Seminar

Amplificatoare de semnal mic – 3

Pentru amplificatorul din fig. se cunosc:

$Q_{1,2}$ { $K_n' = 25\mu A/V2$; $V_T = 2V$

Q_3 { $I_{DSS} = 2mA$; $V_T = -1V$

$Q_{4,5}$ { $V_{BE} \simeq 0,6V$; $\beta_F = \beta_0 = 250$

D_Z { $V_Z = 8V$; $I_{Z,min} = 1mA$; $R_Z \simeq 0\Omega$

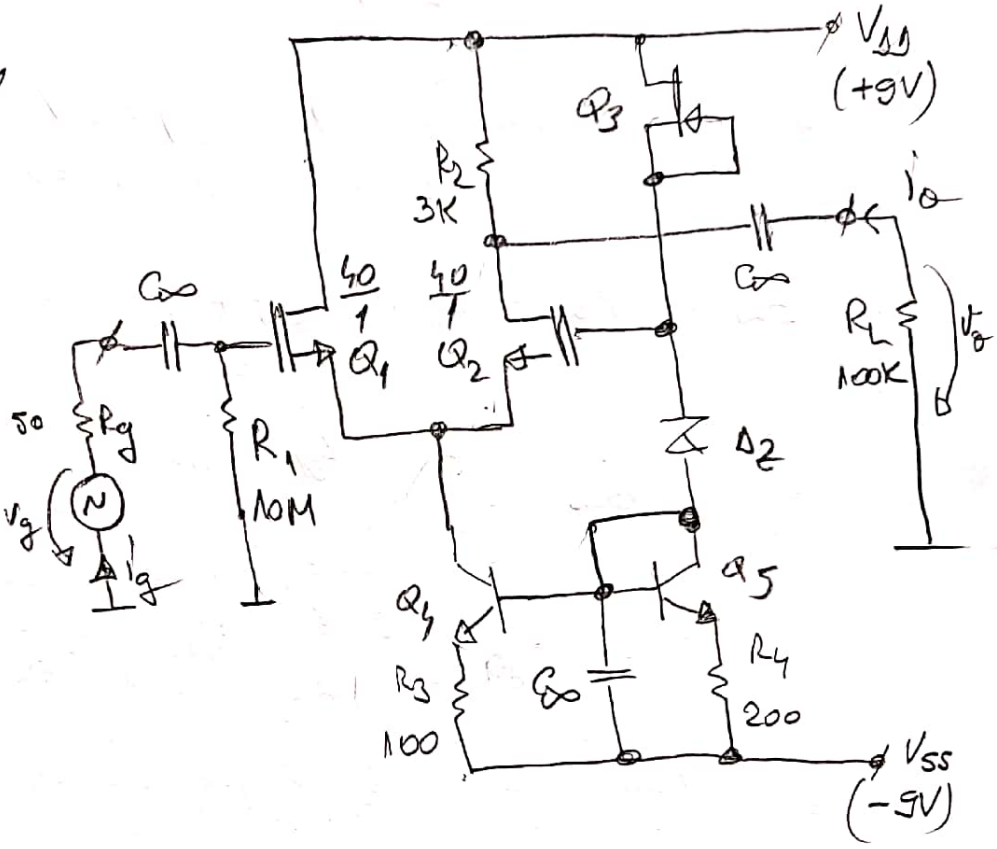


Fig. 1

Se se calculeze:

1) psf. ; 2) $A_v = ?$; 3) $R_i, R_o = ?$; 4) $A_{vg} = ?$; 5) $A_i, A_{ig} = ?$

6) $A_z, A_{zg}, A_y, A_{yg} = ?$ Calculele de c.a se vor realiza pentru semnal mic și joase frecvențe.

1) psf. pp. $Q_{1,2,3}$ în saturație, $Q_{4,5}$ în RAN și C_∞ în gol.

$V_{GS3} = 0V \Rightarrow I_{D3} = I_{DSS} = 2mA$ $\boxed{I_{D3} = 2mA}$

Se Q_3, D_Z, Q_5 și R_4 sunt străbătute. Rezultă:

$I_{D3} = I_Z = I_{C5} = I_{R4} = 2mA$

Tranzistoarele Q_4 și Q_5 sunt în oglindă de curent cu degenerare pe emitor. Știind $V_{BE5} = V_{BE4}$, rezultă:

$$R_4 \cdot I_{C5} = R_3 \cdot I_{C4}.$$

$$I_{C4} = \frac{R_4}{R_3} \cdot I_{C5} = 4\,mA \qquad \boxed{I_{C4} = 2 I_{C5} = 4\,mA}$$

În curent continuu, $V_{G1} = 0V$ (curentul care curge prin rezistorul R_1 este $I_{G1} = 0 \Rightarrow R_1 \cdot I_{G1} = 0$) - zero volți

$$V_{G2} = V_{SS} + V_Z + V_{BE5} + R_4 \cdot I_{C5} = 0V$$

$$\left.\begin{array}{l} Q_1 \equiv Q_2 \\ V_{GS1} = V_{GS2} \end{array}\right\| \Rightarrow \quad I_{D1} = I_{D2} = \frac{I_{C4}}{2} = 2\,mA$$

$$V_{GS1} = V_{GS2} = V_T \pm \sqrt{\frac{2 I_{D1}}{K_n' \frac{W}{L}}} = \left(2 \pm \sqrt{\frac{4}{0{,}025 \cdot 40}}\right)V = 2V \pm 2V \begin{cases} V_{GS1}' = 4V \\ V_{GS1}'' = 0V \end{cases}$$

Cum tranzistorul trebuie să fie în conducție $\Rightarrow \boxed{V_{GS1} = V_{GS2} = 4V}$

$$V_{DS1} = V_{DG1} + V_{GS1} = V_{DD} + V_{GS1} = 13V$$

$$V_{DS2} = V_{DD} - R_2 \cdot I_{D2} + V_{GS2} = 7V$$

$$V_{DS3} = V_{DD} - V_{G2} = 9V$$

$$V_{CE4} = V_{G1} - V_{SS} - V_{GS1} - R_3 \cdot I_{C4} = 4{,}6V$$

$$V_{CE5} = V_{BE5} = 0{,}6V$$

$$g_{m1} = g_{m2} = K_n' \frac{W}{L}(V_{GS} - V_T)$$

$$g_m = g_{m1} = g_{m2} = 2\,k\Omega^{-1}$$

Q_1 $\begin{cases} I_{D1} = 2mA \\ V_{GS1} = 4V > V_T = 2V \\ V_{DS1} = 13V > V_{GS1} - V_T = 2V \end{cases} \Rightarrow$ sat;

Q_2 $\begin{cases} I_{D2} = 2mA \\ V_{GS2} = 4V > V_T = 2V \\ V_{DS2} = 7V > V_{GS2} - V_T = 2V \end{cases} \Rightarrow$ sat;

Q_3 $\begin{cases} I_{D3} = 2mA \\ V_{GS3} = 0V > V_T = 2V \\ V_{DS3} = 9V > V_{GS3} - V_T = 2V \end{cases} \Rightarrow$ not;

A_2 $\begin{cases} V_Z = 8V \\ I_Z = 2mA > I_{Z,min} \end{cases}$ STAB.

Q_4 $\begin{cases} I_{C4} = 4mA \\ V_{BE4} = 0{,}6V \\ V_{CE4} = 4{,}6V > V_{BE} \end{cases} \Rightarrow$ RAN;

Q_5 $\begin{cases} I_{C5} = 2mA \\ V_{BE} = 0{,}6V \\ V_{CE5} = 0{,}6V = V_{BE} \end{cases} \Rightarrow$ RAN;

2) $A_v = ?$

Schema echiv. c.a

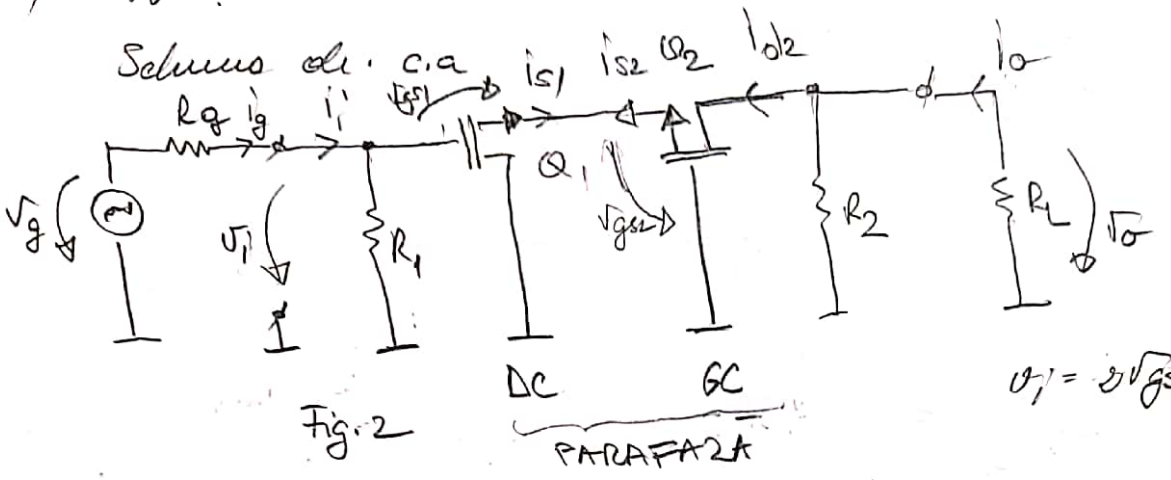


Fig. 2

PARAFA2A

$v_i = v_{gs1}$

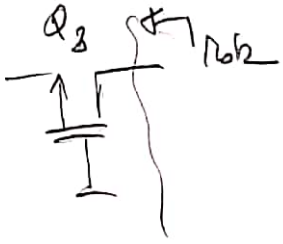
$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{v_o}{i_{d2}} \cdot \frac{i_{d2}}{i_{s2}} \cdot \frac{i_{s2}}{i_{s1}} \cdot \frac{i_{s1}}{v_{gs1}} \cdot \frac{v_{gs1}}{v_i} =$$

$$= -(R_2 \| R_L) \cdot 1 \cdot (-1) \cdot g_{m1} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2} g_{m1} (R_2 \| R_L) \approx \frac{1}{2} g_{m1} R_2$$

$$\boxed{A_v = \frac{1}{2} g_{m1} \cdot R_2}$$

$$A_v = \frac{1}{2} \cdot 2\,k\Omega \cdot 3\,k\Omega = 3 \qquad \boxed{A_v = 3}$$

3) $R_i' = \frac{v_i}{i_i} = R_1 = 10\,M\Omega$



$$R_o = \left.\frac{v_o}{i_o}\right|_{\substack{v_i = 0 \\ R_L = \infty}} = R_2 = 3\,k\Omega$$

Fie $v_i = 0 \Rightarrow v_{gs1} = 0 \Rightarrow v_{gs2} = 0 \Rightarrow i_{d2} = 0 \Rightarrow R_{d2} = \infty$

4) $A_{vg} = \frac{v_o}{v_g} = \frac{v_o}{v_i} \cdot \frac{v_i}{v_g} = A_v \cdot \frac{v_i}{v_g} = A_v$

$$v_i = \frac{R_1}{R_1 + R_g} v_g \Rightarrow \frac{v_i}{v_g} = \frac{R_1}{R_1 + R_g} \approx 1$$

5) $A_i = \frac{i_o}{i_i} = \frac{i_o}{v_o} \cdot \frac{v_o}{v_i} \cdot \frac{v_i}{i_i} = -\frac{R_i'}{R_L} \cdot A_v = -300.$

$$A_{ig} = \frac{i_o}{i_g} = \frac{i_o}{i_i} \cdot \frac{i_i}{i_g} = A_i \underbrace{\frac{i_i}{i_g}}_{1} = A_i = 300.$$

6) $$A_k = \frac{u_o}{i_i} = \frac{u_o}{u_i} \cdot \frac{u_i}{i_i} = |A_u| \cdot R_i = 30\,M\Omega$$

$$A_{ug} = \left.\frac{u_o}{i_g}\right| = A_k$$
$$i_i = i_g$$

$$A_y = \frac{i_o}{u_i} = \frac{i_o}{u_o} \cdot \frac{u_o}{u_i} = \left| \frac{1}{R_L} \cdot A_u \right| = \frac{3}{100}\,k\Omega^{-1} = 0{,}03\,k\Omega^{-1}$$

$$A_{yg} = \frac{i_o}{u_g} = \frac{i_o}{u_i} \cdot \frac{u_i}{u_g} = A_y \cdot \underbrace{\frac{u_i}{u_g}}_{1} = A_y$$