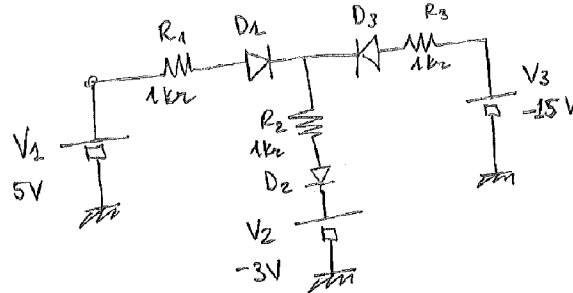


ESERCIZIO N°1

7 punti (4)

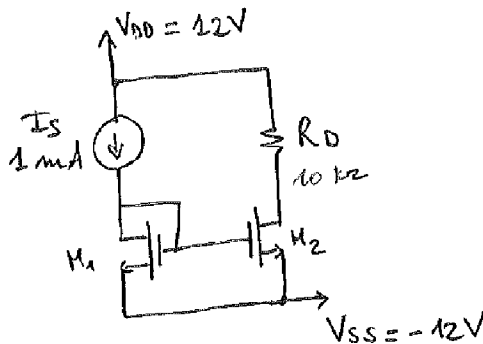
Con riferimento al circuito in figura, ricavare le tensioni e le correnti in tutti i nodi e rami. Si considerino i diodi ideali con $V_{Don} = 0.7 V$.



ESERCIZIO N°2

8 punti (4)

Con riferimento al circuito in figura, determinare il punto di riposo dei transistori M_1 e M_2 . Per entrambi i transistori si considerino gli stessi parametri. **Si utilizzi una precisione numerica fino alla quarta cifra significativa.**



Per entrambi i transistori

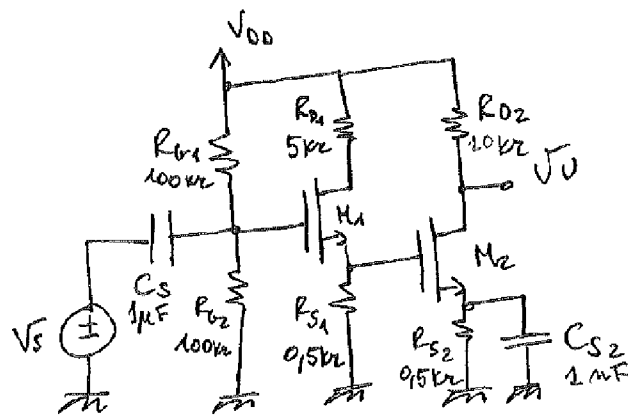
$$K = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} = 1 \text{ mA} / \sqrt{2}$$

$$V_T = 1 \text{ V}$$

ESERCIZIO N°3

8 punti (4)

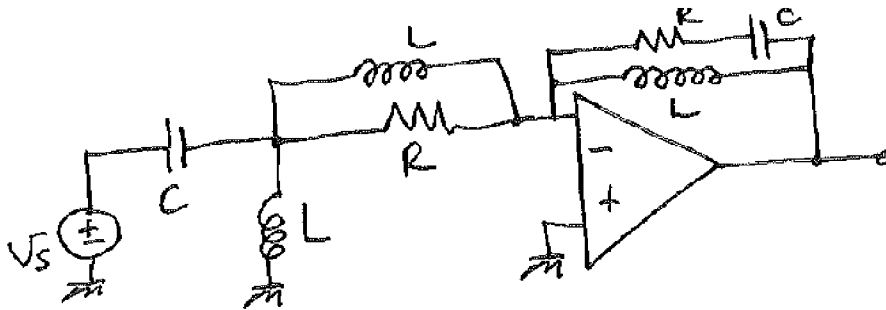
Ricavare il circuito per piccoli segnali dell'amplificatore mostrato in figura e calcolare la funzione di trasferimento $A_v(s) = V_u(s)/V_s(s)$. Disegnare il diagramma asintotico di Bode del modulo. Quotare opportunamente gli assi verticali e orizzontali e riportare il valore numerico di eventuali plateau. Per ciascun transistore si consideri $g_f = 1 \text{ mS}$ e $g_o = 0$. **Si utilizzi una precisione numerica fino alla quarta cifra significativa.**



ESERCIZIO N°4

5 punti (4)

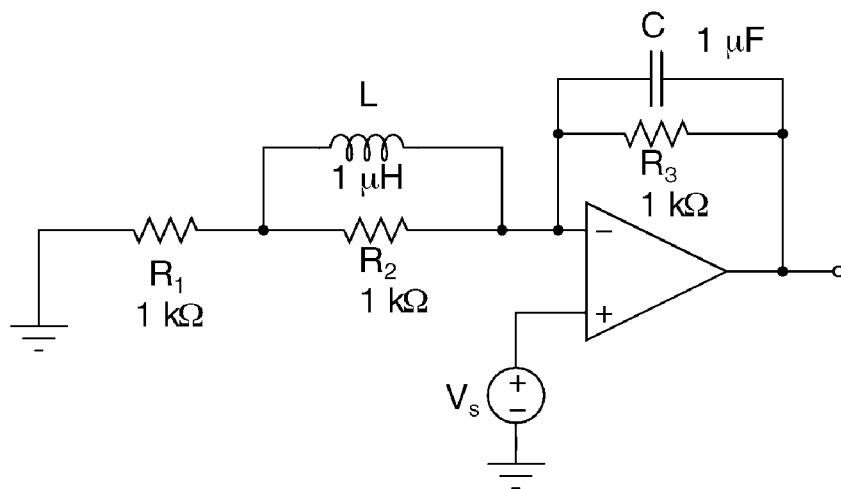
Ricavare il valore della resistenza vista dal generatore V_s per frequenze $f \rightarrow \infty$. Sia $R = 1 \text{ k}\Omega$, $C = 1 \text{ nF}$, $L = 0.1 \text{ mH}$. Si consideri per l'operazionale $A_v = 10$, $R_{out} = 0$ e $R_{in} \rightarrow \infty$

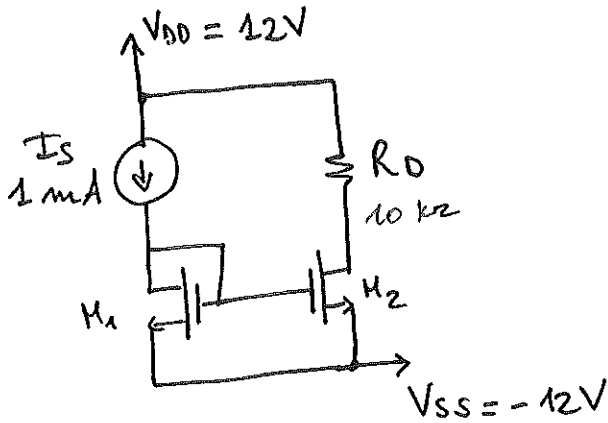
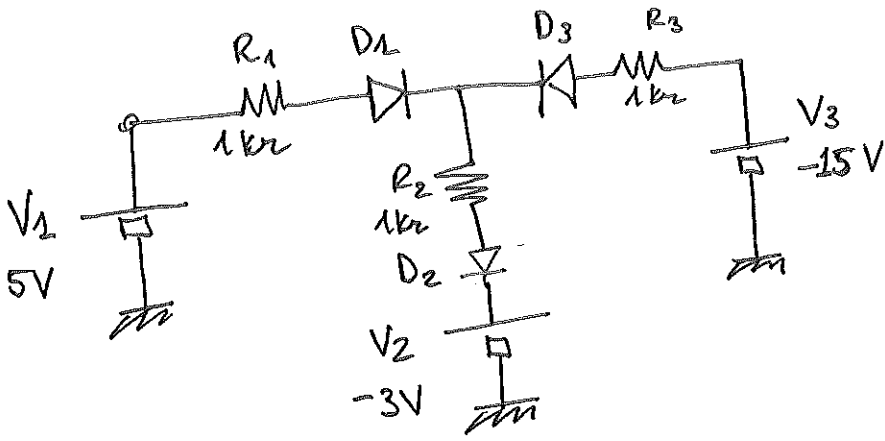


ESERCIZIO N°5

5 punti (4)

Ricavare il massimo sbilanciamento in uscita del circuito mostrato in figura. Si consideri l'operazionale ideale con $A_v \rightarrow \infty$, $R_{out} = 0$ e $R_{in} \rightarrow \infty$, $I_{io} = 20 \text{ nA}$, $I_B = 80 \text{ nA}$, $V_{io} = 5 \text{ mV}$.

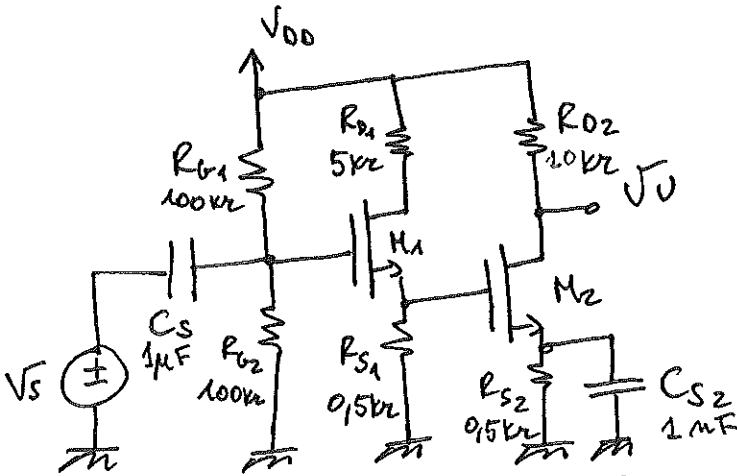




Per entrambi i transistori

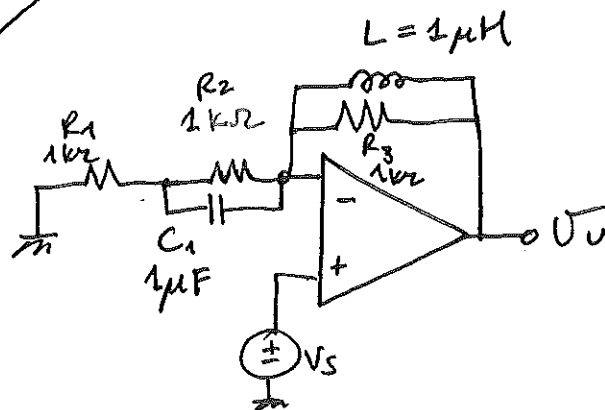
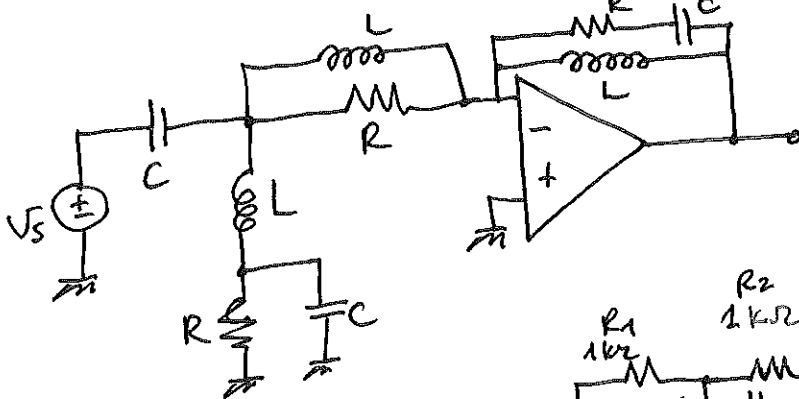
$$K = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} = 1 \text{ mA} / \sqrt{2}$$

$$V_T = 1 \text{ V}$$



Per entrambi i transistori

$$g_m = 1 \text{ mS}$$



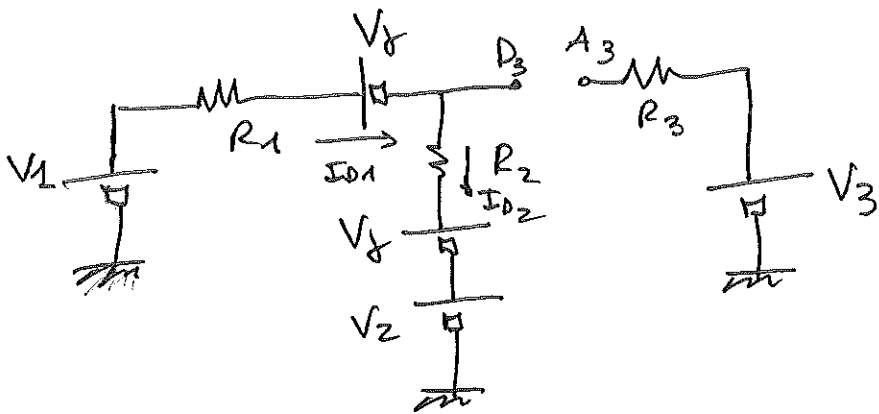
$$I_{io} = 20 \text{ mA}$$

$$I_B = 80 \text{ mA}$$

$$V_{io} = 5 \text{ mV}$$

1

1) Suppongo D_1 ON, D_2 ON, D_3 OFF



$$I_{D1} = I_{D2} = \frac{V_1 - V_2 - 2V_f}{R_1 + R_2} = 3,3 \text{ mA} > 0 \text{ Quindi}$$

I_{D1} e I_{D2} verificata
 D_1 ON e D_2 ON verificata

$$V_{D3} = V_1 - R_1 I_{D1} - V_f = 1 \text{ V}$$

$$V_{A3} = -15 \text{ V} \quad V_{AD3} = -16 \text{ V} < 0 \text{ Quindi } D_3 \text{ OFF verificata}$$

2) $V_{GS1} = V_{GS2}$ Suppongo M_1 e M_2 in saturazione

$$I_{DS1} = \frac{k}{2} (V_{GS1} - V_T)^2 = \frac{k}{2} (V_{GS2} - V_T)^2 = I_{DS2}$$

$$I_{DS1} = I_S \Rightarrow V_{GS1} = \pm \sqrt{\frac{2I_{DS1}}{k}} + V_T$$

Prendo la soluzione positiva che mi garantisce

$$V_{GS} \geq V_T$$

$$V_{GS1} = 2,414 \text{ V}$$

$$V_{DS1} = V_{GS1} \geq V_{GS1} - V_T = 1,414 \text{ V}$$

M_1 è saturo

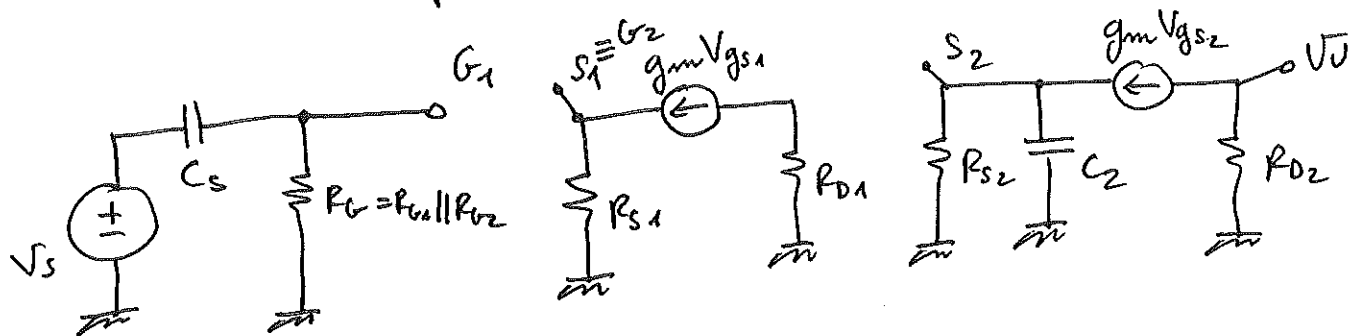
$$V_{S2} = V_{SS}$$

$$V_{D2} = V_{DD} - R_D I_{DS2} = 2V$$

$$V_{DS2} = V_{D2} - V_{S2} = 1.4V \geq V_{DS2} - V_T = 1.44V$$

M2 saturato

3) Il circuito equivalente è il seguente



$A_V(s)$ avrà la forma

$$A_V(s) = A_{00} \frac{(s + \omega_0) \cdot s}{(s + \omega_{p1})(s + \omega_{p2})}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{R_{S2} C_2} = 2 \text{ Mrad/sec}$$

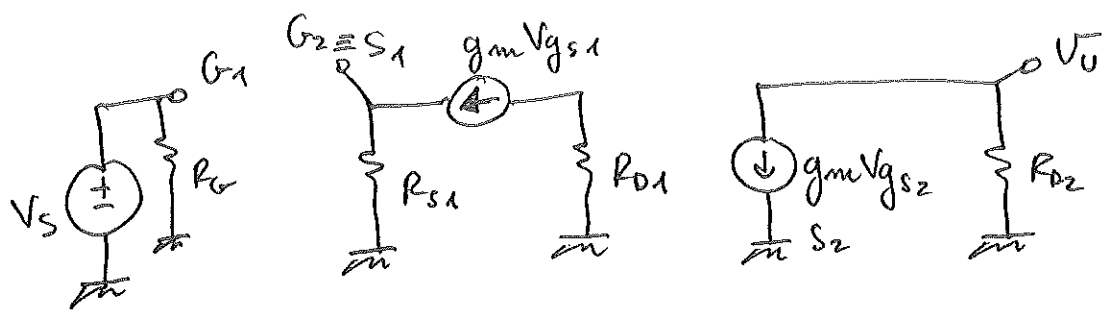
$$\omega_{p1} = \frac{1}{R_G C_S} = 20 \text{ rad/sec}$$

$$\omega_{p2} = \frac{1}{R_{S2} C_2} \Rightarrow \text{dove } R_{S2} = \frac{1}{g_m} \parallel R_{S2} = 333,3 \Omega$$

Quindi $\omega_{p2} = 3 \text{ Mrad/sec}$

A_{00} lo ricaviamo dal seguente circuito

3

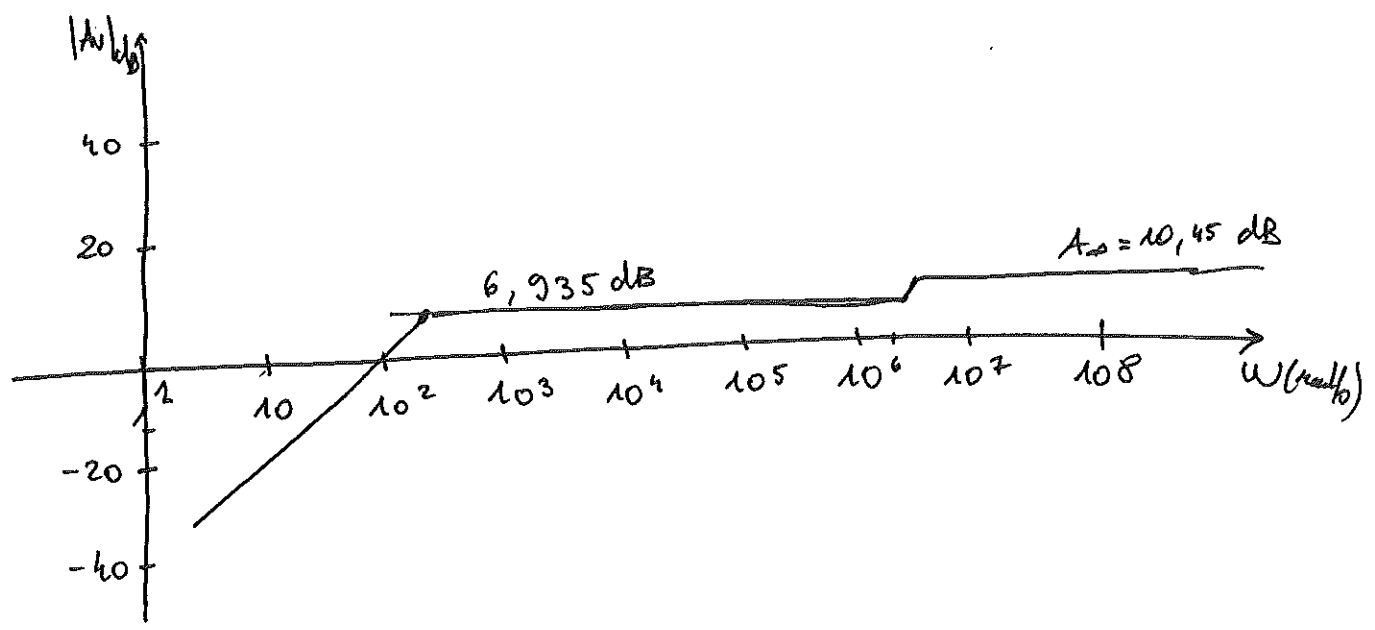


$$V_u = -R_{D2} g_m V_{gs2}$$

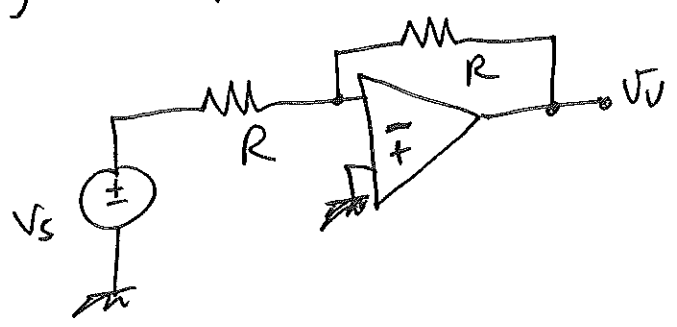
$$V_{gs2} = R_{S1} g_m V_{gs1}$$

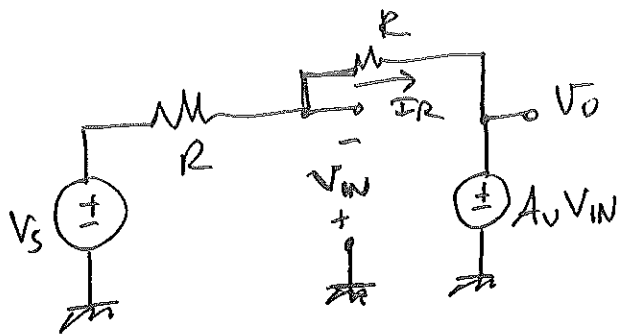
$$V_{gs1} = \frac{V_s}{1 + g_m R_{S1}}$$

Quindi $A_{\infty} = -R_{D2} g_m \frac{R_{S1} g_m}{R_{S1} g_m + 1} = -3,333$ (10,45 dB)



4) Per $f \rightarrow +\infty$ il circuito diventa





$$I_R = \frac{-V_{IN} - A_V V_{IN}}{R} = -\frac{V_{IN}(1+A_V)}{R}$$

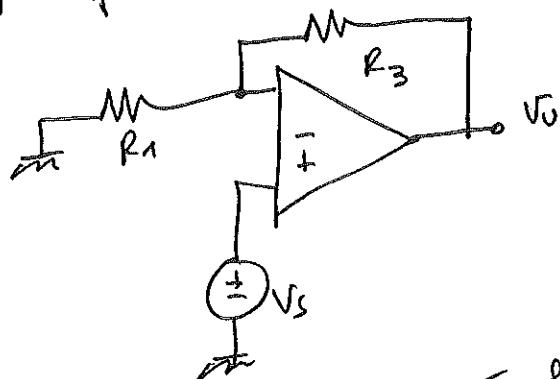
$$-V_{IN} = V_S - R I_R \Rightarrow I_R = \frac{V_S - R I_R (1+A_V)}{R}$$

$$R I_R = V_S (1+A_V) - R I_R (1+A_V)$$

$$R [1 + (1+A_V)] I_R = V_S (1+A_V)$$

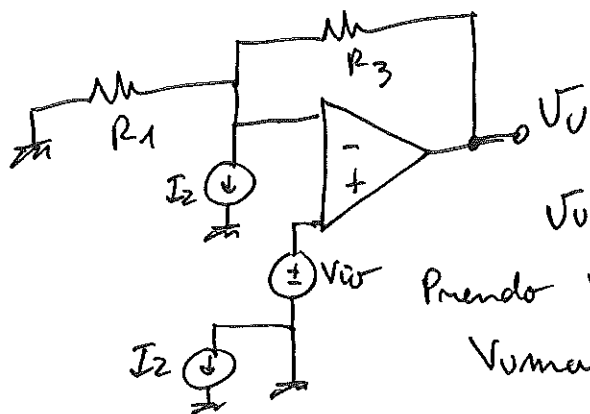
$$\frac{V_S}{I_R} = \frac{R}{1+A_V} + R = R_{IN}$$

5) Il circuito da considerare è il seguente visto per $f=0$ Hz



Quello per il massimo sbilanciamento sarà

$$I_1 = \begin{cases} 90 \mu A \\ 70 \mu A \end{cases} \quad I_2 = \begin{cases} 70 \mu A \\ 90 \mu A \end{cases}$$



$$V_{Umax} = \left(1 + \frac{R_3}{R_1}\right) V_{io} + R_3 I_2$$

Prendo $V_{io} = 5 \text{ mV}$ e $I_2 = 90 \mu A$

$$V_{Umax} = 10,09 \text{ mV}$$