

OSNOVI ELEKTRONIKE

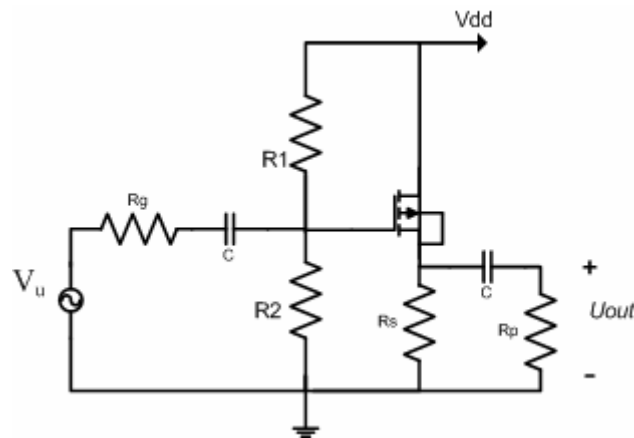
Zadaci za vežbu

1. Za kolo sa slike 1. izračunati:

a) Položaj mirne radne tačke

b) Naponsko pojačanje $A_v = U_{out}/V_u$ i izlaznu otpornost ako je $C \rightarrow \infty$.

Poznato je $R_g = 5k\Omega$, $R_1 = 100k\Omega$, $R_2 = 54,5k\Omega$, $R_s = 2k\Omega$, $R_p = 2k\Omega$, $V_T = 0.6V$, $B = 2mA/V^2$, $V_{dd} = 10V$



Slika 1.

Rešenje:

a) Iz sistema jednačina:

$$I_{DQ} = \frac{B}{2} (V_{GSQ} - V_T)^2$$

$$V_{GSQ} = -R_S I_{DQ} + V_{DD} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

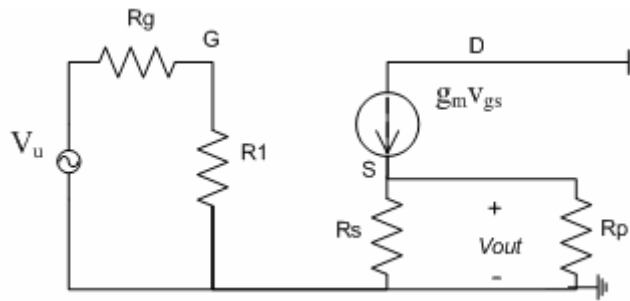
dobija se da važi:

$$I_{DQ} \approx 1.6mA, \quad V_S = 13.2V, \quad V_{GS} = 3.27V,$$

$$V_{DS} = V_{DD} - V_S = 6.8V > V_{GS} - V_T \Rightarrow \text{tranzistor je u zasićenju}$$

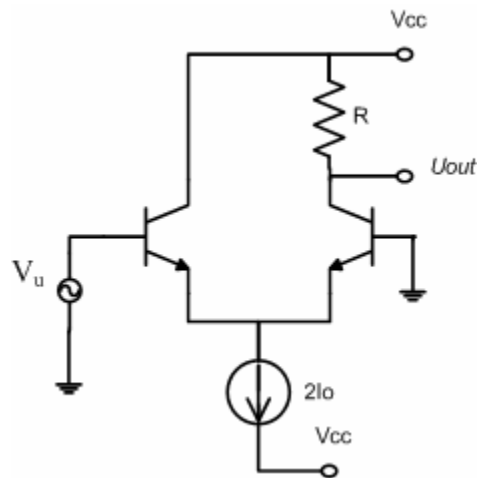
b) Iz šeme za male signale sa slike 1a) dobija se izraz za naponsko pojačanje

$$A_v = \frac{U_{OUT}}{V_u} = \frac{R_1 \parallel R_2}{R_g + R_1 \parallel R_2} \frac{g_m R_S \parallel R_P}{1 + g_m R_S \parallel R_P}$$



Slika 1a)

2. Za kolo sa slike 2. odrediti jednosmerne napone i struje u kolu i izračunati naponsko pojačanje ako je poznato: $I_o = 0.5\text{mA}$, $R = 10\text{k}\Omega$, $V_{BE} = 0.7\text{V}$, $\beta_F = 100$, $V_{CC} = 20\text{V}$, $V_T = 25\text{mV}$.

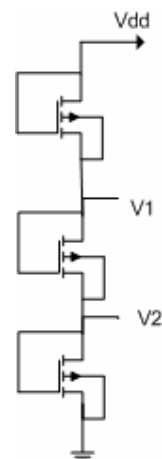


Slika 2.

Rešenje:

$$I_{C1} = I_{C2} = I_o, V_P = V_{CC} - RI_o = 15\text{V}, A_V = g_m R / 2 = I_o R / 2V_T = 100$$

3. Naponski razdelnik prikazan na slici 3. napravljen je od tranzistora identičnih karakteristika $V_T = 0.6\text{V}$, $B = 2\mu\text{A}/\text{V}^2$. Ukoliko je napajanje $V_{DD} = 12\text{V}$ odrediti napone V_1 i V_2 .



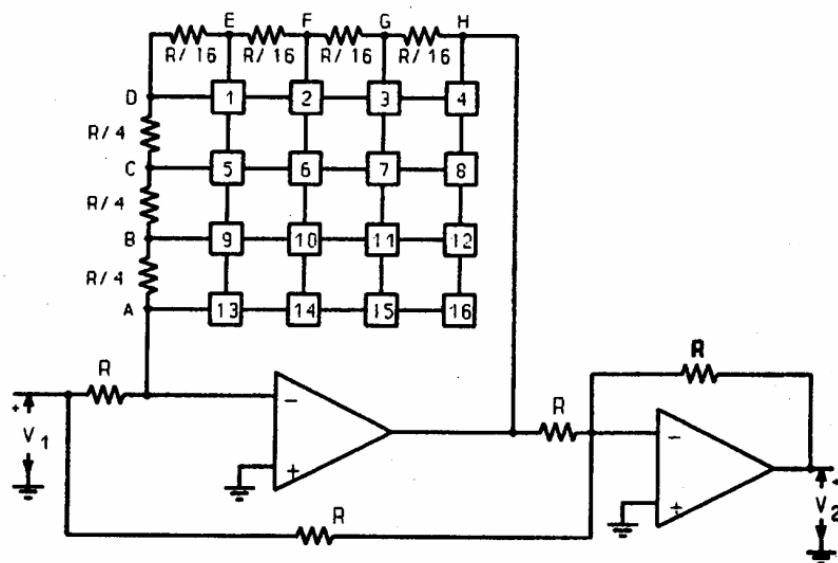
Slika 3.

Rešenje:

Svi tranzistori su u zasićenju sa istim strujama pa su i naponi između gejta i sorsa kod svih tranzistora isti. Odatle sledi da je

$$I_1 = 8V, \text{ a } V_2 = 4V.$$

4. U kolu sa slike 4. dva otpornička niza, vertikalni A, B, C, D i horizontalni E, F, G, H su priključeni na tastaturu. Pritiskanjem jednog tastera kratko se spajaju tačke na vertikalnom i horizontalnom nizu koje su nacrtane u viini tastera. Na primer pritiskanjem tastera 10 spajaju se tačke B i F. Odrediti izlazni napon u funkciji broja n obeleženih tastera. Šta se dešava ako se istovremeno stisnu dva tastera?



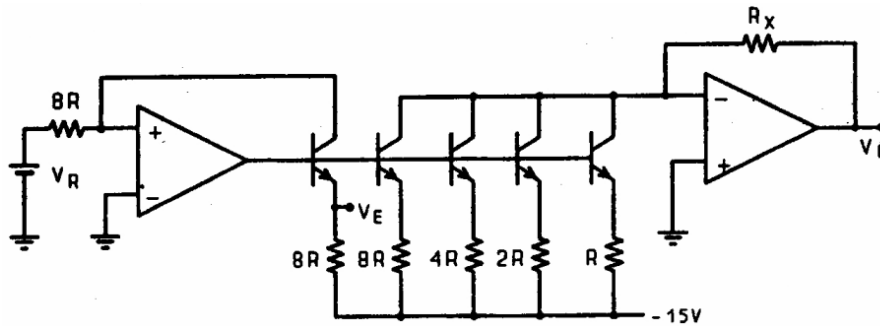
Slika 4.

Rešenje:

$$V_2 = -nV_1/16, \quad n = 1, \dots, 16$$

Zavisi od položaja tastera. Ukoliko su u istoj vrsti ili koloni dobija se izlazni napon koji odgovara većem broju. Za ostale kombinacije to ne važi.

5. Odrediti vrednost izlaznog napona u kolu sa slike 5. ukoliko je poznato da je strujno pojačanje jako veliko i da važi, $R_X = 4k\Omega$, $R = 10k\Omega$, $V_{BE} \approx 0V$, $V_R = 10V$.



Slika 5.

Rešenje:

$$V_E = -15 + 8R \frac{V_R}{R} = -5V$$

$$V_I = R_X (V_E + 15) \left(\frac{1}{8R} + \frac{1}{4R} + \frac{1}{2R} + \frac{1}{R} \right) = 7.5V$$

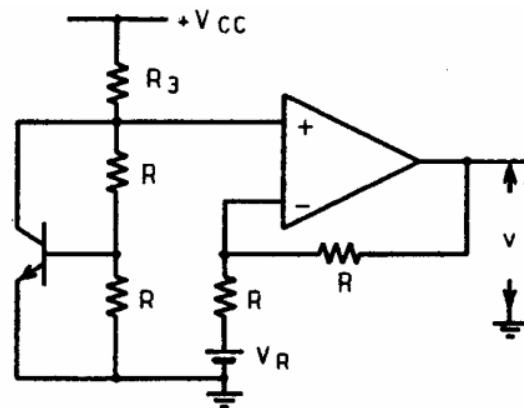
6. Na slici 6. prikazan je elektronski termometar. Napon između baze i emitera se menja sa promenom temperature po zakonu

$$v_{BE} = 0.7V + (-2.5mV / ^\circ C)(T - T^0C).$$

Ostali parametri ne zavise od temperature. Odrediti V_R tako da se na izlazu iz pojačavača dobije linearno promenljiv napon u funkciji temperature koji prolazi kroz koordinatni početak. Koliki je nagib te prave?

Rešenje

$$\begin{aligned} v_I &= 2v^+ - V_R \\ v^+ &= 2v_{BE} \\ V_R &= 2,8V \\ v_I &= -10^{-2}t \\ \text{nagib} &= -10^{-2}V/^\circ C. \end{aligned}$$

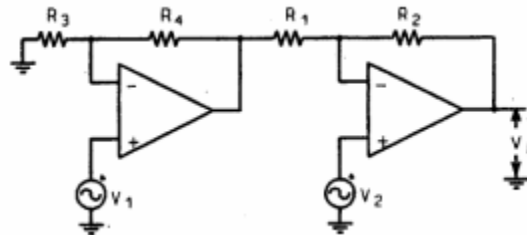


Slika 6.

7. U kolu sa slike 7. odrediti:

a) odnos otpornosti tako da se kolo ponaša kao idealni diferencijalni pojačavač

b) pojačanje A_d i A_s i faktor potiskivanja srednje vrednosti ρ ako je $R_4/R_1 = R_1(1-\varepsilon)/R_2$ za $R_2/R_1 = 99$ i $\varepsilon = 0.01$.



Slika 7.

Rešenje:

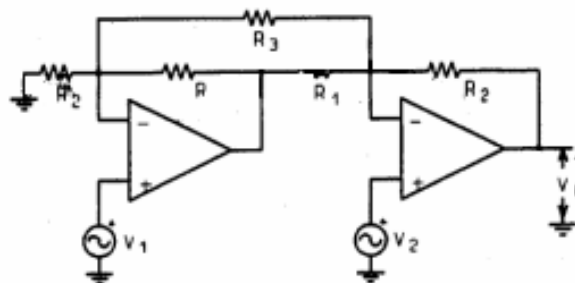
$$a) V_i = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_2 - \left(\frac{R_2 R_4}{R_1 R_3} + \frac{R_2}{R_1}\right)V_1 \Rightarrow \frac{R_4}{R_3} = \frac{R_1}{R_2} \Rightarrow A_d = \frac{V_i}{V_2 - V_1} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

$$b) V_i = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} - \frac{\varepsilon}{2}\right)(V_2 - V_1) + \varepsilon \frac{V_1 + V_2}{2} = 99.95; A_s = \varepsilon = 0.01; \rho = \frac{A_d}{A_s} = 10^4$$

8 Za kolo instrumentacionog pojačavača sa slike 8. odrediti:

a) pojačanje $A_v = V_i / (V_2 - V_1)$

b) vrednosti komponenta tako da se pojačanje A_v može menjati u granicama od 10 do 100 jednim potencijetrom od 100kΩ.



Slika 8

Rešenje:

$$a) A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1} + 2 \frac{R_2}{R_3}$$

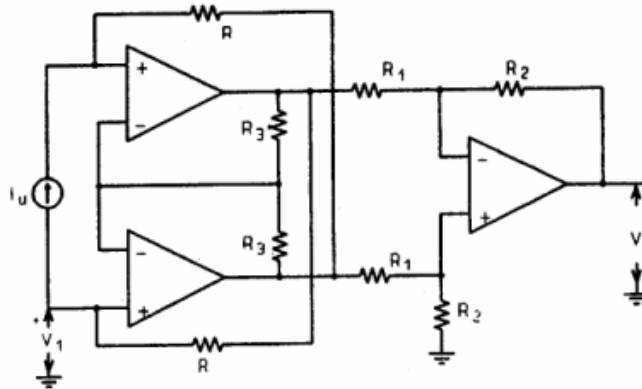
$$b) R_1 = R_2 = 40k\Omega, R_3 \text{ potencijometar} - 10k\Omega$$

$$R_{3\max} = 10k\Omega \Rightarrow A_v = 10$$

$$R_{3\min} = 0.8k\Omega \Rightarrow A_v = 100$$

9. Na slici 9 je prikazan instrumentacioni pojačavač sa strujnim ulazom.

- Odrediti zavisnost $V_i(I_u)$
- Odrediti vrednosti otpornika u kolu tako da osetljivost pojačavača iznosi 10V/mA



Slika 9.

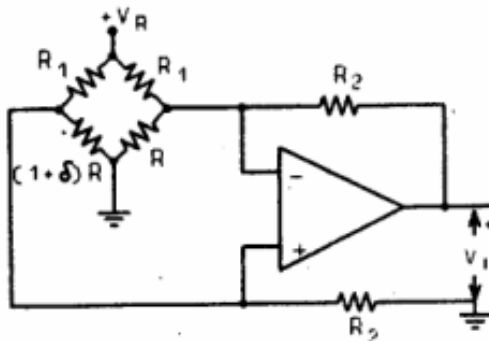
Rešenje:

$$a) V_i = -2R \frac{R_2}{R_1} I_u$$

$$b) R_1 = 50k\Omega, R_2 = 100k\Omega, R_3 = 2.5k\Omega$$

10. U pojačavaču sa slike pokazati da V_i linearno zavisi od $\delta \ll 1$

- Odrediti izlazni napon u kolu sa slike
- Ako je $R(1+\delta)$ platinski detektor kojoj temperaturi odgovara izlazni napon od 2.5?

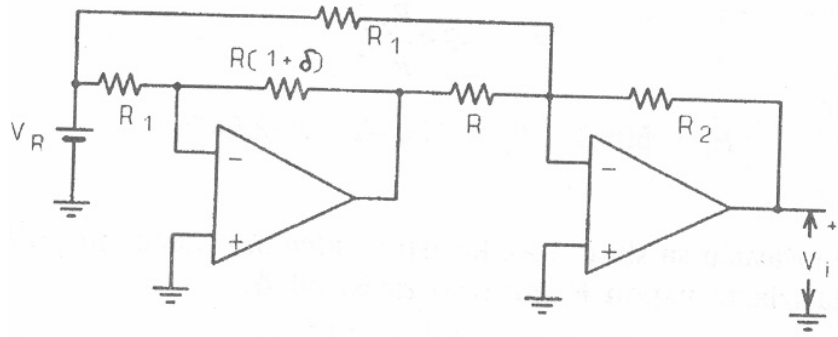


Rešenje

$$V_i = \frac{R_2}{R} V_R \frac{\delta}{\frac{R_1}{R} + (1+\delta) \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)}$$

$$V_i = \frac{R_2}{R} V_R \frac{\delta}{\frac{R_1}{R} + \frac{R_1}{R_2} + 1}$$

11. Odrediti izlazni napon u kolu sa slike 11. Ako je $R(1+\delta)$ platinski detektor sa $R(0^\circ\text{C}) = 100\Omega$ i $\alpha = \frac{\Delta R/R}{\Delta T} = 0.00392/^\circ\text{C}$, $R = 100\Omega$, $V_R = 15\text{V}$ i $R_1/R_2 = 0.588$ odrediti kojoj temperaturi odgovara izlazni napon od 2.5?



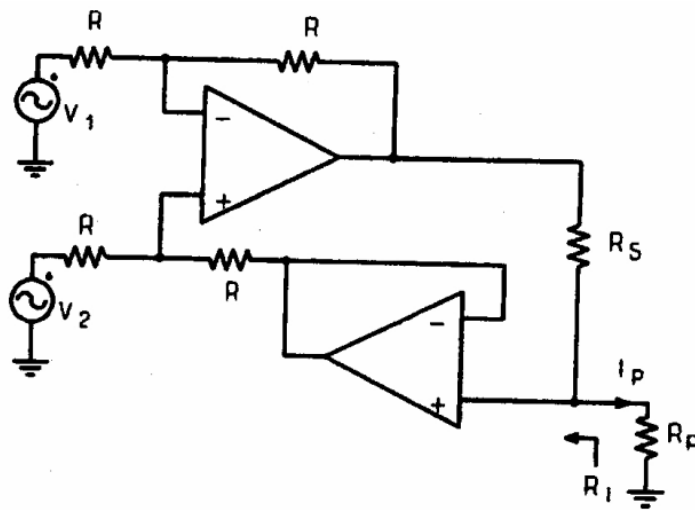
Slika 11.

Rešenje:

- a) $V_i = \frac{R_1}{R_2} V_R \delta$
 b) $T = 25^\circ\text{C}$, $\delta = \alpha \Delta T$

12. Kolo sa slike 12 predstavlja strujni izvor sa diferencijalnim ulazom. Odrediti:

- a) $I_p = f(V_2 - V_1)$
 b) Izlaznu otpornost R_i .



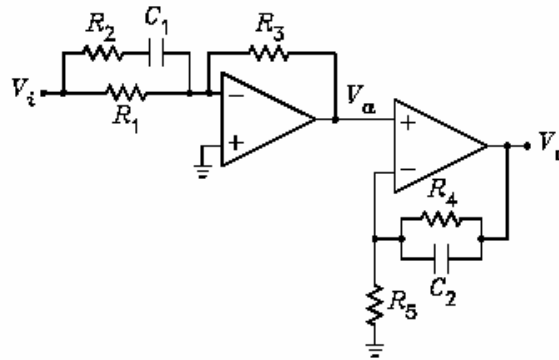
Slika 12.

Rešenje:

a)
$$I_p = I_{RS} = \frac{V_2 - V_1}{R_S}$$

b)
$$R_i = \infty$$

13. Naći funkciju prenosa kola sa slike 13, ako se uvede smena $s = j\omega$, gde je ω učestanost sinusoidalnog generatora.



Slika 13.

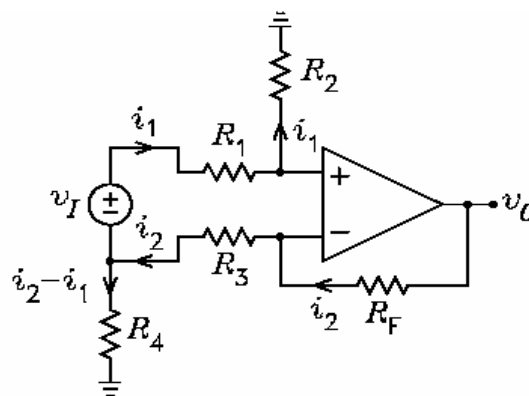
Rešenje:

$$\frac{V_a}{V_i} = -\frac{R_3}{R_1} \frac{1 + (R_1 + R_2) C_1 s}{1 + R_2 C_1 s}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \left(1 + \frac{R_4}{R_5}\right) \frac{1 + (R_4 \parallel R_5) C_2 s}{1 + R_4 C_2 s}$$

14. Odrediti napon na izlazu kola na slici 14. ako važi:

$$R_1 = 3 \text{ k}\Omega, R_2 = 30 \text{ k}\Omega, R_3 = 2 \text{ k}\Omega, R_4 = 8 \text{ k}\Omega, R_F = 20 \text{ k}\Omega.$$

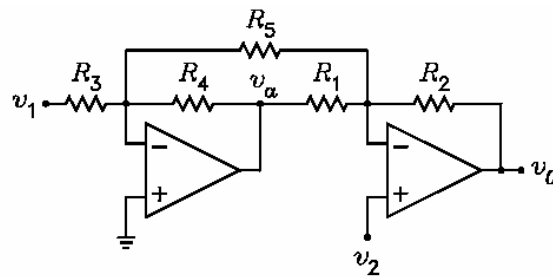


Slika 14.

Rešenje:

$$\begin{aligned}
 v_I &= i_1 R_1 + i_2 R_3 \\
 v_- &= i_2 R_3 + (i_2 - i_1) R_4 \quad v_+ = i_1 R_2 \\
 i_2 &= \frac{v_I - i_1 R_1}{R_3} \\
 v_+ &= v_- \Rightarrow i_2 = i_1 \frac{R_2 + R_4}{R_3 + R_4} \Rightarrow \frac{v_I - i_1 R_1}{R_3} = i_1 \frac{R_2 + R_4}{R_3 + R_4} \\
 \Rightarrow i_1 &= \frac{\frac{v_I}{R_3}}{\frac{R_1}{R_3} + \frac{R_2 + R_4}{R_3 + R_4}} = \frac{v_I}{R_1 + R_3 \frac{R_2 + R_4}{R_3 + R_4}} \\
 \Rightarrow v_O &= \frac{v_I}{R_1 + R_3 \frac{R_2 + R_4}{R_3 + R_4}} \left(R_2 + R_F \frac{R_2 + R_4}{R_3 + R_4} \right) = 10
 \end{aligned}$$

15. Odrediti napon na izlazu kola sa slike 15.



Slika 15.

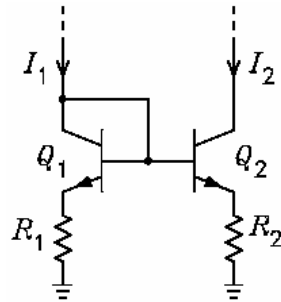
Rešenje:

$$\begin{aligned}
 v_2 &= 0 \\
 v_a &= -\frac{R_4}{R_3} v_1 \\
 v_o &= -\frac{R_2}{R_1} v_a = +\frac{R_2 R_4}{R_1 R_3} v_1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 v_1 &= 0 \\
 v_a &= -\frac{R_4}{R_5} v_2 \\
 v_o &= -\frac{R_2}{R_1} v_a + \left(1 + \frac{R_2}{R_1 \parallel R_5} \right) v_2 \\
 &= +\left(\frac{R_2 R_4}{R_1 R_5} + 1 + \frac{R_2}{R_1 \parallel R_5} \right) v_2
 \end{aligned}$$

16. Odrediti vrednost otpornika R_1 u kolu sa slike 16. ako je poznato:

$$I_1 = 200 \mu\text{A}, R_2 = 100 \Omega, \beta = \infty, V_T = 25 \text{ mV}, I_2 = 25 \mu\text{A}.$$



Slika 16.

Rešenje:

$$\begin{aligned} V_{BE1} &= V_T \ln \left(\frac{I_1}{I_S} \right) & V_{BE2} &= V_T \ln \left(\frac{I_2}{I_S} \right) \\ I_1 R_1 + V_T \ln \left(\frac{I_1}{I_S} \right) &= I_2 R_2 + V_T \ln \left(\frac{I_2}{I_S} \right) \\ \implies I_1 R_1 - I_2 R_2 &= V_T \ln \left(\frac{I_2}{I_S} \right) - V_T \ln \left(\frac{I_1}{I_S} \right) = V_T \ln \left(\frac{I_2}{I_1} \right) \\ \implies R_1 &= \frac{1}{I_1} \left[V_T \ln \left(\frac{I_2}{I_1} \right) + I_2 R_2 \right] = -247.4 \Omega \end{aligned}$$