**Pregătire 02 - PARȚIALUL-1**

**Probleme cu tranzistoare bipolare (TB)**

**P1.** În circuitul din fig. 1, TB Q1 se caracterizează în PSF prin UEB1=0,7V și β1=190 iar Q2 prin UBE2=0,65V și β2=160.

1. În ce conexiune se găsește fiecare TB?
2. Care este PSF-ul fiecărui tranzistor?
3. Desenați schema de c.a. fără să înlocuiți TB cu modelul de semnal mic;
4. Care este amplificarea de semnal mic a circuitului? Condensatoarele se consideră scurtcircuit.



**Fig. 1.**

**Rezolvare**

1. Ambele TB, atât Q1 cât și Q2 se găsesc în conexiune EC (emitor-comun) deoarece semnalul se aplică în baze (în baza B1 prin condensatorul C1, respectiv în baza B2 prin condensatorul C2) și se culege din colectoare (din colectorul C1 prin condensatorul C2, respectiv din colectorul C2 prin condensatorul C3).
2. Schemele de c.c., cu echivalarea Thevenin în cazul lui Q2 au forma din fig. 2:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| *a)* | *b)* |
| **Fig. 2.** |

PSF al Q1 (fig. 2, *a*)

$$V\_{1}=I\_{E1}R\_{2}+U\_{EB1}+I\_{B1}R\_{1}$$

dar $I\_{E1}=\left(β\_{1}+1\right)I\_{B1}$

și rezultă

$$V\_{1}=\left(β\_{1}+1\right)I\_{B1}R\_{2}+U\_{EB1}+I\_{B1}R\_{1}$$

de unde

$$I\_{B1}=\frac{V\_{1}-U\_{EB1}}{\left(β\_{1}+1\right)R\_{2}+R\_{1}}=\frac{12-0,7}{191∙1k+1500k}=0,00668mA≅6,7μA$$

$$I\_{C1}=β\_{1}I\_{B1}=190×0,0067mA=1,27mA$$

$$I\_{E1}=\left(β\_{1}+1\right)I\_{B1}=191×0,0067mA=1,28mA$$

$$V\_{1}=I\_{E1}R\_{2}+U\_{EC1}+I\_{C1}R\_{3}⇒U\_{EC1}=V\_{1}-\left(I\_{E1}R\_{2}+I\_{C1}R\_{3}\right)=$$

$$=12V-\left(1,28m×1k+1,27m×5k\right)=12V-7,63V=4,37V$$

PSFQ1

UEB1=0,7V

IB1=6,7uA

IC1=1,27mA

UEC1=4,37V

PSF al Q2 (fig. 2, *b*)

$$E\_{Th}=\frac{R\_{5}}{R\_{4}+R\_{5}}×V\_{1}=\frac{18k}{118k}×12V=1,83V$$

$$R\_{Th}=R\_{4}||R\_{25}=\frac{R\_{4}×R\_{5}}{R\_{4}+R\_{5}}=\frac{18k×100k}{118k}=15,25kΩ$$

$$E\_{Th}=I\_{B2}R\_{Th}+U\_{BE2}+I\_{E2}R\_{7}$$

dar $I\_{E2}=\left(β\_{2}+1\right)I\_{B2}$

și rezultă

$$E\_{Th}=I\_{B2}R\_{Th}+U\_{BE2}+\left(β\_{2}+1\right)I\_{B2}R\_{7}$$

de unde

$$I\_{B2}=\frac{E\_{Th}-U\_{BE2}}{\left(β\_{2}+1\right)R\_{7}+R\_{Th}}=\frac{1,83-0,65}{161∙1k+15,25k}=0,00669mA≅6,7μA$$

$$I\_{C2}=β\_{2}I\_{B2}=160×0,0067mA=1,07mA$$

$$I\_{E2}=\left(β\_{2}+1\right)I\_{B2}=161×0,0067mA=1,08mA$$

$$V\_{1}=I\_{C2}R\_{6}+U\_{CE2}+I\_{E2}R\_{7}⇒U\_{CE2}=V\_{1}-\left(I\_{C2}R\_{6}+I\_{E2}R\_{7}\right)=$$

$$=12V-\left(1,07m×5k+1,08m×1k\right)=12V-6,43V=5,57V$$

PSFQ2

UBE2=0,65V

IB2=6,7uA

IC2=1,07mA

UCE2=5,57V

1. Schema de c.a. (de semnal mic) fără înlocuirea TB cu modelul de semnal mic, are forma din fig. 3:



**Fig. 3.**

1. Amplificarea de semnal mic se determină pe schema echivalentă din fig. 4:



**Fig. 4.**

Cu notațiile de pe schema din fig. 4, se poate redesena schema echivalentă de semnal mic, căpătând forma din fig. 5:



**Fig. 5.**

pe care s-au marcat și potențialele din baza B1, Vb1, respectiv baza B2, Vb2, necesare la determinarea rezistențelor de intrare în TB – Q1, Rin,Q1, respectiv Q2, Rin,Q2.

Luând în seamă aceste rezistențe de intrare în tranzistoare, generatorul de semnal, V2, vede un circuit de forma celui din fig. 6, iar la ieșirea din colectorul lui Q1 se vede circuitul cu aspectul din fig. 7:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| **Fig. 6.** | **Fig. 7.** |

$$r\_{π1}=\frac{β\_{1}}{40I\_{C1}}=\frac{190}{40×1,27m}=3,74k$$

$$r\_{π2}=\frac{β\_{2}}{40I\_{C2}}=\frac{160}{40×1,07m}=3,74k$$

De pe fig. 5 se pot scrie relațiile:

$$R\_{in,Q1}=\frac{V\_{b1}}{i\_{b1}}=\frac{i\_{b1}r\_{π1}+\left(β\_{1}+1\right)i\_{b1}R\_{2}}{i\_{b1}}=r\_{π1}+\left(β\_{1}+1\right)R\_{2}=3,74k+191k=194,74k$$

$$R\_{in,Q1}=\frac{V\_{b2}}{i\_{b2}}=\frac{i\_{b2}r\_{π2}+\left(β\_{2}+1\right)i\_{b2}R\_{7}}{i\_{b2}}=r\_{π2}+\left(β\_{2}+1\right)R\_{7}=3,74k+161k=164,74k$$

Amplificarea de semnal mic se scrie

$$A\_{u}=\frac{U\_{out}}{U\_{in}}$$

$U\_{out}=-β\_{2}i\_{b2}R\_{ech2}$ (1)

În baza B2 are loc divizarea curentului (-β1ib1) între Rin,Q2 și Rech1 (fig. 8)



**Fig. 8.**

$RDC⇒i\_{b2}=\frac{R\_{ech1}}{R\_{ech1}+R\_{in,Q2}}\left(-β\_{1}i\_{b1}\right)$ (2)

Pe ochiul de intrare care conține generatorul de semnal V2, se observă că $U\_{in}=V\_{b1}$, de unde

$U\_{in}=i\_{b1}r\_{π1}+\left(β\_{1}+1\right)i\_{b1}R\_{2}⇒i\_{b1}=\frac{U\_{in}}{r\_{π1}+\left(β\_{1}+1\right)R\_{2}}$(3)

ib1 din (3) se înlocuiește în (2) iar ib2 din (2) se înlocuiește în (1) și rezultă:

$$U\_{out}=\left(-β\_{2} R\_{ech2}\right)×\frac{R\_{ech1}}{R\_{ech1}+R\_{in,Q2}}\left(-β\_{1}\right)×\frac{1}{r\_{π1}+\left(β\_{1}+1\right)R\_{2}}$$

$$R\_{ech1}=\frac{1}{\frac{1}{R\_{3}}+\frac{1}{R\_{4}}+\frac{1}{R\_{5}}}=\frac{1}{\frac{1}{5k}+\frac{1}{100k}+\frac{1}{18k}}=3,76kΩ$$

$$R\_{ech2}=\frac{1}{\frac{1}{R\_{6}}+\frac{1}{R\_{8}}}=\frac{1}{\frac{1}{5k}+\frac{1}{15k}}=3,75kΩ$$

$$A\_{u}=\frac{U\_{out}}{U\_{in}}=\left(-160× 3,75k\right)×\frac{3,76k}{3,76k+164,74k}\left(-190\right)×\frac{1}{3,74k+191k}=13,06$$