

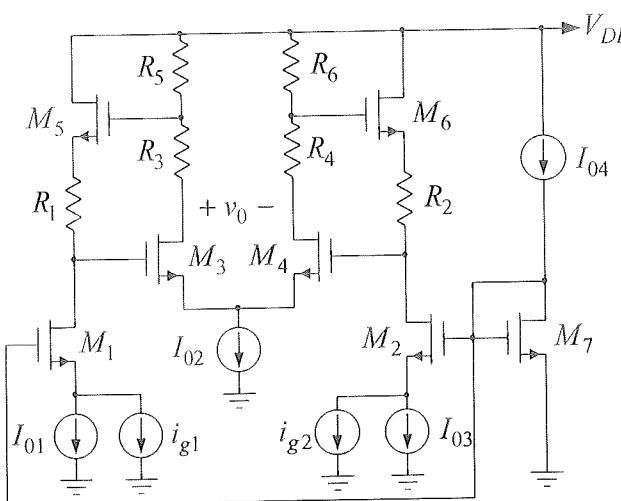
IME I PREZIME _____ BR. INDEKSA _____

1	2	Σ

1. a) [4] Nacrtati pojačavač sa negativnom povratnom spregom koji smanjuje ulaznu i povećava izlaznu impedansu. Na raspolažanju su operacioni pojačavač, PMOS tranzistor i otpornici.
b) [2] Izvesti izraz za izlazni napon kola iz a) u zavisnosti od naponskog ofseta operacionog pojačavača.
c) [2] Modifikovati kolo iz a) tako da se minimizira uticaj naponskog ofseta na izlazni napon kola iz a).
d) [2] Izvesti izraz za izlazni napon kola iz c) u zavisnosti od naponskog ofseta operacionog pojačavača.

Rešenje:

2. Kolo pojačavača sa slike se napaja iz baterije $V_{DD} = 1.8 \text{ V}$, dok je $I_{01} = I_{03} = I_{04} = I_{02}/2 = 100 \mu\text{A}$,



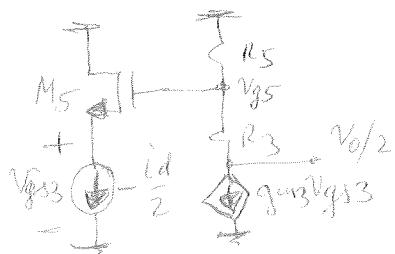
$R_1 = R_2 = 4 \text{ k}\Omega$, $R_3 = R_4 = 6 \text{ k}\Omega$ i $R_5 = R_6 = 600 \Omega$.
Parametri upotrebljenih tranzistora su:
 $L = 0.36 \mu\text{m}$, $W_{1-6} = 11.52 \mu\text{m}$, $W_7 = 2.88 \mu\text{m}$,
 $\mu_n C_{ox} = 270 \mu\text{A/V}^2$, $V_T = 0.45 \text{ V}$ i $\lambda \rightarrow 0$.

- a) [3] Odrediti kružno pojačanje β_a .
- b) [3] Odrediti diferencijalnu transrezistansu $r_m = v_0/i_d$, $i_d = i_{g2} - i_{g1}$.
- c) [2] Odrediti diferencijalnu ulaznu otpornost.
- d) [2] Odrediti diferencijalnu izlaznu otpornost.

Rešenje:

a) $\beta_a = -g_{m3,4} \cdot R_6 = -0.79$

b) $r_m = r_{m0} \frac{T}{1+T} + \frac{R_{m0}}{1+T}$, $T = -\beta_a$



$$\begin{aligned} g_{m3} \rightarrow \infty &\Rightarrow v_{gs3} \rightarrow 0 \Rightarrow v_{gs5} = v_{gs3} - R_3 \frac{i_d}{2} \\ g_{m3} v_{gs5} = -\frac{i_d}{2} &\Rightarrow v_{gs5} = -\frac{1}{g_{m3}} \frac{i_d}{2} \\ \Rightarrow v_{gs5} = -\frac{i_d}{2} \left(R_3 + \frac{1}{g_{m3}} \right) &\Rightarrow \frac{v_o}{2} = \left(1 + \frac{R_3}{R_5} \right) v_{gs5} \\ \Rightarrow \frac{v_o/2}{i_d/2} = -\left(1 + \frac{R_3}{R_5} \right) \left(R_3 + \frac{1}{g_{m3}} \right) &= r_{m0} \end{aligned}$$

$g_{m3} = 0 \Rightarrow v_o/2 = 0 \Rightarrow r_{m0} = \emptyset$

$$r_m = r_{m0} \frac{T}{1+T} = -\left(1 + \frac{R_3}{R_5} \right) \left(R_3 + \frac{1}{g_{m3}} \right) \frac{g_{m3} R_6}{1+g_{m3} R_6} = -23.4 \text{ k}\Omega$$

c) $r_{out} = \frac{2}{g_{m3,4}} \approx 4.5 \text{ k}\Omega$

d) $R_{id} = 2 \cdot \frac{R_3 + R_5}{1 - \beta_a} \approx 4.4 \text{ k}\Omega$