# महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ, मुंबई

(स्वायत्त) (ISO 9001:2015) (ISO/IEC 27001:2013)

अभियांत्रिकी आणि तंत्रज्ञान पदविका


शिक्षण पुस्तिका

(Learning Material)

# एलेमेंट्स ऑफ इलेक्ट्रॉनिक्स

**Elements of Electronics**

## (312309)

## विद्युत अभियांत्रिकी गट

## मराठी – इंग्रजी (द्विभाषिक) माध्यम

## (अभियांत्रिकी व तंत्रज्ञानातील द्वितीय सत्र पदविका)

# शिक्षण पुस्तिका

# (Learning Material)

# एलेमेंट्स ऑफ इलेक्ट्रॉनिक्स

**Elements of Electronics**

**(312309)**

## विद्युत अभियांत्रिकी गट

**मराठी – इंग्रजी (द्विभाषिक) माध्यम**

**(अभियांत्रिकी व तंत्रज्ञानातील द्वितीय सत्र पदविका)**


## महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ, मुंबई

**(स्वायत्त) (ISO 9001:2015) (ISO/IEC 27001:2013)**

## मार्गदर्शक

**किशोर प्रल्हाद अकोले**

प्रभारी विभागप्रमुख, अणुविद्युत अभियांत्रिकी

## प्रमुख समन्वयक

**विक्रांत भास्करराव जोशी**

प्राचार्य

## समन्वयक

**दिना राकेश शाह**

विभागप्रमुख, अणुविद्युत आणि दूरसंचार अभियांत्रिकी

## लेखक

**सरोज ऋतुराज देसाई**

अधिव्याख्याता, अणुविद्युत अभियांत्रिकी

---

**हनमंत सुदाम जाधव**

अधिव्याख्याता, अणुविद्युत अभियांत्रिकी

---

**अर्चना नितिन नाईक**

अधिव्याख्याता, अणुविद्युत अभियांत्रिकी

---

**निलीमा  अविनाश पळसपगार**

अधिव्याख्याता, अणुविद्युत अभियांत्रिकी

---

**विद्या संतोष हरपुडे**

अधिव्याख्याता, अणुविद्युत अभियांत्रिकी

# महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळ

(स्वायत्त) (ISO: ९००१:२०१५) (ISO/IES: २७००१-२०१३)

शासकीय तंत्रनिकेतन इमारत, चौथा मजला, ४९, खेरवाडी, बांद्रा (पूर्व), मुंबई - ४०० ०५१.
दूरध्वनी क्र.: ०२२-६२५४२१७० / १६१

Email : director@msbte.com Web : www.msbte.org.in

## प्रास्ताविक

महाराष्ट्र राज्यातील पदविका स्तरावरील तंत्रशिक्षणामध्ये विद्यार्थ्यांचे रोजगार कौशल्य विकसित करून विद्यार्थ्यांचा सर्वांगीण विकास घडवून आणण्याकरिता महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ कटिबद्ध आहे. उद्योगधंद्यातील बदलत्या तंत्रज्ञानाशी संबंधित गरजा लक्षात घेऊन महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळाकडून पदविका अभ्यासक्रम वेळोवेळी अद्यावत करण्यात येतो . अभियांत्रिकी पदविका अभ्यासक्रम शिकत असतांना संकल्पनात्मक ज्ञान, सुसंगत संदर्भ, प्रश्न विचारणे, विश्वसनिय पुरावे, कारणमीमांसा आणि सुस्पष्ट निकष यांचा वापर करून अर्थाची उकल करण्याची, विश्लेषण व मूल्यमापन करण्याची तसेच तर्काने अनुमान काढण्याची क्षमता म्हणजेच चिकित्सक विचार विद्यार्थ्यांमध्ये अधिक दृढ होतील असा मला विश्वास आहे. जेव्हा विद्यार्थी ज्ञान मिळवण्याच्या माध्यमाशी पूर्णपणे परिचित आणि सोयीस्कर असतात, तेव्हा त्यांच्यासाठी वर्गातील चर्चेत भाग घेणे सोपे होते, संकल्पनात्मक व सैद्धांतिक बाबींचे आकलन परिपूर्ण होते, संज्ञानात्मक क्षमता सुधारते आणि त्यांचा आत्मविश्वास देखील वाढतो या सर्व गोष्टींचा विचार करून मंडळाकडून शैक्षणिक सामुग्रीची निर्मिती करण्यात आलेली आहे . भारत देश हा खेड्यापाड्यातून विकसित झालेला देश असून ग्रामीण भागातील विद्यार्थ्यांना तांत्रिक शिक्षण घेतांना भाषेचा अडसर न येता तांत्रिक बाबींचा आशय समजून घेणे शक्य होईल या दृष्टिकोनातून महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळाने पदविका स्तरावरील तांत्रिक शिक्षणाकरीता विद्यार्थ्यांना मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक माध्यमाचा पर्याय शैक्षणिक वर्ष २०२१-२२ पासून उपलब्ध करून दिलेला आहे .

राष्ट्रीय शैक्षणिक धोरण-२०२० प्रादेशिक भाषेतील शिक्षणास प्रोत्साहन देते, ज्यामुळे विद्यार्थ्यांना तांत्रिक अभ्यासक्रमांसाठी प्रादेशिक भाषांतुन शिक्षणाचे माध्यम निवडता येते. सदर धोरणामुळे प्रादेशिक भाषांमध्ये तांत्रिक सामग्री आणि अभ्यास सामग्रीचा विकास आणि भाषांतर निर्माण करण्याची आवश्यकता आहे . त्यास अनुसरून मंडळाने मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक माध्यमाचा पर्याय द्वितीय व तृतीय वर्षाकरिताही उपलब्ध करून देण्यात आला आहे. तसेच त्याकरिताची शैक्षणिक सामग्रीही संबंधीत भागधारकरांना उपलब्ध करून देण्यात येत आहे.

पदविका स्तरावरील तंत्रशिक्षण अधिक दर्जेदार करण्यासाठी महाराष्ट्रातील अनुभवी व तज्ञ अध्यापकांनी व्यवहारिक मराठी भाषा व इंग्रजी भाषेतील तांत्रिक शब्दावली यांचा वापर करून मराठी - इंग्रजी भाषेचा सुवर्णमध्य साधण्याचा प्रयत्न केलेला आहे. मंडळाच्या स्तरावर गठीत सुकाणू समितीमार्फत सदर शैक्षणिक सामुग्रीचा दर्जा, तसेच इतर बाबींची तपासणी करण्यात आलेली आहे. त्यामुळे सदर शैक्षणिक सामुग्री अधिक सम्पन्न झालेली असून विद्यार्थी त्यांच्या व्यक्तिमत्त्वाचा सुसंवादी आणि सर्वांगीण विकास साधतील. परिणामतः विश्वस्तरीय मनुष्यबळाच्या गरजा पूर्ण करण्यात महाराष्ट्र राज्य अग्रेसर राहील व पर्यायाने राष्ट्रनिर्मिती करीता निश्चितच हातभार लागेल , असा मला विश्वास आहे.

अभियांत्रिकी पदविका अभ्यासक्रमातील प्रमुख विषयांची मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक शैक्षणिक सामुग्री बनविण्यासाठी अध्यापक व सुकाणू समितीचे सदस्य यांनी दर्शविलेले समर्पण व वचनबद्धता कौतुकास पात्र आहे , या सर्वांचे मी मनः पूवक अभिनंदन करतो !

(प्रमोद नाईक)
संचालक
म. रा. तंत्र शिक्षण मंडळ, मुंबई.

# अनुक्रमणिका


| अ. क्र. | युनिटचे नाव | पान क्र. |
|---|---|---|
| 1 | इलेक्ट्रॉनिक कंपोनंट (घटक) आणि सिग्नल<br>**Electronic Components and Signals** | **1-19** |
| 2 | सेमीकंडक्टर डायोड्स<br>**Semiconductor Diodes** | **20-41** |
| 3 | सेमीकंडक्टर ट्रान्झिस्टर<br>**Semiconductor Transistor** | **42-63** |
| 4 | ओसीलेटोर्स<br>**Oscillators** | **64-78** |
| 5 | विद्युत नियामक आणि पुरवठा उपकरण<br>**Regulator and Power Supply** | **79-95** |

# युनिट 1
## इलेक्ट्रॉनिक कंपोनंट (घटक) आणि सिग्नल
## (Electronic Components and Signals)

**विषय़ निष्पत्ती (Course Outcome) :**

विविध इलेक्ट्रॉनिक घटकांना (कंपोनंटस् ) ओळखा

Identify various electronic components

**युनिट निष्पत्ती(Unit Outcome) :**

1.a सक्रिय आणि निष्क्रिय इलेक्ट्रॉनिक घटकांमध्ये फरक करा

Differentiate between given active and passive electronic components.

1.b कलर कोड आणि मुद्रित माहिती वापरून दिलेल्या विद्युत-रोधक(Resistor) आणि कॅपेसिटरचे मूल्य मोजा

Calculate value of given Resistor and capacitor using colour code and printed information.

1.c दिलेल्या सिग्नलचा स्केचेसवरून अर्थ लावा

Interpret with sketches of given signal.

1.d दिलेल्या विद्युत-दाब आणि विद्युत् प्रवाह स्त्रोताच्या वैशिष्ट्यांची तुलना करा

Compare characteristics of given Voltage and current source

**परिचय:**

इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्स(electronic circuit) डिझाईन, फॅब्रिकेशन आणि इलेक्ट्रॉनिक सर्किटची (electronic circuit) चाचणी अशी कार्ये करण्यासाठी मूलभूत इलेक्ट्रॉनिक (electronic) घटक वापरले जातात. इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांमध्ये निष्क्रिय घटकांसह सक्रिय अर्धसंवाहक (semiconductor) असलेली सर्किटरी असते. अशा सर्किटना (circuit) इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्स(electronic circuit) म्हणतात. इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्समध्ये व्हॅक्यूम ट्यूब्स (डायोड्स, ट्रायोड्स इ.), ट्रान्झिस्टर, डायोड्स, इंटिग्रेटेड सर्किट्स (ICs), ऑप्टोइलेक्ट्रॉनिक आणि सेन्सर यांसारखे सक्रिय इलेक्ट्रॉनिक घटक असतील जसे की प्रतिरोधक, कॅपेसिटर आणि इंडक्टर्स या निष्क्रिय विद्युत घटकांशी संबंधित.नॉनलीनीयर घटकांद्वारे इलेक्ट्रॉन प्रवाह नियंत्रित करण्याची कमकुवत सिग्नलचे क्षमता प्रवर्धन शक्य करते. उदाहरार्थ एक ऑडिओ ॲम्प्लीफायर, मायक्रोफोनमधून भाषण किंवा संगीत किंवा इतर कोणत्याही स्वरूपात प्राप्त झालेल्या कमकुवत सिग्नलला वाढवते.

इलेक्ट्रॉनिक घटक सामान्यत: सोल्डरिंगद्वारे एकत्र जोडले जातात. एम्पलीफायर, रेडिओ रिसीव्हर किंवा ऑसिलेटर सारखे विशिष्ट कार्य करण्यासाठी मुद्रित सर्किट बोर्ड (पीसीबी). घटकांचे वर्गीकरण बहुधा डायोड, ट्रान्झिस्टर, थायरिस्टर्स इत्यादी सक्रिय घटक आणि प्रतिरोधक, कॅपेसिटर आणि इंडक्टर्स सारखे निष्क्रिय घटक म्हणून केले जाते. ह्याअध्यायात कॅरेक्टरस्टिक आणि अनुप्रयोगांसह विविध इलेक्ट्रॉनिक घटकांचा परिचय करून दिला आहे.

### 1.1 सक्रिय घटक व निष्क्रिय घटक (Active and Passive components)

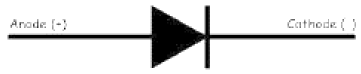
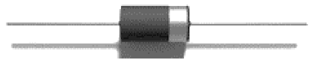
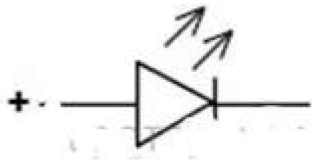
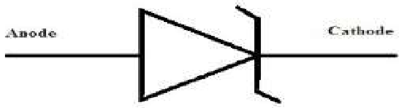
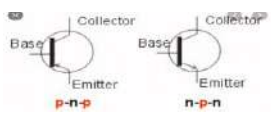
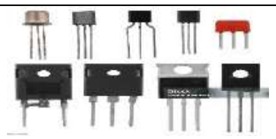
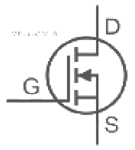
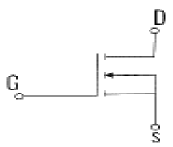
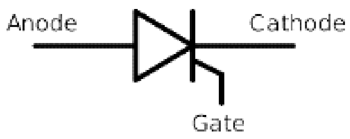
**सक्रिय घटक (Active components)**

एक इलेक्ट्रिक सर्किट घटक जो सर्किटला विद्युत उर्जा पुरवू शकतो किंवा सर्किटमध्ये शक्ती (power) देऊ शकतो, त्या घटकाला सक्रिय घटक म्हणून ओळखले जाते.

जे घटक विद्युत-दाब (Voltage) किंवा विद्युत् प्रवाहच्या स्वरूपात ऊर्जा निर्माण करतात त्यांना सक्रिय घटक म्हणतात.सक्रिय घटक हे सर्किटमधील विद्युत प्रवाहाच्या प्रवाहासाठी पूर्णपणे जबाबदार असतात.

खालील सक्रिय घटकांची उदाहरणे आहेत: (आकृती क्र.1.1)

- पी -एन जंक्शन डायोड (P-N junction diode)
- फोटो डायोड्स (Photo -Diode)
- बायपोलर जंक्शन ट्रान्झिस्टर (BJT)
- फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर (FET)
- इंटिग्रेटेड सर्किट (IC)
- एल. ई. डी डिस्प्ले (LED display)

| Name of Component | Symbol | Actual Image |
|---|---|---|
| पी - न जंक्शन डायोड<br>Diode |  |  |
| एल. ई. डी<br>Light Emitting Diode |  | |
| Zener Diode |  | |
| बायपोलर जंक्शन ट्रान्झिस्टर<br>Bipolar Junction<br>Transistor (BJT) |  |  |
| फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर<br>Field Effect Transistor<br>(FET) |  | |
| मेटल ऑक्साइड फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर<br>Metal Oxide Field Effect<br>Transistor (MOSFET) |  | |
| सिलिकोन कन्ट्रोल रेक्टिफायर<br>Silicon Controlled<br>Rectifier (SCR) |  | |

**आकृती क्र.1.1: सक्रिय घटकांची उदाहरणे**

**निष्क्रिय घटक (Passive Components)**

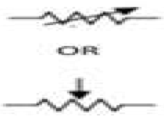
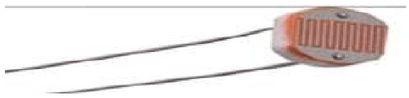
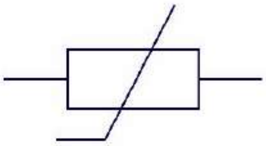
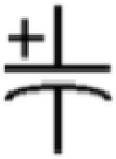
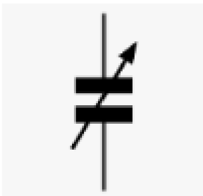
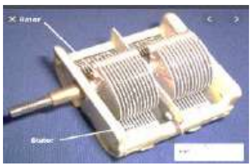
सर्किट घटक जे केवळ विद्युत ऊर्जा वापरतात आणि उष्णतेच्या स्वरूपात किंवा चुंबकीय वा विद्युत क्षेत्रांमध्ये साठवून ठेवतात, त्याला निष्क्रिय सर्किट घटक किंवा निष्क्रिय घटक असे म्हणतात.

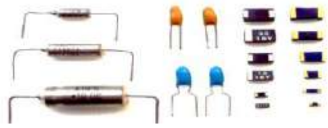
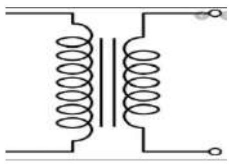
निष्क्रिय घटक इलेक्ट्रिक सर्किटमध्ये विद्युत शक्ती किंवा शक्ती ऍम्प्लिफिकेशन प्रदान करू शकत नाही.

निष्क्रीय घटकांची उदाहरणे खालीलप्रमाणे आहेत:(आकृती क्र.1.2)

- प्रतिरोधक - विद्युत-रोधक(Resistor)
- कॅपेसिटर(capacitor)
- इंडक्टर्स (inductors)
- कनेक्टर्स (connectors)

- स्विचेस (switches)
- रिले (relay)
- ट्रान्सफॉर्मर (Transformer)

| Name of Component | Symbol | Actual Image |
|---|---|---|
| Resistor(विद्युत-रोधक) | | |
| Power Resistors (इलेक्ट्रिक पॉवर-रोधक(Resistor)) | | |
| Variable Resistors (परिवर्तनीय विद्युत-रोधक(Resistor) |  | |
| Light dependent Resistors (एल्.डी.आर) | |  |
| Thermistor (थर्मिस्टर) |  | |
| Ceramic Capacitor सिरेमिक कॅपेसिटर, | | |
| Electrolytic capacitors (इलेक्ट्रोलाइटिक कॅपेसिटर) |  | |
| Variable capacitors (व्हरीएबल कॅपेसिटर) |  |  |

| Name of Component | Symbol | Actual Image |
|---|---|---|
| Tantalum capacitors (टॅंटलम कॅपेसिटर) | |  |
| Polyester film capacitor (पॉलिस्टर फिल्म कॅपेसिटर) | | |
| Inductor (इंडक्टर) | | |
| Transformer |  | |

**आकृती क्र.1.2: निष्क्रीय घटकांची उदाहरणे**

सक्रिय आणि निष्क्रिय घटकांमधील फरक तक्ता क्र.1.1 मध्ये दिला आहे.

**तक्ता क्र.1.1 सक्रिय आणि निष्क्रिय घटकांमधील फरक**

| सक्रिय घटक (Active components) | निष्क्रिय घटक(Passive components) |
|---|---|
| सर्किट घटक जे इलेक्ट्रिक सर्किटमध्ये शक्ती देऊ शकतात त्यांना सक्रिय घटक म्हणून ओळखले जाते | सर्किट घटक जे केवळ शक्तीचा उपयोग करून घेतात आणि उष्णतेच्या स्वरूपात किंवा चुंबकीय वा विद्युत क्षेत्रांमध्ये साठवून ठेवतात त्याला निष्क्रिय घटक म्हणतात. |
| सक्रिय घटकांची उदाहरणे म्हणजे ऊर्जा स्रोत (विद्युत-दाब किंवा विद्युत् प्रवाह स्रोत), सेमीकंडक्टर उपकरण जसे की ट्रान्झिस्टर, एस.सी.आर(SCR) इ. | निष्क्रिय घटकांची उदाहरणे म्हणजे विद्युत-रोधक, इंडक्टर, कॅपेसिटर आणि ट्रान्सफॉर्मर इ. |
| सक्रिय घटक सर्किटमध्ये विद्युत ऊर्जा स्रोत म्हणून वागतात. | निष्क्रिय घटक सर्किटमध्ये विद्युत- भार (Load) म्हणून कार्य करतात. |
| काही सक्रिय घटकांना कार्य करण्यासाठी बाह्य उर्जा स्रोताची आवश्यकता असते. उदाहरणार्थ, ट्रान्झिस्टर आणि SCR सारखे सक्रिय घटक कार्य करण्यासाठी विद्युत उर्जेचा वापर करतात, म्हणजे सर्किटमधील शक्ती नियंत्रित करण्यासाठी. | निष्क्रिय घटकांना कार्य करण्यासाठी कोणत्याही बाह्य उर्जा स्रोताची आवश्यकता नसते. विद्युत-रोधक(Resistor), इंडक्टर, कॅपेसिटर इत्यादी निष्क्रिय घटकांना कार्य करण्यासाठी विजेच्या कोणत्याही स्रोताची आवश्यकता नसते, ते सर्किटमधील शक्ती नियंत्रित करण्यासाठी इतर काही गुणधर्म वापरतात. |

**1.2 विद्युत-रोधक, कॅपेसिटर, इंडक्टर्स - तंत्रज्ञानातील प्रतिचिन्हे अनुप्रयोग (APPLICATION), कलरकोड, तपशील (Resistor, Capacitor, inductor, symbols, applications, colour codes, specifications)**

1.2.1 **विद्युत-रोधक** (Resistor): विद्युत-रोधक(Resistor) हे दोन-टर्मिनल घटक आहे आणि अनेक इलेक्ट्रॉनिक उपकरणे तयार करण्यात एक महत्त्वाचा घटक आहे. विद्युत-रोधक(Resistor) हा एक घटक आहे जो विद्युत प्रवाहाचा प्रवाह मर्यादित किंवा नियंत्रित करण्यासाठी वापरला जातो.

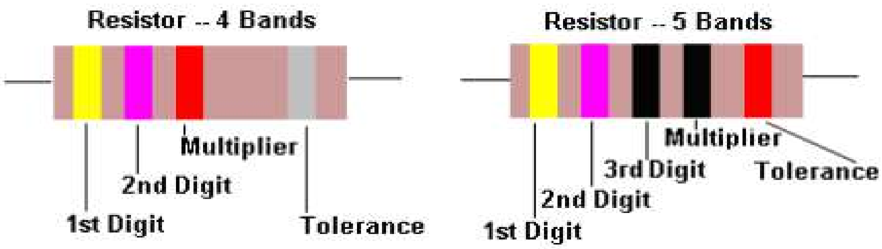
**व्याख्या:** इलेक्ट्रॉनच्या प्रवाहात येणाऱ्या अडथळ्याला रोध / रेझिस्टन्स (Resistance) म्हणतात आणि इलेक्ट्रॉनच्या प्रवाहात अडथळा आणणाऱ्या घटकाला विद्युत-रोधक/ विद्युत-रोधक(Resistor) म्हणतात.
विद्युत-रोधक (Resistor) आकृती क्र.1.3 मधील चिन्हाद्वारे सर्किट मध्ये दर्शविले जाते. रोध / रेझिस्टन्सचे (Resistance) एकक (Unit of Measurement ) हे ओहम (Ω) आहे.

**आकृती क्र.1.3 विद्युत-रोधक (Resistor) चिन्ह (symbol)**

विद्युत-रोधक (Resistor) कलर कोड (Resistor Colour Code): विद्युत-रोधक (Resistor) अनेक भिन्न मूल्ये, आकार आणि भौतिक आकारांमध्ये उपलब्ध आहेत. सर्व एक वॅट (1 watt) पर्यंत शक्ती मानांकन (Power Rating) असलेल्या विद्युत-रोधक(Resistor)मध्ये रंगीत पट्ट्यांचा नमुना असतो जो प्रतिकार मूल्य(Resistance Value), सहिष्णुता(Tolerance) आणि कधीकधी अगदी तापमान गुणांक (Temperature Coefficient). सूचित करण्यासाठी वापरला जातो . आंतरराष्ट्रीय मानक IEC 60062 मध्ये कोडिंग परिभाषित केले आहे. हे मानक प्रतिरोधक आणि कॅपेसिटरसाठी मार्किंगचे कोड दर्शवते. यामध्ये संख्यात्मक कोड देखील समाविष्ट आहेत. उदाहरणार्थ अनेकदा एसएमडी (SMD) विद्युत-रोधकांसाठी संख्यात्मक कोड वापरले जातात. रंग कोड अनेक बँडद्वारे दिला जातो. बँडची संख्या तीन पासून ते सहा पर्यंत बदलते. किमान तीन बँड विद्युत-रोधक (Resistor) मध्ये सुरुवातीचे दोन बँड प्रतिरोध मूल्य दर्शवतात आणि तिसरा बँड गुणक (Multiplier) म्हणून कार्य करते. या मूल्यांना प्राधान्य मूल्य (Standard Value) म्हणतात. कलर कोड स्कीम आकृती क्र.1.4 मध्ये दर्शविली आहे.

| Color | Value | Multiplier | Tolerance |
|---|---|---|---|
| Black | 0 | $\times10^0$ | ± 20% |
| Brown | 1 | $\times10^1$ | ± 1% |
| Red | 2 | $\times10^2$ | ± 2% |
| Orange | 3 | $\times10^3$ | ± 3% |
| Yellow | 4 | $\times10^4$ | - 0, + 100% |
| Green | 5 | $\times10^5$ | ± 0.5% |
| Blue | 6 | $\times10^6$ | ± 0.25% |
| Violet | 7 | $\times10^7$ | ± 0.10% |
| Gray | 8 | $\times10^8$ | ± 0.05% |
| White | 9 | $\times10^9$ | ± 10% |
| Gold | – | $\times10^{-1}$ | ± 5% |
| Silver | – | $\times10^{-2}$ | ± 10% |

**आकृती क्र.1.4: कलर कोड स्कीम**

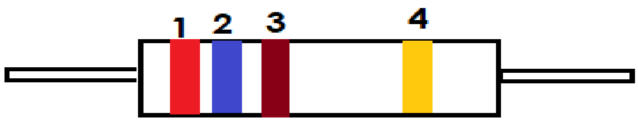



**आकृती क्र.1.5**

विद्युत-रोधकावरील(Resistor) कलर कोड खुणा किवां बँड डावीकडून उजवीकडे वाचल्या जातात (आकृती क्र.1.5 मध्ये) , मोठ्या रुंदीचा बँड उजव्या बाजूने त्याची सहिष्णुता (Tolerance ) सूचित करतो.

काही उदाहरणे

1. दिलेल्या विद्युत-रोधक(Resistor)च्या विद्युत-रोधाची (प्रतिकाराची- Resistance) गणना करा.




उत्तर:

दिलेला विद्युत-रोधक(Resistor) हा 4 बँड चा आहे. त्यातील सुरुवातीचे दोन बँड प्रतिरोध मूल्य , तिसरा बँड गुणक (Multiplier) आणि चवथा बँड त्याची सहिष्णुता (Tolerance )दर्शवतात .(आकृती क्र.1.4 वरून)

पहिला बँड - रेड - 2

दुसरा बँड - ब्लुयू- 6

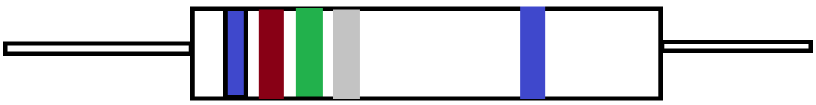
तिसरा बँड - ब्राऊन - 10 (गुणक)

चवथा बँड- गोल्ड(Tolerance ) - +/- 5%

दिलेला विद्युत-रोधक(Resistor)ची गणना आहे - **260Ω, +/- 5%**

---

**दिलेल्या विद्युत-रोधक(Resistor)च्या विद्युत-रोधाची (प्रतिकाराची- Resistance ) गणना करा.**



उत्तर

दिलेला विद्युत-रोधक(Resistor) हा 5 बँड चा आहे. त्यातील पहिले तीन बँड प्रतिरोध मूल्य , चवथा बँड गुणक (Multiplier) आणि पाचवा बँड त्याची सहिष्णुता (Tolerance )दर्शवतात .(आकृती क्र.1.4 वरून)

पहिला बँड - ब्लुयू - 6

दुसरा बँड - ब्राऊन- 1

तिसरा बँड - ग्रीन- 5

चवथा बँड- ग्रे - $10^{8}$ (गुणक)

पाचवा बँड- ब्लुयू (Tolerance ) - +/- 0.25%

दिलेला विद्युत-रोधक(Resistor)ची गणना आहे - **61.5GΩ, +/- 0.25%**

**प्रतिरोधकांचे अनुप्रयोग(Applications)**

1. विद्युत-रोधक(Resistor)चा वापर सर्वप्रकारच्या वारंवारता साधनांमध्ये केला जातो.
2. शक्ती संयमन (Power Control) सर्किटमध्ये विद्युत-रोधक(Resistor)चा वापर केला जातो.
3. हे DC वीज पुरवठ्यामध्ये वापरले जाते.
4. फिल्टर सर्किटमध्ये प्रतिरोधकांचा वापर केला जातो.
5. हे ऍम्प्लिफायर, ऑसिलेटर, दूरसंचार (Telecommunication) आणि डिजिटल मल्टीमीटरमध्ये वापरले जाते.
6.हे वेव्ह जनरेटरमध्ये वापरले जाते.

**विद्युत-रोधक(Resistor)ची कॅरेक्टरस्टिक:**

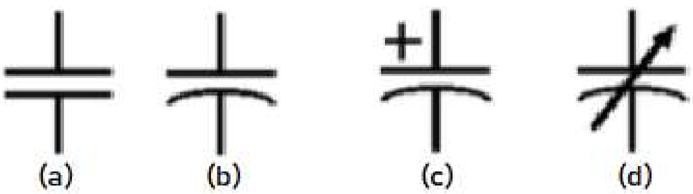
1.तापमान गुणांक.
2. विद्युत-रोधक(Resistor)चा आकार किंवा मूल्य
3. शक्ती अपव्यय (Power Dissipation) /वॅटेज
4.सहिष्णुता(Tolerance)
5. थर्मल स्थिरता
6.वारंवारता प्रतिसाद (Frequency Response).
7. कमाल विद्युत-दाब.

**1.2.2 कॅपेसिटर, तंत्रज्ञानातील प्रतिचिन्हे,अनुप्रयोग(applications) , कलरकोड, तपशील (Capacitor)**

कॅपेसिटर (Capacitor) हे निष्क्रीय दोन-टर्मिनल विद्युत घटक (Electric Component) आहे. जे विद्युत-प्रभारच्या (इलेक्ट्रिक चार्जच्या- Electric Charge) स्वरूपात ऊर्जा साठवू शकते. यात दोन विद्युत वाहक (Metal Plates) जे काहिशा अंतराने वेगळे ठेवलेले असतात. त्यामधील जागा व्हॅक्यूमद्वारे किंवा डायलेक्ट्रिक म्हणून ओळखल्या जाणाऱ्या इन्सुलेट साहित्याने भरली असते. त्यास डायईलेक्ट्रीक साहित्य म्हणतात.

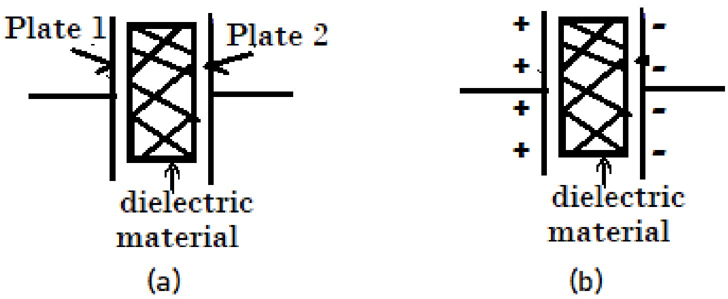
**व्याख्या:**कॅपेसिटरची विद्युत-प्रभार (Charges) साठवण्याची क्षमता **कॅपेसिटन्स** (Capacitance) म्हणून ओळखली जाते.

**कॅपेसिटन्स**(Capacitance) : कॅपेसिटन्स हे कॅपेसिटरच्या विद्युत प्रभार संचयित करण्याच्या क्षमतेचे मोजमाप आहे. कॅपेसिटन्सचे एकक (Unit of Measurement) हे फॅराड (Farad) आहे. कॅपेसिटर एका फॅराडची व्याख्या कॅपेसिटरची कॅपॅसिटन्स म्हणून केली जाते जी त्यावर एक व्होल्ट (V) चा विद्युत-दाब लागू केल्यावर एक कूलॉम्ब (Columb) चा प्रभार ठेवेल. तथापि, फॅराड हे कॅपेसिटन्सचे खूप मोठे एकक आहे, म्हणून कॅपेसिटर सामान्यत: मायक्रोफॅरॅड् (μF), नॅनोफॅरॅड्स (nF), किंवा पिकोफाराड्स (pF) सारख्या लहान युनिट्समध्ये मोजले जातात.आकृती क्र.1.6 मधील चिन्हांद्वारे सर्किट मध्ये दर्शविले जाते.




**आकृती क्र.1.6: कॅपेसिटर चिन्ह [(a)सिरेमिक कॅपेसिटर, (c)इलेक्ट्रोलीटिक कॅपेसिटर (d)व्हरीएबल कॅपेसिटर ]**

**रचना:** कॅपेसिटरची मूलभूत रचना (आकृती क्र.1.7a) ही दोन समांतर विद्युत वाहक( प्लेटस् ) व त्या डायलेक्ट्रिकद्वारे विभक्त केलेल्या असतात.दोन समांतर विद्युत वाहकांवर (प्लेटस्) वर विरूद्ध प्रभार असल्यामुळे कॅपेसिटर मध्ये उर्जा साठवली जाते.




**आकृती क्र.1.7: a: कॅपेसिटरची रचना, b: कॅपेसिटर वरील विद्युत-प्रभार**

कॅपेसिटरचे विविध प्रकार हे त्याची शैली, लांबी, परिघ आणि त्यामधील सामग्री हयावर अवलंबून असते.

$$C = \varepsilon \frac{A}{d} \quad \ldots\ldots. (1)$$

A - प्रत्येक प्लेटचे क्षेत्रफळ, $m^2$

d- प्लेट्समधील अंतर, m,

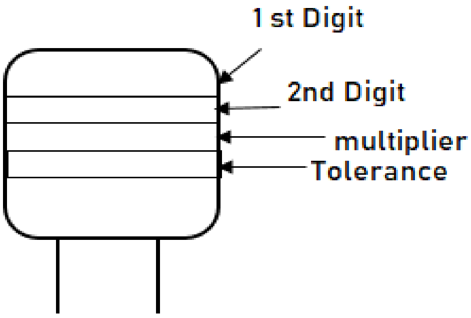
$\varepsilon$ – अबसोल्युट परमीटिव्हिटी (Absolute Permittivity)

कॅपेसिटरचे वर्गीकरण हे संरचनेनुसार, पोलराझेशननुसार. संरचनेनुसार कॅपेसिटरचे वर्गीकरण केल्यास आपल्याला फिक्स कॅपेसिटर (Fixed Capacitors), व्हरीएबल कॅपेसिटर (Variable Capacitors), ट्रिमर कॅपेसिटर(Trimmer Capacitors) आढळतात.

कॅपेसिटरचे वर्गीकरण हे पोलराझेशननुसार केल्यास आपल्याला सिरेमिक कॅपेसिटर (Ceramic Capacitors), फिल्म कॅपेसिटर,), (Film Capacitors), शक्ती फिल्म कॅपेसिटर(Power Film Capacitors), इलेक्ट्रोलाइटिक कॅपेसिटर(Electrolytic Capacitors),पेपर कॅपेसिटर (Paper Capacitors)

**कॅपेसिटर कलर कोड (Capacitor Colour Code):** सर्वसाधारणपणे, प्रत्येक कॅपेसिटरवर एक विशेष चिन्ह छापलेले असते. हे चिन्ह कॅपेसिटरचे मूल्य किंवा रंग कोड दर्शवते. काही कॅपेसिटर चिन्हांकित करण्यासाठी चार किंवा चारपेक्षा जास्त रंग किंवा ठिपके वापरले जातात. कॅपेसिटरचे वेगवेगळे प्रकार आहेत आणि प्रत्येकाचे निर्दिष्ट कॅपॅसिटन्स मूल्य, विद्युत-दाब रेटिंग, तापमान श्रेणी, सहनशीलता आणि लाईफ आहे. परंतु बहुतेक कॅपेसिटरचे मूल्य आणि त्यांचे विद्युत-दाब त्यांच्या शरीरावर छापलेले असते.

जर आपण चार कलर बँड कॅपेसिटरचा विचार केला, तर कॅपेसिटरवर चिन्हांकित केलेले पहिले आणि दुसरे रंग कॅपेसिटरचे मूल्य दर्शवतात आणि तिसरा रंग बँड पिकोफॅरॅड्समधील (pF)दशांश गुणक दर्शवितो (आकृती क्र.1.8)




**आकृती क्र.1.8**

जर आपण कॅपेसिटरवरील मुल्यांकित चिन्हांचा विचार केला, तर ते विद्युत-दाब रेटिंग, कॅपेसिटन्स मुल्य दाखवितात

| Band Colour | Digit A | Digit B | Multiplier D | Tolerance (T) > 10pf | Tolerance (T) < 10pf | Temperature Coefficient (TC) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Black | 0 | 0 | x1 | ± 20% | ± 2.0pF | |
| Brown | 1 | 1 | x10 | ± 1% | ± 0.1pF | $-33\times10^{-6}$ |
| Red | 2 | 2 | x100 | ± 2% | ± 0.25pF | $-75\times10^{-6}$ |
| Orange | 3 | 3 | x1,000 | ± 3% | | $-150\times10^{-6}$ |
| Yellow | 4 | 4 | x10,000 | ± 4% | | $-220\times10^{-6}$ |
| Green | 5 | 5 | x100,000 | ± 5% | ± 0.5pF | $-330\times10^{-6}$ |
| Blue | 6 | 6 | x1,000,000 | | | $-470\times10^{-6}$ |
| Violet | 7 | 7 | | | | $-750\times10^{-6}$ |
| Grey | 8 | 8 | x0.01 | +80%,-20% | | |
| White | 9 | 9 | x0.1 | ± 10% | ± 1.0pF | |
| Gold | | | x0.1 | ± 5% | | |
| Silver | | | x0.01 | ± 10% | | |

**आकृती क्र1.9: कॅपेसिटर कलर कोड**

उदाहरण

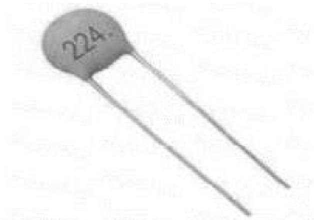
1. दिलेल्या सिरामीक कॅपेसिटर (आकृती क्र.1.10) चे मुल्यमापन करा

**आकृती क्र.1.10: सिरामीक कॅपेसिटर**

उत्तर:सिरामीक कॅपेसिटरवर 103 लिहले आहे. त्यातील पहिले दोन अंक **कॅपेसिटन्स मुल्य** , तिसरा अंक गुणक (multiplier) दर्शवितात. ही पूर्ण संख्या पिकोफॅराड मध्ये मांडली जाते.

$10 \times 10^{3}$pF= 10000pF=$10 \times 10^{3} \times 10^{-12} = 10 \times 10^{-9}$ = 10nF = 0.01μF

दिलेल्या सिरामीक कॅपेसिटर (आकृती क्र.1.11:) चे मुल्यमापन करा




**आकृती क्र.1.11**

उत्तर: सिरामीक कॅपेसिटरवर 224 लिहले आहे. त्यातील पहिले दोन अंक **कॅपेसिटन्स मुल्य** , तिसरा अंक गुणक (multiplier) दर्शवितात. ही पूर्ण संख्या पिकोफॅराड मध्ये मांडली जाते.

$22 \times 10^{4}$pF= 220000 pF=$220 \times 10^{3} \times 10^{-12}$ =$220 \times 10^{-9}$ = 220nF

**कॅपेसिटरचे अनुप्रयोग(Applications) :**

1. कॅपेसिटरचा वापर म्हणजे ऊर्जा साठवण.
2.अतिरिक्त वापरांमध्ये शक्ती कंडिशनिंग, सिग्नल कपलिंग किंवा डीकपलिंग, इलेक्ट्रॉनिक यांचा समावेश होतो
3. फिल्टरिंग आणि रिमोट सेन्सिंग परीपथामध्ये (filtering and remote sensing circuit) उपयोग केला जातो

**कॅपेसिटर कॅरेक्टरस्टिक:**

1.कॅपॅसिटन्स मूल्य
2.सहिष्णुता(tolerance)
3. विद्युत-दाब
4.डायलेक्ट्रिक साहित्य
5. तापमान व तापमान गुणांक

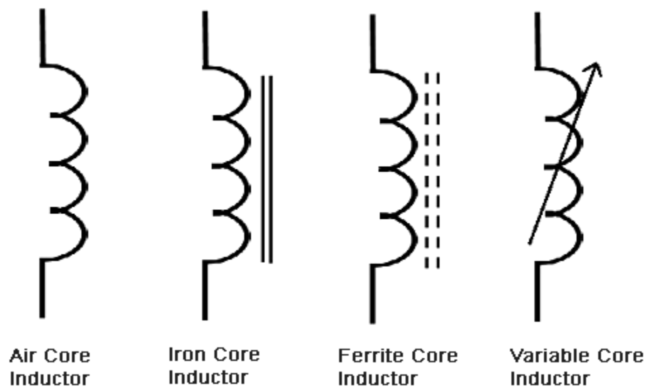
**1.2.3 इंडक्टर्स - तंत्रज्ञानातील प्रतिचिन्हे, अनुप्रयोग(Applications) , कलरकोड, तपशील**

इंडक्टर हा एक निष्क्रिय विद्युत घटक आहे जो विद्युत् प्रवाहमधील अचानक बदलांना विरोध करतो. इंडक्टर्सना कॉइल किंवा चोक असेही म्हणतात. इंडक्टर हे L ह्या इग्रंजी अक्षराने परिपाथात (circuit) वापरले जाते. त्याचे विद्युत चिन्ह आकृती क्र.1.12 मध्ये दर्शविले आहे

**आकृती क्र.1.12: इंडक्टरचे विद्युत चिन्ह**

इंडक्टरचे विविध प्रकार वापरलेल्या सामग्रीच्या प्रकारानुसार, इंडक्टर्सचे खालीलप्रमाणे वर्गीकरण केले जाऊ शकते: (आकृती क्र.१.१३)

- लोह कोर इंडक्टर (Iron Core Inductor)
- एअर कोर इंडक्टर (Air Core Inductor)
- फेराइट कोर इंडक्टर(Ferrite Core Inductor)




**आकृती क्र.1.13: इंडक्टरचे विविध प्रकार सामग्रीनुसार**

इंडक्टन्स ही विद्युत वाहकाची प्रवृत्ती आहे .विद्युत प्रवाहातील बदलामुळे विद्युत प्रवाह कंडक्टरभोवती चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होते. चुंबकीय क्षेत्राची ताकद विद्युत प्रवाहाच्या विशालतेवर अवलंबून असते आणि विद्युत् प्रवाहाच्या परिमाणातील कोणत्याही बदलांचे अनुसरण करते.

इंडक्टन्सचे एकक हेनरी (Henry) आहे, 'H' द्वारे दर्शविले जाते. इंडक्टन्स फॉर्म्युलानुसार, जेव्हा कॉइलमधून विद्युत प्रवाह प्रति सेकंद एक अँपिअरच्या दराने बदलतो,तेव्हा कॉइलमध्ये एक विद्युत प्रभार (one-volt) प्रेरित करतो. तेव्हा 1H इंडक्टन्स कॉइलमध्ये तयार होते.

**इंडक्टन्सचे मापन (Measurement of Inductance)**

व्यावहारिकदृष्ट्या इंडक्टन्स हे μH (मायक्रो हेन्री) मोजले जाते. इंडक्टन्स हे संख्यात्मक व अक्षरात्मक कोड (text marking) किंवा रंग कोड( color code) वापरून मापन केले जाते.

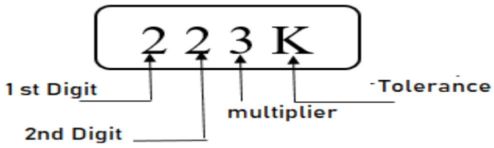
1. संख्यात्मक व अक्षरात्मक कोड (text marking): इंडक्टरचे मूल्य इंडक्टर संख्यात्मक अंक आणि अक्षरे वापरून छापलेले असतात. त्यात 3-4 संख्यात्मक अंक व अक्षरे असतात. पहिले दोन अंक इंडक्टन्सचे मुल्य, तिसरा अंक गुणक (multiplier) आणि चवथे अक्षर सहिष्णुता (tolerance) दर्शवितात. सहिष्णुता (tolerance ) मुल्यांकन तक्ता क्र. 1.2 मध्ये दिले आहे.

**तक्ता क्र. 1.2 :इंडक्टन्सचे सहिष्णुता (Tolerance) मुल्यांकन तक्ता**

| Symbol | Tolerance |
|---|---|
| B | ±0.15nH |
| C | ±0.2nH |
| S | ±0.3nH |
| D | ±0.5nH |
| F | ±1% |
| G | ±2% |
| H | ±3% |
| J | ±5% |
| K | ±10% |
| L | ±15% |
| M | ±20% |
| V | ±25% |
| N | ±30% |

उदाहरण

समजा एखाद्या इंडक्टरला 223K असे लेबल केले असल्यास, इंडक्टरचे अचूक मूल्य शोधा.

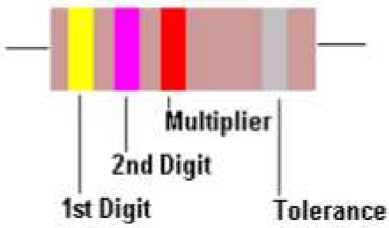


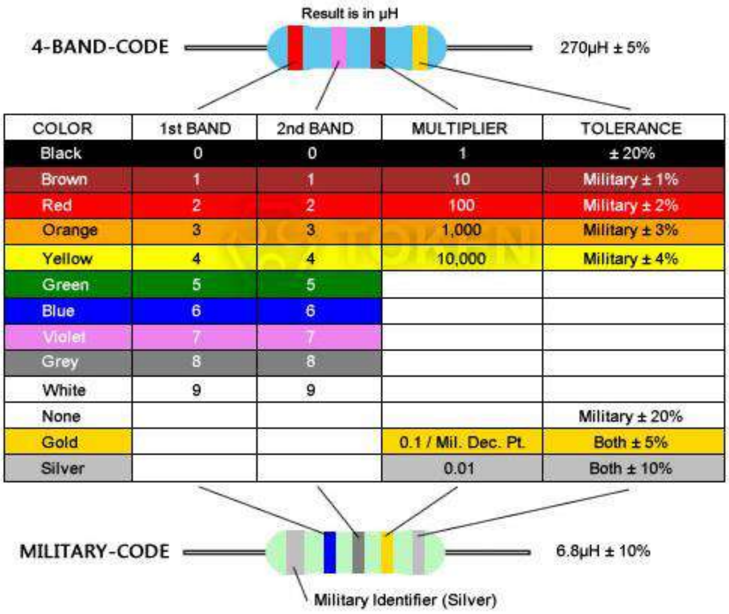

L= $22 \times 10^{3}\mu H = 22000\ \mu H = 22 \times 10^{3} \times 10^{-6} = 22 \times 10^{-3} = 22mH$

K -tolerance = +/- 10%

L= 22mH , +/- 10%

इंडक्टर व्हॅल्यू कलर कोडिंग वापरून : कलर कोडिंग पद्धत ही विद्युत-रोधक (Resistor) कलर कोड प्रमाने एका वेळी एक बँड डावीकडून उजवीकडे सुरू करून वाचल्या जातात (आकृती क्र.5 मध्ये ) , मोठ्या रुंदीचा बँड उजव्या बाजूने त्याची सहिष्णुता (tolerance ) टोलरन्स सूचित करतो. 4 बँड इंडक्टचे मुल्यांकनाची पद्धत व कलर कोडिंग आकृती क्र.1.14 मध्ये मांडली आहे



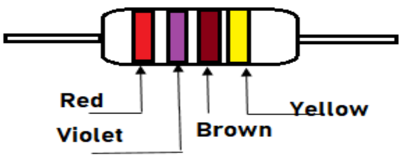




| COLOR | 1st BAND | 2nd BAND | MULTIPLIER | TOLERANCE |
|---|---|---|---|---|
| Black | 0 | 0 | 1 | ± 20% |
| Brown | 1 | 1 | 10 | Military ± 1% |
| Red | 2 | 2 | 100 | Military ± 2% |
| Orange | 3 | 3 | 1,000 | Military ± 3% |
| Yellow | 4 | 4 | 10,000 | Military ± 4% |
| Green | 5 | 5 | | |
| Blue | 6 | 6 | | |
| Violet | 7 | 7 | | |
| Grey | 8 | 8 | | |
| White | 9 | 9 | | |
| None | | | | Military ± 20% |
| Gold | | | 0.1 / Mil. Dec. Pt. | Both ± 5% |
| Silver | | | 0.01 | Both ± 10% |

**आकृती क्र.1.14**

उदाहरण

दिलेल्या .इंडक्टरचे अचूक मूल्य शोधा




दिलेला इंडक्टर हा 4 बँड चा आहे. त्यातील पहिले दोन बँड प्रतिरोध मूल्य , तिसरा बँड गुणक (Multiplier) आणि चवथा बँड त्याची सहिष्णुता (Tolerance )दर्शवतात .(आकृती क्र 1.14 वरून)

पहिला बँड - रेड - 2

दुसरा बँड - व्हायलेट- 7

तिसरा बँड - ब्राऊन - 10 (गुणक)

चवथा बँड- येलो (tolerance) - +/- 4%

दिलेला विद्युत-रोधक(Resistor)ची गणना आहे - 270µH, +/- 4%

==================================================================

**इंडक्टर्सचे अनुप्रयोग(Applications)**

1.फिल्टर्स

2.सेन्सर्स

**इंडक्टर्सचे तपशील:(Specification)**

1.DC प्रतिकार (DCR)

2. कमाल DC विद्युत् प्रवाह

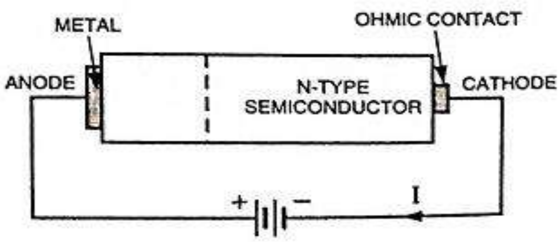
3. इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक हस्तक्षेप (Electromagnetic Interfernce)

**1.3 एकध्रुवीय (युनिपोलर) आणि द्विध्रुवीय (बायपोलर) घटकांची संकल्पना. (Concept of Unipolar and Bipolar Devices.)**

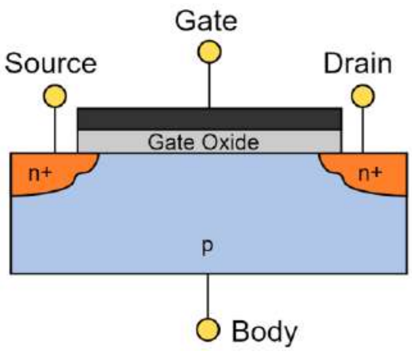
**एकध्रुवीय घटके:** एकध्रुवीय घटकांमध्ये, विद्युत् प्रवाह फक्त एका वाहकामुळे वाहतो एकतर फक्त Holes मुळे किंवा Electrons मुळे.

**उदाहरणे:**

1. स्कॉटकी (Schottky) डायोड (आकृती क्र.1.15a) हे एक ध्रुवीय उपकरण आहे, म्हणजे त्यात फक्त इलेक्ट्रॉन हे चार्ज वाहक असतात




**आकृती क्र.1.15a: स्कॉटकी (Schottky) डायोड**



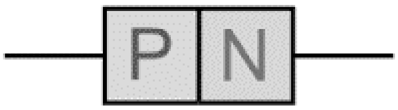

**आकृती क्र.1.15b: FET**

2. FET (**आकृती क्र.1.15b)** ला एकध्रुवीय ट्रान्झिस्टर म्हणून ओळखले जाते कारण ते फक्त एका वाहकामुळे वाहतो .

**द्विध्रुवीय घटके:** ह्या घटकांमध्ये, विद्युत् प्रवाह हा दोन्ही वाहकामुळे असतो (म्हणजे होलस् किंवा इलेक्ट्रॉनमुळे).

उदाहरण

P-N जंक्शनमध्ये ((आकृती क्र.१.१६), दोन प्रकारचे चार्ज वाहक असतात,electrons( इलेक्ट्रॉन) आणि holes (होलस्) दोन्ही प्रभार वाहक म्हणून काम करतात.



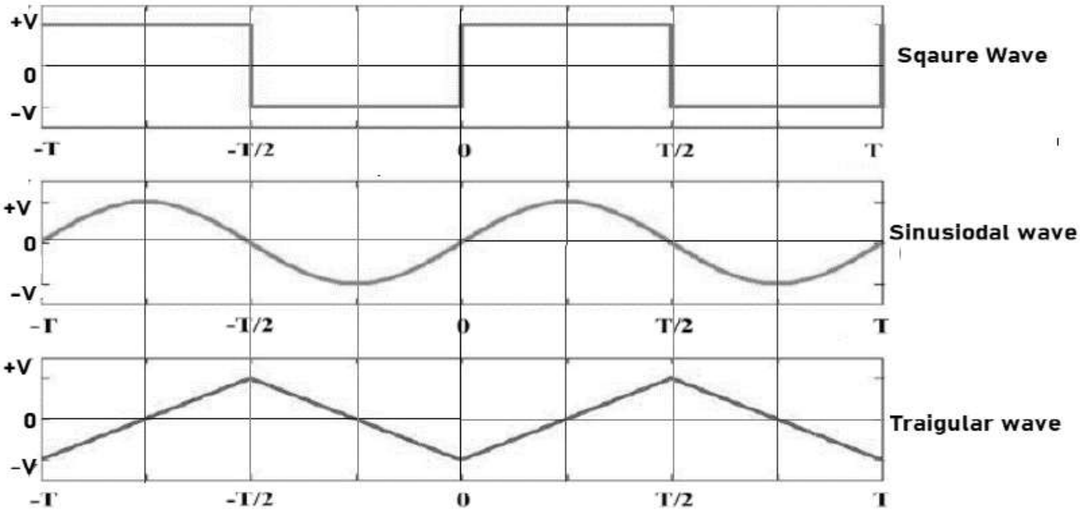

**आकृती क्र.1.16 :पी-एन (P-N) जंक्शन डायोड**

**1.4 सिग्नलचे वर्गीकरण- साइनसॉइडल, त्रिकोणी आणि चौरस आकारांमधील.**

**व्याख्या:** सिग्नल (Signal) हे भौतिक घटनेच्या स्वरूपाची माहिती देते जे एक किंवा अधिक व्हेरिएबलचे व्दारे परिभाषित केले जाते.

अणुविद्युत तंत्राध्यानामध्ये, सिग्नल हे एक विद्युत प्रवाह आहे जे एका सिस्टम किंवा नेटवर्कमधून दुसऱ्या सिस्टममध्ये डेटा वाहून नेते. सिग्नल हे वेळेनुसार बदलणारा विद्युत-दाब असेल,किंवा विद्युत चुंबकीय तरंग जो माहिती वाहून नेणारे देखील असेल , वा ते विद्युत् प्रवाहासारखे इतर प्रकार घेऊ शकते.

सिग्नल एनालॉग (Analog) किंवा डिजिटल (Digital) असू शकते.
सिग्नल सायनसिओडल, ट्रेनगुलर किंवा स्क्वेअर वेव्हफॉर्मच्या (आकृती क्र.1.17 ) स्वरूपात सादर केले जाते.




**आकृती क्र.1.17: सिग्नल वेव्हफॉर्म**

**स्क्वेअर सिग्नल वेव्हफॉर्म:** स्क्वेअर-वेव्ह वेव्हफॉर्म्स इलेक्ट्रॉनिक आणि मायक्रो इलेक्ट्रॉनिक परीपाथांमध्ये (सर्किट्समध्ये) वेळ नियंत्रण सिग्नलसाठी मोठ्या प्रमाणावर वापरले जातात कारण ते सममितीय वेव्हफॉर्म (symetrical waveform) आहेत. जवळपास सर्व डिजिटल लॉजिक सर्किट्स त्यांच्या इनपुट आणि आउटपुट गेट्सवर स्क्वेअर वेव्ह वेव्हफॉर्म वापरतात. ते फक्त दोन सिग्नल मूल्ये '+ V' किंवा '-V ' मूल्ये दर्शवतात.

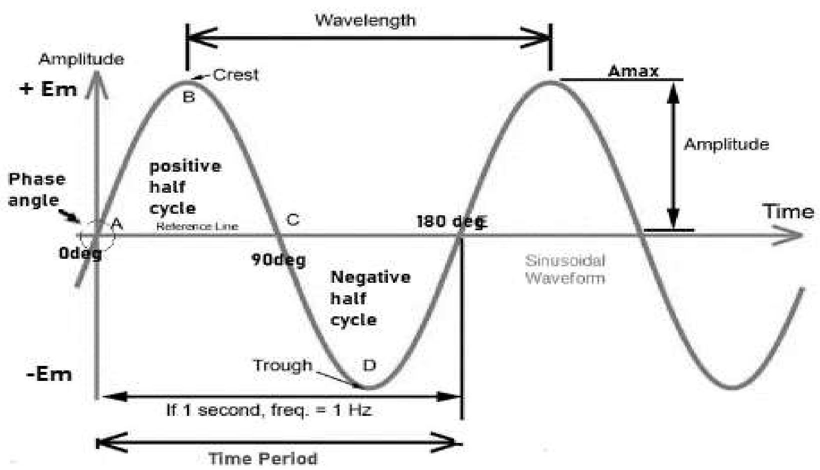
**सायनसिओडल सिग्नल वेव्हफॉर्म** : एक सायनसॉइडल वेव्हफॉर्म ज्याला त्याचे चक्र पूर्ण होण्यासाठी एक सेकंद लागतो त्याचा कालावधी एक सेकंदाचा असतो.

**ट्रेनगुलर सिग्नल वेव्हफॉर्म:** ट्रेनगुलर वेव्हफॉर्म्स हे सामान्यतः द्वि-दिशात्मक नॉन-साइनसॉइडल वेव्हफॉर्म्स असतात जे सकारात्मक आणि नकारात्मक शिखर मूल्यामध्ये (In Peak Values) दोलन (Oscillate) करतात. ट्रेनगुलर वेव्हफॉर्म्स ही एक सममितीय रेषीय रॅम्प वेव्हफॉर्म आहे कारण ती फक्त एक स्थिर वारंवारता किंवा दराने हळू वाढणारा आणि घसरणारा विद्युत-दाब सिग्नल आहे.

**1.5 सिग्नल वेव्हफॉर्म, टाईम व फ्रिक्वेन्सी डोमेन, फ्रिक्वेन्सी, फेझ, वेवलेन्थ दर्शवा.**

**1.5.1 सिग्नल वेव्हफॉर्म (Signal waveform):**

**अँप्लीट्युड (Amplitude):** साइन वेव्ह सिग्नलचे संदर्भ रेषेतून प्राप्त केलेली कमाल उंची म्हणजे सिग्नलची अँप्लीट्युड(आकृती क्र.1.18 नुसार).




**आकृती क्र.1.18: साइन वेव्हफॉर्म सिग्नल आणि त्याचे पॅरामीटर्स**

**वेव्हफॉर्मचा कालावधी (Time Period):** एका सिग्नल चक्रासाठी लागणारा वेळ (शून्य व्होल्टपासून +Em, शून्य, आणि -Em वरून पुन्हा शून्यावर) ला वेव्हफॉर्मचा कालावधी म्हणून संदर्भित केले जाते आणि त्यास 'T ' म्हणून संबोधित केले जाते. ते सेकंद ह्या आंतरराष्ट्रीय एकक व्दारे मोजले जाते.

फ्रिक्वेन्सी:

**वारंवारता (Frequency)** ही AC साइन वेव्हमधील प्रति सेकंद चक्रांची संख्या आहे. हर्ट्झ(Herz) हे 1 चक्र प्रति सेकंदाच्या समान वारंवारतेचे आंतरराष्ट्रीय एकक आहे.

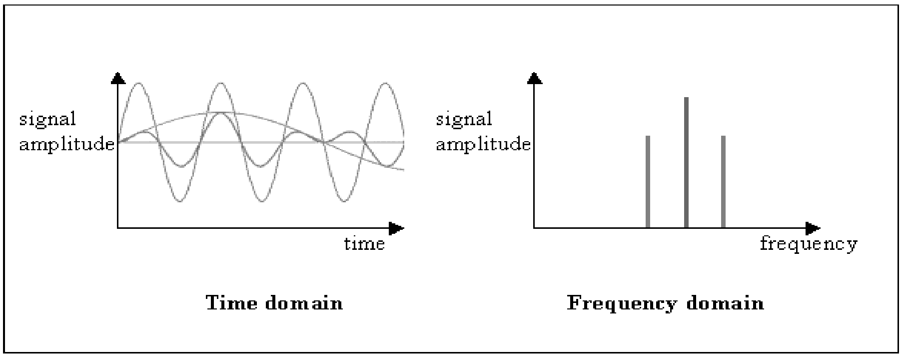
**फेझ (Phase)**: साइन वेव्हचा फेझ एक कोनीय मापन आहे जे संदर्भाच्या सापेक्ष साइन वेव्हची स्थिती पुष्टी करतो.फेज वेव्हफॉर्मची सापेक्ष प्रारंभ स्थिती देतो. ते अंश किंवा रेडियन युनिटमध्ये मोजले जाते.

**साइन वेव्हची तरंगलांबी(वेवलेन्थ ,Wavelength)** : साइन वेव्हची तरंगलांबी(Wavelength), λ,ही दोन क्रेस्ट्स (वर), किंवा कुंड (तळाशी) कोणत्याही दरम्यान मोजली जाऊ शकते (आकृती क्र.18 मध्ये दर्शविले आहे.)

**1.5.2 टाईम व फ्रिक्वेन्सी डोमेन:** विद्युत सिग्नलमध्ये वेळ आणि फ्रिक्वेन्सी (Frequency) डोमेन मांडता येतात.

**टाइम डोमेनमध्ये**, संदर्भ रेषा ही टाईमची असते. विद्युत-दाब किंवा विद्युत् प्रवाह हे वेळेनुसार बदलतात. आकृती क्र.1.19: नुसार. उदाहरणार्थ ऑसिलोस्कोपवर मोजलेले सिग्नल टाइम डोमेनमध्ये प्रदर्शित केले जातात .

**फ्रिक्वेन्सी डोमेनमध्ये**, संदर्भ रेषा ही फ्रिक्वेन्सीची असते. सिग्नलचे परिमाण आणि फेझ फ्रिक्वेन्सीनुसार बदलते




**आकृती क्र.1.19: टाईम व फ्रिक्वेन्सी डोमेन सिग्नल**

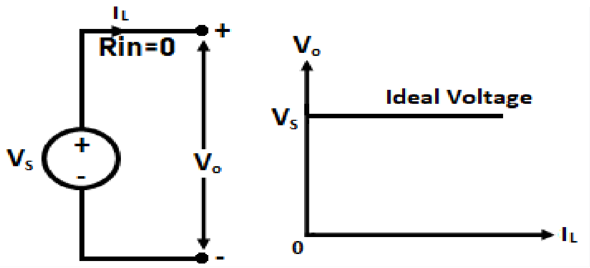
**1.6 विद्युत-दाब व विद्युत् प्रवाह स्त्रोत: मानक आणि व्यावहारिक स्त्रोत**

**1.6.1. विद्युत-दाब स्त्रोत (Voltage Source)**

विद्युत-दाब स्त्रोत, जसे की बॅटरी किंवा जनरेटर, विद्युत सर्किटमधील दोन बिंदूंमधील संभाव्य फरक (विद्युत-दाब) प्रदान करतो ज्यामुळे विद्युत प्रवाह त्याच्याभोवती वाहू शकतो. बॅटरी ही सर्वसाधारणपणे सर्किटसाठी विद्युत-दाब स्त्रोत म्हणून वापरले जाते.

**1.6.1.1 आयडियल विद्युत-दाब स्त्रोत (Ideal Voltage Source) :**

एक स्थिर विद्युत-दाब स्त्रोत जो त्याच्या टर्मिनल्सवर कितीही विद्युतप्रवाह काढला असला तरीही स्थिर किंवा निश्चित प्रमाणात विद्युत-दाब राखतो. अशा प्रकारे आयडियल विद्युत-दाब स्त्रोताचे आउटपुट त्याच्याशी जोडलेल्या विद्युत- भारपासून (Load Resistance) स्वतंत्र आहे. आकृती क्र.1.20आयडियल विद्युत-दाब स्त्रोताचे प्रतीक प्रतिनिधित्व आणि VI आलेख सरळ रेषेद्वारे दर्शविलेले आहे.




**आकृती क्र.1.20 आयडियल विद्युत-दाब स्त्रोताचे प्रतीक**

एक **आयडियल** विद्युत-दाब स्त्रोत हे **स्वतंत्र विद्युत-दाब स्त्रोत (Independent Voltage Source)** म्हणून ओळखले जाते कारण त्याचे विद्युत-दाब स्त्रोतातून वाहणाऱ्या विद्युत प्रवाहाच्या मूल्यावर किंवा त्याच्या दिशेवर अवलंबून नसते ते केवळ स्त्रोताच्या मूल्यावर अवलंबून असते.

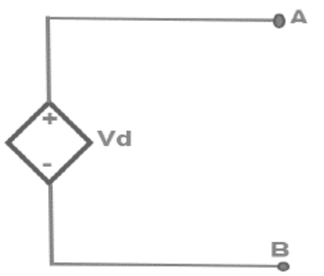
**आयडियल** विद्युत-दाब स्त्रोताची कॅरेक्टरस्टिक

1.स्त्रोताचा अंतर्गत प्रतिकार-रोध (Internal Resistance) नाही, Rin = 0

2.आयडियल विद्युत-दाब स्त्रोताचे आउटपुट त्याच्याशी जोडलेल्या विद्युत- भारपासून स्वतंत्र आहे त्यामुळे स्वतंत्र , स्थिर विद्युत-दाब प्रदान करते

3.अमर्यादित विद्युत प्रवाह प्रदान करते.

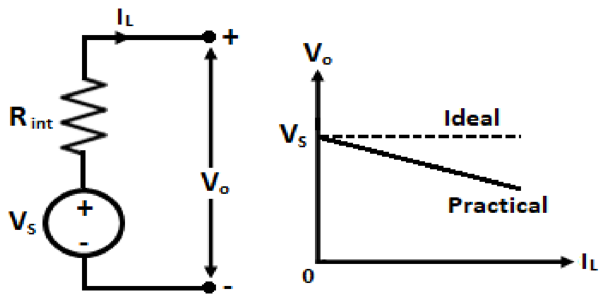
**डिपेंडंट विद्युत-दाब स्त्रोत,**ज्याची परिमाण मुल्य एकतर विद्युत-दाबवर किंवा इतर सर्किट घटकांमधून वाहणाऱ्या विद्युत् प्रवाहावर अवलंबून असते. एक **डिपेंडंट विद्युत-दाब स्त्रोत,** डायमंड आकाराने दर्शविला जातात (आकृती क्र. 1.21). हे ट्रान्झिस्टर आणि ऑपरेशनल अँम्प्लीफायर्स सारख्या अनेक इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांसाठी समतुल्य विद्युत स्रोत म्हणून वापरला जातात.




**आकृती क्र1.21 डिपेंडंट विद्युत-दाब स्त्रोताचे प्रतीक**

**1.61.2. व्यावहारिक विद्युत-दाब स्त्रोत (Practical Voltage Source) :**

प्राक्टिकली, स्त्रोताचे टेमिनल विद्युत-दाब, विद्युत- भार विद्युत् प्रवाहच्या वाढीसह कमी होते. सर्व विद्युत-दाब स्त्रोतांमध्ये खूप लहान अंतर्गत प्रतिकार-रोध असल्यामुळे त्यांचे टर्मिनल विद्युत-दाब कमी होते कारण ते जास्त विद्युत- भार विद्युत् प्रवाह पुरवतात (आकृती क्र.1.22).




**आकृती क्र.1.22: व्यावहारिक विद्युत-दाब स्त्रोत**

व्यावहारिक विद्युत-दाब स्त्रोताचे गुणधर्म खालीलप्रमाणे आहेत,

1.व्यावहारिक किंवा वास्तविक विद्युत-दाब स्त्रोतामध्ये मर्यादित अंतर्गत प्रतिकार असतो.

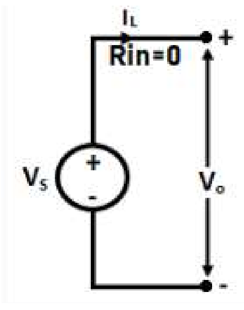
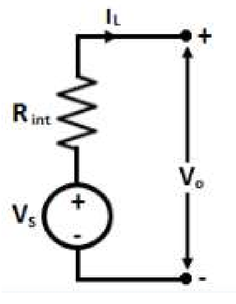
2.अंतर्गत प्रतिकारामुळे विद्युत-दाबमध्ये घट होते जी विद्युत- भारद्वारे काढलेल्या विद्युत् प्रवाहावर अवलंबून असते.

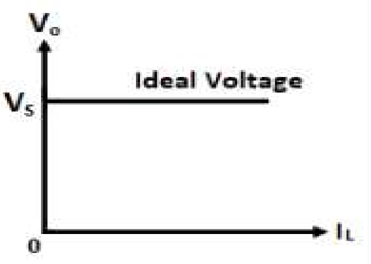
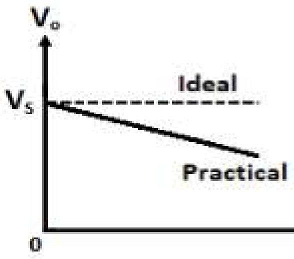
3.अंतर्गत प्रतिकारामुळे, व्यावहारिक विद्युत-दाब स्त्रोताचे टर्मिनल विद्युत-दाब वास्तविक स्रोत विद्युत-दाबपेक्षा वेगळे असेल.

4.व्यावहारिक विद्युत-दाब स्त्रोत अंतर्गत प्रतिकार असलेल्या मालिकेतील आदर्श विद्युत-दाब स्त्रोताच्या समतुल्य आहे

**1.6.1.3. आयडियल आणि व्यावहारिक विद्युत-दाब स्त्रोतांमधील फरक (तक्ता क्र. 1.3)**

**तक्ता क्र. 1.3: आयडियल आणि व्यावहारिक विद्युत-दाब स्त्रोतांमधील फरक**

| आयडियल विद्युत-दाब स्त्रोत (Ideal Voltage Source) | व्यावहारिक विद्युत-दाब स्त्रोत (Practical Voltage Source) |
|---|---|
| **DIAGRAM:**   | **DIAGRAM:**   |

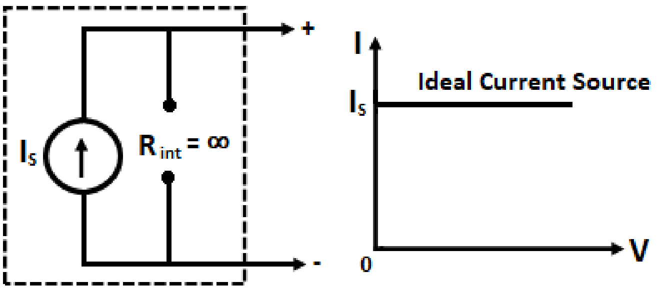
| **आयडियल विद्युत-दाब स्रोत (Ideal Voltage Source)** | **व्यावहारिक विद्युत-दाब स्रोत (Practical Voltage Source)** |
|---|---|
| **Characteristics: V-I आलेख**   | **Characteristics: V-I आलेख**   |
| विद्युत-दाब स्रोताला शून्य अंतर्गत प्रतिरोध (Resistance, Rin) आहे. त्यामुळे टर्मिनल विद्युत-दाब आणि इनपुट विद्युत-दाब समान असते. | विद्युत-दाब स्रोताला मर्यादि अंतर्गत प्रतिरोध (Resistance, Rin) आहे त्यामुळे टर्मिनल विद्युत-दाब आणि इनपुट विद्युत-दाब समान नसते |

**1.6.2. विद्युत् प्रवाह स्रोत (Current Source) :**

विद्युत् प्रवाह स्रोत हा विद्युत उर्जेचा स्रोत आहे. जो विद्युत सर्किटमधील सक्रिय घटक आहे. तो सर्किटमध्ये विद्युत ऊर्जा प्रदान करतो.विद्युत् प्रवाह स्रोताची काही उदाहरणे म्हणजे फोटोइलेक्ट्रिक सेल, ट्रान्झिस्टरमधील कलेक्टर विद्युत् प्रवाह इ. विद्युत-दाब स्रोतांप्रमाणेच, विद्युत् प्रवाह स्रोतांचे देखील आयडियल आणि व्यावहारिक प्रवाह स्रोतांमध्ये वर्गीकरण केले जाते.

**1.6.2.1.आयडियल विद्युत् (विद्युत् प्रवाह) स्रोत (Ideal Current Source) :**

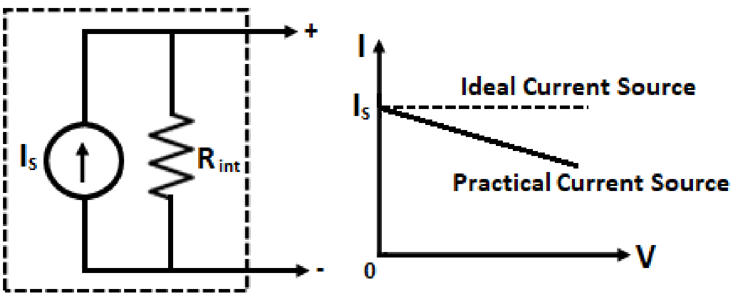
आयडियल विद्युत् स्रोत हा एक स्थिर विद्युत् स्रोत आहे जो त्याच्या विद्युत-दाब आणि त्याच्याशी जोडलेला भार विचारात न घेता समान विद्युत प्रवाह पुरवतो. आयडियल विद्युत् स्रोताद्वारे पुरवठा केलेला विद्युत् प्रवाह (विद्युत् प्रवाह) स्थिर राहिल्यामुळे, त्यावरील विद्युत-दाब त्याच्याशी जोडलेल्या विद्युत- भारच्या मूल्यावर अवलंबून असते. आदर्श विद्युत् प्रवाह स्रोताचे चिन्ह आणि V-I आलेख आकृती क्र.1.23 मध्ये दर्शविले आहे. बाण विद्युत् स्रोताद्वारे उत्पादित प्रवाहाची दिशा सरळ रेषेद्वारे दर्शविलेले आहे.




**आकृती क्र.1.23आयडियल विद्युत् प्रवाह स्रोताचे प्रतीक**

**1.6.2.2. व्यावहारिक विद्युत् (विद्युत् प्रवाह) स्रोत (Practical Current Source) :**

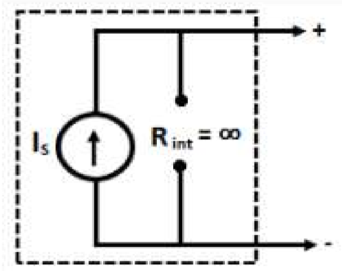
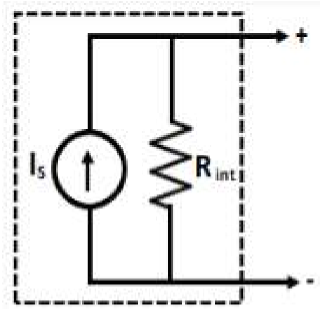
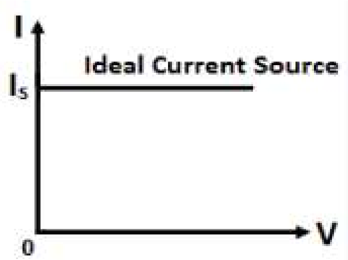
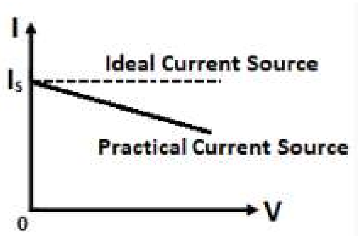
व्यावहारिक विद्युत् स्रोतांना अंतर्गत स्रोत प्रतिरोध असतो, याला काही विद्युत प्रवाह लागतो म्हणून या व्यावहारिक स्रोताचे वैशिष्ट्य सरळ रेषेत नाही (आकृती क्र.1.24) , त्याचे मुल्य कमी होत जाते कारण विद्युत प्रवाह आ दोन भागांमध्ये विभागला जात आहे, विद्युत प्रवाहाचा एक भाग समांतरअसलेल्या. प्रतिरोध, Rint मधून वाहतो आणि विद्युत् प्रवाहाचा दुसरा भाग थेट आउटपुट टर्मिनल्सकडे वाहतो.




**आकृती क्र. 1.24: व्यावहारिक विद्युत् प्रवाह स्रोत**

**1.6.2.3. आयडियल आणि व्यावहारिक विद्युत् प्रवाह स्त्रोतांमधील फरक (तक्ता क्र. 1.4)**

**तक्ता क्र. 1.4 आयडियल आणि व्यावहारिक विद्युत् प्रवाह स्त्रोतांमधील फरक**

| आयडियल विद्युत् प्रवाह स्त्रोत (Ideal Current Source) | व्यावहारिक विद्युत् प्रवाह स्त्रोत (Practical Current Source) |
|---|---|
| **DIAGRAM:**   | **DIAGRAM:**   |
| **Characteristics: V-I आलेख**   | **Characteristics: V-I आलेख**   |
| **विद्युत् प्रवाह स्त्रोताला (आदर्श) स्त्रोतामध्ये असीम अंतर्गत प्रतिकार असणे आवश्यक आहे. त्यामुळे टर्मिनल विद्युत् प्रवाह आणि इनपुट विद्युत् प्रवाह समान असते.** | **विद्युत् प्रवाह स्त्रोताला मर्यादित अंतर्गत प्रतिरोध (Resistance, Rin) समांतर असल्यामुळे आहे त्यामुळे टर्मिनल विद्युत् प्रवाह आणि इनपुट विद्युत् प्रवाह समान नसते. काही विद्युत् प्रवाह अंतर्गत प्रतिरोधातुन वाहतो.** |

**सोडवलेली उदाहरणे:**

1. दिलेल्या विद्युत-रोधक(Resistor) कलर कोड सांगा, (सहिष्णुतेच्या मूल्याकडे दुर्लक्ष करून- ignore tolerance value.)-

   a. 33 Ω; b. 200 kΩ; c. 750 Ω; d. 43 kΩ; e. 1.2 MΩ

**उत्तर:**

a. $33\ \Omega = 33 \times 10^0\ \Omega$

   3 – orange, 3 – orange, 0 - black

   कलर कोड - orange, orange, black.

b. $200\ k\Omega = 200{,}000\ \Omega = 20 \times 10^4\ \Omega$

   2 – red, 0 – black, 4 - yellow

   कलर कोड - red, black, yellow.

c. $750\ \Omega = 750\ \Omega = 75 \times 10^1\Omega$

   7 – purple, 5 – green, 1 - brown

   कलर कोड - purple, green, brown.

d. 43 kΩ- 43,000 = 43×x $10^3$Ω
4 – yellow, 3 – orange, 3 - orange
कलर कोड - yellow, orange, orange.

e. 1.2 MΩ= 1200 kΩ = 1,200,000 Ω = 12 × $10^5$Ω
1 –brown,2 – red,5 - green
कलर कोड - brown, red, green.

**दिलेल्या विद्युत-रोधक(Resistor)च्या विद्युत-रोधाची (प्रतिकाराची ) गणना करा.**

a. Yellow, purple, red, and gold
b. orange, white, brown, and gold
c. green, blue, yellow, and silver
d. brown, black, green, and colorless
e. red, red, red, and gold

**उत्तर:**

**a.** yellow = 4
purple = 7
red = 2
gold(tolerance) = ± 5%
दिलेला विद्युत-रोधक(Resistor)ची गणना आहे - 4700 Ω or 4.7 kΩ ,± 5%

**b.** orange = 3
white = 9
brown = 1
gold (tolerance) = ± 5%
दिलेला विद्युत-रोधक(Resistor)ची गणना आहे- 390 Ω , ± 5%

**c.** Green = 5
blue = 6
yellow = 4
Silver(tolerance) = ± 10%
दिलेला विद्युत-रोधक(Resistor)ची गणना आहे- 560,000 Ω or 560 kΩ , ± 10%

**d.** brown = 1
black = 0
Green = 5
colorless (tolerance) = ± 20%
दिलेला विद्युत-रोधक(Resistor)ची गणना आहे- 1000000 Ω or 1 MΩ , ± 20%

**e.** red = 2
red = 2
red = 2
gold (tolerance) = ± 5%
दिलेला विद्युत-रोधक(Resistor)ची गणना आहे- 2200 or 2.2 kΩ ,± 5%

**स्वाध्याय: (Self-learning)**

1. विविध प्रकारचे विद्युत सिग्नल सांगा आणि सर्व प्रकारचे वेव्हफॉर्म काढा.
   State different types of electrical signal and draw all types of waveforms.
2. खालील विद्युत घटकांचे तपशील व उपयोग सांगा(i) विद्युत-रोधक(Resistor),(ii) कॅपेसिटर, (iii) इंडक्टर्स
   State the applications and specification of (i) Resistor, (ii) Capacitor, (iii)Inductor
3. सक्रिय आणि निष्क्रिय घटकांमधील फरक सांगा
   Differentiate between active and passive components
4. आयडिल आणि व्यावहारिक विद्युत् प्रवाह स्त्रोतातील फरक सांगा
   Differentiate between ideal and practical current source
5. आयडिल आणि व्यावहारिक विद्युत-दाब स्त्रोतातील फरक सांगा
   Differentiate between ideal and practical Voltage source
6. व्याख्या सांगा : कॅपेसिटन्स, इंडक्टन्स, रेझिस्टन्स
   Define : capacitance, Resistance , inductance
7. दिलेल्या घटकांचे विद्युत चिन्ह सांगा व त्याचे एकक सांगा. विद्युत-रोधक( Resistor), कॅपेसिटर(capacitor), इंडक्टर्स (inductors)
   Give the symbol and unit of measurement of following electronic components
8. दिलेल्या विद्युत-रोधक(Resistor)चे (Resistor) रंग कोड ओळखा i) 220Ω, 10% आणि ii) 1.2KΩ, 5% विद्युत-रोधक(Resistor).)
   Write the the color code for given Resistor i) 220Ω- 10% and ii) 1.2KΩ 5% Resistor

**लघुप्रकल्प** (Microproject)**:**

1. इलेक्ट्रॉनिक घटकांचा समावेश असलेला डिस्प्ले बोर्ड तयार करा
2. सक्रिय आणि निष्क्रिय घटक प्रदर्शित करण्यासाठी पोस्टर डिझाइन करा
3. विविध प्रकारचे विद्युत रोधक प्रदर्शित करणारा डिस्प्ले बोर्ड तयार करा
4. पेपर कॅपेसिटर डिझाइन करा आणि त्याची क्षमता मोजा
5. विविध प्रकारचे कॅपेसिटर प्रदर्शित करणारा डिस्प्ले बोर्ड तयार करा

**संदर्भ**:

| Sr.No | Author | Title | Publisher with ISBN Number |
|---|---|---|---|
| 1 | V.K. Mehta, Rohit Mehta | Principles of Electronics | S.Chand and Company Ram Nagar New Delhi-110055, 11th edition 2014, ISBN 9788121924504 |
| 2 | B.L.Theraja | Basic Electronics | S. Chand Publishing, 2007, ISBN:9788121925556 |
| 3 | Mottershead,Allen | Electronic Devices and Circuit: An introduction | Goodyear Publishing Co. New Delhi ISBN: 9780876202654 |

# युनिट – 2
# सेमीकंडक्टर डायोड्स
# (Semiconductor Diodes)

**विषय निष्पत्ती (Course Outcome) :**

सेमिकंडकटर डायोडचे विविध उपयोग अभ्यासा

Use semiconductor diodes in different applications.

**युनिट निष्पत्ती(Unit Outcome) :**

2.a दिलेल्या डायोडचे ऑपरेशन तपासा.
Check the operation of the given diode

2.b दिलेल्या डायोडचे व्ही आय कॅरेक्टरस्टिक प्लॉट करा.
Characteristic of the given diode

2.c दिलेल्या रेक्टिफायरचे प्रकार, तत्त्व फिल्टरशिवाय आणि फिल्टरसह कामाचे वर्णन करा.
Describe working Principle of given type of Rectifier without and with Filter.

2.d दिलेल्या वेव-शेपिंग( wave shaping )सर्किटचे प्रकार स्पष्ट करा.
Explain given type of wave shaping circuits

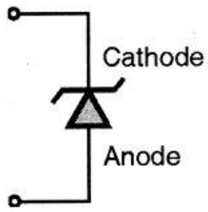
**परिचय:**

इलेक्ट्रॉनिक्समध्ये विविध उपकरणे आहेत ज्याचे विस्तृत अनुप्रयोग आहेत. हि सर्व उपकरणे सेमीकंडक्टर सिद्धांतावर आधारित आहेत. या प्रकरणात आपण सेमीकंडक्टर डायोड, P-N जंक्शन डायोड, टनेल सारख्या उपकरणांची कॅरेक्टरस्टिक आणि कार्य ह्याप्रकारांचा अभ्यास करणार आहोत.डायोड, झीनर डायोड, एलईडी आणि फोटोडायोड आणि त्यांचे अनुप्रयोग.

**2.1 रचना (Construction):**

**2.1.1 झीनर(Zener) डायोड:**

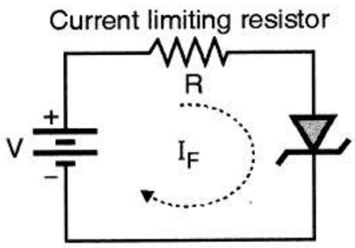
झीनर डायोड हा एक विशेष प्रकारचा **P-N** जंक्शन सेमीकंडक्टर डायोड आहे. त्याची रचना **(Construction)** **P-N** जंक्शन डायोडसारखी आहे. तथापि, झीनर(**Zener**) डायोड तयार करताना, रिव्हर्स ब्रेकडाउन**(Reverse Breakdown)** विद्युत-दाब **3V** ते **200 V** दरम्यान अचूकपणे समायोजित केले जाते. झीनर(**Zener**) डायोड तयार करण्यासाठी डोपिंगची पातळी ब्रेकडाउन विद्युत-दाबचे अचूक मूल्य समायोजित करण्यासाठी नियंत्रित केली जाते.




**आकृती 2. 1- झीनर(Zener) डायोड चिन्ह**

हे दोन टर्मिनलचे उपकरण आहे आणि टर्मिनल्स एनोड(Anode) आणि कॅथोड(Cathode) आहेत. चिन्हातील बाण हे झीनर(Zener) डायोडद्वारे प्रवाहाच्या पारंपारिक दिशेकडे निर्देशित करते, जेव्हा ते फॉरवर्ड बायास (Forward Bias) केले जाते.

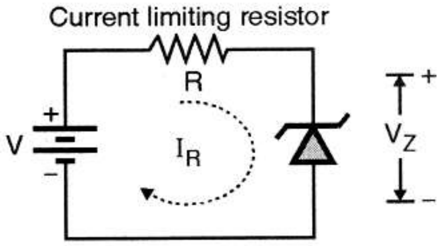
**फॉरवर्ड बायसिंग (forward Biasing)**




**आकृती 2. 2 - फॉरवर्ड बायास (forward biasing) झीनर(Zener) डायोड**

जेव्हा झीनर(Zener) डायोडचा एनोड(Anode) DC सोर्स च्या पॉजिटिव टर्मिनलशी (Terminal) जोडलेला असतो आणि कॅथोड(Cathode) नेगेटिव (Negative) टर्मिनलशी (Terminal) जोडलेला असतो, तेव्हा झीनर(Zener) डायोडला फॉरवर्ड बायास केले जाते असे म्हणतात. फॉरवर्ड बायस्ड जेनर डायोड फॉरवर्ड बायस्ड PN जंक्शन डायोड सारखाच वागतो.

**रिव्हर्स बायसिंग:**



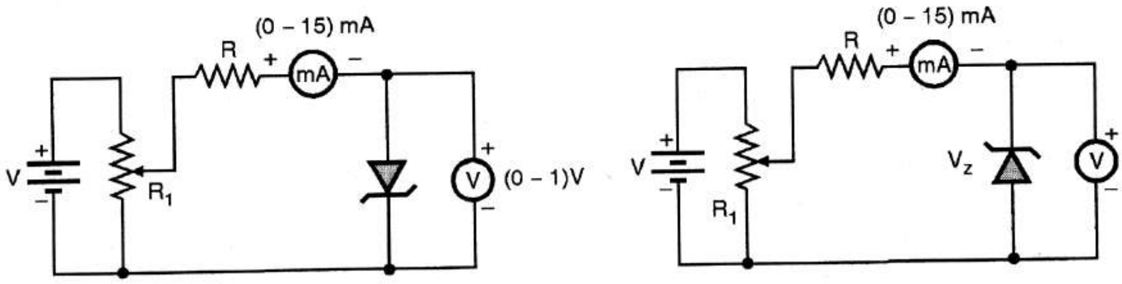

**आकृती 2. 3 - रिव्हर्स बायस झीनर(Zener) डायोड**

जेव्हा कॅथोड(Cathode) पॉझिटिव्ह (Positive) टर्मिनलशी जोडलेला असतो आणि एनोड (Anode) DC स्त्रोतच्या नेगेटिव (Negative) टर्मिनलशी जोडलेला असतो, तेव्हा झीनर(Zener) डायोडला रिव्हर्स बायसिंग म्हटले जाते. रिव्हर्स बायस स्थितीत झीनर(Zener) डायोडचे कार्यपद्धत(ऑपरेशन) PN जंक्शन डायोडपेक्षा वेगळी आहे.

झीनर (Zener) डायोडची V-I कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics):

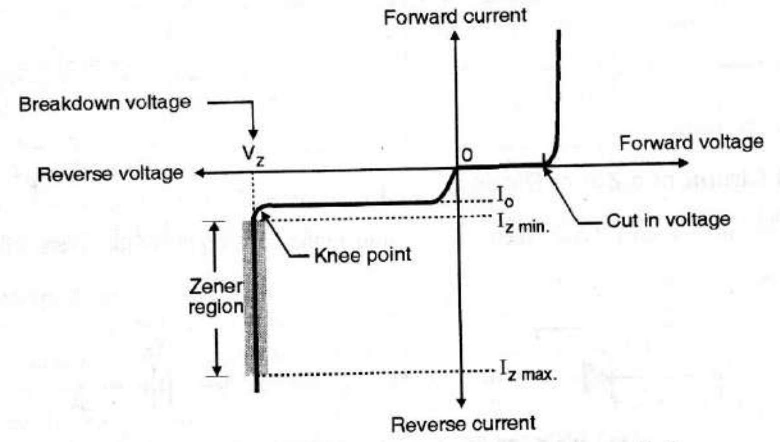
झीनर(**Zener**) डायोडची **V-I** कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics) दोन भागात विभागली जाऊ शकतात:

1. फॉरवर्ड कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics)
2. **रिर्वस** कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics)




**आकृती 2. 4 - फॉरवर्ड आणि रिर्वस (reverse) कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics) सेट उप**

**फॉरवर्ड कॅरेक्टरस्टिक (forward Characteristics)**: – झीनर(Zener) डायोडची फॉरवर्ड कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics) आकृति मध्ये दर्शविली आहेत. ती जवळजवळ P-N जंक्शन डायोडच्या फॉरवर्ड कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics) सारखीच आहे.




**आकृती 2. 5 - V-I कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics)**

**रिर्वस कॅरेक्टरस्टिक (Reverse Characteristics): –**

झीनर(**Zener**) डायोडची रिर्वस कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics) **P-N** जंक्शन डायोडपेक्षा वेगळी आहेत. ही कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics) दर्शविल्याप्रमाणे आहेत:

**1)** रिव्हर्स विद्युत-दाब वाढवल्याने**,** सुरुवातीला लिकेज विद्युत् प्रवाह **"I0"** जो मायक्रो ampere (**μ**A) असतो तो प्रवाहित होतो. हा प्रवाह थर्मली व्युत्पन्न अल्पसंख्याक विद्युतवाहकामुळे (Thermally Geenrated Minority Carriers) वाहतो.

**2)** ज्या रिव्हर्स विद्युत-दाबच्या मूल्यावर, रिव्हर्स विद्युत् प्रवाह अचानक वाढतो , त्याला ब्रेकडाउन असे म्हणतात. या ब्रेकडाउन विद्युत-दाबला झीनर(**Zener**) ब्रेकडाउन विद्युत-दाब किंवा झीनर(**Zener**) विद्युत-दाब असे म्हणतात आणि ते '$V_Z$' **ने** दर्शविले जाते.

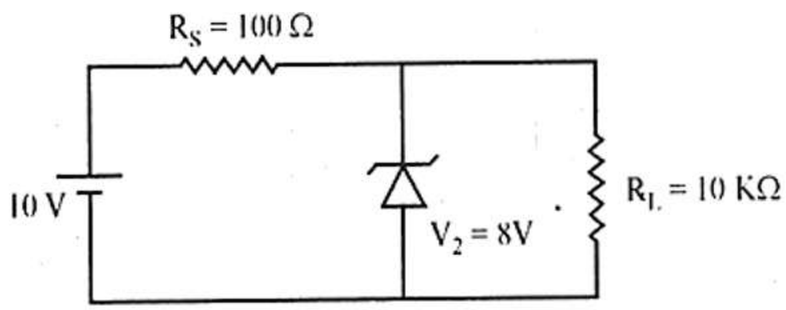
**3)** झीनर(**Zener**) डायोड तयार करताना **P** आणि **N** रीजन ची डोपिंग पातळी नियंत्रित करून $V_Z$ चे मूल्य अचूकपणे नियंत्रित केले जाऊ शकते.

**4)** ब्रेकडाउन झाल्यानंतर**,** झीनर(**Zener**) डायोडमधील विद्युत-दाब स्थिर राहतो

**5)** रिव्हर्स ब्रेकडाऊन नंतर झीनर(**Zener**) विद्युत् प्रवाह विद्युत-रोधकला(**Resistor**) **R** जोडून नियंत्रित करणे आवश्यक आहे. जास्त हीट झाल्यामुळे डिव्हाइसचे कोणतेही नुकसान टाळण्यासाठी हे आवश्यक आहे.

रिव्हर्स ब्रेकडाउननंतर**,** झीनर डायोडमधील विद्युत-दाब स्थिर राहतो परंतु विद्युत् प्रवाह बदलते. झीनर डायोड हा विद्युत-दाब नियंत्रक म्हणून चालवला जातो.

**प्रश्न: आकृती 2. 6 मध्ये दर्शविलेल्या सर्किटसाठी आउटपुट विद्युत-दाब V0, विद्युत- भार विद्युत् प्रवाह** IL, **झीनर(Zener) विद्युत् प्रवाह Iz आणि जेनर डायोडमध्ये शक्ती डिसिपेशन निश्चित करा.**




**आकृती 2. 6**

i)Vo=Vz =8V

ii) विद्युत- भार विद्युत् प्रवाह IL = Vo/RL = 8/(10x1000) =0.0008 = 0.8 mA

iii) झीनर(Zener) विद्युत प्रवाह (विद्युत् प्रवाह **)** Iz

Vo = Vin-Is.Rs

Is = (Vin- Vo)/Rs = (10-8)/100 =2/100 =0.02A आहे

Is=Iz+ IL

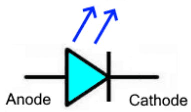
Iz=Is- IL=0.02 - 0.0008= 0.0192A

iv)शक्ती डिसिपेशन =VLx IL = 8x 0.0008 = 0.0064 = 6.4mW

**2.1.3 लाइट एमिटइंग डायोड(Light Emitting Diode):**

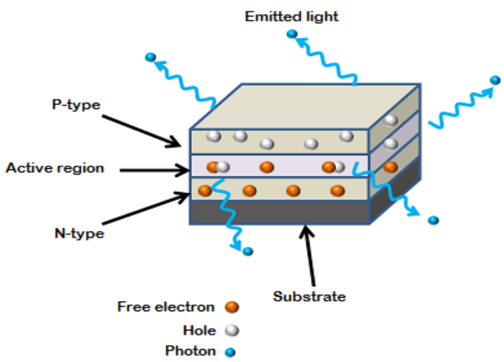
लाइट एमिटइंग डायोड (LED) हा एक विशेष तीव्र डोप केलेला P-N जंक्शन डायोड आहे जो फॉरवर्ड बायास असताना उत्स्फूर्त रेडिएशन उत्सर्जित करतो. हे विद्युत उर्जा (Electric Enegy) प्रकाश ऊर्जेमध्ये (Light Energy) रूपांतर करण्यासाठी वापरले जाते. ही उर्जा इन्फ्रा-रेड रेडिएशनच्या स्वरूपात एमिट होईल.

एलईडी एमिट करतो जेव्हा त्यावर विद्युत एनर्जि अप्लाय केली जाते.




**आकृती 2. 7a - एलईडी चिन्ह**

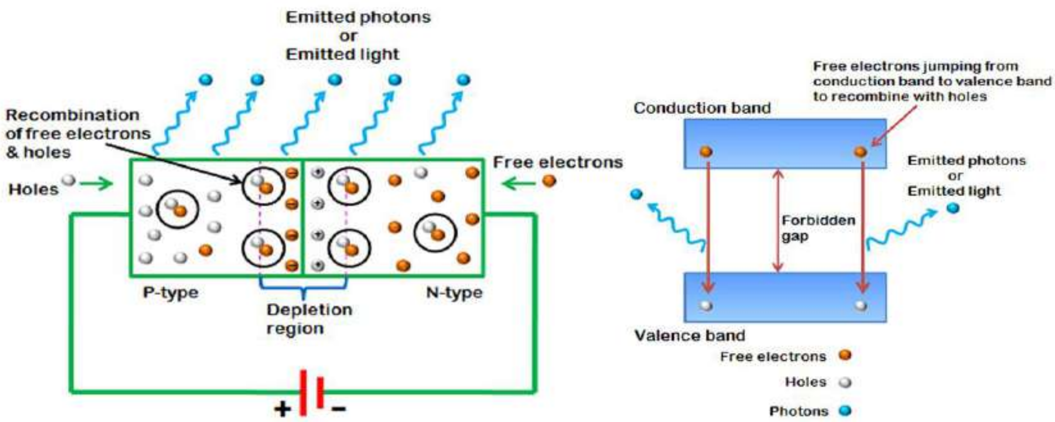
**रचना:**




**आकृती 2. 6b - एलईडी रचना**

LED तीन लेयेर्स्(Layers) नि बनलेले आहे जसे की P-टाइप सेमीकंडक्टर लेयर, N- टाइप सेमीकंडक्टर लेयर आणि ॲक्टिव रीजन. N- लेयरमध्ये मेजॉरिटी कॅरियेर्स् इलेक्ट्रॉन असतात तर P-लेयरमध्ये मेजॉरिटी कॅरियेर्स् होल्स(Holes) असतात. ॲक्टिव रीजन मध्ये समान प्रमाणात इलेक्ट्रॉन आणि होल्स(Holes) आहेत म्हणून तेथे मेजॉरिटी चार्ज कॅरियेर्स् नाहीत. ॲक्टिव रीजनला डीप्लीशन रीजन असेही म्हणतात. या रीजन मध्ये इलेक्ट्रॉन आणि होल्स(Holes) पुन्हा एकत्र होतात. जेव्हा इलेक्ट्रॉन आणि होल्स(Holes) एकत्र होतात तेव्हा लाइट एमिट होतो. होल्स(Holes) म्हणजे इलेक्ट्रॉनची अनुपस्थिती. ते हलत नाहीत. इलेक्ट्रॉन P-लेयरमधील होल्स(holes)सह शिफ्ट होतात आणि एकत्र होतात. म्हणून, P-लेयर एलईडीच्या वरच्यास्थानी ठेवण्यासाठी डिझाइन केले आहे

**एलईडीचे कार्य**




**आकृती 2. 7 - एलईडीचे कार्य**

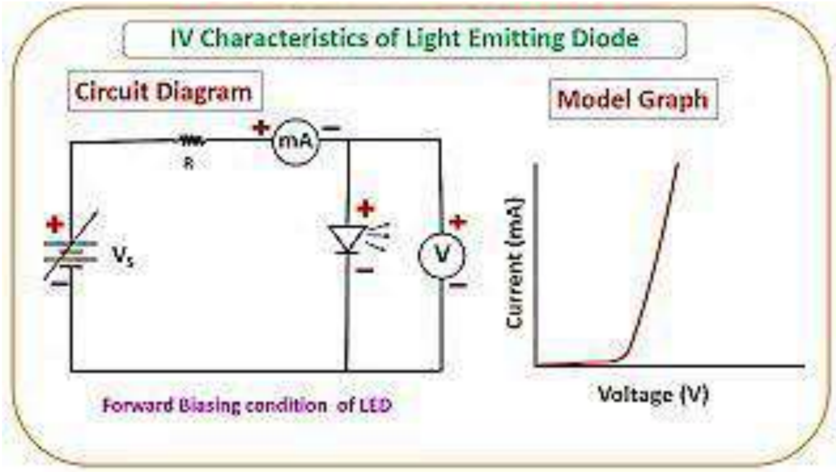
कोणत्याही सामान्य डायोडप्रमाणेच, LED किंवा लाइट एमिटग डायोड फक्त फॉरवर्ड बायसमध्ये चालतो म्हणजेच कॅथोड(Cathode)च्या तुलनेत एनोड(Anode) जास्त विद्युत-दाबवर ठेवला जातो, किंवा एनोड(Anode) पॉझिटिव्ह (Positive) टर्मिनलशी जोडलेला असतो आणि कॅथोड(Cathode) नेगेटिव (Negative) टर्मिनलशी जोडलेला असतो. N- रीजन मध्ये मेजॉरिटी चार्ज कॅरियेर्स् इलेक्ट्रॉन असतात तर P- टाइप मध्ये मेजॉरिटी चार्ज कॅरियेर्स् होल्स(Holes) असतात. त्याशिवाय, P-टाइप लेयरच्या तुलनेत N-टाइप लेयर तीव्र डोप(Doped) केलेला आहे

जेव्हा LED फॉरवर्ड बायस् असते, तेव्हा डीप्लीशन रीजन चे आकुंचन सुरू होते. त्यामुळे N-रीजन मधील इलेक्ट्रॉन्स आणि P-रीजन चे होल्स(Holes) जंक्शनमधून जाऊ लागतात. ते डीप्लीशन रीजन मध्ये पुन्हा एकत्र येण्यास सुरुवात होते. त्याच्या रीकॉमबीनेशन दरम्यान, कंडक्शन बँड मधील इलेक्ट्रॉन होल्स(Holes) सह पुन्हा एकत्र करून खालच्या व्हॅलेन्स बँड मध्ये येतात आणि लाइट एमिट करतात. रीकॉमबीनेशन(Recombination) नंतर, डीप्लीशन रीजनची विड्थ आणखी कमी होते आणि प्रकाशाची तीव्रता वाढते.

**वापरण्यात येणारे सेमीकंडक्टर साहित्य (semiconductor material used):**

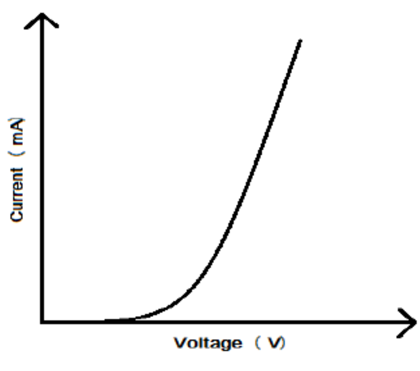
1. LED गॅलियम आर्सेनाइड (Ga,As), गॅलियम आर्सेनाइड फॉस्फाइड (Ga As P) आणि गॅलियम फॉस्फाइड (GaP) चे बनलेले असतात.
2. सिलिकॉन आणि जर्मेनियम वापरले जात नाहीत कारण ते मूलत: उष्णता निर्माण करणारी साहित्य मटेरीयल्स आहेत आणि लाइट जनरेट करण्यात फारच कमी आहेत.

**V-I कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics)**:




**आकृती 2. 8 - V-I कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics) सेट अप**

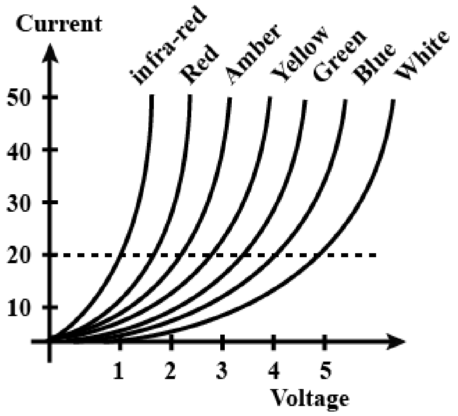
LED ची V-I कॅरेक्टरस्टिक सिलिकॉन डायोडच्या सेमीकंडक्टर सारखीच आहेत. LED चा कट इन विद्युत-दाब सिलिकॉन डायोड पेक्षा खूप जास्त आहे.




**आकृती 2. 9 - V-I कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics)**

LED मुळात एक सामान्य डायोड म्हणून कार्य करते म्हणजेच ते विद्युत् प्रवाह फ्लो ला फॉरवर्ड दिशेने परवानगी देते, म्हणून कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics) फक्त फॉरवर्ड विद्युत-दाब आणि फॉरवर्ड विद्युत् प्रवाह दाखवतो. ॲक्टिव रीजन च्या उपस्थितीमुळे LED चे फॉरवर्ड विद्युत-दाब सामान्य डायोडपेक्षा जास्त आहे. सुरुवातीला, LED विद्युत् प्रवाह वाहत नाही आणि जोपर्यंत फॉरवर्ड विद्युत-दाब कट इन (Cut-in) विद्युत-दाबपेक्षा जास्त होत नाही तोपर्यंत लाइट

जनरेट होत नाही. वेगवेगळ्या रंगाच्या LEDचे कट इन (cut-in) विद्युत-दाब वेगवेगळे असते. एकदा का एलईडीचे कंडक्शन सुरू झाले की, विद्युत् प्रवाह वेगाने वाढू लागतो जो एमिट होणाऱ्या प्रकाशाच्या तीव्रतेच्या थेट प्रमाणात असतो.




**आकृती 2. 10 V-I कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics)**

**फायदे**

1. LEDs लहान आकाराचे आणि हलके वजनाचे असतात. त्यामुळे डिस्प्लेची निर्मिती करताना छोट्या जागेत मोठ्या प्रमाणात LED पॅक करणे शक्य आहे.
2. ते वेगवेगळ्या स्पेकट्रल रंगांमध्ये उपलब्ध आहेत.
3. दिव्यांच्या तुलनेत त्यांचे आयुष्य जास्त असते.
4. LED द्वारे उत्सर्जित(emit) होणारा लाइट त्यामधून वाहणाऱ्या विद्युत् प्रवाहाच्या प्रमाणात असतो. म्हणून ऍप्लिकेशनच्या आवश्यकतेनुसार ब्राइटनेस बदलण्यासाठी LEDs मधून विद्युत् प्रवाह नियंत्रित करू शकतो.
5. ते उच्च कार्य गतीसाठी योग्य आहेत कारण ते चालू किंवा बंद करण्यासाठी कमी वेळ घेतात.

**तोटे:**

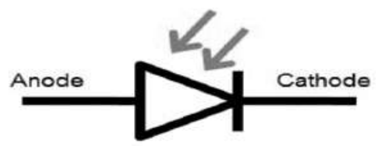
1. आउटपुट शक्ती तापमानातील बदलांमुळे प्रभावित होते.
2. ओव्हर विद्युत् प्रवाह आणि रिव्हर्स विद्युत-दाबमुळे ते सहजपणे खराब होतात.
3. त्यांच्या ऑपरेशनसाठी त्यांना मोठ्या शक्ती ची आवश्यकता आहे.

**अनूप्रयोग:**

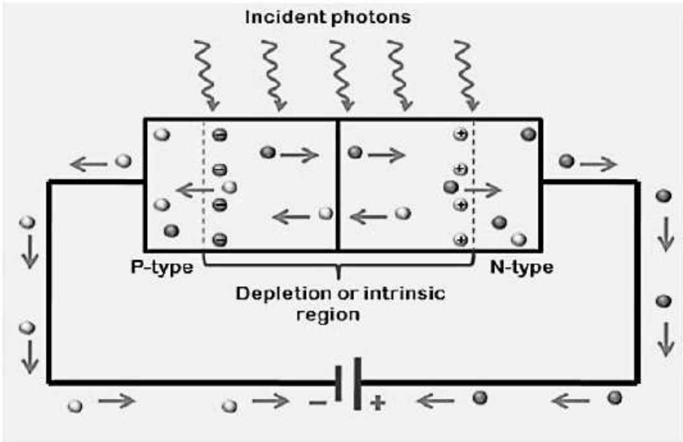
1. लाइट सोर्स म्हणून ऑपटो कपलर्स (optocoupler) मध्ये वापरले जातात
2. इन्फ्रारेड रिमोट कंट्रोल्समध्ये.
3. विविध इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्समध्ये निर्देशक म्हणून.
4. एलईडी सेवेन सेगमेंट अल्फान्यूमेरिक डिस्प्ले मध्य वापरले जातात
5. फायबर ऑप्टिक कम्युनिकेशन सिस्टममध्ये लाइट सोर्स म्हणून वापरले जातात.

### 2.1.4 फोटो डायोड

हा प्रकाश संवेदकाचा एक प्रकार आहे जो प्रकाश एनर्जि चे विद्युत उर्जेमध्ये (विद्युत-दाब किंवा विद्युत् प्रवाह) रूपांतर करतो. फोटोडायोड हे PN जंक्शनसह सेमीकनडकटर उपकरणाचा एक प्रकार आहे. P (पॉजिटिव) आणि N (नेगेटिव) स्तरांदरम्यान, एक आंतरिक स्तर असतो. फोटो डायोड विद्युत् प्रवाह फ्लो निर्माण करण्यासाठी इनपुट म्हणून प्रकाश एनर्जि स्वीकारतो.




**आकृती 2. 11- फोटो डायोड चिन्ह**




**आकृती 2. 12 - फोटो डायोडचे कार्य**

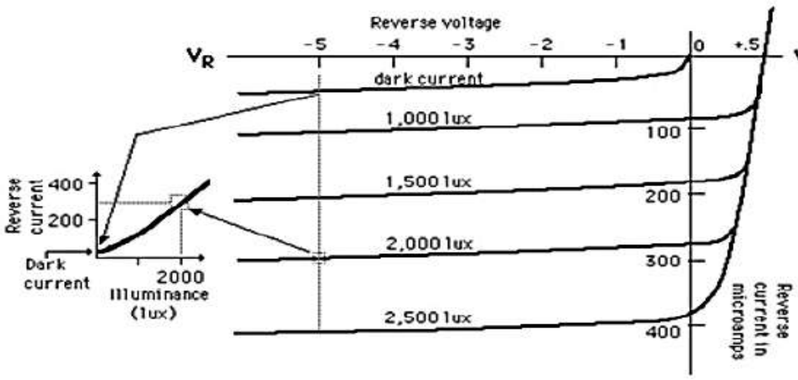
जेव्हा PN जंक्शन वर प्रकाश  प्रकाशित केला जातो, तेव्हा covalent बॉन्ड  आयनीकृत केले जातात. हे होळेस आणि इलेक्ट्रॉन जोड्या तयार करते. इलेक्ट्रॉन-होल जोड्यांच्या निर्मितीमुळे फोटोक्रंट्स तयार होतात. जेव्हा 1.1eV पेक्षा जास्त एनर्जि चे फोटॉन डायोडला आदळतात तेव्हा इलेक्ट्रॉन होल जोड्या तयार होतात. जेव्हा फोटॉन डायोडच्या कमी होण्याच्या प्रदेशात प्रवेश करतो तेव्हा ते हाय एनर्जि सह अणूवर आदळते. याचा परिणाम अणूच्या संरचनेतून इलेक्ट्रॉन सोडण्यात होतो. इलेक्ट्रॉन सोडल्यानंतर, मुक्त इलेक्ट्रॉन आणि होल्स(holes)  तयार केले जातात.

सर्वसाधारणपणे, इलेक्ट्रॉनवर नेगेटिव (Negative)  चार्ज असेल आणि होल्स(holes) मध्ये पॉसिटवे चार्ज  असेल.  डीपलिशन एनर्जि  मध्ये  इलेक्ट्रिक क्षेत्र असेल. त्या इलेक्ट्रिक  क्षेत्रामुळे इलेक्ट्रॉन-होल जोड्या जंक्शनपासून दूर जातात. म्हणून, होल्स(holes)  एनोड(Anode)कडे जातात आणि इलेक्ट्रॉन फोटोक्युरंट तयार करण्यासाठी कॅथोड(Cathode)मध्ये जातात.

फोटॉन शोषण तीव्रता आणि फोटॉन एनर्जि  एकमेकांशी थेट प्रमाणात आहेत. जेव्हा फोटोंची उर्जा कमी असेल तेव्हा शोषण जास्त होईल. ही संपूर्ण प्रक्रिया इनर फोटोइलेक्ट्रिक इफेक्ट म्हणून ओळखली जाते.

**फोटोडायोडची V-I कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics)**

फोटोडिओड रिव्हर्स बायस स्थितीत कार्य करते. रिव्हर्स विद्युत-दाब व्होल्ट्समध्ये X अक्षाच्या बाजूने प्लॉट केले जातात आणि मायक्रोअँपिअरमध्ये Y-अक्षासह उलट प्रवाह प्लॉट केला जातो. रिव्हर्स विद्युत् प्रवाह रिव्हर्स विद्युत-दाबवर अवलंबून नाही. प्रकाश इल्लूमीनेशन  नसताना, रिर्वस  विद्युत् प्रवाह जवळजवळ शून्य असेल. किमान विद्युत् प्रवाह  प्रमाणाला डार्क  विद्युत् प्रवाह   म्हणतात. एकदा प्रकाश वाढला की, डार्क  विद्युत् प्रवाह  देखील रेखीय वाढतो.




**आकृती 2. 13- फोटोडायोडची V-I कॅरेक्टरस्टिक (Characteristics)**

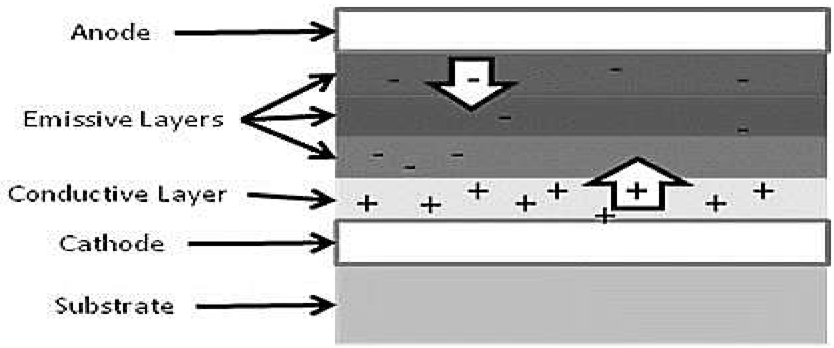
**फोटोडायोडचे अनुप्रयोग**

1. ऑप्टिकल कम्युनिकेशन: फायबर ऑप्टिक सिस्टममध्ये ऑप्टिकल सिग्नल्सचे रूपांतर करण्याकरिता.
2. प्रकाश सेन्सिंग(light sensing) : स्वयंचलित ब्राइटनेस नियंत्रण.
3. वैद्यकीय उपकरणे: पल्स ऑक्सिमीटर, हृदय गती मॉनिटर्स.
4. बारकोड स्कॅनर: परावर्तित प्रकाश शोधून बारकोड वाचणे.
5. ऑटोमोटिव्ह सिस्टम: सभोवतालचे प्रकाश सेन्सर, पावसाचे सेन्सर.
6. फ्लेम डिटेक्शन: इन्फ्रारेड रेडिएशन शोधून ज्वाला ओळखणे.
7. रिमोट कंट्रोल: रिमोट कंट्रोल उपकरणांसाठी इन्फ्रारेड रिसीव्हर्स.
8. लेझर शक्ती मॉनिटरिंग: लेसर बीमची तीव्रता मोजणे.
9. पर्यावरणीय देखरेख: विविध सेटिंग्जमध्ये सभोवतालच्या प्रकाशाची पातळी मोजणे.

**2.1.5 OLED**

**OLED** चा अर्थ ऑरगॅनिक लाइट-एमिटिंग डायोड आहे, हे टीव्ही, स्मार्टफोन, स्मार्टवॉच आणि इतर डिस्प्ले ऍप्लिकेशन्स यांसारख्या इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांमध्ये वापरले जाणारे डिस्प्ले तंत्रज्ञानाचा एक प्रकार आहे. पारंपारिक LCD (लिक्विड क्रिस्टल डिस्प्ले) तंत्रज्ञानाच्या विपरीत, OLEDs ला प्रकाश निर्माण करण्यासाठी बॅकलाइटची आवश्यकता नसते. त्याऐवजी, जेव्हा विद्युत प्रवाह लागू केला जातो तेव्हा OLED डिस्प्लेमधील प्रत्येक पिक्सेल स्वतःचा प्रकाश उत्सर्जित करतो.

**OLED ची मूलभूत रचना:**




**आकृती 2. 14 - OLED रचना**

1. सब्सट्रेट(Substrate)
   OLED ची रचना(Construction) एका सब्सट्रेटने सुरू होते, जे सामान्यत: काचेचे किंवा लवचिक प्लास्टिकचे बनलेले असते. सब्सट्रेट OLED स्तरांसाठी एक स्थिर आधार प्रदान करते.
2. एनोड(Anode) (सकारात्मक इलेक्ट्रोड)
   सब्सट्रेटवर लागू केलेला पहिला थर म्हणजे एनोड(Anode), जो सामान्यत: इंडियम टिन ऑक्साईड (ITO) सारख्या पारदर्शक प्रवाहकीय सामग्रीपासून बनलेला असतो. एनोड(Anode) सकारात्मक चार्ज वाहकांना (छिद्रे) त्यातून वाहू देतो.
3. सेंद्रिय स्तर(Organic Layers)
   एनोड(Anode)च्या वर, अनेक सेंद्रिय स्तर आहेत. या सेंद्रिय स्तरांमध्ये हे समाविष्ट आहे:
4. होल ट्रान्सपोर्ट लेयर (HTL)
   हा स्तर सकारात्मक चार्ज वाहक (छिद्र) च्या हालचाली सुलभ करतो.
5. उत्सर्जन स्तर
   हा मध्यवर्ती स्तर आहे जेथे प्रकाश उत्सर्जन होतो. त्यात सेंद्रिय रेणू असतात जे विद्युत प्रवाह लागू केल्यावर प्रकाश उत्सर्जित करतात. उत्सर्जित प्रकाशाचा रंग वापरलेल्या विशिष्ट सेंद्रिय रेणूंवर अवलंबून असतो.
6. इलेक्ट्रॉन ट्रान्सपोर्ट लेयर (ईटीएल)
   हा स्तर नकारात्मक चार्ज वाहक (इलेक्ट्रॉन) च्या हालचाली सुलभ करतो.

7. कॅथोड(Cathode) (नकारात्मक इलेक्ट्रोड)
   कॅथोड(Cathode) हा अंतिम स्तर आहे आणि तो सामान्यत: अशा सामग्रीपासून बनलेला असतो जो सेंद्रिय स्तरांमध्ये इलेक्ट्रॉनला कार्यक्षमतेने इंजेक्ट करतो. कॅथोड(Cathode)साठी ॲल्युमिनियम किंवा कॅल्शियम सारखी सामग्री सामान्यतः वापरली जाते.
8. एन्कॅप्सुलेशन
   आर्द्रता आणि ऑक्सिजनच्या संपर्कात येण्यापासून सेंद्रिय स्तरांचे(Organic Layers) संरक्षण करण्यासाठी, OLED डिस्प्ले अनेकदा संरक्षक स्तराने बंद केले जातात. हे एन्कॅप्सुलेशन लेयर OLED डिस्प्लेचे आयुष्य वाढवण्यास मदत करते.

**कामाचे तत्व:**

1. इलेक्ट्रॉन-होल जोडी तयार करणे:
   जेव्हा OLED संरचनेवर विद्युत-दाब लागू केले जाते तेव्हा ते विद्युत क्षेत्र तयार करते. हे विद्युत क्षेत्र कॅथोड (Cathode) मधून इलेक्ट्रॉनची हालचाल सुलभ करते आणि छिद्र (सकारात्मक चार्ज वाहक) एनोड(Anode)मधून सेंद्रिय स्तरांमध्ये जाते.
2. पुनर्संयोजन(Combination):
   उत्सर्जित थरामध्ये इलेक्ट्रॉन आणि छिद्रे एकत्र (पुन्हा एकत्र होतात), इलेक्ट्रॉन्स तयार करतात.
3. इलेक्ट्रॉन्स क्षय:
   इलेक्ट्रॉन्स अस्थिर असतात आणि कमी उर्जेच्या अवस्थेत क्षय होतात, फोटॉन (प्रकाश) च्या स्वरूपात ऊर्जा सोडतात.
4. प्रकाश उत्सर्जन:
   क्षय प्रक्रियेदरम्यान तयार होणारे फोटॉन उत्सर्जित प्रकाश बनवतात जे प्रदर्शन तयार करतात.

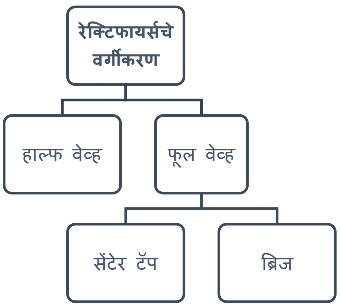
**OLED तंत्रज्ञानाचे फायदे:**

1. वैयक्तिक पिक्सेल उत्सर्जन: OLED डिस्प्लेमधील प्रत्येक पिक्सेल स्वतंत्रपणे स्वतःचा प्रकाश उत्सर्जित करू शकतो. हे एलसीडीच्या तुलनेत खरे काळे आणि चांगले कॉन्ट्रास्ट गुणोत्तर मिळवण्यास अनुमती देते.
2. वाइड व्ह्यूइंग अँगल(wide viewing angle): OLEDs विविध व्ह्यूइंग पोझिशनमधून सुसंगत रंग आणि ब्राइटनेससह विस्तृत व्ह्यूइंग अँगल देतात.
3. लवचिक आणि पातळ: OLED डिस्प्ले लवचिक आणि पातळ केले जाऊ शकतात, ज्यामुळे ते वक्र किंवा फोल्ड करण्यायोग्य स्क्रीन डिझाइनसाठी योग्य बनतात.
4. जलद प्रतिसाद वेळ: OLEDs मध्ये वेगवान प्रतिसाद वेळ असतो, ज्यामुळे ते हलत्या प्रतिमा असलेल्या अनुप्रयोगांसाठी योग्य बनतात, जसे की गेमिंगमध्ये.
5. आव्हाने: मर्यादित आयुर्मान: OLED मधील सेंद्रिय पदार्थ कालांतराने खराब होऊ शकतात, ज्यामुळे संभाव्यतः मर्यादित आयुर्मान, विशेषतः निळया OLED साठी.
6. किंमत: पारंपारिक एलसीडी डिस्प्लेच्या तुलनेत OLED डिस्प्ले उत्पादनासाठी अधिक महाग असू शकतात.

**2.2 रेक्टिफायर(rectifier)**

रेक्टिफायर हे एक इलेक्ट्रॉनिक उपकरण(Device) आहे ज्याचा वापर AC विद्युत-दाब किंवा विद्युत् प्रवाहला यूनिडायरेक्शनल DC विद्युत-दाब किंवा विद्युत् प्रवाहमध्ये रूपांतरित करण्यासाठी केला जातो. रूपांतर करण्याच्या या प्रक्रियेला "रेक्टिफीकेशन"( Rectification) असे म्हणतात.

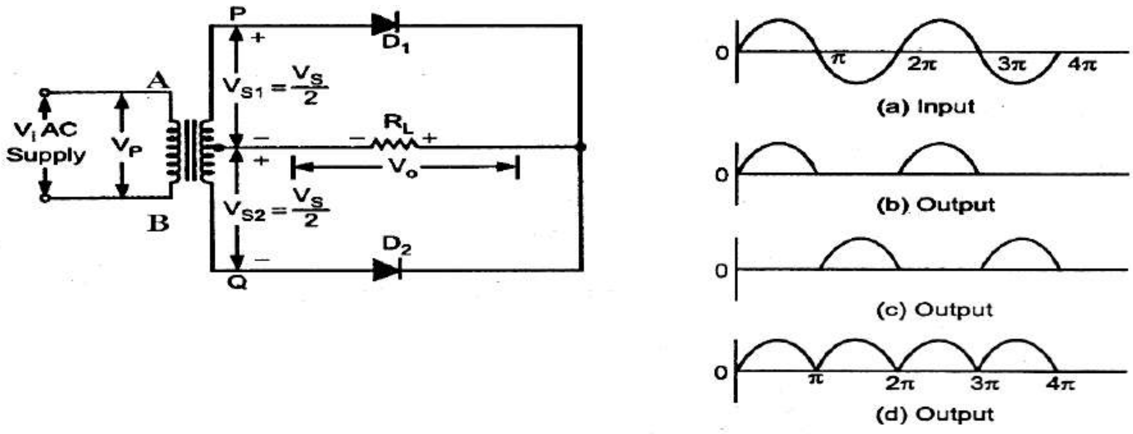
**रेक्टिफायर्सचे वर्गीकरण (Classification):**




**आकृती 2. 15**

### 2.2.1 फुल वेव्ह रेक्टिफायर (Full wave rectifier):

सेंटर टॅप केलेल्या ट्रान्सफॉर्मरसह फुल वेव्ह रेक्टिफायर मध्ये स्टेप डाउन ट्रान्सफॉर्मर, दोन डायोड आणि विद्युत- भार रेझिस्टन्स RL असतात.
सर्किट डायग्राम आणि वेव्हफॉर्म दर्शविल्याप्रमाणे आहेत:




**आकृती 2. 16 - सेंटर टॅप फुल वेव्ह रेक्टिफायर**

a) इनपुटच्या पॉझिटिव्ह (Positive) हाफ सायकलमध्ये **आकृती 2. 16** A हा B च्या संदर्भात पॉझिटिव्ह (Positive) आहे म्हणून P देखील Q च्या संदर्भात पॉझिटिव्ह (Positive) आहे. सेंटर टॅपिंगमुळे सेकण्डरी विद्युत-दाब 2 ने भागला जातो म्हणजे वरच्या अर्ध्या भागात Vs/2 आणि Vs/2 खालच्या अर्ध्या भागात. वरचा Vs/2 D1 ला फॉरवर्ड बायस् करतो आणि खालचा Vs/2 डायोड D2 रिव्हर्स बायस् करतो, म्हणून विद्युत् प्रवाह फक्त वरच्या अर्ध्या भागात वाहतो आणि RL वर विद्युत-दाब निर्माण होतो.

b) इनपुटच्या नेगेटिव (Negative) सायकल मध्ये A हा B च्या संदर्भात नेगेटिव (Negative) आहे, म्हणून P हा Q च्या संदर्भात नेगेटिव (Negative) असल्यामुळे D1 रिर्वस बायस् आहे आणि D2 हा फॉरवर्ड बायस् आहे त्या मुळे विद्युत् प्रवाह फ्लो खालच्या अर्ध्या भागात RL मधून वाहतो.

**फायदे:**

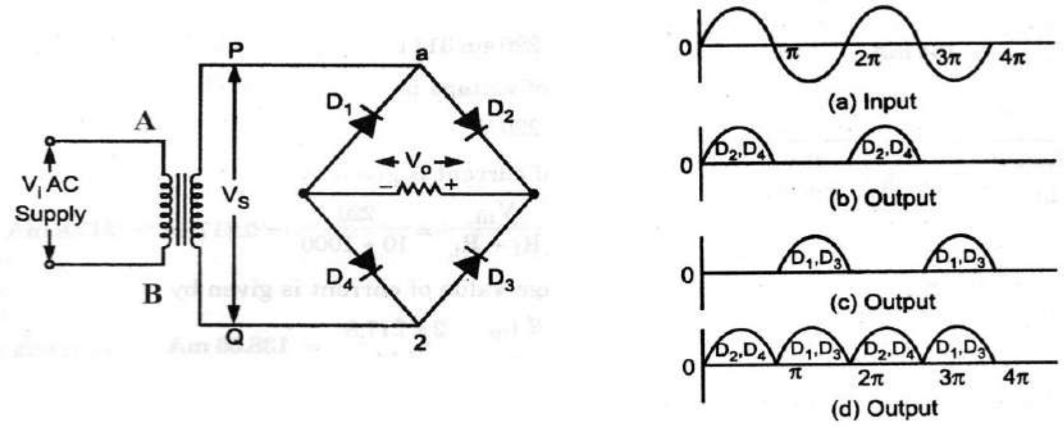
1. H.W.R च्या तुलनेत कमी रिपल फॅक्टर
2. उत्तम रेक्टिफायर कार्यक्षमता.
3. उत्तम ट्रान्सफॉर्मर युटिलायझेशन फॅक्टर.
4. हाय ॲवरेज लोड विद्युत-दाब आणि विद्युत् प्रवाह

**तोटे:**

1. ट्रान्सफॉर्मरची किंमत जास्त आहे.
2. प्रत्येक डायोड फक्त Vs/2 रेक्टिफाय करतो म्हणून एकूण आउटपुट विद्युत-दाब कमी आहे.

### 2.2.2 फुल वेव्ह ब्रिज रेक्टिफायर (Full Wave Bridge Rectifier):

ह्या रेक्टिफायरमध्ये सेंटर टॅप केलेला ट्रान्सफॉर्मर काढून टाकला जातो आणि 2 डायोडऐवजी 4 डायोड वापरले जातात.
सर्किट डायग्राम आणि वेव्हफॉर्म दर्शविल्याप्रमाणे आहेत:




**आकृती 2. 17 - फुल वेव्ह ब्रिज रेक्टिफायर (Full Wave Bridge Rectifier)**

a) पॉजिटिव हाफ सायकल मध्ये (आकृती 2. 18)A हा B च्या संदर्भात पॉजिटिव आहे, म्हणून P हा Q च्या संदर्भात पॉजिटिव आहे.डायोड D2 आणि D4 फॉरवर्ड बायस् आहेत तर D1 आणि D3 रिव्हर्स बायस् आहे. परिणामी विद्युत् प्रवाह ट्रान्सफॉर्मरच्या D2-RL- D4- ट्रान्सफॉर्मरच्या सेकनडरी -RL मधून वाहतो.

b) नेगेटिव (Negative) हाफ सायकल मध्ये A हा B च्या संदर्भात नेगेटिव (Negative) आहे, म्हणून P हा Q च्या संदर्भात नेगेटिव आहे.ह्या मुळे D3 आणि D1 फॉरवर्ड बायस् आहेत आणि D4 आणि D2 रिव्हर्स बायस् आहेत. परिणामी विद्युत् प्रवाह Q-D3-RL- D1-P मधून वाहतो

**फायदे:**

1. खर्च कमी होते.
2. रेक्टिफायरची कार्यक्षमता जास्त आहे.
3. हाय ॲवरेज आउटपुट विद्युत-दाब.
4. ट्रान्सफॉर्मर युटिलायझेशन फॅक्टर जास्त आहे.

**तोटे:**

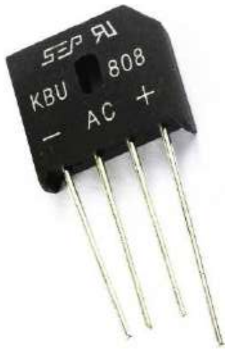
1. वापरलेल्या डायोडची संख्या 2 ऐवजी 4 आहे.
2. दोन डायोड एकाच वेळी कार्य करत असल्याने, विद्युत-दाब ड्रॉप वाढते आणि आउटपुट विद्युत-दाब कमी होते.

**2.2.3 रेक्टिफायर IC – KBU 808 IC पिन डायग्राम आणि अनूप्रयोग**

ब्रिज रेक्टिफायर हा एक प्रकारचा रेक्टिफायर सर्किट आहे जो AC इनपुटला DC आउटपुटमध्ये रूपांतरित करण्यासाठी ब्रिज कॉन्फिगरेशनमध्ये चार डायोड वापरतो.

**ब्रिज रेक्टिफायर IC चे पिन डायग्राम**

1) इनपुट पिन 1 (AC+ve): AC इनपुटच्या टर्मिनलला जोडते.
2) इनपुट पिन 2 (AC-ve): AC इनपुटच्या इतर टर्मिनलला जोडते.




**आकृती 2. 19- KBU 808**

3) पॉजिटिव DC आउटपुट पिन (DC+): पॉजिटिव DC आउटपुटचे पॉसिटीव टर्मिनल प्रदान करते.
4) नेगेटिव (Negative) DC आउटपुट पिन (DC): सुधारित DC आउटपुटचे नेगेटिव (Negative) टर्मिनल प्रदान करते.
5) कनेक्शन नाही (NC): काही ब्रिज रेक्टिफायरमध्ये "कनेक्शन नाही" साठी अतिरिक्त पिन किंवा मार्किंग असू शकते.

**अनुप्रयोग (Application):**

1) अणु विद्युत् उपकरणांमध्ये DC विद्युत् उर्जा देण्यासाठी वापरला जातो.
2) बॅटरी चार्ज करण्यासाठी वापरले जाते.
3) एलईडी ड्रायव्हर्स सिस्टममध्ये वापरले जाते

**2.3 रेक्टिफायरचे पॅरामीटर्स**:

1. मॅक्सिमम पीक इनव्हर्स विद्युत-दाब (PIV):
   डायोड रिर्वस बायस्ड असताना त्याचा अक्रॉस मॅक्सिमम नेगेटिव (Negative) ऑर रिर्वस वोल्टेज ज्यामुळे डायोड नोन-कनडकटिंग असतो त्याला पीक इनवेरसे वोल्टेज असा म्हणतात.

2. पीक विद्युत् प्रवाह (Ipeak):
   इनपुट AC सिग्नलच्या प्रत्येक हाल्फ सायकल दरम्यान डायोडमधून वाहणारा मॅक्सिमम विद्युत् प्रवाह फ्लो.

3. ॲवरेज DC आउटपुट विद्युत-दाब (Vdc):
   रेक्टिफाइड DC आउटपुटची ॲवरेज विद्युत-दाब लेवल.

4. पीक इनव्हर्स विद्युत् प्रवाह (PII):
   डायोड नोन-कनडकटिंग असताना त्यातून वाहणारा मॅक्सिमम रिर्वस विद्युत् प्रवाह .

5. रिपल फॅक्टर (RF):
   "DC आउटपुट शक्ती आणि AC शक्ती इनपुटचे गुणोत्तर" अशी त्याची व्याख्या आहे. लोअर रिपल फॅक्टर प्युअर DC आउटपुट दर्शवतो.

$$RF = \frac{\text{ऑल्टरनेटिग घटकांचे RMS मूल्य}}{\text{वेव्ह ॲवरेज मूल्य.}} = \frac{I_{rms}}{Idc}$$

6. रेक्टिफायर कार्यक्षमता (η):
   DC शक्ती आउटपुटचे मॅक्सिमम AC शक्ती इनपुटचे गुणोत्तर. रेक्टिफायर AC ला DC मध्ये किती प्रभावीपणे रूपांतरित करतो याचे हे मोजमाप आहे.

$$\eta = \frac{\text{DC इलेक्ट्रिक पॉवर} - \text{भारवर वितरीत वॅल्यू}}{\text{सोर्स कडून AC शक्ती इनपुट}} = \frac{P_{DC}}{P_{ac}}$$

7. ट्रान्सफॉर्मर युटिलायझेशन फॅक्टर (TUF):
   ट्रान्सफॉर्मरच्या AC शक्ती रेटिंगमध्ये लोडवर वितरित केलेल्या DC शक्तीचे गुणोत्तर(ratio).

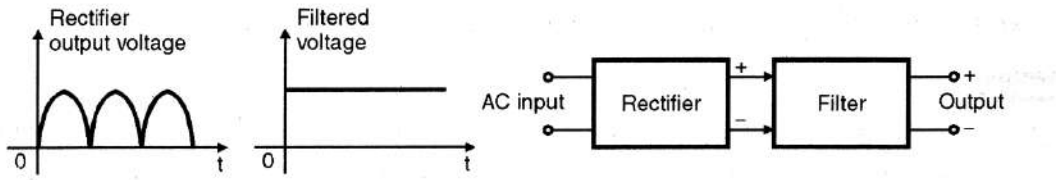
$$\mathrm{T.U.F} = \frac{\text{DC इलेक्ट्रिक पॉवर} - \text{भार वर वितरित वॅल्यू}}{\text{ट्रान्सफॉर्मरचे एसी रेटिंग}}$$

8. डायोड फॉरवर्ड विद्युत-दाब ड्रॉप (VF):
   जेव्हा डायोड फॉरवर्ड-बायस्ड असते तेव्हा डायोडवर विद्युत-दाब ड्रॉप होतो. रेक्टिफायरची कार्यक्षमता निश्चित करण्यासाठी हा एक महत्त्वाचा घटक आहे.

**2.4 फिल्टरचे प्रकार:**

**फिल्टर:**

फिल्टर हे प्युअर रिपल फ्री DC विद्युत-दाब मिळविण्यासाठी रेक्टिफायर्ससह वापरले जाणारे इलेक्ट्रॉनिक सर्किट आहेत. रेक्टिफायर्स आउटपुटवर पल्सेटिंग DC तयार करतात आणि प्युअर DC मिळविण्यासाठी ते रेक्टिफायरच्या आउटपुटवर जोडलेले असते.

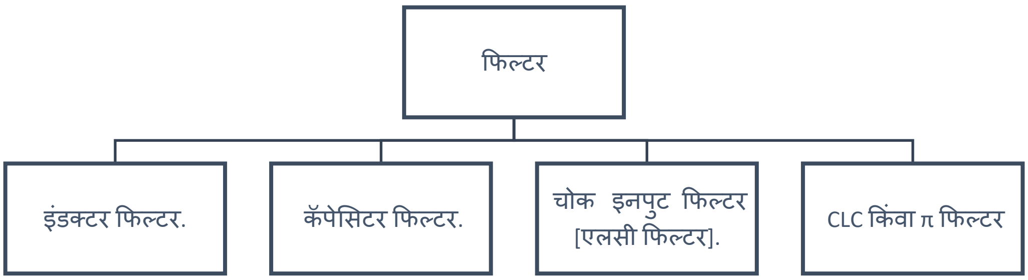



**(a) Pulsating dc at rectifier output** **(b) Ideal pure dc voltage** **(c) Rectifier to filter connection**

**आकृती 2. 20 - फिल्टर वर्किंग**

**फिल्टर चे प्रकार:**

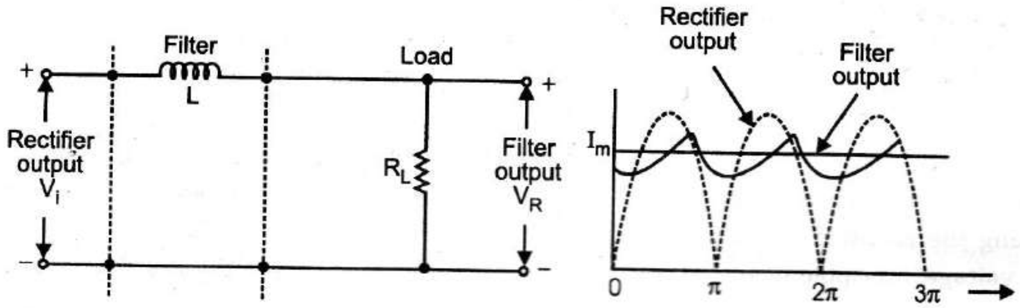
वापरलेल्या घटकाच्या आधारे आणि कॉन्फिगरेशनवर अवलंबून फिल्टरचे वर्गीकरण केले जाते.




**आकृती 2. 21a - फिल्टर चे प्रकार**

**2.4.1 इंडक्टर फिल्टर:**

इंडक्टर फिल्टर सेरीस सह RL ला जोडलेले आहे. इंडक्टरचा गुणधर्म असा आहे की तो त्याच्याद्वारे विद्युत् प्रवाहातील कोणत्याही बदलांना विरोध करतो. इंडक्टर AC ला विरोध करतो आणि DC मार्ग देतो आणि रेक्टिफायरच्या आउटपुटमध्ये विद्युत् प्रवाह रिपेलस कमी करण्यासाठी वापरला जातो.




**आकृती 2. 22b - ईनडकटर फिल्टर**

**फायदे:**

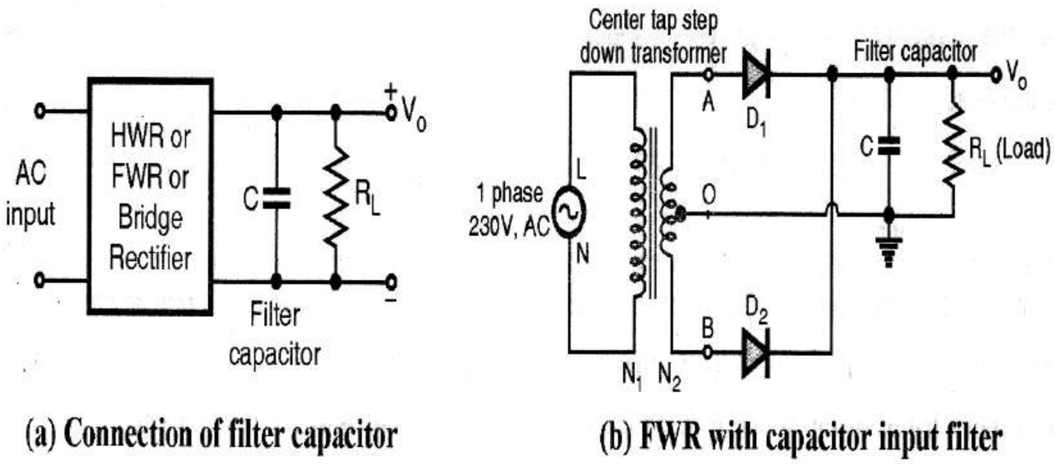
1. उच्च विद्युत् प्रवाहावर कमी रिपेल फॅकटर ( low ripple factor) .
2. डायोडद्वारे कोणतेही सर्ज प्रवाह नाही.
3. आउटपुटमधील रिपेल कमी करते.

**तोटे:**

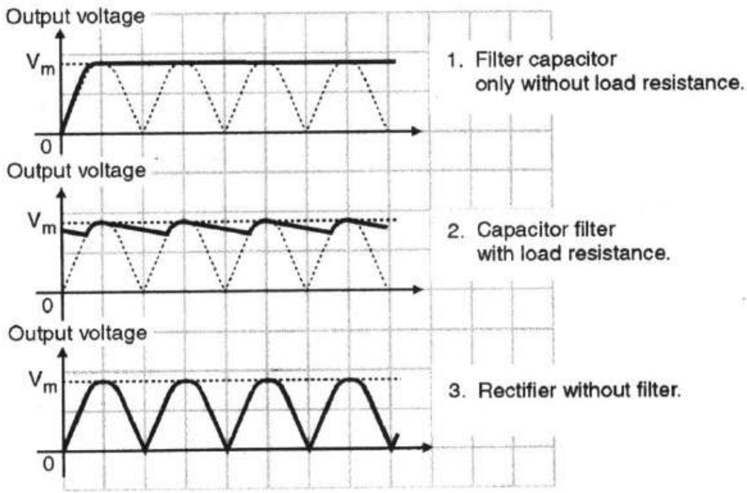
1. हे सर्किटचे आकारमानाने व वजनाने मोठे आहे आणि त्यामुळे किमतीने महाग आहे.
2. नोईस निर्माण होतो.
3. कमी लोडवर रिपेल फॅकटर कमी असतो.

**2.4.2 कॅपेसिटर फिल्टर:**

कॅपेसिटर फिल्टर RLसह (समांतर) जोडलेले आहे. रिपेलस यशस्वीरित्या कमी करण्यासाठी C चे मुल्यांकन खूप मोठे आहे. सामान्यतः इलेक्ट्रोलाइटिक कॅपेसिटर (electrolytic capacitor) वापरले जातात. कॅपेसिटर DC विद्युत प्रवाहाला विरोध करतो आणि AC विद्युत प्रवाहाला मार्गस्त करतो.




**आकृती 2. 23 - कॅपेसिटर फिल्टर**




**आकृती 2. 24 - कॅपेसिटर फिल्टर वावेफॉर्म**

**फायदे:**

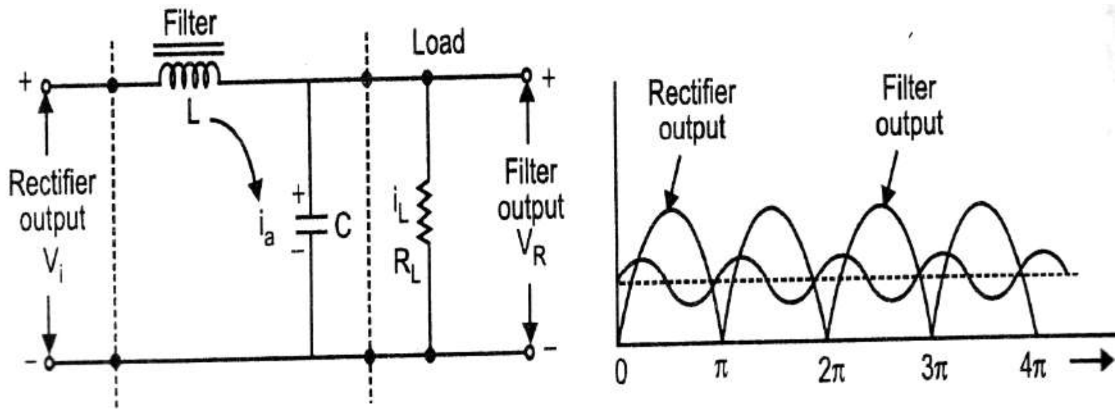
1. डिझाइन करणे सोपे.
2. रिपेल फॅकटर मध्ये घट.
3. ॲवरेज आउटपुट विद्युत-दाबमध्ये वाढ.
4. लहान आकार, कमी खर्च.

**तोटे:**

1. रिपेल फॅकटर विद्युत- भारावर अवलंबून असतो.
2. डायोड पीक विद्युत् प्रवाह हाताळू शकतात.

**2.4.3 चोक इनपुट किंवा LC फिल्टर**:

RLच्या कमी मूल्यांसाठी इंडक्टर फिल्टरला प्राधान्य दिले जाते आणि RLच्या उच्च मूल्यांसाठी कॅपेसिटर फिल्टर प्राधान्य दिले जाते. इंडक्टर फिल्टरमध्ये विद्युत- भार जसे वाढते तसे रिपल वाढते आणि C फिल्टरमध्ये RL वाढल्याने ते कमी होते म्हणून या दोन फिल्टर्सच्या मिश्रणाचा परिणाम LC फिल्टरमध्ये होतो जो विद्युत- भारचा विचार न करता कमी रिपल फॅक्टर देतो.




**आकृती 2. 25 - चोक इनपुट किंवा LC फिल्टर**

bleeder रेझिस्टन्सचा वापर L द्वारे सतत विद्युत् प्रवाह चालू ठेवण्यासाठी केला जातो. ते कॅपेसिटरला डिस्चार्ज करण्यासाठी मार्ग देखील प्रदान करते. सीरिज इंडक्टर आउटपुट मधील रिपलवर उच्च प्रतिक्रिया देतो आणि त्यांना कमी करतो आणि समांतर कॅपेसिटर त्यांच्यासाठी कमी अवरोधन पथ (reactance path) प्रदान करतो.

**फायदे**:

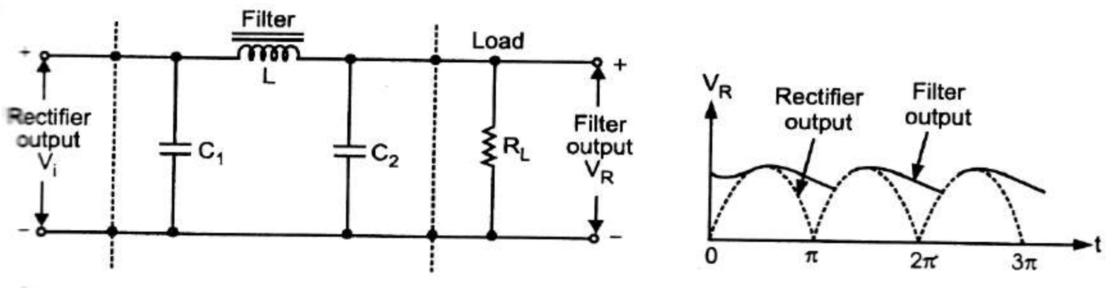
1. चांगले भार नियमन (रेग्लूलेशन).
2. रिपल फॅक्टर कमी आहे आणि लोडवर अवलंबून नाही.
3. हलके आणि उच्च भारांसाठी योग्य.
4. डायोड सर्ज विद्युत् प्रवाह वाहून नेत नाहीत.

**तोटे:**

1. इंडक्टरमध्ये नॉइझ निर्माण होतो.
2. L आणि C घटकांच्या मोठ्या मूल्यामुळे सर्किट महाग होते.
3. DC प्रतिकारामुळे L मध्ये शक्ती कमी होते.

**2.4.4 CLC किंवा π फिल्टर**:

π फिल्टर हे कॅपेसिटर फिल्टर आणि LC फिल्टरचे संयोजन आहे. यात इंडक्टर L सह दोन कॅपेसिटर C1 आणि C2 असतात.




**आकृती 2. 26 - CLC किंवा π फिल्टर**

**फायदे:**

1. रिपल फॅक्टर (ripple factor) कमी आहे आणि लोडवर अवलंबून नाही.
2. कमी आणि जड विद्युत- भार साठी योग्य.
3. डायोड सर्ज विद्युत् प्रवाह वाहून नेत नाहीत.

**तोटे:**

1. इंडक्टन्सच्या वापरामुळे सर्किट वजन वाढते.
2. अधिक घटकांचे संख्या मुळे सर्किट महाग होते.

**सोडवलेली उदाहरणे:**

**1) 230 V चा AC पुरवठा हाल्फ वेव रेकटीफायर ला वळणाचे गुणोत्तर(turn ratio) 10:1 असलेल्या ट्रान्सफॉर्मरद्वारे लागू केला जातो. सरासरी DC आउटपुट, विद्युत-दाब विदूत (विद्युत् प्रवाह) आणि डायोडचे पीआयव्ही, विद्युत-दाबचे आरएमएस मूल्य आणि प्रवाह शोधा.**

**उत्तर**: Vrms = 230V,

np/ns=10/1

Vp=√2 x Vrms =√2 x 230 = 325.22Volt आहे

Vm=ns/np x Vp =1/10x325.22 =32.52V

Vavg (Vaverage)=Vdc=Vm/Π =32.5/ 3.14 =10.35V आहे

PIV=Vm= 32.52V

Vrms=Vm/2 =32.52/2 =16.25V

Idc=Im/Π Irms= Im/2

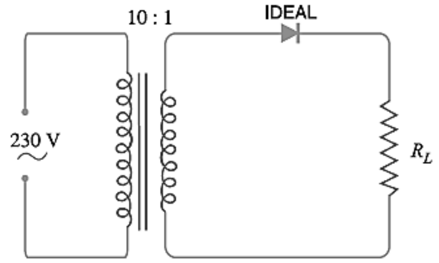
RL=10KΩ गृहीत धरा

Im=Vm/RL=32.52/10x1000 =3.25mA

Idc=Im/π =3.25x10$^{-3}$/π =1.03 mA

Irms=Im/2 =3.25x10$^{-3}$/2=1.62 mA

**2) 10:1 च्या वळण गुणोत्तराच्या(turn-ratio) ट्रान्सफॉर्मरद्वारे अर्ध-वेव्ह रेक्टिफायर सर्किटला 230 V चा A.C पुरवठा लागू केला जातो. (i) आउटपुट D.C. विद्युत-दाब आणि (ii) शिखर व्यस्त विद्युत-दाब शोधा. डायोड आदर्श गृहीत धरा.**




प्राथमिक ते दुय्यम वळण **(turn-ratio)** आहे:

$$\frac{N_1}{N_2} = 10$$

R.M.S primary Voltage = 230V

$$\therefore \text{Max. Primary Voltage is } V_{pm} = \sqrt{2} \times \text{R.M.S primary Voltage}$$

$$= \sqrt{2} \times 230 = 325.3V$$

Max. Secondary Voltage is

$$V_{sm} = V_{pm} \text{ x } \frac{N_2}{N_1} = 325.3 \text{ x } \frac{1}{10} = 32.53V$$

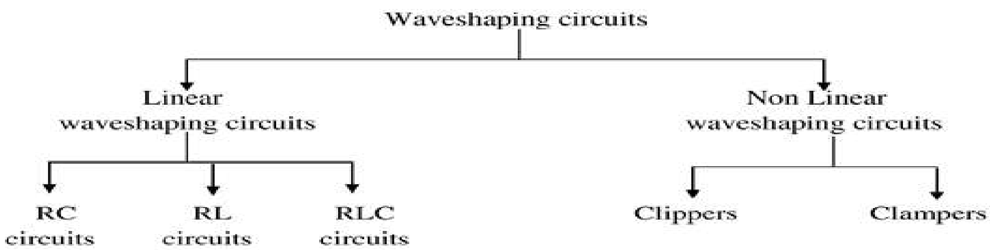
$$I_{DC} = \frac{I_m}{\pi}$$

$$V_{DC} = \frac{I_m}{\pi} \times R_L = \frac{V_{sm}}{\pi} = \frac{32.53}{\pi} = 10.36V$$

A.C पुरवठ्याच्या नकारात्मक अर्ध-चक्र दरम्यान, डायोड उलट पक्षपाती असतो आणि त्यामुळे विद्युत प्रवाह चालवत नाही. म्हणून, डायोडमध्ये कमाल दुय्यम विद्युत-दाब दिसून येते.

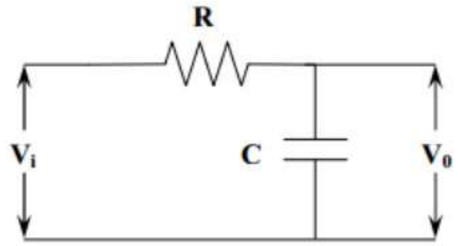
∴पीक व्यस्त विद्युत-दाब = 32.53 V

### 2.5 क्लासीफिकेशन ऑफ वेव्ह शेपिंग सर्किट



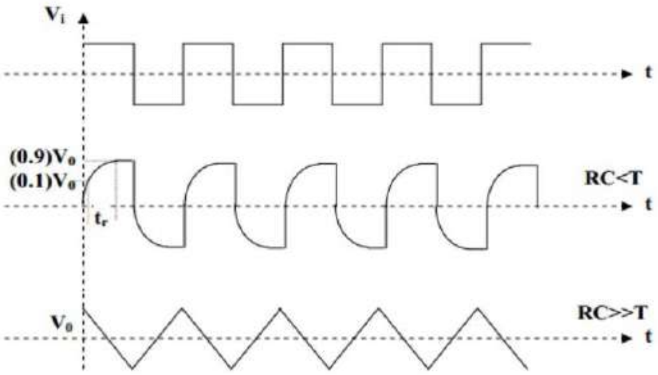
2.5.1 आर सी इनटेग्रेटर(RC Integrator)

ज्या सर्किटमध्ये आउटपुट विद्युत-दाब, इनपुट विद्युत-दाबच्या इंटिग्रलच्या प्रमाणात असते त्याला इंटिग्रेटिंग सर्किट म्हणून ओळखले जाते. रेजिस्टर आणि कॅपेसिटर हे इलेक्ट्रॉनिक्समध्ये वापरल्या जाणाऱ्या सर्वात सर्वव्यापी सर्किट घटकांपैकी दोन आहेत. कॅपेसिटर हा एक सर्किट घटक आहे ज्याचे कार्य दोन कंडक्टरमधील चार्ज संचयित करणे आहे, म्हणून फील्ड E(R, t) च्या रूपात इलेक्ट्रिक एनर्जि साठवणे. हे इंडक्टरच्या विरुद्ध आहे, जे चुंबकीय क्षेत्र B(R, t) स्वरूपात एनर्जि साठवते. कॅपॅसिटरमध्ये एनर्जि साठवण्याची प्रक्रिया "चार्जिंग" म्हणून ओळखली जाते, कारण प्रत्येक कंडक्टरवर विरुद्ध चिन्हाच्या आकाराचे समान चार्ज आकारले जाते. कॅपेसिटर चार्ज ठेवण्याच्या क्षमतेनुसार परिभाषित केले जाते, जे लागू विद्युत-दाबच्या प्रमाणात असते,




**आकृती 2. 27 - RC इंटिग्रेटर**

सर्किट कमी फ्रिक्वेन्सी सहजतेने पास करते परंतु उच्च फ्रिक्वेन्सी कमी पास करते कारण कॅपेसिटरची प्रतिक्रिया (रीयाकटसन) वाढत्या फ्रिक्वेन्सी सह कमी होते. खूप उच्च फ्रिक्वेन्सीवर कॅपेसिटर वर्च्युअल शॉर्ट सर्किट म्हणून कार्य करते आणि आउटपुट शून्य येते. हे सर्किट इंटिग्रेटिंग सर्किट म्हणूनही काम करते. सर्किटची आरसी व्हॅल्यू इनपुट वेव्हच्या कालावधीपेक्षा खूप जास्त असणे आवश्यक आहे (RC >> T)



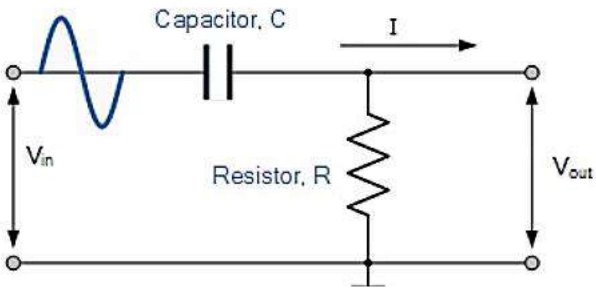

**आकृती 2. 28 - RC इंटिग्रेटर वेव्हफॉर्म्स**

**2.5.2 आर-सी डिफ्रनशिएटर(RC differentiator)**

डिफरेंशिएटर इनपुट विद्युत-दाबचे डेरीवेटीव आउटपुट म्हणून देतो. निष्क्रिय घटक विद्युत रोध(Resistance) आणि कॅपॅसिटर वापरून डिफरेंशिएटर हे हाय पास फिल्टर म्हणून वापरले जाते. वेळ स्थिरांक (Time constant) खूप कमी असेल तेव्हाच ते डिफरेंशिएटर म्हणून कार्य करते. आउटपुटवरील कॅपेसिटरद्वारे विद्युत् प्रवाह $\boldsymbol{i = c\frac{dv}{dt}}$ म्हणून व्यक्त केला जाऊ शकतो.

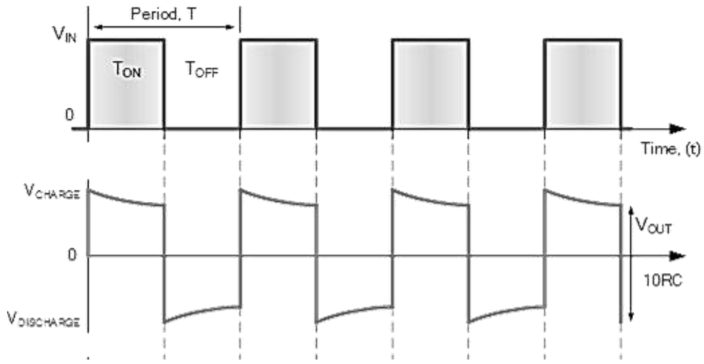
Vo =R× $\boldsymbol{c\frac{dv}{dt}}$.

अशा प्रकारे इनपुटचे डिफरेंशिएशन घडते.




**आकृती 2. 29- RC डिफरेंशिएटर**

सर्किटला डिफरेंशिएटर म्हटले जाते कारण त्याचा प्रभाव गणितीय डिफरेंशिएशन च्या कार्यासारखा आहे. डिफरेंशिएटर सर्किटची आउटपुट हे आकृती 2. 30 दिले आहे.




**आकृती 2. 31 - RC डिफरेंशिएटर वेव्हफॉर्म्स**

**2.5.3 डायोड क्लिपिंग सर्किट्स.**

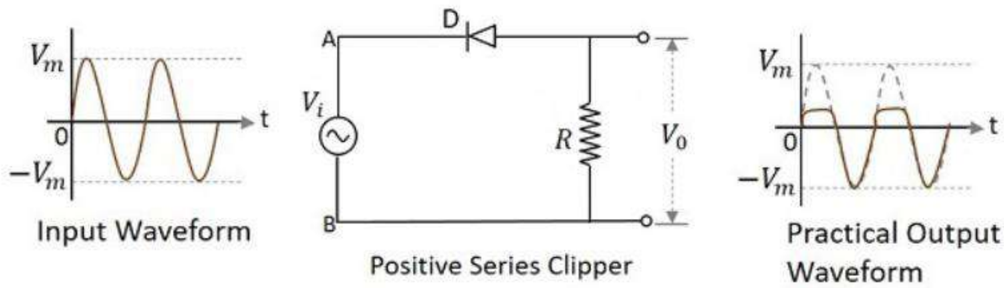
अणुविद्युत तंत्राद्यानामध्ये , क्लिपर हे एक सर्किट आहे जे सिग्नलला पूर्वनिर्धारित संदर्भ विद्युत-दाब पातळी ओलांडण्यापासून रोखण्यासाठी डिझाइन केलेले आहे. क्लिपर लागू केलेल्या वेव्हफॉर्मचा उर्वरित भाग विकृत करत नाही. क्लिपिंग सर्किट्सचा वापर, प्रसारणाच्या उद्देशाने, सिग्नल वेव्हफॉर्मचा भाग निवडण्यासाठी केला जातो जो पूर्वनिर्धारित संदर्भ विद्युत-दाब पातळीच्या वर किंवा खाली असतो. विद्युत-दाब क्लिपिंग उर्वरित वेव्हफॉर्मवर परिणाम न करता डिव्हाइसवर विद्युत-दाब मर्यादित करते.क्लिपिंग एक किंवा दोन स्तरांवर मिळू शकते. क्लिपर सर्किट पॉजिटिव किंवा नेगेटिव (Negative) पीक किंवा दोन्ही वर अनियंत्रित वेव्हफॉर्मचे काही भाग काढून टाकू शकते. क्लिपिंगमुळे वेव्हफॉर्मचा आकार बदलतो आणि त्याचे वर्णक्रमीय घटक बदलतात .

क्लिपिंग सर्किटमध्ये विद्युत-रोधक(Resistor) सारखे लिनियर घटक आणि डायोड किंवा ट्रान्झिस्टर सारखे नॉन-लिनियर घटक असतात, परंतु त्यात कॅपेसिटर सारखे ऊर्जा-संचय घटक नसतात .

**पॉझिटिव्ह (Positive) क्लिपिंग सर्किट**

इनपुटचे पॉजिटिव सायकल – जेव्हा इनपुट विद्युत-दाब लागू केले जाते, तेव्हा इनपुटचे पॉजिटिव सायकल सर्किटमधील पॉइंट A ला पॉइंट B च्या संदर्भात पॉजिटिव बनवते. यामुळे डायोड रिव्हर्स बायस्ड बनतो आणि त्यामुळे ते ओपन स्विचसारखे वागते. अशा प्रकारे विद्युत- भार विद्युत-रोधक(Resistor)वरील विद्युत-दाब शून्य होते कारण त्यातून कोणताही विद्युत प्रवाह वाहत नाही आणि म्हणून V0 शून्य असेल.

इनपुटचे नेगेटिव (Negative) सायकल – इनपुटचे नेगेटिव (Negative) सायकल सर्किटमधील पॉइंट A ला पॉइंट B च्या संदर्भात नेगेटिव (Negative) बनवते. यामुळे डायोड फॉरवर्ड बायस्ड होतो आणि म्हणून तो बंद स्विचप्रमाणे चालतो. अशा प्रकारे विद्युत- भार विद्युत-रोधक(Resistor)वरील विद्युत-दाब लागू इनपुट विद्युत-दाबच्या बरोबरीचे असेल कारण ते आउटपुट V0 वर पूर्णपणे दिसते.

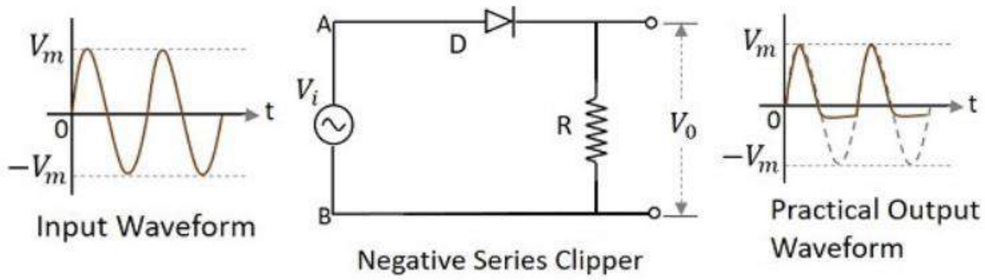



**आकृती 2. 32 - पॉझिटिव्ह (Positive) क्लिपर आणि त्याचे वेव्हफॉर्म्स**

**निगेटिव्ह क्लिपिंग सर्किट**

इनपुटचे पॉजिटिव सायकल– जेव्हा इनपुट विद्युत-दाब लागू केले जाते, तेव्हा इनपुटचे पॉजिटिव सायकल सर्किटमधील पॉइंट A ला पॉइंट B च्या संदर्भात पॉजिटिव बनवते. यामुळे डायोड फॉरवर्ड बायस्ड होतो आणि म्हणून ते बंद स्विचसारखे कार्य करते. अशा प्रकारे आउटपुट V0 तयार करण्यासाठी इनपुट विद्युत-दाब विद्युत- भार विद्युत-रोधक(Resistor)वर पूर्णपणे दिसते.

इनपुटचे नेगेटिव (Negative) सायकल – इनपुटचे नेगेटिव (Negative) सायकल सर्किटमधील पॉइंट A ला पॉइंट B च्या संदर्भात नेगेटिव (Negative) बनवते. यामुळे डायोड रिव्हर्स बायस्ड होतो आणि त्यामुळे ते ओपन स्विचसारखे कार्य करते. अशा प्रकारे विद्युत- भार विद्युत-रोधक(Resistor)वरील विद्युत-दाब V0 बनवणारे शून्य असेल



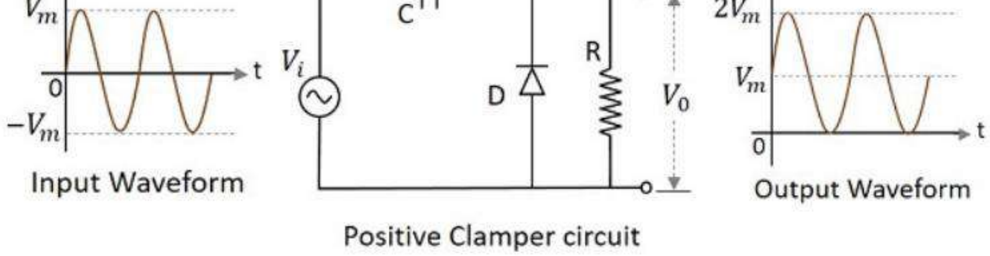

**आकृती 2. 33 – नेगेटिव (Negative) क्लिपिंग आणि त्याचे वेव्हफॉर्म्स**

**2.5.4 डायोड क्लॅम्पर सर्किट्स.**

क्लॅम्पर (किंवा क्लॅम्पिंग सर्किट किंवा क्लॅम्प ) एक इलेक्ट्रॉनिक सर्किट आहे जे एका परिभाषित विद्युत-दाबमध्ये सिग्नलचे सकारात्मक किंवा नकारात्मक शिखर भ्रमण निश्चित करते आणि त्यात व्हेरिएबल पॉझिटिव्ह (Positive) किंवा नकारात्मक DC विद्युत-दाब जोडते. क्लॅम्पर सिग्नलच्या पीक पीक-टू-प्रतिबंधित करत नाही (क्लिपिंग) भ्रमण; ते संपूर्ण सिग्नलला वर किंवा खाली हलवते जेणेकरून त्याची शिखरे संदर्भ स्तरावर ठेवता येतील**.**

**पॉझिटिव्ह (Positive) क्लॅम्पर सर्किट**

सुरुवातीला जेव्हा इनपुट दिले जाते, तेव्हा कॅपेसिटर अद्याप चार्ज होत नाही आणि डायोड रिव्हर्स बायस्ड आहे. यावेळी आउटपुटचा विचार केला जात नाही. नेगेटिव (Negative) अर्धसायकल दरम्यान, सर्वोच्च मूल्यावर, कॅपेसिटर एका प्लेटवर नेगेटिव (Negative) आणि दुसऱ्यावर पॉजिटिव चार्ज होतो. कॅपेसिटर आता त्याच्या सर्वोच्च मूल्य Vm वर आकारला जातो. डायोड फॉरवर्ड बायस्ड आहे आणि कनडकट करतो.




**आकृती 2. 34 – पॉजिटिव क्लॅम्पर आणि त्याचे वेव्हफॉर्म्स**

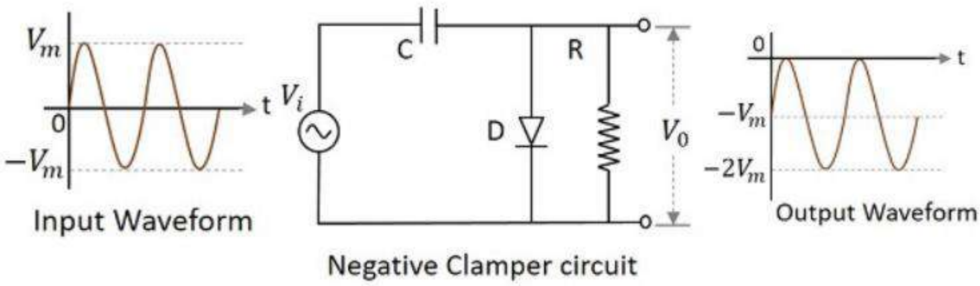
पुढील पॉझिटिव्ह (Positive) हाफ सायकल दरम्यान, कॅपेसिटर पॉझिटिव्ह (Positive) $V_m$ वर चार्ज केला जातो तर डायोड रिव्हर्स बायस्ड होतो आणि ओपन सर्किट होतो. या क्षणी सर्किटचे आउटपुट असेल

$$V_0=V_i + V_m$$

म्हणून आकृतीमध्ये दर्शविल्याप्रमाणे सिग्नल पॉझिटिव्ह (Positive) क्लॅम्प केलेले आहे. इनपुटमधील बदलांनुसार आउटपुट सिग्नल बदलतो, परंतु कॅपेसिटरवरील शुल्कानुसार स्तर बदलतो, कारण ते इनपुट विद्युत-दाब जोडते.

**निगेटिव्ह क्लॅम्पर सर्किट**

पॉझिटिव्ह (Positive) हाफ सायकल दरम्यान, कॅपेसिटर त्याच्या कमाल मूल्य $V_m$ वर चार्ज होतो. डायोड फॉरवर्ड बायस्ड **नेगेटिव (Negative)हाफ सायकल रिव्हर्स बायस्ड** होतो आणि ओपन सर्किट होतो. या क्षणी सर्किटचे आउटपुट असेल




**आकृती 2. 35 – नेगेटिव (Negative) क्लॅम्पर सर्किट आणि त्याचे वेव्हफॉर्म्स**

या क्षणी सर्किटचे आउटपुट असेल **$V_o=V_i+V_m$**

म्हणून आकृतीमध्ये दर्शविल्याप्रमाणे सिग्नल नेगेटिव (Negative)रित्या क्लॅम्प केला जातो. इनपुटमधील बदलांनुसार आउटपुट सिग्नल बदलतो, परंतु कॅपेसिटरवरील शुल्कानुसार स्तर बदलतो, कारण ते इनपुट विद्युत-दाब जोडते.

**स्वाध्याय:**

1. फोटोडायोडचे चिन्ह काढा.(Draw the symbol of photodiode)
2. झीनर(Zener) डायोडची रिव्हर्स बायस्ड V-I कॅरेक्टरस्टिक (characteristics) काढा आणि ती समजावुन सांगणे (Draw and explain reverse characteristics of Zener diode)
3. LED च्या कार्याचे वर्णन करा( Explain working of LED)
4. रेक्टिफायर्सशी संबंधित खालील टर्म्स परिभाषित करा. (Define the term)
    i) रिपेल फॅटर .(ripple factor)
    ii) रेक्टिफायरची कार्यक्षमता.(efficiency of rectifier)
    iii) ट्रान्सफॉर्मर वापर फॅटर (Utilization factor).
    iv) पीक इनव्हर्स विद्युत-दाब PIV.
5. फिल्टरची गरज सांगा. π फिल्टरचे सर्किट डायग्राम काढा आणि ते कार्य कसे करते हे सांगा.(State the need of filter. Draw and explain working of π filter)
6. खालील मुद्द्यांवर PN जंक्शन डायोड आणि झीनर(Zener) डायोड यांच्यात फरक करा (Comaparison of PN juction diode and Zener diode)
    i. चिन्ह. (symbol)
    ii. विधूत प्रवाह ची दिशा (डायरेक्शन ऑफ विद्युत् प्रवाह )
    iii. रिव्हर्स ब्रेकडाउन.(reverse breakdown)
    iv. अनुपयोग (application).
7. फुल वेव्ह ब्रिज रेक्टिफायरमध्ये Vm = 10V, RL = 10K Ω. $V_{dc}$, $I_{dc}$, रिपल फॅक्टर आणि PIV गणना कर.

**लघुप्रकल्प(microproject):**

1. LC फिल्टर वापरुन हाल्फ वेव रेक्टिफायर डिझाईन करा.
2. CLC फिल्टर वापरुन हाल्फ वेव रेक्टिफायर डिझाईन करा
3. पॉसिटवे पाच वोल्ट क्लिप करण्यासाठी पॉसिटीव क्लिपिंग सर्किट डिझाईन करा.
4. झीनर(Zener) डायोड वापरून विद्युत-दाब रेग्युलेटर डिझाइन करा

**संदर्भ:**

| Sr.No | Author | Title | Publisher with ISBN Number |
|---|---|---|---|
| 1 | V .K. Mehta ,Rohit Mehta | Principles of Electronics | S.Chand and Company Ram Nagar, New Delhi-110 055,11th edition 2014, ISBN 9788121924504 |
| 2 | B.L.Theraja | Basic Electronics | S. Chand Publishing, 2007,ISBN:9788121925556 |
| 3 | R.S.Sedha | A textbook of Applied Electronics | S Chand, New Delhi 2008, ISBN:978-8121927833 |
| 4 | Mottershead,Allen | Electronic Devices and Circuit : An introduction | Goodyear Publishing Co. New Delhi ISBN: 9780876202654 |
| 5 | Horowitz, Paul Hill, Winfield | The Art of Electronics | Cambridge University Press, New Delhi 2015 ISBN: 9780521689175 |
| 6 | Bell, David | Fundamentals of Electronic Devices and Circuits | Oxford University Press, International edition, USA,2015,ISBN:9780195425239 |
| 7 | Vijay Baru, Rajendra Kaduskar, Sunil T. Gaikwad | Basic Electronic Engineering | Dreamtech press,New Delhi,2015,ISBN:9789350040126 |

# युनिट-3
# सेमीकंडक्टर ट्रान्झिस्टर
# (Semiconductor Transistor)

**विषय निष्पत्ती (Course Outcome) :**
वेगवेगळ्या ऍप्लिकेशन्समध्ये सेमीकंडक्टर ट्रान्झिस्टर वापरणे.
Use semiconductor transistors in different applications.

**युनिट निष्पत्ती (Unit Outcomes)**:
3.a दिलेल्या प्रकारच्या ट्रान्झिस्टरच्या कार्याचे वर्णन करणे.
Describe the working of the given type of transistors
3.b तीन प्रकारच्या ट्रान्झिस्टर कॉन्फिगरेशनच्या कामगिरीची तुलना करणे.
Compare the performance of three type of transistor configurations.
3.c विद्युत प्रवाह गेन (current gain) वर आधारित सिम्पल नुमेरिकेल (numericals) सोडवणे.
Solve simple numerical on Current gains.
3.d विविध अनुप्रयोगसाठी ट्रान्झिस्टर वापरा (ऍम्प्लीफायर आणि स्विच).
Use transistor for various applications ( Amplifier and Switch ) .

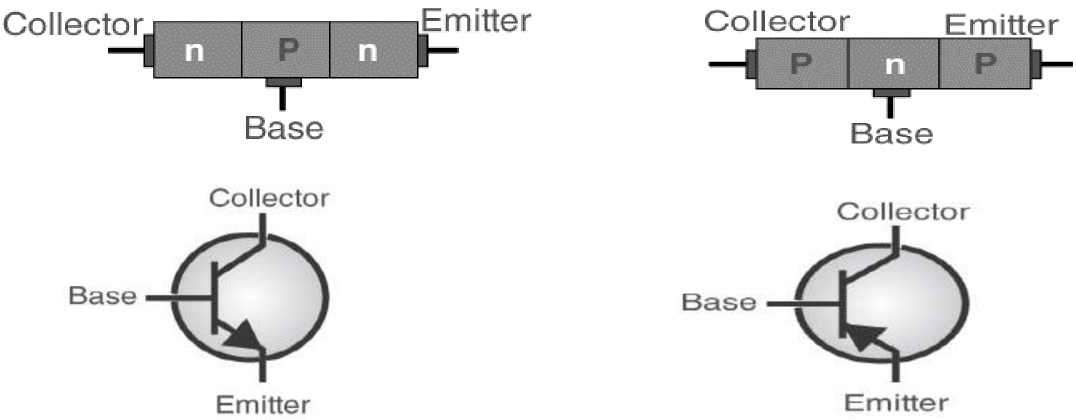
**परिचय:**
बायपोलर जंक्शन ट्रान्झिस्टर 1951 मध्ये बेल लॅबोरेटरीज टीमसह डॉ. शॉकले यांनी विकसित केले होते. ऑक्टोबर 1952 मध्ये, जेव्हा बेल सिस्टीमने टेलिफोन स्विचिंग सर्किट्समध्ये ट्रान्झिस्टर सर्किट्सचा वापर केला तेव्हा पहिल्यांदा हा घटक व्यावसायिक उपक्रमात वापरला गेला. एंगलवुड, N.J. तेव्हापासून इलेक्ट्रॉनिक्सच्या क्षेत्रात क्रांती झाली आहे.
BJT हा सर्व आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक प्रणालींचा मुख्य बिल्डिंग ब्लॉक आहे. हे तीन-टर्मिनल उपकरण आहे ज्याचे आउटपुट विद्युत प्रवाह (current), विद्युत दाब(Voltage) किंवा शक्ती(power) त्याच्या इनपुट विद्युत प्रवाहद्वारे नियंत्रित केले जातात. कम्युनिकेशन सिस्टीममध्ये, हे ॲम्प्लिफायरमधील प्राथमिक घटक म्हणून वापरले जाते. ॲम्प्लीफायर हे एक सर्किट आहे जे एसी सिग्नलची ताकद वाढवण्यासाठी द्विधृवीय ट्रान्झिस्टर वापरतात. डिजिटल कॉम्प्युटर इलेक्ट्रॉनिक्समध्ये, BJT हा हाय-स्पीड इलेक्ट्रॉनिक स्विच म्हणून वापरला जातो जो दोन ऑपरेटिंग स्टेट (खुल्या आणि बंद) मध्ये प्रति सेकंद कित्येक अब्ज वेळा स्विच करण्यास सक्षम आहे.द्विध्रुवीय जंक्शन ट्रान्झिस्टर अधिक सामान्यतः जंक्शन ट्रान्झिस्टर, द्विधृवीय ट्रान्झिस्टर किंवा फक्त एक ट्रान्झिस्टर म्हणून ओळखला जातो.
द्विध्रुवीय जंक्शन ट्रान्झिस्टरमध्ये एक अतिशय महत्त्वाचा गुणधर्म असतो जो धन सिग्नलची ताकद वाढवू शकतो. या गुणधर्माला प्रवर्धन (amplify) म्हणतात. या गुणधर्मामुळे, ट्रान्झिस्टर सर्वात मोठ्या प्रमाणावर वापरल्या जाणारे सेमीकंडक्टर उपकरणांपैकी एक आहे. सध्या, ट्रान्झिस्टर डिजिटल संगणक, उपग्रह मोबाइल फोन आणि इतर संपर्क प्रणाली, नियंत्रण प्रणाली इत्यादींमध्ये वापरले जातात.

**3.1 विद्युत प्रवाह - ऑपरेटेड डिव्हाइस (Current Operating Device):**
डिव्हाइसला विद्युत प्रवाह - ऑपरेटेड डिव्हाइस म्हटले जाते जेव्हा ते चालू आणि बंद करणे त्यातून वाहणाऱ्या विद्युत प्रवाह वर अवलंबून असते .
विद्युत प्रवाह ऑपरेटिंग डिव्हाईसेस: BJT, SCR, TRIAC, GTO, इ.
उदा.. ट्रान्झिस्टर हा त्याच्या बेस टर्मिनलमधून फ्लो (flow) होणाऱ्या विद्युत प्रवाह द्वारे कंट्रोल केला जातो.

**बायपोलर जंक्शन ट्रान्झिस्टर (Bipolar Junction Transisto**r)-
बायपोलर: विद्युत प्रवाह दोन्ही प्रकारच्या चार्ज कॅरीयर इलेक्ट्रॉन (Electron) आणि होल (Hole) मुळे होतो.
जंक्शन: दोन P-N जंक्शन आहेत.
ट्रान्झिस्टर: ट्रान्सफर + विद्युत-रोधक(Resistor).
ट्रान्झिस्टरमध्ये दोन PN जंक्शन असतात जे P-टाइप किंवा N-टाइप सेमीकंडक्टर विरुद्ध प्रकारांच्या सेमीकंडक्टर जोडी दरम्यान सँडविचिंग करून जंक्शन तयार होतात.

त्यानुसार; ट्रान्झिस्टरचे दोन प्रकार आहेत,

(i) N-P-N ट्रान्झिस्टर
(ii) P-N-P ट्रान्झिस्टर




(i) N-P-N ट्रान्झिस्टर (ii) P-N-P ट्रान्झिस्टर

**आकृती 3.1 ट्रान्झिस्टर सिम्बॉल (Transistor Symbol)**

बायपोलर जंक्शन ट्रान्झिस्टरचे रचना (Construction):

आकृती. 3.2 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे ट्रान्झिस्टर हे तीन-लेयर अर्धवाहक (semiconductor) डिव्हाइस आहे ज्यामध्ये एक प्रकारचा सेमीकंडक्टर (एकतर P-टाइप किंवा N-टाइप) दोन अन्य समान प्रकारच्या सेमीकंडक्टरमध्ये सँडविच केला जातो. बायपोलर जंक्शन ट्रान्झिस्टर सेमीकंडक्टर मटेरियलच्या तीन लेअरनी तयार होतो, जर तो p-n-p ट्रान्झिस्टर असेल, तर त्याला दोन p-प्रकारचे रिजन आणि एक n-प्रकारचे रिजन असतील, त्याचप्रमाणे, जर ते n-P-n ट्रान्झिस्टर असेल तर त्यात दोन n- रिजन आणि एक p-प्रकार रिजन असतील.

ट्रान्झिस्टरमध्ये एमिटर, कलेक्टर आणि बेस असे तीन टर्मिनल असतात. त्यांचे कार्य खालील प्रमाणे:

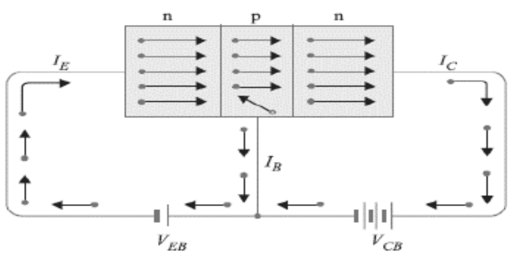
**एमिटर** - ट्रान्झिस्टरमध्ये, एमिटर बहुसंख्य मेजॉरिटी चार्ज कॅरींयरचा पुरवतो. एमिटर नेहमी बेसच्या संदर्भात फॉरवर्ड फॉरवर्ड बायस् (biased) केला जातो जेणेकरून ते बेसला बहुसंख्य चार्ज कॅरींयर पुरवते. ट्रान्झिस्टरचा एमिटर उच्च डोप (dopped) केलेला आणि आकाराने मध्यम असतो.

**कलेक्टर** - ट्रान्झिस्टरमध्ये, जो विभाग एमिटरद्वारे पुरवलेल्या चार्ज कॅरियरचा बहुसंख्य भाग गोळा करतो त्याला कलेक्टर म्हणतात. कलेक्टर-बेस जंक्शन नेहमी रिव्हर्स बायस् असतो. ट्रान्झिस्टरचा संग्राहक विभाग माफक प्रमाणात डोप(dopped) केलेला आहे, परंतु आकाराने मोठा आहे जेणेकरून ते एमिटरद्वारे पुरवलेले बहुतेक चार्ज कॅरियर गोळा करू शकेल.

**बेस** - ट्रान्झिस्टरचा मधला भाग बेस म्हणून ओळखला जातो. ट्रान्झिस्टरचा बेस लाईटली डोप (dopped) केलेला आणि खूप थिन (thin)असतो ज्यामुळे तो बेसला बहुसंख्य चार्ज कॅरियर ऑफर करतो.

**ट्रान्झिस्टर कार्य तत्त्व (Transistor working principle):**

**एनपीएन ट्रान्झिस्टरचे कार्य(Working of N-P-N transistor):**

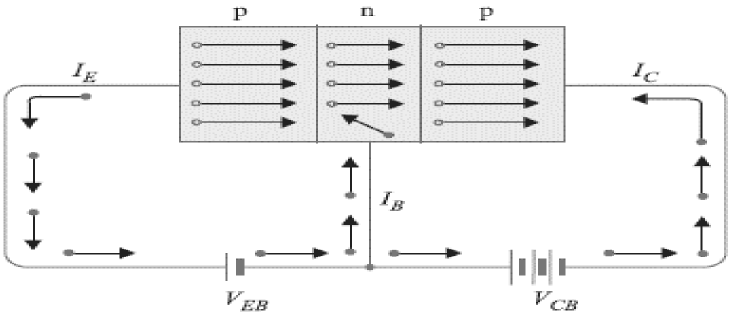



**आकृती 3.2 एनपीएन ट्रान्झिस्टर**

आकृती. 3.2 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे एनपीएन ट्रान्झिस्टरला EB जंक्शन फॉरवर्ड बायस आणि CB जंक्शन रिव्हर्स बायस असते. फॉरवर्ड बायसमुळे एमिटर मधील N-टाईप इलेक्ट्रॉन्स बेसकडे जातात. यामुळे विद्युत प्रवाह $I_E$ तयार होतो. हे इलेक्ट्रॉन P-टाइप बेसमधून वाहतात म्हणून, ते होल्स(HOLES) एकत्र होतात. बेस लाईटली डोप केलेला आणि खूप थिन असल्यामुळे, फक्त काही इलेक्ट्रॉन (5% पेक्षा कमी) होलसोबत एकत्रित होऊन बेस विद्युत प्रवाह $I_B$ तयार होतो.उर्वरित (×××95% पेक्षा जास्त) कलेक्टर क्षेत्रामध्ये ओलांडून कलेक्टर विद्युत प्रवाह $I_C$ तयार होतो.
अशा प्रकारे, कलेक्टर सर्किटमध्ये जवळजवळ संपूर्ण एमिटर विद्युत प्रवाह वाहतो. हे एमिटर विद्युत प्रवाह म्हणजे कलेक्टर आणि बेस विद्युत प्रवाहांची बेरीज.

$$IE = IB + IC$$

**पीएनपी ट्रान्झिस्टरचे काम (P-N-P Transistor):**




**आकृती 3.3 पीएनपी ट्रान्झिस्टर**

आकृती 3.3 PNP ट्रान्झिस्टरचे मूलभूत कनेक्शन दर्शविते. फॉरवर्ड बायसमुळे p-टाइप एमिटरमधील होल्स बेसकडे वाहतात. हे बनते एमिटर विद्युत प्रवाह IE. ही होल N-टाइप बेसमध्ये जात असताना, ते इलेक्ट्रॉन्ससह एकत्रित होतात. बेस लाईटली डोप केलेला आणि खूप थिन असल्यामुळे, फक्त काही इलेक्ट्रॉन (5% पेक्षा कमी) होलसोबत एकत्रित होऊन बेस विद्युत प्रवाह $I_B$ तयार होतो. उर्वरित (95% पेक्षा जास्त) कलेक्टर क्षेत्रामध्ये ओलांडून कलेक्टर विद्युत प्रवाह Ic तयार करतात. अशा प्रकारे, जवळजवळ संपूर्ण एमिटर विद्युत प्रवाह कलेक्टरमध्ये वाहतो
PNP ट्रान्झिस्टरमध्ये हे लक्षात घेतले जाऊ शकते की विद्युत प्रवाह कॉन्स्टिट्यूशन हे होल्स मुळे होते तथापि, बाह्य कनेक्टिंग तारांमध्ये, विद्युत प्रवाह अजूनही इलेक्ट्रॉन्सद्वारे आहे.
इनपुट सर्किट (म्हणजे एमिटर-बेस जंक्शन) आहे. फॉरवर्ड बायसमुळे लो रेसिस्टन्स तर आउटपुट सर्किट (म्हणजे कलेक्टर-बेस जंक्शन) मध्ये रिव्हर्स बायसमुळे हाय रेसिस्टन्स असतो. आपण पाहिल्याप्रमाणे, इनपुट एमिटर विद्युत प्रवाह जवळजवळ संपूर्णपणे कलेक्टर सर्किटमध्ये वाहतो. म्हणून, ट्रान्झिस्टर इनपुट सिग्नल ट्रान्सफर करतो लो रेसिस्टन्स सर्किटपासून हाय रेसिस्टन्स सर्किटपर्यंत. ट्रान्झिस्टरच्या अँप्लिफिकेशनसाठी हे मुख्य घटक जबाबदार आहेत.

**3.2 ट्रान्झिस्टर बायसिंग (Transistor Biasing):**

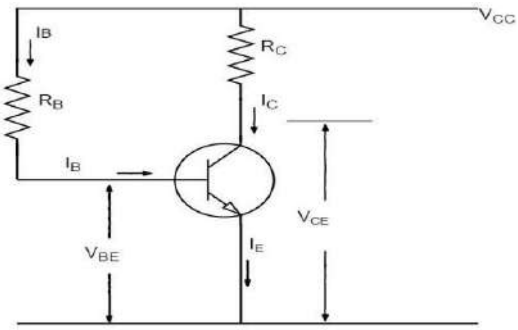
**बायसिंग ची गरज (Need of Biasing):**
अपेक्षित रिजन मध्ये ट्रान्झिस्टर चालवण्यासाठी, ट्रान्झिस्टरच्या दोन जंक्शन्सना करेक्ट पोलॅरिटी आणि मॅग्नीटुडचे एक्सटेर्नल DC विद्युत-दाब द्यावे लागते. याला बायसिंग ऑफ ट्रान्झिस्टर म्हणून ओळखले जाते.
ट्रांझिस्टरला बायस करण्यासाठी DC विद्युत-दाबचा वापर केला जात असल्याने त्याला DC बायसिंग म्हणतात.

**ट्रान्झिस्टर बायसिंगचे प्रकार (Types of Biasing)**

ट्रान्झिस्टरच्या बायसिंगसाठी सर्वात सामान्यपणे पद्धती आहेत.
1. फिक्स्ड बायस ( बेस विद्युत-रोधक(Resistor) बायस)
2. कलेक्टर ते बेस बायस
3. कलेक्टर-फीडबॅक विद्युत-रोधक(Resistor)सह बायसिंग
4. विद्युत-दाब- डिव्हायडर बायस

**1. फिक्स्ड बायस (Fixed Bias)**
या पद्धतीमध्ये, नावाप्रमाणेच, उच्च विद्युतरोधाचा रोधक(Resistor) RB बेसमध्ये जोडलेला असतो. आवश्यक शून्य सिग्नल बेस विद्युत प्रवाह VCC द्वारे प्रदान केला जातो जो RB मधून वाहतो. बेस एमिटर जंक्शन फॉरवर्ड बायस् आहे, कारण बेस एमिटरच्या संदर्भात पॉसिटीव्ह आहे.

शून्य सिग्नल बेस विद्युत प्रवाह चे आवश्यक मूल्य आणि म्हणून कलेक्टर विद्युत प्रवाह (IC = βIB म्हणून) बेस विद्युत-रोधक(Resistor) RB चे योग्य मूल्य निवडून प्रवाहित केले जाऊ शकते. त्यामुळे RB चे मूल्य जाणून घेणे आवश्यक आहे. बायसिंग सर्किटची बेस विद्युत-रोधक(Resistor) पद्धत कशी दिसते हे खालील आकृती 3.4 दाखवते.




**आकृती 3.4 फिक्स्ड बायस**

Kirchoff's Voltage Law लागू करताना व्हीसीसी, बेस, एमिटर आणि ग्राउंडमधील क्लोज्ड सर्किट लक्षात घेता,

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

किंवा

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

त्यामुळे,

RB=(VCC−VBE)/ IB

VCC च्या तुलनेत VBE साधारणपणे खूपच लहान असल्याने, टाळले(ignore) जाऊ शकते.

RB=VCC x IB

VCC चे ज्ञात प्रमाण आणि IB चे योग्य मूल्यावर , RB थेट शोधता येत असल्याने, या पद्धतीला फिक्स्ड बायस पद्धत असे म्हणतात.

**फायदे**

1.सर्किट सोपे आहे.

2. फक्त एक विद्युत-रोधक(Resistor) RE आवश्यक आहे.

3. बायसिंग अटी सहज सेट केल्या जातात.

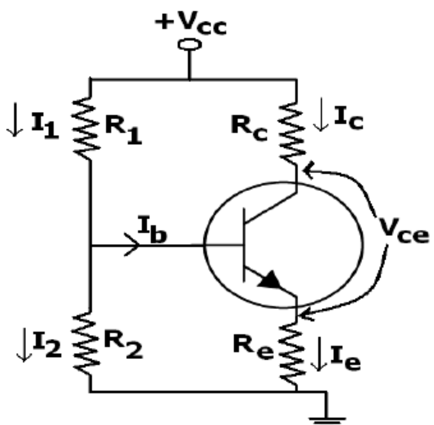
4. बेस-एमिटर जंक्शनवर कोणतेही विद्युत-रोधक(Resistor) नसल्यामुळे लोडिंग इफेक्ट नाही.

**तोटे**

1. हीट डेव्हलपमेंट मुळे स्टॅबिलायझेशन खराब आहे.
2. स्टॅबिलिटी फॅक्टर खूप जास्त आहे. त्यामुळे थर्मल रनवे ची दाट शक्यता आहे.म्हणून, ही पद्धत क्वचितच वापरली जाते.

**3.विद्युत-दाब- डिव्हायडर बायस (Voltage Divider Bias)**

खालील आकृती 3.5 विद्युत-दाब डिव्हायडर बायस पद्धतीचे सर्किट दाखवते.



**आकृती 3.5 विद्युत-दाब- डिव्हायडर बायस**

बायसिंग आणि स्टॅबिलायझेशन प्रदान करण्याच्या सर्व पद्धतींपैकी, विद्युत-दाब डिव्हायडर बायस पद्धत सर्वात प्रमुख आहे. येथे, दोन बाह्य विद्युत-रोध R1 आणि R2 कार्यरत आहेत, जे VCC शी जोडलेले आहेत आणि बायसिंग प्रदान करतात. एमिटरमध्ये वापरला जाणारा विद्युत-रोधक(Resistor) RE स्थिरता(Stability) प्रदान करतो. R2 च्या अक्रोस विद्युत-दाब ड्रॉप बेस-एमिटर जंक्शनला फॉरवर्ड बायस करतो. यामुळे बेस विद्युत प्रवाह आणि म्हणून कलेक्टर विद्युत प्रवाह झिरो सिग्नल कंडिशन ला पण वाहतो.

समजा, विद्युत-रोधक(Resistor) R1 मधून फ्लो होणारा विद्युत प्रवाह I1 आहे. बेस विद्युत प्रवाह IB खूपच लहान असल्याने, हे मानले जाऊ शकते कि R2 मधून फ्लो होणारा विद्युत प्रवाह पण I1 आहे.

कलेक्टर विद्युत-दाब आणि कलेक्टर विद्युत प्रवाह साठी एक्स्प्रेशन:

सर्किट वरून,

I1=VCC/(R1+R2)

म्हणून, विद्युत-रोधक(Resistor) R2 मधील विद्युत-दाब,

V2=(VCC)×(R2/ (R1+R2))

Kirchhoff's Voltage Law नुसार ,

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

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

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

पण,

$I_E \approx I_C$,

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

वरील एक्स्प्रेशनवरून, हे स्पष्ट आहे की IC हा β वर अवलंबून नाही. VBE खूपच लहान आहे की IC ला VBE चा अजिबात परिणाम होत नाही. अशा प्रकारे या सर्किटमधील IC ट्रान्झिस्टर पॅरामीटर्सपेक्षा जवळजवळ स्वतंत्र आहे आणि म्हणूनच चांगले स्टॅबिलायझेशन प्राप्त होते.

**फायदे:**

- ऑपरेटिंग पॉइंट β व्हेरिएशन पासून जवळजवळ इंडिपेंडंट आहे.
- ऑपरेटिंग पॉइंट तापमानातील शिफ्टच्या विरूद्ध स्थिर झाला.

**तोटे:**

• दिलेल्या ट्रान्झिस्टरसाठी β-मूल्य निश्चित केल्यामुळे, हे रिलेशन सॅटिसफाय होऊ शकते.

RE बऱ्यापैकी मोठे ठेवून, किंवा R1||R2 खूप कमी करून.

• जर RE मोठे मूल्य असेल, तर उच्च VCC आवश्यक आहे. यामुळे खर्च वाढतो तसेच हाताळणी करताना आवश्यक असलेली खबरदारी.

**3.3 ट्रान्झिस्टर ऑपरेशनचे रिजन्स आणि त्यांचे महत्त्व (Regions of operation and their significance)**

कट ऑफ, ऍक्टिव्ह आणि सॅच्युरेशन रिजन:

**ऍक्टिव्ह रिजन :-** बेस- हे रिजन सॅच्युरेशन आणि कटऑफ दरम्यान आहे. एमिटर जंक्शन फॉरवर्ड असते आणि बेस-कलेक्टर जंक्शन रिव्हर्स बायस्ड असते. हे असे रिजन आहे ज्यामध्ये ट्रान्झिस्टरची बरीच अनुप्रयोग आहेत. ट्रान्झिस्टर या रिजन मध्ये असताना, ऍम्प्लीफायर म्हणून चांगले कार्य करतो.

ऍक्टिव्ह रिजन मध्ये कलेक्टर विद्युत प्रवाह बेस विद्युत प्रवाह च्या β पट असतो, म्हणजे,

IC=βIB

IC = कलेक्टर विद्युत प्रवाह

β = विद्युत प्रवाह ॲम्प्लिफिकेशन फॅक्टर

IB = बेस विद्युत प्रवाह

**सॅच्युरेशन रिजन :-** बेस- एमिटर जंक्शन फॉरवर्ड असते आणि बेस-कलेक्टर जंक्शन पण फॉरवर्ड बायस्ड असते.
हे असे रिजन आहे ज्यामध्ये ट्रान्झिस्टर क्लोज्ड स्विच म्हणून ॲक्ट होतो. ट्रान्झिस्टरवर त्याचा कलेक्टर आणि एमिटर शॉर्ट झाल्याचा प्रभाव असतो. या रिजन मध्ये कलेक्टर आणि एमिटर विद्युत प्रवाह जास्त असतात.
**कट ऑफ रिजन :-** दोन्ही जंक्शन रिव्हर्स बायस्ड असतात.
हे असे रिजन आहे ज्यामध्ये ट्रान्झिस्टर ओपन स्विच म्हणून ॲक्ट होतो. ट्रान्झिस्टरवर त्याचा कलेक्टर आणि बेस ओपन सर्किट असतो. कलेक्टर, एमिटर आणि बेस विद्युत प्रवाह हे सर्व ऑपरेशनच्या या मोडमध्ये शून्य आहेत.

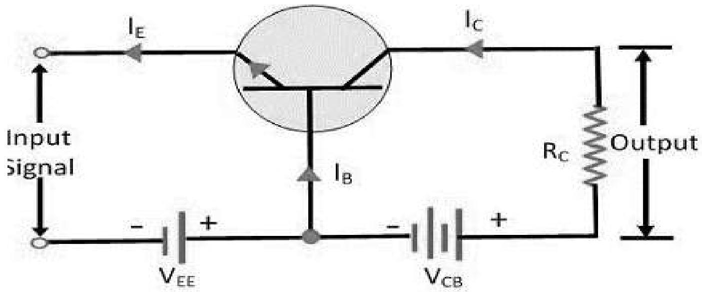
| एमिटर -बेस जंक्शन | कलेक्टर-बेस जंक्शन | ऑपरेशनचे रिजन |
|---|---|---|
| फॉरवर्ड बायस्ड | रिव्हर्स बायस्ड | ॲक्टिव्ह |
| फॉरवर्ड बायस्ड | फॉरवर्ड बायस्ड | सॅच्युरेशन |
| रिव्हर्स बायस्ड | रिव्हर्स बायस्ड | कट ऑफ |

**3.4 ट्रान्झिस्टर कॉन्फिगरेशन (Transistor Configuration):**

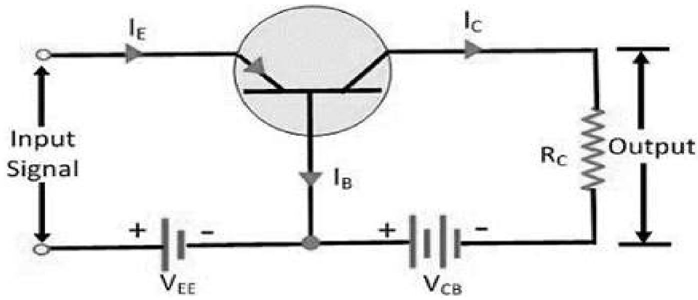
ट्रांजिस्टर जर आपल्याला टू पोर्ट नेटवर्क डिव्हाइस म्हणून वापरायचा असेल तर त्यासाठी चार टर्मिनल ची आवश्यकता आहे.पण ट्रान्झिस्टरला ३ टर्मिनल असतात.त्यामुळे जर आपल्यालाट्रान्झिस्टरटू पोर्ट नेटवर्क नुसार वापरायचा असेल तर ट्रान्झिस्टरच्या तीन टर्मिनल्स पैकी एक टर्मिनल हा इनपुट आणि आऊटपुट पोर्ट मध्ये कॉमन टर्मिनल म्हणून वापरू शकतो. त्यानुसारट्रान्झिस्टरखालील तीन कॉन्फिगरेशन मध्ये वापरता येतो

1. कॉमन बेस कॉन्फिगरेशन
2. कॉमन एमिटर कॉन्फिगरेशन
3. कॉमन कलेक्टर कॉन्फिगरेशन

**1.कॉमन बेस्(CB) कॉन्फिगरेशन**



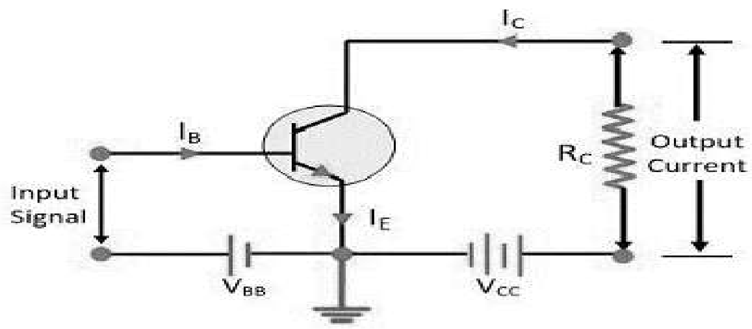

**आकृती 3.6 एनपीएन ट्रान्झिस्टर कॉमन बेस**



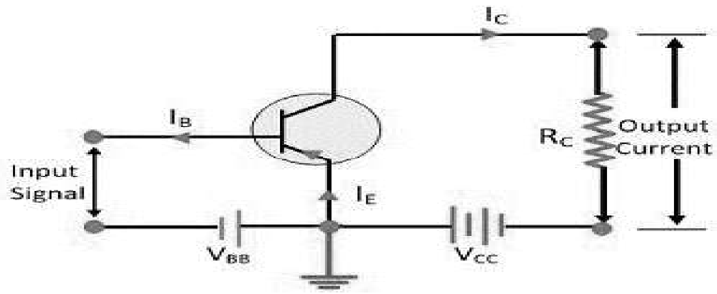

**आकृती 3.7 पीएनपी ट्रान्झिस्टर कॉमन बेस**

आकृती 3.6 मध्ये NPN)ट्रान्झिस्टरसाठी कॉमन बेस्($C_B$) कॉन्फिगरेशन दाखवले आहे. आकृती
3.7 मध्ये PNP ट्रान्झिस्टरसाठी कॉमन बेस($C_B$) कॉन्फिगरेशन दाखवले आहे.
CB कॉन्फिगरेशन मध्ये वोल्टेज हे एमिटर आणि बेस मध्ये अप्लाय केले आहे. बेस हा इनपुट आणि आउटपुट
पोर्ट मधील कॉमन टर्मिनल आहे. इथे इनपुट वोल्टेज हे $V_{EB}$ असून इनपुट विद्युत प्रवाह $I_E$ आहे .कलेक्टर आणि बेस मध्ये आउटपुट घेतले जाते. त्यामुळे $V_{CB}$ हे आउटपुट वोल्टेज असून $I_C$ हा आउटपुट विद्युत प्रवाह आहे.

**2. कॉमनएमिटर(CE) कॉन्फिगरेशन**




**आकृती 3.8 एनपीएन ट्रान्झिस्टर कॉमन एमिटर**

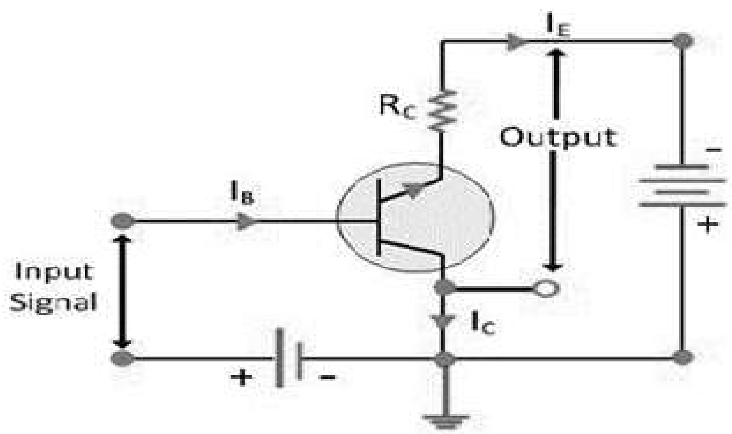



**आकृती 3.9 पीएनपी ट्रान्झिस्टर कॉमन एमिटर**

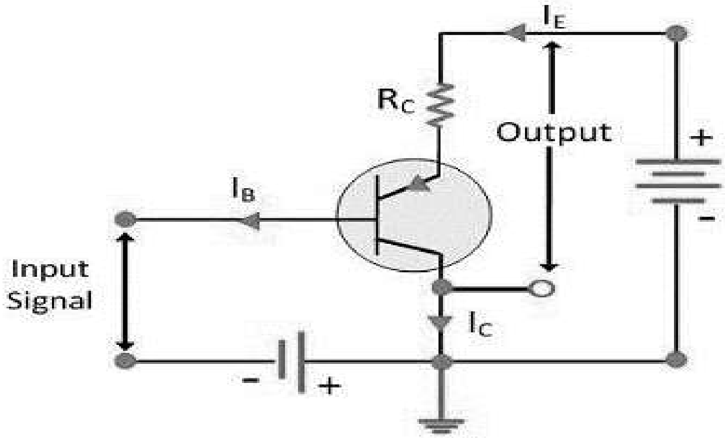
आकृती 3.8 मध्ये NPN ट्रान्झिस्टरसाठी कॉमन एमिटर(CE) कॉन्फिगरेशन दाखवले आहे. आकृती 3.9 मध्ये PNP ट्रान्झिस्टरसाठी कॉमन एमिटर(CE) कॉन्फिगरेशन दाखवले आहे.

CE कॉन्फिगरेशन मध्ये वोल्टेज हे एमिटर आणि बेस मध्ये अप्लाय केले आहे.एमिटर हा इनपुट आणि आउटपुट पोर्ट मधील कॉमन टर्मिनल आहे. इथे इनपुट वोल्टेज हे $V_{BE}$ असून इनपुट विद्युत प्रवाह $I_B$ आहे .कलेक्टर आणि एमिटर मध्ये आउटपुट घेतले जाते. त्यामुळे $V_{CE}$ हे आउटपुट वोल्टेज असून $I_C$ हा आउटपुट विद्युत प्रवाह आहे.

**3. कॉमन कलेक्टर (CC) कॉन्फिगरेशन**




**आकृती 3.10 एनपीएन ट्रान्झिस्टर कॉमन कलेक्टर**



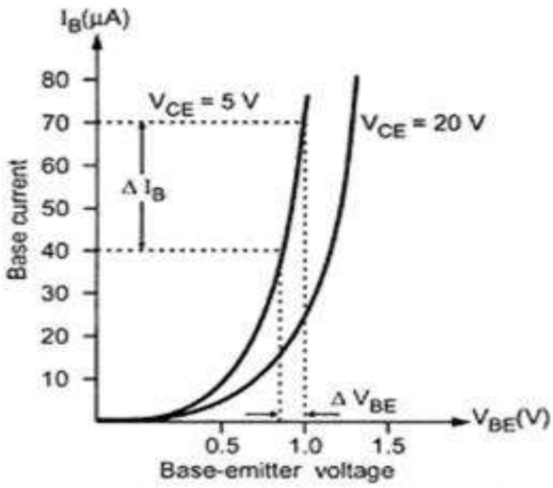

**आकृती 3.11 पीएनपी ट्रान्झिस्टर कॉमन कलेक्टर**

आकृती 3.10 मध्ये NPN ट्रान्झिस्टरसाठी कॉमन कलेक्टर (CC) कॉन्फिगरेशन दाखवले आहे.

आकृती 3.11 मध्ये PNP ट्रान्झिस्टरसाठी कॉमन कलेक्टर (CC) कॉन्फिगरेशन दाखवले आहे.

CC कॉन्फिगरेशन मध्ये इनपुट वोल्टेज हे कलेक्टर आणि बेस टर्मिनल मध्ये अप्लाय केले आहे. कलेक्टर हा इनपुट आणि आउटपुट पोर्ट मधील कॉमन टर्मिनल आहे. इथे इनपुट वोल्टेज हे $V_{BC}$ असून इनपुट विद्युत प्रवाह $I_B$ आहे .कलेक्टर आणि एमिटर मध्ये आउटपुट घेतले जाते. त्यामुळे $V_{EC}$ हे आउटपुट वोल्टेज असून $I_E$ हा आउटपुट विद्युत प्रवाह आहे.

**इनपुट कॅरेक्टरस्टिक ऑफ CE कॉन्फिगरेशन –**

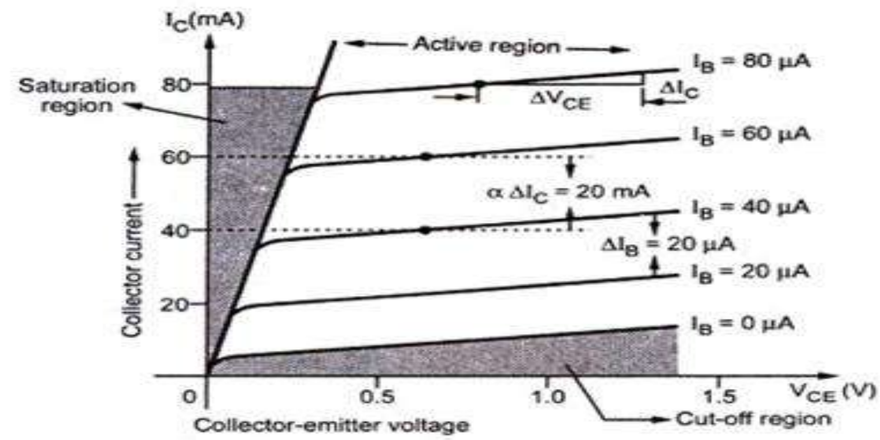



**Input characteristics of the transistor in CE configuration**

**आकृती 3.12 इनपुट कॅरेक्टरस्टिक ऑफ CE कॉन्फिगरेशन**

इनपुट **कॅरेक्टरस्टिक** ऑफ CE कॉन्फिगरेशन ही इनपुट विद्युत प्रवाह $I_B$ आणि इनपुट वोल्टेज $V_{BE}$ यामधील रिलेशनशिप दाखवते त्यावेळी आऊटपुट वोल्टेज $V_{CE}$ हा पॅरामीटर कॉन्स्टंट ठेवलेला असतो. इथे इनपुट विद्युत प्रवाह हा बेस विद्युत प्रवाह $I_B$ असून इनपुट वोल्टेज VBE हा बेसएमिटर वोल्टेज आहे तर $V_{CE}$ हा कलेक्टर एमिटर आउटपुट वोल्टेज आहे. आकृती 3.12 ग्राफ मध्ये दाखवल्यानुसार जर आपण $V_{BE}$ ची व्हॅल्यू कॉन्स्टंट ठेवली आणि $V_{CE}$ ची व्हॅल्यू वाढवत गेलो तर बेस् विद्युत प्रवाह $I_B$ हा कमी होतो.

**आउटपुट कॅरेक्टरस्टिक ऑफ CE कॉन्फिगरेशन-**




**Output characteristics of the transistor in CE configuration**

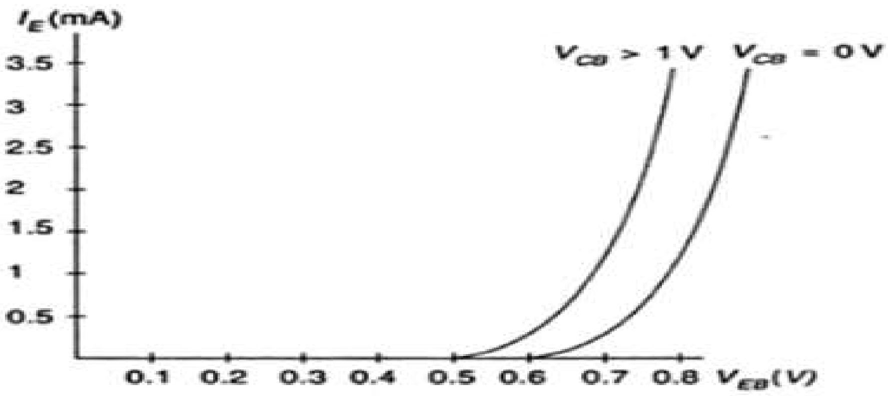
**आकृती 3.13 आउटपुट कॅरेक्टरस्टिक ऑफ CE कॉन्फिगरेशन**

आकृती 3.13 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे आउटपुट कॅरेक्टरस्टिक ही आऊटपुट विद्युत प्रवाह IC आणि आऊटपुट वोल्टेज VCE यामधील रिलेशनशिप दाखवते. हा ग्राफ डिफरंट $I_B$ च्या व्हॅल्यू साठी काढला आहे.

ग्राफ मध्ये दाखवल्यानुसार ऑपरेशन चे तीन रीजनस आहेत. कट-ऑफ, ऍक्टिव्ह आणि सचुरेशन रीजन .

कट ऑफ रीजनमध्ये ट्रान्झिस्टरहा ओपन स्विच म्हणून कार्य करतो. सचुरेशन रीजन मध्ये ट्रान्झिस्टर क्लोज स्विच म्हणून कार्य करतो. ऍक्टिव्ह रीजनमध्ये ट्रान्झिस्टरऍम्प्लिफायर म्हणून कार्य करतो.

**इनपुट कॅरेक्टरस्टिक ऑफ CB कॉन्फिगरेशन-**



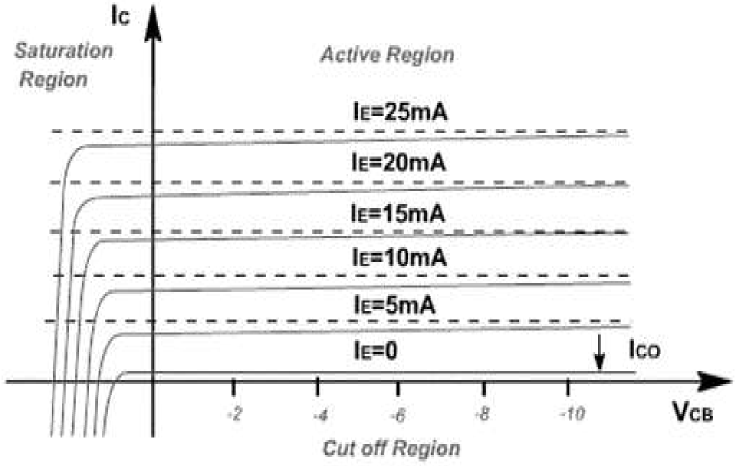

**CB input characteristics**

**आकृती 3.14 इनपुट कॅरेक्टरस्टिक CB कॉन्फिगरेशन-**

आकृती 3.14 मध्ये दाखवल्यानुसार $C_B$ कॉन्फिगरेशन ची इनपुट कॅरेक्टरस्टिक ही कॉन्स्टंट आउटपुट वोल्टेज $V_{CB}$ ठेऊन इनपुट विद्युत प्रवाह $I_E$ आणि इनपुट वोल्टेज $V_{BE}$ यामधील रिलेशन दाखवते. इनपुट कॅरेक्टरस्टिक ही P-N जंक्शन डायोड च्या फॉरवर्ड कॅरेक्टरस्टिक सारखी आहे.

कट इन वोल्टेजपर्यंत एमिटर विद्युत प्रवाह हा निगलिजिबल असून, त्यानंतर तो स्मॉल $V_{BE}$ च्या इंक्रीज मुळे रॅपिडली वाढतो

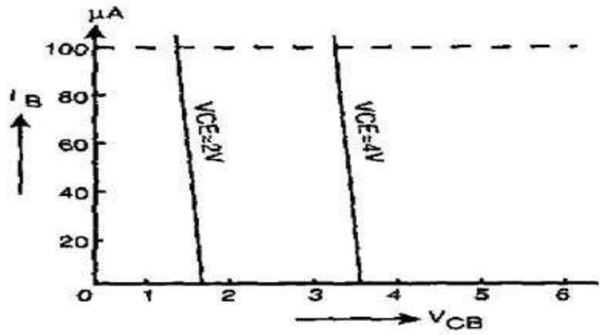
**आउटपुट कॅरेक्टरस्टिक ऑफ CB कॉन्फिगरेशन-**




**आकृती 3.15 CB कॉन्फिगरेशन आऊटपुट कॅरेक्टरस्टिक**

आकृती 3.15 मधील ग्राफ मध्ये दाखवल्यानुसार $C_B$ कॉन्फिगरेशन ची आऊटपुट कॅरेक्टरस्टिक ही आऊटपुट विद्युत प्रवाह $I_C$ आणि आऊटपुट वोल्टेज $V_{CB}$ यामधील रिलेशन दाखवते.
ग्राफ मध्ये दाखवल्यानुसार आऊटपुट कॅरेक्टरस्टिक ही कॉन्स्टंट इनपुट विद्युत प्रवाह $I_E$ च्या अंडर ड्रॉ केली आहे.

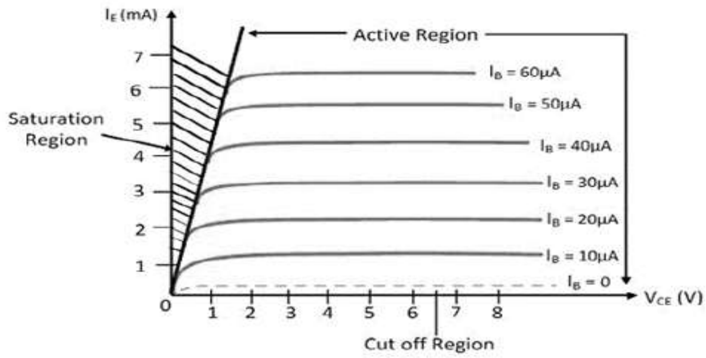
**इनपुट कॅरेक्टरस्टिक ऑफ CC कॉन्फिगरेशन-**




**आकृती 3.16 CC कॉन्फिगरेशन इनपुट कॅरेक्टरस्टिक**

आकृती 3.16 मधील ग्राफ मध्ये दाखवल्यानुसार CC कॉन्फिगरेशन ची इनपुट कॅरेक्टरस्टिक ही इनपुट विद्युत प्रवाह $I_B$ आणि इनपुट वोल्टेज $V_{CB}$ यामधील रिलेशन दाखवते. ग्राफ मध्ये दाखवल्यानुसार इनपुट कॅरेक्टरस्टिक ही कॉन्स्टंट आऊटपुट वोल्टेज $V_{CE}$ च्या अंडर ड्रॉ केली आहे.

**आउटपुट कॅरेक्टरस्टिक ऑफ CC कॉन्फिगरेशन-**




**आकृती 3.17 CC कॉन्फिगरेशन आऊटपुट कॅरेक्टरस्टिक**

आकृती 3.17 मधील ग्राफ मध्ये दाखवल्यानुसार CC कॉन्फिगरेशन ची आऊटपुट कॅरेक्टरस्टिक ही आऊटपुट विद्युत प्रवाह $I_E$ आणि आऊटपुट वोल्टेज $V_{CE}$ यामधील रिलेशन दाखवते.

ग्राफ मध्ये दाखवल्यानुसार आऊटपुट कॅरेक्टरस्टिक ही कॉन्स्टंट इनपुट विद्युत प्रवाह $I_B$ च्या अंडर ड्रॉ केली आहे. CC कॉन्फिगरेशन ची आऊटपुट कॅरेक्टरस्टिक ही CE कॉन्फिगरेशन ची आऊटपुट कॅरेक्टरस्टिकच्या सारखी आहे.कारण

IC=IE ……( IE=IC+IB बेस विद्युत प्रवाह हा निगलीजिबल असतो)

**3.5 ट्रान्झिस्टर पॅरामीटर्स (Transistor parameters):** α(अल्फा),**β** -(बीटा)

1. **विद्युत प्रवाह ॲम्प्लिफिकेशन फॅक्टर(α)**- अल्फा हा कलेक्टर विद्युत प्रवाह आणि एमिटर विद्युत प्रवाह यांचा रेशो आहे.

$$\alpha = Ic/ Ie$$

1. **एमिटर विद्युत प्रवाह ॲम्प्लिफिकेशन फॅक्टर(β)** -बीटा हा कलेक्टर विद्युत प्रवाह आणि बेस विद्युत प्रवाह यांचा रेशो आहे.

   $\beta = Ic/ Ib$

2. **γ(ग्यामा): ग्यामा** हा एमिटर विद्युत प्रवाह आणि बेस विद्युत प्रवाह यांचा रेशो आहे.

   $\gamma = I_E/ I_B$

3. **इनपुट रेझिस्टन्स** : हे बेस-एमिटर विद्युत-दाबमधील बदल आणि स्थिर कलेक्टर-एमिटर विद्युत-दाबमध्ये बेस विद्युत् प्रवाहमधील संबंधित बदलाचे गुणोत्तर आहे.

$$R_{\text{in}} = \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right) \text{ at constant } V_{CE}$$

4. **आउटपुट रेझिस्टन्स** : हे कलेक्टर-एमिटर विद्युत-दाबमधील बदल आणि स्थिर बेस विद्युत् प्रवाहमध्ये कलेक्टर विद्युत् प्रवाहमधील संबंधित बदलाचे गुणोत्तर आहे.

$$R_{\text{out}} = \left(\frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}\right) \text{ at constant } I_B$$

**α आणि मधील β रिलेशनशिप:**

**1. α इन टर्म्स ऑफ β**

एमिटर विद्युत प्रवाह

Ie=Ib+Ic

दोन्ही साईडला IC ने डिव्हाइड करा

Ie/Ic=Ib/Ic+Ic/Ic

Ie/Ic=Ib/Ic+1

1/α=1/β+1 [∵α=Ic/ Ie,β=Ic/Ib]

1/α=1+β/β

त्यामुळे

α= β/1+β ……………..(1)

**2. β इन टर्म्स ऑफ α**

α=β/1+β …….. इक्वेशन 1वरून

त्यामुळे

β=α+αβ

β−αβ=α

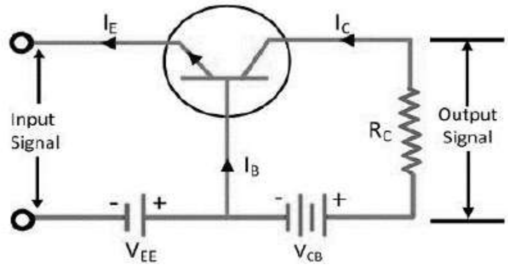
β(1−α)=α

β=α/1−α

**3.6 ट्रान्झिस्टर अनुप्रयोग (Transistor Applications):**

**1. ट्रान्झिस्टर ॲम्प्लिफायर (Transistor Amplifier):**

लहान सिग्नल ॲम्प्लिफायर्सना विद्युत-दाब ॲम्प्लीफायर (Voltage amplifier) असेही म्हणतात. मोठे सिग्नल ॲम्प्लीफायर्स शक्ती ॲम्प्लिफायर (power amplifier) म्हणूनही ओळखले जातात. ट्रान्झिस्टर क्षिण (weak) सिग्नल ॲम्प्लिफाय करतो आणि म्हणून ॲम्प्लिफायरचे कार्य करतो. ट्रान्झिस्टर ॲम्प्लीफायर सर्किट खालील आकृती 3.18 मध्ये दर्शविले आहे. ट्रान्झिस्टरमध्ये एमिटर, बेस आणि कलेक्टर असे तीन टर्मिनल असतात. ट्रान्झिस्टरचा एमिटर आणि बेस फॉरवर्ड बायस्डमध्ये जोडलेला असतो आणि कलेक्टर बेस रिव्हर्स बायसमध्ये असतो. फॉरवर्ड बायस म्हणजे ट्रान्झिस्टरचा P- टर्मिनल सप्लायच्या पॉझिटिव्ह (Positive) टर्मिनलशी जोडलेला असतो आणि N-टर्मिनल सप्लायच्या निगेटिव्ह टर्मिनलशी जोडलेला असतो आणि रिव्हर्स बायसमध्ये त्याच्या अगदी विरुद्ध असतो.




**आकृती 3.18 ट्रान्झिस्टर ॲम्प्लिफायर**

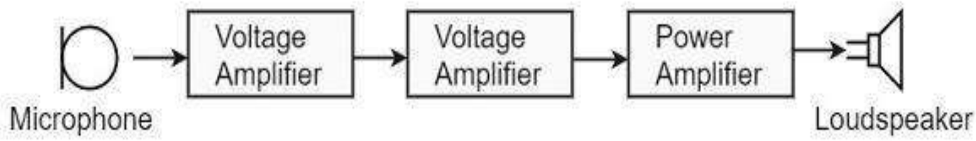
इनपुट सिग्नल किंवा वीक सिग्नल एमिटर बेसवर अप्लाय केला जातो आणि आउटपुट विद्युत- भार विद्युत-रोधक(Resistor) RC च्या आक्रोस मिळते, जे कलेक्टर सर्किटमध्ये जोडलेले असते. ॲंप्लिफिकेशन मिळवण्यासाठी इनपुट सिग्नलसह इनपुट सर्किटवर DC विद्युत-दाब VEE लागू केले जाते. DC विद्युत-दाब VEE इनपुट सिग्नलच्या पोलॅरिटी इग्नोर करून एमिटर-बेस जंक्शन फॉरवर्ड बायस्ड स्थितीत ठेवते आणि बायस विद्युत-दाब म्हणून ओळखले जाते.

जेव्हा इनपुटवर वीक सिग्नल लागू केला जातो, तेव्हा सिग्नल विद्युत-दाबमधील लहान बदलामुळे एमिटर विद्युत प्रवाह मध्ये बदल होतो (किंवा आपण असे म्हणू शकतो की सिग्नल विद्युत-दाबमध्ये 0.1V च्या बदलामुळे एमिटर विद्युत प्रवाह मध्ये 1mA बदल होतो) कारण इनपुट सर्किटमध्ये खूप कमी रेसिस्टन्स असतो. ट्रान्समीटर क्रियेमुळे हा बदल कलेक्टर विद्युत प्रवाह मध्ये जवळजवळ सारखाच आहे.

कलेक्टर सर्किटमध्ये, हाय व्हॅल्यू विद्युत- भार विद्युत-रोधक(Resistor) RC जोडलेले आहे. जेव्हा कलेक्टर विद्युत प्रवाह एवढ्या हाय व्हॅल्यू रेझिस्टन्समधून वाहतो, तेव्हा तो त्यावर मोठ्या प्रमाणात विद्युत-दाब ड्रॉप तयार करतो. अशाप्रकारे, इनपुट सर्किटवर लागू केलेला वीक सिग्नल (0.1V) कलेक्टर सर्किटमध्ये ॲम्प्लीफाइड स्वरूपात (10V) दिसून येतो.

**2. शक्ती ॲम्प्लिफायर( Power Amplifier):**

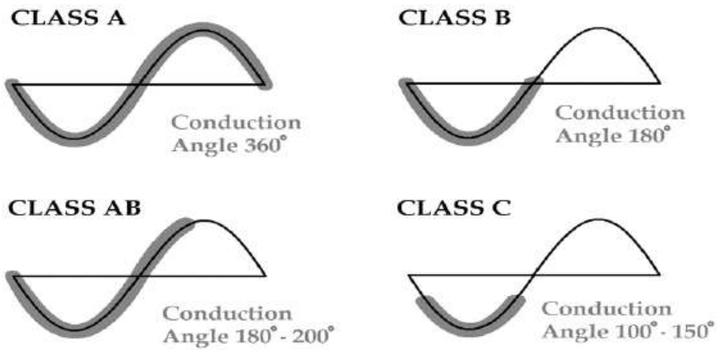
ट्रान्झिस्टर ॲम्प्लिफायर जो ऑडिओ फ्रिक्वेंसी रेंज असलेल्या सिग्नल्सची शक्ती लेव्हल वाढवतो त्याला ट्रान्झिस्टर शक्ती ॲम्प्लिफायर म्हणतात. सर्वसाधारणपणे, मल्टीस्टेज ॲम्प्लिफायरचा शेवटचा टप्पा म्हणजे शक्ती स्टेज. शक्ती ॲम्प्लीफायर विद्युत-दाब ॲम्प्लिफायरपेक्षा वेगळा असतो. शक्ती ॲम्प्लिफायरचे कार्य इनपुट सिग्नलची शक्ती वाढवणे आहे. शक्ती एम्प्लिफिकेशनसाठी योग्य असलेल्या ट्रान्झिस्टरला सामान्यतः शक्ती ट्रान्झिस्टर म्हणतात.



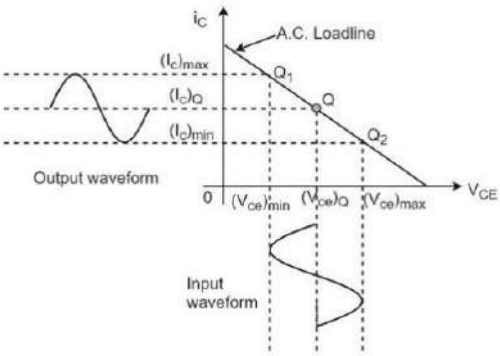

**आकृती 3.19 शक्ती ॲम्प्लिफायर वेगवेगळ्या क्लासेसमध्ये विभागले जाऊ शकतात;**

1. **क्लास ए ॲम्प्लिफायर्स -** जिथे आउटपुट डिव्हाइस सर्व इनपुट सायकलसाठी चालते.
2. **क्लास बी ॲम्प्लिफायर्स -** जिथे आउटपुट डिव्हाइस इनपुट सायकलच्या फक्त 50% साठी चालते.
3. **क्लास एबी ॲम्प्लिफायर्स -** जेथे आउटपुट डिव्हाइस 50% पेक्षा जास्त परंतु इनपुट सायकलच्या 100% पेक्षा कमी चालते.

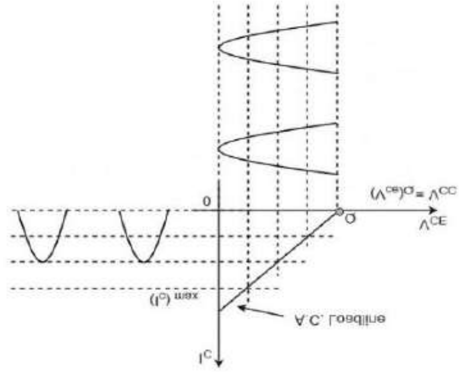
आकृती 3.20 आणि 3.21 शक्ती ॲम्प्लिफायर क्लासेस दर्शविते.



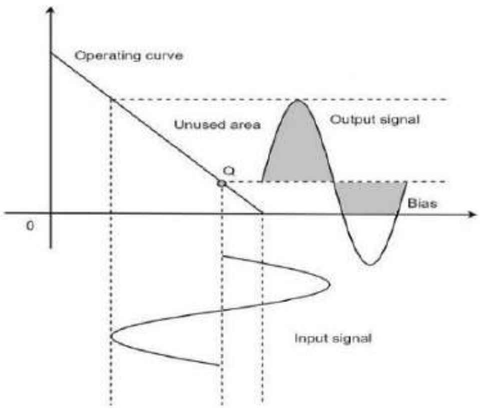

**आकृती 3.20 शक्ती ऍम्प्लिफायर क्लासेस**



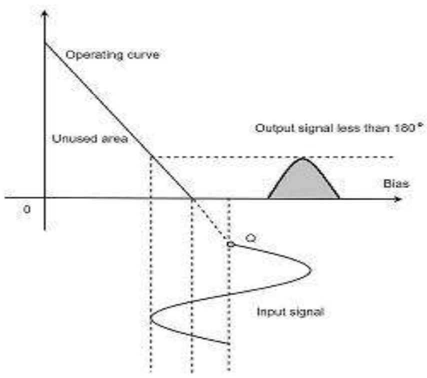

**क्लास A**



**क्लास B**




**क्लास AB**




**क्लास C**

**आकृती 3.21 शक्ती ऍम्प्लिफायर क्लासेस (Q बिंदूच्या संदर्भात)**

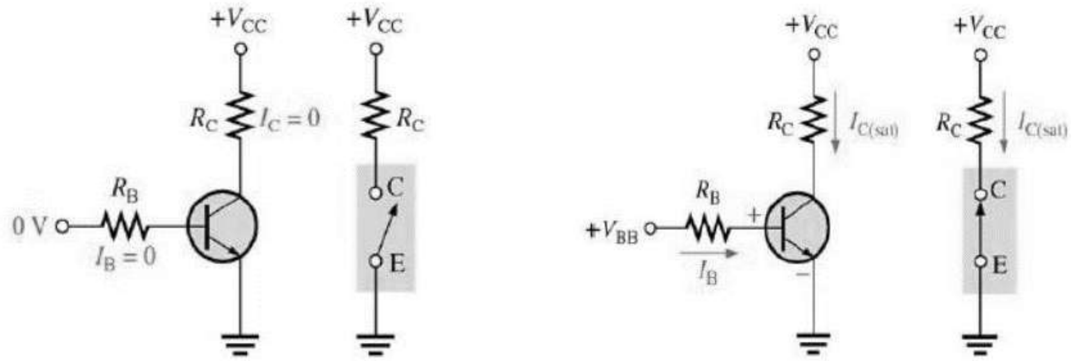
तक्ता **क्र. 3.1 शक्ती ऍम्प्लीफायरची तुलना**

| **क्लास** | **क्लास A** | **क्लास B** | **क्लास AB** | **क्लास C** |
|---|---|---|---|---|
| **ऑपरेटिंग सायकल** | 360 (full cycle) | 180० (half cycle) | 180० पेक्षा जास्त आणि 360 पेक्षा कमी | 180० पेक्षा कमी |
| **पोझिशन ऑफ Q पॉईंट** | सेंटर मध्ये | X ऍक्सिस वर | X ऍक्सिस च्या वर | X ऍक्सिसच्या खाली |
| **कार्यक्षमता** | 25% किंवा 50% | 78.5% | 50%-78.5% | High 100% |

| क्लास | क्लास A | क्लास B | क्लास AB | क्लास C |
|---|---|---|---|---|
| डिस्टोरशन | एबसेन्ट | प्रेसेंट, class A पेक्षा जास्त | प्रेसेंट class C पेक्षा कमी | सर्वात जास्त |
| फिगर ऑफ मेरिट | 2 | 0.4 | 0.4-2 | <0.25 |

**ट्रान्झिस्टर एक स्विच म्हणून (Transistor as a Switch)**

आकृती 3.22 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे इलेक्ट्रॉनिक स्विच म्हणून वापरल्यास, ट्रान्झिस्टर सामान्यतः कट ऑफ किंवा सॅच्युरेशन रिजन मध्ये ऑपरेट होतो.




**आकृती 3.22 ट्रान्झिस्टर एक स्विच म्हणून**

ट्रान्झिस्टरच्या बेस टर्मिनलवर लागू केलेल्या विद्युत-दाबवर आधारित स्विचिंग ऑपरेशन केले जाते. जेव्हा बेस आणि एमिटर दरम्यान पुरेसा विद्युत-दाब लागू केला जातो, तेव्हा कलेक्टर ते एमिटर विद्युत-दाब अंदाजे 0 च्या बरोबरीचे असते. म्हणून, ट्रांझिस्टर सॅच्युरेशन रिजन मध्ये जातो आणि क्लोज स्विच ( शॉर्ट सर्किट )म्हणून ॲक्ट होतो. कलेक्टर विद्युत प्रवाह VCC / RC ट्रान्झिस्टरमधून वाहतो

त्याचप्रमाणे, जेव्हा इनपुटवर कोणतेही विद्युत-दाब लागू केले जात नाही (शून्य विद्युत-दाब), तेव्हा ट्रान्झिस्टर कटऑफ रिजन मध्ये कार्य करतो आणि ओपन स्विच (ओपन सर्किट) म्हणून ॲक्ट होतो.

**3.7 विद्युत-दाब ऑपरेटिंग डिव्हाइसेस (Voltage Operating Devices):**

डिव्हाइसला विद्युत-दाब-नियंत्रित डिव्हाइस म्हटले जाईल ते चालू आणि बंद करणे त्याच्या टर्मिनल्सवरील विद्युत-दाबवर अवलंबून असते.

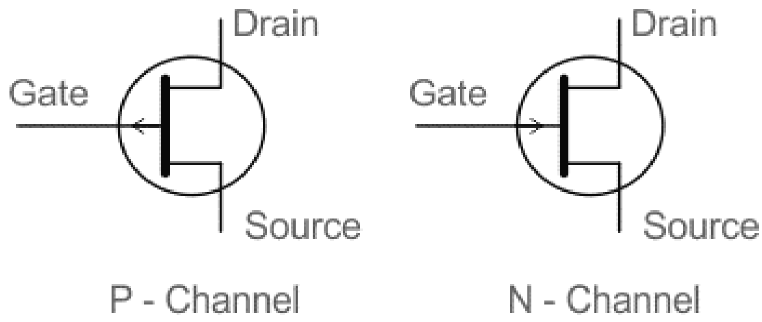
उदा. MOSFET, IGBT, JFET, SIT, MCT, इ.

उदाहरणार्थ, MOSFET मध्ये गेट इनपुट विद्युत-दाब सोअर्स पासून ड्रेनपर्यंत विद्युत प्रवाह नियंत्रित करतो.

**जेएफईटी JFET (Junction Field Effect Transistor )**

कन्स्ट्रक्शन वर आधारित जेएफईटी(JFET) दोन प्रकारचे असतात.

1. N चॅनल JFET
2. P चॅनल JFET




**आकृती 3.23 जेएफईटी चिन्ह (symbol)**

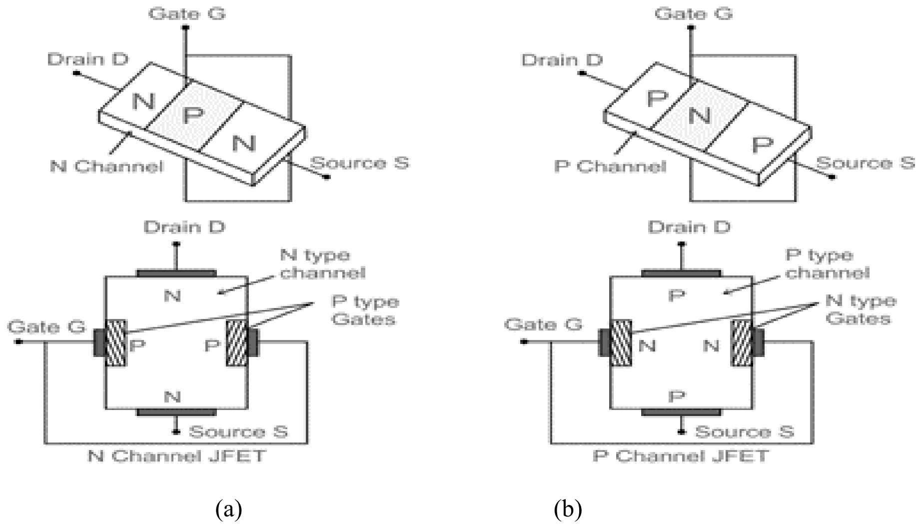
आकृती 3.23 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे जेएफईटीची टर्मिनल्स :

सोर्स:- सोर्स म्हणजे टर्मिनल ज्या मधून बहुसंख्य वाहक सिलिकॉन चॅनेल मध्ये प्रवेश करतात.

ड्रेन:- टर्मिनल ज्याद्वारे बहुसंख्य वाहक सिलिकॉन चॅनेल सोडतात.

गेट:- ड्रेन विद्युत प्रवाह नियंत्रित करते आणि नेहमी रिव्हर्स बायस असते

चॅनेल:- सोर्स आणि ड्रेन मधील एरिया, दोन गेट्समध्ये सँडविच केलेल्या भागाला चॅनेल म्हणतात आणि बहुसंख्य वाहक या चॅनेलद्वारे सोर्सकडून ड्रेनकडे जातात.




**आकृती 3.24 N-चॅनल JFET आणि P- चॅनल JFET**

आकृती 3.24 (a ) मध्ये दाखविल्याप्रमाणे N-चॅनल JFET मध्ये N-प्रकार सिलिकॉन बार, ज्याला चॅनेल म्हणून संबोधले जाते, P-प्रकार सिलिकॉन मटेरियल दोन लहान तुकडे त्याच्या मधल्या भागाच्या विरुद्ध बाजूंना डिफ्यूज केलेले असतात ज्यामुळे P-N जंक्शन बनतात, जसे. डायोड किंवा गेट्स बनवणारे दोन P-N जंक्शन अंतर्गत जोडलेले असतात आणि एक सामान्य टर्मिनल, ज्याला गेट टर्मिनल म्हणतात, बाहेर आणले जाते. ओहमिक संपर्क (थेट विद्युत जोडणी) वाहिनीच्या दोन टोकांवर बनवले जातात—एका लीडला सोर्स टर्मिनल S आणि दुसऱ्याला ड्रेन टर्मिनल D म्हणतात.

सिलिकॉन बार त्याच्या दोन टर्मिनल्स D आणि S मध्ये विद्युत-रोधक(Resistor) प्रमाणे कार्य करतो. गेट टर्मिनल ट्रान्झिस्टरच्या (BJT) बेस प्रमाणे काम करते. याचा उपयोग सोअर्स ते ड्रेन विद्युत प्रवाह कंट्रोल करण्यासाठी केला जातो. अशा प्रकारे, सोअर्स आणि ड्रेन टर्मिनल्स अनुक्रमे बीजेटीच्या एमिटर आणि कलेक्टर टर्मिनल्सशी समान असतात.

आकृती 3.24 (b ) मध्ये दाखविल्याप्रमाणे पी-चॅनल जेएफईटी कन्स्ट्रक्शन एन-चॅनल जेएफईटी सारखेच आहे, त्याशिवाय पी-टाइप सेमीकंडक्टर मटेरियल दोन एन-टाइप जंक्शन्समध्ये सँडविच केलेले आहे. या प्रकरणात बहुसंख्य (majority) वाहक होल (hole)आहेत.

**जेएफईटी कार्यतत्त्व (JFET working principle)** :

1. जेव्हा सोर्स आणि ड्रेन दरम्यान विद्युत-दाब लागू केले जाते तेव्हा बहुसंख्य वाहक डिप्लिशन रिजन (depletion region) दरम्यान चॅनेल मधून पुढे जातात.
2. जेव्हा गेट आणि सोर्स दरम्यान कोणतेही बाह्य विद्युत-दाब लागू केले जात नाही तेव्हा ड्रेन विद्युत प्रवाह चे मूल्य कमाल असते
3. जेव्हा गेट टू सोर्स रिव्हर्स बायस वाढतो तेव्हा डिप्लिशन रिजन रुंद होतो आणि चॅनेलची रुंदी कमी होते म्हणून ड्रेन विद्युत प्रवाह कमी होतो.
4. त्यामुळे ड्रेन विद्युत प्रवाह कमी होतो.
5. जेव्हा गेट टू सोर्स विद्युत-दाब आणखी वाढवले जाते तेव्हा चॅनल पूर्णपणे बंद होते.
6. याला पिंच ऑफ क्षेत्र म्हणतात.
7. यामुळे ड्रेन विद्युत प्रवाह शून्य होतो.
8. गेट टू सोर्स विद्युत-दाब ज्यावर ड्रेन विद्युत प्रवाह शून्य आहे त्याला "पिंच ऑफ विद्युत-दाब" म्हणतात.

**जेएफईटी चे महत्वाचे पॅरामीटर्स:**

1. DC ड्रेन रेसिस्टन्स (DC drain Resistance)
2. एसी ड्रेन रेसिस्टन्स (AC drain Resistance)
3. ट्रांसकंन्डक्टन्स ( Transconductance)

1. **DC ड्रेन रेझिस्टन्स (DC Resistance)** : ड्रेन ते सोर्स विद्युत-दाब व्हीडीएस ते ड्रेन विद्युत प्रवाह आयडीचे गुणोत्तर म्हणून परिभाषित.
याला स्टॅटिक स्थिर किंवा ओहमिक रेसिस्टन्स देखील म्हणतात.

$$R_{DS} = V_{DS}/I_D$$

2. **एसी ड्रेन रेझिस्टन्स (AC Resistance)**: जेएफईटी पिंच ऑफ रीजन किंवा सॅच्युरेशन रिजनमध्ये कार्यरत असताना ड्रेन ते सोर्समधील रेझिस्टन्स म्हणून परिभाषित

$$r_D = \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D} \quad \text{When } V_{GS} \text{ is constant}$$

3. **ट्रांसकंन्डक्टन्स ( Transconductance):**
   हे ड्रेन विद्युत प्रवाह मधील लहान बदलाच्या व गेट टू सोर्स विद्युत-दाब VGS मध्ये संबंधित बदल या गुणोत्तराने दिले जाते.
4. **पिंच-ऑफ विद्युत-दाब (Pinch off Voltage)**- पिंच ऑफ विद्युत-दाब हे Vds चे मूल्य असते ,जेव्हा ड्रेन विद्युत प्रवाह स्थिर सॅच्युरेशन मूल्यापर्यंत पोहोचतो.

**बीजेटी आणि जेएफईटी मधील फरक:**

तक्ता **क्र.**3.**2 बीजेटी आणि जेएफईटी मधील फरक**

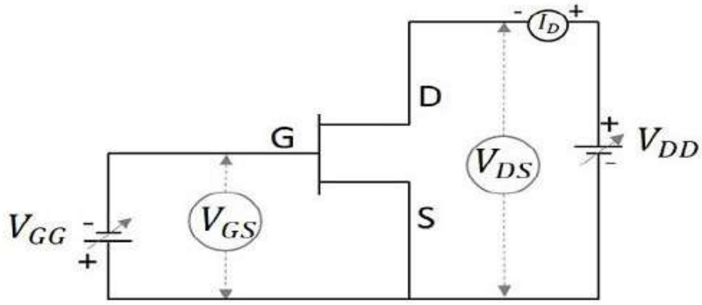
| SR.NO | बीजेटी (BJT) | जेएफईटी (JFET) |
|---|---|---|
| 1 | विद्युत प्रवाह नियंत्रित | विद्युत-दाब नियंत्रित |
| 2 | बायपोलार डिव्हाईस | युनिपोलर डिव्हाईस |
| 3 | लो इनपुट इम्पेडन्स | हाय इनपुट इम्पेडन्स |
| 4 | कमी थर्मल स्थिरता | चांगली थर्मल स्थिरता |
| 5 | कमी स्विचिंग गती | उच्च स्विचिंग गती |
| 6 | जास्त नॉइज | कमी नॉइज |

**जेएफईटी अनुप्रयोग**:

- फेज शिफ्ट ऑसिलेटर: FET चा उच्च इनपुट रेसिस्टन्स लोडिंग प्रभाव कमी करण्यासाठी फेज शिफ्ट ऑसिलेटर मध्ये विशेषतः मौल्यवान आहे.
- इनपुट स्टेज म्हणून वापरले जाते.
- बफर ऍम्प्लिफायर म्हणून जे पुढील स्टेजपासून आधीच्या स्टेजला वेगळे करते.
- FET मध्ये कमी आवाजाचे ऑपरेशन आहे. म्हणून ते एफएम ट्यूनर्समध्ये आरएफ ऍम्प्लिफायर्समध्ये आणि कम्युनिकेशन उपकरणांमध्ये वापरले जाते.
- FET मध्ये इनपुट कॅपेसिटन्स कमी आहे, म्हणून ते कॅस्केड ऍम्प्लिफायरमध्ये मोजण्यासाठी आणि चाचणीमध्ये वापरले जाते.
- FET हे विद्युत-दाब नियंत्रित असल्याने, ते विद्युत-दाब व्हेरिएबल विद्युत-रोधक(Resistor) म्हणून वापरले जाते.
- ऑपरेशनल ऍम्प्लीफायर्स आणि टोन कंट्रोल्स.
- FET मध्ये आतील डिस्टोरशन मॉड्युलेशन कमी आहे. त्यामुळे FM आणि TV मधील मिक्सर सर्किटमध्ये त्याचा वापर केला जातो. रिसीव्हर्स आणि कम्युनिकेशन उपकरणांमध्ये वापरले जाते.
- हे कमी-फ्रिक्वेंसी ड्रिफ्ट्स असल्याने, ते ऑसिलेटर सर्किट्समध्ये वापरले जाते.

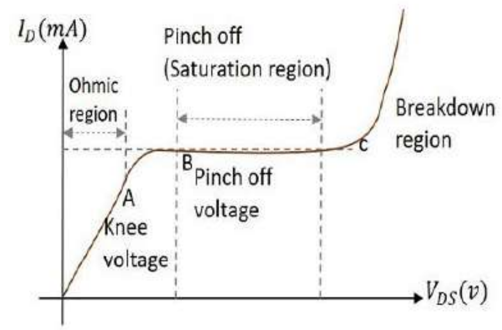
**जेएफईटीची ड्रेन कॅरॅक्टरिस्टिकस(JFET Drain Characteristics):**

ही कॅरॅक्टरिस्टिकस मिळविण्यासाठी FET चे सर्किट खाली आकृती 3.25 दिले आहे.
जेव्हा VGS गेट आणि सोर्स मधील विद्युत-दाब शून्य असते, किंवा ते लहान केले जातात, तेव्हा सोर्स ते ड्रेन पर्यंतचा विद्युत प्रवाह ID देखील शून्य असतो कारण तेथे VDS लागू नाही. ड्रेन आणि सोर्स व्हीडीएस मधील विद्युत-दाब वाढल्यामुळे, सोर्स पासून ड्रेनकडे विद्युत प्रवाह प्रवाह आयडी(ID) वाढते. विद्युतप्रवाहातील ही वाढ एका विशिष्ट बिंदू A पर्यंत रेषीय आहे, ज्याला Knee विद्युत-दाब म्हणतात.
गेट टर्मिनल्स रिव्हर्स बायस्ड स्थितीत असतील आणि जसजसे आयडी वाढेल, डिप्लिशन क्षेत्र संकुचित होतात ज्यामुळे विद्युत-दाब पिंच होते. पिंच ऑफ विद्युत-दाब हे सोर्स विद्युत-दाबपर्यंतचे किमान ड्रेन म्हणून परिभाषित केले जाते जेथे ड्रेन विद्युत प्रवाह स्थिर (saturation) मूल्यापर्यंत पोहोचतो. . हा पिंच ऑफ विद्युत-दाब ज्या बिंदूवर येतो त्याला पिंच ऑफ पॉइंट म्हणतात, बी म्हणून दर्शविले जाते.
व्हीडीएस आणखी वाढल्यामुळे, चॅनेलचा प्रतिकार अशा प्रकारे वाढतो की आयडी व्यावहारिकरित्या स्थिर राहते. BC हा प्रदेश सॅच्युरेशन रिजन किंवा ॲम्प्लिफायर प्रदेश म्हणून ओळखला जातो. हे सर्व A, B आणि C बिंदूंसह खालील आलेखामध्ये आकृती 3.26 प्लॉट केले आहेत.



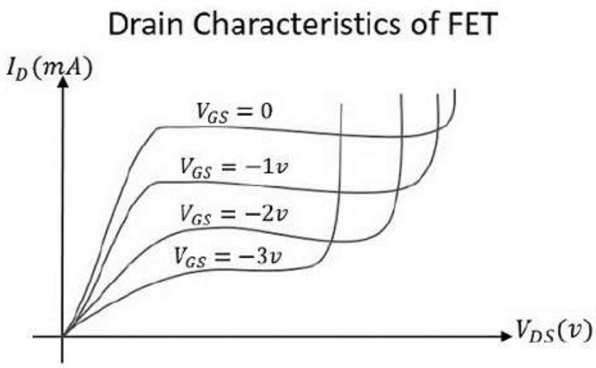

**आकृती 3.25 जेएफईटी ड्रेन कॅरॅक्टरिस्टिकस**

**प्रॅक्टिकल सेटअप**




**आकृती 3.26 ड्रेन कॅरॅक्टरिस्टिकस**

गेट सोर्स विद्युत-दाब VGS च्या भिन्न मूल्यांसाठी ड्रेन सोर्स विद्युत-दाब VDS विरुद्ध ड्रेन विद्युत प्रवाह आयडीसाठी ड्रेन कॅरेक्टरस्टिक प्लॉट केली आहेत. अशा विविध इनपुट विद्युत-दाबसाठी एकूण ड्रेन कॅरेक्टरस्टिक खालील आकृती 3.27 मध्ये दिली आहेत.




**आकृती 3.27 ड्रेन कॅरॅक्टरिस्टिकस ($V_{GS}$च्या विविध मूल्यांसाठी)**

निगेटिव्ह गेट विद्युत-दाब ड्रेन विद्युत प्रवाह नियंत्रित करते म्हणून, FET ला विद्युत-दाब नियंत्रित डिव्हाइस म्हणतात. ड्रेन कॅरेक्टरस्टिक FET चे कार्यप्रदर्शन दर्शवतात. वर प्लॉट केलेली ड्रेन कॅरेक्टरस्टिक ड्रेन रेझिस्टन्स, ट्रान्सकंडक्टन्स आणि ॲम्प्लीफिकेशन फॅक्टरची मूल्ये मिळविण्यासाठी वापरली जातात.

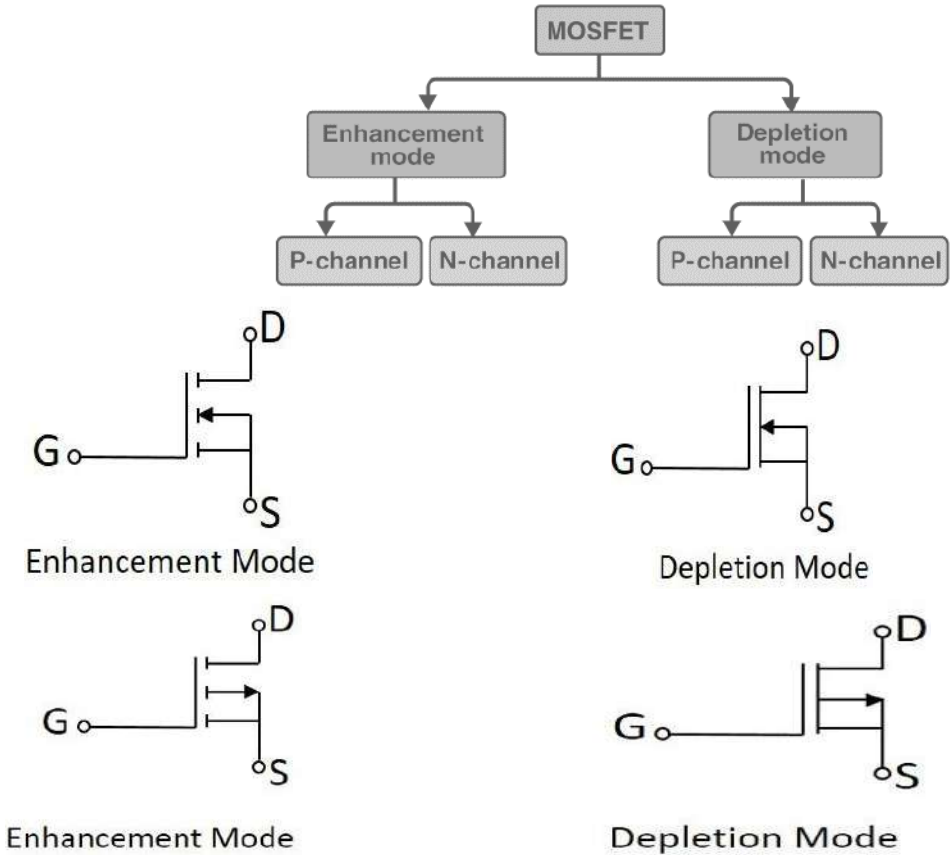
**3.8 मेटल ऑक्साइड सेमीकंडक्टर फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर (MOSFET):**

मेटल ऑक्साइड सिलिकॉन फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर हे सामान्यतः MOSFET म्हणून ओळखले जाणारे इलेक्ट्रॉनिक उपकरण आहेत जे सर्किट्समध्ये विद्युत-दाब बदलण्यासाठी किंवा वाढवण्यासाठी वापरले जातात.

मेटल ऑक्साइड सिलिकॉन फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर हे चार-टर्मिनल डिव्हाइस आहे ज्यामध्ये सोर्स (S), गेट (G), ड्रेन (D) आणि सब्सट्रेट (Body) टर्मिनल असतात. सर्वसाधारणपणे मेटल ऑक्साइड सिलिकॉन फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर चे सब्सट्रेट सोर्स टर्मिनलशी संबंधित आहे अशा प्रकारे फील्ड-इफेक्ट ट्रान्झिस्टरसारखे तीन-टर्मिनल उपकरण तयार करते. मेटल ऑक्साइड सिलिकॉन फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर हे सामान्यतः ट्रान्झिस्टर म्हणून मानले जाते आणि ॲनालॉग आणि डिजिटल सर्किट्समध्ये वापरले जाते. ही मेटल ऑक्साइड सिलिकॉन फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर ची मूलभूत ओळख आहे. आणि या उपकरणाची सामान्य रचना खालीलप्रमाणे आहे: हे विद्युत-दाब नियंत्रित यंत्र आहे आणि तीन टर्मिनल्सद्वारे बांधले जाते. मेटल ऑक्साइड सिलिकॉन फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर च्या टर्मिनल्सची नावे खालीलप्रमाणे आहेत:

1. सोर्स
2. ड्रेन
3. गेट

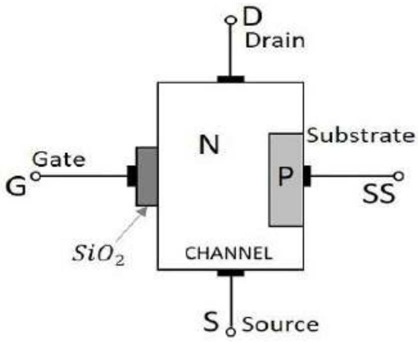
मेटल ऑक्साइड सेमीकंडक्टर फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर (MOSFET) चे प्रकार

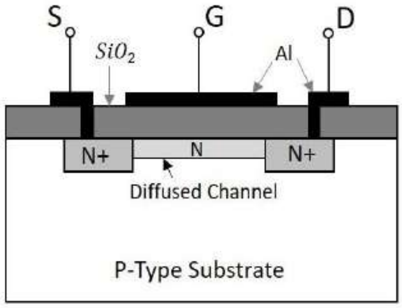



**आकृती 3.28 MOSFET सिम्बॉल**

मेटल ऑक्साइड सिलिकॉन फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर चे बांधकाम फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर सारखेच आहे. गेट टर्मिनल ज्या सब्सट्रेटला जोडलेले आहे त्यावरऑक्साईडचा थर जमा केला जातो. हा ऑक्साईड थर इन्सुलेटर म्हणून काम करतो (sio2 सब्सट्रेटमधून इन्सुलेशन करतो), आणि म्हणूनच MOSFETला IGFET(Insulated Gate FET) असे दुसरे नाव आहे. मेटल ऑक्साइड सिलिकॉन फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर च्या बांधकामात, एक हलका

डोप केलेलासब्स्ट्रेट, मोठ्या प्रमाणात डोप केलेल्या रिजन पसरलेला असतो. वापरलेल्या सब्सट्रेटवर अवलंबून, त्यांना P-प्रकार आणि N-प्रकार मेटल ऑक्साइड सिलिकॉन फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर असे म्हणतात.

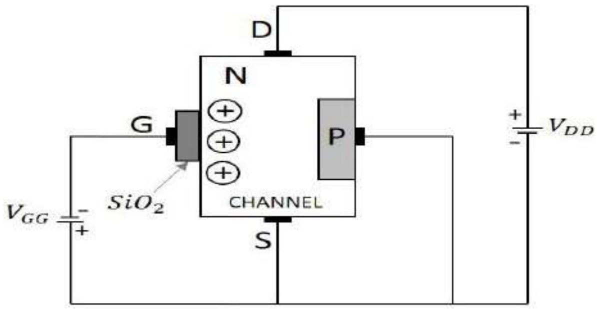



**आकृती 3.29 MOSFET इंटर्नल स्ट्रक्चर**

गेटवरील विद्युत-दाब MOSFET चे ऑपरेशन नियंत्रित करते. गेटवर पॉझिटिव्ह (Positive) आणि निगेटिव्ह दोन्ही विद्युत-दाब लागू केले जाऊ शकतात कारण ते चॅनेलमधून इन्सुलेटेड आहे. निगेटिव्ह गेट बायस विद्युत-दाबसह, ते डिप्लेशन MOSFET म्हणून काम करते तर पॉझिटिव्ह (Positive) गेट बायस विद्युत-दाबसह ते एन्हांसमेंट MOSFET म्हणून काम करते.

**N - चॅनेल डिप्लेशनमोड MOSFET चे कार्य:**




**आकृती 3.30 N - चॅनेल डिप्लेशनमोड MOSFET**

यामध्ये FET प्रमाणे गेट आणि चॅनेल दरम्यान कोणतेही PN जंक्शन नाही. आपण हे देखील पाहू शकतो की, दोन N+ क्षेत्रांमधील पसरलेला चॅनेल N , इन्सुलेटिंग डायलेक्ट्रिक SiO2 आणि गेटचा ॲल्युमिनियम धातूचा लेअर (Layer) मिळून एक समांतर प्लेट कॅपेसिटर तयार होतो.

आकृती 3.30 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे जर NMOS ला डिप्लेशन मोडमध्ये काम करायचे असेल, तर गेट टर्मिनल हे निगेटिव्ह पोटेन्शियलवर असले पाहिजे तर ड्रेन पॉझिटिव्ह (Positive) पोटेन्शियलवर असावे.

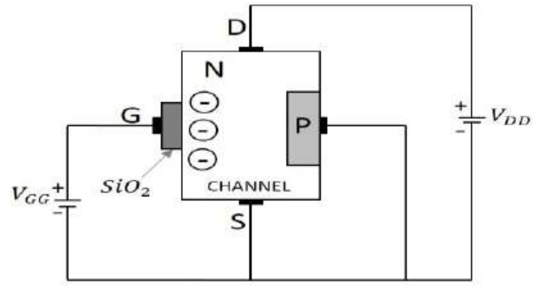
जेव्हा गेट आणि सोर्स मध्ये विद्युत-दाब लागू होत नाही, तेव्हा ड्रेन आणि सोर्स यांच्यातील विद्युत-दाबमुळे काही विद्युत प्रवाह वाहतो. VGG वर काही निगेटिव्ह विद्युत-दाब लागू केल्यावर मग मायनॉरिटी कॅरीयर म्हणजे होल, आकर्षित होतात आणि SiO2 लेअर जवळ स्थिरावतात. परंतु बहुसंख्य वाहक, म्हणजे, इलेक्ट्रॉन मागे टाकले जातात.

**N-चॅनेल MOSFET एन्हांसमेंट मोडचे कार्य:**

MOSFET एन्हांसमेंट मोडमध्ये देखील ऑपरेट केले जाऊ शकते, जर आपण विद्युत-दाब $V_{GG}$ च्या पोलॅरिटी बदलू शकतो. तर, खालील आकृती 3.31 दाखवल्याप्रमाणे गेट सोर्स विद्युत-दाब $V_{GG}$ पॉझिटिव्ह (Positive) असणा-या MOSFET चा विचार करू.

1. व्हीजीजीमध्ये काही प्रमाणात निगेटिव्ह संभाव्यतेसह काही प्रमाणात ड्रेन विद्युत प्रवाह $I_D$ सोर्स

मधून ड्रेनपर्यंत वाहते. जेव्हा ही निगेटिव्ह संभाव्यता आणखी वाढते तेव्हा इलेक्ट्रॉन कमी होतात आणि विद्युत प्रवाह आयडी($I_D$) कमी होतो. म्हणून लागू केलेले $V_{GG}$ जितके निगेटिव्ह असेल तितके ड्रेन विद्युत प्रवाह आयडीचे मूल्य कमी असेल.




**आकृती 3.31 N-चॅनेल एन्हांसमेंट मोड MOSFET**

4. जेव्हा गेट आणि सोर्समध्ये विद्युत-दाब लागू होत नाही, तेव्हा ड्रेन आणि सोर्स यांच्यातील विद्युत-दाबमुळे काही विद्युत प्रवाह वाहतो. $V_{GG}$ वर काही पॉझिटिव्ह (Positive) विद्युत-दाब लागू होऊ द्या. मग अल्पसंख्याक वाहक म्हणजे होल, मागे पडतात आणि बहुसंख्य वाहक म्हणजे इलेक्ट्रॉन SiO2 लेअरकडे आकर्षित होतात.

व्हीजीजीमध्ये काही प्रमाणात पॉझिटिव्ह (Positive) संभाव्यतेसह काही प्रमाणात ड्रेन विद्युत प्रवाह आयडी सोर्सकडून ड्रेन पर्यंत वाहते. जेव्हा ही पॉझिटिव्ह (Positive) क्षमता आणखी वाढवली जाते, तेव्हा सोर्सपासून इलेक्ट्रॉनच्या प्रवाहामुळे विद्युत प्रवाह आयडी वाढते आणि $V_{GG}$ वर लागू केलेल्या विद्युत-दाबमुळे ते पुढे ढकलले जातात. म्हणून लागू केलेला $V_{GG}$ जितका पॉझिटिव्ह (Positive) असेल तितके ड्रेन विद्युत प्रवाह आयडीचे मूल्य अधिक असेल. इलेक्ट्रॉन प्रवाहाच्या वाढीमुळे विद्युत् प्रवाह कमी होण्यापेक्षा वाढतो. म्हणून या मोडला एन्हांस्ड मोड MOSFET असे संबोधले जाते.

**जेएफईटी आणि मॉस्फेट मधील फरक:**

तक्ता **क्र. 3 जेएफईटी आणि मॉस्फेट मधील फरक**

| **जेएफईटी (JFET)** | **मॉस्फेट (MOSFET)** |
|---|---|
| JFET गेट चॅनेलपासून वेगळे नाही. | MOSFET गेट चॅनेलमधून इन्सुलेटेड आहे. |
| चॅनेल आणि गेट 2 पीएन जंक्शन बनवतात | समांतर प्लेट कॅपेसिटर चॅनेल आणि गेटद्वारे तयार होतो |
| फक्त 3 लीड आहेत | 4 लीड आहेत |
| केवळ डिप्लेशन मोडमध्ये ऑपरेट केले जाऊ शकते | डिप्लेशन आणि एन्हांस मोडमध्ये ऑपरेट केले जाऊ शकते |
| इनपुट प्रतिबाधा जास्त आहे | इनपुट प्रतिबाधा खूप जास्त आहे |
| सिग्नल हाताळण्याची क्षमता कमी आहे | सिग्नल हाताळण्याची क्षमता अधिक आहे |
| गेट विद्युत प्रवाह जास्त आहे | गेट विद्युत प्रवाह कमी आहे |
| फॅब्रिकेशन अवघड आणि महाग आहे | फॅब्रिकेशन सोपे आणि स्वस्त आहे |

**JFET पेक्षा MOSFET चे फायदे:**

1. हे एन्हांसमेंट मोड किंवा डिप्लेशन मोडमध्ये ऑपरेट केले जाऊ शकते.
2. MOSFET मध्ये JFET च्या तुलनेत जास्त इनपुट रेसिस्टन्स आहे.
3. चॅनेलच्या कमी रेसिस्टन्समुळे उच्च ड्रेन रेसिस्टन्स आहे.
4. हे उत्पादन करणे सोपे आहे.
5. ते JFET च्या तुलनेत उच्च गतीच्या ऑपरेशनला समर्थन देतात.

**MOSFET अनुप्रयोग:**

- उच्च इनपुट रेसिस्टन्समुळे, एन्हांसमेंट प्रकार MOS उपकरणे इंटिग्रेटेड मायक्रो-सर्किटमध्ये मायक्रो रेसिस्टर म्हणून वापरली गेली आहेत.
- MOSFET चा वापर इलेक्ट्रोमीटर सर्किट्ससाठी केला जातो जेथे एक्ससेप्शनली (Exceptionally) कमी प्रवाह मोजले जातात .
- MOSFET s आकाराने खूपच लहान आहेत .ज्यामुळे ते अत्यंत गुंतागुंतीच्या डिजिटल ऍरेसाठी योग्य आहेत.
- MOSFET चा वापर इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांमध्ये इलेक्ट्रॉनिक सिग्नल्स स्विचिंग आणि एम्प्लीफाय करण्यासाठी केला जातो.
- हे इन्व्हर्टर म्हणून वापरले जाते.
- हे डिजिटल सर्किटमध्ये वापरले जाऊ शकते.
- MOSFET चा वापर हाय फ्रिक्वेन्सी ऍम्प्लिफायर म्हणून केला जाऊ शकतो.
- हे निष्क्रिय घटक म्हणून वापरले जाऊ शकते उदा. विद्युत-रोधक(Resistor), कॅपेसिटर आणि इंडक्टर.
- हे ब्रशलेस DC मोटर ड्राइव्हमध्ये वापरले जाऊ शकते.
- हे इलेक्ट्रॉनिक DC रिले मध्ये वापरले जाऊ शकते.
- हे स्विच मोड शक्ती सप्लाय (SMPS) मध्ये वापरले जाते.

**सोडवलेली उदाहरणे:**

1. कॉमन बेस कनेक्शनमध्ये, IE= 1mA, IC = 0.95mA. IB ची व्हॅल्यू मोजा.

$$
\begin{aligned}
I_E &= I_B + I_C \\
1 &= I_B + 0.95 \\
I_B &= 1 - 0.95 = 0.05 \text{ mA}
\end{aligned}
$$

2. कॉमन बेस कनेक्शनमध्ये विद्युत प्रवाह ऍम्प्लिफीकेशन फॅक्टर=0.9 आहे, एमिटर विद्युत प्रवाह IE= 1mA आहे ,तर बेस विद्युत प्रवाह ची व्हॅल्यू काढा.

$$
\begin{aligned}
\text{Here, } \alpha &= 0.9, \quad I_E = 1 \text{ mA} \\
\alpha &= \frac{I_C}{I_E} \\
I_C &= \alpha I_E = 0.9 \times 1 = 0.9 \text{ mA} \\
I_E &= I_B + I_C \\
\text{Base current, } I_B &= I_E - I_C = 1 - 0.9 = 0.1 \text{ mA}
\end{aligned}
$$

3. β ची व्हॅल्यू काढा. जर (i) α= 0.9 (ii) α= 0.98 (iii) α= 0.99.

$$
\begin{aligned}
\text{i)} \quad \beta &= \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.9}{1-0.9} = 9 \\
\text{ii)} \quad \beta &= \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.98}{1-0.98} = 49 \\
\text{iii)} \quad \beta &= \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.99}{1-0.99} = 99
\end{aligned}
$$

4. ट्रांझिस्टरमध्ये IE ची व्हॅल्यू काढा. ज्यासाठी β = 50 आणि IB = 20 μA.

$$
\begin{aligned}
\beta &= 50, \quad I_B = 20\mu\text{A} = 0.02 \text{ mA} \\
\beta &= \frac{I_C}{I_B} \\
I_C &= \beta I_B = 50 \times 0.02 = 1 \text{ mA} \\
I_E &= I_B + I_C = 0.02 + 1 = 1.02 \text{ mA}
\end{aligned}
$$

**स्वाध्याय:**

1. ट्रान्झिस्टर परिभाषित करा. त्याचे प्रकार सांगा.
2. NPN आणि PNP ट्रान्झिस्टरचे चिन्ह काढा.
3. ऑपरेटिंग पॉइंटच्या संदर्भात कोणतेही दोन BJT बायसिंग सर्किट्स सूचीबद्ध करा.
4. ट्रान्झिस्टरचे अल्फा आणि बीटा परिभाषित करा आणि त्यांच्यातील संबंध सांगा.
5. विविध क्षेत्रांच्या योग्य लेबलिंगसह CE कॉन्फिगरेशनची इनपुट आणि आउटपुट कॅरेक्टरस्टिक काढा.
6. FET अनुप्रयोग सांगा.
7. FET च्या संदर्भात व्याख्या करा:-

(i) स्टॅटिक ड्रेन रेझिस्टन्स

(ii) गतिमान प्रतिकार

(iii) ट्रान्स कंडक्टन्स

(iv) पिंच-ऑफ विद्युत-दाब

8. ओहमिक क्षेत्र, सॅच्युरेशन क्षेत्र, कट-ऑफ क्षेत्र आणि पिंच ऑफ रिजनसह जेएफईटीची ड्रेन कॅरॅक्टरिस्टिक्स स्पष्ट करा.
9. P-चॅनेल आणि n-चॅनेल डिप्लिशनप्रकार MOSFET चे चिन्ह रेखाटणे.
10. NPN ट्रान्झिस्टरच्या ऑपरेटिंग तत्त्वाचे स्पष्टीकरण करा.
11. BJT आणि JFET ची तुलना करा(Any 4 points).
12. विद्युत-दाब डिव्हायडर बायसिंग सर्किट डायग्रामसह स्पष्ट करा आणि त्याचे दोन फायदे सांगा.
13. ट्रान्झिस्टरचा $\alpha$ 0.9 असल्यास, $\beta$ ची कॅल्कुलेट करा.
14. JFET पेक्षा MOSFET चे फायदे सांगा .

**लघुप्रकल्प( microprojects) :**

1. डेटा शीट वापरून JFET आणि MOSFET च्या विविध प्रकारच्या इलेक्ट्रॉनिक पॅरामीटर्सची तुलना करा.
2. स्विच म्हणून ट्रान्झिस्टर- विविध इनपुट सिग्नलसाठी जनरल पर्पज पीसीबीवर ट्रान्झिस्टर स्विच सर्किट तयार करा/चाचणी करा.
3. ट्रान्झिस्टर- स्विचिंग घटक म्हणून BJT वापरून LED चालू आणि बंद करण्यासाठी सर्किट तयार करा.
4. इलेक्ट्रॉनिक सक्रिय आणि निष्क्रिय घटकांचे स्वरूप दृष्य करण्यासाठी डिस्प्ले बोर्ड/मॉडेल/चार्ट तयार करा.

**संदर्भ :**

| Sr.No | Author | Title | Publisher with ISBN Number |
|---|---|---|---|
| 1 | V.K. Mehta, Rohit Mehta | Principles of Electronics | S.Chand and Company Ram Nagar New Delhi-110055, 11th edition 2014, ISBN 9788121924504 |
| 2 | Mottershead,Allen | Electronic Devices and Circuit: An introduction | Goodyear Publishing Co. New Delhi ISBN: 9780876202654 |
| 3 | Links | 1. https://www.tutorialspoint.com<br>2. https://testbook.com/<br>3. https://www.electronics-tutorials | |

**Unit – 4**

# ओसीलेटोर

**(Oscillators)**

**विषय निष्पत्ती (Course Outcome) :**

आवश्यकतेनुसार विविध प्रकारचे ऑसिलेटर वापरा

Use different types of Oscillators as per requirement

**युनिट निष्पत्ती (Unit Outcomes)**:

4.a ऑसिलेटरचे(**Oscillators**) कार्य तत्त्व त्याच्या गरजेसह स्पष्ट करा.
Explain working principle of Oscillator with its need.

4.b दिलेल्या फिडबॅक प्रकाराच्या कार्य प्रणालीची तुलना करा.
Compare the performance of the given feedback.

4.c. बार्कहौसेन नियमावली स्पष्ट करा
Explain Barkhausen's criterion.

4.d दिलेल्या ऑसिलेटरच्या कार्य प्रणालीचे आकृतीसह वर्णन करा.
Describe working of the given type of oscillator with circuit diagram

**परिचय:**

ऑसिलेटर हे पिरियॉडिक(Periodic) इलेक्ट्रॉनिक सिग्नल (Signal) तयार करतात, विशेषत: साइन वेव्ह किंवा स्क्वेअर वेव्ह. ऑसिलेटर DC सिग्नलला पिरियॉडिक(Periodic) AC सिग्नलमध्ये रूपांतरित करतात ज्याचा वापर ध्वनी लहरींची वारंवारता (Frequency) सेट करण्यासाठी किंवा क्लॉक सिग्नल म्हणून वापरला जाऊ शकतो. सर्व मायक्रोकंट्रोलर आणि मायक्रोप्रोसेसरना कार्य करण्यासाठी क्लॉक सिग्नल सेट करण्यासाठी ऑसिलेटरची आवश्यकता असते.

इलेक्ट्रॉनिक उपकरणे वेळेसाठी संदर्भ म्हणून क्लॉक सिग्नल वापरतात, ज्यामुळे क्रिया सातत्याने करता येतात. इतर उपकरणे वारंवारता (Frequency) उत्पन्न करण्यासाठी ऑसिलेटरच्या सिग्नलचा वापर करतात जे ऑडिओ फंक्शन प्रदान करू शकतात किंवा रेडिओ सिग्नल तयार करू शकतात.

**4.1 ऑसिलेटर (Oscillator): गरज, व्याख्या(Need Definition )**

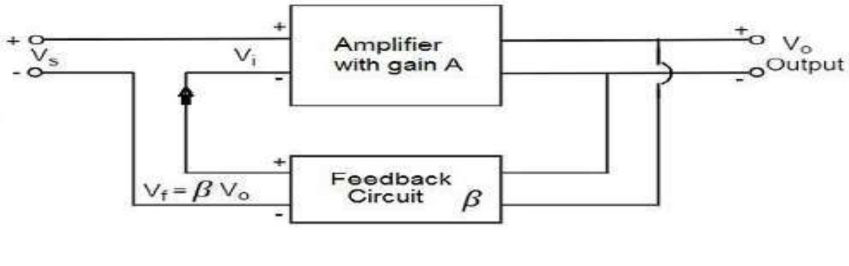
ऑसीलेटर हे एक सर्किट आहे जे फिक्स्ड अँप्लिटयूड आणि वारंवारता (Frequency) साइनसॉइडल वेव्हफॉर्म तयार करण्यासाठी पॉसिटीव्ह फीडबॅक प्रवार्धक चा (Amplifier) वापर करते. विद्युत आणि इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांमध्ये हा शक्तीचा प्रमुख स्रोत आहे.

पॉझिटिव्ह (Positive) फीडबॅकसह प्रदान केलेले अँम्पलीफायर कोणतेही इनपुट नसतानाही सायनसॉइडल सिग्नल तयार करू शकतात. या सिग्नलला ऑस्सीलेशन असे म्हणतात, आणि म्हणून डिव्हाइसला ऑसिलेटर म्हणून ओळखले जाते.

4.2 फीडबॅकचे प्रकार: पॉसिटीव्ह फीडबॅक, नेगेटीव्ह फीडबॅक, बर्कहौसेनचा निकष

**4.2.1** फीडबॅक अँम्पलीफायरचे तत्त्व (Principle of Feedback Amplifier)

फीडबॅक अँम्पलीफायरमध्ये साधारणपणे दोन भाग असतात. ते अँम्पलीफायरआणि फीडबॅक सर्किट आहेत. फीडबॅक सर्किटमध्ये सहसा प्रतिरोधक असतात. फीडबॅक अँम्पलीफायरसंकल्पना खालील आकृतीवरून समजू शकते.




**आकृती 4.1 फीडबॅक अँम्पलीफायर (Feedback Amplifier)**

वरील आकृतीवरून, अँम्पलीफायर गेन(Gain) A म्हणून दर्शविला जातो. अँम्पलीफायर गेन (Gain) आउटपुट विद्युत-दाब Vo आणि इनपुट विद्युत-दाब Vi चे गुणोत्तर आहे. फीडबॅक नेटवर्क अँम्पलीफायर आउटपुट Vo मधून विद्युत-दाब Vf = β Vo काढते.

प्रमाण β = Vf/Vo याला फीडबॅक फॅक्टर म्हणतात.

पॉसिटीव्ह फीडबॅकसह , फीडबॅक अँम्पलीफायरच्या लाभाचे समीकरण दिले आहे

इनपुट लूपवर KVL लागू करा,

$Vs - Vi + Vf = 0$

$Vs + Vf = Vi$ .................. १

ओपन लूप गेन = $A = Vo/Vi$

$Vo = A\ Vi$

$Vo = A\ [Vs + Vf]$ ....................from 1

$Vo = A\ [V s+ \beta Vo]$

$Vo = A\ Vs + A\ \beta Vo$

$Vo - A\ \beta Vo = A\ Vs$

$Vo\ [1 - A\ \beta] = A\ Vs$

$Vo/Vs = A/1-A\beta$

**$AFB = Vo/Vin = A/\ (1-A\beta)$**

नेगेटीव्ह फीडबॅक अँम्पलीफायरच्या लाभाचे समीकरण दिले आहे

**$AFB = Vo/Vin = A/(1+ A\beta)$**

### 4.2.2 फीडबॅक यांचे प्रकार

काही उपकरणाच्या आउटपुट ऊर्जेचा काही भाग इनपुटवर परत इंजेक्ट करण्याची प्रक्रिया फीडबॅक म्हणून ओळखली जाते. असे आढळून आले आहे की नॉईझ कमी करण्यासाठी आणि अँम्पलीफायर ऑपरेशन स्थिर करण्यासाठी फीडबॅक खूप उपयुक्त आहे.

फीडबॅक सिग्नल इनपुट सिग्नलला मदत करतो किंवा विरोध करतो यावर अवलंबून, दोन प्रकारचे फीडबॅक आहेत.

### 4.2.3 पॉसिटीव्ह (Positive)फीडबॅक

ज्या फीडबॅकमध्ये फीडबॅक एनर्जी म्हणजेच विद्युत-दाब किंवा विद्युत् प्रवाह इनपुट सिग्नलच्या इन फेज असते त्यामुळे त्याला पॉसिटीव्ह फीडबॅक म्हणतात. इनपुट सिग्नल आणि फीडबॅक सिग्नल दोन्ही 180° च्या फेज शिफ्टचा परिचय देतात त्यामुळे लूपभोवती 360° परिणामी फेज शिफ्ट होते, शेवटी इनपुट सिग्नलसह टप्प्यात होते.

जरी सकारात्मक अभिप्रायामुळे अँम्पलीफायरचा फायदा वाढतो, परंतु त्याचे तोटे आहेत जसे की

- वाढती विकृती (Distortion)
- वाढती अस्थिरता

या गैरसोयींमुळे अँम्पलीफायरसाठी पॉसिटीव्ह फीडबॅक देण्याची शिफारस केलेली नाही. जर सकारात्मक अभिप्राय पुरेसा मोठा असेल तर ते ऑस्सीलेशन नां कारणीभूत ठरते, ज्याद्वारे ऑसिलेटर सर्किट्स तयार होतात.

### 4.2.4 नेगेटीव्ह (Negative)फीडबॅक

ज्या फीडबॅकमध्ये फीडबॅक एनर्जी म्हणजेच विद्युत-दाब किंवा विद्युत् प्रवाह इनपुटच्या फेज बाहेर आहे आणि त्यामुळे त्याचा विरोध होतो, त्याला नेगेटीव्ह फीडबॅक म्हणतात.

नेगेटीव्ह फीडबॅकमध्ये, अँम्पलीफायर सर्किटमध्ये 180° चे फेज शिफ्ट सादर करतो तर फीडबॅक नेटवर्क असे डिझाइन केलेले आहे की ते फेज शिफ्ट किंवा शून्य फेज शिफ्ट तयार करत नाही. अशाप्रकारे परिणामी फीडबॅक विद्युत-दाब Vf हे इनपुट सिग्नल Vin सह फेजच्या बाहेर 180° आहे.

नेगेटीव्ह फीडबॅक अँम्पलीफायर चा गेन (Gain) कमी झाला असला तरी नेगेटीव्ह फीडबॅकचे अनेक फायदे आहेत जसे की

- लाभाची स्थिरता सुधारली आहे
- विकृती कमी करणे
- आवाज कमी करणे
- इनपुट इम्पीडन्स मध्ये वाढ
- आउटपुट इम्पीडन्स मध्ये घट
- एकसमान अर्जाच्या श्रेणीत वाढ

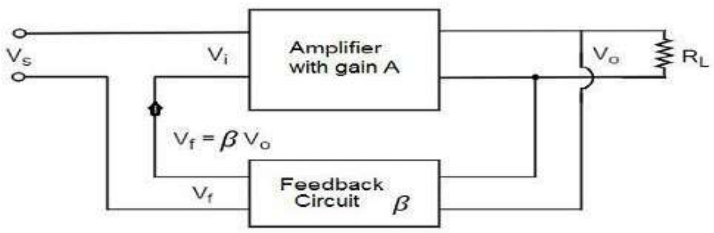
अँम्पलीफायरमधील नेगेटीव्ह फीडबॅक ही अँप्लिफाइड आउटपुटचा एक भाग इनपुटला फीड करण्याची पद्धत आहे परंतु विरुद्ध फेज. फेज विरोध होतो कारण अँम्पलीफायर 180° फेज शिफ्ट प्रदान करतो तर फीडबॅक नेटवर्क देत नाही.

इनपुटवर आउटपुट ऊर्जा लागू केली जात असताना, विद्युत-दाब शक्ती फीडबॅक म्हणून घ्यायची आहे, आउटपुट शंट कनेक्शनमध्ये घेतले जाते आणि वर्तमान शक्ती फीडबॅक म्हणून घेण्यासाठी, आउटपुट सिरीझ कनेक्शनमध्ये घेतले जाते.
नकारात्मक फीडबॅक सर्किट्सचे दोन मुख्य प्रकार आहेत. ते आहेत -

- विद्युत-दाब-सिरीझ फीडबॅक
- विद्युत-दाब-शंट फीडबॅक.
- विद्युत् प्रवाह-सिरीझ फीडबॅक
- विद्युत् प्रवाह-शंट फीडबॅक

**विद्युत-दाब सिरीझ फीडबॅक**

विद्युत-दाब सिरीझ फीडबॅक अँम्पलीफायर सर्किटला , अँम्पलीफायर आणि फीडबॅक नेटवर्क सिरीझ-समांतर जोडलेले आहेत. आकृती मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे फीडबॅक नेटवर्कद्वारे इनपुट विद्युत-दाबच्या विरूद्ध मालिका आउटपुट विद्युत-दाबचा एक अंश लागू केला जातो.

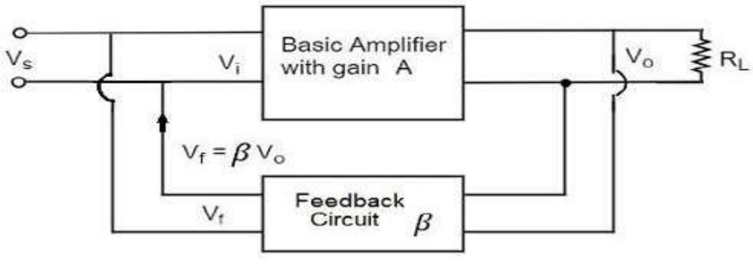



**आकृती 4.2 विद्युत-दाब सिरीझ फीडबॅक**

आकृती मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे फीडबॅक नेटवर्कद्वारे इनपुट विद्युत-दाबच्या विरूद्ध सिरीझ आउटपुट विद्युत-दाबचा एक अंश लागू केला जातो.
फीडबॅक सर्किट आउटपुटसह शंटमध्ये जोडलेले असल्याने, आउटपुट इम्पीडन्स कमी होते आणि इनपुटसह सिरीझ कनेक्शनमुळे, इनपुट इम्पीडन्स वाढतो.

**विद्युत-दाब शंट फीडबॅक**

विद्युत-दाब शंट फीडबॅक सर्किटमध्ये, फीडबॅक नेटवर्कद्वारे इनपुट विद्युत-दाबच्या समांतर आउटपुट विद्युत-दाबचा एक अंश लागू केला जातो.
खालील आकृती विद्युत-दाब शंट फीडबॅकचे ब्लॉक दर्शवते, ज्याद्वारे हे स्पष्ट होते की फीडबॅक सर्किट आउटपुटसह आणि इनपुटसह शंटमध्ये ठेवले आहे.

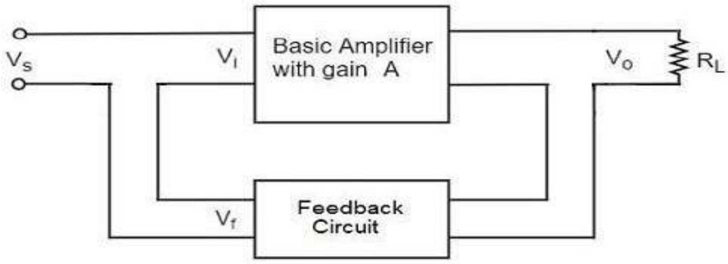



**आकृती 4.3 विद्युत-दाब शंट फीडबॅक**

फीडबॅक सर्किट आउटपुट आणि इनपुटसह शंटमध्ये जोडलेले असल्याने, आउटपुट इम्पीडन्स आणि इनपुट इम्पीडन्स दोन्ही कमी होतात.

**विद्युत् प्रवाह सिरीझ फीडबॅक**

विद्युत् प्रवाह सिरीझ फीडबॅक सर्किटमध्ये, आउटपुट विद्युत-दाबचा एक अंश फीडबॅक सर्किटद्वारे इनपुट विद्युत-दाबसह मालिकेत लागू केला जातो.
खालील आकृती विद्युत् प्रवाह-सिरीझ फीडबॅकचा ब्लॉक दर्शविते, ज्याद्वारे हे स्पष्ट होते की फीडबॅक सर्किट आउटपुटसह आणि इनपुटसह सिरीझ ठेवलेले आहे.

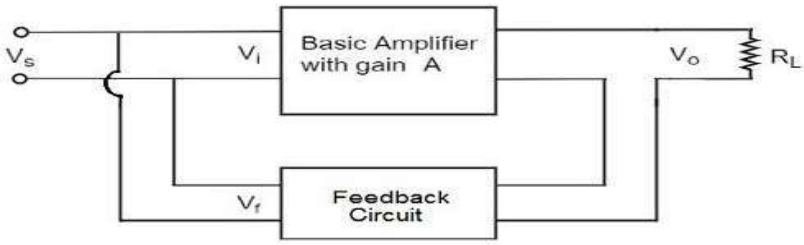



**आकृती 4.4 विद्युत् प्रवाह सिरीझ फीडबॅक**

फीडबॅक सर्किट आउटपुट आणि इनपुटसह सिरीझ ने जोडले असल्याने, आउटपुट इम्पीडन्स आणि इनपुट इम्पीडन्स दोन्ही वाढले आहेत.

**विद्युत् प्रवाह- शंट फीडबॅक**

विद्युत् प्रवाह शंट फीडबॅक सर्किटमध्ये, आउटपुट विद्युत-दाबचा एक अंश फीडबॅक सर्किटद्वारे इनपुट विद्युत-दाबसह मालिकेत लागू केला जातो.
आकृती विद्युत् प्रवाह शंट फीडबॅकचे ब्लॉक दर्शवते, ज्याद्वारे हे स्पष्ट होते की फीडबॅक सर्किट आउटपुटसह मालिकेत ठेवलेले आहे परंतु इनपुटच्या समांतर आहे.




**आकृती 4.5 विद्युत् प्रवाह- शंट फीडबॅक**

फीडबॅक सर्किट आउटपुटसह मालिकेत जोडलेले असल्याने, आउटपुट इम्पीडन्स वाढते आणि इनपुटसह समांतर कनेक्शनमुळे, इनपुट इम्पीडन्स कमी होते.
आता विविध प्रकारच्या नेगेटीव्ह फीडबॅकमुळे प्रभावित होणाऱ्या अँम्पलीफायर वैशिष्ट्यांचे सारणी करूया

**तक्ता क्र.4.1** अँम्पलीफायर वैशिष्ट्यांचे सारणी (Comparison of Different Feedback Amplifiers)

| **Characteristics** | **Types of Feedback** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **विद्युत-दाब सिरीझ** | **विद्युत-दाब-Shunt** | **विद्युत् प्रवाह-सिरीझ** | **विद्युत् प्रवाह-Shunt** |
| **विद्युत-दाब गेन** | कमी होतो | कमी होतो | कमी होतो | कमी होतो |
| **बॅण्डविड्थ** | वाढते | वाढते | वाढते | वाढते |
| **इनपुट रेसिस्टन्स** | वाढते | कमी होतो | वाढते | कमी होतो |
| **आउटपुट रेसिस्टन्स** | कमी होतो | कमी होतो | वाढते | वाढते |
| **हार्मोनिक विकृती** | कमी होतो | कमी होतो | कमी होतो | कमी होतो |

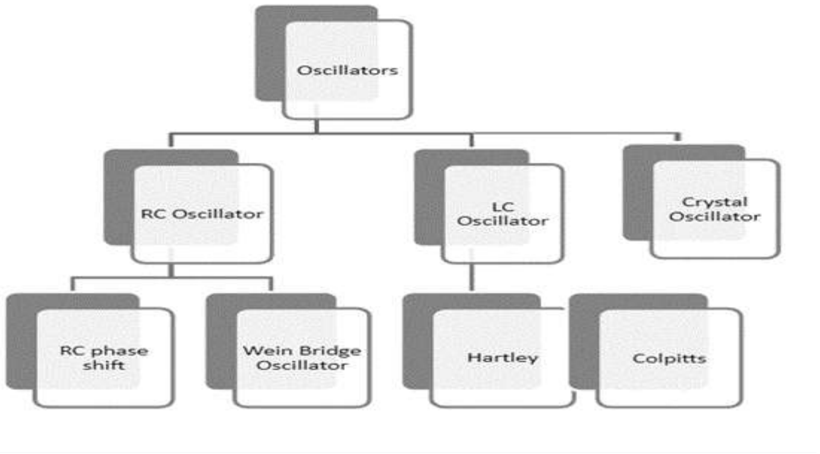
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **नॉईस** | कमी होतो | कमी होतो | कमी होतो | कमी होतो |

**4.2.5 बर्कहौसेन निकष :**

बर्कहौसेन निकष (criterion) असे सांगते की:

- ऑसिलेटर त्या फ्रिक्वेंसीवर काम करेल ज्यासाठी एकूण शिफ्ट 0° किंवा 360° आहे.
- लूप गेन A.β चे परिमाण ऑसिलेशनच्या फ्रिक्वेंसीवर 1 च्या बरोबरीचे असणे आवश्यक आहे. म्हणजे A.β = 1 आणि θ = 0° किंवा 360°.

**ऑसिलेटरचे वर्गीकरण**



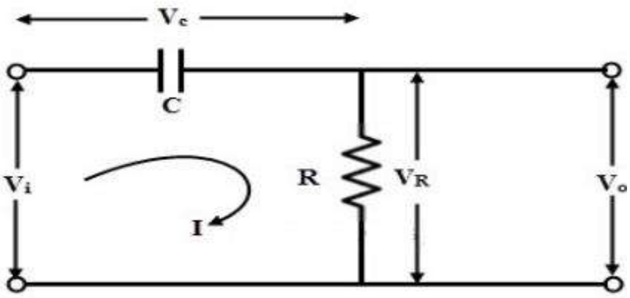

**आकृती 4.6 ऑसिलेटरचे वर्गीकरण**

**4.3 ऑसिलेटर: सर्किट डायग्राम, आरसी, एलसी आणि क्रिस्टल ऑसिलेटरचे वर्किंग आणि तुलना.**

**4.3.1 आरसी ऑसिलेटरमध्ये आरसी सर्किटची संकल्पना**

RC ऑसिलेटर हा इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांमध्ये सर्वात जास्त वापरल्या जाणाऱ्या ऑसिलेटरपैकी एक आहे, क्लॉकपासून रेडिओ ते संगणक पर्यंत.

RC ऑसिलेटर सर्किटमध्ये कॅपेसिटर आणि विद्युत-रोधक(Resistor)चे संयोजन नेगेटीव्ह फीडबॅकसह फीडबॅक लूप बनवते, ज्यामुळे चार्ज अधूनमधून प्रवाहित होऊ शकतो, एक ऑसिलेशन सिग्नल तयार करून हे सामान्यतः 1Hz~ 1MHz च्या रेन्जमध्ये कमी-फ्रिक्वेंसी सिग्नल जनरेट करण्यासाठी वापरले जाते.




**आकृती 4.7 RC सर्किट**

कार्य प्रणाली (**Working**)

1) प्रारंभिक अवस्था: असे गृहीत धरा की कॅपेसिटरवर सुरुवातीला कोणतेही चार्ज नाही आणि नंतर एक्सटर्नल एक्सईटेशन सिग्नल लागू केला जातो.

२) चार्ज करण्याची प्रक्रिया: जेव्हा सर्किटला एक्सटर्नल एक्सईटेशन सिग्नल लागू होतो, तेव्हा कॅपेसिटर चार्ज होण्यास सुरुवात होते. उर्जा स्त्रोतापासून कॅपेसिटरकडे विद्युत प्रवाह होतो आणि विद्युत-दाब हळूहळू वाढते.

3) डिस्चार्ज प्रक्रिया: जेव्हा कॅपॅसिटर पूर्णपणे चार्ज होतो, तेव्हा कॅपॅसिटर डिस्चार्ज होऊ लागतो. कॅपेसिटरपासून विद्युत-रोधक(Resistor)कडे विद्युतप्रवाह वाहतो आणि विद्युत-दाब हळूहळू कमी होते.

4)रिपीटेड सायकल : कॅपेसिटर डिस्चार्ज झाल्यानंतर, ते रिचार्ज केले जाते आणि प्रक्रिया पुन्हा केली जाते.

फीडबॅक लूपमुळे, कॅपेसिटर चार्ज आणि डिस्चार्ज प्रक्रियेदरम्यान सतत स्विच करतो, पिरियॉडिक ऑसिलेशन सिग्नल तयार करतो.

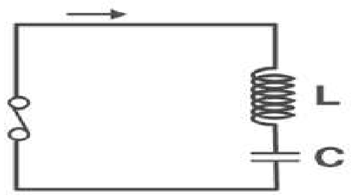
**4.3.2 एलसी ऑसिलेटरमध्ये एलसी सर्किटची संकल्पना**

LC ऑसिलेटर ही एक ऑसिलेटर आहे जी उच्च-फ्रिक्वेंसी सिग्नल जनरेट करण्यासाठी वापरली जाते. या सर्किटला एलसी-ट्यून्ड एलसी रेझोनंट किंवा टँक सर्किट असेही म्हणतात. एलसी ऑसीलेटर्स हीटिंग विथ हाय-फ्रिक्वेंसी, RF जनरेटर, रेडिओ, TV रिसीव्हर्स इ.वापरले जातात. या प्रकारचे ऑसिलेटर कॅपेसिटर (C) आणि इंडक्टर (L) सारख्या घटकांसह टँक सर्किट वापरतात.

**वर्किंग**

एलसी ऑसिलेटर सर्किटचे रचना इंडक्टर आणि कॅपेसिटरला समांतर जोडून केले जाऊ शकते. हे सर्किट कोणत्याहीप्रीफर्ड विद्युत फ्रिक्वेंसीसाठी इलेक्ट्रिक ऑसिलेशन निर्माण करते. या सर्किटमध्ये वापरलेले घटक ऊर्जा साठवण्यास सक्षम आहेत. एकदा कॅपेसिटरमधील पोटेंशिअल डिफरेन्स अस्तित्वात आला की, ऊर्जा त्याच्या इलेक्ट्रिक फील्ड मध्ये साठवली जाऊ शकते.

LC ऑसिलेटर सर्किट खाली दाखवले आहे जेथे कॅपेसिटर आणि इंडक्टर पॅरलल जोडलेले आहेत, स्विच आणि विद्युत-दाब सोर्स द्वारे. प्रथम, स्विच 'S' बंद आहे, तेव्हा कॅपेसिटर विद्युत-दाब सोर्सकडे चार्ज होईल.



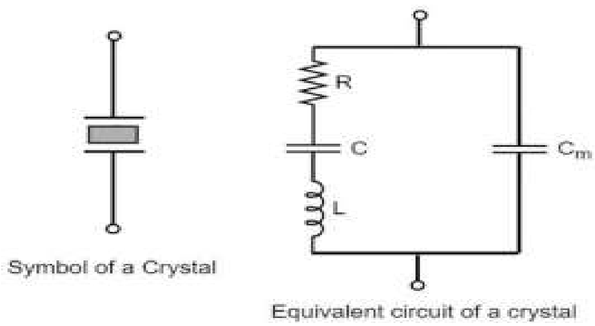

**आकृती 4.8 LC सर्किट**

त्याचप्रमाणे, जेव्हा हे स्विच उघडे होते, नंतर इंडक्टर एल वापरून कॅपेसिटर हळूहळू डिस्चार्ज होईल. त्यामुळे, इंडक्टरमधील विद्युत् प्रवाहचा प्रवाह वाढेल आणि कॅपेसिटरमधील विद्युत-दाब कमी होईल. जेव्हा विद्युत् प्रवाह प्रवाह वाढतो, तेव्हा इंडक्टर कॉइलभोवती एक इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक फील्ड तयार होऊ शकते. त्याचप्रमाणे, जेव्हा कॅपेसिटर पूर्णपणे डिस्चार्ज होतो तेव्हा ही ऊर्जा कॉइलसारख्या इलेक्ट्रोमॅग्नेटिक फील्डमध्ये पूर्णपणे ट्रान्सफर् केली जाऊ शकते.

**4.3.3 क्रिस्टल ऑसिलेटरमध्ये क्रिस्टल सर्किटची संकल्पना**

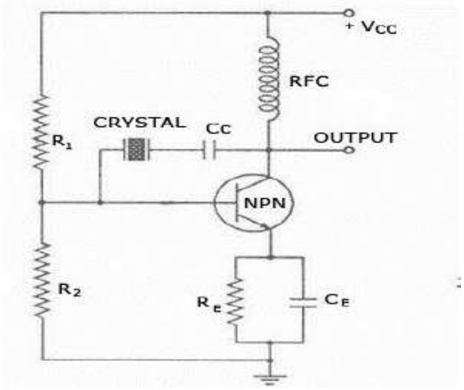
क्रिस्टल हा गुणधर्म प्रदर्शित करतो की जेव्हा क्रिस्टलच्या एका बाजूवर यांत्रिक ताण लागू केला जातो तेव्हा क्रिस्टलच्या विरुद्धबाजूवर संभाव्य फरक विकसित होतो.

- याउलट, जेव्हा एका चेहऱ्यावर संभाव्य फरक लागू केला जातो तेव्हा इतर बाजूवर यांत्रिक ताण निर्माण होतो. याला पिझो इलेक्ट्रिक इफेक्ट म्हणतात.




**आकृती 4.9 समतुल्य सर्किट**

वरील समतुल्य सर्किटमध्ये कॅपेसिटन्स Cm सह समांतर मालिका R-L-C सर्किट असते. जेव्हा AC स्त्रोतावर बसवलेले क्रिस्टल कंपन करत नाही, तेव्हा ते कॅपेसिटन्स Cm च्या समतुल्य असते. जेव्हा क्रिस्टल कंपन करतो, तेव्हा ते ट्यून R-L-C सर्किटसारखे कार्य करते.




**आकृती 4.10 Circuit of Crystal Oscillator**

प्रतिरोधक R1, R2, RE एक विद्युत-दाब डिव्हायडर स्थिर DC बायसिंग सर्किट प्रदान करतात. CE
एमिटर विद्युत-रोधक(Resistor)चा एसी बायपास प्रदान करते. RFC - AC विद्युत् प्रवाह ब्लॉक आणि DC विद्युत् प्रवाहला अनुमती देते.
कपलिंग कॅपेसिटर Cc ला नगण्य इम्पीडन्स आहे सर्किट ऑपरेटिंग फ्रिक्वेन्सी ला आणि कलेक्टर आणि बेसमधील कोणत्याही DC ला ब्लॉक करते.

**कार्य(WORKING):**

पॉसिटीव्ह (Positive)फीडबॅकसाठी 0°किंवा 360°फेज शिफ्ट आवश्यक आहे. क्रिस्टल ऑसिलेटरमध्ये ट्रान्झिस्टरद्वारे प्रदान केलेली 180° फेज शिफ्ट आणि क्रिस्टल ऑसिलेटरमध्ये 180° फेज शिफ्ट टँक सर्किटद्वारे प्रदान केली जाते. ऑसीलेटरचे फ्रिक्वेन्सी क्रिस्टलच्या सिरीझ रेझोनंट फ्रिक्वेन्सीद्वारे सेट केली जाते .

$$fo = 1/(2\pi\sqrt{LC_1})$$

आणि $A.\beta = 1$

क्रिस्टलची फ्रिक्वेन्सी स्थिरता खूप जास्त आहे.

**क्रिस्टल ऑसीलेटरचे फायदे:**

1. खूप उच्च- फ्रिक्वेन्सी स्थिरता.
2. Q फॅक्टर खूप जास्त आहे.
3. खूप उच्च, अचूक फ्रिक्वेन्सी प्राप्त करणे शक्य आहे.
4. तापमान आणि इतर पॅरामीटर्समधील बदलामुळे अत्यंत कमी-फ्रिक्वेंसी शिफ्ट (वेळानुसार फ्रिक्वेन्सीतील बदलाला ड्रिफ्ट म्हणतात).

**क्रिस्टल ऑसीलेटरचे तोटे**:

कमी मूलभूत फ्रिक्वेन्सी (frequency) क्रिस्टल्स (crystals) सहज उपलब्ध होत नाहीत.

**क्रिस्टल ऑसिलेटरचे** अनुप्रयोग

1. क्रिस्टल ऑसिलेटर क्वार्ट्ज, क्रिस्टल घड्याळांमध्ये वापरले जातात जे अतिशय अचूक वेळ ठेवतात
2. AM आणि FM मध्ये वापरलेले, ट्रान्समीटर जेथे विशिष्ट रेडिओ स्टेशनसाठी अत्यंत वाहक फ्रिक्वेन्सी जेनेरेट केली जाते.
3. हे टीव्ही रिसीव्हर्समध्ये फ्रिक्वेन्सी निवडक फिल्टर म्हणून रेडिओ आणि TV ट्रान्समीटरमध्ये वापरले जाते.

**तक्ता क्र. 4.2 आरसी, एलसी आणि क्रिस्टल ऑसिलेटरचे तुलना**

| आरसी ऑसिलेटर (RC oscillator) | एलसी ऑसिलेटर (LC oscillator) | क्रिस्टल ऑसिलेटर (crystal oscillator) |
|---|---|---|
| ऑसिलेशन्स ची फ्रिक्वेन्सी R आणि C च्या मूल्यांवर अवलंबून असते. | ऑसिलेशन्स ची फ्रिक्वेन्सी L आणि C च्या मूल्यांवर अवलंबून असते. | ऑसिलेशन्स ची फ्रिक्वेन्सी क्रिस्टलच्या परिमाणांवर अवलंबून असते. |
| ऑडिओ फ्रिक्वेन्सीमध्ये उपयुक्त. | हे उच्च फ्रिक्वेन्सीमध्ये प्राधान्य दिले जाते | उच्च फ्रिक्वेन्सी वर प्राधान्य. |
| खूप खालच्या फ्रिक्वेन्सी स्थिरता | खूप खालच्या फ्रिक्वेन्सी, क्लॅप ऑसिलेटर वगळता स्थिरता. | खूप उच्च फ्रिक्वेन्सी ला स्थिरता. |
| निश्चित स्पॉट फ्रिक्वेन्सी जनरेट करण्यासाठी ऑडिओ फ्रिक्वेन्सी सिग्नल व्युत्पन्न करण्यासाठी वापरले जाते. | उच्च फ्रिक्वेन्सी म्हणून रेडिओ, टीव्ही मध्ये वापरले. स्रोत, फ्रिक्वेन्सी, सिंथेसायझर्स | क्रिस्टल क्लॉक, फ्रिक्वेन्सी. सिंथेसायझरचे विशेष प्रकारचे रिसीव्हर हे ऍप्लिकेशन आहेत. |

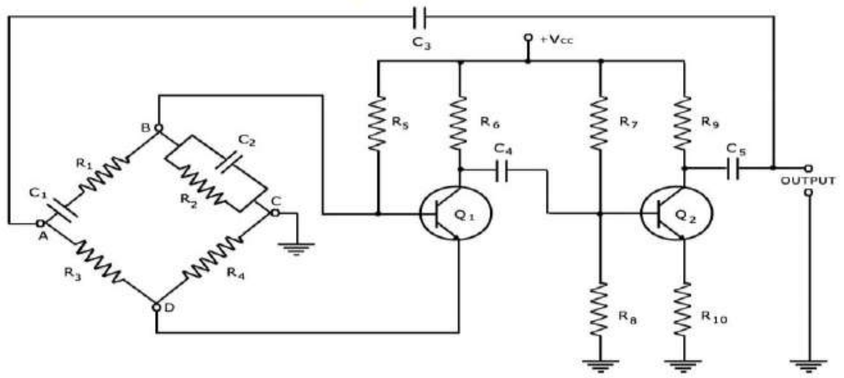
**4.4 आरसी ऑसिलेटरचे प्रकार- विएन ब्रिज आणि RC फेज शिफ्ट ऑसिलेटर**

**4.4.1 वेन ब्रिज ऑसिलेटर**

वेन ब्रिज ऑसिलेटर हे एक प्रकारचे इलेक्ट्रॉनिक ऑसिलेटर सर्किट आहेत जे साइनसॉइडल आउटपुट तयार करतात.

**कार्य(WORKING):**

वेन ब्रिज RC एकामध्ये सिरीज पुनर्संयोजन(COMBINATION) आहे आणि शेजारच्या आर्ममध्ये पॅरलल. आकृतीत दाखवलेला वेन ब्रिज ऑसिलेटर.




**आकृती 4.11 वेन ब्रिज ऑसिलेटर**

वेन ब्रिज ऑसिलेटरचे ऑपरेशन ब्रिज सर्किटच्या संकल्पनेवर आणि इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्समधील फीडबॅकच्या तत्त्वांवर अवलंबून आहे. ऑसिलेटरमध्ये ब्रिज कॉन्फिगरेशनमध्ये चार रेसीस्टर आणि दोन कॅपेसिटर असतात. हे सेटअप हे सुनिश्चित करते की लूपभोवती फेज शिफ्ट शून्य अंश आहे, जी कोणत्याही फीडबॅक सर्किटमध्ये सतत ओसिल्लेशन्स साठी आवश्यक आहे. प्रभावीपणे, वेन ब्रिज ऑसीलेटर फ्रिक्वेंसी निवडक फीडबॅक सर्किट म्हणून कार्य करते जे विशिष्ट फ्रिक्वेन्सीवर जास्तीत जास्त प्रतिसाद देते, ज्याला रेझोनंट फ्रिक्वेन्सी (resonant frequency)म्हणतात.

ओसिल्लेशन् फ्रिक्वेन्सी द्वारे दिली जाते.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{C_1 R_1 C_3 R_3}}$$

If R1 = R2 = R and C1 = C2 = C

अशा प्रकारे फ्रिक्वेन्सी f = 1 / (2 πRC)

ऑडिओ रेन्जतील फ्रिक्वेन्सी मोजण्यासाठी ब्रिजचा वापर केला जातो (**आकृती 4.11**). R1 आणि R3 प्रतिरोधक मूल्ये समान असण्यासाठी एकत्रित केली जाऊ शकतात. कॅपेसिटर C1 आणि C3 सामान्यत: निश्चित मूल्यांचे असतात ऑडिओ रेन्ज सामान्यत: 20 - 200 आणि 2 k - 20 kHz रेन्जमध्ये विभागली जाते या प्रकरणात, रेन्ज बदलण्यासाठी प्रतिरोधकांचा वापर केला जाऊ शकतो आणि श्रेणीतील लो फ्रिक्वेन्सी नियंत्रणासाठी कॅपेसिटर C3 वापरला जाऊ शकतो.

**वेन ब्रिज ऑसीलेटर्सचे अनुप्रयोग**

- ऑडिओ आणि रेडिओ फ्रिक्वेन्सी जनरेशन,
- प्रयोगशाळांमध्ये फंक्शन जनरेटर आणि कम्युनिकेशन उपकरणांमध्ये सिग्नल प्रोसेसिंग यांचा समावेश आहे.
- दूरसंचार तंत्राद्यानामध्ये, ते बऱ्याचदा विविध अणुविद्युत उपकरणांच्या फ्रिक्वेन्सी प्रतिसादाची ( tunability )चाचणी घेण्यासाठी सिग्नल जनरेटरमध्ये कार्य करतात.

**फायदे:**

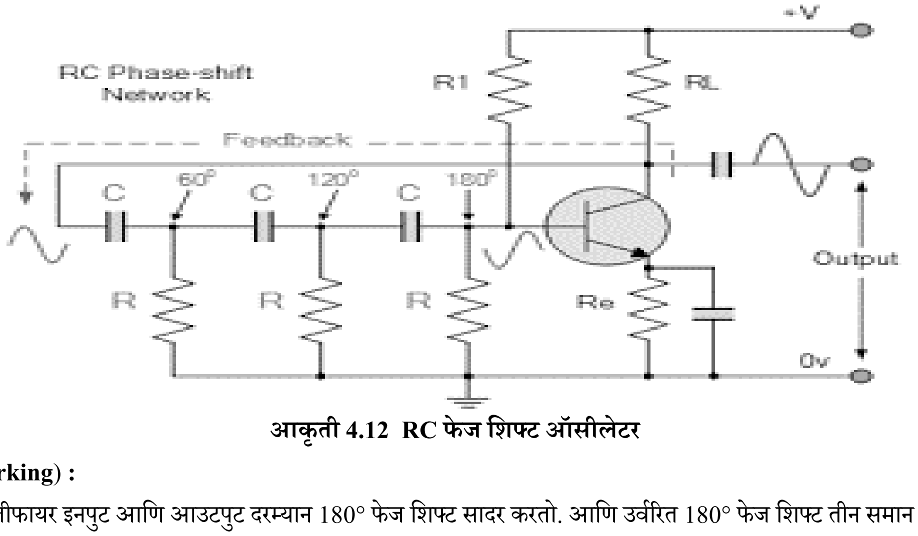
- वेन ब्रिज ऑसिलेटरचा प्राथमिक फायदा म्हणजे फ्रिक्वेन्सीच्या वाइड रेन्जवर साइनसॉइडल वेव्हस निर्माण करण्याची क्षमता आहे, जी ऑसिलेटर सर्किट्समध्ये दुर्मिळ आहे.
- यात चांगली  फ्रिक्वेन्सी स्थिरता
- एक अतिशय सोपी रचना देखील आहे.

**तोटे:**

- कमी आउटपुट,
- ऑस्सीलेशन फ्रिक्वेन्सीसाठी गेन ऍडजस्टमेन्ट अवलंबित्व
- उच्च फ्रिक्वेन्सी निर्माण करण्यास असमर्थता.

**4.4.2 RC फेज शिफ्ट ऑसीलेटर**

सर्किटमध्ये कॉमन एमिटर कॉन्फिगरेशन आणि आरसी फेज शिफ्टिंग नेटवर्कमध्ये सिंगल स्टेज अँम्पलीफायर समावेश आहे. R1, RL, Re बायसिंग प्रदान करते आणि CE हे बायपास कॅपेसिटर आहे.




**आकृती 4.12  RC फेज शिफ्ट ऑसीलेटर**

**कार्य प्रणाली(Working) :**

कॉमन एमिटर अँम्पलीफायर इनपुट आणि आउटपुट दरम्यान 180° फेज शिफ्ट सादर करतो. आणि उर्वरित 180° फेज शिफ्ट तीन समान मूलभूत RC फेज शिफ्टिंग नेटवर्कद्वारे तयार केले जाते. प्रत्येक RC नेटवर्क 60° चे फेज शिफ्ट सादर करण्यासाठी डिझाइन केलेले आहे.लूपभोवती फेज शिफ्ट ऑसिलेशन्सवर 360° आहे.

ऑसिलेशन्स  ची फ्रिक्वेन्सी = $F = 1/(2\pi RC\sqrt{6})$ आहे

फीडबॅक घटक $\beta = 1/29$,

म्हणून $A_v = 29$.

RC फेज शिफ्ट ऑसीलेटर फ्रिक्वेन्सी रेंजमध्ये विशेषतः काही हर्ट्झपासून ते शंभर KHz पर्यंत (200 KHz पर्यंत) ऑपरेट करण्यासाठी योग्य आहे

**फायदे:**

- आउटपुटवर साइन वेव्ह तयार होते.
- साधे सर्किट आहे.
- ऑडिओ  फ्रिक्वेन्सी रेन्ज उपयुक्त.

**तोटे:**

- फ्रिक्वेन्सी सहजपणे बदलू शकत नाही, कारण  फ्रिक्वेन्सी बदलण्यासाठी आपल्याला बलण्याची आवश्यकता आहे तीनही प्रतिरोधक आणि कॅपेसिटर एकाच वेळी, जे व्यावहारिकदृष्ट्या कठीण आहे.
- पुअर फ्रिक्वेन्सी स्थिरता, कारण फ्रिक्वेन्सी बदलत राहते कारण ती R च्या आणि C मूल्यांवर अवलंबून असते.

.

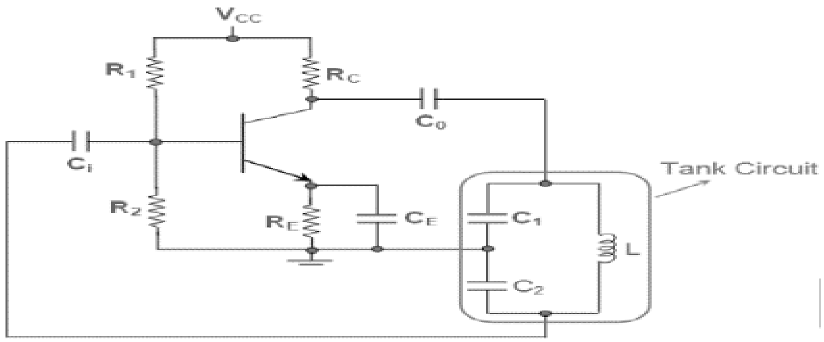
अनुप्रयोग:

- ऑडिओ फ्रिक्वेन्सी सिग्नल व्युत्पन्न करण्यासाठी वापरले जाते
- निश्चित स्पॉट फ्रिक्वेन्सी निर्माण करण्यासाठी वापरला जातो.
- या ऑसिलेटरचा वापर फ्रिक्वेन्सीच्या विस्तृत श्रेणीवर सिग्नल तयार करण्यासाठी केला जातो.

**4.5 LC ऑसिलेटर- कोलपिट्स ऑसिलेटर, हार्टले ऑसिलेटरचे प्रकार**

**4.5.1  कोलपिट्स ऑसिलेटर**

आकृती टँक सर्किटसह कोलपिट्स ऑसिलेटर दर्शविते ज्यामध्ये इंडक्टर L हे कॅपेसिटर C1 आणि C2 च्या अनुक्रमांकाच्या (serial) समांतर जोडलेले आहे.




**आकृती 4.13  कोलपिट्स ऑसिलेटर**

सर्किट RC मधील घटक कलेक्टर विद्युत-रोधक(Resistor) आहे, RE हे एमीटर विद्युत-रोधक(Resistor) आहे जे सर्किट स्थिर करण्यासाठी वापरले जाते आणि प्रतिरोधक R1 आणि R2 विद्युत-दाब डिव्हायडर बायस नेटवर्क तयार करतात.पुढे, कॅपॅसिटर Ci आणि Co हे इनपुट आणि आउटपुट डिकपलिंग कॅपेसिटर आहेत तर एमिटर कॅपेसिटर CE हा बायपास कॅपेसिटर आहे जो एम्प्लीफाइड AC सिग्नलला बायपास करण्यासाठी वापरला जातो.

वीज पुरवठा चालू होताच, ट्रान्झिस्टर ON होतो, कलेक्टर विद्युत् प्रवाह IC वाढतो ज्यामुळे कॅपेसिटर C1 आणि C2 चार्ज होतात. शक्य तितके जास्तीत जास्त चार्ज प्राप्त केल्यावर, ते इंडक्टर L द्वारे डिस्चार्ज करण्यास सुरवात करतात. या प्रक्रियेदरम्यान, कॅपेसिटरमध्ये साठवलेली इलेक्ट्रोस्टॅटिक ऊर्जा चुंबकीय प्रवाहात (magnetic flux) रुपांतरित होते जी विद्युत चुंबकीय उर्जेच्या रूपात इंडक्टरमध्ये साठवली जाते.पुढे, इंडक्टर डिस्चार्ज करण्यास सुरवात करतो जे कॅपेसिटर पुन्हा एकदा चार्ज करते. त्याचप्रमाणे, चक्र चालू राहते ज्यामुळे  टँक सर्किटमध्ये ऑस्सीलेशन्स होतात.

ट्रान्झिस्टरला दिलेला विद्युत-दाब फीडबॅक हा कॅपेसिटर C2 वर मिळवलेला असतो, ज्याचा अर्थ ट्रान्झिस्टरवरील विद्युत-दाब 180° ने फीडबॅक सिग्नल फेजच्या बाहेर आहे. हे या वस्तुस्थितीमुळे आहे की कॅपेसिटर C1 आणि C2 वर विकसित विद्युत-दाब ध्रुवीयतेच्या विरुद्ध आहेत कारण ते जोडलेले बिंदू ग्राउंड केलेले आहेत. पुढे, ट्रान्झिस्टरद्वारे 180° चे अतिरिक्त फेज-शिफ्ट प्रदान केले जाते ज्यामुळे 360° ची निव्वळ फेज-शिफ्ट होते. कोलपिट्स ऑसिलेटर ची फ्रिक्वेन्सी त्याच्या टँक सर्किटमधील घटकांवर अवलंबून असते आणि द्वारे दिली जाते.

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eff}}}$$

जेथे, Ceff हे कॅपेसिटरचे प्रभावी कॅपॅसिटन्स म्हणून व्यक्त केले जाते.

$$\frac{C_1C_2}{C_1 + C_2}$$

**फायदे**

- कोलपिट्स ऑसिलेटर कमी हार्मोनिक विकृतीसह अतिशय शुद्ध तरंग निर्माण करतात.
- त्यांच्याकडे विस्तृत फ्रिक्वेन्सी श्रेणी आहे - काही किलोहर्ट्झपासून शेकडो गिगाहर्ट्झपर्यंत.
- ऑसिलेटर उत्कृष्ट फ्रिक्वेन्सी स्थिरता प्रदान करतो, याचा अर्थ त्याच्या सेट फ्रिक्वेन्सीपासून विचलित होण्याची शक्यता कमी असते.

**तोटे**

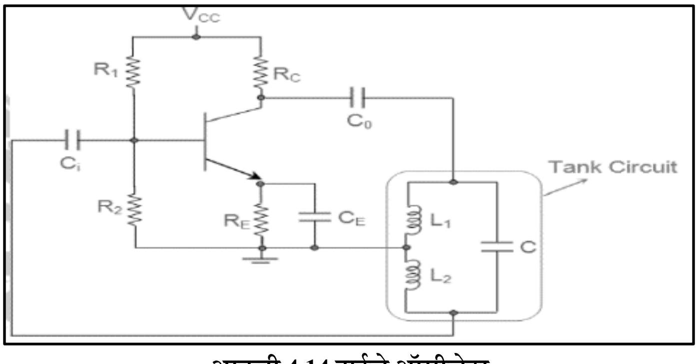
- कोलपिट्स ऑसिलेटर साठी स्टार्ट-अप परिस्थिती साध्य करणे कठीण असू शकते, ज्यासाठी घटक मूल्यांचे नाजूक ट्यूनिंग आवश्यक आहे.
- इतर प्रकारच्या ऑसीलेटर्सच्या तुलनेत त्यांचा वीज वापर जास्त असू शकतो.

**कोल्पिट्स ऑसिलेटर चे अनुप्रयोग**

1. कोल्पिट्स ऑसिलेटर विविध फील्डमध्ये व्यापक अनुप्रयोग शोधते:
2. ते रेडिओ आणि टेलिव्हिजन ट्रान्समीटरमध्ये आरएफ सिग्नल निर्मितीमध्ये वापरले जातात.
3. ते सुपरहेटेरोडाइन रिसीव्हर्समध्ये स्थानिक ऑसिलेटर म्हणून काम करतात, रेडिओ स्टेशन ट्यूनिंगमध्ये एक आवश्यक घटक.
4. कोलपिट्स ऑसिलेटर रडार सिस्टीममध्ये आणि स्थिर वारंवारता स्त्रोत आवश्यक असलेल्या इतर इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांमध्ये देखील आढळतात.
5. ते दळणवळण प्रणाली आणि वैद्यकीय उपकरणांमध्ये देखील वापरतात.

**4.5.2 हार्टले ऑसीलेटर् (Hartley Oscillator )**

हार्टले ऑसीलेटर हे ट्यून केलेले सर्किट ऑसिलेटर आहे जे रेडिओ फ्रिक्वेन्सीच्या श्रेणीमध्ये वेव्हस तयार करण्यासाठी वापरले जाते आणि म्हणूनच त्याला RF ऑसिलेटर म्हणून देखील संबोधले जाते. त्याची ऑस्सीलेशन् फ्रिक्वेन्सी त्याच्या टँक सर्किटद्वारे निश्चित केली जाते ज्यामध्ये दोन अनुक्रमिकपणे जोडलेल्या इंडक्टरसह समांतर जोडलेले कॅपेसिटर आहे, खालील आकृतीमध्ये दर्शविल्याप्रमाणे.




**आकृती 4.14 हार्टले ऑसीलेटर**

कलेक्टर-ट्यून केलेल्या सर्किटमध्ये, दोन इंडक्टर कॉइल वापरल्या जातात. या कॉइल्सचे एक टोक ग्राउंड केलेले आहे. जेव्हा टँक सर्किट प्रतिध्वनित होते, तेव्हा परिचालित प्रवाह L2 सह सिरीज L1 मधून वाहतो. ऑस्सीलेशनची फ्रिक्वेन्सी द्वारे दिली जाते.

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

जेथे L =L1+L2

सर्व घटक कॉमन-एमिटर अँम्पलीफायरच्या बाबतीत असलेल्या घटकांसारखेच असतात जे विद्युत-दाब डिव्हायडर बायसड नेटवर्कचा वापर करतात.

तथापि, आकृती घटकांचा आणखी एक संच दर्शवते उदा., इंडक्टर्स L1 आणि L2 आणि कॅपेसिटर C जे टँक सर्किट बनवतात (लाल बंदमध्ये दर्शविलेले). शक्ती सप्लाय ऑन केल्यावर, ट्रांझिस्टर स्टार्ट होतो, कलेक्टर विद्युत् प्रवाह वाढतो, IC जो कॅपेसिटर C ला चार्ज करतो. जास्तीत जास्त चार्ज शक्य झाल्यावर, C इंडक्टर L1 आणि L2 द्वारे डिस्चार्ज होऊ लागतो.

या चार्जिंग आणि डिस्चार्जिंग चक्राचा परिणाम टँक सर्किटमध्ये अवमंदित फ्रिक्वेन्सीमध्ये होतो. टँक सर्किटमधील ऑस्सीलेशन विद्युत् प्रवाह इंडक्टर्स L1 आणि L2 वर एक AC विद्युत-दाब तयार करतो जे 180° ने फेजच्या बाहेर असतात कारण त्यांचा संपर्क बिंदू ग्राउंड केला जातो.

फीडबॅक विद्युत-दाब जे आधीच ट्रान्झिस्टरसह 180° आउट-ऑफ-फेज आहे ते ट्रान्झिस्टरच्या क्रियेमुळे अतिरिक्त 180° फेज-शिफ्टद्वारे प्रदान केले जाते. त्यामुळे ट्रान्झिस्टरच्या आउटपुटवर दिसणारा सिग्नल वाढवला जाईल आणि त्याचा नेट फेज शिफ्ट 360° असेल.

**हार्टले ऑसिलेटरचे फायदे**

- सिंगल व्हेरिएबल कॅपेसिटर वापरून फ्रिक्वेंसी समायोजित केली जाऊ शकते, ज्याची एक बाजू पृथ्वी केली जाऊ शकते.
- आउटपुट अँम्प्लिटयूड फ्रिक्वेंसी रेंजवर स्थिर राहते.
- एकतर टॅप केलेली कॉइल किंवा दोन स्थिर इंडक्टर आवश्यक आहेत आणि इतर फारच कमी कम्पोनन्टस आहेत.

**हार्टले ऑसिलेटरचे तोटे**

- कधीकधी हार्मोनिक्सच्या उपस्थितीमुळे विकृत सायनसॉइडल सिग्नल तयार होतात. हार्टले ऑसिलेटरचा हा एक प्रमुख तोटा आहे.
- हार्टले ऑसिलेटर लो-फ्रिक्वेंसी ऑसिलेटर म्हणून वापरला जाऊ शकत नाही कारण इंडक्टरचा आकार आणि इंडक्टरचे मूल्य मोठे आहे.

**हार्टले ऑसिलेटरचे अनुप्रयोग**

- फंक्शन जनरेटरमध्ये वापरले जाते
- रेडिओ फ्रिक्वेन्सी ऍप्लिकेशन्समध्ये वापरले जाते
- TV रिसीव्हरमध्ये वापरले जाते

**सोडवलेली उदाहरणे:**

**1) रेडिओ रिसीव्हरच्या स्थानिक ऑसिलेटरमध्ये वापरलेले ट्यून केलेले कलेक्टर ऑसीलेटर सर्किट L 1 = 58.6 μH आणि C 1 = 300 pF सह LC ट्यून केलेले सर्किट वापरते . ऑस्सीलेशन्सच्या फ्रिक्वेन्सीची गणना करा.**

Solution.

$$L_1 = 58.6\,\mu\text{H} = 58.6 \times 10^{-6}\,\text{H}$$
$$C_1 = 300\,\text{pF} = 300 \times 10^{-12}\,\text{F}$$

Frequency of oscillations,
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$$
$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{58.6 \times 10^{-6} \times 300 \times 10^{-12}}}\,\text{Hz}$$
$$= 1199 \times 10^3\,\text{Hz} = 1199\,\text{kHz}$$

**2) 1 GHz (1 GHz = 1 × 10 12 Hz) फ्रिक्वेंसी ची साइन वेव्ह तयार करण्यासाठी L 1 = 1 mH च्या इंडक्टन्सचा वापर करणारे LC ऑसिलेटर तयार करण्यासाठी आवश्यक असलेल्या कॅपेसिटरची कॅपेसिटन्स शोधा .**

Solution.

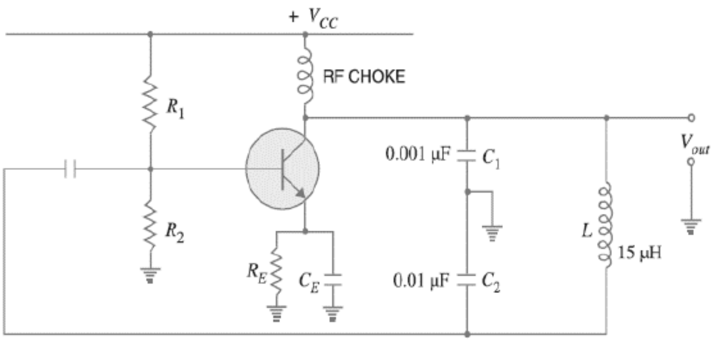
Frequency of oscillations is given by ;

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$$

or

$$C_1 = \frac{1}{L_1\,(2\pi f)^2} = \frac{1}{(1 \times 10^{-3})\,(2\pi \times 1 \times 10^{12})^2}$$
$$= 2{\cdot}53 \times 10^{-23}\,\text{F} = 2{\cdot}53 \times 10^{-11}\,\text{pF}$$

**3) चित्र मध्ये दर्शविलेल्या कोलपिटच्या ऑसिलेटरसाठी (i) ऑपरेटिंग वारंवारता आणि (ii) फीडबॅक फॅक्टर निश्चित करा .**




**Solution.**

(*i*) **Operating Frequency.** The operating frequency of the circuit is always equal to the resonant frequency of the feedback network. As noted previously, the capacitors $C_1$ and $C_2$ are in series.

$$\therefore \quad C_T = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{0.001 \times 0.01}{0.001 + 0.01} = 9.09 \times 10^{-4}\ \mu F$$

$$= 909 \times 10^{-12}\ F$$

$$L = 15\ \mu H = 15 \times 10^{-6}\ H$$

$$\therefore \quad \text{Operating frequency, } f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$

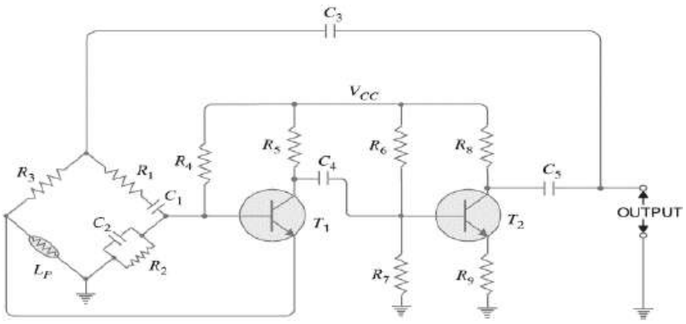
$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{15 \times 10^{-6} \times 909 \times 10^{-12}}}\ Hz$$

$$= 1361 \times 10^3\ Hz = 1361\ kHz$$

(*ii*) **Feedback fraction**

$$m_v = \frac{C_1}{C_2} = \frac{0.001}{0.01} = 0.1$$

**4) चित्र मध्ये दाखवलेल्या Wien ब्रिज ऑसिलेटरमध्ये R1 = R2 = 220 kΩ आणि C1 = C2 = 250 pF.ऑस्सीलेशन्सची फ्रिक्वेन्सी निश्चित करा.**




**Solution.**

$$R_1 = R_2 = R = 220\ k\Omega = 220 \times 10^3\ \Omega$$

$$C_1 = C_2 = C = 250\ pF = 250 \times 10^{-12}\ F$$

$$\text{Frequency of oscillations,} \quad f = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$= \frac{1}{2\pi \times 220 \times 10^3 \times 250 \times 10^{-12}}\ Hz$$

$$= 2892\ Hz$$

**5) क्रिस्टलच्या AC समतुल्य सर्किटमध्ये ही मूल्ये आहेत: L = 1H, C = 0.01 pF, R = 1000 Ω आणि Cm = 20 pF. क्रिस्टलच्या fs आणि fp ची गणना करा.**

Solution.

$$L = 1\text{ H}$$
$$C = 0.01\text{ pF} = 0.01 \times 10^{-12}\text{ F}$$
$$C_m = 20\text{ pF} = 20 \times 10^{-12}\text{ F}$$

$\therefore$
$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$
$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{1 \times 0.01 \times 10^{-12}}}\text{ Hz}$$
$$= 1589 \times 10^3\text{ Hz} = 1589\text{ kHz}$$

Now
$$C_T = \frac{C \times C_m}{C + C_m} = \frac{0.01 \times 20}{0.01 + 20} = 9.99 \times 10^{-3}\text{ pF}$$
$$= 9.99 \times 10^{-15}\text{ F}$$

$\therefore$
$$f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_T}}$$
$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{1 \times 9.99 \times 10^{-15}}}\text{ Hz}$$
$$= 1590 \times 10^3\text{ Hz} = 1590\text{ kHz}$$

If this crystal is used in an oscillator, the frequency of oscillations will lie between 1589 kHz and 1590 kHz.

**6) एक 1 pf कॅपेसिटर उपलब्ध आहे. हार्टले ऑसिलेटरमध्ये इंडक्टर व्हॅल्यू निवडा**
**F = 1 MHz आणि फीडबॅक फॅक्टर mv = 0.2.**

Solution.

Feedback fraction, $m_v = \frac{L_2}{L_1}$

or $0.2 = \frac{L_2}{L_1}$ $\qquad \therefore L_1 = 5L_2$

Now $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_T C}}$

or $L_T = \frac{1}{C(2\pi f)^2} = \frac{1}{(1 \times 10^{-12})(2\pi \times 1 \times 10^6)^2}$

$= 25.3 \times 10^{-3}\text{ H} = 25.3\text{ mH}$

or $L_1 + L_2 = 25.3\text{ mH}$ $\qquad (\because L_T = L_1 + L_2)$

or $5L_2 + L_2 = 25.3$ $\qquad \therefore L_2 = 25.3/6 = 4.22\text{ mH}$

and $L_1 = 5L_2 = 5 \times 4.22 = 21.1\text{ mH}$

**स्वाध्याय:**

1. निगेटिव्ह फीडबॅकचे कोणतेही दोन फायदे सांगा.
2. निगेटिव्ह फीडबॅकचा ब्लॉक डायग्राम त्याच्या इनपुट आणि आउटपुटच्या वेव्हफॉर्मसह काढा.
3. RC फेज शिफ्ट ऑसिलेटर काढा आणि फेज शिफ्ट कसे होते ते स्पष्ट करा.
4. अँम्पलीफायर आणि ऑसिलेटरची तुलना करा.
5. विविध प्रकारच्या फीडबॅक अँम्पलीफायरची यादी करा.
6. विद्युत-दाब अँम्पलीफायरमध्ये नकारात्मक फीडबॅकशिवाय आउटपुट विद्युत-दाब 10V आहे. जर आउटपुट विद्युत-दाबच्या 25% इनपुट विद्युत-दाबसह मालिकेतील फीडबॅक असेल. फीडबॅक विद्युत-दाब शोधा, फीडबॅक घटकाचे मूल्य देखील द्या.
7. ऑसिलेटरची व्याख्या करा आणि शाश्वत ऑस्सीलेशन्सच्या निर्मितीसाठी बर्कहौसेन निकष (criterion) सांगा.
8. क्रिस्टल ऑसिलेटरचे कार्य तत्त्व आकृतीसह स्पष्ट करा.
9. कोल्पिट्स ऑसिलेटरचे चे सर्किट डायग्राम काढा.

**लघुप्रकल्प (Microproject)**:

1 आरसी फेज शिफ्ट ऑसिलेटरचे सर्किट PCB वर तयार करा

2 हार्टले ऑसिलेटर हार्टले ऑसिलेटरचे सर्किट PCB वर तयार करा.

3 कोलपिट्स ऑसिलेटरचे सर्किट PCB वर तयार करा.

4 क्रिस्टल ऑसिलेटर चे सर्किट PCB वर तयार करा.

**संदर्भ:**


| Sr. No | Author | Title | Publisher with ISBN Number |
|---|---|---|---|
| 1 | V .K. Mehta ,Rohit Mehta | Principles of Electronics | S.Chand and Company Ram Nagar, New Delhi-110 055,11th edition 2014, ISBN 9788121924504 |
| 2 | B.L.Theraja | Basic Electronics | S. Chand Publishing, 2007,ISBN:9788121925556 |
| 3 | R.S.Sedha | A textbook of Applied Electronics | S Chand, New Delhi 2008, ISBN:978-8121927833 |
| 4 | Mottershead,Allen | Electronic Devices and Circuit : An introduction | Goodyear Publishing Co. New Delhi ISBN: 9780876202654 |
| 5 | Horowitz, Paul Hill, Winfield | The Art of Electronics | Cambridge University Press, New Delhi 2015 ISBN: 9780521689175 |
| 6 | Bell, David | Fundamentals of Electronic Devices and Circuits | Oxford University Press, International edition, USA,2015,ISBN:9780195425239 |
| 7 | Vijay Baru, Rajendra Kaduskar, Sunil T. Gaikwad | Basic Electronic Engineering | Dreamtech press,New Delhi,2015,ISBN:9789350040126 |

# युनिट – 5
# विद्युत नियामक आणि पुरवठा उपकरण
# (Regulator and Power Supply)

**विषय निष्पत्ती (Course Outcome) :**

नियंत्रित वीज पुरवठ्याच्या कार्यप्रणालीची चाचणी करा.

Test operation of regulated power supply.

**युनिट निष्पत्ती (Unit Outcome):**

5.a व्होल्टेज रेग्युलेटरचे पॅरामीटर्स स्पष्ट करा
Explain parameters of Voltage regulators.

5.b दिलेल्या विद्युत दाब नियामाकाच्या (Voltage Regulator) आउटपुट दाबाचे मुल्यांकन करा
Calculate output Voltage of the given regulator.

5.c दिलेल्या विद्युत दाब नियामक (Voltage Regulator) IC चे कार्यप्रणाली तपासा.
Check the working of the given type of regulator ICs.

5.d SMPS चे कार्य स्पष्ट करा.
Explain working of SMPS.

**परिचय:**

सर्व इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्स DC पुरवठ्यासह चांगले काम करते. इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्सना आवश्यक असलेला DC विद्युत दाब हा सामान्यत: AC पुरवठा बदलून मिळवला जातो. हा पुरवठा नियंत्रित वीज पुरवठा (Regulated Power Supply) उपकरणाद्वारेकेला जातो. या पद्धतीद्वारे मिळणारा विद्युत दाब पुरेसा स्थिर नसतो आणि त्यात रिपल असतात. त्यामुळे, विद्युत दाब स्थिर करण्यासाठी DC विद्युत दाब नियामक (Voltage Regulator)सर्किट्स कार्यरत असतात. विद्युत दाब नियामक (Voltage Regulator) हे सर्किट ,इनपुट विद्युत दाब(Voltage) किंवा भार(Load) ह्यांच्या मूल्यात काहीही बदल झाला तरी , एक निश्चित आउटपुट विद्युत दाब(Voltage) राखते.विद्युत दाब नियामक (Voltage Regulator)हे एक इंटिग्रेटेड सर्किट(IC) आहे. वीज पुरवठ्याचे उपकरण हे लॅपटॉप-संगणक, सर्व्हर आणि इतर इलेक्ट्रॉनिक उपकरणाना उर्जा पुरवते.

नियंत्रित वीज पुरवठा उपकरणाचे मुख्य कार्य म्हणजे स्त्रोतापासून येणाऱ्या विद्युत प्रवाहाचे योग्य विद्युत दाब(Voltage), विद्युत प्रवाह आणि वारंवारतेमध्ये रूपांतरित करणे.

**5.1 विद्युतदाब नियमन , भार , स्रोत नियमन : व्याख्या , सूत्रे**

- **विद्युतदाब नियमन ( Voltage Regulation) :**

बदलता इनपुट AC विद्युत-दाब आणि विद्युत- भार (Load) असूनही आउटपुट DC विद्युत-दाब स्थिर ठेवण्याची वीज पुरवठा उपकरणाची क्षमता म्हणजे वीजपुरवठा उपकरणामधून काढलेल्या विद्युत- भार (Load)विद्युत् प्रवाहच्या प्रमाणात आउटपुट DC विद्युत-दाबमधील फरकाचा दर म्हणून विद्युत-दाब नियमनची व्याख्या केली जाते.

विद्युत-दाब नियमनाचे मूल्य जितके कमी असेल तितके चांगले वीज पुरवठा उपकरण असते.

$$\% \text{ Voltage Regulation} = \frac{VNL - VFL}{VFL} \times 100 \text{ .......... eq.5.1}$$

जेथे $V_{NL}$= विद्युत- भार विद्युत-दाब शून्य विद्युत- भार विद्युत् प्रवाहसह

$V_{FL}$= पूर्ण विद्युत- भार विद्युत् प्रवाहसह विद्युत- भार विद्युत-दाब

वरील विद्युत-दाब रेग्युलेशनला विद्युत- भार रेग्युलेशन म्हणतात कारण ते विद्युत- भार विद्युत् प्रवाहमधील बदलामुळे आउटपुट विद्युत-दाबमधील बदल दर्शवते.

- **भार नियमन (Load Regulation) :**

विद्युत- भार विद्युत-रोधक(Resistor)मधील बदलासाठी आउटपुट DC विद्युत-दाबमधील बदल म्हणून त्याची व्याख्या केली जाते.
भार नियमन mV किंवा आउटपुट विद्युत-दाबच्या % मध्ये व्यक्त केले जाते.

**Load Regulation (L.R)** $= V_{NL} - V_{FL}$ ……………. eq.5.2

जेथे $V_{NL}$= विद्युत- भार विद्युत-दाब शून्य विद्युत- भार विद्युत् प्रवाहसह

$V_{FL}$= पूर्ण विद्युत- भार विद्युत् प्रवाहसह विद्युत- भार विद्युत-दाब

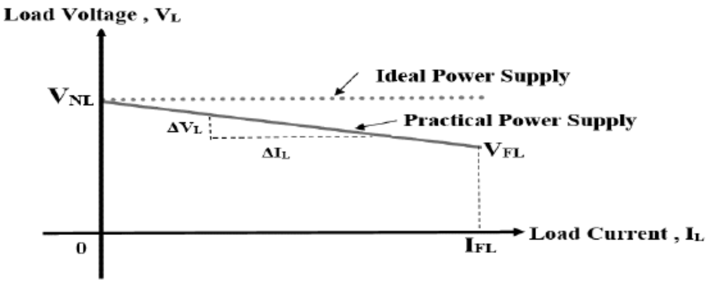
$$\%L.R = \frac{(V_{NL} - V_{FL})}{V_{FL}} * 100$$ ……………………..eq.5.3

(DC वीज पुरवठा उपकरणाचे विद्युत- भार रेग्युलेशनचे प्रमाण शक्य तितके कमी असावे)

- **स्रोत नियमन Line Regulation:**

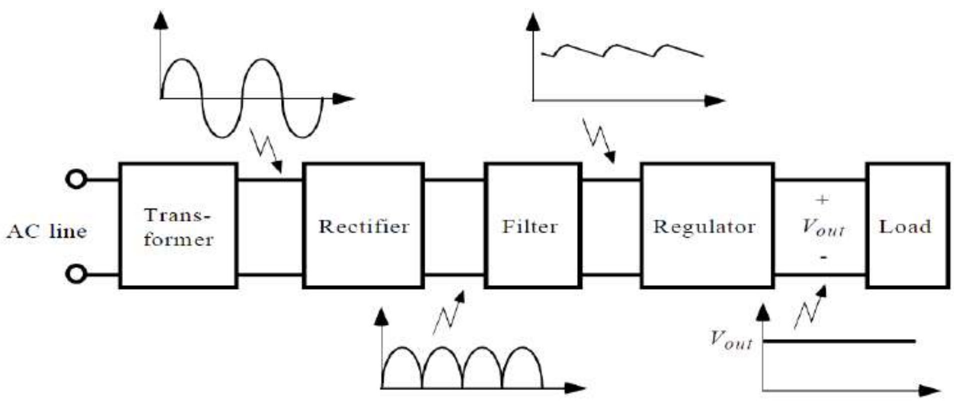
$$\text{लाइन रेग्युलेशन} = \frac{\Delta V out}{\Delta V in} \times 100\ \%$$ .................. eq. 5.4

जेथे $\Delta V_{in}$ हा इनपुट विद्युत-दाबमधील बदल आहे तर $\Delta V_{out}$ हा आउटपुट विद्युत-दाबमधील संबंधित बदल आहे




**आकृती 5.1 वीज पुरवठा उपकरणाचे कॅरेक्टरस्टिक (Power Supply Characteristics)**

**5.2 DC नियमित वीज पुरवठा उपकरणाचे खंडक आकृती( Block Diagram) , संरचना आणि कार्य**




**आकृती 5.2 DC नियंत्रित वीज पुरवठयाची मूलभूत खंडक आकृती**

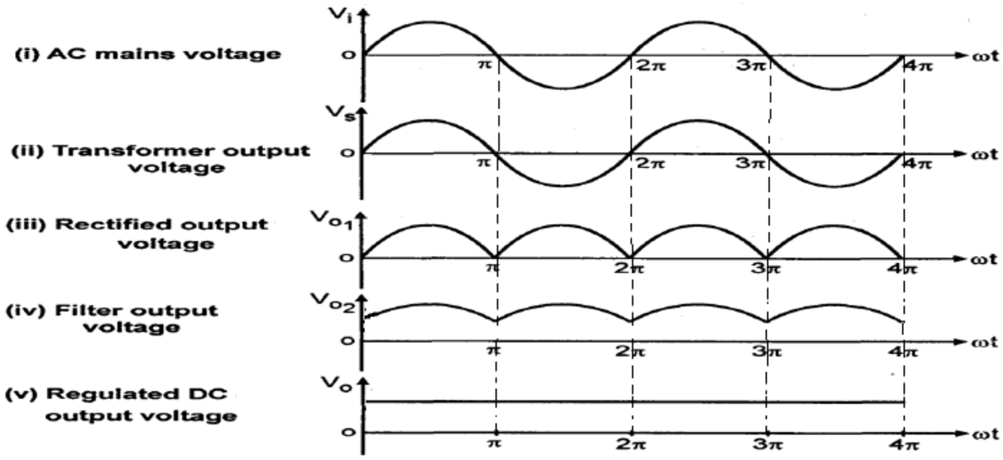
**DC नियंत्रित वीज पुरवठ्याचे तपशीलवार कार्य :**

1) **स्टेप डाउन ट्रान्सफॉर्मर :-** ट्रान्सफॉर्मरमधून AC विद्युत् प्रवाह (AC Mains Supply) कमी करून घेतला जातो. A.C. विद्युत-दाबची पातळी कमी करतो आणि दोन भिन्न सर्किट (AC आणि DC Circuit) वेगळे (Isolate) करतो.

2) **रेक्टिफायर:** रेक्टिफायर हा सहसा सेंटर टॅप किंवा ब्रिज टाईप फुल वेव्ह रेक्टिफायर असतो. हे एसी विद्युत-दाबला स्पंदित DC (Pulsating DC) विद्युत-दाबमध्ये रूपांतरित करते. अशा प्रकारे रेक्टिफायरचे कार्य रेक्टीफिकेशन करणे असे आहे
3) **फिल्टर:** स्पंदित DC (Pulsating DC) विद्युत-दाबमध्ये रिपल्स (Ripples) असतात.हे विद्युत-दाब फिल्टर (Filter) सर्किटवर लागू केले जाते आणि रिपल कमी करते. अशा प्रकारे, फिल्टर सर्किटचे कार्य रिपल कमी करणे (किंवा फिल्टर करणे) आणि त्याच्या आउटपुटवर प्युअर DC विद्युत-दाब प्रदान करणे असे आहे. हे DC विद्युत-दाब स्थिर DC विद्युत-दाब नसते कारण ते इनपुट विद्युत-दाब बदल,विद्युत- भार विद्युत् प्रवाहमधील बदलानुसार किंवा तापमानात चढ-उताराने ते बदलते.
4) **विद्युत-दाब** नियामक**:** अनियमित (कमी-जास्त) DC विद्युतदाब ,विद्युतदाब रेग्युलेटरवर दिले जाते. त्याचे कार्य AC विद्युतदाबामधील चढउतार आणि विद्युत लोडमधील फरक लक्षात न घेता ,आउटपुट DC विद्युतदाब स्थिर राखणे आहे. अशा प्रकारे, नियमन केलेला वीज पुरवठा उपकरण पूर्ण भारामध्ये स्थिर DC विद्युतदाब देतो. .

**इनपुट आउटपुट वेव्हफॉर्म:**

प्रत्येक ब्लॉकच्या इनपुटच्या आणि आउटपुटच्या वेव्हफॉर्म आकृती 5.3मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहेत. वेव्हफॉर्म (iii) मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे रेक्टिफायर आउटपुट पल्सेटिंग DC स्वरूपाचे आहे. तर फिल्टर सर्किटच्या आउटपुटमध्ये वेव्हफॉर्म (iv) मध्ये दाखवल्याप्रमाणे काही रिपल असतात. पण विद्युत-दाब नियामकाचे आउटपुट हे वेव्हफॉर्म (v) मध्ये दाखवलेले स्थिर DC विद्युत-दाब आहे.

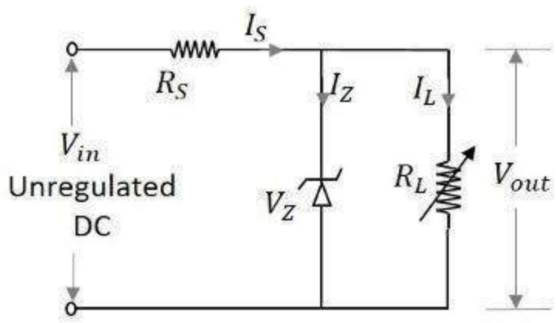



**आकृती 5.3 DC नियंत्रित वीज पुरवठ्याचे इनपुट आउटपुट वेव्हफॉर्म**

**5.3 बेसिक झीनर डायोड वापरून विद्युत-दाब** नियामक**.**

**झीनर विद्युत-दाब नियामक (Zener Voltage Regulator )**

झीनर विद्युत-दाब नियामक हे आउटपुट विद्युत-दाबचे नियमन करण्यासाठी झीनर डायोड वापरते.जेव्हा झीनर डायोड ब्रेकडाउन किंवा झीनर रीजन मध्ये वापरला जातो, तेव्हा त्याद्वारे विद्युत् प्रवाहाच्या मोठ्या बदलासाठी त्यावरील विद्युत-दाब लक्षणीयरीत्या स्थिर असते . हे वैशिष्ट्य झीनर डायोडला एक चांगला विद्युत-दाब नियामक बनवते. आकृती 5.4 झीनर नियामकाची प्रतिमा दर्शवते.




**आकृती 5.4 झीनर विद्युत-दाब नियामक**

दिलेला इनपुट विद्युत-दाब Vi जेव्हा झीनर विद्युत-दाबापेक्षा ($V_Z$ ) जास्त वाढतो , तेव्हा झीनर डायोड ब्रेकडाउन रिजनमध्ये कार्य करतो आणि विद्युत-भाराला स्थिर विद्युत-दाब देतो. विद्युत-रोधक(Resistor) $R_S$ इनपुट विद्युत् प्रवाह मर्यादित करते.

**झीनर विद्युत-दाब नियामकाचे कार्य**

विद्युत- भार भिन्नता आणि बदलता इनपुट विद्युत-दाब असूनही झीनर डायोड त्याच्यावरील विद्युत-दाब स्थिर ठेवतो. म्हणून झीनर विद्युत-दाब नियामकाचे कार्य समजून घेण्यासाठी आपण 4 पर्यायांचा विचार करु शकतो.

झीनर ,विद्युत-दाब रेग्युलेटर म्हणून काम करेल फक्त जर झीनरमधून प्रवाहित विद्युत् प्रवाह $I_Z$ किमान (Minimum) ते $I_Z$ कमाल (Maximum) दरम्यान असेल.

**भाग I: विद्युत- भार नियमन ($V_{in}$ स्थिर म्हणजे $I_S$ स्थिर आहे)**

पर्याय **1** – जर विद्युत- भार विद्युत् प्रवाह $I_L$ वाढला, तर सिरीज विद्युत-रोधक(Resistor) $R_S$ मधून जाणारा विद्युत् प्रवाह कायम ठेवण्यासाठी झीनर डायोड $I_Z$ मधून प्रवाह कमी होतो. आउटपुट विद्युत-दाब $V_o$ हे इनपुट विद्युत-दाब $V_{in}$ आणि सिरीज विद्युत-रोधक(Resistor) $R_S$ मधील विद्युत-दाबवर अवलंबून असते. हे असे लिहिले जाऊ शकते

$$V_{in} - I_S R_S - V_O = 0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\text{eq.5.7}$$

$$V_O = V_{in} - I_S R_S \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\text{eq. 5.8}$$

जेथे Is स्थिर आहे म्हणून, Vo देखील स्थिर राहतो.

पर्याय **2** – विद्युत- भार विद्युत् प्रवाह $I_L$ कमी झाल्यास, झीनर डायोडद्वारे प्रवाह ($I_Z$)वाढतो, कारण $R_S$ सिरीज विद्युत-रोधक(Resistor)द्वारे प्रवाह $I_S$ स्थिर राहते. झीनर डायोडद्वारे प्रवाह $I_Z$ वाढला तरी ते स्थिर आउटपुट विद्युत-दाब $V_Z$ राखते, जे विद्युत- भार विद्युत-दाब स्थिर ठेवते.

भाग II: स्त्रोत नियमन (विद्युत- भार विद्युत् प्रवाह स्थिर म्हणजेच $I_L$ स्थिर)

आकृती **5.4** नुसार

$$I_S = I_Z + I_L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\text{eq.5.7}$$

$I_S$ स्थिर आहे

$$I_Z = I_S - I_L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\text{eq. 5.8}$$

पर्याय **3** – जर इनपुट विद्युत-दाब $V_i$ वाढले, तर सिरीज विद्युत-रोधक(Resistor) $R_S$ मधून वाहणारा प्रवाह $I_S$ वाढतो. हे विद्युत-रोधक(Resistor)वर विद्युत-दाब ड्रॉप वाढवते, म्हणजे $V_S$ वाढते. ह्यामुळे झीनर डायोड मधून वाहणारा विद्युत् प्रवाह $I_Z$ वाढत असला तरी, झीनर डायोड $V_Z$ मधील विद्युत-दाब स्थिर राहते म्हणून आउटपुट विद्युत- भार विद्युत-दाब स्थिर रहाते

पर्याय **4** – जर इनपुट विद्युत-दाब Vi कमी झाले , तर सिरीज विद्युत-रोधक(Resistor) $R_S$ मधून वाहणारा प्रवाह $I_S$कमी होतो ज्यामुळे झीनर डायोड मधून वाहणारा विद्युत् प्रवाह $I_Z$कमी होतो. परंतु झीनर डायोड त्याच्या गुणधर्मामुळे आउटपुट विद्युत-दाब स्थिर ठेवतो.

- **झीनर विद्युत-दाब रेग्युलेटरच्या मर्यादा**

झीनर विद्युत-दाब रेग्युलेटरसाठी काही मर्यादा आहेत. त्या खालीलप्रमाणे आहेत -

१) हे भारी भार(heavy load) प्रवाहांसाठी कमी कार्यक्षम आहे.

2) झीनर प्रतिबाधा (impedance)आउटपुट विद्युत-दाबला किंचित प्रभावित करते.

म्हणून झीनर विद्युत-दाब रेग्युलेटर कमी विद्युत-दाब अनुप्रयोगांसाठी (applications) प्रभावी मानले जाते.

**5.4 रेग्युलेटर IC : IC 78XX, IC 79XX, IC 723 वापरून निश्चित, व्हेरिएबल आणि ड्युअल रेग्युलेटेड DC शक्ती सप्लाय**

1) 78XX सीरिज IC : स्थिर धन (+ve) लिनिअर विद्युत-दाब नियामक( **Fixed Positive Linear Voltage Regulators**)

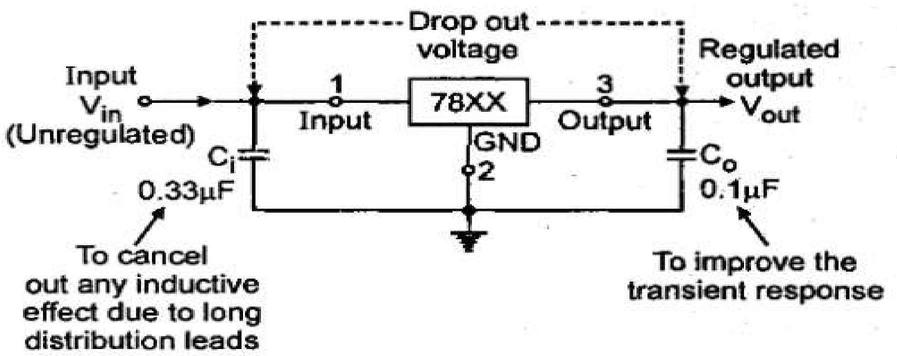
   78xx विद्युत-दाब रेग्युलेटर IC तीन टर्मिनल धन (+Ve) स्थिर DC विद्युत दाब रेग्युलेटर आहेत. • "xx" दोन-अंकी संख्येशी संबंधित आहे आणि विद्युत-दाब रेग्युलेटर IC तयार करत असलेल्या आउटपुट विद्युत दाबाचे मूल्य दर्शवते.उदाहरणार्थ 78**05** विद्युत-दाब रेग्युलेटर IC **+5** व्होल्टचे DC विद्युत-दाब तयार करते . हे रेग्युलेटर सात वेगवेगळ्या आउटपुट विद्युत दाब पर्यायांमध्ये उपलब्ध आहेत, जसे की 5, 6, 8,12, 15, 18 आणि 24V.

**तक्ता 5.1 : 78XX विद्युत दाब**

| IC NUMBER | OUTPUT VOLTAGE |
|---|---|
| 7805 | +5.0 V |
| 7806 | +6.0 V |
| 7808 | +8.0 V |
| 7809 | +9.0 V |
| 7812 | +12.0 V |
| 7815 | +15.0 V |
| 7818 | +18.0 V |
| 7824 | +24.0 V |

78xx विद्युत-दाब रेग्युलेटर IC मध्ये प्रत्येकी 3 पिन असतात. पहिली आणि दुसरी पिन अनुक्रमे इनपुट आणि ग्राउंड जोडण्यासाठी वापरतात आणि तिसरी पिन त्यांच्याकडून आउटपुट गोळा करण्यासाठी वापरली जाते .

आवश्यक कनेक्शनसह स्थिर सकारात्मक(Positive) विद्युत-दाब रेग्युलेटर वापरून आउटपुटवर स्थिर सकारात्मक विद्युत-दाब कसे तयार करावे हे खालील आकृती 5.5 दर्शवते.




**आकृती 5.5: तीन पिन फिक्स्ड आयसी 78XX रेग्युलेटरसाठी मानक कनेक्शन**

कॅपेसिटर "$C_i$" लांब वितरण लीड्स ( Distribution Leads ) असल्यास होणारा कोणत्याही इंडक्टिव्ह इफेक्ट रद्द करतो. आउटपुट कॅपेसिटर $C_o$ चा वापर रेग्युलेटर IC चा क्षणिक प्रतिसाद (Transient Response) सुधारण्यासाठी केला जातो. म्हणजे विद्युत- भारमधील अचानक बदलांना रेग्युलेटरचा प्रतिसाद हे कॅपेसिटर आउटपुटवर उपस्थित नॉइज कमी करण्यासाठी देखील उपयुक्त राहतात. अनियमित इनपुट विद्युत दाब $V_{in}$ आउटपुट विद्युत दाब $V_o$ मधील फरक याला ड्रॉप आउट (Drop out) विद्युत दाब म्हणतात. रेग्युलेटरच्या योग्य ऑपरेशनसाठी सर्व ऑपरेटिंग परिस्थितीत ड्रॉप आउट विद्युत दाब किमान 2V असणे आवश्यक आहे.

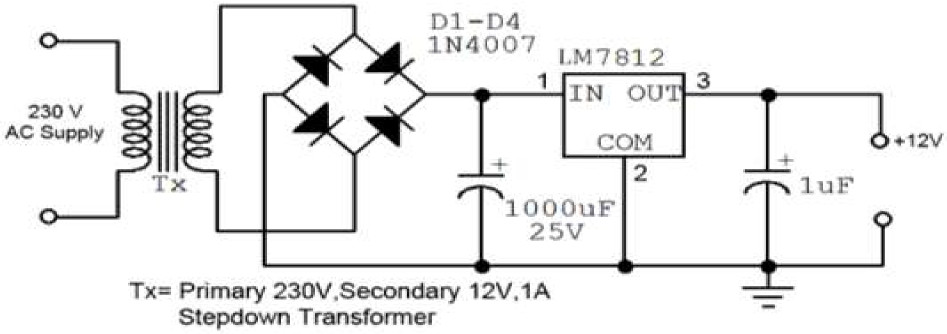
**ड्रॉप आउट विद्युत दाब = $V_{in} - V_{out}$** …………..eq.5.9

म्हणून किमान इनपुट विद्युत दाब दिले जाईल,

**$V_{in}(min) = V_{out}$ + ड्रॉप आउट विद्युत दाब** ……………eq. 5.10

- **IC 7812 वापरून धन (+ve) 12V शक्ती सप्लाय:**

7812 वापरून 12 V रेग्युलेट केलेल्या शक्ती सप्लायचे सर्किट डायग्राम आकृती 5.6 मध्ये दाखवली आहे.




**आकृती 5.6 : IC 7812 वापरून धन (+ve) 12 V DC शक्ती सप्लाय**

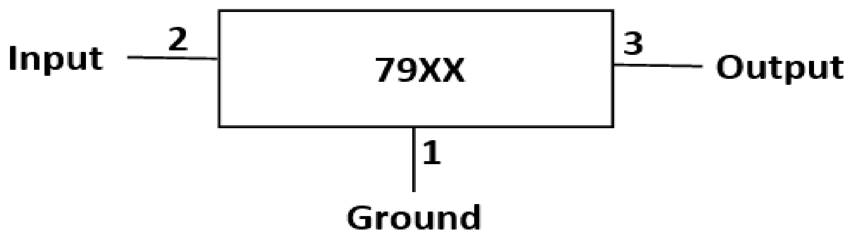
ब्रिज रेक्टिफायर आणि कपॅसिटर इनपुट फिल्टर एक अनियंत्रित DC विद्युत दाब तयार करतात जो IC 7812 च्या “इनपुट” टर्मिनलवर लागू केला जातो. $C_1$ हे फिल्टर कॅपेसिटर आहे आणि $C_2$ “आउटपुट” टर्मिनलवर जोडलेले आहे. ड्रॉप आउट विद्युत दाब 2 V आहे असे गृहीत धरून, $C_1$ 14 V एवढे असावे. ब्रिज रेक्टिफायर कपॅसिटर फिल्टर संयोजनाच्या ( Combination ) आउटपुटवरील सरासरी विद्युत दाब Vin (DC) द्वारे दिले जाते.

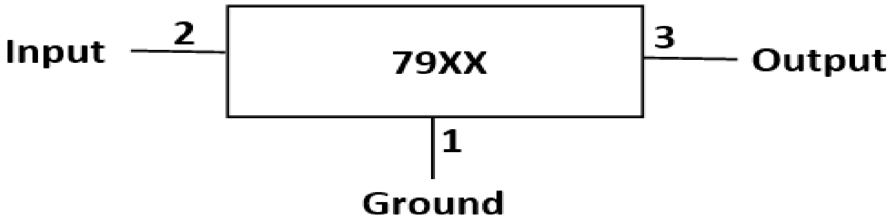
2) 79XX सीरिज IC : स्थिर **ऋण ( -Ve )** लिनिअर विद्युत-दाब नियामक( **Fixed Negative linear Voltage regulators**)

79xx विद्युत-दाब रेग्युलेटर IC तीन टर्मिनल ऋण (-Ve) स्थिर DC विद्युत दाब रेग्युलेटर आहेत. • "xx" दोन-अंकी संख्येशी संबंधित आहे आणि विद्युत-दाब रेग्युलेटर IC तयार करत असलेल्या आउटपुट विद्युत दाबाचे मूल्य दर्शवते.उदाहरणार्थ 79**05** विद्युत-दाब रेग्युलेटर IC **-5** व्होल्टचे DC विद्युत-दाब तयार करते .हे रेग्युलेटर सात वेगवेगळ्या आउटपुट विद्युत दाब पर्यायांमध्ये उपलब्ध आहेत, जसे की -5, -6, -8,-12, -15, -18 आणि -24V. या व्यतिरिक्त ही सीरिज - 5.2 V आउटपुट विद्युत दाब पर्याय प्रदान करते .

**तक्ता 5.2 79XX मालिकेतील भिन्न ऋण ( -Ve ) नियामक IC ची सूची**

| IC NUMBER | OUTPUT VOLTAGE |
|---|---|
| 7905 | -5.0 V |
| 7905.2 | -5.2 V |
| 7906 | -6.0 V |
| 7908 | -8.0 V |
| 7909 | -9.0 V |
| 7912 | -12.0 V |
| 7915 | -15.0 V |
| 7918 | -18.0 V |
| 7924 | -24.0 V |





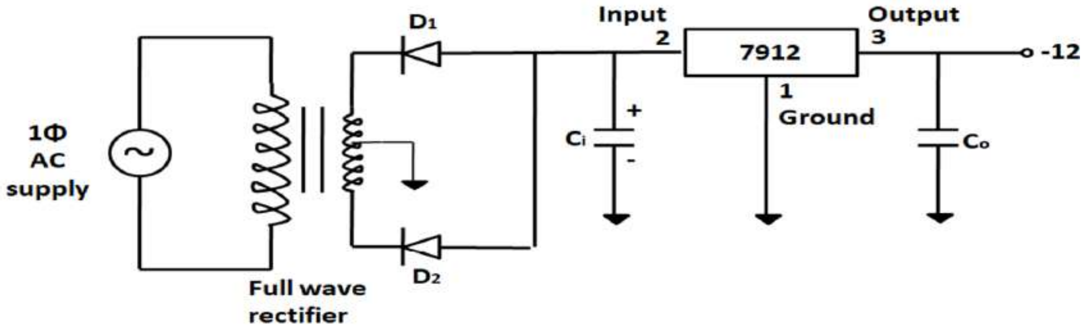

**आकृती 5.7 : 79XX मालिकेसाठी पिन क्रमांक**

∉ ऋण **( -Ve )** फिक्स्ड विद्युत दाब रेग्युलेटर **(79XX** सिरीज**):**

आकृती 5.7 ही 79XX मालिकेसाठी पिन क्रमांक दर्शविते. पिन क्रमांक 1 ग्राउंड म्हणून काम करतो, पिन 2 इनपुट म्हणून काम करतो आणि पिन 3 आउटपुट म्हणून काम करतो.

- **IC 7912 वापरून ऋण (-ve) 12V शक्ती सप्लाय:**

IC 7912 वापरून ऋण -12 V वीज पुरवठा आकृती मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहे.

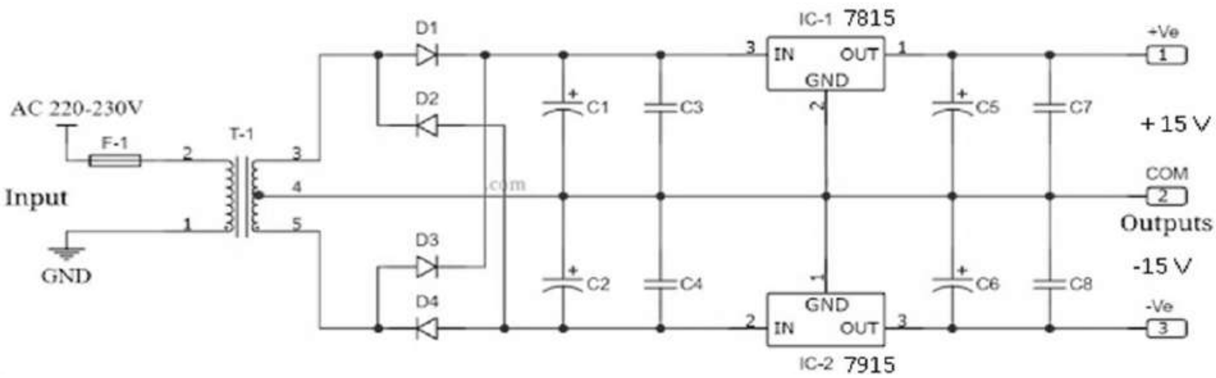



**आकृती 5.8 : IC 7912 वापरून ऋण (-ve) 12 V DC शक्ती सप्लाय**

एक फुल वेव्ह रेक्टिफायर आणि कॅपेसिटर फिल्टर Ci रेग्युलेटर IC ला अनियंत्रित ऋण ( -Ve ) DC इनपुट देतो . Ci आणि $C_0$ 79XX रेग्युलेटरसाठी फिल्टर कपॅसिटर आहेत. वापरलेले रेक्टिफायर हे फुल वेव्ह रेक्टिफायर आहे जे दुहेरी ध्रुवीय अनियमित आउटपुट विद्युत दाब तयार करते. इनपुट ट्रान्सफॉर्मरच्या मध्यभागी टॅप आहेत. समान बिंदू दुहेरी ध्रुवीय पुरवठ्याचा ग्राउंड पॉइंट म्हणून वापरतो. 7912 च्या आउटपुटवर -12 V चे नियमन (Regulated) केलेले आउटपुट मिळते.

- **ड्युअल पोलॅरिटी शक्ती सप्लाय (दुहेरी वीज पुरवठा):**

आकृती 5.9 एक **स्थिर** विद्युत दाब ड्युअल पोलॅरिटी शक्ती सप्लाय दाखवते.



**आकृती 5.9 ± 15 V चा दुहेरी वीज पुरवठा निर्माण करणारा स्थिर विद्युत दाब शक्ती सप्लाय**

आउटपुट विद्युत दाब ± 15 V आहे आणि विद्युत् प्रवाह सोर्सिंग क्षमता प्रत्येक चॅनेलसाठी सुमारे 1000 mA आहे. वापरलेले रेक्टिफायर हे फुल वेव्ह रेक्टिफायर आहे जे दुहेरी ध्रुवीय अनियमित आउटपुट विद्युत दाब तयार करते. IC7815 चा वापर रेग्युलेटेड + 15V आउटपुट विद्युत दाब तयार करण्यासाठी केला जातो तर IC7915 चा वापर रेग्युलेटेड - 15 V आउटपुट तयार करण्यासाठी केला जातो. आऊटपुटच्या बाजूला असलेले कॉमन (GND) टर्मिनल GND पिन ( 7815 चा पिन नंबर 2 आणि 7915 चा पिन नंबर 1) एकत्र जोडून मिळवले जाते. हे ट्रान्सफॉर्मरच्या मध्यभागी टॅपला जोडलेले आहे. कॅपेसिटर $C_1$ आणि $C_2$ हे रेक्टिफायरच्या आउटपुटवर फिल्टर कॅपेसिटर आहेत तर $C_5$ आणि $C_6$ हे रेग्युलेट केलेल्या IC'S च्या आउटपुटवर फिल्टर कॅपेसिटर आहेत.

- **IC 723 - रेग्युलेटर:**

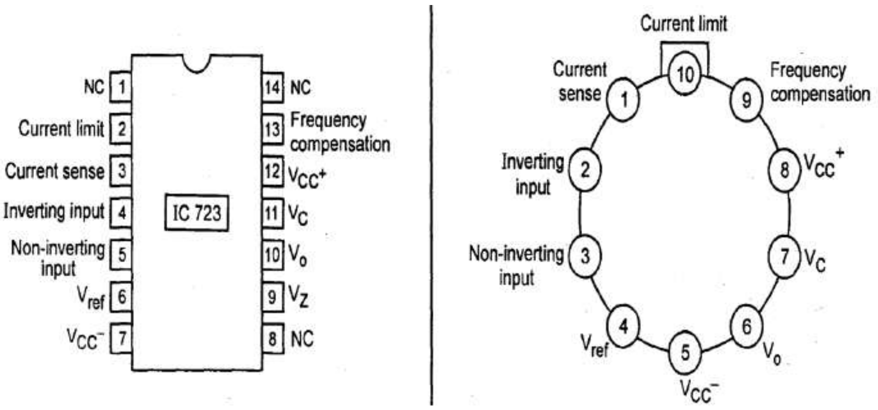
थ्री पिन फिक्स्ड विद्युत दाब रेग्युलेटर्सना शॉर्ट सर्किट संरक्षण नसते आणि फिक्स्ड विद्युत दाब रेग्युलेटरसाठी, आउटपुट विद्युत-दाब समायोज्य ( adjustable ) नसते. या मर्यादा IC 723 मध्ये दूर केल्या जाऊ शकतात जे एक सामान्य उद्देश नियामक आहे.

**IC 723 ची कॅरेक्टरस्टिक:**

कॅरेक्टरस्टिक:

- 1.5 आणि 40 V दरम्यान, इनपुटवर अनियंत्रित DC पुरवठा विद्युत दाब .
- 2 ते 37 V दरम्यान समायोजित (Adjustable) करण्यायोग्य आउटपुट विद्युत दाब •कमाल विद्युत- भार विद्युत् प्रवाह 150 mA.
- वापरलेल्या अतिरिक्त ट्रान्झिस्टरसह, $IL_{max}$ 10 A पर्यंत मिळू शकते.
- धन ( +Ve ) किंवा ऋण ( -Ve ) पुरवठा ऑपरेशन.
- 800 mW चे अंतर्गत उर्जा अपव्यय.
- बिल्ट इन फोल्ड बॅक विद्युत् प्रवाह लिमिटिंग.
- शॉर्ट सर्किट अंतर्भूत संरक्षण.
- **तरंग मोठ्या प्रमाणात काढले जाते (High ripple rejection)IC 723 चे पॅकेज:**

IC 723 ड्युअल इन लाइन (DIP) मध्ये उपलब्ध आहे किंवा आकृती 5.10 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे मेटल कॅन पॅकेज आहे.




**आकृती 5.10 IC 723 पॅकेज**

**पिन1 (NC):** कनेक्ट केलेले नाही

**पिन2 (प्रवाह मर्यादा):** या पिनचा वापर विद्युत प्रवाह मर्यादित करण्यासाठी केला जातो

**पिन३ (प्रवाह सेन्स):** हा पिन फोल्डबॅक ऍप्लिकेशनमध्ये तसेच विद्युत प्रवाह मर्यादित करण्यासाठी वापरला जातो

**पिन4 (इनव्हर्टिंग इनपुट):** हा पिन स्थिर आउटपुट विद्युत-दाब प्रदान करतो

**पिन 5 (नॉन-इनव्हर्टिंग इनपुट):** या पिनचा वापर ऑपरेशनल ऍम्प्लिफायर आतील बाजूस संदर्भ विद्युत-दाब पुरवण्यासाठी केला जातो.

**पिन 6 (Vref):** हा पिन जवळजवळ 7v संदर्भ विद्युत-दाब प्रदान करतो

**पिन 7 (-Vcc):** GND (ग्राउंड) पिन

**पिन 8 (NC):** कनेक्ट केलेले नाही

**पिन 9 (Vz):** हा पिन सामान्यतः ऋण नियामक बनवण्यासाठी वापरला जातो

**पिन 10 ($V_{OUT}$):** ही आउटपुट पिन आहे

**पिन 11 (Vc):** हा सीरिज पास ट्रान्झिस्टरचा कलेक्टर इनपुट आहे. सामान्यतः, बाह्य ट्रान्झिस्टर वापरला नसल्यास ते थेट विद्युत-दाब पुरवठ्याशी जोडलेले असते.

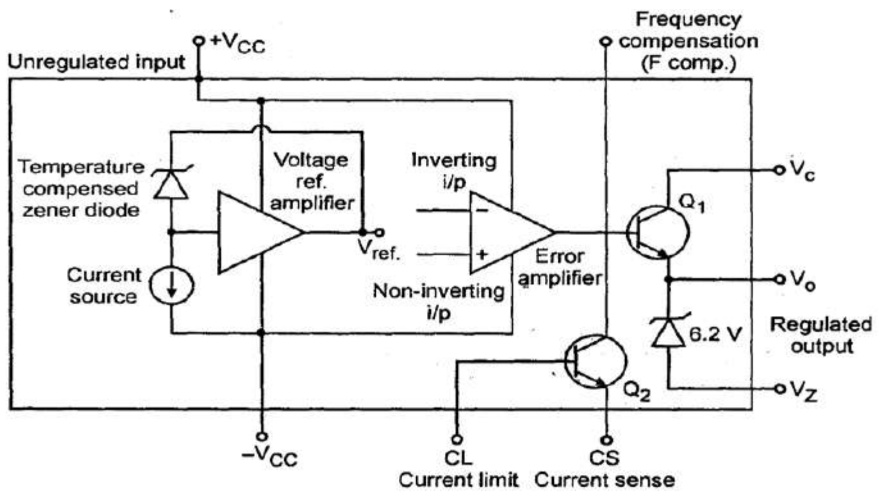
**पिन 12 (V):** हे धन पुरवठ्याचे इनपुट आहे

**पिन13 (वारंवारता भरपाई):** हा पिन 100pf कॅपेसिटरसह आवाज कमी करण्यास मदत करतो

**पिन 14 (NC):** कनेक्ट केलेले नाही.

**फंक्शनल ब्लॉक डायग्राम:**

फंक्शनल ब्लॉक डायग्राम आकृती 5.11 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहे. वेगवेगळया ब्लॉक्सचे स्पष्टीकरण खालीलप्रमाणे आहे:




**आकृती 5.11 : IC 723 चा कार्यात्मक ब्लॉक डायग्राम**

**कार्यात्मक ब्लॉक डायग्राम चार ब्लॉक्स मध्ये विभागली जाऊ शकते:**

1. संदर्भ विद्युतदाब निर्मिती ब्लॉक (Reference Voltage generating Block).
2. एरर ॲम्प्लिफायर (Error Amplifier).
3. सिरीज पास ट्रान्झिस्टर (Series Pass Transistor).
4. विद्युत् प्रवाह मर्यादित करण्यासाठी सर्किट (Current limiting Circuit).

फंक्शनल ब्लॉक डायग्राम मध्ये IC 723 हा मुळात सिरीज पास ट्रान्झिस्टरसह एक सिरीज विद्युत-दाब रेग्युलेटर आहे जो रग्युलेटिंग घटक (element) म्हणून काम करतो.

**संदर्भ विद्युतदाब निर्मिती ब्लॉक:**

तापमान भरपाई (Temperature Compensation ) झीनर डायोड, स्थिर विद्युत् प्रवाह आणि विद्युत-दाब संदर्भ ॲम्प्लिफायर मिळून संदर्भ निर्माण करणारा ब्लॉक तयार होतो. झीनर विद्युत-दाबचा वापर अंतर्गतरित्या एक स्थिर संदर्भ विद्युत-दाब निर्माण करण्यासाठी केला जातो. निर्माण केलेला संदर्भ विद्युत-दाब 7 व्होल्ट आहे आणि तो एरर ॲम्प्लिफायर नॉन-इनव्हर्टिंग (+) टर्मिनलवर लागू केला जातो. अनियमित इनपुट विद्युत-दाब Vcc हे विद्युत-दाब संदर्भ ॲम्प्लिफायर तसेच एरर ॲम्प्लिफायरवर लागू केले जाते, जसे आकृती 5.11 मध्ये दाखवले आहे.

**एरर ॲम्प्लिफायर:**

एरर ॲम्प्लिफायर हा उच्च लाभाचा (High gain) ॲम्प्लिफायर आहे, ज्यामध्ये दोन इनपुट इनव्हर्टिंग (-) आणि नॉन-इनव्हर्टिंग (+) टर्मिनल आहेत. नॉन-इनव्हर्टिंग टर्मिनल आंतरिकरित्या निर्माण केलेल्या संदर्भ विद्युत-दाबशी जोडलेले आहे. इनव्हर्टिंग (-) टर्मिनल पूर्ण नियमन केलेल्या आउटपुट

विद्युत-दाबशी किंवा नियमन केलेल्या आउटपुट विद्युत-दाबच्या भागाशी जोडलेले आहे. बाह्य विद्युत-रोधक(Resistor) R1 आणि R2 चे संभाव्य विभाजक नियमन केलेल्या आउटपुटचा एक भाग परत इनव्हर्टिंग (-) टर्मिनल वर परत करण्यासाठी वापरला जातो.

**सिरीज पास ट्रान्झिस्टर :**

$Q_1$ हा अंतर्गत सिरीज पास ट्रान्झिस्टर आहे जो एरर ॲम्प्लिफायर चालविला जातो. हा ट्रान्झिस्टर प्रत्यक्षात व्हेरिएबल विद्युत-रोधक(Resistor) म्हणून काम करतो आणि आउटपुट विद्युत-दाब नियंत्रित करतो. $Q_1$ हा एक छोटासा ट्रान्झिस्टर आहे जो 800 mW पर्यंतची शक्ती नष्ट करण्यास ( Power dissipate ) सक्षम आहे. ट्रान्झिस्टर $Q_1$ चे कलेक्टर अनियंत्रित वीज पुरवठ्याशी जोडलेले आहे. $Q_1$ चे कमाल कलेक्टर विद्युत-दाब 36 V पर्यंत मर्यादित आहे. $Q_1$ द्वारे पुरवला जाणारा कमाल विद्युत् प्रवाह 150 mA आहे.

**विद्युत प्रवाह मर्यादित करण्यासाठी लागणारी सर्किट्री:**

अंतर्गत ट्रान्झिस्टर $Q_2$ चा वापर विद्युत् प्रवाह संवेदना आणि मर्यादांसाठी केला जातो. बाह्य रेझिस्टन्स Rsc आणि $Q_1$ हे सिरीज मध्ये जोडलेले आहेत आणि विद्युत् प्रवाह मर्यादित करण्यासाठी $Q_2$ द्वारे Rsc मधील विद्युत-दाब ड्रॉप सेन्स केला जातो. ट्रान्झिस्टर $Q_2$ हा सामान्यतः बंद असतो. जेव्हा विद्युत- भार विद्युत् प्रवाह पूर्वनिर्धारित मर्यादा ओलांडतो तेव्हाच तो चालू होतो व सुरक्षित मर्यादेच्या खाली विद्युत- भार विद्युत् प्रवाहची परिमाण नियंत्रित करण्यासाठी, सिरीज पास ट्रान्झिस्टर $Q_1$ चे सर्व बेस विद्युत् प्रवाह वळवतो.

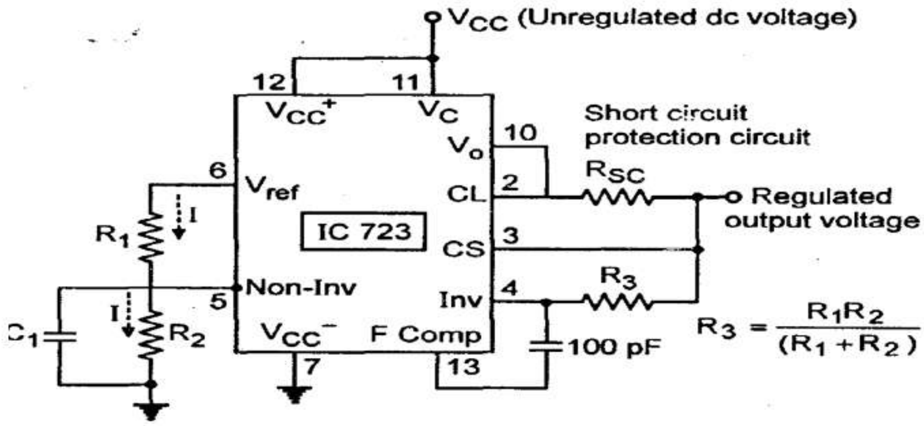
**फ्रिक्वेंसी कॉम्पेन्सेशन :**

फ्रिक्वेंसी कॉम्पेन्सेशन टर्मिनलचा वापर एरर ॲम्प्लिफायर फ्रिक्वेंसी रिस्पॉन्सचा निर्णय घेण्यासाठी केला जातो.

- **कमी विद्युत-दाब कमी विद्युत् प्रवाह (मूलभूत, कमी विद्युत-दाब रेग्युलेटर):**

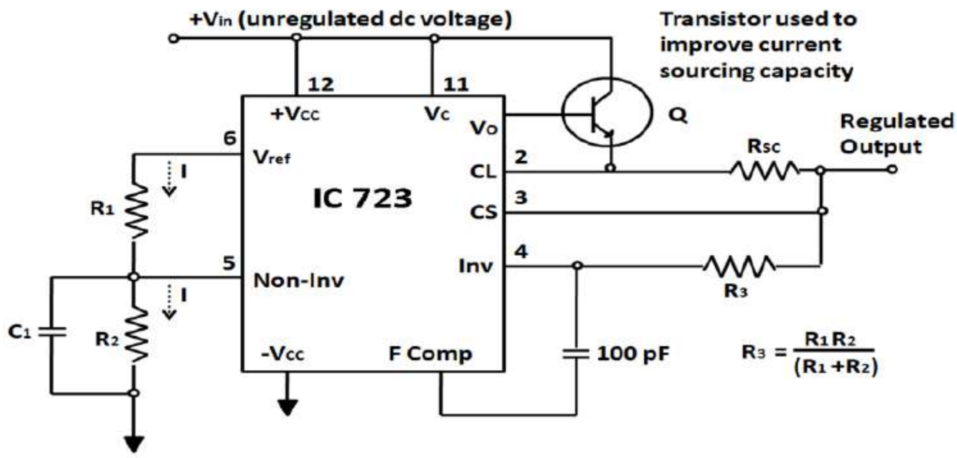
कमी विद्युत-दाब कमी विद्युत् प्रवाह रेग्युलेटर 2 ते 7 V विद्युत- भार विद्युत-दाब आणि 150 mA ( Milli ampere) पर्यंत विद्युत- भार विद्युत् प्रवाह पुरवण्यास सक्षम आहे. सर्किटमध्ये ट्रान्झिस्टर Q समाविष्ट करून विदयुत प्रवाह सोर्सिंग क्षमता वाढविली जाते.

आउटपुट विद्युत-दाब, $V_o = [R_2/(R_1+R_2)] \times V_{ref}$




**आकृती 5.12 कमी विद्युत-दाब, कमी विद्युत् प्रवाह विद्युत-दाब रेग्युलेटर**

- **कमी विद्युत-दाब उच्च विद्युत् प्रवाह रेग्युलेटर:**

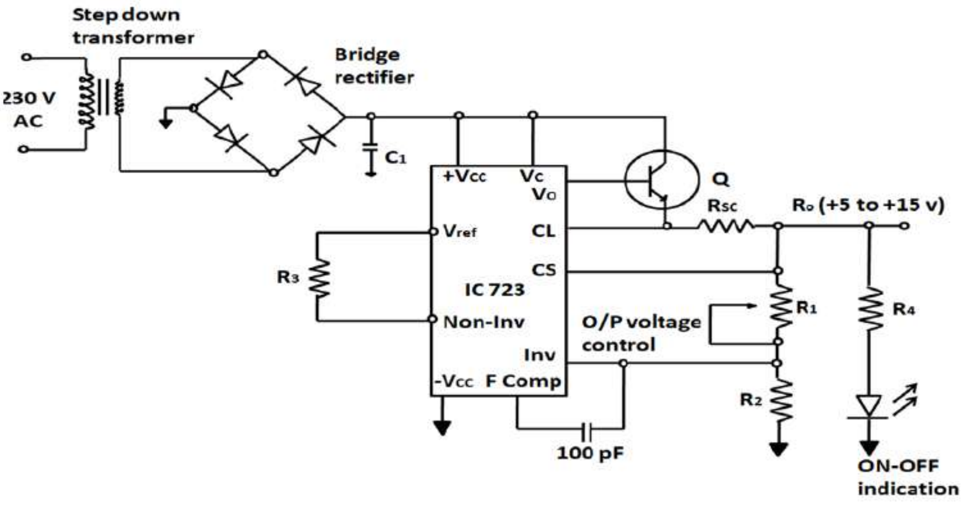



**आकृती 5.13 : कमी विद्युत-दाब उच्च विद्युत् प्रवाह रेग्युलेटर**

अशा प्रकारचा रेग्युलेटर 2 ते 7 व्होल्ट्सच्या रेंजमध्ये आउटपुट विद्युत-दाब पुरवतो परंतु विद्युत- भार विद्युत् प्रवाह 150 mA पेक्षा जास्त असू शकतो सर्किटमध्ये ट्रांझिस्टर Q समाविष्ट करून विद्युत् प्रवाह सोर्सिंग क्षमता वाढवली जाते. आकृती 5.13 मध्ये दर्शविलेले सर्किट 2 ते 7 व्होल्ट दरम्यान डी सी रेग्युलेट आउटपुट विद्युत-दाब मिळविण्यासाठी वापरले जाते. ट्रान्झिस्टर Q हा शक्ती ट्रान्झिस्टर आहे आणि तो एमीटर फॉलोअर कॉन्फिगरेशनमध्ये ( मांडणी ) जोडलेला आहे. . म्हणून, Q च्या ( एमीटरवरती ) प्राप्त होणारे आउटपुट विद्युत-दाब जवळजवळ बेसच्या (IC आउटपुट) प्रमाणेच असते आउटपुट विद्युत् प्रवाह IC 723 च्याआउटपुट विद्युत् प्रवाहच्या β पट आहे. अशा प्रकारे विद्युत् प्रवाह पुरवठा क्षमता सुधारते.

**व्हेरिएबल आउटपुट विद्युत-दाब शक्ती सप्लाय**:

एक व्हेरिएबल आउटपुट विद्युत-दाब (उदाहरणार्थ 5 ते 15 V) IC 723 वापरून आकृती 5.14 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहे.




**आकृती 5.14 व्हेरिएबल आउटपुट विद्युत-दाब शक्ती सप्लाय**

**या वीज पुरवठ्याची महत्त्वाची कॅरेक्टरस्टिक खालीलप्रमाणे आहेत:**

1. व्हेरिएबल आउटपुट विद्युत-दाब (5 ते 15 V )
2. 1 Amp पर्यंत सोर्सिंग क्षमता (Current Sourcing Capacity).
3. बंद शक्तीसाठी एलईडी संकेत.
4. शॉर्ट सर्किट संरक्षण.

आकृती 5.14 मधील सर्किट हे बाह्य विद्युत् प्रवाह बूस्टिंग ट्रान्झिस्टरसह उच्च विद्युत-दाब रेग्युलेटर आहे. विद्युत-रोधक(Resistor) $R_1$ हे पोटेंशियोमीटर (Variable Resistor) आहे जे +5 V ते +15 V दरम्यान आउटपुट विद्युत-दाब समायोजित (adjust) करते.

- **लिनियर रेग्युलेटरचे फायदे आणि तोटे:**

**फायदे**:

1. लिनियर नियामकांचे खालील फायदे आहेत. हे फायदे मुळात ऍक्टिव्ह रीजन सिरीज पास ट्रान्झिस्टर वापरल्या जात असल्यामुळे आहेत.
2. आउटपुट विद्युत-दाब वेव्हफॉर्म्स मधील AC घटक खूप कमी आहे. म्हणजे DCआउटपुट विद्युत-दाबची गुणवत्ता खूप चांगली आहे.
3. आरएफआय / ईएमआय नाही, कारण शक्ती डिव्हाइस स्विच म्हणून ऑपरेट केले जात नाही.
4. हाय स्पीड ट्रान्झिस्टर वापरण्याची गरज नाही कारण ते स्विचिंग मोडमध्ये वापरले जात नाही.

**तोटे**:

1. लिनियर नियामकांची कार्यक्षमता 40 ते 50% खूपच कमी आहे. हे ऍक्टिव्ह रीजन सेरीज पास शक्ती डिव्हाइसच्या ऑपरेशनमुळे आहे.
2. शक्ती ट्रान्झिस्टरसाठी मोठे हीट सिंक आवश्यक आहे, जे रेग्युलेटरला अवजड बनवते.
3. मोठा ( Bulky ) 50 Hz ट्रान्सफॉर्मर आवश्यक आहे.

### 5.5 स्विच मोड वीज पुरवठा: गरज, ब्लॉक आकृती आणि कार्य

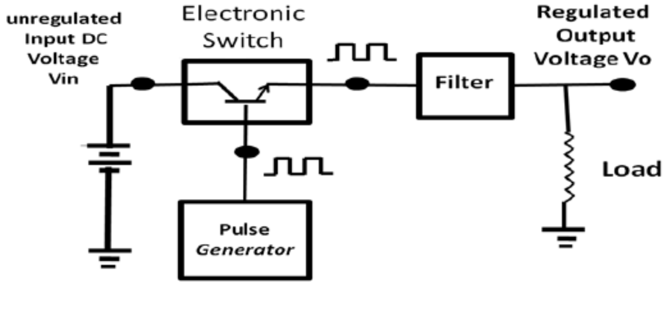
SMPS किंवा स्विच मोड शक्ती सप्लाय हा एक इलेक्ट्रॉनिक शक्ती सप्लाय आहे ज्यामध्ये विद्युत शक्ती कार्यक्षमतेने रूपांतरित करण्यासाठी स्विचिंग रेग्युलेटर समाविष्ट केले जाते. जेव्हा उच्च कार्यक्षमता, लहान आकार किंवा हलके वजन आवश्यक असते तेव्हा लिनिअर नियामकांच्या बदली म्हणून स्विचिंग रेग्युलेटर वापरले जातात. त्यांच्या कार्यक्षमतेचा परिणाम म्हणून, स्विच-मोड शक्ती सप्लायचा वापर बहुतेक इलेक्ट्रॉनिक सिस्टीमसाठी एक कार्यक्षम आणि प्रभावी उर्जा स्त्रोत प्रदान करण्यासाठी केला जातो. पारंपारिक लिनियर उर्जा पुरवठ्यापेक्षा SMPS ला प्राधान्य दिले जाते कारण ते उच्च कार्यक्षमता, लहान आकार, हलके वजन आणि कमी उष्णतेचा अपव्यय देतात.

**स्विच मोड शक्ती सप्लाय ( SMPS ) :**

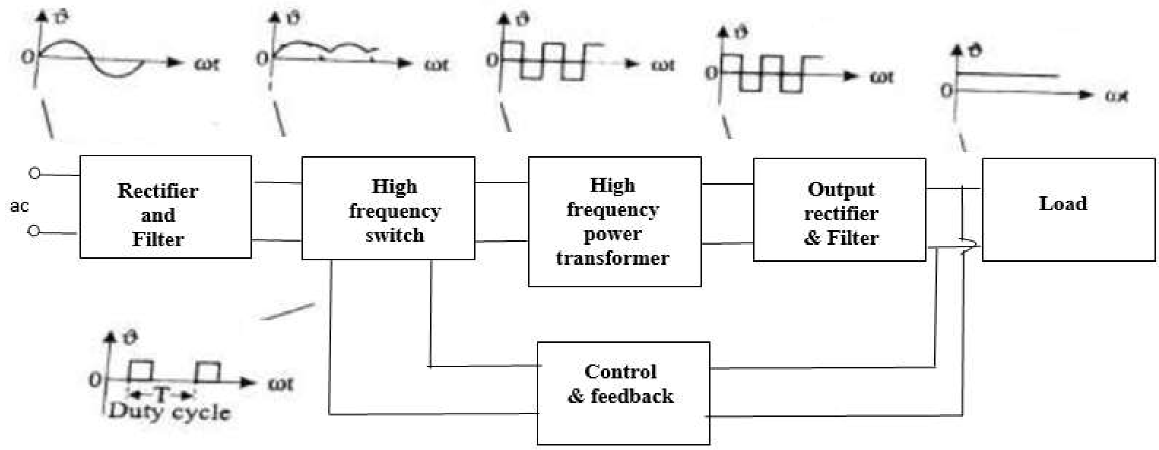
बेसिक स्विच रेग्युलेटरचा ब्लॉक डायग्राम आकृती 5.15 मध्ये दर्शविली आहे. ब्लॉक डायग्राम दाखवते की SMPS देखील मुळात सिरीज रेग्युलेटर असून सुद्धा ते लिनियर वीज पुरवठ्यापेक्षा वेगळे असतात.

मूलभूत स्विच मोड शक्ती सप्लायमध्ये चार घटक असतात जसे की अनियमित DC विद्युत दाब, स्रोत Vin , एक इलेक्ट्रॉनिक स्विच (ट्रान्झिस्टर किंवा MOSFET), एक पल्स जनरेटर आणि एक फिल्टर, आकृती 5.15 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहेत.

SMPS मध्ये एक सिरीज पास इलेक्ट्रॉनिक स्विच आहे जो सामान्यत: ट्रान्झिस्टर किंवा MOSFET असतो. तो त्याच्या Saturation आणि कट-ऑफ (Cut - Off) क्षेत्रांमध्ये वापरला जातो. इलेक्ट्रॉनिक स्विच त्याच्या ऍक्टिव्ह रीजन मध्ये कार्य करत नाही. पल्स जनरेटर आयताकृती (Rectangular) पल्स निर्माण करतो जे इलेक्ट्रॉनिक स्विचच्या कंट्रोल टर्मिनलवर लागू केले जातात. या आयताकृती पल्स च्या मदतीने हे स्विच चालू आणि बंद होतो. जेव्हा स्वीच चालू असतो, तेव्हा ते अनियमित DC इनपुट Vin ला जोडते कारण ते फिल्टरच्या इनपुटशी असते आणि फिल्टरचे इनपुट DC इनपुट विद्युत दाब Vin पासून डिस्कनेक्ट केले जाते,




**आकृती 5.15 : बेसिक स्विच मोड शक्ती सप्लायच्या मूलभूत विभागाची मांडणी आकृती (SMPS)**




**आकृती 5.16 : स्विच मोड शक्ती सप्लायच्या विभागाची मांडणी आकृती (SMPS)**

**कार्य:**

स्विच मोड शक्ती सप्लायचा ब्लॉक डायग्राम वरील आकृती 5.16 मध्ये दर्शविला आहे.

i) रेक्टिफायर आणि फिल्टर :-

हे एसी सप्लाय विद्युत-दाबला पल्सेटिंग DC मध्ये रूपांतरित करते जे नंतर रिपलचे प्रमाण कमी करण्यासाठी फिल्टर केले जाते. हा विभाग पल्सेटिंग DC मिळविण्यासाठी ब्रिज कॉन्फिगरेशनमध्ये शक्ती डायोड वापरतो आणि कॅपेसिटरचा वापर फिल्टर घटक म्हणून केला जातो.

ii) उच्च वारंवारता स्विच :-

हे DC विद्युत-दाबला उच्च वारंवारता AC स्क्वेअर वेव्ह [ 20 KHz ते 100 KHz] मध्ये रूपांतरित करण्यासाठी MOSFET किंवा BJT चा वापर करते. अशा प्रकारे, हे दोन टप्प्यांचे रूपांतरण आहे म्हणजे इनपुट एसी पुरवठा विद्युत-दाब प्रथम DC मध्ये सुधारित केले जाते आणि नंतर उच्च वारंवारता स्विचिंग विभाग ते परत एसीमध्ये बदलते.

दोन टप्प्यातील रूपांतरणाची कारणे,

1) इनपुट पुरवठा नेहमी चढ-उतार होत असतो आणि तो क्षणिक विद्युत-दाबने भरलेला असतो ज्यामुळे घन अवस्थेच्या घटकांना (to Solid State Components)नुकसान होऊ शकते. दोन टप्प्यातील रूपांतरण या चढउतारांना वेगळे (isolate) करण्यास मदत करते
2) उच्च वारंवारता उच्च रूपांतरण कार्यक्षमता प्रदान करते.

iii) उच्च वारंवारता शक्ती ट्रान्सफॉर्मर:-

हे सर्किट वेगळे (Isolate)करते आणि विद्युत-दाबला इच्छित विद्युत-दाबस्तरावर स्टेप्स-अप किंवा स्टेप-डाउन करते.

ट्रान्सफॉर्मरचे आउटपुट हे दुसऱ्या रेक्टिफायर सेक्शनचे इनपुट असते ज्याला आउटपुट रेक्टिफायर सेक्शन म्हणतात.

iv) नियंत्रण आणि फीडबॅक ब्लॉक :-

यात सर्किटरी आहे जी पल्स रुंद मॉड्यूलेशन (PWM) आउटपुट सिग्नल प्रदान करते. अचूक DC आउटपुट विद्युत-दाब प्रदान करण्यासाठी PWM कंट्रोलर एक कर्तव्य चक्र(Duty Cycle) प्रदान करतो जे अचूक DC आउटपुट विद्युत-दाब प्रदान करण्यासाठी.पल्स बाय पल्स बदलते.

- **SMPS चे एप्लिकेशन :-**

1) संगणक

2) EPABX प्रणाली

3) टीव्ही रिसीव्हर

4) वैद्यकीय उपकरणे

5) फोटो कॉपी मशीन

- **स्विच मोड शक्ती सप्लाय (SMPS) चे फायदे:**

(i) लहान आकार

(ii) हलके वजन ( व्हॉल्युम आणि वजनानुसार 20 ते 30% फक्त लिनिअर वीज पुरवठ्यासाठी )

(iii) उच्च कार्यक्षमता (सामान्यत: 60 ते 70%, तर लिनिअर शक्ती फक्त 30 ते 40%).

(iv) मजबूत विरोधी हस्तक्षेप (anti-interference)

(v) विस्तृत आउटपुट विद्युत-दाब श्रेणी

- **लिनिअर नियामक आणि SMPS मधील फरक**

**तक्ता 5.3 : लिनिअर नियामक आणि SMPS मधील फरक**

| घटक | लिनिअर नियामक | SMPS |
|---|---|---|
| कार्यक्षमता | कमी | उच्च |
| शक्ती अपव्यय | अधिक | कमी |
| तरंग (Ripple) | कमी | high |
| उष्णता सिंक (Heat sink) | उष्णता सिंकचा मोठा आकार | उष्णता सिंकचा लहान आकार |

**स्वाध्याय:**

1) व्याख्या : विद्युत- भार रेग्युलेशन आणि लाइन रेग्युलेशन.
2) 'विद्युत-दाब रेग्युलेशन' या शब्दाची व्याख्या करा
3) DC नियंत्रित वीज पुरवठ्याची गरज सांगा.
4) लाइन नियमन परिभाषित करा. त्याच्या नियमनासाठी सूत्र सांगा.
5) नियमन केलेल्या DC शक्ती सप्लायचे कोणतेही चार अनुप्रयोग सांगा.
6) DC शक्ती सप्लायची ब्लॉक आकृती काढा. प्रत्येक ब्लॉकचे कार्य स्पष्ट करा.
7) विद्युत-दाब रेग्युलेटर म्हणून झीनर डायोडच्या कार्याचे वर्णन करा
8) SMPS ची ब्लॉक आकृती काढा आणि प्रत्येक ब्लॉकचे फंक्शन लिहा .

**सोडवलेली उदाहरणे:**

1) **जर DC आउटपुट विद्युत-दाब 300 V असेल आणि वीज पुरवठ्याशी कोणतेही विद्युत- भार जोडलेले नसेल परंतु पूर्ण** लोडवर **250 V पर्यंत कमी झाले तर % विद्युत-दाबचे नियमन शोधा.**

**Solution:**

$V_{NL}$=300 V

$V_{FL}$=200 V

∴% Voltage Regulation= $\frac{VNL-VFL}{VFL}\times 100$

∴% Voltage Regulation= $\frac{300-250}{250}\times 100$

∴% Voltage Regulation= 20 %

**2) वीज पुरवठ्यामध्ये विद्युत-दाब नियमन 1% आहे . जर नो-विद्युत- भार विद्युत-दाब 30V असेल, तर फुल-विद्युत- भार विद्युत-दाब किती आहे?**

**Solution:**

V.R= 1%

$V_{NL}$=30 V

$V_{FL}$=?

∴ % Voltage Regulation= $\frac{VNL-VFL}{VFL}\times 100$

$\therefore\ 1 = \frac{30-VFL}{VFL} \times 100$

$V_{FL}$= 29.7 V

**3) A आणि B हे दोन वीज पुरवठा बाजारात उपलब्ध आहेत. वीज पुरवठा A मध्ये अनुक्रमे 30V आणि 25V चे नो-विद्युत- भार आणि फुल-विद्युत- भार विद्युत-दाब आहेत तर B साठी ही व्हॅल्यू 30V आणि 29V आहेत. अधिक चांगला वीज पुरवठा कोणता आहे?**

**Solution:**

वीज पुरवठा A साठी

$V_{NL}$ =30V, $V_{FL}$ =25V

% Voltage Regulation= $\frac{VNL-VFL}{VFL} \times 100$

% Voltage Regulation= $\frac{30-25}{25} \times 100$

% Voltage Regulation= 20 %

वीज पुरवठा B साठी

$V_{NL}$ =30V, $V_{FL}$ =29V

% Voltage Regulation= $\frac{VNL-VFL}{VFL} \times 100$

% Voltage Regulation= $\frac{30-29}{29} \times 100$

% Voltage Regulation= 3.45 %

**जितके कमी, विद्युत-दाबचे नियमन असेल तितका अधिक चांगला वीजपुरवठा असतो म्हणून वीज पुरवठा B हा वीज पुरवठा A पेक्षा चांगला आहे**

**4)विद्युत-दाब रेग्युलेटरला आउटपुट विद्युत-दाबमध्ये 10 µV बदलाचा अनुभव येतो जेव्हा ते इनपुट विद्युत-दाब 5 व्होल्टने बदलते . सर्किटसाठी लाइन रेग्युलेशनचे मूल्य निर्धारित करा**

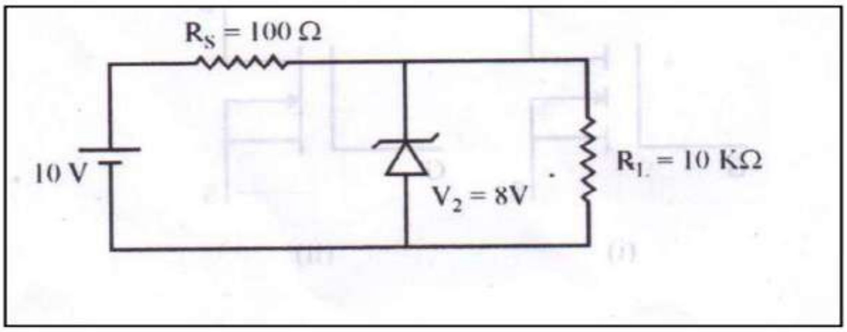
**Solution:**

Line Regulation= $\frac{\Delta Vout}{\Delta Vin}$

Line Regulation= $\frac{10\mu V}{5V}$

Line Regulation= 02 $\frac{\mu V}{V}$

**5) Determine output Voltage $V_0$, load current $I_L$, Zener current $I_z$ & power dissipation in Zener diode for the circuit shown below.**



**i)Vo=Vz**

=8V

**ii) load current $I_L$**

$I_L$= Vo/$R_L$

= 8/(10×1000)

=0.0008

=0.8 mA

**iii)Zener current Iz**

Vo=Vin-Is.Rs

Is=(Vin- Vo)/Rs

= (10-8)/100

=2/100

Is =0.02A

Is=Iz+IL

Iz=Is- IL

=0.02 - 0.0008

= 0.0192A

**iv)Power dissipation**

=$V_L$× $I_L$

= 8× 0.0008

= 0.0064

=6.4mW

**लघुप्रकल्प (MICROPROJECT):**

1) IC 7805 वापरून +5V वीज पुरवठा तयार करा
2) IC 7905 वापरून -5V वीज पुरवठा तयार करा
3) ± 12 V दुहेरी वीज पुरवठा तयार करा
4) 9V आणि 500mA आउटपुटसाठी सामान्य उद्देश पीसीबीवर DC नियंत्रित वीज पुरवठ्याचे सर्किट तयार करा
5) विद्युत-दाब रेग्युलेटर IC चे बाजार सर्वेक्षण करा
6) IC 723 वापरून कमी विद्युत-दाब रेग्युलेटर डिझाइन करा.

**संदर्भ:**


| Sr.No | Author | Title | Publisher with ISBN Number |
|---|---|---|---|
| 1 | V .K. Mehta ,Rohit Mehta | Principles of Electronics | S.Chand and Company Ram Nagar, New Delhi-110 055,11th edition 2014, ISBN 9788121924504 |
| 2 | B.L.Theraja | Basic Electronics | S. Chand Publishing, 2007,ISBN:9788121925556 |
| 3 | R.S.Sedha | A textbook of Applied Electronics | S Chand, New Delhi 2008, ISBN:978-8121927833 |
| 4 | Mottershead,Allen | Electronic Devices and Circuit : An introduction | Goodyear Publishing Co. New Delhi ISBN: 9780876202654 |
| 5 | Horowitz, Paul Hill, Winfield | The Art of Electronics | Cambridge University Press, New Delhi 2015 ISBN: 9780521689175 |
| 6 | Bell, David | Fundamentals of Electronic Devices and Circuits | Oxford University Press, International edition, USA,2015,ISBN:9780195425239 |
| 7 | Vijay Baru, Rajendra Kaduskar, Sunil T. Gaikwad | Basic Electronic Engineering | Dreamtech press,New Delhi,2015,ISBN:9789350040126 |

## HEAD OFFICE

Secretary,
Maharashtra State Board of Technical Education
49, Kherwadi, Bandra (East), Mumbai - 400 051
Maharashtra (INDIA)
Tel: (022)26471255 (5 -lines)
Fax: 022 - 26473980
Email: -secretary@msbte.com

**Web -www.msbte.org.in**

## REGIONAL OFFICES:

### MUMBAI

Deputy Secretary (T),
Mumbai Sub-region,
2nd Floor, Govt. Polytechnic Building,
49, Kherwadi, Bandra (East)
Mumbai - 400 051
Phone: 022-26473253 / 54
Email: rbtemumbai@msbte.com

### PUNE

Deputy Secretary (T),
M.S. Board of Technical Education,
Regional Office,
412-E, Bahirat Patil Chowk,
Shivaji Nagar, Pune
Phone: 020-25656994 / 25660319
Fax: 020-25656994
Email: rbtepn@msbte.com

### NAGPUR

Deputy Secretary (T),
M.S. Board of Technical Education
Regional Office,
Mangalwari Bazar, Sadar, Nagpur - 440 001
Phone: 0712-2564836 / 2562223
Fax: 0712-2560350
Email: rbteng@msbte.com

### AURANGABAD

Deputy Secretary (T),
M.S. Board of Technical Education,
Regional Office,
Osmanpura, Aurangabad -431 001.
Phone: 0240-2334025 / 2331273
Fax: 0240-2349669
Email: rbteau@msbte.com