

OSNOVI ANALOGNE ELEKTRONIKE, JANUAR 2008.

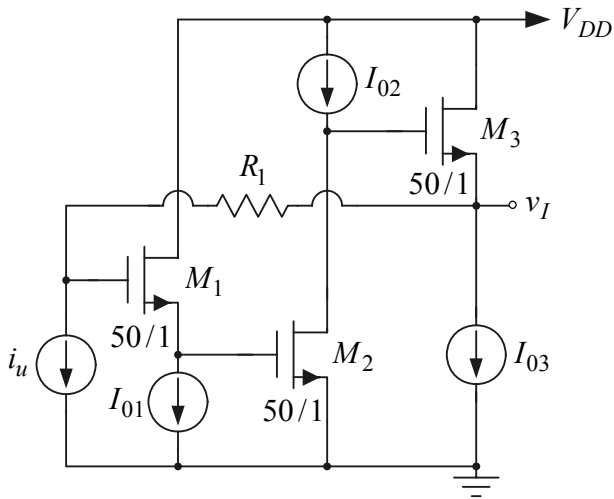
Polaže se drugi kolokvijum (zadaci 3 i 4) ili kompletan ispit (svi zadaci)

IME I PREZIME _____ BR. INDEKSA _____

1	2	3	4	Σ

1. a) [3] Nacrtati precizni jednostrani usmerač sa operacionim pojačavačem i jednom diodom, napajan iz dve baterije za napajanje, čija je funkcija prenosa $v_I = v_G$, za $v_G \geq 0$, odnosno $v_I = 0$ za $v_G < 0$. Smatrati da napon na direktno polarisanoj diodi iznosi $V_D = 0.6V$.
- b) [2] Nacrtati ekvivalentne šeme usmerača iz a) u oba režima rada.
- c) [3] Nacrtati funkcije prenosa na izlazu usmerača i izlazu operacionog pojačavača iz a).
- d) [2] Nacrtati vremenske dijagrame napona na izlazu usmerača i izlazu operacionog pojačavača za sinusoidalni napon na ulazu usmerača iz a).

Rešenje:



2. Parametri tranzistora u pojačavaču sa slike su: $\mu_n C_{ox} = 100 \mu\text{A}/\text{V}^2$, $V_{TN} = 0,7 \text{ V}$ i $\lambda_n = 0,04 \text{ V}^{-1}$, dok je $V_{DD} = 3,3 \text{ V}$. Na slici je, pored svakog tranzistora, dat i odnos širine i dužine kanala. Odrediti struje strujnih izvora I_{01-3} i otpornost R_1 tako da bude:

- Kružno pojačanje $\beta a = -250$ (pri proračunu zanemariti Earlyjev efekat kod tranzistora M_1 i M_3)
- Izlazni napon u mirnoj radnoj tački $V_I = 1,8 \text{ V}$
- Izlazna otpornost pojačavača $R_i = 2 \Omega$
- Transrezistansa $r_m = v_i / i_u = 10 \text{ k}\Omega$

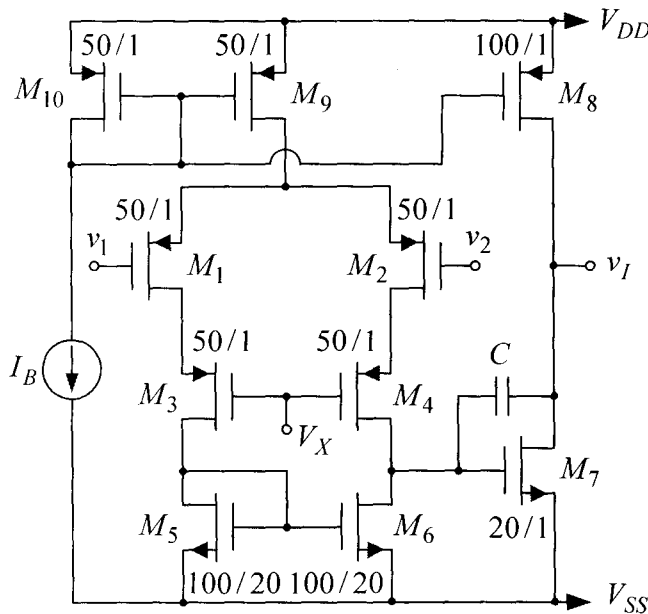
Rešenje:

<http://tnt.etf.bg.ac.yu/~oe2oae/vezbe/> zadatak 1.12

3. a) [2] Nacrtati pojačavač sa zajedničkim kolektorom, napajan iz jedne baterije za napajanje, koji je kapacitivno spregnut preko kondenzatora C_G sa pobudnim generatorom i koji je kapacitivno spregnut preko kondenzatora C_P sa potrošačem.
- b) [2] Nacrtati Bodeovu amplitudsku i faznu karakteristiku pojačanja za $C_G \rightarrow \infty$ i $C_P \rightarrow \infty$.
- c) [2] Nacrtati Bodeovu amplitudsku i faznu karakteristiku pojačanja za $C_G \rightarrow \infty$ i konačno C_P .
- d) [2] Nacrtati Bodeovu amplitudsku i faznu karakteristiku pojačanja za konačno C_G i $C_P \rightarrow \infty$.
- e) [2] Nacrtati Bodeovu amplitudsku i faznu karakteristiku pojačanja za konačne C_G i C_P .

Rešenje:

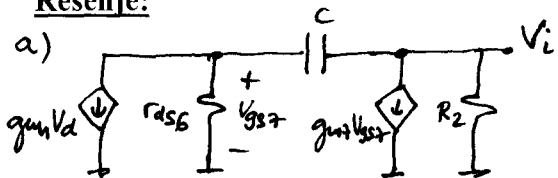
4. Parametri tranzistora u pojačavaču sa slike su: $\mu_n C_{ox} = 110 \mu A/V^2$, $\mu_p C_{ox} = 50 \mu A/V^2$, $V_{TN} = 0,7V$, $V_{TP} = -V_{TN}$, $\lambda_n = 0,04 V^{-1}$, $\lambda_p = 0,05 V^{-1}$, koeficijenti flicker šuma $K_{FNMOS} = 2K_{FPMOS} = 10^{-24} V^2F$ i $C_{ox} = 2 fF/\mu m^2$, dok je: $V_{DD} = -V_{SS} = 1,65V$, $I_B = 100 \mu A$ i



$KT = 4 \cdot 10^{-21} J$. Smatrati da su svi tranzistori u zasićenju.

- [3] Odrediti funkciju prenosa diferencijalnog naponskog pojačanja $A_d(s) = V_i(s)/V_d(s)$, $V_d = V_2 - V_1$ u okolini mirne radne tačke.
- [1] Odrediti vrednost kapacitivnosti C , tako da propusni opseg pojačavača bude $BW = 1 kHz$.
- [4] Odrediti spektralnu gustinu snage ekvivalentnog naponskog generatora šuma $e_{neq}^2(f)$ na ulazu pojačavača. U obzir uzeti samo uticaj tranzistora M_{1-8} .
- [2] Odrediti graničnu učestanost f_c za koju su uticaji flicker šuma i termičkog šuma podjednaki.

Rešenje:



$$A_d(s) = A_{d0} \frac{1 + s/\omega_z}{1 + s/\omega_p}, \quad A_{d0} = g_{m1} r_{ds6} g_{m7} R_2$$

$$R_2 = r_{ds7} \parallel r_{ds8} \Rightarrow A_{d0} = \frac{g_{m1}}{g_{ds6}} \cdot \frac{g_{m7}}{g_{ds7} + g_{ds8}} = 19,33 \cdot 10^3$$

$$\omega_p = \frac{1}{CR_d}, \quad R_d = r_{ds6} + (r_{ds7} \parallel r_{ds8})(1 + g_{m7} r_{ds6})$$

$$\Rightarrow R_d \approx \frac{g_{m7}}{g_{ds6}} \cdot \frac{1}{g_{ds7} + g_{ds8}} \approx 26 M\Omega, \quad \omega_z = -\frac{g_{m7}}{C}$$

$$b) BW = f_p = \frac{1}{2\pi C R_d} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi BW \cdot R_d} = 6,11 pF, \quad |\omega_z| \gg \omega_p$$

$$c) e_{n0}^2 = R_2^2 \left[g_{m7}^2 (e_{n7}^2 + R_1^2 (g_{m1}^2 e_{n1}^2 + g_{m2}^2 e_{n2}^2 + g_{m5}^2 e_{n5}^2 + g_{m6}^2 e_{n6}^2 + \frac{e_{n3}^2}{r_{ds1}} + \frac{e_{n4}^2}{r_{ds2}})) + g_{m8}^2 \right], \quad r_{ds6} = R_1$$

$$\frac{g_{m3}}{1 + g_{m3} r_{ds1}} \approx \frac{1}{r_{ds1}}, \quad e_{neq}^2 = \frac{e_{n0}^2}{(g_{m1} R_1 g_{m7} R_2)^2} = e_{n1}^2 + e_{n2}^2 + 2 \left(\frac{g_{m5}}{g_{m1}} \right)^2 e_{n5}^2 + \frac{e_{n7}^2}{(g_{m1} R_1)^2} +$$

$$+ e_{n8}^2 \frac{g_{m8}^2}{(g_{m1} g_{m7} R_1)^2} + 2 \frac{e_{n3}^2}{r_{ds1}^2 g_{m1}^2 R_1^2} \approx 2 e_{n1}^2 \left[1 + \left(\frac{g_{m5}}{g_{m1}} \right)^2 \frac{e_{n5}^2}{e_{n1}^2} \right], \quad e_{n1}^2 = e_{n2}^2, \quad e_{n5}^2 = e_{n6}^2$$

$$d) e_{neqT}^2 = 2 e_{n1}^2 \left[1 + \frac{g_{m5}}{g_{m1}} \right], \quad e_{nit}^2 = \frac{8KT}{3g_{m1}} \Rightarrow e_{neqT}^2 = \frac{16KT}{3g_{m1}} \left[1 + \sqrt{\frac{\mu_n C_{ox} (W/L)_5}{\mu_p C_{ox} (W/L)_1}} \right]$$

$$\Rightarrow e_{neqT}^2 = 4,23 \cdot 10^{-17} V^2/Hz$$

$$e_{nit}^2 = \frac{KF}{(W/L)_i C_{ox} \cdot f} \Rightarrow e_{neqf}^2 = \frac{2KFP}{W_1 L_1 C_{ox} f} \left[1 + \frac{\mu_n C_{ox} (W/L)_5}{\mu_p C_{ox} (W/L)_1} \cdot \frac{KFN \cdot W_1 L_1}{KFP \cdot W_5 L_5} \right]$$

$$\Rightarrow e_{neqf}^2 \approx \frac{2KFP}{W_1 L_1 C_{ox} \cdot f}$$

$$e_{neqf}^2 = e_{neqT}^2 \Rightarrow f_c = \frac{2KFP}{e_{neqT}^2 \cdot W_1 L_1 C_{ox}} = 236,6 kHz$$