पॉलिटेक्निक

Board of Technical Education

NATIONAL AWARD Winner

NSQF के अनुसार

नवीनतम् पाठ्यक्रम
सत्र 2019-20
पर आधारित

विद्या® न्यूपैटर्न

QUESTION® BANK

सर्वश्रेष्ठ परीक्षा मार्गदर्शक

Electrical Engineering
Semester-II

एनालॉग इलेक्ट्रॉनिक्स
(Analog Electronics)

- विगत 10 वर्षों के परीक्षा प्रश्नों का अध्यायवार समावेश
- स्वमूल्यांकन हेतु मॉडल प्रश्न–पत्र

41 Years of Incredible Publishing

Mayank Tiwari Ayodhya

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

New Syllabus

Semiconductor Diodes

PN Junction, mechanism of current flow in PN junction, drift and diffusion currents, depletion layer, potential barrier, effect of forward and reverse biasing in a PN junction. Concept of junction capacitance in forward and reverse biased conditions. Breakdown mechanism.

Ideal diode, Semiconductor diode characteristics, static and dynamic resistance.

Use of diode as half wave and full wave rectifiers (centre tapped and bridge type), relation between DC output and AC input voltage, efficiency of rectifier.

Concept of ripples, filter circuits – shunt capacitor, series inductor, and pie (π) filters and their applications.

Diode ratings/specifications.

Various types of diodes such as zener diode, varactor diode, schottky diode, light emitting diode, tunnel diode, photo diode; their working characteristics and applications.

Zener diode and its characteristics.

Use of zener diode for voltage stabilization.

Bi-polar Transistors

Concept of junction transistor, PNP and NPN transistors, their symbols and mechanism of current flow.

Transistor configurations: common base (CB), common emitter (CE) and common collector (CC), current relation and their input/output characteristics; comparison of the three configurations.

Transistor Biasing and Stabilization

Transistor biasing, its need, operating point, effect of temperature on the operating point of a transistor and need of stabilization of operating point.

Different biasing circuits, limitations, simple problems to calculate operating point in different biasing circuits. Use of Thevenin's theorem to determine operating point.

Concept of h-parameters of a transistor.

Use of data book to know the parameters of a given transistor.

Single-Stage Transistor Amplifiers

Single stage transistor amplifier circuit in CE configuration, function of each component.

Working of single stage transistor amplifier, physical and graphical explanation, phase reversal.

Concept of DC and AC load line.

Voltage gain of single stage transistor amplifier using characteristics of the device.

Concept of input and output impedance.

AC equivalent circuit of single stage transistor amplifiers.

Calculation of voltage gain using AC equivalent circuit.

Frequency response of a single stage transistor amplifier.

Multi-Stage Transistor Amplifiers

Need of multi-stage transistor amplifiers – different types of couplings, their purpose and applications.

Knowledge of various terms such as voltage gain, current gain, power gain, frequency response, decibel gain and band width.

Mayank Tiwari Ayodhya

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

RC coupled two-stage amplifiers, circuit details, working, frequency response, applications.
Loading effect in multistage amplifiers.
Elementary idea about direct coupled amplifier, its limitations and applications.
Transformer coupled amplifiers, its frequency response. Effect of co-efficient of coupling on frequency response. Applications of transformer coupled amplifiers.

Field Effect Transistor (FET)

Construction, operation, characteristics and applications of a N channel JFET and P channel JFET
JFET as an amplifier.
Types, construction, operation, characteristics and applications of a MOSFET.
Comparison between BJT, JFET and MOSFET.

LIST OF PRACTICALS

1. (a) Identification and testing of electronic components such as resistor, inductor, capacitor, diode, transistor and different types of switches used in Electronic circuits.
   (b) Measurement of resistances using multimeter and their comparison with colour code values.
2. To plot V-I characteristics of a Semiconductor diode and to calculate its static and dynamic resistance
3. (a) To plot V-I characteristics of a zenor diode and finding its reverse breakdown voltage
   (b) Fabrication of a zenor diode voltage stabilizer circuit using PCB
4. Observation of input and output wave shapes of a half-wave rectifier and verification of relationship between dc output and ac input voltage.
5. Observation of input and output wave shapes of a full wave rectifier and verification of relationship between dc and ac input voltage.
6. Observation of input and output wave shapes of a full wave rectifier with (i) shunt capacitor) (ii) series inductor (iii) π filter circuits.
7. Plotting input and output characteristics of a transistor in CB configuration.
8. Plotting input and output characteristics of a transistor in CE configuration.
9. Measurement of operating point in case of (i) fixed biased circuit (ii) potential divider biasing circuit and to observe the effect of temperature variation on the operating point.

Contents

1. अर्द्धचालक डायोड (Semiconductor Diodes) ... 5
2. बाइपोलर ट्रांजिस्टर (Bipolar Transistor) ... 35
3. ट्रांजिस्टर बायसिंग तथा स्थिरीकरण (Transistor Biasing and Stabilisation) ... 54
4. एकल चरण ट्रांजिस्टर प्रवर्धक (Single Stage Transistor Amplifier) ... 73
5. बहु चरण ट्रांजिस्टर प्रवर्धक (Multi Stage Transistor Amplifier) ... 91
6. फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर [Field Effect Transistor (FET)] ... 100

- प्रयोगात्मक कार्य (Practical Work) ... 121
- मॉडल प्रश्न पत्र (Model Question Paper) ... 134

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

1 अर्द्धचालक डायोड
Semiconductor Diodes

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. *p-n* सन्धि डायोड से आप क्या समझते हैं?

उत्तर "जब एक *p*-प्रकार के अर्द्धचालक क्रिस्टल को किसी विशेष विधि द्वारा *n*-प्रकार के अर्द्धचालक क्रिस्टल के साथ जोड़ दिया जाता है, तो जिस स्थान पर क्रिस्टल एक-दूसरे से जुड़ते हैं, वह *p-n* सन्धि कहलाती है।" इस संयोजन के वैद्युत लक्षण डायोड वाल्व की भाँति होते हैं; अत: इस संयोजन को *p-n* सन्धि डायोड कहते हैं।

प्रश्न 2. फिल्टर से आप क्या समझते हैं?

उत्तर दिष्टकारी से प्राप्त आउटपुट वोल्टेज से उर्मिका समाप्त करने के लिए प्रयोग किए जाने वाली युक्ति को फिल्टर कहते हैं।

प्रश्न 3. अधिकतम फॉरवर्ड धारा से आप क्या समझते हैं?

उत्तर अधिकतम फॉरवर्ड धारा वह क्षणिक मान है, जो *p-n* जंक्शन में, उसे हानि पहुँचाए बिना, प्रवाहित हो सकती है।

प्रश्न 4. स्थैतिक प्रतिरोध किसे कहते हैं?

उत्तर जब किसी डायोड में स्थिर डी०सी० धारा प्रवाहित की जाती है, तब डायोड द्वारा प्रदर्शित प्रतिरोध, उसका स्थैतिक प्रतिरोध कहलाता है।

प्रश्न 5. एक पूर्ण दिष्टकारी में Centre tapped ट्रांसफॉर्मर की प्राथमिक 200 V पर तथा द्वितीयक 120-0-12 V पर नियत है तथा 100 Ω के लोड की ड्राइव करने के लिए प्रयुक्त है। डी०सी० आउटपुट वोल्टेज तथा डी०सी० लोड धारा को ज्ञात कीजिए।

हल दिया है, $R_L = 100\ \Omega, V_m = 12\ V$

डी०सी० आउटपुट वोल्टेज, $V_{dc} = \frac{2V_m}{\pi} = \frac{2 \times 12}{3.14} = \mathbf{7.64\ V}$

डी०सी० लोड धारा $= \frac{V_{dc}}{R_L} = \frac{7.64}{100} = \mathbf{0.0764\ A}$

प्रश्न 6. उर्मिका किसे कहते हैं?

उत्तर किसी दिष्टकारी के लोड में प्राप्त डी०सी० आउटपुट में स्थिर धारा के साथ एक स्पंदित धारा भी प्राप्त होती है जिसे उर्मिका कहते हैं।

प्रश्न 7. ब्रेक ओवर धारा से आप क्या समझते हैं?

उत्तर जीनर के अभिलक्षणों में जीनर धारा के कम मान पर कुछ वक्रता है। इस बिन्दु के पश्चात् जीनर में ब्रेकडाउन होता है। ब्रेकडाउन से ठीक पहले धारा को ब्रेक ओवर धारा (I_{ZK}) कहते हैं।

रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए

1. ग्रोन जंक्शन बनाने के लिए शुद्ध जर्मेनियम में अति उच्च तापक्रम पर ..... अशुद्धि मिलायी जाती है। (आर्सेनिक)
2. *p*-type पदार्थ में ..... चिह्न स्थिर acceptor परमाणुओं को प्रदर्शित करता है। (ऋण (–))

Mayank Tiwari Ayodhya

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

3. ..... का अर्थ है कि इस स्थान पर मोबाइल आवेश वाहक नहीं है। (डिप्लीशन क्षेत्र)
4. ..... की क्रिया सामान्य धातुओं में नहीं होती है। (डिफ्यूजन)
5. अर्द्धचालकों में ..... धातुओं में आवेश प्रवाह के समान होती है। (ड्रिफ्ट धारा)
6. ..... एक स्विच की भाँति कार्य करता है। (दिष्टकारी डायोड)
7. हाफ वेव दिष्टकारी के इनपुट परिपथ में प्रत्यावर्ती धारा या वोल्टेज का एक चक्र में औसत मान ..... होता है। (शून्य)

सत्य / असत्य

1. अर्द्धचालक डायोड सरलतम रूप में एक p-n सन्धि है। (सत्य)
2. जीनर ब्रेकडाउन 6 वोल्ट से कम रिवर्स वोल्टेज पर हो जाता है। (सत्य)
3. फॉरवर्ड बायस में जंक्शन के प्रतिरोध को अग्र प्रतिरोध कहते हैं। (सत्य)
4. फोटो डायोड एक रिवर्स बायस p-n जंक्शन है। (सत्य)
5. सामान्य ताप पर जर्मेनियम p-n सन्धि के लिए विभव का मान 0.7 वोल्ट होता है। (असत्य)
6. p-n सन्धि पर बैरियर उत्पन्न होने से मेजॉरिटी कैरियर्स का प्रवाह बन्द हो जाता है। (सत्य)
7. दिष्टकारी डायोड एक स्विच की भाँति कार्य करता है जो A.C. के धनात्मक अर्द्ध-चक्र में सर्किट को ऑन कर देता है। (सत्य)

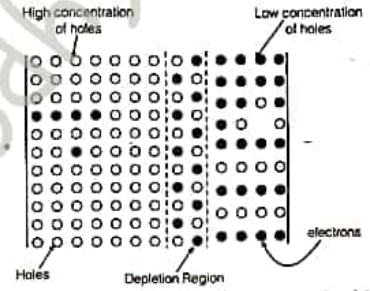
खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. p-n सन्धि डायोड में डिफ्यूजन (diffusion) एवं ड्रिफ्ट (drift) धाराएँ क्या होती हैं? स्पष्ट कीजिए।

अथवा **p-n सन्धि में धारा प्रवाह का तंत्र होता है? प्रसार धारा से क्या समझते हैं?**

उत्तर डिफ्यूजन धारा Diffusion Current डिफ्यूजन की क्रिया सामान्य धातुओं में नहीं होती। जब अर्द्धचालक को किसी अशुद्धि से डोप किया जाता है, तब प्राप्त एक्सट्रिन्जिक अर्द्धचालक में होल्स का घनत्व (p) समस्त स्थानों पर समान नहीं होता। कुछ स्थानों पर अन्य स्थानों की तुलना में होल्स का घनत्व अधिक होता है (चित्र 1.1)। ऊष्मीय ऊर्जा के कारण होल्स लगातार अनियमित (random) गति करते रहते हैं। होल्स की यह गति पदार्थ में आगे-पीछे (back and forth) होती रहती है। कुछ समय पश्चात् उच्च घनत्व वाले भाग से कम घनत्व की ओर अधिक होल्स क्रॉस कर चुकेंगे, जबकि विपरीत दिशा में कम। अर्द्धचालक में होल्स के इस ट्रांसफोर्ट से एक धारा का प्रवाह होता है जिसे डिफ्यूजन धारा (diffusion current) कहते हैं। डिफ्यूजन धारा उत्पन्न होने के लिए किसी बाह्य वोल्टेज सोर्स की आवश्यकता नहीं होती।

ड्रिफ्ट धारा Drift Current अर्द्धचालकों में ड्रिफ्ट धारा, धातुओं में आवेश प्रवाह के समान ही होती है। जब अर्द्धचालक पर कोई पोटैन्शियल एप्लाई किया जाता है, तब इलेक्ट्रॉन, बैटरी के पॉजिटिव सिरे की ओर आकर्षित हो जाते हैं। आवेश वाहकों की यह गति अन्य परमाणुओं, आयनों तथा आवेश वाहकों से टक्कर होने के कारण अनियमित पथ (erratic path) में हो सकती है, परिणामस्वरूप पॉजिटिव सिरे की ओर आवेशों के प्रवाह से एक ड्रिफ्ट धारा प्रवाहित होती है।



चित्र 1.1 होल्स के असमान घनत्व के कारण डिफ्यूजन धारा प्रवाहित होती है

प्रश्न 2. डिफ्यूजन धारिता एवं ट्रांजिशन धारिता में अन्तर स्पष्ट कीजिए।

उत्तर डिफ्यूजन धारिता Diffusion Capacitance अग्र बायस डायोड में डिफ्यूजन धारिता प्रभावी होती है। अग्र बायस में पोटेन्शियल बैरियर के कम हो जाने से p-क्षेत्र के होल्स n-क्षेत्र में प्रवेश करते हैं तथा n-क्षेत्र के इलेक्ट्रॉन p-क्षेत्र में प्रवेश करते हैं। यह आवेश वाहक p तथा n-क्षेत्र में माइनॉरिटी वाहकों के रूप में प्रवेश करते हैं तथा इनके कारण डायोड में डिफ्यूजन धारिता प्रभावी हो जाती है।

डिप्लीशन क्षेत्र या ट्रांजिशन धारिता Depletion Region or Transition Capacitance यह धारिता तब प्रभावी होती है, जब डायोड रिवर्स बायस होता है। किसी समानान्तर पट्ट संधारित्र (parallel plate capacitor) की धारिता निम्न सूत्र द्वारा दी जाती है

$$C = \frac{\varepsilon A}{d}$$

जहाँ, ε परावैद्युत की विद्युतशीलता (permittivity) होती है, A प्लेटों का क्षेत्रफल तथा d प्लेटों के बीच की दूरी होती है। रिवर्स बायस डायोड में डिप्लीशन क्षेत्र (जिसमें मुक्त आवेश नहीं होते) एक परावैद्युत की तरह तथा p एवं n-क्षेत्र संधारित्र की प्लेटों की तरह व्यवहार करते हैं तथा डायोड में धारिता प्रभावी हो जाती है जिसको डिप्लीशन क्षेत्र या ट्रांजिशन धारिता कहा जाता है।

प्रश्न 3. डिप्लीशन क्षेत्र पर टिप्पणी लिखिए।

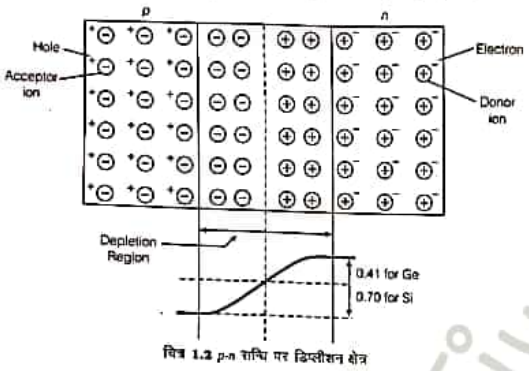
अथवा **p-n जंक्शन depletion layer क्या होती है? यह कैसे बनती है? व्याख्या कीजिये।**

उत्तर डिप्लीशन क्षेत्र इलेक्ट्रॉन एवं होल्स के सन्धि के दोनों ओर पुनर्संयोग (recombination) के कारण p-type क्षेत्र में Acceptor आयन (ऋणात्मक) तथा n-type क्षेत्र में Donor आयन (धनात्मक) पर कोई मुक्त आवेश (free charge) नहीं रहता जैसा कि चित्र 1.2 में प्रदर्शित किया गया है। अब यदि p-क्षेत्र से और होल विसरित (diffuse) होकर n-क्षेत्र में जाने का प्रयत्न करते हैं, तब वे n-क्षेत्र के स्थिर donor आयनों के धनात्मक आवेश से विकर्षित हो जाते हैं। इसी प्रकार n-क्षेत्र से p-क्षेत्र में विसरित होने का प्रयत्न करने वाले इलेक्ट्रॉन n-क्षेत्र से स्थिर acceptor आयनों के ऋणावेश से विकर्षित हो जाते हैं। इस प्रकार सन्धि बनने के पश्चात् p तथा n क्षेत्र के सभी होल्स तथा इलेक्ट्रॉनों का पुनर्संयोग नहीं हो सकता है।

सन्धि के पास इलेक्ट्रॉन एवं होल्स के संयोग से एक आवेश रहित (charge free) क्षेत्र का निर्माण होता है जिसे **डिप्लीशन क्षेत्र** (depletion region) कहते हैं। डिप्लीशन का अर्थ है कि इस स्थान पर मोबाइल (mobile) आवेश वाहक नहीं हैं। चूँकि इस क्षेत्र में केवल अचल (immobile) आवेश वाहक ही होते हैं जिन पर विद्युत आवेश होता है; अतः इसे **स्पेस-चार्ज** (space-charge) क्षेत्र भी कहा जाता है। Acceptor तथा Donor आयन के आवेश के कारण सन्धि पर एक

Scanned by CamScanner
Scanned with CamScanner

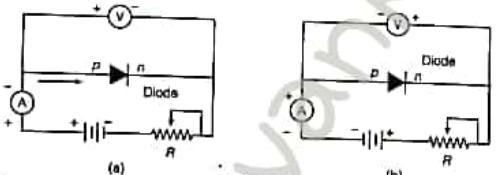
विद्युत क्षेत्र स्थापित हो जाता है। इस विद्युत क्षेत्र को 'बैरियर' (barrier) कहा जाता है। इस विद्युत क्षेत्र के विभव (potential) के कारण ही सन्धि पर विसरण की क्रिया समाप्त होने के पश्चात् इलेक्ट्रॉन तथा होल्स सन्धि को पार नहीं कर सकते। यह विभव, बैरियर वोल्टेज (barrier potential) कहलाता है। सामान्य ताप पर जर्मेनियम p-n सन्धि के लिए इस विभव का मान 0.41 वोल्ट तथा सिलिकॉन p-n सन्धि के लिए लगभग 0.7 वोल्ट होता है।



चित्र 1.2 p-n सन्धि पर डिप्लीशन क्षेत्र

प्रश्न 4. p-n सन्धि डायोड के अभिलक्षण ज्ञात करने के लिए क्या करते है?

उत्तर **p-n सन्धि डायोड के अभिलक्षण** p-n जंक्शन डायोड के अभिलक्षण ज्ञात करने के लिये p-n सन्धि पर फॉरवर्ड तथा रिवर्स बायस एप्लाई की जाती है तथा प्रत्येक अवस्था में वोल्टेज परिवर्तन के साथ डायोड में धारा पर प्रभाव का अध्ययन किया जाता है। चित्र 1.3 (a) में p-n डायोड के फॉरवर्ड तथा चित्र 1.3 (b) में रिवर्स बायस में कनेक्शन दिये गये है।



चित्र 1.3 p-n जंक्शन डायोड के अभिलक्षण ज्ञात करने के लिए परिपथ (a) फॉरवर्ड बायस (b) रिवर्स बायस

प्रश्न 5. निम्नलिखित पर टिप्पणी लिखिए

1. रिवर्स ब्रेक-डाउन
2. जीनर ब्रेक-डाउन
3. एवलांश ब्रेक-डाउन

अथवा **जीनर ब्रेक-डाउन एवं एवलांश ब्रेक-डाउन में विभेद कीजिए।**

उत्तर 1. **रिवर्स ब्रेक-डाउन** p-n सन्धि में रिवर्स बायस होने पर बहुत कम धारा प्रवाहित होती है। यह धारा माइनॉरिटी कैरियर्स के कारण होती है (p-साइड में इलेक्ट्रॉन तथा n-साइड में होल्स माइनॉरिटी कैरियर्स होते हैं)। यह धारा, सन्धि पर एप्लाई की गयी वोल्टेज पर निर्भर नहीं करती, परन्तु यदि रिवर्स बायस का मान बहुत उच्च कर दिया जाये, तब p-n जंक्शन में धारा अकस्मात् (abruptly) बढ़ जाती है। वह वोल्टेज, जिस पर यह क्रिया होती है, ब्रेक-डाउन वोल्टेज (break down voltage) कहलाती है।

2. **जीनर ब्रेक-डाउन** जब p-n सन्धि पर रिवर्स बायस बढ़ाई जाती है, तब सन्धि पर विद्युत क्षेत्र भी बढ़ता है। उच्च विद्युत क्षेत्र होने पर अनेक सहसंयोजी बन्ध (covalent bonds) टूट जाते है जिससे आवेश वाहकों (charge carriers) की बड़ी संख्या जेनरेट होती है तथा सन्धि में अकस्मात् धारा का मान बहुत अधिक हो जाता है। ब्रेक-डाउन की इस क्रिया को जीनर ब्रेक-डाउन कहते है। जीनर ब्रेक-डाउन 6 वोल्ट से कम रिवर्स वोल्टेज पर हो जाता है।

3. **एवलांश ब्रेक-डाउन** जब p-n सन्धि पर रिवर्स वोल्टेज (अर्थात् रिवर्स बायस) का मान बढ़ाया जाता है, तब ऊष्मीय रूप से उत्पन्न कैरियर (thermally generated carrier) जंक्शन बैरियर को पार कर लेता है तथा एप्लाई किये गये पोटैन्शियल के कारण ऊर्जा प्राप्त कर लेता है। यह कैरियर क्रिस्टल आयन से टकराता है तथा सहसंयोजी बन्ध को तोड़ने के लिए काफी ऊर्जा दे देता है। इस मूल कैरियर (original carrier) के अतिरिक्त अब एक नया इलेक्ट्रॉन-होल पेयर जेनरेट हो जाता है। ये कैरियर्स, एप्लाई किए गये विद्युत क्षेत्र से काफी अधिक ऊर्जा ग्रहण कर सकते हैं तथा क्रिस्टल के अन्य आयनों से टकराकर और इलेक्ट्रॉन-होल पेयर उत्पन्न करते हैं। इस प्रकार प्रत्येक नया कैरियर टक्कर द्वारा अतिरिक्त कैरियर्स उत्पन्न करता है तथा सहसंयोजी बन्ध टूटते रहते हैं। यह क्रिया संचयी (cumulative) है तथा इसे एवलांश मल्टीप्लीकेशन (avalanche multiplication) कहते हैं। इससे उच्च रिवर्स धाराएँ प्रवाहित होती है तथा इस अवस्था में डायोड, एवलांश ब्रेक-डाउन की अवस्था में कहा जाता है।

प्रश्न 6. p-n सन्धि की बायसिंग कितने प्रकार की होती है? प्रत्येक का वर्णन कीजिए।

अथवा **अग्र एवं पश्च अभिनति में विभेद कीजिए।**

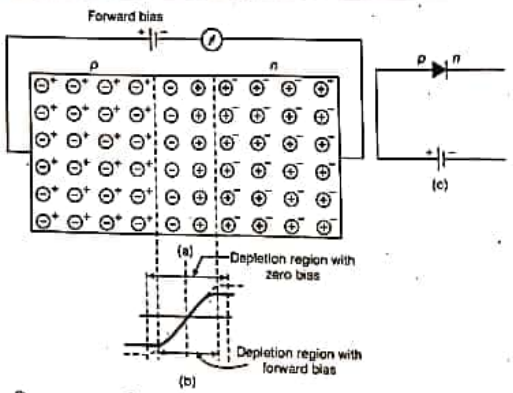
उत्तर p-n सन्धि की बायसिंग निम्न दो प्रकार की होती है

1. **फॉरवर्ड बायसिंग** p-n जंक्शन को फॉरवर्ड बायसिंग के लिए p-साइड को बैटरी के पॉजिटिव सिरे से तथा n-साइड को निगेटिव सिरे से कनैक्ट किया जाता है [चित्र 1.4 (a)]।
चित्र 1.4 (b) से स्पष्ट है कि फॉरवर्ड बायसिंग में बैटरी के कारण उत्पन्न विद्युत क्षेत्र, सन्धि पर उत्पन्न बैरियर के पोटैन्शियल का विरोध करता है जिससे पोटैन्शियल बैरियर की ऊँचाई कम हो जाती है तथा डिप्लीशन क्षेत्र की चौड़ाई भी कम हो जाती है। चूँकि पोटैन्शियल बैरियर की वोल्टेज बहुत कम (लगभग 0.3 V) होती है, अतः फॉरवर्ड वोल्टेज का अल्प मान (small value) भी बैरियर को समाप्त करने के लिए काफी होता है। सन्धि पर बैरियर पोटैन्शियल समाप्त (अथवा कम) हो जाने के कारण p-साइड से होल्स तथा n-साइड से कन्डक्शन इलेक्ट्रॉन सरलता से सन्धि को पार कर जाते हैं। जैसे ही n-साइड के इलेक्ट्रॉन सन्धि पार करते है, बैटरी के ऋणात्मक (negative) सिरे से नये इलेक्ट्रॉन n-साइड में पहुँच जाते हैं। इस प्रकार बैटरी के ऋण टर्मिनल तथा n-साइड को जोड़ने वाले तार में धारा का प्रवाह होता है। ये इलेक्ट्रॉन सन्धि पार कर जब p-साइड में पहुँचते है, तब p-साइड से विवर n-साइड में ड्रिफ्ट कर जाते हैं। इस प्रकार p-n सन्धि एवं परिपथ में धारा प्रवाह होने लगता है।

Mayank Tiwari Vidhya

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner



चित्र 1.4 (a) p–n सन्धि की फॉरवर्ड बायसिंग, (b) फॉरवर्ड बायस एप्लाई करने पर डिप्लीशन क्षेत्र की चौड़ाई कम हो जाती है, (c) p–n जंक्शन का संकेत p–n डायोड फॉरवर्ड बायस में।

उपरोक्त से स्पष्ट है कि p–n जंक्शन का फॉरवर्ड बायस में प्रतिरोध बहुत कम, लगभग शून्य होता है। फॉरवर्ड बायस में जंक्शन के प्रतिरोध को अग्र प्रतिरोध (forward resistance) कहते हैं।

2. **रिवर्स बायसिंग** p–n जंक्शन की रिवर्स बायसिंग के लिये p-साइड को बैटरी के निगेटिव टर्मिनल से तथा n-साइड को पॉजिटिव टर्मिनल से कनैक्ट किया जाता है। [चित्र 1.5 (a)]।

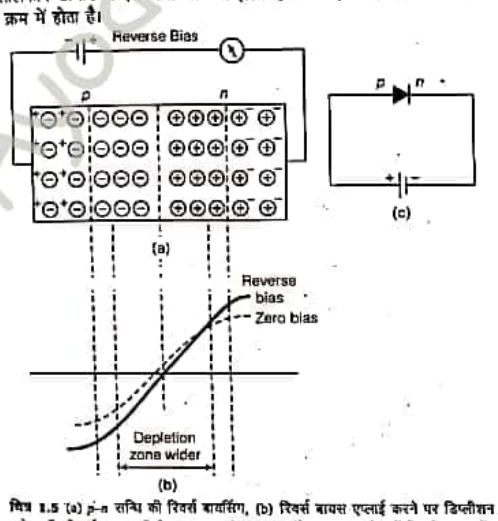
चित्र 1.5 (b) से ज्ञात होता है कि रिवर्स बायस में बैटरी द्वारा उत्पन्न विद्युत क्षेत्र, सन्धि पर विद्यमान विद्युत क्षेत्र की दिशा में ही होता है। अतः सन्धि पर एक शक्तिशाली बैरियर उत्पन्न हो जाता है तथा डिप्लीशन क्षेत्र की चौड़ाई बढ़ जाती है। सन्धि पर शक्तिशाली बैरियर के कारण कोई भी आवेश वाहक इसे क्रॉस नहीं कर पाता जिसके कारण सन्धि पर चालन (conduction) नहीं होता।

इस प्रक्रिया को इस प्रकार भी स्पष्ट किया जा सकता है कि p-साइड के होल्स बैटरी के निगेटिव टर्मिनल की ओर तथा n-साइड के इलेक्ट्रॉन बैटरी के पॉजिटिव टर्मिनल की ओर आकर्षित हो जाते हैं। इस प्रकार मेजॉरिटी कैरियर्स के सन्धि से दूर खींच लिये जाने के कारण, डिप्लीशन क्षेत्र की चौड़ाई बढ़ जाती है तथा मेजॉरिटी कैरियर्स के कारण सन्धि में से चालन नहीं होता। इस प्रकार रिवर्स बायस में p–n सन्धि का प्रतिरोध उच्च होता है। इस प्रतिरोध को रिवर्स प्रतिरोध कहते हैं।

रिवर्स बायस में यद्यपि मेजॉरिटी कैरियर्स के कारण कोई धारा प्रवाहित नहीं होती, परन्तु p-साइड में कुछ माइनॉरिटी कैरियर्स (electrons) तथा n-साइड में अल्प मात्रा में माइनॉरिटी कैरियर्स (holes) भी होते हैं। ये माइनॉरिटी कैरियर्स डिप्लीशन क्षेत्र को क्रॉस कर जाते हैं; क्योंकि सन्धि पर विद्युत क्षेत्र की दिशा इस प्रकार की होती है कि वह इनकी गति में सहायक होती है।

सन्धि को क्रॉस करने वाले इन माइनॉरिटी कैरियर्स के कारण सन्धि में एक सूक्ष्म क्षणिक (instantaneous) धारा प्रवाहित होती है। इस धारा को उत्क्रम धारा (reverse saturation current) कहते हैं। वास्तव में जैसे ही कोई माइनॉरिटी कैरियर उत्पन्न होता है, वह बैरियर पोटेन्शियल के कारण तुरन्त सन्धि के पार ड्रिफ्ट हो जाता है। माइनॉरिटी कैरियर की उत्पत्ति (generation) सन्धि के तापक्रम पर निर्भर करती है। यदि तापक्रम स्थिर रहे, तब माइनॉरिटी कैरियर के उत्पन्न होने की दर भी स्थिर हो जाती है। इस प्रकार माइनॉरिटी कैरियर के ड्रिफ्ट होने के कारण सन्धि से एक स्थिर अल्प धारा प्रवाहित होती है जिसे उत्क्रम संतृप्त धारा (reverse saturation current)

कहते हैं। सिलिकॉन डायोड में इस धारा का क्रम (order) 10^{-9} ऐम्पियर तथा जर्मेनियम डायोड में यह 10^{-6} ऐम्पियर के क्रम में होता है।

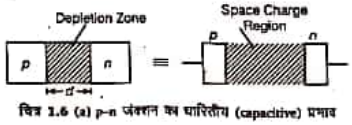


चित्र 1.5 (a) p–n सन्धि की रिवर्स बायसिंग, (b) रिवर्स बायस एप्लाई करने पर डिप्लीशन क्षेत्र की चौड़ाई बढ़ जाती है, (c) p–n जंक्शन का संकेत p–n डायोड में रिवर्स बायस में

प्रश्न 7. जंक्शन धारिता से आप क्या समझते हैं? जंक्शन डायोड के लक्षण बताइए।

उत्तर **जंक्शन धारिता** चित्र 1.6 (a) में प्रदर्शित p–n जंक्शन पर d चौड़ाई (width) का डिप्लीशन क्षेत्र है। डिप्लीशन क्षेत्र का अधिकांश भाग n-टाइप मैटीरियल में होता है। जंक्शन से गुजरने वाले मेजॉरिटी होल्स एवं इलेक्ट्रॉनों के कारण, d दूरी पर विपरीत प्रकार के आवेश स्टोर हो जाते हैं। यह एक समान्तर प्लेट कैपेसिटर की भाँति है जिसकी कैपेसिटी 'C_T' को प्रायः स्पेस चार्ज कैपेसिटैन्स अथवा ट्रांजिशन कैपेसिटैन्स (transition capacitance) कहते हैं। प्लेट्स के मध्य स्पेस चार्ज (डिप्लीशन क्षेत्र) परावैद्युत का कार्य करता है। यदि p–n जंक्शन पर कोई बाह्य बायस न एप्लाई की जाये, तब एक सामान्य आकार के p–n जंक्शन में C_T का मान लगभग 20 pF होता है।

जंक्शन पर फॉरवर्ड बायस एप्लाई करने से डिप्लीशन क्षेत्र की चौड़ाई (d) कम हो जाती है तथा C_T का मान लगभग 25 pF हो जाता है।



चित्र 1.6 (a) p–n जंक्शन का धारितीय (capacitive) प्रभाव

इसी प्रकार जंक्शन पर रिवर्स बायस एप्लाई करने पर डिप्लीशन क्षेत्र की चौड़ाई बढ़ती है तथा C_T का मान घटकर लगभग 8 pF हो जाता है। बायस वोल्टेज के साथ कैपेसिटी (C_T) में परिवर्तन के गुण को प्रयुक्त कर वैरैक्टर्स डायोड (varactors diode) का विकास किया गया है।

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

रिवर्स बायस p-n जंक्शन की प्रभावी धारिता (capacitance) निम्न सूत्र द्वारा दी गयी है।

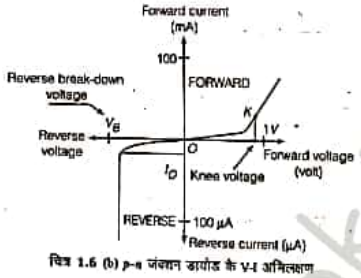
$$\text{जंक्शन धारिता, } C_T = \frac{\varepsilon A}{d}$$

जहाँ ε अर्द्धचालक पदार्थ की वैद्युतशीलता (permittivity) तथा 'd' डिप्लीशन क्षेत्र की चौड़ाई (width) है। डिप्लीशन क्षेत्र की चौड़ाई (width) रिवर्स वोल्टेज के वर्गमूल $\sqrt{V}$ के समानुपाती होती है। A तथा ε अर्द्धचालक p-n जंक्शन के लिए नियतांक है; अत: $C_T = \frac{K}{\sqrt{V}}$, जहाँ K नियतांक है।

फॉरवर्ड बायस बढ़ने पर 'd' का मान कम होता है तथा जंक्शन धारिता बढ़ जाती है। रिवर्स बायस वोल्टेज बढ़ाने पर डिप्लीशन क्षेत्र की मोटाई d बढ़ती है जिससे जंक्शन धारिता घट जाती है।

जंक्शन डायोड के अभिलक्षण निम्न दो प्रकार से ज्ञात करते हैं

1. **फॉरवर्ड बायस में अभिलक्षण** p-n जंक्शन डायोड के फॉरवर्ड अभिलक्षण ज्ञात करने के लिए चित्र 1.3 (a) के अनुसार परिपथ बनाया जाता है। डायोड को p-साइड को पॉजिटिव बैटरी से तथा n साइड को निगेटिव बैटरी से कनैक्ट किया गया है। परिपथ में धारा नियन्त्रण के लिए एक परिवर्ती बाह्य प्रतिरोध (R) कनैक्ट किया गया है। प्रतिरोध के परिवर्तन से p-n डायोड में धारा का मान तथा डायोड जंक्शन पर फॉरवर्ड वोल्टेज का मान परिवर्तित होता है जिन्हें क्रमश: ऐम्मियर-मीटर (A) तथा वोल्टमीटर (V) द्वारा नोट किया जाता है। डायोड जंक्शन के एक्रॉस फॉरवर्ड वोल्टेज तथा डायोड धारा के मध्य खींचे गये वक्र को डायोड के फॉरवर्ड अभिलक्षण कहते हैं (चित्र 1.6 (b))।



चित्र 1.6 (b) p-n जंक्शन डायोड के V-I अभिलक्षण

चित्र 1.6 (b) में शून्य लाइन के दाएँ वाला भाग फॉरवर्ड अभिलक्षणों को प्रदर्शित करता है। फॉरवर्ड बायसिंग करने से p-n जंक्शन पर पोटैन्शियल बैरियर का प्रभाव कम हो जाता है जिससे बैटरी द्वारा सप्लाई किये गये इलेक्ट्रॉन n साइड से p साइड की ओर सरलता से गति कर जाते हैं। इसके साथ ही p साइड से होल्स जंक्शन क्रॉस कर n-साइड में गति करते हैं। इलेक्ट्रॉन तथा होल्स के p-n सन्धि पार कर जाने के कारण परिपथ में धारा प्रवाहित होती है। प्रतिरोध R को परिवर्तित कर जंक्शन पर एप्लाई की गयी फॉरवर्ड वोल्टेज परिवर्तित करने से फॉरवर्ड धारा में परिवर्तन होते हैं। फॉरवर्ड वोल्टेज में सूक्ष्म परिवर्तन से धारा नॉन-लीनियर ढंग से (non-linear) बढ़ती है। फॉरवर्ड वोल्टेज बढ़ाने पर जंक्शन पर बैरियर पोटैन्शियल पूर्णतया समाप्त (overcome) हो जाता है तब धारा तीव्रता से बढ़ती है तथा इसे केवल बाह्य प्रतिरोध द्वारा सीमित किया जा सकता है। इस वोल्टेज को 'नी वोल्टेज' (knee voltage) कहते हैं। फॉरवर्ड अभिलक्षणों (चित्र 1.6 (b)) में इसे बिन्दु K द्वारा प्रदर्शित किया गया है।

अर्द्धचालक p-n जंक्शन डायोड का फॉरवर्ड बायस में प्रतिरोध बहुत कम (लगभग 50Ω) होता है। इसे फॉरवर्ड प्रतिरोध (forward resistance) कहते हैं।

2. **रिवर्स बॉयस में अभिलक्षण** p-n जंक्शन डायोड के रिवर्स अभिलक्षण ज्ञात करने के लिए चित्र 1.3 (b) में दिये गये परिपथ के अनुसार बैटरी की ध्रुवता बदल दी जाती है। अब p-n डायोड की p साइड बैटरी के निगेटिव सिरे से तथा n साइड बैटरी के पॉजिटिव सिरे से कनैक्ट हो जाती है।

रिवर्स बायस में p साइड के होल्स तथा n साइड के इलेक्ट्रॉन सन्धि से दूर हटते हैं जिससे मेजॉरिटी कैरियर्स के कारण p-n डायोड में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती, परन्तु माइनॉरिटी कैरियर्स के कारण कुछ रिवर्स धारा अवश्य प्रवाहित होती है। रिवर्स बायस के कारण p साइड के माइनॉरिटी कैरियर्स (इलेक्ट्रॉन) तथा n-साइड के माइनॉरिटी कैरियर्स (होल्स) जंक्शन को क्रॉस कर जाते हैं जिससे सन्धि में अत्यन्त अल्प मान में रिवर्स धारा (I_O) प्रवाहित होती है। चित्र 1.6 (b) के बाएँ भाग में p-n डायोड के रिवर्स अभिलक्षण दिये गये हैं।

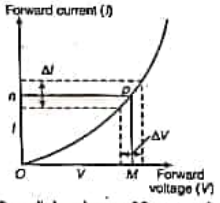
जब रिवर्स वोल्टेज का मान बढ़ाया जाता है, तब एक बिन्दु पर धारा तीव्रता से (sharply) बढ़ती है। धारा में यह अकस्मात् वृद्धि सन्धि में जीनर ब्रेक-डाउन (zener break-down) के कारण होती है। जीनर ब्रेक-डाउन में, माइनॉरिटी इलेक्ट्रॉन, जो p-n सन्धि से गुजरते हैं, इतनी ऊर्जा प्राप्त कर लेते हैं कि अर्द्धचालक क्रिस्टल के अनेक संयोजक इलेक्ट्रॉनों को मुक्त कर देते हैं। ये मुक्त इलेक्ट्रॉन कन्डक्शन बैन्ड में आ जाते हैं। एक माइनॉरिटी इलेक्ट्रॉन टक्करों (collision) द्वारा अनेक संयोजक इलेक्ट्रॉनों को मुक्त कर सकता है। पुन: इनमें से प्रत्येक इलेक्ट्रॉन, ऊर्जा प्राप्त कर 2 अथवा 3 अन्य इलेक्ट्रॉनों को मुक्त कर सकता है। इस प्रकार रिवर्स बायस का मान एक निर्धारित वोल्टेज, जिसे जीनर वोल्टेज कहते हैं, के बराबर होने पर p-n डायोड में रिवर्स धारा का मान तीव्रता से बढ़ता है।

जीनर ब्रेक-डाउन होने पर रिवर्स धारा का मान केवल डायोड द्वारा सीमित नहीं होता बल्कि इसे बाह्य प्रतिरोध द्वारा ही नियन्त्रित किया जाता है। इस स्थिति में p-n सन्धि पर वोल्टेज का मान स्थिर रहता है, परन्तु धारा का मान बढ़ता है।

p-n डायोड के जीनर ब्रेक-डाउन के गुण को प्रयुक्त कर जीनर डायोड (zener diode) का विकास हुआ। इनका उपयोग वोल्टेज रेगुलेटर परिपथों में किया जाता है।

प्रश्न 8. स्थैतिक तथा गतिक प्रतिरोध को समझाइए। डायोड के अभिलक्षण वक्र से इन्हें कैसे निकाला जाता है?

उत्तर 1. **स्थैतिक प्रतिरोध** Static Forward Current (I) जब किसी डायोड में स्थिर (constant) डी०सी० धारा प्रवाहित की जाती है, तब डायोड द्वारा प्रदर्शित प्रतिरोध, उसका स्थैतिक प्रतिरोध (static resistance) कहलाता है। डायोड का स्थैतिक प्रतिरोध 'R', प्रयुक्त वोल्टेज V तथा स्थिर धारा I के अनुपात के बराबर होता है (चित्र 17)।



चित्र 1.7 फॉरवर्ड अभिलक्षणों से डायोड का स्थैतिक तथा गतिक प्रतिरोध ज्ञात करना

$$R = \frac{V}{I} = \frac{OM}{ON} \quad \ldots(1)$$

डायोड का स्थैतिक प्रतिरोध वोल्टेज व धारा के परिवर्तन होने से बदलता है, परन्तु यह 'पैरामीटर' प्रयोगात्मक रूप से उपयोगी नहीं है।

डायोड का फॉरवर्ड दिशा में स्थैतिक प्रतिरोध 'R_F' तथा उत्क्रम दिशा में स्थैतिक प्रतिरोध 'R_R' द्वारा प्रदर्शित किया जाता है।

'R_F' तथा 'R_R' के कुछ मान निम्नलिखित हैं

(i) जर्मेनियम डायोड DR-25 के लिये

$R_F = 100\ \Omega, \quad R_R = 1\ M\Omega$

(ii) सिलिकॉन दिष्टकारी डायोड BY-125 के लिए

$R_F = 0.3\ \Omega, R_R = 15\ M\Omega$

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

2. **गतिक प्रतिरोध** Dynamic Resistance, r_f जब किसी डायोड में फॉरवर्ड धारा का मान अपने औसत मान से परिवर्तित होता है तब फॉरवर्ड दिशा (forward direction) में वोल्टेज के सूक्ष्म परिवर्तन (ΔV) तथा धारा के सूक्ष्म परिवर्तन (ΔI) के अनुपात को डायोड का गतिक प्रतिरोध (dynamic resistance) कहते हैं।

$$r_f = \frac{\Delta V}{\Delta I} \quad ...(ii)$$

डायोड का गतिक प्रतिरोध स्थिर नहीं होता है। यह प्रचालन विभव (operating voltage) पर निर्भर करता है। फॉरवर्ड बायसिंग की स्थिति में डायोड धारा का मान निम्नलिखित समीकरण द्वारा प्रदर्शित किया जाता है

$$I = I_0 e^{qV/nkT} \quad ...(iii)$$

जहाँ, I = ऐम्पियर में डायोड की फॉरवर्ड धारा
I_0 = तापक्रम T K पर रिवर्स सैचुरेशन धारा
V = फॉरवर्ड बायस वोल्टेज (वोल्ट में)
q = इलेक्ट्रॉन पर आवेश (1.6×10^{-19} कूलॉम)
k = बोल्ट्जमैन नियतांक (1.38×10^{-23} J/K)
n = 1 (जर्मेनियम के लिए)
n = 2 (सिलिकॉन के लिए)

समीकरण (iii) से,

$$\frac{dI}{dV} = I_0 e^{qV/nkT}\left[\frac{q}{nkT}\right] = I\left[\frac{q}{nkT}\right]$$

अतः समीकरण (ii) से,

$$r_f = \frac{dV}{dI} = \frac{nkT}{Iq} = n\left[\frac{k}{q}\right]\frac{T}{I}$$

$$= n\left(\frac{1.38 \times 10^{-23}}{1.6 \times 10^{-19}}\right)\frac{T}{I} = (8.625 \times 10^{-2}\,T)\frac{n}{I} \quad ...(iv)$$

समीकरण (iv) के सामान्य ताप (27°C) पर डायोड का गतिक प्रतिरोध

$$r_f = \frac{(8.625 \times 10^{-5} \times 10^3 \times 300)\,n}{I}$$

यहाँ $T = 273 + 27 = 300$ K तथा 'I' का मान मिली–ऐम्पियर में लिया गया है।

$$= \frac{25.87\,n}{I}$$

या $$r_f = \frac{26\,n}{I} \quad ...(v)$$

अतः छोटे डायोड का गतिक प्रतिरोध, जिनका प्रयोग रेडियो रिसीवर आदि में किया जाता है। 1 mA फॉरवर्ड धारा के लिए यह लगभग 26 ओम होता है तथा इससे अधिक धारा पर r_f और भी अधिक कम होता है।

रिवर्स बायस डायोड का D.C. प्रतिरोध बहुत अधिक होता है। अतः A.C. प्रतिरोध r_f और भी अधिक होगा।

प्रश्न 9. सेमीकन्डक्टर डायोड के VI अभिलक्षणों को खींचिये तथा समझाइये कि इन अभिलक्षणों से गतिशील प्रतिरोध की गणना कैसे करेंगे?

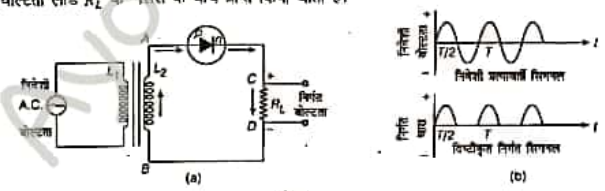
उत्तर इस प्रश्न के उत्तर के लिए प्रश्न 7 एवं प्रश्न 8 का अध्ययन करें।

प्रश्न 10. अर्द्धचालक डायोड एक दिष्टकारी के रूप में प्रयुक्त किया जा सकता है, समझाइए। अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी का सर्किट डायग्राम खींचिए तथा इसकी कार्यविधि को समझाइए।

उत्तर सन्धि डायोड अग्र अभिनत स्थिति में धारा को एक दिशा में प्रवाहित होने के लिए इसके मार्ग में बहुत कम प्रतिरोध लगाता है तथा उत्क्रम अभिनत स्थिति में धारा को विपरीत दिशा में प्रवाहित होने के लिए इसके मार्ग में बहुत अधिक प्रतिरोध लगाता है। इस गुण के आधार पर p-n सन्धि डायोड भी डायोड वाल्व की भाँति एक दिष्टकारी के रूप में प्रयुक्त किया जा सकता है।

p-n सन्धि डायोड एक अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी (half wave rectifier) के रूप में p-n सन्धि डायोड का अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी परिपथ चित्र 1.8 (a) में तथा निवेशी (input) एवं निर्गत (output) तरंग रूपों को चित्र 1.8 (b) में प्रदर्शित किया गया है।

इसमें जिस प्रत्यावर्ती वोल्टता को दिष्टीकृत करना होता है, उसे एक ट्रांसफॉर्मर की प्राथमिक कुण्डली के सिरों के बीच जोड़ देते हैं। ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक कुण्डली का एक सिरा सन्धि डायोड के p-प्रकार के क्रिस्टल अर्थात् p-क्षेत्र से तथा दूसरा सिरा लोड प्रतिरोध R_L के द्वारा सन्धि डायोड के n-प्रकार के क्रिस्टल अर्थात् n-क्षेत्र से जोड़ दिया जाता है। दिष्ट निर्गत वोल्टता लोड R_L के सिरों के बीच प्राप्त किया जाता है।



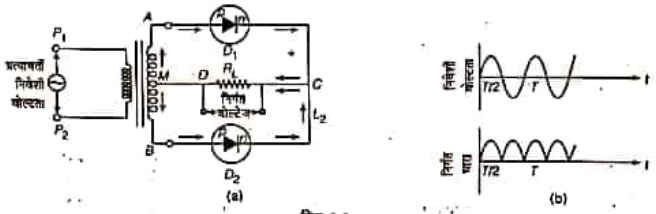
चित्र 1.8

कार्यविधि Working जब निवेशी A.C. वोल्टता के आधे चक्र में ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक कुण्डली का A सिरा B सिरे के सापेक्ष धनात्मक होता है तो सन्धि डायोड अग्र अभिनत (forward biased) होता है। इसके परिणामस्वरूप लोड प्रतिरोध R_L में प्राप्त निर्गत वोल्टता में केवल धन भाग ही प्राप्त होता है। इस स्थिति में लोड प्रतिरोध में धारा C से D की ओर प्रवाहित होती है। निवेशी A.C. वोल्टता के अगले आधे चक्र में ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक कुण्डली का A सिरा B सिरे के सापेक्ष ऋणात्मक होता है तो सन्धि डायोड उत्क्रम अभिनत (reverse biased) हो जाता है। इस दशा में प्रतिरोध R_L में धारा शून्य रहती है। इस प्रकार मुख्यतः धारा निवेशी वोल्टता के पहले आधे चक्र में प्रवाहित होती है तथा शेष आधे चक्र कट जाते हैं। इस प्रकार उच्चावचित (fluctuating) दिष्ट धारा लोड प्रतिरोध के आर-पार (across) प्राप्त होती रहती है। चित्र 1.8 (b) के निचले भाग में धारा का तरंग रूप दर्शाया गया है जिसमें थोड़ी-थोड़ी दूर पर (अर्थात् थोड़ी-थोड़ी देर में) धारा के एकदिशीय स्पन्द (pulses) दिखाई देते हैं। इस प्रकार सन्धि डायोड एक अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी की भाँति कार्य करता है।

प्रश्न 11. एक पूर्ण तरंग दिष्टकारी का सर्किट डायग्राम खींचिए तथा इसकी कार्यविधि समझाइए।

अथवा **पूर्ण दिष्टकारी की विवेचना कीजिए।**

उत्तर **p-n सन्धि डायोड एक पूर्ण तरंग दिष्टकारी के रूप में** प्रत्यावर्ती वोल्टता को पूर्ण तरंग दिष्टीकरण क्रिया में निवेशी प्रत्यावर्ती वोल्टता के दोनों आधे चक्रों के दौरान निर्गत धारा एक ही दिशा में प्राप्त होती है। इसके लिए दो सन्धि डायोड इस प्रकार प्रयुक्त किये जाते हैं कि एक डायोड तरंग के पहले आधे चक्र का तथा दूसरा डायोड तरंग के दूसरे आधे चक्र का दिष्टीकरण (rectification) कर देता है।



चित्र 1.9

Scanned by CamScanner
Scanned with CamScanner

p-n सन्धि डायोड का पूर्ण-तरंग दिष्टकारी परिपथ आरेख निम्नांकित चित्र 1.9 (a) में तथा निवेशी (input) एवं निर्गत (output) के तरंग रूपों को चित्र 1.9 (b) में प्रदर्शित किया गया है।

यहाँ दो सन्धि डायोड D_1 तथा D_2 के p-क्षेत्रों को एक ट्रांसफॉर्मर की द्वितीयक कुण्डली के सिरों A तथा B से जोड़ दिया जाता है तथा n-क्षेत्रों को परस्पर जोड़कर इनके उभयनिष्ठ बिन्दु (common point) C तथा द्वितीयक कुण्डली के केन्द्रीय निष्कासन (centre tap) बिन्दु M के बीच लोड प्रतिरोध R_L जोड़ दिया जाता है। ट्रांसफॉर्मर की प्राथमिक कुण्डली से उस प्रत्यावर्ती निवेशी वोल्टता को जोड़ दिया जाता है जिसे दिष्टीकृत करना होता है।

कार्यविधि Working निवेशी वोल्टता के पहले आधे चक्र में द्वितीयक कुण्डली का A सिरा मध्य बिन्दु M के सापेक्ष धन तथा B सिरा M के सापेक्ष ऋणात्मक होता है। अत: इस स्थिति में सन्धि डायोड D_1 अग्र अभिनत होता है और धारा प्रवाहित होने देता है; जबकि सन्धि डायोड D_2 उत्क्रम अभिनत होता है और धारा प्रवाहित नहीं होने देता। लोड प्रतिरोध R_L में धारा C से D की ओर बहती है। निवेशी वोल्टता के अगले आधे चक्र में A सिरा M के सापेक्ष ऋणात्मक तथा B तथा M के सापेक्ष धनात्मक होता है।

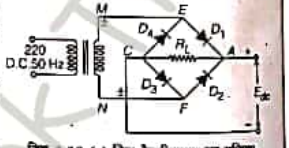
अत: अब सन्धि डायोड D_1 उत्क्रम अभिनत होता है तथा धारा प्रवाहित नहीं होने देता, जबकि सन्धि डायोड D_2 अग्र अभिनत होता है तथा धारा प्रवाहित होने देता है। लोड प्रतिरोध R_L में धारा इस दशा में भी C से D की ओर बहती है। इस प्रकार लोड प्रतिरोध R_L में एक ही दिशा में धारा प्राप्त होती रहती है, परन्तु यह धारा एकदिशीय स्पन्दों (unidirectional pulses) की अविरत शृंखला के रूप में प्राप्त होती है। इस प्रकार पूर्ण तरंग दिष्टकारी में निर्गत धारा एकदिशीय स्पन्दों (unidirectional pulses) की अविरत श्रेणी (continuous series) होती है (चित्र 1.9 (b))। इसको समकारी (smoothing) फिल्टरों द्वारा लगभग स्थायी दिष्ट धारा में बदला जा सकता है।

प्रश्न 12. एक पूर्ण-तरंग ब्रिज दिष्टकारी का सर्किट डायग्राम खींचिए। इसके गुण एवं दोष भी दीजिए।

उत्तर **पूर्ण-तरंग ब्रिज दिष्टकारी** ब्रिज रैक्टीफायर में, दो डायोड वाले पूर्ण-तरंग दिष्टकारी परिपथ की तुलना में अधिक धारा प्राप्त होती है। इसमें चार डायोडों का प्रयोग किया जाता है। इसका सर्किट पूर्ण-तरंग दिष्टकारी के सर्किट के समान कार्य करता है। ब्रिज रैक्टीफायर में सेन्टर टैप्ड ट्रांसफॉर्मर की आवश्यकता नहीं होती है।

चित्र 1.10 (a) में ब्रिज रैक्टीफायर का परिपथ तथा 1.10 (d) में रैक्टीफायर की आउटपुट तरंग प्रदर्शित की गयी है।

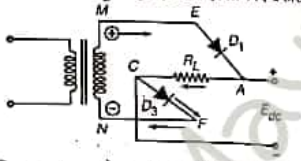
प्रथम आधे धनात्मक चक्र के समय डायोड D_1 एवं D_3 फॉरवर्ड बायस में तथा D_2 व D_4 रिवर्स बायस में है।



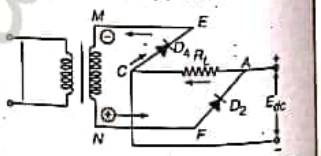
चित्र 1.10 (a) ब्रिज रैक्टीफायर का परिपथ

पहले आधे धनात्मक चक्र में ट्रांसफॉर्मर की सेकण्डरी का ऊपरी सिरा धनात्मक होता है तथा इस स्थिति में डायोड D_1 व डायोड D_3 में चालन होता है तथा धारा का प्रवाह चित्र 1·10 (b) के अनुसार *MEA CFN* दिशा में होता है। पुन: अगले आधे ऋणात्मक चक्र में डायोड D_2 व D_4 में चालन (conduction) होता है तथा धारा का प्रवाह चित्र 1.10 (c) के अनुसार *NFA CEM* दिशा में होता है। इस स्थिति में डायोड D_2 व डायोड D_4 फॉरवर्ड बायस में व डायोड D_1 तथा डायोड D_3 रिवर्स बायस में होते हैं।

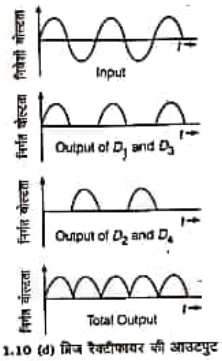
इस प्रकार स्पष्ट है कि धनात्मक एवं ऋणात्मक दोनों ही अर्द्ध-चक्रों में अर्थात् प्रत्यावर्ती धारा की पूर्ण-तरंग में धारा की दिशा भार प्रतिरोध R_L में एक ही रहती है। ब्रिज दिष्टकारी से प्राप्त आउटपुट तरंग चित्र 1.10 (d) में प्रदर्शित की गयी है।



चित्र 1.10 (b) डायोड D_1 तथा D_3 फॉरवर्ड बायस में हैं



चित्र 1.10 (c) डायोड D_2 तथा D_4 फॉरवर्ड बायस में हैं



चित्र 1.10 (d) ब्रिज रैक्टीफायर की आउटपुट तरंग

ब्रिज दिष्टकारी के गुण Merits of Bridge Rectifier

(i) ट्रांसफॉर्मर की सम्पूर्ण द्वितीयक कुण्डली का इसमें प्रयोग होता है। अत: इसमें प्रयुक्त ट्रांसफॉर्मर की कीमत अपेक्षाकृत कम होती है।

(ii) डबल डायोड पूर्ण-तरंग दिष्टकारी की अपेक्षा इससे लगभग दोगुनी आउटपुट वोल्टेज प्राप्त होती है।

ब्रिज दिष्टकारी के दोष Demerits of Bridge Rectifier

(i) इसमें चार डायोडों का प्रयोग होने के कारण यह विधि अपेक्षाकृत महँगी है।

(ii) चालन अवस्था में दोनों डायोड श्रेणी क्रम में जुड़े होने के कारण वोल्टेज ड्रॉप अधिक होता है। इसकी दक्षता कम होने के कारण वोल्टेज नियन्त्रण अच्छा नहीं होता है।

प्रश्न 13. फिल्टर क्या है? ये कितने प्रकार के होते हैं? प्रत्येक का वर्णन कीजिए।

उत्तर **फिल्टर** किसी रैक्टीफायर के लोड में प्राप्त डी०सी०आउटपुट में स्थिर धारा के साथ एक स्पंदित (pulsating) धारा भी प्राप्त होती है जिसे उर्मिका (ripple) कहते हैं। अत: दिष्टकारी से प्राप्त आउटपुट वोल्टेज का सही उपयोग करने के लिए आवश्यक है कि स्पंदन समाप्त करके आउटपुट वोल्टेज को ऐसा बनाया जाये कि उसमें धारा समय के साथ स्थिर बनी रहे।

दिष्टकारी से प्राप्त आउटपुट वोल्टेज से उर्मिका (ripple) समाप्त करने के लिए प्रयोग किये जाने वाली युक्ति को 'फिल्टर' कहते हैं। फिल्टर का प्रयोग करके दिष्टकारी के आउटपुट से स्थिर एवं सम (constant and smooth) डी०सी० वोल्टेज प्राप्त की जा सकती है।

फिल्टर मुख्य रूप से निम्न प्रकार के होते हैं

1. **शंट कैपेसिटर फिल्टर** Shunt Capacitor Filter दिष्टकारी से प्राप्त धारा को सम (smooth) करने की सबसे सरल विधि चित्र 1.11 (a) में दिखायी गयी है। इस परिपथ में कैपेसिटर C, भार प्रतिरोध R के समानान्तर क्रम में जोड़ा गया है। कैपेसिटर C, दिष्टकारी के चालन काल (conduction period) में ऊर्जा संचय कर लेता है एवं अचालन काल (non-conduction period) में यह भार प्रतिरोध को ऊर्जा प्रदान करता है। इस प्रकार प्रतिरोध R में धारा प्रवाहित होने का समय, दिष्टकारी के चालन के समय से अधिक हो जाता है। वास्तव में प्रतिरोध R में धारा लगभग निरन्तर बहती है, जबकि दिष्टकारी में केवल स्पन्द (pulse) के रूप में प्रवाहित होती है।

Mayank Tiwari Ayodhya

Scanned by CamScanner

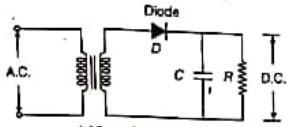
Scanned with CamScanner

अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी के चालन काल में अर्थात् प्रत्यावर्ती धारा के धनात्मक अर्द्ध-चक्र में कैपेसिटर C पूर्णतया आवेशित (charge) हो जाता है एवं अचालन काल में यह अनावेशित (discharge) होने लगता है। अचालन काल में कैपेसिटर C में जितने आवेश की हानि होती है, उसकी पूर्ति अगले धनात्मक अर्द्ध-चक्र में हो जाती है।

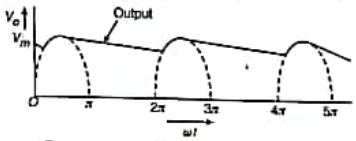
इस प्रकार एक कैपेसिटर को दिष्टकारी एवं लोड के मध्य समानान्तर क्रम में संयोजित करने पर आउटपुट वोल्टेज के स्पन्दन काफी कम हो जाते हैं तथा दिष्टकारी की आउटपुट वोल्टेज में समकारी (smoothing) प्रभाव उत्पन्न होता है।

चित्र 1.11 (a) में अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी के साथ कैपेसिटर फिल्टर का परिपथ प्रदर्शित किया गया है तथा चित्र 1.11 (b) में परिपथ से प्राप्त आउटपुट तरंग का आकार प्रदर्शित किया गया है।

इसमें कैपेसिटर को लोड के सिरों के साथ समानान्तर क्रम में जोड़ा जाता है; अत: इसे 'शंट कैपेसिटर फिल्टर' भी कहते हैं।

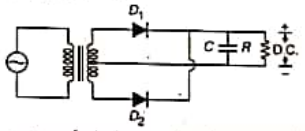


चित्र 1.11 (a) शंट कैपेसिटर फिल्टर के साथ हाफ वेव रैक्टीफायर

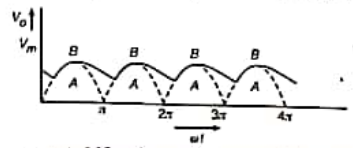


चित्र 1.11 (b) शंट कैपेसिटर फिल्टर की आउटपुट

चित्र 1.11 (c) में एक पूर्ण-तरंग दिष्टकारी के साथ शंट कैपेसिटर फिल्टर संयोजित है। परिपथ की आउटपुट तरंग चित्र 1.11 (d) में प्रदर्शित है। तरंग के आकार से स्पष्ट है कि आउटपुट वोल्टेज का मान काफी सीमा तक स्थिर रहता है तथा तरंग सम (smooth) प्राप्त होती है।



चित्र 1.11 (c) पूर्ण-तरंग दिष्टकारी, शंट कैपेसिटर फिल्टर के साथ



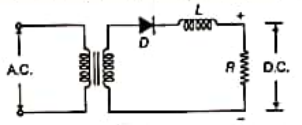
चित्र 1.11 (d) शंट कैपेसिटर के साथ पूर्ण-तरंग दिष्टकारी की आउटपुट तरंग

पूर्ण-तरंग शंट कैपेसिटर फिल्टर दिष्टकारी की आउटपुट वोल्टेज की तरंग, अर्द्ध-तरंग शंट कैपेसिटर फिल्टर दिष्टकारी की आउटपुट वोल्टेज तरंग की अपेक्षा अधिक सम (smooth) होती है।

2. **इनपुट प्रेरक फिल्टर** Input Inductor Filter इस परिपथ में प्रेरक एक फिल्टर का कार्य करता है। प्रेरक, रैक्टीफायर तथा लोड के श्रेणी में संयोजित किया जाता है।

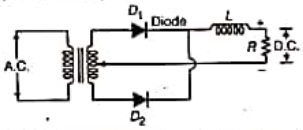
प्रेरक फिल्टर का सिद्धान्त प्रेरक के इस गुण पर आधारित है कि वह स्वयं में बहने वाली धारा के परिवर्तनों का विरोध करता है। इनपुट वोल्टेज के धनात्मक अर्द्ध-चक्र में कुण्डली का प्रेरकत्व रैक्टीफायर में धारा के बढ़ने का विरोध करता है।

चित्र 1.12 (a) व 1.12 (b) में अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी प्रेरक (inductor) फिल्टर के साथ प्रदर्शित किये गये हैं।



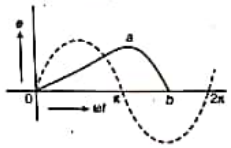
चित्र 1.12 (a) प्रेरक फिल्टर के साथ हाफ वेव रैक्टीफायर

कैपेसिटर की भाँति प्रेरक भी प्रत्यावर्ती धारा के धनात्मक अर्द्ध-चक्र में ऊर्जा को संचित करता है एवं ऋणात्मक अर्द्ध-चक्र में भार प्रतिरोध (load resistance) को ऊर्जा प्रदान करता है।

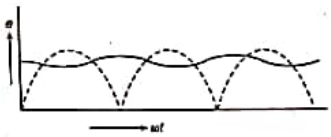


चित्र 1.12 (b) प्रेरक फिल्टर के साथ पूर्ण-तरंग दिष्टकारी

चित्र 1.12 (c) व 1.12 (d) में प्रेरक को प्रयोग करने पर अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी व पूर्ण-तरंग दिष्टकारी की निर्गत तरंग का आकार (output wave form) दिखाया गया है जिससे प्रदर्शित होता है कि प्रेरक का फिल्टर के रूप में प्रयोग करने से आउटपुट तरंग के स्पंदन कम हो जाते हैं।



चित्र 1.12 (c) प्रेरक फिल्टर सहित अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी की आउटपुट तरंग



चित्र 1.12 (d) प्रेरक फिल्टर सहित पूर्ण-तरंग दिष्टकारी की आउटपुट तरंग

3. **प्रेरक-संधारित्र फिल्टर** L-C Filter *L-C फिल्टर निम्न तीन प्रकार के होते हैं*

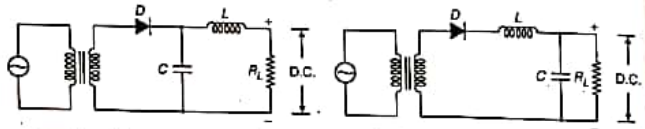
(i) **कैपेसिटर इनपुट L-C फिल्टर** Capacitor Input L-C Filter इस फिल्टर सर्किट में कैपेसिटर पहले और प्रेरक बाद में जोड़ा जाता है। चित्र 1.13 (a) में इस फिल्टर का परिपथ प्रदर्शित किया गया है।

(ii) **प्रेरक इनपुट L-C फिल्टर** Inductor Input L-C Filter इस फिल्टर परिपथ में डायोड के बाद, पहले प्रेरक संयोजित किया जाता है। प्रेरक (L) के पश्चात् कैपेसिटर (C) तथा लोड (R_L) चित्र 1.13 (b) की भाँति जोड़े जाते हैं।

Scanned by CamScanner

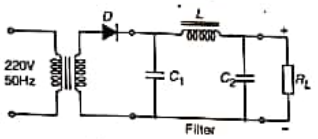
Scanned with CamScanner

प्रेरक डायोड की निर्गत धारा में वृद्धि का विरोध करता है तथा कैपेसिटर C निर्गत धारा को सम (smooth) करता है।



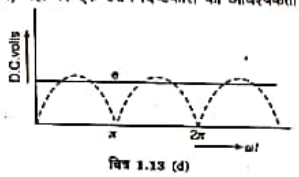
चित्र 1.13 (a) कैपेसिटर इनपुट L-C फिल्टर

चित्र 1.13 (b) इन्डक्टर इनपुट L-C फिल्टर



चित्र 1.13 (c) π-फिल्टर

(iii) **π-फिल्टर** π-Filter π-फिल्टर का परिपथ चित्र 1.13 (c) में दर्शाया गया है। यह प्राय: उन सभी इलेक्ट्रॉनिक युक्तियों एवं परिपथों में, जहाँ पर एक उत्तम दिष्टकारी की आवश्यकता होती है, प्रयोग किया जाता है।



चित्र 1.13 (d)

इस परिपथ में पहले एक कैपेसिटर C_1 का प्रयोग किया जाता है जो आउटपुट वोल्टेज को सम करता है। इसके उपरान्त प्रेरक-संधारित्र युग्म L-C_2 उर्मिका वोल्टेज (ripple voltage) को कम करने के लिए प्रयोग किया जाता है। π-फिल्टर के प्रयोग से अधिक डी०सी० शक्ति एवं सम तरंग प्राप्त होती है।

प्रश्न 14. एक अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी की दक्षता एवं उर्मिका घटक के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए।

उत्तर **अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी की दक्षता**

दक्षता,
$$\eta = \frac{\text{डी०सी० आउटपुट पावर}}{\text{ए०सी० इनपुट पावर}}$$
$$= \frac{(I_{DC})^2 \times R_L}{(I_{rms})^2 \times (R_L + R_f)} = \left[\frac{I_{DC}}{I_{rms}}\right]^2 \times \frac{R_L}{R_L + R_f}$$
$$= \frac{(I_m/\pi)^2}{(I_m/2)^2} \times \frac{1}{1 + \frac{R_f}{R_L}}$$
$$= \left(\frac{2}{\pi}\right)^2 \frac{1}{1 + \frac{R_f}{R_L}} = \frac{0.406}{1 + \frac{R_f}{R_L}}$$

प्रतिशत दक्षता,
$$\eta\,(\%) = \frac{0.406}{1 + \frac{R_f}{R_L}} \times 100 = \frac{40.6}{1 + \frac{R_f}{R_L}}$$

यदि R_f का मान R_L की तुलना में नगण्य हो, तब अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी की अधिकतम सम्भव दक्षता
$$\eta_{(max)} \approx 40.6\%$$

उर्मिका घटक अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी से प्राप्त D.C. में कुछ अंश ए०सी० धारा या वोल्टेज के होते हैं जिन्हें हारमोनिक्स (harmonics) कहते हैं। दिष्टकारी में इन हारमोनिक्स को रोकने के लिए जो विद्युत परिपथ प्रयोग किये जाते हैं, 'फिल्टर' कहलाते हैं।

दिष्टकारी से प्राप्त डी०सी० में उपस्थित हारमोनिक्स का ज्ञान जिस घटक द्वारा किया जाता है, उसे 'उर्मिका घटक' (ripple factor) कहते हैं।
$$\text{उर्मिका घटक } (\gamma) = \frac{\text{ए०सी० वोल्टेज या धारा के सभी घटकों का r.m.s. मान}}{\text{वोल्टेज या धारा का औसत (डी०सी०) मान}}$$
$$= \frac{I'_{rms}}{I_{DC}} \text{ या } \frac{E'_{rms}}{E_{DC}}$$

जहाँ I'_{rms} तथा E'_{rms} क्रमश: धारा तथा वोल्टेज के सभी घटकों के r.m.s. मान हैं, जबकि I_{rms} तथा E_{rms} क्रमश: लोड में प्रवाहित धारा तथा आउटपुट वोल्टेज के r.m.s. मान हैं।

पुन:
$$\gamma = \frac{I'_{rms}}{I_{DC}} = \sqrt{\left[\frac{I^2_{rms} - I^2_{DC}}{I^2_{DC}}\right]}$$
$$\gamma = \sqrt{\left[\frac{I^2_{rms}}{I^2_{DC}} - 1\right]}$$

हाफ वेव रैक्टीफायर के लिए,
$$I_{rms} = \frac{I_m}{2} \text{ तथा } I_{DC} = \frac{I_m}{\pi}$$

अत:
$$\gamma = \sqrt{\left[\frac{(I_m/2)^2}{(I_m/\pi)^2} - 1\right]} = \sqrt{\left[\frac{\pi^2}{4} - 1\right]} = \sqrt{\frac{(3.14)^2}{4} - 1} = 1.21$$
$$= \sqrt{\frac{9.85 - 4}{4}} = \sqrt{1.46} = 1.20$$

इस प्रकार हाफ वेव रैक्टीफायर के लिए रिपल फैक्टर का मान 1 से अधिक होता है।

उपरोक्त से स्पष्ट है कि अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी में ए०सी० घटकों की मात्रा काफी अधिक होने के कारण इसके साथ फिल्टर लगाने की आवश्यकता होती है।

प्रश्न 15. एक पूर्ण-तरंग दिष्टकारी के लिए, लोड R_L में डी०सी० धारा तथा धारा के वर्ग-माध्य मूल मान के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए।

उत्तर लोड R_L में औसत डी०सी० धारा लोड R_L में धारा का औसत मान एक चक्र में प्रत्यावर्ती धारा के औसत मान के बराबर होता है। अत:
$$I_{DC} = \frac{1}{2\pi}\left[\int_0^{\pi} i_1\,d\theta + \int_{\pi}^{2\pi} i_2\,d\theta\right] \qquad (\omega t = \theta)$$
या
$$I_{DC} = \frac{1}{2\pi}\left[\int_0^{\pi} I_m \sin\theta\,d\theta + \int_{\pi}^{2\pi} I_m \sin(\theta - \pi)\,d\theta\right]$$
$$= \frac{1}{2\pi}\left[\int_0^{\pi} I_m \sin\theta\,d\theta - \int_{\pi}^{2\pi} I_m \sin(\pi - \theta)\,d\theta\right]$$
$$= \frac{I_m}{2\pi}\left[(-\cos\theta)_0^{\pi} - (-\cos\theta)_{\pi}^{2\pi}\right]$$

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

$$= \frac{I_m}{2\pi}[(-\cos\pi + \cos 0) - (-\cos 2\pi + \cos\pi)] = \frac{I_m}{2\pi}[(1+1) - (-1-1)]$$

$$= \frac{I_m}{2\pi} \times 4$$

या $$I_{DC} = \frac{2I_m}{\pi}$$

धारा का वर्ग-माध्य-मूल मान प्रत्यावर्ती इनपुट धारा का एक चक्र में वर्ग-माध्य-मूल मान निम्न होता है

$$I_{rms} = \sqrt{\left[\frac{1}{2\pi}\left(\int_0^{\pi} i_1^2\, d\theta + \int_{\pi}^{2\pi} i_2^2\, d\theta\right)\right]}$$

चूँकि धारा का r.m.s मान प्रत्येक अर्द्धचक्र में एकसमान होता है; अत: केवल अर्द्धचक्र के लिए गणना करना सरल होगा।

$$\therefore \quad I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} i_1^2 d\theta} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi} I_m^2 \sin^2\theta\, d\theta}$$

$$= I_m\sqrt{\frac{1}{\pi}\int_0^{\pi}\left(\frac{1-\cos 2\theta}{2}\right)d\theta} = I_m\sqrt{\frac{1}{2\pi}\left(\theta - \frac{\sin 2\theta}{2}\right)_0^{\pi}d\theta} = I_m\sqrt{\frac{1}{2\pi}(\pi - 0)}$$

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

प्रश्न 16. एक पूर्ण-तरंग दिष्टकारी की दक्षता तथा उर्मिका घटक के लिए व्यंजक लिखिए।

अथवा **रिपल फैक्टर, रेक्टीफिकेशन दक्षता का व्यंजक फुल वेव रेक्टीफायर के लिए लिखिए।**

उत्तर पूर्ण-तरंग दिष्टकारी की दक्षता

$$\eta = \frac{\text{औसत डी०सी० आउटपुट पावर}}{\text{ए०सी० इनपुट पावर}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{P_{DC}}{P_{AC}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{\frac{4I_m^2}{\pi^2} \times R_L}{\frac{I_m^2}{2}[R_L + R_f]} \times 100$$

$$\eta = \frac{8 \times 100}{\pi^2\left[1 + \frac{R_f}{R_L}\right]}\% = \frac{81.2}{1 + \frac{R_f}{R_L}}$$

यह $R_f \ll R_L$, तब

$$\eta \simeq 81.2\%$$

यह अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी की दक्षता की दुगुनी होती है।

उर्मिका घटक पूर्ण-तरंग दिष्टकारी का उर्मिका घटक (ripple factor) निम्नलिखित सूत्र द्वारा ज्ञात किया जा सकता है

$$\gamma = \sqrt{\left[\left(\frac{I_{rms}}{I_{DC}}\right)^2 - 1\right]} = \sqrt{\left[\left(\frac{I_m/\sqrt{2}}{2I_m/\pi}\right)^2 - 1\right]}$$

$$\therefore \quad \gamma \simeq 0.42$$

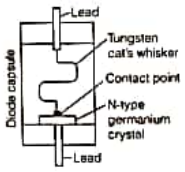
इस प्रकार ज्ञात होता है कि पूर्ण-तरंग दिष्टकारी की आउटपुट वोल्टेज में अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी की तुलना में उर्मिका (ripples) कम होते हैं।

प्रश्न 17. Point Contact Diode के प्रचालन सिद्धान्त की विवेचना कीजिये। उनके अनुप्रयोगों का भी वर्णन कीजिए।

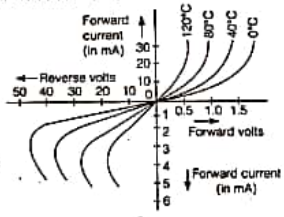
उत्तर यह युक्ति *n*-type अर्द्धचालक की एक पतली परत (thin wafer) पर किसी कठोर धातु का तीक्ष्ण स्पर्श (sharp contact) कराकर बनायी जाती है। परत की मोटाई एक मिलीमीटर का भी छोटा भाग (fraction of a millimetre) तथा इसका क्षेत्रफल बहुत कम 'वर्ग मिलीमीटर' होता है। स्पर्श तार अथवा कैट-व्हिस्कर (cat-whisker) प्राय: फॉस्फर ब्रांज (phosphor bronze) या टंगस्टन धातु का होता है।

डायोड का निर्माण करने के लिए *n*-type क्रिस्टल की सतह पर टंगस्टन या फॉस्फर ब्रांज का तार स्पर्श कराकर जंक्शन में एक उच्च धारा प्रवाहित करायी जाती है। इस क्रिया में कैट-व्हिस्कर (cat whisker) का कुछ भाग पिघल जाता है। पिघला हुआ पदार्थ व्हिस्कर (whisker) को क्रिस्टल की सतह पर वेल्ड कर देता है जिससे एक यांत्रिक एवं विद्युतीय (mechanically and electrically) रूप से दृढ़ सम्पर्क प्राप्त होता है। यह धारणा है कि क्रिस्टल सतह के पिघलने के कारण तथा व्हिस्कर के कुछ पदार्थ के विसरण (diffusion) के कारण *p-n* जंक्शन का निर्माण हो जाता है। प्वॉइन्ट कॉन्टेक्ट डायोड तथा *p-n* जंक्शन डायोड लगभग एक ही सिद्धान्त पर कार्य करते हैं। इस डायोड का फॉरवर्ड दिशा में प्रतिरोध कम तथा रिवर्स दिशा में उच्च होता है।

प्वॉइन्ट कॉन्टेक्ट डायोड के अभिलक्षण व्हिस्कर पदार्थ के संघटन (composition), स्पर्श क्षेत्र (contact area), व्हिस्कर के दाब (whisker pressure) तथा क्रिस्टल की रचना पर निर्भर करते हैं।



चित्र 1.14



चित्र 1.15

चित्र 1.14 में प्वॉइन्ट कॉन्टेक्ट डायोड तथा चित्र 1.15 में इसके *V-I* अभिलक्षण प्रदर्शित किए गए हैं। अभिलक्षणों से ज्ञात होता है कि डायोड के अभिलक्षणों पर तापक्रम का विशेष प्रभाव होता है। इसके अतिरिक्त डायोड पर प्रयुक्त रिवर्स वोल्टेज का मान ब्रेकडाउन वोल्टेज के बराबर होने पर डायोड धारा का मान अकस्मात् तेजी से बढ़ता है।

अनुप्रयोग Applications

(i) यह उच्च आवृत्तियों में उपयोग में लाया जाता है।

(ii) *OA*–72, *OA*–79, *OA*–81 इत्यादि प्वॉइंट कॉन्टेक्ट डायोड हैं, ट्रांजिस्टर रिसीवर में इनका प्रयोग किया जाता है।

प्रश्न 18. निम्नलिखित पर टिप्पणी लिखिए

1. ब्लीडर प्रतिरोध, 2. वैरेक्टर डायोड तथा 3. टनल डायोड

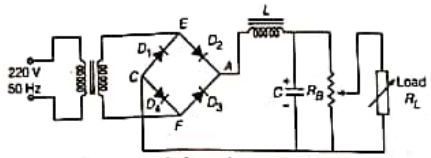
अथवा **ब्लीडर प्रतिरोध क्या है? इसका प्रयोग कब और कहाँ होता है?**

अथवा **वैरेक्टर डायोड के निर्माण और कार्य सिद्धान्त को लिखिए। इसका लाक्षणिक ग्राफ भी खींचिए।**

उत्तर **1. ब्लीडर प्रतिरोध** प्रेरण कुण्डली का कार्य उसमें प्रवाहित धारा के मान पर निर्भर करता है; अत: इसमें सदैव एक न्यूनतम धारा का प्रवाह अवश्य होना चाहिए। यदि प्रेरक (inductor) में प्रवाहित धारा का मान इस न्यूनतम मान से कम हो तो आउटपुट वोल्टेज तेजी से बढ़ती है जिससे वोल्टेज रेगुलेशन घट जाता है। अत: प्रेरक में धारा के मान को इस न्यूनतम मान से कम न होने देने के लिए परिपथ में एक प्रतिरोध R_B प्रयोग किया जाता है जिसे 'ब्लीडर प्रतिरोध' कहते हैं। चित्र 1.16 में एक ब्रिज रेक्टीफायर के साथ चोक इनपुट फिल्टर तथा ब्लीडर प्रतिरोध संयोजित हैं।

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner



चित्र 1.16 ब्रिज रैक्टीफायर के साथ ब्लीडर प्रतिरोध

यदि सर्किट में लोड प्रतिरोध नहीं लगा है, तब ब्लीडर प्रतिरोध प्रेरक (inductor) के लिए आवश्यक न्यूनतम धारा को बनाये रखता है। ब्लीडर प्रतिरोध R_B, विभव विभाजक (potential divider) की तरह भी कार्य करता है जिससे आउटपुट वोल्टेज को परिवर्तित किया जा सकता है। जब परिपथ व लोड को अलग करते हैं तो आवेशित संधारित्र C, ब्लीडर प्रतिरोध R_B द्वारा अनावेशित (discharge) हो जाता है और आउटपुट टर्मिनलों के बीच वोल्टेज समाप्त हो जाता है अन्यथा विद्युत शॉक (shock) लग सकता है।

ब्लीडर प्रतिरोध के प्रयोग से लाभ ब्लीडर प्रतिरोध के निम्न लाभ हैं

(i) ब्लीडर प्रतिरोध प्रयुक्त करने से वोल्टेज नियन्त्रण में सुधार होता है।

(ii) सप्लाई पर यह एक प्रीलोड (pre-load) का काम करके एक प्रारम्भिक वोल्टतापात उत्पन्न करता है। जब एक वास्तविक लोड जोड़ा जाता है तो अतिरिक्त विभवपात बहुत कम होता है। इस प्रकार शून्य लोड तथा पूर्ण लोड दोनों अवस्थाओं में वोल्टेज नियन्त्रण हो जाता है।

(iii) जब पावर सप्लाई का स्विच ऑफ किया जाता है, तब यह प्रतिरोध, फिल्टर कैपेसिटर (filter capacitor) को विसर्जित होने के लिए पथ प्रदान करता है। इसी कारण इसे 'ब्लीडर प्रतिरोध' कहते हैं।
इसकी अनुपस्थिति में पावर सप्लाई का स्विच ऑफ करने के बाद भी संधारित्र पर आवेश काफी समय तक बना रहता है जो उच्च वोल्टेज यन्त्रों के लिए असुरक्षित हो सकता है।

(iv) इसके प्रयोग से चोक में एक न्यूनतम धारा प्रवाहित होती है जिससे फिल्टरिंग कार्य में सुधार होता है। R_B का मान इस प्रकार चयनित किया जाता है कि इसमें कुल धारा का 10% भाग ही प्रवाहित होता है।

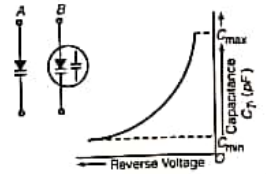
2. **वैरेक्टर डायोड** रिवर्स बायस्ड p-n जंक्शन एक आवेशित संधारित्र के समान होता है। p तथा n-क्षेत्रों में (depletion region से बाहर) मेजॉरिटी कैरियर की उपस्थिति के कारण इन क्षेत्रों में प्रतिरोध बहुत कम होता है, जबकि Depletion region में आवेशवाहक न होने के कारण यह एक विद्युत-रोधी के समान व्यवहार करता है। इस प्रकार p तथा n-क्षेत्रों के मध्य में Depletion region एक प्रभावी परावैद्युत के समान कार्य करता है। अत: हम कह सकते हैं कि p तथा n-क्षेत्र एक ऐसे संधारित्र की प्लेटों के समान हैं जिसमें Depletion region परावैद्युत (dielectric) की भाँति कार्य करता है। रिवर्स बायस्ड p-n जंक्शन की प्रभावी धारिता (capacitance) निम्न प्रकार दी जा सकती है

$$C_T = \frac{\varepsilon A}{d}$$

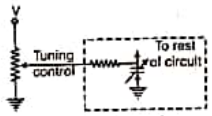
जहाँ ε अर्द्धचालक पदार्थ की वैद्युतशीलता (permittivity) तथा 'd' डिप्लीशन क्षेत्र की चौड़ाई (width) है। हम जानते हैं कि Depletion region की मोटाई रिवर्स वोल्टेज के वर्गमूल $\sqrt{V}$ के समानुपाती होती है; क्योंकि A तथा ε अर्द्धचालक p-n जंक्शन के लिए नियतांक हैं; अत: $C_T = \frac{K}{\sqrt{V}}$, जहाँ K नियतांक है।

जैसे-जैसे रिवर्स बायस वोल्टेज बढ़ायी जाती है, डिप्लीशन क्षेत्र (depletion region) की मोटाई d बढ़ती है जिससे जंक्शन की धारिता घट जाती है। इसी प्रकार फॉरवर्ड बायस बढ़ने पर 'd' का मान कम होता है तथा जंक्शन धारिता बढ़ जाती है। वह डायोड, जिसको परिपथ में एक परिवर्ती धारिता (capacity) के संधारित्र की तरह प्रयोग किया जाता है, 'वैरेक्टर डायोड' कहलाता है।

चित्र 1.17 (a) में वैरेक्टर डायोड का सर्किट संकेत तथा इसके रिवर्स अभिलक्षण प्रदर्शित किये गये हैं।



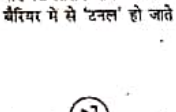
चित्र 1.17 (a) वैरेक्टर डायोड तथा उसके उत्क्रम अभिलक्षण

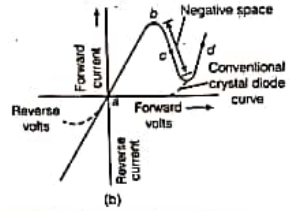


चित्र 1.17 (b) वैरेक्टर डायोड द्वारा रिमोट ट्यूनिंग के लिए परिपथ

वैरेक्टर डायोड के अभिलक्षण से स्पष्ट है कि रिवर्स वोल्टेज के बढ़ने से डायोड की धारिता घटती है। आजकल L-C अनुनाद परिपथों में परिवर्ती संधारित्रों के स्थान पर वैरेक्टर डायोडों का प्रयोग प्रारम्भ हो गया है। इस प्रकार के ट्यून्ड परिपथों की ट्यूनिंग रिवर्स बायस वोल्टेज को परिवर्तित करके की जाती है।
चित्र 1.17 (b) में वैरेक्टर डायोड को प्रयुक्त कर रिमोट ट्यूनिंग का एक परिपथ प्रदर्शित किया गया है।

3. **टनल डायोड** यह एक दो टर्मिनल वाली युक्ति है। टनल डायोड के अभिलक्षण में एक ऋणात्मक प्रतिरोध (negative resistance) का क्षेत्र भी प्राप्त होता है। इसके आविष्कारक 'लिओ इसाकी' के नाम पर इसे 'इसाकी' डायोड (Esaki Diode) भी कहा जाता है। यह डायोड जर्मेनियम अथवा गैलियम आर्सेनाइड द्वारा बनाया जाता है; क्योंकि इन पदार्थों में इलेक्ट्रॉन मोबिलिटी (mobility) उच्च होती है। यह एक जंक्शन डायोड है। इसके p तथा n दोनों क्षेत्रों की डोपिंग उच्च होती है जिसके कारण डिप्लीशन क्षेत्र (depletion region) बहुत संकीर्ण (narrow) हो जाता है। यदि डिप्लीशन क्षेत्र काफी अधिक संकीर्ण (लगभग 10^{-6} सेमी) हो, तब आवेश वाहक (charge carriers) बैरियर में से 'टनल' हो जाते हैं।


(a) Symbol of tunnel diode



(b)

चित्र 1.18 (a) टनल डायोड का संकेत, (b) टनल डायोड के VI अभिलक्षण

चित्र 1.18 में एक टनल डायोड का संकेत एवं धारा-वोल्टेज अभिलक्षण प्रदर्शित किये गये हैं। अभिलक्षण के दाएँ वाला उठता (rising) हुआ भाग डायोड का सामान्य फॉरवर्ड बायसिंग वाला भाग है। मूल बिन्दु (origin) के पास धारा में परिवर्तन का कारण जंक्शन के संकीर्ण बैरियर क्षेत्र से इलेक्ट्रॉन का टनल हो जाना है। जैसे-जैसे प्रयुक्त वोल्टता शून्य से बढ़ाई जाती है, पहले टनलिंग (धारा) बढ़ती है तथा फिर कम होकर शून्य हो जाती है। वोल्टेज में वृद्धि के साथ धारा में यह कमी 'ऋणात्मक प्रतिरोध क्षेत्र' (negative resistance region) प्रदर्शित करती है। जब फॉरवर्ड बायस और अधिक बढ़ाई जाती है, 'टनलिंग प्रभाव' समाप्त हो जाता है तथा धारा परम्परागत डायोड की तरह पुन: बढ़ने लगती है।
टनल डायोड का मुख्य उपयोग माइक्रोवेव क्षेत्र में किया जाता है।

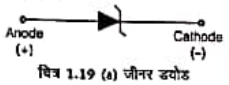
Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

प्रश्न 19. जीनर डायोड से आप क्या समझते हैं? इसको अभिलक्षण सहित समझाइए।

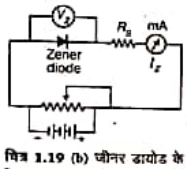
अथवा **जीनर डायोड पर संक्षिप्त टिप्पणी दीजिए।**

उत्तर **जीनर डायोड** यह एक सिलिकॉन p-n जंक्शन डिवाइस है। यह सामान्य रैक्टीफायर डायोड से भिन्न होती है; क्योंकि इसका डिजाइन रिवर्स बायस में किसी निर्दिष्ट वोल्टेज पर ब्रेक-डाउन क्षेत्र में ऑपरेशन के लिए किया जाता है अर्थात् यह एक ऐसा p-n जंक्शन डायोड है जो p-n जंक्शन के उत्क्रम (reverse) अभिलक्षण द्वारा प्रदर्शित किये जाने वाले जीनर ब्रेक-डाउन क्षेत्र का उपयोग करके बनाया जाता है। अभिलक्षण के इस क्षेत्र (region) में डायोड के अनुदिश रिवर्स वोल्टेज का मान, रिवर्स धारा में बहुत अधिक परिवर्तन होने पर भी लगभग नियत रहता है। अत: जीनर डायोड का उपयोग डी०सी० वोल्टेज को नियत (constant) रखने के लिए किया जाता है। यदि जीनर डायोड को फॉरवर्ड बायस किया जाये, तब यह रैक्टीफायर डायोड के समान ही कार्य करता है।

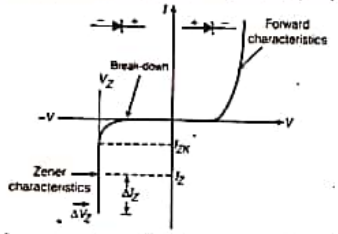


चित्र 1.19 (a) जीनर डायोड

एक से कई सौ वोल्ट तक प्रचलित होने के लिए जीनर डायोड उपलब्ध हैं। 6 वोल्ट से कम वोल्टेज पर प्रचलित जीनर डायोड में जंक्शन का ब्रेक-डाउन जीनर प्रभाव के कारण होता है, जबकि 6 वोल्ट से 8 वोल्ट तक के वोल्टेजों द्वारा प्रचलित जीनर डायोड में ब्रेक-डाउन जीनर तथा एवलांश (avalanche) दोनों ब्रेक-डाउन के कारण होता है।



चित्र 1.19 (b) जीनर डायोड के अभिलक्षण ज्ञात करने के लिए परिपथ



चित्र 1.19 (c) जीनर डायोड के अभिलक्षण तथा तीव्र (sharp) रिवर्स ब्रेक-डाउन

चित्र 1.19 (a) में जीनर डायोड का सर्किट संकेत दिखाया गया है तथा चित्र 1.19 (b) में जीनर डायोड के अभिलक्षण ज्ञात करने के लिए परिपथ प्रदर्शित किया गया है।

जीनर डायोड के अभिलक्षण Zener Diode Characteristics जीनर डायोड के अभिलक्षण चित्र 1.19 (c) में प्रदर्शित किये गये हैं।

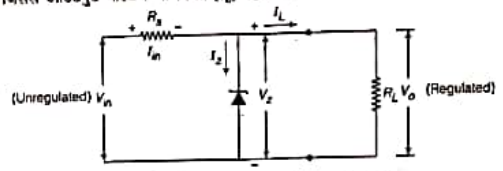
इस अभिलक्षण से निम्नलिखित तथ्य स्पष्ट होते हैं

1. फॉरवर्ड बायस में जीनर डायोड एक सामान्य p-n जंक्शन डायोड के समान कार्य करता है।
2. रिवर्स बायस में प्रारम्भ में एक रिवर्स सैचुरेशन धारा बहती है। रिवर्स बायस बढ़ाने पर जब रिवर्स वोल्टेज V_Z के बराबर हो जाती है, तब डायोड में ब्रेक-डाउन हो जाता है। ब्रेक-डाउन के समय डायोड में धारा I_{ZK} है। इसके पश्चात् धारा तीव्रता से बढ़ती है, परन्तु वोल्टेज (V_Z) लगभग नियत रहता है। इस समय डायोड ब्रेक-डाउन क्षेत्र में कार्य करता है। V_Z को ब्रेक-डाउन वोल्टेज अथवा जीनर वोल्टेज कहते हैं। जीनर डायोड के इस नियत वोल्टेज रिवर्स अभिलक्षणों के गुण का उपयोग कर रेगुलेटर परिपथ बनाये जाते हैं।

प्रश्न 20. जीनर वोल्टेज रेगुलेटर को परिपथ बनाकर स्पष्ट कीजिए। यह वोल्टेज को कैसे रेगुलेट करता है?

उत्तर **जीनर वोल्टेज रेगुलेटर** चित्र 1.20 में एक जीनर डायोड रेगुलेटर का परिपथ दिया गया है। यह परिपथ लोड वोल्टेज को, लोड धारा में परिवर्तन होने पर नियत (constant) रखता है। परिपथ में प्रयुक्त जीनर डायोड के लिए V_Z का मान उस वोल्टेज के बराबर है जो हमें लोड (R_L) पर वांछित है। जीनर के रिवर्स अभिलक्षणों से स्पष्ट है कि

यह ब्रेक-डाउन क्षेत्र में काफी धारा ले सकता है। जब इनपुट वोल्टेज (V_{in}) बढ़ती है अथवा लोड धारा कम होती है, तब आउटपुट वोल्टेज (V_o) की बढ़ने की प्रवृत्ति होती है। इस स्थिति में जीनर में से अधिक धारा प्रवाहित होती है अर्थात् I_Z बढ़ती है। I_Z के बढ़ने से I_{in} बढ़ती है जिससे श्रेणी प्रतिरोध R_S में वोल्टतापात बढ़ जाता है तथा आउटपुट वोल्टेज कम होकर अपने स्थिर मान $V_o = V_Z$ पर आ जाती है। इसी प्रकार लोड (R_L) घटने पर यदि लोड धारा I_L बढ़ती है, तब I_Z इसी अनुपात में कम हो जाती है तथा I_{in} में परिवर्तन नहीं होता। इससे R_S पर वोल्टतापात $I_{in} R_S$ भी नियत रहता है जिससे आउटपुट वोल्टेज भी नियत (V_o) रहती है।



चित्र 1.20 जीनर डायोड रेगुलेटर का परिपथ

श्रेणी प्रतिरोध R_S का मान निम्न प्रकार ज्ञात किया जा सकता है

$$V_{in} = V_o + I_{in} R_S$$

$$\therefore \quad R_S = \frac{V_{in} - V_o}{I_{in}}$$

यहाँ $$I_{in} = I_Z + I_L$$

प्रश्न 21. निम्नलिखित पर टिप्पणी लिखिए

1. प्रकाश उत्सर्जन डायोड

2. फोटो डायोड

अथवा **LED की कार्य-प्रणाली का वर्णन कीजिए।**

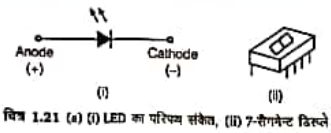
अथवा **LED पर टिप्पणी लिखिए।**

उत्तर 1. प्रकाश उत्सर्जन डायोड Light Emitting Diode or LED जब p-n जंक्शन फॉरवर्ड बायस में होता है तो विभवरोधिका (potential barrier) कम हो जाती है तथा बहुसंख्यक आवेश वाहक (majority carriers) जंक्शन को पार करने लगते हैं। n-क्षेत्र से चालन बैन्ड (conduction band) के इलेक्ट्रॉन जंक्शन को पार करके p-क्षेत्र में जाकर होल्स (holes) से संयोग करके समाप्त हो जाते हैं। p-क्षेत्र के कुछ होल्स (holes) भी जंक्शन को पार करके n-क्षेत्र में जाते हैं। इस समय n-क्षेत्र के चालन बैन्ड (conduction band) का कोई इलेक्ट्रॉन जंक्शन को बिना पार किये ही इलेक्ट्रॉन-होल्स (holes) से संयोग कर सकता है। इस प्रकार जंक्शन के दोनों ओर इलेक्ट्रॉन-होल्स (holes) के संयोग की क्रिया प्रारम्भ होती है। जब उच्च ऊर्जा स्तर (higher energy level) के चालन बैन्ड से इलेक्ट्रॉन, संयोजी बैन्ड (निम्न ऊर्जा स्तर) में आता है, तब दोनों ऊर्जा स्तरों की ऊर्जाओं के अन्तर के बराबर ऊर्जा का उत्सर्जन होता है। सामान्य डायोडों में यह उत्सर्जित ऊर्जा ऊष्मा के रूप में होती है, जबकि एलईडी (LED) में यह ऊर्जा प्रकाश के रूप में विकरित (radiate) होती है। जर्मेनियम तथा सिलिकॉन डायोड में प्रकाश उत्सर्जन की सम्भावना बहुत कम है। गैलियम आर्सेनाइड फॉस्फाइड (GaAsP) अथवा गैलियम फॉस्फाइड (GaP) पदार्थों को प्रयोग करके बनाये गये एलईडी (LEDs) लाल, हरे तथा पूरे प्रकाश का उत्सर्जन करते हैं। गैलियम आर्सेनाइड (GaA) एलईडी (LED) अदृश्य इन्फ्रारेड (infrared) प्रकाश का उत्सर्जन करते हैं जिन्हें Burglar Alarm परिपथों में प्रयोग किया जाता है।

चित्र 1.21 (a) में LED का परिपथ संकेत दिखाया गया है। वे एलईडी, जो दृश्य (visible) प्रकाश का उत्सर्जन करते हैं, उनको डिजिटल घड़ियों, कैलकुलेटरों, मल्टीमीटरों, टेलीफोन स्विचों, इन्डीकेटरों इत्यादि में प्रयोग किया जाता है।

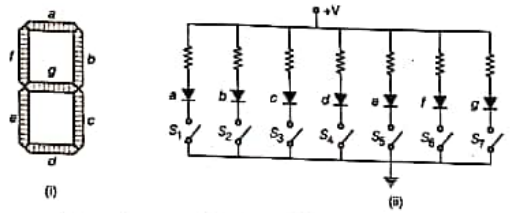
Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner



चित्र 1.21 (a) (i) LED का परिपथ संकेत, (ii) 7-सैगमेन्ट डिस्प्ले

चित्र 1.21 (b) (i) में 7 LED एक 7-सैगमेन्ट डिस्प्ले के रूप में व्यवस्थित किये गये हैं। इस डिवाइस द्वारा 0 से 9 तक किसी भी अंक को डिस्प्ले किया जा सकता है। माना 7-सैगमेन्ट डिस्प्ले द्वारा 0 (शून्य) डिस्प्ले करना है, इसके लिए *a, b, c, d, e* तथा *f* सैगमेन्ट के LEDs को प्रकाशित किया जाता है। इसी प्रकार अंक 2 को डिस्प्ले करने के लिए *a, b, d, e* तथा *g* सैगमेन्ट्स प्रकाशित किये जायेंगे। इस प्रकार सैगमेन्ट का उचित चयन कर 0 से 9 तक किसी भी अंक को डिस्प्ले किया जा सकता है।

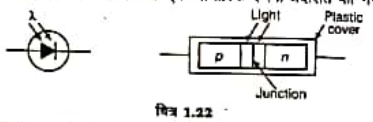


चित्र 1.21 (b) (i) 7-सैगमेन्ट डिस्प्ले (ii) 7-सैगमेन्ट डिस्प्ले का सरल परिपथ

चित्र 1.21 (b) (ii) में 7 सैगमेन्ट डिस्प्ले का एक सरल परिपथ दिया गया है। LED को एक कॉमन सप्लाई वोल्टेज (+V) द्वारा ड्राइव किया गया है। LED की सुरक्षा के लिए प्रत्येक LED के श्रेणी में एक प्रतिरोध कनैक्ट किया गया है। जब कोई भी स्विच क्लोज किया जाता है, तब उसी से सम्बन्धित LED प्रकाशित हो जाता है।

साधारण लैम्प की तुलना में LED निम्न वोल्टेज (1 से 2 V) तथा निम्न धारा (5 से 10 mA) पर कार्य करते है तथा इनमें शक्ति व्यय कम होता है। इनको गर्म करने की आवश्यकता नहीं होती; अत: ये तुरन्त कार्य प्रारम्भ करते हैं। ये हल्के तथा छोटे आकार के होते हैं। इनकी आयु 20 वर्ष से अधिक होती है।

2. **फोटो डायोड** Photo Diode फोटो डायोड एक रिवर्स बायस (reverse bias) *p-n* जंक्शन है। फोटो डायोड में जंक्शन पर प्रकाश पड़ने की व्यवस्था की जाती है। डायोड में धारा, प्रकाश की तीव्रता (intensity of light) बढ़ने पर बढ़ती है। चित्र 1.22 में फोटो डायोड का संकेत एवं आन्तरिक रचना प्रदर्शित की गयी है।



चित्र 1.22

p-n जंक्शन डायोड को ऐसे पारदर्शक (transparent) प्लास्टिक कवर में बन्द किया जाता है जिसमें *p-n* जंक्शन के एक ओर प्रकाश आने के लिए कुछ स्थान (opening) छोड़ दिया गया हो। प्लास्टिक कवर को (opening) छोड़कर शेष स्थान पर काला पेन्ट कर दिया जाता है। इस पूरे सिस्टम को एक धातु के बॉक्स में रख दिया जाता है तथा प्रकाश आने वाले स्थान पर एक शटर लगा दिया जाता है।

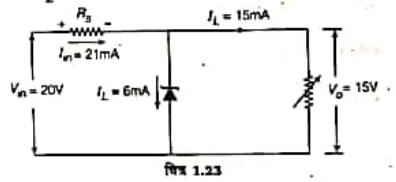
जब रिवर्स बायस *p-n* डायोड पर प्रकाश नहीं पड़ता, तब डायोड धारा, रिवर्स बायस वोल्टेज पर निर्भर नहीं करती है एवं उसका मान नियत (fixed) रहता है। यह धारा ऊष्मीय विक्षोभ (thermal agitation) से उत्पन्न

होल-इलेक्ट्रॉन युग्म (pair) के कारण होती है अर्थात् यह संतृप्त धारा माइनॉरिटी कैरियर के कारण उत्पन्न होती है, जो जंक्शन को पार कर जाते हैं। मेजॉरिटी कैरियर जंक्शन को पार करने में असमर्थ रहते हैं। जब जंक्शन पर प्रकाश पुंज पड़ता है तो इससे नये इलेक्ट्रॉन-होल युग्म उत्पन्न होते हैं जिनको माइनॉरिटी कैरियर ही माना जा सकता है। अब जो माइनॉरिटी कैरियर जंक्शन के निकट उत्पन्न होते हैं, वे जंक्शन पार कर जाते हैं जिससे एक अतिरिक्त धारा प्रवाहित होती है। जंक्शन पर लगे अधिक रिवर्स वोल्टेज के कारण माइनॉरिटी कैरियर द्वारा जंक्शन पार करने की क्रिया इतनी शीघ्रता से होती है कि इलेक्ट्रॉन-होल का संयोग होने की सम्भावना बहुत कम हो जाती है तथा डायोड में तब तक धारा प्रवाहित होती रहती है जब तक प्रकाश पुंज पड़ता रहता है।

उपयोग Uses *p-n* फोटो डायोड तथा अन्य फोटो युक्तियों को कम्प्यूटर पंच कार्डों तथा टेपों को शीघ्रता से पढ़ने, प्रकाश संसूचक यन्त्रों, फिल्मों के ध्वनि ट्रेक को पढ़ने व प्रकाश नियन्त्रित स्विचों में प्रयोग करते हैं।

प्रश्न 22. एक रेगुलेटर में 10 mA से 20 mA तक लोड धारा पर 15 V नियत आउटपुट वोल्टेज प्राप्त होती है। यदि प्रयुक्त किये गये जीनर डायोड की रेटिंग 15 V, 6 mA है, तब 20V इनपुट पर कनैक्ट किये जाने वाली श्रेणी प्रतिरोध का मान क्या होगा?

हल औसत लोड धारा $= \frac{10+20}{2}\text{ mA} = 15\text{ mA}$



चित्र 1.23

अत: $I_{in} = I_Z + I_L = 6 + 15 = 21\text{ mA}$

$\therefore R_S = \frac{V_{in} - V_o}{I_{in}}$

$= \frac{20-15}{21\text{ mA}} = \frac{5}{21\times10^{-3}} = 238\,\Omega$

प्रश्न 23. एक अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी के एनोड पर 200 cos 100 *t* वोल्ट प्रयुक्त किये गये हैं। लोड प्रतिरोध का मान 5 kΩ है। दिष्टकारी को एक आदर्श डायोड तथा उसके श्रेणी में 1 kΩ प्रतिरोध द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है। ज्ञात कीजिए

(i) अधिकतम धारा, (ii) धारा का d.c. घटक, (iii) धारा का r.m.s. मान, (iv) आउटपुट d.c. शक्ति, (v) इनपुट a.c. शक्ति, (vi) दिष्टकारी की दक्षता, (vii) रिपल गुणक।

हल (i) धारा का अधिकतम मान,

$$I_m = \frac{E_m}{R_f + R_L} = \frac{200}{1+5} = 33.33\text{ mA}$$

(ii) धारा का d.c. घटक,

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} = \frac{33.33}{3.14} = 10.61\text{ mA}$$

(iii) धारा का r.m.s. मान,

$$I_{rms} = \frac{I_m}{2} = \frac{33.33}{2} = 16.67\text{ mA}$$

(iv) आउटपुट d.c. शक्ति,

$$P_{dc} = I_{dc}^2 R_L = (10.61\times10^{-3})^2 \times 5\times10^3 = 0.563\text{ W}$$

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

(v) इनपुट a.c. शक्ति,

$$P_{ac} = I_{rms}^2 (R_f + R_L)$$
$$= (16.67 \times 10^{-3})^2 (1000 + 5000)$$
$$= 16.67 \times 16.67 \times 10^{-6} \times 6 \times 10^3$$
$$= 1667 \times 10^3$$
$$= 1.667 \text{ W}$$

(vi) दिष्टकारी की दक्षता,

$$\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} = \frac{40.6}{1 + \frac{R_f}{R_L}} = \frac{40.6}{(1 + 1/5)} = \frac{40.6 \times 5}{6} = 33.83\%$$

(vii) रिपल गुणक,

$$\gamma = \sqrt{[(I_{rms}/I_{dc})^2 - 1]} = \sqrt{(1.57)^2 - 1} = 1.21$$

प्रश्न 24. एक अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी, जिसका आन्तरिक गतिक प्रतिरोध 500 Ω है, पर भार प्रतिरोध का मान 2000 Ω है। यदि दिष्टकारी के एनोड को $e = 300 \sin 2\pi ft$ द्वारा आवेशित किया जाये, तब गणना कीजिए

(i) धारा के अधिकतम, r.m.s. तथा डी०सी० मान,
(ii) आउटपुट d.c. शक्ति,
(iii) इनपुट a.c. शक्ति,

हल (i) अधिकतम धारा, $I_m = \frac{E_m}{R_f + R_L} = \frac{300}{500 + 2000} = 120 \times 10^{-3} = 120 \text{ mA}$

धारा का r.m.s. मान,

$$I = \frac{I_m}{2} = 60 \times 10^{-3} = 60 \text{ mA}$$

धारा का d.c. मान,

$$I_{dc} = \frac{I_m}{\pi} = \frac{120 \times 10^{-3}}{\pi} = 38 \text{ mA}$$

(ii) आउटपुट d.c. शक्ति,

$$P_{dc} = I_{dc}^2 \times R_L = (38 \times 10^{-3})^2 \times 2000 = 2.8 \text{ वाट}$$

(iii) इनपुट a.c. शक्ति,

$$P_{in} = I^2 (R_f + R_L) = (60 \times 10^{-3})^2 \times 2500 = 9 \text{ वाट}$$

प्रश्न 25. एक पूर्ण-तरंग दिष्टकारी में $R_L = 2$ kΩ है। प्रत्येक डायोड के अभिलक्षणों का ढाल (slope) 400 Ω प्रतिरोध के तुल्य है। प्रत्येक डायोड पर वोल्टेज का मान $240 \sin 50t$ है। ज्ञात कीजिए
(i) धारा का अधिकतम मान, (ii) धारा का d.c. मान, (iii) धारा का r.m.s. मान, (iv) आउटपुट d.c. शक्ति (v) इनपुट a.c. शक्ति, (vi) दिष्टकारी की दक्षता, (vii) रिपल गुणक।

हल (i) धारा का अधिकतम मान,

$$I_m = \frac{E_m}{R_f + R_L} = \frac{240}{400 + 2000} = 100 \text{ mA}$$

(ii) धारा का डी०सी० मान,

$$I_{dc} = \frac{2I_m}{\pi} = \frac{2}{\pi} \times 100 = 63.84 \text{ mA}$$

(iii) धारा का r.m.s. मान, $I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{100}{\sqrt{2}} = 70.72 \text{ mA}$

(iv) आउटपुट d.c. शक्ति, $P_{dc} = I_{dc}^2 R_L = (63.84 \times 10^{-3})^2 \times 2000 = 8.11 \text{ W}$

(v) इनपुट a.c. शक्ति, $P_{in} = I_{rms}^2 (R_f + R_L) = (70.72 \times 10^{-3})^2 \times (400 + 2000) = 12 \text{ W}$

(vi) दिष्टकारी की दक्षता, $\eta = \frac{P_{dc}}{P_{ac}} \times 100 = \frac{8.11}{12} \times 100 = 67.6\%$

(vii) रिपल गुणक, $\gamma = \sqrt{[(I_{rms}/I_{dc})^2 - 1]}$

$$\gamma = \sqrt{[(70.72/83.84)^2 - 1]} = 0.482$$

प्रश्न 26. एक पूर्ण-तरंग दिष्टकारी पर भार प्रतिरोध 3000 Ω है। दिष्टकारी के प्रत्येक डायोड का प्रतिरोध 600 Ω है। प्रत्येक एनोड पर प्रयुक्त a.c. वोल्टेज का अधिकतम मान 230 वोल्ट है। a.c. वोल्टेज की आवृत्ति 50 हर्ट्ज है। ज्ञात कीजिए
(a) धारा का (i) अधिकतम मान, (ii) r.m.s., एवं (iii) औसत मान
(b) निर्गत d.c. शक्ति तथा (c) कुल निविष्ट शक्ति।

हल (a) (i) धारा का अधिकतम मान

$$I_m = \frac{E_m}{R_f + R_L} = \frac{230}{600 + 3000} = 63 \times 10^{-3} \text{ amp}$$

(ii) धारा का औसत मान, $I_{dc} = \frac{I_m}{\pi/2} = \frac{2 \times 63 \times 10^{-3}}{\pi} = 40 \times 10^{-3} \text{ amp}$ या 40 mA

(iii) धारा का r.m.s. मान,

$$I_m = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{63 \times 10^{-3}}{\sqrt{2}} = 44 \text{ mA}$$

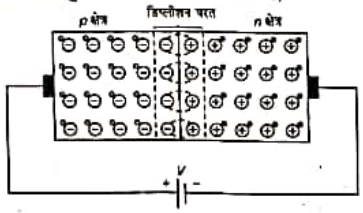
(b) निर्गत d.c. शक्ति, $P_{dc} = I_{dc}^2 \times RL = (40 \times 10^{-3})^2 \times 3000 = 4.8$ वाट

(c) कुल निविष्ट शक्ति, $P_{in} = I^2 (R_f + R_L) = (44 \times 10^{-3})^2 [3000 + 600] = 6.9$ वाट

प्रश्न 27. *p-n* जंक्शन का वर्णन कीजिए।

उत्तर *p-n* जंक्शन बनने के तुरन्त बाद *n* क्षेत्र के इलेक्ट्रॉन *p* क्षेत्र की ओर विसरण करते हैं तथा *p* क्षेत्र के होल *n* क्षेत्र की ओर विसरण करते हैं। ये एक-दूसरे को उदासीन करते हैं। इस प्रक्रिया से जंक्शन के आस-पास वाले ऋणात्मक स्वीकारक आयन व धनायन दाता आयन मुक्त आवेशों से विहीन हो जाते हैं; अत: इलेक्ट्रॉन व होल्स के पुन: संयोजन से जंक्शन के आस-पास एक अवरोधी बल कार्य करने लगता है जो कि इलेक्ट्रानों व होल्स के विसरण को रोक देता है। इस बल को बैरियर कहा जाता है।

जंक्शन के आस-पास का वह क्षेत्र जो मुक्त आवेशों से विहीन हो जाता है, डिप्लीशन परत कहलाता है।



चित्र 1.24

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

प्रश्न 28. एवलान्च व ज़ेनर ब्रेकडाउन में क्या अन्तर है?

उत्तर एवलान्च व ज़ेनर ब्रेकडाउन में अन्तर

क्र०सं०	एवलान्च ब्रेकडाउन	ज़ेनर ब्रेकडाउन
1.	यह अधिक वोल्टेज के कारण आवेश वाहकों के अधिक गतिज ऊर्जा प्राप्त करने से होता है।	p-तथा n-टाइप को अधिक डोपिंग के कारण डिप्लीशन परत बहुत पतली हो जाती है, अतः उस पर अत्यधिक विद्युत क्षेत्र उत्पन्न होने के कारण होता है।
2.	उच्च गति के आवेश वाहक क्रिस्टल परमाणु के बन्ध तोड़ते हैं तथा उत्पन्न हुए आवेश भी अधिक गतिज ऊर्जा प्राप्त कर और बन्ध तोड़ते हैं। यह क्रम लगातार चलने से रिवर्स धारा बढ़ जाती है तथा एवलान्च ब्रेकडाउन हो जाता है।	उच्च विद्युत क्षेत्र के कारण सहसंयोजी बन्ध टूटने से डायोड में रिवर्स धारा बढ़ जाती है, जिससे ज़ेनर ब्रेकडाउन हो जाता है।
3.	यह उच्च वोल्टेज पर होता है।	यह निम्न वोल्टेज पर होता है।

प्रश्न 29. अग्र तथा रिवर्स बायस में सन्धि धारिताओं को समझाइए।

उत्तर p-n जंक्शन में मुख्यतः दो प्रभावी धारिताएँ होती हैं

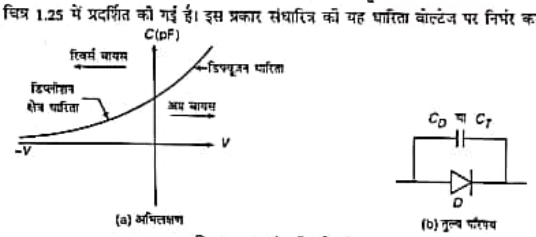
1. **डिप्लीशन क्षेत्र या ट्रांजिशन धारिता** Depletion Region or Transition Capacitance यह धारिता तब प्रभावी होती है, जब डायोड रिवर्स बायस होता है। किसी समानान्तर पट्ट संधारित्र की धारिता निम्न सूत्र द्वारा दी जाती है

$$C = \frac{\varepsilon A}{d}$$

जहाँ ε परावैद्युत की वैद्युतशीलता होती है, A प्लेटों का क्षेत्रफल तथा d प्लेटों के बीच की दूरी होती है। रिवर्स बायस डायोड में डिप्लीशन क्षेत्र एक परावैद्युत की तरह तथा p-तथा n-क्षेत्र संधारित्र की प्लेटों की तरह व्यवहार करते हैं तथा डायोड में धारिता प्रभावी हो जाती है, जिसको डिप्लीशन क्षेत्र या ट्रांजिशन धारिता कहा जाता है। चूँकि रिवर्स बायस वोल्टता बढ़ाने पर डिप्लीशन क्षेत्र की चौड़ाई (अर्थात् p-तथा n-क्षेत्र जो कि संधारित्र की प्लेटों की तरह कार्य कर रही हैं, की दूरी) बढ़ती है तथा चूँकि $C \propto \frac{1}{d}$ अतः धारिता का मान घट जाता है। यह स्थिति चित्र 1.25 में प्रदर्शित की गई है। इस प्रकार संधारित्र की यह धारिता वोल्टेज पर निर्भर करती है।

(a) अभिलक्षण (b) तुल्य परिपथ

चित्र 1.25 डायोड में धारिताएँ



2. **डिफ्यूज़न धारिता** Diffusion Capacitance अग्र बायस डायोड में डिफ्यूज़न धारिता प्रभावी होती है। अग्र बायस में पोटेन्शियल बैरियर के कम हो जाने से p-क्षेत्र के होल n-क्षेत्र में प्रवेश करते हैं तथा n-क्षेत्र के इलेक्ट्रॉन p-क्षेत्र में प्रवेश करते हैं। यह आवेश वाहक p- तथा n-क्षेत्र में माइनॉरिटी वाहकों के रूप में प्रवेश करते हैं तथा इनके कारण डायोड में डिफ्यूज़न धारिता प्रभावी हो जाती है।

प्रश्न 30. धाराओं के एक-दिशीय तथा द्वि-दिशीय प्रवाह की धारणा को समझाइए।

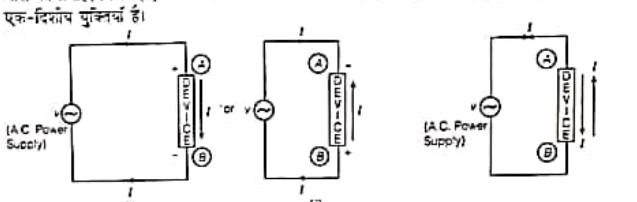
यदि युक्ति में विद्युत धारा केवल एक दिशा में प्रवाहित हो सके, जैसा कि चित्र 1.26 (a) में प्रदर्शित किया गया है, तो इसे धारा का एक-दिशीय प्रवाह कहते हैं तथा ऐसी युक्ति को **एक-दिशीय युक्ति** कहते हैं। चित्र 1.26 (a)(i) में

प्रदर्शित परिपथ में A.C. पावर सप्लाई प्रयुक्त करने पर भी युक्ति में धारा प्रवाह केवल एक दिशा, A से B की तरफ होता है अर्थात् A.C. पावर सप्लाई द्वारा प्रयुक्त विभव (V) के केवल धनात्मक अर्द्ध-चक्र में ही परिपथ (पावर सप्लाई एवं युक्ति) में धारा प्रवाहित होती है। इसी प्रकार, चित्र 1.26 (a)(ii) में प्रदर्शित परिपथ में संयोजित युक्ति में धारा प्रवाह केवल एक दिशा, B से A की तरफ हो सकता है, अतः इस युक्ति को A.C. विभव (V) प्रयुक्त करने पर भी परिपथ में धारा का प्रवाह, विभव (V) के केवल ऋणात्मक अर्द्ध-चक्र में ही होता है। अतः चित्र 1.26 (a) में संयोजित युक्तियाँ एक-दिशीय युक्तियाँ हैं।

(i) (ii)

(a) Concept of Uni-directional Flow of Current (b) Concept of Bi-directional Flow of Current

चित्र 1.26

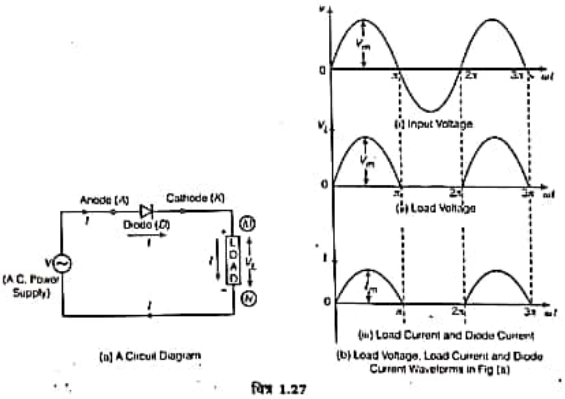


यदि युक्ति में धारा का प्रवाह दोनों दिशाओं में सामान्य रूप से हो सके, जैसा कि चित्र 1.26 (b) में प्रदर्शित किया गया है तो ऐसे धारा प्रवाह को धारा का द्वि-दिशीय प्रवाह कहते हैं तथा ऐसी युक्ति को **द्वि-दिशीय युक्ति** (Bi-directional device) कहते हैं। चित्र 1.26 (a) में, A.C. विभव (V) के धनात्मक अर्द्ध-चक्र में युक्ति में धारा A से B की तरफ प्रवाहित होती है, जबकि विभव (V) के ऋणात्मक अर्द्ध-चक्र में युक्ति में धारा B से A की तरफ प्रवाहित होती है।

प्रश्न 31. भार के साथ श्रेणी में संयोजित डायोड को A.C. स्रोत के पार्श्व में संयोजित करने के प्रभाव को आरेख द्वारा समझाइए।

उत्तर इसके परिपथ आरेख को चित्र 1.27 (a) में तथा परिपथ में प्रवाहित होने वाली धारा (I) के तरंग-स्वरूप को चित्र 1.27 (b) में प्रदर्शित किया गया है। डायोड एक एक-दिशीय युक्ति है जोकि अपने में से धारा का प्रवाह केवल

(a) A Circuit Diagram (b) Load Voltage, Load Current and Diode Current Waveforms in Fig (a)



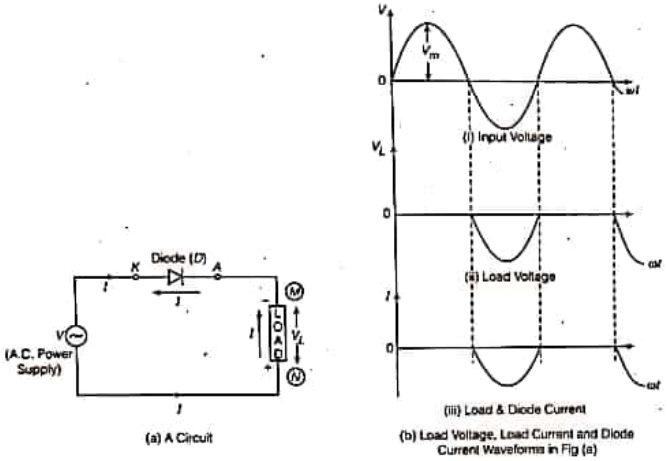
चित्र 1.27

एनोड (A) से कैथोड (K) की तरफ ही होने देता है, अत: इस परिपथ में धारा का प्रवाह, इनपुट A.C. विभव (v) के केवल धनात्मक अर्द्ध-चक्र में ही होता है। इसके फलस्वरूप, भार में धारा का प्रवाह, M से N की तरफ, A.C. विभव (V) के केवल धनात्मक अर्द्ध-चक्र में ही हो पाता है।

यदि डायोड के संयोजन की दिशा बदल दी जाए, जैसा कि चित्र 1.28 (a) में प्रदर्शित किया है तो लोड एवं डायोड में धारा का प्रवाह, A.C. विभव (V) के केवल ऋणात्मक अर्द्ध-चक्र में होता है, जैसा कि तरंग-स्वरूप द्वारा चित्र 1.28 में भी प्रदर्शित किया गया है।

इस प्रकार, डायोड को लोड के साथ श्रेणी में संयोजित कर, A.C. विभव (V) प्रयुक्त करने पर लोड में D.C. धारा (अर्थात् केवल एक दिशा में धारा) प्रवाहित होती है तथा लोड के एक्रॉस D.C. विभव प्राप्त होता है। अत: इन परिपथों (चित्र 1.27 (a) एवं 1.28 (a)) में डायोड एक दिष्टकारी की भाँति कार्य करता है।

(a) A Circuit



(b) Load Voltage, Load Current and Diode Current Waveforms in Fig (a)

चित्र 1.28

2 बाइपोलर ट्रांजिस्टर
Bipolar Transistor

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. धारा प्रवर्धन गुणांक 'α' से आप क्या समझते हैं?

उत्तर कलेक्टर धारा (I_C) एवं उत्सर्जक धारा (I_E) का अनुपात अल्फा (α) द्वारा प्रकट किया जाता है जो परिपथ का धारा प्रवर्धन गुणांक कहलाता है।

प्रश्न 2. आउटपुट अभिलक्षण किसे कहते हैं?

उत्तर कॉमन-बेस ट्रांजिस्टर में स्थिर उत्सर्जक धारा I_E पर कलेक्टर-बेस वोल्टेज V_{CB} तथा कलेक्टर धारा I_C में सम्बन्ध 'आउटपुट अभिलक्षण' कहलाता है।

प्रश्न 3. कट-ऑफ क्षेत्र से आप क्या समझते हैं?

उत्तर शून्य एमिटर धारा ($I_E = 0$) पर वक्र मूल बिन्दु से गुजरता है अन्यथा यह अन्य अभिलक्षणों के समान है। $I_E = 0$ से नीचे का भाग, जिसमें दोनों जंक्शन रिवर्स बायस्ड होते हैं, कट-ऑफ क्षेत्र कहलाता है।

प्रश्न 4. एक ट्रांजिस्टर के 'α' का मान 0.98 है। ट्रांजिस्टर कॉमन एमिटर कॉनफिगुरेशन में संयोजित है। यदि बेस धारा में 0.2mA के तुल्य परिवर्तन हो, तब कलेक्टर धारा में परिवर्तन ज्ञात कीजिए।

हल हम जानते हैं कि,

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.98}{1-0.98} = 49$$

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

अत:
$$\Delta I_C = \beta \Delta I_B = 49 \times 0.2 \text{ mA} = 9.8 \text{ mA}$$

प्रश्न 5. एक जर्मेनियम ट्रांजिस्टर में $I_{CBO} = 14\ \mu A$ है तथा β का मान 50 है। यदि बेस धारा 0.2 mA हो, तब कलेक्टर धारा का मान सामान्य ताप पर क्या होगा?

हल
$$I_C = \beta I_B + (\beta + 1) I_{CBO}$$
$$= 50 \times 0.2 + (50 + 1) 14 \times 10^{-3} \text{ mA}$$
$$= 10.714 \text{ mA}$$

प्रश्न 6. कॉमन बेस समायोजन में, $I_C = 0.96$ mA तथा $I_B = 0.05$ mA हैं तो α का मान ज्ञात कीजिए।

हल हम जानते है कि
$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{I_C}{I_C + I_B}$$
$$= \frac{0.96 \text{ mA}}{0.96 \text{ mA} + 0.05 \text{ mA}} = \frac{0.96 \text{ mA}}{1.01 \text{ mA}}$$
$$\alpha = 0.95$$

प्रश्न 7. यदि कॉमन बेस समायोजन में, $I_E = 1$ mA है। यदि emitter side open है तो $I_{CO} = 60\ \mu A$ है। कुल धारा ज्ञात कीजिये यदि α का मान 0.93 है।

हल
$$I_{total} = \alpha I_E + I_{CO} = 0.93 \times 1 \text{ mA} + 0.06 \text{ mA}$$
$$I_{total} = 0.099 \text{ mA}$$

प्रश्न 8. यदि n-p-n ट्रांजिस्टर में कॉमन बेस समायोजन में रिवर्स saturation धारा 15.5 μA है तो धारा गुणांक (α) तथा बेस धारा ज्ञात कीजिये यदि $I_E = 4$ mA तथा $I_C = 2.47$ mA है।

Mayank Tiwari Ayodhya

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

हल बेस धारा
हम जानते हैं कि

$$I_B = I_E - I_C = 4 - 2.47 = 1.53 \text{ mA}$$

$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$$

$$\alpha = \frac{I_C - I_{CBO}}{I_E} = \frac{2.47 \text{ mA} - 15.5 \text{ mA}}{4 \text{ mA}} = 0.11$$

प्रश्न 9. एक ट्रांजिस्टर में $I_E = 4$ mA, $I_{CBO} = 6\mu$A तथा $\alpha = 0.98$ है तो कलेक्टर तथा बेस धारा ज्ञात कीजिए।

हल

$$I_C = \alpha I_E + I_{CBO}$$
$$= 0.98 \times 4 \text{ mA} + 6\mu\text{A} = 3.926 \text{ mA}$$
$$I_B = I_E - I_C = 4 \text{ mA} - 3.926 \text{ mA}$$
$$= 0.074 \text{ mA}$$

रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए

1. बाइपोलर जंक्शन ट्रांजिस्टर एक ..... है। (अर्द्धचालक कंट्रोल डिवाइस)
2. ट्रांजिस्टर की बाहरी परतें क्रमशः ..... एवं ..... होती है। (एमिटर, कलेक्टर)
3. *n-p-n* ट्रांजिस्टर में ..... मुख्य आवेश वाहक है। (इलेक्ट्रॉन)
4. कलेक्टर धारा एवं एमिटर धारा का अनुपात ..... कहलाता है। (धारा लाभ)
5. कॉमन एमिटर ट्रांजिस्टर परिपथों में एमिटर टर्मिनल प्रायः ..... रहता है। (भूसम्पर्कित)

सत्य / असत्य

1. ट्रांजिस्टर में तीन टर्मिनल बाहर निकाले जाते हैं, जो क्रमशः एमिटर, बेस तथा कलेक्टर कहलाते हैं। (सत्य)
2. ट्रांजिस्टर की बाहरी परतें विभिन्न प्रकार के अर्द्धचालकों द्वारा निर्मित होती हैं। (असत्य)
3. ट्रांजिस्टर में एमिटर, आवेश के स्रोत का कार्य करता है। (सत्य)
4. *p-n-p* ट्रांजिस्टर में कलेक्टर धारा, एमिटर धारा से सदैव कम होती है। (सत्य)
5. कॉमन एमिटर परिपथ का धारा लाभ 'β' से प्रदर्शित किया जाता है। (सत्य)

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. बाइपोलर जंक्शन ट्रांजिस्टर से आप क्या समझते हैं? ये कितने प्रकार के होते हैं?

उत्तर **बाइपोलर जंक्शन ट्रांजिस्टर** बाइपोलर जंक्शन ट्रांजिस्टर एक अर्द्धचालक कन्ट्रोल डिवाइस (semi-conductor control device) है। इसमें एक सिलिकॉन या जर्मेनियम का क्रिस्टल होता है जिसमें दो *p-n* जंक्शन होते हैं। यह दो *p-n* जंक्शन अर्द्धचालक की तीन पर्तों के मध्य निर्मित होते हैं। ये तीन परतें निम्न प्रकार हैं

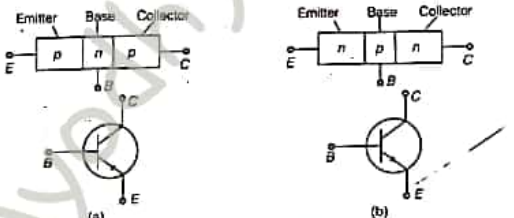
1. **बेस** Base यह एक बहुत पतली जर्मेनियम अथवा सिलिकॉन की परत होती है। इसकी मोटाई लगभग 0.0025 सेमी होती है। यह ट्रांजिस्टर का मध्य क्षेत्र होता है, इसे बेस कहते हैं।
2. **एमिटर तथा कलेक्टर** Emitter and Collector ये दोनों परतें बेस क्षेत्र के विपरीत साइड में होती हैं तथा यह एक ही प्रकार के अर्द्धचालक से निर्मित होती हैं।

ट्रांजिस्टर निम्न दो प्रकार के होते हैं

(i) *p-n-p* ट्रांजिस्टर, (ii) *n-p-n* ट्रांजिस्टर।

चित्र 2.1 में *p-n-p* तथा *n-p-n* ट्रांजिस्टर की सन्धियाँ एवं उनके संकेत प्रदर्शित किये गये हैं। ट्रांजिस्टर से तीन टर्मिनल बाहर निकाले जाते हैं जो क्रमशः एमिटर (emitter), बेस (base) तथा कलेक्टर (collector) कहलाते हैं।

ट्रांजिस्टर की बाहरी परतें क्रमशः एमिटर एवं कलेक्टर होती हैं। *p-n-p* ट्रांजिस्टर में ये दोनों परतें *p*-टाइप अर्द्धचालक से निर्मित की जाती हैं, जबकि मध्य वाली परत *n*-टाइप अर्द्धचालक की होती है तथा बेस कहलाती है।



चित्र 2.1 जंक्शन ट्रांजिस्टर के संकेत, (a) *p-n-p* ट्रांजिस्टर (b) *n-p-n* ट्रांजिस्टर

प्रश्न 2. *p-n-p* ट्रांजिस्टर की कार्य-प्रणाली का सचित्र वर्णन कीजिए।

उत्तर ***p-n-p* ट्रांजिस्टर** चित्र 2.2 में एक *p-n-p* ट्रांजिस्टर की कार्य प्रणाली प्रदर्शित की गयी है। बायसिंग के नियम के अनुसार E-B जंक्शन फॉरवर्ड बायस में तथा C-B जंक्शन रिवर्स बायस में संयोजित है। *n-p-n* ट्रांजिस्टर में कलेक्टर तथा एमिटर *n*-टाइप अर्द्धचालक पदार्थ से तथा बेस *p*-टाइप अर्द्धचालक द्वारा निर्मित होता है।

बेस की परत (thickness of base) की चौड़ाई बहुत कम (लगभग 1/1000) इंच होती है।

यद्यपि ट्रांजिस्टर में बाहरी परतें एक ही प्रकार के अर्द्धचालक द्वारा निर्मित होती हैं, फिर भी ये दोनों (कलेक्टर तथा एमिटर) परस्पर परिवर्तनीय (inter-changeable) नहीं हैं।

ट्रांजिस्टर भी अर्द्धचालक डायोड की भाँति जंक्शन टाइप अथवा प्वॉइन्ट कॉन्टैक्ट टाइप दोनों प्रकार के हो सकते हैं।

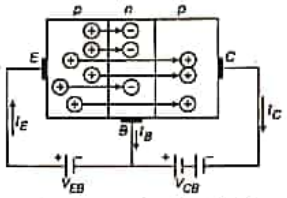
ट्रांजिस्टर में एमिटर, आवेश के स्रोत (source of charge) का कार्य करता है, जबकि कलेक्टर आवेश लेकर बाह्य परिपथ को देता है। इस प्रकार यदि ट्रांजिस्टर की तुलना डायोड से की जाये, तब एमिटर का कार्य कैथोड की भाँति, कलेक्टर का ऐनोड की भाँति तथा बेस का कार्य ग्रिड जैसा ही होगा।

इस प्रकार ट्रांजिस्टर में दो सन्धियाँ होती हैं

(i) एमिटर-बेस सन्धि (Emitter-base junction)

(ii) कलेक्टर-बेस सन्धि (Collector-base junction)

एमिटर-बेस सन्धि सदैव फॉरवर्ड बायस (forward bias) में तथा कलेक्टर-बेस सन्धि सदैव रिवर्स बायस (reverse bias) में संयोजित की जाती है। ये दोनों *p-n* सन्धियाँ है। सामान्य अवस्था में जब ट्रांजिस्टर को कोई बायस वोल्टेज नहीं दी जाती, तब दोनों *p-n* सन्धियों पर डिप्लीशन क्षेत्र (depletion zone) उत्पन्न हो जाता है।



चित्र 2.2 *p-n-p* ट्रांजिस्टर की कार्यप्रणाली

जब एक *p-n-p* ट्रांजिस्टर को चित्र 2.2 की भाँति बायस (bias) वोल्टेज दी जाती है, तब एमिटर-बेस जंक्शन पर डिप्लीशन क्षेत्र की चौड़ाई कम हो जाती है; क्योंकि यह जंक्शन (E-B जंक्शन) फॉरवर्ड बायस में संयोजित किया गया है।

इसके विपरीत कलेक्टर-बेस जंक्शन पर रिवर्स बायस के कारण डिप्लीशन क्षेत्र की चौड़ाई अधिक हो जाती है।

एमिटर-बेस जंक्शन पर फॉरवर्ड बायस होने के कारण तथा जंक्शन पर बैरियर पोटैन्शियल कम हो जाने के कारण एमिटर (*p*-टाइप) से होल्स (holes) E-B जंक्शन को पार कर बेस क्षेत्र में आ जाते हैं, परन्तु कलेक्टर-बेस जंक्शन रिवर्स बायस में होने के कारण कलेक्टर (*p*-टाइप) के होल्स C-B जंक्शन को पार कर बेस क्षेत्र में नहीं आ पाते।

एमिटर द्वारा बेस क्षेत्र में इन्जैक्ट किये गये होल्स (holes) में से अधिकांश बेस (*N*-अर्द्धचालक) में उपलब्ध मेजॉरिटी कैरियर इलेक्ट्रॉनों से पुनर्संयोग (recombine) करते हैं तथा शेष होल्स बेस-कलेक्टर जंक्शन से विसरित (diffuse) होकर कलेक्टर क्षेत्र (*p*-अर्द्धचालक) में आ जाते हैं। ये होल्स कलेक्टर द्वारा तुरन्त ग्रहण (accept) कर लिए जाते हैं; क्योंकि कलेक्टर पर ऋणात्मक (negative) बायस है।

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

एमिटर क्षेत्र से बेस क्षेत्र में आने वाले होल्स से बेस क्षेत्र के इलेक्ट्रॉन ही पुनर्संयोग करते है तथा इस क्रिया में लुप्त (consumed) हुए इलेक्ट्रॉन के बराबर (equivalent) इलेक्ट्रॉन, एमिटर बेस बैटरी V_{EB} द्वारा पुनः बेस परिपथ को दे दिये जाते हैं। इस प्रकार बेस धारा I_B प्रवाहित होती है।

जैसे ही बेस कलेक्टर जंक्शन से विसरित होकर एक होल (hole) कलेक्टर क्षेत्र में पहुँचता है, वैसे ही बैटरी V_{CB} (कलेक्टर बैटरी) द्वारा एक इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित (emit) होता है, जो होल को उदासीन कर देता है।

प्रत्येक होल के इस प्रकार बेस अथवा कलेक्टर क्षेत्र से पुनर्संयोग के कारण लुप्त होने पर एमिटर क्षेत्र में एक सहसंयोजी (covalent) बन्ध टूटता है तथा एक इलेक्ट्रॉन स्वतन्त्र होकर एमिटर से धनात्मक बैटरी V_{EB} में प्रवेश करता है। इलेक्ट्रॉन के एमिटर छोड़ने पर एक नया होल उत्पन्न हो जाता है और तुरन्त एमिटर-बेस जंक्शन की ओर चलता है। इस प्रकार यह क्रिया चलती रहती है।

p-n-p ट्रांजिस्टर में चालन (conduction) होल्स (holes) के द्वारा होता है, जबकि बाह्य परिपथ में चालन इलेक्ट्रॉन द्वारा होता है। कलेक्टर धारा, एमिटर धारा से सदा कम होती है। कलेक्टर धारा (I_C) में यह कमी उसी अनुपात में होती है जिस अनुपात में होल्स, बेस क्षेत्र में इलेक्ट्रॉन से मिलकर लुप्त होते हैं।

प्रश्न 3. धारा प्रवर्धन गुणांक (α) से आप क्या समझते हैं?

उत्तर **धारा प्रवर्धन गुणांक** Current Amplification Factor कलेक्टर धारा (I_C) एवं एमिटर धारा (I_E) का अनुपात एल्फा (α) द्वारा प्रकट किया जाता है जो परिपथ का धारा **प्रवर्धन गुणांक** (current amplification factor) कहलाता है। अतः

$$\text{धारा प्रवर्धन गुणांक } (\alpha) = \frac{I_C}{I_E}$$

तथा $$I_E = I_B + I_C$$

धारा प्रवर्धन गुणांक 'α' कभी भी 1 से अधिक नहीं हो सकता। कॉमर्शियल ट्रांजिस्टर में 'α' का मान 0.95 से 0.99 तक प्राप्त किया जा चुका है।

कलेक्टर परिपथ में रिवर्स बायस के कारण कोई भी धारा मेजॉरिटी कैरियर के कारण नहीं प्रवाहित होती, परन्तु जब एमिटर में कोई धारा प्रवेश करायी जाती है, तब एमिटर से बेस तथा बेस से कलेक्टर में विसरित हुए आवेशों के कारण कलेक्टर धारा (I_C) प्रवाहित होती है। जब एमिटर की बायसिंग शून्य होती है, तब कलेक्टर परिपथ में रिवर्स बायसिंग के कारण बहुत कम मात्रा में उत्क्रम धारा (reverse leakage current) प्रवाहित होती है।

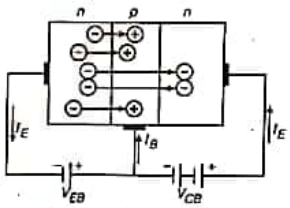
प्रायः एमिटर की बायसिंग वोल्टेज बहुत कम (0.1 से 0.5 V तक) होती है, परन्तु यह बहुत कम एमिटर बायस के एमिटर में काफी उच्च धारा प्रवाहित करा देती है; अतः एमिटर परिपथ का इनपुट पावर बहुत कम है। जैसा कि ऊपर पढ़ चुके हैं कि कलेक्टर धारा I_C लगभग एमिटर धारा I_E के तुल्य है एवं कलेक्टर परिपथ में वोल्टता भी काफी उच्च (लगभग 45 वोल्ट तक) हो सकती है। अतः कलेक्टर परिपथ की निर्गत शक्ति उच्च होती है। इस प्रकार कलेक्टर परिपथ में उच्च शक्ति का नियन्त्रण एमिटर में बहुत कम शक्ति द्वारा किया जा सकता है। इन कारणों से ट्रांजिस्टर प्रवर्धकों का शक्ति प्रवर्धन काफी अधिक (लगभग 1000) होता है।

प्रश्न 4. *n-p-n* ट्रांजिस्टर की कार्य प्रणाली का सचित्र वर्णन कीजिए।

अथवा **n-p-n ट्रांजिस्टर में धारा प्रवाह के मैकेनिज्म की विवेचना कीजिए।**

उत्तर ***n-p-n* ट्रांजिस्टर की कार्य प्रणाली** Working of *n-p-n* Transistor चित्र 2.3 में एक *n-p-n* ट्रांजिस्टर का बायसिंग परिपथ प्रदर्शित किया गया है। ध्यान देने योग्य बात है कि *n-p-n* ट्रांजिस्टर में बैटरी की ध्रुवताएँ (polarities) *p-n-p* ट्रांजिस्टर की तुलना में उलट दी गयी है जिससे एमिटर बेस सन्धि फॉरवर्ड बायस में तथा कलेक्टर बेस सन्धि रिवर्स बायस में सम्बन्धित हो गयी है।

एमिटर-बेस बैटरी V_{EB} के प्रभाव से एमिटर (N-material) के इलेक्ट्रॉन, जो मेजॉरिटी कैरियर है, एमिटर-बेस जंक्शन को पार कर बेस क्षेत्र में पहुँच जाते हैं। चूँकि बेस क्षेत्र को डोपिंग बहुत हल्की (light doping) की जाती है, अतः एमिटर से आने वाले इलेक्ट्रॉन में से कुछ बेस के विवरों से संयोग कर लुप्त हो जाते हैं। शेष इलेक्ट्रॉन बेस-कलेक्टर सन्धि से विसरित (diffuse) होकर कलेक्टर क्षेत्र में आ जाते हैं, जहाँ से ये कलेक्टर बैटरी V_{CB} द्वारा तुरन्त ग्रहण कर लिये जाते हैं।



चित्र 2.3 *n-p-n* ट्रांजिस्टर की कार्य-प्रणाली

कलेक्टर से बैटरी V_{CB} में जाने वाले इलेक्ट्रॉन के कारण ही कलेक्टर धारा I_C प्रवाहित होती है। एमिटर-बेस जंक्शन में धारा I_E कलेक्टर-बेस जंक्शन में प्रवाहित होने वाली धारा I_C की तुलना में अधिक होती है। बेस क्षेत्र की चौड़ाई बहुत कम होती है जिसके कारण एमिटर से बेस क्षेत्र में पहुँचने वाले इलेक्ट्रॉन में से अधिकांश कलेक्टर क्षेत्र में विसरित हो जाते हैं। इस प्रकार बेस क्षेत्र में होल्स से संयोग करने वाले इलेक्ट्रॉन की संख्या बहुत कम होती है, अतः बेस धारा I_B भी कम होती है।

उपरोक्त से स्पष्ट है कि

1. *p-n-p* ट्रांजिस्टरों में 'होल्स' (holes) मुख्य आवेश वाहक (charge carrier) हैं।
2. *n-p-n* ट्रांजिस्टर में 'इलेक्ट्रॉन' मुख्य आवेश वाहक है।
3. दोनों प्रकार (*p-n-p* तथा *n-p-n*) के ट्रांजिस्टरों में कलेक्टर धारा I_C, एमिटर धारा I_E की तुलना में कम है; क्योंकि बेस क्षेत्र में एमिटर से आने वाले इलेक्ट्रॉनों में से कुछ बेस क्षेत्र के होल्स से पुनर्संयोग (recombination) करते हैं जिससे कलेक्टर तक पहुँचने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या कम होती है।
4. कलेक्टर धारा एवं एमिटर धारा का अनुपात, धारा लाभ (current gain) कहलाता है।
5. दोनों प्रकार के ट्रांजिस्टर में,

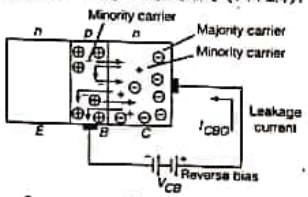
$$I_E = I_B + I_C$$

तथा $$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \quad \ldots(i)$$

अथवा $$I_C = \alpha I_E \quad \ldots(ii)$$

प्रश्न 5. ट्रांजिस्टर में क्षरण धारा को समझाइए। इस पर ताप का क्या प्रभाव पड़ता है?

उत्तर **ट्रांजिस्टर में क्षरण धारा** ट्रांजिस्टर में कलेक्टर-बेस जंक्शन रिवर्स बायस में संयोजित किया जाता है। C-B जंक्शन पर इस रिवर्स बायस के कारण जंक्शन में एक उत्क्रम धारा (reverse current) प्रवाहित होती है (चित्र 2.4)। यह धारा माइनॉरिटी कैरियर्स के C-B जंक्शन में विसरण के कारण बहती है।



चित्र 2.4 *n-p-n* ट्रांजिस्टर में क्षरण धारा (I_{CBO})

यह धारा I_{CBO} या I_{CO} द्वारा प्रदर्शित की जाती है। इसे क्षरण धारा (leakage current) कहते हैं। इसके अतिरिक्त ट्रांजिस्टर में E-B जंक्शन की फॉरवर्ड बायसिंग के कारण कलेक्टर धारा I_C प्रवाहित होती है जिसका मान αI_E है। इस प्रकार बायस्ड E-B जंक्शन वाले ट्रांजिस्टर के कलेक्टर क्षेत्र में दो धाराएँ प्रवाहित होती है, एक αI_E तथा दूसरी I_{CBO}।

अतः $I_C = \alpha I_E + I_{CO}$ ...(i)

यदि E-B जंक्शन पर कोई बायस नहीं है, तब $\alpha I_E = 0$ तथा C-B जंक्शन में रिवर्स बायस के कारण लीकेज धारा प्रवाहित होती रहेगी। अर्थात् जब $V_{EB} = 0$, तब समीकरण (i) से

$$I_C = I_{CO} \qquad (\because I_E = 0)$$

Scanned by CamScanner

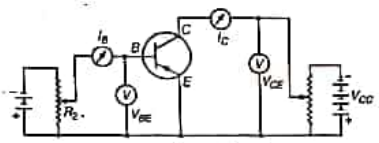
Scanned with CamScanner

ट्रांजिस्टर क्षरण धारा, I_{CBO} पर ताप का प्रभाव किसी ट्रांजिस्टर की क्षरण धारा I_{CBO} का आयाम, उस ट्रांजिस्टर के ताप पर आधारित होता है। ताप बढ़ने पर I_{CBO} का मान बढ़ता है तथा इसके विपरीत ताप कम होने पर, I_{CBO} का मान भी घटता है। उदाहरण के लिए, 2N708 एक सिलिकॉन ट्रांजिस्टर है जिसका 25°C पर $I_{CBO} = 0.025\,\mu A$ तथा 150°C पर $I_{CBO} = 15\,\mu A$ होता है अर्थात् 125°C ताप बढ़ने पर, I_{CBO} का मान लगभग 600 गुना बढ़ जाता है। ताप बढ़ने पर I_{CBO} के बढ़ने का कारण यह है कि ताप बढ़ने से अर्द्धचालक से कुछ सह-संयोजक बन्ध (covalent bonds) टूटने के कारण, बेस एवं कलेक्टर क्षेत्र में माइनॉरिटी कैरियर्स उत्पन्न हो जाते हैं तथा इन माइनॉरिटी कैरियर्स के प्रवाह से कलेक्टर-बेस परिपथ में क्षरण धारा I_{CBO} प्रवाहित होती है। अतः ताप बढ़ने के कारण इन माइनॉरिटी कैरियर्स के बढ़ने से I_{CBO} धारा का मान भी बढ़ता है।

प्रश्न 6. कॉमन एमिटर बन्ध को समझाइए तथा इसके इनपुट एवं आउटपुट अभिलक्षण लिखिए।

अथवा **Bipolar ट्रान्जिस्टर के CE विन्यास को खींचिये। इसके इनपुट एवं आउटपुट अभिलक्षणों को भी खींचिये तथा संक्षेप में उनकी व्याख्या कीजिए।**

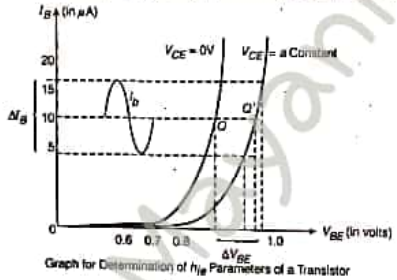
उत्तर कॉमन एमिटर बन्ध को भूसंपर्कित उत्सर्जक बन्ध भी कहते हैं। इसमें इनपुट टर्मिनल पर बेस तथा एमिटर होते हैं एवं आउटपुट टर्मिनल पर कलेक्टर तथा एमिटर होता है। इस प्रकार एमिटर टर्मिनल इनपुट तथा आउटपुट टर्मिनल में कॉमन होता है।



चित्र 2.5 (a) कॉमन एमिटर परिपथ

इसके इनपुट एवं आउटपुट अभिलक्षण निम्न हैं

1. **इनपुट अभिलक्षण** कलेक्टर-एमिटर वोल्टेज, $V_{CE} = 0\,V$ (स्थिर रख कर, बेस-एमिटर वोल्टेज (V_{BE}) में वृद्धि करते हुए, I_B धारा को शून्य से उचित व बराबर स्टेप में बढ़ाते हैं तथा प्रत्येक I_B के मान के लिए संगत V_{BE} वोल्टेज को नोट करते हैं। अब V_{CE} को कुछ उच्च मान पर नियत रखकर, उपरोक्त विधि को दोहराते हैं तथा रीडिंग के अनुसार, V_{BE} व I_B के मध्य वक्रों को खींचते हैं। चित्र 2.5 (b) में इनपुट अभिलक्षणों को प्रदर्शित किया गया है।



Graph for Determination of h_{ie} Parameters of a Transistor

चित्र 2.5 (b)

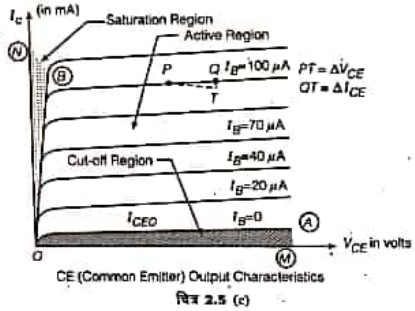
जब $V_{CE} = 0\,V$ है और एमिटर-बेस जंक्शन फारवर्ड में है तो यह फारवर्ड बायस्ड डायोड की भाँति कार्य करता है अतः इस अवस्था में इनपुट अभिलक्षण फारवर्ड बायस-डायोड के समान ही होते हैं। परन्तु V_{CE} में वृद्धि करने पर

कलेक्टर-बेस जंक्शन रिवर्स बायस में होता है जिससे बेस-कलेक्टर के मध्य डिप्लीशन क्षेत्र बढ़ जाता है, इसके फलस्वरूप बेस की प्रभावी चौड़ाई कम हो जाती है, जिससे I_B का मान कम हो जाता है। अतः I_B के मान को पहले वाले मान के बराबर करने के लिए V_{BE} के मान में वृद्धि करनी पड़ेगी; इसलिए इनपुट वक्र दाहिनी ओर (right side) स्थानान्तरित (shift) हो जाती है।

2. **आउटपुट अभिलक्षण** इसमें बेस धारा I_B को एक उचित नियत (constant) मान पर रखकर, V_{CE} के मान को शून्य से प्रारम्भ करके बराबर स्टेप में वृद्धि करते हुए संगत I_C मान को नोट करते हैं। इसी प्रकार कुछ भिन्न I_B के स्थिर मानों पर V_{CE} एवं संगत I_C के मान नोट करते हैं तथा अब I_B के विभिन्न स्थिर मानों के लिए I_C versus (vs) V_{CE} की वक्रों को खींचते हैं। आउटपुट अभिलक्षण को चित्र में 2.5 (c) में प्रदर्शित किया गया है।

आउटपुट अभिलक्षण में निम्न तीन क्षेत्र होते है

(i) **संतृप्त क्षेत्र** Saturation Region चित्र 2.5 (c) में OB व ON (Y-अक्ष) रेखाओं के मध्य का क्षेत्र, हैचेड (hatched) किया गया है को संतृप्त क्षेत्र तथा OB रेखा को संतृप्त रेखा (Saturation Line) कहते हैं। इस क्षेत्र में ट्रांजिस्टर के दोनों जंक्शन ($E-B$ एवं $B-C$ संधियाँ) लगभग समाप्त होने के कारण, V_{CE} में थोड़ा परिवर्तन भी I_C में अधिक परिवर्तन उत्पन्न करता है। इसमें ट्रांजिस्टर संतृप्त अवस्था में होता है अर्थात् ट्रांजिस्टर के एक्रॉस वोल्टेज $V_{CE} \equiv 0\,V$ होता है।



CE (Common Emitter) Output Characteristics

चित्र 2.5 (c)

(ii) **कट-ऑफ क्षेत्र** Cut off Region रेखा OA व OM (X-अक्ष) के मध्य का क्षेत्र, कट ऑफ क्षेत्र कहलाता है, इसे हैचेड रेखाओं द्वारा दिखाया गया है तथा $I_B = 0$ पर खींची गयी OA आउटपुट वक्र I_{CEO} है जिसे क्षरण धारा कहते हैं। I_{CEO} शब्द प्रदर्शित करता है

I_{CEO} : Collector to emitter leakage current with open base

इस क्षेत्र में ट्रांजिस्टर की दोनों संधियाँ रिवर्स बायस में होने के कारण, यह 'ऑफ' अवस्था में रहता है तथा पूर्ण प्रयुक्त वोल्टेज कलेक्टर-एमिटर के एक्रॉस होता है अर्थात् $V_{CE} \equiv V_{CC}$ होता है।

(iii) **सक्रिय क्षेत्र** Active Region OA व OB रेखाओं के मध्य का क्षेत्र, जो कि हैचेड नहीं है, ट्रांजिस्टर का सक्रिय क्षेत्र कहलाता है। इस क्षेत्र में सभी वक्र लगभग समानान्तर होते हैं। इस क्षेत्र में, एमिटर-बेस जंक्शन फारवर्ड बायस में तथा कलेक्टर बेस जंक्शन रिवर्स बायस में होते है। यदि ट्रांजिस्टर से रेखीय प्रवर्धन (linear amplification) प्राप्त करना हो तो ट्रांजिस्टर का संचालन इस क्षेत्र में करते है।

प्रश्न 7. निम्न में विभेद कीजिए

(i) I_{CBO} व $I_C **(ii) कैस्कोड व कैस्केड**

अथवा **लीकेज धारा I_{CBO} क्या होती है?**

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

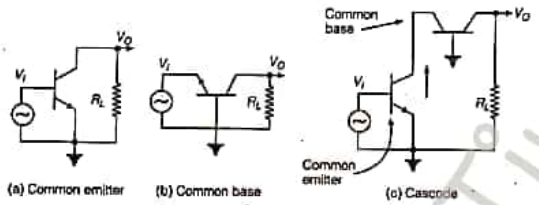
उत्तर (i) **क्षरण धारा I_{CBO}** Leakage Current I_{CBO} ट्रांजिस्टर में कलेक्टर-बेस जंक्शन रिवर्स बायस में संयोजित किया जाता है। C-B जंक्शन पर इस रिवर्स बायस के कारण जंक्शन में एक उत्क्रम धारा (reverse current) प्रवाहित होती है। यह धारा माइनॉरिटी कैरियर्स के C-B जंक्शन में विसरण के कारण बहती है। यह धारा I_{CBO} या I_{CO} द्वारा प्रदर्शित की जाती है। इसे क्षरण धारा (leakage current) भी कहते हैं।

इसके अतिरिक्त ट्रांजिस्टर में E-B जंक्शन की फॉरवर्ड बायसिंग के कारण कलेक्टर धारा I_C प्रवाहित होती है जिसका मान αI_E के बराबर होता है।

इस प्रकार बायस्ड E-B जंक्शन वाले ट्रांजिस्टर के कलेक्टर क्षेत्र में दो धाराएँ प्रवाहित होती हैं, एक αI_E तथा दूसरी I_{CBO}।

संग्राहक धारा I_C Collector current I_C ट्रांजिस्टर के अन्दर विद्युत धारा का प्रवाह कोटरों के उत्सर्जक से संग्राहक की ओर चलने के कारण होता है, प्रचालन के दौरान ट्रांजिस्टर के संग्राहक के टर्मिनल C से बाहर निकलने वाली धारा को संग्राहक धारा (collection current) I_C कहते हैं।

(ii) **कैस्कोड** Cascode कैस्कोड कम इनपुट इम्पीडेंस तथा उच्च बैण्डविड्थ वाले कॉमन बेस प्रवर्धक से प्राप्त होने वाले आउटपुट की कम लम्बि तथा उच्च इनपुट इम्पीडेंस वाले कॉमन ऐम्पियर ऐम्प्लीफायर के इनपुट के रूप में देकर उच्च बैण्डविड्थ का प्रवर्धक प्राप्त किया जाता है। अत: कैस्कोड प्रवर्धक कॉमन एमिटर तथा कॉमन बेस का संयुक्त परिपथ है।



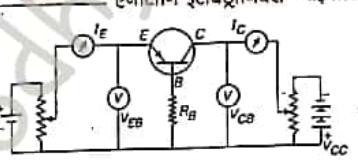
चित्र 2.6

कैस्केड Cascade कई ऐम्प्लीफायर को विभिन्न स्टेजों में जोड़ने के लिए हम कैस्केडिंग डिवाइस (Cascading device) का प्रयोग करते हैं जैसा चित्र 2.7 में दर्शाया गया है। एक स्टेज को ऐम्प्लीफायर की दूसरी स्टेज कैस्केडिंग डिवाइस के द्वारा जोड़ने की प्रक्रिया को कैस्केडिंग कहते हैं।

चित्र 2.7 मल्टीस्टेज ऐम्प्लीफायर कैस्केडिंग डिवाइस के साथ

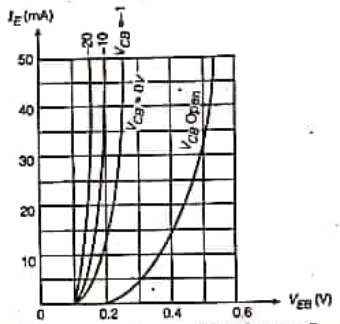
प्रश्न 8. कॉमन बेस बन्ध के इनपुट एवं आउटपुट अभिलक्षण समझाइए।

उत्तर **इनपुट अभिलक्षण** कॉमन बेस परिपथ में बेस टर्मिनल, आउटपुट तथा इनपुट दोनों में कॉमन होता है। चित्र 2.8 (a) में कॉमन बेस ट्रांजिस्टर के अभिलक्षण ज्ञात करने के लिये परिपथ प्रदर्शित किया गया है। परिपथ में p-n-p ट्रांजिस्टर प्रयुक्त किया गया है। इस प्रणाली में इनपुट, एमिटर एवं बेस के मध्य दी जाती है तथा आउटपुट, कलेक्टर एवं बेस टर्मिनल के मध्य प्राप्त होती है। इनपुट वोल्टेज V_{EE} तथा इनपुट धारा I_E है। V_{EE} तथा I_E के मध्य खींचे गये वक्र (स्थिर कलेक्टर वोल्टेज V_{CB} पर) इनपुट अभिलक्षण कहलाते हैं।



चित्र 2.8 (a) कॉमन बेस परिपथ

चित्र 2.8 (b) में कॉमन बेस परिपथ के इनपुट अभिलक्षण (input characteristics) प्रदर्शित किये गये हैं। इन अभिलक्षणों को प्राप्त करने के लिये आउटपुट साइड में V_{CB} को स्थिर रखा जाता है। इनपुट साइड में लगे परिवर्ती प्रतिरोध द्वारा V_{EB} को परिवर्तित कर I_E संगत मान नोट किये जाते हैं। चित्र 2.8 (a) से स्पष्ट है कि E-B जंक्शन फॉरवर्ड बायस में सम्बन्धित है तथा V_{EE} में परिवर्तन केवल E-B जंक्शन की फॉरवर्ड बायस में परिवर्तन करते हैं।



चित्र 2.8 (b) एक कॉमन बेस p-n-p ट्रांजिस्टर के इनपुट अभिलक्षण

इनपुट अभिलक्षण, वास्तव में विभिन्न कलेक्टर वोल्टेज पर E-B जंक्शन के फॉरवर्ड अभिलक्षण हैं। अभिलक्षणों से एक मुख्य तथ्य यह ज्ञात होता है कि V_{EB} का एक मान ऐसा है जिसके नीचे एमिटर धारा बहुत कम होती है। इस वोल्टेज को कट-इन (cut in) वोल्टेज कहते हैं। जर्मेनियम ट्रान्जिस्टर्स के लिये इसका मान 0.1 V तथा सिलिकॉन ट्रांजिस्टर के लिये 0.5V होता है।

आउटपुट अभिलक्षण कॉमन-बेस ट्रांजिस्टर में स्थिर एमिटर धारा I_E पर कलेक्टर-बेस वोल्टेज V_{CB} तथा कलेक्टर धारा I_C में सम्बन्ध 'आउटपुट अभिलक्षण' कहलाते हैं। यह अभिलक्षण चित्र 2.8 (a) में प्रदर्शित परिपथ से ज्ञात किये जा सकते हैं।

हम जानते हैं कि p-n-p ट्रांजिस्टर में एमिटर से बेस को इंजैक्ट किये गये होल्स (holes) में से अधिकांश कलेक्टर क्षेत्र में पहुँच जाते हैं। अत: I_C लगभग I_E के तुल्य होती है। आउटपुट अभिलक्षण खींचते समय I_E स्थिर रखी जाती है; अत: V_{CB} के परिवर्तन से I_C पर कोई विशेष प्रभाव नहीं होता ($\because I_C \approx I_E$)। चित्र 2.8 (c) में कॉमन बेस परिपथ के आउटपुट अभिलक्षण प्रदर्शित किये गये हैं। अभिलक्षणों से स्पष्ट है कि कलेक्टर धारा I_C का मान V_{CB} पर निर्भर नहीं करता।

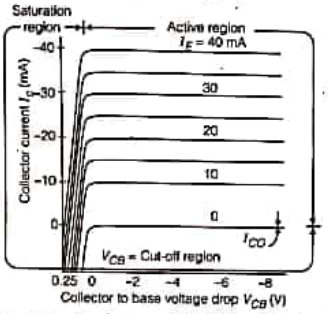
आउटपुट अभिलक्षणों के अग्र तीन भाग हैं

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

1. **सक्रिय क्षेत्र** Active Region जब इनपुट धारा I_E शून्य होती है अर्थात् E-B जंक्शन पर कोई बायस नहीं होती तब V_{CB}-I_C वक्र उत्क्रम सन्तृप्त धारा (reverse saturation current) I_{CO} को प्रदर्शित करता है। यह धारा C-B जंक्शन पर रिवर्स बायस होने के कारण प्रवाहित होती है। जब I_E का मान बढ़ाया जाता है, माना 10 mA, तब I_C जो I_E से कुछ ही कम होती है, कलेक्टर परिपथ में प्रवाहित होती है। इन दोनों धाराओं I_C तथा I_E के अन्तर के तुल्य बेस धारा I_B होती है, क्योंकि इन दोनों धाराओं के अन्तर के तुल्य होल्स (equivalent holes) बेस में लुप्त हो जाते हैं।

2. **संतृप्त क्षेत्र** Saturation Region वक्रों का $V_{CB} = 0$ से बायें वाला तथा $I_E = 0$ से ऊपर वाला भाग सैचुरेशन क्षेत्र कहलाता है। इस क्षेत्र में एमिटर तथा कलेक्टर जंक्शन दोनों फॉरवर्ड बायस्ड होते हैं; क्योंकि अभिलक्षण, $V_{CB} = 0$ से बायें साइड में हैं। इस क्षेत्र में व तब में V_{CB} कुछ पॉजिटिव होता है तथा इस फॉरवर्ड बायसिंग के कारण I_C कलेक्टर वोल्टेज में सूक्ष्म परिवर्तन होने पर बहुत अधिक बढ़ती है।



चित्र 2.8 (c) कॉमन बेस p-n-p ट्रांजिस्टर के आउटपुट अभिलक्षण

कट-ऑफ क्षेत्र Cut-off Region शून्य एमिटर धारा ($I_E = 0$) पर वक्र मूल बिन्दु से गुजरता है अन्यथा यह अन्य अभिलक्षणों के समान है। $I_E = 0$ से नीचे का भाग, जिसमें दोनों जंक्शन रिवर्स बायस्ड होते हैं, कट-ऑफ क्षेत्र कहलाता है।

चूँकि V_{CB} के परिवर्तन I_C पर कोई विशेष प्रभाव नहीं उत्पन्न करते; अतः कॉमन बेस परिपथ का गतिज निर्गत प्रतिरोध (dynamic output resistance) उच्च (लगभग 10 MΩ) होता है। चित्र 2.8 (c) से, ट्रांजिस्टर का गतिज निर्गत प्रतिरोध

$$r_o = \frac{\Delta V_{CB}}{\Delta I_C} \quad \text{(जब } I_E \text{ स्थिर है)}$$

तथा कॉमन बेस परिपथ का धारा प्रवर्धन गुणांक (current amplification factor)

$$\alpha = \frac{\text{निर्गत धारा}}{\text{निविष्ट धारा}}$$

या

$$\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E}$$

तथा

$$\alpha_{ac} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \quad \text{(जब } V_{CB} \text{ स्थिर है)}$$

प्रश्न 9. कॉमन बेस, कॉमन एमिटर तथा कॉमन कलेक्टर परिपथों की तुलनात्मक विवेचना कीजिए।

उत्तर **कॉमन बेस, कॉमन एमिटर तथा कॉमन कलेक्टर की तुलना**

कॉनफिगुरेशन (Configuration)	निविष्ट गतिज प्रतिरोध (Dynamic input resistance, r_i)	निर्गत गतिज प्रतिरोध (Dynamic output resistance, r_o)	धारा प्रवर्धन गुणांक (Current amplification factor)	वोल्टेज लाभ (Voltage gain)	क्षरण धारा (Leakage current)	उपयोग (Use)
कॉमन बेस कॉनफिगुरेशन (common base configuration)	निम्न (low) (लगभग 100 Ω)	बहुत अधिक (लगभग 450 kΩ)	$\alpha = 0.98$	लगभग 150	I_{CO} बहुत कम (लगभग 5 μA)	उच्च आवृति अनुप्रयोगों में
कॉमन एमिटर कॉनफिगुरेशन (common emitter configuration)	निम्न, परन्तु कॉमन बेस से अधिक (लगभग 750 Ω)	अधिक (लगभग 45 kΩ)	$\beta = 50$	लगभग 500	I_{CEO} कॉमन बेस से अधिक (लगभग 300 μA)	निम्न आवृति अनुप्रयोग जैसे ऑडियो ऐम्प्लीफायर
कॉमन कलेक्टर कॉनफिगुरेशन (common collector configuration)	बहुत उच्च (लगभग 750 kΩ)	निम्न (लगभग 50 Ω)	$\gamma = 1 + \beta$	1 से कम	कम	प्रतिबाधा मैचिंग एवं बफर स्टेज

प्रश्न 10. क्षरण धारा I_{CEO} तथा I_{CBO} में सम्बन्ध स्थापित कीजिए।

उत्तर हम जानते है कि Common-Emitter में,

$$I_B = 0 \text{ तथा } I_C = I_{CEO}$$

हम जानते है कि Common-Base में,

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

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

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

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

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

कॉमन एमिटर कॉनफिगुरेशन के लिए

$$I_B = 0 \text{ और } I_C = I_{CEO}$$

I_B तथा I_C का मान समी० (ii) में रखने पर,

$$I_{CEO} = 0 + \frac{I_{CBO}}{1-\alpha}$$

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

अतः

$$I_{CEO} \gg I_{CO}$$

प्रश्न 11. Bipolar ट्रांजिस्टर के CE विन्यास के लिये निम्नलिखित सम्बन्ध की उत्पत्ति कीजिए

$$\alpha_{dc} = \frac{\beta_{dc}}{1 + \beta_{dc}}$$

उत्तर **α_{dc} तथा β_{dc} के बीच सम्बन्ध** Relation between α_{dc} and β_{dc}

हम जानते है कि

$$I_E = I_C + I_B \quad \text{...(i)}$$

Scanned by CamScanner
Scanned with CamScanner

समीकरण (i) को I_C से भाग देने पर

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

$$\frac{I_E}{I_C} = 1 + \frac{I_B}{I_C} \quad \ldots(ii)$$

हम जानते है कि

$$\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B} \quad \Rightarrow \frac{1}{\beta_{dc}} = \frac{I_B}{I_C}$$

तथा $$\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E} \quad \Rightarrow \frac{1}{\alpha_{dc}} = \frac{I_E}{I_C}$$

ऊपर दिये गये α_{dc} तथा β_{dc} के मान को समीकरण (ii) में रखने पर,

$$\frac{1}{\alpha_{dc}} = 1 + \frac{1}{\beta_{dc}}$$

$$\frac{1}{\alpha_{dc}} = \frac{\beta_{dc} + 1}{\beta_{dc}}$$

$$\beta_{dc} = \alpha_{dc}(\beta_{dc} + 1)$$

$$\alpha_{dc} = \frac{\beta_{dc}}{1 + \beta_{dc}}$$

प्रश्न 12. α, β तथा γ में सम्बन्ध स्थापित कीजिए तथा परिभाषित कीजिए।
अथवा **ट्रांजिस्टर के α व β में व्यंजक निगमित कीजिए।**
अथवा **α तथा β में सम्बन्ध स्थापित कीजिए।**

उत्तर हम जानते है कि,

$$I_E = I_B + I_C \quad \text{या} \quad \frac{I_E}{I_B} = 1 + \frac{I_C}{I_B}$$

अत: $$\gamma = 1 + \beta$$

हम जानते है,

$$I_E = I_B + I_C \quad \text{या} \quad 1 = \frac{I_B}{I_E} + \frac{I_C}{I_E}$$

$$\Rightarrow \quad 1 = \frac{1}{\gamma} + \alpha \quad \Rightarrow \quad 1 - \alpha = \frac{1}{\gamma}$$

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

हम जानते है,

$$I_E = I_B + I_C \quad \text{या} \quad \frac{I_E}{I_C} = \frac{I_B}{I_C} + 1$$

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\beta} + 1 \quad \text{या} \quad \frac{1}{\alpha} - 1 = \frac{1}{\beta}$$

$$\frac{1-\alpha}{\alpha} = \frac{1}{\beta} \quad \text{या} \quad \beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

या $$\frac{1}{\alpha} = \frac{1+\beta}{\beta} \quad \text{या} \quad \alpha = \frac{\beta}{1+\beta}$$

धारा प्रवर्धन गुणांक (α) कलेक्टर धारा (I_C) एवं एमिटर धारा (I_E) का अनुपात (α) एल्फा द्वारा प्रकट किया जाता है जो परिपथ का धारा प्रवर्धन गुणांक कहलाता है।

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

इसका मान कभी भी 1 से अधिक नहीं हो सकता। कॉमर्शियली ट्रांजिस्टर में α का मान 0.95 से 0.99 तक होता है।

आधार संग्राहक धारा प्रवर्धन गुणांक (β) यह संग्राहक धारा तथा बेस धारा का अनुपात होता है जिसे आधार संग्राहक धारा प्रवर्धन गुणांक कहते है।

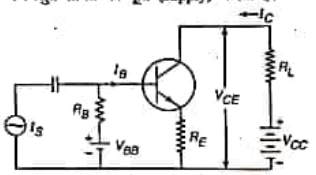
$$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

एमिटर इन्जेक्शन दक्षता (γ) यह एमिटर धारा तथा बेस धारा का अनुपात होता है, इसे γ से प्रदर्शित करते हैं। इसका मान भी 1 से अधिक नहीं होता है।

$$\gamma = \frac{I_E}{I_B}$$

प्रश्न 13. ट्रांजिस्टर ऐम्प्लीफायर में D.C. भार रेखा की अवधारणा को समझाइए। अभिलक्षण वक्रों पर इसे कैसे खींचेंगे?

उत्तर **डी०सी० भार रेखा** चित्र 2.9 (a) में एक कॉमन एमिटर प्रवर्धक का परिपथ प्रदर्शित किया गया है। परिपथ में V_{BB} बेस बायस बैटरी है। प्रतिरोध R_B तथा बैटरी V_{BB} इस प्रकार समायोजित किये जाते हैं कि बेस-एमिटर जंक्शन फॉरवर्ड बायस में रहे। परिपथ के आउटपुट साइड (कलेक्टर परिपथ) में लोड-प्रतिरोध R_L तथा बैटरी V_{CC} संयोजित है। बैटरी V_{CC}, कलेक्टर परिपथ में विद्युत शक्ति की पूर्ति (supply) करती है।



चित्र 2.9 (a) ट्रांजिस्टर, प्रवर्धक के रूप में

इनपुट सिगनल बेस एवं एमिटर के मध्य प्रयुक्त किया जाता है। परिपथ में सिगनल स्रोत (signal source) I_S डॉटिड (dotted) दिखाया गया है। आवश्यकता होने पर प्रवर्धक को सिगनल दिया जा सकता है। जब प्रवर्धक को कोई सिगनल नहीं दिया जाता, तब कलेक्टर परिपथ में डी०सी० धारा I_C प्रवाहित होती है। चित्र 2.9 (a) से कलेक्टर परिपथ में,

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

या $$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_L \quad \ldots(i)$$

समीकरण (i) कलेक्टर-एमिटर वोल्टेज V_{CE} तथा कलेक्टर धारा I_C में सम्बन्ध प्रदर्शित करती है।

चित्र 2.9 (b) में एक कॉमन एमिटर प्रवर्धन के कलेक्टर अभिलक्षण (आउटपुट अभिलक्षण, $V_{CE} - I_C$ वक्र) प्रदर्शित किये गये हैं। समीकरण (i) में,

यदि, $I_C = 0$, तब $\quad V_{CE} = V_{CC}$

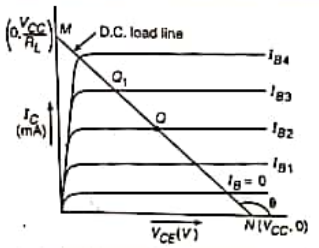
यदि $V_{CE} = 0$, तब $\quad I_C = \frac{V_{CC}}{R_L}$

अत: ये दो बिन्दु $(V_{CC}, 0)$ तथा $\left(0, \frac{V_{CC}}{R_L}\right)$ समीकरण (i) को सन्तुष्ट करते हैं।

Mayank Tiwari Ayodhya

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner



चित्र 2.9 (b) लोड लाइन, लाइन का स्लोप $\tan\theta = -\frac{1}{R_L}$

इन दोनों बिन्दुओं से गुजरने वाली रेखा लोड लाइन कहलाती है। ये दोनों बिन्दु $(V_{CC}, 0)$ तथा $\left(0, \frac{V_{CC}}{R_L}\right)$ प्रवर्धक के कलेक्टर अभिलक्षण चित्र 2.9 (b) में बिन्दु अंकित किये गये हैं। इन बिन्दुओं को मिलाने वाली रेखा MN डी०सी० लोड लाइन (D.C. load line) कहलाती है।

भार लाइन का उपयोग कॉमन एमिटर प्रवर्धक के विश्लेषण के लिए शान्त प्रचालन स्थिति (quiescent condition) में (अर्थात् जब प्रवर्धक को कोई इनपुट सिग्नल न दिया गया हो) कलेक्टर धारा I_C तथा कलेक्टर वोल्टेज V_{CE} का मान ज्ञात होना आवश्यक है। ये मान लोड लाइन द्वारा सरलता से ज्ञात किये जा सकते हैं। इस विधि में R_L तथा V_{CC} के ज्ञात मान पर, कलेक्टर अभिलक्षण पर दो बिन्दु $(V_{CC}, 0)$ तथा $\left(0, \frac{V_{CC}}{R_L}\right)$ प्लाट किये जाते हैं जिससे लोड लाइन तथा प्रचालन बिन्दु प्राप्त होता है। प्रचालन बिन्दु Q से किसी विशेष (particular) बेस धारा पर I_C तथा V_{CE} का मान शून्य सिगनल स्थिति (zero signal condition) में ज्ञात किया जा सकता है।

प्रश्न 14. एक ट्रांजिस्टर में धारा लाभ β का मान 60 है। यह कॉमन बेस पद्धति में संयोजित है। स्थिर कलेक्टर वोल्टेज पर यदि एमिटर में 2 mA a.c. धारा प्रवाहित हो रही हो, तब a.c. कलेक्टर धारा का मान क्या होगा?

हल हम जानते हैं कि

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

अतः $60 = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ या $\alpha = \frac{60}{61}$

परन्तु,

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

∴

$$\Delta I_C = \alpha \times \Delta I_E = \frac{60}{61} \times 2 \text{ mA}$$

$$= 1.967 \text{ mA}$$

प्रश्न 15. एक CE प्रवर्धक के कलेक्टर परिपथ में लोड प्रतिरोध का मान 4 kΩ है तथा $V_{CC} = 12$ V है। यदि शून्य सिगनल पर बेस धारा 20 μA तथा β = 100 है, तब प्रचालन बिन्दु की स्थिति ज्ञात कीजिए।

हल ज्ञात है,

$I_B = 20 \times 10^{-6}$ amp, $\beta = 100$

$R_L = 4$ kΩ $V_{CC} = 10$ V

शून्य सिगनल पर कलेक्टर धारा

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 20 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-3} \text{ amp}$$

तथा

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_L = 12 - 2 \times 10^{-3} \times 4 \times 10^3 = 4 \text{ volt}$$

अतः प्रचालन बिन्दु के निर्देशांक

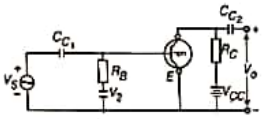
$I_C = 2$ mA तथा $V_{CE} = 4$ V

प्रश्न 16. ट्रांजिस्टर को प्रवर्द्धक (amplifier) के रूप में कैसे प्रयुक्त (use) करोगे? समझाइए। परिपथ आरेख दीजिये। दिष्ट धारा भार रेखा तथा प्रचालन बिन्दु को समझाइए।

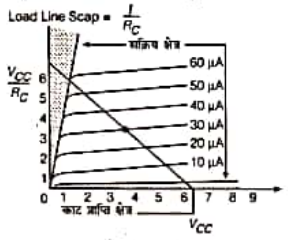
अथवा **BJT सिगनल को एम्प्लीफाई कैसे करता है? व्याख्या कीजिये। CE विन्यास में D.C. लोड लाइन की समीकरण भी लिखिए।**

उत्तर ट्रांजिस्टर प्रवर्धक का उभयनिष्ठ परिपथ संलग्न चित्र 2.10(a) में दर्शाया गया है, यहाँ पर *n-p-n* ट्रांजिस्टर प्रयोग किया गया है। इस परिपथ आरेख में बैटरी V_{BB} उत्सर्जक सन्धि को मध्यम अग्र अभिनति (forward bias) तथा बैटरी V_{CC} संग्राहक सन्धि का उच्च उत्क्रम अभिनति (inverse bias) प्रदान करती है। प्रतिरोध R_B base धारा को किसी निश्चित दिये गये मान तक सीमित रखता है। प्रतिरोध R_L संग्राहक परिपथ में लोड का कार्य करता है जिसके सिरों पर प्रवर्धित A.C. signal (प्रवर्धित आउटपुट). V_O प्राप्त करता है। जिस A.C. Input signal को प्रवर्धित करना होता है, उसे युग्मन धारिता (coupling capacitance) C_1 के द्वारा बेस पर लगाया जाता है। धारिता केवल A.C. भाग को हो पास करती है तथा D.C. भाग को रोक देती है। इस प्रकार युग्मन धारिता C_{C_2} आउट-पुट टर्मिनल पर D.C. को जाने से रोकती है। आउटपुट टर्मिनल (output terminal) पर केवल A.C. ही पहुँचती है। इस प्रकार D.C. बेस धारा C_1 से न जाकर प्रतिरोध R_B से प्रवाहित होती है। इस प्रकार लोड R_L पर केवल प्रवर्धित A.C. signal ही प्राप्त होता है।

चित्र 2.10 (a)



चित्र 2.10 (b)



चित्र 2.10 (b) में एक उभयनिष्ठ उत्सर्जक ट्रांजिस्टर का निर्गत अभिलाक्षणिक (output characteristics of common emitter transistor) दर्शाया गया है। निर्गत अभिलाक्षणिक खींचने के लिए उत्सर्जक संग्राहक वोल्टज (V_{CE}) तथा संग्राहक धारा (I_C) के बीच ग्राफ खींचना होता है। इसकी सहायता से बेस धारा (I_B) का मान नियत कर लेते हैं। निर्गत परिपथ में R_2 की सहायता से उत्सर्जक संग्राहक वोल्टेज V_{CE} का मान voltmeter (V) से संगत संग्राहक धारा (I_C) का मान (mA) पढ़ लेते हैं। अब V_{CE} को बदलते जाते हैं तथा इससे प्रत्येक मान के लिये I_C का मान ज्ञात करते जाते हैं और V_{CE} तथा I_C के बीच ग्राफ खींच लेते हैं। इसी ग्राफ को निर्गत अभिलक्षण (output characteristic) कहते हैं।

माना कि प्रवर्धक परिपथ के इनपुट (Input) में कोई सिगनल (signal) नहीं लगा है। परिपथ की इस अवस्था को शान्त अवस्था (quiscent) कहते हैं। इस अवस्था को चित्र 2.10 (b) में दर्शाया गया है। बैटरी V_{CC} द्वारा लोड प्रतिरोध (load resistance) R_C तथा ट्रांजिस्टर में धारा I_C प्रवाहित होती है जिसके कारण R_C सिरों पर एक विभवपात (voltage drop) हो जाता है।

विभवपात $I_C R_C$ की ध्रुवता चित्र 2.10 (b) में दर्शायी गयी है। क्षेत्र विभव ट्रांजिस्टर के सिरों पर लगा होता है जिसे V_{CE} से प्रदर्शित करते हैं।

अब किरचॉफ का नियम (Kirchhoff's law) लगाने पर,

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

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

या $$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C}$$

या $$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C} - \frac{V_{CE}}{R_C} \quad ...(i)$$

यह समीकरण $y = mx + C$ के प्रकार की है जो सरल रेखा का समीकरण है जिसका ढाल (slope), m है। यदि ट्रांजिस्टर के आउटपुट अभिलक्षण वक्रों (I_C तथा V_{CE} के बीच वक्र) पर इस समीकरण का ग्राफ खींचे तो यह सरल रेखा होगी तथा इसका ढाल,

$$m = -\frac{1}{R_C}$$

तथा I_C अक्ष पर कटा अंत:खण्ड, $$C = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

यही प्रदर्शित सरल रेखा D.C. load रेखा है। D.C. load लाइन खींचने के लिये एक बिन्दु V_{CE} अक्ष तथा एक बिन्दु I_C अक्ष पर ज्ञात करते हैं। इन्हीं प्राप्त बिन्दुओं को मिलाने पर D.C. load लाइन प्राप्त हो जाती है।

V_{CE} अक्ष के लिये I_C शून्य होती है तथा I_C अक्ष के बिन्दु के लिये V_{CE} शून्य होती है; अत: समीकरण (i) में मान रखने पर,

$$V_{CE} = V_{CC} \quad [\text{जब } I_C = 0 \text{ है}]$$

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

इस प्रकार लोड लाइन की सहायता से निम्नलिखित ट्रांजिस्टर लब्धि (gain) प्राप्त कर सकते हैं—(उभयनिष्ठ उत्सर्जक ट्रांजिस्टर प्रवर्धक के लिये लब्धि)

(i) **धारा लब्धि या लाभ** Current Gain

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_E} \quad [\text{जहाँ } V_{CE} \text{ स्थिर (constant) होती है}]$$

या $$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

(ii) **वोल्टेज लब्धि या लाभ** Voltage Gain

इस प्रबन्ध में वोल्टेज लब्धि या लाभ (gain) $= \frac{\text{आउटपुट वोल्टेज (output voltage)}}{\text{इनपुट वोल्टेज (input voltage)}}$

$$= \frac{\text{आउटपुट धारा} \times \text{आउटपुट प्रतिरोध (output power)}}{\text{इनपुट धारा} \times \text{इनपुट प्रतिरोध (input voltage)}}$$

$$= \frac{I_C \times R_C}{I_B \times R_E} = \frac{\beta \times R_C}{R_B}$$

(iii) **शक्ति लब्धि या लाभ** Power Gain

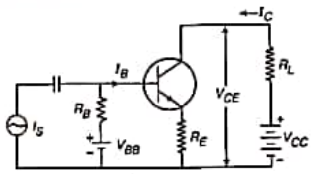
इस प्रबन्ध में वोल्टेज लब्धि या लाभ (gain) $= \frac{\text{आउटपुट शक्ति (output power)}}{\text{इनपुट शक्ति (input power)}}$

$$= \frac{P_{(out)}}{P_{(in)}} = \frac{V_C \times I_C}{V_B \times I_B}$$

= वोल्टेज लाभ (voltage gain) × धारा लाभ (current gain)

इसी प्रकार शक्ति लब्धि या लाभ $= \frac{I_C^2 \times R_C}{I_B^2 \times R_B} = \frac{\beta^2 \times R_C}{R_B}$

प्रश्न 17. चित्र 2.11 के कॉमन एमिटर परिपथ में भार प्रतिरोध 1 k Ω तथा बेस अभिनति प्रतिरोध 100 k Ω है। यदि कलेक्टर एवं बेस, दोनों शक्ति स्रोत (power supplies) 10 वोल्ट के हों, तब प्रचालन बिन्दु की स्थिति ज्ञात कीजिए।



चित्र 2.11

हल $R_L = 1000\ \Omega$ $V_{CC} = 10$ वोल्ट

$R_B = 100\ \text{k}\Omega$ $V_{BB} = 10$ वोल्ट

लोड लाइन खींचने के लिए बिन्दु M तथा N की स्थिति निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती है

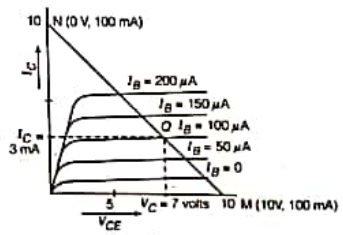
जब $I_C = 0$, तब $V_C = V_{CC} = 10$ V अर्थात् कलेक्टर वोल्टेज का मान 10 वोल्ट होने पर I_C कट-ऑफ हो जायेगी। इसी प्रकार जब,

$V_C = 0$

तब, $$I_C = \frac{V_{CC}}{R_L} = \frac{10}{10^3} = 10\ \text{mA}$$

अत: बिन्दु M तथा N के निर्देशांक (co-ordinates) क्रमश: (10 V, 0 mA) तथा (0 volt, 10 mA) होंगे।

चित्र 2.12 में कलेक्टर अभिलक्षणों पर लोड लाइन MN प्रदर्शित की गयी है। इनपुट परिपथ में बेस धारा, गणना से ज्ञात की जा सकती है।



चित्र 2.12

$$I_B = \frac{V_{BB}}{R_B} = \frac{10}{100 \times 10^3} = 100\ \mu A$$

इस प्रकार 100 μ A बेस धारा पर अभिलक्षण वक्र एवं लोड लाइन MN का कटान बिन्दु Q, प्रचालन बिन्दु होगा। इस बिन्दु के निर्देशांक (7volt, 3mA) हैं।

इस अवस्था में Q बिन्दु के निर्देशांक के आधार पर,

$V_{CE} = 7$ volt

तथा $I_C = 3$ mA

प्रश्न 18. एक ट्रांजिस्टर में $\beta = 100$ तथा $I_{CO} = 5\mu$ A है। यदि ट्रांजिस्टर कॉमन एमिटर विधि से संयोजित है तथा $R_2 = 0$ एवं $I_C = 1$ mA, तब α, I_{CEO}, I_B तथा I_E का मान ज्ञात कीजिए।

हल हम जानते है कि $$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta} = \frac{100}{1+100} = \frac{100}{101} = 0.99$$

$$I_{CEO} = (1+\beta) I_{CBO}$$

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

$$= (1 + 100)\, 5 \times 10^{-6} = \mathbf{505\ \mu A}$$

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

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

$$\Rightarrow \quad I_B = \frac{I_C - I_{CEO}}{\beta} = \frac{1000\ \mu A - 505\ \mu A}{100} = \frac{495}{100}\ \mu A = 4.95\ \mu A$$

$$I_E = I_B + I_C$$

$$= 4.95\ \mu A + 1000\ \mu A = 1004.95\ \mu A$$

$$= \mathbf{1.00495\ \mu A}$$

प्रश्न 19. एक कॉमन एमिटर p-n-p ट्रांजिस्टर में $\beta = 135$ है। I_{CO} का मान 10 μA है। यदि एमिटर धारा 50 mA हो, तब I_B तथा I_C का मान ज्ञात कीजिए।

हल

$$I_{CEO} = (1 + \beta)\, I_{CO} = (1 + 135)\, 10\ \mu A = 1350\ \mu A$$

$$= 1.35\ mA$$

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

$$I_C = 135\, I_B + 1.35\ mA$$

$$\Rightarrow \quad I_C - 135\, I_B = 1.35\ mA \qquad \ldots(i)$$

$$I_B + I_C = 50\ mA \qquad \ldots(ii)$$

समीकरण (ii) से (i) को घटाने पर,

$$I_B + I_C = 50\ mA$$

$$\underline{-135\, I_B + I_C = 1.35\ mA}$$

$$136 I_B = 48.65\ mA$$

$$I_B = \frac{48.65}{136} = 0.357\ mA$$

$$I_C = 50\ mA - I_B = 50\ mA - 0.357\ mA = \mathbf{49.64\ mA}$$

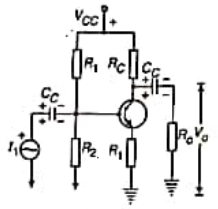
प्रश्न 20. एकल अवस्था CE प्रवर्द्धक का परिपथ आरेख बनाइए। धारा तथा वोल्टेज लब्धियों की गणना कैसे करते हैं?

अथवा **एकल स्टेज प्रवर्धक (CE) परिपथ का धारा लाभ व वोल्टता लाभ की गणना कीजिए। इसके लिए AC लोड लाइन का प्रयोग कीजिए।**

उत्तर **एकल चरण ट्रांजिस्टर प्रवर्द्धक** Single-stage Transistor Amplifier चित्र 2.13 में विभव विभाजक बायस परिपथ दिखाया गया है जिसको सभी प्रकार के प्रवर्धकों में प्रयोग किया जाता है; क्योंकि इसकी रचना बहुत सरल है तथा इससे प्रचालन बिन्दु का स्थायीकरण भी बहुत अच्छा होता है। यदि इस परिपथ में ए०सी० वोल्टेज को प्रवर्धित करना होता है तो परिपथ में कुछ अन्य घटक (components) भी लगाने पड़ते हैं।

संधारित्र C_C को युग्मन संधारित्र (coupling capacitors) कहते हैं। युग्मन संधारित्र से ए०सी० सिगनल तो प्रवाहित हो जाती है, किन्तु यह डी०सी० वोल्टेज को रोक देता है। अत: ये अवरोधी संधारित्र (blocking condenser) कहलाते हैं। संग्राहक तथा आउटपुट के मध्य जुड़ा संधारित्र C_C प्रतिरोध के R_o सिरो पर उत्पन्न आउटपुट वोल्टेज को संग्राहक के डी०सी० वोल्टेज से मुक्त रखता है।

संधारित्र C_E को उपमार्गी (Bypass) संधारित्र कहते हैं। इस संधारित्र C_E में से सभी ए०सी० धाराएँ उत्सर्जक से ग्राउण्ड में चली जाती हैं। यदि यह संधारित्र C_E परिपथ में न लगा हो तो प्रतिरोध R_E के सिरों पर उत्पन्न हुआ ए०सी० वोल्टेज इनपुट ए०सी० वोल्टेज को प्रभावित करेगा। ए०सी० सिग्नल के ऐसे पुन:निविष्ट (feedback) को संधारित्र C_E समाप्त कर देता है। यदि संधारित्र C_E निम्न आवृत्तियों के सिगनल को उपमार्गी करता है तो यह उच्च आवृत्तियों के सिगनल का भी बाइपास करेगा। अत: हम संधारित्र C_E ऐसा लेते हैं जिसकी इनपुट सिगनल की निम्नतम आवृत्तियों के लिये प्रतिघात (impedance) प्रतिरोध R_E की तुलना में कम हो अर्थात् संधारित्र C_E की प्रतिघात $X_{CE} \geq R_E/10$.



चित्र 2.13

प्रतिरोध R_o आउटपुट का कुल प्रतिरोध प्रदर्शित करता है। प्रथम चरण के प्रवर्धक से इनपुट सिगनल का प्रवर्धन काफी नहीं होता है; अत: प्रवर्धकों के कई चरण प्रयोग में लाये जाते हैं। उस स्थिति में प्रतिरोध R_o द्वितीय चरण के लिये इनपुट प्रतिरोध होगा। प्रवर्धन ने इनपुट सिगनल को कितना प्रवर्धित किया है, इसको वोल्टेज लाभ (voltage gain) पद से व्यक्त करते हैं।

किसी प्रवर्धक का वोल्टेज लाभ, $A_v = \dfrac{\text{आउटपुट ए०सी० वोल्टेज}}{\text{इनपुट ए०सी० वोल्टेज}} = \dfrac{V_o}{V_i}$

प्रश्न 21. एक ट्रांजिस्टर में $I_E = 5$ mA, $I_C = 4.95$ mA, $I_{CEO} = 200\ \mu$ A है तो β तथा क्षरण धारा (I_{CBO}) ज्ञात कीजिए।

हल

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

$$= \frac{4.95\ mA}{5\ mA - 4.95\ mA} = \mathbf{99}$$

$$I_{CEO} = (1 + \beta)\, I_{CBO}$$

$$I_{CBO} = \frac{I_{CEO}}{1 + \beta} = \frac{200\ \mu A}{100} = \mathbf{2\ \mu A}$$

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

3 ट्रांजिस्टर बायसिंग तथा स्थिरीकरण
Transistor Biasing and Stabilisation

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. स्थिरता गुणांक से आप क्या समझते है?

उत्तर स्थिरता गुणांक, कलेक्टर धारा 'I_C' के सूक्ष्म परिवर्तन एवं कलेक्टर-बेस जंक्शन में प्रवाहित क्षरण धारा 'I_{CO}' के सूक्ष्म परिवर्तन के अनुपात के तुल्य होता है।

प्रश्न 2. स्थिर बायस परिपथ के कोई दो लाभ लिखिए।

उत्तर स्थिर बायस परिपथ के निम्नलिखित लाभ हैं

1. परिपथ सरल होता है; क्योंकि इसमें केवल एक प्रतिरोध की आवश्यकता होती है।
2. गणना (calculations) सुगम होती है।

प्रश्न 3. Clipping का अर्थ क्या है?

उत्तर Clipping का अर्थ है कि किसी विशेष अर्द्ध-चक्र में धारा अपने अधिकतम मान को प्राप्त नहीं करती है।

प्रश्न 4. कलेक्टर बेस बायसिंग के लाभ लिखिए।

उत्तर 1. यह विधि सरल है तथा इसमें केवल एक प्रतिरोध R_B की आवश्यकता होती है।
2. यह परिपथ प्रचालन बिन्दु को कुछ स्थिरता प्रदान करता है। इस परिपथ की ऊष्मीय स्थिरता, स्थिर बायस परिपथ की तुलना में अच्छी है।

रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए

1. ..... की स्थिति, ट्रांजिस्टर की बायसिंग में प्रयुक्त कम्पोनेन्ट्स पर निर्भर करती है। (प्रचालन बिन्दु)
2. प्रचालन बिन्दु स्थिर अवस्था में ..... परिपथ की परिस्थिति प्रकट करता है। (ट्रांजिस्टर)
3. प्रचालन बिन्दु के शिफ्ट होने का एक मुख्य कारण ..... है। (तापक्रम परिवर्तन)
4. विभिन्न ट्रांजिस्टर परिपथों की स्थिरता की तुलना ..... द्वारा की जाती है। ('स्थिरता गुणांक' S)
5. I_{CBO} में वृद्धि होने से ..... में भी वृद्धि होती है। (I_C)

सत्य / असत्य

1. तापक्रम में वृद्धि होने से क्षरण धारा में वृद्धि होती है। (सत्य)
2. एक अच्छे बायसिंग परिपथ में तापक्रम परिवर्तन का कलेक्टर धारा पर कोई प्रभाव नहीं होता। (सत्य)
3. एमिटर प्रतिरोध को बाईपास करने से स्थिरता में सुधार होता है। (असत्य)
4. p-n-p ट्रांजिस्टर के कलेक्टर पर बेस की तुलना में धनात्मक वोल्टेज दी जाती है। (असत्य)
5. रिवर्स बायस अधिक होने पर थर्मल रन-अवे की प्रक्रिया होती है। (असत्य)
6. प्रचालन बिन्दु के शिफ्ट होने का एक मुख्य कारण तापक्रम परिवर्तन है। (सत्य)

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. स्थिरता गुणांक से आप क्या समझते है? ट्रांजिस्टर बायसिंग में प्रचालन बिन्दु के शिफ्ट होने के कारण बताइए।

उत्तर **स्थिरता गुणांक** Stability Factor विभिन्न ट्रांजिस्टर परिपथों की स्थिरता की तुलना 'स्थिरता गुणांक' S द्वारा की जाती है। स्थिरता गुणांक 'S' की परिभाषा निम्न है

$$S = \frac{\delta I_C}{\delta I_{CO}} \qquad ...(i)$$

अर्थात् स्थिरता गुणांक, कलेक्टर धारा I_C के सूक्ष्म परिवर्तन एवं कलेक्टर-बेस जंक्शन में प्रवाहित क्षरण धारा I_{CO} के सूक्ष्म परिवर्तन के अनुपात के तुल्य है। S का मान विभिन्न परिपथों के लिए भिन्न-भिन्न होता है। समीकरण (i) के अनुसार, S का मान 1 से कम नहीं हो सकता; क्योंकि δI_C सदैव δI_{CO} से अधिक होगी, परन्तु S का मान जितना भी निम्न होगा, परिपथ में भी उतनी ही अधिक ऊष्मीय स्थिरता (thermal stability) होगी।

प्रचालन बिन्दु शिफ्ट होने के कारण Factors which Cause Shift of the Operating Point प्रचालन बिन्दु के शिफ्ट होने के निम्न कारण है

1. **पैरामीटर का परिवर्तन** Variation of Parameter जब किसी परिपथ में कोई ट्रांजिस्टर दोषयुक्त (faulty) होने के कारण बदला जाता है, तब दोनों ट्रांजिस्टर के समरूप (identical) होने पर भी उनके पैरामीटर में कुछ अन्तर हो सकता है। परन्तु यह सूक्ष्म अन्तर, $(1-\alpha)$ तथा β के मान को अधिक परिवर्तित कर देता है। उदाहरणतः, माना एक ट्रांजिस्टर के 'α' का मान 0.98 है, इस ट्रांजिस्टर के β का मान,

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.98}{1-0.98} = 49$$

अब यदि इस ट्रांजिस्टर के स्थान पर प्रयोग किये गये अन्य ट्रांजिस्टर (substitute transistor) के 'α' का मान 0.99 हो, तब β का मान,

$$\beta = \frac{0.99}{1-0.99} = 99$$

इस प्रकार 'α' में केवल 1% परिवर्तन होने से β के मान में अत्यधिक परिवर्तन आ जाता है। इसके साथ ही β के परिवर्तन से क्षरण धारा I_{CBO} तथा I_{CEO} एवं बेस-एमिटर वोल्टेज में भी परिवर्तन आ जाता है। इस प्रकार परिपथ में ट्रांजिस्टर बदलने पर प्रचालन बिन्दु में उल्लेखनीय शिफ्ट (large shift) आ सकता है।

2. **ताप परिवर्तन** Temperature Variation प्रचालन बिन्दु के शिफ्ट होने का एक मुख्य कारण तापक्रम परिवर्तन है। रिवर्स बायस किये गये कलेक्टर-बेस जंक्शन में प्रवाहित होने वाली क्षरण (leakage) धारा I_{CBO}, तापक्रम के साथ तेजी से बढ़ती है। यह धारा प्रत्येक 10°C ताप वृद्धि पर लगभग दो-गुनी हो जाती है।

चूँकि I_C तथा I_{CBO} में निम्न सम्बन्ध है

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

अतः I_{CBO} में वृद्धि होने से I_C में भी वृद्धि होती है। फलस्वरूप, ट्रांजिस्टर के सम्पूर्ण आउटपुट अभिलक्षण चित्र 3.1 की भाँति ऊपर को उठ जाते हैं। इन्हें चित्र में डॉटिड लाइनों (dotted lines) द्वारा दिखाया गया है। इस प्रकार प्रचालन बिन्दु Q भी संतृप्त रेखा (saturation line) की ओर ऊपर को उठ जायेगा तथा कलेक्टर धारा की तरंग (wave) विरूपित (distort) हो जायेगी।

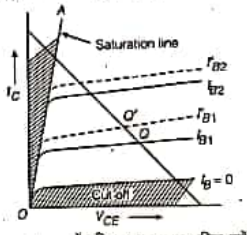
ट्रांजिस्टर में ताप वृद्धि का एक अन्य प्रभाव 'थर्मल रन-अवे' (thermal run away) भी होता है। ताप में वृद्धि होने से क्षरण धारा I_{CBO} तथा I_{CEO} में वृद्धि होती है। इससे कलेक्टर धारा I_C बढ़ती है। कलेक्टर धारा में वृद्धि से कलेक्टर जंक्शन पर अधिक शक्ति क्षय (power dissipation) होता है जिससे जंक्शन का ताप और अधिक बढ़ता है। ताप में वृद्धि

Mayank Tiwari Ayodhya

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

में I_{CBO} में और अधिक वृद्धि होती है। इस क्रिया की पुनरावृत्ति (repetition) होती रहती है तथा कलेक्टर धारा I_C निरन्तर बढ़ती जाती है। यह क्रिया 'थर्मल रन-अवे' कहलाती है।



चित्र 3.1 I_{CBO} तथा I_C में वृद्धि का आउटपुट अभिलक्षणों पर प्रभाव

प्रश्न 2. ट्रांजिस्टर बायसिंग में स्थिर अभिनति के लाभ एवं दोष बताइए। इसका प्रयोग इलेक्ट्रॉनिक परिपथ में क्यों नहीं किया जाता?

उत्तर स्थिर अभिनति के लाभ निम्नलिखित हैं

1. परिपथ सरल है; क्योंकि इसमें केवल एक प्रतिरोध की आवश्यकता है।
2. गणना सुगम होती है।
3. D.C. स्रोत पर बायसिंग परिपथ का भार नहीं पड़ता; क्योंकि बेस-एमिटर जंक्शन पर कोई प्रतिरोध संयोजित नहीं है।

स्थिर अभिनति के दोष निम्नलिखित हैं

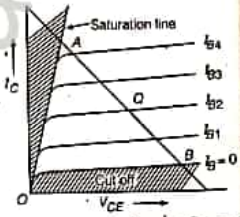
1. स्थिर बायसिंग परिपथ से उत्तम ऊष्मीय स्थिरता नहीं प्राप्त होती है; क्योंकि ताप परिवर्तन के कारण कलेक्टर धारा में होने वाली वृद्धि को रोकने का कोई उपाय नहीं है।
2. यदि परिपथ में ट्रांजिस्टर परिवर्तन की आवश्यकता हो, तब ट्रांजिस्टर पैरामीटर में सूक्ष्म परिवर्तन से प्रचालन बिन्दु अपनी स्थिति से शिफ्ट हो जाता है।

स्थिर अभिनति परिपथ का इलेक्ट्रॉनिक परिपथों में प्राय: उपयोग नहीं किया जाता; क्योंकि

1. तापक्रम परिवर्तन के साथ कलेक्टर धारा परिवर्तित होती है। तापक्रम के अप्रत्याशित रूप से बढ़ने के कारण 'थर्मल रन-अवे' हो जाता है।
2. यदि परिपथ में ट्रांजिस्टर परिवर्तन की आवश्यकता हो, तब ट्रांजिस्टर पैरामीटर (α) में सूक्ष्म परिवर्तन से प्रचालन बिन्दु अपनी स्थिति से शिफ्ट हो जाता है। चूँकि $I_C = \beta I_B$ तथा I_B स्थिर है; अत: I_C केवल β पर निर्भर करती है। जब ट्रांजिस्टर बदला जाता है तथा यदि नये ट्रांजिस्टर के α में थोड़ा भी अन्तर होगा, तब β का मान पहले ट्रांजिस्टर की तुलना में काफी अधिक परिवर्तित हो जायेगा $\left(\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}\right)$। अत: प्रचालन बिन्दु निश्चित ही शिफ्ट हो जायेगा।

प्रश्न 3. प्रचालन बिन्दु का चयन संतृप्त क्षेत्र (saturation region) के समीप नहीं किया जाता है, क्यों?

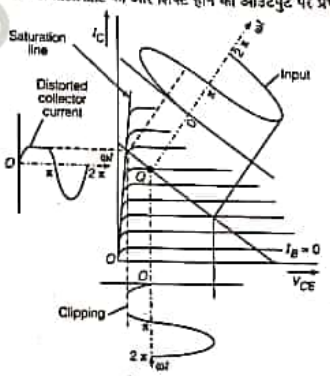
उत्तर प्रचालन बिन्दु का चयन इस प्रकार किया जाता है कि यह अभिलक्षणों के मध्य क्षेत्र (central region) में स्थित हो जहाँ पर अभिलक्षण सबसे अधिक रेखीय (linear) हों तथा उनकी परस्पर स्पेसिंग एकसमान (uniform) हो। चित्र 3.2 (a) में प्रचालन बिन्दु की सही स्थिति दिखायी गयी है। अभिलक्षणों का मध्य रेखीय क्षेत्र (central linear region), सक्रिय क्षेत्र (active region) कहलाता है। इस स्थिति में इनपुट सिग्नल (बेस धारा) में परिवर्तन से कलेक्टर धारा (आउटपुट) में



चित्र 3.2 (a) प्रचालन बिन्दु का उचित चयन

उचित एवं समानुपातिक (proper and proportional) परिवर्तन होते हैं। एक अच्छे बायसिंग परिपथ का यह गुण है कि एक बार प्रचालन बिन्दु की स्थिति निश्चित किये जाने के पश्चात् यह (Q बिन्दु) लगभग स्थिर रहता है। यदि प्रचालन (operation) के समय प्रचालन बिन्दु संतृप्त क्षेत्र (saturation region) OA अथवा कट ऑफ ($I_B = 0$) की तरफ अधिक शिफ्ट होता है, तब आउटपुट निश्चित रूप से विरूपित (distort) हो जाएगी।

चित्र 3.2 (b) में प्रचालन बिन्दु के saturation line की ओर शिफ्ट होने का आउटपुट पर प्रभाव प्रदर्शित किया गया है।



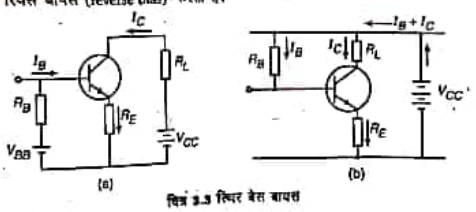
चित्र 3.2 (b)

प्रश्न 4. ट्रांजिस्टर बायसिंग की विभिन्न विधियाँ कौन-कौन-सी हैं? किसी एक का वर्णन कीजिए।

उत्तर ट्रांजिस्टर बायसिंग की निम्नलिखित विधियाँ हैं

1. स्थिर अभिनति (Fixed Bias)
2. कलेक्टर-बेस अभिनति (Collector to-Base Bias)
3. एमिटर प्रतिरोध के साथ बायसिंग (Biasing with Emitter Resistor)
4. विभवभाजक विधि (Potential Divider Method)

स्थिर अभिनति Fixed Bias चित्र 3.3 में स्थिर बायस के दो परिपथ प्रदर्शित किये गये हैं। चित्र 3.3 (a) में बेस एवं कलेक्टर को बायस करने के लिए अलग-अलग स्रोत क्रमश: V_{BB} तथा V_{CC} प्रयोग किये गये हैं। बेस में संयोजित प्रतिरोध R_B तथा बैटरी V_{BB} द्वारा बेस टर्मिनल को स्थिर वोल्टेज प्राप्त होती है। कलेक्टर बैटरी V_{CC} कलेक्टर को प्रतिरोध R_L द्वारा रिवर्स बायस (reverse bias) करती है।



चित्र 3.3 स्थिर बेस बायस

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

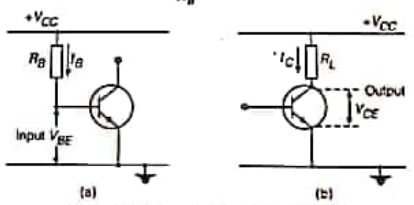
चित्र 3.3 (b) में प्रदर्शित स्थिर बायस परिपथ में केवल एक ही सप्लाई स्रोत V_{CC} द्वारा कलेक्टर एवं बेस दोनों को आवश्यक वोल्टेज प्राप्त होती है। बेस प्रतिरोध R_B का मान ऐसा होना चाहिए जिससे कि परिपथ में निर्धारित बेस धारा I_B स्थिर रहे। इस परिपथ के मुख्य बायसिंग अवयव (biasing elements) कलेक्टर लोड प्रतिरोध (R_L), बेस प्रतिरोध (R_B) तथा बैटरी V_{CC} हैं। चित्र 3.3 (b) को चित्र 3.4 में प्रदर्शित परिपथ की भाँति दो भागों, इनपुट एवं आउटपुट में विभाजित किया जा सकता है।

(i) इनपुट परिपथ इनपुट परिपथ चित्र 3.4 (a) में किरचॉफ के नियम के अनुसार,

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} \quad \text{...(i)}$$

या

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



(a) (b)

चित्र 3.4 (a) स्थिर बायस परिपथ का इनपुट भाग
(b) स्थिर बायस परिपथ का आउटपुट भाग

परन्तु V_{CC} का मान V_{BE} की तुलना में काफी अधिक होता है। ($V_{CC} >> V_{BE}$), अतः V_{BE} में परिवर्तन होने से I_B पर कोई विशेष प्रभाव नहीं होगा। इस प्रकार इस परिपथ में जब तक V_{CC} तथा V_{BE} स्थिर है, तब तक I_B स्थिर होगी। इसी कारण से यह स्थिर बायस परिपथ कहलाता है। V_{BE} को नगण्य मानने पर,

$\therefore$ बेस धारा, $I_B = \dfrac{V_{CC}}{R_B}$ या $R_B = \dfrac{V_{CC}}{I_B}$ ...(ii)

(ii) आउटपुट परिपथ आउटपुट परिपथ में कलेक्टर धारा I_C, लोड प्रतिरोध R_L में प्रवाहित होती है। कलेक्टर धारा निम्न सूत्र द्वारा प्रदर्शित की जा सकती है

$$I_C = \beta I_B + (\beta + 1) I_{CBO} \quad \text{या} \quad I_C = \beta I_B + I_{CEO} \quad \text{...(iii)}$$

इस समीकरण में βI_B वह धारा है जो ट्रांजिस्टर में इनपुट साइड से आउटपुट में स्थानान्तरित होती है ($\beta = I_C/I_B$) तथा I_{CEO} कॉमन एमिटर परिपथ की क्षरण धारा है। यद्यपि I_{CEO} का मान I_{CBO} की तुलना में अधिक होता है, [$I_{CEO} = (\beta + 1) I_{CBO}$] परन्तु फिर भी I_{CEO}, कलेक्टर धारा I_C के सामान्य मान से बहुत कम होती है। अतः I_{CEO} को नगण्य (negligible) मानने से कलेक्टर धारा में कोई विशेष त्रुटि नहीं आयेगी। इस प्रकार समीकरण (iii) से,

$$I_C = \beta I_B \quad (\because I_{CEO} \approx 0) \quad \text{...(iv)}$$

चित्र 3.4 (b) में किरचॉफ के नियम से,

$$V_{CC} = I_C R_L + V_{CE} \quad \text{...(v)}$$

समीकरण (v) से स्पष्ट है कि लोड प्रतिरोध R_L पर तथा कलेक्टर-एमिटर टर्मिनल पर होने वाला वोल्टतापात सप्लाई V_{CC} से ही प्राप्त होता है, इसका अर्थ है कि $I_C R_L$ का मान V_{CC} से कभी अधिक नहीं हो सकता। अर्थात्

$$I_C \le \frac{V_{CC}}{R_L}$$

यदि I_C का मान V_{CC}/R_L से अधिक होता है तो यह निश्चित रूप से गलत होगा; क्योंकि इसका अर्थ है कि प्रचालन बिन्दु संतृप्तता क्षेत्र (saturation region) में स्थित है। इस क्षेत्र में कलेक्टर धारा का मान संतृप्तता (saturation) द्वारा सीमित होता है और यह अपने अधिकतम मान V_{CC}/R_L पर ही रहती है, चाहे बेस धारा I_B का मान कुछ भी क्यों न हो। इस स्थिति में समीकरण

$$I_C = \beta I_B$$

त्रुटिपूर्ण हो जायेगी। अतः I_C का मान V_{CC}/R_L से कभी अधिक नहीं हो सकता।

समीकरण (v) से,

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_L \quad \text{...(vi)}$$

जब ट्रांजिस्टर संतृप्तता की स्थिति में होगा, तब वोल्टेज V_{CE} का मान लगभग शून्य होगा तथा कलेक्टर संतृप्त धारा,

$$I_C \text{(sat)}. = \frac{V_{CC}}{R_L} \quad \text{...(vii)}$$

इस प्रकार स्थिर बायस (fixed bias) परिपथ में प्रचालन बिन्दु की स्थिति निम्न समीकरणों द्वारा ज्ञात की जा सकती है

(i) $I_B = \dfrac{V_{CC}}{R_B}$, यदि V_{BE} का मान ज्ञात है, तब समीकरण (i) से I_B का मान और अधिक शुद्धता से ज्ञात किया जा सकता है।

(ii) $I_C = \beta I_B$ $\left[\text{परन्तु } I_C \le \dfrac{V_{CC}}{R_L}\right]$

(iii) $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_L$

इस परिपथ में ताप वृद्धि के कारण कलेक्टर धारा में वृद्धि को रोकने का कोई उपाय नहीं है। ताप वृद्धि से I_{CO} तथा β दोनों में वृद्धि होगी जिससे I_C में बहुत अधिक वृद्धि होगी तथा परिपथ में 'थर्मल रन-अवे' (thermal run away) की सम्भावना अधिक हो जायेगी।

प्रश्न 5. कलेक्टर-बेस बायसिंग में ऋणात्मक पुनःनिविष्ट क्या होता है? इस बायसिंग के लाभ तथा हानि बताइए।

उत्तर इस बायसिंग परिपथ में प्रतिरोध R_B कलेक्टर से सीधे बेस में संयोजित है। कलेक्टर, परिपथ का आउटपुट भाग तथा बेस, इनपुट भाग है; अतः यदि यह बायसिंग विधि किसी प्रवर्धक में प्रयोग की जाये, तब कलेक्टर पर प्राप्त प्रवर्धित a.c. सिगनल वोल्टेज का कुछ अंश इनपुट परिपथ अर्थात् बेस परिपथ को पुनःनिविष्ट (feedback) हो जाता है। यह पुनःनिविष्ट वोल्टेज (feedback voltage), बेस पर वास्तविक प्रयुक्त सिगनल से 180° कलान्तर पर विस्थापित होती है जिसके कारण प्रवर्धक की इनपुट सिगनल वोल्टेज कम हो जाती है तथा इनपुट कम होने से आउटपुट भी कम हो जाती है। यह क्रिया ऋणात्मक पुनःनिविष्ट कहलाती है।

इस कारण से बायसिंग की इस विधि का उपयोग सीमित है।

कलेक्टर बेस बायसिंग लाभ

1. यह विधि सरल है तथा इसमें केवल एक प्रतिरोध R_B की आवश्यकता है।
2. यह परिपथ प्रचालन बिन्दु को कुछ स्थिरता प्रदान करता है। इस परिपथ की ऊष्मीय स्थिरता, स्थिर बायस परिपथ की तुलना में अच्छी है।

कलेक्टर बेस बायसिंग दोष

1. इस परिपथ से बहुत अधिक स्थिरता नहीं प्राप्त होती है।
2. इस परिपथ में ऋणात्मक पुनःनिविष्ट (negative feedback) उत्पन्न होता है जिसके कारण प्रवर्धक का लाभ (gain) कम हो जाता है।

प्रश्न 6. एमिटर प्रतिरोध के साथ बायसिंग में ऊष्मीय स्थिरता का क्या प्रभाव पड़ता है?

उत्तर जब ताप बढ़ता है तब क्षरण धारा I_{CBO} तथा I_{CEO} भी बढ़ती है। क्षरण धारा के बढ़ने से कलेक्टर धारा I_C तथा I_E में वृद्धि होती है ($\because I_E = I_C + I_B$) I_E के बढ़ने पर वोल्टतापात $I_E R_E$ में वृद्धि होती है, $I_E R_E$ का मान बढ़ने पर बेस धारा I_B कम होती है। I_B के कम होने से कलेक्टर धारा I_C में कमी आती है, इस प्रकार कलेक्टर धारा में उतनी वृद्धि नहीं होगी जितनी प्रतिरोध R_E की अनुपस्थिति में होती।

यदि किसी कारण से (जैसे—दोष आने पर) परिपथ में ट्रांजिस्टर को बदलने (replace) की आवश्यकता हो, तब भी इस परिपथ का प्रचालन बिन्दु 'Q' लगभग स्थिर रहता है।

Mayank Tiwari Ayodhya

Scanned by CamScanner
Scanned with CamScanner

प्रश्न 7. विभवभाजक विधि या स्वतः अभिनति में प्रचालन बिन्दु स्थिर क्यों होता है तथा यह बहुत प्रचलित क्यों है?

उत्तर यदि कलेक्टर जंक्शन का तापक्रम बढ़ता है, तब क्षरण धारा I_{CBO} बढ़ती है। I_{CBO} में वृद्धि से collector धारा बढ़ती है। I_C के बढ़ने से I_E में वृद्धि होती है जिसके कारण प्रतिरोध (R_E) में वोल्टपात ($I_E R_E$) में वृद्धि होती है। $I_E R_E$ में वृद्धि होने से V_{BE} कम होता है। V_{BE} में कमी से I_B में गिरावट आती है। I_B में कमी होने से I_C भी कम हो जाती है जिससे प्रचालन बिन्दु स्थिरता प्राप्त करता है।

प्रचालन बिन्दु ट्रांजिस्टर के β पर निर्भर नहीं करता है यही कारण है, कि बायसिंग की यह विधि बहुत प्रचलित है। यदि इस परिपथ में ट्रांजिस्टर परिवर्तन की आवश्यकता हो, तब ट्रांजिस्टर परिवर्तन करने पर भी प्रचालन बिन्दु अपनी मूल स्थिति पर स्थिर रहेगा।

प्रश्न 8. डी०सी० भार रेखा क्या है? इसे कैसे खींचा जाता है तथा इसकी क्या उपयोगिता है?

उत्तर यदि किसी ट्रांजिस्टर प्रतिरोध में वोल्टता स्रोत V_{CC} तथा लोड प्रतिरोध R_L लगाया गया है तथा कोई ए०सी० सिगनल नहीं दिया गया है जिसके कारण ट्रांजिस्टर से I_C धारा बहती है तथा V_{CC} वोल्टतापात होता है तो उपरोक्त को गणितीय रूप में निम्न प्रकार से लिखा जा सकता है

$$V_{CC} = I_L R_L + V_{CE} \qquad \text{(किरचॉफ के नियम से)}$$

या

$$I_C = \left(\frac{-1}{R_L}\right) V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_L}$$

उपरोक्त समीकरण $y = mx + C$ के प्रकार की है जो कि एक सरल रेखा की समीकरण है जिसका ढाल $m = \left(\frac{-1}{R_L}\right)$ है तथा I_C अक्ष पर ऋण खण्ड $C = \frac{V_{CC}}{R_L}$ है। इस प्रकार I_C अक्ष पर $\frac{V_{CC}}{R_C}$ तथा V_{CE} अक्ष पर V_{CC} बिन्दुओं को मिलाने से प्राप्त रेखा को ट्रांजिस्टर की दिष्ट धारा भार रेखा कहते हैं। इसके अन्तिम बिन्दु निम्न प्रकार से ज्ञात किये जा सकते हैं

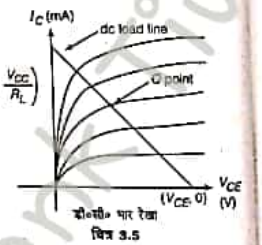
(i) जब $I_C = 0, V_{CE} = V_{CC}$

(ii) जब $V_{CE} = 0, I_{CE} = \frac{V_{CC}}{R_L}$

चित्र 3.5

दिष्ट धारा भार रेखा तथा CE निर्गत अभिलक्षणों की सहायता से ट्रांजिस्टर का कम अंकित वोल्टता लाभ ज्ञात करने के लिये सबसे पहले CE निर्गत अभिलक्षणों पर दिष्ट धारा भार रेखा को खींचकर उस पर ट्रांजिस्टर के प्रचालन बिन्दु का चयन किया जाता है, तत्पश्चात् उस प्रचालन बिन्दु को आधार मानकर ए०सी० सिगनल ट्रांजिस्टर पर आरोपित किया जाता है और फिर निम्न सूत्र का प्रयोग करके ट्रांजिस्टर को कम संकेत वोल्टता लब्धि का मान ज्ञात कर लिया जाता है

$$A_V = \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta V_{BE}}$$



प्रश्न 8. थेवेनिन प्रमेय का प्रयोग करते हुए विभव विभाजक ट्रांजिस्टर बायसिंग का विश्लेषण कीजिए।

अथवा **सिद्ध कीजिए कि विभव विभाजक (potential divider) विधि में प्रचालन बिन्दु की स्थिरता पर β का कोई प्रभाव नहीं होता।**

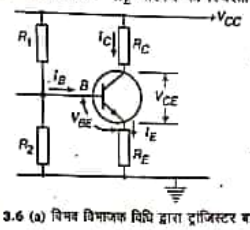
अथवा **वोल्टेज डिवाइडर बायसिंग का सर्किट निर्मित कीजिए।**

अथवा **विभव विभाजक बायसिंग से आप क्या समझते हैं?**

अथवा **Potential Divider बायसिंग सर्किट का सर्किट डायग्राम दीजिए तथा ए०सी० सिगनल की कनेक्टिविटी के साथ Thevenin's Equivalent भी दीजिए।**

अथवा **बायसिंग के विभव विभाजक परिपथ को समझाइए। विभव-विभाजक परिपथ बायसिंग के विश्लेषण के लिए थेवेनिन प्रमेय का प्रयोग कीजिए।**

उत्तर बायसिंग की इस विधि से परिपथ में उत्तम स्थिरता (good stabilisation) प्राप्त होती है। इस विधि में चित्र 3.6 (a) की भाँति बेस को दो प्रतिरोध R_1 तथा R_2 से बायस किया गया है। ये प्रतिरोध (R_1 तथा R_2) सप्लाई V_{CC} से संयोजित हैं जिसके कारण यह एक विभव विभाजक (potential divider) का कार्य करते हैं। प्रतिरोध R_2 पर होने वाला वोल्टतापात एमिटर-बेस जंक्शन को फॉरवर्ड बायस करता है, जबकि सप्लाई V_{CC} बेस-कलेक्टर जंक्शन को रिवर्स बायस करती है। बेस-एमिटर पर फॉरवर्ड बायस होने के कारण बेस धारा प्रवाहित होती है जिससे कलेक्टर धारा I_C प्रवाहित होती है। एमिटर पर संयोजित प्रतिरोध R_E परिपथ को स्थिरता देता है।



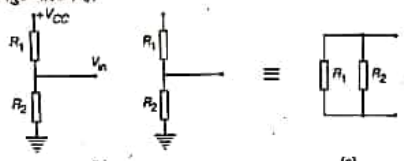
चित्र 3.6 (a) विभव विभाजक विधि द्वारा ट्रांजिस्टर बायसिंग

परिपथ में एमिटर प्रतिरोध R_E के कारण ऋणात्मक पुनःनिविष्ट (negative feedback) होता है जिससे प्रवर्धक का लाभ (gain) कम हो जाता है। ऋणात्मक पुनःनिविष्ट के प्रभाव को समाप्त करने के लिए एक उच्च कैपेसिटी का इलेक्ट्रोलिटिक कैपेसिटर (electrolytic capacitor), प्रतिरोध R_E समानान्तर में संयोजित किया जाता है। यह कैपेसिटर, प्रतिरोध R_E के सिरों पर उत्पन्न होने वाले a.c. को ग्राउन्ड में बाईपास कर देता है जिससे R_E पर केवल डी०सी० वोल्टेज में होने वाली परिवर्तन ही बेस-एमिटर वोल्टेज (V_{BE}) को प्रभावित करते हैं।

इस परिपथ का प्रचालन बिन्दु 'थेवेनिन प्रमेय' (thevenin theorem) की सहायता से ज्ञात किया जा सकता है।

परिपथ (चित्र 3.6 (a)) को बिन्दु 'B' पर खोलने (open) पर अर्थात् ट्रांजिस्टर का बेस टर्मिनल खोलने पर चित्र 3.6 (b) की भाँति परिपथ प्राप्त होता है जिससे खुला परिपथ वोल्टेज (open circuit voltage) ज्ञात की जा सकती है।

चित्र 3.6 (b) के अनुसार प्रतिरोध R_1 एवं R_2 श्रेणीक्रम में सप्लाई V_{CC} से संयोजित हैं। प्रतिरोध R_2 के सिरों पर वोल्टतापात बेस की इनपुट वोल्टेज है।



चित्र 3.6 (b) $V_{in} = V_B = \frac{V_{CC} \times R_2}{R_1 + R_2}$ (c) $R_{in} = R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

खुला परिपथ वोल्टेज, $\qquad V_B = \frac{V_{CC} \times R_2}{R_1 + R_2} \qquad$ (यह वोल्टेज, थेवेनिन वोल्टेज V_{Th} है)

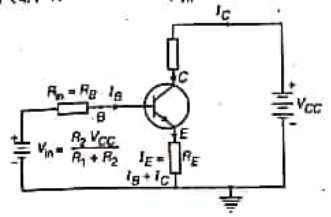
अब थेवेनिन प्रमेय के अनुसार सप्लाई स्रोत को लघुपथित करने पर चित्र 3.6 (c) प्राप्त होगा। इस चित्र में परिपथ का तुल्यांक प्रतिरोध R_{in} ज्ञात किया जा सकता है। R_{in} का मान प्रतिरोध R_1 तथा R_2 के समानान्तर संयोजन के प्रतिरोध के तुल्य होगा। अतः

$$R_{in} = R_B = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \qquad \text{(यह प्रतिरोध थेवेनिन प्रतिरोध } R_{Th} \text{ है)}$$

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

सम्पूर्ण परिपथ का तुल्यांक परिपथ चित्र 3.6 (d) में प्रदर्शित किया गया है। इस परिपथ में बेस एवं ग्राउन्ड टर्मिनल के मध्य विभव भाजक R_1, R_2 के स्थान पर थेवेनिन वोल्टेज (V_{Th}) तथा थेवेनिन प्रतिरोध R_{Th} प्रयुक्त किये गये हैं।



चित्र 3.6 (d) स्वत: बायस (self bias) परिपथ का तुल्यांक परिपथ

चित्र 3.6 (d) में, बेस वोल्टेज, $V_B = V_{Th} = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} \times R_2$ ...(i)

तथा बेस प्रतिरोध, $R_B = R_{Th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ ...(ii)

कलेक्टर-एमिटर वोल्टेज ज्ञात करने के लिए कलेक्टर–एमिटर परिपथ से,

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

परन्तु, $I_C = I_E$

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

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

इस परिपथ में प्रचालन बिन्दु की स्थिरता के निम्न कारण हैं

1. यदि कलेक्टर जंक्शन का तापक्रम बढ़ता है, तब क्षरण धारा I_{CBO} बढ़ती है। I_{CBO} में वृद्धि से कलेक्टर धारा I_C बढ़ती है। I_C के बढ़ने से एमिटर धारा I_E में वृद्धि होती है जिसके कारण प्रतिरोध R_E में वोल्टपात $I_E R_E$ में वृद्धि होती है। $I_E R_E$ में वृद्धि होने से बेस-एमिटर वोल्टेज V_{BE} कम होता है। V_{BE} में कमी से बेस धारा I_B में गिरावट आती है। I_B में कमी होने से कलेक्टर धारा I_C भी कम हो जाती है जिससे प्रचालन बिन्दु स्थिरता प्राप्त करता है।
2. परिपथ के गणितीय विश्लेषण में [समी० (i), (ii) तथा (iii)] कहीं भी 'β' नहीं है।
इससे सिद्ध होता है कि प्रचालन बिन्दु ट्रांजिस्टर के β पर निर्भर नहीं करता। यही कारण है कि बायसिंग की यह विधि (विभव विभाजक विधि) बहुत प्रचलित है। यदि इस परिपथ में ट्रांजिस्टर परिवर्तन की आवश्यकता हो, तब ट्रांजिस्टर परिवर्तन करने पर भी प्रचालन बिन्दु अपनी मूल स्थिति (original position) पर स्थिर रहेगा।

प्रश्न 10. ट्रांजिस्टर की बायसिंग की क्या आवश्यकताएँ हैं? ट्रांजिस्टर बायसिंग के लिए प्रयुक्त एमिटर (Emitter) बायस का सर्किट डायग्राम खींचिए तथा व्याख्या कीजिए कि यह तरीका संचालक बिन्दु को कैसे स्थिर रखता है?

अथवा **ट्रांजिस्टर बायसिंग की क्या आवश्यकता है? उपयुक्त सर्किट डायग्राम की सहायता से समझाइये कि आप संचालन बिन्दु को स्थिर कैसे करेंगे?**

उत्तर ट्रांजिस्टर बायसिंग की आवश्यकताएँ निम्नलिखित हैं

(i) प्रचालन बिन्दु (Q-point) सक्रिय क्षेत्र के मध्य में होना चाहिए।
(ii) पैरामीटर्स α व β में परिवर्तन होने पर भी प्रचालन बिन्दु स्थिर होना चाहिए।
(iii) प्रचालन बिन्दु पर ताप का प्रभाव नहीं पड़ना चाहिए।
(iv) स्थिरता गुणांक का मान 1 के समीप होना चाहिए।

एमिटर प्रतिरोध के साथ बायसिंग परिपथ Biasing Circuit with Emitter Resistor

चित्र 3.7 (a) में एमिटर प्रतिरोध बायस परिपथ दिखाया गया है। यह स्थिर बायस परिपथ का सुधरा हुआ रूप है। इस परिपथ में एमिटर तथा ग्राउन्ड के मध्य एक प्रतिरोध R_E संयोजित है। इस प्रकार परिपथ में तीन प्रतिरोध R_B, R_E तथा R_C कनेक्ट किये गये हैं।

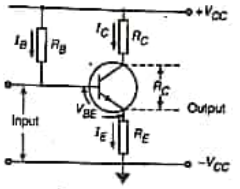
परिपथ के इनपुट भाग में किरचॉफ नियम के अनुसार,

$$V_{CC} = I_B R_B + V_{BE} + I_E R_E \quad ...(i)$$

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

परन्तु, $I_{BE} = 0$

अत:, $I_B = \frac{V_{CC} - I_E R_E}{R_B}$ ...(ii)



चित्र 3.7 (a) एमिटर प्रतिरोध के साथ स्थिर बेस बायस

परिपथ की ऊष्मीय स्थिरता Thermal Stability of Circuit

(i) जब ताप बढ़ता है, तब क्षरण धारा I_{CBO} तथा I_{CEO} भी बढ़ती है। क्षरण धारा के बढ़ने से कलेक्टर धारा I_C तथा I_E में वृद्धि होती है (∵ $I_E = I_C + I_B$)। I_E के बढ़ने पर वोल्टतापात $I_E R_E$ में वृद्धि होती है। $I_E R_E$ का मान बढ़ने पर समीकरण (ii) के अनुसार बेस धारा I_B कम होती है। I_B के कम होने से कलेक्टर धारा I_C में कमी आती है। इस प्रकार कलेक्टर धारा में उतनी वृद्धि नहीं होगी जितनी प्रतिरोध R_E की अनुपस्थिति में होती।

(ii) यदि किसी कारण से (जैसे—दोष आने पर) परिपथ में ट्रांजिस्टर को बदलने (replace) की आवश्यकता हो, तब भी इस परिपथ का प्रचालन बिन्दु 'Q' लगभग स्थिर रहता है।

इस परिपथ की ऊष्मीय स्थिरता चित्र 3.7 (b) द्वारा प्रदर्शित की जा सकती है।

तापक्रम (T) ↑ I_{CBO} ↑ I_{CEO} ↑ I_C ↑ I_E ↑ $I_E R_E$ ↓ I_B ↑ I_C

चित्र 3.7 (b)

परिपथ में विभिन्न धारा तथा वोल्टेज निम्न प्रकार ज्ञात की जा सकती है

1. **बेस धारा** Base Current (I_B) परिपथ के बेस-एमिटर भाग में किरचॉफ के नियम के अनुसार,

$$V_{CC} = R_B I_B + V_{BE} + R_E I_E \quad ...(iii)$$
$$= R_B I_B + V_{BE} + R_E(I_B + I_C)$$
$$= R_B I_B + V_{BE} + R_E(I_B + \beta I_B)$$
$$= R_B I_B + V_{BE} + (\beta + 1) I_B R_E$$

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

परन्तु, $V_{BE} << V_{CC}$ तथा $\beta + 1 = \beta$

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

अतः, $$I_B = \frac{V_{CC}}{R_B + \beta R_E} \quad ...(v)$$

2. **कलेक्टर धारा (I_C)** समीकरण (iii) को पुनः लिखने पर,

$$V_{CC} = R_B I_B + V_{BE} + I_E R_E \quad ...(vi)$$

हम जानते हैं कि $I_B = I_C/\beta$ तथा $I_C = I_E$

अतः समीकरण (vi) निम्न प्रकार लिखी जा सकती है,

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

$$\therefore \quad I_C = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_C + R_B/\beta}$$

अथवा $$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C + R_B/\beta} \quad (V_{BE} \text{ को नगण्य मानते हुए}) \quad ...(vii)$$

3. **कलेक्टर-एमिटर वोल्टेज (V_{ce})** कलेक्टर-एमिटर लूप के लिए किरचॉफ नियम द्वारा वोल्टेज समीकरण,

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

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

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

4. **प्रचालन बिन्दु** Operating Point समी० (vii) एवं (viii) क्रमशः I_C एवं V_{CE} के मान प्रदर्शित करती है जिससे ट्रांजिस्टर अभिलक्षणों पर प्रचालन बिन्दु की स्थिति ज्ञात की जा सकती है।

5. **संतृप्त कलेक्टर धारा (I_C)$_{sat}$** संतृप्तता (saturation) की स्थिति में V_{CE} का मान शून्य होता है; अतः चित्र 3.7 के कलेक्टर-एमिटर भाग से,

$$V_{CC} = R_C(I_C)_{Sat} + R_E(I_C)_{Sat}$$

या $$(I_C)_{Sat} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} \quad ...(ix)$$

इस बायसिंग परिपथ की एक और विशेष बात यह है कि एमिटर प्रतिरोध R_E इनपुट तथा आउटपुट दोनों भाग में सम्मिलित है। इस प्रतिरोध के कारण परिपथ में ऋणात्मक पुनःनिविष्ट (negative feedback) की क्रिया होती है। R_E में प्रवाहित होने वाली धारा I_E के कारण वोल्टतापात $I_E R_E$ पुनःनिविष्ट वोल्टेज (feedback voltage) है। इस वोल्टेज के कारण ही इनपुट वोल्टेज V_{BE} की कमी होती है जिसके फलस्वरूप बेस धारा I_B कम हो जाती है।

प्रश्न 11. सिद्ध कीजिए कि सभी विन्यासों में वोल्टेज डिवाइडर बायसिंग का स्थायित्व गुणांक सबसे अच्छा होता है।

उत्तर हम जानते हैं कि स्थायित्व गुणांक को निम्न समीकरण द्वारा व्यक्त किया जाता है

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

विभव विभाजक अभिनति में, $$S = \frac{(\beta + 1)\left(1 + \frac{R_{Th}}{R_E}\right)}{1 + \beta + \frac{R_{Th}}{R_E}}$$

यदि कलेक्टर जंक्शन का तापक्रम बढ़ता है, तब क्षरण धारा I_{CBO} बढ़ती है। I_{CBO} में वृद्धि से कलेक्टर धारा I_C बढ़ती है। I_C के बढ़ने से एमिटर धारा I_E में वृद्धि होती है जिसके कारण प्रतिरोध R_E में वोल्टतापात $I_E R_E$ में वृद्धि होती है। $I_E R_E$ में वृद्धि होने से बेस-एमिटर वोल्टेज V_{BE} कम होता है। V_{BE} में कमी से बेस धारा I_B में गिरावट आती है। I_B में कमी होने से कलेक्टर धारा I_C भी कम हो जाती है जिससे प्रचालन बिन्दु स्थिरता प्राप्त करता है।

परिपथ के गणितीय विश्लेषण में [समी० (i), (ii) तथा (iii)] कहीं भी 'β' नहीं है।

इससे सिद्ध होता है कि प्रचालन बिन्दु ट्रांजिस्टर के β पर निर्भर नहीं करता। यही कारण है कि बायसिंग की यह विधि (विभव विभाजक विधि) बहुत प्रचलित है। यदि इस परिपथ में ट्रांजिस्टर परिवर्तन की आवश्यकता हो, तब ट्रांजिस्टर परिवर्तन करने पर भी प्रचालन बिन्दु अपनी मूल स्थिति (original position) पर स्थिर रहेगा।

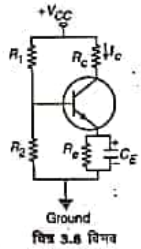
प्रश्न 12. विभव विभाजक बायसिंग के लाभ तथा हानियाँ बताइए।

उत्तर **विभव विभाजक बायसिंग के लाभ** विभव विभाजक बायसिंग के निम्नलिखित लाभ है

1. ताप में वृद्धि करने पर भी प्रचालन बिन्दु शिफ्ट नहीं होता अर्थात् स्थिर रहता है।
2. पैरामीटर β में परिवर्तन होने पर भी प्रचालन बिन्दु स्थिर रहता है।
3. इसमें केवल डी०सी० सप्लाई की आवश्यकता होती है।
4. प्रतिरोध R_1 तथा R_2 के कई संयोग प्रयुक्त किए जाते हैं।

विभव विभाजक बायसिंग से हानियाँ

विभव विभाजक से निम्नलिखित हानियाँ होती है



चित्र 3.8 विभव विभाजक के साथ

1. इस परिपथ में I_C का मान β से स्वतन्त्र होगा, यदि

$$I_C = \beta I_B = \beta \frac{\frac{V_{CC}}{1 + R_1/R_2} - V_{BE}}{(\beta + 1)R_E + R_1 || R_2} \approx \frac{\frac{V_{CC}}{1 + R_1/R_2} - V_{BE}}{R_E}$$

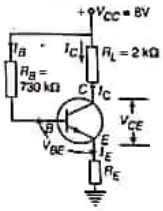
जो तभी सम्भव है जब, $(\beta + 1)R_E >> R_1/R_2$

जहाँ $R_1 || R_2$, R_1 तथा R_2 के समान्तर क्रम में जुड़े होने पर तुल्य प्रतिरोध है। अर्थात्

$$R_1 || R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

2. किसी दिए गए ट्रांजिस्टर के लिए यदि β का मान स्थिर हो, तब उपयुक्त सम्बन्ध केवल तभी संतुष्ट होगा जब या तो R_E का मान बहुत बड़ा लिया जाए अथवा $R_1 || R_2$ को बहुत छोटा लिया जाए।
   (a) यदि R_E का मान बहुत बड़ा हो, तब V_{CC} का मान भी उच्च होना चाहिए। इस स्थिति में यह काफी महँगा पड़ता है और इसके संचालन के लिए अधिक सावधानी की भी आवश्यकता होती है।
   (b) यदि $R_1 || R_2$ छोटा है, तब या तो R_1 का मान कम होगा या R_2 का अथवा दोनों छोटे होंगे। R_1 का मान कम होने के कारण V_B का मान V_C के लगभग समान हो जाता है जिससे कलेक्टर वोल्टेज का मान लगभग स्थिर हो जाता है। जबकि R_2 का मान कम होने पर V_{BE} का मान भी कम हो जाता है जिसके कारण आवश्यक कलेक्टर धारा के मान में कमी हो जाती है। दोनों प्रतिरोधों के मान कम होने के कारण पावर सप्लाई से अधिक धारा का प्रवाह होता है और प्रवर्धक का निवेशी प्रतिरोध कम हो जाता है।
3. परिपथ में एमिटर प्रतिरोध R_E के कारण ऋणात्मक पुनःनिविष्ट (negative feedback) होता है जिससे प्रवर्धक का वोल्टता लाभ कम हो जाता है। ऋणात्मक पुनःनिविष्ट के प्रभाव को कम करने के लिए एक उच्च धारिता (C_E) का इलेक्ट्रोलिटिक संधारित्र, प्रतिरोध R_E के समान्तर क्रम में संयोजित किया जाता है (चित्र 3.8)।

प्रश्न 13. चित्र 3.9 में एक सिलिकॉन ट्रांजिस्टर का स्थिर बायस परिपथ प्रदर्शित किया गया है। यदि β का मान 100 हो, तब इस परिपथ के लिये d.c. लोड लाइन खींचिये तथा प्रचालन बिन्दु की स्थिति ज्ञात कीजिए। (सिलिकॉन ट्रांजिस्टर के लिये V_{BE} = 0.7 V)



चित्र 3.9

हल प्रश्न के अनुसार,

V_{CC} = 8 V, R_B = 730 kΩ तथा R_L = 2 kΩ

(i) **d.c. लोड लाइन**

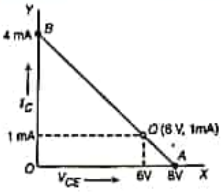
चित्र 3.10 से,

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

जब $I_C = 0$ तब, $V_{CC} = V_{CE}$

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner



चित्र 3.10

अत: $V_{CE} = 8$ V

इस प्रकार लोड लाइन का एक बिन्दु (8V, 0 mA) होगा।

जब $V_{CE} = 0$, तब $I_C = \frac{V_{CC}}{R_L} = \frac{8\text{ V}}{2\text{k}\Omega} = 4$ mA

अत: लोड लाइन का दूसरा बिन्दु (0, 4 mA) होगा।

इन दोनों बिन्दुओं को मिलाने वाली रेखा डी०सी० लोड लाइन कहलाती है, जैसा कि चित्र 3.10 में दिखाया गया है।

(ii) **प्रचालन बिन्दु** Operating point (Q)

हम जानते हैं कि सिलिकॉन ट्रांजिस्टर में $V_{BE} = 0.7$ V होता है। चित्र 6.10 से,

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

$$\therefore \quad I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{(8 - 0.7)\text{ V}}{730\text{ k}\Omega} = \frac{7.3\text{ V}}{730\text{ k}\Omega} = 10\,\mu\text{A}$$

$\therefore$ कलेक्टर धारा,

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 10\,\mu = 1\text{ mA}$$

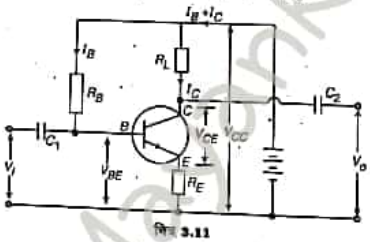
तथा $V_{CE} = V_{CC} - I_C R_L = 8 - (1\text{ mA}) \times (2\text{ k}\Omega) = 8 - 2 = 6$ V

अत: प्रचालन बिन्दु (6V, 1 mA) होगा।

प्रश्न 14. एक सिलिकॉन ट्रांजिस्टर ($\beta = 100$) की कॉमन एमिटर पद्धति में चित्र 3.11 की भाँति स्थिर बायसिंग की गयी है। यदि कलेक्टर धारा $I_C = 1$ mA, $V_{CE} = 4$ V तथा लोड प्रतिरोध 2 kΩ है तब R_B का मान ज्ञात कीजिए। (सिलिकॉन ट्रांजिस्टर के लिये $V_{BE} = 0.7$ V)

हल चित्र 3.11 के अनुसार,

$$\therefore \quad V_{CC} = I_C R_L + V_{CE}$$
$$= (1 \times 10^{-3})(2 \times 10^3) + 4 = 6\text{ V}$$

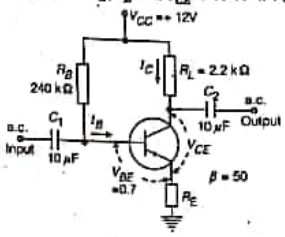


चित्र 3.11

तथा $I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1 \times 1^{-3}}{100} = 10^{-5}$ A

$\therefore \quad R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{I_B} = \frac{6 - 0.7}{10^{-5}} = 5.3 \times 10^5\,\Omega = 530\text{ k}\Omega$

प्रश्न 15. चित्र 3.12 में प्रदर्शित परिपथ के लिए I_C, I_B तथा V_{CE} के स्थिर मान (d.c. values) ज्ञात कीजिए।



चित्र 3.12

हल

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

या $V_{CC} = R_B I_B + V_{BE}$

$\therefore \quad I_B = \frac{(12 - 0.7)\text{ V}}{240\text{ k}\Omega} = \frac{11.3}{240\text{ k}\Omega} = 47.08\,\mu\text{A}$

पुन:

$I_C = \beta I_B = 50 \times 47.08 = 2.35$ mA

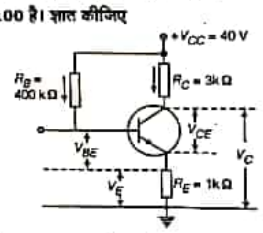
आउटपुट परिपथ में, $V_{CC} = R_L I_C + V_{CE}$

$\therefore \quad V_{CE} = V_{CC} - R_L I_C = 12 - (2.2\text{ k}\Omega) \times (2.35\text{ mA}) = 6.83$ V

प्रश्न 16. चित्र 3.13 में प्रदर्शित परिपथ के ट्रांजिस्टर के β का मान 100 है। ज्ञात कीजिए

(i) $(I_C)_{Sat}$ (ii) I_C

(iii) V_C (iv) V_E (v) V_{CE}



चित्र 3.13

हल (i) $(I_C)_{Sat} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} = \frac{40}{3\text{ k}\Omega + 1\text{ k}\Omega} = 10$ mA

(ii) वास्तविक कलेक्टर धारा,

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_E + R_B/\beta} = \frac{40}{1\text{ k}\Omega + \frac{400\text{ k}\Omega}{100}} = 8\text{ mA}$$

(iii) $V_C = V_{CC} - I_C R_C = 40 - 8\text{ mA} \times 3\text{ k}\Omega = 16$ volt

(iv) $V_E = R_E I_E$

$= R_E I_C \quad (\because I_C = I_E)$

$= 1\text{ k}\Omega \times 8\text{ mA} = 8$ volt

(v) $V_{CE} = V_C - V_E = 16 - 8 = 8$ volt

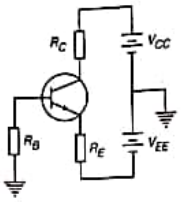
प्रश्न 17. चित्र 3.14 में प्रदर्शित एमिटर बायस परिपथ में I_C तथा V_{CE} ज्ञात कीजिए। परिपथ के विभिन्न घटकों (components) का मान निम्न है

$V_{CC} = 12$ V, $V_{EE} = 15$ V, $R_C = 5\text{ k}\Omega$

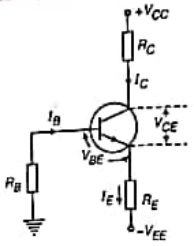
$R_E = 10\text{ k}\Omega$, $R_B = 10\text{ k}\Omega$ तथा $\beta = 100$

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner



चित्र 3.14



चित्र 3.15

हल परिपथ में दो शक्ति स्रोत V_{CC} तथा V_{EE} प्रयुक्त किये गये हैं। इस परिपथ को सरल रूप में चित्र 3.15 की भाँति दर्शाया जा सकता है

$$I_E = \frac{V_{EE}}{R_E} = \frac{15}{10 \times 10^3} = 1.5 \text{ mA}$$

∴ कलेक्टर धारा

$$I_C = I_E = 1.5 \text{ mA}$$

तथा $$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 12 - 1.5 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^3 = 4.5 \text{ volt}$$

प्रश्न 18. चित्र 3.16 में प्रदर्शित परिपथ में बेस प्रतिरोध R_B का मान ज्ञात कीजिए। ($V_{BE} = 0.7$ V)

हल चित्र 3.16 से

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

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

$$= \frac{12-6}{1000} = 6 \times 10^{-3} \text{ amp}$$

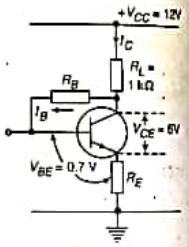
$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{6 \times 10^{-3}}{100}$$

$$= 6 \times 10^{-5} \text{ amp}$$

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

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

$$= \frac{6 - 0.7}{6 \times 10^{-5}} = 88.3 \text{ kΩ}$$



चित्र 3.16

प्रश्न 19. एक कलेक्टर से बेस बायस परिपथ में बेस परिपथ R_B का वह मान निर्धारित कीजिए जिससे कि प्रचालन बिन्दु (1 mA, 10 V) पर स्थित हो। ज्ञात है, $\beta = 100$, $V_{CC} = 15$ V, $V_{BE} = 0.3$ V

हल हम जानते हैं कि कलेक्टर लोड प्रतिरोध

$$R_L = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C} = \frac{15 - 10}{1 \text{ mA}} = 5 \text{ kΩ}$$

तथा $$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{1 \text{ mA}}{100} = 0.01 \text{ mA}$$

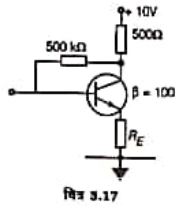
सूत्र $R_B = \frac{V_{CC} - V_{BE} - \beta I_B R_L}{I_B}$ से

$$R_B = \frac{15 - 0.3 - 100 \times 0.01 \times 5}{0.01}$$

या $$= 970 \text{kΩ}$$

अत: बेस प्रतिरोध R_B का मान 970 kΩ लेने पर प्रचालन बिन्दु (1 mA, 10 V) पर स्थित होगा।

प्रश्न 20. चित्र 3.17 में प्रदर्शित परिपथ में एमिटर धारा I_E तथा कलेक्टर वोल्टेज V_C ज्ञात कीजिए। इस परिपथ में प्रचालन बिन्दु अभिलक्षणों के किस भाग में स्थित होगा संतृप्त क्षेत्र अथवा कट-ऑफ क्षेत्र में?



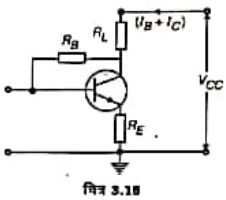
चित्र 3.17

हल चित्र 3.18 के अनुसार,

$$V_{CC} = (I_B + I_C) R_L + I_B R_B$$

$$= I_C R_L + I_B R_B = \beta I_B R_L + I_B R_B$$

या $$I_B = \frac{V_{CC}}{R_B + \beta R_L}$$



चित्र 3.18

चित्र 3.17 के अनुसार,

$V_{CC} = 10$ V; $R_B = 500 \times 10^3$ Ω

$R_L = 500$ Ω; $\beta = 100$

अत: $$I_B = \frac{10}{500 \times 10^3 + 100 \times 500}$$

$$= 18 \times 10^{-6} \text{ A} = 18 \mu\text{A}$$

एमिटर धारा

$$I_E = I_C = \beta I_B$$

$$= 100 \times 18 \times 10^{-6} = 1.8 \text{ mA}$$

तथा कलेक्टर वोल्टेज

$$V_C = V_{CE} = V_{CC} - I_C R_L$$

$$= 10 - 1.8 \times 10^{-3} \times 500 = 9.1 \text{ V}$$

चूँकि कलेक्टर वोल्टेज (V_{CE}) का मान लगभग सप्लाई वोल्टेज (V_{CC}) के तुल्य है; अत: प्रचालन बिन्दु, अभिलक्षणों के कट-ऑफ क्षेत्र की ओर होगा।

प्रश्न 21. एक परिपथ में स्थिर बायस विधि द्वारा बायसिंग की गयी है यदि $V_{CC} = 12$V, $R_C = 330$ Ω, $\beta = 100$ तथा $I_B = 0.3$ mA, तब R_B का मान ज्ञात कीजिए।

हल हम जानते हैं कि $V_{CC} = I_B R_B + V_{BE}$

यदि ट्रांजिस्टर सिलिकॉन का बना है तब, $V_{BE} = 0.7$ V

$$12 = 0.3 \text{ mA} \times R_B + 0.7 \text{ V}$$

$$R_B = \frac{12 - 0.7}{0.3 \text{ mA}} = \frac{11.3}{0.3} \text{ kΩ}$$

$$= 37.66 \text{ kΩ}$$

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

प्रश्न 22. चित्र 3.19 में प्रदर्शित सर्किट के लिए V_{CE} के मान का निर्धारण कीजिए।

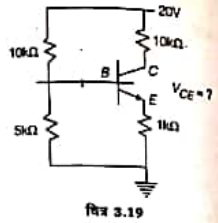
हल थेवेनिन प्रमेय द्वारा, $R_{Th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

जहाँ, $R_1 = 10\ \text{k}\Omega, R_2 = 5\ \text{k}\Omega$

$$R_{Th} = \frac{10 \times 5}{10+5} = \frac{50}{15} = \frac{10}{3}\ \text{k}\Omega$$

$$V_{Th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{CC}$$

$$= \frac{5}{5+10} \times 20 = \frac{100}{15} = \frac{20}{3}\ \text{V}$$



चित्र 3.19

किरचॉफ के नियम द्वारा,

$$\frac{20}{3} - \frac{10}{3} \times I_B - V_{BE} - 1 \times I_E = 0$$

या $$\frac{20}{3} - \frac{10}{3} I_B - 0.7 - 101\, I_B = 0$$

या $$I_B = \frac{\frac{20}{3} - 0.7}{\frac{10}{3} + 101}$$

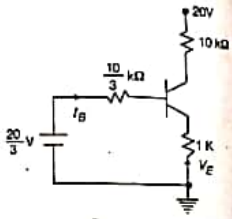
या $$I_B = \frac{20 - 2.1}{10 + 303}$$

$$= \frac{17.9}{313}$$

$$= 0.057\ \text{mA}$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$= 100 \times 0.057 = 5.7\ \text{mA}$$



चित्र 3.20

अब, $V_{CC} - 10\, I_C - V_{CE} - 1 \times I_E = 0$

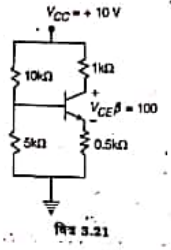
या $V_{CE} = V_{CC} - 10\, I_C - I_E$

या $V_{CE} = V_{CC} - 11\, I_C$

$[\because I_C \simeq I_E]$

$$= 20 - 11 \times 5.7 = 20 - 62.7 = -42.7\ \text{V}$$

प्रश्न 23. चित्र 3.21 में सिलिकॉन ट्रांजिस्टर के लिए ($\beta = 100$) प्रदर्शित सर्किट डायग्राम के लिए संचालन बिन्दु को ज्ञात कीजिए।



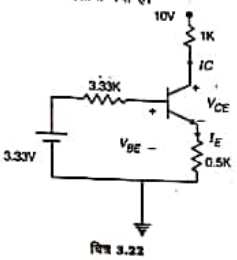
चित्र 3.21

हल $R_1 = 10\ \text{k}\Omega, R_2 = 5\ \text{k}\Omega, R_C = 1\ \text{k}\Omega, R_E = 0.5\ \text{k}\Omega$

$$R_{Th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \times 5}{10+5} = 3.33\ \text{k}\Omega$$

$$V_{Th} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} = \frac{5}{10+5} \times 10 = 3.33\ \text{V}$$

दिए गए परिपथ का तुल्य परिपथ चित्र 3.22 में दर्शाया गया है।



चित्र 3.22

किरचॉफ के नियम द्वारा,

$$3.33 - 3.33\, I_B - V_{BE} - 0.5\, I_E = 0$$

या $$3.33 - 3.33\, I_B - 0.7 - 0.5\,(\beta + 1)\, I_B = 0$$

या $$3.33 - 3.33\, I_B - 0.7 - 50.5\, I_B = 0$$

या $$I_B = \frac{3.33 - 0.7}{3.33 + 50.5} = 0.05\ \text{mA}$$

$$I_C = \beta\, I_B = 5\ \text{mA}$$

$$V_{CE} = 10 - 1\, I_C - 0.5\, I_E$$

$$= 10 - 1.5 \times 5 = 2.5\ \text{V}$$

प्रश्न 24. निम्न परिपथ चित्र 3.23 में थेवेनिन प्रतिरोध R_{Th} तथा थेवेनिन वोल्टेज (V_{Th}) की गणना कीजिए।

हल $$R_{Th} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

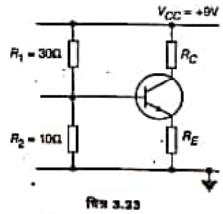
$$= \frac{30 \times 10}{30 + 10}$$

$$= \frac{300}{40} = 7.5\ \Omega$$

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

$$= 10 \times \frac{9}{30 + 10}$$

$$= \frac{10 \times 9}{40} = 2.25\ \text{V}$$



चित्र 3.23

अतः $R_{Th} = 7.5\ \Omega$ तथा $V_{Th} = 2.25\ \text{V}$

प्रश्न 25. एक n-p-n ट्रांजिस्टर परिपथ चित्र 3.24 में, $\alpha = 0.985$, $R_2 = 20\ \text{k}\Omega$, $R_E = 2\ \text{k}\Omega$ तथा $V_{BE} = 0.3$ volt है। यदि $V_{CC} = 20$ volt हो तथा प्रचालन बिन्दु की स्थिति $I_C = 2$ mA, $V_{CE} = 5$ volt है तो परिपथ में R_1 तथा R_C का मान ज्ञात कीजिए।

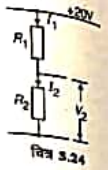
Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

हल ज्ञात है, $\alpha = 0.985$

अत: $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.985}{1-0.985} = 66$

तथा बेस धारा, $I_B = I_C/\beta = \frac{2\text{ mA}}{66} = 0.33\text{ mA}$



चित्र 3.24

प्रतिरोध R_2 के पार्श्व (across) में वोल्टेज

$V_2 = V_{BE} + V_E$

$= 0.3 + 2\text{ mA} \times 2\text{ k}\Omega$ $\quad (\because V_E = I_E R_E = I_C R_E)$

$= 4.3\text{ volt}$

प्रतिरोध R_1 के पार्श्व (across) में वोल्टेज

$V = V_{CC} - V_2 = 20 - 4.3 = 15.7\text{ volt}$

इस स्थिति में जब R_1 तथा R_2 श्रेणीक्रम में संयोजित माने गये हैं (चित्र 3.24), प्रतिरोध R_1 एवं R_2 में समान धारा प्रवाहित होगी।

$$I_1 = I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{4.3}{20\text{ k}\Omega} = 0.215\text{ mA}$$

$$\therefore \quad \text{प्रतिरोध } R_1 = \frac{\text{प्रतिरोध } R_1 \text{ पर वोल्टापात}}{I_1} = \frac{15.7\text{ volt}}{0.21\text{ mA}} = 73.2\text{ k}\Omega$$

प्रतिरोध R_C पर वोल्टापात $= V_{CC} - V_{CE} - V_E = 20 - 5 - 2 \times 2 = 11\text{ volt}$

$$\therefore \quad \text{कलेक्टर प्रतिरोध } R_C = \frac{\text{प्रतिरोध } R_C \text{ पर वोल्टापात}}{I_C}$$

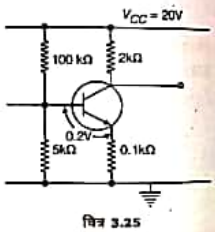
$$= \frac{5\text{ volt}}{2\text{ mA}} = 2.5\text{ k}\Omega$$

प्रश्न 28. एक BJT (बाईपोलर जंक्शन ट्रांजिस्टर) परिपथ में विभव विभाजक विधि से बायसिंग की गयी है। यदि $\beta = 50$, $V_{CC} = 20$ volt, $R_C = 2\text{ k}\Omega$, $R_E = 0.1\text{ k}\Omega$, $R_1 = 100\text{ k}\Omega$, $R_2 = 5\text{ k}\Omega$ तथा $V_{BE} = 0.2$ volt हो, तब प्रचालन बिन्दु (Q-point) की स्थिति ज्ञात कीजिए।

हल विभव विभाजक अभिनति (potential divider bias) में,

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

$$= \left(\frac{5}{5+100}\right) \times 20 = 0.952\text{ volt}$$



चित्र 3.25

तथा $R_{Th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5 \times 100}{5 + 100} = 4.76\text{ k}\Omega$

बेस एमिटर परिपथ में किरचॉफ नियम से,

$$V_{Th} = I_B R_{Th} + V_{BE} + (I_B + I_C) R_E$$

$$= I_B R_{Th} + V_{BE} + I_B R_E (1 + \beta)$$

या $0.952 = I_B \times 4.76 + 0.2 + (50 + 1) \times I_B \times 0.1$

या $I_B = 0.076\text{ mA}$

अत: $I_C = \beta I_B = 50 \times 0.076 = 3.8\text{ mA}$

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

$\therefore \quad V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C - (I_C + I_B) R_E = 20 - 3.8 \times 2 - 3.876 \times 0.1 = 12\text{ V}$

अत: प्रचालन बिन्दु की स्थिति निम्न होगी

$V_{CE} = 12\text{ V}$ या $I_C = 3.8\text{ mA}$

4 एकल चरण ट्रांजिस्टर प्रवर्धक
Single Stage Transistor Amplifier

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. प्रवर्धन से आप क्या समझते हैं?

उत्तर किसी इलेक्ट्रिकल सिगनल के आयाम को बढ़ाने की क्रिया प्रवर्धन कहलाती है।

प्रश्न 2. युग्मन कैपेसिटर के मुख्य कार्य क्या है?

उत्तर युग्मन कैपेसिटर के दो कार्य मुख्य हैं

1. यह प्रत्यावर्ती सिगनल को पास करता है।
2. यह D.C. वोल्टेज को एक ओर से दूसरी ओर जाने से रोकता है अर्थात् यह D.C. को ब्लॉक करता है।

प्रश्न 3. किसी प्रवर्धक का वोल्टेज लाभ किस सूत्र के माध्यम से ज्ञात किया जा सकता है?

उत्तर वोल्टेज लाभ $A_V = \frac{\text{आउटपुट A.C. वोल्टेज}}{\text{इनपुट A.C. वोल्टेज}} = \frac{V_0}{V_i}$

प्रश्न 4. रेखीय परिपथ किसे कहते हैं?

उत्तर रेखीय परिपथ वह परिपथ कहलाता है जिसमें वोल्टेज में परिवर्तन होने पर परिपथ के अवयव; जैसे—प्रतिरोध प्रेरक तथा संधारित्र अपना मान नहीं बदलते।

प्रश्न 5. किसी प्रवर्धक का शक्ति प्रवर्धन ज्ञात करने का सूत्र लिखिए।

उत्तर शक्ति प्रवर्धन A_V तथा A_i को गुणा कर ज्ञात किया जा सकता है।

शक्ति प्रवर्धन (A_p) = वोल्टेज प्रवर्धन (A_V) × धारा प्रवर्धन (A_i)

रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए

1. प्रवर्धक की क्रिया के विश्लेषण की सबसे उपयुक्त विधि ..... है। (तुल्यांक परिपथ)
2. तुल्यांक परिपथ द्वारा प्रवर्धक का विश्लेषण ..... प्रमेय पर आधारित है। (चार टर्मिनल नेटवर्क)
3. ..... कलेक्टर परिपथ में इनपुट सिगनल के कारण ट्रांसफर्ड धारा है। (h_{fcb})
4. आउटपुट प्रतिबाधा का मान ..... पर निर्भर करता है। (स्रोत प्रतिरोध)
5. प्रवर्धन की प्रक्रिया जिस युक्ति द्वारा की जाती है, उसे ..... कहते हैं। (प्रवर्धन)
6. कॉमन एमिटर प्रवर्धक में जिस सिगनल का प्रवर्धन करना होता है, वह ट्रांजिस्टर के ..... के मध्य कनेक्ट किया जाता है। (बेस-एमिटर)

सत्य / असत्य

1. एक अच्छे प्रवर्धक की निर्गत तरंग में निविष्ट तरंग के सभी गुण उपस्थित होते हैं। (सत्य)
2. ए०सी० लोड लाइन के अन्तर्गत कलेक्टर धारा लगभग एमिटर धारा के बराबर होती है। (सत्य)
3. कॉमन एमिटर प्रवर्धक का विश्लेषण के अन्तर्गत परिपथ में सिगनल वोल्टेज देने पर बहुत कम आयाम की प्रत्यावर्ती धारा तथा वोल्टेज उत्पन्न होती है। (सत्य)
4. एमिटर फॉलोअर का इनपुट प्रतिरोध R_i बहुत कम होता है। (असत्य)
5. R-C युग्मित प्रवर्धक में प्रवर्धक की आउटपुट तथा इनपुट समान कला में होती हैं। (सत्य)

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

खण्ड : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. सिंगल स्टेज ट्रांजिस्टर प्रवर्धक का परिपथ बनाइए तथा प्रत्येक अवयव (components) का परिपथ में कार्य लिखिए।

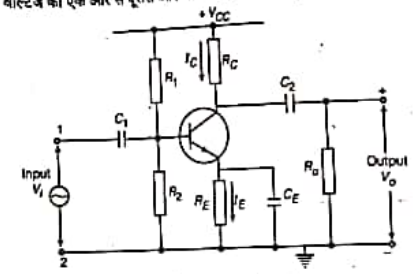
अथवा कॉमन एमिटर विन्यास का कार्य लिखिए।

उत्तर **एकल चरण ट्रांजिस्टर प्रवर्धक** चित्र 4.1 में *n-p-n* ट्रांजिस्टर को प्रयोग कर एक कॉमन एमिटर प्रवर्धक (common emitter amplifier) का परिपथ प्रदर्शित किया गया है। ट्रांजिस्टर के स्थिर प्रचालन के लिये विपथ विभाजक विधि (potential divider method) द्वारा बायसिंग की गयी है; क्योंकि इस विधि द्वारा ट्रांजिस्टर का तापक्रम नियन्त्रित तथा प्रचालन बिन्दु स्थिर रहता है।

परिपथ में तीन कैपेसिटर C_1, C_2 तथा C_E संयोजित किये गये हैं। कैपेसिटर C_1 तथा C_2 युग्मन कैपेसिटर (coupling capacitors) कहलाते हैं।

युग्मन कैपेसिटर के मुख्य दो कार्य हैं

1. यह प्रत्यावर्ती सिगनल (a.c. signal) को पास करता है।
2. यह डी०सी० वोल्टेज को एक ओर से दूसरी ओर जाने से रोकता है अर्थात् यह डी०सी० को ब्लॉक (block) करता है।



चित्र 4.1 कॉमन एमिटर ट्रांजिस्टर प्रवर्धक

कैपेसिटर C_2 का एक टर्मिनल कलेक्टर से तथा दूसरा प्रतिरोध R_o से संयोजित है। चूँकि C_2 एक ब्लॉकिंग कैपेसिटर की भाँति कार्य करता है अत: कलेक्टर की डी०सी० वोल्टेज का कोई प्रभाव R_o पर नहीं होता। इसके साथ ही कलेक्टर धारा में होने वाले परिवर्तन इस कैपेसिटर (C_2) से पास होकर प्रतिरोध R_o पर प्राप्त हो जाते हैं। दूसरे शब्दों में प्रतिरोध R_o पर आउटपुट वोल्टेज, कलेक्टर डी०सी० वोल्टेज से मुक्त (free) रहती है।

इसी प्रकार कैपेसिटर C_1 सिगनल वोल्टेज V_i को ट्रांजिस्टर के बेस पर पास कर देता है, परन्तु ट्रांजिस्टर के बेस पर उपलब्ध डी०सी०, बायस वोल्टेज को सिगनल स्रोत V_i की ओर जाने से रोकता है।

कैपेसिटर C_E बाईपास (by-pass) कैपेसिटर का कार्य करता है। यह एमिटर धारा में होने वाले सभी परिवर्तनों (variations) को ग्राउण्ड में बाईपास करता है।

यदि एमिटर प्रतिरोध R_E को C_E द्वारा बाईपास न किया जाये, तब प्रतिरोध R_E पर ए०सी० वोल्टतापात होगा जिससे इनपुट वोल्टेज प्रभावित होगी। यह प्रभाव ऋणात्मक फीडबैक प्रभाव (negative feedback effect) कहलाता है। इस फीडबैक प्रभाव को समाप्त करने के लिये ही बाईपास कैपेसिटर C_E का प्रयोग किया गया है।

कैपेसिटर C_E का मान ऐसा होना चाहिए जिससे कि यह इनपुट सिगनल में उपस्थित निम्नतम (lowest) आवृत्ति की धारा को बाईपास कर सके। यदि C_E इस कार्य (lowest frequency by-pass) को कर सकता है; तब उच्च आवृत्ति धारा

सिगनल को तो यह स्वत: ही बाईपास करेगा; क्योंकि उच्च आवृत्ति (f_h) पर C_E की प्रतिबाधा $\left(\frac{1}{2\pi f_h C}\right)$, निम्न आवृत्ति ($f_l$) पर प्रतिबाधा $\left(\frac{1}{2\pi f_l C}\right)$, से कम होगी।

इसके साथ ही यह भी आवश्यक है कि निम्नतम आवृत्ति पर C_E की प्रतिबाधा, प्रतिरोध R_E से कम हो। प्रयोगात्मक (practically) दृष्टि से निम्नतम आवृत्ति पर C_E का प्रतिघात, प्रतिरोध R_E के दसवें भाग से कम होना चाहिए। अर्थात्

$$X_{CE} \le \frac{R_E}{10}$$

(यहाँ X_{CE}, कैपेसिटर C_E का निम्नतम आवृत्ति पर प्रतिघात है)

प्रतिरोध R_o, आउटपुट में संयोजित पद (stage) का प्रतिरोध प्रदर्शित करता है। प्राय: प्रवर्धक के केवल एक पद से आवश्यकतानुसार प्रवर्धन नहीं प्राप्त होता। ऐसी स्थिति में प्रवर्धक के दो या दो से अधिक पद परस्पर संयोजित किये जाते हैं, उस समय प्रतिरोध R_o अगले पद का इनपुट प्रतिरोध प्रदर्शित करेगा।

जिस सिगनल का प्रवर्धन करना होता है, वह ट्रांजिस्टर के बेस-एमिटर के मध्य कनेक्ट किया जाता है। चित्र 4.1 में इनपुट सिगनल (V_i) बेस एवं एमिटर के मध्य प्रतिरोध R_2 के पार्श्व में दिया गया है। V_i के कारण ट्रांजिस्टर की बेस धारा में परिवर्तन होते हैं, बेस धारा के परिवर्तन से कलेक्टर धारा में परिवर्तन होते हैं तथा कलेक्टर धारा के परिवर्तन से प्रतिरोध R_C पर प्रत्यावर्ती वोल्टतापात (a.c. drop) होता है। यह a.c. वोल्टेज, कैपेसिटर C_2 के पास होकर प्रतिरोध R_o पर उपलब्ध होती है। प्रतिरोध R_o पर वोल्टपात V_o इस परिपथ की आउटपुट है।

किसी भी प्रवर्धक का वोल्टेज लाभ (voltage gain) निम्न सूत्र द्वारा दिया जा सकता है

वोल्टेज लाभ Voltage Gain

$$A_V = \frac{\text{आउटपुट ए०सी० वोल्टेज}}{\text{इनपुट ए०सी० वोल्टेज}} = \frac{V_o}{V_i}$$

इस प्रवर्धक में वोल्टेज प्रवर्धन के अतिरिक्त धारा प्रवर्धन (current amplification) भी प्राप्त होता है। शक्ति प्रवर्धन (power amplification), A_V तथा A_i की गुणा कर ज्ञात किया जा सकता है।

शक्ति प्रवर्धन (A_P) = वोल्टेज प्रवर्धन (A_V) × धारा प्रवर्धन (A_i)

प्रश्न 2. एकल अवस्था प्रवर्धक में कला परिवर्तन प्रक्रिया को समझाइए।

उत्तर **CE प्रवर्धक में आउटपुट वोल्टेज का इनपुट वोल्टेज के सापेक्ष कला उत्क्रमण** एक CE प्रवर्धक में

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

जब प्रवर्धक में कोई a.c. इनपुट नहीं दी जाती है तो R_C में d.c. वोल्टपात $I_C R_C$ होता है।

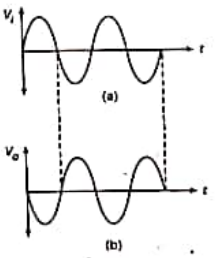
जब प्रवर्धक को a.c. इनपुट वोल्टेज दी जाती है तो बेस धारा में परिवर्तन होता है। यदि इनपुट वोल्टेज बढ़ती है तो बेस धारा का मान बढ़ता है जिससे कलेक्टर धारा का मान बढ़ेगा, इससे V_{CE} कम हो जायेगा।

यदि इनपुट घटता है तो बेस धारा भी कम हो जाती है जिससे कलेक्टर धारा I_C कम हो जाती है। I_C के घटने पर V_{CE} बढ़ती है। V_{CE} में हुआ परिवर्तन δV_{CE} ही लोड पर आउटपुट a.c. वोल्टेज के रूप में प्राप्त होता है।

$$V_o = -R_c \delta I_C$$

अत: इनपुट के धनात्मक चक्र में V_{BE} बढ़ने से I_B तथा I_C बढ़ते हैं जिससे V_o घट जाती है।

इसी प्रकार इनपुट के ऋणात्मक चक्र में V_{BE} घटने से I_B तथा I_C घटते हैं जिससे V_{CE} बढ़ जाती है।



चित्र 4.2

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

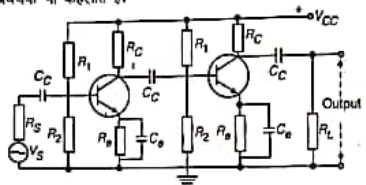
अत: CE प्रवर्धक में जब इनपुट a.c. का पॉजिटिव अर्द्धचक्र चल रहा होता है तो आउटपुट a.c. का ऋणात्मक अर्द्धचक्र चल रहा होता है। जब इनपुट a.c. का निगेटिव अर्द्धचक्र चल रहा होता है तो आउटपुट का पॉजिटिव अर्द्धचक्र चल रहा होता है।

अत: इनपुट तथा आउटपुट विपरीत कला में होती हैं। दूसरे शब्दों में, CE प्रवर्धक में इनपुट वोल्टेज तथा आउटपुट वोल्टेज में 180° का कलान्तर होता है।

प्रश्न 3. परिपथ आरेख खींचकर *R-C* युग्मित प्रवर्धक की कार्य-विधि समझाइए।

अथवा ***R-C* युग्मित प्रवर्धक का आरेख खींचिए और वर्णन कीजिए।**

उत्तर ***R-C* युग्मित प्रवर्धक** *R-C* Coupled Amplifier चित्र 4.3 में एक *R-C* युग्मित प्रवर्धक प्रदर्शित किया गया है जिसमें ट्रांजिस्टर प्रवर्धक के दो पद प्रयुक्त किये गये हैं। प्रवर्धक कॉमन एमिटर (emitter) पद्धति में संयोजित है। यह कास्केडेड (cascaded) प्रवर्धक भी कहलाते हैं।



चित्र 4.3 R-C. युग्मित प्रवर्धक

परिपथ में R_1, R_2, R_E तथा C_e ट्रांजिस्टर्स को स्वत: अभिनति (self bias) तथा स्थिरीकरण (stabilization) प्रदान करते हैं। C_C युग्मन कैपेसिटर (coupling capacitor) है जो प्रथम पद को आउटपुट, दूसरे प्रवर्धक पद के बेस से कनेक्ट करता है। यह कैपेसिटर C_C केवल a.c. सिगनल को ही दूसरे ट्रांजिस्टर के इनपुट पर देता है तथा d.c. वोल्टेज एवं धाराओं को ब्लॉक (block) करता है। C_e एक बाईपास कैपेसिटर (by-pass capacitor) है। यह एमिटर पर आने वाले सिगनल के लिये निम्न प्रतिघात (low reactance) का पथ उपलब्ध कराता है जिससे ऋणात्मक फीडबैक के कारण प्रवर्धन में होने वाली हानियाँ कम हो जाती हैं। C_e का मान ऐसा सलेक्ट किया जाता है कि यह प्रत्येक आवृत्ति के a.c. सिगनल के लिये (निम्न आवृत्ति के लिये भी) R_e के पार्श्व (across) में एक उत्तम लघुपथ (short-circuit) की भाँति कार्य करे।

जब प्रथम पद के बेस को कोई सिगनल दिया जाता है, तब इसका प्रवर्धन होता है। पहले प्रवर्धक की आउटपुट R_C पर प्राप्त होती है। आउटपुट तथा इनपुट 180° पर विस्थापित होते हैं; क्योंकि यह कॉमन एमिटर परिपथ है। पहले पद की प्रवर्धित आउटपुट युग्मन कैपेसिटर C_C के द्वारा दूसरे पद के बेस को प्राप्त होती है। बेस पर प्राप्त यह a.c. सिगनल दूसरे प्रवर्धक द्वारा पुन: प्रवर्धित होता है। प्रवर्धित आउटपुट दूसरे पद के ट्रांजिस्टर के कलेक्टर से संयोजित प्रतिरोध R_C पर प्राप्त होती है। इसकी कला पुन: 180° द्वारा परिवर्तित हो जाती है।

द्वितीय पद की आउटपुट, कैपेसिटर C_C द्वारा लोड प्रतिरोध R_L पर प्राप्त होती है। इस प्रकार कास्केड प्रवर्धक द्वारा सिगनल का प्रवर्धन होता है तथा प्रवर्धक का सम्पूर्ण लाभ (gain) काफी अधिक हो जाता है। प्रवर्धक की आउटपुट तथा इनपुट समान कला में होती है।

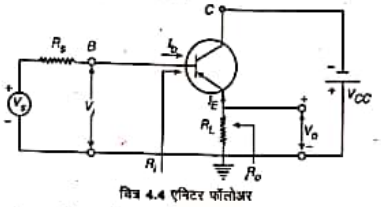
यदि प्रथम स्टेज द्वारा एम्प्लीफिकेशन A_1 तथा द्वितीय स्टेज द्वारा A_2 है, तब *R-C* युग्मित एम्प्लीफायर द्वारा कुल एम्प्लीफिकेशन $A = A_1 \times A_2$.

प्रश्न 4. एमिटर फॉलोअर पर टिप्पणी लिखिए।

अथवा **एमिटर फॉलोअर का सचित्र वर्णन कीजिए।**

उत्तर **एमिटर फॉलोअर** Emitter Follower चित्र 4.4 में एक ट्रांजिस्टर एमिटर फॉलोअर का परिपथ दिया गया है। इस परिपथ में आउटपुट एमिटर से ली जाती है। यह कॉमन कलेक्टर (CC) एम्प्लीफायर के समान ही है। इस परिपथ का वोल्टेज गेन लगभग '1' होता है; अत: बेस वोल्टेज में कोई परिवर्तन, एमिटर पर लगे लोड में समान परिवर्तन

उत्पन्न करता है। दूसरे शब्दों में एमिटर इनपुट सिगनल को फॉलो करता है। एमिटर फॉलोअर का इनपुट प्रतिरोध R_i बहुत उच्च (hundreds of kilo-ohms) होता है तथा आउटपुट प्रतिरोध R_o बहुत कम (tens of ohms) होता है। अत: CC परिपथ का उपयोग बफर स्टेज (buffer stage) की भाँति किया जाता है जो आवृत्ति के एक बड़े क्षेत्र में प्रतिरोध ट्रांसफॉर्मेशन (from high to low resistance) का कार्य करता है।

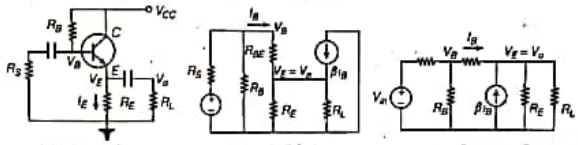


चित्र 4.4 एमिटर फॉलोअर

इसके अतिरिक्त एमिटर फॉलोअर, सिगनल के पावर लेवल को भी बढ़ाता है।

प्रश्न 5. एमिटर फॉलोवर सर्किट की कार्य प्रणाली की चर्चा कीजिए। इसको एमिटर फॉलोवर क्यों कहते हैं? सिद्ध कीजिए कि इसका वोल्टेज गेन लगभग 1 होता है।

उत्तर **एमिटर फॉलोअर की कार्य-प्रणाली** Working of Emitter Follower चित्र 4.5 में एक ट्रांजिस्टर एमिटर फॉलोअर का परिपथ दिया गया है। इस परिपथ में आउटपुट एमिटर से ली जाती है। यह कॉमन कलेक्टर (CC) एम्प्लीफायर के समान ही है। इस परिपथ का वोल्टेज गेन लगभग '1' होता है; अत: बेस वोल्टेज में कोई भी परिवर्तन, एमिटर पर लगे लोड में समान परिवर्तन उत्पन्न करता है। दूसरे शब्दों में एमिटर इनपुट सिगनल को फॉलो करता है। एमिटर फॉलोअर का इनपुट प्रतिरोध R_i बहुत उच्च (hundreds of kilo-ohms) होता है तथा आउटपुट प्रतिरोध R_o बहुत कम (tens of ohms) होता है। अत: CC परिपथ का उपयोग बफर स्टेज (buffer stage) की भाँति किया जाता है जो आवृत्ति के एक बड़े क्षेत्र में प्रतिरोध ट्रांसफॉर्मेशन (from high to low resistance) का कार्य करता है। इसके अतिरिक्त एमिटर फॉलोअर, सिगनल के पावर लेवल को बढ़ाता है।



(a) एमीटर फॉलोअर (b) तुल्य फॉलोअर (c) सरलीकृत तुल्य परिपथ

चित्र 4.5

वोल्टता लाभ Voltage Gain

परिपथ से स्पष्ट है कि $R_B >> R_{BE} + R_E$

इनपुट व आउटपुट वोल्टता के मान निम्न प्रकार के लिए सकते हैं

$$\begin{cases} V_{out} = V_E = (R_E \| R_L) I_E = (R_E \| R_L)(I_E + I_B) = (R_E \| R_L)(\oplus + 1) I_B \\ V_{in} = (R_S + R_{BE}) I_B + V_{out} = (R_S + R_{BE}) I_B + (R_E \| R_L)(\oplus + 1) I_B \end{cases}$$

∴ वोल्टता लाभ $A = \dfrac{V_{out}}{V_{in}}$

$$= \frac{(\oplus + 1)(R_E \| R_L)}{(R_S + R_{BE}) + (\oplus + 1)(R_E \| R_L)} \approx 1$$

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

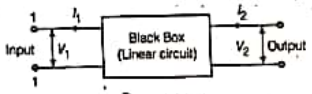
चूँकि $R_S + R_{BE} << (\beta + 1)(R_E \| R_L)$

इस प्रकार वोल्टता लाभ (A) 1 से कुछ कम होता है। चूँकि A धनात्मक है; अत: स्पष्ट है कि आउटपुट वोल्टता, इनपुट वोल्टता के साथ समान फेज में होती है।

प्रश्न 6. h-पैरामीटर्स से आप क्या समझते हैं? CE विन्यास में ट्रांजिस्टर के अभिलक्षण वक्रों से इन पैरामीटर्स को कैसे ज्ञात करेंगे?

उत्तर ट्रांजिस्टर प्रवर्धक को एक चार टर्मिनल युक्ति की भाँति प्रदर्शित किया जा सकता है। इस चार टर्मिनल युक्ति को "two port network" भी कहा जाता है। चार टर्मिनल नेटवर्क के आधार पर परिपथ विश्लेषण के लिए मुख्य शर्त यह है कि परिपथ रेखीय (linear) हो। रेखीय परिपथ (linear circuit) वह परिपथ कहलाता है जिसमें वोल्टेज में परिवर्तन होने पर परिपथ अवयव; जैसे—प्रतिरोध (resistance), प्रेरक (inductor) तथा संधारित्र (capacitor) अपने मान नहीं बदलते।

चित्र 4.6 (a) में प्रवर्धक को एक ब्लैक बॉक्स के रूप में प्रदर्शित किया गया है। परिपथ में कार्य करने वाली इनपुट एवं आउटपुट वोल्टेज तथा धाराएँ (V_1, V_2, i_1 तथा i_2) परस्पर सम्बन्धित हैं। इन चार राशियों में से दो को स्वतन्त्र चर (independent variables) मानकर शेष दो को इनके परतन्त्र चरों के रूप में प्रकट किया जाता है। यदि चित्र 4.5 (a) में i_1 तथा V_2 को स्वतन्त्र चर मान लिया जाये, तब h-पैरामीटर को प्रयोग कर V_1 तथा i_2 को निम्न समीकरणों द्वारा प्रकट किया जाता है



चित्र 4.6 (a)

$$V_1 = h_{11} i_1 + h_{12} V_2 \quad \ldots(i)$$

$$i_2 = h_{21} i_1 + h_{22} V_2 \quad \ldots(ii)$$

समीकरण (i) इनपुट परिपथ एवं समीकरण (ii) आउटपुट परिपथ को प्रदर्शित करती है।

राशियाँ h_{11}, h_{12}, h_{21} तथा h_{22} हाइब्रिड पैरामीटर कहलाते हैं। इन पैरामीटर में h_{11} तथा h_{21} फॉरवर्ड पैरामीटर (forward parameter) तथा h_{12} एवं h_{22} रिवर्स पैरामीटर हैं।

फॉरवर्ड पैरामीटर h_{11} तथा h_{21} आउटपुट टर्मिनल को लघुपथित (short-circuit) करने पर ज्ञात किये जा सकते हैं। इस स्थिति में $V_2 = 0$; अत: समीकरण (i) एवं (ii) में $V_2 = 0$ रखने पर,

$$V_1 = h_{11} i_1 \text{ तथा } i_2 = h_{21} i_1$$

अत: $$h_{11} = \left.\frac{V_1}{i_1}\right|_{V_2 = 0} \quad \ldots(iii)$$

तथा $$h_{21} = \left.\frac{i_2}{i_1}\right|_{V_2 = 0} \quad \ldots(iv)$$

समीकरण (iii) एवं (iv) के अनुसार,

h_{11} = निविष्ट प्रतिबाधा (input impedance) = h_i (जब $V_2 = 0$)

तथा h_{21} = अग्र धारा अनुपात (forward current ratio) = h_f (जब $V_2 = 0$)

पैरामीटर h_{12} तथा h_{22} ज्ञात करने के लिए इनपुट टर्मिनल खोल (open) दिये जाते हैं अर्थात् इनपुट परिपथ में कोई धारा प्रवाहित नहीं होती। इस स्थिति में $i_1 = 0$।

समीकरण (iii) एवं (ii) में $i_1 = 0$ रखने पर, $\therefore V_1 = h_{12} V_2$ तथा $i_2 = h_{22} V_2$

अत: $$h_{12} = \left.\frac{V_1}{V_2}\right| \text{ जब } i_1 = 0 \quad \ldots(v)$$

एवं $$h_{22} = \left.\frac{i_2}{V_2}\right| \text{ जब } i_1 = 0 \quad \ldots(vi)$$

समीकरण (v) एवं (vi) के अनुसार,

h_{12} = रिवर्स वोल्टेज लाभ (reverse voltage gain) = h_r (जब $i_1 = 0$)

तथा h_{22} = आउटपुट एडमिटैन्स (output admittance) = h_o (जब $i_1 = 0$)

इस प्रकार ट्रांजिस्टर के चार मुख्य h-पैरामीटर निम्न हैं

$h_{11} - h_i$ (input impedance)

$h_{21} - h_f$ (forward current gain)

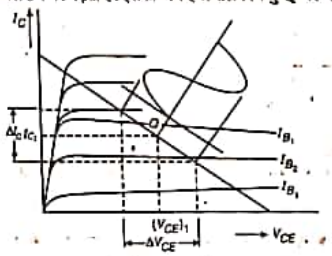
$h_{12} - h_r$ (reverse voltage ratio)

$h_{22} - h_o$ (output admittance)

ट्रांजिस्टर के स्थैतिक (Static) अभिलक्षणों से h-पैरामीटर ज्ञात करना

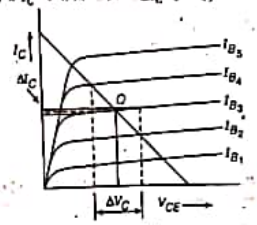
ट्रांजिस्टर अभिलक्षणों से h-पैरामीटर ज्ञात करने के लिए सर्वप्रथम Q-बिन्दु की स्थिति निश्चित की जाती है। चित्र 4.6 (b) में ट्रांजिस्टर के आउटपुट अभिलक्षण प्रदर्शित किये गये हैं। माना Q-बिन्दु की स्थिति (I_C, V_C) है।

चित्र 4.6 (b) में $V_{CE} = (V_{CE})_1$ पर एक ऊर्ध्वाधर (vertical) रेखा खींचिए तथा कलेक्टर धारा $I_C = I_{C_1}$ पर एक क्षैतिज रेखा खींचिए। इन दोनों रेखाओं का कटान बिन्दु, प्रचालन बिन्दु 'Q' है। चित्र 4.6 से स्पष्ट (माना) है कि यह Q-बिन्दु बेस धारा I_{B_3} पर खींचे गये अभिलक्षण पर पड़ता है। इसका अर्थ है प्रचालन बिन्दु 'Q' पर बेस धारा का मान I_{B_3} है।



चित्र 4.6 (b)

1. **फॉरवर्ड धारा लाभ** Forward Current Gain 'h_{fe}' चित्र 4.6(c) से मान स्थिर $(V_{CE})_1$ पर बेस धारा में सूक्ष्म परिवर्तन ΔI_B होते हैं तथा I_C में संगत परिवर्तन ΔI_C होते हैं, तब



चित्र 4.6 (c)

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

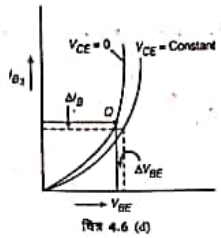
$$h_{fe} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\Big| V_{CE} = \text{constant.}$$

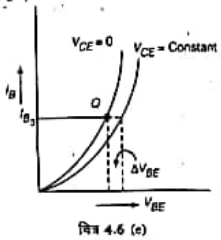
2. **आउटपुट एडमिटैन्स** Output Admittance 'h_{oe}' यदि स्थिर धारा I_{B_3} पर V_{CE} में सूक्ष्म परिवर्तन ΔV_{CE} तथा कलेक्टर धारा में संगत परिवर्तन ΔI_C होते हैं, तब h_{oe} की परिभाषा के अनुसार, चित्र 4.6 (c) से,

$$h_{oe} = \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{CE}}\Big| I_B = \text{constant.}$$

3. **इनपुट प्रतिबाधा** Input Impedance 'h_{ie}': h_{ie} ज्ञात करने के लिए इनपुट अभिलक्षणों पर Q-बिन्दु की स्थिति ज्ञात की जाती है। चित्र 4.6 (d) में स्थिर V_{CE} पर ट्रांजिस्टर के इनपुट अभिलक्षण प्रदर्शित किये गये हैं। यदि V_{BE} में सूक्ष्म परिवर्तन ΔV_{BE} का होने पर बेस धारा में संगत परिवर्तन ΔI_B होते हैं, तब

$$h_{ie} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\Big| V_{CE} = \text{constant.}$$





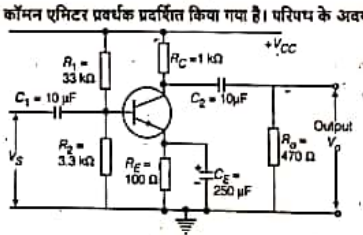
चित्र 4.6 (d)

चित्र 4.6 (e)

4. **रिवर्स वोल्टेज लाभ** Reverse Voltage Gain 'h_{re}' h_{re} ज्ञात करने के लिए पहले स्थिर बेस धारा (I_{B_1}) पर इनपुट अभिलक्षणों चित्र 4.6 (e) में Q-बिन्दु से एक क्षैतिज रेखा खींची जाती है। जब V_{CE} के मान में ΔV_{CE} के तुल्य परिवर्तन होता है, तब यदि बेस एमिटर वोल्टेज में संगत परिवर्तन ΔV_{BE} हो, तब

$$h_{re} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta V_{CE}}\Big| I_B = \text{constant.}$$

प्रश्न 7. चित्र 4.7 में एक कॉमन एमिटर प्रवर्धक प्रदर्शित किया गया है। परिपथ के अवयव निम्न प्रकार हैं



चित्र 4.7

V_{CC} = 9 volt, R_1 = 33 kΩ, R_2 = 3.3 kΩ, R_E = 100 Ω, R_o = 470 Ω, C_E = 250 μF तथा सिगनल वोल्टेज **V_S = 5 mV**। यदि शून्य सिगनल पर बेस धारा का मान **30 μA** हो, तब

(a) डी०सी० लोड लाइन खींचिए।

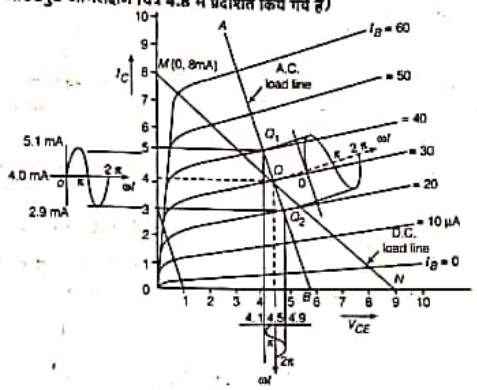
(b) प्रवर्धक के ए०सी० पर प्रचालन हेतु तुल्यांक परिपथ प्रदर्शित कीजिए।

(c) ए०सी० लोड लाइन खींचिए।

(i) यदि 5V इनपुट सिगनल से बेस धारा में 20 μA peak से परिवर्तन हो, तब प्रवर्धक का धारा लाभ ज्ञात कीजिए।

(ii) प्रवर्धक का वोल्टेज लाभ ज्ञात कीजिए।

(ट्रांजिस्टर के आउटपुट अभिलक्षण चित्र 4.8 में प्रदर्शित किये गये हैं)



चित्र 4.8

हल (a) **डी०सी० लोड लाइन** D.C. Load Line डी०सी० लोड लाइन की समीकरण निम्न है

$$I_C = \frac{1}{R_C + R_E} V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

यह लाइन बिन्दुओं (V_{CC}, 0) तथा $\left(0, \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}\right)$ को मिलाने पर खींची जा सकती है। प्रवर्धक का डी०सी० लोड,

$$R_{dc} = R_C + R_E = 1\,k\Omega + 0.1\,k\Omega = 1.1\,k\Omega$$

V_{CC} का मान + 9 V है; अत: डी०सी० लोड लाइन खींचने के लिये दो बिन्दु M तथा N निम्न होंगे,

$$M \rightarrow \left(0, \frac{9V}{1.1\,k\Omega}\right) \text{ या } (0, 8.2\,mA) \qquad \text{तथा } N \rightarrow (9\,V, 0\,mA) \text{ या } (9\,V, 0)$$

(i) M तथा N बिन्दुओं को मिलाने वाली रेखा डी०सी० लोड लाइन होगी।

(ii) प्रश्न के अनुसार शून्य सिगनल पर बेस धारा का मान 30 μA है; अत: 30 μA बेस धारा पर आउटपुट अभिलक्षण तथा लोड लाइन MN का कटान बिन्दु परिपथ का Q-बिन्दु होगा।

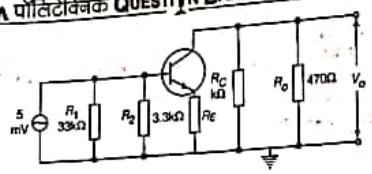
चित्र 4.8 से Q-बिन्दु (4 mA, 4.5 V) है अर्थात्

$$I_C = 4\,mA \text{ तथा } V_{CE} = 4.5\,V$$

(b) **प्रवर्धक के ए०सी० पर प्रचालन** इसमें सभी कैपेसिटर लघुपथ (short-circuit) की भाँति व्यवहार करेंगे। अत: तुल्यांक परिपथ में सम्मिलित नहीं किये जायेंगे। इसी प्रकार डी०सी० सप्लाई स्रोत भी तुल्यांक परिपथ में सम्मिलित नहीं किये गये हैं। इस प्रकार प्रवर्धन का ए०सी० तुल्यांक परिपथ चित्र 4.9 (a) की भाँति होगा।

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner



चित्र 4.9 (a)

(c) **ए०सी० लोड लाइन** A.C. Load Line प्रवर्धक को ए०सी० इनपुट सिगनल V_i देने पर यह चित्र 4.9 (a) की भाँति व्यवहार करेगा। चित्र 4.9 (a) से स्पष्ट है कि ए०सी० के लिये भार प्रतिरोध (R_{ac}) का मान निम्न होगा

$$R_{ac} = \frac{R_C \times R_o}{R_C + R_o} = \frac{1\,k\Omega \times 0.47\,k\Omega}{1\,k\Omega + 0.47\,k\Omega} = 320\,\Omega$$

अत: ए०सी० लोड लाइन का ढाल $-1/R_{ac} = -\frac{1}{320}$ होगा। यह रेखा Q-बिन्दु से भी गुजरेगी। ए०सी० लोड लाइन खींचने के लिये निम्न विधि प्रयोग की जा सकती है

सर्वप्रथम कोई रेखा PQ, जिसका (slope) $-\frac{1}{R_{ac}}$ के तुल्य हो, खींचते हैं। उसके पश्चात् एक अन्य रेखा AB, जो Q बिन्दु से गुजरती हो तथा रेखा PQ के समानान्तर हो, खींची जाती है। यह रेखा AB ही ए०सी० लोड लाइन है। चित्र 4.9 (b) (i) में $-\frac{1}{R_{ac}}$, ढाल (slope) को रेखा खींचने की विधि प्रदर्शित की गयी है।

ढाल (slope), $\tan\theta = -\frac{1}{R_{ac}}$

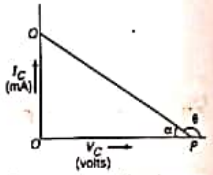
माना $\theta = 180° - \alpha$

अत: $\tan\theta = \tan(180° - \alpha) = -\tan\alpha$

$\therefore \tan\alpha = \frac{1}{R_{ac}} = \frac{OQ}{OP} = \frac{1}{320}$

यदि $OP = 1$ volt

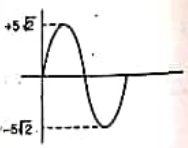
तब $OQ = \frac{1}{320}\,A = 3.1\,mA$



चित्र 4.9 (b) (i) ए०सी० लोड लाइन

इस प्रकार बिन्दु P तथा Q ज्ञात होने पर रेखा PQ, जिसका ढाल $\frac{1}{R_{ac}}$ है, खींची जा सकती है। चित्र 4.8 में ए० सी० लोड लाइन प्रदर्शित की गयी है।

(d) **(i) प्रवर्धक का धारा लाभ** परिपथ को 5 mV इनपुट सिगनल वोल्टेज दी गयी है। अत: peak से peak तक [चित्र 4.9 (b)(ii)] वोल्टेज में परिवर्तन $5 \times \sqrt{2} \times 2$ अर्थात् 14.14 mV होगा। प्रश्न के अनुसार 14.14 mV इनपुट सिगनल से बेस धारा में peak से peak तक 20 μA के परिवर्तन होते हैं अर्थात बेस धारा 20 μA से 40 μA तक परिवर्तित होती है। इस स्थिति में Q बिन्दु ए०सी० लोड लाइन पर Q_1 तथा Q_2 के मध्य शिफ्ट होगा (चित्र 4.8)। Q बिन्दु के शिफ्ट होने से I_C तथा V_{CE} में होने वाले परिवर्तन चित्र 4.8 में प्रदर्शित किये गये हैं। चित्र 4.8 से कलेक्टर धारा I_C, 2.9 mA से 5.1 mA तक शिफ्ट होती है तथा कलेक्टर-एमिटर वोल्टेज V_{CE}, 4.1 volt से 4.9 volt तक परिवर्तित होती है।



चित्र 4.9 (b) (ii)

अत: **प्रवर्धक का धारा लाभ** (current gain)

$$A_i = \frac{I_{C(max)} - I_{C(min)}}{I_{B(max)} - I_{B(min)}} = \frac{5.1\,mA - 2.9\,mA}{40\,\mu A - 20\,\mu A} = 110$$

(ii) प्रवर्धक का वोल्टेज लाभ Voltage Gain

$$A_V = \frac{V_{C(max)} - V_{C(min)}}{V_{i(max)} - V_{i(min)}} = \frac{4.9\,V - 4.1\,V}{14.14\,mV} = 56.58$$

प्रश्न 8. एक कॉमन एमिटर प्रवर्धक में प्रयुक्त ट्रांजिस्टर के पैरामीटर निम्नलिखित हैं

$h_{ie} = 1000\,\Omega$, $h_{re} = 2.5 \times 10^{-4}$, $h_{fe} = 50$, $h_{oe} = 25\,\mu A/V$

यदि लोड प्रतिरोध 2000 Ω तथा स्रोत प्रतिबाधा 600 Ω हो, तब धारा लाभ, वोल्टेज लाभ, इनपुट प्रतिबाधा एवं आउटपुट प्रतिबाधा ज्ञात कीजिए।

हल धारा लाभ $A_i = +\frac{h_{fe}}{1 - h_{oe}R_L}$

$$= +\frac{50}{1 + 25 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^3} = +47$$

वोल्टेज लाभ, $A_V = -\frac{h_{fe}R_L}{h_{ie} + \Delta^h R_L}$

$\therefore \Delta^h = (1000 \times 25 \times 10^{-6} - 2.5 \times 10^{-4} \times 50)$

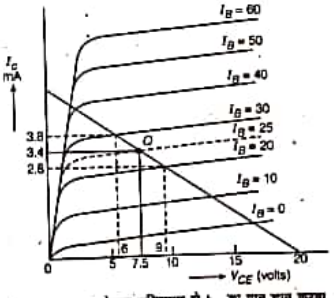
$= 10^{-4}(250 - 125) = 0.0125$

$\therefore A_V = \frac{50 \times 2 \times 10^3}{1000 + 0.0125 \times 2 \times 10^3} = \frac{10^5}{1000 + 25} = -97.5$

इनपुट प्रतिबाधा, $Z_i = \frac{\Delta^h R_L + h_{ie}}{1 + h_{oe}R_L} = \frac{0.0125 \times 2 \times 10^3 + 1000}{1 + 25 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^3} = 976\,k\Omega$

आउटपुट प्रतिबाधा, $Z_o = \frac{h_{ie} + R_{st}}{\Delta^h + h_{oe}R_s} = \frac{100 + 600}{0.0125 + 25 \times 10^{-6} \times 600} = 58.18\,k\Omega$

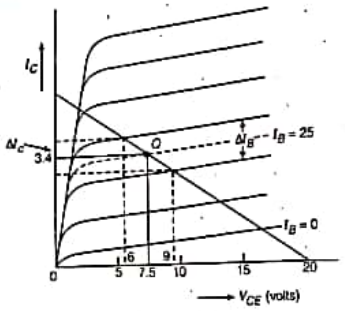
प्रश्न 9. चित्र 4.10 (a) व (b) में एक ट्रांजिस्टर के कलेक्टर अभिलक्षण तथा इनपुट अभिलक्षण प्रदर्शित किये गये हैं। प्रचालन बिन्दु $I_C = 3.4$ mA तथा $V_{CE} = 7.5$ volt पर ट्रांजिस्टर के हाइब्रिड पैरामीटर के मान ज्ञात कीजिए।



चित्र 4.10 (a) कलेक्टर अभिलक्षण से h_{fe} का मान ज्ञात करना

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner



चित्र 4.10 (b)

हल सर्वप्रथम चित्र 4.10 (a) में $V_{CE} = 7.5$ वोल्ट पर एक ऊर्ध्वाधर रेखा खींची जाती है। उसके पश्चात् $I_C = 3.4$ mA पर एक क्षैतिज रेखा खींचते हैं। इन दोनों रेखाओं का कटान बिन्दु प्रचालन बिन्दु (Q-point) को स्थिति प्रदर्शित करता है।

चित्र से स्पष्ट है कि Q-बिन्दु, $I_B = 20\,\mu A$ तथा $I_B = 30\,\mu A$ के संगत अभिलक्षणों के मध्य पड़ता है। इसका अर्थ है कि प्रचालन बिन्दु (7.5V, 3.4mA) पर बेस धारा 25 μA है। कलेक्टर अभिलक्षणों पर एक अन्य अभिलक्षण, जो स्थिर बेस धारा $I_B = 25\,\mu A$ प्रदर्शित करता हो, खींचा जाता है।

(i) पैरामीटर h_{fe} का मान ज्ञात करने के लिए चित्र 4.10 (b) के अनुसार स्थिर $V_{CE} = 7.5$ V पर जब बेस धारा I_B, Q-बिन्दु के आस-पास 20 μA से परिवर्तित होकर 30 μA होती है, तब I_C में 2.8 से 3.8 mA तक परिवर्तन होते हैं। अत:

$$h_{fe} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B} \quad V_{CE} = \text{constant.}$$

$$= \frac{(3.8 - 2.8) \times 10^{-3}}{(30 - 20) \times 10^{-6}} \qquad [\because V_{CE} = 7.5V]$$

$$= 100$$

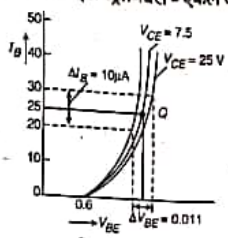
(ii) पैरामीटर h_{oe} ज्ञात करने के लिए चित्र 4.10 (b) से मान स्थिर बेस धारा $I_B = 25\,\mu A$ पर V_{CE} का मान 6 volt से 9 volt तक परिवर्तित होता है तथा इस परिवर्तन से I_C का मान 3.1 mA से 3.2 mA तक परिवर्तित होता है।

अत:
$$h_{oe} = \frac{\Delta I_C}{\Delta V_{CE}} \quad I_B = \text{constant.}$$

$$= \frac{(3.2 - 3.1) \times 10^{-3}}{(9 - 6)} \qquad I_B = 25\,\mu A$$

$$= 33\,\mu A/V$$

(iii) h_{ie} ज्ञात करने के लिए चित्र 4.11 (a) में प्रदर्शित इनपुट अभिलक्षणों पर 'Q' बिन्दु स्थित करते हैं तथा $V_{CE} = 7.5$ V पर एक अन्य अभिलक्षण खींचा जाता है, तब V_{BE} में सूक्ष्म परिवर्तन (ΔV_{BE}) के संगत I_C में परिवर्तन ज्ञात करते हैं। चित्र 4.11 (a) से



चित्र 4.11 (a)

$$h_{ie} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B} \quad V_{CE} = \text{constant}$$

$$= \frac{(0.741 - 0.730)}{(30 - 20\,\mu A)}$$

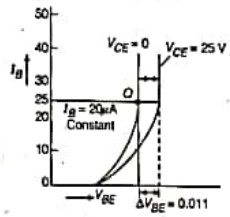
$$= \frac{0.011}{10 \times 10^{-6}} = 1.1\ k\Omega$$

(iv) पैरामीटर्स h_{re} ज्ञात करने के लिए चित्र 4.11 (b) में प्रदर्शित इनपुट अभिलक्षणों पर $I_B = 25\,\mu A$ से एक क्षैतिज रेखा खींची जाती है जिससे 'Q' बिन्दु की स्थिति ज्ञात होती है। अब यदि V_{CE} का मान 0 V से 25 volt तक परिवर्तित होता है, तब V_{BE} में 0.725 से 0.736 V तक परिवर्तन होते हैं। अत:

$$h_{re} = \frac{\Delta V_{BE}}{\Delta V_{CE}} \qquad I_B = \text{constant}$$

$$= \frac{(0.736 - 0.725)}{(25 - 0)} \qquad I_B = 25\,\mu A$$

$$= \frac{0.011}{25} = 5 \times 10^{-4} \text{ (लगभग)}$$



चित्र 4.11 (b)

प्रश्न 10. एक विशिष्ट एकल स्टेज CE प्रवर्धक का सर्किट डायग्राम उपयुक्त ट्रांजिस्टर बायसिंग के साथ खींचिए तथा इसके संचालन की विवेचना कीजिए। वोल्टेज लब्धि को प्रभावित करने वाले कारकों की भी व्याख्या कीजिए।

उत्तर संचालन जब कोई ए०सी० सिगनल एमिटर बेस जंक्शन को दिया जाता है तो बेस व एमिटर के मध्य वोल्टेज लगातार परिवर्तित होती है तथा इस कारण एमिटर व कलेक्टर धारा भी उसी अनुसार परिवर्तित होती है।

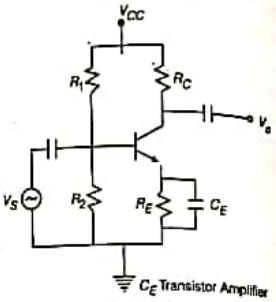
कलेक्टर एमिटर वोल्टेज

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

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

इनपुट ए०सी० सिगनल के पॉजिटिव अर्द्धचक्र में आधार वोल्टेज V_{BE} का मान बढ़ता है तथा बेस व कलेक्टर धारा भी बढ़ती है, अत: $I_C R_C$ का मान बढ़ता है जिससे V_{CE} कम हो जाती है तथा आउटपुट वोल्टेज का निगेटिव चक्र प्राप्त होता है। इनपुट के निगेटिव अर्द्धचक्र में आधार वोल्टेज V_{BE} का मान घटता है, बेस व कलेक्टर धाराएँ घटती है; अत: V_{CE} का मान बढ़ता है तथा आउटपुट वोल्टेज का पॉजिटिव चक्र प्राप्त होता है।



चित्र 4.12

(i) इनपुट का पॉजिटिव अर्द्धचक्र आउटपुट के निगेटिव अर्द्धचक्र को उत्पन्न करता है तथा इनपुट का निगेटिव अर्द्धचक्र आउटपुट के पॉजिटिव अर्द्धचक्र को उत्पन्न करता है अर्थात् CE प्रवर्धक के इनपुट व आउटपुट के मध्य 180° का कलान्तर होता है।

(ii) प्रवर्धक का वोल्टेज लाभ A_V (voltage gain)
माना a.c. इनपुट वोल्टेज V_{BE} में परिवर्तन $= \Delta V_{BE}$
कलेक्टर धारा के मान में परिवर्तन $= \Delta I_C$
अत: आउटपुट वोल्टेज में परिवर्तन $= R_o \Delta I_C$

वोल्टेज लाभ $$A_V = \frac{\text{Change in A.C. output voltage across } R_o}{\text{Change in A.C. input voltage}} = \frac{R_o \Delta I_C}{\Delta V_{BE}} = \frac{R_o \beta \Delta I_B}{\Delta V_{BE}} = \frac{R_o \beta}{\eta}$$

चूँकि η का मान कम होता है (लगभग 1 kΩ) β का मान 100 के लगभग होता है तथा R_O का मान उच्च ले सकते है। अत: A_V का मान 1 से काफी अधिक होता है तथा ट्रांजिस्टर वोल्टेज प्रवर्धक के रूप में कार्य करता है। उदाहरणत: यदि $R_o = 2$ kΩ, $\eta = 1$ kΩ तथा $\beta = 100$, तब $A_V = 200$ अर्थात् आउटपुट पर प्राप्त वोल्टेज इनपुट वोल्टेज 200 गुना होगी अर्थात् वोल्टेज का प्रवर्धन हो जायेगा।

वोल्टेज लब्धि को प्रभावित करने वाले कारक

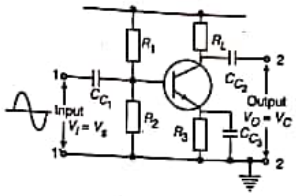
1. ट्रांजिस्टर को आवृत्ति परिवर्तित होने पर ट्रांजिस्टर की वोल्टेज लब्धि परिवर्तित हो जाती है।
2. बाईपास संधारित्र (C_E)
3. युग्मन संधारित्र (C_C)
4. अन्तरा–इलेक्ट्रोडी धारिता
5. तापमान

प्रश्न 11. कॉमन एमिटर परिपथ के लिए Exact Hybrid मॉडल तथा Approximate Hybrid मॉडल के आधार पर निम्न राशियों के व्यंजक स्थापित कीजिए।

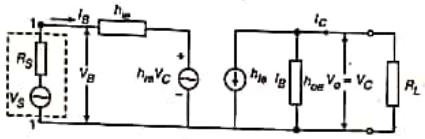
1. धारा लाभ (A_i) **2. वोल्टेज प्रवर्धन लाभ (A_V)**
3. इनपुट प्रतिबाधा (Z_i) **4. o/p प्रतिबाधा (Z_o)**

अथवा **CE ट्रांजिस्टर का निम्न आवृत्ति मॉडल खींचिए। h पैरामीटर एवं अपने अनुसार मानकों को मानकर A_V एवं A_i के व्यंजक निगमित कीजिए।**

उत्तर कॉमन-एमिटर प्रवर्धक का Exact Hybrid मॉडल द्वारा विश्लेषण चित्र 4.13 (a) में कॉमन एमिटर ट्रांजिस्टर प्रवर्धक का एक पद (single stage) प्रदर्शित किया गया है तथा चित्र 4.13 (b) में इसका ए०सी० तुल्यांक परिपथ प्रदर्शित किया गया है। इस तुल्यांक परिपथ की सहायता से प्रवर्धक की इनपुट प्रतिबाधा (Z_i), धारा लाभ (A_i), वोल्टेज लाभ (A_V) तथा आउटपुट प्रतिबाधा (Z_o) के लिए व्यंजक ज्ञात करेंगे।



चित्र 4.13 (a)



चित्र 4.13 (b)

तुल्यांक परिपथ में R_L लोड प्रतिरोध है जिसके पार्श्व (across) में आउटपुट वोल्टेज V_o प्राप्त होती है। चित्र 4.13 (b) से सम्बन्धित हाइब्रिड समीकरण निम्न है

$$V_B = h_{ie} I_B + h_{re} V_C \quad \ldots(i)$$
$$I_C = h_{fe} I_B + h_{oe} V_C \quad \ldots(ii)$$

1. **धारा लाभ** Current Gain

$$A_i = \frac{\text{निर्गत धारा (output current)}}{\text{निविष्ट धारा (input current)}} = -\left(\frac{I_C}{I_B}\right)$$

समीकरण (ii) से $V_C = -I_C R_L$ रखने पर,
[यहाँ ऋण चिह्न इस कारण से लिया गया है क्योंकि भार धारा (I_L) की दिशा कलेक्टर धारा (I_C) के विपरीत है]

$$I_C = h_{fe} I_B - h_{oe} I_C R_L$$

या $$I_C (1 + h_{oe} R_L) = h_{fe} I_B$$

$$\therefore \quad \frac{I_C}{I_B} = \frac{h_{fe}}{1 + h_{oe} R_L}$$

या $$A_i = -\left(\frac{I_C}{I_B}\right) = -\frac{h_{fe}}{1 + h_{oe} R_L}$$

2. **इनपुट प्रतिबाधा** Input Impedance प्रवर्धक में शून्य सिगनल (zero signal) की स्थिति में इनपुट टर्मिनल (1, 1) से देखने पर जो प्रतिबाधा होती है, वह प्रवर्धक की इनपुट प्रतिबाधा कहलाती है।

इनपुट प्रतिबाधा $$(Z_{in}) = \frac{V_{in}}{I_{in}} = \frac{V_B}{I_B} \quad [\text{जब } V_S = 0]$$

समीकरण (i) से V_B का मान रखने पर,

$$Z_{in} = \frac{h_{ie} I_B + h_{re} V_C}{V_C}$$

$$= h_{ie} + h_{re} \frac{V_C}{I_B}$$

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

$$= h_{ie} + \frac{h_{re}(-I_C R_L)}{I_B}$$

$$= h_{ie} + \frac{h_{re}(-I_B A_i R_L)}{I_B} \qquad [\because V_C = -I_C R_L \text{ तथा } I_C = A_i I_B]$$

या $$Z_{in} = h_{ie} - h_{re} A_i R_L$$

A_i का मान रखने पर,

$$Z_{in} = h_{ie} - \frac{h_{re} h_{fe} R_L}{1 + h_{oe} R_L}$$

$$= \frac{h_{ie}(1 + h_{oe} R_L) - h_{re} h_{fe} R_L}{1 + h_{oe} R_L}$$

या $$= \frac{R_L (h_{ie} h_{oe} - h_{re} h_{fe}) + h_{ie}}{1 + h_{oe} R_L}$$

या $$Z_{in} = \frac{\Delta^h R_L + h_{ie}}{1 + h_{oe} R_L} \text{ यहाँ } \Delta^h = (h_{ie} h_{oe} - h_{re} h_{fe})$$

3. **वोल्टेज प्रवर्धन** Voltage amplification प्रवर्धक में आउटपुट A.C. वोल्टेज एवं इनपुट A.C. वोल्टेज का अनुपात वोल्टेज प्रवर्धन (A_V) कहलाता है।

वोल्टेज प्रवर्धन $$A_V = \frac{V_C}{V_B}$$

परन्तु $$V_C = -I_C R_L$$

या $$= -I_B A_i R_L$$

अत: $$A_V = -\frac{I_B A_i R_L}{V_B} = -\frac{A_i R_L}{Z_{in}} \qquad \left(\because \frac{V_B}{I_B} = Z_{in}\right)$$

A_i तथा Z_{in} का मान रखने पर

$$A_V = -\frac{h_{fe}}{(1 + h_{oe} R_L)} \times \frac{R_L (1 + h_{oe} R_L)}{\Delta^h R_L + h_{ie}}$$

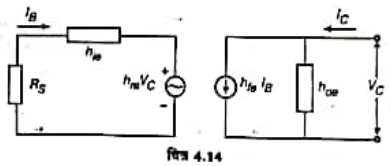
या $$A_V = -\frac{h_{fe} R_L}{h_{ie} + \Delta^h R_L} \qquad \text{...(iii)}$$

समीकरण (iii) में ऋण चिह्न इनपुट एवं आउटपुट वोल्टेज में 180° कलान्तर प्रदर्शित करता है।

4. **आउटपुट प्रतिबाधा** (Z_o) इनपुट परिपथ (input circuit) को लघुपथित करने पर ($V_S = 0$) आउटपुट A.C. धारा I_C तथा आउटपुट A.C. वोल्टेज (V_C) का अनुपात आउटपुट एडमिटैन्स (Y_o) कहलाता है।

$$Y_o = \left.\frac{I_C}{V_C}\right| \text{ जब } V_S = 0$$

निविष्ट (input) परिपथ लघुपथित करने पर चित्र 4.13 (a) का परिपथ चित्र 4.13 (b) में प्रदर्शित परिपथ की भाँति होगा।



चित्र 4.14

चित्र 4.14 में किरचॉफ नियम के अनुसार निविष्ट परिपथ (input circuit) में

$$R_S I_B + h_{ie} I_B + h_{re} V_C = 0$$

या $$I_B (R_S + h_{ie}) + h_{re} V_C = 0$$

$\therefore$ $$\frac{I_B}{V_C} = -\frac{h_{re}}{h_{ie} + R_S} \qquad \text{...(iv)}$$

समीकरण (ii) से

$$\frac{I_C}{V_C} = h_{fe} \frac{I_B}{V_C} + h_{oe} \qquad \text{(v)}$$

समीकरण (iv) से $\frac{I_B}{V_C}$ का मान समीकरण (v) रखने पर

$$\frac{I_C}{V_C} = -\frac{h_{fe} h_{re}}{h_{ie} + R_S} + h_{oe}$$

या $$\frac{I_C}{V_C} = \frac{h_{oe} h_{ie} + h_{oe} R_s - h_{fe} h_{re}}{h_{ie} + R_S}$$

$$= \frac{\Delta^h + h_{oe} R_S}{h_{ie} + R_S}$$

अत: $$Y_o = \frac{I_C}{V_C}$$

$$= \frac{\Delta^h + h_{oe} R_s}{h_{ie} + R_s}$$

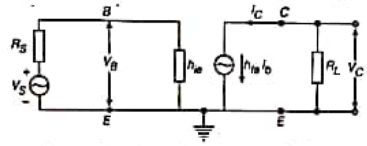
निर्गत प्रतिबाधा $$Z_o = \frac{1}{Y_o}$$

या $$Z_o = \frac{h_{ie} + R_S}{\Delta^h + h_{oe} R_S}$$

कॉमन-एमिटर प्रवर्धक का Approximata Hybrid मॉडल द्वारा विश्लेषण

कॉमन एमिटर परिपथ का सरल h-तुल्यांक परिपथ (approximate hybrid equivalent circuit) मॉडल चित्र 4.15 में दर्शाया गया है। इसके आधार पर कॉमन-एमिटर प्रवर्धक का विश्लेषण निम्न प्रकार है

चित्र 4.15 कॉमन-एमिटर प्रवर्धक का सरल h-तुल्यांक परिपथ



(i) **धारा लाभ** Current gain Exact hybrid model से,

$$A_i = \frac{h_{fe}}{1 + h_{oe} R_L}$$

चित्र 4.15 के Approximate मॉडल के अनुसार h_{oe} को छोड़ने पर,

$$A_i = h_{fe} \qquad \text{...(vi)}$$

(ii) **इनपुट प्रतिबाधा** Input Impedance Exact hybrid model से,

$$Z_{in} = \frac{\Delta^h R_L + h_{ie}}{1 + h_{oe} R_L}$$

Scanned by CamScanner
Scanned with CamScanner

परन्तु Approximate model (चित्र 4.15) के अनुसार h_{oe} को छोड़ा जा सकता है तथा Δ^h का मान भी नगण्य है। अत:

$$Z_{in} = h_{ie} \quad \text{...(vii)}$$

(iii) **वोल्टेज लाभ** Voltage Gain

वोल्टेज लाभ, $A_V = A_i = \frac{R_L}{Z_{in}}$

समीकरण (vi) तथा (vii) से A_i एवं Z_{in} का मान रखने पर,

$$A_V = -\frac{h_{fe} \times R_L}{h_{ie}} \quad \text{...(viii)}$$

(iv) **आउटपुट प्रतिबाधा** Output Impedance

$$Z_o = \frac{h_{ie} + R_S}{\Delta^h + h_{oe}R_S}$$

चित्र 4.15 में प्रदर्शित Approximate model यदि $V_S = 0$ तथा बाह्य वोल्टेज स्रोत आउटपुट टर्मिनल पर संयोजित कर दिया जाये, तब इनपुट धारा i_b शून्य होगी तथा इसी कारण से i_c का मान भी शून्य होगा। अत: आउटपुट प्रतिबाधा Z_o अनन्त (infinite) होगी। वास्तव में CE प्रवर्धक की आउटपुट प्रतिबाधा 40 kΩ से 80 kΩ तक होती है। आउटपुट प्रतिबाधा का मान स्रोत प्रतिरोध (source resistance) पर भी निर्भर करता है।

5 बहु चरण ट्रांजिस्टर प्रवर्धक
Multi Stage Transistor Amplifier

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. ट्रांजिस्टर की बायसिंग किस प्रकार की जानी चाहिए?

उत्तर ट्रांजिस्टर की बायसिंग इस प्रकार करनी चाहिए जिससे उसका ऑपरेटिंग बिन्दु आउटपुट अभिलक्षणों के सक्रिय क्षेत्र के मध्य में स्थिर हो जाये।

प्रश्न 2. ट्रांजिस्टर की बायसिंग प्रक्रिया में क्या परिवर्तन होते हैं?

उत्तर ट्रांजिस्टर की बायसिंग प्रक्रिया में निम्न परिवर्तन होते हैं

(i) इसमें D.C. Volt आरोपित हो जाते हैं।

(ii) इसमें D.C. धाराएँ प्रवाहित होने लगती हैं।

प्रश्न 3. ट्रांजिस्टर के किन पैरामीटरों के कारण ऑपरेटिंग बिन्दु की स्थिति परिवर्तित हो सकती है?

उत्तर ट्रांजिस्टर में 'α' तथा 'β' पैरामीटरों के कारण ऑपरेटिंग बिन्दु की स्थिति परिवर्तित हो सकती है।

प्रश्न 4. किसी परिपथ में संयोजित ट्रांजिस्टर की दोनों सन्धियों को सामान्य अवस्था में उचित आयाम एवं ध्रुवता युक्त D.C. वोल्टता प्रयुक्त करना क्या कहलाता है?

उत्तर ट्रांजिस्टर बायसिंग।

प्रश्न 5. ताप में वृद्धि होने से ट्रांजिस्टर की लीकेज धारा पर क्या प्रभाव पड़ता है?

उत्तर ताप में वृद्धि होने से ट्रांजिस्टर की लीकेज धारा में वृद्धि होती है।

प्रश्न 6. ऑपरेटिंग बिन्दु के शिफ्ट होने का मुख्य कारण क्या है?

उत्तर ताप में परिवर्तन ऑपरेटिंग बिन्दु के शिफ्ट होने का मुख्य कारण है।

प्रश्न 7. किसी प्रवर्धक के शक्ति लाभ को किस सूत्र द्वारा व्यक्त किया जाता है?

उत्तर $A_p = \frac{P_o}{P_i}$

प्रश्न 8. यदि प्रवर्धक का पावर लाभ दोगुना कर दिया जाए तो इसमें कितने dB की वृद्धि होती है?

उत्तर यदि प्रवर्धक का पावर लाभ दोगुना कर दिया जाए तो इसमें 3 dB की वृद्धि होती है।

प्रश्न 9. यदि पावर गेन 10 गुना कर दिया जाए, तो डेसीबल गेन में कितनी वृद्धि होगी?

उत्तर यदि पावर गेन 10 गुना कर दिया जाए, तो डेसीबल गेन में 10 dB की वृद्धि होगी।

प्रश्न 10. मुख्यतः ट्रांसफॉर्मर युग्मन का प्रयोग कहाँ किया जाता है?

उत्तर ट्रांसफॉर्मर युग्मन का प्रयोग प्रतिबाधा मैचिंग के लिए किया जाता है।

रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए

1. क्लेक्टर धारा का मान ..... धारा पर निर्भर करता है। (लीकेज)
2. ..... में परिवर्तन ऑपरेटिंग बिन्दु के शिफ्ट होने का मुख्य कारण है। (ताप)

Mayank Tiwari Vyakhya

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

3. ········· वह प्रक्रिया है, जिसके द्वारा ट्रांजिस्टर के ऑपरेटिंग बिन्दु पर ताप तथा ट्रांजिस्टर पैरामीटरों में परिवर्तन आदि के प्रभाव को समाप्त किया जाता है। (स्थायीकरण)
4. ट्रांजिस्टर की बायसिंग इस प्रकार की जाती है, जिससे उसका ऑपरेटिंग बिन्दु आउटपुट अभिलक्षणों के ········ क्षेत्र के मध्य में स्थिर हो जाये। (सक्रिय)
5. कॉमन एमीटर (CE) प्रवर्धक में इसके धारा, वोल्टेज एवं शक्ति लाभ ········· होते हैं। (उच्च)
6. ट्रांजिस्टर की रिवर्स संतृप्त धारा I_{CBO} तथा I_{CEO} का मान ········· पर निर्भर करता है। (ताप)

सत्य / असत्य

1. एक अच्छा अभिनति परिपथ प्रचालन बिन्दु को स्थायीकरण प्रदान करता है। (सत्य)
2. ताप में वृद्धि होने से ट्रांजिस्टर की लीकेज धारा में कमी होती है। (असत्य)
3. ट्रांजिस्टर में ताप 10°C बढ़ाने पर लीकेज धारा दोगुनी हो जाती है। (सत्य)
4. प्रवर्धन के लिए, ट्रांजिस्टर अभिलक्षण के सक्रिय क्षेत्र का उपयोग किया जाता है। (सत्य)
5. ट्रांजिस्टर की बायसिंग इस प्रकार की जाती है, जिससे ऑपरेटिंग बिन्दु आउटपुट अभिलक्षणों के सक्रिय क्षेत्र के मध्य में स्थिर हो जाये। (सत्य)
6. ट्रांजिस्टर के पैरामीटर में परिवर्तन होने से ऑपरेटिंग बिन्दु की स्थिति परिवर्तित हो जाती है। (सत्य)
7. D.C. भार रेखा की सहायता से प्रवर्धक का 'Q' बिन्दु ज्ञात किया जाता है। (सत्य)

बहुविकल्पीय प्रश्न

प्रश्न 1. सिगनल के कारण प्रवर्धक की आउटपुट-धारा में आए परिवर्तन तथा इनपुट-धारा में किए गए परिवर्तन (ΔI_I) की निष्पत्ति को प्रवर्धक का क्या कहते हैं?

(a) विभव लब्धि (b) धारा लब्धि
(c) शक्ति लब्धि (d) इनमें से कोई नहीं

उत्तर (b) धारा लब्धि

प्रश्न 2. निम्न में से स्थिर अभिनति परिपथ के लिए कौन-सा कथन सत्य है?

(a) इसकी गणना सुगम है। (b) इसकी गणना कठिन है।
(c) परिपथ जटिल है। (d) इनमें से कोई नहीं

उत्तर (a) इसकी गणना सुगम है।

प्रश्न 3. निम्न में से कौन-सा गणितीय सूत्र सही है?

(a) $X_L = 5\pi f.L$ (b) $X_L = 3\pi f.L$
(c) $X_L = 2\pi f.L$ (d) $X_L = 2\pi f^2.L$

उत्तर (c) $X_L = 2\pi f.L$

प्रश्न 4. कलेक्टर-बेस बायस परिपथ में किस प्रतिरोध की आवश्यकता होती है?

(a) R_B (b) R_C (c) 'a' व 'b' दोनों (d) इनमें से कोई नहीं

उत्तर (a) R_B

प्रश्न 5. निम्न में से कौन-सा गणितीय सूत्र सही है?

(a) $E = 4.44 f.N^3$ (b) $E = 4.44 f N.B_m.AV$
(c) $E = 4.44 f.N^2$ (d) इनमें से कोई नहीं

उत्तर (b) $E = 4.44 f N.B_m.AV$

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. ट्रांजिस्टर बायसिंग से आप क्या समझते हैं? ट्रांजिस्टर बायसिंग की क्या आवश्यकता है?

अथवा **ट्रांजिस्टर बायसिंग क्या है? ट्रांजिस्टर सर्किट में बायस स्थिति की आवश्यकता को बताइए।**

अथवा **बायसिंग क्या है? बायसिंग की क्या आवश्यकता होती है?**

उत्तर ट्रांजिस्टर बायसिंग का अर्थ है कि किसी परिपथ में संयोजित ट्रांजिस्टर की दोनों सन्धियों को सामान्य अवस्था में उचित आयाम एवं ध्रुवता युक्त D.C. वोल्टता प्रयुक्त करना।

आवश्यकता Need जब ट्रांजिस्टर की बायसिंग कर दी जाती है, तो उसमें डी० सी० वोल्टेज आरोपित हो जाता है तथा उसमें डी० सी० धाराएँ प्रवाहित होने लगती है जिनका मान ट्रांजिस्टर के आउटपुट अभिलक्षणों पर डी० सी० लोड लाइन खींचकर ज्ञात किया जा सकता है।

ट्रांजिस्टर की बायसिंग इस प्रकार की जाती है जिससे उसका ऑपरेटिंग बिन्दु आउटपुट अभिलक्षणों के सक्रिय क्षेत्र के मध्य में स्थिर हो जाये।

प्रश्न 2. प्रचालन बिन्दु को शिफ्ट करने वाले कारकों को समझाइए।

उत्तर प्रचालन बिन्दु (operating point) के शिफ्ट होने के निम्न कारण हो सकते हैं

1. **पैरामीटर का परिवर्तन** Variation of Parameters ट्रांजिस्टर के पैरामीटर (अर्थात् ट्रांजिस्टर के α तथा β का मान) में परिवर्तन होने से ऑपरेटिंग बिन्दु की स्थिति परिवर्तित हो जाती है, अर्थात् ऑपरेटिंग बिन्दु एक स्थान से दूसरे स्थान पर शिफ्ट हो जाता है।
2. **ताप में परिवर्तन** Variation of Temperature ताप में परिवर्तन ऑपरेटिंग बिन्दु के शिफ्ट होने का एक मुख्य कारण है।
   ट्रांजिस्टर की रिवर्स संतृप्त धारा (लीकेज धारा) I_{CBO} तथा I_{CEO} का मान ताप पर निर्भर करता है। वास्तव में ताप 10°C बढ़ने पर लीकेज धारा दोगुनी हो जाती है। चूँकि ट्रांजिस्टर के कलेक्टर धारा का मान लीकेज धारा के मान पर निर्भर करता है। अत: लीकेज धारा बढ़ने पर I_C का मान भी बढ़ जाता है। अत: हम देखते है कि ताप में वृद्धि से लीकेज धारा में वृद्धि तथा फिर उससे कलेक्टर धारा में वृद्धि होती है जिससे ऑपरेटिंग बिन्दु शिफ्ट हो जाता है। ताप में वृद्धि होने का एक अन्य प्रभाव थरमल रनअवे होता है।
3. **थरमल रनअवे** Thermal Runaway ताप में वृद्धि होने से ट्रांजिस्टर की लीकेज धारा में वृद्धि होती है। कलेक्टर धारा का मान लीकेज धारा पर निर्भर करता है। अत: ताप बढ़ने से कलेक्टर धारा भी बढ़ जाती है। कलेक्टर धारा में वृद्धि से कलेक्टर जंक्शन पर अधिक शक्ति क्षय होती है जो जंक्शन के ताप को और अधिक बढ़ा देता है। ताप बढ़ने से लीकेज धारा और अधिक बढ़ जाती है जिससे कलेक्टर धारा और अधिक बढ़ जाती है। यह एक ऐसी क्रिया है जिसकी पुनरावृत्ति होती रहती है, यानि कलेक्टर धारा निरन्तर बढ़ती ही जाती है। इस प्रक्रिया को थरमल रनअवे (thermal runaway) कहते हैं।

प्रश्न 3. बहु-स्तरीय प्रवर्धक क्या होता है? इसकी आवश्यकता को समझाइए।

अथवा **मल्टीस्टेज प्रवर्धक की क्या आवश्यकता है?**

उत्तर यदि एकल चरण प्रवर्धक से प्राप्त वोल्टेज लाभ (voltage gain) पर्याप्त (sufficient) नहीं होता, तो कई एकल चरण प्रवर्धकों को एक के बाद एक जोड़ देते हैं (cascading)। इससे अधिक वोल्टेज लाभ प्राप्त हो जाता है। जिस प्रवर्धक में प्रवर्धन के कई पद (multiple stage) लगे हों, बहु-स्तरीय प्रवर्धक (multiple stage amplifier) कहलाता है।

आवश्यकता Need चूँकि अधिक प्रवर्धन लब्धि (gain) वाले एक स्तरीय प्रवर्धक के आउटपुट पर विकृत (distortion) युक्त प्रवर्धित सिगनल प्राप्त होता है जिससे भार (load या output device लाउडस्पीकर, T.V. पिक्चर ट्यूब आदि) उचित प्रकार से प्रचालन (operation) नहीं कर पाता है। अत: भार उचित प्रकार से प्रचालन कर सके इसके लिए सदैव विकृति रहित कम लाभ वाले प्रवर्धकों का प्रयोग करते हैं। परन्तु इस प्रकार के एकल स्तरीय प्रवर्धक से

Mayank Tiwari

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

प्राप्त प्रवर्धित सिगनल को वोल्टेज और/अथवा धारा अर्थात् शक्ति की मात्रा अपर्याप्त (insufficient) होने के कारण, भार को प्रचालित करने में असमर्थ होते हैं।

अत: विकृति रहित आवश्यक लाभ प्राप्त करने के लिए प्राय: बहु-स्तरीय प्रवर्धक का प्रयोग करते हैं, क्योंकि बहु-स्तरीय प्रवर्धक के पूर्ण लाभ का मान, उस बहु-स्तरीय प्रवर्धन में प्रयुक्त एकल स्तरीय प्रवर्धकों के लाभों के गुणनफल के बराबर होता है।

प्रश्न 4. प्रवर्धक स्टेजों को युग्मित करने की कौन-सी विभिन्न विधियाँ हैं? परिणामित्र युग्मन की लाभ व हानि लिखिए।

उत्तर प्रवर्धक स्टेजों को युग्मित करने की निम्नलिखित चार विधियाँ हैं

1. प्रतिरोध-संधारित्र युग्मन (*R-C* coupling)
2. परिणामित्र युग्मन (Transformer coupling)
3. प्रतिबाधा अथवा प्रेरक युग्मन (*L-C* or impedance coupling)
4. प्रत्यक्ष युग्मन (Direct coupling)

परिणामित्र युग्मन की लाभ व हानि निम्नलिखित है

लाभ Advantages

1. अन्य युग्मित प्रवर्धकों की अपेक्षा परिणामित्र प्रवर्धक की दक्षता (efficiency) उच्च होती है, क्योंकि परिणामित्र वाइन्डिंग का प्रतिरोध (resistance) अति निम्न होने के कारण शक्ति ह्रास (power loss) बहुत कम होता है।
2. प्रवर्धक से अधिकतम आउटपुट पावर प्राप्त करने के लिए युग्मन परिणामित्र द्वारा बहुत अच्छी प्रतिबाधा मेलन (impedance matching) प्रयुक्त की जा सकती है क्योंकि परिणामित्र की प्राइमरी वाइन्डिंग को प्रतिबाधा, उस पद के ट्रांजिस्टर की आउटपुट प्रतिबाधा के बराबर तथा सेकेन्ड्री वाइन्डिंग की प्रतिबाधा को अगली प्रवर्धक स्टेज अथवा लोड की इनपुट प्रतिबाधा के बराबर आसानी से किया जा सकता है।
3. इसका वोल्टेज लाभ उच्च होता है, जैसा कि प्राय: देखा गया है कि परिणामित्र युग्मित प्रवर्धक की एक स्टेज का लाभ *R–C* युग्मित प्रवर्धक की दो स्टेजों के लाभ के लगभग बराबर होता है।
4. इसमें आवृत्ति के एक निश्चित बैण्ड को चयन करने की क्षमता होती है।

हानियाँ Disadvantages

1. इसके प्रवर्धित आउटपुट में गुँजन (humming) भी रहता है।
2. श्रव्य आवृत्ति सीमा (audio frequency range 20 Hz to 20 kHz) में प्रयुक्त युग्मन परिणामित्र बड़े भारी (bulky) व महँगे (costly) होते हैं क्योंकि परिणामित्र में उत्पन्न वोल्टेज (E) का सूत्र निम्न होता है

$$E = 4.44\ f\ N\ B_m\ A\ \text{V}$$

यदि B_m नियत हो, तो निश्चित E प्राप्त करने के लिए f का मान कम होने पर N व A का मान अधिक लेना होगा।

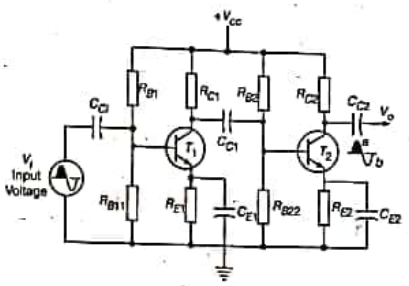
3. इसका आवृत्ति अनुक्रिया (frequency response) वक्र उत्तम नहीं है क्योंकि लाभ आवृत्ति के साथ-साथ परिवर्तित होता है।
4. आवृत्ति विरूपण अधिक होता है क्योंकि निम्न आवृत्तियों को अपेक्षा उच्च आवृत्तियों के सिगनल अधिक प्रवर्धित होते हैं।
5. परिणामित्र की धारिता (capacitance) के कारण, उच्च आवृत्तियों पर प्रवर्धित सिगनल प्राय: विरूपित प्राप्त होता है।

प्रश्न 5. *R-C* युग्मित प्रवर्धक का परिपथ बनाकर कार्यविधि समझाइए तथा इसके आवृत्ति अनुक्रिया वक्र को भी समझाइए।

अथवा ***RC* युग्मित प्रवर्धक के बारे में उसके आवृत्ति आरेख सहित कार्य विधि समझाइए।**

उत्तर *R-C* युग्मित प्रवर्धक के दो पदों को चित्र 5.1 में प्रदर्शित किया गया है। प्रत्येक पद में प्रयुक्त बेस बायस्ड प्रतिरोध $-R_{B(S)}$, एमीटर प्रतिरोध-R_E व उत्सर्जक बाईपास संधारित्र C_E मिलकर उस पद के ट्रांजिस्टर को स्वत: अभिनति (self-biasing) एवं स्थायीकरण (stabilization) प्रदान करते हैं।

C_E का कार्य एमीटर पर प्राप्त A.C. सिगनल को अति निम्न प्रतिरोध (low resistance) पथ प्रदान करना है अर्थात् A.C. सिगनल के लिए R_E पथ, C_E द्वारा बाईपास हो जाता है जिससे C_E द्वारा, एमीटर पर प्राप्त A.C. सिगनल तो ग्राउन्ड हो जाता है परन्तु एमीटर को D.C. बायस R_E द्वारा प्राप्त होती रहती है। युग्मन संधारित्र (coupling capacitors) C_{C_1}, C_{C_2} व C_{C_3} केवल A.C. सिगनलों को ही अपने से पास होने देते हैं, परन्तु D.C. वोल्टेज को अपने से प्रवाह नहीं होने देते हैं अर्थात् C_C का मुख्य कार्य D.C. वोल्टेज व धाराओं को ब्लॉक करना है, इसलिए कभी-कभी C_C को ब्लॉकिंग कैपेसिटर भी कहते हैं।



चित्र 5.1

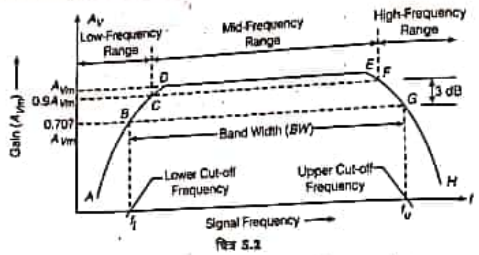
कार्यविधि Working द्वि-पदीय प्रवर्धक (चित्र 5.1) के इनपुट का प्रयुक्त A.C. सिगनल (V_i) युग्मन संधारित्र C_{C_1} से पास होकर ट्रांजिस्टर T_1 के बेस पर पहुँचता है। T_1 के कलेक्टर पर V_i की अपेक्षा 180° कलान्तर (phase-shift) का, प्रवर्धित सिगनल $V_{o_1} = (A_1 V_i)$ प्राप्त होता है। यह सिगनल द्वितीय स्टेज के लिए इनपुट सिगनल होता है जो कि युग्मन संधारित्र C_{C_2} द्वारा ट्रांजिस्टर T_2 के बेस को प्राप्त होता है तथा इससे द्वितीय पद प्रवर्धक के आउटपुट पर प्रवर्धित सिगनल $V_o (= A_2 V_{o_1} = A_1 A_2 V_i)$ प्राप्त होता है, यहाँ A_1 व A_2 क्रमश: प्रथम व द्वितीय पद प्रवर्धक के लाभ (gains) है तथा सिगनल V_o व V_{o_1} के मध्य द्वितीय पद द्वारा पुन: 180° कलान्तर उत्पन्न होता है अर्थात् द्वि-पदीय कॉमन एमीटर ट्रांजिस्टर प्रवर्धक से प्राप्त प्रवर्धित सिगनल (V_o) तथा इनपुट सिगनल (V_i) परस्पर समान कला में (in same phase) होते हैं।

चित्र 5.1 के दोनों पदों में प्रयुक्त सक्रिय (active ट्रांजिस्टर आदि) तथा निष्क्रिय (passive : प्रतिरोध, संधारित्र व प्रेरक आदि) घटक समान रेटिंग के होने पर भी प्रथम पद का वोल्टेज लाभ (A_{v_1}) द्वितीय स्टेज के वोल्टेज लाभ (A_{v_2}) की अपेक्षा कम ही रहता है। क्योंकि द्वितीय पद के इनपुट प्रतिरोध का प्रथम पद के भार (load) पर शन्टिंग प्रभाव पड़ता है, जिसके कारण प्रथम पद का प्रभावी भार प्रतिरोध (effective load resistance) कम हो जाता है, इससे प्रथम पद का वोल्टेज लाभ कम हो जाता है। इसे **भार प्रभाव** (loading effect) कहते हैं।

आवृत्ति अनुक्रिया वक्र Frequency Response Curve एक बहु-स्तरीय *R-C* युग्मित प्रवर्धक के आवृत्ति अनुक्रिया वक्र (curve) को चित्र 5.2 में प्रदर्शित किया गया है। इसके लिए प्रवर्धक के इनपुट पर विभिन्न आवृत्ति की ज्यावक्रीय (sinusoidal) वोल्टेज सिगनल (V_i) देकर आउटपुट वोल्टेज (V_o) मापते हैं तथा वोल्टेज लब्धि ($A_V = V_o/V_i$) की गणना करके आवृत्ति व A_V के मध्य ग्राफ खींचते हैं। इस वक्र से आवृत्ति अनुक्रिया के निम्न पदों (terms) के मान नोट करते हैं।

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner



चित्र 5.2

1. **निम्न अतंक आवृत्ति** Lower Cut-off Frequency f_l आवृत्ति अनुक्रिया वक्र के वृद्धि लाभ वक्र (rise gain curve; चित्र 5.2 में *ABCD* curve) में, वह सिगनल आवृत्ति जिस पर प्रवर्धक का लाभ प्रवर्धक के सामान्य अर्थात् अधिकतम लाभ (normal, *i.e.*, gain A_{Vm}) का 70.7% (= 0.707 A_{Vm} अर्थात् अधिकतम लाभ से 3 dB कम) होता है, को प्रवर्धक की निम्न कट-ऑफ अथवा निम्न क्रॉस-ओवर आवृत्ति (f_l) कहते हैं।
2. **उच्चतर अतंक आवृत्ति** Upper Cut-off Frequency f_u आवृत्ति अनुक्रिया वक्र के उतराव-लाभ वक्र (sag gain curve; चित्र 5.2 में *EFGH*) में वह सिगनल आवृत्ति जिस पर प्रवर्धक का लाभ अधिकतम लाभ (A_{V_m}) से कम होते हुए A_{Vm} का 70.7% (= 0.707 A_{Vm} अर्थात् A_{Vm} से 3 dB कम) रह जाता है, को प्रवर्धक की उच्च कट-ऑफ या upper cross-over आवृत्ति (f_u) कहते हैं।
3. **बैण्ड-परास/चौड़ाई** Band-Width; *BW* किसी प्रवर्धक की *BW* आवृत्तियों का वह परास (range) है, जिसमें प्रवर्धक के वोल्टेज लाभ का मान सामान्य वोल्टेज लाभ (A_{Vm}) का 70.7% या उससे अधिक रहता है। दूसरे शब्दों में किसी प्रवर्धक की 'निम्न कट-ऑफ आवृत्ति (f_l)' से लेकर 'उच्चतर कट-ऑफ आवृत्ति (f_u)' तक के आवृत्ति-परास को उस प्रवर्धक की बैण्ड-विड्थ (*BW*) कहते हैं अर्थात्

$$BW = f_u - f_l$$

प्रवर्धक द्वारा विरूपण रहित प्रवर्धन प्राप्त करने के लिए इनपुट सिगनल की आवृत्ति प्रवर्धक की *BW* में ही होनी चाहिए। "f_l" को निम्न 3 dB आवृत्ति (lower 3 dB frequency) तथा 'f_u' को उच्चतर 3 dB आवृत्ति (higher 3 dB frequency) भी कहते हैं, क्योंकि f_l व f_u आवृत्ति पर प्रवर्धक के वोल्टेज लाभ का मान अधिकतम वोल्टेज लाभ (A_{Vm}) से 3 dB कम होता है।
4. **विभिन्न आवृत्ति परास** Different Frequency Ranges
   (i) निम्न आवृत्ति परास (Low frequency range)
   (ii) मध्य आवृत्ति परास (Mid frequency range)
   (iii) उच्च आवृत्ति परास (High frequency range)

प्रश्न 8. R – C युग्मित प्रवर्धक के लाभ और हानि की विवेचना कीजिए।

उत्तर R – C युग्मित प्रवर्धक के निम्नलिखित लाभ हैं

1. R – C युग्मित प्रवर्धक परिपथ छोटे, हल्के, सस्ते व सरल होते हैं, क्योंकि आधुनिक प्रतिरोध व संधारित्र छोटे, हल्के व सस्ते होते हैं।
2. इसकी आवृत्ति अनुक्रिया (frequency response) अति उत्तम है, क्योंकि आवृत्ति की काफी बड़ी सीमा (कुछ Hz से कुछ MHz) तक इसका लाभ स्थिर रहता है जो कि संगीत व जनता व्याख्यान इत्यादि के लिए अति आवश्यक है।
3. इसमें प्रेरक (inductors) अथवा परिणामित्र आदि का प्रयोग न होने के कारण अरेखीय अथवा आयाम निरूपण (non-linear or amplitude distortions) बहुत कम होते हैं।

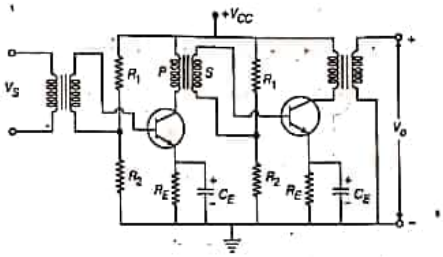
R-C युग्मित प्रवर्धक की अग्रलिखित हानियाँ हैं

1. परिणामित्र व प्रेरक युग्मित की अपेक्षाकृत R-C युग्मित प्रवर्धक का लाभ कम होता है, क्योंकि प्रतिरोधक भार में वोल्टेज ड्रॉप होता है तथा प्रत्येक स्टेज अपने से पहले वाली स्टेज पर भार प्रवाह रखती है।
2. निर्गत युक्तियाँ (output devices) जैसे लाउडस्पीकर आदि के साथ प्रतिबाधा मिलन (impedance matching) खराब होने के कारण ही प्रवर्धक की अन्तिम स्टेज में R-C युग्मन को प्रयुक्त नहीं किया जा सकता है।
3. निर्माण के पश्चात्, समय पास होने के साथ-साथ R-C युग्मित प्रवर्धक में शोर-युक्त (noisy) होने की प्रवृत्ति होती है तथा आर्द्र वातावरण (moist climate) में यह अधिक शोर-युक्त (noisy) होता है।

प्रश्न 7. परिणामित्र (Transformer) युग्मित बहु-स्तरीय प्रवर्धक का परिपथ खींचकर इसकी कार्यप्रणाली को समझाइए।

अथवा **ट्रान्सफॉर्मर युग्मित प्रवर्धक की कार्यशैली समझाइए।**

उत्तर चित्र 5.3 में एक द्वि-पदीय परिणामित्र युग्मित प्रवर्धक परिपथ को प्रदर्शित किया गया है।



चित्र 5.3

परिणामित्र युग्मित बहु-स्तरीय प्रवर्धक की कार्यप्रणाली Working of Transformers Coupled Multistage Amplifier पहले ट्रांजिस्टर के बेस पर वोल्टेज सिगनल एप्लाई करने पर वह कप्लिंग परिणामित्र के प्राइमरी *P* पर प्रवर्धित होकर प्राप्त होता है। प्राइमरी पर प्राप्त इस वोल्टेज को परिणामित्र के सेकेण्ड्री (*S*) के माध्यम से अगली स्टेज के बेस में इनपुट करके और अधिक प्रवर्धित किया जाता है। R-C कप्लिंग की तुलना में परिणामित्र कप्लिंग का मुख्य लाभ यह है कि V_{CC} द्वारा सप्लाई की जाने वाली सम्पूर्ण D.C. वोल्टेज कलेक्टर पर उपलब्ध रहती है क्योंकि प्राइमरी वाइन्डिंग का D.C. प्रतिरोध बहुत कम होता है (R-C कप्लिंग स्कीम में प्रतिरोध R_C पर विभवपात होता है तथा अनावश्यक पावर ह्रास होता है)। जब प्रवर्धक को पावर प्रवर्धक (power amplifier) के रूप में प्रयोग किया जाता है, तो पावर को consider करना महत्त्वपूर्ण होता है।

कप्लिंग हेतु परिणामित्र के प्रयोग से न केवल शक्ति का ह्रास कम होता है बल्कि उपयुक्त प्रतिबाधा मैचिंग (impedance matching) भी होती है। परिणामित्र के टर्न-अनुपात (turn-ratio) का उपयुक्त चुनाव करके किसी भी लोड को प्रवर्धक की आउटपुट प्रतिबाधा से मैच किया जा सकता है। इससे लोड को अधिकतम शक्ति प्राप्त होती है।

प्रश्न 8. विभिन्न प्रकार के युग्मित तरीकों के बारे में बताइए।

उत्तर विभिन्न प्रकार के युग्मित तरीके निम्नलिखित हैं

1. **प्रतिरोध-संधारित्र युग्मन** R-C Coupling प्रश्न 5 का अध्ययन करें।
2. **प्रतिबाधा या प्रेरक युग्मन** L-C Impedance or Inductive Coupling L-C चित्र 5.4(a) में प्रवर्धक के दो पदों को L – C युग्मन द्वारा युग्मित किया गया है। इस प्रकार के प्रवर्धक में कुण्डली (coil या chock) को लोड की तरह

Mayank Tiwari Ayodhya

Scanned by CamScanner
Scanned with CamScanner

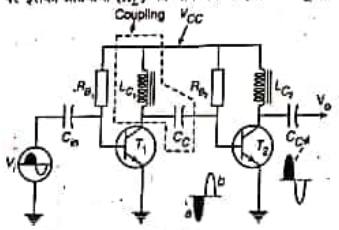
तथा युग्मन संधारित्र C_C को दो पदों के मध्य A.C. सिगनल को युग्मित करने एवं प्रत्येक पद की D.C. bias को एक-दूसरे से पृथक् रखने के लिए प्रयोग करते हैं। चित्र 5.4(a) में प्रेरक L_{C_1}, युग्मन संधारित्र C_C एवं base प्रतिरोध R_{B_2} युग्मन नेटवर्क के अवयव हैं। भार के रूप में प्रयुक्त प्रेरक L_{C_1} की प्रतिबाधा (X_L) का मान निम्न होता है

$$X_L = 2\pi fL \text{ Ohm}$$

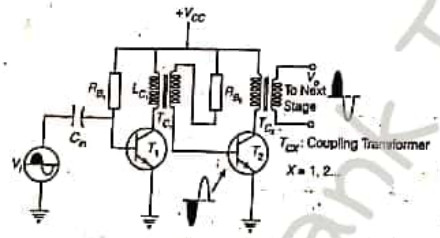
जहाँ, f = सिगनल की आवृत्ति Hz में

L = प्रेरक की प्रेरकता हेनरी (Henry) में

$L-C$ युग्मन प्रयुक्त प्रवर्धक का लाभ यह है कि इसके भार में प्रतिरोध (resistance) का मान नगण्य होने के कारण पावर क्षय (loss) नगण्य होता है। परन्तु दोष यह है कि यह महँगा, भारी व आकार में बड़ा (bulky) होता है तथा कम आवृत्ति पर इसकी प्रतिबाधा (X_L) का मान नगण्य (लगभग शून्य) होता है।



चित्र 5.4(a)



चित्र 5.4(b)

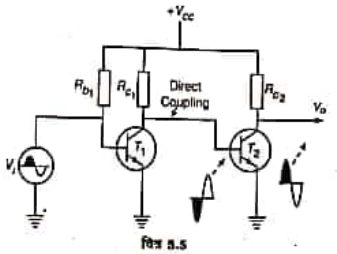
3. **ट्रांसफॉर्मर युग्मन** Transformer Coupling चित्र 5.4(b) में द्वि-पदीय ट्रांसफॉर्मर युग्मित प्रवर्धक प्रदर्शित किया गया है। युग्मन ट्रांसफॉर्मर की प्रथम कुण्डली (primary winding; P_w) प्रवर्धक के प्रथम पद के ट्रांजिस्टर के लिए संग्राहक भार (collector load) है, जबकि द्वितीयक कुण्डली (secondary winding; S_w) द्वितीय स्टेज को A.C. इनपुट सिगनल प्रदान करती है। ट्रांसफॉर्मर युग्मित प्रवर्धक के विभिन्न पदों में D.C. सम्बन्ध (link) न होने के कारण, एक पद की D.C. स्थिति दूसरे पद की अभिनति (biasing) को प्रभावित नहीं करती है।

प्रश्न 8. द्वी० सी० युग्मित प्रवर्धक का परिपथ आरेख खींचकर समझाइए।

उत्तर द्वी० सी० युग्मित प्रवर्धक का परिपथ आरेख चित्र 5.5 में प्रदर्शित किया गया है।

D.C. (अर्थात् 0 Hz) एवं अत्यन्त निम्न आवृत्ति सिगनल प्रवर्धकों में, युग्मन व एमीटर बाईपास के लिए आवृत्ति द्वारा प्रभावित घटकों जैसे परिणामित्र एवं कैपेसिटर आदि का प्रयोग नहीं किया जा सकता है क्योंकि D.C. सिगनल के लिए

परिणामित्र के आउटपुट पर शून्य वोल्ट प्राप्त होता है तथा कैपेसिटर के प्रतिघात (capacitive reactance; $X_C = 1/2\pi fC$) का मान अनन्त (infinite) होने के कारण, कैपेसिटर खुले परिपथ की भाँति व्यवहार करते हैं। इसके अतिरिक्त परिणामित्र का आकार, आवृत्ति (f) के व्युत्क्रमानुपाती (inversely proportional; $1/f$) होने के कारण निम्न आवृत्तियों के लिए परिणामित्र बड़ा, भारी व अधिक क्षेत्र घेरने वाला अर्थात् bulky एवं महँगा होता है तथा निम्न आवृत्तियों (< 20 Hz) पर, कैपेसिटर लगभग एक लघु परिपथ (अर्थात् $X_C \cong 0$) की भाँति व्यवहार करे, इसके लिए आवश्यक है कि कैपेसिटर की धारिता अति उच्च (≥ 1000 μF) होनी चाहिए जो कि महँगे होने के साथ-साथ आकार में बड़े व भारी भी होते हैं।



चित्र 5.5

अतः D.C. व अति निम्न आवृत्ति सिगनल के प्रवर्धन के लिए प्रायः **प्रत्यक्ष युग्मित प्रवर्धक** का प्रयोग करते हैं। इसमें विभिन्न स्टेजों को तारों (wires) द्वारा सीधे ही संयोजित करते हैं।

प्रत्यक्ष युग्मित प्रवर्धकों के सिगनल वोल्टेज प्रायः अति सूक्ष्म परिमाण (amplitude) के होने के कारण, इन प्रवर्धकों में विभव विभाजक-अभिनति (voltage divider biasing) का उपयोग नहीं किया जा सकता है, क्योंकि विभव विभाजक प्रतिरोध सूक्ष्म सिगनल पर भार प्रभाव (loading effect) उत्पन्न कर सकते हैं।

प्रत्यक्ष युग्मित प्रवर्धक में प्रायः अधिक धारा लाभ (high β or h_{fe}) वाले ट्रांजिस्टरों का ही प्रयोग करते हैं, जिससे प्रत्येक पद के इनपुट प्रतिरोध का मान उच्च रहे ताकि प्रत्येक पद अपने से पहले वाले पद की D.C. बायसिंग को प्रभावित न कर सके।

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

6 फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर
Field Effect Transistor (FET)

खण्ड 'अ' : अतिलघु उत्तरीय प्रश्न

प्रश्न 1. FET क्या है?
उत्तर यह एक ऐसी अर्द्धचालक युक्ति है जिसमें चालक चैनल की चौड़ाई (अर्थात् उसके प्रतिरोध) को विद्युत क्षेत्र द्वारा नियंत्रित किया जा सकता है।

प्रश्न 2. जंक्शन फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर कितने प्रकार के होते हैं?
उत्तर JFET मुख्य निम्न दो प्रकार के होते हैं
1. *n*-चैनल FET 2. *p*-चैनल FET

प्रश्न 3. पिच-ऑफ वोल्टेज किसे कहते हैं?
उत्तर वोल्टेज V_{DS} का वह मान जिस पर चैनल पिच-ऑफ हो जाती है, पिच-ऑफ वोल्टेज V_p कहलाती है। इस स्थिति में चैनल में कोई भी मुक्त आवेश नहीं रहता।

प्रश्न 4. ड्रेन प्रतिरोध से आप क्या समझते हैं?
उत्तर स्थिर गेट वोल्टेज पर ड्रेन-सोर्स वोल्टेज के सूक्ष्म परिवर्तन तथा ड्रेन धारा में सूक्ष्म परिवर्तन के अनुपात को ड्रेन प्रतिरोध कहते हैं।

प्रश्न 5. प्रवर्धन गुणांक से आप क्या समझते हैं?
उत्तर स्थिर ड्रेन धारा पर ड्रेन वोल्टेज में सूक्ष्म परिवर्तन तथा गेट वोल्टेज में सूक्ष्म परिवर्तन के अनुपात को FET का प्रवर्धन गुणांक (μ) कहते हैं।

प्रश्न 6. अन्योन्य चालकता से आप क्या समझते हैं?
उत्तर स्थिर ड्रेन वोल्टेज पर ड्रेन धारा में सूक्ष्म परिवर्तन तथा गेट वोल्टेज में सूक्ष्म परिवर्तन के अनुपात को FET की अन्योन्य चालकता कहते हैं।

प्रश्न 7. पैशोल्ड वोल्टेज से आप क्या समझते हैं?
उत्तर गेट-सोर्स वोल्टेज का वह निम्नतम मान, जिस पर चैनल प्रेरित हो जाती है तथा ड्रेन धारा प्रवाहित होने लगती है, पैशोल्ड वोल्टेज कहलाती है।

रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए

1. फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर ..... परिवार का एक मुख्य सदस्य है। (अर्द्धचालक)
2. FET में धारा का चालन केवल ..... द्वारा होता है। (मेजॉरिटी कैरियर्स)
3. MOSFET को IC चिप पर निर्मित करने के लिए ..... क्षेत्रफल की आवश्यकता होती है। (5 sq mil)
4. JFET के फिक्स्ड बायस परिपथ को ..... कहते हैं। (गेट बायस परिपथ)
5. JFET को एम्प्लीफायर की भाँति उपयोग करने के लिए उसे ड्रेन अभिलक्षणों के ..... में ऑपरेट किया जाता है। (सैचुरेशन क्षेत्र)
6. ..... केवल धन अथवा ऋण गेट विभव पर प्रवालित होता है। (एन्हैन्समैन्ट मॉसफेट)
7. *p*-चैनल एन्हैन्समैन्ट मॉसफेट में SiO_2 की परत की मोटाई लगभग ..... तक होती है। (1000 Å-7000 Å)

सत्य / असत्य

1. धातु ऑक्साइड फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर को इन्सुलेटेड गेट फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर भी कहते हैं। (सत्य)
2. FET एक यूनिपोलर युक्ति है। (सत्य)
3. FET की अन्योन्य-चालकता कम होती है जिसका मान लगभग 0.1-10 mA/V होता है। (सत्य)
4. FET में ड्रेन धारा को गेट-सोर्स जंक्शन पर प्रयुक्त रिवर्स बायस वोल्टेज द्वारा कंट्रोल किया जाता है। (सत्य)
5. JFET तीन प्रकार के होते हैं। (असत्य)
6. SiO_2 की परत के कारण MOSFET की इनपुट प्रतिबाधा कम होती है। (असत्य)

खण्ड 'ब' : लघु एवं दीर्घ उत्तरीय प्रश्न

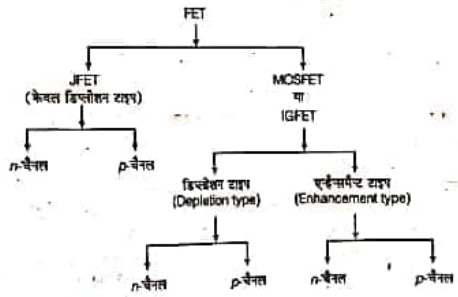
प्रश्न 1. फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर (FET) से आप क्या समझते हैं? यह कितने प्रकार का होता है? लिखिए।
उत्तर FET एक ऐसी युक्ति है जिसमें चालन क्षेत्र में प्रवाहित होने वाले आवेश वाहकों की संख्या को FET की सतह पर विद्युत क्षेत्र लगाकर नियन्त्रित किया जाता है अर्थात् इसके किसी भाग में धारा का नियन्त्रण उस भाग में आरोपित विद्युत क्षेत्र द्वारा किया जाता है।

FET निम्न दो प्रकार के होते हैं

(i) **जंक्शन फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर** Junction Field Effect Transistor इन्हें JFET अथवा केवल FET द्वारा सम्बोधित किया जाता है।

(ii) **धातु ऑक्साइड फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर** Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor इस FET को इन्सुलेटेड गेट फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर (insulated gate field effect transistor) भी कहते हैं। संक्षिप्त रूप में इसे MOSFET या IGFET द्वारा सम्बोधित किया जाता है।

FET का वर्गीकरण निम्न प्रकार आरेख द्वारा भी प्रदर्शित किया जा सकता है



प्रश्न 2. FET तथा BJT में तुलना कीजिए।
अथवा **BJT एवं FET में अन्तर स्पष्ट कीजिए।**
उत्तर FET तथा BJT में तुलना अग्रवत् है

Mayank Tiwari Madhya

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

क्र० सं०	फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर (FET)	बाइपोलर-जंक्शन ट्रांजिस्टर (Bipolar Junction Transistor BJT)
1.	FET का इनपुट प्रतिरोध बहुत अधिक होता है। JFET में इसका मान $10^6\ \Omega$ से $10^{12}\ \Omega$ तक तथा MOSFET में 10^4 MΩ से 10^7 MΩ तक होता है। अत: FET को वोल्टेज द्वारा नियन्त्रित किया जा सकता है, इसे voltage controlled device कहते हैं।	जंक्शन ट्रांजिस्टर का इनपुट प्रतिरोध बहुत कम है। इसका मान लगभग $10^2\ \Omega$ से $10^6\ \Omega$ तक होता है। अत: जंक्शन ट्रांजिस्टर, धारा द्वारा नियन्त्रित की जाने वाली युक्ति है तथा इसे current controlled device कहते हैं।
2.	FET एक यूनिपोलर (unipolar) युक्ति है; अत: केवल एक ही दिशा अर्थात् फॉरवर्ड दिशा (forward direction) में ही प्रवालित हो सकती है। FET का प्रचालन केवल मेजॉरिटी कैरियर्स (majority carriers) पर ही निर्भर करता है।	जंक्शन ट्रांजिस्टर का प्रचालन मेजॉरिटी तथा माइनॉरिटी दोनों प्रकार के आवेश वाहकों पर निर्भर करता है; अत: इन्हें बाई-पोलर (bipolar) कहा जाता है।
3.	FET की अन्योन्य-चालकता (trans-conductance) कम होती है जिसका मान लगभग (0.1-10 mA/V) होता है। अत: FET का वोल्टेज लाभ (voltage gain) अधिक नहीं होता।	जंक्शन ट्रांजिस्टर की अन्योन्य-चालकता उच्च होती है; अत: इसका वोल्टेज लाभ भी काफी अधिक होता है।
4.	FET में शोर (noise) कम होता है।	FET की तुलना में जंक्शन ट्रांजिस्टर में अधिक शोर होता है।
5.	FET का विकिरण (radiation) का प्रभाव नहीं है।	जंक्शन ट्रांजिस्टर की कार्य-प्रणाली पर विकिरण का प्रभाव होता है।
6.	FET की ऊष्मीय स्थिरता (thermal stability) उत्तम है।	ऊष्मीय स्थिरता उत्तम नहीं है।
7.	BJT की तुलना में महँगे हैं।	FET की तुलना में सस्ते हैं।
8.	गेट टर्मिनल पर तीर के चिह्न की दिशा, गेट धारा की दिशा प्रदर्शित करती है जब गेट फॉरवर्ड बायस में हो।	ऐमीटर टर्मिनल पर तीर का चिह्न जंक्शन पर फॉरवर्ड धारा की दिशा प्रदर्शित करता है।
9.	जब FET का प्रयोग small signal amplification के लिये किया जाता है, तब आउटपुट एवं इनपुट वोल्टेज समान आकार की होती है तथा उनमें परस्पर रेखीय सम्बन्ध (linear relation) होता है। अधिक आयाम (large signal) के सिगनल के प्रवर्धन के विरूपण (distortion) आ जाता है।	जंक्शन ट्रांजिस्टर का मुख्य उपयोग प्रवर्धक की भाँति किया जाता है।

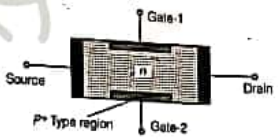
प्रश्न 3. JFET की संरचना को सचित्र समझाइए।

अथवा **JFET के निर्माण व कार्यविधि को लिखिए।**

उत्तर JFET दो प्रकार के होते है— एक *n*-चैनल FET तथा दूसरा *p*-चैनल FET। *n*-चैनल FET तथा *p*-चैनल FET की रचना समान होती है, अन्तर केवल यह है कि *n*-type पदार्थ के स्थान पर *p*-type पदार्थ तथा *p*-type पदार्थ के स्थान पर *n*-type पदार्थ प्रयुक्त किया जाता है।

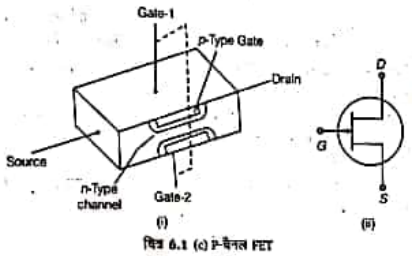
JFET की संरचना Construction of JFET सरलतम रूप में *n*-चैनल JFET में *n*-type सिलिकॉन की एक छड़ (Bar) होती है। यह छड़ दो टर्मिनलों के मध्य एक प्रतिरोध की भाँति व्यवहार करती है। ये टर्मिनल (1) स्रोत (source) तथा (2) ड्रेन (drain) कहलाते हैं जैसा कि चित्र 6.1(a) में प्रदर्शित किया गया है। इस *n*-type छड़ के दोनों तरफ उच्च सान्द्रता (high concentration) के *p*-type क्षेत्र (layer), विसरण की क्रिया (diffusion process) द्वारा निर्मित किये जाते हैं। यह *p*-type क्षेत्र FET के गेट (gate) कहलाते हैं। प्राय: दोनों गेट परस्पर कनेक्ट कर दिये जाते हैं। चित्र 6.1(b) में FET के तीन टर्मिनल—स्रोत (source), ड्रेन (drain) तथा गेट (gate) दिखाये गये हैं।

चित्र 6.1 (a) N-टाइप अर्द्धचालक छड़

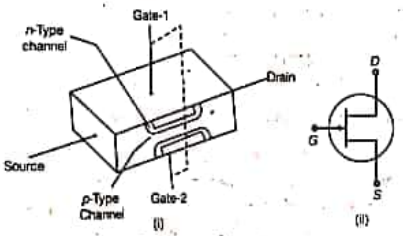


चित्र 6.1 (b) FET-में सोर्स, ड्रेन तथा गेट टर्मिनल

चित्र 6.1 (c) तथा 6.1 (d) में *n*-चैनल तथा *p*-चैनल FET की सम्पूर्ण रचना एवं उनके संकेत (symbol) प्रदर्शित किये गये हैं।



चित्र 6.1 (c) P-चैनल FET



चित्र 6.1 (d) N-चैनल FET

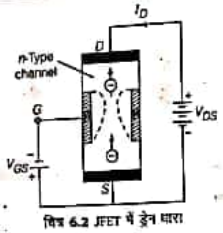
JFET के टर्मिनलों (Source, Drain एवं Gate) को परिपथ में चित्र 6.2 के अनुसार निम्न प्रकार संयोजित किया जाता है

1. **सोर्स** Source *n*-चैनल JFET में सोर्स 'S', बैटरी के ऋणात्मक (negative) सिरे से संयोजित किया जाता है। *n*-type छड़ में 'सोर्स' टर्मिनल से मेजॉरिटी कैरियर्स (इलेक्ट्रॉन) प्रवेश करते हैं। ये इलेक्ट्रॉन छड़ के दोनों ओर लगे *P*-type क्षेत्रों के मध्य से गुजरते हैं।
2. **ड्रेन** Drain *n*-चैनल FET में ड्रेन 'D', बैटरी के धनात्मक सिरे से संयोजित किया जाता है। मेजॉरिटी कैरियर्स इसी टर्मिनल द्वारा छड़ से बाहर निकलते हैं (चित्र 6.2)। ड्रेन टर्मिनल पर प्रवाहित होने वाली धारा, ड्रेन धारा I_D (drain current) कहलाती है।
3. **गेट** Gate *n*-चैनल सिलिकॉन छड़ के दोनों ओर विसरण द्वारा *p*-टाइप सिलिकॉन की परतें बनायी जाती हैं जिससे *p-n* जंक्शन का निर्माण होता है। ये दोनों परतें परस्पर जोड़ दी जाती हैं तथा इन्हें गेट (*G*) कहते हैं। FET में गेट को रिवर्स बायस किया जाता है।

Mukesh Tiwari Ayodhya

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner



चित्र 6.2 JFET में ड्रेन धारा

4. **चैनल** Channel n-type सिलिकॉन छड़ में P-type क्षेत्रों के मध्य का भाग चैनल कहलाता है। ड्रेन के सोर्स एवं मध्य वोल्टेज (V_{DS}) एप्लाई करने पर मेजॉरिटी कैरियर इसी चैनल से गुजरते हैं।

प्रश्न 4. JFET के पैरामीटर को परिभाषित कीजिए तथा परस्पर सम्बन्ध को बताइए।

उत्तर **JFET के पैरामीटर** JFET में ड्रेन धारा (I_D) का मान ड्रेन वोल्टेज V_{DS} तथा गेट वोल्टेज V_{GS} पर निर्भर करता है। इन तीनों राशियों I_D, V_{DS} तथा V_{GS} में से किसी एक को स्थिर कर अन्य दो के मध्य सम्बन्ध स्थापित किया जा सकता है। ये सम्बन्ध निम्न तीन पैरामीटर द्वारा दिए जा सकते हैं

1. **अन्योन्य चालकता** Mutual Conductance or Trans-conductance 'g_m' स्थिर ड्रेन वोल्टेज (V_{DS}) पर ड्रेन धारा (I_D) में सूक्ष्म परिवर्तन (ΔI_D) तथा गेट वोल्टेज (V_{GS}) में सूक्ष्म परिवर्तन (ΔV_{GS}) के अनुपात को FET की अन्योन्य-चालकता (g_m) कहते हैं।

$$\therefore \quad g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} \bigg| \text{ जब } V_{DS} \text{ स्थिर है।}$$

'g_m' के मात्रक mA/volt अथवा amp/volt (mho) है।

2. **ड्रेन प्रतिरोध** Drain Resistance 'r_d' स्थिर गेट वोल्टेज (V_{GS}) पर ड्रेन-सोर्स वोल्टेज (V_{DS}) के सूक्ष्म परिवर्तन तथा ड्रेन धारा (I_D) में सूक्ष्म परिवर्तन के अनुपात को ड्रेन प्रतिरोध (r_d) कहते हैं।

$$r_d = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D}, \text{ जब } V_{GS} \text{ स्थिर है।}$$

ड्रेन प्रतिरोध, ड्रेन अभिलक्षणों के ढाल (slope) का विलोम होता है।

$$\therefore \quad r_d = -\frac{1}{\text{ड्रेन अभिलक्षणों का ढाल}}$$

3. **प्रवर्धन गुणांक** Amplification Factor 'μ' स्थिर ड्रेन धारा (I_D) पर ड्रेन वोल्टेज (V_{DS}) में सूक्ष्म परिवर्तन तथा गेट वोल्टेज (V_{GS}) में सूक्ष्म परिवर्तन के अनुपात को FET का प्रवर्धन गुणांक (μ) कहते हैं।

$$\therefore \quad \mu = -\frac{\Delta V_{DS}}{\Delta V_{GS}}, \text{ जब } I_D \text{ स्थिर है।}$$

प्रवर्धन गुणांक के सूत्र में ऋण चिह्न यह प्रदर्शित करता है कि जब V_{GS} को बढ़ाया जाता है, तब I_D को स्थिर रखने के लिये V_{DS} को कम करना आवश्यक होता है।

4. **JFET के पैरामीटर g_m, r_d तथा μ में सम्बन्ध** JFET के पैरामीटर्स में निम्न सम्बन्ध है

$$g_m = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} \text{ एवं } r_d = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D}$$

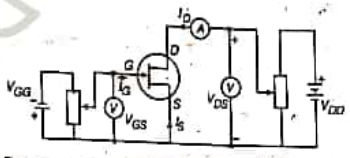
$$g_m \times r_d = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} \times \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D}$$

$$= \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta V_{GS}} = \mu$$

$$g_m \times r_d = \mu$$

प्रश्न 5. n-चैनल JFET के अभिलक्षण लिखिए।

उत्तर **n-चैनल JFET के अभिलक्षण** चित्र 6-3 (a) में एक n-चैनल JFET के अभिलक्षण ज्ञात करने के लिये परिपथ प्रदर्शित किया गया है।



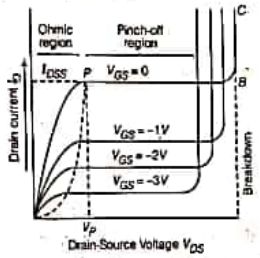
चित्र 6.3 (a) N-चैनल JFET के अभिलक्षण ज्ञात करने के लिए परिपथ

इस परिपथ से JFET के निम्न दो अभिलक्षण खींचे जाते हैं

1. ड्रेन अभिलक्षण (Drain Characteristics)
2. ट्रांसफर अभिलक्षण (Transfer Characteristics)

1. **ड्रेन अभिलक्षण** Drain Characteristics चित्र 6.3 (b) में एक n-चैनल JFET के ड्रेन अभिलक्षण प्रदर्शित किये गये हैं। ड्रेन अभिलक्षण V_{DS} एवं I_D में सम्बन्ध दर्शाते हैं, जबकि V_{GS} को पैरामीटर माना गया है अर्थात् प्रत्येक अभिलक्षण के लिये V_{GS} एक विशेष मान पर स्थिर है।

चित्र 6.3 (b) एक n-चैनल JFET के ड्रेन अभिलक्षण



(a) **जब गेट बायस शून्य ($V_{GS} = 0$) है तथा ड्रेन-सोर्स वोल्टेज भी शून्य ($V_{DS} = 0$) है।**
इस स्थिति में चैनल पूर्णतया खुला (open) है तथा ड्रेन धारा (I_D) शून्य है।

(b) **जब $V_{DS} = 0$ तथा $V_{GS} < 0$**
इस स्थिति में p-n जंक्शन रिवर्स बायस में हो जाते हैं तथा डिप्लीशन क्षेत्र की चौड़ाई अधिक हो जाती है। V_{GS} का मान और अधिक कम करते जाने पर चैनल पिंच-ऑफ हो जाता है तथा अधिकतम ड्रेन धारा (maximum saturation drain current) का मान भी कम हो जाता है; क्योंकि चालक चैनल अधिक रिवर्स बायस के कारण और तंग (narrow) हो जाती है।

(c) जब $V_{GS} = 0$ तथा V_{DS} को शून्य से अधिक किया जाता है।
($V_{GS} = 0$ तथा $V_{DS} > 0$)
शून्य गेट-सोर्स वोल्टेज पर जैसे ही ड्रेन टर्मिनल को सोर्स की तुलना में धनात्मक (positive) किया जाता है, n-चैनल से ड्रेन धारा (I_D) प्रवाहित होने लगती है। इस स्थिति में मेजॉरिटी कैरियर्स (इलेक्ट्रॉन) चैनल में 'S' से 'D' की दिशा में गति करते हैं। ड्रेन धारा (I_D) का मान अब पर निर्भर करता है

Mayank Tiwari Ayodhya

Scanned by CamScanner

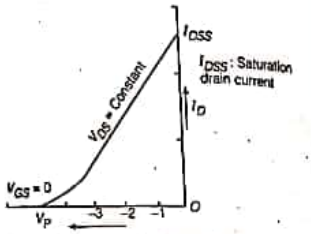
Scanned with CamScanner

(i) मेजॉरिटी कैरियर्स की संख्या पर,
(ii) चैनल की लम्बाई (l) पर,
(iii) ड्रेन साइड में चैनल के अनुप्रस्थ क्षेत्र (A) पर,
(iv) V_{DS} पर।

(d) $V_{GS} < 0$ तथा $V_{DS} > 0$

यदि गेट पर रिवर्स बायस का मान और अधिक (अर्थात् $V_{GS} = -1$ या -2 volt) हो, तब अभिलक्षण नीचे की ओर शिफ्ट होते है तथा चैनल में पिंच-ऑफ V_{DS} की तुलना में निम्न (comparatively low value) वोल्टेज हो जाता है।

2. ट्रांसफर अभिलक्षण Transfer Characteristics चित्र 6.4 में JFET के ट्रांसफर अभिलक्षण प्रदर्शित किये गये हैं। ये अभिलक्षण स्थिर ड्रेन वोल्टेज V_{DS} पर गेट वोल्टेज V_{GS} तथा ड्रेन धारा I_D में सम्बन्ध प्रदर्शित करते हैं। ट्रांसफर अभिलक्षण खींचते समय V_{DS} का मान स्थिर, परन्तु 'पिंच-आफ' वोल्टेज V_P से अधिक रखा जाता है। गेट वोल्टेज को धीरे-धीरे तब तक कम किया जाता है जब तक कि ड्रेन धारा I_D कम होकर शून्य न हो जाये। V_{GS} के प्रत्येक मान पर ड्रेन धारा I_D का मान नोट किया जाता है। ट्रांसफर अभिलक्षण वक्र से भी JFET के पैरामीटर ज्ञात किये जा सकते हैं।



चित्र 6.4 JFET के ट्रांसफर अभिलक्षण

गेट-सोर्स कट-ऑफ वोल्टेज "V_{GS} off" Gate-Source Cut-off Voltage गेट वोल्टेज V_{GS} का वह मान, जिस पर $I_D = 0$, FET की गेट-सोर्स कट-ऑफ वोल्टेज कहलाती है। अभिलक्षण (चित्र 6.4) से,

$$V_{GS}\,(\text{off}) = V_P \text{ (पिंच-ऑफ वोल्टेज)}$$

ट्रांसफर अभिलक्षणों का आकार एक परवलय (parabola) की भाँति है। इस परवलय को निम्न समीकरण द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है

$$I_{DS} = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

यहाँ
I_{DS} = संतृप्त ड्रेन धारा (Saturation drain current)
$I_{DSS} = I_{DS}$ जब $V_{GS} = 0$
V_P = पिंच-ऑफ वोल्टेज

प्रश्न 6. FET में बायसिंग की विधियाँ बताइए तथा फिक्स्ड बायस को सचित्र समझाइए।

उत्तर FET में बायसिंग बाइपोलर ट्रांजिस्टर की तरह FET अथवा MOSFET को भी एम्प्लीफायर की भाँति प्रयुक्त करने से पहले उपयुक्त रूप से बायस करना आवश्यक है। FET की बायसिंग में उसकी ऑपरेटिंग वोल्टेज तथा धारा को अभिलक्षणों के सक्रिय क्षेत्र के लीनियर भाग (linear portion) में रखा जाता है। FET के उपयुक्त प्रचालन बिन्दु (operating point) अर्थात् V_{DS}, I_D तथा V_{GS} का चयन भी ट्रांजिस्टर के लिए चयन के अनुसार किया जाता है। FET बायसिंग की मुख्य विधियाँ निम्न है

1. फिक्स्ड बायस (Fixed bias)
2. सैल्फ बायस (Self bias)
3. वोल्टेज डिवाइडर बायस (Voltage divider bias)
4. धारा सोर्स बायस (Current source bias)
5. वोल्टेज सोर्स बायस (Voltage source bias)

फिक्स्ड बायस Fixed Bias JFET के फिक्स्ड बायस परिपथ को गेट बायस परिपथ भी कहते हैं। चित्र 6.5 में एक n-चैनल फैट के लिए फिक्स्ड बायस परिपथ दिया गया है। इस परिपथ में एक गेट सप्लाई वोल्टेज ($-V_{GG}$) प्रयोग की गई है जिससे गेट-सोर्स जंक्शन रिवर्स बायस में हो जाता है। चूँकि गेट धारा शून्य है; अतः प्रतिरोध R_G पर कोई वोल्टतापात नहीं होता है एवं R_G को शॉर्ट-सर्किट की भाँति माना जा सकता है। अर्थात्,

∵ $I_G = 0$

∴ $V_{RG} = I_G \times R_G = (0A) \times R_G = 0\,V$

गेट परिपथ में किरचॉफ का नियम एप्लाई करने पर

$$V_{GG} + V_{GS} = 0$$

∴ $$V_{GS} = -V_{GG} \quad \text{...(i)}$$

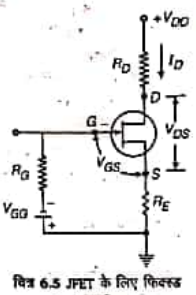
चित्र 6.5 JFET के लिए फिक्स्ड बायस परिपथ

चूँकि V_{GG} एक फिक्स्ड D.C. सप्लाई है अतः V_{GS} भी फिक्स्ड है। इसी कारण से इस परिपथ को फिक्स्ड बायस परिपथ कहते हैं।

इसी प्रकार आउटपुट परिपथ से

$$V_{DD} - I_D R_D - V_{DS} = 0$$

अथवा $$V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D$$



ड्रेन धारा I_D, शॉक्ले समीकरण (Shockley's equation) द्वारा निम्न प्रकार होती है

ड्रेन धारा, $$I_D = I_{DSS}\left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right]^2 \quad \text{...(ii)}$$

फिक्स्ड बायस परिपथ में यद्यपि गेट धारा शून्य है तथा R_G पर वोल्टतापात नहीं होता, परन्तु परिपथ में R_G उपस्थित तो है। वास्तव में R_G का उपयोग FET के A.C. ऑपरेशन में होता है, D.C. ऑपरेशन में इसका कोई महत्त्व नहीं है, परन्तु परिपथ के A.C. ऑपरेशन में यह अत्यन्त महत्त्वपूर्ण है।

प्रश्न 7. चित्र 6.6 में प्रदर्शित JFET के लिए फिक्स्ड बायस परिपथ में V_{GSQ}, I_{DQ} तथा V_{DS} के मान ज्ञात कीजिए। ($I_{DSS} = 8$ mA तथा $V_P = -8$ V मान लीजिए)

हल गेट परिपथ में KVL एप्लाई करने पर

$$V_{GG} + I_G R_G + V_{GS} = 0$$

मान रखने पर

$$2 + I_G \times 1 \times 10^6 + V_{GS} = 0$$

परन्तु D.C. (no signal) विश्लेषण पर

$$I_G = 0$$

∴ $$2 + V_{GS} = 0$$

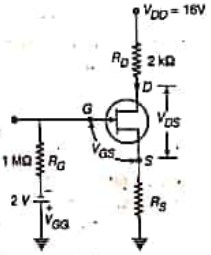
अथवा $$V_{GS} = -2 \text{ वोल्ट}$$

चित्र 6.6

शॉक्ले समीकरण से I_D का मान

$$I_{DQ} = I_{DSS}\left[1 - \frac{V_{GS}}{V_P}\right]^2$$
$$= 8 \times 10^{-3}\left[1 - \frac{-2}{-8}\right]^2$$
$$= 8 \times 10^{-3} \times \left[\frac{3}{4}\right]^2 = 8 \times 10^{-3} \times \frac{9}{16}$$

हल करने पर, $I_{DQ} = 4.5$ mA



ड्रेन परिपथ में KVL लगाने पर $V_{DD} = I_D R_D + V_{DS}$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D = 16 - 4.5 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^3 = 7 \text{ वोल्ट}$$

प्रश्न 8. सेल्फ बायस और वोल्टेज डिवाइडर बायस पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए।

उत्तर सेल्फ बायस फिक्स्ड बायस परिपथ में यह दोष है कि उसमें दो D.C. सप्लाई प्रयोग की जाती है। सेल्फ बायस परिपथ में एक ही D.C. सप्लाई से सभी आवश्यक वोल्टेज प्राप्त की जाती है। चित्र 6.7 (a) में FET के लिए एक सेल्फ बायस परिपथ दिया गया है। इस परिपथ को JFET तथा डिप्लीशन मोड मॉसफेट की बायसिंग के लिए प्रयुक्त

Scanned by CamScanner
Scanned with CamScanner

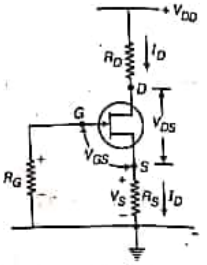
किया जा सकता है। FET में गेट-सोर्स जंक्शन पर रिवर्स बायस वोल्टेज एप्लाई की जाती है। प्रतिरोध R_S द्वारा सोर्स को तथा R_G द्वारा गेट को ग्राउन्ड किया गया है। गेट-सोर्स कन्ट्रोलिंग वोल्टेज प्रतिरोध R_S पर वोल्टपात द्वारा निर्धारित होती है। ड्रेन को पॉजिटिव सप्लाई प्रतिरोध R_D द्वारा दी गई है। धारा I_D प्रतिरोध R_S में प्रवाहित होकर सोर्स तथा ग्राउन्ड के मध्य वोल्टेज $V_S = I_D R_S$ उत्पन्न करती है। चूँकि गेट धारा लगभग नगण्य है अत: गेट टर्मिनल D.C. ग्राउन्ड पर है अर्थात् $V_G = 0$।

अत: गेट एवं सोर्स के मध्य वोल्टेज

$$V_{GS} = -V_S = -I_D R_S \quad ...(i)$$

तथा ड्रेन वोल्टेज

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D$$



चित्र 6.7 (a) FET बायसिंग के लिए सेल्फ बायस परिपथ

ड्रेन-सोर्स वोल्टेज (V_{DS}), ड्रेन वोल्टेज V_D तथा सोर्स वोल्टेज (V_S) के अन्तर के बराबर है।

अर्थात् $V_{DS} = V_D - V_S = (V_{DD} - I_D R_D) - I_D R_S$

$$= V_{DD} - I_D (R_D + R_S) \quad ...(ii)$$

गेट-सोर्स वोल्टेज (V_{GS}), गेट वोल्टेज (V_G) तथा सोर्स वोल्टेज (V_S) के अन्तर के बराबर है।

अर्थात् $V_{GS} = V_G - V_S$

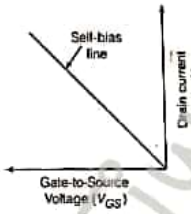
$$= 0 - I_D R_S$$

$$\therefore \quad V_{GS} = -I_D R_S \quad ...(iii)$$

समीकरण (iii) से स्पष्ट है कि ड्रेन धारा जितनी अधिक होगी, गेट-सोर्स वोल्टेज भी उतनी ही अधिक निगेटिव होगी।

समीकरण (ii) से

$$I_D = \frac{V_{GS}}{R_S} \quad ...(iv)$$



चित्र 6.7 (b)

यदि समीकरण (iv) से प्राप्त स्थिर R_S पर I_D के मान एवं गेट-सोर्स वोल्टेज के मध्य ग्राफ खींचा जाए, तब एक सीधी रेखा प्राप्त होती है। इस लाइन को सेल्फ बायस लाइन कहते हैं [चित्र 6.7(b)]।

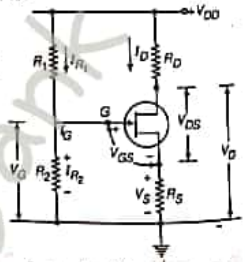
वोल्टेज डिवाइडर बायस चित्र 6.7 (c) में एक JFET के लिए वोल्टेज डिवाइडर बायसिंग परिपथ दिया गया है। प्रतिरोध R_1 तथा R_2, वोल्टेज V_{DD} तथा ग्राउन्ड के मध्य वोल्टेज डिवाइडर का कार्य करते हैं। दोनों प्रतिरोधों का एक टर्मिनल FET के गेट से जुड़ा है। प्रतिरोध R_2 पर वोल्टतापात FET के गेट एवं ग्राउन्ड के मध्य एप्लाई होता है। परिपथ के विश्लेषण में गेट धारा $I_G = 0$ मानी गयी है।

चूँकि गेट धारा शून्य है; अत:

$$I_{R_1} = I_{R_2} = \frac{V_{DD}}{R_1 + R_2}$$

$$\because \quad V_G = I_{R_2} R_2$$

अत: $$V_G = \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right] V_{DD} \quad ...(i)$$



चित्र 6.7 (c) वोल्टेज डिवाइडर बायस

FET के गेट पर सेल्फ बायस प्रतिरोध के कारण $V_S = I_D R_S$ भी एप्लाई होती है।

अत: गेट एवं सोर्स परिपथ से किरचॉफ के नियमानुसार,

$$V_G - V_{GS} - V_S = 0$$

$$\therefore \quad V_{GS} = V_G - V_S = V_G - I_D R_S \quad ...(ii)$$

ड्रेन धारा,

$$I_D = \frac{V_S}{R_S} = \frac{V_G - V_{GS}}{R_S} \quad ...(iii)$$

तथा ड्रेन एवं ग्राउन्ड के मध्य वोल्टेज

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D$$

तथा $$V_S = I_D R_S$$

यदि गेट वोल्टेज (V_G), गेट-सोर्स वोल्टेज (V_{GS}) से काफी अधिक है, तब समीकरण (ii) से I_D प्रत्येक FET के लिए लगभग स्थिर होगी। परन्तु FET में गेट-सोर्स (V_{GS}) वोल्टेज, प्रत्येक JFET में समान नहीं होती, इसमें अनेक वोल्ट्स का अन्तर हो सकता है। इसी कारण से V_G को V_{GS} की तुलना में अधिक नहीं कर सकते हैं। JFET में इस बायसिंग का उपयोग केवल तब किया जाता है जब वोल्टेज अधिक (large) हो। कम (low) वोल्टेज पर यह विधि उपयोगी नहीं है। बाइपोलर ट्रांजिस्टर्स में वोल्टेज डिवाइडर विधि अधिक प्रभावी है; क्योंकि लगभग सभी बाइपोलर ट्रांजिस्टर्स में बेस-एमिटर वोल्टेज (V_{BE}) लगभग 0.7 V होती है।

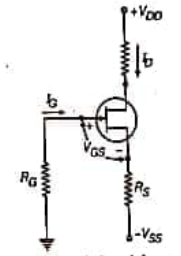
प्रश्न 2. सोर्स बायस तथा धारा सोर्स बायस विधि को सचित्र समझाइए।

उत्तर **सोर्स बायस** चित्र 6.8 में JFET के लिए सोर्स बायस विधि दी गई है। इस विधि में सोर्स टर्मिनल को एक अन्य वोल्टेज $-V_{SS}$ दी जाती है जो पूर्णतया सोर्स प्रतिरोध R_S पर एप्लाई (apply) होती है। अत: ड्रेन धारा I_D, FET के अभिलक्षणों पर निर्भर नहीं करती है।

गेट परिपथ में किरचॉफ के नियम से

$$I_G R_G + V_{GS} + I_D R_S - V_{SS} = 0$$

$$\therefore \quad I_D = \frac{V_{SS} - V_{GS} - I_G R_G}{R_S}$$



चित्र 6.8 FET के लिए सोर्स बायस

परन्तु $$V_{SS} - V_{GS} >> I_G R_G$$

अत: $$I_D = \frac{V_{SS} - V_{GS}}{R_S}$$

जब V_{SS} का मान V_{GS} से काफी अधिक है, तब

$$I_D = \frac{V_{SS}}{R_S}$$

एक आदर्श परिपथ में V_{SS}, प्रतिरोध R_S पर ही ड्रॉप होता है। चूँकि ये राशियाँ FET के अभिलक्षणों से सम्बन्धित नहीं है, अत: ड्रेन धारा I_D लगभग स्थिर रहती है।

धारा सोर्स बायस चित्र 6.9 में FET की धारा सोर्स बायस विधि दी गई है। चित्र 6.9 (a) में दो सप्लाई सोर्स तथा 6.9 (b) में एक सप्लाई प्रयुक्त की गई है। दोनों परिपथों में ट्रांजिस्टर एक धारा स्रोत की भाँति कार्य करता है।

Scanned by CamScanner

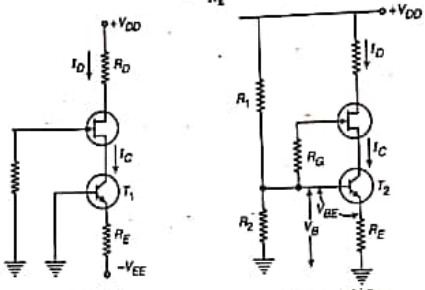
Scanned with CamScanner

चित्र 6.9 (a) में प्रदर्शित परिपथ में ट्रांजिस्टर T_1 के एमिटर को V_{EE} द्वारा बायस किया गया है। अत: कलेक्टर धारा

$$I_C = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E}$$

परन्तु $V_{EE} >> V_{BE}$

अत: $I_C = \frac{V_{EE}}{R_E}$



चित्र 6.9 FET की धारा सोर्स बायसिंग

JFET की ड्रेन धारा, कलेक्टर धारा के बराबर है अर्थात्

$$I_D = I_C$$

चूँकि $I_C \left(= \frac{V_{EE}}{R_E}\right)$ स्थिर है। अत: ड्रेन धारा भी लगभग स्थिर है।

एकल सप्लाई परिपथ में बाइपोलर ट्रांजिस्टर को वोल्टेज डिवाइडर द्वारा बायस किया गया है।

कलेक्टर धारा $I_E = \frac{V_B - V_{BE}}{R_E}$ यहाँ $V_B = \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right] V_{DD}$

चूँकि $V_{BB} >> V_{BE}$

अत: $I_E = \frac{V_B}{R_E}$

चूँकि $I_D = I_C = I_E$

अत: $I_D = \frac{V_B}{R_E}$ ...(i)

चूँकि समीकरण (i) की राशियाँ बाइपोलर ट्रांजिस्टर तथा FET के पैरामीटर्स पर निर्भर नहीं करती हैं; अत: I_D लगभग स्थिर रहती है। इस परिपथ से एक स्थिर ऑपरेटिंग बिन्दु (Q-point) प्राप्त होता है; अत: प्रायोगिक दृष्टि से यह एक अति उपयोगी परिपथ है।

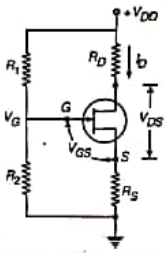
प्रश्न 10. कॉमन सोर्स (CS) JFET एम्प्लीफायर को तुल्यांक परिपथ सहित समझाइए।

अथवा **कॉमन सोर्स JFET एम्प्लीफायर का विश्लेषण दीजिए।**

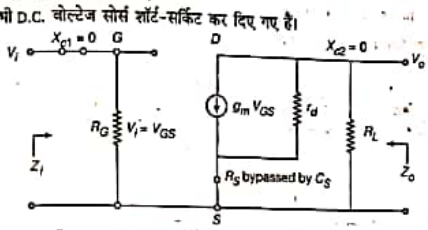
उत्तर **कॉमन सोर्स (CS) JFET एम्प्लीफायर** कॉमन सोर्स (CS) एम्प्लीफायर में JFET का सोर्स टर्मिनल इनपुट तथा आउटपुट दोनों परिपथों में कॉमन होता है। इनपुट सिगनल गेट तथा सोर्स के मध्य एप्लाई किया जाता है तथा आउटपुट, ड्रेन एवं सोर्स के मध्य प्राप्त होती है। चित्र 6.10 (a) में सेल्फ बायस सहित एक कॉमन सोर्स JFET एम्प्लीफायर का परिपथ दिया गया है।

कॉमन सोर्स JFET एम्प्लीफायर का A.C. तुल्यांक परिपथ कॉमन सोर्स एम्प्लीफायर का विश्लेषण तुल्यांक परिपथ द्वारा सरलता से ज्ञात किया जा सकता है। चित्र 6.10 (b) में निम्न आवृत्ति के लिए CS एम्प्लीफायर का तुल्यांक परिपथ दिया गया है। परिपथ में

1. JFET को उसके A.C. तुल्यांक परिपथ द्वारा प्रतिस्थापित (replace) किया गया है।
2. ड्रेन धारा I_D का V_{GS} द्वारा नियंत्रण, ड्रेन तथा सोर्स टर्मिनलों के मध्य धारा स्रोत $g_m V_{GS}$ द्वारा प्रदर्शित किया गया है।
3. धारा स्रोत में तीर का चिह्न ड्रेन से सोर्स की ओर है।
4. सभी कैपेसिटर्स को शॉर्ट-सर्किट कर दिया गया है; क्योंकि A.C. सिगनल कैपेसिटर के पास हो जाता है।
5. सभी D.C. वोल्टेज सोर्स शॉर्ट-सर्किट कर दिए गए हैं।



चित्र 6.10 (a) कॉमन सोर्स JFET एम्प्लीफायर



चित्र 6.10 (b) कॉमन सोर्स एम्प्लीफायर का A.C. तुल्यांक परिपथ

एम्प्लीफायर के विश्लेषण में इनपुट प्रतिबाधा (Z_i), आउटपुट प्रतिबाधा (Z_o) तथा वोल्टेज लाभ (A_V) ज्ञात किए जाते हैं। तुल्यांक परिपथ से

1. इनपुट प्रतिबाधा (Input impedance)

$$Z_i = R_G \quad ...(i)$$

2. आउटपुट प्रतिबाधा (Output impedance)

$$Z_o = \frac{r_d R_L}{r_d + R_L} \quad ...(ii)$$

यदि r_d का मान R_L से काफी अधिक है अर्थात् $r_d \geq 10 R_L$, तब

$$Z_o = R_L$$

3. वोल्टेज लाभ (Voltage gain)

$$A_V = -g_m R_L \quad ...(iii)$$

वोल्टेज लाभ ($-g_m R_L$) में ऋणात्मक चिह्न प्रदर्शित करता है कि आउटपुट तथा इनपुट में 180° का कलान्तर है।

प्रश्न 11. कॉमन गेट (CG) JFET एम्प्लीफायर को तुल्यांक परिपथ सहित समझाइए।

उत्तर **कॉमन गेट (CG) JFET एम्प्लीफायर** चित्र 6.11 (a) में एक JFET एम्प्लीफायर का कॉमन गेट (CG) का विन्यास परिपथ दिया गया है। यह BJT के कॉमन बेस परिपथ के समान ही है। इनपुट, सोर्स तथा गेट के मध्य एप्लाई की गई है तथा आउटपुट, ड्रेन एवं गेट के मध्य प्राप्त होती है

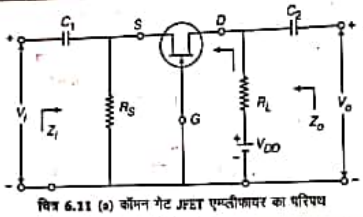
ऑपरेशन एम्प्लीफायर की इनपुट पर एक साइनुसायडल वोल्टेज एप्लाई की जाती है। गेट टर्मिनल नियत (constant) पोटैन्शियल पर है। इनपुट सिगनल के पॉजिटिव अर्द्धचक्र में सोर्स वोल्टेज बढ़ती है, इससे गेट-सोर्स वोल्टेज अधिक निगेटिव हो जाती है। जब V_{GS} अधिक निगेटिव होती है, तब ड्रेन धारा घटती है। इससे लोड प्रतिरोध R_L पर वोल्टपात कम होता है तथा आउटपुट (V_o) बढ़ती है।

$$V_o = V_{DD} - I_d R_L$$

इस प्रकार इनपुट तथा आउटपुट वोल्टेज समान कला में होती है।

Scanned by CamScanner

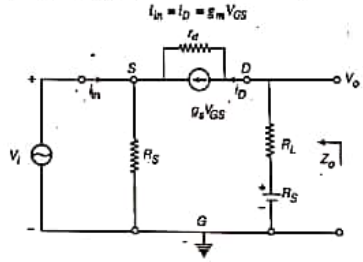
Scanned with CamScanner



चित्र 6.11 (a) कॉमन गेट JFET एम्प्लीफायर का परिपथ

CG एम्प्लीफायर का A.C. तुल्यांक परिपथ एक कॉमन गेट JFET एम्प्लीफायर का निम्न (low) आवृत्ति पर A.C. तुल्यांक परिपथ चित्र 6.11 (b) में दिया गया है।

ड्रेन एवं सोर्स के मध्य धारा सोर्स $g_m V_{GS}$ प्रतिरोध r_d के समान्तर क्रम में है। लोड प्रतिरोध R_L ड्रेन तथा गेट के मध्य में है। ड्रेन एवं सोर्स के मध्य $g_m V_{GS}$ तथा r_d उपस्थित होने से इनपुट एवं आउटपुट के मध्य पृथक्करण (isolation) नहीं है। इनपुट टर्मिनलों के मध्य प्रतिरोध R_G नहीं बल्कि R_S है।



चित्र 6.11 (b) एक कॉमन गेट JFET एम्प्लीफायर का निम्न आवृत्ति पर सरल A.C. तुल्यांक परिपथ

परिपथ से पैरामीटर्स Z_i, Z_o तथा A_V ज्ञात किए जा सकते हैं। इनके लगभग (approximate) मान निम्न प्रकार हैं

तुल्यांक परिपथ से

$$i_{in} = i_D = g_m V_{GS}$$

(i) वोल्टेज लाभ, $$A_V = \frac{\text{आउटपुट वोल्टेज}}{\text{इनपुट वोल्टेज}} = \frac{V_o}{V_{in}}$$

$\because$ $V_o = i_D R_L$ तथा $V_{in} = V_{GS}$

$\therefore$ $$A_V = \frac{I_D R_L}{V_{gs}} = \frac{g_m V_{GS} R_L}{V_{GS}} = g_m R_L$$

वोल्टेज लाभ धनात्मक है अर्थात् आउटपुट तथा इनपुट सिगनल समान कला में हैं।

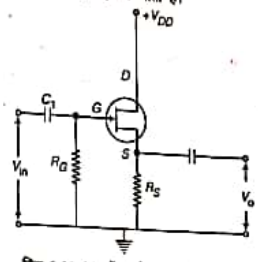
(ii) इनपुट प्रतिबाधा, (Z_i) $$Z_i = \frac{V_{GS}}{i_{in}} = \frac{V_{GS}}{g_m V_{GS}} = \frac{1}{g_m}$$

(iii) आउटपुट प्रतिबाधा, (Z_o) $$Z_o = R_L$$

प्रश्न 12. कॉमन ड्रेन (CD) JFET एम्प्लीफायर को A.C. तुल्यांक परिपथ सहित समझाइए।

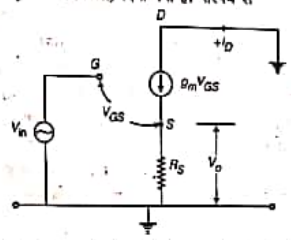
उत्तर चित्र 6.12 (a) में एक CD फैट एम्प्लीफायर का परिपथ दिया गया है। इस परिपथ में आउटपुट, सोर्स टर्मिनल से प्राप्त करते हैं। अत: इसे सोर्स फॉलोअर भी कहते हैं। यह परिपथ बाइपोलर ट्रांजिस्टर के एमिटर फॉलोअर के

समान है। इस परिपथ का A.C. तुल्यांक बनाने में ड्रेन को ग्राउन्ड किया जाता है; अत: इसे कॉमन ड्रेन एम्प्लीफायर कहते हैं। यह इनपुट, गेट तथा ग्राउन्ड के मध्य एप्लाई की जाती है।



चित्र 6.12 (a) कॉमन ड्रेन JFET एम्प्लीफायर

कॉमन ड्रेन एम्प्लीफायर का A.C. तुल्यांक परिपथ चित्र 6.12 (b) में कॉमन ड्रेन JFET एम्प्लीफायर का सरल तुल्यांक परिपथ (approximate equivalent circuit) दिया गया है। परिपथ से



चित्र 6.12 (b) कॉमन ड्रेन JFET एम्प्लीफायर का सरल तुल्यांक परिपथ

$$V_{in} = V_{GS} + V_o \quad \ldots(i)$$

तथा $$i_D = g_m V_{GS} \quad \ldots(ii)$$

समीकरण (i) में समीकरण (ii) से V_{GS} का मान रखने पर

$$V_{in} = \frac{i_D}{g_m} + V_o$$

परन्तु $$V_o = i_D R_S$$

$\therefore$ $$V_{in} = \frac{V_o}{R_S g_m} + V_o = V_o\left(1 + \frac{1}{g_m R_S}\right)$$

$\therefore$ वोल्टेज, लाभ, $$A_V = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{g_m R_S}{1 + g_m R_S}$$

सामान्यत: $g_m R_s >>> 1$

अत: $A_V \approx 1$ परन्तु इसका मान कभी 1 नहीं होता, सदैव 1 से कम ही होता है।

इनपुट प्रतिबाधा, (Z_i) कॉमन ड्रेन एम्प्लीफायर की इनपुट प्रतिबाधा उच्च (लगभग अनन्त) होती है।

$\therefore$ $$Z_i = R_G = \infty$$

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

आउटपुट प्रतिबाधा, (Z_o)

$$Z_o = R_S$$

प्रश्न 13. मॉसफेट क्या है? यह कितने प्रकार की होती है? किसी एक का विस्तारपूर्वक वर्णन कीजिए।

उत्तर **मॉसफेट** MOSFET MOSFET में गेट और चैनल के मध्य सिलिकॉन डाइ-ऑक्साइड (SiO_2) की एक बहुत पतली परत प्रयुक्त की जाती है जो गेट एवं चैनल के मध्य इनसुलेशन (insulation) का कार्य करती है। अत: इसे इन्सुलेटेड गेट फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर IGFET (Insulated Gate Semiconductor Field Effect Transistor) भी कहते हैं। MOSFET की कार्य प्रणाली का सिद्धान्त सर्वप्रथम सन् 1930 में प्रदर्शित किया गया।

MOSFET का उसके गुणों के कारण डिजिटल परिपथों में व्यापक उपयोग होता है।

MOSFET मूलत: दो प्रकार के होते है

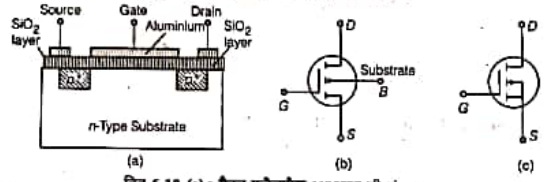
1. एन्हैन्समैन्ट टाइप मॉसफेट तथा
2. डिप्लीशन टाइप मॉसफेट

1. एन्हैन्समैन्ट टाइप मॉसफेट ये MOSFET निम्न दो प्रकार के होते है

(a) *p*-चैनल एन्हैन्समैन्ट मॉसफेट तथा

(b) *n*-चैनल एन्हैन्समैन्ट मॉसफेट

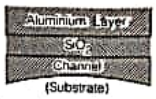
(a) *p*-चैनल एन्हैन्समैन्ट मॉसफेट चित्र 6.13 (a) में एक *p*-चैनल Enhancement MOSFET की रचना दी गयी है। इसमें हल्के डोप (lightly doped) किये गये *n*-टाइप सिलिकॉन अर्द्धचालक का प्रयोग किया जाता है जिसे सब्सट्रेट (substrate) कहते है। इस सब्सट्रेट (n-Type silicon) में उच्च सान्द्रता अर्थात् अधिक डोप किये गये दो *p*-क्षेत्र विसरण द्वारा निर्मित किये जाते हैं। इनमें एक भाग सोर्स (source) की भाँति तथा दूसरा भाग ड्रेन (drain) की भाँति कार्य करता है। सोर्स तथा ड्रेन के मध्य दूरी लगभग 20 μm होती है। इस सब्सट्रेट, जिसमें दो *p*-क्षेत्र भी निर्मित हैं, को सतह पर एक सिलिकॉन डाइ—ऑक्साइड (SiO_2) की पतली विसंवाही परत (thin insulated layer) लगायी जाती है। SiO_2 की परत की मोटाई लगभग 1000 Å से 7000 Å तक होती है। सिलिकॉन डाइ—ऑक्साइड की परत के ऊपर एक ऐलुमिनियम धातु की परत बिछाई जाती है। सिलिकॉन डाइ-ऑक्साइड में छेद (holes) काट-कर सोर्स (*S*) तथा (*D*) को जोड़ने के लिये कनैक्शन (connection) किये जाते हैं तथा सोर्स एवं ड्रेन से लीड (lead) बाहर निकाली जाती है।



चित्र 6.13 (a) *p*-चैनल एन्हैन्समैन्ट MOSFET की संरचना
(b), (c) *p*-चैनल एन्हैन्समैन्ट MOSFET का परिपथ संकेत

सोर्स एवं ड्रेन के मध्य SiO_2 के ऊपर बिछाई गयी ऐलुमिनियम की परत पूरे चैनल को ढकती है तथा यह ऐलुमिनियम की परत MOSFET के गेट (gate) का कार्य करती है। चित्र 6.13 (b) में प्रदर्शित मॉसफेट के संकेत में सब्सट्रेट में तीर की दिशा सब्सट्रेट में प्रवाहित धारा की दिशा प्रदर्शित करती है। मॉसफेट में 3 अथवा 4 टर्मिनल होते हैं। चार टर्मिनल वाले मॉसफेट में एक टर्मिनल सब्सट्रेट (*B*) होता है जिसे सोर्स के साथ जोड़ कर देते हैं। इससे डिवाइस में शोर (noise) कम होता है। तीन टर्मिनल वाले मॉसफेट में सब्सट्रेट, निर्माता द्वारा अन्दर ही सोर्स से जोड़ दिया जाता है।

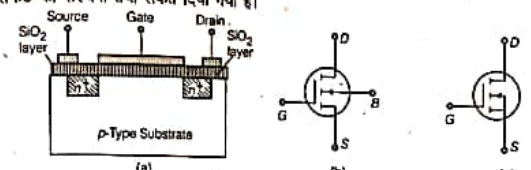
सब्सट्रेट की ऊपरी सतह तथा ऐलुमिनियम की परत से एक समानान्तर प्लेट कैपेसिटर (parallel plate capacitor) बनता है जिसमें SiO_2 की परत परावैद्युत (dielectric) का कार्य करती है। चित्र 6.14 में इस कैपेसिटर को प्रदर्शित किया गया है। इस गेट-चैनल कैपेसिटर की धारिता लगभग 1 pF से 4 pF तक होती है।



चित्र 6.14 गेट-चैनल कैपेसिटर

MOSFET को IC चिप पर निर्मित करने के लिये केवल 5 Sq. mil क्षेत्रफल की आवश्यकता होती है जो कि एक बाइपोलर ट्रांजिस्टर की तुलना में 5% है।

SiO_2 की परत के कारण ही MOSFET की इनपुट प्रतिबाधा (input impedance) उच्च (10^{10} से 10^{15} ओम) होती है जिसके कारण यह एक अत्यन्त उपयोगी अर्द्धचालक युक्ति है। चित्र 6.13 (b) में *p*-चैनल (enhancement type) मॉसफेट का संकेत प्रदर्शित किया गया है। चित्र 6.15 में एक *n*-चैनल एन्हैन्समैन्ट मॉसफेट की संरचना तथा संकेत दिया गया है।

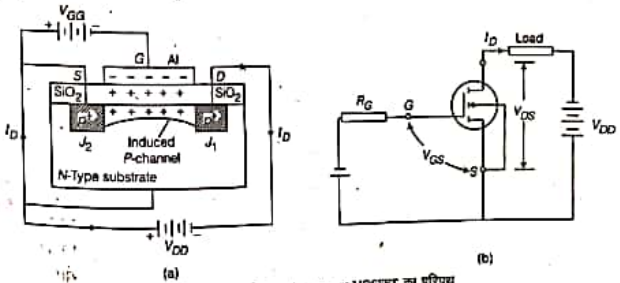


चित्र 6.15 (a) *n*-चैनल एन्हैन्समैन्ट मॉसफेट की संरचना एवं संकेत
(b) एवं (c) सब्सट्रेट (b) को सोर्स (*S*) से कनेक्ट किया जाता है।

प्रश्न 14. एन्हैन्समैन्ट मॉसफेट का सिद्धान्त एवं प्रचालन का वर्णन कीजिए।

उत्तर **एन्हैन्समैन्ट मॉसफेट का सिद्धान्त** चित्र 6.16 में एक enhancement मॉसफेट का परिपथ प्रदर्शित किया गया है। यह एक *p*-चैनल मॉसफेट है। गेट पर ऋणात्मक विभव (negative potential) V_{GG} लगाया गया है। ड्रेन एवं सोर्स के मध्य बैटरी V_{DD} प्रयुक्त की गयी है।

किसी भी मापन के लिये सोर्स, रैफरैन्स, टर्मिनल (reference terminal) है। चूँकि सब्सट्रेट की डोपिंग बहुत हल्की (light doping) है; अत: इसे सोर्स से कनेक्ट (connect) कर दिया जाता है। ऐसा करने से मॉसफेट में शोर (noise) भी कम हो जाता है।



चित्र 6.16 *p*-चैनल enhancement MOSFET का परिपथ

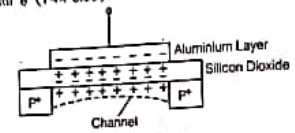
जब मॉसफेट के गेट पर निगेटिव वोल्टेज दी जाती है, तब सिलिकॉन ऑक्साइड की परत के लम्बवत् एक विद्युत क्षेत्र उत्पन्न होता है। इस विद्युत क्षेत्र के कारण SiO_2 की परत में ध्रुवीकरण (polarisation) होकर ऊपर की ओर धन तथा

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

नीचे की ओर ऋणावेश प्रेरित होता है। SiO_2 की परत के नीचे की ओर ऋणावेश के कारण सब्सट्रेट में गेट तथा सोर्स के मध्य भाग में धनावेश प्रेरित होता है (चित्र 6.16)।

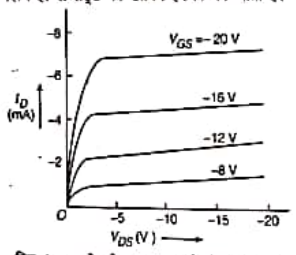
चित्र 6.17



इसी प्रेरित धनावेश द्वारा, जो सब्सट्रेट में माइनॉरिटी कैरियर्स है, सब्सट्रेट में p-टाइप चैनल प्रेरित हो जाती है। गेट पर ऋणात्मक वोल्टेज बढ़ाने से सब्सट्रेट में प्रेरित धनावेश भी बढ़ता है, इस प्रकार SiO_2 की परत के नीचे वाले क्षेत्र में अधिक धनावेश प्रेरित होने से चालकता बढ़ती है तथा प्रेरित चैनल में सोर्स से ड्रेन की तरफ धारा प्रवाह होता है। इस प्रकार गेट पर ऋणात्मक वोल्टेज प्रयुक्त करने से ड्रेन धारा I_D बढ़ जाती है (या enhance हो जाती है); अत: इस युक्ति को enhancement type MOSFET कहते हैं।

मॉसफेट का प्रचालन चित्र 6.18 में p-चैनल enhancement मॉसफेट के वोल्ट-ऐम्पियर ड्रेन अभिलक्षण (Volt-Amp drain characteristics) प्रदर्शित किये गये हैं। ये अभिलक्षण गेट-सोर्स वोल्टेज (V_{GS}) को पैरामीटर मानकर ड्रेन-सोर्स वोल्टेज (V_{DS}) तथा ड्रेन धारा (I_D) के मध्य खींचे गये हैं।

(i) **जब $V_{GS} = 0$ तथा V_{DS} को शून्य से बढ़ाया जाता है** (When $V_{GS} = 0$ and $V_{DS} > 0$ volt) शून्य गेट वोल्टेज पर सब्सट्रेट में चैनल नहीं बनता; क्योंकि SiO_2 में कोई विद्युत क्षेत्र नहीं है। MOSFET में दो P-N जंक्शन हैं; (1) सब्सट्रेट-सोर्स जंक्शन तथा (2) सब्सट्रेट-ड्रेन जंक्शन। जब ड्रेन को सोर्स की तुलना में ऋणात्मक विभव (negative potential) दिया जाता है, तब ड्रेन-चैनल जंक्शन (J_1) रिवर्स बायस में होता है; अत: इस स्थिति में केवल बहुत कम क्षरण धारा (leakage current) प्रवाहित होती है। गेट वोल्टेज की अनुपस्थिति में इस रिवर्स क्षरण धारा को सीमित रखने के लिये ही सब्सट्रेट की डोपिंग हल्की की जाती है।



चित्र 6.18 एन्हैन्समैन्ट MOSFET के ड्रेन अभिलक्षण

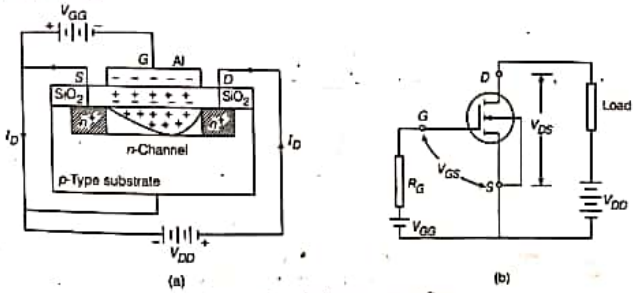
(ii) **जब V_{GS} को शून्य से कम किया जाता है तथा V_{DS} ऋणात्मक है,** (When $V_{GS} < 0$ and V_{DS} is Negative) जब गेट पर सोर्स की तुलना में ऋणात्मक वोल्टेज प्रयुक्त की जाती है, तब (जैसा कि ऊपर वर्णन किया जा चुका है) सब्सट्रेट में ड्रेन तथा सोर्स के मध्य समान धनावेश प्रेरित हो जाता है। यह धनावेश सब्सट्रेट के माइनॉरिटी कैरियर्स 'होल्स' (holes) हैं। इन होल्स के द्वारा ही सब्सट्रेट में ड्रेन से सोर्स के मध्य चित्र 6.17 की भाँति p-type चैनल निर्मित होता है। इस प्रकार SiO_2 की परत के ठीक नीचे होल्स (holes) की सान्द्रता (concentration) बढ़ जाती है तथा n-Type सब्सट्रेट का यह भाग p-type पदार्थ में परिवर्तित हो जाता है। अब चूँकि ड्रेन विभव, सोर्स की तुलना में ऋणात्मक है; अत: एक होल धारा (hole current), चैनल से होकर स्रोत से ड्रेन की ओर प्रवाहित होती है। यह ड्रेन धारा V_{DS} तथा V_{GS} पर निर्भर करती है।

(iii) **जब $|V_{GS}|$ का मान थ्रैशोल्ड वोल्टेज (V_T) से अधिक है तथा $|V_{DS}|$ को बढ़ाया जाता है** (When $V_{GS} > V_T$ and $V_{DS} > 0$) जब $V_{DS} = 0$, तब चैनल आयताकार (rectangular) होती है, परन्तु जब ड्रेन एवं सोर्स के मध्य वोल्टेज (V_{DS}) शून्य से बढ़ाई जाती है, तब चैनल बढ़कर वैज (wedge) के आकार की हो जाती है। MOSFET के ड्रेन अभिलक्षणों 6.18 से स्पष्ट है कि V_{DS} में धीरे-धीरे वृद्धि करने से पहले $|I_D|$ धीरे-धीरे बढ़ती है, परन्तु $|V_{DS}|$ के एक विशेष (particular) मान के पश्चात् I_D लगभग स्थिर हो जाती है और केवल V_{GS} पर ही निर्भर करती है।

प्रश्न 15. n-चैनल डिप्लीशन मॉसफेट की संरचना तथा प्रचालन का वर्णन कीजिए।

अथवा **n-MOSFET के निर्माण व कार्यविधि को विस्तार से समझाइए।**

उत्तर **n-चैनल डिप्लीशन मॉसफेट** चित्र 6.19 (a) में एक n-चैनल डिप्लीशन मॉसफेट एवं उसका परिपथ प्रदर्शित किया गया है। इसमें हल्का डोप किया हुआ (lightly doped) p-टाइप सिलिकॉन का सब्सट्रेट (substrate) प्रयोग किया जाता है। इस सब्सट्रेट में उच्च सान्द्रता (high concentration) के दो n^+ क्षेत्र विसरण की क्रिया (diffusion) द्वारा निर्मित किये जाते हैं। इनमें एक क्षेत्र सोर्स (S) तथा दूसरा क्षेत्र ड्रेन (D) कहलाता है। सोर्स तथा ड्रेन के मध्य एक चैनल विसरित (diffuse) किया जाता है। चैनल का पदार्थ भी वही होता है जो सोर्स एवं ड्रेन के लिये प्रयुक्त होता है अर्थात् यदि सोर्स एवं ड्रेन p^+ पदार्थ के हैं, तब चैनल भी p पदार्थ को ही होगा। परन्तु चैनल के पदार्थ की डोपिंग, सोर्स एवं ड्रेन की डोपिंग से कम सान्द्रता की होती है। चैनल की लम्बाई लगभग 10^{-5} m से 2×10^{-5} m तक होती है। एन्हैन्समैन्ट MOSFET की भाँति इस सब्सट्रेट की सतह पर सिलिकॉन डाइ-ऑक्साइड की एक विसंवाही पतली परत निर्मित की जाती है। इस परत की मोटाई लगभग 10^{-7} m से 2×10^{-7} m तक होती है। पुन: इस SiO_2 की सतह पर ऐलुमिनियम की एक परत बिछाई जाती है। यह ऐलुमिनियम धातु की परत FET के गेट (GATE) का कार्य करती है।



चित्र 6.19 n-चैनल डिप्लीशन MOSFET का परिपथ

ऐलुमिनियम धातु की परत तथा सब्सट्रेट एक समानान्तर प्लेट कैपेसिटर की भाँति व्यवहार करते हैं तथा उसके मध्य सिलिकॉन डाइ-ऑक्साइड (SiO_2) की परत एक उत्तम परावैद्युत माध्यम (dielectric medium) का कार्य करती है। इस गेट-चैनल कैपेसिटर (gate-channel capacitor) की धारिता 1 pF से 4 pF तक होती है। इनपुट गेट टर्मिनल एवं सब्सट्रेट के मध्य SiO_2 जैसे उत्तम इन्सुलेशन के कारण डिप्लीशन MOSFET की इनपुट प्रतिबाधा उच्च ($10^{10}\ \Omega$ से $10^{15}\ \Omega$ तक) होती है।

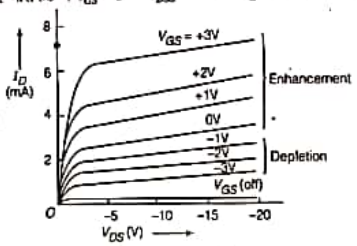
n-डिप्लीशन MOSFET का प्रचालन डिप्लीशन MOSFET की रचना से स्पष्ट है कि इसमें सोर्स (S) एवं ड्रेन (D) के मध्य एक चालक चैनल (conducting channel) होती है। अत: जब गेट-सोर्स वोल्टेज शून्य है ($V_{GS} = 0$), तब भी MOSFET में काफी मात्रा में ड्रेन धारा (I_{DSS}) प्रवाहित होती है। अब यदि गेट को ऋणात्मक विभव (negative potential) दिया जाये, तब चैनल में धनावेश (positive charge) प्रेरित हो जाता है। चूँकि FET में धारा मेजॉरिटी कैरियर्स के कारण है, जो कि N-चैनल MOSFET में इलेक्ट्रॉन हैं; अत: यह प्रेरित धनावेश, चैनल की चालकता (conductivity) को कम कर देता है तथा ड्रेन धारा का मान कम हो जाता है। चैनल में आवेश के इस पुन: वितरण (redistribution) से मेजॉरिटी

कैरियर्स की कमी (depletion) हो जाती है। अत: यह डिप्लीशन टाइप मॉसफेट कहलाता है। ड्रेन धारा प्रवाहित होने से वोल्टतापात होने के कारण ड्रेन के चैनल के उस भाग में, जो ड्रेन के समीप है, आवेश की अधिक कमी (depletion) होती है।

प्रश्न 16. *n*-चैनल डिप्लीशन मॉसफेट के अभिलक्षण लिखिए।

उत्तर *n*-चैनल डिप्लीशन मॉसफेट के अभिलक्षण निम्नलिखित है

1. **जब $V_{GS} = 0$ तथा V_{DS} को शून्य से अधिक किया जाता है** When $V_{GS} = 0$ and $V_{DS} > 0$ volt जब ड्रेन (*D*) को सोर्स (*S*) की तुलना में धनात्मक विभव दिया जाता है तथा गेट-सोर्स वोल्टेज $V_{GS} = 0$ है, तब मेजॉरिटी कैरियर्स (इलेक्ट्रॉन) चैनल से होकर सोर्स से ड्रेन की ओर प्रवाहित होते हैं। अत: ड्रेन धारा (I_D), ड्रेन से सोर्स की ओर प्रवाहित होती है। चूँकि गेट (*G*) तथा सोर्स परस्पर लघुपथित (short-circuited) हैं; अत: गेट, ड्रेन की तुलना में ऋणात्मक (negative) है। इस स्थिति में गेट-चैनल कैपेसिटर की चैनल वाली साइड में धनावेश (holes) प्रेरित हो जाता है। इस धनावेश के कारण चैनल में मुक्त इलेक्ट्रॉन समाप्त हो जाते हैं तथा चैनल में एक डिप्लीशन क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है। डिप्लीशन क्षेत्र का आकार V_{GS} तथा V_{DS} पर निर्भर करता है। जब V_{DS} में वृद्धि की जाती है, तब ड्रेन धारा I_D बढ़ती है तथा V_{DS} के एक पूर्व निर्धारित (certain) मान पर लगभग स्थिर हो जाती है जैसा कि चित्र 6.20 में प्रदर्शित किया गया है। V_{DS} का यह मान, जिस पर ड्रेन धारा स्थिर हो जाती है, पिंच-ऑफ (pinch-off) वोल्टेज कहलाती है। पिंच-ऑफ वोल्टेज के पश्चात् V_{DS} और बढ़ाने से I_D पर कोई प्रभाव नहीं होता। यह क्षेत्र ड्रेन धारा का संतृप्त क्षेत्र होता है। यहां उल्लेखनीय है कि $V_{GS} = 0$ पर भी संतृप्त ड्रेन धारा (I_{DSS}) काफी अधिक है, जबकि enhancement मॉसफेट में $V_{GS} = 0$ पर I_{DSS} का मान बहुत कम होता है।

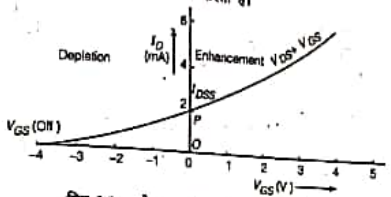


चित्र 6.20 *n*-चैनल MOSFET के ड्रेन अभिलक्षण

2. **V_{GS} ऋणात्मक है तथा V_{DS} को बढ़ाया जाता है** When V_{GS} is negative and $V_{DS} > 0$ volt यदि गेट को सोर्स की तुलना में ऋणात्मक कर दिया जाये, तब सोर्स एवं ड्रेन के मध्य प्रेरित धनावेश की मात्रा (holes) और अधिक हो जाती है जिसके कारण डिप्लीशन क्षेत्र में भी वृद्धि होती है तथा ड्रेन धारा में और अधिक कमी हो जाती है। अत: V_{GS} के ऋणात्मक मान पर V_{DS}–I_D का आकार उसी प्रकार का होगा, जैसा ऊपर $V_{GS} = 0$ पर वर्णन किया गया है, परन्तु धारा I_D का मान $V_{GS} = 0$ पर धारा की तुलना में कम होगा जैसा कि चित्र 6.20 में $V_{GS} = -1V, -2V$ तथा $-3V$ के वक्र से स्पष्ट है। इस प्रकार डिप्लीशन मॉसफेट के वोल्ट-ऐम्पियर ड्रेन अभिलक्षण एक JFET के अभिलक्षण की भाँति ही होते हैं। चित्र 6.20 में सबसे नीचे वाले वक्र $V_{GS} = V_{GS}$ (off) के लिए है। इस वक्र के लिए ड्रेन धारा लगभग शून्य है। V_{GS} के 0 तथा V_{GS} (off) मान के लिए डिवाइस डिप्लीशन मोड में कार्य करती है।

3. **जब V_{GS} धनात्मक है तथा V_{DS} बढ़ाया जाता है** When V_{GS} is positive and V_{DS} is increased from zero upwards जब गेट को सोर्स की तुलना में धनात्मक विभव (positive potential) दिया जाता है अर्थात् $V_{GS} > 0$, तब चैनल में ऋणावेश (इलेक्ट्रॉन) प्रेरित होता है। चैनल में पहले से ही मुक्त इलेक्ट्रॉन हैं; अत: प्रेरित ऋणावेश के कारण चैनल की चालकता (conductivity) बढ़ जाती है तथा V_{DS} बढ़ाने पर ड्रेन धारा का मान भी बढ़ता है। इस प्रकार धनात्मक गेट विभव (positive V_{GS}) पर यह MOSFET एक "ENHANCEMENT MOSFET" की भाँति कार्य करता है।

4. **जब V_{DS} स्थिर धनात्मक विभव पर है तथा V_{GS} को परिवर्तित किया जाता है** When V_{DS} is positive and V_{GS} is changed स्थिर धनात्मक V_{DS} पर V_{GS}–I_D वक्र MOSFET के ट्रांसफर अभिलक्षण कहलाते हैं। यह अभिलक्षण चित्र-6.21 में प्रदर्शित किये गये हैं। इन अभिलक्षणों से स्पष्ट है कि V_{GS} ऋणात्मक (negative) होने पर MOSFET डिप्लीशन मोड में तथा V_{GS} धनात्मक (positive) होने पर एन्हैन्समैन्ट मोड पर प्रचालित होता है। अभिलक्षणों में $V_{GS} = 0$ पर धारा *OP* ड्रेन धारा I_{DSS} को प्रदर्शित करती है।



चित्र 6.21 *n*-चैनल MOSFET के ट्रांसफर अभिलक्षण

प्रश्न 17. डिप्लीशन मॉसफेट में *CS*, *CG* तथा *CD* एम्प्लीफायर्स को समझाइए।

उत्तर फील्ड इफैक्ट ट्रांजिस्टर की भाँति डिप्लीशन टाइप मॉसफेट को एम्प्लीफायर परिपथों में कॉमन सोर्स (*CS*), कॉमन गेट (*CG*) अथवा कॉमन ड्रेन (*CD*) कॉनफिगुरेशन में कनेक्ट किया जा सकता है। JFET के स्थान पर D-MOSFET को प्रयुक्त कर ये परिपथ बनाए जा सकते हैं। D-MOS एम्प्लीफायर्स का वोल्टेज गेन (A_V), इनपुट प्रतिरोध (R_i) तथा आउटपुट प्रतिरोध के सूत्र भी फैट एम्प्लीफायर्स के समान ही होते हैं। ये सूत्र निम्न तालिका में दिए गए हैं

Configuration	Voltage gain (A_V)	Input Resistance (R_i)	Output Resistance (R_o)
Common source	$g_m R_L$	R_G (very high)	R_L
Common gate	$g_m R_L$	$\frac{1}{g_m}$	R_L
Common drain	$\frac{g_m R_S}{1 + g_m R_s}$	∞	R_S

प्रश्न 18. JFET, MOSFET तथा BJT की तुलना कीजिए।

अथवा **मॉसफेट एवं जेफेट में अन्तर स्पष्ट कीजिए।**

उत्तर JFET, MOSFET तथा BJT की तुलना निम्नांकित में है

क्र.सं.	Function	JFET	MOSFET	BJT
1.	प्रचालन सिद्धान्त (Principle of Operation)	JFET में चैनल की चालकता रिवर्स-बायस किए गए *p-n* जंक्शन (V_{GS}) पर विद्युत क्षेत्र प्रयुक्त कर नियन्त्रित की जाती है।	इसमें विद्युत क्षेत्र द्वारा चैनल में आवेश प्रेरित होता है। इस प्रेरित आवेश की मात्रा गेट पर प्रयुक्त विभव पर निर्भर करती है।	यह धारा नियन्त्रित (current controlled) डिवाइस है।
2.	इनपुट इम्पीडैन्स (Input Impedance)	JFET में गेट क्षरण धारा मॉसफेट की तुलना में अधिक (लगभग 10^{-9} amp) होती है। अत: इसकी इनपुट प्रतिबाधा MOSFET से कम (क्रम $10^8\ \Omega$) होती है।	MOSFET में गेट क्षरण धारा बहुत कम (लगभग 10^{-12} amp) होती है। अत: इसकी इनपुट प्रतिबाधा उच्च (10^{10} से $10^{15}\ \Omega$ के क्रम की) होती है।	BJT की इनपुट इम्पीडैन्स बन्ध (configuration *CE*, *CB*, or *CC*) पर निर्भर करती है। *CE* बन्ध में मध्यम (लगभग 750 Ω से 3 kΩ तक), *CB* बन्ध में निम्न (25Ω से 100 Ω तक) तथा *CC* बन्ध में उच्च (50 kΩ से 750 kΩ तक) होती है।

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

3.	ड्रेन प्रतिरोध/आउटपुट इम्पीडैन्स (Drain Resistance/Output Impedance)	MOSFET से अधिक (0.1 MΩ से 1MΩ तक)	JFET से कम (1 से 50 kΩ तक)	आउटपुट इम्पीडैन्स CE-45 kΩ से 125 kΩ, CB-450 kΩ से 15 MΩ, CC-25 Ω से 500Ω
4.	यूनिपोलर अथवा बाइपोलर (Unipolar or Bipolar)	यूनिपोलर: इससे ड्रेन धारा (I_D) केवल मेजॉरिटी कैरियर्स के कारण प्रवाहित होती है। (p-चैनल JFET में—होल्स के कारण n-चैनल JFET में—इलेक्ट्रॉनों के कारण)	यूनिपोलर	बाइपोलर : इसमें कलेक्टर धारा होल्स एवं इलेक्ट्रॉन दोनों के कारण प्रवाहित होती है।
5.	इनपुट बायसिंग (Input Biasing)	JFET को गेट-सोर्स सन्धि उत्क्रम बायस (reverse bias) में कनेक्ट की जाती है।	N-MOSFET में गेट-सोर्स को तुलना में पॉजिटिव तथा P-MOSFET में गेट-सोर्स की तुलना में निगेटिव बायस किया जाता है। यह बायसिंग इन्सुलेटेड गेट के सब्सट्रेट में चैनल निर्माण (channel formation) के लिए की जाती है।	BJT की बेस-एमिटर इनपुट जंक्शन को फॉरवर्ड बायस किया जाता है।
6.	वोल्टेज गेन (Voltage gain)	JFET की ट्रांसकन्डक्टैन्स (g_m) कम होने के कारण वोल्टेज गेन कम होता है।	JFET से कम होता है।	BJT की ट्रांसकन्डक्टैन्स उच्च होती है; अत: वोल्टेज गेन उच्च होता है।

प्रयोगात्मक कार्य

प्रयोग संख्या 1

1. **उद्देश्य** Object सेमीकन्डक्टर डायोड (सिलिकॉन तथा जर्मेनियम) के फॉरवर्ड बायस में *V-I* कैरेक्टरस्टिक खींचना।

2. **आवश्यक मैटीरियल** Required Materials

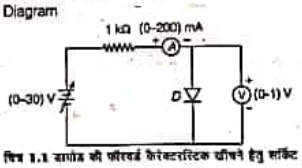
तालिका 1.1

S.No. क्र० सं०	Apparatus (सामग्री)	Type (प्रकार)	Range (रेन्ज)	Quantity (मात्रा)
1.	*pn* Junction diode (*pn* जंक्शन डायोड)	1N 4007		1
2.	रेजिस्टेन्स (Resistance)	—	1 kΩ	1
3.	रेग्यूलेटिड पावर सप्लाई (Regulated Power Supply)	—	(0-30)V	1
4.	ऐमीटर (Ammeter)	MC	(0-200) mA	1
5.	वोल्टमीटर	MC	(0-1) V	1
6.	ब्रेड बोर्ड व कनैक्टिंग वायर	—	—	—

नोट ऐमिटर या वोल्टमीटर के स्थान पर मल्टीमीटर भी प्रयोग किया जा सकता है।

3. **थ्योरी** Theory *p-n* जंक्शन में धारा एक दिशा में बहती है। यदि इनपुट सप्लाई के पॉजीटिव टर्मिनल को डायोड के एनोड (*p*-side) से तथा सप्लाई के निगेटिव टर्मिनल को डायोड के कैथोड से जोड़ा जाता है, तब डायोड फॉरवर्ड बायस में होता है। इस स्थिति में जंक्शन का पोटैन्शियल बैरियर फॉरवर्ड बायस वोल्टेज लगाने पर कम होता जाता है। जब फॉरवर्ड वोल्टेज जंक्शन के बैरियर वोल्टेज के बराबर हो जाता है, तब होल्स *p*-side से तथा इलेक्ट्रॉन्स *n*-side से जंक्शन को पार कर जाते हैं तथा फॉरवर्ड धारा बहने लगती है।

4. **सर्किट डायग्राम** Circuit Diagram



चित्र 1.1 डायोड की फॉरवर्ड कैरेक्टरस्टिक खींचने हेतु सर्किट

5. **विधि** Procedure
   (i) चित्र 1.1 के अनुसार सर्किट को ब्रेड बोर्ड पर बनाते हैं।
   (ii) डी०सी० सप्लाई की वोल्टेज के मान को परिवर्तित करके डायोड वोल्टेज (V) को शून्य से बढ़ाते हैं तथा तालिका 1.2 के अनुसार वोल्टेज के प्रत्येक मान पर धारा (A) का मान नोट कर लेते हैं।
   (iii) प्राप्त वोल्टेज V_F व प्राप्त धारा I_F के मध्य ग्राफ खींचते हैं।
   (iv) उक्त विधि को जर्मेनियम डायोड के लिए भी रिपीट करते हैं।

6. **प्रेक्षण** Observation

Mayank Tiwari Ayodhya

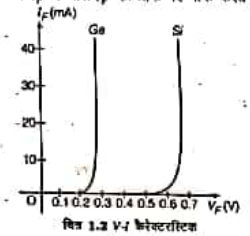
Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

तालिका 1.2

क्र०सं०	डायोड वोल्टेज, V_F (V)	डायोड धारा, I_F (mA) सिलिकॉन डायोड के लिए	डायोड धारा, I_F (mA) जर्मेनियम डायोड के लिए
1.	0		
2.	0.1		
3.	0.2		
4.	0.3		
5.	0.4		
6.	0.5		
7.	0.6		
8.	0.7		
9.	0.8		

7. **ग्राफ निर्देश** Graph Instructions
   (i) ग्राफ पेपर को लेकर इस पर x-axis व y-axis खींचिये है तथा origin को मार्क (mark) करते हैं।
   (ii) अब +ve x-axis पर V_F मार्क कीजिए तथा +ve y-axis पर I_F मार्क करते हैं।
   (iii) तालिका 1.2 में प्राप्त वोल्टेज V_F व धारा I_F को ग्राफ पर मार्क करते हैं।



चित्र 1.2 V-I कैरेक्टरस्टिक

8. **परिणाम** Result डायोड की फॉरवर्ड कैरेक्टरस्टिक को ग्राफ पेपर पर खींच दिया गया है। ग्राफ से निम्न बातें पता चलती है
   (i) V_F को बढ़ाने पर प्रारम्भ में I_F का मान शून्य रहता है, किन्तु जब V_F का मान पोटेन्शियल बैरियर से अधिक हो जाता है तो I_F का मान तेजी से बढ़ता है।
   (ii) Si diode का पोटेन्शियल बैरियर लगभग 0.7 V व Ge diode का पोटेन्शियल बैरियर लगभग 0.3 V प्राप्त होता है।
9. **सावधानियाँ** Precautions
   (i) डायोड की फॉरवर्ड धारा का मान उसके रेटेड मान से अधिक नहीं होना चाहिए।
   (ii) डायोड की फॉरवर्ड धारा का मान मल्टीमीटर या ऐमीटर की रेंज से अधिक नहीं होना चाहिए।
   (iii) डायोड को सर्किट में सही पोलैरिटी के अनुसार लगाना चाहिए।

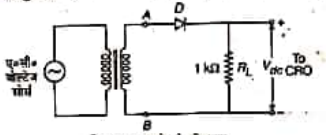
प्रयोग संख्या 2

1. **उद्देश्य** Object सेमीकन्डक्टर युक्त हाफवेव रेक्टीफायर सर्किट की इनपुट तथा आउटपुट वोल्टेज को मापना तथा इनपुट व आउटपुट वेवफॉर्म खींचना।
2. **आवश्यक मैटीरियल** Required Materials

तालिका 2.1

S.No.	Apparatus (सामग्री)	Type (प्रकार)	Range (रेंज)	Quantity (मात्रा)
1.	ट्रांसफॉर्मर (Transformer)	—	230/12 V	1
2.	रेजिस्टेन्स (Resistance)	—	1 kΩ	1
3.	डायोड	1 N 4007 या अन्य	—	1
4.	रेग्यूलेटिड पावर सप्लाई (Regulated Power Supply)	—	(0-30) V	1
5.	मल्टीमीटर	—	—	1
6.	CRO	—	—	1
7.	ब्रेड बोर्ड व कनेक्टिंग वायर	—	—	1

3. **थ्योरी** Theory हाफ-वेव रेक्टीफायर सर्किट को चित्र 2.1 में दर्शाया गया है जिसमें रेजिस्टिव लोड R_L प्रयोग किया गया है। इनपुट की पॉजिटिव हाफ साइकिल (half cycle) में डायोड कन्डक्ट करता है तथा इनपुट वोल्टेज लोड R_L के एक्रॉस ड्रॉप होती है तथा इनपुट की निगेटिव हाफ साइकिल के लिए डायोड रिवर्स बायस में होने के कारण कन्डक्ट नहीं करता है, इसलिए आउटपुट वोल्टेज शून्य होती है।
4. **सर्किट डायग्राम** Circuit diagram हाफवेव रेक्टीफायर सर्किट को चित्र 2.1 में दर्शाया गया है।



चित्र 2.1 हाफवेव रेक्टीफायर

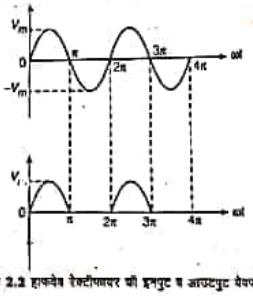
5. **विधि** Procedure
   (i) चित्र 2.1 के अनुसार सर्किट को ब्लैक बोर्ड पर लगाते हैं।
   (ii) इनपुट सप्लाई को ऑन करते हैं।
   (iii) A व B के मध्य वोल्टमीटर लगाकर इनपुट ए०सी० वोल्टेज का मापन करते हैं।
   (iv) R_L के एक्रॉस वोल्टमीटर लगाकर आउटपुट डी०सी० वोल्टेज का मापन करते हैं।
   (v) ट्रांसफॉर्मर के सेकण्डरी टर्मिनलों के मध्य CRO के प्रोब (probes) संयोजित करते हैं तथा रेक्टीफायर का इनपुट वेव ट्रेसिंग पेपर (tracing paper) पर ट्रेस कर लेते हैं।
   (vi) लोड प्रतिरोध R_L के मध्य CRO के प्रोब (probes) संयोजित करते है तथा रेक्टीफायर का आउटपुट वेव ट्रेसिंग पेपर पर ट्रेस कर लेते हैं।
6. **प्रेक्षण** Observation
   प्रयुक्त डायोड का नम्बर = ...
   इनपुट सिगनल की फ्रीक्वेन्सी = ...
   इनपुट ए०सी० वोल्टेज की पीक वैल्यू = ...
   आउटपुट डी०सी० वोल्टेज की वैल्यू = ...
   प्रेक्षण में प्राप्त वेवफॉर्म को चित्र 2.2 में दर्शाया गया है।
7. **परिणाम** Result हाफवेव रेक्टीफायर की इनपुट व आउटपुट वेव ट्रेस पेपर पर ट्रेस कर ली गयी है।
8. **सावधानियाँ** Precautions
   (i) डायोड को ठीक पोलैरिटी से कनेक्ट करना चाहिए।

Mayank Tiwari Ayodhya

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

(ii) डायोड की फॉरवर्ड धारा का मान उसके रेटेड मान से अधिक नहीं होना चाहिए।



चित्र 2.2 हाफवेव रेक्टीफायर की इनपुट व आउटपुट वेवफॉर्म

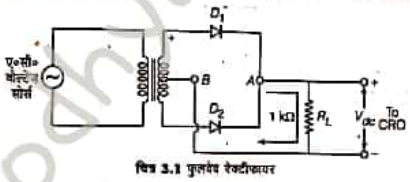
प्रयोग संख्या 3

1. **उद्देश्य** Object सेमीकन्डक्टर युक्त फुलवेव (fullwave) रेक्टीफायर सर्किट की इनपुट व आउटपुट वोल्टेज को मापना (measurement) तथा इनपुट व आउटपुट वेवफार्म खींचना।
2. **आवश्यक मैटीरियल** Required Materials

तालिका 3.1

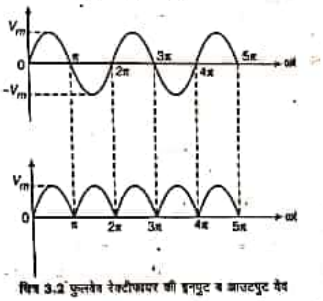
क्र०सं०	Apparatus (सामग्री)	Type (प्रकार)	Range (रेंज)	Quantity (मात्रा)
1.	ट्रांसफॉर्मर (Transformer)	—	(12-0-12) V	1
2.	रेजिस्टेन्स (Resistance)	—	1 kΩ	1
3.	डायोड	IN 4007 या अन्य	—	2
4.	रेग्यूलेटिड पावर सप्लाई (Regulated Power Supply)	—	(0-30) V	1
5.	मल्टीमीटर	—	—	1
6.	CRO	—	—	1
7.	ब्रेड बोर्ड व कनेक्टिंग वायर	—	—	1

3. **थ्योरी** Theory फुलवेव रेक्टीफायर सर्किट को चित्र 3.1 में दर्शाया गया है। इनपुट की पॉजीटिव हाफ साइकिल के लिए डायोड D_1 कन्डक्ट करता है तथा लोड R_L के एक्रॉस वोल्टेज ड्रॉप प्राप्त होती है तथा लोड से बहने वाली धारा की दिशा A से B की तरफ होती है। इसी प्रकार इनपुट की निगेटिव हाफ साइकिल के लिए डायोड D_2 कन्डक्ट करता है तथा डायोड D_1 रिवर्स बायस में होने के कारण बन्द होता है तथा लोड R_L के एक्रॉस वोल्टेज ड्रॉप प्राप्त होती है तथा लोड से बहने वाली धारा की दिशा A से B की तरफ ही होती है। इस प्रकार आउटपुट पर यूनीडाइरेक्शनल धारा प्राप्त हो जाती है।
4. **सर्किट डायग्राम** Circuit Diagram फुलवेव रेक्टीफायर सर्किट को चित्र 3.1 में दर्शाया गया है।



चित्र 3.1 फुलवेव रेक्टीफायर

5. **विधि** Procedure
   (i) चित्र 3.1 के अनुसार सर्किट ब्रेड बोर्ड पर लगाते हैं।
   (ii) इनपुट सप्लाई को चालू करते हैं।
   (iii) A व B के मध्य वोल्टमीटर लगाकर ए०सी० वोल्टेज का मापन करते हैं।
   (iv) R_L के एक्रॉस वोल्टमीटर लगाकर आउटपुट डी०सी० वोल्टेज का मापन करते हैं।
   (v) ट्रांसफॉर्मर के सेकन्डरी टर्मिनलों के मध्य CRO के प्रोब (probes) संयोजित करते हैं तथा रेक्टीफायर का इनपुट वेव ट्रेसिंग पेपर (tracing paper) पर ट्रेस कर लेते हैं।
   (vi) लोड प्रतिरोध R_L के मध्य CRO प्रोब (probes) संयोजित करते हैं तथा रेक्टीफायर का आउटपुट वेव ट्रेसिंग पेपर पर ट्रेस कर लेते हैं।
6. **प्रेक्षण** Observations
   प्रयुक्त डायोड का नम्बर = ...
   इनपुट सिग्नल की फ्रीक्वेन्सी = ...
   इनपुट ए०सी० वोल्टेज की पीक वैल्यू = ...
   आउटपुट डी०सी० वोल्टेज की वैल्यू = ...
   प्रेक्षण में प्राप्त वेवफॉर्म को नीचे चित्र 3.2 में दर्शाया गया है।



चित्र 3.2 फुलवेव रेक्टीफायर की इनपुट व आउटपुट वेव

7. **परिणाम** Result फुलवेव रेक्टीफायर की इनपुट व आउटपुट वेव ट्रेस पेपर पर ट्रेस कर दी गयी है।
8. **सावधानियाँ** Precautions
   (i) डायोड को ठीक पोलैरिटी से कनेक्ट करना चाहिए।
   (ii) डायोड की फॉरवर्ड धारा का मान उसके रेटेड मान से अधिक नहीं होना चाहिए।

Scanned by CamScanner
Scanned with CamScanner

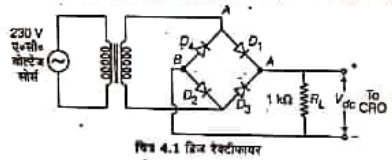
प्रयोग संख्या 4

1. **उद्देश्य** Object सेमीकन्डक्टर युक्त ब्रिज रेक्टीफायर (bridge rectifier) सर्किट की इनपुट व आउटपुट वोल्टेज को मापना (measurement) तथा इनपुट व आउटपुट वेवफॉर्म खींचना।
2. **आवश्यक मैटीरियल** Required Materials

तालिका 4.1

क्र०सं०	Apparatus (सामग्री)	Type (प्रकार)	Range (रेंज)	Quantity (मात्रा)
1.	ट्रांसफॉर्मर (Transformer)	—	230/12 V	1
2.	रेजिस्टेन्स (Resistance)	—	1 kΩ	1
3.	डायोड	1N 4007 या अन्य	—	4
4.	रेग्यूलेटिड पावर सप्लाई (Regulated Power Supply)	—	(0-30) V	1
5.	मल्टीमीटर	—	—	1
6.	CRO	—	—	1
7.	ब्रेड बोर्ड व कनेक्टिंग वायर	—	—	1

3. **थ्योरी** Theory ब्रिज रेक्टीफायर सर्किट को चित्र 4.1 में दर्शाया गया है। इनपुट की पॉजीटिव हाफ साइकिल के लिए डायोड D_1 व D_2 फॉरवर्ड बायस में होने के कारण कन्डक्ट करते है, जबकि डायोड D_3 व D_4 रिवर्स बायस में होने के कारण कन्डक्ट नहीं करते तथा लोड में धारा A से B की तरफ फ्लो करती है। इसी प्रकार इनपुट की निगेटिव हाफ साइकिल के लिए डायोड D_1 व D_2 रिवर्स बायस में होने के कारण कन्डक्ट नहीं करते, जबकि डायोड D_3 व D_4 फॉरवर्ड बायस में होने के कारण कन्डक्ट करते है तथा लोड में धारा A से B की तरफ फ्लो करती है। इस प्रकार आउटपुट पर यूनीडाइरेक्शनल धारा प्राप्त होता है।
4. **सर्किट डायग्राम** Circuit Diagram ब्रिज रेक्टीफायर सर्किट को चित्र 4.1 में दर्शाया गया है।



चित्र 4.1 ब्रिज रेक्टीफायर

5. **विधि** Procedure
   (i) चित्र 4.1 के अनुसार सर्किट ब्रेड बोर्ड पर लगाते है।
   (ii) इनपुट सप्लाई को चालू करते है।
   (iii) ट्रॉसफॉर्मर के सेकन्डरी टर्मिनलों के मध्य वोल्टमीटर लगाकर ए०सी० वोल्टेज का मापन करते हैं।
   (iv) R_L के एक्रॉस वोल्टमीटर लगाकर आउटपुट डी०सी० वोल्टेज का मापन करते है।
   (v) ट्रॉसफॉर्मर के सेकन्डरी टर्मिनलों के मध्य CRO के प्रोब (probe) संयोजित करते है तथा रेक्टीफायर का इनपुट वेव ट्रेसिंग पेपर (tracing paper) पर ट्रेस कर लेते है।
   (vi) लोड प्रतिरोध R_L के मध्य CRO के प्रोब (probe) संयोजित करते है तथा रेक्टीफायर का आउटपुट वेव ट्रेसिंग-पेपर पर ट्रेस कर लेते है।
6. **प्रेक्षण** Observations
   प्रयुक्त डायोड का नम्बर = ...

   इनपुट सिगनल की फ्रीक्वेन्सी = ...
   इनपुट ए०सी० वोल्टेज की पीक वैल्यू = ...
   आउटपुट डी०सी० वोल्टेज की वैल्यू = ...
7. **परिणाम** Result ब्रिज रेक्टीफायर की इनपुट व आउटपुट वेव ट्रेस-पेपर पर ट्रेस कर दी गई है।
8. **सावधानियाँ** Precautions
   (i) डायोड को ठीक पोलैरिटी से कनेक्ट करना चाहिए।
   (ii) डायोड की फॉरवर्ड धारा का मान उसके रेटेड मान से अधिक नहीं होना चाहिए।

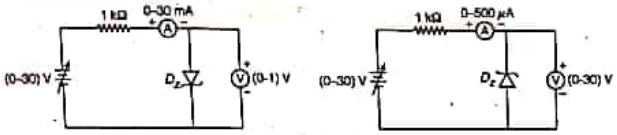
प्रयोग संख्या 5

1. **उद्देश्य** Object जीनर डायोड की फॉरवर्ड तथा रिवर्स कैरेक्टरिस्टिक्स खींचना।
2. **आवश्यक मैटीरियल** Required Materials

तालिका 5.1

क्र०सं०	Apparatus (सामग्री)	Type (प्रकार)	Range (रेंज)	Quantity (मात्रा)
1.	जीनर डायोड (Zener Diode)	IZ 15 या अन्य कोई	—	1
2.	रेजिस्टेन्स (Resistance)	—	1 kΩ	1
3.	रेग्यूलेटिड पावर सप्लाई (Regulated Power Supply)	—	(0-30) V	1
4.	वोल्टमीटर (Voltmeter)	mc	(0-1) V, (0-30) V	1 each
5.	ऐमीटर (Ammeter)	mc	(0-30) mA (0-500) μA	1 each
6.	ब्रेड बोर्ड व कनेक्टिंग वायर	—	—	1

3. **थ्योरी** Theory जीनर डायोड को मुख्यत: रिवर्स बायस में ऑपरेट करने के लिए डिजाइन किया जाता है। ये डायोड वोल्टेज के एक निश्चित मान पर ऑपरेट करते है। वोल्टेज के इस रिवर्स मान को ब्रेकडाउन वोल्टेज कहते है। जीनर डायोड रिवर्स बायस में जीनर ब्रेकडाउन या एवलांश ब्रेकडाउन से गुजरता है। जीनर डायोड फॉरवर्ड बायस में साधारण p-n जंक्शन डायोड की तरह कार्य करता है।
4. **सर्किट डायग्राम** Circuit Diagram जीनर डायोड की फॉरवर्ड व रिवर्स कैरेक्टरिस्टिक के लिए सर्किट डायग्राम को क्रमश: चित्र 5.1 (a) व 5.1 (b) में दर्शाया गया है।



चित्र 5.1

5. **विधि** Procedure
   A. फॉरवर्ड बायस कन्डीशन
   (i) चित्र 5.1 (a) के अनुसार सर्किट को कनेक्ट करते है।

Scanned by CamScanner
Scanned with CamScanner

(ii) रेग्यूलेटिड पावर सप्लाई से सप्लाई वोल्टेज को शून्य से बढ़ाते हैं। डायोड वोल्टेज का मान V_f तथा डायोड धारा का मान I_f नोट करते जाते हैं व तालिका 5.2 को पूर्ण करते हैं।

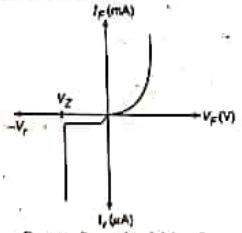
(iii) V_f तथा I_f के मध्य ग्राफ खींचते है (चित्र 5.2)।

B. रिवर्स बायस कन्डीशन

(i) चित्र 5.1 (b) के अनुसार सर्किट को कनेक्ट करते हैं।

(ii) रेग्यूलेटिड पावर सप्लाई से सप्लाई वोल्टेज को शून्य से कम करते हैं। डायोड का रिवर्स वोल्टेज V_R व रिवर्स डायोड धारा I_R का मान नोट करते हैं व तालिका 5.3 को पूर्ण करते हैं।

(iii) V_R तथा I_R के मध्य ग्राफ खींचते है (चित्र 5.2)।



चित्र 5.2 जीनर डायोड की कैरेक्टरस्टिक

6. प्रेक्षण Observation

(i) डायोड का नम्बर = ...

(ii) जीनर वोल्टेज V_Z = ... V

तालिका 5.2 (फॉरवर्ड कैरेक्टरस्टिक)

S.No.	V_F (V)	I_F (mA)

तालिका 5.3 (रिवर्स कैरेक्टरस्टिक)

S.No.	V_F (V)	I_F (mA)

7. परिणाम Result जीनर डायोड की कैरेक्टरस्टिक से निम्न बातें पता चलती हैं

(i) रिवर्स बॉयस में एक नियत लीकेज धारा बहती है।

(ii) जीनर डायोड की ब्रेकडाउन वोल्टेज ...... वोल्ट है जो डाटा बुक में दी गयी V_Z के बराबर है।

8. ग्राफ निर्देश Graph Instructions

(i) ग्राफ पेपर लेकर इसको 4 बराबर भागों में विभाजित करते हैं तथा ग्राफ के केन्द्र पर origin को मार्क (mark) करते हैं।

(ii) अब + ve x-axis को V_F मार्क करते हैं।

– ve x-axis को V_R मार्क करते हैं।

+ ve y-axis को I_F मार्क करते हैं।

– ve y-axis को I_R मार्क करते हैं।

(iii) तालिका 5.2 में प्राप्त रीडिंग को first quadrant में तथा तालिका 5.3 में प्राप्त रीडिंग को third quadrant में मार्क करते हैं।

9. सावधानियाँ Precautions

(i) डायोड को सर्किट में सही पोलैरिटी के साथ लगाना चाहिए।

(ii) धारा का मान रेटेड मान से अधिक नहीं होना चाहिए।

(iii) वोल्टमीटर व ऐमीटर को ठीक पोलैरिटी के साथ लगाइए।

(iv) जब तक सर्किट के कनेक्शन सर्किट डायग्राम के अनुसार जाँच न लें, तब तक पावर सप्लाई का स्विच ऑन नहीं करना चाहिए।

प्रयोग संख्या 6

1. उद्देश्य Object कॉमन बेस कॉनफिगुरेशन में ट्रांजिस्टर के इनपुट व आउटपुट कैरेक्टरस्टिक्स खींचना तथा ट्रांजिस्टरों के पैरामीटरों की गणना करना।

2. आवश्यक मैटीरियल Required Material

तालिका 6.1

S.No.	Apparatus (सामग्री)	Type (प्रकार)	Range (रेंज)	Quantity (मात्रा)
1.	ट्रांजिस्टर	2N 3905	—	01
2.	रेग्यूलेटिड पावर सप्लाई	—	(0-30) V, 2A	02
3.	रेजिस्टेन्स	—	1kΩ, 100Ω	01 (each)
4.	ऐमीटर (Ammeter)	MC	(0-10) mA	02
5.	वोल्टमीटर	MC	(0-1) V, (0-10) V	01 (each)
6.	ब्रेड बोर्ड व कनेक्टिंग वायर	—	—	1—

3. थ्योरी Theory बेस कॉनफिगुरेशन में इनपुट बेस व मीटर के बीच में तथा आउटपुट कलेक्टर व बेस के बीच लिया जाता है; अत: बेस को इनपुट व आउटपुट साइड में कॉमन रखा जाता है।

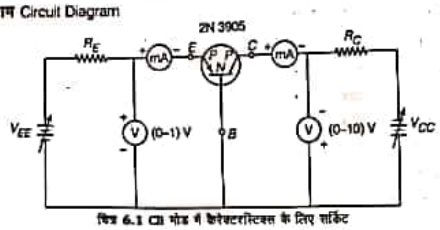
इनपुट कैरेक्टरस्टिक को इनपुट वोल्टेज V_{EB} एवं इनपुट धारा I_E के मध्य आउटपुट वोल्टेज V_{CB} के नियत मान पर खींचा जाता है। इसी प्रकार आउटपुट कैरेक्टरस्टिक को आउटपुट वोल्टेज V_{CB} व आउटपुट धारा I_C के मध्य इनपुट धारा I_E के नियत मान पर खींचा जाता है।

पिनों की पहचान

Mayank Tiwari

Scanned by CamScanner
Scanned with CamScanner

4. **सर्किट डायग्राम** Circuit Diagram



चित्र 6.1 CB मोड में कैरेक्टरस्टिक्स के लिए सर्किट

5. **विधि** procedure

A. **इनपुट कैरेक्टरस्टिक्स** Input Characteristics

(i) सर्किट को चित्र 6.1 के अनुसार कनेक्ट करते हैं।

(ii) बैटरी V_{CC} के द्वारा आउटपुट वोल्टेज V_{CB} का मान नियत (लगभग 5V) करते है।

(iii) अब V_{EE} को शून्य से बढ़ाकर तथा V_{EB} एवं I_E का मान तालिका 6.2 के अनुसार नोट करते हैं।

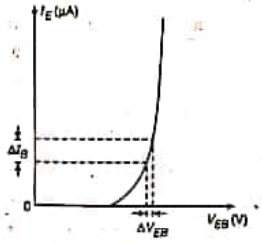
(iv) स्टेप (iii) को V_{CB} के विभिन्न मान; जैसे—10 V, 15 V इत्यादि के लिए रिपीट (repeat) करते हैं।

(v) V_{CB} के लिए प्राप्त मानों पर V_{CB} तथा I_C के मध्य ग्राफ खींचते है (चित्र 6.3)।

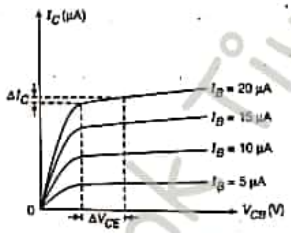
B. **आउटपुट कैरेक्टरस्टिक्स** Output Characteristics

(i) सर्किट को चित्र 6.1 के अनुसार कनेक्ट करते हैं।

(ii) बैटरी V_{EE}



चित्र 6.2 इनपुट कैरेक्टरस्टिक



चित्र 6.3 आउटपुट कैरेक्टरस्टिक

6. **प्रेक्षण** Observations इनपुट कैरेक्टरस्टिक के लिए

तालिका 6.2

S.No.	V_{EB} (V)	I_E (mA)	
		V_{CB} = 5V	V_{CB} = 10V
1.	0		
2.	0.1		
3.	0.2		
4.	0.3		
5.	0.4		
6.	0.5		
7.	0.6		
8.	0.65		
9.	0.70		
10.	0.75		

आउटपुट कैरेक्टरस्टिक के लिए

S.No.	V_{CB} (V)	I_C (mA)			
		I_E = 1 mA	I_E = 2 mA	I_E = 3 mA	I_E = 4 mA
1.	0				
2.	2 V				
3.	4 V				
4.	6 V				
5.	8 V				
6.	10 V				

7. **गणना** Calculation

(i) इनपुट डाइनामिक रजिस्टेन्स $r_i = \left.\frac{\Delta V_{EB}}{\Delta I_E}\right|_{V_{CB}=5\,V}$ = ...

(ii) आउटपुट डाइनामिक रजिस्टेन्स $r_o = \left.\frac{\Delta V_{CB}}{\Delta I_C}\right|_{I_E=1\,mA}$ = ...

(iii) धारा गेन $\alpha = \left.\frac{\Delta I_C}{\Delta I_E}\right|_{V_{CB}=5\,V}$ = ...

8. **परिणाम** Result कॉमन बेस कॉनफिगुरेशन में ट्रांजिस्टर की इनपुट व आउटपुट कैरेक्टरस्टिक को ग्राफ पेपर पर खींचा गया तथा ट्रांजिस्टर के पैरामीटर r_i, r_o, α का मान क्रमश: ..., ... व ... पाया गया।

9. **सावधानियाँ** Precautions

(i) प्रयोग करते समय ट्रांजिस्टर के रेटिंग से अधिक न जाएँ अन्यथा ट्रांजिस्टर डैमेज हो सकता है।

(ii) ऐमीटर व वोल्टमीटर को ठीक पोलैरिटी के साथ कनेक्ट करना चाहिए।

(iii) सर्किट को चैक करने से पहले पावर सप्लाई ऑन नहीं करनी चाहिए।

(iv) ट्रांजिस्टर के टर्मिनलों की पहचान ठीक से करनी चाहिए।

प्रयोग संख्या 7

1. **उद्देश्य** Object ट्रांजिस्टर के निम्न बायसिंग सर्किटों में Q प्वाइंट (I_C तथा V_{CE}) का मापन करना।

(i) फिक्सड बायस सर्किट

(ii) पोटैन्शियल डिवाइडर बायस सर्किट

2. **आवश्यक सामग्री** Required Materials

Mayank Tiwari Ayodhya

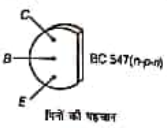
Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

तालिका 7.1

S.No.	Apparatus (सामग्री)	Type (प्रकार)	Range (रेंज)	Quantity (मात्रा)
1.	ट्रांजिस्टर	BC 547 (*N-P-N*)	—	1
2.	डी०सी० रेग्यूलेटिड पावर सप्लाई या डी०सी० बैटरी	—	(0.30) V, या 12 V	1
3.	रजिस्टेन्स	—	50 kΩ, 3.3 kΩ, 22 kΩ 2 kΩ, 1 kΩ, 220 kΩ	1 (each)
4.	मल्टीमीटर	एनालॉग या डिजिटल		01
5.	ब्रेड बोर्ड व कनेक्टिंग वायर	—	—	—

3. **थ्योरी** Theory BJT से एम्प्लीफायर की तरह कार्य करने के लिए इसे एक्टिव रीजन में ऑपरेट करना आवश्यक होता है। BJT को एक्टिव रीजन में रखने के लिए बेस-ऐमिटर जंक्शन फॉरवर्ड बायस तथा कलेक्टर ऐमिटर जंक्शन रिवर्स बायस होना चाहिए। बायसिंग को डी०सी० सोर्स तथा कुछ रजिस्टर की सहायता से किया जा सकता है।



पिनों की पहचान

फिक्स्ड बायस सर्किट बेस को V_{CC} से एक रजिस्टर के द्वारा जोड़ा जाता है। फिक्स्ड बायस से सेचुरेशन कन्डीशन से बचा जाता है; क्योंकि बेस-कलेक्टर जंक्शन रिवर्स बायस नहीं होना चाहिए जिससे कि आउटपुट सिगनल डिस्टर्टिड (distorted) न हो सके।

वोल्टेज डिवाइडर बायस सर्किट इस प्रकार के सर्किट में स्टेबिलिटी अच्छी मिलती है; क्योंकि पोटैन्शियल डिवाइडर रजिस्टर R_1 व R_2 प्रयोग किए जाते है जो ट्रांजिस्टर के जंक्शन पर आवश्यक वोल्टेज provide करते है।

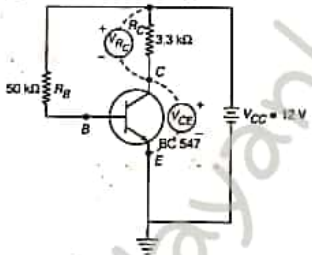
इस प्रकार की बायसिंग वाला एम्प्लीफायर β पर निर्भर नहीं करता है। R_1 व R_2 से फ्लो होने वाला धारा लगभग समान होता है; क्योंकि यह धारा बेस धारा की तुलना में बहुत अधिक होता है, इसलिए $R_2 > 10R_1$.

4. **विधि** Procedure.

A. **फिक्स्ड बायस सर्किट**

(i) चित्र 7.1 (a) के अनुसार सर्किट कनेक्ट करते है।

(ii) वोल्टमीटर द्वारा V_{CE} तथा R_C के एक्रॉस वोल्टेज V_{RC} का मापन करते है।

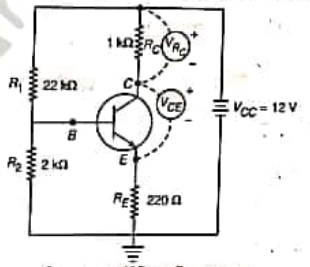


चित्र 7.1 (a) फिक्स्ड बायस सर्किट

B. **पोटैन्शियल डिवाइडर बायस सर्किट**

(i) चित्र 7.1 (b) के अनुसार सर्किट कनेक्ट करते है।

(ii) वोल्टमीटर द्वारा V_{CE} तथा R_C के एक्रॉस वोल्टेज V_{R_C} का मापन करते है।



चित्र 7.1 (b) पोटैन्शियल डिवाइडर बायस

नोट R_C के एक्रॉस वोल्टेज V_{R_C} मापने के स्थान पर ऐमीटर द्वारा कलेक्टर धारा I_C का मापन सीधे भी कर सकते है तथा ट्रांजिस्टर बदलकर पुन: रीडिंग भी ले सकते है।

5. **प्रेक्षण** Observations

A. **फिक्स्ड बायस सर्किट के लिए**

(i) V_{CE} = ... V

(ii) V_{RC} = ... V

(iii) R_C = 3 kΩ

अत: $I_C = \frac{V_{R_C}}{I_C}$ = ... mA

B. **पोटैन्शियल डिवाइडर बायस सर्किट के लिए**

(i) V_{CE} = ... V

(ii) V_{R_C} = ... V

(iii) R_C = 1 kΩ

अत: $I_C = \frac{V_{R_C}}{I_C}$ = ... mA

6. **परिणाम** Result

(i) फिक्स्ड बायस सर्किट का Q-प्वाइंट = (V_{CE}, IC)

V_{CE} = ... V, I_C = ... mA

(ii) पोटैन्शियल डिवाइडर बायस सर्किट का Q-प्वाइंट = (V_{CE}, I_C)

V_{CE} = ... V, I_C = ... mA

7. **सावधानियाँ** Precautions

(i) R_C व R_B का इस प्रकार चुनाव करते है कि Q-प्वाइंट ट्रांजिस्टर के एक्टिव रीजन में आ जाये।

(ii) R_C का मापन, R_C प्रतिरोध को सर्किट में कनेक्ट करने से पहले कर लेना चाहिए।

Mayank Tiwari Ayodhya

Scanned by CamScanner

Scanned with CamScanner

एनालॉग इलेक्ट्रॉनिक्स

(Analog Electronics)

मॉडल प्रश्न-पत्र

समय 2.30 घण्टे] [पूर्णांक : 50

नोट (i) सभी प्रश्नों को हल कीजिए।

(ii) विद्यार्थियों द्वारा पेजर अथवा मोबाइल फोन का उपयोग अनुमान्य नहीं है।

प्रश्न 1. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों का उत्तर दीजिए [2 × 5 = 10]

(अ) D.C. भार रेखा की अवधारणा को समझाइए।

(ब) FET बायसिंग की विधियाँ बताइए तथा फिक्स्ड बायस को सचित्र समझाइए।

(स) R.C. युग्मित प्रवर्धक का वर्णन कीजिए।

प्रश्न 2. निम्नलिखित में से किन्हीं तीन भागों का उत्तर दीजिए [3 × 4 = 12]

(अ) विभिन्न प्रकार के फिल्टर्स का वर्णन कीजिए।

(ब) निम्नलिखित पर टिप्पणी लिखिए

(i) जीनर ब्रेक-डाउन

(ii) एवलांश ब्रेक-डाउन

(स) एक पूर्ण-तरंग दिष्टकारी की दक्षता तथा उर्मिका घटक के लिए व्यंजक लिखिए।

(द) मॉसफेट कितने प्रकार की होती है? किसी एक का विस्तारपूर्वक वर्णन कीजिए।

प्रश्न 3. निम्नलिखित में से किन्हीं चार भागों का उत्तर दीजिए [4 × 3 = 12]

(अ) एक अर्द्ध-तरंग दिष्टकारी, जिसका आन्तरिक गतिक प्रतिरोध 500 Ω है, पर भार प्रतिरोध का मान 2000 Ω है। यदि दिष्टकारी के एनोड को $e = 300 \sin 2\pi ft$ द्वारा आवेशित किया जाये, तब गणना कीजिए।

(i) धारा का अधिकतम, r.m.s. तथा डी०सी० मान, (ii) आउटपुट d.c. शक्ति, (iii) इनपुट a.c. शक्ति।

(ब) *n-p-n* ट्रांजिस्टर की कार्य प्रणाली को सचित्र समझाइए।

(स) क्षरण धारा I_{CEO} तथा I_{CBO} में सम्बन्ध स्थापित कीजिए।

(द) एकल अवस्था *CE* प्रवर्धक का परिपथ आरेख बनाइए। धारा तथा वोल्टेज लब्धियों की गणना कैसे करते हैं?

(य) विभव विभाजक बायसिंग से आप क्या समझते हैं?

प्रश्न 4. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों का उत्तर दीजिए [2 × 4 = 8]

(अ) CE विन्यास से ट्रांजिस्टर के अभिलक्षण वक्रों से इन पैरामीटर्स को कैसे ज्ञात करेंगे?

(ब) जीनर वोल्टेज रेगुलेटर को परिपथ बनाकर स्पष्ट कीजिए।

(स) मल्टीस्टेज प्रवर्धक की क्या आवश्यकता है?

प्रश्न 5. निम्नलिखित में से किन्हीं दो भागों का उत्तर दीजिए [2 × 4 = 8]

(अ) ऐमिटर फॉलोअर पर टिप्पणी लिखिए।

(ब) JFET की संरचना को सचित्र समझाइए।

(स) निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिए

(i) LED एलईडी

(ii) टनल डायोड

(iii) ट्रांजिस्टर परिपथ का स्थिरता गुणांक

Mayank Tiwari Ahodaya
Scanned by CamScanner
Scanned with CamScanner