

# Tranzistorul bipolar

## 1. Conținutul lucrării

Se prezintă principiul de funcționare a tranzistorului, metodele de testare precum și trasarea caracteristicilor statice de ieșire ale unui tranzistor npn în conexiunea emitor comun.

## 2. Aparatura necesară

Sursă stabilizată de tensiune de 24 V cc  
Multimetru MF 35  
Platforma de experimentare P3

## 3. Considerații teoretice

Tranzistorul bipolar cu joncțiuni este un dispozitiv electronic activ, constituit din trei domenii semiconductoare, realizate pe același monocristal, în succesiune pnp, fig. 1.a, sau npn, fig. 1.b.

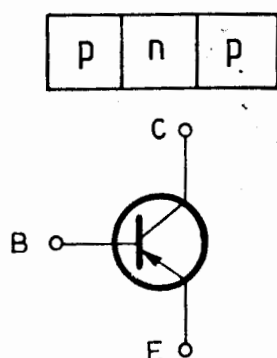


Fig 1.a

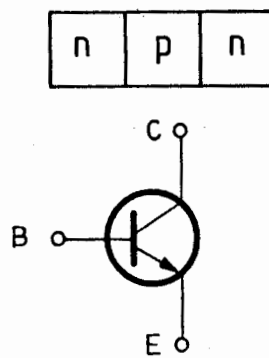


fig. 1.b

Regiunea din mijloc, numită bază, este un domeniu semiconductor subțire, foarte îngust, în comparație cu lungimea de difuzie a purtătorilor minoritari de sarcină electrică; este slab dopată cu impurități.

Una din regiunile laterale, puternic dopată cu impurități, furnizează purtătorii de sarcină, pentru componenta principală a curentului prin tranzistor și este denumită emitor. Cealaltă regiune laterală colectează purtătorii de sarcină, fiind denumită colector. Cele două regiuni ale tranzistorului sunt: emitor-bază, respectiv colector-bază. Prin regiunea îngustă a bazei apare o influență reciprocă între cele două joncțiuni.

Comportarea tranzistorului este esențial diferită de cea a două diode montate în opoziție. Pentru exemplificare, dacă ne referim la un tranzistor npn polarizat astfel încât joncțiunea emitorului să fie polarizată direct, iar joncțiunea colectorului să fie polarizată invers, câmpul electric creat de sursă injectează electroni din emitor în regiunea bazei, întocmai ca la o diodă polarizată di-

rect. Din cauza slabei dopări cu impurități și a lățimii reduse a bazei, numai puțini din electronii liberi injectați din emitor, dispar în bază prin recombinare. Marea lor majoritate difuzează spre stratul sărăcit în purtători al joncțiunii colectorului unde câmpul electric care acționează în regim de trecere favorizează deplasarea electronilor spre colector. Acest transport al purtătorilor de sarcină de la emitor, prin bază, în colector, la polarizarea directă a joncțiunii emitorului și inversă a joncțiunii colectorului, caracterizează efectul de tranzistor. În funcționarea tranzistorului bipolar intervin atât purtători de sarcină majoritari cât și purtători de sarcină minoritari.

Tranzistorul poate fi conectat în circuit conform celor trei moduri de conexiune prezentate în figura 2a, 2b, 2c. Se exemplifică

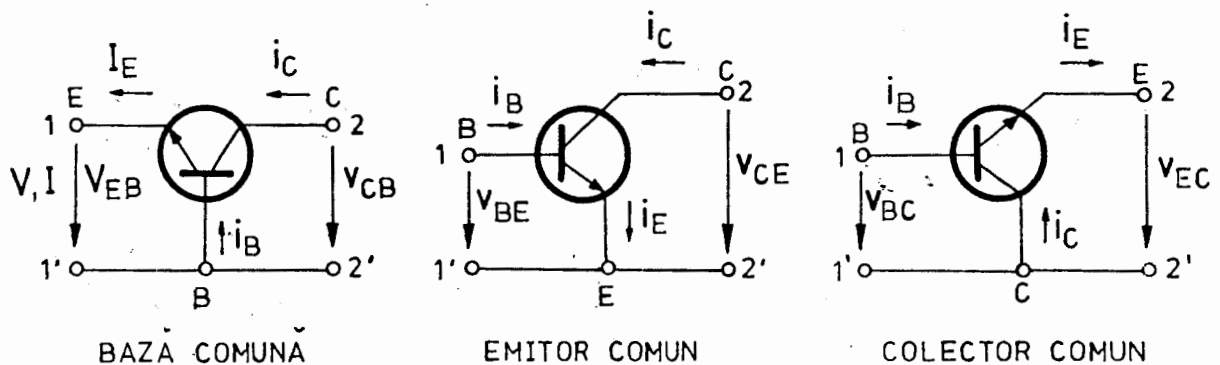


Fig. 2a

Fig. 2b

Fig. 2c

pentru un tranzistor npn :

- \* conexiunea cu emitor comun - EC
- \* conexiunea cu bază comună - BC
- \* conexiunea cu colector comun - CC

În funcție de polarizarea celor două joncțiuni ale unui tranzistor bipolar se pot deosebi patru regimuri de funcționare :

- \* **regimul activ normal** - joncțiunea emitorului polarizată direct; joncțiunea colectorului polarizată invers.
- \* **regimul activ invers** - joncțiunea emitorului polarizată invers; joncțiunea colectorului polarizată direct.
- \* **regimul de saturație** - joncțiunea emitorului polarizată direct; joncțiunea colectorului polarizată direct.
- \* **regimul de blocare (tăiere)** - joncțiunea emitorului polarizată invers; joncțiunea colectorului polarizată invers.

În timpul funcționării tranzistorului bipolar în regim activ

direct joncțiunea emitorului se polarizează direct, iar joncțiunea colectorului se polarizează invers. Ca urmare rezistența joncțiunii emitor este mică ( $10+100 \Omega$ ), iar rezistența joncțiunii colector este mare ( $0,3+1 M\Omega$ ). În general gradul de dopare a celor trei regiuni diferă, astfel că joncțiunile formate sunt asimetrice. Pentru exemplificare se consideră funcționarea unui tranzistor pnp în conexiunea BC.

Fluxul principal de purtători de sarcină prin cele două joncțiuni ale tranzistorului este datorat golurilor injectate în materialul semiconductor la electrodul emitorului. Aplicând prima lege a lui Kirchhoff, rezultă :

$$I_E = I_B + I_C$$

Curentul prin joncțiunea emitorului, este datorat în principal purtătorilor de sarcină majoritari :

- a) golurile injectate de emitor în bază
- b) electronii injectați din bază în emitor.

Curentul prin joncțiunea colector este datorat purtătorilor de sarcină minoritari:

- a) golurile injectate în bază de emitor.
- b) electronilor care sunt injectați din colector în bază.

Dacă se notează cu  $I_{CB_0}$  curentul propriu al joncțiunii colectorului se ajunge la relația

$$I_C = \alpha \cdot I_E + I_{CB_0}$$

Coeficientul  $\alpha$  se numește factor de amplificare în curent, emitor-colector.

Se notează :

$$\alpha = \frac{\text{comp. curent de colector datorita emitorului}}{\text{curent de colector emisa}}$$

Uzual  $\alpha = 0,95+0,998$

Coeficientul  $\beta$  se numește factor de amplificare în curent bază-colector.

$$\beta = \frac{\text{comp. curent de colector datorita emitorului}}{\text{comp. crt. de baza datorita emitorului}}$$

Uzual coeficientul  $\beta = 20+500$

Deoarece componenta  $I_{CB_0}$ , respectiv componenta datorată recombinării electronilor în emitor, sunt foarte mici, se obțin relațiile :

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

Din cele de mai sus rezultă următoarele :

\* tranzistorul transferă (aproape în întregime) curentul din

circuitul emitorului (de rezistență mică) în circuitul colectorului (de rezistență mare).

\* orice modificare a tensiunii de polarizare a joncțiunii emitorului  $V_{BE}$ , care modifică curentul în circuitul emitorului, se răsfrânge și asupra curentului în circuitul colectorului, modificându-l aproape în aceeași măsură : aceasta înseamnă că tranzistorul constituie un element de circuit care are posibilitatea de a comanda curentul de colector cu ajutorul curentului de bază.

Se face următoarea observație :

\* relațiile stabilite pentru tranzistorul pnp sunt valabile și pentru tranzistoare npn, cu condiția ca polaritățile tensiunilor ce polarizează joncțiunile să fie inversate.

Tranzistorul este un dispozitiv neliniar, a cărui comportare se poate studia prin intermediul caracteristicii statice. Dependen-

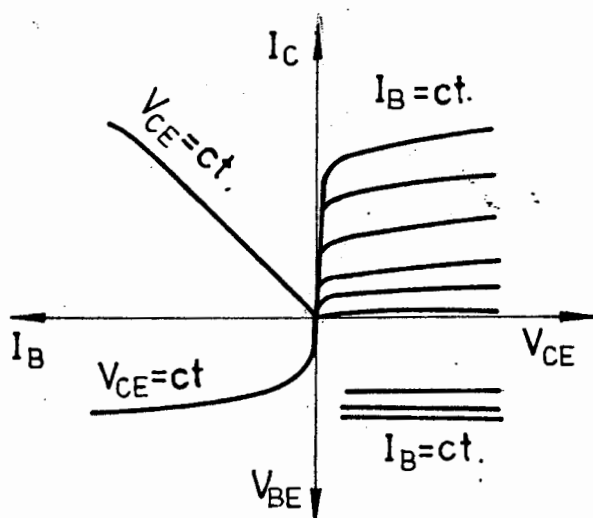


Fig. 3

ța care există între tensiunile continue ce polarizează joncțiunile tranzistorului și curenții care circulă prin el, reprezentată sub formă grafică, se numește caracteristică. Caracteristicile tranzistorului trasate în cele patru cadrane, vor fi (indiferent de tipul de conexiune) :

\* **caracteristici de ieșire** - exprimă dependența unei mărimi din circuitul de ieșire de o altă mărime de ieșire, pentru o mărime de intrare luată ca parametru.

\* **caracteristicile de intrare** - exprimă dependența unei mărimi de intrare de o altă mărime de intrare, pentru o mărime de ieșire luată ca parametru.

\* **caracteristicile de transfer** exprimă dependența unei mărimi de ieșire de o mărime de intrare, pentru o mărime de ieșire luată ca parametru. Fiecărui mod de conexiune a tranzistorului îi corespund familii de caracteristici proprii.

În conexiunea EC, curentul de bază  $I_B$  și tensiunea bază-emitor,  $V_{BE}$ , sunt mărimi de intrare, iar curentul de colector,  $I_C$  și tensiunea colector-emitor  $V_{CE}$  sunt mărimi de ieșire. Caracteristicile statice corespunzătoare acestei conexiuni sunt prezentate în fig.3.

## 2. Testarea validității tranzistoarelor cu ohmmetrul.

Metoda de testare a validității tranzistoarelor cu ohmmetrul constă în măsurarea rezistențelor între terminalele E,B,C ale tranzistorului.

Scurtcircuitele sau întreruperile în tranzistor se pun în evidență prin măsurarea rezistențelor de polarizare directă a joncțiunilor emitor-bază, colector-bază și colector-emitor, în acest ultim caz colectorul fiind polarizat invers, iar emitorul direct.

Schemele de măsură aferente sunt prezentate în figurile 4.a. ( npn ), respectiv 4.b.(pnp ).

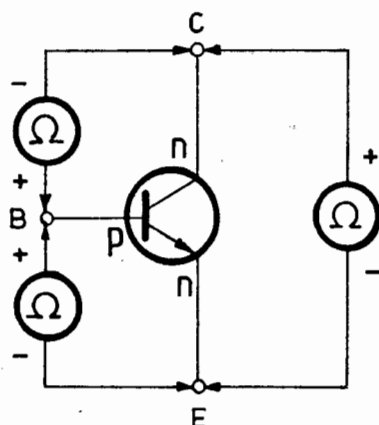


Fig.4.a.

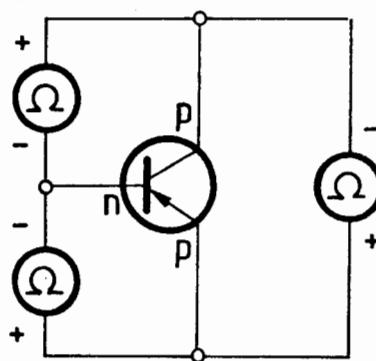


Fig4.b.

Limitele orientative de variație a valorilor rezistențelor  $R_{BE}$ ,  $R_{CB}$  și  $R_{CE}$ , pentru tranzistoarele de mică putere și de putere (tabelul 1), sunt independente de structură ( pnp sau npn ), dar sunt sensibil diferite la germaniu și siliciu.

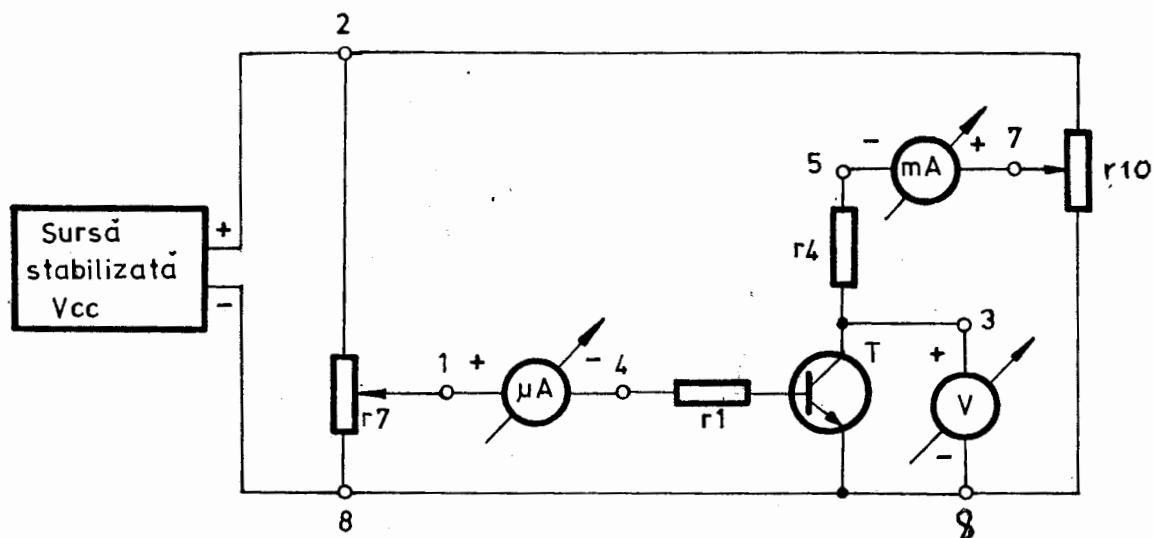
Tabelul 1.

Materialul semiconduc tor	Rezistența $R_{EB}=R_{CB}$		Rezistența $R_{CE}$	
	P mică	P mare	P mică	P mare
Ge	(200-500) $\Omega$	(35-50) $\Omega$	(10-100) k $\Omega$	sute de $\Omega$
Si	(1-3) k $\Omega$	(0.1-1) k $\Omega$	$\infty$	>1 M $\Omega$

## 4.Desfășurarea lucrării.

#### 4.1. Trasarea caracteristicilor statice de ieșire ale tranzistorului npn, în conexiunea emitor comun.

Se execută montajul din figură:



Cursorul potențimetrelor  $r_7$  și  $r_{10}$  se fixează pe poziția de minim.

Se reglează tensiunea de alimentare la 24 Vc.c.

Cu ajutorul potențimetrului  $r_7$  se stabilește valoarea lui  $I_B$  la 8  $\mu A$ .

Se rotește cursorul potențimetrului  $r_{10}$  și se citesc perechile de valori ( $I_C$ ,  $U_{CE}$ ), corespunzătoare diferitelor poziții ale cursorului.

Valorile obținute se trec în tabel:

$U_{CE}[V]$	
$I_C[mA]$	

Se trece potențimetrul  $r_{10}$  pe valoarea minimă și se reglează cu ajutorul potențimetrului  $r_7$  curentul  $I_B$  la valoarea de 10  $\mu A$ . Menținând această nouă valoare a curentului de bază constantă, se determină noile perechi de valori ( $I_C$ ,  $U_{CE}$ ) corespunzătoare.

Se repetă aceleași operații pentru:  $I_B=12\mu A$  și  $I_B=15\mu A$ .

Se trasează familia caracteristicilor de ieșire  $I_C=f(U_{CE})$ , pentru  $I_B=\text{constant}$ .

#### 5. Întrebări

1. Care este principiul de funcționare al unui tranzistor?
2. Un tranzistor este echivalent ca principiu de funcționare

cu două diode conectate în opoziție?

3. Care sunt regimurile de funcționare ale tranzistoarelor bipolare în funcție de polarizarea lor?

4. Ce înțelegeți prin caracteristici statice ale tranzistoarelor?