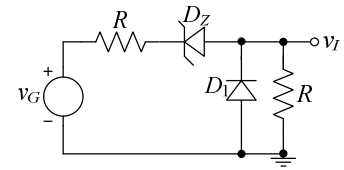


**NAPOMENA:**

**Ispit 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. U kolu na slici 1. parametri upotrebljenih dioda su:  $V_D = 0.7V$ ,  $V_Z = 4.7V$ . Upotrebljeni otpornici imaju vrednosti  $R = 1k\Omega$ . Ako se napon generatora  $v_G$  menja u granicama  $-10V \leq v_G \leq 10V$  odrediti:



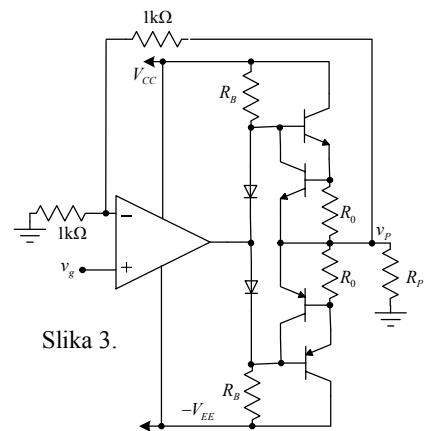
Slika 1.

- [10] Zavisnost izlaznog napona u funkciji od ulaznog napona generatora  $v_I = f(v_G)$
- [10] Zavisnost snage disipirane na zener diodi od ulaznog napona generatora  $P_Z = g(v_G)$

2.

- [4] Nacrtati MOS diferencijalni pojačavač sa aktivnim opterećenjem gde se kao strujni izvor u sors priključcima ulaznih tranzistora koristi strujno ogledalo sastavljeno od dva tranzistora i jednog otpornika kojim se definiše struja.
- [8] Izračunati vrednost otpornika u strujnom ogledalu tako da je izlazna struja strujnog ogledala  $I_0 = 2mA$ .
- [4] Izračunati parametar  $\lambda$  rako da je  $r_{ds} = 10k\Omega$ .
- [4] Izračunati pojačanje diferencijalnog pojačavača.

Za tranzistore je poznato  $|V_T| = 1V$  i  $B = 1mA/V^2$ . Na raspolaganju je jedan izvor napajanja  $V_{DD} = 10V$ .



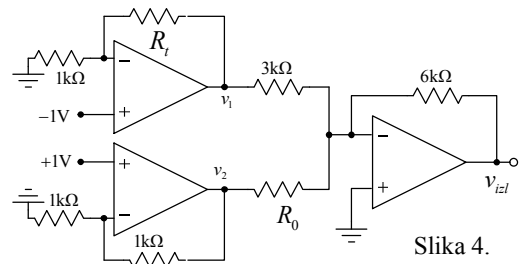
Slika 3.

3. Na slici 3. prikazan je pojačavač sa izlaznim stepenom u kalsi AB. Ako je operacioni pojačavač idealan,  $|V_{BE}| = V_D = 0.7V$ ,  $V_{CC} = V_{EE} = 5V$ , odrediti:

- [5] Vrednost otpornika  $R_0$  tako da je maksimalna izlazna struja  $I_{pmax} \approx 1A$ .
- [5] Prenosnu karakteristiku  $v_p = f(v_g)$  za  $R_p = 5\Omega$  uzimajući u obzir maksimalan i minimalan napon koji je moguće ostvariti na izlazu. Pad napona na otpornicima  $R_B$  zanemariti.
- [5] Minimalnu vrednost otpornika  $R_p$  tako da se pri maksimalnoj amplitudi pobudnog napona određenoj u tački b) ne prekoračuje maksimalna izlazna struja.

4. Na slici 4. je prikazan deo šeme za merenje temperature pomoću otpornog senzora  $R_t$  i operacionih pojačavača koji se mogu smatrati idealnim.

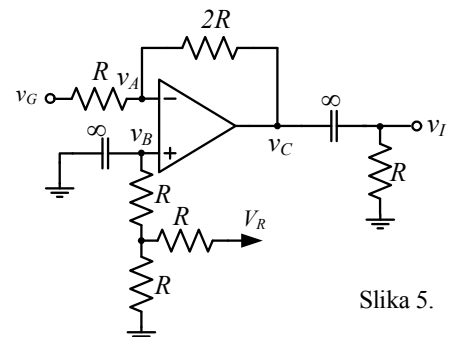
- [10] Ako je  $R_0 = 3k\Omega$ , a karakteristika senzora  $R_t = 1k\Omega + 10\Omega / ^\circ C$ , i ako je  $v_{izl} = 400mV$ , kolika je izmerena temperatura u stepenima Celzijusa?
- [15] Greškom je u kolu sa slike 4. postavljeno pogrešno  $R_0$  nepoznate otpornosti. Odrediti nepoznato  $R_0$ , kao i  $a_1$ ,  $a_2$  i  $a_d$  ako je poznato da je  $v_{izl} = a_1 \cdot v_1 + a_2 \cdot v_2 = a_d \cdot v_d + a_s \cdot v_s$ , pri čemu je  $a_s = -5$ , a  $v_d = v_1 - v_2$ , i  $v_s = (v_1 + v_2) / 2$ .



Slika 4.

5. U kolu operacionog pojačavača sa slike 5. poznato je  $R = 10k\Omega$ ,  $V_R = 5V$ , a napajanje je realizovano iz jedne baterije  $V_{CC} = 5V$ .

- [10] Ako je  $v_G = V_G + V_m \sin(2\pi ft)$ ,  $f = 1kHz$ ,  $V_m = 0.2V$ ,  $V_G = 2V$  odrediti i nacrtati dijagrame  $v_d(t)$ ,  $v_B(t)$ ,  $v_C(t)$ ,  $v_I(t)$  za  $0 \leq t \leq 1ms$ .
- [5] Odrediti maksimalnu amplitudu pobudnog generatora  $V_{mmax}$  za koju se na izlaznu dobija neizobličen napon.
- [5] Odrediti vrednost referentnog napona za koji se dobija maksimalna amplituda simetričnog neizobličenog signala na izlazu. Koliko iznosi ova amplituda?



Slika 5.

1. a) i b)

I  $-10V \leq v_G < V_1$ , DZ, D1 provode

$$v_I = -V_D$$

$$v_Z = -V_D$$

$$i_Z = \frac{v_G + 2V_D}{R} \Rightarrow P_Z = i_Z v_Z = -\frac{v_G + 2V_D}{R} V_D$$

Dioda D1 uključena dok je god njena struja veća od 0. Pri ulaznom naponu  $V_I$  struja pada na 0 i dolazi do gašenja diode.

$$i_{D1} = -\frac{V_D}{R} - \frac{v_G + 2V_D}{R} = -\frac{v_G + 3V_D}{R}$$

$$i_{D1}(V_1) = 0 \Rightarrow V_1 = -3V_D$$

II  $-3V_D \leq v_G < -V_D$ , DZ provodi, D1 isključena

$$i_Z = \frac{v_G + V_D}{2R} \Rightarrow P_Z = -\frac{v_G + V_D}{2R} V_D$$

$$v_I = Ri_Z = \frac{v_G + V_D}{2}$$

III  $-V_D \leq v_G \leq V_Z$ , DZ, D1 isključene

$$v_I = 0$$

$$i_Z = 0 \Rightarrow P_Z = 0$$

IV  $V_Z \leq v_G \leq 10V$ , DZ provodi u proboju, D1 isključena

$$i_Z = \frac{v_G - V_Z}{2R} \Rightarrow P_Z = \frac{v_G - V_Z}{2R} V_Z$$

$$v_I = Ri_Z = \frac{v_G - V_Z}{2}$$

4.

c) Ako je  $R_0 = 3\text{k}\Omega$ , a  $v_{izl} = 400\text{mV}$ , kolika je izmerena temperatura  $t$  u stepenima Celzijusa?

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= -1\text{V} \cdot \left(1 + \frac{R_f}{1\text{k}\Omega}\right) = -1\text{V} \cdot \left(2 + 0.01 \frac{t}{^\circ\text{C}}\right) \\ v_2 &= 1\text{V} \cdot \left(1 + \frac{1\text{k}\Omega}{1\text{k}\Omega}\right) = 2\text{V} \end{aligned} \right\} v_{izl} = -2v_1 - 2v_2 = -2(v_1 + v_2) = 0.02 \frac{t}{^\circ\text{C}} [\text{V}]$$

$$v_{izl} = 0.4\text{V} = 0.02 \frac{t}{^\circ\text{C}} \cdot \text{V} \Rightarrow t = \frac{0.4}{0.02} ^\circ\text{C} = 20^\circ\text{C}$$

d) Odrediti nepoznato  $R_0$ , kao i  $a_1, a_2$  i  $a_d$  ako je poznato je da je  $v_{izl} = a_1 \cdot v_1 + a_2 \cdot v_2 = a_d \cdot v_d + a_s \cdot v_s$ , pri čemu

$$\text{je } a_s = -5, \text{ a } v_d = v_1 - v_2, \text{ i } v_s = \frac{v_1 + v_2}{2}.$$

$$v_{izl} = a_1 \cdot v_1 + a_2 \cdot v_2 = a_d \cdot v_d + a_s \cdot v_s = -2 \cdot v_1 - \frac{6\text{k}\Omega}{R_0} \cdot v_2 \Rightarrow \boxed{a_1 = -2}$$

$$a_1 \cdot v_1 + a_2 \cdot v_2 = a_d \cdot (v_1 - v_2) + a_s \cdot \left(\frac{v_1 + v_2}{2}\right) = \left(a_d + \frac{a_s}{2}\right) \cdot v_1 + \left(-a_d + \frac{a_s}{2}\right) \cdot v_2$$

$$a_s = a_1 + a_2 \Rightarrow -2 + a_2 = -5 \Rightarrow \boxed{a_2 = -3} \Rightarrow \boxed{R_0 = 2\text{k}\Omega}$$

$$\boxed{a_d = \frac{a_1 - a_2}{2} = 1/2}$$

5. a)

Jednosmerni režim:

$$V_B = \frac{V_R}{2} = V_A = 2.5\text{V}$$

$$V_C = V_A + \frac{V_A - V_G}{R} 2R = 3V_A - 2V_G = 3.5\text{V}$$

$$V_I = 0$$

Naizmjenični režim:

$$v_b = v_a = 0$$

$$v_c = -2v_g = v_i$$

Ukupan signal:

$$v_A(t) = V_A + v_a(t) = 2.5\text{V}$$

$$v_B(t) = V_B + v_b(t) = 2.5\text{V}$$

$$v_C(t) = V_C + v_c(t) = (3.5 - 0.4 \sin 2\pi f t) \text{V}$$

$$v_I(t) = V_I + v_i(t) = -0.4 \sin 2\pi f t \text{V}$$

b)  $0 \leq v_C(t) \leq 10$  da operacioni pojačavač ne bi ušao u zasićenje

$$v_{g \max} = \frac{V_C - v_{c \min}}{2} = 1.75\text{V}$$

$$v_{g \min} = \frac{V_C - v_{c \max}}{2} = -0.75\text{V}$$

$$V_m = \min\{v_{g \max}, -v_{g \min}\} = 0.75\text{V}$$

$$\text{c) } V_C = 3V_A - 2V_G = \frac{3}{2}V_R - 2V_G$$

Da bi se postigla maksimalna amplituda simetričnog neizobličenog napona potrebno je da važi:

$$V_C = \frac{v_{C\max} + v_{C\min}}{2} = \frac{V_{CC}}{2} \Rightarrow V_R = \frac{2}{3} \left( 2V_G + \frac{V_{CC}}{2} \right) = 4.33\text{V}$$

Maksimalna amplituda na izlazu koja se u ovom slučaju postiže je  $V_{m\max} = \frac{V_{CC}}{2} = 2.5\text{V}$