

DISPOZITIVE ELECTRONICE ÎN ELECTRONICA APLICATĂ

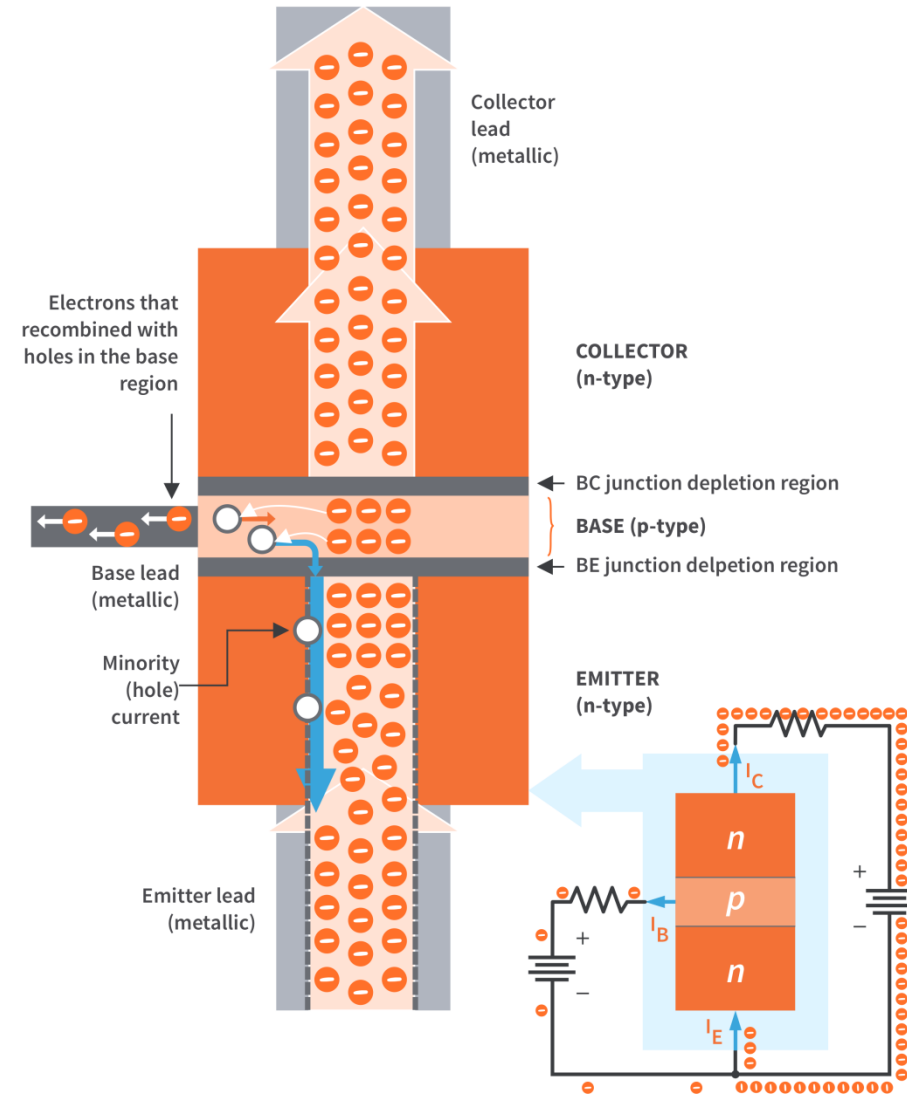
Tema 4:

TRANZISTORUL BIPOLAR

Lect. univ., Dr., Nicolai ABABII

22.02.2023

8.00-9.30, Sala 3-414



<https://www.circuitbread.com/tutorials/bipolar-junction-transistor-bjt-basic-structure-and-operation>

Planul și obiectivele Lecției

- **Recapitulare;**
- **Avantajele conectării tranzistoarelor bipolare în diferite configurații;**
- **Aplicațiile tranzistoarelor bipolare.**

Competențele

- **Să cunoască tipurile, structura și funcționarea tranzistoarelor bipolare;**
- **Să alcătuiască exemple de circuite cu tranzistoare bipolare în diferite conexiuni;**
- **Să cunoască și să poată utiliza tranzistoarele bipolare în diferite aplicații.**

Referințe bibliografice:

- Lupan Oleg, "Circuite și dispozitive electronice". Note de curs. Chișinău, R.Moldova, 2019.
- Mihai P. Dinca, "Manualul studentului electronist", Editura Universității din București, 2003.
- Popescu V., Lascu D. "Electronica industrială", Universitatea Politehnica Timisoara, 1996.
- Thomas L. Floyd „Electronica”, manual, Pretice-Hall Inc, 1995.

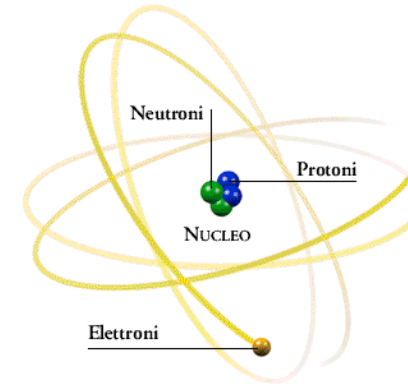
Recapitulare

- **ELEMENTE DIN FIZICA SEMICONDUCTORILOR**

- Joncțiunea p-n
- Echilibru termic
- Analiza electrostatică a unei diode p-n

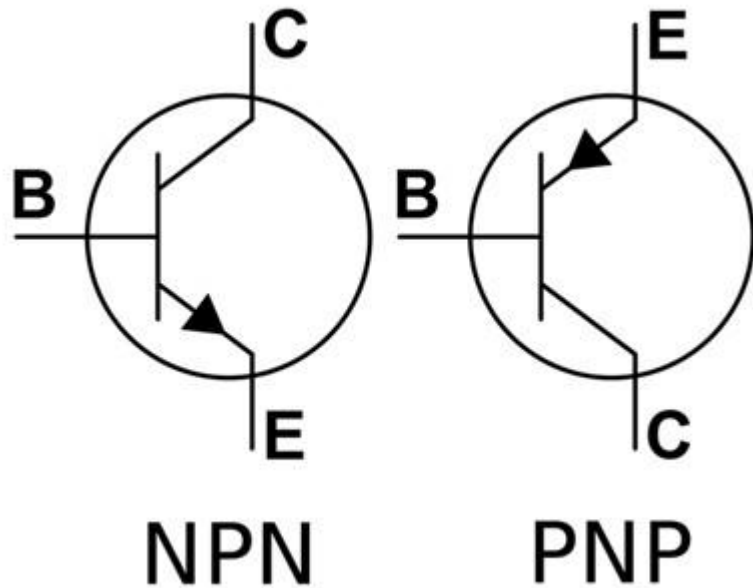
- **DIODELE SEMICONDUCTOARE**

- Dioda de semnal mic
- Matrici de diode de semnal
- Diodele Flywheel (supresoare)
- Diode de putere
- Dioda Zener
- LED (*Light-emitting diode*)
- Diode bypass
- Diode Schottky
- Diode Varicap
- Diode Tunel



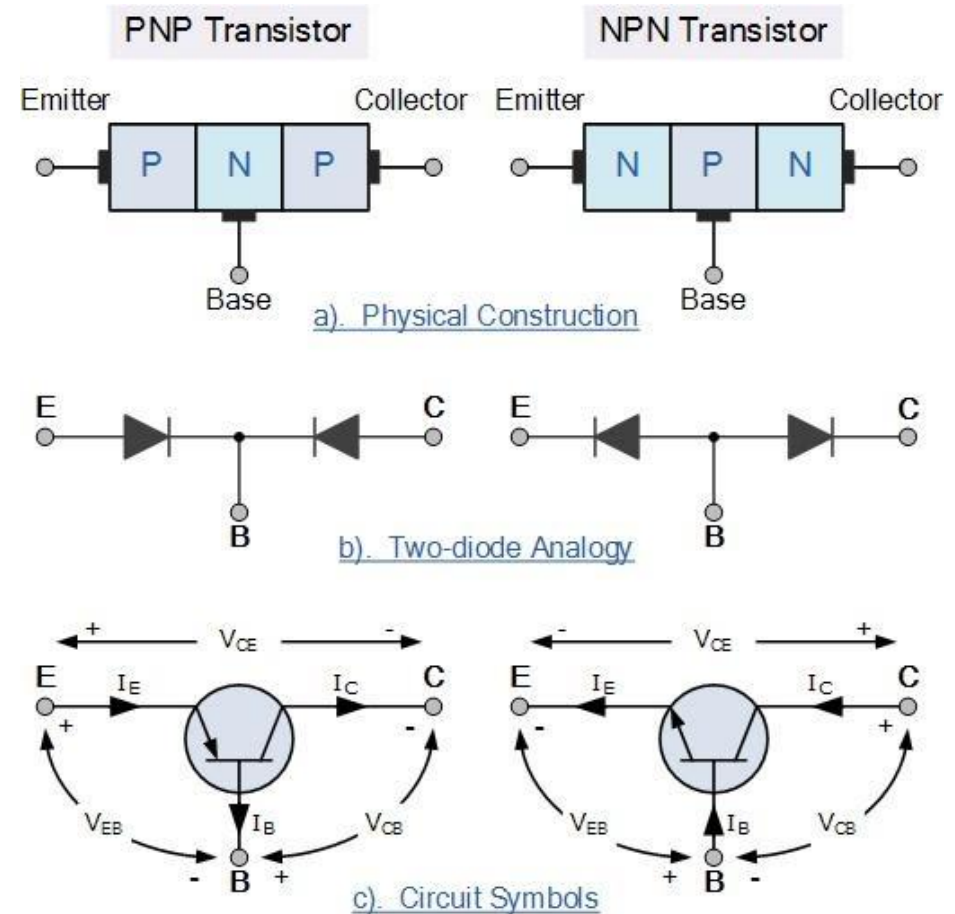
Tranzistor bipolar - recapitulare

- Am văzut că diodele simple sunt alcătuite din două bucăți de material semiconductor pentru a forma o joncțiune simplă PN și am învățat, de asemenea, despre proprietățile, caracteristicile și aplicațiile lor.
- Tranzistorul bipolar este un **dispozitiv electronic realizat din material semiconductor**, format din trei regiuni (EMITOR, BAZA, COLECTOR) separate prin doua jonctiuni $p-n$. În funcție de tipul regiunilor, tranzistoarele bipolare se împart în două categorii: NPN și PNP.



NPN

PNP



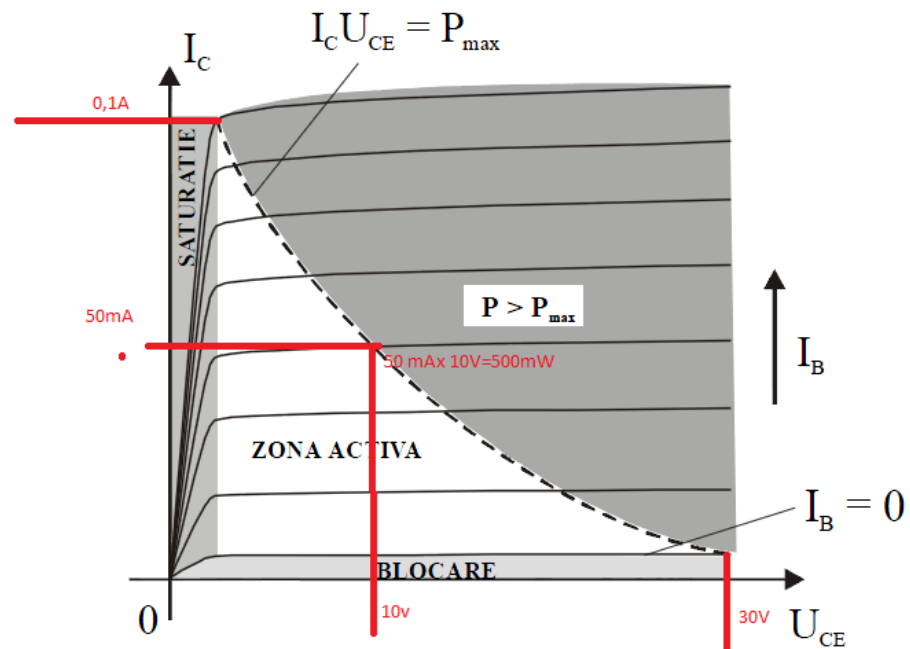
Tranzistor bipolar - recapitulare

Tranzistoarele sunt dispozitive active cu trei terminale, fabricate din materiale semiconductoare diferite, care pot acționa fie ca un izolator, fie ca un conductor prin aplicarea unei tensiuni mici de semnal.

Abilitatea tranzistorului de a se schimba între aceste două stări îi permite să aibă două funcții principale: "comutare" (electronică digitală) sau "amplificare" (electronică analogică).

Astfel, tranzistoarele bipolare au capacitatea de a opera în trei regiuni diferite:

- Regiunea activă - tranzistorul funcționează ca amplificator și $I_C = \beta \cdot I_B$
- Saturație - tranzistorul este "complet deschis" funcționând ca un comutator și $I_C = I$ (saturație)
- Blocare (Cut-off) - tranzistorul este "complet închis" funcționând ca un comutator și $I_C = 0$



Cum determinăm tipul tranzistorului: PNP sau NPN?

Prin testarea fiecărei perechi de terminale ale tranzistorului în ambele direcții, cu un multimetru, se vor obține șase încercări în total cu valorile de rezistență așteptate în Ohmi prezentate mai jos:

1. Terminale emitor-bază: Emitorul la Bază trebuie să acționeze ca o diodă normală și să conducă într-un singur sens.
2. Terminale colector-bază: joncțiunea Colector-Bază ar trebui să acționeze ca o diodă normală și să conducă într-o singură direcție.
3. Terminale emitor-colector: Emitor-Colector nu ar trebui să conducă în nici una din direcții.

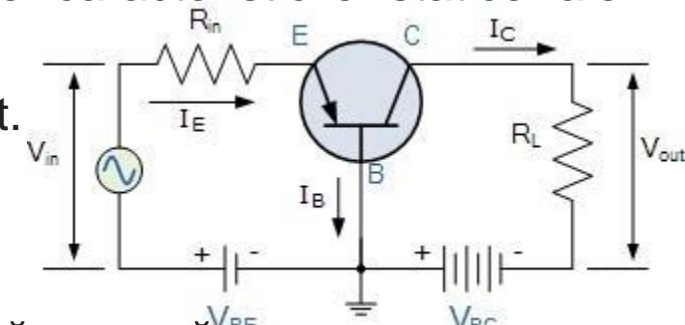
Între terminalele tranzistorului		PNP	NPN
Colector	Emitor	R mare	R mare
Colector	Bază	R mică	R mare
Emitor	Colector	R mare	R mare
Emitor	Bază	R mică	R mare
Bază	Colector	R mare	R mică
Bază	Emitor	R mare	R mică

Configurațiile tranzistorului bipolar - recapitulare

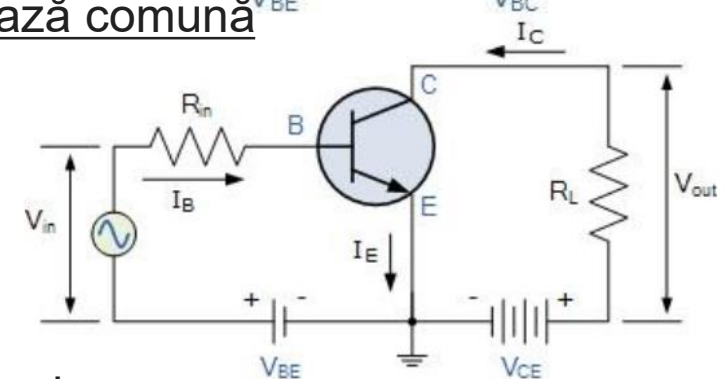
- Deoarece **tranzistorul bipolar** este un dispozitiv cu trei terminale, există în principiu trei moduri posibile de conectare a acestuia într-un circuit electronic, cu un terminal comun pentru intrare și ieșire. Fiecare metodă de conectare răspunde diferit la semnalul său de intrare într-un circuit, deoarece caracteristicile statice ale tranzistorului variază cu fiecare aranjament de circuit.
- Configurația bază comună - are un câștig de tensiune dar nu are un câștig de curent.
- Configurația emitor comun - are atât câștig de curent cât și tensiune.
- Configurația colector comun - are un câștig de curent dar fără câștig de tensiune.

$$I_E = I_C + I_B$$

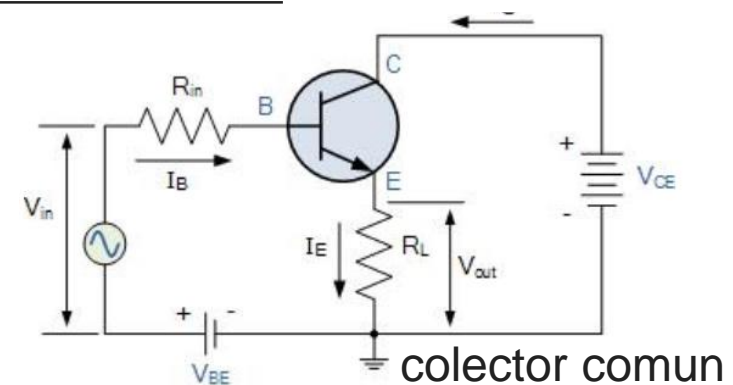
Caracteristică	Bază comună	Emitor comun	Colector comun
Impedanța de intrare	Scăzută	Medie	Înaltă
Impedanța de ieșire	Foarte înaltă	Înaltă	Scăzută
Defazajul	0°	180°	0°
Câștigul de tensiune	Înalt	Mediu	Scăzut
Câștigul de curent	Scăzut	Mediu	Înalt
Câștigul de putere	Scăzut	Foarte înalt	Mediu



bază comună



emitor comun



colector comun

Relația dintre curenții DC și câștiguri

$$I_E = I_B + I_C$$

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

$$I_C = I_E - I_B$$

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

$$I_B = I_E - I_C$$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{I_E}{1 + \beta} = I_E (1 - \alpha)$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = \alpha \cdot I_E$$

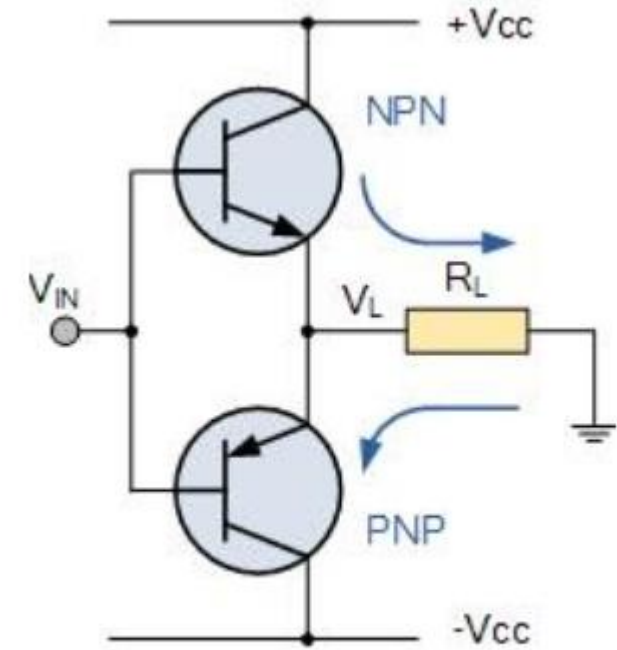
$$I_E = \frac{I_C}{\alpha} = I_B (1 + \beta)$$

Tranzistoare "complementare"

Având două tipuri diferite de tranzistoare "PNP" și "NPN", poate fi un mare avantaj atunci când se proiectează circuite de amplificator de putere, cum ar fi amplificator de clasă B.

Amplificatoarele de clasă B folosesc tranzistoare "complementare" (unul PNP și unul NPN conectați împreună) în etajul de ieșire sau în circuitele de comandă reversibilă a motorului în punte-H, unde dorim să controlăm fluxul de curent uniform prin motor în ambele direcții la momente diferite pentru mișcarea înainte și înapoi.

Caracteristici aproape identice, de exemplu, un TIP3055 (tranzistor NPN) și TIP2955 (tranzistor PNP) sunt exemple bune de tranzistoare de putere de siliciu complementare. Ambele au un câștig de curent DC Beta, (I_c/I_B) ajustat la 10% și un curent colector ridicat de aproximativ 15A, făcându-le ideale pentru controlul general al motoarelor sau aplicații robotizate.



Tranzistoare complementare

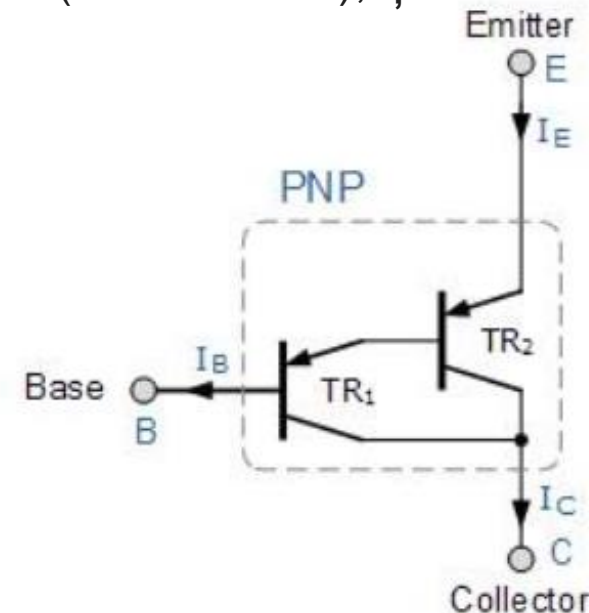
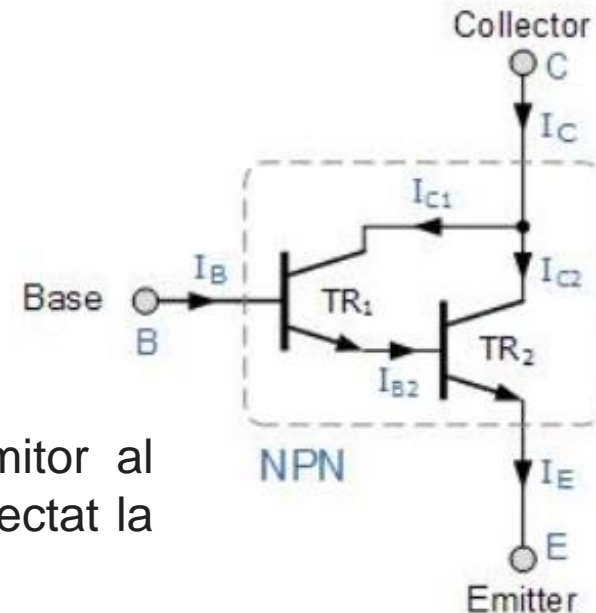
Tranzistorul Darlington

Uneori, câștigul de curent DC al tranzistorului bipolar este prea mic pentru a comuta direct curentul sau tensiunea de sarcină, astfel încât sunt utilizate mai multe tranzistoare de comutare într-o "Configurație complexă de amplificare complementară" sau ceea ce se numește mai frecvent o "**Configurație Darlington**".

Tranzistoarele Darlington conțin pur și simplu două tranzistoare individuale bipolare tip NPN sau PNP conectate împreună, astfel încât câștigul de curent al primului tranzistor este înmulțit cu câștigul de curent al celui de-al doilea tranzistor ($\beta_{total} = \beta_1 \times \beta_2$).

Folosind perechea NPN Darlington ca exemplu, colectoarele celor două tranzistoare sunt conectate împreună, iar emitorul lui TR₁ comandă baza lui TR₂. Această configurație realizează o multiplicare β deoarece pentru un curent de Bază I_B , curentul de colector este $\beta \cdot I_B$, unde câștigul de curent este mai mare decât unu (sau unitatea), și acesta este definit de:

$$I_C = I_{C1} + I_{C2}$$
$$I_C = \beta_1 \cdot I_B + \beta_2 \cdot I_{B2}$$

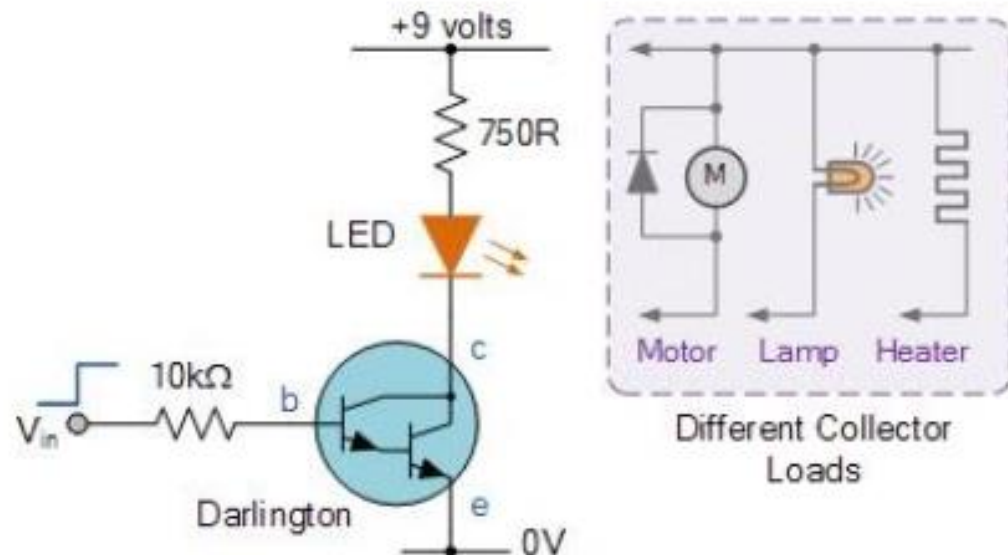


Dar curentul de bază I_{B2} este egal cu curentul de emitor al tranzistorului TR₁, I_{E1} deoarece emitorul lui TR₁ este conectat la baza lui TR₂. Prin urmare:

$$I_{B2} = I_{E1} = I_{C1} + I_B = \beta_1 I_B + I_B = (\beta_1 + 1) I_B$$

Aplicații ale tranzistorului Darlington

Baza tranzistorului Darlington este suficient de sensibilă pentru a răspunde la orice mic curent de intrare de la un comutator sau direct de la o poartă logică TTL sau CMOS de 5V. Spre deosebire de un singur tranzistor care are o cădere de tensiune saturată între 0,3V și 0,7V atunci când este complet ON, un dispozitiv Darlington are o cădere dublă a tensiunii bază-emitor (de 1,2 V în loc de 0,6 V). Curentul maxim de colector I_c (max) pentru orice pereche Darlington este același cu cel al tranzistorului principal de comutare TR_2 astfel încât poate fi utilizat pentru a acționa relee, motoare DC, solenoizi și lămpi etc.



Dezavantaj

Această cădere mare de tensiune bază-emitor înseamnă că tranzistorul Darlington poate deveni mai fierbinte decât un tranzistor bipolar normal pentru un curent de sarcină dat și, prin urmare, necesită un radiator bun de căldurii. De asemenea, tranzistoarele Darlington au timpi de răspuns **ON-OFF** mai lenți, deoarece tranzistorul **slave** TR_1 este mai lent pentru a comuta tranzistorul **master** TR_2 fie complet **ON**, fie complet **OFF**.

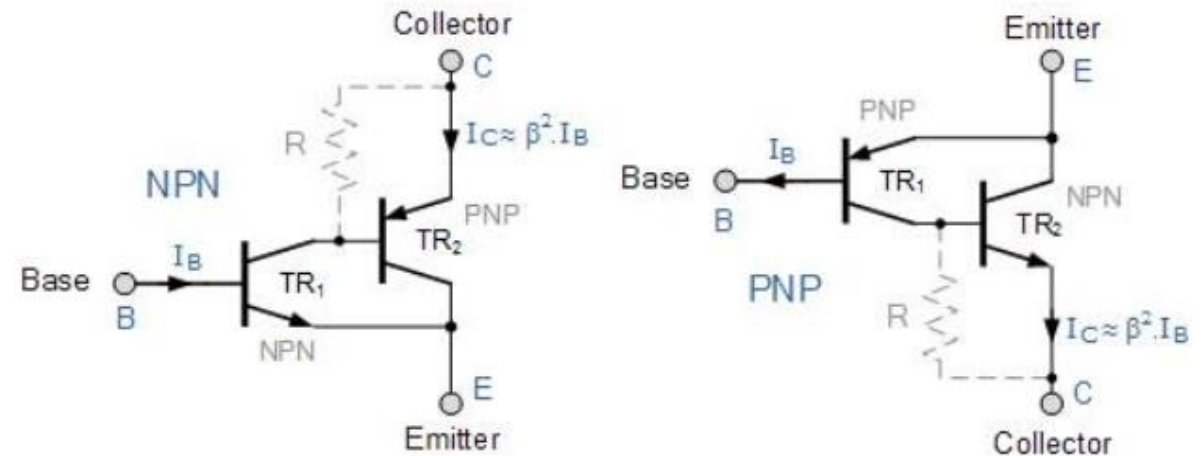
Configurație Sziklai

Pentru a depăși răspunsul lent, căderea de tensiune crescută și dezavantajele termice ale unui dispozitiv standard de **Transistor Darlington**, **tranzistoarele** complementare NPN și PNP pot fi utilizate în același aranjament în cascadă pentru a produce un alt tip de tranzistor Darlington numit **Configurație Sziklai**.

Perechea Darlington Sziklai, numită după inventatorul maghiar George Sziklai, este un dispozitiv complementar sau compus Darlington, care constă din tranzistoare complementare diferite **NPN** și **PNP** conectate împreună.

Avantajul

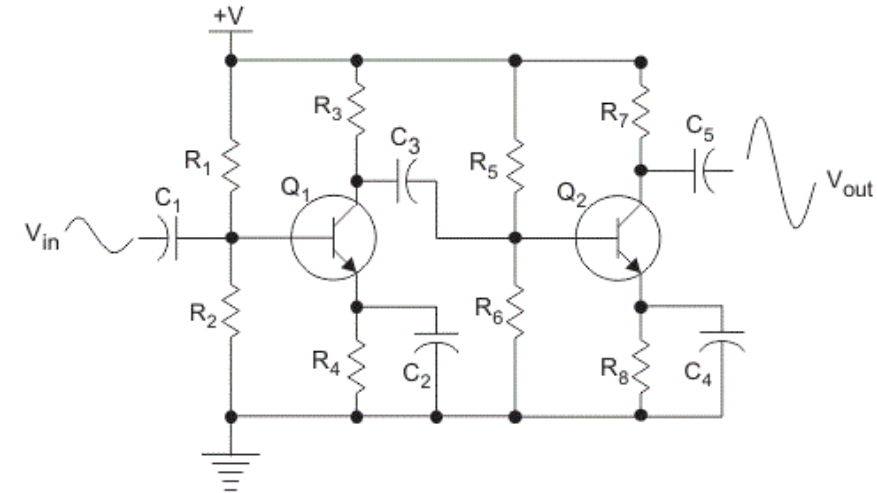
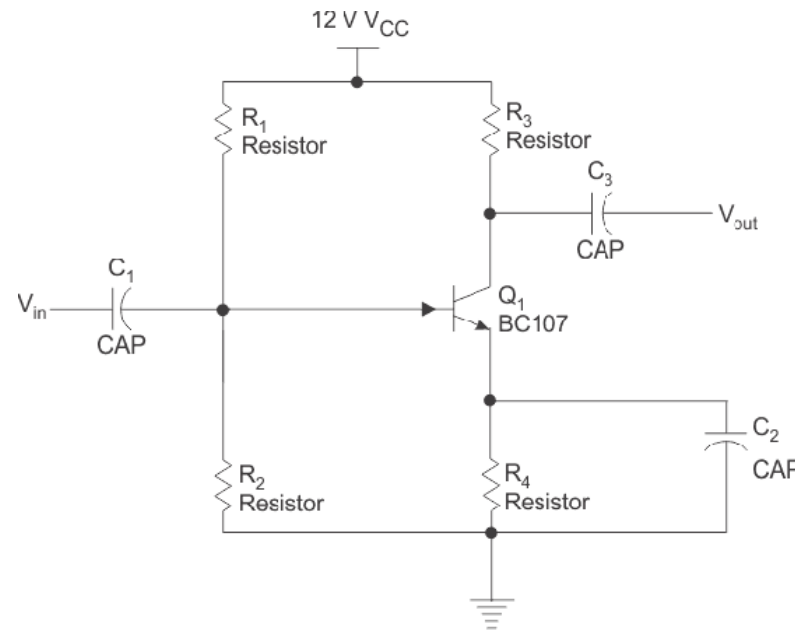
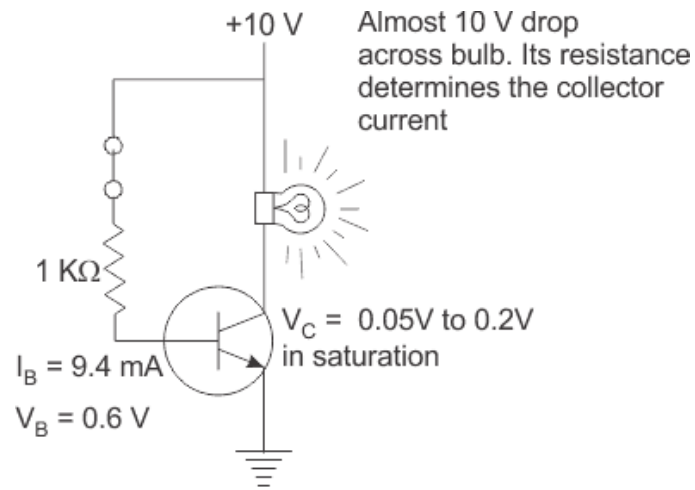
Perechea Sziklai îndeplinește aceeași funcție de bază a unei perechi Darlington, cu excepția faptului că ea necesită doar 0,6V pentru a comuta **ON** și ca la configurația standard Darlington, câștigul de curent este egal cu β^2 pentru tranzistoare egal potrivite.



De asemenea, ca și perechea Darlington, perechea Sziklai are timpi de răspuns mai lenti decât un singur tranzistor. Tranzistoarele complementare pereche Sziklai sunt utilizate în mod obișnuit în etajele de ieșire ale amplificatoarelor audio și clasă AB, care permit o singură polaritate a tranzistorului de ieșire.

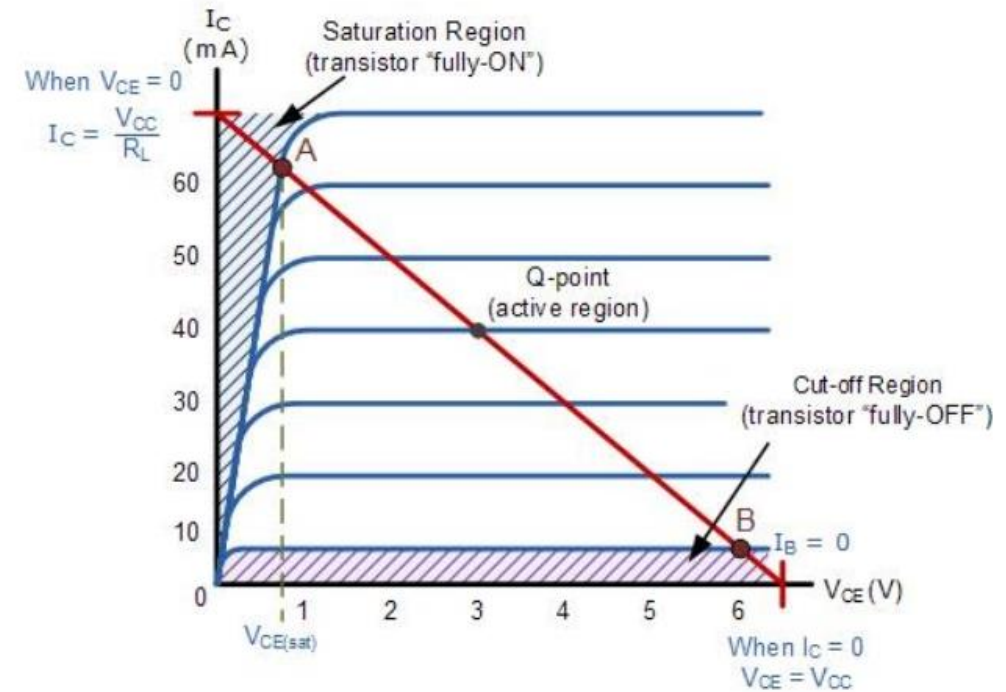
Aplicații ale tranzistoarelor bipolare

- Circuite de Comutare
- Circuite de tăiere (Clippers)
- Circuite de Amplificare
- Converteoare
- Circuit de oscilație



Circuite de Comutare

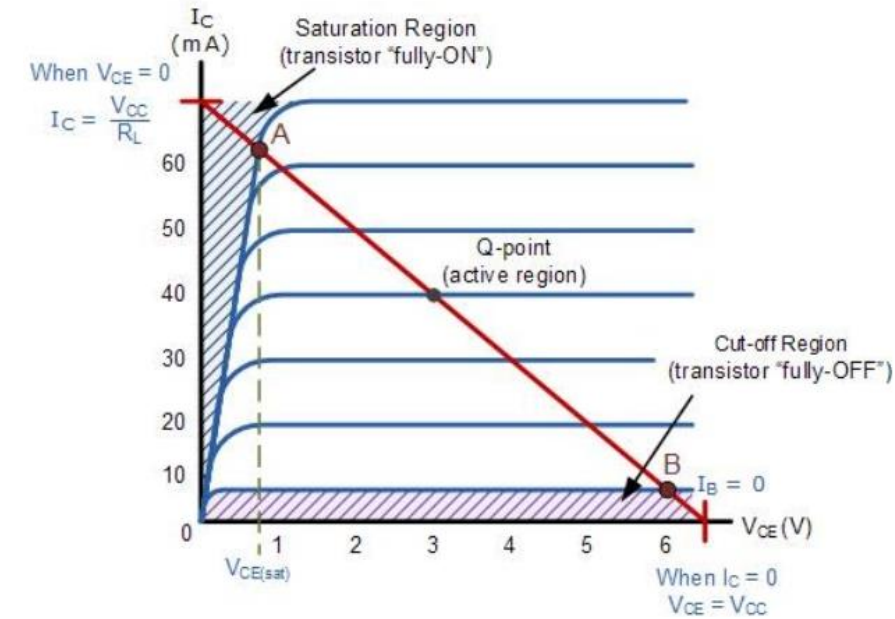
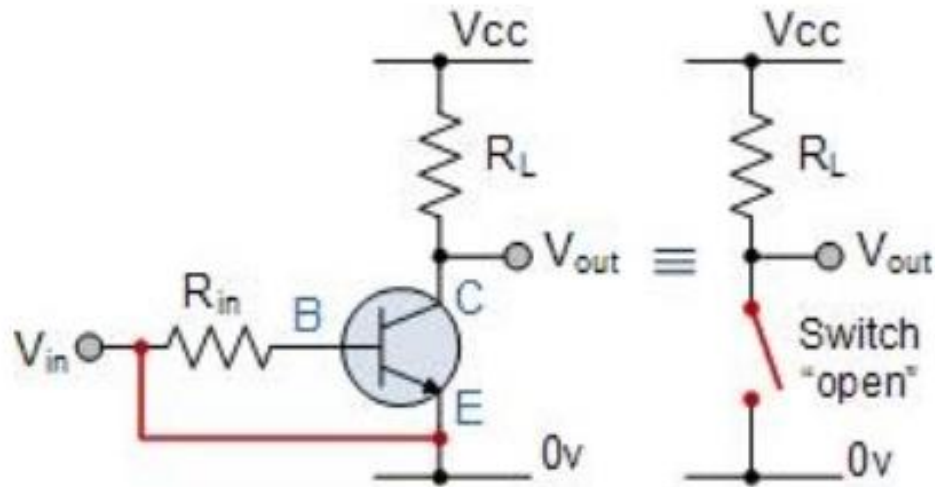
- Comutatoarele cu tranzistoare pot fi utilizate pentru a comuta ON sau OFF un dispozitiv DC de joasă tensiune (de exemplu LED-uri) prin utilizarea unui tranzistor în regimul de saturație sau blocare.
- Dacă circuitul folosește tranzistorul bipolar ca un comutator, atunci polarizarea tranzistorului, fie NPN sau PNP, este aranjată pentru a acționa tranzistorul la ambele margini ale curbelor caracteristice "I-V".
- Domeniile de funcționare pentru un comutator cu tranzistor sunt cunoscute sub numele de regiunea de saturație și regiunea de blocare (tăiere). Asta înseamnă că putem ignora polarizarea punctului Q de funcționare și circuitul divizor de tensiune necesar pentru amplificare și folosim tranzistorul ca un comutator, comandându-l înainte și înapoi între regiunile sale "complet oprit" ("cut-off") și "ON"(saturație) conform figurii.



Circuite de Comutare

Regiunea de tăiere

Condițiile de funcționare ale tranzistorului sunt curent de bază de intrare zero (I_B), curent colector de ieșire zero (I_C) și tensiune maximă a colectorului (V_{CE}), ceea ce are ca rezultat un strat de epuizare mare și nici un curent care curge prin dispozitiv. Prin urmare, tranzistorul este comutat "complet oprit".

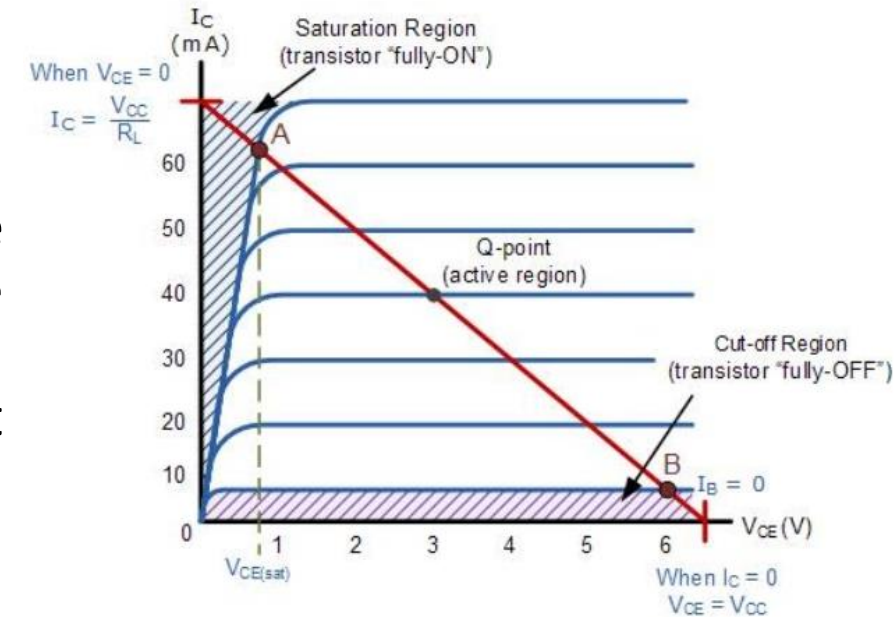
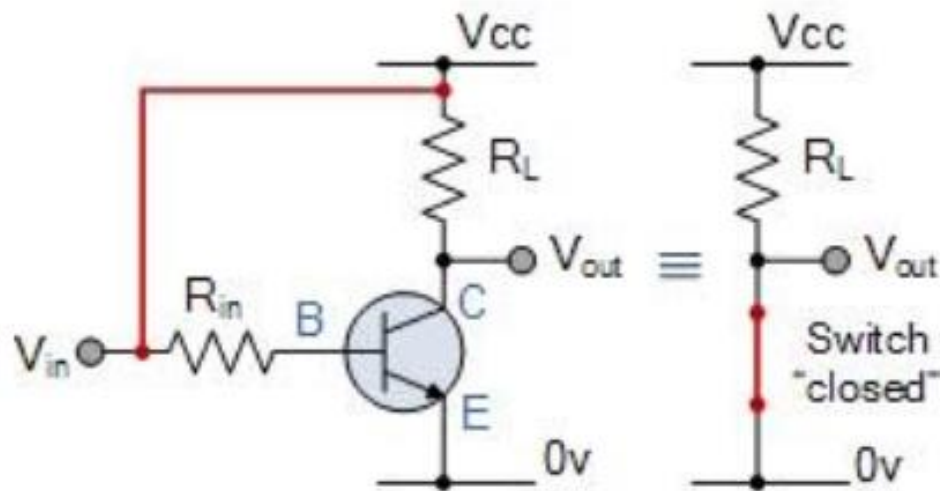


- Intrarea și baza sunt la masă (0 V)
- Tensiunea bază-emițător $V_{BE} < 0,7$ V
- Joncțiunea Bază-Emitor este polarizată invers
- Joncțiunea Bază-Colector este polarizată invers
- Tranzistorul este "complet oprit" (regiune de tăiere)
- Nu există curent de colector ($I_C = 0$)
- $V_{OUT} = V_{CE} = V_{CC} = "1"$
- Tranzistorul funcționează ca un "comutator deschis"

Circuite de Comutare

Regiunea de saturație

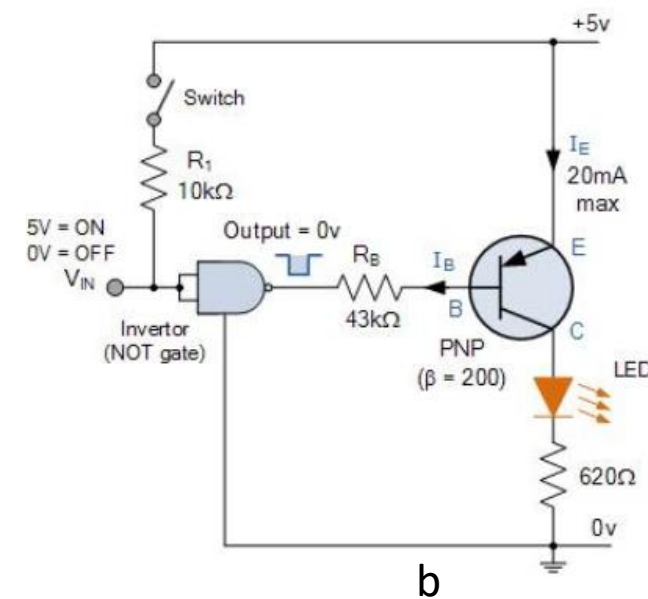
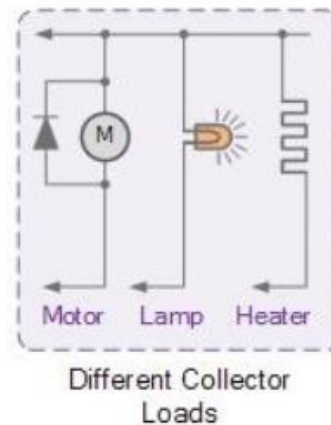
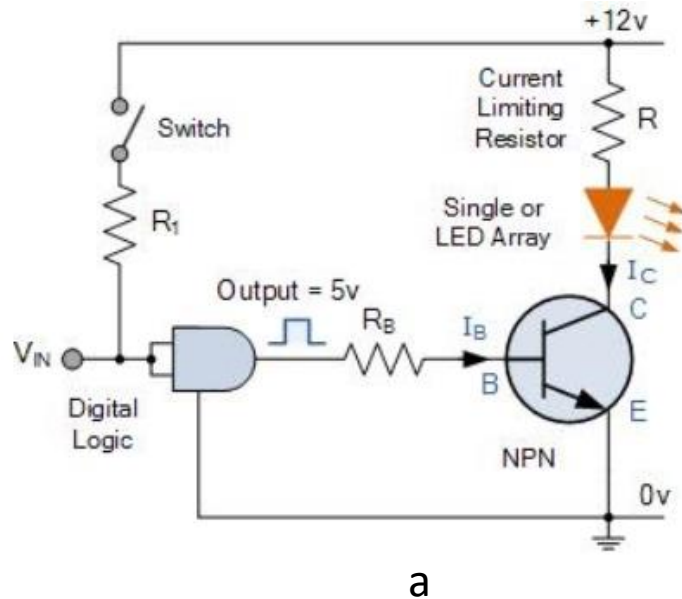
Tranzistorul va fi polarizat astfel încât să se aplice cantitatea maximă de curent de bază, rezultând un curent maxim al colectorului care duce la o cădere minimă a tensiunii colector-emitor, ceea ce conduce la scăderea nivelului de epuizare cât mai mic și la curentul maxim care curge prin tranzistor. Deci, tranzistorul este comutat "complet-ON".



- Intrarea și baza sunt conectate la V_{cc}
- Tensiunea bază-emitor $V_{BE} > 0,7 \text{ V}$
- Jonctiunea Bază-Emitor este polarizată direct
- Jonctiunea Bază-Colector este polarizată direct
- Tranzistorul este "complet ON" (regiunea de saturație)
- Circulă curent maxim de colector ($I_c = V_{cc}/R_L$)
- $V_{CE} = 0$ (saturație ideală)
- $V_{OUT} = V_{CE} = "0"$
- Tranzistorul funcționează ca un "întrerupător închis"

Circuite de Comutare cu logică digitală

Utilizarea tranzistorului NPN ca comutator în circuitele logice (figura a). Putem folosi, de asemenea, tranzistoarele PNP ca comutator (figura b), diferența de data aceasta este că sarcina este conectată la masă (0V) și tranzistorul PNP comută puterea la ea. Pentru a activa tranzistorul PNP ca un comutator "ON", terminalul Bază este conectat la masă sau la zero volți (LOW) așa cum se arată. Rezistorul de bază R_B este necesar pentru a limita curentul de ieșire de la poarta logică.



Circuite de tăiere (Clippers)

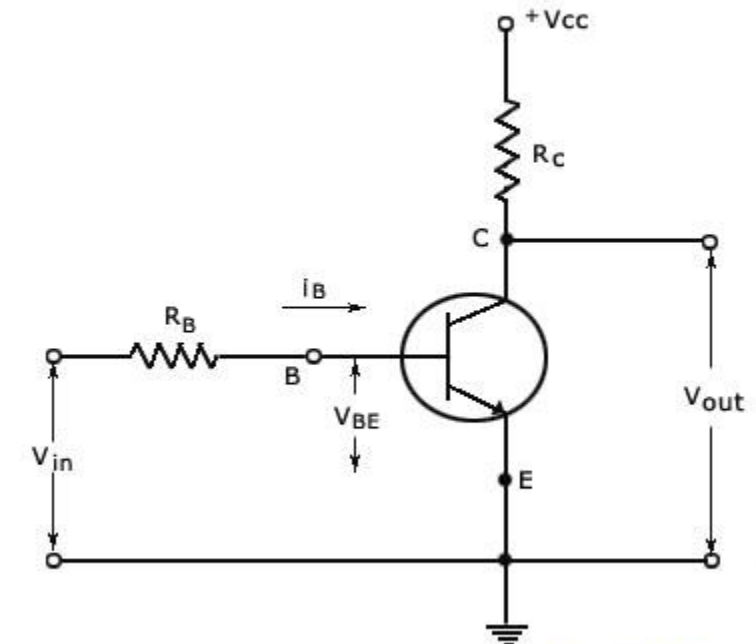
Tranzistorul are două tipuri de liniarități:

- O liniaritate se întâmplă atunci când tranzistorul trece din regiunea de inițiere în regiunea activă.
- Cealaltă liniaritate apare atunci când tranzistorul trece din regiunea activă în regiunea de saturație.

Când orice semnal de intrare trece prin tranzistor, peste granița dintre regiunea de decuplare și regiunea activă, sau peste granița dintre regiunea activă și regiunea de saturație, o parte a formei de undă a semnalului de intrare va fi tăiată.

Porțiunea formei de undă de intrare care menține tranzistorul în regiunea activă va apărea la ieșire fără nicio distorsiune. Într-un astfel de caz, mai degrabă curentul de intrare decât tensiunea de intrare ar trebui să aibă forma de undă a semnalului de interes. Motivul evident este că pe porțiune mare a semnalului în regiunea activă, curentul de ieșire a tranzistorului răspunde liniar la curentul de intrare, dar este legat destul de neliniar de tensiunea de intrare. Prin urmare, o unitate de curent este utilizată într-un dispozitiv de tăiat, conform figurii.

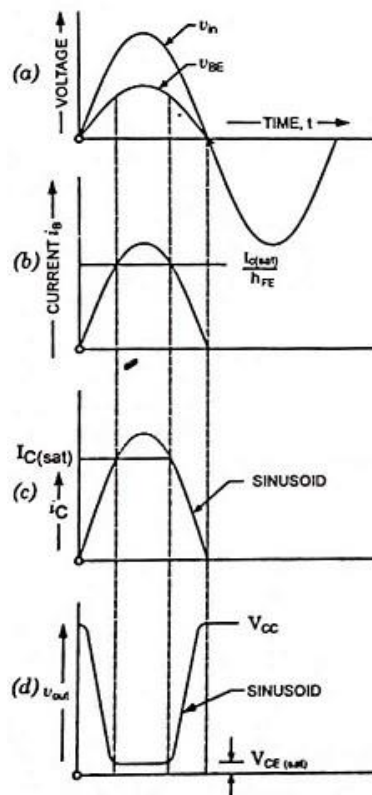
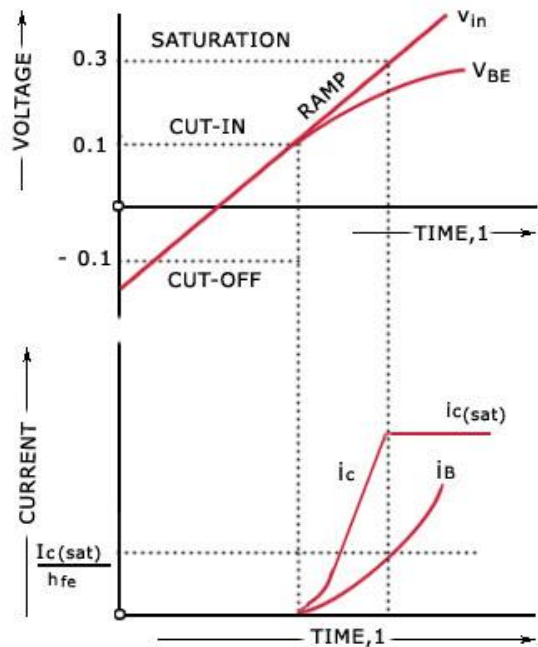
TRANSISTOR CLIPPER CIRCUIT



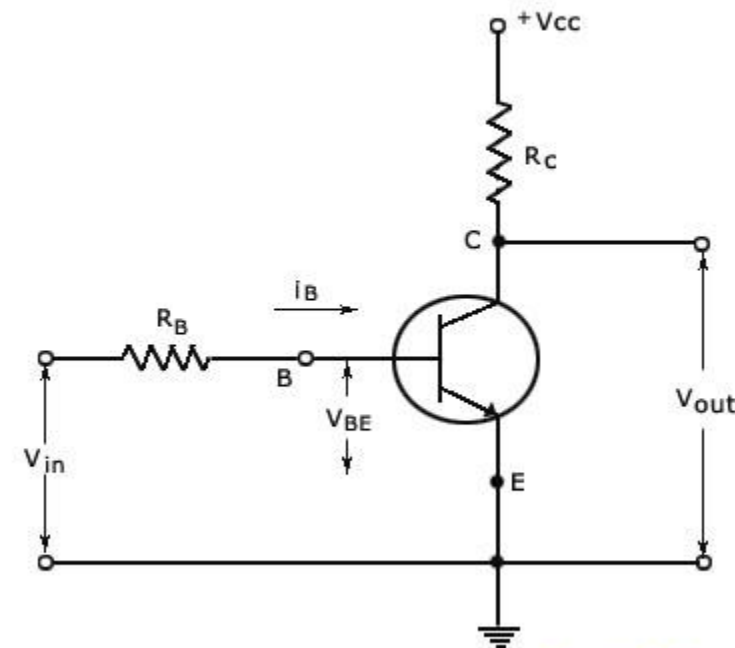
Circuite de tăiere (Clippers)

În regiunea activă, valoarea rezistorului R_B trebuie să fie suficient de mare în comparație cu rezistența de intrare a tranzistorului. Curentul de bază de intrare va avea forma de undă a tensiunii de intrare. Tensiunile sunt luate în considerare pentru un tranzistor din germaniu. Tranzistorul va funcționa în regiunea de blocare la $-0,1$ V. Când tensiunea ajunge la $0,1$ V, tranzistorul începe să conducă și se va comuta în regiunea activă. Când tensiunea crește la $0,3$ V, tranzistorul se comută în regiunea de saturație, iar tensiunea bază-emitor V_{BE} este limitată la $0,3$ V. Pe măsură ce tranzistorul trece de la regiunea de blocare la regiunea activă și apoi la saturație, curentul de bază de intrare i_B crește încet. În grafic, curentul de ieșire (I_c) va fi de aceeași formă cu curentul bazei, atunci când tranzistorul funcționează în regiunea activă. În regiunea de saturație, totuși curentul colectorului va deveni constant și devine $I_c(\text{sat})$.

TRANSISTOR CLIPPER WAVEFORMS



TRANSISTOR CLIPPER CIRCUIT

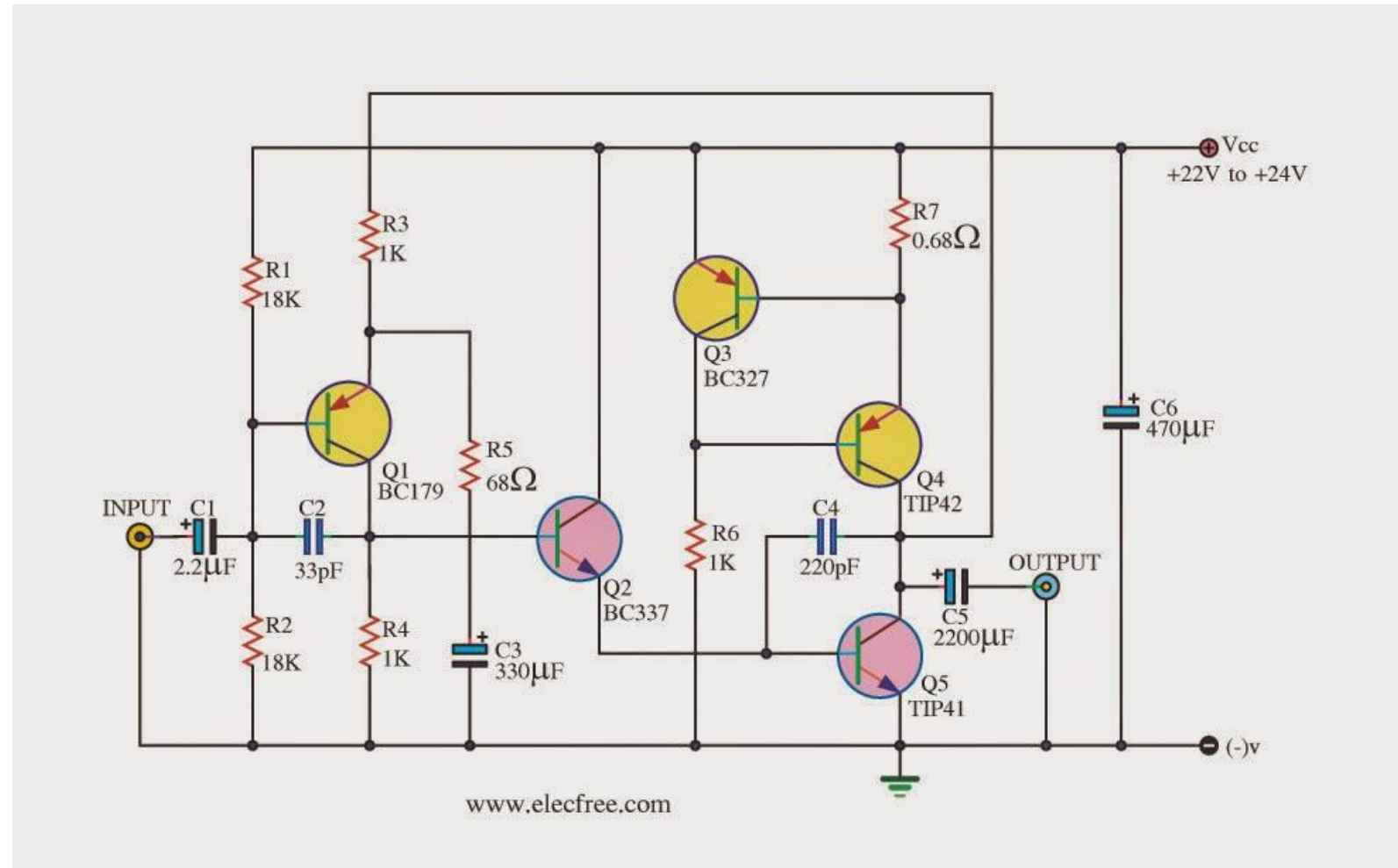


Circuite de Amplificare

Amplificatorul este un dispozitiv electronic folosit pentru a crește semnalul de curent, tensiune și putere.

Amplificatoarele se clasifică după:

- Variabila de intrare și ieșire;
- Terminal comun;
- Unilateral și bilateral;
- Inversoare și non-inversoare;
- Metoda de cuplare între etaje;
- Gama de frecvențe;
- Funcționare;
- Clasele de amplificare.



Circuite de Amplificare

Variabila de intrare și ieșire

Amplificatorul electronic folosește o singură variabilă, curent sau tensiune. Există patru tipuri de amplificatoare și care depind de sursa utilizată ca analiză liniară.

Input	Output	Sursa	Tip amplificator	Units
I	I	Sursă de curent controlată în curent	Amplificator de curent	-
I	V	Sursă de tensiune controlată în curent	Amplificator de transimpedanță	Ohm
V	I	Sursă de curent controlată în tensiune	Amplificator de transconductanță	Siemens
V	V	Sursa de tensiune controlată în tensiune	Amplificator de tensiune	-

Circuite de Amplificare

Terminal comun

Clasificarea amplificatorului se bazează pe terminalul dispozitivului care este comun atât pentru circuitul de intrare cât și pentru cel de ieșire. În cazul tranzistorului bipolar există trei clase și anume: emitor comun, bază comună și colector comun. Emitorul comun este cel mai frecvent care asigură amplificarea unei tensiuni aplicate între bază și emitor. Semnalul de intrare este între colector și emitor este inversat.

Unilateral și bilateral

Amplificatorul a cărui ieșire nu afișează feedback pe partea de intrare este numit unilateral. Amplificatorul unilateral al impedanței de intrare este independent de sarcină, iar impedanța de ieșire este independentă de impedanța sursei de semnal.

Amplificatorul care folosește feedback-ul pentru a conecta o parte din ieșire înapoi la intrare este numit amplificator bilateral. Impedanța de intrare a amplificatorului bilateral depinde de sarcină și de impedanța de ieșire a impedanței sursei.

Circuite de Amplificare

Inversoare și non-inversoare

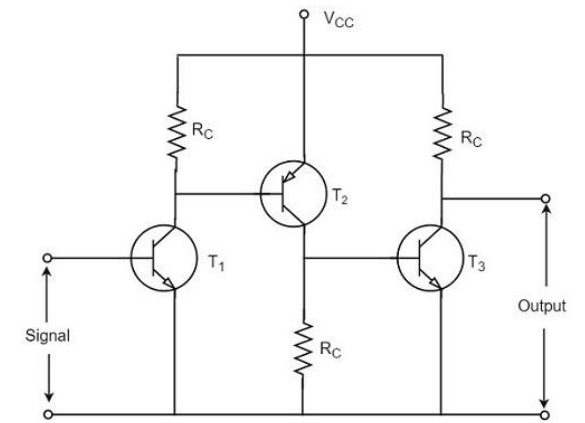
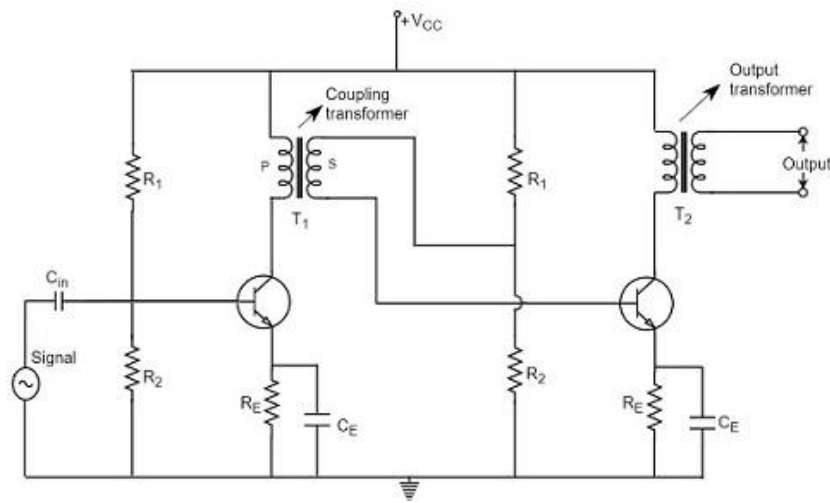
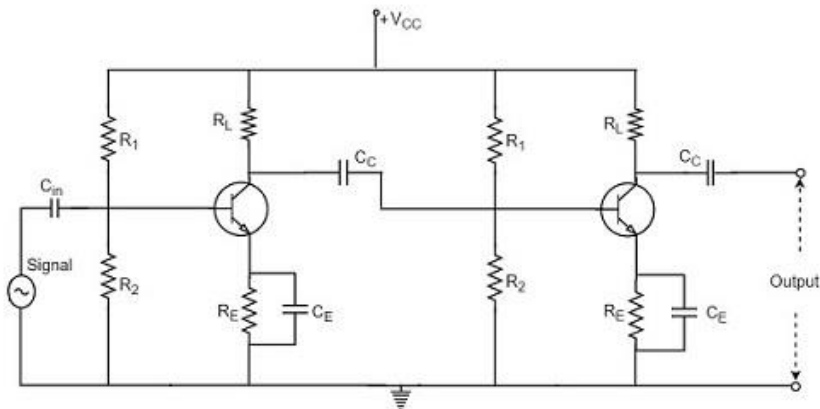
Clasificarea unui amplificator utilizează relația de fază dintre semnalul de intrare și semnalul de ieșire. Amplificatorul inversor oferă o ieșire de 180 de grade defazată cu semnalul de intrare.

Amplificatorul neinversător continuă faza formelor de undă a semnalului de intrare, iar emițătorul este un amplificator neinversător.

Metoda de cuplare între etaje

Acest tip de amplificator este clasificat prin utilizarea metodei de cuplare a semnalului la intrare, ieșire și între etaje. Există diferite metode de conexiune în amplificatorul de cuplare între etaje:

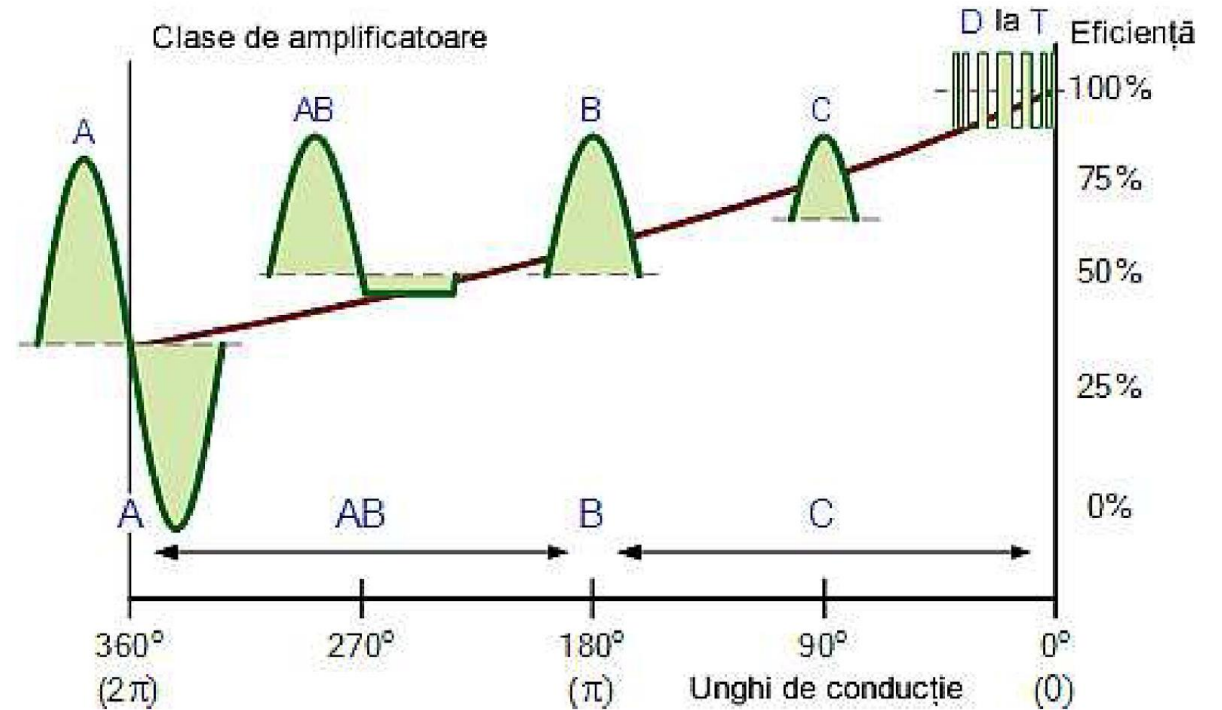
- Amplificator de cuplare rezistiv-capacitiv
- Amplificator de cuplare prin transformator
- Amplificator cu cuplare directă



Circuite de Amplificare

Clase de amplificare:

- Amplificator clasa A
- Amplificator clasa B
- Amplificator clasa AB
- Amplificator clasa C
- Amplificator clasa D
- Amplificator clasa F
- Amplificator clasa G
- Amplificator clasa S
- Amplificator clasa T



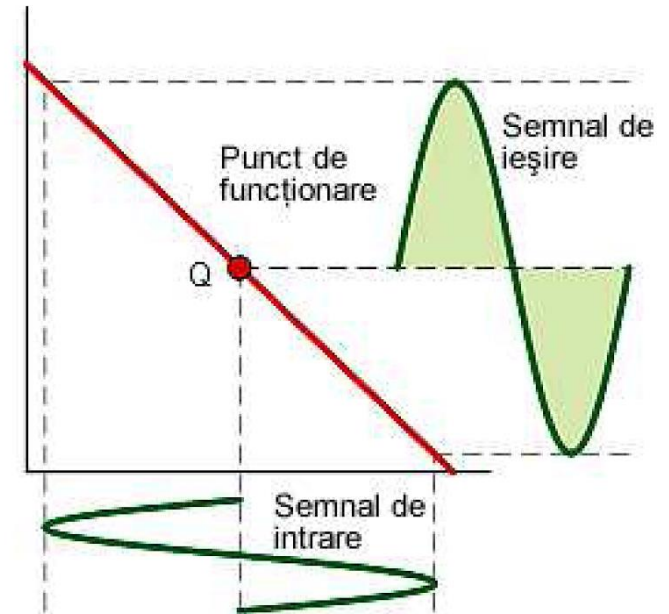
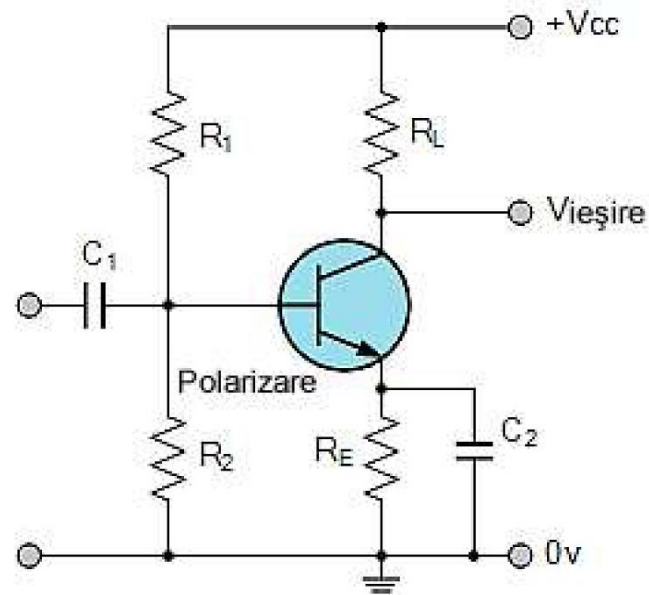
Circuite de Amplificare

Amplificatorul Clasa A

Amplificatoarele din Clasa A, sunt cele mai utilizate amplificatoare datorită simplității schemei. Clasa A, înseamnă și literal "cea mai bună clasă" de amplificatoare datorită distorsiunilor mici și sunt cotate cu cel mai bun sunet din toate clasele de amplificatoare analizate, cu cea mai bună liniaritate în raport cu celelalte clase, funcționând în porțiunea liniară a caracteristicii. Acestea folosesc un tranzistor conectat într-o configurație emitor comun pentru ambele semialternanțe ale semnalului, prin tranzistor trecând permanent un curent chiar dacă acesta nu primește nici un semnal pe bază. Acest lucru înseamnă că etajul final cu tranzistoare nu trece în zona de limitare sau de saturație, acestea fiind polarizate astfel încât punctul de funcționare Q să fie situat pe mijlocul mijlocul drepte de sarcină.

Proprietăți

- Elimină distorsiunile neliniare
- Are tensiune de undulare scăzută
- Nu necesită nicio compensare de frecvență
- Nu există distorsiuni încrucișate și de comutare
- Există o distorsiune armonică scăzută în amplificatorul de tensiune și curent



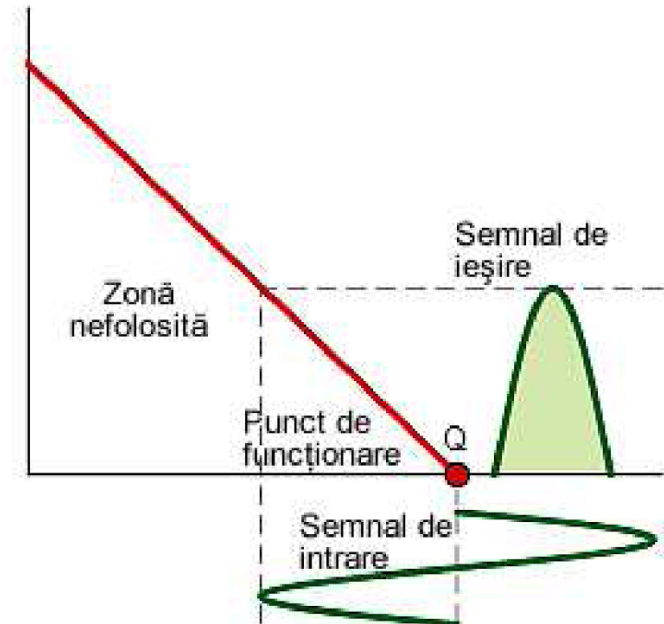
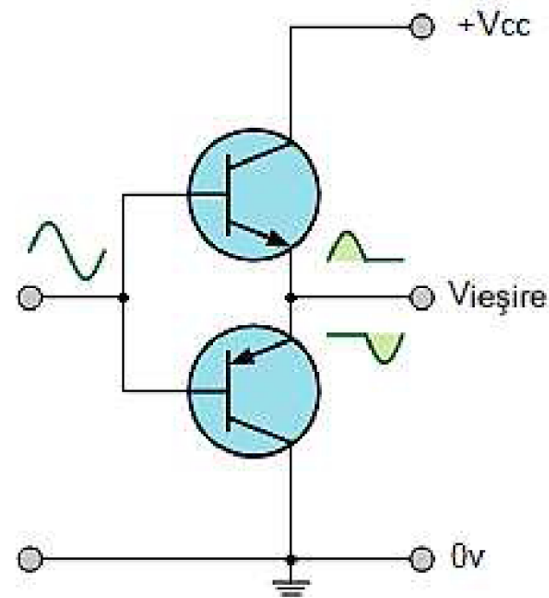
Circuite de Amplificare

Amplificatorul Clasa B

Amplificatoarele clasa B au apărut ca o soluție pentru creșterea randamentului și problemelor cauzate de încălzirea tranzistorilor la amplificatorul clasa A. Un amplificator de clasa B utilizează două tranzistoare complementare, pentru fiecare semiperioadă, configurate într-un aranjament de tip "push-pull", astfel încât fiecare tranzistor amplifică doar jumătate din semnalul de ieșire. În amplificatorul de clasa B, nu există nici un curent de polarizare pe bază astfel încât curentul de repaus este zero, puterea disipată este mică și, prin urmare, eficiența sa este mult mai mare decât cea din clasa A. Compromisul pentru îmbunătățirea randamentului constă în liniaritatea a tranzistorului în zona de comutare.

Proprietăți

- O anumită distorsiune în circuit oferă mai multă ieșire pe dispozitiv, deoarece nu există prezența armonicilor pare
- Utilizarea sistemului push-pull în amplificatorul de clasă B elimină armonica pară



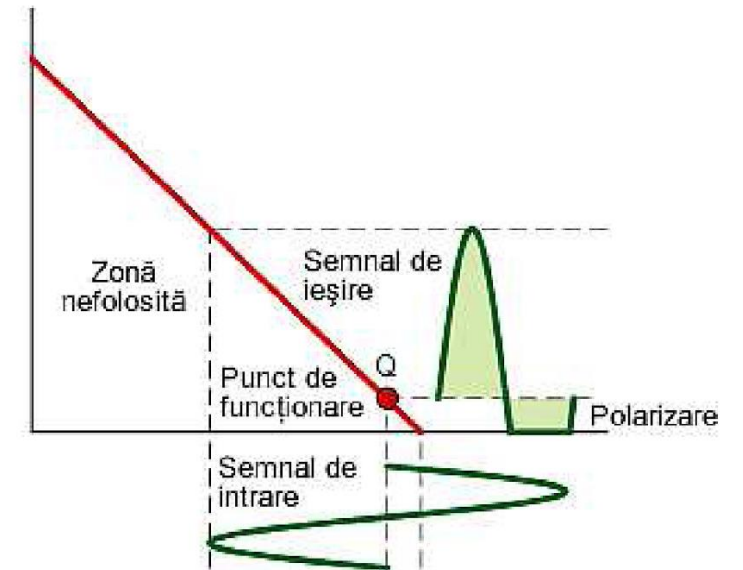
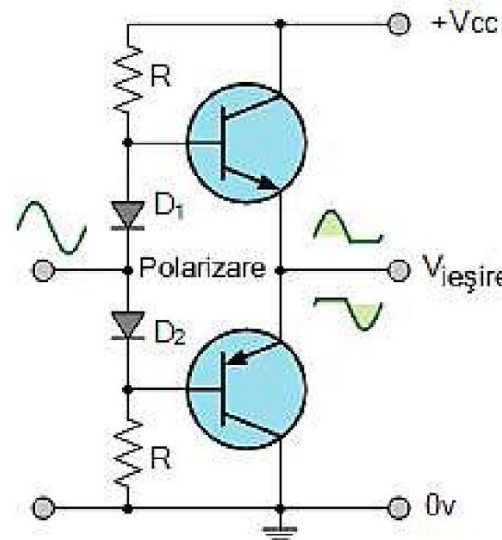
Circuite de Amplificare

Amplificatorul Clasa AB

După cum sugerează și numele, amplificatorul clasă AB este o combinație între amplificatoarele de tip "clasa A" și "clasa B". Amplificatoarele clasa AB sunt unele dintre cele mai utilizate tipuri de amplificatoare audio de putere. Amplificatorul clasa AB este o variantă a unui amplificator de clasa B, așa cum a fost descris mai sus, cu excepția faptului că ambele tranzistoare pot funcționa, în același timp, în jurul punctului de funcționare sub formă de undă continuă, cu eliminarea problemelor de distorsiune la trecerea prin zero, descris mai sus la amplificatorul clasa B. Prin urmare, la amplificatorul clasa AB fiecare dintre tranzistorii push-pull conduc mai mult de jumătate din semialternanța din clasa B, dar mult mai puțin decât un ciclu complet de conducție ca cel din clasa A. Cu alte cuvinte, unghiul de conducție al unui amplificator clasa AB este undeva între 180° și 360° , funcție de punctul de funcționare ales.

Proprietăți

- Clasa AB are un comportament liniar
- Designul acestui amplificator este foarte simplu
- Distorsiunea acestui amplificator este mai mică de 0,1%
- Calitatea sunetului este foarte ridicată



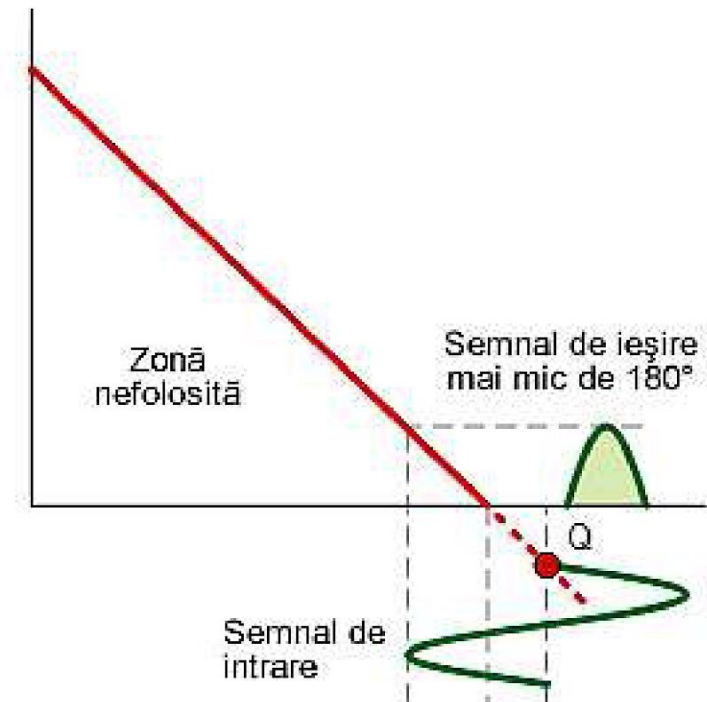
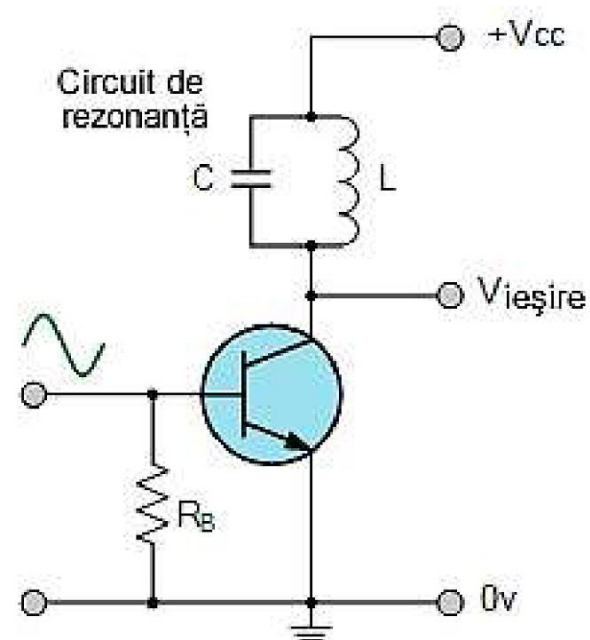
Circuite de Amplificare

Amplificatorul Clasa C

Amplificatorul în clasa C are cel mai mare randament, însă are și cea mai mare neliniaritate din toate clasele de amplificatoare. Clasele anterioare, A, B și AB sunt considerate amplificatoare liniare, semnalele de ieșire având amplitudine și fază în relație liniară cu amplitudinea și faza semnalelor de la intrare. La amplificatorul clasa C, curentul de ieșire este zero pentru mai mult de o jumătate dintr-un ciclu al semnalului sinusoidal de la intrare, tranzistorul lucrând în jurul punctului său de blocare. Cu alte cuvinte, unghiul de conducție pentru tranzistorul fiind mult mai mic de 180° , fiind situat în jurul zonei 90° , dă un randament peste 80% însă distorsionează puternic semnalul la ieșire ceea ce nu îl recomandă ca amplificator audio.

Proprietăți

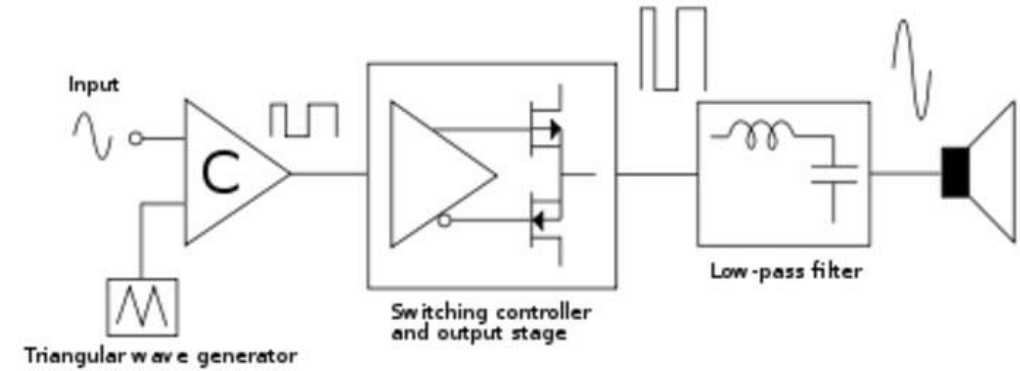
- Eficiența amplificatorului de clasă C este ridicată
- În amplificatorul de clasă C dimensiunea fizică este mică pentru puterea dată



Circuite de Amplificare

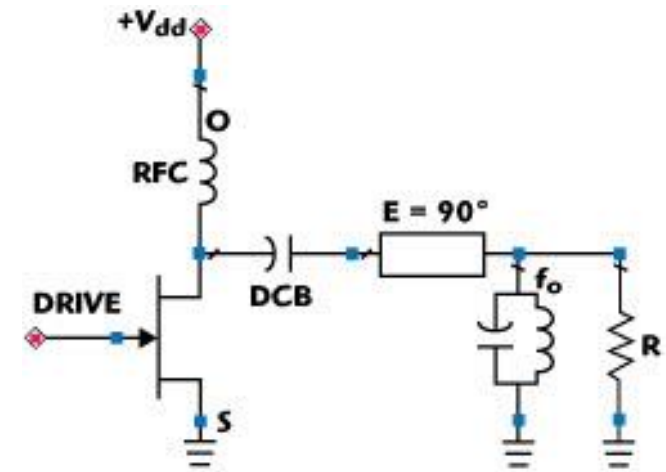
Amplificatorul clasa D

Amplificatorul audio de clasă D este de fapt un amplificator în comutație sau amplificator PWM neliniar. Cu amplificatoarele clasa D, teoretic, se poate ajunge la o eficiență de 100%, deoarece nu există nici o perioadă în timpul unui ciclu în care tensiunea să cadă pe elementul de comandă, tranzistor, acesta având exclusiv rol de comutator de curent.



Amplificatorul clasa F

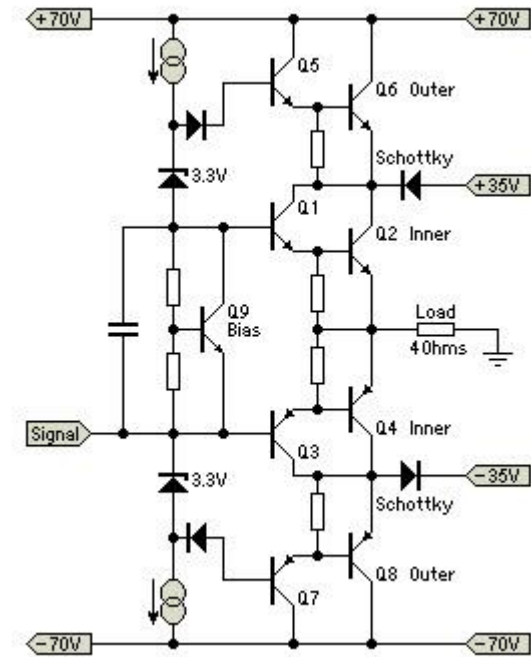
La amplificatoarele clasa F crește atât randamentul cât și puterea la ieșire prin utilizarea unor rezonatoare armonice în rețeaua de ieșire pentru a forma semnalul într-un semnal dreptunghiular. Amplificatoarele clasa F au un randament ridicat, peste 90%, în cazul în care este folosit acordul armonic infinit.



Circuite de Amplificare

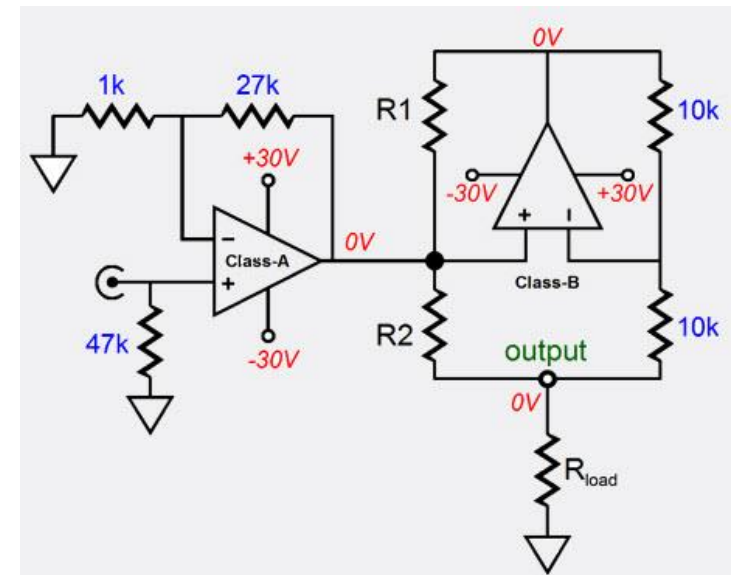
Amplificatorul clasa G

Oferă îmbunătățiri la schema de bază a amplificatorului clasa AB. Clasa G folosește mai multe linii de alimentare la diferite tensiuni și comută automat între aceste linii în funcție de evoluția semnalului de intrare. Această comutare reduce constant consumul inutil de energie și pierderea de putere cauzată de căldura disipată.



Amplificatorul clasa S

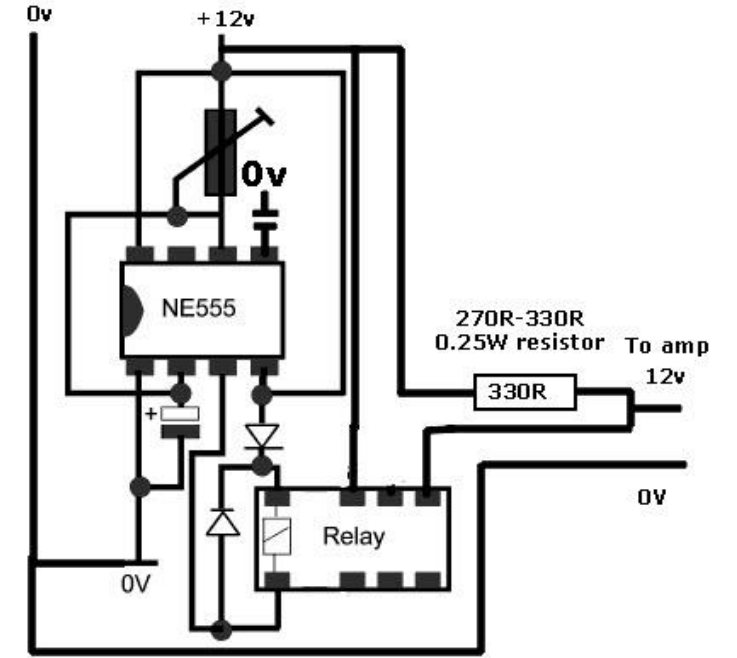
Amplificatorul de putere clasa S este un amplificator nelinier de comutare, ce funcționează similar cu amplificatorul clasa D. În clasa S amplificatorul convertește semnalele analogice de intrare în impulsuri dreptunghiulare cu un modulator delta-sigma, le amplifică pentru a crește puterea la ieșire iar apoi sunt demodate cu un filtru trece bandă. Utilizând semnale digitale, acest amplificator în comutație amplifică semnale 0 și 1 (deschis/blocat), unde puterea disipată este practic zero, fiind posibil să se ajungă la randament de 100%.



Circuite de Amplificare

Amplificatorul clasa T

Amplificatorul clasa T este un alt tip de amplificator în comutație, digital. Amplificatoarele în clasa T sunt tot mai utilizate ca amplificatoare audio de putere sau sunet surround multi-canal, utilizând un procesor DSP ce prelucrează semnalul digital, convertește semnalele analogice în semnale digitale PWM pentru modularea amplificării obținând astfel randamente ridicate. Amplificatoarele din clasa T combină nivelele scăzute ale distorsiunilor din clasa AB cu eficiența energetică a unui amplificator de clasa D.

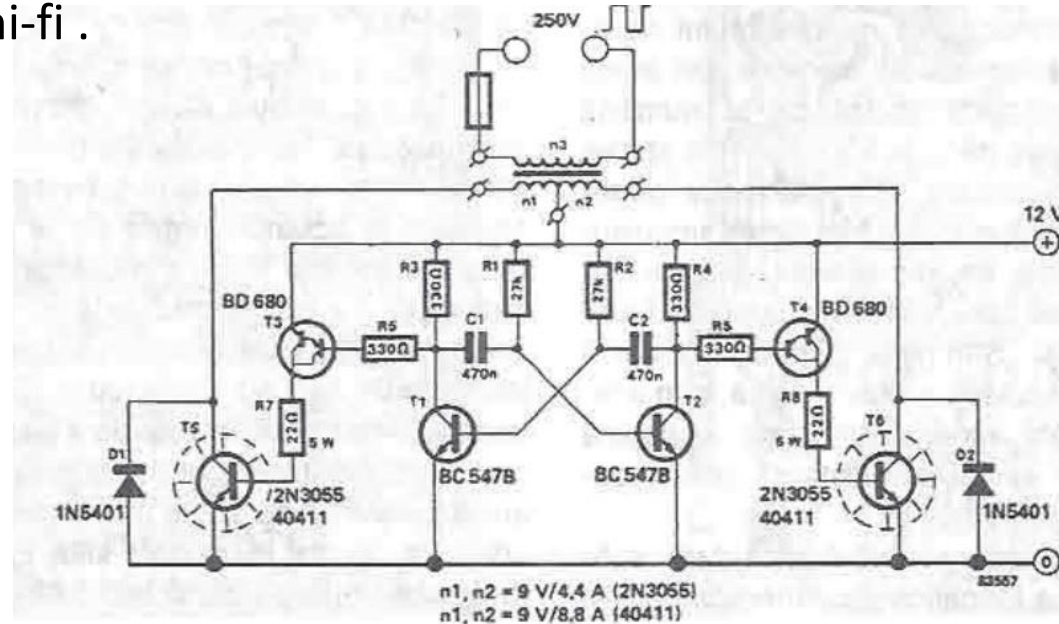


În concluzie, în clasificarea amplificatoarelor, de la cele liniare la cele neliniare în comutație, se observă că o clasă de amplificator diferă de alegerea punctului static de funcționare de-a lungul dreptei de sarcină a amplificatorului. Amplificatoarele din clasa A, AB, B și C pot fi definite funcție de unghiul de conducție, θ :

Clasa amplificatorului	Descriere	Unghiul de conducție
Clasa A	conducție în ciclu complet de 360°	$\theta = \pi$
Clasa B	conducție în ciclu de 180°	$\theta = \pi/2$
Clasa AB	conducție puțin peste 180°	$\pi/2 < \theta < \pi$
Clasa C	conducție puțin sub 180°	$\theta < \pi/2$
Clasa D la T	neliniare, în comutație	$\theta = 0$

Convertoare

Un convertor foarte simplu portabil poate fi construit utilizând schema electronică de mai jos. Circuitul necesită numai șase tranzistoare, un transformator principal și câteva condensatoare și rezistențe și permite alimentarea unor consumatori de mică putere. Un multivibrator astabil construit cu T1 și T2 generează o undă dreptunghiulară la o frecvență de circa 50 Hz. Cum T1 și T2 conduc alternativ, etajele de ieșire lucrează de asemenea în regim "push-pull". Când T1 conduce, prin T3 trece un curent: acesta îl cuplează pe T5 și acesta din urmă tranzistor conectează la bateria de 12 V o jumătate a înfășurării secundare a transformatorului de rețea Tr. Când T2 conduce, tranzistorul T6 cuplează la baterie cealaltă jumătate a transformatorului de rețea. Deoarece tranzistoarele de ieșire sunt comandate la saturație, ele trebuie montate pe radiatoare foarte mari. Deși construcția montajului este simplă și eficiența ridicată, dezavantajul este tensiunea de ieșire de formă dreptunghiulară care, în absența unui regulator, este dependentă de sarcină: la sarcini mici, tensiunea de ieșire poate fi peste 250 V c.a. (nu funcționează ca reșpunzator pentru motoare cu control de turație, variatoarele de lumină, televizoare, echipament hi-fi).

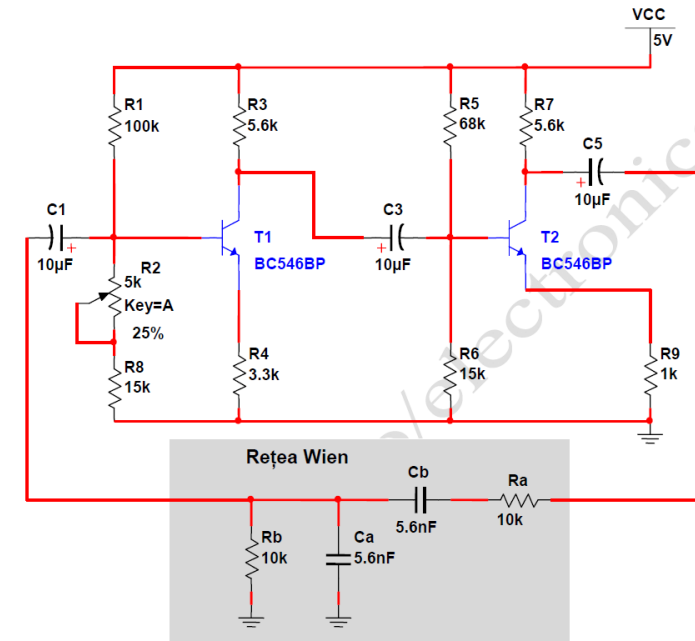


Circuit de oscilație

Oscilatoarele – sunt circuite electronice care generează la ieșire o formă de undă repetitivă, cu frecvență proprie, fără a fi necesar un semnal de intrare repetitiv.

- Oscilatorul transformă tensiunea de alimentare de curent continuu în tensiune de ieșire de curent alternativ sinusoidal.
- Frecvența de oscilație a semnalului de ieșire este determinată de circuite RC (pentru frecvențe înalte peste 100 kHz) sau circuite LC (pentru frecvențe joase).
- Semnalul de ieșire al unui oscilator poate fi sinusoidal sau nesinusoidal în funcție de tipul oscilatorului.

Oscilatorul din figura este format dintr-un amplificator cu etaje cu tranzistoare bipolare și o rețea Wien care se află conectată în circuitul de reacție al amplificatorului



Ce trebuie să reținem?

- Tranzistorul bipolar este unul din cele mai importante componente electronice pe baza semiconductorilor;
- Poate fi utilizat atât în electronica digitală cât și cea analogică;
- Se aplică în diferite configurații în circuite care permit obținerea aplicațiilor cu diferite proprietăți.

