

## 5.5. REZOLVAREA CIRCUITELOR CU TRANZISTOARE BIPOLARE

### PROBLEMA 1.

În circuitul din figura 5.54 se cunosc valorile:  $I_B = 40\mu A$  și  $\beta = 250$

Se cere:

- Valoarea intensității curentului de colector  $I_C$ .
- Valoarea tensiunii bază-emitor  $U_{BE}$ .
- Valoarea tensiunii colector-emitor  $U_{CE}$ .

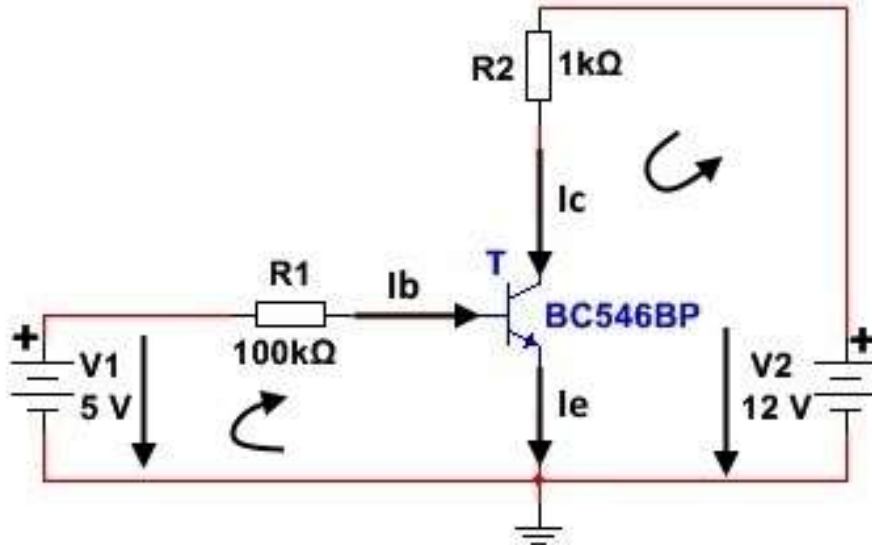


Figura 5.54 Tranzistor bipolar NPN polarizat cu două surse de alimentare

### REZOLVARE

a.  $I_C = \beta \cdot I_B = 250 \cdot 40(\mu A) = 10000 \mu A = 10 mA$       $I_C = 10 mA$

b. În ochiul de rețea unde se află jonctiunea BE, conform legii a II a lui Kirchhoff:

$$-V_1 + U_{R1} + U_{BE} = 0 \Rightarrow U_{BE} = V_1 - R_1 \cdot I_B \Rightarrow U_{BE} = 5V - 100K\Omega \cdot 40\mu A$$

$$U_{BE} = 5 - 100 \cdot 10^3 \cdot 40 \cdot 10^{-6} = 5 - 4 = 1V \qquad \qquad \qquad U_{BE} = 1V$$

c. În ochiul de rețea unde se află jonctiunea CE, conform legii a II a lui Kirchhoff:

$$-V_2 + U_{R2} + U_{CE} = 0 \Rightarrow U_{CE} = V_2 - R_2 \cdot I_C \Rightarrow U_{CE} = 12V - 1K\Omega \cdot 10mA$$

$$U_{CE} = 12 - 1 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 12 - 10 = 2V \qquad \qquad \qquad U_{CE} = 2V$$

**PROBLEMA 2.**

În circuitul din figura 5.55 se cunosc valorile:  $U_{BE} = 0,6 V$  și  $\beta = 200$

Se cere:

- Valoarea intensității curentului de colector  $I_C$ .
- Valoarea tensiunii din colector  $U_C$ .
- Valoarea tensiunii din emitor  $U_E$ .
- Valoarea tensiunii colector – emitor  $U_{CE}$ .

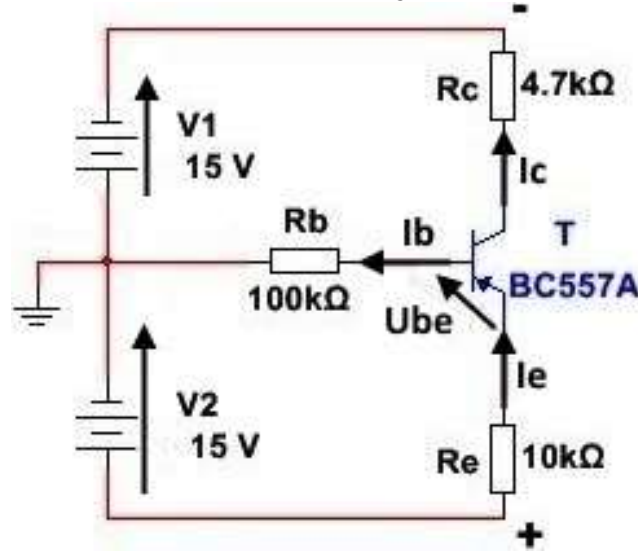


Figura 5.55 Tranzistor bipolar PNP polarizat cu două surse de alimentare

**REZOLVARE**

a.  $-V2 + U_{be} + R_e \cdot I_e + R_b \cdot I_b = 0 \Rightarrow R_e \cdot I_e + R_b \cdot I_b = V2 - U_{be}$  (1)

Dar:  $I_e \cong I_c = \beta \cdot I_b \Rightarrow I_b = \frac{I_c}{\beta}$  și  $I_e = I_c$  (2)

Înlocuind (2) în (1)  $\Rightarrow R_e \cdot I_c + R_b \cdot \frac{I_c}{\beta} = V2 - U_{be} \Rightarrow I_c \cdot \left( R_e + \frac{R_b}{\beta} \right) = V2 - U_{be}$

$$I_c = \frac{V2 - U_{be}}{\frac{R_b}{\beta} + R_e} = \frac{15V - 0,6V}{\frac{100K}{200} + 10K} = \frac{14,4}{\left(\frac{100}{200} + 10\right) \cdot 10^3} = \frac{14,4}{10,5} \cdot 10^{-3} = 1,37 \text{ mA}$$

**$I_c = 1,37 \text{ mA}$**

**OBS.** Se poate calcula mai întâi  $I_B$  apoi  $I_C$  și  $I_E$  știind că  $I_E = (\beta + 1) \cdot I_B$  și  $I_C = \beta \cdot I_B$

b.  $V1 - R_c \cdot I_c + U_C = 0 \Rightarrow U_C = R_c \cdot I_c - V1 \Rightarrow U_C = 4,7K \cdot 1,37mA - 15V$

$$U_C = 4,7 \cdot 10^3 \cdot 1,37 \cdot 10^{-3} - 15 = 6,43 - 15 = -8,57 \quad U_C = -8,57 \text{ V}$$

c.  $V2 - R_e \cdot I_e - U_E = 0 \Rightarrow U_E = V2 - R_e \cdot I_e \Rightarrow U_E = 15V - 10K \cdot 1,37mA$

$$U_E = 15 - 10 \cdot 10^3 \cdot 1,37 \cdot 10^{-3} = 15 - 13,7 = 1,3 \quad U_E = 1,3 \text{ V}$$

d.  $U_{CE} = U_C - U_E \Rightarrow U_{CE} = -8,57V - 1,3V \Rightarrow U_{CE} = -9,87 \text{ V}$

### PROBLEMA 3.

În circuitul din figura 5.56 se cunosc valorile:  $U_{BE} = 0,6 V$  și  $\beta = 239$

Se cere:

- Valoarea intensității curentului din bază  $I_b$ .
- Valoarea intensității curentului din colector  $I_c$  și curentului din emitor  $I_e$ .
- Valoarea tensiunii colector – emitor  $U_{ce}$ .

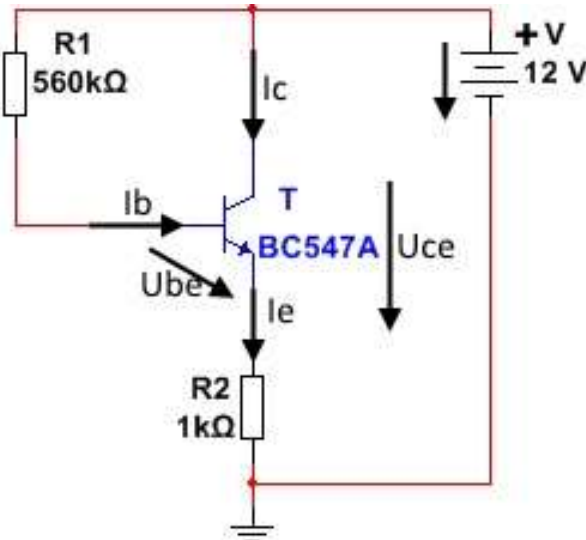


Figura 5.56 Tranzistor bipolar NPN polarizat cu o sursă de alimentare

### REZOLVARE

a. Se aplică T2 Kirchhoff pe ochiul care conține jonctiunea bază-emitor:

$$R1 \cdot I_b + U_{be} + R2 \cdot I_e - V = 0 \Rightarrow V = U_{be} + R1 \cdot I_b + R2 \cdot I_e \quad (1)$$

$$I_c = \beta \cdot I_b \quad (2) \quad I_e = I_b + I_c \quad (3) \quad \text{Înlocuind (2) în (3)} \Rightarrow I_e = I_b \cdot (\beta + 1) \quad (4)$$

$$\text{Înlocuind (4) în (1)} \Rightarrow V - U_{be} = R1 \cdot I_b + R2 \cdot I_b \cdot (\beta + 1) \quad (5)$$

$$\text{Din (5)} \Rightarrow I_b = \frac{V - U_{be}}{R1 + R2 \cdot (\beta + 1)} \quad (6)$$

$$I_b = \frac{12V - 0,6V}{560K + 1K \cdot (239 + 1)} = \frac{11,4}{800 \cdot 10^3} = 0,014 \cdot 10^{-3} A \Rightarrow I_b = 14 \mu A$$

$$\text{b. } I_c = \beta \cdot I_b \Rightarrow I_c = 239 \cdot 14 \mu A = 3346 \mu A = 3,34 mA \Rightarrow I_c = 3,34 mA$$

$$I_e = (\beta + 1) \cdot I_b \Rightarrow I_e = 240 \cdot 14 \mu A = 3360 \mu A = 3,36 mA \Rightarrow I_e = 3,36 mA$$

c. Se aplică T2 Kirchhoff pe ochiul care conține jonctiunea colector-emitor:

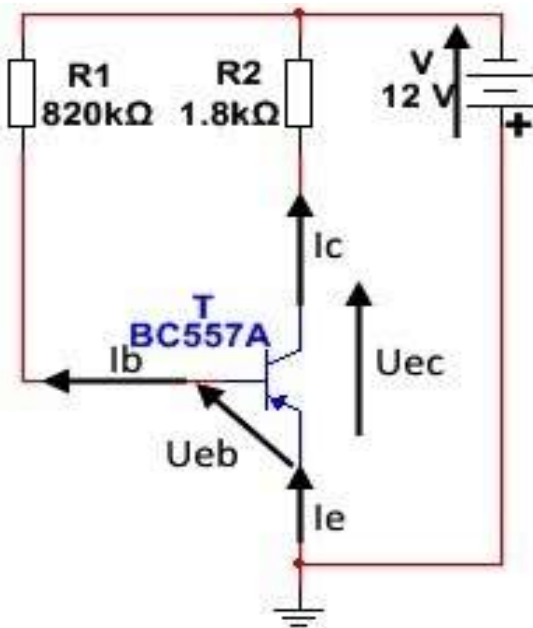
$$U_{ce} + R2 \cdot I_e - V = 0 \Rightarrow U_{ce} = V - R2 \cdot I_e \quad (7)$$

$$U_{ce} = 12V - 1K \cdot 3,36 mA = 12 - 1 \cdot 10^3 \cdot 3,36 \cdot 10^{-3} = 12 - 3,36 = 8,64$$

$$U_{ce} = 8,64 V$$

#### PROBLEMA 4.

În circuitul din figura 5.57 se cunosc valorile:  $U_{EB} = 0,7 V$  și  $\beta = 220$ .



Se cere:

a. Coordonatele punctului static de funcționare.

b. Coordonatele punctelor de intersecție ale dreptei de sarcină cu axele de coordonate.

Figura 5.57 Tranzistor bipolar PNP polarizat cu o sursă de alimentare

#### REZOLVARE

a. Se aplică T2 Kirchhoff pe ochiul ce conține joncțiunea bază-emitor:

$$U_{eb} + R1 \cdot I_b - V = 0 \Rightarrow R1 \cdot I_b = V - U_{eb} \Rightarrow I_b = \frac{V - U_{eb}}{R1} \quad (1)$$

$$I_b = \frac{12V - 0,7V}{820K\Omega} = \frac{11,3}{820 \cdot 10^3} = 0,013 \cdot 10^{-3} mA = 13 \mu A \quad I_b = 13 \mu A$$

$$I_c = \beta \cdot I_b \quad (2) \Rightarrow I_c = 220 \cdot 13 \mu A = 2860 \mu A = 2,8 mA \quad I_c = 2,8 mA$$

Se aplică T2 Kirchhoff pe ochiul ce conține joncțiunea colector-emitor:

$$U_{ec} + R2 \cdot I_c - V = 0 \Rightarrow U_{ec} = V - R2 \cdot I_c \quad (3)$$

$$U_{ec} = 12V - 1,8K \cdot 2,8mA = 12 - 1,8 \cdot 10^3 \cdot 2,8 \cdot 10^{-3} \Rightarrow U_{ec} = 6,9 V$$

Coordonatele PSF sunt:  $(I_c = 2,8 mA ; U_{ec} = 6,9 V)$

b. Pentru determinarea punctelor de intersecție cu axele în relația (3) se egalează cu zero, pe rând,  $I_c$  și  $U_{ec}$

$$I_c = 0 \Rightarrow U_{ec} + 0 - V = 0 \Rightarrow U_{ec} = V \Rightarrow U_{ec(max)} = 12V$$

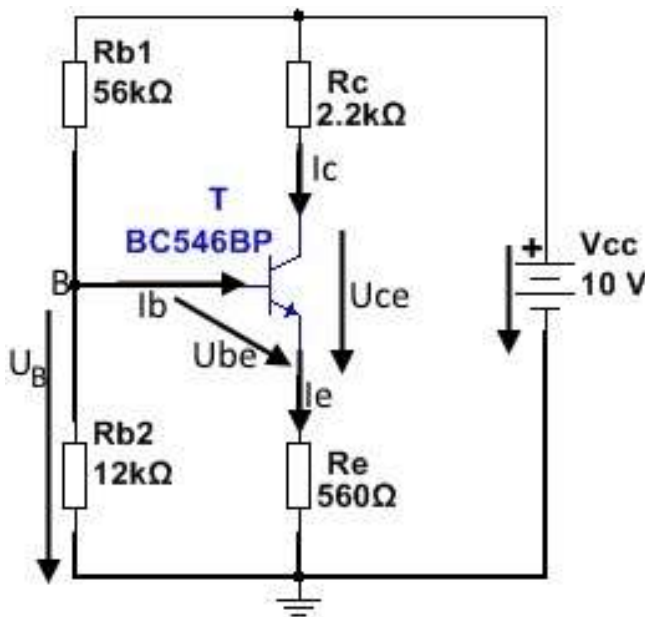
$$U_{ec} = 0 \Rightarrow 0 + R2 \cdot I_c - V = 0 \Rightarrow I_c = \frac{V}{R2} \Rightarrow I_c(max) = 6,6 mA$$

Coordonatele punctelor de intersecție cu axele sunt:

$$A(12 ; 0) \text{ și } B(0 ; 6,6)$$

### PROBLEMA 5.

În circuitul din figura 5.58 se cunosc valorile:  $U_{be} = 0,6 V$  și  $\beta = 310$ .



Se cere:

- Coordonatele punctului static de funcționare.
- Coordonatele punctelor de intersecție ale dreptei de sarcină cu axele de coordonate.
- Să se verifice dacă tranzistorul funcționează în regiunea activă normală

Figura 5.58 Tranzistor bipolar NPN polarizat cu divizor de tensiune

### REZOLVARE

a. Divizorul de tensiune format din rezistoarele  $R_{b1}$  și  $R_{b2}$  stabilește în baza

tranzistorului T tensiunea  $U_B = \left(\frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}}\right) \cdot V_{CC}$  (1)

$$U_B = \left(\frac{12K}{56k + 12k}\right) \cdot 10V = 0,176 \cdot 10 = 1,76V \Rightarrow U_B = 1,76 V$$

Se aplică T2 Kirchhoff pe ochiul ce conține joncțiunea bază-emitor:

$$-U_B + U_{be} + R_e \cdot I_e = 0 \Rightarrow R_e \cdot I_e = U_B - U_{be} \Rightarrow I_e = \frac{U_B - U_{be}}{R_e} \quad (2)$$

$$I_e = \frac{1,76V - 0,6V}{560\Omega} = \frac{1,16}{560} = 0,00207 A = 2,07 mA \Rightarrow I_e = 2,07 mA$$

$$\text{Se știe că: } I_e = (\beta + 1) \cdot I_b \Rightarrow I_b = \frac{I_e}{\beta + 1} \quad (3)$$

$$I_b = \frac{2,07}{310 + 1} = \frac{2,07}{311} = 0,0066 mA = 6,6 \mu A \Rightarrow I_b = 6,6 \mu A$$

$$\text{Deoarece } I_c = \beta \cdot I_b \quad (4) \Rightarrow I_c = 310 \cdot 6,6 \mu A = 2046 \mu A = 2,04 mA$$

$$I_c = 2,04 mA$$

Se aplică T2 Kirchhoff pe ochiul ce conține jonctiunea colector-emitor:

$$-V_{cc} + R_c \cdot I_c + U_{ce} + R_e \cdot I_e = 0 \Rightarrow U_{ce} = V_{cc} - R_c \cdot I_c - R_e \cdot I_e \quad (5)$$

$$U_{ce} = 10 - 2,2K\Omega \cdot 2,04mA - 560\Omega \cdot 2,07mA$$

$$U_{ce} = 10 - 2,2 \cdot 10^3 \cdot 2,04 \cdot 10^{-3} - 560 \cdot 2,07 \cdot 10^{-3}$$

$$U_{ce} = 10 - 4,48 - 1,16 = 4,36 V \Rightarrow U_{ce} = 4,36 V.$$

Coordonatele PSF sunt: ( $I_c = 2,04 mA$ ;  $U_{ce} = 4,36 V$ )

**b.** Pentru determinarea punctelor de intersecție cu axele în relația (5) se egalează cu zero, pe rând,  $I_c$  și  $U_{ce}$

$$I_c = 0 \Rightarrow U_{ce} = 10 - 0 - 1,16 \Rightarrow U_{ce(max)} = 8,84V$$

$$U_{ce} = 0 \Rightarrow R_c \cdot I_c = V_{cc} - 0 - R_e \cdot I_e \Rightarrow I_c = \frac{V_{cc} - R_e \cdot I_e}{R_c}$$

$$I_c = \frac{10 - 1,16}{2,2 \cdot 10^3} = \frac{8,84}{2,2} \cdot 10^{-3} = 4,01 \cdot 10^{-3} A \quad I_c(max) = 4,01 mA$$

Coordonatele punctelor de intersecție cu axele sunt:

**A(8,84 ; 0) și B(0 ; 4,01)**

**c.** Tranzistorul funcționează în RAN dacă sunt îndeplinite condițiile;

$$(1) 10 \cdot R_{b2} < \beta \cdot R_e \quad (2) 0,5 < U_{ce} < (V_{cc} - 1) [V]$$

Verificarea condițiilor:

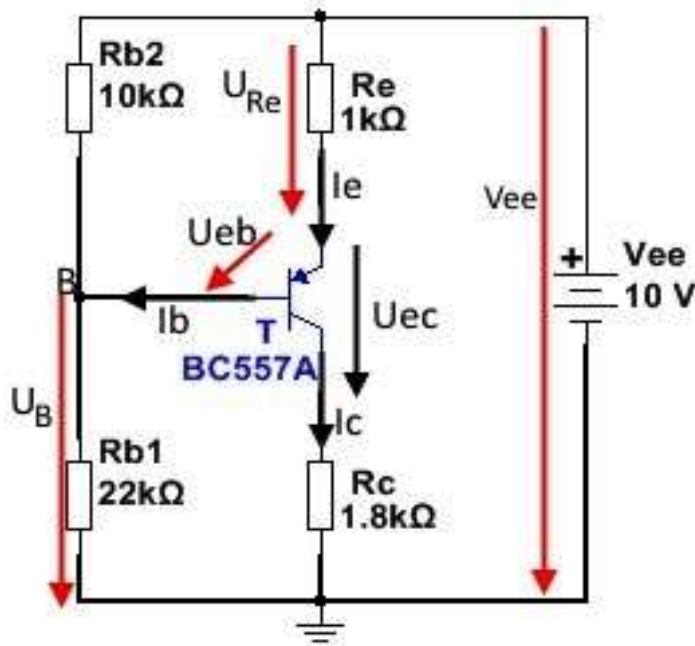
$$1. 12000 \cdot 10 < 310 \cdot 560 \Rightarrow 120000 < 173600 \Rightarrow "A"$$

$$2. 0,5 < 4,36 < 10 - 1 \Rightarrow 0,5 < 4,36 < 9 \Rightarrow "A"$$

Pentru verificarea regimului de funcționare a tranzistorului se calculează tensiunea pe fiecare terminal al tranzistorului apoi se observă cum sunt polarizate jonctiunile tranzistorului. Această metodă este prezentată în problemele care urmează.

### PROBLEMA 6.

În circuitul din figura 5.59 se cunosc valorile:  $U_{eb} = 0,7 V$  și  $\beta = 215$ .



Se cere:

- Coordonatele punctului static de funcționare.
- Să se determine regimul de funcționare al tranzistorului.

Figura 5.59 Tranzistor bipolar PNP polarizat cu divizor de tensiune

### REZOLVARE

a. Divizorul de tensiune format din rezistoarele  $R_{b1}$  și  $R_{b2}$  stabilește în baza

tranzistorului T tensiunea  $U_B = \left(\frac{R_{b1}}{R_{b1} + R_{b2}}\right) \cdot V_{CC}$  (1)

$$U_B = \left(\frac{22K}{22k + 10k}\right) \cdot 10V = 0,688 \cdot 10 = 6,88V \Rightarrow U_B = 6,88 V$$

Între tensiunile marcate cu roșu în schema de mai sus este relația:

$$V_{ee} = U_{Re} + U_{eb} + U_B \Rightarrow U_{Re} = V_{ee} - U_{eb} - U_B \quad (2)$$

$$U_{Re} = R_e \cdot I_e \quad (3) \quad \text{Înlocuind relația (3) în relația (2) se obține:}$$

$$R_e \cdot I_e = V_{ee} - U_{eb} - U_B \Rightarrow I_e = \frac{V_{ee} - U_{eb} - U_B}{R_e} \quad (4)$$

$$I_e = \frac{10 - 0,7 - 6,88}{1 \cdot 10^3} = 2,42 \cdot 10^{-3} A = 2,42 mA \Rightarrow I_e = 2,42 mA$$

$$\text{Se știe că: } I_e = (\beta + 1) \cdot I_b \Rightarrow I_b = \frac{I_e}{\beta + 1} \quad (5)$$

$$I_b = \frac{2,42}{215 + 1} = \frac{2,42}{216} = 0,011 mA = 11 \mu A \Rightarrow I_b = 11 \mu A$$

Deoarece  $I_c = \beta \cdot I_b$  (6)  $\Rightarrow I_c = 215 \cdot 11 \mu A = 2365 \mu A = 2,36 mA$

$$I_c = 2,36 mA$$

Se aplică T2 Kirchhoff pe ochiul ce conține jonctiunea colector-emitor:

$$-V_{ee} + R_e \cdot I_e + U_{ec} + R_c \cdot I_c = 0 \Rightarrow U_{ec} = V_{cc} - R_e \cdot I_e - R_c \cdot I_c \quad (7)$$

$$U_{ec} = 10V - 1K\Omega \cdot 2,42mA - 1,8K\Omega \cdot 2,36mA$$

$$U_{ec} = 10 - 1 \cdot 10^3 \cdot 2,42 \cdot 10^{-3} - 1,8 \cdot 10^3 \cdot 2,36 \cdot 10^{-3}$$

$$U_{ec} = 10 - 2,42 - 4,24 = 3,34 \Rightarrow U_{ec} = 3,34 V$$

Coordonatele PSF sunt: ( $I_c = 2,36 mA$  ;  $U_{ec} = 3,34 V$ )

**b.** Pentru determinarea regimului de funcționare se determină tensiunile în Emitor, Bază, Colector și se observă cum sunt polarizate jonctiunile EB și EC.

***Tensiunile la terminalele tranzistorului se determină față de "masa" montajului.***

$$U_b = 6,88 V \quad \text{a fost calculat cu relația (1)}$$

$$U_{eb} = U_e - U_b \Rightarrow U_e = U_{eb} + U_b \quad (8)$$

$$U_e = 0,7V + 6,88V = 7,58 V \Rightarrow U_e = 7,58 V$$

$$U_{ec} = U_e - U_c \Rightarrow U_c = U_e - U_{ec} \quad (9)$$

$$U_c = 7,58V - 3,34V = 4,24 V \Rightarrow U_c = 4,24 V$$

Se observă că  $U_c = U_{Rc} = 4,24 V$  (o metodă mai simplă!)

$$U_e = 7,58 V \quad ; \quad U_b = 6,88 V \quad ; \quad U_c = 4,24 V$$

Deoarece  $U_e > U_b \Rightarrow$  jonctiunea emitor-bază este polarizată direct

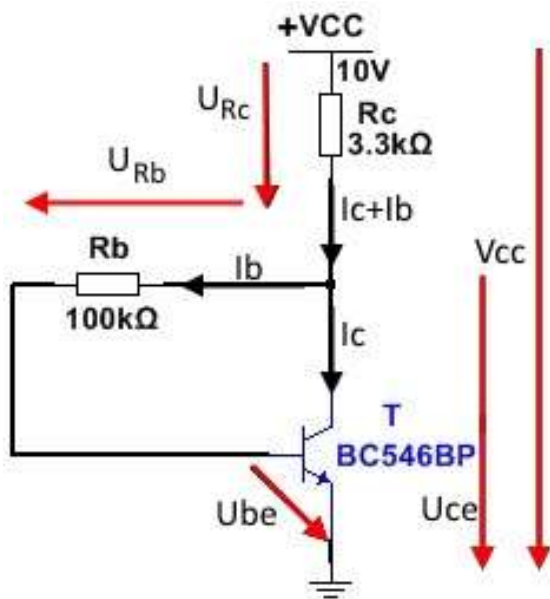
Deoarece  $U_c < U_b \Rightarrow$  jonctiunea colector-bază este polarizată invers

*Tranzistorul funcționează în regim activ normal deoarece jonctiunea emitor-bază este polarizată direct iar jonctiunea colector-bază este polarizată invers.*



### PROBLEMA 7.

În circuitul din figura 5.60 se cunosc valorile:  $U_{be} = 0,6 V$  și  $\beta = 280$



Se cere:

- Valorile parametrilor ce caracterizează punctul static de funcționare al tranzistorului.
- Să se determine regimul de funcționare al tranzistorului.

Figura 5.60 Tranzistor bipolar NPN polarizat cu reacție în colector

### REZOLVARE

a. Parametrii care caracterizează PSF sunt:  $I_b$ ,  $I_c$ ,  $U_{ce}$ .

$$\text{Deoarece } I_c \gg I_b \Rightarrow I_c + I_b \cong I_c \Rightarrow U_{Rc} = R_c \cdot I_c \quad (1)$$

Pe ochiul format de :  $V_{cc}$ ,  $U_{Rc}$ ,  $U_{Rb}$ ,  $U_{be}$  se aplică T2 Kirchhoff:

$$V_{cc} = U_{Rc} + U_{Rb} + U_{be} \Rightarrow U_{Rc} + U_{Rb} = V_{cc} - U_{be} \quad (2)$$

$$R_c \cdot I_c + R_b \cdot I_b = V_{cc} - U_{be} \quad (3) \quad I_c = \beta \cdot I_b \quad (4)$$

Înlocuind relația (4) în relația (3) se obține:

$$R_c \cdot \beta \cdot I_b + R_b \cdot I_b = V_{cc} - U_{be} \Rightarrow I_b = \frac{V_{cc} - U_{be}}{R_c \cdot \beta + R_b} \quad (5)$$

$$I_b = \frac{10V - 0,6V}{3,3K\Omega \cdot 280 + 100K\Omega} = \frac{9,4}{3,3 \cdot 10^3 \cdot 280 + 100 \cdot 10^3} = \frac{9,4}{1024} \cdot 10^{-3}$$

$$I_b = 0,009 \cdot 10^{-3} A = 0,009 mA = 9 \mu A \Rightarrow I_b = 9 \mu A$$

Se înlocuiește valoarea lui  $I_b$  în relația (4) și se obține:

$$I_c = 280 \cdot 9 \mu A = 2520 \mu A = 2,52 mA \Rightarrow I_c = 2,52 mA$$

Pe ochiul format de :  **$V_{cc}$ ,  $U_{Rc}$ ,  $U_{ce}$**  se aplică T2 Kirchhoff:

$$V_{cc} = U_{Rc} + U_{ce} \Rightarrow U_{ce} = V_{cc} - U_{Rc} \Rightarrow U_{ce} = V_{cc} - R_c \cdot I_c \quad (6)$$

$$U_{ce} = 10V - 3,3K\Omega \cdot 2,52mA = 10 - 3,3 \cdot 10^3 \cdot 2,52 \cdot 10^{-3}$$

$$U_{ce} = 10 - 3,3 \cdot 2,52 = 10 - 8,31 = 1,69 \Rightarrow \mathbf{U_{ce} = 1,69 V}$$

Parametrii caracteristici punctului static de funcționare al tranzistorului sunt:

$$\mathbf{I_b = 9 \mu A ; I_c = 2,52 mA ; U_{ce} = 1,69 V}$$

**b.** Pentru determinarea regimului de funcționare se determină tensiunile în Emitor, Bază, Colector și se observă cum sunt polarizate joncțiunile BE și BC.

Deoarece emitorul tranzistorului este conectat la "masa" montajului  $\Rightarrow \mathbf{U_e = 0}$

Dacă  $\mathbf{U_e=0} \Rightarrow \mathbf{U_c = U_{ce} = 1,69 V}$  și  $\mathbf{U_b = U_{be} = 0,6 V}$

$$\mathbf{U_e = 0 V ; U_b = 0,6 V ; U_c = 1,69 V}$$

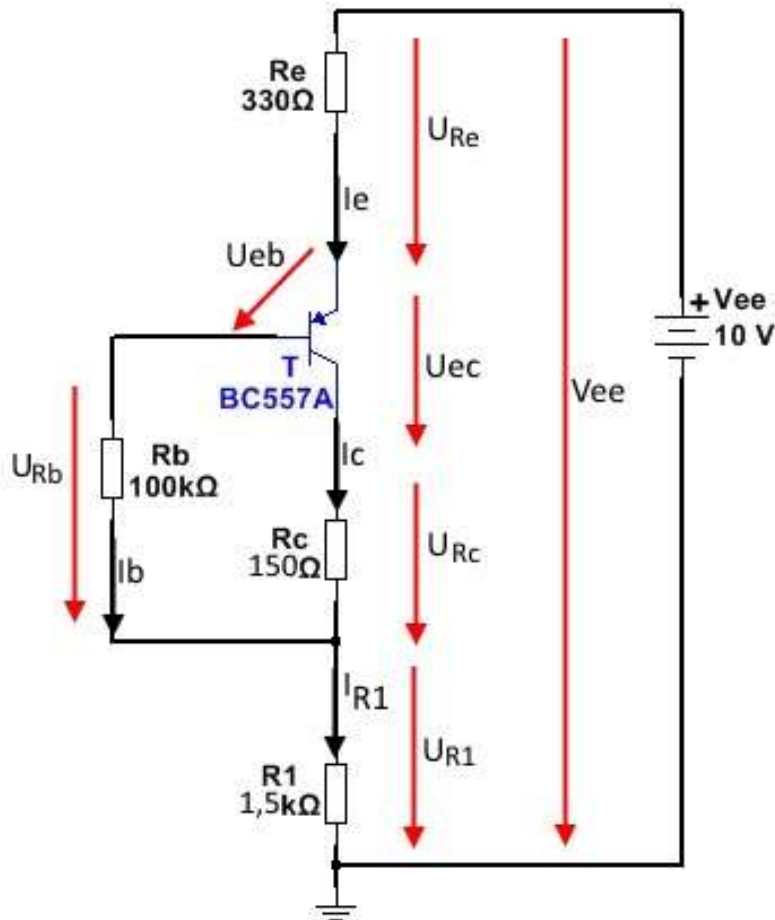
Deoarece  $\mathbf{U_b} > \mathbf{U_e} \Rightarrow$  joncțiunea bază-emitor este polarizată direct

Deoarece  $\mathbf{U_b} < \mathbf{U_c} \Rightarrow$  joncțiunea bază-colector este polarizată invers

*Tranzistorul funcționează în regim activ normal deoarece joncțiunea bază-emitor este polarizată direct iar joncțiunea bază-colector este polarizată invers.*

**PROBLEMA 8.**

În circuitul din figura 5.61 se cunosc valorile:  $U_{be} = 0,7 V$  și  $\beta = 230$



Se cere:

a. Valorile parametrilor ce caracterizează punctul static de funcționare al tranzistorului.

b. Să se determine regimul de funcționare al tranzistorului.

Figura 5.61 Tranzistor bipolar PNP polarizat cu reacție în colector

**REZOLVARE**

a. Parametrii care caracterizează PSF sunt:  $I_b$ ,  $I_c$ ,  $U_{ce}$ .

Pe ochiul format de :  $V_{ee}$ ,  $U_{Re}$ ,  $U_{eb}$ ,  $U_{Rb}$ ,  $U_{R1}$  se aplică T2 Kirchhoff:

$$V_{ee} = U_{Re} + U_{eb} + U_{Rb} + U_{R1} \Rightarrow U_{Re} + U_{Rb} + U_{R1} = V_{cc} - U_{eb} \quad (1)$$

Aplicând T1 Kirchhoff în nodul dintre  $R_c$  și  $R_1 \Rightarrow I_{R1} = I_c + I_b \quad (2)$

$$U_{Re} = R_e \cdot I_e ; U_{Rb} = R_b \cdot I_b ; U_{R1} = R_1 \cdot I_{R1} = R_1 \cdot (I_c + I_b) \quad (3)$$

$$I_c = \beta \cdot I_b ; I_e = (\beta + 1) \cdot I_b \quad (4)$$

Înlocuind relațiile (3) și (4) în relația (1) se obține:

$$R_e \cdot (\beta + 1) \cdot I_b + R_b \cdot I_b + R_1 \cdot (\beta \cdot I_b + I_b) = V_{cc} - U_{eb} \quad (5)$$

$$I_b \cdot [R_e \cdot (\beta + 1) + R_b + R_1 \cdot (\beta + 1)] = V_{cc} - U_{eb} \quad (6)$$

$$I_b = \frac{V_{cc} - U_{eb}}{R_e \cdot (\beta + 1) + R_b + R_1 \cdot (\beta + 1)} \quad (7)$$

$$I_b = \frac{10V - 0,7V}{330\Omega \cdot (230 + 1) + 100K\Omega + 1,5K\Omega \cdot (230 + 1)}$$

$$I_b = \frac{9,3}{330 \cdot 231 + 100000 + 1500 \cdot 231} = \frac{9,3}{76230 + 100000 + 346500}$$

$$I_b = \frac{9,3}{522730} = 0,0000177 A = 17,7 \mu A \Rightarrow I_b = 17,7 \mu A$$

Înlocuind valoarea lui  $I_b$  în relațiile (4) și (2) se obține:

$$I_c = 230 \cdot 17,7 \mu A = 4071 \mu A = 4,07 mA \Rightarrow I_c = 4,07 mA$$

$$I_e = (230 + 1) \cdot 17,7 \mu A = 4089 \mu A = 4,09 mA \Rightarrow I_e = 4,09 mA$$

$$I_{R1} = 4,07 mA + 17,7 \mu A = 4,08 mA \Rightarrow I_{R1} = 4,08 mA$$

Pe ochiul format de :  $V_{ee}, U_{Re}, U_{ec}, U_{Rc}, U_{R1}$  se aplică T2 Kirchhoff:

$$V_{ee} = U_{Re} + U_{ec} + U_{Rc} + U_{R1} \Rightarrow U_{ec} = V_{ee} - (U_{Re} + U_{Rc} + U_{R1}) \quad (8)$$

$$U_{ec} = 10V - (330\Omega \cdot 4,09mA + 150\Omega \cdot 4,07mA + 1,5K\Omega \cdot 4,08mA)$$

$$U_{ec} = 10 - (330 \cdot 4,09 \cdot 10^{-3} + 150 \cdot 4,07 \cdot 10^{-3} + 1,5 \cdot 10^3 \cdot 4,08 \cdot 10^{-3})$$

$$U_{ec} = 10 - (1,35 + 0,61 + 6,12) = 10 - 8,08 = 1,93 \Rightarrow U_{ec} = 1,92 V$$

Parametrii caracteristici punctului static de funcționare al tranzistorului sunt:

$$I_b = 17,7 \mu A ; I_c = 4,07 mA ; U_{ec} = 1,92 V$$

b. Pentru determinarea regimului de funcționare se determină tensiunile în Emitor, Bază, Colector și se observă cum sunt polarizate joncțiunile EB și EC.

$$U_c = U_{Rc} + U_{R1} ; U_e = V_{ee} - U_{Re} ; U_b = U_e - U_{eb} \quad (9)$$

$$U_e = 10 - 1,35 = 8,65 \Rightarrow U_e = 8,65 V$$

$$U_b = 8,65 - 0,7 = 7,95 \Rightarrow U_b = 7,95 V$$

$$U_c = 0,61 + 6,12 = 6,73 V \Rightarrow U_c = 6,73 V$$

Deoarece  $U_e > U_b \Rightarrow$  joncțiunea emitor-bază este polarizată direct

Deoarece  $U_c < U_b \Rightarrow$  joncțiunea colector-bază este polarizată invers

*Tranzistorul funcționează în regim activ normal.*

## 5.6. FORMULE DE BAZĂ UTILIZATE ÎN CIRCUITELE CU TRANZISTOARE

Formule utilizate în circuite cu tranzistoare de tip NPN cu emitorul comun.

$$(1) I_E = I_C + I_B \quad (2) I_C = \beta \cdot I_B \quad (3) I_E = (\beta + 1) \cdot I_B$$

$$(4) I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \quad (5) I_{C(max)} = \frac{P_{D(max)}}{V_{CE}}$$

$$(6) I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{R_C} \quad (7) I_{B(min)} = \frac{I_{C(sat)}}{\beta}$$

$$(8) V_{BE} = (0,6 \dots 0,7) V \quad (9) V_{CE(blocare)} = V_{CC}$$

$$(10) V_{CE} = V_{CC} - R_C \cdot I_C - R_E \cdot I_E \quad (11) V_{CB} = V_{CE} - V_{BE}$$

Formule utilizate în circuite de polarizare a bazei din Vcc.

$$(12) V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

$$(13) I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_b}$$

$$(14) I_C = \beta_{CC} \cdot \left( \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_b} \right)$$

Formule utilizate în circuite de polarizare a bazei prin divizor de tensiune.

$$(15) V_B = \left( \frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}} \right) \cdot V_{CC} \quad (16) V_B = V_{BE} + V_{R_E}$$

$$(17) I_C \cong I_E = \frac{V_B - V_{BE}}{R_E}$$

$$(18) V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot (R_C + R_E) \quad (19) V_C = V_{CC} - R_C \cdot I_C$$

$$(20) I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} \quad (21) V_{CE(blocare)} = V_{CC}$$

Formule utilizate în circuite de polarizare cu două surse de tensiune.

$$(22) I_C \cong I_E = \frac{V_{EE} - V_{BE}}{R_E + \frac{R_B}{\beta_{CC}}}$$

$$(23) V_{CE} = V_{CC} + V_{EE} - I_C(R_C + R_E)$$

$$(24) V_E = -V_{EE} + I_E \cdot R_E$$

$$(25) V_B = V_E + V_{BE}$$

$$(26) V_C = V_{CC} - I_C \cdot R_C$$

$$(27) I_{C(sat)} = \frac{V_{CC} - V_{EE}}{R_C + R_E}$$

$$(28) V_{CE(blocare)} = V_{CC} + V_{EE}$$

Formule utilizate în circuite de polarizare cu reacție în colector.

$$(29) I_b = \frac{V_{CC} - U_{be}}{R_c \cdot \beta + R_b}$$

$$(30) I_c = \frac{V_{CC} - U_{be}}{R_c + \frac{R_b}{\beta}} \quad (31) I_c = \beta \cdot I_B$$

$$(32) U_{ce} = V_{CC} - R_c \cdot I_c$$