

## Seminar 3

### S3 ANALIZA ÎN CURENT CONTINUU A SCHEMELOR ELECTRONICE

#### S3.1 Introducere

Pentru a analiza în curent continuu o schemă electronică, trebuie determinate punctele statice de funcționare pentru fiecare tranzistor în parte. PSF-urile se determină pe schema de curent continuu care se extrage din circuitul inițial în urma eliminării tuturor condensatoarelor și a surselor de semnal.

Reamintim că pentru determinarea intensităților curenților de colector a tranzistoarelor este recomandat a se studia traseele, ochiurile de circuit din baza tranzistoarelor, care cuprind joncțiunea bază-emitor a acestora iar pentru determinarea tensiunilor dintre colector și emitor este recomandat a se studia acele trasee sau ochiuri de circuit care cuprind colectorul și emitorul tranzistorului.

După determinarea pentru fiecare tranzistor a celor două mărimi ( $I_C$  și  $U_{CE}$ ) se completează tabelul de mai jos:

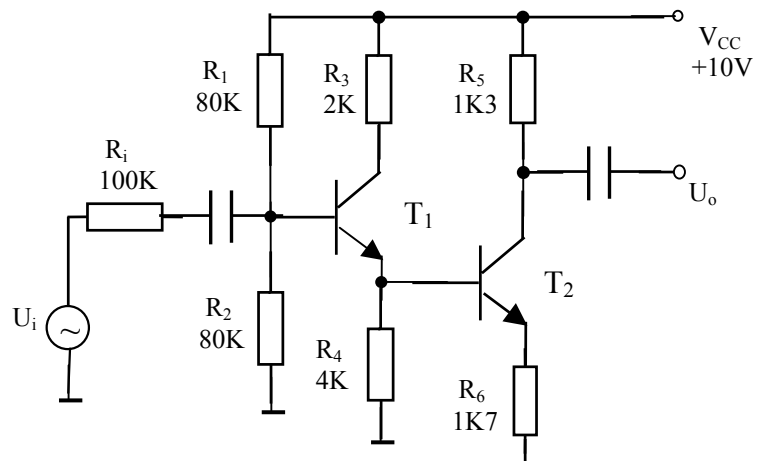
PSF	$T_1$	$T_2$	...	$T_n$
$I_C$ (mA)			...	
$ U_{CE} $ (V)			...	

#### S3.2 Problema 1

$$\beta_0 = 100$$

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

Figura 3.1



Schema echivalentă în curent continuu este prezentată în figura 3.2. În circuitul din baza tranzistorului se face echivalarea Thevenin, rezultând circuitul din figura 3.3.

În urma echivalării Thevenin, se obține:

$$V_{ech} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{CC} = 5V \quad R_{ech} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 40K\Omega$$

$$\left. \begin{aligned} V_{ech} - 0 &= R_{ech} \frac{I_{C1}}{\beta_0} + U_{BE} + R_4 I_4 \\ I_4 &= I_{E1} - I_{B2} \cong I_{C1} \end{aligned} \right\} \Rightarrow I_{C1} \cong 1mA$$

În ochiul din baza tranzistorului T<sub>2</sub> se scrie ecuația KII:

$$R_4 I_{C1} = U_{BE} + I_{C2} R_6 \Rightarrow I_{C2} = 2mA$$

În circuitele de colector ale celor două tranzistoare vom avea:

$$V_{CC} - 0 = R_3 I_{C1} + U_{CE1} + I_{C1} R_4 \Rightarrow U_{CE1} = U_{CC} - R_3 I_{C1} - I_{C1} R_4 = 4V$$

și  $V_{CC} - 0 = R_5 I_{C2} + U_{CE2} + R_6 I_{C2} \Rightarrow U_{CE2} = 4V$

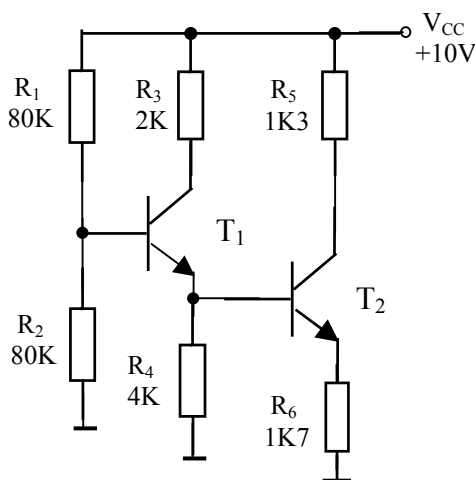


Figura 3.2

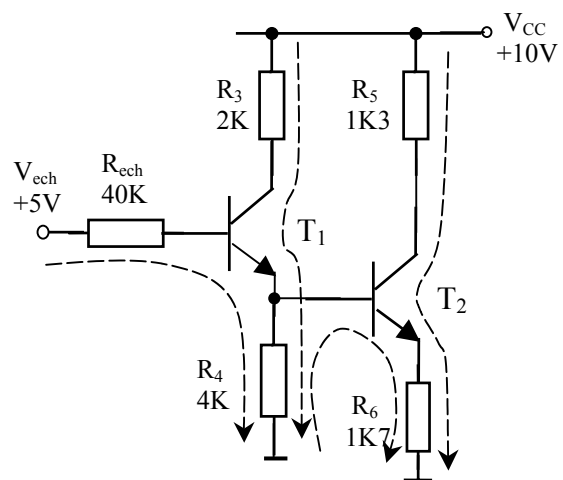


Figura 3.3

Valorile obținute sunt trecute în tabelul de mai jos:

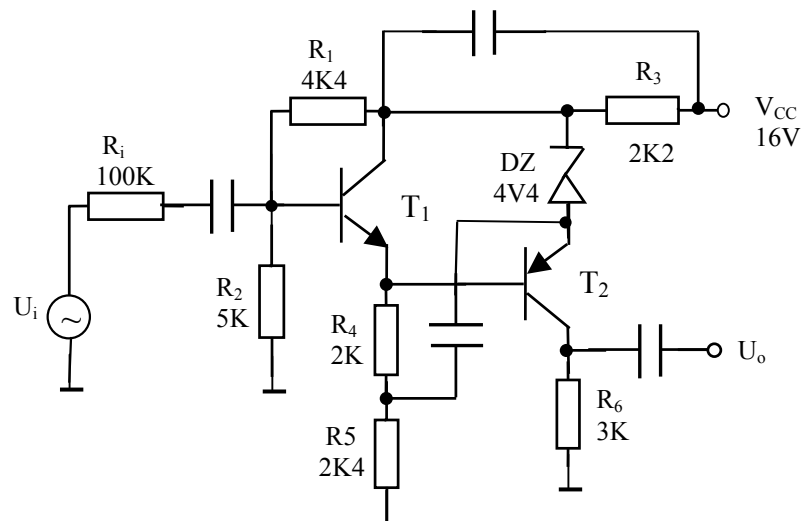
PSF	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
I <sub>C</sub> (mA)	1	2
U <sub>CE</sub> (V)	4	4

### S3.3 Problema 2

$$\beta_0 = 100$$

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

Figura 3.4



Alături este reprezentată schema echivalentă în curent continuu (fig.3.5). Între colectorul și emitorul tranzistorului  $T_1$  avem:

$$U_{CE1} = U_Z + U_{EB2} \Rightarrow U_{CE1} = 5V$$

$$U_{CE1} = R_1 I_1 + U_{BE1} \Rightarrow I_1 = 1mA$$

Deoarece rezistențele  $R_1$  și  $R_2$  au valori relativ mici, curenții care trec prin ele sunt mult mai mari decât curentul de bază al tranzistorului  $T_1$ , de aceea valoarea acestuia poate fi neglijată în raport cu curenții  $I_1$  și  $I_2$ , și deci:  $I_1 \cong I_2$ , de unde rezultă că:

$$R_2 I_1 = U_{BE1} + R_{45} I_{45}$$

$$I_{45} \cong I_{C1} \Rightarrow I_{C1} = 1mA$$

$$\left. \begin{aligned} I_3 &= I_1 + I_{C1} + I_Z; \\ I_Z &= I_{E2} \cong I_{C2} \\ V_{CC} - 0 &= R_3 I_3 + (R_1 + R_2) I_1 \Rightarrow I_3 = 3mA \end{aligned} \right\} \Rightarrow I_{C2} = 1mA$$

$$V_{CC} - 0 = R_3 I_3 + U_Z + U_{CE2} + R_6 I_{C2} \Rightarrow U_{CE2} = 2V$$

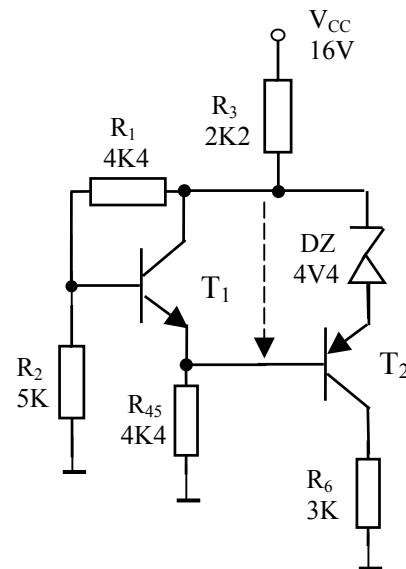


Figura 3.5

PSF	$T_1$	$T_2$
$I_C$ (mA)	1	1
$ U_{CE} $ (V)	5	2

### S3.4 Problema 3

$$\beta_0 = 100$$

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

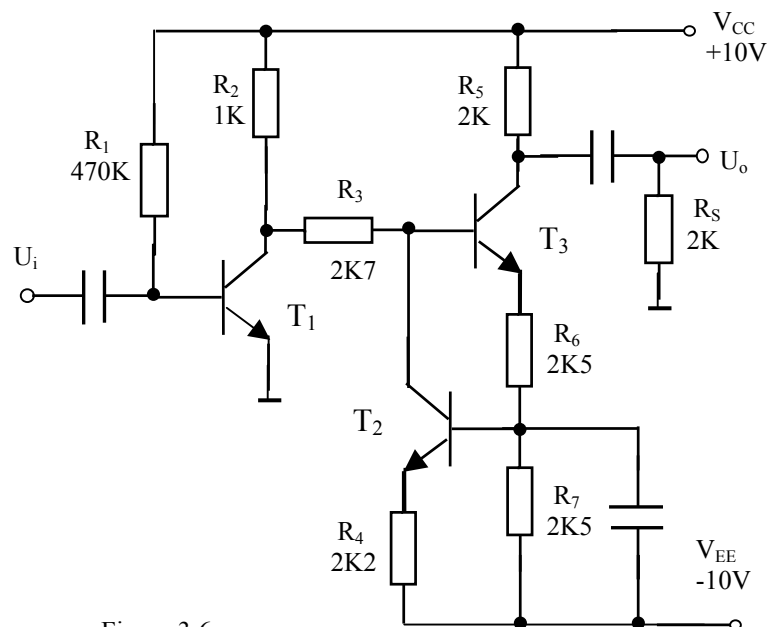


Figura 3.6

Să se determine PSF-urile tranzistoarelor schemei din figura alăturată.

În circuitul dat, în urma eliminării condensatoarelor rezultă schema echivalentă în curent continuu din fig.3.7.

Pentru determinarea punctelor statice de funcționare vom căuta să scriem relații KII între două noduri pe traseele care cuprind joncțiunea BE a tranzistoarelor. Mai întâi determinăm curenții de colector.

Pentru  $T_1$  vom scrie:

$$V_{CC} - 0 = R_1 \frac{I_{C1}}{\beta_0} + U_{BE} \Rightarrow I_{C1} = 2mA$$

În nodul A are loc (KI):

$$I_2 = I_{C1} + I_3 \cong I_{C1} + I_{C2}$$

Pentru  $T_2$  și pentru  $T_3$  vom avea:

$$\begin{cases} R_7 I_{C3} = U_{BE2} + R_4 I_{C2} \\ V_{CC} - V_{EE} = R_2(I_{C1} + I_{C2}) + R_3 I_{C2} + U_{BE3} + (R_6 + R_7) I_{C3} \end{cases}$$

Înlocuind cu valorile din schemă și rezolvând sistemul de mai sus, se obțin soluțiile  $I_{C2} = 2mA$  și  $I_{C3} = 2mA$ .

Cunoscând valorile intensităților curenților de colector ai tranzistoarelor vom determina tensiunile colector-emitor pe traseele de colector. Astfel vom scrie:

$$V_{CC} - 0 = R_2 I_2 + U_{CE1} \Rightarrow U_{CE1} = 6V$$

$$U_{CE1} = (R_3 + R_4) I_{C2} + U_{CE2} - V_{EE} \Rightarrow U_{CE2} = 6,2V$$

$$V_{CC} - V_{EE} = R_5 I_{C3} + U_{CE3} + (R_6 + R_7) I_{C3} \Rightarrow U_{CE3} = 6V$$

PSF	$T_1$	$T_2$	$T_3$
$I_C(mA)$	2	2	2
$U_{CE}(V)$	6	6,2	6

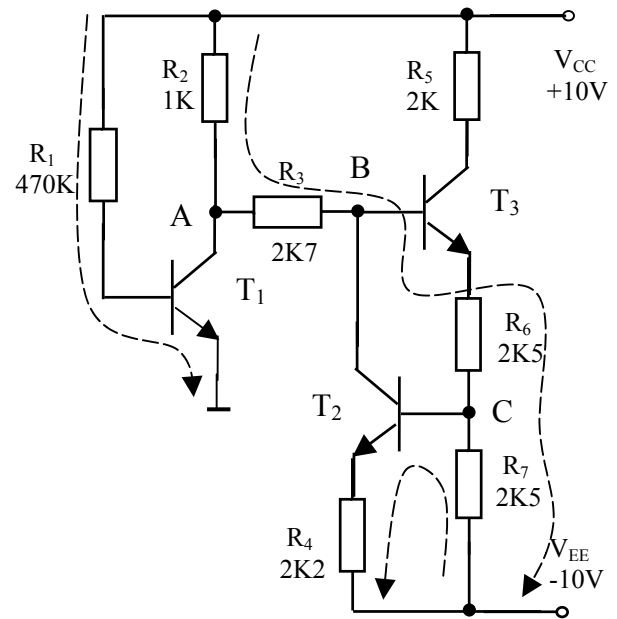


Figura 3.7

### S3.5 Problema 4

$$\beta_0 = 200$$

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

Să se determine PSF-urile tranzistoarelor schemei din figura alăturată.

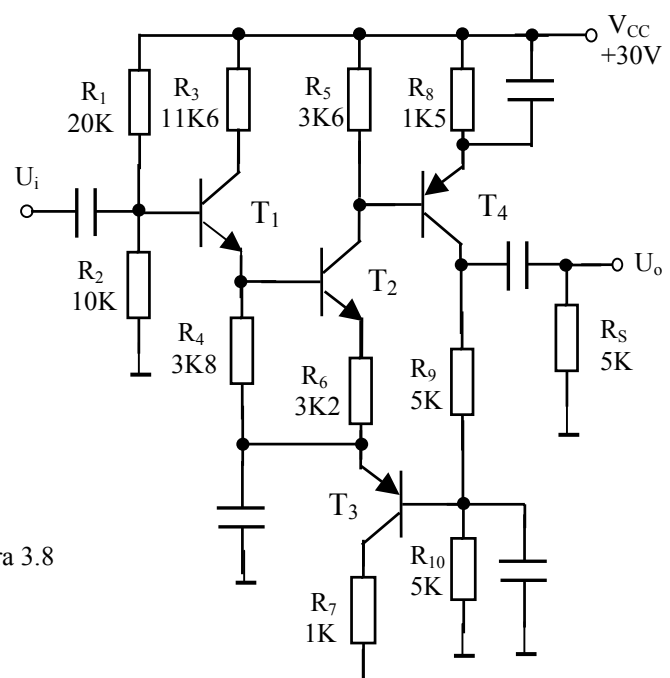


Figura 3.8

În figura alăturată (fig. 3.9) este prezentată schema echivalentă în curent continuu a circuitului din figura 3.8. Deoarece rezistențele din baza tranzistorului  $T_1$  sunt relativ mici, curentul de bază poate fi ignorat față de curenții  $I_1$  și  $I_2$ , care trec prin rezistențele  $R_1$  și, respectiv,  $R_2$ . De aceea în baza lui  $T_1$  avem:

$$V_A = \frac{R_2}{R_2 + R_3}(V_{CC} - 0) = 10V$$

În nodul B din baza lui  $T_2$ :

$$V_B = V_A - U_{BE1} = 9,4V$$

Scriind două ecuații KII, prima între nodul B și masă pe traseul B- $R_6$ -C-D-GND și a doua în ochiul format de rezistențele  $R_5$  și  $R_8$ , vom putea determina intensitățile curenților de colector ale tranzistoarelor  $T_2$  și  $T_4$ .

$$\begin{cases} R_5 I_{C2} = R_8 I_{C4} + U_{EB4} \\ V_B = U_{BE2} + R_6 I_{C2} + U_{EB3} + R_{10} I_{C4} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_{C2} = 1mA \\ I_{C4} = 2mA \end{cases}$$

În ochiul format de rezistențele  $R_4$  și  $R_6$ , între nodurile B și C vom scrie:

$$R_4 I_{C1} = U_{BE2} + R_6 I_{C2} \Rightarrow I_{C1} = 1mA$$

În nodul C scriem KI:

$$I_{C3} = I_{C1} + I_{C2} \Rightarrow I_{C3} = 2mA$$

Cunoscând curenții de colector prin tranzistoare putem imediat determina potențialele nodurilor C, D și E:

$$V_E = V_{CC} - R_5 I_{C2} = 26,4V, \quad V_D = R_{10} I_{C4} = 5V, \quad V_C = V_D + U_{EB3} = 5,6V$$

Tensiunile dintre colectorul și emitorul tranzistoarelor se determină imediat:

$$V_{CC} - V_B = R_3 I_{C1} + U_{CE1} \Rightarrow U_{CE1} = 9V$$

$$V_E - V_C = U_{CE2} + R_6 I_{C2} \Rightarrow U_{CE2} = 17,6V$$

$$V_C - 0 = U_{EC3} + R_7 I_{C3} \Rightarrow U_{EC3} = 3,6V$$

$$V_{CC} - V_D = R_8 I_{C4} + U_{EC4} + R_9 I_{C4} \Rightarrow U_{EC4} = 12V$$

Se completează tabelul cu rezultate:

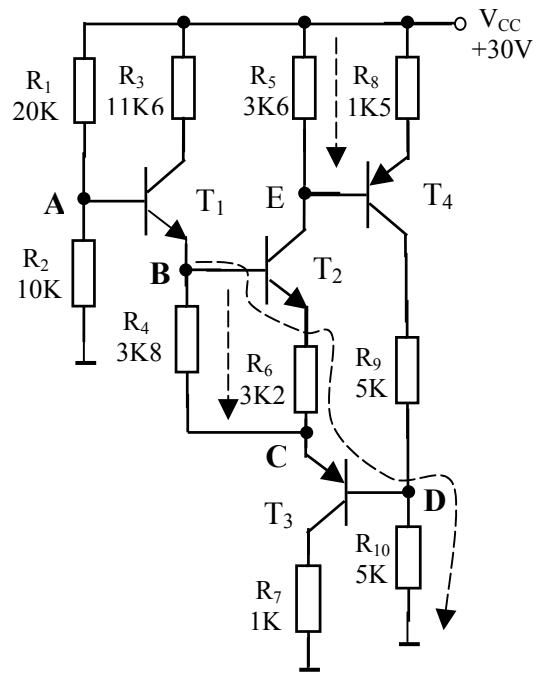


Figura 3.9

PSF	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
I <sub>C</sub> (mA)	1	1	2	2
U <sub>CE</sub> (V)	9	17,6	3,6	12

### **S3.6 Temă de casă**

Să se determine PSF-ul tranzistoarelor pentru următoarele scheme electronice: