



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI



Instrumente Structurale  
2007-2013



# Platformă de e-learning și curriculum e-content pentru învățământul superior tehnic

## Elemente de Electronică Analogică

### 46. Polarizarea în curent continuu a schemelor cu TBIP

## Circuite de polarizare în curent

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

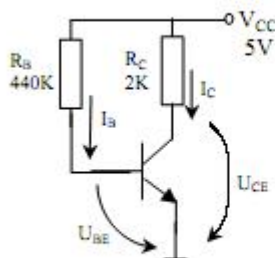


Fig. 2.3 a)

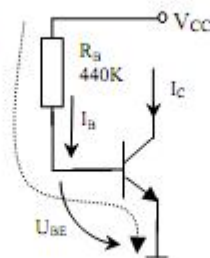


Fig. 2.3 b)

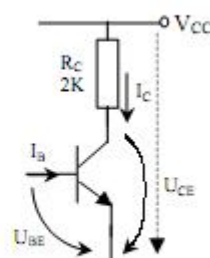


Fig. 2.3 c)

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  $U_{CE} = 3V$ .

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

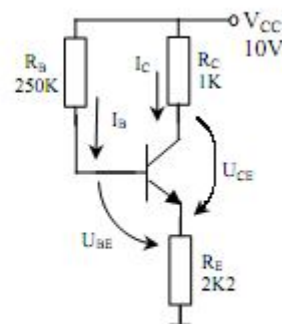


Fig. 2.4

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  $U_{CE} = 3,6V$ .

## 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  $U_{CE} = 4V$ .

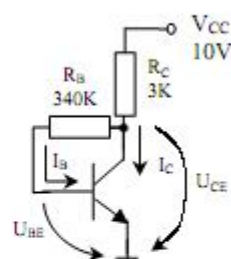


Fig. 2.5

## 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.

### 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:

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

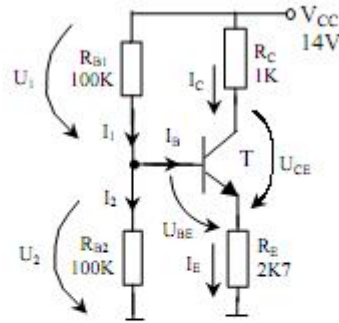


Fig. 2.6

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

### 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:

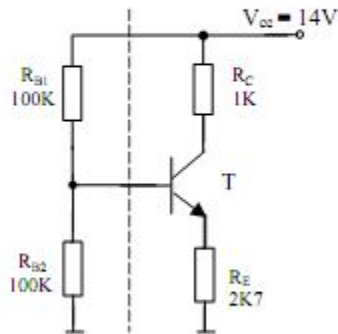


Fig. 2.7a

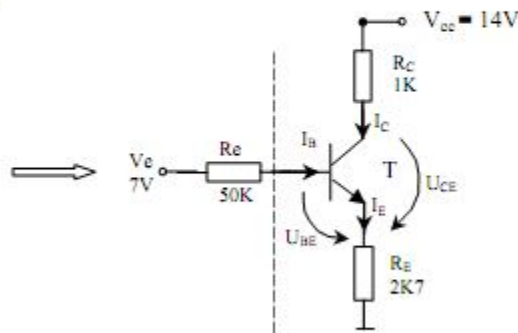


Fig. 2.7b

Tensiunea echivalentă:

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

Rezistența echivalentă:

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

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

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

de unde: 
$$I_C = \frac{V_s - U_{BE}}{R_E + \frac{R_s}{\beta_0}} = 2mA$$

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.

### Metoda divizorului de tensiune

Pentru valori mici ale rezistențelor din bază, comparabile cu cea din emitor, pentru care  $\frac{R_s}{\beta_0} \ll R_E$  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  $I_1 = I_2$ . 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:

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

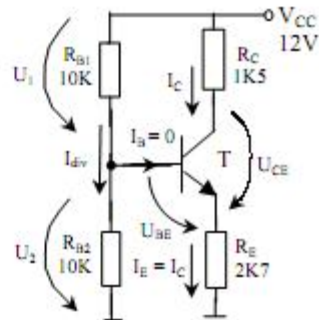


Fig. 2.8

## 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:

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

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

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

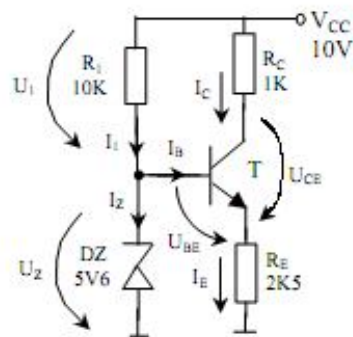


Fig. 2.9

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

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

## 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:

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

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

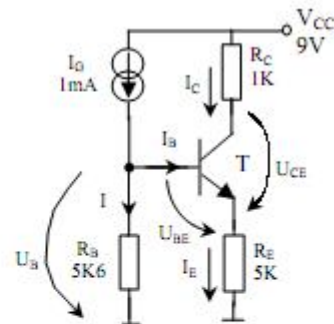


Fig. 2.10

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  $U_{BE} = 0,6V$ .