

Lucrarea nr. 2

TRANZISTORUL BIPOLAR ÎN REGIM CONTINUU

Cuprins

- I. Scopul lucrării**
- II. Noțiuni teoretice**
- III. Desfășurarea lucrării**
- IV. Temă de casă**
- V. Simulări**
- VI. Anexă**

I. Scopul lucrării

Ridicarea caracteristicilor statice ale tranzistorului bipolar în conexiunile emitor-comun (EC) și bază-comună (BC), determinarea unor parametri de curent continuu, determinarea experimentală a influenței dispersiei de fabricație și a temperaturii asupra comportării tranzistorului bipolar în curent continuu; se va studia și eficacitatea diferitelor scheme de polarizare pentru stabilirea punctului static de funcționare al tranzistorului.

Cuprins

II. Noțiuni teoretice

1. În fig.2.1 este reprezentat simbolul unui tranzistor NPN cu precizarea sensului curenților și tensiunilor așa cum vor fi folosite în această lucrare . Pentru aceste mărimi se pot scrie relațiile:

$$i_E = i_C + i_B \quad (2.1)$$

$$u_{CE} = u_{CB} + u_{BE} \quad (2.2)$$

2. 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 iar joncțiunea colector-bază este polarizată invers. Relațiile de bază pentru curenții unui tranzistor NPN sunt:

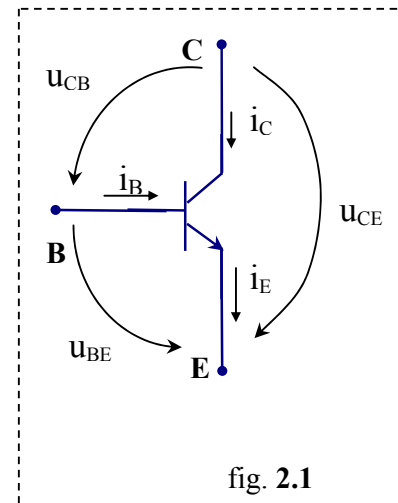
$$i_E = S \frac{qD_n n_p}{w} e^{\frac{q \cdot u_{BE}}{kT}} \quad (2.3)$$

$$i_C = \alpha_0 i_E + I_{CB0} \quad (2.4)$$

În aceste relații S este suprafața joncțiunii bază-emitor, D_n este constanta de difuzie a purtătorilor minoritari din bază (electronii) a căror concentrație este n_p , iar $\frac{kT}{q} = 26mV$ la temperatura camerei, w este grosimea efectivă a bazei dată de relația:

$$w = d - \sqrt{\frac{2\varepsilon(U'_0 - u_{CB})}{q} \frac{n_n + p'_p}{n_n \cdot p'_p}} \quad (2.5)$$

unde d este grosimea fizică a bazei, U'_0 este bariera de potențial a joncțiunii colector-bază dependentă de concentrațiile de purtători majoritari din bază n_n și din colector p'_p , iar ε este permeabilitatea electrică a materialului din care este confecționat tranzistorul. Se constată că, la creșterea tensiunii de polarizare inversă a joncțiunii bază-collector, grosimea efectivă a bazei scade.



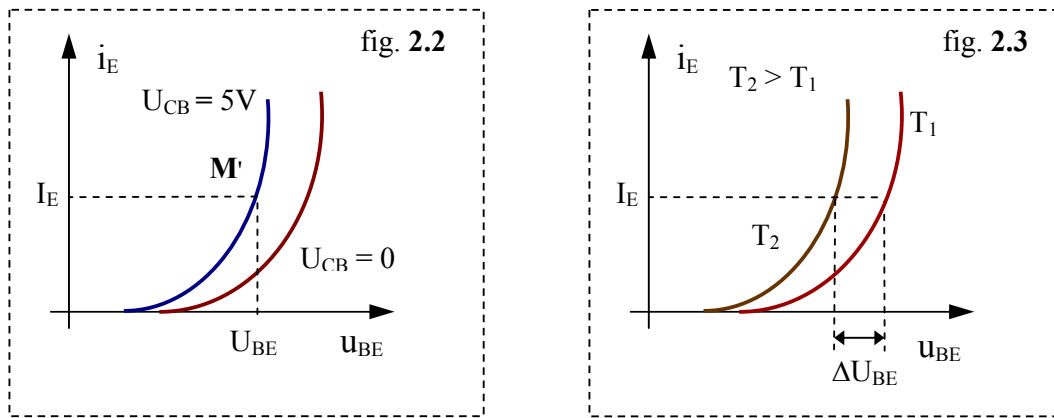
Parametrul α_0 , *factorul de curent al tranzistorului în conexiunea bază comună*, depinde de tensiunea colector bază prin intermediul lui w și are expresia aproximativă :

$$\alpha_0 = \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{w}{L_n} \right)^2 \right] \left(1 - \frac{\sigma_p w}{\sigma_n L_p} \right), \quad (2.6)$$

unde L_n și L_p sunt lungimile de difuzie ale electronilor (în bază) respectiv ale golurilor (în emitor) iar σ_p și σ_n sunt conductivitățile electrice ale bazei, respectiv emitorului.

Din punct de vedere practic, pentru determinarea regimului de funcționare în curent continuu, este necesară cunoașterea caracteristicilor statice de intrare, de transfer direct și de ieșire (numai două dintre ele sunt independente), cu particularități specifice fiecărui mod de conexiune. În conexiunea bază comună, electrodul de referință este baza iar în conexiunea emitor comun electrodul de referință va fi emitorul.

3. Caracteristica de intrare a tranzistorului în conexiunea BC, $i_E = i_E(u_{EB})$, se deduce din relația 2.3, în care se înlocuiește $u_{BE} = -u_{EB}$. Reprezentarea grafică este dată în fig. 2.2, 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 γ , ca la dioda semiconductoră, determinarea lui experimentală făcându-se în același mod.



Caracteristica de intrare $i_E = f(u_{BE})$ este puternic afectată de temperatură, așa cum se vede și în fig. 2.3, înregistrându-se o deplasare a acesteia spre stânga sus la creșterea temperaturii. Caracteristica teoretică este dată de relația :

$$i_E = ct.T^3 e^{\frac{qU_{BE} - \Delta W}{KT}}, \quad (2.7)$$

unde ΔW este lățimea zonei interzise a semiconductorului, q sarcina electronului, k constanta lui Boltzmann iar T temperatura absolută în K.

La curent de emitor constant, se deduce:

$$\Delta U_{BE} = -\frac{kT}{q} \left(3 + \frac{\Delta W - qU_{BE}}{kT} \right) \frac{\Delta T}{T} \quad (2.8)$$

Pentru temperaturi ambiante obișnuite, se poate considera:

$$\frac{\Delta U_{BE}}{\Delta T} \approx -2 \text{ mV} / ^\circ\text{C} \quad (2.9)$$

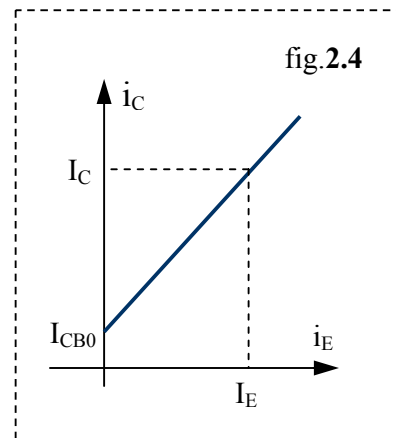
atât pentru tranzistoarele fabricate din germaniu cât și pentru cele fabricate din siliciu.

La același curent de emitor, tensiunea bază-emitor pentru două tranzistoare diferite, dar de același tip, nu este aceeași datorită dispersiei de fabricație, diferența fiind de cel mult 0.1 V la tranzistoarele din siliciu.

4. *Caracteristica de transfer a tranzistorului în conexiunea BC*, $i_C = i_C(i_E)$ este descrisă de ecuația (2.4) și este reprezentată grafic în fig. 2.4. Factorul de curent α_0 , care dă panta acestei drepte, variază foarte puțin cu tensiunea u_{CB} (prin intermediul lui w) și cu curentul 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, α_0 , poate fi calculat cu relația:

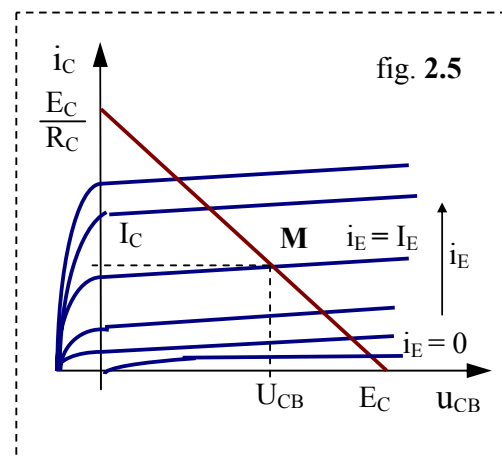
$$\alpha_0 = \frac{i_C - I_{CB0}}{i_E}, \quad (2.10)$$



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

Precizia acestei relații este puternic afectată de imprecizia măsurărilor curenților i_C și i_E , de valori foarte apropiate. Pentru măsurarea factorului de curent α_0 se preferă relația (2.14) după măsurarea factorului de curent în conexiunea EC, β_0 .

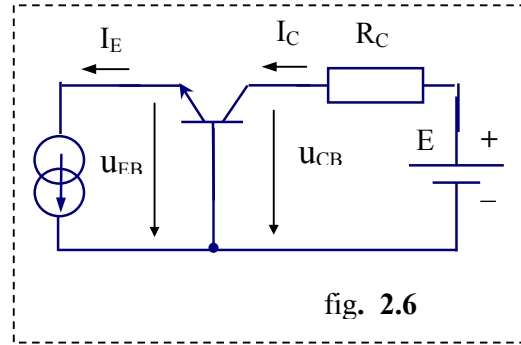
5. *Caracteristicile de ieșire a tranzistorului în conexiunea BC*, $i_C = i_C(u_{CB})$, sunt determinate de relațiile (2.4) și (2.5) și sunt reprezentate grafic în fig. 2.5. Se constată dependența foarte mică a curentului de colector de tensiunea u_{CB} în regiunea activă normală, caracteristicile fiind practic orizontale și echidistante, pentru trepte constante ale curentului de emitor (ceea ce conferă tranzistorului în conexiunea BC caracterul de generator de curent). Pentru tensiuni $u_{CB} < 0$, curentul de colector scade datorită polarizării în conducție directă a joncțiunii colector-bază, ceea ce duce la funcționarea tranzistorului în regiunea de saturație.



6. *Punctul static de funcționare* se determină din circuitul elementar din fig. 2.6, prin rezolvarea grafo-analitică a sistemului de ecuații:

$$\begin{cases} i_C = i_C(i_E, u_{CB}) \\ E_C = R_C i_C + u_{CB} \end{cases} \quad (2.11)$$

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

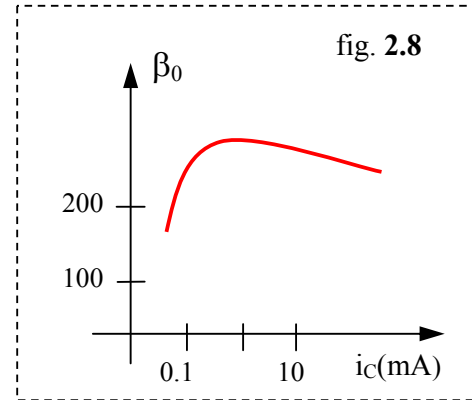
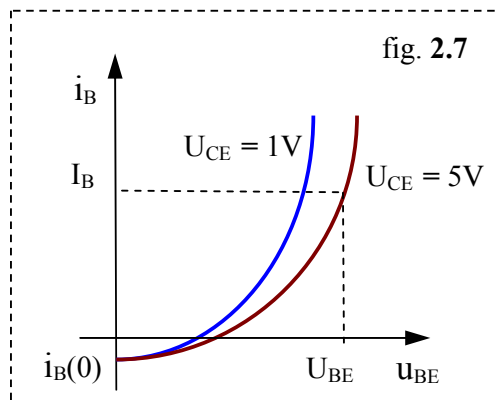


În fig. 2.5 în planul caracteristicilor statice, se trasează drepte de sarcină și, pentru $i_E = I_E$, se obține punctul static de funcționare M cu coordonatele $M(I_E, I_C, U_{CB})$; pe caracteristica de intrare punctul static de funcționare este $M'(I_E, U_{EB})$.

7. *Caracteristica de intrare a tranzistorului în conexiunea EC*, reprezentată grafic în fig. 2.7, este dată de funcția $i_B = i_B(u_{BE})$ care are ca parametru tensiunea u_{CE} , ce intervine, în principal, prin parametrul w . Ecuația acestei caracteristici se obține din relațiile (2.1), (2.3) și (2.4) sub forma:

$$i_B = (1 - \alpha_0) \frac{S \cdot q \cdot D_n n_p}{w} e^{\frac{q u_{BE}}{kT}} - I_{CB0} \quad (2.12)$$

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 0 a tensiunii u_{BE}).



8. *Caracteristica de transfer* este dată de relația:

$$i_C = \beta_0 i_B + I_{CE0} \quad (2.13)$$

unde β_0 este factorul de curent în conexiune EC a cărui expresie dedusă din relațiile (2.1) și (2.4) este :

$$\beta_0 = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_0}, \quad (2.14)$$

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

$$I_{CE0} = (\beta_0 + 1) I_{CB0}. \quad (2.15)$$

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 α_0) ca în fig. 2.8.

Factorul de curent β_0 se determină din relația (2.13) sub forma:

$$\beta_0 = \frac{i_C - I_{CE0}}{i_B} \quad (2.16)$$

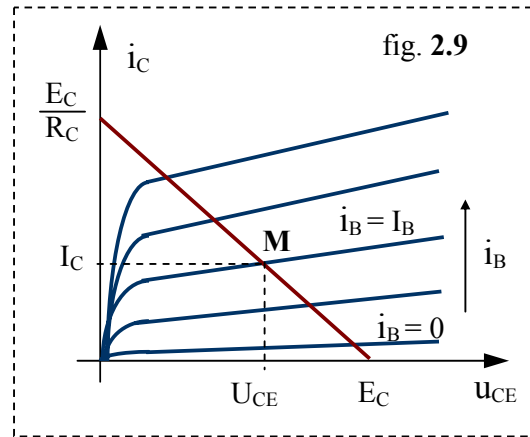
Factorul de curent β_0 depinde relativ puțin de temperatura după o relație de forma:

$$\frac{\Delta\beta_0}{\Delta T} = (\beta_0 + 1)C_\alpha, \quad (2.17)$$

unde C_α este o constantă care, pentru tranzistoarele cu siliciu, are valori în jur de $0.01 / ^\circ\text{C}$.

9. Caracteristicile de ieșire a tranzistorului în conexiunea EC (fig.2.9) dau dependența curentului de colector de tensiunea u_{CE} având ca parametru curentul de bază, i_B . Acestea sunt descrise de relația (2.13); dependența mai puternică a factorului de curent al tranzistorului, β_0 , de u_{CE} , determină o înclinare mai puternică a caracteristicilor față de orizontală.

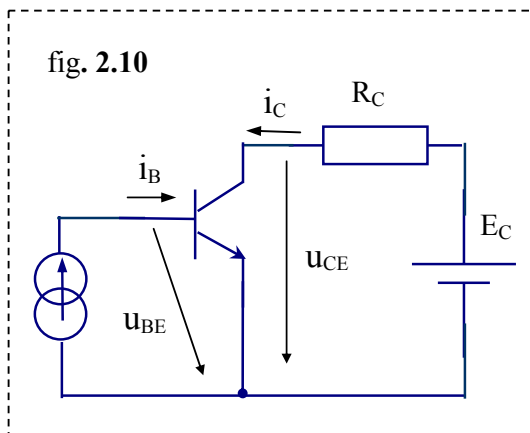
În zona tensiunilor u_{CE} mici, ecuația (2.13) nu mai este valabilă, tranzistorul funcționând în regiunea de saturație.



10. Punctul static de funcționare se determină din circuitul elementar din fig. 2.10, prin rezolvarea grafo-analitică a sistemului de ecuații:

$$\begin{cases} i_C = i_C(i_B, u_{CE}) \\ E_C = R_C i_C + u_{CE} \end{cases}, \quad (2.18)$$

curentul i_B fiind determinat de circuitul de intrare (în cazul lucrării, prin generator de curent constant). Punctul static de funcționare al unui tranzistor este determinat prin precizarea curentilor prin tranzistor (I_C și I_B) și a tensiunilor la bornele sale (U_{BE} și U_{CE}).



11. În urma procesului tehnologic de fabricație, principalii parametri de curent continuu ai tranzistorului bipolar (factorul de curent β_0 , tensiunea bază-emitor U_{BE} la curent de emitor dat și curentul rezidual de colector, I_{CB0} sau I_{CE0}) diferă, uneori foarte mult, de la un exemplar la altul. De asemenea, acești parametri sunt influențați de temperatura mediului ambiant.

Ca urmare a modificării parametrilor de curent continuu ai tranzistorului (fie prin înlocuirea unui dispozitiv defect cu un altul de același tip, fie prin creșterea temperaturii ambiante) se va modifica *punctul static de funcționare* al tranzistorului bipolar aflat într-un circuit de curent continuu, al cărui efect poate conduce la apropierea acestuia de zonele profund neliniare ale tranzistorului (saturație, blocare) și, astfel, schimbarea parametrilor de regim variabil. Pentru micșorarea acestor efecte negative se utilizează diferite circuite de polarizare în curent continuu și de stabilizare termică a punctului static de funcționare, asigurându-se, în același timp, și diminuarea influenței dispersiei de fabricație. Datorită variației temperaturii mediului ambiant, se modifică curenții prin tranzistor și deci și tensiunile la bornele joncțiunilor tranzistorului într-un circuit dat. Variația curentului de colector determinată de o variație de temperatură ΔT se poate scrie sub forma:

$$\Delta I_C = S_I \Delta I_{CB0} + S_U \Delta U_{BE} \quad (2.19)$$

unde ΔI_{CB0} și ΔU_{BE} sunt variația curentului rezidual al joncțiunii bază colector, respectiv variația tensiunii bază-emitor la variația temperaturii ambiante cu T , iar S_I și S_U sunt factorii de stabilizare termică ce depind de circuitul de polarizare (s-a neglijat contribuția factorului β_0).

12. În figura 2.11 sunt prezentate patru tipuri de circuite de polarizare:

- M_1 - fără stabilizarea termică a punctului static de funcționare,
- M_2 - cu stabilizarea punctului static de funcționare prin reacție serie,
- M_3 - o variantă a montajului M_2 cu polarizarea bazei prin divizor,
- M_4 - cu stabilizare a punctului static de funcționare prin reacție paralel.

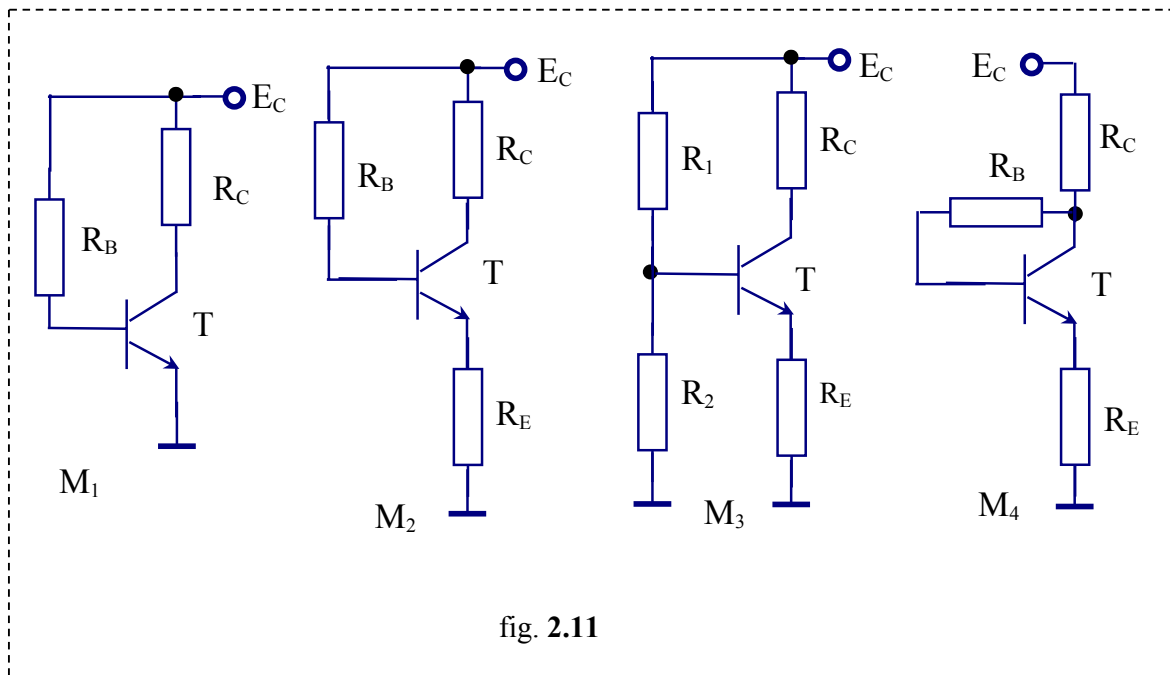


fig. 2.11

III. Desfășurarea lucrării

1. *Identificarea montajului*

Se identifică montajul din fig 2.12. Grupul de componente format din tranzistoarele T_1 , T_2 , rezistențele R_1 , R_2 , R_3 , R_4 și potențiometrul P constituie o sursă dublă de curent reglabilă. Când se folosește în montaj pentru a furniza curenții de bază necesari tranzistorului NPN în conexiune EC atunci sursa se alimentează cu +5 V la borna 2 față de borna de masă (borna 1) și atunci se obține la borna 3 un curent reglabil (în sensul săgeții) între 0÷200 μ A. Pentru curenții de emitor necesari aceluiași tranzistor NPN în conexiune BC, sursa se alimentează 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

Aplicație simulată de laborator:

--în fișierul deschis prin link-ul de mai jos să se realizeze schema din fig. 2.12;

--se alimentează sursa în cele două variante (pentru EC și BC) și se verifică la bornele 3 și 4 curenții corespunzători;

Atenție: după terminarea laboratorului se va șterge conținutul fișierului deschis prin link-ul de mai jos.

Fisiere TBRC\PRACTIC.EWB

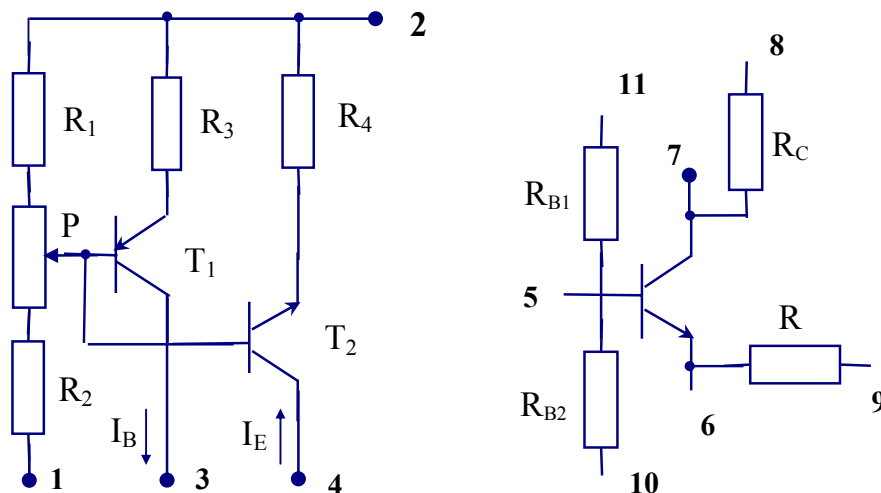
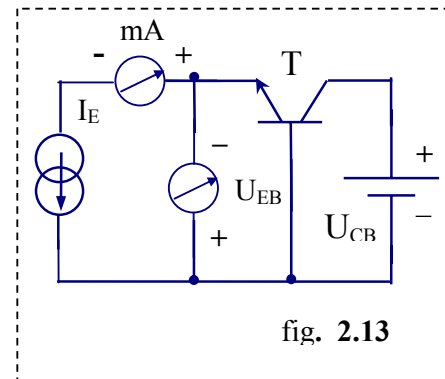


fig. 2.12

2. Caracteristica de intrare a tranzistorului în conexiunea BC

Se trasează caracteristica de intrare a tranzistorului în conexiunea BC conform schemei de măsură din fig. 2.13. Pentru aceasta, sursa de curent se va alimenta corespunzător montajului cu tranzistor 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 2.1 și se trasează caracteristica de intrare atât la scară liniară cât și la scară logaritmică (pentru curent) pentru determinarea parametrului γ ca la dioda semiconductoră.



Aplicație simulată de laborator:

--Se realizează montajul din fig. 2.13 și se măsoară caracteristica de intrare a tranzistorului în conexiunea BC;

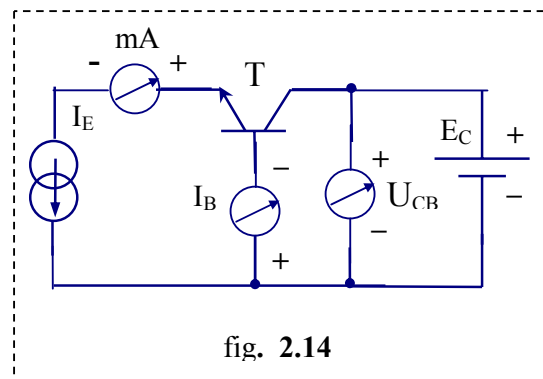
PRACTIC.EWB

Tabelul 2.1

U_{CB} 5V	I_E (mA)	0	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50
		U_{EB} (mV)									

3. Caracteristica de transfer a tranzistorului în conexiunea BC

Se trasează caracteristica de transfer $i_C = i_C(i_E)$ folosind schema de măsură din fig. 2.14. 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 (2.1). 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 2.2 și se trasează caracteristica de transfer la scară liniară. Pentru $i_E = 2mA$, se determină factorul de curent al tranzistorului în conexiunea BC, α_0 , cu relația (2.10) în care I_{CB0} este valoarea curentului de colector obținut cu emitorul în gol.

Aplicație simulată de laborator:

--Se realizează montajul din fig. 2.14 și se măsoară caracteristica de transfer a tranzistorului în conexiunea BC;

Cu acest montaj se realizează și măsurătorile pentru punctul 4

PRACTIC.EWB

Tabelul 2.2

U_{CB} 5V	I_E (mA)	0	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50
	I_B (μ A)										
	I_C (mA)										

4. Caracteristica de ieșire a tranzistorului în conexiunea BC

Se trasează caracteristicile statice de ieșire în conexiunea BC cu schema de măsură din fig. 2.14. 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.

Pentru $i_E = 2$ mA, se inversează semnul tensiunii U_{CB} 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 (circa 0.6÷0.7V).

Tabelul 2.3

I_E (mA)	U_{CB} (mV)	0	0.1	0.5	1	2	5	10
2	I_B (μ A)							
	I_C (mA)							
4	I_B (μ A)							
	I_C (mA)							
6	I_B (μ A)							
	I_C (mA)							
8	I_B (μ A)							
	I_C (mA)							
10	I_B (μ A)							
	I_C (mA)							

5. Punctul static de funcționare (conexiunea BC)

În planul caracteristicilor ridicate la punctul precedent, se trasează dreapta statică de funcționare, conform relației (2.11) în care $R_C = 3.6k\Omega$ și $E_C = 12V$ și se determină coordonatele punctului static de funcționare, știind că $I_E = 2mA$.

Se realizează montajul elementar din fig. 2.6 cu $R_C = 3.6k\Omega$ și $E_C = 12V$ și se măsoară coordonatele punctului static de funcționare pentru $I_E = 2mA$. Se compară rezultatele obținute prin cele două metode.

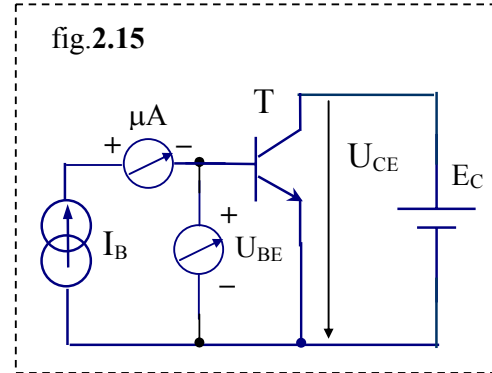
Aplicație simulată de laborator:

- în fișierul deschis de link-ul de mai jos se realizează montajul din fig. 2.6 cu $R_C = 3.6k\Omega$ și $E_C = 12V$;
- se determină coordonatele punctului static de funcționare;
- rezultatul obținut se compară cu cele obținute teoretic și practic.

PRACTIC.EWB

6. Caracteristica de intrare a tranzistorului în conexiunea EC

Se trasează caracteristica de intrare a tranzistorului în conexiunea EC, $i_B = i_B(u_{BE})$, conform schemei de măsură din fig.2.15. Pentru aceasta, sursa de curent se va alimenta corespunzător montajului cu tranzistor în conexiune EC (+5 V la borna 2 față de borna 1), bornele 6 și 1 sunt legate împreună iar 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 1. Între bornele 7 și 1 se va fixa de la sursa de tensiune continuă tensiunea $U_{CE} = 5V$.



Se va măsura tensiunea u_{BE} pentru următoarele valori ale curenților de bază: $I_B = 0; 10; 20; 30; 40$ și $50 \mu A$. Se menține curenții de bază la valoarea constantă $I_B = 50 \mu A$ și se măsoară tensiunea bază-emitor pentru următoarele valori ale tensiunii colector-emitor: 0; 1; 5 și 10 V. Rezultatele se vor trece în tabelul 2.4. Se va trasa graficul $i_B(u_{BE})$ cu $U_{CE} = 5V$, la scară liniară.

Aplicație simulată de laborator:

- În fișierul deschis de link-ul de mai jos se realizează montajul din fig.2.15 și se măsoară caracteristica de intrare în conexiunea EC urmând instrucțiunile de la punctul 6;
- Rezultatele obținute prin simulare se trec în tabel alături de cele experimentale și se compară între ele.

PRACTIC.EWB

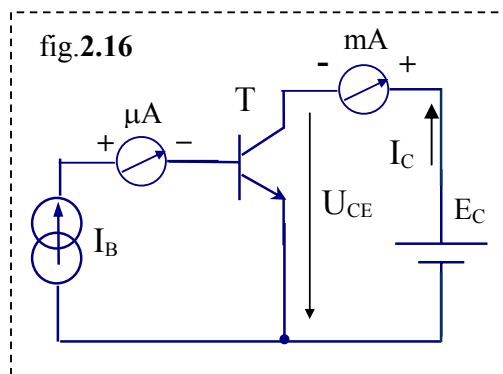
Tabelul.2.4

$U_{CE}(V)$		5					0.1	1	10
$I_B(\mu A)$		0	10	20	30	40	50	50	50
$U_{BE}(mV)$	0								

7. Caracteristica de transfer a tranzistorului în conexiunea EC

Se măsoară mărimile necesare pentru ridicarea caracteristicii de transfer, conform schemei de măsură din fig.2.16. Tensiunea colector-emitor va fi $u_{CE} = 5V$.

Se va nota, mai întâi, valoarea curenților de colector cu baza în gol, I_{CE0} . Se va regla apoi curenții de bază pentru a se obține curenți de colector de valoare 0.5; 1; 2; 5; 10; 20; 50 mA, rezultatele fiind trecute în tabelul 2.5. În același tabel, se va trece factorul de curent al tranzistorului, β_0 , calculat cu relația (2.16).



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

Aplicație simulată de laborator:

--Pornind de la fișierul deschis la punctul anterior, în fișierul deschis de link-ul de mai jos se va realiza montajul din fig.2.16 și se va măsoară caracteristica de transfer în conexiunea EC urmând instrucțiunile de la punctul 7;

--Rezultatele obținute prin simulare se trec în tabelul 2.5 alături de cele experimentale și se compară între ele;

--Montajul se salvează pentru punctul următor.

PRACTIC.EWB

Tabelul.2.5

$U_{CE}(V)$	5							1	10			
$i_B(\mu A)$	0											
$i_C(mA)$		0.5	1	2	5	10	20	50	0	2	0	2
β_0	-											

8. Caracteristica de ieșire a tranzistorului în conexiunea EC

Se determină caracteristicile de ieșire ale tranzistorului în conexiune EC cu parametru i_B , folosind schema de măsură din fig. 2.16, la care se va adăuga, în caz de nevoie, un voltmetru între colectorul și emitorul tranzistorului pentru măsurarea tensiunii U_{CE} . Pentru curentul de bază, i_B , se vor lua valorile 10; 20; 30; 40; 50 μA , 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. Rezultatele se trec în același tabelul 2.6 .

Aplicație simulată de laborator:

--Pornind de la fișierul salvat la punctul anterior, adăugând, eventual, un voltmetru numeric virtual între colectorul și emitorul tranzistorului, se va determina caracteristica de ieșire în conexiunea EC urmând instrucțiunile de la punctul 8;

--Rezultatele obținute prin simulare se trec în tabelul 2.6 alături de cele experimentale și se compară între ele.

PRACTIC.EWB

Tabelul.2.6

	$I_B(\mu A)$	$U_{CE}(V)$				
		0,5	1	2	5	10
I_C (mA)	10					
	20					
	30					
	40					
	50					

9. Punctul static de funcționare (conexiunea BC)

Folosind montajul realizat anterior la punctele 7 și 8, se realizează montajul elementar din fig. 2.10 cu $R_C = 3.6k\Omega$ și $E_C = 12V$. Se reglează curentul de bază până când $I_C = 2mA$. Se vor nota coordonatele punctului static de funcționare (I_C, I_B, U_{CE}, U_{BE}).

În planul caracteristicilor statice de ieșire ridicate la punctul precedent, se trasează dreapta statică de funcționare, descrisă de ecuația (2.18) în care $R_C = 3.6k\Omega$ și $E_C = 12V$. Se determină coordonatele punctului static de funcționare, rezultate în urma intersecției acestei drepte cu caracteristica statică corespunzătoare curentului de bază măsurat anterior, și care se obține prin interpolare.

Aplicație simulată de laborator:

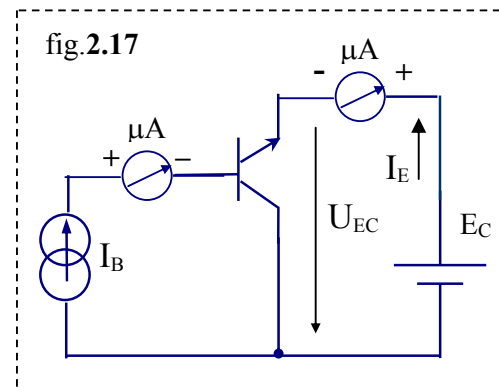
- Folosind montajul virtual de la punctul anterior se realizează montajul din fig. 2.10 prin introducerea unui rezistor virtual de valoare $R_C = 3.6k\Omega$;
- Se fixează tensiunea de alimentare $E_C = 12V$ și se reglează sursa de curent din baza tranzistorului până când se obține un curent de colector $I_C = 2mA$. Se citește valoarea tensiunii colector-emitor U_{CE} .

PRACTIC.EWB

Se compară rezultatele obținute prin cele trei metode ale coordonatelor punctului static de funcționare dat de punctul $M(I_C, U_{CE})$.

9. Factorul de curent invers

Se măsoară factorul de curent al tranzistorului în conexiune inversă, conform schemei de măsură din fig. 2.17 și folosind relația $\beta_i = \frac{i_E - I_{EC0}}{i_B}$, unde i_E este curentul înregistrat de ampermetrul din emitor pentru $i_B = 200 \mu A$, iar I_{EC0} este curentul înregistrat de același aparat pentru $i_B = 0$ (baza în gol).



11. Circuite de polarizare

Se realizează, pe rând, cele patru montaje de polarizare M_1, M_2, M_3, M_4 , din fig. 2.11 și se măsoară, pentru fiecare caz, punctele statice de funcționare (I_C, U_{CE}) ale tranzistorului testat. Curentul de colector I_C se măsoară cu un miliampermetru conectat în serie cu colectorul iar tensiunea dintre colector și emitor U_{CE} cu ajutorul unui voltmetru conectat cu borna (+) la colector și cu borna (-) la emitor. Tensiunea de alimentare este $E_C = 12V$.

Aplicație simulată de laborator:

- În fișierul deschis prin link ul de mai jos se realizează pe rând cele 4 montaje de polarizare M_1, M_2, M_3, M_4 ;
- Conectând corespunzător un miliampermetru virtual în colector și un voltmetru numeric virtual între colectorul și emitorul tranzistorului testat se citește punctele statice de funcționare (I_C, U_{CE}).

PRACTIC.EWB

IV. Temă de casă

Referatul va conține:

- schemele de măsură pentru parametrii și pentru caracteristicile statice ale tranzistorului în cele două conexiuni;
- tabelele cu rezultatele măsurătorilor experimentale și simulate;
- graficele corespunzătoare (pentru trasarea caracteristicilor se pot folosi aplicații grafice din WORD, COREL sau EXCEL, sau manual pe hârtie milimetrică);
- determinările teoretice făcute pe baza rezultatelor experimentale așa cum se indică la modul de lucru;
- schemele elementare cu tranzistoare, schemele de polarizare, pentru determinarea punctelor statice de funcționare respective;
- montajele virtuale utilizate în simulare.

Cuprins

V. Simulări

Aplicația simulată pentru punctul 1

Fisiere TBRC\TBRC-PCT01.EWB

Aplicația simulată pentru punctul 2

Fisiere TBRC\TBRC-PCT02.EWB

Aplicația simulată pentru punctele 3 și 4

Fisiere TBRC\TBRC-PCT03.EWB

Aplicația simulată pentru punctul 5

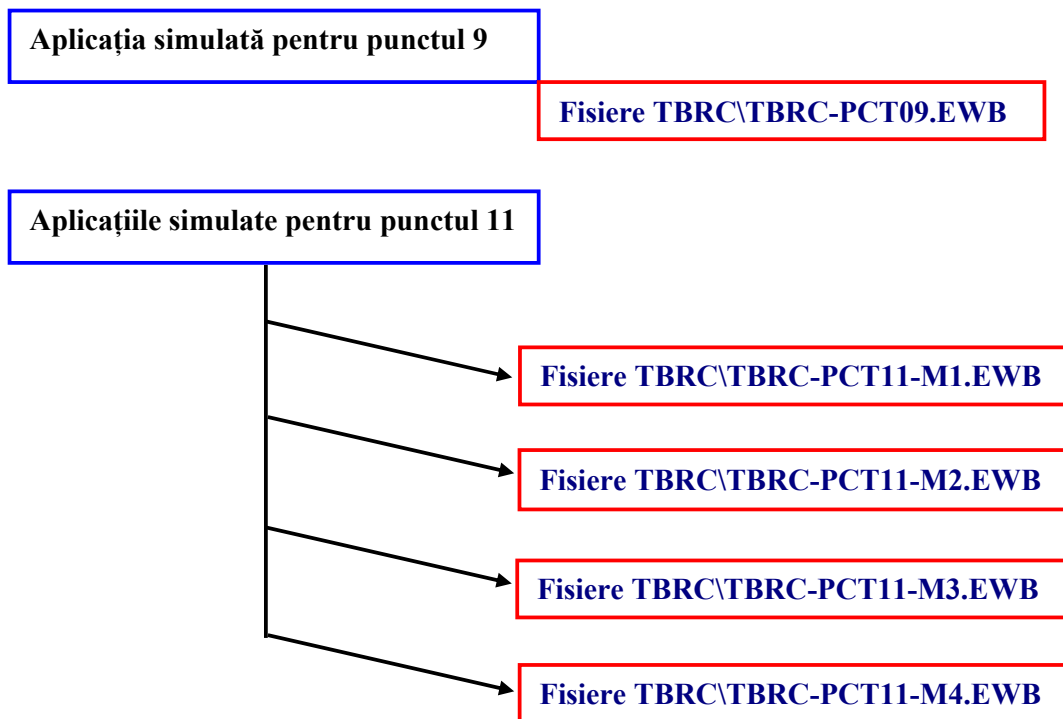
Fisiere TBRC\TBRC-PCT05.EWB

Aplicația simulată pentru punctul 6

Fisiere TBRC\TBRC-PCT06.EWB

Aplicația simulată pentru punctul 7 și 8

Fisiere TBRC\TBRC-PCT07.EWB



Cuprins

VI. Anexă

Valorile rezistențelor montate pe plăcuța din laborator, care este reprezentată în fig. 2.12, sunt date mai jos:

$$\begin{aligned} R_1 &= 1,6K\Omega; & R_{B1} &= 100K\Omega; \\ R_2 &= 1,6K\Omega; & R_{B2} &= 100K\Omega; \\ R_3 &= 10K\Omega; & R_C &= 3,6K\Omega; \\ R_4 &= 15K\Omega; & R_E &= 5K\Omega; \\ P &= 1K\Omega; \end{aligned}$$

Cuprins