

NAPOMENA:

Kolokvijum traje tri sata.

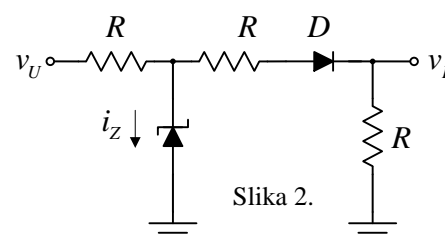
Numerisati svaku stranu sveske u gornjem spoljašnjem uglu. Svaki zadatak početi na novoj strani. Zadaci moraju biti čitko i uredno napisani. Zaokruživanjem broja zadatka u tabeli na omotu označiti koji su zadaci rađeni, i pored toga upisati broj strane na kojoj zadatak počinje.

1.

- a) [5] Nacrtati šemu linearnog izvora za pozitivno napajanje koji se sastoji od transformatora prenosnog odnosa 230:12, Gretzovog usmerača, kondenzatora i linearnog 3-pinskog stabilizatora za 9V.
- b) [8] Ako se na izvor iz a) poveže potrošač od 450Ω, kolika je minimalna vrednost kondenzatora pod uslovom da je minimalni dozvoljeni napon na ulazu stabilizatora 11V?
- c) [5] Nacrtati vremenske oblike napona na sekundaru transformatora, na kondenzatoru i na potrošaču.
- d) [7] Nacrtati instrumentacioni pojačavač kod koga unutrašnji diferencijalni pojačavač ima pojačanje 2, otpornici u povratnoj sprezi ulaznih pojačavača imaju vrednost 10kΩ, a ukupno pojačanje iznosi 6. Koristiti otpornike veće od 1kΩ a manje od 500kΩ.

2. Za diodno kolo sa slike 2 poznato je: $V_Z = 6V$, $V_D = 0.6V$ i $R = 1k\Omega$.

- a) [15] Odrediti i nacrtati karakteristiku prenosa $v_I = f(v_U)$.
- b) [10] Odrediti i nacrtati karakteristiku prenosa $i_Z = g(v_U)$.

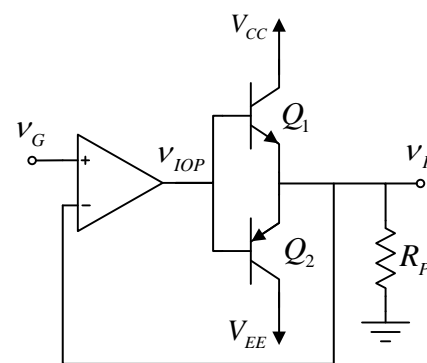


Slika 2.

3. U kolu sa slike 3 parametri tranzistora su: $V_{BE} = V_{EB} = 0.7V$, $V_{CES} = V_{ECS} = 0.2V$, $\beta_{FN} = \beta_{FP} = 100$, dok su ostali parametri $V_{CC} = -V_{EE} = 5V$ i $R_P = 1k\Omega$. Operacioni pojačavač je idealnih

karakteristika sa dvostanim napajanjem V_{CC} i V_{EE} .

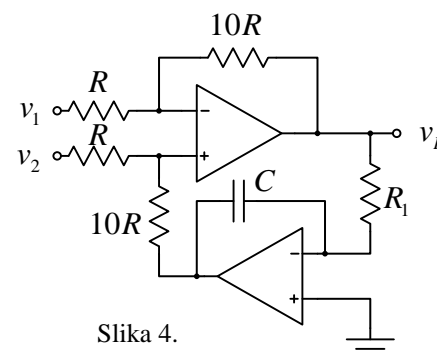
- a) [7.5] Odrediti i nacrtati zavisnost napona na potrošaču v_P u funkciji pobudnog napona v_G , $v_P = f(v_G)$, $-4V \leq v_G \leq 4V$.
- b) [7.5] Odrediti i nacrtati zavisnost napona na izlazu iz operacionog pojačavača v_{IOP} u funkciji pobudnog napona v_G , $v_{IOP} = f(v_G)$ za isti opseg ulaznog napona kao u tački a).
- c) [10] Ukoliko se na ulaz dovede signal $v_g = V_g \sin(2\pi ft)$, $V_g = 1V$, $f = 100Hz$, nacrtati vremenske oblike napona na izlazu iz kola $v_P(t)$ i na izlazu iz operacionog pojačavača $v_{IOP}(t)$.



Slika 3.

4. U kolu sa slike 4 operacioni pojačavači se mogu smatrati idealnim, dok je $R_1 = 100k\Omega$ i $C = 1\mu F$.

- a) [15] Odrediti zavisnost pojačanja pojačavača od učestanosti $A(s) = V_i(s) / V_d(s)$, $V_d(s) = V_2(s) - V_1(s)$.
- b) [10] Nacrtati amplitudsku i faznu karakteristiku ove zavisnosti.

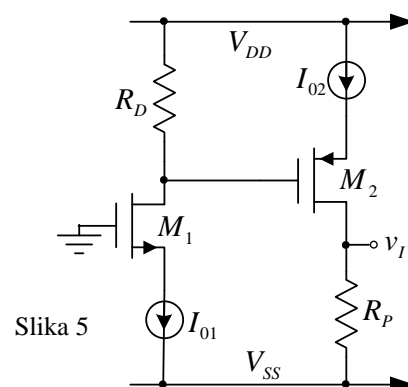


Slika 4.

5. [30] Parametri tranzistora u pojačavaču sa slike 5 su:

$V_{TN} = |V_{TP}| = V_T = 0,7V$, $B_1 = 11mA/V^2$, $B_2 = 5mA/V^2$, a poznato je i $R_1 = 50\Omega$, $R_D = 3,6k\Omega$, $R_P = 5k\Omega$, $I_{O1} = 430\mu A$, $I_{O2} = 330\mu A$ i $V_{DD} = -V_{SS} = 1,65V$.

Izračunati jednosmerne potencijale svih priključaka oba tranzistora.



Slika 5

Rešenja:

2. a), b) Ukoliko je napon na ulazu u kolo dovoljno negativan, Zener dioda će raditi u direktnom režimu, a dioda D neće raditi. Tada važi:

$$v_I = 0, \quad i_Z = -\left(\frac{-V_D - v_U}{R}\right) = \frac{v_U + 0.6}{R}$$

Zener dioda će raditi u direktnom režimu dok god je direktan napon nad diodom veći od napona praga V_D , tj. dok god je struja diode veća od 0. Odatle sledi:

$$i_Z = 0 \Rightarrow \frac{v_U + V_D}{R} = 0$$

$$v_{Ud:off} = -V_D = -0.6 \text{ V}$$

Kada ulazni napon pređe ovu vrednost obe diode ne rade. Tada je

$$v_I = 0,$$

$$i_Z = 0$$

Sledeća promena u kolu nastaje kada dođe do uključivanja neke od dioda. Pošto u kolu nema struje kada diode ne rade, naponi nad diodama su dati sledećim izrazima:

$$v_D = v_U - v_I = v_U - 0 = v_U$$

$$v_{DZ} = v_U - 0 = v_U$$

Pošto je $V_D < V_Z$, sa porastom napona na ulazu prvo dolazi do uključivanja diode D . Tada je napon na izlazu

$$v_I = i_R R = \frac{v_U - V_D}{3R} R = \frac{v_U - V_D}{3},$$

dok je struja kroz Zener diodu $i_Z = 0$.

Sa porastom ulaznog napona dioda D se neće gasiti, dok je napon na Zener diodi

$$v_Z = v_U - i_R R = v_U - \frac{v_U - V_D}{3} = \frac{2v_U + V_D}{3}.$$

U trenutku kada napon nad Zener diodom bude jednak naponu proboja V_Z na ulazu će biti:

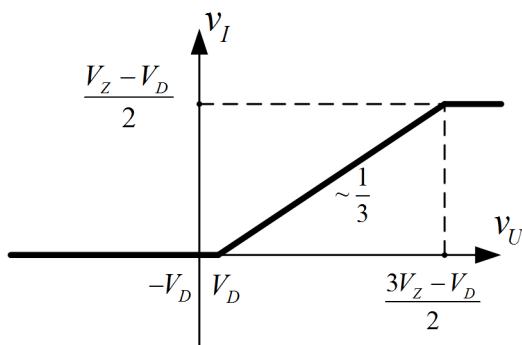
$$v_U = \frac{3V_Z - V_D}{2} = 8.7 \text{ V}.$$

Tada se uključuje Zener dioda u probojnom režimu, pa je vrednost napona v_U i struje i_Z data izrazima:

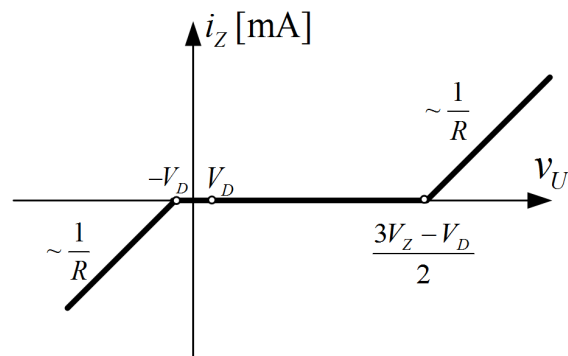
$$v_I = R i_R = R \frac{V_Z - V_D}{2R} = \frac{V_Z - V_D}{2} = 2.7 \text{ V}$$

$$i_Z = i_U - i_R = \frac{v_U - V_Z}{R} - \frac{V_Z - V_D}{2R} = \frac{2v_U - 3V_Z + V_D}{2R}.$$

Sa povećanjem ulaznog napona raste struja i_Z što znači da Zener dioda ostaje u probojnom režimu, dok ulazni napon ne utiče na vrednost izlaznog. Prenosne karakteristike $v_I = f(v_U)$ i $i_Z = g(v_U)$ su date na slikama r.1 i r.2.



Slika r.1



Slika r.2

3. Da bi tranzistor Q_1 radio potrebno je da napon $v_{BE1} > V_{BE}$, dok za rad tranzistora Q_2 mora važiti $v_{EB2} > V_{EB}$. Pošto je $v_{BE1} = v_{BE2}$ zaključujemo da ovi tranzistori nikada neće istovremeno raditi.

a), b) Ukoliko je $v_G > 0$, uključen je tranzistor Q_1 i postoji negativna povratna sprega, pa su traženi naponi:

$$v_P = v_G$$

$$v_{IOP} = v_P + V_{BE} = v_G + V_{BE}.$$

Tranzistor Q_1 radi u direktnom aktivnom režimu pošto je $v_{CE} = V_{CC} - v_P = V_{CC} - v_G$, $v_{CE\min} = V_{CC} - v_{G\max} = 1\text{V} > V_{CES}$. Pri maksimalnom ulaznom naponu, napon na izlazu iz operacionog pojačavača je $v_{IOP\max} = v_{G\max} + V_{BE} = 4.7\text{V} < V_{CC}$ pa operacioni ne ulazi u zasićenje.

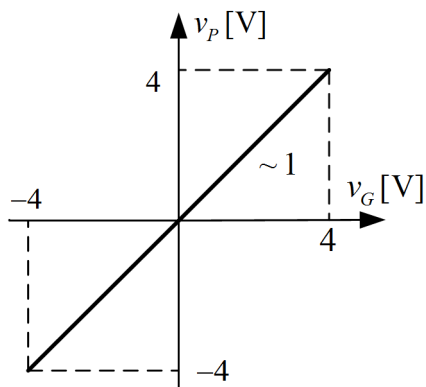
Ukoliko je $v_G < 0$, uključen je tranzistor Q_2 , dok je tranzistor Q_1 ugašen. Ostvarena je negativna povratna sprega, pa se napon sa + priključka operacionog slika na - priključak, odnosno izlaz iz kola. Odatle su traženi naponi:

$$v_P = v_G$$

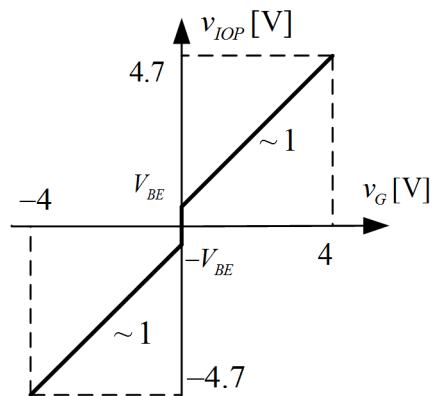
$$v_{IOP} = v_P + v_{BE2} = v_G - v_{EB2} = v_G - V_{EB}$$

Tranzistor Q_2 radi u direktnom aktivnom režimu pošto je $v_{EC} = v_P - V_{EE} = v_G + V_{CC}$, $v_{EC\min} = v_{G\min} + V_{CC} = 1\text{V} > V_{ECS}$. Pri minimalnom ulaznom naponu, napon na izlazu iz operacionog pojačavača je $v_{IOP\min} = v_{G\min} - V_{EB} = -4.7\text{V} > V_{EE}$ pa operacioni ne ulazi u negativno zasićenje.

Na slikama r.3 i r.4 su date prenosne karakteristike napona v_P i v_{IOP} .

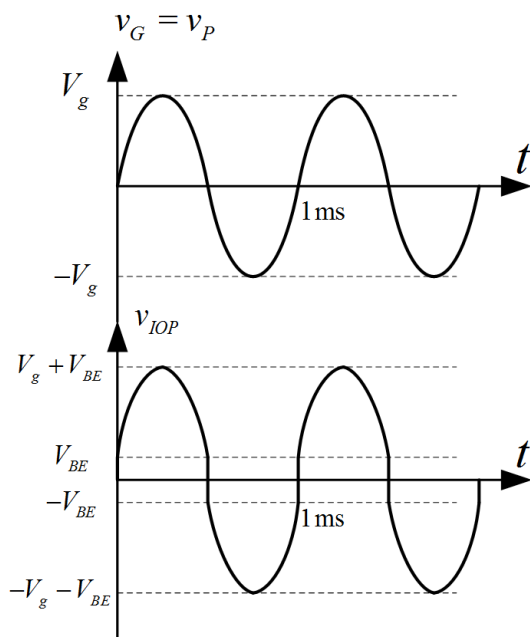


Slika r.3



Slika r.4

c) Na slici r.5 prikazani su vremenski oblici napona na ulazu, potrošaču i izlazu iz operacionog pojačavača.



Slika r.5

4. a) Napon na izlazu iz drugog operacionog možemo označiti sa v_x . Posmatrajući samo drugi operacioni vidimo da je napon na + ulazu jedan 0, pa uočavamo da se on ponaša kao prost invertujući pojačavač napona v_I . Odatle je

$$v_x = v_I \frac{Z_C}{R_1}$$

Pošto je izlazna otpornost invertujućeg sklopa operacionog pojačavača jednaka 0, izlaz v_x se može posmatrati kao idealan izvor napona, pa se izlazni napon može izračunati superpozicijom uticaja napona v_1, v_2, v_x . U s domenu dobijamo vezu između ulaznih i izlaznog napona:

$$V_x(s) = V_I(s) \frac{Z_C}{R_1}$$

$$V_I(s) = V_1(s) \frac{-10R}{R} + V_2(s) \frac{10R}{10R+R} \left(1 + \frac{10R}{R}\right) + V_x(s) \frac{R}{R+10R} \left(1 + \frac{10R}{R}\right)$$

Ako zamenimo vrednost napona V_x dobijamo:

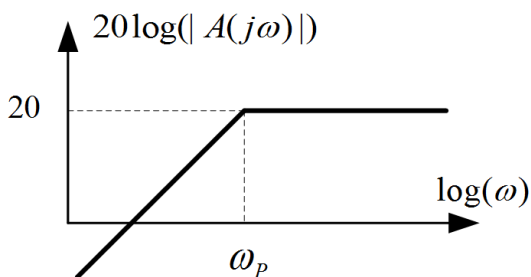
$$V_I(s) = 10(V_2(s) - V_1(s)) + V_I(s) \frac{Z_C}{R_1},$$

gde je konačno

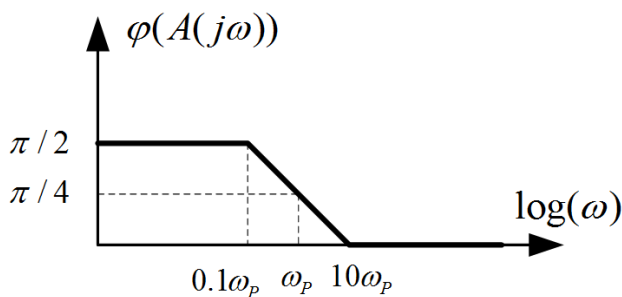
$$\frac{V_I(s)}{V_2(s) - V_1(s)} = A(s) = 10 \frac{1}{\frac{R_1 + Z_C}{R_1}} = 10 \frac{1}{1 + \frac{Z_C}{R_1}} = 10 \frac{s}{s + \frac{1}{CR_1}} = 10 \frac{s}{s + \omega_p}$$

Nula sistema se nalazi u nuli ($\omega_N = 0$), dok je pol u $\omega_p = \frac{1}{CR_1} = 10 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$.

b) Na slikama r.6 i r.7 prikazane su amplitudska i fazna karakteristika ovog sistema.



Slika r.6



Slika r.7