

LUCRAREA DE LABORATOR NR. 4

CARACTERISTICILE TRANZISTOARELOR BIPOLARE

1. OBIECTIVE

După executarea acestei lucrări de laborator trebuie să aveți aptitudinea :

- 1.1 De a desena caracteristica de intrare a unui tranzistor.
- 1.2 De a determina câștigul în curent (β) din valorile măsurate.
- 1.3 De a testa circuitul cu emiter comun pentru a vedea dacă se comportă ca o sursă de curent constant
- 1.4 De a desena caracteristica de ieșire.
- 1.5 De a identifica regiunea activă, de saturație și de tăiere pe aceste caracteristici.
- 1.6 De a determina câștigul în curent (β) din caracteristicile de ieșire.

2. ECHIPAMENT NECESAR

- 1 multimetru
- 1 osciloscop cu două spoturi.
- 1 cadru de bază PU-2000.
- 1 placă EB-111.
- 1 placă de bază.

3. INTRODUCERE TEORETICĂ

Tranzistorul bipolar este un dispozitiv electronic cu trei borne (emitor, colector și bază) conectate la trei regiuni semiconductoare, dintre care cea din mijloc este dopată cu impurități de tip opus regiunilor alăturate. Se numește bipolar deoarece conducția de curent electric se realizează prin aportul a două tipuri de purtători de sarcină (electroni și goluri).

Există două tipuri de tranzistoare bipolare, în funcție de modul în care sunt aranjate cele trei regiuni semiconductoare: PNP și NPN (fig. 4.1). De asemenea, în funcție de tipul semiconductor folosit, există în principal, tranzistoare cu Ge și cu Si.

Sensul săgeții din reprezentarea tranzistorului indică sensul real de circulație a curentului prin tranzistor atunci când joncțiunea emitoare este direct polarizată. Cele trei regiuni semiconductoare formează două joncțiuni: joncțiunea emitoare și joncțiunea colectoră.

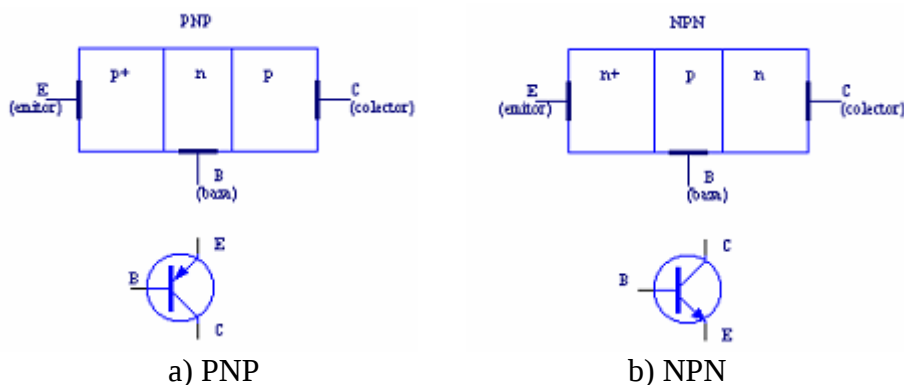


Fig.4.1. Tipuri de tranzistoare bipolare. Simboluri folosite la reprezentarea tranzistoarelor.

Se folosesc următoarele notații (fig. 4.2) pentru reprezentarea simbolică a tranzistoarelor și a mărimilor aferente funcționării acestora în polarizare directă.

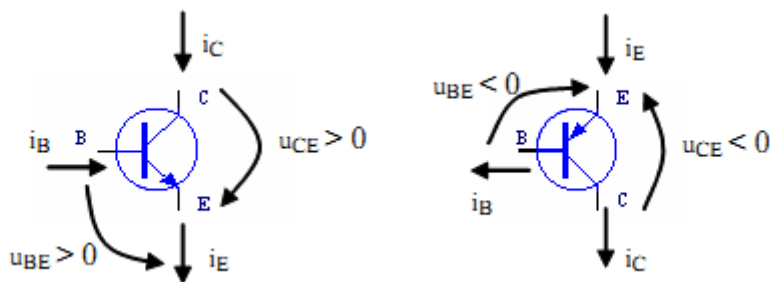


Fig. 4.2. Notatii pentru reprezentarea simbolică a tranzistoarelor și a mărimilor aferente funcționării acestora în polarizare directă.

Structura unui tranzistor PNP polarizat normal precum și fluxurile purtătorilor de sarcină pot fi observate în fig. 4. 3.

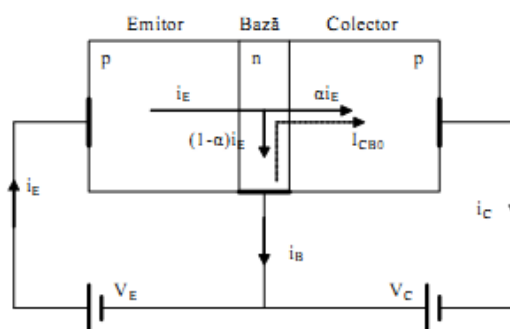


Fig. 4.3. Structura unui tranzistor PNP.

Se pot scrie următoarele relații între curenți:

$$i_C = \alpha \cdot i_E + I_{CB0} \quad (1)$$

$$i_E = i_B + i_C \quad (2)$$

în care I_{CB0} reprezintă curentul rezidual colector-bază iar α exprimă fracțiunea din curentul de emitor care constituie curentul de colector. În general α este o constantă subunitară, apropiată de unitate ($\alpha \cong 1$) deci $i_C \cong i_E$. Înlocuind în rel. (1) expresia curentului din emitor din rel. (2) se obține:

$$i_C = \frac{\alpha}{1-\alpha} i_B + \frac{1}{1-\alpha} I_{CB0} = \beta \cdot i_B + I_{CE0} \quad (3)$$

în care I_{CE0} reprezintă curentul rezidual colector-emitor iar β este denumit factor de amplificare în curent – în conexiune EC, ca ordin de mărime cuprins între 10 și 10^3

Caracteristicile statice ale tranzistorului bipolar reprezintă relații de interdependență între mărimile electrice (un curent în funcție de o tensiune) ce caracterizează funcționarea acestuia.

În funcție de dependențele exprimate, se definesc următoarele caracteristici:

- *caracteristica de intrare*:

$$I_B = f(U_{BE})|_{U_{CE}=ct.}$$

Denumirea este justificată prin faptul că exprimă o dependență între două mărimi de intrare ale tranzistorului. Schema de principiu pentru ridicarea acestei caracteristici este prezentată în fig. 4.4.

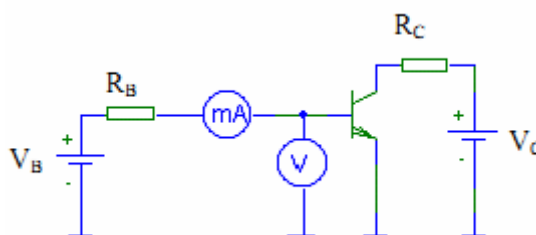


Fig. 4.4. Schema de principiu pentru ridicarea caracteristicii de intrare.

- caracteristica de transfer:

$$I_C = f(U_{BE})|_{U_{CE}=ct.}$$

Exprimă dependența dintre o mărime de la ieșirea tranzistorului în funcție de o mărime de la intrare. Schema de principiu pentru ridicarea acestei caracteristici este prezentată în fig.4.5.

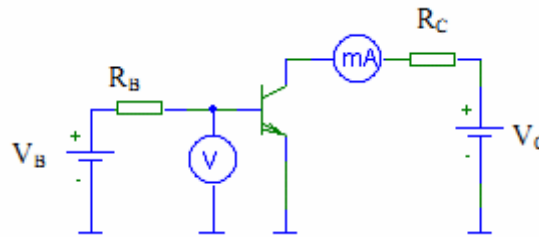


Fig. 4.5. Schema de principiu pentru ridicarea caracteristicii de transfer.

- caracteristica de ieșire:

$$I_C = f(U_{CE})|_{I_B=ct.}$$

Denumirea este justificată prin faptul că ea exprimă dependența dintre două mărimi de la ieșirea tranzistorului. Schema de principiu pentru ridicarea acestei caracteristici este prezentată în fig. 4.6.

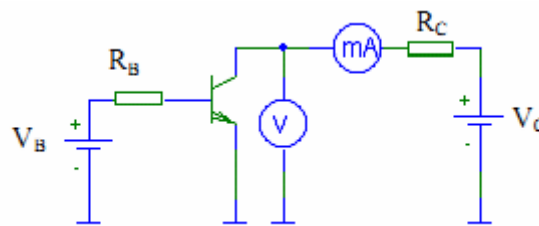


Fig. 4.6. Schema de principiu pentru ridicarea caracteristicii de ieșire.

Presupunem, în continuare, cazul unui tranzistor NPN de mică putere și medie frecvență. Ecuațiile Ebers-Moll corespunzătoare modelului tranzistorului cu generatoare de curent comandate de curenții prin diode sunt:

$$i_E = I_{ES} \left[\exp \frac{q \cdot u_{BE}}{k \cdot T} - 1 \right] - \alpha_R I_{CS} \left[\exp \frac{q \cdot u_{BC}}{k \cdot T} - 1 \right]$$

$$i_C = \alpha_F I_{ES} \left[\exp \frac{q \cdot u_{BE}}{k \cdot T} - 1 \right] - I_{CS} \left[\exp \frac{q \cdot u_{BC}}{k \cdot T} - 1 \right]$$

în care:

- I_{ES} și I_{CS} sunt curenți reziduali ai joncțiunii emitoare respectiv colectoare, cu colectorul respectiv emitorul în scurtcircuit;

- α_F și α_R reprezintă factori de amplificare în curent în sens direct, respectiv invers.

Caracteristicile de transfer se pot deduce teoretic, pe baza ecuațiilor de mai sus, ținând seama și de relația care se stabilește între curenții tranzistorului sau experimental.

Cîștigul în curent (β) al unui tranzistor conectat în configurația cu emitorul comun poate fi calculat făcând raportul dintre curentul de colector și curentul de bază. Pentru tranzistorul ideal β are o valoare constantă. Pentru tranzistoarele reale β se modifică dacă curentul de bază se modifică.

4. MODUL DE LUCRU

Caracteristica de intrare

1. Localizați circuitul care conține tranzistorul Q1 (dreapta sus).
2. Realizați conexiunile ca în figura 4.7. Alegeți $V_{BB}=+5V$
3. Reglați RV1 pentru a obține curenții de bază din tabel (dacă nu puteți obține un curent de bază de 120-200 μA modificați V_{BB} la 12V):

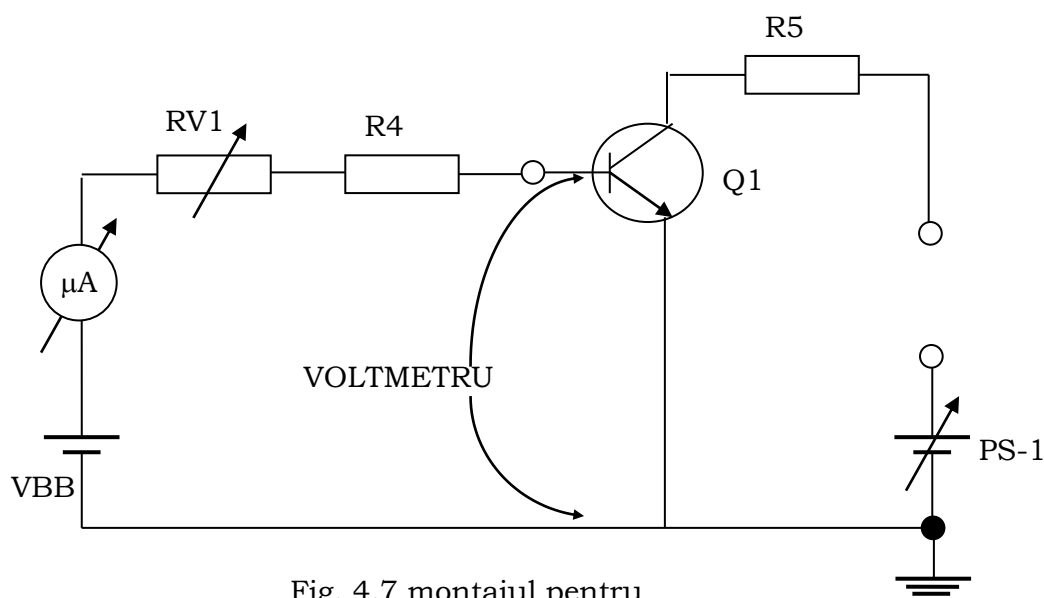


Fig. 4.7 montajul pentru caracteristicile de intrare

Tabelul 4.1

I_B – preconizat	5-10 μA	16-25 μA	30-50 μA	120-200 μA
I_B – actual				
V_{BE}				

4. Înregistrați rezultatele în tabel.
5. Desenați caracteristica de intrare a tranzistorului.

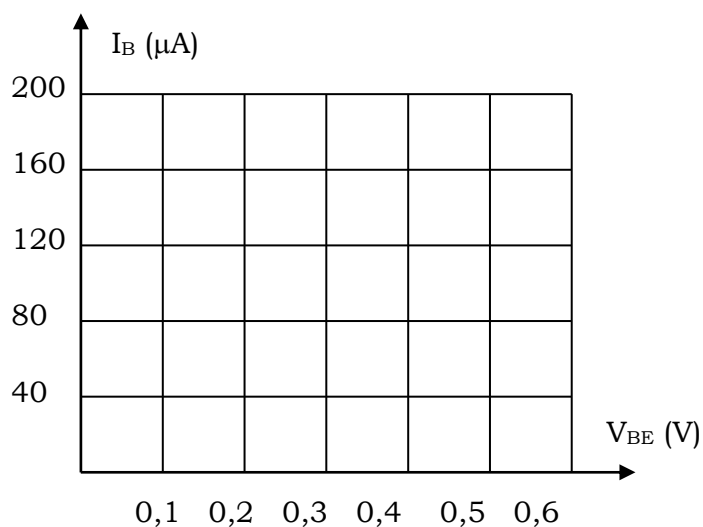


Fig. 4.8 Caracteristica de intrare

Câștigul de curent

6. Faceți conexiunile din fig 4.9.
7. Ajustați PS-1 La 10V.
8. Reglați din RV1 curentul de bază și notați în tabelul 4.2.
9. Calculați curentul de colector știind că $R_5=470\Omega$
10. Înregistrați rezultatele în tabel.
11. Calculați câștigul de current(β)

Tabelul 4.2

$I_B (\mu A)$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$V_{CE} (V)$										
$I_C (mA)$										
β										

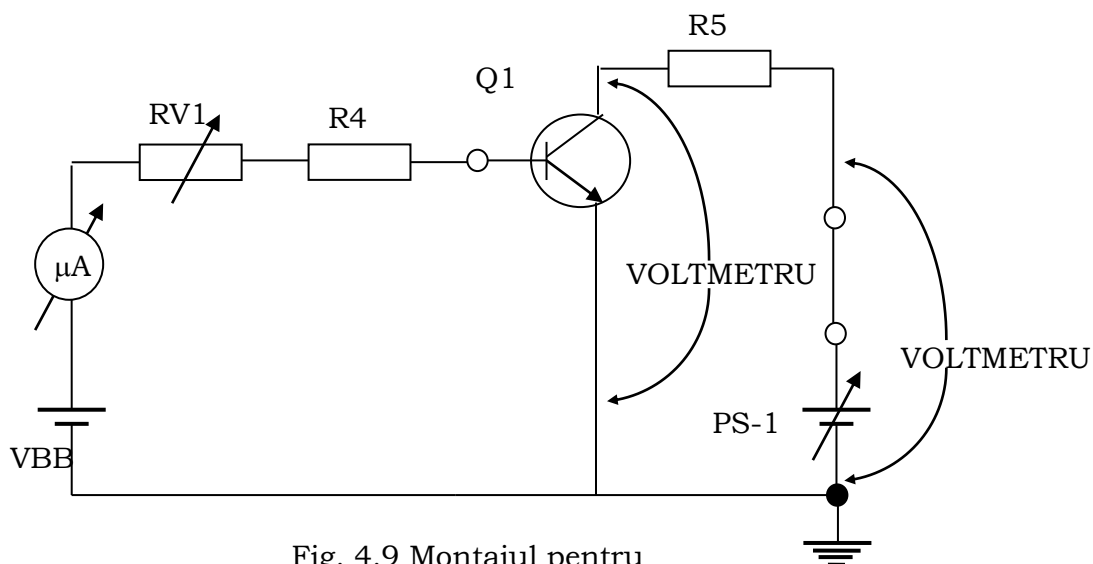


Fig. 4.9 Montajul pentru câștigul de curent

Tranzistorul ca sursă de curent

12. Faceți conexiunile ca în fig. 4.10.
13. Fixați PS-1 la 2V.
14. Din RV1 obțineți un curent de colector de 2 mA.
15. Modificați PS-1 ca în tabel și notați curentul de colector:

PS-1 (V)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$I_C (mA)$										

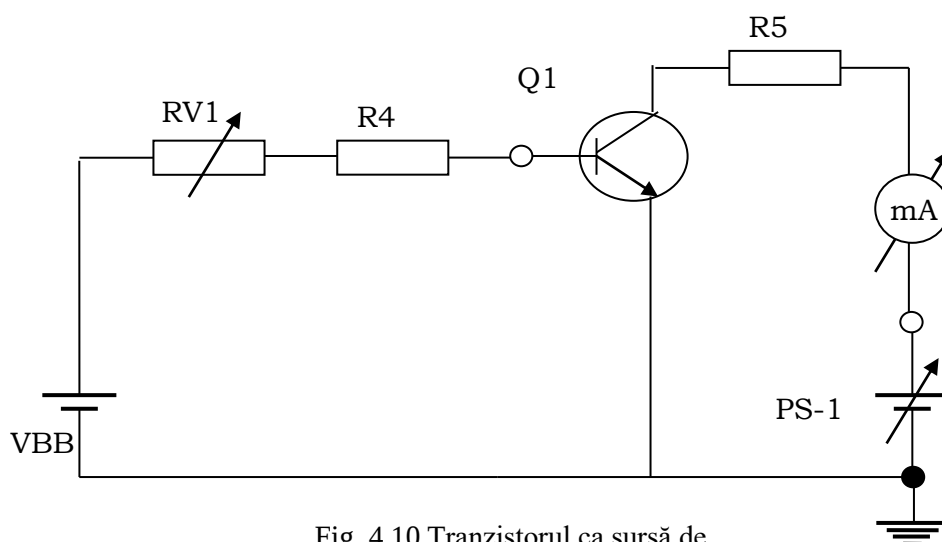


Fig. 4.10 Tranzistorul ca sursă de curent

Caracteristicile de ieșire

16. Faceți conexiunile din figura 4.11. Scurtcircuitați R5.
17. Din RV1 obținem un curent de bază de $10\mu\text{A}$. Scoatem microampermetrul și îl înlocuim cu un ștrap.
18. Reglăm PS-1 pentru a obține $0,5\text{V}$. punem ampermetrul în serie cu PS-1 și înregistrăm curentul de colector în tabel:

$I_B(\mu\text{A})$	10	20	40	60	80	100
$V_{CE}(\text{V})$	$I_C(\text{mA})$					
0,5						
1						
2						
4						
6						
8						
10						

19. Modificați PS-1 pentru a obține toate tensiunile V_{CE} din tabel. Pentru fiecare valoare înregistrați curentul de colector. **Nu modificați RV1.**
20. Repetați pașii pentru toți curenții de bază din tabel.
21. Desenați familia de curbe $I_C=f(V_{CE})$ cu parametrul I_B .
22. Identificați regiunile activă, de blocare și de saturare.
23. Determinați din grafic câștigul de curent în regiunea activă normală.

$$\beta = \underline{\hspace{2cm}}$$

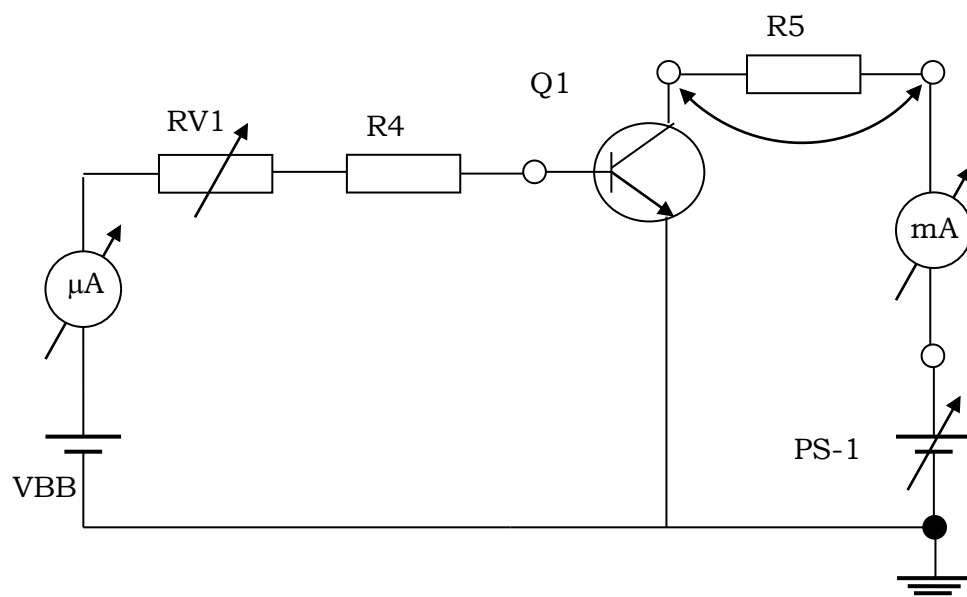


Fig. 4.11 Montaj pentru ridicarea caracteristicilor de ieșire

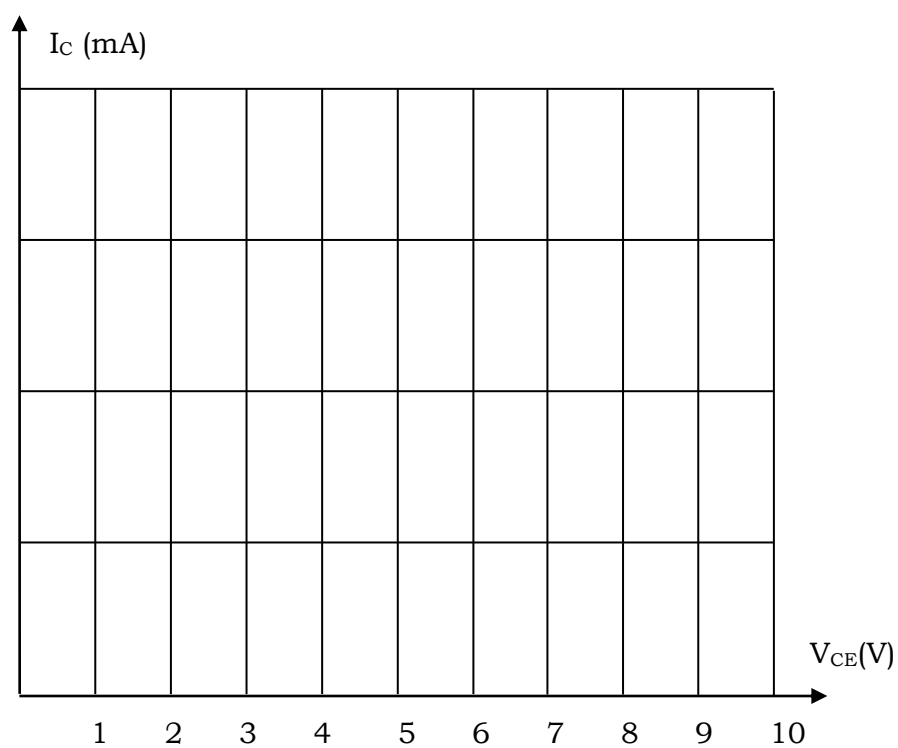


Fig. 4.12. Caracteristicile de ieșire pentru diverși curenți de intrare