

## OSNOVI ANALOGNE ELEKTRONIKE, FEBRUAR 2008.

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

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

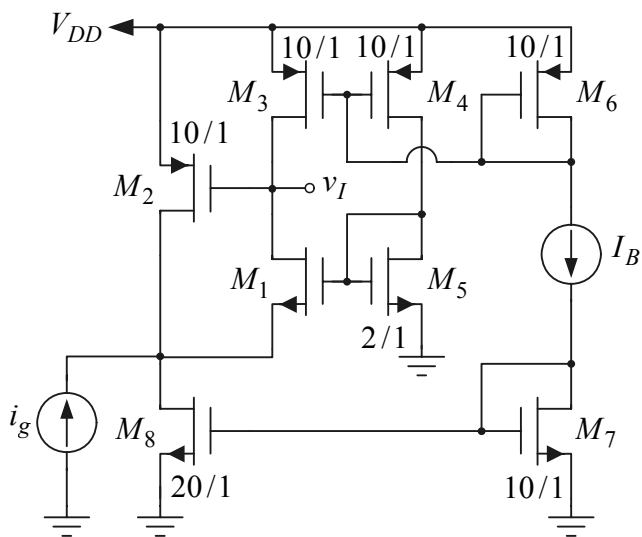
1	2	3	4	$\Sigma$

1. U kolu trorežimskog integratora se koristi operacioni pojačavač sa naponskim ofsetom  $V_{OS}$  i zanemarljivim uticajem ulaznih struja. Napon pobudnog generatora je  $v_g = 0$ , a napon početnih uslova je  $V_{PU} > 0$ .

- [4] Nacrtati navedeni integrator i ekvivalentne šeme u sva tri režima rada.
- [2] Izvesti tačan izraz za izlazni napon integratora na kraju režima zadavanja početnih uslova.
- [2] Izvesti izraz za izlazni napon integratora na kraju režima integracije koji traje  $t_1$ .
- [2] Izvesti izraz za izlazni napon integratora na kraju režima pamćenja koji traje  $t_2$ .

Smatrati da izlaz operacionog pojačavača ne radi u zasićenju.

**Rešenje:**



2. U kolu sa slike parametri tranzistora su:  
 $V_{TN} = -V_{TP} = V_T = 0,7\text{ V}$ ,  $\mu_n C_{ox} = 100\mu\text{A}/\text{V}^2$ ,  
 $\mu_p C_{ox} = 50\mu\text{A}/\text{V}^2$  i  $\lambda_n = \lambda_p = 0,05\text{ V}^{-1}$ . Na slici  
 su, pored svakog tranzistora, date poznate  
 vrednosti odnosa širine i dužine kanala, dok je:  
 $V_{DD} = 3\text{ V}$  i  $I_B = 50\mu\text{A}$ .

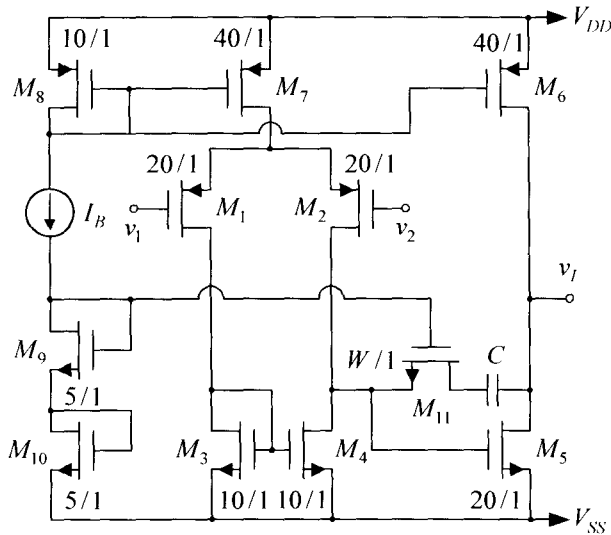
- [2] Odrediti izraz za kružno pojačanje  $\beta a$ .
- [3] Odrediti  $(W/L)_1$  tako da ulazna otpornost bude  $R_u = 50\Omega$ .
- [3] Pod uslovom iz tačke b) odrediti transzistansu pojačavača  $r_m = v_i / i_g$ .
- [2] Pod uslovom iz tačke b) odrediti izlaznu otpornost pojačavača  $R_i$ .

**Rešenje:**

[http://tnt.etf.bg.ac.yu/~oe2oae/vezbe/zadatak\\_1.13](http://tnt.etf.bg.ac.yu/~oe2oae/vezbe/zadatak_1.13)

3. Za diferencijalni pojačavač sa operacionim pojačavačem sa  $R_u \rightarrow \infty$ ,  $R_i = 0$  i jednopolnom prenosnom karakteristikom i otpornom povratnom spregom izvesti i nacrtati Bodeove karakteristike:
- [2] kružnog pojačanja;
  - [2] pojačanja sa reakcijom;
  - [3] ulazne impedanse; i
  - [3] izlazne impedanse.

**Rešenje:**



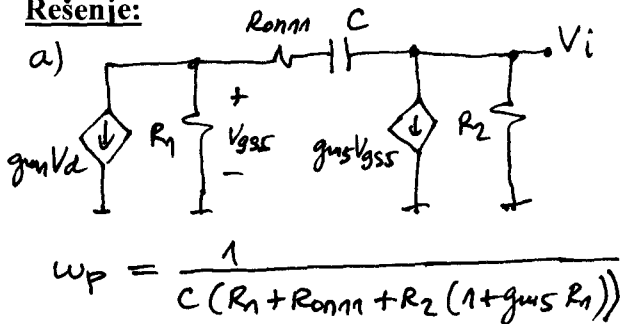
4. Parametri tranzistora u pojačavaču sa slike su:  $\mu_n C_{ox} = 110 \mu A/V^2$ ,  $\mu_p C_{ox} = 50 \mu A/V^2$ ,  $V_{TN} = 0,7V$ ,  $V_{TP} = -V_{TN}$ ,  $\lambda_n = 0,04 V^{-1}$  i  $\lambda_p = 0,05 V^{-1}$ . Na istoj slici je, pored svakog tranzistora, dat odnos širine i dužine kanala, dok je:  $V_{DD} = -V_{SS} = 2,5V$ ,  $I_B = 10 \mu A$  i  $C = 5pF$ .

- a) [3] Odrediti funkciju prenosa diferencijalnog pojačanja pojačavača  $A_d(s) = V_i(s)/V_d(s)$ ,  $V_d = V_2 - V_1$ .
- b) [2] Odrediti širinu kanala  $W$  tako da funkcija prenosa iz tačke a) bude jednopolna.
- c) [3] Ako se izlaz pojačavača kratko spoji sa invertujućim ulazom, a na neinvertujući ulaz

doveđe naponski generator čija je *ems*  $v_g$ , odrediti funkciju prenosa  $A_1(s) = V_i(s)/V_g(s)$ .

- d) [2] Na osnovu rezultata iz prethodne tačke nacrtati asimptotsku amplitudsku karakteristiku funkcije prenosa  $A_1(s)$  i odrediti propusni opseg novonastalog pojačavača.

**Rešenje:**



$$R_1 = r_{ds2} \parallel r_{ds4}, \quad R_2 = r_{ds5} \parallel r_{ds6}$$

$$R_{on11} = \frac{1}{\mu_n C_{ox} (w/L)_{n1} (V_{GS11} - V_T)}$$

$$A_d(s) = A_{do} \frac{1 + s/\omega_z}{1 + s/\omega_p}, \quad A_{do} = g_{m1} R_1 g_{m5} R_2 = 12950,$$

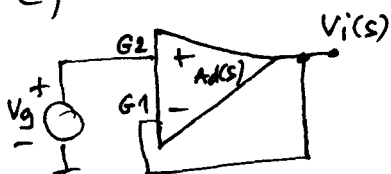
$$\omega_p = \frac{1}{C(R_1 + R_{on11} + R_2(1 + g_{m5} R_1))} \quad | \quad \omega_z = \frac{1}{C(R_{on11} - \frac{1}{g_{m5}})}$$

$$b) \omega_z = 0 \Rightarrow g_{m5} R_{on11} = 1 \Rightarrow \frac{\mu_n C_{ox} (w/L)_5 (V_{GS5} - V_T)}{\mu_n C_{ox} (w/L)_{n1} (V_{GS11} - V_T)} = 1, \quad V_{GS11} = V_{GS9} + V_{GS10} - V_{GS5}$$

$$V_{GS9} = V_{GS10} = V_{GS5} \Rightarrow V_{GS11} = V_{GS5} \Rightarrow (w/L)_5 = (w/L)_{n1} \Rightarrow W = 20 \mu m.$$

$$\Rightarrow f_p = \frac{\omega_p}{2\pi} = 458,4 \text{ Hz} \Rightarrow f_T \cong A_{do} \cdot f_p = 6,28 \text{ MHz}.$$

c)



$$V_i(s) = A_d(s) (V_g(s) - V_i(s)) \Rightarrow A_1(s) = \frac{V_i(s)}{V_g(s)} = \frac{A_d(s)}{1 + A_d(s)} = \frac{\frac{A_{do}}{1 + s/\omega_p}}{1 + \frac{A_{do}}{1 + s/\omega_p}}$$

$$\Rightarrow A_1(s) = \frac{A_{do}}{1 + A_{do}} \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_p(1 + A_{do})}} \approx 1 \cdot \frac{1}{1 + \frac{s}{\omega_p A_{do}}}$$

$$\Rightarrow A_1(s) \approx \frac{1}{1 + s/\omega_T} \quad | \quad \omega_T = A_{do} \cdot \omega_p, \quad f_T = \omega_T/2\pi = 6,28 \text{ MHz}.$$

