महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ, मुंबई

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

अभियांत्रिकी आणि तंत्रज्ञान पदविका

शिक्षण पुस्तिका

(Learning Material)

बेसिक इलेक्ट्रॉनिक्स

Basic Electronics

(312314)

अणुविद्युत अभियांत्रिकी गट

मराठी – इंग्रजी (द्विभाषिक) माध्यम

(अभियांत्रिकी व तंत्रज्ञानातील द्वितीय सत्र पदविका)

(Learning Material)

बेसिक इलेक्ट्रॉनिक्स

Basic Electronics

(312314)

अणुविद्युत 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

दिपक अविनाश कुलकर्णी
विभागप्रमुख, अणुविद्युत अभियांत्रिकी

पूजा श्रीशाली माळी
अधिव्याख्याता, अणुविद्युत अभियांत्रिकी

निर्मला नितीन कांबळे
अधिव्याख्याता, अणुविद्युत अभियांत्रिकी

वैशाली अविनाश राजेशिर्के
अधिव्याख्याता, अणुविद्युत अभियांत्रिकी

शीतल मनीष कोकाटे
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	डायोडचे अनुप्रयोग **Applications of Diode**	**1-19**
2	बायपोलर जंक्शन ट्रांझिस्टर **Bipolar Junction Transistor**	**20-36**
3	**BJT** प्रवर्धक **BJT Amplifiers**	**37-49**
4	फील्ड इफेक्ट ट्रांझिस्टर **Field Effect Transistor**	**50-75**
5	विद्युत नियामक आणि पुरवठा उपकरण **Regulators and Power supply**	**76-89**

युनिट - 1
डायोडचे अनुप्रयोग
(Diodes Application)

विषय निष्पत्ती (Course Outcome):
अणुविद्युत सर्किट्समध्ये संबंधित डायोड वापरा.
Use relevant diode in electronics circuits.

युनिट निष्पत्ती (Unit Outcome):
1.a दिलेल्या डायोडच्या कार्याचे तत्त्व, वैशिष्ट्ये आणि वापराचे वर्णन करा.
Describe working principle, characteristics, and application of the given type of diode.
1.b दिलेल्या प्रकारच्या रेक्टिफायरच्या कार्याचे वर्णन करा.
Describe the working of given type of rectifier
1.c दिलेल्या फिल्टरच्या लहरी घटक (रिपल फॅक्टर), PIV आणि कार्यक्षमतेची गणना करा.
Calculate ripple factor, PIV, and efficiency of the given type of filter.
1.d रेक्टिफायर, फिल्टर सर्किटची आवश्यकता आणि कार्यांचे वर्णन करा.
Describe the need and working of rectifier filter circuit.

परिचय:

डायोड हा दोन टर्मिनल्स असलेला एक इलेक्ट्रोनिक्स घटक आहे ज्याद्वारे विद्युत प्रवाह फक्त एकाच दिशेने जाऊ शकतो. डायोड्सच्या मुख्य वापरांपैकी एक म्हणजे विद्युत प्रवाह एका दिशेने रोखणे आणि विद्युत प्रवाह दुसऱ्या दिशेने वाहू देणे. डायोडचे विविध प्रकार आहेत आणि हे डायोड अनेक प्रकारे वापरले जातात. सर्वात मूलभूत कार्य म्हणजे एसी विद्युत प्रवाहाला एकदिशेने पल्सेटिंग डीसी विद्युत प्रवाहामध्ये बदलणे. ते इलेक्ट्रिकल स्वीचमध्ये वापरले जातात आणि सर्ज प्रोटेक्टरमध्ये वापरले जातात कारण ते व्होल्टेजमधील स्पाइक रोखू शकतात. डायोड डिजिटल लॉजिक बनवण्यास मदत करतात. प्रकाश उत्सर्जित करणारे डायोड किंवा LEDs हे सेन्सर आणि लेसर उपकरणांमध्ये इतर अनेक प्रकाश प्रदीपन उपकरणांमध्ये वापरले जातात. झीनर डायोडचा वापर विद्युतदाब नियामक (रेग्युलेटर) म्हणून केला जातो

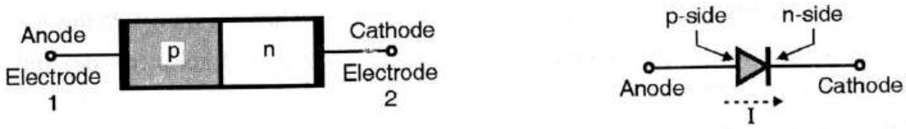
1.1 डायोडचे विविध प्रकार आणि त्यांचे मटेरियल्स. PN जंक्शन डायोड, झीनर डायोड, एलईडी,

फोटो डायोड, शॉट्की डायोड: रचना (construction) , प्रतीक (symbol) , कार्यतत्त्व, अनुप्रयोग (applications) , फॉरवर्ड आणि रिव्हर्स बायसिंग आणि V-I वैशिष्ट्ये

1.1.1 PN जंक्शन डायोड:

डायोड हा दोन-टर्मिनल एकध्रुवीय अणुविद्युत घटक आहे. डायोड विद्युतप्रवाह फक्त एका दिशेने वाहू देतो आणि तो विद्युतप्रवाहाला विरूद्ध दिशेने रोखतो. हा एका दिशेला कमी रोध (resistance) (आयडीयलि शून्य) देतो आणि दुसऱ्या दिशेने उच्च रोध (आयडीयलि इनफीनिटी) देतो.

डायोडची रचना:
N-टाइप आणि P-टाइप दोन्ही सेमीकंडक्टर एकत्र जोडून डायोड तयार होतो. हा घटक P-टाइप आणि N-टाइप सेमीकंडक्टर मटेरियलचे संयोजन आहे म्हणून त्याला PN जंक्शन डायोड असेही म्हणतात.
P-टाइप आणि N-टाइप लेयर्समध्ये एक जंक्शन तयार होते. हे जंक्शन PN जंक्शन म्हणून ओळखले जाते.
डायोडमध्ये दोन टर्मिनल असतात; एक टर्मिनल P-टाइप लेयरमधून घेतले जाते आणि त्याला एनोड(anode) म्हणून ओळखले जाते. दुसरे टर्मिनल N-टाइप मटेरियलमधून घेतले आहे आणि ते कॅथोड (cathode) म्हणून ओळखले जाते. खालील आकृती डायोडची बेसिक रचना दर्शवते.



आकृती 1.1 - डायोड रचना आणि प्रतीक

डायोडचे कार्य (वर्किंग)

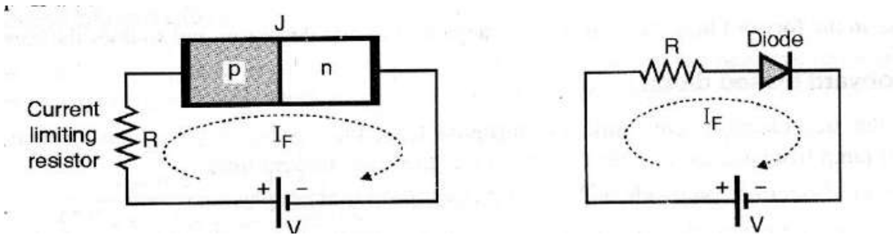
N-टाइप रीजन मध्ये इलेक्ट्रॉन मेजॉरिटी चार्ज क्यारीयर्स आहेत आणि होल्स मायनॉरिटी चार्ज क्यारीयर्स आहेत. P-टाइप रीजन मध्ये, होल्स मेजॉरिटी चार्ज क्यारीयर्स असतात आणि इलेक्ट्रॉन हे मायनॉरिटी चार्ज कॅरीयर्स असतात.

N-टाइप मधील इलेक्ट्रॉन्स P-टाइप कडे जातील आणि ते जंक्शनजवळ एकत्रित होतील. त्याचप्रमाणे P टाइप मधील होल्स N टाइपकडे जातील आणि जंक्शनजवळ गोळा होतील. या प्रक्रियेला डिफ्युजन (diffusion) म्हणतात.

जंक्शनजवळ थोड्याच वेळात N बाजूस निगेटिव रीजन तयार होतो आणि P जवळ पॉझिटिव्ह रीजन तयार होतो. तयार झालेला हा रीजन डीपलिशन रीजन म्हणून ओळखला जातो. हे पुढील कोणत्याही डिफ्युजन प्रतिबंधित करते.

फॉरवर्ड बायस :

फॉरवर्ड बायस लागू करण्यासाठी बॅटरीचे धन टर्मिनल P- टाइप ला आणि ऋण टर्मिनल N-टाइप ला जोडलेले आहे.बायसिंग मुळे इलेक्ट्रिक फील्ड तयार होते जे संभाव्य डीपलिशन रीजन मुळे तयार केलेल्या इलेक्ट्रिक फील्ड च्या विरूद्ध कार्य करते म्हणून डीपलिशन रीजन ची रुंदी कमी होते.

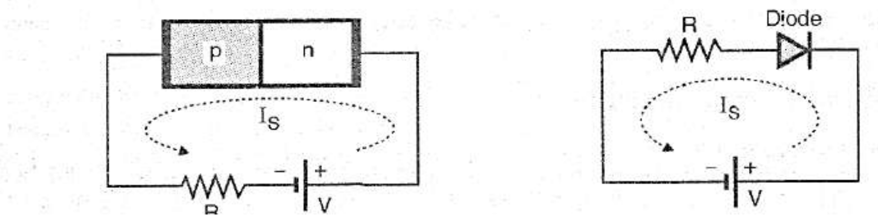


आकृती 1.2- फॉरवर्ड बियसिंग ऑफ डायोड

जेव्हा DC विद्युतदाब स्रोत, पोटेंन्शीअल बॅरीयर पेक्षा जास्त असतो, तेव्हा पोटेंन्शीअल बॅरीयर पूर्णपणे एलिमीनेट होतो,बॅटरी होल्स आणि फ्री इलेक्ट्रॉन्सना जंक्शनकडे ढकलते. यावेळी इलेक्ट्रॉनमध्ये डीपलिशन प्रदेशातून (depletion region) जाण्यासाठी पुरेशी ऊर्जा असते आणि होल्ससह एकत्रित होते आणि परिणामी डायोडद्वारे विद्युत् प्रवाह (Current) प्रवाहित होतो, ज्याला फॉरवर्ड विद्युत् प्रवाह (Current) म्हणून ओळखले जाते.

रिव्हर्स बायस

रिव्हर्स बायस लागू करण्यासाठी बॅटरीच्या **ऋण** टर्मिनलला P **टाइप** ला आणि धन टर्मिनलला N **टाइप** ला जोडा.



आकृती 1.3 - रीव्हर्स बियसिंग ऑफ डायोड

एक इलेक्ट्रिक फील्ड तयार होते जे पोटेंन्शीअल बॅरीयर फील्डच्या समान दिशेने कार्य करते परिणामी फील्डची ताकद वाढते आणि बॅरीयर ची रुंदी(width) वाढते.

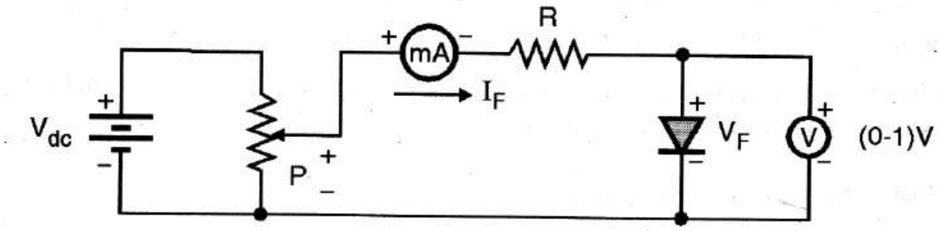
बॅटरीचे ऋण टर्मिनल होल्स ना आकर्षित करते आणि धन टर्मिनल फ्री इलेक्ट्रॉन्सना आकर्षित करते परिणामी ते जंक्शनपासून दूर जातात आणि डीपलिशन रीजन अधिक रुंद होतो ज्यामुळे उच्च रोध निर्माण होतो आणि विद्युतप्रवाह होत नाही.

परंतु लागू केलेला रिव्हर्स बायस जंक्शनमधील मायनॉरिटी चार्ज वाहकांना म्हणजे P टाइप मधील इलेक्ट्रॉन्स आणि N टाइप मधील होल्स साठी फॉरवर्ड बायस म्हणून कार्य करतो परिणामी थोड्या प्रमाणात रिव्हर्स लीकेज विद्युत् प्रवाह (Current) वाहतो.

जर रिव्हर्स विद्युतदाब जास्त प्रमाणात वाढला तर डायोडचा विद्युतदाब ब्रेकडाउन विद्युतदाब पर्यन्त पोहोचेल ज्यामुळे डायोडचे नुकसान होऊ शकते कारण या विद्युतदाबवर ॲव्हेलांच (Avalenche) प्रभावामुळे मोठ्या संख्येने चार्ज कॅरीअर्स निर्माण होतात त्यामुळे विद्युतप्रवाह वेगाने वाढतो. त्यामुळे डायोडला रिव्हर्स बायस असा अप्लाय केला जातो की तो ब्रेकडाउन रीजन ला जाणार नाही.

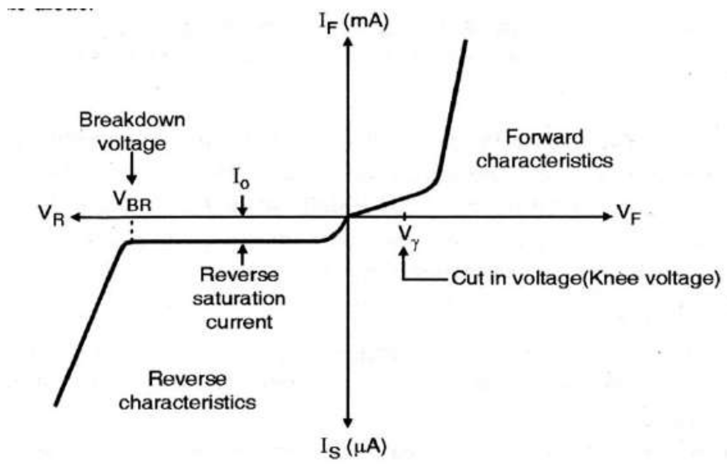
डायोडची V-I वैशिष्ट्ये (Characteristics):

सेटअप आकृती:



आकृती 1.4 - सेटअप आकृती

वैशिष्ट्ये



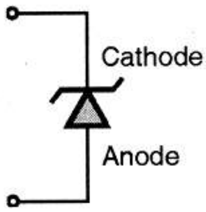
आकृती 1.5 - V-I वैशिष्ट्ये (Characteristics)

अनुप्रयोग:

1. रेक्टिफायर्स
2. क्लिपर सर्किट्स
3. क्लॅम्पिंग सर्किट्स
4. रिव्हर्स विद्युत् प्रवाह (Current) प्रोटेक्शन सर्किट्स
5. लॉजिक गेट्स मध्ये
6. विद्युतदाब मल्टीप्लायर्स

1.1.2 झीनर डायोड:

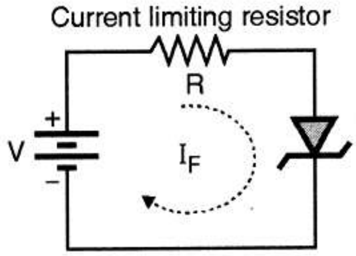
झीनर डायोड हा एक विशेष प्रकारचा P-N जंक्शन सेमीकंडक्टर डायोड आहे. त्याची रचना P-N जंक्शन डायोडसारखी आहे. तथापि, झीनर डायोड तयार करताना, रिव्हर्स ब्रेकडाउन विद्युतदाब 3V ते 200 V दरम्यान अचूकपणे समायोजित केले जाते. झीनर डायोड तयार करण्यासाठी जोडलेल्या अशुद्धतेची (इमपुरिटी) डोपिंग पातळी ब्रेकडाउन विद्युतदाबचे अचूक मूल्य समायोजित करण्यासाठी नियंत्रित केली जाते.



आकृती 1.6 - डायोड चिन्ह.

हे दोन टर्मिनल घटक आहे आणि टर्मिनल्स एनोड आणि कॅथोड आहेत. चिन्हातील बाण हे झीनर डायोडद्वारे विद्युत् प्रवाह (Current)च्या पारंपारिक दिशेकडे निर्देशित करते, जेव्हा ते फॉरवर्ड बायस केले जाते.

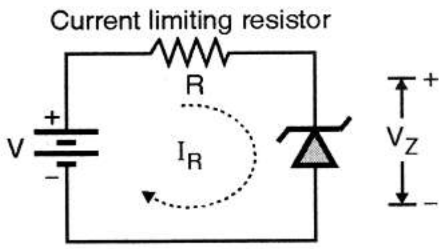
फॉरवर्ड बायसिंग:



आकृती 1.7 - फॉरवर्ड बायस झीनर डायोड

जेव्हा झीनर डायोडचा एनोड **DC** स्रोत च्या धन टर्मिनलशी जोडलेला असतो आणि कॅथोड ऋण टर्मिनलशी जोडलेला असतो**,** तेव्हा झीनर डायोडला फॉरवर्ड बायस केले जाते असे म्हणतात. फॉरवर्ड बायस्ड झीनर डायोड फॉरवर्ड बायस्ड **PN** जंक्शन डायोड सारखाच वागतो.

रिव्हर्स बायसिंग:



आकृती 1.8 - रिव्हर्स बायस झीनर डायोड

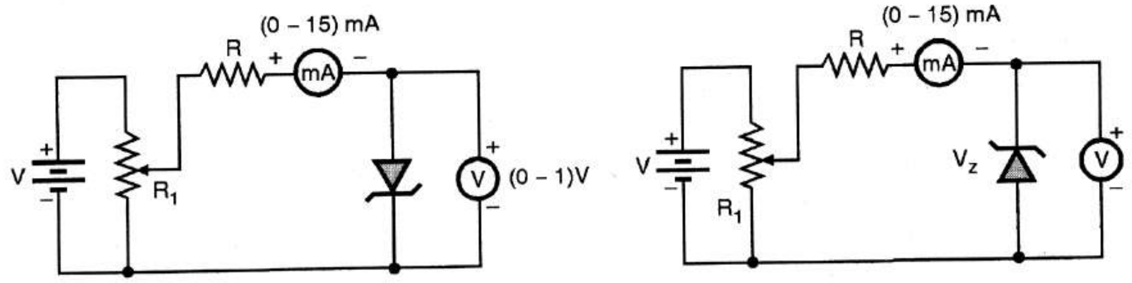
जेव्हा कॅथोड धन टर्मिनलशी जोडलेला असतो आणि एनोड DC स्रोत च्या ऋण टर्मिनलशी जोडलेला असतो, तेव्हा झीनर डायोडला रिव्हर्स बायसिंग म्हटले जाते. रिव्हर्स बायस स्थितीत झीनर डायोडचे ऑपरेशन PN जंक्शन डायोडपेक्षा बरेच वेगळे आहे.

झीनर डायोडची V-I वैशिष्ट्ये (Characteristics):

झीनर डायोडची V-I वैशिष्ट्ये दोन भागात विभागली जाऊ शकतात:

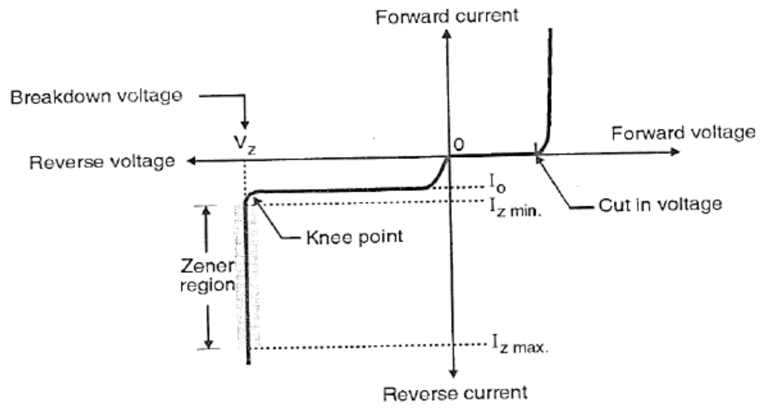
1. फॉरवर्ड वैशिष्ट्ये
2. रिव्हर्स वैशिष्ट्ये

फॉरवर्ड आणि रीव्हर्स वैशिष्ट्ये सेटअप:



आकृती 1.9 - फॉरवर्ड आणि रीव्हर्स वैशिष्ट्ये सेटअप

फॉरवर्ड वैशिष्ट्ये: – झीनर डायोडची फॉरवर्ड वैशिष्ट्ये आकृति मध्ये दर्शविली आहेत. ती जवळजवळ p-n जंक्शन डायोडच्या फॉरवर्ड वैशिष्ट्ये सारखीच आहे.



आकृती 1.10 - V-I वैशिष्ट्ये

रीव्हर्स बायस कॅरेक्टरीस्टीक्स (reverse bias characteristics):: –

झीनर डायोडची रीव्हर्स वैशिष्ट्ये P-N जंक्शन डायोडपेक्षा वेगळी आहेत. ही वैशिष्ट्ये खाली दर्शविल्याप्रमाणे आहेत:

1) जसजसे आपण रिव्हर्स विद्युतदाब वाढवतो, सुरुवातीला एक रिव्हर्स लीकेज विद्युत् प्रवाह (Current) "I_0" जो मायक्रो एम्पीयर (uA) मध्ये आहे तो प्रवाहित होईल. हा प्रवाह थर्मली जनरेट झालेल्या मायनॉरिटी वाहकांमुळे वाहतो.

2) रिव्हर्स विद्युतदाबच्या एका विशिष्ट मूल्यावर, रिव्हर्स विद्युत् प्रवाह (Current) अचानक वाढेल. ब्रेकडाउन झाल्याचे हे इंडिकेशन आहे. या ब्रेकडाउन विद्युतदाबला झीनर ब्रेकडाउन विद्युतदाब किंवा झीनर विद्युतदाब असे म्हणतात आणि ते V_Z दर्शविले जाते.

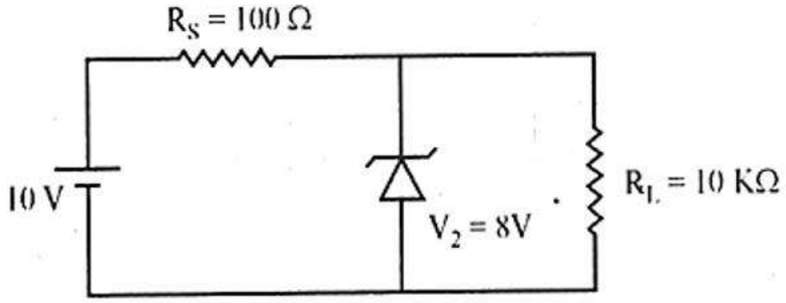
3) झीनर डायोड तयार करताना P आणि N रीजन ची डोपिंग पातळी नियंत्रित करून V_Z चे मूल्य अचूकपणे नियंत्रित केले जाऊ शकते.

4) ब्रेकडाउन झाल्यानंतर, झीनर डायोडमधील विद्युतदाब स्थिर राहतो.

5) रिव्हर्स ब्रेकडाऊन नंतर झीनर विद्युत् प्रवाह (Current)रोधकाला (R) जोडून नियंत्रित करणे आवश्यक आहे. जास्त तापमान झाल्यामुळे डिव्हाइसचे कोणतेही नुकसान टाळण्यासाठी हे आवश्यक आहे.

रिव्हर्स ब्रेकडाउननंतर, झीनर डायोडमधील विद्युतदाब स्थिर राहतो परंतु स्रोत विद्युतदाबवर अवलंबून विद्युत् प्रवाह बदलतो. विद्युतदाब रेग्युलेटर म्हणून वापरला जात असताना या रीजन मध्ये झीनर डायोड वापरला जातो.

प्रश्न: आकृती 1.10 मध्ये दर्शविलेल्या सर्किटसाठी आउटपुट विद्युतदाब V_0, लोड विद्युत् प्रवाह (Current) I_L, झीनर विद्युत् प्रवाह (Current) I_Z आणि झीनर डायोडमध्ये शक्तीच्या हानीची(power dissipation) गणना करा.



उत्तर:

i)Vo=Vz =8V

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

iii) झीनर विद्युत (विद्युत् प्रवाह) Iz

Vo = Vin-Is.Rs

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

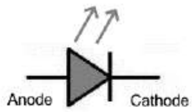
$I_s=I_z+ I_L$

$I_z=I_s- I_L$=0.02 - 0.0008= 0.0192A

iv) पावरडिसिपेशन =V_Lx I_L = 8x 0.0008 = 0.0064 = 6.4mW

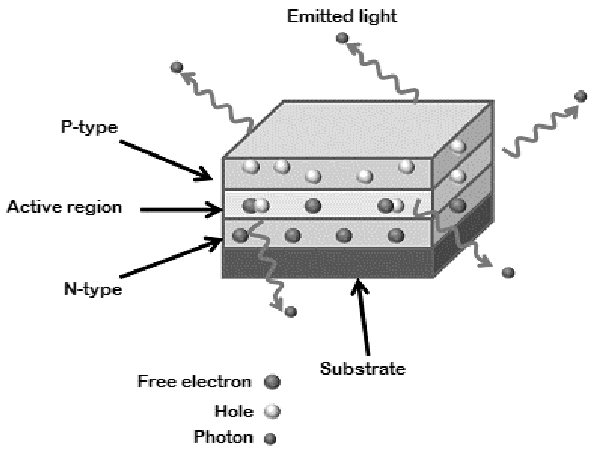
1.1.3 लाइट एमिटइंग डायोड LED:

लाइट एमिटइंग डायोड हा एक विशेष हेवीली डोप केलेला P-N जंक्शन डायोड आहे जो फॉरवर्ड बायस असताना उत्स्फूर्त रेडिएशन एमिट करतो. हे इलेक्ट्रिकल एनर्जि लाइटएनर्जिच्या रूपात रूपांतर करण्यासाठी वापरले जाते. ही एनर्जि लाइट रेजच्या स्वरूपात एमिट होईल.
जेव्हा त्यावर इलेक्ट्रिकल एनर्जि अप्लाय केली जाते तेव्हा एलईडी (LED) मधून प्रकाश बाहेर येतो .



आकृती 1.11 - एलईडी प्रतीक

रचना:

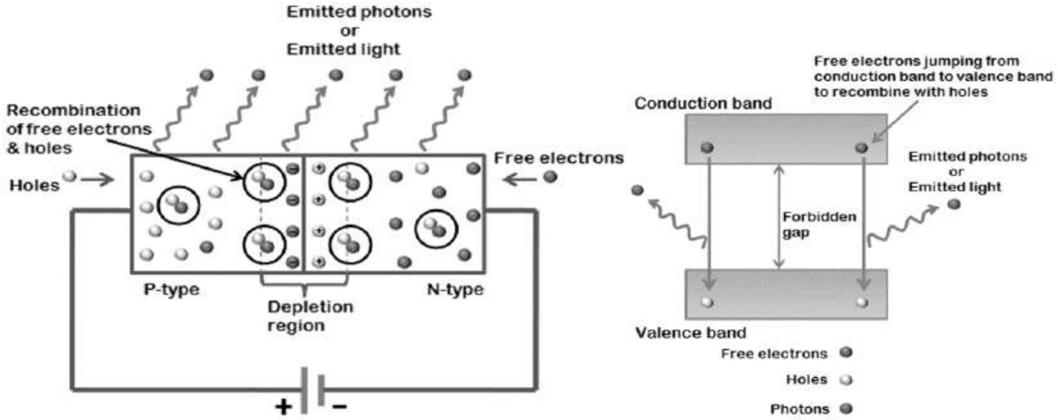


आकृती 1.12- एलईडी रचना

LED तीन लेयेर्स् 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 असतात. ऍक्टिव्ह रीजन मध्ये समान प्रमाणात इलेक्ट्रॉन आणि होल्स आहेत म्हणून तेथे मेजॉरिटी

चार्ज कॅरियेर्स् नाहीत. ऍक्टिव्ह रीजनला डीप्लीशन रीजन असेही म्हणतात. या रीजन मध्ये इलेक्ट्रॉन आणि होल्स पुन्हा एकत्र होतात. जेव्हा इलेक्ट्रॉन आणि होल्स एकत्र होतात तेव्हा लाइट एमिट होतो. होल्स म्हणजे इलेक्ट्रॉनची अनुपस्थिती. ते हलत नाहीत. इलेक्ट्रॉन P-लेयरमधील होल्ससह शिफ्ट होतात आणि एकत्र होतात. म्हणून, P-लेयर एलईडीच्या वरच्यास्थानी ठेवण्यासाठी डिझाइन केले आहे

एलईडीचे (LED) वर्किंग



आकृती 1.13 - एलईडी (LED)वर्किंग

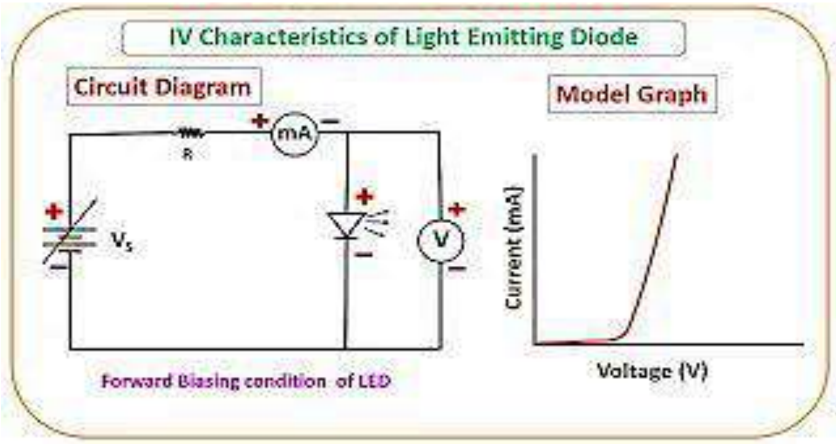
कोणत्याही सामान्य डायोडप्रमाणेच, LED किंवा लाइट एमिटग डायोड फक्त फॉरवर्ड बायसमध्ये कार्य करतो म्हणजेच कॅथोडच्या तुलनेत एनोड जास्त विद्युतदाबावर ठेवला जातो, किंवा एनोड धनटर्मिनलशी जोडलेला असतो आणि कॅथोड ऋण टर्मिनलशी जोडलेला असतो. N- रीजन मध्ये मेजॉरिटी चार्ज कॅरियर्स् इलेक्ट्रॉन्स असतात तर P- टाइप मध्ये मेजॉरिटी चार्ज कॅरियेर्स् होल्स असतात. त्याशिवाय, P-टाइप लेयरच्या तुलनेत N-टाइप लेयर खूप डोप केलेला आहे.

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

सेमीकंडक्टर मटेरीयल्स यूज्ड:

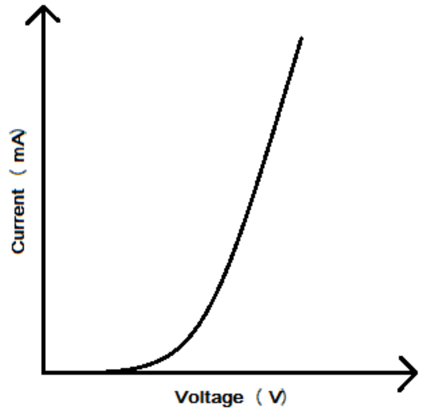
1. LED गॅलियम आर्सेनाइड (Ga,As), गॅलियम आर्सेनाइड फॉस्फाइड (Ga As P) आणि गॅलियम फॉस्फाइड (GaP) चे बनलेले असतात.
2. सिलिकॉन आणि जर्मेनियम वापरले जात नाहीत कारण ते मूलत: उष्णता निर्माण करणारी मटेरीयल्स आहेत आणि लाइट जनरेट करण्यात फारच कमी आहेत.

V-I कॅरेक्टरीस्टीक्स सेट अप (Characteristics):



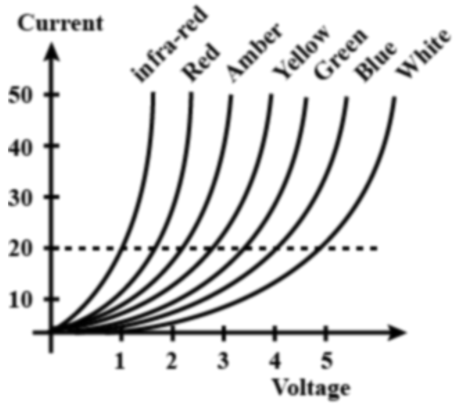
आकृती 1.14 - V-I Characteristics सेट अप

LED ची V-I कॅरेक्टरीस्टीक्स सिलिकॉन डायोडच्या सेमीकंडक्टर सारखीच आहेत. LED चा कट इन विद्युतदाब सिलिकॉन डायोड पेक्षा खूप जास्त आहे.



आकृती 1.15 - V-I क्यारेटरायस्टिक्स

LED मुळात एक सामान्य डायोड म्हणून कार्य करते म्हणजेच ते विद्युतप्रवाह ला फॉरवर्ड दिशेने परवानगी देते, म्हणून वैशिष्ट्ये फक्त फॉरवर्ड विद्युतदाब आणि फॉरवर्ड विद्युत् प्रवाह (Current) दाखवतो. ॲक्टिव रीजन च्या उपस्थितीमुळे LED चे फॉरवर्ड विद्युतदाब सामान्य डायोडपेक्षा जास्त आहे. सुरुवातीला, LED विद्युत् प्रवाह कन्डक्ट करत नाही आणि जोपर्यंत फॉरवर्ड विद्युतदाब कट इन विद्युतदाबपेक्षा जास्त होत नाही तोपर्यंत लाइट जनरेट करत नाही. LED च्या वेगवेगळ्या रंगात कट इन विद्युतदाब वेगळा असतो. एकदा का एलईडीचे कन्डक्शन सुरू झाले की, विद्युतप्रवाह वेगाने वाढू लागतो जो एमिट होणाऱ्या प्रकाशाच्या तीव्रतेच्या थेट प्रमाणात असतो.



आकृती 1.16 V-I वैशिष्ट्ये

फायदे

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

तोटे:

1. आउटपुट पावरतापमानातील बदलांमुळे प्रभावित होते.
2. ओव्हर विद्युत् प्रवाह (Current) आणि रिव्हर्स विद्युतदाबमुळे ते सहजपणे खराब होतात.
3. त्यांच्या ऑपरेशनसाठी त्यांना मोठ्या पावरची आवश्यकता आहे.

अनुप्रयोग:

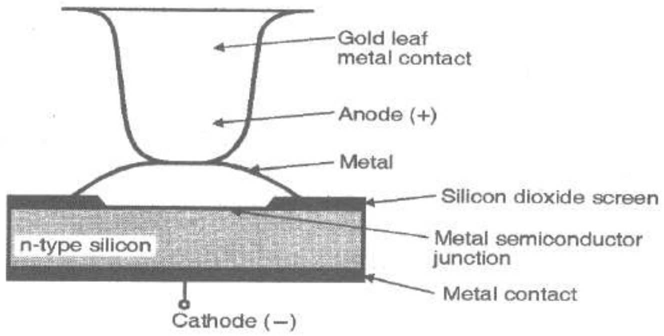
1. लाइट स्रोत म्हणून ऑप्टो कपलर्स (optocoupler) मध्ये.
2. इन्फ्रारेड रिमोट कंट्रोल्समध्ये.
3. विविध इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्समध्ये निर्देशक म्हणून.
4. सेवेन सेगमेंट एलईडी अल्फान्यूमेरिक डिस्प्ले मध्ये वापरले जातात
5. फायबर ऑप्टिक कम्युनिकेशन सिस्टममध्ये लाइट स्रोत म्हणून वापरले जातात.

शॉट्की डायोड:

शॉट्की डायोड हे दोन टर्मिनल इलेक्ट्रॉनिक घटक आहे जे AC-DC कनवर्टर, रडार सिस्टीम, मिक्सर आणि डीटेकटर उपकरणे, इन्स्ट्रुमेंटेशन आणि A-D कनवर्टर यांसारख्या अनुप्रयोगांमध्ये वापरले जाते.

आकृती 1.17 – प्रतीक

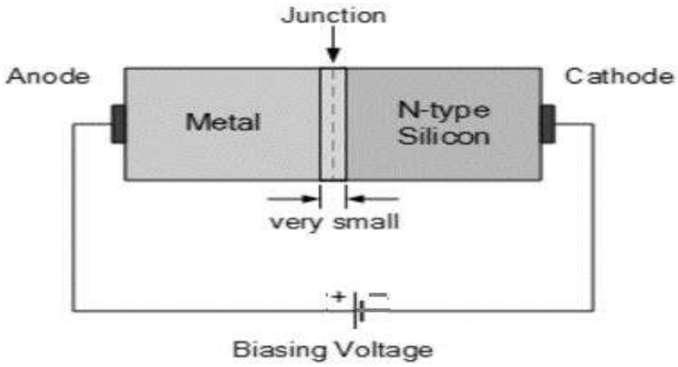
रचना: मेटल आणि N-टाइप सेमीकन्डक्टर यांच्यामध्ये एक मेटल-सेमीकन्डक्टर जंक्शन तयार होतो. मॉलिब्डेनम, प्लॅटिनम, क्रोमियम किंवा टंगस्टन हे मेटल वापरले जातात. मेटल ची बाजू एनोड म्हणून कार्य करते आणि N-टाइप डायोडच्या कॅथोडचेकार्य करते.



आकृती 1.18 – डायोड रचना

कार्य (working):

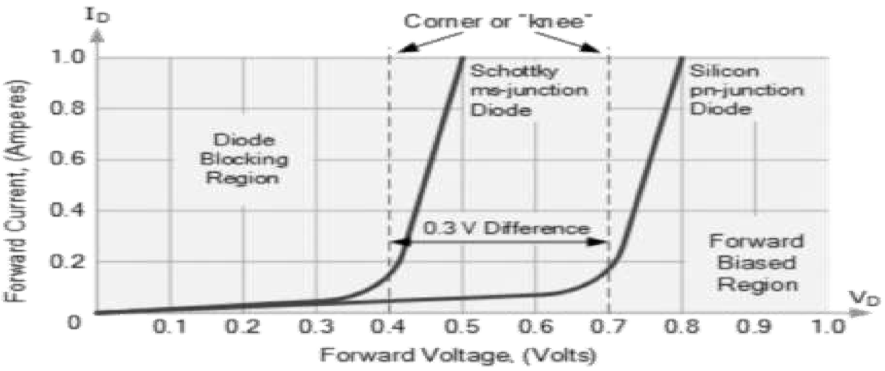
या डायोडमध्ये इलेक्ट्रॉन मेजॉरिटी चार्ज कॅरियेर्स् आहेत. हे इलेक्ट्रॉन शेजारच्या मेटल मध्ये फ्लो होतात ज्यामुळे जास्त विद्युतप्रवाह होतो. इंजेक्टेड कॅरियेर्स् मध्ये मेटल च्या इलेक्ट्रॉनच्या तुलनेत उच्च कायनेटिक एनर्जि असल्याने त्यांना हॉट कॅरियेर्स् म्हणतात. जंक्शन सर्फेस जवळ कॅरियेर्स् चा हेवि फ्लो सिलिकॉन मटेरीयल मध्ये कॅरियेर्स्चा डीप्लीशन निर्माण करतो. हे नियमित वापरात असलेल्या P-N जंक्शन डायोडच्या डीप्लीशन रीजन सारखे आहे. मेटल मधील अतिरिक्त कॅरियर्स् दोन मटेरीयलच्या सीमेवर मेटलच्या आत एक निगेटिव्ह अडथळा (Nehative barrier) स्थापित करतील. परिणाम म्हणजे दोन मटेरीयल मध्ये सर्फेस चा अडथळा आहे जो पुढील कोणत्याही विद्युतप्रवाह ला प्रतिबंधित करतो.



आकृती 1.19 - शॉट्की डायोड कार्य

जर फॉरवर्ड बायस विद्युतदाब असेल तर निगेटिव्ह (Negative) ब्यारीयरची ताकद कमी होईल कारण बाह्य फॉरवर्ड बायास P बाजूकडील इलेक्ट्रॉनांना आकर्षित करेल. परिणामी जंक्शन ओलांडून इलेक्ट्रॉनचा जोरदार विद्युतप्रवाह सुरू होईल. हा फॉरवर्ड विद्युत् प्रवाह (Current) अप्लाइड पोटेंशीअल ब्यारीयरच्या पातळीद्वारे नियंत्रित केला जाऊ शकतो.

V-I कॅरेक्टरीस्टीक्स (Characteristics)



आकृती 1.20 - V-I कॅरेक्टरीस्टीक्स

मेटल-सेमीकंडक्टर शॉट्की डायोडचा **V-I** कॅरेक्टरीस्टीक्स आकार PN-जंक्शन डायोड सारखाच आहे, Metal Semiconductor-जंक्शन डायोड ज्या कोर्नर किंवा कट इन विद्युतदाबवर चालण्यास सुरुवात करतो ते 0.4 व्होल्टच्या आसपास खूपच कमी असते. या कमी मूल्यामुळे, सिलिकॉन शॉट्की डायोडचा फॉरवर्ड विद्युत् प्रवाह (Current) वापरल्या जाणाऱ्या मेटल इलेक्ट्रोडवर अवलंबून, सामान्य PN जंक्शन डायोडपेक्षा अनेक पटीने मोठा असू शकतो**.**

फायदे:

1. ऑन स्टेट फॉरवर्ड विद्युतदाब ड्रॉप कमी.
2. उच्च स्विचिंगची गती.
3. एकूण शक्तीचा अपव्यय पारंपारिक डायोडपेक्षा कमी आहे.

तोटे:

1. कमी रिव्हर्स ब्रेकडाउन विद्युतदाबामुळे कमी PIV असते.
2. जास्त लीकेज विद्युत् प्रवाह (Current).

अनुप्रयोग:

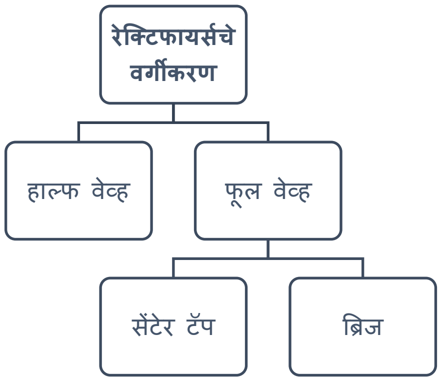
1. स्विचीग पावरसप्लाय.
2. AC- DC कन्व्हर्टर.
3. रडार प्रणाली.
4.कम्युनिकेशन उपकरणांमध्ये (मिक्सर आणि डिटेक्टर)

1.2 डायोड वापरून रेक्टिफायर :

रेक्टिफायर

रेक्टिफायर हे एक इलेक्ट्रॉनिक सर्किट (Circuit) आहे ज्याचा वापर AC विद्युतदाब किंवा विद्युत् प्रवाह (Current)ला एकध्रुवीय (Unidirectional) DC विद्युतदाब किंवा विद्युत् प्रवाह (Current) मध्ये रूपांतरित करण्यासाठी केला जातो. रूपांतर करण्याच्या या प्रक्रियेला " रेक्टिफीकेशन " असे म्हणतात.

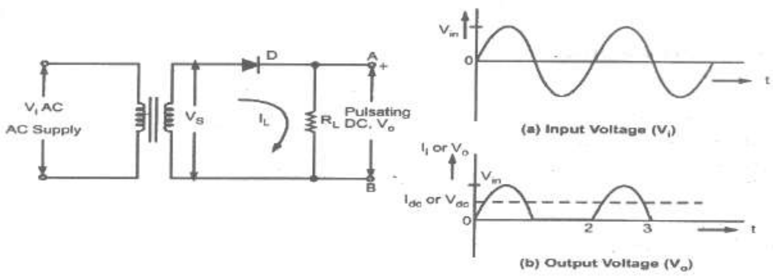
रेक्टिफायर्सचे वर्गीकरण (Classification):



1.2.1 हाफ वेव्ह रेक्टिफायर:

या रेक्टिफायरमध्ये रेक्टिफीकेशन फक्त AC सप्लायच्या अर्ध्या सायकल चे केली जाते.

परिपथ (सर्किट) डायग्राम आणि वेव्हफॉर्म्स खालीलप्रमाणे आहेत:



आकृती 1.21 - हाफ वेव्ह रेक्टिफायर

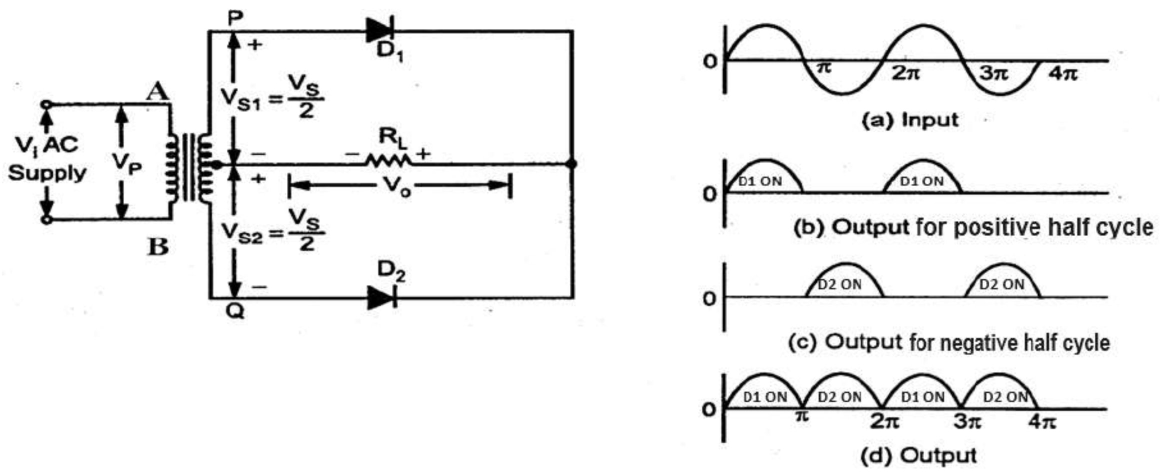
1. स्टेप डाउन ट्रान्सफॉर्मरचा वापर AC मेन विद्युतदाब कमी करण्यासाठी केला जातो ज्याद्वारे रेक्टिफायर ऑपरेट करू शकतो.
2. इनपुटच्या पॉझिटिव्ह हाल्फ सायकल मध्ये डायोड फॉरवर्ड बायस्ड होतो म्हणून तो कन्डक्ट करतो आणि लोड रेझिस्टन्स R_L मधून विद्युतप्रवाह जातो.
3. इनपुटच्या निगेटिव हाल्फ सायकल मध्ये डायोड रीव्हर्स बायस्ड होतो परिणामी तो कन्डक्ट करत नाही आणि R_L मधून शून्य विद्युतप्रवाह जातो.
4. AC इनपुटच्या अर्ध्या चक्रातून विद्युतप्रवाह होतो म्हणून त्याला हाफ वेव्ह रेक्टिफायर म्हणतात.

तोटे:

1. लहरी घटक (रिपल फॅक्टर) जास्त आहे (१.२१).
2. कमी रेक्टिफायर कार्यक्षमता (४0%).
3. कमी TUF (२८%) म्हणजेच ट्रान्सफॉर्मरचा प्रभावीपणे वापर केला जात नाही.
4. कमी DC आउटपुट विद्युतदाब आणि विद्युत् प्रवाह (Current).

1.2.2 फुल वेव्ह रेक्टिफायर:

सेंटर टॅप केलेल्या ट्रान्सफॉर्मरसह फुल वेव्ह रेक्टिफायर मध्ये दोन डायोड आणि लोड रेझिस्टन्स R_L असतात. सर्किट (circuit) आणि वेव्हफॉर्म आकृती 1.22 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहेत:



आकृती 1.22 सेंटर टॅप फुल वेव्ह रेक्टिफायर

a) इनपुट एंडच्याधनहाफ सायकलमध्ये एंड A हा एंड B च्या संदर्भातधनआहे म्हणून P देखील Q च्या संदर्भातधनआहे. सेंटर टॅपिंगमुळे सेकेणडरी विद्युतदाब 2 ने भागला जातो म्हणजे वरच्या अर्ध्या भागात Vs/2 आणि Vs/2 खालच्या अर्ध्या भागात. वरचा Vs/2 D1 ला फॉरवर्ड बायस्ड करतो आणि खालचा Vs/2 डायोड D2 रिव्हर्स बायस्ड करतो, म्हणून विद्युत् प्रवाह (Current) फक्त वरच्या अर्ध्या भागात वाहतो आणि RL वर विद्युतदाब निर्माण करतो.

b) इनपुट एंडच्या निगेटिव्ह सायकल मध्ये एंड A हा B च्या संदर्भात निगेटिव्ह आहे, म्हणून P हा Q च्या संदर्भात निगेटिव्ह असल्यामुळे D1 रीव्हर्स बायस्ड आहे आणि D2 हा फॉरवर्ड बायस्ड आहे त्या मुळे विद्युतप्रवाह खालच्या अर्ध्या भागात RL मधून वाहतो.

फायदे:

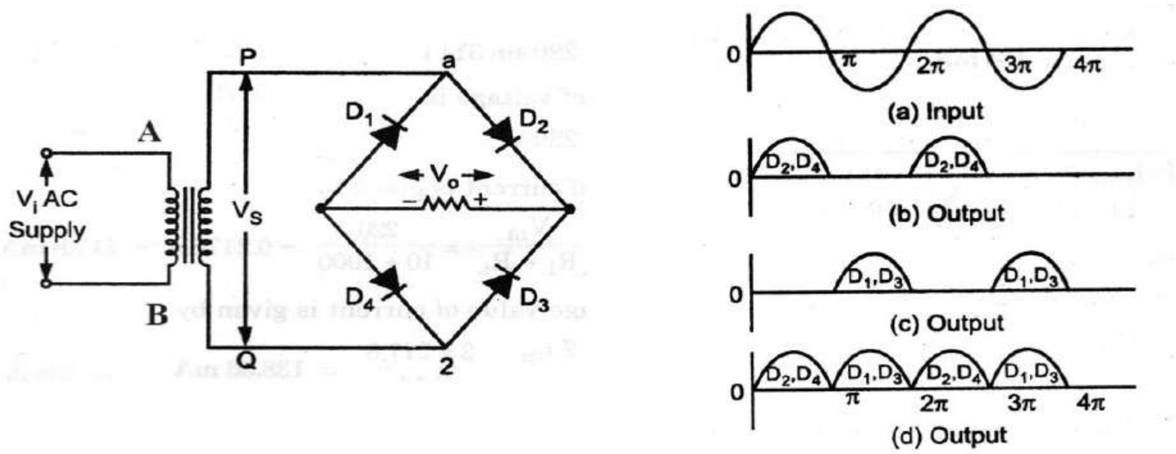
1. H.W.R च्या तुलनेत कमी लहरी घटक (रिपल फॅक्टर)
2. उत्तम रेक्टिफायर कार्यक्षमता.
3. उत्तम ट्रान्सफॉर्मर युटिलायझेशन फॅक्टर.
4. हाय अॅवरेज लोड विद्युतदाब(Load Voltage) आणि विद्युत् प्रवाह (Load Current) मूल्ये.

तोटे:

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

1.2.3 फुल वेव्ह ब्रिज रेक्टिफायर:

ह्या रेक्टिफायरमध्ये सेंटर टॅप केलेला ट्रान्सफॉर्मर काढून टाकला जातो आणि 2 डायोडऐवजी 4 डायोड वापरला जातो. परिपथ (सर्किट) डायग्राम आणि वेव्हफॉर्म दर्शविल्याप्रमाणे आहेत:



आकृती 1.23 - फुल वेव्ह ब्रिज रेक्टिफायर

a) पॉझिटिव्ह हाफ सायकल मध्ये एंड A हा पॉझिटिव्ह आहे w.r.t. B, म्हणून P पॉझिटिव्ह आहे w.r.t. Q आहे, डायोड D2 आणि D4 फॉरवर्ड बायस्ड आहेत तर D1 आणि D3 रिव्हर्स बायस्ड आहे. परिणामी विद्युत् प्रवाह P-D2-RL- D4- Q मधून वाहतो.
b) निगेटिव हाफ सायकल मध्ये A हा निगेटिव आहे w.r.t. B, म्हणून P निगेटिव w.r.t. Q आहे, ह्या मुळे D3 आणि D1 फॉरवर्ड बायस्ड आहेत आणि D4 आणि D2 रिव्हर्स बायस्ड आहेत. परिणामी विद्युत् प्रवाह Q-D3-RL- D1-P मधून वाहतो

फायदे:

1. कमी खर्च लागतो.
2. रेक्टिफायरची कार्यक्षमता जास्त आहे.
3. हाय अॅवरेज आउटपुट विद्युतदाब.
4. ट्रान्सफॉर्मर युटिलायझेशन फॅक्टर जास्त आहे.

तोटे:

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

1.2.4 रेक्टिफायरचे पॅरामीटर्स:

1. पीक इनव्हर्स विद्युतदाब (PIV):
   डायोड रीव्हर्स बायस्ड असताना त्याच्यावर असलेला सर्वात जास्त विद्युतदाबाला पीक इनव्हर्स विद्युतदाब असे म्हणतात.
2. ऍव्हरेज DC आउटपुट विद्युतदाब (Vdc): सरासरी dc विद्युतदाब जो लोड रेझीस्टर वर मिळतो त्याला ऍव्हरेज DC आउटपुट विद्युतदाब म्हणतात
3. लहरी घटक (रिपल फॅक्टर) (RF): ऑउटपुट विद्युतदाबाच्या ऑल्टरनेटिंग घटकांचे RMS मूल्य आणि डीसी घटकाच्या गुणोत्तर म्हणून परिभाषित केले जाते,

$$R.F = \frac{\text{ऑल्टरनेटिंग घटकांचे RMS मूल्य}}{\text{डीसी घटकाचे मूल्य}} = \frac{V_{rms}}{Vdc}$$

4. रेक्टिफायर कार्यक्षमता (η):
   DC आउटपुट पावरआणि AC इनपुट शक्तीचे गुणोत्तर. रेक्टिफायर AC ला DC मध्ये किती प्रभावीपणे रूपांतरित करतो याचे हे मोजमाप आहे.

$$\eta = \frac{\text{DC आउटपुट शक्ती}}{\text{AC इनपुट पावर}} = \frac{P_{dc}}{P_{ac}}$$

5.ट्रान्सफॉर्मर युटिलायझेशन फॅक्टर (TUF):
   ट्रान्सफॉर्मरच्या AC पावररेटिंगमध्ये लोडवर वितरित केलेल्या DC शक्तीचे गुणोत्तर.

$$T.U.F = \frac{\text{डीसी आउटपुट शक्ती}}{\text{ट्रान्सफॉर्मरचे एसी रेटिंग}}$$

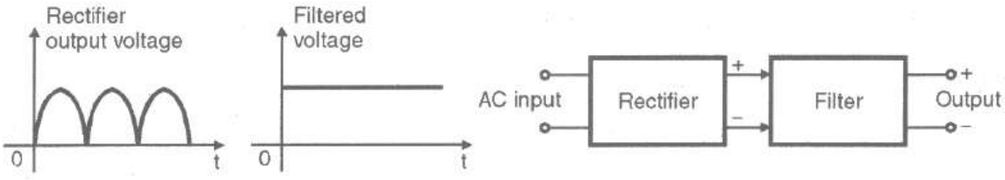
1.2.5 रेक्टिफायर्सची तुलना:

	Rectifier Parameters	Half-wave Rectifier	Full-wave Rectifier	
			Centre-tap	Bridge
1.	Number of diodes	1	2	4
2.	Transformer necessity	No	Yes	No
3.	Peak secondary voltage, V_s	V_m	V_m	V_m
4.	Peak Inverse voltage	V_m	$2\ V_m$	V_m
5.	Peak load current, I_m	$\frac{V_m}{(R_f + R_L)}$	$\frac{V_m}{(R_f + R_L)}$	$\frac{V_m}{(2R_f + R_L)}$
6.	RMS load current, I_{rms}	$\frac{I_m}{2} = 0.5\ I_m$	$\frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707\ I_m$	$\frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707\ I_m$
7.	DC (average) current, I_{dc}	$\frac{I_m}{\pi} = 0.318\ I_m$	$\frac{2\ I_m}{\pi} = 0.636\ I_m$	$\frac{2\ I_m}{\pi} = 0.636\ I_m$
8.	Ripple factor , r	1.21	0.482	0.482
9.	Form factor, F	1.57	1.11	1.11
10.	Maximum rectification efficiency, η_{max}	40.6%	81.2%	81.2%
11.	Transformer utilization factor (TUF)	0.287	0.693	0.812
12.	Ripple frequency, f_r	f_i	$2\ f_i$	$2f_i$

1.3 फिल्टरचे प्रकार:

फिल्टर:

फिल्टर हे प्युअर रिपल फ्री DC विद्युतदाब मिळविण्यासाठी रेक्टिफायर्ससह वापरले जाणारे इलेक्ट्रॉनिक परिपथ (सर्किट) आहेत. रेक्टिफायर्स आउटपुटवर पल्सेटिंग डीसी तयार करतात आणि प्युअर DC मिळविण्यासाठी ते रेक्टिफायरच्या आउटपुटला जोडलेले असते.

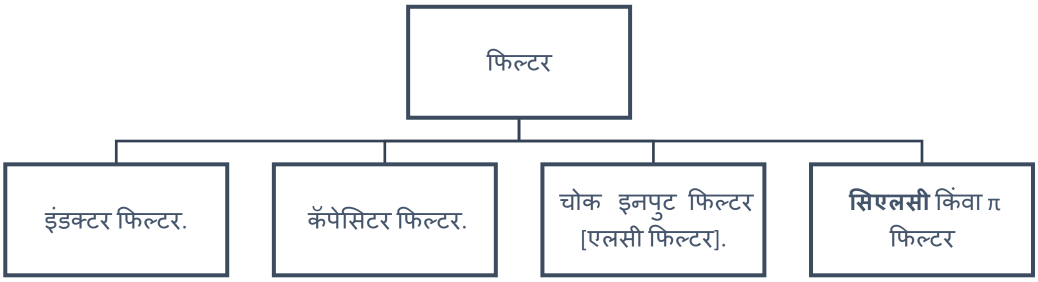


(a) Pulsating dc at rectifier output (b) Ideal pure dc voltage (c) Rectifier to filter connection

आकृती 1.24 a - फिल्टरचे कार्य

फिल्टर चे प्रकार:

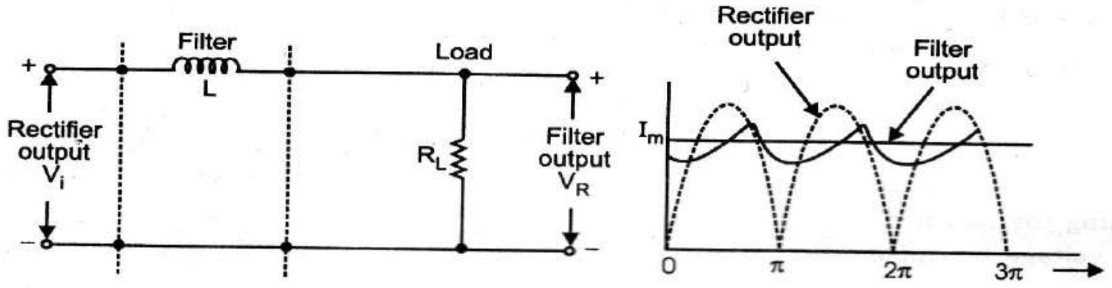
वापरलेल्या घटकाच्या आधारे आणि कॉन्फिगरेशनवर अवलंबून फिल्टरचे वर्गीकरण केले जाते.



आकृती 1.24 b फिल्टरचे वर्गीकरण

1.3.1 इंडक्टर फिल्टर:

इंडक्टर फिल्टर RL च्या सीरीझ मध्येजोडलेले आहे. इंडक्टरचा गुणधर्म असा आहे की तो त्याच्याद्वारे विद्युतप्रवाहातील कोणत्याही बदलांना विरोध करतो. इंडक्टर AC ला विरोध करतो आणि DC परवानगी देतो आणि रेक्टिफायरच्या आउटपुटमध्ये विद्युत् प्रवाह रिपल्स कमी करण्यासाठी वापरला जातो.



आकृती 1.25 - इंडक्टर फिल्टर

फायदे:

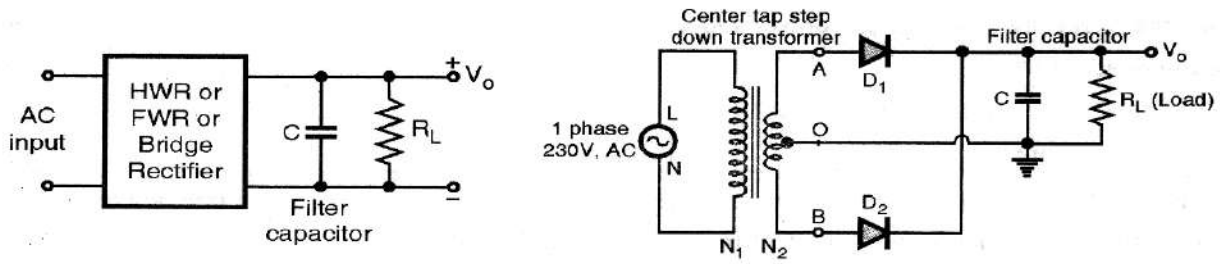
1. जास्त विद्युत् प्रवाह वर कमी लहरी घटक (low ripple factor) .
2. आउटपुटमधील रिपल्स कमी करते.

तोटे:

1. हे सर्किट अवझड आणि महाग आहे.
2. नको तो आवाज(Noise) निर्माण होतो.
3. कमी लोडवर रिपेल फॅकटर कमी असतो.

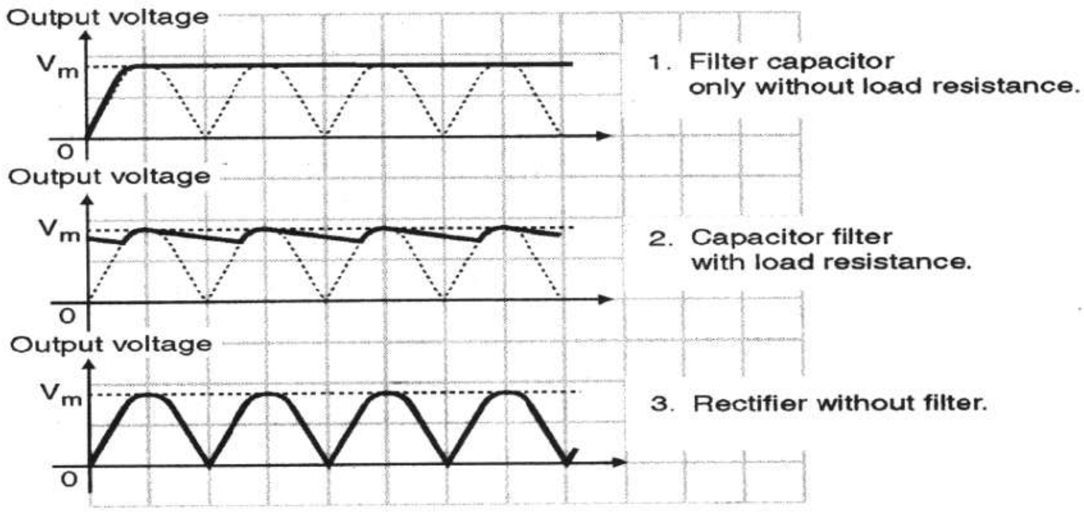
1.3.2 कॅपेसिटर फिल्टर:

कॅपेसिटर फिल्टर R_L ला (समांतर) जोडलेले आहे. रिपल्स यशस्वीरित्या कमी करण्यासाठी C चे मुल्य खूप मोठे आहे. सामान्यतः इलेक्ट्रोलाइटिक कॅपेसिटर वापरले जातात. कॅपेसिटर DC ला विरोध करतो आणि AC ला जाण्याची परवानगी देतो.



(a) Connection of filter capacitor **(b) FWR with capacitor input filter**

आकृती 1.26 - कॅपेसिटर फिल्टर



आकृती 1.27 - कॅपेसिटर फिल्टर वावेफॉर्म

फायदे:

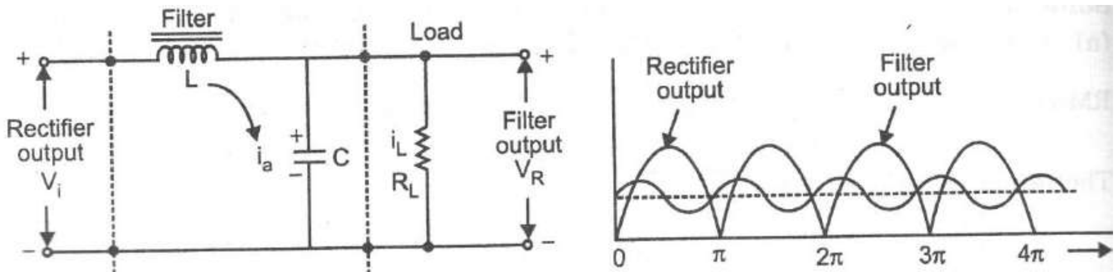
1. डिझाइन करणे सोपे.
2. रिपेल फॅक्टर मध्ये घट.
3. ऍव्हरेज आउटपुट विद्युतदाबमध्ये वाढ.
4. लहान आकार, कमी खर्च.

तोटे:

1. रिपेल फॅक्टर लोडवर अवलंबून असतो.
2. डायोड पीक विद्युत् प्रवाह हाताळू शकतात.

1.3.3 चोक इनपुट किंवा LC फिल्टर:

R_Lच्या कमी मूल्यांसाठी इंडक्टर फिल्टरला प्राधान्य दिले जाते आणि R_Lच्या उच्च मूल्यांसाठी कॅपेसिटर फिल्टरला प्राधान्य दिले जाते. इंडक्टर फिल्टरमध्ये लोड रेझिस्टन्स जसजसा वाढतो तसतसे रिपल्स वाढते आणि सी फिल्टरमध्ये R_L वाढल्याने ते कमी होते म्हणून या दोन फिल्टर्सच्या मिश्रणाचा परिणाम L_C फिल्टरमध्ये होतो जो लोडचा विचार न करता कमी लहरी घटक (रिपल फॅक्टर) देतो.



आकृती 1.28 - चोक इनपुट किंवा LC फिल्टर

ब्लीडर रेझिस्टन्सचा वापर L द्वारे सतत विद्युत् प्रवाह चालू ठेवण्यासाठी केला जातो. ते कॅपेसिटरला डिस्चार्ज करण्यासाठी मार्ग देखील प्रदान करते. सीरिज इंडक्टर आउटपुट मधील रिपल्सवर उच्च प्रतिक्रिया देतो आणि त्यांना कमी करतो आणि समांतर कॅपेसिटर त्यांच्यासाठी कमी प्रतिक्रिया पथ प्रदान करतो.

फायदे:

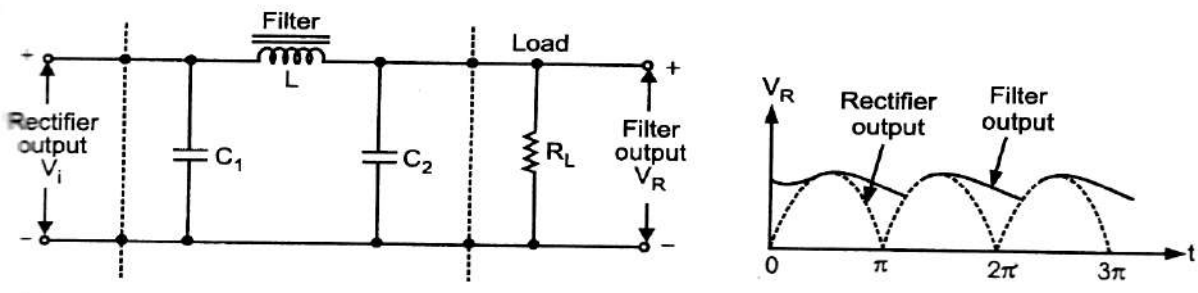
1. चांगले भार नियमन (रेग्लूलेशन).
2. लहरी घटक (रिपल फॅक्टर) कमी आहे आणि लोडवर अवलंबून नाही.
3. हलक्या आणि जड भारांसाठी योग्य.
4. डायोड तीव्र गती(surge) विद्युत् प्रवाह वाहून नेत नाहीत.

तोटे:

1. इंडक्टरमध्ये आवाज (Noise) निर्माण होतो.
2. L आणि C घटकांच्या मोठ्या मूल्यामुळे परिपथ (सर्किट) महाग होते.
3. DC प्रतिकारामुळे L मध्ये शक्तीची हानी होते.

1.3.4 सिएलसी किंवा π फिल्टर:

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



आकृती 1.29 - सिएलसी किंवा π फिल्टर

फायदे:

1. लहरी घटक (रिपल फॅक्टर) कमी आहे आणि लोडवर अवलंबून नाही.
2. कमी व जास्त विद्युत् भारांसाठी योग्य.
3. डायोड तीव्र गती (Surge) विद्युत् प्रवाह वाहून नेत नाहीत.

तोटे:

1. इंडक्टन्सच्या वापरामुळे सर्किटचे वजन वाढते.
2. जास्त घटकांच्या वापरामुळे सर्किट महाग होते.
3. उच्च पीक डायोड विद्युत् प्रवाह.

1.4 रेक्टिफायर IC – KBU 808 IC पिन डायग्राम आणि अनूप्रयोग

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

1.4.1 ब्रिज रेक्टिफायर IC चे पिन डायग्राम

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

आकृती 1.30 - KBU 808

3) पॉझिटिव्ह DC आउटपुट पिन (DC+):
   पॉझिटिव्ह DC आउटपुटचे पॉसिटीव टर्मिनल प्रदान करते.
4) निगेटिव्ह DC आउटपुट पिन (DC-):
   सुधारित डीसी आउटपुटचे निगेटिव्ह टर्मिनल प्रदान करते.

अनुप्रयोग:

1) पावरसप्लाय: इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांमध्ये इलेक्ट्रोनिक डीवायसस ना उर्जा देण्यासाठी मईन्स ते DC विद्युत् प्रवाह (Current)मध्ये रूपांतरित करण्यासाठी वापरला जातो.
2) बॅटरी चार्जर: इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांमध्ये बॅटरी चार्ज करण्यासाठी वॉल आउटलेटमधून AC इनपुट दुरुस्त करण्यासाठी वापरले जाते.
3) एलईडी ड्रायव्हर्स: स्थिर DC विद्युतदाब प्रदान करण्यासाठी एलईडी लाइटिंग सिस्टममध्ये वापरले जाते

सोडवलेली उदाहरणे:

1) 230 V चा AC पुरवठा हाल्फ वेव रेकटीफायर ला वळणाचे गुणोत्तर 10:1 असलेल्या ट्रान्सफॉर्मरद्वारे लागू केला जातो. सरासरी डीसी आउटपुट, विद्युतदाब विदूत (विद्युत् प्रवाह (Current)) आणि डायोडचे पीआयव्ही, विद्युतदाबचे आरएमएस मूल्य आणि प्रवाह शोधा.

उत्तर: Vrms = 230V,

np/ns=10/1

कमाल प्राथमिक विद्युतदाब Vp=√2 x Vrms =√2 x 230 = 325.22Volt आहे

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

वी ॲवरेज =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

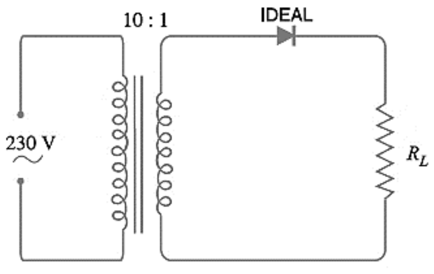
RL=10KΩ गृहीत धरा

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 ट्रान्सफॉर्मरद्वारे अर्ध-वेव्ह रेक्टिफायर परिपथ (सर्किट)ला 230 V चा A.C पुरवठा लागू केला जातो. (i) आउटपुट D.C. विद्युतदाब आणि (ii) शिखर व्यस्त विद्युतदाब शोधा. डायोड आदर्श गृहीत धरा.



प्राथमिक ते दुय्यम वळण 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 विद्युत् प्रवाह (Current) चालवत नाही. म्हणून, डायोडमध्ये कमाल दुय्यम विद्युतदाब दिसून येते.

∴पीक व्यस्त विद्युतदाब = 32.53 V

स्वाध्याय:

1. PN जंक्शन डायोडचे दोन अनुप्रयोग लिहा.
2. PN जंक्शन डायोडची VI कॅरेक्टरीस्टीक्स (Characteristics) काढा आणि ती समजावुन सांगणे.
3. फोटोडायोडचे चिन्ह काढा.
4. झीनर डायोडची रिव्हर्स बायस्ड V-I कॅरेक्टरीस्टीक्स (Characteristics) काढा आणि वर्णन करा.
5. LED च्या कार्याचे वर्णन करा.
6. रेक्टिफायर्सशी संबंधित खालील टर्म्स परिभाषित करा:
   - ii) रिपेल फॅटर .
   - iii) रेक्टिफायरची कार्यक्षमता.
   - iv) ट्रान्सफॉर्मर वापर फॅटर (Utilization Factor).
   - v) पीक इनव्हर्स विद्युतदाब PIV.
7. फिल्टरची गरज सांगा. π फिल्टरचे परिपथ (सर्किट) डायग्राम काढा आणि ते कार्य कसे करते हे सांगा.
8. खालील मुद्द्यांवर PN जंक्शन डायोड आणि झीनर डायोड यांच्यात तुलना करा:
   - v) चिन्ह.
   - vi) विद्युत् प्रवाह (Current) ची दिशा (डायरेक्शन ऑफ विद्युतप्रवाह).
   - vii) रिव्हर्स ब्रेकडाउन.
   - viii) अनुपयोग .
9. फुल वेव्ह ब्रिज रेक्टिफायरमध्ये Vm = 10V, RL = 10K Ω. VDC, IDC, लहरी घटक (रिपल फॅक्टर) आणि PIV गणना कर.

संदर्भ (Reference):

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	R.S.Sedha	A textbook of Applied Electronics	S Chand, New Delhi 2008, ISBN:978-8121927833
3	Theraja B.L. (Author), Sedha R.S. (Author)	Principles of Electronic Devices and Circuits (Analog and Digital)	S Chand & Company,ISBN-13 978-8121921992

युनिट - 2

बायपोलर जंक्शन ट्रांझिस्टर
(Bipolar Junction Transistor)

विषय निष्पत्ती (Course Outcome):
अणुविद्युत सर्किटमध्ये बायपोलर जंक्शन ट्रांझिस्टर वापरणे.
Use BJT in electronics circuits .

युनिट निष्पत्ती (Unit Outcome):
2.a दिलेल्या प्रकारच्या ट्रांझिस्टरच्या कार्याचे वर्णन करणे.
Describe the working principle of the given type of transistor.
2.b दिलेल्या BJT कॉन्फिगरेशनसाठी विद्युत दाब गेनची गणना करणे.
Calculate Current gain for given configuration of BJT
2.c ट्रांझिस्टर कॉन्फिगरेशनची तुलना करणे.
Compare configuration of transistors.
2.d बायसिंग पद्धतीच्या गरजेचे स्पष्टिकरण करा.
Justify the need of biasing method.
2.e ट्रांझिस्टर मधील थर्मल रनअवे प्रभाव कमी करण्याच्या प्रक्रियेचे वर्णन करा
Describe the procedure to minimize the thermal runaway effect.

परिचय:
बायपोलर जंक्शन ट्रांझिस्टर 1951 मध्ये बेल लॅबोरेटरीज टीमसह डॉ. शॉकले यांनी विकसित केले होते. ऑक्टोबर 1952 मध्ये, जेव्हा बेल सिस्टीमने टेलिफोन स्विचिंग सर्किट्समध्ये ट्रांझिस्टर सर्किट्सचा वापर केला तेव्हा पहिल्यांदा हा घटक व्यावसायिक उपक्रमात वापरला गेला. तेव्हापासून इलेक्ट्रॉनिक्सच्या क्षेत्रात क्रांती झाली आहे.
BJT हा सर्व आधुनिक इलेक्ट्रॉनिक प्रणालींचा मुख्य बिल्डिंग ब्लॉक आहे. हे तीन-टर्मिनल घटक 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 AC सिग्नलची ताकद वाढवण्यासाठी द्विधृवीय ट्रांझिस्टर 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 ट्रांझिस्टर अधिक सामान्यतः जंक्शन ट्रांझिस्टर, द्विधृवीय ट्रांझिस्टर म्हणून ओळखला जातो.
द्विध्रुवीय जंक्शन ट्रांझिस्टरमध्ये एक अतिशय महत्त्वाचा गुणधर्म असतो जो सिग्नलची ताकद वाढवू शकतो. या गुणधर्माला प्रवर्धन म्हणतात. या गुणधर्मामुळे, ट्रांझिस्टर सर्वात मोठ्या प्रमाणावर वापरल्या जाणाऱ्या सेमीकंडक्टर उपकरणांपैकी एक आहे. सध्या, ट्रांझिस्टर डिजिटल संगणक, उपग्रह मोबाइल फोन आणि इतर संपर्क प्रणाली, नियंत्रण प्रणाली इत्यादींमध्ये वापरले जातात.

2.1 विद्युत् प्रवाह (Current) प्रवाह - ऑपरेटेड उपकरण (Current Operated Device):
डिव्हाइसला विद्युत् प्रवाह (Current) - ऑपरेटेड डिव्हाइस म्हटले जाते जेव्हा ते चालू आणि बंद करणे त्यातून वाहणाऱ्या विद्युत् प्रवाह (Current) वर अवलंबून असते .
विद्युत् प्रवाह (Current) ऑपरेटिंग डिव्हाईसेस: उदा.. BJT, SCR, TRIAC, GTO, इ.
ट्रांझिस्टरच्या कलेक्टर मधून वाहणाऱ्या विद्युत् प्रवाहाला बेस टर्मिनलमधून वाहणाऱ्या विद्युत प्रवाहाद्वारे कंट्रोल केला जातो.

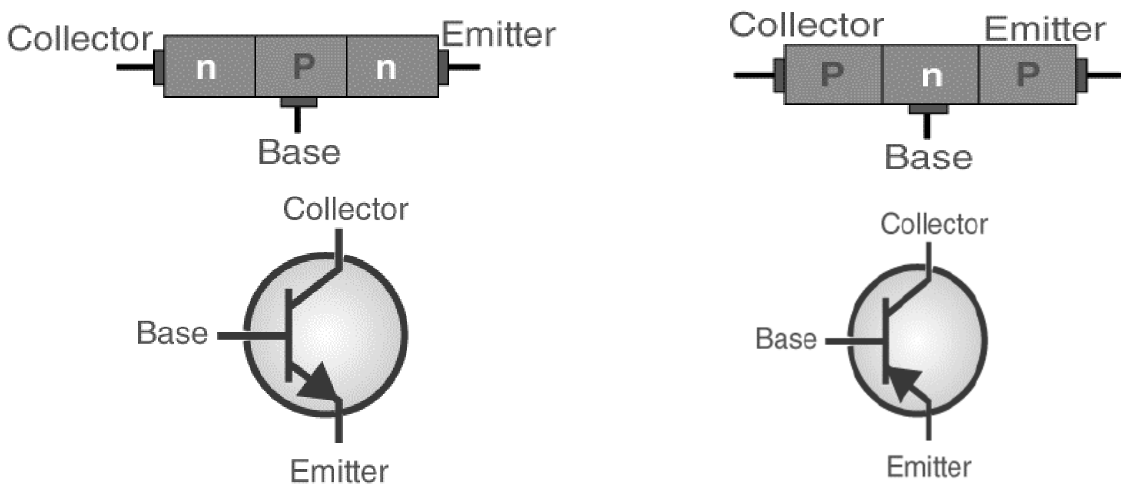
2.2 बायपोलर जंक्शन ट्रांझिस्टर (Bipolar Junction Transistor)-
बायपोलर: हा दोन्ही प्रकारच्या चार्ज कॅरीयर इलेक्ट्रॉन (Electron) आणि होल्स (Hole) मुळे वाहतो.
जंक्शन: दोन P-N जंक्शन आहेत.
ट्रांझिस्टर: ट्रान्सफर + रेझिस्टर.

ट्रांझिस्टरमध्ये दोन PN जंक्शन असतात. जे P-टाइप किंवा N-टाइप सेमीकंडक्टर विरुद्ध प्रकारांच्या सेमीकंडक्टर जोडी दरम्यान सँडविचिंग करून जंक्शन तयार होतात.

त्यानुसार; ट्रांझिस्टरचे दोन प्रकार आहेत, म्हणजे;

(ii) N-P-N ट्रांझिस्टर

(iii) P-N-P ट्रांझिस्टर



i) N-P-N ट्रांझिस्टर (ii) P-N-P ट्रांझिस्टर

आकृती 2.1 ट्रांझिस्टर प्रतीक (Transistor Symbol)

बायपोलर जंक्शन ट्रांझिस्टरचे कंस्ट्रक्शन (Construction):

आकृती. 2.1 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे ट्रांझिस्टर हे तीन-लेयर सेमीकंडक्टर उपकरण आहे .ज्यामध्ये एक प्रकारचा सेमीकंडक्टर (एकतर P-टाइप किंवा N-टाइप) दोन अन्य समान प्रकारच्या सेमीकंडक्टरमध्ये सँडविच केला जातो.

बायपोलर जंक्शन ट्रांझिस्टर सेमीकंडक्टर मटेरियलच्या तीन लेअरनी तयार होतो, जर तो P-N-P ट्रांझिस्टर असेल, तर त्याला दोन P-प्रकारचे रिजन आणि एक N-प्रकारचे रिजन असतील, त्याचप्रमाणे, जर ते N-P-N ट्रांझिस्टर असेल तर त्यात दोन N- रिजन आणि एक P-प्रकार रिजन असतील.

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

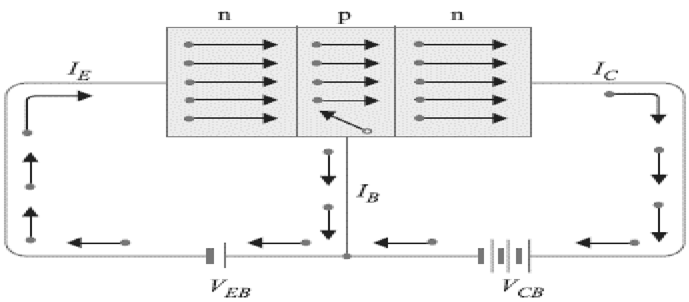
एमिटर - ट्रांझिस्टरमध्ये, एमिटर बहुसंख्य मेजॉरिटी चार्ज कॅरींयरचा पुरवठा करतो. एमिटर नेहमी बेसच्या संदर्भात फॉरवर्ड बायस्ड (Biased) केला जातो, जेणेकरून ते बेसला बहुसंख्य चार्ज कॅरींयर पुरवते. ट्रांझिस्टरचा एमिटर जास्त डोपिंग केलेला आणि आकाराने मध्यम असतो.

कलेक्टर - ट्रांझिस्टरमध्ये, जो विभाग एमिटरद्वारे पुरवलेल्या चार्ज कॅरियरचा बहुसंख्य भाग गोळा करतो त्याला कलेक्टर म्हणतात. कलेक्टर-बेस जंक्शन नेहमी रिव्हर्स बायस असतो. ट्रांझिस्टरचा कलेक्टर विभाग माफक (Moderate) प्रमाणात डोपिंग केलेला आहे, परंतु आकाराने मोठा आहे जेणेकरून ते एमिटरद्वारे पुरवलेले बहुतेक चार्ज कॅरियर गोळा करू शकेल.

बेस - ट्रांझिस्टरचा मधला भाग बेस म्हणून ओळखला जातो. बेस दोन सर्किट्स बनवतो, एमिटरसह इनपुट सर्किट(Circuit) आणि कलेक्टरसह आउटपुट सर्किट(Circuit). एमिटर-बेस फॉरवर्ड-बायस्ड आहे आणि सर्किटला (Circuit) लो रेझिस्टन्स देते. कलेक्टर-बेस जंक्शन रिव्हर्स बायसमध्ये आहे आणि सर्किटला हाय रेझिस्टन्स देते. ट्रांझिस्टरचा बेस हलके डोप (Lightly Doped) केलेला आणि खूप थिन (Thin)असतो ज्यामुळे तो बेसला बहुसंख्य चार्ज कॅरियर देण्याची तयारी दर्शवतो.

ट्रांझिस्टरचे कार्य तत्त्व (Transistor working principle):

एनपीएन (N-P-N) ट्रांझिस्टरचे काम:



आकृती 2.2 N-P-N ट्रांझिस्टर

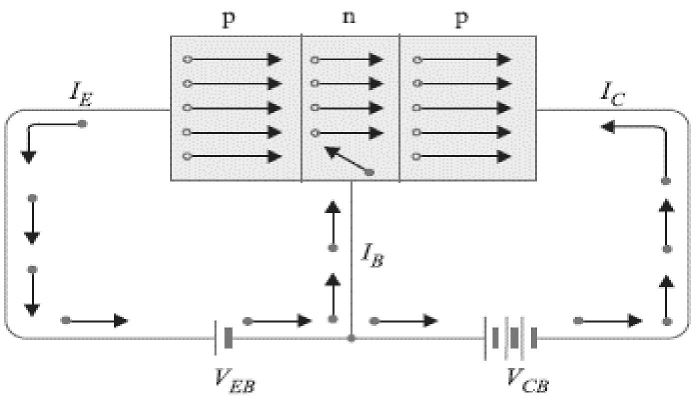
आकृती. 2.2 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे N-P-N ट्रांझिस्टरला एमिटर बेस जंक्शन फॉरवर्ड बायस आणि कलेक्टर-बेस जंक्शन रिव्हर्स बायस असते. फॉरवर्ड बायसमुळे, N-टाईप एमिटर मधील इलेक्ट्रॉन्स बेसकडे वाहतो. यामुळे विद्युत् प्रवाह (Current) I_E तयार होतो. हे इलेक्ट्रॉन P-टाइप बेसमधून वाहतात म्हणून, ते होल्स बरोबर एकत्र होतात. बेस हलके डोप (lightly doped) केलेला आणि खूप थिन (Thin) असल्यामुळे, फक्त काही इलेक्ट्रॉन (5% पेक्षा कमी) होल्ससोबत एकत्रित होऊन बेस विद्युत् प्रवाह (Current) I_B तयार होतो.

उर्वरित (95% पेक्षा जास्त) कलेक्टर क्षेत्रामध्ये ओलांडून कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) Ic तयार करतात.

अशा प्रकारे, कलेक्टर सर्किटमध्ये जवळजवळ संपूर्ण एमिटर विद्युत् प्रवाह (Current) वाहतो. हा एमिटर विद्युत् प्रवाह (Current) कलेक्टर आणि बेस करंट्सची बेरीज असते.

$I_E = I_B + I_C$

पीएनपी (P-N-P)ट्रांझिस्टरचे काम:



आकृती 2.3 पीएनपी ट्रांझिस्टर

आकृती 2.3 P-N-P ट्रांझिस्टरचे मूलभूत कनेक्शन दर्शविते. फॉरवर्ड बायसमुळे P-टाइप एमिटरमधील होल्स बेसकडे वाहतात याला एमिटर विद्युत् प्रवाह (Current) I_E असे म्हणत्तात. हे होल्स N-टाइप बेसमध्ये जात असताना, ते इलेक्ट्रॉन्ससह एकत्रित होतात. बेस हलके डोप(Lightly Doped) केलेला आणि खूप बारीक(thin) असल्यामुळे, फक्त काही इलेक्ट्रॉन (5% पेक्षा कमी) होल्ससोबत एकत्रित होऊन बेस विद्युत् प्रवाह (Current) I_B तयार होतो. उर्वरित (95% पेक्षा जास्त) कलेक्टर क्षेत्रामध्ये ओलांडून कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) Ic तयार करतात. अशा प्रकारे, जवळजवळ संपूर्ण एमिटर विद्युत् प्रवाह (Current) कलेक्टरमध्ये वाहतो

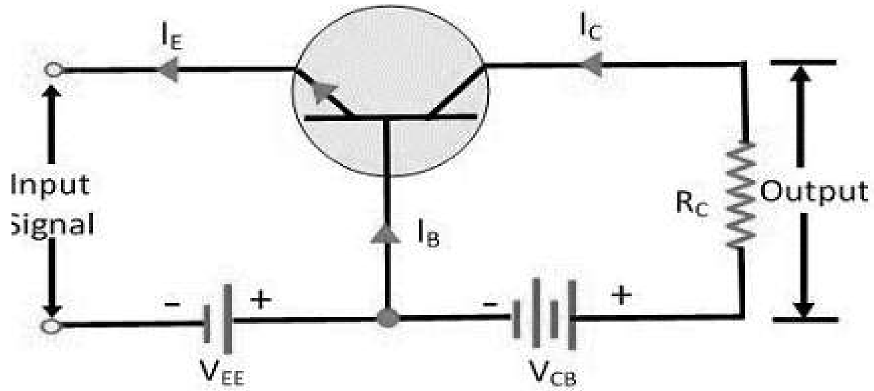
P-N-P ट्रांझिस्टरमध्ये हे लक्षात घेतले जाऊ शकते की विद्युत् प्रवाह (Current) कंडकशन हे होल्स मुळे होते तथापि, बाह्य कनेक्टिंग तारांमध्ये विद्युत् प्रवाह (Current) अजूनही इलेक्ट्रॉन्सद्वारे आहे. इनपुट परिपथ (सर्किट) (म्हणजे एमिटर-बेस जंक्शन) आहे. फॉरवर्ड बायसमुळे लो रेसिस्टन्स तर आउटपुट परिपथ (सर्किट) (म्हणजे कलेक्टर-बेस जंक्शन) मध्ये रिव्हर्स बायसमुळे हाय रेसिस्टन्स असतो. इनपुट एमिटर विद्युत् प्रवाह (Current) जवळजवळ संपूर्णपणे कलेक्टर परिपथ (सर्किट)मध्ये वाहतो. म्हणून, ट्रांझिस्टर इनपुट सिग्नल ट्रान्सफर करतो .लो रेसिस्टन्स परिपथ (सर्किट)पासून हाय रेसिस्टन्स परिपथ (सर्किट)पर्यंत. ट्रांझिस्टरच्या अॅप्लिफिकेशनसाठी हे मुख्य घटक जबाबदार आहेत.

2.3 ट्रांझिस्टर कॉन्फिगरेशन

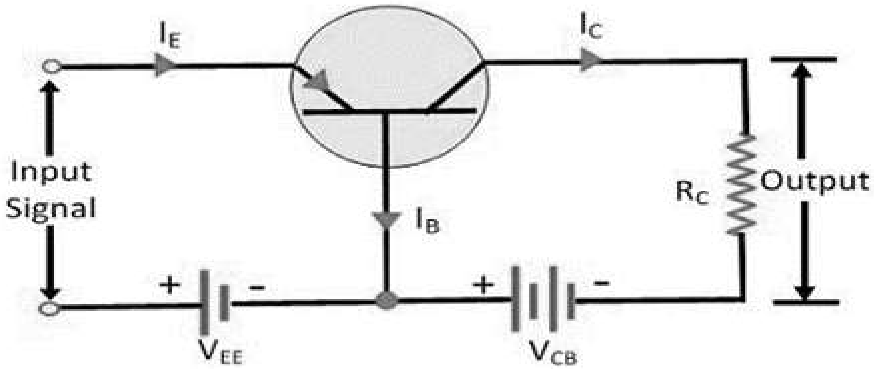
ट्रांझिस्टर जर दोन पोर्ट नेटकाम उपकरण म्हणून वापरायचा असेल तर त्यासाठी चार टर्मिनल ची आवश्यकता आहे.पण ट्रांझिस्टर ला ३ टर्मिनल असतात. त्यामुळे जर आपल्याला ट्रांझिस्टर टू पोर्ट नेटकाम नुसार वापरायचा असेल तर ट्रांझिस्टरच्या तीन टर्मिनल्स पैकी एक टर्मिनल हा इनपुट आणि आऊटपुट पोर्ट मध्ये कॉमन टर्मिनल म्हणून वापरू शकतो. त्यानुसार ट्रांझिस्टर खालील तीन कॉन्फिगरेशन मध्ये वापरता येतो

1. कॉमन बेस संरचना (कॉन्फिगरेशन)
2. कॉमन एमीटर संरचना (कॉन्फिगरेशन)
3. कॉमन कलेक्टर संरचना (कॉन्फिगरेशन)

1.कॉमन बेस्(CB) संरचना (कॉन्फिगरेशन)



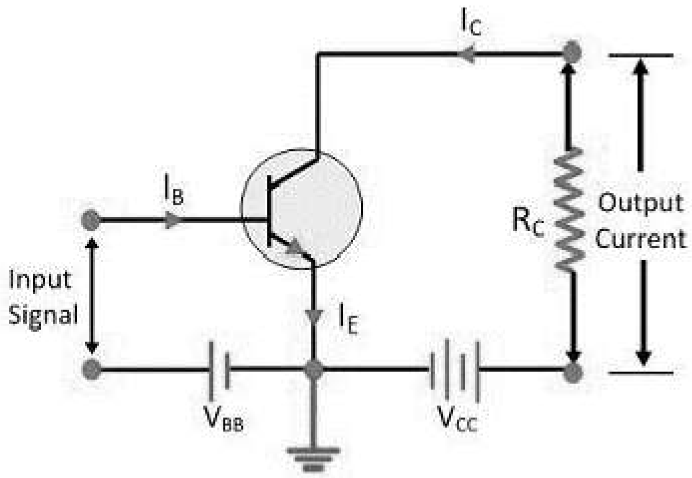
आकृती 2.4 कॉमन बेस्(CB) कॉन्फिगरेशन (N-P-N)



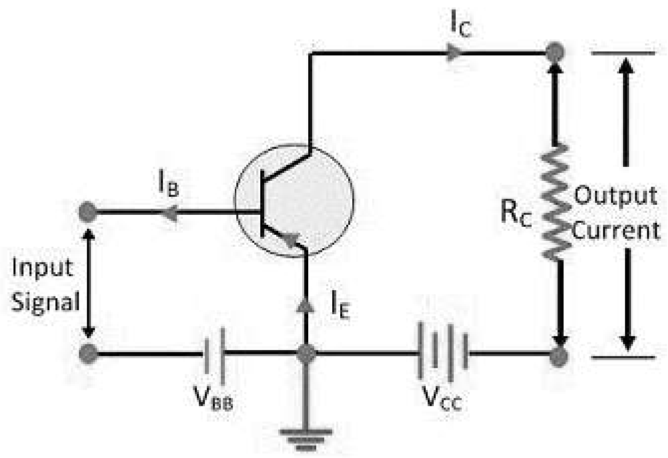
आकृती 2.5 कॉमन बेस्(CB) कॉन्फिगरेशन(P-N-P)

आकृती 2.4 मध्ये एन पी एन (N-P-N) ट्रांझिस्टर साठी कॉमन बेस् (CB) कॉन्फिगरेशन दाखवले आहे. आकृती 2.5 मध्ये पी एन पी (P-N-P) ट्रांझिस्टर साठी कॉमन बेस(CB) कॉन्फिगरेशन दाखवले आहे. CB कॉन्फिगरेशन मध्ये विद्युतदाब हे इमिटर आणि बेस मध्ये अप्लाय केले आहे. बेस हा इनपुट आणि आउटपुट पोर्ट मधील कॉमन टर्मिनल आहे. इथे इनपुट विद्युतदाब हे V_{EB} असून इनपुट विद्युत् प्रवाह (Current) I_E आहे .कलेक्टर आणि बेस मध्ये आउटपुट घेतले जाते. त्यामुळे V_{CB} हे आउटपुट विद्युतदाब असून I_C हा आउटपुट विद्युत् प्रवाह (Current) आहे.

2. कॉमन इमिटर(CE) संरचना (कॉन्फिगरेशन)



आकृती 2.6 कॉमन इमिटर(CE) कॉन्फिगरेशन(N-P-N)

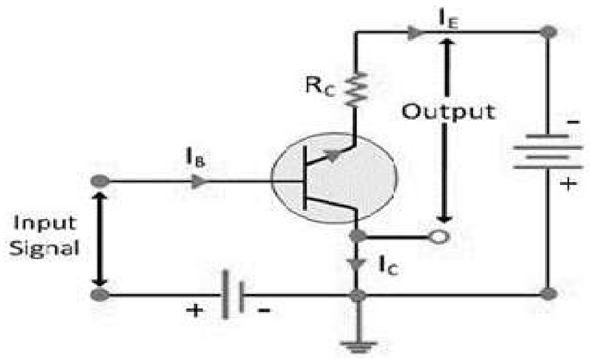


आकृती 2.7 कॉमन इमिटर(CE) कॉन्फिगरेशन(P-N-P)

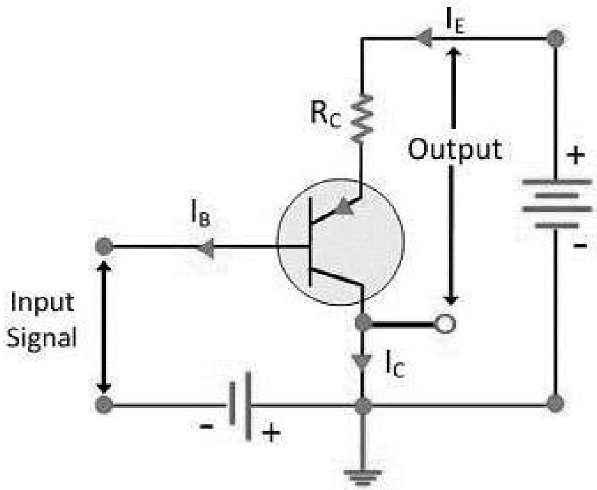
आकृती 2.6 मध्ये एन पी एन(N-P-N) ट्रांझिस्टर साठी कॉमन इमिटर(CE) कॉन्फिगरेशन दाखवले आहे

आकृती 2.7 मध्ये पी एन पी (P-N-P) ट्रांझिस्टर साठी कॉमन इमिटर(CE) कॉन्फिगरेशन दाखवले आहे CE कॉन्फिगरेशन मध्ये विद्युतदाब हे इमिटर आणि बेस मध्ये दिलेले आहे. इमिटर हा इनपुट आणि आउटपुट पोर्ट मधील कॉमन टर्मिनल आहे. इथे इनपुट विद्युतदाब हे V_{BE} असून इनपुट विद्युत् प्रवाह (Current) I_B आहे . कलेक्टर आणि इमिटर मध्ये आउटपुट घेतले जाते. त्यामुळे V_{CE} हे आउटपुट विद्युतदाब असून I_C हा आउटपुट विद्युत् प्रवाह (Current) आहे.

3.कॉमन कलेक्टर (CC) संरचना (कॉन्फिगरेशन)



आकृती 2.8 कॉमन कलेक्टर (CC) कॉन्फिगरेशन(NPN)



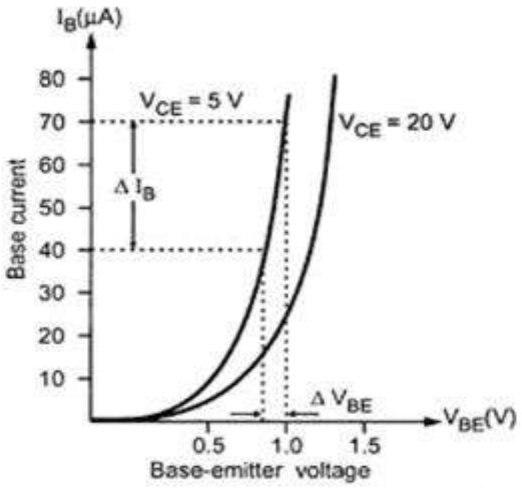
आकृती 2.9 कॉमन कलेक्टर (CC) कॉन्फिगरेशन(P-N-P)

आकृती 2.8 मध्ये एन पी एन(N-P-N) ट्रांझिस्टर साठी कॉमन कलेक्टर (CC) कॉन्फिगरेशन दाखवले आहे.

आकृती 2.9 मध्ये पी एन पी (PNP) ट्रांझिस्टर साठी कॉमन कलेक्टर (CC) कॉन्फिगरेशन दाखवले आहे.

CC कॉन्फिगरेशन मध्ये इनपुट विद्युतदाब हे कलेक्टर आणि बेस टर्मिनल मध्ये दिले आहे. कलेक्टर हा इनपुट आणि आउटपुट पोर्ट मधील कॉमन टर्मिनल आहे. इथे इनपुट विद्युतदाब हे V_{BC} असून इनपुट विद्युत् प्रवाह (Current) I_B आहे. कलेक्टर आणि इमिटर मध्ये आउटपुट घेतले जाते. त्यामुळे V_{EC} हे आउटपुट विद्युतदाब असून I_E हा आउटपुट विद्युत् प्रवाह (Current) आहे.

CE कॉन्फिगरेशन इनपुट वैशिष्टये (Characteristics)-

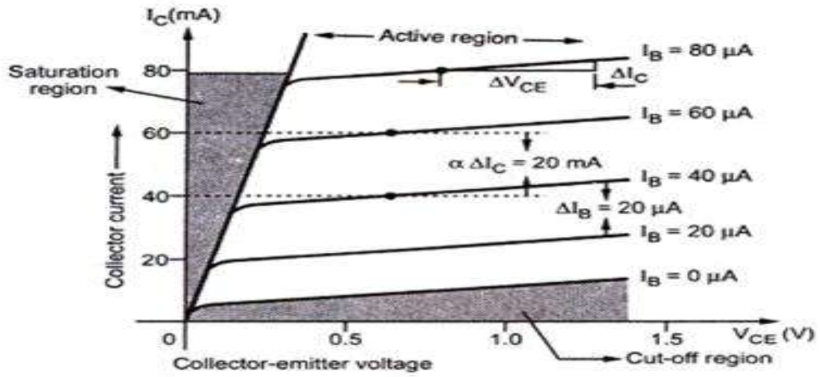


Input characteristics of the transistor in CE configuration

आकृती 2.10 CE कॉन्फिगरेशन इनपुट वैशिष्टये (Characteristics)

आकृती 2.10 मध्ये CE कॉन्फिगरेशन साठी इनपुट वैशिष्टये (characteristics) दाखवले आहे CE कॉन्फिगरेशन चे इनपुट वैशिष्टये (characteristics) ही इनपुट विद्युत् प्रवाह (Current) I_B आणि इनपुट विद्युतदाब V_{BE} यामधील संबंध दाखवते त्यावेळी आऊटपुट विद्युतदाब V_{CE} हा पॅरामीटर कॉन्स्टंट ठेवलेला असतो. इथे इनपुट विद्युत् प्रवाह (Current) हा बेस विद्युत् प्रवाह (Current) I_B असून इनपुट विद्युतदाब V_{BE} हा बेस इमिटर विद्युतदाब आहे तर V_{CE} हा कलेक्टर इमिटर आउटपुट विद्युतदाब आहे. आकृती 2.10 आलेख मध्ये दाखवल्यानुसार जर आपण V_{BE} ची व्हॅल्यू कॉन्स्टंट ठेवली आणि V_{CE} ची व्हॅल्यू वाढवत गेलो तर बेस् विद्युत् प्रवाह (Current) I_B कमी होतो.

CE कॉन्फिगरेशन आउटपुट पुट वैशिष्ट्ये (Characteristics)

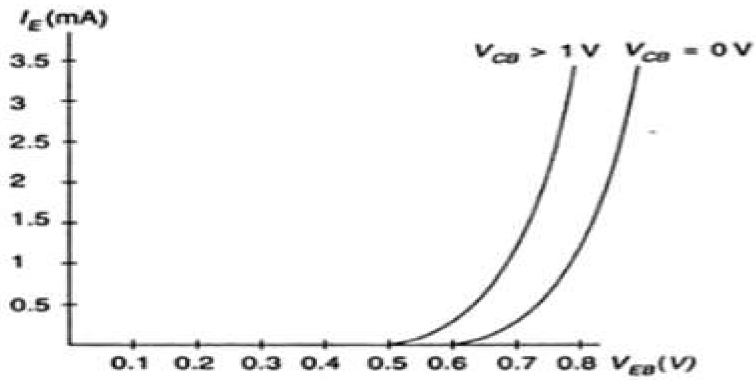


Output characteristics of the transistor in CE configuration

आकृती 2.11 CE कॉन्फिगरेशन आउटपुट पुट वैशिष्ट्ये (Characteristics)

आकृती 2.11 मध्ये दाखविल्याप्रमाणे आउटपुट वैशिष्ट्ये (Characteristics) ही आऊटपुट विद्युत् प्रवाह (Current) I_C आणि आऊटपुट विद्युतदाब V_{CE} यामधील संबंध दाखवते. हा ग्राफ वेगळ्या I_B च्या व्हॅल्यू साठी काढला आहे आलेखमध्ये दाखवल्यानुसार कार्याचे चे तीन रीजनस आहेत ,कट ऑफ, ऍक्टिव्ह आणि सचुरेशन रीजन. कट ऑफ रीजनमध्ये ट्रांझिस्टर हा ओपन स्विच म्हणून काम करतो. सचुरेशन रीजन मध्ये ट्रांझिस्टर क्लोज स्विच म्हणून काम करतो. ऍक्टिव्ह रीजनमध्ये ट्रांझिस्टर ऍम्प्लिफायर म्हणून काम करतो.

इनपुट वैशिष्ट्ये (Characteristics) ऑफ CB कॉन्फिगरेशन-



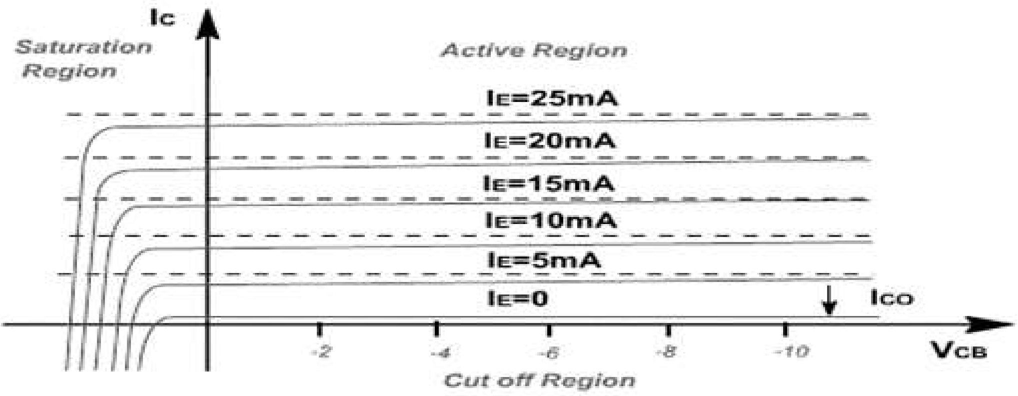
CB input characteristics

आकृती 2.12 CB कॉन्फिगरेशन इनपुट वैशिष्ट्ये (Characteristics)

आकृती 2.12 मधील आलेख मध्ये दाखवल्यानुसार CB कॉन्फिगरेशन ची इनपुट वैशिष्ट्ये (Characteristics) ही इनपुट विद्युत् प्रवाह (Current) I_E आणि इनपुट विद्युतदाब V_{BE} यामधील संबंध दाखवते. आलेख मध्ये दाखवल्यानुसार इनपुट वैशिष्ट्ये (Characteristics) ही कॉन्स्टंट आउटपुट विद्युतदाब V_{CB} च्या खाली काढली आहे.

इनपुट वैशिष्ट्ये ही P-N जंक्शन डायोड च्या फॉरवर्ड वैशिष्ट्ये (Characteristics) सारखी आहे. कट इन विद्युतदाबपर्यंत इमिटर विद्युत् प्रवाह (Current) हा निगलिजिबल (Negligible) असून, त्यानंतर तो स्मॉल V_{BE} च्या वाढल्यामुळे तीव्र वाढतो

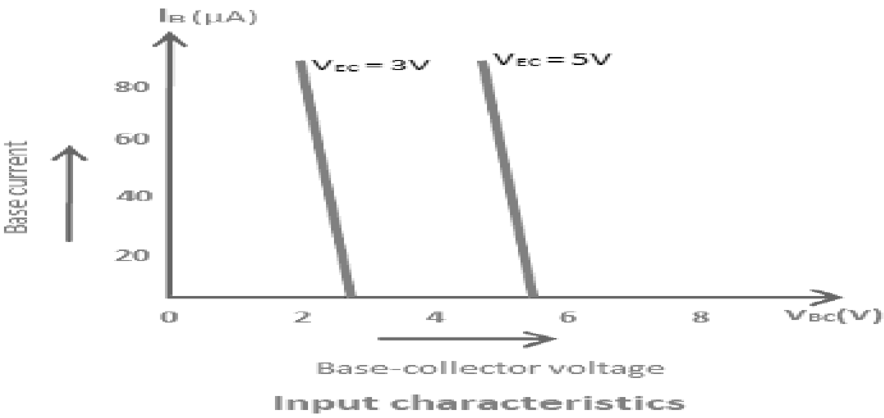
आउटपुट वैशिष्टये (characteristics) ऑफ CB कॉन्फिगरेशन-



आकृती 2.13 आउटपुट वैशिष्टये (Characteristics) CB कॉन्फिगरेशन

आकृती 2.13 मधील आलेखमध्ये दाखवल्यानुसार C_B कॉन्फिगरेशन ची आऊटपुट वैशिष्टये (Characteristics) ही आऊटपुट विद्युत् प्रवाह (Current) I_C आणि आऊटपुट विद्युतदाब V_{CB} यामधील संबंध दाखवते आलेख मध्ये दाखवल्यानुसार आऊटपुट वैशिष्टये (Characteristics) ही कॉन्स्टंट इनपुट विद्युत् प्रवाह (Current) I_E च्या खाली काढली केली आहे.

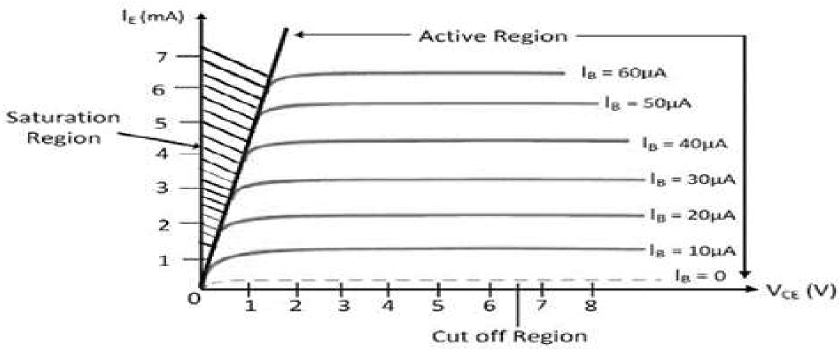
इनपुट वैशिष्टये (characteristics) ऑफ CC कॉन्फिगरेशन-



आकृती 2.14 CC कॉन्फिगरेशन चे इनपुट वैशिष्टये (Characteristics)

आकृती 2.14 मधील ग्राफ मध्ये दाखवल्यानुसार CC कॉन्फिगरेशन ची इनपुट वैशिष्टये (Characteristics) ही इनपुट विद्युत् प्रवाह (Current) I_B आणि इनपुट विद्युतदाब V_{BC} यामधील रिलेशन दाखवते. ग्राफ मध्ये दाखवल्यानुसार इनपुट वैशिष्टये (Characteristics) ही कॉन्स्टंट आऊटपुट विद्युतदाब V_{CE} च्या खाली काढली केली आहे.

आउटपुट वैशिष्टये (characteristics) ऑफ CC कॉन्फिगरेशन-



आकृती 2.15 CC कॉन्फिगरे शनचे आउटपुट वैशिष्टये (Characteristics)

आकृती 2.15 मधील आलेख मध्ये दाखवल्यानुसार CC कॉन्फिगरेशन ची आऊटपुट वैशिष्टये (Characteristics) ही आऊटपुट विद्युत् प्रवाह (Current) I_E आणि आऊटपुट विद्युतदाब V_{EC} यामधील रिलेशन दाखवते. ग्राफ मध्ये दाखवल्यानुसार आऊटपुट वैशिष्टये (Characteristics) ही कॉन्स्टंट इनपुट विद्युत् प्रवाह (Current) I_B च्या खाली काढली केली आहे.
CC कॉन्फिगरेशन ची आऊटपुट वैशिष्टये (Characteristics) ही CE कॉन्फिगरेशन ची आऊटपुट वैशिष्टये (Characteristics)च्या सारखी आहे.
कारण
$I_C = I_E$ ……($I_E = I_C + I_B$ बेस विद्युत् प्रवाह (Current) हा नगण्य असतो)

α आणि मधील β रिलेशनशिप:

1. α इन्टम्सऑफ β

बेस विद्युत् प्रवाह (Current) ऍम्प्लिफिकेशन फॅक्टर(α)- अल्फा हा कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) आणि इमीटर विद्युत् प्रवाह (Current) यांचा गुणोत्तर आहे.

$\alpha = I_C / I_E$

इमीटर विद्युत् प्रवाह (Current) ऍम्प्लिफिकेशन फॅक्टर(β)
बीटा हा कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) आणि बेस विद्युत् प्रवाह (Current) यांचा गुणोत्तर आहे.

$\beta = I_C / I_B$
इमीटर विद्युत् प्रवाह (Current)
$I_E =/ I_B + I_C$

दोन्ही साईडला IC ने डिव्हाइड करा

$I_E / Ic = I_B / Ic + Ic/Ic$

$I_E / Ic = I_B / Ic + 1$

$1/\alpha = 1/\beta + 1$ [$\because \alpha = Ic/ I_E, \beta = Ic/ I_B$]

$1/\alpha = 1 + \beta/\beta$

त्यामुळे

$\alpha = \beta/1+\beta$ ……………..(1)

2. β इन्टम्स ऑफ α

$\alpha = \beta/1+\beta$ …….. इक्वेशन 1वरून
त्यामुळे

$\beta = \alpha + \alpha\beta$

$\beta - \alpha\beta = \alpha$

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

$\boldsymbol{\beta = \alpha/(1-\alpha)}$

CB,CE,CC मधील फरक

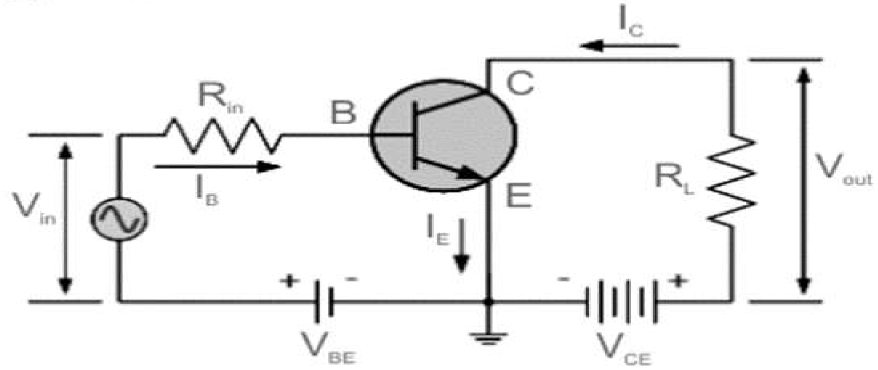
पॅरामीटर्स	कॉमन बेस(CB)	कॉमन इमीटर(CE)	कॉमन कलेक्टर(CC)
इनपुट डायनामिक रेझिस्टन्स	खूप कमी	कमी	खूप जास्त
आउटपुट डायनामिक रेझिस्टन्स	खूप जास्त	जास्त	कमी
विद्युत् प्रवाह (Current) गेन	1 पेक्षा कमी	जास्त	खूप जास्त
विद्युतदाब गेन	CCपेक्षा जास्त तर CE पेक्षा कमी	सर्वात जास्त	सर्वात कमी
पावर(POWER) गेन	मिडीयम	सर्वात जास्त	मिडीयम
लिकेज विद्युत् प्रवाह (CURRENT)	खूप कमी	खूप जास्त	खूप जास्त
इनपुट आउटपुट मधील रिलेशनशिप	इन फेज	आऊट ऑफ फेज	इन फेज
अनुप्रयोग	उच्च फ्रिक्वेन्सी एप्लीकेशनस	ऑडिओ फ्रिक्वेन्सी एप्लीकेशनस	इमपिडन्स मॅचिंग करता

2.4 बीजेटी (ट्रांझिस्टर) बायसिंग

डीसी लोड लाइन-

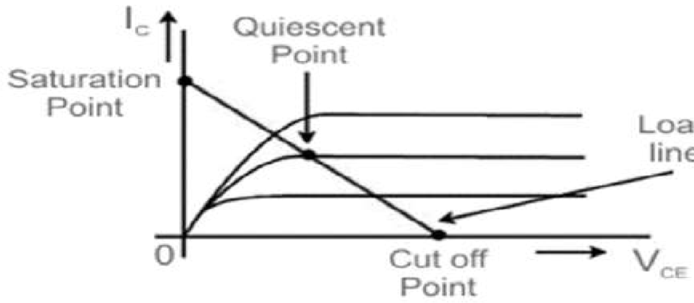
डी सी लोड लाईनची गरज-

हे योग्य DC ऑपरेटिंग पॉइंट निर्धारित करण्यासाठी वापरले जाते, ज्याला अनेकदा क्यू पॉइंट म्हणतात.ट्रांझिस्टरची DC लोड लाइन दिलेल्या लोडसाठी विद्युत् प्रवाह (Current) आणि विद्युतदाब यामधील संबंध दाखवते.ट्रांझिस्टर एप्लीकेशन एनालिसिस मध्ये वारंवार वापरली जाणारी ही पद्धत आहे.



आकृती 2.16 कॉमन इमिटर ट्रांझिस्टर परिपथ (सर्किट)

कन्सिडर कॉमन इमिटर ट्रांझिस्टर परिपथ (सर्किट) आकृती 2.16 मध्ये दाखवल्यानुसार . ज्यामध्ये इनपुटला कोणताही सिग्नल अप्लाय केलेला नाही .



आकृती 2.17 आउटपुट वैशिष्ट्ये (Characteristics)

परिपथ (सर्किट)चे आउटपुट वैशिष्ट्ये वरील आकृती 2.17 प्रमाणे आहे. किर्चोफ्फ विद्युतदाब नियम (Kirchoff's Law) कलेक्टर परिपथ (सर्किट)ला अप्लाय केल्यावर आपल्याला खालील इक्वेशन मिळते

$V_{CE}=V_{CC}-I_C.R_C$ ……….(1)

$IC=(-1R_C)/V_{CE}+V_{CC}/Rc$ ……….(2)

y=mx+C

इक्वेशन 2 हे, y=mx+C या फॉर्ममध्ये आहे जे आउटपुट वैशिष्ट्ये (Characteristics) वर स्ट्रेट लाईन रिप्रेझेंट करते. ही डीसी लोड लाइन म्हणून ओळखली जाते,

ही V_{CE} आणि I_C मधील Curve ठरवते, दिलेल्या कोणत्याही Rc व्हॅल्यू साठी.

1.ज्यावेळी कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) IC=0 असतो, तेव्हा कलेक्टर इमिटर विद्युतदाब

$V_{CE}=V_{CC}$ इतका असतो.

1.पहिला पॉईंट B, $(V_{CC},0)$

2.जेव्हा कलेक्टर-एमिटर विद्युतदाब VCE= 0 असतो, तेव्हा कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current)

$I_C=V_{CC}/R_C$ इतका असतो.

दुसरा पॉईंट A $(0, V_{CC}/R_C)$

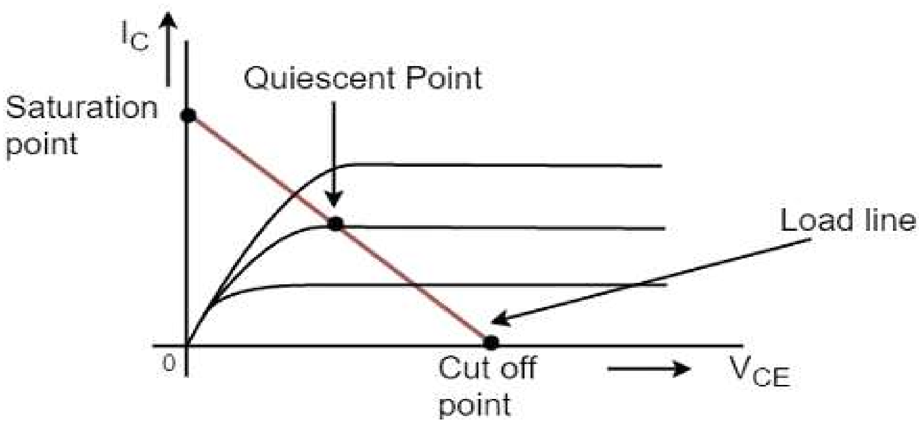
बिंदू A आणि B जोडून, D.C लोड लाइन दाखवल्याप्रमाणे तयार केली जाते.

Q-पॉइंट/ किंवा ऑपरेटिंग पॉइंट-

क्यू पॉइंट किंवा ऑपरेटिंग पॉइंट हा एक स्थिर डीसी विद्युतदाब आणि स्थिर विद्युत् प्रवाह (Current) पातळी दर्शवतो, ज्यावर ट्रांझिस्टर ऑपरेट होतो/ कार्य करतो.

इनपुटला कोणताही सिग्नल दिला जात नसताना I_C (कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current)) किंवा V_{CE} (कलेक्टर-एमिटर विद्युतदाब) च्या व्हॅल्यू मधून प्राप्त होणारा बिंदू ट्रांझिस्टरमधील ऑपरेटिंग पॉइंट किंवा Q-पॉइंट म्हणून ओळखला जातो. याला ऑपरेटिंग पॉइंट असेही म्हणतात.

Q-पॉइंट ची व्हॅल्यू खाली आकृती 2.18 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे डीसी लोड लाइन वरून काढता येते.



आकृती 2.18 Q-पॉइंट

ट्रांझिस्टरच्या सुरक्षित ऑपरेशनसाठी आणि योग्य कार्यप्रदर्शनासाठी Q बिंदू अचूकपणे सेट करणे महत्वाचे आहे.

ऑपरेटिंग पॉइंटची निवड

डीसी लोड लाईनवर वेगवेगळ्या स्थानांवर ऑपरेटिंग पॉइंट निवडला जाऊ शकतो, संपृक्तता रीजन जवळ, कट ऑफ रीजन जवळ किंवा ऍक्टिव्ह रीजन जवळ. क्यू-पॉइंटची स्थिती ट्रांझिस्टरच्या अनुप्रयोगांवर अवलंबून असते. जर ट्रांझिस्टरचा वापर स्विच म्हणून केला असेल तर ओपन स्विचसाठी क्यू-पॉइंट पोझिशन कटऑफ रीजनमध्ये असेल क्लोज स्विचसाठी, क्यू-पॉइंट संपृक्तता रीजनमध्ये असेल. जेव्हा ट्रांझिस्टर ऍम्प्लिफायर म्हणून म्हणून वापरायचा असेल तेव्हा Q पॉईंट डीसी लोड लाइन, च्या मध्यभागी निवडला पाहिजे.

Q पॉईंट वर परिणाम करणारी कारणे-

जेव्हा तापमान बदलते किंवा ट्रांझिस्टर बदलला जातो तेव्हा ऑपरेटिंग पॉइंट देखील बदलतो. ऑपरेटिंग पॉइंट बदलल्यास, ट्रांझिस्टर अयोग्य रीजनमध्ये काम करु शकतो, त्यामुळे डिस्टोर्टेड आउटपुट सिग्नल मिळते .

एकदा ऑपरेटिंग पॉइंट निश्चित झाल्यानंतर, ते स्थिर असणे अपेक्षित आहे. परंतु ऑपरेटिंग पॉइंट (क्यू-पॉइंट) खालील घटकांमुळे त्याचे स्थान बदलू शकतो.

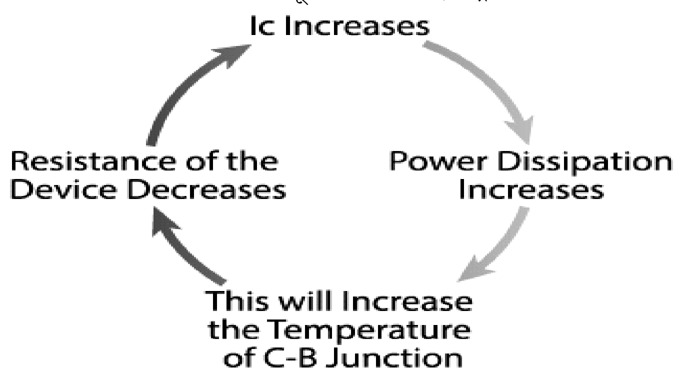
1) ट्रांझिस्टर पॅरामीटर्समधील फरक (β आणि VBE) (जेव्हा ट्रांझिस्टर नवीन ट्रांझिस्टरने बदलला जातो)
2) बेस-एमिटर विद्युतदाबमधील फरक (V_{BE})
3) विद्युत् प्रवाह (Current) गेन β मधील फरक
4) कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) मध्ये कोणतेही बदल (I_C)
5) कलेक्टर लीकेज विद्युत् प्रवाह (Current) मधील बदल (I_{CBO})
6) तापमानातील बदल

थर्मल रनअवे

थर्मल रनअवे अशा परिस्थितीत उद्भवते जेव्हा तापमानात वाढ झाल्यामुळे परिस्थिती बदलते ज्यामुळे तापमानात आणखी वाढ होते, ज्यामुळे अनेकदा विनाशकारी परिणाम होतो.

थर्मल रनअवे ही द्विध्रुवीय ट्रांझिस्टरमध्ये जंक्शन तापमानात जास्त वाढ असलेल्या इलेक्ट्रो-थर्मलधनफीडबॅकमुळे उद्भवणारी एक घटना आहे. थर्मल रनअवे (किंवा थर्मल अस्थिरता) ची उत्पत्ती कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) I_c आयसीच्या सकारात्मक तापमान अवलंबनाशी जवळून संबंधित आहे, जी निश्चित V_{BE} साठी वाढत्या तापमानासह वाढते.

वाढत्या तापमानामुळे वाढत्या कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) ची समस्या ही आहे की अधिक विद्युत् प्रवाह (Current) ट्रांझिस्टरद्वारे विसर्जित होणारी पावरवाढवते ,ज्यामुळे त्याचे तापमान वाढते. हे चक्र थर्मल रन अवे म्हणून ओळखले जाते, जे ट्रांझिस्टर खराब करू शकते.



आकृती 2.19 थर्मल रनअवे

ट्रांझिस्टरमध्ये थर्मल रन अवे साठी अनेक घटक कारणीभूत ठरू शकतात,

थर्मल रन अवे ची कारणे

1.सभोवतालचे उच्च तापमान.

2.डिव्हाइसमधून वाहणारी उच्च विद्युत् प्रवाह (Current) पातळी.

3.पावरअपव्यय (डिसिपेशनची) उच्च पातळी.

बायपोलर ट्रांझिस्टर (BJTs) आणि फील्ड-इफेक्ट ट्रांझिस्टर (FETs) सह कोणत्याही प्रकारच्या ट्रांझिस्टरमध्ये थर्मल रनअवे प्रोसेस उद्भवू शकते. ट्रांझिस्टरमध्ये, थर्मल रनअवे हे सामान्यत:हाय लेवल कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) मुळे होते आणि फील्ड-इफेक्ट ट्रांझिस्टरमध्ये, ते हाय लेवल ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) मुळे होते. दोन्ही बाबतीत, तापमानात वाढ झाल्यामुळे ट्रांझिस्टर अधिक कनडक्टिव्ह बनू शकते, ज्यामुळे विद्युत् प्रवाह (Current) वाढतो आणि तापमानात आणखी वाढ होते.

थर्मल रनअवे टाळण्यासाठी उपाय योजना-

1.ट्रांझिस्टर त्याच्या प्रमाणित तापमान आणि पावर(Power) क्षमतामध्येच वापरला गेला पाहिजे

2.अतिरीक्त उष्णता नष्ट करण्यासाठी उष्णतारोधक किंवा इतर कुलिंग उपकरणे वापरणे.

3.उच्च पावररेटिंगसह ट्रांझिस्टर वापरणे.

4.थर्मल रन अवे साईड इफेक्ट कमी करण्यासाठी योग्य परिपथ (सर्किट) डिझाइन तंत्र वापरणे देखील महत्त्वाचे आहे. आवश्यक विद्युत् प्रवाह (Current) आणि पावर(Power) लेव्हल साठी योग्य बायसिंग टेक्निक वापरणे गरजेचे आहे की जेणेकरून ट्रांझिस्टर स्थिर रीजनमध्ये कार्यक्षम राहील.

उष्णतारोधक (Heatsink)

सेमीकंडक्टर उपकरणांमध्ये उष्णतारोधकचे कार्य तापमान वाढ नियंत्रित करणे आहे. उष्णतारोधक एकतर ॲल्युमिनियम किंवा तांबे किंवा इतर कोणत्याही सामग्रीचे बनलेले असतात, जे उष्णतेचे चांगले वाहक असतात. ट्रांझिस्टरच्या अतिरिक्त उष्णतेचे उत्सर्जन करण्यासाठी ट्रांझिस्टरमध्ये उष्णतारोधकचा वापर केला जातो.

उष्णतारोधक बनवण्यासाठी तांबे हा उत्तम पदार्थ आहे कारण त्याची कण्डक्टिव्हिटी सुद्धा जास्त आहे पण कमी किमंतीमुळे तसेच लाईट वेट असल्यामुळेआणि चांगली कंडक्टिव्हिटी पण असल्यामुळे ॲल्युमिनियम चा जास्त वापर केला जातो उष्णतारोधक निर्माण करण्यासाठी.

उष्णतारोधक हाय टेम्परेचर कंपोनंट, जसं की ट्रांझिस्टर मधून उष्णता कमी तापमानचे मिडीयम जसं की हवा ,तेल, पाणी किंवा इतर कोणत्याही योग्य मिडीयम कडे कंडक्शन आणि संवहनाद्वारे ट्रान्स्फर करते.

ट्रांझिस्टर बायसिंग

ट्रांझिस्टर बायसिंग ही ट्रांझिस्टरचे डीसी ऑपरेटिंग विद्युतदाब किंवा विद्युत् प्रवाह (Current) योग्य मूल्यावर ठेवण्याची प्रक्रिया आहे की ज्यामुळे ट्रांझिस्टर कोणत्याही एसी इनपुट सिग्नल ला योग्य पद्धतीने ऍम्प्लिफाय करू शकेल .

ट्रांझिस्टर हे सर्वात मोठ्या प्रमाणात वापरल्या जाणाऱ्या सेमीकंडक्टर उपकरणांपैकी एक आहे, जे ऍम्प्लिफिकेशन आणि स्विचिंगसह विविध प्रकारच्या अनुप्रयोगांसाठीसाठी वापरले जाते. हे फंक्शन्स योग्य काम होण्यासाठी ट्रांझिस्टरला विशिष्ट प्रमाणात विद्युतदाब आणि विद्युत् प्रवाह (Current) प्रदान करणे आवश्यक आहे.

ट्रांझिस्टर परिपथ (सर्किट)साठी या कंडिशन्स सेट करण्याच्या प्रक्रियेस ट्रांझिस्टर बायसिंग म्हणतात.

ट्राजिस्टर बायसिंग चे प्रकार

1.फिक्सड बायसिंग

2.बेस बायस विथ इमीटर फीडबॅक

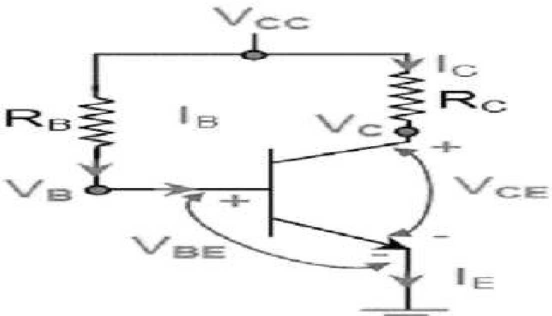
3.इमीटर बायस

4.इमीटर फीडबॅक बायस

4.कलेक्टर फीडबॅक बायस

5. विद्युतदाब डीवायडर (divider)

1.फिक्सड बायसिंग



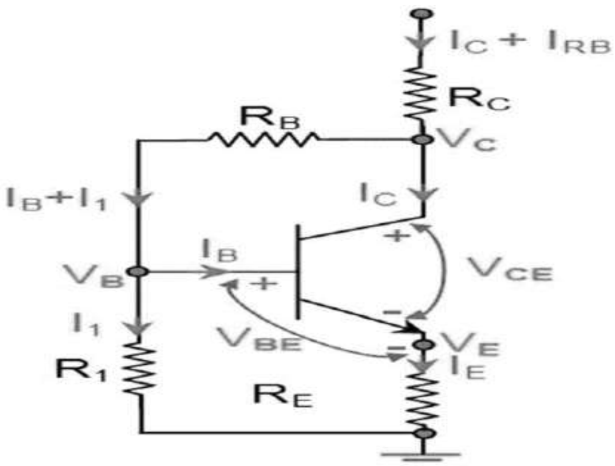
आकृती 2.20 फिक्सड बायसिंग

वरील आकृती 2.20 मध्ये दाखवल्यानुसार बेस रजिस्टर R_B हा बेस आणि V_{CC} मध्ये जोडलेला आहे. I_B विद्युत् प्रवाह (Current) प्रवाहित झाल्यामुळे, R_B रजिस्टर अक्रॉस विद्युतदाब ड्रॉप होतो, त्यामुळे बेस् इमिटर जंक्शन फॉरवर्ड बायस मध्ये काम होते. इथे V_{CC} आणि V_{BE} ची व्हॅल्यू फिक्स आहेत तसेच R_B ची व्हॅल्यू स्थिर आहे.

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

यामुळे I_B ची कॉन्स्टंट व्हॅल्यू मिळते परिणामी एक स्थिर ऑपरेटिंग पॉईंट बनतो. ज्यामुळे परिपथ (सर्किट)ला फिक्स बेस बायस असे नाव दिले आहे. फिक्सड बायस हे सर्वात सिम्पल आणि कमी कंपोनंट वापरून बनवलेले परिपथ (सर्किट) आहे, शिवाय R_B ची व्हॅल्यूमध्ये बदल करून ऑपरेटिंग पॉईंट ऍक्टिव्ह(active) रीजनमध्ये मध्ये कुठेही स्थलांतरीत करू शकतो.

2.बेस बायस विथ इमीटर फीडबॅक

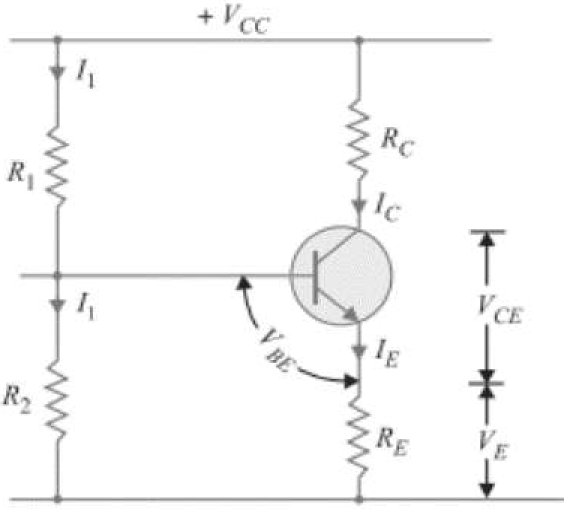


आकृती 2.21 बेस बायस विथ इमीटर फीडबॅक

बेस बायस विथ इमीटर फीडबॅक आकृती 2.21 मध्ये दाखवल्यानुसार आहे. या प्रकारच्या बायसिंग पद्धतीमध्ये मध्ये दोन्ही, कलेक्टर बेस फीडबॅक आणि इमीटर बेस फीडबॅक वापरल्यामुळे जास्त स्टॅबिलिटी मिळते. वरील आकृतीमध्ये दाखवल्यानुसार येथे, I_E विद्युत् प्रवाह (Current) वहन झाल्यामुळे इमिटर रजिस्टर I_E च्या अक्रॉस जो विद्युतदाब ड्रॉप होतो त्यामुळे एमिटर-बेस जंक्शन फॉरवर्ड बायस्ड होते. टेंपरेचर मध्ये वाढ झाल्यामुळे कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) I_C मध्ये वाढ होते परिणामी इमिटर विद्युत् प्रवाह (Current) I_E सुद्धा वाढतो. ज्यामुळे रजिस्टर R_E च्या अक्रॉस विद्युतदाब ड्रॉप वाढतो आणि कलेक्टर होल्टेज V_C आणि बेस विद्युत् प्रवाह (Current) I_B कमी होतो याच्या एकत्र इफेक्ट मुळे I_C त्याची ओरिजनल व्हॅल्यू रिटेन करतो. याचा परिणाम डीजनरेटिव्ह (degenerative) फीडबॅकमुळे आउटपुट गेन कमी होतो ज्याला अनवांटेड एसी फीडबॅक म्हणू शकतो. लार्ज बायपास कॅपॅसिटर इमिटर रजिस्टरच्या अक्रॉस कनेक्ट केल्यास हा इफेक्ट कमी करता येतो.

$$I_{RB} = 0.1 I_C = I_B + I_1$$
$$V_E = I_E R_E = 0.1 V_{CC}$$
$$V_C = V_{CC} - (I_C + I_{RB}) R_C$$
$$V_B = V_{BE} + V_E = I_1 R_1 = V_C - (I_1 + I_B 0 R_B$$
$$I_C = \beta I_B, \;\; I_E \approx I_C$$

3. विद्युतदाब डिव्हायडर बायस



आकृती 2.22. विद्युतदाब डिव्हायडर बायस

विद्युतदाब डिव्हायडर बायस आकृती 2.22 मध्ये दाखवल्यानुसार आहे. विद्युतदाब डिव्हायडर बायस याला एमिटर विद्युत् प्रवाह (Current) बायस असेही म्हणतात, हे तीन मूलभूत ट्रांझिस्टर बायसिंग सर्किट्सपैकी सर्वात स्थिर आहे. विद्युतदाब डिव्हायडर बायस परिपथ (सर्किट) आकृतीमध्ये दाखवला आहे. एमिटरसह सिरीज (series) मध्ये एमिटर रेझिस्टर R_E जोडलेले असल्याचे दिसून येते, जेणेकरून ट्रांझिस्टरसह सिरीज मध्ये एकूण डी.सी (DC) लोड (R_c+ R_E) असेल आणि आणि परिपथ (सर्किट)साठी डी.सी (DC) लोड लाइन(load line) काढताना हा रेसिस्टन्स वापरला जाणे आवश्यक आहे. रेझिस्टर R_1 आणि R_2 हे विद्युतदाब डिव्हायडर बनवतात, जे बेस बायस विद्युतदाब तयार करण्यासाठी सप्लाय विद्युतदाब डिव्हाइड करतात. विद्युतदाब डिव्हायडर बायस सर्किट्स सामान्यत: विद्युतदाब डिव्हायडर विद्युत् प्रवाह (Current) (I_1), ट्रांझिस्टर बेस विद्युत् प्रवाह (Current) (I_B) पेक्षा खूप मोठा असण्यासाठी डिझाईन केलेला असतो. I_B हा V_{BE} वर मोठ्या प्रमाणात परिणाम करतो. त्यामुळे V_{BE} कॉन्स्टंट राहील असे गृहीत धरले जाते. V_B ला कॉन्स्टंट ठेवले तर इमिटर रजिस्टर च्या अक्रॉस चे विद्युतदाब पण कॉन्स्टंट राहते याचा अर्थ इमिटर विद्युत् प्रवाह (Current) कॉन्स्टंट आहे. कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) जवळपास इमिटर विद्युत् प्रवाह (Current) इतका असतो त्यामुळे I_C कॉन्स्टंट राहतो.
ट्रांझिस्टर कलेक्टर टू एमिटर विद्युतदाब,

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

जर Ic आणि IE कॉन्स्टंट राहिले तर ट्रांझिस्टर कलेक्टर- एमिटर विद्युतदाब सुद्धा कॉन्स्टंट राहते.

सोडवलेली उदाहरणे:

1.कॉमन बेस कनेक्शनमध्ये, I_E= 1mA, I_C = 0.95mA. I_B ची व्हॅल्यू मोजा.

$$I_E = I_B + I_C$$
$$1 = I_B + 0.95$$
$$I_B = 1 - 0.95 = 0.05 \text{ mA}$$

2.कॉमन बेस कनेक्शनमध्ये विद्युत् प्रवाह (Current) ॲम्प्लिफीकेशन फॅक्टर=0.9 आहे, एमिटर विद्युत् प्रवाह (Current) I_E= 1mA आहे ,तर बेस विद्युत् प्रवाह (Current) ची मूल्य काढा.

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

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

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

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

iii) $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} = \frac{0.99}{1-0.99} = 99$

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

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

5.ट्रांझिस्टरमधील कलेक्टर लीकेज विद्युत् प्रवाह (Current) सीई कॉन्फिगरेशन व्यवस्थेमध्ये 300 μA आहे, जर आता ट्रांझिस्टर CB कॉन्फिगरेशन मध्ये कनेक्ट केला तर दिलेल्या बीटा साठी लिकेज विद्युत् प्रवाह (Current) ची व्हॅल्यू काढा , β = 120.

$$I_{CEO} = 300\ \mu\text{A}$$
$$\beta = 120 \ ; \ \alpha = \frac{\beta}{\beta+1} = \frac{120}{120+1} = 0.992$$
$$I_{CEO} = \frac{I_{CBO}}{1-\alpha}$$
$$I_{CBO} = (1-\alpha)\, I_{CEO} = (1-0.992) \times 300 = 2.4\ \mu\text{A}$$

6. ट्रांझिस्टरमध्ये $I_B = 20\ \mu A$, $I_C = 2$ mA and $\beta = 80$ तर I_{CBO} ची मूल्य काढा.

$$I_C = \beta I_B + I_{CEO}$$
$$2 = 80 \times 0.02 + I_{CEO}$$
$$I_{CEO} = 2 - 80 \times 0.02 = 0.4 \text{ mA}$$
$$\alpha = \frac{\beta}{\beta + 1} = \frac{80}{80 + 1} = 0.988$$
$$I_{CBO} = (1 - \alpha)\ I_{CEO} = (1 - 0.988) \times 0.4 = 0.0048 \text{ mA}$$

स्वाध्याय:

1. ट्रांझिस्टर परिभाषित करा. त्याचे प्रकार सांगा.
2. N-P-N आणि P-N-P ट्रांझिस्टरचे चिन्ह काढा.
3. कोणतेही दोन BJT बायसिंग सर्किट्स ऑपरेटिंग पॉइंटच्या संदर्भात सूचीबद्ध करा.
4. ट्रांझिस्टरचे अल्फा(α) आणि बीटा(β) परिभाषित करा आणि त्यांच्यातील संबंध सांगा.
5. विविध क्षेत्रांच्या योग्य लेबलिंगसह CE कॉन्फिगरेशनची इनपुट आणि आउटपुट वैशिष्ट्ये(Characteristics) काढा.
6. ट्रांझिस्टर अनुप्रयोग सांगा.
7. N-P-N ट्रांझिस्टरच्या ऑपरेटिंग तत्त्वाचे स्पष्टीकरण करा.
8. विद्युतदाब डिव्हायडर(divider) बायसिंग परिपथ (सर्किट) आकृतीसह स्पष्ट करा आणि त्याचे दोन फायदे सांगा.
9. ट्रांझिस्टरचा α 0.9 असल्यास, β ची गणना करा.

संदर्भ (Reference):

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	Mottershead, Allen	Electronic Devices and Circuit: An introduction	Goodyear Publishing Co. New Delhi ISBN: 9780876202654
3	links	1. https://www.tutorialspoint.com 2. https://testbook.com/ 3. https://www.electronics-tutorials	

युनिट - 3

BJT प्रवर्धक
(BJT Amplifier)

विषय निष्पत्ती (Course Outcome):

BJT चा प्रवर्धक (ऍम्प्लिफायर) आणि स्विच म्हणून वापर.

Use of BJT as amplifier and switch .

युनिट निष्पत्ती (Unit Outcome):

3.a दिलेल्या प्रकारच्या प्रवर्धकाच्या (ऍम्प्लिफायरच्या) कार्याचे तत्त्व आकृतीसह वर्णन करणे.
Explain with sketches the working principle of the given type of amplifier.

3.b सिंगल स्टेज ट्रांझिस्टर प्रवर्धकाच्या (ऍम्प्लिफायरच्या) कार्याचे वर्णन करा
Describe working of Single Stage Transistor Amplifier.

3.c विद्युतदाब गेन आणि बँडविड्थची गणना करा.
Calculate Voltage gain and bandwidth

3.d मल्टीस्टेज ऍम्प्लिफायरच्या कार्याचे वर्णन करा
Describe working of Multistage amplifiers

3.e स्विच म्हणून बीजेटीच्या कार्याचे वर्णन करा
Describe working of BJT as a Switch

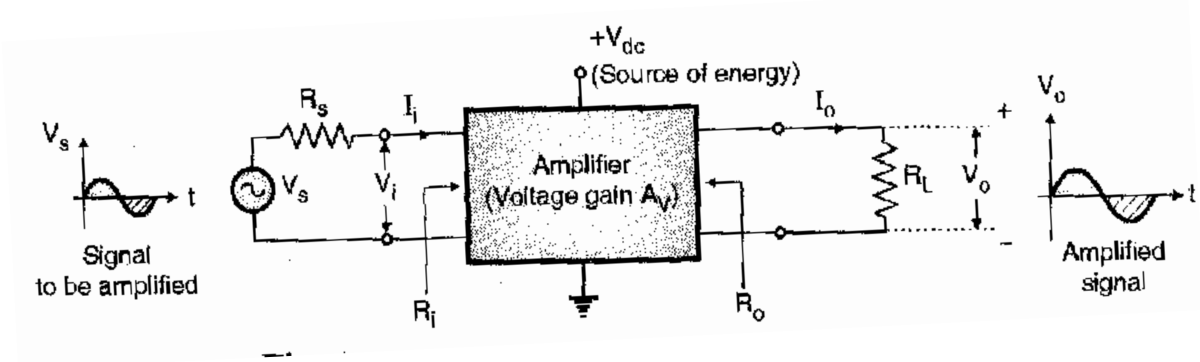
परिचय:

सिग्नल पातळी वाढवण्यासाठी ॲम्प्लीफायरचा वापर केला जातो. हे लहान सिग्नल इनपुटमधून मोठे सिग्नल आउटपुट मिळविण्यासाठी वापरले जाते. ॲम्प्लीफायरच्या इनपुटवर साइनसॉइडल सिग्नल दिले जाते. आउटपुटवर, इनपुटच्या वारंवारतेप्रमाणेच सिग्नल वेव्हफॉर्ममध्ये साइनसॉइडल राहणे आवश्यक आहे. ट्रांझिस्टरला ॲम्प्लीफायर म्हणून काम करण्यासाठी, सक्रिय रिजनमध्ये कार्यरत करण्यासाठी बायस असणे आवश्यक आहे. याचा अर्थ बेस-एमिटर जंक्शन फॉरवर्ड बायस् आहे आणि बेस-कलेक्टर जंक्शन रिव्हर्स बायस् आहे.

3.1 प्रवर्धक (ऍम्प्लिफायर Amplifier):-

व्याख्या: असे इलेक्ट्रॉनिक सर्किट जे इनपुट सिग्नल वाढवते त्याला "**ऍम्प्लिफायर**" म्हणतात. हे महत्त्वाचे आहे की मॅग्निफाइड आउटपुट सिग्नल चे रूप (shape of the signal) इनपुट सिग्नल सारखेच असणे आवश्यक आहे.

उदाहरणार्थ :- जर इनपुट सिग्नल हि एक साइनवेव्ह असेल तर मॅग्निफाइड आउटपुट सिग्नल देखील साइनवेव्ह असणे आवश्यक आहे आणि त्याच बरोबर त्यांची फ्रिक्वेन्सी ही समान असणे गरजेचे आहे.



आकृती 3.1 ऍम्प्लिफायराची (Amplifier) ब्लॉक डायग्रॅम

प्रवर्धन (ऍम्प्लिफिकेशन): -

व्याख्या : **ऍम्प्लिफिकेशन** हि इनपुट सिग्नलची पावर वाढवण्याची प्रक्रिया आहे.

3.1.1 ऍम्प्लिफायर वर्गीकरण:-

ऍम्प्लिफिकेशन वर्गीकरण खालीलप्रमाणे आहे-

1) इनपुट सिग्नलनुसार (According to Input Signal)
   - i.लघु संदेश ऍम्प्लिफायर (Small Signal Amplifier)
   - ii.उच्च संदेश ऍम्प्लिफायर (Large Signal Amplifier)

2) आउटपुट सिग्नल संदेशनुसार (According to Output Signal)
   - i. विद्युत दाब ऍम्प्लिफायर (Voltage Amplifier)
   - ii. पावर ऍम्प्लिफायर (Power Amplifier)

3) ट्रांझिस्टर कॉन्फिगरेशननुसार
   - i. कॉमन इमिटर ऍम्प्लिफायर (Common emitter 'CE' amplifier)
   - ii.कॉमन बेस ऍम्प्लिफायर (Common base 'CB' amplifier)
   - iii.कॉमन कलेक्टर ऍम्प्लिफायर (Common collector 'CC' amplifier)

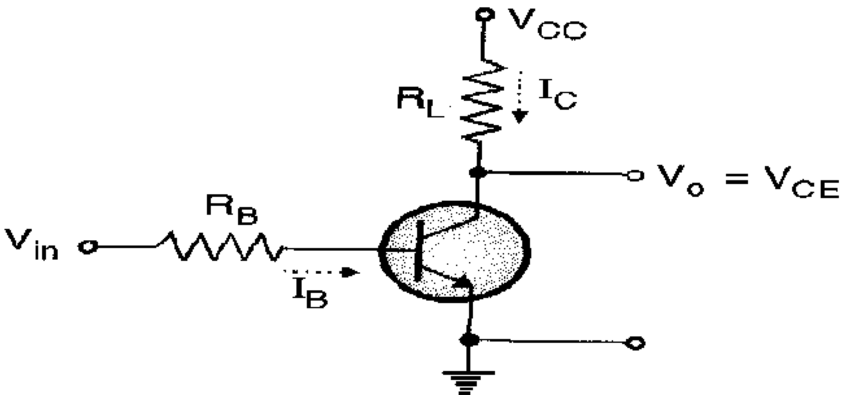
1) बायसिंग अटीनुसार (According to position of operating point Q)
   - i. क्लास ए ऍम्प्लिफायर (Class A Amplifier)
   - ii. क्लास बी ऍम्प्लिफायर (Class B Amplifier)
   - iii. क्लास एबी ऍम्प्लिफायर (Class AB Amplifier)
   - iv. क्लास सी ऍम्प्लिफायर (Class C Amplifier)

2) चरणांच्या संख्येनुसार (According to number of stages)
   - i. सिंगल स्टेज ऍम्प्लिफायर(Single stage amplifier)
   - ii. मल्टीस्टेज ऍम्प्लिफायर (Multistage amplifier)

3) फ्रिक्वेंसी श्रेणीनुसार (According to frequency)
   - i. ऑडिओ फ्रिक्वेन्सी ऍम्प्लिफायर (AF Amplifier)
   - ii. रेडिओ फ्रिक्वेन्सी ऍम्प्लिफायर (RF Amplifier)
   - iii. अल्ट्रा-हाय फ्रिक्वेन्सी ऍम्प्लिफायर (UHF Amplifier)

4) कपलिंग पद्धतीनुसार (According to Types of Coupling)
   - i. डायरेक्ट कपल्ड ऍम्प्लिफायर (Direct Coupled Amplifier)
   - ii. रेझिस्टर-कपॅसिटर कपल्ड ऍम्प्लिफायर (RC Coupled Amplifier)
   - iii. ट्रान्सफॉर्मर-कपल्ड ऍम्प्लिफायर (Transformer Coupled Amplifier).

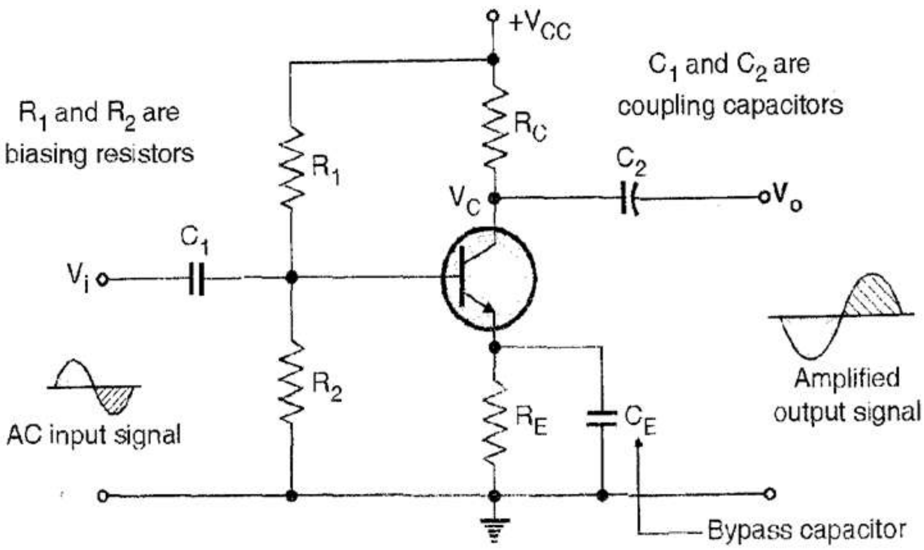
3.1.2 BJT वर आधारित ॲम्प्लिफायर (BJT as an amplifier):-



आकृती 3.2 BJT वर आधारित ॲम्प्लिफायर

आकृती 3.2 मध्ये ट्रांझिस्टर CE कॉन्फिगरेशन मध्ये वापरला आहे. बाहेर जाणारा विद्युत दाब (Output Voltage) Vo कलेक्टर पासून घेतले जाते. Output voltage Vo = V_{CE}. आत येणाऱ्या विद्युत दाब Vin मध्ये थोडा जरी बदल झाल्यास, बेसचा विद्युत् प्रवाह (Current) I_B मध्ये सुद्धा थोडा बदल होतो, पण कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) Ic मध्ये खुप मोठ्या प्रमाणात बदल होऊन आउटपुट विद्युतदाब वाढते, म्हणजेच विद्युत दाबाचे प्रवर्धन होते.

3.2 सिंगल स्टेज CE ॲम्प्लिफायर (Single stage CE amplifier):-



आकृती 3.3 सिंगल स्टेज CE ॲम्प्लिफायर

आकृती 3.3 सिंगल स्टेज CE ॲम्प्लिफायर दर्शवते. परिपथ (सर्किट)मध्ये वापरलेल्या विविध घटकांचे (Components) कार्य पुढीलप्रमाणे-

1) रेझिस्टर R_1, R_2 आणि R_E ने विद्युतदाब डिव्हायडर बायसिंग तयार केले आहे. हे ऑपरेटिंग पॉईंट चे चांगले स्थिरीकरण (Stability) प्रदान करते.

2) इनपुट कपॅसिटर C_1: -

इनपुट कपॅसिटर C_1 कपलिंग कपॅसिटर म्हणून कार्य करतो, तो आत येणारा प्रवाह संदेश ट्रांझिस्टरच्या बेसला जोडतो. तो फक्त AC संदेश पास करतो आणि DC संदेश ब्लॉक करतो.

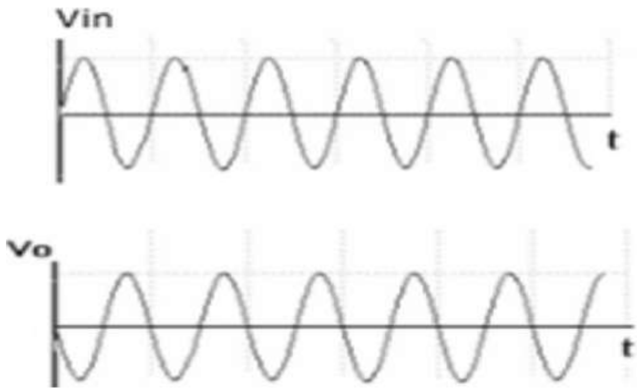
3) बायपास कपॅसिटर C_E:-

कपॅसिटर C_E ला बायपास कॅपॅसिटर असे म्हणतात. हा कपॅसिटर रेझिस्टर R_E च्या समांतर जोडला जातो. हा AC संदेश साठी लो रेसिस्टन्स मार्ग (Path) तयार करतो. जर हा कपॅसिटर वापरले नसेल तर ऍम्प्लिफाईड AC संदेश रेझिस्टर R_E मधून वाहत राहिल्याने त्यामध्ये विद्युत दाब (Voltage Drop I_ER_E) वाढत जाईल, व त्यामुळे बाहेर जाणारा विद्युत् प्रवाह (Current) कमी होईल.

4) आऊटपुट कपॅसिटर C_2: -

आऊटपुट कपॅसिटर C_2 सुद्धा कपलिंग कपॅसिटर म्हणून कार्य करतो, तो ट्रांझिस्टरच्या कलेक्टरला तयार झालेला मोठा (मॅग्निफाइड) संदेश आऊटपुटला जोडतो.

इनपुट आउटपुट वेव्हफॉर्म:-



आकृती 3.4 सिंगल स्टेज CE ऍम्प्लिफायर इनपुट आउटपुट वेव्हफॉर्म

फेज रिव्हर्सल (Phase reversal):-

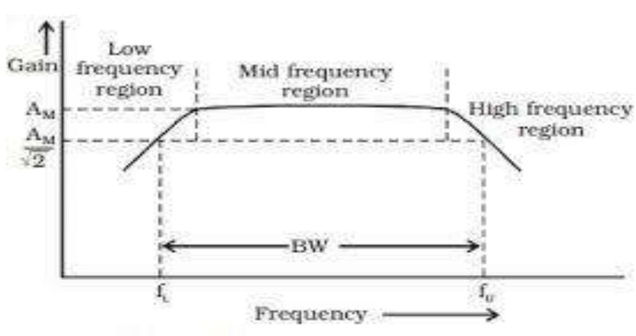
आकृती 3.3 मध्ये दर्शविलेल्या कॉमन इमीटर CE ऍम्प्लिफायरामध्ये इनपुट AC सिग्नल ट्रांझिस्टरच्या बेस इमीटर टर्मिनल्सवर जोडला आहे आणि आउटपुट सिग्नल कलेक्टर पासून घेतला आहे.

आकृती 3.4-इनपुट सिग्नलच्या पॉझिटीव्ह हाफ सायकल (Positive Half Cycle) दरम्यान, जेव्हा इनपुट AC सिग्नल चा विद्युत दाब वाढतो, परिणामी बेस विद्युत् प्रवाह (Current) (Current I_B) वाढतो, कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) (I_C) वाढतो. त्यामुळे विद्युतदाब ड्रॉप IcRc वाढतो, त्यामुळे आउटपुट विद्युतदाब V_{CE} कमी होतो आणि आउटपुट सिग्नल वर आपल्याला ऋण हाफ सायकल (Negative Half cycle) मिळते.

या प्रमाणेच, इनपुट सिग्नल च्या ऋण हाफ सायकल दरम्यान, जेव्हा इनपुट AC सिग्नल चा विद्युत दाब कमी होतो, परिणामी बेस विद्युत् प्रवाह (Current) (I_B) कमी होतो, कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) (I_C) कमी होतो. त्यामुळे विद्युतदाब ड्रॉप IcRc कमी होतो, त्यामुळे आउटपुट विद्युतदाब V_{CE} वाढतो आणि आउटपुट सिग्नल वर आपल्याला पॉझिटीव्ह हाफ सायकल मिळते.

फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स:-

व्याख्या: - ऍम्प्लिफायराचा फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स (Frequency Response) म्हणजे ऍम्प्लिफायरमधून बाहेर जाणाऱ्या विद्युत दाबाची वृद्धी व इनपुट सिग्नलच्या फ्रिक्वेन्सीचा आलेख आहे.



आकृती 3.5 सिंगल स्टेज CE ऍम्प्लिफायर (Amplifier) फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स

1) कमी फ्रिक्वेन्सी विभाग (Low Frequency Region): -

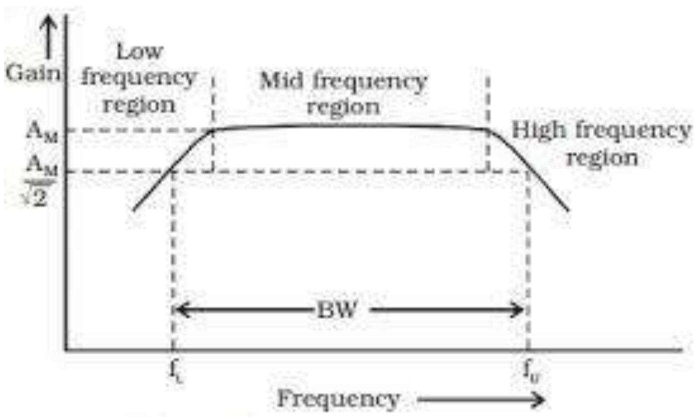
कमी फ्रिक्वेन्सी वर आत येणाऱ्या प्रवाह करिता कपॅसिटर Cin आणि कपलिंग कपॅसिटर Cc ची रिऍक्टन्स (Reactance) खूप जास्त असतो , त्यामुळे बाहेर जाणारा प्रवाह व वृद्धी कमी होते. आत येणारा प्रवाह AC सिग्नलची फ्रिक्वेंसी वाढल्याने कपॅसिटरचा रिऍक्टन्स(Reactance) कमी होतो आणि त्यामुळे बाहेर जाणारा प्रवाह वाढू शकते, जे कमी फ्रिक्वेन्सी रीजनमध्ये दर्शविले आहे.

2) मध्य फ्रिक्वेन्सी विभाग (Medium Frequency Region):-या विभागात इनपुट कपॅसिटर C_{in} आणि कपलिंग कपॅसिटर C_C जवळजवळ शॉर्ट परिपथ (सर्किट) म्हणून कार्य करते. त्यामुळे बाहेर जाणारा प्रवाह व वृद्धी स्थिर राहते, जे मध्य फ्रिक्वेन्सी रीजनमध्ये फ्लॅट फ्रिक्वेंसी रिस्पॉन्स द्वारे दर्शविले आहे.

3) उच्च फ्रिक्वेन्सी विभाग (High Frequency Region):-

खूप जास्त फ्रिक्वेन्सीमध्ये बाहेर जाणारा प्रवाह व वृद्धी ट्रांझिस्टर अंतर्गत कॅपॅसिटन्स आणि स्ट्रे कॅपेसिटन्समुळे कमी होईल, जे उच्च फ्रिक्वेन्सी रीजनमध्ये दर्शविले जाते.

ऍम्प्लिफायरची बॅंडविड्थ:-



आकृती 3.6 अम्प्लीफायरचा फ्रिक्वेंसी रिस्पॉन्स आणि बॅंडविड्थ

व्याख्या:- अप्पर कट ऑफ फ्रिक्वेन्सी आणि लोअर कट ऑफ फ्रिक्वेन्सी यातील फरकाला बॅंडविड्थ म्हणतात. ऍम्प्लिफायरच्या फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स वरून बॅण्डविड्थची गणना करता येते.

Bandwidth (BW) = F_H-F_L

Where,

F_H= Upper or higher cutoff frequency=अप्पर कट ऑफ फ्रिक्वेन्सी

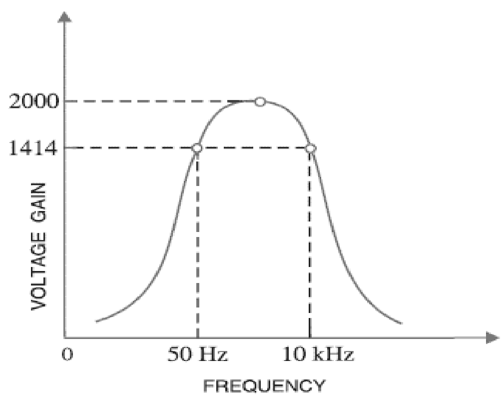
F_L= Lower cutoff frequency =लोअर कट ऑफ फ्रिक्वेन्सी

उदाहरणे:

प्रश्न 1:- ऍम्प्लिफायरमध्ये, 2 kHz वर कमाल विद्युतदाब गेन 2000 आहे. 10 kHz आणि 50 Hz वर किमान विद्युतदाब गेन 1414 आहे. तर

(i) बॅंडविड्थ (ii) लोअर कट-ऑफ फ्रिक्वेंसी (iii) अप्पर कट-ऑफ फ्रिक्वेंसी शोधा

उत्तर-



दिलेले :-

अप्पर कट-ऑफ फ्रिक्वेंसी (F2)= 10 KHz=10000 Hz

लोअर कट-ऑफ फ्रिक्वेंसी (F1)= 50 Hz

बँडविड्थ =F2-F1=10000-50=9950 Hz

प्रश्न 2:- CE ऍम्प्लिफायरचे इनपुट 1mv आणि आउटपुट 1 v आहे, ऍम्प्लिफायरच्या विद्युतदाब वाढीची गणना करा.

उत्तर- दिलेले- इनपुट =1 mV

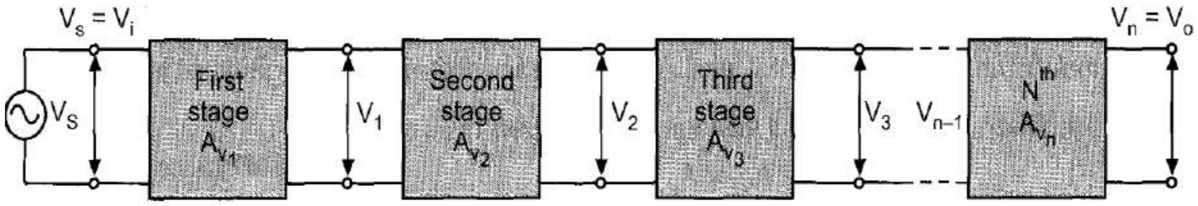
आउटपुट = 1 V

विद्युतदाब मिळवणे Gain = output / input=1V/1mV=1000

3.3 मल्टीस्टेज ऍम्प्लिफायर (Multistage Amplifier): -

मल्टीस्टेज ऍम्प्लिफायराची गरज :-सिंगल स्टेज ऍम्प्लिफायर मधून मिळणारी वृद्धी काही उपयोगामध्ये लोड चालवण्यासाठी अपुरी आहे.जास्त वृद्धी मिळवण्यासाठी आपल्याला ऍम्प्लिफायरच्या एकापेक्षा जास्त स्टेजेसचा वापर करावा लागतो, अशा ऍम्प्लिफायरला मल्टीस्टेज ऍम्प्लिफायर असे म्हणतात.

व्याख्या:- असे परिपथ(सर्किट) ज्यामध्ये ऍम्प्लिफायराच्या एकापेक्षा जास्त स्टेजेस असतात त्याला मल्टीस्टेज ऍम्प्लिफायर असे म्हणतात.



आकृती 3.7 मल्टीस्टेज ऍम्प्लिफायर (Multistage Amplifier)

मल्टीस्टेज ऍम्प्लिफायर (Amplifier)चा एकूण वृद्धी (Total gain) =

$$A_V = A_{V_1} \times A_{V_2} \times A_{V_3} ...... \times A_{n-1} \times A_n$$

सोडवलेली उदाहरणे:

प्रश्न 1:- थ्री-स्टेज अम्प्लीफायमध्ये पहिल्या टप्प्यातील विद्युतदाब वाढ 100, दुसऱ्या टप्प्यातील विद्युतदाब वाढ 200 आणि तिसऱ्या टप्प्यातील विद्युतदाब वाढ 400 आहे. एकूण विद्युतदाब गेन db मध्ये शोधा.

उत्तर:-

पहिल्या टप्प्यातील विद्युतदाब गेन(db) = 20 $\log_{10}$ 100 = 40

दुसऱ्या टप्प्यातील विद्युतदाब गेन (db) = 20 log10 200 = 46

थर्ड-स्टेज विद्युतदाब गेन (db) = 20 log10 400 = 52

∴ एकूण विद्युतदाब गेन = 40 + 46 + 52 = 138 db

प्रश्न 2:- 3 स्टेज ऍम्प्लिफायर मध्ये अनुक्रमे 20, 30 आणि 55 चा विद्युतदाब वाढतो. ऍम्प्लिफायरचा एकूण विद्युतदाब वाढ शोधा.

उत्तर:- विद्युतदाब गेन 1=Av1=20

विद्युतदाब गेन 2= Av2=30

विद्युतदाब गेन 3= Av3=55

ऍम्प्लिफायरचा एकूण विद्युतदाब वाढ = Av1 XAv2 XAv3= 20X30X55=33000.

3.4 मल्टीस्टेज ऍम्प्लिफायराचे प्रकार:-

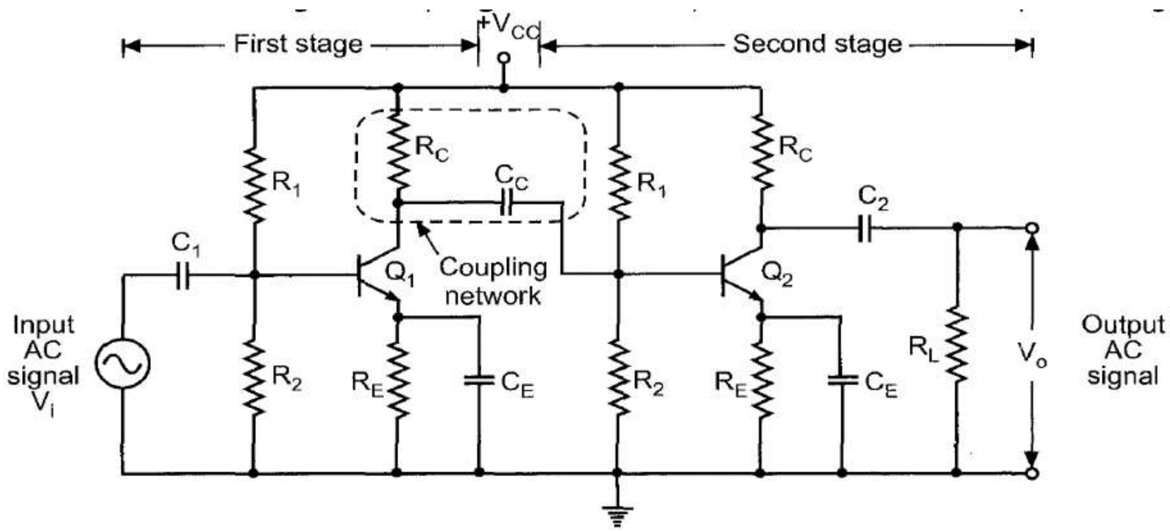
परिपथ (सर्किट)मध्ये वापरल्या जाणाऱ्या कपलिंग घटकांवर अवलंबून, मल्टीस्टेज ऍम्प्लिफायराचे विविध प्रकार खालीलप्रमाणे आहेत-

1) रेझिस्टर आणि कॅपॅसिटरने जोडलेले ऍम्प्लिफायर (RC Coupled Amplifier)

2) ट्रान्सफॉर्मरने जोडलेले ऍम्प्लिफायर (Transformer Coupled Amplifier)

3) डायरेक्ट जोडलेले ॲम्प्लिफायर (Direct coupled amplifier)

3.4.1 RC कपल्ड ॲम्प्लिफायर (RC coupled amplifier): -



आकृती 3.8 RC कपल्ड ॲम्प्लिफायर

आकृती 3.8 दोन स्टेज RC कपल्ड ॲम्प्लिफायर (Two stage RC Coupled Amplifier) दर्शवते. पहिल्या स्टेज मधून बाहेर जाणारा प्रवाह दुसऱ्या स्टेजच्या आत येणाऱ्या प्रवाह ला जोडलेला आहे. दोन स्टेज जोडण्यासाठी रेझिस्टर आणि कॅपॅसिटर चा वापर केलेला आहे म्हणून त्याला RC coupled amplifier असे म्हणतात .

परिपथ (सर्किट)मध्ये वापरलेल्या विविध घटकांचे (Components) कार्य पुढीलप्रमाणे-

1) रेझिस्टर R_1, R_2 आणि R_E ने विद्युतदाब डिव्हायडर बायसिंग तयार केले आहे. हे ऑपरेटिंग पॉईंट चे चांगले स्थिरीकरण (स्टेबल Q पॉइंट) प्रदान करते.

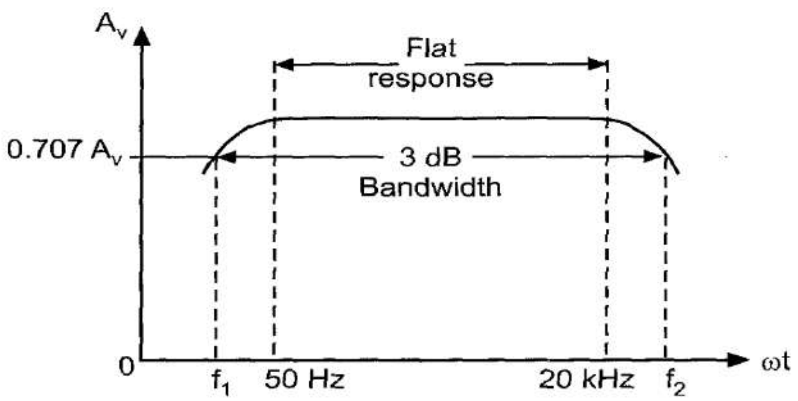
2) इनपुट कपॅसिटर C_1: - इनपुट कपॅसिटर C_1 कपलिंग कपॅसिटर म्हणून कार्य करतो, तो आत येणारा प्रवाह संदेश ट्रांझिस्टरच्या बेसला जोडतो. तो फक्त AC संदेश पास करतो आणि DC संदेश ब्लॉक करतो.

3) बायपास कपॅसिटर C_E: - कॅपॅसिटर C_E ला बायपास कॅपॅसिटर असे म्हणतात. हा कपॅसिटर रेझिस्टर R_E च्या समांतर जोडला जातो. हा AC संदेश साठी लोरेसिस्टन्स मार्ग (Low Resistance Path) तयार करतो. जर हा कपॅसिटर वापरले नसेल तर ॲम्प्लिफाईड AC संदेश रेझिस्टर R_E मधून वाहत राहिल्याने त्यामध्ये विद्युत दाब (Voltage Drop $I_E R_E$) वाढत जाईल, व त्यामुळे बाहेर जाणारा विद्युत् प्रवाह (Current) कमी होईल.

4) आऊटपुट कपॅसिटर C_2: - आऊटपुट कपॅसिटर C_2 सुद्धा कपलिंग कपॅसिटर म्हणून कार्य करतो, तो ट्रांझिस्टरच्या कलेक्टरला तयार झालेला मोठा (मॅग्निफाइड) संदेश लोडला (R_L) जोडतो.

5) कॅपलिंग कपॅसिटर C_C:- कॅपलिंग कपॅसिटर Cc दोन स्टेज जोडण्याची काम करतो.

RC कपल्ड ॲम्प्लिफायर फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स: -



आकृती 3.9 RC कपल्ड ॲम्प्लिफायर फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स

RC कपल्ड ऍम्प्लिफायरचे फायदे:-

i. सर्वात कमी खर्चिक मल्टीस्टेज ऍम्प्लिफायर आहे.

ii. या ऍम्प्लिफायरा मध्ये विस्तृत फ्रिक्वेन्सी (Wide Frequency Response) आणि मोठी बँडविड्थ आहे.

iii. उत्कृष्ट ऑडिओ फिडेलिटी (Audio Fidelity) प्रदान करते.

iv. या ऍम्प्लिफायरा मध्ये कोणतीही Core Distortion नाही.]

v. RC कपल्ड ऍम्प्लिफायर कमी फ्रिक्वेन्सी विरूपण (frequency distortion) प्रदान करते.

RC कपल्ड ऍम्प्लिफायरचे तोटे:-

i. लोडिंग इफेक्टमुळे ऍम्प्लिफायराची एकूण वृद्धी वाढणे तुलनेने कमी आहे.

ii. कमी दर्जाची प्रतिबाधा जुळणी (Poor Impedance Matching).

iii. कपलिंग कपॅसिटरमुळे लघु फ्रिक्वेन्सी करिता ऍम्प्लिफायर कमी वृद्धी देतो.

RC कपल्ड ऍम्प्लिफायराचे अनुप्रयोग (Applications):

i. विद्युत दाब ऍम्प्लिफायर म्हणून मोठ्या प्रमाणावर वापरले जाते.

ii. PA (Public Address System) सिस्टमच्या सुरुवातीच्या टप्प्यात याचा वापर केला जातो.

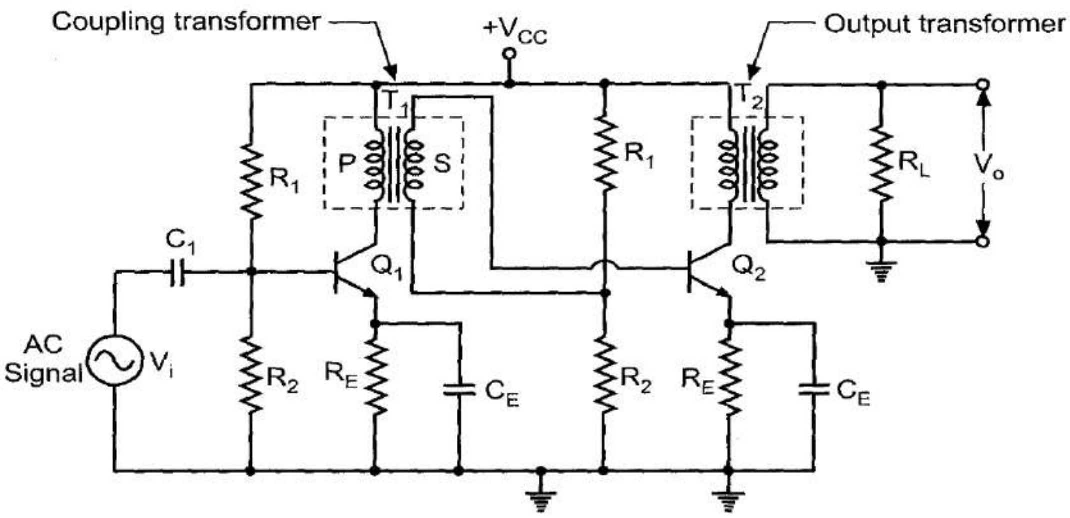
iii. सीडी प्लेयर, डीव्हीडी प्लेयर्स इत्यादींमध्ये वापरले जाते.

iv. रेडिओ आणि टेलिव्हिजन रिसीव्हरमध्ये देखील वापरले जाते.

v. स्टिरिओ ऍम्प्लिफायर मध्ये देखील वापरले जाते.

3.4.2 ट्रान्सफॉर्मर कपल्ड ऍम्प्लिफायर:

टू-स्टेज ट्रान्सफॉर्मर कपल्ड ट्रांझिस्टर ऍम्प्लिफायर (Two stage transformer coupled amplifier) मध्ये ट्रान्सफॉर्मर कपल्ड केलेले CE ऍम्प्लिफायर्सचे दोन सिंगल स्टेज असतात. कलेक्टर परिपथ (सर्किट)मध्ये जोडलेल्या ट्रान्सफॉर्मरचे प्रायमरी वायंडिंग कलेक्टर लोड म्हणून कार्य करते. कपलिंग ट्रान्सफॉर्मर T_1 चे कार्य म्हणजे बाहेर जाणारा प्रवाह A.C. संदेशला पहिल्या टप्प्याच्या बाहेर जाणारा प्रवाहपासून दुसऱ्या टप्प्याच्या आत येणारा प्रवाहमध्ये जोडणे, तर ट्रान्सफॉर्मर T_2 Load R_L ला आउटपुट A.C. सिग्नल प्रवाह जोडते.

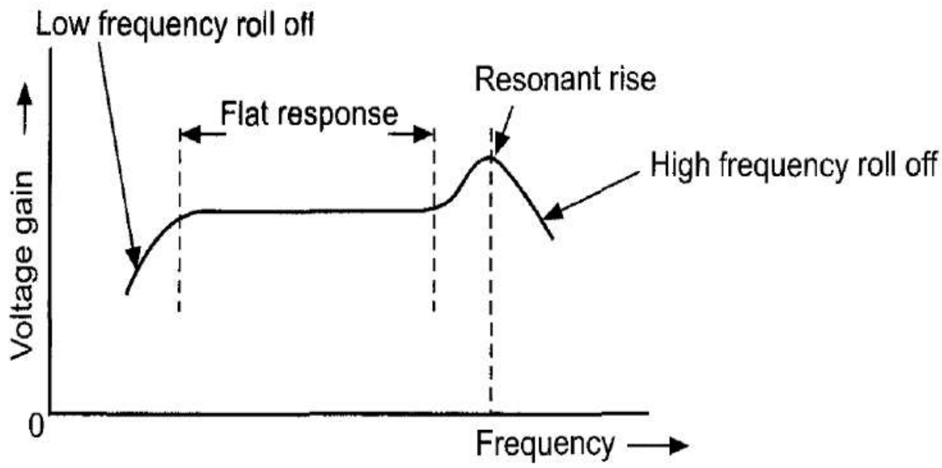


आकृती 3.10- ट्रान्सफॉर्मर कपल्ड ॲम्प्लीफायर्स परिपथ (सर्किट)

इनपुट सिग्नल ट्रांझिस्टर Q_1 च्या बेसवर जोडला जातो. ट्रांझिस्टर Q_1 आणि Q_2 च्या एमीटर ला जोडलेले बायपास कपॅसिटर C_E हे कमी रेझिस्टन्स करण्यासाठी वापरले जातात. रेझिस्टर R_1, R_2, R_E आणि कपॅसिटर C_E , D.C. बायसिंग आणि स्थिरीकरण (स्टेबल Q पॉइंट) तयार करतात.

जेव्हा पहिल्या ट्रांझिस्टर Q_1 च्या बेसवर इनपुट सिग्नल लागू केला जातो, तेव्हा ते जोडणी ट्रान्सफॉर्मर T_1 च्या प्रायमरी वायंडिंग P वर विस्तारित स्वरूपात दिसते. प्रायमरी वायंडिंगवर विकसित झालेला विद्युत दाब नंतर पुढील टप्प्याच्या आत येणाऱ्या प्रवाहमध्ये ट्रान्सफर केला जातो. कपलिंग ट्रान्सफॉर्मर T_1 च्या सेकंडरी वायंडिंग (S) द्वारे दुसरा टप्पा देखील त्याच प्रकारे प्रवर्धन करते.

फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स :-



]आकृती 3.11- ट्रान्सफॉर्मर कपल्ड ऍम्प्लिफायर फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स

ट्रान्सफॉर्मर कपल्ड ऍम्प्लिफायर मध्ये कमी फ्रिक्वेन्सी तसेच उच्च फ्रिक्वेन्सीवर विद्युत दाब कमी होतो, तर मध्य-फ्रिक्वेंसी रेंजमध्ये तो स्थिर राहतो. एका फ्रिक्वेन्सी लेव्हलवर (fo) विद्युत दाब खुपच वाढते त्याला रेझोनंट राईज असे म्हणतात. आणि नंतर गेन सतत कमी (Gain roll off) होतो.

ट्रान्सफॉर्मर-कपल्ड ऍम्प्लिफायर्सचे फायदे:

i. हे दोन टप्प्यांमधील उत्कृष्ट प्रतिबाधा जुळवते (Excellent Impendance Matching).
ii. हे RC कपल्ड ऍम्प्लिफायर पेक्षा जास्त वृद्धी देते (More Gain).

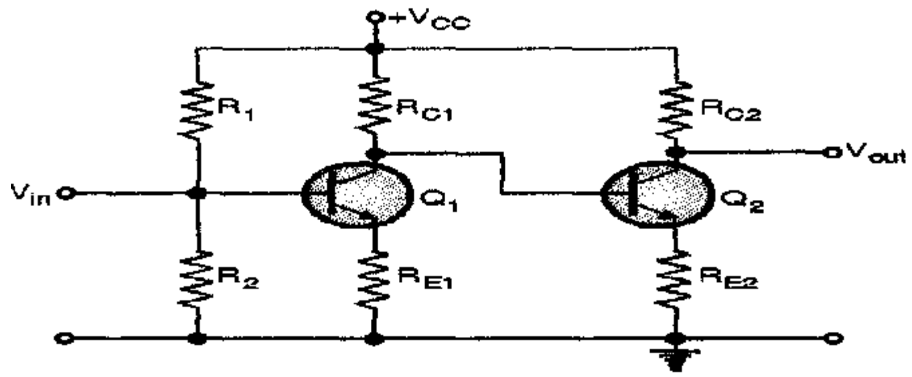
ट्रान्सफॉर्मर-कपल्ड ऍम्प्लिफायर्सचे तोटे:

i. कपलिंग ट्रान्सफॉर्मर महाग आणि जड असतात.
ii. फ्रिक्वेंसी प्रतिसाद पूर्णपणे सपाट नाही (No Flat Frequency Response).
iii. हे आऊटपुटमध्ये humming noise देते.

ट्रान्सफॉर्मर कपल्ड ऍम्प्लिफायराचे अनुप्रयोग (Applications)

i. प्रतिबाधा जुळणीसाठी (Impendance matching) .
ii. रेडिओ फ्रिक्वेन्सी (RF) संदेशच्या प्रवर्धनासाठी
iii. पावर ऍम्प्लिफायरामध्ये.
iv. लाऊड स्पीकर सारख्या कमी प्रतिबाधा लोडला (Low Impedance Load) जास्त पावरट्रान्सफर करण्यासाठी.

3.4.3 डायरेक्ट कपल्ड ऍम्प्लिफायर (Direct Coupled Amplifier):-



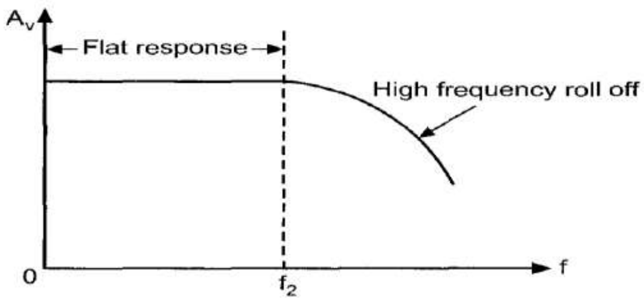
आकृती 3.12- डायरेक्ट कपल्ड ऍम्प्लिफायर

ट्रान्सफॉर्मरने जोडलेल्या ऍम्प्लिफायर्सना अशी मर्यादा आहे की ते DC संदेश किंवा कमी फ्रिक्वेंसी संदेश (Low Frequency Signals) वाढवू शकत नाहीत. डायरेक्ट कपल्ड ऍम्प्लिफायरच्या वापराने ही मर्यादा दूर होते.

दोन-स्टेज डायरेक्ट कपल्ड ऍम्प्लिफायर मध्ये, पहिल्या स्टेज चा आउटपुट सिग्नल थेट पुढील ट्रांझिस्टर Q2 च्या बेसशी जोडलेला असतो. तसेच या परिपथ (सर्किट) मध्ये कोणताही इनपुट अथवा आउटपुट कपलिंग कपॅसिटर आणि इमिटर बायपास कपॅसिटर वापरलेले नाहीत.

अनुप्रयोग करण्यासाठी इनपुट सिग्नल पहिल्या टप्प्यातील ट्रांझिस्टर Q_1 च्या बेसशी जोडलेला असतो. हा इनपुट सिग्नल ट्रांझिस्टर Q_1 प्रवर्धित करतो आणि दुसऱ्या टप्प्यातील ट्रांझिस्टर Q_2 च्या बेसला लागू केला जातो. ट्रांझिस्टर Q_2 सिग्नलचे आणखी प्रवर्धन करतो. प्रवर्धित आउटपुट सिग्नल ट्रांझिस्टर Q_2 च्या कलेक्टरला उपलब्ध होतो अशाप्रकारे, डायरेक्ट कपल्ड ऍम्प्लिफायर अगदी कमी फ्रिक्वेंसीच्या कमकुवत संदेशची ताकद वाढवते.

फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स :-



Bandwidth=f_2

आकृती 3.13- डायरेक्ट कपल्ड (डी.सी.) ऍम्प्लिफायर फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स

आकृती 3.13 डायरेक्ट कपल्ड ऍम्प्लिफायराचा फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स दर्शवते. हे लक्षात घेतले जाऊ शकते की विद्युत दाब गेन f_2 द्वारे दर्शविलेल्या विशिष्ट उच्च वारंवारतेपर्यंत एकसमान (flat) आहे. या वारंवारतेच्या पलीकडे, विद्युत दाब गेन हळूहळू कमी होतो. बेस-टू-इमिटर जंक्शन कॅपॅसिटन्स आणि स्ट्रे कॅपॅसिटन्समुळे वाढीव फ्रिक्वेन्सीमूळे गेन कमी होतो.

डायरेक्ट कपल्ड ऍम्प्लिफायराचे फायदे:-

1) कपलिंग कपॅसिटरच्या अनुपस्थितीमुळे, कमी फ्रिक्वेन्सी संदेशा करिता (For Low Frequency Signal) वाढ कमी होत नाही.
2) ऍम्प्लिफायर DC सिग्नल देखील वाढवू शकते.
3) विस्तृत फ्रिक्वेन्सी पट्टा (Large Bandwidth).
4) कपलिंग कपॅसिटरच्या अनुपस्थितीमुळे कमी खर्च होतो.

तोटे:

1) आउटपुट सिग्नल वेव्हफॉर्ममध्ये डीसी सिग्नल शिफ्ट असते.
2) उच्च फ्रिक्वेन्सीवर करिता वृद्धी कमी होते.

अनुप्रयोग :

1) ऑपरेशनल ऍम्प्लिफायर्स मध्ये वापरतात (Operational Amplifiers).
2) लिनिअर विद्युतदाब रेग्युलेटर मध्ये वापरतात.

तक्ता क्रं 3.1 मल्टीस्टेज ऍम्प्लिफायरस ची तुलना

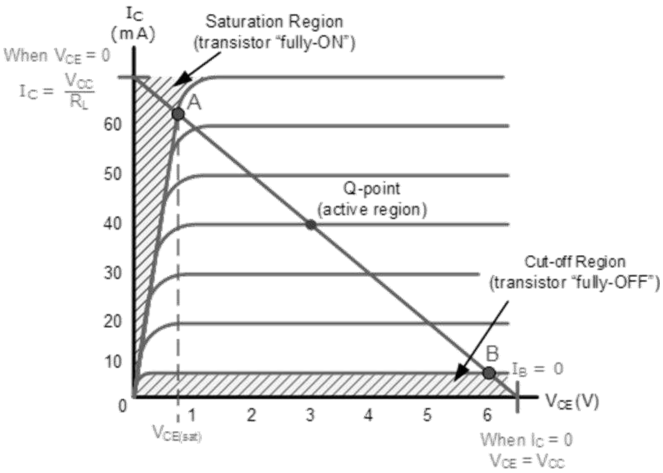
अ.क्र.	पॅरामीटर	आरसी कपलिंग	ट्रान्सफॉर्मर कपलिंग	डी सी कपलिंग
1	कपलिंग एलिमेंट	R and C (रेझिस्टर आणि कपॅसिटर)	ट्रान्सफॉर्मर	कपलिंग एलिमेंट वापरत नाहीत
2	कपलिंग संदेशचे प्रकार	AC सिग्नल	AC सिग्नल	AC and DC सिग्नल
3	खर्च (cost)	कमी	जास्त	कमीत कमी
4	जागा आणि वजन (space and weight)	कमी	जास्त	कमीत कमी
5	फ्रिक्वेन्सी प्रतिसाद (frequency response)	ऑडिओ फ्रिक्वेन्सी (frequency) श्रेणीमध्ये उत्कृष्ट	चांगला नसतो	सर्वोत्तम
6	अनुप्रयोग (Applications)	विद्युत दाब प्रवर्धन (Voltage Amplification)	पावरप्रवर्धन (power Amplification)	कमी फ्रिक्वेंसी प्रवर्धन (low frequency Amplification)

3.5 BJT एक स्विच : - ट्रांझिस्टर(BJT) स्विचचा वापर कमी विद्युतदाबचे डीसी उपकरण (उदा. LED) चालू किंवा बंद करण्यासाठी ट्रांझिस्टरचा वापर करून त्याच्या संतृप्त किंवा कट-ऑफ स्थितीत केला जाऊ शकतो.

जेव्हा AC सिग्नल ऍम्प्लिफायर म्हणून वापरला जातो, तेव्हा ट्रांझिस्टर बेस बायसिंग विद्युतदाब अशा प्रकारे लागू केला जातो की ते नेहमी त्याच्या "सक्रिय" क्षेत्रामध्ये कार्य करते, म्हणजे आउटपुट वैशिष्ट्यांचा रेषीय भाग वापरला जातो. तथापि, दोन्ही N-P-N आणि P-N-P प्रकारचे द्विध्रुवीय ट्रांझिस्टरला स्वीच म्हणून वेगळ्या पद्धतीने ऑपरेट करून ट्रांझिस्टर बेस टर्मिनलला बायस करून "ऑन/ऑफ" प्रकारचे सॉलिड स्टेट स्विच म्हणून वापरले जाऊ शकतात.

DC आउटपुट "चालू" किंवा "बंद" करण्यासाठी ट्रांझिस्टरच्या वापरासाठी सॉलिड स्टेट स्विच हे मुख्य अनुप्रयोगापैकी एक आहे. काही आउटपुट उपकरणे, जसे की LED ला लॉजिक लेव्हल DC विद्युतदाबवर फक्त काही मिलीअँप विद्युत प्रवाह(current) आवश्यक असतात आणि त्यामुळे लॉजिक गेटच्या आउटपुटद्वारे थेट चालविले जाऊ शकतात. तथापि, मोटर्स, सोलेनोइड्स किंवा दिवे यांसारख्या उच्च शक्तीच्या उपकरणांना सामान्य लॉजिक गेटद्वारे पुरवल्या जाणाऱ्या विजेपेक्षा जास्त पावरआवश्यक असते म्हणून ट्रांझिस्टर स्विच वापरले जातात.

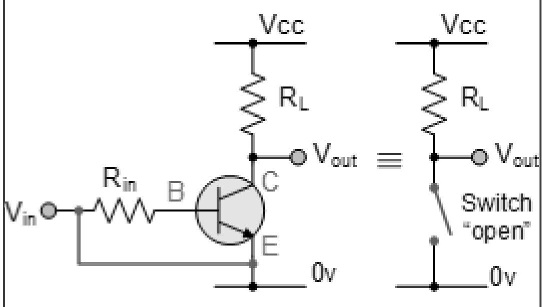
जर परिपथ (सर्किट) द्विध्रुवीय ट्रांझिस्टरचा स्विच म्हणून वापर करत असेल, तर ट्रांझिस्टरचे बायसिंग, एकतर N-P-N किंवा P-N-P ट्रांझिस्टरच्या दोन्ही बाजूंना "I-V" वैशिष्ट्यपूर्ण वक्र आपण आधी पाहिले आहे**.** ट्रांझिस्टर स्विचचे कार्यक्षेत्र संपृक्तता क्षेत्र आणि कट-ऑफ क्षेत्र म्हणून ओळखले जाते. याचा अर्थ असा की आम्ही प्रवर्धनासाठी आवश्यक ऑपरेटिंग क्यू-पॉइंट बायसिंग आणि विद्युतदाब डिव्हायडर परिपथ (सर्किट)रकडे दुर्लक्ष करू शकतो आणि ट्रांझिस्टरला त्याच्या "पूर्ण-बंद" (कट-ऑफ) आणि "पूर्ण-चालू" (संपृक्तता) दरम्यान पुढे-पुढे चालवून स्विच म्हणून वापरू शकतो. खाली दर्शविल्याप्रमाणे चालू" (संपृक्तता) क्षेत्रे.



आकृती 3.14- ट्रांझिस्टर स्विचचे कार्यक्षेत्र संपृक्तता क्षेत्र आणि कट-ऑफ क्षेत्र

वक्रांच्या तळाशी असलेले खालचे छायांकित क्षेत्र "कट-ऑफ" क्षेत्राचे प्रतिनिधित्व करते तर डावीकडील क्षेत्र ट्रांझिस्टरच्या " संपृक्तता " क्षेत्राचे प्रतिनिधित्व करते. हे दोन्ही ट्रांझिस्टर क्षेत्र खालीलप्रमाणे परिभाषित केले आहेत:

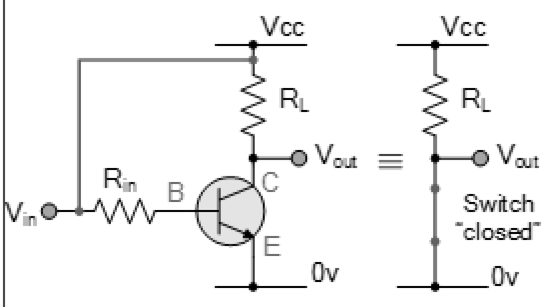
1. कट ऑफ क्षेत्र- येथे ट्रांझिस्टरच्या ऑपरेटिंग परिस्थिती शून्य इनपुट बेस विद्युत् प्रवाह (Current) (I_B), शून्य आउटपुट कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) (I_C) आणि कमाल कलेक्टर विद्युतदाब (V_{CE}) आहेत ज्यामुळे मोठ्या प्रमाणात कमी होणारा थर आणि डिव्हाइसमधून विद्युत् प्रवाह (Current) वाहत नाही. म्हणून ट्रांझिस्टर "पूर्ण-बंद" आहे.



- इनपुट आणि बेस ग्राउंड केलेले आहेत (0v)
- बेस-एमिटर विद्युतदाब VBE < 0.7v
- बेस-एमिटर जंक्शन उलट पक्षपाती आहे
- बेस-कलेक्टर जंक्शन उलट पक्षपाती आहे
- ट्रांझिस्टर "पूर्ण-बंद" आहे (कट-ऑफ क्षेत्र)
- कोणताही कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) प्रवाह नाही ($I_C = 0$)
- $V_{OUT} = V_{CE} = V_{CC}$ = "1"
- ट्रांझिस्टर "ओपन स्विच" म्हणून काम करतो

आकृती 3.15- कट ऑफ क्षेत्र ऑपरेशन

2. संपृक्तता क्षेत्र -येथे ट्रांझिस्टर पक्षपाती असेल जेणेकरून बेस विद्युत् प्रवाह (Current)ची कमाल रक्कम लागू केली जाईल, परिणामी जास्तीत जास्त कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) परिणामी किमान कलेक्टर एमिटर विद्युतदाब ड्रॉप होईल ज्यामुळे डिप्लीशन लेयर शक्य तितक्या लहान असेल आणि ट्रांझिस्टरमधून जास्तीत जास्त प्रवाह वाहते. त्यामुळे ट्रांझिस्टर "पूर्ण-चालू" आहे.



- इनपुट आणि बेस V_{CC} शी जोडलेले आहेत
- बेस-एमिटर विद्युतदाब $V_{BE} > 0.7$v
- बेस-एमिटर जंक्शन फॉरवर्ड बायस्ड आहे
- बेस-कलेक्टर जंक्शन फॉरवर्ड बायस्ड आहे
- ट्रांझिस्टर "पूर्ण-चालू" आहे (संपृक्तता क्षेत्र)
- कमाल कलेक्टर विद्युत् प्रवाह (Current) प्रवाह (I_C = Vcc/RL)
- $V_{CE} = 0$ (आदर्श संपृक्तता)
- $V_{OUT} = V_{CE}$ = "0"
- ट्रांझिस्टर "बंद स्विच" म्हणून काम करतो

आकृती 3.16- संपृक्तता क्षेत्र ऑपरेशन

स्वाध्याय:

1) ऍम्प्लिफायरची व्याख्या लिहा.
2) ऍम्प्लिफायरचे वर्गीकरण करा.
3) सिंगल स्टेज CE ऍम्प्लिफायरचे कार्य स्पष्ट करा.

4) खालील व्याख्या लिहा -
   a) विद्युत दाब गेन (voltage gain) b) बँडविड्थ (bandwidth)
5) मल्टीस्टेज ऍम्प्लिफायरची व्याख्या लिहा.
6) मल्टीस्टेज ऍम्प्लिफायर मध्ये वापरण्यात येणाऱ्या कपलिंग घटकाची नावे लिहा.
7) RC कपल्ड ऍम्प्लिफायरची आकृती व फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स काढा.
8) ट्रान्सफॉर्मर कपल्ड ऍम्प्लिफायरची आकृती व फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स काढा.
9) डायरेक्ट कपल्ड (DC) ऍम्प्लिफायरची आकृती व फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स काढा.
10) RC कपल्ड, ट्रान्सफॉर्मर कपल्ड आणि डायरेक्ट कपल्ड ऍम्प्लिफायरची खालील मुद्द्यांवर आधारित तुलना करा.
   a) कपलिंग संदेशचे प्रकार b) फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स c) Impedance जुळणी d) उपयोग
11) ट्रांझिस्टर/BJT चा नीट आकृतीसह स्विच म्हणून कार्य स्पष्ट करा.
12) ट्रांझिस्टरचे कार्यक्षेत्र (Regions) व्यवस्थित स्केचसह स्पष्ट करा

संदर्भ (Reference):

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	R.S.Sedha	A textbook of Applied Electronics	S Chand, New Delhi 2008, ISBN:978-8121927833
3	Theraja B.L. (Author), Sedha R.S. (Author)	Principles of Electronic Devices and Circuits (Analog and Digital)	S Chand & Company,ISBN-13 978-8121921992

युनिटचे नाव – 4
फील्ड इफेक्ट ट्रांझिस्टर
(Field Effect Transistor)

विषय निष्पत्ती (Course Outcome):

अणुविद्युत सर्किट्समध्ये FET आणि MOSFET वापर करा

Use FET and MOSFET in electronics circuits.

युनिट निष्पत्ती (Unit Outcome):

4.a : FET च्या दिलेल्या प्रकाराचे कार्य स्पष्ट करा

Explain the working of given type of FET

4.b :FET बायसिंग पद्धतीचा दिलेला प्रकार समजावून सांगणे.

Explain the given type of FET biasing method.

4.c : FET अँम्पलीफायरच्या कार्याचे वर्णन करा.

Describe working of FET Amplifier.

4.d : MOSFET च्या दिलेल्या प्रकाराचे कार्य स्पष्ट करा.

Explain working of given type of MOSFET.

4.e : दिलेल्या आलेखाच्या आधारावर FET आणि MOSFET च्या कार्य सिद्धांतामध्ये फरक करा.

Differentiate working principle of FET and MOSFET on the basis of the given characteristics of curve.

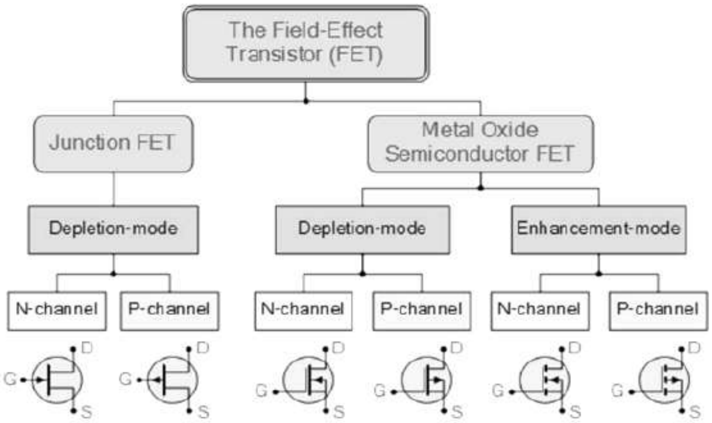
परिचय:

फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर (FET) हे तीन-टर्मिनल सक्रिय अर्धसंवाहक(Semiconductor) उपकरण आहे, जेथे इनपुट विद्युत दाबाद्वारे व्युत्पन्न केलेल्या विद्युत क्षेत्राद्वारे आउटपुट विद्युतप्रवाह नियंत्रित केला जातो. FETs ला एकध्रुवीय (unipolar) ट्रान्झिस्टर म्हणून देखील ओळखले जाते कारण, द्विध्रुवीय (bipolar) ट्रान्झिस्टरच्या विपरीत, FET मध्ये फक्त एकतर इलेक्ट्रॉन किंवा होल्स चार्ज वाहक म्हणून कार्यरत असतात. FET सोर्स मधून वाहणारा विद्युत् प्रवाह नियंत्रित करण्यासाठी त्याच्या इनपुट टर्मिनलवर (ज्याला गेट म्हणतात) लागू केलेला व्होल्टेज वापरतो. फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर हा व्होल्टेज-चालित घटक असतो. FETs चा वापर इंटिग्रेटेड सर्किट्स (ICs) मध्ये त्यांच्या संक्षिप्त(compact) आकारामुळे आणि लक्षणीयरीत्या कमी वीज वापरामुळे केला जातो. त्याशिवाय, FET चा वापर हाय पॉवर स्विचिंग अनुप्रयोगामध्ये, ऑपरेशनल ॲम्प्लीफायर्स (OP-AMP) मध्ये व्होल्टेज व्हेरिएबल रेझिस्टर (VVR), FM आणि टीव्ही रिसीव्हरमध्ये मिक्सर ऑपरेशनसाठी टोन कंट्रोल म्हणून वापरले जाते, लॉजिक सर्किटस.

4.1 FET:

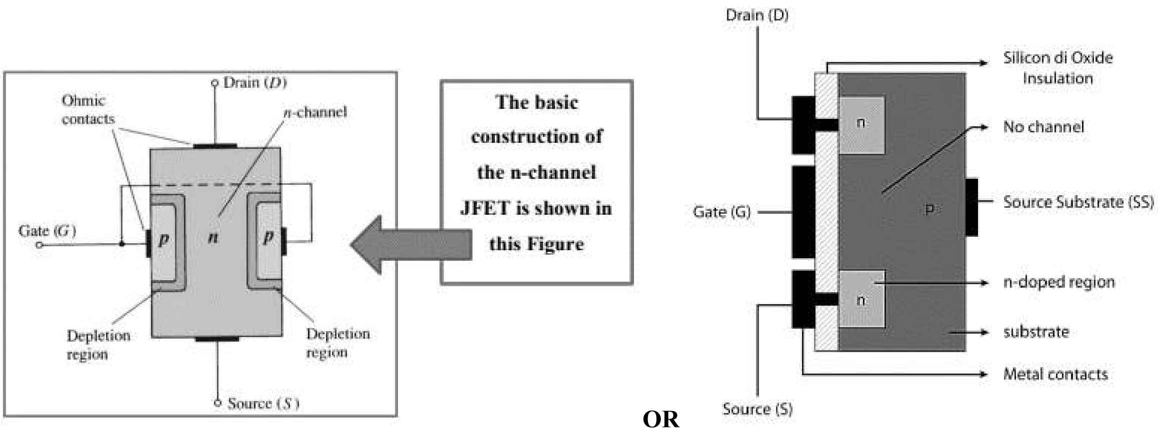
- FET हे तीन टर्मिनल डिव्हाइस आहे जे विविध कार्यासाठी वापरले जाते.
- FET च्या तीन टर्मिनल्सना ड्रेन(D), सोर्स (S) गेट (G) असे नाव देण्यात आले आहे त्यापैकी गेट कंट्रोलिंग टर्मिनल म्हणून काम करते.
- FET हे व्होल्टेज-नियंत्रित साधन आहे, कारण आउटपुट विद्युत् प्रवाह (Current Flow) लागू केलेल्या विद्युत क्षेत्राद्वारे (Through Electric Field) नियंत्रित केला जातो.
- FET हे युनिपोलार डिव्हाइस आहे, याचा अर्थ त्यामधून वाहणारा इलेक्ट्रिक विद्युत् प्रवाह (Current) केवळ एका प्रकारच्या चार्ज , होल्स किंवा इलेक्ट्रॉन्समुळे होतो.
- N-चॅनल आणि P-चॅनल FET आहेत. FET चे सर्वात महत्वाचे वैशिष्ट्य म्हणजे Meghaohm च्या श्रेणीत त्याचा अत्यंत उच्च इनपुट रेझिस्टन्स असतो.
- BJT च्या तुलनेत FET चे तापमान अधिक स्थिर असते आणि BJT पेक्षा कमी जागा लागते म्हणून FET ला इंटिग्रेटेड सर्किट्समध्ये प्राधान्य दिले जाते.

4.1.1 FET चे वर्गीकरण:

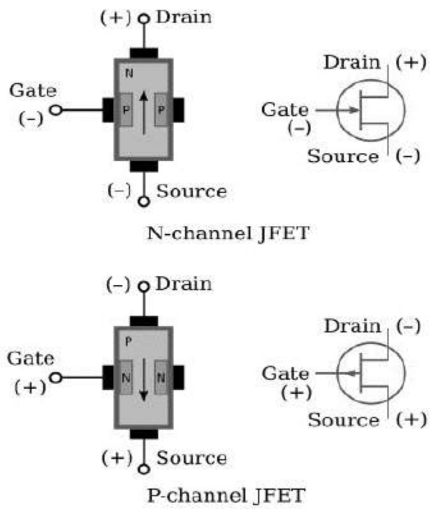


आकृती 4.1 :FET चे वर्गीकरण

4.1.2 JFET ची मूलभूत रचना:



आकृती 4.2 एन-चॅनेल JFET ची मूलभूत रचना



आकृती 4.3 JFET (N-चॅनेल आणि P-चॅनेल)) मूलभूत रचना आणि N-चॅनेलचे आणि P-चॅनेलचे चिन्ह

N-चॅनेल (N-channel) JFET रचना:

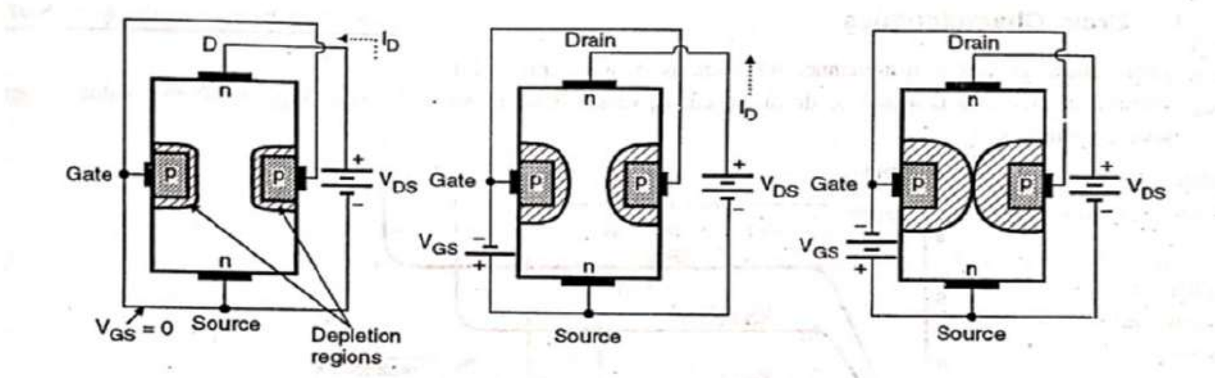
N-टाइप मटेरियलचा सेमीकंडक्टर बार घेतला जातो आणि बारच्या दोन टोकांना ओहमिक संपर्क तयार केला जातो. या टर्मिनलचे नाव ड्रेन(D) आणि सोर्स(S) असे आहे. N-टाइप बारच्या दोन्ही बाजूंना, PN जंक्शन तयार करण्यासाठी मिश्रधातूद्वारे (by alloying) किंवा थ्रू डीफीयूजन डोप केलेले (p+) रिजन तयार केले गेले आहेत. हे दोन्ही p+ रिजन एकमेकांशी जोडलेले आहेत आणि ओहमिक संपर्काद्वारे गेट टर्मिनल बाहेर आणले जाते. सप्लाय विद्युतदाब हे JFETच्या ड्रेन(D) आणि सोर्स(S) टर्मिनल्समध्ये जोडलेले असते त्यामुळे N-बारच्या बाजूने विद्युत प्रवाह (Current flow) वाहतो. हा विद्युत् प्रवाह (Current flow) बहुसंख्य वाहक (इलेक्ट्रॉन) मुळे आहे. इलेक्ट्रॉन सोर्स(S) टर्मिनलद्वारे चॅनेलमध्ये प्रवेश करतात आणि ड्रेन(D)मधून बाहेर पडतात.

P-चॅनेल (P-Channel) JFET रचना:

P-चॅनल JFET आणि N-चॅनल JFET मधील फरक आहे की P प्रकारातील सेमीकंडक्टर बार दोन N-टाइप गेट रिजनमध्ये वापरला जातो. P-चॅनल JFET मध्ये, P-टाइप सेमीकंडक्टर बारमधील बहुसंख्य वाहकांमुळे (म्हणजेच होल्स) विद्युत प्रवाह (Current flow) होतो.

4.1.3 JFET ऑपरेशन (N-चॅनेल प्रकार)

JFET चे गेट टू सोर्स PN जंक्शनचे गेट नेहमी रिव्हर्स बायस्यड असते त्यामुळे V_{GS} निगेटिव्ह असावे.



(a) Operation with no bias voltage (b) Operation with a small negative gate source bias (c) Operation with a large negative gate source bias

आकृती 4.4 JFET कार्य

केस 1 : (V_{GS}=0V)

केस 2 : (V_{GS}=निगेटिव्ह)

केस 3 : (V_{GS}=अधिक निगेटिव्ह)

केस 1 : VGS=0V

या मोडमध्ये, गेट टर्मिनल ओपन ठेवले जाते आणि सप्लाय वोल्टेज V_{DS} सोर्स (S) आणि ड्रेन(D) टर्मिनल्सच्यामध्ये जोडलेले असते. N-टाइप सेमीकंडक्टर बार मध्ये कंडक्शन साठी अनेक इलेक्ट्रॉन उपलब्ध आहेत. V_{DS}च्या उपस्थितीत, हे इलेक्ट्रॉन सोर्स(S)पासून ड्रेन(D)कडे वाहू लागतात जे ड्रेन(D) विद्युत् प्रवाह (Current) I_D बनते. JFET मध्ये अनबायस स्थितीत दोन PN जंक्शन आहेत ज्यामुळे प्रत्येक जंक्शनवर एक डीपलीशन रिजन आहे. सोर्स टर्मिनल कडून येणारे एलेक्ट्रॉनस गेट जवळ च्या P- टाइप रीजन मध्ये प्रवेश करू शकत नाहीत कारण तिथे डीपलीशन रिजन आहे. त्या मुळे हे एलेक्ट्रॉनस सर्वात रुंद चॅनेल मधून फ्लो हून ड्रेन कडे आकर्षित होतात जो पॉझिटिव्ह पोटेनशल वर आहे. जास्तीत जास्त एलेक्ट्रॉनस ड्रेन कडे आकर्षित होतात आणि ड्रेन करेंट हा मॅक्सिमम होतो ज्याला I_{DSS} **(Saturated Value of Source to Drain Current)** असे म्हणतात.

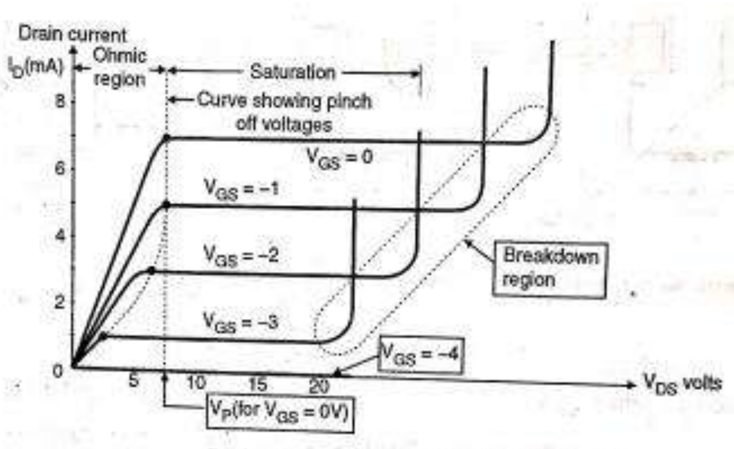
केस 2 : V_{GS} = निगेटिव्ह (उदाहरणार्थ म्हणा - 2V):
कमी निगेटिव्ह वोल्टेज गेट-सोर्स(S) यांच्यामध्ये लागू केल्यामुळे जंक्शन रिव्हर्स बायस होतो, यामुळे N-टाइप मटेरियलमध्ये डिप्लेशन रिजन चे विड्थ वाढते. यामुळे चॅनेलची रुंदी कमी होईल आणि सोर्स(S)पासून ड्रेन(D)कडे इलेक्ट्रॉन फ्लो ची संख्या कमी होईल. त्यामुळे निगेटिव्ह VGS वाढल्याने I_D कमी होतो.

केस 3 :V_{GS}= अधिक निगेटिव्ह (उदाहरणार्थ म्हणा - 6V):
निगेटिव्ह वोल्टेज V_{GS} आणखी वाढल्यामुळे V_{GS} च्या ठराविक व्हॅल्यूवर N-प्रकार बारच्या आत डिप्लेशन रिजन अधिक विस्तारतो, एका ठराविक वोल्टेज ला हे डिप्लेशन रिजन एकमेकांना स्पर्श करतात आणि चॅनेलची रुंदी शून्य होते,म्हणून $I_D = 0$. गेट टू सोर्स (V_{GS}) वोल्टेज ज्यावर I_D कट केला जातो त्याला V_{GS} (ऑफ) म्हणतात. अशा प्रकारे, $V_{GS} = 0$ V साठी, जास्तीत जास्त ड्रेन विद्युत् प्रवाह (current) (I_{DSS}) JFET मधून प्रवाहित होईल आणि V_{GS} मध्ये आणखी वाढ झाल्यास I_D कमी होईल. अशा प्रकारे FET हे वोल्टेज नियंत्रित उपकरण आहे.

केस 4:V_{GS}= अधिक ऋण (उदाहरणार्थ म्हणा - 6V):

ऋण विद्युतदाब V_{GS} आणखी वाढल्यामुळे V_{GS} च्या ठराविक व्हॅल्यूवर n-प्रकार बारच्या आत कमी होणारा डिप्लेशन रिजन अधिक विस्तारतो, एका ठराविक वेळी कमी होणारे रिजन एकमेकांना स्पर्श करतात आणि चॅनेलची रुंदी शून्य होते,म्हणून $I_D = 0$. गेट टू सोर्स (V_{GS}) विद्युतदाब ज्यावर I_D कट केला जातो त्याला V_{GS} (ऑफ) म्हणतात. अशा प्रकारे, $V_{GS} = 0$ V साठी, जास्तीत जास्त ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) (IDss) JFET मधून प्रवाहित होईल आणि V_{GS} मध्ये आणखी वाढ झाल्यास ID कमी होईल. अशा प्रकारे जेएफईटी हे विद्युतदाब नियंत्रित उपकरण आहे.

4.1.4 JFET ड्रेन आलेख [N-चॅनेल)



Drain characteristics of an n-channel JFET

आकृती 4.5 N- चॅनेल ड्रेन(D) वैशिष्ट्ये (Characteristics)

ड्रेन(D) आलेख हा ड्रेन विद्युत् प्रवाह (current) ID विरुद्ध ड्रेन टू सोर्स वोल्टेज (V_{DS}) प्लॉट असून त्यात गेट टू सोर्स वोल्टेज (V_{GS}) च्या वेगवेगळया व्हॅल्यूवर प्लॉट केला आहे.

ड्रेन आलेख हे तीन रिजनमध्ये विभागले आहे

i) कट ऑफ रिजन

ii) सॅचुरेशेन रिजन

iii) ओहमीक रिजन

कट ऑफ रिजन :-

V_{GS} वर ऋण विद्युतदाब वाढल्याने, वहनासाठी उपलब्ध चॅनेलची रुंदी कमी होते, V_{GS} (कट ऑफ) नावाच्या ठराविक विद्युतदाबवर चॅनल एकमेकांना स्पर्श करतात आणि चॅनल पूर्णपणे बंद होतो. अशा प्रकारे कट ऑफ रिजन मध्ये $I_D = 0$ आणि $V_{GS} > V_{GS (off)}$ शी संबंधित आहेत.

सॅचुरेशेन रिजन :-

हा तो वैशिष्ट्येचा भाग आहे जिथे I_D स्थिर राहतो आणि V_{DS} मधील बदलांसह बदलत नाही. हे सॅचुरेशेन ट्रान्झिस्टरमधील सॅचुरेशेन पेक्षा पूर्णपणे भिन्न आहे. अँम्पलीफायर म्हणून JFET वापरण्यासाठी ते "**सॅचुरेशेन रिजन**" मध्ये चालवले जाते.

ओहमीक रिजन :-

ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) I_D हा ड्रेन ते सोर्स वोल्टेज V_{DS}मधील फरकांनुसार बदलतो. अशा प्रकारे या रिजन मध्ये JFET वोल्टेज व्हेरिएबल रेझिस्टन्स म्हणून काम करते.

निगेटिव्ह V_{GS} बायस व्होल्टेजचे व्हॅल्यू कमी होत असताना, JFET द्वारे ऑफर केलेला प्रतिकार कमी होतो.

ओहमिक रिजनातील FET रेझिस्टन्स हा खालीलप्रमाणे दिला आहे

$R_{DS} = Vp / I_{DSS}$

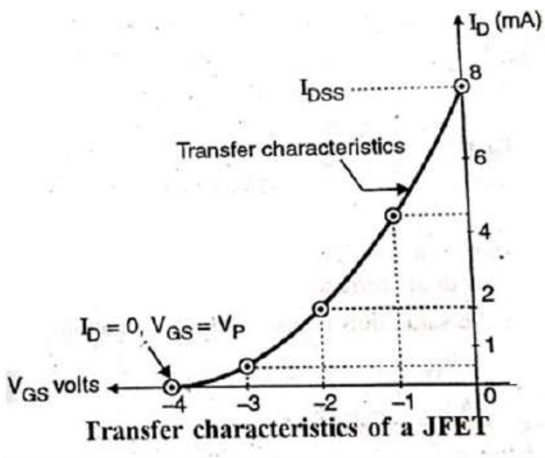
ब्रेकडाउन रिजन:-

सॅचुरेशन रिजनमध्ये JFET कार्यरत असताना, V_{DS}च्या विशिष्ट व्हॅल्यूपर्यंत V_{DS}मधील बदलासह I_D बदलत नाही. V_{DS} आणखी पुढे वाढल्यास. हे मूल्य, ऍव्हॅलेंच प्रभावामुळे गेट चॅनेल जंक्शन ब्रेकडाउन होतो आणि ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) अचानक वाढतो यामुळे डिव्हाइसचे नुकसान होऊ शकते. ब्रेकडाउन वोल्टेज चे व्हॅल्यू स्थिर राहत नाही. कारण V_{GS}च्या नेगटाइवे व्हॅल्यूच्या वाढीसह ते कमी होते. या रिजनमध्ये JFET चे ऑपरेशन टाळले पाहिजे.

पिंच ऑफ वोल्टेज :

ज्या V_{DS} चे व्हॅल्यू ला, ड्रेन करेंट (I_D) स्थिर होते त्याला **पिंच ऑफ वोल्टेज** म्हणतात .

4.1.5 JFET ट्रान्सफ़र आलेख :



आकृती 4.6 N- चॅनेल ट्रान्सफ़र वैशिष्ट्ये (characteristics)

ट्रान्सफ़र आलेख हा ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current)(I_D) विरुद्ध V_{GS}चा प्लॉट आहे. I_D आणि V_{GS} मधील संबंध शॉकलेच्या समीकरणाद्वारे परिभाषित केले जातात. ते खालीलप्रमाणे आहे

$$I_D = I_{DSS} [1- V_{GS} / V_P]^2$$

इथे

I_{DSS} = सोर्स(S) संपृक्तता विद्युत् प्रवाह (Current).

V_P = पिंच-ऑफ वोल्टेज.

4.1.6 JFET चे पॅरामीटर्स:

ड्रेन(D) रेझिस्टन्स (r_d):
हे जेएफईटीचे AC रेझिस्टन्स आहे, ते V_{GS}च्या स्थिर व्हॅल्यूवर, ड्रेन ते सोर्स वोल्टेज V_{DS} मधील बदल आणि ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) I_D मधील संबंधित बदलाचे गुणोत्तर म्हणून परिभाषित केले आहे.
ड्रेन रेझिस्टन्सची गणना JFET आउटपुट आलेखेच्या रिजनमध्ये केली जाते.

$rd = \Delta V_{DS} / \Delta I_D$; V_{GS} =स्थिर (constant)

ट्रान्सकंडक्टन्स (gm):
ड्रेन ते सोर्स वोल्टेज V_{DS}च्या स्थिर व्हॅल्यूवर, गेट टू सोर्स वोल्टेज V_{GS}मधील संबंधित बदल आणि ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) I_Dमधील बदलाचे गुणोत्तर म्हणून त्याची व्याख्या केली जाते.

$gm = \Delta I_D / \Delta V_{GS}$. V_{DS} = स्थिर (constant)

अँम्पलीफीकेशन घटक (μ)
अँम्पलीफीकेशन घटक (μ) हा I_D स्थिर व्हॅल्यूवर ड्रेन टू सोर्स वोल्टेज V_{DS} ते गेट टू सोर्स वोल्टेज V_{GS} चे बदल गुणोत्तर म्हणून परिभाषित केले आहे

$\mu = \Delta V_{DS} / \Delta V_{GS}$ I_D = स्थिर (constant)

$\mu = rd \times gm$

μ हे दोन वोल्टेज चे गुणोत्तर आहे. त्यामुळे ते एकक विहीन (unitless)आहे.

4.1.7 JFET चे फायदे (अँडवानटेझ):
1. FET चा इनपुट रेझिस्टन्स मेगाओहम मध्ये आहे.
2. रेडिएशनचा FET वर BJT पेक्षा कमी प्रभाव पडतो.
3. जास्त तापमान स्थिरता असते. कारण ते अधिक थर्मली स्थिर आहेत.
4. कमी प्रक्रियेसह आणि लहान आकारात उत्पादित केले जाऊ शकते.
5. दीर्घायुष्य आणि कार्यक्षमता जास्त असते
6. कमी नॉईज निर्माण करते
7. युनिपोलर डिव्हाइस.
8. वोल्टेज नियंत्रित करण्यासाठी वापरतात

4.1.8 JFET चे तोटे (डिसअँडवानटेझ) :-
1. FET अँम्पलीफायरचा व्होल्टेज गेन हा ट्रान्झिस्टर अँम्पलीफायरपेक्षा कमी असतो
2. हे विद्युत प्रवाह(current) अँम्पलीफायर म्हणून वापरले जाऊ शकत नाही
3. ट्रान्सकंन्डक्टन्स gm चे मूल्य लहान आहे.

4.1.9 FET एप्लिकेशनस:
1.अँम्पलीफायर मध्ये वापरले जाते
2. स्विच म्हणून वापरले जाऊ शकते
3. हे सॅम्पल अँड होल्ड, अँम्पलीट्यूड मॉड्युलेशन, वोल्टेज व्हेरिएबल रेझिस्टर (VVR) म्हणून ADC/DAC सारख्या सर्किट्समध्ये एनालॉग स्विच म्हणून वापरले जाऊ शकते.
4. डिजिटल सर्किट्समध्ये वापरले जाते

4.2 FET बायसिंग:
FET चे पॅरामीटर्स तापमानावर अवलंबून असतात .जेव्हा तापमान वाढते तेव्हा ड्रेन रेझिस्टन्स देखील वाढतो, त्यामुळे ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) I_D कमी होतो. BJT च्या सारखे , FETs मध्ये थर्मल रनअवे होत नाही.FET एकतर ओहमिक रिजनमध्ये किंवा पिंच ऑफ रिजनमध्ये कार्य करते. त्यामुळे या रिजनमध्ये

FET चालवण्यासाठी FET ला बायस करण्याची आवश्यकता आहे जे रझिस्टरचा वापर आणि गेट आणि सोर्स तसेच ड्रेन आणि सोर्स वर सप्लाय कनेक्ट करून येईल.

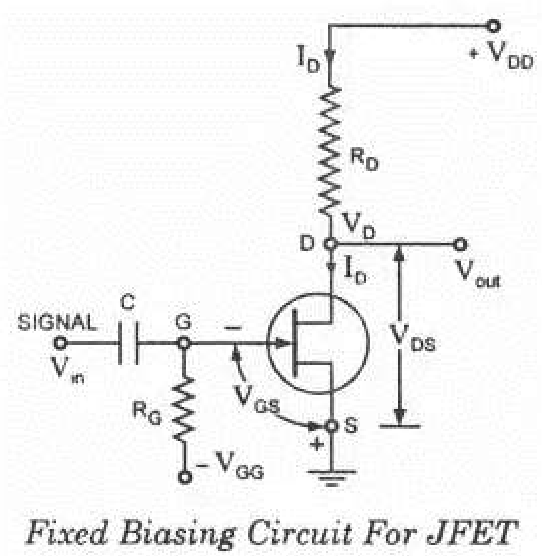
बायसिंग Q पॉइंट देते जे DC ड्रेन टू सोर्स विद्युत् प्रवाह (Current) (I_{DSQ}) आणि ड्रेन टू सोर्स वोल्टेज (V_{DSQ}) देते. हा Q पॉइंट डिव्हाइस घटकामधील फरक आणि तापमान वाहून नेण्यासाठी स्थिर असावा.

FET चे वेगवेगळे बायसिंग सर्किट्स:

1. फिक्स्ड बायस सर्किट्
2. सोर्स सेल्फ बायस सर्किट्
3. ड्रेन टु सोर्स बायस सर्किट्

4.2.1 फिक्स्ड बायस सर्किट्

FET डिव्हाइसच्या DC बायसला इच्छित ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) I_D देण्यासाठी गेट-सोर्स वोल्टेज V_{GS} सेट करणे आवश्यक आहे .JFET साठी ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) I_D सॅचुरेशन विद्युत् प्रवाह (Current) I_{DSS} द्वारे मर्यादित आहे . FET मध्ये जास्त इनपुट रेझिस्टन्स असल्यामुळे कोणताही गेट विद्युत् प्रवाह (Current) वाहत नाही आणि FET वोल्टेज डिव्हायडरने सेट केलेल्या गेटचा dc वोल्टेज किंवा कॉंस्टंसन्ट बॅटरी वोल्टेज द्वारे प्रभावित किंवा लोड होत नाही.



आकृती 4.7 फिक्स्ड बायस सर्किट्

N-चॅनेल JFET ला बायस करण्यासाठी बॅटरी वोल्टेज V_{GS} वापरतात , परंतु बॅटरी V_{GG} मधून कोणताही परिणामी विद्युत् प्रवाह (Current) काढला जात नाही . कॅपेसिटर C द्वारे लागू केलेले कोणतेही AC सिग्नल R_G वर विकसित होऊ देण्यासाठी रेझिस्टर R_G समाविष्ट केला आहे . कोणताही AC सिग्नल R_G वर विकसित होत असताना , R_G वर DC वोल्टेज ड्रॉप $I_G R_G$ म्हणजेच झीरो व्होल्ट इतका असतो .

1) V_{GS} कॅल्क्युलेशन करा

DC ॲनालीसिससाठी I_G =0, इनपुट सर्किट्सवर KVL लागू करून खालील समीकरण लिहितात:

$$V_{GS} + V_{GG} = 0$$

$$V_{GS} = - V_{GG}$$

V_{GS} हा एक फिक्स्ड DC सप्लाय आहे, म्हणून या बायसिंगचे नाव फिक्स्ड बायस परिपथ (सर्किट) आहे

2) I_{DQ} कॅल्क्युलेशन करा

$$I_{DQ} = I_{Dss}(1 - V_{GS}/V_{GP})^2$$

3) V_{DS} कॅल्क्युलेशन करा

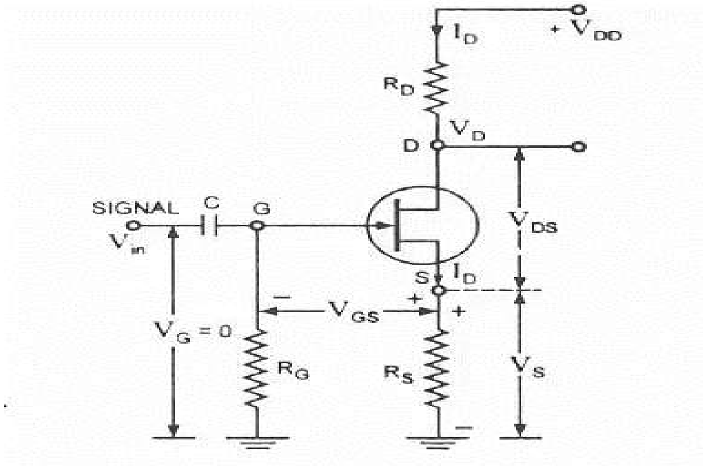
या विद्युतप्रवाह I_{DQ} मुळे ड्रेन रेझिस्टर R_D वर वोल्टेज ड्रॉप होतो आणि ते असे दिले जाते $V_{DSQ} = V_{DD} - I_D R_D$

फिक्स्ड बायस परिपथ (सर्किट) तोटे (डिसअँडवानटेझ):

FET च्या फिक्स्ड बायस सर्किट ला दोन पॉवर सप्लाय आवश्यक आहेत.

4.2.2 सोर्स (S) सेल्फ-बायस सर्किट

सोर्स सेल्फ-बायस सर्किट्स ही JFET बायसिंगसाठी सर्वात सामान्य पद्धत आहे. N-चॅनेल JFET साठी सोर्स सेल्फ-बायस परिपथ (सर्किट) आकृतीमध्ये दाखवले आहे



Self-Bias Circuit For N-Channel JFET

आकृती 4.8 सोर्स सेल्फ-बायस सर्किट्

JFET चे गेट सोर्स जंक्शन नेहमी रिव्हर्स बायस्ड कंडिशनमध्ये असले पाहिजे .कोणताही गेट विद्युत् प्रवाह (Current) रिव्हर्स बायस्ड गेट-सोर्स मधून वाहत नाही,

गेट विद्युत् प्रवाह (Current) $I_G = 0$ आणि म्हणून, $v_G = i_G R_G = 0$

ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) I_D सह सोर्सवर असलेले वोल्टेज खालील प्रमाणे आहे

$$V_S = I_D R_S$$

1) गेट-सोर्स वोल्टेज खालील प्रमाणे आहे

$$V_{GS} = V_G - V_S = 0 - I_D R_S = -I_D R_S$$

त्यामुळे रेझिस्टन्स R_S मध्ये वोल्टेज ड्रॉप बायसिंग वोल्टेज V_{GG} प्रदान करते आणि बायसिंगसाठी कोणत्याही बाह्य सोर्स ची आवश्यकता नसते आणि यामुळेच त्याला सेल्फबायसिंग म्हणतात.

2) I_{DQ} चे समीकरण खालीलप्रमाणे

$$I_D = I_{DSS}(1 - V_{GS}/V_P)^2$$

वरील समीकरण मध्ये V_{GS} चे सूत्र सबस्टीटुट करा

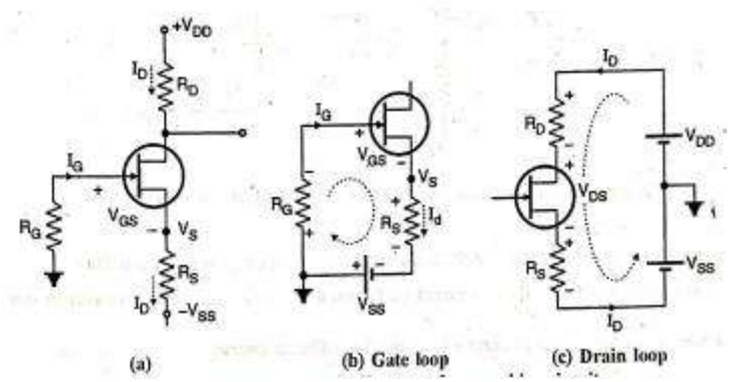
$$I_D = I_{DSS}(1 + I_D R_S / V_P)^2$$

3) ऑपरेटिंग पॉइंट (म्हणजे शून्य सिग्नल I_D आणि V_{DS}) खाली दिलेल्या समीकरणावरून सहज ठरवता येईल:

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S)$$

JFET चे स्व-बायसिंग(Self Biasing) त्याच्या Q-ऑपरेटिंग पॉईंटला ट्रान्सकंडक्टन्स, R_S अक्रॉस व्होल्टेज ड्रॉपमध्ये झालेल्या कोणत्याही बदलांविरुद्ध स्थिर करते, म्हणून, गेट-सोर्स व्होल्टेज, V_{GS} अधिक निगेटिव्ह होते आणि त्यामुळे ड्रेन विद्युतप्रवाह मध्ये वाढ कमी होते.

4.2.3 ड्रेन(D) टु सोर्स(S) बायस सर्किट्:



आकृती 4.9 ड्रेन टु सोर्स बायस सर्किट्

वरील आकृती N-चॅनेल JFET साठी बायसिंग सोर्स(S)चा सर्किट आकृती मध्ये दर्शवते. लक्षात घ्या की एक बदल वगळता सर्किट हे सेल्फ बायस सर्किट सारखेच आहे. हे सर्किट मध्ये दोन वोल्टेज V_{DD} आणि V_{SS} वापरते

ऑपरेशन:

1. गेट विद्युत् प्रवाह (Current) I_G =0 त्यामुळे आकृती (b) च्या गेट लूपवर KVL लागू करा आणि खालील समीकरण लिहु

$$I_G R_G + V_{GS} + I_D R_S = V_{SS}$$

$$V_{GS} = V_{SS} - I_D R_S$$

2. सोर्स(S) विद्युत् प्रवाह (Current) ड्रेन(D) विद्युत् प्रवाह (Current)च्या बरोबरीचा आहे आणि तो खालीलद्वारे दिला जातो

$$I_D = I_S = V_S - V_{SS} / R_S$$

3. . ड्रेन(D) टू सोर्स(S) वोल्टेज VDS आकृती (c) च्या ड्रेन(D) लूपवर KVL लागू करून मिळवले जाते

$$V_{DD} + V_{SS} = I_D R_D + V_{DS} + I_D R_S$$

$$V_{DS} = V_{DD} + V_{SS} / I_D (R_D + R_S)$$

ड्रेन टु सोर्स बायस सर्किट् फायदा :

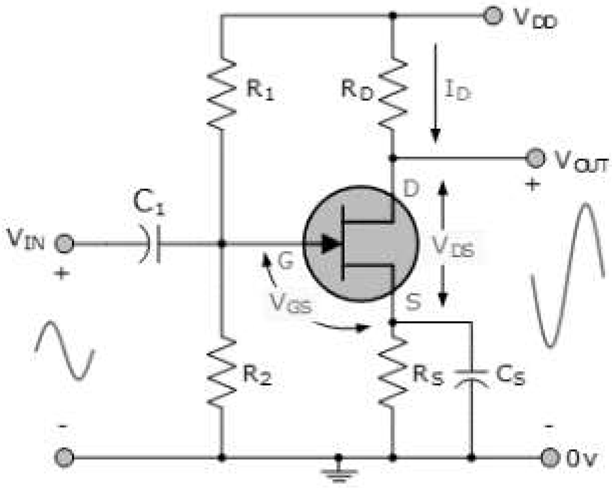
हे सर्किट एक स्थिर ऑपरेटिंग पॉइंट प्रदान करते

4.3 FET अँम्पलीफायर:

FET अँम्पलीफायर हा एक अँम्पलीफायर आहे जो एक किंवा अधिक फील्ड-इफेक्ट ट्रान्झिस्टर (FETs) वापरतो. FET अँम्पलीफायरचा सर्वात सामान्य प्रकार MOSFET अँम्पलीफायर आहे, जो मेटल-ऑक्साइड-सेमीकंडक्टर FETs (MOSFETs) वापरतो. एम्प्लिफिकेशनसाठी वापरल्या जाणाऱ्या FET चा मुख्य फायदा म्हणजे त्यात खूप उच्च इनपुट रेझिस्टन्स आणि कमी आउटपुट रेझिस्टन्स आहे **.**

N-चॅनेल FET कपलिंग आणि बायसिंग क्षमतेसह सामान्य सोर्स(S) अँम्पलीफायर सर्किट आकृती खाली दर्शविली आहे. हे सर्किट द्विधृवीय जंक्शन ट्रान्झिस्टरच्या कॉमन-एमिटर फॉलोअरसारखे असेल. आपण P-चॅनेल FET वापरल्यास इनपुट वोल्टेजची पोलॅरीटी उलट होईल.

इतर JFET कॉन्फिगरेशनमध्ये, कॉमन सोर्स(S) अँम्पलीफायर कॉन्फिगरेशनचा मोठ्या प्रमाणावर वापर केला जातो कारण ते जास्त वोल्टेज वाढणे आणि उच्च इनपुट रेझिस्टन्स दोन्ही प्रदान करू शकते.



आकृती 4.10 कॉमन सोर्स(S) अँम्पलीफायर सर्किट्

JFET गेट वोल्टेज Vg हे रेझिस्टन्स R1 आणि R_2 द्वारे सेट केलेल्या संभाव्य विभाजक नेटवर्कद्वारे बायस आहे आणि बायपोलर जंक्शन ट्रान्झिस्टरच्या सक्रिय (active) रिजनच्या समतुल्य असलेल्या सॅचुरेशेन रिजन मध्ये कार्य करण्यासाठी बायस आहे.

कॉमन सोर्स(S) अँम्पलीफायर कॉन्फिगरेशन कार्य:

हे अँम्पलीफायर ट्रान्सकंडक्टन्स अँम्पलीफायर किंवा वोल्टेज अँम्पलीफायर म्हणून काम करू शकते. जर अँम्पलीफायर ट्रान्सकंडक्टन्स अँम्पलीफायर म्हणून काम करत असेल, तर इनपुट सिग्नल्स वाढवले जातात आणि लोडकडे वाहणाऱ्या विद्युत् प्रवाहाचे समायोजन करतात. जर अँम्पलीफायर वोल्टेज अँम्पलीफायर म्हणून काम करत असेल, तर इनपुट सिग्नल वाढवलेला आणि मोड्युलेटेड केला जातो, ओहम च्या नियमानुसार लोड रेझिस्टरवर वोल्टेज ड्रॉप बदलतो.

वरील सर्किट आकृती 4.10 कॉमन सोर्स(S) अँम्पलीफायर कसे कार्य करते हे स्पष्ट करते. त्याचे ऑपरेशन BJT सर्किट मधील कॉमन-एमिटर फॉलोअरसारखेच आहे.

दिलेल्या आकृतीमध्ये कॉमन सोर्स(S) अँम्पलीफायर सर्किट आहे, या सर्किट मध्ये आपण N चॅनेल JFET वापरत आहोत. आपण सर्किट मध्ये पाहू शकतो की कॅपेसिटर C_1 आणि कॅपेसिटर C_3 इनपुट आणि आउटपुट कपलिंग कॅपेसिटर म्हणून काम करत आहेत. या सर्किट मधील रेझिस्टर (R_1) हा गेन रेझिस्टन्स आहे. हे कॅपेसिटर (C_1) साठी डिस्चार्जिंग ट्रॅक देऊन गेटवरील अनवॉन्टेड चार्ज स्टोअर थांबवते.

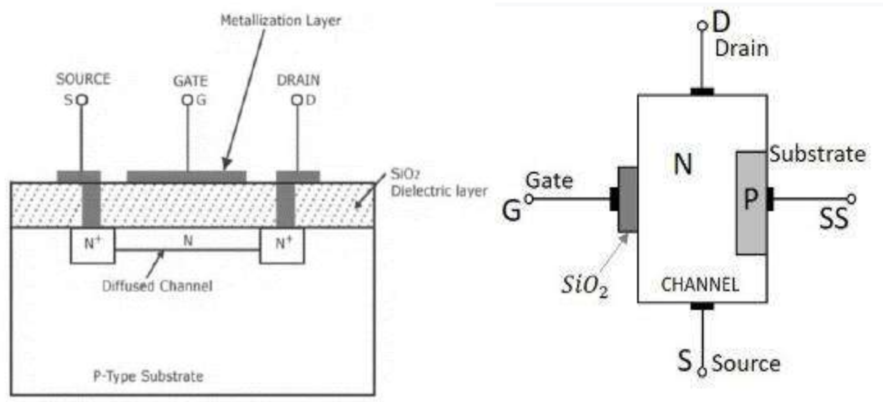
रेझिस्टन्स R_S आणि कॅपेसिटर C_S जंक्शन FET साठी सोर्स(S) सेल्फ-बायसिंग वितरीत करतात. रेझिस्टन्स R_D हा ड्रेन(D)चा लोड रेझिस्टन्स आहे जो कलेक्टर लोड रेझिस्टन्सप्रमाणे काम करतो.

वरील सर्किट डायग्राममध्ये, आपण पाहू शकतो की इनपुट आणि आउटपुटमध्ये 180-डिग्री फेज आहे, जो कॉमन-एमिटर फॉलोअर सर्किटसारखा आहे. या 180-डिग्री बदलाचे कारण N चॅनेल JFET च्या ऑपरेशनद्वारे समजू शकते. इनपुट सिग्नल जसजसा वाढतो आणि कमी होतो, तसतसे (P) गेट मटेरियल रिव्हर्स बायसिंग कमी होते, ज्यामुळे चॅनेलचे सक्रिय (active) क्रॉस-सेक्शनल क्षेत्र वाढते आणि सोर्स (S) आणि ड्रेन(D) मधील रेझिस्टन्स कमी होतो.जेव्हा रेझिस्टन्स कमी होतो, तेव्हा JFET मधील विद्युतप्रवाह वाढतो. या वाढीमुळे रेझिस्टन्स (R_D) वर वोल्टेज कमी होते, या कारणामुळे ड्रेन(D) वोल्टेज कमी होते. FET च्या गेट जंक्शनच्या नकारात्मक संक्रमणावर (transition), जंक्शन रिव्हर्स बायसिंग वाढवले जाते आणि सर्किटचे ऑपरेशन उलट केले जाते. यामुळे आउटपुट सिग्नल फेजच्या बाहेर 180 अंशांवर येतो.

P-चॅनेल कॉमन सोर्स(S) अँम्पलीफायर FET चे ऑपरेशन N-चॅनल कॉमन सोर्स(S) अँम्पलीफायर FET प्रमाणेच आहे, अपवाद वगळता विद्युतदाब पोलॅरीटी उलट आहेत. उलट-बायस स्थितीत गेट आणि सोर्स(S) यांच्यामध्ये कोणताही विद्युत् प्रवाह (Current) होणार नाही.

4.4 MOSFET:

4.4.1 MOSFET रचना:



N-Channel Depletion MOSFET Structure

आकृती 4.11 N-चॅनेल डिप्लेशन स्ट्रकचर्र

MOSFETs JFET प्रमाणेच कार्य करतात परंतु त्यांचे गेट टर्मिनल चॅनेलपासून विद्युतदृष्ट्या वेगळे केले जातात. तसेच आणखी एक प्रकारचा फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर उपलब्ध आहे ज्याचे गेट इनपुट मुख्य प्रवाह वाहून नेणाऱ्या चॅनेलमधून इलेक्ट्रिकली इन्सुलेटेड आहे.

MOSFET हे सेमीकंडक्टर डिव्हाइसचा एक प्रकार आहे ज्याला इन्सुलेटेड गेट फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर म्हणतात .सर्वात सामान्य प्रकारचे इन्सुलेटेड गेट FET जे विविध प्रकारच्या इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्समध्ये वापरले जाते त्याला मेटल ऑक्साइड सेमीकंडक्टर फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर किंवा MOSFET असे म्हणतात .IGFET किंवा MOSFET हा एक वोल्टेज नियंत्रित फील्ड इफेक्ट ट्रान्झिस्टर आहे जो JFET पेक्षा वेगळा आहे कारण त्यात "मेटल ऑक्साइड" गेट इलेक्ट्रोड आहे जो मुख्य सेमीकंडक्टर N-चॅनेल किंवा P-चॅनेलपासून इन्सुलेट सामग्रीच्या अत्यंत पातळ थराने इलेक्ट्रिकली इन्सुलेटेड आहे.

सामान्यतः सिलिकॉन डायऑक्साइडला डायलेकट्रीक म्हणून ओळखले जाते.या अति पातळ इन्सुलेटेड मेटल गेट इलेक्ट्रोडला कॅपेसिटरची एक प्लेट समजली जाऊ शकते.

कंट्रोलिंग गेटचे सेपरेशन मुळे MOSFET चा इनपुट रेझिस्टन्स अत्यंत उच्च म्हणजे मेगा-ओहम्स (MΩ) असतो. गेट टर्मिनल मुख्य विद्युत प्रवाह वाहून नेणाऱ्या चॅनल पासून विभक्त असल्याने, ड्रेन आणि स्त्रोत मधील प्रवाह जवळजवळ अमर्याद (Infinite) आहे. म्हणुन इलेक्ट्रिकली, "गेटमध्ये कोणताही विद्युत् प्रवाह (Current) वाहत नाही" आणि JFET प्रमाणेच, MOSFET देखील वोल्टेज नियंत्रित रेझिस्टरसारखे कार्य करते जेथे विद्युत प्रवाह (Current) मुख्य चॅनेलमधून वाहतो. ड्रेन(D) आणि सोर्स(S) यांच्यातील इनपुट वोल्टेज च्या प्रमाणात आहे.

4.4.2 MOSFET चे प्रकार

1. डिप्लेशन मोड मॉस्फेट
2. एन्हांसमेंट मोड मॉस्फेट

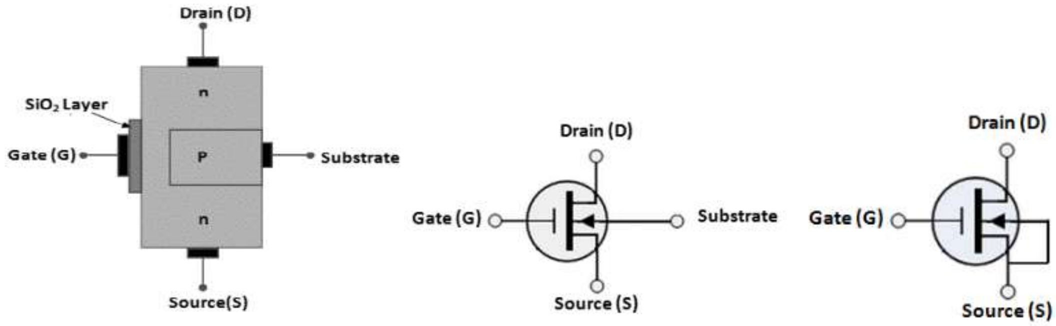
1) डिप्लेशन मोड MOSFET (D-MOSFET)

डिप्लेशन मोडमध्ये जेव्हा गेट टर्मिनलवर शून्य वोल्टेज असते, तेव्हा चॅनेल त्याची मॅक्सिमम कंडक्टिव्हिटी दाखवते.जेव्हा गेट वर पॉझिटिव्ह किंवा निगेटिव्ह वोल्टेज असते तेव्हा चॅनेलची कंडक्टिव्हिटी

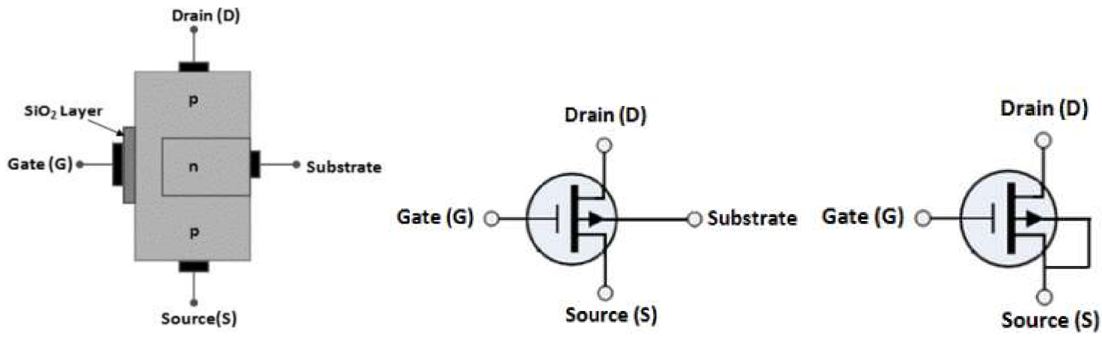
1. N-चॅनेल डिप्लेशन मोड MOSFET

2. P-चॅनेल डिप्लेशन मोड MOSFET

- **N-चॅनेल डिप्लेशन मोड MOSFET**



- **P-चॅनेल डिप्लेशन मोड MOSFET**

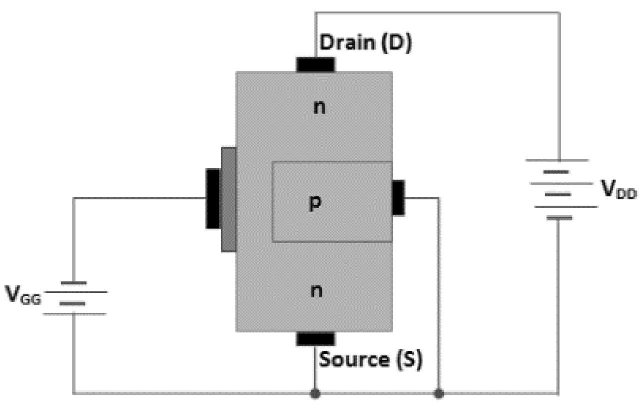


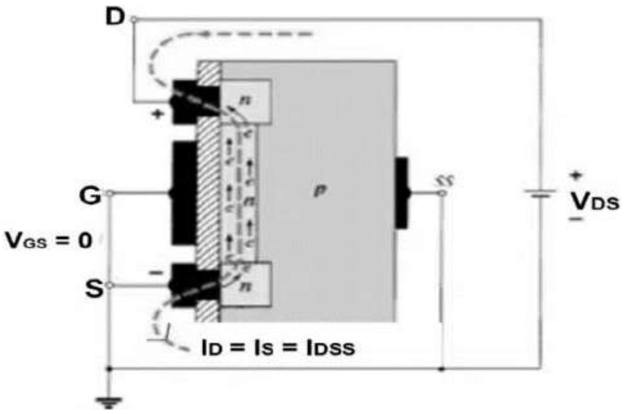
आकृती 4.12 N-चॅनेल आणि P-चॅनेल डिप्लेशन मोड रचना आणि त्यांची चिन्हे

N-चॅनेल D-MOSFET चे सर्किट ऑपरेशन:

खालील डायग्राम N-चॅनेल D-MOSFET चे सर्किट दाखवते.

.





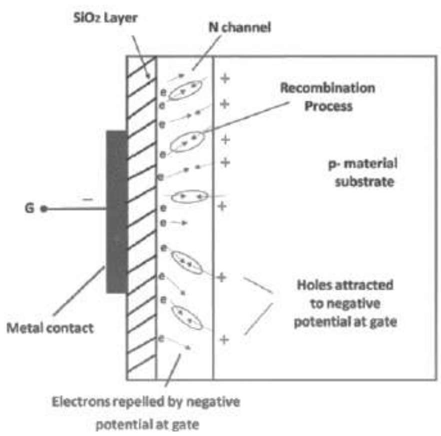
आकृती 4.13 एन-चॅनेल D-MOSFET चे परिपथ (सर्किट) ऑपरेशन

गेट टर्मिनल ग्राउंडला कनेक्ट करा आणि ड्रेन(D) आणि सोर्स(S) वर पॉझिटिव्ह वोल्टेज कनेक्ट करा. पॉझिटिव्ह V_{DS} लागू केल्यावर, N चॅनेलमधील इलेक्ट्रॉन पॉझिटिव्ह ड्रेन(D) टर्मिनलकडे जातील आणि ड्रेनचा विद्युत् प्रवाह (Current) ड्रेन(D)पासून सोर्स(S)कडे वाहू लागेल. V_{DS} आणखी वाढवताना, $V_{GS} = 0$ ठेवल्यास, एक वेळ येईल जेव्हा I_D स्थिर होईल आणि ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current)च्या त्या व्हॅल्यूला सॅचुरेशन विद्युत् प्रवाह (Current) म्हणतात.

गेट वोल्टेज चा N चॅनेल डिप्लेशन MOSFET वर होणारा परिणाम :

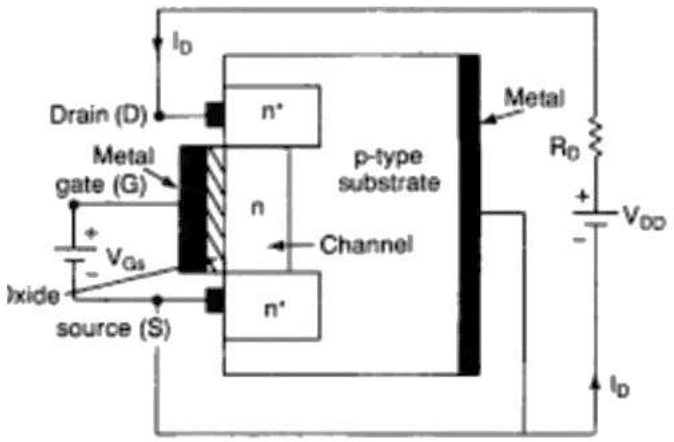
$V_{GS} < 0$ कनेक्ट करा. P-प्रकारच्या सब्सट्रेटमधील होल्स निगेटिव्ह गेट टर्मिनलकडे आकर्षित होतील आणि N चॅनेलमधील इलेक्ट्रॉनसह पुन्हा एकत्र होतील, इलेक्ट्रॉन-होल्स जोड्या तयार होतील. गेटवर निगेटिव्ह वोल्टेज वाढविल्यास, अधिक इलेक्ट्रॉन-होल्स संयोजन होतील, ज्यामुळे N चॅनेलमधील फ्री इलेक्ट्रॉनची संख्या कमी होईल. परिणामी, I_D कमी होतो. अशी वेळ येईल जेव्हा ड्रेन(D)चा विद्युत् प्रवाह (Current) शून्य होईल. निगेटिव्ह गेट वोल्टेज ज्यावर ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) I_D शून्य आहे त्याला पिंच-ऑफ वोल्टेज किंवा V_P म्हणतात.

खालील आकृतीत दाखवल्याप्रमाणे पिंच-ऑफ, $V_{GS} = V_P$, $V_{DS} > 0$ आणि $I_D = 0$



ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) I_D वर पॉझिटिव्ह गेट वोल्टेज चा प्रभाव :

$V_{GS} > 0$ लागू केल्यावर, P-प्रकारच्या सब्सट्रेटमधील अल्पसंख्याक वाहक, म्हणजे इलेक्ट्रॉन, गेट टर्मिनलकडे आकर्षित होतील, ज्यामुळे N-चॅनेलमध्ये इलेक्ट्रॉनची कॉनसेनट्रेशन वाढेल. परिणामी, ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) I_D वाढेल आणि सॅचुरेशन विद्युत् प्रवाह (Current) ओलांडेल. यातून असा निष्कर्ष निघतो , जेव्हा $V_{GS} > 0$ आणि $V_{DS} > 0$, नंतर $I_D > I_{DSS}$, खालील **आकृती 4.14** मध्ये दाखवल्याप्रमाणे.



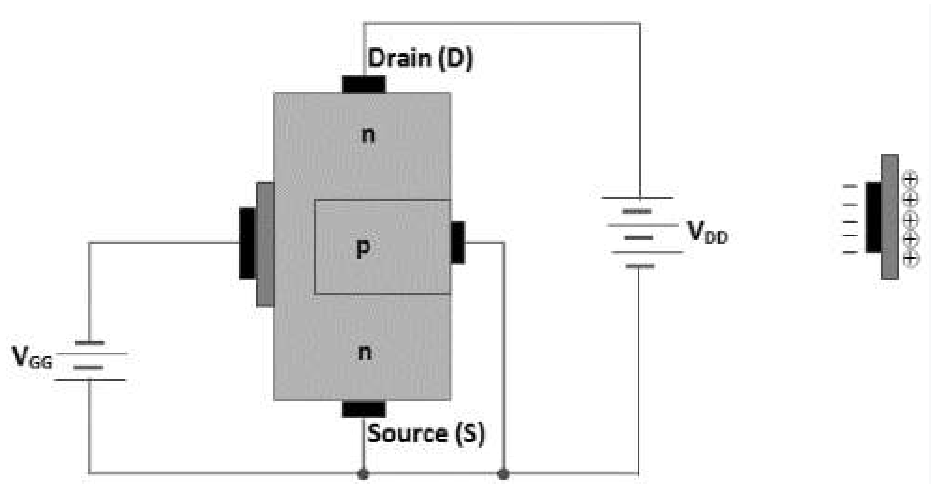
आकृती 4.14 पॉझिटिव्ह गेट विद्युतदाबचा ड्रेन(D) विद्युत् प्रवाह (CURRENT)वर प्रभाव

4.4.3 डिप्लेशन टाईप MOSFET च्या ऑपरेशनच्या पद्धती:

डिप्लेशन टाईप MOSFET हा डिप्लेशन मोडमध्ये तसेच एन्हांसमेंट मोडमध्ये ऑपरेट केला जाऊ शकतो. गेट एक लहान कॅपेसिटर बनवते. या कॅपेसिटरची एक प्लेट गेट आहे आणि दुसरी प्लेट डायलेक्ट्रिक म्हणून मेटल ऑक्साईड थर असलेली चॅनेल आहे. जेव्हा गेट वोल्टेज बदलला जातो, तेव्हा कॅपेसिटरचे इलेक्ट्रिक फील्ड बदलते ज्यामुळे N-चॅनेलचा रेझिस्टन्स बदलतो. गेट चॅनेलमधून इन्सुलेटेड असल्याने, आपण गेटवर निगेटिव्ह किंवा पॉझिटिव्ह वोल्टेज लागू करू शकतो. निगेटिव्ह गेट ऑपरेशनला डिप्लेशन मोड आणि पॉझिटिव्ह गेट ऑपरेशनला एन्हांसमेंट मोड म्हणतात.

1. **डिप्लेशन मोड** :

खालील आकृती 4.15 N-चॅनेल D-MOSFET चे डिप्लेशन मोड ऑपरेशन दाखवते.



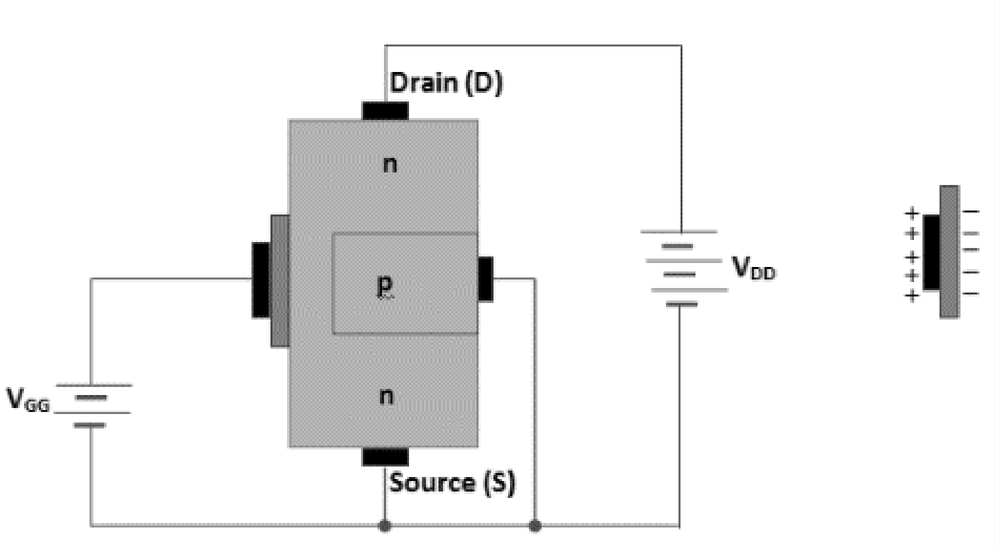
आकृती 4.15 N-चॅनेल D-MOSFET चे डिप्लेशन मोड ऑपरेशन

गेट निगेटिव्ह असल्याने, याचा अर्थ डायग्राममध्ये दर्शविल्याप्रमाणे इलेक्ट्रॉन गेटवर आहेत. हे इलेक्ट्रॉन N-चॅनेलमधील इलेक्ट्रॉनांना मागे टाकतात, डायग्राममध्ये दर्शविल्याप्रमाणे चॅनेलच्या एका भागामध्ये पॉझिटिव्ह आयनांचा एक लेयर सोडतात. दुसऱ्या शब्दांत, N-चॅनेलचे काही फ्री इलेक्ट्रॉन कमी होतात. म्हणून, N-चॅनेलद्वारे विद्युत् प्रवाह (Current) वहनासाठी कमी संख्येने फ्री इलेक्ट्रॉन उपलब्ध आहेत. हे चॅनेल रेझिस्टन्स वाढवण्यासारखे आहे. गेटवर निगेटिव्ह वोल्टेज जितका जास्त असेल तितका सोर्सपासून ड्रेनपर्यंतचा विद्युत् प्रवाह (Current) कमी असेल.अशा प्रकारे गेटवरील निगेटिव्ह वोल्टेज बदलून, आपण N-चॅनेलचा रेझिस्टन्स बदलू शकतो आणि त्यामुळे सोर्स(S)पासून ड्रेन(D)पर्यंत विद्युत् प्रवाह (Current) बदलू शकतो.

निगेटिव्ह गेटची क्रिया फ्री इलेक्ट्रॉन्सच्या चॅनेलला कमी करण्यावर अवलंबून असल्याने, निगेटिव्ह -गेट ऑपरेशनला डिप्लेशन मोड म्हणतात.

2. एन्हांसमेंट मोड

खालील आकृती 4.16 एन-चॅनेल D-MOSFET चे एन्हांसमेंट मोड ऑपरेशन दाखवते.



आकृती 4.16 एन-चॅनेल D-MOSFET चे एन्हांसमेंट मोड ऑपरेशन

पुन्हा गेट कॅपेसिटरसारखे कार्य करते. गेट पॉझिटिव्ह असल्याने, आकृती 4.16 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे ते N-चॅनेलमध्ये निगेटिव्ह चार्जेस प्रवृत्त करते. हे निगेटिव्ह चार्जेस चॅनेलमध्ये फ्री इलेक्ट्रॉन आहेत. हे फ्री इलेक्ट्रॉन चॅनेलमध्ये आधीपासून असलेल्यांमध्ये जोडल्यामुळे, चॅनेलमधील फ्री इलेक्ट्रॉन्सची एकूण संख्या वाढते. अशा प्रकारे पॉझिटिव्ह गेट वोल्टेज चॅनेलची कंडक्टिव्हिटी वाढवते. गेटवरील पॉझिटिव्ह वोल्टेज जितके जास्त असेल तितके सोर्स(S) ते ड्रेन(D)पर्यंत कंडक्शन जास्त.अशा प्रकारे गेट वरील पॉझिटिव्ह वोल्टेज बदलून, आपण चॅनेलची कंडक्टिव्हिटी बदलू शकतो. कारण पॉझिटिव्ह गेटची क्रिया चॅनेलची कंडक्टिव्हिटी वाढविण्यावर अवलंबून असते, पॉझिटिव्ह गेट ऑपरेशनला एन्हांसमेंट मोड म्हणतात.

D-MOSFET ऑपरेशनबद्दलचे महत्वाचे मुद्दे:

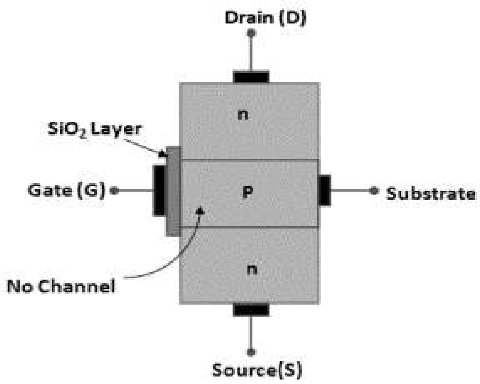
1. D-MOSFET मध्ये, सोर्स(S) टु गेट विद्युत् प्रवाह (Current) कंट्रोल करण्यासाठी कॅपेसिटरच्यावर तयार केलेल्या इलेक्ट्रिक फिल्ड ने नियंत्रित केला जातो.
2. D-MOSFET चे गेट कॅपेसिटरसारखे कार्य करते. या कारणास्तव पॉझिटिव्ह किंवा निगेटिव्ह गेट वोल्टेज सह D-MOSFET ऑपरेट करणे शक्य आहे.
3. D-MOSFET चे गेट कॅपेसिटर बनवते म्हणून, गेटला पॉझिटिव्ह किंवा निगेटिव्ह वोल्टेज लागू केले तरीही निग्लिजिबल (खूप कमी) गेट विद्युत् प्रवाह (Current) वाहतो. या कारणास्तव, D-MOSFET चा खूप उच्च इनपुट रेझिस्टन्स रेंज 10,000 MΩ ते 10,000,00 MΩ पर्यंत आहे.
4. गेट टर्मिनलच्या खालच्या जागी अत्यंत लहान ऑक्साईड लेयर मुळे गेटचा खूप कमी कॅपॅसिटन्स आहे आणि D-MOSFET मध्ये, खूप कमी इनपुट कॅपॅसिटन्स आहे ह्या वैशिष्ट्यामुळे D-MOSFET ला वारंवार उच्च तरंग लहरीच्या ॲप्लिकेशन साठी उपयुक्त बनवते.

4.4.4 E-MOSFET (E-मॉस्फेट)

एन्हांसमेंट मोडमध्ये जेव्हा गेट टर्मिनलवर वोल्टेज नसते तेव्हा मॉस्फेट काम करत नाही, विद्युत प्रवाह (Current) येत नाही. गेटवरील वोल्टेज वाढते म्हणून, मॉस्फेट कंडक्टिव्हिटी वाढते. हे डिव्हाइस चालू करण्यासाठी केले जाते. एन्हांसमेंट मोड देखील दोन भागांमध्ये विभागलेला आहे.

1. N-चॅनल एन्हांसमेंट मोड MOSFET
2. P-चॅनल एन्हांसमेंट मोड MOSFET

खालील आकृती 4.17 एन-चॅनेल E-मॉस्फेटचे कंस्ट्रक्शन दर्शविते.



आकृती 4.17 N-चॅनेल E-मॉस्फेटची रचना

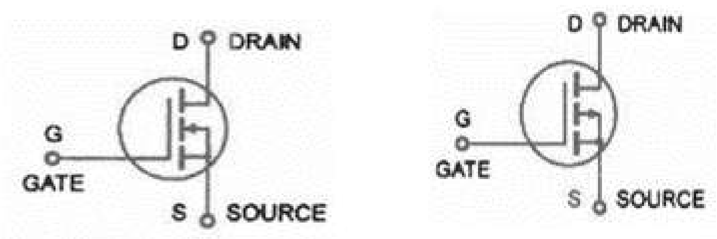
त्याचे गेट कंस्ट्रक्टशन D-MOSFET सारखे आहे.

E-MOSFET मध्ये सोर्स(S) आणि ड्रेन(D) दरम्यान कोणतीही चॅनेल नाही. सब्सट्रेट पूर्णपणे SiO2 लेयरपर्यंत पसरते जेणेकरून कोणतेही चॅनेल अस्तित्वात नाही. E-MOSFET ला एक चॅनेल तयार करण्यासाठी योग्य गेट वोल्टेज ची आवश्यकता असते, ज्याला सोर्स(S)आणि ड्रेन(D) दरम्यानचे प्रेरित चॅनल म्हणतात. हे केवळ एन्हांसमेंट मोडमध्ये चालते आणि त्यात कोणतेही डीपलेशन मोड नाही. केवळ योग्य आणि अचूक मॅग्नीटुड आणि पोलॅरीटी V_{GS} लागू केल्याने, डिव्हाइस चे कंडक्शन सुरू होते.

योग्य पोलॅरीटीचे V_{GS} ज्याची किमान व्हॅल्यू जे E-MOSFET चालू करते त्याला थ्रेशोल्ड वोल्टेज [V_{GS}(th)] म्हणतात. N -चॅनल डिव्हाइसला पॉझिटिव्ह $V_{GS} \geq V_{GS}$(th) आणि P-चॅनेल डिव्हाइसला निगेटिव्ह $V_{GS} \geq V_{GS}$(th) आवश्यक आहे.

E-MOSFET साठी चिन्हे

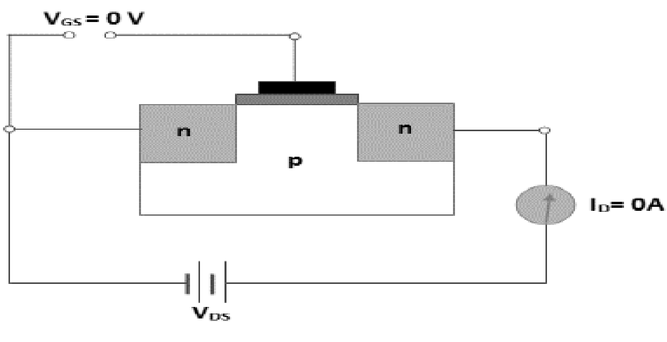
N-चॅनेल E-MOSFET साठी योजनाबद्ध चिन्हे दाखवते आणि P-चॅनेल E-MOSFET साठी योजनाबद्ध चिन्हे दाखवते.



आकृती 4.18 N-चॅनेल आणि P-चॅनेल E-MOSFET चिन्हे

4.4.5 N-channel E-MOSFET चे सर्किट ऑपरेशन

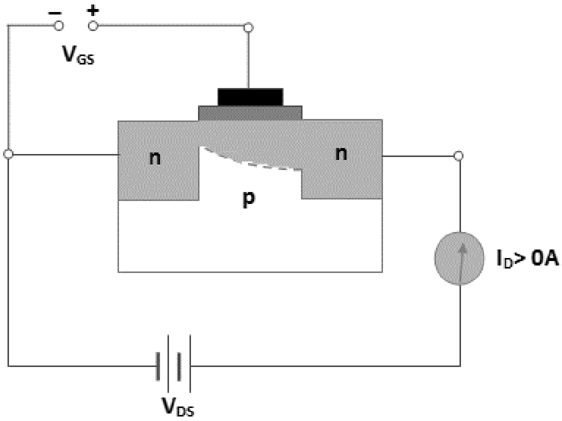
N-चॅनेल E-MOSFET चे सर्किट आकृती 4.19 मध्ये दाखवते. सर्किट क्रिया खालीलप्रमाणे आहे:



आकृती 4.19 N-चॅनेल E-MOSFET चे सर्किट ऑपरेशन

i) जेव्हा V_{GS}= 0V, डायग्राम मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे, सोर्स(S) आणि ड्रेन(D) जोडणारा कोणताही चॅनेल नाही. P-सब्सट्रेटमध्ये थर्मली तयार केलेले फ्री इलेक्ट्रॉन (अल्पसंख्याक वाहक) असतात जेणेकरुन ड्रेन(D) विद्युत् प्रवाह (Current) जवळजवळ शून्य असतो. या कारणास्तव, V_{GS} = 0V असताना E-MOSFET साधारणपणे बंद असते.

(ii) जेव्हा V_{GS} पॉझिटिव्ह असतो, म्हणजे आकृतीमध्ये दर्शविल्याप्रमाणे गेट पॉझिटिव्ह केले जाते, तेव्हा ते P रिजनमध्ये फ्री इलेक्ट्रॉन आकर्षित करते. फ्री इलेक्ट्रॉन SiO_2 लेयरच्या पुढील होल्स एकत्र होतात.

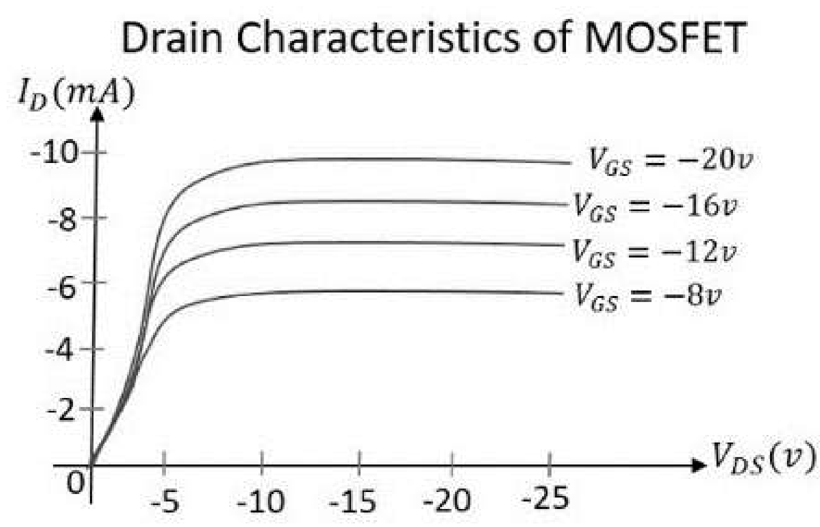


जर V_{GS} पुरेसे पॉझिटिव्ह असेल, तर SiO2 थराला स्पर्श करणारी सर्व होल्स भरली जातात आणि फ्री इलेक्ट्रॉन सोर्स(S)पासून ड्रेन(D) होण्यासाठी वाहू लागतात. परिणाम N-प्रकारच्या मटेरियल चा पातळ थर तयार करण्यासारखा आहे, म्हणजे SiO_2 लेयरला लागून एक पातळ N-लेयर तयार करणे. अशा प्रकारे E-MOSFET चालू होते आणि ड्रेन(D) विद्युत् प्रवाह (Current) I_D सोर्स(S)कडून ड्रेन(D)कडे वाहू लागतो. V_{GS}चे किमान व्हॅल्यू जे E-MOSFET चालू करते त्याला थ्रेशोल्ड वोल्टेज [V_{GS}(th)] म्हणतात.

(iii) जेव्हा V_{GS} V_{GS}(th) पेक्षा कमी असतो, तेव्हा कोणतेही प्रेरित चॅनल नसते आणि ड्रेन(D) विद्युत् प्रवाह (Current) I_D शून्य असतो. जेव्हा V_{GS} V_{GS}(th) च्या बरोबरीचे असते, तेव्हा E-MOSFET चालू होते आणि प्रेरित चॅनेल सोर्स(S)पासून ड्रेन(D)पर्यंत ड्रेन(D) विद्युत् प्रवाह (Current) चालवते. V_{GS}(th) च्या पलीकडे, V_{GS} चे व्हॅल्यू वाढवल्यास, नव्याने तयार केलेला चॅनेल रुंद होतो, ज्यामुळे I_D वाढतो. V_{GS} चे व्हॅल्यू V_{GS}(th) पेक्षा कमी न झाल्यास, चॅनेल अरुंद होईल आणि I_D कमी होईल.

4.4.6 ड्रेन आलेख :

MOSFET ची ड्रेन आलेख ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) I_D आणि ड्रेन सोर्स वोल्टेज V_{DS} दरम्यान काढली जातात. इनपुटच्या भिन्न वॅल्यू साठी आलेख खाली आकृती 4.20 दर्शविल्याप्रमाणे आहे.

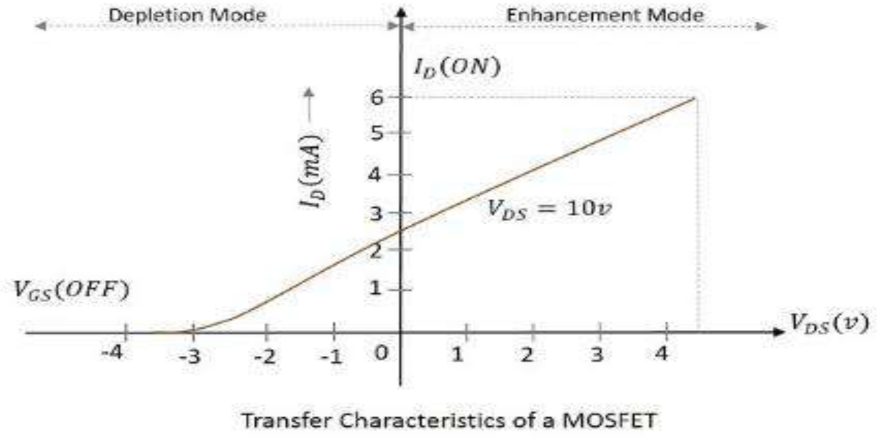


आकृती 4.20 MOSFET ची ड्रेन(D) आलेख

वास्तविक जेव्हा V_{DS} वाढवला जातो तेव्हा ड्रेनविद्युत् प्रवाह (Current) I_D वाढला पाहिजे, परंतु लागू केलेल्या V_{GS} मुळे, ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) I_D विशिष्ट स्तरावर नियंत्रित केला जातो. म्हणून गेट विद्युत् प्रवाह (Current) I_G , आउटपुट ड्रेन(D) विद्युत् प्रवाह (Current) I_D नियंत्रित करते.

4.4.7 ट्रान्सफर आलेख :

ट्रान्सफर आलेख हे V_{DS} च्या व्हॅल्यूमधील बदल, हे I_D आणि V_{GS} च्या बदलासह डिप्लेशन आणि एन्हांसमेंट करण्याच्या मोडमध्ये बदल परिभाषित करतात. खाली आकृती 4.21 मध्ये ट्रान्सफर कर्व ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) I_D विरुद्ध V_{GS} वोल्टेज साठी काढला आहे.



आकृती 4.21 MOSFET ची ट्रान्सफर आलेख

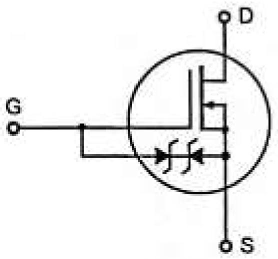
4.4.8 BJT, FET आणि MOSFET मधील तुलना

गुणधर्म	**BJT**	**FET**	**MOSFET**
डिव्हाइस प्रकार	विद्युत् प्रवाह (Current) नियंत्रित	विद्युतदाब नियंत्रित	विद्युतदाब नियंत्रित
विद्युत् प्रवाह (Current) प्रवाह	बायपोलार	युनिपोलार	युनिपोलार
ऑपरेशनल मोड	मोड नाहीत	केवळ डिप्लेशन मोड	दोन्हीमोड डिप्लेशन आणि एन्हांसमेंट
इनपुट रेझिस्टन्स	कमी	उच्च	खूप उच्च
आउटपुट रेझिस्टन्स	मध्यम	मध्यम	कमी
ऑपरेशनल गती	कमी	मध्यम	उच्च
नॉइझ	उच्च	कमी	कमी
थर्मल स्थिरता	कमी	उत्तम	उच्च
डिव्हाइस प्रकार	विद्युत् प्रवाह (CURRENT) नियंत्रित	विद्युतदाब नियंत्रित	विद्युतदाब नियंत्रित
विद्युत् प्रवाह (Current)	द्विधृवीय (बायपोलार)	एकध्रुवीय (युनिपोलार)	एकध्रुवीय (युनिपोलार)
ऑपरेशनल मोड	मोड नाहीत	केवळ डिप्लेशन मोड	दोन्हीमोड डिप्लेशन आणि एन्हांसमेंट
इनपुट रेझिस्टन्स	कमी	उच्च	खूप उच्च
आउटपुट रेझिस्टन्स	मध्यम	मध्यम	कमी
ऑपरेशनल गती	कमी	मध्यम	उच्च
नॉइझ	उच्च	कमी	कमी
थर्मल स्थिरता	कमी	उत्तम	उच्च

4.4.9 MOSFET हाताळणी:

MOSFET ला अतिशय काळजीपूर्वक हाताळणी आवश्यक असते, विशेषतः जेव्हा सर्किट मध्ये कनेक्ट केले नसते. MOSFET मध्ये चॅनेल आणि गेट दरम्यान अल्ट्रा थिन सिलिकॉन डायऑक्साइड थर आहे. इन्सुलेटिंग लेयर खूप थिन असल्यामुळे, गेट सोर्स वोल्टेज V_{GS} मुळे ते सहजपणे नष्ट होते. मोठ्या गेट वोल्टेज चा वापर केल्यावर, ओपन-सर्किट गेटमध्ये पुरेसा चार्ज जमा होऊ शकतो ज्यामुळे थिन SiO2 थर पंक्चर करण्यासाठी पुरेसे मोठे इलेक्ट्रिक फील्ड विकसित होऊ शकते.

गेट-टू-सोर्स(S) वोल्टेज V_{GS} च्या थेट वापरामुळे, थिन SiO2 थर अधिक सूक्ष्म मार्गांनी नष्ट होऊ शकतो. पॉवर चालू असताना सर्किट मधून MOSFET कनेक्ट किंवा डीसकनेक्ट केला तर, इनडकटिव किकबॅक आणि इतर परिणामांमुळे क्षणिक (Transient) व्होल्टेज, $V_{GS (MAX)}$ रेटिंगपेक्षा जास्त असू शकतात. साधारणपणे, ग्राउंडिंग रिंग्सचा वापर MOSFET च्या सर्व लीड्स लहान करण्यासाठी केला जातो जेणेकरून गेट आणि सोर्स यांच्यामध्ये कोणतेही वोल्टेज तयार होऊ नये. MOSFET सर्किट मध्ये जोडल्यानंतरच या ग्राउंडिंग किंवा शॉर्टिंग रिंग काढल्या जातात. कधीकधी, शॉर्टिंग किंवा ग्राउंडिंग रिंग वापरण्याऐवजी लीड्समध्ये कंडक्टिंग फोम लावला जातो.



वरील चित्रामध्ये मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे काही MOSFETs गेट आणि सोर्सच्या अंगभूत समांतर झीनर डायोडद्वारे संरक्षित आहेत. सामान्य ऑपरेटिंग वोल्टेज सह, झीनर डायोड ओपेन राहतो आणि सर्किट च्या कार्यावर प्रभाव पाडत नाही. अत्यंत उच्च V_{GS} च्या बाबतीत, झीनर डायोड ओपन होतो ज्यामुळे गेटची क्षमता झीनर डायोड ब्रेकडाउन वोल्टेज च्या समान मूल्यापर्यंत मर्यादित होते, जे कमाल V_{GS} रेटिंगपेक्षा खूपच कमी असते. या अंतर्गत झीनर डायोडचा तोटा असा आहे की MOSFET चा उच्च इनपुट रेझिस्टन्स कमी होतो. काही ऍप्लिकेशन्समध्ये ट्रेड-ऑफ फायदेशीर आहे कारण महाग MOSFET जेनर संरक्षणाशिवाय सहजपणे नष्ट होतात.

खबरदारी : MOSFET हे नाजूक डिव्हाइस आहेत आणि ते सहज नष्ट होऊ शकतात. त्यामुळे ते काळजीपूर्वक हाताळले पाहिजेत. शिवाय, पॉवर चालू असताना ते कधीही कनेक्ट किंवा डिस्कनेक्ट केले जाऊ नयेत. शेवटी, MOSFET उपकरण हाताळण्यापूर्वी, तुम्ही ज्या उपकरणवर काम करत आहात त्याच्या चेसिसला स्पर्श करून तुमचे शरीर ग्राउंड करा.

सोडवलेली उदाहरणे:

1. JFET मध्ये खालील पॅरामीटर्स आहेत: I_{DSS} = 32 mA; $V_{GS (off)}$ = – 8V; V_{GS} = – 4.5 V. ड्रेन (D) विद्युत् प्रवाह (Current)चे मूल्य शोधा.

उत्तर:

$$I_D = I_{DSS}\left[1-\frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}}\right]^2$$

$$= 32\left[1-\frac{(-4.5)}{-8}\right]^2 \text{ mA}$$

$$= 6.12 \text{ mA}$$

2. JFET मध्ये I_D = 5 mA चा ड्रेनविद्युत् प्रवाह (Current) असतो. जर I_{DSS} = 10 mA आणि $V_{GS\,(ऑफ)}$ = – 6 V असेल, तर (i) V_{GS} आणि (ii) V_P चे मूल्य शोधा.

Solution.

$$I_D = I_{DSS}\left[1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS\,(off)}}\right]^2$$

or

$$5 = 10\left[1 + \frac{V_{GS}}{6}\right]^2$$

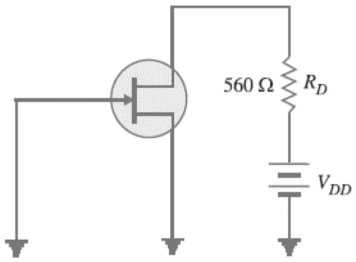
or

$$1 + \frac{V_{GS}}{6} = \sqrt{5/10} = 0.707$$

(*i*) ∴ $V_{GS} = -1.76\text{ V}$

(*ii*) and $V_P = -V_{GS\,(off)} = 6\text{ V}$

3. आकृती 1 मधील JFET डिव्हाइस कॉन्स्टतंट विद्युत् प्रवाह (Current) रिजन ऑपरेशनमध्ये ठेवण्यासाठी, आवश्यक V_{DD} चे किमान मूल्य निश्चित करा $V_{GS\,(off)} = -4V$ आणि $I_{DSS} = 12$ mA.



आकृती 1

Solution. Since $V_{GS\,(off)} = -4V$, $V_P = 4V$. The minimum value of V_{DS} for the *JFET* to be in constant-current region is

$$V_{DS} = V_P = 4V$$

In the constant current region with $V_{GS} = 0V$,

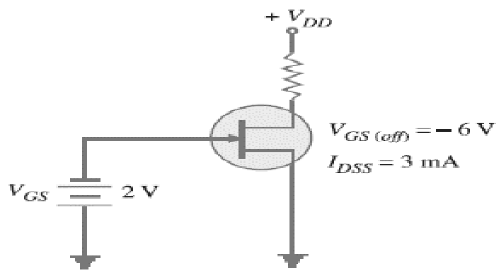
$$I_D = I_{DSS} = 12\text{ mA}$$

Applying Kirchhoff's voltage law around the drain circuit, we have,

$$V_{DD} = V_{DS} + V_{R_D} = V_{DS} + I_D R_D$$
$$= 4V + (12\text{ mA})(560\Omega) = 4V + 6.72V = 10.72V$$

This is the value of V_{DD} to make $V_{DS} = V_P$ and put the device in the constant-current region.

आकृती 2 मध्ये दर्शविलेल्या सर्किटसाठी ड्रेन(D) **विद्युत् प्रवाह (Current) चे मूल्य निश्चित करा**.



आकृती 2

उत्तर:

आकृती 2 वरून स्पष्ट होते की $V_{GS} = -2V$. परिपथ (सर्किट)साठी ड्रेन(D) विद्युत् प्रवाह (Current) द्वारे दिले जाते;

$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS\,(off)}}\right)^2$$

$$= 3\text{ mA}\left(1 - \frac{-2\text{V}}{-6\text{V}}\right)^2$$

$$= (3\text{ mA})\,(0.444) = 1.33\text{ mA}$$

5. जेव्हा JFET वर 15 V चा रिव्हर्स गेट वोल्टेज लागू केला जातो तेव्हा गेट विद्युत् प्रवाह (Current) I_G 10−3 μA असतो. गेट आणि सोर्स(S) यांच्यातील रेझिस्टन्स शोधा.

उत्तर:

$V_{GS} = 15\text{ V}$; $I_G = 10^{-3}\ \mu\text{A} = 10^{-9}\text{ A}$

$$\therefore \quad \text{Gate to source resistance} = \frac{V_{GS}}{I_G} = \frac{15\text{ V}}{10^{-9}\text{ A}} = 15 \times 10^9\ \Omega = 15{,}000\text{ M}\Omega$$

6. जेव्हा JFET चा V_{GS} –3.1 V वरून –3 V वर बदलतो, तेव्हा ड्रेन विद्युत् प्रवाह (Current) I_D 1 mA वरून 1.3 mA वर बदलतो. ट्रान्सकंडक्टन्सचे मूल्य काय आहे?

Solution.

$$\Delta V_{GS} = 3.1 - 3 = 0.1\text{ V} \quad \text{... magnitude}$$

$$\Delta I_D = 1.3 - 1 = 0.3\text{ mA}$$

$$\therefore \quad \text{Transconductance, } g_{fs} = \frac{\Delta I_D}{\Delta V_{GS}} = \frac{0.3\text{ mA}}{0.1\text{ V}} = 3\text{ mA/V} = 3000\ \mu\text{ mho}$$

7. JFET चे मूल्य gmo = 4000 μS आहे. $V_{GS} = -3V$ वर gm चे मूल्य निश्चित करा. दिलेले $V_{GS\,(ऑफ)} = -8V$.

Solution.

$$g_m = g_{mo}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS\,(off)}}\right)$$

$$= 4000\ \mu\text{S}\left(1 - \frac{-3\text{V}}{-8\text{V}}\right)$$

$$= 4000\ \mu\text{S}\,(0.625) = 2500\ \mu\text{S}$$

8. JFET ची डेटाशीट खालील माहिती देते: $I_{DSS} = 3$ mA, $V_{GS\,(off)} = -6V$ आणि gm (max) = 5000 μS. $V_{GS} = -4V$ साठी ट्रान्सकंडक्टन्स निश्चित करा आणि या टप्प्यावर ड्रेनविद्युत् प्रवाह (Current) I_D शोधा.

उत्तर:

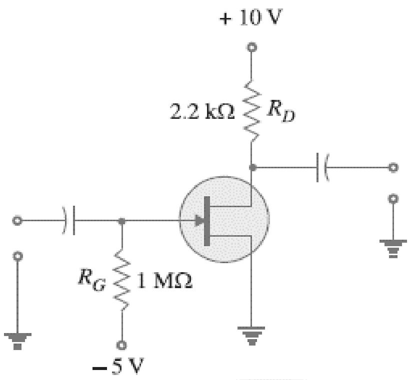
Solution. At $V_{GS} = 0$, the value of g_m is maximum *i.e.* g_{mo}.

$$\therefore \quad g_{mo} = 5000\ \mu S$$

Now
$$g_m = g_{mo}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}}\right)$$
$$= 5000\ \mu S\left(1 - \frac{-4V}{-6V}\right)$$
$$= 5000\ \mu S\ (1/3) = 1667\ \mu S$$

Also
$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}}\right)^2$$
$$= 3\ mA\left(1 - \frac{-4}{-6}\right)^2 = 333\ \mu A$$

9. आकृती 3 मधील JFET मध्ये VGS (off) = – 8V आणि IDSS = 16 mA ची मूल्ये आहेत. सर्किट साठी VGS, ID आणि VDS ची मूल्ये निश्चित करा.



आकृती 3

उत्तर:

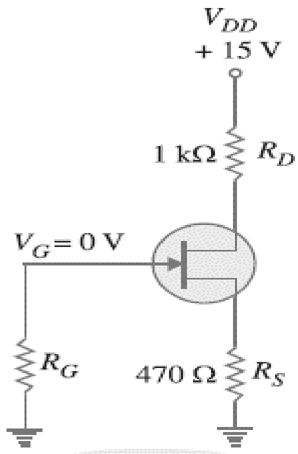
$$\therefore \quad V_{GS} = V_{GG} = -5V$$

Now
$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}}\right)^2$$
$$= 16\ mA\left(1 - \frac{-5}{-8}\right)^2$$
$$= 16\ mA\ (0.1406) = 2.25\ mA$$

Also
$$V_{DS} = V_{DD} - I_D R_D$$
$$= 10\ V - 2.25\ mA \times 2.2\ k\Omega = 5.05\ V$$

Note that operating point for the circuit is 5.05V, 2.25 mA

10. आकृती 4 मध्ये VDS आणि VGS शोधा, तो ID = 5 mA दिलेला आहे.



आकृती 4

Solution.

$$V_S = I_D R_S = (5\ \text{mA})\ (470\ \Omega) = 2.35\ \text{V}$$

and

$$V_D = V_{DD} - I_D R_D$$

$$= 15\text{V} - (5\ \text{mA}) \times (1\ \text{k}\Omega) = 10\text{V}$$

$$\therefore \quad V_{DS} = V_D - V_S = 10\text{V} - 2.35\ \text{V} = 7.65\text{V}$$

Since there is no gate current, there will be no voltage drop across R_G and $V_G = 0$.

Now $$V_{GS} = V_G - V_S = 0 - 2.35\text{V} = -2.35\ \text{V}$$

11. JFETचे आलेख हे दर्शविते की जेव्हा VGS = – 5V, ID = 6.25 mA. आवश्यक RS चे मूल्य निश्चित करा.

उत्तर:

$$R_S = \frac{|V_{GS}|}{|I_D|} = \frac{5\text{V}}{6.25\ \text{mA}} = 800\ \Omega$$

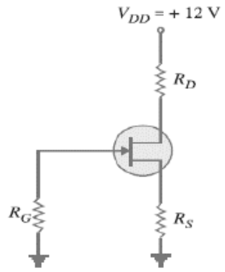
12. IDSS = 25 mA, VGS (off) = 15 V आणि VGS = 5V सह P-चॅनेल JFET सेल्फ बायस करण्यासाठी आवश्यक RS चे मूल्य निश्चित करा.

उत्तर:

$$I_D = I_{DSS}\left(1 - \frac{V_{GS}}{V_{GS(off)}}\right)^2 = 25\ \text{mA}\left(1 - \frac{5\text{V}}{15\text{V}}\right)^2 = 25\text{mA}\ (1 - 0.333)^2 = 11.1\ \text{mA}$$

$$\therefore \quad R_S = \frac{|V_{GS}|}{|I_D|} = \frac{5\text{V}}{11.1\ \text{mA}} = 450\ \Omega$$

13. मिडपॉइंट बायस सेट करण्यासाठी आकृती 5 मध्ये रेझिस्टन्स मूल्ये निवडा. JFET प्यारामिटर्स दिले आहेत : I_{DSS} = 15 mA आणि $V_{GS(off)}$ = – 8V. V_D = 6V (V_{DD} च्या अर्धा) असावा.



आकृती 5

उत्तर:

Solution. For midpoint bias, we have,

$$I_D \simeq \frac{I_{DSS}}{2} = \frac{15\text{ mA}}{2} = 7.5\text{ mA}$$

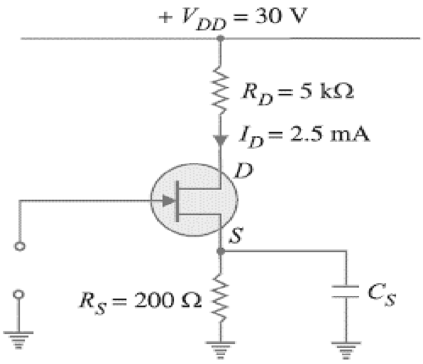
and
$$V_{GS} = \frac{V_{GS(off)}}{3.4} = \frac{-8}{3.4} = -2.35\text{ V}$$

∴
$$R_S = \frac{|V_{GS}|}{|I_D|} = \frac{2.35\text{V}}{7.5\text{ mA}} = 313\Omega$$

Now
$$V_D = V_{DD} - I_D R_D$$

∴
$$R_D = \frac{V_{DD} - V_D}{I_D} = \frac{12\text{V} - 6\text{V}}{7.5\text{ mA}} = 800\Omega$$

14. आकृती 6 मध्ये दर्शविलेल्या JFET सर्किट मध्ये, (i) V_{DS} आणि (ii) V_{GS} शोधा.



आकृती 6

उत्तर:

Solution.

(i) $V_{DS} = V_{DD} - I_D (R_D + R_S) = 30 - 2.5\text{ mA} (5 + 0.2) = 30 - 13 = 17\text{ V}$

(ii) $V_{GS} = -I_D R_S = -(2.5 \times 10^{-3}) \times 200 = -0.5\text{ V}$

15. विशिष्ट D-MOSFET साठी, I_{DSS} = 10 mA आणि $V_{GS(off)}$ = – 8V.

(i) हे N-चॅनेल आहे की P-चॅनेल?

(ii) V_{GS} = – 3V वर आयडीची गणना करा.

(i) V_{GS} = + 3V वर आयडीची गणना करा.

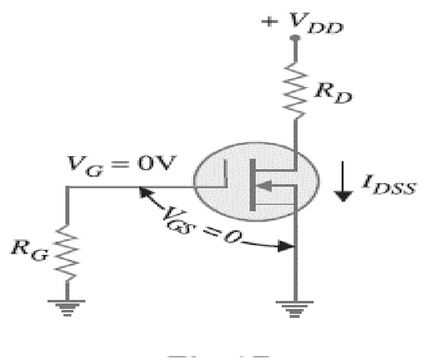
उत्तर:

(i) The device has a negative $V_{GS\,(off)}$. Therefore, it is *n*-channel *D-MOSFET*.

(ii)
$$I_D = I_{DSS}\left(1-\frac{V_{GS}}{V_{GS\,(off)}}\right)^2$$
$$= 10\text{ mA}\left(1-\frac{-3}{-8}\right)^2 = 3.91\text{ mA}$$

(iii)
$$I_D = I_{DSS}\left(1-\frac{V_{GS}}{V_{GS\,(off)}}\right)^2$$
$$= 10\text{ mA}\left(1-\frac{+3V}{-8V}\right)^2 = 18.9\text{ mA}$$

16. V_{DD} = +18V आणि R_D = 620Ω असल्यास आकृती 7 मध्ये दर्शविलेल्या सर्किट मधील ड्रेन-टू-सोर्स वोल्टेज (V_{DS}) निश्चित करा. MOSFET डेटा शीट $V_{GS\,(off)}$ = – 8V आणि I_{DSS} = 12mA देते.



आकृती 7

उत्तर:

Solution. Since $I_D = I_{DSS}$ = 12 mA, the V_{DS} is given by;
$$V_{DS} = V_{DD} - I_{DSS} R_D$$
$$= 18V - (12\text{ mA})(0.62\text{ k}\Omega) = 10.6V$$

स्वाध्याय:

1. FET चे कोणतेही दोन अँप्लिकेशन सांगा
2. JFET मध्ये 5 mA चा ड्रेनविद्युत् प्रवाह (Current) I_D असतो. जर I_{DSS} = 10 mA आणि $\mathbf{V_{GS\,(ऑफ)}}$ = – 6V. (i) V_{GS} (ii) V_P चे मूल्य शोधा
3. N-चॅनेल JFET ची ड्रेनआणि ट्रान्सफर आलेख काढा आणि स्पष्ट करा
4. N- चॅनेल MOSFET च्या ड्रेन(D) आलेख काढा
5. FET च्या संदर्भात व्याख्या करा:- (i) स्टॅटिक ड्रेन(D) रेझिस्टन्स (ii) डायनॅमिक रेझिस्टन्स (iii) ट्रान्स कंडक्टन्स (iv) पिंच-ऑफ विद्युतदाब
6. MOSFET चे JFET वर फायदे सांगा

7. N-चॅनेल जेएफईटीचे कंस्ट्रक्टशनचे स्केच काढा आणि त्याचे ऑपरेटिंग तत्त्व स्पष्ट करा.
8. FET च्या 'गेट', 'सोर्स(S)' आणि 'ड्रेन(D)' टर्मिनल्सचे कार्य स्पष्ट करा.
9. कंस्ट्रक्टशन आकृतीसह डिप्लेशन प्रकार N-चॅनेल MOSFET चे ऑपरेशन स्पष्ट करा.
10. E-MOSFET आणि D-MOSFET ची तुलना करा
11. खालील मुद्द्याच्या संदर्भात BJT आणि JFET ची तुलना करा: (i) चिन्ह (ii) ट्रान्सफर आलेख (iii) I/P रेझिस्टन्स (iv) अँप्लिकेशन
12. सर्किट आकृती आणि गणितीय एक्सप्रेस्शनसह, FET मध्ये वापरलेले सेल्फ बायसिंग स्पष्ट करा.
13. P-चॅनेल आणि n-चॅनेल डिप्लेशन प्रकार MOSFET चे चिन्ह काढा.
14. FET च्या बायसिंगच्या विविध पद्धती सांगा
15. JFET मध्ये I_{DSS} = 10 mA, V_P = –5 व्होल्ट, gmo = 2 ms आहे. V_{GS} = –2.5 व्होल्टसाठी JFET च्या ट्रान्सकंडक्टन्स आणि ड्रेनविद्युत् प्रवाह (Current) I_Dची गणना करा.
16. एन-चॅनेल MOSFET चे कंस्ट्रक्टशन काढा. त्याचे कार्य तत्त्व सांगा
17. ओहमिक रिजन, सॅचुरेशेन रिजन, कट ऑफ रिजन आणि ब्रेकडाऊन रिजन सह JFET ची ड्रेन आलेख स्पष्ट करा.

संदर्भ (Reference):

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	R.S.Sedha	A textbook of Applied Electronics	S Chand, New Delhi 2008, ISBN:978-8121927833
3	Theraja B.L. (Author), Sedha R.S. (Author)	Principles of Electronic Devices and Circuits (Analog and Digital)	S Chand & Company,ISBN-13 978-8121921992
4	B.L.Theraja	Basic Electronics (solid State)	S Chand;ISBN-13 978-8121925556

युनिट - 5
विद्युत नियामक आणि पुरवठा उपकरण
(Regulators and Power Supply)

विषय निष्पत्ती (Course Outcome):

डी.सी. नियंत्रित वीज पुरवठा उपकरणाचे मेनटेनस करणे.

Maintain DC regulated power supply.

युनिट निष्पत्ती (Unit Outcome):

5.a DC नियंत्रित वीज पुरवठा उपकरणाच्या कार्याचे वर्णन करा.
Describe the working of the DC regulated power supply.

5.b दिलेल्या झिनर (Zener) विद्युतदाब नियामक (रेग्युलेटर) सर्किटच्या आउटपुट विद्युतदाबाची गणना करा.
Calculate output voltage of the given Zener voltage regulator circuit.

5.c 78XX आणि 79XX निश्चित विद्युतदाब IC (रेग्युलेटरच्या) नियामकाच्या कार्याचे वर्णन करा.
Describe the working of 78XX and 79XX fixed voltage IC Regulator.

5.d कमी आणि उच्च विद्युतदाब नियामक (रेग्युलेटर) म्हणून IC 723 च्या कामाचे वर्णन करा.
Describe the working of IC 723 as Low and High voltage regulator.

5.e स्विच मोड पावरसप्लायच्या ब्लॉक आकृतीचे वर्णन करा
Explain block diagram of Switch Mode Power supply.

परिचय:

नियंत्रित वीज पुरवठा (regulated power supply) उपकरण हे एम्बेडेड सर्किट आहे, जे रेक्टिफायर वापरून अनियंत्रित विद्युत् प्रवाहाला स्थिर डायरेक्ट विद्युत् प्रवाहात रूपांतरित करण्यासाठी वापरले जाते. याचे मुख्य कार्य सर्किटला स्थिर विद्युत् दाब (व्होल्टेज) पुरवणे आहे.

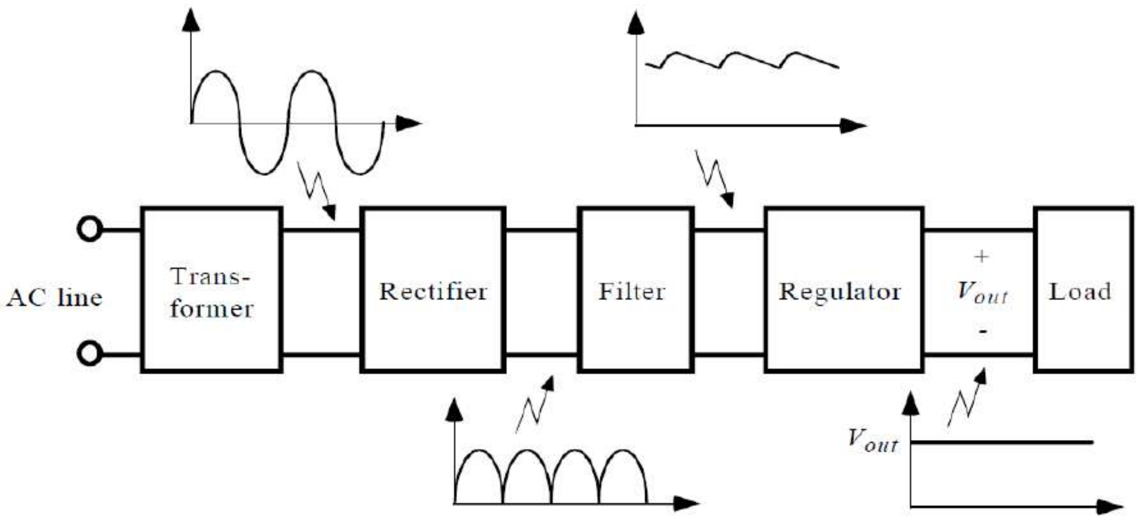
विद्युत दाब नियामक (voltage regulator) हे सर्किट , इनपुट विद्युत दाब(voltage) किंवा भार(load) यांच्या मूल्यात काहीही बदल झाला तरीही एक निश्चित आउटपुट विद्युत दाब(voltage) राखते. विद्युत दाब नियामक (voltage regulator) हे एक इंटिग्रेटेड सर्किट (IC) आहे.

5.1 नियमित वीज पुरवठ्याची गरज. डीसी रेग्युलेटेड पावरसप्लाय आणि प्रत्येक ब्लॉकच्या फंकशनची मूलभूत ब्लॉक आकृती

नियमन केलेला वीज पुरवठा उपकरण, अनियंत्रित AC (अल्टरनेटिंग विद्युत् प्रवाह (Current)) ला स्थिर DC (डायरेक्ट विद्युत् प्रवाह (Current)) मध्ये रूपांतरित करतो. इनपुट बदलले तरीही आउटपुट स्थिर राहील, याची खात्री करण्यासाठी नियमन केलेला वीज पुरवठा उपकरण वापरले जाते.

रेग्युलेटेड डीसी वीज पुरवठा उपकरण लिनिअर वीज पुरवठा उपकरण म्हणून देखील ओळखले जाते, ते एम्बेडेड सर्किट आहे आणि त्यात विविध ब्लॉक्स असतात.

नियमन केलेला वीज पुरवठा उपकरण AC इनपुट स्वीकारेल आणि स्थिर DC आउटपुट देईल. खालील आकृती नियमन केलेल्या DC वीज पुरवठ्याची ब्लॉक आकृती दर्शवते.



आकृती 5.1 DC **नियंत्रित वीज पुरवठयाची मूलभूत ब्लॉक आकृती**

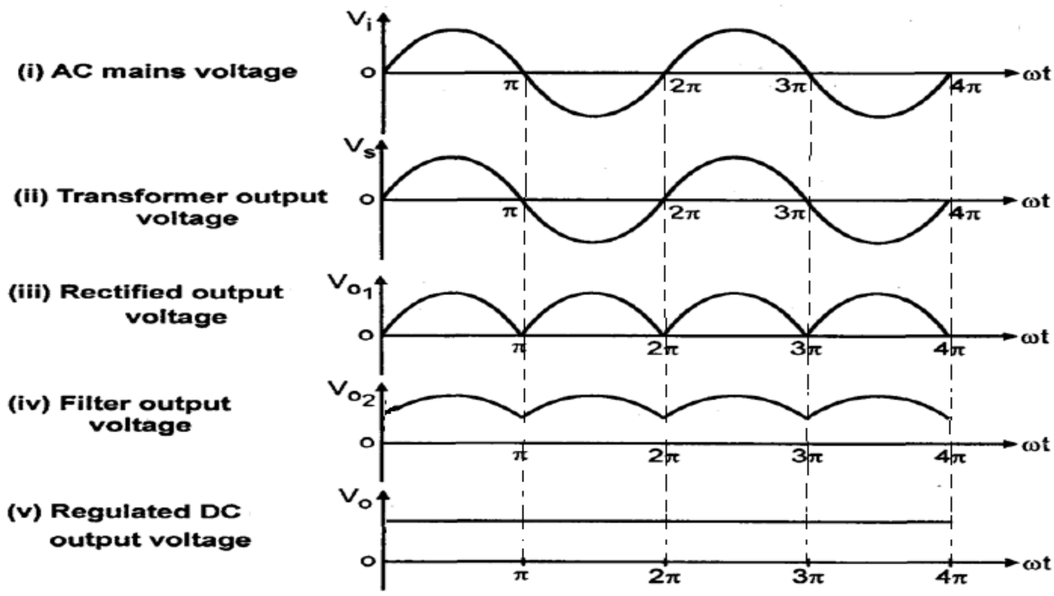
DC नियंत्रित वीज पुरवठा उपकरणाचे तपशीलवार कार्य :

1) **स्टेप डाउन ट्रान्सफॉर्मर:-** ट्रान्सफॉर्मरमधून तरल विद्युत् प्रवाह (AC Mains Supply) कमी करून घेतला जातो. A.C. विद्युतदाबची पातळी कमी करतो आणि दोन भिन्न परिपथ (सर्किट) (AC आणि DC circuit) वेगळे (Isolate) करतो.
2) **रेक्टिफायर:** रेक्टिफायर हा सहसा सेंटर टॅप किंवा ब्रिज टाईप फुल वेव्ह रेक्टिफायर असतो. हे AC विद्युतदाबला स्पंदित DC (pulsating DC) विद्युतदाबमध्ये रूपांतरित करते. अशा प्रकारे रेक्टिफायरचे कार्य रेक्टीफिकेशन करणे असे आहे
3) **फिल्टर:** स्पंदित डीसी (Pulsating DC) विद्युतदाबमध्ये मोठे तरंग (ripples) असतात. हे विद्युतदाब 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 डीसी विद्युतदाब प्रदान करणे असे आहे. हे डीसी विद्युतदाब स्थिर डीसी विद्युतदाब नसते, कारण ते इनपुट विद्युतदाब बदल, लोड विद्युत् प्रवाह (Current)मधील बदलानुसार किंवा तापमानात चढ-उताराने ते बदलते.
4) **विद्युतदाब रेग्युलेटर:** अनियमित (कमी-जास्त) DC विद्युतदाब हे ,विद्युतदाब रेग्युलेटरवर अप्लाइड केले जाते. त्याचे कार्य AC मेन विद्युतदाब मधील चढउतार आणि लोड विद्युत् प्रवाह (Current) मधील फरक लक्षात न घेता ,आउटपुट डीसी व्होल्टेज स्थिर राखणे आहे. अशा प्रकारे, नियमन केलेला वीज पुरवठा संपूर्ण लोडमध्ये स्थिर DC व्होल्टेज देतो.

इनपुट आउटपुट वेव्हफॉर्म:

प्रत्येक ब्लॉकच्या इनपुटच्या आणि आउटपुटच्या वेव्हफॉर्म आकृती दर्शविल्याप्रमाणे आहेत. वेव्हफॉर्म (iii) मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे रेक्टिफायर आउटपुट पल्सेटिंग डीसी स्वरूपाचे आहे ,हे दर्शविते. तर फिल्टर सर्किटच्या आउटपुटमध्ये वेव्हफॉर्म (iv) मध्ये दाखवल्याप्रमाणे काही रिपल असतात. पण विद्युतदाब

रेग्युलेटरचे आउटपुट हे वेव्हफॉर्म (v) मध्ये दाखवलेले pure DC विद्युतदाब आहे



आकृती 5.2 रेग्युलेटर पावरसप्लाय वेव्हफॉर्म

5.2 भार , स्रोत नियमन :

विद्युतदाब नियमन (Voltage Regulation) :

- बदलता इनपुट AC विद्युतदाब आणि विद्युतभार असूनही, आउटपुट DC विद्युतदाब स्थिर ठेवण्याची वीज पुरवठा उपकरणाची क्षमता म्हणजे विद्युतदाब नियमन.
- वीज पुरवठा उपकरणामधून काढलेल्या विद्युतभार (लोड) विद्युत् प्रवाह (Current)च्या प्रमाणात आउटपुट DC विद्युतदाबामधील फरकाचा दर म्हणून विद्युतदाब नियमनाची व्याख्या केली जाते.
- विद्युतदाब नियमनाचे मूल्य जितके कमी असेल तितके चांगले वीज पुरवठा उपकरण असते.

लाइन नियमन (रेग्युलेशन)

लाइन रेग्युलेशन ही शक्ती-सप्लाय विद्युतदाब रेग्युलेटरची इनपुट विद्युतदाबमध्ये फरक असूनही त्याचे आउटपुट विद्युतदाब राखण्याची क्षमता आहे.

% लाइन नियमन (लाइन रेग्युलेशन) = $\Delta V_o / \Delta V_i$ x 100%

जेथे ΔV_i हा इनपुट विद्युतदाबमधील बदल आहे तर ΔV_o हा आउटपुट विद्युतदाबमधील संबंधित बदल आहे.

इनपुट विद्युतदाबमधील बदलांची पर्वा न करता वीज पुरवठ्यासाठी स्थिर आउटपुट राखणे योग्य आहे.

जेव्हा इनपुट व्होल्टेज स्त्रोत अस्थिर किंवा अनियंत्रित असतो तेव्हा आउटपुट व्होल्टेजमध्ये लक्षणीय बदल होतो. तसेच मोठ्या व्होल्टेज स्विंगचा(large voltage swing) देखील त्रास होऊ शकतो

जेव्हा इनपुट विद्युतदाबचा स्रोत अस्थिर किंवा अनियंत्रित असतो तेव्हा लाइन रेग्युलेशन महत्त्वाचे असते आणि यामुळे आउटपुट विद्युतदाबामध्ये महत्त्वपूर्ण फरक दिसून येतो. बहुसंख्य ऑपरेशन्ससाठी हे अनियमित वीज पुरवठ्यासाठी खूप जास्त असते, परंतु विद्युतदाब रेग्युलेटर वापरून हे सुधारले जाऊ शकते. कमी "लाइन रेग्युलेशनला " नेहमीच प्राधान्य दिले जाते. प्रॅक्टिसमध्ये, चांगल्या-नियमित वीज पुरवठ्याचे रेग्युलेशन जास्तीत जास्त 0.1% असावे.

भार नियमन:

लोड रेझिस्टरमधील बदलासाठी आउटपुट DC विद्युतदाबमधील बदल म्हणून लोड रेग्युलेशन परिभाषित केले जाते आणि ते mV किंवा आउटपुट विद्युतदाबच्या टक्केवारीमध्ये व्यक्त केले जाते.

लोड रेग्युलेशन ही वीज पुरवठ्याची त्याच्या लोडमधील बदलांमुळे स्थिर आउटपुट पातळी राखण्याची क्षमता आहे.

उदाहरणार्थ, जर 10 W चा वीजपुरवठा स्थिर विद्युतदाब मोडमध्ये 10 V आउटपुटवर सेट केला असेल, तर तो 1 mA किंवा 1 A विद्युत् प्रवाह (Current) आउटपुट करत असला तरीही तो 10 V वरच राहिला पाहिजे. लोड रेग्युलेशन म्हणजे पुरवठ्याच्या पूर्ण आउटपुट क्षमतेमध्ये आउटपुटमध्ये किती बदल होण्याची अपेक्षा आहे याचे मोजमाप आहे.

वैकल्पिकरित्या, कॉन्स्टन्ट विद्युत् प्रवाह (Current) मोडमध्ये, लोड नियमन विद्युतदाब ड्रॉपमधील बदलाच्या संबंधात आउटपुट विद्युत् प्रवाह (Current) मधील बदलाच्या प्रमाणात संदर्भित करते.

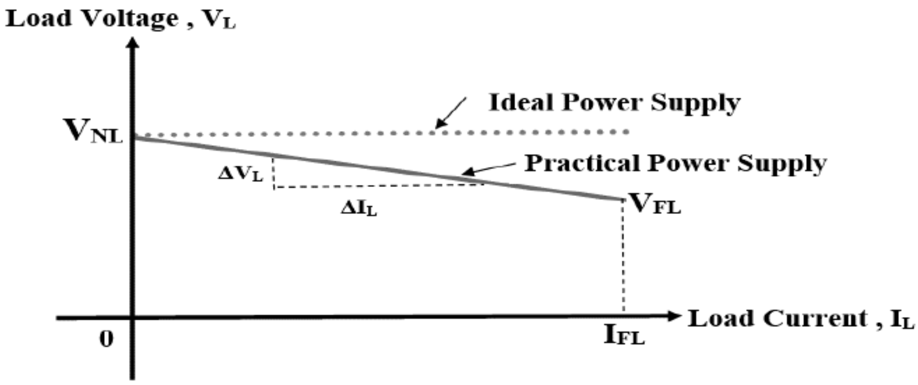
or

% भार रेग्युलेशन = $\frac{VNL-VFL}{VFL}$ X100

where V_{NL}= लोड विद्युतदाब शून्य लोड विद्युत् प्रवाह (Current)सह

V_{FL}= पूर्ण लोड विद्युत् प्रवाह (Current)सह लोड विद्युतदाब

(डीसी पावरसप्लायचे लोड रेग्युलेशन शक्य तितके कमी असावे)



आकृती 5.3 वीज पुरवठा वैशिष्ट्ये (Power Supply Characteristics)

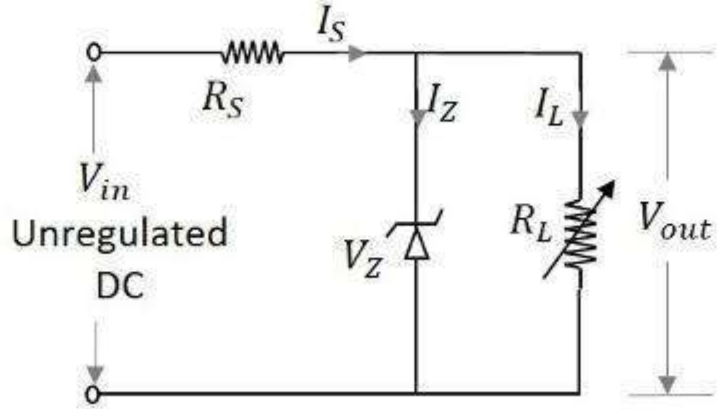
5.3 बेसिक झीनर डायोड वापरून विद्युतदाब रेग्युलेटर.

झीनर विद्युतदाब रेग्युलेटर (Zener Voltage Regulator)

झीनर विद्युतदाब रेग्युलेटर हे आउटपुट विद्युतदाबचे नियमन करण्यासाठी झीनर डायोड वापरतात.

जेव्हा झीनर डायोड ब्रेकडाउन किंवा झीनर रीजन मध्ये वापरला जातो, तेव्हा त्याद्वारे विद्युत् प्रवाहाच्या मोठ्या बदलासाठी त्यावरील विद्युतदाब लक्षणीयरीत्या स्थिर असते . हे वैशिष्ट्य झीनर डायोडला एक चांगला विद्युतदाब रेग्युलेटर बनवते.

खालील आकृती एका साध्या झीनर रेग्युलेटरची प्रतिमा दर्शवते.



आकृती 5.4 झीनर विद्युतदाब रेग्युलेटर (Zener Voltage Regulator)

दिलेले इनपुट विद्युतदाब V_i जेव्हा झीनर विद्युतदाब V_z च्या पलीकडे वाढते , तेव्हा झीनर डायोड ब्रेकडाउन रिजन मध्ये कार्य करतो आणि लोडमध्ये स्थिर विद्युतदाब राखतो. रेझिस्टर Rs इनपुट विद्युत् प्रवाह (Current) मर्यादित करते.

झीनर विद्युतदाब रेग्युलेटरचे कार्य

लोड भिन्नता आणि इनपुट विद्युतदाब चढउतार असूनही झीनर डायोड त्याच्यावरील विद्युतदाब स्थिर ठेवतो. म्हणून झीनर विद्युतदाब रेग्युलेटरचे कार्य समजून घेण्यासाठी आपण चार केस चा विचार करु शकतो. झीनर , विद्युतदाब रेग्युलेटर म्हणून काम करेल ,फक्त जर झीनरमधून प्रवाहित विद्युत् प्रवाह (Current) Iz किमान (Minimum) ते Iz कमाल (Maximum) दरम्यान असेल.

भाग I: लोड नियमन (V_{in} स्थिर म्हणजे Is स्थिर आहे)

केस 1 – जर लोड विद्युत् प्रवाह (Current) I_L वाढला, तर सिरीज रेझिस्टर R_S मधून जाणारा विद्युत् प्रवाह कायम ठेवण्यासाठी झीनर डायोड I_Z मधून प्रवाह कमी होतो. आउटपुट विद्युतदाब V_o हे इनपुट विद्युतदाब Vi आणि सिरीज रेझिस्टर R_S मधील विद्युतदाबवर अवलंबून असते.

हे असे लिहिले जाऊ शकते

Vin – Is Rs – Vo = 0

Vo =Vin−IsRs

जेथे Isआहे ते स्थिर आहे. म्हणून, Vo देखील स्थिर राहतो.

केस 2 – लोड विद्युत् प्रवाह (Current) I_L कमी झाल्यास, झीनर डायोडद्वारे प्रवाह (I_Z)वाढतो, कारण R_S सिरीज रेझिस्टरद्वारे प्रवाह I_S स्थिर राहते. झीनर डायोडद्वारे प्रवाह I_Z वाढला तरी ते स्थिर आउटपुट विद्युतदाब V_Z राखते, जे लोड विद्युतदाब स्थिर ठेवते.

भाग II: स्त्रोत नियमन (लोड विद्युत् प्रवाह (Current) स्थिर म्हणजेच I_L स्थिर)

आकृती 5.4 वरून

$Is = Iz + I_L$

Is स्थिर आहे

$Iz = Is - I_L$

केस 3 – जर इनपुट विद्युतदाब Vi वाढले, तर सिरीज रेझिस्टर R_S मधून वाहणारा प्रवाह I_S वाढतो. हे रेझिस्टरवर विद्युतदाब ड्रॉप वाढवते, म्हणजे V_S वाढते. ह्यामुळे झीनर डायोड मधून वाहणारा विद्युत् प्रवाह I_Z वाढत असला तरी, झीनर डायोड V_Z मधील विद्युतदाब स्थिर राहते म्हणून आउटपुट लोड विद्युतदाब स्थिर रहाते

केस 4 – जर इनपुट विद्युतदाब Vi कमी झाले , तर सिरीज रेझिस्टर R_S मधून वाहणारा प्रवाह I_Sकमी होतो ज्यामुळे झीनर डायोड मधून वाहणारा विद्युत् प्रवाह I_Zकमी होतो. परंतु झीनर डायोड त्याच्या गुणधर्मामुळे आउटपुट विद्युतदाब स्थिर ठेवतो.

झीनर विद्युतदाब रेग्युलेटरच्या मर्यादा

झीनर विद्युतदाब रेग्युलेटरसाठी काही मर्यादा आहेत. त्या खालीलप्रमाणे आहेत -

1) हे जड भार (Heavy Load) प्रवाहांसाठी कमी कार्यक्षम आहे.

2) झीनर इम्पीडन्स (Impedance) आउटपुट विद्युतदाबला किंचित प्रभावित करते.

म्हणून झीनर विद्युतदाब रेग्युलेटर कमी विद्युतदाब अनुप्रयोगांसाठी (Applications) प्रभावी मानले जाते.

5.4 फिक्स्ड विद्युतदाब आयसी रेग्युलेटर: तीन टर्मिनल पिन डायग्राम, 78XX आणि 79xx मालिकेचे कार्य आणि अनुप्रयोग

1) **स्थिर धन**

रेखीय (linear) विद्युतदाब नियामक(regulator)(Fixed positive linear voltage regulators)

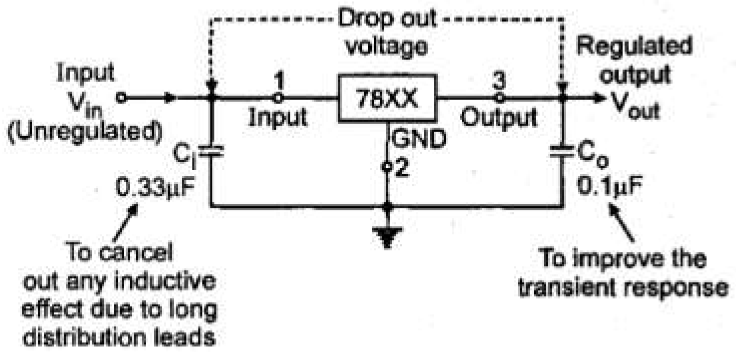
• 78xx विद्युतदाब रेग्युलेटर ICधन स्थिर डीसी विद्युतदाब मूल्ये तयार करतात

• "xx" दोन-अंकी संख्येशी संबंधित आहे आणि विद्युतदाब रेग्युलेटर IC तयार करत असलेल्या विद्युतदाबचे व्हॅल्यू दर्शवते.

• 78xx विद्युतदाब 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.

• 7805 विद्युतदाब रेग्युलेटर IC +5 व्होल्टचा DC विद्युतदाब तयार करतो.

आवश्यक कनेक्शनसह स्थिर पॉझिटिव्ह विद्युतदाब रेग्युलेटर वापरून स्थिर पॉझिटिव्ह विद्युतदाब कसे तयार करावे हे खालील आकृती 5.5 दर्शवते.



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

कॅपेसिटर "C_i" डिस्ट्रिब्युशन लीड्स (Distribution Leads) असल्यास होणारा कोणत्याही इंडक्टिव्ह इफेक्ट रद्द करतो. आउटपुट कॅपेसिटर C_o चा वापर रेग्युलेटर IC चा ट्रांसीएंट रिस्पॉन्स (Transient Response) सुधारण्यासाठी केला जातो. म्हणजे लोडमधील 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 ड्रॉपआउट (Drop out) विद्युत दाब म्हणतात. रेग्युलेटरच्या योग्य ऑपरेशनसाठी सर्व ऑपरेटिंग परिस्थितीत ड्रॉपआउट विद्युत दाब किमान 2V असणे आवश्यक आहे.

ड्रॉपआउट विद्युत दाब = $V_{in} - V_{out}$

म्हणून किमान इनपुट विद्युत दाब दिले जाईल,

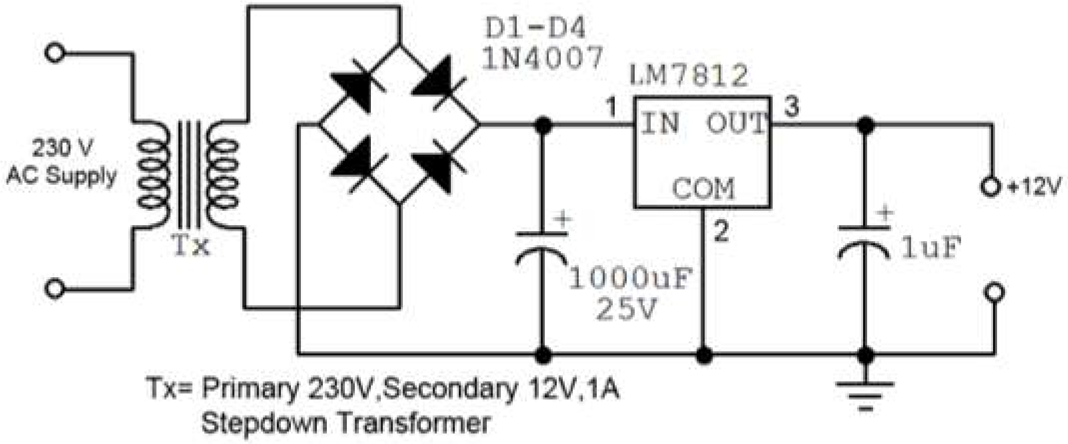
$V_{in}(min) = V_{out}$ + ड्रॉप आउट विद्युत दाब

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

- **IC 7812 पॉझिटिव्ह वापरून पॉझिटिव्ह (+ve) 12V पावरसप्लाय:**

7812 वापरून 12 V रेग्युलेट केलेल्या पावरसप्लायचे सर्किट आकृती 5.6 मध्ये दाखवली आहे.



आकृती 5.6 : IC 7812 वापरून धन (+ve) 12 V dc पावरसप्लाय

ब्रिज रेक्टिफायर आणि कपॅसिटर इनपुट फिल्टर एक अनियंत्रित DC विद्युत दाब तयार करतात, तो IC7812 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.

स्थिर पॉझिटिव्ह लिनिअर विद्युतदाब नियामक (Fixed negative linear voltage regulators)

संख्या 79 दर्शविते ,की ते ऋण विद्युतदाब रेग्युलेटर आहे आणि xx हे IC चे आउटपुट विद्युतदाब दर्शवते. नियामकाद्वारे प्रदान केलेल्या नियंत्रित आउटपुट विद्युतदाबद्वारे 'xx' बदलले जाऊ शकते; उदाहरणार्थ, जर ते 7905 असेल, तर IC चा आउटपुट विद्युतदाब -5 V आहे. त्याचप्रमाणे, जर ते 7912 असेल, तर IC चा आउटपुट विद्युतदाब -12 व्होल्ट आहे. IC चे नाव निर्मात्या प्रमाणे LM79xx, L79xx, MC79xx इत्यादी बदलू शकते.

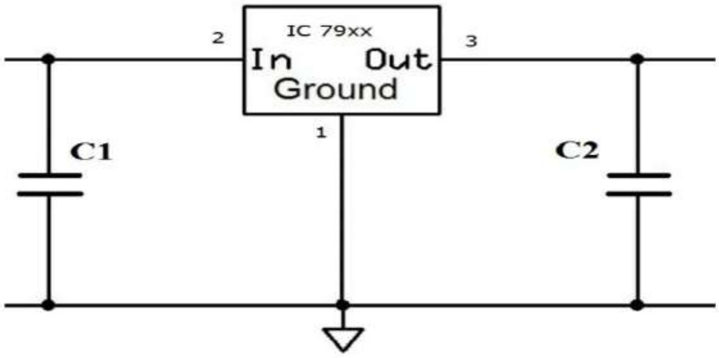
- 79xx मालिका 3 टर्मिनल इंटिग्रेटेड रेग्युलेटरचा एक प्रकार आहे ,जो एक स्थिर ऋण आउटपुट व्हॅल्यू ऑफर करतो.
- हे 78xx मालिकेचे निगेटिव्ह विद्युतदाब प्रतिरूप आहे आणि भिन्न पिन क्रमांकांसह समान वैशिष्ट्ये प्रदान करते.
- खालील आकृती प्रमाणित मांडणी आणि भाग संख्या आणि परिणामी आउटपुट विद्युतदाब दर्शवते जे अस्तित्वात आहे.

79xx विद्युतदाब रेग्युलेटर इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्समध्ये सामान्यतः वापरले जातात. या IC चा मुख्य उद्देश सर्किट्सना आवश्यक नियंत्रित ऋण विद्युतदाब पुरवणे आहे. IC 79xx त्याच्या इनपुट विद्युतदाबमध्ये कोणतेही विद्युतदाब चढउतार असूनही, सतत विद्युतदाब आउटपुट देऊ शकते. हे प्रामुख्याने सर्किट्समध्ये आढळू शकते ज्यामध्ये Vcc आणि -Vcc आवश्यक असलेल्या एकात्मिक सर्किट्स वापरल्या जातात.

तक्ता 5.2: 79XX विद्युत दाब

IC NUMBER	OUTPUT VOLTAGE
7905	-5.0 V
7906	6.0V
7908	-8.0 V
7909	-9.0 V
7912	-12.0 V
7915	-15.0 V

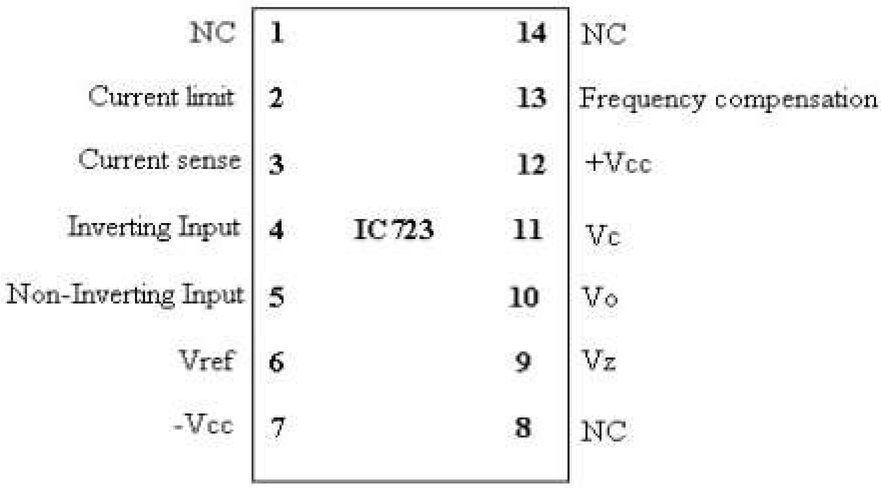
IC NUMBER	OUTPUT VOLTAGE
7918	-18.0 V
7924	-24.0 V



आकृती 5.7 निश्चित ऋण रेखीय विद्युतदाब नियामक कनेक्शन आकृती

वरील सर्किट मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे कनेक्शन डायग्राम आयसी 79xx सर्किट मध्ये वापरले जाते. स्थिरता सुधारण्यासाठी, दोन कॅपेसिटर -C1 आणि C2— वापरले जातात. तो 2.2 μF सॉलिड टॅंटलम कॅपेसिटर किंवा 25μF ॲल्युमिनियम इलेक्ट्रोलिटिक कॅपेसिटर असावा. .स्थिरतेसाठी कॅपेसिटर C2 आवश्यक आहे. सहसा 1 μF सॉलिड टॅंटलम कॅपेसिटर वापरला जातो. कोणी 25μF इलेक्ट्रोलाइटिक कॅपेसिटर देखील वापरू शकतो.

5.5 व्हेरिएबल विद्युतदाब आयसी रेग्युलेटर : IC 723 पिन डायग्राम, ब्लॉक डायग्राम, कार्य, कमी विद्युतदाब रेग्युलेटर, हाय विद्युतदाब रेग्युलेटर IC 723 पिन डायग्राम,



आकृती 5.8 IC 723 पिन डायग्राम

पिन1 (NC): कनेक्ट केलेले नाही

पिन2 (विद्युत् प्रवाह (Current) मर्यादा): या पिनचा वापर विद्युत् प्रवाह (Current) मर्यादित करण्यासाठी केला जातो

पिन३ (विद्युत् प्रवाह (Current) सेन्स): हा पिन फोल्डबॅक ऍप्लिकेशनमध्ये तसेच विद्युत् प्रवाह (Current) मर्यादित करण्यासाठी वापरला जातो

पिन4 (इनव्हर्टिंग इनपुट): हा पिन स्थिर आउटपुट विद्युतदाब प्रदान करतो

पिन 5 (नॉन-इनव्हर्टिंग इनपुट): या पिनचा वापर ऑपरेशनल ऍम्प्लिफायरच्या आतील बाजूस संदर्भ विद्युतदाब पुरवण्यासाठी केला जातो.

Pin6 (Vref): हा पिन जवळजवळ 7v संदर्भ विद्युतदाब प्रदान करतो

Pin7 (-Vcc): GND (ग्राउंड) पिन

Pin8 (NC): कनेक्ट केलेले नाही

Pin9 (Vz): हा पिन सामान्यतः निगेटीव्ह नियामक बनवण्यासाठी वापरला जातो

पिन 10 (व्हाउट): ही आउटपुट पिन आहे

पिन 11 (Vc): हा सीरिज पास ट्रांझिस्टरचा कलेक्टर इनपुट आहे. सामान्यतः, बाह्य ट्रांझिस्टर वापरला नसल्यास ते थेटधन विद्युतदाब पुरवठ्याशी जोडलेले असते.

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

पिन13 (फ्रिक्वेंसी कॉम्पेन्सेशन): हा पिन 100pf कॅपेसिटरसह आवाज कमी करण्यास मदत करतो

पिन 14 (NC): कनेक्ट केलेले नाही.

IC 723 ची वैशिष्ट्ये:

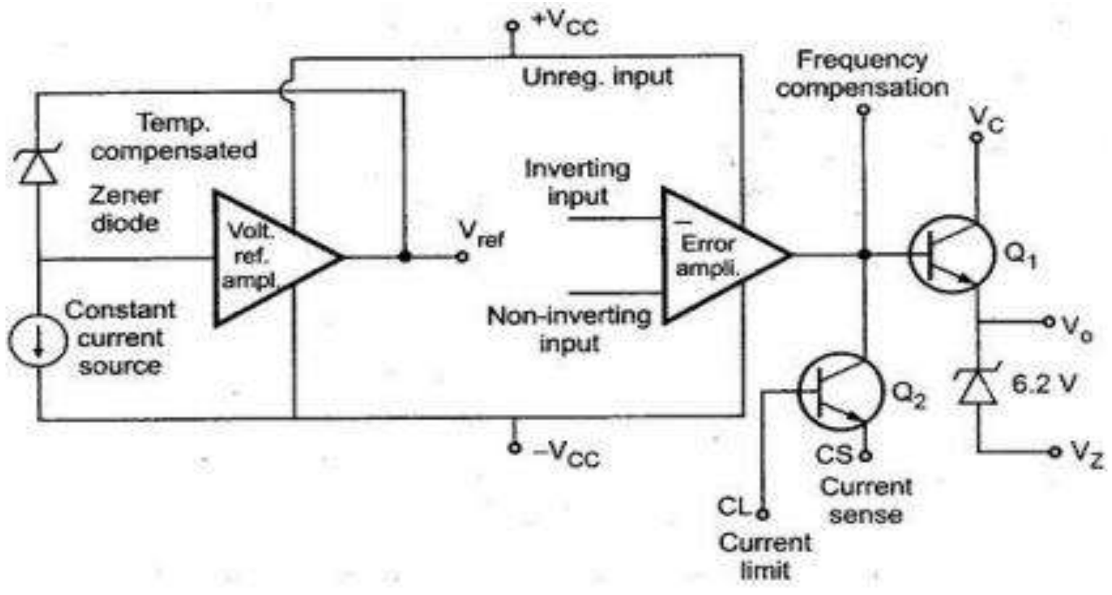
1. हे आउटपुट विद्युतदाबवर विद्युतदाब रेग्युलेटर म्हणून 2 ते 37 व्होल्ट्सच्या प्रवाहात 150 mA पर्यंत काम करते.
2. हे योग्य N-P-N किंवा P-N-P बाह्य पास ट्रांझिस्टर वापरून 150 mA पेक्षा जास्त लोड विद्युत् प्रवाह (Current)वर वापरले जाऊ शकते.
3. इनपुट आणि आउटपुट शॉर्ट-परिपथ (सर्किट) संरक्षण प्रदान केले आहे.
4. यात चांगले लाइन आणि लोड नियमन (0.03%) आहे.
5. सिरीस , शंट, स्विचिंग आणि फ्लोटिंग रेग्युलेटरच्या अनुप्रयोगांची विस्तृत विविधता.
6. कमी तापमानाचा प्रवाह आणि उच्च रिपल रिजेकशन.
7. कमी स्टँडबाय विद्युत् प्रवाह (Current) ड्रेन.
8. लहान आकार, कमी खर्च.
9. वीज पुरवठा डिझाइन केला जाऊ शकतो.
10. हे पुरवठा विद्युतदाबची निवड प्रदान करते.

IC LM 723 चे कार्यात्मक ब्लॉक आकृती

IC 723 विद्युतदाब रेग्युलेटरचे फंक्शनल ब्लॉक डायग्राम चार प्रमुख ब्लॉक्समध्ये विभागले जाऊ शकते:

1. तापमान भरपाई(कॉम्पेन्सेशन) विद्युतदाब संदर्भ स्रोत, जे zener डायोड आहे.
2. एरर ऍम्प्लिफायर म्हणून वापरलेला एक ऑपएम्प (Opamp) सर्किट.
3. 150 mA आउटपुट विद्युत् प्रवाह (Current)साठी सक्षम सीरीज पास ट्रांझिस्टर .
4. आउटपुट विद्युत् प्रवाह (Current) मर्यादित करण्यासाठी ट्रांझिस्टर वापरला जातो.

आकृती 5.9 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे IC 723 विद्युतदाब रेग्युलेटरच्या कार्यात्मक ब्लॉक आकृती मदतीने वरील ब्लॉक्सचे कार्य स्पष्ट केले जाऊ शकते.



आकृती 5.9 IC LM 723 चे कार्यात्मक ब्लॉक आकृती

LM723 हे ॲडजेस्टेबल विद्युतदाब रेग्युलेटर IC आहे, जे सीरिज रेग्युलेटर ऍप्लिकेशनसाठी डिझाइन केलेले आहे, बायपास ट्रांझिस्टरशिवाय 150mA चे विद्युत् आउटपुट आहे.वरील आकृती IC 723 चे कार्यात्मक आकृती दर्शवते.

IC 723 मध्ये दोन विभाग आहेत:

1. स्थिर विद्युत् स्रोत:- एक झीनर डायोड आणि संदर्भ ऍम्प्लिफायर Vref च्या शेवटी सुमारे 7 व्होल्टचा स्थिर विद्युतदाब तयार करतो. झीनर डायोडला स्थिर बिंदूवर (आउटपुट विद्युतदाब एक स्थिर विद्युतदाब आहे) स्थिर विद्युत् स्रोताद्वारे कार्य करण्यास भाग पाडले जात आहे.

2. एरर ॲम्प्लीफायर: IC 723 च्या दुसऱ्या विभागात एरर ऍम्प्लिफायर, सीरीज पास ट्रांझिस्टर Q1 आणि विद्युत् प्रवाह (Current) लिमिटिंग ट्रांझिस्टर यांचा समावेश आहे. एरर ऍम्प्लिफायर इनव्हर्टिंग इनपुट टर्मिनलवर लागू केलेल्या आउटपुट विद्युतदाबच्या नमुन्याची तुलना नॉन-इनव्हर्टिंग इनपुट टर्मिनलवर लागू केलेल्या संदर्भ विद्युतदाब Vref शी करतो. ट्रांझिस्टर Q1 चे वहन त्रुटी सिग्नलद्वारे नियंत्रित केले जाते.

सरलीकृत फंक्शनल ब्लॉक आकृती , 4 ब्लॉक्समध्ये विभागली जाऊ शकते.

1. संदर्भ विद्युत दाब निर्मिती ब्लॉक

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

2. एरर (Error) ॲम्प्लीफायर:

एरर ऍम्प्लिफायर हा उच्च लाभाचा (High gain) ऍम्प्लिफायर आहे, ज्यामध्ये दोन इनपुट इनव्हर्टिंग (-) आणि नॉन-इनव्हर्टिंग (+) टर्मिनल आहेत. नॉन-इनव्हर्टिंग टर्मिनल आंतरिकरित्या निर्माण केलेल्या संदर्भ विद्युतदाबशी जोडलेले आहे. इनव्हर्टिंग (-) टर्मिनल पूर्ण नियमन केलेल्या आउटपुट विद्युतदाबशी किंवा नियमन केलेल्या आउटपुट विद्युतदाबच्या भागाशी जोडलेले आहे. बाह्य रेझिस्टर R1 आणि R2 चे संभाव्य विभाजक नियमन केलेल्या आउटपुटचा एक भाग परत इनव्हर्टिंग (-) टर्मिनल वर परत करण्यासाठी वापरला जातो.

3. सिरीज पास ट्रांझिस्टर:

Q1 हा अंतर्गत सिरीज पास ट्रांझिस्टर आहे जो एरर ऍम्प्लिफायरद्वारे चालविला जातो. हा ट्रांझिस्टर प्रत्यक्षात व्हेरिएबल रेझिस्टर म्हणून काम करतो आणि आउटपुट विद्युतदाब नियंत्रित करतो. Q1 हा एक छोटासा ट्रांझिस्टर आहे जो 800 mW पर्यंतची पावरनष्ट करण्यास (Power dissipate) सक्षम आहे. ट्रांझिस्टर Q1 चे कलेक्टर अनियंत्रित वीज पुरवठ्याशी जोडलेले आहे. Q1 चे कमाल कलेक्टर विद्युतदाब 36 V पर्यंत मर्यादित आहे. Q1 द्वारे पुरवला जाणारा कमाल विद्युत् प्रवाह 150 mA आहे.

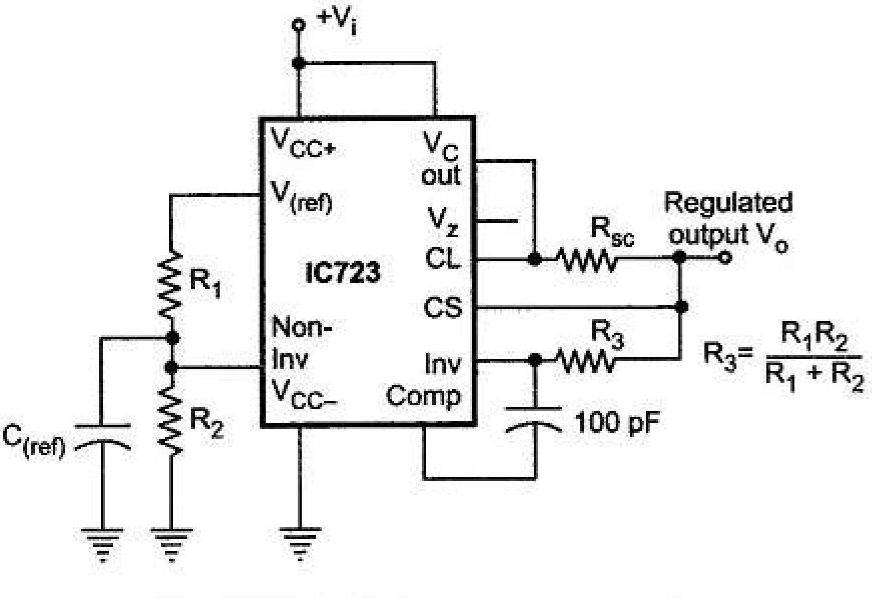
4. विद्युत् प्रवाह (Current) मर्यादित करण्यासाठी परिपथ (सर्किट):

अंतर्गत ट्रांझिस्टर Q_2 चा वापर विद्युत् प्रवाह मर्यादांसाठी(current limiting) केला जातो. बाह्य रेझिस्टन्स Rsc आणि Q_1 हे सिरीज मध्ये जोडलेले आहेत आणि विद्युत् प्रवाह (Current) मर्यादित करण्यासाठी Q_2 द्वारे Rsc मधील विद्युतदाब ड्रॉप सेन्स (sense) केला जातो. ट्रांझिस्टर Q_2 हा सामान्यतः बंद असतो. जेव्हा लोड विद्युत् प्रवाह (Current) पूर्वनिर्धारित मर्यादा ओलांडतो तेव्हाच तो चालू होतो व सुरक्षित मर्यादेच्या खाली लोड विद्युत् प्रवाह (Current)ची परिमाण नियंत्रित करण्यासाठी, सिरीज पास ट्रांझिस्टर Q_1 चे सर्व बेस विद्युत् प्रवाह (Current) वळवतो.

फ्रिक्वेंसी कॉम्पेन्सेशन :

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

IC LM 723 वापरून कमी विद्युतदाब नियमन



आकृती 5.10 IC LM 723 वापरून कमी विद्युतदाब नियमन

हे रेझिस्टर, Rsc, CL आणि CS पिन दरम्यान जोडलेले आहे. Rsc विद्युतदाब 0.6V असे पर्यंत ,विद्युत् प्रवाह (Current) लिमिट ट्रांझिस्टर नॉन-कंडक्टिव राहते . Rsc चे व्हॅल्यू खाली दिलेल्या समीकरणाचे अनुसरण करून शोधले जाऊ शकते

$$Rsc = V_{sense}/I_{limit}$$

I_{limit} जास्तीत जास्त लोड परिपथ (सर्किट)च्या 1.2 ते 1.5 पट म्हणून निवडले जाऊ शकते. R1 आणि R2 चे बनलेले विद्युतदाब डिवाइडर Vref आणि नॉन-इनव्हर्टिंग टर्मिनल्स दरम्यान जोडलेले आहेत.

सिरीज पास ट्रांझिस्टर एमीटर फोल्लोवर म्हणून काम करत आहे

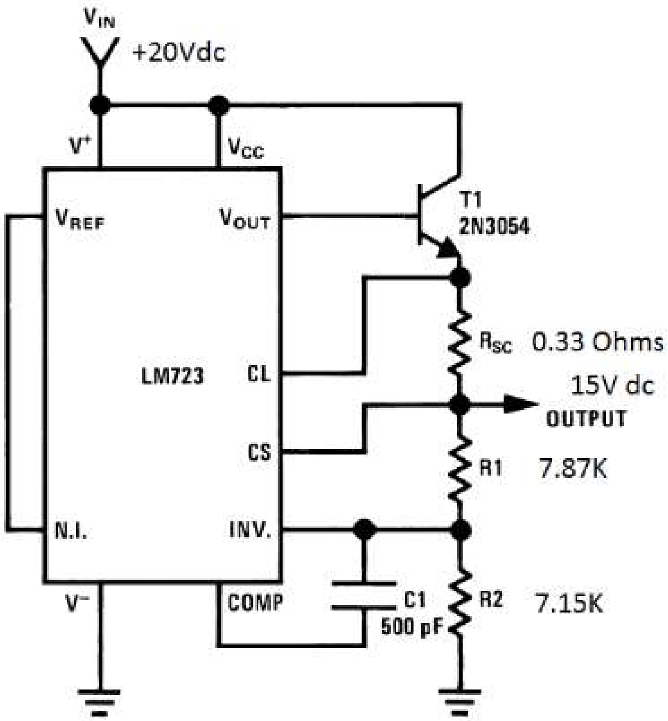
$V_o = [R_2/(R_1+R_2)] \times V_{ref}$

व R1 & R2 व्हॅल्यू 1KΩ ते 10 KΩ असू शकेल

R3=R1||R2

IC 723 वापरून उच्च विद्युतदाब नियमन

7 X (R1 + R2) / R2 हा फॉर्म्युला व्होल्ट इच्छित स्थिर आउटपुट विद्युतदाब निर्धारित करते, जेथे रेझिस्टर R1 हे आउटपुट आणि ऑपरेशनल ऍम्प्लिफायरच्या इनव्हर्टिंग इनपुट दरम्यान जोडलेले असते, तर रेझिस्टर R2 इनव्हर्टिंग इनपुट आणि निगेटीव्ह पुरवठा लाइन दरम्यान वायर्ड असते. याचा अर्थ असा की संदर्भ विद्युतदाब थेट IC 723 अंतर्गत OPAMP च्या नॉन-इनव्हर्टिंग इनपुटशी संबंधित आहे. सूत्रातील 7 हा क्रमांक संदर्भ मूल्य आणि IC वितरीत करू शकणारे किमान आउटपुट विद्युतदाब देखील सूचित करतो. 7 V पेक्षा कमी निश्चित आउटपुट विद्युतदाब मिळविण्यासाठी, सूत्रातील ही संख्या इच्छित किमान विद्युतदाब मूल्याने बदलली जाऊ शकते.



आकृती 5.11 IC 723वापरून उच्च विद्युतदाब रेग्युलेटर

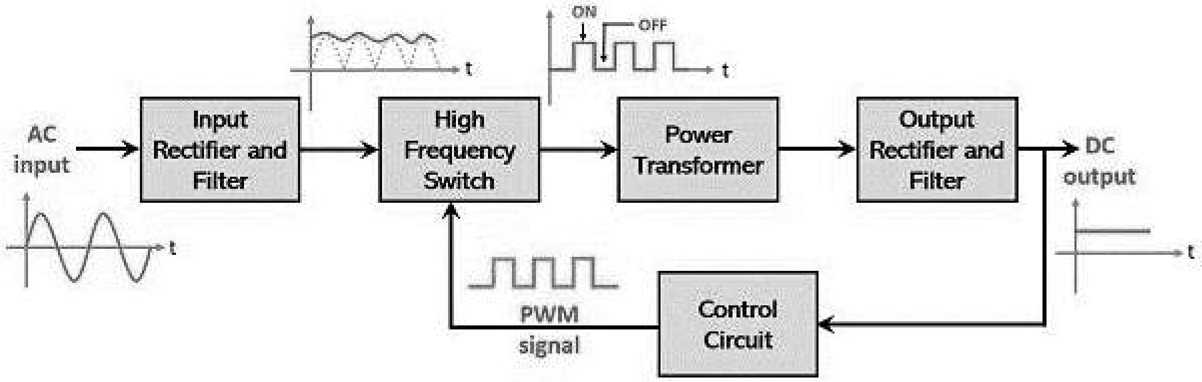
5.6 स्विच्ड-मोड पावरसप्लाय (SMPS)

स्विच्ड-मोड पावरसप्लाय (SMPS) हे एक इलेक्ट्रॉनिक सर्किट आहे जे उच्च फ्रिक्वेन्सीवर चालू आणि बंद केलेल्या स्विचिंग डिव्हाइसेसचा वापर करून पावररूपांतरित करते आणि स्विचिंग डिव्हाइस त्याच्या ऑफ स्थितीत वीज पुरवठा करण्यासाठी इंडक्टर किंवा कॅपेसिटर सारख्या स्टोरेज घटकांचा वापर करते.

वर्किंग ऑफ स्विच-मोड पावर सप्लाय

• स्विचिंग पावरसप्लायमध्ये उच्च कार्यक्षमता असते ,संगणक आणि स्थिर कार्यक्षम वीज पुरवठा आवश्यक असलेल्या इतर संवेदनशील उपकरणांसह विविध इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांमध्ये मोठ्या प्रमाणावर वापरले जातात.

• स्विच-मोड पावरसप्लायला स्विच-मोड पावरसप्लाय असेही म्हणतात किंवा स्विचिंग-मोड पावरसप्लायअसेहीम्हणतात.



आकृती 5.12 स्विच्ड-मोड पावरसप्लाय (SMPS)

वरील ब्लॉक आकृतीनुसार, कामकाजाचे तत्त्व खाली स्पष्ट केले आहे.

1. पहिला ब्लॉक ब्रिज रेक्टिफायर सर्किट आहे. म्हणून हाय इनपुट विद्युतदाब एसी सप्लाय (230V) रेक्टिफायरला दिले जाते आणि ते हाय विद्युतदाब DC मध्ये रूपांतरित होते.

2. नंतर फिल्टर न केलेले डीसी, फिल्टर सर्किट द्वारे फिल्टर केले जाते.

3. नंतर उच्च विद्युतदाब डीसी अतिशय उच्च-फ्रिक्वेंसी स्क्वेअर वेव्ह AC मध्ये रूपांतरित होते. येथे उच्च-फ्रिक्वेंसी स्विचचा वापर DC ला AC मध्ये रूपांतरित करण्यासाठी केला जातो. फीडबॅक आणि कंट्रोल परिपथ (सर्किट)द्वारे स्विच नियंत्रित केला जातो.

4. उच्च-फ्रिक्वेंसी एसी फ्लायबॅक हाय-फ्रिक्वेंसी ट्रान्सफॉर्मरद्वारे कमी विद्युतदाबमध्ये (कदाचित 12V, 6V, इ.) खाली जातो.

5. नंतर पुन्हा एक रेक्टिफायर परिपथ (सर्किट) कमी विद्युतदाब AC ला DC मध्ये रूपांतरित करण्यासाठी वापरले जाते.

6. डीसी फिल्टर करण्यासाठी फिल्टर परिपथ (सर्किट)चा वापर केला जातो.

फीडबॅक पाथ आणि कंट्रोल सर्किट्सचा वापर आउटपुट डीसी सप्लाय नियंत्रित करण्यासाठी केला जातो. मुख्यतः पल्स विड्थ मॉड्युलेशन परिपथ (सर्किट) हे कंट्रोल परिपथ (सर्किट)साठी वापरले जाते.

सोडवलेली उदाहरणे:

1) **जर dc आउटपुट विद्युतदाब 400V असेल ज्यामध्ये वीज पुरवठ्याशी जोडलेले नो-लोड असेल परंतु पूर्ण-लोडवर 300V पर्यंत कमी होत असेल, तर टक्केवारी विद्युतदाबचे नियमन शोधा.**

V_{NL}=400V, V_{FL}=300V

% विद्युतदाब रेग्युलेशन $=\frac{VNL-VFL}{VFL}$ X 100$=\frac{400-300}{300}$ X 100=33.33%

2) **वीज पुरवठ्यामध्ये 1% विद्युतदाब नियमन असते. जर नो-लोड विद्युतदाब 30V असेल, तर फुल-लोड विद्युतदाब किती आहे?**

% विद्युतदाब रेग्युलेशन = $\frac{VNL-VFL}{VFL}$ X 100

1 = $\frac{30-VFL}{30VFL}$ X 100

$V_{FL} = 29.7V$

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

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

% विद्युतदाब रेग्युलेशन = $\frac{VNL-VFL}{VFL}$ X100 = $\frac{30-25}{25}$ X100 = 25%

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

% विद्युतदाब रेग्युलेशन = $\frac{VNL-VFL}{VFL}$ X100 = $\frac{30-29}{29}$ X100 = 3.45%

4) विद्युतदाब रेग्युलेटर जेव्हा त्याचा इनपुट विद्युतदाब 5V ने बदलतो तेव्हा त्याच्या आउटपुट विद्युतदाबमध्ये 10 μV बदल होतो. परिपथ (सर्किट)साठी लाइन रेग्युलेशनचे मूल्य निश्चित करा.

लाइन रेग्युलेशन = $\frac{\Delta VOUT}{\Delta VIN}$ = $\frac{10\mu V}{5V}$ = $2\mu V/V$

स्वाध्याय:

1. व्याख्या : लोड रेग्युलेशन आणि लाइन रेग्युलेशन.
2. "विद्युतदाब रेग्युलेशन" या शब्दाची व्याख्या करा.
3. डीसी नियंत्रित वीज पुरवठा उपकरणाची गरज सांगा.
4. लाइन नियमन परिभाषित करा. त्याच्या नियमनासाठी सूत्र सांगा.
5. नियमन केलेल्या डीसी पावरसप्लायचे कोणतेही चार अनुप्रयोग सांगा.
6. डीसी पावरसप्लायची ब्लॉक आकृती काढा. प्रत्येक ब्लॉकचे कार्य स्पष्ट करा.
7. विद्युतदाब रेग्युलेटर म्हणून झीनर डायोडच्या कार्याचे वर्णन करा.
8. SMPS ची ब्लॉक आकृती काढा आणि प्रत्येक ब्लॉकचे फंक्शन लिहा.

संदर्भ (Reference):

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	R.S.Sedha	A textbook of Applied Electronics	S Chand, New Delhi 2008, ISBN:978-8121927833
3	Theraja B.L. (Author), Sedha R.S. (Author)	Principles of Electronic Devices and Circuits (Analog and Digital)	S Chand & Company,ISBN-13 978-8121921992
4	B.L.Theraja	Basic Electronics (solid State)	S Chand;ISBN-13 978-8121925556
5	Roberrt L.Boylestead	Electronics Circuit and Circuit theory	Pearson Education India, ISBN-13 978-9332542600

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