

Seminar 2

S2 CIRCUITE DE POLARIZARE

S2.1 Punctul static de funcționare

Considerăm tranzistorul bipolar de tip npn din fig. 2.1. Pentru un tranzistor aflat într-un circuit electric, ne interesează să determinăm curentul de colector al tranzistorului I_C și tensiunea U_{CE} dintre colector și emitor (respectiv U_{EC} pentru pnp) în regim activ normal (RAN) atunci când se cunosc parametrii β_0 și U_{BE} (respectiv U_{EB} pentru pnp). Mărimile I_C și U_{CE} formează coordonatele punctului static de funcționare și se găsesc pe caracteristica statică de ieșire în conexiune EC a tranzistorului $i_C = i_C(u_{CE})|_{i_B = const.}$, la intersecția cu dreapta statică de sarcină.

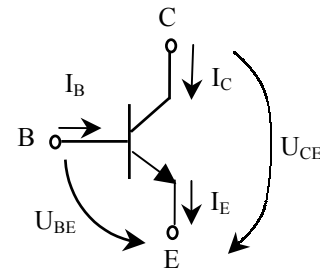
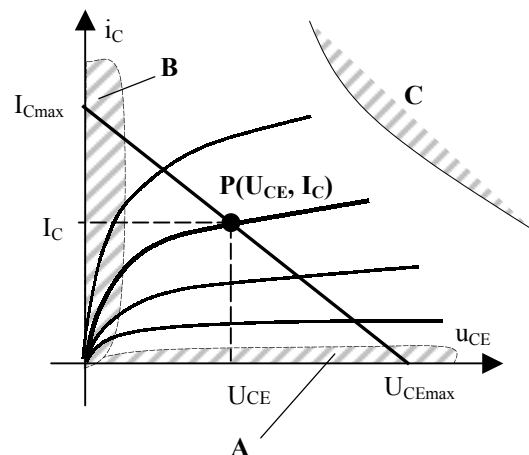


Fig. 2.1

Caracteristica statică de ieșire a unui tranzistor în conexiunea EC: $i_C = i_C(u_{CE})|_{i_B = const.}$, este prezentată în figura 2.2. Zona nehașurată din cadranul I aflată între zonele A, B, și C reprezintă domeniul de funcționare al regimului activ normal.

Fig. 2.2 Poziția PSF

- A - zona de blocare;
- B - zona de saturație;
- C - zona cu putere de disipație maxim admisibilă;



Punctul **P** de pe grafic reprezintă punctul static de funcționare, fiind caracterizat de coordonatele U_{CE} și respectiv I_C . Deci, pentru determinarea PSF al unui tranzistor trebuie să determinăm curentul de colector al acestuia și tensiunea dintre colector și emitor.

În general, pentru determinarea punctului static de funcționare (PSF) al unui tranzistor, se scriu ecuații Kirchhoff care, de regulă, includ:

- Baza și emitorul pentru determinarea curentului de baza și implicit cel de colector sau direct al curentului de colector;
- Colectorul și emitorul pentru a determina tensiunea dintre colector și emitor.

De cele mai multe ori, tensiunea dintre colectorul și emitorul unui tranzistor se determină după ce s-a reușit determinarea curentului care trece prin colectorul tranzistorului.

S2.2 Circuite de polarizare în curent

Fie circuitul de polarizare în curent din fig. 2.3a):

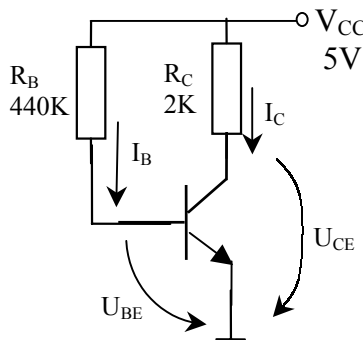


Fig. 2.3 a)

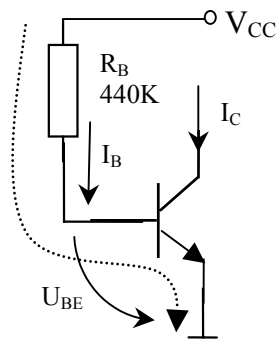


Fig. 2.3 b)

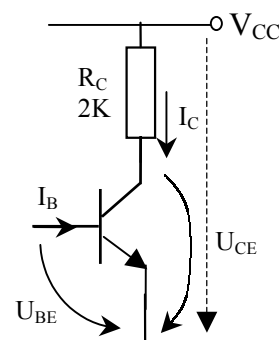


Fig. 2.3 c)

Pentru a calcula curentul de colector, vom scrie o ecuație KII între potențialele V_{CC} și masă, pe traseul care cuprinde baza și emitorul (fig. 2.3b):

$$V_{CC} - 0 = R_B I_B + U_{BE} \Rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_B}$$

de unde rezultă intensitatea curentului de colector $I_C = \beta_0 I_B = \beta_0 \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_B}$

Pentru a determina tensiunea colector emitor a tranzistorului, vom scrie o ecuație KII între potențialele V_{CC} și masă, pe traseul care cuprinde colectorul și emitorul:

$$V_{CC} - 0 = R_C I_C + U_{CE} \Rightarrow U_{CE} = V_{CC} - R_C I_C$$

Pentru valori ale rezistențelor din circuit de $R_B = 440K$, respectiv $R_C = 2K$, și pentru parametrii de tranzistor $\beta_0 = 100$ și $U_{BE} = 0,6V$, se obțin valorile $I_C = 1mA$ și $U_{CE} = 3V$.

S2.3 Circuite de polarizare în curent cu reacție serie în emitor

Circuitele de polarizare în curent cu reacție serie în emitor sunt de tipul celui din figura 2.4:

Pentru a calcula curentul de colector, vom scrie o ecuație KII pe traseul care cuprinde baza și emitorul:

$$V_{CC} - 0 = R_B I_B + U_{BE} + R_E I_E$$

dar $I_B = \frac{I_C}{\beta_0}$ și $I_E = I_C + I_B = I_C + \frac{I_C}{\beta_0} \approx I_C$

rezultă $I_C = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_E + \frac{R_B}{\beta_0}}$.

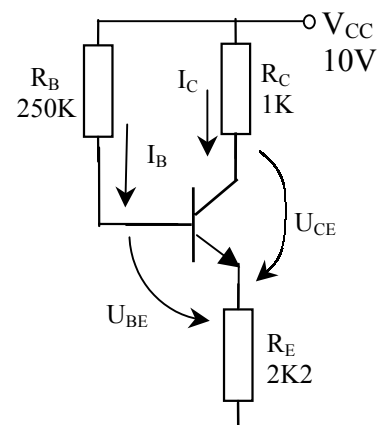


Fig. 2.4

Pentru a determina tensiunea dintre colectorul și emitorul tranzistorului, vom scrie o ecuație KII pe traseul de colector:

$$V_{CC} - 0 = R_C I_C + U_{CE} + R_E I_E,$$

și, deoarece $I_E \cong I_C$, rezultă: $U_{CE} = V_{CC} - (R_C + R_E)I_C$.

Pentru valori ale rezistențelor specificate pe schema din figura 2.4, și pentru parametrii de tranzistor $\beta_0 = 100$ și $U_{BE} = 0,6V$, se obțin valorile $I_C = 2mA$ și $U_{CE} = 3,6V$.

S2.4 Circuite de polarizare în curent cu reacție paralel în colector

Circuitele de polarizare în curent cu reacție paralel în colector sunt de tipul celui din figura 2.5:

Pentru a calcula curentul de colector, pe traseul $V_{CC}-R_C-R_B-B-E-GND$ se poate scrie relația KII:

$$V_{CC} - 0 = R_C I_{R_C} + R_B I_B + U_{BE}$$

$$\text{Înlocuind } I_B = \frac{I_C}{\beta_0} \ll I_C \text{ și } I_{R_C} = I_B + I_C \cong I_C$$

$$\text{Rezultă pentru curentul de colector: } I_C = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_C + \frac{R_B}{\beta_0}}.$$

Pentru a determina tensiunea colector-emitor a tranzistorului, pe traseul $V_{CC}-R_C-C-E-GND$ se poate scrie relația KII:

$$V_{CC} - 0 = R_C I_C + U_{CE} \Rightarrow U_{CE} = V_{CC} - R_C I_C$$

Pentru valori ale rezistențelor specificate pe schema din figura 2.5, și pentru parametrii de tranzistor $\beta_0 = 200$ și $U_{BE} = 0,6V$, se obțin valorile $I_C = 2mA$ și $U_{CE} = 4V$.

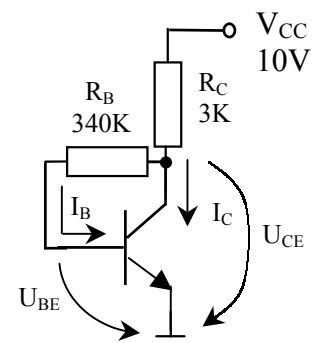


Fig. 2.5

S2.5 Circuite de polarizare în tensiune cu divizor rezistiv în bază

Circuitele de polarizare în tensiune cu divizor rezistiv în bază sunt de tipul celui din figura 2.6. Pentru determinarea punctului static de funcționare a tranzistorului bipolar putem apela la mai multe metode.

2.5.1 Metoda Kirchhoff

În nodul din baza tranzistorului și în circuitele din bază ale acestuia se pot scrie următoarele ecuații:

$$I_1 = I_2 + I_B, \quad (1), \quad I_E = I_C + I_B, \quad (2), \quad I_B = \frac{I_C}{\beta_0}, \quad (3)$$

$$V_{CC} - 0 = R_{B1} I_1 + R_{B2} I_2, \quad (4), \quad R_{B2} I_2 = U_{BE} + R_E I_E, \quad (5)$$

Ținând cont că $I_B = \frac{I_C}{\beta_0} \ll I_C$ și $I_E \cong I_C$

setul de 5 ecuații de mai sus devine:

$$I_1 = I_2 + \frac{I_C}{\beta_0}$$

$$V_{CC} - 0 = R_{B1}I_1 + R_{B2}I_2$$

$$R_{B2}I_2 = U_{BE} + R_E I_C$$

Eliminând I_1 și I_2 se obține ecuația:

$$\frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} - U_{BE} = \left(R_E + \frac{R_{B1} \parallel R_{B2}}{\beta_0} \right) I_C,$$

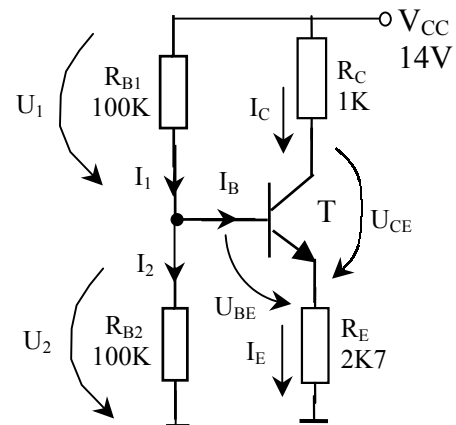


Fig. 2.6

de unde se obține curentul de colector $I_C = 2 \text{ mA}$.

Tensiunea U_{CE} dintre colectorul și emitorul tranzistorului T, se determina normal, scriind ecuația K II în circuitul de colector al acestuia:

$$V_{CC} - 0 = R_C I_C + U_{CE} + R_E I_E$$

de unde rezultă : $U_{CE} \cong V_{CC} - (R_C + R_E) I_C = 14 - 3,7 \cdot 2 = 14 - 7,4 = 6,6V$.

2.5.2 Metoda Thevenin

Circuitul din baza tranzistorului poate fi echivalat Thevenin , rezultând un circuit echivalent format dintr-o sursă de tensiune echivalentă V_e și o rezistență echivalentă R_e , după cum se vede în figura de mai jos:

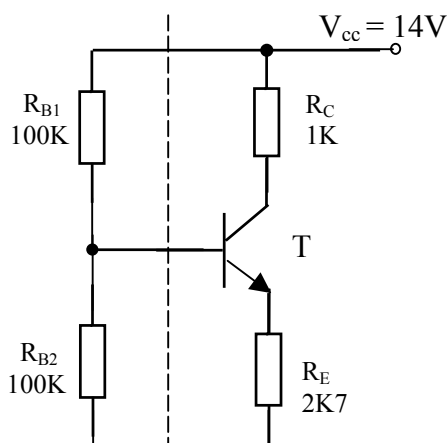


Fig. 2.7a

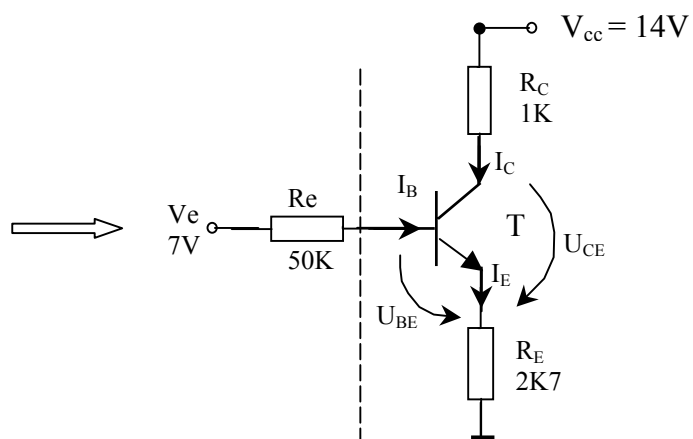


Fig. 2.7b

Tensiunea echivalentă:

$$V_e = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} (V_{CC} - 0) = 7V,$$

Rezistența echivalentă:

$$R_e = R_{B1} \parallel R_{B2} = 50K$$

Pentru a determina curentul de colector scriem ecuația K II în circuitul de bază al schemei de curent continuu echivalente:

$$V_e - 0 = R_e I_B + U_{BE} + R_E I_E \Rightarrow V_e - U_{BE} = \left(\frac{R_e}{\beta_0} + R_E \right) I_C$$

de unde:

$$I_C = \frac{V_e - U_{BE}}{R_E + \frac{R_e}{\beta_0}} = 2mA$$

Tensiunea colector-emitor se determină scriind K II în circuitul de colector, exact ca la metoda anterioară.

Această metodă este recomandată în special pentru cazul când rezistențele din bază sunt foarte mari.

2.5.3 Metoda divizorului de tensiune

Pentru valori mici ale rezistențelor din bază, comparabile cu cea din emitor, pentru care $\frac{R_e}{\beta_0} \ll R_E$ se poate folosi metoda divizorului de tensiune. În acest caz, curenții care trec prin ramurile 1 și 2 au intensități relativ mari față de curentul de bază al tranzistorului, de aceea curentul I_B poate fi neglijat și deci $I_1 \approx I_2$. În consecință, cele două rezistențe din bază acționează ca un divizor de tensiune.

Această metodă mai este numită și metoda aproximației zero și presupune a considera pentru început valoarea curentului în baza tranzistorului $I_B = 0$. Cu alte cuvinte rezultă că vom avea $I_E = I_C$ și $I_1 = I_2 = I_{div}$.

Potențialul în baza tranzistorului va fi:

$$V_B = U_2 = \frac{R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} V_{CC} = 6V$$

Dar scriind KII în ochiul din bază, rezultă:

$$U_2 = U_{BE} + R_E I_C$$

de unde: $I_C = \frac{U_2 - U_{BE}}{R_E} = 2mA$

Tensiunea dintre colector și emitor se determină după ce s-a determinat curentul de colector, în mod asemănător cu metodele anterioare. Se obține:

$$U_{CE} = V_{CC} - (R_C + R_E) I_C = 12 - 4,2 \cdot 2 = 3,6V$$

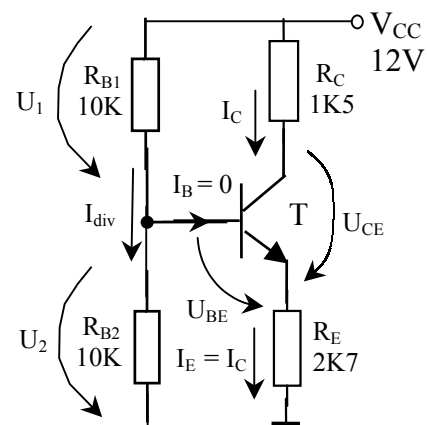


Fig. 2.8

S2.6 Circuite de polarizare în tensiune cu diodă Zener

În figura 2.9 este prezentat un circuit polarizat prin intermediul unei diode Zener aflată în baza tranzistorului.

Dioda Zener este polarizată invers și la bornele ei este tensiunea $U_Z = 5,6V$ egală cu potențialul din baza tranzistorului. Curentul prin diodă este:

$$I_Z \cong I_1 = \frac{V_{CC} - U_Z}{R_1} \gg I_B$$

$$V_B = U_Z = U_{BE} + R_E I_E$$

$$I_C = \frac{V_B - U_{BE}}{R_E} = \frac{U_Z - U_{BE}}{R_E} = 2mA$$

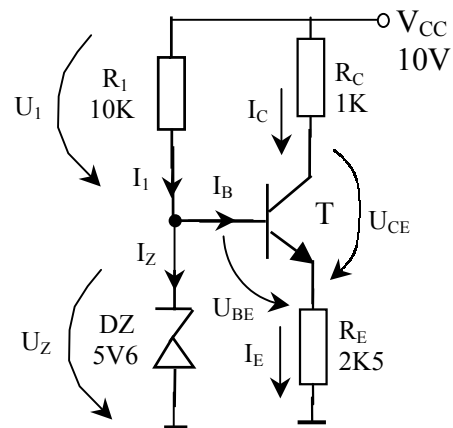


Fig. 2.9

Scriind ecuația KII în circuitul de colector al tranzistorului va rezulta tensiunea dintre colector și emitor:

$$U_{CE} = V_{CC} - (R_C + R_E) \cdot I_C = 3V$$

S-au considerat pentru tranzistor parametrii $\beta_0 = 200$ și $U_{BE} = 0,6V$.

S2.7 Circuite de polarizare în tensiune cu generator de curent

În figura 2.10 este prezentat un exemplu de polarizare a unui tranzistor prin intermediul unui generator de curent.

Au loc relațiile:

$$I \cong I_G \gg I_B$$

În circuitul din baza tranzistorului avem relația:

$$U_B = U_{R_B} \cong R_B I = U_{BE} + R_E I_E$$

$$I_C \cong I_E = \frac{U_B - U_{BE}}{R_E} = \frac{U_{R_B} - U_{BE}}{R_E} = 1mA$$

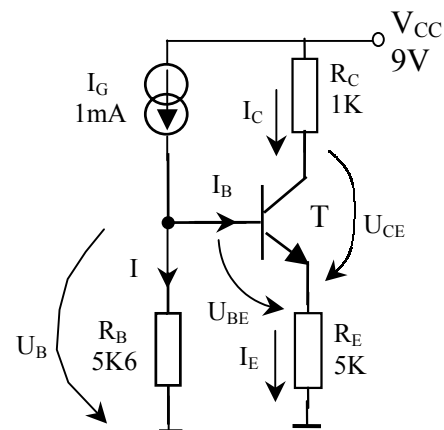


Fig. 2.10

Scriind ecuația KII în circuitul de colector al tranzistorului determinăm tensiunea dintre colector și emitor:

$$U_{CE} = V_{CC} - (R_C + R_E) \cdot I_C = 3V$$

S-au considerat pentru tranzistor parametrii $\beta_0 = 200$ și $U_{BE} = 0,6V$.

S2.8 Temă de casă

Să se determine PSF-ul pentru tranzistoarele din schemele de curent continuu de mai jos:
Se consideră pentru tranzistor parametrii $\beta_0 = 100$ și $|U_{BE}| = 0,6V$).

