



महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ, मुंबई
(स्वायत्त) (ISO 9001:2015) (ISO/IEC 27001:2013)

अभियांत्रिकी आणि तंत्रज्ञान पदविका

शिक्षण पुस्तिका
(Learning Material)

APPLIED ELECTRONICS (22329)

अणुविद्युत अभियांत्रिकी गट

मराठी-इंग्रजी (द्विभाषिक) माध्यम
(अभियांत्रिकी व तंत्रज्ञानातील तृतीय सत्र पदविका)

शिक्षण पुस्तिका
(Learning Material)

APPLIED ELECTRONICS

(22329)

अणुविद्युत अभियांत्रिकी गट

मराठी-इंग्रजी (द्विभाषिक) माध्यम
(अभियांत्रिकी व तंत्रज्ञानातील तृतीय सत्र पदविका)



महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ, मुंबई
(स्वायत्त) (ISO 9001:2015) (ISO/IEC 27001:2013)

मार्गदर्शक

अकोले किशोर प्रल्हाद

प्रभारी विभागप्रमुख, अणुविद्युत अभियांत्रिकी

लेखक

जगताप दिपक पांडुरंग

विभागप्रमुख, अणुविद्युत अभियांत्रिकी

सलोखे उदय बाबुराव

अधिव्याख्याता, अणुविद्युत अभियांत्रिकी

कुलकर्णी राजेश श्रीरंग

अधिव्याख्याता, अणुविद्युत अभियांत्रिकी

पांडे रश्मी सचिन

अधिव्याख्याता, अणुविद्युत अभियांत्रिकी

व्हरम्बळे अश्विनकुमार विलासराव

अधिव्याख्याता, अणुविद्युत अभियांत्रिकी



महाराष्ट्र राज्य तंत्र शिक्षण मंडळ

(स्वायत्त) (ISO ९००१:२०१५) (ISO/IEC २७००१:२०१३)

शासकीय तंत्रनिकेतन इमारत, ४ था मजला, ४९, खेरवाडी, वांद्रे (पूर्व), मुंबई - ४०० ०५१

दू.क्र.: ०२२-६२५४२१००/१०१/१०२



संकेतस्थळ : www.msbte.org.in

ई-मेल : director@msbte.com

प्रास्ताविक

महाराष्ट्र राज्यातील पदविका स्तरावरील तंत्रशिक्षणाशी संबंधित बाबींचे नियमन करण्यासाठी महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ वचनबद्ध असून विद्यार्थ्यांच्या सर्वांगीण विकासाकरिता वेळोवेळी प्रयत्नशील आहे. तंत्रज्ञान, उद्योग, समाज आणि जागतिकीकरण यामध्ये सतत घडून येणा-या बदलांच्या अनुषंगाने तांत्रिक शिक्षणाची भविष्यातील निकड वेधून पदविका स्तरावरील अभ्यासक्रम, परीक्षा पद्धती व शैक्षणिक सामुग्री ह्यांमध्ये अद्ययावत बदल करण्यात महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ अग्रगण्य आहे. विद्यार्थी हा शिक्षण क्षेत्राच्या केंद्रस्थानी असून त्यांची निकड व समस्या संवेदनशीलपणे हाताळल्यास भारत देशाचे 'ज्ञान महासत्ता' बनण्याचे स्वप्न पूर्णत्वास जाईल ह्याचा मला विश्वास आहे.

शहर आणि ग्रामीण भागातील शैक्षणिक सोयीसुविधांमधील दरी अनेक वेळा दिसून येत असून ग्रामीण भागातील विद्यार्थ्यांचे इंग्रजी भाषेतील ज्ञान व संवाद कौशल्याबाबतही ही वस्तुस्थिती प्रकर्षाने जाणवते. केवळ इंग्रजी भाषेतील संवाद कौशल्याअभावी ग्रामीण भागातील विद्यार्थी तंत्रशिक्षणापासून वंचित राहू नये, ह्या दृष्टिकोनातून महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळाने शैक्षणिक वर्ष २०२१-२२ पासून प्रथम वर्ष पदविका अभ्यासक्रमाकरिता तांत्रिक शिक्षण मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक माध्यमात इच्छुक विद्यार्थ्यांना उपलब्ध करून दिले आहे. मात्र असे करताना कोणत्याही परिस्थितीत गुणवत्तेशी तडजोड केली जाऊ नये ह्या दृष्टीने प्रमुख विषयांसाठीच्या शैक्षणिक सामुग्रीची निर्मिती करण्यात आली आहे.

राष्ट्रीय शिक्षण धोरण २०२० मध्ये प्रादेशिक भाषांमध्ये सर्वांना शिक्षणाची कल्पना मांडण्यात आली आहे. त्यास अनुसरून मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक माध्यमाचा पर्याय द्वितीय व तृतीय वर्षाकरिताही उपलब्ध करून देण्यात आला आहे. तसेच त्याकरिता शैक्षणिक सामुग्रीही विद्यार्थी व अध्यापकांना उपलब्ध करून देण्यात येत आहे.

महाराष्ट्र राज्यातील अनुभवी अध्यापकांकरवी ही शैक्षणिक सामुग्री तयार करण्यात आली असून व्यावहारिक मराठी भाषा, इंग्रजी भाषेतील तांत्रिक शब्दावलीचा उपयोग आणि संदर्भ पुस्तके लक्षात घेऊन या सामुग्रीची निर्मिती करण्यात आलेली आहे. सदर सामुग्रीची पुनर्तपासणी सुकाणू समितीमार्फत करण्यात आलेली असल्याने ही शैक्षणिक सामुग्री अधिक समृद्ध झालेली आहे. त्यामुळे विद्यार्थ्यांना तांत्रिक शिक्षण समजून घेणे अधिक सुकर होईल. तसेच व्यावहारिक मराठी भाषेच्या उपयोगाने विद्यार्थ्यांना विषयाचे सखोल आकलन होईल व इंग्रजी भाषेतील तांत्रिक शब्दावलीच्या वापरामुळे विद्यार्थ्यांचा उद्योग जगतातील वावर सुलभ होईल. त्यामुळे महाराष्ट्र राज्य तांत्रिक क्षेत्रातील वैश्विक मनुष्यबळाच्या निर्मितीत अग्रेसर राहील व त्यायोगे राष्ट्रनिर्मितीकरीता निश्चितच हातभार लागेल असा मला विश्वास आहे.

अभियांत्रिकी पदविका अभ्यासक्रमातील प्रमुख विषयांची मराठी-इंग्रजी द्विभाषिक शैक्षणिक सामुग्री बनविण्यासाठी अध्यापक व सुकाणू समितीचे सदस्य हे कौतुकास पात्र असून मी त्यांचे अभिनंदन करतो.

(डॉ. विनोद म. मोहितकर)

संचालक,

महाराष्ट्र राज्य तंत्रशिक्षण मंडळ, मुंबई

अनुक्रमणिका

अ. क्र.	युनिटचे नाव	पान क्र.
1	लघु शक्ती प्रवर्धक(Low Power Amplifier	1-27
2	उच्च शक्ती प्रवर्धक (High Power Amplifier)	28-46
3	प्रतिमाद संदेश प्रवर्धक (Feedback Amplifier)	47-66
4	तरंग निर्मिती (Waveform Genrator)	67-94
5	आय सी विद्युत दाब नियामक आणि एस एम पी एस (स्विच मोड पॉवर सप्लाय) IC Voltage Regulator and SMPS)	95-132

युनिट-1

लघु शक्ती प्रवर्धक (Low Power Amplifier)

विषय निष्पत्ती (Course Outcome):-

ट्रान्झिस्टरचा लघु शक्ती प्रवर्धक (Low power amplifier) म्हणून वापर करणे.

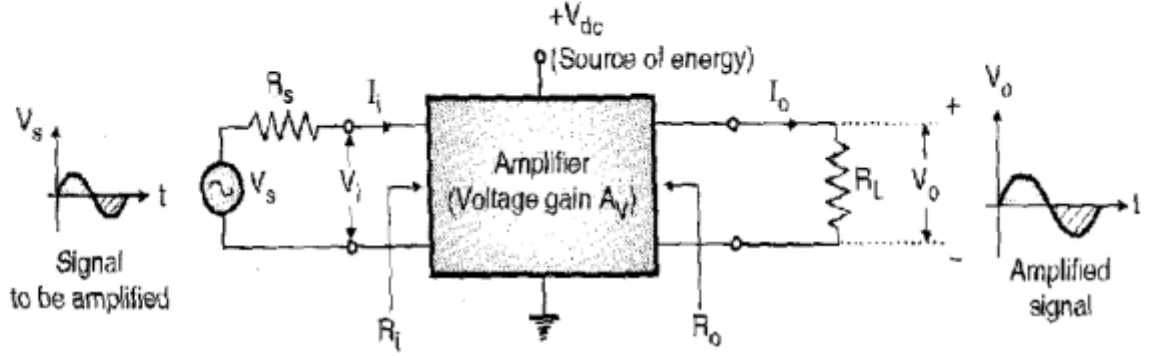
युनिट निष्पत्ती (Unit outcome): -

- 1.a दिलेल्या प्रकारच्या प्रवर्धकाच्या (Amplifier) कार्याचे तत्त्व आकृतीसह वर्णन करणे.
- 1.b दिलेल्या लघु शक्ती प्रवर्धकाची वृद्धी (gain) आणि वारंवारता पट्टाची (Bandwidth) गणना करणे.
- 1.c दिलेल्या प्रकारच्या प्रवर्धक जोडणीची (Amplifier coupling) पॅरामीटर्सवर आधारित तुलना करणे.
- 1.d दिलेल्या वारंवारता पट्टा (Bandwidth) संबंधित ट्यून प्रवर्धकाची (tuned amplifier) निवड करणे.

1.1 प्रवर्धक (Amplifier):-

व्याख्या:- असे इलेक्ट्रॉनिक सर्किट जे इनपुट सिग्नल वाढवते त्याला "प्रवर्धक" म्हणतात. हे महत्वाचे 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 1.1 प्रवर्धकाची (Amplifier) ब्लॉक डायग्राम

प्रवर्धन (अॅम्प्लीफिकेशन): -

व्याख्या: प्रवर्धन हि इनपुट सिग्नलची शक्ती वाढवण्याची प्रक्रिया आहे.

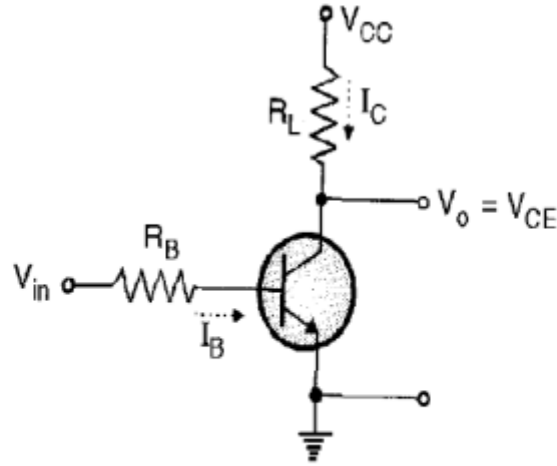
1.1.1 प्रवर्धकांचे वर्गीकरण-

प्रवर्धकाचे वर्गीकरण खालीलप्रमाणे आहे-

- 1) इनपुट सिग्नलनुसार (According to input signal)
 - i. लघु संदेश प्रवर्धक (Small signal amplifier)
 - ii. उच्च संदेश प्रवर्धक (Large signal amplifier)
- 2) आउटपुट सिग्नल संदेशनुसार (According to output signal)
 - i. विद्युत दाब प्रवर्धक (Voltage amplifier)
 - ii. शक्ती प्रवर्धक (Power Amplifier)
- 3) ट्रान्झिस्टर कॉन्फिगरेशननुसार
 - i. कॉमन इमिटर प्रवर्धक (Common emitter 'CE' amplifier)
 - ii. कॉमन बेस प्रवर्धक (Common base 'CB' amplifier)
 - iii. कॉमन कलेक्टर प्रवर्धक (Common collector 'CC' amplifier)
- 4) बायसिंग अटीनुसार (According to position of operating point Q)
 - i. क्लास ए प्रवर्धक (Class A Amplifier)
 - ii. क्लास बी प्रवर्धक (Class B Amplifier)
 - iii. क्लास एबी प्रवर्धक (Class AB Amplifier)
 - iv. क्लास सी प्रवर्धक (Class C Amplifier)

- 5) चरणांच्या संख्येनुसार (According to number of stages)
 - i. सिंगल स्टेज प्रवर्धक
 - ii. मल्टीस्टेज प्रवर्धक
- 6) वारंवारता श्रेणीनुसार (According to frequency)
 - i. ऑडिओ फ्रिक्वेन्सी प्रवर्धक (AF Amplifier)
 - ii. रेडिओ फ्रिक्वेन्सी प्रवर्धक (RF Amplifier)
 - iii. अल्ट्रा-हाय फ्रिक्वेन्सी प्रवर्धक (UHF Amplifier)
- 7) कपलिंग पद्धतीनुसार (According to types of coupling)
 - i. डायरेक्ट कपल्ड प्रवर्धक (Direct Coupled Amplifier)
 - ii. रेझिस्टर-कॅपॅसिटर कपल्ड प्रवर्धक (RC coupled Amplifier)
 - iii. ट्रान्सफॉर्मर-कपल्ड प्रवर्धक (Transformer coupled Amplifier).

1.1.2 BJT वर आधारित प्रवर्धक (BJT as an amplifier):-



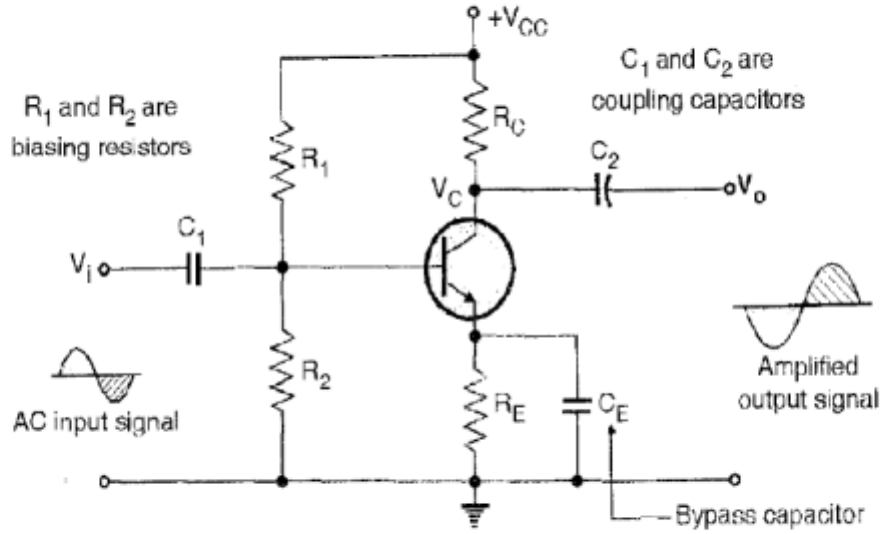
आकृती 1.2 BJT वर आधारित प्रवर्धक

आकृती 1.2 मध्ये ट्रान्झिस्टर CE कॉन्फिगरेशन मध्ये वापरला आहे. बाहेर जाणारा विद्युत दाब (Output voltage) V_o कलेक्टर पासून घेतले जाते.

$$\text{Output voltage } V_o = V_{CE}$$

आत येणाऱ्या विद्युत दाब V_{in} मध्ये थोडा जरी बदल झाल्यास, बेसचा विद्युत प्रवाह I_B मध्ये सुद्धा थोडा बदल होतो, पण कलेक्टर विद्युत प्रवाह I_C मध्ये खुप मोठ्या प्रमाणात बदल होऊन आउटपुट व्होल्टेज वाढते, म्हणजेच विद्युत दाबाचे प्रवर्धन होते.

1.2 सिंगल स्टेज CE प्रवर्धक (Single stage CE amplifier):-



आकृती 1.3 सिंगल स्टेज CE प्रवर्धक

आकृती 1.3 सिंगल स्टेज CE प्रवर्धक दर्शवते. सर्किटमध्ये वापरलेल्या विविध घटकांचे (components) कार्य पुढीलप्रमाणे-

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

2) इनपुट कॅपॅसिटर C_1 :-

इनपुट कॅपॅसिटर C_1 कप्लिंग कॅपॅसिटर म्हणून कार्य करतो, तो आत येणारा प्रवाह संदेश ट्रान्झिस्टरच्या बेसला जोडतो. तो फक्त AC संदेश पास करतो आणि DC संदेश ब्लॉक करतो.

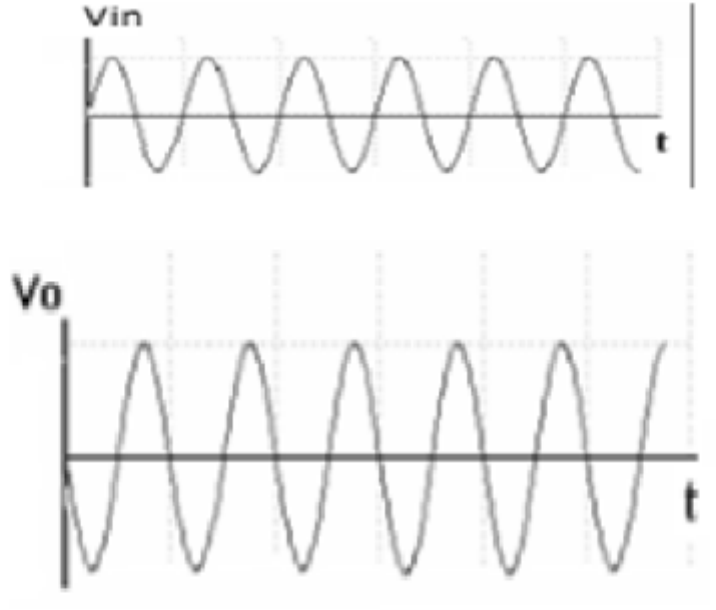
3) बायपास कॅपॅसिटर C_E :-

कॅपॅसिटर C_E ला बायपास कॅपॅसिटर असे म्हणतात. हा कॅपॅसिटर रेझिस्टर R_E च्या समांतर जोडला जातो. हा AC संदेश साठी लो रेसिस्टन्स मार्ग (Path) तयार करतो. जर हा कॅपॅसिटर वापरले नसेल तर अॅम्प्लीफाईड AC संदेश रेझिस्टर R_E मधून वाहत राहिल्याने त्यामध्ये विद्युत दाब (voltage drop $I_E R_E$) वाढत जाईल, व त्यामुळे बाहेर जाणारा विद्युत प्रवाह कमी होईल.

4) आउटपुट कॅपॅसिटर C_2 : -

आउटपुट कॅपॅसिटर C_2 सुद्धा कपलिंग कॅपॅसिटर म्हणून कार्य करतो, तो ट्रान्झिस्टरच्या कलेक्टरला तयार झालेला मोठा (मॅग्निफाइड) संदेश आउटपुटला जोडतो.

इनपुट आउटपुट वेव्हफॉर्म:-



आकृती 1.4 सिंगल स्टेज CE प्रवर्धक इनपुट आउटपुट वेव्हफॉर्म

फेज रिव्हर्सल (Phase reversal):-

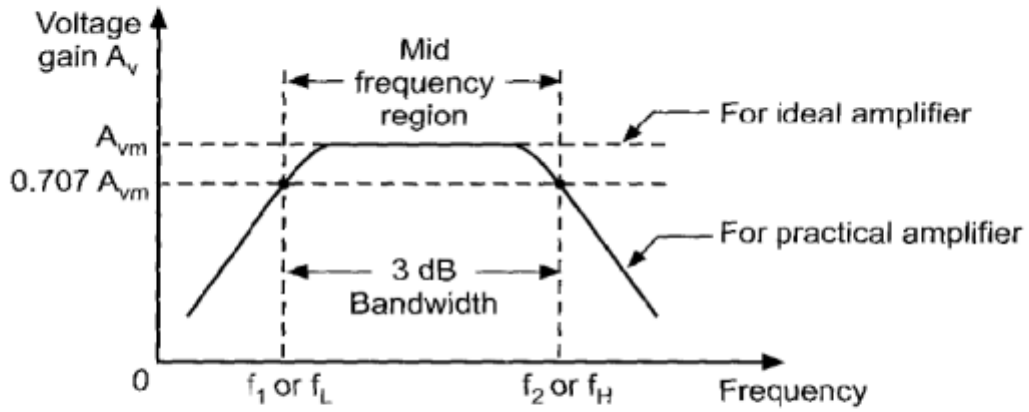
आकृती 1.3 मध्ये दर्शविलेल्या कॉमन इमीटर CE प्रवर्धकामध्ये इनपुट AC सिग्नल ट्रान्झिस्टरच्या बेस इमीटर टर्मिनल्सवर जोडला आहे आणि आउटपुट सिग्नल कलेक्टर पासून घेतला आहे.

इनपुट सिग्नलच्या पॉझिटिव्ह हाफ सायकल (Positive Half cycle) दरम्यान, जेव्हा इनपुट AC सिग्नल चा विद्युत दाब वाढतो, परिणामी बेस विद्युत प्रवाह (Current I_B) वाढतो, कलेक्टर विद्युत प्रवाह (Current I_C) वाढतो. त्यामुळे व्होल्टेज ड्रॉप $I_C R_C$ वाढतो, त्यामुळे आउटपुट व्होल्टेज V_{CE} कमी होतो आणि आउटपुट सिग्नल वर आपल्याला निगेटिव्ह हाफ सायकल (Negative Half cycle) मिळते.

या प्रमाणेच, इनपुट सिग्नलच्या निगेटिव्ह हाफ सायकल दरम्यान, जेव्हा इनपुट AC सिग्नल चा विद्युत दाब कमी होतो, परिणामी बेस विद्युत प्रवाह (Current I_B) कमी होतो, कलेक्टर विद्युत प्रवाह (Current I_C) कमी होतो. त्यामुळे व्होल्टेज ड्रॉप $I_C R_C$ कमी होतो, त्यामुळे आउटपुट व्होल्टेज V_{CE} वाढतो आणि आउटपुट सिग्नल वर आपल्याला पॉझिटीव्ह हाफ सायकल मिळते.

फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स:-

व्याख्या: - प्रवर्धकाचा फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स (Frequency response) म्हणजे प्रवर्धका मधून बाहेर जाणाऱ्या विद्युत दाबाची वृद्धी व इनपुट सिग्नलच्या वारंवारतेचा आलेख आहे.



आकृती 1.5 सिंगल स्टेज CE प्रवर्धक (Amplifier) फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स

1) कमी वारंवारता विभाग (Low frequency region): -

कमी वारंवारतेवर आत येणाऱ्या प्रवाह करिता कॅपॅसिटर C_{in} आणि कपलिंग कॅपॅसिटर C_c ची प्रतिक्रिया (रिॅक्टन्स) खूप जास्त असतो, त्यामुळे बाहेर जाणारा प्रवाह व वृद्धी कमी होते.

आत येणारा प्रवाह एसी संदेशाची फ्रिक्वेन्सी वाढल्याने कॅपॅसिटर चा रिॅक्टन्स कमी होतो आणि त्यामुळे बाहेर जाणारा प्रवाह व वृद्धी वाढू शकते, जे कमी वारंवारता रीजनमध्ये दर्शविले आहे.

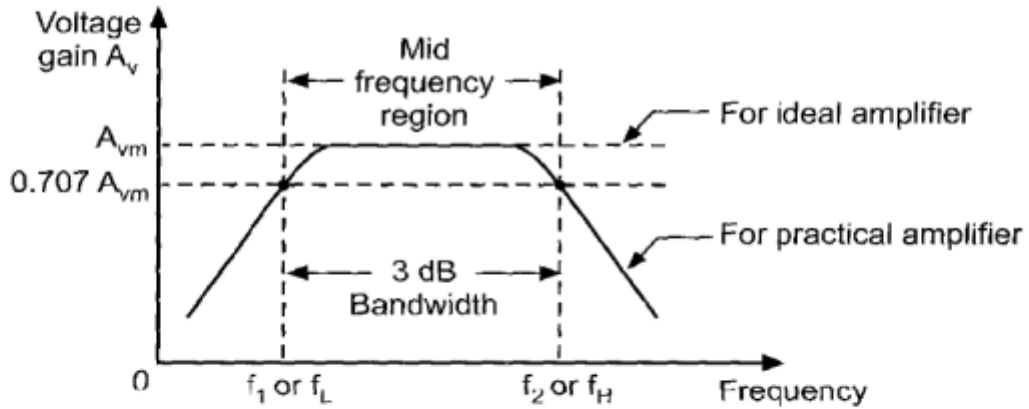
2) मध्य वारंवारता विभाग (Medium frequency region):-

या विभागात इनपुट कॅपॅसिटर C_{in} आणि कपलिंग कॅपॅसिटर C_c जवळजवळ शॉर्ट सर्किट म्हणून कार्य करते. त्यामुळे बाहेर जाणारा प्रवाह व वृद्धी स्थिर राहते, जे मध्य वारंवारता रीजनमध्ये फ्लॅट फ्रिक्वेंसी रिस्पॉन्स द्वारे दर्शविले आहे.

3) उच्च वारंवारता विभाग (High frequency region):-

खूप जास्त फ्रिक्वेन्सीमध्ये बाहेर जाणारा प्रवाह व वृद्धी ट्रान्झिस्टर अंतर्गत कॅपॅसिटन्स आणि स्ट्रे कॅपॅसिटन्समुळे कमी होईल, जे उच्च वारंवारता रीजनमध्ये दर्शविले जाते.

अम्प्लीफायरची बँडविड्थ:-



आकृती 1.6 अम्प्लीफायरचा फ्रिक्वेंसी रिस्पॉन्स

व्याख्या:- अप्पर कट ऑफ फ्रिक्वेन्सी आणि लोअर कट ऑफ फ्रिक्वेन्सी यातील फरकाला बँडविड्थ म्हणतात. अम्प्लीफायरच्या फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स वरून बँडविड्थची गणना करता येते.

$$\text{Bandwidth (BW)} = F_2 - F_1 = F_H - F_L$$

Where,

$F_H = F_2$ = Upper or higher cutoff frequency = अप्पर कट ऑफ फ्रिक्वेन्सी

$F_L = F_1$ = Lower cutoff frequency = लोअर कट ऑफ फ्रिक्वेन्सी

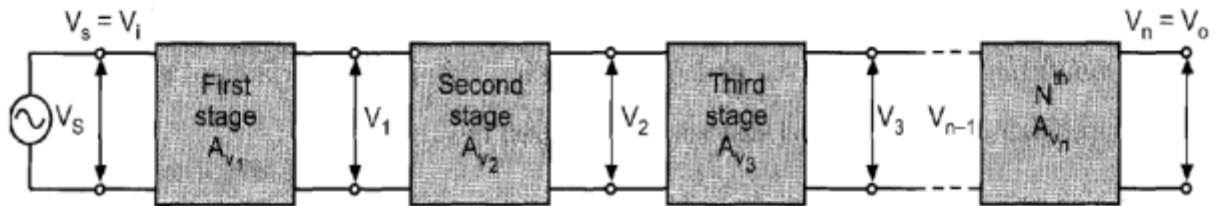
1.3 मल्टीस्टेज प्रवर्धक (Multistage Amplifier): -

मल्टीस्टेज प्रवर्धकाची गरज:-

सिंगल स्टेज प्रवर्धका मधून मिळणारी वृद्धी काही उपयोगामध्ये लोड चालवण्यासाठी अपुरी आहे.

जास्त वृद्धी मिळवण्यासाठी आपल्याला प्रवर्धकाच्या एकापेक्षा जास्त स्टेजेसचा वापर करावा लागतो, अशा प्रवर्धकाला मल्टीस्टेज प्रवर्धक असे म्हणतात.

व्याख्या:- असे सर्किट ज्यामध्ये प्रवर्धकाच्या एकापेक्षा जास्त स्टेजेस असतात त्याला मल्टीस्टेज प्रवर्धक असे म्हणतात.



आकृती 1.7 मल्टीस्टेज प्रवर्धक (Multistage Amplifier)

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

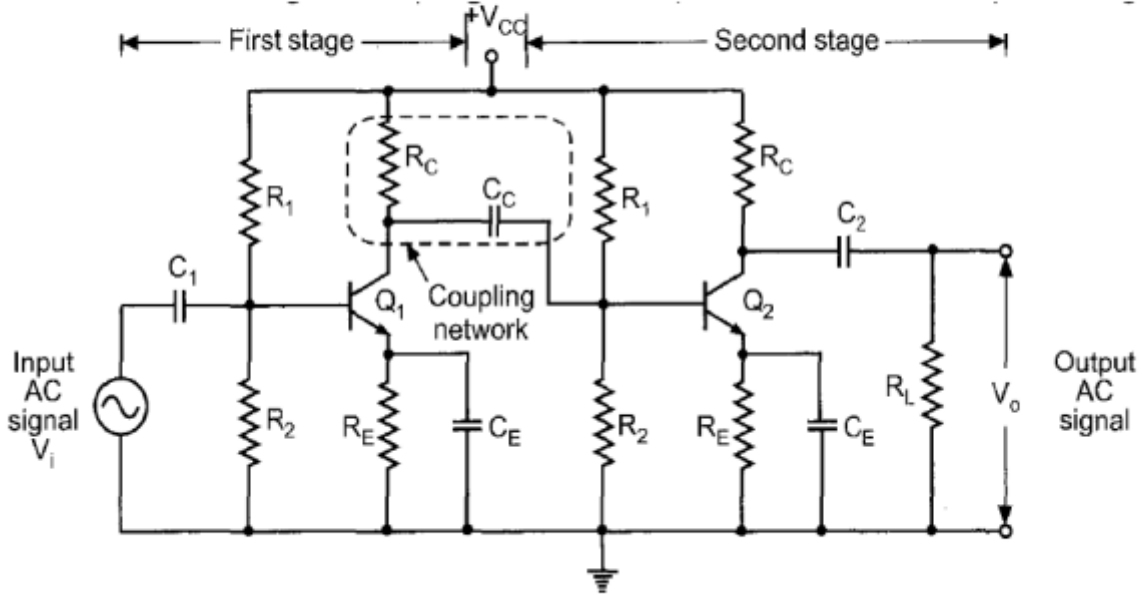
$$A_V = A_{V_1} \times A_{V_2} \times A_{V_3} \dots \times A_{V_{n-1}} \times A_{V_n}$$

1.4 मल्टीस्टेज प्रवर्धकाचे प्रकार:-

सर्किटमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या कपलिंग घटकांवर अवलंबून, मल्टीस्टेज प्रवर्धकाचे विविध प्रकार खालीलप्रमाणे आहेत-

- 1) रेझिस्टर आणि कॅपॅसिटरने जोडलेले प्रवर्धक (RC coupled amplifier)
- 2) ट्रान्सफॉर्मरने जोडलेले प्रवर्धक (Transformer coupled amplifier)
- 3) डायरेक्ट जोडलेले प्रवर्धक (Direct coupled amplifier)

1.4.1 RC कपलड प्रवर्धक (RC coupled amplifier): -



आकृती 1.8 RC कपलड प्रवर्धक

आकृती 1.8 दोन स्टेज RC कपलड प्रवर्धक (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 .

सर्किटमध्ये वापरलेल्या विविध घटकांचे (components) कार्य पुढीलप्रमाणे-

- 1) रेझिस्टर R_1 , R_2 आणि R_E ने व्होल्टेज डिव्हायडर बायसिंग तयार केले आहे. हे ऑपरेटिंग पॉइंट चे चांगले स्थिरीकरण (स्टेबल Q पॉइंट) प्रदान करते.
- 2) इनपुट कॅपॅसिटर C_1 : -

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

3) बायपास कॅपॅसिटर CE: -

कॅपॅसिटर CE ला बायपास कॅपॅसिटर असे म्हणतात. हा कॅपॅसिटर रेझिस्टर RE च्या समांतर जोडला जातो. हा AC संदेश साठी लो रेसिस्टन्स मार्ग (Low resistance path) तयार करतो. जर हा कॅपॅसिटर वापरले नसेल तर ॲम्प्लीफाईड AC संदेश रेझिस्टर RE मधून वाहत राहिल्याने त्यामध्ये विद्युत दाब (voltage drop IERE) वाढत जाईल, व त्यामुळे बाहेर जाणारा विद्युत प्रवाह कमी होईल.

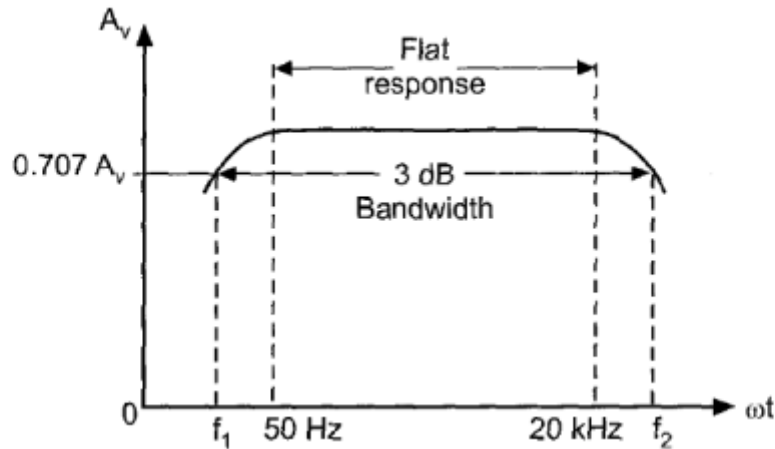
4) आऊटपुट कॅपॅसिटर C2: -

आऊटपुट कॅपॅसिटर C2 सुद्धा कपलिंग कॅपॅसिटर म्हणून कार्य करतो, तो ट्रान्झिस्टरच्या कलेक्टरला तयार झालेला मोठा (मॅग्निफाईड) संदेश लोड ला (RL) जोडतो.

5) कॅपलिंग कॅपॅसिटर CC:-

कॅपलिंग कॅपॅसिटर Cc दोन स्टेज जोडण्याची काम करतो.

RC कपलड प्रवर्धक फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स: -



आकृती 1.9 RC कपलड प्रवर्धक फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स:-

RC कपलड प्रवर्धकाचे फायदे:-

- सर्वात कमी खर्चिक मल्टीस्टेज प्रवर्धक आहे.
- या प्रवर्धका मध्ये विस्तृत वारंवारता (wide frequency response) आणि मोठी बँडविड्थ आहे.
- उत्कृष्ट ऑडिओ फिडेलिटी (Audio Fidelity) प्रदान करते.
- या प्रवर्धका मध्ये कोणतीही core distortion नाही.
- RC कपलड प्रवर्धक कमी वारंवारता विरूपण (frequency distortion) प्रदान करते.

RC कपलड प्रवर्धकाचे तोटे:-

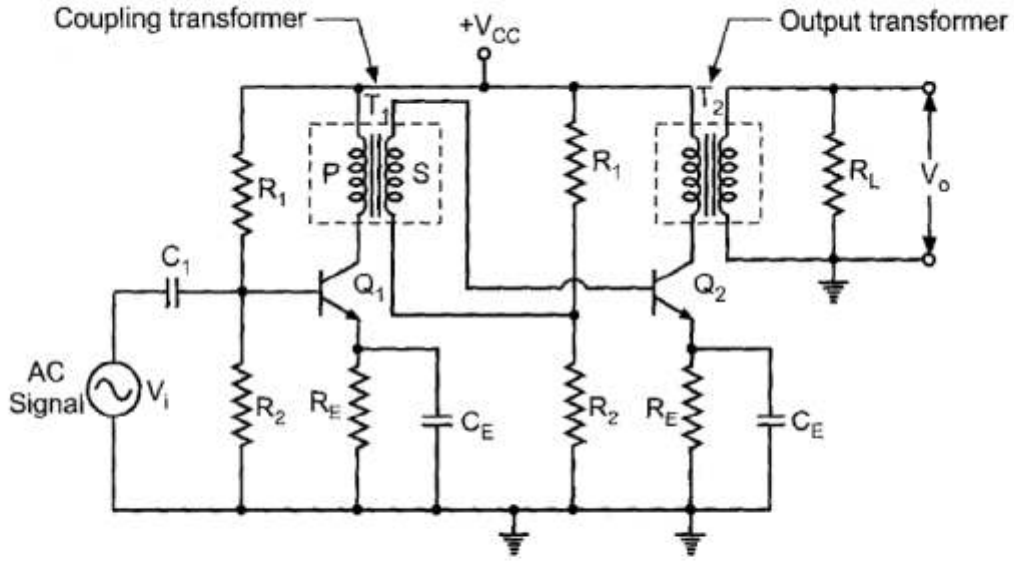
- लोडिंग इफेक्टमुळे प्रवर्धकाची एकूण वृद्धी वाढणे तुलनेने कमी आहे.
- कमी दर्जाची प्रतिबाधा जुळणी (poor impedance matching).
- कपलिंग कॅपेसिटरमुळे लघु फ्रिक्वेन्सी करिता प्रवर्धक कमी वृद्धी देतो.

RC कपलड प्रवर्धकाचे उपयोग (Applications):

- विद्युत दाब प्रवर्धक म्हणून मोठ्या प्रमाणावर वापरले जाते.
- PA (Public Address System) सिस्टमच्या सुरुवातीच्या टप्प्यात याचा वापर केला जातो.
- सीडी प्लेयर, डीव्हीडी प्लेयर्स इत्यादींमध्ये वापरले जाते.
- रेडिओ आणि टेलिव्हिजन रिसेव्हरमध्ये देखील वापरले जाते.
- स्टिरिओ प्रवर्धक मध्ये देखील वापरले जाते.

1.4.2 ट्रान्सफॉर्मर कपलड प्रवर्धक:

दू-स्टेज ट्रान्सफॉर्मर कपलड ट्रान्झिस्टर प्रवर्धका (Two stage transformer coupled amplifier) मध्ये ट्रान्सफॉर्मर कपलड केलेले CE अॅम्प्लिफायर्सचे दोन सिंगल स्टेज असतात. कलेक्टर सर्किटमध्ये 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 RL ला आउटपुट A.C. सिग्नल प्रवाह जोडते.

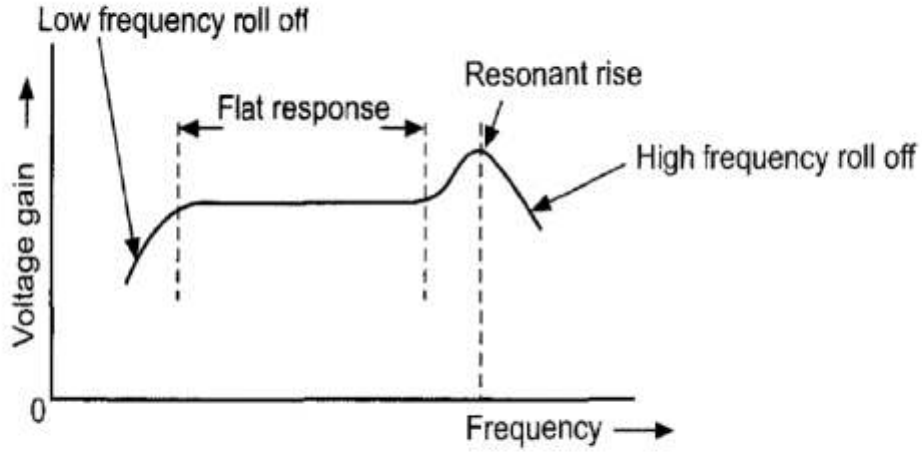


आकृती 1.10- ट्रान्सफॉर्मर कपल्ड अॅम्प्लीफायर्स सर्किट

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

जेव्हा पहिल्या ट्रान्झिस्टर 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 हस्तांतरित केला जातो. कपलिंग ट्रान्सफॉर्मर T_1 च्या सेकंडरी वायंडिंग (S) द्वारे दुसरा टप्पा देखील त्याच प्रकारे प्रवर्धन करते.

फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स :-



आकृती 1.11- ट्रान्सफॉर्मर कपलड प्रवर्धक फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स

ट्रान्सफॉर्मर कपलड प्रवर्धका मध्ये कमी फ्रिक्वेन्सी तसेच उच्च फ्रिक्वेन्सीवर विद्युत दाब कमी होतो, तर मध्य-फ्रिक्वेन्सी रेंजमध्ये तो स्थिर राहतो. एका फ्रिक्वेन्सी लेव्हलवर (f_0) विद्युत दाब खुपच वाढते त्याला रेझोनंट राईज असे म्हणतात. आणि नंतर गेन सतत कमी (Gain roll off) होतो.

ट्रान्सफॉर्मर-कपलड ॲम्प्लिफायर्सचे फायदे:

- हे दोन टप्प्यांमधील उत्कृष्ट प्रतिबाधा जुळवते (Excellent impedance matching).
- हे RC कपलड प्रवर्धका पेक्षा जास्त वृद्धी देते (more gain).

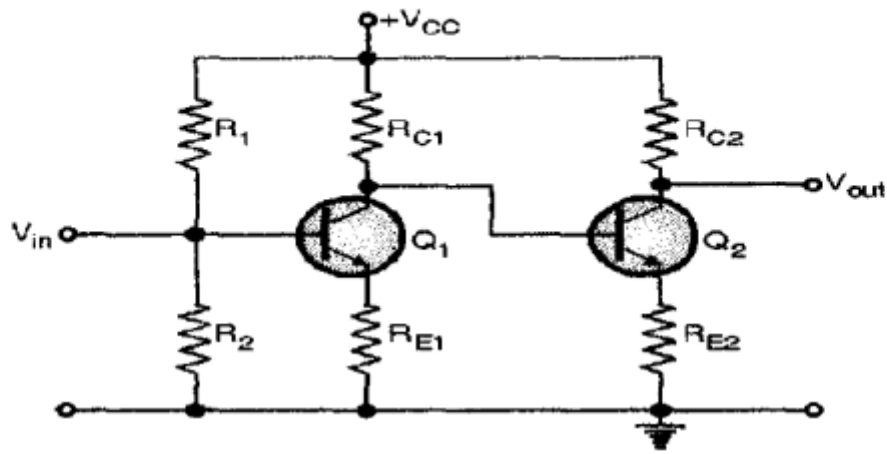
ट्रान्सफॉर्मर-कपलड ॲम्प्लिफायर्सचे तोटे:

- कपलिंग ट्रान्सफॉर्मर महाग आणि जड असतात.
- वारंवारता प्रतिसाद पूर्णपणे सपाट नाही (no flat frequency response).
- हे आऊटपुटमध्ये humming noise देते.

ट्रान्सफॉर्मर कपलड प्रवर्धकाचे उपयोग (Applications)

- प्रतिबाधा जुळणीसाठी (Impedance matching) .
- रेडिओ फ्रिक्वेन्सी (RF) संदेशाच्या प्रवर्धनासाठी
- शक्ती प्रवर्धकामध्ये.
- लाऊड स्पीकर सारख्या कमी प्रतिबाधा लोडला (low impedance load) जास्त शक्ती हस्तांतरित करण्यासाठी.

1.4.3 डायरेक्ट कपलड प्रवर्धक (Direct Coupled Amplifier):-



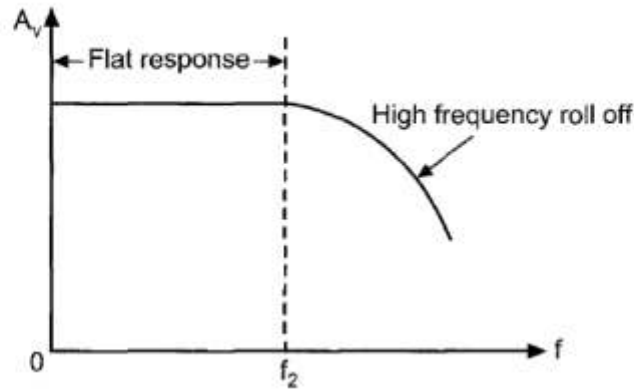
आकृती 1.12- डायरेक्ट कपलड प्रवर्धक

ट्रान्सफॉर्मरने जोडलेल्या ॲम्प्लिफायर्सना अशी मर्यादा आहे की ते DC संदेश किंवा कमी वारंवारता संदेश (low frequency signals) वाढवू शकत नाहीत. डायरेक्ट कपलड प्रवर्धकाच्या वापराने ही मर्यादा दूर होते.

दोन-स्टेज डायरेक्ट कपलड प्रवर्धका मध्ये, पहिल्या स्टेज चा आउटपुट सिग्नल थेट पुढील ट्रान्झिस्टर Q2 च्या बेसशी जोडलेला असतो. तसेच या सर्किट मध्ये कोणताही इनपुट अथवा आउटपुट कपलिंग कॅपॅसिटर आणि इमिटर बायपास कॅपॅसिटर वापरलेले नाहीत.

अॅप्लिकेशन करण्यासाठी इनपुट सिग्नल पहिल्या टप्प्यातील ट्रान्झिस्टर Q_1 च्या बेसशी जोडलेला असतो. हा इनपुट सिग्नल ट्रान्झिस्टर Q_1 प्रवर्धित करतो आणि दुसऱ्या टप्प्यातील ट्रान्झिस्टर Q_2 च्या बेसला लागू केला जातो. ट्रान्झिस्टर Q_2 सिग्नलचे आणखी प्रवर्धन करतो. प्रवर्धित आउटपुट सिग्नल ट्रान्झिस्टर Q_2 च्या कलेक्टरला उपलब्ध होतो अशाप्रकारे, डायरेक्ट कपल्ड प्रवर्धक अगदी कमी वारंवारतेच्या कमकुवत संदेशाची ताकद वाढवते.

वारंवारता प्रतिसाद :-



आकृती 1.13- डायरेक्ट कपल्ड (डी.सी.) प्रवर्धक फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स

आकृती 1.13 डायरेक्ट कपल्ड प्रवर्धकाचा फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स दर्शवते. हे लक्षात घेतले जाऊ शकते की विद्युत दाब वाढ f_2 द्वारे दर्शविलेल्या विशिष्ट उच्च वारंवारतेपर्यंत एकसमान (flat) आहे. या वारंवारतेच्या पलीकडे, विद्युत दाब वाढणे हळूहळू कमी होते. बेस-टू-इमिटर जंक्शन कॅपॅसिटन्स आणि स्ट्रे कॅपॅसिटन्समुळे वाढीव फ्रिक्वेन्सीमुळे गेन कमी होतो.

डायरेक्ट कपल्ड प्रवर्धकाचे फायदे:-

- 1) कपलिंग कॅपॅसिटरच्या अनुपस्थितीमुळे, कमी वारंवारता संदेशा करिता (for low frequency signal) गेन कमी होत नाही.
- 2) प्रवर्धक DC सिग्नल देखील वाढवू शकते.
- 3) विस्तृत वारंवारता पट्टा (Large Bandwidth).
- 4) कपलिंग कॅपॅसिटरच्या अनुपस्थितीमुळे कमी खर्च होतो.

तोटे:

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

उपयोग:

- 1) ऑपरेशनल अॅम्प्लिफायर्स मध्ये वापरतात (Operational amplifiers).
- 2) लिनिअर व्होल्टेज रेग्युलेटर मध्ये वापरतात.

तक्ता क्रं 1.1 मल्टीस्टेज अॅम्प्लिफायर्स ची तुलना: -

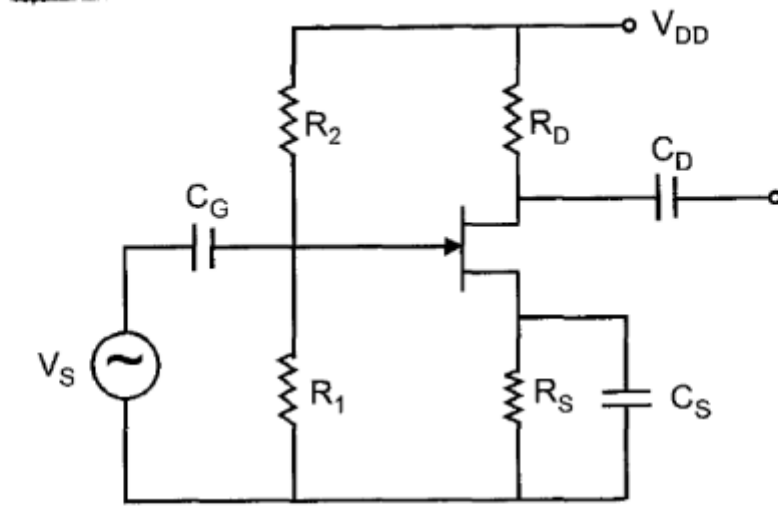
अ.क्र.	पॅरामीटर	आरसी कपलिंग	ट्रान्सफॉर्मर कपलिंग	डी सी कपलिंग
1	कपलिंग एलिमेंट	R and C (रेझिस्टर आणि कॅपेसिटर)	ट्रान्सफॉर्मर	कपलिंग एलिमेंट वापरत नाहीत
2	कपलिंग संदेशचे प्रकार	AC सिग्नल	AC सिग्नल	AC and DC सिग्नल
3	खर्च (cost)	कमी	जास्त	कमीत कमी
4	जागा आणि वजन (space and weight)	कमी	जास्त	कमीत कमी
5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

1.5) कॉमन सोर्स FET प्रवर्धक (Common source FET amplifier):

JFET त्याच्या ड्रेन वैशिष्ट्यांच्या (drain characteristics) saturation region मध्ये प्रवर्धक म्हणून कार्य करते. हे रीजन BJT च्या active region सारखेच असते. प्रवर्धकाच्या इनपुट सिग्नल आणि आउटपुट सिग्नलमध्ये कोणते टर्मिनल कॉमन आहे यावर अवलंबून, JFET अॅम्प्लिफायर्सचे खालीलप्रमाणे तीन प्रकारांमध्ये वर्गीकरण केले जाते:

- 1) कॉमन सोर्स प्रवर्धक (Common source 'CS' amplifier)
- 2) कॉमन ड्रेन प्रवर्धक (Common drain 'CD' amplifier)
- 3) कॉमन गेट प्रवर्धक (Common gate 'CG' amplifier)

आकृती 1.14 मध्ये कॉमन सोर्स प्रवर्धकाचे सर्किट दाखवले आहे. JFET चे सोर्स (Source) टर्मिनल ग्राउंडला (ground) जोडलेले आहे आणि ते कॉमन टर्मिनल म्हणून कार्य करते.



आकृती 1.14 - कॉमन सोर्स FET प्रवर्धक

Common source N-channel JFET amplifier चे सर्किट आकृती 1.14 मध्ये दाखवले आहे. येथे, JFET साठी रेझिस्टर R_1 आणि R_2 विद्युत दाब विभाजक (Voltage divider biasing) बनवतात. कपॅसिटर C_G आणि C_D हे कपलिंग कपॅसिटर म्हणून ओळखले जातात, हे AC जोडण्यासाठी वापरले जातात. ते AC सिग्नल आणि DC बायसिंग सिग्नल वेगळे करतात.

जेव्हा एक लहान AC सिग्नल गेटवर लागू केला जातो, तो गेट ते सोर्स विद्युत दाबमध्ये फरक निर्माण करतो. यामुळे ड्रेन विद्युत प्रवाहमध्ये फरक निर्माण होतो. गेट-टू-सोर्स विद्युत दाब V_{GS} वाढल्यामुळे, ड्रेन विद्युत प्रवाह I_D देखील वाढतो. याचा परिणाम म्हणून, रेझिस्टर R_D चा विद्युत दाब ड्रॉप ($I_D R_D$ voltage drop) देखील वाढतो. यामुळे ड्रेन विद्युत दाब कमी होते. याचा अर्थ इनपुट सिग्नलच्या पॉझिटिव्ह हॉफ सायकल (Positive half cycle) साठी आउटपुट वर निगेटिव्ह हॉफ सायकल निर्माण होते, म्हणजेच इनपुट सिग्नल आणि आउटपुट सिग्नल मध्ये 180° फेज शिफ्ट तयार होते.

1.6 ट्यून प्रवर्धक (Tuned amplifier)

आतापर्यंत विविध प्रकारच्या विद्युत दाब अॅम्प्लीफायर्सची चर्चा केली आहे परंतु ते सर्व प्रतिरोधक भार (Resistive load) वापरत होते आणि कमी ऑडिओ फ्रिक्वेन्सीवर ऑपरेट करण्यासाठी डिझाइन केलेले होते. अशा अॅम्प्लीफायर्सची बँडविड्थ मोठी असते. असे अॅम्प्लीफायर्स उच्च वारंवारता (high frequency) ऑपरेशनसाठी योग्य नाहीत. त्यामुळे अॅम्प्लीफायर्सचा एक वेगळा वर्ग विकसित केला जातो ज्याला ट्यून अॅम्प्लिफायर्स म्हणतात.

सिंगल ट्यून फ्रिक्वेन्सी किंवा विशिष्ट वारंवारता वाढवणारा प्रवर्धक RF ट्यून केलेला प्रवर्धक म्हणून ओळखला जातो आणि त्याची निवडलेली वारंवारता रेझोनंट फ्रिक्वेन्सी (fr) म्हणून ओळखली जाते.

एक विशिष्ट वारंवारता जी प्रक्षेपण (Broadcasting) स्टेशनला दिली जाते. रेडिओ रिसेव्हर किंवा टीव्ही रिसेव्हरचा रिसेव्हिंग अँटेना वेगवेगळ्या स्टेशन्सवरून प्रसारित होणारा फ्रिक्वेन्सी बँड उचलतो, पण रेडिओ रिसेव्हर किंवा टीव्ही रिसेव्हर ठराविक फ्रिक्वेन्सी वाढवते आणि इतर सर्व फ्रिक्वेन्सी नाकारते. यासाठी आरएफ ट्युन प्रवर्धक वापरले जातात.

ऑपरेटिंग तत्त्व (Operating principle) :

ट्यून प्रवर्धका मध्ये लोड म्हणून ट्यून सर्किट असते. लोड रेझिस्टन्सच्या जागी ट्यून सर्किट वापरले जाते. ट्यून सर्किट मुळात एक सेरिज किंवा समांतर RLC रेझोनंट सर्किट आहे.

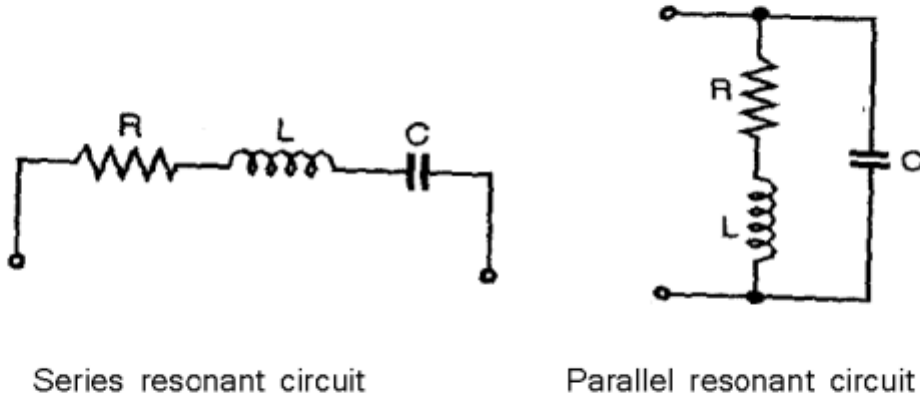
हे अॅम्प्लिफायर्स वारंवारता निवडक प्रवर्धक (frequency selective Amplifier) म्हणून वापरले जातात. याचा अर्थ ते फ्रिक्वेन्सीच्या विशिष्ट बँडमधील सिग्नलला मोठी वृद्धी देतात आणि या फ्रिक्वेन्सी बँडच्या बाहेरील सिग्नल साठी कमी वृद्धी देतात.

मूलभूत ट्यून सर्किट्स (Basic Tuned Circuits):

ट्यून सर्किट्स मुळात RLC सर्किट असतात. त्यामध्ये रेझिस्टर, इंडक्टर आणि कॅपॅसिटर असते. हे घटक ज्या पद्धतीने जोडले जातात त्यानुसार, ट्यून सर्किट खालीलप्रमाणे दोन प्रकारांमध्ये वर्गीकृत केले जातात.

- 1) सेरिज रेझोनंट सर्किट (Series resonant circuit)
- 2) समांतर रेझोनंट सर्किट (Parallel resonant circuit)

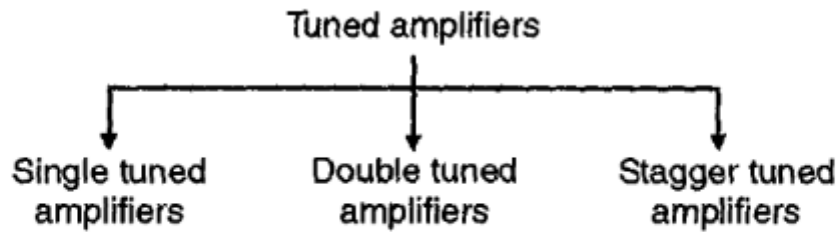
ट्यून सर्किट्सना रेझोनंट सर्किट्स देखील म्हणतात. दोन मूलभूत ट्यून सर्किट आकृती 1.15 मध्ये दर्शविले आहेत.



आकृती 1.15 रेझोनंट सर्किट

ट्यून अॅम्प्लीफायर्सचे वर्गीकरण (Classification of Tuned Amplifiers):

ट्यूनिंगच्या प्रकारानुसार, ट्यून अॅम्प्लिफायर्स सिंगल, डबल आणि स्टॅगर ट्यून अॅम्प्लीफायर्स म्हणून वर्गीकृत केले जातात.



सिंगल ट्यून प्रवर्धक (Single tuned amplifiers):

सिंगल ट्यून अॅम्प्लीफायर्समध्ये एक ट्यून सर्किट ट्रान्झिस्टरच्या कलेक्टरला लोड म्हणून जोडलेले असते. रेझोनंट वारंवारता (Resonant frequency F_r) व्हेरिएबल कॅपॅसिटर वापरून बदलली जाऊ जाते.

दुहेरी ट्यून केलेले प्रवर्धक (Double tuned amplifiers) :

दुहेरी ट्यून केलेल्या ॲम्प्लीफायर्समध्ये दोन ट्यून सर्किट वापरले जातात. ते प्रेरकपणे (Inductively coupled) एकमेकांशी जोडलेले आहेत. साधारणपणे हे दोन्ही ट्यून सर्किट समान रेझोनंट फ्रिक्वेन्सीवर ट्यून केले जातात जेणेकरून एक अचूक वारंवारतेचा संदेश निवडता येतो .

स्टॅगर ट्यून प्रवर्धक (Stagger tuned amplifiers):

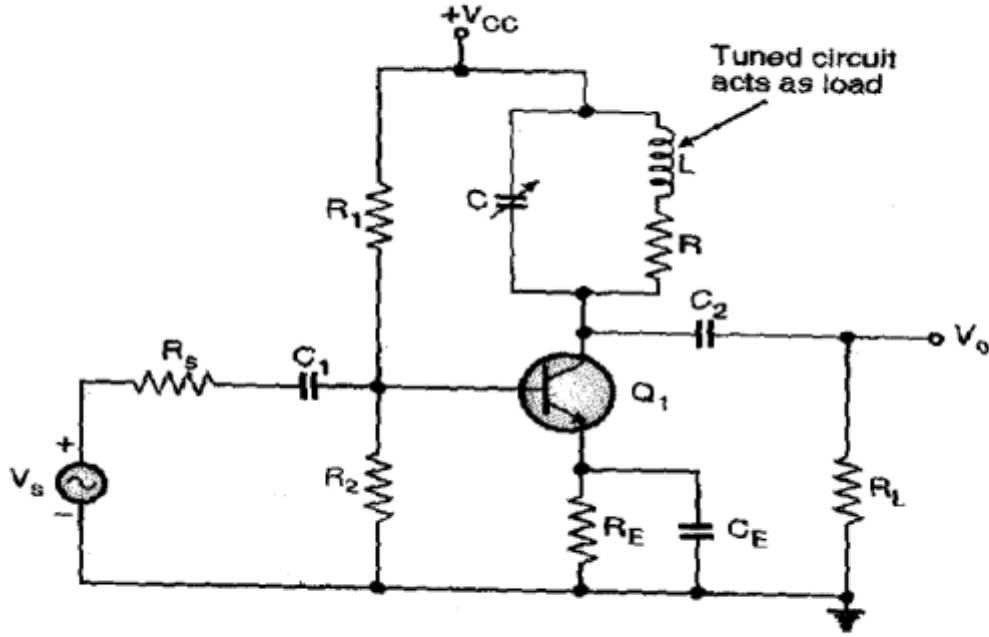
या ट्यून ॲम्प्लीफायर्समध्ये अनेक ट्यून सर्किट्स असतात जे थोड्या वेगवेगळ्या रेझोनंट फ्रिक्वेन्सीला ट्यून केलेले असतात. सिंगल आणि डबल ट्यून ॲम्प्लीफायर्सच्या तुलनेत हे अधिक सपाट वारंवारता प्रतिसाद प्राप्त करण्यास मदत करतात.

1.6.1 सिंगल ट्यून CE प्रवर्धक (Single tuned CE amplifier):

सिंगल ट्यून CE प्रवर्धक (Single tuned CE amplifier) आकृती 1.16 मध्ये दर्शविले आहे. कलेक्टर सर्किटमध्ये लोड म्हणून ट्यून सर्किट वापरले आहे. ट्रान्झिस्टरच्या बायसिंगसाठी प्रतिरोधक R_1 , R_2 आणि R_E वापरले जातात. C_1 आणि C_2 हे कपलिंग कॅपॅसिटर आहेत.

कार्य पद्धत (Operation):-

प्रवर्धकाच्या इनपुट सिग्नलवर रेडिओ फ्रिक्वेन्सी सिग्नल लागू केला जातो. लोड एक समांतर रेझोनंट सर्किट आहे. या रेझोनंट सर्किटची वारंवारता इनपुट सिग्नलच्या वारंवारतेच्या बरोबरीने समायोजित केली जाते. रेझोनंट सर्किटमध्ये कॅपॅसिटर C चे मूल्य बदलून रेझोनंट फ्रिक्वेन्सी f_r समायोजित केली जाऊ शकते. ट्यून सर्किट इनपुट सिग्नल मधील फ्रिक्वेन्सी 'Fr' च्या सिग्नलची जास्तीत जास्त वृद्धी करेल. फ्रिक्वेन्सी 'Fr' व्यतिरिक्त इतर फ्रिक्वेन्सी असलेल्या सिग्नलची वृद्धी केली जाणार नाही.



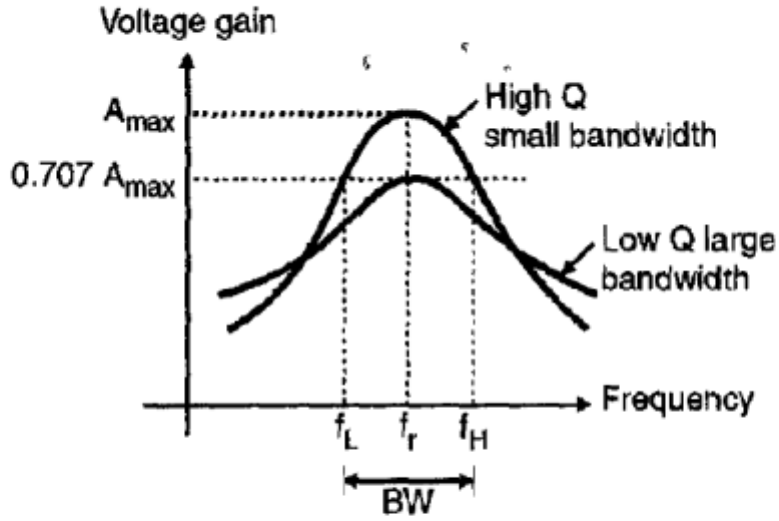
आकृती 1.16 सिंगल ट्यून् प्रवर्धक सर्किट

वारंवारता प्रतिसाद आणि बँडविड्थ (Frequency Response and Bandwidth):

या प्रवर्धका मध्ये लोड म्हणून समांतर आरसी टँक सर्किट वापरतात. सिंगल ट्यून् केलेल्या प्रवर्धकाचा वारंवारता प्रतिसाद पूर्णपणे ट्यून् केलेल्या सर्किटच्या वारंवारता प्रतिसादाद्वारे निश्चित केला जातो. सिंगल ट्यून् केलेल्या प्रवर्धकाचा वारंवारता प्रतिसाद आकृती 1.17 मध्ये दर्शविला आहे. प्रतिसादात रेझोनंट फ्रिक्वेन्सी f_r करिता वृद्धी सर्वात जास्त आहे आणि f_r च्या दोन्ही बाजूंनी गेन कमी होते. या प्रतिसादाची बँडविड्थ टँक सर्किटच्या समानता घटक Q वर अवलंबून असते.

$$\text{Bandwidth} = \frac{f_r}{Q}$$

Q चे मूल्य वाढल्याने, वारंवारता प्रतिसाद अधिकाधिक तीक्ष्ण (Sharp) होत जातो आणि बँडविड्थ कमी होते. दुसऱ्या शब्दांत सर्किट अधिक निवडक (selective) बनते.



आकृती 1.17- सिंगल ट्यून प्रवर्धक फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स

सिंगल ट्यून केलेले ॲम्प्लीफायर्सचे फायदे (Advantages of Single Tuned Amplifiers):

- 1) वारंवारता प्रतिसाद निमुळता (Sharp) आहे. त्यामुळे सिंगल ट्यून केलेले सर्किट अधिक निवडक (Higher selectivity) असतात.
- 2) चांगल्या प्रकारे इम्पेन्डन्स मॅचिंग देते. (Good impedance matching)

तोटे:

- 1) काही ॲप्लिकेशनमध्ये आवश्यक बँडविड्थ मोठी असते, त्यामुळे लहान बँडविड्थ असलेले सिंगल ट्यून सर्किट अशा ॲप्लिकेशनसाठी वापरू शकत नाही.
- 2) फ्रिक्वेन्सी वाढल्याने कोअर लॉसेस (core losses) वाढतात आणि निवडकता (Selectivity) कमी होते.

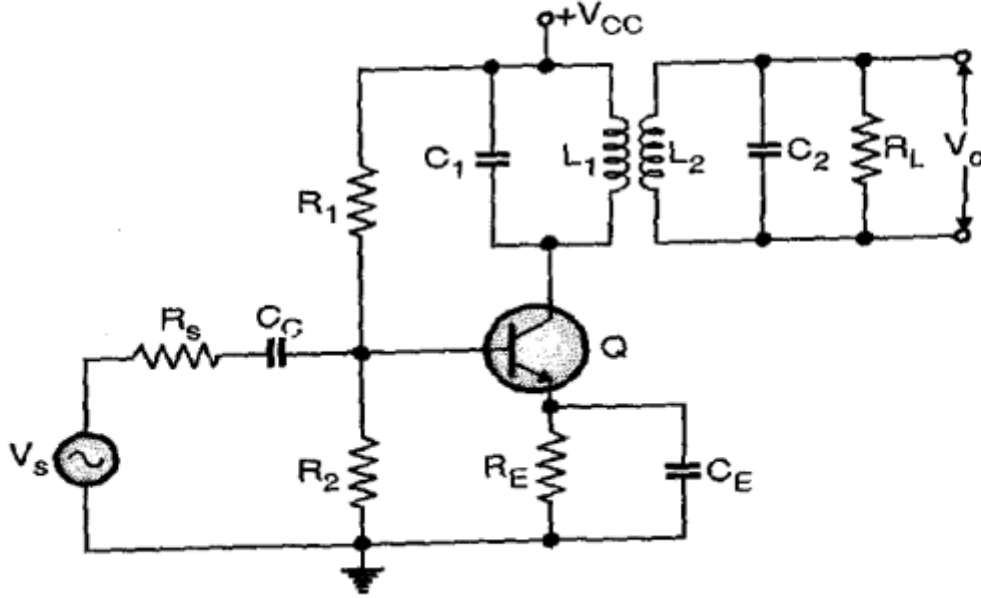
उपयोग

- 1) रेडिओ फ्रिक्वेन्सी रिसिव्हर मध्ये वापरले जातात .
- 2) वायरलेस कम्युनिकेशन रिसिव्हर मध्ये वापरले जातात .

1.6.2 डबल ट्यून प्रवर्धक (Double Tuned Amplifier):

सिंगल ट्यून प्रवर्धकाचा वारंवारता प्रतिसाद खूप निमुळता आहे. काही ॲप्लिकेशनमध्ये अधिक सपाट वारंवारता (Flat frequency response) प्रतिसाद प्राप्त करणे आवश्यक आहे.

अशा ऍप्लिकेशन्समध्ये, डबल ट्यून् अॅम्प्लीफायर्स वापरले जातात. आकृती 1.18 मध्ये डबल ट्यून् प्रवर्धक दाखवले आहे.



आकृती 1.18 डबल ट्यून् प्रवर्धक

कार्य पद्धत (Operation):-

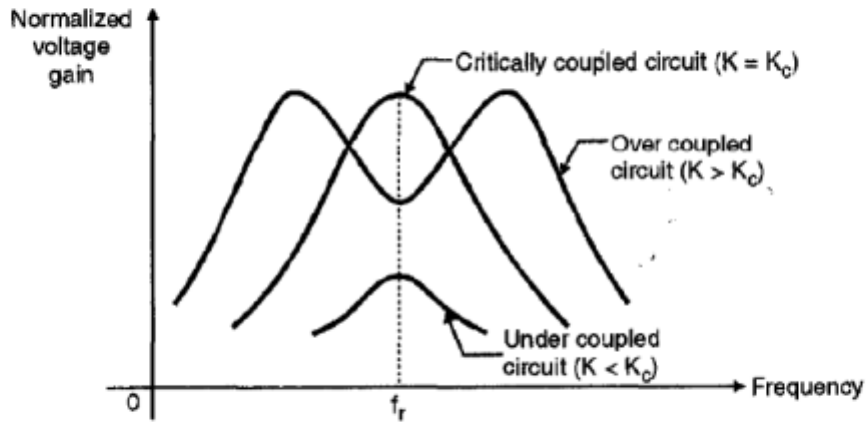
दोन समांतर रेझोनंट सर्किट्स वापरली जातात आणि दोन्ही समान रेझोनंट फ्रिक्वेन्सीशी ट्यून् केलेली असतात (Tuned to same resonant frequency). ट्यून् सर्किट L_1C_1 हे ट्रान्झिस्टर Q साठी कलेक्टर लोड म्हणून कार्य करते. L_1 आणि L_2 प्रेरकपणे (Inductively) जोडलेले आहेत. आउटपुट सिग्नल विद्युत दाब रेझोनंट सर्किट L_2C_2 मध्ये घेतले जाते. रेझिस्टर R_1 , R_2 आणि R_E व्होल्टेज डिव्हायडर बायसिंग देतात. C_c हे कपलिंग कॅपॅसिटर आहे आणि C_E हे बायपास कॅपॅसिटर आहे.

रेझोनंट फ्रिक्वेन्सी f_r इनपुट सिग्नलच्या फ्रिक्वेन्सीच्या बरोबरीने केले जातात. वाढवलेला RF सिग्नल कपलिंग कॅपॅसिटर C_c द्वारे बेसवर लागू केला जातो. इंडक्टर L_1 आणि L_2 एकमेकांशी प्रेरकपणे (Inductively) जोडलेले असतात. इंडक्टर L_2 मॅग्निफाईड आउटपुट सिग्नल लोडला (R_L) जोडतो.

वारंवारता प्रतिसाद आणि बँडविड्थ (Frequency Response and Bandwidth):

डबल ट्यून प्रवर्धकाचा वारंवारता प्रतिसाद आकृती 1.19 मध्ये दर्शविला आहे. वारंवारता प्रतिसादाचा आकार L_1 आणि L_2 मधील कपलिंगच्या गुणांकावर अवलंबून असतो. दुहेरी ट्यून केलेल्या ॲम्प्लीफायर्समध्ये, लोड एक ट्रान्सफॉर्मर आहे, ज्याचे प्राथमिक आणि दुय्यम वायंडिंग (primary and secondary winding) स्वतंत्र रेझोनंट सर्किट्स बनवतात. हे दोन्ही रेझोनंट सर्किट्स एकाच रेझोनंट फ्रिक्वेन्सीशी जुळले आहेत.

प्राथमिक आणि दुय्यम ट्यून केलेल्या सर्किट्समधील कपलिंगचा गुणांक K द्वारे दर्शविला जातो. कपलिंग tight, critical किंवा loose असू शकते.



आकृती 1.19- डबल ट्यून प्रवर्धक फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स

फायदे:-

- निवडकता जास्त आहे (Higher selectivity)
- लार्ज गेन बँडविड्थ प्रॉडक्ट
- प्रतिबाधा जुळणी शक्य आहे. (impedance matching)

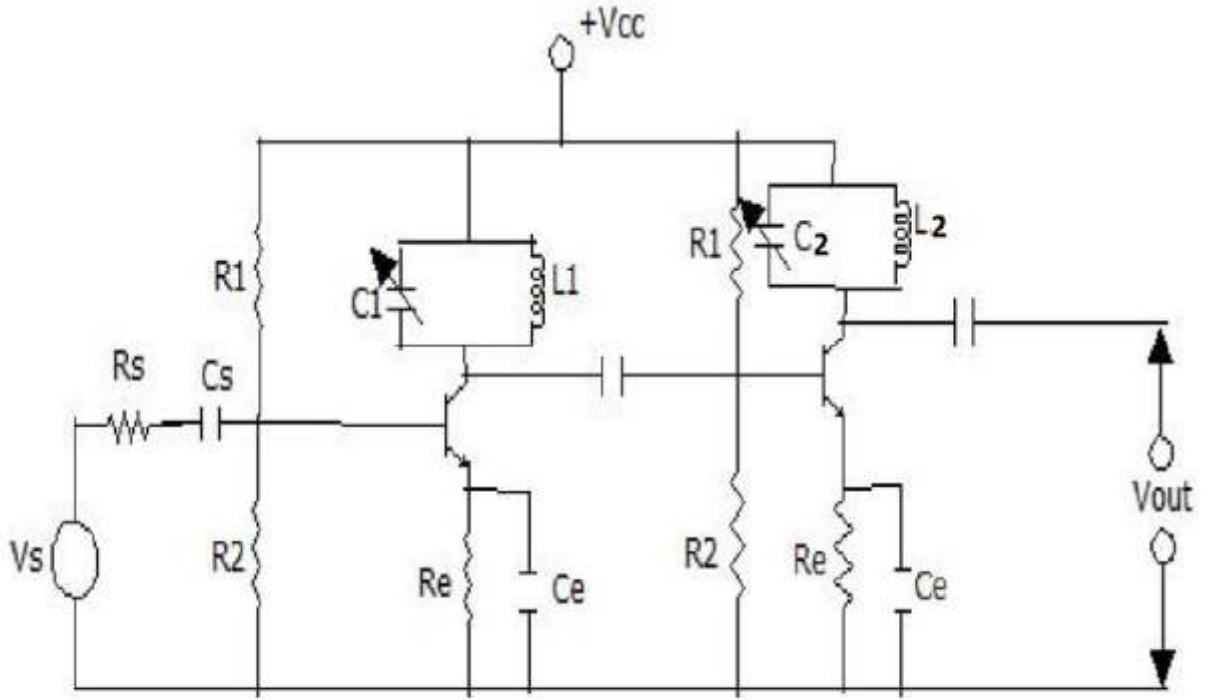
तोटे:-

- अधिक संख्येने ट्यून सर्किट वापरणे आवश्यक आहे.
- ट्यून सर्किट्सच्या वाढलेल्या संख्येमुळे ट्यूनिंग करणे अवघड आहे.

उपयोग:

रेडिओ रिसीव्हरमध्ये वापरलेले IF (Intermediate frequency) ॲम्प्लिफायर्स हे डबल ट्यून् ॲम्प्लिफायर्सचे सर्वोत्तम उदाहरण आहे. IF प्रवर्धकाचे सर्व टप्पे IF च्या समान रेझोनंट फ्रिक्वेन्सीमध्ये ट्यून् केले जातात.

1.6.3 स्टॅगर ट्यून् प्रवर्धक (Stagger Tuned Amplifier): -



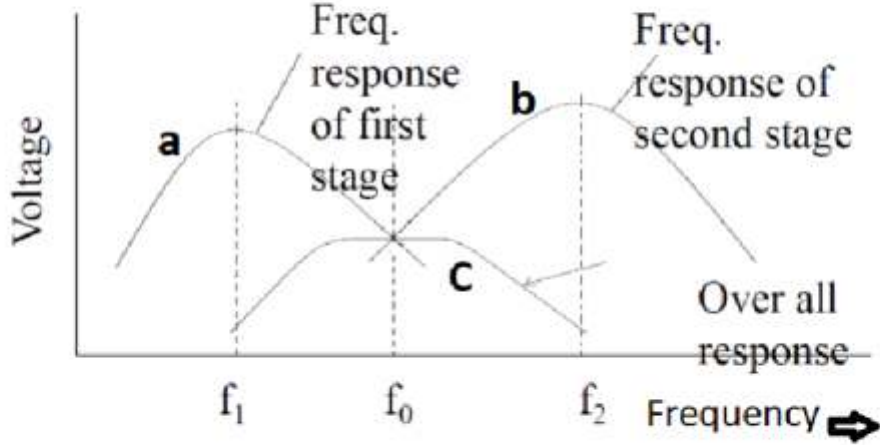
आकृती 1.20 स्टॅगर ट्यून् प्रवर्धक

आकृती 1.20 दोन-स्टेज स्टॅगर ट्यून् प्रवर्धक दर्शवते. या सर्किटमध्ये, ट्यून् सर्किट्स L_1C_1 आणि L_2C_2 थोड्या वेगळ्या पद्धतीने रेझोनेटिंग करून स्टॅगर ट्यूनिंग साध्य केले जाऊ शकते.

असे दिसून आले आहे की जर दोन किंवा दोन पेक्षा जास्त ट्यून् केलेले सर्किट जे सिंक्रोनसली ट्यून् (synchronously tune) केले आणि ते कॅस्केड केले, तर एकूण बँडविड्थ कमी होते. तथापि, जर कॅस्केड केलेले भिन्न ट्यून् केलेले सर्किट थोड्या वेगळ्या फ्रिक्वेन्सीवर ट्यून् केले असतील तर वृद्धी कमी न होता एकसारखा सपाट वारंवारता प्रतिसादासह (Flat frequency response) बँडविड्थमध्ये वाढ करणे शक्य आहे.

वारंवारता प्रतिसाद: (Frequency Response): -

Stagger Tuned Amplifier



आकृती 1.19- स्टॅगर ट्यून्ड प्रवर्धक वारंवारता प्रतिसाद

वरील आकृती 1.19 स्टॅगर-ट्यून्ड प्रवर्धकाचा वारंवारता प्रतिसाद (फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स) दर्शवते. या आकृतीमध्ये curve a-Frequency response of first stage, L_1C_1 ट्यून्ड केलेल्या सर्किटची वृद्धी व वारंवारतेचा आलेख आहे. त्याचप्रमाणे curve b - Frequency response of second stage, L_2C_2 ट्यून्ड सर्किटची वृद्धी व वारंवारतेचा आलेख आहे. curve c- over all response एकत्रित प्रतिसाद दर्शवतो, या आलेखावरून हे स्पष्ट होते की Amplifier मध्ये बँडविड्थ जास्त आणि फ्लॅट पॉस-बँड आहे, असे आढळून आले आहे की जितके जास्त टप्पे वापरले जातात तितके एकसारखा सपाट (flatter) पॉसबँड असेल.

तक्ता क्रं 1.2 ट्यून्ड प्रवर्धकाची तुलना:-

अ.क्र.	पॅरामीटर	सिंगल ट्यून्ड	डबल ट्यून्ड	स्टॅगर ट्यून्ड
1	ट्यून्ड सर्किट्सची संख्या	एक	दोन	दोन पेक्षा जास्त
2	निवडकता (Selectivity)	खूप जास्त ,	मध्यम,	कमी
3	Q फॅक्टर	जास्त	जास्त	कमी
4	बँडविड्थ	कमी	मध्यम	जास्त

स्वाध्याय:-

- 1) प्रवर्धकाची व्याख्या लिहा.
- 2) प्रवर्धकाचे वर्गीकरण लिहा.
- 3) सिंगल स्टेज CE प्रवर्धकाचे कार्य स्पष्ट करा.
- 4) खालील व्याख्या लिहा -
 - a) विद्युत दाब वृद्धी (voltage gain) b) वारंवारता पट्टा (bandwidth)
- 5) मल्टीस्टेज प्रवर्धकाची व्याख्या लिहा.
- 6) मल्टीस्टेज प्रवर्धका मध्ये वापरण्यात येणाऱ्या कॅपलिंग घटकाची नावे लिहा.
- 7) RC कपलड प्रवर्धकाची आकृती व फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स काढा.
- 8) ट्रान्सफॉर्मर कपलड प्रवर्धकाची आकृती व फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स काढा.
- 9) डायरेक्ट कपलड (DC) प्रवर्धकाची आकृती व फ्रिक्वेन्सी रिस्पॉन्स काढा.
- 10) RC कपलड, ट्रान्सफॉर्मर कपलड आणि डायरेक्ट कपलड प्रवर्धकाची तुलना करा.
- 11) FET प्रवर्धकाचे कार्य स्पष्ट करा.
- 12) ट्यून प्रवर्धकाचे प्रकार सांगा.
- 13) सिंगल ट्यून प्रवर्धकाचे कार्य आकृतीसह स्पष्ट करा.
- 14) डबल ट्यून प्रवर्धकाचे कार्य आकृतीसह स्पष्ट करा.
- 15) स्टॅंजर ट्यून प्रवर्धकाचे कार्य आकृतीसह स्पष्ट करा.

लघु प्रकल्प (मायक्रो प्रोजेक्ट्स):-

1. ट्रान्झिस्टर वापरून दरवाजाची बेल तयार करा.
2. ट्रान्झिस्टर वापरून टाळी वाजवून चालू बंद होणारे सर्किट (Clap switch) तयार करा.

उच्च शक्ती प्रवर्धक (High Power Amplifier)

विषय निष्पत्ती (Course Outcome):

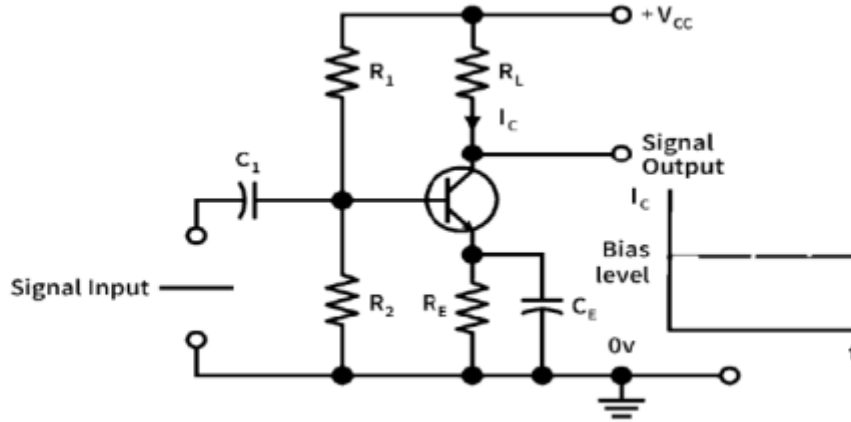
उच्च शक्ती प्रवर्धक (Amplifier) म्हणून बीजेटीचा वापर करणे.

घटक निष्पत्ती (Unit Outcome):

- 2.1 प्रवर्धकाचा (Amplifier) प्रकार दिलेल्या आकृतीसह विश्लेषण करता येणे.
- 2.2 दिलेल्या औचित्यासाठी संबंधित शक्ती प्रवर्धक (Amplifier) समर्थनासह निवडणे.
- 2.3 दिलेल्या शक्ती प्रवर्धकाच्या (Amplifier) कार्यक्षमतेची गणना करणे.
- 2.4 दिलेल्या शक्ती प्रवर्धकाच्या (Amplifier) कामगिरीच्या पैरामीटरची तुलना करता येणे.
- 2.5 दिलेल्या प्रवर्धकाची (Amplifier) वैशिष्ट्ये पाहणे.

2.1 प्रस्तावना -

कमी सिग्नल प्रवर्धकला (Low Signal Amplifier) विद्युत दाब प्रवर्धक (Voltage Amplifier) असेही म्हणतात. कारण हे प्रवर्धक प्रामुख्याने विद्युत दाब प्रवर्धकासाठी (Voltage Amplifier) वापरले जातात परंतु ते लाऊडस्पीकर सारख्या लोड्सना मोठ्या प्रमाणात वीज पुरवण्यास सक्षम नसतात. जेव्हा लोड मोठ्या शक्तीची (power) मागणी करते तेव्हा आपल्याला शक्ती प्रवर्धक (Amplifier) नावाचे विशेष डिझाइन केलेले प्रवर्धक (Amplifier) वापरावे लागतात. आकृती 2.1 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे, हे प्रवर्धक (Amplifier) त्यांच्या आत येणारा प्रवाह उच्च शक्ती संदेशामध्ये रूपांतरित करतात.



आकृती 2.1 शक्ती प्रवर्धकाची (Amplifier) संकल्पना (concept)

शक्ती विद्युत दाब आणि विद्युत प्रवाह च्या गुणानुरूप असते. त्यामुळे उच्च विद्युत दाब (High Voltage), आत जाणारा संदेश (Input) कमी विद्युत प्रवाह (Low Current) कमी शक्ती सिग्नलशी संबंधित आहे. मोठे सिग्नल प्रवर्धक (Amplifier) विद्युत प्रवाह (Current) सोर्सिंग आणि सिंकिंग क्षमता वाढवते. त्यामुळे त्याच्या बाहेर जाणारा संदेश (Output) आपल्याला उच्च विद्युत दाब (High Voltage), उच्च विद्युत्प्रवाहाचा (High current) सिग्नल म्हणजे उच्च शक्ती सिग्नल मिळतो.

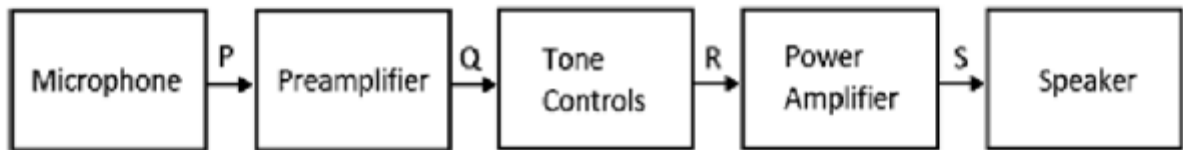
अनुक्रमांक	पॅरामीटर	लहान सिग्नल प्रवर्धक (Small Signal Amplifier)	शक्ती प्रवर्धक (Power Amplifier)
1	प्रमाण वाढते	विद्युत दाब (Voltage)	विद्युत प्रवाह (Current) किंवा शक्ती (Power)
2	ऑपरेट	ट्रान्सफर कॅरेक्टरिस्टिक्सचा लिनिअर भाग	ट्रान्सफर कॅरेक्टरिस्टिक्सचा लिनिअर तसेच नॉन लिनिअर भाग यावर काम करतो.
3	इनपुट सिग्नलचा आकार	लहान	मोठा
4	सिग्नल वीरूपता	सिग्नल वीरूपता नाही	सिग्नल मध्ये काही प्रमाणात वीरूपता होते
5	शक्ती ट्रान्झिस्टर (Power Transistor)	आवश्यक नाही	वापरणे आवश्यक आहे
6	विश्लेषणासाठी तंत्र	एच-पॅरामीटर वापरता येतो	ग्राफिकल विश्लेषण वापरता येते
7	प्रवर्धक म्हणून वापरता येते	प्री-प्रवर्धक (Amplifier) किंवा विद्युत दाब (Voltage) प्रवर्धक म्हणून वापरता येते.	सार्वजनिक ध्वनी प्रक्षेपण प्रणालीमध्ये शेवटचा टप्पा म्हणून, आणि इतर सर्किट्समध्ये वापरता येते

शक्ती प्रवर्धकाची (Power Amplifier) व्याख्या :-

शक्ती प्रवर्धक (Amplifier) एक प्रवर्धक आहे जो शक्ती किंवा विद्युत प्रवाह वाढवतो. याला मोठा सिग्नल प्रवर्धक असेही म्हणतात. शक्ती प्रवर्धक (Power Amplifier) चे सर्वात सोपे उदाहरण म्हणजे एमीटर फॉलोअर सर्किट (Emitter follower circuit) ज्यामध्ये युनिटी विद्युत दाब (Voltage) वृद्धी आहे, पण जास्त विद्युत प्रवाह (Current) वृद्धी आहे.

2.2 AF प्रवर्धक (Amplifier) आकृती: -

- शक्ती प्रवर्धक (Amplifier) हा बहुतेक हाय शक्ती (High Power) सर्किट्समध्ये सामान्यतः फायनल स्टेजला असतो. त्याचे आउटपुट थेट लोडशी (Speaker) जोडलेले आहे. प्रवर्धकचे (Amplifier) ब्लॉक स्कीमॅटिक दाखवते जे ही संकल्पना दर्शवते.



आकृती 2.2 - ऑडिओ शक्ती प्रवर्धक (Block Diagram)

2.2.1 शक्ती प्रवर्धकाचा (Power Amplifier) वापर: -

- रेडिओ प्रणाली
- सार्वजनिक ध्वनी प्रक्षेपण प्रणाली
- दूरदर्शन प्रणाली
- सीडी प्लेयर्स

- शक्ती प्रवर्धकाचे (Amplifier) आउटपुट impedance (इम्पेडन्स) लोडशी जुळला पाहिजे.
- शक्ती ट्रान्झिस्टर (Power Transistor) वापरणे आवश्यक आहे
- शक्ती प्रवर्धक (Power Amplifier) बल्की (Bulky) आहेत.
- त्यांच्या आउटपुटमध्ये हार्मोनिक विरूपण असते.
- ते मोठ्या शक्ती हाताळण्यास सक्षम असतात.

2.2.3 शक्ती प्रवर्धक वर्गीकरण: -

लोडलाइन वरील क्यू-पॉइंटच्या स्थितीनुसार, शक्ती प्रवर्धकाचे (Amplifier) खालील चार श्रेणींमध्ये वर्गीकरण केले जाते :

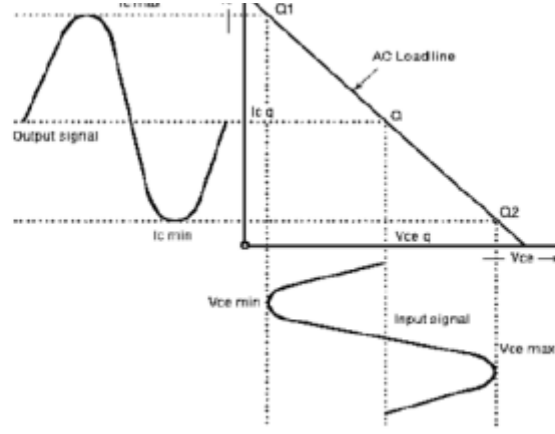
- क्लास-ए प्रवर्धक (Class A Amplifier)
- क्लास-बी प्रवर्धक (Class B Amplifier)
- क्लास-सी प्रवर्धक (Class C Amplifier)
- क्लास-एबी प्रवर्धक (Class AB Amplifier)
- प्रवर्धक (Amplifier) चा प्रकार आणि Q-बिंदूची स्थिती तक्ता 2.2 मध्ये सूचीबद्ध आहे.

तक्ता : 2.2

अनुक्रमांक.	शक्ती प्रवर्धकाचे प्रकार	Q-बिंदूचीस्थिती
1	क्लास-ए	लोड लाइनच्या मध्यभागी
2	क्लास-बी	कट ऑफ क्षेत्रामध्ये
3	क्लास-एबी	कट ऑफच्या अगदीवर
4	क्लास - सी	कट ऑफच्या खाली

2.2.4 क्लास-ए शक्ती प्रवर्धक: -

- प्रवर्धनासाठी (Amplifier) वापरलेले ट्रान्झिस्टर इनपुट एसी सिग्नलच्या पूर्ण चक्र (Full Cycle) कालावधीसाठी चालत असल्यास शक्ती प्रवर्धक ला क्लास-ए शक्ती प्रवर्धक असे संबोधले जाते.
- Q-बिंदू आकृती 2.3 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे लोडलाइनच्या मध्यभागी अचूकपणे समायोजित केला आहे. यामुळे आकृती 2.3 मध्येदर्शविल्याप्रमाणे 360 अंशासाठी एसी इनपुटच्या पूर्ण चक्रासाठी आउटपुट सिग्नल प्राप्त होतो.



आकृती 2.3 Class A शक्ती प्रवर्धक (Amplifier)

प्रतिबाधा जुळणी : (Impedance Matching) -

शक्ती प्रवर्धक मोठ्या प्रमाणात शक्ती हाताळत असल्याने लोडमध्ये जास्तीत जास्त शक्ती हस्तांतरित (Power Transfer) करणे महत्वाचे आहे. असे करण्यासाठी शक्ती प्रवर्धक (Amplifier) आणि लोडच्या आउटपुट प्रतिबाधा (Impedance) मधील प्रतिबाधा (Impedance) जुळणे सुनिश्चित करणे आवश्यक आहे.

लाऊड स्पीकर सारख्या लोड्समध्ये कमी प्रतिबाधा (Impedance) असल्यामुळे, शक्ती प्रवर्धक (Amplifier) चा आउटपुट प्रतिबाधा (Impedance) देखील कमी असणे आवश्यक आहे. त्यामुळे कॉमन कलेक्टर (Common Collector) किंवा एमिटर फॉलोअर सर्किट्सचा (Emitter follower circuit) वापर सामान्यतः शक्ती प्रवर्धक (Amplifier) म्हणून केला जातो, कारण त्याचा आउटपुट प्रतिबाधा (इंपेडन्स) कमी असते.

शक्ती ट्रान्झिस्टरचा (Power Transistor) वापर :

शक्ती प्रवर्धक (Amplifier) मोठ्या शक्ती हाताळण्यासाठी तयार केलेले असल्याने, वापरलेले ट्रान्झिस्टर मोठ्या विद्युत दाब (Voltage) आणि विद्युत प्रवाहांना (Current) तोंड देण्यास सक्षम असले पाहिजेत. या ट्रान्झिस्टरमध्ये उष्णतेच्या रूपात मोठी शक्ती खर्च होते. म्हणून आपण सामान्य क्षमतेचा ट्रान्झिस्टर वापरू शकत नाही.

शक्ती ट्रान्झिस्टर कमी शक्ती ट्रान्झिस्टरपेक्षा आकाराने मोठे आहेत. या व्यतिरिक्त, ते उष्मा रोधक वर बसवले (Mounted) आहेत, जे मोठ्या पृष्ठभागाचे (Surface) आहेत. उष्मा सिंक (Heat Sink) सभोवती उष्णता पसरवून शक्ती ट्रान्झिस्टरचे तापमान कमी करण्यास मदत करतात. उष्मा सिंक आणि मोठ्या आकाराच्या शक्ती ट्रान्झिस्टरच्या वापरामुळे, शक्ती प्रवर्धक (Amplifier) अवजड (Bulky) बनतात.

हार्मोनिक वीरूपता :

ट्रान्झिस्टरच्या नॉन-लिनिअर (Non-Linear) वैशिष्ट्यांमुळे, प्रवर्धक (Amplifier) च्या आउटपुट बाजूस हार्मोनिक्स विरूपण (Distortion) उपस्थित असेल, ते वारंवारता (Frequency) घटक जे इनपुट बाजूला उपस्थित नाहीत, ते आउटपुटमध्ये उपस्थित असतील. हे आउटपुट वेव्हफॉर्मचा (तरंग) आकार वीरूपता करेल. विरूपणची टक्केवारी (%) मोजण्यासाठी, आउटपुट वेव्हफॉर्मचे (तरंग) विश्लेषण (Analysis) केले जाते.

विश्लेषणासाठी (Analysis) एच-फॅरामीटर वापरले जाऊ शकत नाही. एच-फॅरामीटरला लहान सिग्नल एच-फॅरामीटर म्हणतात. ट्रान्झिस्टरच्या ट्रान्सफर वैशिष्ट्यांच्या रेखीय (Linear) भागावर ब्यू-पॉइंट जवळ प्रवर्धक (Amplifier) ऑपरेट करण्यासाठी इनपुट सिग्नल पुरेसा लहान असेल तरच ते वैध आहेत. शक्ती प्रवर्धक (Amplifier) हे पूर्ण करू शकत नाहीत. त्यामुळे शक्ती प्रवर्धकाच्या (Amplifier) विश्लेषणासाठी (Analysis) आपण एच-पॅरामीटर वापरू शकत नाही.

शक्ती प्रवर्धक (Amplifier) ची कार्यक्षमता आउटपुट शक्ती आणि एकूण इनपुट शक्तीचे गुणोत्तर म्हणून परिभाषित (Defined) केली जाते.

$$\left[\% \text{ कार्यक्षमता } (\eta) = P_{\text{out}} / P_{\text{in}} \times 100 \% \right]$$

परंतु, $P_{\text{in}} = P_{\text{out}} + P_{\text{losses}}$.

$$\left[\% \text{ कार्यक्षमता } (\eta) = P_{\text{out}} / (P_{\text{out}} + P_{\text{losses}}) \times 100\% \right]$$

शक्ती ट्रान्झिस्टरमधील कमी झालेली शक्ती जेथे पी लॉस आहे. जर ट्रान्झिस्टर सक्रिय भागात (In the active region) कार्य करण्यासाठी पक्षपाती (Biased) असेल, तर त्यामध्ये होणारी शक्ती हानी जास्त असेल आणि कार्यक्षमता कमी असेल. परंतु जर ट्रान्झिस्टर कटऑफ क्षेत्रामध्ये किंवा कटऑफच्या खाली आणि सॅच्युरेशन (saturation) भागात पक्षपाती (Biased) असेल तर त्यात होणारी शक्ती हानी कमी असेल आणि कार्यक्षमता वाढेल. ट्रान्झिस्टर इनपुट सिग्नलच्या इनपुटच्या सर्व मूल्यांसाठी सक्रिय भागात (In the active region) राहते आणि सॅच्युरेशन (saturation) किंवा कटऑफ (Cut-off) भागात कधीही प्रवेश करत नाही.

आकृती 2.3 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे, इनपुट सिग्नल कोणत्याही विरूपणाचा (Distortion) विचार न करता, नीट वाढविला जातो. अशा प्रकारे आउटपुटमधील हार्मोनिक सामग्री कमी असेल. ट्रान्झिस्टर त्याच्या सक्रिय भागात (In the active region) सतत कार्यरत असल्याने, त्या नंतर विद्युत दाब (Voltage) VCE आणि त्याद्वारे IC, दोन्ही उच्च (High) आहेत, म्हणून ट्रान्झिस्टर मधून खूप मोठी हीट च्या स्वरूपात शक्ती खर्च होते. सामान्यतः क्लास-ए शक्ती प्रवर्धक (Amplifier) ची कार्यक्षमता (Efficiency) 25% ते 50% दरम्यान असते.

क्लास -ए प्रवर्धकाचे फायदे :-

1. साधी बांधणी.
2. कोणतीही विरूपण (Distortion) उपस्थित नाही.

क्लास -ए प्रवर्धकाचे तोटे :-

1. कमी शक्ती आउटपुट.
2. कमी कलेक्टर (Collector) कार्यक्षमता (Efficiency).

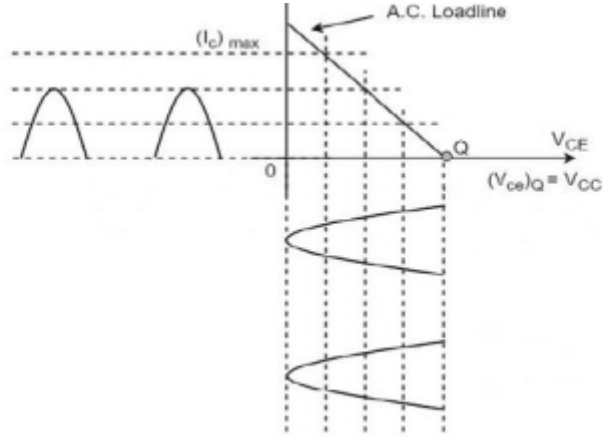
क्लास-ए प्रवर्धकाचा वापर :-

1. लिनिअर प्रवर्धक (Linear amplifier).
2. उच्च विद्युत दाब (Voltage) प्रवर्धक.
3. रेडिओ आणि टीव्हीमध्ये RF आणि IF प्रवर्धक.

2.3 क्लास – बी प्रवर्धक:

उष्णतेच्या स्वरूपात वाया जाणारी शक्ती कमी करून मागील वर्ग A प्रवर्धक (Amplifier) ची संपूर्ण उर्जा कार्यक्षमता (Efficiency) सुधारण्यासाठी, त्याच्या आउटपुट टप्प्यात दोन ट्रान्झिस्टरसह शक्ती प्रवर्धक (Amplifier) सर्किट डिझाइन करणे शक्य आहे. हे सामान्यतः क्लास बी प्रवर्धक म्हणून ओळखले जाते, ज्याला पुश-पुल प्रवर्धक जोडणी देखील म्हणतात.

ट्रान्झिस्टर इनपुटच्या फक्त अर्ध्या चक्रात (Half Cycle) चालतो आणि कलेक्टर विद्युत प्रवाह 2.4 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे केवळ 180 अंशांसाठी वाहतो, यासाठी क्यू-पॉइंट कट ऑफ करण्यासाठी समायोजित (adjust) केला जातो. आकृती 2.4 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे ते X-अक्ष आहे. अशा प्रकारे एसी इनपुट सिग्नलच्या अनुपस्थितीत ट्रान्झिस्टर बंद स्थितीत राहतो सामान्यतः क्लास-बी शक्ती प्रवर्धक ची कार्यक्षमता 78.5% असते. ट्रान्झिस्टर फक्त इनपुट सिग्नलच्या पॉझिटिव्ह अर्ध्या चक्रासाठी (Half cycle) सक्रिय भागात (In the active region) राहतो. Negative अर्ध्या चक्रात (Half cycle), ट्रान्झिस्टर बंद स्थितीत राहतो. अशा पद्धतीने कलेक्टर करंट इनपुट सिग्नलच्या 180 डिग्री म्हणजेच हाफ सायकल ला वाहतो. आऊटपुटला एकच हाफ सायकल मिळते. त्यामुळे आउटपुट विद्युत दाब तरंग यामध्ये बिघाड निर्माण होतो.



आकृती 2.4 Class B शक्ती प्रवर्धक

क्लास - बी प्रवर्धकाचे फायदे :-

1. उच्च कार्यक्षमता (78.5%)
2. इम्पेडन्स मॅचिंग लोडसह शक्य आहे.

क्लास -बी प्रवर्धकाचे तोटे :-

1. कार्यक्षमता इतकी जास्त नाही.
2. क्रॉसओवर बिघाड हा बाह्य तरंगात अस्तित्वात असतो.

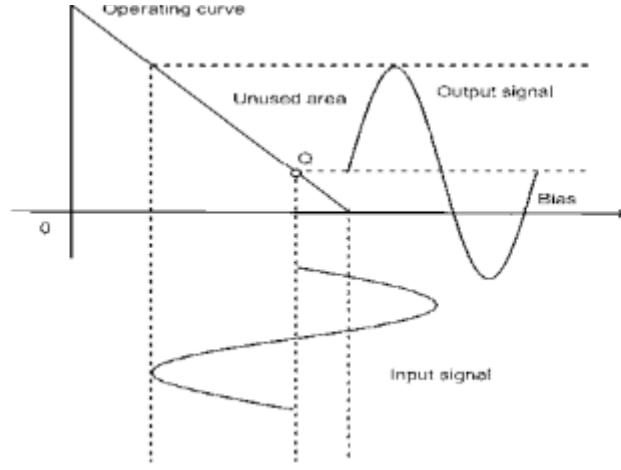
क्लास- बी प्रवर्धकाचा वापर :-

1. सार्वजनिक ध्वनी प्रक्षेपण प्रणालीमध्ये
2. ऑडिओ वारंवारता प्रवर्धक म्हणून, रेडिओ व सिडी प्लेयर्स मध्ये वापरले जातात.

2.4 क्लास-एबी प्रवर्धक: -

नावाप्रमाणेच, वर्ग AB हे वर्ग A आणि वर्ग B प्रकारचे प्रवर्धकचे (Amplifier) संयोजन (Combination) आहे. वर्ग A मध्ये कमी कार्यक्षमतेची (Efficiency) समस्या आहे आणि वर्ग B मध्ये विरूपणची (Distortion) समस्या आहे, दोन्ही वर्गांच्या फायद्यांचा उपयोग करून या दोन समस्या दूर करण्यासाठी हा वर्ग AB उदयास (Introduce) आला आहे. क्लास एबी प्रवर्धक (Amplifier) चा व्हन कोन निवडलेल्या ऑपरेटिंग पॉइंटवर अवलंबून 180 डिग्री ते 360 डिग्री दरम्यान असतो. हे खालील आकृतीच्या मदतीने समजते.

ट्रान्झिस्टर पूर्ण सकारात्मक (Positive) अर्धा चक्र (Half cycle) आणि इनपुट सिग्नलच्या नकारात्मक (Negative) अर्ध्या चक्राचा (Half cycle) एक भाग चालवतो. आउटपुट सिग्नल मध्ये विरूपता (Distortion) आहे. तथापि ही विरूपण (Distortion) दोन ट्रान्झिस्टर वापरून काढून टाकली जाऊ शकते जे इनपुटच्या पर्यायी अर्ध्या चक्रांमध्ये (Half cycle) चालवू शकतात. क्लास एबी प्रवर्धक ची कार्यक्षमता क्लास बी प्रवर्धक (Amplifier) सारखीच आहे म्हणजेच 78.5%.



आकृती 2.5 Class AB शक्ती प्रवर्धक

क्लास – एबी प्रवर्धकाचा फायदा :-

1. क्लास-एबी प्रवर्धक (Amplifier) म्हणजे क्रॉसओवर बिघाड (Distortion) दूर करणे.

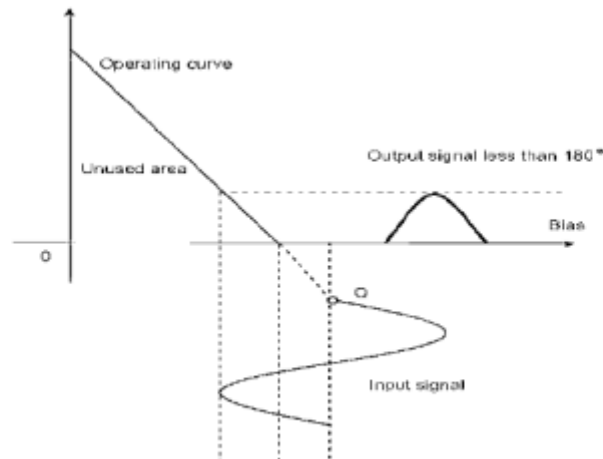
क्लास – एबी प्रवर्धकाचा वापर :-

1. सार्वजनिक ध्वनी प्रक्षेपण प्रणालीमध्ये
2. ऑडिओ वारंवारता प्रवर्धक म्हणून, रेडिओ व सिडी प्लेयर्स मध्ये वापरले जातात.

2.5 क्लास-सी प्रवर्धक (Class C Amplifier): -

आकृती 2.6 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे शक्ती प्रवर्धक (Power Amplifier) ला क्लास -C शक्ती प्रवर्धक असे संबोधले जाते जर त्याचे आउटपुट इनपुट AC सिग्नलच्या अर्ध्या सायकल (Half Cycle) कालावधीसाठी मिळते.

आकृती 2.6 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे ऑपरेटिंग पॉइंट X-अक्षाच्या खाली समायोजित (adjust) केला आहे. अशा प्रकारे ट्रान्झिस्टर कट-ऑफच्या खाली Bias आहे. संवहन कोन (Convection angle) कमी झाल्यामुळे, आउटपुट वेवफॉर्म मध्ये मोठ्या प्रमाणात वीरूपता (Distortion) होते. वर्ग बी प्रवर्धक पेक्षा विरूपण (Distortion) जास्त आहे. क्लास सी प्रवर्धक (Amplifier) ची कार्यक्षमता खूप जास्त आहे. सामान्यतः कार्यक्षमता 95% पेक्षा जास्त असते.



1. खूप उच्च कार्यक्षमता.
2. शक्ती ट्रान्झिस्टरमध्ये कमी उर्जा (energy) नुकसान होते.

क्लास - सी प्रवर्धकाचे तोटे :-

1. आउटपुट वेव्हफॉर्म मध्ये वीरूपता (Distortion) येऊ शकते.

क्लास – सी प्रवर्धकाचा वापर :-

1. क्लास -सी प्रवर्धक सामान्यतः ट्यून केलेले सर्किट लोड म्हणून वापरतात.
2. हे प्रवर्धक ॲम्प्लीट्यूड मॉड्युलेटेड सिग्नल (Amplitude Modulated Signal) तयार करण्यासाठी कलेक्टर मॉड्युलेटर (Collector Modulator) म्हणून वापरले जातात.

2.6 विविध प्रकारच्या शक्ती प्रवर्धकाची (Power Amplifier) तुलना:

तक्ता 2.3

पॅरामीटर	क्लास-ए	क्लास-बी	क्लास-सी	क्लास-एबी
कलेक्टर विद्युत प्रवाह चा वहन कोन	360 अंश	180 अंश	180 अंशापेक्षा कमी	180 अंश आणि 360 अंश दरम्यान
बाह्य विद्युत दाब (voltage) मध्ये वीरूपता (Output voltage distortion)	विरूपण नाही	वर्ग-अ पेक्षा जास्त	A, B आणि AB पेक्षा जास्त	कमी
कार्यक्षमता	सर्वात कमी 25% ते 50%	जास्त (78.5%)	खूप उच्च (95%)	50 ते 78.5% दरम्यान
ट्रान्झिस्टर मध्ये शक्ती अपव्यय(Loss))	खूप उंच	कमी	खूप कमी	मध्यम

2.6.1 सिंगल स्टेज क्लास-ए शक्ती प्रवर्धक:

क्लास-ए शक्ती प्रवर्धकाचे आणखी दोन प्रकारांमध्ये वर्गीकरण केले जाऊ शकते.

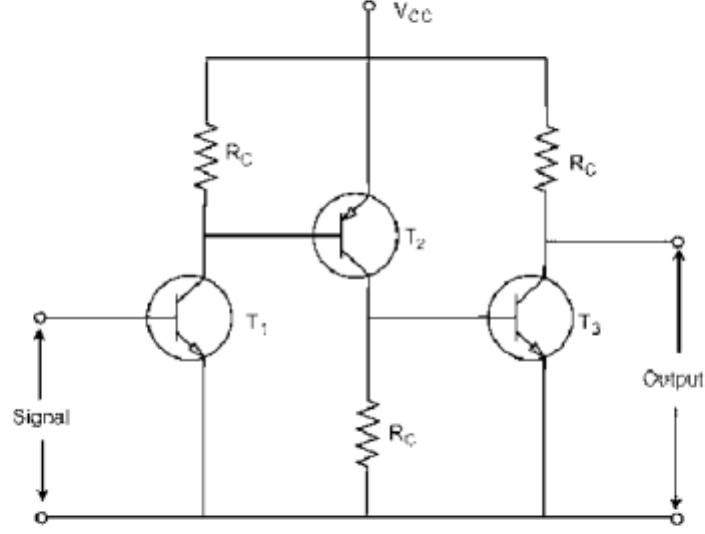
1. थेट जोडलेले (Direct Coupled) क्लास-ए प्रवर्धक (Amplifier)
2. ट्रान्सफॉर्मर जोडलेले (Transformer Coupled) क्लास-ए ॲम्प्लिफायर.

2.6.2 थेट जोडलेले (Direct Coupled) क्लास-ए प्रवर्धक: -

सर्किट ऑपरेशन :-

खालील आकृती 2.7 तीन स्टेज डायरेक्ट कपल्ड (Direct Coupled) ट्रान्झिस्टर प्रवर्धक दर्शवते. पहिल्या टप्प्यातील ट्रान्झिस्टर T1 चे आउटपुट दुसऱ्या टप्प्यातील ट्रान्झिस्टर T2 च्या इनपुटशी जोडलेले आहे. पहिल्या टप्प्यातील ट्रान्झिस्टर एनपीएन ट्रान्झिस्टर

ट्रान्झिस्टर T_1 च्या बेस(Base)वर इनपुट सिग्नल लागू केल्यावर ते ट्रान्झिस्टरच्या क्रियेमुळे वाढवले जाते आणि ट्रान्झिस्टर T_1 च्या कलेक्टर रेझिस्टर R_C वर ॲम्प्लीफाइड आउटपुट दिसून येते. हे आउटपुट ट्रान्झिस्टर T_2 च्या बेस(Base)वर लागू केले जाते जे सिग्नलला आणखी वाढवते. अशाप्रकारे, डायरेक्ट जोडलेल्या प्रवर्धक सर्किटमध्ये सिग्नल वाढविला जातो.



आकृती 2.7 डायरेक्ट कपलडक्लास - ए प्रवर्धक

2.6.3. थेट जोडलेल्या क्लास-ए प्रवर्धकाचे फायदे :-

1. सर्किट डिझाइन सोपे आहे.
2. आउटपुट ट्रान्सफॉर्मर वापरला जात नाही कारण लोड (Output) थेट जोडलेले आहे.

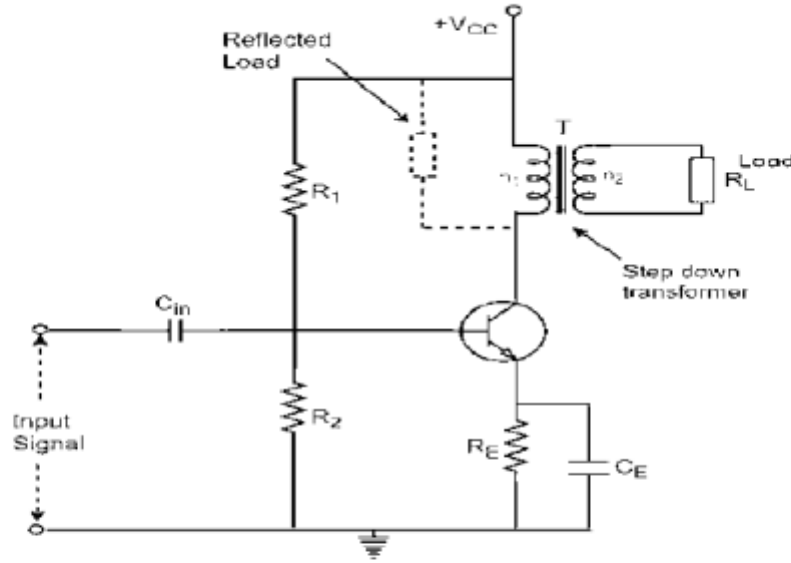
2.6.4. डायरेक्ट कपलड क्लास-ए प्रवर्धकाचे तोटे :-

1. हीट सिक आवश्यक आहे ज्यामुळे सर्किट अक्वड (bulky) होते.
2. खराब कार्यक्षमता (Poor Efficiency).

2.6.5 ट्रान्सफॉर्मर जोडलेले क्लास-ए शक्ती प्रवर्धक (Amplifier):

सर्किट ऑपरेशन :-

मागील प्रकरणामध्ये चर्चा केल्याप्रमाणे क्लास-ए शक्ती प्रवर्धक हे सर्किट आहे ज्यामध्ये AC इनपुट पुरवठ्याच्या संपूर्ण चक्रासाठी (Full cycle) आउटपुट विद्युत प्रवाह वाहतो. कमी आउटपुट शक्ती (Low Output Power) आणि कार्यक्षमता (Efficiency) यासारख्या तोट्यांचा प्रभाव कमी करण्यासाठी, ट्रान्सफॉर्मर जोडलेला क्लास-ए शक्ती प्रवर्धक सादर केला गेला आहे. क्लास-ए शक्ती प्रवर्धक बांधणी खालील आकृतीच्या मदतीने समजू शकते. हे सामान्य प्रवर्धक (Amplifier) सर्किटसारखेच असते परंतु कलेक्टर लोडमध्ये ट्रान्सफॉर्मरशी जोडलेले असते.



आकृती 2.8 ट्रान्सफॉर्मर जोडलेले क्लास-ए प्रवर्धक (Amplifier)

येथे R1 आणि R2 संभाव्य विभाजक (potential dividers) व्यवस्था प्रदान करतात. रेझिस्टर R_E स्थिरीकरण (स्टॅबिलिटी) प्रदान करतो, C_E बायपास कॅपेसिटर आहे आणि A.C. ला प्रतिबंध करण्यासाठी R_E आहे. येथे वापरलेला ट्रान्सफॉर्मर हा स्टेप-डाऊन ट्रान्सफॉर्मर आहे. ट्रान्सफॉर्मरचा उच्च प्रतिबाधा (High impedance) प्राथमिक उच्च प्रतिबाधा कलेक्टर सर्किटशी जोडलेला आहे. कमी प्रतिबाधा (Low impedance) दुय्यम लोडशी जोडलेला आहे (सामान्यतः लाऊड स्पीकर).

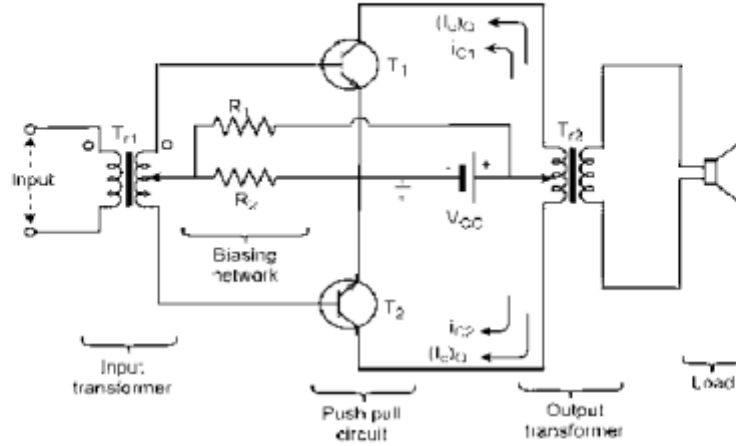
2.6.7 ट्रान्सफॉर्मर कपलड क्लास-ए प्रवर्धकाचे (Amplifier) फायदे :-

1. बेस(Base) किंवा कलेक्टर रेझिस्टरमध्ये सिग्नल शक्ती कमी होत नाही.
2. उत्कृष्ट प्रतिबाधा जुळणी(High impedance matching) साध्य केली जाते.
3. वृद्धी (Gain) जास्त आहे.
4. डीसी आयसोलेशन प्रदान (प्रोव्हाइड) केले आहे.

2.6.8. ट्रान्सफॉर्मर कपलड क्लास-ए प्रवर्धकाचे (Amplifier) तोटे :-

1. कमी वारंवारता(Low Frequency) सिग्नल तुलनेने कमी वाढले जातात.
2. ट्रान्सफॉर्मरद्वारे हम (Noise) आवाज येतो.
3. ट्रान्सफॉर्मर अवजड आणि महाग आहेत.
4. खराब वारंवारता प्रतिसाद (Poor Frequency Response) .

सर्किट आकृती :-



आकृती 2.8 - क्लास- ए पुश-पुल प्रवर्धक (Amplifier)

या सर्किटमध्ये, आउटपुट स्टेजमध्ये दोन पूरक (Complementary) ट्रान्झिस्टर वापरतो ज्यात एक ट्रान्झिस्टर एनपीएन किंवा एन-चॅनेल प्रकार आहे तर दुसरा ट्रान्झिस्टर पीएनपी किंवा पी-चॅनेल प्रकार आहे जेणेकरून ते PUSH A ट्रान्झिस्टर साखे ऑपरेट करण्यासाठी कनेक्ट केलेले आहे. यात एकावेळी एक ट्रान्झिस्टर चालू करू शकतो आणि त्याच वेळी दुसरा ट्रान्झिस्टर बंद करू शकतो. हे पुश-पुल कॉन्फिगरेशन क्लास ए, क्लास बी, क्लास सी किंवा क्लास एबी प्रवर्धनामध्ये (Amplify) केले जाऊ शकते.

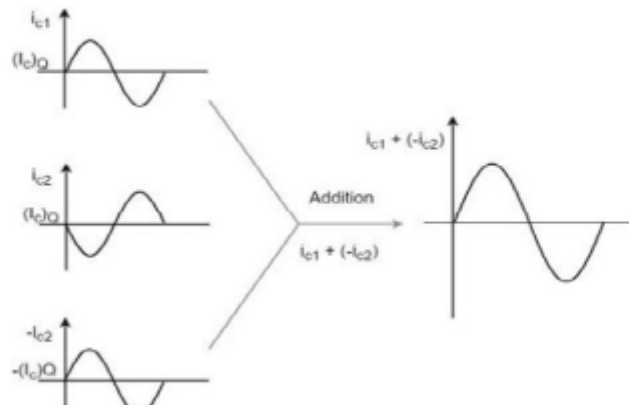
ऑपरेशन :-

आउटपुट ट्रान्सफॉर्मर $Tr2$ वरून आउटपुट गोळा केले जाते. या ट्रान्सफॉर्मर $Tr2$ च्या प्राइमरीमध्ये प्रत्यक्ष व्यवहारात कोणताही DC घटक नसतो. ट्रान्झिस्टर $T1$ आणि $T2$ चे कलेक्टर (collector) ट्रान्सफॉर्मर $Tr2$ च्या प्राथमिकशी जोडलेले असतात जेणेकरून त्यांचे प्रवाह परिमाणात समान असतात आणि ट्रान्सफॉर्मर $Tr2$ च्या प्राथमिक (Primary) मधून विरुद्ध दिशेने वाहतात.

जेव्हा ए.सी. इनपुट सिग्नल लागू केला जातो, तेव्हा ट्रान्झिस्टर $T1$ चा बेस (Base) अधिक सकारात्मक (Positive) होतो तर ट्रान्झिस्टर $T2$ चा आधार कमी सकारात्मक होतो. त्यामुळे ट्रान्झिस्टर $T1$ चा कलेक्टर विद्युत प्रवाह (Current) $ic1$ वाढतो तर ट्रान्झिस्टर $T2$ चा कलेक्टर विद्युत प्रवाह (Current) $ic2$ कमी होतो. हे प्रवाह आउटपुट ट्रान्सफॉर्मरच्या प्राथमिक भागाच्या दोन भागांमध्ये विरुद्ध दिशेने वाहतात. शिवाय, या प्रवाहांमुळे निर्माण होणारा प्रवाह देखील विरुद्ध दिशेने होतो. म्हणून, संपूर्ण लोड मधील विद्युत दाब (Voltage) हे प्रेरित विद्युत दाब (Voltage) असेल ज्याचे परिमाण कलेक्टर कंट्रोलच्या फरकाच्या प्रमाणात असेल. ($ic1 - ic2$), त्याचप्रमाणे Negative इनपुट सिग्नलसाठी, कलेक्टर विद्युत प्रवाह $ic2$ हा $ic1$ पेक्षा जास्त असेल. या प्रकरणात, लोड वरती विकसित विद्युत दाब (Voltage) पुन्हा फरक झाल्यामुळे होईल.

$$ic2 > ic1$$

लोड वरती प्रेरित विद्युत दाब (Voltage) ची ध्रुवीयता उलट केली जाईल $ic1 - ic2 = ic1 + (-ic2)$ अधिक चांगल्या प्रकारे समजून घेण्यासाठी, खालील आकृतीचा (आकृती 2.9) विचार करूया.



पुश-पुल अॅक्शनमुळे, सर्व सम ऑर्डर हार्मोनिक्स आणि डीसी घटक आउटपुटमधून रद्द केले जातात. त्यामुळे तिसरा हार्मोनिक आता विरूपणचा (Distortion) मुख्य स्रोत बनतो. तरीही जर दोन ट्रान्झिस्टर Q1 आणि Q2 पूर्णपणे जुळले नाहीत तर हार्मोनिक देखील पूर्णपणे रद्द केले जाऊ शकत नाहीत.

2.7.2 पुश-पुल प्रवर्धकाचे (Amplifier) फायदे: -

1. उच्च AC आउटपुट मिळते.
2. आउटपुट सम हार्मोनिक्सपासून मुक्त आहे.
3. रिपल विद्युत दाब (Voltage)चा प्रभाव संतुलित होतो. अपर्याप्त (Inadequate) फिल्टरिंगमुळे हे बीज पुरवठ्यामध्ये उपस्थित आहेत.

2.7.3 पुश पुल प्रवर्धकाचे (Amplifier) तोटे: -

1. ट्रान्झिस्टर एक्ससरेखे असले पाहिजेत, समान प्रवर्धक (Amplifier) तयार करतात.
2. ट्रान्सफॉर्मरसाठी केंद्र-टॅपिंग (Center Tapping)आवश्यक आहे.
3. ट्रान्सफॉर्मर अक्वड आणि महाग आहेत.

2.8 क्लास-बी शक्ती प्रवर्धक (Amplifier):

क्लास-बी शक्ती प्रवर्धकाचे(Amplifier) प्रकार :-

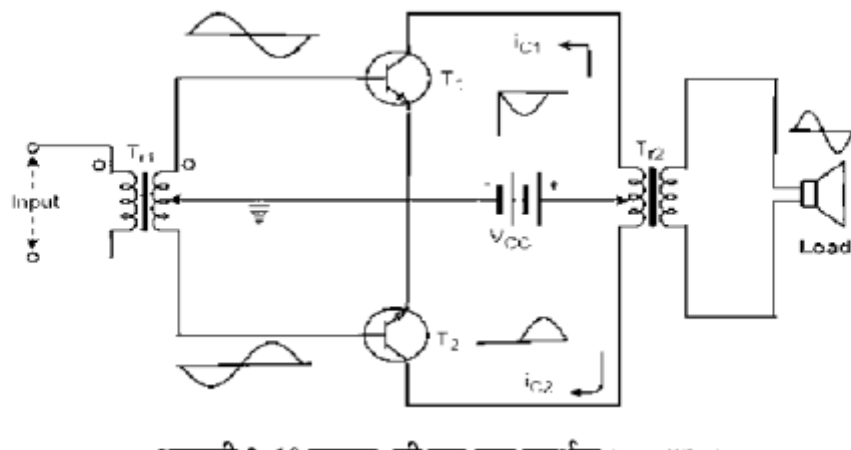
1. क्लास -बी - पुश पुल प्रवर्धक (Amplifier) (ट्रान्सफॉर्मरसह)
2. क्लास-बी - पूरक सममिती (Complementary symmetry) प्रवर्धक (ट्रान्सफॉर्मरशिवाय)

2.8.1 क्लास-बी पुश पुल प्रवर्धक (Amplifier): -

रचना :-

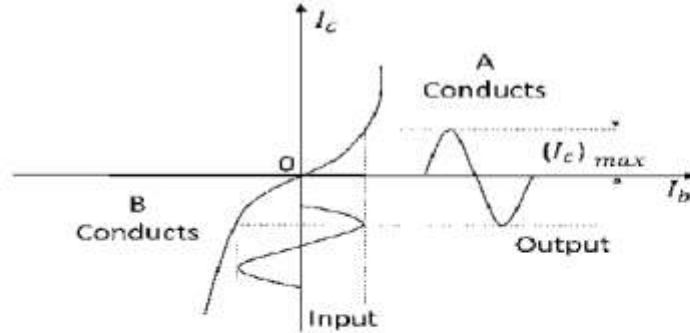
पुश-पुल क्लास बी शक्ती प्रवर्धकच्या (Amplifier) सर्किटमध्ये दोन एक्ससरेखे ट्रान्झिस्टर T1 आणि T2 असतात ज्यांचे बेस(Base) सेंटर-टॅप केलेल्या इनपुट ट्रान्सफॉर्मर Tr1 च्या दुय्यमशी जोडलेले असतात. उत्सर्जक लहान केले जातात आणि संग्राहकांना आउटपुट ट्रान्सफॉर्मर Tr2 च्या प्राथमिक द्वारे VCC पुरवठा केला जातो.

क्लास बी पुश-पुल प्रवर्धक (Amplifier) ची सर्किट व्यवस्था, क्लास ए पुश-पुल प्रवर्धक सारखीच आहे, शिवाय ट्रान्झिस्टर बायसिंग रेझिस्टर वापरण्याऐवजी कट ऑफवर बायस केलेले असतात. खालील आकृती पुश-पुल क्लास बी शक्ती प्रवर्धक च्या बांधकामाचे तपशील देते.



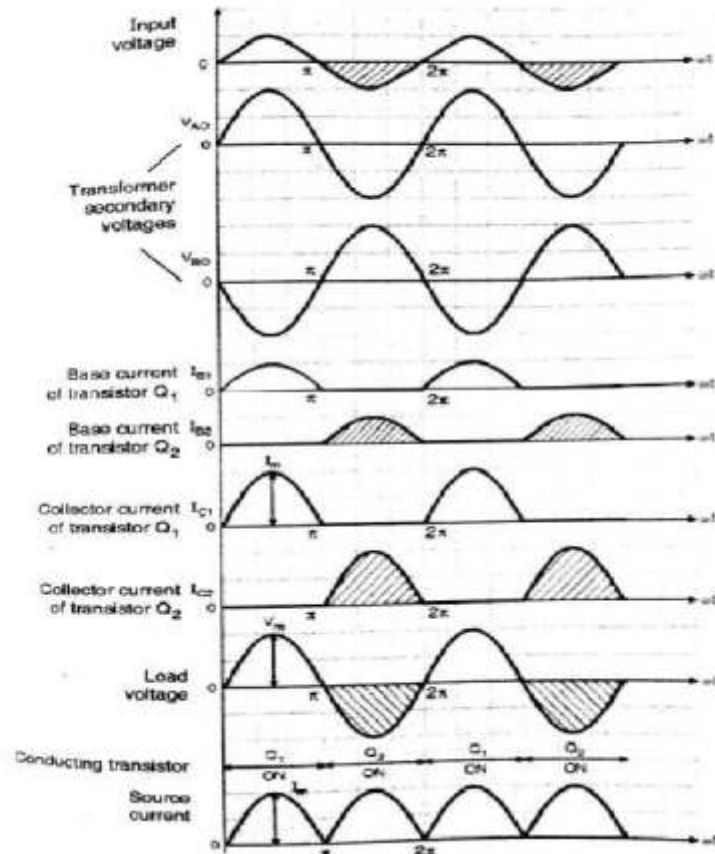
वरील आकृतीमध्ये दर्शविलेले क्लास बी पुश-पुल प्रवर्धक (Amplifier) चे सर्किट स्पष्ट करतो की दोन्ही ट्रान्सफॉर्मर मध्य-टॅप केलेले आहेत. जेव्हा इनपुटवर कोणताही सिग्नल लागू केला जात नाही, तेव्हा ट्रान्झिस्टर T1 आणि T2 कट ऑफ स्थितीत असतात आणि म्हणून कोणतेही संग्राहक प्रवाह (collector current) प्रवाहित होत नाहीत. VCC मधून विद्युत्प्रवाह काढला जात नसल्याने वीज वाया जात नाही.

जेव्हा इनपुट सिग्नल दिला जातो, तेव्हा ते इनपुट ट्रान्सफॉर्मर Tr1 वर लागू केले जाते जे सिग्नलला दोन सिग्नलमध्ये विभाजित करते जे एकमेकांशी 180 डिग्री फेजच्या बाहेर (180 degree out of phase) असतात. हे दोन सिग्नल T1 आणि T2 या दोन समान ट्रान्झिस्टरला दिले आहेत. सकारात्मक अर्धा चक्रासाठी (Positive Half Cycle), ट्रान्झिस्टर T1 चा आधार सकारात्मक बनतो आणि संग्राहक प्रवाह प्रवाहित होतो. त्याच वेळी, ट्रान्झिस्टर टी 2 मध्ये नकारात्मक अर्धा चक्र आहे, जे ट्रान्झिस्टर टी 2 ला कटऑफ स्थितीत फेकते आणि त्यामुळे कोणताही संग्राहक प्रवाह (collector current) प्रवाहित होत नाही. खालील आकृतीत दर्शविल्याप्रमाणे वेव्हफॉर्म तयार केली जातो.



आकृती 2. 11

पुढच्या अर्ध्या चक्रासाठी (Half cycle), ट्रान्झिस्टर T1 कट ऑफ स्थितीत येतो आणि ट्रान्झिस्टर T2 कंडक्शनमध्ये येतो, आउटपुटमध्ये योगदान देण्यासाठी. त्यामुळे दोन्ही चक्रांसाठी, प्रत्येक ट्रान्झिस्टर आळीपाळीने (Alternate) चालतो. आउटपुट ट्रान्सफॉर्मर Tr3 दोन प्रवाहांना जोडण्यासाठी काम करतो जे जवळजवळ वीरूपता (Distorted) आउटपुट वेव्हफॉर्म तयार करतात.



1. उच्च कार्यक्षमता (78.5%)
2. लोडसह प्रतिबाधा जुळणे (Impedance matching)शक्य आहे.

2.8.3 क्लास बी प्रवर्धकाचे (Amplifier) तोटे: -

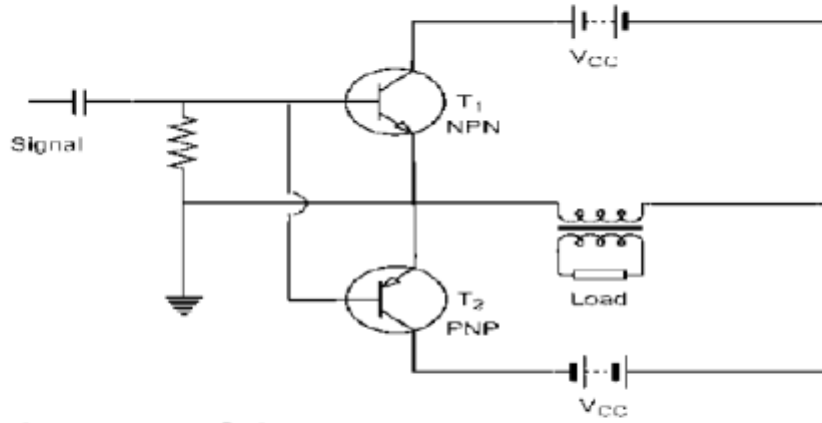
1. आउटपुट वेव्हफॉर्ममध्ये क्रॉस ओवर विरूपण (Distortion) असते.
2. कार्यक्षमता (Efficiency) इतकी जास्त नाही.

2.8.4 क्लास-बी प्रवर्धकाचा (Amplifier) वापर: -

1. टीव्ही रिसीव्हर मध्ये.
2. सार्वजनिक ध्वनी प्रक्षेपण प्रणाली मध्ये.
3. टेप रेकॉर्डर आणि संगीत प्रणाली मध्ये .

2.8.5 पूरक सममिती (Complementary symmetry) पुश-पुल क्लास बी प्रवर्धक (Amplifier) -

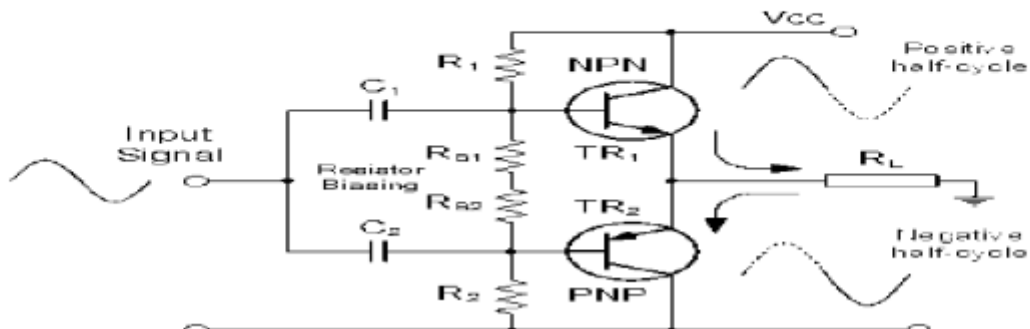
सर्किट :-



आकृती 2.13 - पूरक सममिती (Complementary symmetry) पुश-पुल क्लास-बी प्रवर्धक (Amplifier)

वरील सर्किटमध्ये NPN ट्रांझिस्टर आणि PNP ट्रांझिस्टर पुश पुल कॉन्फिगरेशनमध्ये जोडलेले आहे. जेव्हा इनपुट सिग्नल लागू केला जातो, तेव्हा इनपुट सिग्नलच्या सकारात्मक अर्ध्या चक्रा ((Positive Half Cycle) दरम्यान, NPN ट्रांझिस्टर चालू होतो आणि PNP ट्रांझिस्टर कट ऑफ होतो. निगेटिव्ह हाफ सायकल दरम्यान, NPN ट्रांझिस्टर कट ऑफ होतो आणि PNP ट्रांझिस्टर चालू होतो. अशा प्रकारे, इनपुटच्या सकारात्मक अर्ध्या चक्रा दरम्यान NPN ट्रांझिस्टर चालू होतो, तर PNP ट्रांझिस्टर इनपुटच्या नकारात्मक अर्ध्या चक्रा दरम्यान चालू होतो. हे दोन्ही ट्रांझिस्टर एकमेकांना पूरक असल्याने, वर्ग B च्या पुश पुल कॉन्फिगरेशनमध्ये जोडलेले असताना सममितीने कार्य करतात, या सर्किटला पूरक सममिती पुश पुल वर्ग B प्रवर्धक (Amplifier) असे म्हणतात.

ऑपरेशन :-



ट्रान्झिस्टर Q1 चे BE जंक्शन फॉरवर्ड बायस्ड आहे आणि Q2 चे रिव्हर्स बायस्ड आहे त्यामुळे ट्रान्झिस्टर Q1 इनपुट सिग्नलच्या संपूर्ण पॉझिटिव्ह अर्ध्या चक्रात संपूर्ण लोडवर positive अर्धा चक्र (Half Cycle) तयार करतो.

इनपुटच्या Negative अर्ध्या चक्रात ऑपरेशन -

PNP ट्रान्झिस्टर Q2 चे BE जंक्शन फॉरवर्ड बायस्ड आहे आणि समतुल्य सर्किटमध्ये दाखवल्याप्रमाणे Ib2 वाहू लागतो. Q1 चे BE जंक्शन रिव्हर्स बायस्ड आहे म्हणून Q1 बंद राहते लोड विद्युत प्रवाह ILRL मधून उलट दिशेने वाहतो आणि नकारात्मक अर्ध्या चक्रात आउटपुट विद्युत दाब (Voltage) तयार करतो.

2.8.9 पूरक सममिती (Complementary symmetry) प्रवर्धकाचे (Amplifier) फायदे-

1. सेंट्र टॅप केलेल्या ट्रान्सफॉर्मरची गरज नसल्याने वजन आणि खर्च कमी होतो.
2. समान आणि विरुद्ध इनपुट सिग्नल विद्युत दाब (Voltage) आवश्यक नाहीत.

2.8.10 पूरक सममिती (Complementary symmetry) प्रवर्धकाचे (Amplifier) तोटे-

1. समान वैशिष्ट्ये असलेल्या ट्रान्झिस्टरची जोडी (NPN आणि PNP) मिळणे कठीण असते.
2. दोन्ही सकारात्मक आणि नकारात्मक विद्युत दाबाची आवश्यकता असते.

2.8.11 क्लास-बी पुश-पुल आणि पूरक सममिती (Complementary symmetry) सर्किट्सची तुलना -

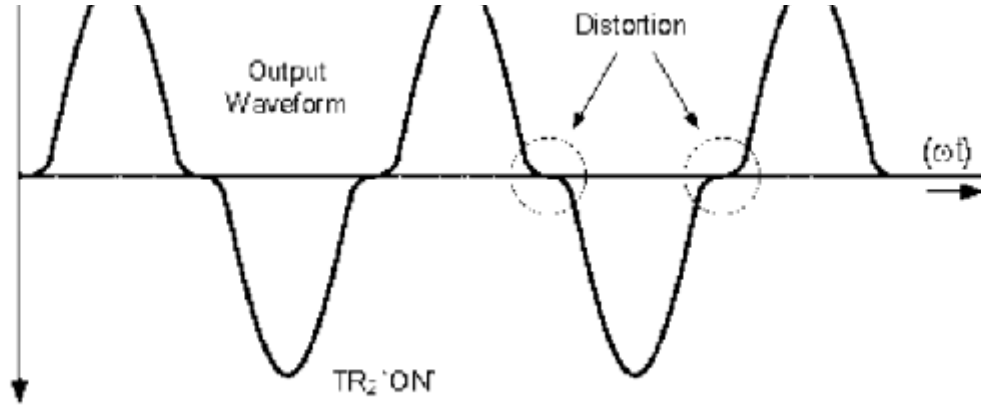
तक्ता 2.4

अनुक्रमांक	पॅरामीटर	पुश पुल	पूरक सममिती
1	ट्रान्झिस्टरचा प्रकार	दोन्ही एकतर पीएनपी किंवा एनपीएन असतात	एक पीएनपी आणि दुसरा एनपीएन असतो
2	ट्रान्सफॉर्मरचा वापर	ड्रायव्हर आणि आउटपुट ट्रान्सफॉर्मर वापरले जातात	ट्रान्सफॉर्मरची गरज नाही
3	वहन कोन	180°	180°
4	कार्यक्षमता	वापरलेल्या ट्रान्सफॉर्मरमुळे पूरक सर्किटपेक्षा कमी असते	ट्रान्सफॉर्मरच्या अनुपस्थितीमुळे पुश-पुल जोडणी पेक्षा जास्त असते

2.8.12 क्रॉस-ओव्हर वीरूपता (Cross Over Distortion) ची संकल्पना: -

क्लास बी प्रवर्धनामध्ये (Amplifier) ट्रान्झिस्टर कटऑफवर ऑपरेट करण्यासाठी पक्षपाती (Bias) असतात, जेव्हा त्यांच्या इनपुटवर कोणताही एसी सिग्नल लागू केला जात नाही. हे ट्रान्झिस्टर ऍक्टिव्ह रिजन मध्ये प्रवेश करू शकतात जर आणि फक्त जर त्यांचे बेस (Base) एमिटर जंक्शन एसी इनपुट सिग्नलद्वारे बायस असेल. हे जंक्शन फॉरवर्ड करण्यासाठी एसी इनपुट विद्युत दाब (Voltage) जंक्शनच्या कटऑफ विद्युत दाब (Voltage) पेक्षा जास्त असणे आवश्यक आहे. कट-इन विद्युत दाब (Voltage) Ge साठी 0.2 V आणि Si ट्रान्झिस्टरसाठी 0.7 V आहे.

अशा प्रकारे जोपर्यंत इनपुट विद्युत दाब कट-इन विद्युत दाब पेक्षा कमी असेल, तोपर्यंत ट्रान्झिस्टर बंद स्थितीत राहील आणि आउटपुट



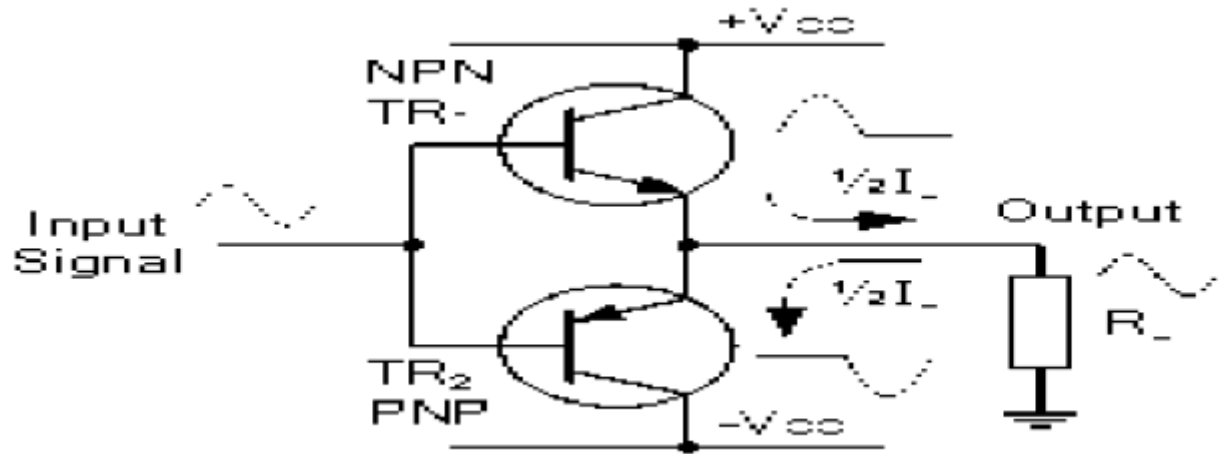
आकृती 2.15

2.8.13 पूरक सममिती (Complementary symmetry) पुश पुल आणि क्रॉसओवर विरूपण (Distortion): -

आकृती 2.16 - मूलभूत पूरक पुश पुल आउटपुट स्टेज दर्शविते.

$V_1 > 0.6V$ साठी PNP ट्रान्झिस्टर Q1 चालू असेल, जेथे $V_1 < -0.6V$ साठी PNP ट्रान्झिस्टर Q2 चालू असेल, जेव्हा Q2 किंवा Q1 चालत असेल तेव्हा विद्युत दाब (Voltage) ट्रान्सफर कॅपॅकटिस्टिक्स स्लोप 1 असेल.

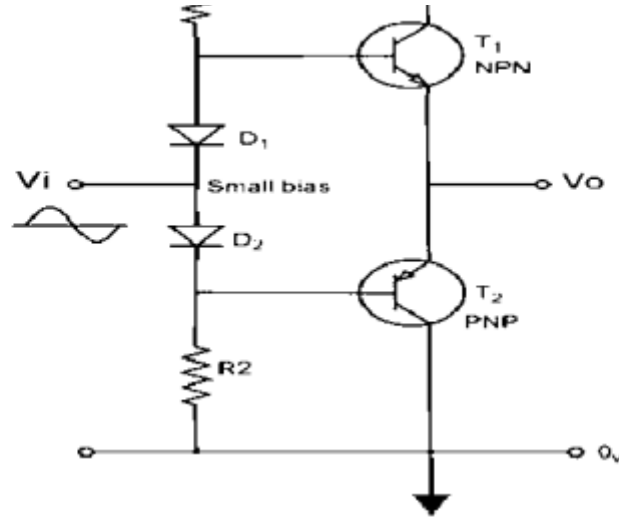
पण जेव्हा $-0.6 < V_1 < 0.6V$ असेल तेव्हा Q1 किंवा Q2 चालत नाही.



आकृती 2.16 पुशपुल आउटपुट स्टेज

2.8.14 क्लास-एबी पुश पुल प्रवर्धक (Amplifier):

वर चर्चा केल्याप्रमाणे, ट्रान्झिस्टरच्या जागी चालणारे दोन डायोड वापरून क्रॉसओवर विरूपण (Distortion) दोष दुरुस्त केला जाऊ शकतो. सुधारित सर्किट आता क्लास एबी प्रवर्धक (Amplifier) सर्किट म्हणून ओळखले जाते. हे क्लास अब प्रवर्धक हे क्लास एबी प्रवर्धक (Amplifier) हे क्लास एबी प्रवर्धक (Amplifier) हे क्लास ए आणि क्लास बी प्रवर्धक (Amplifier) सर्किट्स या दोन्ही वैशिष्ट्यांचा वापर करून बनवलेले सर्किट आहे. $0 V$ ते $0.7 V$ पर्यंत डायोड वहन अवस्थेत पक्षपाती (Bias) असतात जेथे ट्रान्झिस्टरला बेस(Base) टर्मिनलवर सिग्नल नसतो. हे निराकरण (रिसॉल्व्ह) करते.

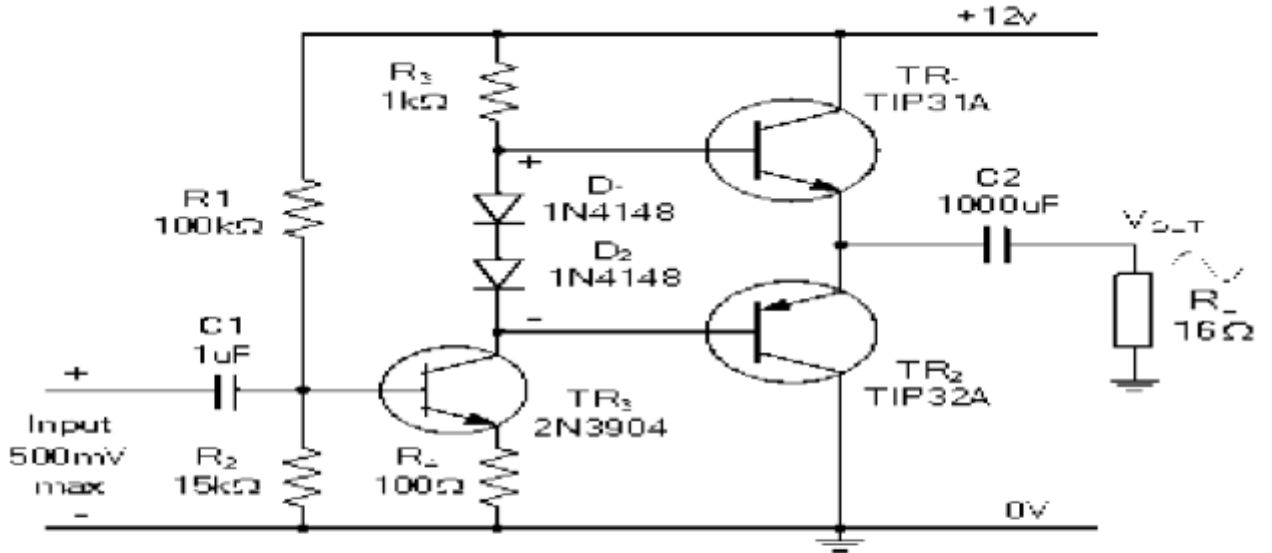


आकृती 2.17 क्लास-एबीपुश-पुल प्रवर्धक (Amplifier)

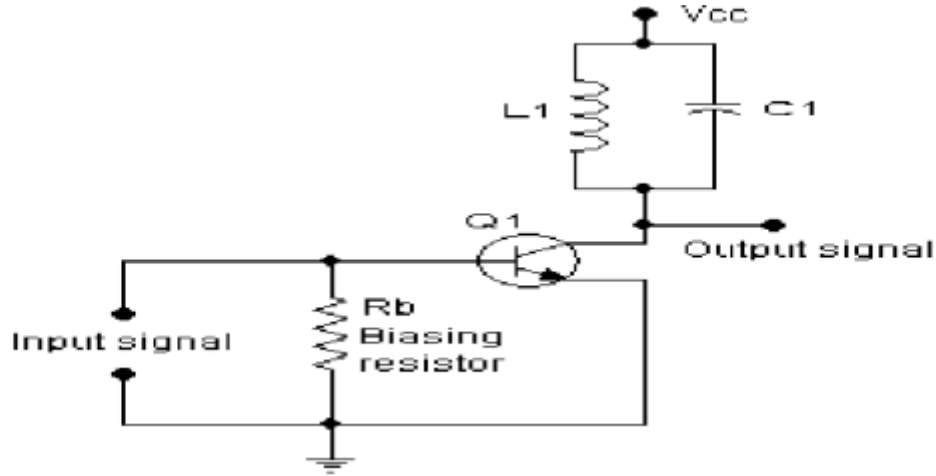
2.8.15 पूरक सममिती (Complementary symmetry) क्लास-एबी प्रवर्धक (Amplifier): -

क्लास एबी प्रवर्धनाची अंमलबजावणी मानक क्लास बी कॉन्फिगरेशन सारखीच आहे ज्यामध्ये ते दोन स्विचिंग ट्रान्झिस्टरचा वापर पूरक आउटपुट स्टेजचा भाग म्हणून करते आणि लोडवर एकत्रित होण्यापूर्वी प्रत्येक ट्रान्झिस्टर इनपुट वेव्हफॉर्मच्या विरुद्ध अर्ध-चक्रांवर (Half cycle) चालते.

अशाप्रकारे दोन्ही स्विचिंग ट्रान्झिस्टरला अगदी कमी कालावधीसाठी एकाच वेळी विद्युत प्रवाह चालविण्याची परवानगी देऊन, शून्य क्रॉसओव्हर कालावधीत आउटपुट वेव्हफॉर्म लक्षणीयरीत्या स्मूथ केली जाऊ शकते ज्यामुळे वर्ग बी प्रवर्धक (Amplifier) डिझाइनशी संबंधित क्रॉसओव्हर विरूपण (Distortion) कमी होते. मग वहन कोन 180 पेक्षा मोठा आहे परंतु 360 पेक्षा खूपच लहान आहे.



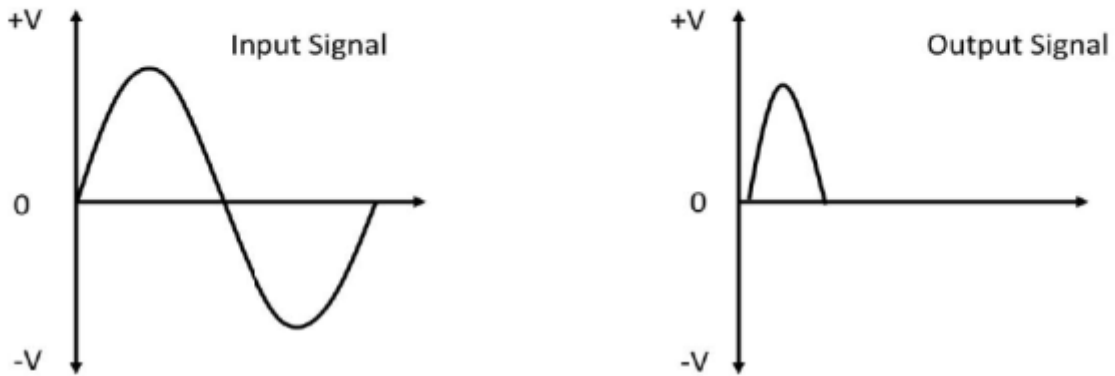
आकृती 2.18 पूरक सममिती (Complementary symmetry) क्लास-एबी प्रवर्धक (Amplifier):



आकृती 2.19 क्लास-सी प्रवर्धक (Amplifier) सर्किट

बायसिंग रेझिस्टर R_b Q_1 चा बेस(Base) आणखी खालच्या दिशेने खेचतो आणि Q_1 -बिंदू DC लोड लाइनमधील कट-ऑफ पॉइंटच्या खाली सेट केला जातो. परिणामी, इनपुट सिग्नलची मॅनीट्रूड बेस(Base) एमिटर विद्युत दाब ($V_{be} \sim 0.7V$) आणि R_b मुळे होणाऱ्या डाउनवर्ड बायस विद्युत दाब च्या वर वाढल्यानंतरच ट्रान्झिस्टर चालवण्यास सुरुवात करेल. हेच कारण आहे की इनपुट सिग्नलचा मुख्य भाग आउटपुट सिग्नलमध्ये अनुपस्थित आहे.

इंडक्टर L_1 आणि कॅपेसिटर C_1 एक टँक सर्किट बनवतात जे ट्रान्झिस्टरच्या स्पंदित (Pulsed) आउटपुटमधून आवश्यक सिग्नल काढण्यात मदत करतात. येथे सक्रिय घटकाचे (ट्रान्झिस्टर) वास्तविक कार्य इनपुटनुसार करंट पल्सेसची मालिका तयार करणे आणि रेझोनंट सर्किटमधून प्रवाहित करणे हे आहे. L_1 आणि C_1 ची मूल्ये इतकी निवडली जातात की इनपुट सिग्नलच्या वारंवारतेमध्ये रेझोनंट सर्किट दोलन होते. रेझोनंट सर्किट एका फ्रिक्वेन्सीमध्ये (सामान्यतः वाहक वारंवारता) दोलन करत असल्याने इतर सर्व फ्रिक्वेन्सी कमी केल्या जातात आणि आवश्यक वारंवारता योग्यरित्या ट्यून केलेला लोड वापरून दाबली जाऊ शकते. आउटपुट सिग्नलमध्ये उपस्थित हार्मोनिक्स किंवा आवाज अतिरिक्त फिल्टर वापरून काढून टाकले जाऊ शकतात. लोडमध्ये वीज हस्तांतरित करण्यासाठी कपलिंग ट्रान्सफॉर्मरचा वापर केला जाऊ शकतो.



आकृती 2.20

क्लास सी शक्ती प्रवर्धक (Amplifier) हा एक प्रकारचा प्रवर्धक आहे जेथे सक्रिय घटक (ट्रान्झिस्टर) इनपुट सिग्नलच्या अर्ध्या सायकलपेक्षा कमी कालावधीसाठी चालतात. एक अर्धा सायकल पेक्षा कमी म्हणजे व्हन कोन 180° पेक्षा कमी आहे आणि त्याचे विशिष्ट मूल्य 80° ते 120° आहे. कमी व्हन कोन कार्यक्षमतेत मोठ्या प्रमाणात सुधारणा करतो परंतु भरपूर विरूपण निर्माण करतो. क्लास सी प्रवर्धकची कमाल कार्यक्षमता सुमारे 90% आहे.

मोठ्या प्रमाणातील विरूपणमुळे, वर्ग C कॉन्फिगरेशन ऑडिओ ऍप्लिकेशन्समध्ये वापरले जात नाहीत. क्लास सी प्रवर्धकचा सर्वात सामान्य वापर म्हणजे आरएफ (रेडिओ फ्रिक्वेन्सी) सर्किट्स जसे की आरएफ ऑसिलेटर, आरएफ प्रवर्धक (Amplifier) इ. जेथे क्लास सी

क्लास-सी प्रवर्धकाचे (Amplifier) फायदे :-

1. उच्च कार्यक्षमता.
2. RF ऑप्लिकेशन्स मध्ये उत्कृष्ट.
3. दिलेल्या शक्ती आउटपुटसाठी सर्वात कमी आकार.

क्लास-सी प्रवर्धकाचे (Amplifier) तोटे :-

1. सर्वात कमी लिनिअरिटी.
2. ऑडिओ ऑप्लिकेशन्स मध्ये योग्य नाही.
3. भरपूर आरएफ हस्तक्षेप निर्माण करते.

क्लास-सी प्रवर्धकाचा (Amplifier) वापर :-

1. RF ऑसिलेटर.
2. RF प्रवर्धक.
3. FM ट्रान्समीटर.
4. बूस्टर प्रवर्धक .
5. उच्च वारंवारता पुनरावर्तक.
6. ट्यून केलेले प्रवर्धक इ.

स्व: अध्ययन (Self learning)

1. लहान सिग्नल प्रवर्धक (Amplifier) आणि शक्ती प्रवर्धकाची तुलना करा.
2. शक्ती प्रवर्धकाची व्याख्या लिहा.
3. AF प्रवर्धक आकृती सह स्पष्ट करा.
4. शक्ती प्रवर्धकाची महत्वाची वैशिष्ट्ये लिहा.
5. शक्ती प्रवर्धकाचे वर्गीकरण लिहा.
6. शक्ती ट्रान्झिस्टरचा वापर लिहा.
7. क्लास -ए प्रवर्धकाचे फायदे तोटे लिहा.
8. क्लास - बी प्रवर्धकाचे फायदे तोटे लिहा.
9. क्लास-एबी प्रवर्धक आकृती सह स्पष्ट करा.
10. क्लास-सी प्रवर्धक आकृती सह स्पष्ट करा.
11. डायरेक्ट कपल्ड क्लास-ए प्रवर्धकाचे फायदे तोटे लिहा.
12. क्लास-ए पुश-पुल प्रवर्धकाची आकृती काढा.
13. पुश-पुल प्रवर्धकाचे फायदे तोटे लिहा.

लघु प्रकल्प (Micro Project)

शक्ती प्रवर्धक (Power Amplifier) वापरून FM रेसिस्टर PCB वर तयार करणे व त्याची कार्यपद्धती तपासून पाहणे.

यूनिट - 3

प्रतिसाद संदेश प्रवर्धक (Feedback Amplifier)

विषय निष्पत्ती (Course Outcome):-

प्रतिसाद संदेश प्रवर्धक म्हणून (Feedback Amplifier) म्हणून बिजेटीचा (BJT) वापर करता येणे.

घटक निष्पत्ती (Unit Outcomes):-

- 3.a दिलेल्या प्रकारच्या प्रतिसादचा वापर करून प्रवर्धकाची (Amplifier) वृद्धी (Gain) मोजणे.
- 3.b दिलेल्या प्रकारच्या प्रवर्धकाच्या (amplifier) कार्यक्षमतेवर होणारा नकारात्मक प्रतिसादाचा (Negative Feedback) प्रभाव मोजणे.
- 3.c दिलेल्या प्रतिसाद प्रवर्धकाचा (Feedback Amplifier) वृद्धी तसेच वारंवारता पट्टा (Bandwidth), आत जाणारा संदेश आणि बाहेर येणारा संदेश (Input-output signal), प्रतिरोध (Impedance) याची मोजणी करणे.
- 3.d नकारात्मक प्रतिसाद आणि सकारात्मक प्रतिसाद (Negative and positive Feedback) दिले असता प्रवर्धकच्या कामगिरीची तुलना करणे.

3.1 परिचय (Introduction):

प्रतिसाद तत्त्वाचा वापर करून अपेक्षित सुधारणा साध्य करणे हा सर्वोत्तम दृष्टीकोन आहे. प्रतिसाद (Feedback) ही आउटपुटमधून काही ऊर्जा इंजेक्ट करण्याची आणि नंतर ती इनपुटवर परत करण्याची प्रक्रिया आहे. प्रतिसाद तत्त्व वापरणाऱ्या अॅम्प्लीफायरना, प्रतिसाद अॅम्प्लिफायर असे म्हणतात.

प्रतिसाद प्रक्रियेत आउटपुटचा एक भाग नमुना घेतला जातो आणि इनपुटवर परत दिला जातो. अशा प्रकारे प्रतिसाद वापरून अॅम्प्लीफायरच्या इनपुटवर दोन सिग्नल एकाच वेळी उपस्थित असतील. त्यापैकी एक मूळ इनपुट सिग्नल आहे आणि दुसरा प्रतिसाद सिग्नल आहे. प्रतिसाद सिग्नल मूळ इनपुट सिग्नलसह फेजमध्ये किंवा फेजच्या बाहेर (In-phase 'or' Out of phase) असू शकतो.

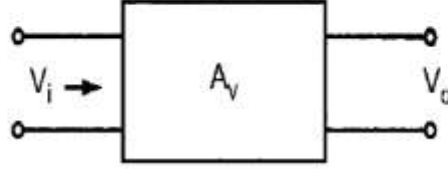
3.2 अभिप्रायाची व्याख्या (Definition of feedback):

प्रतिसाद ही प्रक्रिया म्हणून परिभाषित केली जाते ज्यामध्ये आउटपुट सिग्नलचा एक भाग (विद्युत प्रवाह-Current) 'किंवा' विद्युत दाब-voltage) इनपुटवर परत केला जातो.

प्रतिसादच्या तत्त्वावर चालणारे अॅम्प्लिफायर प्रतिसाद अॅम्प्लिफायर म्हणून ओळखले जाते. प्रतिसाद अॅम्प्लिफायरमध्ये मूलतः अॅम्प्लीफायर सर्किट आणि प्रतिसाद सर्किट (किंवा नेटवर्क) असे दोन भाग असतात.

3.2.1 अभिप्रायाचा सामान्य सिद्धांत:

4.2.1.1 अभिप्रायाशिवाय अॅम्प्लीफायर (Amplifier without feedback)



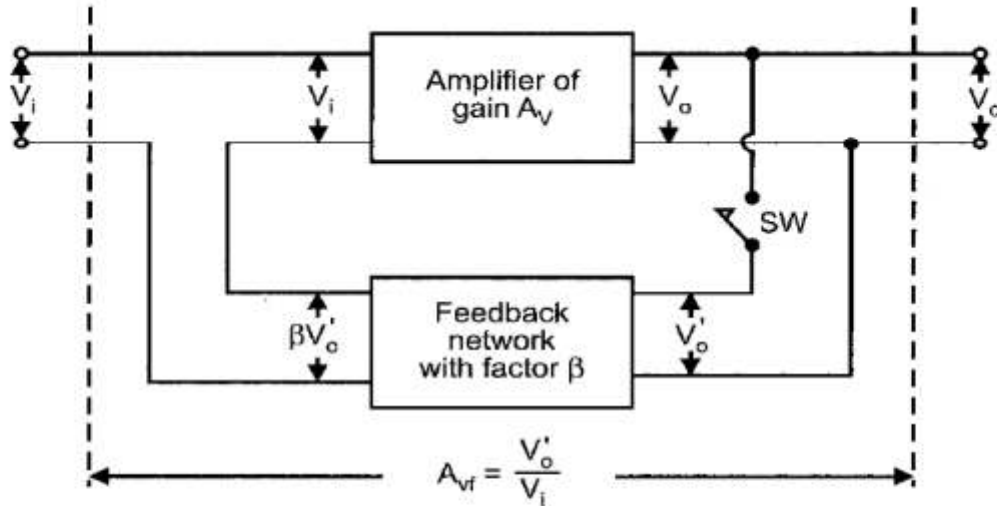
आकृती 3.1 अभिप्रायाशिवाय अॅम्प्लीफायर

आकृती 3.1 मध्ये अॅम्प्लीफायरचे आउटपुट आणि इनपुट टर्मिनल एकमेकांशी जोडलेले नाहीत. आउटपुटचा थोडासा भाग देखील इनपुटवर परत केला जात नाही. म्हणून हा अॅम्प्लीफायर कोणत्याही प्रतिसादाशिवाय अॅम्प्लीफाय करत आहे. याला प्रतिसादाशिवाय अॅम्प्लीफायर असे म्हणतात. यामध्ये आउटपुट व्होल्टेज V_o आणि इनपुट व्होल्टेज V_i च्या गुणोत्तराने (ratio) व्होल्टेज गेन दिला जातो.

या गेनला ओपन-लूप गेन (A_v) असे म्हणतात.

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} \quad \text{----- (I)}$$

3.2.1.2 प्रतिसादासह अॅम्प्लीफायर (Amplifier with feedback)



आकृती 3.2 अभिप्रायासह अॅम्प्लीफायर

आकृती 3.2 मध्ये आउटपुटचा काही अंश ($V_f = \beta V_o$), हा सिरीज मध्ये V_i सह परत इनपुटला दिला जातो. हा अॅम्प्लीफायर प्रतिसादासह आउटपुट अॅम्प्लीफाय करत आहे म्हणून याला प्रतिसादासह अॅम्प्लीफायर असे म्हणतात.

4.3 प्रतिसादाचे प्रकार: (Types of feedback):

प्रतिसादाचे प्रकार हे मूळ इनपुट सिग्नल V_{in} आणि फीड बॅक सिग्नल V_f मधील फेज संबंधावर अवलंबून असते. ('किंवा' प्रतिसाद सिग्नल हा इनपुट सिग्नल वाढवतो का कमी करतो यावर अवलंबून असते)

प्रतिसाद सिग्नलचे दोन प्रकार आहेत.

1. सकारात्मक प्रतिसाद (Positive feedback)
2. नकारात्मक प्रतिसाद (Negative feedback)

मूळ इनपुट सिग्नल आणि फीड बॅक सिग्नल टप्प्यात(inphase) असल्यास, प्रतिसादला "सकारात्मक प्रतिक्रिया" असे म्हणतात. तथापि, जर हे दोन सिग्नल फेजच्या बाहेर (out of phase)असतील तर प्रतिसादला "नकारात्मक प्रतिसाद" असे म्हणतात.

सकारात्मक प्रतिसाद ऑसिलेटरमध्ये वापरला जातो आणि नकारात्मक प्रतिसाद अॅम्प्लीफायरमध्ये वापरला जातो.

3.3.1 सकारात्मक प्रतिसाद (Positive feedback)

सर्किटमधील एकंदर फेज शिफ्ट 0° 'किंवा' 360° असेल तर प्रतिसाद हा पॉझिटिव्ह प्रतिसाद म्हणून ओळखला जातो.

पॉझिटिव्ह प्रतिसादच्या बाबतीत, प्रतिसाद व्होल्टेज V_f आणि इनपुट सिग्नल V_{in} हे दोन्ही एकमेकांच्या फेज मध्ये (In-phase) असतात, हे विशिष्ट सिग्नल प्रभावी इनपुट V_{in}' ला अॅम्प्लिफायरमध्ये वाढवते आणि त्यामुळे सर्किटमध्ये प्रभावी आउटपुट V_{out}' वाढते.

पॉझिटिव्ह प्रतिसादसाठी,

$$V_{in}' = V_{in} + V_f$$

$$V_{in}' = V_{in} + \beta V_{out} \quad \text{-----} \quad (V_f = \beta V_{out})$$

हे अॅम्प्लिफायरचे नवीन इनपुट आहे.

आता हे नवीन इनपुट अॅम्प्लिफायर A_v मुळे वाढले आहे.

$$V_{out}' = V_{in}' \times A_v$$

$$V_{out}' = (V_{in} + \beta V_{out}') A_v$$

$$V_{out}' = A_v V_{in} + A_v \beta V_{out}'$$

$$V_{out}' - A_v \beta V_{out}' = A_v V_{in}$$

$$V_{out}'(1 - \beta A_v) = A_v V_{in}$$

$$\frac{V_{out}'}{V_{in}} = \frac{A_v}{(1 - \beta A_v)} \quad \text{-----} \quad (II)$$

लक्षात ठेवा, $(1-\beta.A_v)$ खूप लहान असल्याने $A_{vf} = A_v$ म्हणजेच पॉझिटिव्ह प्रतिसाद ऑम्प्लिफायरचा फायदा वाढवतो. म्हणून या प्रतिसादला Regenerative feedback असेही म्हणतात आणि ते ऑसिलेटर मध्ये वापरले जाते.

3.3.2 नकारात्मक प्रतिसाद (Negative feedback)

जर सर्किटमध्ये एकूण फेज शिफ्ट 180° असेल तर प्रतिसाद नकारात्मक प्रतिसाद म्हणून ओळखला जातो.

निगेटिव्ह प्रतिसादच्या बाबतीत, प्रतिसाद व्होल्टेज V_f आणि इनपुट सिग्नल V_{in} हे दोन्ही एकमेकांच्या फेज बाहेर (Out of phase) असतात, आणि म्हणून ते इनपुट V_{in} मधून आउटपुट वजा करते. त्यामुळे सर्किटमधील प्रभावी आउटपुट V_{out}' कमी होते.

निगेटिव्ह प्रतिसादसाठी,

$$V_{in}' = V_{in} - V_f$$

$$V_{in}' = V_{in} - \beta V_{out} \quad \text{-----} \quad (V_f = \beta V_{out})$$

हे ऑम्प्लिफायरचे नवीन इनपुट आहे.

आता हे नवीन इनपुट ऑम्प्लिफायर A_v च्या वाढीमुळे वाढले आहे.

$$V_{out}' = V_{in}' \times A_v$$

$$V_{out}' = (V_{in} - \beta V_{out}') A_v$$

$$V_{out}' = A_v V_{in} - A_v \beta V_{out}'$$

$$V_{out}' + A_v \beta V_{out}' = A_v V_{in}$$

$$V_{out}'(1+\beta.A_v) = A_v V_{in}$$

$$\frac{V_{out}'}{V_{in}} = \frac{A_v}{(1 + \beta.A_v)} \quad \text{-----} \quad \text{(III)}$$

लक्षात ठेवा, $(1+\beta.A_v)$ हा एक (1) च्या बरोबरीने आणि त्यापेक्षा मोठे असल्याने, $A_{vf} > A_v$. म्हणून या विशिष्ट अभिप्रायाला डीजनरेटिव्ह प्रतिसाद (Degenerative feedback) असेही म्हणतात आणि ते ऑम्प्लिफायरमध्ये वापरले जाते.

सकारात्मक प्रतिसाद आणि नकारात्मक प्रतिसाद यांच्यातील तुलना:

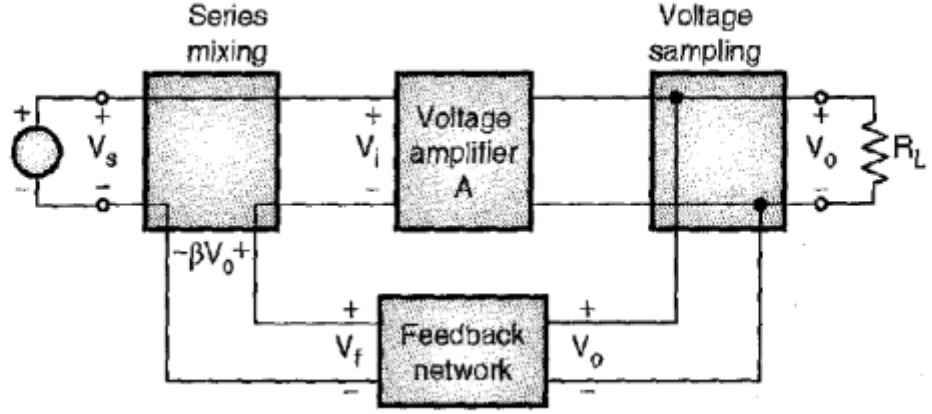
तक्ता : 3.1 सकारात्मक आणि नकारात्मक प्रतिसाद यांची तुलना

अनु. क्र.	पॅरामीटर (निकष)	सकारात्मक प्रतिसाद Positive feedback	नकारात्मक प्रतिसाद Negative Feedback
1	एकूण फेज शिफ्ट	0° 'किंवा' 360°	180°
2	प्रतिसाद संदेश आणि इनपुट संदेश	इनफेज (In-phase)	ओउट ऑफ फेज (Out of phase)
3	इनपुट विद्युत दाब	वाढ होते	कमी होतो
4	आउटपुट विद्युत दाब	वाढ होते	कमी होतो
5	व्होल्टेज गेन	वाढ होते	कमी होतो
6	स्थिरता (Stability)	प्रतिसाद वाढला की कमी होतो (Becomes poor)	प्रतिसाद वाढल्याने अधिक चांगले होते Becomes better
7	अर्थहीन संदेश (noise)	वाढ होते	कमी होतो
8	विरूपण (Distortion)	वाढ होते	कमी होतो
9	वारंवारता पट्टा (Bandwidth)	कमी होतो	वाढते
10	इनपुट प्रतिबाधा Z_i Input impedance	कमी होतो / घटते	वाढते
11	आउटपुट प्रतिबाधा Output impedance Z_o	कमी होतो / घटते	वाढते
12	उपकरणे (Applications)	Oscillator, Schmitt trigger	Amplifier

सॅम्पलिंग आणि मिक्सिंग नेटवर्कसच्या प्रकारानुसार, प्रतिसाद अॅम्प्लिफायर्सचे वर्गीकरण ट्रान्झिस्टर सर्किट्समध्ये चार वेगवेगळ्या प्रकारच्या नकारात्मक प्रतिक्रियांमध्ये केले जाते:

1. विद्युतदाब सिरीज प्रतिसाद
2. विद्युतदाब शंट प्रतिसाद
3. विद्युतप्रवाह सिरीज प्रतिसाद
4. विद्युतप्रवाह शंट प्रतिसाद

विद्युतदाब सिरीज प्रतिसाद:-

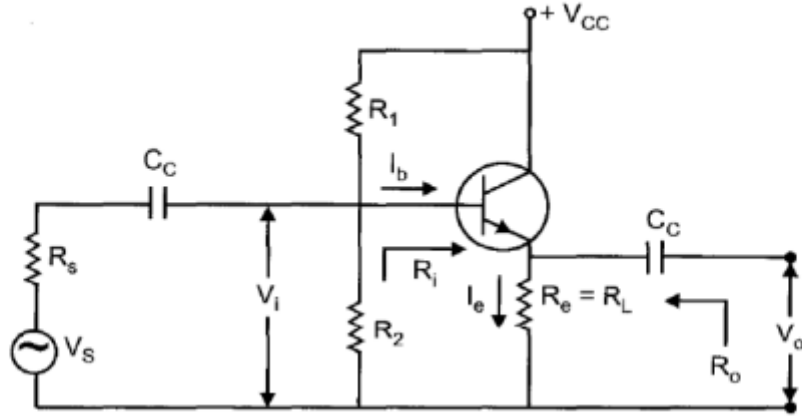


आकृती 3.3 विद्युतदाब सिरीज प्रतिसाद

विद्युतदाब सिरीज प्रतिसाद = विद्युतदाब नमुना + सिरीज Mixing

विद्युतदाब सिरीज प्रतिसादामध्ये, आऊटपुट विद्युतदाब हा इनपुट विद्युतदाबसह प्रतिसादित दिलेला असतो, कारण ॲम्प्लीफायरचे इनपुट आणि प्रतिसाद नेटवर्कचे आऊटपुट (नेटवर्क) समांतर असतात. या सर्किटला समांतर प्रतिसाद नेटवर्क असेही म्हणतात.

विद्युतदाब सिरीज प्रकार सकारात्मक प्रतिसाद सर्वाधिक प्रमाणात वापरला जातो कारण त्यात उच्च इनपुट प्रतिरोध आणि कमी आऊटपुट प्रतिरोध असतो.



आकृती 3.4 विद्युतदाब सिरीज प्रतिसाद सर्किट

एक सामान्य कलेक्टर ॲम्प्लीफायर आकृती क्र. ३.४ मध्ये दर्शविली आहे. यामध्ये आऊटपुट विद्युतदाब (\$R_e\$) हा लोड (\$R_L\$) वर गोळा केला जातो .

उत्सर्जकावरील विद्युतदाब इनपुटला फॉलो करत असल्याने, या ॲम्प्लीफायरला इमिटर फॉलोअर असेही म्हणतात. हे सर्किट 100 टक्के नकारात्मक प्रतिसादाचा वापर करते.

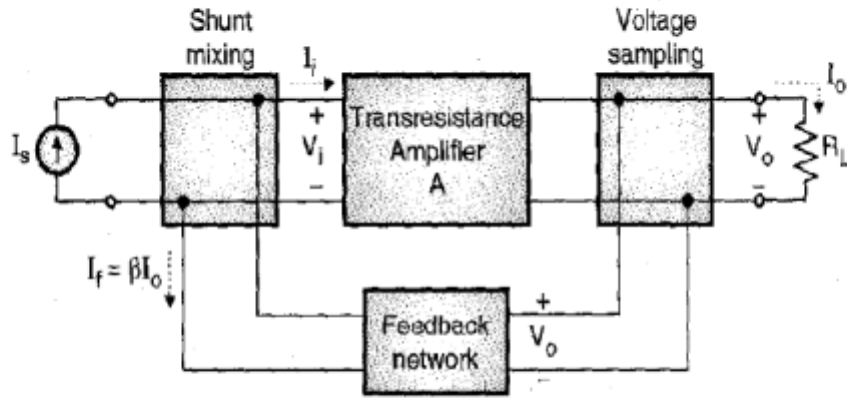
विद्युतदाब शंट सिरीज प्रतिसाद:

विद्युतदाब शंट प्रतिसाद अॅम्प्लीफायरसह आकृती क्र.३.५ मध्ये दर्शविला आहे. विद्युतदाब शंट प्रतिसाद हे विद्युतदाब नमुना आणि शंट मिक्सिंगचे संयोजन आहे. ते खालील प्रमाणे दिले जाते.

विद्युतदाब शंट प्रतिसाद = विद्युतदाब नमुना + शंट मिक्सिंग.

विद्युतदाब शंट प्रतिसाद ट्रान्सरेसिस्टन्स (transresistance) अॅम्प्लीफायरमध्ये वापरला जातो. याला शंट उत्पन्न-शंट फेड प्रतिसाद असेही म्हणतात. येथे आउटपुट विद्युतदाबचा एक छोटासा भाग समांतर इनपुट विद्युतदाबशी जोडला जातो. प्रतिसाद नेटवर्क अॅम्प्लीफायरचे आउटपुट आणि इनपुट दोन्ही शंट मध्ये असल्याने, ते सर्किटचे आउटपुट आणि इनपुट यांचा अवरोध कमी करते.

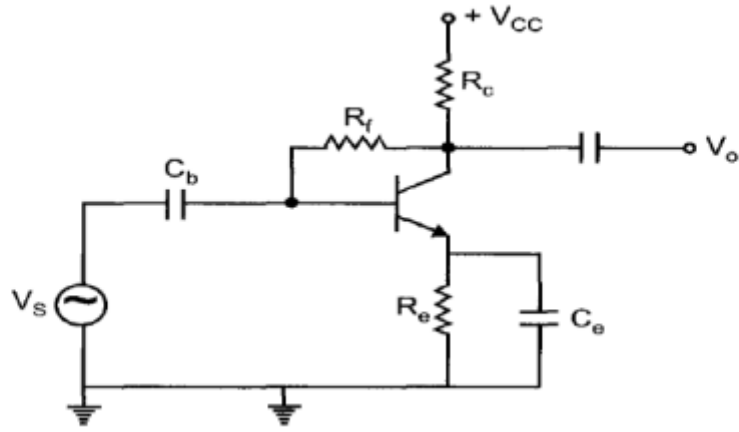
$$\frac{1}{1 + \beta A_v}$$



आकृती 3.5 विद्युतदाब शंट सिरीज प्रतिसाद

आकृती 3.6 मध्ये आउटपुटपासून इनपुटला जोडलेले रेझिस्टर R_f दिसते. दिलेल्या सर्किटमध्ये आउटपुट विद्युतदाब V_o खूप जास्त आहे आणि इनपुटसह 180° आउट ऑफ फेज असतो,

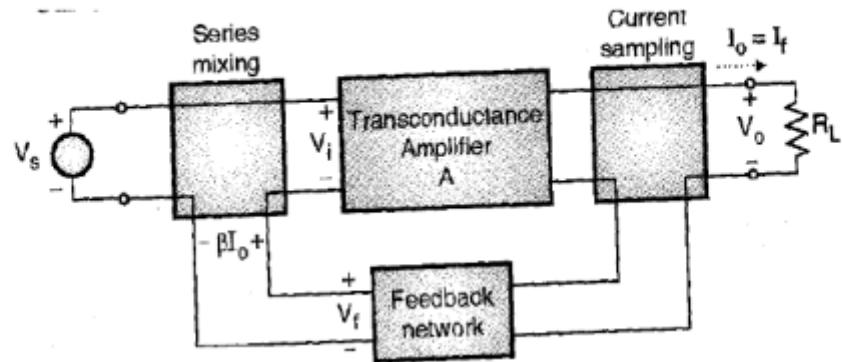
इथे, $\beta = -1/R_f$ असा दिला जातो. प्रतिसाद विद्युत प्रवाह विद्युतदाबच्या आउटपुटच्या प्रमाणात असल्याने, हे सर्किट विद्युतदाब शंट प्रतिसाद अॅम्प्लीफायरचे उदाहरण आहे.



आकृती 3.6 विद्युतदाब शंट सिरीज प्रतिसाद सर्किट

विद्युतप्रवाह सिरीज प्रतिसाद:

विद्युतप्रवाह सिरीज प्रतिसाद आकृती 3.7 मध्ये दाखविला आहे. विद्युत प्रवाह सिरीज प्रतिसाद मध्ये आऊटपुट विद्युत प्रवाह हे अॅम्प्लीफायरच्या इनपुट विद्युत प्रवाहास प्रतिसादासह सिरीज मध्ये आहे, तसेच अॅम्प्लीफायरचे आऊटपुट आणि प्रतिसाद नेटवर्क हे सिरीजमध्ये आहेत. विद्युतप्रवाह प्रतिसाद हे विद्युतप्रवाह नमुना आणि सिरीज मिक्सिंगचे संयोजन आहे. विद्युत प्रवाह सिरीज प्रतिसाद आकृती 3.7 मध्ये दर्शविला आहे. विद्युत प्रवाह सिरीज प्रतिसाद हा ट्रान्सकंडक्टन्स अॅम्प्लीफायर्समध्ये वापरला जातो

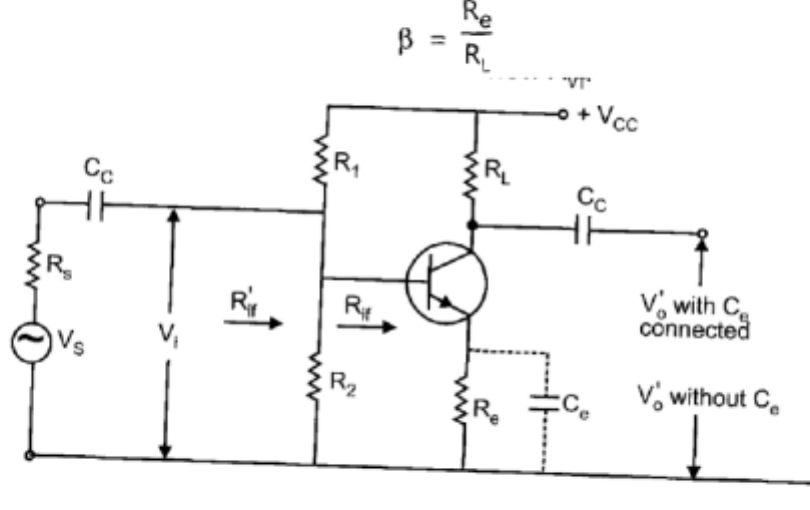


आकृती 3.7 विद्युत प्रवाह सिरीज प्रतिसाद

येथे, आऊटपुट विद्युत प्रवाहाचा एक भाग इनपुटसह आनुपातिक (proportional) विद्युतदाब मध्ये प्रतिसाद केला जातो.

सर्किटमध्ये 3.8 मध्ये विद्युतप्रवाह सिरीजप्रतिसाद सर्किट दर्शविले आहे. इथे CE अॅम्प्लीफायरच्या इमिटरमध्ये रेझिस्टर जोडला आहे. जेव्हा R_e ला C_e सह बायपास केले जाते, तेव्हा आऊटपुट V_o असते आणि प्रतिसादशिवाय लाभ A_v' असतो. R_e हे सर्किट मध्ये DC बायपास स्थिरीकरण प्रदान करते, परंतु येथे AC प्रतिसाद मिळत नाही. जेव्हा C_e काढून टाकला जातो, तेव्हा उत्सर्जक विद्युत प्रवाहामुळे AC विद्युतदाब R_e मध्ये विकसित होईल आणि हे विद्युतदाब

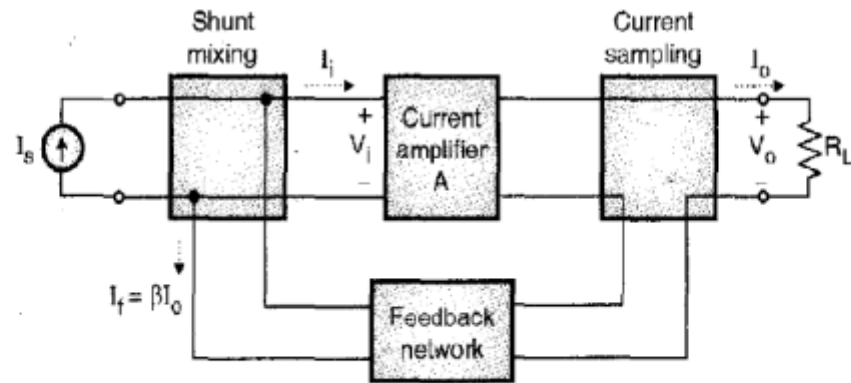
बेस आणि इमिटरमधील इनपुट विद्युतदाब कमी करण्याचे काम करेल, त्यामुळे आउटपुट विद्युतदाब V_o वर जाईल. नकारात्मक प्रतिसाद सह लाभ आता A_v आहे. इथे β खालील प्रमाणे दर्शविला जातो.



आकृती 3.8 विद्युतप्रवाह सिरीज प्रतिसाद सर्किट

विद्युतप्रवाह शंट प्रतिसाद:

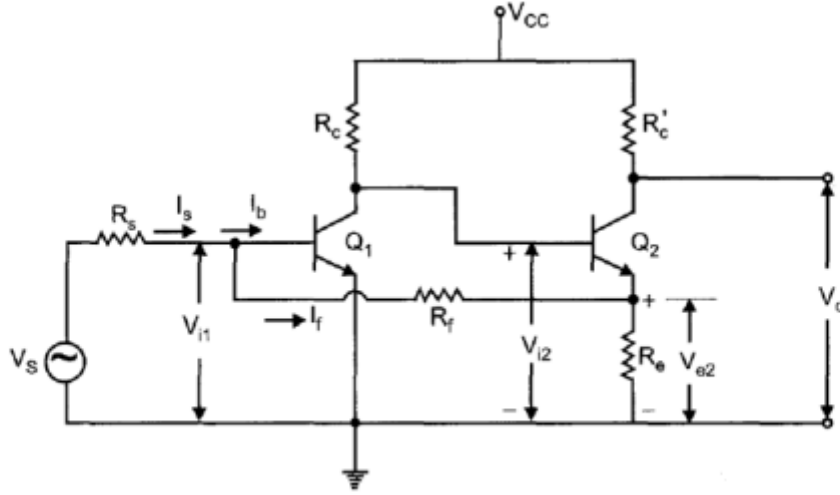
विद्युतप्रवाह शंट प्रतिसाद मध्ये, आऊटपुट विद्युतदाब हे आऊटपुट विद्युत प्रवाहाच्या प्रमाणात असतो आणि प्रतिसाद हा इनपुट सह शंटमध्ये असतो. हे विशिष्ट कनेक्शन फारच क्वचित वापरले जाते कारण त्यात कमी इनपुट प्रतिकार आणि उच्च आऊटपुट प्रतिकार असतो. प्रवाह शंट प्रतिसाद अॅम्प्लीफायर आकृती क्र.3.9 मध्ये दर्शविला आहे. येथे विद्युतप्रवाह विद्युत आणि शंट मिक्सिंगचे संयोजन दिसून येते. विद्युत प्रवाह शंट प्रतिसाद हा विद्युत प्रवाह अॅम्प्लीफायर्समध्ये वापरला जातो.



आकृती 3.9 विद्युत प्रवाह शंट प्रतिसाद

आकृती क्र 3.10 दोन ट्रान्झिस्टर कॅस्केडमध्ये प्रतिसादसह दुसऱ्या इमिटरपासून पहिल्या बेसपर्यंत रेझिस्टर R_f द्वारे जोडले गेलेले आहेत.

ट्रान्झिस्टर Q_1 च्या विद्युतदाब वाढीमुळे, विद्युतदाब V_{i2} V_{i1} पेक्षा मोठा आहे. तसेच V_{i2} हे V_{i1} सह फेजच्या बाहेर 180° आहे. एमिटर फॉलोअर क्रियेमुळे, V_{e2} हे V_{i2} पेक्षा थोडेसे लहान आहे आणि हे विद्युतदाब टप्प्यात आहेत. म्हणून, V_{e2} हे V_{i2} पेक्षा मोठे आहे आणि V_{i1} सह फेजच्या बाहेर 180° आहे. इनपुट सिग्नल वाढला म्हणजे I_s वाढतो. ही क्रिया नकारात्मक प्रतिसादचे वैशिष्ट्ये आहे.



आकृती 3.10 विद्युतप्रवाह शंट प्रतिसाद सर्किट

नकारात्मक प्रतिसादचे फायदे :

नकारात्मक प्रतिसादचा महत्त्वाचा तोटा म्हणजे अॅम्प्लीफायरचा फायदा कमी होणे, असे असूनही नकारात्मक प्रतिसाद जवळजवळ प्रत्येक अॅम्प्लीफायरमध्ये वापरला जातो, याचे कारण ते अनेक फायदे देतात. काही फायदे खालीलप्रमाणे आहेत

1. नकारात्मक प्रतिसाद अॅम्प्लीफायरचा gain स्थिर करतो.
2. वारंवारता पट्टा मध्ये (बँडविड्थमध्ये) लक्षणीय वाढ होते.
3. प्रवर्धक आउटपुटमधील विरूपण कमी होते.
4. विशिष्ट प्रतिसाद कॉन्फिगरेशनसाठी इनपुट प्रतिरोध वाढतो.
5. विशिष्ट प्रतिसाद कॉन्फिगरेशनसाठी आउटपुट प्रतिरोध कमी होतो.
6. ऑपरेटिंग पॉइंट स्थिर राहतो.

काही तोटे खालीलप्रमाणे आहेत:

1. वृद्धी(gain) घटते.
2. विद्युतदाब शंट आणि विद्युतप्रवाह शंट प्रकार प्रवर्धकच्या बाबतीत इनपुट प्रतिरोधकता कमी होते.
3. विद्युत प्रवाह शंट आणि विद्युत प्रवाह प्रवाहाच्या बाबतीत आउटपुट प्रतिरोधकता वाढते.
4. आवश्यक वृद्धी मिळवण्यासाठी प्रवर्धक टप्पे वापरण्याची आवश्यकता आहे.

नकारात्मक प्रतिसादचे प्रयोग:

1. जवळजवळ सर्व इलेक्ट्रॉनिक प्रवर्गात.
2. नियमन केलेल्या वीज पुरवठा यंत्रामध्ये.
3. वाइडबँड प्रवर्धकमध्ये (मोठ्या वारंवारतापट्टा असलेले प्रवर्धक)
4. विशेष सर्किटमध्ये

नकारात्मक प्रतिसादचे परिणाम:

1. वाढलेली स्थिरता:

$$\text{-ve प्रतिसाद सह gain- } A_{vf} = \frac{A_v}{1 - \beta A_v} \quad \text{----(IV)}$$

If β is negative and $\beta A_v \gg 1$, then

$$1 - \beta A_v \approx -\beta A_v$$

$$\text{Then, } |A_{vf}| = \frac{A_v}{\beta A_v} = \frac{1}{\beta}$$

अशाप्रकारे, प्रवर्धकाचा gain केवळ प्रतिसाद नेटवर्कवर अवलंबून असेल आणि पॅरामीटरमधील बदल, जसे की ट्रान्झिस्टरच्या h_{fe} , प्रतिसादशिवाय प्रवर्धकाच्या gain परिणाम करेल परंतु प्रतिसादसह प्रवर्धकाच्या gain वर परिणाम करणार नाही. अशाप्रकारे प्रवर्धकाची स्थिरता वाढलेली दिसून येते.

2. वाढलेली बँडविड्थ:

नकारात्मक प्रतिसादचा महत्वाचा परिणाम म्हणजे प्रवर्धकाचा वारंवारता पट्टा वाढवणे.

सर्किटची बँडविड्थ. नकारात्मक प्रतिसादसह = (सर्किट चे बँडविड्थ प्रतिसाद शिवाय) $\times (1 + \beta A_v)$

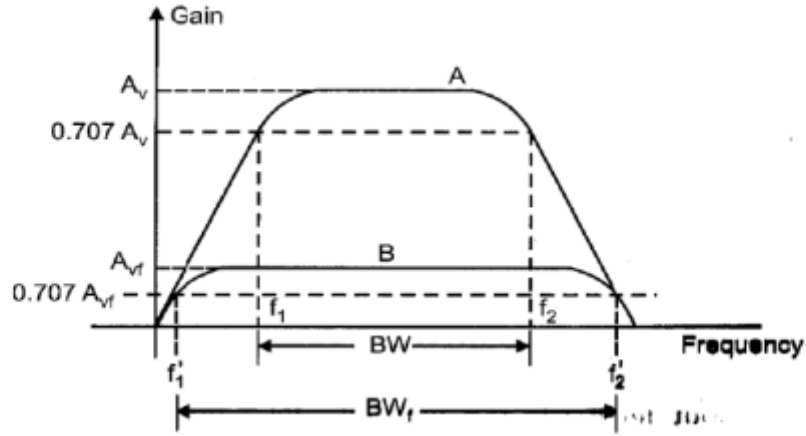
$$BW_f = BW (1 - \beta A_v) \quad \text{----(V)}$$

म्हणजे बँडविड्थ ($f_2 - f_1$) म्हणून दिले जाऊ शकते

जेथे, f_1 = लोअर कट-ऑफ वारंवारता & f_2 = उच्च कट-

ऑफ वारंवारता.

वरील वाक्यावरून हे स्पष्ट होते की, -ve प्रतिसाद ने बँडविड्थ वाढते. घटकानुसार $(1 + \beta A_v)$ आणि अशा प्रकारे सर्किट मध्ये गेन स्थिर राहतो.



आकृती 3.11 वाढलेली बँडविड्थ

3. विरूपण कमी होते:

जर एखाद्या प्रवर्धमध्ये विद्युतदाब लाभ A_v आणि एकूण हार्मोनिक विरूपण D असेल, तर नकारात्मक प्रतिसाद लागू केल्याने विरूपण कमी होईल,

$$D_f = \frac{D}{1 - \beta A_v} \text{ -----(V)}$$

इथे ,

D_f = Distortion with -ve प्रतिसाद D = Distortion without प्रतिसाद

βA_v = प्रतिसाद नेटवर्कचा गेन किंवा loop gain

4. अर्थहीन संदेश कमी होतो:

ट्रान्झिस्टर वापरल्याच्या आधारावर प्रवर्तकामध्ये अर्थहीन संदेशाचे अनेक स्रोत असतात. नकारात्मक प्रतिसाद एका घटकाने अर्थहीन संदेश कमी करतो $(1 + \beta A_v)$, जो खालीलप्रमाणे दिलेला असतो,

$$N_f = \frac{N}{1 - \beta A_v} \text{ -----(VI)}$$

5. इनपुट प्रतिरोध वाढतो:

इनपुट प्रतिरोध वाढ सामान्यतः विद्युतदाब प्रवर्धक मध्ये स्वीकारली जाते कारण हे मागील स्टेजवर लोडिंग कमी करते आणि ओपन सर्किट विद्युत वाढ वाढवते. इनपुट रेझिस्टन्स आणि आउटपुट रेझिस्टन्सवर नकारात्मक प्रतिसादचा परिणाम इनपुटला आउटपुट ज्या पद्धतीने परत दिला जातो त्यावर अवलंबून असतो.

जर आउटपुट विद्युतदाब (किंवा विद्युत प्रवाह) इनपुटसह परत दिले तर इनपुट विद्युत प्रवाह कमी होतो आणि प्रभावी इनपुट प्रतिरोध वाढतो.

$$\text{i.e.} \quad R_{if} = R_i (1 - \beta A_v) \text{ -----(VII)}$$

6. आउटपुट प्रतिरोध कमी होतो:

इनपुट प्रतिरोध प्रमाणे, आउटपुट प्रतिरोधवर नकारात्मक प्रतिसादचा प्रभाव आउटपुट परत पाठविण्याच्या(fed) पद्धतीवर अवलंबून असतो, विशेषतः आउटपुट विद्युत प्रवाह की आउटपुट विद्युतदाब परत दिले जाते यावर ते अवलंबून असते.

जर आउटपुट विद्युतदाब इनपुटवर परत केले (एकतर सेरीज किंवा शंट मध्ये) तर आउटपुट प्रतिरोध कमी होतो.

$$R_{of} = \frac{R_o}{1 - A_v} \text{ -----(VIII)}$$

तर, आउटपुटच्या प्रमाणात विद्युत प्रवाह वापरल्यास (सेरीज किंवा शंट) आउटपुट प्रतिरोध वाढते.

Table: 3.2 प्रतिसाद जोडनेची तुलना

वैशिष्ट्ये (Characteristics)	प्रतिसादचे प्रकार (Types of Feedback)			
	विद्युद दाब सेरीज (Voltage Series)	विद्युद दाब समांतर जोडणी (Voltage Shunt)	विद्युत प्रवाह सेरीज (विद्युत प्रवाह Series)	विद्युत प्रवाह समांतर जोडणी (विद्युत प्रवाह Shunt)
विद्युद दाब वाढणे (Voltage Gain)	कमी होतो	कमी होतो	कमी होतो	कमी होतो
वारंवारता पट्टा(Bandwidth)	वाढतो	वाढतो	वाढतो	वाढतो
हार्मोनिक विरूपण (Harmonic distortion)	कमी होतो	कमी होतो	कमी होतो	कमी होतो
अर्थहीन संदेश (Noise)	कमी होतो	कमी होतो	कमी होतो	कमी होतो
आत जाणारा संदेश प्रतिकार (Input resistance)	वाढतो	कमी होतो	वाढतो	कमी होतो
बाहेर पडणारा प्रतिकार (output resistance)	कमी होतो	कमी होतो	वाढतो	वाढतो

उदाहरण क्र. 1)

एक RCप्रतीसादित सर्कीट आहे ,ज्याचा गेन 1000 आहे.तसेच $f_1 = 50\text{Hz}$, $f_2 = 200\text{kHz}$ आणि विरूपण 5% हे सर्व प्रतिसादाशिवाय आहे. तर त्या प्रतीसादित सर्कीटचा विद्युत दाब, गेन शोधा.

(An RC coupled amp. Has volt. Gain is 1000 $f_1 = 50\text{Hz}$, $f_2 = 200\text{ kHz}$ & distortion of 5% without f/b, find the amplifier voltage gain, f_1 , f_2 & distortion when negative f/b is applied with f/b ration 0.01)

Given:

$A_v = 1000$
 $f_1 = 50\text{Hz}$
 $f_2 = 200\text{kHz}$
 $D = 5\%$
 $\beta = 0.01$
 To find $A_{vf} = ?$
 $f_1 = ?$
 $f_2 = ?$
 $D = ?$

$$\begin{aligned}
 i. \quad A_{vf} &= \frac{A_v}{1 + \beta A_v} \\
 &= \frac{1000}{1 + (0.01)(1000)} \\
 &= 90.90
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i. \quad D &= \frac{D}{1 + \beta A_v} \\
 &= \frac{5}{1 + (0.01)(1000)} \\
 &= 0.45\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i. \quad f_1 &= \frac{f_1}{1 + \beta A_v} \\
 &= \frac{50}{1 + (0.01)(1000)} \\
 &= 4.54 \text{ Hz}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 i. \quad f_2 &= f_2 (1 + \beta A_v) \\
 &= 200 (1 + (0.01)(1000)) \\
 &= 2.2 \text{ MHz}
 \end{aligned}$$

Bandwidth without f/b = $f_2 - f_1$

$$\begin{aligned} &= 200 \times 10^3 - 50 \\ &= 199.9 \text{ kHz} \end{aligned}$$

Bandwidth with f/b = $f_2 - f_1$

$$\begin{aligned} &= 2.2 \text{ MHz} - 4.45 \\ &= 2.19 \text{ MHz} \end{aligned}$$

Bandwidth with -Ve f/b is given as

$$\begin{aligned} BW_f &= BW(1 + \beta A_v) \\ &= 199.9(1 + (0.01)(1000)) \\ &= 2.19 \text{ MHz} \end{aligned}$$

उदाहरण क्र. 2)

Input शिवाय सर्किट चा विद्युददाब वृद्धी हि 400 आहे प्रतिसाद रेशो = 0.1 आहे.तर त्या नकारात्मक प्रतिसादसह सर्किट चा विद्युद दाब वाढ शोध्या.

(A voltage gain of certain amplifier without I/P is 400 the feedback ratio = 0.1 find the voltage gain of amplifier with negative f/b.)

Given:

$$\begin{aligned} A_v &= 400 \\ \beta &= 0.1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{A_v}{(1 + \beta A_v)} \\ &= \frac{400}{(1 + (0.1)(400))} \\ &= 9.75 \end{aligned}$$

उदाहरण क्र. 3)

प्रतिसाद अॅम्प्लिफायर चा गेन A_v 75 आहे.च्या आणि $\beta = 1/15$ आहे. A_v दुप्पट केल्यास काय गेन काय होईल?

(The voltage gains of an amplifier with an internal gain A_v of 75 and feedback fraction $\beta = \frac{1}{15}$. What will be the gain if A_v doubles?)

Given:

$$\begin{aligned} A_v f &= \frac{A_v}{1 + \beta A_v} \\ &= \frac{75}{1 + (\frac{1}{15})(75)} \\ &= 12.5 \end{aligned}$$

If A_v doubles $A_v = 75 + 75 = 150$ and hence $A_v = 150$

$$\begin{aligned} A_v f &= \frac{A_v}{1 + \beta A_v} \\ &= \frac{150}{1 + (\frac{1}{15})(150)} \\ &= 13.63 \end{aligned}$$

उदाहरण क्र. 4)

प्रतिसाद आणि -Ve प्रतिसाद शिवाय अॅम्प्लिफायरचा विद्युददाब वाढ(voltage gain) अनुक्रमे 100 आणि 20 आहे तर -ve प्रतिसादाची टक्केवारी काढा.

(The voltage gains of amplifier without f/b & -Ve f/b respectively are 100 and 20 calculate the % of -ve f/b.)

Given:

$$A_v = 100$$

$$A_{vf} = 20$$

$$\beta = ?$$

$$\begin{aligned} A_{vf} &= \frac{A_v}{1 + \beta A_v} \\ &= \frac{100}{1 + \beta 100} \end{aligned}$$

$$1 + \beta 100 = \frac{100}{20}$$

$$1 + \beta 100 = 5$$

$$100\beta = 5 - 1$$

$$100\beta = 4$$

$$\beta = \frac{4}{100}$$

$$\beta = 0.04$$

उदाहरण क्र. 5)

अॅम्प्लिफायर मध्ये मध्यम वारंवारता वृद्धी(mid frequency gain) 100 ,Bw 200kHz आहे तर म्हणजे वारंवारता पट्टाकिती असेल. इथे 5% नकारात्मक प्रतिसाद दिला आहे.

(An amplifier has mid freq. gain of 100 , Bw is 200kHz what will be the bandwidth and gain of 5% negative f/b introduce.)

Given:

$$\begin{aligned}A_v &= 100 \\B_W &= 200\text{KHz} \\ \beta &= 5\% \\ \beta &= \frac{5}{100} = 0.05\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{vf} &= \frac{A_v}{1 + \beta A_v} \\ &= \frac{100}{1 + (0.05)(100)} \\ &= 16.66\end{aligned}$$

$$B_{wf} = B_w(1 + \beta A_v)$$

$$B_{wf} = 200 \times 10^3 (1 + (0.05) \times 100)$$

$$B_{wf} = 1.2 \text{ MHz}$$

स्व: अध्ययन (Self-Learning) :

- प्र.1 प्रतिसाद ची व्याख्या लिहा आणि त्याचे प्रकार लिहा.
- प्र.2 सकारात्मक आणि नकारात्मक प्रतिसादचा अर्थ सविस्तर लिहा.
- प्र.3 नकारात्मक प्रतिसादचे फायदे आणि तोटे लिहा.
- प्र.4 सकारात्मक आणि नकारात्मक प्रतिसाद ची तुलना करा.
- प्र.5 सिरीस मिक्सिंग आणि समांतर जोडणी (shunt) मिक्सिंग यांची आकृती काढा.
- प्र.6 विद्युत दाब नमुना आणि समांतर जोडणी नमुना यांची आकृती काढा.
- प्र.7 नकारात्मक प्रतिसादचे फायदे सांगा खालील पॅरामीटर्सवर नकारात्मक प्रतिसाद चा प्रभाव

सांगा

A. वारंवारता पट्टा(Bandwidth)

B. गेन (Gain)

C. विरूपण (Distortion)

D. स्थिरता (Stability)

प्र.8 क्रमाने व्होल्ट फीडबॅक अॅम्प्लिफायरच्या लेबल केलेल्या ब्लॉक आकृतीचे रेखाटन करा.

प्र.9 क्रमाने विद्युत दाब f/b अॅम्प्लिफायरच्या ब्लॉक आकृतीचे रेखाटन करा आणि ते कार्य करत आहे याचे वर्णन करा.

प्र.10 एम्पलीफायरच्या I/P प्रतिबाधावर सकारात्मक फीडबॅकचा प्रभाव स्पष्ट करा.

युनिट - 4

तरंग निर्मिती (Waveform Generator)

विषय निष्पत्ती (Course Outcome):-

बीजेटीचा (BJT) वापर तरंग निर्मिती (waveform Generator) म्हणून करणे.

युनिट निष्पत्ती (Unit Outcome):-

- 4 a. दिलेल्या प्रकारच्या ऑसिलेटर (oscillator) सर्किटकरिता दोलन वारंवारता (frequency of oscillation) ची गणना करणे.
- 4 b. स्पष्टीकरणासह दिलेल्या वारंवारता (frequency) करिता योग्य त्या ऑसिलेटरची निवड करणे.
- 4 c. स्पष्टीकरणासह दिलेल्या प्रकारच्या साँटूथ वेव्हफॉर्म निर्मिती करिता योग्य स्वीप निर्मिती निवडणे.
- 4 d. दिलेल्या ऑसिलेटरची स्पेसिफिकेशन्स (specifications) तयार करणे.

4.1 परिचय (Introduction):

ऑसिलेटर (Wave generator) हे इलेक्ट्रॉनिक्सच्या क्षेत्रात प्रमुख भूमिका बजावतात. ते काही हर्ट्झपासून अनेक गिगाहर्ट्झ (10^9 Hz) पर्यंत सिग्नल उत्पन्न करतात. आधुनिक ऑसिलेटर अनेक भिन्न सर्किट्स मध्ये वापरतात आणि सायनसॉइडल, स्क्वेअर, आयताकृती, साँटूथ आणि ट्रॅपेझॉइडल तरंग लहरी (wavelength) निर्माण करतात. अशा तरंग लहरी इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्समध्ये अनेक उपयुक्त उद्दिष्टाकरिता वापरतात. उदाहरणार्थ, ते चित्र आणि ध्वनी (video and audio) दोन्ही पुनरुत्पादित करण्यासाठी दूरदर्शन संचामध्ये (टीव्हीमध्ये) मोठ्या प्रमाणावर वापरले जातात.

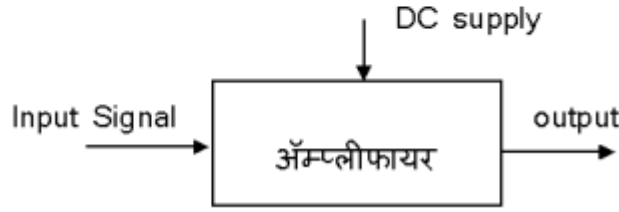
ऑसिलेटर हे दिलेल्या वारंवारतेचा संदेश निर्माण करणे, त्याप्रमाणे संदेशाची विपुलता व वारंवारता मर्यादित ठेवणे हा दोलकाचा (ऑसिलेटरचा) प्राथमिक उद्देश आहे. दोलकाचे वर्गीकरण हे ते तयार केलेल्या तरंगाच्या शेपनुसार आणि दोलन तयार करण्यासाठी आवश्यक असलेल्या components नुसार केले जाते.

4.2 दोलक (Oscillator):

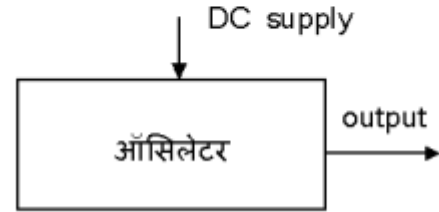
4.2.1 प्रवर्धक आणि दोलक (Amplifier and Oscillator):-

सकारात्मक प्रतिसाद (Positive feedback) असलेले प्रवर्धक (amplifier) ऑसिलेटर म्हणून कार्य करतात.

योग्य सकारात्मक प्रतिसाद (positive feedback) असलेले ट्रान्झिस्टर ॲम्प्लिफायर ॲसिलेटर म्हणून काम करू शकतात म्हणजेच ते कोणत्याही इनपुट सिग्नलशिवाय दोलक दोलन (oscillations) तयार करू शकते.



आकृती 4.1अ: प्रवर्धक (amplifier)

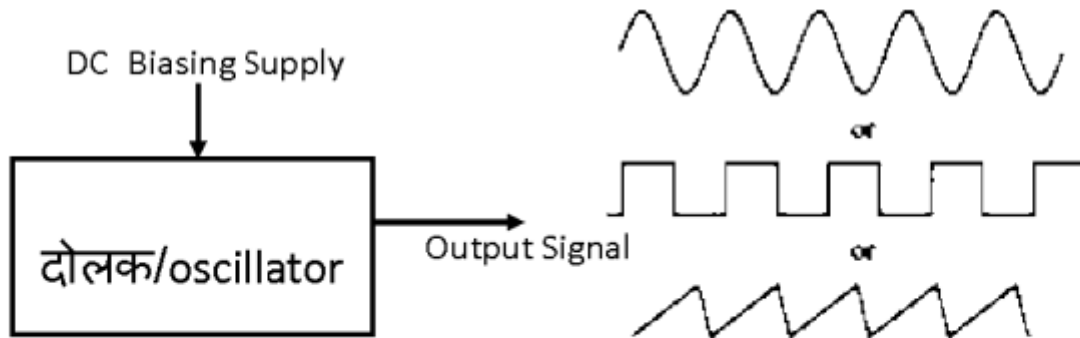


आकृती 4.1ब: दोलक (oscillator)

सकारात्मक प्रतिसाद प्रवर्धक (Positive feedback amplifier) असा आहे की ज्यामध्ये मूळ इनपुट सिग्नलसह फीडबॅक सिग्नल इनफेज मध्ये असतात.

4.2.2 ॲसिलेटरची व्याख्या (Oscillator Definition):-

ॲसिलेटर एक इलेक्ट्रॉनिक सर्किट आहे जे कोणत्याही इनपुटशिवाय वारंवारतेच्या एसी उर्जेमध्ये रूपांतरित करते.



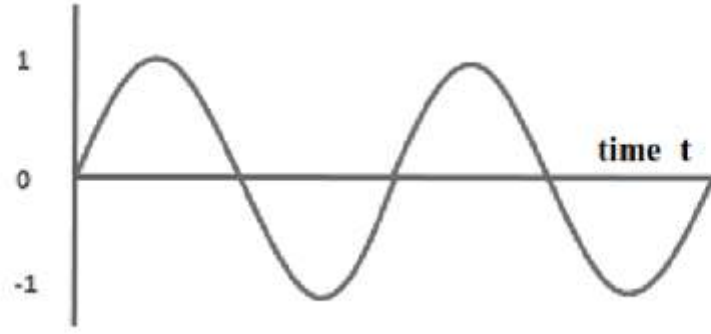
आकृती 4.2 ॲसिलेटर ची मूलभूत संकल्पना

दोलकांद्वारे तयार होणारे तरंग हे सायनसॉइडल, त्रिकोणी, चौकोनी आणि सॉटूथ आहेत.

4.2.3 ॲसिलेटरच्या तरंगाचे प्रकार: -

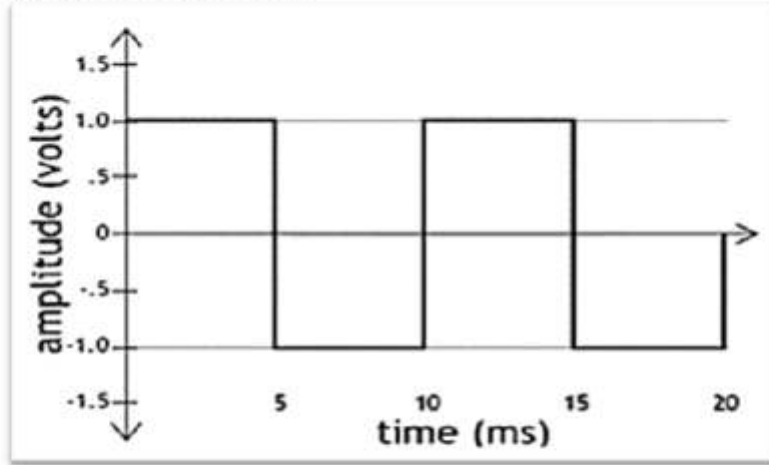
साइनसॉइडल व्हेवफॉर्म (Sinusoidal waveform):-

सायनसॉइडल व्हेवफॉर्ममध्ये पॉझिटिव्ह आणि निगेटिव्ह भाग हा प्रत्येक चक्रात बदलते जातात. सामान्यतः सायनसॉइडल तरंग "AC" विद्युत दाब आणि विद्युत प्रवाह स्रोत (Source) म्हणून ओळखले जाते. साइनसॉइडल व्हेवफॉर्म (sinewave) ची विपुलता (amplitude) ही वेळेनुसार बदलत राहते. साइनसॉइडल तरंग एसी पॉवरमध्ये तसेच ध्वनीशास्त्रात वापर करतात.



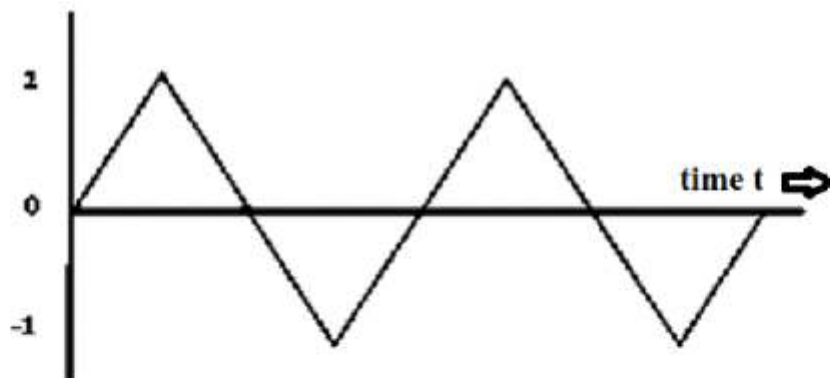
आकृती 4.3अ सायनसॉइडल तरंग

स्क्वेअर व्हेवफॉर्म (Square waveform):-



आकृती 4.3ब स्क्वेअर व्हेवफॉर्म

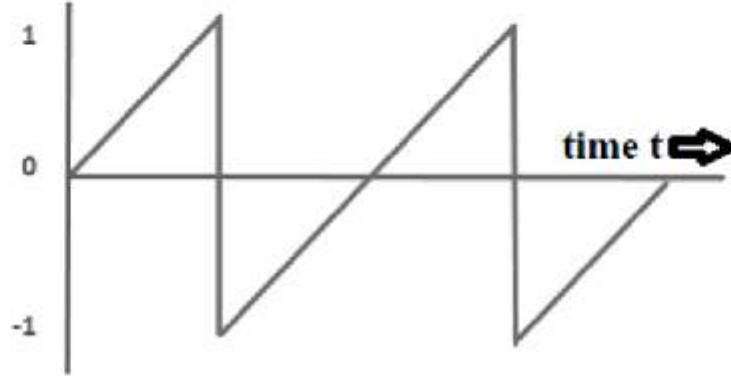
त्रिकोणी तरंग (Triangular waveform):- हे त्रिकोणी आकारासाठी ओळखले जाते.



आकृती 4.4 त्रिकोणी तरंग

साँटूथ वेव्हफॉर्म (Sawtooth waveform):-

साँटूथ वेव्हफॉर्म करवताच्या दातांच्या रूपात असतात. तरंग वरच्या दिशेने जाते आणि झपाट्याने खाली परत येते आणि पुन्हा वर जाते.



आकृती 4.5 साँटूथ तरंग

4.3 दोलकाचे (ऑसिलेटरचे) वर्गीकरण:-

ऑसिलेटरचे त्यांच्या बाहेर पडण्याच्या वेव्हशेपनुसार- साइनसाँडल आणि नॉनसाइनसाँडल (Sinusoidal and Non-Sinusoidal) अशा दोन वर्गामध्ये विभागले जाऊ शकते.

4.3.1 साइनसाँडल ऑसिलेटर (Sinusoidal Oscillator):-

साइनसाँडल ऑसिलेटर साइन-वेव्ह आउटपुट सिग्नल तयार करतो. आउटपुट सिग्नल हे स्थिर विपुलता (constant amplitude) चे असते.

साइन-वेव्ह जनरेटर कमी ऑडिओ फ्रिक्वेन्सीपासून अल्ट्रा हाय रेडिओ आणि मायक्रोवेव्ह फ्रिक्वेन्सीपर्यंतचे सिग्नल तयार करतात. बरेच कमी-फ्रिक्वेन्सी निर्मिती करताना त्यांच्या वारंवारता-निर्धारित नेटवर्क मध्ये रेझिस्टर आणि कॅपेसिटर (R and C) वापरतात आणि त्यांना RC ऑसिलेटर म्हणून संबोधले जाते. ते कमी ऑडिओ-फ्रिक्वेन्सी उपयोगाकरती विविध ठिकाणी मोठ्या प्रमाणात वापरले जातात.

साइन-वेव्ह जनरेटरचा दुसरा प्रकार त्यांच्या वारंवारता-निर्धारित नेटवर्कसाठी इंडक्टर आणि कॅपेसिटर (L and C) वापर केला जातो. हा प्रकार एलसी ऑसिलेटर म्हणून ओळखला जातो. LC oscillators, मध्ये टँक सर्किट्स (Tank circuit) वापरतात, सामान्यतः हे जास्त रेडिओ फ्रिक्वेन्सी निर्मिती साठी वापरले जातात. ते अत्यंत कमी-फ्रिक्वेन्सी ऑसिलेटर म्हणून वापरण्यासाठी योग्य नाहीत कारण इंडक्टर आणि कॅपेसिटर हे आकाराने मोठे, जड आणि महाग असतात.

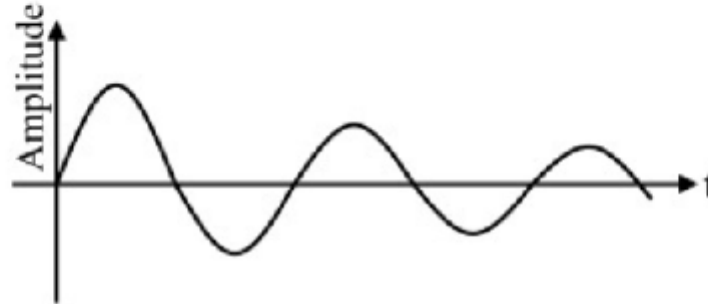
साइन-वेव्ह जनरेटरचा तिसरा प्रकार म्हणजे क्रिस्टल ऑसिलेटर. क्रिस्टल ऑसिलेटर- जास्त वारंवारता स्थिरता (High frequency stability) प्रदान करते.

Damped and Undamped Oscillations

विपुलता आणि वारंवारता (amplitude and frequency) निर्धारित करणाऱ्या components अवलंबून, साइनसाँडल ऑसिलेटरद्वारे तयार होणारे दोलन दोन प्रकारांमध्ये विभागले जाऊ शकतात-
-- Damped Oscillations

4.3.1.1 डॅम्पड दोलन (Damped Oscillations)

या प्रकारच्या oscillations मध्ये वेळेनुसार विपुलता (amplitude) कालांतराने कमी होते त्याला डॅम्पड दोलन (Damped Oscillations) असे म्हणतात.

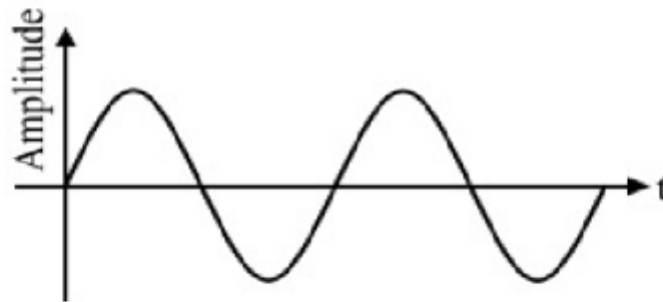


Damped Oscillation

आकृती 4.6 डॅम्पड दोलन

4.3.1.2 अनडॅम्पड दोलन (Undamped Oscillations)

जेव्हा दोलना मध्ये वेळेनुसार विपुलता (amplitude) बदलत नाही (remains unchanged), तेव्हा त्याला अनडॅम्पड ऑसिलेशन असे म्हणतात.



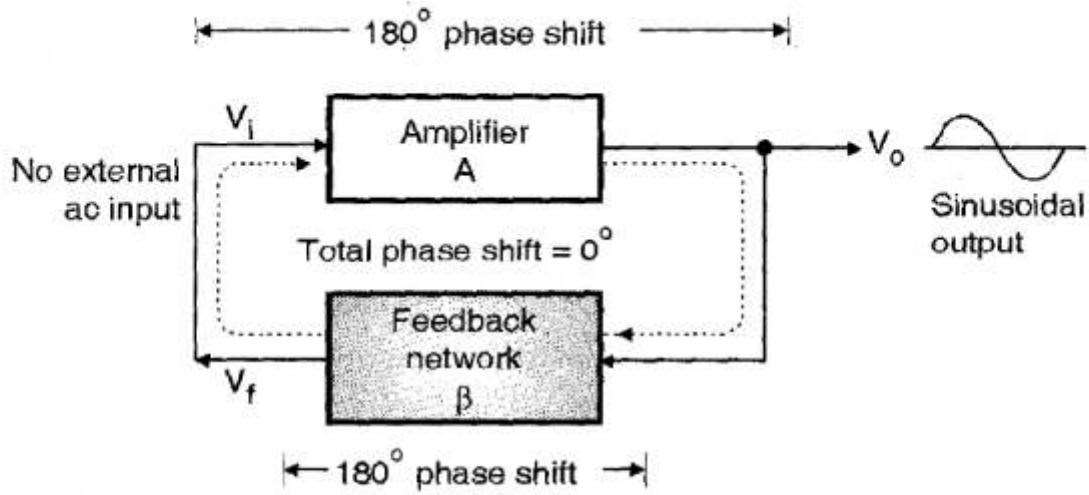
Undamped Oscillation

आकृती 4.7 अनडॅम्पड दोलन

4.3.2 नॉनसिनसॉइडल ऑसिलेटर:

नॉनसिनसॉइडल ऑसिलेटर - चौरस, आयताकृती, ट्रिगर, साँटूथ किंवा ट्रॅपेझॉइडल तरंग निर्मिती करतात. या ऑसिलेटर्सची सिग्नल वारंवारता सामान्यतः रेझिस्टर आणि कॅपेसिटर सिरीज करून चार्ज किंवा डिस्चार्ज वेळेद्वारे नियंत्रित करता येते. तथापि, काही प्रकारांमध्ये इंडक्टर असतात जे आउटपुट वारंवारता प्रभावित करतात. अशाप्रकारे, सायनसॉइडल ऑसिलेटर्सप्रमाणे, दोलनाची वारंवारता निश्चित करण्यासाठी आरसी RC आणि एलसी LC दोन्ही नेटवर्क क्रमशा जोडले जातात. नॉनसिनसॉइडल ऑसिलेटर्सच्या या प्रकारामध्ये मल्टीव्हायब्रेटर, ब्लॉकिंग ऑसिलेटर, साँटूथ जनरेटर आणि ट्रॅपेझॉइडल जनरेटर आहेत.

4.4 ऑसिलेटरची रचना:-



आकृती 4.8 ऑसिलेटरचे ब्लॉक

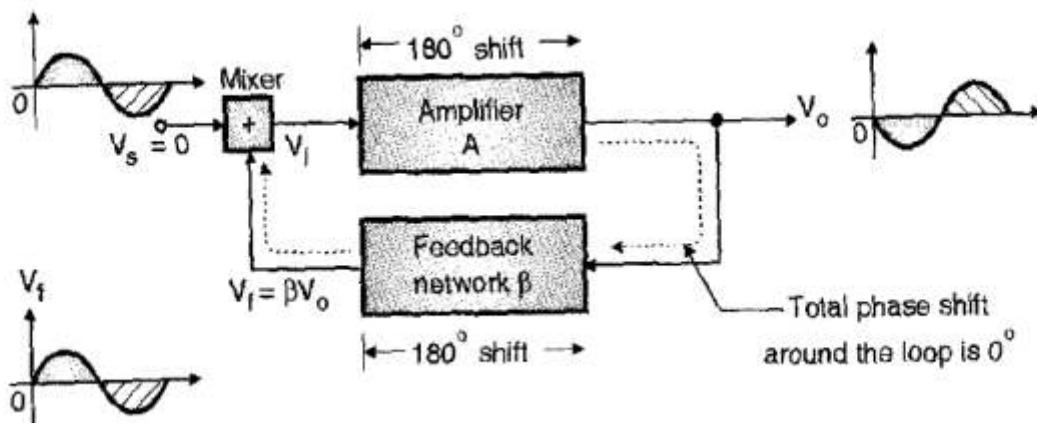
आकृती 4.8 ऑसिलेटरची ब्लॉक डायग्राम दर्शविते. (Block diagram of oscillator) ज्यामध्ये अॅम्प्लीफायरचा समावेश आहे. ज्याचे आउटपुट इनपुटसह 180° फेजच्या बाहेर (out of phase) आहे. उर्वरित 180° फेज शिफ्ट फीडबॅक नेटवर्कद्वारे प्रदान केले जाते. अशा प्रकारे सर्किटमधील एकूण फेज शिफ्ट 360° or 0° मिळतो आणि 360° च्या एकूण फेज शिफ्टमुळे, पॉझिटिव्ह फीडबॅक मिळतो. ज्यामुळे (Barkhausen) बर्कहौसेन निकष पूर्ण झाल्यास, oscillator generates sustained oscillations दोलक दोलनांना तयार करतात.

लक्षात घ्या की ऑसिलेटरवर कोणतेही बाहेरील विद्युत प्रवाह (एसी इनपुट व्होल्टेज) लागू केले जात नाही तरीही ते साइनसॉइडल आउटपुट व्होल्टेज तयार करते. ऑसिलेटर हे पॉझिटिव्ह फीडबॅक असलेले अॅम्प्लिफायर आहे.

4.4.1 बर्कहौसेन निकष Barkhausen Criteria:-

अॅम्प्लीफायर ऑसिलेटर म्हणून काम करेल जर आणि फक्त जर तो बर्कहौसेन निकषाची पूर्तता करेल आणि सतत स्थिर विपुलताचे दोलन निर्मिती मिळविण्यासाठी सक्षम राहील.

ऑसिलेटर सर्किटसाठी, कोणतेही इनपुट सिग्नल नाही " $V_s=0$ ", म्हणून फीडबॅक सिग्नल V_f स्वतःच दोलन (oscillation) राखण्यासाठी पुरेसे असते.



4.4.2 बर्कहौसेन निकषाचे विधान:

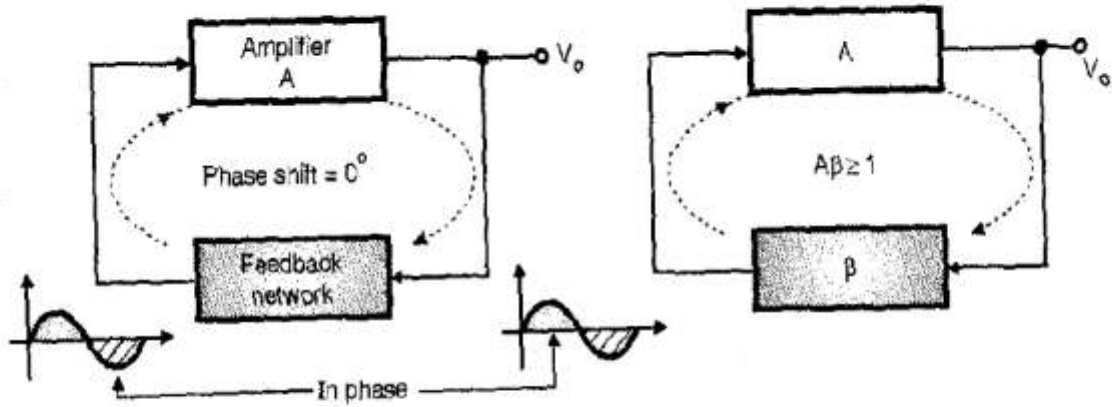
बर्कहौसेन निकष असे सांगते की:

१. इनपुट आणि आउटपुटने अॅम्प्लीफायर व फीडबॅक नेटवर्कच्या $(180^\circ + 180^\circ)$ मदतीने 360° डिग्री किंवा शून्य डिग्री (0° 'or' 360°) फेज शिफ्ट तयार केली पाहिजे.

२ ऑसिलेटर फ्रिक्वेंसीवर, अॅम्प्लीफायर A च्या ओपन लूप गेन आणि फीडबॅक फॅक्टर β यांच्या गुणाकाराची विशालता (magnitude) हि एक किंवा एकापेक्षा जास्त असावी.

$$\therefore |A\beta| \geq 1. \quad \text{----- (I)}$$

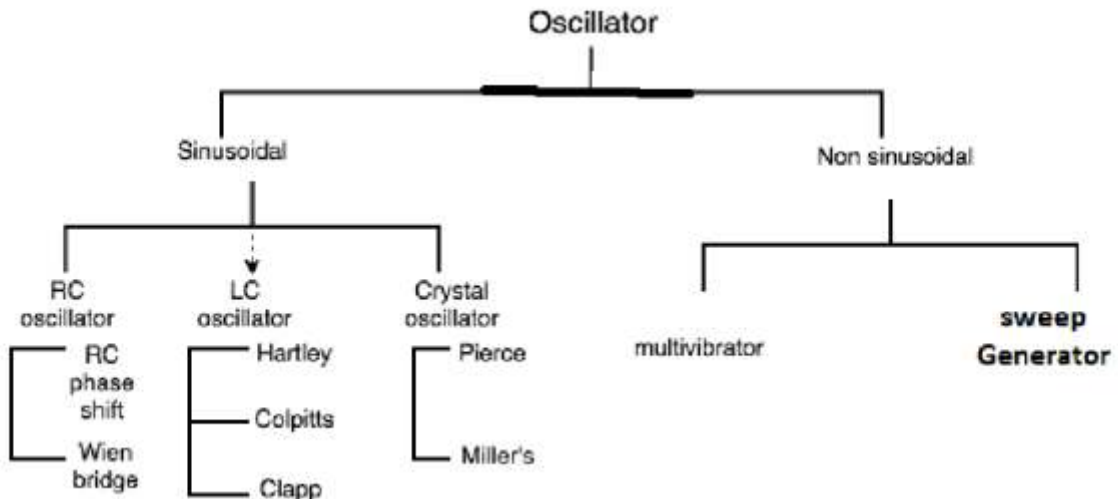
ओपन लूप गेन आणि फीडबॅक फॅक्टर जर सर्किटने या स्थितीचे समाधान केले नाही तर? मग दोलन निर्माण होणार नाहीत. $A\beta$ च्या गुणाकाराला "लूप गेन" असे म्हणतात. या वरील अटी खालील आकृतीमध्ये चित्रित केल्या आहेत.



आकृती 4.10 बर्कहौसेन निकषची अट

4.5 ऑसिलेटरचे वर्गीकरण (Classification of Oscillators) :-

वापरलेल्या घटकांच्या (components) प्रकारावर आधारित, फीडबॅक नेटवर्कसाठी ऑसिलेटरचे प्रकार दोन वर्गांमध्ये केले जाते.



4.5.1 साइन वेव्ह ऑसिलेटर: Sinusoidal Oscillator

आरसी ऑसिलेटर (RC oscillators) :- हा ऑसिलेटर त्यांच्या फीडबॅक नेटवर्कमध्ये सर्किट components म्हणून R आणि C हे वापरले जातात. दोलनांची वारंवारता (Frequency of oscillations) R आणि C यांच्या मूल्यांवर अवलंबून असते. हे ऑसिलेटर फक्त कमी आउटपुट फ्रिक्वेन्सीसाठी (low frequency) उपयुक्त आहेत.

RC oscillators पुढीलप्रमाणे वर्गीकृत केले आहेत:

1. आरसी फेज शिफ्ट ऑसिलेटर (RC phase shift oscillator)
2. व्हेन -ब्रिज ऑसिलेटर (Wien-bridge oscillator)

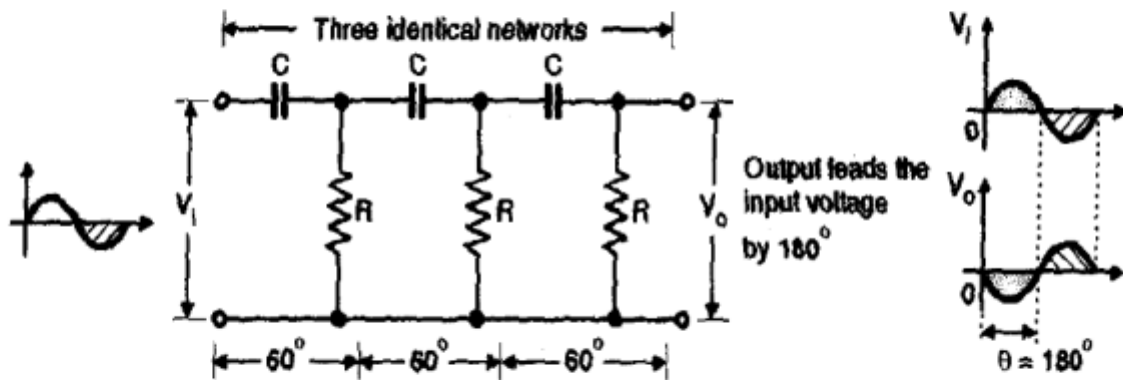
आरसी सर्किट (RC Circuit):-

नावाप्रमाणेच हे आरसी (RC) ऑसिलेटर आहे. मूलभूतपणे, त्यात एक अॅम्प्लीफायर आणि कॅपेसिटर व रेजिस्टर ने बनलेले फेज शिफ्टिंग नेटवर्क असते.

अॅम्प्लीफायर हा ट्रान्झिस्टोराइज्ड असू शकतो 'किंवा' FET सक्रिय डिव्हाइस म्हणून वापरला जाऊ शकतो 'किंवा' OP-AMP (ऑपरेशनल अॅम्प्लीफायर) वापरला जाऊ शकतो.

आरसी फेज शिफ्ट ऑसिलेटरसाठी आरसी नेटवर्क: आरसी फेज शिफ्ट ऑसिलेटरसाठी, तीन समान मूलभूत आरसी फेज शिफ्टिंग नेटवर्क आकृती 4.12 दर्शविल्याप्रमाणे एकत्र (कॅस्केड) केले जाऊ शकते. प्रत्येक आरसी नेटवर्क केवळ विशिष्ट वारंवारतेवर (particular frequency) 60° चे फेज शिफ्ट सादर करण्यासाठी डिझाइन केलेले आहेत.

अशा प्रकारे तीन स्टेज आरसी नेटवर्कद्वारे सादर केलेली एकूण फेज शिफ्ट 180° ($60 \times 3 = 180$) आहे. याचा अर्थ नेटवर्कचे आउटपुट एका विशिष्ट फ्रिक्वेन्सीवर 180° ने इनपुट करते.



आकृती 4.12 तीन स्टेज आरसी नेटवर्क

आकृती 4.12 दर्शविलेल्या आरसी नेटवर्कला कधीकधी ladder नेटवर्क असे म्हणतात. ते 180° ची फेज शिफ्ट केवळ एका विशिष्ट वारंवारतेवर (particular frequency) निर्माण करते जी ऑसिलेटरच्या ऑपरेशनची वारंवारता (frequency of oscillations) असते.

4.6 आरसी फेज शिफ्ट ऑसिलेटर (RC phase shift oscillator):-

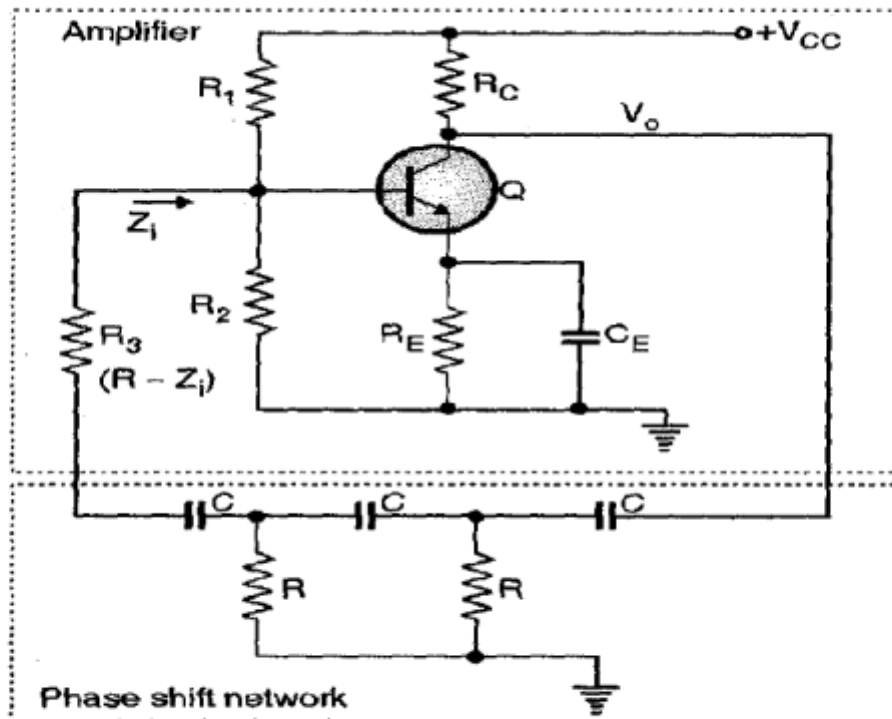
ट्रान्झिस्टरचा सक्रिय साधन (components) म्हणून वापर करून आरसी फेज शिफ्ट ऑसिलेटर ची आकृती 4.13 मध्ये दाखवण्यात आली आहे आणि दखिवलेल्या सर्किटमध्ये सिंगल स्टेज सी ई (CE) अॅम्प्लीफायर आणि आरसी फेज शिफ्टिंग नेटवर्क वापरलेले आहे.

रेजिस्टर R_1 , R_2 आणि R_E ट्रान्झिस्टर बायसिंगसाठी जोडलेले आहेत, C_E हे एमीटर बायपास कॅपेसिटर आहे.

4.6.1 कार्यपद्धत (ऑपरेशन) :

आकृती 4.13 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे सिंगल स्टेज सीई (single stage CE) अॅम्प्लीफायरचे आउटपुट V_o आरसी फेज शिफ्टिंग नेटवर्कशी इनपुट म्हणून जोडले गेले आहे. फेज शिफ्टिंग नेटवर्कचे आउटपुट अॅम्प्लीफायरच्या इनपुटवर जोडलेले आहे. अॅम्प्लीफायर सीई (CE) प्रकारचा असल्याने, ते त्याच्या इनपुट आणि आउटपुटमध्ये 180° चे फेज शिफ्ट सादर करतात. फेज शिफ्टिंग नेटवर्क लूपभोवती फेज शिफ्ट शून्याच्या बरोबरीसाठी अतिरिक्त 180° फेज शिफ्ट सादर करतात. लूपभोवतीचा फेज शिफ्ट तंतोतंत 0° एवढीच असेल तर फ्रिक्वेंसी " f " ला दोलकाची वारंवारता तयार होते. त्या f ला दोलकाची दोलनता (frequency of oscillation) असे म्हणतात.

जर अॅम्प्लीफायर आणि फीडबॅक फॅक्टर β असे अँडजस्ट करा की लूप गेन $|A\beta| \geq 1$ केले नंतर ऑसिलेटर आउटपुटवर सतत साइनसाइडल दोलन प्राप्त केले जातील.



आकृती 4.13 आरसी फेज शिफ्ट ऑसिलेटर

ट्रान्झिस्टोराइज्ड आरसी फेज शिफ्ट ऑसिलेटरच्या दोलनांची वारंवारता (frequency) खालील सुत्रानुसार दिली जाते,

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}} \text{----- (II)}$$

आरसी फेज शिफ्ट RC Phase shift नेटवर्कमधील रेझिस्टर किंवा कॅपेसिटर बदलून ऑसिलेटरची वारंवारता (frequency) बदलली जाऊ शकते, कारण वारंवारता आर आणि सी (R and C) वर अवलंबून असते. लक्षात ठेवा की सर्व रेझिस्टर किंवा सर्व कॅपेसिटर एकाच वेळी आणि समान रीतीने बदलले पाहिजेत कारण आपणाला फेज शिफ्ट (180°) हवी असते.

एका आर सी नेटवर्कमध्ये 60° फेज शिफ्ट तयार करतो अशा तीन आर सी नेटवर्कमध्ये 180° फेज शिफ्ट तयार होते.

आरसी फेज शिफ्ट ऑसिलेटर काही Hz ते अनेक kHz (200 kHz पर्यंत) ची वारंवारता निर्माण / कार्य करण्यासाठी विशेषतः योग्य आहे ज्यामध्ये 20 Hz ते 20 kHz च्या दरम्यान ऑडिओ वारंवारतेचा समावेश आहे.

The phase shift around the loop is 360° only at one precise frequency.

$$\text{This frequency of oscillations is equal to } F = \frac{1}{2\pi R C\sqrt{6}}$$

$$\text{The feedback factor } \beta = \frac{1}{29}$$

$$\therefore Av = 29$$

4.6.2 आरसी ऑसिलेटरचे उपयोग :

1. कमी आणि मध्यम वारंवारता (Low and medium frequency) साइन वेव्ह जनरेटर.
2. फंक्शन जनरेटर / सिग्नल जनरेटर वापरले जातात.
3. परिवर्तनीय वारंवारता Variable frequency सिग्नल जनरेटर.

4.6.3 Examples on RC phase shift oscillator

उदाहरण -1

आरसी फेज शिफ्ट ऑसिलेटरमध्ये R = 220 kΩ आणि C = 500 pF आहे. ऑसिलेटरद्वारे निर्मिती केलेल्या साइन वेव्हची वारंवारता (फ्रिक्वेन्सी) निर्धारित करा.

Given data :

$$R = 220 \text{ K}\Omega = 220 \times 10^3 \Omega \quad C = 500 \text{ pF} = 500 \times 10^{-12} \text{ f}$$

To Find:

Frequency of oscillation F.

Formula Used:

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

$$F = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 220 \times 10^3 \times 500 \times 10^{-12} \times \sqrt{6}}$$

$$F = 590.67 \text{ Hz}$$

The frequency of sine wave generated by the oscillator = 590.67 Hz.

उदाहरण -2

आरसी फेज शिफ्ट ऑसिलेटर डिज़ाइन असा करा की त्याची निर्माण करण्यासाठीची वारंवारता (frequency) 500 kHz असेल. दिलेली योग्य मूल्ये गृहीत धरा की $R_1 = R_2 = R_3 = R = 10 \text{ k}\Omega$ आणि $C_1 = C_2 = C_3 = C$.

Given data :

$$R = 10 \text{ k}\Omega = 10 \times 10^3 \Omega \quad F = 500 \text{ kHz} = 500 \times 10^3 \text{ Hz}$$

To Find:

Capacitor used in RC phase shift

Formula Used:

$$f = \frac{1}{2\pi RC \sqrt{6}}$$

$$C = \frac{1}{2\pi R F \sqrt{6}}$$

$$C = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 10 \times 10^3 \times 500 \times 10^3 \times \sqrt{6}}$$

$$C = \frac{1}{7.695 \times 10^{10}}$$

$$C = 1.299 \times 10^{-11} \text{ f}$$

$$C = 12.99 \text{ pf}$$

Capacitor used in RC phase shift oscillator is 12.99 pf

उदाहरण -3

जर $R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega$ आणि $C_1 = C_2 = C_3 = 0.1 \mu\text{f}$ असल्यास RC फेज ऑसिलेटरची आउटपुटची

वारंवारता मोजा.

Given data :

$$R = R_1 = R_2 = R_3 = 2 \text{ k}\Omega = 2 \times 10^3 \Omega \quad C_1 = C_2 = C_3 = C = 0.1 \mu\text{f} = 0.1 \times 10^{-6} \text{ f}$$

Frequency of oscillation F.

Formula Used:

$$f = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{6}}$$

$$F = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 2 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6} \times \sqrt{6}}$$

$$= 324.87 \text{ Hz}$$

The frequency of sine wave generated by the oscillator = 324.87 Hz.

4.7 क्रिस्टल ऑसिलेटरचे तत्त्व:

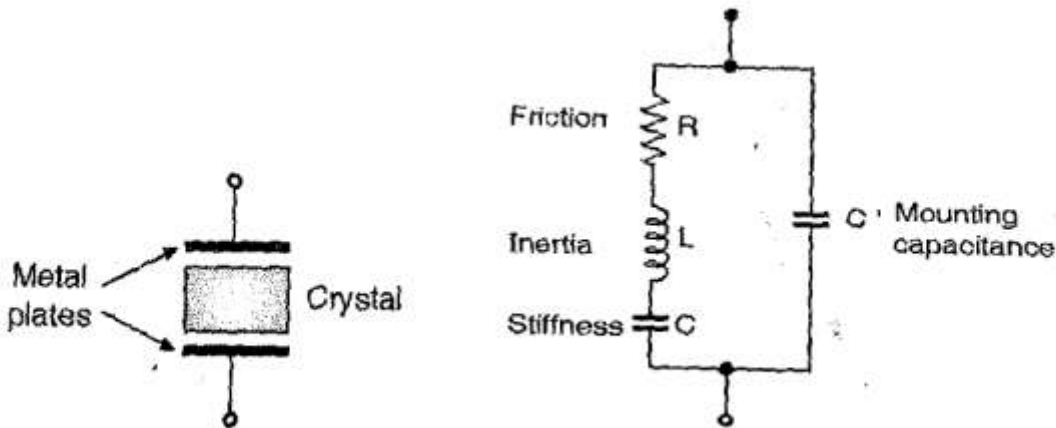
क्वार्ट्ज quartz सारख्या काही सामग्रीमध्ये "पिझो इलेक्ट्रिक" गुणधर्म नावाची एक अद्वितीय प्रॉपर्टी प्रदर्शित केली जाते. त्यात असे आहे की जर क्वार्ट्ज क्रिस्टलवर यांत्रिक बल लागू केले तर ते विद्युत क्षमता निर्माण करते. तसेच क्रिस्टलवर इलेक्ट्रिक फील्ड लावल्यास ते यांत्रिकपणे कंपन करते. जर आपण क्वार्ट्ज क्रिस्टलला यांत्रिक कंपने लागू केली तर योग्य ऑपरेटिंग परिस्थितीत आपण त्यातून विद्युत दोलन (electrical oscillations) मिळवू शकतो.

4.7.1 वारंवारता स्थिरता (Frequency stability):

क्रिस्टल ऑसिलेटर वापरण्याचा सर्वात मोठा फायदा म्हणजे त्याची उच्च वारंवारता स्थिरता आहे. (high frequency stability). तापमान, व्होल्टेज, आर्द्रता किंवा इतर पॅरामीटर मध्ये बदल होऊनही क्रिस्टल ऑसिलेटरची वारंवारता स्थिर (frequency stable) राहते.

4.7.2 क्रिस्टलचे समतुल्य सर्किट (Crystal equivalent circuit):

स्फटिकाचे AC समतुल्य सर्किट आकृती 4.14 मध्ये दाखवल्याप्रमाणे आहे. हे स्फटिक (crystal) रेझोनंट सर्किटच्या समतुल्य (equivalent) असल्याचे दर्शविते. स्पंदन करणारा क्रिस्टल (vibrating crystal) AC समतुल्य सर्किटमध्ये (AC equivalent circuit), अंतर्गत घर्षण नुकसान friction loss हे रेझिस्टर R द्वारे दर्शविले जाते. क्रिस्टलचे वस्तुमान (Inertia) म्हणून इंडक्टन्स L द्वारे दर्शविली जाते. स्पंदन स्थिती अंतर्गत कडकपणा (stiffness) कॅपेसिटर Cs द्वारे दर्शविला जातो. आकृती 4.14 मध्ये दर्शविलेल्या माउंटिंग व्यवस्थेमुळे, क्रिस्टल समतुल्य सर्किटमध्ये Cp' द्वारे दर्शविलेल्या कॅपेसिटन्सच्या समतुल्य आहे. Cp ला माउंटिंग कॅपेसिटन्स म्हणतात.



रेझोनंट फ्रिक्वेन्सी: Resonant Frequency:-

क्रिस्टलच्या एसी समतुल्य सर्किटमध्ये (AC equivalent circuit) दोन रेझोनंट सर्किट अस्तित्वात आहेत. RLC सिरीज रेझोनंट सर्किट बनवेल आणि C' च्या समांतर (parallel), एक समांतर RLC रेझोनंट सर्किट तयार करेल. RLC सिरीज सर्किटची रेझोनंट फ्रिक्वेन्सी ही खालील प्रमाणे दिली जाते,

$$f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{-----(III)}$$

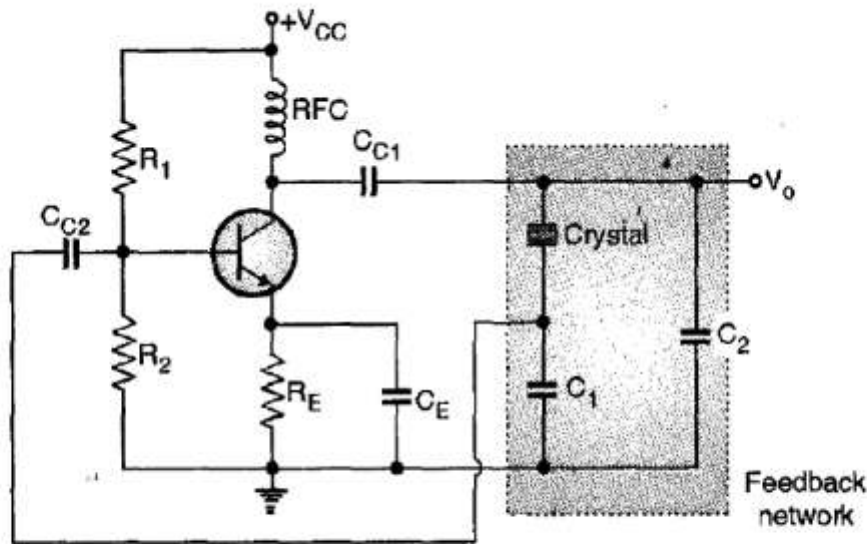
हे असे गृहीत धरून आहे की गुणवत्ता घटक क्वालिटी फॅक्टर Q (quality factor) खूप मोठा आहे. R-L-C आणि C' ने तयार केलेल्या समांतर/प्यारलल रेझोनंट फ्रिक्वेन्सीची रेझोनंट फ्रिक्वेन्सी खालील प्रमाणे दिली जाते,

$$F_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eq}}} \text{----- (IV)}$$

$$\text{Where, } C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

समांतर / प्यारलल रेझोनंट फ्रिक्वेन्सी F_p ही C च्या मूल्या (वॅल्यू) नुसार बदलू शकते
समांतर / प्यारलल रेझोनंट फ्रिक्वेन्सी F_p ही नेहमी सिरीज रेझोनंट फ्रिक्वेन्सी F_s पेक्षा नेहमीच जास्त असते.

4.8 क्रिस्टल ऑसिलेटर Crystal Oscillator:-



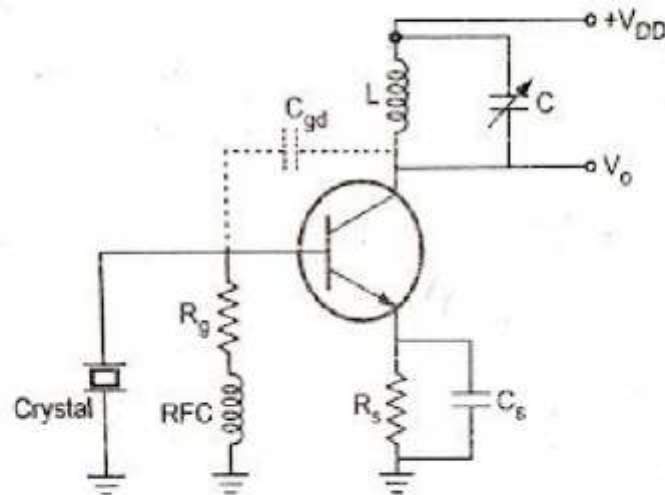
आकृती 4.15 क्रिस्टल ऑसिलेटर सर्किट

रेझिस्टर R1, R2 आणि RE हे बायसिंग घटक आहेत, कॅपेसिटर CE हे एमीटर बायपास कॅपेसिटर आहेत, Cc1 & Cc2 हे AC पास आणि DC ब्लॉक करत आहेत, RFC हे सर्किटमध्ये उच्च वारंवारता (Higher frequency) येऊ न देण्यासाठी वापरले जाते किंवा त्याउलट. क्रिस्टल सर्किट मध्ये

कार्यपद्धत (ऑपरेशन) :- क्रिस्टल हा टँक सर्किट मध्ये इंडक्टर (Inductor) म्हणून ऑपरेट करण्यासाठी वापरले जाते. जेव्हा विद्युत पुरवठा चालू असतो, तेव्हा टँक सर्किटला काही फ्रिक्वेन्सी लागू केली जाते. कॅपेसिटर C2 क्रिस्टलच्या एका प्लेटमधून चार्ज आणि डिस्चार्ज करते, जेव्हा हे व्होल्टेज एका क्रिस्टलवर लागू केले जाते, तेव्हा क्रिस्टलच्या गुणधर्मानुसार ते दोलन oscillation सुरू होईल. हे दोलन C1 वर लागू केले जातात. C1 वरील चार्ज हा ट्रान्झिस्टर Q च्या बेसवर इनपुट म्हणून फीडबॅक केला आहे. टँक सर्किट द्वारे ट्रान्झिस्टर CE अॅम्प्लिफायर 180° फेज शिफ्ट तयार करतो.

आरएफसी RFC एक रेडिओ फ्रिक्वेन्सी चोक (Choke) आहे जो डीसी पुरवठा सर्किटला जोडतो परंतु टँक सर्किट (फीडबॅक नेटवर्क) मध्ये उत्पन्न झालेल्या उच्च वारंवारता दोलनांपासून डीसी पुरवठा विलग करतो (high frequency block from oscillator).

4.8.1 मिलर क्रिस्टल ऑसीलेटर Miller crystal oscillator:



आकृती 4.16 मिलर क्रिस्टल ऑसीलेटर सर्किट

मिलर क्रिस्टल ऑसीलेटर हे हार्टली ऑसिलेटर चे सुधारित सर्किट आहे ज्याद्वारे टँक सर्किटमधील इंडक्टर्स हा क्रिस्टलने बदलला आहे. सिरीज रेझोनान्स फ्रिक्वेन्सीपेक्षा किंचित जास्त फ्रिक्वेन्सीसाठी क्रिस्टल इंडक्टर म्हणून कार्य करत असतो.

L आणि C चे ट्यून केलेले सर्किट इंडक्टर L1 प्रमाणे वागण्यासाठी ऑफ-ट्यून केलेले आहे. बेस आणि ग्राउंड दरम्यान क्रिस्टल आणखी एक इंडक्टन्स L2 म्हणून वागत असतो. ट्रान्झिस्टरची अंतर्गत कॅपेसिटन्स टँक सर्किटच्या एलिमेंट्स ची पूर्तता करण्यासाठी कॅपेसिटर म्हणून कार्य करते. क्रिस्टल हे ऑसिलेटरची ऑपरेटिंग फ्रिक्वेन्सी/वारंवारता ठरवते.

4.8.2 क्रिस्टल ऑसिलेटरचे फायदे:

1. खूप जास्त वारंवारता स्थिरता High frequency Stability.
2. तापमान आणि द्रवर पॅरामीटरमधील बदलामळे खूप कमी फ्रिक्वेन्सी वाढन drift केली जाते

3. दोलनांची (oscillations) जास्त, अचूक आणि स्थिर फ्रिक्वेन्सी प्राप्त करणे शक्य आहे.
4. क्वालिटी फॅक्टर Q (quality factor) खूप मोठा आहे.
5. ओव्हरटोन मोडमध्ये (overtone mode) क्रिस्टल ऑसिलेटर जास्त फ्रिक्वेन्सी प्राप्त करणे शक्य आहे.

4.8.3 क्रिस्टल ऑसिलेटरचे तोटे:

1. हे कमी फ्रिक्वेन्सी करिता योग्य नाही कारण कमी मूलभूत फ्रिक्वेन्सीचे low frequency क्रिस्टल्स सहज उपलब्ध नसतात.
2. IC तयार (IC fabrication) करण्यासाठी हे योग्य नसतात.

4.8.4 क्रिस्टल ऑसिलेटरचे उपयोग :

1. मायक्रोप्रोसेसरमध्ये क्रिस्टल क्लॉक म्हणून वापरतात. (ऑसिलेटर सर्किट)
2. फ्रिक्वेन्सी सिंथेसायझर्समध्ये.
3. रेडिओ आणि टीव्ही ट्रान्समीटरमध्ये. विशेष प्रकारच्या रिसीव्हर्समध्ये.
4. फेज लॉक लूपमध्ये.
5. सिग्नल जनरेटरमध्ये.

4.9 RC आणि Crystal oscillator यांची तुलना:-

अनु. क्र.	आरसी ऑसिलेटर (RC oscillator)	क्रिस्टल ऑसिलेटर (Crystal oscillator)
1.	दोलनांची फ्रिक्वेन्सी R आणि C च्या मूल्यांवर अवलंबून असते	दोलनांची फ्रिक्वेन्सी ही क्रिस्टलच्या परिमाणांच्या मूल्यांवर (Dimension value) अवलंबून असते.
2.	हा ऑसिलेटर कमी आणि मध्यम फ्रिक्वेन्सी तयार करण्यासाठी वापरले जातात	या ऑसिलेटरला उच्च फ्रिक्वेन्सी तयार करण्यासाठी प्राधान्य दिले जाते.
3.	आर सी फेज शिफ्ट आणि व्हेन ब्रिज ऑसिलेटर ही आरसी ऑसिलेटरची उदाहरणे आहेत.	मिलर क्रिस्टल ऑसिलेटर आणि पियर्स क्रिस्टल ऑसिलेटर ही उदाहरणे आहेत.
4.	खराब फ्रिक्वेन्सी स्थिरता(स्टबिलिटी) असते.	खूप उच्च फ्रिक्वेन्सी स्थिरता(स्टबिलिटी) असते.
5.	कमी आणि मध्यम फ्रिक्वेन्सी सिग्नल जनरेटर म्हणून वापरले जातात.	क्रिस्टल क्लॉक, फ्रिक्वेन्सी सिंथेसायझर, स्पेशल टाईप रिसीव्हर्स ही ॲप्लिकेशन्स आहेत.

4.10 स्वीप (टाइम बेस) निर्मिती:

टाइम बेस (निर्मिती) जनरेटर हा मुळातच एक एसी व्होल्टेज जनरेटर आहे, त्याला स्वीप जनरेटर असेही म्हणतात. याला रेखीय (Linear) टाइमबेस जनरेटर असेही म्हणतात, कारण त्याच्या आउटपुट व्होल्टेज वेव्हफॉर्मचा एक भाग त्याच्या वेळेनुसार रेखीय (Linear) बदलतो.

टाइम बेस जनरेटरसह दोन प्रकारचे असतात जसे की विद्युत दाब (व्होल्टेज) टाइम-बेस जनरेटर आणि विद्युत प्रवाह (करंट) टाइम-बेस जनरेटर.

4.10.1 टाइम बेस जनरेटरचे उपयोग: - विद्युत दाब टाइम-बेस जनरेटरचा सर्वात महत्वाचा उपयोग कॅथोड रे ऑसिलोस्कोप (CRO) मध्ये होतो. विद्युत प्रवाह टाइम-बेस जनरेटर टीव्हीमध्ये आणि रडारमध्ये ही वापरले जातात.

4.10.2 टाइम-बेस जनरेटरचे पॅरामीटर्स:

विद्युत दाब टाइम-बेस सर्किटचे कार्यप्रदर्शन विशिष्ट पॅरामीटर्सवर तपासले जाऊ शकते. या पॅरामीटर्सच्या आधारे, विविध विद्युत दाब (व्होल्टेज) टाइम-बेस सर्किट्सच्या कामगिरीची तुलना करणे शक्य आहे.

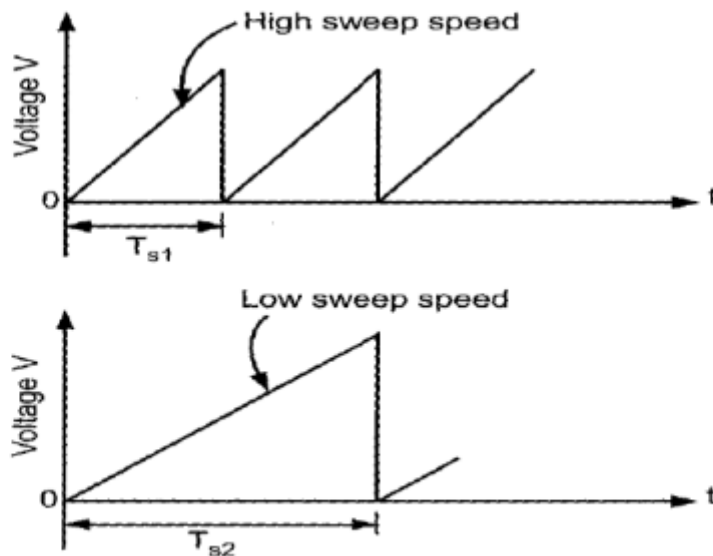
काही महत्वाचे कार्यप्रदर्शन / परफॉर्मेंस पॅरामीटर्स असे आहेत की:

- I. स्वीप गती (Sweep speed)
- II. रेखीयता (Linearity)
- III. स्वीप गती त्रुटी (Sweep speed error)
- IV. विस्थापन आणि प्रसारण त्रुटी. (Displacement and transmission error)

I. स्वीप गती:

स्वीप गतीची व्याख्या अशी केली जाते की 'वेळेच्या संदर्भात स्वीप विद्युत दाब (व्होल्टेजच्या) बदलाचा दर' (रेट ऑफ चेंज ऑफ स्वीप वोल्टेज) गणितीयदृष्ट्या, हे सूत्र (V) प्रमाणे व्यक्त केले जाते,

$$\text{स्वीप गती Sweep speed} = dV/dt \text{ ----- (V)}$$



II. रेखीयता (Linearity): -

ज्यावेळी विद्युत दाब (वोल्टेज) बदल प्रती युनिट टाइम बदल जर स्थिर राहील तर व्हेवफॉर्मला आपण रेखीय (लिनीयर) आहे असे म्हणतो. कॅपेसिटरसाठी सतत चार्जिंग विद्युत प्रवाह (करंट) वापरून विद्युत दाब (व्होल्टेज) स्वीप व्हेवफॉर्मची रेखीयता (Linearity) सुधारली जाऊ शकते.

III. स्वीप गती त्रुटी (sweep speed error) - e_s :-

स्वीप गतीची व्याख्या ही रेट ऑफ चेंज ऑफ स्वीप वोल्टेज विथ रेस्पेक्ट टु टाइम अशी आहे.

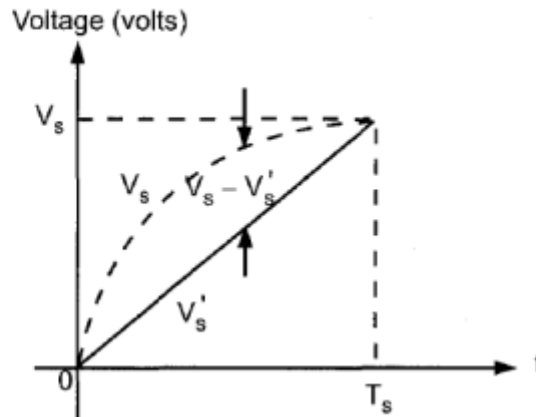
तद्वतच (आयडली), पूर्ण स्वीपच्या वेळेमध्ये स्लोप किंवा स्वीप वेग (स्पीड) हे स्थिर (constant) असावा. पण प्रत्यक्ष व्यवहारात तसे होत नाही. स्वीपची गती सुरुवातीला आणि स्वीप वेळेच्या शेवटी बदललेली असते.

स्वीप स्पीडमुळे रेषेतील विचलनाची व्याख्या सूत्र (VI) मध्ये केली आहे, (deviation in linearity)

$$e_s = \frac{\text{Difference in slope at beginning and end of sweep}}{\text{Initial value of slope}} \quad \text{----- (VI)}$$

IV. विस्थापन त्रुटी (संपादन) The displacement error (e_d):

CRO व्यतिरिक्त काही ॲप्लिकेशनमध्ये, रेखीयता / linearity वेगवेगळ्या प्रकारे परिभाषित केली जाते.



आकृती 4.18 विस्थापन त्रुटी

विस्थापन त्रुटी (displacement error) सूत्र (VII) मध्ये परिभाषित केली आहे,

$$e_d = \frac{(V_s - V_s')}{V_s} \quad \text{----- (VII)}$$

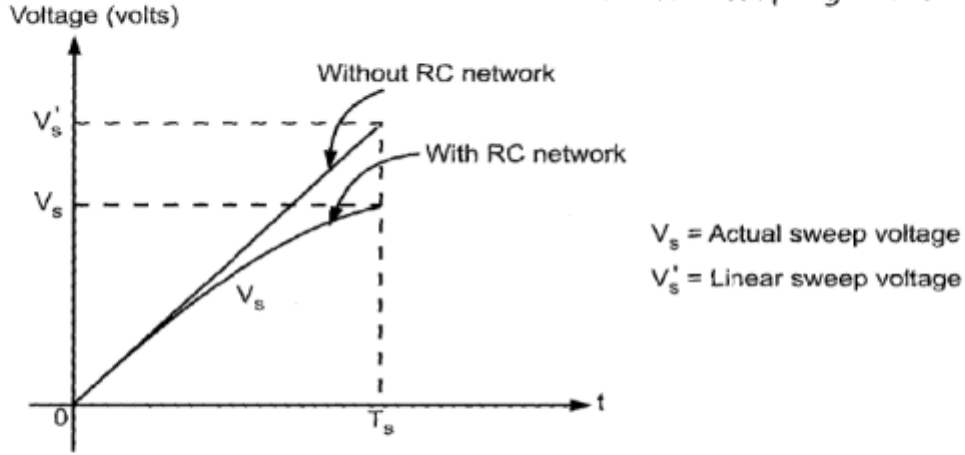
Where,

V_s – Instantaneous value of actual sweep voltage

V_s' – Instantaneous value of linear sweep voltage

V. प्रसारण त्रुटी transmission error (et):

प्रसारण त्रुटी (ट्रान्समिशन एरर) कपलिंग नेटवर्कचा प्रभाव विचारात घेते.



आकृती 4.19 प्रसारण त्रुटी

उच्च पास आरसी नेटवर्कद्वारे (high pass RC network) साँदूथ विद्युत दाब (वोल्टेज) प्रसारित केले असल्यास, आकृती 4.19 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे वेळेच्या उच्च मूल्यांवर त्याचे आउटपुट आहे.

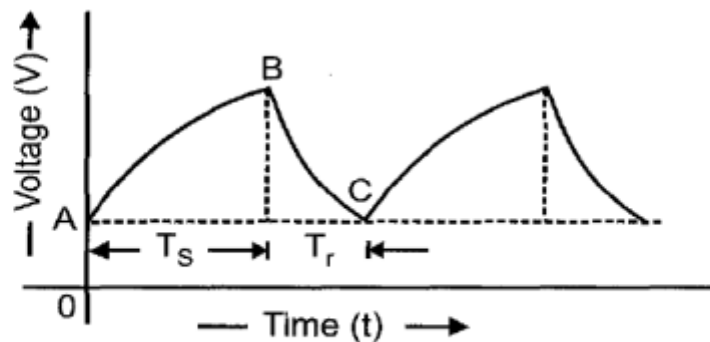
प्रसारण त्रुटी (ट्रान्समिशन एरर) ही इनपुट आणि आउटपुटमधील फरक इनपुटद्वारे विभाजित केली जाते. म्हणून, प्रसारण त्रुटी द्वारे ही खालील प्रमाणे दिली जाते,

$$e_t \approx \frac{V_s - V'_s}{V_s} \quad \text{----- (VIII)}$$

4.10.3 टाइम-बेस सिग्नलची सामान्य वैशिष्ट्ये:

ठराविक टाइम बेस सिग्नल आकृती 4.20 मध्ये दर्शविला आहे. त्याची सामान्य वैशिष्ट्ये अशी आहेत.

1. व्होल्टेजला त्याच्या सुरुवातीच्या मूल्यापासून त्याच्या कमाल मूल्यापर्यंत पोहोचण्यासाठी लागणारा वेळ स्वीप टाइम म्हणून ओळखला जातो आणि T_s या चिन्हाद्वारे नियुक्त केला जातो.



आकृती 4.20 साँदूथ तरंग (वेव्हफॉर्म)

२. त्याचप्रमाणे, व्होल्टेजला त्याच्या प्रारंभिक मूल्यापर्यंत पोहोचण्यासाठी लागणारा वेळ म्हणजे पुनर्संचयित वेळ **restoration time** असे म्हणतात आणि त्याचे चिन्ह T_r द्वारे नियुक्त केले आहे. **पुनर्संचयित वेळ** restoration time हा रिटर्न टाइम किंवा फ्लायबॅक वेळ / flyback टाइम म्हणून देखील ओळखला जातो.

३. तरंगामध्ये (वेव्हफॉर्ममध्ये) पुनर्संचयित करण्याची वेळ स्वीप वेळेपेक्षा कमी असावी म्हणजेच

$$T_r < T_s$$

४. सॉटूथ वेव्हफॉर्ममध्ये पुनर्संचयित वेळ restoration time = 0

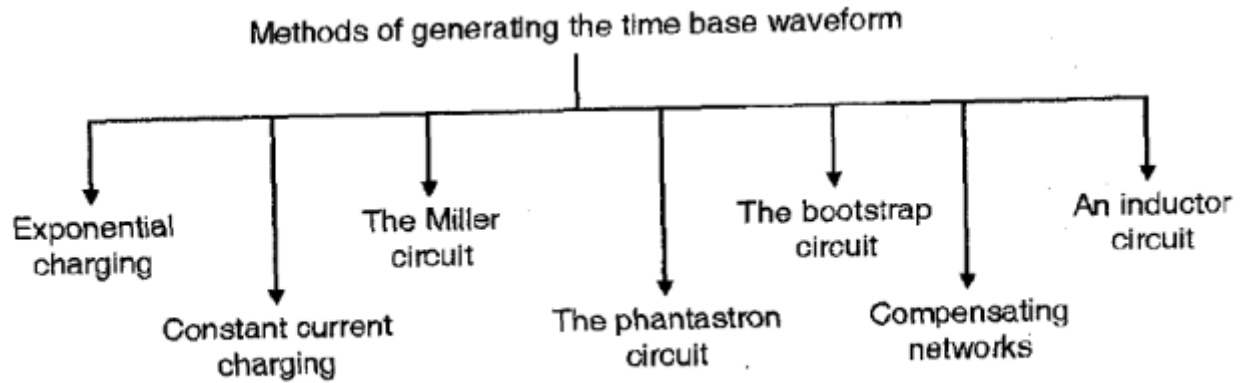
4.10.4 व्होल्टेज टाइम-बेस वेव्हफॉर्मस निर्माण करण्याच्या पद्धती:

METHODS OF GENERATING VOLTAGE TIME-BASE WAVEFORMS

खाली दिलेल्या काही महत्वाच्या पद्धती आहेत:

- I. घातांकीय चार्जिंग Exponential Charging:
- II. स्थिर विद्युत प्रवाह चार्जिंग. Constant current charging.
- III. मिलर इंटीग्रेटर Miller integrator आणि
- IV. बूटस्ट्रॅप सर्किट Bootstrap circuit.

स्वीप रेषीयता sweep linearity प्राप्त करण्याच्या पद्धतीनुसार टाइम बेस जनरेटिंग सर्किट्सचे वर्गीकरण केले जाऊ शकते:



आकृती 4.21 टाइम-बेस तरंग (वेव्हफॉर्म) निर्माण करण्याच्या पद्धती

I. घातांकीय चार्जिंग Exponential Charging:

या पद्धतीमध्ये कॅपॅसिटरला घातांकीय (एक्सपोनेन्शियल) चार्ज केले जाते.

स्थिर विद्युत प्रवाह चार्जिंग Constant Current Charging:

येथे कॅपॅसिटर चार्ज करण्यासाठी स्थिर विद्युत प्रवाह स्रोत (current source) वापरला जातो. चार्जिंग विद्युत प्रवाहचे मूल्य समायोजित करून चार्जिंग दर समायोजित adjust केला जाऊ शकतो.

स्वीप व्होल्टेजचा उतार चार्जिंग विद्युत प्रवाहच्या विशालतेवर (magnitude) अवलंबून असतो. चार्जिंग विद्युत प्रवाह (current) वाढल्याने उतार वाढतो (slope increases).

II. मिलर सर्किट Miller Circuit:

हे सर्किट ऑपरेशनल इंटिग्रेटर म्हणून वापरले जाते जे स्टेप विद्युत दाबाला (व्होल्टेजला) रॅम्प विद्युत दाबामध्ये रूपांतरित करते.

मिलर सर्किट मध्ये इंटिग्रेटर घटकांची मूल्ये (integrator components रेझिस्टर आणि कॅपेसिटर) आणि स्टेप अॅम्प्लीट्यूड रॅम्प विद्युत दाबाचा उतार (slope) चार्जिंगचा दर ठरवतील.

III. फॅन्टास्ट्रॉन सर्किट Phantatron Circuit:

हे सर्किट मिलर सर्किटची दुसरी आवृत्ती आहे. फॅन्स्ट्रॉन सर्किट पल्स इनपुट रॅम्प विद्युत दाबाला बदलू शकते.

IV. बूटस्ट्रॅप सर्किट Bootstrap Circuit:

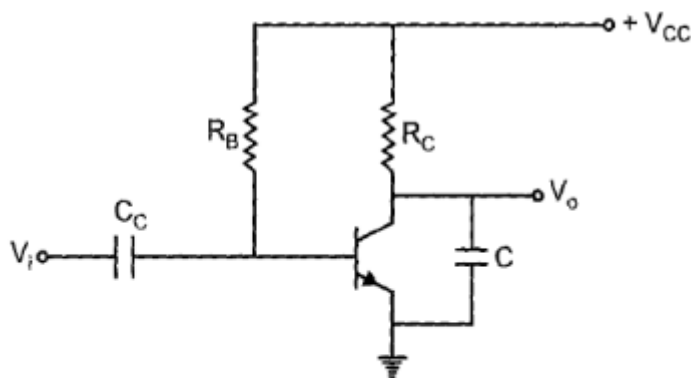
कॅपेसिटरसाठी स्थिर चार्जिंग विद्युत प्रवाह constant charging current कॅपेसिटरसह मालिकेत स्थिर रेझिस्टरमध्ये स्थिर विद्युत दाब राखून प्राप्त केले जाते. या विशेष सर्किटला बूटस्ट्रॅप सर्किट असे म्हणतात.

4.11 ट्रान्झिस्टर स्वीप सर्किट Transistorized Sweep circuit: -

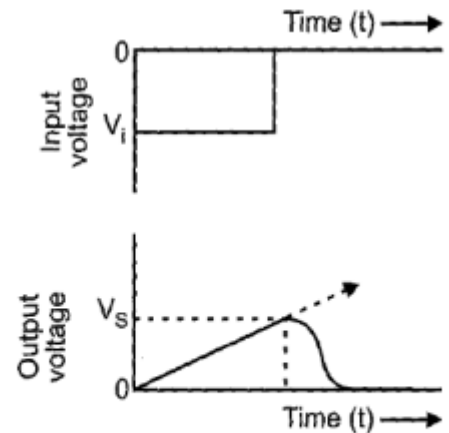
आपण लक्षात घेतले आहे की घातांकीय स्वीप सर्किटमध्ये, exponential sweep circuit, इलेक्ट्रॉनिक बटणाची (स्विचची) आवश्यकता असते. (बटण) स्विच 'S' म्हणून काम करू शकणारे उपकरणांपैकी एक म्हणजे बायपोलर जंक्शन ट्रान्झिस्टर (BJT).

आकृती 4.22 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे ट्रान्झिस्टर हा बटन (स्विच) म्हणून स्वीप सर्किटमध्ये दाखवला आहे. सर्किटला इनपुट स्क्वेअर वेव्हफॉर्म V_i देणे आवश्यक आहे. उदा. जर अस्टेबल मल्टीव्हायब्रेटरमधून स्क्वेअर वेव्ह मिळवले असेल, तर तयार होणाऱ्या स्वीपला फ्री रनिंग स्वीप असे म्हणतात आणि सर्किटला फ्री रनिंग व्होल्टेज टाइम-बेस जनरेटर असेही म्हणतात.

वरील चर्चेवरून हे स्पष्ट होते की स्वीप किंवा आउटपुट व्होल्टेज (V_s) हा दिलेल्या सप्लाय व्होल्टेजचा (V_{cc}) एक छोटासा अंश असणे आवश्यक आहे. विशिष्ट स्वीप व्होल्टेज पातळी आवश्यक असल्यास हे एक इष्ट वैशिष्ट्य desirable features नाही. ही कमतरता मिलर स्वीप आणि बूटस्ट्रॅप स्वीप सर्किट्सद्वारे टाळली जाऊ शकते.



(a) Transistor switch sweep circuit



(b) Input and Output voltage

आकृती 4.22 ट्रान्झिस्टर हा बटन म्हणून वापरले जाणारे स्वीप सर्किट

हे लक्षात येईल की ट्रान्झिस्टरचा बटण (स्विच) फक्त गेटिंग वेळेसाठी (Ts) 'बंद' आहे. या वेळेच्या शेवटी, कॅपेसिटर डिस्चार्ज होते आणि व्होल्टेज पुन्हा शून्य होते. ट्रान्झिस्टर स्विच वापरून नकारात्मक (Negative)-जाणारे स्वीप तयार करणे शक्य आहे.

4.11.1 मिलर स्वीप जनरेटरचे उपयोग Applications:

1. ज्या ठिकाणी रेखीय आउटपुट Linear output अपेक्षित आहे तिथे उपयोग केला जातो.
2. दूरदर्शन (टीव्ही)
3. CRO
4. स्टेप वेव्हफॉर्मला रॅम्प वेव्हफॉर्ममध्ये रूपांतरित करणे.

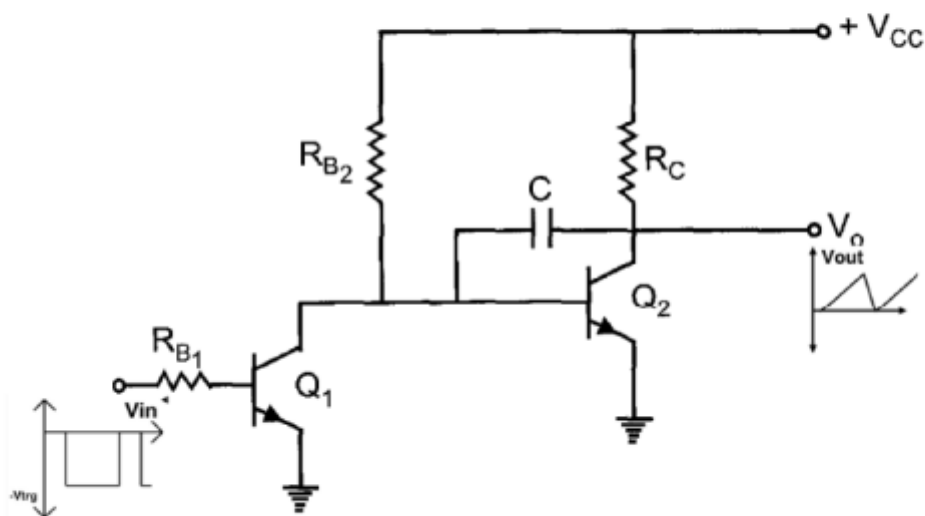
4.12 मिलर स्वीप सर्किट 'किंवा' निर्मिती Miller Sweep Circuit 'or' Generators

मिलर सर्किटला मिलर इंटिग्रेटर या नावाने देखील ओळखले जाते. आकृती 4.23(अ) मध्ये मिलर स्वीप सर्किट किंवा मिलर इंटिग्रेटरचे सर्किट दाखवले आहे.

ट्रान्झिस्टर Q1 हा एक स्विच (बटण) म्हणून काम करतो आणि ट्रान्झिस्टर Q2 एक हाय गेन ॲम्प्लिफायर (High gain CE amplifier) आहे. सुरुवातीला, ट्रान्झिस्टर Q1 चालू आहे आणि Q2 हा बंद आहे. त्यानंतर, कॅपेसिटरमधील विद्युत दाब (व्होल्टेज) आणि आउटपुट विद्युत दाब (व्होल्टेज) हे Vcc च्या बरोबरीने आहे.

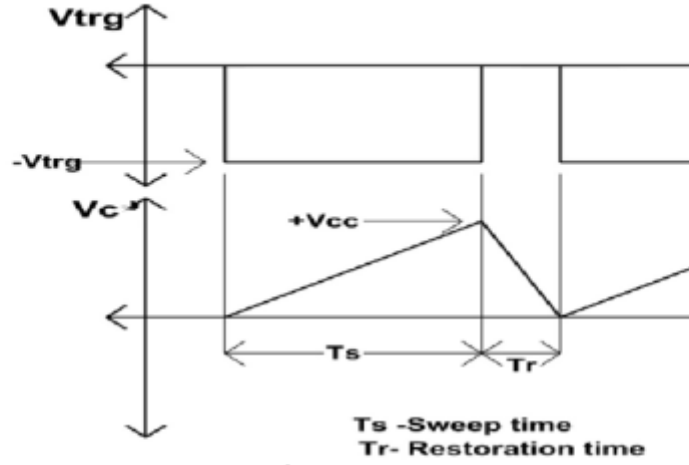
कॅपेसिटर C हे ट्रान्झिस्टर Q2 च्या बेसशी base जोडलेले असल्याने, आउटपुट व्होल्टेज कमी होण्याचा दर (rate) कॅपेसिटर C च्या डिस्चार्जच्या दराने (rate) नियंत्रित केला जातो. या प्रकरणात, टाइम कॉन्स्टन्ट ऑफ डिस्चार्ज खालील संबंधानुसार दिली जाते,

$$\tau = R_B C \quad \text{----- (IX)}$$



Miller sweep circuit

आकृती 4.23 अ ट्रान्झिस्टर हा स्विच वापरून मिलर स्वीप सर्किट



आकृती 4.23 ब मिलर स्वीप सर्किटचे इनपुट व आउटपुट विद्युत दाबाचे तरंग

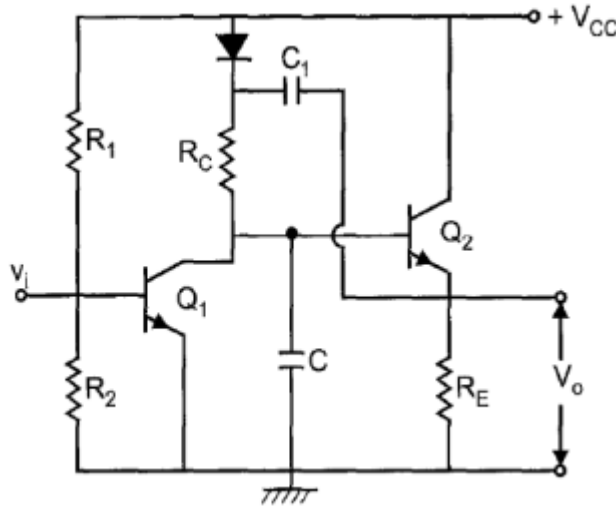
स्थिर वेळेची मूल्ये (Time constant value) खूप मोठी असल्याने, डिस्चार्ज करंट स्थिर/ कॉन्स्टन असेल. (High input) उच्च इनपुट positive (+ve) पल्स इनपुटवर लागू केल्यास, ट्रान्झिस्टर Q1 चालू होतो तर Q2 बंद होतो. ट्रान्झिस्टर Q2 बंद होताना, रेझिस्टर Rc ते Vcc द्वारे कॅपेसिटर C त्वरीत चार्ज होतो आणि त्याची स्थिर वेळ t ही Ts बरोबर असते. हे आउटपुटवर स्वीप वेव्ह 'किंवा' आउटपुट व्होल्टेज Vo निर्माण करते आणि जेव्हा Negative (-ve) गोडिंग व्होल्टेज लागू केले जाते तेव्हा ते ट्रान्झिस्टर Q1 बंद करते आणि Q2 चालू करते, या परिस्थितीमुळे कॅपेसिटर C डिस्चार्ज होतो आणि आम्हाला रिस्टोरेशन टाइम Tr मिळते.

मिलर स्वीप (Rc) मधील प्रतिकार (रेझिस्टन्स) डायोडने बदलला आहे. डायोड फॉरवर्ड रेझिस्टन्स Rf कॅपेसिटरला Vcc वरून त्वरीत चार्ज होण्यास मदत करते. यामुळे, उत्पन्न केलेल्या स्वीपचा फ्लायबॅक वेळ Tr कमी होतो. अशा प्रकारे, मिलर स्वीप सर्किट इतर स्वीप सर्किट्सच्या तुलनेत उत्कृष्ट स्वीप लिणीयरीती / रेखीयता देते.

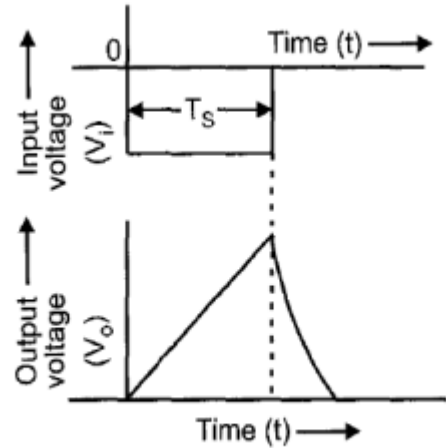
4.13 बूटस्ट्रॉप स्वीप सर्किट: Bootstrap Sweep circuit

बूटस्ट्रॉप स्वीप सर्किट आकृती 4.24 मध्ये दर्शविली आहे. यामध्ये, ट्रान्झिस्टर Q_1 एक स्विच म्हणून आणि Q_2 एक एमिटर फॉलोअर/ emitter follower किंवा युनिटी गेन अॅम्प्लिफायर म्हणून काम करतात.

कार्यपद्धत:-



(a) Bootstrap sweep circuit



(b) Associated waveforms

आकृती 4.24 बूटस्ट्रॉप स्वीप सर्किट

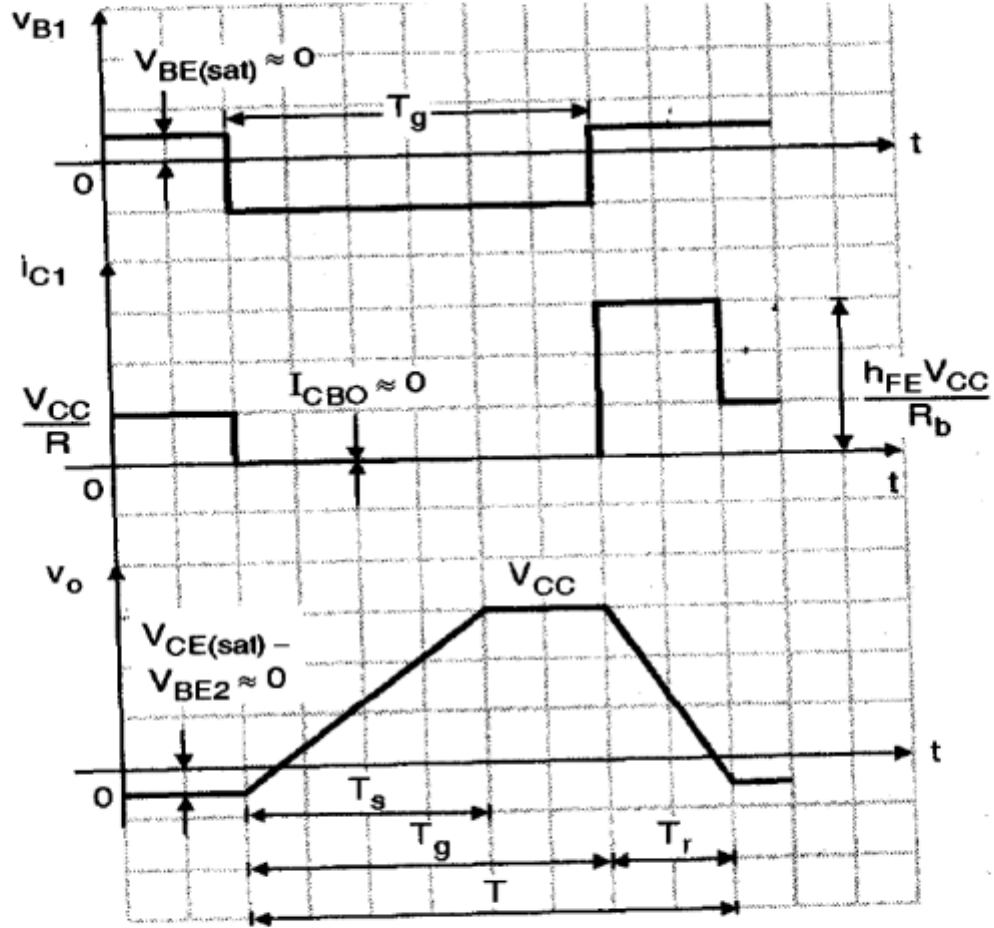
सुरुवात करण्यासाठी, ट्रान्झिस्टर Q_1 चालू आहे तर Q_2 बंद आहे. म्हणून, कॅपेसिटर C_1 डायोड D फॉरवर्ड रेझिस्टन्स R_E द्वारे V_{CC} वर चार्ज केला जातो. कॅपेसिटर C_1 मोठ्या मूल्याचा large value चा आहे. जेव्हा हे कॅपेसिटर कमाल मूल्यापर्यंत चार्ज होते, तेव्हा ते सर्किटमधील बॅटरीसारखे कार्य करेल. यावेळी, आउटपुट व्होल्टेज V_o शून्य आहे.

जेव्हा ट्रान्झिस्टर Q_1 च्या बेसवर निगेटिव्ह पल्स लागू केली जाते, तेव्हा ट्रान्झिस्टर बंद केला जातो. ट्रान्झिस्टर Q_2 एक एमिटर फॉलोअर (emitter follower) असल्याने, आउटपुट व्होल्टेज V_o हे Q_2 च्या बेस व्होल्टेजसारखेच आहे. अशा प्रकारे, Q_1 बंद केल्यामुळे, एक कॅपेसिटर C_1 दुसरा कॅपेसिटर C ला रेझिस्टर R_C द्वारे चार्ज करण्यास सुरुवात करतो. यामुळे, Q_2 चे बेस व्होल्टेज आणि आउटपुट व्होल्टेज शून्याच्या वर वाढू लागतात. हे आउटपुट व्होल्टेज वाढल्याने, डायोड D उलट पक्षपाती reverse biased होतो. याचे कारण असे की आउटपुट व्होल्टेज कॅपेसिटर C_1 ते डायोडपर्यंत जोडलेले असते.

कॅपेसिटर C_1 ची व्हअलू कॅपेसिटर C पेक्षा बरीच मोठी असल्याने, कॅपेसिटर C_1 मधील व्होल्टेज अक्षरशः स्थिर constant राहते. म्हणून, रेझिस्टर आरसीवरील व्होल्टेज ड्रॉप देखील स्थिर constant राहते.

हे पाहता, R_C द्वारे वर्तमान iR देखील स्थिर आहे. याचा अर्थ असा की कॅपेसिटर C स्थिर विद्युत् प्रवाहाने चार्ज (constant current charging) केला जातो. हे लक्षात घेता, कॅपेसिटर C

जाते. यावरून, हे स्पष्ट होते की सर्किट स्वतःच्या बूटस्ट्रॉपने स्वतःला वर खेचते. यामुळेच सर्किटला बूटस्ट्रॉप स्वीप सर्किट म्हणून ओळखले जाते. जेव्हा ट्रान्झिस्टर Q1 च्या इनपुटमधून निगेटिव्ह पल्स काढली जाते, तेव्हा C Q1 द्वारे वेगाने डिस्चार्ज होतो आणि आउटपुट व्होल्टेज शून्यावर परत येतो. आता, कॅपेसिटर C1 पुन्हा डायोड D द्वारे V_{CC} व्होल्टेजवर चार्ज होतो.



आकृती 4.25 बूटस्ट्रॉप स्वीप सर्किटची व्हेवफॉर्म

4.14 मिलर स्वीप आणि बूटस्ट्रॉप सर्किट यांची तुलना:

अनु. क्र.	पॅरामीटर्स	मिलर स्वीप (Miller sweep)	बूटस्ट्रॉप सर्किट (Bootstrap Sweep circuit)
१.	स्वीप व्होल्टेजची ध्रुवीयता Polarity of sweep voltage	नकारात्मक (Negative)	सकारात्मक (Positive)
२.	वापरलेले ॲम्प्लीफायरचे प्रकार	इनव्हर्टिंग Inverting	नॉन-इनव्हर्टिंग Non-Inverting
३.	वापरलेल्या ॲम्प्लीफायरचा ओपन सर्किट गेन	$A_v = -$	$A_v = +1$

४.	स्वीप व्होल्टेजची रेखीयता	बूटस्ट्रॅप सर्किटपेक्षा चांगली	मिलर सर्किटपेक्षा खराब
५.	स्वीप स्पीड	स्वीप स्पीड= V/RC	स्वीप स्पीड= V/RC
६.	इफेक्ट ऑफ गेन ऑन लिनिअरिटी Effect of load on linearity	येथे नगण्य आहे. त्यामुळे एमिटर फॉलोअर वापरण्याची गरज नाही.	लोडिंगमुळे रेखीयतेवर परिणाम होतो. म्हणून बूटस्ट्रॅप आणि लोड दरम्यान एमिटर फॉलोअर आवश्यक आहे.
७.	इफेक्ट ऑफ गेन ऑन लिनिअरिटी	गेन कमी झाल्यामुळे उतार त्रुटी slope error लक्षणीयरित्या वाढत नाही. याचा अर्थ लिनिअरिटी/रेखीयतेवर गंभीरपणे परिणाम होत नाही.	गेन कमी झाल्यामुळे उतार त्रुटी slope error लक्षणीय वाढते. त्यामुळे लाभातील बदलामुळे रेखीयतेवर गंभीर परिणाम होतो.
८.	स्वीप कॅपेसिटर कॉन्स्टंट करंटसाठी चार्जिंगचा प्रकार	स्थिर विद्युत प्रवाह चार्ज	स्थिर विद्युत प्रवाह चार्ज
९.	ऑपरेटिंग तत्त्व	एक विद्युत दाब (व्होल्टेज) स्रोत "V" असे केले जाते की V_s नेहमी तात्काळिक कॅपेसिटर व्होल्टेज V_c च्या समान असतो	

4.15 करंट टाईम बेस जनरेटर: Current Time Base Generator

करंट टाईम बेस जनरेटर (विद्युत प्रवाह वेळ आधारित निर्मिती) ही रेझिस्टरच्या ऐवजी इंडक्टरमधून प्रवाहित होण्यासाठी एक रेखीय वेळ बदलण्याची (linearly time varying) पद्धत आहे.

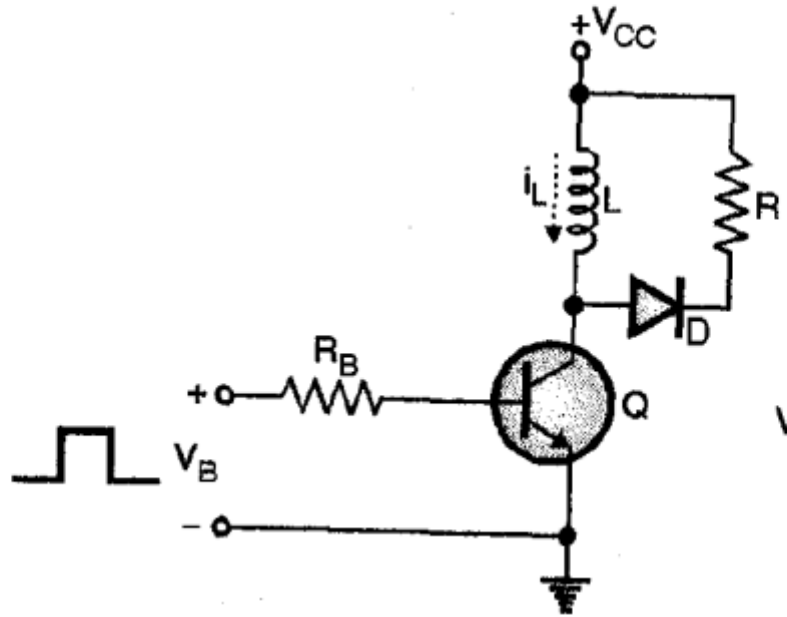
या सर्किटमध्ये वापरलेला इंडक्टर हा सामान्यतः चुंबकीय क्षेत्र तयार करण्यासाठी वापरला जाणारी कॉइल असते जो कॅथोड रे ट्यूब (CRT) किंवा टीव्ही, रडार इत्यादीमध्ये इलेक्ट्रॉन बीमच्या विक्षेपणासाठी (deflection) वापरला जातो.

4.15.1 विद्युत प्रवाह वेळ आधारित निर्मिती (सिम्पल करंट टाईम बेस जनरेटर):

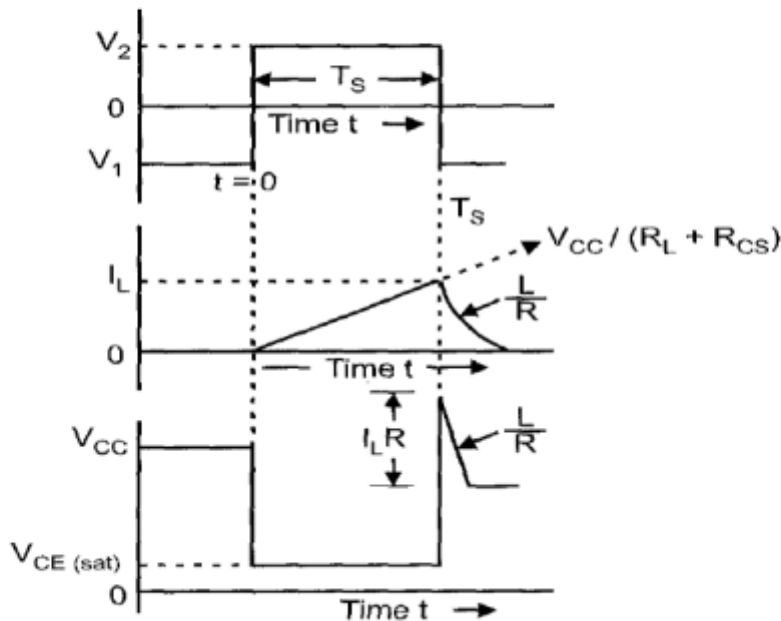
बांधणी आणि कार्यपद्धत Construction and Operation:

आकृती 4.26(अ) मध्ये सिम्पल सर्किट (एक साधे सर्किट) करंट टाईम-बेस जनरेटर म्हणून कार्य करणारे दाखवते. यामध्ये, इंडक्टर L , ट्रान्झिस्टरसह मालिकेत V_{cc} विद्युत दाबावर जोडलेले आहे. या सर्किटमध्ये ट्रान्झिस्टर एक (स्विच) बटण म्हणून काम करतो. बेसवरील गेटिंग वेव्हफॉर्म

आणि ते दोन स्तरांमध्ये चालते V1 खालची पातळी ट्रान्झिस्टरला cut-off कट-ऑफमध्ये ठेवते तर वरची पातळी V2 ट्रान्झिस्टरला saturation सचूरेशनमध्ये आणते. डायोड D हा फ्रीव्हीलिंग डायोड (freewheeling diode) आहे, जो प्रेरक भारामुळे (इंडक्टिव्ह लोड) निर्माण होणाऱ्या हाय निगेटिव्ह स्पाइक्स व्होल्टेजपासून ट्रान्झिस्टरचे संरक्षण करण्यासाठी वापरला जातो. रेझिस्टर R_B अशा प्रकारे निवडला जातो की चालू केल्यावर ट्रान्झिस्टरला संतृप्तिमध्ये (सचूरेशनमध्ये) वापरला जातो.



आकृती 4.26अ कर्ंट टाईम बेस जनरेटर सर्किट

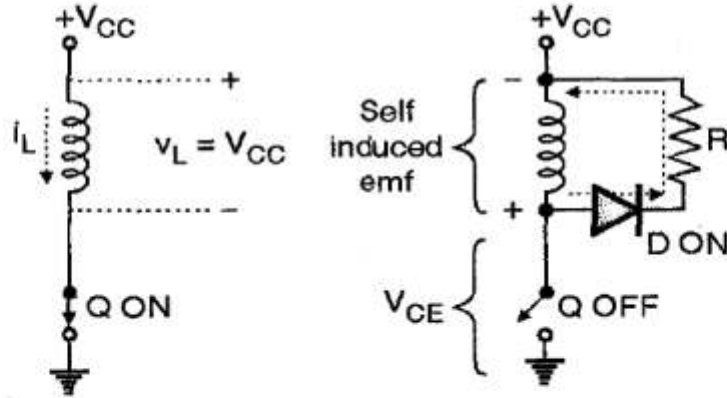


आकृती 4.26 ब कर्ंट टाईम बेस जनरेटर सर्किटची इनपुट -आउटपुट तरंग

कार्यपद्धत (ऑपरेशन):-

0 ते t दरम्यानची कार्यपद्धत: -

t = 0 वर, इनपुट व्होल्टेज VB सकारात्मक (पॉझिटिव्ह) होते आणि ट्रान्झिस्टरला saturation मध्ये (संपृक्ततेमध्ये) चालवते (चालू करते). ट्रान्झिस्टर बंद स्विच म्हणून काम करण्यास सुरवात करतो. या मध्यांतरासाठी (interval मध्ये) समतुल्य सर्किट आकृती 4.27(अ) मध्ये दाखवले आहे. त्यामुळे ट्रान्झिस्टरमध्ये व्होल्टेज $V_{CE} = V_{CE(sat)}$ आहे.



(अ) Equivalent circuit for interval (0 to T)

(ब) Equivalent circuit for t > T

आकृती 4.27 समतुल्य (equivalent) सर्किट/ वेगवेगळ्या टाइमचे (अ. 0 to T आणि ब. t > T)

आता व्होल्टेज Vcc कॉइलवर लागू केले जाते, या कॉइलमधून प्रारंभिक प्रवाह शून्य आहे असे गृहीत धरले जाते. त्यामुळे स्थिर व्होल्टेज Vcc लागू केल्यामुळे इंडक्टर करंट i_L वेळोवेळी रेषीयपणे (Linear) वाढू लागतो.

आता t = T वर, i_L हा त्याच्या जास्तीत जास्त संभाव्य मूल्यापर्यंत पोहोचते म्हणजे i_L आणि इनपुट व्होल्टेज VB नकारात्मक होते आणि ट्रान्झिस्टर बंद होते. मध्यांतर 0 ते T दरम्यान, इंडक्टर ऊर्जा साठवतो. फ्रीव्हीलिंग डायोड D बंद आहे.

t > T दरम्यानची कार्यपद्धत (t > T):

t = T वेळी, ट्रान्झिस्टर Q बंद केला जातो आणि तो ओपन स्विचच्या समतुल्य (Equivalent) होतो आणि इंडक्टर करंट (विद्युत प्रवाह) मध्ये अचानक व्यत्यय येतो. इंडक्टर स्व-प्रेरित सेल्फ इंड्यूसड ईएमएफ self-induced emf प्रेरित करून करंटमधील या बदलाला विरोध करतो. स्व-प्रेरित ईएमएफची ध्रुवीयता आकृती 4.27(ब) मध्ये समतुल्य equivalent सर्किट म्हणून दर्शविली आहे.

हे सर्व व्होल्टेज बायस डायोड D फॉरवर्ड बायस करेल आणि i_L आकृती 4.27(ब) मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे R आणि D मधून प्रवाहित होईल. इंडक्टरमध्ये साठवलेली ऊर्जा क्षय (decay) होईल आणि i_L देखील कालांतराने वेगाने कमी होईल (decrease exponentially with time).

अशा प्रकारे एक करंट रॅम्पची (current ramp) निर्मिती होतो.

स्व: अध्ययन (Self-Learning) :

1. ऑसिलेटरची व्याख्या लिहा.
2. ऑसिलेटरमध्ये सकारात्मक अभिप्रायाची Positive feedback आवश्यकता सांगा.
3. ब्रॉल्क डायग्रामसह ऑसिलेटरची कार्यपद्धत लिहा.
4. अॅम्प्लीफायर आणि ऑसिलेटरची तुलना करा.
5. ऑसिलेटरमध्ये कोणत्या प्रकारचा फीडबॅक वापरला जातो? दोलनांच्या वारंवारतेचे सूत्र सांगा.
6. बर्कहौसेन निकष Barkhausen Criteria काय आहे आणि त्याची गरज ऑसिलेटरमध्ये का आहे ते लिहा.
7. ऑसिलेटरचे प्रकार कोणते ते सांगा.
8. आरसी फेज शिफ्ट ऑसिलेटरचे कार्य सर्किट डायग्रामसह स्पष्ट करा.
8. जर $R_1=R_2=R_3=2K\Omega$ आणि $C_1=C_2=C_3=0.1\mu f$ असल्यास RC फेज ऑसिलेटरची आउटपुटची वारंवारता मोजा.
9. आरसी फेज शिफ्ट ऑसिलेटर डिझाइन असा करा की त्याची निर्माण करण्यासाठीची वारंवारता (frequency) 500 kHz असेल. दिलेली योग्य मूल्ये गृहीत धरा की $R_1=R_2=R_3=R=10k\Omega$ आणि $C_1 = C_2 = C_3 = C$. तुमच्या उत्तराचे समर्थन ही करा.
10. फेज शिफ्ट ऑसिलेटरचे कार्य आकृतीसह स्पष्ट करा. तसेच फेज शिफ्ट ऑसिलेटरमध्ये $R = 220 k\Omega$ आणि $C = 500 pf$ आहे. ऑसिलेटरद्वारे निर्मिती केलेल्या साइन वेव्हची वारंवारता (फ्रिक्वेन्सी) निर्धारित करा.
11. क्रिस्टल ऑसिलेटरच्या कार्याच्या तत्वाचे वर्णन करा.
12. मायक्रोकंट्रोलरमध्ये आरसी फेज शिफ्ट ऑसिलेटरपेक्षा क्रिस्टल ऑसिलेटरला का प्राधान्य दिले जाते हे सिद्ध करा.
13. RC फेज शिफ्ट ऑसिलेटर आणि क्रिस्टल ऑसिलेटर यांच्यात तुलना करा.
14. परिभाषित करा: - (i) स्वीप वेळ (ii) रिट्रेस वेळ
15. CRT डिस्प्लेमध्ये टाइम बेस जनरेटरच्या वापराचे समर्थन करा.
16. मिलर स्वीप जनरेटरची सुबक नावासाहित आकृती काढा आणि त्याचे दोन ऍप्लिकेशन्सचा उल्लेख करा.
17. व्यवस्थित इनपुट आउटपुटसह मिलर स्वीप जनरेटर सर्किटचे वर्णन करा.
18. मिलर स्वीप जनरेटरचे सर्किट डायग्राम स्केच करा आणि त्याच्या कार्याचे वर्णन करा.
19. बूटस्ट्रॅप स्वीप जनरेटरची आकृती काढा. मिलर इंटिग्रेटर आणि बूटस्ट्रॅप स्वीप जनरेटर ची तुलना अशी करा की च्या संदर्भात तंत्र वापरले आहे.
20. निर्दिष्ट (Specific) सॉटूथ वेव्हफॉर्म प्राप्त करण्यासाठी विद्युत प्रवाह टाइम बेस जनरेटरची आवश्यकता एका उदाहरणासह समायोजित करा.

मायक्रो प्रोजेक्ट्स:-

1. ट्रान्झिस्टर वापरून दरवाजाची बेल तयार करा.
2. एक कोणत्याही प्रकारची तांबे निर्मिती (वेव्हफॉर्म जनरेटर) वापरण्याची सर्किट तयार करा

युनिट - 5

आय सी विद्युत दाब नियामक आणि एस एम पी एस (स्विच मोड पॉवर सप्लाय) (IC Voltage Regulator and SMPS)

विषय निष्पत्ती (Course Outcome):

आय सी विद्युत दाब नियामक आणि एस एम पी एस स्विच मोड पॉवर सप्लायची देखभाल करणे.
(Maintenance of Integrated Circuit Voltage Regulator and SMPS).

घटक निष्पत्ती (Unit Outcome):

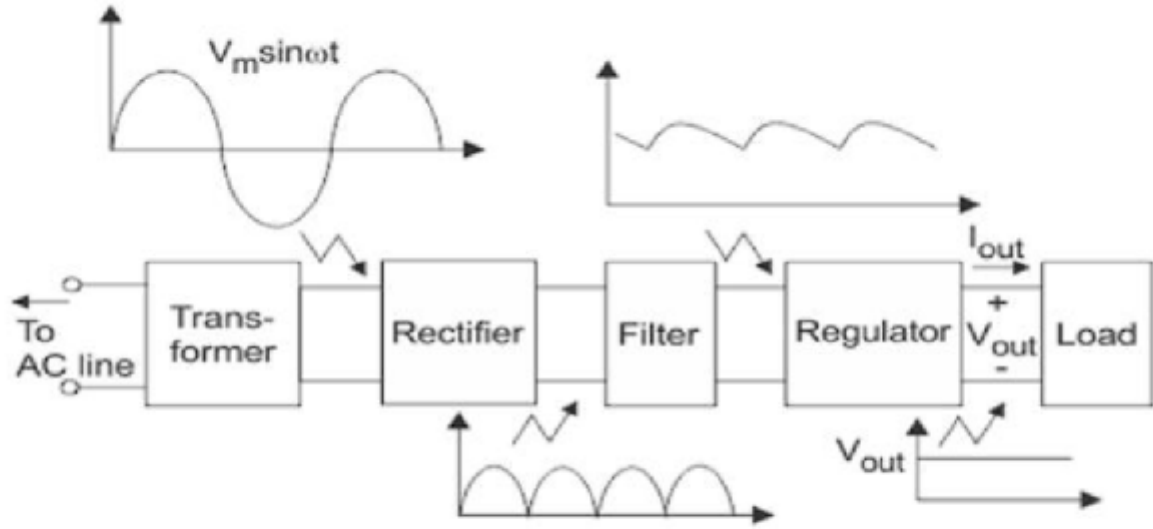
- 5.a दिलेल्या प्रकारच्या आय सी विद्युत दाब नियामकाचे कार्य सिद्धांत आकृतीसह स्पष्ट करणे.
- 5.b दिलेल्या प्रकारच्या विद्युत दाब नियामकांची कार्य पद्धती नुसार तुलना करणे.
- 5.c दिलेल्या आउटपुट विद्युत दाब मिळवण्याकरिता विद्युत दाब नियामकांची रचना करून कार्याचे संकल्पचित्र (डिझाइन) करणे.
- 5.d एस एम पी एसच्या (SMPS) दिलेल्या विभागाच्या कार्याचा अर्थ लावणे (Interpret working of given block of smps).

5.1 परिचय (Introduction):

सर्व इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्स (Electronic Circuits) त्यांच्या कार्यासाठी योग्य डीसी विद्युत पुरवठा (dc power supply) मिळणे आवश्यक असते. सदर पावर सप्लाय द्वारे योग्य विद्युत दाब आणि पुरेसा क्षमतेचा विद्युत प्रवाह टर्मिनल वरती मिळणे आवश्यक असते. 230V मेन्स सप्लाय (mains Supply) पासून डीसी विद्युत दाब (dc Voltage) मिळवण्यासाठी "रेक्टिफायर" (Rectifier) वापरावे लागेल. रेक्टिफाइड (Rectified) डीसी विद्युत दाब हा कमी जास्त होणारा (Pulsating dc) डीसी विद्युतदाब असतो ज्यामध्ये ए सी रीपल (ac ripple) असतात, म्हणून "फिल्टर" (Filter) चा वापर केल्याने ए सी रीपल कमी करून आजुन "स्थिर" (Steady) डीसी विद्युत दाब मिळविला जातो. फिल्टर केलेला डीसी विद्युत दाब नंतर विद्युत नियामकला (Voltage regulator) दिला जातो, ज्यामुळे जरी इनपुट विद्युत दाब कमी जास्त झाला किंवा भार (load) बदल झाल्यास आऊटपुटला उपलब्ध होणारा विद्युत दाब स्थिर (constant) ठेवण्याचा प्रयत्न केला जातो, म्हणून याला DC व्होल्टेज रेग्युलेटर म्हणतात.

रेग्युलेटेड पॉवर सप्लाय स्थिर आउटपुट **D.C.** व्होल्टेज पुरवठा आहे. इनपुट व्होल्टेज किंवा लोड करंट आणि तापमानामध्ये फरक असूनही हा इन्स्ट्रुमेंट 'किंवा' डिव्हाइसला चांगले कार्यप्रदर्शन आणि चांगले परिणाम देतात.

नियमन केलेल्या डीसी वीज पुरवठ्याची (Regulated dc power supply) ब्लॉक डायग्राम आकृती 5.1 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहे.



आकृती 5.1 नियमन केलेल्या डीसी वीज पुरवठ्याची ब्लॉक डायग्राम

विद्युत नियमक (Voltage Regulator) ब्लॉक डायग्रामचे तपशीलवार कार्य

स्टेप डाउन ट्रांसफार्मर (Step down transformer):- ट्रांसफार्मरमधून तरल विद्युत् प्रवाह (AC mains supply) कमी करून घेतला जातो. A.C. व्होल्टेजची लेव्हल कमी करतो आणि दोन भिन्न सर्किट (AC आणि DC circuit) वेगळे (Isolate) करतात.

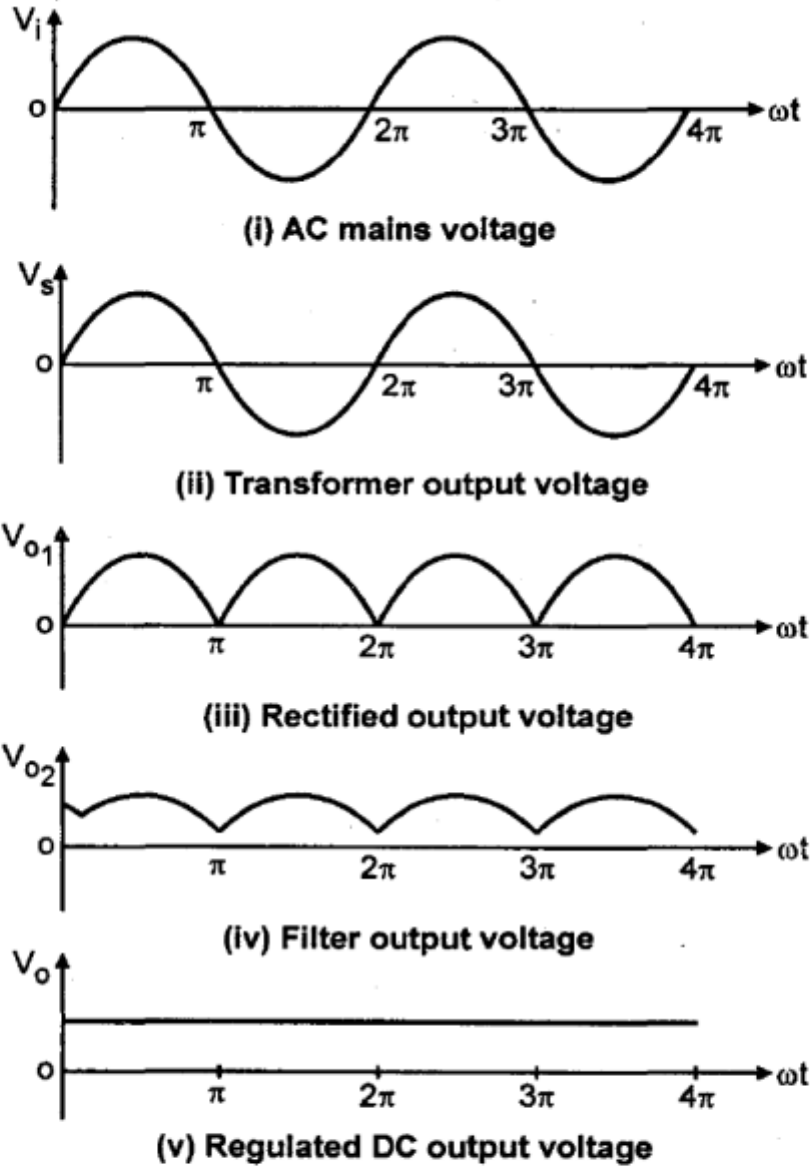
रेक्टिफायर: हाफ वेव्ह किंवा सेंटर टॅप फुल वेव्ह ब्रिज यापैकीचे रेक्टिफायर असू शकतात. इनपुट एसी व्होल्टेज रेक्टिफायरवर लागू केले जाते आणि हे एसी व्होल्टेज कमी जास्त डीसी व्होल्टेजमध्ये रूपांतरित होते. अशा प्रकारे रेक्टिफायरचे कार्य रेक्टिफिकेशन करणे असे आहे, इनपुट एसी व्होल्टेजने पल्सेटिंग डीसी व्होल्टेज प्रदान करते.

फिल्टर: पल्सेटिंग डीसी (किंवा रेक्टिफाइड एसी) व्होल्टेजमध्ये जास्त रिपल असतात. ते व्होल्टेज 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 व्होल्टेज प्रदान करणे असे आहे. हे डीसी व्होल्टेज स्थिर डीसी व्होल्टेज नसते कारण ते लोड करंटमधील बदलानुसार ते बदलते.

व्होल्टेज रेग्युलेटर: अनियमित (कमी-जास्त) डीसी व्होल्टेज हे व्होल्टेज रेग्युलेटरवर लागू केले जाते. मेन एसी व्होल्टेज आणि लोडमधील फरकापासून डीसी व्होल्टेज स्वतंत्र (Independent) बनवते. त्यामुळे लोड आणि लाइन रेग्युलेशन सुधारते आणि लोडला नियमित डीसी व्होल्टेज प्रदान करते.

आणि आउटपुट वेव्हॉर्म:

प्रत्येक ब्लॉकच्या आउटपुटवरील इनपुट आणि आउटपुट वेव्हॉर्म आकृती 5.2 दर्शविल्याप्रमाणे आहेत. वेव्हॉर्म (iii) मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे रेक्टिफायर आउटपुट पल्सेटिंग डीसी स्वरूपाचे आहे हे दर्शविते. तर फिल्टर सर्किटच्या आउटपुटमध्ये वेव्हॉर्म (iv) मध्ये दाखवल्याप्रमाणे काही रिपल असतात. पण व्होल्टेज रेग्युलेटरचे आउटपुट हे वेव्हॉर्म (v) मध्ये दाखवलेले pure DC व्होल्टेज आहे.



आकृती 5.2 रेग्युलेटेड पॉवर सप्लायचे इनपुट-आउटपुट वेव्हॉर्म

5.2 विद्युत दाब (व्होल्टेज) रेग्युलेटरचे स्पेसिफिकेशन्स किंवा परफॉर्मन्स पॅरामीटर्स:

दिलेल्या पॉवर सप्लायचा परफॉर्मन्स किती चांगला किंवा वाईट आहे हे पॅरामीटर्सच्या आधारे कार्यक्षमतेची तुलना करू शकते आणि त्यापैकी सर्वोत्तम निवडू शकतो.

काही महत्वाचे पॅरामीटर्स आहेत:

1. भार नियमन (load regulation).
2. लाइन रेग्युलेशन (तरल विद्युत पुरवठामध्ये विद्युतदाब कमी जास्त झाल्यास त्याचे नियमन करणे)
3. आउटपुट रेझिस्टन्स (Resistance R_o)
4. तापमानासाठीचा स्थिरता घटक (Temperature Stability Factor)
5. रिपलचा भाग काढून टाकणे (Ripple Rejection).

5.2.1 वीज पुरवठा वैशिष्ट्ये (Power supply characteristics)

चांगला पॉवर सप्लाय असा आहे जो लाइन चढ-उतार, (line fluctuation) लोड व्होल्टेज आणि करंटमधील फरक लक्षात न घेता स्थिर डीसी व्होल्टेज देतो.

वीज पुरवठ्याची काही महत्वाची वैशिष्ट्ये.

I. व्होल्टेज नियमन (Voltage Regulation):-

आउटपुट डीसी व्होल्टेज स्थिर राखण्यासाठी वीज पुरवठ्याची क्षमता म्हणून व्होल्टेज नियमन परिभाषित केले जाऊ शकते. इनपुट एसी व्होल्टेजमध्ये सतत चढ-उतार असूनही आणि लोड प्रतिरोध भिन्नता असली तरी आउटपुट डीसी व्होल्टेज स्थिर मिळते.

पूर्ण लोड व्होल्टेजच्या संदर्भात डीसी आउटपुट व्होल्टेजमध्ये लोड नसलेल्या ते पूर्ण लोड व्होल्टेजमध्ये बदल म्हणून व्होल्टेज नियमनची व्याख्या केली जाते. वीज पुरवठा व्होल्टेज नियमन म्हणून ओळखला जातो.

$$\% \text{ Voltage regulation} = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100 \quad \dots(5.1)$$

Where, V_{NL} = output DC voltage at no load and

V_{FL} = output DC voltage at full load

व्होल्टेज नियमनाचे मूल्य जितके कमी असेल तितके चांगला वीज पुरवठा असतो.

II. रेखा नियमन (Line Regulation) :-

इनपुट एसी व्होल्टेज (लाइन व्होल्टेज) मध्ये बदलासाठी आउटपुट डीसी व्होल्टेजमधील बदल म्हणून लाइन रेग्युलेशनची व्याख्या केली जाते आणि ते mV किंवा आउटपुट व्होल्टेजच्या टक्केवारीमध्ये व्यक्त केले जाते. त्याला स्रोत नियमन (Source Regulation) देखील म्हणतात.

V_{HL} = Load voltage with high line voltage.

V_{LL} = Load voltage with low line voltage.

$$\%S.R. = \frac{V_{HL} - V_{LL}}{V_N} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5.2)$$

Where, V_N = आउटपुट व्होल्टेजची सामान्य ऑपरेटिंग परिस्थितीत 'किंवा' इनपुट व्होल्टेजमधील विशिष्ट बदलासाठी आउटपुट व्होल्टेजमधील टक्केवारीतील बदलाला लाइन रेग्युलेशन म्हणतात.

$$\% \text{ line. regulation} = \left. \frac{\Delta V_o}{V_{in}} \right|_{R_L = \text{const.}} \quad \dots\dots\dots (5.3)$$

डीसी पॉवर सप्लायचे लाइन रेग्युलेशन शक्य तितके कमी असावा.

III. लोड नियमन (Load Regulation):-

लोड रेझिस्टरमधील बदलासाठी आउटपुट डीसी व्होल्टेजमधील बदल म्हणून लोड रेग्युलेशन परिभाषित केले जाते आणि ते mV किंवा आउटपुट व्होल्टेजच्या टक्केवारीमध्ये व्यक्त केले जाते.

$$L.R. = V_{NL} - V_{FL}$$

जेथे, V_{NL} = (शून्य) लोड करंटसह लोड व्होल्टेज

V_{FL} = पूर्ण लोड करंटसह लोड व्होल्टेज.

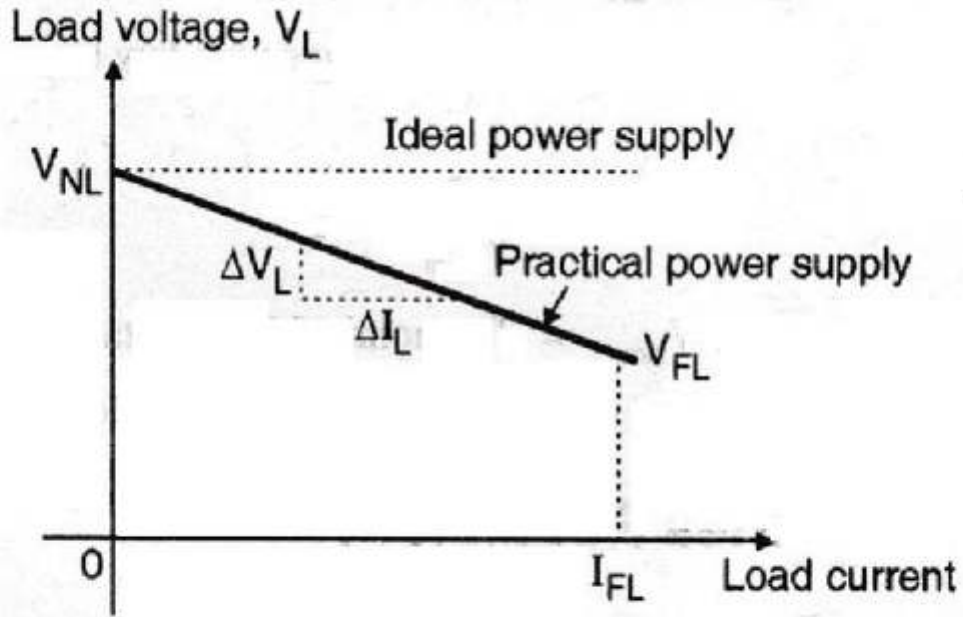
$$\% L.R. = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5.4)$$

डीसी वीज पुरवठ्याचे लोड नियमन शक्य तितके कमी असावे.

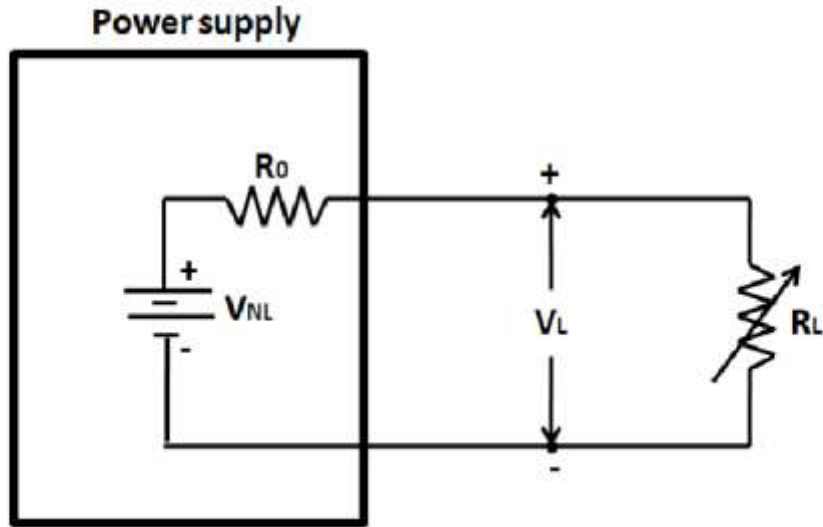
IV. रिपल रिजेक्शन:- व्होल्टेज रेग्युलेटरच्या रिपल नाकारण्याच्या क्षमतेचे मोजमाप करते. (नको असलेला एसी)

V. आउटपुट प्रतिबाधा (Output Impedance):- DC पुरवठ्याचा आउटपुट प्रतिबाधा शक्य तितका कमी असावा.

$$V_L = V_{out} = V_{NL} - I_L R_{out} \quad \dots\dots\dots (5.5)$$



आकृती 5.3 (a) Regulator Characteristics



आकृती 5.3 (b) समतुल्य (Equivalent) सर्किट डायग्राम

5.2.2 नियमन केलेल्या वीज पुरवठ्याच्या उपलब्ध होणाऱ्या विद्युत दाबावर परिणाम करणारे घटक :

- I. विद्युत भार I_L (load current)
- II. दिलेला विद्युत दाब V_{in}
- III. तापमान (Temperature).

1. विद्युत भार I_L (load current) मधील बदलामुळे आउटपुट विद्युत दाब मध्ये होणारे फरक:

लोड विद्युत् प्रवाह I_L मध्ये वाढ झाल्यामुळे आउटपुट विद्युत दाब कमी होतो. ट्रान्सफॉर्मर सेकंडरी (Secondary) रेझिस्टन्स, डायोड फॉरवर्ड रेझिस्टन्स व Diode forward drop मुळे सुद्धा आउटपुट विद्युत दाब कमी होतो. रेग्युलेशन केल्यामुळे विद्युत दाब व विद्युत भार मध्ये बदल असूनही आउटपुट विद्युत दाब स्थिर राखला जातो.

2. V_{in} मधील बदलामुळे आउटपुट विद्युत दाब मध्ये फरक:

रेग्युलेटरला दिलेला इनपुट विद्युत दाब (AC voltage) अनियमित वीज पुरवठ्यातून येतो. अनियंत्रित (unregulated) वीज पुरवठ्याचे आउटपुट व्होल्टेज, एसी इनपुट व्होल्टेज मधील बदला नुसार बदलते, यामुळे रेग्युलेटर आउटपुट व्होल्टेज देखील काही प्रमाणात बदलण्याची शक्यता असते.

3. तापमानात (T) बदल झाल्यामुळे आउटपुट विद्युत दाब मध्ये फरक:

रेक्टिफायर्स, फिल्टर आणि रेग्युलेटर (Rectifiers, Filter and Regulator) सर्किट्समध्ये वापरल्या जाणाऱ्या इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांची वैशिष्ट्ये ही तापमानावर (Temperature) अवलंबून असतात. त्यामुळे रेग्युलेटर आउटपुट विद्युत दाब तापमानातील फरकाने बदलेल.

5.3 IC व्होल्टेज रेग्युलेटर:

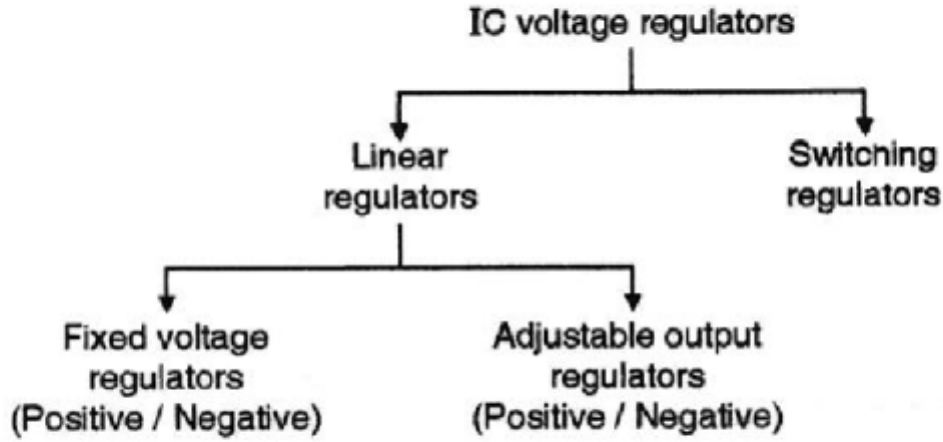
IC रेग्युलेटर म्हणजे इंटिग्रेटेड सर्किट विद्युत दाब रेग्युलेटर. ते मुळात इंटिग्रेटेड सर्किट (IC) किंवा चिपच्या आत असलेल्या सर्व मूलभूत बिल्डिंग ब्लॉकसह सेरीज नियामक आहेत. त्यामुळे डिस्क्रीट सर्किट (discrete circuit) विद्युत दाब रेग्युलेटर वापरण्यापेक्षा IC विद्युत दाब रेग्युलेटर वापरणे सोपे आहे.

IC रेग्युलेटर्सची महत्त्वाची वैशिष्ट्ये:

- ✓ प्रोग्राम करण्यायोग्य आउटपुट असते (आवश्यकतेनुसार आउटपुट व्होल्टेज बदलता येऊ शकतो).
- ✓ आउटपुट व्होल्टेज / विद्युत् प्रवाह वाढवण्याची सुविधा असते.
- ✓ अंतर्गत प्रदान केलेले शॉर्ट सर्किट विद्युत् प्रवाह मर्यादित असतो.
- ✓ अंगभूत थर्मल शटडाउन संरक्षणांमध्ये पारंगत असतो.
- ✓ उच्च विद्युत दाब आउटपुट मिळविण्यासाठी फ्लोटिंग ऑपरेशन असते.
- ✓ वर्सेटिलीटी (क्षेत्रात कार्य कुशल) आणि कमी खर्च लागतो.

या वैशिष्ट्यांमुळे IC नियामकांना स्वतंत्र विद्युत दाब नियामकांपेक्षा प्राधान्य दिले जाते.

5.3.1 IC व्होल्टेज रेग्युलेटरचे वर्गीकरण ट्री डायग्राम:



1. लिनियर नियामक (Linear Regulator):

एकूण तीनपैकी, स्विचिंग रेग्युलेटर वगळता इतर सर्व प्रकारांना "लिनियर नियामक" असे आहेत. या सर्व लिनियर नियामकांमध्ये, IC च्या आत एक सेरीज पास ट्रान्झिस्टर वापरला जातो. इच्छित लोड विद्युत् प्रवाह पुरवण्यासाठी या ट्रान्झिस्टरचा प्रतिबाधा सतत बदलला जातो. सेरीज पास ट्रान्झिस्टर नेहमी त्याच्या अॅक्टिव रीजनमध्ये कार्यरत असतो. लिनियर IC रेग्युलेटर हे एकतर स्थिर विद्युत् दाब रेग्युलेटर ICs (78XX सीरिज / 79XX सीरिज) आहेत किंवा ते LM 317 / LM 3311 सारखे व्हेरिएबल विद्युत् दाब रेग्युलेटर IC आहेत.

2. स्विचिंग रेग्युलेटर:

स्विचिंग रेग्युलेटर हे मुळात सेरीज टाईप रेग्युलेटर असतात ज्यामध्ये सेरीज ट्रान्झिस्टर स्विच म्हणून काम करतात. हे कटऑफ किंवा सॅचुरेशन रीजनमध्ये ऑपरेट करण्यासाठी वापरतात. यामुळे ट्रान्झिस्टरचे पॉवर डिसिपेशन कमी होते आणि रेग्युलेटरची कार्यक्षमता वाढते.

5.4 तीन टर्मिनल आय सी रेग्युलेटर:

झीनर विद्युत् दाब रेग्युलेटर (zener voltage regulator) सारख्या डिस्क्रीट रेग्युलेटर सर्किट्सचा जास्त वापर केला जात नाही. आजकाल विद्युत् दाब रेग्युलेटर सर्किट्स इंटिग्रेटेड सर्किट (IC) स्वरूपात उपलब्ध आहेत आणि IC रेग्युलेटर मोठ्या प्रमाणावर वापरले जातात.

5.4.1 Three Pin IC Regulators चे फायदे:

1. वीज पुरवठा डिझाइन सोपे होते आणि रेग्युलेटर सर्किट्स बांधण्यास कमी वेळ लागतो.
2. थ्री पिन आयसी रेग्युलेटर स्वस्त आहेत आणि ते सहज उपलब्ध आहेत.
3. थ्री पिन आयसी रेग्युलेटर लहान आहेत म्हणून ते वीज पुरवठ्याचा साइज कमी करतात.
4. थ्री पिन आयसी रेग्युलेटर वापरण्यास सोपे आहेत.

5. श्री पिन आयसी रेगुलेटर रेग्युलेशन क्षेत्रात कार्य कुशल आहेत.
6. विद्युत् प्रवाह देण्याची क्षमता वाढवण्याची सुविधा, थर्मलशट डाउन, उच्च आउटपुट विद्युत दाब सुलभ करण्यासाठी फ्लोटिंग ऑपरेशनची गरज असते.

5.4.2 तीन टर्मिनल एलसी विद्युत दाब नियामकांचे वर्गीकरण:

तीन टर्मिनल आयसी विद्युत दाब रेग्युलेटरचे खालील श्रेण्यांमध्ये वर्गीकरण केले आहे:

1. स्थिर (fixed) विद्युत दाब रेग्युलेटर आउटपुट (धन (+Ve) आणि / किंवा ऋण (-Ve) Positive & Negative).
2. समायोज्य (adjustable) आउटपुट विद्युत दाब रेग्युलेटर [धन (+Ve) आणि / किंवा ऋण (-Ve) आउटपुट].

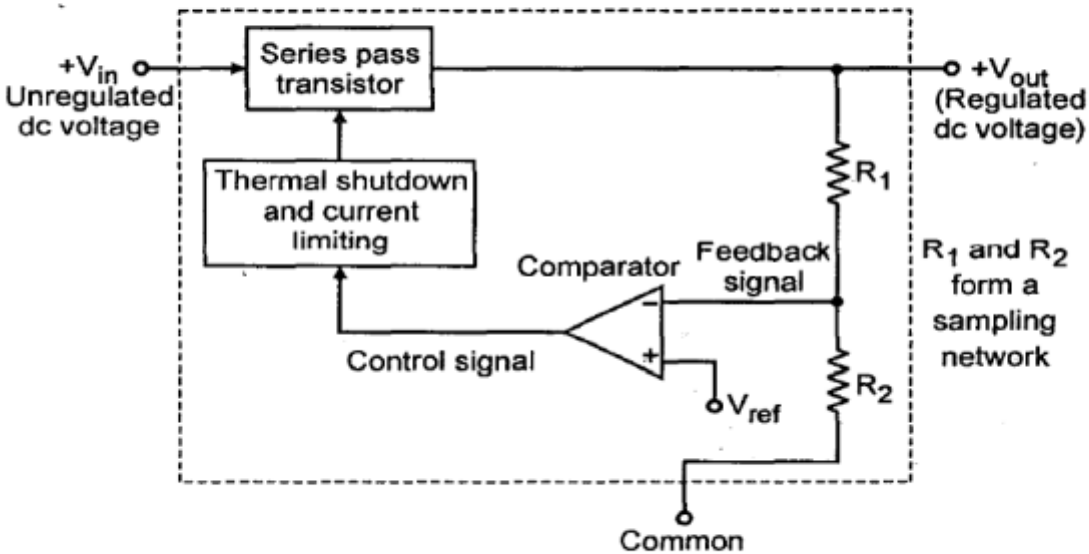
फिक्स्ड विद्युत दाब रेग्युलेटर आणि अॅडजस्टेबल विद्युत दाब रेग्युलेटर आयसी श्री-पिन आयसी आहेत. म्हणून त्यांना तीन पिन विद्युत दाब रेग्युलेटर आयसी असे म्हणतात.

5.4.3 तीन पिन IC विद्युत दाब रेग्युलेटरचा ब्लॉक डायग्राम

3-Pin व्होल्टेज रेगुलेटरची सिंपलिफाईड ब्लॉक डायग्राम 5.4 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहे. बाह्य घटकांशी जोडणी करण्यासाठी आणलेले तीन टर्मिनल V_{in} (Input voltage), कॉमन आणि V_o (Output voltage) असे चिन्हांकित केले आहेत. पुरवठा ग्राउंडमध्ये V_{in} चिन्हांकित टर्मिनलवर अनियमित डीसी पुरवठा लागू करणे अपेक्षित आहे आणि V_o चिन्हांकित टर्मिनलवर सामान्य आणि नियमन केलेले आउटपुट उपलब्ध आहे.

तीन पिन विद्युत दाब रेग्युलेटर ची ब्लॉक डायग्रामचे वर्णन:

आकृती 5.4 ब्लॉक डायग्राम हा मुळात सेरीज विद्युत दाब रेग्युलेटर आहे.



आकृती 5.4 : तीन पिन विद्युत दाब रेग्युलेटरचे कार्यात्मक ब्लॉक डायग्राम

रेजिस्टर R_2 आणि R_1 आउटपुट व्होल्टेज च्या प्रमाणात फीडबॅक सिग्नल तयार करण्यासाठी V_{ref} हा अंतर्गत उत्पादित संदर्भ विद्युत दाब आहे. या संदर्भ विद्युत दाब ची तुलना कंपॅरेटरद्वारे फीडबॅक सिग्नलशी केली जाते, व कंट्रोल सिग्नल तयार केला जातो. हा कंट्रोल सिग्नल थर्मल शट डाउन आणि विद्युत् प्रवाह लिमिटिंग ब्लॉकमधून सेरीज पास ट्रान्झिस्टरला जातो. सेरीज पास ट्रान्झिस्टर नियंत्रण घटक म्हणून कार्यरत आहे. सतत रेग्युलेटेड आउटपुट विद्युत दाब मिळवण्यासाठी कंट्रोल सिग्नलद्वारे संपूर्ण नियंत्रण घटकावरील विद्युत दाब बदलतो. थर्मल शट डाउन आणि विद्युत् प्रवाह लिमिटिंग ब्लॉक (Current Limiting Block) वाढलेल्या अंतर्गत तापमान किंवा ओव्हर विद्युत् प्रवाह (over load current) पासून संरक्षण प्रदान करते. जर अंतर्गत तापमान पूर्वनिर्धारित (desired) मूल्यापेक्षा जास्त असेल, तर थर्मल शट डाउन ब्लॉक नियंत्रण सिग्नलला सेरीज पास ट्रान्झिस्टरकडे जाऊ देणार नाही, यामुळे चिप आपोआप बंद होईल. विद्युत् प्रवाह मर्यादित सर्किट रेग्युलेटरला ओव्हर विद्युत् प्रवाह पासून संरक्षण करते.

5.4.4 तीन टर्मिनल विद्युत दाब रेग्युलेटर:

तीन टर्मिनल विद्युत दाब रेग्युलेटर दोन प्रकारचे असतात, म्हणजे फिक्स्ड विद्युत दाब रेग्युलेटर आणि अॅडजस्टेबल विद्युत दाब रेग्युलेटर. विद्युत दाब रेग्युलेटर मध्ये धन (+Ve) आणि ऋण (-Ve) आउटपुट विद्युत दाब रेग्युलेटर आहेत. μA 78XX सीरिज ही स्थिर धन (+Ve) विद्युत दाब नियामकांची सीरिज आहे आणि μA 79XX ही स्थिर ऋण (-Ve) विद्युत दाब नियामकांची सीरिज आहे.

5.4.5 78XX सीरिज (फिक्स्ड पॉझिटिव्ह विद्युत दाब रेग्युलेटर):

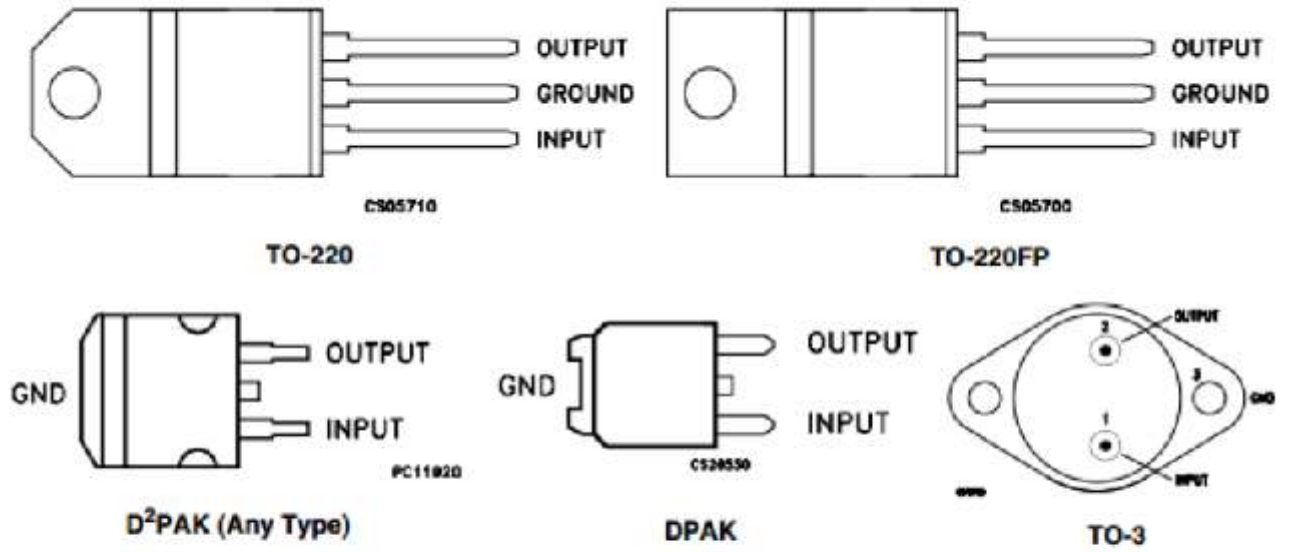
78XX सीरिज तीन टर्मिनल, धन (+Ve) स्थिर विद्युत दाब रेग्युलेटर आहेत. येथे XX आउटपुट विद्युत दाब दर्शवते. हे रेग्युलेटर सात वेगवेगळ्या आउटपुट विद्युत दाब पर्यायांमध्ये उपलब्ध आहेत, जसे की 5, 6, 8, 12, 15, 18 आणि 24V. अशा प्रकारे जर "7812" क्रमांकाचा रेग्युलेटर आयसी निवडला, तर 12 V रेग्युलेटेड आउटपुट विद्युत दाब प्रदान करतो.

तक्ता 5.1 : 78XX विद्युत दाब

IC Number	7805	7806	7808	7812	7815	7818	7824
Output voltage	5V	6V	8V	12V	15V	18V	24V

5.4.6 पॉझिटिव्ह फिक्स्ड व्होल्टेज रेग्युलेटर (78XX) साठी असणारी पॅकेजेस आणि मानक कनेक्शन्स

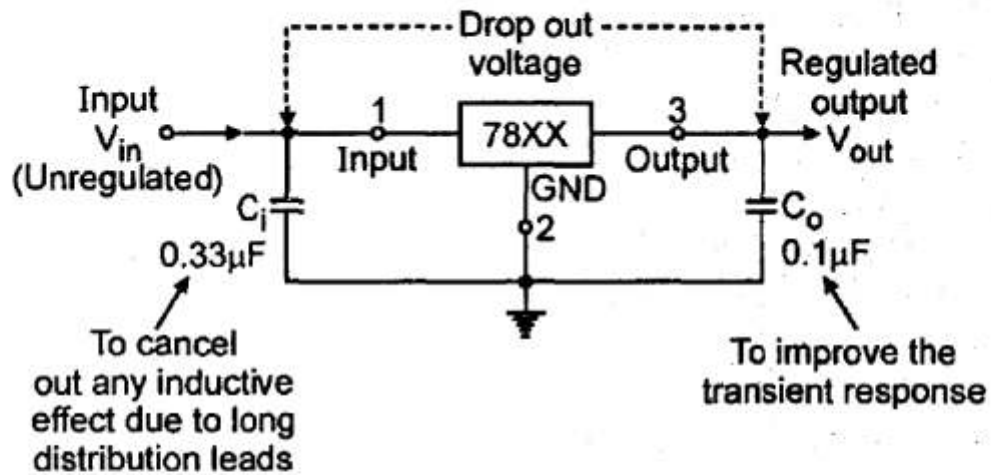
हे दोन्ही विद्युत दाब रेग्युलेटर आयसी दोन प्रकारच्या पॅकेजेसमध्ये उपलब्ध आहेत म्हणजे TO-3 प्रकारचे मेटल पॅकेज MD TO-220 प्रकारचे प्लास्टिक पॅकेज. TO-3 पॅकेज उच्च उर्जा अपव्यय क्षमतेसाठी योग्य आहे. निश्चित विद्युत दाब रेग्युलेटर IC मध्ये तीन टर्मिनल्स असतात, इनपुट, ग्राउंड आणि आउटपुट. आकृती 5.5 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे दोन वेगवेगळ्या पॅकेजेसमध्ये या IC चे पॅकेजेस (Packages) आहेत..



आकृती 5.5 : फिक्स्ड रेग्युलेटरचे विविध प्रकारचे पॅकेज

थ्री पिन फिक्स्ड पॉझिटिव्ह रेग्युलेटर IC साठी मानक कनेक्शन आकृती 5.5 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहे. IC च्या इनपुट टर्मिनलवर अनियंत्रित डीसी विद्युत दाब लागू केले जाते. जास्तीत जास्त इनपुट विद्युत दाब + 24 V आउटपुटसाठी 40 V आहे तर इतर सर्व आउटपुट पर्यायांसाठी ते 35 V आहे.

5.4.7 पॉझिटिव्ह फिक्स्ड विद्युत दाब रेग्युलेटर (78XX)



आकृती 5.6: तीन पिन फिक्स्ड आयसी रेग्युलेटरसाठी मानक कनेक्शन

कॅपेसिटर " C_1 " लांब वितरण लीड्स (distribution leads) असल्यास होणारा कोणत्याही इंडक्टिव्ह इफेक्ट रद्द करतो. आउटपुट कॅपेसिटर C_2 चा वापर रेग्युलेटर IC चा क्षणिक रेस्पॉन्स (Transient Response) सुधारण्यासाठी केला जातो. म्हणजे लोडमधील अचानक बदलांना रेग्युलेटरचा रेस्पॉन्स हे कॅपेसिटर आउटपुटवर उपस्थित नॉइज कमी करण्यासाठी देखील उपयुक्त राहतात. अनियमित इनपुट

विद्युत दाब V_{in} आउटपुट विद्युत दाब V_o मधील फरक याला ड्रॉप आउट (Drop out) विद्युत दाब म्हणतात. रेग्युलेटरच्या योग्य ऑपरेशनसाठी सर्व ऑपरेटिंग परिस्थितीत ड्रॉप आउट विद्युत दाब किमान 2 V असणे आवश्यक आहे.

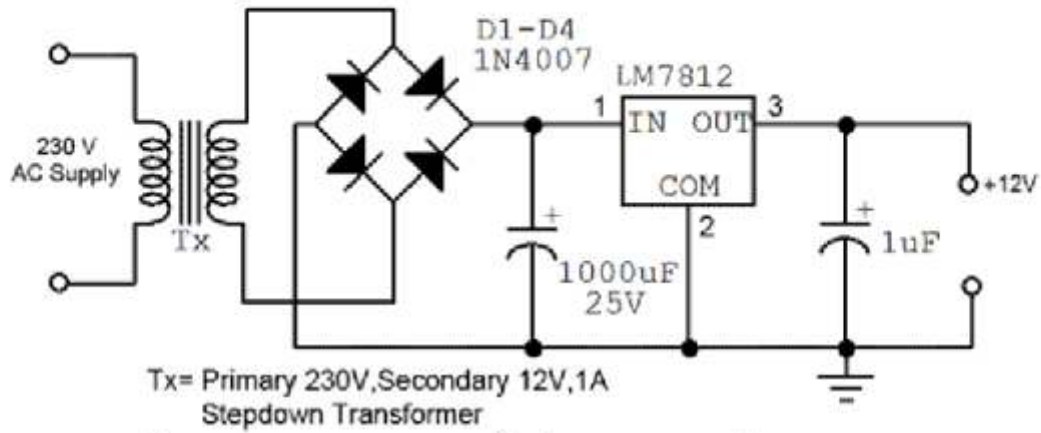
$$\text{ड्रॉप आउट विद्युत दाब} = V_{in} - V_{out}$$

म्हणून किमान इनपुट विद्युत दाब दिले जाईल,

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

5.4.8 पॉझिटिव्ह 12 V पॉवर सप्लाय वापरून IC7812:

7812 वापरून 12 V रेग्युलेट केलेल्या पॉवर सप्लायचे सर्किट डायग्राम आकृती 5.7 मध्ये दाखवले आहे.



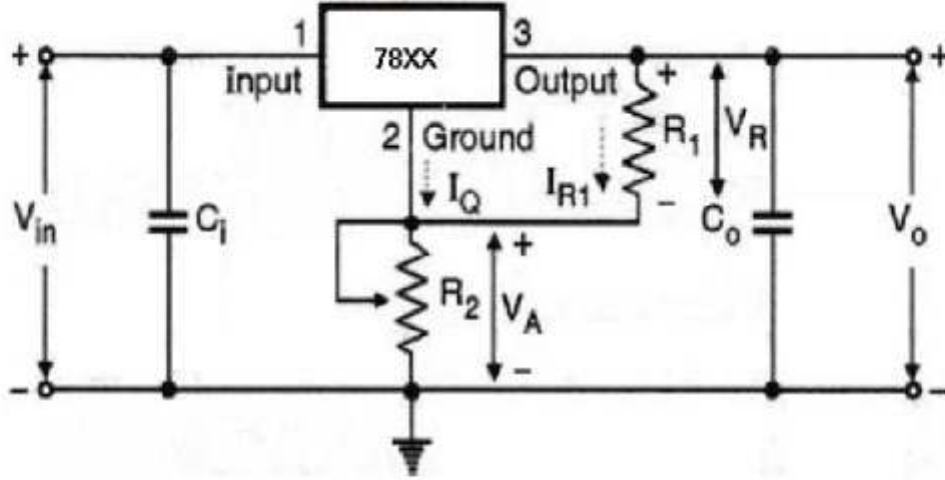
आकृती 5.7 : IC 7812 वापरून पॉझिटिव्ह 12 V dc पॉवर सप्लाय

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

$$V_{in(dc)} = V_m - \frac{I_{dc}}{4fC_1} \quad \dots\dots 5.6$$

5.4.9 78XX सीरिज वापरून समायोज्य (Adjustable) विद्युत दाब रेग्युलेटर:

जरी 78XX सीरिज स्थिर विद्युत दाब रेग्युलेटर मालिका असली तरीही तिचा वापर करून व्हेरिएबल आउटपुट विद्युत दाब मिळवणे शक्य आहे. व्हेरिएबल आउटपुट विद्युत दाब मिळविण्याची व्यवस्था आकृती 5.8 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहे. आउटपुट विद्युत दाब पोटेंशियोमीटर (व्हेरिएबल रेझिस्टर R_2) द्वारे बदलते.



आकृती 5.8 78XX वापरून अॅडजस्टेबल विद्युत दाब रेग्युलेटर आउटपुट विद्युत दाब.

$$V_o = V_R + V_A = V_R + (I_Q + I_{R1})R_2$$

$$\text{But } I_{R1} = \frac{V_R}{R_1}$$

$$\text{Hence, } V_o = V_R + I_Q R_2 + \frac{V_R}{V_1} \times R_2$$

$$\therefore V_o = V_R \left[1 + \frac{R_2}{R_1} \right] + I_Q R_2$$

.....5.7

समीकरण 5.7 मध्ये, V_R हे नियमन केलेले आउटपुट विद्युत दाब आहे जे 7805 साठी 5V च्या बरोबरीचे आहे. I_Q हा शांत प्रवाह (Quiescent current) आहे जो 7805 साठी सामान्यतः 4.3mA असतो. समीकरण 5.7 दर्शवते की आउटपुट विद्युत दाब V_o दोन घटकांवर अवलंबून आहे.

प्रथम गुणोत्तर (ratio) आहे (R_2 / R_1) आणि दुसरे $I_Q R_2$ चा गुणाकार.

संज्ञा $I_Q R_2$ अनिष्ट (undesirable) आहे. आउटपुट विद्युत दाब वर त्याचा महत्त्वपूर्ण प्रभाव नसावा.

म्हणून R_2 शक्य तितक्या लहान असावा. $R_2 = 100 \Omega$

फ्लोटिंग रेग्युलेटर (without ground):

78XX सीरिज वापरणारे समायोज्य (Adjustable) विद्युत दाब रेग्युलेटर फ्लोटिंग रेग्युलेटर म्हणूनही ओळखले जातात कारण त्यांचे ग्राउंड टर्मिनल (IC78XX चे) 0 V वर नसून ते तरंगते असते.

5.4.10 79XX सीरिज (फिक्स्ड निगेटिव्ह विद्युत दाब रेग्युलेटर):

79XX सीरिज तीन टर्मिनल, ऋण (-Ve) स्थिर विद्युत दाब रेग्युलेटर आहेत. येथे XX आउटपुट विद्युत दाब दर्शवते. हे रेग्युलेटर सात वेगवेगळ्या आउटपुट विद्युत दाब पर्यायांमध्ये उपलब्ध आहेत, जसे की -5,-6,-8,-12,-15,-18 आणि -24 V आउटपुट विद्युत दाब प्रदान करते. या व्यतिरिक्त ही सीरिज - 2 V आणि - 5.2 V आउटपुट विद्युत दाब पर्याय प्रदान करतो.

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

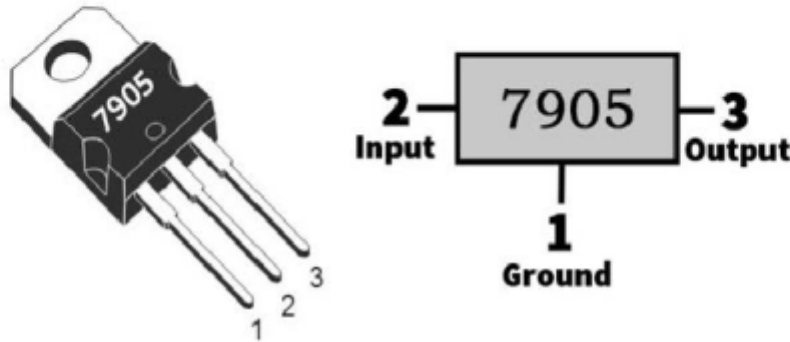
तक्ता 5.2 : 79XX विद्युत दाब रेग्युलेटर

IC Number	7905	7906	7908	7912	7915	7918	7924
Output voltage	-5V	-6V	-8V	-12V	-15V	-18V	-24V

5.4.11 निगेटिव्ह फिक्स्ड विद्युत दाब रेग्युलेटर (79XX सिरीज):

फिक्स्ड आउटपुट निगेटिव्ह विद्युत दाब रेग्युलेटर्सची 79XX सिरीज 78XX सिरीज डिव्हायसेससाठी पूरक आहेत. आकृती 5.7.5 79XX मालिकेसाठी पॅकेज प्रकार आणि पिन क्रमांक दर्शविते. लक्षात घ्या की पिन क्रमांक 1 आता ग्राउंड म्हणून काम करतो, पिन 2 इनपुट म्हणून काम करतो आणि पिन 3 आउटपुट म्हणून काम करतो.

LM7905 Pinout



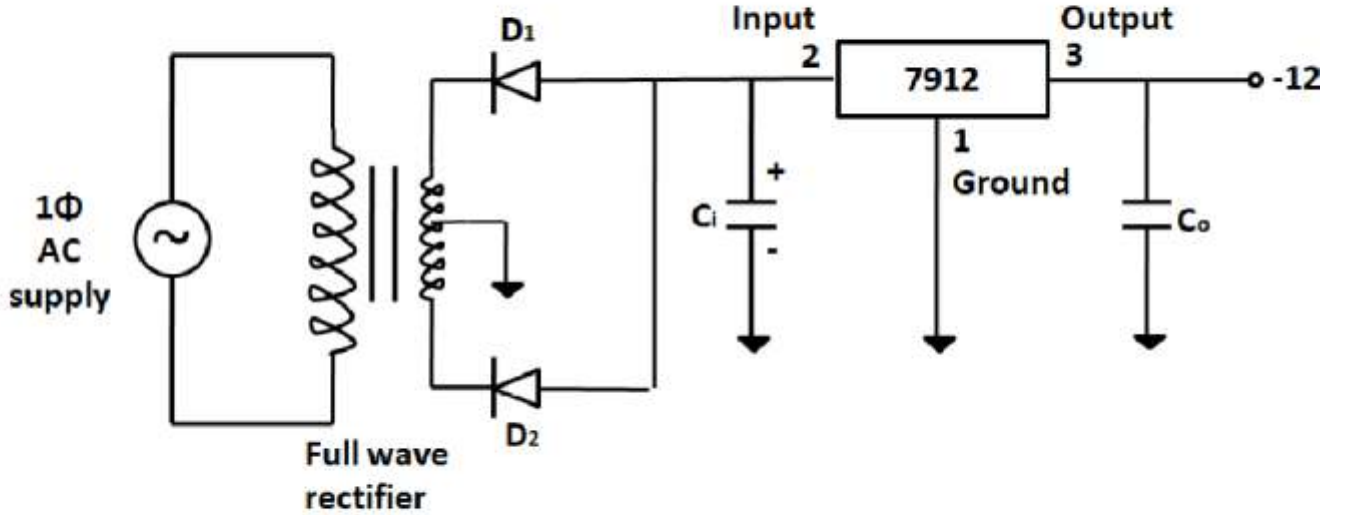
आकृती 5.9: 79XX मालिकेचे प्लॉस्टिक पॅकेज

वैशिष्ट्यपूर्ण कनेक्शन आकृती :

79XX मालिकेसाठी विशिष्ट कनेक्शन आकृती 5.7.6 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहेत. लक्षात घ्या की 79XX च्या टर्मिनल्सचा क्रम 78XX मालिकेसारखा नाही.

5.4.12 IC7912 वापरून ऋण -12 V वीज पुरवठा:

IC 7912 वापरून ऋण -12 V वीज पुरवठा आकृती 5.10 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहे.

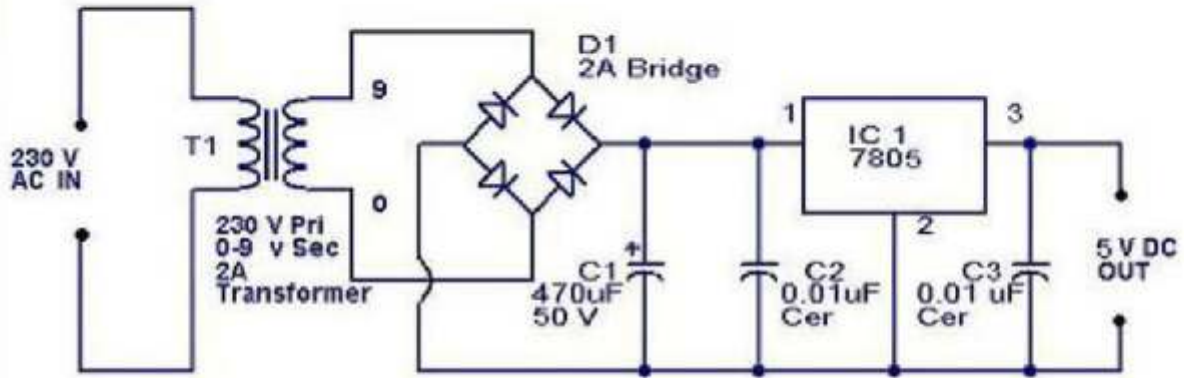


आकृती 5.10 : 79XX मालिकेचे ठराविक कनेक्शन

एक फुल वेव्ह रेक्टिफायर आणि कॅपेसिटर फिल्टर C_1 रेग्युलेटर IC ला अनियंत्रित ऋण (-Ve) डीसीइनपुट तयार करतो. C_1 आणि C_0 78XX रेग्युलेटरसाठी फिल्टर कॅपेसिटर आहेत. 79XX 7912 च्या आउटपुटवर -12 V चे नियमन (Regulated) केलेले आउटपुट मिळते. वापरलेले रेक्टिफायर हे फुल वेव्ह रेक्टिफायर आहे जे दुहेरी ध्रुवीय अनियमित आउटपुट विद्युत दाब तयार करते. 7815 आणि 7915 चे ग्राउंड पिन एकत्र जोडलेले आहेत आणि इनपुट ट्रांसफॉर्मरच्या मध्यभागी टॅप आहेत. समान बिंदू दुहेरी ध्रुवीय पुरवठ्याचा ग्राउंड पॉइंट म्हणून आणला जातो. IC 7815 या ग्राउंडच्या संदर्भात +15 V रेग्युलेटेड आउटपुट विद्युत दाब तयार करते तर IC 7915 -15 V रेग्युलेटेड आउटपुट विद्युत दाब तयार करते.

5.4.13 +5 V, लॉजिक सर्किटसाठी 100 mA निश्चित विद्युत दाब पुरवठा:

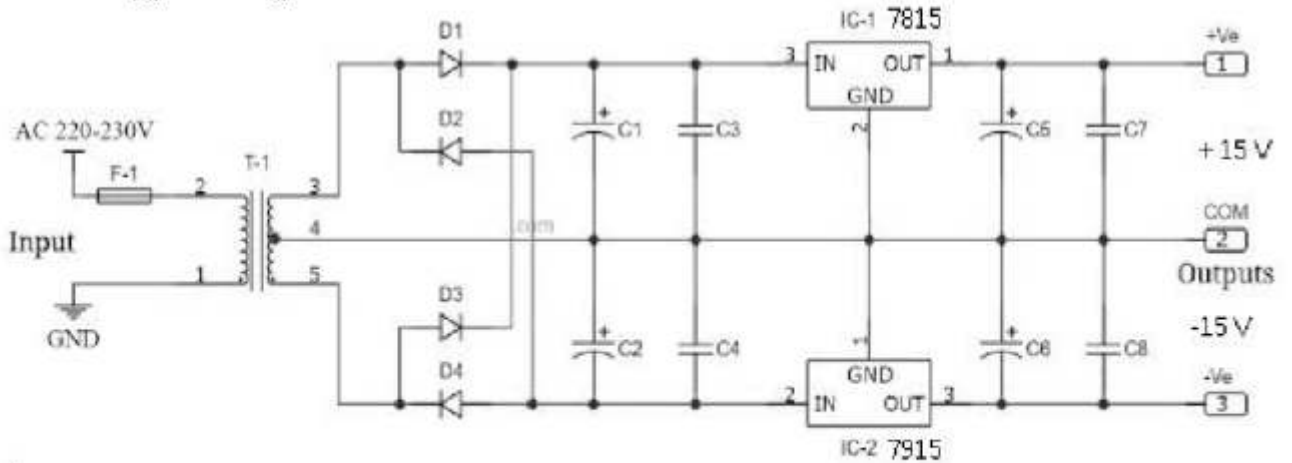
स्थिर + 5 V निर्माण करणारा स्थिर विद्युत दाब वीज पुरवठा आकृती 5.11 मध्ये दर्शविला आहे. यात एक स्टेप डाउन ट्रांसफॉर्मर, एक ब्रिज रेक्टिफायर, फिल्टर कॅपेसिटर C_1 आणि C_2 आणि तीन टर्मिनल रेग्युलेटर IC 7805 यांचा समावेश आहे. स्टेप डाउन ट्रांसफॉर्मर अशा प्रकारे निवडला गेला आहे की तो इनपुटवर 8 ते 10 v निर्माण करतो. नियामक IC चे. हा वीज पुरवठा + 5 v आणि सुमारे 100 mA पर्यंत लोड विद्युत् प्रवाह पुरवण्यास सक्षम आहे. रेग्युलेटर आयसीच्या आउटपुटवर ट्रान्झिस्टर जोडून विद्युत् प्रवाह क्षमता वाढवता येते. हा वीज पुरवठा टीटीएल लॉजिक सर्किट्सना वीज पुरवण्यासाठी वापरला जातो.



आकृती 5.11 स्थिर + 5 V निर्माण करणारा स्थिर व्होलतेज , वीज पुरवठा मध्ये दर्शविला आहे.

5.4 .14 ड्युअल पोलॅरिटी पॉवर सप्लाय (दुहेरी वीज पुरवठा):

OP-AMP ला ड्युअल पोलॅरिटी सप्लाय (दुहेरी वीज पुरवठा) आवश्यक आहे. आकृती 5.12 एक निश्चित विद्युत दाब ड्युअल पोलॅरिटी पॉवर सप्लाय दाखवते.



आकृती 5. 12 स्थिर +- 15 V निर्माण करणारा स्थिर विद्युत दाब, दुहेरी वीज पुरवठा.

आउटपुट विद्युत दाब + - 15 V आहे आणि विद्युत् प्रवाह सोर्सिंग क्षमता प्रत्येक चॅनेलसाठी सुमारे 1000 mA आहे. वापरलेले रेक्टिफायर हे फुल वेव्ह रेक्टिफायर आहे जे दुहेरी ध्रुवीय अनियमित आउटपुट विद्युत दाब तयार करते. आउटपुट विद्युत दाब +- 15 V आहे आणि विद्युत् प्रवाह सोर्सिंग क्षमता प्रत्येक चॅनेलसाठी सुमारे 100 mA आहे. नियामक IC ची स्थिती दर्शवण्यासाठी हिरवे आणि लाल एलईडी वापरले जातात. वापरलेले रेक्टिफायर हे पूर्ण वेव्ह रेक्टिफायर आहे जे दुहेरी ध्रुवीय अनियमित आउटपुट विद्युत दाब तयार करते. IC7815 चा वापर रेग्युलेटेड + 15 V आउटपुट विद्युत दाब तयार करण्यासाठी केला जातो तर IC7915 चा वापर रेग्युलेटेड - 15 V आउटपुट तयार करण्यासाठी केला जातो. आऊटपुटच्या बाजूला असलेले कॉमन (GND) टर्मिनल GND पिन (7815 चा पिन नंबर 2 आणि 7915

चा पिन नंबर 1) एकत्र जोडून मिळवले जाते. हे ट्रान्सफॉर्मरच्या मध्यभागी टॅपला जोडलेले आहे. कॅपेसिटर C_1 आणि C_2 हे रेक्टिफायरच्या आउटपुटवर फिल्टर कॅपेसिटर आहेत तर C_3 आणि C_4 हे रेग्युलेट केलेल्या IC'S च्या आउटपुटवर फिल्टर कॅपेसिटर आहेत.

फिक्स्ड विद्युत दाब आयसी रेग्युलेटरचे परफॉर्मन्स पॅरामीटर्स :

तीन पिन फिक्स्ड विद्युत दाब रेग्युलेटरचे काही महत्वाचे पॅरामीटर्स खालीलप्रमाणे आहेत:

आउटपुट विद्युत दाब :

जंक्शन तापमानावर ($T_j = 25^\circ \text{C}$) IC 7805 चे आउटपुट विद्युत दाब 4.8 V आणि 5.2 V च्या दरम्यान असण्याची हमी दिली जाते.

रेखा नियमन (लाइन रेग्युलेशन) :

इनपुट विद्युत दाब मधील बदलासाठी आउटपुट विद्युत दाब मधील टक्केवारी बदल म्हणून त्याची व्याख्या केली जाते. स्थिर तापमान आणि लोड विद्युत् प्रवाह येथे सामान्यतः 7805 चे रेग्युलेशन 3 mV असते. लाइन रेग्युलेशनला इनपुट रेग्युलेशन असेही म्हणतात.

लोड नियमन (लोड रेग्युलेशन):

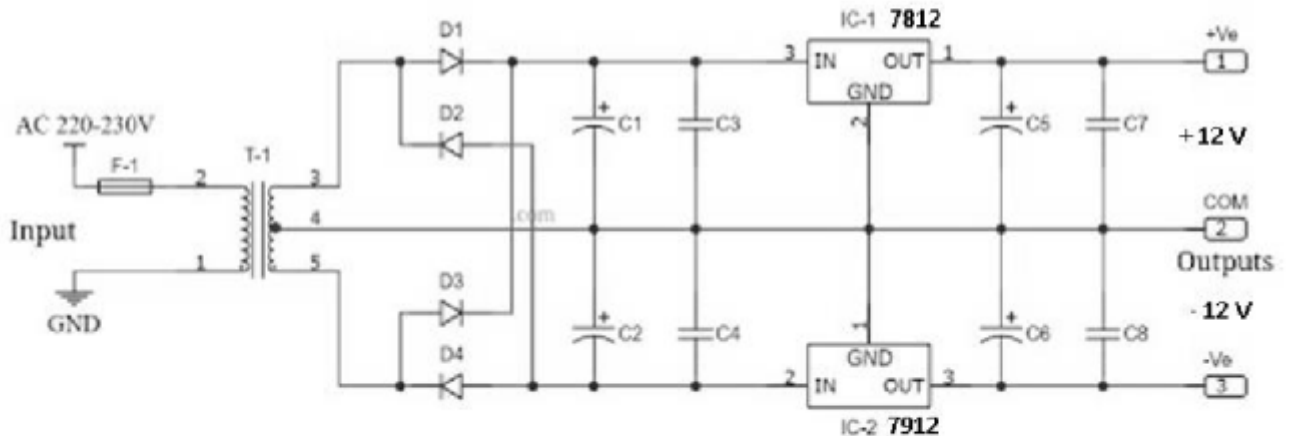
स्थिर तापमान आणि इनपुट विद्युत दाब मध्ये लोड विद्युत् प्रवाह मधील बदलासाठी आउटपुट विद्युत दाब मधील बदल म्हणून त्याची व्याख्या केली जाते. हे मिली व्होल्टमध्ये किंवा V_o चे परसेंटेज मध्ये असते. 7805 साठी लोड रेग्युलेशनचे ठराविक मूल्य $5 \text{ mA} < I_o < 1.5 \text{ A}$ इतके असते.

शांत प्रवाह (Quiescent Current I_o) :

शांत विद्युत् प्रवाह ला स्टँडबाय विद्युत् प्रवाह देखील म्हणतात. इनपुट पुरवठा (V_{in}) लोड विद्युत् प्रवाह शून्य असताना सामान्यतः ते 7805 C साठी 4.3 mA असते.

रिपल रिजेक्शन (ripple rejection):

IC रेग्युलेटर dc आउटपुट विद्युत दाब मधील रिपल कंटेंट कमी करतो. रिपल रिजेक्शन सामान्यतः db मध्ये व्यक्त केला जातो. IC 7805 साठी, थिरोटिकल रिपल रिजेक्शन 78 db आहे. म्हणजे आउटपुट रिपल विद्युत दाब इनपुट रिपल विद्युत दाब पेक्षा 78 डीबी खाली आहे.



आकृती 5.13: ड्युअल पोलॅरिटी पॉवर सप्लाय

Op-Amp करिता ड्युअल पोलेरिटी पॉवर सप्लाय आवश्यक आहे. आकृती 5.13 एक निश्चित विद्युत दाब ड्युअल पोलेरिटी पॉवर सप्लाय दाखवते. आउटपुट विद्युत दाब $+ - 12\text{ V}$ आहे आणि विद्युत् प्रवाह सोर्सिंग क्षमता प्रत्येक चॅनेलसाठी सुमारे 100 mA आहे. नियामक IC ची स्थिती दर्शवण्यासाठी हिरवे आणि लाल एलईडी वापरले जातात. वापरलेले रेक्टिफायर हे फुल वेव्ह रेक्टिफायर आहेत जे दुहेरी ध्रुवीय अनियमित आउटपुट विद्युत दाब तयार करते. 7812 आणि 7912 चे ग्राउंड पिन एकत्र जोडलेले आहेत आणि इनपुट ट्रान्सफॉर्मरच्या मध्यभागी टॅप आहेत. समान बिंदू दुहेरी ध्रुवीय पुरवठ्याचा ग्राउंड पॉइंट म्हणून आणला जातो. IC 7812 या ग्राउंड पॉइंट संदर्भात $a+ 12\text{V}$ रेग्युलेटेड आउटपुट विद्युत दाब तयार करते तर IC 7912 $a - 12\text{V}$ रेग्युलेटेड आउटपुट विद्युत दाब तयार करते. कॅपेसिटर C_1, C_2 हे IC च्या इनपुटवर फिल्टर कॅपेसिटर आहेत तर C_3, C_4 हे IC च्या आउटपुटवर फिल्टर कॅपेसिटर आहेत.

5.4.15 78XX मालिकेचे ऍप्लिकेशन्स:

1. 7805 IC चा वापर TTL लॉजिक सर्किट्ससाठी $+5\text{ V}$ रेग्युलेटेड DC विद्युत दाब तयार करण्यासाठी केला जातो.
2. 7812 IC चा वापर OP-AMP साठी $+12\text{V}$ रेग्युलेटेड DC विद्युत दाब तयार करण्यासाठी केला जातो.
3. व्हेरिअबल आउटपुट विद्युत दाब तयार करण्यासाठी आम्ही 78XX रेग्युलेटर आयसी वापरू शकतो.
4. 78XX आणि 79XX IC चा वापर ड्युअल पोलेरिटी (+-) रेग्युलेटेड dc पॉवर सप्लाय तयार करण्यासाठी केला जाऊ शकतो.

5.5 IC 723 - रेग्युलेटर:

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

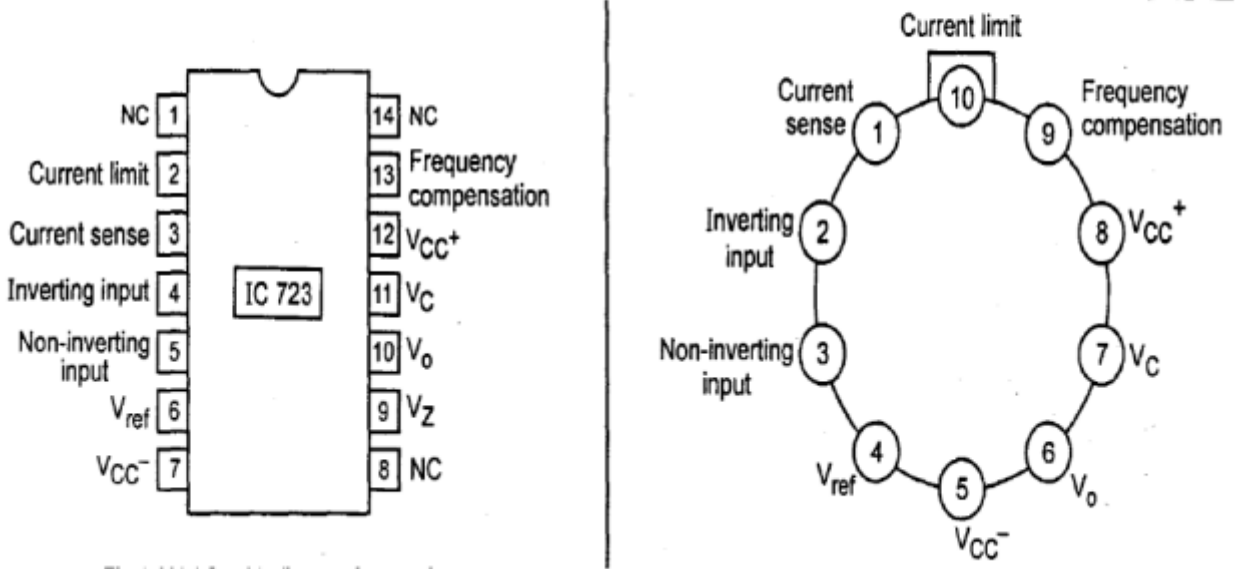
5.5.1 IC723 ची वैशिष्ट्ये:

वैशिष्ट्ये:

- 1.5 आणि 40 V दरम्यान, इनपुटवर अनियंत्रित डीसी पुरवठा विद्युत दाब.
- 2 ते 37 V दरम्यान समायोजित (Adjustable) करण्यायोग्य आउटपुट विद्युत दाब.
- कमाल लोड विद्युत् प्रवाह 150 mA .
- वापरलेल्या अतिरिक्त ट्रान्झिस्टरसह, I_{Lmax} 10 A पर्यंत मिळू शकते.
- धन ($+Ve$) किंवा ऋण ($-Ve$) पुरवठा ऑपरेशन.
- 800 mW चे अंतर्गत उर्जा अपव्यय.
- बिल्ट इन फोल्ड बॅक विद्युत् प्रवाह लिमिटिंग.
- शॉर्ट सर्किट अंतर्भूत संरक्षण.
- उच्च रिपल नकार.

5.5.2 IC 723 चे पॅकेज:

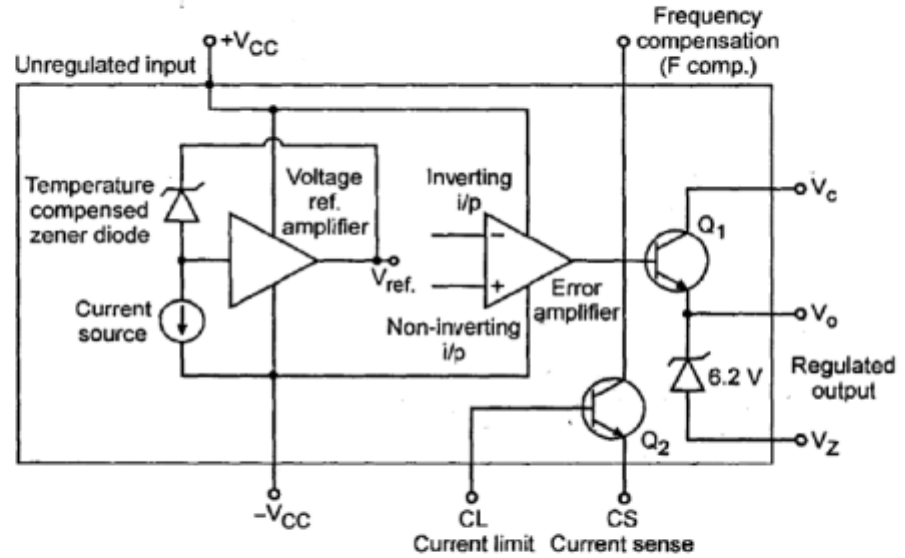
IC723 ड्युअल इन लाइन (DIP) मध्ये उपलब्ध आहे किंवा आकृती 5.14 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे मेटल कॅन पॅकेज आहे.



आकृती 5.14 IC 723 पॅकेज

5.5.3 फंक्शनल ब्लॉक डायग्राम:

फंक्शनल ब्लॉक डायग्राम 5.15 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहे. वेगवेगळ्या ब्लॉक्सचे स्पष्टीकरण खालीलप्रमाणे आहे:



आकृती 5.15 : IC 723 चे कार्यात्मक ब्लॉक डायग्राम

कार्यात्मक ब्लॉक डायग्राम चार ब्लॉक्स मध्ये विभागली जाऊ शकते:

1. संदर्भ निर्मिती ब्लॉक (Reference Voltage generating Block).
 2. एरर एम्प्लीफायर (Error Amplifier).
 3. सेरीज पास ट्रान्झिस्टर (Series Pass Transistor).
 4. विद्युत् प्रवाह मर्यादित करण्यासाठी सर्किट (Current limiting Circuit).
- फंक्शनल ब्लॉक डायग्राम मध्ये IC 723 हा मुळात सेरीज पास ट्रान्झिस्टरसह एक सेरीज व्होल्टेज रेग्युलेटर आहे जो रेग्युलेटिंग इलेमेंट (element) म्हणून काम करतो.

रेफरन्स जनरेटिंग ब्लॉक:

तापमान भरपाई (Temperature Confirmation) झीनर डायोड, स्थिर विद्युत् प्रवाह आणि व्होल्टेज संदर्भ ऑप्लिफायर मिळून संदर्भ निर्माण करणारा ब्लॉक तयार होतो. झीनर व्होल्टेजचा वापर अंतर्गत रित्या एक निश्चित संदर्भ व्होल्टेज निर्माण करण्यासाठी केला जातो. निर्माण केलेला संदर्भ व्होल्टेज 7 व्होल्ट आहे आणि तो एरर ऑप्लिफायरच्या नॉन-इनव्हर्टिंग (+) टर्मिनलवर लागू केला जातो. अनियमित इनपुट व्होल्टेज V_{cc} हे व्होल्टेज संदर्भ ऑप्लिफायर तसेच एरर ऑप्लिफायरवर लागू केले जाते, जसे आकृती 5.15 मध्ये दाखवले आहे.

एरर ऑप्लिफायर:

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

सेरीज पास ट्रान्झिस्टर :

Q1 हा अंतर्गत सेरीज पास ट्रान्झिस्टर आहे जो एरर ऑप्लिफायरद्वारे चालविला जातो. हा ट्रान्झिस्टर प्रत्यक्षात व्हेरिअबल रेझिस्टर म्हणून काम करतो आणि आउटपुट व्होल्टेज नियंत्रित करतो. Q1 हा एक छोटासा ट्रान्झिस्टर आहे जो 800 mW पर्यंतची शक्ती नष्ट करण्यास (Power dissipate) सक्षम आहे. ट्रान्झिस्टर Q1 चे कलेक्टर अनियंत्रित वीज पुरवठ्याशी जोडलेले आहे. Q1 चे कमाल कलेक्टर व्होल्टेज 36 V पर्यंत मर्यादित आहे. Q1 द्वारे पुरवले जाणारे कमाल विद्युत् प्रवाह 150 mA आहे.

विद्युत् प्रवाह मर्यादित करण्यासाठी लागणारी सर्किट्री:

अंतर्गत ट्रान्झिस्टर Q2 चा वापर विद्युत् प्रवाह संवेदना आणि मर्यादांसाठी केला जातो. बाह्य रेझिस्टन्स R_{sc} आणि Q1 हे सेरीज (Series) मध्ये जोडलेले आहेत आणि विद्युत् प्रवाह मर्यादित करण्यासाठी Q2

द्वारे R_{sc} मधील व्होल्टेज ड्रॉप सेन्स केला जातो. ट्रान्झिस्टर Q2 हा सामान्यतः बंद असतो. जेव्हा लोड करंट पूर्वनिर्धारित मर्यादा ओलांडतो तेव्हाच तो चालू होतो व सुरक्षित मर्यादेच्या खाली लोड करंटची परिमाण नियंत्रित करण्यासाठी, सेरीज पास ट्रान्झिस्टर Q1 चे सर्व बेस करंट वळवतो.

फ्रिक्वेंसी कॉम्पेन्सेशन :

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

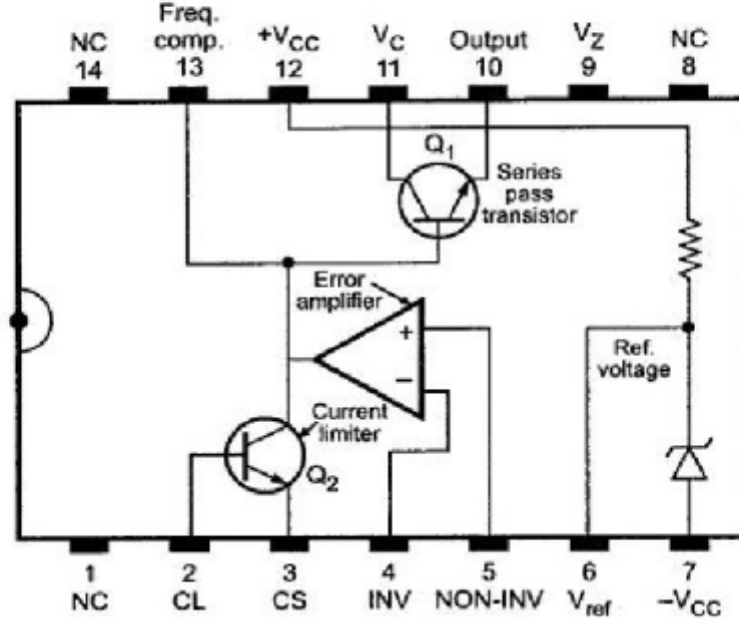
तक्ता 5.3 मॅक्सिमम रेटिंग ऑफ इम्पोर्टंट पॅरामीटर्स

Sr.No.	Parameter	Maximum Value	Units
1	Pulsed व्होल्टेज V^+ ते V^- (50 mS)	50	V
2	सतत व्होल्टेज ⁺ पासून V^+ ते V^- पर्यंत	40	V
3	इनपुट आउटपुट व्होल्टेज differential	40	V
4	कमाल ॲम्प्लीफायर इनपुट व्होल्टेज (एकतर इनपुट)	8.5	V
5	कमाल ॲम्प्लीफायर इनपुट व्होल्टेज (डिफरेंशियल)	5	V
6	अंतर्गत पॉवर डिसिपेशन (डीआयपी)	660	mW
7	आउटपुट विद्युत् प्रवाह	150	mA

आवश्यकतांनुसार विशिष्ट कॉन्फिगरेशन प्रमाणे IC723 च्या खालील ॲप्लिकेशन्स आहेत.

1. कमी व्होल्टेज कमी करंट रेग्युलेटर (2 ते 7 V दरम्यान V_o).
2. कमी व्होल्टेज उच्च विद्युत् प्रवाह नियंत्रक.
3. पॉझिटिव्ह हाय व्होल्टेज लो करंट रेग्युलेटर ($V_o > 7 V$).
4. पॉझिटिव्ह हाय व्होल्टेज हाय करंट रेग्युलेटर.
5. ऋण (-ve) व्होल्टेज रेग्युलेटर.
6. शॉर्ट सर्किट प्रोटेक्शनसह हाय व्होल्टेज रेग्युलेटर.
7. फोल्ड बॅक (Fold back) करंट लिमिटिंगसह लो किंवा हाय व्होल्टेज रेग्युलेटर.

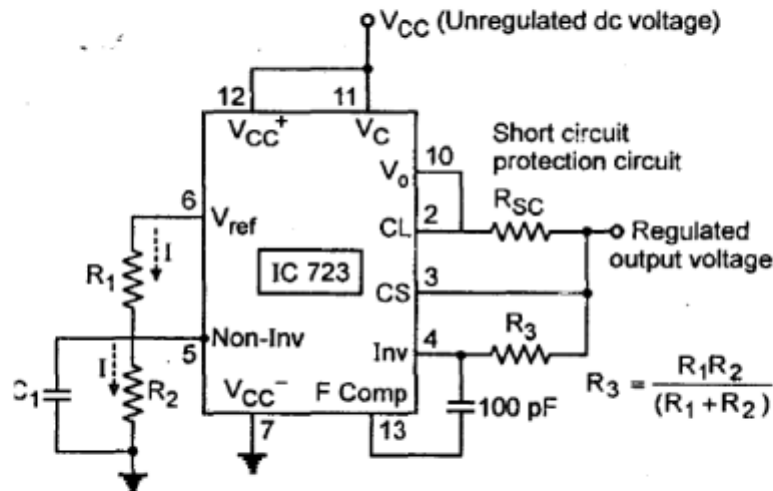
IC723 ची एक सरलीकृत (Simplified) अंतर्गत रचना ज्यामुळे सर्किट्स अधिक चांगल्या प्रकारे समजते.



आकृती 5.16: IC723 ची एक सरलीकृत (Simplified) अंतर्गत रचना

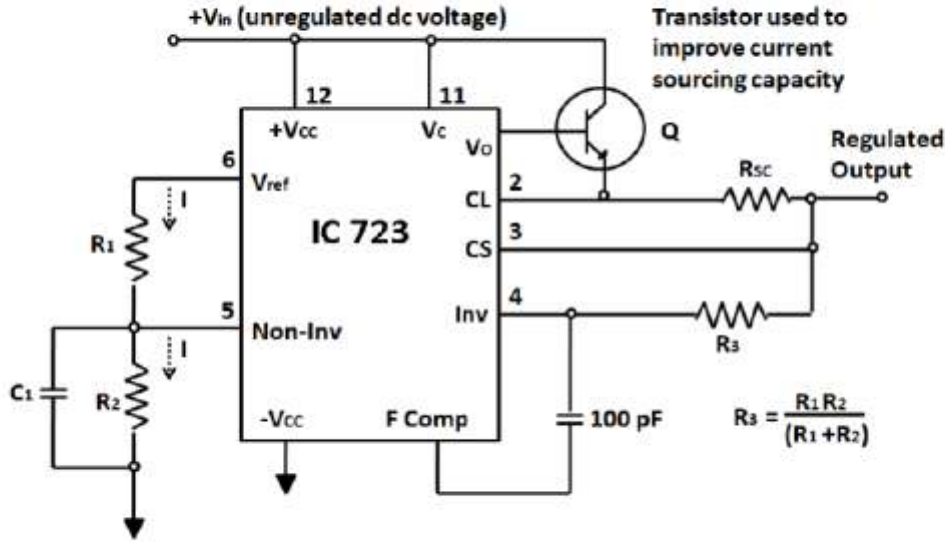
5.5.4 कमी व्होल्टेज कमी करंट (मूलभूत, कमी व्होल्टेज रेग्युलेटर):

कमी व्होल्टेज कमी करंट रेग्युलेटर 2 ते 7 V लोड व्होल्टेज आणि 150 mA (mili Ampere) पर्यंत लोड करंट पुरवण्यास सक्षम आहे.



आकृती 5.17 कमी व्होल्टेज, कमी करंट व्होल्टेज रेग्युलेटर

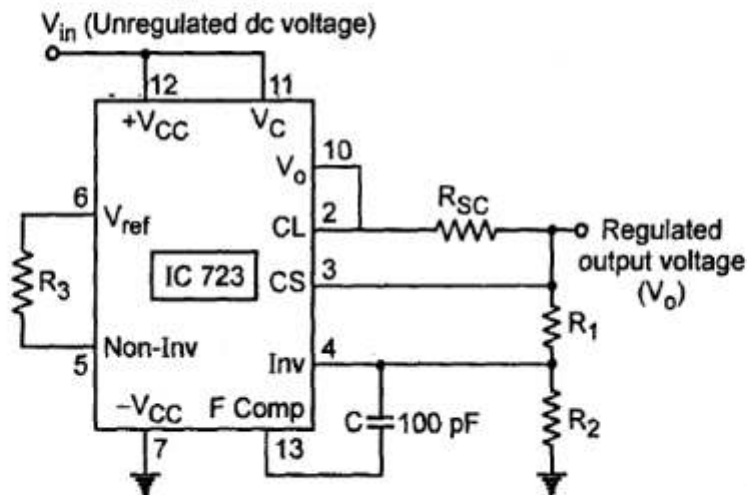
5.5.5 लो व्होल्टेज हाय करंट रेग्युलेटर:



आकृती 5.18 : कमी व्होल्टेज उच्च करंट रेग्युलेटर

अशा प्रकारचा रेग्युलेटर 2 ते 7 व्होल्ट्सच्या रेंजमध्ये आउटपुट व्होल्टेज पुरवतो परंतु लोड करंट 150 mA पेक्षा जास्त असू शकतो सर्किटमध्ये ट्रान्झिस्टर Q समाविष्ट करून करंट सोर्सिंग क्षमता वाढवली जाते. आकृती 5.18 मध्ये दर्शविलेले सर्किट 2 ते 7 व्होल्ट दरम्यान डी सी रेग्युलेट आउटपुट व्होल्टेज मिळविण्यासाठी वापरले जाते. ट्रान्झिस्टर Q हा पॉवर ट्रान्झिस्टर आहे आणि तो ईमीटर फॉलोअर कॉन्फिगरेशनमध्ये (मांडणी) जोडलेला आहे. , म्हणून, Q च्या (ईमीटर वरती) प्राप्त होणारे आउटपुट व्होल्टेज जवळजवळ बेसच्या (IC आउटपुट) प्रमाणेच असते आउटपुट विद्युत् प्रवाह IC 723 च्या आउटपुट विद्युत् प्रवाहच्या β पट आहे. अशा प्रकारे विद्युत् प्रवाह पुरवठा क्षमता सुधारते.

5.5.6 हाय व्होल्टेज लो करंट रेग्युलेटर :



आकृती 5.19 उच्च व्होल्टेज कमी करंट रेग्युलेटर

कमी आउटपुट करंटसह मूलभूत उच्च व्होल्टेज रेग्युलेटर आकृती 5.19 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहे. हे सर्किट 150 mA च्या कमाल लोड करंटसह 2 ते 37 V च्या श्रेणीतील एक नियमित आउटपुट व्होल्टेज पुरवण्यास सक्षम आहे.

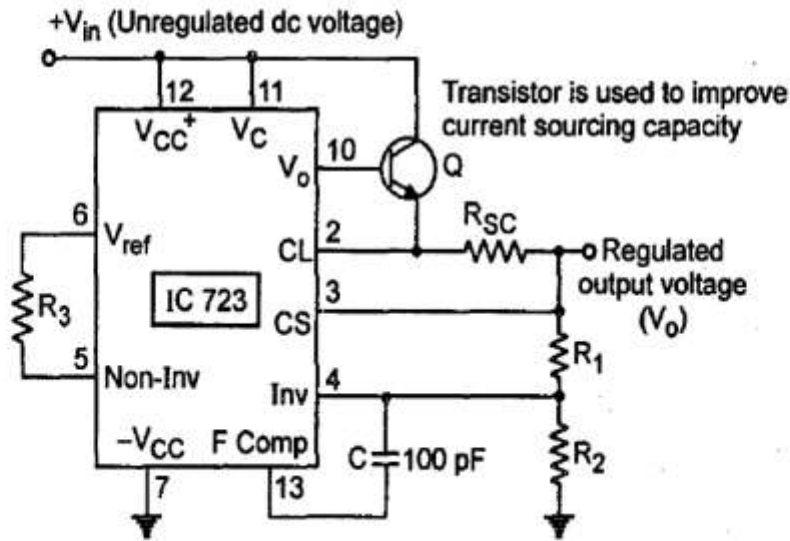
5.5.7: हाय व्होल्टेज उच्च विद्युत् प्रवाह नियामक:

उच्च व्होल्टेज लो करंट रेग्युलेटरची सध्याची सोर्सिंग क्षमता सुधारण्यासाठी सर्किटमध्ये बाह्य ट्रान्झिस्टर Q जोडला जातो. आकृती 5.20 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे उच्च व्होल्टेज, उच्च विद्युत् प्रवाह नियंत्रकाचा सर्किटसाठी आउटपुट व्होल्टेज 7V आणि 37 V दरम्यान बदलते. ट्रान्झिस्टर Q विद्युत् प्रवाह सोर्सिंग क्षमता वाढवते. अशा प्रकारे I_L (कमाल) 150 mA पेक्षा जास्त आहे.

The output voltage V_o is given by ,

$$V_o = \left[\frac{R_1 + R_2}{R_2} \right] \times V_{ref} \quad \dots 5.8$$

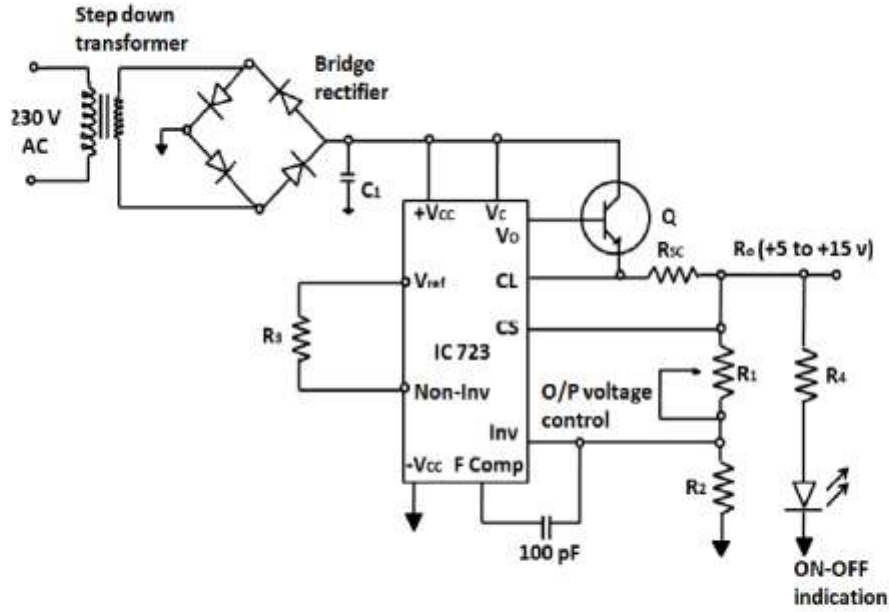
The value of R_{SC} is given by $R_{SC} = \frac{0.6}{I_{LIMIT}}$



आकृती 5.20 : हाय व्होल्टेज हाय करंट रेग्युलेटर

5.5.8 व्हेरिएबल आउटपुट व्होल्टेज पॉवर सप्लाय:

एक व्हेरिएबल आउटपुट व्होल्टेज (उदाहरणार्थ 5 ते 15 V) IC723 वापरून आकृती 5.21 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहे.



आकृती 5.21 व्हेरिअबल आउटपुट व्होल्टेज पॉवर सप्लाय

या वीज पुरवठ्याची महत्त्वाची वैशिष्ट्ये खालीलप्रमाणे आहेत:

1. व्हेरिअबल आउटपुट व्होल्टेज (5 ते 15 V)
2. 1 Amp पर्यंत सोर्सिंग क्षमता (Current sourcing capacity).
3. बंद पॉवरसाठी एलईडी संकेत.
4. शॉर्ट सर्किट संरक्षण. आकृती 5.21 मधील सर्किट हे बाह्य करंट बूस्टिंग ट्रान्झिस्टरसह उच्च व्होल्टेज रेग्युलेटर आहे. रेझिस्टर R1 हे पोटेंशियोमीटर (Variable resistor) आहे जे +5 V ते +15 V दरम्यान आउटपुट व्होल्टेज समायोजित (adjust) करते.

5.5.9 लिनियर रेग्युलेटरचे फायदे आणि तोटे:

फायदे:

1. लिनियर नियामकांचे खालील फायदे आहेत. हे फायदे मुळात ॲक्टिव रीजन सेरीज पास ट्रान्झिस्टर वापरल्या जात असल्यामुळे आहेत.
2. आउटपुट व्होल्टेज वेव्हफॉर्मस मधील AC component खूप कमी आहे. म्हणजे डीसीआउटपुट व्होल्टेजची गुणवत्ता खूप चांगली आहे.
3. आरएफआय / ईएमआय नाही, कारण पॉवर डिक्वाइस स्विच म्हणून ऑपरेट केले जात नाही.
4. हाय स्पीड ट्रान्झिस्टर वापरण्याची गरज नाही कारण ते स्विचिंग मोडमध्ये वापरले जात नाही.

तोटे:

1. लिनियर नियामकांची कार्यक्षमता 40 ते 50% खूपच कमी आहे. हे ॲक्टिव रीजन सेरीज पास पॉवर डिक्वाइसच्या ऑपरेशनमुळे आहे.
2. पॉवर ट्रान्झिस्टरसाठी मोठे हीट सिंक आवश्यक आहे, जे रेग्युलेटरला अवजड बनवते.

3. मोठा (Bulky) 50 Hz ट्रान्सफॉर्मर आवश्यक आहे.

5.6 समायोज्य (Adjustable) पॉझिटिव्ह व्होल्टेज रेग्युलेटर (LM 317):

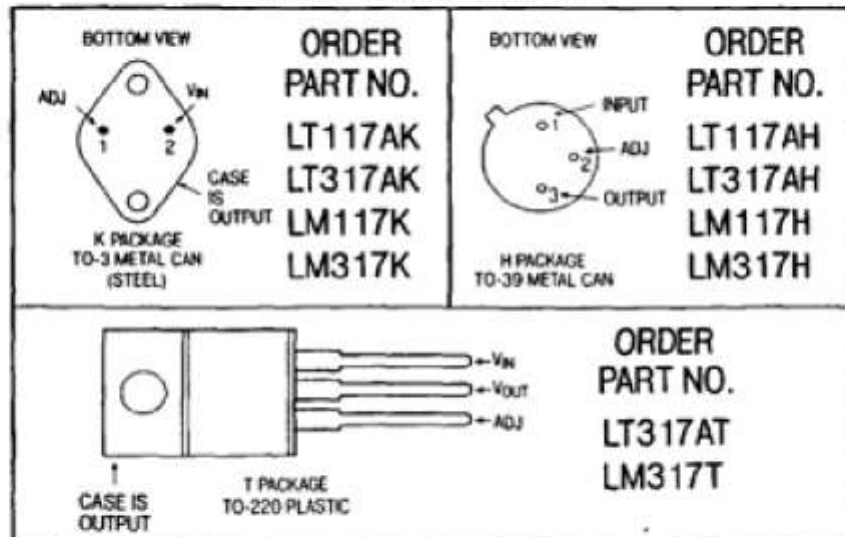
LM 317 सेरीज तीन टर्मिनल अॅडजस्टेबल पॉझिटिव्ह व्होल्टेज रेग्युलेटर प्रदान करते. विविध आउटपुट व्होल्टेज तयार करण्यासाठी या सीरिज उपलब्ध आहेत.

तक्ता 5.4 उपलब्ध आउटपुट व्होल्टेज सीरिज

Sr. No.	Device	Output Voltage (Volts)	Output Current (Amp)	Vin(max) (Volts)
1	LM 317	1.2 to 37	1.5	40
2	LM 317 H	1.2 to 37	0.5	40
3	LM 317 HV	1.2 to 37	1.5	60
4	LM 317 HVH	1.2 to 37	0.5	40
5	LM 317 L	1.2 to 37	0.1	40
6	LM 317 M	1.2 to 37	0.5	40

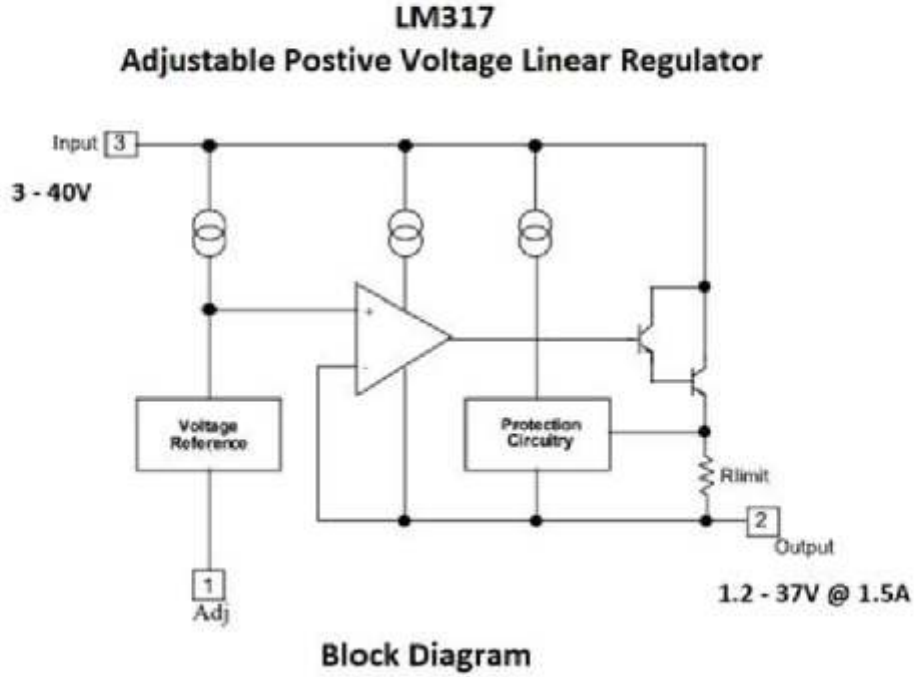
LM 317 मालिकेतील मानक पॅकेजेस आकृती 5.22 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहेत या रेग्युलेटरमध्ये तीन पिन आहेत प्रामुख्याने Vin, Vout आणि समायोजन (ADJ):

LM 317 मालिकेचे मानक पॅकेज



आकृती 5.22 LM 317 मालिकेतील मानक पॅकेजेस

5.6.1 LM 317 ब्लॉक डायग्राम:



आकृती 5.23 LM 317 ब्लॉक डायग्राम:

आकृती 5.23 मध्ये LM 317 एक सेरीज नियामक आणि एक डार्लिंग्टन जोडी (Darlington pair) सेरीज पास घटक म्हणून कार्य करते असे दाखवले आहे. आउटपुट व्होल्टेजची (V_{out}) तुलना अंतर्गत निर्मित केलेल्या व्होल्टेज संदर्भाशी (V_{ref}) करून एरर व्होल्टेज तयार केले जाते. एरर व्होल्टेज आउटपुट व्होल्टेजचे नियमन करण्यासाठी डार्लिंग्टन ट्रान्झिस्टर ड्राईव्ह करते. R_{Limit} एक इंटरनल सेंसिंग रजिस्टर आहे त्यावरील व्होल्टेज हे आउटपुट विद्युत प्रवाहाच्या प्रमाणात आहे. हे व्होल्टेज अंतर्गत संरक्षण सर्किटवर लागू केले जाते. लोड करंट त्याच्या कमाल मूल्यापेक्षा जास्त असल्यास, डार्लिंग्टन जोडी स्वयंचलितपणे बंद केली जाईल (to protect the IC). LM 317 हे समायोज्य आउटपुट व्होल्टेजसह मोनोलिथिक (on one chip) IC व्होल्टेज रेग्युलेटर आहे. IC LM 317 लोडला 1.5 A पेक्षा जास्त करंट पुरवू शकतो त्याचे आउटपुट 1.2V ते 37 V च्या श्रेणीमध्ये समायोजित करण्यायोग्य आहे. तसेच या आयसी मध्ये अंतर्गत प्रवाह मर्यादित, थर्मल शटडाउन आणि सेफ एरिया कॉम्पेन्सेशन वापरले जाते.

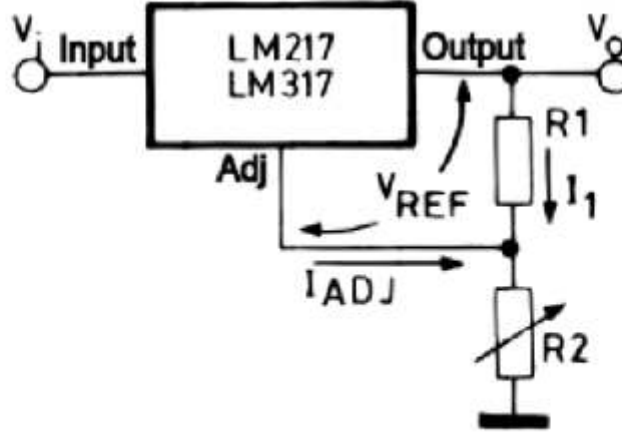
5.6.2 IC LM 317 ची वैशिष्ट्ये:

- 1.5 A पेक्षा जास्त आउटपुट विद्युत प्रवाह
- 1.2 V to 37 V दरम्यान समायोज्य(adjustable) आउटपुट
- अंतर्गत थर्मल ओव्हरलोड संरक्षण.

- अतर्गत शॉर्ट सर्किट करंट लिमिटिंग

5.6.3 LM 317 रेग्युलेटरसाठी विशिष्ट कनेक्शन आकृती:

आकृती 5.24 LM317 रेग्युलेटरसाठी टिपिकल कनेक्शन आकृती दर्शवते. आउटपुट व्होल्टेज इच्छित मूल्यावर सेट करण्यासाठी दर्शविल्याप्रमाणे LM317 ला फक्त दोन बाह्य प्रतिरोधक R1 आणि R2 आवश्यक आहेत.



आकृती 5.24 : LM 317 रेग्युलेटरसाठी विशिष्ट कनेक्शन आकृती

आकृती 5.24 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे जोईन केल्यावर LM317 त्याच्या आउटपुट आणि समायोजन टर्मिनल्समध्ये 1.25V चा व्होल्टेज difference तयार करतो. V_{REF} एक स्थिर व्होल्टेज आहे, तसेच वाहणारा विद्युतप्रवाह I_1 R_1 देखील स्थिर असेल. ह्या रेझिस्टरला "करंट सेट" किंवा "प्रोग्राम रेझिस्टर" असे म्हणतात. रेझिस्टर R_2 ला "आउटपुट सेट" रेझिस्टर म्हणतात. LM 317 ची रचना अशा प्रकारे केली आहे की I_{ADJ} खूप लहान आहे आणि लाइन व्होल्टेज आणि लोड करंटमधील बदलांपासून स्वतंत्र आहे

$$\therefore I_{R2} = I_1 + I_{ADJ}$$

Looking at Figure 5.24 we can write the expression for output voltage as:

$$V_o = I_1 R_1 + I_{R2} R_2$$

$$V_o = R_1 I_1 + (I_1 + I_{ADJ}) R_2 \quad \dots 5.9$$

$$\text{but, } I_1 R_1 = V_{REF} \text{ and } I_1 = \frac{V_{REF}}{R_1}$$

$$\therefore V_o = V_{REF} + \frac{V_{REF}}{R_1} R_2 + I_{ADJ} R_2$$

$$\therefore V_o = V_{REF} \left[1 + \frac{R_2}{R_1} \right] + I_{ADJ} R_2 \quad \dots 5.10$$

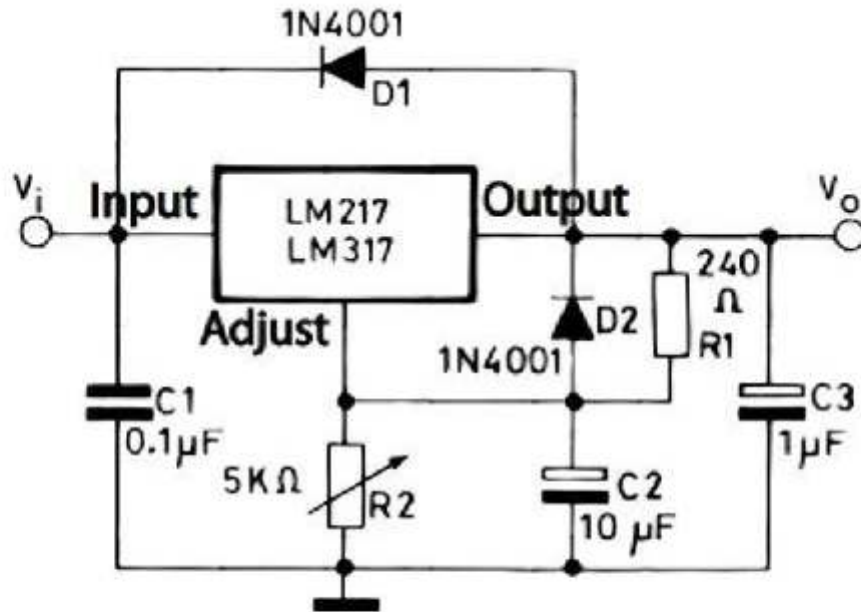
Where $V_{REF} = 1.25V$ which is a constant voltage between output and adjustment terminals. विद्युत् प्रवाह I_{ADJ} खूप लहान आहे (100 μA), समीकरणातील (5.10.2) दुसरी संज्ञा $I_{adj} R_2$ दुर्लक्षित केली जाऊ शकते. अशाप्रकारे आउटपुट व्होल्टेजसाठी समीकरणा द्वारे दिली जाते:

$$V_o = 1.25 \left[1 + \frac{R_2}{R_1} \right] \quad \dots 5.11$$

निष्कर्ष : समीकरण 5.11 दर्शविते की आउटपुट व्होल्टेजमध्ये प्रतिकार R_2 चे मूल्य सामान्यतः 240 Ω वर स्थिर ठेवले जाते.

5.6.4 LM 317 वापरून प्रॅक्टिकल रेग्युलेटर:

LM 317 वापरणारे प्रात्यक्षिक रेग्युलेटर आकृती 5.25 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहे. LM 317 हे अनियंत्रित इनपुट पॉवरच्या फिल्टर कॅपेसिटर पासून दूरच्या ठिकाणी असल्यासच, फिल्टर कॅपेसिटर आवश्यक आहे. LM 317 च्या इनपुटवर 0.1 μF डिस्क कॅपेसिटर किंवा 1 μF - टॅंटलम कॅपेसिटर (tantalum capacitor) फिल्टर म्हणून वापरणे गरजेचे आहे. कॅपेसिटर C_2 हा 10 μF चा असून त्याचा रिपल रिजेक्शन रेशोचे 80 dB आहे.



आकृती 5.25 कॅपेसिटर आणि संरक्षक डायोड सह प्रॅक्टिकल एलएम 317 रेग्युलेटर सर्किट

जेव्हा फिल्टर कॅपेसिटर वापरले जातात तेव्हा आपल्याला संरक्षक डायोड वापरावे लागतील. हे डायोड फिल्टर कॅपेसिटरला रेग्युलेटर मधून विद्युत् प्रवाह डिस्चार्ज करण्याची परवानगी देत नाहीत व फक्त उच्च

आउटपुट व्होल्टेजसाठी (25 V वरील) आणि आउटपुट कॅपेसिटन्सच्या उच्च मूल्यांसाठी 25 μ F वर आवश्यक असते.

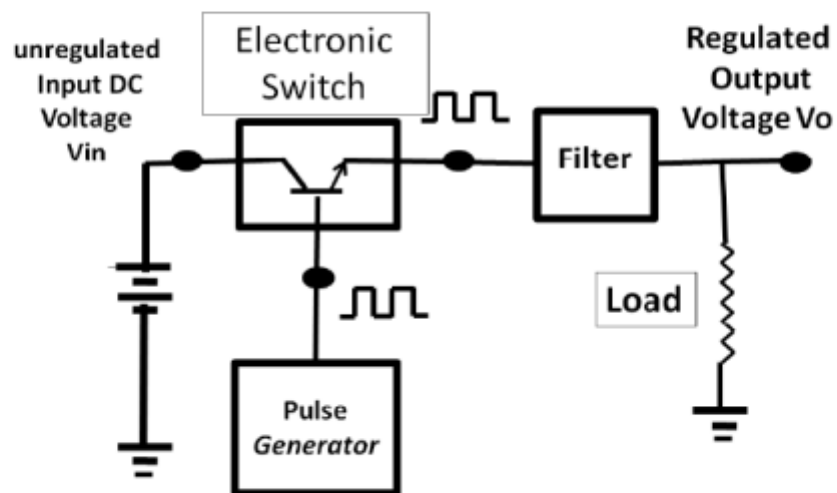
तक्ता 5.5: 78XX आणि LM 317 नियामकांची तुलना:

Sr. No.	78XX Regulator	LM 317 Regulator
1	78XX एक निश्चित सकारात्मक व्होल्टेज नियामक मालिका आहे.	LM 317 समायोज्य सकारात्मक व्होल्टेज रेग्युलेटर मालिका आहे.
2	या मालिकेत उपलब्ध व्होल्टेज 5,6,8,12,15,18 आणि 24 व्होल्ट आहेत.	आउटपुट व्होल्टेज 2 ते 37 व्होल्ट दरम्यान समायोजित केले जाऊ शकते.
3	कमाल आउटपुट करंट 1 A आहे.	कमाल आउटपुट करंट 1.5 A आहे.

5.7 स्विच मोड पॉवर सप्लाय (SMPS) :

5.7.1 स्विच मोड पॉवर सप्लाय ब्लॉक डायग्राम :

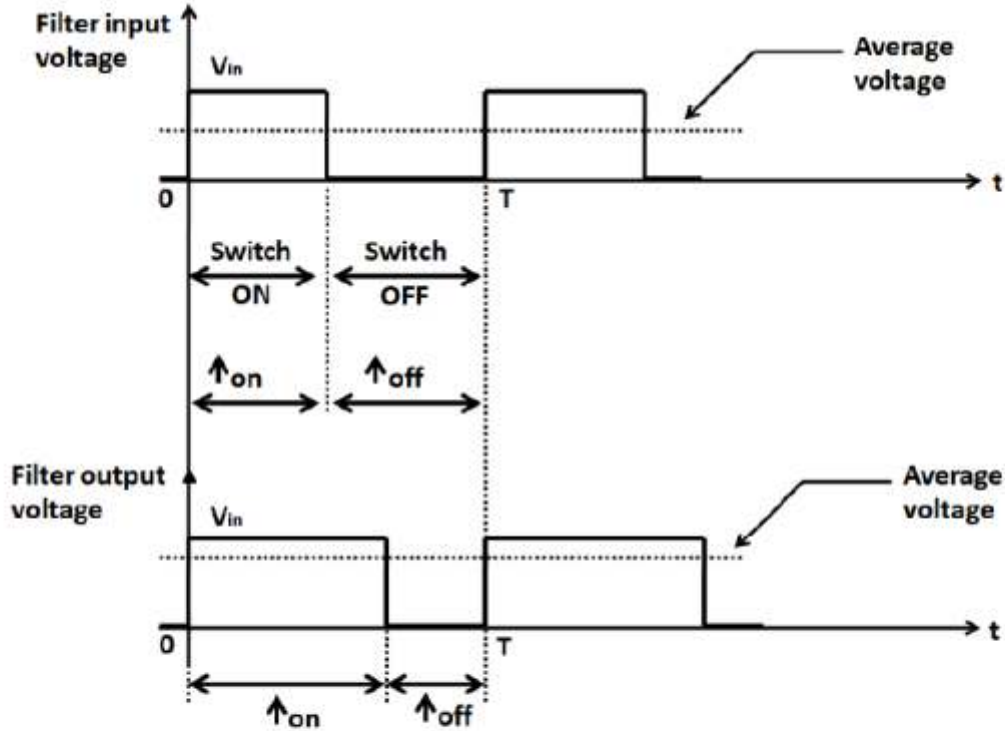
बेसिक स्विच रेग्युलेटरचा ब्लॉक डायग्राम आकृती 5.26 मध्ये दर्शविली आहे. ब्लॉक डायग्राम दाखवते की SMPS देखील मुळात सेरीज रेग्युलेटर असून सुद्धा ते लिनियर वीज पुरवठ्यापेक्षा वेगळे असतात. SMPS मध्ये सेरीज पास ट्रान्झिस्टर (इलेक्ट्रॉनिक स्विच) त्याच्या ॲक्टिव रीजन मध्ये कार्य करत नाही. त्याऐवजी ते स्विच म्हणून कार्य करते. मूलभूत स्विच मोड पॉवर सप्लायमध्ये चार घटक असतात जसे की अनियमित dc विद्युत दाब, स्रोत V_{in} , एक इलेक्ट्रॉनिक स्विच (ट्रान्झिस्टर किंवा MOSFET), एक पल्स जनरेटर आणि एक फिल्टर, आकृती 5.26 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आहेत.



आकृती 5.26 : बेसिक स्विच मोड पॉवर सप्लायच्या मूलभूत विभागाची मांडणी आकृती (SMPS)

5.7.2 स्विच मोड पॉवर सप्लायचे वर्किंग प्रिन्सिपल (कार्य तत्त्व):

पल्स जनरेटर आयताकृती (Rectangular) पल्स निर्माण करतो जे इलेक्ट्रॉनिक स्विचच्या कंट्रोल टर्मिनलवर लागू केले जातात. या आयताकृती पल्स च्या मदतीने हे स्विच चालू आणि बंद होतो. एक इलेक्ट्रॉनिक स्विच आहे जो सामान्यतः ट्रान्झिस्टर किंवा MOSFET असतो. तो त्याच्या Saturation आणि कट-ऑफ (Cut - Off) क्षेत्रांमध्ये वापरला जातो आणि Active Region मध्ये नाही. जेव्हा स्विच चालू असतो, तेव्हा ते अनियमित dc इनपुट V_{in} ला जोडते कारण ते फिल्टरच्या इनपुटशी असते आणि फिल्टरचे इनपुट dc इनपुट विद्युत दाब V_{in} पासून डिस्कनेक्ट केले जाते,



आकृती 5.27 : बेसिक स्विचिंग मोड पॉवर सप्लायचे वेवफॉर्म

अशा प्रकारे सरासरी आउटपुट विद्युत दाब ड्यूटी सायकल D वर अवलंबून असते. आकृती 5.12.2 मध्ये दर्शविल्यानुसार सरासरी आउटपुट विद्युत दाब ड्यूटी सायकलच्या मूल्यात वाढ होईल.

$$\text{Duty cycle (D)} = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = \frac{t_{on}}{T} \quad \dots 5.12.$$

Where, t_{on} = On time of the pulse waveform.

t_{off} = Off-time the pulse waveform.

$$T = t_{on} + t_{off} = \frac{1}{\text{Frequency}} \quad \text{or} \quad T = \frac{1}{f}$$

$$V_o = \frac{t_{on}}{T} \times V_{in}$$

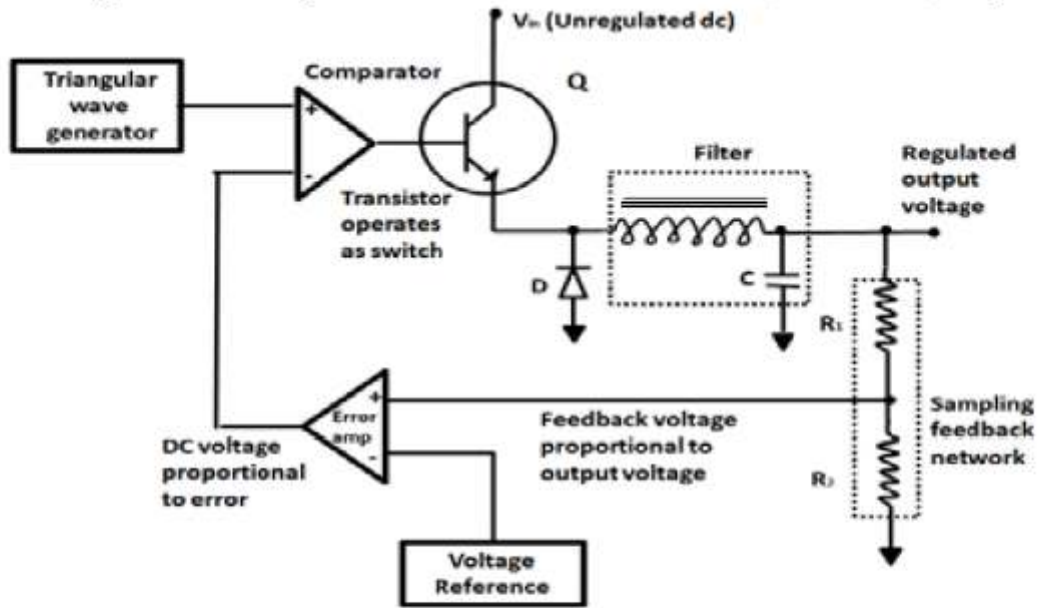
'or'

$$V_o = D \times V_{in}$$

.....5.13

5.7.3 संपूर्ण स्विच मोड रेग्युलेटर:

आकृती 5.28 संपूर्ण स्विच मोड रेग्युलेटर दाखवते. ही SMPS चे कार्यात्मक (Functional) आकृती आहे.



आकृती 5.28 : संपूर्ण स्विच मोड रेग्युलेटर

संपूर्ण स्विच मोड रेग्युलेटर ऑपरेशन (कार्य):

सेरीज पास ट्रान्झिस्टर Q एक स्विच म्हणून कार्य करते म्हणजेच ते कंडक्ट करताना संपृक्ततेमध्ये (Saturation) चालते आणि जेव्हा ते चालत नाही तेव्हा कट ऑफमध्ये चालते. प्रतिरोधक R1 आणि R2 एक प्रतिरोधक होल्डेज डिव्हायडर नेटवर्क तयार करतात. फीडबॅक विद्युत दाब V_{fb} द्वारे दिले जाते

$$V_{fb} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_o$$

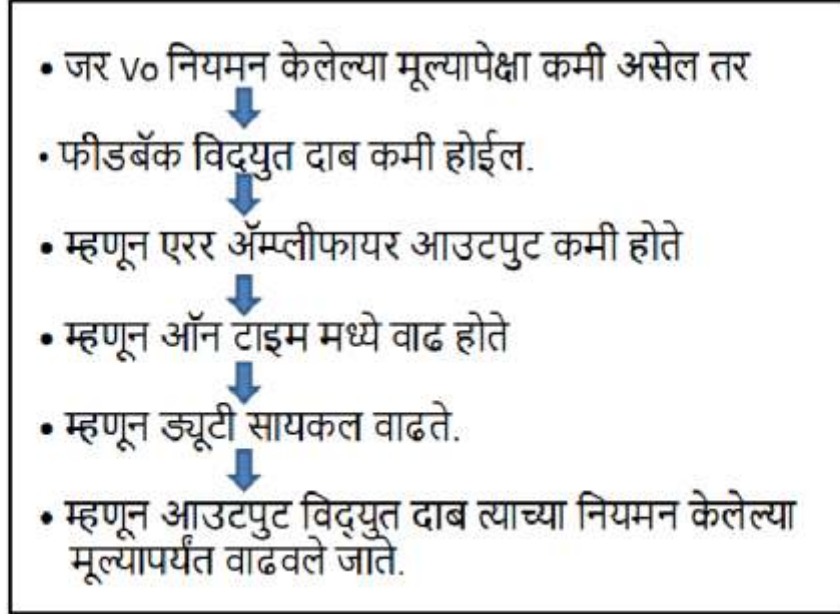
....5.12.3

हे फीडबॅक विद्युत दाब एरर अॅम्प्लिफायरच्या नॉन-इनव्हर्टिंग (+) टर्मिनलवर लागू केले जाते. एरर अॅम्प्लिफायरच्या इनव्हर्टिंग (-) टर्मिनलवर आउटपुट विद्युत दाब च्या इच्छित मूल्याचे प्रतिनिधित्व करणारा संदर्भ विद्युत दाब लागू केला जातो. फीडबॅक विद्युत दाब आणि संदर्भ विद्युत दाब मधील फरक "त्रुटी" म्हणून ओळखला जातो. एरर अॅम्प्लिफायरचे आउटपुट विद्युत दाब हे त्रुटीच्या प्रमाणात डीसी कंट्रोल विद्युत दाब आहे. डीसी कंट्रोल विद्युत दाब ची तुलना त्रिकोणी वेळ जनरेटरद्वारे निर्माण

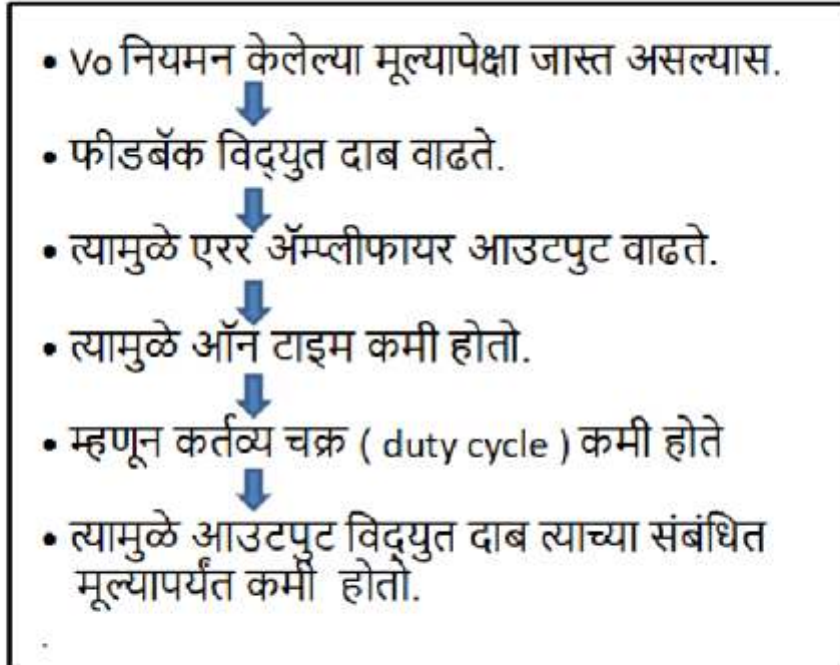
केलेल्या त्रिकोणी वेव्हफॉर्मशी केली जाते. आकृती 5.27 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे आउटपुट एक आयताकृती तरंग आहे.

5.7.4 **SMPS** च्या नियामक कृतीचा सारांश तक्ता 5.6 अ ,ब मध्ये दिला आहे.

सारांश तक्ता 5.6 अ



सारांश तक्ता 5.6 ब



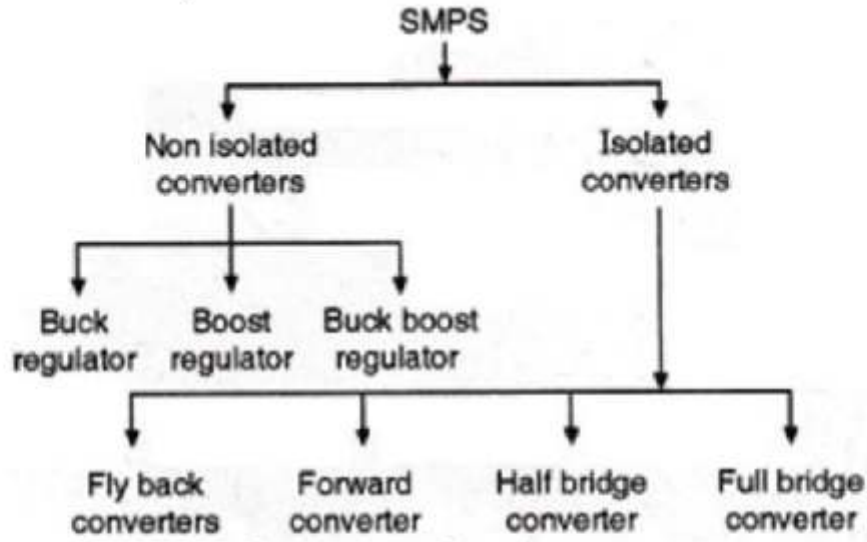
5.7.5 SMPS चे वर्गीकरण :

SMPS चे वर्गीकरण आकृती 5. 29 मध्ये दर्शविले आहे

SMPS चे वर्गीकरण मोठ्या प्रमाणात दोन वर्गांमध्ये केले आहे:

1. नॉन- आयसोलेटेड प्रकार आणि 2. आयसोलेटेड प्रकार.

नॉन-आयसोलेटेड प्रकारातील SMPS मध्ये लोड आणि स्त्रोत यांच्यामध्ये कोणतेही विद्युत पृथक्करण (separation) प्रदान केले जात नाही तर वेगळ्या प्रकारच्या SMPS च्या बाबतीत विद्युत आयसोलेशन (Isolation) प्रदान करण्यासाठी ट्रान्सफॉर्मरचा समावेश केला जातो.



आकृती 5.29 SMPS चे वर्गीकरण

5.7.6 SMPS चे फायदे आणि तोटे :

फायदे:

1. सेरीज पास ट्रान्झिस्टरमध्ये कमी पॉवर डिसिपेशन होते कारण ते ॲक्टिव रीजन नाही तर स्विच म्हणून कार्य करते.
2. ट्रान्झिस्टरमधील पॉवर डिसिपेशन कमी झाल्यामुळे उच्च कार्यक्षमता (95% पर्यंत).
3. लहान आकार: हे उच्च ऑपरेटिंग फ्रिक्वेन्सीवर L आणि C च्या लहान आकारामुळे आणि सेरीज पास ट्रान्झिस्टरसाठी लहान हीट सिंकची आवश्यकता असल्यामुळे आहे.
4. उच्च शक्ती हाताळणी क्षमता.

तोटे:

1. उच्च वारंवारता स्विचिंगमुळे (High Frequency switching) सेरीज पास ट्रान्झिस्टरमध्ये वाढलेले स्विचिंग नुकसान.
2. शेजारच्या (Near by circuit) इलेक्ट्रॉनिक सर्किट्समध्ये रेडिओ फ्रिक्वेन्सी इंटरफेरन्स (RFI) होण्याची शक्यता असते.

3. इनपुट आणि आउटपुटमध्ये कोणतेही पृथक्करण (Separation) नाही.
4. लोडसाठी स्वतंत्र संरक्षण सर्किटरी आवश्यक आहे.
5. लिनियर वीज पुरवठ्याच्या तुलनेत Transient response मंद आहे.
6. आउटपुटमधील ac component लिनियर वीज पुरवठ्यापेक्षा जास्त असते.
7. लिनियर नियामकांच्या तुलनेत लोडचे नियमन खराब आहे.

5.7.7 SMPS चे स्पेसिफिकेशन्स : SMPS चे काही महत्वाचे स्पेसिफिकेशन खालील प्रमाणे आहेत:

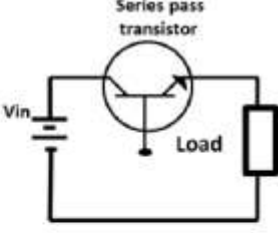
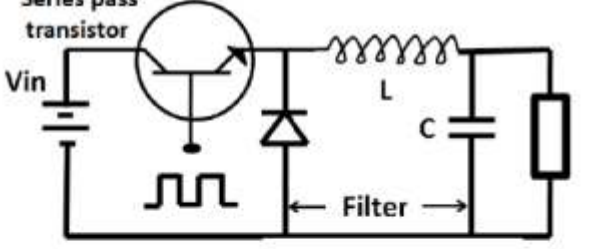
- DC आउटपुट विद्युत दाब : + 12V किंवा + 5 V or - 12 V इ.
- एकाधिक आउटपुट किंवा सिंगल आउटपुट.
- जास्तीत जास्त लोड विद्युत् प्रवाह.
- आउटपुट विद्युत दाब वेव्हफॉर्म मधील लहरी सामग्री (ac component).
- स्विचिंग फ्रिक्वेंसी (Switching Frequency).
- आउटपुट पॉवर
- रेग्युलेटरचा प्रकार: बक, बूस्ट इ.
- आयसोलेशन प्रदान केले किंवा नाही (Isolation is provided or not)
- बॅटरी ऑपरेटेड किंवा मेन्स ऑपरेटेड
- RFI / EMI हस्तक्षेपांचे परिमाण
- संरक्षण जसे की ओव्हर विद्युत दाब संरक्षण, ओव्हर विद्युत् प्रवाह संरक्षण इ.
- लोड नियमन
- शक्ती कार्यक्षमता.

5.7.8 SMPS चे ॲप्लिकेशन्स :

SMPS चे काही ॲप्लिकेशन एरिया खालीलप्रमाणे आहेत:

पर्सनल कॉम्प्युटर (PC)
 प्रिंटर (Printer)
 स्कॅनर (Scanner)
 केबल टीव्ही नेटवर्क (cable TV network)
 व्हिडिओ गेम्स (Video Games)
 टेलिव्हिजन रिसीव्हर्स (Television receivers)
 विद्युत दाब बूस्टर आणि बॅटरी चार्जर. (Booster, Charger)
 मोबाईल चार्जर (Mobile Charger)
 एलईडी लायटिंग (LED lighting)

5.7.9 लीनियर आणि स्विचिंग मोड रेग्युलेटर्सची तुलना:

Sr. No.	Parameter (परिमाण)	Linear regulator लीनियर रेग्युलेटर	स्विच मोड रेग्युलेटर Switched mode regulator
1	Configuration / Circuit diagram		
2	पॉवर ट्रान्झिस्टरच्या ऑपरेशनचा प्रदेश	Active Region	संपृक्तता किंवा कट ऑफ (Saturation or Cut off)
3	स्विचिंग	स्विचिंग करत नाही	ट्रान्झिस्टर स्विच म्हणून कार्य करते
4	जटिलता (Complexity)	कमी	उच्च
5	कार्यक्षमता	कमी (40 %)	उच्च (90 %)
6	पॉवर ट्रान्झिस्टरची स्विचिंग वारंवारता (Frequency)	कमी	खूप उच्च (25 kHz)
7	स्विचिंग नुकसान (Switching loss)	शून्य	खूप उच्च
8	RFI / EMI	अनुपस्थित	खूप उच्च
9	घटक तणाव	उच्च	खूप उच्च
10	नियमन (Regulation)	उत्कृष्ट	चांगले
11	किंमत	सर्वात कमी	मध्यम
12	आकार / वजन	मोठे / अवजड	लहान / हलके वजन
13	पॉवर हाताळणी क्षमता	कमी	उच्च

5.7.10 रेग्युलेटेड पॉवर सप्लायसाठी हीट सिंकचा वापर:

सर्व विद्युत दाब रेग्युलेटरमध्ये, पॉवर ट्रान्झिस्टरचा वापर रेग्युलेटर आयसीच्या आत केला जातो. हे पॉवर ट्रान्झिस्टर सेरीज रेग्युलेटरसाठी सक्रिय प्रदेशात (Active Region) आणि नियामक स्विचिंगसाठी संपृक्तता (Saturation) कट ऑफ क्षेत्रामध्ये ऑपरेट केले जातात. पॉवर ट्रान्झिस्टरमध्ये डिसिपेट होणारी शक्ती P_d द्वारे दिली जाते,

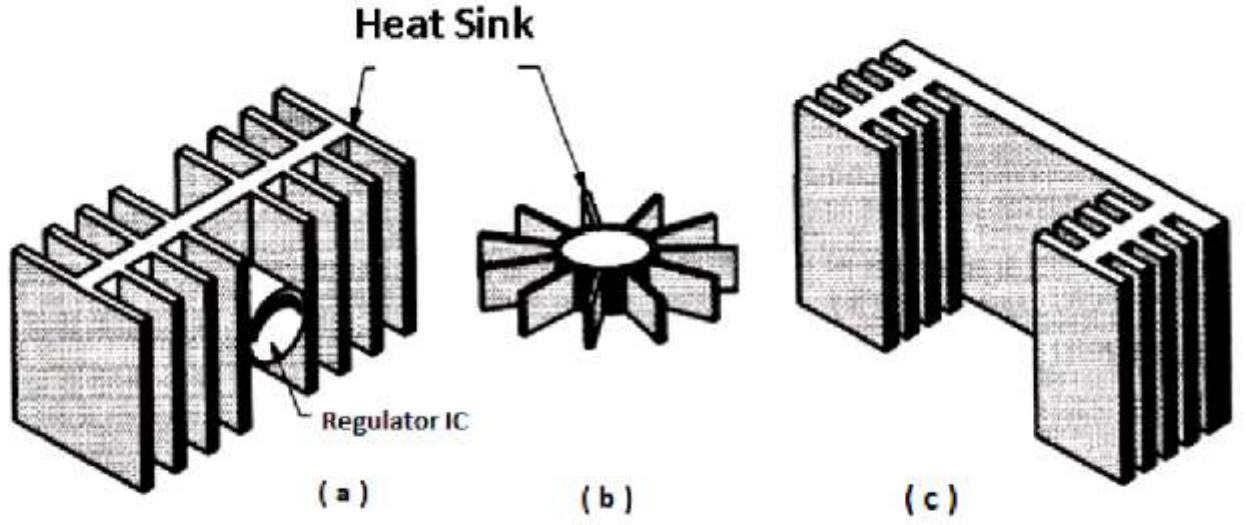
$$P_d = V_{ce} \times I_c$$

याला कलेक्टर पॉवर डिसिपेशन असेही म्हणतात. वाया जाणारी शक्ती वॅट्समध्ये मोजली जाते. डिसिपेट पॉवर ही पॉवर ट्रान्झिस्टर आणि रेग्युलेटर आयसीचे तापमान वाढवते आणि म्हणूनच असे म्हटले जाते की उर्जा उष्णतेच्या रूपात नष्ट होते. पॉवर डिसिपेटेड चे मूल्य जास्त असते, तेव्हा रेग्युलेटर आयसीचे तापमान जास्त असते. जर IC चे तापमान निर्मात्याने निर्दिष्ट (As per manufacturer specification)) केलेल्या कमाल $T_{j\max}$ तापमानापेक्षा जास्त वाढले तर ते कायमचे नुकसान होऊ शकते हे टाळण्यासाठी, नियामक IC चे जास्तीत जास्त पॉवर डिसिपेशन निर्मात्याने निर्दिष्ट केलेल्या त्याच्या कमाल परवानगी योग्य मूल्यापेक्षा जास्त होऊ देऊ नये. रेग्युलेटर IC ची जास्तीत जास्त पॉवर हाताळण्याची क्षमता त्याच्या जास्तीत जास्त जंक्शन तापमानावर अवलंबून असते याचे कारण असे आहे की डिव्हाइसचे जंक्शन तापमान (Junction Temperature) हे त्यामध्ये किती शक्ती डिसिपेट करते यावर अवलंबून असते. योग्य हीट सिंकिंग तंत्र परवानगी देईल की उपकरणाचे (डिव्हाइसचे) ऑपरेशन त्याच्या कमाल पॉवर रेटिंगच्या अर्ध्या प्रमाणात चालेल.

हीट सिंक: Heat Sink

नियामक रेग्युलेटर आयसी काही प्रकारच्या हीट सिंकवर बसवलेले असतात, जे आकृती 5.30 मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे वेगवेगळ्या आकाराचे मोठे अॅल्युमिनियम धातूचे तुकडे असतात. जेव्हा हीट सिंक वापरला जातो, तेव्हा IC द्वारे तयार होणारी उष्णता विकिरणात (radiate)जाते. हवा अधिक जलद आणि सहज जाते. हे उष्णतेच्या उत्सर्गासाठी उपलब्ध असलेल्या हीट सिंकच्या मोठ्या क्षेत्रामुळे आहे. हीट सिंकवर IC बसवलेला आहे परंतु ट्रान्झिस्टर आणि हीट सिंक यांच्यामध्ये कोणताही विद्युत संपर्क नाही. परंतु उष्णता ट्रान्झिस्टर केस मधून हीट सिंकमध्ये सहजपणे वाहू शकते कार्यक्षम उष्णतेच्या उत्सर्गामुळे, हीट सिंकद्वारे, IC चे केस तापमान त्याच्यापेक्षा खूपच कमी तापमानात होऊ शकते.

परंतु मोठ्या प्रमाणात हीट सिंक वापरला असला तरीही केस तापमान (case temperature) वातावरणीय तापमानावर ठेवता येत नाही आणि काही प्रमाणात डी-रेटिंग (डिव्हाइस चे उर्जा रेटिंग कमी करा) करावे लागेल. त्यामुळे निर्मात्याद्वारे डीरेटिंग कर्व प्रदान केले जाते. हीट सिंक काळ्या रंगात रंगवल्या जातात कारण काळ्या रंगाच्या वस्तू इतर रंगांच्या वस्तूंच्या तुलनेत जास्त उष्णता पसरवू शकतात. हीट सिंक अॅल्युमिनियमपासून बनवल्या जातात कारण अॅल्युमिनियम हे उष्णतेचे वाहक आहे. त्यामुळे त्यावर बसवलेल्या उपकरणातून ते कार्य क्षमतेने उष्णता काढून घेऊ शकते.



आकृती 5.30 : विविध प्रकारचे हीट सिंक

स्वअध्याय:

1. नियमित वीज पुरवठ्याचे कार्यात्मक ब्लॉक डायग्राम काढा आणि प्रत्येक ब्लॉकचे कार्य स्पष्ट करा.
2. टर्मिनल फिक्स्ड विद्युत दाब रेग्युलेटर (Three terminal fixed voltage regulator) 78XX सीरिज वापरून योग्य आकृती सह +5V नियंत्रित वीज पुरवठा स्पष्ट करा.
3. थ्री टर्मिनल फिक्स्ड विद्युत दाब रेग्युलेटर 79XX सीरिज वापरून योग्य आकृती सह -12V नियंत्रित वीजपुरवठा स्पष्ट करा.
4. $\pm 15V$ ड्युअल पॉवर सप्लायची आकृती काढा आणि त्याचे कार्य स्पष्ट करा.
5. IC 723 हाय विद्युत दाब, हाय विद्युत् प्रवाह रेग्युलेटरची सर्किट डायग्राम काढा आणि त्याचे कार्य स्पष्ट करा.
6. IC 723 रेग्युलेटरची अंतर्गत ब्लॉक डायग्राम काढा आणि त्याचे कार्य स्पष्ट करा.
7. LM 317 ची अंतर्गत ब्लॉक डायग्राम काढा आणि त्याचे कार्य स्पष्ट करा.
8. IC LM 317 रेग्युलेटर वापरून समायोज्य (adjustable) विद्युत दाब रेग्युलेटरचे कार्य स्पष्ट करा.
9. 78XX रेग्युलेटर आणि LM 317 रेग्युलेटरची तुलना करा.
10. योग्य आकृती सह SMPS चे कार्य स्पष्ट करा.
11. लिनियर (linear) विद्युत दाब रेग्युलेटर व SMPS ची तुलना करा.

सूक्ष्म प्रकल्प:

78XX आणि 79XX 3 टर्मिनल रेग्युलेटर सीरिज वापरून ड्युअल विद्युत दाब पॉवर सप्लाय (दुहेरी वीज पुरवठा) $\pm 15V$ PCB वर तयार करणे व कार्यपद्धती तपासून पाहणे यासाठी एक सूक्ष्म प्रकल्प विकसित करा.

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