

Seminar 1. - Amplificatoare de semnal mic.

Pentru circuitul din fig. 1: dispozitive active cu parametri:

$$Q_{1-4} \begin{cases} \beta_F = \beta_0 = 400 \\ V_{BE} \approx 0,6V \\ r_o = r_\mu = \infty \end{cases}$$

$$Q_5 \begin{cases} I_{DSS} = 10mA \\ V_T = -2V \\ r_o = r_{ds} = 100k\Omega \end{cases}$$

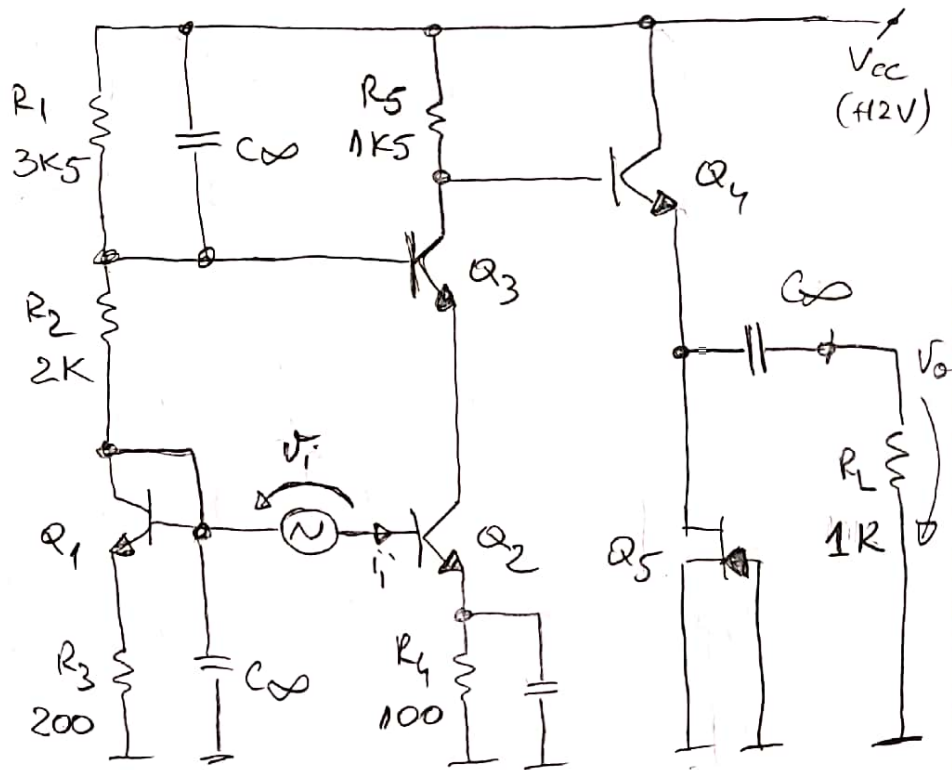


Fig. 1

Să se calculeze:

1. PSF
2. $A_v = ?$
3. $R_i, R_o = ?$
4. $A_i = ?$
5. $A_z = ?$
6. $A_j = ?$

Calculul de c.a. nu va realiza pentru condiții de semnal mic și joasă frecvență.

Rezolvare:

1. PSF.

P. Q_{1-4} în RAM și Q_5 în saturatie

$$I_{C1} \approx \frac{V_{CC} - V_{BE1}}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{11,4V}{5,7k\Omega} = 2mA$$

$$I_d = 2mA$$

$Q_{1,2}$ furnizează o oglindă de curent cu degenerare pe emitorul tranzistorilor.

$$R_3 \cdot I_{C1} + V_{BE1} = R_4 \cdot I_{C2} + V_{BE2}$$

$$V_{BE1} \approx V_{BE2} \Rightarrow R_3 I_{C1} \approx R_4 I_{C2} \Rightarrow I_{C2} = \frac{R_3}{R_4} \cdot I_{C1} = 2 I_{C1}$$

$$\boxed{I_{C2} = 4 \text{ mA}}$$

Transistorul Q_2 și Q_3 sunt mirriate $\Rightarrow \boxed{I_{C2} = I_{C3} = 4 \text{ mA}}$

$$V_{GS5} = 0 \Rightarrow I_{D5} = I_{OSS} = 10 \text{ mA}$$

Cum Q_4 este mirriat cu $Q_5 \Rightarrow \boxed{I_{C4} = I_{D5} = 10 \text{ mA}}$

$$V_{CE1} = V_{BE1} = 0,6 \text{ V}$$

$$V_{CE2} = V_{CC} - I_{C1} R_1 - V_{BE3} - I_{C2} R_4 = 4 \text{ V}$$

$$V_{CE3} = V_{CC} - I_{C2} (R_5 + R_4) - V_{CE2} = 1,6 \text{ V}$$

$$V_{DS5} = V_{CC} - R_5 I_{C3} - V_{BE4} = 5,4 \text{ V}$$

$$V_{CE4} = V_{CC} - V_{DS5} = 6,6 \text{ V}$$

Se verifică regimul activ pentru tranzistoare:

$$Q_1 \begin{cases} I_{C1} = 2 \text{ mA} \\ V_{CE1} = V_{BE1} = 0,6 \text{ V} \end{cases} \Rightarrow \text{liniar RAN}$$

$$Q_4 \begin{cases} I_{C4} = 10 \text{ mA} \\ V_{BE4} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE4} = 6,6 \text{ V} > V_{BE4} \end{cases} \Rightarrow \text{RAN}$$

$$Q_2 \begin{cases} I_{C2} = 4 \text{ mA} \\ V_{BE2} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE2} = 4 \text{ V} > V_{BE2} \end{cases} \Rightarrow \text{RAN};$$

$$Q_3 \begin{cases} I_{C3} = 4 \text{ mA} \\ V_{BE3} = 0,6 \text{ V} \\ V_{CE3} = 1,6 \text{ V} > V_{BE3} \end{cases} \Rightarrow \text{RAN};$$

$$Q_5 \begin{cases} I_{D5} = 10 \text{ mA} \\ V_{GS5} = 0 > V_T \\ V_{DS5} = 5,4 \text{ V} > V_{GS5} - V_T = 2 \text{ V} \end{cases} \Rightarrow \text{SAT.}$$

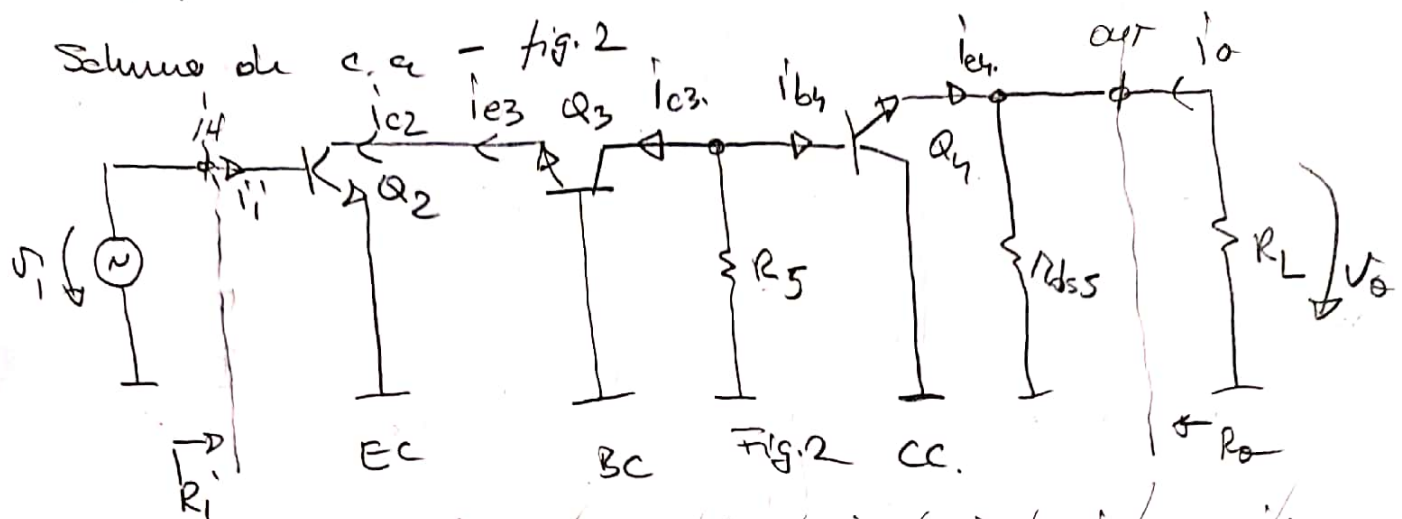
$$g_{m2} = g_{m3} = 40 \cdot I_{C2} = 160 \text{ mS};$$

$$g_{m4} = 40 \cdot I_{C4} = 400 \text{ mS}$$

$$r_{\pi 2} = r_{\pi 3} = \frac{\beta}{g_{m2}} = 2,5 \text{ k}\Omega;$$

$$r_{\pi 4} = \frac{\beta}{g_{m4}} = 1 \text{ k}\Omega$$

2). $A_v = ?$



$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{v_o}{i_o} \cdot \frac{i_o}{i_{e4}} \cdot \frac{i_{e4}}{i_{b4}} \cdot \frac{i_{b4}}{i_{c3}} \cdot \frac{i_{c3}}{i_{e3}} \cdot \frac{i_{e3}}{i_{c2}} \cdot \frac{i_{c2}}{i_i} \cdot \frac{i_i}{v_i}$$

$$\approx -R_L \left(\frac{-r_{ds5}}{r_{ds5} + R_L} \right) \cdot \beta \cdot \left(-\frac{R_5}{R_5 + r_{u4} + (\beta + 1)(r_{ds5} \parallel R_L)} \right) \cdot 1 \cdot 1 \cdot \beta \cdot \frac{1}{r_{u2}} =$$

$$= - \underbrace{(R_L \parallel r_{ds5})}_{\approx R_L} \cdot \beta^2 \cdot \frac{R_5}{R_5 + r_{u4} + \beta \cdot R_L} \cdot \frac{1}{r_{u2}} \cdot R_L \cdot \beta^2 \cdot \frac{R_5}{\beta \cdot R_L} \cdot \frac{1}{r_{u2}} =$$

$$\approx -g_{m2} \cdot R_5$$

$$A_v = -g_{m2} \cdot R_5 = -240$$

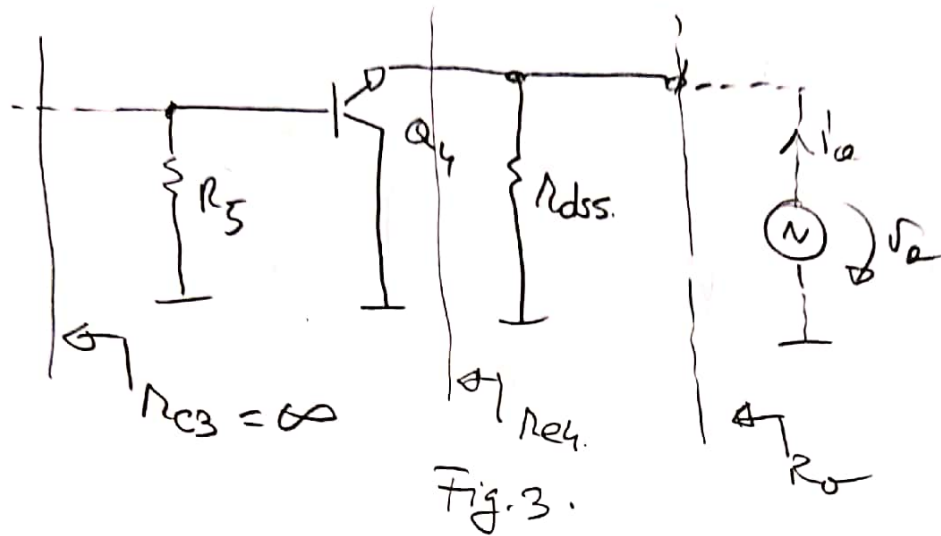
3) $R_1 = \frac{v_i}{i_i}$

$$R_1 = r_{u2} = 2,5 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = \frac{v_o}{i_o} \Big|_{v_i=0, R_L=\infty}$$

Donc $v_i = 0 \Rightarrow v_{be2} = 0 \Rightarrow i_{c2} = g_m v_{be2} = 0 \Rightarrow i_{e3} = i_{e2} = 0 \Rightarrow$
 $\Rightarrow i_{c3} = 0 \Rightarrow r_{c3} = \infty$ (puisque r_{c3} est une r.c. a $v_{be2} = 0$ et $v_{be3} = 0$)

Pentru calculul lui R_o circuitul din fig. 2 se reduce (în cond. de calcul de lui R_o) la circ. din fig. 3.



Ca urmare:

$$R_o = R_{dss} \parallel R_{eq} \quad \text{unde } R_{eq} = \frac{R_{g4} + R_5}{\beta + 1} = 6,25 \Omega$$

$$\boxed{R_o \approx R_{eq} = 6,25 \Omega}$$

$$4. A_i = \frac{i_o}{i_i}$$

Cum A_v este cunoscută se va exprima A_i în funcție de A_v .

$$A_i = \frac{i_o}{i_i} = \underbrace{\frac{i_o}{v_o}}_{-\frac{1}{R_L}} \cdot \underbrace{\frac{v_o}{v_i}}_{A_v} \cdot \underbrace{\frac{v_i}{i_i}}_{R_i} = -\frac{R_i}{R_L} \cdot A_v = 96000$$

$$\boxed{A_i = 96000}$$

$$5. A_z = \frac{v_o}{i_i} = \underbrace{\frac{v_o}{v_i}}_{A_v} \cdot \underbrace{\frac{v_i}{i_i}}_{R_i} = |A_v| \cdot R_i = 600 \text{ k}\Omega \quad \boxed{A_z = 600 \text{ k}\Omega}$$

$$6. A_y = \frac{i_o}{v_i} = \frac{i_o}{v_o} \cdot \frac{v_o}{v_i} = \left| -\frac{1}{R_L} \cdot A_v \right| = \left| -\frac{A_v}{R_L} \right| = 240 \text{ k}\Omega^{-1} \quad \boxed{A_y = 240 \text{ k}\Omega^{-1}}$$