

## LUCRAREA nr. 3

## CARACTERISTICILE STATICE ALE TRANZISTORULUI BIPOLAR

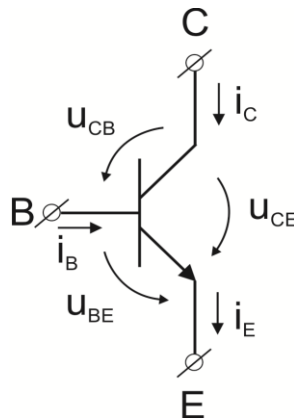
**Scopul lucrării** - Ridicarea caracteristicilor statice ale tranzistorului bipolar în conexiunile emitor-comun (EC) și bază-comună (BC), determinarea unor parametri de curent continuu și de regim dinamic ai tranzistorului bipolar.

### 1. Convenții de notare

În *figura 3.1* este reprezentat simbolul unui tranzistor NPN cu precizarea sensului curenților și tensiunilor așa cum vor fi folosite în această lucrare. Între aceste mărimi se pot scrie relațiile:

$$i_E = i_C + i_B \quad (3.1)$$

$$U_{CE} = U_{CB} + U_{BE} \quad (3.2)$$



**Fig. 3.1. Tranzistor NPN funcționând în RAN**

### 2. Dependența curenților de tensiuni

Comportarea tranzistorului bipolar în regim continuu este definită de relațiile ce descriu dependența curenților  $i_C$  și  $i_E$  de tensiunile aplicate la bornele celor două joncțiuni  $u_{BE}$  și  $u_{CB}$ .

În regiunea activă normală, joncțiunea emitor-bază este polarizată direct și joncțiunea colector-bază este polarizată invers; relațiile de bază pentru curenții unui tranzistor NPN sunt:

$$i_E = A \frac{qD_n n_p}{w} e^{\frac{qu_{BE}}{kT}} \quad (3.3)$$

$$i_C = \alpha_0 i_E + I_{CB0} \quad (3.4)$$

În aceste relații:

$A$  este suprafața joncțiunii bază-emitor,

$D_n$  este constanta de difuzie a purtătorilor minoritari din bază (electronii) a căror concentrație este  $n_p$ ;

$\frac{kT}{q} = 26 \text{ mV}$  la temperatura camerei;

$w$  este grosimea efectivă a bazei dată de relația

$$w = d - \sqrt{\frac{2\varepsilon(U'_0 - u_{CB})}{q} \cdot \frac{n'_n + p_p}{n'_n \cdot p_p}} \quad (3.5)$$

În relația (3.5):

$d$  - grosimea fizică a bazei;

$U'_0$  - bariera de potențial a joncțiunii colector-bază;

$n'_n$  - concentrația de purtători majoritari din colector;

$p_p$  - concentrația de purtători majoritari din bază;

$\varepsilon$  - permitivitatea electrică a materialului din care este confecționat tranzistorul.

Se constată că, la creșterea tensiunii de polarizare inversă a joncțiunii bază-colector, grosimea efectivă a bazei scade.

Parametrul  $\alpha_0$  este factorul de curent al tranzistorului în conexiunea bază comună și are expresia aproximativă :

$$\alpha_0 = \left[ 1 - \frac{1}{2} \left( \frac{w}{L_n} \right)^2 \right] \left( 1 - \frac{\sigma_p w}{\sigma_n L_p} \right) \quad (3.6)$$

unde semnificația mărimilor este:

$L_n$  - lungimea de difuzie a electronilor (în bază);

$L_p$  - lungimea de difuzie a golurilor (în emitor) ;

$\sigma_p$  - conductivitatea electrică a bazei ;

$\sigma_n$  - conductivitatea electrică a emitorului.

Se remarcă dependența lui  $\alpha_0$  de tensiunea colector-bază prin intermediul lui  $w$ .

### 3. Parametrii de cuadripol

Din punct de vedere practic, pentru determinarea regimului de funcționare în curent continuu, este necesară cunoașterea următoarelor caracteristici:

- caracteristica statică de intrare;
- caracteristica de transfer direct;
- caracteristica de ieșire.

În conexiunea *bază comună*, electrodul de referință este *baza*; în conexiunea *emitor comun*, electrodul de referință va fi *emitorul*.

Din punct de vedere dinamic, la semnale mici, lent variabile, tranzistorul poate fi caracterizat prin parametrii de cuadripol, definiți prin ecuațiile:

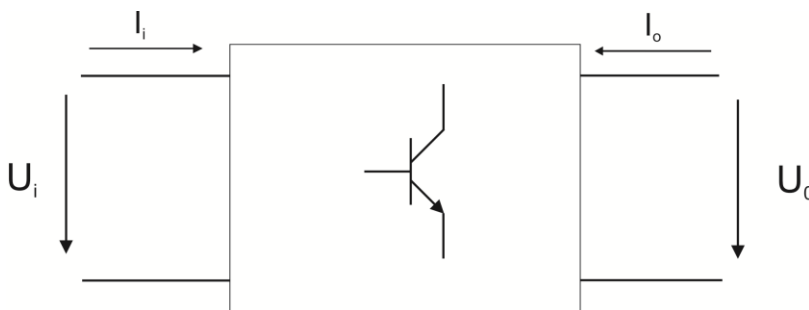


Fig. 3.2. Tranzistorul analizat ca un cuadripol

$$\begin{cases} U_i = h_i I_i + h_r U_o \\ I_o = h_f I_i + h_o U_o \end{cases} \quad (3.7)$$

$U_i$ ,  $U_o$ ,  $I_i$  și  $I_o$  sunt mărimile variabile sinusoidale, cu sensurile obișnuite acceptate pentru cuadripoli (figura 3.2). Parametrii  $h$  vor fi indexați  $b$  sau  $e$ , după cum tranzistorul este utilizat în conexiunea BC sau EC; de obicei se notează  $h_{je} = h_j$ .

#### 4. Caracteristica de intrare pentru TBIP în conexiune BC

Caracteristica de intrare a tranzistorului în conexiunea BC, adică  $i_E = i_E(u_{EB})$ , se deduce din relația (3.3), în care se înlocuiește  $u_{BE} = -u_{EB}$ .

Reprezentarea grafică este dată în figura 3.3, unde s-a considerat ca parametru, tensiunea  $u_{CB}$ . Se constată caracterul exponențial al caracteristicii de intrare și influența mică a tensiunii de colector asupra caracteristicii de intrare.

Exponentul poate fi afectat de coeficientul  $\gamma$ , ca la dioda semiconductoare, determinarea lui experimentală făcându-se în același mod (vezi laborator 1).

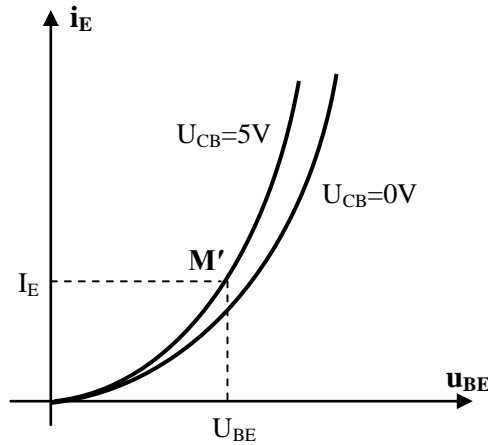


Fig. 3.3 Caracteristica de intrare în conexiunea BC

#### 5. Caracteristica de transfer pentru TBIP în conexiune BC

Caracteristica de transfer  $i_C = i_C(i_E)$  este descrisă de ecuația (3.4) și este reprezentată grafic în figura 3.4.

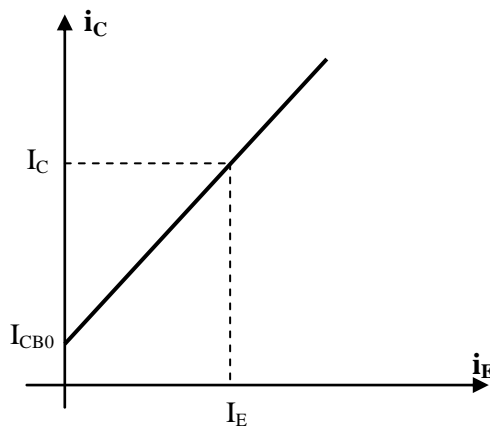


Fig. 3.4 Caracteristica de transfer în conexiune BC

Factorul de curent  $\alpha_0$ , care dă panta acestei drepte, variază foarte puțin cu tensiunea  $u_{CB}$  (prin intermediul lui  $w$ ) și datorită curentului de colector (scădere atât la curenți mici cât și la curenți mari, dependență care nu rezultă din teoria elementară a tranzistorului).

Factorul de curent al tranzistorului în conexiunea bază comună,  $\alpha_0$ , se determină cu relația

$$\alpha_0 = \frac{\beta_0}{1 + \beta_0} \quad (3.8)$$

Precizia acestei relații este puternic afectată de imprecizia măsurărilor curenților  $i_C$  și  $i_E$ , de valori foarte apropiate.

$I_{CB0}$  este curentul joncțiunii colector-bază polarizate invers cu emitorul în gol (neconectat), de valoare foarte mică pentru tranzistoarele realizate din siliciu și dependent de tensiunea  $u_{CB}$ .

## 6. Caracteristica de ieșire pentru TBIP în conexiunea BC

Caracteristicile de ieșire  $i_C = i_C(u_{CB})$ , sunt determinate de relațiile (3.4) și (3.6) și sunt reprezentate grafic în figura 3.5.

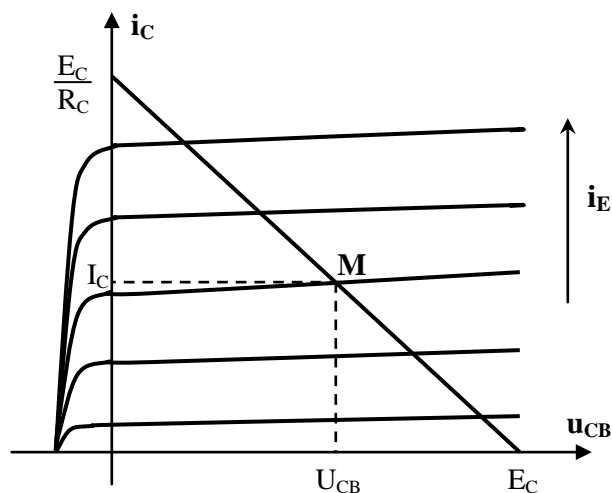


Fig. 3.5 Caracteristica de ieșire în conexiune BC

Se constată dependența foarte mică a curentului de colector de tensiunea  $u_{CB}$  în regiunea activă normală, caracteristicile fiind practic orizontale și echidistante. Acest fapt conferă tranzistorului în conexiunea BC caracterul de generator de curent. Caracteristicile de ieșire sunt trasate pentru trepte constante ale curentului de emitor.

Pentru tensiuni  $u_{CB} < 0$ , curentul de colector scade datorită polarizării în conducție directă și a joncțiunii colector-bază, ceea ce duce la funcționarea tranzistorului în regiunea de saturație.

## 7. Punctul static de funcționare al TBIP în conexiune BC

În circuitul elementar din figura 3.6, punctul static de funcționare se determină prin rezolvarea grafo-analitică a sistemului de ecuații:

$$\begin{cases} i_E = i_E(u_{EB}, u_C) \\ i_C = i_C(i_E, u_{CB}) \\ E_C = R_C i_C + u_{CB} \end{cases} \quad (3.9)$$

unde valoarea curentului de emitor este fixată de circuitul de intrare (în lucrare, de către generatorul de curent).

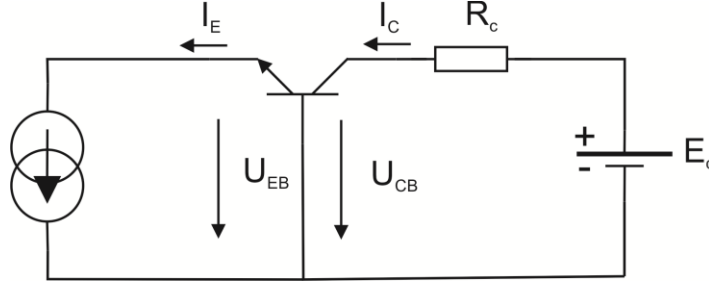


Fig. 3.6 – Circuit pentru determinarea PSF a TBIP în conexiunea BC

În figura 3.5, în planul caracteristicilor statice, se trasează dreapta de sarcină și, pentru  $i_E = I_E$ , se obține punctul static de funcționare  $M$  cu coordonatele  $M(I_E, I_C, U_{CB})$ ; pe caracteristica de intrare, punctul static de funcționare este  $M'(I_E, U_{EB})$ .

În punctul static de funcționare, se pot determina parametrii  $h$  pentru caracterizarea funcționării tranzistorului la semnale variabile mici, conform relațiilor:

$$h_{ib} = \left. \frac{\Delta u_{BE}}{\Delta i_E} \right|_M, \quad h_{fb} = - \left. \frac{\Delta i_C}{\Delta i_E} \right|_M, \quad h_{ob} = \left. \frac{\Delta i_C}{\Delta u_{CB}} \right|_M \quad (3.10)$$

Parametrii  $h_{ib}$  și  $h_{fb}$  sunt dați și de relațiile teoretice ( deduse din ecuațiile (3.3) și (3.4) ) sub forma

$$h_{ib} \approx \frac{kT}{q \cdot I_E} \approx \frac{kT}{q \cdot I_C} \quad (3.11)$$

$$h_{fb} \approx -\alpha_0 \quad (3.12)$$

Parametrul  $h_{rb}$  nu poate fi determinat printr-o aceeași metodă deoarece variațiile foarte mici ale tensiunii  $u_{EB}$  (la variații mari ale tensiunii  $u_{CB}$ ) sunt afectate de fenomene secundare, cum ar fi modificarea regimului termic al tranzistorului la variația tensiunii de colector.

## 8. Caracteristica de intrare pentru TBIP în conexiune EC

Caracteristica de intrare pentru tranzistorul în conexiunea EC, dată de funcția  $i_B = i_B(u_{BE})$  are ca parametru tensiunea  $u_{CE}$ , care intervine, în principal, prin parametrul  $w$ . Ecuația acestei caracteristici se obține din relațiile (3.1), (3.3) și (3.4) sub forma:

$$i_B = (1 - \alpha_0) \frac{A \cdot q \cdot D_n n_p}{w} e^{\frac{q \cdot u_{BE}}{kT}} - I_{CB0} \quad (3.13)$$

și este reprezentată grafic în figura 3.7.

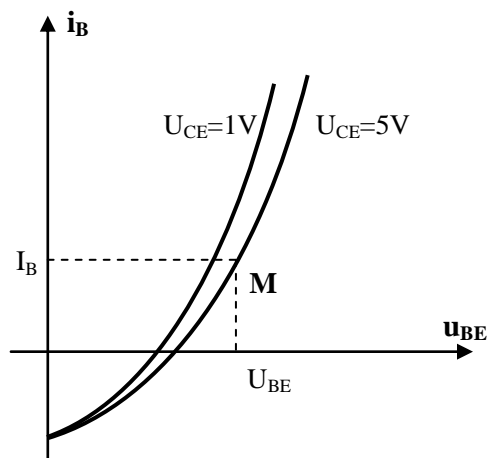


Fig. 3.7 Caracteristica de intrare la conexiunea EC

Se constată forma exponențială a caracteristicii, cu o influență redusă a tensiunii  $u_{CE}$  (prin intermediul variației grosimii efective a bazei,  $w$ ) și anularea curentului de bază pentru o valoare diferită de zero a tensiunii  $u_{BE}$  (pentru  $u_{BE} = 0$ , curentul este negativ).

### 9. Caracteristica de transfer pentru TBIP în conexiune EC

Caracteristica de transfer este dată de relația (3.14):

$$i_C = \beta_0 i_B + I_{CE0} \quad (3.14)$$

unde  $\beta_0$  este factorul de curent în conexiune EC a cărei expresie dedusă din relațiile (3.1) și (3.4) este:

$$\beta_0 = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_0} \quad (3.15)$$

-  $I_{CE0}$  este curentul de colector măsurat cu baza în gol și determinat prin relația:

$$I_{CE0} = (\beta_0 + 1) I_{CB0} \quad (3.16)$$

Factorul de curent al tranzistorului în conexiunea EC depinde de tensiunea colector-emitor (prin intermediul grosimii efective a bazei,  $w$ ) și de curentul de colector (această dependență este mai puternică decât a factorului de curent  $\alpha_0$ ) ca în figura 3.8.

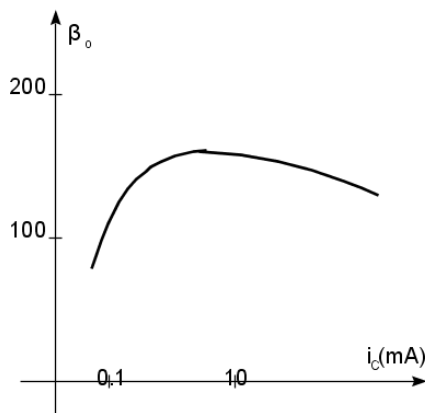


Fig. 3.8 Factorul de curent al TBIP în conexiune EC

Factorul de curent  $\beta_0$  se determină din relația (3.14) sub forma:

$$\beta_0 = \frac{i_C - I_{CE0}}{i_B} \quad (3.17)$$

### 10. Caracteristicile de ieșire pentru TBIP în conexiune EC

Caracteristicile de ieșire (figura 3.9) dau dependența curentului de colector de tensiunea  $u_{CE}$  având ca parametru curentul de bază,  $i_B$ , și sunt descrise de relația (3.14); dependența mai puternică a factorului de curent al tranzistorului,  $\beta_0$ , de  $u_{CE}$ , determină o înclinare mai puternică a caracteristicilor față de orizontală.

În zona tensiunilor  $u_{CE}$  mici, ecuația (3.14) nu mai este valabilă, tranzistorul funcționând în regiunea de saturație.

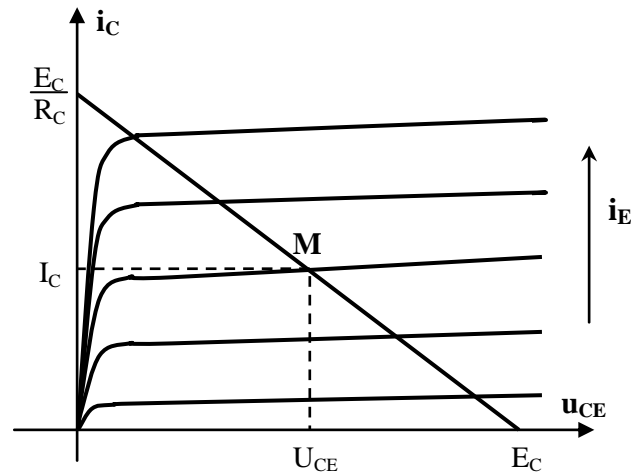


Fig. 3.9. Caracteristicile de ieșire la conexiunea EC

### 11. Punctul static de funcționare al TBIP în conexiune EC

Pentru circuitul elementar din figura 3.9b, punctul static de funcționare se determină prin metoda grafo-analitică de rezolvare a sistemului format din ecuațiile:

$$\begin{cases} i_B = i_B(u_{BE}, u_{CE}) \\ i_C = i_C(i_B, u_{CE}) \\ E_C = R_C i_C + u_{CE} \end{cases} \quad (3.18),$$

curentul  $i_B$  fiind determinat de circuitul de intrare (în cazul lucrării, prin generator de curent constant).

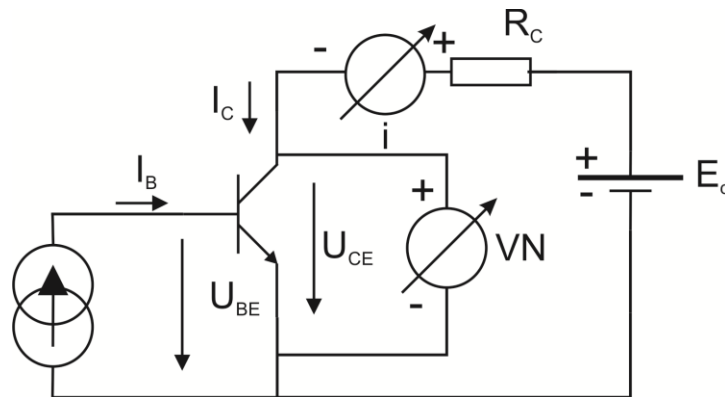


Fig. 3.9b - Circuit pentru determinarea PSF a TBIP în conexiunea EC

În punctul static de funcționare,  $M$ , caracterizat prin parametrii  $M(I_C, I_B, U_{BE}, U_{CE})$ , se pot defini parametrii  $h$  pentru semnal mic, lent variabil (ceea ce permite liniarizarea în jurul PSF, deci introducerea variațiilor prin  $\Delta$ ):

$$h_{ie} = \left. \frac{\Delta u_{BE}}{\Delta i_B} \right|_M, \quad h_{fe} = \left. \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} \right|_M, \quad h_{oe} = \left. \frac{\Delta i_C}{\Delta u_{CE}} \right|_M \quad (3.19).$$

La fel ca și  $h_{rb}$ , parametrul  $h_{re}$  nu se poate măsura cu precizie prin această metodă.

Între parametrii hibridi în conexiunea EC și cei în conexiunea BC există următoarele relații aproximative:

$$h_{ie} \approx (h_{fe} + 1)h_{ib} \approx \frac{h_f kT}{qI_C} \quad (3.20)$$

$$h_{fb} \approx -\frac{h_{fe}}{1 + h_{fe}} \quad (3.21)$$

#### Observații:

În anumite circuite electronice, tranzistorul bipolar poate fi folosit în conexiune inversă prin schimbarea rolurilor terminalelor emitor și colector. Parametrul ce caracterizează această funcționare este factorul de curent în conexiune inversă,  $\alpha_i$  sau  $\beta_i$ . Cu excepția unor tranzistoare special construite, factorul de curent  $\beta_i$ , este foarte mic, de obicei, subunitar.



## DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

Se identifică montajul din *figura 3.10*, în care se folosește un circuit ajutător în calitate de generator de curent reglabil din potențiometru  $P$ . Pentru curenții de bază necesari tranzistorului NPN în conexiune EC se alimentează schema cu +5 V (aproximativ) la borna 2 față de borna de masă (borna 1) și se obține la borna 3 un curent reglabil (în sensul săgeții) între 0÷200  $\mu\text{A}$ ; pentru curenții de emitor necesari aceluiași tranzistor NPN în conexiune BC se alimentează schema cu -5V la borna 2 față de borna 1 (borna de masă) și se obține la borna 4 un curent reglabil între 0÷50 mA.

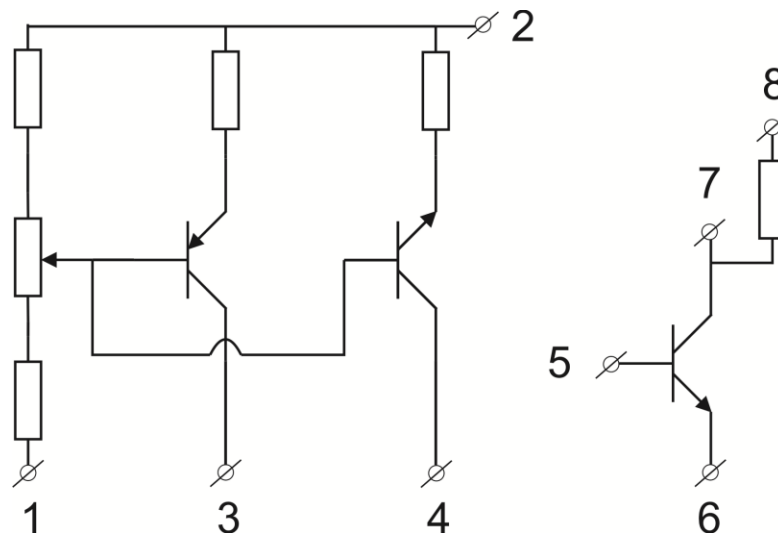


Fig. 3.10 - Montajul de laborator

1. Se trasează caracteristica de intrare a tranzistorului în conexiunea BC conform schemei de măsură din *figura 3.11*. Pentru aceasta, generatorul de curent se va alimenta cu -5 V la borna 2 față de borna de masă (borna 1), ieșirea generatorului de curent fiind borna 4, care se conectează la 6. Bornă 5 (baza tranzistorului T) se conectează la masă (1). Bornă 7 se conectează la plusul unei alte surse de tensiune, iar minusul acestei surse se conectează tot la borna 5; ideea de bază este fixarea, în acest mod, a tensiunii colector-bază la  $U_{CB}=5\text{V}$ . Ampermetrul se leagă între bornele 4 și 6 și se conectează un voltmetru între 5 și 6.

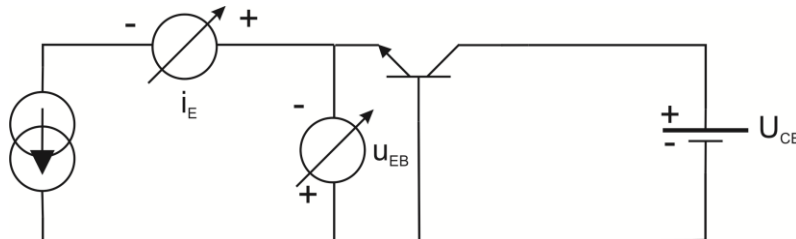


Fig. 3.11 – Circuit pentru trasarea caracteristicii de intrare în conexiune BC

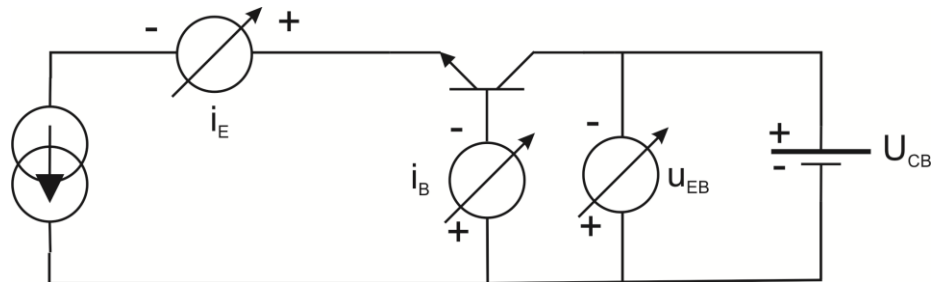
Pentru curentul de emitor se vor lua valorile: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50 mA, iar tensiunea colector-bază va fi de 5 V. Rezultatele se trec în tabelul 3.1 și se trasează caracteristica de intrare atât la scară liniară cât și la scară logaritmică (pentru curent) pentru determinarea parametrului  $\gamma$  ca la dioda

semiconductoare.

$U_{CB}$	$i_E$ (mA)	0	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50
5V	$u_{EB}$ (mV)										

**Tabelul 3.1**

2. Se trasează caracteristica de transfer  $i_C = i_C(i_E)$  folosind schema de măsură din figura 3.12. Voltmetrul se va muta între 5 și 7, comparativ cu figura 3.11. Întrucât valorile curenților  $i_C$  și  $i_E$  sunt foarte apropiate, se preferă măsurarea curentului de bază pentru fiecare valoare a curentului de emitor, iar curentul de colector se deduce din relația (3.1); tensiunea  $u_{CB}$  este de 5 V. Pentru curentul de emitor se vor lua aceleași valori ca la punctul precedent. Rezultatele se trec în tabelul 3.2 și se trasează caracteristica de transfer la scară liniară. Ampermetrul se conectează între 5 și 1 (în baza tranzistorului).



**Fig. 3.12 - Circuit pentru trasarea caracteristicii de transfer în conexiune BC**

Pentru  $i_E = 2$  mA, se determină factorul de curent al tranzistorului în conexiunea BC,  $\alpha_0$ , cu relația (3.8), în care  $I_{CB0}$  este valoarea curentului de colector obținut cu emitorul în gol.

Se vor compara valorile obținute pentru  $\alpha_0$  și  $I_{CB0}$  cu valorile rezultate din relațiile (3.15) și (3.16), în care  $\beta_0$  are valoarea determinată în același punct de funcționare la punctul 7.

$U_{CB}$	$i_E$ (mA)	0	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20	50
5V	$i_B$ (uA)										
	$i_C$ (mA)										

**Tabelul 3.2**

3. Se trasează caracteristicile statice de ieșire în conexiunea BC cu schema de măsură din figura 3.12.

Pentru tensiunea de ieșire se vor lua valorile 0,1; 0,5; 1; 2; 5; 10 V, iar curentul de emitor va fi fixat la valorile 2; 4; 6; 8; 10; mA. Rezultatele se trec în tabelul 2.3.

$i_E$ (mA)	$u_{CB}$ (V)	0	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10
2	$i_B$ (uA)								
	$i_C$ (uA)								
4	$i_B$ (uA)								
	$i_C$ (uA)								

6	$i_B(\mu A)$								
	$i_C(\mu A)$								
8	$i_B(\mu A)$								
	$i_C(\mu A)$								
10	$i_B(\mu A)$								
	$i_C(\mu A)$								

T

abelul 3.3

Pentru  $i_E = 2 \text{ mA}$ , se inversează semnul tensiunii  $U_{CB}$  (se schimbă bornele sursei) și se determină valoarea acestei tensiuni pentru care curentul de colector se anulează; măsurătoarea se va face cu atenție, deoarece anularea curentului de colector se produce la valori mici ale tensiunii colector bază (în intervalul  $-0,6 \div -0,7 \text{ V}$ ).

4. În planul caracteristicilor ridicate la punctul precedent, se trasează dreapta statică de funcționare, conform relației (3.9) în care  $R_C = 3,6 \text{ k}\Omega$  și  $E_C = 12 \text{ V}$  și se determină coordonatele punctului static de funcționare, știind că  $I_E = 2 \text{ mA}$  (metoda grafo-analitică).

Se realizează montajul elementar din figura 3.6b cu  $R_C = 3,6 \text{ k}\Omega$  și  $E_C = 12 \text{ V}$ .

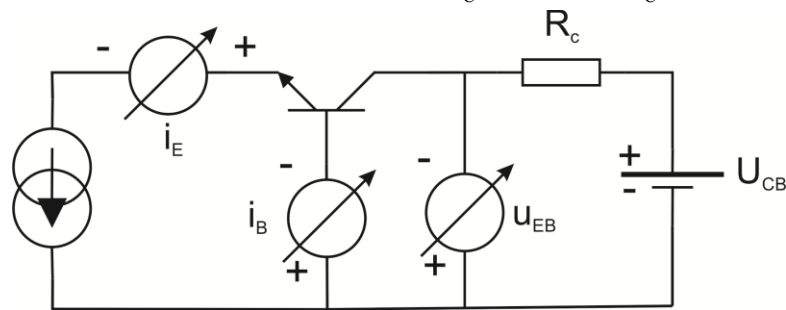


Fig. 3.6b - Circuit pentru determinarea PSF în conexiune BC

Se realizează montajul de la cerința 2. Borna 8 se conectează la plusul sursei  $E_C$ , minusul sursei  $E_C$  se conectează la 1.

Se măsoară coordonatele punctului static de funcționare pentru  $I_E = 2 \text{ mA}$  ( $U_{CB}$  și  $I_C$ ).

Se compară rezultatele obținute prin cele două metode (grafo-analitică și experimentală). În punctul de funcționare astfel determinat, se calculează parametrul  $h_{ib}$  pe caracteristica de intrare, iar parametrii  $h_{fb}$  și  $h_{ob}$  se calculează folosind rezultatele din tabelele corespunzătoare, având în vedere dificultatea măsurării unor variații foarte mici ale curentului de colector direct pe grafic. Se vor folosi relațiile (3.10).

5. Se alimentează generatorul de curent cu  $+5 \text{ V}$  la borna 2 (față de borna 1); se trasează caracteristica de intrare în conexiunea EC,  $i_B = i_B(u_{BE})$ , conform schemei de măsură din figura 3.13. Bornele 1 și 6 sunt legate împreună; borna 7 se leagă împreună cu borna 2; miliampermetrul se conectează între bornele 3 și 5.

Tensiunea  $u_{BE}$  se va măsura cu un voltmetru electronic, de preferință numeric (conectat între bornele 5 și 6). Se va măsura tensiunea  $u_{BE}$  pentru următoarele valori ale curentului de bază:  $i_B = 0; 10; 20; 30; 40$  și  $50 \mu A$ .



Tabelul 3.5

În același tabel, se va trece factorul de curent al tranzistorului,  $\beta_0$ , calculat cu relația (3.7). Se măsoară factorul de curent al tranzistorului în conexiunea EC la alte două tensiuni colector-emitor,  $u_{CE} = 1\text{ V}$  și  $u_{CE} = 10\text{ V}$ . Pentru fiecare dintre aceste valori, se determină, mai întâi  $I_{CE0}$  (cu baza în gol) și apoi curentul de bază necesar obținerii aceluiași curent colector  $I_C = 2\text{ mA}$ . Se va trasa graficul funcției de transfer  $i_C(i_B)$ , la scară liniară.

7. Se determină caracteristicile de ieșire ale tranzistorului în conexiune EC cu parametru  $i_B$ , conform schemei de măsură din figura 3.15.

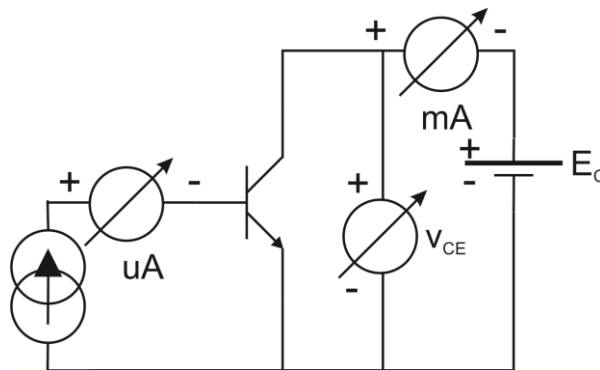


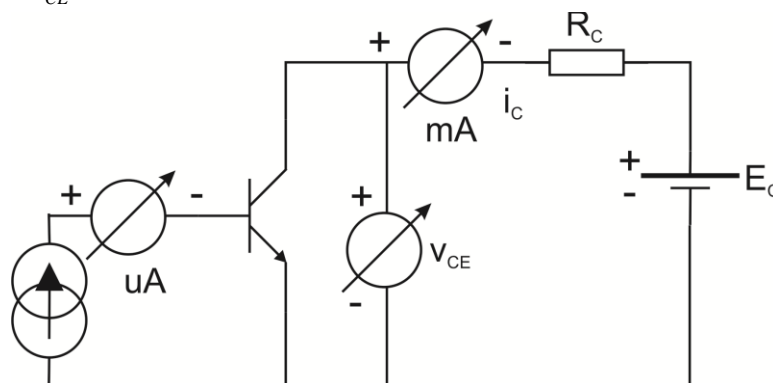
Fig. 3.15 - Circuit pentru trasarea caracteristicilor de ieșire în conexiune EC

Între bornele 3 și 5 se conectează un microampermetru; între bornele 6 și plusul sursei de tensiune  $E_c$  un miliampermetru, iar între bornele 6 și 7 un voltmetru numeric.

Pentru curentul de bază,  $i_B$ , se vor lua valorile 10; 20; 30; 40; 50  $\mu\text{A}$ , iar curentul colector se va măsura pentru următoarele valori ale tensiunii colector-emitor care asigură funcționarea tranzistorului în regiunea activă normală: 0,5; 1; 2; 5; 10 V și se trasează familia de caracteristici  $i_C(u_{CE})$  la scară liniară.

Se efectuează măsurătorile pentru ridicarea caracteristicilor de ieșire în zona de saturație a tranzistorului și în zona activă normală învecinată, pentru tensiuni mici între colector și emitor. Se va folosi același montaj și se vor considera aceleași valori ale curentului de bază, iar tensiunea colector-emitor se reglează la valorile 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 și 0,5 V.

Rezultatele se trec în același tabel 3.6 și se va trasa un grafic separat pentru această zonă la o scară convenabilă pentru  $u_{CE}$ .



**Fig. 3.15b - Circuit pentru determinarea PSF în conexiune EC**

8. Se realizează schema din *figura* 3.15b pentru determinarea punctului static de funcționare. Se fixează sursa  $E_C = 12\text{ V}$  și se reglează curentul de bază până când  $I_C = 2\text{ mA}$ .

Se vor nota coordonatele punctului static de funcționare ( $I_C, I_B, U_{CE}, U_{BE}$ ).

Pe caracteristicile statice de ieșire ale tranzistorului desenate la punctul precedent se trasează prin interpolare, cu aproximație, caracteristica statică corespunzătoare curentului de bază măsurat anterior și dreapta de sarcină descrisă de ecuația (3.18). La intersecția lor se obține punctul static de funcționare ale cărui coordonate trebuie să fie apropiate de cele măsurate.

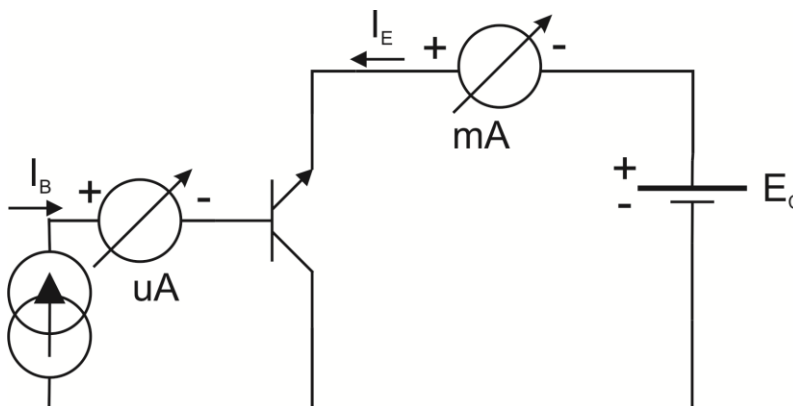
În acest punct static de funcționare, se vor determina parametrii  $h_{ie}$  (pe caracteristica de intrare),  $h_{fe}$  (pe caracteristica de transfer),  $h_{oe}$  (pe caracteristicile de ieșire) conform relațiilor (3.19).

Se vor verifica relațiile de legătură între parametrii hibridi în cele două conexiuni, conform relațiilor (3.20) și (3.21), punctele de funcționare fiind apropiate.

9. Se măsoară factorul de curent al tranzistorului în conexiune inversă, conform schemei de măsură din

*figura* 3.16 și folosind relația  $\beta_i = \frac{i_E - I_{EC0}}{i_B}$ , unde  $i_E$  este curentul înregistrat de ampermetrul din

emitor pentru  $i_B = 200\text{ }\mu\text{A}$ , iar  $I_{EC0}$  este curentul înregistrat de același aparat pentru  $i_B = 0$  (baza în gol).

**Fig. 3.16 – Circuit pentru determinarea factorului de curent în conexiunea CC**

#### Referatul va conține:

- schemele de măsură pentru parametri și pentru caracteristicile statice ale tranzistorului în cele două conexiuni;
- tabelele cu rezultatele măsurărilor;
- graficele corespunzătoare și determinările făcute pe baza acestora așa cum se indică la modul de lucru;
- schemele elementare cu tranzistoare pentru determinarea punctelor statice de funcționare respective;
- rezultate obținute în simularea lucrării utilizând Multisim;
- în cazul unor neconcordanțe între rezultatele teoretice și cele experimentale se vor da scurte justificări.

*Datasheet-ul tranzistorului utilizat:*

<http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/BD237.pdf>