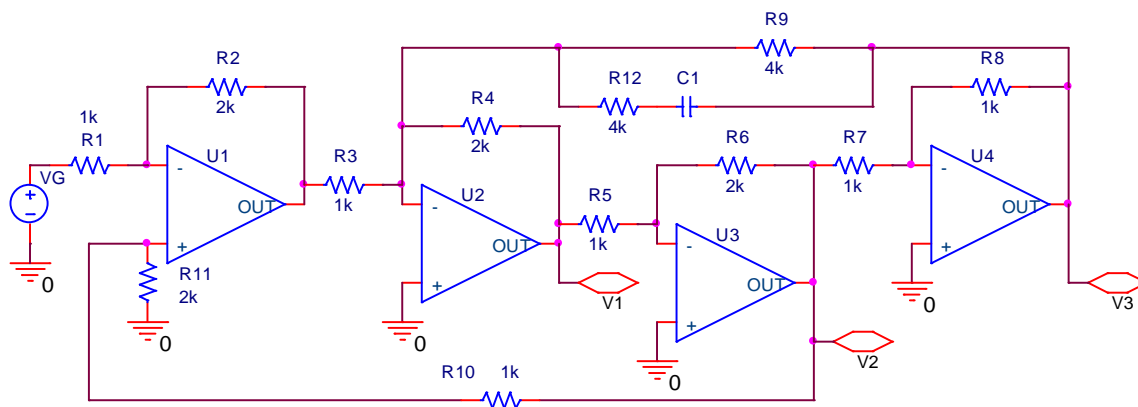


REŠENJA

1. a)  $U_{OUT} = -\frac{1}{2}RI_{G1} - \frac{1}{2}U_{G1} + \frac{1}{4}U_{G2}$   
 b)  $P_{I_{G1}} = I_{G1} \left( \frac{1}{2}RI_{G1} - \frac{1}{2}U_{G1} - \frac{1}{4}U_{G2} \right)$   
 c)  $P_{U_{G1}} = \frac{U_{G1}}{R} \left( \frac{1}{2}RI_{G1} + \frac{1}{2}U_{G1} + \frac{1}{4}U_{G2} \right)$   
 d)  $P_{U_{G2}} = \frac{U_{G2}}{2R} \left( \frac{1}{2}RI_{G1} + \frac{1}{2}U_{G1} + \frac{3}{4}U_{G2} \right)$

4.



a) Ako je  $v_G = 1V \sin(\omega t)$  a  $C1 \rightarrow \infty$ , odrediti potencijale  $v_1(t)$ ,  $v_2(t)$  i  $v_3(t)$ .  
 $C1$  je kratak spoj za naizmenični signal. Zbog toga se u grani povratne sprege vidi  $R_9 || R_{12} = 2k$ . Ta paralelna veza će biti označena sa  $R_{99}$  da bi se kasnije iskoristile iste jednačine. Izlaz U1 je označen sa  $v_x$

$$v_2 = -2v_1$$

$$v_3 = -v_2 = 2v_1$$

$$v_1 = -2v_x - v_3 * R_4/R_{99} = -2v_x - v_3 = -2v_x - 2v_1$$

Iz prethodne jednačine sledi

$$3v_1 = -2v_x$$

$$v_1 = -2v_x/3; \quad -3v_1/2 = v_x$$

$$v_x = 2v_2 - 2v_g = -4v_1 - 2v_g = -3v_1/2$$

$$-4v_1 + 3v_1/2 = 2v_g$$

$$-5v_1/2 = 2v_g \rightarrow v_1 = -4v_g/5, \quad v_2 = +8v_g/5, \quad v_3 = -8v_g/5$$

$$v_1 = -0.8 V \sin(\omega t)$$

$$v_2 = 1.6 V \sin(\omega t)$$

$$v_3 = -1.6 V \sin(\omega t)$$

b)  $C1$  je otvorena veza

$$V_1 = -2V_x - V_3 * R_4/R_9 = -2V_x - V_3/2 = -2V_x - V_1$$

$$V_1 = -V_x$$

Prethodno je određeno da je  $V_x = 2V_2 - 2V_g = -4V_1 - 2V_g$   
 Sledi:

$$-V_1 = -4V_1 - 2V_g \rightarrow V_1 = -2V_g/3, \quad V_2 = +4V_g/3, \quad V_3 = -4V_g/3$$

$$V_1 = -0.667 V$$

$$V_2 = 1.333 V$$

$$V_3 = -1.333 \text{ V}$$

c) Potrebno je odrediti pojačanje sa reakcijom za U4

$$V_3 = -V^- = -(V_2 + V_3)/2$$

$$3V_3 = -V_2 \rightarrow V_3 = -V_2/3 = 2V_1/3$$

$$V_1 = -2V_X - V_3 \cdot R_4/R_9 = -2V_X - V_3/2 = -2V_X - V_1/3 \rightarrow V_X = -2V_1/3$$

Pošto je i  $V_X = 2V_2 - 2V_g = -4V_1 - 2V_g$

Tada je  $-2V_1/3 = -4V_1 - 2V_g$

$$-V_1/3 = -2V_1 - V_g \rightarrow V_1 = -3/5 V_g$$

$$V_1 = -0.6 \text{ V}$$

$$V_2 = 1.2 \text{ V}$$

$$V_3 = -0.4 \text{ V}$$

5. a) Deo kola povezan na bazu tranzistora se može predstaviti ekvivalentnim Tevenenovim generatorom:

$$V_{TT} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 4 \text{ V}$$

$$R_{TT} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 2.4 \text{ k}\Omega$$

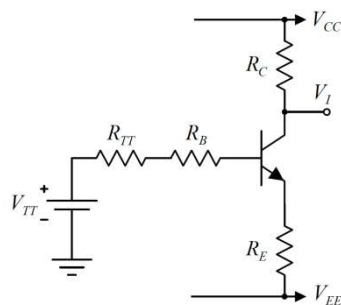
Uz pretpostavku da tranzistor radi u aktivnom režimu, na osnovu slike važi

$$V_{TT} - \frac{(R_{TT} + R_B)I_C}{\beta} - V_{BE} - R_E \frac{1 + \beta}{\beta} I_C = 0$$

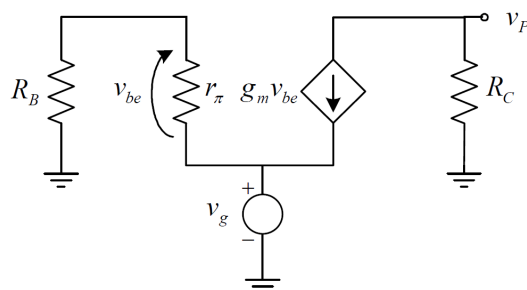
Odakle sledi:

$$I_C = \beta \frac{V_{TT} - V_{BE}}{R_{TT} + R_B + (1 + \beta)R_E} = 13.41 \text{ mA}$$

$$V_I = V_{CC} - R_C I_C = 7.31 \text{ V}$$



b) Ekvivalentno kolo pojačavača za male signale je prikazano na slici ispod:



Za kolo sa slike važi:

$$v_p = -g_m v_{be} R_C$$

$$v_{be} = -\frac{r_\pi}{R_B + r_\pi} v_g$$

$$A_v = \frac{v_p}{v_g} = \frac{g_m r_\pi R_C}{R_B + r_\pi}$$

Ulazna otpornost je jednaka:

$$R_u = R_E \parallel \frac{R_B + r_\pi}{1 + \beta}.$$

c) Parametri u modelu tranzistora za male signale u mirnoj radnoj tački su:

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = 0.54S$$

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = 186\Omega$$

Odakle sledi da je :

$$A_V = 9.13$$

$$R_u = 19\Omega$$

6. a) S obzirom da je kolo simetrično može se zaključiti da je

$$I_{D1} = I_{D2}, V_{D1} = V_{D2}$$

Imajući u vidu da je

$$V_{D1} = V_{D2} = -V_{DD} + R_D I_{D1} = -5V,$$

dobija se

$$I_{D1} = I_{D2} = 1mA,$$

te je, na osnovu simetrije kola,

$$I_{RSS} = I_{D1} + I_{D2} = 2mA.$$

Ako se pretpostavi da tranzistori rade u režimu zasićenja onda je

$$V_{SG1} = V_{SG2} = V_t + \sqrt{2I_{D1} / k_p} = 4V,$$

te je

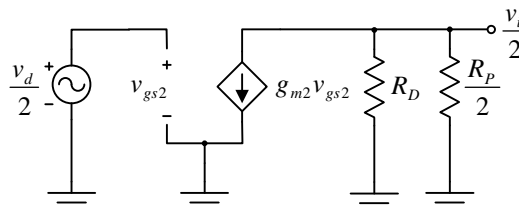
$$V_{S1} = V_{S2} = 0 - V_{GS1} = 4V.$$

Otpornost  $R_{SS}$  u sorsu ima vrednost

$$R_{SS} = \frac{V_{DD} - V_{S1,2}}{I_{RSS}} = 3k\Omega.$$

b) Ekvivalentna polovina kola za male signale pri pobudi diferencijalnim signalom data je na slici 1. Na osnovu ove slike se određuje diferencijalno pojačanje pojačavača

$$A_d = -g_m R_D \parallel (R_p / 2).$$



Slika 1

Transkonduktansa tranzistora u mirnoj radnoj tački je

$$g_{m1,2} = \sqrt{2k_p I_{D1,2}} = 2mS,$$

a diferencijalno pojačanje pojačavača iznosi

$$A_d = -5.$$