

LUCRAREA NR. 5

TRANZISTORUL BIPOLAR. CARACTERISTICI GENERALE

OBIECTIVE:

1. Să familiarizeze experimentatorul cu relațiile tranzistor-diodă;
2. Să investigheze caracteristicile directe și inverse ale joncțiunilor bază-emitor și bază-colector;
3. Să determine relațiile de curenți pentru conexiunile emitor comun, colector comun și bază comună.

MATERIALE NECESARE:

Sursă de alimentare: reglabilă $8 \div 16$ V;

Echipamente: voltmetru (electronic), ampermetru $0 \div 50 \mu\text{A}$, $0 \div 5$ mA ;

Dispozitive: tranzistor BC 108;

Componente: rezistențe: 3 k Ω , 820 Ω - 2 buc., 120 k Ω , potențiometre: 50 k Ω , 1 M Ω .

INFORMAȚII PREGĂTITOARE

Un tranzistor este un dispozitiv cu trei regiuni, așa cum se prezintă în fig. 1. Joncțiunea bază-emitor formează o diodă, iar joncțiunea bază-colector o altă diodă. Fiecare din aceste joncțiuni pot funcționa ca diode și fiecare are propria sa caracteristică. Doparea diferită a joncțiunii bază-colector dă diodei formate de această joncțiune o tensiune de străpungere inversă mult mai mare decât cea a diodei bază-emitor. Amândouă străpungerile sunt foarte abrupte, așa cum se arată în fig. 3 pentru joncțiunea bază-emitor.

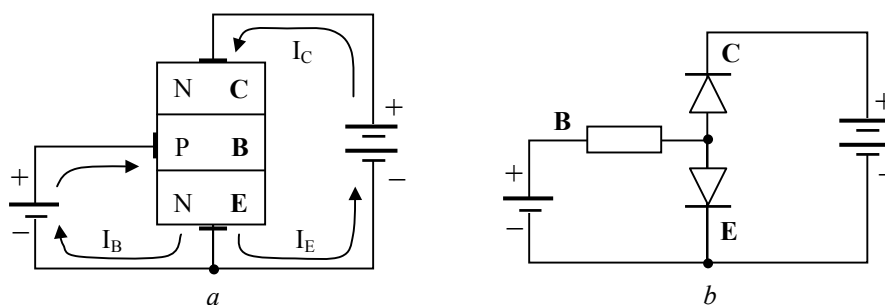


Fig. 1 Structura de regiuni a tranzistorului npn (a) și structura de diode (b)

Două diode conectate în opoziție nu formează un tranzistor. Curenții prin tranzistor circulă așa cum se indică în fig. 1, a. Joncțiunea bază-emitor este polarizată în mod normal în sens direct, cu un curent de bază mic. Joncțiunea bază-colector este în mod normal polarizată invers, cu un curent mare, datorită amplificării controlate a

curentului de colector de către curentul de bază. Cu cât curentul de bază este mai mare, cu atât și curentul de colector este mai mare, între anumite limite.

Controlul unui curent mare de către un curent mic se consideră a fi un câștig în curent. Întrucât tranzistorul are 3 terminale, oricare din acestea poate fi considerat a fi un terminal comun atât pentru intrarea cât și pentru ieșirea de curent. Din acest motiv sunt trei moduri de măsurare a câștigului în curent și astfel trei câștiguri în curent.

Cel mai des se folosește câștigul în curent în configurația emitor comun, prezentată în fig. 5. Întrucât câștigul se referă la curentul *direct*, într-un circuit *emitor* comun, acesta se prezintă de regulă ca un paramteru hibrid h_{FE} , unde *F* provine de la "forward" (direct), iar *E* de la "emitter" (emitor). Folosirea literelor mari indică faptul că este vorba de câștigul în curent continuu. Parametrul h_{FE} este o comparație între curentul de colector și curentul de bază ce îl controlează.

$$h_{FE} = \frac{I_C}{I_B} \quad (1)$$

Valoarea lui h_{FE} se modifică funcție de mărimea curentului de colector și este de regulă în domeniul 20 la 200.

Câștigul direct în curent pentru configurația colector comun este desemnat de parametrul h_{FC} și este o comparație între curentul de emitor și curentul de bază ce îl controlează. Circuitul pentru determinarea valorii parametrului h_{FC} este prezentat în fig.6. Întrucât curentul de emitor depășește curentul de colector cu o cantitate egală cu curentul de bază, valoarea lui h_{FC} este totdeauna mai mare cu 1 decât valoarea lui h_{FE} :

$$h_{FC} = \frac{I_E}{I_B} = 1 + h_{FE} \quad (2)$$

Cel mai puțin uzual din cele trei câștiguri în curent este câștigul în conexiune bază comună h_{FB} . Valoarea câștigului este mai mică decât 1, aceasta întrucât curentul de ieșire este curentul de colector, iar curentul de intrare este curentul de emitor, ce este egal cu suma curentului de colector cu cel de bază:

$$h_{FB} = \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_C}{I_C + I_B} < 1 \quad (3)$$

De notat că la stabilirea relației de curent s-a folosit o schemă cu două surse, ca în fig. 7. Aceasta este metoda tradițională de măsurare; totuși, datorită factorilor de eroare ale aparatelor, se folosește schema din fig. 8. Curentul de emitor se va determina prin adunarea curentului de bază la valoarea măsurată a curentului de colector. Circuitul este în acest caz mult simplificat.

PARTEA EXPERIMENTALĂ

Caracteristicile de diodă ale joncțiunilor tranzistorului

1. Se studiază cu atenție circuitul din fig. 2. Se conectează elementele schemei ca în fig. 8 a.

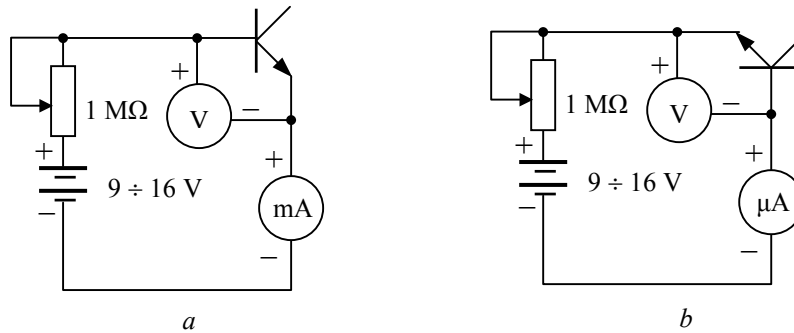


Fig. 2 Circuite pentru determinarea caracteristicilor directe (a) și inverse (b) ale diodei formată de jonctiunea bază-emitor

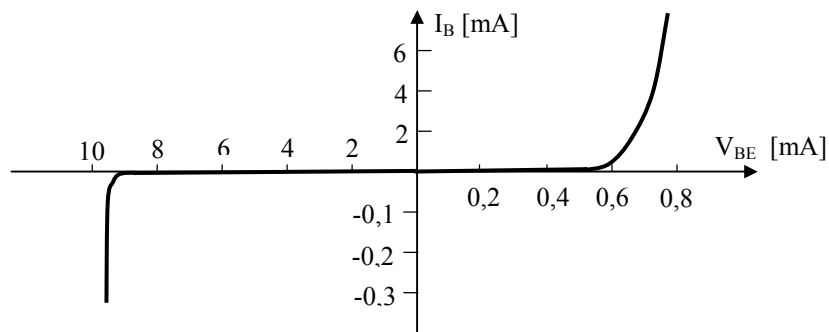


Fig. 3 Caracteritici directă și inversă pentru jonctiunea bază-emitor

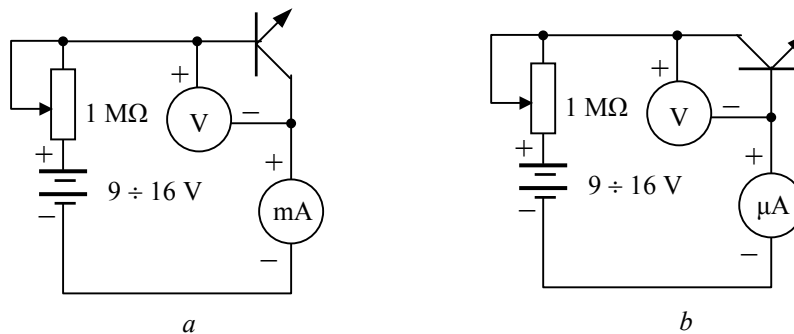


Fig. 4 Circuite pentru determinarea caracteristicilor directe (a) și inverse (b) ale diodei formată de jonctiunea bază-colector

2. Se reglează potențiometrul de $1\text{ M}\Omega$ la valoarea maximă a rezistenței și se conectează alimentarea. Se reglează cu grijă rezistență potențiometrului până când se înregistrează o valoare de curent de circa $0,2\text{ mA}$. Se înregistrează valoarea tensiunii bază-emitor în Tabelul 1.
3. Se repetă punctul 2 pentru fiecare curent indicat în Tabelul 1.
4. Se deconectează sursa de alimentare și se realizează montajul indicat în fig. 2 b. Atenție la scările de măsurare și polaritatea aparatelor! Se fixează potențiometrul la valoarea maximă a rezistenței.
5. Se alimentează montajul și se reduce rezistența, urmărind indicațiile voltmetrului și microampermetrului. Nu trebuie să se observe nici un curent până la atingerea străpungerii. Atenție! Nu se va depăși valoarea de $50\text{ }\mu\text{A}$ a curentului, întrucât se poate distruge tranzistorul. Nu lăsați să circule curent decât câteva secunde. Se înregistrează datele în Tabelul 1. Se obține o caracteristică ca în fig. 3.
6. Se repetă aceeași procedură pentru măsurarea caracteristicilor directă și inversă a jonctiunii bază-colector urmărind schema din fig. 4. Tensiunea inversă de

străpungere pentru această joncțiune este mult mai mare (în jur de 40 V). Se înregistrează datele în Tabelul 1.

Tabelul 1. Caracteristici directe și inverse ale joncțiunilor tranzistorului

I_F	DIRECT							INVERS					
I_F , mA	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0	5,0	I_R , μ A	1	5	10	15	20
V_{EB}													
V_{CB}													

Întrebări

- Cum pot fi comparate caracteristicile directe și inverse ale celor două joncțiuni
- Sunt cele două curbe ale cracteristicilor directe identice?
- Cum se poate compara străpungerea inversă cu dioda Zener?

Efectul de tranzistor și câștigul de curent

1. Se studiază circuitele din fig. 5. la fig. 8. Se vor măsura anumiți curenți și se vor face comparații pentru diferite configurații de circuit.
2. Se conectează elementele de circuit ca în fig. 5, având grijă de respectarea polarității de conectare a aparatelor de măsurare. Se fixează potențiometrul de 1 M Ω la valoarea maximă. Se conectează sursa de alimentare fixată la 8, 9 sau 10 V.

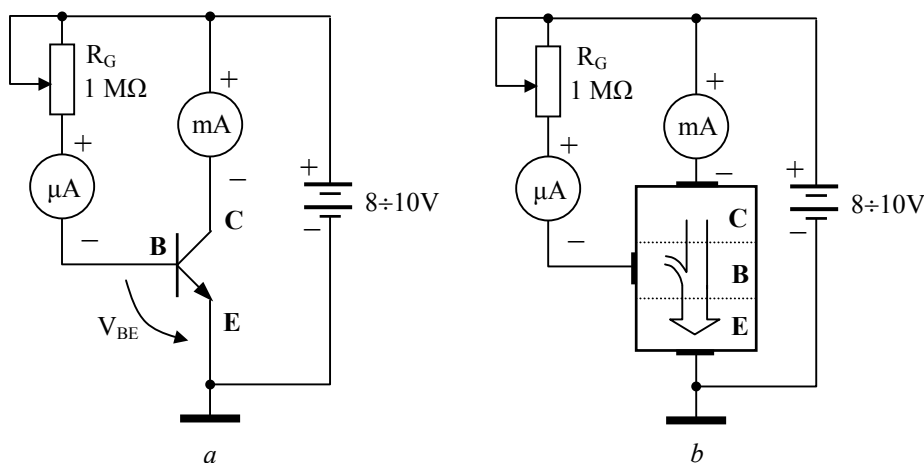


Fig. 5 Polarizarea tranzistorului (a) și circuitul echivalent cu schema circulației de curent (b)

3. Se reglează potențiometrul de limitare a curentului de bază pentru a permite suficient curent de bază care să asigure un curent de colector de 1 mA. Se înregistrează ambele valori în Tabelul 2.
4. Se repetă punctul 3 pentru $I_C = 3$ mA și 4 mA. Se înregistrează datele și se calculează h_{FE} pentru fiecare curent de colector.

Tabelul 2

I_C [mA]	1,0	2,0	3,0
I_B			
h_{FE}			

- Se studiază circuitul din fig. 6. De notat că această schemă este asemănătoare cu cea din fig. 5, cu deosebirea că la masă este conectat colectorul și miliampermetrul este în circuitul de emitor. Se fac conexiunile necesare și se readuce potențiometrul la valoarea maximă.
- Se reglează potențiometrul pentru a obține un curent de emitor de 1 mA. Se citesc curentul de bază și de emitor și se înregistrează valorile în Tabelul 3 și se calculează h_{FC} pentru fiecare curent.

Tabelul 3

I_E [mA]	1,0	2,0	3,0
I_B			
h_{FC}			

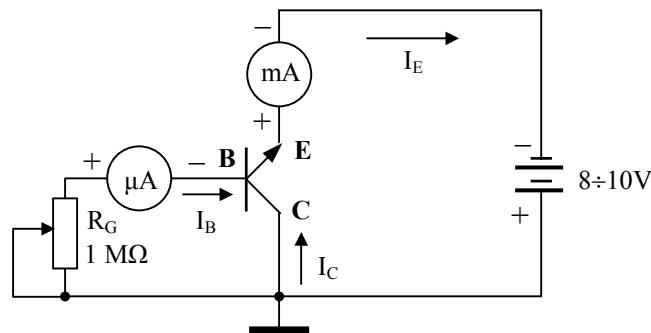


Fig. 6 Polarizarea tranzistorului pentru circuitul colector comun

- Se observă prin studiu atent faptul că circuitele din fig. 7 și 8 sunt în esență aceleași. În prima schemă alimentarea este aplicată de la două surse, în timp ce într-a doua alimentarea este obținută prin acțiunea unui divizor de tensiune. Se fac conexiunile ca în fig. 8, verificând polaritatea aparatelor și se reglează potențiometrul de 50 kΩ la valoarea maximă.

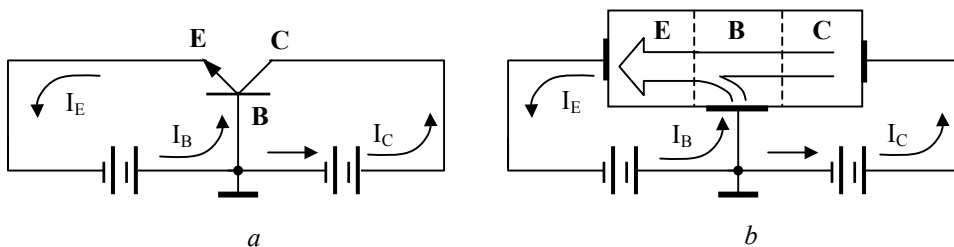


Fig. 7 Conexiunea bază comună (a) și schema de circulație a curenților (b)

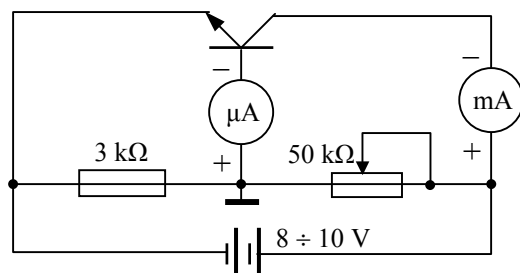


Fig. 8 Configurația bază comună, cu divizor de tensiune, folosită pentru determinarea câștigului în curent h_{FB}

8. Se alimentează montajul și se reglează potențiometrul pentru a obține 1 mA curent de colector. Se notează mărimea curentului de bază și a celui de colector în Tabelul 4. Se adună curentul de bază cu cel de colector pentru a obține curentul de emitor și se completează Tabelul 4.
9. Se repetă punctul 8 pentru curenții de colector de 2 mA și 3 mA. Se calculează valorile pentru h_{FB} cu acuratețea permisă de datele măsurate.

Tabelul 4

I_C [mA]	1,0	2,0	3,0
I_B			
I_E			
h_{FB}			

Întrebări

- Se modifică valorile câștigului la modificarea schemelor?
- Este observabilă diferența între h_{FE} și h_{FC} ?
- Explicați de ce nu s-au măsurat atât curentul de colector cât și cel de emitor la montajul bază comună.

MONTAJUL EXPERIMENTAL

În fig. 9 se prezintă schema electrică a montajului experimental folosit în laborator pentru determinarea parametrilor tranzistorului. Desenarea dispozitivelor și componentelor respectă întocmai topologia montajului realizat practic, pentru a facilita identificarea ușoară a părților componente. Circuitul este realizat pe cablaj imprimat. Cu ajutorul cerculețelor s-au prezentat bornele de conectare la echipamentele externe. La aparate se indică polaritatea de conectare pentru polarizarea directă a joncțiunilor (voltmetru) și pentru funcționarea tranzistorului în regiunea activă (ampermetru). Se observă introducerea în serie a unor rezistențe cu potențiometrele de reglare a mărimilor. Acest lucru a fost necesar pentru protejarea tranzistorului în situația (accidentală) de scurtcircuitare totală a potențiometrelor. În acest caz curenții ar crește peste pragurile de distrugere ale tranzistorului. Modul de conectare a montajului rezultă în legătură cu figurile de la partea experimentală.

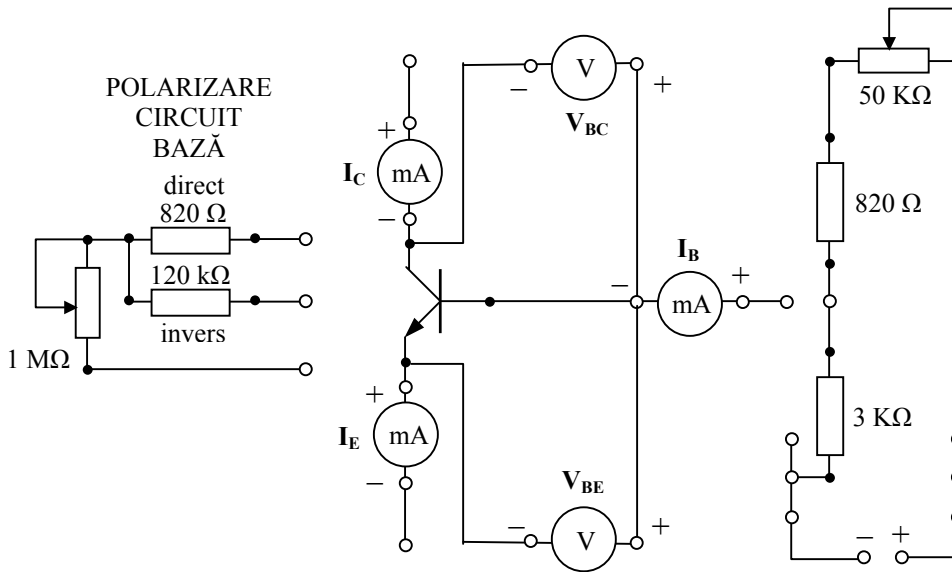



Fig. 9 Montajul experimental

În fig. 10 se prezintă schema de cablare a montajului experimental. Partea conductoare (cupru) de pe fața placată a circuitului este reprezentată prin zone colorate în gri. Cu ajutorul simbolului  se identifică bornele de conectare ale aparatelor de măsurare și ale sursei de alimentare. La aceste borne legăturile se realizează cu fire prevăzute cu conecitoare speciale. Vederea este dinspre partea cu piese (plantată).

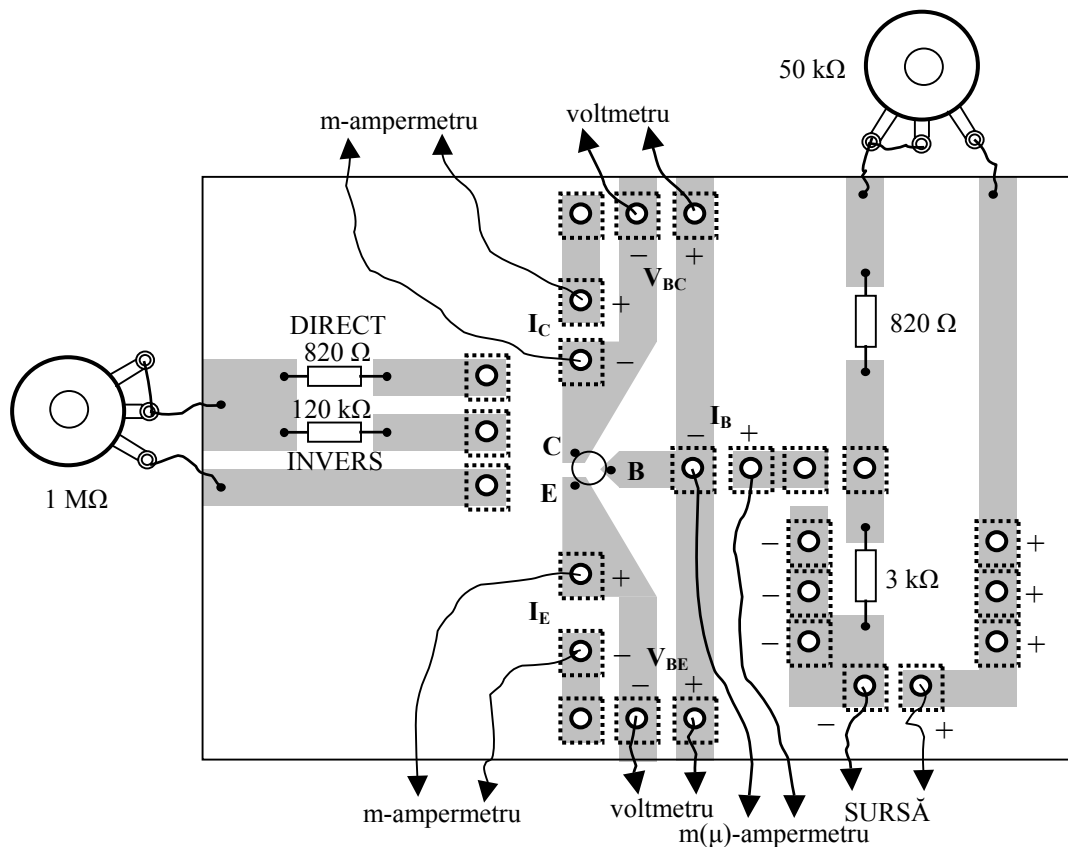


Fig. 10 Montajul experimental - schema de cablare