.953$ **(উত্তর)**

আউটপুট অ্যাডমিট্যান্স, $Y_o = h_{ob} - \frac{h_{fb} \times h_{rb}}{h_{ib} + R_s}$

$= 0.5 \times 10^{-6} - \frac{(-0.98) \times 3 \times 10^{-4}}{22 + 800}$

$= 0.5 \times 10^{-6} + 0.36 \times 10^{-6}$

$= 0.86 \times 10^{-6}$ mho

$\therefore$ আউটপুট ইম্পিড্যান্স, $Z_o = \frac{1}{Y_o}$

$= \frac{1}{0.86 \times 10^{-6}} \Omega = 1.16 \times 10^6 \Omega$ **(উত্তর)**

এবং অপারেটিং পাওয়ার গেইন, $A_P = A_V . A_i$

$= 86.67 \times 0.98 = 84.93$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৫.৪। একটি CC ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারে ব্যবহৃত সোর্স ভোল্টেজের অভ্যন্তরীণ রেজিস্ট্যান্স $R_S = 800\Omega$ এবং লোড রেজিস্ট্যান্স $R_L = 2k\Omega$, উহার h-প্যারামিটারসমূহ হল $h_{ic} = 1100\Omega$, $h_{oc} = 1$, $h_{fe} = -51$ এবং $h_{oc} = 25\mu A/V$ হলে ট্রানজিস্টরের কারেন্ট গেইন, ইনপুট ইম্পিড্যান্স, ভোল্টেজ গেইন, আউটপুট ইম্পিড্যান্স, অপারেটিং পাওয়ার গেইন নির্ণয় কর।

সমাধান :

দেওয়া আছে,
$h_{fc} = -51$
$h_{oc} = 25\ \mu A/V$
$= 25 \times 10^{-6}$ A/V
$R_L = 2k\Omega = 2000\Omega$
$h_{rc} = 1$
$h_{ic} = 1100\Omega$

কারেন্ট গেইন, $A_i = \frac{h_{fc}}{1 + h_{oc} \times R_L}$

$= \frac{-51}{1 + 25 \times 10^{-6} \times 2000}$

$= -48.6$

ইনপুট ইম্পিড্যান্স, $Z_i = h_{ic} - \frac{h_{rc} \times h_{fc}}{h_{oc} + \frac{1}{R_L}}$

$= 1100 - \frac{1 \times (-51)}{25 \times 10^{-6} + \frac{1}{2000}}$

$= 1100 + 97142.9 = 98242.9\Omega$ **(উত্তর)**

ভোল্টেজ গেইন, $A_v = -\frac{-h_{fc}}{Z_{in}\left(h_{oc} + \frac{1}{R_L}\right)}$

$= \frac{-(-51)}{98242.9\left(25 \times 10^{-6} + \frac{1}{2000}\right)} = 0.99$ **(উত্তর)**

আউটপুট অ্যাডমিট্যান্স, $Y_o = h_{oc} - \frac{h_{fc} \times h_{rc}}{h_{ic} + R_s}$

$= 25 \times 10^{-6} - \frac{(-51) \times 1}{1100 + 800}$ $[\because R_s = 800\Omega]$

$= 0.0260$ mho

$\therefore$ আউটপুট ইম্পিড্যান্স, $Z_o = \frac{1}{Y_o} = \frac{1}{0.0260} \Omega$

$= 38.42$ **(উত্তর)**

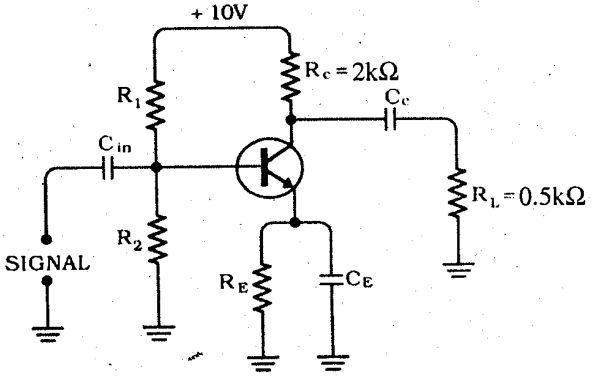
অপারেটিং পাওয়ার গেইন, $A_P = A_V \times A_i$

$= 0.99 \times 48.6$

$= 48.1$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৫.৫। **চিত্র ৫.১৪ হতে ভোল্টেজ গেইন বের কর, যখন $\beta = 60$ এবং ইনপুট রেজিস্ট্যান্স $R_{in} = 1k\Omega$। আবার যখন $R_C = 10k\Omega$, $R_L = 10k\Omega$, $R_{in} = 2.5\Omega$, $\beta = 100$ ইনপুট 1mV r.m.s হয়, তখন আউটপুট ভোল্টেজের মান বের কর।**

সমাধান:



১ম ক্ষেত্রে,

আমরা জানি, ভোল্টেজ গেইন,

$$A_v = \beta \times \frac{R_{AC}}{R_{in}}$$

R_{AC} = Effective load

$$= R_C || R_L$$

$$= \frac{R_C \times R_L}{R_C + R_L}$$

$$R_{AC} = \frac{2 \times 0.5}{2 + 0.5} k\Omega = 0.4\ k\Omega = 400\Omega$$

$\therefore$ ভোল্টেজ গেইন, $A_v = \beta \times \frac{R_{AC}}{R_{in}}$

$$= 60 \times \frac{400}{1000} \quad [\because R_{in} = 1k\Omega = 1000\Omega]$$

$$= 24$$

ভোল্টেজ গেইন, $A_v = 24$ **(উত্তর)**

২য় ক্ষেত্রে,

ইফেক্টিভ লোড, $R_{AC} = \frac{R_C \times R_L}{R_C + R_L} = \frac{10 \times 10}{10 + 10} k\Omega = 5\ k\Omega = 5000\Omega$

ভোল্টেজ গেইন, $A_v = \beta \times \frac{R_{AC}}{R_{in}}$ $\quad [\because R_{in} = 2.5\ k\Omega = 2.5 \times 10^3\Omega]$

$$= 100 \times \frac{500}{2.5 \times 10^3} = 200$$

আবার, ভোল্টেজ গেইন = $\frac{\text{আউটপুট ভোল্টেজ}}{\text{ইনপুট ভোল্টেজ}}$

বা, $A_v = \frac{V_{out}}{V_{in}}$

বা, $200 = \frac{V_{out}}{1mV} \quad [\because V_{in} = 1mV]$

বা, $V_{out} = 200 \times 1mV$

$\therefore V_{out} = 200\ mV$

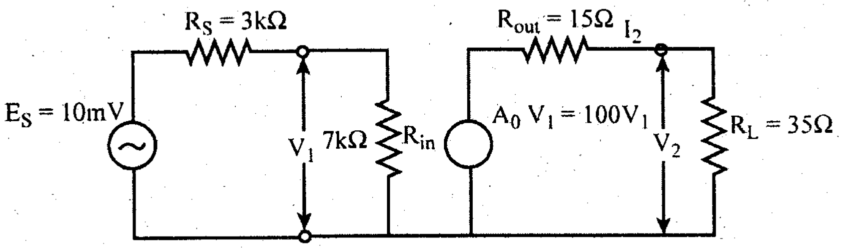
$\therefore$ ইনপুট ভোল্টেজ 1mV r.m.s এর জন্য আউটপুট ভোল্টেজ 200mV **(উত্তর)**

উদাহরণ-৫.৬। **একটি অ্যাম্প্লিফায়ারের ওপেন সার্কিট ভোল্টেজ গেইন হল 1000, $R_{out} = 15\Omega$, $R_{in} = 7k\Omega$, একে সিগন্যাল সোর্স হতে 10mV দ্বারা সাপ্লাই দেয়া হয়। ইন্টারনাল রেজিস্ট্যান্স, $R_s = 3k\Omega$, $R_L = 35\Omega$ হলে নির্ণয় কর ঃ**

(ক) আউটপুট ভোল্টেজের ম্যাগনিটিউড (Magnitude)

(খ) পাওয়ার গেইন।

সমাধান:



(ক) $I_1 = \frac{E_S}{R_S + R_{in}}$ .... (i)

দেয়া আছে, $E_S = 10mV = 10 \times 10^{-3}V$

$R_s = 3k\Omega = 3 \times 10^3\Omega$

$R_{in} = 7k\Omega = 7 \times 10^3\Omega$

$\therefore$ (i) $\Rightarrow I_1 = \frac{10 \times 10^{-3}}{3 \times 10^3 + 7 \times 10^3} A$

$= 10^{-6}A$

$V_1 = I_1 R_{in}$

$= 10^{-6} \times 7 \times 10^3 \text{ V} = 7 \times 10^{-3}V$

$A_v = \frac{V_2}{V_1}$

$= \frac{A_O R_L}{R_{out} + R_L}$

$= \frac{1000 \times 35}{15 + 35}$

$= 700$

$\therefore A_v = \frac{V_2}{V_1}$

দেওয়া আছে,

$R_{out} = 15\Omega$

$R_L = 35\Omega$

$V_2 = A_O R_L$

$\Rightarrow V_2 = A_v \times V_1$

$= 700 \times 7 \times 10^{-3}$

$= 4.9V$ **(উত্তর)**

(খ) আউটপুট পাওয়ার, $P_{out} = \frac{(V_2)^2}{R_L}$

$= \frac{(4.9)^2}{35}$

$= 0.686$

ইনপুট পাওয়ার, $P_{in} = \frac{(V_1)^2}{R_{in}}$

$= \frac{(7 \times 10^{-3})^2}{7000}$

$= 7 \times 10^{-9}$ watt

$\therefore$ পাওয়ার গেইন, $A_P = \frac{P_{out}}{P_{in}}$

$= \frac{0.686}{7 \times 10^{-9}}$

$= 98 \times 10^6$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৫.৭ । একটি তিন স্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারের ১ম স্টেজের ভোল্টেজ গেইন 100, ২য় স্টেজের ভোল্টেজ গেইন 200 ও ৩য় স্টেজের ভোল্টেজ গেইন 400 । ডেসিবেল-এ উক্ত তিন স্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারের মোট ভোল্টেজ গেইন বের কর ।

সমাধান : ডেসিবেলে ১ম স্টেজের ভোল্টেজ গেইন $= 20 \log_{10} 100$

$= 20 \times 2$

$= 40$

ডেসিবেলে ২য় স্টেজের ভোল্টেজ গেইন $= 20 \log_{10} 200$

$= 20 \times 2.3$

$= 46$

ডেসিবেলে ৩য় স্টেজের ভোল্টেজ গেইন $= 20 \log_{10} 400$

$= 20 \times 2.6$

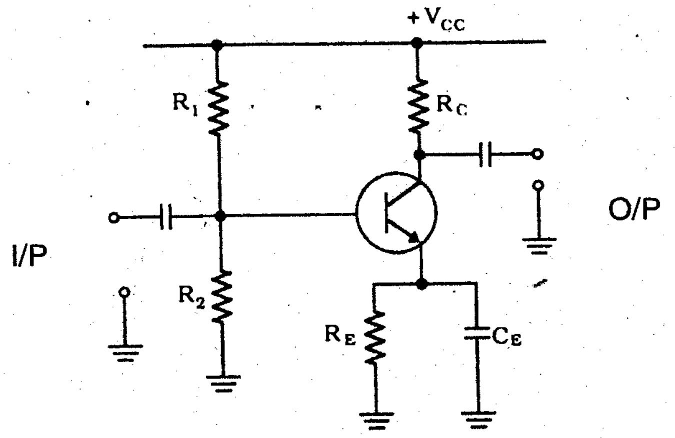
$= 52$

$\therefore$ মোট ভোল্টেজ গেইন $= (40 + 46 + 52)$ dB

$= 138$ dB **(উত্তর)**

উদাহরণ-৫.৮। **চিত্র ৫.১৬ তে একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার দেখানো হল, যাতে $R_1 = 150\ k\Omega$, $R_2 = 20k\Omega$, $R_C = 12k\Omega$, $R_E = 2.2k\Omega$, $V_{cc} = 20V$ এবং $\beta = 200$। উক্ত অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন নির্ণয় কর।**

সমাধান ঃ



আমরা জানি, $A_V = \frac{R_C}{r_e}$ [r_e = AC ইমিটার রেজিস্ট্যান্স]

এখানে, $r_e = \frac{25mV}{I_E}$

R_2 এর আড়াআড়ি ভোল্টেজ, $V_2 = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} \times R_2$

$= \frac{20}{150 + 20} \times$ [20 = R_E emitter resistance]

এখানে, $r_e = \frac{25mV}{I_E}$

R_2 এর আড়াআড়ি ভোল্টেজ, $V_2 = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} \times R_2$

$= \frac{20}{150 + 20} \times 20$

$= 2.35$ volt

R_E এর আড়াআড়ি ভোল্টেজ, $V_E = V_2 - V_{BE}$

$= (2.35 - 0.7)$ volt

$= 1.65$ V

$\therefore$ ইমিটার কারেন্ট, $I_E = \frac{V_E}{R_E}$

$= \frac{1.65}{2.2 \times 10^3}$

$= 0.75 \times 10^{-3} A$

$= 0.75$ mA

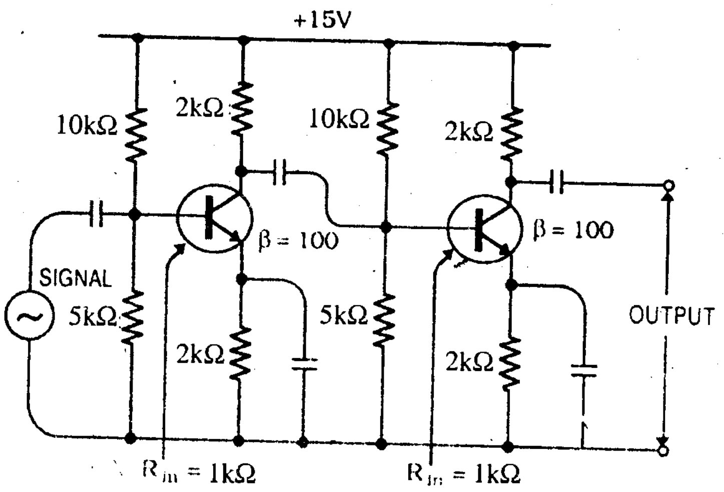
$\therefore r_e = \frac{25mV}{0.75\ mA} = 33.3\Omega$

অতএব, ভোল্টেজ গেইন, $A_v = \frac{R_C}{r_e}$

$= \frac{12 \times 10^3}{33.3} = 360$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৫.৯। চিত্র ৫.১৭ এ প্রদর্শিত RC কাপলড অ্যাম্প্লিফায়ারের প্রত্যেক স্টেজের রেজিস্ট্যান্স $R_{in} = 1\ k\Omega$. নির্ণয় কর ঃ (ক) প্রথম স্টেজের ভোল্টেজ গেইন (খ) স্টেজের ভোল্টেজ গেইন (গ) মোট ভোল্টেজ গেইন।

সমাধান ঃ



চিত্র হতে আমরা পাই,

$\beta = 100$

$R_C = 2k\Omega = 2 \times 10^3\Omega$

$R_{in} = 1k\Omega = 1 \times 10^3\Omega$

(ক) ১ম স্টেজের ইফেক্টিভ লোড, $R_{AC} = R_C \parallel R_{in}$

$$= \frac{2 \times 10^3 \times 1 \times 10^3}{2 \times 10^3 + 1 \times 10^3}\ k\Omega$$

$$= \frac{2 \times 1}{2 + 1}\ k\Omega$$

$$= 0.66\ k\Omega$$

∴ ১ম স্টেজের ভোল্টেজ গেইন, $A_{V1} = \beta \times \frac{R_{AC}}{R_{in}}$

$$= 100 \times \frac{0.66}{1} = 66$$ **(উত্তর)**

(খ) ২য় স্টেজের ক্ষেত্রে, $R_{AC} = R_C = 2\ k\Omega$

$R_{in} = 1\ k\Omega$

∴ ২য় স্টেজের ভোল্টেজ গেইন, $A_{V2} = \beta \times \frac{R_C}{R_{in}}$

$$= 100 \times \frac{2}{1} = 200$$ **(উত্তর)**

(গ) মোট ভোল্টেজ গেইন, $A_{VT} = A_{V1} \times A_{V2}$

$$= 66 \times 200 = 13200$$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৫.১০। একটি সিঙ্গেল স্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন 60, কালেক্টর লোড, $R_C = 500\Omega$ এবং ইনপুট ইম্পিড্যান্স $R_{in} = 1k\Omega$। এরূপ দু'টি স্টেজ R-C কাপলিং করলে ওভারঅল গেইন নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ এখানে, ২য় স্টেজের গেইন $A_2 = 60$

১ম স্টেজের ইফেক্টিভ লোড, $R_{AC} = R_C \parallel R_{in}$

$$= \frac{500 \times 1000}{500 + 1000} \Omega$$

$$= 333.3$$

এখানে দেওয়া আছে,

$R_C = 500\Omega$

$R_{in} = 1\ k\Omega$

$= 1000\ \Omega$

∴ ১ম স্টেজের গেইন, $A_1 = 60 \times \frac{333.3}{500}$

$= 39.996$

∴ ওভারঅল (মোট) গেইন, $A_T = A_1 \times A_2$

$= 39.996 \times 60$

$= 2399.76$

$= 2400$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৫.১১। একটি তিন স্টেজ R–C কাপলিং অ্যাম্প্লিফায়ারের প্রতিটি স্টেজের ভোল্টেজ গেইন 50 এবং প্রতি স্টেজের $R_C = 5\ k\Omega$. প্রত্যেক স্টেজের ইনপুট ইম্পিড্যান্স $2\ k\Omega$ হলে ঐ অ্যাম্প্লিফায়ারের ওভারঅল ডেসিবেল ভোল্টেজ গেইন কত হবে?

সমাধান ঃ দেয়া আছে, প্রত্যেক স্টেজের ভোল্টেজ গেইন = 50

প্রতি স্টেজের কালেক্টর লোড $= R_C$

$= 5000\ \Omega$

প্রত্যেক স্টেজের ইনপুট ইম্পিড্যান্স, $R_{in} = 2\ k\Omega$

$= 2000\ \Omega$

∴ ৩য় স্টেজের ভোল্টেজ গেইন, $G_3 = 50$

কিন্তু ১ম ও ২য় স্টেজের লোডিং ইফেক্ট থাকায় ১ম ও ২য় স্টেজের ভোল্টেজ গেইন কমবে।

∴ ২য় স্টেজের ইফেক্টিভ লোড $= R_c \parallel R_{in}$

$= 5000 \parallel 2000$

$= 1428.6\Omega$

= ১ম স্টেজের ইফেক্টিভ লোড

∴ ২য় স্টেজের ভোল্টেজ গেইন, $G_2 = 50 \times \frac{50 \times 1428.6}{5000}$

$= 14.286$

= ১ম স্টেজের ভোল্টেজ গেইন

$= G_1$

∴ ওভারঅল ভোল্টেজ গেইন, $G = G_1 \times G_2 \times G_3$

$= 14.268 \times 14.286 \times 50$

$= 10204.49$

∴ ওভারঅল ডেসিবেল ভোল্টেজ গেইন $= 20 \log_{10} 10204.49$ dB

$= 80.175$ dB

$\simeq 80$dB

তিন স্টেজ R–C কাপলিং অ্যাম্প্লিফায়ারের ওভারঅল ডেসিবেল ভোল্টেজ গেইন 80dB. **(উত্তর)**

উদাহরণ-৫.১২। একটি কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের সোর্স ভোল্টেজ, V এর অভ্যন্তরীণ রেজিস্ট্যান্স $R_s = 650\Omega$, লোড রেজিস্ট্যান্স $R_L = 5k\Omega$ ট্রানজিস্টর প্যারামিটারগুলোর মান $h_{ie} = 1200\ \Omega$, $h_{re} = 2.4 \times 10^{-4}$, $h_{oe} = 25\mu\ A/V$ এবং $h_{fe} = 100$ হলে ট্রানজিস্টরটির কারেন্ট গেইন, ভোল্টেজ গেইন, ইনপুট ইম্পিড্যান্স ও আউটপুট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ প্রদত্ত তথ্য

$$R_s = 650\ \Omega$$
$$R_L = 5k\Omega = 5000\Omega$$
$$h_{ie} = 1200\ \Omega$$
$$h_{re} = 2.4 \times 10^{-4}$$
$$h_{oe} = 25\ \mu A/V = 25 \times 10^{-6}\ A/V$$
$$h_{fe} = 100$$

প্রকৃত কারেন্ট গেইন ঃ

$$A_i = \frac{h_{fe}}{1 + h_{oe}R_L}$$
$$= \frac{100}{1 + 25 \times 10^{-6} \times 5000} = 88.89$$

ইনপুট ইম্পিড্যান্স ঃ

$$Z_i = h_{ie} - \frac{h_{re}\ h_{fe}}{h_{oe} + \frac{1}{R_L}}$$
$$= 1200 - \frac{2.4 \times 10^{-4} \times 100}{25 \times 10^{-6} + \frac{1}{5000}}$$
$$= 1200 - 1.067$$
$$= 1198.93\ \Omega\ \text{(উত্তর)}$$

ভোল্টেজ গেইন ঃ $A_v = \dfrac{-h_{fe}}{Z_{in}\left(h_{oe} + \frac{1}{R_L}\right)}$

$$= \frac{-100}{1198.93\left(25 \times 10^{-6} + \frac{1}{5000}\right)}$$
$$= -370.7\ \text{(উত্তর)}$$

সার্বিক কারেন্ট গেইন ঃ

$$A_{vs} = A_v \frac{Z_i}{R_s + Z_i} = \frac{-370.7 \times 1198.93}{650 + 1198.93}$$
$$= -240.37\ \text{(উত্তর)}$$

আউটপুট অ্যাডমিট্যান্স ঃ

$$Y_o = h_{oe} - \frac{h_{fe}h_{re}}{h_{ie} + R_s}$$
$$= 25 \times 10^{-6} - \frac{100 \times 2.4 \times 10^{-4}}{1200 + 650}$$
$$= 12.03 \times 10^{-6}\ \text{mho}$$

∴ আউটপুট ইম্পিড্যান্স, $Z_O = \dfrac{1}{Y_o}$

$$= \frac{1}{12.03 \times 10^{-6}\ \Omega}$$
$$= 831125\ \Omega$$
$$= 831.125\ k\Omega$$

অনুশীলনী-৫

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **হাইব্রিড প্যারামিটার বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-০৫(R), ০৮, ০৮(R), ০৯, ১০, ১০(R), ১১, ১২, ১৪]
অথবা, H-Parameter বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৬, ২০০৬(R), ১২(R), ১৩, ১৫, ১৫(পরি)]
অথবা, H-Parameter কী? [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর ঃ দু' পোর্ট বা চার প্রান্তিক বিশিষ্ট লিনিয়ার ডিভাইসের ইনপুট ও আউটপুট ইম্পিড্যান্স ভোল্টেজ গেইন ইত্যাদি সঠিকভাবে জানার জন্য চারটি প্যারামিটার (h_{11}, h_{12}, h_{21} ও h_{22}) ব্যবহার করা হয়, এদেরকেই হাইব্রিড বা H-প্যারামিটার বলে।

২। **h_{11} ও h_{12} বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৫, ০৯]

উত্তর ঃ h_{11} বলতে বুঝায় চার প্রান্তবিশিষ্ট ডিভাইসের ইনপুট ইম্পিড্যান্স। $h_{11} = \frac{v_1}{i_i}$, এর একক ওহম (Ω)।

h_{12} বলতে বুঝায় চার প্রান্তবিশিষ্ট ডিভাইসের রিভার্স ট্রানফার ভোল্টেজ রেশিও (Reverse transfer voltage ratio), $h_{12} = \frac{v_1}{v_2}$, এর কোন প্রকার একক নেই।

৩। **ট্রানজিস্টর h-প্যারামিটারগুলোর নাম লেখ।** [বাকাশিবো-২০১৩, ১৩(পরি)]

উত্তর ঃ কোন ট্রানজিস্টরের Hybrid parameter-সমূহ হলো h_{11}, h_{12}, h_{21} ও h_{22} ইত্যাদি। নিম্নোক্ত উপায়ে তা প্রকাশ করা যায় ঃ

h_{11} = আউটপুট শর্ট অবস্থায় ইনপুট ইম্পিড্যান্স। h_{12} = ইনপুট ওপেন অবস্থায় রিভার্স ট্রান্সফার ভোল্টেজ রেশিও। h_{21} = আউটপুট শর্ট অবস্থায় ফরোয়ার্ড ট্রান্সফার কারেন্ট গেইন। h_{22} = ইনপুট ওপেন অবস্থায় আউটপুটে অ্যাডমিট্যান্স।

৪। **h-প্যারামিটারের মান কীসের উপর নির্ভর করে?**

উত্তর ঃ h-প্যারামিটারের মান ট্রানজিস্টরের অপারেটিং পয়েন্টের উপর নির্ভর করে।

৫। **হাইব্রিড প্যারামিটারের সুবিধা লেখ।**

উত্তর ঃ এই পদ্ধতির সুবিধা হলো সার্কিট কম্পোনেন্টের মান সহজেই জানা যায় এবং পদ্ধতিটি সহজেই বুঝা যায়। এদের সহায়তায় নির্ভুলভাবে সার্কিটের ইনপুট ইম্পিড্যান্স, ভোল্টেজ গেইন, কারেন্ট গেইন ইত্যাদি জানা যায়।

৬। **হাইব্রিড প্যারামিটারের অসুবিধা লেখ।**

উত্তর ঃ হাইব্রিড প্যারামিটারের অসুবিধাসমূহ নিম্নরূপ–

১। একটি বিশেষ ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে h-প্যারামিটার সঠিক মান নির্ণয় করা কঠিন। কারণ এই প্যারামিটারগুলোর মান ইউনিট টু ইউনিট পরিবর্তন, তাপমাত্রা পরিবর্তনের জন্য পরিবর্তন এবং অপারেটিং পয়েন্ট এর পরিবর্তনের জন্য পরিবর্তিত হয়ে থাকে।

২। h-প্যারামিটার শুধুমাত্র স্মল এসি সিগন্যাল এর ক্ষেত্রে সঠিকভাবে কাজ করে। কারণ ট্রানজিস্টর শুধুমাত্র স্মল এসি সিগন্যালের ক্ষেত্রে লিনিয়ার ডিভাইস হিসেবে কাজ করে।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **H-Parameter এর সাহায্যে transistor model বর্ণনা করার সুবিধাসমূহ লেখ।**

উত্তর ঃ ইম্পিড্যান্স এবং অ্যাডমিট্যান্স নিরূপণের জন্য বিভিন্ন প্যারামিটারসমূহ ব্যবহারিক অসুবিধার সৃষ্টি করে, এ সকল অসুবিধা দূর করার জন্য হাইব্রিড প্যারামিটার ব্যবহৃত হয়।

এই পদ্ধতির সুবিধা হল সার্কিট কম্পোনেন্টের মান সহজেই জানা যায় এবং পদ্ধতিটি সহজেই বুঝা যায়। একবার এ সকল প্যারামিটারের মান নির্ণয় হয়ে গেলে এদের সহায়তায় নির্ভুলভাবে সার্কিটের ইনপুট ইম্পিড্যান্স ভোল্টেজ গেইন ইত্যাদি জানা যায়। এ প্রকারে কোন ট্রানজিস্টরের মডেল বিশ্লেষণ করার জন্য চারটি প্যারামিটার h_{11}, h_{12}, h_{21} ও h_{22} ব্যবহার করা হয়। এদের সাহায্যে কোন ট্রানজিস্টরের ইনপুট ইম্পিড্যান্স, রিভার্স ট্রানফার ভোল্টেজ রেশিও, ফরোয়ার্ড কারেন্ট গেইন, আউটপুট অ্যাডমিট্যান্সকে প্রকাশ করা হয়।

২। **h_{11}, h_{12}, h_{21} ও h_{22} এর সমীকরণ লেখ।** [বাকাশিবো-২০০৮(R)]

অথবা, ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে h-প্যারামিটারগুলোকে কীভাবে প্রকাশ করা হয়? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ h-প্যারামিটারের সম্পর্কযুক্ত সমীকরণগুলো হল ঃ

$V_i = h_{11}I_1 + h_{12}V_2$

$I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2$

এখানে, $h_{11} = \frac{V_i}{I_1}\Big|_{V_2 = 0}$ আউটপুট শর্ট অবস্থায় ইনপুট রেজিস্ট্যান্স।

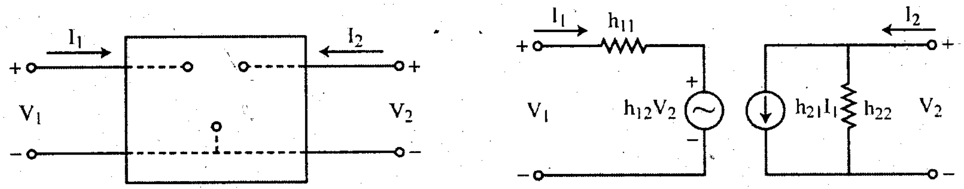
$h_{12} = \frac{V_1}{V_2}\Big|_{I_1 = 0}$ ইনপুট ওপেন সার্কিট অবস্থায় রিভার্স ট্রানফার ভোল্টেজ।

$h_{21} = \frac{I_2}{I_1}\Big|_{V_2 = 0}$ আউটপুট শর্ট অবস্থায় ফরোয়ার্ড ট্রানফার কারেন্ট গেইন।

$h_{22} = \frac{I_2}{V_2}\Big|_{I_i = 0}$ ইনপুট ওপেন সার্কিট অবস্থায় ট্রানজিস্টরের আউটপুট অ্যাডমিট্যান্স।

৩। **ট্রানজিস্টরের সাধারণ হাইব্রিড মডেল অঙ্কন কর।**

উত্তর ঃ



(ক) (খ)

চিত্র ঃ ৫.৪ (ক) টু পোর্ট লিনিয়ার সার্কিট (খ) হাইব্রিড মডেল ও সমতুল্য সার্কিট

৪। **ট্রানজিস্টরের সাধারণ h-প্যারামিটার মডেল অঙ্কন করে এটি ইনপুট ভোল্টেজ এবং আউটপুট কারেন্টের সমীকরণ লেখ।** [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর ঃ অনুচ্ছেদ ৫.৪ নং দ্রষ্টব্য।

✪ রচনামূলক প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **h-প্যারামিটারসমূহ নির্ণয় কর এবং টু-পোর্ট নেটওয়ার্কের হাইব্রিড মডেল অঙ্কন কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৫.১ ও ৫.২ নং দ্রষ্টব্য।

২। **একটি CE ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড মডেল এঁকে এর ভোল্টেজ গেইন এবং আউটপুট অ্যাডমিট্যান্স বের কর।** [বাকাশিবো-০৮, ০৮(R), ০৯, ১৩]

অথবা, একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার এর কারেন্ট, ভোল্টেজ গেইন ও ইনপুট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।

অথবা, CE-H model হতে A_i, A_v, Z_i, Y_o নির্ণয়ের সমীকরণগুলো প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

অথবা, কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড মডেল অঙ্কন করে Voltage ও current gain নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৪, ১৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৫.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **সোর্স এবং লোড রেজিস্ট্যান্সের প্রভাব উল্লেখ কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৫.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের জন্য সাধারণ হাইব্রিড সমতুল্য বর্তনী অঙ্কন করে এটির কারেন্ট গেইন নির্ণয় কর।** [বাকাশিবো-১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৫.৫ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৬

পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের ধারণা
(The Concept of Power Amplifier)

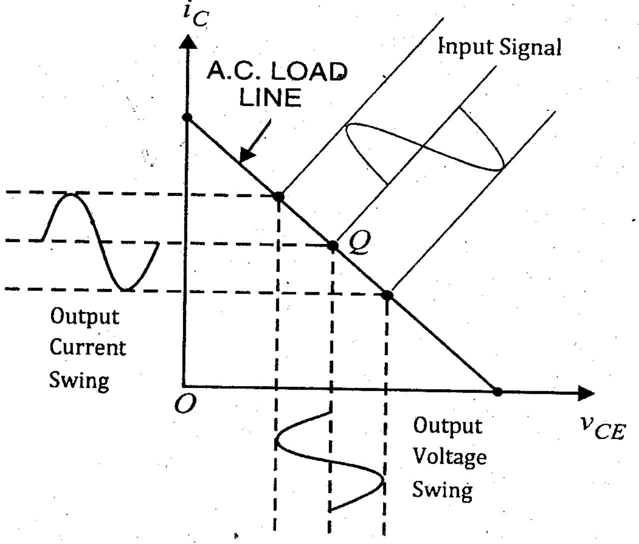
৬.১ ক্লাস A, B, AB এবং C অ্যাম্প্লিফায়ার (Class-A, B, AB and C amplifier) ঃ

লার্জ সিগন্যাল অ্যাম্প্লিফিকেশনে পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার ব্যবহৃত হয়। পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারগুলো এদের কার্যপদ্ধতি অনুসারে নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা যায় ঃ

(ক) ক্লাস-'এ' পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার (Class-A power amplifier) ঃ যেসব পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারে ইনপুট সিগন্যালের পূর্ণ সাইকেলে সর্বদাই কালেক্টর কারেন্ট পাওয়া যায়, তাদেরকে ক্লাস-'এ' পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার বলা হয়।

এ অ্যাম্প্লিফায়ারগুলো এমনভাবে বায়াস করা হয় যেন ইনপুট সিগন্যালের কোন অংশ বাদ না পড়ে।

৬.১ নং চিত্রে ক্লাস-'এ' পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট দেখানো হয়েছে ঃ



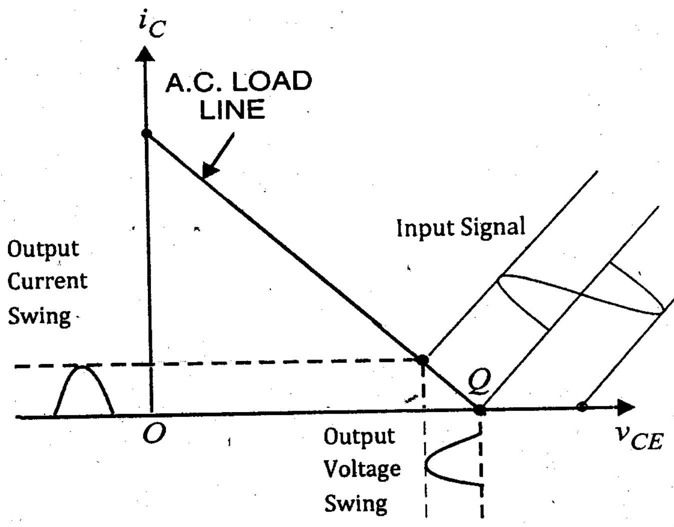
চিত্র ঃ ৬.১ ক্লাস-এ অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ও আউটপুট ওয়েভ

৬.১ নং চিত্রে ইনপুট সিগন্যালের আউটপুট ভোল্টেজ ও কারেন্ট দেখানো হয়েছে। আউটপুট ক্যারেক্টরিসটিক কার্ভ হতে বুঝা যায় যে, অপারেটিং পয়েন্ট এমনভাবে নির্ধারণ করা হয় যেন প্রয়োগকৃত সিগন্যালের পূর্ণ সাইকেলে সর্বদাই কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহিত হতে পারে। এর আউটপুট ওয়েভ এবং ইনপুট ওয়েভ এর আকৃতি একই রূপ হয় অর্থাৎ ডিসটরশন খুবই কম হয়।

ক্লাস-'এ' অ্যাম্প্লিফায়ার ইনপুট সিগন্যাল প্রয়োগ করা হোক বা না হোক, সরবরাহ হতে সর্বদাই কারেন্ট গ্রহণ করে। এর কালেক্টর দক্ষতা প্রায় 35%।

(খ) ক্লাস-বি পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার (Class-B power amplifier) ঃ যেসব পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারে কালেক্টর কারেন্ট কেবল মাত্র ইনপুট সিগন্যালের পজিটিভ হাফ সাইকেলের জন্য প্রবাহিত হয়, তাদেরকে ক্লাস-বি পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার বলে। এ অ্যাম্প্লিফায়ারের ট্রানজিস্টরকে এমনভাবে বায়াস করা হয় যে শূন্য সিগন্যালে কালেক্টর কারেন্ট শূন্য হয় অর্থাৎ প্রকৃতপক্ষে এতে কোন বায়াসিং সার্কিট প্রয়োজন হয় না।

সিগন্যালের পজিটিভ হাফ সাইকেলে ইনপুট সার্কিট ফরোয়ার্ড বায়াস প্রাপ্ত হয়, ফলে কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহিত হয়। কিন্তু সিগন্যালের নেগেটিভ হাফ সাইকেলে ইনপুট সার্কিট রিভার্স বায়াস প্রাপ্ত হয়। ফলে কালেক্টরে কোন কারেন্ট প্রবাহিত হয় না। নিম্নে ৬.২ নং চিত্রে এটি দেখানো হয়েছে।



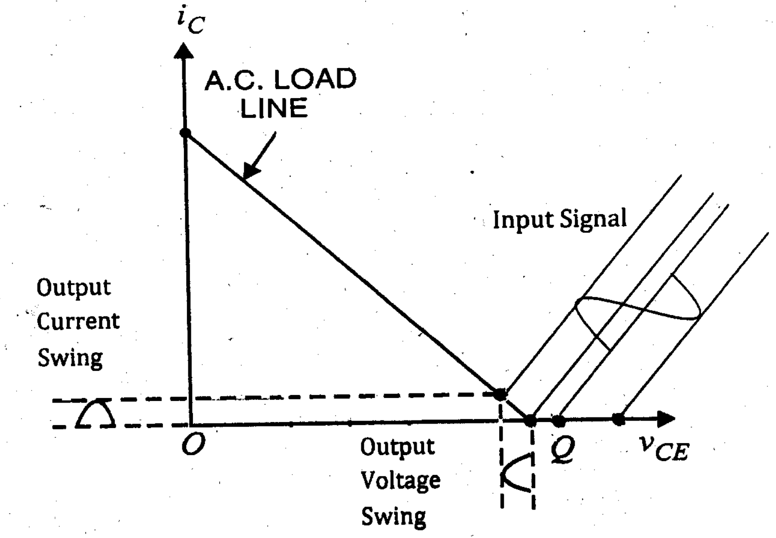
চিত্র ঃ ৬.২ ক্লাস-বি অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ও আউটপুট ওয়েভ

অপারেটিং পয়েন্ট এমনভাবে নির্ধারণ করা হয় যেন, এর কাট-অফ পয়েন্ট স্থির থাকে। ক্লাস-'বি' অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুট পাওয়ার কম দরকার হয় এবং কালেক্টর দক্ষতা হয় 50% হতে 80% পর্যন্ত। পুশ পুল ব্যবস্থায় এ অ্যাম্প্লিফায়ার বহুলভাবে ব্যবহৃত হয়।

এ অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুটে সিগন্যালের নেগেটিভ হাফ সাইকেল সম্পূর্ণ অনুপস্থিত থাকে। ফলে বড় রকমের বিকৃতি দেখা দেয়।

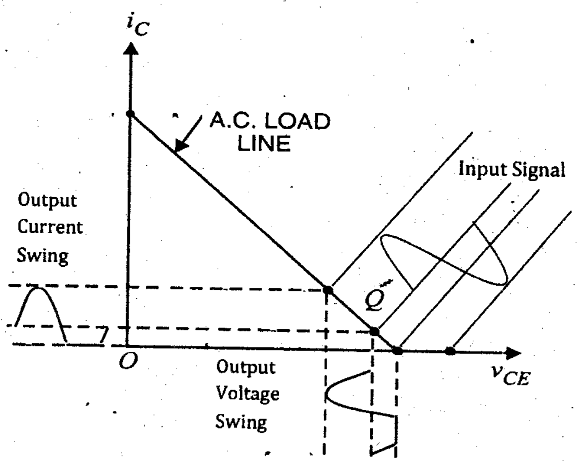
(গ) ক্লাস-সি পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার (Class-C power amplifier) ঃ যেসব অ্যাম্প্লিফায়ারে ইনপুট সিগন্যালের হাফ সাইকেল অপেক্ষা কম সময় ধরে কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাদেরকে ক্লাস-'সি' পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার বলে। এ অ্যাম্প্লিফায়ারের অপারেটিং পয়েন্টকে কাট-অফ রিজিয়নের মধ্যে নির্ধারণ করা হয়। ইনপুট সিগন্যাল প্রয়োগ করলে বেস ফরোয়ার্ড বায়াস না হওয়া পর্যন্ত ট্রানজিস্টর কাজ করে না। এজন্য ট্রানজিস্টর 180°এর কম সময় কাজ করে এবং ইনপুট সিগন্যালের হাফ সাইকেলেরও কম সময় কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহ হয়। ইহা নিম্নে ৬.৩ নং চিত্রে দেখানো হলো।

পাওয়ার অ্যাম্প্লিফিকেশনের কাজে এ অ্যাম্প্লিফায়ার কখনই ব্যবহার করা হয় না। তবে এদেরকে টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা হয়।



চিত্র ঃ ৬.৩ ক্লাস-সি অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ও আউটপুট ওয়েভ

(ঘ) ক্লাস-এবি পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার (Class-AB power amplifier) ঃ ক্লাস-'এবি' অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যপ্রণালি ক্লাস-'এ' এবং ক্লাস-'বি' অ্যাম্প্লিফায়ারের মাঝামাঝি। এ ক্ষেত্রে ট্রানজিস্টর, হাফ-সাইকেলের চেয়ে বেশি কিন্তু পূর্ণ সাইকেলের চেয়ে কম সময়ের জন্য কার্যকরী থাকে।



চিত্র ঃ ৬.৪ ক্লাস 'এবি' অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ও আউটপুট ওয়েভ

৬.৪ নং চিত্রে ক্লাস-'এবি' পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুট ক্যারেক্টরিসটিক দেখানো হয়েছে। এ ধরনের অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুটে, ইনপুট সিগন্যালের একটি হাফ সাইকেলের পুরো অংশ এবং অপর হাফ সাইকেলের কিছু অংশ পাওয়া যায়।

৬.২ ভোল্টেজ এবং পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের মধ্যে পার্থক্য (The difference between voltage and power amplifier) ঃ

ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ার (Voltage amplifier) ঃ নিম্ন মানের ভোল্টেজকে উচ্চ মানের ভোল্টেজে বিবর্ধন (Amplification) করার জন্য যে অ্যাম্প্লিফায়ার ব্যবহৃত হয়, তাকে ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ার বলে। এটি মূলত এক ধরনের ছোট সিগন্যাল অ্যাম্প্লিফায়ার। এই অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন,

$$A_v = \beta \times \frac{R_c}{R_{in}}$$

এখানে, β = অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর

R_c = কালেক্টর লোড রেজিস্ট্যান্স

R_{in} = ইনপুট রেজিস্ট্যান্স ইত্যাদি।

পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার (Power amplifier) ঃ উচ্চ মানের পাওয়ার (High power) অ্যাম্প্লিফিকেশনের জন্য ব্যবহৃত অ্যাম্প্লিফায়ারকে পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার বলে। একে বড় (Large) সিগন্যাল অ্যাম্প্লিফায়ারও বলে। কারণ এটি কাজের জন্য এসি লোড লাইনের অধিকাংশ অংশ ব্যবহার করে। পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার বিশাল কারেন্ট বহন (Handle) করে। পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন, $A_p = \frac{P_{out}}{P_{in}}$ [এখানে, P_{out} = আউটপুট পাওয়ার; P_{in} = ইনপুট পাওয়ার।]

নিম্নে ভোল্টেজ ও পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের মধ্যবর্তী পার্থক্য টেবিল আকারে দেখানো হলো ঃ

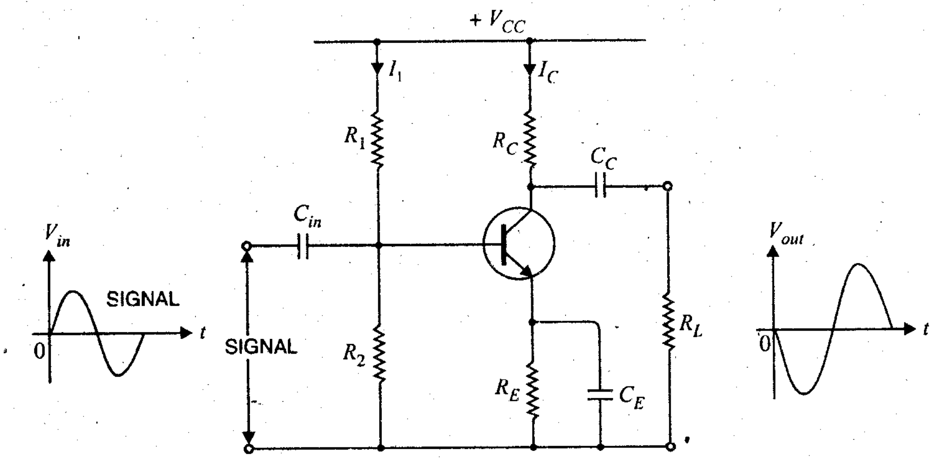
ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ার	পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার
১। কম ভোল্টেজযুক্ত সিগন্যালকে বিবর্ধন করায় আউটপুটে হারমোনিক কম্পোনেন্ট কম হয়।	১। আউটপুট ভোল্টেজ বা কারেন্ট এর অধিক সুইং হওয়ায় আউটপুটে বেশি হারমোনিক কম্পোনেন্ট তৈরি হয়।
২। ইনপুট ভোল্টেজ কম (কয়েক মিলি ভোল্ট)	২। ইনপুট ভোল্টেজ বেশি (2–5V)
৩। কালেক্টর কারেন্ট কম ($\simeq$ 1 mA)।	৩। কালেক্টর কারেন্ট বেশি (>100 mA)
৪। আউটপুট পাওয়ার কম।	৪। আউটপুট পাওয়ার বেশি।
৫। আউটপুট ইম্পিড্যান্স বেশি ($\simeq$ 12kΩ)	৫। আউটপুট ইম্পিড্যান্স কম (200Ω)

ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ার	পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার
৬। সাধারণত R-C কাপলিং করা হয়।	৬। সাধারণত ট্রান্সফরমার কাপলিং করা হয়।
৭। অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর বেশি।	৭। অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর কম।
৮। এখানে শুধুমাত্র ক্লাস-এ অ্যাম্প্লিফায়ার ব্যবহৃত হয়।	৮। এখানে ক্লাস-এ, ক্লাস-বি, ক্লাস-সি, ক্লাস-এবি এর যে কোন একটি অ্যাম্প্লিফায়ার ব্যবহৃত হয়।
৯। ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ার সিগন্যালের ভোল্টেজ লেভেলকে বৃদ্ধি করে।	৯। পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার সিগন্যাল-এর পাওয়ারকে বৃদ্ধি করে।
১০। কম পরিমাণ লোড কারেন্টে কাজ করে বলে একে স্মল সিগন্যাল অ্যাম্প্লিফায়ার বলা হয়।	১০। অধিক পরিমাণ লোড কারেন্ট কাজ করে বলে একে লার্জ সিগন্যাল অ্যাম্প্লিফায়ার বলা হয়।
১১। ভোল্টেজ গেইন, $A_v = \beta \times \frac{R_c}{R_{in}}$, R_c = কালেক্টর লোড রেজিস্ট্যান্স, R_{in} = ইনপুট রেজিট্যান্স।	১১। পাওয়ার গেইন, $A_p = \frac{P_{out}}{P_{in}}$, P_{out} = আউটপুট পাওয়ার, P_{in} = ইনপুট পাওয়ার।
১২। β হাই (> 100)	১২। β লো (20 ~ 50)
১৩। কালেক্টর রেজিস্ট্যান্স R_C হাই (4 ~ 10 k Ω)	১৩। কালেক্টর রেজিস্ট্যান্স লো (5 ~ 20Ω)

৬.৩ RC এবং ট্রান্সফরমার কাপলকৃত ক্লাস-A পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের সার্কিটের কার্যাবলি এবং দক্ষতা (The circuit operation and efficiency of RC and Transformers coupled class-A power amplifier) ঃ

৬.৩.১ সিঙ্গেল স্টেজ ক্লাস-এ পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার (Single stage class-A power amplifier) ঃ

চিত্রে একটি RC কাপলড ক্লাস-এ অ্যাম্প্লিফায়ার দেখানো হয়েছে। এখানে ভোল্টেজ ডিভাইডার নেটওয়ার্কের মাধ্যমে বেসে বায়াস প্রদান করা হয়েছে। R_1 এবং R_2 রেজিস্টর ভোল্টেজ ডিভাইডার, R_E এবং C_E যথাক্রমে স্ট্যাবিলাইজড রেজিস্টর এবং বাইপাস ক্যাপাসিটর হিসেবে কাজ করে। R_C এবং C_C কাপলিং নেটওয়ার্ক হিসেবে ব্যবহৃত হয়েছে।



চিত্র ঃ ৬.৫ RC কাপলড ক্লাস-এ পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার

কার্যপ্রণালি (Operation) ঃ বেস বায়াসের কারণে সর্বদা ট্রানজিস্টরের মধ্য দিয়ে জিরো সিগন্যাল কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহিত হয়। অর্থাৎ জিরো সিগন্যালের জন্য V_{CE} এর একটি নির্দিষ্ট মানের ভোল্টেজ পাওয়া যাবে। যখন ইনপুট সিগন্যালে পজিটিভ হাফ সাইকেল প্রদান করা হয় এবং সেটি বাড়তে থাকে, তখন বেস ভোল্টেজও বৃদ্ধি পায়। ফলশ্রুতিতে কালেক্টর কারেন্ট বেড়ে যায়। এতে I_CR_C এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ড্রপ বৃদ্ধি পায়। যদি V_{CC} এর মান স্থির (Constant) হয়, তবে V_{CE} এর মান কমে যাবে। অন্য কথায় বলা যায় ইনপুট সিগন্যালের পজিটিভ হাফ সাইকেলের জন্য আউটপুট ভোল্টেজ V_{CE} নেগেটিভ দিকে বৃদ্ধি পাবে। অপরদিকে ইনপুট সিগন্যালের নেগেটিভ হাফ সাইকেলে কালেক্টর কারেন্ট কমে যাবে। ফলে I_CR_C এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ড্রপ কমে যাবে। অর্থাৎ স্থির V_{CC} এর জন্য V_{CE} এর মান বেড়ে যাবে। সুতরাং ইনপুট সিগন্যালের নেগেটিভ হাফ সাইকেলে আউটপুট ভোল্টেজ পজিটিভ দিকে বৃদ্ধি পাবে। এক্ষেত্রে কাপলিং ক্যাপাসিটর C_C ডিসি কারেন্টকে ব্লক করে শুধুমাত্র সিগন্যালকে আউটপুটে প্রদান করে।

দক্ষতা (Efficiency) ঃ

অ্যাম্প্লিফায়ার কর্তৃক সাপ্লাই হতে গৃহীত মোট ইনপুট পাওয়ার,

$P_i\,(dc) = V_{CC}\,I_{CC}$

$I_{CC} = I_C + I_1$

$I_{CC} \simeq I_C \qquad [\because I_C >> I_1]$

যখন আইডিয়াল মোডে অপারেট করে তখন,

$V_{CC} = 2V_{CE}$

$\therefore$ মোট ইনপুট পাওয়ার,

$P_i\,(dc) = 2V_{CE}I_C$

এবং এসি আউটপুট পাওয়ার,

$$P_{o\,(ac)} = V_{CE\,(p-p)}\,I_{C\,(p-p)} = \frac{V_{CE}}{\sqrt{2}} \times \frac{I_C}{\sqrt{2}}$$

$$\therefore \text{ দক্ষতা, } \eta = \frac{\text{আউটপুট পাওয়ার}}{\text{ইনপুট পাওয়ার}} \times 100$$

$$= \frac{P_o\,(ac)}{P_i\,(dc)} \times 100$$

$$= \frac{V_{CE}I_C}{2 \times 2V_{CE}I_C} \times 100 = \frac{1}{4} \times 100$$

$$= 25\ \%$$

সিঙ্গেল স্টেজ ক্লাস-এ পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার-এর সীমাবদ্ধতা ঃ

১। এটি ডাইনামিক ট্রান্সফার বৈশিষ্ট্য রেখার নন-লিনিয়ার অংশে কাজ করে বলে আউটপুট সিগন্যাল-এর ওয়েভ শেপ ইনপুট হতে পরিবর্তন হয় ফলে তাতে নন-লিনিয়ার বা অ্যাম্প্লিটিউড ডিস্টরশন হয়।

২। পাওয়ার আউটপুট অন্য অ্যাম্প্লিফায়ারের (ক্লাস-বি,সি, এবি) তুলনায় কম।

৩। কালেক্টর দক্ষতা কম প্রায় ৩৫%।

৪। আউটপুটের সাথে প্রায় ১০% হারমোনিক ডিসটরশন থাকে।

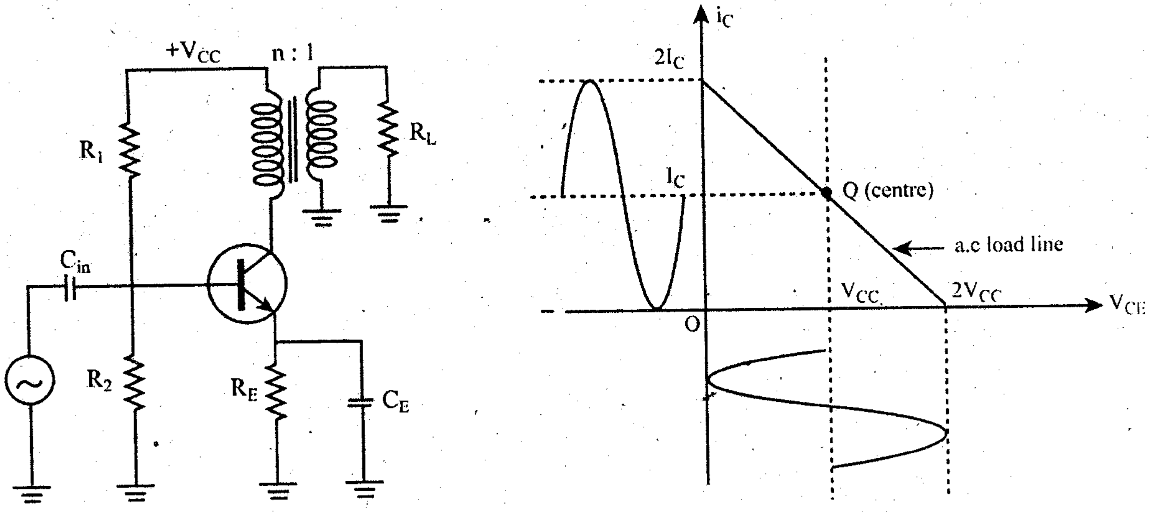
৫। রেজিস্টিভ লোডের ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ কালেক্টরের দক্ষতা (Collector efficiency) 50%।

৬.৩.২ ট্রান্সফরমার কাপলড ক্লাস-এ পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার (Transformer coupled class-A power amplifier) ঃ

ক্লাস-এ পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার সাধারণত ট্রান্সফরমার কাপলড হয়ে থাকে। R-C কাপলড স্টেজ ব্যবহার না করার মূল কারণ হলো কুইসেন্ট (Quiescent) কারেন্ট লোড রেজিস্টরের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত হওয়ায় অধিক পরিমাণ পাওয়ার নষ্ট হয়। তা ছাড়াও রেজিস্টরের আড়াআড়ির ডিসি পাওয়ার এসি পাওয়ার এর সাথে সংযোগ হয় না।

ফলে সর্বোচ্চ পাওয়ারকে অ্যাম্প্লিফায়ার হতে লোড-এ সরবরাহ করার জন্য লোড হিসেবে একটি ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয়।

কার্যপ্রণালি (Operation) ঃ ট্রান্সফরমার কাপল্ড ক্লাস 'এ' অ্যাম্প্লিফায়ার হতে সর্বোচ্চ এসি পাওয়ার আউটপুটে প্রাপ্তির জন্য জিরো সিগন্যাল কালেক্টর কারেন্টের মানকে এমনভাবে নির্ধারণ করা হয় যাতে তার মান সিগন্যাল প্রদান করা অবস্থায় সর্বোচ্চ কালেক্টর কারেন্টের সমান হয়। অর্থাৎ Q-Point-কে লোড লাইনের মাঝ বরাবর নির্ধারণ করা হয়। ফলে ইনপুট সিগন্যালের পজিটিভ হাফ সাইকেলের পিক মানে মোট কালেক্টর কারেন্ট $2I_c$ (I_c = জিরো সিগন্যাল কালেক্টর কারেন্ট) হয় এবং নেগেটিভ পিক মানে এটি শূন্য হয়। কালেক্টর লোডকে এমনভাবে নির্ধারণ করা হয়, যাতে সর্বোচ্চ কালেক্টর কারেন্টে $V_{CE} = 0$ হয়।



(i) ট্রান্সফরমার কাপলড-এ অ্যাম্প্লিফায়ার (ii) ইনপুট ও আউটপুট

চিত্র ঃ ৬.৬ ট্রান্সফরমার কাপলড ক্লাস-'এ' পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার

ইনপুট সিগন্যালের পজিটিভ হাফ সাইকেলে কালেক্টর কারেন্ট বৃদ্ধি পায়। আবার নেগেটিভ হাফ সাইকেলে কালেক্টর কারেন্টের মান কমতে থাকে। কারেন্টের এই সুইং (Swing) এর কারণে ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি হতে সেকেন্ডারিতে ভোল্টেজ ইন্ডিউসড্ হয়। যেহেতু ট্রান্সফরমার ডিসি ট্রান্সফার করে না, তাই সেটি ডিসি বায়াসকে ব্লক করে শুধুমাত্র সিগন্যালকে ট্রান্সফার করে।

দক্ষতা (Efficiency) ঃ

সিগন্যালের পজিটিভ হাফ সাইকেলের পিক (Peak) ভ্যালু পর্যন্ত মোট কালেক্টর কারেন্ট $2I_C$ এবং $V_{CE} = 0$ হয়। আবার সিগন্যালের নেগেটিভ পিক ভ্যালুতে মোট কালেক্টর কারেন্ট $I_C = 0$ এবং $V_{CE} = 2V_{CC}$ হয়।

∴ পিক-টু-পিক কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ,

$V_{CE}(p-p) = 2V_{CC}$

পিক-টু-পিক কালেক্টর কারেন্ট, $i_c(p-p) = 2I_C$

$$\Rightarrow \frac{V_{CE}(p-p)}{R'_L} = \frac{2V_{CC}}{R'_L}$$

এখানে, R'_L হলো লোড মান অথবা R_L এর reflected value

$\therefore R'_L = n^2 R_L$ $\left[\text{if, } n = \frac{N_P}{N_S}\right]$

D.C Power input, $P_{dc} = V_{CC} I_C$

$= I_C^2 R'_L$ $[\because V_{CC} = I_C R'_L]$

Max. a.c. output power, $P_{ac\,(max)} = \frac{V_{CE\,(P-P)} \times i_{C\,(P-P)}}{8} = \frac{2V_{CC} \times 2I_C}{8} = \frac{1}{2} V_{CC} I_C = \frac{1}{2} I_C^2 R'_L$

$\therefore$ Maximum collector efficiency, $\eta = \frac{P_{ac(max)}}{P_{dc}} \times 100$

$$= \frac{\frac{1}{2} \times I_C^2 R'_L}{I_C^2 R'_L} \times 100 = 50\%$$

ট্রান্সফরমার কাপলিং ব্যবহার করায় নিম্নলিখিত সুবিধা পাওয়া যায় ঃ

১। ডিসি কালেক্টর কারেন্ট লোডে প্রবাহিত না হওয়ায় ডিসি পাওয়ার লস হয় না।

২। ট্রান্সফরমারের, প্রাইমারি ওয়াইন্ডিং রেজিস্ট্যান্স নিম্নমানের হওয়ায় এতে রেজিস্ট্যান্স লোডের তুলনায় কম পাওয়ার লস হয়।

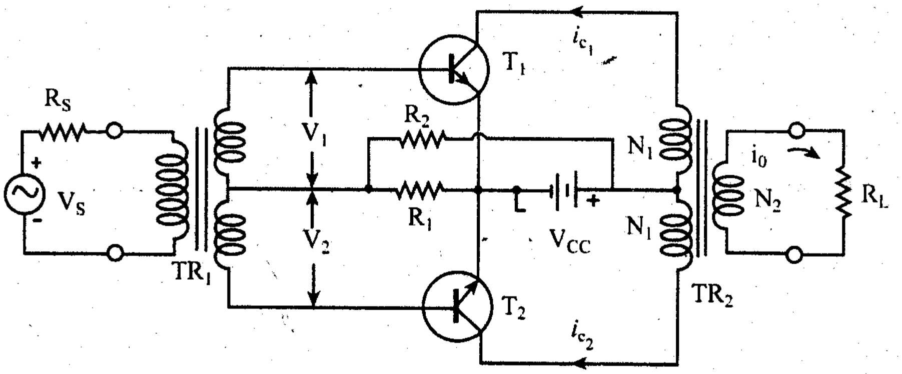
৩। আউটপুট ডিভাইসের সাথে অ্যাম্প্লিফায়ারের যথাযথ ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং করে।

৬.৪ ক্লাস-A এবং ক্লাস-B পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যাবলি এবং দক্ষতা (The operation and efficiency of class-A and class-B push-pull amplifiers) ঃ

পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ার ও নামকরণের সার্থকতা ঃ পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ার এমন একটি পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার যা উচ্চ দক্ষতা (High efficiency) এবং বেশি পাওয়ার যুক্ত আউটপুট তৈরি করে এবং ইলেকট্রনিক্স ডিভাইসে একে সর্বশেষ স্টেজ হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

এখানে দু'টি ট্রানজিস্টরকে ব্যাক টু ব্যাক সংযোগ করা হয়। ইনপুট সিগন্যালের যে কোন অর্ধসাইকেলে একটি মাত্র ট্রানজিস্টর কার্যক্ষম থাকে এবং অন্যটি কাট-অফ এ থাকে। এ ধারণার উপর ভিত্তি করে একে পুশ-পুল (Push-Pull) অ্যাম্প্লিফায়ার বলা হয়।

ক্লাস-এ পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ার (Class-A push-pull amplifier) ঃ



চিত্র ঃ ৬.৭ ক্লাস-এ পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ার

কার্যপ্রণালি ঃ এখানে পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের জন্য দু'টি NPN ট্রানজিস্টর ব্যবহার করা হয়েছে। ইনপুট সিগন্যালকে একটি সেন্টার ট্যাপড (Centre tapped) ট্রান্সফরমারের সাহায্যে দু'টি ট্রানজিস্টর T_1 এবং T_2-এর বেসে পুশ-পুল বা পরস্পর বিপরীত স্টেজে প্রয়োগ করা হয়, ফলে T_1 এর বেস ও গ্রাউন্ড-এর মধ্যবর্তী ভোল্টেজ V_1, T_2 এর বেস ও গ্রাউন্ডের মধ্যবর্তী ভোল্টেজ V_2 এর সমান এবং বিপরীত ফেজের হয়। তবে এখানে ট্রান্সফরমারের পরিবর্তে অন্য সার্কিটও ব্যবহার করা যায়, যা দু'টি ট্রানজিস্টরের জন্য প্রয়োজনীয় 180° আউট অফ ফেজের (out of phase) ভোল্টেজ তৈরি করতে পারে।

যদি $V_1 = V_m \cos\omega t$ হয়,

তবে $V_2 = V_1 = V_m \cos(\omega t + \pi)$ হবে।

যেহেতু একটি নির্দিষ্ট সময় পরে দু'টি ট্রানজিস্টরের বেসে পরস্পর বিপরীত ফেজের ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয়, সেহেতু ইনপুট সিগন্যালের যে কোন সাইকেলেই একটি মাত্র ট্রানজিস্টর কাজ করে এবং অন্যটি কাট-অফ থাকে। ফলে আউটপুট ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ওয়াইন্ডিং এর মধ্যদিয়ে পরস্পর বিপরীতমুখী কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহিত হয়। ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারিতে প্রাপ্ত মোট আউটপুট কারেন্ট (i_0) দু'টি কালেক্টর কারেন্টের বিয়োগবোধক মানের সাথে সমানুপাতিক হয়। অর্থাৎ $i_0 \propto (i_{c_1} - i_{c_2})$

ফলে দু'টি ট্রানজিস্টরের আউটপুটে বিপরীত ফেজে বিবর্ধিত দু'টি অর্ধ সাইকেল পাওয়া যায়, আউটপুট ট্রান্সফরমার উক্ত অর্ধ সাইকেলদ্বয়কে একত্রিত করে লোডে একটি পূর্ণ সাইন ওয়েভ প্রদান করে।

ক্লাস-এ পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের হারমোনিক্স বা 'ডিস্টরশন' ঃ

আমরা জানি,

পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের দু'টি ট্রানজিস্টরের কালেক্টর কারেন্ট যথাক্রমে,

$i_{c_1} = I_c + B_0 + B_1 \cos\omega t + B_2 \cos_2 \omega t + B_3 \cos_3 \omega t + b_4 \cos_4 \omega t$ .... (i)

উপরের সমীকরণের ωt কে $(\omega t + \pi)$ দ্বারা প্রতিস্থাপিত করলে অন্য ট্রানজিস্টরের কালেক্টর কারেন্ট i_{c_2} পাওয়া যায়।

$i_{c_2} = I_C + B_0 + B_1, \cos(\omega t + \pi) + B_2, \cos(2\omega t + \pi) + B_3, \cos(3\omega t + 3\pi)$

$i_{c_2} = I_C + B_0 - B_1 \cos\omega t + B_2 \cos 2\omega t - B_3 \cos 3\omega t$ .... (ii)

যেহেতু দু'টি কালেক্টর কারেন্ট পরস্পর বিপরীত হয় ফলে মোট আউটপুট কারেন্ট উক্ত কালেক্টর কারেন্টদ্বয়ের বিয়োগবোধক মানের সাথে সমানুপাতিক।

অর্থাৎ, $i_0 \propto (i_{C_1} - i_{C_2})$ ...... (iii)

$i_0 = k\,(i_{C_1} - i_{C_2})$

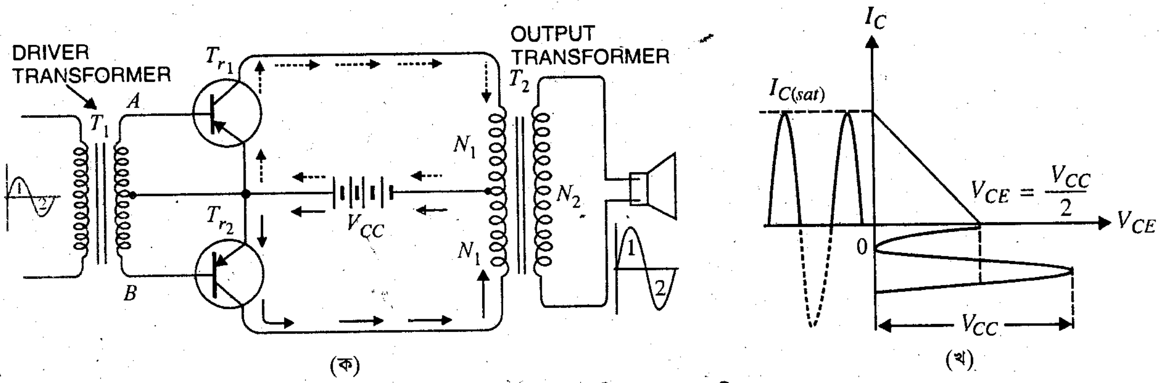
(i) ও (ii) নং সমীকরণ হতে পাই,

$i_0 = -2k\,(B_1 \cos\omega t + B_3 \cos_3\omega t + \ldots\ldots\ldots.)$ .... (iv)

(iv) নং সমীকরণ হতে দেখা যায় যে, আউটপুটে কোন জোড় (even) হারমোনিক্স থাকে না, শুধু বিজোড় (Odd) হারমোনিক্স থাকে। বিজোড় হারমোনিক্স-এর মধ্যে শুধু তৃতীয় হারমোনিক্সই আউটপুটে ডিস্টরশন তৈরি করে। পঞ্চম এবং উচ্চতর হারমোনিক্সকে অগ্রাহ্য করায় আউটপুটে তেমন কোন ডিস্টরশন তৈরি হয় না।

যদি ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরদ্বয় সাদৃশ্য (Identical) হারমোনিক্স কম হয় তবে সাদৃশ্য না হলে আউটপুটে জোড় (Even) হারমোনিক্স থাকে।

ক্লাস-বি পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ার (Class-B push-pull amplifier) ঃ



চিত্র ঃ ৬.৮ ক্লাস-বি পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ার

গঠনপ্রণালি ঃ চিত্রে একটি ক্লাস-বি পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের সার্কিট ডায়াগ্রাম দেখানো হল। এতে T_{r_2} ও T_{r_2} একই স্পেসিফিকেশনযুক্ত ট্রানজিস্টর যাদের কমন ইমিটার কানেকশনে রাখা আছে। এখানে উভয় ইমিটার কমন ও সোর্সের ধনাত্মক প্রান্তের সাথে সংযুক্ত। T_{r1} ও T_{r2} এর বেসদ্বয় ইনপুট ড্রাইভার ট্রান্সফরমার T_1 এর দুই প্রান্ত সংযুক্ত এবং কালেক্টরকে আউটপুট ট্রান্সফরমার T_2 এর দুই প্রান্তের সাথে সংযুক্ত রয়েছে। এতে ট্রানজিস্টরদ্বয় ক্রমান্বয়ে কাজ করে অর্থাৎ একটার পর একটা কাজ করে আর একই অর্ধসাইকেলে দুই ট্রানজিস্টর একই সাথে কাজ করে না।

কার্যপ্রণালি ঃ অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুটে যখন কোন সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয় না তখন আউটপুটে কোন কারেন্টও প্রবাহিত হয় না। কিন্তু যখন ইনপুট সিগন্যাল ড্রাইভার ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারিতে উপস্থিত হয় এবং এর A প্রান্তে পজিটিভ হাফ সাইকেল এবং B প্রান্তে নেগেটিভ হাফ সাইকেল হয়, তখন ট্রানজিস্টর T_{r_1} এর বেস ইমিটার জাংশনে রিভার্স ও T_{r_2} এর বেস ইমিটার জাংশনে ফরোয়ার্ড বায়াস প্রাপ্ত হয়। এই অবস্থায় T_{r_2} এর মধ্যদিয়ে সর্বোচ্চ কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহিত হয়। আবার যখন A প্রান্তে নেগেটিভ B প্রান্তে পজিটিভ হাফ সাইকেল পাওয়া যায় তখন ট্রানজিস্টর T_{r_1} ফরোয়ার্ড বায়াস ও T_{r_2} রিভার্স বায়াস প্রাপ্ত হয়। ফলে T_{r_1} এর মধ্যদিয়ে সর্বোচ্চ কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহিত হয় আর T_{r_2} কাট-অফ থাকে।

সুতরাং প্রতি হাফ সাইকেলে একটি ট্রানজিস্টর কাজ করে এবং অন্য ট্রানজিস্টরটি কাট-অফ এ থাকে এবং ইনপুট সিগন্যালের উভয় সাইকেলেই আউটপুটে বর্ধিত আকারে পাওয়া যায়।

ক্লাস-বি পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের দক্ষতা (Efficiency of Class-B push-pull amplifier) ঃ

ক্লাস-বি পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে দুটি ট্রানজিস্টরকে ক্লাস-বি মোডে অপারেট করা হয়। ক্লাস-বি অপারেশনের জন্য উভয় ট্রানজিস্টরের Q-Point-কে কাট-অফ পয়েন্টে স্থাপন করা হয়। ৬.৮(খ) নং চিত্রে Q-Point-এর অবস্থান এবং সিগন্যাল দেখানো হয়েছে। চিত্র হতে বোঝা যায় যে, এসি আউটপুট ভোল্টেজের সর্বোচ্চ মান V_{CE} এবং এসি আউটপুট কারেন্টের সর্বোচ্চ মান $I_{C(sat)}$।

∴ এসি আউটপুট ভোল্টেজের সর্বোচ্চ মান = V_{CE}

এবং এসি আউটপুট কারেন্টের সর্বোচ্চ মান = $I_{C(sat)} = \frac{V_{CE}}{R_L} = \frac{V_{CC}}{2R_L}$ $\left(\because V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2}\right)$

এসি আউটপুট পাওয়ার,

$$P_{o\,(ac)} = \frac{V_{CE}}{\sqrt{2}} \times \frac{I_{C\,(sat)}}{\sqrt{2}} = \frac{V_{CE}\,I_{C(sat)}}{2}$$

$$= \frac{V_{CC}\,I_{C(sat)}}{2 \times 2} \quad \left(\because V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2}\right)$$

$$= \frac{V_{CC} I_{C\,(sat)}}{4}$$

ডিসি ইনপুট পাওয়ার,

$$P_{i\,(dc)} = V_{CC} I_{dc} = \frac{V_{CC} I_{C\,(sat)}}{\pi}$$

$\therefore$ দক্ষতা (Efficiency), $\eta = \frac{P_{o\,(ac)}}{P_{i\,(dc)}} \times 100 = \frac{V_{CC} I_{C\,(sat)} \times \pi}{4 \times V_{CC}\, I_{C\,(sat)}} \times 100 = \frac{\pi}{4} \times 100 = 78.5\ \%$

৬.৫ কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যাবলি (The operation of complementary symmetry push-pull amplifier) ঃ

কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ার (Complementary symmetry push-pull amplifier) ঃ

সাধারণত পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের দু'টি অসুবিধা হল ঃ

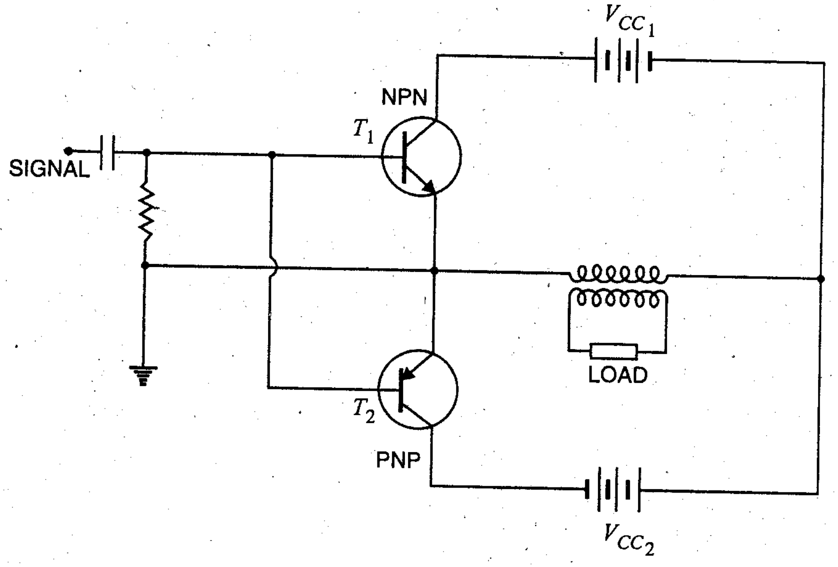
(i) এতে একটি বড় ও দামি আউটপুট ট্রান্সফরমার দরকার হয়।

(ii) এতে দু'টি সমান কিন্তু বিপরীত ইনপুট সিগন্যাল প্রয়োজন হয় বলে ইনপুট সার্কিটে একটি সেন্টার ট্যাপড ট্রান্সফরমার ব্যবহার করতে হয়। ফলে ইনপুট সার্কিট জটিল হয়।

কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট এ ধরনের অসুবিধা দূর করে পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ার হিসেবে কাজ করে। এখানে 'কমপ্লিমেন্টারি' শব্দটি সার্কিটে দু'টি প্রতিরূপ ট্রানজিস্টরের ব্যবহার (যার একটি PNP এবং অপরটি NPN) বুঝায়, উভয় ট্রানজিস্টরেরই, একইরূপ ইনপুট ও আউটপুট বৈশিষ্ট্য থাকে। আর 'সিমেট্রি' শব্দটি ব্যবহার করে উভয়ের বায়াসিং রেজিস্টরের মান সমান বুঝানো হয়।

এখানে আরো লক্ষণীয় যে, ইনপুট সিগন্যাল ক্যাপাসিটিভ কাপলিং করা থাকে এবং আউটপুট সিগন্যাল ট্রান্সফরমার বা ডাইরেক্ট কাপল করা থাকে।

এক স্টেজ পুশ-পুল কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি সার্কিট ঃ



চিত্র ঃ ৬.৯ এক স্টেজ পুশ-পুল কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি সার্কিট

বর্ণনা ঃ চিত্রে ইনপুট ট্রান্সফরমারবিহীন এক স্টেজ বিশিষ্ট পুশ-পুল কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি সার্কিট দেখানো হলো। এখানে ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরদ্বয় কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি অর্থাৎ এদের সাদৃশ্য বৈশিষ্ট্য বিদ্যমান একটি NPN এবং অন্যটি PNP। এ ধরনের অ্যাম্প্লিফায়ারকে ক্লাস-'বি' তে বায়াসিং করা থাকে। উভয় ট্রানজিস্টরের ইনপুটে একই প্রকার সিগন্যাল উপস্থিত হওয়ার ফলে একটি ট্রানজিস্টর যখন অপারেটিং অবস্থায় থাকে তখন অন্যটি কাট-অফে থাকে। ফলে আউটপুট থেকে বিবর্ধিত আকারের দুটি অর্ধসাইকেল পাওয়া যায় এবং ট্রান্সফরমারের আউটপুট হতে বিবর্ধিত পূর্ণ সাইকেল পাওয়া যায়।

এখানে ইম্পিড্যান্স ম্যাচিং (Impedance matching)-এর জন্য আউটপুট ট্রান্সফরমারটি ব্যবহার করা হয়েছে, তবে যথাযথ ইলেকট্রনিক সার্কিট ব্যবহার করেও আউটপুট ট্রান্সফরমারের প্রয়োজনীয়তা দূর করা যায়।

পুশ-পুল কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি সার্কিটের অসুবিধা ঃ

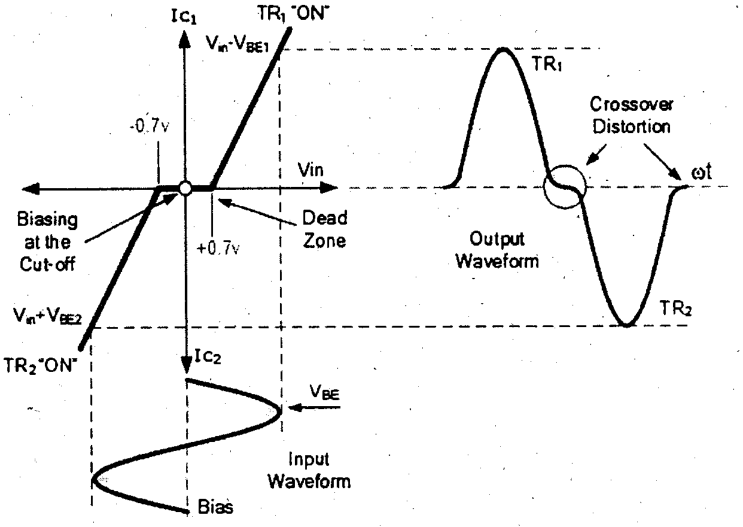
১। কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি সার্কিটে ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরদ্বয়ের বৈশিষ্ট্য পুরোপুরি সাদৃশ্য নয় বলে আউটপুটে তৈরি জোড় (Even) হারমোনিক্স পুরোপুরি দূর হয় না। ফলে আউটপুটে ডিস্টরশন (Distortion) তৈরি হবে।

২। দু'টি ট্রানজিস্টরের কালেক্টরের জন্য আলাদা-আলাদা পাওয়ার সরবরাহ করতে হয়।

৩। এ প্রকার সার্কিটে ব্যবহৃত পাওয়ার সরবরাহ সোর্স গ্রাউন্ডের সাপেক্ষে ফ্লোটিং (Floating) অবস্থায় থাকে অর্থাৎ এর কোন প্রান্তই গ্রাউন্ডের সাথে সংযুক্ত থাকে না।

ক্রস ওভার ডিস্টরশন এবং ক্লাস-এবি অ্যাম্প্লিফায়ার (Cross over distortion and class-AB amplifier) ঃ

ক্রস ওভার ডিস্টরশন (Cross over distortion) ঃ ক্লাস 'বি' পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারে ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরদ্বয় কাট-অফ রিজিয়নে বায়াস করা থাকে। এর অর্থ হলো যে, যখন ডিসি বায়াস ভোল্টেজ শূন্য, তখন একটি ট্রানজিস্টর কন্ডাকশনে যাওয়ার পূর্বে ইনপুট সিগন্যাল ভোল্টেজকে অবশ্যই ক্যারিয়ার ভোল্টেজ অতিক্রম করতে হবে। অন্যভাবে বলা যায়, একটি ট্রানজিস্টর কন্ডাকশনে যাবে না যতক্ষণ ইনপুট ভোল্টেজ সিলিকনের ক্ষেত্রে 0.7V এবং জার্মেনিয়ামের ক্ষেত্রে 0.3V-এ না পৌছায়। এ কারণে ইনপুট সিগন্যালের পজিটিভ ও নেগেটিভ অল্টারনেশনের মধ্যে একটি বিরতির সৃষ্টি হয় যখন কোন ট্রানজিস্টর কাজ করে না। একে ক্রস ওভার ডিস্টরশন বলে। একে নিম্নের চিত্রে দেখানো হলো ঃ



চিত্র ঃ ৬.১০ ক্রস ওভার ডিস্টরশন

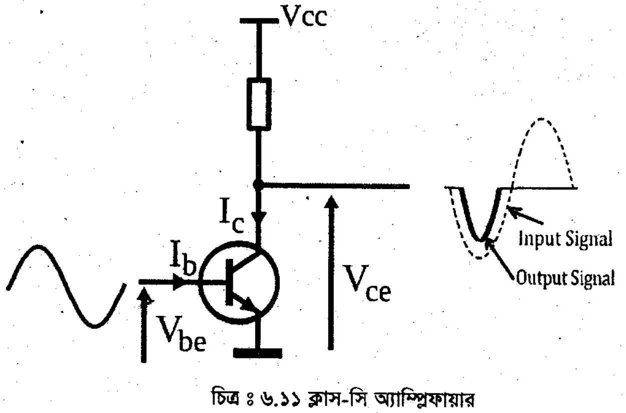
খুব সহজ কথায়, কাজের সময় দেখা যায় যে, ২য় ট্রানজিস্টর কাজ করতে শুরু করার পূর্বেই ১ম ট্রানজিস্টর কাট-অফে পৌছায় এবং ২য় ট্রানজিস্টরটি একটি নির্দিষ্ট বিরতির পর কন্ডাকশনে যায়, ফলে ক্রস ওভার ডিস্টরশন তৈরি হয়। ইনপুট বৈশিষ্ট্যের নন-লিনিয়ারিটির জন্য এটি সৃষ্টি হয়।

ক্লাস-'এবি' অপারেশনে ক্রস ওভার ডিস্টরশন কম হয়। এ ক্রস ওভার ডিস্টরশন দূর করতে হলে উভয় ট্রানজিস্টরের বেস ইমিটার জাংশনের ফরোয়ার্ড বায়াস (সিলিকনের ক্ষেত্রে 0.7V এবং জার্মেনিয়ামের ক্ষেত্রে 0.3V) সামান্য বৃদ্ধি করে রাখতে হয়। এর ফলে ইনপুট সিগন্যাল প্রয়োগ করার সঙ্গে সঙ্গে ট্রানজিস্টর কন্ডাক্ট করবে, এ সামান্য ফরোয়ার্ড বায়াস Q পয়েন্টকে কাট-অফ বিন্দু থেকে উপরে স্থানান্তরিত করে। তাতে প্রত্যেকটি ট্রানজিস্টর হাফ সাইকেল অপেক্ষা বেশি সময় অপারেট হয় এবং এটিই ক্লাস-AB অপারেশন।

৬.৬ ক্লাস-সি অ্যাম্প্লিফায়ারের দক্ষতা, ডিস্টরশন এবং কার্যাবলি (The operation, efficiency and distortion of class-C amplifier) ঃ

ক্লাস-সি অ্যাম্প্লিফায়ার (Class-C amplifier) ঃ

এ অ্যাম্প্লিফায়ারে ইনপুট সিগন্যাল প্রয়োগ করার পর যতক্ষণ পর্যন্ত এটি বেসের ফরোয়ার্ড বায়াসের সমান না হয় ততক্ষণ পর্যন্ত ট্রানজিস্টর কন্ডাক্ট করে না। এজন্য ট্রানজিস্টরটি 180° এর কম সময় কাজ করে এবং ইনপুট সিগন্যালের অর্ধসাইকেলের কম সময় কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহিত হয়। পাশের চিত্রের ক্লাস-'সি' অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট এবং এর ইনপুট ও আউটপুট দেখানো হলো ঃ



চিত্র ঃ ৬.১১ ক্লাস-সি অ্যাম্প্লিফায়ার

এ অ্যাম্প্লিফায়ারের ট্রানজিস্টরটি কাট-অফ বিন্দুর কাছাকাছি বায়াস করা হয় বলে আউটপুট কারেন্ট ইনপুট সিগন্যালের কেবলমাত্র পজিটিভ হাফ-সাইকেলের কিছু অংশের জন্য প্রবাহিত হয়। ইনপুট সিগন্যালের নেগেটিভ হাফ-সাইকেলে কোন আউটপুট কারেন্ট পাওয়া যায় না। আউটপুট সিগন্যালটি ইনপুট সিগন্যাল হতে ভিন্ন রূপ হয়।

দক্ষতা (Efficiency) ঃ যখন ইনপুটে কোন সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয় তখন কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ V_{cc} এর সমান। অর্থাৎ $V_{CE} = V_{CC}$

যদি আউটপুট ভোল্টেজের একটি পিক ভ্যালু V_{CC} হয়, তাহলে প্রাপ্য সর্বোচ্চ এসি আউটপুট,

$$P_{0(max)} = \frac{V_{rms}}{R_{ac}} \qquad [R_{ac} = \text{এসি লোড}]$$

$$= \sqrt{\frac{V_{CC}^2}{2}} \times \frac{1}{R_{ac}} \qquad [\because V_{rms} = \sqrt{\frac{V_{cc}^2}{2}}]$$

$$= \frac{V_{cc}}{\sqrt{2}R_{ac}}$$

এখন, ডিসি ইনপুট পাওয়ার, $P_{dc} = P_{0(max)} + P_D$ $[P_D = \text{Distortion power}]$

$\therefore$ সর্বোচ্চ কালেক্টর দক্ষতা, $\eta = \frac{P_{0(max)}}{P_{0(max)} + P_D} \times 100$

ডিস্টরশন (Distortion) ঃ ক্লাস-সি অ্যাম্প্লিফায়ারে কার্যকরী বিন্দু কাট-অফ রিজিয়নে নির্বাচন করা হয়। ইনপুট সিগন্যাল ট্রানজিস্টরের বেসের ফরোয়ার্ড বায়াসের সমান না হলে ট্রানজিস্টর কন্ডাকশনে যায় না। ফলে দু'টি সিগন্যালের মধ্যে একটি বিরতির সৃষ্টি হয়, এই সময়ে ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরটি কাজ করে না। এটিই ক্লাস-সি (Class-C) অ্যাম্প্লিফায়ারের ডিস্টরশন (Distortion)।

৬.৭ বিভিন্ন প্রকার টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স এবং কার্যাবলি (The operation and frequency response of various tuned amplifier) ঃ

যে সকল অ্যাম্প্লিফায়ার দ্বারা নির্দিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সি অথবা সরু (Narrow) ব্যান্ড ফ্রিকুয়েন্সিকে বর্ধিত করা হয়, সে সকল অ্যাম্প্লিফায়ারকে টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার বলে। বিভিন্ন ধরনের টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার রয়েছে। যেমন–

১। স্মল সিগন্যাল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার (Small signal tuned amplifier)
২। লার্জ সিগন্যাল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার (Large signal tuned amplifier)

স্মল সিগন্যাল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারকে আবার তিন ভাগে ভাগ করা হয়েছে। যথা ঃ

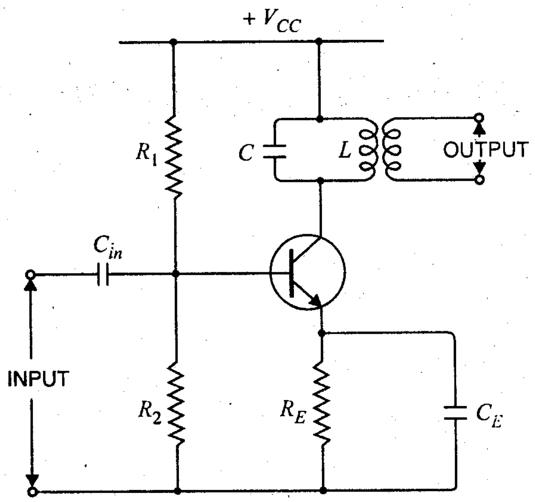
(ক) সিঙ্গেল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার (Single tuned amplifier)
(খ) ডাবল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার (Double tuned amplifier)
(গ) স্টাগার টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার (Stagger tuned amplifier)

কাপলিং এর উপর ভিত্তি করে টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার আবার দুই প্রকার। যথা ঃ

১। সিঙ্গেল টিউনড ক্যাপাসিটর কাপল অ্যাম্প্লিফায়ার (Single tuned capacitor couple amplifier)

২। সিঙ্গেল টিউনড ইন্ডাক্টর কাপল অ্যাম্প্লিফায়ার (Single tuned inductor couple amplifier)।

সিঙ্গেল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার (Single tuned amplifier) ঃ সিঙ্গেল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার একটি ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার, যাতে কালেক্টর লোড হিসেবে একটি প্যারালাল (Parallel) টিউনড সার্কিট রয়েছে। টিউনড সার্কিটের ক্যাপাসিট্যান্স (C) ও ইন্ডাকট্যান্স (L) এর মান এমনভাবে নির্ধারণ করা হয় যেন এতে উৎপন্ন রেজোন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সি আর অ্যাম্প্লিফাই করার জন্য নির্বাচিত ফ্রিকুয়েন্সির সমান হয়। চিত্র ৬.১২ নং এ সিংগেল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার দেখানো হল।



চিত্র ঃ ৬.১২ সিঙ্গেল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার

যে সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি (Frequency)-কে অ্যাম্প্লিফাই করতে হবে তা সিঙ্গেল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুটে প্রয়োগ করা হয়। প্যারালাল টিউনড সার্কিটে ক্যাপাসিট্যান্স-এর মান পরিবর্তন করে ইনপুটে প্রয়োগকৃত সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সির সমান রেজোন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সি তৈরি করে। এমন অবস্থায় সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সিতে টিউনড সার্কিটে খুব উচ্চ ইম্পিড্যান্স দেখাবে এবং সেটির আড়াআড়িতে নির্দিষ্ট মানের লার্জ আউটপুট পাওয়া যাবে। যদি ইনপুট সিগন্যাল বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সির মিশ্রণ হয় তবে টিউনড সার্কিট রেজোন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সির সমান ফ্রিকুয়েন্সিকে অ্যাম্প্লিফাই করবে। আর অন্যান্য ফ্রিকুয়েন্সি টিউনড সার্কিট দ্বারা বাতিল (Rejected) হয়।

সিঙ্গেল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স (Frequency response of single tuned amplifier) ঃ ইতিপূর্বে জেনেছি যে, একটি ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন তার কারেন্ট গেইন (β), ইনপুট রেজিস্ট্যান্স (R_i) ও এসি লোড রেজিস্ট্যান্সের (R_{ac}) উপর নির্ভর করে।

∴ ভোল্টেজ গেইন, $A_v = \beta \times \frac{r_L}{r_i}$ .... (i)

এখানে, r_L = টিউনড সার্কিটের এসি লোড রেজিস্ট্যান্স

$$r_L = z_P = \frac{L}{CR}$$

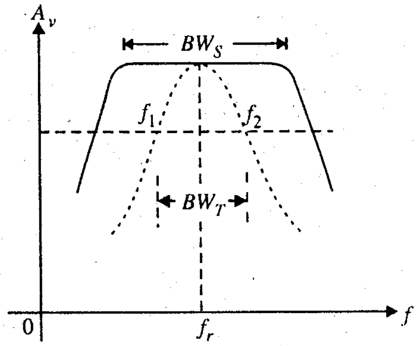
এখানে, C = ক্যাপাসিট্যান্সের মান,

A = ইন্ডাকট্যান্সের মান,

এবং R = ইন্ডাকটরের কার্যকরী রেজিস্ট্যান্সের মান।

(i) নং সমীকরণ হতে,

$A_v = \beta \times \frac{L/CR}{R_i}$ .... (ii)



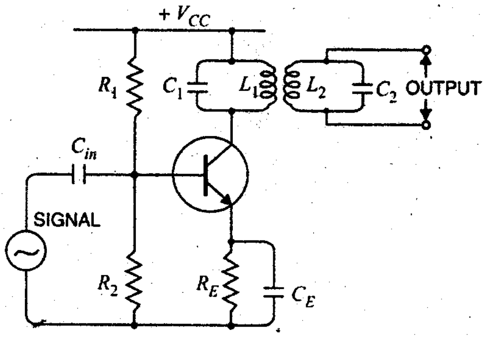
চিত্র ঃ ৬.১৩ সিঙ্গেল টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স

রেজোন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সিতে টিউনড সার্কিটের ইম্পিড্যান্স $\frac{L}{CR}$ এর মান খুব উচ্চ। উৎপন্ন ফ্রিকুয়েন্সি রেজোন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সি অপেক্ষা বেশি বা কম হলে ভোল্টেজ গেইন হ্রাস পায়। সুতরাং টিউনড ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন রেজোন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সির উপরে বা নিচে গেলে উক্ত ভোল্টেজ গেইন হ্রাস পায়। অর্থাৎ টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের ব্যান্ড উইডথ অনেক সরু হয়। চিত্রে BW_S দ্বারা আদর্শ ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স এর ব্যান্ড উইডথ এবং BW_T দ্বারা টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের ব্যান্ড উইডথ দেখানো হয়েছে।

ডাবল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার (Double tuned Amplifier) :

চিত্র ৬.১৪-এ একটি ডাবল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের সার্কিট ডায়াগ্রাম দেখানো হল। এটি একটি ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার ও দু'টি টিউনড সার্কিট নিয়ে গঠিত। একটি টিউন্ড সার্কিট L_1 C_1 কালেক্টর এর সাথে যুক্ত, অন্যটি L_2 C_2 যা থেকে আউটপুট নেয়া হয়।

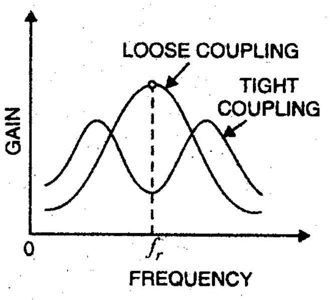
যে ইনপুট সিগন্যালকে হাই-ফ্রিকুয়েন্সি সিগন্যালে বর্ধিত করতে হবে তা ইনপুট ক্যাপাসিটর (C_{in}) এর মাধ্যমে অ্যাম্প্লিফায়ারে প্রয়োগ করা হয়। L_1 C_1 টিউনড সার্কিটের রেজোন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সিকে L_1 ও C_1 এর পরিবর্তনের মাধ্যমে ইনপুট সিগন্যালের সমান (Equal) করা হয়। এই অবস্থায় টিউনড সার্কিট ইনপুট সিগন্যালকে ইম্পিড্যান্স প্রদান করে। ফলে L_1C_1 টিউনড সার্কিটের আড়াআড়িতে বৃহৎ আউটপুট পাওয়া যায়, যা অপর টিউনড সার্কিট L_2 C_2 তে Mutual induction ক্রিয়ার ফলে প্রবাহিত হয় এবং তা থেকে আউটপুট নেয়া হয়।



চিত্র ঃ ৬.১৪ ডাবল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের সার্কিট ডায়াগ্রাম

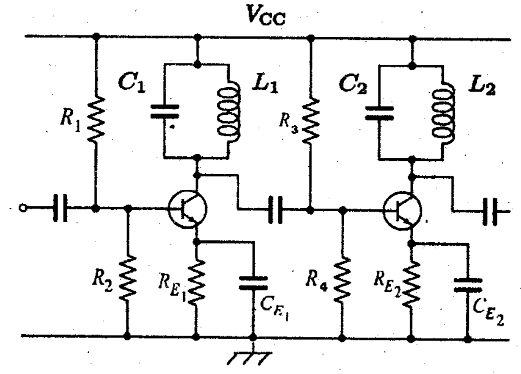
ডাবল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স (Frequency response of double tuned amplifier) : ডাবল টিউনড সার্কিটের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স নির্ভর করে কাপলিং কো-ইফিসিয়েন্ট বা কাপলিং এর পরিমাণ (Degree) এর উপর।

চিত্রে ডাবল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ দেখানো হল। এতে দু'টি অবস্থা রয়েছে। একটি লুজ (Loose) কাপলিং অন্যটি টাইট (Tight) কাপলিং। সার্কিটে L_1 ও L_2 কাপলিং থাকে। কালেক্টর প্রবাহে L_1 এ ফ্লাক্স উৎপন্ন হলে তা L_2 তে আবেশিত হয়। কিন্তু যখন L_1 ও L_2 এর মধ্যবর্তী দূরত্ব বেশি হয়, তখন উৎপন্ন ফ্লাক্স L_2 তে আবেশিত হয় না। এটি হল লুজ কাপলিং। এই অবস্থায় লোড থেকে কম মানের রেজিস্ট্যান্স প্রতিফলিত (Reflected) হয়। এতে রেজোন্যান্স কার্ভ ধারালো (Sharp) এবং সার্কিট Q (Quality factor) উচ্চ হয়। আবার প্রাইমারি কয়েল L_1 ও সেকেন্ডারি কয়েল L_2 খুব কাছাকাছি (Close) থাকে। সহজে ফ্লাক্স আবেশিত হয়। তখন উক্ত অবস্থাকে টাইট (Tight) কাপলিং বলে। এই অবস্থায় প্রতিফলিত রেজিস্ট্যান্স বৃহৎ (Large) এবং সার্কিটে Q লো হয়। সর্বোচ্চ গেইনের দু'টি অবস্থান রয়েছে যার একটি রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি থেকে উপরে অন্যটি নিচে রয়েছে।



চিত্র ঃ ৬.১৫ ডাবল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ

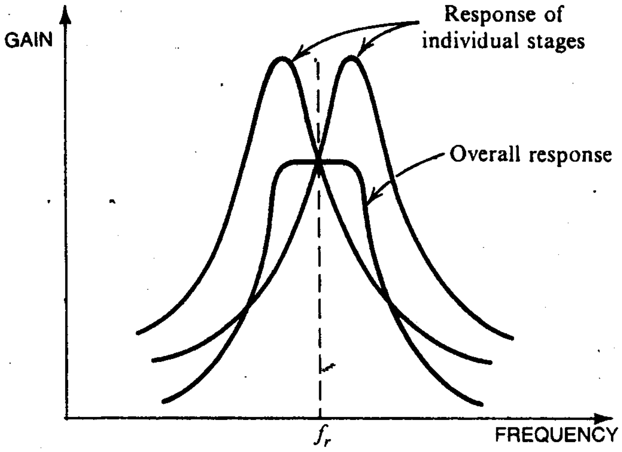
স্ট্যাগার টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার (Stagger tuned amplifier) :



চিত্র ঃ ৬.১৬ দুই স্টেজ বিশিষ্ট স্ট্যাগার টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট

চিত্রে দুই স্টেজ বিশিষ্ট স্ট্যাগার টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার দেখানো হল। দুই বা ততোধিক সিনক্রোনাস টিউনড সার্কিট যদি ক্যাসকেড করা হয় তবে সামগ্রিক (Overall) ব্যান্ড উইডথ হ্রাস পায়। যদিও ক্যাসকেডকৃত বিভিন্ন টিউনড সার্কিটের টিউনড ফ্রিকুয়েন্সি সামান্য ভিন্ন হয় তথাপি ফ্লাট পাস-ব্যান্ড এর সাহায্যে ব্যান্ড উইডথ বৃদ্ধি করা সম্ভব হয়। এ কৌশলকে স্টাগার টিউনিং (Stagger tunning) বলা হয়। চিত্রে প্রদর্শিত সার্কিটের L_1 C_1 ও L_2 C_2 টিউনড সার্কিটদ্বয়কে সামান্য ভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সিতে রেজোন্যান্ট করে এ সার্কিটে স্ট্যাগার টিউনিং করা হয়।

স্ট্যাগার টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স (Frequency response of stagger funed amplifier) ঃ



চিত্র ঃ ৬.১৭ স্ট্যাগার টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ

৬.১৭ নং চিত্রে স্ট্যাগার টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ দেখানো হল। এতে 'a' কার্ভটি L_1 C_1 টিউনড সার্কিটের ভোল্টেজ গেইন ও রেসপন্স কার্ভ নির্দেশ করে। এই কার্ভটি L_1 C_1 ও L_2 C_2 টিউনড সার্কিটের সম্মিলিত রেসপন্স নির্দেশ করে। এ কার্ভ হতে বুঝায় যে, এ অ্যাম্প্লিফায়ারের বড় ব্যান্ড উইডথ ফ্লাট পাস ব্যান্ড আছে।

৬.৮ বিভিন্ন প্রকার পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার এর সুবিধা-অসুবিধা এবং প্রয়োগ (The advantages, disadvantages and application of the various types power amplifier) ঃ

ক্লাস-'এ' অ্যাম্প্লিফায়ার (Class-A amplifier) ঃ

সুবিধা (Advantages) ঃ

১। হারমোনিক ডিস্টরশন কম।

২। সরবরাহ ভোল্টেজটি ভালো রেগুলেশনের না হলেও চলে।

৩। সেলফ বায়াস করা যায়।

৪। ক্রস ওভার ডিস্টরশন কম।

অসুবিধা (Disadvantages) ঃ

১। আউটপুট পাওয়ার কম।

২। দক্ষতা কম (২৫%–৩৫%)।

৩। সিগন্যালবিহীন অবস্থায় বেশি পাওয়ার লস হয়।

ব্যবহার (Uses) ঃ ক্লাস-'এ' অ্যাম্প্লিফায়ার বিশ্বস্তরূপে অডিও ফ্রিকুয়েন্সি, রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি এবং ভিডিও ফ্রিকুয়েন্সির ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারে ব্যবহার করা হয়।

ক্লাস 'বি' অ্যাম্প্লিফায়ার (Class-B amplifier) ঃ

সুবিধা (Advantages) ঃ

১। আউটপুট পাওয়ার বেশি।

২। দক্ষতা বেশি (৫০%–৬০%)।

৩। এতে 180° ফেজ পার্থক্য থাকে বলে তেমন ডিস্টরশন হয় না।

অসুবিধা (Disadvantages) ঃ

১। হারমোনিক ডিস্টরশন বেশি।

২। সেলফ বায়াস ব্যবহার করা যায় না।

৩। সরবরাহ ভোল্টেজের রেগুলেশন ভালো হতে হয়।

ব্যবহার (Uses) ঃ

এটি রেডিও, রিসিভারে, রেকর্ড প্লেয়ারে এবং বহনযোগ্য অডিও সিস্টেমে পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

ক্লাস 'সি' অ্যাম্প্লিফায়ার (Class-C amplifier) ঃ

সুবিধা (Advantages) ঃ

১। আউটপুট পাওয়ার বেশি।

২। দক্ষতা বেশি।

অসুবিধা (Disadvantage) ঃ

১। ডিস্টরশন বেশি হয়।

ব্যবহার (Uses) ঃ অসিলেটর এবং রেডিও ট্রান্সমিটারে টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের সুবিধা ও অসুবিধা ঃ

সুবিধা (Advantages) ঃ

১। আউটপুটে কোন প্রকার জোড় (Even) হারমোনিক থাকে না, যদি পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ার তৈরিতে ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরদ্বয় পুরোপুরি সাদৃশ্য হয়।

২। যেহেতু আউটপুটে কোন প্রকার জোড় (Even) হারমোনিক থাকে না সেহেতু সামান্য ডিস্টরশন (Distortion)-সহ প্রতি ট্রানজিস্টর হতে অধিক পরিমাণ পাওয়ার আউটপুটে পাওয়া যায়।

৩। দু'টি ট্রানজিস্টরের কালেক্টর কারেন্টের ডিসি (DC) কম্পোনেন্ট আউটপুট ট্রান্সফরমারে একে অপরকে বাধা (Oppose) প্রদান করে, ফলে ট্রান্সফরমারের কোরটি কখনই সম্পৃক্ত (Saturated) হয় না এবং নন-লিনিয়ার ডিস্টরশন কম হয়।

৪। ট্রান্সফরমারে দু'টি ট্রানজিস্টরের কারেন্ট পরস্পর বিপরীত হওয়াতে পাওয়ার সাপ্লাই-এর রিপল (Ripple) ভোল্টেজের কোন প্রভাব থাকে না।

৫। দক্ষতা (Efficiency) 75% হয়।

অসুবিধা (Disadvantages) ঃ

১। দু'টি সাদৃশ্য ট্রানজিস্টরের দরকার হয়।

২। দু'টি ট্রানজিস্টরের বেসের জন্য সমান ও বিপরীত পোলারিটি ভোল্টেজ তৈরি করার জন্য ড্রাইভার স্টেজ দরকার।

৩। ড্রাইভার স্টেজ হিসেবে ট্রান্সফরমার ব্যবহার করার ফলে এর ওজন ও খরচ বেশি হয়।

৪। অধিক ডিস্টরশন হয়।

হিট সিঙ্ক (Heat Sink) এবং এর প্রয়োজনীয়তা ঃ

পাওয়ার ট্রানজিস্টরে খুব বেশি মানের কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহিত হয় এবং কার্যক্ষম অবস্থায় এটি ক্রমান্বয়ে উত্তপ্ত হতে থাকে।

যেহেতু ট্রানজিস্টর একটি তাপমাত্রা নির্ভর (Temperature dependent) ডিভাইস সেহেতু তাপমাত্রাকে গ্রহণযোগ্য মানের মধ্যে রাখার জন্য উৎপন্ন তাপকে ট্রানজিস্টর হতে আশেপাশে ছড়িয়ে দিতে হয়। এর জন্য সাধারণত ট্রানজিস্টরকে অ্যালুমিনিয়ামের পাতের উপর বসানো হয়, ফলে অতিরিক্ত তাপ অ্যালুমিনিয়াম পাতের মাধ্যমে বাতাসে ছড়িয়ে যায়।

যে সব ধাতবপাত পাওয়ার ট্রানজিস্টর থেকে অতিরিক্ত তাপকে গ্রহণ করে, তাকে হিট সিঙ্ক (Heat sink) বলা হয়।

ট্রানজিস্টরের মধ্যে উৎপন্ন তাপের অধিকাংশই তৈরি হয় এর কালেক্টর জাংশনে। হিট সিঙ্ক স্বভাব এ তাপ শোষণ করার ক্ষেত্র বৃদ্ধি করে, যা সহজেই কালেক্টর জাংশন হতে তাপ শোষণ করে। ফলে ট্রানজিস্টরের মধ্যে উৎপন্ন তাপ কমে যায়। তবে বর্তমানে পাওয়ার ট্রানজিস্টরকে চেসিস (Chassis) এর থারমাল কন্টাক্ট (Thermal contact) এর সাথে সংযোগ করা হয়। যেহেতু চেসিসটি তাপ পরিবহনকারী পদার্থ দ্বারা তৈরি সেহেতু সমস্ত চেসিসটি হিট সিঙ্ক হিসেবে কাজ করে।

● সমস্যা ও সমাধান (Problem and Solution) ঃ

উদাহরণ-৬.১। যদি একটি ক্লাস-'এ' অপারেটেড পাওয়ার ট্রানজিস্টরের সিগন্যালবিহীন পাওয়ার খরচ 10 ওয়াট এবং এসি পাওয়ার আউটপুট 4 ওয়াট হয়, তবে—

(i) কালেক্টর দক্ষতা নির্ণয় কর।

(ii) ট্রানজিস্টরের পাওয়ার রেটিং কত হবে?

সমাধান ঃ সিগন্যালবিহীন অবস্থায় পাওয়ার খরচ, $P_{dc} = 10$ W

এসি পাওয়ার আউটপুট, $P_o = 4$ W

(i) কালেক্টর দক্ষতা $= \frac{P_o}{P_{dc}} \times 100$

$= \frac{4}{10} \times 100 = 40\%$ **(উত্তর)**

(ii) সিগন্যাল শূন্য অবস্থায় একটি ট্রানজিস্টরে সর্বোচ্চ পাওয়ার খরচ হয়।

$\therefore$ ট্রানজিস্টরের পাওয়ার রেটিং = 10 W

অর্থাৎ ধ্বংস হওয়ার থেকে এড়াতে অবশ্যই একটি ট্রানজিস্টরের পাওয়ার রেটিং 10 W হওয়া প্রয়োজন। **(উত্তর)**

উদাহরণ-৬.২। ক্লাস-'এ' অ্যাম্প্লিফায়ারে লোড হিসেবে একটি ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয়েছে। যদি ট্রান্সফরমারের টার্ন রেশিও 10 এবং সেকেন্ডারি লোড 100Ω বিশিষ্ট হয় তাহলে সর্বোচ্চ এসি পাওয়ার আউটপুট নির্ণয় কর। দেওয়া আছে শূন্য সিগন্যালে কালেক্টর কারেন্ট 100 mA।

সমাধান ঃ সেকেন্ডারি লোড, $R_L = 100\ \Omega$

ট্রান্সফরমার টার্ন রেশিও, $n = 10$

শূন্য সিগন্যালে কালেক্টর কারেন্ট, $I_c = 100$ mA

ট্রান্সফরমারের প্রাইমারিতে ব্যবহৃত লোড,

$R'_L = n^2 R_L = (10)^2 \times 100 = 10{,}000\ \Omega$

$\therefore$ সর্বোচ্চ এসি পাওয়ার আউটপুট

$= \frac{1}{2} I_c^2 R_L = \frac{1}{2}\left(\frac{100}{1000}\right)^2 \times 10{,}000\Omega = 50$ W **(উত্তর)**

উদাহরণ-৬.৩। একটি ক্লাস-'এ' পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের শূন্য সিগন্যাল কালেক্টর কারেন্ট 50 mA. যদি কালেক্টর সাপ্লাই ভোল্টেজ 5V হয়, তবে (i) সর্বোচ্চ এসি পাওয়ার আউটপুট (ii) ট্রানজিস্টরের পাওয়ার রেটিং (iii) সর্বোচ্চ কালেক্টর দক্ষতা নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ

(i) সর্বোচ্চ এ.সি পাওয়ার আউটপুট, $P_{ac\,(max)} = \frac{V_{cc}I_c}{2}$

$= \frac{(5V) \times (50mA)}{2}$

$= 125$ mW

(ii) ডিসি ইনপুট পাওয়ার, $P_{dc} = V_{cc}I_c$

$= 5V \times 50mA$

$= 250$ mW

মনে করি, শূন্য সিগন্যাল কন্ডিশনে সর্বোচ্চ পাওয়ার খরচ হয়

$\therefore$ ট্রানজিস্টরের পাওয়ার রেটিং = 250 mW **(উত্তর)**

(iii) সর্বোচ্চ কালেক্টর দক্ষতা, $\eta = \frac{P_{ac}\,(max)}{P_{dc}} \times 100$

$= \frac{125mW}{250mW} \times 100$

$= 50\%$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৬.৪। একটি ক্লাস-এ পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ভোল্টেজ ও কারেন্টের মান 10 mV ও 0.5 mA এবং আউটপুট ভোল্টেজ ও কারেন্টের মান 1V ও 10mA হলে এর ভোল্টেজ গেইন, কারেন্ট গেইন ও পাওয়ার গেইন কত?

সমাধান: দেওয়া আছে,

ইনপুট ভোল্টেজ $= 10\ mV = 10 \times 10^{-3} V$

ইনপুট কারেন্ট $= 0.5\ mA = 0.5 \times 10^{-3} A$

আউটপুট ভোল্টেজ $= 1V$

আউটপুট কারেন্ট $= 10\ mA$

$= 10 \times 10^{-3} A$

আমরা জানি,

$$\therefore \text{ভোল্টেজ গেইন} = \frac{\text{আউটপুট ভোল্টেজ}}{\text{ইনপুট ভোল্টেজ}}$$

$$= \frac{1}{10 \times 10^{-3}} = 100$$ **(উত্তর)**

$$\therefore \text{কারেন্ট গেইন} = \frac{\text{আউটপুট কারেন্ট}}{\text{ইনপুট কারেন্ট}}$$

$$= \frac{10 \times 10^{-3}}{0.5 \times 10^{-3}}$$

$= 20$ **(উত্তর)**

$\therefore$ পাওয়ার গেইন = ভোল্টেজ গেইন × কারেন্ট গেইন

$= 100 \times 20$

$= 2000$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৬.৫। একটি স্টেজ বিশিষ্ট ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের কালেক্টর লোড, $R_c = 2\ k\Omega$ এবং ইনপুট রোধ, $R_i = 1k\Omega$, যদি কারেন্ট গেইন 50 হয়, তবে ভোল্টেজ গেইন কত?

সমাধান: দেওয়া আছে, এক স্টেজ বিশিষ্ট ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে

কালেক্টর লোড, $R_c = 2\ k\Omega = 2000\Omega$

ইনপুট রেজিস্ট্যান্স, $R_i = 1k\Omega = 1000\Omega$ এবং কারেন্ট গেইন, $\beta = 50$

$$\therefore \text{ভোল্টেজ গেইন, } A_v = \beta \frac{R_c}{R_i} = 50 \times \frac{2000}{1000} = 100$$

উদাহরণ-৬.৬। টু স্টেজ বিশিষ্ট ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের কালেক্টর লোড, $R_c = 2\ k\Omega$ এবং ইনপুট রেজিস্ট্যান্স, $R_i = 1k\Omega$, যদি কারেন্ট গেইন 50 হয়, তবে ভোল্টেজ গেইন কত?

সমাধান: দেওয়া আছে, কালেক্টর লোড, $R_c = 2\ k\Omega = 2000\Omega$

ইনপুট রেজিস্ট্যান্স, $R_i = 1k\Omega = 1000\Omega$ এবং কারেন্ট গেইন, $\beta = 50$

দ্বিতীয় স্টেজের ইনপুট রেজিস্ট্যান্স, আউটপুট লোডের সাথে লোডিং ইফেক্টের জন্য প্যারালালে যুক্ত হয়।

$$\therefore R_{ac} = R_c \,||\, R_i = \frac{R_c \times R_i}{R_c + R_i} = \frac{2000 \times 1000}{2000 + 1000} = \frac{2000000}{3000} = 666.67$$

$$\therefore \text{ভোল্টেজ গেইন, } A_v = \beta \frac{R_{ac}}{R_i} = 50 \times \frac{666.67}{1000} = 33.33$$

অনুশীলনী-৬

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের সংজ্ঞা দাও।** [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর ঃ যে অ্যাম্প্লিফায়ার ভোল্টেজকে স্থির রেখে কারেন্টকে বৃদ্ধি করে, তাকে পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার বলে।

২। **বায়াসিং এর ভিত্তিতে অ্যাম্প্লিফায়ারের শ্রেণিবিভাগ লেখ।** [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ বায়াসিং এর ভিত্তিতে অ্যাম্প্লিফায়ারকে চার ভাগে ভাগ করা যায়। যথা ঃ

১। ক্লাস-এ (Class-A) অ্যাম্প্লিফায়ার
২। ক্লাস-বি (Class-B) অ্যাম্প্লিফায়ার
৩। ক্লাস-সি (Class-C) অ্যাম্প্লিফায়ার
৪। ক্লাস-এবি (Class-AB) অ্যাম্প্লিফায়ার ইত্যাদি।

৩। **টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ার বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৪, ২০১০, ২০১০(R), ২০১২, ২০১২(R)]
অথবা, টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ার কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫, ১৫(পরি)]

উত্তর ঃ যেসব অ্যাম্প্লিফায়ার দ্বারা নির্দিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সি অথবা সরু ব্যান্ডি ফ্রিকুয়েন্সিকে বর্ধিত করা হয়, সেসব অ্যাম্প্লিফায়ারকে টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ার বলে।

৪। **পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারকে লার্জ সিগন্যাল অ্যাম্প্লিফায়ার বলা হয় কেন?** [বাকাশিবো-২০০৫, ২০১১, ২০১২, ২০১৫]

উত্তর ঃ পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার তার ইনপুটে প্রদত্ত সিগন্যালকে বহুলাংশে বর্ধিত করে বলে, তাকে লার্জ সিগন্যাল অ্যাম্প্লিফায়ার বলে।

৫। **ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৬(R), ২০০৯, ২০০৯(R), ২০১০, ২০১২]

উত্তর ঃ ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স বলতে বুঝায় কোন অ্যাম্প্লিফায়ারের প্রাপ্ত ভোল্টেজ গেইন ও ফ্রিকুয়েন্সির মধ্যবর্তী তুলনামূলক সম্পর্ক স্থাপন করা।

৬। **ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ার বলতে কী বুঝায়?**

উত্তর ঃ ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ার বলতে ঐসব অ্যাম্প্লিফায়ারকে বুঝায় যাদের দ্বারা নিম্নমানের ভোল্টেজকে উচ্চমানের ভোল্টেজে রূপান্তর করা যায়।

৭। **ক্লাস 'সি' অ্যাম্প্লিফায়ারের দক্ষতা ও ব্যবহার উল্লেখ কর।** [বাকাশিবো-২০০৮(R)]

উত্তর ঃ ক্লাস 'সি' অ্যাম্প্লিফায়ারের দক্ষতা প্রায় 85–90%। ক্লাস 'সি' অ্যাম্প্লিফায়ার সাধারণত টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

৮। **ভোল্টেজ ও পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার কাকে বলে?**

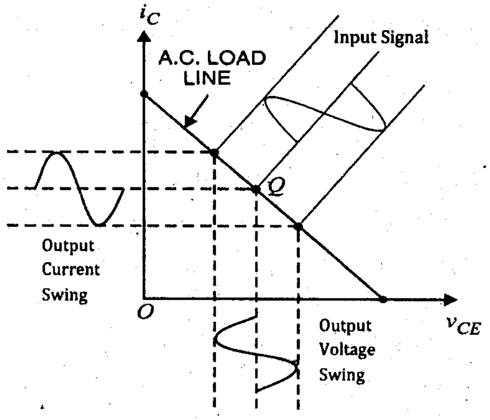
উত্তর ঃ যে অ্যাম্প্লিফায়ার কারেন্টকে স্থির রেখে শুধু ভোল্টেজকে বাড়িয়ে বা বিবর্ধিত করে দেয়, তাকে ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ার বলে।
যে অ্যাম্প্লিফায়ার ভোল্টেজকে স্থির রেখে শুধু কারেন্টকে বাড়িয়ে বা বিবর্ধিত করে দেয়, তাকে ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ার বলে।

৯। **ডাইরেক্ট কাপলড অ্যাম্প্লিফায়ার বলতে কী বুঝ?**

উত্তর ঃ যে অ্যাম্প্লিফায়ার এ প্রথম স্টেজ এর এনপিএন ট্রান্সজিস্টর এর কালেক্টর ও দ্বিতীয় স্টেজের পিএনপি ট্রানজিস্টর এর বেস এবং অনুরূপভাবে অন্যান্য স্টেজে সরাসরি সংযোগ থাকে, তাকে ডাইরেক্ট কাপলড অ্যাম্প্লিফায়ার বলে।

১০। **Class-A এর I/P ও O/P wave shape অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর ঃ নিচে Class-A এর ইনপুট ও আউটপুট wave shape দেখানো হল ঃ



১১। টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের গুরুত্বপূর্ণ প্যারামিটারগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর ঃ প্যারামিটারগুলো হল –

১। গেইন
২। ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স
৩। ব্যান্ড উইডথ
৪। ইনপুট ইম্পিড্যান্স
৫। আউটপুট ইম্পিড্যান্স
৬। ফেজ শিফট
৭। ফিড ব্যাক।

১২। ক্লাস 'বি' অ্যাম্প্লিফয়ার কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর ঃ যেসব পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারে কালেক্টর কারেন্ট কেবল মাত্র ইনপুট সিগন্যালের পজিটিভ হাফ সাইকেলের জন্য প্রবাহিত হয়, তাদেরকে ক্লাস-বি পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার বলে।

১৩। ক্লাস 'এ' অ্যাম্প্লিফয়ারে বায়াসিং কেন হয়? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ ক্লাস 'এ' অ্যাম্প্লিফায়ারগুলো এমনভাবে বায়াসিং করা হয় যেন ইনপুট সিগন্যালের কোন অংশ বাদ না পড়ে।

১৪। ক্লাস 'সি' অ্যাম্প্লিফয়ার কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর ঃ যেসব অ্যাম্প্লিফায়ারে ইনপুট সিগন্যালের হাফ সাইকেল অপেক্ষা কম সময় ধরে কালেক্টর কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাদেরকে ক্লাস-'সি' পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার বলে।

✪ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। ক্রস ওভার ডিস্টরশন কী? এটি দূর করার উপায় কী?
[বাকাশিবো-২০০৫(R), ২০০৬, ২০০৮(R), ২০০৯, ২০১০ ২০১০(R), ২০১৩, ২০১৪]

অথবা, ক্রস ওভার ডিস্টরশন বলতে কী বোঝায়? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর ঃ পুশ-পুশ ক্লাস-বি অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে ইনপুটে সিগন্যালের পজিটিভ ও নেগেটিভ অল্টারনেশনের মধ্যে একটি বিরতির সৃষ্টি হয় তখন কোন ট্রানজিস্টর কাজ করে না, একে ক্রস ওভার ডিস্টরশন বলে।

ক্রস ওভারে ডিস্টরশন দূর করার উপায় ঃ ক্রস ওভারে ডিস্টরশন দূর করতে হলে উভয় ট্রানজিস্টরকে তাদের নির্দিষ্ট বেস-ইমিটার জাংশনের ফরওয়ার্ড বায়াস থেকে সামান্য বেশি ফরোয়ার্ড বায়াসে অপারেট করতে হবে, যেন ইনপুট সিগন্যাল প্রয়োগের সাথে সাথে ট্রানজিস্টর কন্ডাক্টর করে।

২। ক্লাস-এ অ্যাম্প্লিফায়ারের সীমাবদ্ধতা লেখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ২০১১, ২০১২, ২০১৫]

অথবা, Class-A অ্যাম্প্লিফায়ারের সীমাবদ্ধতা লেখ। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ ক্লাস-এ অ্যাম্প্লিফায়ারের সীমাবদ্ধতা ঃ

১। ক্লাস-এ এর কর্মদক্ষতা কম বলে পাওয়ার অ্যাম্প্লিফিকেশনের কাজে ব্যবহৃত হয় না।
২। বৃহৎ (Large) সিগন্যালের ক্ষেত্রে অ্যাম্প্লিটিউড ডিস্টরশন দেখা দেয়।
৩। রেজিস্টিভ লোডের ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ কালেক্টর দক্ষতা ৫০%।
৪। প্রতি কার্যকরী ডিভাইসে এসি পাওয়ার আউটপুট ক্লাস 'এ' অথবা ক্লাস 'সি' অ্যাম্প্লিফায়ারের তুলনায় কম হয়।

৩। পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $\eta_{overall} = 78.5\%$ । [বাকাশিবো-২০১১, ২০১৩]

উত্তর ঃ ক্লাস-বি পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে দুটি ট্রানজিস্টরকে ক্লাস-বি মোডে অপারেট করা হয়। ক্লাস-বি অপারেশনের জন্য উভয় ট্রানজিস্টরের Q-Point-কে কাট-অফ পয়েন্টে স্থাপন করা হয়। চিত্র হতে বোঝা যায় যে, এসি আউটপুট ভোল্টেজের সর্বোচ্চ মান V_{CE} এবং এসি আউটপুট কারেন্টের সর্বোচ্চ মান $I_{C(sat)}$।

∴ এসি আউটপুট ভোল্টেজের সর্বোচ্চ মান = V_{CE}

এবং এসি আউটপুট কারেন্টের সর্বোচ্চ মান = $I_{C(sat)} = \frac{V_{CE}}{R_L} = \frac{V_{CC}}{2R_L} \left(\because V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2}\right)$

এসি আউটপুট পাওয়ার,

$$P_{o\,(ac)} = \frac{V_{CE}}{\sqrt{2}} \times \frac{I_{C\,(sat)}}{\sqrt{2}} = \frac{V_{CE}\, I_{C(sat)}}{2}$$

$$= \frac{V_{CC}\, I_{C(sat)}}{2 \times 2} \quad \left(\because V_{CE} = \frac{V_{CC}}{2}\right)$$

$$= \frac{V_{CC} I_{C\,(sat)}}{4}$$

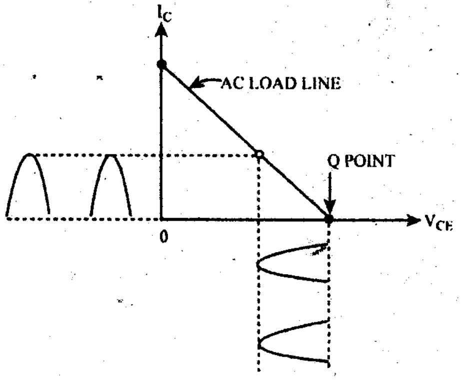
ডিসি ইনপুট পাওয়ার,

$$P_{i\,(dc)} = V_{CC} I_{dc} = \frac{V_{CC} I_{C\,(sat)}}{\pi}$$

$$\therefore \eta_{overall} = \frac{P_{o\,(ac)}}{P_{i\,(dc)}} \times 100 = \frac{V_{CC} I_{C\,(sat)} \times \pi}{4 \times V_{CC}\, I_{C\,(sat)}} = \frac{\pi}{4} \times 100 = 78.5\ \%$$

৪। ক্লাস-বি অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ও আউটপুট ব্যাখ্যা কর।

উত্তর: নিচে ক্লাস 'বি' অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ও আউটপুট সিগন্যাল দেখানো হল। ক্লাস-বি অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটে ট্রানজিস্টর ইনপুটের ধনাত্মক অর্ধসাইকেলের জন্য ফরোয়ার্ড বায়াসড পায়, যার ফলে এর কন্ডাকশন কোণ 180° হয়। এতে আউটপুট পাওয়ার কম এবং কালেক্টরের দক্ষতা 50% হতে 60% হয়। এই অ্যাম্প্লিফায়ার বহুলভাবে ব্যবহৃত হয়।



চিত্র ঃ ক্লাস-বি অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট/আউটপুট সিগন্যাল

৫। হিট সিঙ্ক (Heat Sink) কী? এর প্রয়োজনীয়তা লেখ।
অথবা, হিট সিঙ্ক (Heat Sink)-এর প্রয়োজনীয়তা লেখ। [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর: যে সকল ধাতব পাত পাওয়ার ট্রানজিস্টর বা সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস থেকে অতিরিক্ত তাপকে গ্রহণ করে বাতাসে ছড়িয়ে দেয়ার মাধ্যমে এর তাপমাত্রা কমিয়ে দেয়, তাকে হিট সিঙ্ক বলা হয়।

ট্রানজিস্টরের মধ্যে উৎপন্ন তাপের অধিকাংশই এর কালেক্টর জাংশনে তৈরি হয়। হিট সিঙ্ক তাপ শোষণ করার ক্ষেত্র বৃদ্ধি করে যা সহজেই কালেক্টর জাংশন হতে তাপ শোষণ করে। ফলে ট্রানজিস্টরের মধ্যে উৎপন্ন তাপ কমে যায়। অন্যথায় ডিভাইসটি নষ্ট হয়ে যায় অথবা এর দক্ষতা হ্রাস পায়। তবে বর্তমানে পাওয়ার ট্রানজিস্টরকে চেসিস (Chassis) এর থারমাল কন্টাক্ট (Thermal Contact) এর সাথে সংযোগ করা হয়। যেহেতু চেসিসটি তাপ পরিবহনকারী পদার্থ দ্বারা তৈরি সেহেতু সমস্ত চেসিসটি হিট সিঙ্ক হিসেবে কাজ করে।

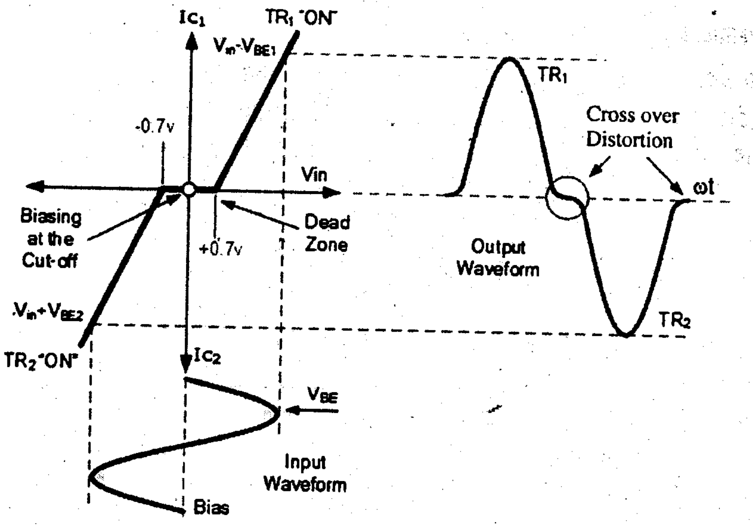
৬। ভোল্টেজ ও পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের তুলনামূলক পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৫(R), ০৬(R), ০৯, ১০, ১৫(পরি)]
অথবা, ভোল্টেজ ও পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের চারটি পার্থক্য লেখ। [বাকামিবো-২০১৬]

উত্তর: নিম্নে ভোল্টেজ ও পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের মধ্যবর্তী পার্থক্য টেবিল আকারে দেখানো হলো ঃ

ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ার	পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার
১। কম ভোল্টেজ যুক্ত সিগন্যালকে বিবর্ধন করায় আউটপুটে হারমোনিক কম্পোনেন্ট কম হয়।	১। আউটপুট ভোল্টেজ বা কারেন্ট এর অধিক সুইং হওয়ায় আউটপুটে বেশি হারমোনিক কম্পোনেন্ট তৈরি হয়।
২। ইনপুট ভোল্টেজ কম (কয়েক মিলিভোল্ট)	২। ইনপুট ভোল্টেজ বেশি (2-5V)
৩। কালেক্টর কারেন্ট কম ($\simeq$ 1 mA)	৩। কালেক্টর কারেন্ট বেশি (>100 mA)
৪। আউটপুট পাওয়ার কম।	৪। আউটপুট পাওয়ার বেশি।
৫। আউটপুট ইম্পিড্যান্স বেশি ($\simeq$ 12kΩ)	৫। আউটপুট ইম্পিড্যান্স কম (200Ω)

৭। চিত্রের সাহায্যে ক্রস ওভার ডিস্টরশন বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর: ক্লাস 'বি' পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারে ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরদ্বয় কাট-অফ রিজিয়নে বায়াস করা থাকে। এর অর্থ হলো যে যখন ডিসি বায়াস ভোল্টেজ শূন্য, তখন একটি ট্রানজিস্টর কন্ডাকশনে যাওয়ার পূর্বে ইনপুট সিগন্যাল ভোল্টেজকে অবশ্যই ব্যারিয়ার ভোল্টেজ অতিক্রম করতে হবে। অন্যভাবে বলা যায়, একটি ট্রানজিস্টর কন্ডাকশনে যাবে না যতক্ষণ ইনপুট ভোল্টেজ সিলিকনের ক্ষেত্রে 0.7V এবং জার্মেনিয়ামের ক্ষেত্রে 0.3V-এ না পৌঁছায়। এ কারণে ইনপুট সিগন্যালের পজিটিভ ও নেগেটিভ অল্টারনেশনের মধ্যে একটি বিরতির সৃষ্টি হয় যখন কোন ট্রানজিস্টর কাজ করে না। একে ক্রস ওভার ডিস্টরশন বলে।



চিত্র ঃ ক্রস ওভার ডিস্টরশন

৮। **ক্লাস 'এ' অ্যাম্প্লিফায়ার এর সুবিধা, অসুবিধা ও ব্যবহার লেখ।**

উত্তর ঃ **সুবিধা ঃ**

১। হারমোনিক ডিস্টরশন কম।
২। সরবরাহ ভোল্টেজটি ভালো রেগুলেশনের না হলেও চলে।
৩। সেলফ বায়াস করা যায়।
৪। ক্রস ওভার ডিস্টরশন কম।

অসুবিধা ঃ

১। আউটপুট পাওয়ার কম।
২। দক্ষতা কম (৩৫%)।
৩। সিগন্যালবিহীন অবস্থায় বেশি পাওয়ার লস হয়।

ব্যবহার ঃ ক্লাস-'এ' অ্যাম্প্লিফায়ার বিশ্বস্তরূপে অডিও ফ্রিকুয়েন্সি, রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি এবং ভিডিও ফ্রিকুয়েন্সির ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারে ব্যবহার করা হয়।

৯। **ক্লাস 'বি' অ্যাম্প্লিফায়ার এর সুবিধা, অসুবিধা ও ব্যবহার লেখ।**

উত্তর ঃ **সুবিধা ঃ**

১। আউটপুট পাওয়ার বেশি।
২। দক্ষতা বেশি (৫০% – ৬০%)।
৩। এতে 180° ফেজ পার্থক্য থাকে বলে তেমন ডিস্টরশন হয় না।

অসুবিধা ঃ

১। হারমোনিক ডিস্টরশন বেশি।
২। সেলফ বায়াস ব্যবহার করা যায় না।
৩। সরবরাহ ভোল্টেজের রেগুলেশন ভালো হতে হয়।

ব্যবহার ঃ এটি রেডিও, রিসিভারে, রেকর্ড প্লেয়ারে এবং বহনযোগ্য অডিও সিস্টেমে পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা যায়।

১০। **ক্লাস 'সি' অ্যাম্প্লিফায়ার এর সুবিধা, অসুবিধা ও ব্যবহার লেখ।**

উত্তর ঃ **সুবিধা ঃ**

১। আউটপুট পাওয়ার বেশি।
২। দক্ষতা বেশি।

অসুবিধা ঃ

১। ডিস্টরশন বেশি হয়।

ব্যবহার (Uses) ঃ অসিলেটর এবং রেডিও ট্রান্সমিটারে টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ার হিসেবে ব্যবহার করা হয়।

১১। পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ার এর সুবিধা ও অসুবিধা লেখ।

উত্তর ঃ পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের সুবিধা ঃ

১। আউটপুটে কোন প্রকার জোড় (Even) হারমোনিক থাকে না, যদি পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ার তৈরিতে ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরদ্বয় পুরোপুরি সাদৃশ্য হয়।

২। ট্রান্সফরমারে দু'টি ট্রানজিস্টরের কারেন্ট পরস্পর বিপরীত হওয়াতে পাওয়ার সাপ্লাই-এর রিপল (Ripple) ভোল্টেজের কোন প্রভাব থাকে না।

৩। দক্ষতা (Efficiency) 75% হয়।

অসুবিধাসমূহ ঃ

১। দু'টি সাদৃশ্য ট্রানজিস্টরের দরকার হয়।

২। দু'টি ট্রানজিস্টরের বেসের জন্য সমান ও বিপরীত পোলারিটি ভোল্টেজ তৈরি করার জন্য ড্রাইভার স্টেজ দরকার।

৩। অধিক ডিস্টরশন হয়।

১২। ক্লাস-এ পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের হারমোনিক্স বা ডিস্টরশন ব্যাখ্যা কর।

উত্তর ঃ ক্লাস-এ পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের হারমোনিকস বা 'ডিস্টরশন' ঃ

আমরা জানি,

পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের দু'টি ট্রানজিস্টরের কালেক্টর কারেন্ট যথাক্রমে,

$i_{c_1} = I_c + B_0 + B_1 \cos\omega t + B_2 \cos_2 \omega t + B_3 \cos_3 \omega t + b_4 \cos_4 \omega t$ .... (i)

উপরের সমীকরণের ωt কে $(\omega t + \pi)$ দ্বারা প্রতিস্থাপিত করলে অন্য ট্রানজিস্টরের কালেক্টর কারেন্ট i_{c_2} পাওয়া যায়।

$i_{c_2} = I_C + B_0 + B_1, \cos(\omega t + \pi) + B_2, \cos(2\omega t + \pi) + B_3, \cos(3\omega t + 3\pi)$

$i_{c_2} = I_C + B_0 - B_1 \cos\omega t + B_2 \cos 2\omega t - B_3 \cos 3\omega t$ .... (ii)

যেহেতু দু'টি কালেক্টর কারেন্ট পরস্পর বিপরীত হয় ফলে মোট আউটপুট কারেন্ট উক্ত কালেক্টর কারেন্টদ্বয়ের বিয়োগবোধক মানের সাথে সমানুপাতিক।

অর্থাৎ, $i_0 \propto (i_{c_1} - i_{c_2})$ ...... (iii)

$i_0 = k(i_{c_1} - i_{c_2})$

(i) ও (ii) নং সমীকরণ হতে পাই,

$I_0 = -2k(B_1 \cos\omega t + B_3 \cos_3\omega t + \ldots\ldots)$ .... (iv)

(iv) নং সমীকরণ হতে দেখা যায় যে, আউটপুটে কোন জোড় (Even) হারমোনিক্স থাকে না, শুধু বিজোড় (Odd) হারমোনিক্স থাকে। বিজোড় হারমোনিক্স-এর মধ্যে শুধু তৃতীয় হারমোনিক্সই আউটপুটে ডিস্টরশন তৈরি করে। পঞ্চম এবং উচ্চতর হারমোনিক্সকে অগ্রাহ্য করায় আউটপুটে তেমন কোন ডিস্টরশন তৈরি হয় না।

১৩। সিঙ্গেল ও ডাবল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের মধ্যে পার্থক্য লেখ।

উত্তর ঃ সিঙ্গেল ও ডাবল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ—

সিঙ্গেল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার	ডাবল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার
১। যে টিউনড সার্কিটের প্রত্যেক স্টেজে লোড ইম্পিড্যান্স হিসেবে একটি টিউনড সার্কিট ব্যবহৃত হয়, তাকে সিঙ্গেল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার বলে।	১। যে টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের প্রত্যেক স্টেজে লোড ইম্পিড্যান্স হিসেবে দু'টি ইন্ডাকটিভ কাপল টিউনড সার্কিট ব্যবহৃত হয়, তাকে ডাবল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার বলা হয়।
২। প্রত্যেকটি আলাদা স্টেজের প্রত্যেকটি টিউনড সার্কিট একই ফ্রিকুয়েন্সিতে টিউনড করা থাকে।	২। প্রত্যেকটি স্টেজের টিউনড সার্কিটদ্বয় একই ফ্রিকুয়েন্সিতে টিউনড করা থাকে।
৩। এর 3dB ব্যান্ড উইড্থ $(W_2 - W_1)$ হলো WO/Q।	৩। এর 3dB ব্যান্ড উইড্থ হল বৃহৎ যা $\sqrt{(b^2 - 1)} \pm 2b$ ফ্যাক্টর দ্বারা বৃদ্ধি পায়, এখানে b হলো কাপলিং কো- ইফিসিয়েন্ট।
৪। কম গেইনযুক্ত ব্যান্ড উইড্থ প্রোডাক্ট তৈরি করে।	৪। বেশি গেইনযুক্ত ব্যান্ড উইড্থ প্রোডাক্ট তৈরি করে।

১৪। টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার এর সুবিধা লেখ।

উত্তর ঃ টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের সুবিধাগুলো নিম্নরূপ–

১। **পাওয়ার খরচ কম ঃ** একটি টিউনড সার্কিটে ইন্ডাকট্যান্স ও ক্যাপাসিট্যান্সের ন্যায় রিয়্যাকটিভ কম্পোনেন্ট ব্যবহার করা হয়। ফলে এসব সার্কিটে পাওয়ার লস খুব কম হয়।

২। **উচ্চমানের নির্বাচনী (High Selectivity) ক্ষমতা ঃ** টিউনড সার্কিটে বিশেষ বৈশিষ্ট্য হলো এর নির্বাচনী ক্ষমতা অর্থাৎ প্রয়োগকৃত বিভিন্ন ফ্রিকুয়েন্সির মধ্যে বিশেষ একটি ফ্রিকুয়েন্সি নির্বাচন করে অ্যাম্প্লিফাই করতে পারে।

৩। নির্দিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সিতে অধিক গেইন পাওয়া যায়।

৪। ফেজ রেসপন্স ভালো।

৫। অ্যালাইনমেন্ট করা সহজতর।

১৫। Class-AB পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ও আউটপুট ওয়েভ ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ চিত্র ৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

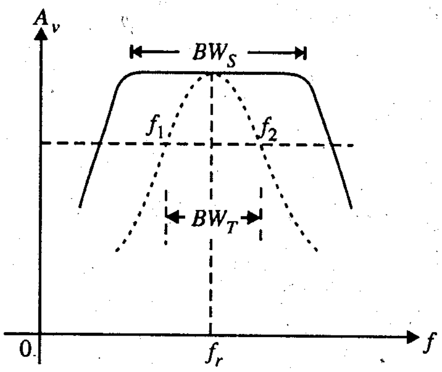
১৬। Class-A, Class-B অ্যাম্প্লিফায়ারের I/P এবং O/P wave shape অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ চিত্র ৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, Frequency response curve অঙ্কন করে termগুলো চিহ্নিত কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

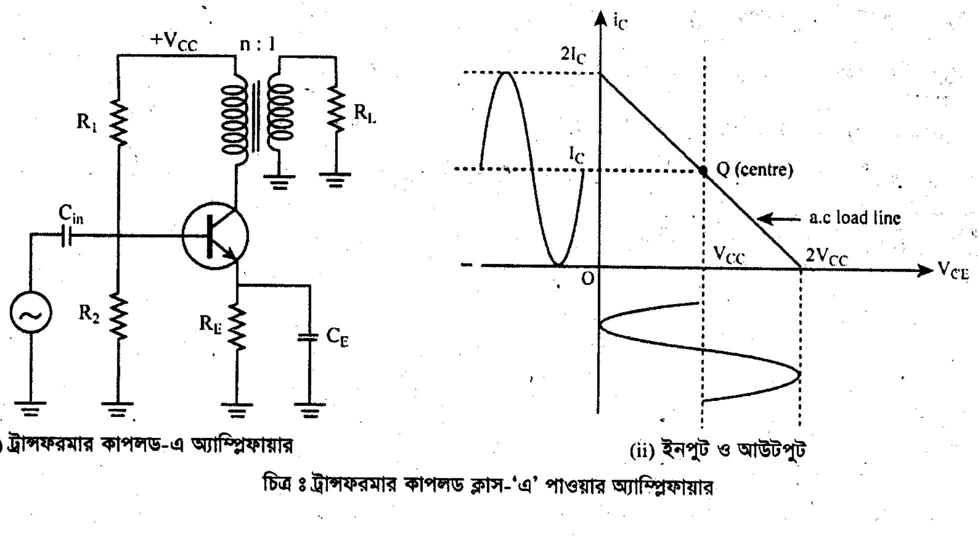
উত্তর ঃ



চিত্র ঃ সিঙ্গেল টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স

১৮। ট্রান্সফরমার কাপলড ক্লাস এ অ্যাম্প্লিফায়ারের সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর ঃ



চিত্র ঃ ট্রান্সফরমার কাপলড ক্লাস-'এ' পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। প্রয়োজনীয় চিত্রসহ ট্রান্সফরমার কাপল ক্লাস-'এ' অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।
অথবা, Transformer কাপলিং এর সচিত্র বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৪ নং দ্রষ্টব্য।

২। পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের চিত্রসহ কার্যপ্রণালি লেখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৯(R), ২০১২(R), ২০১০]
অথবা, একটি পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট অঙ্কন করে এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৩.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। একটি কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি অ্যাম্প্লিফায়ারের সুবিধা কী? এর সচিত্র কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫, ২০০৮, ২০১০, ২০১২]
অথবা, একটি কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি অ্যাম্প্লিফায়ার এর চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১১, ২০১৪, ২০১৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। একটি ক্লাস-'এ' অ্যাম্প্লিফায়ারের দক্ষতার সমীকরণ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৩.১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। চিত্রসহ একটি কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যাবলি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬। ইনপুট ও আউটপুট ওয়েভসহ একটি ক্লাস-'সি' অ্যাম্প্লিফায়ারের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। একটি সিঙ্গেল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার এর চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-০৬(R), ১০(R), ১১, ১২, ১৫, ১৫(পরি)]
অথবা, ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভসহ টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি), ২০১৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৭ নং দ্রষ্টব্য।

৮। দক্ষতার সমীকরণসহ একটি Class-B push-pull Amplifier এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৮, ২০১০, ২০১০(R)]
অথবা, Class-B পুশ-পুল পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]
অথবা, Class-B pull amplifier-এর কার্যপ্রণালি সচিত্র বর্ণনা কর এবং প্রমাণ কর যে, দক্ষতা = 78.5%। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]
অথবা, চিত্রসহ ক্লাস-বি পুশ-পুল Amplifier-এর কার্যপ্রণালি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪, ২০১৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯। Class-A single stage power Amplifier এর O/P wave-সহ সচিত্র কার্যপ্রণালি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩(R)]
অথবা, চিত্রসহ একটি আরসি কাপলড অ্যাম্প্লিফায়ারের গঠন ও কার্যপ্রণালির বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৬.৩.১ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৭

ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টরের ধারণা
(The Concept of Field Effect Transistor)

৭.০ ভূমিকা (Introduction) ঃ

১৯৫২ইং সালে মার্কিন বিজ্ঞানী শকলে (Shockley) সর্বপ্রথম ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর (Field effect transistor) সম্পর্কে ধারণা প্রদান করেন। কিন্তু অর্ধপরিবাহী ডিভাইসের উৎপাদন ও গঠন পদ্ধতি উন্নত হওয়ার পূর্ব পর্যন্ত FET এর গঠন ও বাণিজ্যিক উৎপাদন করা সম্ভব হয় নি। ১৯৬০ইং সালে ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট গঠন ও উৎপাদন প্রণালি সহজ ও সুলভ হতে থাকে। ফলে তাত্ত্বিকভাবে দেয়া ধারণা বাস্তবে রূপ লাভ করায় এবং এর চমৎকার গুণাবলি দেখে সকলে আগ্রহান্বিত হয়ে উঠে।

ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর (FET) এক ধরনের অর্ধপরিবাহী ডিভাইস, যার কার্যাবলি ইলেকট্রিক ফিল্ডের কারণে কারেন্ট নিয়ন্ত্রণের মাধ্যমে সম্পাদিত হয়। এটা মূলত তিন প্রান্তবিশিষ্ট ইউনিপোলার ডিভাইস। FET এর কার্যপদ্ধতি হোল এবং ইলেকট্রন এই দুই ধরনের চার্জের উপর নির্ভরশীল।

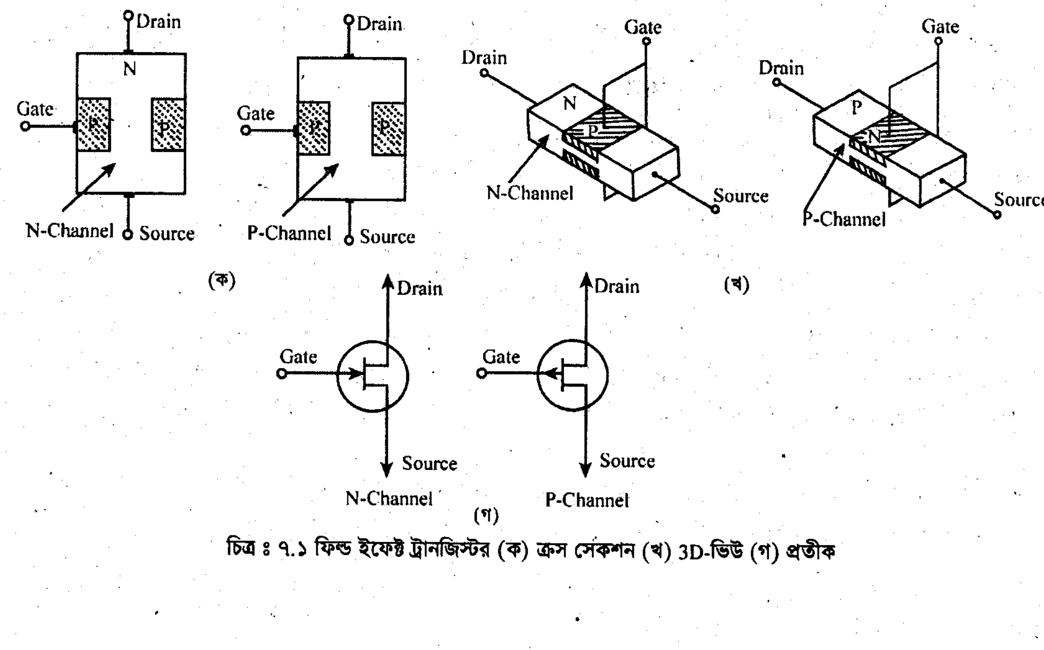
FET-এর অভ্যন্তরীণ গঠন এবং বায়াসিংয়ের কারণে ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান অত্যন্ত বড় এবং এই মান 100 মেগাওহমের চেয়েও বেশি। এটা সাধারণত খুব কম মানের নয়েজ উৎপাদন করে।

ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর এক ধরনের অর্ধপরিবাহী ডিভাইস, যার কার্যাবলি একটি ইলেকট্রিক ফিল্ডের জন্য কারেন্ট নিয়ন্ত্রণের মাধ্যমে সম্পাদিত হয়। এটা মূলত তিন প্রান্তবিশিষ্ট ইউনিপোলার ডিভাইস। FET-এর কার্যপদ্ধতি হোল এবং ইলেকট্রন এই দুই ধরনের চার্জের ওপর নির্ভরশীল।

FET-এর অভ্যন্তরীণ গঠন এবং বায়াসিংয়ের কারণে ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান অত্যন্ত বড় এবং এই মান 100 মেগাওহমের চেয়েও বেশি। এটা সাধারণত খুব কম মানের নয়েজ উৎপাদন করে।

৭.১ ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর (Define Field Effect Transistor) ঃ

তিন প্রান্তবিশিষ্ট যে সকল সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইসসমূহ হোল বা ফ্রি ইলেকট্রন দ্বারা এর কারেন্ট প্রবাহ ঘটে থাকে এবং যার current control field এর মাধ্যমে ঘটে থাকে, তাকে FET বলে। একে JFETও বলা হয়। ফেটের কার্যাবলি মূলত সোর্স, ড্রেন এবং গেট-এ তিনটি প্রান্তের মাধ্যমে সংগঠিত হয়। সোর্সের মাধ্যমে মেজরিটি চার্জ ক্যারিয়ার বারের মাধ্যমে প্রকাশ করে। যে কারেন্ট প্রবেশ করে তাকে I_S দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ড্রেনের মাধ্যমে মেজরিটি চার্জ ক্যারিয়ার বারের মাধ্যমে ত্যাগ করে। এ প্রবাহিত কারেন্টকে I_D দ্বারা প্রকাশ করা হয়। আর যে এলাকা সোর্স হতে ড্রেন এর দিকে চলে গেছে, তাকে চ্যানেল (Channel) বলে। এর মধ্যদিয়ে সোর্স হতে ড্রেন এর দিকে মেজরিটি ক্যারিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়।



চিত্র ঃ ৭.১ ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর (ক) ক্রস সেকশন (খ) 3D-ভিউ (গ) প্রতীক

৭.২ FET এর প্রকারভেদ (Mention the types of FET) ঃ

FET প্রধানত দুই প্রকার, যথা–

(i) জেফেট (JFET)

(ii) মসফেট (MOSFET)।

জেফেট (JFET) কে আবার দুইভাগে ভাগ করা হয়েছে–

(i) পি-চ্যানেল জেফেট (P-Channel JFET)

(ii) এন-চ্যানেল জেফেট (N-Channel JFET)।

MOSFET কে আবার দুইভাগে ভাগ করা হয়েছে–

(i) ডিপ্লেশন মোড মসফেট (Deplation mode MOSFET)

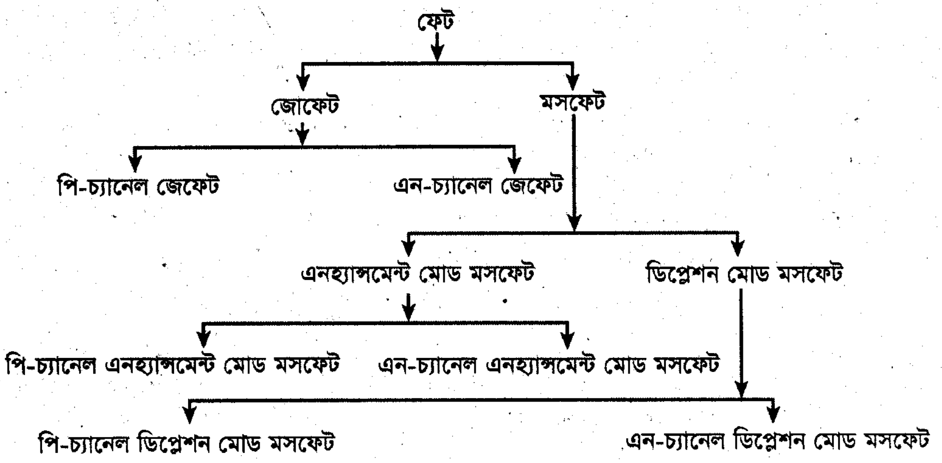
(ii) এনহ্যান্সমেন্ট মোড মসফেট (Enhancement mode MOSFET)।

এদের প্রত্যেককে আবার দুইভাগে ভাগ করা হয়েছে–

(i) পি-চ্যানেল মসফেট (P-Channel MOSFET)

(ii) এন-চ্যানেল মসফেট (N-Channel MOSFET)।

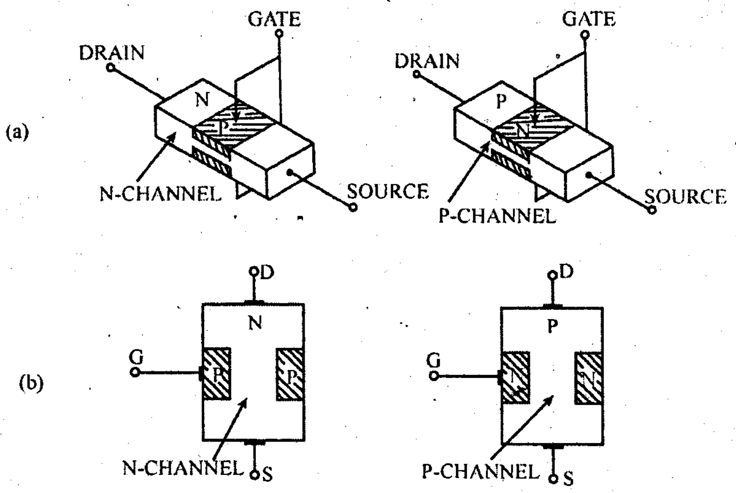
নিম্নে FET এর শ্রেণিবিন্যাস ছক আকারে দেখানো হলো ঃ



৭.৩ P এবং N-চ্যানেল JFET এর গঠন এবং কার্যপ্রণালির মূলনীতি (The construction and principle of operation of P and N-channel JFET) ঃ

জাংশন FET-এর সাধারণ গঠন (Basic construction of Junction FET) ঃ N-চ্যানেল JFET গঠনের জন্য প্রথমে N-টাইপ অর্ধপরিবাহী পদার্থের একটি পাতলা বার নেয়া হয় এবং পরে দুটি P-টাইপ জাংশন এটির মধ্যাংশের বিপরীত পার্শ্বে ডিফিউসড করা হয়। এই জাংশনটি দুটি P-N ডায়োড গঠন করে এবং এই গেটগুলোর মধ্যবর্তী এলাকাকে চ্যানেল বলে। দুটি P-রিজিয়ন অভ্যন্তরীণভাবে সংযুক্ত থাকে এবং একটি একক প্রান্ত বের করে এনে গেট টার্মিনাল (Gate terminal) গঠন করা হয়। দুটো প্রান্তে ওহমিক কন্টাক্ট (Ohmic contact) তৈরি করা হয় এবং এই বারের একটি প্রান্তকে সোর্স টার্মিনাল (Source terminal) S বলে ও অন্য প্রান্তকে ড্রেন টার্মিনাল (Drain terminal) D বলে। ড্রেন এবং সোর্সের মধ্যে বিভব পার্থক্য দেয়া হলে কারেন্ট বার এর মধ্যদিয়ে প্রবাহিত হবে এবং চ্যানেলটি দুটি P-রিজিয়নের মধ্যে দেখা যাবে। কারেন্ট শুধুমাত্র মেজরিটি চার্জ ক্যারিয়ার (Majority charge carrier)-এর জন্য প্রবাহিত হবে। N-চ্যানেল-এর জন্য তা হবে ইলেকট্রন এবং P-চ্যানেল-এর জন্য এটি হবে হোল (Hole)।

একইভাবে P-চ্যানেল JFET গঠন করা যায়, তবে এক্ষেত্রে একটি P-টাইপ বার এবং দুটি N-টাইপ জাংশন ব্যবহার করা হয়। এখানে মেজরিটি চার্জ ক্যারিয়ার হল হোল (Hole) এবং এটা চ্যানেল দুটির N-রিজিয়নের মধ্যে প্রবাহিত হবে। নিচের চিত্রে তা দেখানো হল।



চিত্র ঃ ৭.২ N এবং P-চ্যানেল JFET-এর গঠন

কার্যাবলি (Operation) ঃ JFET-এর কার্যাবলি আলোচনার পূর্বে আমাদের নিম্নোক্ত বিষয়সমূহ মনে রাখা দরকার–

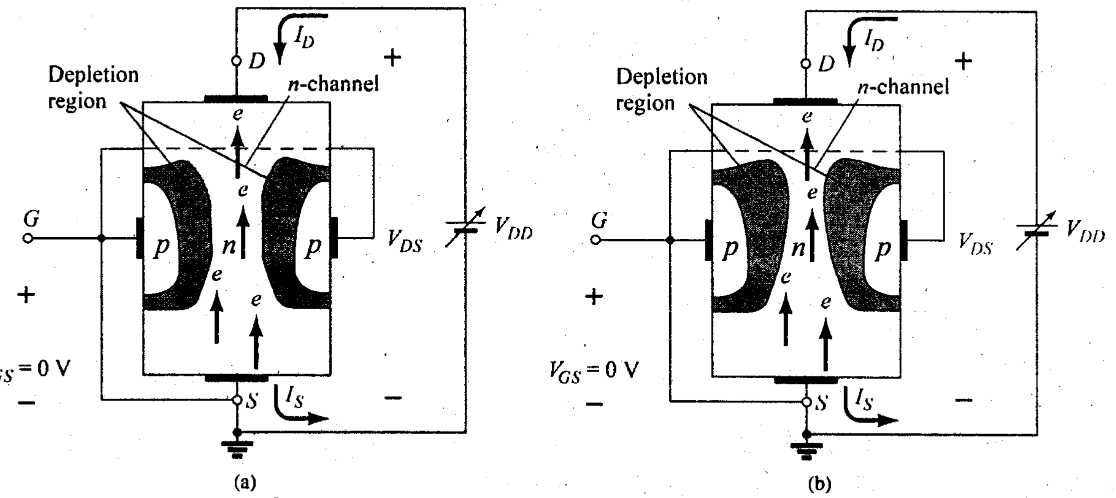
১। গেটটি সর্বদাই রিভার্স বায়াস থাকবে। ফলে বাস্তবে গেট কারেন্ট I_G এর মান শূন্য হবে।

২। সোর্স প্রান্তটি সর্বদাই ড্রেন সরবরাহের বিপরীত প্রান্তের সাথে যুক্ত থাকবে, যা প্রয়োজনীয় চার্জ ক্যারিয়ারের যোগান দেয়। N-চ্যানেল JFET-এর জন্য সোর্স টার্মিনাল (S) ড্রেন ভোল্টেজ সরবরাহের ঋণাত্মক প্রান্তের সাথে সংযুক্ত থাকে। P-চ্যানেল JFET এর জন্য সোর্স S টি ড্রেন ভোল্টেজ সরবরাহের ধনাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত থাকে।

V_{GS} অথবা V_{DS}-এর মান পরিবর্তন করে N-চ্যানেল JFET-এর কার্যাবলি আমরা বিবেচনা করি।

(ক) যখন $V_{GS} = 0$ এবং $V_{DS} = 0$ (When $V_{GS} = 0$ and $V_{DS} = 0$) ঃ এক্ষেত্রে ড্রেন কারেন্ট $I_D = 0$ এবং P-N জাংশনের মধ্যকার ডিপ্লেশন এলাকা একই আকারে থাকবে।

(খ) যখন $V_{GS} = 0$ এবং V_{DS} এর মান শূন্য হতে বাড়তে থাকে (When $V_{GS} = 0$ and V_{DS} is increased from zero) ঃ এ ক্ষেত্রে JFET-টি V_{DD} সরবরাহের সাথে নিচের চিত্রের মতো সংযুক্ত থাকবে। ইলেকট্রনসমূহ সোর্স (S) হতে ড্রেন (D)-এর দিকে প্রবাহিত হবে অন্যথায় চিরাচরিত কারেন্টটি চ্যানেলের মাধ্যমে ড্রেন (D) হতে সোর্স (S)-এর দিকে প্রবাহিত হবে। এখন যে কোন বিন্দুতে গেট হতে চ্যানেলের বায়াসের মান হবে = $|V_{DS}| + |V_{GS}|$, অর্থাৎ দুটি ভোল্টেজের যোগফল। গেট বায়াস $V_{GS} = 0$ দেয়া আছে। এর মাধ্যমে P-N জাংশনে রিভার্স বায়াস দেয়া হয়।

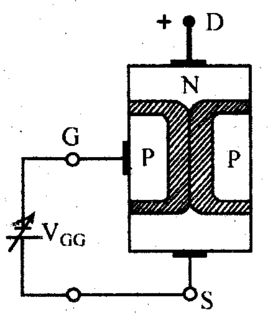


চিত্র ঃ ৭.৩ $V_{GS} = 0$ এবং V_{DS}-এর মান বৃদ্ধি করলে FET-এর অবস্থান

V_{DS}-এর মান আস্তে আস্তে শূন্য হতে বৃদ্ধি করলে I_D-এর মান সমানুপাতিক হারে বৃদ্ধি পাবে। অর্থাৎ V_{DS}-এর অল্প প্রারম্ভিক মানের জন্য N-টাইপ চ্যানেলটি একটি স্থির মানের রেজিস্টরের মতো কাজ করে। প্রাথমিক অবস্থায় V_{DS}-এর মান কম হওয়ায় P-N জাংশনের ডিপ্লেশন রিজিয়নটির প্রশস্ততা পর্যাপ্ত পরিমাণ বড় হয় না।

এরপর V_{DS} এর মানকে আরও বাড়াতে থাকলে P-N জাংশনের রিভার্স বায়াসের পরিমাণ বাড়তে থাকে। অর্থাৎ ডিপ্লেশন রিজিয়নের প্রশস্ততা বাড়তে থাকে। ফলে চ্যানেলের প্রশস্ততা কমে যায়। V_{DS} একটি নির্দিষ্ট মানে বাড়লে ডিপ্লেশন রিজিয়নের প্রশস্ততা আর বাড়ে না। অর্থাৎ চ্যানেলের প্রশস্ততা স্থির হয়ে যায়। ফলে V_{DS} এর মান আর বাড়ালেও চ্যানেলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট আর বৃদ্ধি পায় না। সর্বোচ্চ এ ড্রেন কারেন্টকে I_{DSS} দ্বারা সূচিত করা হয়। V_{DS} এর যে ভোল্টেজের জন্য I_{DSS} পাওয়া যায়, তাকে পিঞ্চ অফ (Pinch off) ভোল্টেজ বলে। একে V_P বা V_{PO} দ্বারা সূচিত করা হয়।

(গ) $V_{DS} = 0$ এবং V_{GS} এর মান শূন্য থেকে হ্রাস পেলে (When $V_{DS} = 0$ and V_{GS} is decreased from zero) ঃ এক্ষেত্রে V_{GS}-এর মান অত্যন্ত ঋণাত্মক হয়, গেট রিভার্স বায়াসের মান বৃদ্ধি পায়, ফলে ডিপ্লেশন রিজিয়নের প্রশস্ততাও বৃদ্ধি পায়। V_{GS}-এর ধনাত্মক মান বৃদ্ধি পেলে দুটি ডিপ্লেশন রিজিয়ন একে অন্যকে স্পর্শ করবে। এমতাবস্থায় চ্যানেলটিকে কাট-অফ (Cut-off) বলে। V_{GS}-এর যে মানে চ্যানেলটি কাট-অফে থাকে, তাকে $V_{GS\,(off)}$ বলে। চিত্রে তা দেখানো হল।



চিত্র ঃ ৭.৪ $V_{DS} = 0$ এবং V_{GS} এর মান শূন্য হতে হ্রাস পেলে FET-এর অবস্থা

(ঘ) V_{GS}-এর মান ঋণাত্মক এবং V_{DS}-এর মান বৃদ্ধি পেলে (When V_{GS} is negative and V_{DS} is increased) ঃ V_{GS}-এর মান আরো বেশি ধনাত্মক হলে V_P-এর মানও সাথে সাথে ব্রেক ডাউন ভোল্টেজের মানে হ্রাস পাবে।

৭.৪ JFET এর বৈশিষ্ট্যসমূহ (The characteristics of JFET) ঃ

JFET-এ মূলত দুটি বৈশিষ্ট্যরেখা পাওয়া যায়–

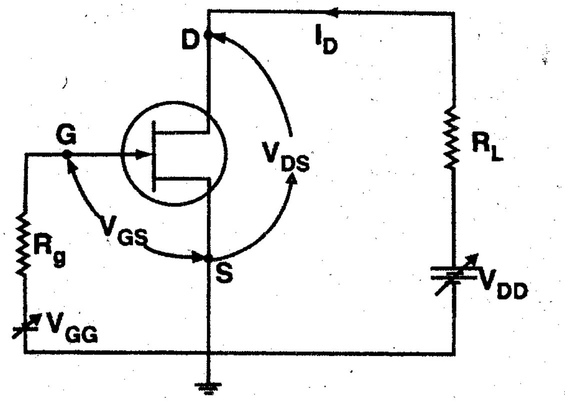
১। ড্রেন বৈশিষ্ট্য (Drain characteristic),

২। ট্রান্সফার বৈশিষ্ট্য (Transfer characteristic) ইত্যাদি।

ড্রেন ক্যারেক্টারিসটিক (Drain characteristic) ঃ এটি V_{GS}-এর বিভিন্ন মানের জন্য তা I_D এবং V_{DS}-এর মধ্যকার সম্পর্ক প্রদর্শন করে।

ট্রান্সফার ক্যারেক্টারিসটিক (Transfer characteristic) ঃ এটা V_{DS} এর বিভিন্ন মানের জন্য তা I_D এবং V_{DS}-এর মধ্যকার সম্পর্ক প্রদর্শন করে।

নিচের চিত্রে N-চ্যানেল JFET-এর কমন সোর্স মোডের সার্কিট অংকন করে দেখানো হল।

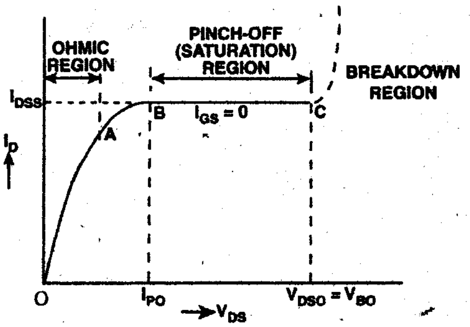


চিত্র ঃ ৭.৫ কমন সোর্স FET অ্যাম্প্লিফায়ার

১। $V_{GS} = 0$ মানের জন্য JFET-এর ড্রেন বৈশিষ্ট্য (JFET Drain characteristic with $V_{GS} = 0$) ঃ এ প্রকার বৈশিষ্ট্যরেখা নিচের চিত্রে অংকন করে দেখানো হল। এটিকে নিম্নোক্ত চারটি অঞ্চলে ভাগ করা যায়–

(ক) OA ওহমিক অঞ্চল (Ohmic region OA) ঃ বৈশিষ্ট্যের এ অংশ লিনিয়ার এবং তা V_{DS} এর নিম্ন মানকে প্রকাশ করে, ওহমের সূত্র অনুসরণ করে কারেন্টের মান ভোল্টেজের সাথে সরাসরি পরিবর্তিত হয়। অর্থাৎ JFET সাধারণ রেজিস্টরের মতো আচরণ করে। এই অবস্থান A বিন্দু পর্যন্ত বজায় থাকে। A বিন্দুকে নী (knee) বলে।

(খ) AB কার্ভ (Curve AB) : এ অঞ্চলে I_D-এর মান বিপরীত বর্গীয় সূত্রানুসারে (Reverse square–law rate) B বিন্দু পর্যন্ত বৃদ্ধি পাবে। B বিন্দুকে পিঞ্চ-অফ পয়েন্ট (Pinch-off point) বলে। B বিন্দু পর্যন্ত ড্রেন সোর্স ভোল্টেজ V_{DS}-কে পিঞ্চ-অফ ভোল্টেজ V_P বলে।

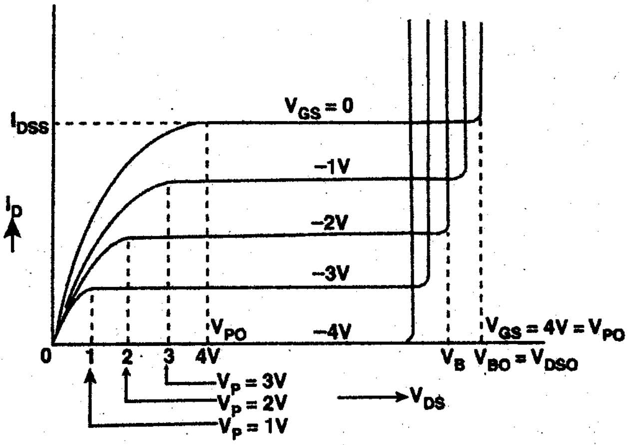


চিত্র : ৭.৬ JFET-এর ড্রেন বৈশিষ্ট্যরেখা

(গ) BC পিঞ্চ-অফ অঞ্চল (Pinch-off region BC) : এটিকে আবার স্যাচুরেশন রিজিয়নও বলা হয়। I_D-এর মান V_{DS} এর তুলনায় স্বাধীন হওয়ায় JFET-টি কনস্ট্যান্ট কারেন্ট ডিভাইস হিসাবে কাজ করে। এ কারণে V_{DS} এর মান বৃদ্ধি পায় এবং চ্যানেলের রেজিস্ট্যান্স সমানুপাতে বৃদ্ধি পায়। সাধারণত JFET-কে অ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে এ অঞ্চলে ব্যবহার করা হয়।

(ঘ) ব্রেক ডাউন অঞ্চল (Break down region) : V_{DS}-এর মান C বিন্দু পর্যন্ত বৃদ্ধি পেলে JFET-টি ব্রেক ডাউন অঞ্চলে প্রবেশ করে। এমতাবস্থায় I_D-এর মান খুব বেশি পরিমাণে বেড়ে যায়। V_{DS}এর অল্প মানের পরিবর্তন I_D এর মানের ব্যাপক পরিবর্তন ঘটায়।

২। **বহিস্থ বায়াস সহযোগে JFET-এর বৈশিষ্ট্যসমূহ (JFET Characteristics with external bias) :** V_{GS}-এর বিভিন্ন মানের জন্য I_D বনাম V_{DS}-এর বৈশিষ্ট্যরেখা নিচের চিত্রে অংকন করে দেখানো হল।



চিত্র : ৭.৭ বহিস্থ বায়াস সহকারে JFET-এর বৈশিষ্ট্যসমূহ

চিত্র হতে দেখা যায়, ঋণাত্মক গেট বায়াস ভোল্টেজ-এর মান বৃদ্ধি পেলে–

১। $V_{DS} = 0$ হলে পিঞ্চ-অফ ভোল্টেজের মান I_D-এর নিম্নতর মানের কাছাকাছি পৌছালে পিঞ্চ-অফ ভোল্টেজ পাওয়া যায়।

২। ব্রেক ডাউনের জন্য V_{DS}-এর মান হ্রাস পায়।

ঋণাত্মক 1V-এর একটি বহিস্থ বায়াস ভোল্টেজ গেট এবং সোর্স প্রয়োগ করা হলে, এমনকি $I_D = 0$ হলেও P–N জাংশনটি রিভার্স বায়াস হবে। তথায় ডিপ্লেশন রিজিয়নটি গঠিত হবে এবং তা চ্যানেলটিকে একটি নির্দিষ্ট মান পর্যন্ত বিস্তৃতি ঘটাবে।

I_D দ্বারা উৎপাদিত প্রয়োজনীয় রিভার্স বায়াসের পরিমাণ স্বভাবতই 1V করে হ্রাস পাবে। অন্যদিকে চ্যানেলে অল্প মানের ভোল্টেজ ড্রপ ডিপ্লেশন রিজিয়নটিকে বৃদ্ধি করবে এবং তা কারেন্টকে পিঞ্চ-অফ করবে। $V_{DS} = 0$ হলে একইভাবে I_D-এর নিম্নতর V_P মানে পৌছাবে।

এখন আমরা দেখব ঋণাত্মক গেট বায়াস ভোল্টেজ বৃদ্ধি করলে ব্রেক ডাউন ভোল্টেজের জন্য V_{DS}-এর মান কেন হ্রাস পায়। কারণ V_{DS} ভোল্টেজ জাংশনে রিভার্স বায়াসের সাথে যুক্ত হয়ে কারেন্ট প্রবাহ ঘটায়।

চিত্র হতে দেখা যায়, $V_{DS} = 0$ হলে I_D-এর মান I_{DSS}-এ স্যাচুরেটেড হবে এবং $V_P = 4V$ প্রদর্শন করবে। ঋণাত্মক 1V-এর একটি বহিস্থ বায়াস প্রয়োগ করা হলে, গেট-চ্যানেল জাংশন-এর জন্য এখনও 4V প্রয়োজন হবে এবং তা পিঞ্চ-অফ হবে। অর্থাৎ পূর্ববর্তী এই 4V-এর পরিবর্তে চ্যানেলে 3V-এর ড্রপের প্রয়োজন হবে। স্বভাবতই এই 3V ড্রপ I_D এর নিম্নতর মানের সাথে পাওয়া যাবে। একইভাবে V_{GS} এর মান −2V এবং −3V হলে, চ্যানেলে 2V এবং 1V-এর জন্য পিঞ্চ-অফ পাওয়া যাবে। এটা পুনরায় I_D-এর মান হ্রাসের জন্যই পাওয়া যায়। V_{GS}= 4V অর্থাৎ V_P-এর মানের সমান হলে চ্যানেলে কোন ড্রপের প্রয়োজন হবে না, যেখানে I_D এর মান শূন্য হবে।

সাধারণত $V_P = V_{DS(P)} - V_{GS}$. এখানে $V_{DS(P)}$ হল V_{DS}-এর V_{GS}-এর দেয় মানের জন্য পিঞ্চ-অফ মান।

ট্রান্সফার বৈশিষ্ট্য (Transfer characteristic) ঃ V_{DS}-এর স্থির মানের জন্য I_D বনাম V_{GS}-এর মধ্যকার সম্পর্ক রেখা ছকে প্রদর্শন করলে যে বৈশিষ্ট্যরেখা পাওয়া যায়, তাকে ট্রান্সফার বৈশিষ্ট্যরেখা বলে। নিচের চিত্রে তা দেখানো হল–

এমতাবস্থায় $V_{GS} = 0$ হলে $I_D = I_{DSS}$

এবং $I_D = 0$ হলে $V_{GS} = V_P$.

ট্রান্সফার বৈশিষ্ট্যরেখা প্রায় নিম্নোক্ত সমীকরণ অনুসরণ করে–

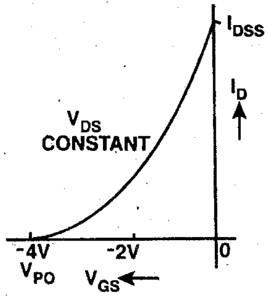
$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

$$= I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}}\right)^2$$

এই সমীকরণটিকে নিম্নোক্ত উপায়ে লেখা যায়–

$$V_{GS} = V_{GS(off)}\left(1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}\right)$$

V_{DS}-এর বিভিন্ন মানের জন্য V_{GS} এবং I_{DSS}-এর মানসমূহ জেনে ড্রেন বৈশিষ্ট্যরেখা হতে ট্রান্সফার বৈশিষ্ট্যরেখা পাওয়া যায়।



চিত্র ঃ ৭.৮ ট্রান্সফার বৈশিষ্ট্যরেখা

৭.৫ JFET এর প্যারামিটারসমূহ (The parameters of JFET) ঃ

JFET-এর মূল প্যারামিটারসমূহ হল–

১। এসি ড্রেন রেজিস্ট্যান্স (A.C drain resistance)

২। ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স (Transconductance)

৩। অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর (Amplification factor)

৪। ডিসি ড্রেন রেজিস্ট্যান্স, R_{DS} (DC drain resistance, R_{DS}) ইত্যাদি।

১। **এসি ড্রেন রেজিস্ট্যান্স (AC drain resistance, r_d) ঃ** স্থির মানের গেট-সোর্স ভোল্টেজে ড্রেন সোর্স ভোল্টেজের পরিবর্তন (ΔV_{DS}) এবং ড্রেন কারেন্টের পরিবর্তনের (ΔI_D) অনুপাতকে এসি ড্রেন রেজিস্ট্যান্স বলে। অর্থাৎ

এসি ড্রেন রেজিস্ট্যান্স, $r_d = \Delta \frac{V_{DS}}{\Delta I_D}$ | V_{GS}-এর মান স্থির।

JFET-এর এসি ড্রেন রেজিস্ট্যান্সের মান সাধারণত 10kΩ থেকে 1MΩ পর্যন্ত হয়ে থাকে।

২। **ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স (Transconductance, g_{fS}) ঃ** স্থির মানের ড্রেন সোর্স ভোল্টেজে ড্রেন কারেন্ট-এর পরিবর্তন (ΔI_D) এবং গেট সোর্স ভোল্টেজ (ΔV_{DS})-এর পরিবর্তনের অনুপাতকে ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স বলে। অর্থাৎ

ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স, $g_{fS} = \Delta \frac{\Delta I_D}{V_{DS}}$ | V_{DS}-এর মান স্থির।

ট্রান্সকন্ডাকট্যান্সকে সচরাচর, mA/Volt অথবা mho দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

৩। **অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর (Amplification factor, μ) ঃ** স্থির মানের ড্রেন কারেন্টে ড্রেন সোর্স ভোল্টেজের (ΔV_{DS}) পরিবর্তনের অনুপাত এবং গেট সোর্স ভোল্টেজের পরিবর্তনের অনুপাতকে (ΔV_{GS}) অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর বলে। অর্থাৎ,

অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর, $\mu = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta V_{GS}}$ | I_D-এর মান স্থির।

অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর একই প্রকার রাশির অনুপাত হওয়ায়, এটির জন্য কোন একক ব্যবহার করা হয় না।

৪। **ডিসি ড্রেন রেজিস্ট্যান্স (D.C drain resistance, R_{DS}) ঃ** সাধারণত ড্রেন সোর্স ভোল্টেজ এবং ড্রেন কারেন্টের অনুপাতকে ডিসি ড্রেন রেজিস্ট্যান্স বলে। অর্থাৎ

ডিসি ড্রেন রেজিস্ট্যান্স, $R_{DS} = \frac{V_{DS}}{I_D}$

এখানে, R_{DS} কে সাধারণত ওহমের মাধ্যমে প্রকাশ করা হয়।

JFET-এর টার্মসমূহ (Terms of JFET) ঃ JFET সার্কিট বিশ্লেষণ করলে নিম্নোক্ত গুরুত্বপূর্ণ টার্মসমূহ পাওয়া যায়।

১। শর্টকৃত গেট ড্রেন কারেন্ট (Shorted-gate drain current, I_{DSS})

২। পিঞ্চ-অফ ভোল্টেজ (Pinch off voltage, V_P)

৩। গেট-সোর্স কাট-অফ ভোল্টেজ (Gate source cut-off voltage, $V_{GS\,(off)}$)

১। **শর্টকৃত গেট ড্রেন কারেন্ট (Shorted-gate drain current, I_{DSS}) ঃ** V_{GS}-এর মান শূন্য হলে ড্রেন কারেন্টের মান এবং এমতাবস্থায় ড্রেন ভোল্টেজ (V_{DS}) পিঞ্চ অফ ভোল্টেজের সমান হলে, ড্রেন কারেন্টের মানকে শর্টকৃত গেট ড্রেন কারেন্ট (I_{DSS}) বলে। একে আবার শূন্য বায়াস কারেন্টও বলা হয়।

২। **পিঞ্চ-অফ ভোল্টেজ (Pinch off voltage, V_P) ঃ** যে সর্বনিম্ন ড্রেন সোর্স ভোল্টেজে ড্রেন কারেন্ট-এর মান স্থির থাকে, তাকে পিঞ্চ-অফ ভোল্টেজ বলে।

৩। **গেট-সোর্স কাট-অফ ভোল্টেজ (Gate source cut off voltage, $V_{GS\,(off)}$) ঃ** যে গেট-সোর্স ভোল্টেজে চ্যানেলটি সম্পূর্ণরূপে কাট-অফ এবং ড্রেন কারেন্টের মান শূন্য হয়, তাকে গেট-সোর্স কাট-অফ ভোল্টেজ বলে।

JFET প্যারামিটারসমূহের মধ্যে সম্পর্ক (Relation among JFET parameters) ঃ

আমরা জানি,

$$\mu = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta V_{GS}}$$

হর ও লবকে ΔI_D দ্বারা গুণ করে আমরা পাই,

$$\mu = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta V_{GS}} \times \frac{\Delta I_D}{\Delta I_D}$$

$$= \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} \times \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$

$$\therefore \mu = r_d \times g_{fs}$$

অর্থাৎ, অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর = এসি ড্রেন রেজিস্ট্যান্স × ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স।

৪। **গেট কাট-অফ কারেন্ট এবং ইনপুট রেজিস্ট্যান্স (Gate cut-off current and input resistance) ঃ** JFET-এর গেট চ্যানেল জাংশন, একটি সাধারণ PN-জাংশনের মতোই এবং গেট টার্মিনালে রিভার্স বায়াস প্রয়োগ করার ফলে এতে সামান্য মাইনরিটি চার্জ ক্যারিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয়। এটাই গেট সোর্স কাট-অফ কারেন্ট I_{GSS}, যা গেট রিভার্স কারেন্ট নামে অভিহিত। একটি 2N5457 JFET-এর জন্য I_{GSS} = 1nA (25°C-এ) এবং I_{GSS} = 200nA (100°C- এ)। এ প্রকার ডিভাইসের ইনপুট রেজিস্ট্যান্স (R_{GS}) হলে সে রেজিস্ট্যান্স যা রিভার্স বায়াস গেট চ্যানেল জাংশনে পাওয়া যায় এবং তা I_{GSS}-এর সাথে ব্যস্তানুপাতিক। R_{GS}-এর মান 25°C-এ $10^9\Omega$ এবং 100°C-এ $10^7\Omega$ হয়ে থাকে।

৫। **ব্রেক ডাউন ভোল্টেজ (Break down voltage) ঃ** যে ভোল্টেজে রিভার্স বায়াস গেট চ্যানেল জাংশনে ব্রেক ডাউন ঘটে, তাকে ব্রেক ডাউন ভোল্টেজ বলে। একটি FET-এর ব্রেক ডাউন ভোল্টেজ বিভিন্ন উপায়ে বের করা যায়। ডাটা শিটে ব্যবহৃত BV_{DG} হল ড্রেন-গেট ব্রেক ডাউন ভোল্টেজ এবং BV_{GSS} হল গেট-সোর্স ব্রেক ডাউন ভোল্টেজ – যখন ড্রেন এবং সোর্স সরাসরি যুক্ত থাকে। 2N5457–FET-এর জন্য ব্রেক ডাউন ভোল্টেজ কমবেশি 25V-এর মধ্যেই হয়ে থাকে।

৬। **সর্বোচ্চ পাওয়ার (Maximum power) ঃ** প্রায় সকল প্রকার ডিভাইসই তাপমাত্রা নির্ভর এবং তা সর্বোচ্চ পাওয়ার অপচয় করতে পারে। 25°C তাপমাত্রায় এটা P_D দ্বারা লেখা হয় এবং এর সাথে একটি ডিরেটিং (Derating) ফ্যাক্টর দেয়া থাকে। 2N5457-এর জন্য 25°C-এ P_D = 200 mW এবং ডিরেটিং ফ্যাক্টর = 2mW/°C।

৭। **নয়েজ ফিগার (Noise figure) ঃ** বাইপোলার ট্রানজিস্টর অপেক্ষা FET-এর বড় সুবিধা হল এই যে, FET সাধারণত লো-নয়েজে কাজ করে। এর কারণ খুব সামান্য পরিমাণ চার্জ ক্যারিয়ার FET-এর জাংশন অতিক্রম করে। একটি নির্দিষ্ট বায়াস-রেজিস্ট্যান্সে এবং নির্দিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সিতে FET-এর নয়েজ ফিগার (NF), স্পট নয়েজ ফিগার হিসাবে নির্দিষ্ট করা থাকে। বায়াস রেজিস্ট্যান্স অথবা ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তিত হলে নয়েজ ফিগারও পরিবর্তিত হয়।

৮। **ক্যাপাসিট্যান্স (Capacitance) ঃ** বিভিন্ন প্রকার FET ক্যাপাসিট্যান্স রয়েছে। যেমন- গেট-ড্রেন ক্যাপাসিট্যান্স (C_{gd}), গেট-সোর্স ক্যাপাসিট্যান্স (C_{gs}) এবং ড্রেন-সোর্স ক্যাপাসিট্যান্স (C_{ds}), কিন্তু কখনও কখনও ক্যাপাসিট্যান্সকে কেবল কমন সোর্স ইনপুট ক্যাপাসিট্যান্স (C_{iss}) হিসাবে অভিহিত করা হয়। এটিকে প্রকৃতপক্ষে ড্রেন-সোর্স শর্টেড অবস্থায় গেট সোর্স ক্যাপাসিট্যান্স (C_{gss}) বলা হয়। তা ছাড়া রিভার্স ট্রান্সফার ক্যাপাসিট্যান্স (C_{rss}) নামে অন্য একটি ক্যাপাসিট্যান্সও নির্দিষ্ট করা থাকে। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি এবং সুইচিং সার্কিটে ব্যবহারের সময় এ ক্যাপাসিট্যান্স মানসমূহ বেশ গুরুত্বপূর্ণ হয়ে দাঁড়ায়। 2N5457 এর জন্য C_{iss}-এর মান সর্বোচ্চ 7pF এবং C_{rss}-এর মান সর্বোচ্চ 3pF হয়ে থাকে।

একটি 2N5457 সিলিকন N-চ্যানেল জাংশন FET-এর সর্বোচ্চ রেটিং নিম্নে দেয়া হল-

রেটিং	প্রতীক	মান	একক
ড্রেন-সোর্স ভোল্টেজ	V_{DS}	25	Vdc
ড্রেন-গেট ভোল্টেজ	V_{DG}	25	Vdc
রিভার্স গেট-সোর্স ভোল্টেজ	$V_{GS(r)}$	25	Vdc
গেট কারেন্ট	I_G	10	dcmA
মোট ডিভাইস ডিপ্লেশন (25°C)>25°C, ডিরেট	P_D	310 2.81	mW mW/°C
অপারেটিং জাংশন টেম্পারেচার	T_J	135	°C
স্টোরেজ টেম্পারেচার রেঞ্জ	T_{Stg}	– 65 হতে + 150	°C

MOSFET এবং FET-এর বিভিন্ন প্যারামিটার-এর রেঞ্জ (Different parameters range of FET and MOSFET) ঃ

প্যারামিটার	JFET	MOSFET
g_m	0.1–10mA/V	0.1–20mA/V অথবা বেশি
r_d	0.11MΩ	1 – 50kΩ
C_{ds}	0.1 – 1pF	0.1 – 1pF
C_{gs}, C_{gd}	1 – 10pF	1 – 10pF
r_{gs}	$> 10^8\Omega$	$> 10^{10}\Omega$
r_{gd}	$> 10^8\Omega$	$> 10^{14}\Omega$

৭.৬ FET প্যারামিটারসমূহের মধ্যে সম্পর্ক স্থাপন (Establishing the relationship among FET parameters) ঃ

JFET প্যারামিটারসমূহের মধ্যে সম্পর্ক (Relation among JFET parameters) ঃ

আমরা জানি,

$$\mu = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta V_{GS}}$$

হর ও লবকে ΔI_D দ্বারা গুণ করে আমরা পাই,

$$\mu = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta V_{GS}} \times \frac{\Delta I_D}{\Delta I_D} = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} \times \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$

$$\therefore \mu = r_d \times g_{fs}$$

অর্থাৎ, অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর = এ.সি. ড্রেন রেজিস্ট্যান্স × ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স।

৭.৭ JFET এর DC বায়াসিং এবং এর লোড লাইন (The DC biasing of JFET and its load line) ঃ

JFET-এর সঠিক কাজ করানোর জন্য সোর্সের তুলনায় গেটটি অবশ্যই ঋণাত্মক হতে হবে। এটি গেট সার্কিটে একটি ব্যাটারি যুক্ত করে অথবা বায়াসিং নেটওয়ার্কের মাধ্যমে সম্পাদন করা যায়।

JFET-টিকে নিম্নোক্ত প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বায়াস করা হয়। যথা–

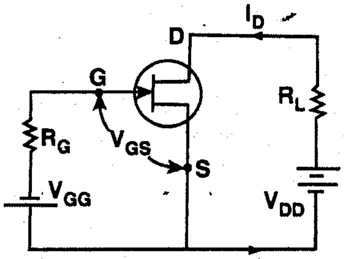
১। একটি আলাদা পাওয়ার সোর্স V_{GG} ব্যবহার করে।

২। সেলফ-বায়াস সার্কিট গঠন করে।

৩। সোর্স বায়াসের মাধ্যমে।

৪। ভোল্টেজ বিভাজনকারী বায়াস পদ্ধতিতে।

১। আলাদা পাওয়ার সোর্স V_{GG} ব্যবহার করে (Using a separate power source, V_{GG}) ঃ নিচের চিত্রে এ প্রকার সার্কিট ব্যবস্থাপনা দেখানো হল। এখানে Gate-এর সাথে আলাদা R_G রেজিস্টরের মাধ্যমে গেটে V_{GG} ভোল্টেজ দেয়া হয়। এটি ব্যাটারি সিগন্যালের সকল অংশের সময় সোর্সের তুলনায় গেটটি সর্বদাই ঋণাত্মক তা প্রকাশ করে।



চিত্র ঃ ৭.৯ আলাদা V_{GG} পাওয়ার সোর্স ব্যবহার করে বায়াস

২। সেলফ বায়াস (The self-bias) ঃ চিত্রে সেলফ বায়াস পদ্ধতি দেখানো হল। এখানে R_S হল বায়াস রেজিস্টর। R_S এর মাধ্যমে ড্রেন কারেন্টের ডিসি কম্পানেন্ট প্রবাহিত হয় এবং তা আকাঙ্ক্ষিত বায়াস ভোল্টেজ উৎপাদন করে। ড্রেন কারেন্ট-এর এসি কম্পোনেন্টকে C_S ক্যাপাসিটর বাইপাস করে।

R_S-এর আড়াআড়িতে প্রাপ্ত ভোল্টেজ,

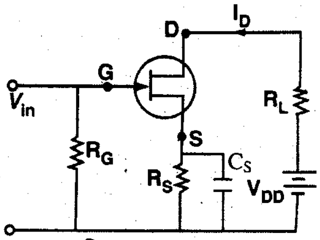
$$V_S = I_D R_S$$

যেহেতু গেট কারেন্টের মান অত্যন্ত কম, গেট টার্মিনালটি ডিসি গ্রাউন্ড অর্থাৎ $V_G = 0$.

$$\therefore \quad V_{GS} = V_G - V_S$$
$$= 0 - I_D R_S$$

অথবা, $V_{GS} = I_D R_S$

এই বায়াস ভোল্টেজ V_{GS} সোর্সের তুলনায় ঋণাত্মক রাখা হয়।



চিত্র ঃ ৭.১০ সেলফ বায়াস

অপারেটিং বিন্দু (Operating point) ঃ শূন্য সিগন্যাল I_D এবং V_{DS} মান হতে অপারেটিং বিন্দুটি সহজে নির্ণয় করা যায়। যেহেতু FET-এর প্যারামিটারসমূহ জানা আছে; নিম্নোক্ত সম্পর্ক হতে শূন্য সিগন্যাল I_D-এর মান সহজে নির্ণয় করা যায়–

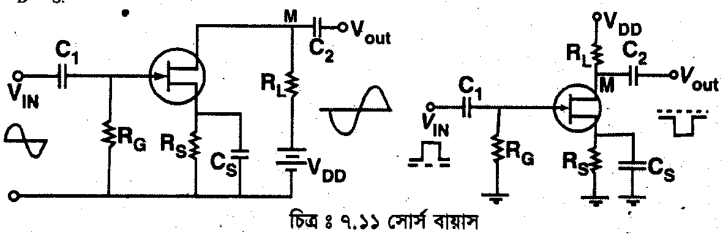
$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

এবং $V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S)$.

৩। সোর্স বায়াস (Source bias) ঃ নিচের চিত্রে সোর্স বায়াস প্রক্রিয়া দেখানো হল। এখানে V_{GS}-এর মান পাওয়ার জন্য সেলফ-বায়াস রেজিস্টর R_S-কে ব্যবহার করা হয়।

সুতরাং, $V_{SS} = I_D R_S + V_{GS}$

অথবা, $V_{GS} = V_{SS} - I_D R_S$.



চিত্র ঃ ৭.১১ সোর্স বায়াস

৪। ভোল্টেজ বিভাজনকারী বায়াস (Voltage divider bias) ঃ নিচের চিত্রে একটি JFET-এর ভোল্টেজ বিভাজন পদ্ধতিতে বায়াসিংকরণ প্রক্রিয়া দেখানো হল। এটি ট্রানজিস্টর সার্কিটের মতই কাজ করে। R_1 এবং R_2 রেজিস্টর ড্রেন সরবরাহ ভোল্টেজ V_{DD}-কে বিভক্ত করে। R_2-এর আড়াআড়িতে V_2 ভোল্টেজ প্রয়োজনীয় বায়াসের যোগান দেয়।

$$\therefore V_2 = \frac{V_{DD}}{R_1 + R_2} \times R_2$$

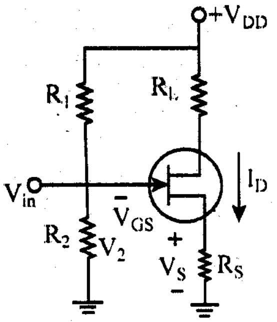
এখানে, $V_2 = V_{GS} + I_D R_S$

অথবা, $V_{GS} = V_2 - I_D R_S$

সার্কিটটি এমনভাবে অংকন করা হয়েছে ফলে V_2-এর তুলনায় $I_D R_S$-এর মান বড় থাকে। অর্থাৎ V_{GS}-এর মান ঋণাত্মক হয়। এটি সঠিক বায়াস ভোল্টেজের যোগান দেয়। নিম্নোক্ত সমীকরণের মাধ্যমে আমরা অপারেটিং বিন্দু নির্ণয় করতে পারব।

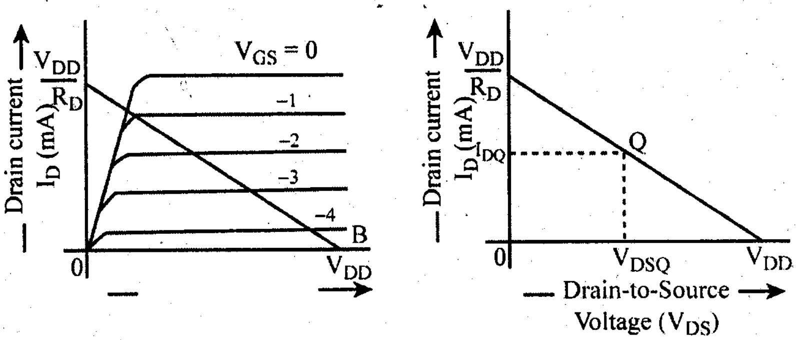
$$I_D = \frac{V_2 - V_{GS}}{R_S}$$

এবং $V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S)$



চিত্র ঃ ৭.১২ ভোল্টেজ বিভাজনকারী বায়াস

JFET লোড লাইন (JFET load line) ঃ সেলফ বায়াসকৃত JFET সার্কিটের Q বিন্দুর মান ডিসি লোড লাইন ব্যবহার করে পাওয়া যায়। নিচের চিত্রের ড্রেন বৈশিষ্ট্যরেখা হতে সহজেই ডিসি লোড লাইন নির্ণয় করা যায়।



(a) Drawing d.c. load line (b) Setting a Q-point

চিত্র ঃ ৭.১৩ ড্রেন বৈশিষ্ট্যরেখা ও ডিসি লোড লাইন

নিচের সম্পর্ক ব্যবহার করে ডিসি লোড লাইনের উপরের ও নিচের প্রান্ত ড্রেন কারেন্ট (I_D) এবং ড্রেন-টু-সোর্স ভোল্টেজ (V_{DS}) এর মান পাওয়া যায়।

$V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S)$

উপরের প্রান্ত অর্থাৎ A বিন্দুতে ড্রেন থেকে সোর্স ভোল্টেজ V_{DS} এর মান শূন্যের সমান। ফলে $V_{DS} = 0$ মান বসিয়ে আমরা পাই,

$0 = V_{DD} - I_D (R_D + R_S)$

$$\therefore I_D = \frac{V_{DD}}{(R_D + R_S)}$$

একইভাবে নিচের প্রান্তে অর্থাৎ B বিন্দুতে ড্রেন কারেন্টের মান (I_D) শূন্যের কাছাকাছি। ফলে $I_D = 0$; এই মান উপরের সমীকরণে স্থাপন করলে আমরা পাই,

$V_{DS} = V_{DD} - 0 (R_D + R_S) = V_{DD}$

ফলে নিচের মানগুলো বিন্দু অনুসারে উপরের ও নিচের প্রান্তে আমরা স্থাপন করতে পারি–

$I_D = V_{DD}/(R_D + R_S)$ এবং $V_{DS} = 0$ ------ (উপরের প্রান্ত)

$I_D = 0$ এবং $V_{DS} = V_{DD}$ ------------------- (নিচের প্রান্ত)

ডিসি লোড লাইনের মধ্য বিন্দু হতে Q বিন্দু পাওয়া যায়।

এক্ষেত্রে Q বিন্দুতে ড্রেন কারেন্টের মান–

$I_{DQ} = \frac{V_{DD}}{2(R_D + R_S)}$ এবং Q বিন্দুতে ড্রেন থেকে সোর্স ভোল্টেজ, $V_{DSQ} = \frac{V_{DD}}{2}$

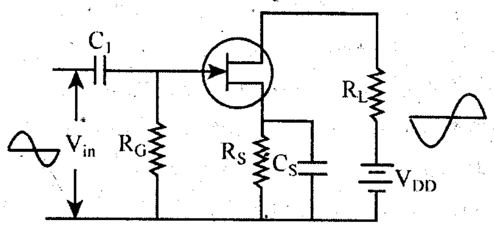
৭.৮ CS, CD এবং CG FET অ্যাম্প্লিফায়ারের সার্কিটের কার্যাবলি (The operation of CS, CD, CG FET amplifier circuit) ঃ

JFET-এর সংযোগসমূহ (Connections of JFET) ঃ JFET-এর তিনটি প্রান্ত রয়েছে। যথা– সোর্স, গেট এবং ড্রেন। তবে JFET-কে সার্কিটে যুক্তকরণে আমাদের চারটি টার্মিনালের প্রয়োজন হয়। এগুলোর দুটি ইনপুট এবং দুটি আউটপুট হিসাবে কাজ করে। তাই JFET-এর সংযোগসমূহকে তিনটি উপায়ে ব্যাখ্যা করা যায়–

১। কমন সোর্স সংযোগ (Common source connection),
২। কমন গেট সংযোগ (Common gate connection),
৩। কমন ড্রেন সংযোগ (Common drain connection) ইত্যাদি।

কমন সোর্স JFET অ্যাম্প্লিফায়ার (Common source JFET amplifier) ঃ

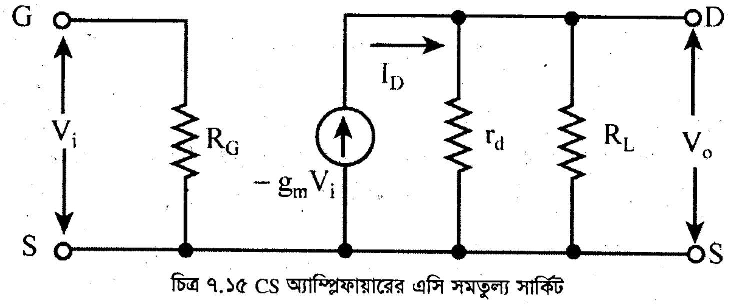
কমন সোর্স জেফেট অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের কার্যপ্রণালি ঃ



চিত্র ঃ ৭.১৪ কমন সোর্স জেফেট অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট

ইনপুট সিগন্যাল, R_G এর আড়াআড়িতে ক্যাপাসিটর (C_1) এর মাধ্যমে জেফেট এর গেট এ প্রয়োগ করা হয় বায়াসিং নেটওয়ার্ক, ক্যাপাসিটর (C_s) এবং রেজিস্টর (R_S) জেফেট টিতে সেলফ বায়াসের কাজ করে। ইনপুট সার্কিট সর্বদা রিভার্স বায়াসিং-এ থাকে। গেট এ এই রিভার্স বায়াস এর সামান্য পরিবর্তন ড্রেন কারেন্ট এর ব্যাপক পরিবর্তন ঘটায়। ইনপুট সিগন্যাল এর পজিটিভ হাফ সাইকেল এর সময় গেট এর রিভার্স বায়াস হ্রাস পায়। এতে চ্যানেল উইড্‌থ বৃদ্ধি পায়। ফলে ড্রেন কারেন্টও বৃদ্ধি পায়। আবার ইনপুট সিগন্যাল এর নেগেটিভ হাফ সাইকেল এর সময় গেট এর রিভার্স বায়াস বৃদ্ধি পায়। এতে চ্যানেল উইড্‌থ হ্রাস পায় ফলে ড্রেন কারেন্টও হ্রাস পায়। ড্রেন কারেন্ট এর এইরূপ ব্যাপক পরিবর্তন লোড রেজিস্টর (R_L) এর আড়াআড়িতে লার্জ আউটপুট সিগন্যাল উৎপন্ন করে। R_S এর মধ্য দিয়ে ড্রেন কারেন্ট এর ডিসি উপাদান প্রবাহিত হওয়ায় আকাঙ্ক্ষিত বায়াস ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় এবং ক্যাপাসিটর (C_S) এর মধ্য দিয়ে ড্রেন কারেন্ট এর এসি উৎপাদনকে বাইপাস করে। লোড রেজিস্টর (R_L) এর আড়াআড়ি হতে অ্যাম্প্লিফাইড অর্থাৎ লার্জ আউটপুট সিগন্যাল পাওয়া যায়।

CS-সার্কিটের সমতুল্য এসি সার্কিট ঃ চিত্রে প্রদর্শিত CS অ্যাম্প্লিফায়ার-এর এসি সমতুল্য সার্কিট অংকন করতে হলে এর সরবরাহ ভোল্টেজ এবং ক্যাপাসিটর প্রতিস্থাপন (Replace) করার জন্য উভয়ের মধ্যে শর্ট সার্কিট করা হয়। আর ডিভাইসটি প্রতিস্থাপন করার জন্য নিজস্ব (Own) সমতুল্য সার্কিট ব্যবহার করা হয়। নিম্নে ৭.১৫ নং চিত্রে এ সমতুল্য সার্কিট দেখানো হয়েছে।



চিত্র ৭.১৫ CS অ্যাম্প্লিফায়ারের এসি সমতুল্য সার্কিট

ভোল্টেজ গেইন ঃ ৭.১৫ নং চিত্র হতে দেখা যায়,

আউটপুট ভোল্টেজ $= I_D \times (r_d \,||\, R_L)$

$$= I_D \times \frac{r_d \times R_L}{r_d + R_L}$$

এবং কারেন্ট, $I_D = -g_m V_i$

$$\therefore V_o = -g_m V_i \times \frac{r_d \times R_L}{r_d + R_L}$$

ভোল্টেজ গেইন, $A_V = \frac{V_o}{V_i}$

$$= \frac{-g_m r_d R_L}{r_d + R_L}$$

যদি $r_d >> R_L$ হয়, তবে $r_d + R_L = r_d$ এবং তখন

$$A_V = \frac{-g_m r_d R_L}{r_d}$$
$$= -g_m R_L$$

আউটপুট ইম্পিড্যান্স ঃ নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সিতে, আউটপুট ইম্পিড্যান্স হয়–

$Z_o = R_L || r_d \approx R_L$

কিন্তু উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে R_L এবং R_d ড্রেন-সোর্স ক্যাপাসিট্যান্স C_{ds} -এর মাধ্যমে শান্ট করে দেয়া হয়।

ইনপুট ইম্পিড্যান্স ঃ নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সিতে, ইনপুট ইম্পিড্যান্স Z_i হল বায়াস রেজিস্ট্যান্স R_G। আরো সঠিকভাবে বলতে গেলে $Z_i = R_{GS} || R_{GS}$; কিন্তু সাধারণত বায়াস রেজিস্ট্যান্স R_G অপেক্ষা অনেক বড় হয় বলে লেখা যায়, $Z_i \approx R_G$।

কিন্তু উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে RG এর সাথে শান্টকৃত ইনপুট ক্যাপাসিট্যান্স-এর প্রভাব গণনা করতে হয়।

❑ **কমন-ড্রেন (CD) সার্কিট ঃ** নিম্নে ৭.১৬ নং চিত্রে একটি কমন-ড্রেন অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট দেখানো হয়েছে। এ সার্কিটকে অনেক সময় সোর্স-ফলোয়ার (Source follower) বলা হয়। সার্কিটে লোড রেজিস্টর R_L সোর্স-টার্মিনালের সাথে সিরিজে সংযুক্ত থাকে। এটি কমন-কালেক্টর বাইপোলার ট্রানজিস্টর সার্কিটের সমতুল্য।

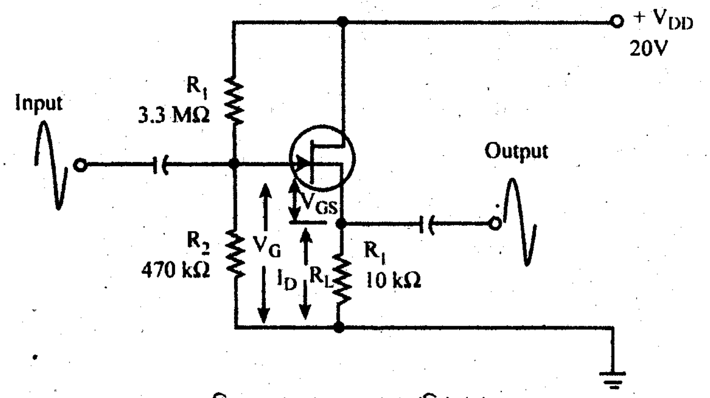
সার্কিট হতে দেখা যায় যে, গেট-বায়াস ভোল্টেজ V_G গেট-সোর্স ভোল্টেজ V_{GS}-এর সমান নয়।

$$V_G = V_{GS} + V_{RL}$$
$$= V_{GS} + I_D R_L$$

যদি $I_D = 1mA$. এবং $V_{GS} = -2V$ ও $g_m = 5000\mu mho$ ধরা হয়।

তাহলে, $I_D R_L = 1mA \times 10k\Omega = 8V$.

এবং $V_G = -2V + 10V = 8V$.



চিত্র ঃ ৭.১৬ কমন-ড্রেন অ্যাম্প্লিফায়ার

এখন আউটপুটে +1V. পরিবর্তন আনার জন্য প্রয়োজনীয় ইনপুট ভোল্টেজের পরিমাণ নির্ণয় করা যাক। সিগন্যাল ভোল্টেজ V_i হলে নতুন গেট-ভোল্টেজের পরিমাণ হবে $V_G + V_i$ । V_{RL} এর নতুন মান হবে $(I_D + \Delta I_D) \times 10k\Omega$

কিন্তু $V_{RL} = 10V + 1V$
$$= 11V$$

অর্থাৎ $11V = (I_D + \Delta I_D) \times 10k\Omega$

অথবা, $\Delta I_D = \frac{11V}{10k\Omega} - I_D$
$$= 0.1 \text{ mA}$$

কিন্তু $\Delta I_D = g_m \times \Delta V_{GS}$

$11V = (I_D + \Delta I_D) \times 10k\Omega$

অথবা, $\Delta I_D = \frac{11V}{10k\Omega} - I_D$

$= 0.1mA$

কিন্তু $\Delta I_D = g_m \times \Delta V_{GS}$

$\Delta V_{GS} = \Delta I_D / g_m$

$= \frac{0.1 \times 10^{-3}}{5000 \times 10^{-6}}$

$= 0.02V.$

তাহলে, $V_G + V_i = (V_{GS} + \Delta V_{GS}) + (I_D + \Delta I_D) R_L$

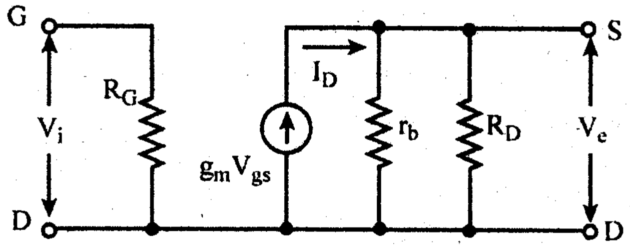
অথবা, $8V + V_i = (-2V + 0.02V) + (1mA + 0.1mA) \times 10 k\Omega$

অথবা $V_i = -1.98V + 11V - 8V$

$= +1.02V$

সুতরাং দেখা যাচ্ছে যে, আউটপুটে + 1V পরিবর্তন করতে হলে ইনপুট পরিবর্তন করতে হবে +1.02V. অর্থাৎ বলা যায় যে, কমন-ড্রেন অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন প্রায় 1 এবং ইনপুট ও আউটপুট-এর মধ্যে কোন ফেজ পার্থক্য হয় না। এখানে বলা বলা যায় যে, এ অ্যাম্প্লিফায়ারে, আউটপুট ভোল্টেজের পরিবর্তন, ইনপুট ভোল্টেজের পরিবর্তনকে অনুসরণ (Follow) করে। এ জন্য একে সোর্স-ফলোয়ারও বলা হয়ে থাকে।

CD-সার্কিটের সমতুল্য এসি সার্কিট বিশ্লেষণ ঃ CS সার্কিটের মতোই CD সার্কিটের এসিসমতুল্য সার্কিট অংকন করার জন্য এর সাপ্লাই ভোল্টেজ এবং ক্যাপাসিটর শর্ট সার্কিট করার মাধ্যমে প্রতিস্থাপন করা হয় এবং ডিভাইস প্রতিস্থাপন করা হয় এর নিজস্ব এসি সমতুল্য সার্কিটের মাধ্যমে। CD সমতুল্য সার্কিট ৭.১৭ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। লক্ষণীয় যে, $g_m V_{gs}$ হলো কারেন্ট উৎসের মান, যেখানে $V_{gs} = V_i - V_o$। R_G হচ্ছে $R_1 || R_2$।



চিত্র ঃ ৭.১৭ CD অ্যাম্প্লিফায়ারের এসি সমতুল্য সার্কিট

ভোল্টেজ গেইন ঃ

$V_o = I_d \times (r_d || R_L)$

$= I_d \times \frac{r_d \times R_L}{r_d + R_L}$

এবং $I_D = g_m V_{gs}$

$= g_m (V_i - V_o)$

সুতরাং $V_o = g_m (V_i - V_o) \frac{r_d \times R_L}{r_d + R_L}$

সমাধান করে, $V_o(r_d + R_L) = g_m V_i r_d R_L - g_m V_o r_d R_L$

অথবা, $V_o (r_d + R_L + g_m r_d R_L) = g_m V_i r_d R_L$

অথবা, $V_o = g_m V_i \frac{r_d R_L}{r_d + R_L + g_m r_d R_L}$

এখন ভোল্টেজ গেইন, $A_v = g_m \frac{r_d R_L}{r_d + R_L + g_m r_d R_L}$ $[\because A_v = \frac{V_o}{V_i}]$

যদি $g_m r_d r_L >> (R_d + R_L)$ হয়, তবে

$A_V \approx 1$

আউটপুট ইম্পিড্যান্স ঃ আমরা পূর্বেই দেখেছি,

$$V_o = g_m V_i \frac{r_d R_L}{r_d + R_L + g_m r_d R_L}$$

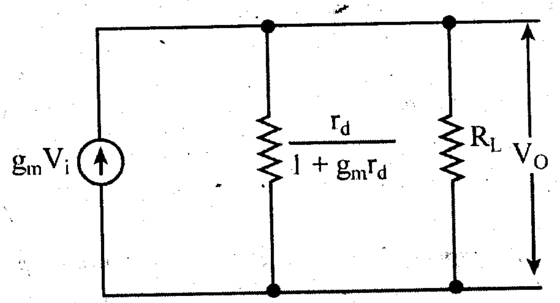
এখানে, কারেন্ট $g_m V_i$, V_i-এর সাথে সরাসরি সমানুপাতিক এবং V_o-এর দ্বিতীয় অংশ একটি রেজিস্ট্যান্স, Z_o.

$$\text{অর্থাৎ } Z_o = \frac{r_d R_L}{r_d + R_L + g_m r_d R_L}$$

$$= \frac{r_d R_L}{r_d + R_L(1 + g_m r_d)}$$

$$= \frac{r_d/(1 + g_m r_d) R_L}{[r_d/(1 + g_m r_d)] + R_L}$$

$$= R_L \parallel \frac{r_d}{1 + g_m r_d}$$

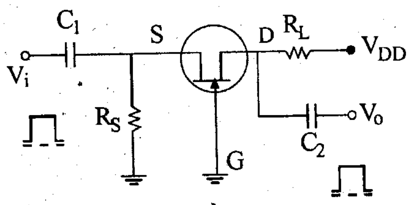


চিত্র ঃ ৭.১৮ Modified CD amplifier equivalant circuit

এ অভিজ্ঞতা কাজে লাগিয়ে ৭.১৮ এর সমতুল্য সার্কিটকে চিত্র ঃ ৭.১৭ এর ন্যায় অংকন করা যায়।

ইনপুট ইম্পিড্যান্স ঃ CD অ্যাম্প্লিফায়ারে, ইনপুট রেজিস্ট্যান্স $Z_i = R_1 || R_2$। ড্রেন-গেট ক্যাপাসিট্যান্স C_{gd} , Z_i এর সাথে প্যারালালে আছে। আর গেট-সোর্স ক্যাপাসিট্যান্স C_{gs}, গেট ও সোর্স-টার্মিনালের মধ্যে বিরাজ করে। সিগন্যাল ভোল্টেজের অধিকাংশই C_{gd}-তে উপস্থিত হয়, ফলে C_{gd}-এর তুলনায় C_{gs}-এর প্রভাব খুব নগণ্য।

কমন গেট (CG) সার্কিট ঃ কমন গেট সার্কিটে সোর্স-টার্মিনালে ইনপুট সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয় এবং ড্রেন-টার্মিনাল হতে আউটপুট নেয়া হয়। নিম্নে ৭.১৯ নং চিত্রে প্রদর্শিত CG সার্কিট হতে দেখা যায় যে, এর গেট-টার্মিনাল গ্রাউন্ডেড অবস্থায় আছে, লোড-রেজিস্টর R_L ড্রেন-টার্মিনালের সাথে সিরিজে সংযুক্ত আছে এবং সোর্স টার্মিনালের সাথে R_s-রেজিস্টর সংযুক্ত করা হয়েছে। R_s-এর আড়াআড়িতে সিগন্যাল ভোল্টেজ V_i প্রদান করা হয়।



চিত্র ঃ ৭.১৯ CG-অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট

উপরের চিত্রে যদি $I_D = 1mA$, $g_m = 5{,}000\mu mho$ হয়, তবে ড্রেন ভোল্টেজ,

$$V_D = V_{DD} - (I_D R_L) = 20V - (1mA \times 10k\Omega) = 10V$$

R_s-এর আড়াআড়ি ভোল্টেজ ড্রপ হবে, $= I_D \times R_s = 1mA \times 1k\Omega = 1V$.

এর অর্থ হল গ্রাউন্ডের সাপেক্ষে সোর্স-টার্মিনাল 1V পজিটিভ। অন্যভাবে বলা যায় যে, সোর্স টার্মিনালের সাপেক্ষে গ্রাউন্ড ভোল্টেজ – 1V আবার গেট গ্রাউন্ডেড থাকায় সোর্সের সাপেক্ষে এটিও 1V-এ আছে। অর্থাৎ গেট-সোর্স ভোল্টেজ, $V_{GS} = -1V$.

এখন যদি সোর্স-টার্মিনালে + 0.1V ইনপুট সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়, তবে R_s-এর আড়াআড়ি ভোল্টেজ-এর ড্রপ হবে 1.1V. আর V_{GS} হবে – 1.1V. অর্থাৎ V_{GS} -এর মান – 0.1V পরিবর্তিত হবে। এর ফলে I_D কারেন্ট হ্রাস পাবে এবং এর নতুন মান হবে–

$$I_D = 1mA - (g_m \times \Delta V_{GS})$$

$$= 1mA - (5{,}000 \times 10^{-6} \times 0.1)$$

$$= 1mA - 0.5mA$$

$$= 0.5\ mA$$

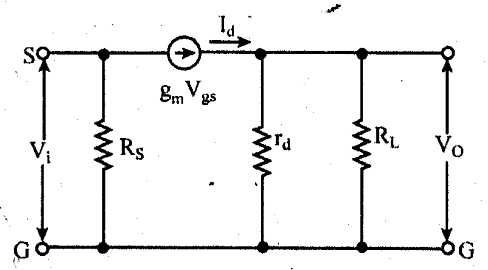
আর ড্রেন ভোল্টেজের নতুন মান হবে,

$V_D = V_{DD} - I_D R_2$
$= 20 - (0.5\ mA \times 10k\Omega)$
$= 15V$

এভাবে, মাত্র + 0.1V ইনপুট সিগন্যাল সোর্স টার্মিনালে প্রয়োগ করায় ড্রেন ভোল্টেজ V_D এর মান 10V হতে বৃদ্ধি পেয়ে 15V হয় অর্থাৎ + 5V পরিবর্তিত হয়। অনুরূপভাবে দেখানো যায় যে, ইনপুটে – 0.1V প্রয়োগ করলে ড্রেন ভোল্টেজ হ্রাস পেয়ে 10V হতে 5V হয়।

উপরের বিশ্লেষণ হতে বুঝা যায় যে, CG সার্কিট ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফিকেশন করে এবং ড্রেন হতে যে আউটপুট ভোল্টেজ পাওয়া যায়, তা সোর্সের ইনপুট ভোল্টেজের একই ফেজে (In phase) অবস্থান করে।

CG সার্কিটের সমতুল্য এসি সার্কিট বিশ্লেষণ ঃ সরবরাহ ভোল্টেজ এবং ক্যাপাসিটর শর্ট সার্কিট করার মাধ্যমে এদেরকে প্রতিস্থাপিত করে চিত্র ঃ ৭.২০ এর ন্যায় CG এসি সমতুল্য সার্কিট অংকন করা হয়। ডিভাইসটি প্রতিস্থাপিত করা হয় এর নিজস্ব সমতুল্য সার্কিট দ্বারা।



চিত্র ঃ ৭.২০ CG এসি সমতুল্য সার্কিট

এখানে লক্ষণীয় যে, কারেন্ট সোর্স G_mV_{gs} ড্রেন এবং সোর্স টার্মিনালের সাথে সংযুক্ত, যেহেতু সোর্স এবং ড্রেন যথাক্রমে ইনপুট এবং আউটপুট টার্মিনাল। এজন্য এ CG সার্কিটে কারেন্ট সোর্স G_mV_{gs} থাকে ইনপুট ও আউটপুটের মধ্যে।

ভোল্টেজ গেইন ঃ

আউটপুট ভোল্টেজ, $V_o = I_d \times (r_d || R_L) = I_d \times \frac{r_d \times R_L}{r_d + R_L}$

এবং $I_D = g_m V_{gs} = g_m V_i$

$\therefore V_o = g_m V_i \times \frac{r_d \times R_L}{r_d + R_L}$

এখন ভোল্টেজ গেইন, $A_v = \frac{g_m r_d \times R_L}{r_d + R_L}$

এটা CS-সার্কিটের ভোল্টেজ গেইনের মতোই; কেবল পার্থক্য এই যে, CG-সার্কিটের এ ভোল্টেজ গেইন পজিটিভ হয়, আর CS-সার্কিটের ভোল্টেজ গেইন নেগেটিভ হয়। এ সার্কিটের আউটপুট ভোল্টেজ V_o ইনপুট ভোল্টেজ V_i-এর ইনফেজে থাকে।

আউটপুট ইম্পিড্যান্স ঃ উপরের ৭.২০ নং চিত্র হতে লক্ষ করা যায় যে, CG সার্কিটের আউটপুট ইম্পিড্যান্স Z_o, R_L এবং r_d-এর প্যারালাল সমতুল্য। অর্থাৎ,

$Z_o = R_L || r_d \approx R_L \qquad [\because R_L >> r_d]$

এ Z_o অবশ্যই নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সির আউটপুট ইম্পিড্যান্স, কিন্তু উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে একে প্যারালাল ক্যাপাসিট্যান্স C_{gd} দ্বারা পরিবর্তন করতে হবে।

ইনপুট ইম্পিড্যান্স ঃ CG সমতুল্য সার্কিট হতে দেখা যায় যে, R_S-এর মধ্যদিয়ে প্রবাহিত কারেন্টকে নগণ্য ধরলে ইনপুট কারেন্ট–

$I_d = g_m V_{gs} = g_m V_i$

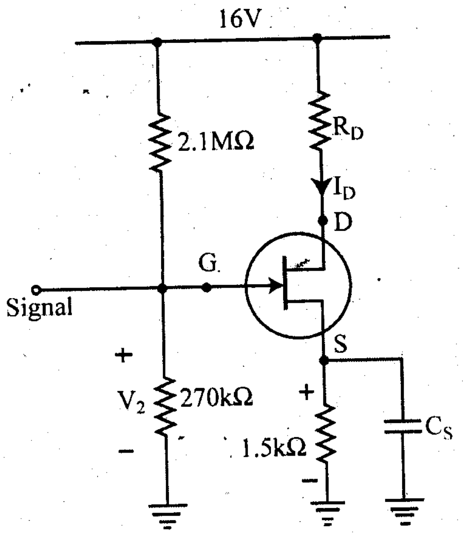
সুতরাং সোর্স-টার্মিনালে ইনপুট ইম্পিড্যান্স $= \frac{V_i}{I_d} = \frac{V_i}{g_m V_i} = \frac{1}{g_m}$

এখন সার্কিট ইনপুট ইম্পিড্যান্স $= Z_i = \frac{1}{g_m} || R_s$

এ CG অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ইম্পিড্যান্স হয় খুব নিম্নমানের।

৭.৯ FET প্যারামিটারসমূহের উপর ভিত্তি করে সমস্যা সমাধান (Problem solution based on FET parameters) ঃ

উদাহরণ-৭.১ । নিচের সার্কিটটি হতে (ক) V_G (খ) V_{GS} (গ) V_{DS} নির্ণয় কর । যখন, $I_{DSS} = 8mA$ এবং $V_p = -4V$



চিত্র ঃ FET অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট

সমাধান ঃ

দেয়া আছে,
$V_{DD} = +16V$
$R_1 = 2.1\ M\Omega$
$R_2 = 270k\Omega = 0.27\ M\Omega$
$I_{DSS} = 8mA = 8 \times 10^{-3}A$
$V_p = -4$ Volt
$R_s = 1.5k\Omega = 1500\Omega$

(ক) আমরা জানি,

$$V_G = \frac{R_2 V_{DD}}{R_1 + R_2} = \frac{(0.27M\Omega)\ (16V)}{2.1M\Omega + 0.27M\Omega} = 1.82V \text{ (Ans.)}$$

(খ) আমরা জানি,

$$V_{GS} = V_G - I_D R_S = 1.82 - I_D \times 1.5 \times 10^3$$

আবার,

$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

$$\Rightarrow I_D = 8 \times 10^{-3}\left(1 - \frac{1.82 - 1500I_D}{-4}\right)^2$$

$$\Rightarrow I_D = 8 \times 10^{-3}\left(1 + \frac{1.82}{4} - \frac{1500I_D}{4}\right)^2$$

$$= 8 \times 10^{-3}\left(1.455 - \frac{1500I_D}{4}\right)^2$$

দ্বিঘাত রাশিতত্ত্বে সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$I_D = 2.4mA = 2.4 \times 10^{-3}A$

$$\therefore V_{GS} = 1.82 - (2.4\ mA)\ (1.5\ k\Omega) = -1.78 \text{ Volt. (Ans.)}$$

(গ) আমরা জানি,

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_S + R_D)$$

$$\therefore V_{DS} = 16 - (2.4\ mA)\ (2.4k\Omega + 1.5\ k\Omega) = 6.64 \text{ Volt (Ans.)}$$

উদাহরণ-৭.২। নিচের সার্কিটটি হতে ড্রেন টু সোর্স V_{DS} এবং গেট টু সোর্স V_{GS} ভোল্টেজ এর মান নির্ণয় কর। এখানে $I_D = 5mA$.

সমাধান ঃ দেওয়া আছে, $I_D = 5mA = 5 \times 10^{-3}A$

$V_{DD} = 10$ Volts, $R_D = 1k\Omega$ এবং $R_S = 500\Omega$

আমরা জানি, সোর্স ভোল্টেজ, $V_S = I_D \times R_S$

$= 5 \times 10^{-3} \times 500$

$= 2.5V$

এবং ড্রেন ভোল্টেজ, $V_D = V_{DD} - I_D.R_D$

$= 10 - (5 \times 10^{-3}) \times (1 \times 10^3)$

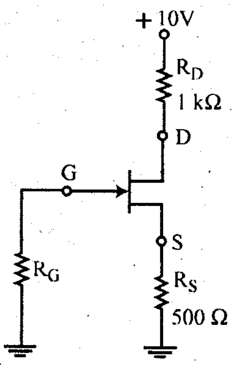
$= 10 - 5 = 5V$

∴ ড্রেন টু সোর্স ভোল্টেজ,

$V_{DS} = V_D - V_S = 5 - 2.5V = 2.5V$ **(উত্তর)**

আমরা জানি, গেট টু সোর্স ভোল্টেজ,

$V_{GS} = -V_S = -2.5V$ **(উত্তর)**



চিত্র ঃ কমন সোর্স CS FET অ্যাম্প্লিফায়ার

উদাহরণ-৭.৩। নিচের চিত্রে একটি N-চ্যানেল FET অ্যাম্প্লিফায়ার অঙ্কন করা হয়েছে। এখানে $I_{DSS} = 1.5mA$, $V_p = -1.5V$. যদি কুইসেন্ট ড্রেন থেকে গ্রাউন্ড ভোল্টেজের মান 10 ভোল্ট হয়, তবে R_I এর মান নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ

দেওয়া আছে, $R_D = 56k\Omega$, $R_G = 1M\Omega$

$I_{DSS} = 1.5mA$, $V_P = -1.5V$, $V_D = 10V$ এবং $V_{DD} = 20V$.

আমরা জানি, ড্রেন ভোল্টেজ V_D এর মান

$V_D = V_{DD} - I_D.R_D$

$\therefore 10 = 20 - I_D \times 56 \times 10^3$

$\therefore I_D = \frac{10}{56 \times 10^3} = 0.179mA$

এবং ড্রেন কারেন্ট

$0.179 \times 10^{-3} = I_{DSS}\left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right]^2$

$= (1.5 \times 10^{-3}) \times \left[1 - \frac{V_{GS}}{-1.5}\right]^2$

অথবা, $\left[1 + \frac{V_{GS}}{1.5}\right]^2 = \frac{0.179 \times 10^{-3}}{1.5 \times 10^{-3}} = 0.119$

$\therefore 1 + \frac{V_{GS}}{1.5} = \sqrt{0.119} = 0.345$

অথবা, $V_{GS} = 1.5 \times (0.345 - 1) = -0.98V$.

আমরা জানি, সোর্স ভোল্টেজ,

$V_S = -V_{GS} = 0.98V$

এবং সোর্স রেজিস্টরের আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ড্রপ (V_S)

$\therefore 0.98 = I_D \times (R_I + 4K)$

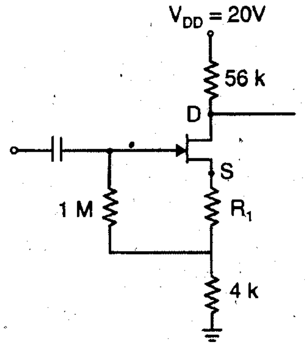
$= 0.179 \times 10^{-3}\{R_I + (4 \times 10^3)\}$

$R_I + (4 \times 10^3) = \frac{0.98}{0.179 \times 10^{-3}}$

$= 5.475 \times 10^{-3}$

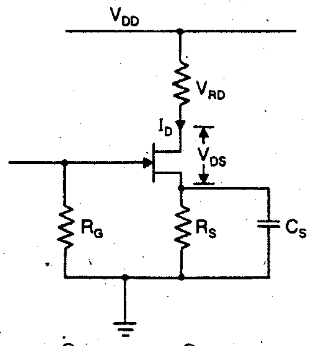
$= 5.5 \times 10^3\Omega$

$\therefore R_I = (5.5 - 4) \times 10^3 = 1.5k\Omega$ **(উত্তর)**



চিত্র ঃ CS অ্যাম্প্লিফায়ার

উদাহরণ-৭.৪। নিচের চিত্রে একটি সেলফ বায়াস N-চ্যানেল FET অ্যাম্প্লিফায়ার অঙ্কন করা হল। এখানে $I_D = 1.5$ mA এবং $V_{DS} = 10V$ JFET প্যারামিটারগুলো হল $I_{DSS} = 5mA$, $V_p = -2V$। $V_{DD} = 20V$ হলে R_S এবং R_D এর মান নির্ণয় কর।



চিত্র ঃ FET অ্যাম্প্লিফায়ার

সমাধান ঃ দেওয়া আছে, $I_D = 1.5mA$, $V_{DS} = 10V$, $I_{DSS} = 5mA$

$V_p = -2V$ এবং $V_{DD} = 20V$.

আমরা জানি,

ড্রেন কারেন্ট, $I_D = 1.5mA = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_p}\right)$

$= 5mA\left(1 - \frac{V_{GS}}{-2}\right)$

$\therefore 1 + \frac{V_{GS}}{2} = \frac{1.5}{5}$

অথবা, $\frac{V_{GS}}{2} = \frac{1.5}{5} - 1 = -0.7$

অথবা, $V_{GS} = -0.7 \times 2 = -1.4V$

আমরা আবার জানি, গেট থেকে সোর্স পর্যন্ত ডিসি ভোল্টেজ,

$V_{GS} = V_G - V_S = -V_S$

$\therefore V_S = +1.4V$

ড্রেন কারেন্ট $(I_D) = 1.5mA = \frac{1.4V}{R_S}$

$\therefore R_S = \frac{1.4V}{1.5mA}$

$\therefore R_S = 933\Omega$ **(উত্তর)**

আবার আমরা জানি, ড্রেন থেকে সোর্স ভোল্টেজ (V_{DS})

$\therefore 10 = V_{DD} - I_D(R_D + R_S)$

$= 20 - 1.5 \times 10^{-3}(R_D + 933)$

$\therefore R_D = \left(\frac{20-10}{1.5 \times 10^{-3}}\right) - 933 = 5733.1\Omega = 5.7\ k\Omega$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-৭.৫। একটি JFET এর $I_{DSS} = 10mA$ এবং $V_{GS(off)} = -6V$। যদি ড্রেন কারেন্ট I_D এর মান 5mA হয়, তবে V_{GS} এর মান নির্ণয় কর। V_P এর মান কত হবে? [বাকাশিবো-২০১০, ১০১৩]

সমাধান ঃ আমরা জানি,

$V_{GS} = V_{GS(off)}\left(1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}\right)$

$= -6\left(1 - \sqrt{\frac{5}{10}}\right)$

$= -6 \times 0.3$

$= -1.76$ Volt **(উত্তর)**

দেওয়া আছে,

$I_D = 5mA$

$I_{DSS} = 10mA$

$V_{GS(off)} = -6V$

$V_{GS} = ?$

$V_P = ?$

আবার,

আমরা জানি,

$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$

বা, $V_P = \frac{V_{GS}}{1 - \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}} = \frac{-1.76}{1 - \sqrt{\frac{5}{10}}}$

$= \frac{-1.76}{0.3} = -5.9$ ভোল্ট **(উত্তর)**।

উদাহরণ-৭.৬। একটি JFET এর গেইটে 16V রিভার্স বায়াস প্রয়োগ করলে $10^{-3}\mu A$ গেইট কারেন্ট প্রবাহিত হয়। গেইট ও সোর্সের মাঝে রেজিস্ট্যান্সের মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৫ (পরি)]

সমাধান ঃ গেইট সোর্স রেজিস্ট্যান্স $= \frac{16}{10^{-3} \times 10^{-6}} = 1.6 \times 10^{10}\ (\Omega)$ **Ans.**

অনুশীলনী-৭

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। FET-কে Unipolar device বলা হয় কেন? [বাকাশিবো-২০০৩, ২০০৪, ২০০৯, ২০১২, ২০১২(R)]
অথবা, ইউনিপোলার ডিভাইস বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৭, ২০০৮]

উত্তর ঃ FET-এর কার্যপদ্ধতি দুই ধরনের চার্জ অর্থাৎ হোল এবং ইলেকট্রনের মধ্যে যে কোন এক ধরনের চার্জের উপর নির্ভরশীল বলে তাকে Unipolar device বলা হয়।

২। FET-এর পিঞ্চ-অফ (Pinch-off) ভোল্টেজ কী? [বাকাশিবো-২০১৫]
অথবা, Pinch-off ভোল্টেজ কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ FET-এর গেট সোর্স ভোল্টেজের মান স্থির রেখে ড্রেন সোর্স ভোল্টেজের মান বৃদ্ধি করলে ড্রেন কারেন্ট বৃদ্ধি পেতে থাকে এবং এক সময় স্থির হয়ে যায়, V_{DS}-এর যে মানে I_D-এর মান স্থির হয়, তাকে পিঞ্চ-অফ ভোল্টেজ বলে।

৩। FET-এর কারেন্ট প্রবাহ কীভাবে নিয়ন্ত্রিত হয়?

উত্তর ঃ গেট সোর্সের মধ্যে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের মান অনুসারে FET-এর ড্রেন ও সোর্সের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট নিয়ন্ত্রিত হয়। অর্থাৎ FET একটি ভোল্টেজ অপারেটেড ডিভাইস।

৪। FET-এর শ্রেণিবিভাগ লেখ। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৪, ২০০৬, ২০০৯, ২০১০]

উত্তর ঃ নিম্নে FET-এর শ্রেণিবিভাগ দেখানো হল–

- ফেট
  - জেফেট
    - পি-চ্যানেল জেফেট
    - এন-চ্যানেল জেফেট
  - মসফেট
    - এনহ্যান্সমেন্ট মোড মসফেট
      - পি-চ্যানেল এনহ্যান্সমেন্ট মোড মসফেট
      - এন-চ্যানেল এনহ্যান্সমেন্ট মোড মসফেট
    - ডিপ্লেশন মোড মসফেট
      - পি-চ্যানেল ডিপ্লেশন মোড মসফেট
      - এন-চ্যানেল ডিপ্লেশন মোড মসফেট

৫। FET কী? [বাকাশিবো-২০১৩]
অথবা, ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫]
অথবা, JFET কী? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ FET হল তিন প্রান্তবিশিষ্ট সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস, যার সোর্স ও ড্রেনের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টকে ইলেকট্রিক ফিল্ড দ্বারা নিয়ন্ত্রণ করা যায়।

৬। JFET-এর সোর্স কাকে বলে?

উত্তর ঃ FET-এর সোর্স হল সেই টার্মিনাল যার মাধ্যমে মেজরিটি ক্যারিয়ারসমূহ চ্যানেলে প্রবেশ করে।

৭। FET-এর ড্রেন কী?

উত্তর ঃ যে টার্মিনালের মাধ্যমে FET-এর চ্যানেল হতে মেজরিটি চার্জ ক্যারিয়ারসমূহ বের হয়ে আসে, তাকে ড্রেন বলে।

৮। FET-এর গেট কী?

উত্তর : FET-এর চ্যানেলের উপর দুই পাশে যে উচ্চ ডোপিংকৃত P-রিজিয়ন থাকে, তাকে গেট বলে।

৯। চ্যানেল কী?

উত্তর : FET-এর সোর্স এবং ড্রেনের মধ্যবর্তী যে স্থানে N-টাইপ অথবা P-টাইপ অর্ধপরিবাহীর অঞ্চল থাকে এবং যার মধ্যদিয়ে মেজরিটি চার্জ ক্যারিয়ারসমূহ সোর্স হতে ড্রেনে যায়, তাকে চ্যানেল বলে।

১০। ড্রেন কারেন্টের মান কখন হ্রাস পায়?

উত্তর : FET-এর গেট এবং সোর্সের মধ্যে রিভার্স ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে ডিপ্লেশন স্তরের প্রশস্ততা বৃদ্ধি পায়। ফলে কন্ডাকশন চ্যানেলের প্রশস্ততা হ্রাস পায় বিধায় N-টাইপ বারের রোধ বৃদ্ধি পায়। ফলে সোর্স থেকে ড্রেনে কারেন্ট প্রবাহ হ্রাস পায়।

[বাকাশিবো-২০০৭]

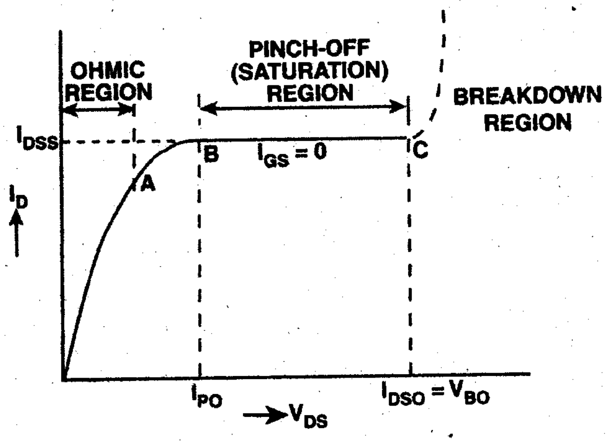
১১। চ্যানেল পিঞ্চ-অফ হলে কী ঘটে?

উত্তর : গেট থেকে সোর্সের মধ্যে রিভার্স ভোল্টেজ অধিক পরিমাণে বৃদ্ধি করা হলে ডিপ্লেশন রিজিয়ন দুটি একে অপরকে স্পর্শ করায় চ্যানেল পিঞ্চ-অফ হয় এবং কোন ড্রেন কারেন্ট প্রবাহিত হয় না।

[বাকাশিবো-২০০৭, ২০১২, ২০১৩(R)]

১২। FET এর V-I কার্ভ অংকন কর।

উত্তর : নিচে FET এর V-I কার্ভ অংকন করা হল—



চিত্র ঃ FET এর V-I বৈশিষ্ট্যরেখা

[বাকাশিবো-২০০৬, ২০০৭]

১৩। FET-কে ভোল্টেজ অপারেটেড ডিভাইস বলা হয় কেন?

উত্তর : ফেট আউটপুট কারেন্টকে নিয়ন্ত্রণ করে এজন্য ফেটকে ভোল্টেজ কন্ট্রোল কনস্ট্যান্ট কারেন্ট অপারেটেড ডিভাইস বলা হয়।

[বাকাশিবো-২০১০, ২০১৫]

১৪। FET এর ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স বলতে কী বুঝায়?

[বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

অথবা, JFET এর ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স কী?

উত্তর : ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স (g_m) হলো V_{DS} কে স্থির রেখে I_D এবং V_{GS} এর সামান্য পরিবর্তনের অনুপাত।

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} \Bigg| \quad V_{DS} \text{ এর মান স্থির।}$$

[বাকাশিবো-২০১৩]

১৫। FET এর অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর কাকে বলে?

উত্তর : অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর = এসি ড্রেন রেজিস্ট্যান্স × ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স।

★ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। Unipolar device এবং বাইপোলার ট্রানজিস্টর-এর মধ্যে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ২০০৬, ২০০৯(R), ২০১২]

অথবা, ইউনিপোলার ও বাইপোলার ট্রানজিস্টরের মাঝে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১২, ২০১৫, ২০১৫(পরি)]

অথবা, BJT ও UJT-এর মাঝে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ নিচে UJT এবং BJT-এর মধ্যে পার্থক্যসমূহ দেয়া হল–

Unijunction Transistor (UJT)	Bipolar Junction Transistor (BJT)
১। UJT-তে, P-চ্যানেলে হোল এবং N-চ্যানেলে ইলেকট্রন প্রবাহ দ্বারা কারেন্ট কন্ডাকশন ঘটে।	১। BJT-তে হোল এবং ইলেকট্রনের বিপরীতমুখী প্রবাহ দ্বারা কারেন্ট কন্ডাকশন ঘটে।
২। এই প্রকার সার্কিটের ইনপুট ইম্পিড্যান্স বেশি।	২। এ প্রকার সার্কিটের ইনপুট ইম্পিড্যান্স কম।
৩। এটা একপ্রকার ভোল্টেজ অপারেটেড ডিভাইস।	৩। এটা একপ্রকার কারেন্ট অপারেটেড ডিভাইস।
৪। এটার তুলনামূলকভাবে নয়েজ কম।	৪। এটার তুলনামূলকভাবে নয়েজ বেশি।
৫। এ প্রকার ডিভাইসের থার্মাল স্থিরতা তুলনামূলকভাবে বেশি।	৫। এ প্রকার ডিভাইসের তাপীয় স্থিরতা তুলনামূলকভাবে কম।

২। একটি N-চ্যানেল JFET-এর ড্রেন, গেট এবং সোর্সের কাজ লেখ। [বাকাশিবো-২০০৫]

অথবা, একটি N-channel JFET এর নোটেশনগুলো বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, FET এর প্যারামিটারগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর ঃ **সোর্স (Source) ঃ** JFET-এর সোর্স হল সেই টার্মিনাল, যার মাধ্যমে মেজরিটি ক্যারিয়ারসমূহ চ্যানেলে প্রবেশ করে। এই চার্জ কারেন্টকে I_S দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

ড্রেন (Drain) ঃ যে টার্মিনালের মাধ্যমে JFET-এর চ্যানেল হতে মেজরিটি ক্যারিয়ারসমূহ বের হয়ে আসে, তাকে ড্রেন বলে। যে ইলেকট্রিক কারেন্ট ড্রেন (D)-এর মাধ্যমে চ্যানেলে প্রবেশ করে তাকে I_D দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

গেট (Gate) ঃ N-চ্যানেল JFET-এর দুইপার্শ্বে যে উচ্চ মাত্রার ডোপিংকৃত P-রিজিয়ন থাকে, তাকে Gate বলে। এটা কন্ট্রোল ইলেকট্রোডের ন্যায় কাজ করে।

চ্যানেল (Channel) ঃ দুটি গেট রিজিয়নের মধ্যবর্তী যে স্থানে N-টাইপ অর্ধপরিবাহী রিজিয়ন থাকে এবং যার মধ্যদিয়ে মেজরিটি চার্জ ক্যারিয়ার সোর্স হতে ড্রেনে যায়, তাকে চ্যানেল বলে।

৩। একটি FET-এর ক্ষেত্রে দেখাও যে, $\mu = g_m \times r_d$. [এখানে ব্যবহৃত প্রতীকসমূহ প্রচলিত অর্থ বহন করে। [বাকাশিবো-২০১৪]

অথবা, FET-এর ক্ষেত্রে দেখাও যে, $h = g_m \times r_d$. [বাকাশিবো-২০১২, ২০১৫]

অথবা, প্রমাণ কর যে, $\mu = g_m \times r_d$.। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর ঃ আমরা জানি,

ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স (g_m) হল V_{DS}-কে স্থির রেখে I_D এবং V_{GS}-এর সামান্য পরিবর্তনের অনুপাত।

$\therefore g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} \mid V_{DS}$ এর মান স্থির।

ড্রেন রেজিস্ট্যান্স, r_d (Drain resistance, r_d) হল V_{GS}-কে স্থির রেখে V_{DS} এবং I_D-এর সামান্য পরিবর্তনের অনুপাত।

$\therefore r_d = \frac{\Delta V_{GS}}{\Delta I_D} \mid V_{GS}$ এর মান স্থির

অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর (Amplification factor, μ) হল I_D-কে স্থির রেখে V_{DS} এবং V_{GS}-এর পরিবর্তনের অনুপাত।

$\therefore \mu = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta V_{GS}} | I_D$ এর মান স্থির

$\therefore \mu = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta V_{GS}} \times \frac{\Delta I_D}{\Delta I_D}$ (হর ও লবকে ΔI_D দ্বারা গুণ করে আমরা পাই)

$$= \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} \times \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}}$$

$$= \pi_d \times g_m$$

$\therefore \mu = \pi_d \times g_m$ **(প্রমাণিত)**।

৪। **পিঞ্চ-অফ ভোল্টেজ কাকে বলে?**

অথবা, FET এর পিঞ্চ-অফ (Pinch-off) ভোল্টেজ কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ V_{GS} কে স্থির রেখে V_{DS} এর মানকে বৃদ্ধি করলে ড্রেইন কারেন্ট I_D বৃদ্ধি পেতে থাকে। কিন্তু চ্যানেলের পুরুত্ব কমতে থাকে। চ্যানেলের পুরুত্ব কমার কারণে তা I_D এর বৃদ্ধিকে বাধা প্রদান করে। ফলে এক পর্যায়ে V_{DS} এর মান বৃদ্ধি করলেও I_D এর মান বৃদ্ধি পায় না। V_{DS} এর যে মানে I_D স্থির হয়ে যায়, তাকে পিঞ্চ-অফ ভোল্টেজ বলে।

৫। **FET-এর ব্যবহারিক ক্ষেত্রগুলো লেখ।**

উত্তর ঃ নিচে FET-এর ব্যবহারিক ক্ষেত্রগুলো আলোচনা করা হল–

১। FET-এর ইনপুট ইম্পিড্যান্স উচ্চ এবং আউটপুট ইম্পিড্যান্স নিম্ন বলে একে বাফার অ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

২। লোডিং প্রভাবকে সর্বনিম্ন করতে FET-কে ফেজ শিফট অসিলেটর-এ ব্যবহার করা হয়।

৩। শিল্পক্ষেত্রে ইলেক্ট্রনিক্স কন্ট্রোল সার্কিটে FET ব্যবহার করা হয়।

৪। এটা থার্মাল রানওয়েকে রক্ষা করে বলে উচ্চ তাপমাত্রার ইলেকট্রনিক্স সার্কিটে ব্যবহার করা যায়।

৬। **বাইপোলার এবং ইউনিপোলার ট্রানজিস্টরের মধ্যে মূল পার্থক্য কী?** [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৩, ২০০৪]

উত্তর ঃ যে ট্রানজিস্টরের মধ্যে কারেন্ট প্রবাহ হোল এবং ইলেকট্রনের সমন্বয়ে সংগঠিত হয়, তাকে বাইপোলার ট্রানজিস্টর বলে।

আবার যে ট্রানজিস্টরের মধ্যে কারেন্ট প্রবাহ ইলেকট্রন অথবা হোলের দ্বারা সম্পন্ন হয়, তাকে ইউনিপোলার ট্রানজিস্টর বলে।

৭। **FET-এর সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ লেখ।**

উত্তর ঃ FET-এর সুবিধাসমূহ ঃ

১। এটার ইম্পিড্যান্স উচ্চমানের।

২। আকারে ছোট এবং আয়ুষ্কাল বেশি।

৩। এতে ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স ভাল।

৪। এতে নয়েজ কম হয়।

৫। এটার ঋণাত্মক তাপমাত্রার কোইফিসিয়েন্ট রেজিস্ট্যান্স আছে।

FET এর অসুবিধাসমূহ ঃ

১। বাইপোলার ট্রানজিস্টরের চেয়ে FET-এর গেইন ব্যান্ড উইডথ তুলনামূলকভাবে কম।

২। গেট থেকে সোর্স লিকেজ কারেন্ট বেশি।

৩। শুধুমাত্র ডিপ্লেশন মোডে কাজ করে।

৮। FET-এর উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্যসমূহ লেখ।

উত্তর ঃ FET-এর উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্যসমূহ হল–

১। FET-এর ইনপুট গেট সার্কিটে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজ দ্বারা আউটপুট কারেন্টকে নিয়ন্ত্রণ করা যায়।

২। FET-এর চ্যানেল তৈরিতে ব্যবহৃত অর্ধপরিবাহী পদার্থ মেজরিটি চার্জ ক্যারিয়ার এর জন্য আউটপুটে কারেন্ট প্রবাহিত হয়।

৩। FET-এর ইনপুট গেট থেকে সোর্স সার্কিটে রিভার্স বায়াস করা থাকে বলে ইনপুট ইম্পিড্যান্স এর মান বেশি এবং ইনপুট ও আউটপুট সার্কিটের মধ্যে আইসোলেশন খুব ভাল হয়।

৪। FET-এর মধ্যে কোন প্রকার জাংশন ছাড়া শুধুমাত্র P অথবা N-টাইপ চ্যানেলের মাধ্যমে কন্ডাকশন প্রাপ্ত হওয়াতে নয়েজের পরিমাণ খুব কম হয়।

৯। FET এর থ্রেস হোল্ড ভোল্টেজ কাকে বলে?

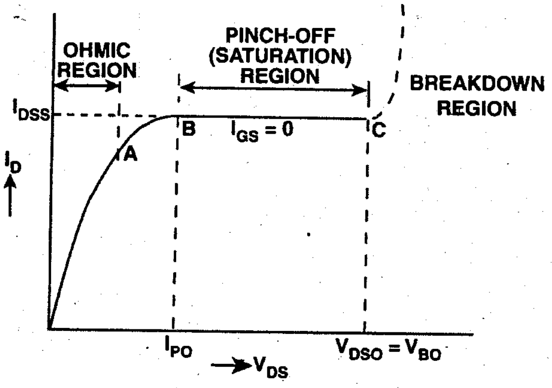
উত্তর ঃ FET-এর P-চ্যানেলের ক্ষেত্রে গেটে সর্বোচ্চ যে ঋণাত্মক ভোল্টেজ পর্যন্ত ইনসুলেটেড স্তরের ধনাত্মক চার্জ আবেশিত হয়, সেই ভোল্টেজকে থ্রেস হোল্ড ভোল্টেজ বলে। একে $V_{GS\,(th)}$ বা V_{GST} বা V_T দ্বারা নির্দেশ করা হয়।

১০। JFET-এর গঠন বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩(R)]

উত্তর ঃ N-চ্যানেল JFET গঠনের জন্য প্রথমে N-টাইপ অর্ধপরিবাহী পদার্থের একটি পাতলা বার নেয়া হয় এবং পরে দুটি P-টাইপ জাংশন এটির মধ্যাংশের বিপরীত পার্শ্বে ডিফিউসড করা হয়। এই জাংশনটি দুটি P-N ডায়োড গঠন করে এবং এই গেটগুলোর মধ্যবর্তী এলাকাকে চ্যানেল বলে। দুটি P-রিজিয়ন অভ্যন্তরীণভাবে সংযুক্ত থাকে এবং একটি একক প্রান্ত বের করে এনে গেট টার্মিনাল (Gate terminal) গঠন করা হয়। দুটো প্রান্তে ওহমিক কন্টাক্ট (Ohmic contact) তৈরি করা হয় এবং এই বারের একটি প্রান্তকে সোর্স টার্মিনাল (Source terminal) S বলে ও অন্য প্রান্তকে ড্রেন টার্মিনাল (Drain terminal) D বলে। ড্রেন এবং সোর্সের মধ্যে বিভব পার্থক্য দেয়া হলে কারেন্ট বার এর মধ্যদিয়ে প্রবাহিত হবে এবং চ্যানেলটি দুটি P-রিজিয়নের মধ্যে দেখা যাবে। কারেন্ট শুধুমাত্র মেজরিটি চার্জ ক্যারিয়ার (Majority charge carrier)-এর জন্য প্রবাহিত হবে। N-চ্যানেল এর জন্য তা হবে ইলেকট্রন এবং P-চ্যানেল-এর জন্য এটি হবে হোল (Hole)।

১১। FET-এর Pinch off region চিত্রসহ বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০০৭]

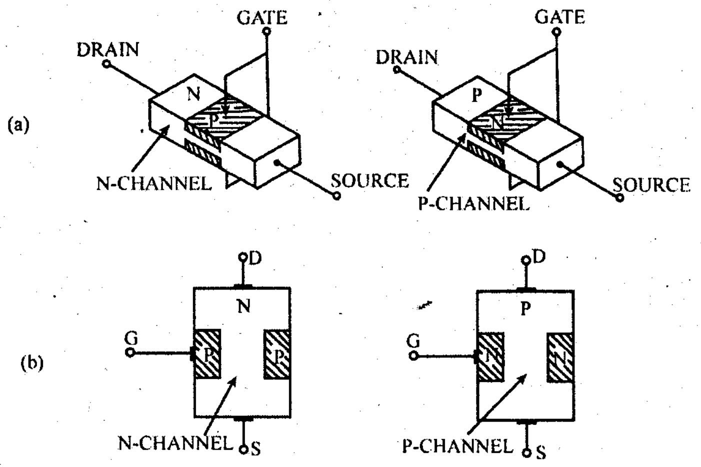
উত্তর ঃ ড্রেন সোর্স ভোল্টেজ (V_{GS}) বৃদ্ধির সাথে সাথে ড্রেন কারেন্ট বৃদ্ধি পাওয়াতে সোর্স এবং চ্যানেলের মধ্যে ওহমিক ভোল্টেজ ড্রপ বৃদ্ধি পায় যা চ্যানেলের প্রশস্ততাকে কমিয়ে দেয়, তবে সোর্স হতে দূরবর্তী প্রান্তে চ্যানেলের প্রশস্ততা সবচেয়ে কম। এভাবে বর্ধিত ড্রেন সোর্স ভোল্টেজের একটি নির্দিষ্ট মানে চ্যানেলটি পুরোপুরি বন্ধ হয়ে যায়। উক্ত ড্রেন সোর্স ভোল্টেজ (V_{GS}) কে পিঞ্চ-অফ ভোল্টেজ বলা হয়। এ অবস্থায় ড্রেন সোর্স ভোল্টেজকে বৃদ্ধি করলেও ড্রেন কারেন্ট মোটামুটি স্থির থাকে। বৈশিষ্ট্যরেখার এই অংশকে পিঞ্চ-অফ রিজিয়ন বলে।



চিত্র ঃ JFET-এর ড্রেন বৈশিষ্ট্যরেখা

১২। **একটি N Channel JFET এর গঠন চিত্র অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর ঃ



চিত্র ঃ ৭.২ N এবং P-চ্যানেল JFET-এর গঠন

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **একটি কমন সোর্স (Common Source) FET অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৮, ২০১০(R), ২০১১]
অথবা, চিত্রসহ কমন সোর্স FET amplifier-এর কার্যপ্রণালি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৮ নং দ্রষ্টব্য।

২। **N-চ্যানেল JFET এর ক্যারেক্টারিসটিকসমূহ বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **একটি N-চ্যানেল JFET-এর গঠনচিত্র অংকন করে কার্যপ্রণালি লেখ।** [বাকাশিবো-২০০৩, ২০০৭, ২০১০, ২০১২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **একটি P-চ্যানেল JFET-এর গঠনচিত্র অংকন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৩, ২০০৪, ২০১০, ২০১২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **JFET-এর V–I বৈশিষ্ট্যরেখা অংকন করে বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১০, ২০০৫]
অথবা, চিত্রসহ JFET এর ড্রেন ক্যারেকটারিসটিকস বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **একটি সেলফ বায়াস FET সার্কিট অংকন করে বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৭ নং দ্রষ্টব্য।

৭। **একটি সোর্স বায়াস FET সার্কিট অংকন করে বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৭ নং দ্রষ্টব্য।

৮। **চিত্রসহ JFET এর গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৭.৩ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৮

মেটাল অক্সাইড সেমিকন্ডাক্টর ফেট এর ধারণা
(The Concept of Metal Oxide Semiconductor FET (MOSFET)

৮.১ মসফেট (MOSFET) ঃ

MOSFET শব্দটির পূর্ণরূপ হল Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor. এটা একটা গুরুত্বপূর্ণ অর্ধপরিবাহী ডিভাইস এবং বহু সংখ্যক সার্কিটে তা ব্যাপকভাবে ব্যবহার করা হয়। অত্যন্ত ক্ষুদ্র মানের গেট লিকেজ কারেন্ট থাকায়, MOSFET এর ইনপুট ইম্পিড্যান্স এর মান FET এর তুলনায় অনেক বেশি। যে সকল সার্কিটে FET ব্যবহার করা যায় MOSFET-ও সেখানে ব্যবহৃত হয়। কাজেই উন্নতমানের অ্যাম্প্লিফায়ার তৈরিকরণে MOSFET এর গুরুত্ব অপরিসীম।

MOSFET-এ গেটের ধাতব এলাকা, ইনসুলেটিং ডাই-ইলেকট্রিক অক্সাইড স্তর এবং অর্ধপরিবাহী চ্যানেল সংযুক্ত থাকায় তা একটি সমান্তরাল পাত ক্যাপাসিটর গঠন করে। সিলিকন ডাই-অক্সাইডের ইনসুলেটিং স্তর থাকায় ডিভাইসটিকে ইনসুলেটেড গেট ফিল্ড-ইফেক্ট ট্রানজিস্টরও বলা হয়। MOSFET এই স্তরের জন্য অত্যন্ত উচ্চ মানের ইনপুট রেজিস্ট্যান্স (10^{10} থেকে 10^{15} Ω) প্রদর্শন করে।

৮.২ মসফেট এর প্রকারভেদ চিহ্নিতকরণ (Mention the types of MOSFET) ঃ

ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর মূলত দুই প্রকার, যথা ঃ

(ক) জাংশন ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর (Junction field effect transistor, JFET)

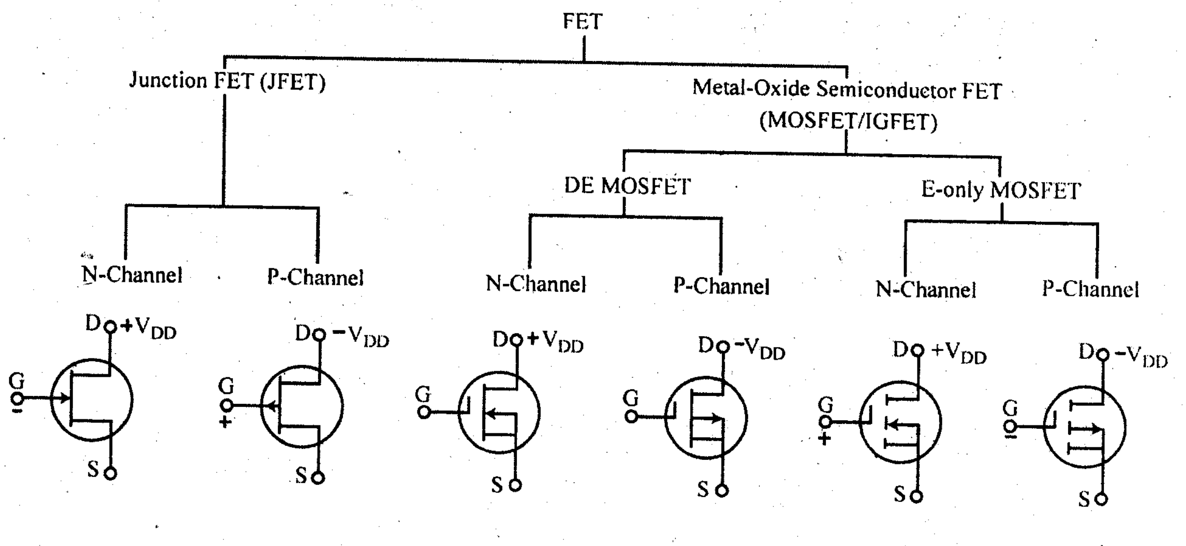
(খ) মেটাল অক্সাইড সেমিকন্ডাক্টর FET (Metal-oxide semiconductor FET, MOSFET)

একে আবার ইনসুলেটেড গেট FET বা IGFET-ও বলে। MOSFET-কে আবার নিম্নোক্ত দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

১। ডিপ্লেশন-এনহ্যান্সমেন্ট MOSFET (Depletion enhancement MOSFET, DE-MOSFET)

২। এনহ্যান্সমেন্ট-অনলি MOSFET (Enhancement-only MOSFET, E-only MOSFET)।

এ সকল ডিভাইসসমূহ আবার P-চ্যানেল অথবা N-চ্যানেল হতে পারে। নিচে FET এর পারিবারিক তালিকা দেখানো হল–



চিত্র ঃ ৮.১ FET-এর শ্রেণিবিভাগ

৮.৩ DE এবং E-Only MOSFET এর গঠন এবং কার্যাবলি (The construction and operation of DE and E only MOSFET) ঃ

MOSFET অথবা IGFET-কে পুনরায় দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যথা ঃ

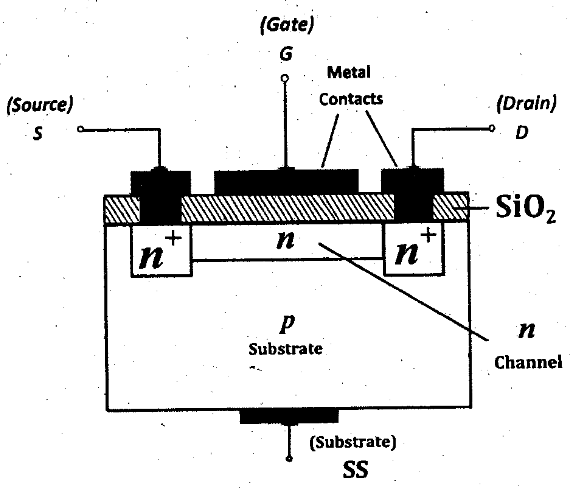
১। ডিপ্লিশন-এনহেন্সমেন্ট MOSFET অথবা DE-MOSFET

২। এনহেন্সমেন্ট-অনলি MOSFET (Enhancement-Only MOSFET) ইত্যাদি।

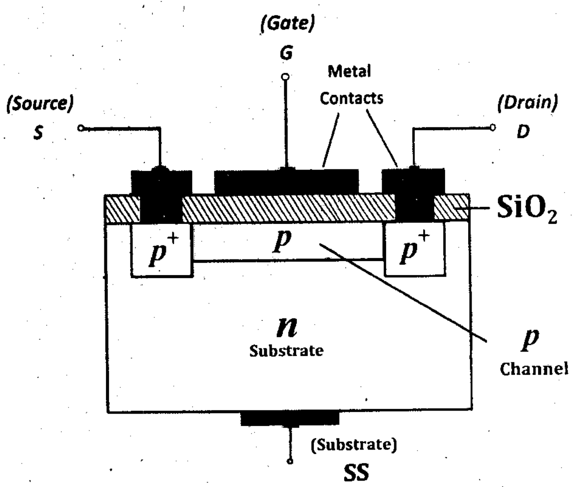
ডিপ্লেশন-এনহ্যান্সমেন্ট MOSFET অথবা DE-MOSFET (Depletion-enhancement MOSFET or DE-MOSFET) ঃ V_{GS} এর পোলারিটি পরিবর্তনের মাধ্যমে এ প্রকার MOSFET কে ডিপ্লেশন এবং এনহ্যান্সমেন্ট মোডের উভয় মোডে চালানো যায়। গেট থেকে ঋণাত্মক সোর্স ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে N-চ্যানেল DE-MOSFET ডিপ্লেশন মোডে কাজ করবে। অন্যদিকে ধনাত্মক গেট ভোল্টেজ দেয়া হলে এটা এনহ্যান্সমেন্ট মোডে কাজ করবে। যেহেতু ড্রেন এবং সোর্সের মধ্যে একটি চ্যানেল তৈরি হয়, $V_{GS} = 0$ হলে I_N কারেন্ট প্রবাহিত হবে। তাই তাকে normally-ON MOSFET-ও বলা হয়।

এনহ্যান্সমেন্ট-অনলি MOSFET (Enhancement-Only MOSFET) ঃ এ রকম নাম থেকে বুঝা যায়, এ প্রকার MOSFET শুধুমাত্র এনহ্যান্সমেন্ট মোডে কাজ করে। এটা শুধুমাত্র বড় মানের ধনাত্মক গেট ভোল্টেজে কাজ করবে। DE-MOSFET এর গঠন প্রক্রিয়া থেকে এটি আলাদা, গঠনগতভাবে ড্রেন এবং সোর্সের মধ্যে কোন চ্যানেল স্থাপিত হয় না। তাই $V_{GS} = 0$ হলে তা কন্ডাক্ট করবে না। ফলে তাকে normally-OFF MOSFET বলে।

DE-MOSFET এর গঠন (The construction of DE-MOSFET) ঃ JFET এর মত এর সোর্স, গেট এবং ড্রেন আছে। এটার গেটটি কন্ডাকটিং চ্যানেল হতে একটি আলট্রা থিন (Ultra-thin) মেটাল অক্সাইডের ইনসুলেটিং ফিল্ম দ্বারা আলাদা করা থাকে। এ কারণে সাধারণত সিলিকন ডাই-অক্সাইডের (SiO_2) স্তর ব্যবহার করা হয়। এ প্রকার ইনসুলেটিং ধর্মের জন্য তাকে আবার ইনসুলেটেড গেট ফিল্ড-ইফেক্ট ট্রানজিস্টরও (IGFET) বলা হয়। গেট ভোল্টেজটি ড্রেন কারেন্টকে নিয়ন্ত্রণ করে, কিন্তু JFET এবং MOSFET এর মধ্যকার মূল পার্থক্য হল আমরা MOSFET গেটে ধনাত্মক এবং ঋণাত্মক উভয় পোলারিটির ভোল্টেজ প্রয়োগ করতে পারি। নিচের চিত্রে N-চ্যানেল এবং P MOSFET-এর চ্যানেল মসফেটের ক্রস সেকশন দেখানো হয়েছে।



(a)



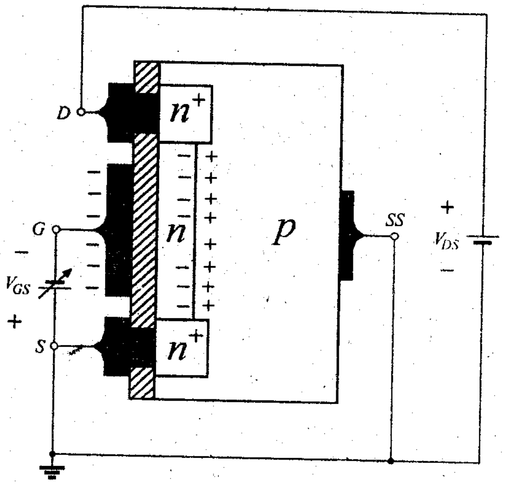
(b)

চিত্র ঃ ৮.২ DE-MOSFET এর গঠন (a) N-চ্যানেল (b) P-চ্যানেল

গেটের SiO_2 স্তরটি একটি প্যারালাল প্লেট ক্যাপাসিটর গঠন করে। JFET এর মতো DE-MOSFET এর শুধুমাত্র একটি P-রিজিয়ন অথবা N-রিজিয়ন থাকে, যাকে সাবস্ট্রেট বলে। স্বাভাবিকভাবে তা সোর্সের সাথে অভ্যন্তরীণভাবে যুক্ত থাকে। N-channel মসফেটের ক্ষেত্রে দুটি হেভিলি ডোপড n-টাইপ ম্যাটেরিয়াল n^+, ড্রেন এবং সোর্সের সাথে যুক্ত থাকে। এদের মধ্যে একটি n-টাইপ ম্যাটেরিয়াল স্থাপনের মাধ্যমে কন্ডাকটিং চ্যানেল তৈরি করা হয়। P-channel মসফেটের ক্ষেত্রে একটি P-টাইপ ম্যাটেরিয়াল স্থাপনের মাধ্যমে কন্ডাকটিং চ্যানেল তৈরি করা হয়।

N-চ্যানেল DE MOSFET এর ডিপ্লেশন মোডের কার্যনীতি (Working principle of depletion mode of N-channel DE MOSFET) ঃ এ প্রকার মোডের কার্যনীতি বর্ণনা করার জন্য নিচে N-চ্যানেল DE MOSFET এর বায়াসিং সার্কিট অংকন করা হল।

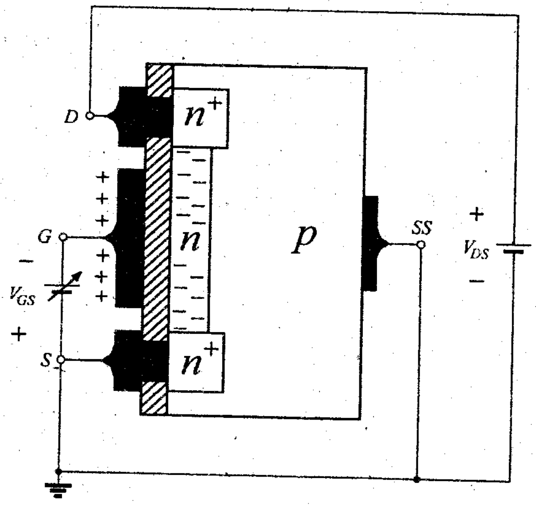
যেহেতু, MOSFET-এর ড্রেন এবং সোর্সের মাঝে একটি সাধারণ চ্যানেল তৈরি করা থাকে। সেহেতু, $V_{GS} = 0$ হলে ইলেকট্রন মুক্তভাবে চ্যানেলের মাধ্যমে সোর্স হতে ড্রেনে প্রবাহিত হয়। অন্যভাবে বলা যায়, ড্রেন থেকে সোর্সের দিকে একটি কন্ডাকটিং কারেন্ট প্রবাহিত হয়। গেটে ঋণাত্মক ভোল্টেজ দেয়া হলে, গেটে আরোপিত ইলেকট্রনসমূহ n-চ্যানেলে অবস্থিত মেজরিটি ক্যারিয়ার (ইলেকট্রন)-কে বিকর্ষণ করে এবং P-সাবস্ট্রেটে উপস্থিত মেজরিটি ক্যারিয়ার (প্রোটন)-কে আকর্ষণ করে। ফলে তারা জাংশনের দিকে অগ্রসর হয়। এতে জাংশনের কাছাকাছি অবস্থিত ইলেকট্রন ও প্রোটনসমূহ রিকম্বিনেশনের ফলে নিউট্রালাইজড হয়ে যায়। ফলে n-চ্যানেলে মুক্ত ইলেকট্রনের সংখ্যা কমে যায়। অর্থাৎ কারেন্ট প্রবাহ কমে যায়।



চিত্র ঃ ৮.৩ N-চ্যানেল DE MOSFET ডিপ্লেশন মোড

গেটে ঋণাত্মক ভোল্টেজের মান বেশি হলে চ্যানেলে অনেক বেশি পরিমাণ ইলেকট্রন হ্রাস পায় এবং ফলে পরিবহন ক্ষমতা আরও কমে যায়। বাস্তবে অত্যধিক পরিমাণ ঋণাত্মক ভোল্টেজ চ্যানেলকে কাট-অফ করে দেয়। এই ভোল্টেজকে $V_{GS(off)}$ বলে। তাই ঋণাত্মক গেট ভোল্টেজ একটি DE MOSFET এর আচরণ JFET এর মতো হয়। এভাবে গেট ভোল্টেজকে পরিবর্তন করে ড্রেন কারেন্টকে নিয়ন্ত্রণ করা যায়। সাধারণত একটি DE MOSFET এর ঋণাত্মক গেট অপারেশনকেই ডিপ্লেশন মোড অপারেশন বলে।

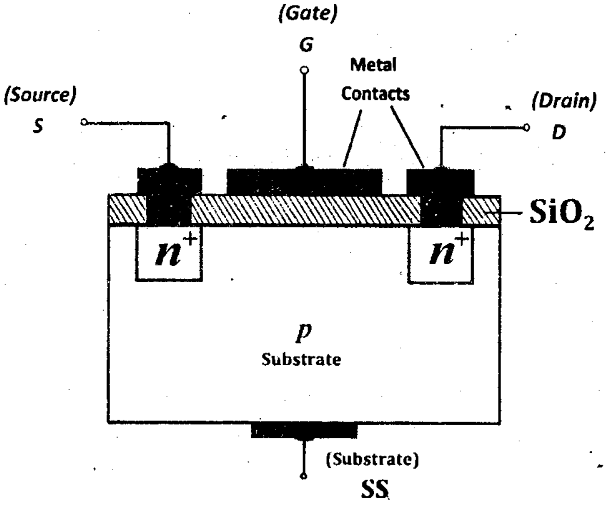
N-চ্যানেল DE MOSFET এর এনহ্যান্সমেন্ট মোডের কার্যনীতি (Working principle of Enhancement mode of N-channel DE MOSFET) ঃ নিচে এ প্রকার সার্কিট সংযোগ ব্যবস্থা দেখানো হল। এই ডিভাইসে ড্রেন কারেন্ট সোর্স থেকে ড্রেনে প্রবাহিত হয়।



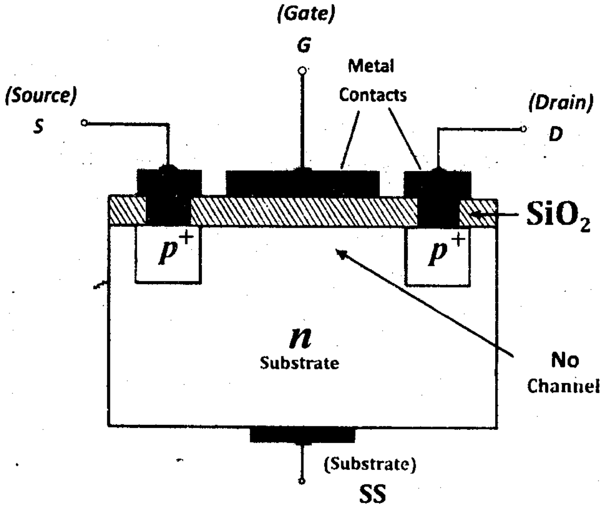
চিত্র ঃ ৮.৪ N-চ্যানেল DE MOSFET এনহ্যান্সমেন্ট মোড

গেটে ধনাত্মক ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে ইনপুট গেট ক্যাপাসিটরটি চ্যানেলে মুক্ত ইলেকট্রন তৈরি করতে সমর্থ হবে, ফলে I_D এর মান বৃদ্ধি করবে। মুক্ত ইলেকট্রনসমূহ সাধারণত চ্যানেলে ক্যাপাসিটর (Capacitor) কার্যনীতির ফলে আবেশিত হয়। এই ইলেকট্রনসমূহ পূর্বের ইলেকট্রনের সাথে যুক্ত হয়; এটা ইলেকট্রনের সংখ্যা বৃদ্ধি করে এবং আবেশিত ইলেকট্রনের জন্য চ্যানেলের পরিবহন ক্ষমতা বৃদ্ধি পায় (Enhanced)। যেহেতু ধনাত্মক গেট ভোল্টেজ বৃদ্ধি পাচ্ছে, আবেশিত ইলেকট্রনের সংখ্যাও বৃদ্ধি পাবে, ফলে সোর্স হতে ড্রেনে চ্যানেলের মাধ্যমে পরিবহন ক্ষমতা বাড়বে এবং টার্মিনালসমূহে কারেন্ট প্রবাহের পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে। তাই DE-MOSFET এর ধনাত্মক গেট অপারেশনকে এনহ্যান্সমেন্ট মোড (Enhancement mode) অপারেশন বলে।

এনহ্যান্সমেন্ট-অনলি N-চ্যানেল MOSFET এর গঠন (Construction N-channel MOSFET) ঃ এ প্রকার N-চ্যানেল MOSFET-কে বহুল পরিমাণে ডিজিটাল সার্কিটে ব্যবহার করা হয়। এটাকে আবার NMOS-ও বলা হয়। নিচের চিত্রে (a) এ NMOS এর গঠন দেখানো হল।



(a) N-চ্যানেল



(b) P-চ্যানেল

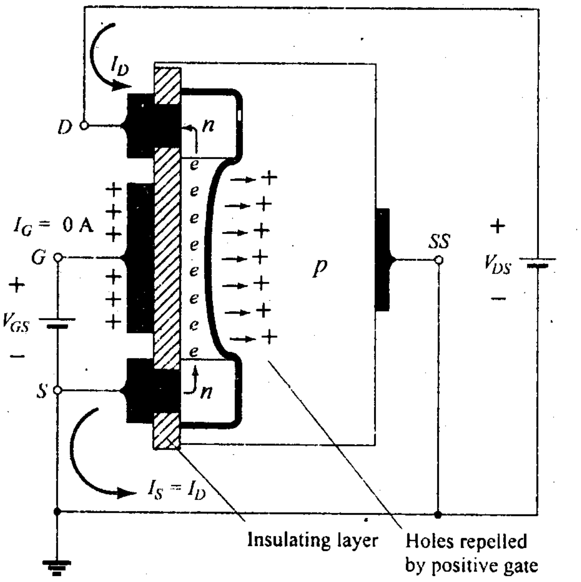
চিত্র ঃ ৮.৫ এনহ্যান্সমেন্ট মসফেট

এ প্রকার MOSFET-এ P সাবস্ট্রেটটি শুধুমাত্র ধাতব অক্সাইড লেয়ারে বিস্তৃত থাকে। গঠনগতভাবে সোর্স এবং ড্রেনের মধ্যকার স্থানে কোন চ্যানেল তৈরি করা হয় না। তাই NMOS-কে ঋণাত্মক গেট ভোল্টেজে কখনও কাজ করানো যায় না; কারণ তা ড্রেন এবং সোর্সের মধ্যে ধনাত্মক চার্জের আবেশ সৃষ্টি করে। এই চার্জ ড্রেন এবং সোর্সের মধ্যে ইলেকট্রন প্রবাহিত হতে বাধা প্রদান করে। তাই তা ধনাত্মক গেট ভোল্টেজে শুধুমাত্র কাজ করে।

N-চ্যানেল MOSFET-টি হালকা P-টাইপ সাবস্ট্রেট এবং দুটো উচ্চ মাত্রার n^+ ডোপিংকৃত রিজিয়নের সমন্বয়ে গঠিত। এই n^+ সেকশনসমূহ সোর্স এবং ড্রেন হিসাবে কাজ করে। SiO_2 এর একটি পাতলা স্তর স্ট্রাকচারটির উপরিতলে তৈরি করা হয়। তারপর গেট তৈরির জন্য ধাতব পদার্থের পাতলা স্তর অক্সাইডের উপর ফেলা হয়, যা সম্পূর্ণ চ্যানেল রিজিয়নে আবদ্ধ করে থাকে। একইভাবে সোর্স এবং ড্রেনে ধাতব সংযোগ স্থাপন করে তিনটি প্রান্ত বের করা হয়।

এনহ্যান্সমেন্ট-অনলি N-চ্যানেল MOSFET-এর কার্যনীতি (Working principle of Enhancement-only N-channel MOSFET) ঃ নিচের চিত্রে উভয় N-চ্যানেল E-অনলি MOSFET এর স্বাভাবিক বায়াসিং পোলারিটি দেখানো হল। $V_{GS} = 0$ হলে I_D এর মান শূন্য হবে। কারণ শূন্য গেট ভোল্টেজে কোন কন্ডাকটিং চ্যানেল তৈরি হয় না। এজন্য গেটে ধনাত্মক ভোল্টেজ প্রদান করা হয়। চিত্রে তা দেখানো হয়েছে।

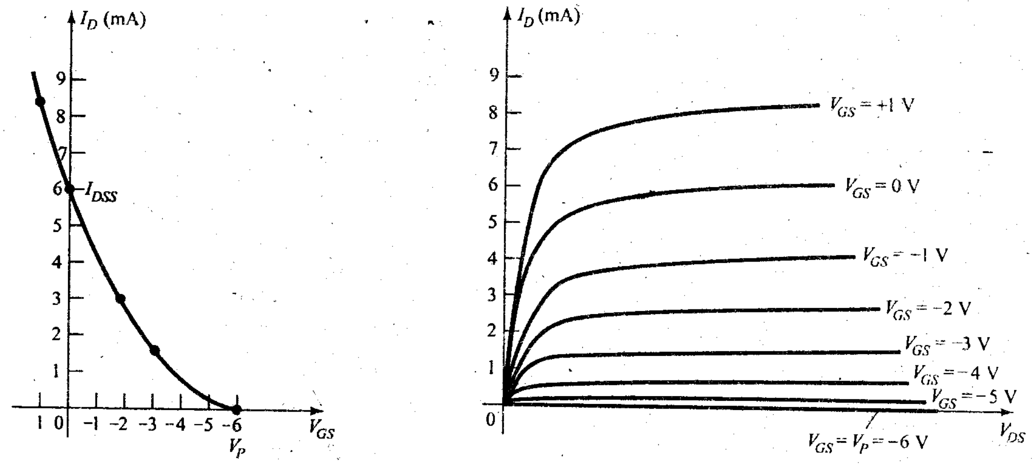
যখন গেটে ধনাত্মক ভোল্টেজ প্রদান করা হয় তখন হোলসমূহ (প্রোটন) গেটে প্রযুক্ত হয়। P-সাবস্ট্রেটে অবস্থিত মাইনরিটি ক্যারিয়ার (ইলেকট্রন)-সমূহ গেটে প্রযুক্ত হোল কর্তৃক আকর্ষিত হয় এবং গেটের অপর পার্শ্বে ড্রেন এবং সোর্সের মাঝামাঝি জায়গায় জড়ো হয়। একে আবার N-টাইপ Inversion layer অথবা virtual N-চ্যানেল বলে। V_{GS} এর মান থ্রেসহোল্ড ভোল্টেজ $V_{GS(th)}$ এর চেয়ে বেশি হলে চ্যানেলের মধ্য দিয়ে ড্রেন কারেন্ট I_D প্রবাহিত হবে।



চিত্র ঃ ৮.৬ E-Only N-channel MOSFET এর কার্যনীতি

৮.৪ DE এবং E-Only MOSFET এর বৈশিষ্ট্যসমূহ (The characteristics of DE and E-only MOSFET) ঃ

DE MOSFET এর স্ট্যাটিক বৈশিষ্ট্যসমূহ (Static characteristics of a DE MOSFET) ঃ নিচের চিত্রে একটি কমন সোর্স N-চ্যানেল DE MOSFET এর V_{GS} এর মান + 1V থেকে V_P পর্যন্ত পরিবর্তনের জন্য ট্রান্সফার বৈশিষ্ট্যরেখা এবং ড্রেন কারেন্ট অংকন করে দেখানো হল ঃ



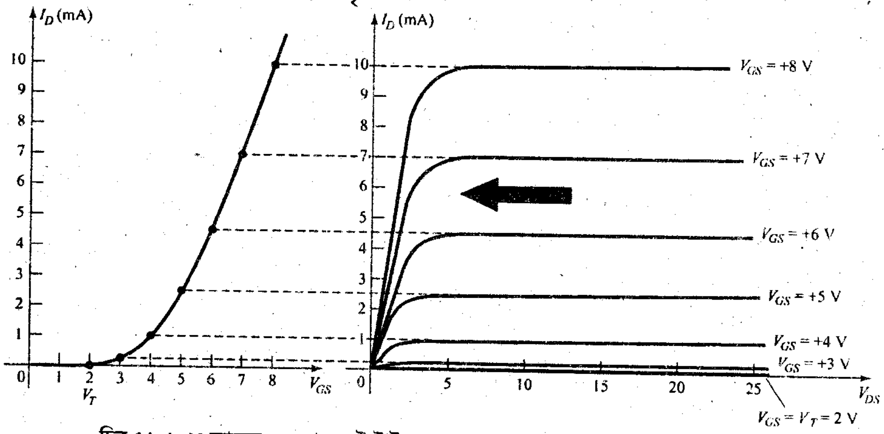
চিত্র ঃ ৮.৭ N-চ্যানেল DE MOSFET এর ট্রান্সফার ক্যারেকটারিস্টিক কার্ভ

সোর্সের সাপেক্ষে গেটটি ধনাত্মক হলে এটা এনহ্যান্সমেন্ট মোডে এবং গেটটি ঋণাত্মক হলে ডিপ্লেশন মোডে কাজ করবে। সাধারণত V_P দ্বারা গেট সোর্স ভোল্টেজ যা সোর্স থেকে ড্রেনে কারেন্ট প্রবাহকে কাট অফ করে তার মানকে প্রকাশ করে।

চিত্র হতে দেখা যায়, গেট ভোল্টেজের উপরে আউটপুট কারেন্ট I_D নির্ভর করে। V_{GS} এর মান কমাতে থাকলে ড্রেন কারেন্ট কমতে থাকে। যখন $V_{GS} = V_P$ হয়, তখন ড্রেন কারেন্ট কার্যত শূন্য হয়ে যায়। যখন $V_{GS} = 0$ হয়, তখন ডিপ্লেশন মোডের জন্য সর্বোচ্চ কারেন্ট I_{DSS} প্রবাহিত হয়। যখন V_{GS} এর মান শূন্য থেকে বাড়তে থাকে তখন সেটি এনহ্যান্সমেন্ট মোডে কাজ শুরু করে।

N-চ্যানেল এনহ্যান্সমেন্ট মোড মসফেটের ড্রেন ক্যারেক্টারিসটিকস এবং ট্রান্সফার কার্ভ (The drain characteristics and transfer curve of an N-channel enhancement type MOSFET) ঃ নিচের চিত্রে একটি N-চ্যানেল এনহ্যান্সমেন্ট মোড MOSFET এর ভোল্ট অ্যাম্পিয়ার ড্রেন বৈশিষ্ট্যরেখা অংকন করে দেখানো হল।

V_{GS} এর মান শূন্য অথবা ঋণাত্মক হলে I_{DSS} এর মান অত্যন্ত কম হবে। V_{GS} এর মান ধনাত্মক হলে, I_D কারেন্ট বৃদ্ধি পেতে থাকবে এবং তারপর V_{GS} এর মানের সাথে সাথে দ্রুত বৃদ্ধি পাবে।



চিত্র ঃ ৮.৮ N-চ্যানেল এনহ্যান্সমেন্ট টাইপ MOSFET এর ড্রেন এবং ট্রান্সফার বৈশিষ্ট্যসমূহ

যে সর্বনিম্ন গেট সোর্স ভোল্টেজে N-টাইপ ইনভার্শন স্তর তৈরি হয় এবং ড্রেন কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাকে থ্রেশহোল্ড ভোল্টেজ V_T বলে। $V_{GS} > V_T$ হলে ড্রেন কারেন্ট প্রবাহিত হয়, অন্যদিকে $V_{GS} < V_T$ হলে, $I_D = 0$ হবে।

ট্রান্সফার বৈশিষ্ট্যরেখা হতে দেখা যায় V_{GS} এর মান থ্রেশহোল্ড ভোল্টেজ V_T অতিক্রম করলে I_D কারেন্ট প্রবাহিত হবে। V_{GS} এর মান ঋণাত্মক হলে খুবই অল্প মানের কারেন্ট ড্রেনের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। এই কারেন্টকে লিকেজ ড্রেন কারেন্ট বলে।

৮.৫ BJT এবং FET এর মধ্যে তুলনা (Compare between BJT and FET) ঃ

নিম্নলিখিত গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্যসমূহের জন্য ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর বাইপোলার ট্রানজিস্টর থেকে আলাদা।

১। FET-এর কার্যাবলি মূলত মেজরিটি চার্জ ক্যারিয়ারের প্রবাহের উপর নির্ভরশীল। ফলে তাকে ইউনিপোলার (Unipolar) ডিভাইস বলা হয়।

২। ইন্টিগ্রেটেড সার্কিট আকারে গঠন করতে এটার জন্য কম পরিমাণ জায়গার প্রয়োজন হয় ও গঠন প্রক্রিয়া সহজ।

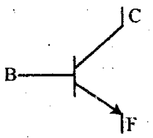
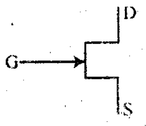
৩। এটি সচরাচর কয়েক মেগাওহমের উচ্চমানের ইনপুট ইম্পিড্যান্স প্রদর্শন করে।

৪। এটি বাইপোলার ট্রানজিস্টরের তুলনায় কম পরিমাণ নয়েজ প্রদান করে।

৫। শূন্য ড্রেন কারেন্ট। এটা কোন অফসেট ভোল্টেজ প্রদর্শন করে না এবং তার ফলে তা ভাল মানের সিগন্যাল চপার (Chopper) তৈরি করে।

৬। বাইপোলার জাংশন ট্রানজিস্টর একটি কারেন্ট নিয়ন্ত্রিত ডিভাইস অর্থাৎ আউটপুট বৈশিষ্ট্যসমূহ বেস কারেন্টের মাধ্যমে নিয়ন্ত্রিত হয়। কিন্তু FET-এর আউটপুট বৈশিষ্ট্যসমূহ ইনপুট ভোল্টেজ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।

নিচের সারণিতে FET এবং BJT-এর মধ্যকার পার্থক্যসমূহ তুলে ধরা হল ঃ

বাইপোলার জাংশন ট্রানজিস্টর (BJT)	ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর (FET)
১। এ প্রকার ট্রানজিস্টরের কারেন্ট চলাচল ইলেকট্রন এবং হোল উভয়ের উপর নির্ভরশীল।	১। এ প্রকার ট্রানজিস্টরের কারেন্ট চলাচল ইলেকট্রন অথবা হোলের উপর নির্ভরশীল।
২। এটি একপ্রকার কারেন্ট নিয়ন্ত্রিত ডিভাইস।	২। এটি একপ্রকার ভোল্টেজ নিয়ন্ত্রিত ডিভাইস।
৩। BJT-এর তিনটি প্রান্তকে যথাক্রমে ইমিটার, বেস এবং কালেক্টর বলা হয়।	৩। FET-এর তিনটি প্রান্তকে যথাক্রমে সোর্স (Source), ড্রেন (Drain) এবং গেট (Gate) বলা হয়।
৪। BJT-এর ইনপুট সার্কিটে ফরোয়ার্ড বায়াস দেয়া হলে ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান নিম্ন হয়।	৪। FET-এর ইনপুট সার্কিটে রিভার্স বায়াস দেয়া হলে ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান উচ্চ হয়।
৫। BJT দ্বারা গঠিত সার্কিটের নয়েজ অপেক্ষাকৃত বেশি।	৫। FET-এর মাধ্যমে গঠিত সার্কিটের নয়েজ অপেক্ষাকৃত কম।
৬। BJT-এর কালেক্টর সরবরাহ ভোল্টেজকে V_{cc}, বেস সরবরাহ ভোল্টেজকে V_{BB} এবং কালেক্টর কারেন্টকে I_C দ্বারা প্রকাশ করা হয়।	৬। FET-এর ড্রেন সরবরাহ ভোল্টেজকে V_{DD}, গেট সরবরাহ ভোল্টেজকে V_{GS} এবং ড্রেন কারেন্টকে I_D দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
৭। FET-এর তুলনায় BJT-এর থার্মাল স্ট্যাবিলিটি তুলনামূলকভাবে কম।	৭। FET-এর থার্মাল স্ট্যাবিলিটি তুলনামূলকভাবে বেশি।
৮। BJT বিকিরণ মুক্ত নয়।	৮। FET বিকিরণ মুক্ত।
৯। BJT-এর সাধারণ প্রতীক– 	৯। FET এর সাধারণ প্রতীক– 
১০। BJT এর পাওয়ার গেইন খুব বেশি থাকায় ড্রাইভার স্টেজের দরকার হয় না।	১০। FET এর পাওয়ার গেইন অপেক্ষাকৃত কম থাকায় ড্রাইভার স্টেজের দরকার হয়।

৮.৬ MOSFET এবং JFET এর মধ্যে তুলনাকরণ (Compare between MOSFET and JFET) ঃ

JFET এবং MOSFET এর মধ্যে নিম্নে পার্থক্য দেয়া হল–

JFET	MOSFET
১। JFET শুধুমাত্র ডিপ্লেশন মোডে কাজ করে।	১। MOSFET এনহ্যান্সমেন্ট এবং ডিপ্লেশন উভয় মোডে কাজ করে।
২। JFET এর গেটে ফরোয়ার্ড বায়াস দেয়া হলে তা রিভার্স বায়াসের সাথে মিলে অধিক গেট কারেন্ট প্রবাহিত করে।	২। MOSFET এর গেটে রিভার্স বায়াস দেয়া হলে তাতে কম পরিমাণ গেট কারেন্ট প্রবাহিত হয়।
৩। JFET তৈরি করা কঠিন।	৩। MOSFET তৈরি করা সহজ।
৪। গেটটি P অথবা N-টাইপ অর্ধপরিবাহী দ্বারা গঠিত।	৪। গেটটি চ্যানেল হতে মেটাল অক্সাইড স্তর দ্বারা আইসোলেটেড থাকে।
৫। গেট জাংশনে কোন ক্যাপাসিট্যান্স তৈরি হয় না।	৫। গেট জাংশনে ক্যাপাসিট্যান্স তৈরি হয়।

৮.৭ অ্যানালগ এবং ডিজিটাল সার্কিটে JFET এবং MOSFET এর প্রয়োগ (The application of JFET and MOSFET in analog and digital circuits) ঃ

মসফেটকে প্রায় সকল ক্ষেত্রে বাইপোলার ট্রানজিস্টরের পরিবর্তে ব্যবহার করা যায়। নিচে কিছু সংখ্যক প্রয়োগ ক্ষেত্র উল্লেখ করা হল ঃ

১। অসিলোস্কোপ, ইলেকট্রনিক ভোল্টমিটার এবং অন্যান্য পরিমাপ ও পরীক্ষণ যন্ত্রে ইনপুট অ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে MOSFET এর উচ্চমানের r_{in} রেজিস্ট্যান্স লোডিং প্রভাবকে (Loading effect) হ্রাস করে।

২। ডিজিটাল লজিক সার্কিট গঠনে ব্যবহার করা হয়।

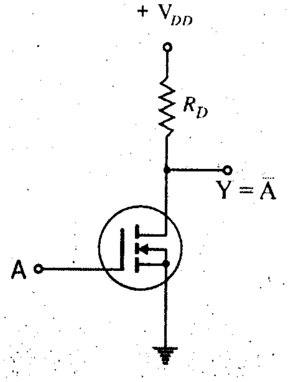
৩। FM এবং TV রিসিভারসমূহে মিক্সচার অপারেশন চালানোর জন্য মিক্সচার সার্কিট তৈরিতে ব্যবহার করা হয়।

৪। অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ার এবং টোন কন্ট্রোল সার্কিটে ভোল্টেজ ভেরিয়েবল রেজিস্টর (VVR) হিসাবে MOSFET ব্যবহার করা হয়।

৫। আকার ছোট এবং অল্প শক্তি ব্যয় করে বলে কম্পিউটারের মেমরি গঠনে LSI সার্কিটে তা ব্যবহার করা হয়।

ডিজিটাল সার্কিটে FET এর প্রয়োগ (The application of FET in digital circuits) ঃ FET এর আকার ছোট এবং পাওয়ার বিকিরণ কম হওয়ায় জনপ্রিয় লজিক সার্কিটগুলোতে বহুল পরিমাণে ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে P এবং N উভয় চ্যানেল FET-ই বহুল পরিমাণে লজিক সার্কিটে ব্যবহার করা যেতে পারে। নিচে তার কিছু সংখ্যক প্রয়োগ উল্লেখ করা হল–

১। FET ইনভার্টার হিসাবে (FET inverter) ঃ নিচের চিত্রে একটি সাধারণ FET ইনভার্টারের গঠন দেখানো হল ঃ



সার্কিটে একটি এনহ্যান্সমেন্ট MOSFET, যা ড্রাইভার হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

MOS সার্কিটটির জন্য লজিক লেভেল হল–

$$V(0) \simeq 0$$

$$V(1) \approx V_{DD}$$

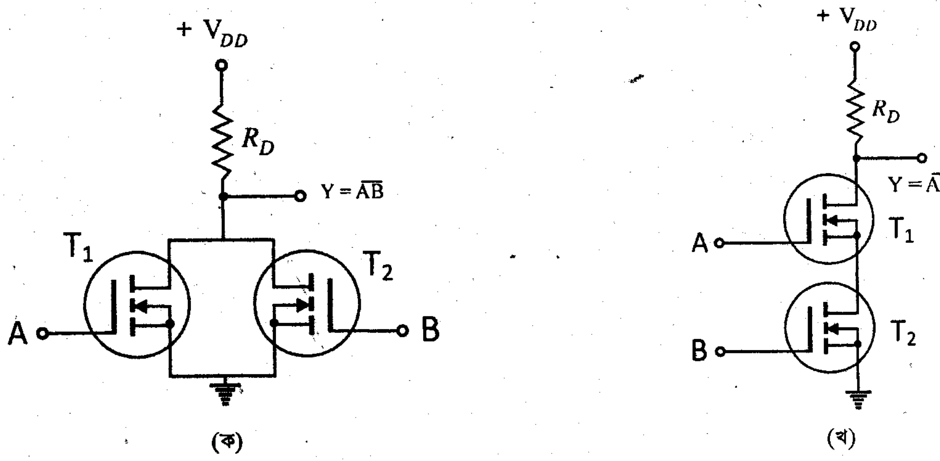
A এর মান 0 হলে Y এর মান V_{DD} অথবা লজিক 1 হবে এবং A এর মান 1 হলে Y এর মান লজিক 0 হবে। নিচের তালিকায় তা দেখানো হল–

চিত্র ঃ ৮.৯ FET ইনভার্টার

তালিকা-৮.১ NOT গেটের ট্রুথ টেবিল ঃ

ইনপুট (A)	**আউটপুট (Y)**
0	1
1	0

MOSFET NAND এবং NOR গেট (MOSFET NAND and NOR gates) ঃ একাধিক ড্রাইভারকে সমান্তরালে ব্যবহার করে NOR গেট ও অনুক্রমিক ব্যবহার করে NAND গেট, MOS Inverter হতে গঠন করা যায়। নিচের চিত্রে একটি 2-ইনপুট NOR ও NAND গেট অংকন করে দেখানো হল ঃ



চিত্র ঃ ৮.১০ 2-ইনপুট NMOS গেট (ক) NOR (খ) NAND

(ক) নং চিত্র হতে দেখা যায়, যদি উভয় ইনপুটের মান 0 হয় তবে T_1 এবং T_2 ট্রানজিস্টর OFF থাকবে। ফলে আউটপুট ভোল্টেজের মান হবে V_{DD}। ইনপুটসমূহের মধ্যে একটি অথবা উভয়ই V_{DD} হলে, সম্পর্কিত FET টি ON হবে এবং আউটপুটের মান 0V।

(খ) নং চিত্রে ইনপুটসমূহের মধ্যে একটি অথবা উভয়ই 0 হলে সম্পর্কিত FET টি OFF থাকবে, লোড FET এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজের মান 0 হওয়ায় আউটপুটের মান V_{DD}। উভয় ইনপুটের মান V_{DD} হলে, T_1 এবং T_2 MOSFET টি ON হবে এবং আউটপুটের মান 0 হয়। নিচের তালিকায় NOR এবং NAND গেটের ট্রুথ টেবিল দেখানো হল ঃ

তালিকা-৮.২ NOR গেটের ট্রুথ টেবিল ঃ

ইনপুটসমূহ		**আউটপুট**
A	**B**	**Y**
0	0	V_{DD}
0	V_{DD}	0
V_{DD}	0	0
V_{DD}	V_{DD}	0

তালিকা-৮.৩ NAND গেটের ট্রুথ টেবিল ঃ

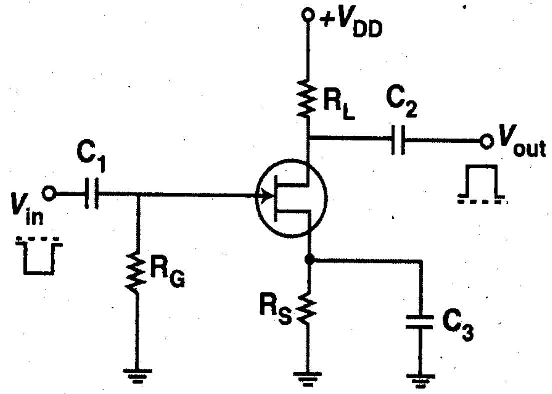
ইনপুটসমূহ		**আউটপুট**
A	**B**	**Y**
0	0	V_{DD}
0	V_{DD}	V_{DD}
V_{DD}	0	V_{DD}
V_{DD}	V_{DD}	0

অ্যানালগ সার্কিটে FET এর ব্যবহার (The application of FET in analogue circuits) : JFET ও MOSFET কে বহুল পরিমাণে অ্যানালগ সার্কিটে ব্যবহার করা হয়। নিচে কিছু সংখ্যক ব্যবহার উল্লেখ করা হল–

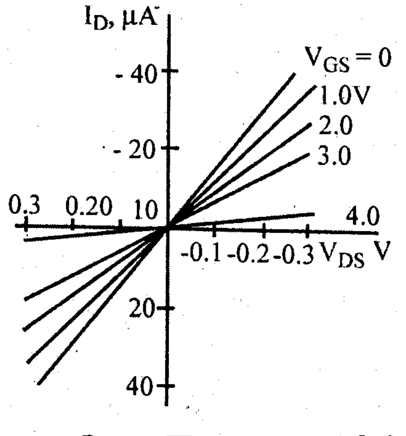
১। অ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে JFET (JFET as an amplifier) : নিচে এ প্রকার অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট অংকন করে দেখানো হল। দুর্বল সিগন্যালটি গেট এবং সোর্সের মধ্যে প্রয়োগ করা হয় এবং ড্রেন সোর্স হতে আউটপুট নেয়া হয়। FET এর সঠিক কার্যাবলির জন্য JFET এর গেট সকল সময় সোর্সের সাপেক্ষে ঋণাত্মক থাকতে হবে। এ কারণে গেটে V_{GG} ভোল্টেজ দেয়া হয়।

সিগন্যালের ধনাত্মক অর্ধ সাইকেলের সময় গেটে রিভার্স বায়াস হ্রাস পাবে এবং চ্যানেলের প্রশস্ততা বৃদ্ধি পাওয়ায় ড্রেন কারেন্ট বেড়ে যাবে। ঋণাত্মক অর্ধ সাইকেলের সময় গেটে রিভার্স ভোল্টেজ বেড়ে যাবে। ফলে ড্রেন কারেন্ট হ্রাস পাবে। ফলশ্রুতিতে গেটে ভোল্টেজের অল্প পরিবর্তন ড্রেন কারেন্টের বড় মানের পরিবর্তন ঘটাবে। R_L এর আড়াআড়িতে ড্রেন কারেন্টের এই তারতম্য ভোল্টেজ আকারে প্রকাশ পাবে।

২। ভোল্টেজ ভ্যারিয়েবল রেজিস্টর (VVR) হিসাবে : প্রচলিত রীতিতে অ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে FET-এর ব্যবহারে একে ড্রেন-ক্যারেকটারিসটিক কার্ভের স্থির কারেন্ট অংশে চালনা বা অপারেট করা হয়। কিন্তু এফইটিকে ভোল্টেজ-কন্ট্রোলড রেজিস্টর হিসাবেও ব্যবহার করা যায়। এক্ষেত্রে এফইটি-এর ড্রেন-সোর্স রেজিস্ট্যান্সকে গেট-সোর্স বায়াস ভোল্টে V_{GS} দ্বারা নিয়ন্ত্রণ করা হয়। যখন কোন এফইটিকে এভাবে ব্যবহার করা হয়, তখন একে ভোল্টেজ ভেরিয়েবল রেজিস্টর (VVR) নামে জনপ্রিয়ভাবে ডাকা হয়। এ কাজে এফইটিকে পিঞ্চ-অফ এর পূর্বের রিজিয়নে অপারেট করানো হয়।



চিত্র ঃ ৮.১১ JFET অ্যাম্প্লিফায়ার



চিত্র ঃ ৮.১২ P-চ্যানেল FET-এর ড্রেন-ক্যারেক্টারিসটিক

উপরের ৮.১২নং চিত্রে একটি P-চ্যানেল এফইটি-এর ড্রেন কারেন্ট (I_D) ড্রেন-সোর্স ভোল্টেজ (V_{DS}) ক্যারেক্টারিসটিক দেখানো হয়েছে। এ ক্যারেক্টারিসটিকসমূহের যে কোন একটির ঢাল, V_{GS}-এর সাপেক্ষে ড্রেন রেজিস্ট্যান্স r_d এর মান প্রকাশ করে, গাণিতিকভাবে r_d-কে নিম্নলিখিতভাবে প্রকাশ করা যায়–

$$r_d = \frac{r_{do}}{1 - kV_{GS}}$$

এখানে, r_{do} = শূন্য গেট বায়াসে ড্রেন রেজিস্ট্যান্স

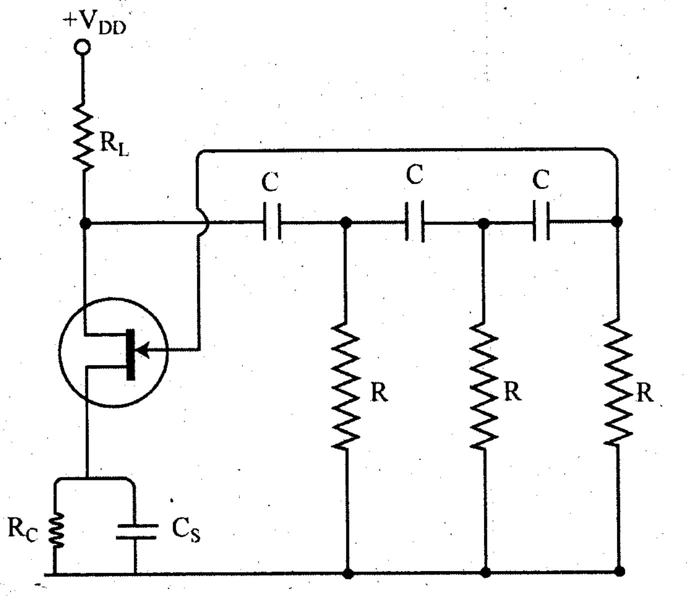
V_{GS} = গেট সোর্স ভোল্টেজ

এবং k = এফইটি কনস্ট্যান্ট।

৩। ফেজ শিফ্‌ট অসিলেটর (Phase shift oscillator) হিসাবে FET ঃ নিচের ৮.১৩ নং চিত্রে একটি ফেজ শিফট্ অসিলেটর সার্কিট দেখানো হয়েছে। এতে একটি N-চ্যানেল FET ও একটি RC ফেজ শিফট্ নেটওয়ার্ক আছে। ফেজ শিফট্ নেটওয়ার্কে তিনটি RC সেকশন আছে। কোন একটি নির্দিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সি f_o-তে প্রতি RC সেকশনে 60° ফেজ শিফট্ ঘটে। ফলে RC নেটওয়ার্কে মোট ফেজ শিফটিং হয় 180°। এফইটি এর হাই-ইনপুট ইম্পিড্যান্স অসিলেশনের কাজে বিশেষ সহায়তা করে।

অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি f_o-কে নিম্নলিখিতরূপে প্রকাশ করা যায়–

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$



চিত্র ঃ ৮.১৩ ফেজ শিফট অসিলেটর

অনুশীলনী-৮

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **MOSFET-কে IGFET বলা হয় কেন?** [বাকাশিবো-২০০৮, ২০১০(R), ২০১৩(R), ২০১৪]

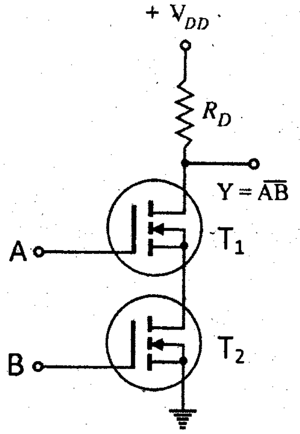
উত্তর ঃ MOSFET একটি সোর্স, গেট এবং ড্রেন এর সমন্বয়ে গঠিত। তবে JFET এর ন্যায় গেট, চ্যানেলের সাথে ইলেকট্রিক্যালি সংযুক্ত নয় বরং ইনসুলেটেড করা থাকে। ফলে গেট ধনাত্মক অথবা ঋণাত্মক যাই হোক না কেন গেট কারেন্ট এর মান খুব কম হয়। SiO_2 এর স্তরের সাহায্যে এই ইনসুলেশন দেয়া থাকে। এজন্য একে অনেক সময় ইনসুলেটেড গেট FET (IGFET) বলে।

২। **CMOS এবং UJT এর পূর্ণনাম লিখ।** [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর ঃ CMOS এর পূর্ণনাম হল Complimentary Metal Oxide Semiconductor এবং UJT এর পূর্ণনাম হল Unijunction transistor.

৩। **MOSFET এর সাহায্যে একটি NAND গেট এর সমতুল্য বর্তনী আঁক।**

উত্তর ঃ MOSFET এর সাহায্যে নিচে NAND গেট এর সমতুল্য বর্তনী অংকন করা হল–



চিত্র ঃ MOSFET দ্বারা গঠিত NAND গেট এর সমতুল্য বর্তনী

৪। **MOSFET কী?**

অথবা, MOSFET-এর পূর্ণনাম লেখ। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর ঃ MOSFET এর অর্থ হল Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor. MOSFET এর একটি সোর্স, গেট এবং ড্রেন থাকে। গেটে SiO_2 এর স্তরের সাহায্যে চ্যানেলের উপর পাতলা ইনসুলেশন দেয়া হয়। এই SiO_2 এর স্তর উচ্চ ইনপুট ইম্পিড্যান্স প্রদান করে, যার মান $10^{10}\Omega$ থেকে $10^{15}\Omega$ পর্যন্ত হয়ে থাকে।

৫। **MOSFET এর চারটি ব্যবহার লেখ।** [বাকাশিবো-২০১০(R), ২০১২, ২০১২(R)]

উত্তর ঃ MOSFET-কে নিম্নলিখিত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয় ঃ

১। ডিজিটাল লজিক সার্কিট গঠনে আইসিতে ব্যবহার করা হয়।
২। ক্ষুদ্র আকৃতির কারণে LSI ও কম্পিউটার মেমরিতে ব্যবহার করা হয়।
৩। মাইক্রোপ্রসেসর এবং পেরিফেরাল ডিভাইস তৈরিতে ব্যবহার করা হয়।
৪। FM রেডিও, রিসিভার এবং অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট গঠনে ব্যবহার করা হয়।

৬। **MOSFET কয়টি মোডে কাজ করে ও কী কী?**

উত্তর ঃ MOSFET দুটি মোডে কাজ করে। যথা–

১। ডিপলেশন মোড (Depletion mode) এবং
২। এনহ্যান্সমেন্ট মোড (Enhancement mode)।

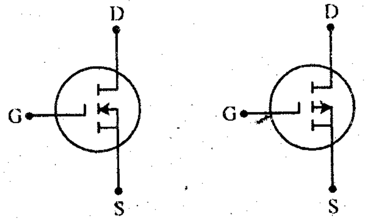
৭। **MOSFET এর ইম্পিড্যান্স কেমন?**

উত্তর ঃ MOSFET এর গেটে SiO_2 এর পাতলা স্তর থাকে বলে এর ইনপুট ইম্পিড্যান্স এর মান অনেক বেশি। এই ইম্পিড্যান্স এর মান $10^{10}\Omega$ হতে $10^{15}\Omega$ পর্যন্ত হয়ে থাকে। SiO_2 এর স্তর এই উচ্চ ইম্পিড্যান্স প্রদান করে।

৮। **এনহ্যান্সমেন্ট মসফেট এর প্রতীক আঁক।** [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, এনচ্যানেল ও পিচ্যানেল E-only MOSFET এর গঠন চিত্র আঁক। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ নিচের চিত্রে এনহ্যান্সমেন্ট মসফেট এর প্রতীক অংকন করা হল–



(a) N-চ্যানেল (b) P-চ্যানেল

চিত্র ঃ এনহ্যান্সমেন্ট মসফেটের প্রতীক

৯। **ডিপ্লেশন মোড MOSFET কী?** [বাকাশিবো-২০০৩]

উত্তর ঃ কোন মসফেটের গেট থেকে সোর্স ভোল্টেজের পোলারিটি পরিবর্তনের মাধ্যমে তাকে বিভিন্ন প্রকার মোডে চালানো যায়। গেট থেকে ধনাত্মক সোর্স ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে N-চ্যানেল DE MOSFET ডিপ্লেশন মোডে কাজ করে।

১০। **ডিপ্লেশন রিজিয়ন বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৪, ২০০৮, ২০১২]

উত্তর ঃ MOSFET-এর সোর্স এবং ড্রেনের মাঝে গেটের নিচে SiO_2 -এর স্তর ব্যবহার করা হয়। গেটে ধনাত্মক সোর্স ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে তা ডিফিউসড (Diffused) চ্যানেলে ধনাত্মক চার্জের আবেশ ঘটাবে। ফলে একটি ধনাত্মক চার্জের রিজিয়ন সৃষ্টি হবে। এই রিজিয়নটিকে ডিপ্লেশন রিজিয়ন বলে।

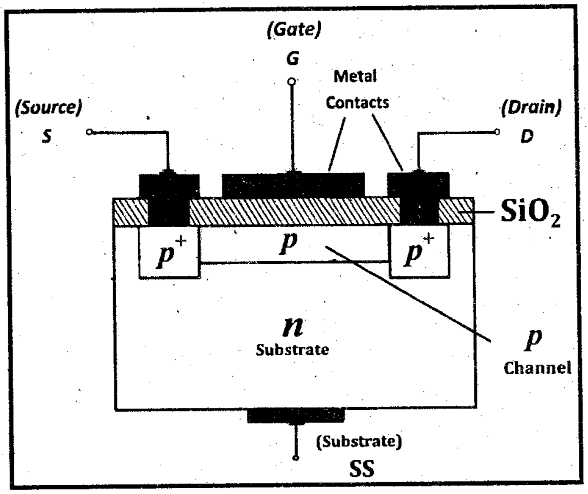
✪ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **MOSFET এর V-I বৈশিষ্ট্যরেখা অংকন করে দেখাও।** [বাকাশিবো-২০০৯(R), ২০১৩, ১৩(R), ২০১৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.৪ নং দ্রষ্টব্য।

২। **একটি P-চ্যানেল MOSFET এর গঠন চিত্র অংকন কর।**

উত্তর ঃ নিচে একটি P-চ্যানেল MOSFET এর গঠন চিত্র অংকন করা হল–



চিত্র ঃ P-চ্যানেল MOSFET এর গঠন চিত্র

৩। **MOSFET এর এনহ্যান্সমেন্ট এবং ডিপ্লেশন মোড ব্যাখ্যা কর।** [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর : MOSFET এর বৈশিষ্ট্য দু'ধরনের মোডে হয়। যথা–

১। এনহ্যান্সমেন্ট মোড MOSFET এবং

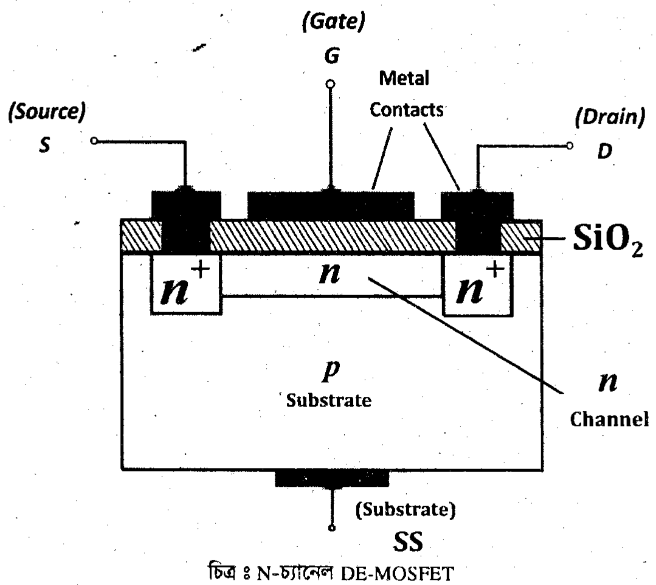
২। ডিপ্লেশন মোড MOSFET ইত্যাদি।

MOSFET এর গেটে ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে যদি ড্রেন কারেন্ট বৃদ্ধি পায়, তবে তাকে এনহ্যান্সমেন্ট মোড MOSFET বলে। আবার MOSFET এর গেটে ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে যদি ড্রেন কারেন্ট এর মান হ্রাস পায়, তবে তাকে ডিপ্লেশন মোড MOSFET বলে।

এনহ্যান্সমেন্ট মোড MOSFET-এ ড্রেন ও সোর্সের মধ্যে গঠনগতভাবে কোন চ্যানেল থাকে না। কিন্তু ডিপ্লেশন মোড MOSFET-এ ড্রেন ও সোর্সের মধ্যে চ্যানেল থাকে।

৪। **DE-MOSFET বলতে কী বুঝ?**

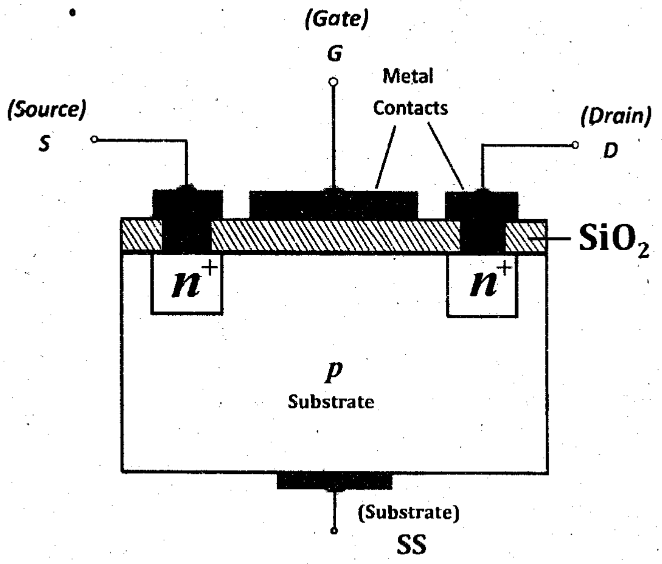
উত্তর : এ প্রকার MOSFET ডিপ্লেশন বা এনহ্যান্সমেন্ট উভয়ই অথবা একক মোডে কাজ করতে পারে। যখন একটি N-চ্যানেল MOSFET এর ড্রেনে ধনাত্মক সরবরাহ ভোল্টেজ দেয়ার পর গেট থেকে সোর্স ভোল্টেজ ঋণাত্মক হলে ডিপ্লেশন মোডে কাজ করে এবং গেট থেকে সোর্স ভোল্টেজ ধনাত্মক হলে এনহ্যান্সমেন্ট মোডে কাজ করে, তখন তাকে DE-MOSFET বলে। নিচের চিত্রে এ প্রকার MOSFET এর সিম্বল অংকন করা হল–



চিত্র ঃ N-চ্যানেল DE-MOSFET

৫। **Enhancement MOSFET বলতে কী বুঝ?**
অথবা, E-only MOSFET কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর : এ প্রকার MOSFET-কে আবার E-Only MOSFET-ও বলা হয়। এ ধরনের MOSFET-এর সোর্স এবং ড্রেনের মধ্যে গঠনগতভাবে কোন চ্যানেল থাকে না। ফলে একটি N-চ্যানেল বিশিষ্ট E-Only MOSFET এর ড্রেনে ধনাত্মক সরবরাহ দেয়ার পর গেট থেকে সোর্সে একমাত্র ধনাত্মক ভোল্টেজ দিলে কাজ করে। নিচে তার চিত্র অংকন করা হল–



চিত্র ঃ N-চ্যানেল E-Only MOSFET

৬। JFET ও MOSFET এর মধ্যে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০০৬]

অথবা, MOSFET এবং JFET এর মাঝে তুলনামূলক পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর: JFET এবং MOSFET এর মধ্যে পার্থক্য নিম্নে দেয়া হল–

JFET	MOSFET
১। JFET শুধুমাত্র ডিপ্লেশন মোডে কাজ করে।	১। MOSFET এনহ্যান্সমেন্ট এবং ডিপ্লেশন উভয় মোডে কাজ করে।
২। JFET এর গেটে ফরোয়ার্ড বায়াস দেয়া হলে তা রিভার্স বায়াসের সাথে মিলে অধিক গেট কারেন্ট প্রবাহিত করে।	২। MOSFET এর গেটে রিভার্স বায়াস দেয়া হলে তাতে কম পরিমাণ গেট কারেন্ট প্রবাহিত হয়।
৩। JFET তৈরি করা কঠিন।	৩। MOSFET তৈরি করা সহজ।
৪। গেটটি P অথবা N-টাইপ অর্ধপরিবাহী দ্বারা গঠিত।	৪। গেটটি চ্যানেল হতে মেটাল অক্সাইড স্তর দ্বারা আইসোলেটেড থাকে।
৫। গেট জাংশনে কোন ক্যাপাসিট্যান্স তৈরি হয় না।	৫। গেট জাংশনে ক্যাপাসিট্যান্স তৈরি হয়।

৭। MOSFET এর কয়েকটি বৈশিষ্ট্য উল্লেখ কর।

অথবা, ফেট এর তুলনায় মসফেটের সুবিধা উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৮(R)]

অথবা, মসফেট এর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর: নিচে MOSFET এর কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ বৈশিষ্ট্য উল্লেখ করা হল–

১। গেট ক্যাপাসিটর চার পার্শ্বে তৈরি ইলেকট্রিক ফিল্ড দ্বারা সোর্স হতে ড্রেনে প্রবাহিত কারেন্টকে নিয়ন্ত্রণ করে।

২। গেটে ধনাত্মক বা ঋণাত্মক ভোল্টেজ প্রয়োগ করা যায়।

৩। গেটটি ক্যাপাসিটর তৈরি করায় ধনাত্মক বা ঋণাত্মক যে কোন গেট ভোল্টেজেই খুব কম পরিমাণ গেট কারেন্ট প্রবাহিত হয়। এ কারণে MOSFET এর ইনপুট ইম্পিড্যান্স এর মান খুব বেশি হয়।

৮। Unipolar ট্রানজিস্টর এবং বাইপোলার ট্রানজিস্টর-এর মধ্যে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০০৬, ২০১২]

উত্তর: নিচে UJT এবং BJT-এর মধ্যে পার্থক্যসমূহ লিখা হল–

Unijunction Transistor (UJT)	Bipolar Junction Transistor (BJT)
১। UJT-তে, P-চ্যানেলে হোল এবং N-চ্যানেলে ইলেকট্রন প্রবাহ দ্বারা কারেন্ট কন্ডাকশন ঘটে।	১। BJT-তে হোল এবং ইলেকট্রনের বিপরীতমুখী প্রবাহ দ্বারা কারেন্ট কন্ডাকশন ঘটে।
২। এ প্রকার সার্কিটের ইনপুট ইম্পিড্যান্স বেশি।	২। এ প্রকার সার্কিটের ইনপুট ইম্পিড্যান্স কম।
৩। একপ্রকার ভোল্টেজ অপারেটেড ডিভাইস।	৩। একপ্রকার কারেন্ট অপারেটেড ডিভাইস।
৪। এটার তুলনামূলকভাবে নয়েজ কম।	৪। এটার তুলনামূলকভাবে নয়েজ বেশি।
৫। এ প্রকার ডিভাইসের থার্মাল স্থিরতা তুলনামূলকভাবে বেশি।	৫। এ প্রকার ডিভাইসের তাপীয় স্থিরতা তুলনামূলকভাবে কম।

৯। বাইপোলার এবং ইউনিপোলার ট্রানজিস্টরের মধ্যে মূল পার্থক্য কী?

উত্তর: যে ট্রানজিস্টরের মধ্যে কারেন্ট প্রবাহ, হোল এবং ইলেকট্রনের সমন্বয়ে সংগঠিত হয়, তাকে বাইপোলার ট্রানজিস্টর বলে।

আবার যে ট্রানজিস্টরের মধ্যে কারেন্ট প্রবাহ, ইলেকট্রন অথবা হোলের দ্বারা সম্পন্ন হয়, তাকে ইউনিপোলার ট্রানজিস্টর বলে।

১০। **ডিপ্লেশন ও এনহ্যান্সমেন্ট MOSFET-এর মধ্যে পার্থক্য উল্লেখ কর ঃ** [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর ঃ নিচে ডিপ্লেশন ও এনহ্যান্সমেন্ট MOSFET এর মধ্যকার পার্থক্য উল্লেখ করা হল–

১। গেট থেকে ধনাত্মক সোর্স ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে N-চ্যানেল DE-MOSFET ডিপ্লেশন মোডে কাজ করে। অন্যদিকে ধনাত্মক গেট ভোল্টেজ দেয়া হলে এটি এনহ্যান্সমেন্ট মোডে কাজ করবে।

২। কিছু কিছু মসফেট আছে, যা উভয় মোডে কাজ করতে পারে। তবে যে সকল MOSFET শুধুমাত্র এনহ্যান্সমেন্ট মোডে কাজ করে, তাকে এনহ্যান্সমেন্ট অনলি MOSFET বলে। এ প্রকার মসফেটকে Normally OFF MOSFET বলে। তবে যে সকল মসফেট উভয় মোডে কাজ করে, তাকে Normally On MOSFET বলে।

৩। এনহ্যান্সমেন্ট মসফেট মূলত ডিজিটাল সার্কিটে ব্যবহার করা হয়। তবে ডিপ্লেশন মসফেট ডিজিটাল এবং অ্যানালগ উভয় প্রকার সার্কিটে ব্যবহার করা হয়।

১১। **FET এর ডিজিটাল ও অ্যানালগ সার্কিটের প্রয়োগ লেখ।** [বাকাশিবো-২০০৩, ২০০৬]

উত্তর ঃ **ডিজিটাল সার্কিটে FET-এর প্রয়োগ বা ব্যবহার ঃ**

১। FET ইনভার্টার হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

২। ডিজিটাল লজিক সার্কিট গঠনে ব্যবহার করা হয়।

৩। FM এবং TV রিসিভারসমূহে মিক্সচার অপারেশন চালানোর জন্য মিক্সচার সার্কিট তৈরিতে ব্যবহার করা হয়।

৪। অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ার এবং টোন কন্ট্রোল সার্কিটে ভোল্টেজ ভেরিয়েবল রেজিস্টার (VVR) হিসাবে MOSFET ব্যবহার করা হয়।

৫। আকার ছোট এবং অল্প শক্তি ব্যয় করে বলে কম্পিউটারের মেমরি গঠনে LSI সার্কিটে তা ব্যবহার করা হয়।

অ্যানালগ সার্কিটে FET এর ব্যবহার ঃ

১। অ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে JFET (JFET as an amplifier)

২। ভোল্টেজ ভ্যারিয়েবল রেজিস্টর (VVR) হিসাবে।

৩। ফেজ শিফ্‌ট অসিলেটর (Phase shift oscillator) হিসাবে।

১২। **FET ও BJT এর মধ্যে পার্থক্য লেখ।** [বাকাশিবো-২০০৩, ২০০৪]

উত্তর ঃ নিচের সারণিতে FET এবং BJT-এর মধ্যকার পার্থক্যসমূহ তুলে ধরা হল ঃ

বাইপোলার জাংশন ট্রানজিস্টর (BJT)	ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর (FET)
১। এ প্রকার ট্রানজিস্টরের কারেন্ট চলাচল ইলেকট্রন এবং হোল উভয়ের উপর নির্ভরশীল।	১। এ প্রকার ট্রানজিস্টরের কারেন্ট চলাচল ইলেকট্রন অথবা হোলের উপর নির্ভরশীল।
২। এটি একপ্রকার কারেন্ট নিয়ন্ত্রিত ডিভাইস।	২। এটি একপ্রকার ভোল্টেজ নিয়ন্ত্রিত ডিভাইস।
৩। BJT দ্বারা গঠিত সার্কিটের নয়েজ অপেক্ষাকৃত বেশি।	৫। FET-এর মাধ্যমে গঠিত সার্কিটের নয়েজ অপেক্ষাকৃত কম।
৪। FET-এর তুলনায় BJT-এর থার্মাল স্ট্যাবিলিটি তুলনামূলকভাবে কম।	৭। FET-এর থার্মাল স্ট্যাবিলিটি তুলনামূলকভাবে বেশি।

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **MOSFET এর গঠন চিত্র অংকন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। **একটি P-চ্যানেল MOSFET এর গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **একটি N-চ্যানেল এনহ্যান্সমেন্ট মোড MOSFET এর গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।**

[বাকাশিবো-০৩, ০৭, ১০, ১১, ১২, ১৫, ১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **একটি N-চ্যানেল ডিপ্লেশন মোড MOSFET এর গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **একটি P-চ্যানেল MOSFET এর V-I বৈশিষ্ট্যরেখা অংকন করে বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **একটি N-চ্যানেল MOSFET এর V-I বৈশিষ্ট্যরেখা অংকন করে বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৭। **DE-MOSFET এর গঠন প্রণালিসহ সচিত্র কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১৩, ২০১৩(R)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৮। **Analog ও Digital সার্কিটে JFET ও MOSFET-এর ব্যবহার বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৮.৭ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-৯

ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ধারণা
(The Concept of Feedback Amplifier)

৯.১ ফিডব্যাক (Feedback) ঃ

একটি আদর্শ লিনিয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার (Amplifier) তার ইনপুট সিগন্যালকে প্রায় লক্ষ গুণ বিবর্ধিত আকারে আউটপুট প্রদান করে। কিন্তু বাস্তব ক্ষেত্রে অ্যাম্প্লিফায়ারগুলো উপরোক্ত বৈশিষ্ট্য (Characteristics) প্রদান করে না। কেননা, অ্যাম্প্লিফায়ারে ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরগুলোর নন-লিনিয়ার বৈশিষ্ট্য, প্যারামিটারের ভিন্নতা, তাপমাত্রা ইত্যাদি বিষয়গুলো আউটপুটে প্রভাব ফেলে। আর ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরের উপরোক্ত সমস্যাগুলো দূরীকরণের মাধ্যমে সঠিক আউটপুট পাওয়ার জন্য যে সকল পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়, তাদের মধ্যে সর্বোত্তম ও উল্লেখযোগ্য পদ্ধতি হল ফিডব্যাক পদ্ধতি। ফিডব্যাক হল এমন একটি পদ্ধতির যাতে কোন ডিভাইসের আউটপুট এনার্জির ক্ষুদ্রাংশ ইনপুটে প্রয়োগ করা হয়।

আলোচ্য অধ্যায়ে আমরা ফিডব্যাক, ব্লক ডায়াগ্রামসহ ফিডব্যাকের প্রকারভেদ, অসিলেটর ও অ্যাম্প্লিফায়ারে ফিডব্যাকের প্রভাব, অসিলেটর, অসিলেশন, বিভিন্ন প্রকার অসিলেটর সম্পর্কে জানব।

৯.২ ফিডব্যাকের প্রকারভেদ (The types of feedback) ঃ

ফিডব্যাক এনার্জি ইনপুট সিগন্যালকে সহায়তা করে না, বাধা প্রদান করে এর উপর ভিত্তি করে ফিডব্যাক পদ্ধতিকে দু'ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

১। পজিটিভ ফিডব্যাক (Positive feedback)

২। নেগেটিভ ফিডব্যাক (Negative feedback) ইত্যাদি।

ফিডব্যাক এনার্জির ধরন অনুসারে ফিডব্যাক পদ্ধতিকে আবার দু'ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

১। ভোল্টেজ ফিডব্যাক (Voltage feedback)

২। কারেন্ট ফিডব্যাক (Current feedback) ইত্যাদি।

ফিডব্যাক এনার্জিকে ইনপুটের সাথে সংযোগ করার ব্যবস্থার উপর ভিত্তি করে দুইভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

১। সিরিজ ফিডব্যাক (Series feedback)

২। শান্ট বা প্যারালাল ফিডব্যাক (Shunt or Parallel feedback) ইত্যাদি।

ফলে উপরের দুটি শ্রেণিবিভাগকে একত্র করে ফিডব্যাক পদ্ধতিকে চারটি ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

১। ভোল্টেজ সিরিজ ফিডব্যাক (Voltage series feedback)

২। ভোল্টেজ শান্ট ফিডব্যাক (Voltage shunt feedback)

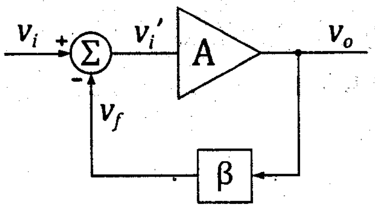
৩। কারেন্ট সিরিজ ফিডব্যাক (Current series feedback)

৪। কারেন্ট শান্ট ফিডব্যাক (Current shunt feedback) ইত্যাদি।

৯.৩ ব্লক ডায়াগ্রাম সহযোগে বিভিন্ন প্রকার ফিডব্যাক (Different types of feedback with block diagram) ঃ

অ্যাম্প্লিফায়ারের ফিডব্যাক এর ধারণা (Concept of feedback in amplifiers) ঃ পাশের চিত্রে সাধারণ অ্যাম্প্লিফায়ারের ব্লক ডায়াগ্রাম অংকন করে দেখানো হল। এখানে v_i হল ইনপুট ও v_o হল আউটপুট সিগন্যাল। যদি অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইনের মান A হয় তবে আমরা পাই,

$$A = \frac{v_o}{v_i}$$ ।



চিত্র ঃ ৯.১ অ্যাম্প্লিফায়ারে ফিডব্যাকের ব্যবহার

উপরের অ্যাম্প্লিফায়ারের ব্লক চিত্র হতে দেখা যায়, আউটপুটটি ইনপুটে ফিডব্যাক করা হয়েছে। তাই নেটওয়ার্কটিকে β নেটওয়ার্ক অথবা ফিডব্যাক নেটওয়ার্ক বলে। আউটপুট ভোল্টেজের βv_o অংশকে ইনপুটে ফিডব্যাক করা হয়। এটা অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ভোল্টেজকে পরিবর্তন করে। এই ইনপুট তখন আউটপুটের মানকে উন্নত করে। তাই এ প্রকার সিস্টেমকে ক্লোজ লুপ (Closed loop) অথবা ফিডব্যাক সিস্টেম (Feedback system) বলে।

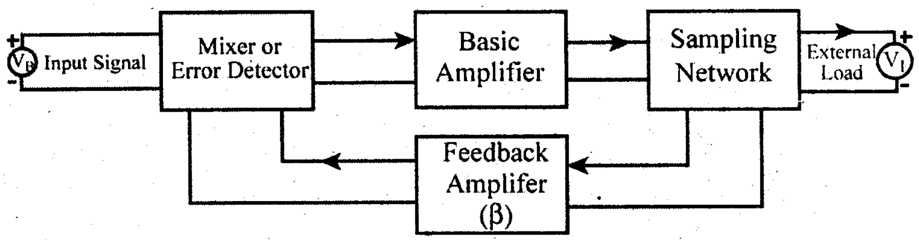
মনে করি, আউটপুট ভোল্টেজ = v_o

∴ ভোল্টেজ ফিডব্যাক, $v_f = \beta v_o$

$$\therefore v'_i = v_i - v_f$$
$$= v_i - \beta v_o$$

যেহেতু ফিডব্যাক প্রদানে অ্যাম্প্লিফায়ারটির কার্যকর ইনপুটের মান হ্রাস পায় তাই আউটপুটের মান হ্রাস পাবে। ফলে অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন ফিডব্যাকের কারণে হ্রাস পেয়ে থাকে। এ প্রকার ফিডব্যাককে ঋণাত্মক অথবা উৎপাদন হ্রাস (Degenerative) ফিডব্যাক বলে।

এরর ডিটেক্টর, অ্যাম্প্লিফায়ার এবং ফিডব্যাক নেটওয়ার্কের নেগেটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ব্লক ডায়াগ্রাম ঃ



চিত্র ঃ ৯.২ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ার এর ব্লক ডায়াগ্রাম

(ক) এরর ডিটেক্টর ঃ এরর ডিটেক্টর আউটপুট সিগন্যাল হতে আগত ফিডব্যাক সিগন্যাল এবং ইনপুট রেফারেন্স সিগন্যালের মধ্যকার পার্থক্য (V_d) নির্ধারণ করে। একে মিক্সচার ইলিমেন্টও বলা হয়। যদি ইনপুট রেফারেন্স সিগন্যাল এবং ফিডব্যাক সিগন্যালের মান সমান হয়, তবে অ্যাম্প্লিফায়ারের কোন ইনপুট থাকে না। আর যদি অসমান হয় তবে এরর সিগন্যাল তৈরি হয় যা অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট হিসেবে কাজ করে।

(খ) বেসিক অ্যাম্প্লিফায়ার ঃ এরর সিগন্যালের মান সাধারণত খুব কম হয়। একে অ্যাম্প্লিফায়ারের মাধ্যমে বর্ধিত করে আউটপুটে প্রেরণ করা হয়।

(গ) ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ার ঃ আউটপুট সিগন্যালের অংশবিশেষকে ফিডব্যাক ব্লকের মাধ্যমে ইনপুটে অর্থাৎ এরর ডিটেক্টরে প্রয়োগ করা হয়।

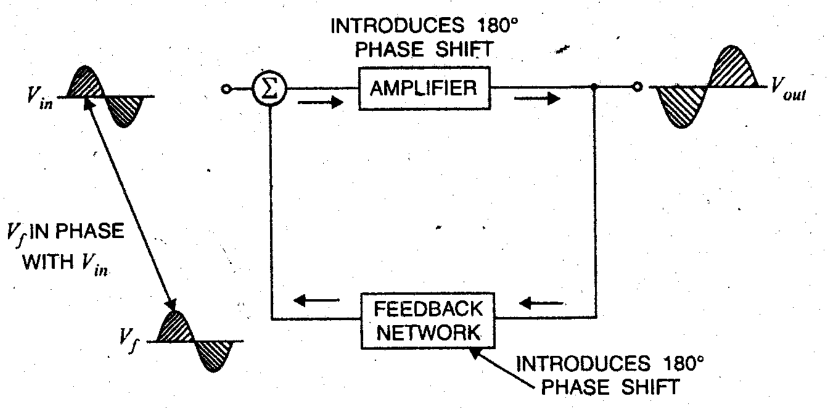
(ঘ) স্যামপ্লিং নেটওয়ার্ক ঃ এটি আউটপুটের স্যামপ্লিং ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারে পাঠায়। ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ার স্যামপ্লিং সিগন্যালকে অ্যাম্প্লিফাই করে এবং এরর ডিটেক্টরে পাঠায়, এভাবে ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ার কাজ করে।

ফিডব্যাক (Feedback) ঃ কোন সার্কিট অথবা ডিভাইসে আউটপুট শক্তির কিছু অংশ ফিরিয়ে এনে ইনপুটে প্রয়োগ করার পদ্ধতিকে ফিডব্যাক বলে। ইনপুট সিগন্যালের সাথে ফিডব্যাক এনার্জির সংযোজন অথবা বিয়োজনকরণের পদ্ধতির উপর নির্ভর করে ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারকে মূলত দুইভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

১। পজিটিভ ফিডব্যাক (Positive feedback)

২। নেগেটিভ ফিডব্যাক (Negative feedback) ইত্যাদি।

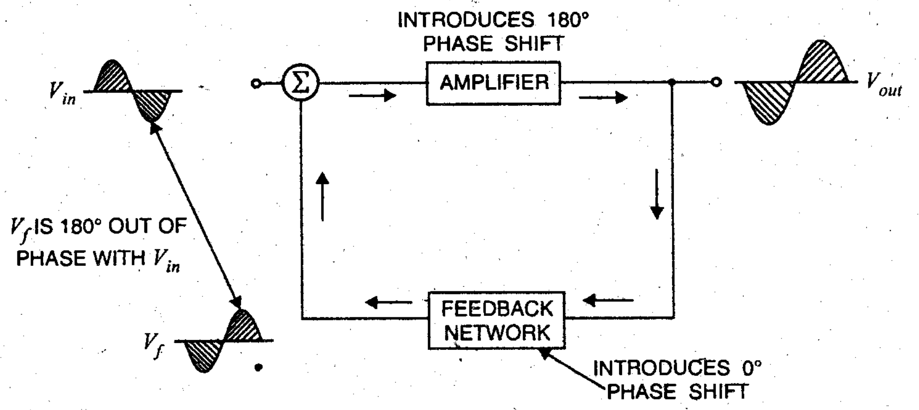
১। পজিটিভ ফিডব্যাক (Positive feedback) ঃ যদি কোন ইলেকট্রনিক ডিভাইস এবং সার্কিটে ফিডব্যাক সিগন্যালকে ইনপুট সিগন্যালের সাথে একই ফেজে প্রয়োগ করা হয় ও তা ইনপুট সিগন্যালকে বৃদ্ধি করতে সহায়তা করে, তবে তাকে পজিটিভ ফিডব্যাক বলে। এ প্রকার ফিডব্যাককে আবার রিজেনারেটিভ ফিডব্যাক বা ডাইরেক্টিভ ফিডব্যাকও বলা হয়। নিচের চিত্রে তা দেখানো হল।



চিত্র ঃ ৯.৩ পজিটিভ ফিডব্যাক প্রদানের কৌশল

এ প্রকার ফিডব্যাকের ফলে গেইন বৃদ্ধি পেলেও আউটপুটে ডিস্টরশন দেখা যায় ও স্ট্যাবিলিটি হ্রাস পায়। এজন্য পজিটিভ ফিডব্যাক খুব কম ক্ষেত্রেই অ্যাম্প্লিফায়ারে ব্যবহার করা হয়। তবে অসিলেটরে এটা গুরুত্বের সাথে ব্যবহার করা হয়। তা ছাড়া পাওয়ার সরবরাহের সার্কিটে কিছু ক্ষেত্রে রেগুলেশনের জন্য ব্যবহার করা হয়।

২। নেগেটিভ ফিডব্যাক (Negative feedback) ঃ যদি কোন ইলেকট্রনিক ডিভাইস ও সার্কিটে আউটপুট সিগন্যালকে ইনপুটে এমনভাবে প্রয়োগ করা হয় যাতে তা ইনপুট সিগন্যালের সাথে বিপরীত ফেজে থাকে এবং সিগন্যালের মানকে হ্রাস করে, তবে এ প্রকার ফিডব্যাক প্রদানের কৌশলকে ঋণাত্মক ফিডব্যাক বলে। নেগেটিভ ফিডব্যাককে আবার ডিজেনারেটিভ ফিডব্যাক বা ইনভার্স (Inverse) ফিডব্যাকও বলা হয়। নিচের চিত্রে তা দেখানো হল।



চিত্র ঃ ৯.৪ নেগেটিভ ফিডব্যাক প্রদানের কৌশল

নেগেটিভ ফিডব্যাক প্রদানের ফলে অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন হ্রাস পেলেও এর কার্যকারিতা বিভিন্ন দিক হতে উন্নত হয়। এ কারণে নেগেটিভ ফিডব্যাক প্রদানের কৌশল অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটে বহুল পরিমাণে ব্যবহার করা হয়।

নেগেটিভ ফিডব্যাকের প্রকারভেদ (Types of Negative feedback) ঃ নেগেটিভ ফিডব্যাকের জন্য চারটি সাধারণ সার্কিট ব্যবস্থাপনা ব্যবহার করা হয়। যথা–

১। ভোল্টেজ সিরিজ ফিডব্যাক (Voltage Series feedback)

২। ভোল্টেজ শান্ট ফিডব্যাক (Voltage Shunt feedback)

৩। কারেন্ট সিরিজ ফিডব্যাক (Current Series feedback)

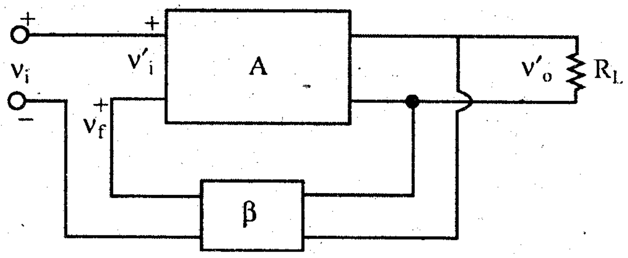
৪। কারেন্ট শান্ট ফিডব্যাক (Current Shunt feedback) ইত্যাদি।

১। ভোল্টেজ সিরিজ ফিডব্যাক (Voltage Series feedback) ঃ এ প্রকার ফিডব্যাক পদ্ধতিতে অ্যাম্প্লিফায়ার এবং ফিডব্যাক সার্কিটটি সিরিজ প্যারালালে সংযুক্ত থাকে। এখানে আউটপুট ভোল্টেজের একটি ক্ষুদ্রতর অংশ ফিডব্যাক নেটওয়ার্কের মাধ্যমে ইনপুট ভোল্টেজের সাথে সিরিজে দেয়া হয়। ফলে V_O এর কারণে অ্যাম্প্লিফায়ারটির আউটপুট রেজিস্ট্যান্সের মান ফিডব্যাক নেটওয়ার্ক-এর সাহায্যে শান্টিং প্রভাব দ্বারা হ্রাস পায়। এটি হতে প্রমাণ করা যায় যে–

$$R_O' = \frac{R_O}{1+\beta A}$$

অ্যাম্প্লিফায়ারটির ইনপুট রেজিস্ট্যান্সের মান ফিডব্যাকের কারণে বৃদ্ধি পায়। ফলে প্রমাণ করা যায় যে–

$$R'_i = R_i(1+\beta A)$$



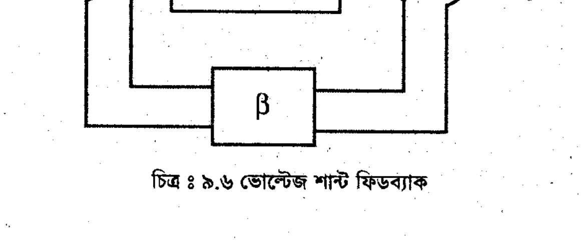
চিত্র ঃ ৯.৫ ভোল্টেজ সিরিজ ফিডব্যাক

কার্যত সিরিজ ফিডব্যাকে ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান $(1+\beta A)$ দ্বারা হ্রাস পায়।

২। ভোল্টেজ শান্ট ফিডব্যাক (Voltage Shunt feedback) ঃ এ প্রকার ফিডব্যাক পদ্ধতিতে আউটপুট ভোল্টেজের ক্ষুদ্রতম অংশ ইনপুট ভোল্টেজের সাথে সমান্তরালে দেয়া হয়।

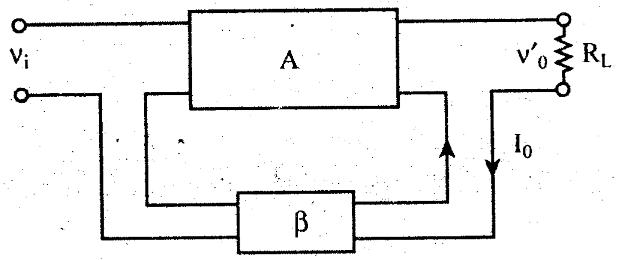
যেহেতু ফিডব্যাক নেটওয়ার্কটি উভয় আউটপুট এবং ইনপুটের সাথে সমান্তরালে যুক্ত তাই এটা উভয় আউটপুট এবং ইনপুট ইম্পিড্যান্সকে $\frac{1}{1+\beta A}$ দ্বারা হ্রাস করবে। নিচের চিত্রে ব্লক ডায়াগ্রাম অংকন করে দেখানো হল।

শান্ট ফিডব্যাক সর্বদাই ইনপুট ইম্পিড্যান্সকে হ্রাস করে।



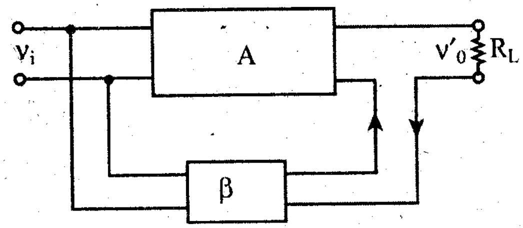
চিত্র ঃ ৯.৬ ভোল্টেজ শান্ট ফিডব্যাক

৩। **কারেন্ট সিরিজ ফিডব্যাক (Current Series feedback) ঃ** এ প্রকার ফিডব্যাক পদ্ধতিতে আউটপুট কারেন্টের সমানুপাতিক ভোল্টেজকে ইনপুটে ফিডব্যাক করা হয়। ফিডব্যাকের কারণে উভয় ইনপুট এবং আউটপুট ইম্পিড্যান্সই বৃদ্ধি পায়।



চিত্র ঃ ৯.৭ কারেন্ট সিরিজ ফিডব্যাক

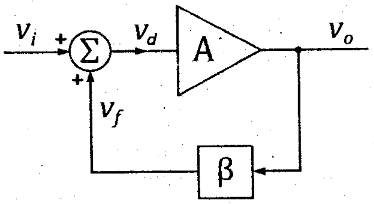
৪। **কারেন্ট শান্ট ফিডব্যাক (Current Shunt feedback) ঃ** এখানে আউটপুট কারেন্টের একটি অংশকে ইনপুটে ভোল্টেজে রূপান্তর করে ফিডব্যাক করা হয়। ফিডব্যাক নেটওয়ার্কটি ইনপুটের সাথে শান্টে কিন্তু আউটপুটের সাথে সিরিজে যুক্ত থাকে। ফলে অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুট রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি পায় অন্যদিকে ইনপুট রেজিস্ট্যান্স হ্রাস পায়।



চিত্র ঃ ৯.৮ কারেন্ট শান্ট ফিডব্যাক

৯.৪ পজিটিভ এবং নেগেটিভ ফিডব্যাক সহযোগে অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয়করণ (Calculating the gain of amplifier with positive and negative feedback) ঃ

পজিটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয় ঃ



চিত্র ঃ ৯.৯ পজিটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ব্লক ডায়াগ্রাম

পূর্বের ৯.৯ নং চিত্রে এটির ডিটেক্টর অ্যাম্প্লিফায়ার ও ফিডব্যাক ব্লকসহ একটি পজিটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের চিত্র দেখানো হল।

এখানে,

V_i = ইনপুট ভোল্টেজ

V_o = আউটপুট ভোল্টেজ

V_d = ডিফারেন্স ভোল্টেজ

V_f = ফিডব্যাক ভোল্টেজ

A = সমানুপাতিক ফ্যাক্টর

A_f = পজিটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন

চিত্র হতে,

$V_f = \beta V_o$ .... (i)

$V_d = V_i + V_f = V_i + \beta V_o$ ....(ii) [β = Feedback fractionl]

$\therefore V_o = AV_d = A(V_i + \beta V_o)$

বা, $V_O = AV_i + A\beta V_o$

বা, $V_O(1 - A\beta) = AV_i$

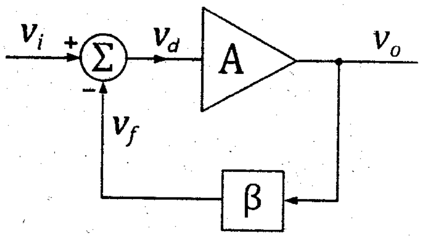
বা, $\frac{V_o}{V_i} = \frac{A}{1 - A\beta}$

বা, $A_f = \frac{A}{1 - A\beta}$

$\therefore$ পজিটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন, $A_f = \frac{A}{1 - A\beta}$

নেগেটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয় ঃ

চিত্র ৯.১০ এ নেগেটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ব্লক ডায়াগ্রাম দেখানো হল। এতে বৃত্তাকার অংশটি মিক্সিং (Mixing) নেটওয়ার্ক হিসেবে কাজ করে। সকল ইনপুট সিগন্যালের যোগফলকে মিক্সচার নেটওয়ার্ক আউটপুট হিসেবে প্রেরণ করে। সুতরাং সিগন্যাল (V_d) বলতে ইনপুট সিগন্যাল (V_i) এবং ফিডব্যাক সিগন্যালের (V_f) পার্থক্যকেই বুঝায়।



অর্থাৎ, $V_d = V_i - V_f$ .... (i)

V_d হল এরর সিগন্যাল যা অ্যাম্প্লিফায়ার ব্লকে ইনপুট সিগন্যাল V_i নামে পরিচিত।

চিত্র ঃ ৯.১০ নেগেটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ব্লক ডায়াগ্রাম

আমরা জানি, অ্যাম্প্লিফায়ারের ওপেন লুপ গেইন,

$A = \frac{V_o}{V_d}$

বা, $V_o = AV_d$ ------------------ (i)

আবার, ফিডব্যাক গেইন,

$\beta = \frac{V_f}{V_o}$

বা, $V_f = \beta V_o$ ------------------ (ii)

নেগেটিভ ফিডব্যাকের ক্ষেত্রে,

$V_d = V_i - V_f$

সুতরাং (i) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$V_o = A(V_i - V_f) = A(V_i - \beta V_o)$

বা, $V_o(1 + A\beta) = AV_i$

বা, $\frac{V_o}{V_i} = \frac{A}{1 + A\beta}$

$\therefore$ নেগেটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন, $A_f = \frac{A}{1 + A\beta}$

৯.৫ অসিলেটর এবং অ্যাম্প্লিফায়ারের উপর পজিটিভ এবং নেগেটিভ ফিডব্যাকের প্রভাব (The effect of positive and negative feedback in oscillator and amplifier) ঃ

সাধারণত সুবিধাজনক কার্য সম্পাদনের জন্য অসিলেটরে পজিটিভ ফিডব্যাক আর অ্যাম্প্লিফায়ারে নেগেটিভ ফিডব্যাক করা হয়। নিম্নে অসিলেটর ও অ্যাম্প্লিফায়ারের উপর পজিটিভ ও নেগেটিভ ফিডব্যাকের প্রভাব আলোচনা করা হল–

পজিটিভ ফিডব্যাক এর প্রভাব (Effect of positive feedback) ঃ

(ক) বিবর্ধকে পজিটিভ ফিডব্যাক গেইন (Gain) বৃদ্ধি (Increased) করে।

(খ) পজিটিভ ফিডব্যাক প্রয়োগে বিবর্ধকের আউটপুটে ডিস্টরশন দেখা যায়।

(গ) পজিটিভ ফিডব্যাক প্রয়োগে অ্যাম্প্লিফায়ারের স্ট্যাবিলিটি হ্রাস পায়।

(ঘ) পজিটিভ ফিডব্যাক প্রয়োগে অসিলেটরের দোলন (অসিলেশন) সৃষ্টি হয়।

নেগেটিভ ফিডব্যাকের প্রভাব (Effect of negetive feedback) ঃ

১। নেগেটিভ ফিডব্যাক প্রয়োগে অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন স্ট্যাবিলিটি (Stability) উন্নত হয়।

নেগেটিভ ফিডব্যাক গেইন, $A_r = \frac{A_v}{1 + A_v m_v}$

এখানে,

A_v = Gain without feedback

m_v = Feedback fraction

সাধারণত $A_v m_v >> 1$

সুতরাং $A_r = \frac{A_v}{m_v A_v} = \frac{1}{m_v}$

২। অ্যাম্প্লিফায়ারের নেগেটিভ ফিডব্যাক প্রয়োগ করলে এর নন-লিনিয়ার ডিস্টরশন (Distortion) হ্রাস পায়। গাণিতিকভাবে দেখা যায়–

$D_{vf} = \frac{D}{1 + A_v m_v}$ ....(i)

এখানে,

D_{vf} = Distortion with negative feedback.

D = Distortion without feedback.

সমীকরণ (i) হতে বুঝা যায়, নেগেটিভ ফিডব্যাক প্রয়োগে অ্যাম্প্লিফায়ারের ডিস্টরশন পূর্বের থেকে $(1 + A_v m_v)$ গুণ হ্রাস পায়।

৩। নেগেটিভ ফিডব্যাক প্রয়োগে অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স (Frequency response) উন্নত হয়।

৪। অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সির উপর নির্ভরশীল না হওয়ায় এতে যে কোনরূপ ফ্রিকুয়েন্সি এবং ফেজ ডিস্টরশন হ্রাস পায়।

৫। নেগেটিভ ফিডব্যাক প্রয়োগে বাস্তবে অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সি কমে যায় এবং ফেজের পরিবর্তনের জন্য বিকৃতি ঘটে।

৬। অ্যাম্প্লিফায়ারে নেগেটিভ ফিডব্যাক প্রয়োগে এর ইনপুট ইম্পিড্যান্স $(1 + A_v m_v)$ গুণ বৃদ্ধি পায়।

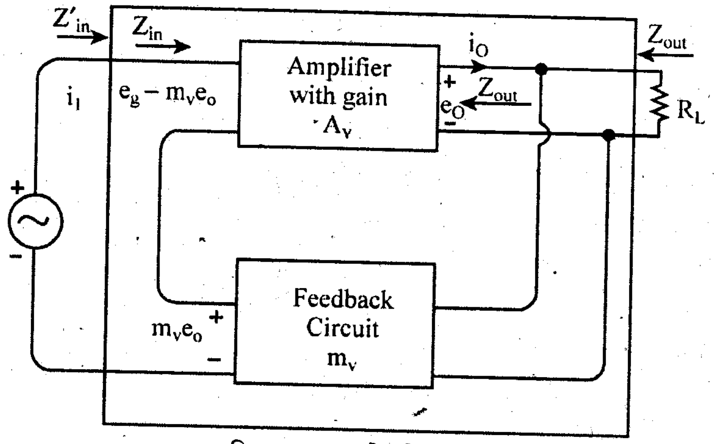
ধরি,

ফিডব্যাক ছাড়া ইনপুট ইম্পিড্যান্স $= Z_{in}$

ফিডব্যাকসহ ইনপুট ইম্পিড্যান্স $= Z'_{in}$

ইনপুট কারেন্ট $= i_1$

ফিডব্যাক ভগ্নাংশ $= m_v$



চিত্র ঃ ৯.১১ নেগেটিভ ফিডব্যাক

চিত্র হতে , $e_g - m_v e_o = i_1 Z_{in}$ .... (i)

এখন, $e_g = (e_g - m_v e_o) + m_v e_o$

$= (e_g - m_v e_o) + A_v m_v (e_g - m_v e_o)$ $\quad [\because e_o = A_v (e_g - m_v e_o)]$

$= (e_g - m_v e_o)(1 + A_v m_v)$

বা, $e_g = i_1 Z_{in}(1 + A_v m_v)$

বা, $\frac{e_g}{i_1} = Z_{in}(1 + A_v m_v)$

$\therefore \quad Z'_{in} = Z_{in}(1 + A_v m_v)$

সুতরাং নেগেটিভ ফিডব্যাক প্রয়োগে অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ইম্পিড্যান্স $(1 + A_v m_v)$ গুণ বৃদ্ধি পাবে।

৭। অ্যাম্প্লিফায়ারে নেগেটিভ ফিডব্যাক প্রয়োগ করলে এর আউটপুট ইম্পিড্যান্স হ্রাস পায়।

সুতরাং, $Z'_{out} = \frac{Z_{out}}{1 + A_v m_v}$

এখানে, Z'_{out} = Output impedance with negative feedback

Z_{out} = Output impedance without feedback.

৮। নেগেটিভ ফিডব্যাক প্রয়োগে ব্যান্ড উইডথ BW বৃদ্ধি পায়। যদি ফিডব্যাক ছাড়া ব্যান্ড উইডথ, BW এবং ফিডব্যাকসহ ব্যান্ড উইডথ BW′ হয়, তবে-

$BW' = (1 + A_v m_v) BW$

৯.৬ অ্যাম্প্লিফায়ারের নেগেটিভ ফিডব্যাক এর সুবিধা এবং অসুবিধাসমূহ (The advantages and disadvantages of negative feedback in amplifier) ঃ

অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটে নেগেটিভ ফিডব্যাক ব্যবহার করলে নিম্নলিখিত সুবিধা ও অসুবিধা পাওয়া যায় ঃ

সুবিধাসমূহ ঃ

১। অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ইম্পিড্যান্স বৃদ্ধি পায়।

২। অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুট ইম্পিড্যান্স হ্রাস পায়।

৩। গেইন স্ট্যাবিলিটি বৃদ্ধি পায়।

৪। ফ্রিকুয়েন্সি অ্যাম্প্লিটিউড, হারমোনিক ডিসটরশন, ফেজ ডিসটরশন এবং নন-লিনিয়ার ডিসটরশন হ্রাস পায়।

৫। নয়েজ হ্রাস পায়।

৬। ব্যান্ড উইডথ বৃদ্ধি পায়।

৭। ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স ভালো হয়।

৮। বর্তনীর স্ট্যাবিলিটি বৃদ্ধি পায়।

অসুবিধা ঃ নেগেটিভ ফিডব্যাকের প্রধান এবং একমাত্র অসুবিধা হলো এটি অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইনকে কমিয়ে দেয়।

অনুশীলনী-৯

✪ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **পজিটিভ ফিডব্যাক বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০০৮(R)]

উত্তর ঃ যখন প্রয়োগকৃত ফিডব্যাক সিগন্যাল, ইনপুট সিগন্যালের সাথে সমফেজে থাকে এবং ইনপুট সিগন্যালের মানকে বৃদ্ধি করে তখন এ প্রকার ফিডব্যাক প্রদানের কৌশলকে পজিটিভ ফিডব্যাক বলে।

২। **নেগেটিভ ফিডব্যাক বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১৩, ১৫]

অথবা, নেগেটিভ ফিডব্যাক কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ যখন প্রয়োগকৃত ফিডব্যাক সিগন্যাল ইনপুট সিগন্যালের সাথে আউট-অফ ফেজে থাকে এবং ইনপুট সিগন্যালের মানকে হ্রাস করে, তখন এ প্রকার ফিডব্যাক প্রদানের কৌশলকে নেগেটিভ ফিডব্যাক বলে।

৩। **ফিডব্যাক কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর ঃ ফিডব্যাক মূলত দুই প্রকার, যথা ঃ

(ক) পজিটিভ ফিডব্যাক (Positive feedback),

(খ) নেগেটিভ ফিডব্যাক (Negative feedback) ইত্যাদি।

৪। **ভোল্টেজ স্যাম্পলিং কী?** [বাকাশিবো-২০১৩(R),]

উত্তর ঃ যে পদ্ধতিতে ফিডব্যাক সার্কিটে ফিডব্যাক নেটওয়ার্কের আউটপুটের ভোল্টেজ সাথে শান্টে সংযোগ করা হয়, তাকে ভোল্টেজ স্যাম্পলিং বলে।

৫। **কারেন্ট স্যাম্পলিং কী?**

উত্তর ঃ এই পদ্ধতিতে ফিডব্যাক এনার্জিকে ফিডব্যাক নেটওয়ার্কের মাধ্যমে আউটপুটের সাথে সিরিজে সংযোগ করা হয়। ফলে এতে সার্কিটে কারেন্ট প্রবাহিত হয়।

৬। **ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ার বলতে কী বুঝ?** [বাকাশিবো-২০০৬(R), ০৯, ১০, ১০(R)]

উত্তর ঃ যখন কোন অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের আউটপুটকে স্থির এবং নয়েজ স্তরকে কমানোর জন্য ফিডব্যাক পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়, তখন তাকে ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ার বলে।

৭। **ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয়ের সূত্রটি লেখ।**

অথবা, নেগেটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইনের সমীকরণটি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর ঃ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয়ের সূত্রটি হল–

$$A_{fb} = \frac{A}{1 + A\beta}$$

এখানে,

A = অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন

β = ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর

A_{fb} = ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **Feedback-সহ Amplifier-এর গেইন নির্ণয় কর।** [বাকাশিবো-২০১৩]

অথবা, অ্যাম্প্লিফায়ারের নেগেটিভ ফিডব্যাক গেইন, $A_f = \frac{A}{1 + A\beta}$ (অক্ষরগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে) [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, নেগেটিভ ফিডব্যাকের ক্ষেত্রে অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয় কর।

অথবা, প্রমাণ কর যে, $A_f = \frac{A}{1 + A\beta}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর ঃ মনে করি, ফিডব্যাক ছাড়া অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন = A

ফিডব্যাকসহ অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন = A_f

নেটওয়ার্ক রেশিও = β

ইনপুট সিগন্যাল = X_S

আউটপুট সিগন্যাল = X_o

ফিডব্যাক সিগন্যাল = X_f এবং

পার্থক্য সিগন্যাল = X_d.

যদি নেগেটিভ ফিডব্যাক ব্যবহার করা হয় তবে ফিডব্যাক সিগন্যাল $X_f = \beta X_o$ ফিডব্যাকসহ অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট,

$X_d = X_S - X_f$

$= X_S - \beta X_o$

$\therefore$ আউটপুট সিগন্যাল, $X_o = A(X_S - \beta X_o)$

বা, $X_o = AX_S - A\beta X_o$

বা, $X_o - A\beta X_o = AX_S$

বা, $X_o(1 + A\beta) = AX_S$

আমরা জানি, নেগেটিভ ফিডব্যাকসহ অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন,

$= \frac{X_O}{X_S}$

$\therefore A_f = \frac{X_O}{X_S} = \frac{A}{1 + A\beta}$

২। **পজিটিভ এবং নেগেটিভ ফিডব্যাকের মধ্যে পার্থক্য লেখ।** [বাকাশিবো-২০০৮, ১০]

উত্তর ঃ পজিটিভ এবং নেগেটিভ ফিডব্যাকের মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ–

পজিটিভ ফিডব্যাক	নেগেটিভ ফিডব্যাক
১। ধনাত্মক ফিডব্যাকে আউটপুট হতে সিগন্যালের যে অংশ ইনপুটে ফিডব্যাক করা হয়, তা সিগন্যাল ভোল্টেজের সাথে সমফেজে থাকে।	১। ঋণাত্মক ফিডব্যাকে আউটপুট হতে যে অংশ ইনপুটে ফিডব্যাক করা হয়, তা সিগন্যাল ভোল্টেজের সাথে আউট-অফ ফেজে থাকে।
২। ফিডব্যাক পর্যাপ্ত হলে অসিলেশন সংগঠিত হয়।	২। ফিডব্যাকে কোন প্রকার অসিলেশন সংগঠিত হয় না।
৩। একটি প্রকার রিজেনারেটিভ প্রক্রিয়া।	৩। একটি ডিজেনারেটিভ প্রক্রিয়া।
৪। অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন বৃদ্ধি পায়।	৪। অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন হ্রাস পায়।

৩। **Amplifier-এ ব্যবহৃত Negative feedback এর সুবিধা লেখ।** [বাকাশিবো-২০১২, ১২(R)]

অথবা, ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারে নেগেটিভ ফিডব্যাকের সুবিধা ও অসুবিধাগুলো লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩(R)]

উত্তর ঃ অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটে নেগেটিভ ফিডব্যাক ব্যবহার করলে নিম্নলিখিত সুবিধা ও অসুবিধা পাওয়া যায় ঃ

সুবিধাসমূহ–

১। অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান বৃদ্ধি পায়।
২। আউটপুট ইম্পিড্যান্সের মান হ্রাস পায়।
৩। গেইন স্ট্যাবিলিটি বৃদ্ধি পায়।
৪। নয়েজ বৃদ্ধি পায়।
৫। ব্যান্ড উইডথ বৃদ্ধি পায়।
৬। ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স ভাল হয়।

অসুবিধাসমূহ–

১। এ প্রকার ফিডব্যাকের ফলে অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন হ্রাস পায়।
২। আউটপুট কমে যায়।

৪। **ব্লক ডায়াগ্রামসহ ভোল্টেজ সিরিজ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট এবং আউটপুট রেজিস্ট্যান্সের সূত্র লেখ।** [বাকাশিবো-২০১৩]

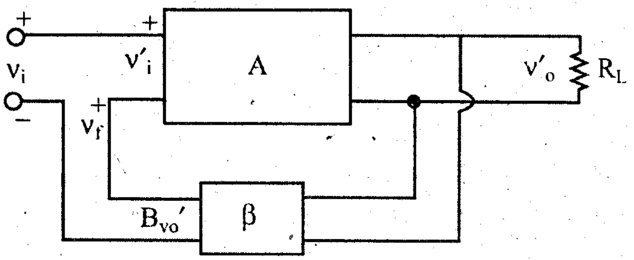
অথবা, ভোল্টেজ সিরিজ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের সংযোগ চিত্র আঁক। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর ঃ এ প্রকার ফিডব্যাক পদ্ধতিতে অ্যাম্প্লিফায়ার এবং ফিডব্যাক সার্কিটটি সিরিজ প্যারালালে সংযুক্ত থাকে। এখানে আউটপুট ভোল্টেজের একটি ক্ষুদ্রতর অংশ ফিডব্যাক নেটওয়ার্কের মাধ্যমে ইনপুট ভোল্টেজের সাথে সিরিজে দেয়া হয়। ফলে V_O এর কারণে অ্যাম্প্লিফায়ারটির আউটপুট রেজিস্ট্যান্সের মান ফিডব্যাক নেটওয়ার্ক-এর সাহায্যে শান্টিং প্রভাব দ্বারা হ্রাস পায়। এটি হতে প্রমাণ করা যায় যে–

$$R_O' = \frac{R_O}{1 + \beta A}$$

অ্যাম্প্লিফায়ারটির ইনপুট রেজিস্ট্যান্সের মান ফিডব্যাকের কারণে বৃদ্ধি পায়। ফলে প্রমাণ করা যায় যে–

$$R'_i = R_i (1 + \beta A)$$



চিত্র ঃ ভোল্টেজ সিরিজ ফিডব্যাক

কার্যত সিরিজ ফিডব্যাকে ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান $(1 + \beta A)$ দ্বারা হ্রাস পায়।

৫। **পজিটিভ ফিডব্যাকের গেইন নির্ণয় কর।** [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, পজিটিভ ফিডব্যাক এর ক্ষেত্রে দেখাও যে, $A_f = \frac{A}{1 - A\beta}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)।

[বাকাশিবো-২০০৫(R), ০৮, ০৮(R), ০৯(R), ১০, ১০(R), ১৫]

অথবা, পজিটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন নির্ণয়ের সূত্র প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০১২]

অথবা, Positive ফিডব্যাক Amplifier-এর Gain নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৪, ১৫(পরি)]

উত্তর ঃ মনে করি,

ফিডব্যাক ছাড়া অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন = A

ফিডব্যাকসহ অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন = A_f

ফিডব্যাক নেটওয়ার্ক রেশিও = β

ইনপুট সিগন্যাল = X_S

আউটপুট সিগন্যাল = X_O

ফিডব্যাক সিগন্যাল = X_f

পার্থক্যমূলক সিগন্যাল = X_d

যদি পজিটিভ ফিডব্যাক ব্যবহার করা হয়, তবে

ফিডব্যাক সিগন্যাল, $X_f = \beta X_O$ .... (1)

ফিডব্যাকসহ অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট = এরর ডিটেক্টরের আউটপুট

$= X_d$

$= X_S + X_f$

$= X_S + \beta X_O$ .... (2)

একটি আদর্শ অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে আউটপুট তার ইনপুটের সমানুপাতিক। সুতরাং আমরা আউটপুট সিগন্যালকে লিখতে পারি–

$\therefore\ X_O = A X_i$

বা, $X_O = A X_d$

বা, $X_O = A (X_s + X_f)$

2 নং হতে পাই,

বা, $X_O = A (X_s + \beta X_O)$ .... (3)

বা, $X_O = A X_s + A\beta X_O$

বা, $X_O - A\beta X_O = A X_s$

বা, $X_O (1 - A\beta) = A X_s$

$\frac{X_O}{X_S}$ এর অনুপাতকে পজিটিভ ফিডব্যাকসহ অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন বলা হয়।

$\therefore\ A_f = \frac{X_O}{X_S} = \frac{A}{1 - A\beta}$ .... (4)

৬। **ফিডব্যাক বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর ঃ একটি আদর্শ লিনিয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার (Amplifier) তার ইনপুট সিগন্যালকে প্রায় লক্ষ গুণ বিবর্ধিত আকারে আউটপুট প্রদান করে। কিন্তু বাস্তব ক্ষেত্রে অ্যাম্প্লিফায়ারগুলো উপরোক্ত বৈশিষ্ট্য (Characteristics) প্রদান করে না। কেননা, অ্যাম্প্লিফায়ারে ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরগুলোর নন-লিনিয়ার বৈশিষ্ট্য, প্যারামিটারের ভিন্নতা, তাপমাত্রা ইত্যাদি বিষয়গুলো আউটপুটে প্রভাব ফেলে। আর ব্যবহৃত ট্রানজিস্টরের উপরোক্ত সমস্যাগুলো দূরীকরণের মাধ্যমে সঠিক আউটপুট পাওয়ার জন্য যে সকল পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়, তাদের মধ্যে সর্বোত্তম ও উল্লেখযোগ্য পদ্ধতি হল ফিডব্যাক পদ্ধতি। ফিডব্যাক হল এমন একটি পদ্ধতির যাতে কোন ডিভাইসের আউটপুট এনার্জির ক্ষুদ্রাংশ ইনপুটে প্রয়োগ করা হয়।

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ব্লক ডায়াগ্রাম অংকন করে বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২। **ধনাত্মক ও ঋণাত্মক ফিডব্যাক বলতে কী বুঝ?**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **পজিটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয়ের সূত্র প্রতিপাদন কর।** [বাকাশিবো-২০১২, ২০১৫, ২০১৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **নেগেটিভ ফিডব্যাকের উপর গেইন স্ট্যাবিলিটি, ডিস্টরশন ব্যান্ড উইডথ এবং নয়েজের প্রভাব বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **নেগেটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন নির্ণয়ের সূত্র প্রতিপাদন কর।**
অথবা, ফিডব্যাক কী? নেগেটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৩(R)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **দেখাও যে, নেগেটিভ ফিডব্যাক কোন অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ইম্পিড্যান্স বৃদ্ধি করে।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ৯.৫ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-১০

সাইনোসয়ডাল অসিলেটরসমূহের ধারণা
(The Concept of Sinusoidal Oscillators)

১০.১ অসিলেটর (Oscillator) ঃ

অসিলেটর এমন একটি ইলেকট্রনিক্স ডিভাইস, যাঁর মাধ্যমে ডিভাইসসমূহের চাহিদা অনুযায়ী বিভিন্ন রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি জেনারেট করা যায় এবং তা অ্যাম্প্লিফাই করা যায়। অসিলেটর মূলত কোন ডিসি সোর্স হতে প্রাপ্ত এনার্জিকে পরিবর্তনশীল আউটপুটে রূপান্তর করে। এই আউটপুট সাইনোসয়ডাল (Sinusoidal) বা নন-সাইনোসয়ডাল (Non-sinusoidal) হতে পারে।

অসিলেটরের বৈশিষ্ট্য ঃ

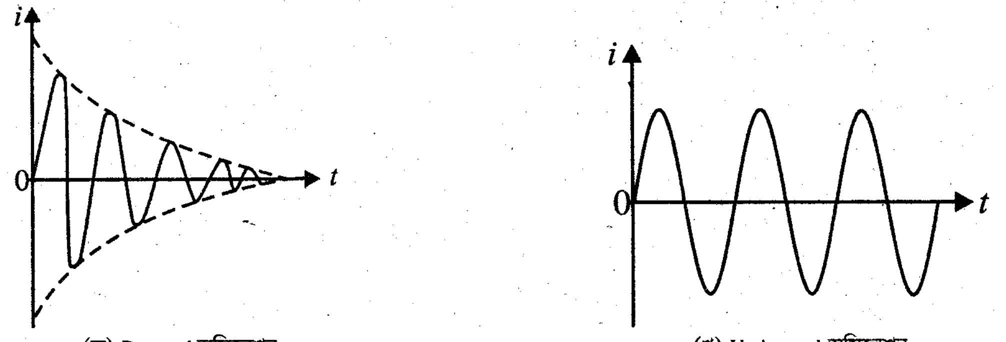
১। পজিটিভ ফিডব্যাকে কাজ করে।
২। যেকোন ফ্রিকুয়েন্সি যুক্ত এসি ভোল্টেজ বা কারেন্ট উৎপন্ন করে।
৩। সময়ের সাপেক্ষে ফ্রিকুয়েন্সি ধ্রুব থাকে।
৪। হাই-ফ্রিকুয়েন্সি থাকে।
৫। একটি নন-রোটেটিং ইলেকট্রনিক্স ইনস্ট্রুমেন্ট।

সাইনোসয়ডাল অসিলেটর (Sinusoidal Oscillator) ঃ

যে ইলেকট্রনিক্স সার্কিটের মাধ্যমে বিভিন্ন ধরনের ফ্রিকুয়েন্সি Sinusoidal wave উৎপন্ন করা হয়, তাকে Sinusoidal oscillator বলে। অসিলেটর সার্কিট সাধারণত ডিসি সিগন্যালকে বিভিন্ন ধরনের ফ্রিকুয়েন্সি এসি সিগন্যাল তৈরি করে। সাইনোসয়ডাল অসিলেটর সাধারণত দুই প্রকার, যথা–

১। ড্যাম্পড অসিলেটর (Damped Oscillator)
২। আনড্যাম্পড অসিলেটর (Undamped Oscillator)।

১। ড্যাম্পড অসিলেটর (Damped Oscillator) ঃ যে অসিলেটর সময়ের সাপেক্ষে তার উৎপন্নকৃত সিগন্যাল এর অ্যাম্প্লিচিউড হ্রাস পায়, তাকে ড্যাম্পড অসিলেটর বলে। নিচের (ক) নং চিত্রে Damped অসিলেশন এর চিত্র অংকন করা হল। যে সকল অসিলেটরে, প্রত্যেক অসিলেশনের সময় লসকৃত পাওয়ার পূরণ (Compensate) করার ব্যবস্থা থাকে না, সেই সকল অসিলেটরে ড্যাম্পড অসিলেশন পাওয়া যায়।



(ক) Damped অসিলেশন   (খ) Undamped অসিলেশন

চিত্র ঃ ১০.১

২। আনড্যাম্পড অসিলেটর (Undamped Oscillator) ঃ যে অসিলেটর সময়ের সাপেক্ষে তার উৎপন্নকৃত সিগন্যাল এর অ্যাম্প্লিচিউড স্থির (Constant) থাকে, তাকে আনড্যাম্পড অসিলেটর বলে। উপরের (খ) নং চিত্রে Undamped অসিলেশন এর চিত্র অংকন করা হল। যে সকল অসিলেট সার্কিটে কোন পাওয়ার লস হয় না অথবা পাওয়ার লস হলে উক্ত লস পূরণ করার ব্যবস্থা থাকে, সে সকল অসিলেটরে আনড্যাম্পড অসিলেশন পাওয়া যায়। টেলিকমিউনিকেশন ও ইলেকট্রনিক্সে ব্যবহারের জন্য এই আনড্যাম্পড অসিলেশন প্রয়োজন হয়।

১০.২ অসিলেটরের প্রকারভেদ (The types of oscillator) ঃ

যদি কোন ট্রানজিস্টর সার্কিটের সাথে ট্যাংক সার্কিট এবং ফিডব্যাক সার্কিটকে সঠিকভাবে সংযোজন করা হয়, তবে তা অসিলেটর হিসাবে কাজ করে। তাই সকল অসিলেটরের কাজই একই রকম অর্থাৎ তা অবিরত আনড্যাম্পড আউটপুট উৎপাদন করা। ফলে অসিলেটরসমূহের মধ্যে যে কোন পদ্ধতিতে ট্যাংক সার্কিটের হ্রাসকৃত শক্তিকে পুনরায় দেয়া যায় তার উপর ভিত্তি করে অসিলেটরসমূহকে নিম্নোক্ত উপায়ে ভাগ করা হয় ঃ

অসিলেটরকে প্রধানত দুই ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

১। সাইনোসয়ডাল বা হারমোনিক অসিলেটর (Sinusoidal or harmonic oscillator),

২। নন-সাইনোসয়ডাল বা রিলাক্সেশন অসিলেটর (Non-sinusoidal or relaxation oscillator) ইত্যাদি।

সাইনোসয়ডাল অসিলেটরকে আবার পাঁচ ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

(ক) টিউন্ড সার্কিট অসিলেটর (Tuned circuit oscillator),

(খ) RC অসিলেটর (RC oscillator),

(গ) ক্রিস্টাল অসিলেটর (Crystal oscillator),

(ঘ) নেগেটিভ রেজিস্ট্যান্স অসিলেটর (Negative resistance oscillator),

(ঙ) হেটারোডাইন বা বিট ফ্রিকুয়েন্সি অসিলেটর (Heterodyne or Beat frequency oscillator, BFO) ইত্যাদি।

নন-সাইনোসয়ডাল অসিলেটরকে আবার নিম্নোক্ত উপায়ে শ্রেণিবিভাগ করা যায়। যথা–

১। এস্টেবল মাল্টিভাইব্রেটর (Astable multivibrator),

২। স্কিমিট ট্রিগার (Schmitt trigger),

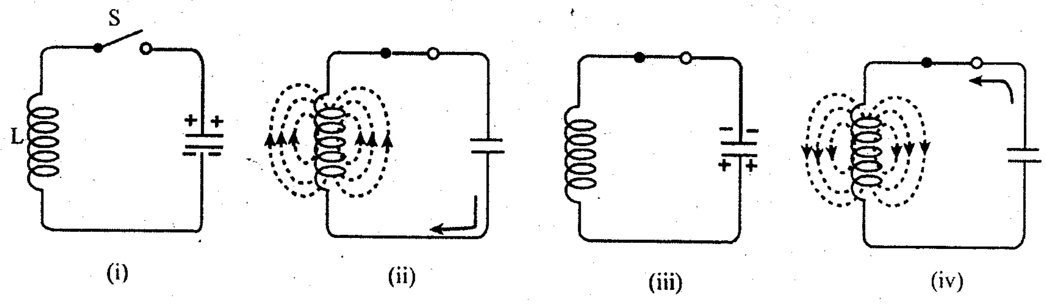
৩। ব্লোকিং অসিলেটর (Blocking oscillator),

৪। বাইস্টেবল মাল্টিভাইব্রেটর (Bistable multivibrator) ইত্যাদি।

১০.৩ অসিলেটরি ট্যাঙ্ক সার্কিটের কার্যপ্রণালির মূলনীতি (The principle of operation of a oscillatory tank circuit) ঃ

টিউনড L-C সার্কিটে অসিলেশন তৈরির মূলনীতি (Operation of L-C tuned circuit) ঃ টিউনড অসিলেটর সার্কিট আসলে L-C অসিলেটর সার্কিট। এ সার্কিটগুলো 1MHz হতে 500MHz রেঞ্জের ফ্রিকুয়েন্সি তৈরি করার জন্য ব্যবহৃত হয়। সাধারণ অসিলেটর সার্কিটে একটি ক্যাপাসিটর (C) ও একটি ইন্ডাক্ট্যান্স কয়েল (L) প্যারালালে সংযুক্ত থাকে। এই L ও C এর মান টিউনড করে সার্কিট দ্বারা উৎপন্ন অসিলেশনের ফ্রিকুয়েন্সি উৎপাদনের প্রক্রিয়াটি নিচে দেয়া হল ঃ

১। নিচের চিত্রে ক্যাপাসিটরটি একটি ডিসি সোর্স দ্বারা চার্জ করার ফলে এর প্লেটদ্বয়ের মধ্যে একটি ভোল্টেজ থাকবে অর্থাৎ ক্যাপাসিটরটি ইলেকট্রোস্ট্যাটিক এনার্জি ধারণ করবে।



চিত্র ঃ ১০.২ টিউনড L-C সার্কিট

২। এখন সুইচ S বন্ধ করলে ক্যাপাসিটরটি, ইন্ডাকট্যান্স কয়েলের মাধ্যমে ডিসচার্জ হবে এবং ডান পাশের চিত্রের তীর চিহ্নিত দিকে ইলেকট্রন প্রবাহিত হবে। এ কারেন্ট প্রবাহ কয়েলের চতুর্দিকে একটি ম্যাগনেটিক ফিল্ড সৃষ্টি করে এবং ক্যাপাসিটরের ইলেকট্রিক ফিল্ড কর্তৃক পরিত্যক্ত (Reteased) এনার্জি সঞ্চয় করে। কয়েলের ইন্ডাক্টিভ ক্রিয়ার ফলে কারেন্ট ক্রমেই সর্বোচ্চ মানের দিকে যায়। যখন ক্যাপাসিটর সম্পূর্ণ ডিসচার্জ হয় তখন ক্যাপাসিটরের ইলেকট্রোস্ট্যাটিক এনার্জি সম্পূর্ণরূপে কয়েলের চতুর্দিকে ম্যাগনেটিক ফিল্ড এনার্জিতে রূপান্তরিত হয়।

৩। এ অবস্থায় ম্যাগনেটিক ফিল্ড বন্ধ (Collapse) হতে শুরু করে ও একটি কাউন্টার ইএমএফ তৈরি করে। ফলে ক্যাপাসিটরটি পুনরায় বিপরীত পোলারিটিতে চার্জিত হয়। অর্থাৎ চিত্রের ন্যায় উপরের প্লেট নেগেটিভ ও নিচের প্লেট পজিটিভ হয়।

৪। কলাপসিং ফিল্ড দ্বারা ক্যাপাসিটর সম্পূর্ণ রিচার্জ হওয়ার পর এটি পুনরায় ডিসচার্জ হতে আরম্ভ করে এবং বিপরীত দিকে প্রবাহিত হয়। চিত্রে ক্যাপাসিটর পূর্ণ চার্জিত অবস্থায় সর্বোচ্চ কারেন্ট প্রবাহিত হচ্ছে, এটি দেখানো হয়েছে।

এ চার্জ ও ডিসচার্জ প্রক্রিয়া আউটপুটে একটি অল্টারনেটিং কারেন্ট তৈরি করে। আর এনার্জি পর্যায়ক্রমে একবার ক্যাপাসিটরের ইলেকট্রিক ফিল্ডে এবং একবার ইন্ডাক্ট্যান্স কয়েলের ম্যাগনেটিক ফিল্ডে সঞ্চিত হয়। এ প্রক্রিয়া চলতে থাকে এবং অসিলেশন উৎপন্ন হয়।

অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি (Oscillation frequency) ঃ ট্যাঙ্ক সার্কিটের উৎপন্ন অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি সার্কিট প্যারামিটার L ও C এর উপর নির্ভর করে।

প্রকৃতপক্ষে ট্যাঙ্ক সার্কিটের উৎপন্ন অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি হল এর ন্যাচারাল (Natural) বা রিসোন্যান্ট (Resonant) ফ্রিকুয়েন্সি f_r সমান অর্থাৎ যে ফ্রিকুয়েন্সিতে L-C সার্কিটের ইন্ডাক্টিভ রিয়্যাক্ট্যান্স (X_L) এবং ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স (X_C) সমান হয়।

ফলে অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সিতে,

$$X_L = X_C$$

$$\omega L = \frac{1}{\omega C}$$

বা, $$2\pi f_r L = \frac{1}{2\pi f_r C}$$

বা, $$f_r^2 = \frac{1}{4\pi^2 LC}$$

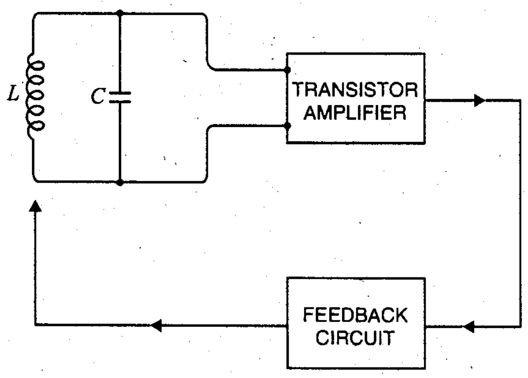
$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

উপরের সমীকরণ হতে দেখা যায় যে, L ও C এর মান বৃদ্ধি করলে অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি হ্রাস পায়। কারণ ক্যাপাসিট্যান্স বৃদ্ধি করলে এর পূর্ণ চার্জ ডিসচার্জ হওয়ার সময় বৃদ্ধি পায় এবং ইন্ডাকট্যান্সের বৃদ্ধিতে কারেন্টের দিক পরিবর্তনের সময় বৃদ্ধি পায়। ফলে উভয় ক্ষেত্রেই অসিলেশনের পিরিয়ড বৃদ্ধি পায় বা ফ্রিকুয়েন্সি হ্রাস পায়।

১০.৪ ফিডব্যাক LC অসিলেটরের প্রয়োজনীয় উপাদান (The essentials of feedback LC oscillators) ঃ

নিচের চিত্রে একটি ইলেকট্রনিক অসিলেটরের ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন করা হয়েছে। এটার প্রয়োজনীয় উপাদানসমূহ হল–

(ক) ট্যাঙ্ক সার্কিট (Tank circuit) ঃ ট্যাঙ্ক সার্কিটটি ইন্ডাকট্যান্স কয়েল (L) ও ক্যাপাসিটর (C) এর সমান্তরাল সংযোগে গঠিত। অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সি মান ইন্ডাকট্যান্স এবং ক্যাপাসিট্যান্স এর মানের উপর নির্ভরশীল।



চিত্র ঃ ১০.৩ LC অসিলেটরের ব্লক ডায়াগ্রাম

(খ) ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার (Transistor amplifier) ঃ ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারটি ব্যাটারি হতে ডিসি পাওয়ার গ্রহণ করে এবং ট্যাঙ্ক সার্কিটের মান অনুসারে এসি পাওয়ারে রূপান্তর করে। LC সার্কিটের অসিলেশনকে অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুটে প্রদান করা হয়।

(গ) ফিডব্যাক সার্কিট (Feedback circuit) ঃ ফিডব্যাক সার্কিট কালেক্টর এনার্জির একটি অংশকে পুনরায় একই ফেজ ও ফ্রিকুয়েন্সিতে ট্যাঙ্ক সার্কিটে ফেরত পাঠায়, ফলে ট্যাঙ্ক সার্কিটে পজিটিভ ফিডব্যাক সম্পাদিত হয়। এতে করে ইন্ডাক্টর ও ক্যাপাসিটরের লিকেজ রিয়্যাকট্যান্সজনিত পাওয়ারের ক্ষতিপূরণ হয়। ফলে আনড্যাম্পড অসিলেশন সম্পন্ন হয়।

১০.৪.১ বার্কহাউসেন মানদণ্ড (Barkhausen criterion) ঃ

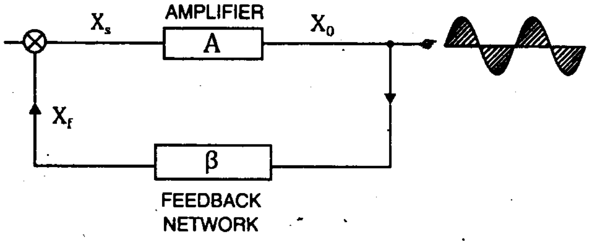
অসিলেটরের ক্ষেত্রে Barkhausen Criterion নিম্নরূপ–

শর্ত-১ ঃ একটি সাইনোসয়ডাল অসিলেটর, ঐ নির্দিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সিতে স্থির অসিলেশন তৈরি করবে যার জন্য ইনপুট হতে সিগন্যাল শুরু করে অ্যাম্প্লিফায়ার, ফিডব্যাক নেটওয়ার্ক এবং মিক্সিং নেটওয়ার্ক হয়ে পুনরায় ইনপুটে ফিরে আসবে অর্থাৎ লুপ ফেজ শিফট শূন্য হয়।

শর্ত-২ ঃ স্থির অসিলেশনের জন্য নির্দিষ্ট অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সিতে সিস্টেমের লুপ গেইন অর্থাৎ অ্যাম্প্লিফায়ারের ট্রান্সফার গেইন (A) এবং ফিডব্যাক নেটওয়ার্কের ফিডব্যাক ফ্যাক্টর (β) এর গুণফল $|A\beta|$ অবশ্য এক এর সমান বা সামান্য বেশি।

অর্থাৎ $|A\beta| \geq 1$ হতে হবে।

কোন অ্যাম্প্লিফায়ারে পজিটিভ ফিডব্যাক ব্যবহার করলে এটি অসিলেশন তৈরি করতে পারে। নিচে ফিডব্যাক এবং মিক্সিং নেটওয়ার্কসহ একটি বেসিক অ্যাম্প্লিফায়ারের বর্তনী অংকন করে দেখানো হল–



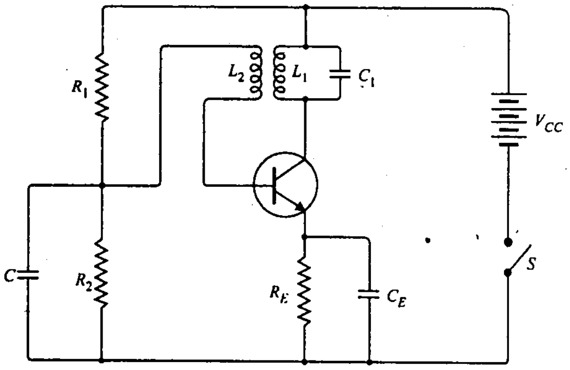
চিত্র ঃ ১০.৪ পজিটিভ ফিডব্যাকসহ অ্যাম্প্লিফায়ার ব্যবস্থাপনার ব্লক ডায়াগ্রাম

এখানে, বেসিক অ্যাম্প্লিফায়ারের ট্রান্সফার গেইন A এবং ইনপুট সিগন্যাল X_S হলে আউটপুট $X_0 = AX_S$ হবে। অন্যদিকে ফিডব্যাক নেওয়ার্কের ফিডব্যাক ফ্যাক্টর β হলে এর আউটপুট সিগন্যাল $X_f = \beta X_o = A\beta X_S$. যদি $X_f = X_S$ হয় তবে কোন প্রকার ইনপুট ছাড়াই অ্যাম্প্লিফায়ার হতে X_0 আউটপুট পাওয়া যাবে এবং উপরোক্ত ব্যবস্থাটি একটি অসিলেটর হিসেবে কাজ করবে। অতএব, অসিলেশন তৈরিতে অবশ্যই $X_f = X_S$ হতে হবে। অর্থাৎ, উভয় সিগন্যালের মধ্যে কোন ফেজ পার্থক্য থাকবে না। এখানে, $X'_f = A\beta X_f$, অতএব, $A\beta = 1$ হতে হবে।

১০.৫ টিউন্ড কালেক্টর, টিউন্ড বেস এবং টিউন্ড ড্রেন অসিলেটরের কার্যপ্রণালির মূলনীতি (The principle of operation of tuned collector, tuned base and tuned drain oscillators) ঃ

(ক) টিউনড কালেক্টর অসিলেটর (Tuned collector Oscillator) ঃ

গঠন ঃ চিত্র ১০.৫ নং-এ টিউনড কালেক্টর অসিলেটরের সার্কিট দেখানো হল। এতে ট্রানজিস্টরের কালেক্টরে সাথে L_1 ও C_1 টিউনড সার্কিট সংযুক্ত রয়েছে। তাই একে টিউনড কালেক্টর অসিলেটর বলে। এতে অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সির মান নির্ভর করে টিউনড সার্কিটের L_1 ও C_1 এর মানের উপর। অর্থাৎ অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি, $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}$



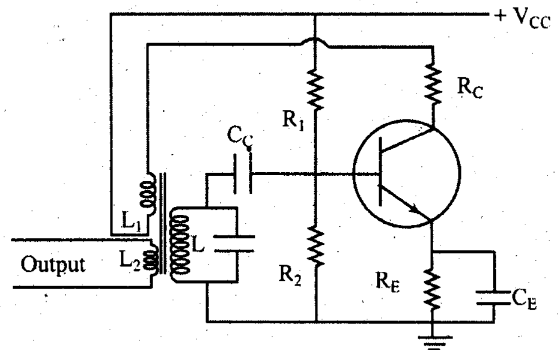
চিত্র ঃ ১০.৫ টিউনড কালেক্টর অসিলেটর

বেসের সাথে সংযুক্ত L_2 ফিডব্যাক কয়েল L_1 এর সাথে ম্যাগনেটিক্যালি কাপলড, বাস্তবে L_1 ও L_2 যথাক্রমে একটি ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারির ন্যায়। R_1 ও R_2 দ্বারা ভোল্টেজ ডিভাইডার পদ্ধতিতে বেসকে বায়াসিং করা হয়েছে। ক্যাপাসিটর C বেসের সাথে একটি লো-রেজিস্ট্যান্স পথ তৈরি করে।

কার্যপ্রণালি ঃ যখন সুইচ S বন্ধ করা হয় তখন কালেক্টর কারেন্ট বৃদ্ধি পেতে থাকে। সাথে সাথে C_1 চার্জ হতে থাকে। যখন C_1 পূর্ণ চার্জ হয় তখন তা L_1 এর আড়াআড়ি ডিসচার্জ হয়। এতে সূত্রানুসারে অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি উৎপন্ন হয়। যার কিছু অংশ L_2 এর মাধ্যমে বেস ইমিটারে প্রযুক্ত হয় এবং তা বিবর্ধিত আকারে কালেক্টর সার্কিটে পাওয়া যায়, যা ট্যাংক সার্কিটের লস পূরণ করে। ফিডব্যাক এনার্জি জেনারেটর অসিলেশনের সাথে সমফেজ হয়। ট্রানজিস্টর অ্যাকশনের জন্য L_1 ও L_2-তে উৎপন্ন ভোল্টেজের মধ্যে 180° আউট-অফ ফেজে ডিফারেন্স থাকে। আবার ট্রানজিস্টর অ্যাকশনের জন্য পুনরায় বেস ইমিটারে উপস্থিত ভোল্টেজ 180° আউট অফ ফেজ হবে। ফলে ট্যাংক সার্কিটে যে এনার্জি ফিডব্যাক হয় তা উৎপন্ন অসিলেশনের ইনফেজে থাকে।

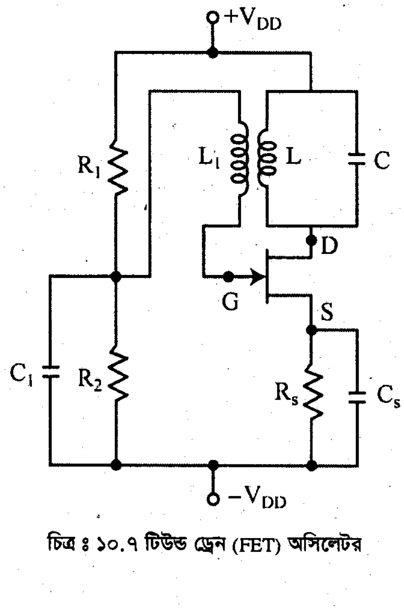
(খ) টিউন্ড বেস অসিলেটর ঃ টিউন্ড বেস অসিলেটরকে টিকলার (Tickler) অসিলেটরও বলা হয়। চিত্রে একটি টিউন্ড বেস অসিলেটরে সার্কিট দেখানো হয়েছে। কয়েলে L_1 টিকলার কয়েল এর সাহায্যে বেসে ফিডব্যাক সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়। এখানে ট্রান্সফরমার দ্বারা 180° ফেজ শিফট এবং ট্রানজিস্টর দ্বারা আরো 180° ফেজ শিফ্‌ট করা হয়। অর্থাৎ মোট ফেজ শিফট 360° হওয়ায় ফিডব্যাক পজিটিভ হয়।

টিউনড বেস অসিলেটরের কার্যপ্রণালি ঃ সার্কিটের R_1ও R_2 ও R_E দ্বারা ট্রানজিস্টর ডিসি বায়াস প্রয়োগ করা হয়। C_C ও C_E ক্যাপাসিটরদ্বয় যথাক্রমে কাপলিং ও বাইপাস ক্যাপাসিটর হিসেবে কাজ করে। সার্কিটে উপযুক্ত পরিমাণ ডিসি সাপ্লাই প্রদান করলে কালেক্টর কারেন্ট, কুইসেন্ট মানের দিকে বৃদ্ধি পেতে থাকে। টিকলার কয়েলের ভিতর দিয়ে এ কারেন্ট, কুইসেন্ট মানের দিকে বৃদ্ধি পেতে থাকে। টিকলার কয়েলের ভিতর দিয়ে এ কারেন্ট প্রবাহিত হওয়ার ফলে চারিদিকে একটি পরিবর্তনশীল ম্যাগনেটিক ফিল্ড সৃষ্টি হয়। এর ফলে পজিটিভ ফিডব্যাক ও অ্যাম্প্লিফায়ার গেইন যথেষ্ট হওয়ায় অসিলেশন উৎপন্ন হতে শুরু করে। ক্যাপাসিটর C এ উৎপন্ন ভোল্টেজের কারণে ট্রানজিস্টর কাট-অফে পৌঁছলে সাসটেইনড অসিলেশন সৃষ্টি হয়।



চিত্র ঃ ১০.৬ টিউন্ড বেস অসিলেটর

(গ) টিউন্ড ড্রেন অসিলেটর (Tuned drain oscillators) ঃ নিচের চিত্রে টিউন্ড ড্রেন অসিলেটর অংকন করে দেখানো হল—



চিত্র ঃ ১০.৭ টিউন্ড ড্রেন (FET) অসিলেটর

FET এর ইনপুট রেজিস্ট্যান্স এর মান উচ্চ এবং বাইপোলার ট্রানজিস্টরের মতোই এর অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর। ফলে অধিকাংশ ক্ষেত্রে FET অসিলেটর ব্যবহার করা হয়। এই অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সি নিচের সম্পর্ক অনুসারে পাওয়া যায়–

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

এখানে বার্ক হাউসেন মানদণ্ড অনুসারে–

$\beta A_V = 1$ এর মানে শর্তটি $\mu = \frac{L}{M}$ এর সমান।

μ = FET এর জন্য বিবর্ধন ফ্যাক্টর এবং

$M = L_1$ এবং L কয়েল এর মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স।

কয়েল রেজিস্ট্যান্স R-কে বিবেচনা করে আমরা ফ্রিকুয়েন্সি মান পাই–

$$f_o' = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}\left(1 + \frac{R}{r_D}\right)$$

r_d = এসি ড্রেন রেজিস্ট্যান্স এবং $\beta.A_V = 1$ এই শর্তটির মান হবে–

$$g_m = \frac{\mu.R.C}{\mu.M - L}$$

g_m হল FET এর ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স এর মান।

উপরের সমীকরণটি আকাঙ্ক্ষিত অসিলেশন পাওয়ার জন্য সর্বনিম্ন মানের ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স নির্দেশ করে।

সরবরাহ হতে পাওয়ার সাপ্লাই এর মাধ্যমে সার্কিটটি কার্যক্ষম হলে R_2 C_1 এর সমান্তরাল সমন্বয়ে গেট বায়াসটির মান শূন্য হয় এবং FET-টি ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স g_m এর বড় মানে কাজ করে। ফলে লুপ গেইনের মান এককের চেয়ে বড় এবং অ্যাম্প্লিচিউড অসিলেশন শুরু হয়। অসিলেশন শুরু হলে বায়াসের মান ঋণাত্মক হয় ও ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স (g_m) এর মান হ্রাস পায়। চূড়ান্তভাবে অসিলেটরের লুপ গেইন ইউনিটিতে পৌঁছলে অ্যাম্প্লিচিউড এর মান স্থির হয়।

১০.৬ হার্টলি, কলপিট এবং উইন-ব্রিজ অসিলেটরের কার্যপ্রণালির মূলনীতি (The principle of operation of Hartly, Colpitt and Wein-bridge oscillators) ঃ

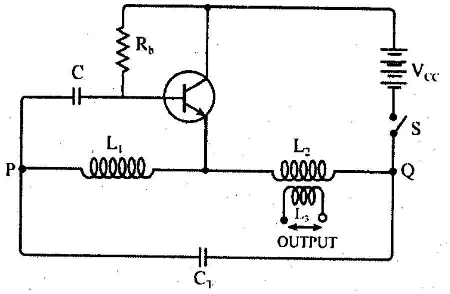
(ক) হার্টলি অসিলেটর (Hartly oscillator) ঃ এটি খুবই জনপ্রিয় এবং বহুল ব্যবহৃত অসিলেটর, যা রিসিভারের লোকাল অসিলেটর হিসেবে বেশি ব্যবহৃত হয়। এতে দুইটি সুবিধা পাওয়া যায়। বেশি ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ এবং সহজে টিউন করা যায়।

C_T, L_1 ও L_2 দ্বারা ট্যাংক সার্কিট তৈরি হয়। L_1 ও L_2 পরস্পর ইন্ডাকটিভলি কাপলড যা একটি অটো ট্রান্সফরমারের ন্যায় কাজ করে। ক্যাপাসিটর (C) ডিসি কম্পোনেন্টকে ব্লক করে, যার রিয়্যাকট্যান্স অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সিতে কম হয়। বেস ও কালেক্টরের মধ্যে সংযুক্ত R_b সঠিক বায়াসিংকে রক্ষা করে। L_3 এর মাধ্যমে আউটপুট নেয়া হয়। অসিলেশন এর ফ্রিকুয়েন্সি L_1, L_2 ও C_T এর মানের উপর নির্ভর করে।

এখানে, $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_T(L_1 + L_2)}}$,

L_1 ও L_2 সিরিজে সংযুক্ত থাকে।

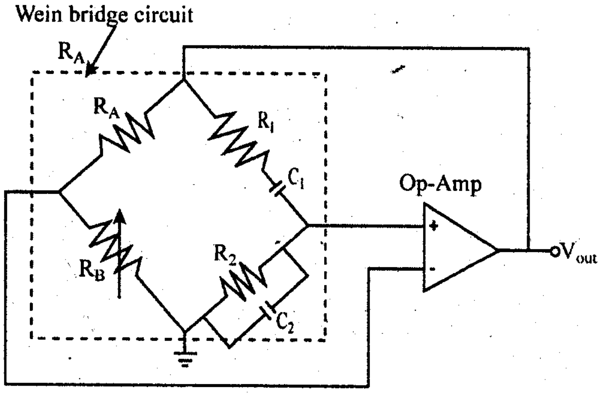
কার্যপ্রণালি (Operation) ঃ যখন সুইচ S-কে বন্ধ করা হয় তখন I_C কারেন্ট প্রবাহিত হয় এবং C_T-কে চার্জ করে। যখন C_T পুরোপুরি চার্জ হয় তখন L_1 ও L_2 এর মাধ্যমে ডিসচার্জ হয় এবং এদের আড়াআড়িতে অসিলেশনের সৃষ্টি হয়।



চিত্র ঃ ১০.৮ হার্টলি অসিলেটর সার্কিট

L_1 এর অসিলেশন ট্রানজিস্টরের বেস ইমিটার জাংশনে প্রযুক্ত হয় এবং বিবর্ধিত আকারে কালেক্টর সার্কিটে উপস্থিত হয়। যেহেতু L_2 কালেক্টর সার্কিটে সংযুক্ত সেহেতু মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স-এর মাধ্যমে আউটপুট অর্থাৎ কালেক্টর হতে L_2 এবং L_1-এ এনার্জি ফিডব্যাক হয়। এভাবে আউটপুট-এর লসকে দূর করতে অনবরত ট্যাংক সার্কিটে এনার্জি সরবরাহ হয়। ফলে আউটপুট হতে আনড্যাম্পড অসিলেশন পাওয়া যায়। তবে ট্যাংক সার্কিটে সরবরাহকৃত এনার্জি সঠিক ফেজে থাকতে হবে। অটো ট্রান্সফরমার দ্বারা 180° আউট-অফ ফেজ হয়। ফলে ট্যাংক সার্কিট-এর ফিডব্যাক এনার্জি উৎপন্ন অসিলেশনের সমফেজে থাকে। L_3 আড়াআড়ি হতে আনড্যাম্পড অসিলেশন পাওয়া যায়।

(খ) ওয়েন-ব্রিজ অসিলেটর (Wein-bridge oscillator) ঃ চিত্রে একটি Op-Amp অ্যাম্প ওয়েন ব্রিজ অসিলেটর সার্কিট দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ ১০.৯ Op-Amp ব্যবহৃত Wein bridge অসিলেটর

ওয়েন-ব্রিজ অসিলেটর লো-ফ্রিকুয়েন্সির জন্য একটি আদর্শ অসিলেটর। এর ফ্রিকুয়েন্সি রেঞ্জ 10 হার্টজ হতে 1 মেগাহার্টজ পর্যন্ত হতে পারে। অডিও ফ্রিকুয়েন্সি অসিলেটর হিসেবে এটি ব্যবহৃত হয়। এ ধরনের অসিলেটর সার্কিট মূলত একটি ব্রিজ সার্কিট (ওয়েন ব্রিজ) এবং একটি অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ারের নন-ইনভার্টিং ইনপুটে সিরিজে সংযুক্ত C_1 এবং R_1 এর মাধ্যমে এবং ইনভার্টিং ইনপুটে R_A এর মাধ্যমে ফিডব্যাক সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়েছে। সার্কিটে R_B হলো একটি পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্স। রেজিস্ট্যান্স R_A এবং R_B অসিলেটর সার্কিটের আউটপুটের অ্যাম্প্লিটিউডকে স্ট্যাবিলাইজড করার কাজে ব্যবহৃত হয়। আবার ব্রিজ সার্কিটের সিরিজ কম্পোনেন্ট C_1 ও R_1 এবং প্যারালাল কম্পোনেন্ট C_2 ও R_2 দ্বারা অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি নির্ধারিত হয়।

যদি $C_1 = C_2 = C, R_1 = R_2 = R$ এবং $X_C = R$ হয়, তবে সার্কিটটিতে অসিলেশনের সৃষ্টি হয়। এর অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি (f_o) নিম্ন উপায়ে নির্ণয় করা যায়–

$X_C = R$

বা, $\frac{1}{2\pi f_0 C} = R$

বা, $2\pi f_0 C = \frac{1}{R}$

বা, $f_o = \frac{1}{2\pi RC}$ Hz

ওয়েন-ব্রিজ অসিলেটরের সুবিধা ও অসুবিধা ঃ

সুবিধা ঃ

১। কনস্ট্যান্ট (Constant) আউটপুট,

২। অপারেশন সহজ,

৩। ওভারঅল গেইন হাই,

৪। স্ট্যাবিলিটি ভাল।

অসুবিধা ঃ

১। খুব বেশি মানের ফ্রিকুয়েন্সি তৈরি করতে পারে না।

২। তুলনামূলকভাবে বেশি কম্পোনেন্টের দরকার পড়ে।

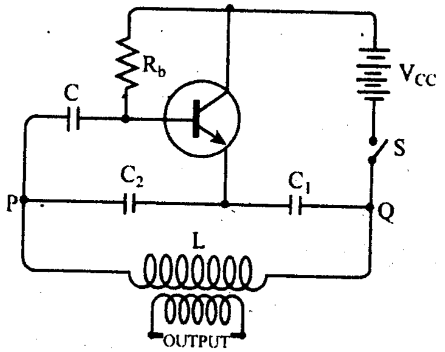
(গ) কলপিট অসিলেটর (Colpitts oscillator) ঃ এখানে একটি কমন ইন্ডাকট্যান্স L এর আড়াআড়িতে দুটি ক্যাপাসিটর C_1 ও C_2 সংযোগ করা হয়, যার কেন্দ্রটি ট্রান্সজিস্টরের ইমিটার এর সাথে সংযুক্ত থাকে। C_1, C_2 ও L দ্বারা ট্যাঙ্ক সার্কিট গঠিত।

উৎপন্ন ফ্রিকুয়েন্সি মান, $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$

এখানে, $C_T = \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2}$

(C_1 ও C_2 সিরিজে সংযোগ বিবেচনা করে)

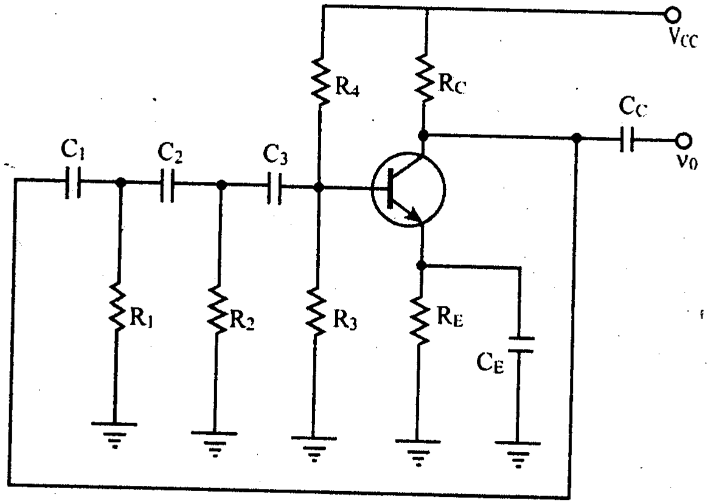
কার্যপ্রণালি (Operation) ঃ যখন সুইচ S ক্লোজ করা হয়, তখন C_1 ও C_2 চার্জিত হয় এবং L এর মাধ্যমে ডিসচার্জ হয় ফলে অসিলেশন সৃষ্টি হয়। C_2 এর আড়াআড়িতে সৃষ্ট অসিলেশন ট্রানজিস্টর দ্বারা বিবর্ধিত আকারে কালেক্টর সার্কিটে আসে এবং ট্যাঙ্ক সার্কিটের লসকে পূরণ করে। ফিডব্যাক এর পরিমাণ নির্ভর করে C_1 ও C_2 ক্যাপাসিটরের মানের উপর। C_1 এর মান কম হলে ফিডব্যাক বেশি হবে। C_1 ও C_2 একটি সাধারণ ভোল্টেজ ডিভাইডার এর ন্যায় কাজ করে। আবার P ও Q বিন্দুর ভোল্টেজ 180° আউট অফ ফেজে থাকে। ট্রানজিস্টর দ্বারা আরও 180° ফেজ শিফট হয়, ফলে পজিটিভ ফিডব্যাক সম্পন্ন হয় এবং আনড্যাম্পড অসিলেশন পাওয়া যায়।



চিত্র ঃ ১০.১০ কলপিট অসিলেটর

১০.৭ ফেজ শিফট এবং ক্রিস্টাল অসিলেটর এর কার্যাবলির মূলনীতি (The principle of operation of phase shift and crystal oscillators) ঃ

(ক) ফেজ শিফট অসিলেটর (Phase shift oscillator) ঃ



চিত্র ঃ ১০.১১ ফেজ শিফট অসিলেটর

চিত্রে একটি RC ফেজ শিফ্‌ট অসিলেটর সার্কিট দেখানো হয়েছে। এটি একটি বাইপোলার ট্রানজিস্টরের CE সংযোগ এবং একটি RC ফেজ শিফ্‌ট নেটওয়ার্ক দ্বারা গঠিত। ফেজ শিফ্‌ট নেটওয়ার্কটি আবার R_1C_1, R_2C_2 ও R_3C_3-এ তিনটি সেকশন দ্বারা গঠিত। একটি নির্দিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সিতে প্রতি সেকশনে 60° ফেজ শিফট হয়। সুতরাং তিন সেকশনে মোট $60° \times 3 = 180°$ ফেজ শিফ্‌ট হয়।

যখন সার্কিটে V_{CC} সাপ্লাই দেয়া হয় তখন একটি নির্দিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সিতে (f_0) অসিলেশনের সৃষ্টি হয়। এতে ট্রানজিস্টরের আউটপুটে E_0 ভোল্টেজ পাওয়া যায়। এ আউটপুটে E_0 ভোল্টেজকে আবার RC নেটওয়ার্কের ইনপুটে ফিডব্যাক করানো হয়, যাতে এ ভোল্টেজের 180° ফেজ শিফট হয়, যা পরবর্তীতে ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার-এর ইনপুটে প্রয়োগ করা হয়। যেহেতু অ্যাম্প্লিফায়ারটি কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার, সুতরাং এর মাধ্যমে ভোল্টেজের আরও 180° ফেজ শিফ্‌ট হয়। ফলে সম্পূর্ণ লুপটিতে মোট ফেজ শিফ্‌ট হয় $180° + 180° = 360°$।

চিত্রে প্রদর্শিত তিন স্টেজ ফিডব্যাক নেটওয়ার্ক বিশিষ্ট আরসি ফেজ শিফ্‌ট অসিলেটরের অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি,

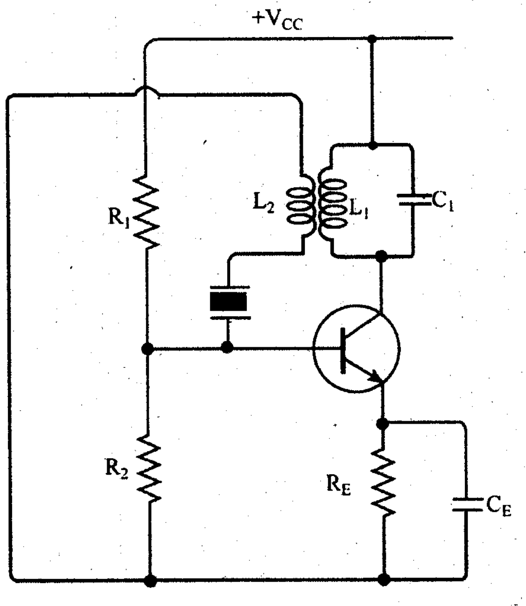
$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

$$= \frac{0.065}{RC}\text{ Hz}$$

এখানে, $R_1 = R_2 = R_3 = R$ এবং $C_1 = C_2 = C_3 = C$

(খ) ক্রিস্টাল অসিলেটর (Crystal oscillator) ঃ এটি মূলত একটি টিউন্ড সার্কিট। এখানে L_1C_1 ট্যাংক সার্কিটের কাজ, L_2 ফিডব্যাক কয়েল হিসেবে, R_1, R_2 বেস বায়াসিংকে রক্ষা করে। ক্রিস্টালটি রেজোন্যান্ট ট্যাংক সার্কিট হিসেবে বেস সার্কিটে যুক্ত থেকে L_1C_1-এর অসিলেটর ফ্রিকুয়েন্সিকে স্থির রাখে। R_E ইমিটার রেজিস্টর এবং C_E ইমিটার বাইপাস ক্যাপাসিটর হিসেবে কাজ করে। ক্রিস্টালটি ফিডব্যাক ওয়াইন্ডিং-এর সাথে সিরিজে সংযুক্ত থাকে। LC ট্যাংক সার্কিট-এর ন্যাচারাল ফ্রিকুয়েন্সি ক্রিস্টাল-এর ন্যাচারাল ফ্রিকুয়েন্সি-এর প্রায় সমান করা হয়।

কার্যপ্রণালি (Operation) ঃ যখন পাওয়ার অন করা হয় তখন ব্যাটারি দ্বারা C_1 চার্জ হতে শুরু করে। পূর্ণ চার্জ হলে এটি L_1-এর মাধ্যমে ডিসচার্জ হয়। এভাবে চার্জিং এবং ডিসচার্জিং-এর মাধ্যমে অসিলেশন সেট আপ হয়। L_1-এর আড়াআড়ি ভোল্টেজ, মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স-এর মাধ্যমে L_2-তে আবেশিত হয়। L_2-এর ভোল্টেজ R_2-এর মাধ্যমে ট্রানজিস্টরের বেস ইমিটার জাংশনে উপস্থিত হয় এবং পজিটিভ ফিডব্যাক-এর মাধ্যমে আনড্যাম্পড অসিলেশনের সৃষ্টি হয়। ক্রিস্টাল সার্কিট-এর অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সিকে নিয়ন্ত্রণ করে। কারণ ক্রিস্টালটি বেস সার্কিটে সংযুক্ত থেকে অসিলেটেড ফ্রিকুয়েন্সি অনুসারে কম্পন তৈরি করে এবং অসিলেটরটি ক্রিস্টালের ন্যাচারাল ফ্রিকুয়েন্সিতে আনড্যাম্পড অসিলেশন তৈরি করে।



চিত্র ঃ ১০.১২ ক্রিস্টাল অসিলেটর সার্কিট

১০.৮ বিভিন্ন প্রকার অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সি সম্পর্কিত সমাধানকৃত সমস্যাবলি (Solved problem related to the frequency of various oscillators) ঃ

উদাহরণ-১০.১। একটি টিউন্ড কালেক্টর অসিলেটর সার্কিটের LC টিউন্ড সার্কিটে ব্যবহৃত $L_1 = 58.6\mu H$ এবং $C_1 = 300$ pF হলে, অসিলেশনের ফ্রিকুয়েন্সি মান নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$$L_1 = 58.6\mu H = 58.6 \times 10^{-6} H$$

$$C_1 = 300 pF = 300 \times 10^{-12} F$$

আমরা জানি,

অসিলেশনের ফ্রিকুয়েন্সি, $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L_1C_1}}$

$$\therefore f = \frac{1}{2\pi\sqrt{58.6 \times 10^{-6} \times 300 \times 10^{-12}}} Hz$$

$$= 1199 \times 10^3 Hz$$

$$= 1199 kHz$$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-১০.২। কোন কলপিটস অসিলেটরের ট্যাংক সার্কিটে ব্যবহৃত $L = 15\mu H$, $C_1 = 0.001\mu F$ ও $C_2 = 0.01\mu F$ হলে (ক) অপারেটিং ফ্রিকুয়েন্সি এবং (খ) ফিডব্যাক ভগ্নাংশের মান নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$$L = 15\mu H = 15 \times 10^{-6} H$$

$$C_1 = 0.001\mu F$$

$$C_2 = 0.01\mu F$$

আমরা জানি, $C_T = \dfrac{C_1C_2}{C_1 + C_2}$

$$\therefore C_T = \frac{0.001 \times 0.01}{0.001 + 0.01}$$

$$= 9.09 \times 10^{-4}\mu F$$

$$= 909 \times 10^{-12} F$$

(ক) অপারেটিং ফ্রিকুয়েন্সি, $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{15 \times 10^{-6} \times 909 \times 10^{-12}}} Hz$$

$$= 1361 \times 10^3 Hz$$

$$= 1361 kHz$$ **(উত্তর)**

(খ) ফিডব্যাক ফ্র্যাকশন, $m_v = \dfrac{C_1}{C_2}$

$$= \frac{0.001}{0.01}$$

$$= 0.1$$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-১০.৩। একটি হার্টলি অসিলেটরের ট্যাংক সার্কিটে ব্যবহৃত $L_1 = 1000\mu H$, $L_2 = 100\mu H$, $C = 20pF$ ও মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্সের মান $M = 20\mu H$ হলে (ক) অপারেটিং ফ্রিকুয়েন্সি এবং (খ) ফিডব্যাক ফ্র্যাকশনের মান নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$L_1 = 1000\mu H$,
$L_2 = 100\mu H$,
$M = 20\mu H$

∴ মোট ইন্ডাকট্যান্স, $L_T = L_1 + L_2 + 2M$
$= 1000 + 100 + 2 \times 20$
$= 1140\mu H$
$= 1140 \times 10^{-6} H$

ক্যাপাসিট্যান্স, $C = 20pF = 20 \times 10^{-12} F$

(ক) অপারেটিং ফ্রিকুয়েন্সি, $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C}}$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{1140 \times 10^{-6} \times 20 \times 10^{-12}}} Hz$$

$= 1052 \times 10^3 Hz = 1052$ kHz **(উত্তর)**

(খ) ফিডব্যাক ফ্র্যাকশন, $m_v = \frac{L_2}{L_1} = \frac{100\mu H}{1000\mu H} = 0.1$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-১০.৪। একটি ফেজ শিফ্‌ট অসিলেটরের $R_1 = R_2 = R_3 = 1M\Omega$ এবং $C_1 = C_2 = C_3 = 68pF$ হলে, কোন ফ্রিকুয়েন্সিতে সার্কিটটি অসিলেট করবে?

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$R_1 = R_2 = R_3 = R = 1M\Omega = 10^6\Omega$
$C_1 = C_2 = C_3 = C = 68pF = 68 \times 10^{-12} F$

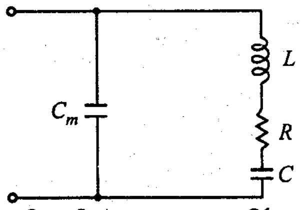
আমরা জানি, অসিলেশনের ফ্রিকুয়েন্সি,

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

$$= \frac{1}{2\pi \times 10^6 \times 68 \times 10^{-12}\sqrt{6}} Hz$$

$= 954$ Hz

উদাহরণ-১০.৫। কোন ক্রিস্টালের এসি সমতুল্য সার্কিটে ব্যবহৃত প্যারামিটারসমূহের মান $L = 1H$, $C = 0.01pF$, $R = 1000\Omega$ এবং $C_m = 20pF$ হলে f_S ও f_P এর মান নির্ণয় কর।



চিত্র ঃ ক্রিস্টালের সমতুল্য সার্কিট

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$L = 1H$
$C = 0.01$ pF
$= 0.01 \times 10^{-12} F$
$C_m = 20pF = 20 \times 10^{-12} F$

আমরা জানি,

$$f_S = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\therefore f_S = \frac{1}{2\pi\sqrt{1 \times 0.01 \times 10^{-12}}} Hz$$

$= 1589 \times 10^3 Hz$
$= 1589$kHz **(উত্তর)**

এখন, $C_T = \frac{C \times C_m}{C + C_m} = \frac{0.01 \times 20}{0.01 + 20} = 9.99 \times 10^{-3} pF$

$= 9.99 \times 10^{-15} F$

আবার আমরা জানি,

$$f_P = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$
$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{1 \times 9.99 \times 10^{-15}}}\text{ Hz}$$
$$= 1590 \times 10^3\text{Hz}$$
$$= 1590\text{kHz}$$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-১০.৬ । একটি X-Cut ক্রিস্টালের $f_r = 450\text{kHz}$, $L = 4.2\text{H}$ ও $R = 600\Omega$ হলে, Q-ফ্যাক্টরের মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১, ১২, ১৫]

সমাধান : দেওয়া আছে, $f_r = 450\text{kHz} = 450 \times 10^3\text{Hz}$
$L = 4.2\text{H}$
$R = 600\Omega$

আমরা জানি, $Q = \frac{\omega L}{R} = \frac{2\pi f_r L}{R} = \frac{2\pi \times 450 \times 10^3 \times 4.2}{600} = 19{,}790$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-১০.৭ । একটি হার্টলি অসিলেটরের ট্যাঙ্ক সার্কিটে ব্যবহৃত $L_1 = 200\mu\text{H}$, $L_2 = 200\ \mu\text{H}$ ও $C = 10\text{pF}$ এবং মিউচ্যুয়াল ইন্ডাকট্যান্সের মান $M = 40\mu\text{H}$ হলে নির্ণয় কর।
(ক) অপারেটিং ফ্রিকুয়েন্সি (খ) ফিডব্যাক ফ্র্যাকশন। [বাকাশিবো-২০১৪]

সমাধান : দেওয়া আছে, $L_1 = 200\mu\text{H}$,
$L_2 = 200\ \mu\text{H}$
$M = 40\mu\text{H}$

∴ মোট ইন্ডাকট্যান্স, $L_T = L_1 + L_2 + 2M$
$= 200 + 200 + 40$
$= 440\ \mu\text{H}$
$= 440 \times 10^{-6}\ \text{H}$
$C = 10\text{pF}$
$= 10 \times 10^{-12}\ \text{F}$

(ক) অপারেটিং ফ্রিকুয়েন্সি, $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C}}$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{440 \times 10^{-6} \times 10 \times 10^{-12}}}$$
$$= 2.399 \times 10^6\ \text{Hz}$$
$$= 2.4\ \text{MHz}$$ **(উত্তর)**

(খ) ফিডব্যাক ফ্রাকশন, $m_v = \frac{L_2}{L_1}$

$$= \frac{200\mu\text{H}}{200\mu\text{H}}$$
$$= 1$$ **(উত্তর)**

উদাহরণ-১০.৮ । একটি X-cut ক্রিস্টলের $f_r = 550\ \text{kHz}$, $L = 4.2\ \text{H}$ ও $R = 750\ \Omega$ হলে θ ফ্যাক্টরের মান নির্ণয় কর [বাকাশিবো-২০১৫]

সমাধান :
দেয়া আছে, $f_r = 550\text{kHz}$
$L = 4.2\text{H}$
$R = 750\Omega$

আমরা জানি, $Q = \frac{\omega L}{R}$

$$= \frac{2\pi f_r L}{R}$$
$$= \frac{2\pi \times 550 \times 4.2}{750} = 19{,}352$$ **(উত্তর)**

অনুশীলনী-১০

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট বলতে কী বুঝ?** [বাকাশিবো-২০০৫(R), ০৮, ০৮(R), ০৯, ০৯(R), ১০, ১২, ১৩(R)]
অথবা, পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট কী?
অথবা, পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর ঃ কিছু কিছু ক্রিস্টালাইন পদার্থ আছে, যেমন– রচেল সল্ট, কোয়ার্টজ টার্মালাইন ইত্যাদিতে এসি ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে, এসি ভোল্টেজের ফ্রিকুয়েন্সি অনুসারে ক্রিস্টালটি কাঁপতে থাকে, আবার যখন উক্ত ক্রিস্টালকে যান্ত্রিক কম্পনের মধ্যে রাখা হয় তখন তা এসি ভোল্টেজ উৎপন্ন করে। ক্রিস্টালের উপরোক্ত প্রতিক্রিয়া বা প্রভাবকে পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট বলে।

২। **অসিলেটরের প্রধান অংশগুলো কী কী?** [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ একটি অসিলেটর সার্কিটের প্রধান অংশগুলো হল –
(ক) অভ্যন্তরীণ অ্যাম্প্লিফায়ার (Internal amplifier)
(খ) ফিডব্যাক নেটওয়ার্ক (Feedback network)
(গ) অ্যাম্প্লিটিউড লিমিটিং ডিভাইস (Amplitude limiting device) বা ট্যাংক সার্কিট ইত্যাদি।

৩। **অসিলেটর বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১২, ১২(R)]

উত্তর ঃ অসিলেটর এমন একটি ইলেকট্রনিক্স ডিভাইস, যার মাধ্যমে ডিভাইসসমূহের চাহিদা অনুযায়ী বিভিন্ন রেঞ্জার ফ্রিকুয়েন্সি জেনারেট করা যায় এবং তা অ্যাম্প্লিফাই করা যায়। অসিলেটর মূলত কোন ডিসি সোর্স হতে প্রাপ্ত এনার্জিকে পরিবর্তনশীল আউটপুটে রূপান্তর করে।

৪। **LC Circuit-এ Oscillation তৈরির শর্ত দুটি লেখ।** [বাকাশিবো-২০১৩(R)]
অথবা, Tank circuit-এর Oscillation উৎপন্ন হওয়ার শর্ত কী?
অথবা, LC-সার্কিটে অসিলেশন তৈরির শর্ত লেখ। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর ঃ LC সার্কিটের অসিলেশন তৈরির শর্ত হল–
১। ইন্ডাকটিভ রিয়্যাকট্যান্স এবং ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকট্যান্স সমান হতে হবে, অর্থাৎ $X_L = X_C$ হবে।
২। সার্কিটের রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সিতে হারানো শক্তির সমান শক্তি ফিডব্যাক করতে হবে।
৩। সার্কিটটি রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সিতে কাজ করতে হবে।

৫। **অসিলেটর প্রধানত কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর ঃ অসিলেটর প্রধানত দুই প্রকার, যথা–
(ক) সাইনোসয়ডাল অসিলেটর (Sinusoidal Oscillator)
(খ) নন-সাইনোসয়ডাল অসিলেটর (Non-sinusoidal Oscillator) ইত্যাদি।

৬। **ফিডব্যাক কী?**

উত্তর ঃ অসিলেটর বা অ্যাম্প্লিফায়ারে ফিডব্যাক হল এমন একটি প্রক্রিয়া, যাতে সার্কিটের আউটপুট শক্তির কিছু অংশকে কোন ডিভাইস বা নেটওয়ার্কের মাধ্যমে পুনরায় ইনপুটে প্রয়োগ করা হয়।

৭। **কোন সূত্রের সাহায্যে অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় করা হয়?** [বাকাশিবো-২০১৩(R)]

উত্তর ঃ নিম্নলিখিত সূত্রের সাহায্যে অসিলেটরের ফিকুয়েন্সি নির্ণয় করা যায় ঃ

অর্থাৎ সিগন্যাল ফ্রিকুয়েন্সি, $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

৮। **ফিডব্যাক অসিলেটর সার্কিটের প্রয়োজনীয় অংশ কী?**
ফিডব্যাক LC অসিলেটর সার্কিটের প্রয়োজনীয় উপাদানগুলোর বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ ফিডব্যাক অসিলেটর সার্কিটের প্রয়োজনীয় অংশ নিম্নরূপ–
১। একটি রি-জেনারেটর যা LC সার্কিট সমন্বয়ে গঠিত।
২। একটি অ্যাম্প্লিফায়ার যার মাধ্যমে রি-জেনারেটর দ্বারা উৎপাদিত অসিলেশন অ্যাম্প্লিফাই করা হয়।
৩। একটি পজিটিভ ফিডব্যাক নেটওয়ার্ক।

৯। সাইনোসয়ডাল অসিলেটর কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর সাইনোসয়ডাল অসিলেটর সার্কিটের গঠন অনুযায়ী পাঁচ প্রকার। যথা–

(ক) টিউন্ড সার্কিট অসিলেটর (Tuned Circuit Oscillator)
(খ) আরসি কাপলড অসিলেটর (RC Coupled Oscillator)
(গ) ক্রিস্টাল অসিলেটর (Crystal Oscillator)
(ঘ) নেগেটিভ রেজিস্ট্যান্স অসিলেটর (Negative Resistance Oscillator)
(ঙ) হেটেরোডাইন (Heterodyne) বা বিট (Beat) ফ্রিকুয়েন্সি অসিলেটর ইত্যাদি।

১০। আনড্যাম্পড অসিলেশন পাওয়ার জন্য কী কী শর্ত পূরণ করতে হয়?

উত্তর আনড্যাম্পড অসিলেশন পাওয়ার জন্য নিম্নলিখিত শর্তগুলো পূরণ করতে হবে–

১। ইলেকট্রিক্যাল সিস্টেমের সরবরাহকৃত পাওয়ার, আউটপুট এসি পাওয়ার এবং সিস্টেম লসের যোগফলে সমান হতে হবে।
২। ইনপুট শক্তির ফ্রিকুয়েন্সি, আউটপুট অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি সমান হতে হবে।
৩। ইনপুট শক্তি এবং আউটপুট অসিলেশনের মধ্যে ফেজ পার্থক্য শূন্য হতে হবে।

১১। সাইনোসয়ডাল অসিলেটর তৈরি করতে কী কী ডিভাইসের প্রয়োজন হয়?

উত্তর সাইনোসয়ডাল অসিলেটর তৈরি করতে নিম্নবর্ণিত ডিভাইসের প্রয়োজন হয় ঃ

(ক) একটি ক্যাপাসিটর,
(খ) একটি ইন্ডাক্টর,
(গ) একটি অ্যাম্প্লিফায়ার ও
(ঘ) ট্রানজিস্টর ইত্যাদি।

১২। সাইনোসয়ডাল অসিলেটর বলতে কী বুঝ?

উত্তর যে ইলেকট্রনিক ডিভাইস আকাঙ্ক্ষিত ফ্রিকুয়েন্সি সাইনোসয়ডাল অসিলেশন তৈরি করে, তাকে সাইনোসয়ডাল অসিলেটর বলে। এটি ডিসি এনার্জি গ্রহণ করে আকাঙ্ক্ষিত ফ্রিকুয়েন্সি-এর এসি এনার্জি তৈরি করে।

১৩। ক্রিস্টাল এর ব্যবহার লেখ।

উত্তর ক্রিস্টাল-এর ব্যবহার নিম্নরূপ–

১। সেলফ কন্ট্রোলড অসিলেটর-এর ক্ষেত্রে এটি ব্যবহার করা হয়।
২। একটি অসিলেটর-এর আউটপুট ফ্রিকুয়েন্সি কনস্ট্যান্ট মানে রাখার জন্য ক্রিস্টাল ব্যবহার করা হয়।
৩। আই এফ ফ্রিকুয়েন্সি হতে এ এফ ফ্রিকুয়েন্সি ডিটেক্ট বা বাছাই-এর জন্য ব্যবহার করা হয়।

১৪। ফেজ শিফ্ট অসিলেটরে প্রতি স্টেজে কত ডিগ্রি ফেজ শিফ্ট হয়?

উত্তর ফেজ শিফ্ট অসিলেটরে প্রতি স্টেজে $60°$ ফেজ শিফ্ট হয়।

১৫। ফেজ শিফ্ট অসিলেটর-এর ফ্রিকুয়েন্সি এর সূত্র লেখ।

উত্তর ফেজ শিফ্ট অসিলেটর-এর ফ্রিকুয়েন্সি-এর সূত্রটি হল–

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} \text{ Hz}$$ ।

১৬। একটি ক্রিস্টাল-এর কয়টি অক্ষ থাকে এবং কী কী?

উত্তর প্রত্যেকটি ক্রিস্টাল-এর প্রধানত তিনটি অক্ষ থাকে, যথা–

১। X-অ্যাক্সিস বা ইলেকট্রিক্যাল অ্যাক্সিস তিনটি
২। Y-অ্যাক্সিস বা মেকানিক্যাল অ্যাক্সিস তিনটি ও
৩। Z-অ্যাক্সিস বা অপটিক্যাল অ্যাক্সিস একটি।

১৭। ফ্রিকুয়েন্সি থিকনেস রেশিও বলতে কী বুঝ?

উত্তর ক্রিস্টাল-এর ফ্রিকুয়েন্সি উহার লেংথ এবং উইডথ-এর উপর নির্ভর করে না। শুধু থিকনেস-এর উপর কম্পনের ফ্রিকুয়েন্সি নির্ভর করে। অর্থাৎ ভাইব্রেশন-এর ফ্রিকুয়েন্সি থিকনেস-এর সাথে ব্যস্তানুপাতে পরিবর্তিত হয়।

অর্থাৎ $f \propto \frac{1}{t}$

বা, $f = K\frac{1}{t}$ Hz

এখানে, f = ফ্রিকুয়েন্সি Hz, t = থিকনেস ইঞ্চি, K = কনস্ট্যান্ট ইত্যাদি।

১৮। **ক্রিস্টাল কন্ট্রোল অসিলেটর কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর ঃ যে অসিলেটর-এ ক্রিস্টাল দ্বারা অসিলেশন-এর ফ্রিকুয়েন্সি নিয়ন্ত্রণ করা যায়, তাকে সেলফ কন্ট্রোল বা ক্রিস্টাল কন্ট্রোল অসিলেটর বলে।

১৯। **অসিলেটরের আউটপুট কী ধরনের হয়?**

উত্তর ঃ অসিলেটরের আউটপুট সাইনোসয়ডাল অথবা নন-সাইনোসয়ডাল হতে পারে।

২০। **Oscillation সার্কিট তৈরির শর্তগুলো লেখ।**

উত্তর ঃ অসিলেশন সার্কিট তৈরির শর্তগুলো হল—

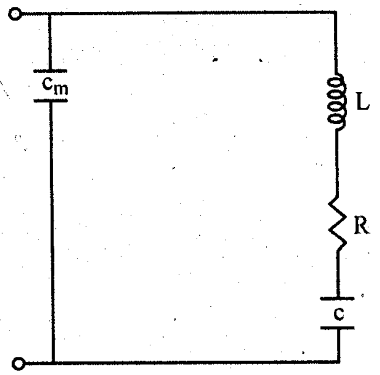
১। ইলেকট্রিক্যাল সিস্টেমের সরবরাহকৃত পাওয়ার, আউটপুট AC পাওয়ার এবং সিস্টেম লসের যোগফলের সমান হতে হবে।

২। ইনপুট শক্তির ফ্রিকুয়েন্সি, আউটপুট অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সির সমান হতে হবে।

৩। ইনপুট শক্তি এবং আউটপুট অসিলেশনের মধ্যে ফেজ পার্থক্য শূন্য হতে হবে।

২১ **কৃস্টালের সমতুল্য সার্কিট আঁক।** [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ



২২ **ক্রিস্টাল অসিলেটর বলতে কী বুঝায়?** [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর ঃ **ক্রিস্টাল অসিলেটর (Crystal oscillator) ঃ** এটি মূলত একটি টিউন্ড সার্কিট। এখানে L_1C_1 ট্যাংক সার্কিটের কাজ, L_2 ফিডব্যাক কয়েল হিসেবে, R_1, R_2 বেস বায়াসিংকে রক্ষা করে। ক্রিস্টালটি রেজোন্যান্ট ট্যাংক সার্কিট হিসেবে বেস সার্কিটে যুক্ত থেকে L_1C_1-এর অসিলেটর ফ্রিকুয়েন্সিকে স্থির রাখে। R_E ইমিটার রেজিস্টর এবং C_E ইমিটার বাইপাস ক্যাপাসিটর হিসেবে কাজ করে। ক্রিস্টালটি ফিডব্যাক ওয়াইন্ডিং-এর সাথে সিরিজে সংযুক্ত থাকে। LC ট্যাংক সার্কিট-এর ন্যাচারাল ফ্রিকুয়েন্সি ক্রিস্টাল-এর ন্যাচারাল ফ্রিকুয়েন্সি-এর প্রায় সমান করা হয়।

✪ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। **ফেজ শিফ্‌ট অসিলেটরে কীভাবে এনার্জি ফিডব্যাক করা হয়?**

উত্তর ঃ প্রথমে একটি সিংগেল স্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুটের একটি ক্ষুদ্রাংশ, ইনপুটে একটি ফেজ শিফ্‌ট নেটওয়ার্কের মধ্য দিয়ে অতিক্রম করা হয়। ফলে ট্রানজিস্টর দ্বারা 180° ফেজ শিফ্‌ট হওয়ার পর আবার এটি ফেজ শিফ্‌ট নেটওয়ার্কের মাধ্যমে আরো 180° ফেজ শিফটেড হয়। এভাবে মোট 360° ফেজ শিফ্‌ট ঘটানো হয়।

২। **ক্রিস্টাল অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সি অপরিবর্তিত থাকে কেন?**

উত্তর ঃ ক্রিস্টাল অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সি তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে না এবং একটি নির্দিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সি অর্থাৎ ক্রিস্টাল যে ফ্রিকুয়েন্সিতে ভাইব্রেশন সৃষ্টি করে তার ফ্রিকুয়েন্সি ক্রিস্টাল অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সি হিসাবে বিবেচিত হয়। এতে ক্রিস্টাল অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সি অপরিবর্তিত থাকে।

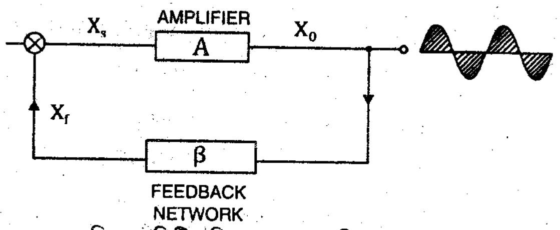
৩। **ক্রিস্টাল বলতে কী বুঝ?** [বাকাশিবো-২০১০, ১২, ১২(R)]

উত্তর ঃ ক্রিস্টাল একপ্রকার আকরিক জাতীয় ধাতব পদার্থ। স্বচ্ছ ক্রিস্টাল পাথরের নাম অনুসারে একে ক্রিস্টাল বলে। এই ক্রিস্টাল-এর এক প্রান্তে রেজিস্ট্যান্স-এর মতো ব্যান্ড থাকে। ক্রিস্টালকে সাধারণত কাচের আবরণে আবদ্ধ করে তৈরি করানো হয়। অনেক ধরনের ক্রিস্টাল হতে পারে। যেমন– ক্রিস্টাল ডিটেক্টর বা ক্রিস্টাল ডায়োড।

৪। **অসিলেটর তৈরিতে বারকোসনের শর্তসমূহ বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১১, ১২, ১৪, ১৫, ১৫(পরি)]

উত্তর ঃ কোন অ্যাম্প্লিফায়ারে পজিটিভ ফিডব্যাক ব্যবহার করলে এটি অসিলেশন তৈরি করতে পারে। নিম্নে ফিডব্যাক এবং মিক্সিং নেটওয়ার্কসহ একটি বেসিক অ্যাম্প্লিফায়ারের বর্তনী অংকন করে দেখানো হল–

এখানে, বেসিক অ্যাম্প্লিফায়ারের ট্রান্সফার গেইন A এবং ইনপুট সিগন্যাল X_S হলে আউটপুট $X_0 = AX_S$ হবে। অন্যদিকে ফিডব্যাক নেওয়ার্কের ফিডব্যাক ফ্যাক্টর β হলে এর আউটপুট সিগন্যাল $X_f = \beta X_o = A\beta X_S$. যদি $X_f = X_S$ হয় তবে কোন প্রকার ইনপুট ছাড়াই অ্যাম্প্লিফায়ার হতে X_0 আউটপুট পাওয়া যাবে এবং উপরোক্ত ব্যবস্থাটি একটি অসিলেটর হিসেবে কাজ করবে। অতএব, অসিলেশন তৈরিতে অবশ্যই $X_f = X_S$ হতে হবে। অর্থাৎ, উভয় সিগন্যালের মধ্যে কোন ফেজ পার্থক্য থাকবে না। এখানে, $X'_f = A\beta X_f$, অতএব, $A\beta = 1$ হতে হবে।



চিত্র ঃ পজিটিভ ফিডব্যাকসহ অ্যাম্প্লিফায়ার ব্যবস্থা

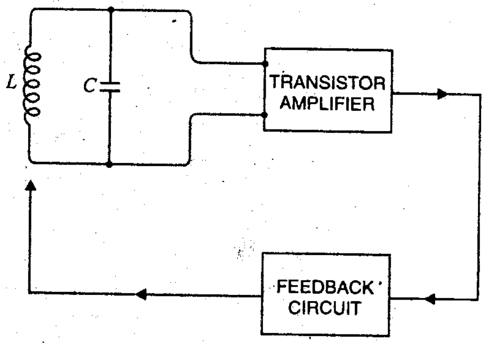
৫। **অসিলেটর এবং অ্যাম্প্লিফায়ারের মধ্যে পার্থক্য কী?** [বাকাশিবো-২০১২, ১৩(R)]
অথবা, অসিলেটর ও অ্যাম্প্লিফায়ারের মাঝে চারটি পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১২(R)]

উত্তর ঃ অসিলেটর এবং অ্যাম্প্লিফায়ারের মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ ঃ

অসিলেটর	অ্যাম্প্লিফায়ার
১। এতে কোন ইনপুট সিগন্যাল-এর প্রয়োজন হয় না।	১। অ্যাম্প্লিফায়ার-এ ইনপুট সিগন্যাল-এর প্রয়োজন হয়।
২। এটি নিজে নিজেই আউটপুট সিগন্যাল উৎপন্ন করে।	২। আউটপুট সিগন্যাল ইনপুট সিগন্যালের উপর নির্ভরশীল।
৩। ইনপুট-এ ডিসি দিলে আউটপুট-এ এসি পাওয়া যায়।	৩। ইনপুট এসি সিগন্যাল আউটপুটে বর্ধিত আকারে পাওয়া যায়।
৪। পজিটিভ ফিডব্যাক ব্যবহৃত হয়।	৪। নেগেটিভ ফিডব্যাক ব্যবহৃত হয়।
৫। টিউন্ড সার্কিট থাকে।	৫। টিউন্ড সার্কিট থাকে না।
৬। ফিডব্যাক গেইন A_f অসীম হয়।	৬। ফিডব্যাক গেইন A_f অসীম হয় না।

৬। **অসিলেটরের Block চিত্র অঙ্কন করে বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১৩(R)]

উত্তর ঃ নিচের চিত্রে একটি ইলেকট্রনিক অসিলেটরের ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন করা হয়েছে। এটার প্রয়োজনীয় উপাদানসমূহ হল–



(ক) ট্যাঙ্ক সার্কিট (Tank circuit) ঃ ট্যাঙ্ক সার্কিটটি ইন্ডাকট্যান্স কয়েল (L) ও ক্যাপাসিটর (C) এর সমান্তরাল সংযোগে গঠিত। অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সি মান ইন্ডাকট্যান্স এবং ক্যাপাসিট্যান্স এর মানের উপর নির্ভরশীল।

(খ) ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার (Transistor amplifier) ঃ ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারটি ব্যাটারি হতে ডিসি পাওয়ার গ্রহণ করে এবং ট্যাঙ্ক সার্কিটের মান অনুসারে এসি পাওয়ারে রূপান্তর করে। ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুটকে পুনরায় একটি সার্কিটের মাধ্যমে ট্যাঙ্ক সার্কিটে দেয়া হয়। ফলে ট্যাঙ্ক সার্কিটের অসিলেশন এর মান স্থির থাকে।

(গ) ফিডব্যাক সার্কিট (Feedback circuit) ঃ ফিডব্যাক সার্কিট কালেক্টর এনার্জির একটি অংশকে পুনরায় একই ফেজ ও ফ্রিকুয়েন্সিতে ট্যাঙ্ক সার্কিটে ফেরত পাঠায়। ফলে ট্যাঙ্ক সার্কিটে পজিটিভ ফিডব্যাক সম্পাদিত হয় ও অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি মান স্থির থাকে।

৭। **অসিলেটর কেন ব্যবহার করা হয়?**

উত্তর ঃ অসিলেটর নিম্নবর্ণিত কারণে ব্যবহার করা হয়–

১। অসিলেটর একটি নন-রোটেটিং ডিভাইস হওয়ায় এটি দীর্ঘস্থায়ী।
২। মুভিং পার্টস-এর অনুপস্থিতির জন্য একটি অসিলেটর-এর কাজ সম্পূর্ণ নীরবে হয়।
৩। একটি অসিলেটর লো (20 হার্টজ) হতে আলট্রা হাই-ফ্রিকুয়েন্সি (> 100 MHz) তৈরি করতে পারে।
৪। আকাঙ্ক্ষিত ফ্রিকুয়েন্সি পাওয়ার জন্য অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি সহজেই পরিবর্তন করা যায়।
৫। সময়ের সাথে এর ফ্রিকুয়েন্সি অপরিবর্তিত থাকে।
৬। এর দক্ষতা খুবই ভাল।
৭। এটি তৈরি করতে খরচ কম।

৮। **কী কী উপায়ে ক্রিস্টাল-এর ফ্রিকুয়েন্সিকে স্থির করা যায়?**

উত্তর ঃ নিম্নলিখিত দুইটি উপায়ে ক্রিস্টাল এর ফ্রিকুয়েন্সিকে স্থির করা যায় ঃ

১। একটি থার্মোস্ট্যাটিক্যালি কন্ট্রোল কন্টেইনার এর মধ্যে ক্রিস্টালকে আবদ্ধ করে রাখলে।

২। ক্রিস্টাল-এর কাট এর কোণকে পরিবর্তন করে, যাতে জিরো তাপমাত্রা কো-ইফিসিয়েন্ট পাওয়া যায়।

৯। **কোথায় অসিলেশন-এর ফ্রিকুয়েন্সিকে কনস্ট্যান্ট রাখতে হয়?**

উত্তর ঃ নিম্নক্ষেত্রে অসিলেশনের ফ্রিকুয়েন্সিকে স্থির রাখতে হয়–

১। ট্রান্সমিটার

২। টাইম সিগন্যাল রিসিভার

৩। পুলিশ কার, রেডিও রিসিভার ইত্যাদি।

১০। **অসিলেটরের ক্ষেত্রে Barkhausen Criterion উল্লেখ কর।** [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর ঃ অসিলেটরের ক্ষেত্রে Barkhausen Criterion নিম্নরূপ–

শর্ত-১ ঃ একটি সাইনোসয়ডাল অসিলেটর, ঐ নির্দিষ্ট ফ্রিকুয়েন্সিতে স্থির অসিলেশন তৈরি করবে, যার জন্য ইনপুট হতে সিগন্যাল শুরু করে অ্যাম্প্লিফায়ার, ফিডব্যাক নেটওয়ার্ক এবং মিক্সিং নেটওয়ার্ক হয়ে পুনরায় ইনপুটে ফিরে আসবে অর্থাৎ লুপ ফেজ শিফ্ট শূন্য হয়।

শর্ত-২ ঃ স্থির অসিলেশনের জন্য নির্দিষ্ট অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সিতে সিস্টেমের লুপ গেইন অর্থাৎ অ্যাম্প্লিফায়ারের ট্রান্সফার গেইন (A) এবং ফিডব্যাক নেটওয়ার্কের ফিডব্যাক ফ্যাক্টর (β) এর গুণফল $|A\beta|$ অবশ্য এক এর সমান বা সামান্য বেশি। অর্থাৎ $|A\beta| \geq 1$ হতে হবে।

১১। **LC অসিলেটর বা ট্যাংক সার্কিট বলতে কী বুঝ?** [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

অথবা, ট্যাংক সার্কিটের কাজ কী? [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর ঃ একটি ইন্ডাক্টর এবং একটি ক্যাপাসিটর পরস্পরের সাথে প্যারালালে যুক্ত করার মাধ্যমে আকাঙ্ক্ষিত যে কোন ফ্রিকুয়েন্সি এর ইলেকট্রিক্যাল অসিলেশন সৃষ্টি করা যায়, তখন তাকে LC বা ট্যাংক সার্কিট বলে। একটি ক্যাপাসিটর এবং একটি ইন্ডাক্টর প্যারালালে সংযোগ করে ট্যাংক সার্কিট তৈরি করা হয়। ইন্ডাক্টর বা ক্যাপাসিটরের যে কোন একটি মান পরিবর্তন করে ফ্রিকুয়েন্সি এর পরিবর্তন করা যায়। এতে ড্যাম্পড অসিলেশন পাওয়া যায় বলে ফিডব্যাক-এর সাহায্যে আনড্যাম্পড অসিলেশন সৃষ্টি করা হয়।

১২। **পিজো ইলেকট্রিক ক্রিস্টাল-এর ধর্ম কী?** [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর ঃ কোন ক্রিস্টালাইন পদার্থে মেকানিক্যাল এনার্জি বা বল প্রয়োগে তা হতে কম্পনের সৃষ্টি এবং ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়।

১৩। **ক্রিস্টাল এর টেম্পারেচার কোইফিসিয়েন্ট বলতে কী বুঝ?**

উত্তর ঃ একটি ক্রিস্টাল-এর রেজোনেন্স ফ্রিকুয়েন্সি তাপমাত্রার সাথে সাথে পরিবর্তন হয়। একটি X কাট ক্রিস্টাল-এর –ve টেম্পারেচার কোইফিসিয়েন্ট আছে। এর তাপমাত্রা বাড়লে রেজোনেন্ট ফ্রিকুয়েন্সি কমবে। আবার একটি Y কাট ক্রিস্টালের +ve টেম্পারেচার কোইফিসিয়েন্ট আছে। এর তাপমাত্রা বাড়লে রেজোনেন্ট ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধি পাবে।

১৪। **কেন অসিলেটর সার্কিটে ফিডব্যাক করানো হয়?**

উত্তর ঃ ইন্ডাক্টর এবং ক্যাপাসিটর যৌথভাবে যে কোন ফ্রিকুয়েন্সি-এর সাইনোসয়ডাল অসিলেটিং কারেন্ট তৈরি করে যা অ্যাম্প্লিফায়ার-এর সাহায্যে অ্যাম্প্লিফাই হয়। কিন্তু এই বর্ধিত সিগন্যাল বেশি সময় স্থায়ী হয় না অর্থাৎ ড্যাম্পড হয়ে যায়। এই জন্য আনড্যাম্পড অসিলেশন পাওয়ার জন্য বর্ধিত সিগন্যালকে পুনরায় LC সার্কিটে ফিডব্যাক করান হয়।

১৫। **আনড্যাম্পড অসিলেশন বলতে কী বুঝ?**

উত্তর ঃ যে অসিলেটরে সময়ের সাপেক্ষে তার উৎপন্নকৃত সিগন্যাল এর অ্যাম্প্লিটিউড স্থির (Costant) থাকে, তাকে আনড্যাম্পড অসিলেটর বলে। যে সকল অসিলেট সার্কিটে কোন পাওয়ার লস হয় না অথবা পাওয়ার লস হলে উক্ত লস পূরণ করার ব্যবস্থা থাকে, সে সকল অসিলেটরে আনড্যাম্পড অসিলেশন পাওয়া যায়। টেলিকমিউনিকেশন ও ইলেকট্রনিক্সে ব্যবহারের জন্য এই আনড্যাম্পড অসিলেশন প্রয়োজন হয়।

১৬। **ক্রিস্টাল অসিলেটরের সুবিধা এবং অসুবিধা উল্লেখ কর।** [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর ঃ **ক্রিস্টাল অসিলেটরের সুবিধা নিম্নরূপ ঃ**

১। ক্রিস্টালের ফ্রিকুয়েন্সি তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে না।

২। ডিসি এর উপর এসি কোন প্রভাব বিস্তার করে না।

৩। ক্রিস্টাল অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সি স্ট্যাবিলিটি উচ্চমানের।

ক্রিস্টাল অসিলেটরের অসুবিধা নিম্নরূপ ঃ

১। এর প্যারালাল রেজোনেন্স ফ্রিকুয়েন্সিতে সবচেয়ে বেশি ফিডব্যাক হয়।

২। এর ফ্রিকুয়েন্সি সহজে পরিবর্তন করতে পারা যায় না।

৩। ক্রিস্টাল অসিলেটর দুর্বল বলে একমাত্র লো-পাওয়ার সার্কিটে ব্যবহৃত হয়।

১৭। ফেজ শিফ্‌ট অসিলেটরের সুবিধা এবং অসুবিধা উল্লেখ কর।

উত্তর ঃ ফেজ শিফ্‌ট অসিলেটরের সুবিধা ও অসুবিধা নিম্নরূপ ঃ

সুবিধা ঃ

১। এতে কোন ট্রান্সফরমার বা ইন্ডাক্টরের দরকার হয় না।

২। ফ্রিকুয়েন্সি স্ট্যাবিলিটি খুব ভাল।

৩। প্রকৃত সাইন ওয়েভ সৃষ্টি করতে পারে।

অসুবিধা ঃ

১। পরিবর্তনশীল ফ্রিকুয়েন্সির জন্য উপযুক্ত নয়।

২। খুব কম মানের আউটপুট পাওয়া যায়।

৩। ফিডব্যাক ফ্যাক্টর খুব কম থাকে বলে অসিলেশন শুরু করতে দেরি হয়।

১৮। কলপিটস অসিলেটর এর সুবিধা ও অসুবিধা লেখ।

উত্তর ঃ **সুবিধা ঃ**

১। এর ফ্রিকুয়েন্সি স্ট্যাবিলিটি সবচেয়ে বেশি।

২। ভেরিয়েবল ফ্রিকুয়েন্সি অপারেশনের দিক দিয়ে এর খরচ কম।

অসুবিধা ঃ

১। একে ট্যাংক সার্কিট এর দুই ক্যাপাসিটর এর জন্য এটি হতে টেপিং করতে হয়।

২। এর ফ্রিকুয়েন্সি, রেজোনেন্ট ফ্রিকুয়েন্সি এর সমান হয়।

১৯। হার্টলি অসিলেটরের সুবিধা ও অসুবিধা লিখ।

উত্তর ঃ **সুবিধা ঃ**

১। হার্টলি অসিলেটরে মাত্র একটি কয়েল ব্যবহৃত হয়।

২। এর ট্যাংক সার্কিটে এনার্জি সঠিক ফেজে সরবরাহ হয়।

৩। আর্মস্ট্রং অসিলেটর হতে এর ফ্রিকুয়েন্সি স্ট্যাবিলিটি খুব ভাল।

অসুবিধা ঃ

১। এতে ট্যাপেড কয়েল বা অটো ট্রান্সফরমারের প্রয়োজন হয়।

২। সিরিজ হার্টলি অসিলেটরের এসি এবং ডিসি এর জন্য কোন ভিন্ন পথ নেই বলে ডিসি এর উপর এসি এর প্রভাব পরিলক্ষিত হয়।

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। **একটি Crystal Oscillator সার্কিট অংকন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১৩, ১৩(R), ১৪, ১৬]

অথবা, একটি Crystal oscillator-এ উৎপন্ন Frequency-এর সমীকরণসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১০.৭ নং দ্রষ্টব্য।

২। **চিত্র সহকারে হার্টলি অসিলেটরের বর্ণনা দাও।** [বাকাশিবো-২০১২, ১২(R), ১৩, ১৩(R)]

অথবা, 'হার্টলি' অসিলেটরের চিত্রসহ অসিলেশন প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

অথবা, চিত্রসহ একটি হার্টলি অসিলেটরের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১০.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **একটি Phase shift oscillator এর চিত্রসহ Oscillation তৈরির পদ্ধতি লেখ।** [বাকাশিবো-২০১১, ১২, ১৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১০.৭ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **LC tuned ckt এর Oscillation তৈরির পদ্ধতি বর্ণনা কর।**

অথবা, একটি ফিল্টার সার্কিট অংকন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১০.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **Damped এবং Undamped অসিলেশনের বর্ণনা দাও।**

উত্তর সংকেত ঃ অনুচ্ছেদ ১০.১ নং দ্রষ্টব্য।

অধ্যায়-১১

মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট
(Multivibrator Circuit)

১১.১ টাইম বেস সার্কিট (The time base circuit) ঃ

কোন ইলেকট্রনিক সার্কিটের ফ্রিকুয়েন্সি সময়ের সাথে সাথে পরিবর্তন হলে তাকে টাইম বেস (Time base) বা সুইপ (Sweep) বলা হয়।

ক্যাথোড রে অসিলোস্কোপের Y-প্লেটে একটি স্থির ফ্রিকুয়েন্সিযুক্ত ভোল্টেজ এবং X-প্লেটের আড়াআড়িতে উপযুক্ত ফ্রিকুয়েন্সির ভোল্টেজ যদি ধীরে ধীরে বাড়ানো হয়, তবে বিন্দুটি পর্দার আড়াআড়িতে স্থির গতিতে চলতে থাকবে এবং আনুভূমিক দিকে বিস্তৃতি Y-প্লেট কর্তৃক সম্পন্ন হবে। যদি X-অক্ষের ভোল্টেজ এক সেকেন্ডের এক হাজার ভাগের এক ভাগ সময়ে পর্দার আড়াআড়িতে সরে যায়, তবে Y-পটেনশিয়ালে একটি একক সাইকেল পর্দায় দেখা যাবে। এক সুইপ পরে X-অক্ষের ভোল্টেজ শূন্যতে দাঁড়াবে। এই সুইপ ভোল্টেজের পুনরাবৃত্তির ফলে একই সমান পথ বরাবর একটি স্থির আকৃতির চাপ দেখা যাবে। আবার যদি বিন্দুটি $\frac{1}{500}$ সেকেন্ড সময়ে পর্দার আড়াআড়িতে নিয়মিতভাবে অতিক্রম করে এবং দ্রুত ফিরে আসে, তবে Y-পটেনশিয়ালে দুটি সাইকেল দেখা যাবে। ফলে X_1 এবং X_2-তে যে পটেনশিয়ালের পার্থক্য প্রয়োগ করতে হয়, তাকে সুইপ (Sweep) বা টাইম বেস (Time base) বলে।

যে সার্কিটের মাধ্যমে র‍্যাম্প ভোল্টেজ (Ramp voltage) প্রয়োগ করে ইলেকট্রন বীমের স্পটকে বামে, ডানে বা উপরে ও নিচে ইচ্ছামতো সরানো যায়, তাকে টাইম বেস সার্কিট বলে।

টাইম বেস সার্কিট মূলত দুই প্রকার, যথা ঃ

(ক) ফ্রি রানিং টাইম বেস জেনারেটর

(খ) ট্রিগারড টাইম বেস জেনারেটর (Triggered time base generator)

১১.১.১ টাইম বেস সার্কিটের প্রকারভেদ (Classification of time base circuit) ঃ

টাইম বেস সার্কিট/ভোল্টেজ সুইচ জেনারেটরকে প্রধানত নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা যায়, যেমন ঃ

১। বিজেটি মিলার টাইম বেস সার্কিট (BJT Miller time base circuit)

২। বুটস্ট্রাপ মিলার টাইম বেস সার্কিট (Bootstrap Miller time base circuit)

৩। জেফেট মিলার টাইম বেস সার্কিট (JFET Miller time base circuit)

৪। ডাবল বুটস্ট্রাপ জেফেট টাইম বেস সার্কিট (Double bootstrap JFET time base circuit)

৫। রিজেনারেটিভ সেলফ্ গেটিং মিলার টাইম বেস সার্কিট (Regenerative self gating Miller time base circuit)।

এ ছাড়াও নিম্নলিখিতভাবে ভাগ করা যায় ঃ

১। নিয়ন টাইম বেস সার্কিট (Neon time base circuit)

২। হার্ড ভ্যালু টাইম বেস সার্কিট (Hard value time base circuit)

৩। থাইরেট্রন টাইম বেস সার্কিট (Thyratron time base circuit)।

১১.১.২ টাইম বেস ওয়েভ ফর্মের প্রয়োজনীয়তা (The need of time base wave form) ঃ

Oscilloscope এর screen-এ beam-কে বাম হতে ডানে সরানোতে horizontal deflecting plate এর সাথে linearly increase করে এবং হঠাৎ করে Zero-তে fall করে এবং পুনরায় পূর্বের অবস্থানে ফিরিয়ে আনার জন্য voltage প্রয়োগ করা হয়। ফলে beam আবার পূর্বের ন্যায় screen এর উপর move করতে থাকে। Screen এর উপর এই repetition movement করানোর জন্য CRO-তে Time base সার্কিট ব্যবহার করা হয়। যে সার্কিটের মাধ্যমে এ প্রকার র‍্যাম্প ভোল্টেজ উৎপাদন করা হয়, তাকে টাইম বেস জেনারেটর বা সুইপ জেনারেটর বলে। সুইপ জেনারেটরের আউটপুট ভোল্টেজকে সুইপ ভোল্টেজ বলা হয়। এই ভোল্টেজ প্রাথমিকভাবে কিছু মান হতে শুরু হয়ে সময়ের সাথে সাথে রৈখিকভাবে সর্বোচ্চ মান পর্যন্ত বৃদ্ধি পায়, পরে আবার প্রাথমিক মানে ফিরে আসে। ফলে পুনরায় বীমকে চালনা করার জন্য CRO-তে টাইম বেস ওয়েভ ফর্মের দরকার হয়।

১১.১.৩ টাইম-বেস (Time-base) ঃ

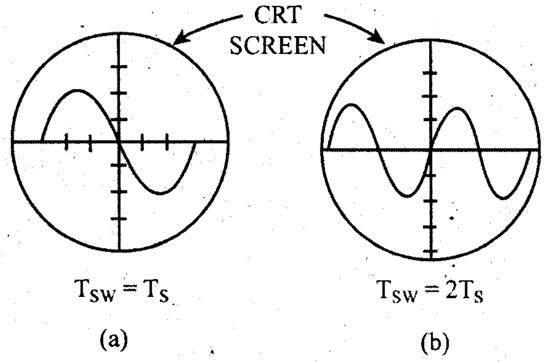
এটি একপ্রকার সার্কিট, যার মাধ্যমে ইলেকট্রনের স্পটকে আকাঙ্ক্ষিত মানে উল্লম্ব অথবা আনুভূমিক অক্ষরেখা বরাবর ডিফ্লেকশন করানো যায়।

যদি একটি ডিসি ভোল্টেজকে এক সেট ডিফ্লেকশন প্লেটে প্রয়োগ করা হয়, তবে স্পটটি একদিকে স্থানান্তরিত হবে। এক্ষেত্রে

ডিফ্লেকশন = ডিফ্লেকশন সেনসিটিভিটি × প্রয়োগকৃত ডিফ্লেকশন ভোল্টেজ।

যদি এসি ভোল্টেজকে ডিফ্লেকশন প্লেটে প্রয়োগ করা হয়, তবে স্পটটি প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের সমানুপাতে এদিক-সেদিক স্থানান্তরিত হবে। যদি ভোল্টেজটি ভার্টিক্যাল প্লেটে প্রয়োগ করা হয়ে থাকে, তবে স্পটটি একটি ভার্টিক্যাল সরলরেখা গঠন করবে। এই প্রকার লাইনের দৈর্ঘ্যের মান হবে অসিলোস্কোপে ওয়েভের ডিফ্লেকশন সেনসিটিভিটি × এসি ভোল্টেজের দ্বিগুণের সমান।

সাধারণত CRO-তে এসি ভোল্টেজ এবং সুইপ ভোল্টেজকে ডিফ্লেকটিং প্লেটে প্রয়োগ করে ইলেকট্রন বীমের স্পট তৈরি করা হয়। পাশের চিত্রে তা দেখানো হল।



চিত্র ঃ ১১.১ CRO-তে সুইপ ভোল্টেজ ও এসি ভোল্টেজের প্রভাব

১১.২ টাইম বেস ওয়েভ উৎপাদনের পদ্ধতিসমূহ (The methods of generation of time base wave form) ঃ

টাইম বেস ওয়েভ উৎপাদনের জন্য বহুবিধ পদ্ধতি রয়েছে, তথাপি নিচের পদ্ধতিসমূহ বহুল প্রচলিত ঃ

(ক) **এক্সপোনেনশিয়াল চার্জিং (Exponential charging)** ঃ এ পদ্ধতিতে একটি ক্যাপাসিটর একটি রেজিস্টরের মাধ্যমে ভোল্টেজ দ্বারা চার্জিত হয়। যার মান সরবরাহ ভোল্টেজ এর তুলনায় অনেক কম।

(খ) **কনস্ট্যান্ট কারেন্ট চার্জিং (Constant current charging)** ঃ এ পদ্ধতিতে একটি ক্যাপাসিটর সমান্তরালে একটি স্থির মানের কারেন্টের উৎস হতে চার্জিত হয়।

(গ) **মিলার ইনটিগ্রেশন (Miller integration)** ঃ এ পদ্ধতিতে একটি অপারেশনাল অ্যাম্প্লিফায়ার দ্বারা গঠিত ইন্টিগ্রেটর ব্যবহার করে র‍্যাম্প ওয়েভ ফর্মের একটি ধাপকে টাইম বেস ওয়েভে রূপান্তর করা হয়।

(ঘ) **বুটস্ট্রাপ (Bootstrap)** ঃ এ পদ্ধতিতে একটি স্থির কারেন্ট হিসাব করে একটি ক্যাপাসিটর ও ফিক্সড রেজিস্টরের আড়াআড়িতে স্থির ভোল্টেজ দেয়া হয়।

১১.৩ একটি ক্যাপাসিটরকে চার্জিং এবং ডিসচার্জিং করে স-টুথ ওয়েভ উৎপাদন (The generation of saw-tooth wave using charging and discharging of a capacitor) ঃ

একটি সাধারণ স-টুথ জেনারেটরের প্রয়োজনীয় উপকরণসমূহ (Basic requirements of a saw-tooth generator) ঃ স-টুথ জেনারেটরের প্রয়োজনীয় উপকরণসমূহ হল–

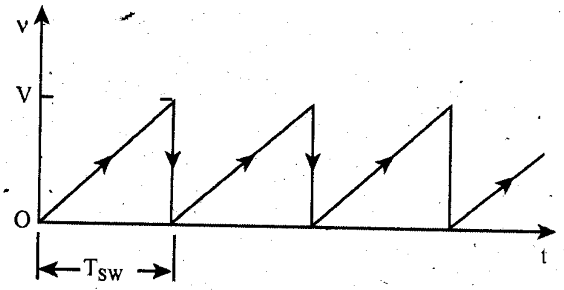
১। একটি ডিসি পাওয়ার সোর্স,

২। সুইচিং ডিভাইস,

৩। ক্যাপাসিটর,

৫। রেজিস্টর ইত্যাদি।

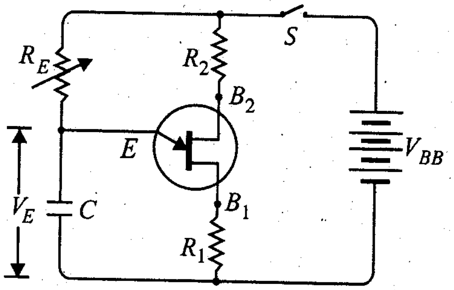
সার্কিটের কার্যাবলি (Circuit action) ঃ RC সার্কিটের V/I বৈশিষ্ট্যরেখা টাইম বেস ভোল্টেজ উৎপাদনের জন্য গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রাখে। আমরা জানি, টাইম কনস্ট্যান্ট $\lambda = RC$. এখানে RC-এর মানের উপর স-টুথ ওয়েভের রাইজিং সময় নির্ভরশীল। ফ্রিকুয়েন্সির মান সময়ের উল্টানুপাতিক। অর্থাৎ, $f = 1/\lambda$.



চিত্র ঃ ১১.২ স-টুথ ওয়েভ ফর্ম

১১.৩.১ UJT স-টুথ জেনারেটর (UJT Saw-tooth generator) ঃ

এ প্রকার স-টুথ জেনারেটর সার্কিটটি একটি পাওয়ার সোর্স, UJT এবং একটি R–C নেটওয়ার্কের সমন্বয়ে গঠিত। পাশের চিত্রে এ প্রকার অসিলেটর সার্কিট অংকন করে দেখানো হল।



চিত্র ঃ ১১.৩ UJT স-টুথ জেনারেটর সার্কিট

সার্কিটের কার্যাবলি (Circuit action) ঃ সার্কিটে পাওয়ার সুইচকে হঠাৎ বন্ধ করলে নিম্নোক্ত ঘটনাসমূহ সংগঠিত হয় ঃ

১। B_1 এবং B_2 হয়ে R_2 এবং R_1 দ্বারা অল্পমানের কারেন্ট প্রবাহিত হবে এবং E/B_1 জাংশনে একটি প্রারম্ভিক রিভার্স বায়াস প্রতিষ্ঠিত হবে।

২। একই সময় R_E এর সাথে সংযুক্ত ক্যাপাসিটর C চার্জিত হতে শুরু করবে। এই চার্জ গ্রহণের মান সময়ের সাথে সাথে V_P সর্বোচ্চ মান পর্যন্ত পৌঁছবে।

৩। ক্যাপাসিটর ভোল্টেজের মান ইমিটার ফায়ারিং ভোল্টেজ V_P এর সমান হলে, E/B_1 জাংশনটি ফরোয়ার্ড বায়াস প্রাপ্ত হবে এবং ইমিটারটি UJT-এর বৈশিষ্ট্যরেখার নেগেটিভ রিজিয়নে (Negative region) স্থাপিত হবে।

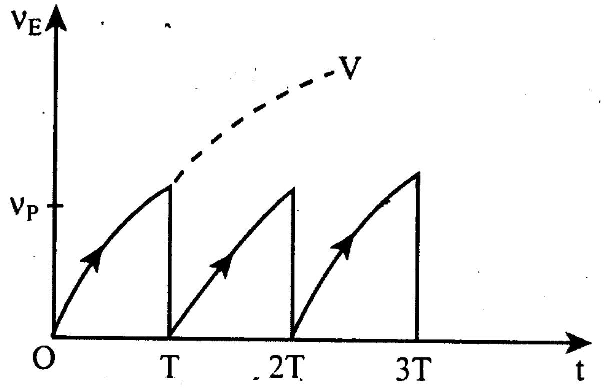
৪। ফরোয়ার্ড বায়াস প্রাপ্ত হওয়ায় E/B_1 জাংশনটি অত্যন্ত নিম্নমানের রেজিস্ট্যান্স প্রদর্শন করবে। ফলে ক্যাপাসিটর C বেস B_1 এবং R_1-এর সাহায্যে ডিসচার্জ হতে শুরু করবে।

৫। ক্যাপাসিটরে চার্জিং ভোল্টেজের মান শূন্য হলে, E/B_1 জাংশনটি পুনরায় রিভার্স বায়াস প্রাপ্ত হবে এবং কন্ডাকশন বন্ধ হয়ে যাবে।

৬। ক্যাপাসিটর C পুনরায় চার্জিত হবে, ফলে এ প্রকার ওয়েভ উৎপাদন পুনরাবৃত্তি ঘটবে।

১১.৪ নং চিত্রে ইমিটার ভোল্টেজের ওয়েভ ফর্ম অংকন করে দেখানো হল। এখানে দেখা যায় V_E-এর মান সূচক আকারে V ভোল্টেজ পর্যন্ত বৃদ্ধি পাচ্ছে। কিন্তু হঠাৎ E/B_1 জাংশনের কন্ডাকশনের ফলে সর্বোচ্চ মান V_P হতে অত্যন্ত নিম্ন মানে ড্রপ ঘটে।

যেহেতু R_E-এর মান বেশি, ফলে তুলনামূলকভাবে চার্জিং হার কম, কিন্তু R_1-এর মান কম হওয়ায় ডিসচার্জিং-এর সময় অত্যন্ত কম। এ প্রকার ধীরে চার্জ এবং দ্রুত ডিসচার্জের বৈশিষ্ট্য স-টুথ ওয়েভ উৎপাদন করে।



চিত্র ঃ ১১.৪ আউটপুট স-টুথ ওয়েভ

V_E-এর মান V_P পর্যন্ত বৃদ্ধি পেতে প্রয়োজনীয় সময় নিম্নোক্ত সমীকরণের মাধ্যমে পাওয়া যায়–

$$T = KRC$$

এখানে, $K = \log_e \frac{1}{1-\eta}$

এবং η = ইনট্রিনসিক স্ট্যান্ড-অফ অনুপাত

$$= \frac{R_{B_1}}{R_{B_1} + R_{B_2}}$$

R_{B_1} এবং R_{B_2} হল UJT-এর অভ্যন্তরীণ আন্তঃবেস রেজিস্ট্যান্স। UJT অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সির মান নিম্নোক্ত সমীকরণের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়–

$$f_O = \frac{1}{T} = \frac{1}{KRC}$$

এটির ওয়েভের বিস্তার প্রাথমিকভাবে V এবং V_p-এর মান দ্বারা নির্ণয় করা যায়।

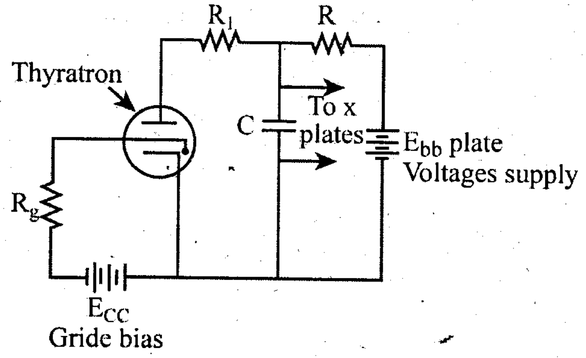
প্রয়োগ (Applications) ঃ স-টুথ ভোল্টেজ ওয়েভসমূহ সাধারণত নিম্নোক্ত ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়–

১। TV রিসিভারের পিকচার টিউবে সুইপ ভোল্টেজ হিসাবে।

২। অসিলোস্কোপ এবং রাডারের পর্দায় সিগন্যাল প্রতিভাত করার জন্য সুইপ ভোল্টেজ হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

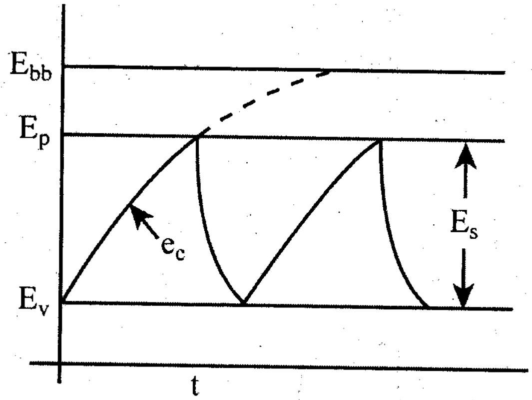
১১.৩.২ থাইরেট্রন স-টুথ জেনারেটর (Thyratron Saw-tooth generator) ঃ

১১.৫ নং চিত্রে একটি থাইরেট্রন ব্যবহার করে স-টুথ জেনারেটরের সার্কিট ডায়াগ্রাম অংকন করে দেখানো হল। সার্কিটে R_g গ্রিড সার্কিটের রক্ষণ রেজিস্টর (Protective resistor) হিসাবে এবং প্লেট সার্কিটের রক্ষণ কারেন্ট লিমিটিং রেজিস্টর হিসাবে R_1-কে ব্যবহার করা হয়। টিউবের কারেন্ট রেটিংয়ের উপর R_1-এর মান নির্ভরশীল। যদি $R >> R_1$ হয় তবে চার্জিং সময়ের তুলনায় ডিসচার্জিং সময়ের মান অত্যন্ত কম হবে।



চিত্র ঃ ১১.৫ থাইরেট্রন স-টুথ জেনারেটর

সার্কিটের কার্যাবলি অনুধাবনের জন্য মনে করি ক্যাপাসিটর C প্রাথমিকভাবে চার্জবিহীন অবস্থায় রয়েছে। সুইচ S-কে বন্ধ করলে ক্যাপাসিটরটি R-এর মাধ্যমে E_{bb} ভোল্টেজ দ্বারা চার্জিত হতে শুরু করবে। এই চার্জ গ্রহণের মান সূচক আকারে বৃদ্ধি পাবে। এই মান থাইরেট্রনের ব্রেকডাউন পটেনশিয়াল পর্যন্ত অবিরত বৃদ্ধি পেতে থাকবে। তারপর থাইরেট্রনটি ফায়ার হবে এবং ক্যাপাসিটরটি দ্রুত থাইরেট্রন দ্বারা ডিসচার্জ হয়ে যাবে। তারপর ক্যাপাসিটর পুনরায় RC-এর টাইম কনস্ট্যান্ট অনুসারে চার্জিত হতে থাকবে ও একই প্রক্রিয়ার পুনরাবৃত্তি ঘটবে। পাশে তার ওয়েভের আকার দেখানো হল।



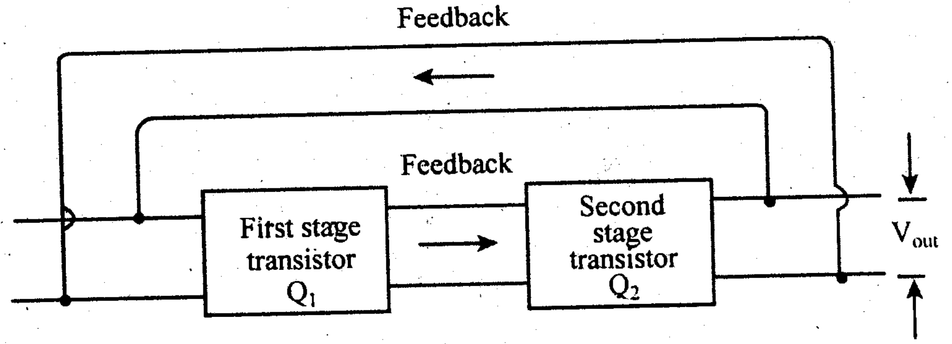
চিত্র ঃ ১১.৬ উৎপাদিত স-টুথ ভোল্টেজ

R এবং C-এর মান অথবা ফায়ারিং পটেনশিয়াল V_S-এর মানের পরিবর্তন করে অসিলেশনের মান পরিবর্তন করা যায়। R এবং C-কে সরাসরি সমন্বয় করা যায়, অন্যদিকে V_S-কে গ্রিড বায়াস ভোল্টেজ E_{CC}-এর সাহায্যে নিয়ন্ত্রণ করা হয়। সচরাচর গ্রিড বায়াসের মান স্থির থাকে এবং R-এর মান পরিবর্তন করে ফ্রিকুয়েন্সি নিয়ন্ত্রণ করা হয়।

১১.৪ মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের বৈশিষ্ট্য (The features of multivibrator circuits) ঃ

মাল্টিভাইব্রেটর এমন এক প্রকার ইলেকট্রনিক সার্কিট, যা স্কোয়ার ওয়েভ অথবা অন্যান্য নন-সাইনোসয়ডাল ওয়েভ উৎপাদন করে।

মাল্টিভাইব্রেটর একপ্রকার সুইচিং সার্কিট, যার অপারেশন পজিটিভ ফিডব্যাকের উপর নির্ভরশীল। এটি মূলত দুই ধাপের অ্যাম্প্লিফায়ার, যার একটির আউটপুট ফিডব্যাক করে অন্যটির ইনপুটে এবং অন্যটির আউটপুট পূর্ববর্তী অ্যাম্প্লিফায়ারটির ইনপুটে দেয়া হয়। ১১.১ নং চিত্রে এ প্রকার মাল্টিভাইব্রেটরের ব্লক ডায়াগ্রাম অংকন করে দেখানো হল।

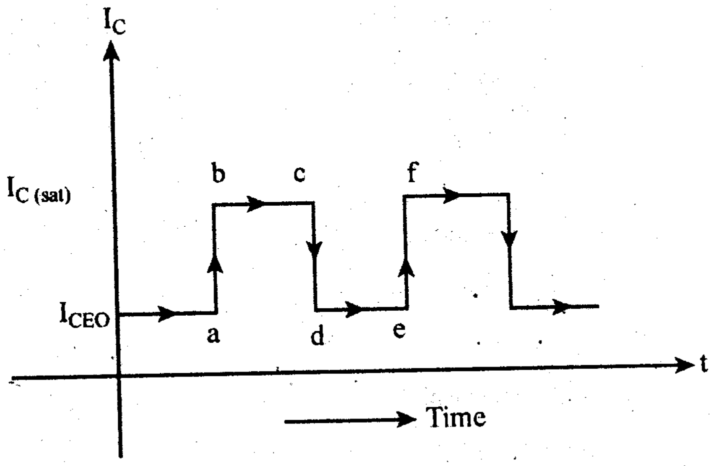


চিত্র ঃ ১১.৭ মাল্টিভাইব্রেটরের ব্লক ডায়াগ্রাম

সার্কিটের অবস্থানের মাধ্যমে নিয়ন্ত্রিত হয়ে সার্কিটটি দুটি স্টেটে কাজ করতে পারে। প্রতিটি অ্যাম্প্লিফায়ারের স্টেজসমূহ অন্যটিকে এমনভাবে ফিডব্যাক প্রদান করে যাতে একটি স্টেজ স্যাচুরেশন (ON স্টেট) এবং অন্যটি কাট-অফ (Cut-off স্টেটে) যায়।

কিছু সময় পরে সার্কিটের শর্তের উপর নির্ভর করে কাজটি বিপরীত হয় অর্থাৎ স্যাচুরেশন (Saturation) স্টেজটি কাট-অফে (Cut-off) এবং কাট-অফ স্টেজটি স্যাচুরেশনে যায়। সার্কিটের অবস্থানের উপর নির্ভর করে আউটপুটে রেকটেংগুলার অথবা স্কোয়ার ওয়েভ পাওয়া যায় এবং যে কোন একটি স্টেজ হতে আউটপুট সিগন্যাল নেয়া হয়।

উপরের ১০০% পজিটিভ ফিডব্যাকযুক্ত দুই স্টেজের অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট হতে দেখা যায়, কোন নির্দিষ্ট সময় পরে একটি ট্রানজিস্টর অন (ON) হবে এবং I_c (sat) কারেন্ট প্রবাহিত হবে ও অন্য ট্রানজিস্টরটি অফ (OFF) থাকবে। এই অবস্থান কিছু সময় জুড়ে থাকার পর Q_2 কাট-অফে এবং Q_1 অন অবস্থানে যাবে ও I_c (sat) প্রবাহিত হবে। নিম্নে ১১.২ নং চিত্রে ওয়েভের আকার দেখানো হল–



চিত্র ঃ ১১.৮ মাল্টিভাইব্রেটরের ওয়েভফর্ম

১১.৫ মাল্টিভাইব্রেটর (Multivibrator) ঃ

মাল্টিভাইব্রেটর এক ধরনের দুই ধাপবিশিষ্ট অ্যাম্প্লিফায়ার। এখানে একটি স্টেজকে অন্য স্টেজের সাথে এমনভাবে কাপলিং করা থাকে যাতে একটি ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুট অন্য অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট হিসাবে কাজ করে। এ প্রকার অ্যাম্প্লিফায়ারে পজিটিভ ফিডব্যাক ব্যবহার করা হয়। এই ফিডব্যাকের প্রভাবে একটি ট্রানজিস্টর অন হলে অন্যটি অফ হবে। ট্রিগারিং ও সার্কিট ব্যবস্থার জন্য আবার এ অবস্থা সম্পূর্ণরূপে পরিবর্তিত হয়ে যায়।

মাল্টিভাইব্রেটর সমূহকে–

১। ফ্রিকুয়েন্সি ডিভাইডার,

২। স-টুথ জেনারেটর,

৩। স্কোয়ার ওয়েভ এবং পাল্‌স জেনারেটর,

৪। আদর্শ মানের ফ্রিকুয়েন্সির উৎস,]

৫। রাডার এবং TV সার্কিট,

৬। কম্পিউটারে মেমরি ইলিমেন্ট

ইত্যাদি হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

১১.৫.১ মাল্টিভাইব্রেটরের প্রকারভেদ চিহ্নিতকরণ (Identification of the types of multivibrator) ঃ

মাল্টিভাইব্রেটর মূলত দুই স্টেজবিশিষ্ট অ্যাম্প্লিফায়ার, যার একটি আউটপুট অন্যটির ইনপুটে ফিডব্যাক করা আছে। যে কোন মুহূর্তে একটি ট্রানজিস্টর অন (ON) থাকবে এবং অন্যটি অফ (OFF) থাকবে। সার্কিটে কম্পোনেন্টসমূহের উপর ভিত্তি করে স্টেজটি তাদের অবস্থান বিপরীত করবে ও কন্ডাকটিং স্টেজটি হঠাৎ কাট-অফ হবে, ফলে তৎক্ষণাৎ নন-কন্ডাকটিং স্টেজটি কন্ডাকশনে যেতে শুরু করবে। মাল্টিভাইব্রেটরের দুটি সম্ভাব্য অবস্থান হল–

	ON	OFF
প্রথম স্টেট	Q_1	Q_2
দ্বিতীয় স্টেট	Q_2	Q_1

দুটি স্টেজ-এর স্টেট পরিবর্তনের বৈশিষ্ট্য অনুসারে, মাল্টিভাইব্রেটরসমূহকে নিম্নোক্ত তিন ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

১। অ্যাস্ট্যাবল অথবা ফ্রি রানিং মাল্টিভাইব্রেটর (Astable or free running multivibrator).

২। মনোস্ট্যাবল অথবা ওয়ান-শট মাল্টিভাইব্রেটর (Monostable or one-shot multivibrator).

৩। বাইস্ট্যাবল অথবা ফ্লিপ-ফ্লপ মাল্টিভাইব্রেটর (Bi-stable or flip-flop multivibrator) ইত্যাদি।

১। **অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর (Astable multivibrator) ঃ** যে মাল্টিভাইব্রেটর বাহির হতে কোন ভোল্টেজ স্পন্দন ছাড়াই কিছুক্ষণ পর পর আলাদাভাবে ভোল্টেজ স্পন্দন বা তরঙ্গাকৃতি বর্ধিত করতে পারে, তাকে অ্যাস্ট্যাবল বা ফ্রিং রানিং মাল্টিভাইব্রেটর বলে।

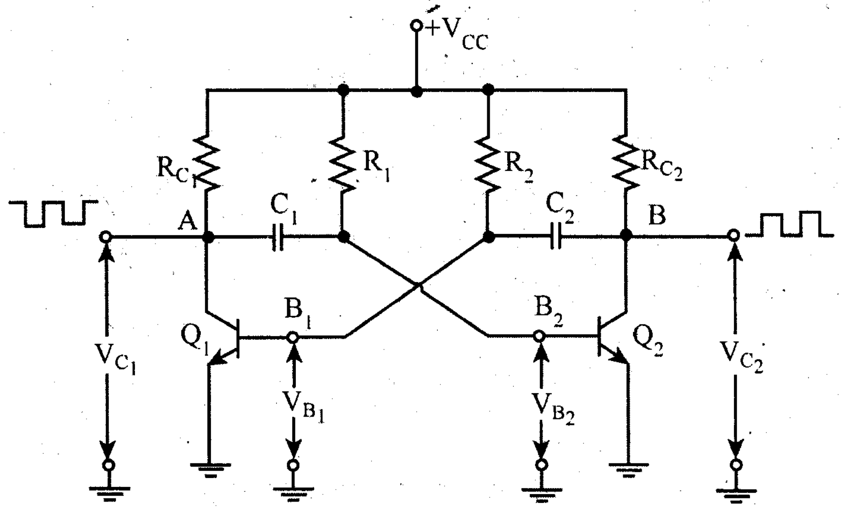
২। **মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর (Monostable multivibrator) ঃ** যে মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট এর একটি ট্রানজিস্টর সবসময় কন্ডাকশনে থাকে এবং অপরটি কাট-অফ অবস্থায় থাকে, তাকে মনোস্ট্যাবল বলে। একে ওয়ান-শুট মাল্টিভাইব্রেটরও বলে। ইনপুটে পালস ট্রিগার করার ফলে সার্কিট অর্ধ স্থির স্টেটে থেকে যায়, তবে এই অবস্থান সার্কিট কনস্ট্যান্টসমূহের মানের উপর নির্ভরশীল। এই সময় পরে সার্কিটটি প্রাথমিক স্থির অবস্থানে ফিরে আসে।

৩। **বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর (Bistable multivibrator) ঃ** যে মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের দুইটি স্ট্যাবল স্টেট থাকে, তাকে বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর বলে। একে ফ্লিপ-ফ্লপ মাল্টিভাইব্রেটরও বলে। কেবলমাত্র যখন ট্রিগারিং পালস প্রয়োগ করা হয়, তখন এটি কাজ করে। অপারেশনটির স্টেট এক অবস্থান হতে অন্য অবস্থানে পরিবর্তনের জন্য এতে বহিস্থ ট্রিগারিং পালস ব্যবহার করতে হয়।

১১.৬ অ্যাস্ট্যাবল, মনোস্ট্যাবল এবং বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের ওয়েভ শেপ সহকারে কার্যাবলি (The operation of astable monostable and bistable multivibrator circuits with wave shapes) ঃ

(ক) অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর (Astable multivibrator) ঃ একই জাতীয় দুটি ট্রানজিস্টর ব্যবহার করে কালেক্টর কাপল্ড অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর বর্তনী ১১.৩ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। বস্তুত এটি দুই ধাপের কমন ইমিটার (CE) অ্যাম্প্লিফায়ার, যার প্রতিটির সাথে ফিডব্যাক সংযোগ রয়েছে। খুব শক্তিসম্পন্ন ফিডব্যাক সিগন্যালের জন্য ট্রানজিস্টরটি সম্পৃক্ত (Saturation) অবস্থা অথবা কাট-অফ (Cut-off) অবস্থায় থাকে।

Q_1 ট্রানজিস্টরটিকে V_{CC} এবং R_1 এর দ্বারা ফরোয়ার্ড বায়াস করা হয়। অন্যদিকে Q_2 ট্রানজিস্টরকে V_{CC} এবং R_2 দ্বারা ফরোয়ার্ড বায়াস করা হয়। Q_1 এবং Q_2 এর জন্য কালেক্টর-ইমিটার ভোল্টেজ যথাক্রমে V_{C_1}এবং V_{C_2}। Q_1 এর আউটপুট C_2 এর সাহায্যে Q_2 এর ইনপুটে সংযুক্ত করা আছে। অন্যদিকে Q_2 এর আউটপুট C_1 এর সাহায্যে Q_1 এর ইনপুটে সংযুক্ত করা আছে।



চিত্র ঃ ১১.১১ অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট

সার্কিটের কার্যপ্রণালি (Circuit Operation) ঃ সার্কিটে ফিডব্যাকের বিষয়টি বিবেচনা করলে এর কার্যকারিতা সহজেই বুঝা যায়। সুইচ S-কে সংযুক্তির মাধ্যমে পাওয়ার অন করলে একটি ট্রানজিস্টর অন্যটির কিছুটা পূর্বেই পরিবহনে (Conduction) যেতে শুরু করবে। অর্থাৎ Q_1 দ্রুত সম্পৃক্ত (Saturation) অবস্থায় যাবে এবং Q_2 কাট-অফ এ থাকবে।

এ বিষয়ে নিম্নলিখিত ঘটনাবলি ঘটবে ঃ

১। Q_1-এ সম্পৃক্ত অবস্থা সৃষ্টি হলে, সম্পূর্ণ V_{CC} ড্রপ R_{C_1} এর সাপেক্ষে পাওয়া যাবে। $V_{C_1} = 0$ হবে, A বিন্দু 0 অথবা গ্রাউন্ড পটেনশিয়ালে থাকবে।

২। Q_2 কাট-অফ হলে, বিদ্যুৎ পরিবহন করবে না, R_{C_2} এর সাপেক্ষে কোন ড্রপ পাওয়া যাবে না। এভাবে B বিন্দুতে V_{CC} ভোল্টেজ পাওয়া যাবে।

৩। A বিন্দুতে 0 ভোল্টেজ হলে, R_2 এর দ্বারা C_2 চার্জ হতে থাকবে।

৪। C_2 এর সাপেক্ষে ভোল্টেজ পর্যাপ্ত হলে (০.৭ এর বেশি) Q_2 এর বেস ফরোয়ার্ড বায়াস হয়, যার ফলে Q_2 পরিবহনে যেতে শুরু করবে এবং দ্রুত সম্পৃক্ত অবস্থায় যাবে।

৫। Q_2 সম্পৃক্ত অবস্থায় যেতে শুরু করলে V_{C_2} কমতে থাকবে এবং প্রায় শূন্য মানে পৌছাবে। B বিন্দুতে পটেনশিয়াল কমে V_{CC} থেকে প্রায় শূন্য মানে নেমে আসে। এভাবে Q_1 সম্পৃক্ত অবস্থা থেকে কাট-অফ এ চলে যায়।

৬। B বিন্দুতে 0 ভোল্টেজের অবস্থায় R_1 এর সাহায্যে C_1 চার্জিত হতে শুরু করে।

৭। C_1 এর সাপেক্ষে ভোল্টেজ পর্যাপ্ত পরিমাণে বৃদ্ধি পেলে Q_1 ফরোয়ার্ড বায়াস হয় এবং পরিবহনে যেতে শুরু করে। একইভাবে সম্পূর্ণ চক্রটির পুনরাবৃত্তি ঘটতে থাকে।

এখানে দেখা যাচ্ছে, সার্কিটে অবস্থার পরিবর্তন ঘটছে, অর্থাৎ Q_1 অন (ON) হলে, Q_2 অফ (OFF) হচ্ছে। আবার Q_2 অন হলে Q_1 অফ হয়। একই সময়ে একটি ট্রানজিস্টরে সম্পৃক্ত অবস্থা হলে, অন্যটি কাট-অফ এ থাকছে। এর প্রতিটি অবস্থার সময়কাল RC টাইম কনস্ট্যান্ট মানের সমান। ট্রানজিস্টরের একের পর এক সম্পৃক্ত এবং কাট-অফ অবস্থার জন্য ভোল্টেজ তরঙ্গাকৃতি (Wave form) কালেক্টরে (A এবং B বিন্দু) পাওয়া যাবে, যা V_{CC} এর সমান বিস্তারের (Amplitude) বর্গাকার তরঙ্গাকৃতির সৃষ্টি করবে (চিত্র ১১.৪)।

সুইচিং টাইম (Switching time) ঃ

Q_1 ট্রানজিস্টরের জন্য বন্ধের সময় (off time) হবে,

$T_1 = 0.69R_1C_1$

এবং Q_2 এর জন্য হবে,

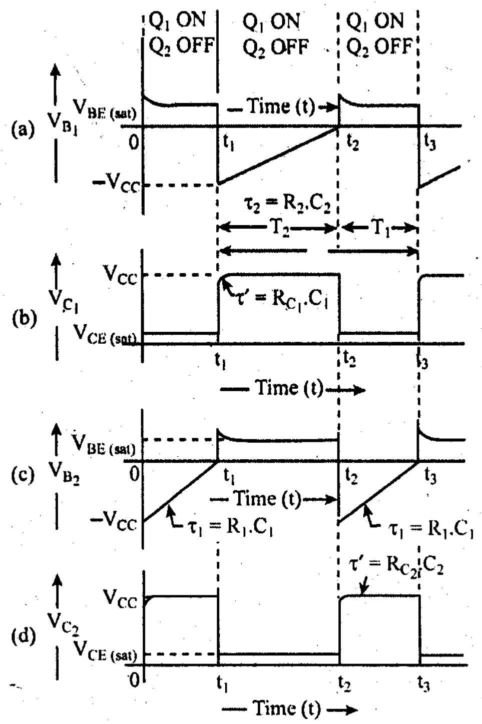
$T_2 = 0.69R_2C_2$

তরঙ্গের মোট সময়কাল হবে, $T = T_1 + T_2$

$$= 0.69\,(R_1C_1 + R_2C_2)$$

যদি $R_1 = R_2$ হয়, এবং $C_1 = C_2 = C_3$ হয়,

তবে $T = 1.38\ RC$



চিত্র ঃ ১১.১২ অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের টাইমিং ডায়াগ্রাম

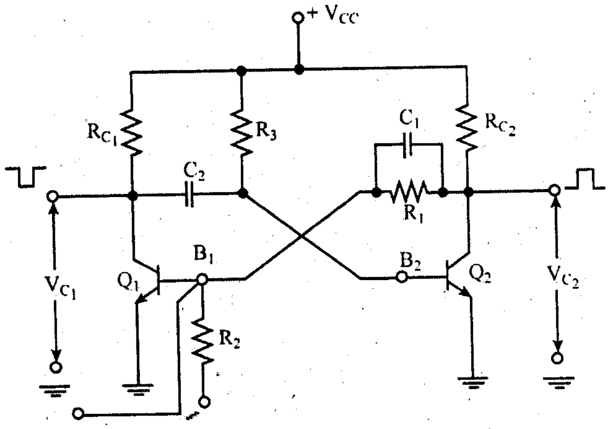
অসিলেশনের ফ্রিকুয়েন্সি (Frequency of Oscillation) ঃ

অসিলেশনের ফ্রিকুয়েন্সিকে নিচের সূত্রানুসারে লেখা যায়,

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.38RC} = \frac{0.7}{RC}$$

(খ) মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর (Monostable multivibrator) ঃ ১১.১৩ নং চিত্রে কালেক্টর কাপল্ড মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট দেখানো হয়েছে। এখানে Q_1 এবং Q_2-তে একই ধরনের দুইটি ট্রানজিস্টর ব্যবহার করা হয়েছে। Q_1 ট্রানজিস্টরের কালেক্টর ক্যাপাসিটি C_2 এর মাধ্যমে Q_2 ট্রানজিস্টরের বেসে সংযুক্ত। আবার Q_2 ট্রানজিস্টরের কালেক্টর R_1 রেজিস্টর দ্বারা Q_1 ট্রানজিস্টরের বেসে সংযুক্ত। এ সার্কিটের কার্যপ্রণালি নিম্নরূপে ব্যাখ্যা করা যায় ঃ

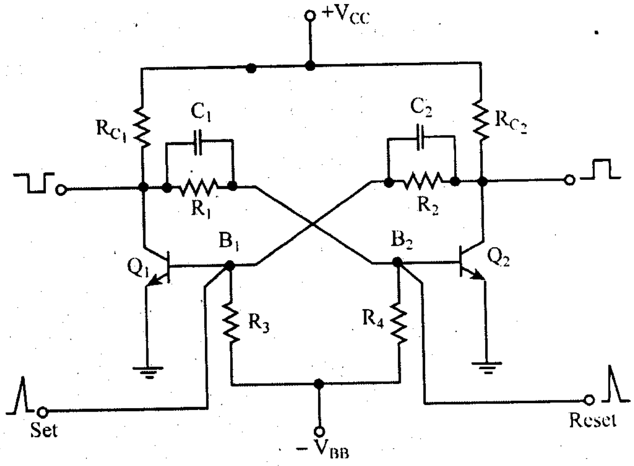
স্বাভাবিক অবস্থায় অর্থাৎ বাহ্যিক সংকেত বা পালসের অনুপস্থিতিতে বেসে নেগেটিভ বায়াস থাকার কারণে Q_1 ট্রানজিস্টরটি নিষ্ক্রিয় থাকে। V_{CC} থেকে রেজিস্টর R_3 এর মাধ্যমে Q_2 ট্রানজিস্টরের বেসে উপযুক্ত সরবরাহ থাকার কারণে এটি সচল হয়। এমতাবস্থায় Q_1 এর বেসে পজিটিভ পালস্ প্রয়োগ করলে ট্রানজিস্টরটি সক্রিয় হয় এবং সম্পৃক্ত অবস্থায় যায়। ফলে R_{C_1} এর আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ড্রপ বেড়ে যায় এবং V_{C_1} এর আড়াআড়িতে কমে যায়। Q_1 ট্রানজিস্টরের কালেক্টরের এই পরিবর্তন Q_2 এর বেসে আরোপিত হয় এবং Q_2 এর বেসের ফরোয়ার্ড বায়াসকে কমিয়ে দেয়। ফলে Q_2 কাট-অফ হয়ে যায়।



চিত্র ঃ ১১.১৩ মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট

কিন্তু বর্তনীর এ অবস্থা একটি নির্দিষ্ট সময় পর্যন্ত থাকে, তারপর পূর্বাবস্থায় ফিরে আসে। কেননা এ অবস্থায় C_2 ক্যাপাসিটরটি V_{CC} থেকে R_3 এর মাধ্যমে RC সময় ধ্রুবকে (Time constant) চার্জিত হতে থাকে এবং অবশেষে পূর্ণ চার্জিত হওয়ার কারণে Q_2 এর বেসে উপযুক্ত সরবরাহ আরোপিত হওয়ার ফলে বর্তনীর অবস্থা আবার পূর্বের মতো অর্থাৎ স্থিরাবস্থায় ফিরে আসে। এখানে দেখা যাচ্ছে, প্রায় স্থায়ী অবস্থা থেকে স্থায়ী অবস্থায় ফিরে আসতে কোন বাহ্যিক পালসের প্রয়োজন হয় না, যা শুধুমাত্র RC সময় ধ্রুবকের উপর নির্ভর করছে। সুতরাং RC সময় ধ্রুবককে নির্বাচন করে স্পন্দনের হার বাড়ানো বা কমানো যেতে পারে। এটাই মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের কার্যনীতি।

(গ) বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর (Bistable multivibrator) ঃ বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট ১১.১৪ নং চিত্রে দেখানো হয়েছে। এ মাল্টিভাইব্রেটরের কার্যকারিতায় দুইটি স্থায়ী অবস্থা থাকে। উদাহরণস্বরূপ, ট্রানজিস্টর Q_1 কন্ডাকশনে থাকে সেই সাথে Q_2 কাট-অফ এ থাকে অথবা Q_1 কাট-অফ এর সাথে Q_2 কন্ডাকশন অবস্থায় থাকতে পারে। যদি বাইরে থেকে কোন ট্রিগার পালস্ প্রয়োগ করা না হয়, তবে এটা স্থায়ী হয়। আমরা এ মাল্টিভাইব্রেটরের কার্যকারিতাকে ৩টি ধাপে বর্ণনা করব।



চিত্র ঃ ১১.১৪ বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট

১। কোন বাহ্যিক ট্রিগার পালসের অনুপস্থিতিতে ঃ কালেক্টর ভোল্টেজ প্রতিটি ট্রানজিস্টরে প্রয়োগ করা হলে প্রতিটিই পরিবহন অবস্থায় পৌছায়। একটি ট্রানজিস্টর সর্বদাই অপরটির চেয়ে বেশি পরিবহনে (Conduction) যায়। এ অসম কালেক্টর কারেন্টের জন্য মাল্টিভাইব্রেটরের ক্রিয়া শুরু হয়।

ধরা যাক, ট্রানজিস্টর Q_1, Q_2 এর চেয়ে বেশি পরিবহনে (Conduction) বিদ্যমান রয়েছে, তখন Q_1 এর কালেক্টর ভোল্টেজ কমতে থাকবে। Q_1 এর কালেক্টর ভোল্টেজ R_1R_4 ভোল্টেজ বিভক্তিকরণ বর্তনীর সাহায্যে Q_2 এর বেসে আরোপিত হয়। ফলে Q_2 এর কালেক্টর ভোল্টেজ বৃদ্ধি পায়। Q_2 এর এই বাড়তি কালেক্টর ভোল্টেজ Q_1 এর বেসে ভোল্টেজ বিভক্তিকরণ বর্তনীর মাধ্যমে প্রযুক্ত হয়, এতে বেসটি অধিক পজিটিভ হয় এবং Q_1 এর কালেক্টর ভোল্টেজ আবারো কমতে থাকে। Q_1 এর কালেক্টর ভোল্টেজ কমার কারণে Q_2 এর বেস আরো ঋণাত্মক বা নেগেটিভ হয়। এ প্রক্রিয়ায় শেষ পর্যন্ত Q_2 নিষ্ক্রিয় বা কাট-অফ এ যাবে। এ অবস্থায় বেস ভোল্টেজ কমালেও Q_2 এর কালেক্টর ভোল্টেজ বাড়বে না অর্থাৎ অবিচল অবস্থায় পৌছায়। বাহ্যিক কোন যোগ্য পালস্ প্রয়োগ করা না হলে, এ অবস্থা অনির্দিষ্ট সময় পর্যন্ত স্থির থাকবে।

২। **প্রথম পালসের প্রয়োগ ঃ** এখন Q_2 এর বেসে একটি পজিটিভ পালস প্রয়োগ করলে Q_2 কন্ডাকশনে যাবে। Q_2 এর কন্ডাকশনের জন্য এর কালেক্টর ভোল্টেজ কমতে থাকবে, যা Q_1 এর এর বেসকে কম পজিটিভ করবে এবং সেই সাথে Q_1 এর কালেক্টর ভোল্টেজ বৃদ্ধি পাবে, যা Q_2 এর বেসকে আরো পজিটিভ করবে। ফলে Q_2 আরও কন্ডাকশনে যাবে এবং এর কালেক্টর ভোল্টেজ আরও কমে Q_1 এর বেস কাট-অফ ভোল্টেজ নিয়ে যাবে। এ ক্রিয়া অবিরত চলতে থাকবে এবং শেষ পর্যন্ত Q_1 নিষ্ক্রিয় (Cut-off) আর Q_2 অনির্দিষ্ট সময় পর্যন্ত পরিবহন বা কন্ডাকশনে থাকবে। এ অবস্থা স্থায়ী, যদি কোন বাহ্যিক সিগন্যাল বা পালস্ প্রয়োগ না করা হয়।

৩। **দ্বিতীয় পালসের প্রয়োগ ঃ** এক্ষেত্রে পালসকে দ্বিতীয় ট্রানজিস্টরের বেসে প্রদান করা হয়। দ্বিতীয় পালস্ প্রয়োগের ফলে Q_1 পরিবহনে (Conduction) এবং Q_2 নিষ্ক্রিয় (Cut-off) হবে। উল্লেখ্য যে, দ্বিতীয় সংকেত প্রয়োগের জন্য পূর্বের অবস্থায় ফিরে আসবে অর্থাৎ আউটপুটে একটি সম্পূর্ণ চক্র উৎপন্ন হয়।

১১.৬.১ বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের জন্য ট্রিগারিং পদ্ধতি (The triggering techniques for bi-stable multivibrator circuit) ঃ

বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরকে সাধারণত দুই ভাবে ট্রিগারিং করা হয়। যথা–

১। অ্যাসিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং (Asymmetrical triggering)

২। সিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং (Symmetrical triggering) ইত্যাদি।

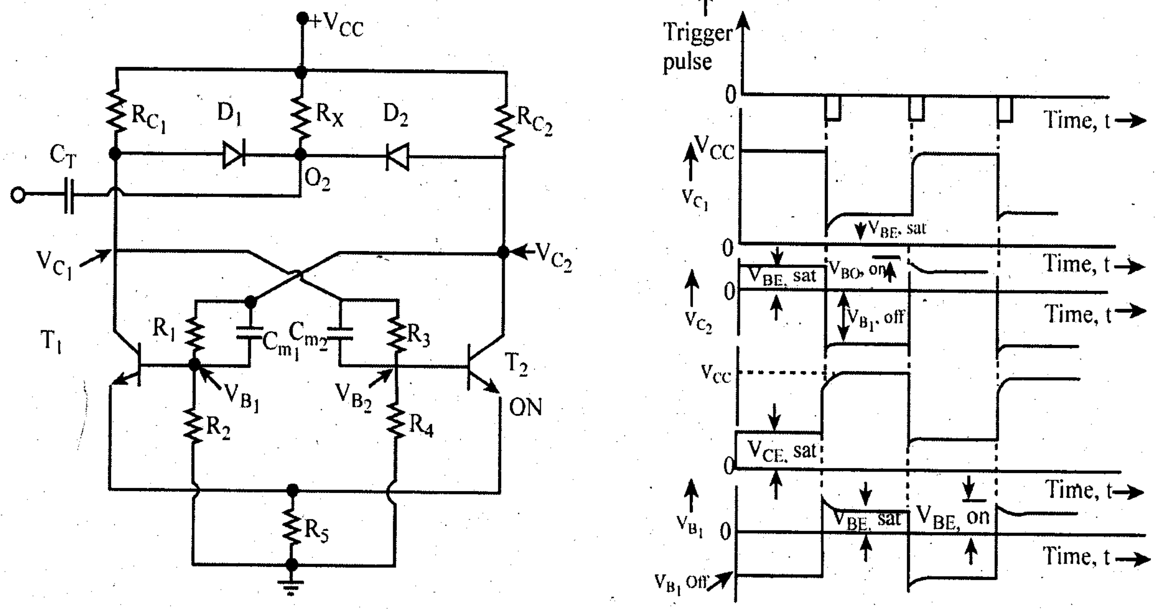
সিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং পদ্ধতিতে যে কোন একটি ট্রানজিস্টরের বেসে ট্রিগারিং পাল্‌স প্রদানের প্রক্রিয়ার উপর নির্ভর করে তিনভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

১। সিমেট্রিক্যাল কালেক্টর ট্রিগারিং (Symmetrical collector triggering)

২। সিমেট্রিক্যাল বেস ট্রিগারিং (Symmetrical base triggering)

৩। সিমেট্রিক্যাল হাইব্রিড ট্রিগারিং (Symmetrical hybrid triggering) ইত্যাদি।

সিমেট্রিক্যাল কালেক্টর ট্রিগারিং (Symmetrical collector triggering) ঃ নিচের চিত্রে সিমেট্রিক্যাল কালেক্টর ট্রিগারিং-এর জন্য মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট অংকন করে দেখানো হল–



চিত্র ঃ ১১.১৫ সিমেট্রিক্যাল কালেক্টর ট্রিগারিং সার্কিট

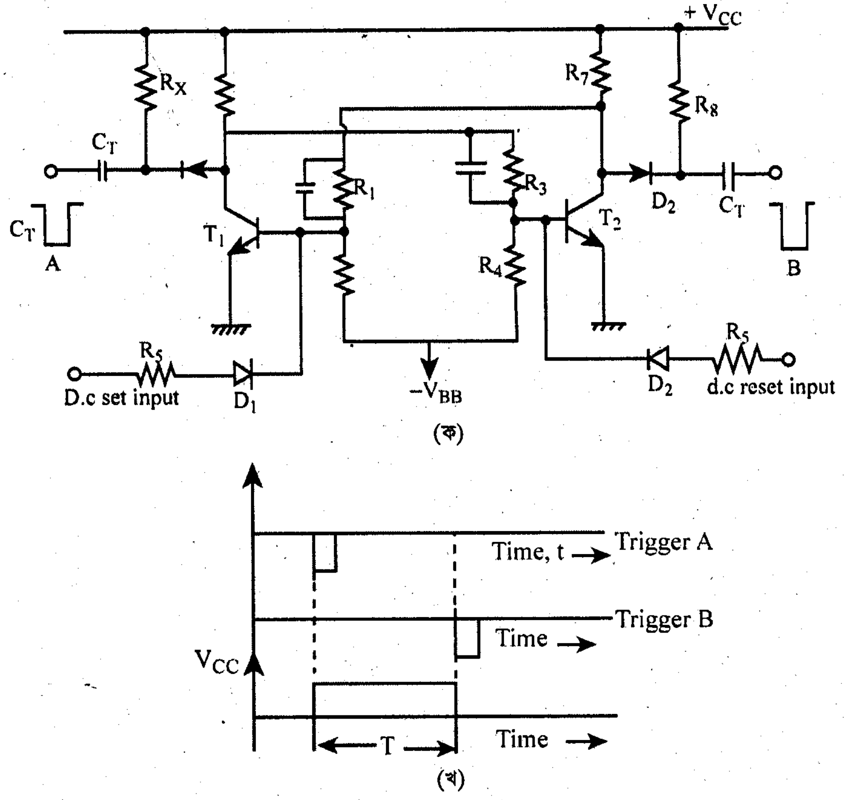
সার্কিটে C_T-কে কাপলিং ক্যাপাসিটর হিসাবে ব্যবহার করা হয়। R_X C_T নেটওয়ার্ক ডিফারেনশিয়েটিং সার্কিট গঠন করে। এই নেটওয়ার্ক দ্বারা ইনপুট পাল্স ডিফারেনশিয়েশন হয়ে D_1 এবং D_2 ডায়োডের P বিন্দুতে মিলিত হয়। D_1 ও D_2 ডায়োড যথাক্রমে T_1 ও T_2 ট্রানজিস্টরের সাথে সংযুক্ত থাকায় তা সিমেট্রিক্যাল সার্কিট গঠন করে।

মনে করি, T_1 ট্রানজিস্টরটি অফ, ফলে T_1 এর কালেক্টর ভোল্টেজ সরবরাহ ভোল্টেজের সমান হবে। D_1 ডায়োডের অ্যানোড ও ক্যাথোড একই পটেনশিয়াল V_{CC} প্রাপ্ত হবে। D_1 ডায়োডটি তাই ফরোয়ার্ড বায়াস প্রাপ্ত হয়। অন্যদিকে T_2 ট্রানজিস্টরের কালেক্টর সার্কিট R_{C_2} রেজিস্টরের আড়াআড়িতে ভোল্টেজ ড্রপ কালেক্টর ভোল্টেজকে কমিয়ে V_{C_2} এর সমান করবে। যেহেতু ডায়োড D_2 এর অ্যানোড এবং ক্যাথোড পটেনশিয়াল V_{CC} এর সমান, তাই D_2 ডায়োড রিভার্স বায়াস প্রাপ্ত হবে।

P বিন্দুতে ডিফারেনশিয়াল পাল্স তৈরি হয়। এই পাল্স স্টিয়ারিং ডায়োডদ্বয়ের পোলারিটি দ্বারা পজিটিভ পালসের সম্প্রচার পথকে ব্লক করে দেয়। ঋণাত্মক ট্রিগার পাল্স ডায়োড D_1 দ্বারা সৃষ্ট নিম্ন মানের ইম্পিড্যান্স পথ ধরে অগ্রসর হওয়ায় কাপলিং নেটওয়ার্ক $R_3C_{m_2}$ দ্বারা T_2 ট্রানজিস্টরের বেসে প্রয়োগ করা হবে।

এই ঋণাত্মক পাল্স রিজেনারেটিভ ফিডব্যাকে বৃদ্ধি করে ট্রানজিস্টর T_2-কে স্যাচুরেশন হতে কাট-অফ অবস্থানে নিয়ে যাবে এবং T_1 স্যাচুরেশনে যাবে। অর্থাৎ T_1 অন হলে T_2 অফ হবে।

অ্যাসিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং (Asymetrical triggering) ঃ নিচের চিত্রে বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর এর অ্যাসিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং পদ্ধতি দেখানো হল।



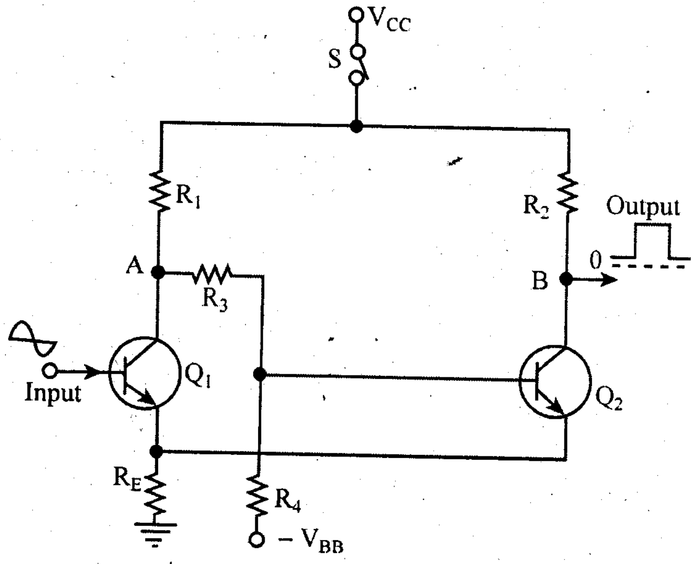
চিত্র ঃ ১১.১৬ (ক) নেগেটিভ পাল্স ব্যবহার করে অ্যাসিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং পদ্ধতি (খ) টাইমিং ডায়াগ্রাম

অ্যাসিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং পদ্ধতিতে দুটি ট্রানজিস্টর T_1 এবং T_2 এর জন্য দুটি ট্রিগার ইনপুটের প্রয়োজন হয়। প্রতিটি ট্রিগার ইনপুটের জন্য আলাদা আলাদা ট্রিগারিং উৎস থাকে। $R_X - C_T$ দ্বারা ডিফারেনশিয়েটিং নেটওয়ার্ক গঠন করা হয় এবং D ডায়োডটি ঋণাত্মক মেরুর পাল্সকে যেতে দেয়। প্রথমে T_1 অফ এবং T_2 ট্রানজিস্টরটি অন থাকে। প্রথম ট্রিগারিং পাল্স A সোর্স হতে কমুটেটিং ক্যাপাসিটর C দ্বারা প্রয়োগ করা হয়। ফলে রিজেনারেটিভ ফিডব্যাকের মাধ্যমে T_1 ট্রানজিস্টর অন এবং T_2 ট্রানজিস্টরটি অফ হবে। পরবর্তীতে পাল্স টার্মিনাল A এর মধ্যে প্রয়োগ করলে কোন প্রতিক্রিয়া হবে না। ফলে B প্রান্তে ট্রিগারিং পাল্স প্রয়োগ করলে অবস্থানসমূহ পরিবর্তিত হবে। অর্থাৎ T_1 ট্রানজিস্টরটি অফ এবং T_2 ট্রানজিস্টরটি অন হবে।

১১.৭ স্মিট ট্রিগার সার্কিটের কার্যপ্রণালির মূলনীতি (The principle of operation of Schmitt trigger circuit) ঃ

স্মিট ট্রিগার (Schmitt trigger) ঃ স্মিট ট্রিগার এক ধরনের বাইনারি সার্কিট (Binary circuit)। এটার দুটি বাইস্ট্যাবল স্টেট রয়েছে এবং ইনপুট ভোল্টেজের পরিমাণের মাধ্যমে সম্ভাব্য দুটি অবস্থান নির্ণয় করা হয়। এটাকে আবার ইমিটার কাপলকৃত বাইনারি অসিলেটরও বলা হয়। এখানে ইমিটার রেজিস্টর R_E এর মাধ্যমে কাপলিং করে ধনাত্মক ফিডব্যাক দেয়া হয়।

নিচের চিত্রে স্মিট ট্রিগার সার্কিট অংকন করা হল–



চিত্র ঃ ১১.১৭ স্মিট ট্রিগার সার্কিট

কুইসেন্ট শর্তসমূহ (The quiescent condition) ঃ

১। Q_2 স্যাচুরেশনে থাকবে

২। Q_1 কাট-অফে থাকবে

৩। Q_2 এর কালেক্টর ভোল্টেজের মান হবে 0V

৪। Q_1 এর কালেক্টর ভোল্টেজের মান হবে V_{CC}.

সার্কিটের কার্যাবলি (Circuit action) ঃ মনে করি, ইনপুটে এসি ভোল্টেজের পজিটিভ অর্ধসাইকেল প্রয়োগ করা হল। তবে নিম্নোক্ত ঘটনাগুলো সংগঠিত হবে ঃ

১। Q_1 কাট-অফ অবস্থান হতে বের হয়ে এসে কন্ডাক্ট করা শুরু করবে।

২। এটির কালেক্টর কারেন্ট বাড়তে থাকবে। ফলে কালেক্টর ভোল্টেজ হ্রাস পাবে।

৩। R_3 রেজিস্টরের মাধ্যমে এই ভোল্টেজ Q_2 এর বেসে যুক্ত থাকায় Q_2 এর বেসে ফরোয়ার্ড বায়াস হ্রাস পাবে।

৪। Q_2 এর কালেক্টর কারেন্ট হ্রাস পাবে, ফলে এর কালেক্টরে ভোল্টেজ ড্রপের পরিমাণ বৃদ্ধি পাবে।

৫। একইভাবে Q_1 এর কালেক্টর ভোল্টেজ পুনরায় কমে গেলে Q_2 আরো বেশি পরিমাণে কন্ডাক্ট করবে।

৬। ফলে Q_1 এর এই কালেক্টর ভোল্টেজের পতন Q_2-কে কাট-অফে নিয়ে যাবে।

সংক্ষেপে বলতে পারি Q_1 স্যাচুরেশনে কন্ডাক্ট করায় তার কালেক্টর ভোল্টেজের মান প্রায় শূন্য হবে। Q_2 কাট-অফে অবস্থান করায় তার কালেক্টর ভোল্টেজের মান V_{CC} এর সমান হবে।

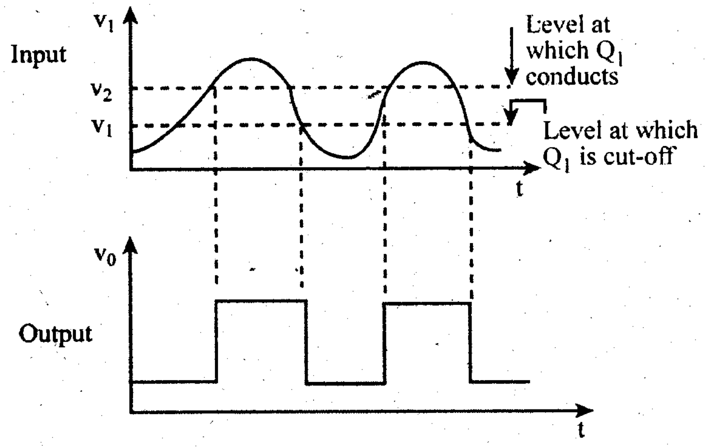
ইনপুট ভোল্টেজের নেগেটিভ অর্ধসাইকেলের জন্য (Negative half-cycle of the input voltage) ঃ ইনপুটে এসি ভোল্টেজের নেগেটিভ অর্ধসাইকেল প্রয়োগ করা হলে–

১। Q_1 রিভার্স বায়াস প্রাপ্ত হবে। ফলে তার কালেক্টর কারেন্টের পতন হবে এবং কালেক্টর ভোল্টেজ বৃদ্ধি পাবে।

২। এই বৃদ্ধিপ্রাপ্ত পজিটিভ ভোল্টেজ R_3 এর মাধ্যমে Q_2 এর বেসের সাথে যুক্ত থাকায় Q_2 স্যাচুরেশনে যাবে।

৩। Q_2 এর কালেক্টর ভোল্টেজ শূন্য হবে।

এই পরিবর্তনসমূহ একটি সাইকেল তৈরি করবে। তবে ইনপুট এসি ভোল্টেজের সাইকেল পুনরাবৃত্ত হলে তার আউটপুট সাইকেলও পুনরাবৃত্ত হবে। পাশের চিত্রে তা দেখানো হল–



চিত্র ঃ ১১.১৮ ইনপুট ও আউটপুট ওয়েভের আকার

আউটপুট পালসের প্রশস্ততা (Output pulse width) ঃ আউটপুট পালসের প্রশস্ততা Q_2 ট্রানজিস্টরের কন্ডাকটিং সময়ের মানের উপর নির্ভরশীল। এটা আবার ইনপুট ভোল্টেজ এবং ইমিটার রেজিস্টর R_E এর মানের উপরও নির্ভরশীল।

ব্যবহার (Uses) ঃ

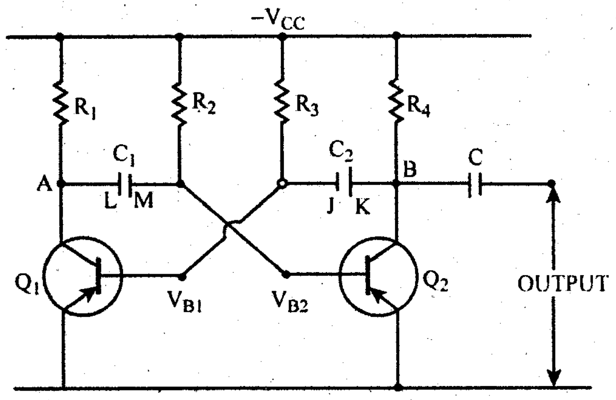
১। এটিকে বহুলভাবে স্কোয়ার ওয়েভ গঠনে ব্যবহার করা হয়।

২। তীক্ষ্ণ পাল্‌সসমূহের প্রান্তকে তা পুনরায় সঠিক মানে ফিরিয়ে আনে।

৩। এটি লেভেল ডিটেক্টর হিসাবেও কাজ করে।

১১.৮ সমাধানকৃত সমস্যাবলি (Solved problems) ঃ

উদাহরণ-১১.১। নিচের কালেক্টর কাপলড মাল্টিভাইব্রেটর-এর টাইম পিরিয়ড ও উৎপন্ন স্কয়ার ওয়েভ এর ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কর।



চিত্র ঃ অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট

সমাধান ঃ C_1 ক্যাপাসিটরটি যখন R_2 এর মাধ্যমে চার্জ হতে শুরু করে তখন এবং চার্জিং টাইম Q_1 এবং অন টাইম বা Q_2 এর অফ টাইম।

$$\therefore T_1 = R_2C_1 \ln \frac{V_{BB} + (V_{CC} - V_{B2on})}{V_{BB} - V_{B2on}}$$

যেহেতু Q_2 এর অফ, সুতরাং $V_{B_2} = 0$

$$\therefore T_1 = R_2C_1 \ln \frac{V_{BB} + V_{CC}}{V_{BB}}$$

আবার, $V_{BB} = V_{CC}$ হলে

$$\therefore T_1 = R_2\,C_1 \ln \frac{V_{CC} + V_{CC}}{V_{CC}}$$

$$= R_2C_1 \ln \frac{2V_{CC}}{V_{CC}}$$

$$= R_2C_1 \ln 2$$

বা, $T_1 = 0.69\,R_2C_1$

একইরূপে লেখা যায়, C_1 এর ডিসচার্জিং বা

Q_1 এর অফ টাইম বা Q_2 এর অন টাইম,

$T_2 = 0.69\,R_3C_2$ হয়।

অতএব, মাল্টিভাইব্রেটর এর উৎপন্ন স্কয়ার ওয়েভ এর মোট টাইম পিরিয়ড,

$T = T_1 + T_2$

$= 0.69\,(R_2C_1 + R_3C_2)$ সেকেন্ড

যদি সিমেট্রিক্যাল মাল্টিভাইব্রেটর হয়, তবে $R_2 = R_3 = R$ এবং $C_1 = C_2 = C$ হয়।

সেক্ষেত্রে,

$$T = 0.69 \times 2RC$$

$$= 1.38\ RC$$

$T \approx 1.4\ RC$ **(উত্তর)**

তাই উৎপন্ন স্কয়ার ওয়েভ-এর ফ্রিকুয়েন্সি,

$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.4\ RC} = \frac{0.7}{RC}$ Hz **(উত্তর)**

উদাহরণ-১১.২। একটি অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের $R_1 = R_2 = 10k\Omega$ এবং $C_1 = C_2 = 500$ pF হলে উক্ত সার্কিটের অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ দেওয়া আছে,

$R_1 = R_2 = 10\ k\Omega = 10 \times 1000\ \Omega$ এবং

$C_1 = C_2 = 500\ pF = 500 \times 10^{-12}F$

আমরা জানি,

Q_1 এর অন-টাইম বা Q_2 এর অফ-টাইম, $T_1 = 0.69\ (R_2C_1)$ (যেখানে, $R_2 = R_1$)

$= 0.69\ (10 \times 1000\ \Omega \times 500 \times 10^{-12}\ F)$

$= 0.00000345$ সেকেন্ড

Q_1 এর অফ-টাইম বা Q_2 এর অন-টাইম, $T_2 = R_3C_2$ (যেখানে, $R_3 = R_2$)

$= 0.69\ (10 \times 1000\ \Omega \times 500 \times 10^{-12}F)$

$= 0.00000345$ সেকেন্ড

$\therefore$ ওয়েভটির মোট টাইম পিরিয়ড, $T = T_1 + T_2$

$$= (0.00000345 + 0.00000345) \text{ সেকেন্ড}$$
$$= 0.0000069 \text{ সেকেন্ড}$$

সুতরাং উক্ত সার্কিটের অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি, $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.0000069} Hz = 144927.53 = 144927 \ Hz$

$$= 144.93 \ kHz \ \textbf{(উত্তর)}$$

উদাহরণ-১১.৩। একটি অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের $R_1 = R_2 = 10 \ k\Omega$ এবং $C_1 = C_2 = 0.01 \ \mu F$ হলে উৎপাদিত স্কয়ার ওয়েভের টাইম পিরিয়ড ও ফ্রিকুয়েন্সি বের কর।

সমাধান:

আমরা জানি, স্কয়ার ওয়েভটির মোট টাইম পিরিয়ড,

$$T = T_1 + T_2$$
$$= 0.69 (R_2 C_1 + R_3 C_2) \text{ সেকেন্ড}$$

যেহেতু $R_2 = R_3 = R$ ওহম

$C_1 = C_2 = C$ ফ্যারাড

$$\therefore T = 0.69 (RC + RC)$$
$$= 0.69 RC \times 2$$
$$\approx 1.4 RC \text{ সেকেন্ড}$$

এখানে, $R = 10 \ k\Omega = 10000 \ \Omega$

$C = 0.1 \mu F = 0.01 \times 10^{-6} F$

$$\therefore T = 1.4 \times RC$$
$$= 1.4 \times 10000 \times 0.01 \times 10^{-6}$$
$$= 0.00014 sec. \ \textbf{(উত্তর)}$$

$$\therefore f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.00014} = 7142.857 \ Hz$$
$$= 7.14 \ kHz \ \textbf{(উত্তর)}$$

উদাহরণ-১১.৪। যদি একটি সিমেট্রিক্যাল অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর এর $R_2 = R_3 = 20 \ k\Omega$ এবং $C_1 = C_2 = 100 \ pF$ হয় এবং $V_{CC} = V_{BB} = 10V$, $V_{BE} = V_{B_2}(on) = 0.7V$ হয়, তবে এর উৎপন্ন ওয়েভ এর (i) টাইম পিরিয়ড এবং (ii) ফ্রিকুয়েন্সি কত?

সমাধান: আমরা জানি,

$$\text{(i)} \quad T_1 = R_2 C_1 \ln\left(\frac{V_{BB} + (V_{CC} - V_{B_2}(on))}{V_{BB} - V_{B_2}(on)}\right)$$

$$T = 2T_1$$

$$\therefore T = 2 \times 20 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-12} \ ln\left(\frac{10 + 10 - 0.7}{10 - 0.7}\right)$$

$$\Rightarrow T = 4 \times 10^{-6} \ln\left(\frac{19.3}{9.3}\right)$$
$$= 2.92 \ \mu \ sec \ \textbf{(উত্তর)}$$

$$\text{(ii)} \quad f = \frac{1}{T}$$
$$= \frac{1}{2.92 \times 10^{-6}}$$
$$= \frac{10^6}{2.92}$$
$$= 342 \ kHz \ \textbf{(উত্তর)}$$

উদাহরণ-১১.৫। একটি Astable মাল্টিভাইব্রেটরের $R_1 = R_2 = 10k\Omega$ এবং $C_1 = C_2 = 500\ pF$ হলে উক্ত সার্কিটের অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কর।

সমাধান: দেওয়া আছে,

$$R_1 = R_2 = R = 10k\Omega = 10 \times 10^3\Omega$$

$$C_1 = C_2 = C = 500\ pF = 500 \times 10^{-12}F$$

আমরা জানি, $T = 1.38\ RC$

$$= 1.38 \times 10 \times 10^3 \times 500 \times 10^{-12}$$

$$= 6900 \times 10^{-9}$$

$$= 6.9 \times 10^{-6} \text{ সেকেন্ড}$$

আবার আমরা জানি, $f = \frac{1}{T}$

$$= \frac{1}{6.9 \times 10^{-6}}$$

$$= \frac{1000000}{6.9}$$

$$= 144927.5362\ Hz$$

$$= 144.93\ kHz$$

উদাহরণ-১১.৬। একটি অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের $R_1 = 2k\Omega$, $R_2 = 20k\Omega$, $C_1 = 0.01\mu F$ এবং $C_2 = 0.05\mu F$ হলে ঐ সার্কিটের টাইম পিরিয়ড ও অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কর।

সমাধান: এখানে, $R_1 = 2\ k\Omega$

$$= 2000\ \Omega$$

$$C_1 = 0.01\mu F$$

$$= 0.01 \times 10^{-6}\ F$$

$$R_2 = 20\ k\Omega$$

$$= 20000\ \Omega \text{ এবং}$$

$$C_2 = 0.05\mu F$$

$$= 0.05 \times 10^{-6}\ F$$

যে সময়ের জন্য যে কোন ট্রানজিস্টর অন বা অফ থাকে তা নিম্নে দেয়া হল–

(i) Q_1 এর অন টাইম বা Q_2 এর অফ টাইম,

$$T_1 = 0.69\ R_1\ C_1$$

(ii) Q_2 এর অন টাইম বা Q_1 এর অফ টাইম,

$$T_2 = 0.69\ R_2\ C_2$$

∴ স্কয়ার ওয়েভটির মোট টাইম পিরিয়ড,

$$T = T_1 + T_2$$

$$= 0.69\ (R_1\ C_1 + R_2\ C_2) \text{ সেকেন্ড}$$

$$\therefore T = 0.69\ (2 \times 10^3\ \Omega \times 0.01 \times 10^{-6}\ F + 20 \times 10^3\ \Omega \times 0.05 \times 10^{-6}F)$$

$$= 0.69 \times 1.02 \times 10^{-3}$$

$$= 7.038 \times 10^{-4} \text{ সেকেন্ড}$$

$$\therefore f = \frac{1}{T} = \frac{1}{7.038 \times 10^{-4}}$$

$$= 1420.85\ Hz$$

$$= 1420Hz$$

অনুশীলনী-১১

✪ অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর :

১। **টাইম বেস সার্কিটের প্রয়োজনীয়তা কী?** [বাকাশিবো-২০০৯, ১০(R), ১৩(পরি)]
অথবা, টাইম বেস সার্কিটের ব্যবহার লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর : Oscilloscope-এ ইলেকট্রন বীমের ডিফ্লেকশন ঘটাতে টাইম বেস সার্কিট ব্যবহৃত হয়।

২। **রিট্রেস টাইম কাকে বলে?** [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর : CRO-তে ইলেকট্রন গান অ্যাসেমব্লিতে ইলেকট্রন বীম স্পট ট্রেস করার পর পূর্ব অবস্থানে ফিরে আসতে যে সময় লাগে, তাকে রিট্রেস সময় বলে।

৩। **টাইম বেসব CRO-এর কোথায় ব্যবহার করা হয়?**

উত্তর : টাইম বেস সার্কিট CRO-এর ভার্টিক্যাল সেকশনে ইলেকট্রন গানে ব্যবহার করা হয়।

৪। **টাইম বেস সার্কিট কী?** [বাকাশিবো-২০০৯, ১০, ১২, ১৩, ১৩(R)]
অথবা, টাইম বেস সার্কিট কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১২(R)]
অথবা, টাইম বেস সার্কিট বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর : CRO-এর পর্দায় ইলেকট্রন বীমকে সময়ের সাথে পরিবর্তন করা হলে তাকে টাইম বেস বা সুইপ বলা হয়।

৫। **স-টুথ তৈরিতে কী কী ডিভাইস ব্যবহার করা হয়?**

উত্তর : স-টুথ ওয়েভ তৈরিতে R–C সার্কিট ও ট্রানজিস্টর অথবা থাইরেট্রন ব্যবহার করা হয়।

৬। **UJT অসিলেটরের টাইমিং পাল্স উৎপাদনের সমীকরণটি লেখ।**

উত্তর : UJT অসিলেটরের টাইমিং পাল্স উৎপাদনের সমীকরণটি হল– $T = KRC$

এখানে, $K = \log_e \frac{1}{1-\eta}$

৭। **বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর-এর নামকরণের কারণ কী?**

উত্তর : যেহেতু এ ধরনের মাল্টিভাইব্রেটর দুটি অবস্থাকে (0 বা 1) অনির্দিষ্ট কালের জন্য ধরে রাখতে পারে, সেজন্য একে বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর বলে।

৮। **বাইস্টেবল মাল্টিভাইব্রেটর বা ফ্লিপ-ফ্লপ সার্কিট বলতে কী বুঝ?**
অথবা, বাইস্টেবল মাল্টিভাইব্রেটর কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর : যে মাল্টিভাইব্রেটর এর দুইটি স্থায়ী অবস্থা আছে, তাকে বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর বলা হয়। যদি কোন পাল্স প্রয়োগ করা না হয় তবে যে অবস্থায় ছিল সেই অবস্থায়ই থাকে। আবার পাল্স প্রয়োগ করলে অনির্দিষ্ট কালের জন্য একইভাবে চলতে পারে যদি বাহির হতে সুইচিং এর মাধ্যমে এই অবস্থার পরিবর্তন করা না হয়। এটি কম্পিউটার-এর মেমরিতে ব্যবহৃত হয়।

৯। **বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের ট্রিগারিং কতভাবে হয়?**

উত্তর : বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের ট্রিগারিং দুই ভাবে হয়।

১০। **আনসিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং কী?**

উত্তর : আনসিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং বলতে পৃথক পৃথক সোর্স হতে দুটি ট্রানজিস্টরেই ট্রিগারিং পাল্স প্রয়োগ করাকে বুঝায়।

১১। সিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং কী? এটা কত প্রকার? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর ঃ যে কোন একটি ট্রানজিস্টরের উপযুক্ত ট্রিগারিং পাল্‌স প্রয়োগ করাকে সিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং বলা হয়। এটি তিন ভাবে সম্ভব। যথা–

(ক) সিমেট্রিক্যাল কালেক্টর ট্রিগারিং,

(খ) সিমেট্রিক্যাল বেস ট্রিগারিং,

(গ) সিমেট্রিক্যাল হাইব্রিড ট্রিগারিং ইত্যাদি।

১২। ট্রিগারিং-এর প্রয়োজনীয়তা কী?

উত্তর ঃ ফায়ারিং বা অ্যাকটিভ ডিভাইসকে কন্ডাকশন করার জন্য যে বায়াসের প্রয়োজন হয় তার চেয়ে কম বায়াসে বা ভোল্টেজে ব্রেক ডাউন বা কন্ডাকশন করতে ট্রিগারিং-এর প্রয়োজন হয়।

১৩। UTP ও LTP-এর অর্থ কী?

উত্তর ঃ UTP-এর অর্থ আপার ট্রিগার পটেনশিয়াল। LTP-এর অর্থ লোয়ার ট্রিগার পটেনশিয়াল।

১৪। ভাইব্রেটর বলতে কী বুঝ?

উত্তর ঃ যে ইলেকট্রনিক ডিভাইসের সাহায্যে ডিসি-এর মধ্যে আলোড়ন সৃষ্টি করে এসি উৎপন্ন করা যায়, তাকে ভাইব্রেটর বলে।

১৫। মাল্টিভাইব্রেটর কী? [বাকাশিবো-২০১০(R) ১২, ১৩, ১৩(R)]

অথবা, মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১২(R)]

উত্তর ঃ যে ইলেকট্রনিক সার্কিটের সাহায্যে নন-সাইনোসয়ডাল ওয়েভ, যেমন– স্কয়ার, স-টুথ, রেকট্যাংগুলার ওয়েভ ইত্যাদি সৃষ্টি করা যায়, তাকে মাল্টিভাইব্রেটর বলা হয়। এটা একটি সুইচিং সার্কিট যার অপারেশন পজিটিভ ফিডব্যাকের উপর নির্ভর করে।

১৬। মাল্টিভাইব্রেটর কী ধরনের অ্যাম্প্লিফায়ার?

উত্তর ঃ মাল্টিভাইব্রেটর এক ধরনের টু-স্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ার, যা এমনভাবে কাপল করা থাকে যে, একটির আউটপুট অপরটির ইনপুট হিসাবে কাজ করে।

১৭। মাল্টিভাইব্রেটরে কী ধরনের ফিডব্যাক ব্যবহার করা হয়?

উত্তর ঃ মাল্টিভাইব্রেটরে পজিটিভ ফিডব্যাক ব্যবহার করা হয়।

১৮। অ্যাস্ট্যাবল অর্থ কী?

উত্তর ঃ অ্যাস্ট্যাবল অর্থ স্থায়ী বা স্থির অবস্থা।

১৯। মনোস্ট্যাবল অর্থ কী?

উত্তর ঃ মনোস্ট্যাবল অর্থ একটি স্থায়ী অবস্থা।

২০। বাইস্ট্যাবল অর্থ কী?

উত্তর ঃ বাইস্ট্যাবল অর্থ দুটি স্থায়ী অবস্থা।

২১। মাল্টিভাইব্রেটর কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর ঃ মাল্টিভাইব্রেটর তিন প্রকার, যথা–

(ক) অ্যাস্ট্যাবল বা ফ্রি-রানিং মাল্টিভাইব্রেটর,

(খ) মনোস্ট্যাবল বা ওয়ান-শুট মাল্টিভাইব্রেটর এবং

(গ) বাইস্ট্যাবল বা ফ্লিপ-ফ্লপ মাল্টিভাইব্রেটর ইত্যাদি।

২২। অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর বলতে কী বুঝ?

অথবা, Astable multivibrator সার্কিট বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২, ১৫, ১৫(পরি)]

উত্তর ঃ যে মাল্টিভাইব্রেটর স্বয়ংক্রিয়ভাবে অর্থাৎ কোন এক্সটারনাল ট্রিগারিং পাল্‌স ছাড়া স্কয়ার ওয়েভ সৃষ্টি করে, তাকে অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর বলা হয়। একটি ট্রানজিস্টর কিছু সময়ের জন্য অন থাকলে অন্যটিও কিছু সময়ের জন্য অফ থাকে। আবার স্বয়ংক্রিয়ভাবে বিপরীত ক্রিয়া ঘটে।

২৩। মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর বলতে কী বুঝ? [বাকাশিবো-২০০৮, ১৬]

উত্তর ঃ যে মাল্টিভাইব্রেটর এর একটি ট্রানজিস্টর সর্বদা কন্ডাকটিং এবং অপরটি নন-কন্ডাকটিং অবস্থায় থাকে, তাকে মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর বলা হয়। যদি এক্সটারনাল কোন পাল্‌স প্রয়োগ করা হয় তবে সার্কিটটি এই অবস্থার পরিবর্তন করে। একমাত্র বহিস্থ পাল্‌স প্রয়োগ করলে স্কয়ার ওয়েভ সৃষ্টি করতে পারে।

২৪। মাল্টিভাইব্রেটরে কোন প্রকার ফিডব্যাক দেয়া হয়?

উত্তর ঃ মাল্টিভাইব্রেটরে ধনাত্মক ফিডব্যাক দেয়া হয়। ফলে তা নন-সাইনোসয়ডাল ওয়েভ উৎপাদন করে।

২৫। মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরকে ওয়ান-শুট মাল্টিভাইব্রেটর বলা হয় কেন?

উত্তর ঃ মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট একটি একক আউটপুট পাল্‌স উৎপাদন করে বলে তাকে ওয়ান শুট মাল্টিভাইব্রেটর বলে।

২৬। সিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং পদ্ধতি কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর ঃ সিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং পদ্ধতি তিন প্রকার, যথা–

(ক) সিমেট্রিক্যাল কালেক্টর ট্রিগারিং,

(খ) সিমেট্রিক্যাল বেস ট্রিগারিং,

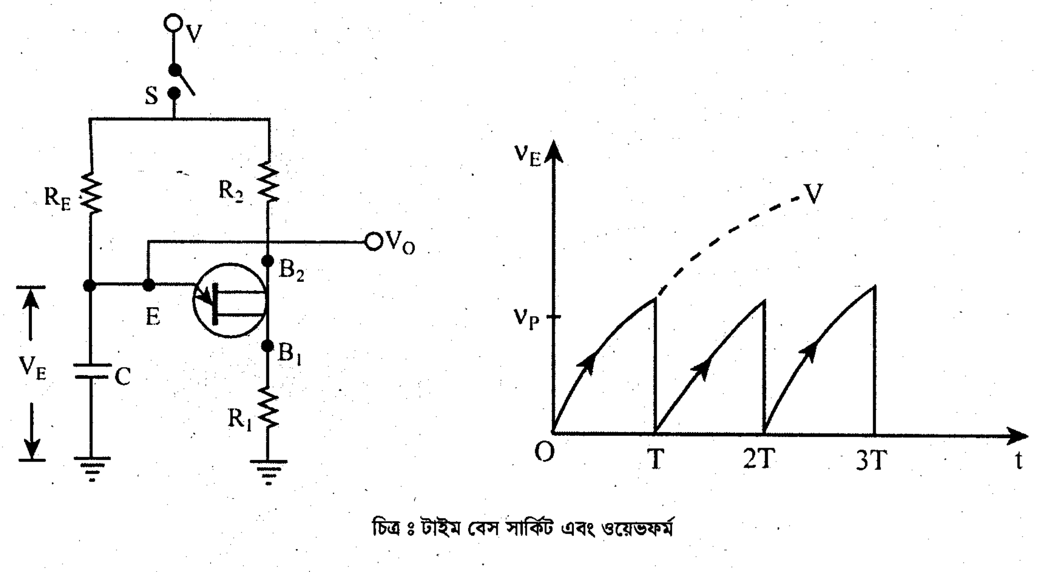
(গ) সিমেট্রিক্যাল হাইব্রিড ট্রিগারিং ইত্যাদি।

✪ সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ঃ

১। একটি টাইস বেস সার্কিট অংকন করে ইহার আউটপুট ওয়েভ দেখাও।

অথবা, একটি টাইম বেস সার্কিট অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩, ১৩(R)]

উত্তর ঃ নিচের চিত্রে একটি টাইম বেস সার্কিট এবং তার ওয়েভের আকার দেখানো হল–



চিত্র ঃ টাইম বেস সার্কিট এবং ওয়েভফর্ম

২। **টাইম বেস সার্কিটের মূলনীতি সংক্ষেপে লেখ।** [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর ঃ অসিলোস্কোপ-এর পর্দায় বীমকে বাম হতে ডানে সরানোতে হরিজন্টাল ডিফ্লেকটিং প্লেট-এর সাথে লিনিয়ারিটি বৃদ্ধি করে এবং শূন্য '0'-তে পতিত করে এবং পুনরায় পূর্বের স্থানে ফিরিয়ে আনার জন্য ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয়। ফলে বীম আবার পূর্বের ন্যায় স্ক্রিন-এর উপর চলাচল করতে থাকে। স্ক্রিন-এর উপর এই রিপিটেশন মুভমেন্ট করানোর জন্য CRO-তে টাইম বেস সার্কিট ব্যবহার করা হয়।

৩। **টাইম বেস সার্কিটের প্রকারভেদ উল্লেখ কর।**

উত্তর ঃ টাইম বেস সার্কিটকে প্রধানত নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা যায়। যথা–

১। BJT মিলার টাইম বেস সার্কিট।

২। বুটস্ট্রাপ টাইম বেস সার্কিট।

৩। JFET মিলার টাইম বেস সার্কিট।

৪। ডাবল বুটস্ট্রাপ JFET টাইম বেস সার্কিট এবং

৫। রিজেনারেটিভ সেলফ গেটিং মিলার টাইম বেস সার্কিট ইত্যাদি।

এছাড়াও একে নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা যায়–

১। নিয়ন টাইম বেস সার্কিট।

২। হার্ড ভ্যালু টাইম বেস সার্কিট।

৩। থাইরেট্রন টাইম বেস সার্কিট ইত্যাদি।

৪। **টাইম বেস ওয়েভ ফর্ম দরকার কেন?**

অথবা, টাইম বেস ওয়েভ ফরম্স-এর প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩(R)]

উত্তর ঃ সুইপ জেনারেটরের আউটপুট ভোল্টেজ প্রাথমিক কিছু মান হতে শুরু হয়ে সময়ের সাথে সাথে রৈখিকভাবে সর্বোচ্চ মান পর্যন্ত বৃদ্ধি পায়। আবার প্রাথমিক মানে ফিরে আসে। ফলে পুনরায় ইলেকট্রন বীমকে চালনা করার জন্য CRO-তে টাইম বেস ওয়েভ ফর্ম ব্যবহার করতে হয়। এটা ওয়েভকে ট্রেস এবং রিট্রেস করে থাকে।

৫। **স্কেমিট ট্রিগার-এর প্রাথমিক স্থির অবস্থায় কী তথ্য পাওয়া যায়?**

উত্তর ঃ স্কেমিট ট্রিগার-এর প্রাথমিক স্থির অবস্থায়–

(ক) Q_2 স্যাচুরেশনে থাকে।

(খ) Q_1 কাট-অফে থাকে।

(গ) Q_2 এর কালেক্টর ভোল্টেজ শূন্য হয়।

(ঘ) Q_1 এর কালেক্টর ভোল্টেজ V_{CC} হয়।

৬। **স্কেমিট ট্রিগার সার্কিটের মূলনীতি লেখ।** [বাকাশিবো-২০১০, ২০১৬]

অথবা, ট্রিগার এবং ট্রিগারিং সার্কিট বলতে কী বুঝ?

অথবা, স্কেমিট ট্রিগার সার্কিট কী? [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর ঃ কোন একটি বর্তনীতে যে কোন একটি পদ্ধতিতে কাজ শুরু করে দেয়াকে ট্রিগার বলা হয়।

কোন একটি পদ্ধতিতে পাল্স প্রয়োগ করাকে ট্রিগারিং বলা হয়। যেমন– মাল্টিভাইব্রেটর-এ তার সাম্যাবস্থান (Equilibrium state)-কে পরিবর্তন করতে ট্রিগারিং করা হয়।

যে সার্কিট এক ধরনের পাল্স সজ্জিত করে রেখে অন্য এক ধরনের বর্তনীকে অ্যাকচুয়েট (Actuate) করতে পারে, তাকে ট্রিগারিং সার্কিট বলা হয়।

৭। **ট্রিগার প্রয়োগ করে ট্রানজিস্টরকে কীভাবে অফ এবং অন করা হয়?**

উত্তর ঃ ট্রিগার প্রয়োগ করে অফ ট্রানজিস্টরকে অন করার চেয়ে অন ট্রানজিস্টরকে অফ করাই সুবিধাজনক। এই সুবিধার কারণ হল অন ট্রানজিস্টরকে অফ করলে কম অ্যাম্প্লিচিউড-এর ট্রিগার হলেই চলে। কিন্তু অফ ট্রানজিস্টরকে অন করতে হলে কাট-অফ বায়াসকে অতিক্রম করতে বেশি অ্যাম্প্লিচিউড-এর পাল্‌স-এর প্রয়োজন হয়।

৮। **ট্রিগারিং ডিভাইস-এর মূল কাজগুলো কী কী?**

উত্তর ঃ ট্রিগারিং ডিভাইস তিনটি মূল কাজ করতে পারে, যথা ঃ

১। প্রধানত ক্যাপাসিটরের আড়াআড়িতে ভোল্টেজের মান চিহ্নিত করতে পারে।

২। দু'টি ঘটনার মধ্যকার বিরতির সময় নির্ণয় করতে পারে।

৩। একটি রিলাক্সেশন অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সি নিয়ন্ত্রণ করে।

৯। **স্কেমিট ট্রিগার এর ব্যবহার লেখ।** [বাকাশিবো-২০১১, ১২]

উত্তর ঃ স্কেমিট ট্রিগার-এর ব্যবহার নিম্নে দেয়া হল–

১। এটি একটি গুরুত্বপূর্ণ সুইচিং সার্কিট, যা ডিজিটাল সিস্টেমে বেশিরভাগ ব্যবহৃত হয়।

২। স্কয়ার, সাইনোসয়ডাল, স-টুথ ওয়েভ বা অন্যান্য ওয়েভ শেপ-এর জন্য এটি ব্যবহৃত হতে পারে।

৩। এটি অ্যানালগ থেকে ডিজিটাল কনভার্টার এবং

৪। লেভেল ডিটেক্টর হিসাবেও ব্যবহৃত হয়।

১০। **মাল্টিভাইব্রেটর এর স্পিড আপ ক্যাপাসিটর এর কাজ কী?**

উত্তর ঃ একটি মাল্টিভাইব্রেটর-এর দুইটি ট্রানজিস্টর-এর যে কোন একটিকে ট্রিগার করলে এদের স্টেট পরিবর্তন হতে কিছুটা সময় লাগে, তাকে ট্রানজিশন টাইম বলা হয়। এর মান খুব কম হওয়া দরকার। তাই ট্রানজিশন টাইমকে কমানোর উদ্দেশ্যে কাপলিং রেজিস্টর এর প্যারালাল-এ যে ক্যাপাসিটর সংযোগ করা হয়, তাকে স্পিড আপ ক্যাপাসিটর বা কমিউটেটিং ক্যাপাসিটর বা ট্রান্সপোজ ক্যাপাসিটর বলা হয়।

১১। **মাল্টিভাইব্রেটর-এর ব্যবহার লেখ।**

উত্তর ঃ মাল্টিভাইব্রেটর-এর ব্যবহার নিম্নরূপ ঃ

১। এটি পর্যায়ক্রমে পাল্‌স সৃষ্টি করে।

২। এটি পর্যায়ক্রমে বিবর্ধনকৃত ওয়েভ ফর্ম উৎপন্ন করে।

৩। উৎপাদিত পাল্‌স এবং বিবর্ধনকৃত ওয়েভ ফরম সমন্বয়করণ হয়।

৪। ফ্রিকুয়েন্সি গুণনকরণ।

৫। সময় বিলম্বের সূচনা করতে এবং

৬। এটি কম্পিউটার এর মেমরিতে ব্যবহার করা হয়।

১২। **বাইস্ট্যাবল সার্কিটের ব্যবহার লেখ।** [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর ঃ বাইস্ট্যাবল সার্কিটের ব্যবহার নিম্নরূপ–

(ক) স্কয়ার ওয়েভ সৃষ্টিতে,

(খ) মেমরি সার্কিটে,

(গ) ট্রাফিক কন্ট্রোল সার্কিটে,

(ঘ) টাইমার ও কাউন্টারে এবং

(ঙ) লজিক গেটে বাইস্ট্যাবল সার্কিট ব্যবহার করা হয়।

১৩। বাইস্ট্যাবল বা বাইনারি বা ফ্লিপ-ফ্লপ সার্কিটের ব্যবহার উল্লেখ কর।

উত্তর ঃ বাইস্ট্যাবল বা বাইনারি বা ফ্লিপ-ফ্লপ সার্কিটের ব্যবহার নিম্নরূপ–

(ক) এই মাল্টিভাইব্রেটরের সাহায্যে স্কয়ার ওয়েভ সৃষ্টি করা যায়।

(খ) এটি মেমরি সার্কিটে ব্যবহার করা হয়।

(গ) ট্রাফিক কন্ট্রোল সার্কিটে ব্যবহার করা যায়।

(ঘ) টাইমার ও কাউন্টারে ব্যবহার করা যায়।

(ঙ) লজিক গেটে এটিকে ব্যবহার করা যায়।

১৪। মনোস্ট্যাবল, বাইস্ট্যাবল ও অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের মধ্যে পার্থক্য উল্লেখ কর।

উত্তর ঃ যে মাল্টিভাইব্রেটরে একটি ট্রানজিস্টর সর্বদা অন (ON) স্টেটে এবং অপরটি অফ (OFF) স্টেটে থাকে, তাকে মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর বলে। কাজেই এটার একটিমাত্র স্ট্যাবল অবস্থা আছে।

যে মাল্টিভাইব্রেটরে একটি ট্রানজিস্টর অন স্টেটে থাকলে অপরটি অফ স্টেটে থাকবে এবং এই অবস্থার পরিবর্তন ঘটাতে হলে উপযুক্ত এক্সটারনাল ট্রিগারিং পাল্স প্রয়োগ করতে হবে, তাকে বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর বা ফ্লিপ-ফ্লপ সার্কিট বলে। কাজেই এই মাল্টিভাইব্রেটরের দুইটি অবস্থাই স্ট্যাবল।

যে মাল্টিভাইব্রেটরে একটি ট্রানজিস্টর অন স্টেটে এবং অপরটি অফ স্টেটে এবং স্বয়ংক্রিয়ভাবে প্রথমটি অফ স্টেটে এবং দ্বিতীয়টি অন স্টেটে এভাবে অবিরত চলতে থাকে, তাকে অ্যাস্ট্যাবল বা ফ্রি-রানিং মাল্টিভাইব্রেটর বলে। এর কোন স্ট্যাবল অবস্থা নেই এবং স্টেট পরিবর্তন করার জন্য কোন এক্সটারনাল ট্রিগারিং পালসের প্রয়োজন হয় না।

১৫। একটি Bistable multivibrator এর চিত্র অংকন কর। [বাকাশিবো-২০১০(R), ১২, ১৩]

উত্তর সংকেত ঃ চিত্র ১১.৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। Schmitt trigger circuit অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩(R)]

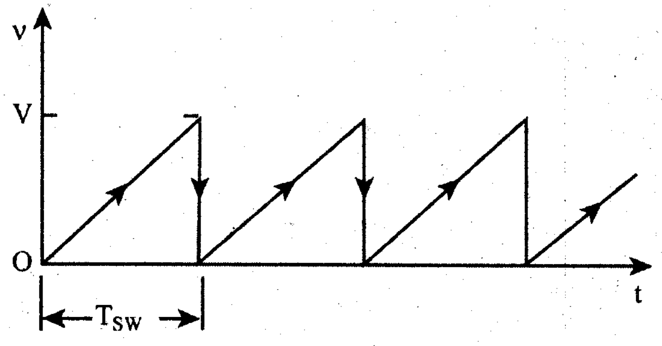
উত্তর সংকেত ঃ চিত্র ১১.৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। Bistable multivibrator-এ Triggering টেকনিক এর চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১২, ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ চিত্র ১১.৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। স-টুথ ওয়েভের চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর ঃ



চিত্র ঃ স-টুথ ওয়েভ ফর্ম

✪ রচনামূলক প্রশ্নাবলি :

১। **টাইম বেস সার্কিট কী? কত প্রকার ও কী কী?**

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১১.১ এবং ১১.১.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। **একটি স-টুথ ওয়েভ উৎপাদনের সার্কিট অংকন করে কার্যাবলি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১০(R), ১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১১.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। **UJT স-টুথ জেনারেটর সার্কিট অংকন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১০, ১২, ১২(R)]

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১১.৩.১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। **থাইরেট্রন স-টুথ জেনারেটর সার্কিট অংকন করে কার্যাবলি বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১১.৩.২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। **চিত্রসহ অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের কার্যাবলি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৮(R), ১০, ১২, ১২(R)]

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১১.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬। **চিত্রের মাধ্যমে মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের কার্যাবলি বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১১.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৭। **চিত্রসহ বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৯, ০৯(R), ১০(R), ১২, ১৩, ১৪]

অথবা, বাইস্ট্যাবল্ মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট অঙ্কন করে এটির কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

অথবা, Bistable multivibrator-এর সচিত্র কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১১.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮। **সিমেট্রিক্যাল কালেক্টর ট্রিগারিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১১.৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। **আনসিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।**

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১১.৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। **স্কেমিট ট্রিগারিং সার্কিট অংকন করে কার্যাবলি বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০০৮(R), ০৯(R), ১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১১.৭ নং দ্রষ্টব্য।

১১। **মাল্টিভাইব্রেটর বলতে কী বুঝ? ব্লক ডায়াগ্রামের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।**

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

১২। **মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের প্রকারভেদ চিহ্নিত কর।**

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১১.৫.১ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। **বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের জন্য ট্রিগারিং কৌশল বর্ণনা কর।** [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১১.৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। **ক্যাপাসিটর চার্জিং ও ডিসচার্জিং কৌশল বর্ণনা করে স-টুথ ওয়েভ অঙ্কন কর।** [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত : অনুচ্ছেদ ১১.৩ নং দ্রষ্টব্য।

ব্যবহারিক

এতে আছে

- বিভিন্ন প্রকার ট্রানজিস্টর পরীক্ষাকরণ।
- কমন বেস সংযোগে একটি ট্রানজিস্টরের ইনপুট এবং আউটপুট বৈশিষ্ট্যরেখা নির্ণয়করণ।
- কমন ইমিটার সংযোগে একটি ট্রানজিস্টরের ইনপুট এবং আউটপুট বৈশিষ্ট্যরেখাসমূহ নির্ণয়করণ।
- ট্রানজিস্টর সার্কিটের অপারেটিং বিন্দু (V_{CE} এবং I_C) পরিমাপকরণ।
- একক স্টেজ R–C কাপলকৃত ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স নিশ্চিত করে পরীক্ষণকরণ।
- যে কোন ট্রানজিস্টর ক্লাস-বি পুশ পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যাবলি পঠন।
- একটি একক টিউন্ড ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারের বৈশিষ্ট্যসমূহ পর্যবেক্ষণ।
- একটি অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন এবং ব্যান্ড উইথ এর উপর ঋণাত্মক ফিডব্যাকের প্রভাব পর্যবেক্ষণ।
- কমন সোর্স মোডে JFET এর ইনপুট এবং আউটপুট বৈশিষ্ট্যরেখা অঙ্কন ও প্রদর্শন।
- এনহ্যান্সমেন্ট এবং ডিপ্লেশন টাইপ MOSFET এর বৈশিষ্ট্যসমূহ প্রদর্শন।
- একটি হার্টলি, কলপিট এবং R–C অসিলেটরের কার্যাবলি নিশ্চিতরূপে প্রমাণ করণ।
- একটি হার্টলি, কলপিট এবং R–C অসিলেটরের কার্যাবলি নিশ্চিতরূপে প্রমাণ করণ।
- একটি অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের কার্যাবলি পর্যবেক্ষণ।
- একটি ট্রানজিস্টর মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের কার্যাবলি গঠন।
- একটি ট্রানজিস্টর বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের কার্যাবলি পর্যবেক্ষণ।

ব্যবহারিক
(Practical)

পরীক্ষণ নং-১ ঃ	তারিখ ঃ ....
পরীক্ষার নাম	বিভিন্ন প্রকার ট্রানজিস্টর পরীক্ষাকরণ (Identify the terminals of transistors) ।

১। উদ্দেশ্য (Objective) ঃ

(i) ট্রানজিস্টর পরীক্ষা করতে পারা।

(ii) ট্রানজিস্টরের টার্মিনালসমূহ শনাক্ত করতে পারা

(iii) ট্রানজিস্টরটি ভাল না খারাপ তা পরীক্ষা করতে পারা।

২। পূর্বজ্ঞান ও অভিজ্ঞতা (Knowledge & Experience) ঃ (i) ট্রানজিস্টর কী? সে সম্পর্কে ধারণা থাকতে হবে।

(ii) ট্রানজিস্টরের ধরন সম্পর্কে ধারণা থাকতে হবে।

(iii) ট্রানজিস্টরের গঠন কৌশল সম্পর্কে ধারণা থাকতে হবে।

(iv) ওহমমিটার বা AVO মিটার বা মাল্টিমিটার-এর ব্যবহার সম্পর্কে ধারণা থাকতে হবে।

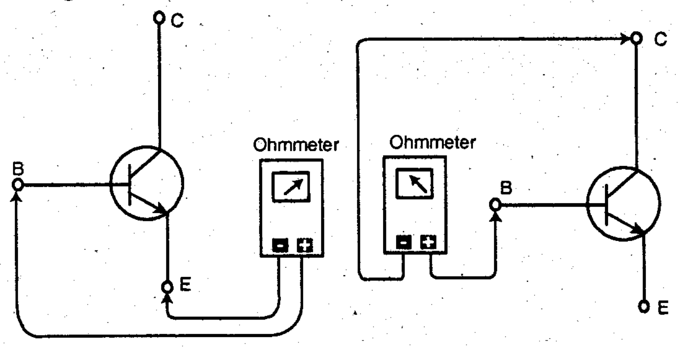
৩। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল (Tools & Equipments) ঃ

(১) PNP ও NPN ট্রানজিস্টর ভিন্ন রেটিংস এর– ৬টি

(২) ওহমমিটার বা Avometer বা Multimeter– ১টি

(৩) কানেক্টর– প্রয়োজনমতো।

৪। সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ

৫। কাজের ধারা (Working procedure) ঃ

(১) ওহমমিটার বা AVO মিটারকে প্রয়োজনীয় ওহম রেঞ্জে সেট করে ট্রানজিস্টরের একটি লেগ বা টার্মিনালকে ওহমমিটারের প্রোবের সাথে শক্ত করে ধরে মিটারের অন্য প্রোবটির ইনসুলেশন অংশে হাত রেখে কন্ডাক্টিং অঙ্ক ট্রানজিস্টর লেগদ্বয়ে পর পর কন্টাক্ট করতে হবে।

(২) ১নং পদ্ধতি অনুসারে অন্যান্য লেগদ্বয়ে এক এক করে কমন রেখে অন্য দুটোতে কন্টাক্ট করতে হবে এবং খেয়াল রাখতে হবে কখন মিটারের ডিফ্লেকটিং কাটা প্রায় সমান ডিফ্লেকশন দেয়।

(৩) বিক্ষেপ যদি সমান না হয়, তবে যে প্রোবটি কমন রেখে কাজ করা হয়েছে তার উল্টো প্রোবকে কমন রেখে ১নং এবং ২নং এর পুনরাবৃত্তি করতে হবে।

(৪) একটি প্রোব একটি লেগ বা টার্মিনালে কমন রেখে অপর প্রোবটি অন্য লেগে বা টার্মিনালদ্বয়ে কন্টাক্ট করলে যদি সমান সমান বিক্ষেপ পাওয়া যায়, তাহলে যে প্রোবটি কমন রাখা হয়েছে ঐ প্রোবটি যদি পজিটিভ বা লাল হয়, তবে ট্রানজিস্টরের লেগ বা টার্মিনালটি এন-টাইপ (N-Type) এবং বেস হবে। স্বাভাবিক কারণেই অন্য দুইটি লেগ পি-টাইপ (P-Type) হবে এবং উক্ত ট্রানজিস্টরটি হবে PNP। আর যদি কমন প্রোবটি নেগেটিভ বা কালো হয়, তবে ট্রানজিস্টরটি হবে NPN।

(৫) এবার যে টার্মিনালে ওহমমিটারে প্রোব কমন থাকা অবস্থায়, সমান সমান ডিফ্লেকশন দিয়েছে ঐ টার্মিনালে প্রোবটি ঘুরিয়ে বা উল্টালে অর্থাৎ অন্য প্রোবটি কমন রেখে পূর্বের ন্যায় অণু দুইটি টার্মিনালে পরপর কন্টাক্ট করতে হবে। যদি এ অবস্থায় ওহমমিটারের পয়েন্টার সমান সমান বিক্ষেপ না দেয়, তাহলে ট্রানজিস্টরটি ভাল বলে বিবেচনা করতে হবে।

(৬) এবার কমন টার্মিনাল থেকে কমন প্রোবটি পরিবর্তন করে অন্য দুইটি লেগে ওহমমিটারের প্রোবটি পূর্ব নিয়ম অনুসারে ধরে ওহমমিটারের স্কেল-এর উপর পয়েন্টার-এর বিক্ষেপ থেকে রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করতে হবে। যে দিকে পজিটিভ বা লাল প্রোব থাকায় মিটারের পয়েন্টার বিক্ষেপ বেশি দেয় অর্থাৎ রেজিস্ট্যান্স কম দেখায় ঐ টার্মিনালটি কালেক্টর (Collector) এবং অবশিষ্ট টার্মিনাল অবশ্যই ইমিটার হবে।

(৭) ৬নং পদ্ধতি অনুসারে ওহমমিটারকে হাই (মেগাওহম) রেঞ্জে থাকা অবস্থায় এবং মিটারের পয়েন্টার-এর বিক্ষেপ থেকে রেজিস্ট্যান্স পার্থক্য করা না গেলে ট্রানজিস্টরটি ভাল না খারাপ তা নিশ্চিত হওয়া যায় না।

(৮) ট্রানজিস্টর টেস্টারের সাহায্যে ট্রানজিস্টর পরীক্ষা করা হয়। এক্ষেত্রে ট্রানজিস্টর টেস্টারের প্রোব তিনটিতে পরপর পরিবর্তন করে সংযোগ কর এবং ট্রানজিস্টর টেস্টারের পাঠ লক্ষ কর।

(৯) ট্রানজিস্টর টেস্টারের পিএনপি/এনপিএন বাতি এবং ইমিটার, বেস ও কালেক্টর ইন্ডিকেটিং বাতি দেখে বুঝা যাবে ট্রানজিস্টরটি ভাল না মন্দ এবং এটি এনপিএন না পিএনপি ট্রানজিস্টর এবং এর কোনটি ইমিটার, বেস ও কালেক্টর।

সতর্কতা (Precaution) ঃ

(১) AVO মিটারের পজিটিভ (+ve) প্রোব (প্রান্ত) বেসের সাথে এবং নেগেটিভ প্রান্ত ইমিটারের বা কালেক্টরের সাথে সংযুক্ত অবস্থায় যদি মিটার পাঠ দেয়, তাহলে ট্রানজিস্টরটি PNP অন্যথায় এটি NPN বিষয়টি খেয়াল রাখতে হবে।

পিএনপি ট্রানজিস্টর মাপার চার্ট (Chart for measuring the PNP transistor) ঃ

	বেস	কালেক্টর	ইমিটার	মিটারের পয়েন্টারের অবস্থান
১	লাল প্রোব	কালো প্রোব	কালো প্রোব	পয়েন্টার নড়বে
২	কালো প্রোব	লাল প্রোব	লাল প্রোব	পয়েন্টার নড়বেই না
৩		লাল প্রোব	কালো প্রোব	সামান্য নড়বে
৪		কালো প্রোব	লাল প্রোব	পয়েন্টার নড়াচড়া করবে না

এনপিএন ট্রানজিস্টর মাপার চার্ট (Chart for measuring the NPN transistor) :

	বেস	কালেক্টর	ইমিটার	মিটারের পয়েন্টারের অবস্থান
১	কালো প্রোব	লাল প্রোব	লাল প্রোব	কাঁটা নড়বে
২	লাল প্রোব	কালো প্রোব	কালো প্রোব	কাঁটা নড়বেই না
৩		লাল প্রোব	কালো প্রোব	সামান্য নড়বে
৪		কালো প্রোব	লাল প্রোব	পয়েন্টার নড়বেই না।

(২) টার্মিনালে কন্টাক্ট করার সময় দুই হাত প্যারালালে স্পর্শ করা যাবে না।

(৩) মিটারকে অ্যাডজাস্ট করে উল্লম্বভাবে লক্ষ করতে হবে।

(৪) ছোট ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে লেগগুলোকে আস্তে চাপ দিয়ে বাঁকা করে নিতে হবে। জোরে বা খুব বল প্রয়োগ করে বাঁকা করতে গেলে লেগগুলো ভেঙ্গে যেতে পারে।

উপসংহার (Conclusion) ঃ নিজে কর।

পরীক্ষণ নং-২ ঃ	তারিখ ঃ ....
পরীক্ষার নাম	কমন বেস সংযোগে একটি ট্রানজিস্টরের ইনপুট এবং আউটপুট বৈশিষ্ট্যরেখা নির্ণয়করণ (Determining input and output characteristics of a transistor in common base connection)

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ কমন বেস সার্কিটের ডিসি অপারেটিং ভোল্টেজ এবং বেস ইমিটার ও কালেক্টর কারেন্টের সাহায্যে বৈশিষ্ট্যরেখা পর্যবেক্ষণ (I_C/V_C এবং I_e/I_c) কার্ভ)।

মৌলিক ধারণা (Basic concepts) ঃ

১। কমন বেস সার্কিটকে গ্রাউন্ড বেস সার্কিটও বলা যায়।

২। এই সার্কিটের ভোল্টেজ গেইন অত্যন্ত বেশি, কিন্তু কারেন্ট গেইন ১-এর চেয়ে কম।

৩। এটার ইনপুট ইম্পিড্যান্স ১ হতে ১০০ ওহম এবং আউটপুট ইম্পিড্যান্স ১০০০ ওহম হতে ১ মেগাওহম হয়ে থাকে।

মালামাল ও যন্ত্রপাতি (Tools and equipments) ঃ

১। পাওয়ার সাপ্লাই-24V ডিসি, 250 mA অ্যাম্পিয়ার

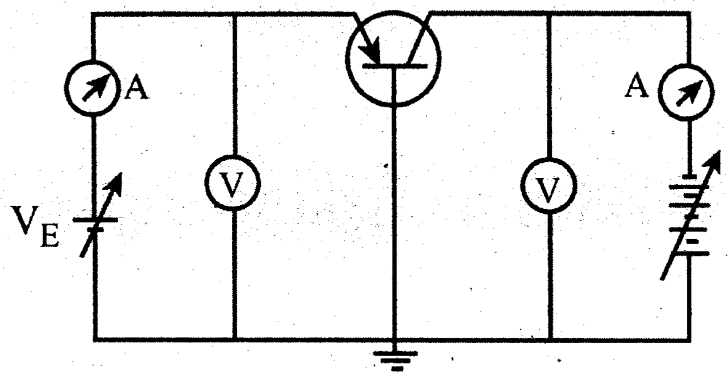
২। ইলেকট্রনিক ভোম (VOM)– 0-50V, 1000 mA.

৩। অ্যামিটার 0-1A ডি.সি

৪। প্র্যাকটিক্যাল ইলেকট্রনিক ট্রেইনার Q_1 - পি.এন.পি/এন.পি.এন ট্রানজিস্টর– ১টি

৫। কানেক্টর– প্রয়োজনমতো।

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ ১.১ সার্কিট ডায়াগ্রাম

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ যে সার্কিট ডায়াগ্রামটি দেখানো হয়েছে তাতে একটি পিএনপি ট্রানজিস্টর, দুইটি অ্যামিটার, দুইটি ভোল্টমিটার ও দুইটি ব্যাটারি সেট ব্যবহার করা হয়েছে। অ্যাভোমিটার দ্বারা ট্রানজিস্টরের ইমিটার, বেস, কালেক্টর নির্ণয় করে সার্কিটে সংযোগকার্য সম্পূর্ণ করতে হবে।

ভোল্টমিটার প্যারালালে, ইমিটার সিরিজে, আর্থিং লেগ শক্তভাবে এবং বায়াস ঠিকমতো সংযোজিত হয়েছে কি না তা চিত্রানুযায়ী মিলিয়ে দেখতে হবে।

কালেক্টর ভোল্টেজ (V_C) এবং এর সাথে সম্পর্কযুক্ত কালেক্টর কারেন্ট এর পরিমাপকরণ ঃ চিত্রানুযায়ী কালেক্টর সার্কিটে কালেক্টর ভোল্টেজ সর্বদাই পরিবর্তনশীল, স্বাভাবিক রিভার্স বায়াস মানে কালেক্টর কারেন্ট, কালেক্টর ভোল্টেজ (V_C) এর উপর নির্ভরশীল নয়। শুধুমাত্র ইমিটার কারেন্টের পরিমাপের উপর নির্ভরশীল, যা কার্ভের সাহায্যে সহজে বুঝা যাবে। রিভার্স বায়াস ভোল্টেজ ২.৫ ভোল্টের বেশি প্রয়োগ করে কালেক্টর কারেন্টের মান স্থির রাখতে হবে। যখন ইমিটার কারেন্ট I_E পরিবর্তন করা হবে সঙ্গে সঙ্গে কালেক্টর কারেন্ট পরিবর্তন হবে। মাঝের যে পরিবর্তন হবে তা মিটার হতে দেখে নিতে হবে এবং তা ডাটা ছকে লিপিবদ্ধ করতে হবে।

ইমিটার কারেন্ট এবং কালেক্টর কারেন্ট পরিমাপ ঃ ইমিটার কারেন্ট পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে কালেক্টর কারেন্টও পরিবর্তন হবে। ইমিটার ভোল্টেজ পরিবর্তন করলে তার কারেন্ট পরিবর্তন হয়। অর্থাৎ ফরোয়ার্ড বায়াস ভোল্টেজ বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে কারেন্ট বৃদ্ধি পাবে। ভোল্টমিটার ও ইমিটারের রিডিংগুলো পর পর ডাটা ছকে লিপিবদ্ধ করতে হবে।

ছক ঃ ১.১ ফলাফল (Result) ঃ

পাঠ সংখ্যা	কালেক্টর ভোল্টেজ	কালেক্টর কারেন্ট	ইমিটার কারেন্ট	ইমিটার ভোল্টেজ	মন্তব্য

ডাটা হতে I_C vs V_C এবং I_e vs V_e কার্ভ অংকন ঃ গ্রাফে মনে করতে হবে যে, অনুভূমিক বরাবর কালেক্টর ভোল্টেজ (V_C) এর মান নির্দেশ করা আছে, যখন কালেক্টর কারেন্ট I_C এর মান উল্লম্ব বরাবর হয়। কালেক্টর ভোল্টেজ রিভার্স এর জন্য নেগেটিভ হয়, কিন্তু রিভার্স বায়াস চারিত্রিক বৈশিষ্ট্যের জন্য বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ বিধায় গ্রাফের ডান দিকে মানগুলো সংকলিত হল।

গ্রাফ সর্বদাই ইমিটার কারেন্টকে স্থির রেখে কালেক্টর ভোল্টেজের পরিবর্তনের ফলে কালেক্টর কারেন্টের যে পরিবর্তন ঘটে তা গ্রাফে দেখানো হয়েছে।

সতর্কতা (Precaution) ঃ

১। পাওয়ার সরবরাহ সঠিক পোলারিটি অনুসারে সংযুক্ত করতে হবে।

২। অ্যামিটার সিরিজে এবং ভোল্টমিটার প্যারালালে সংযুক্ত করতে হবে।

পরীক্ষণ নং-৩ ঃ	তারিখ ঃ ....
পরীক্ষার নাম	**কমন ইমিটার একটি ট্রানজিস্টরের ইনপুট এবং আউটপুট বৈশিষ্ট্যরেখা নির্ণয়করণ (Determining input and output characteristics of a transistor in common emitter.)**

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ

১। কমন ইমিটার সার্কিটের ইমিটার-কালেক্টর ভোল্টেজ (V_{CE}) এবং কালেক্টর কারেন্ট (I_C) এর সাহায্যে আউটপুট বৈশিষ্ট্যরেখা পর্যবেক্ষণ।

২। কমন ইমিটার সার্কিটের ইমিটার বেস ভোল্টেজ (V_{BE}) এবং বেস কারেন্ট (I_B) এর সাহায্যে ইনপুট বৈশিষ্ট্যরেখা পর্যবেক্ষণ।

মৌলিক ধারণা ঃ

১। কমন ইমিটার সার্কিটের ক্ষেত্রে ইনপুট ইম্পিড্যান্স অত্যন্ত বেশি হয়, (৫০০ কিলোওহম থেকে ৫ মেগাওহম)

২। আউটপুট ইম্পিড্যান্স খুব কম হয় (৫০ ওহম থেকে ৫০০ কিলোওহম)

৩। কারেন্ট গেইন $\beta = \frac{I_C}{I_B}$ এর মান ৯৮ হয়ে থাকে।

৪। পাওয়ার গেইন প্রায় ৩৭ ডেসিবেল হয়।

৫। এর আউটপুট ইনপুটের ১৮০ ডিগ্রি আউটপুট ফেজের হয়ে থাকে।

মালামাল ও যন্ত্রপাতি (Tools and equipments) ঃ

১। পাওয়ার সাপ্লাই ২৪ ভোল্ট ডিসি, ২৫০ মিলি অ্যাম্পিয়ার।

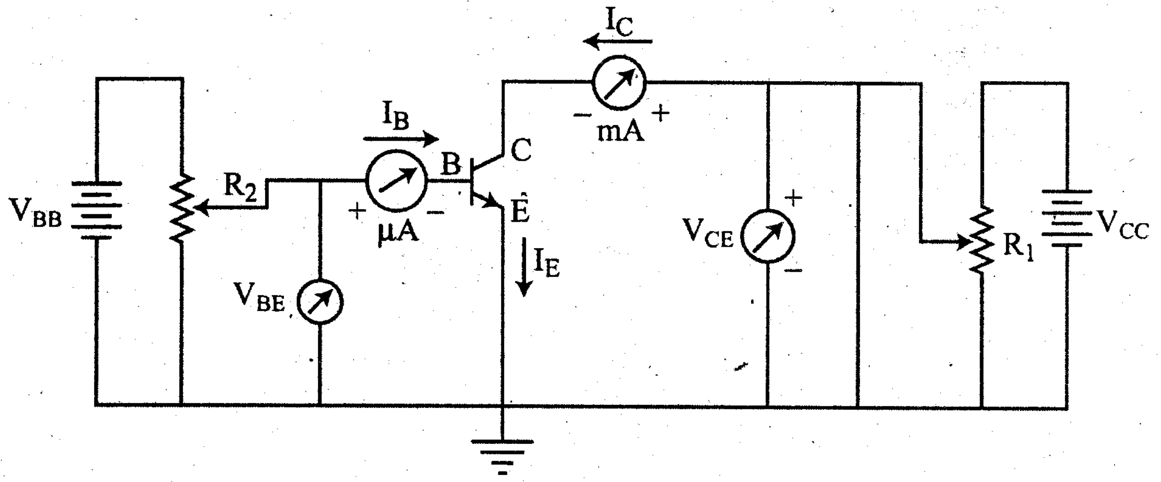
২। ইলেকট্রনিক ভোম (VOM)—০—৫০ ভোল্ট, ১০০০ মিলি অ্যাম্পিয়ার।

৩। অ্যামিটার 0–1 অ্যাম্পিয়ার ডিসি।

৪। প্রাকটিক্যাল ইলেকট্রনিক ট্রেইনার Q_1 পিএনপি/এনপিএন ট্রানজিস্টর-১টি।

৫। কানেক্টর প্রয়োজনমতো।

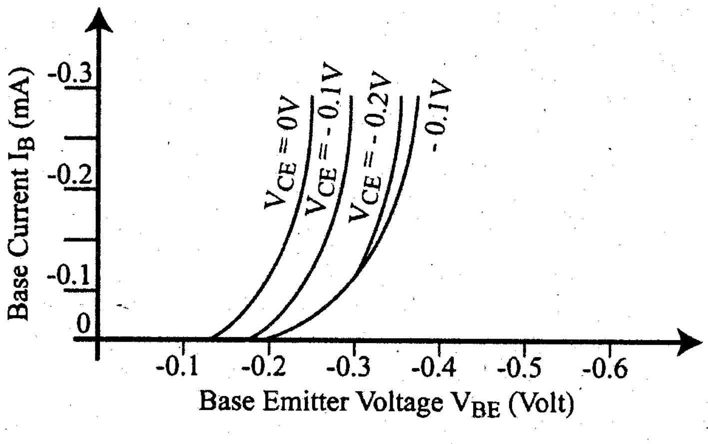
সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ কমন ইমিটার সার্কিট এর সংযোগ চিত্র

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ সার্কিট ডায়াগ্রামটিতে যে চিত্র দেখানো হয়েছে তাতে একটি এনপিএন ট্রানজিস্টর, দুইটি অ্যামিটার ও দুইটি ভোল্টমিটার ব্যবহার করা হয়েছে। ট্রানজিস্টরটিকে সঠিক বায়াসিং এর জন্য ইনপুটে ডিসি পাওয়ার (V_{BB}) এবং আউটপুটে ডিসি পাওয়ার (V_{CC}) সংযোগ দেওয়া হয়েছে। অ্যামিটারদ্বয় হতে বেস কারেন্ট (I_B) এবং কালেক্টর কারেন্ট (I_C) এর মান পাওয়া যাবে। অন্যদিকে ভোল্টমিটার দুটি হতে V_{BE} এবং V_{CE} এর মান পাওয়া যাবে, যা সংযোগ চিত্রে দেখানো হয়েছে।

কমন-ইমিটার সার্কিটের ইনপুট বৈশিষ্ট্যরেখা (Input characteristics of common emitter circuit) ঃ এনপিএন ট্রানজিস্টরে ইনপুট কারেন্ট (I_B) এবং ইনপুট ভোল্টেজ (V_{EB})

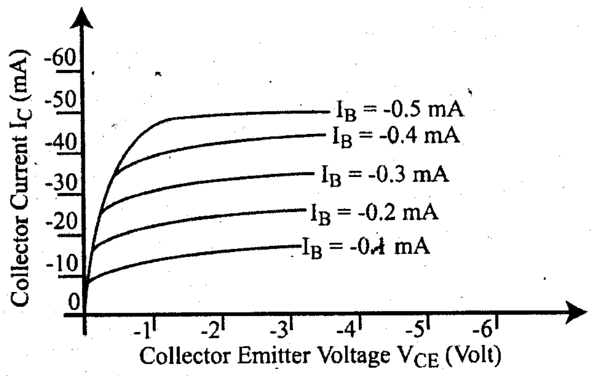


চিত্র ঃ কমন ইমিটার সার্কিট এর ইনপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

যেহেতু ইমিটার বেস জাংশনে ফরোয়ার্ড বায়াস প্রদান করা হয়েছে তাই I_B এবং V_{EB} এর লেখচিত্র পিএন জাংশনের মতো হবে। নির্দিষ্ট মানের I_B এর জন্য V_{CE} বৃদ্ধি করলে V_{BE} বৃদ্ধি পায়।

○ কমন-ইমিটার সার্কিটের আউটপুট বৈশিষ্ট্যরেখা (Output characteristics of common emitter circuit) ঃ

এক্ষেত্রে নির্দিষ্ট মানের I_B এর জন্য কালেক্টর কারেন্ট I_C এবং ইমিটার ভোল্টেজ V_{CE} এর মধ্যে বৈশিষ্ট্যরেখা অঙ্কন করা হয়, যা চিত্রে দেখানো হয়েছে।



চিত্র ঃ কমন ইমিটার সার্কিট এর আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা

○ ডাটা টেবিল (Data table) ঃ

টেবিল-১ (ইনপুটের জন্য)

পর্যবেক্ষণ নং	V_{CE} = ------------ Volt		V_{CE} = ------------ Volt		V_{CE} = ------------ Volt	
	V_{BE} (Volt)	I_B (mA)	V_{BE} (Volt)	I_B (mA)	V_{BE} (Volt)	I_B (mA)
০১						
০২						
০৩						
০৪						
০৫						
০৬						

টেবিল-২ (আউটপুটের জন্য)

পর্যবেক্ষণ নং	I_B = ------------ (mA)		I_B = ------------ (mA)		I_B = ------------ (mA)	
	V_{CE} (Volt)	I_C (mA)	V_{CE} (Volt)	I_C (mA)	V_{CE} (Volt)	I_C (mA)
০১						
০২						
০৩						
০৪						
০৫						
০৬						

পরীক্ষণ নং-৪ ঃ	তারিখ ঃ ....
পরীক্ষার নাম	ট্রানজিস্টর সার্কিটের অপারেটিং বিন্দু (V_{CE} এবং I_C) পরিমাপকরণ (Measuring operating points V_{CE} and I_C for Transistor circuit)

উদ্দেশ্য-ক (Objectives) ঃ কমন ইমিটার সার্কিটের ডিসি অপারেটিং ভোল্টেজ এবং ইমিটার ও কালেক্টর কারেন্টের সাহায্যে I_C/V_C এবং $\frac{I_E}{I_c}$ কার্ভ এর বৈশিষ্ট্যরেখা পর্যবেক্ষণ।

মৌলিক ধারণা (Basic concepts) ঃ

১। কমন ইমিটার সার্কিটে ইমিটার ইনপুট এবং আউটপুট উভয় সার্কিটে বিদ্যমান থাকে।

২। এটি গ্রাউন্ড ইমিটার সার্কিট হিসাবেও পরিচিত।

৩। কমন ইমিটার সার্কিট মধ্যম এবং উচ্চ ভোল্টেজ ও কারেন্ট গেইন প্রদান করে থাকে।

মালামাল ও যন্ত্রপাতি (Tools and equipments) ঃ

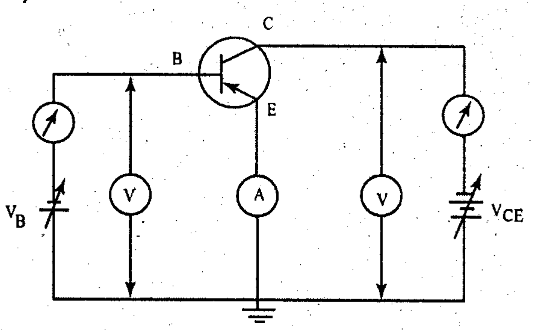
১। 24 ভোল্ট ডি.সি, 250 মিলি অ্যাম্পিয়ার

২। ইলেকট্রনিক ভোম (VOM) 0-50 ভোল্ট ডি.সি.

৩। প্র্যাকটিক্যাল ইলেকট্রনিক ট্রেইনার

৪। পিএনপি/এনপিএন ট্রানজিস্টর-১টি করে।

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ চিত্রানুযায়ী সংযোগ করে কালেক্টর সার্কিটের দিকে লক্ষ করলে দেখা যাবে যে, প্রথম অবস্থায় কালেক্টর কারেন্ট এর মান শূন্য। আস্তে আস্তে V_{CE} বাড়ালে রিভার্স বায়াস ভোল্টেজ কারেন্ট প্রবাহ বৃদ্ধি পেতে থাকবে, যা মিলি অ্যামিটারে দেখা যাবে এবং ছকে লিপিবদ্ধ করতে হবে। আলাদা সকল সংযোগগুলো পরীক্ষা করতে হবে যেন কোন প্রকার ভুল না হয় বা সংযোগ ওপেন না থাকে।

সর্বদাই ইমিটার কারেন্টকে স্থির রেখে কালেক্টর ভোল্টেজের পরিবর্তনের ফলে কালেক্টর কারেন্টের যে পরিবর্তন ঘটে, তাকে গ্রাফে দেখানো হয়েছে।

ছক ঃ ১.২ কালেক্টর কারেন্ট ইমিটার কারেন্ট পরিমাপকরণ ঃ

ক্রমিক নং	V_C (Volt)	I_C (MA)	I_E (MA)	মন্তব্য

সতর্কতা (Precautions) ঃ

১। পাওয়ার সোর্সের সাথে সংযোগ সঠিক পোলারিটি অনুসারে করতে হবে।

২। মিলি অ্যামিটার ইলেকট্রনিক VOM এবং সিলিকন ট্রানজিস্টরের সার্কিটে পোলারিটি সঠিক হতে হবে।

৩। মিটারসমূহ সঠিক পোলারিটিতে সংযোগ করতে হবে।

৪। মিটারের পাঠ সতর্কতার সাথে সঠিকভাবে গ্রহণ করতে হবে।

উপসংহার (Conculation) ঃ নিজে কর।

উদ্দেশ্য-খ (Objectives) : সূত্রের সাহায্যে অপারেটিং পয়েন্ট নির্ধারণ ও প্রাপ্ত মান মিটারের সাহায্যে তুলনাকরণ।

১। ফিক্সড বায়াস সম্পর্কে ধারণা লাভ।

২। অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় পদ্ধতি সম্পর্কে অবহিত হওয়া।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল (Tools and equipments) :

১। কানেকটিং বোর্ড– ১টি

২। ভোল্টমিটার– ২টি

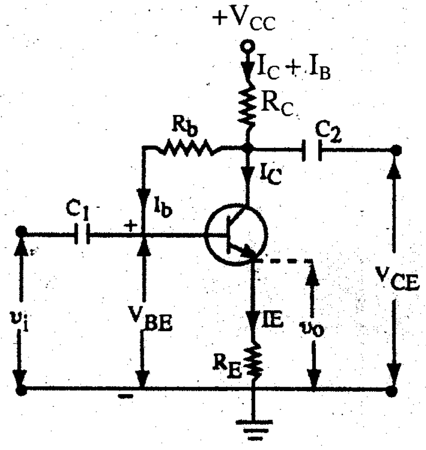
৩। মিলি অ্যামিটার– ২টি

৪। ট্রানজিস্টর D400, 2N4045– ১টি করে

৫। রেজিস্টর ($R_C = 1K$, $R_B = 100K$, $R_E = 10K$)– ৩টি

৬। ডিসি পাওয়ার সাপ্লাই ইউনিট (0 – 30V, 10mA)– ১টি

৭। কানেকটিং কর্ড বা তার– প্রয়োজনমতো।



চিত্র : ফিক্সড বায়াস ট্রানজিস্টর সার্কিট

কাজের ধারা (Working procedure) :

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে চিত্রানুযায়ী সংযোগ করতে হবে।

২। পাওয়ার সাপ্লাই হতে ডিসি বায়াসিং ভোল্টেজ $V_{CC} = 20V$ স্থির (Fixed) করতে হবে।

৩। ট্রানজিস্টর ম্যানুয়াল হতে $\beta = 100$ এবং $V_{BE} = 0.7V$ (সিলিকন) জেনে নিতে হবে।

৪। এবার বর্তনীটি শিক্ষককে দেখিয়ে সঠিক হলে সাপ্লাই প্রয়োগ করতে হবে।

৫। মিটারসমূহ ব্যবহার করে I_C, I_B, V_{CE} এবং V_{BE} এর পাঠ গ্রহণ করতে হবে। এক্ষেত্রে অপারেটিং পয়েন্ট হবে, (I_{CE}, I_C)।

৬। এবার নিম্নরূপে হিসাব করে অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় করে মিটার থেকে প্রাপ্ত অপারেটিং পয়েন্টের সাথে তুলনা করতে হবে।

হিসাব (Calculation) : চিত্রে কার্শফস ভোল্টেজ সূত্র প্রয়োগ করে,

$$V_{CC} = (I_C + I_B)R_C + I_BR_B + V_{BE}$$
$$= I_CR_C + I_BR_B + V_{BE} \; [\because I_B \angle\angle I_C]$$
$$= \beta I_BR_C + I_BR_B + V_{BE}$$
$$= I_B(\beta R_C + R_B) + V_{BE}$$
$$\therefore I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{\beta R_C + R_C}$$
$$= \frac{20 - 0.7}{100 \times 1 + 100}$$
$$= 0.096\text{mA}$$
$$\therefore I_C = \beta I_B = 100 \times 0.096 = 9.6\text{mA}$$
$$V_{CE} = V_{CC} - I_CR_C = 20 - 9.6\text{mA} \times 1\text{K} = 10.4\text{V}$$

$\therefore$ অপারেটিং পয়েন্ট = (10.4V, 9.6mA)

সতর্কতা (Precautions) :

১। যন্ত্রপাতিগুলোকে সাবধানে নাড়াচাড়া করতে হবে।

২। সঠিক রেঞ্জের মিটার সঠিক পোলারিটি অনুযায়ী সংযোগ করতে হবে।

৩। পাঠ নেয়ার সময় পয়েন্টারের দিকে লম্বভাবে তাকাতে হবে।

উপসংহার (Conculation) : নিজে কর।

উদ্দেশ্য-গ (Objectives) : একটি পটেনশিয়াল ডিভাইডার বায়াস্ড ট্রানজিস্টর সার্কিটের জন্য অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয়করণ।

১। পটেনশিয়াল ডিভাইডার বায়াসিং সম্পর্কে ধারণা লাভ।

২। অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় করার পদ্ধতি জানা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল (Tools and equipments) ঃ

১। কানেকটিং বোর্ড– ১টি

২। ভোল্টমিটার– ২টি

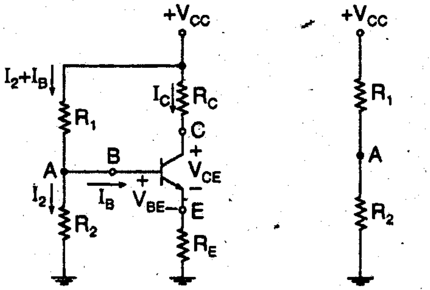
৩। মিলি অ্যামিটার– ২টি

৪। ট্রানজিস্টর (2N 2209, NPN)– ১টি

৫। রেজিস্টর ($R_1 = 10K, R_2 = 5K, R_C = 2K, R_E = 1K$) –৪টি

৬। ডিসি পাওয়ার সাপ্লাই ইউনিট (0 – 30V) – ১টি

৭। কানেকটিং কর্ড বা তার– প্রয়োজনমতো।



(a) Voltage divider bias circuit (b) Voltage divider

চিত্র ঃ পটেনশিয়াল ডিভাইডার বায়াসিং সার্কিট

কাজের ধারা (Working procedure) ঃ

১। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে চিত্রানুযায়ী সংযোগ করতে হবে।

২। ডিসি পাওয়ার সাপ্লাই ইউনিটকে 15V ডিসিতে স্থাপন করতে হবে।

৩। I_E এবং V_{CE} নির্ণয়ের জন্য নির্দিষ্ট পয়েন্টে অ্যামিটার ও ভোল্টমিটার সংযোগ করতে হবে। এবার বর্তনীটি শিক্ষককে দেখিয়ে পাওয়ার সাপ্লাই প্রয়োগ করতে হবে।

৪। I_E এবং V_{CE} পরিমাপ করতে হবে। এক্ষেত্রে অপারেটিং পয়েন্ট হবে (V_{CE}, I_C)।

৫। এবার নিম্নরূপে হিসাব করে অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় করে মিটার থেকে প্রাপ্ত মানের সাথে তুলনা করতে হবে।

হিসাব (Calculation) ঃ

পটেনশিয়াল ডিভাইডার সূত্র অনুসারে চিত্র হতে,

$$V_2 = V_{CC}\frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{15 \times 5}{10 + 5} = 5V$$

$$I_E = \frac{V_2 - V_{BE}}{R_E} = \frac{5 - 0.7}{2K} = 2.15mA$$

$\therefore I_C = I_E = 2.15mA$

$V_{CE} = V_{CC} - I_C (R_C + R_E)$

$= 15 - 2.15mA \times 3K$

$= 8.55V$

$\therefore$ অপারেটিং পয়েন্ট = (8.55V, 2.15mA)

সতর্কতা (Precaution) ঃ

১। যন্ত্রপাতিগুলো সাবধানে নাড়াচাড়া করতে হবে।

২। সঠিক রেঞ্জের মিটার সঠিক পোলারিটি অনুযায়ী সংযোগ করতে হবে।

৩। সতর্কতার সাথে মিটার পাঠ গ্রহণ ও হিসাব করতে হবে।

উপসংহার (Conculation) ঃ নিজে কর।

পরীক্ষণ নং-৫ ঃ	তারিখ ঃ ....
পরীক্ষার নাম	একক স্টেজ R–C কাপলকৃত ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স নিশ্চিত করে পরীক্ষণকরণ (Demonstrate the frequency response of single stage R–C coupled transistor amplifier)

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ

(ক) একটি দুই স্টেজবিশিষ্ট RC কাপলকৃত অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট চিহ্নিতকরণ এবং ডিসি অপারেটিং ভোল্টেজ পরিমাপকরণ।

(খ) RC কাপলকৃত অ্যাম্প্লিফায়ারের ইমিটার বাইপাস সহকারে অথবা ব্যতীত এসি ভোল্টেজ গেইন পরিমাপকরণ এবং কার্যাবলি পর্যবেক্ষণ।

(গ) RC কাপলকৃত অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ নির্ণয়করণ।

মৌলিক ধারণা (Basic concepts) ঃ

১। একাধিক ক্যাসকেডকৃত অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন প্রথম স্টেজ ও দ্বিতীয় স্টেজ অর্থাৎ একাধিক স্টেজের গুণফলের সমান।

২। দ্বিতীয় স্টেজের ইনপুট ইম্পিড্যান্স প্রথম স্টেজে লোডিং প্রভাব সৃষ্টি করে।

৩। RC কাপলকৃত স্টেজের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স সাধারণত ট্রান্সফরমার কাপলকৃত স্টেজের চেয়ে বড়।

মালামাল ও যন্ত্রপাতি (Tools and equipment) ঃ

১। পাওয়ার সরবরাহ– 24Volt ডি.সি, 5mA

২। ইলেকট্রনিক VOM– 0-50 Volt ডি.সি

৩। AF জেনারেটর

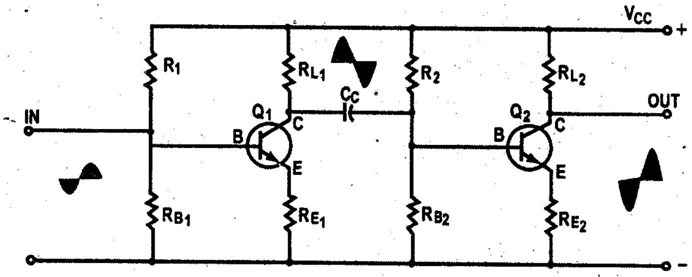
৪। অসিলোস্কোপ

৫। প্র্যাকটিক্যাল ইলেকট্রনিক ট্রেইনার

C_1- C_3	—	10μF Electrolytic capacitor
C_4	—	25μF Electrolytic capacitor
C_5	—	50μF Electrolytic capacitor
Q_1, Q_2	—	NPN Transistor, 2N2219A
R_1, R_5	—	150kΩ, 1W
R_2, R_3, R_6, R_7	—	10kΩ, 1W
R_4, R_8	—	1kΩ, 1W
R_9	—	22kΩ, 1W

৬। কানেক্টর– প্রয়োজনমতো।

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit Diagram) ঃ



চিত্র ঃ দুই স্টেজবিশিষ্ট R–C কাপলকৃত অ্যাম্প্লিফায়ার

উদ্দেশ্য-ক ঃ একটি দুই-স্টেজের R–C কাপলকৃত অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের ডিসি অপারেটিং ভোল্টেজ পরিমাপকরণ এবং চিহ্নিতকরণ (Indentification of a two-stage R–C coupled amplifier circuit and measure the dc operating voltages) ঃ

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

১। চিত্রানুসারে R–C কাপলকৃত অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটটি তৈরি করতে হবে।

২। ডিসি কালেক্টর সরবরাহ ভোল্টেজ (V_{cc}) এর মান 24V ডি.সি-তে সেট করতে হবে।

৩। Q_1 এর কালেক্টর এবং বেস, ইমিটারের ডিসি ভোল্টেজসমূহ পরিমাপ এবং সংরক্ষণ করতে হবে। এই ভোল্টেজ পরিমাপে ইলেকট্রনিক VOM ব্যবহার করতে হবে এবং নিম্নোক্ত মানসমূহ পূর্ণ করতে হবে–

V_{B_1} = ------------- V_{dc}

V_{E_1} = ------------- V_{dc}

V_{C_1} = ------------- V_{dc}

৪। Q_2 ট্রানজিস্টরের কালেক্টরের ইমিটার এবং বেসের ডিসি ভোল্টেজসমূহ পরিমাপ এবং সংরক্ষণ করতে হবে। এই মানগুলো হল–

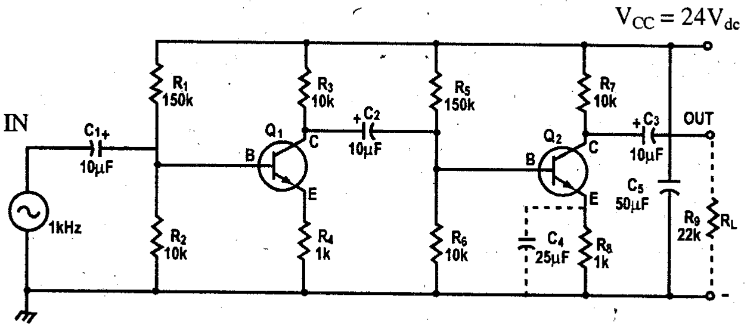
V_{B_2} = ------------- V_{dc}

V_{E_2} = ------------- V_{dc}

V_{C_2} = ------------- V_{dc}

উদ্দেশ্য-খ ঃ একটি চিরাচরিত R–C কাপলকৃত অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটে ইমিট্যার বাইপাসসহ এবং বাইপাস ছাড়া এসি ভোল্টেজ গেইনসমূহ পরিমাপকরণ এবং কার্যাবলি পর্যবেক্ষণ (Demonstration the operation and measuring of the ac voltage gain of a typical R–C coupled amplifier with and without emitter by passing) ঃ

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ বাইপাস ক্যাপাসিটর সহকারে R–C কাপলকৃত অ্যাম্প্লিফায়ার

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

১। AF জেনারেটরের সাইন ওয়েভ ফাংশনকে 1kHz ফ্রিকুয়েন্সিতে সেট করতে হবে।

২। Q_1 এর বেসে AF জেনারেটরের আউটপুটটিকে 100mV পিক-টু-পিক সিগন্যালের মানে সমন্বয় করতে হবে। ইলেকট্রনিক VOM ব্যবহার করে e_1 ইনপুট ভোল্টেজ পরিমাপ করতে হবে।

৩। অসিলোস্কোপের কন্ট্রোলসমূহকে 0.02V/cm ডিফ্লেকশন, 0.5ms/cm সুইপ টাইম এবং ট্রিগারিং normal mode, ইন্টারনাল সোর্স + স্লোপ এবং অটো লেভেলে সেট করতে হবে।

৪। অসিলোস্কোপের ইনপুটটিকে Q_1 ট্রানজিস্টরের কালেক্টরে যুক্ত করতে হবে এবং প্রথম স্টেজের আউটপুট পর্যবেক্ষণ করতে হবে।

৫। Q_1 ট্রানজিস্টরের কালেক্টরের পিক-টু-পিক আউটপুট ভোল্টেজ পরিমাপ করতে হবে। e_{C_1} = --------- V_{pk-pk}.

৬। প্রথম কমন ইমিটার স্টেজের ভোল্টেজ গেইন Av নিম্নোক্ত সূত্রানুসারে নির্ণয় করতে হবে। $A_{V1} = \frac{e_{C1}}{e_1}$ = ---------

৭। অসিলোস্কোপের ইনপুটটিকে Q_2 ট্রানজিস্টরের বেসে সংযুক্ত করতে হবে।

৮। Q_2 ট্রানজিস্টরের বেসের পিক-টু-পিক ইনপুট ভোল্টেজ পরিমাপ করতে হবে। e_{B_2} = --------- V_{pk-pk}.

৯। R–C কাপলকৃত অ্যাম্প্লিফায়ারের আউটপুটে অসিলোস্কোপকে সংযুক্ত করতে হবে এবং অসিলোস্কোপকে সেট করতে হবে।

১০। R–C কাপলকৃত অ্যাম্প্লিফায়ারের পিক-টু-পিক আউটপুট ভোল্টেজ পরিমাপ করতে হবে। e_0 = --------- V_{pk-pk}.

১১। দ্বিতীয় কমন ইমিটার স্টেজটির ভোল্টেজ গেইন A_V নিম্নোক্ত সূত্রানুসারে বের করতে হবে– $A_{V_2} = \frac{e_0}{e_{B_2}}$ = ---------

১২। R–C কাপল অ্যাম্প্লিফায়ারের সর্বোপরি ভোল্টেজ গেইন A_V নিম্নোক্ত সূত্রানুসারে বের করতে হবে– $A_V = \frac{e_0}{e_1}$ = ----------
আবার, $A_V = A_{V_1} \times A_{V_2}$ সূত্রানুসারে A_V এর মান নির্ণয় করতে হবে। ফলাফলসমূহ তুলনা করে দেখা গেল উভয় গেইনের মান সমান।

১৩। বাইপাস ক্যাপাসিটর C_4 এবং লোড রেজিস্টর R_2 ব্যবহার করে পরীক্ষণটি পুনরাবৃত্তি করতে হবে। ফলে দেখা যায়, সর্বোপরি ভোল্টেজ গেইনের মান বৃদ্ধি পেয়েছে।

উদ্দেশ্য-গ ঃ একটি সাধারণ R–C কাপলড অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ নির্ণয়করণ (Determine the frequency response curve of a typical R–C coupled amplifier) ঃ

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

১। AF জেনারেটরকে 1kHz এর 100mV পিক-টু-পিক সিগন্যালের জন্য সেট করতে হবে। উপরোক্ত সার্কিটটি তৈরি করতে হবে এবং সিগন্যালটি Q_1 ট্রানজিস্টরের বেসে প্রয়োগ করতে হবে। এই ভোল্টেজের মান পর্যবেক্ষণের জন্য Q_1 এর বেসে ইলেকট্রনিক VOM-কে সংযুক্ত করতে হবে।

২। নিম্ন ক্যাপাসিট্যান্সের 10X মাল্টিপ্লায়ার প্রোবটি অসিলোস্কোপের ভার্টিক্যাল ইনপুটের সাথে যুক্ত করতে হবে। অসিলোস্কোপের ভার্টিক্যাল ইনপুট কন্ট্রোলটি 0.1V/cm-এ সেট করতে হবে।

৩। নিম্নোক্ত তালিকা অনুসারে ফ্রিকুয়েন্সির AF জেনারেটরের সাপেক্ষে আউটপুট ভোল্টেজ গেইন পরিমাপ করতে হবে এবং তালিকায় বসাতে হবে।

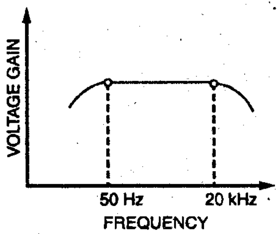
টেবিল-১ ঃ ফ্রিকুয়েন্সি এবং আউটপুট ভোল্টেজের তালিকা ঃ

ফ্রিকুয়েন্সি (Hz)	আউটপুট (V_{pk-pk})
20 HZ	
50 HZ	
100 HZ	
300 HZ	
1 K HZ	
3 K HZ	
5 K HZ	
10 K HZ	
20 K HZ	
50 K HZ	
70 K HZ	
100 K HZ	

৪। প্রতিটি ফ্রিকুয়েন্সির পরিবর্তনের জন্য Q_1 এর ইনপুট ভোল্টেজ পর্যবেক্ষণ করতে হবে এবং এ কারণে AF জেনারেটরের 100mV pk – pk মান ও অসিলোস্কোপের সুইপ-টাইম সেটিংকে বার বার পরিবর্তন করে সেট করতে হবে।

৫। সমস্ত ভোল্টেজের মান শূন্যে স্থাপন করে তালিকাটির মানসমূহ নিম্নোক্ত গ্রাফে সংস্থাপন করতে হবে।

ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভের চিত্র (Figure of frequency response curve) ঃ



চিত্র ঃ R-C কাপল অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ

মন্তব্য ঃ এ প্রকার ল্যাবরেটরি পরীক্ষণের মাধ্যমে আমরা সাধারণ দুই-স্টেজ RC কাপলকৃত অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট সম্পর্কে অবগত হলাম। আমরা ডিসি অপারেটিং ভোল্টেজ পরিমাপ করতে পারলাম ও প্রতিটি স্টেজের ভোল্টেজ গেইন পরিমাপ করতে পারলাম। দুটো ক্যাসকেড অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইনও তুলনা করা গেল। চূড়ান্ত ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ হতে দেখা গেল RC কাপল অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ অডিও ফ্রিকুয়েন্সি সামার এর জন্য প্রায় সমতল।

উপসংহার (Conculation) ঃ নিজে কর।

পরীক্ষণ নং-৬ ঃ	তারিখ ঃ ....
পরীক্ষার নাম	যে কোন ট্রানজিস্টর ক্লাস-বি পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যাবলি পঠন (Study the operation of a transistor Class-B push-pull amplifier)

উদ্দেশ্যসমূহ (Objectives) ঃ

(ক) একটি ট্রান্সফরমার কাপল পুশ-পুল পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট চিহ্নিতকরণ এবং ডিসি অপারেটিং ভোল্টেজসমূহ পরিমাপকরণ।

(খ) একটি সাধারণ পুশ-পুল পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যাবলি পর্যবেক্ষণ এবং গেইনসমূহ পরিমাপকরণ।

(গ) একটি ক্লাস-বি পুশ-পুল পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের অপারেটিং বৈশিষ্ট্যসমূহ নির্ণয়করণ।

মৌলিক ধারণা (Basic concepts) ঃ

১। পুশ-পুল ক্লাস-বি একটি সেন্টার টেপ ড্রাইভার অথবা ইনপুট ট্রান্সফরমার ব্যবহার করে ফেজ-স্প্লিটার গঠন করে দুটো সমান বিস্তারের বিপরীত মেরুর সিগন্যাল উৎপাদন করা যায়।

২। দুটো বিবর্ধিত সিগন্যাল একটি আউটপুট সিগন্যাল হিসাবে যুক্ত হয় এবং এ সিগন্যাল আউটপুট ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি হতে পাওয়া যায়।

৩। পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ার সচরাচর ক্লাস-AB অথবা B মোডে কাজ করে।

৪। ক্লাস-বি মোডে কারেন্ট ইনপুট সাইকেলের এক-অর্ধাংশ সময়ের জন্য প্রতিটি ট্রানজিস্টরের মধ্যদিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয়।

৫। ক্লাস-বি অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট সাধারণত ট্রান্সফরমার ছাড়াও গঠন করা যায়।

মালামাল ও যন্ত্রপাতি (Tools and equipment) ঃ

১। পাওয়ার সাপ্লাই– 9V ডি.সি, 100mA

২। মিলি অ্যামিটার 0–100mA. ডি.সি

৩। ইলেকট্রনিক VOM– 0 - 50 volt ডি.সি

৪। অসিলোস্কোপ

৫। AF জেনারেটর

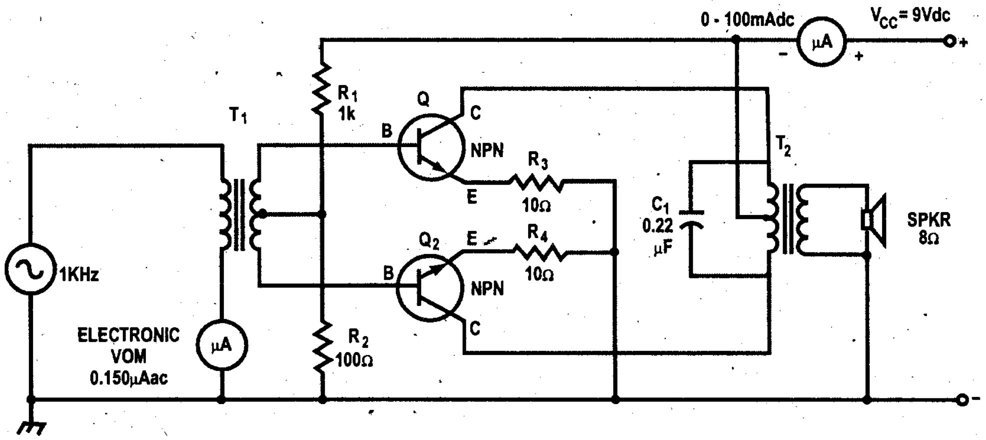
৬। প্র্যাকটিক্যাল ইলেকট্রনিক ট্রেইনার

C_1	—	0.22μF, Mylar capacitor
Q_1, Q_2	—	NPN Transistors, 2N2219A
R_1	—	1kΩ, 1W
R_2	—	100Ω, 1W
R_3, R_4	—	10Ω, 1W
R_5	—	8.2Ω, 1W
SPKR	—	Component Module
T_1	—	Driver Transformer, Blue
T_2	—	Output Transformer, Green.

৭। কানেক্টর– প্রয়োজনমতো।

উদ্দেশ্য-ক ঃ একটি ট্রান্সফরমার কাপলকৃত পুশ-পুল পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট চিহ্নিতকরণ এবং ডিসি অপারেটিং ভোল্টেজ পরিমাপকরণ (Identifying a transformer coupled push-pull power amplifier circuit and measure the d.c operating voltages) ঃ

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ পুশ-পুল ক্লাস-বি পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

১। উপরোক্ত চিত্রানুসারে পুশ-পুল পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটটি তৈরি করতে হবে। সার্কিটে C_1 ক্যাপারিটরটি T_2 ট্রান্সফরমারের প্রাইমারির আড়াআড়িতে যুক্ত আছে।

২। V_{CC} ডিসি পাওয়ার সরবরাহ ভোল্টেজকে $9V_{dc}$-তে সেট করতে হবে। এই অবস্থায় এসি ইনপুট ভোল্টেজ e_1 এর মান শূন্য থাকবে।

৩। সিগন্যালবিহীন অবস্থায় সর্বমোট ডিসি সার্কিট কারেন্টের পাঠ গ্রহণ করতে হবে।

I_T (no-signal) = ------------ mAdc

৪। Q_1 এবং Q_2 ট্রানজিস্টরের জন্য ট্রানজিস্টরের বেস, ইমিটার এবং কালেক্টরের ডিসি ভোল্টেজ গ্রহণ করতে হবে এবং লিপিবদ্ধ করতে হবে।

V_{B_1} = ------------ V_{dc}

V_{B_2} = ------------ V_{dc}

V_{E_1} = ------------ V_{dc}

V_{E_2} = ------------ V_{dc}

V_{C_1} = ------------ V_{dc}

V_{C_2} = ------------ V_{dc}

উদ্দেশ্য-খ ঃ একটি সাধারণ পুশ-পুল পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন পরিমাপকরণ এবং কার্যপদ্ধতি পর্যবেক্ষণ (Demonstration the operation and measure the gain of a typical push-pull power amplifier) ঃ

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

১। 1kHz ফ্রিকুয়েন্সির জন্য সাইন ওয়েভে AF জেনারেটর সেট করতে হবে।

২। T_1 ড্রাইভার ট্রান্সফরমারের প্রাইমারির আড়াআড়িতে এক ভোল্ট rms সিগন্যালের জন্য AF জেনারেটর সেট করতে হবে। ইলেকট্রনিক VOM ব্যবহার করে AF জেনারেটরের আউটপুট পরিমাপ করতে হবে।

৩। আউটপুট স্পিকারে শ্রবণযোগ্য শব্দ শোনা যাচ্ছে, সুতরাং সার্কিটটি সঠিকভাবে কাজ করছে।

৪। সকল ভোল্টেজের মান শূন্য করে স্পিকারটি খুলে সেখানে ৪.2Ω এর R_5 রেজিস্টর স্থাপন করতে হবে।

৫। অসিলোস্কোপের কন্ট্রোলসমূহ 2V/cm ডিফ্লেকশন, 0.5ms/cm সুইপ টাইম এবং ট্রিগারিংকে বহিস্থ সোর্সের জন্য সেট করতে হবে।

৬। Q_1 এর কালেক্টর অসিলোস্কোপের লিড যুক্ত করতে হবে। অসিলোস্কোপের জ্যাকটি EXT TRIG চিহ্নিত করবে।

৭। V_{CC} ভোল্টেজকে $9V_{dc}$-তে সমন্বয় করতে হবে। Q_1 এর কালেক্টরে 11 ভোল্ট পিক-টু-পিক সিগন্যালের জন্য AF জেনারেটরের আউটপুটকে অ্যাডজাস্ট করতে হবে।

৮। Q_2 এর কালেক্টর অসিলোস্কোপের ইনপুটটি যুক্ত করতে হবে। ফলে তাতে বিপরীত ফেজের সিগন্যাল দেখা যাবে।

৯। AF জেনারেটরের আউটপুট টার্মিনালের পিক-টু-পিক ইনপুট সিগন্যাল পরিমাপ ও সংরক্ষণ করতে হবে।

e_1 = -------- V_{PK-PK}.

১০। R_5 এর আড়াআড়িতে পিক-টু-পিক আউটপুট সিগন্যাল পরিমাপ এবং সংরক্ষণ করতে হবে।

e_0 = -------- V_{PK-PK}.

পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয় করতে হবে।

$A_V = \frac{e_0}{e_1}$ = --------

পরীক্ষণ সমাপ্তির পর সমস্ত ভোল্টেজের মান শূন্য করতে হবে।

উদ্দেশ্য-গ ঃ ক্লাস-বি পুশ-পুল পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের অপারেটিং বৈশিষ্ট্যসমূহ নির্ণয়করণ (Determination the operating characteristics of a class-B push-pull power amplifier) ঃ

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

১। উপরের সার্কিট হতে R_1 রেজিস্টর বাদ দিয়ে সার্কিট গঠন করতে হবে।

২। V_{cc} এর মান $9V_{dc}$-তে স্থাপন করতে হবে এবং প্রাথমিক অবস্থায় ইনপুট এসি ভোল্টেজ e_1 এর মান শূন্য হবে।

৩। সিগন্যাল ছাড়া মোট ডিসি কারেন্টের মান গ্রহণ করতে হবে।

I_T (no-signal) = ---------- mAdc

৪। Q_1 এবং Q_2 ট্রানজিস্টরের বেস, ইমিটার এবং কালেক্টরের ডিসি ভোল্টেজসমূহ পরিমাপ ও সংরক্ষণ করতে হবে।

V_{B1} = ------------ Vdc
V_{B2} = ------------ Vdc
V_{E1} = ------------ Vdc
V_{E1} = ------------ Vdc
V_{C2} = ------------ Vdc
V_{C2} = ------------ Vdc

উপরোক্ত ফলাফল থেকে বলা যায় Q_1 এবং Q_2 ট্রানজিস্টর দুটি ক্লাস-বি অপারেশনের জন্য বায়াস করা আছে।

৫। AF জেনারেটরের আউটপুটকে 4Volt পিক-টু-পিক সিগন্যালের জন্য Q_1 এর কালেক্টরে সমন্বয় করতে হবে।

৬। Q_2 এর কালেক্টরে ভোল্টেজ পরিমাপ করতে হবে। এই ভোল্টেজের মান Q_1 এর ভোল্টেজের সমান।

৭। সিগন্যাল সহকারে মোট ডিসি সার্কিট কারেন্ট নির্ণয় করতে হবে।

I_T (signal) = ---------- mAdc

পরীক্ষণ সমাপ্তির পর সমস্ত ভোল্টেজের মান শূন্য করতে হবে।

মন্তব্য ঃ এ প্রকার ল্যাবরেটরি পরীক্ষণে আমরা ক্লাস-বি পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যাবলি জানতে পারলাম। আমরা ডিসি অপারেটিং ভোল্টেজ পরিমাপকরণ পদ্ধতিও জানতে পারলাম এবং এসি সিগন্যাল দেয়ার পর ভোল্টেজ এবং পাওয়ার গেইন নির্ণয় করতে পারলাম।

উপসংহার (Conculation) ঃ নিজে কর।

পরীক্ষণ নং-৭ ঃ	তারিখ ঃ ....
পরীক্ষার নাম	একটি একক টিউন্ড ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারের বৈশিষ্ট্যসমূহ পর্যবেক্ষণ (Investigate the properties of a single tuned voltage amplifier)

উদ্দেশ্যসমূহ (Objectives) ঃ

(ক) একটি একক স্টেজ টিউন্ড ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যাবলি পর্যবেক্ষণ এবং ভোল্টেজ গেইন নির্ণয়করণ।

(খ) একটি একক স্টেজ টিউন্ড ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ নির্ণয়করণ।

মৌলিক ধারণা (Basic concepts) ঃ

১। একটি একক টিউন্ড ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ার একটি টিউনিং সার্কিটের সমন্বয়ে গঠিত।

২। টিউনিং সার্কিটটি কালেক্টর লোড হিসাবে কাজ করে।

৩। নির্দিষ্ট ব্যান্ড উইড্থ অনুসারে অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন পরিবর্তিত হয়।

৪। নিম্ন এবং উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সিতে তার গেইন সর্বনিম্ন।

মালামাল ও যন্ত্রপাতি (Tools and equipment) ঃ

১। পাওয়ার সাপ্লাই– 24V ডি.সি, 5mA

২। ইলেকট্রনিক VOM— 0-50 volt ডি.সি

৩। অসিলোস্কোপ

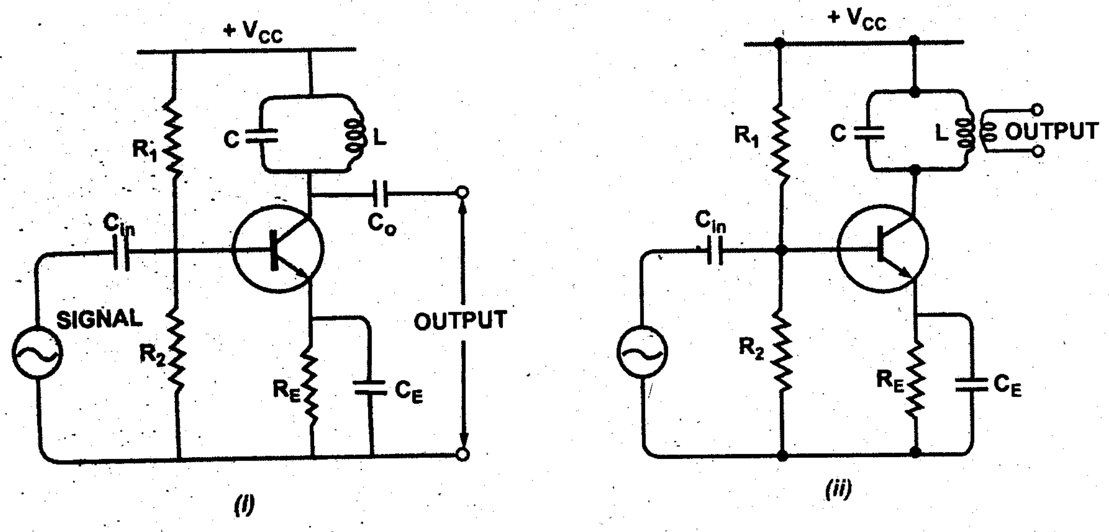
৪। AF জেনারেটর

৫। প্র্যাকটিক্যাল ইলেকট্রনিক্স ট্রেইনার

C_O, C_{IN} — 10μF Electrolytic capacitor
R_1 — 150kΩ, 1W
R_2 — 10kΩ, 1W
R_3 — 10kΩ, 1W
T_1 — IFT
CE — 22μF, C — 25μF Electrolytic capacitor

৬। কানেক্টর– প্রয়োজনমতো।

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ একটি একক স্টেজ ভোল্টেজ টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট

উদ্দেশ্য-ক ঃ একটি একক স্টেজ টিউন্ড ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ার চিহ্নিতকরণ এবং ডিসি অপারেটিং ভোল্টেজ ও গেইন নির্ণয়করণ (Identifying a single-stage voltage tuned amplifier and measure the dc operating voltages and gain) ঃ

কার্যপদ্ধতি (Working Procedure) ঃ

১। উপরের চিত্রের মতো একটি একক স্টেজ ভোল্টেজ টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট তৈরি করতে হবে। বাইপাস ক্যাপাসিটর CE-কে সার্কিট হতে বাদ দেয়া হল।

২। V_{CC} ভোল্টেজকে $24V_{dc}$ তে সেট করতে হবে। ইনপুট AC, AF সিগন্যালকে যুক্ত করা হল না।

৩। গ্রাউন্ডের সাপেক্ষে বেস ইমিটার এবং কালেক্টরের ডিসি অপারেটিং ভোল্টেজসমূহ Q_1 ট্রানজিস্টরে ইলেকট্রনিক VOM ব্যবহার করে পরিমাপ করতে হবে। এই ভোল্টেজের মানসমূহ হল—

V_{B_1} = ------------ V_{dc}

V_{E_1} = ------------ V_{dc}

V_{C_1} = ------------ V_{dc}

এতে বুঝা গেল অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটটি সঠিকভাবে বায়াসকৃত।

৪। AF জেনারেটরকে 1kHz সাইন ওয়েভ ফাংশনে সেট করতে হবে। জেনারেটরের আউটপুট 100mV পিক-টু-পিক সিগন্যালের মানে সেট করে Q_1 এর বেসে সংযুক্ত করতে হবে। ইলেকট্রনিক VOM এর সাহায্যে ইনপুট ভোল্টেজ e_I নির্ণয় করতে হবে। অসিলোস্কোপের সাহায্যে Q_1 এর বেস ইনপুট ভোল্টেজ এর পিক-টু-পিক মান পরিমাপ করতে হবে।

e_I = -------- V_{PK-PK}

৫। অসিলোস্কোপের ইনপুটটি Q_1 এর কালেক্টরের সাথে যুক্ত করতে হবে। কালেক্টর হতে আউটপুট ভোল্টেজের পিক-টু-পিক মান নির্ণয় করতে হবে।

e_0 = -------- V_{PK-PK}

৬। ভোল্টেজ গেইন A_V নিচের সূত্রানুসারে নির্ণয় করতে হবে—

$A_V = \frac{e_0}{e_I}$ = -----------

উদ্দেশ্য-খ ঃ একটি একক স্টেজ ভোল্টেজ টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ নির্ণয়করণ (Determine the frequency response curve of a typical single stage voltage tuned amplifier) ঃ

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

১। উপরের সার্কিটটি তৈরি করতে হবে, AF জেনারেটরের আউটপুটকে 100mV পিক-টু-পিক সিগন্যাল মানে সেট করে Q_1 এর বেসে যুক্ত করতে হবে। ইনপুট ফ্রিকুয়েন্সির মান 1kHz হবে। ইলেকট্রনিক VOM ব্যবহার করে Q_1 এর বেসে ইনপুট ভোল্টেজ পর্যবেক্ষণ করতে হবে।

২। অসিলোস্কোপের ভার্টিক্যাল ইনপুট প্রোবটি 10X মাল্টিপ্লায়ারে সেট করে Q_1 এর গ্রাউন্ড এবং CC এর এক প্রান্তে যুক্ত করতে হবে।

৩। নিচের তালিকা অনুসারে আউটপুট ভোল্টেজসমূহের পিক-টু-পিক মান গ্রহণ করতে হবে এবং সংরক্ষণ করতে হবে।

টেবিল-১ ঃ ফ্রিকুয়েন্সি এবং আউটপুট ভোল্টেজ ঃ

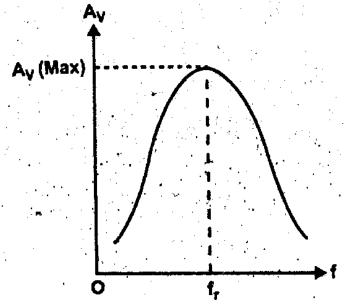
Frequency Hz	Output voltage, V_{PK-PK}
20 HZ	
50 HZ	
100 HZ	
300 HZ	
1K HZ	
3K HZ	
5K HZ	
10K HZ	
20K HZ	
50K HZ	

৪। প্রতিটি ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তনের এবং ভোল্টেজ পরিমাপে অসিলোস্কোপকে প্রয়োজনীয় মানে সেট করতে হবে।

৫। সমস্ত ভোল্টেজের মান শূন্য করতে হবে।

৬। উপরোক্ত ডাটাসমূহের মাধ্যমে নিম্নোক্ত ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ অংকন করতে হবে।

ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ (Frequency response curve) ঃ



Response freqeuency

চিত্র ঃ ফ্রিকুয়েন্সির সাপেক্ষে একক স্টেজ ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইনের সম্পর্কের কার্ভ

মন্তব্য ঃ এ প্রকার পরীক্ষণের মাধ্যমে আমরা একটি একক স্টেজ ভোল্টেজ টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যাবলি, ডিসি অপারেটিং ভোল্টেজ এবং গেইন নির্ণয়করণ পদ্ধতি জানতে পারলাম। ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তনের সাপেক্ষে আউটপুট স্টেজের ভোল্টেজ গেইন এবং ভোল্টেজের মান পরিবর্তিত হয়, তা নির্ণয় করে একক স্টেজ ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ নির্ণয়করণ পদ্ধতিও জানা গেল। এই ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ হতে একটি ব্যান্ড উইড্থ পাওয়া যায়।

উপসংহার (Conculation) ঃ নিজে কর।

পরীক্ষণ নং-৮ ঃ	তারিখ ঃ ....
পরীক্ষার নাম	**একটি অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন এবং ব্যান্ড উইথ এর উপর ঋণাত্মক ফিডব্যাকের প্রভাব পর্যবেক্ষণ (Studying the operation of negative feedback on the gain and band width of an amplifier)**

উদ্দেশ্যসমূহ (Objectives) ঃ

(ক) ঋণাত্মক ফিডব্যাকসহ একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয়করণ এবং পর্যবেক্ষণ।

মৌলিক ধারণা (Basic concepts) ঃ

১। যদি কোন অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের আউটপুট সিগন্যালের একটি অংশকে ইনপুটে বিপরীত ফেজে দেয়া হয়, তবে তাকে ঋণাত্মক ফিডব্যাক বলা হয়।

২। ঋণাত্মক ফিডব্যাকের ফলে গেইন হ্রাস পায়, ব্যান্ড উইডথ বৃদ্ধি পায় এবং অ্যাম্প্লিফায়ারের স্ট্যাবিলিটি বৃদ্ধি পায়।

৩। সিরিজ ফিডব্যাক ইনপুটের সাথে সিরিজে দেয়া হয়।

৪। কারেন্ট ফিডব্যাক ভোল্টেজ উৎপাদন করে, যা কারেন্টের সমানুপাতিক এবং পরিবর্তনশীল।

৫। সিরিজ ফিডব্যাকের ফলে ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান বৃদ্ধি পায়।

মালামাল ও যন্ত্রপাতি (Tools and equipment) ঃ

১। পাওয়ার সোর্স — 0–12V ডি.সি, 10mA

২। পাওয়ার সোর্স — 6.3 V এ.সি

৩। AF জেনারেটর

৪। ইলেকট্রনিক VOM — 0–50 Volt ডি.সি

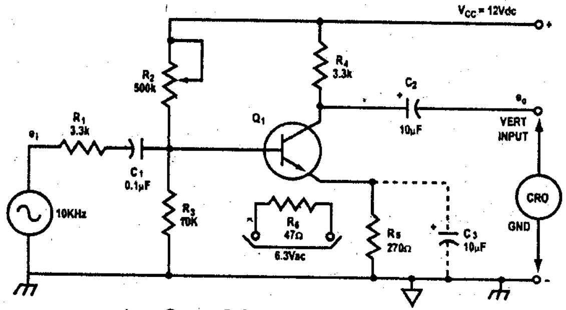
৫। অসিলোস্কোপ

৬। প্র্যাকটিক্যাল ইলেকট্রনিক ট্রেইনার

C_1	—	0.1μF capacitor
C_2, C_3	—	10μF Electrolytic capacitor
Q_1, R_6	—	NPN Transistor, 2N2219A W/Resistor
R_1, R_4	—	3.3kΩ, 1W
R_2	—	500kΩ, 1/2W Potentiometer, Component Module
R_3	—	10kΩ, 1W
R_5	—	270Ω, 1W

৭। কানেক্টর– প্রয়োজনমতো।

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ সিরিজ ফিডব্যাক সার্কিট

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

১। উপরের চিত্রের মতো কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট গঠন করতে হবে। C_3 বাইপাস রেজিস্টর সংযুক্ত করতে হবে। AF জেনারেটরের মান শূন্যতে সেট করতে হবে এবং R_2 এর মান মধ্য অবস্থানে নিয়ে আসতে হবে। অসিলোস্কোপের 10X প্রোবটি ব্যবহার করতে হবে। এই সময় R_6 হিটার রেজিস্টরে 6.3V. ac পাওয়ার সোর্স বিযুক্ত রাখতে হবে।

২। V_{cc} এর মান $12V_{dc}$-তে সেট করতে হবে।

৩। Q_1 এর কালেক্টর এবং সার্কিট কমনের সাথে ইলেকট্রনিক VOM যুক্ত করতে হবে। R_2 পটেনশিওমিটারের মান ডিসি কালেক্টর ভোল্টেজ $9V_{dc}$ এর জন্য সমন্বয় করতে হবে ও পরে মিটারটি বিযুক্ত করতে হবে।

৪। 10kHz এর ফ্রিকুয়েন্সির জন্য AF জেনারেটরের মান সাইন ওয়েভে সেট করতে হবে।

৫। ইলেকট্রনিক VOM ব্যবহার করে অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ভোল্টেজ e_1 এর মান পরিমাপ এবং সংরক্ষণ করতে হবে।

e_i = ----------- mV pk – pk.

৬। অ্যাম্প্লিফায়ার এর আউটপুট ভোল্টেজ e_0 এর মান অসিলোস্কোপের সাহায্যে নির্ণয় করতে হবে।

e_O = ----------- mv pk – pk.

৭। ভোল্টেজ গেইন A_V এর মান নিম্নোক্ত সূত্রানুসারে নির্ণয় করতে হবে।

$$A_V = \frac{e_O}{e_i} = \text{--------------}$$

৮। R_4 এবং R_5 সার্কিটের মান হতে ফিডব্যাক রেশিও β এর মান নির্ণয় করতে হবে।

$$\beta = \frac{R_5}{R_4 + R_5}$$

= --------------

৯। ফিডব্যাক সহকারে এখন ফিডব্যাক গেইন A_{VF} এর মান নির্ণয় করতে হবে।

$$A_{VF} = \frac{A_V}{1 - A_{V\beta}}$$

= --------------

১০। C_3 বাইপাস ক্যাপাসিটরটি খুলে ফেলতে হবে।

১১। AF জেনারেটরের আউটপুটকে যে পর্যন্ত না অসিলোস্কোপের আউটপুট 1Volt pk – pk মান দেখা না যায় সে পর্যন্ত বৃদ্ধি করতে হবে।

১২। অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ভোল্টেজ e_{if} এর মান পরিমাপ এবং সংরক্ষণ করতে হবে।

e_{if} = ----------- mV pk – pk

১৩। ফিডব্যাক সহকারে অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয় করতে হবে।

$$A_{VF} = \frac{e_{Of}}{e_{if}}$$

= ----------

মন্তব্য (Remarks) ঃ এ প্রকার ল্যাবরেটরি পরীক্ষণের মাধ্যমে আমরা ঋণাত্মক সান্ট ফিডব্যাক প্রভাব একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারে পর্যবেক্ষণ করলাম। প্রথমে আমরা ইনপুট এবং আউটপুট ইম্পিড্যান্স পরিমাপকরণ জানতে পারলাম। দেখলাম সান্ট ফিডব্যাক ইনপুট ও আউটপুট ইম্পিড্যান্সের মানকে হ্রাস করে। পরে গেইন নির্ণয়করণ পদ্ধতি জানা গেল। সান্ট ফিডব্যাক রেজিস্টর ভোল্টেজ ফিডব্যাক উৎপাদন করে এবং ফিডব্যাক ভোল্টেজ কালেক্টর ভোল্টেজের সাথে পরিবর্তিত হয়। চূড়ান্তভাবে স্কোয়ার ওয়েভ ব্যবহার করে প্রায় কাছাকাছি ব্যান্ড উইডথ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারে নির্ণয় করা গেল।

উপসংহার (Conculation) ঃ নিজে কর।

পরীক্ষণ নং-৯ ঃ	তারিখ ঃ ....
পরীক্ষার নাম	কমন সোর্স মোডে JFET এর ইনপুট এবং আউটপুট বৈশিষ্ট্যরেখা অঙ্কন ও প্রদর্শন (Show the skill in plotting input and output characteristics of JFET in common source mode)

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ

(ক) শূন্য গেট বায়াসে ড্রেন ভোল্টেজ এবং ড্রেন কারেন্টের প্রভাব নির্ণয়করণ ও স্থির ড্রেন কারেন্টে ড্রেন সোর্স ভোল্টেজ নির্ণয়করণ।

(খ) ড্রেন সোর্স ভোল্টেজের দেয় মানে পিঞ্চ অফ ভোল্টেজ উৎপাদনের জন্য গেট সোর্স রিভার্স বায়াস ভোল্টেজের মান পরিমাপকরণ।

(গ) গেট সোর্স রিভার্স বায়াস এবং ড্রেন সোর্স ভোল্টেজের উভয় মানের পরিবর্তনের জন্য ড্রেন কারেন্টের পরিবর্তন পরিমাপকরণ এবং গ্রাফে উপস্থাপন।

মৌলিক ধারণা (Basic concepts) ঃ

১। JFET একটি ইউনিপোলার ডিভাইস।
২। JFET এর তিনটি কার্যকর প্রান্ত, যথা ঃ গেট, সোর্স এবং ড্রেন রয়েছে।
৩। JFET-কে N-চ্যানেল অথবা P-চ্যানেলে সেমিকন্ডাক্টর ডিভাইস হিসাবে গঠন করা যায়।
৪। JFET হল ভোল্টেজ দ্বারা চালিত কারেন্ট নিয়ন্ত্রিত ডিভাইস।
৫। JFET সচরাচর অন ডিভাইস।
৬। চ্যানেল কারেন্টের মান হ্রাসকরণে গেট সোর্স জাংশনকে অবশ্যই রিভার্স বায়াস করতে হবে।
৭। ড্রেন কারেন্ট সোর্স কারেন্টের মানের সমান।
৮। JFET গেট-সোর্স প্রান্ত উচ্চ মানের ইনপুট ইম্পিড্যান্সকে প্রদর্শন করে।

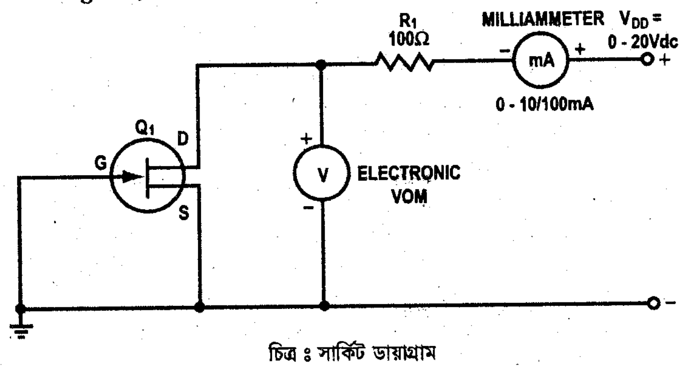
মালামাল ও যন্ত্রপাতি (Tools and equipment) ঃ

১। পাওয়ার সোর্স — 0–10V এ.সি
২। পাওয়ার সোর্স — 0–10V ডি.সি, 5mA
৩। পাওয়ার সোর্স — 0–20V ডি.সি, 20mA
৪। মিলি অ্যামিটার — 0–10mA ডি.সি/100mA ডি.সি
৫। ইলেকট্রনিক VOM— 0–50 volt ডি.সি
৬। অসিলোস্কোপ
৭। প্র্যাকটিক্যাল ইলেকট্রনিক ট্রেইনার

CR_1 — সিলিকন ডায়োড, 1N4004
Q_1 — JFET, N- channel, 2N5459
R_1 — 100Ω, 1W
R_2 — 1MΩ, 1W
R_3 — 47Ω, 1W

৮। কানেক্টর- প্রয়োজনমতো।

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ সার্কিট ডায়াগ্রাম

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

উদ্দেশ্য-ক (Objectives) ঃ শূন্য গেট বায়াসে ড্রেন ভোল্টেজ এবং ড্রেন কারেন্টের প্রভাব নির্ণয়করণ ও স্থির ড্রেন কারেন্টে ড্রেন সোর্স ভোল্টেজ নির্ণয়করণ (Demonstrate and measure the effect of drain voltage on drain current with zero gate bias and determine the valve of drain source pinch-off voltage required to produce constant drain current) ঃ

১। ব্যবহারিক চিত্র ১.১৬ অনুসারে সার্কিট ডায়াগ্রাম তৈরি করতে হবে এবং ইলেকট্রনিক VOM-কে 1.5 V_{dc} রেঞ্জে এবং মিলি অ্যামিটারকে 10mAdc রেঞ্জে স্থাপন করতে হবে।

২। ড্রেন থেকে সোর্স ভোল্টেজ V_{DS} যে পর্যন্ত না VOM-এ 0.5V_{dc} প্রদর্শন করে সে পর্যন্ত ড্রেন সরবরাহ ভোল্টেজ V_{DD} বৃদ্ধি করতে হবে।

৩। ড্রেন কারেন্ট I_D এর মান মিলিমিটার হতে গ্রহণ করতে হবে এবং 0.5 ভোল্ট V_{DS} এর মান পর্যন্ত I_D এর মান নিচের ১.৫ নং তালিকায় সন্নিবেশিত করতে হবে।

৪। V_{DD} এর মান বৃদ্ধি করতে হবে এবং I_D এর মান গ্রহণ করতে হবে।

৫। এই তালিকার প্রাপ্ত মানসমূহ গ্রাফ কাগজে স্থাপন করতে হবে।

৬। কার্ভ হতে V_{DS} এর মান দ্রুত বৃদ্ধির সাপেক্ষে যে বিন্দুতে স্থির মানের কারেন্ট I_D প্রবাহিত হয় তা চিহ্নিত করতে হবে। এই বিন্দু হতে উল্লম্ব রেখা অংকন করে V_{DS} এর মান নির্ণয় করতে হবে।

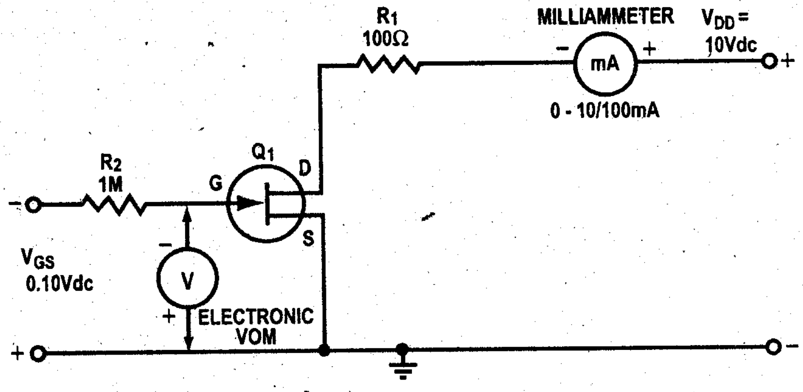
$\therefore$ V_P (V_{DS}) = ... V_{dc}

টেবিল-১ ঃ V_{DS} এর I_D এর মান ঃ

V_{DS} (volts)	I_D (mA)
0	
0.5	
1.0	
2.0	
2.5	
3.0	
3.5	
4.0	
4.5	
5.0	
5.5	
6.0	
7.0	
8.0	
10.0	
15.0	
20.0	

উদ্দেশ্য-খ (Objectives) ঃ ড্রেন সোর্স ভোল্টেজের দেয়া মানের জন্য পিঞ্চ অফ ভোল্টেজ উৎপাদনে গেট সোর্স রিভার্স বায়াস ভোল্টেজ পরিমাপকরণ (Measure the value of gate-source reverse bias voltage required to produce pinch-off for a given value of drain-source voltage) ঃ

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ সার্কিট ডায়াগ্রাম

১। উপরের চিত্রানুসারে সার্কিট ডায়াগ্রাম তৈরি করতে হবে এবং মিলি অ্যামিটারকে 10mAdc রেঞ্জে স্থাপন করতে হবে।

২। ড্রেন সরবরাহ ভোল্টেজ V_{DD}-কে $10V_{dc}$ মানে সমন্বয় করতে হবে।

৩। V_{GS} এর মান আস্তে আস্তে বৃদ্ধি করতে হবে যে পর্যন্ত ড্রেন কারেন্ট I_D এর মান শূন্য হয়। এই I_D মানে V_{GS} এর মা গ্রহণ করতে হবে। VOM হতে সংগৃহীত এই মানই পিঞ্চ অফ ভোল্টেজ V_P-কে প্রকাশ করবে।

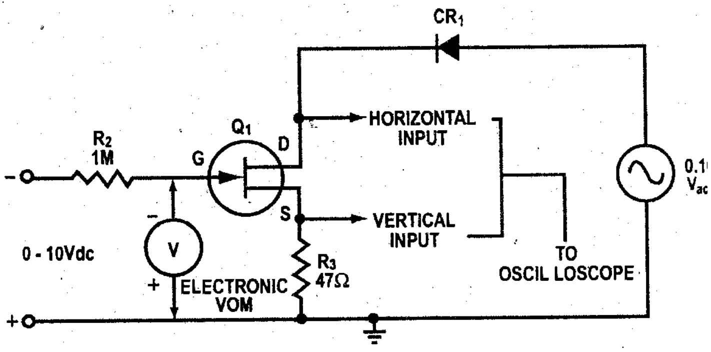
$\therefore V_P (V_{GS}) = \ldots\ V_{dc}$

৪। সমস্ত পাওয়ার সোর্স ভোল্টেজসমূহকে শূন্য মানে নিয়ে স্থাপন করতে হবে।

উদ্দেশ্য-গ (Objectives) ঃ গেট সোর্স রিভার্স বায়াস এর ড্রেন সোর্স ভোল্টেজের পরিবর্তনের সাপেক্ষে ড্রেন কারেন্টে পরিবর্তনের মান গ্রাফ কাগজে প্রতিস্থাপন এবং পরিমাপকরণ (Measure the effect on drain current for change in bot gate-source reverse bias and drain-source voltage and record a family of curves) ঃ

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit Diagram) ঃ

১। উপরের চিত্রানুসারে সার্কিটটি তৈরি করতে হবে। একটি পরিবর্তনশীল a. c সোর্সকে ড্রেন সরবরাহ ভোল্টেজ হিসাবে ব্যবহার করতে হবে। CRI ডায়োডটি JFET এর ড্রেন এবং সোর্স a. c সরবরাহের ধনাত্মক মানকে যেতে দেয়।



চিত্র ঃ সার্কিট ডায়াগ্রাম

২। অসিলোস্কোপের হরিজন্টাল অ্যাম্প্লিফায়ারকে 2.5 Volts/cm ডিফ্লেকশনের জন্য ক্যালিব্রেট করতে হবে। TIME/CM (সেট করতে হবে। হরিজন্টাল অ্যাম্প্লিফায়ারের প্রোবকে EXT. TRIG. INPUT এর সাথে যুক্ত করতে হবে।

৩। অসিলোস্কোপকে 0.01V/cm ভার্টিক্যাল ডিফ্লেকশনের জন্য সেট করতে হবে।

৪। পরিবর্তনশীল a.c ড্রেন সরবরাহ ভোল্টেজকে 10Volt-এ সেট করতে হবে।

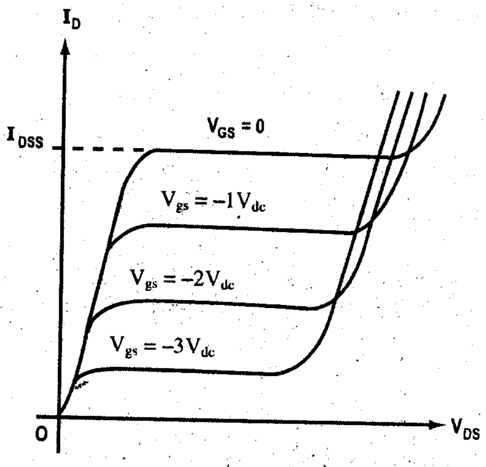
৫। ইলেকট্রনিক VOM ব্যবহার করে V_{Gs} এর মান শূন্য ভোল্টে রিভার্সে স্থাপিত হয়েছে কি না তা পরীক্ষা করতে হবে।

৬। অসিলোস্কোপকে সার্কিটে যুক্ত করতে হবে। ভার্টিক্যাল ইনপুটের জন্য X_{10} মাল্টিপ্লায়ার প্রোব সংযোগ করতে হবে। অসিলোস্কোপটি ওয়েভ প্রদর্শন করবে।

৭। নিচের চিত্রে অসিলোস্কোপের ওয়েভটি অংকন করতে হবে। অসিলোস্কোপের ভার্টিক্যাল অক্ষরেখা ড্রেন কারেন্ট I_D-কে এবং হরিজন্টাল অক্ষরেখা ড্রেন সোর্স ভোল্টেজ V_{DS}-কে প্রকাশ করবে।

৮। V_{GS} এর মান $-0.5V_{dc}$ থেকে বৃদ্ধি করতে হবে এবং তা পরিবর্তন করে -1.0, -1.5 এবং $-2.0V_{dc}$ তে স্থাপন করতে হবে এবং V_{DS} ও I_D এর মান নির্ণয় করতে হবে।

৯। V_{GS} এর সকল মানের জন্য পিঞ্চ অফ ভোল্টেজ নির্ণয় করতে হবে।



চিত্র ঃ V_{DS} এবং I_D এর মধ্যকার কার্ভ

মন্তব্য (Remarks) ঃ এই পরীক্ষণের মাধ্যমে আমরা N-চ্যানেল-JFET এর কার্যাবলি জানতে পারলাম। প্রথমে ড্রেন কারেন্ট পরিমাপ করে শূন্য গেট বায়াসের সাপেক্ষে ড্রেন ভোল্টেজের সম্পর্ক জানতে পারলাম। I_D এবং V_{DS} এর মান হতে পিঞ্চ অফ ভোল্টেজ V_D এর মান জানা গেল। পরবর্তীতে গেট সোর্স রিভার্স বায়াস ভোল্টেজ পরিমাপ করে দেয় ড্রেন সোর্স ভোল্টেজের জন্য পিঞ্চ অফ ভোল্টেজ নির্ণয় করা হল।

উপসংহার (Conculation) ঃ নিজে কর।

পরীক্ষণ নং-১০ ঃ	তারিখ ঃ ....
পরীক্ষার নাম	এনহ্যান্সমেন্ট এবং ডিপ্লেশন টাইপ MOSFET এর বৈশিষ্ট্যসমূহ প্রদর্শন (Show skill in determining characteristics of MOSFET (enhancement and depletion type)

উদ্দেশ্যসমূহ (Objectives) ঃ

(ক) একটি MOSFET এর শূন্য বায়াস বৈশিষ্ট্য নির্ণয়করণ এবং পরিমাপকরণ।

(খ) একটি MOSFET এর ডিপ্লেশন মোড বৈশিষ্ট্য নির্ণয়করণ এবং পরিমাপকরণ।

(গ) একটি MOSFET এর এনহ্যান্সমেন্ট মোড বৈশিষ্ট্য নির্ণয়করণ এবং পরিমাপকরণ।

মৌলিক ধারণা (Basic concepts) ঃ

১। MOSFET-এ গেটটি চ্যানেল হতে ইনসুলেটেড করা থাকে।

২। MOSFET-কে আবার IGFET-ও বলা হয়।

৩। MOSFET-কে N-চ্যানেল অথবা P-চ্যানেলে বিভক্ত করা যায়।

৪। গেট সোর্স বায়াসের কোন পোলারিটিতে যদি চ্যানেল কারেন্ট হ্রাস পায়, তবে এ প্রকার মোডকে ডিপ্লেশন মোড (Depletion mode) বলে।

৫। গেট সোর্স বায়াস ভোল্টেজের কারণে যদি চ্যানেল কারেন্ট বৃদ্ধি পায়, তবে তাকে এনহ্যান্সমেন্ট মোড (Enhancement mode) বলে।

৬। কিছু MOSFET উভয় মোডে কাজ করতে পারে।

৭। যদি কোন MOSFET এর দুটো গেট থাকে তবে তাকে ডুয়াল (Dual) গেট MOSFET বলে।

৮। JFET এর তুলনায় MOSFET এর ইনপুট ইম্পিড্যান্সের মান বেশি এবং ইনপুট ক্যাপাসিট্যান্সের মান কম।

৯। স্ট্যাটিক চার্জ হতে রক্ষার জন্য MOSFET-এ গেট রক্ষণ সার্কিট ব্যবহার করতে হয়।

মালামাল ও যন্ত্রপাতি (Tools and Equipment) ঃ

১। পাওয়ার সোর্স- 0–10V ডি.সি

২। পাওয়ার সোর্স- 0–24V ডি.সি, 5mA

৩। ইলেকট্রনিক VOM অথবা AVO মিটার

৪। অসিলোস্কোপ

৫। প্র্যাকটিক্যাল ইলেকট্রনিক ট্রেইনার-

CR_1 — সিলিকন ডায়োড, 1N4004

Q_1 — MOSFET, N-চ্যানেল, গেট প্রটেকশনযুক্ত 40841।

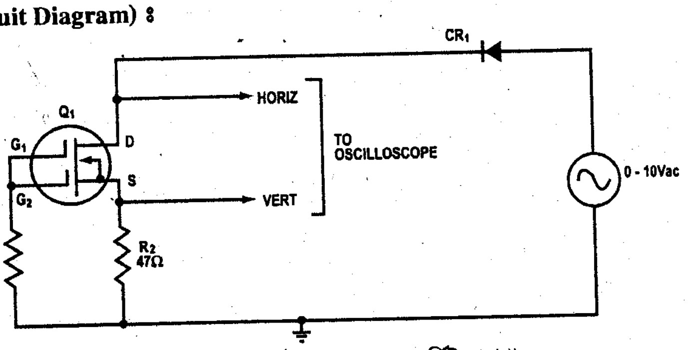
R_1 — 1MΩ, 1W

R_2 — 47Ω, 1W

৬। কানেক্টর- প্রয়োজনমতো।

উদ্দেশ্য-ক ঃ একটি MOSFET এর শূন্য বায়াস বৈশিষ্ট্য পরিমাপ ও নির্ণয়করণ (Demonstration and measuring the zero bias characteristics of a MOSFET) ঃ

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit Diagram) ঃ



চিত্র ঃ ডুয়াল গেট MOSFET সার্কিট ডায়াগ্রাম

কার্যপদ্ধতি (Working Procedure) ঃ

১। উপরের চিত্রানুসারে সার্কিটটি বোর্ডে তৈরি করতে হবে। সমস্ত ইকুইপমেন্ট সংযোজনের পর পাওয়ার সরবরাহ করতে হবে।

২। AF জেনারেটরের 1000Hz স্কোয়ার ওয়েভ দ্বারা অসিলোস্কোপকে ক্যালিব্রেট করতে হবে।

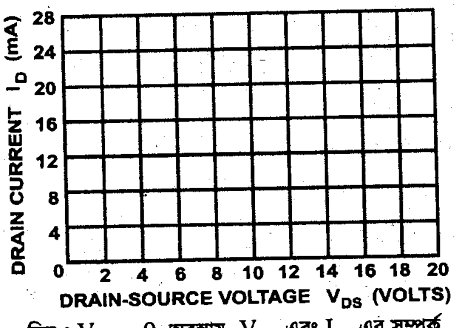
৩। অসিলোস্কোপকে 0.02V/cm ভার্টিক্যাল ডিফ্লেকশনের জন্য সেট করতে হবে।

৪। পরিবর্তনশীল AC ড্রেন ভোল্টেজকে (V_{DD}) 10 Volt-এ সমন্বয় করতে হবে।

৫। অসিলোস্কোপকে চিত্রানুসারে সংযোজন করতে হবে। X_{10} মাল্টিপ্লায়ার প্রোবটি ভার্টিক্যাল ইনপুটের সাথে সংযুক্ত করতে হবে।

৬। V_{GS} এর বিভিন্ন মানের ও অবস্থার জন্য অসিলোস্কোপ হতে $I = \frac{E}{R} = E/47 = V_{DS}/47$ সূত্রানুসারে I_d এর মান নির্ণয় কা নিচের ছক কাগজে স্থাপন করতে হবে। পরীক্ষণ শেষ হলে পাওয়ার বন্ধ করতে হবে।

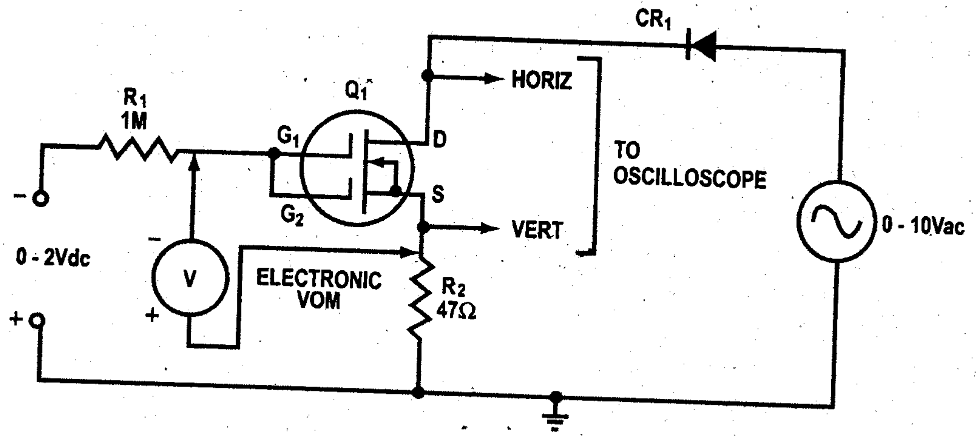
গ্রাফ ঃ V_{GS} শূন্য অবস্থায় V_{DS} এর মানের পরিবর্তনের সাথে I_D এর মানের পরিবর্তনের সম্পর্ক।



চিত্র ঃ $V_{GS} = 0$ অবস্থায় V_{DS} এবং I_D এর সম্পর্ক

উদ্দেশ্য-খ MOSFET এর ডিপ্লেশন মোড বৈশিষ্ট্যসমূহ নির্ণয় এবং পরিমাপকরণ (Demonstration and measuring the depletion mode characteristics of a MOSFET) ঃ

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ ডিপ্লেশন মোড বৈশিষ্ট্য নির্ণয়ের সার্কিট ডায়াগ্রাম

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

১। উপরের চিত্রানুসারে সার্কিটটি বোর্ডে তৈরি করতে হবে।

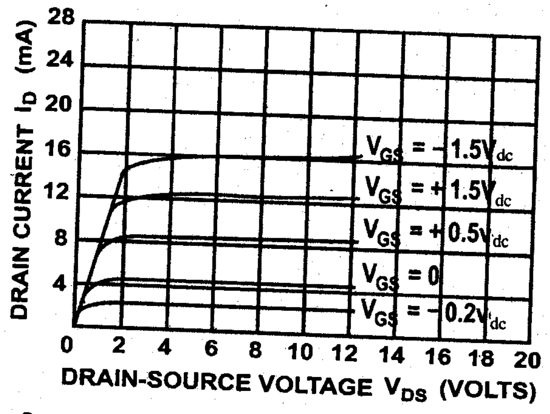
২। পরিবর্তনশীল এসি সরবরাহ ভোল্টেজকে 10 ভোল্ট (rms) মানে সমন্বয় করতে হবে।

৩। ইলেকট্রনিক VOM এর 0.5 ভোল্ট ডিসি রেঞ্জ ব্যবহার করে $V_{GS} = -0.2$ ভোল্টে সমন্বয় করতে হবে।

৪। অসিলোস্কোপটি চিত্রানুসারে সেট করলে $V_{GS} = -0.2V_{dc}$ এর জন্য পর্দায় $V_{DS} = 10V$ এর বিভিন্ন মানের কারণে তরঙ্গাকার ওয়েভ দেখাবে।

৫। এই ভোল্টেজসমূহের মান হতে $I_d = V_{DS}/47$ সূত্রানুসারে বিভিন্ন বিন্দুর কারেন্ট নির্ণয় করতে হবে এবং এই মান নিচের ছক কাগজে স্থাপন করতে হবে।

গ্রাফ ঃ $V_{GS} = -0.2V_{dc}$ এর জন্য I_D এবং V_{DS} এর সম্পর্ক।



চিত্র ঃ $V_{GS} = -0.2V_{dc}$ এর জন্য I_D এবং V_{DS} এর বৈশিষ্ট্যরেখা

৬। আস্তে আস্তে V_{GS} এর মান বৃদ্ধি করতে হবে যে পর্যন্ত না ড্রেন কারেন্টের মান শূন্য হয়। শূন্য হলে পিঞ্চ অফ ভোল্টেজ V_P নির্ণয় করতে হবে।

$V_p (V_{GS}) =$ ---- V_{dc}

উদ্দেশ্য-গ ঃ একটি MOSFET এর এনহ্যান্সমেন্ট মোড বৈশিষ্ট্যসমূহ নির্ণয় ও পরিমাপকরণ (Demonstration and measure the enhancement mode characteristics of a MOSFET) ঃ

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

১। উপরের সার্কিট ডায়াগ্রামটি বোর্ডে তৈরি করতে হবে। MOSFET এর গেট সার্কিটের ডিসি সরবরাহের মেরুসমূহ বিপরীত করতে হবে এবং ইলেকট্রনিক VOM এর পোলারিটিসমূহও বিপরীত করতে হবে।

২। VOM-কে 0.5 ভোল্ট ডিসি রেঞ্জে সেট করতে হবে এবং ডিসি সরবরাহ ভোল্টেজকে সতর্কতার সাথে $V_{GS} = +0.5$ ভোল্টে পরিবর্তন করতে হবে।

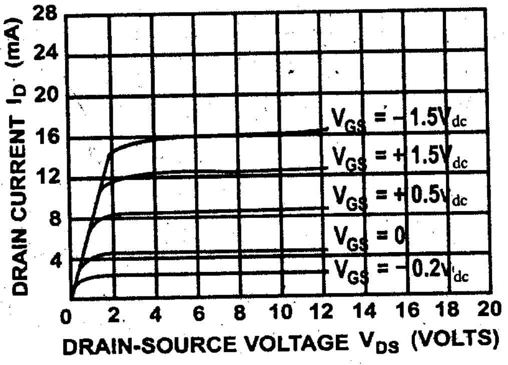
৩। অসিলোস্কোপের পর্দা হতে $V_{GS} = +0.5V_{dc}$ এর জন্য V_{DS} ও I_D এর মধ্যকার সম্পর্ক নির্ণয় করতে হবে।

৪। VOM রেঞ্জ বৃদ্ধি করতে হবে এবং $V_{GS} = 1.0$ ভোল্টে মান সেট করতে হবে। পর্দা হতে কার্ভটি নির্ণয় করতে হবে।

৫। $V_{GS} = +1.5$ Volt এর জন্য কার্ভ নির্ণয় করতে হবে।

৬। নিচের চিত্রানুসারে গ্রাফটি অংকন করতে হবে।

গ্রাফ ঃ V_{GS} এর বিভিন্ন মানের জন্য I_D এবং V_{DS} এর সম্পর্ক।



চিত্র ঃ ΔV_{GS} এর সাপেক্ষে ΔI_D এবং ΔV_{DS} এর সম্পর্ক

মন্তব্য (Remarks) ঃ ল্যাবরেটরিতে এ প্রকার পরীক্ষণের মাধ্যমে MOSFET এর বৈশিষ্ট্যসমূহ জানা গেল। প্রথমে আমরা ড্রেন কারেন্টকে শূন্য গেট বায়াস দ্বারা ডাইনামিক শর্তে পরিমাপ করলাম। গ্রাফ কাগজের চিত্র হতে MOSFET এর ওহমিক রিজিয়ন জানা গেল। গেটে ঋণাত্মক বায়াস ভোল্টেজ প্রদানের মাধ্যমে MOSFET এর ডিপ্লেশন মোড জানা গেল। চূড়ান্তভাবে ধনাত্মক ভোল্টেজ গেট সার্কিটে প্রয়োগের মাধ্যমে MOSFET এর এনহ্যান্সমেন্ট মোড জানা গেল।

উপসংহার (Conculation) ঃ নিজে কর।

পরীক্ষণ নং-১১ ঃ	তারিখ ঃ ....
পরীক্ষার নাম	**একটি হার্টলি অসিলেটরের কার্যাবলি নিশ্চিতরূপে প্রমাণ করণ (Demonstrate the operation of a Hartly oscillator)**

উদ্দেশ্যসমূহ (Objectives) ঃ

(ক) হার্টলি অসিলেটর সার্কিটের কার্যাবলি পর্যবেক্ষণ এবং ফ্রিকুয়েন্সি পরিমাপকরণ।

সাধারণ ধারণাসমূহ (Basic concepts) ঃ

১। অসিলেটর সার্কিট অ্যাকটিভ এবং প্যাসিভ ডিভাইসসমূহের সমন্বয়ে গঠিত, তারা একত্রে ফ্রিকুয়েন্সি উৎপাদন করে।

২। অসিলেটরে বহিস্থ ইনপুট সিগন্যালের প্রয়োজন হয় না। অসিলেটরের আউটপুট অনুসারে দুইভাগে ভাগ করা যায়। যথা ঃ সাইনোসয়ডাল এবং নন-সাইনোসয়ডাল।

৩। সাইনোসয়ডাল অসিলেশনের শর্তসমূহ হল ঃ

(ক) সার্কিটটির সিগন্যাল বিবর্ধন করার ক্ষমতা থাকতে হবে। (খ) ধনাত্মক ফিডব্যাক সংগঠিত হতে হবে।

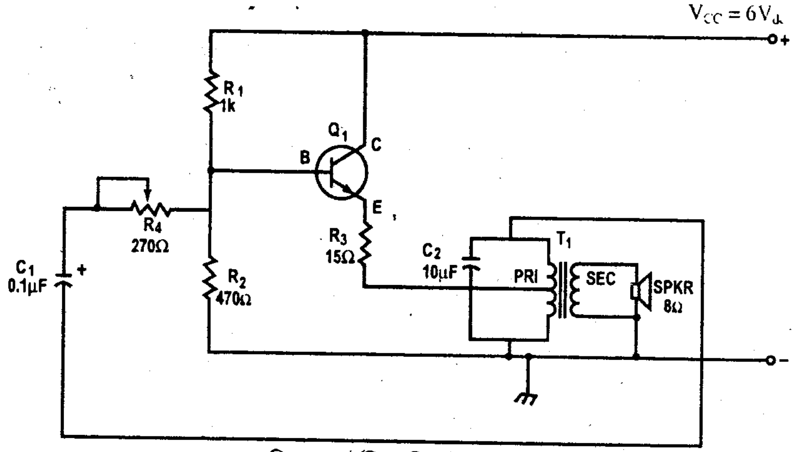
ইকুইপমেন্ট এবং ম্যাটেরিয়ালসমূহ (Equipment and Materials) ঃ

১। পাওয়ার সোর্স — 6 V_{dc}, 40 mA
২। ইলেকট্রনিক VOM
৩। অসিলোস্কোপ
৪। প্র্যাকটিক্যাল ইলেকট্রনিক্স ট্রেইনার

C_1	—	10μF. Electrolytic
C_2	—	0.1μF. Mylar
C_3	—	0.22μF. Mylar
Q_1	—	NPN Transistor, 2N2219A
R_1	—	1kΩ, 1W
R_2	—	470Ω, 1W
R_3	—	15Ω, 1W
R_4	—	200Ω, Potentiometer Component Module.
R_5	—	8.2Ω, 1W
SPKR	—	Component Module.
T_1	—	Output Transformer (Green)

৫। কানেক্ট অল বোর্ড।

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ হার্টলি অসিলেটর সার্কিট

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

১। অসিলোস্কোপের ট্রিগারিংকে এক্সটারনাল সোর্সে সেট করতে হবে এবং প্রান্তটি R_5 লোড রেজিস্টরের আড়াআড়িতে যুক্ত করতে হবে।

২। V_{CC} এর মান 6V_{dc} সেট করতে হবে।

৩। অসিলোস্কোপের ভার্টিক্যাল পজিশন কন্ট্রোল সমন্বয় করে ওয়েভটিকে পর্দার কেন্দ্রে স্থাপন করতে হবে এবং হরিজন্টাল কন্ট্রোল সেট করে একটি পূর্ণ ওয়েভ নিয়ে আসতে হবে।

৪। একটি পূর্ণ সাইন ওয়েভের জন্য টাইম পিরিয়ড নির্ণয় করতে হবে।

Time period = ------------------ mS

এবং নিম্নোক্ত সূত্রানুসারে ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় করতে হবে–

$$f_o = \frac{1}{\text{time period}} = \text{--------------------------}$$

৫। অসিলোস্কোপের পর্দা হতে পরিমাপকৃত ফ্রিকুয়েন্সি সার্কিটের LC মান হতে নির্ণয়কৃত ফ্রিকুয়েন্সির চেয়ে 20% কমবেশি হচ্ছে। V_{CC} এর মান শূন্য করতে হবে।

মন্তব্য (Remarks) ঃ উপরোক্ত পরীক্ষণের মাধ্যমে হার্টলি অসিলেটরের কার্যপদ্ধতি সম্পর্কে জানা যায়। এখানে R_2 এর মাধ্যমে সঠিক ফেজ শিফ্‌ট ঘটানো গেল। আলোচ্য পরীক্ষণে জানা গেল তা রেজোন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সিতে অসিলেশন উৎপাদন করে; বিভিন্ন বিন্দুতে ভোল্টেজ পরিমাপকৃত রাশি পর্যবেক্ষণ করে জানা যায় সার্কিটটি সঠিকভাবে বায়াস করা হয়েছে।

পরীক্ষণ নং-১২ ঃ	তারিখ ঃ ....
পরীক্ষার নাম	একটি কলপিট অসিলেটরের কার্যাবলি নিশ্চিতরূপে প্রমাণ করণ (Demonstrate the operation of a Colpitt oscillator)

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ

১। কলপিট অসিলেটর সম্পর্কে জ্ঞানার্জন।

২। কলপিট অসিলেটর সার্কিট তৈরিকরণ এবং ফ্রিকুয়েন্সি পরিমাপকরণ।

৩। তাত্ত্বিক জ্ঞানের ব্যবহারিক প্রয়োগ ও সার্কিটের বাস্তব ব্যবহার সম্পর্কে অবগত হওয়া।

সাধারণ ধারণাসমূহ (Basic concepts) ঃ

১। অসিলেটর সার্কিট অ্যাকটিভ এবং প্যাসিভ ডিভাইসসমূহের সমন্বয়ে গঠিত, তারা একত্রে ফ্রিকুয়েন্সি উৎপাদন করে।

২। অসিলেটরে বহিস্থ ইনপুট সিগন্যালের প্রয়োজন হয় না। অসিলেটরের আউটপুট অনুসারে দুইভাগে ভাগ করা যায়। যথা ঃ সাইনোসয়ডাল এবং নন-সাইনোসয়ডাল।

৩। সাইনোসয়ডাল অসিলেশনের শর্তসমূহ হল ঃ
(ক) সার্কিটটির সিগন্যাল বিবর্ধন করার ক্ষমতা থাকতে হবে। (খ) ধনাত্মক ফিডব্যাক সংগঠিত হতে হবে।

ইকুইপমেন্ট এবং ম্যাটেরিয়ালসমূহ (Equipment and Materials) ঃ

১। পাওয়ার সোর্স — 6 V_{dc}, 40 mA

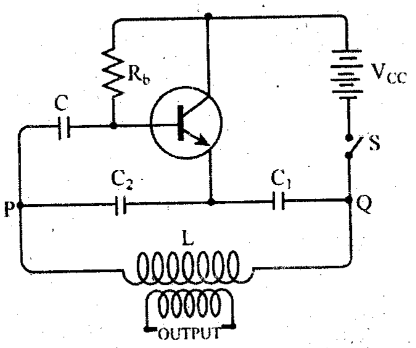
২। ইলেকট্রনিক VOM

৩। অসিলোস্কোপ

৪। প্র্যাকটিক্যাল ইলেকট্রনিক্স ট্রেইনার

C_1	—	10μF. Electrolytic
C_2	—	0.1μF. Mylar
C_3	—	0.22μF. Mylar
Q_1	—	NPN Transistor, 2N2219A
R_1	—	1kΩ, 1W
R_2	—	470Ω, 1W
R_3	—	15Ω, 1W
R_4	—	200Ω, Potentiometer Component Module.
R_5	—	8.2Ω, 1W
SPKR	—	Component Module.
T_1	—	Output Transformer (Green)

৫। কানেক্ট অল বোর্ড।



চিত্র ঃ ৯.১০ কলপিট অসিলেটর

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

১। উপরের চিত্রানুসারে অসিলেটর সার্কিট তৈরি করতে হবে।

২। ইন্ডাকট্যান্স L এবং $C_T = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$ দিয়ে রেজোন্যান্স ফ্রিকুয়েন্সি f_r এর মান নিম্নোক্ত সূত্রানুসারে নির্ণয় করতে হবে–

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$

৩। অসিলোস্কোপের ভার্টিক্যাল পজিশন কন্ট্রোল সমন্বয় করে ওয়েভটিকে পর্দার কেন্দ্রে স্থাপন করতে হবে এবং হরিজন্টাল কন্ট্রোল সেট করে একটি পূর্ণ ওয়েভ নিয়ে আসতে হবে।

৪। একটি পূর্ণ সাইন ওয়েভের জন্য টাইম পিরিয়ড নির্ণয় করতে হবে।

Time period = ------------------ mS

এবং নিম্নোক্ত সূত্রানুসারে ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় করতে হবে–

$$f_o = \frac{1}{\text{time period}} = \text{---------------------------}$$

৫। অসিলোস্কোপের পর্দা হতে পরিমাপকৃত ফ্রিকুয়েন্সি সার্কিটের LC মান হতে নির্ণয়কৃত ফ্রিকুয়েন্সির চেয়ে 20% কমবেশি হচ্ছে। V_{CC} এর মান শূন্য করতে হবে।

মন্তব্য (Remarks) ঃ উপরোক্ত পরীক্ষণের মাধ্যমে হার্টলি অসিলেটরের কার্যপদ্ধতি সম্পর্কে জানা যায়। এখানে R_2 এর মাধ্যমে সঠিক ফেজ শিফ্‌ট ঘটানো গেল। আলোচ্য পরীক্ষণে জানা গেল তা রেজোন্যান্ট ফ্রিকুয়েন্সিতে অসিলেশন উৎপাদন করে। বিভিন্ন বিন্দুতে ভোল্টেজ পরিমাপকৃত রাশি পর্যবেক্ষণ করে জানা যায় সার্কিটটি সঠিকভাবে বায়াস করা হয়েছে।

উপসংহার (Conculation) ঃ নিজে কর।

পরীক্ষণ নং-১৩ ঃ(ক)	তারিখ ঃ ....
পরীক্ষার নাম	**একটি অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের কার্যাবলি পর্যবেক্ষণ (Study the operation of an astable multivibrator circuit)**

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ

১। অ্যাস্ট্যাবল বা ফ্রি রানার মাল্টিভাইব্রেটর সম্পর্কে জ্ঞানার্জন।

২। অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের সার্কিট তৈরিকরণ এবং আউটপুট ওয়েভ প্রদর্শনকরণ।

৩। তাত্ত্বিক জ্ঞানের ব্যবহারিক প্রয়োগ ও সার্কিটের বাস্তব ব্যবহার সম্পর্কে অবগত হওয়া।

সাধারণ ধারণা (Basic concepts) ঃ

১। অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর RC টাইম কনস্ট্যান্টের মান অনুসারে স্বয়ংক্রিয়ভাবে দুটি স্টেটের মধ্যে পরিবর্তিত হয়।

২। এটা অসিলেটরের মতো কাজ করে এবং তাতে কোন বহিস্থ পালস ব্যবহার করার প্রয়োজন হয় না।

৩। এ প্রকার মাল্টিভাইব্রেটরের একটি ট্রানজিস্টর কন্ডাকটিং হলে অন্য ট্রানজিস্টর কাট অফে থাকে, আবার কিছুক্ষণ পরে অন্য ট্রানজিস্টরটিতে RC টাইম কনস্ট্যান্টের মান অনুসারে কন্ডাকটিং হয় এবং পূর্বের কন্ডাকটিং ট্রানজিস্টরটি কাট-অফে চলে যায়।

৪। অবস্থানে কন্ডাকটিং এবং নন-কন্ডাকটিং স্টেটসমূহ অবিরত পরিবর্তিত হয়।

যন্ত্রপাতি ও কাঁচামাল (Tools and equipments) ঃ

১। পাওয়ার সরবরাহ 0 – 24VDC, 1 Amp – ১টি

২। অসিলোস্কোপ – ১টি

৩। ডিজিটাল মাল্টিমিটার – ২টি

৪। কম্পোনেন্টস এবং পার্টস

Q_1, Q_2 ট্রানজিস্টর - 2N3904, 2N4124 NPN সিলিকন সুইচিং ট্রানজিস্টর।

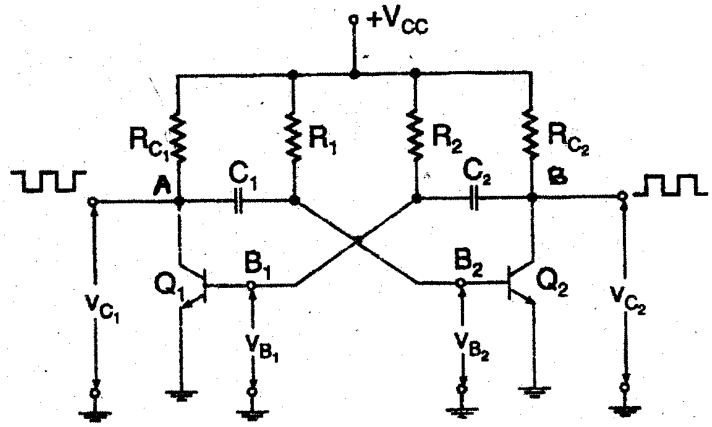
R_1, R_2 - 15kΩ, $\frac{1}{4}$ ওয়াট রেজিস্টর

R_3, R_4 - 1kΩ $\frac{1}{4}$ ওয়াট রেজিস্টর

C_1, C_2 - 100 μF ইলেকট্রোলাইটিক ক্যাপাসিটর

কালো hookup তার, সাদা hookup তার, সবুজ hookup তার।

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

১। উপরের চিত্র অনুযায়ী ব্রেড বোর্ডে কম্পোনেন্টগুলো বসাতে হবে।

২। V_{CC} এর মান 5VDC-তে সেট করতে হবে এবং পাওয়ার সরবরাহ যুক্ত করতে হবে।

৩। Q_1 এবং Q_2 ট্রানজিস্টরের বেস, ইমিটার এবং কালেক্টর ডিসি ভোল্টেজসমূহ পরিমাপ এবং সংরক্ষণ করতে হবে।

Q_1		Q_2	
V_{C_1} = ...	V_{dc}	V_{C_2} = ...	V_{dc}
V_{B_1} = ...	V_{dc}	V_{B_2} = ...	V_{dc}
V_{E_1} = ...	V_{dc}	V_{E_2} = ...	V_{dc}

৪। অসিলোস্কোপটি সার্কিটের সাথে যুক্ত করতে হবে এবং উৎপাদিত স্কোয়ার ওয়েভ পর্যবেক্ষণ ও পরিমাপ করতে হবে।

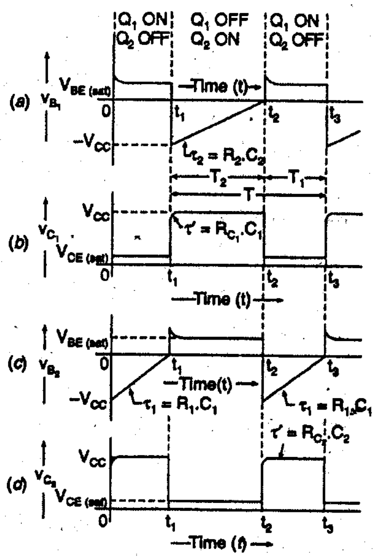
৫। সার্কিটের কম্পোনেন্টসমূহের মান হতে নিচের সমীকরণ ব্যবহার করে ফ্রিকুয়েন্সি f এর মান নির্ণয় করতে হবে।

$$f = \frac{1}{T} \approx \frac{1}{0.693\,(R_2C_1 + R_3C_2)}$$

৬। অসিলোস্কোপ হতে পরিমাপকৃত ফ্রিকুয়েন্সি এবং উপরের হিসাব হতে নির্ণয় করা ফ্রিকুয়েন্সির মান একই হবে।

৭। আউটপুট পালসের আকার (Output pulse shape) ঃ আউটপুট ভোল্টেজের আকার প্রায় স্কোয়ার ওয়েভের মতো।

স্টেট 1 এর সময় Q_2 এর বেস ইমিটার জাংশন ব্যাক ওয়ার্ড বায়াস এবং C_1 ক্যাপাসিটর চার্জিত অবস্থায় থাকবে। স্টেট ২ এর সময় Q_2 ট্রানজিস্টরের বেস ইমিটার জাংশন ফরোয়ার্ড বায়াস এবং C_1 ক্যাপাসিটরটির চার্জ ডিসচার্জ হবে। এখানে আউটপুট ভোল্টেজ R_1C_1 এর ইন্টিগ্রেটিং মান অনুসারে পরিবর্তিত হবে।



চিত্র ঃ আউটপুটের প্রাপ্ত ওয়েভের আকার

মন্তব্য (Remarks) ঃ আলোচ্য পরীক্ষণের মাধ্যমে অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর বা free runner-multivibrator সার্কিটের কার্যাবলি জানা গেল। এ প্রকার মাল্টিভাইব্রেটরের কোন স্ট্যাবল স্টেট নেই।

পরীক্ষণ নং-১৩(খ) ঃ	তারিখ ঃ ....
পরীক্ষার নাম	**একটি ট্রানজিস্টর মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের কার্যাবলি গঠন (Study the operation of a Transistor monostable multivibrator circuit)**

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ

১। মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সম্বন্ধে জ্ঞানার্জন।
২। মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর এর সার্কিট তৈরি করা এবং আউটপুট ওয়েভ প্রদর্শন করা।
৩। তাত্ত্বিক জ্ঞানের ব্যবহারিক প্রয়োগ দেখানো।

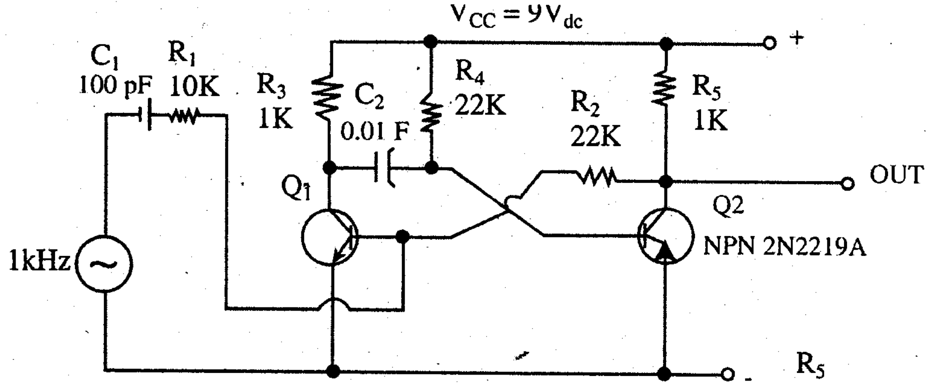
সাধারণ ধারণা (Basic concepts) ঃ

১। একটি মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর আড়াআড়ি সংযুক্ত ট্রানজিস্টর সুইচের মাধ্যমে গঠিত। এই ট্রানজিস্টর সুইচসমূহ পর্যায়ক্রমে সেচুরেশন অথবা কাট-অফ হতে পারে।
২। একটি ট্রানজিস্টর সর্বদাই কন্ডাকটিং থাকে এবং অন্যটি কাট-অফে থাকে, ফলে একটির মান উচ্চ এবং অন্যটির মান নিম্ন হয়।
৩। মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর একটি স্থির স্টেট দ্বারা সেট (Set) এবং রিসেট (Reset) স্টেটকে প্রকাশ করে।
৪। মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরে আলাদা সেট এবং রিসেট ইনপুটসমূহের প্রয়োজন হয় এবং এটা দ্বারা ট্রিগারিং স্টেট (State)-সমূহকে পরিবর্তন করা যায়।
৫। একটি স্থির সেট আউটপুট সচরাচর উচ্চ এবং রিসেট আউটপুটটি নিম্ন থাকে।

যন্ত্রপাতি ও কাঁমাচাল (Tools and equipments) ঃ

১। পাওয়ার সাপ্লাই DC 0–12V 1Amp – ১ টি
২। অসিলোস্কোপ – ১ টি
৩। কানেক্ট অল বোর্ড – ১টি
Q_1, Q_2 ট্রানজিস্টর NPN 2N2219A – ২টি
C_1, C_2 ক্যাপাসিটর 100 pF, 0.01 μF
R_1 - R_5 রেজিস্টর 2kΩ, 22kΩ, 10kΩ
S_1, S_2-সুইচ মিনিয়েচার টাইপ – ১টি
৪। সিগন্যাল জেনারেটর – ১টি
৫। ডিজিটাল AVO মিটার – ২টি

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

১। উপরের চিত্র অনুযায়ী ব্রেড বোর্ডে কম্পোনেন্টগুলো বসাতে হবে।

২। সার্কিটে S_1-কে বন্ধ করতে হবে এবং S_2-কে রিসেট অবস্থানে আনয়ন করতে হবে।

৩। V_{CC} এর মান $9V_{dc}$-তে সেট করতে হবে।

৪। Q_1 এবং Q_2 ট্রানজিস্টরের বেস, ইমিটার এবং কালেক্টরের ডিসি ভোল্টেজসমূহ পরিমাপ এবং সংরক্ষণ করতে হবে।

Q_1	Q_2
V_{C_1} = ... V_{dc}	V_{C_2} = ... V_{dc}
V_{B_1} = ... V_{dc}	V_{B_2} = ... V_{dc}
V_{E_1} = ... V_{dc}	V_{E_2} = ... V_{dc}

৫। S_2 সুইচকে সেট অবস্থানে আনয়ন করতে হবে।

৬। Q_1 এবং Q_2 এর বেস, ইমিটার এবং কালেক্টর ভোল্টেজ পরিমাপ করতে হবে।

Q_1	Q_2
V_{C_1} = ... V_{dc}	V_{C_2} = ... V_{dc}
V_{B_1} = ... V_{dc}	V_{B_2} = ... V_{dc}
V_{E_1} = ... V_{dc}	V_{E_2} = ... V_{dc}

৭। এই পরীক্ষণসমূহের মাধ্যমে জানা গেল Q_1 এবং Q_2 ট্রানজিস্টর কখনও ফরোয়ার্ড বায়াস এবং কখনও রিভার্স বায়াসে অবস্থান করছে।

৮। অসিলোস্কোপটি সার্কিটের সাথে সংযুক্ত করতে হবে।

৯। সার্কিটে পাওয়ার সাপ্লাই দিতে হবে।

১০। মাল্টিভাইব্রেটর ওয়েভ পরীক্ষা করে তার কার্যপদ্ধতি সম্পর্কে ধারণা করা যাবে।

১১। A_f জেনারেটরের স্কোয়ার ওয়েভ আউটপুট ফ্রিকুয়েন্সি 1kHz-এ সেট করতে হবে।

১২। টাইম পিরিয়ড এবং ফ্রিকুয়েন্সির মান অসিলোস্কোপের পর্দা হতে নির্ণয় করতে হবে।

Time period = ... mS

$$f = \frac{1}{T(\text{seconds})}$$

= .... Hz

১৩। পরীক্ষণ শেষে সমস্ত পাওয়ার সরবরাহসমূহ বন্ধ করতে হবে।

মন্তব্য (Remarks) ঃ আলোচ্য পরীক্ষণের মাধ্যমে মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর বা One shoot multivibrator সার্কিটের কার্যাবলি জানতে পারলাম। One shoot multivibrator এর শুধুমাত্র একটি স্ট্যাবল স্টেট রয়েছে।

পরীক্ষণ নং-১৩(গ) ঃ	তারিখ ঃ ....
পরীক্ষার নাম	**একটি ট্রানজিস্টর বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের কার্যাবলি পর্যবেক্ষণ (Study the operation of a transistor bistable multivibrator circuit)**

উদ্দেশ্য (Objectives) ঃ

১। বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর বা ফ্লিপ-ফ্লপ সার্কিট সম্বন্ধে জ্ঞানার্জন।

২। বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর এর সার্কিট তৈরি করা এবং আউটপুট ওয়েভ প্রদর্শন করা।

৩। ফ্লিপ-ফ্লপের বৈশিষ্ট্য প্রদর্শন করা।

সাধারণ ধারণা (Basic concepts) ঃ

১। বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের দুটি স্টেটই স্থির।

২। অপারেশনের অবস্থা পরিবর্তনের জন্য এতে বহিস্থ ট্রিগারিং পালস্ ব্যবহার করতে হয়।

৩। একটি পাল্স ব্যবহার করে স্কোয়ার ওয়েভের অর্ধসাইকেল উৎপাদন এবং অন্য আর একটি পালস্ ব্যবহার করে স্কোয়ার ওয়েভের বাকি অর্ধাংশ উৎপাদন করা যায়।

যন্ত্রপাতি ও কাঁচামাল (Tools and equipments) ঃ

১। পাওয়ার সাপ্লাই 0 – 12VDC, 1 Amp – ১টি।

২। অসিলোস্কোপ– ১টি।

৩। কানেক্ট অল বোর্ড – ১টি।

৪। সিগন্যাল জেনারেটর – ১টি।

৫। ডিজিটাল মাল্টিমিটার – ২টি।

৬। কম্পোনেন্টস এবং পার্টস

Q_1, Q_2 ট্রানজিস্টর - 2N3904 অথবা 2N4124 NPN সিলিকন।

R_1, R_4 রেজিস্টর – $1k\Omega, \frac{1}{4}$ Watt

R_2, R_3 রেজিস্টর – $15\Omega R, \frac{1}{4}$ Watt

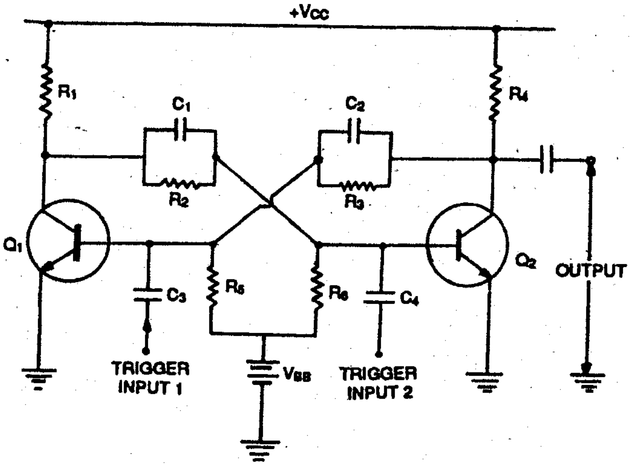
C_3, C_4, C_1, C_2 –$10\mu F$ ইলেকট্রোলাইটিক

Black hookup wire – 10 pcs

White hookup wire – 10 pcs

SPDT মিনিয়েচার সুইচ – ২টি

সার্কিট ডায়াগ্রাম (Circuit diagram) ঃ



চিত্র ঃ বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর

কার্যপদ্ধতি (Working procedure) ঃ

১। উপরের চিত্র অনুযায়ী ব্রেড বোর্ডে কম্পোনেন্টগুলো বসাতে হবে।

২। SPDT সুইচকে A অবস্থানে স্থাপন করতে হবে ও সার্কিটে বায়াসিং ভোল্টেজ সংযুক্ত করতে হবে।

৩। V_{CC} এর মান 9VDC-তে সেট করতে হবে।

৪। Q_1 এবং Q_2 ট্রানজিস্টরের বেস, ইমিটার এবং কালেক্টরের ডিসি ভোল্টেজসমূহ পরিমাপ এবং সংরক্ষণ করতে হবে।

Q_1		Q_2	
V_{C_1} = ...	V_{dc}	V_{C_2} = ...	V_{dc}
V_{B_1} = ...	V_{dc}	V_{B_2} = ...	V_{dc}
V_{E_1} = ...	V_{dc}	V_{E_2} = ...	V_{dc}

৫। সুইচকে A অবস্থান হতে মুক্ত করে B অবস্থানে স্থাপন করতে হবে।

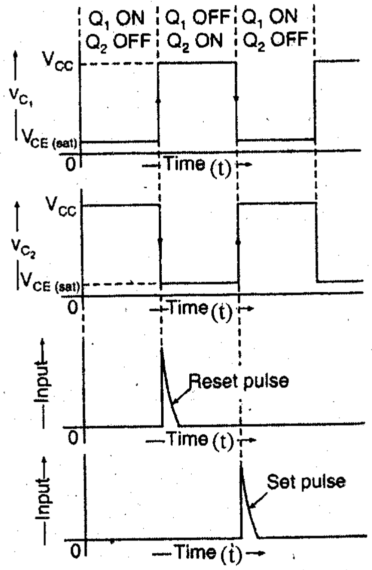
৬। Q_1 এবং Q_2 ট্রানজিস্টরের বেস, ইমিটার এবং কালেক্টর ভোল্টেজ পরিমাপ করতে হবে।

Q_1		Q_2	
V_{C_1} = ...	V_{dc}	V_{C_2} = ...	V_{dc}
V_{B_1} = ...	V_{dc}	V_{B_2} = ...	V_{dc}
V_{E_1} = ...	V_{dc}	V_{E_2} = ...	V_{dc}

৭। এ পরীক্ষণসমূহের মাধ্যমে জানা গেল Q_1 এবং Q_2 ট্রানজিস্টর কখনও কখনও ফরোয়ার্ড বায়াস এবং কখনও রিভার্স বায়াসে অবস্থান করছে। অর্থাৎ বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের দুটি স্ট্যাবল স্টেট আছে।

৮। আউটপুট Q-তে অসিলোস্কোপ স্থাপন করতে হবে এবং SPDT সুইচকে A ও B অবস্থানে স্থানান্তর করতে হবে এবং অসিলোস্কোপের পর্দায় আউটপুট ওয়েভ পর্যবেক্ষণ করতে হবে।

অসিলোস্কোপের ওয়েভফর্ম (Wave form of oscilloscope) ঃ



চিত্র ঃ আউটপুট ওয়েভের আকার

৯। পরীক্ষণ সমাপ্ত হলে পাওয়ার সরবরাহ বন্ধ করতে হবে ও যন্ত্রপাতিসমূহ বিযুক্ত করতে হবে।

মন্তব্য (Remarks) ঃ আলোচ্য পরীক্ষণের মাধ্যমে বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের বৈশিষ্ট্য ও স্ট্যাবল স্টেটসমূহ জানা গেল বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের দুটি স্ট্যাবল স্টেট আছে।

উপসংহার (Conculation) ঃ নিজে কর।

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

সুপার সাজেশনস্

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি :

১। ট্রানজিস্টরের বায়াসিংয়ের প্রয়োজনীয়তা উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। ইমিটার কারেন্টের চেয়ে কালেক্টর কারেন্ট সামান্য কম হয় কেন?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। লিকেজ কারেন্ট (I_{CBO}) বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৮, ১২, ১২(পরি), ১৪]

অথবা, লিকেজ কারেন্ট কী? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি), ২০১১]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪। বায়াসিং বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

অথবা, ট্রানজিস্টর বায়াসিং বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। ট্রানজিস্টরের ইমিটারকে বেশি ডোপিং করা হয় কেন?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬। ট্রানজিস্টরের কনফিগারেশন বলতে কী বুঝায়? এটির প্রকারভেদ লেখ।

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৭। ট্রানজিস্টর কী? [বাকাশিবো-২০০৮]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৮। ফরোয়ার্ড বায়াসিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৯। ট্রানজিস্টরের কালেক্টরের আকার বড় রাখা হয় কেন? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। কোন ধরনের কনফিগারেশন সবচেয়ে বেশি ব্যবহার করা হয়?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১১। α এবং β এর মধ্যে সম্পর্কটি লেখ।

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১২। কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারে ইনপুট ও আউটপুট সিগন্যাল কেমন হয়? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। কোন ট্রানজিস্টরের বেস, ইমিটার এবং কালেক্টরের মধ্যে কারেন্টসমূহের সূত্রটি লেখ।

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। বাইপোলার ট্রানজিস্টর কাকে বলে? [বকাশিবো-২০০৬, ১০, ১৩ (পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। কোন ট্রানজিস্টর সার্কিটের বায়াসিং সাধারণত কেমন হয়? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। স্যাচুরেশন পয়েন্ট কী? [বাকাশিবো-২০১০, ০৫]

অথবা, স্যাচুরেশন পয়েন্ট কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। অ্যাকটিভ রিজিয়ন কী? [বাকাশিবো-২০০৬]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। কাট-অফ রিজিয়ন কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। কমন ইমিটার কানেকশনের ইনপুট এবং আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা আঁক। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৭, ০৮]

অথবা, CE Transistor amplifier-এর I/P এবং O/P V-I characteristics curve অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯ নং দ্রষ্টব্য।

২০। কমন কালেক্টর কানেকশনের ইনপুট এবং আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা আঁক। [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩০ নং দ্রষ্টব্য।

২১। একটি PNP ট্রানজিস্টর এর CB এবং CE কানেকশন দেখাও। [বাকাশিবো-২০১০

অথবা, একটি কমন ইমিটার কনফিগারেশনের চিত্র অঙ্কন করে কারেন্ট প্রবাহের দিক নির্দেশ কর। [বাকাশিবো-২০১৩

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩১ নং দ্রষ্টব্য।

২২। Transistor এর বায়াসিং পদ্ধতির নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০১০

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩২ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। Transistor এর সংযোগ কয় প্রকার ও কী কী, চিত্রসহ লেখ। [বাকাশিবো-২০১০

অথবা, Transistor configuration-গুলোর চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ট্রানজিস্টরের গুরুত্বপূর্ণ রেটিংগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। বেস উইডথ মডুলেশন কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। ট্রানজিস্টরের সঠিক বায়াসিং-এর শর্তগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১৩, ২০১

অথবা, ট্রানজিস্টর বায়াসিং বিধি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি), ২০১

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। একটি কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের আউটপুপ বৈশিষ্ট্য রেখা অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। ডিপ্লেশন রিজিয়ন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২(পরি), ২০

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। ট্রানজিস্টরের কারেন্ট গেইন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। CE ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ও আউটপুট ফেজ সম্পর্ক কেমন হয়? [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। বেস কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের বিটা ফ্যাক্টর (β) বা গেইন ফ্যাক্টর বা ট্রানপোর্ট ফ্যাক্টর বা কারেন্ট গেইন বলতে কী বুঝ?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৩৩। ডিসি কারেন্ট গেইন কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৩৪। এসি কারেন্ট গেইন কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৩৫। CE-তে ভোল্টেজ গেইন কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩৬। CE-তে কারেন্ট গেইন কত?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

৩৭। CE আউটপুট বৈশিষ্ট্য চিত্রকে কতটি রিজিয়নে ভাগ করা হয়? [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩৮। CE ট্রানজিস্টরের ইনপুট বৈশিষ্ট্য চিত্র বলতে কী বুঝ?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩৯। কমন ইমিটার (CE) ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট বৈশিষ্ট্য কার্ভ অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৭ নং দ্রষ্টব্য।

৪০। ডাইনামিক আউটপুট রেজিস্ট্যান্স বা আউটপুট ইম্পিড্যান্স কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৮ নং দ্রষ্টব্য।

৪১। Q-point নির্ণয়ে ইনপুটে কী সিগন্যাল প্রয়োগ করা হয়?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯ নং দ্রষ্টব্য।

৪২। লোড লাইন কী? [বাকাশিবো-২০০৮, ১২(R)]

অথবা, লোড লাইন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি), ২০১৬]

অথবা, লোড লাইন কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩১ নং দ্রষ্টব্য।

৪৩। ডিসি লোড লাইন কী?

অথবা, ডিসি লোড লাইন কাকে বলে?

অথবা, ট্রানজিস্টরের ডিসি লোড লাইন কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩২ নং দ্রষ্টব্য।

৪৪। এসি লোড লাইন কী? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪৫। লিকেজ কারেন্ট কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪৬। ট্রানজিস্টরের অপারেটিং পয়েন্টের স্থিরতার উপর প্রভাববিস্তারকারী ফ্যাক্টরগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৮ নং দ্রষ্টব্য।

৪৭। ট্রানজিস্টরকে দুই পোর্ট ডিভাইস বলা হয় কেন? [বাকাশিবো-২০০৬(R), ২০১১, ২০১২, ২০১২(R), ২০১৪, ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪৮। অ্যাম্প্লিফিকেশন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৪৯। গেইন কি?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫০। কাট-অফ (Cut-off) কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫১। কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের ক্ষেত্রে ইনপুট এবং আউটপুট সিগনালের মধ্যে ফেজ শিফটের পরিমাণ কত?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫২। কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর কী?

অথবা, অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর কী? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৫৩। α ও β এর মধ্যে সম্পর্কটি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)

অথবা, α ও β এর মাঝে সম্পর্ক কী? [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

অথবা, ট্রানজিস্টরে α ও β এর সম্পর্ক সূচকে সূত্রটি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৫৪। স্যাচুরেশন পয়েন্ট কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৫৫। অ্যাকটিভ রিজিয়ন কাকে বলে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৫৬। α, β এবং γ এর মধ্যে সম্পর্কসূচক সমীকরণ লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৫৭। অ্যাম্প্লিফায়ার কাকে বলে?

অথবা, Amplifier কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৫৮। অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন কাকে বলে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৫৯। কারেন্ট গেইন কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি), ১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬০। ভোল্টেজ গেইন কাকে বলে?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৬১। পাওয়ার গেইন কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬২। ফিল্টারের কাজ কী? [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬৩। ট্রানজিস্টরের Dynamic Resistance কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

৬৪। আইসি বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৪ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

৬৫। হাইব্রিড প্যারামিটার বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-০৫(R), ০৮, ০৮(R), ০৯, ১০, ১০(R), ১১, ১২, ১৪]

অথবা, H-Parameter বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৬, ২০০৬(R), ১২(R), ১৩, ১৫, ১৫(পরি)]

অথবা, H-Parameter কী? [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬৬। h_{11} ও h_{12} বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৫, ০৯]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৬৭। ট্রানজিস্টর h-প্যারামিটারগুলোর নাম লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩, ১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬৮। পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের সংজ্ঞা দাও। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬৯। বায়াসিং এর ভিত্তিতে অ্যাম্প্লিফায়ারের শ্রেণিবিভাগ লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৭০। টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ার বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৪, ২০১০, ২০১০(R), ২০১২, ২০১২(R)]

অথবা, টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ার কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫, ১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭১। পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারকে লার্জ সিগন্যাল অ্যাম্প্লিফায়ার বলা হয় কেন? [বাকাশিবো-২০০৫, ২০১১, ২০১২, ২০১৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৭২। ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৬(R), ২০০৯, ২০০৯(R), ২০১০, ২০১২]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৭৩। ক্লাস 'সি' অ্যাম্প্লিফায়ারের দক্ষতা ও ব্যবহার উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৮(R)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৭৪। ভোল্টেজ ও পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার কাকে বলে?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৭৫। Class-A এর I/P ও O/P wave shape অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৭৬। টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের গুরুত্বপূর্ণ প্যারামিটারগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৭৭। ক্লাস 'বি' অ্যাম্প্লিফয়ার কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৭৮। ক্লাস 'এ' অ্যাম্প্লিফয়ারে বায়াসিং কেন হয়? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭৯। ক্লাস 'সি' অ্যাম্প্লিফয়ার কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৮০। FET-কে Unipolar device বলা হয় কেন? [বাকাশিবো-২০০৩, ২০০৪, ২০০৯, ২০১২, ২০১২(R)]

অথবা, ইউনিপোলার ডিভাইস বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৭, ২০০৮]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৮১। FET-এর পিঞ্চ-অফ (Pinch-off) ভোল্টেজ কী? [বাকাশিবো-২০১৫]

অথবা, Pinch-off ভোল্টেজ কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৮২। FET-এর শ্রেণিবিভাগ লেখ। [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৪, ২০০৬, ২০০৯, ২০১০]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৮৩। FET কী? [বাকাশিবো-২০১৩]

অথবা, ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫]

অথবা, JFET কী? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮৪। FET-এর ড্রেন কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৮৬। FET-এর গেট কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৮৭। চ্যানেল কী?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৮৮। ড্রেন কারেন্টের মান কখন হ্রাস পায়?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৮৯। চ্যানেল পিঞ্চ-অফ হলে কী ঘটে? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৯০। FET এর V-I কার্ভ অংকন কর। [বাকাশিবো-২০০৭, ২০১২, ২০১৩(R)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৯১। FET-কে ভোল্টেজ অপারেটেড ডিভাইস বলা হয় কেন? [বাকাশিবো-২০০৬, ২০০৭]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৯২। FET এর ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১০, ২০১৫]

অথবা, JFET এর ট্রান্সকন্ডাকট্যান্স কী? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯৩। FET এর অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৯৪। MOSFET-কে IGFET বলা হয় কেন? [বাকাশিবো-২০০৮, ২০১০(R), ২০১৩(R), ২০১৪]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯৫। CMOS এবং UJT এর পূর্ণনাম লিখ। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৯৬। MOSFET কী?

অথবা, MOSFET-এর পূর্ণনাম লেখ। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯৭। MOSFET এর চারটি ব্যবহার লেখ। [বাকাশিবো-২০১০(R), ২০১২, ২০১২(R)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৯৮। MOSFET এর ইম্পিড্যান্স কেমন?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৯৯। এনহ্যান্সমেন্ট মসফেট এর প্রতীক আঁক। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, এনচ্যানেল ও পিচ্যানেল E-only MOSFET এর গঠন চিত্র আঁক। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১০০। ডিপ্লেশন মোড MOSFET কী? [বাকাশিবো-২০০৩]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১০১। ডিপ্লেশন রিজিয়ন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৪, ২০০৮, ২০১২]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১০২। পজিটিভ ফিডব্যাক বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০৮(R)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১০৩। নেগেটিভ ফিডব্যাক বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৩, ১৫]

অথবা, নেগেটিভ ফিডব্যাক কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১০৪। ফিডব্যাক কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১০৫। ভোল্টেজ স্যাম্পলিং কী? [বাকাশিবো-২০১৩(R),]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১০৬। ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ার বলতে কী বুঝ? [বাকাশিবো-২০০৬(R), ০৯, ১০, ১০(R)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১০৭। ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয়ের সূত্রটি লেখ।

অথবা, নেগেটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইনের সমীকরণটি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১০৮। পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট বলতে কী বুঝ? [বাকাশিবো-২০০৫(R), ০৮, ০৮(R), ০৯, ০৯(R), ১০, ১২, ১৩(R)]

অথবা, পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট কী?

অথবা, পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১০৯। অসিলেটরের প্রধান অংশগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১১০। অসিলেটর বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২, ১২(R)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১১১। LC Circuit-এ Oscillation তৈরির শর্ত দুটি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩(R)]

অথবা, Tank circuit-এর Oscillation উৎপন্ন হওয়ার শর্ত কী?

অথবা, LC-সার্কিটে অসিলেশন তৈরির শর্ত লেখ। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১১২। অসিলেটর প্রধানত কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১১৩। ফিডব্যাক কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১১৪। কোন সূত্রের সাহায্যে অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় করা হয়? [বাকাশিবো-২০১৩(R)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১১৫। ফিডব্যাক অসিলেটর সার্কিটের প্রয়োজনীয় অংশ কী?

ফিডব্যাক I.C অসিলেটর সার্কিটের প্রয়োজনীয় উপাদানগুলোর বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১১৬। সাইসোসয়ডাল অসিলেটর কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১১৭। সাইনোসয়ডাল অসিলেটর বলতে কী বুঝ?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১১৮। ক্রিস্টাল এর ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১১৯। ফেজ শিফ্‌ট অসিলেটর-এর ফ্রিকুয়েন্সি এর সূত্র লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১২০। ক্রিস্টাল কন্ট্রোল অসিলেটর কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

১২১। অসিলেটরের আউটপুট কী ধরনের হয়?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

১২২। কৃস্টালের সমতুল্য সার্কিট আঁক। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

১২৩। ক্রিস্টাল অসিলেটর বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

১২৪। টাইম বেস সার্কিটের প্রয়োজনীয়তা কী? [বাকাশিবো-২০০৯, ১০(R), ১৩(পরি)]
অথবা, টাইম বেস সার্কিটের ব্যবহার লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১২৫। রিট্রেস টাইম কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২৬। টাইম বেস সার্কিট কী? [বাকাশিবো-২০০৯, ১০, ১২, ১৩, ১৩(R)]
অথবা, টাইম বেস সার্কিট কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১২(R)]
অথবা, টাইম বেস সার্কিট বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১২৭। UJT অসিলেটরের টাইমিং পাল্স উৎপাদনের সমীকরণটি লেখ।

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

১২৮। বাইস্টেবল মাল্টিভাইব্রেটর বা ফ্লিপ-ফ্লপ সার্কিট বলতে কী বুঝ?
অথবা, বাইস্টেবল মাল্টিভাইব্রেটর কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১২৯। আনসিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৩০। সিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং কী? এটা কত প্রকার? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১৩১। ট্রিগারিং-এর প্রয়োজনীয়তা কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১৩২। UTP ও LTP-এর অর্থ কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৩। ভাইব্রেটর বলতে কী বুঝ?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৪। মাল্টিভাইব্রেটর কী? [বাকাশিবো-২০১০(R) ১২, ১৩, ১৩(R)]
অথবা, মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১২(R)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৫। মাল্টিভাইব্রেটরে কী ধরনের ফিডব্যাক ব্যবহার করা হয়?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৬। অ্যাস্ট্যাবল অর্থ কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৭। মনোস্ট্যাবল অর্থ কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৮। বাইস্ট্যাবল অর্থ কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

১৩৯। মাল্টিভাইব্রেটর কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

১৪০। অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর বলতে কী বুঝ?
অথবা, Astable multivibrator সার্কিট বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২, ১৫, ১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪১। মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর বলতে কী বুঝ? [বাকাশিবো-২০০৮, ১৬]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্নাবলি :

১। PNP বা NPN ট্রানজিস্টরের অপারেশন বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৮, ০৯, ১০, ১২, ১২(পরি)]
অথবা, ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফিকেশনের মূলনীতি আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৬]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। ট্রানজিস্টরের লিকেজ (Leakage) কারেন্ট বলতে কী বুঝায়?
অথবা, Common base amplifier-এ লিকেজ কারেন্ট সম্পর্কে আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। NPN ট্রানজিস্টরের বায়াসিং চিত্রসহ আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০০৮, ১০, ১২]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। NPN ট্রানজিস্টরের কারেন্ট প্রবাহ কৌশল সংক্ষেপে লেখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৭, ০৮]
অথবা, ট্রানজিস্টরে কারেন্ট প্রবাহের কৌশল সংক্ষেপে বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫। দুটি সোর্স ব্যবহার করে ট্রানজিস্টর বায়াসিং পদ্ধতিগুলোর চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬। লিকেজ কারেন্টের উপর তাপমাত্রার প্রভাব বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৩, ১৪]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৭। কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর (α) বলতে কী বুঝ? [বাকাশিবো-২০১০, ১৩]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৮। ট্রানজিস্টর কী? এটি কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৯। একটি কমন ইমিটার NPN ট্রানজিস্টর বায়াসিং এর মূলনীতি চিত্রসহ লেখ।

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। α ও β এর মাঝে সম্পর্ক দেখাও। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৮, ১০]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১১। দেখাও যে, $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ (অক্ষরগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে) [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১২। β এবং γ এর মাঝে সম্পর্ক দেখাও। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। CE ট্রানজিস্টরের সংযোগের জন্য AC ও DC সমতুল্য বর্তনী আঁক। [বাকাশিবো-২০০৭, ১১]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। CB ট্রানজিস্টরের সংযোগের জন্য AC ও DC সমতুল্য বর্তনী আঁক। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। যদি কালেক্টর কারেন্ট $I_C = 150mA$ এবং বেস কারেন্ট $I_B = 200\mu A$ হয়, তাহলে β এবং I_E এর মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে আলফা (α) ও বিটা (β) এর মাঝে সম্পর্ক নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। ট্রানজিস্টরের CE সংযোগ অংকন করে দেখাও। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ট্রানজিস্টরের বায়াসিং কেন প্রয়োজন?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। Common emitter transistor amplifier এর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২০। লোড লাইন এবং অপারেটিং পয়েন্ট এর সংজ্ঞা দাও। [বাকাশিবো-২০০২, ০৪, ০৭, ০৯]
অথবা, লোড লাইন এবং অপারেটিং পয়েন্ট বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১১, ১২]
অথবা, অপারেটিং পয়েন্ট এর সংজ্ঞা দাও। [বাকাশিবো-২০১২(পরি), ১৩(পরি), ১৪]
অথবা, ট্রানজিস্টরের অপারেটিং পয়েন্ট কী? [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

২১। ভোল্টেজ ডিভাইডার বায়াসিং পদ্ধতির বর্তনী চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

২২। ট্রানজিস্টর বায়াসিং কত প্রকার ও কী কী?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর (Stability factor) কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১২, ২০১৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। Transistor এর থার্মাল রানওয়ে বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১২, ১৩(পরি), ১৫]
অথবা, থার্মাল রানওয়ে কী? [বাকাশিবো-২০১৬]
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। দেখাও যে, $I_B = (1 - \alpha) I_E - I_{CBO}$ [বাকাশিবো-২০১১, ১২, ১৫]
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। Faithful amplification এর শর্তাবলি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি), ১৫, ১৫(পরি)]
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। CE ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার এর ডিসি লোড লাইন চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০৪, ০৯]
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৯ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। একটিমাত্র সোর্স ব্যবহার করে Transistor biasing পদ্ধতিগুলোর চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]
অথবা, Transistor এর বিভিন্ন ধরনের বায়াসিং ব্যবস্থাপনার চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১২ (R)]
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। ট্রানজিস্টরের CB এবং CE কনফিগারেশনের হাইব্রিড মডেল অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০৮, ২০১১, ২০১২]
অথবা, CE, CB, ও CC এর H মডেল অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০০৪]
অথবা, Transistor এর H-Model অঙ্কন করে দেখাও। [বাকাশিবো-২০১২(R), ২০১৩, ২০১৩(R)]
অথবা, ট্রানজিস্টরের সাধারণ হাইব্রিড মডেল অঙ্কন কর।
অথবা, টানজিস্টরের CB কনফিগারেশনের হাইব্রিড মডেল অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৪]
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। CE ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড মডেল হতে এর কারেন্ট ও ভোল্টেজ গেইন নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০০৮, ২০১৩(R), ২০১৫]
অথবা, CE হাইব্রিড মডেল হতে এটির বিভিন্ন প্যারামিটারগুলো নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১]
অথবা, CE সার্কিটে ট্রানজিস্টরের লো-ফ্রিকুয়েন্সি স্মল সিগন্যাল এসি সমতুল্য বর্তনী আঁক। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। একটি কমন ইমিটার সার্কিটের হাইব্রিড মডেল অংকন কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ১০(R)]
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। একটি CE ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড মডেল এঁকে এর ইনপুট ভোল্টেজ আউটপুট কারেন্ট এর সমীকরণ দু'টি লেখ।
[বাকাশিবো-২০০৬(R)]
অথবা, Common emitter transistor configuration-এর জন্য H-model-এর চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-১৩(R)]
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩৩। কমন বেস ও কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর এর কারেন্ট গেইন বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০০২, ২০১০]
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩৪। একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট অঙ্কন করে ওয়েভ সেপ দেখাও। [বাকাশিবো-২০১২]
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩৫। একটি NPN ট্রানজিস্টরের কারেন্ট কম্পোনেন্ট এবং Ebers-Moll মডেলসহ সমীকরণগুলো লেখ।
অথবা, লো-ফ্রিকুয়েন্সি স্মল সিগন্যাল ট্রানজিস্টর মডেল এর কারেন্ট কম্পোনেন্টগুলো চিত্রের মাধ্যমে দেখাও। [বাকামিবো-২০১৫]
উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩৬। ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার কাকে বলে? সংযোগ অনুসারে অ্যাম্প্লিফায়ার কত প্রকার ও কী কী? [বাকাশিবো-২০০৪, ০৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩৭। কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারের সুবিধা-অসুবিধাসমূহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৪(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩৮। একটি ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের সমতুল্য সার্কিট অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩৯। একটি কমন কালেক্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের বৈশিষ্ট্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৪ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪০। h_{11}, h_{12}, h_{21} ও h_{22} এর সমীকরণ লেখ। [বাকাশিবো-২০০৮(R)]

অথবা, ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে h-প্যারামিটারগুলোকে কীভাবে প্রকাশ করা হয়? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪১। ট্রানজিস্টরের সাধারণ h-প্যারামিটার মডেল অঙ্কন করে এটি ইনপুট ভোল্টেজ এবং আউটপুট কারেন্টের সমীকরণ লেখ। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪২। ক্রস ওভার ডিস্টরশন কী? এটি দূর করার উপায় কী?

[বাকাশিবো-২০০৫(R), ২০০৬, ২০০৮(R), ২০০৯, ২০১০ ২০১০(R), ২০১৩, ২০১৪]

অথবা, ক্রস ওভার ডিস্টরশন বলতে কী বোঝায়? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৪৩। ক্লাস-এ অ্যাম্প্লিফায়ারের সীমাবদ্ধতা লেখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ২০১১, ২০১২, ২০১৫]

অথবা, Class-A অ্যাম্প্লিফায়ারের সীমাবদ্ধতা লেখ। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪৪। পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $\eta_{overall} = 78.5\%$। [বাকাশিবো-২০১১, ২০১৩]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪৫। ক্লাস-বি অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ও আউটপুট ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪৬। হিট সিঙ্ক (Heat Sink) কী? এর প্রয়োজনীয়তা লেখ।

অথবা, হিট সিঙ্ক (Heat Sink)-এর প্রয়োজনীয়তা লেখ। [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪৭। ভোল্টেজ ও পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের তুলনামূলক পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ০৫(R), ০৬(R), ০৯, ১০, ১৫(পরি)]

অথবা, ভোল্টেজ ও পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের চারটি পার্থক্য লেখ। [বাকামিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪৮। চিত্রের সাহায্যে ক্রস ওভার ডিস্টরশন বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৪৯। Class-AB পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ও আউটপুট ওয়েভ ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫০। Class-A, Class-B অ্যাম্প্লিফায়ারের I/P এবং O/P wave shape অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

৫১। অ্যাম্প্লিফয়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, Frequency response curve অঙ্কন করে termগুলো চিহ্নিত কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

৫২। ট্রান্সফরমার কাপলড ক্লাস এ অ্যাম্প্লিফায়ারের সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

৫৩। Unipolar device এবং বাইপোলার ট্রানজিস্টর-এর মধ্যে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০০৫, ২০০৬, ২০০৯(R), ২০১২]

অথবা, ইউনিপোলার ও বাইপোলার ট্রানজিস্টরের মাঝে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১২, ২০১৫, ২০১৫(পরি)]

অথবা, BJT ও UJT-এর মাঝে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৫৪। একটি N-চ্যানেল JFET-এর ড্রেন, গেট এবং সোর্সের কাজ লেখ। [বাকাশিবো-২০০৫]

অথবা, একটি N-channel JFET এর নোটেশনগুলো বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১১]

অথবা, FET এর প্যারামিটারগুলো কী কী? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫৫। একটি FET-এর ক্ষেত্রে দেখাও যে, $\mu = g_m \times r_d$. [এখানে ব্যবহৃত প্রতীকসমূহ প্রচলিত অর্থ বহন করে। [বাকাশিবো-২০১৪]

অথবা, FET-এর ক্ষেত্রে দেখাও যে, $h = g_m \times r_d$. [বাকাশিবো-২০১২, ২০১৫]

অথবা, প্রমাণ কর যে, $\mu = g_m \times r_d$.। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫৬। পিঞ্চ-অফ ভোল্টেজ কাকে বলে?

অথবা, FET এর পিঞ্চ-অফ (Pinch-off) ভোল্টেজ কী? [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫৭। FET-এর ব্যবহারিক ক্ষেত্রগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫৮। বাইপোলার এবং ইউনিপোলার ট্রানজিস্টরের মধ্যে মূল পার্থক্য কী? [বাকাশিবো-২০০২, ২০০৩, ২০০৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৫৯। FET এর থ্রেস হোল্ড ভোল্টেজ কাকে বলে?

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৬০। JFET-এর গঠন বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩(R)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৬১। FET-এর Pinch off region চিত্রসহ বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৬২। একটি N Channel JFET এর গঠন চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৬৩। MOSFET এর V-I বৈশিষ্ট্যরেখা অংকন করে দেখাও। [বাকাশিবো-২০০৯(R), ২০১৩, ১৩(R), ২০১৪]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬৪। একটি P-চ্যানেল MOSFET এর গঠন চিত্র অংকন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৬৫। MOSFET এর এনহ্যান্সমেন্ট এবং ডিপ্লেশন মোড ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬৬। Enhancement MOSFET বলতে কী বুঝ?

অথবা, E-only MOSFET কাকে বলে? [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬৭। JFET ও MOSFET এর মধ্যে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০০৬]

অথবা, MOSFET এবং JFET এর মাঝে তুলনামূলক পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৬৮। MOSFET এর কয়েকটি বৈশিষ্ট্য উল্লেখ কর।

অথবা, ফেট এর তুলনায় মসফেটের সুবিধা উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০০৮(R)]

অথবা, মসফেট এর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৬৯। Unipolar ট্রানজিস্টর এবং বাইপোলার ট্রানজিস্টর-এর মধ্যে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০০৬, ২০১২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৭০। বাইপোলার এবং ইউনিপোলার ট্রানজিস্টরের মধ্যে মূল পার্থক্য কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৭১। ডিপ্লেশন ও এনহ্যান্সমেন্ট MOSFET-এর মধ্যে পার্থক্য উল্লেখ কর ঃ [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৭২। FET এর ডিজিটাল ও অ্যানালগ সার্কিটের প্রয়োগ লেখ। [বাকাশিবো-২০০৩, ২০০৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৭৩। FET ও BJT এর মধ্যে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০০৩, ২০০৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৭৪। Feedback-সহ Amplifier-এর গেইন নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

অথবা, অ্যাম্প্লিফায়ারের নেগেটিভ ফিডব্যাক গেইন, $A_f = \frac{A}{1 + A\beta}$ (অক্ষরগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে) [বাকাশিবো-২০০৮]

অথবা, নেগেটিভ ফিডব্যাকের ক্ষেত্রে অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয় কর।

অথবা, প্রমাণ কর যে, $A_f = \frac{A}{1 + A\beta}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৭৫। পজিটিভ এবং নেগেটিভ ফিডব্যাকের মধ্যে পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০০৮, ১০]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৭৬। Amplifier-এ ব্যবহৃত Negative feedback এর সুবিধা লেখ। [বাকাশিবো-২০১২, ১২(R)]

অথবা, ভোল্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারে নেগেটিভ ফিডব্যাকের সুবিধা ও অসুবিধাগুলো লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩(R)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭৭। ব্লক ডায়াগ্রামসহ ভোল্টেজ সিরিজ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট এবং আউটপুট রেজিস্ট্যান্সের সূত্র লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩]
অথবা, ভোল্টেজ সিরিজ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের সংযোগ চিত্র আঁক। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৭৮। পজিটিভ ফিডব্যাকের গেইন নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১]
অথবা, পজিটিভ ফিডব্যাক এর ক্ষেত্রে দেখাও যে, $A_f = \frac{A}{1 - A\beta}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)।
[বাকাশিবো-২০০৫(R), ০৮, ০৮(R), ০৯(R), ১০, ১০(R), ১৫]
অথবা, পজিটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন নির্ণয়ের সূত্র প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০১২]
অথবা, Positive ফিডব্যাক Amplifier-এর Gain নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৪, ১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৭৯। ফিডব্যাক বলতে কী বুঝায়? [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮০। ক্রিস্টাল বলতে কী বুঝ? [বাকাশিবো-২০১০, ১২, ১২(R)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর-৩ নং দ্রষ্টব্য।

৮১। অসিলেটর তৈরিতে বারকোসনের শর্তসমূহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১১, ১২, ১৪, ১৫, ১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৮২। অসিলেটর এবং অ্যাম্প্লিফায়ারের মধ্যে পার্থক্য কী? [বাকাশিবো-২০১২, ১৩(R)]
অথবা, অসিলেটর ও অ্যাম্প্লিফায়ারের মাঝে চারটি পার্থক্য লেখ। [বাকাশিবো-২০১২(R)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮৩। অসিলেটরের Block চিত্র অঙ্কন করে বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩(R)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮৪। অসিলেটর কেন ব্যবহার করা হয়?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৮৫। অসিলেটরের ক্ষেত্রে Barkhausen Criterion উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০১০]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৮৬। LC অসিলেটর বা ট্যাংক সার্কিট বলতে কী বুঝ? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]
অথবা, ট্যাংক সার্কিটের কাজ কী? [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৮৭। পিজো ইলেকট্রিক ক্রিস্টাল-এর ধর্ম কী? [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৮৮। আনড্যাম্পড অসিলেশন বলতে কী বুঝ?

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮৯। ক্রিস্টাল অসিলেটরের সুবিধা এবং অসুবিধা উল্লেখ কর। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

৯০। একটি টাইস বেস সার্কিট অংকন করে ইহার আউটপুট ওয়েভ দেখাও।
অথবা, একটি টাইম বেস সার্কিট অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩, ১৩(R)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯১। টাইম বেস সার্কিটের মূলনীতি সংক্ষেপে লেখ। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৯২। টাইম বেস সার্কিটের প্রকারভেদ উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৯৩। টাইম বেস ওয়েভ ফর্ম দরকার কেন?
অথবা, টাইম বেস ওয়েভ ফরম্‌স-এর প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩(R)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯৪। স্কেমিট ট্রিগার সার্কিটের মূলনীতি লেখ। [বাকাশিবো-২০১০, ২০১৬]
অথবা, ট্রিগার এবং ট্রিগারিং সার্কিট বলতে কী বুঝ?
অথবা, স্কেমিট ট্রিগার সার্কিট কী? [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৯৫। স্কেমিট ট্রিগার এর ব্যবহার লেখ। [বাকাশিবো-২০১১, ১২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৯৬। মাল্টিভাইব্রেটর-এর ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৯৭। বাইস্ট্যাবল সার্কিটের ব্যবহার লেখ। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৯৮। মনোস্ট্যাবল, বাইস্ট্যাবল ও অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের মধ্যে পার্থক্য উল্লেখ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯৯। একটি Bistable multivibrator এর চিত্র অংকন কর। [বাকাশিবো-২০১০(R), ১২, ১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১০০। Schmitt trigger circuit অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৩(R)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

১০১। Bistable multivibrator-এ Triggering টেকনিক এর চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১২, ২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

১০২। স-টুথ ওয়েভের চিত্র অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

রচনামূলক প্রশ্নাবলি ঃ

১। CB, CE, CC কনফিগারেশনের মধ্যে তুলনা বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার এর চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-০৪, ০৭, ০৮, ১০, ১২, ১২ (পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। একটি কমন কালেক্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের মূলনীতি প্রয়োজনীয় চিত্রসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৬, ০৭]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪। লিকেজ কারেন্ট কী? লিকেজ কারেন্টের উপর তাপমাত্রার প্রভাব বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৫। বিভিন্ন প্রকার বায়াসিং সার্কিট অংকন করে বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬। কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের ডিসি ও এসি সমতুল্য বর্তনী অংকন কর।

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৭। CE অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ও আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখার বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৮। ট্রানজিস্টরের কাট-অফ, অ্যাকটিভ ও স্যাচুরেশন অবস্থা বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

৯। ভোল্টেজ ডিভাইডার পদ্ধতিতে একটি ট্রানজিস্টর বায়াসিং চিত্রসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০২]

অথবা, ভোল্টেজ ডিভাইডার পদ্ধতি আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১০, ১৩]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। চিত্রসহ একটি আদর্শ বায়াসিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১১। ট্রানজিস্টর বায়াসিং সার্কিটের স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের সাধারণ সমীকরণ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১২। আদর্শ বায়াসিং পদ্ধতিগুলো কী কী? চিত্রসহ ভোল্টেজ ডিভাইডার বায়াসিং পদ্ধতি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১১, ১২, ১৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। অপারেটিং পয়েন্টসহ DC লোড লাইনের ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০০৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। Common base amplifier এ লিকেজ কারেন্ট সম্পর্কে আলোচনা কর। [বাকাশিবো-২০১২]

অথবা, Common emitter সার্কিটে লীকেজ কারেন্ট ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। ট্রানজিস্টরের নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সি ছোট সিগন্যাল মডেলের বর্ণনা দাও।

অথবা, প্রমাণ কর যে, $r_e = \frac{25mv}{I_E}$; এখানে প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। CE Amplifier অপারেশন ব্যাখ্যা কর।

অথবা, একটি CE ট্রানজিস্টর Amp. এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১২, ১৪, ১৪(পরি)]

অথবা, একটি কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১১(পরি), ১৫(পরি)]

অথবা, একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

অথবা, একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ারের চিত্র অঙ্কন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১২(পরি)]

অথবা, Common Emitter Amplirer- এর মূলনীতি চিত্রসহ ব্যাখ্যা কর। [বাকাশিবো-২০১৫]

অথবা, একটি সিঙ্গেল স্টেজ কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার এর চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। DC ও AC সমতুল্য সার্কিট ব্যাখ্যা কর।

অথবা, কমন ইমিটারের ক্ষেত্রে ডিসি সমতুল্য বর্তনী অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। একটি কমন ইমিটার Amplifier সার্কিট অঙ্কন করে ইনপুট রেজিস্ট্যান্স, আউটপুট রেজিস্ট্যান্স এবং Voltage gain নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। একটি CE ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড মডেল এঁকে এর ভোল্টেজ গেইন এবং আউটপুট অ্যাডমিট্যান্স বের কর। [বাকাশিবো-০৮, ০৮(R), ০৯, ১৩]

অথবা, একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার এর কারেন্ট, ভোল্টেজ গেইন ও ইনপুট ইম্পিড্যান্স নির্ণয় কর।

অথবা, CE-H model হতে A_i, A_v, Z_i, Y_o নির্ণয়ের সমীকরণগুলো প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

অথবা, কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড মডেল অঙ্কন করে Voltage ও current gain নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৪, ১৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

২০। ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের জন্য সাধারণ হাইব্রিড সমতুল্য বর্তনী অঙ্কন করে এটির কারেন্ট গেইন নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-১৩]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২১। প্রয়োজনীয় চিত্রসহ ট্রান্সফরমার কাপল ক্লাস-'এ' অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যপদ্ধতি বর্ণনা কর।

অথবা, Transformer কাপলিং এর সচিত্র বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

২২। পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের চিত্রসহ কার্যপ্রণালি লেখ। [বাকাশিবো-২০০৪, ২০০৯(R), ২০১২(R), ২০১০]

অথবা, একটি পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিট অঙ্কন করে এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। একটি কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি অ্যাম্প্লিফায়ারের সুবিধা কী? এর সচিত্র কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৫, ২০০৮, ২০১০, ২০১২]

অথবা, একটি কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি অ্যাম্প্লিফায়ার এর চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১১, ২০১৪, ২০১৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। একটি ক্লাস-'এ' অ্যাম্প্লিফায়ারের দক্ষতার সমীকরণ নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। একটি সিঙ্গেল টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ার এর চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-০৬(R), ১০(R), ১১, ১২, ১৫, ১৫(পরি)]

অথবা, ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভসহ টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি), ২০১৬]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। দক্ষতার সমীকরণসহ একটি Class-B push-pull Amplifier এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৮, ২০১০, ২০১০(R)]

অথবা, Class-B পুশ-পুল পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

অথবা, Class-B pull amplifier-এর কার্যপ্রণালি সচিত্র বর্ণনা কর এবং প্রমাণ কর যে, দক্ষতা = 78.5%। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

অথবা, চিত্রসহ ক্লাস-বি পুশ-পুল Amplifier-এর কার্যপ্রণালি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪, ২০১৫]

উত্তর সংকেত : অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। Class-A single stage power Amplifier এর O/P wave-সহ সচিত্র কার্যপ্রণালি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৩(R)]
অথবা, চিত্রসহ একটি আরসি কাপলড অ্যাম্প্লিফায়ারের গঠন ও কার্যপ্রণালির বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১৩]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। একটি কমন সোর্স (Common Source) FET অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।
[বাকাশিবো-২০০৮, ২০১০(R), ২০১১]
অথবা, চিত্রসহ কমন সোর্স FET amplifier-এর কার্যপ্রণালি লেখ। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। একটি N-চ্যানেল JFET-এর গঠনচিত্র অংকন করে কার্যপ্রণালি লেখ। [বাকাশিবো-২০০৩, ২০০৭, ২০১০, ২০১২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। একটি P-চ্যানেল JFET-এর গঠনচিত্র অংকন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৩, ২০০৪, ২০১০, ২০১২]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। JFET-এর V–I বৈশিষ্ট্যরেখা অংকন করে বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০, ২০০৫]
অথবা, চিত্রসহ JFET এর ড্রেন ক্যারেকটারিসটিকস বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। একটি সোর্স বায়াস FET সার্কিট অংকন করে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩৩। চিত্রসহ JFET এর গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৩৪। একটি P-চ্যানেল MOSFET এর গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৪]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩৫। একটি N-চ্যানেল এনহ্যান্সমেন্ট মোড MOSFET এর গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।
[বাকাশিবো-০৩, ০৭, ১০, ১১, ১২, ১৫, ১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩৬। একটি N-চ্যানেল ডিপ্লেশন মোড MOSFET এর গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩৭। একটি N-চ্যানেল MOSFET এর V-I বৈশিষ্ট্যরেখা অংকন করে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩৮। DE-MOSFET এর গঠন প্রণালিসহ সচিত্র কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩, ২০১৩(R)]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩৯। Analog ও Digital সার্কিটে JFET ও MOSFET-এর ব্যবহার বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৪০। ধনাত্মক ও ঋণাত্মক ফিডব্যাক বলতে কী বুঝ?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪১। পজিটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয়ের সূত্র প্রতিপাদন কর। [বাকাশিবো-২০১২, ২০১৫, ২০১৬]

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪২। নেগেটিভ ফিডব্যাকের উপর গেইন স্ট্যাবিলিটি, ডিস্টরশন ব্যান্ড উইডথ এবং নয়েজের প্রভাব বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪৩। নেগেটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন নির্ণয়ের সূত্র প্রতিপাদন কর।

অথবা, ফিডব্যাক কী? নেগেটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৩(R)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪৪। একটি Crystal Oscillator সার্কিট অংকন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩, ১৩(R), ১৪, ১৬]

অথবা, একটি Crystal oscillator-এ উৎপন্ন Frequency-এর সমীকরণসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

৪৫। চিত্র সহকারে হার্টলি অসিলেটরের বর্ণনা দাও। [বাকাশিবো-২০১২, ১২(R), ১৩, ১৩(R)]

অথবা, 'হার্টলি' অসিলেটরের চিত্রসহ অসিলেশন প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

অথবা, চিত্রসহ একটি হার্টলি অসিলেটরের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪৬। একটি Phase shift oscillator এর চিত্রসহ Oscillation তৈরির পদ্ধতি লেখ। [বাকাশিবো-২০১১, ১২, ১৫]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪৭। LC tuned ckt এর Oscillation তৈরির পদ্ধতি বর্ণনা কর।

অথবা, একটি ফিল্টার সার্কিট অংকন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪৮। Damped এবং Undamped অসিলেশনের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪৯। একটি স-টুথ ওয়েভ উৎপাদনের সার্কিট অংকন করে কার্যাবলি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০(R), ১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫০। UJT স-টুথ জেনারেটর সার্কিট অংকন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১০, ১২, ১২(R)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫১। চিত্রসহ অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের কার্যাবলি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৮(R), ১০, ১২, ১২(R)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৫২। চিত্রের মাধ্যমে মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের কার্যাবলি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৫৩। চিত্রসহ বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৯, ০৯(R), ১০(R), ১২, ১৩, ১৪]

অথবা, বাইস্ট্যাবল্ মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট অঙ্কন করে এটির কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

অথবা, Bistable multivibrator-এর সচিত্র কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৫৪। স্কেমিট ট্রিগারিং সার্কিট অংকন করে কার্যাবলি বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০০৮(R), ০৯(R), ১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০ নং দ্রষ্টব্য।

৫৫। মাল্টিভাইব্রেটর বলতে কী বুঝ? ব্লক ডায়াগ্রামের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১১ নং দ্রষ্টব্য।

৫৬। মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের প্রকারভেদ চিহ্নিত কর।

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৫৭। বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিটের জন্য ট্রিগারিং কৌশল বর্ণনা কর। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫৮। ক্যাপাসিটর চার্জিং ও ডিসচার্জিং কৌশল বর্ণনা করে স-টুথ ওয়েভ অঙ্কন কর। [বাকাশিবো-২০১৬]

উত্তর সংকেত অনুশীলনী ১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

গাণিতিক সমস্যাবলি :

১। নিচের চিত্রে NPN সিলিকন ট্রানজিস্টরটির $V_{CC} = 6V$ এবং $R_C = 2.5k\Omega$ হলে, নিচের মানসমূহ নির্ণয় কর–

১। বিশ্বস্ত বিবর্ধনের জন্য সিগন্যাল প্রয়োগের সময় সর্বোচ্চ কালেক্টর কারেন্টের মান।

২। প্রয়োজনীয় সর্বনিম্ন শূন্য সিগন্যাল কালেক্টর কারেন্ট।

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.১ নং দ্রষ্টব্য।

২। নিচের চিত্রে বেস রেজিস্টর পদ্ধতিতে $\beta = 100$ মানের জন্য সিলিকন ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার অঙ্কন করে দেখানো হল। ডিসি লোড লাইন এবং অপারেটিং পয়েন্ট নির্ধারণ কর। স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের মান কত?

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩। একটি জার্মেনিয়াম ট্রানজিস্টর $I_C = 1mA$ কারেন্টে শূন্য সিগন্যালে কাজ করে। যদি $V_{CC} = 12V$ হয়, তবে বেস রেজিস্টর পদ্ধতিতে R_B এর মান কত? $\beta = 100$ এই মানটি ধরতে হবে।

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। পাশের চিত্রের সার্কিট হতে তিনটি কারেন্টের মান হিসাব কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৫। ফিডব্যাক রেজিস্টর পদ্ধতিতে $\beta = 100$ মানের জন্য নিচের সিলিকন ট্রানজিস্টর বায়াসিং সার্কিট হতে অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.৮ নং দ্রষ্টব্য।

৬। 2V, 1mA-এ অপারেটিং পয়েন্ট সেট করতে হলে একটি সিলিকন ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে কালেক্টর ফিডব্যাক রেজিস্টর R_B এর মান নির্ণয় কর। যখন $\beta = 100$।

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.১০ নং দ্রষ্টব্য।

৭। নিচের ভোল্টেজ বিভাজনকারী বায়াস পদ্ধতির সার্কিট হতে ডিসি লোড লাইন এবং অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় কর। ধরে নাও ট্রানজিস্টরটি সিলিকনের তৈরি।

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.১১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। $V_{CC} = 12V$, $R_E = 1k\Omega$, $R_1 = 50k\Omega$ এবং $R_2 = 10k\Omega$ হলে–

(ক) $V_{BE} = 0.1V$ এর জন্য I_C এর মান নির্ণয় কর।

(খ) $V_{BE} = 0.3V$ এর জন্য I_C এর মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.১২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। নিচের চিত্র হতে ইমিটার কারেন্টের মান বের কর এবং কালেক্টর পটেনশিয়াল V_C এবং V_{CE} এর মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১০। নিচের NPN ট্রানজিস্টরের $\alpha = 0.985$ এবং $V_{BE} = 0.3V$. যদি $V_{CC} = 16V$ হয়, তবে $I_C = 2mA$, $V_{CE} = 6$ V এর Q-পয়েন্টের জন্য R_1 এবং R_C এর মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১১। একটি ট্রানজিস্টরে 15mA ইমিটার কারেন্টের পরিবর্তনে এর কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তন হয় 14.8 mA। ট্রানজিস্টরটির α_{ac} এবং β_{ac} এর মান বের কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.১৬ নং দ্রষ্টব্য।

১২। যদি কালেক্টর কারেন্ট, $I_C = 150$ mA এবং বেস কারেন্ট, $I_B = 200\mu A$ হয়, তাহলে β এবং I_E এর মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১২, ১২(R)]

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.১৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। যদি কমন বেস ট্রানজিস্টরের Amplication factor 0.9 এবং ইমিটার কারেন্ট 1mA হয়, তবে বেস কারেন্ট নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.২০ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। একটি কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের ইমিটার কারেন্ট 1mA এবং বেস কারেন্ট 30μA হলে, Amplication factor (α) এবং কালেক্টর কারেন্ট বের কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.২১ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। একটি কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর সার্কিটে $R_C = 5k\Omega$ এবং শূন্য সিগন্যাল কালেক্টর কারেন্ট 1mA, যদি $V_{CC} = 10V$ হয়, তাহলে এর অপারেটিং পয়েন্ট নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.২২ নং দ্রষ্টব্য।

১৬। একটি কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর 0.90-এর বেস কারেন্টের পরিবর্তন 0.25mA হলে কালেক্টর কারেন্টের পরিবর্তন কত? [বাকাশিবো-২০০৩]

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.২৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। একটি কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর 0.9 এবং বেস কারেন্ট 20 মাইক্রোঅ্যাম্পিয়ার হলে কালেক্টর কারেন্ট কত? [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.২৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। একটি CE অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের কালেক্টর রোধ 1 কিলোওহম। কালেক্টর বায়াস ভোল্টেজ 10 ভোল্ট এবং সিগন্যালবিহীন অবস্থায় এর বেস কারেন্ট 20 মাইক্রো-অ্যাম্পিয়ার। $\beta = 50$ হলে ঐ সার্কিটের লোড লাইন অঙ্কন করে অপারেটিং পয়েন্ট বের কর। [বাকাশিবো-২০০৭]

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.২৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। যদি Transistor এর $V_{BE} = 0.7V$ এবং $V_{CE} = 4.7V$ হয়, তবে V_{CB} = কত? [বাকাশিবো-২০০৫, ২০০৮]

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.২৭ নং দ্রষ্টব্য।

২০। কমন বেস সংযোজনের ক্ষেত্রে ইমিটার কারেন্টের 1 মাইক্রো-অ্যাম্পিয়ার এবং $\alpha = 0.9$ হলে, বেস কারেন্টের মান কত হবে? [বাকাশিবো-২০০৯]

উত্তর সংকেত অধ্যায় ২ এর উদাহরণ ২.২৮ নং দ্রষ্টব্য।

২১। একটি কমন ইমিটারের ক্ষেত্রে দেয়া আছে, $\beta = 120$, $I_E = 3.2mA$ এবং $r_o = \alpha\Omega$। বের কর –
(ক) Z_i (খ) A_v, যখন লোড রেজিস্ট্যান্স $2k\Omega$ (গ) A_i, যখন লোড রেজিস্ট্যান্স $2k\Omega$.

উত্তর সংকেত অধ্যায় ৩ এর উদাহরণ ৩.২ নং দ্রষ্টব্য।

২২। কোন অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর 0.9; যদি ইমিটার কারেন্ট 1mA হয়, তবে বেস কারেন্ট কত? [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অধ্যায় ৪ এর উদাহরণ ৪.১ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। একটি কমন বেস সার্কিটের $I_C = 0.9mA$ এবং $I_B = 0.05mA$ হলে α এর মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত : অধ্যায় ৪ এর উদাহরণ ৪.২ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। যদি কমন বেস কারেন্ট গেইন $\alpha_{dc} = 0.95$, লোড রেজিস্ট্যান্স $R_L = 1k\Omega$ এবং লোড রেজিস্টরের আড়াআড়িতে ভোল্টেজ 1.5V হয়, তবে বেস কারেন্টের মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত : অধ্যায় ৪ এর উদাহরণ ৪.৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। একটি ট্রানজিস্টর CE মোডে সংযোগ করা হয়েছে, যার কালেক্টর সাপ্লাই ভোল্টেজ $V_{CC} = 8V$ এবং কালেক্টর সার্কিটে সংযুক্ত R_C ভোল্টেজ ড্রপ 0.5V। $\alpha = 0.96$ এবং $R_C = 800\Omega$ হলে–
(i) কালেক্টর ইমিটার ভোল্টেজ V_{CE} এবং (ii) বেস কারেন্ট বের কর।

উত্তর সংকেত : অধ্যায় ৪ এর উদাহরণ ৪.৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৬। চিত্রের কমন কালেক্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের জন্য নিম্নলিখিত মানগুলো নির্ণয় কর।
(ক) I_B (খ) I_E (গ) V_{CE} (ঘ) V_E এবং (ঙ) V_B
এখানে ট্রানজিস্টর, $\beta = 49$ এবং $V_{BE} = 0.7V$ ধরা হয়েছে।

উত্তর সংকেত : অধ্যায় ৪ এর উদাহরণ ৪.১০ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। নিচের চিত্র হতে ইমিটার কারেন্টের মান বের কর এবং কালেক্টর পটেনশিয়াল V_C এবং V_{CE} এর মানও নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত : অধ্যায় ৪ এর উদাহরণ ৪.১১ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। একটি কমন বেস অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর 0.92-এর মিটার কারেন্ট 1.25mA হলে, বেস কারেন্ট কত? [বাকাশিবো-২০১৩(পরি)]

উত্তর সংকেত : অধ্যায় ৪ এর উদাহরণ ৪.১৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। একটি কমন বেস অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটে কালেক্টর কারেন্ট 0.96mA এবং বেস কারেন্ট 0.14mA হলে এটি কারেন্ট অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর কত হবে?

উত্তর সংকেত : অধ্যায় ৪ এর উদাহরণ ৪.১৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। একটি ট্রানজিস্টর কমন ইমিটার (CE) কনফিগারেশনে রয়েছে। যখন ডিসি অপারেটিং পয়েন্ট, $V_{CE} = 10$ Volt এবং $I_C = 1$ mA তখন নিম্নলিখিত h-প্যারামিটার পাওয়া যায় ঃ $h_{ie} = 2000\Omega$; $h_{oe} = 10^{-4}$ mho; $h_{re} = 10^{-3}$; $h_{fe} = 50$ । এসি লোড রেজিস্ট্যান্স $r_L = 600\Omega$ মান হলে আমাদের নির্ণয় করতে হবে, (i) ইনপুট ইম্পিড্যান্স (ii) কারেন্ট গেইন এবং (iii) ভোল্টেজ গেইন এর মান। [বাকাশিবো-২০১৫(পরি)]

উত্তর সংকেত : অধ্যায় ৫ এর উদাহরণ ৫.১ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। একটি CC ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারে ব্যবহৃত সোর্স ভোল্টেজের অভ্যন্তরীণ রেজিস্ট্যান্স $R_S = 800\Omega$ এবং লোড রেজিস্ট্যান্স $R_L = 2k\Omega$, উহার h-প্যারামিটারসমূহ হল $h_{ic} = 1100\Omega$, $h_{oc} = 1$, $h_{fe} = -51$ এবং $h_{oc} = 25\mu A/V$ হলে ট্রানজিস্টরের কারেন্ট গেইন, ইনপুট ইম্পিড্যান্স, ভোল্টেজ গেইন, আউটপুট ইম্পিড্যান্স, অপারেটিং পাওয়ার গেইন নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত : অধ্যায় ৫ এর উদাহরণ ৫.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। একটি অ্যাম্প্লিফায়ারের ওপেন সার্কিট ভোল্টেজ গেইন হল 1000, $R_{out} = 15\Omega$, $R_{in} = 7k\Omega$, একে সিগন্যাল সোর্স হতে 10mV দ্বারা সাপ্লাই দেয়া হয়। ইন্টারনাল রেজিস্ট্যান্স, $R_s = 3k\Omega$, $R_L = 35\Omega$ হলে নির্ণয় কর ঃ
(ক) আউটপুট ভোল্টেজের ম্যাগনিটিউড (Magnitude) (খ) পাওয়ার গেইন।

উত্তর সংকেত : অধ্যায় ৫ এর উদাহরণ ৫.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩৩। চিত্র ৫.১৬ তে একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার দেখানো হল, যাতে $R_1 = 150\ k\Omega$, $R_2 = 20k\Omega$, $R_C = 12k\Omega$, $R_E = 2.2k\Omega$, $V_{cc} = 20V$ এবং $\beta = 200$। উক্ত অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ৫ এর উদাহরণ ৫.৮ নং দ্রষ্টব্য।

৩৪। চিত্র ৫.১৭ এ প্রদর্শিত RC কাপলড অ্যাম্প্লিফায়ারের প্রত্যেক স্টেজের রেজিস্ট্যান্স $R_{in} = 1\ k\Omega$. নির্ণয় কর ঃ (ক) প্রথম স্টেজের ভোল্টেজ গেইন (খ) স্টেজের ভোল্টেজ গেইন (গ) মোট ভোল্টেজ গেইন।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ৫ এর উদাহরণ ৫.৯ নং দ্রষ্টব্য।

৩৫। একটি তিন স্টেজ R–C কাপলিং অ্যাম্প্লিফায়ারের প্রতিটি স্টেজের ভোল্টেজ গেইন 50 এবং প্রতি স্টেজের $R_C = 5\ k\Omega$. প্রত্যেক স্টেজের ইনপুট ইম্পিড্যান্স $2\ k\Omega$ হলে ঐ অ্যাম্প্লিফায়ারের ওভারঅল ডেসিবেল ভোল্টেজ গেইন কত হবে?

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ৫ এর উদাহরণ ৫.১১ নং দ্রষ্টব্য।

৩৬। যদি একটি ক্লাস-'এ' অপারেটেড পাওয়ার ট্রানজিস্টরের সিগন্যালবিহীন পাওয়ার খরচ 10 ওয়াট এবং এসি পাওয়ার আউটপুট 4 ওয়াট হয়, তবে–

(i) কালেক্টর দক্ষতা নির্ণয় কর।

(ii) ট্রানজিস্টরের পাওয়ার রেটিং কত হবে?

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ৬ এর উদাহরণ ৬.১ নং দ্রষ্টব্য।

৩৭। ক্লাস-'এ' অ্যাম্প্লিফায়ারে লোড হিসেবে একটি ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয়েছে। যদি ট্রান্সফরমারের টার্ন রেশিও 10 এবং সেকেন্ডারি লোড 100Ω বিশিষ্ট হয় তাহলে সর্বোচ্চ এসি পাওয়ার আউটপুট নির্ণয় কর। দেওয়া আছে শূন্য সিগন্যালে কালেক্টর কারেন্ট 100 mA।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ৬ এর উদাহরণ ৬.২ নং দ্রষ্টব্য।

৩৮। একটি ক্লাস-এ পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ভোল্টেজ ও কারেন্টের মান 10 mV ও 0.5 mA এবং আউটপুট ভোল্টেজ ও কারেন্টের মান 1V ও 10mA হলে এর ভোল্টেজ গেইন, কারেন্ট গেইন ও পাওয়ার গেইন কত?

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ৬ এর উদাহরণ ৬.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩৯। একটি স্টেজ বিশিষ্ট ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের কালেক্টর লোড, $R_c = 2\ k\Omega$ এবং ইনপুট রোধ, $R_i = 1k\Omega$, যদি কারেন্ট গেইন 50 হয়, তবে ভোল্টেজ গেইন কত?

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ৬ এর উদাহরণ ৬.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪০। টু স্টেজ বিশিষ্ট ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ারের কালেক্টর লোড, $R_c = 2\ k\Omega$ এবং ইনপুট রেজিস্ট্যান্স, $R_i = 1k\Omega$, যদি কারেন্ট গেইন 50 হয়, তবে ভোল্টেজ গেইন কত?

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ৬ এর উদাহরণ ৬.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪১। নিচের সার্কিটটি হতে (ক) V_G (খ) V_{GS} (গ) V_{DS} নির্ণয় কর। যখন, $I_{DSS} = 8mA$ এবং $V_p = -4V$

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ৭ এর উদাহরণ ৭.১ নং দ্রষ্টব্য।

৪২। নিচের সার্কিটটি হতে ড্রেন টু সোর্স V_{DS} এবং গেট টু সোর্স V_{GS} ভোল্টেজ এর মান নির্ণয় কর। এখানে $I_D = 5mA$.

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ৭ এর উদাহরণ ৭.২ নং দ্রষ্টব্য।

৪৩। নিচের চিত্রে একটি সেলফ বায়াস N-চ্যানেল FET অ্যাম্প্লিফায়ার অঙ্কন করা হল। এখানে $I_D = 1.5\ mA$ এবং $V_{DS} = 10V$ JFET প্যারামিটারগুলো হল $I_{DSS} = 5mA$, $V_p = -2V$। $V_{DD} = 20V$ হলে R_S এবং R_D এর মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায় ৭ এর উদাহরণ ৭.৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪৪। একটি JFET এর $I_{DSS} = 10mA$ এবং $V_{GS(off)} = -6V$। যদি ড্রেন কারেন্ট I_D এর মান 5mA হয়, তবে V_{GS} এর মান নির্ণয় কর। V_P এর মান কত হবে? [বাকাশিবো-২০১০, ১০১৩]

উত্তর সংকেত: অধ্যায় ৭ এর উদাহরণ ৭.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪৫। একটি JFET এর গেইটে 16V রিভার্স বায়াস প্রয়োগ করলে $10^{-3}\mu A$ গেইট কারেন্ট প্রবাহিত হয়। গেইট ও সোর্সের মাঝে রেজিস্ট্যান্সের মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৫ (পরি)

উত্তর সংকেত: অধ্যায় ৭ এর উদাহরণ ৭.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪৬। একটি হার্টলি অসিলেটরের ট্যাংক সার্কিটে ব্যবহৃত $L_1 = 1000\mu H$, $L_2 = 100\mu H$, $C = 20pF$ ও মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্সের মান $M = 20\mu H$ হলে (ক) অপারেটিং ফ্রিকুয়েন্সি এবং (খ) ফিডব্যাক ফ্র্যাকশনের মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত: অধ্যায় ১০ এর উদাহরণ ১০.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৪৭। কোন ক্রিস্টালের এসি সমতুল্য সার্কিটে ব্যবহৃত প্যারামিটারসমূহের মান $L = 1H$, $C = 0.01pF$, $R = 1000\Omega$ এবং $C_m = 20pF$ হলে f_S ও f_P এর মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত: অধ্যায় ১০ এর উদাহরণ ১০.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪৮। একটি X-Cut ক্রিস্টালের $f_r = 450kHz$, $L = 4.2H$ ও $R = 600\Omega$ হলে, Q-ফ্যাক্টরের মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১১, ১২, ১৫]

উত্তর সংকেত: অধ্যায় ১০ এর উদাহরণ ১০.৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪৯। একটি হার্টলি অসিলেটরের ট্যাঙ্ক সার্কিটে ব্যবহৃত $L_1 = 200\mu H$, $L_2 = 200\ \mu H$ ও $C = 10pF$ এবং মিউচ্যুয়াল ইন্ডাকট্যান্সের মান $M = 40\mu H$ হলে নির্ণয় কর।
(ক) অপারেটিং ফ্রিকুয়েন্সি (খ) ফিডব্যাক ফ্র্যাকশন। [বাকাশিবো-২০১৪]

উত্তর সংকেত: অধ্যায় ১০ এর উদাহরণ ১০.৭ নং দ্রষ্টব্য।

৫০। একটি X-cut ক্রিস্টলের $f_r = 550\ kHz$, $L = 4.2\ H$ ও $R = 750\ \Omega$ হলে θ ফ্যাক্টরের মান নির্ণয় কর। [বাকাশিবো-২০১৫]

উত্তর সংকেত: অধ্যায় ১০ এর উদাহরণ ১০.৮ নং দ্রষ্টব্য।

৫১। একটি অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের $R_1 = R_2 = 10k\Omega$ এবং $C_1 = C_2 = 500\ pF$ হলে উক্ত সার্কিটের অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত: অধ্যায় ১১ এর উদাহরণ ১১.২ নং দ্রষ্টব্য।

৫২। একটি অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের $R_1 = R_2 = 10\ k\Omega$ এবং $C_1 = C_2 = 0.01\ \mu F$ হলে উৎপাদিত স্কয়ার ওয়েভের টাইম পিরিয়ড ও ফ্রিকুয়েন্সি বের কর।

উত্তর সংকেত: অধ্যায় ১১ এর উদাহরণ ১১.৩ নং দ্রষ্টব্য।

৫৩। যদি একটি সিমেট্রিক্যাল অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর এর $R_2 = R_3 = 20\ k\Omega$ এবং $C_1 = C_2 = 100\ pF$ হয় এবং $V_{CC} = V_{BB} = 10V$, $V_{BE} = V_{B_2}(on) = 0.7V$ হয়, তবে এর উৎপন্ন ওয়েভ এর (i) টাইম পিরিয়ড এবং (ii) ফ্রিকুয়েন্সি কত?

উত্তর সংকেত: অধ্যায় ১১ এর উদাহরণ ১১.৪ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

২য় পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১১

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স, কম্পিউটার, ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্ক ও কম্পিউটার সাইন্স অ্যান্ড টেকনোলজি (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ ইলেকট্রনিক ডিভাইসেস অ্যান্ড সার্কিটস-১

(বিষয় কোড ঃ ৬৮২১)

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। H-parameter বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। CB ট্রানজিস্টরের AC এবং DC সমতুল্য বর্তনী অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩। লোড লাইন এবং অপারেটিং পয়েন্ট বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ট্রানজিস্টরকে দুই পোর্ট ডিভাইস বলা হয় কেন?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। অ্যাম্প্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভ অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

৬। Cascading-এর প্রয়োজনীয়তা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

৭। পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারকে লার্জ সিগন্যাল অ্যাম্প্লিফায়ার বলা হয় কেন?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৮। প্রমাণ কর যে, $\mu = g_m \times \gamma_d$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৯। এনহ্যান্সমেন্ট মসফেট এর প্রতীক অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১০। LC-সার্কিটে অসিলেশন তৈরির শর্ত লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১১। রিট্রেস টাইম কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। স্কেমিট ট্রিগারের ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। হাফ পাওয়ার পয়েন্ট বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১৪। মাল্টিস্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ার কেন ব্যবহার করা হয়?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১৫। Class-A অ্যাম্প্লিফায়ারের সীমাবদ্ধতা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। লিকেজ কারেন্ট কী? দেখাও যে, $I_B = (1 - \alpha) I_E - I_{CO}$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ এবং অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। CE-এর হাইব্রিড মডেল এঁকে কারেন্ট এবং ভোল্টেজ গেইন নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। মাল্টিস্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে মোট গেইন নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১৯। পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $\eta_{OVERALL} = 78.5\%$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২০। একটি N চ্যানেল JFET-এর নোটেশনগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

২১। CMOS কী? এর সুবিধা ও অসুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

২২। Positive feedback-এর গেইন নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। অসিলেটর তৈরিতে বারকোসনের শর্তগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। একটি X-cut ক্রিস্টালের $f_r = 450$ kHz, $L = 4.2$ H ও $R = 600\ \Omega$ হলে, Q ফ্যাক্টরের মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-১০ এর উদাহরণ ১০.৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। একটি দুই স্টেজ R-C কাপলড অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। আদর্শ বায়াসিং পদ্ধতিগুলো কী কী? চিত্রসহ ভোল্টেজ ডিভাইডার বায়াসিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। একটি Single tuned অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। একটি কমপ্লিমেন্টারি সিমেট্রি অ্যাম্প্লিফায়ার এর কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। একটি Common source FET অ্যাম্প্লিফায়ারের কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। MOSFET কী? একটি N-channel enhancement মোড MOSFET এর গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। একটি Phase shift oscillator-এর চিত্রসহ Oscillation তৈরির পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

২য় ও ৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১২

টেকনোলজি ঃ ২য় পর্ব ঃ কম্পিউটার, ইলেকট্রনিক্স, কম্পিউটার সাইন্স অ্যান্ড টেকনোলজি ও ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্কিং (২০১০ প্রবিধান)

৪র্থ পর্ব ঃ ইলেকট্রোমেডিক্যাল (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ ইলেকট্রনিক ডিভাইসেস অ্যান্ড সার্কিটস-১

(বিষয় কোড ঃ ৬৮২১)

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। Transistor-এর Operating এবং Stability factor বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ ও ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

২। Transistor-এর থার্মাল রানওয়ে বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩। লোড লাইন এবং অপারেটিং পয়েন্ট বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। Transistor-এর Coupling এর প্রয়োজনীয়তা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

৫। H-Parameter বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারকে লার্জ সিগন্যাল অ্যাম্প্লিফায়ার বলা হয় কেন?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৭। FET এর পিঞ্চ-অফ (Pinch-off) ভোল্টেজ কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৮। Amplifier-এর Frequency response বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৯। স্কেমিট ট্রিগারের ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১০। পিজোইলেকট্রিক ইফেক্ট বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১১। Class-A অ্যাম্প্লিফায়ারের সীমাবদ্ধতা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। Astable multivibrator সার্কিট বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। Bootstarp sweep সার্কিট অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১৪। Bistable multivibrator-এ Triggering টেকনিক এর চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। Amplifier-এ Negative feedback এর সুবিধা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। লিকেজ কারেন্ট কী? দেখাও যে, $I_B = (1 - \alpha)I_E - I_{CO}$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং এবং অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। Common base amplifier-এ লিকেজ কারেন্ট সম্পর্কে আলোচনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। অসিলেটর তৈরিতে বারকোসনের শর্তগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। ট্রানজিস্টরের CB এবং CE কনফিগারেশনের হাইব্রিড মডেল অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২০। ক্রস ওভার ডিস্টরশন কী? এর প্রতিকারের উপায় কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২১। FET-এর ক্ষেত্রে দেখাও যে, $h = g_m \times r_d$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২২। ইউনিপোলার ও বাইপোলার ট্রানজিস্টরের মাঝে পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। একটি দু-স্টেজ R–C কাপলড অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

২৪। একটি X – Cut ক্রিস্টালের $f_r = 450$ kHz, L = 4.2 H ও R = 500 Ω হলে, Q ফ্যাক্টরের মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-১০ এর উদাহরণ ১০.৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। MOSFET এবং JFET এর মাঝে তুলনামূলক পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। আদর্শ বায়াসিং পদ্ধতিগুলো কী কী? চিত্রসহ ভোল্টেজ ডিভাইডার বায়াসিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। একটি Single tuned অ্যাম্প্লিফায়ারের চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। একটি N চ্যানেল JFET এর গঠন চিত্র অঙ্কন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। পজিটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন নির্ণয়ের সূত্র প্রতিপাদন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। একটি Phase shift oscillator এর চিত্রসহ Oscillation তৈরির পদ্ধতি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। চিত্রসহ বাইস্ট্যাবল্ মাল্টিভাইব্রেটরের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। একটি N-channel enhancement মোড MOSFET এর গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

২য় পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১২

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স, কম্পিউটার, ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্কিং ও কম্পিউটার সাইন্স অ্যান্ড টেকনোলজি (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ ইলেকট্রনিক ডিভাইসেস অ্যান্ড সার্কিটস-১

বিষয় কোড ঃ ৬৮২১

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। বায়াসিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২। লিকেজ কারেন্ট (I_{CBO}) বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩। লোড লাইন কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ট্রানজিস্টরকে দুপোর্ট ডিভাইস বলা হয় কেন?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। CE আউটপুট বৈশিষ্ট্য চিত্র কয়টি রিজিয়নে ভাগ করা হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৫ নং দ্রষ্টব্য।

৬। 3dB পয়েন্ট বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

৭। টিউন্ড অ্যাম্প্লিফায়ার বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৮। FET-কে Unipolar device বলা হয় কেন?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। H-Parameter বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। MOSFET-এর চারটি ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১১। ডিপ্লেলেশন রিজিয়ন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৮ নং দ্রষ্টব্য।

১২। ক্রিস্টাল বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। মাল্টিভাইব্রেটর কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। টাইম বেস সার্কিট কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। অসিলেটর বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। PNP বা NPN Transistor এর অপারেশন বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। Transistor এর বিভিন্ন ধরনের বায়াসিং ব্যবস্থাপনার চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২০ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। যদি কালেক্টর কারেন্ট $I_c = 150mA$ এবং বেস কারেন্ট $I_b = 200\mu A$ হয়, তাহলে β এবং I_E-এর মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। Transistor-এর H-model অঙ্কন করে দেখাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২০। FET-এর V-I কার্ভ অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

২১। একটি FET-এর ক্ষেত্রে দেখাও যে, $\mu = g_m \times r_d$, যা প্রচলিত অর্থ বহন করে।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২২। Amplifier-এ ব্যবহৃত Negative feedback-এর সুবিধা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। অসিলেটর ও অ্যাম্প্লিফায়ার এর মাঝে পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। অপারেটিং পয়েন্ট এর সংজ্ঞা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। হিট সিঙ্ক (Heat Sink)-এর প্রয়োজনীয়তা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। একটি কমন ইমিটার অ্যাম্প্লিফায়ার এর চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। পুশ-পুল অ্যাম্প্লিফায়ারের চিত্রসহ কার্যপ্রণালি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। চিত্র সহকারে হার্টলি অসিলেটরের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। চিত্রসহ অ্যাস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটরের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। UJT 'স'-টুথ জেনারেটর সার্কিট অঙ্কন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। CMOS-এর অপারেশন চিত্রসহ বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

২য় ও ৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৩

টেকনোলজি ঃ **২য় পর্ব ঃ** ইলেকট্রনিক্স, কম্পিউটার, ডাটা টেলিকমিউনিকেশন নেটওয়ার্ক এবং কম্পিউটার সাইন্স অ্যান্ড টেকনোলজি (২০১০ প্রবিধান)

৪র্থ পর্ব ঃ ইলেকট্রোমেডিক্যাল (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ ইলেকট্রনিক ডিভাইসেস অ্যান্ড সার্কিটস-১

বিষয় কোড ঃ ৬৮২১

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। ট্রানজিস্টরের ডিসি লোড লাইন কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩২ নং দ্রষ্টব্য।

২। বেস উইডথ মডুলেশন কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ট্রানজিস্টরের গুরুত্বপূর্ণ রেটিংগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৪ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ট্রানজিস্টরের অপারেটিং পয়েন্টের স্থিরতার উপর প্রভাববিস্তারকারী ফ্যাক্টরগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৮ নং দ্রষ্টব্য।

৫। ট্রানজিস্টরের সাধারণ হাইব্রিড মডেল অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। মাল্টিস্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারে কী কী কাপলিং ডিভাইস ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

৭। লোয়ার এবং আপার কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সি কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

৮। পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৯। টিউনড অ্যাম্প্লিফায়ারের গুরুত্বপূর্ণ প্যারামিটারগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ার কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১১। ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টর কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১২। FET-এর অ্যাম্প্লিফিকেশন ফ্যাক্টর কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। নেগেটিভ ফিডব্যাক কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। টাইম বেস সার্কিট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। একটি কমন ইমিটার কনফিগারেশনের চিত্র অঙ্কন করে কারেন্ট প্রবাহের দিক নির্দেশ কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩১ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। ট্রানজিস্টরের সঠিক বায়াসিং-এর শর্তগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ভোল্টেজ ডিভাইডার বায়াসিং পদ্ধতির বর্তনী চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। একটি NPN ট্রানজিস্টরের কারেন্ট কম্পোনেন্ট এবং Ebers-Moll মডেলসহ সমীকরণগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২০। একটি কমন ইমিটার কনফিগারেশনের হাইব্রিড মডেল অঙ্কন করে এটির ইনপুট ভোল্টেজ এবং আউটপুট কারেন্টের সমীকরণ লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

২১। অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইনকে ডেসিবেল (dB) এককে প্রকাশে সুবিধাগুলো কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

২২। চিত্রের সাহায্যে ক্রস ওভার ডিস্টরশন বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। মসফেট-এর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ব্লক ডায়াগ্রামসহ ভোল্টেজ সিরিজ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট এবং আউটপুট রেজিস্ট্যান্সের সূত্র লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। একটি টাইম বেস সার্কিট অঙ্কন করে এটির ইনপুট এবং আউটপুট ওয়েভ শেপ অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। ট্রানজিস্টর বায়াসিং সার্কিটের স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টরের সাধারণ সমীকরণ নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। ট্রানজিস্টর অ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের জন্য সাধারণ হাইব্রিড সমতুল্য বর্তনী অঙ্কন করে এটির কারেন্ট গেইন নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। চিত্রসহ একটি আরসি কাপলড অ্যাম্প্লিফায়ারের গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। একটি JFET-এর $I_{DSS} = 10mA$ এবং $V_{GS(off)} = -6V$। যদি ড্রেন কারেন্ট I_D-এর মান 5 mA হয়, তবে V_{GS}-এর মান নির্ণয় কর। V_P-এর মান কত হবে?

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৭ এর উদাহরণ ৭.৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। চিত্রসহ একটি হার্টলি অসিলেটরের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। একটি ট্রানজিস্টর সুইপ সার্কিট অঙ্কন করে এটির কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং
৪র্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৩
টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রোমেডিক্যাল (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ ইলেকট্রনিক ডিভাইসেস অ্যান্ড সার্কিটস-১

বিষয় কোড ঃ ৬৮২১

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। দুটি সোর্স ব্যবহার করে ট্রানজিস্টর বায়াসিং পদ্ধতিগুলোর চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২। CE Transistor amplifier-এর I/P এবং O/P V-I characteristics curve অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৯ নং দ্রষ্টব্য।

৩। Load line এবং Operating point-এর সংজ্ঞা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। Faithful amplification-এর শর্তাবলি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

৫। H-parameter কী? H-parameter-গুলোর নাম লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ ও ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। Cascading কাকে বলে? এটির প্রয়োজনীয়তা কী?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

৭। Class-A, Class-B-গুলোর I/P এবং O/P wave shape অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

৮। JFET-এর V-I characteristics curve অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। Voltage sampling কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১০। Voltage amplifier-এ Negative feedback-এর সুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

১১। Tank circuit-এর Oscillation উৎপন্ন হওয়ার শর্ত কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১২। Time base circuit কী? Time base circuit এর প্রয়োজনীয়তা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ ও ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। Multivibrator কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। VCO-এর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১৫। Transistor configuration-গুলোর চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৩ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। একটিমাত্র সোর্স ব্যবহার করে Transistor biasing পদ্ধতিগুলোর চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১৭। Common emitter transistor configuration-এর জন্য H-model-গুলোর চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। Transformer কাপলিং এর সচিত্র বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। Cross over distortion কী? এটি কীভাবে দূর করা যায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২০। Frequency response curve অঙ্কন করে Related term-গুলো চিহ্নিত কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

২১। Oscillator-এর Block চিত্র অঙ্কন করে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২২। MOSFET-এর গঠন এবং V-I বৈশিষ্ট্যরেখা অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ ও ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। প্রমাণ কর যে, CMOS একটি Inverter হিসেবে কাজ করে।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

২৪। প্রমাণ কর যে, $A_f = \frac{A}{1 + A\beta}$ (প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে)।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। Bistable multivibrator-এর সচিত্র কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। CE-H model হতে A_i, A_v, Z_i, Y_o নির্ণয়ের সমীকরণগুলো প্রতিপাদন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। Multistaged amplifier-এর ক্ষেত্রে প্রমাণ যে, $\log_{10}A_V = \log_{10}A_{V_1} + \log_{10}A_{V_2} .... + \log_{10}A_{V_n}$।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

২৮। Class-B push-pull amplifier-এর কার্যপ্রণালির সচিত্র বর্ণনা কর এবং প্রমাণ কর যে, দক্ষতা = 78.5%.

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। একটি Crystal oscillator-এ উৎপন্ন Frequency-এর সমীকরণসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। DE-MOSFET-এর গঠন প্রণালিসহ সচিত্র কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। Class-A single stage power amplifier-এর O/P wave-সহ সচিত্র কার্যপ্রণালি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

২য় পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৩

টেকনোলজি ঃ কম্পিউটার, ইলেকট্রনিক্স, কম্পিউটার সাইন্স অ্যান্ড টেকনোলজি ও ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্ক (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ ইলেকট্রনিক ডিভাইসেস অ্যান্ড সার্কিটস্-১

(বিষয় কোড ঃ ৬৮২১)

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। বাইপোলার ট্রানজিস্টর কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

২। এসি লোড লাইন কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩। হাফ পাওয়ার পয়েন্ট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

৪। ক্রস-ওভার ডিসটরশন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৫। MOSFET-কে IGFET বলা হয় কেন?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। মাল্টিভাইব্রেটর কয় প্রকার ও কী কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

৮। টাইম বেস ওয়েভ ফরম্স-এর প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯। কোন সূত্রের মাধ্যমে অসিলেটরের ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় করা হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১০। CMOS কী?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১১। ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১২। Coupling কী?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১৩। Operating point-এর সংজ্ঞা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। ট্রানজিস্টরের কালেক্টরকে বড় আকারে রাখা হয় কেন?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। লিকেজ কারেন্ট কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ ঃ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। ট্রানজিস্টরে কারেন্ট প্রবাহের কৌশল সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। CE হাইব্রিড মডেল হতে এটির বিভিন্ন প্যারামিটারগুলো নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। Class-AB পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ও আউটপুট ওয়েভ ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। JFET-এর গঠন বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১০ নং দ্রষ্টব্য।

২০। CMOS-এর অপারেশন সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

২১। একটি টাইম বেস সার্কিট অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২২। অসিলেটর ও অ্যাম্প্লিফায়ারের মাঝে চারটি পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। Schmitt trigger circuit অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ট্যাঙ্ক সার্কিট বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। থার্মাল রানওয়ে বলতে কী বুঝায়?

উত্তর ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। CE অ্যাম্প্লিফায়ারের ইনপুট ও আউটপুট বৈশিষ্ট্যরেখার বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। Multistage R-C coupled amplifier-এর চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

২৮। Class-B পুশ-পুল পাওয়ার অ্যাম্প্লিফায়ারের চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। ফিডব্যাক কী? নেগেটিভ ফিডব্যাক অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইন নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। 'হার্টলি' অসিলেটরের চিত্রসহ অসিলেশন প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। বাইস্ট্যাবল্ মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট অঙ্কন করে এটির কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং
২য় ও ৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৪
টেকনোলজি ঃ ২য় পর্ব ঃ কম্পিউটার, ইলেকট্রনিক্স, ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্ক, কম্পিউটার সাইন্স ও কম্পিউটার (২০১০ প্রবিধান)
৪র্থ পর্ব ঃ ইলেকট্রমেডিক্যাল (২০১০ প্রবিধান) (পরীক্ষা তারিখ ঃ ১৯.১.২০১৫)
বিষয় ঃ ইলেকট্রনিক ডিভাইসেস অ্যান্ড সার্কিটস্-১
(বিষয় কোড ঃ ৬৮২১)

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। লিকেজ কারেন্ট বলতে কী বুঝায়?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২। লোড লাইন কাকে বলে?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। সেচুরেশন পয়েন্ট কাকে বলে?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪। অপারেটিং পয়েন্ট-এর সংজ্ঞা দাও।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। হাইব্রিড প্যারামিটার বলতে কী বুঝায়?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৬। ট্রানজিস্টরকে দু' পোর্ট ডিভাইস বলা হয় কেন?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৭। অ্যাম্প্লিফায়ারের গেইনকে ডেসিবেলে প্রকাশের সুবিধা লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

৮। বায়াসিং-এর ভিত্তিতে অ্যাম্প্লিয়ারের শ্রেণিবিভাগ লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৯। Pinch-off ভোল্টেজ কাকে বলে?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১০। MOSFET-কে IGFET বলা হয় কেন?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১১। ডিপ্লেশন রিজিয়ন বলতে কী বুঝায়?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৮ নং দ্রষ্টব্য।

১২। পিজো-ইলেকট্রিক ক্রিস্টাল-এর ধর্ম কী?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। অসিলেটরের প্রধান অংশগুলো কী কী?
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। টাইম বেস সার্কিট-এর ব্যবহার লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। VCO-এর ফ্রিকুয়েন্সির সমীকরণটি লেখ।
উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

খ-বিভাগ ঃ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। ট্রানজিস্টরের CB কনফিগারেশনের হাইব্রিড মডেল অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। লিকেজ কারেন্টের ওপর তাপমাত্রার প্রভাব বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। কাট-অফ ফ্রিকুয়েন্সির সাথে ব্যান্ড উইডথের সম্পর্ক লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১৯। ক্রস-ওভার ডিস্টোরশন কী? এটি দূর করার উপায় কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২০। BJT ও UJT-এর মাঝে পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২১। FET-এর ক্ষেত্রে দেখাও যে, $\mu = g_m r_d$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২২। MOSFET-এর V-I কার্ভ অঙ্কন করে বিভিন্ন রিজিয়ন দেখাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। CMOS-এর সুবিধা ও অসুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

২৪। Positive ফীডব্যাক Amplifier-এর Gain নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। অসিলেটর তৈরিতে বারকোসনের শর্তগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। চিত্রসহ বাইস্টেবল্ মাল্টিভাইব্রেটরের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। চিত্রসহ ক্লাস-বি পুশ-পুল Amplifier-এর কার্যপ্রণালি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। চিত্রসহ কমন সোর্স FET Amplifier-এর কার্যপ্রণালি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। Crystal Oscillator-এর সার্কিট অঙ্কন করে কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। কমন ইমিটার ট্রানজিস্টরের হাইব্রিড মডেল অঙ্কন করে Voltage ও Current gain নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। একটি হার্টলি অসিলেটরের ট্যাঙ্ক সার্কিটে ব্যবহৃত $L_1 = 200\ \mu H$, $L_2 = 200\ \mu H$ ও $C = 10pF$ এবং মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্সের মান $M = 40\ \mu H$ হলে নির্ণয় কর।

(ক) অপারটিং ফ্রিকুয়েন্সি; (খ) ফিডব্যাক ফ্র্যাকশন।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়- এর উদাহরণ ১০.৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। একটি কম্প্লিমেন্টারি সিমেট্রি অ্যাম্প্লিফায়ারের চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

২য় পর্ব সমাপনী এবং ৪র্থ পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৫ [পরীক্ষার তারিখ ঃ ১/৮/২০১৫]

টেকনোলজি ঃ ২য় পর্ব ঃ ইলেকট্রনিক্স, ডাটা টেলিকমিউনিকেশন অ্যান্ড নেটওয়ার্ক, কম্পিউটার সাইন্স ও কম্পিউটার (২০১০ প্রবিধান)

৪র্থ পর্ব ঃ ইলেক্ট্রোমেডিক্যাল (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ ইলেকট্রনিক ডিভাইসেস অ্যান্ড সার্কিটস-১

(বিষয় কোড ঃ ৬৮২১)

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। H-parameter বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২। লোড লাইন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩১ নং দ্রষ্টব্য।

৩। Transistor-এর থার্মাল রানওয়ে বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ETF-এর Pinch-off voltage কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৫। Amplifier-এর Frequency response curve অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

৬। পিজো-ইলেকট্রিক ইফেক্ট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৭। Astable multivibrator সার্কিট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

৮। একটি Boot strap sweep সার্কিট অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

৯। হাফ পাওয়ার পয়েন্ট বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১০। Transistor-কে দু'পোর্ট ডিভাইস বলা হয় কেন?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১১। Amplifier-এর Negative feedback কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১২। VCO এর বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১৩। Faithful amplification-এর শর্তাবলি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। Class-A amplifier-এর সীমাবদ্ধতাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। পাওয়ার Amplifier-কে Large signal amplifier বলা হয় কেন?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। লিকেজ কারেন্ট কী? দেখাও যে, $I_B = (1 - \alpha) I_E - I_{CO}$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৬ এবং সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। CE-এর হাইব্রীড মডেল অঙ্কন করে ভোল্টেজ গেইন নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। অসিলেটর তৈরিতে বারকোসনের শর্তগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। ক্রস-ওভার ডিস্টরশন কী? এটি প্রতিকারের উপায় কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২০। FET-এর ক্ষেত্রে দেখাও যে, $h = g_m \times r_d$

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২১। মাল্টিস্টেজ অ্যাম্প্লিফায়ারের ক্ষেত্রে মোট গেইন নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

২২। Positive feedback-এর গেইন নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। একটি X-cut ক্রিস্টালের $fr = 550$ kHz, $L = 4.2H$ ও $R = 750\Omega$ হলে Q ফ্যাক্টরের মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-১০ এর উদাহরণ ১০.৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। Unipolar ও Bipolar ট্রানজিস্টরের মাঝে পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। CMOS-এর সুবিধা ও অসুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। আদর্শ বায়াসিং পদ্ধতিগুলো কী কী? চিত্রসহ ভোল্টেজ ডিভাইডার বায়াসিং পদ্ধতি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। একটি Single tuned amplifier-এর চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। একটি Phase shift oscillator-এর চিত্রসহ Oscillation তৈরির পদ্ধতি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। চিত্রসহ Bistable multivibrator-এর কার্যপ্রণালি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। MOSFET কী? একটি N-channel-enhancement মোড MOSFET-এর গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ এবং রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। একটি কম্প্লিমেন্টারি সিমেট্রি Amplifier-এর কার্যপ্রণালি চিত্রসহ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। চিত্রসহ Class-B Push pull Amplifier-এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর এবং দেখাও যে, এটির দক্ষতা = 78.5%।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৫ [পরীক্ষার তারিখ ঃ ০৪/০১/২০১৬]

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রো-মেডিক্যাল (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ ইলেকট্রনিক ডিভাইস অ্যান্ড সার্কিটস্-১

(বিষয় কোড ঃ ৬৮২১)

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। ট্রানজিস্টর বায়াসিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

২। ট্রানজিস্টরের অপারেটিং পয়েন্ট কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৩। ট্রানজিস্টর সার্কিটের স্ট্যাবিলিটি ফ্যাক্টর কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৫ নং দ্রষ্টব্য।

৪। লো-ফ্রিকুয়েন্সি স্মল সিগন্যাল ট্রানজিস্টর মডেল-এর কারেন্ট কম্পোনেন্টগুলো চিত্রের মাধ্যমে দেখাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

৫। ক্লাস-বি অ্যামপ্লিফায়ার কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

৬। টিউন্ড অ্যামপ্লিফায়ার কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭। ফিল্ড ইফেক্ট ট্রানজিস্টার কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮। FET-এর ট্রান্সকন্ডাকটেন্স কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৯। CMOS দিয়ে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১০। ভোল্টেজ সিরিজ ফীডব্যাক অ্যামপ্লিফায়ারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১১। নেগেটিভ ফীডব্যাক অ্যামপ্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইনের সমীকরণটি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

১২। পিজো ইলেকট্রিক ইফেক্ট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। টাইম বেজ সার্কিট কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। বাইস্টেবল মাল্টিভাইব্রেটর কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। স্মীট ট্রিগার সার্কিট কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। একটি কমন বেস ট্রানজিস্টর সার্কিটের আউটপুট বৈশিষ্ট্য রেখা অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৭ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। ট্রানজিস্টরে সঠিক বায়াসিং-এর শর্তগুলো বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ইমিটার ফীডব্যাক সহযোগে একটি বেস বায়াস ট্রানজিস্টার সার্কিটের $R_B = 400k\Omega$, $R_C = 2\Omega$, $R_E = 1k\Omega$ এবং $\beta = 100$। V_{BE}-এর মান নগণ্য ধরে I_B, I_C ও V_{CE} এর মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ২.৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। একটি NPN ট্রানজিস্টরের কারেন্ট কম্পোনেন্ট এবং Ebers-Moll মডেলসহ সমীকরণগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২০। ট্রানজিস্টরের সাধারণ h-প্যারামিটার মডেল অঙ্কন করে এটির ইনপুট-ভোল্টেজ এবং আউটপুট কারেন্টের সমীকরণ লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২১। অ্যামপ্লিফায়ারের ডেসিবল পাওয়ার গেইনের বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

২২। ট্রান্সফরমার কাপলড ক্লাস-এ অ্যামপ্লিফায়ারের সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। একটি N-channel JFET-এর গঠন চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১২ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ভোল্টেজ সিরিজ ফীডব্যাক এবং কারেন্ট সিরিজ ফীডব্যাক অ্যামপ্লিফায়ারের ব্লক ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। ক্রিস্টাল অসিলেটরের সুবিধা ও অসুবিধাগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। একটি কমন ইমিটার অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিটের হাই ব্রীড সমতুল্য বর্তনী অঙ্কন করে এর কারেন্ট গেইন নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। বর্তনী চিত্রসহ দুই স্তরবিশিষ্ট একটি RC কাপলড অ্যামপ্লিফায়ারের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

২৮। বর্তনী চিত্রসহ ক্লাস-বি পুশপুল অ্যামপ্লিফায়ারের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। চিত্রসহ JFET-এর ড্রেন ক্যারেকটারিসটিকস বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। ফীডব্যাক অ্যামপ্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইন নির্ণয়ের সূত্রটি প্রতিপাদন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। চিত্রসহ হার্টলে অসিলেটরের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। চিত্রসহ ট্রানজিস্টর সুইপ সার্কিটের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

২য় পর্ব পরিপূরক পরীক্ষা-২০১৫ [পরীক্ষার তারিখ ঃ ১৩/১০/২০১৬]

টেকনোলজি ঃ ইলেকট্রনিক্স, কম্পিউটার, ডাটা টেলিকমিউনিকেশন নেটওয়ার্ক এবং কম্পিউটার সায়েন্স (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ ইলেকট্রনিক্স ডিভাইস অ্যান্ড সার্কিটস-১

(বিষয় কোড ঃ ৬৮২১)

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। ট্রানজিস্টরের বায়াসিং বিধি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৬ নং দ্রষ্টব্য।

২। একটি কমন বেস সার্কিটে ইমিটার কারেন্ট 1mA। যদি ইমিটার সার্কিট ওপেন হয়, তবে কালেক্টর কারেন্ট 52 mA হয়। α-এর মান 0.9 হলে মোট কালেক্টর কারেন্ট কত?

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-২ এর উদাহরণ ২.২ এর অনুরূপ।

৩। CE সার্কিটে ট্রানজিস্টরের লো-ফ্রিকুয়েন্সি স্মল সিগন্যাল এসি সমতুল্য বর্তনী আঁকে।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

৪। ডেসিবেল গেইন কী?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

৫। ক্লাস 'এ' অ্যামপ্লিফায়ার বায়াসিং কেন হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৬। টিউনড অ্যামপ্লিফায়ারের কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩ নং দ্রষ্টব্য।

৭। JFET কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮। এন-চ্যানেল ও পি-চ্যানেল E-Only MOSFET-এর গঠন চিত্র আঁক।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৯। পজিটিভ ফিডব্যাক ও নেগেটিভ ফিডব্যাক কী কাজে ব্যবহৃত হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ ও ২ নং দ্রষ্টব্য।

১০। কৃস্টালের সমতুল্য সার্কিট আঁক।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২১ নং দ্রষ্টব্য।

১১। টাইম বেস সার্কিট বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১২। সিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৪। JFET-এর ট্রান্সকন্ডাকটেন্স কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। VCO কী?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। ট্রানজিস্টরের কাট-অফ, অ্যাকটিভ ও স্যাচুরেশন অবস্থা বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৯ নং দ্রষ্টব্য।

১৭। ট্রানজিস্টরে সঠিক বায়াসিং-এর শর্তগুলো লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৬ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে h-প্যারামিটারগুলোকে কীভাবে প্রকাশ করা হয়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। প্রমাণ কর যে, মাল্টিস্টেজ অ্যামপ্লিফায়ারের মোট ভোল্টেজ গেইন,
$AV = A.V_1 \times AV_2 \times AV_3 \times \ldots\ldots\ldots\ldots \times AV_n$।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

২০। ভোল্টেজ অ্যামপ্লিফায়ার ও পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারের মাঝে পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২১। একটি JFET-এর গেইটে 16V রিভার্স বায়াস প্রয়োগ করলে $10^{-3}\mu A$ গেইট কারেন্ট প্রবাহিত হয়। গেইট ও সোর্সের মাঝে রেজিস্ট্যান্সের মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৭ এর উদাহরণ ৭.৬.নং দ্রষ্টব্য।

২২। উচ্চ ও নিম্ন ফ্রিকুয়েন্সিতে অ্যামপ্লিফায়ারের ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স হ্রাস পায় কেন?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

২৩। চিত্রসহ একটি 'স-টুথ ওয়েভ জেনারেটর সার্কিট-এর কাজ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। একটি বাইস্ট্যাবল সিমেট্রিক্যাল ট্রিগারিং সার্কিট আঁক।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৫। ফিডব্যাক I.C অসিলেটর সার্কিটের প্রয়োজনীয় উপাদানগুলোর বর্ণনা দাও।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৮ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। একটি ট্রানজিস্টর হার্টলি অসিলেটরের $L_1 = 51\mu H$, $L_2 = 1mH$ এবং কয়েল দুটির মিউচুয়্যাল ইন্ডাকটেন্স $M = 10\mu H$ এবং $C = 10PF$ হলে অসিলেশন ফ্রিকুয়েন্সির মান নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-১০ এর উদাহরণ ১০.৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। চিত্রসহ একটি স্কমিট (Schmitt) ট্রিগার সার্কিটের কাজ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। চিত্রসহ একটি N-চ্যানেল DE মসফেটের গঠন ও কাজ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। দক্ষতা সমীকরণসহ একটি পুশ পুল অ্যামপ্লিফায়ারের কাজ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। চিত্রসহ একটি টু-স্টেজ ট্রান্সফরমার কাপলড অ্যামপ্লিফায়ারের কাজ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

৩১। একটি CE ট্রানজিস্টর অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিটের অপারেটিং পয়েন্ট ভোল্টেজ $V_{CE} = 5.1V$ এবং কারেন্ট $I_C = 1mA$ হলে h-প্যারামিটারগুলোর মান হয়; $hie = 1700\Omega$; $hre = 1.3 \times 10^{-4}$; $hfe = 38$; $hoe = 6 \times 10^{-6}\Omega$। যদি এসি লোড $r_L = 2k\Omega$ হয়, তবে নির্ণয় কর ঃ (i) ইনপুট ইম্পিডেন্স; (ii) কারেন্ট গেইন; (iii) ভোল্টেজ গেইন।

উত্তর সংকেত ঃ অধ্যায়-৫ এর উদাহরণ ৫.১ নং দ্রষ্টব্য।

বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা

ডিপ্লোমা-ইন-ইঞ্জিনিয়ারিং

২য় ও ৪র্থ পর্ব সমাপনী পরীক্ষা-২০১৬ [পরীক্ষার তারিখ ঃ ২৭/০৬/২০১৬]

টেকনোলজি ঃ **২য় পর্ব** ঃ ইলেকট্রনিক্স, কম্পিউটার, ডাটা টেলিঃ এবং কম্পিউটার সায়েন্স (২০১০ প্রবিধান)

৪র্থ পর্ব ঃ ইলেকট্রো-মেডিক্যাল (২০১০ প্রবিধান)

বিষয় ঃ ইলেকট্রনিক ডিভাইস অ্যান্ড সার্কিটস-১

(বিষয় কোড ঃ ৬৮২১)

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। ট্রানজিস্টর লোড লাইন বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩১ নং দ্রষ্টব্য।

২। থার্মাল রানওয়ে কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৬ নং দ্রষ্টব্য।

৩। H-parameter কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১ নং দ্রষ্টব্য।

৪। 3 db point কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

৫। কাপলিং-এর প্রয়োজনীয়তা লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

৬। ক্লাস-সি অ্যামপ্লিফায়ার কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৭। E-only MOSFET কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৫ নং দ্রষ্টব্য।

৮। ফিডব্যাক বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

৯। ট্যাঙ্ক সার্কিটের কাজ কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১১ নং দ্রষ্টব্য।

১০। ক্রিস্টাল অসিলেটর বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২২ নং দ্রষ্টব্য।

১১। স-টুথ ওয়েভের চিত্র অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

১২। টাইম বেজ সার্কিট কী?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৪ নং দ্রষ্টব্য।

১৩। VCO বলতে কী বুঝায়?

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১৪। মনোস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর কাকে বলে?

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ২৩ নং দ্রষ্টব্য।

১৫। ট্রানজিস্টরের ক্ষেত্রে বায়াসিং সূত্রটি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১ এর অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৩৬ নং দ্রষ্টব্য।

খ-বিভাগ (মান ঃ ৪ × ১০ = ৪০)

১৬। সুইচিং সার্কিটে ট্রানজিস্টরের ব্যবহার লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

১৭। কমন ইমিটার সার্কিটে লীকেজ কারেন্ট ব্যাখ্যা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-২ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১০ নং দ্রষ্টব্য।

১৮। ট্রানজিস্টরের সাধারণ h-প্যারামিটার মডেল অঙ্কন করে এটির ভোল্টেজ গেইন নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৫ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ২ নং দ্রষ্টব্য।

১৯। প্রমাণ কর যে, $r_e = \frac{25mv}{I_E}$ । এখানে প্রতীকগুলো প্রচলিত অর্থ বহন করে।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৩ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২০। ভোল্টেজ ও পাওয়ার অ্যামপ্লিফায়ারের মাঝে ৪(চার) টি পার্থক্য লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

২১। ডাইরেক্ট কাপলড ও ট্রান্সজিস্টর কাপলড অ্যামপ্লিফায়ারের সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ১৮ নং দ্রষ্টব্য।

২২। ক্লাস-এ অ্যামপ্লিফায়ারের দক্ষতা নির্ণয় কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৪ নং দ্রষ্টব্য।

২৩। পজিটিভ ফিডব্যাক অ্যামপ্লিফায়ারের ভোল্টেজ গেইনের সমীকরণটি প্রতিপাদন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৯ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৩ নং দ্রষ্টব্য।

২৪। ট্রানজিস্টর সুইপ সার্কিটের কাজ বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ সিলেবাস বহির্ভূত।

২৫। স্মীট ট্রিগার সার্কিটের মূলনীতি লেখ।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর সংক্ষিপ্ত প্রশ্নোত্তর ৬ নং দ্রষ্টব্য।

গ-বিভাগ (মান ঃ ১০ × ৫ = ৫০)

২৬। একটি সিঙ্গেল স্টেজ কমন ইমিটার ট্রানজিস্টর অ্যামপ্লিফায়ার-এর চিত্রসহ কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৪ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

২৭। ফ্রিকুয়েন্সি রেসপন্স কার্ভসহ টিউন্ড অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিটের কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৬ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৭ নং দ্রষ্টব্য।

২৮। চিত্রসহ JFET-এর গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৭ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

২৯। চিত্রসহ ক্রিস্টাল অসিলেটর-এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১০ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১ নং দ্রষ্টব্য।

৩০। বাইস্ট্যাবল মাল্টিভাইব্রেটর সার্কিট অঙ্কন করে ট্রিগারিং কৌশল বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৩ নং দ্রষ্টব্য।

৩১। ক্যাপাসিটর চার্জিং ও ডিসচার্জিং কৌশল বর্ণনা করে স-টুথ ওয়েভ অঙ্কন কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-১১ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ১৪ নং দ্রষ্টব্য।

৩২। Analog ও Digital সার্কিটে JFET ও MOSFET-এর ব্যবহার বর্ণনা কর।

উত্তর সংকেত ঃ অনুশীলনী-৮ এর রচনামূলক প্রশ্নাবলি ৮ নং দ্রষ্টব্য।

BDeBooks.com

E-BOOK

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