

OSNOVI ANALOGNE ELEKTRONIKE, JUN 2009.

Polaže se drugi kolokvijum (zadaci 3 i 4 - traje 2 sata), ili  
kompletan ispit (svi zadaci - traje 3 sata)

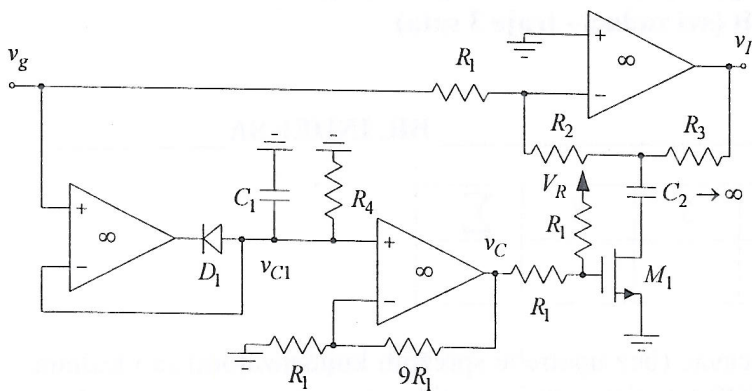
IME I PREZIME \_\_\_\_\_ BR. INDEKSA \_\_\_\_\_

1	2	3	4	$\Sigma$

1. a) [4] Nacrtati direktno spregnut pojačavač (bez upotrebe sprežnih kondenzatora) sa idealnim operacionim pojačavačem, NMOS tranzistorom i negativnom povratnom spregom koja smanjuje ulaznu i povećava izlaznu impedansu, napajan iz dve baterije za napajanje.
- b) [6] Izvesti izraze za naponsko pojačanje, ulaznu i izlaznu impedansu pojačavača iz tačke a).

**Rešenje:**

2. U kolu pojačavača sa slike svi operacioni pojačavači se mogu smatrati idealnim, parametri MOSFET-a su:  $B=1\text{mA/V}^2$ ,  $V_T=1\text{V}$  i  $\lambda \rightarrow 0$ , dioda je idealna sa  $V_D=0,6\text{V}$ , dok je:



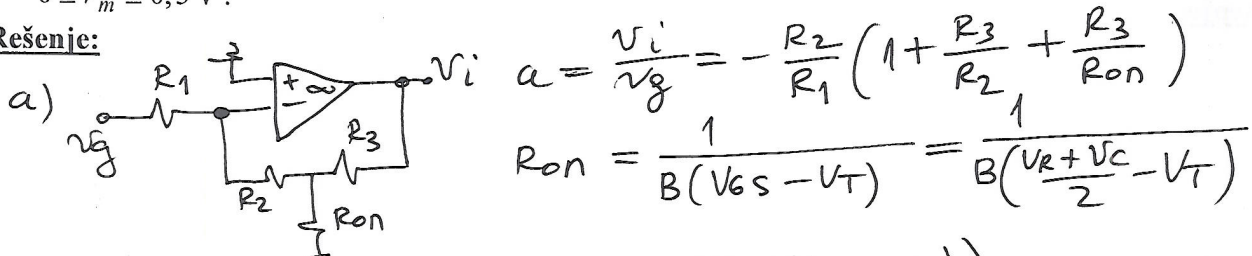
$R_1 = 20\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 2\text{k}\Omega$ ,  $R_3 = 100\text{k}\Omega$  i  $V_R = 5\text{V}$ . Ulazni napon je  $v_g = V_m \sin(2\pi ft)$ ,  $f = 1\text{kHz}$ , a smatrati da je  $C_1 R_4 \gg 1/f$ .

a) [4] Odrediti zavisnost naponskog pojačanja pojačavača  $a = v_i / v_g = f(v_C)$ .

b) [1] Ako je  $V_m = 0,1\text{V}$ , odrediti vrednost napona  $v_{C1}$ .

c) [5] Odrediti i nacrtati zavisnost modula naponskog pojačanja  $a = v_i / v_g = f(V_m)$ ,  $0 \leq V_m \leq 0,5\text{V}$ .

**Rešenje:**



$$a = \frac{v_i}{v_g} = -\frac{R_2}{R_1} \left( 1 + \frac{R_3}{R_2} + \frac{R_3}{R_{on}} \right)$$

$$R_{on} = \frac{1}{B(V_{GS} - V_T)} = \frac{1}{B\left(\frac{V_R + v_C}{2} - V_T\right)}$$

$$\Rightarrow a = -\frac{R_2}{R_1} \left( 1 + \frac{R_3}{R_2} + BR_3 \left( \frac{V_R + v_C}{2} - V_T \right) \right), \frac{V_R + v_C}{2} \geq V_T$$

b)  $v_{C1} = -V_m = -0,1\text{V}$ .

c)  $v_C = 10v_{C1} = -10V_m$

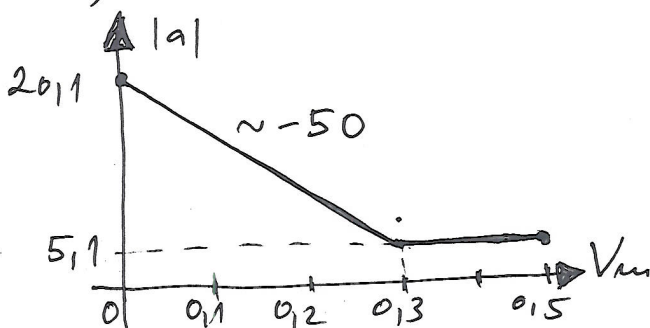
$$\Rightarrow a = -\frac{R_2}{R_1} \left( 1 + \frac{R_3}{R_2} + BR_3 \left( \frac{V_R}{2} - V_T - 5V_m \right) \right)$$

$$\Rightarrow a = -\frac{1}{10} \left( 1 + 50 + 100(1,5 - 5V_m) \right)$$

$$a = -(20,1 - 50V_m)$$

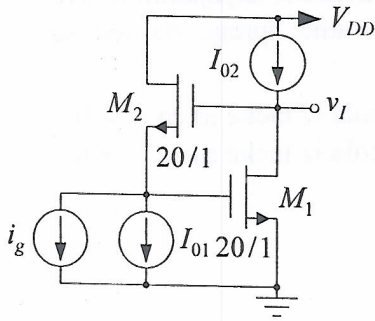
$$|a| = 20,1 - 50V_m \quad V_{GS} = V_T \Rightarrow v_C = 2V_T - V_R$$

$$\Rightarrow -10V_m = 2V_T - V_R \Rightarrow V_m = V_{m1} = \frac{V_R - 2V_T}{10} = 0,3\text{V}$$



3. a) [2] Nacrtati neinvertujući pojačavač sa idealnim operacionim pojačavačem napajanim iz dve baterije za napajanje, u kome je umesto mase u grani povratne sprege na red sa otpornikom  $R_1$  vezan kondenzator  $C$ .
- b) [3] Nacrtati Bodeovu amplitudsku i faznu karakteristiku pojačanja kola iz tačke a) za  $C = 0$ .
- c) [5] Nacrtati Bodeovu amplitudsku i faznu karakteristiku pojačanja kola iz tačke a) za  $C \neq 0$ .

**Rešenje:**

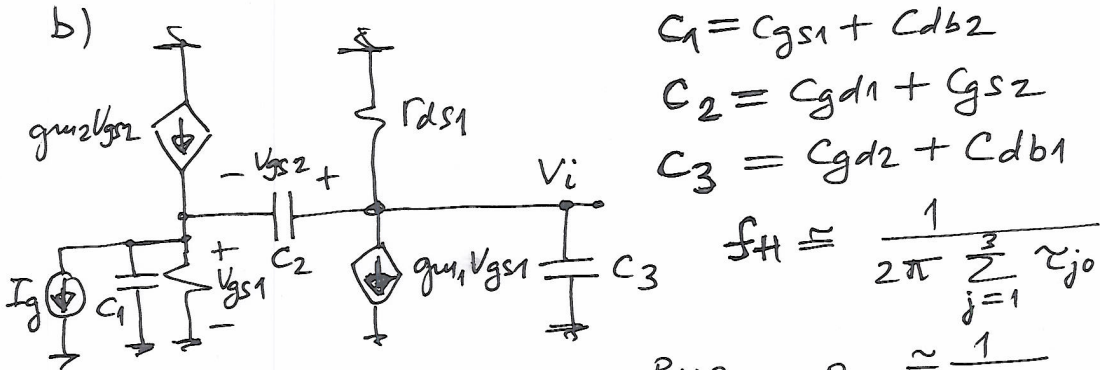


4. U kolu pojačavača sa slike upotrebljeni su tranzistori čiji su parametri  $\mu_n C_{ox} = 110 \mu A/V^2$ ,  $V_T = 0,7V$ ,  $\lambda_n = 0,04 V^{-1}$ ,  $C_{gs} = 30 fF$ ,  $C_{gd} = 5 fF$  i  $C_{db} = 10 fF$ . Na slici je, pored svakog tranzistora, dat odnos širine i dužine kanala  $W/L$ , dok je  $V_{DD} = 3V$  i  $I_{01} = I_{02} = 100 \mu A$ . U okolini mirne radne tačke odrediti:

- [4] transzestansu u propusnom opsegu  $R_{m0} = v_i / i_g$ ;
- [6] gornju graničnu učestanost pojačavača  $f_H$ .

**Rešenje:**

a)  $R_{m0} = R_{m00} \frac{T}{1+T} + \frac{R_{m00}}{1+T}$ ,  $T = -\beta a = -g_{m1} r_{ds1} \frac{g_{m2} r_{ds2}}{1+g_{m2} r_{ds2}}$   
 $\Rightarrow \beta a \approx -g_{m1} r_{ds1} = -1651,8$   
 $g_{m1} \rightarrow \infty \Rightarrow \frac{v_i}{i_g} = R_{m00} = \frac{1}{g_{m2}}$ ,  $g_{m1} = 0 \Rightarrow R_{m00} = 0$   
 $\Rightarrow R_{m0} \approx R_{m00} \frac{T}{1+T} \approx \frac{1}{g_{m2}} = 1,51 k\Omega$



$\tau_{10} = C_1 R_{01}$ ,  $R_{01} = R_{ur} = \frac{R_{u0}}{1-\beta a}$ ,  $R_{u0} \approx \frac{1}{g_{m2}}$   
 $\Rightarrow R_{01} = \frac{1}{g_{m2} g_{m1} r_{ds1}} \Rightarrow \tau_{10} = \frac{1}{g_{m1} g_{m2} r_{ds1}}$   
 $\tau_{20} = C_2 R_{02}$ ,  $R_{02} = R_{020} \frac{1-\beta a k_{s2}}{1-\beta a o_{v2}}$ ,  $\beta a o_{v2} = \beta a$   
 $\beta a k_{s2} \approx -g_{m1} \frac{r_{ds1}}{2}$ ,  $R_{020} \approx \frac{2}{g_{m2}} \Rightarrow R_{02} \approx \frac{1}{g_{m2}} \Rightarrow \tau_{20} = \frac{C_2}{g_{m2}}$   
 $\tau_{30} = C_3 R_{03} = C_3 R_{ir} \approx C_3 \frac{r_{ds1}}{g_{m1} r_{ds1}} = \frac{C_3}{g_{m1}}$   
 $\Rightarrow f_H \approx \frac{g_{m1}}{2\pi(C_2 + C_3)} = 2,16 Hz$ ,  $g_{m1} = g_{m2} = g_m$ .