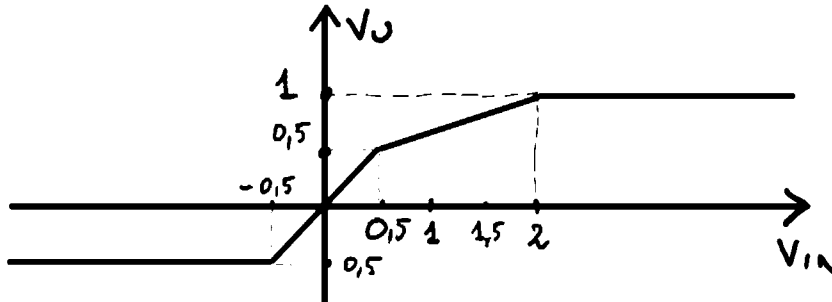


ESERCIZIO N°1

5 punti (4)

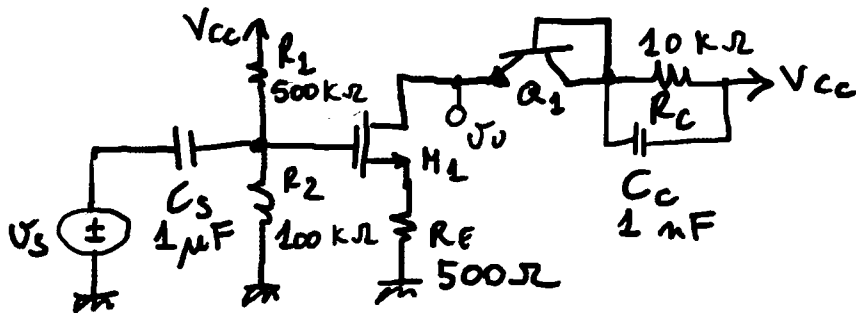
Si progetti (dimensionando opportunamente tutti i componenti) un circuito elettronico la cui caratteristica di trasferimento sia quella mostrata in figura.



ESERCIZIO N°2

8 punti (4)

Con riferimento al circuito in figura, determinare il punto di riposo dei transistori MOSFET e BJT.



$V_{CC} = 15V$ $Q_1 : h_{FE} = 100$
 $M_1 : K = \mu m Cox \frac{W}{L} = 2 \text{ mA/V}^2$
 $V_T = 1V$

ESERCIZIO N°3

9 punti (4)

Nel circuito mostrato nell'esercizio precedente, si ricavi la funzione di trasferimento $A_f(s) = V_O/V_{IN}$ e si disegni il diagramma di Bode del modulo. Si consideri per Q_1 $h_{ie} = 4.8 \text{ k}\Omega$ e $h_{fe} = 300$ e $g_m = 2 \text{ mS}$ per M_1

ESERCIZIO N°4

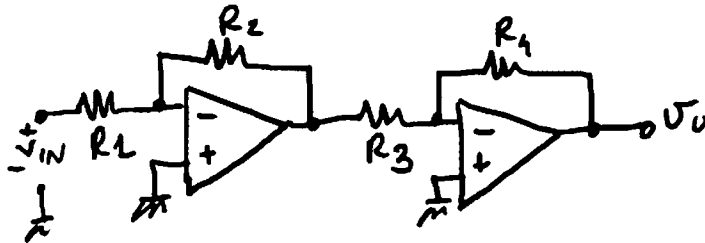
5 punti (4)

Si progetti e si dimensiona un filtro passa banda con limite inferiore di banda pari a 1 krad/s, limite superiore di banda pari a 1 Mrad/s e amplificazione in banda passante pari a 9.

ESERCIZIO N°5

6 punti (4)

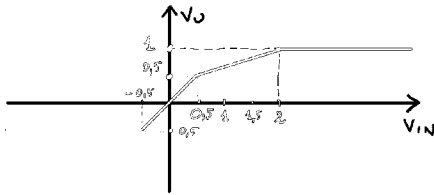
Ricavare il massimo sbilanciamento in uscita del circuito mostrato in figura. Si considerino gli amplificatori operazionali ideali.



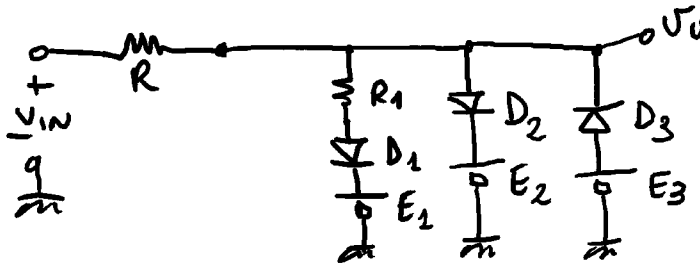
$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1\text{ k}\Omega$$

$$I_B = 80\text{ nA} \quad |I_{co}| = 20\text{ nA} \quad |V_{io}| = 5\text{ mV}$$

1)



Una possibile soluzione è la seguente:

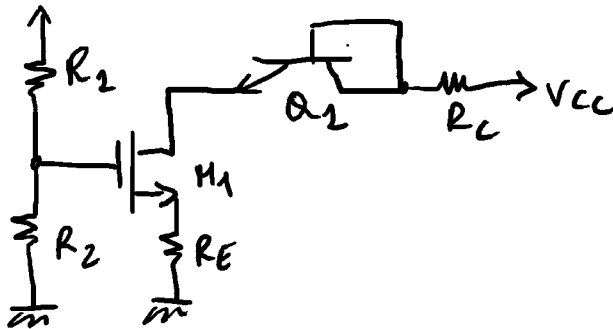


dove:

$$E_1 = 0,5V; E_2 = 1V; E_3 = -0,5V; \frac{R_1}{R+R_1} = \frac{0,5}{1,5} = \frac{1}{3}$$

quindi $R_1 = 1k\Omega; R = 2k\Omega$

2) Il circuito di polarizzazione è il seguente:



Abbiamo che

$$V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = V_{GS} + R_E I_{DS}$$

Supponendo M_1 saturo

$$I_{DS} = \frac{k}{2} (V_{GS} - V_T)^2 \Rightarrow \frac{V_{CC} R_2}{R_1 + R_2} = V_{GS} + \frac{R_E k}{2} (V_{GS} - V_T)^2$$

$$\frac{R_E k}{2} V_{GS}^2 + [1 - R_E k V_T] V_{GS} + \frac{R_E k V_T^2}{2} - \frac{V_{CC} R_2}{R_2 + R_1} = 0$$

$$0,5 V_{GS}^2 + 0,5 - 2,5 = 0$$

$$V_{GS}^2 = 4 \Rightarrow V_{GS} = \begin{cases} +2V \\ -2V \end{cases} \quad \text{OK perché } V_{GS} > V_T$$

$$\text{Quindi } I_{DS} = 1 \text{ mA} = I_{E1}$$

Suppongo Q_2 in zona attiva diretta

Nota che $I_E > 0$ e $V_{CE} = V_{BEon} = 0,7V > V_{CEsat}$, quindi

Q_2 è in zona attiva diretta

$$I_B = \frac{I_E}{h_{FE} + 1} = 9,9 \mu A \Rightarrow I_C = h_{FE} I_B = 0,99 \text{ mA}$$

$$V_C = V_{CC} - R_C I_{R_C} = 5V$$

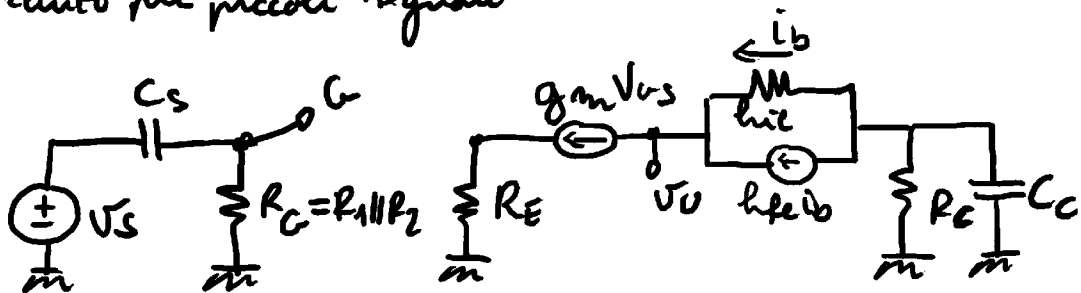
$$I_{R_C} = I_B + I_C = I_E = 1mA$$

$$V_D = V_C - V_{BEON} = 4,3V$$

$$V_S = R_E I_{DS} = 0,5V$$

$$V_{DS} = V_D - V_S = 3,8V \gg V_{DS} - V_T = 1V \quad \text{Quindi } M_2 \text{ Saturo}$$

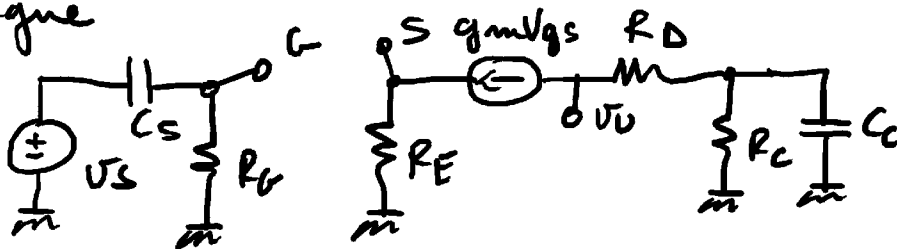
3) Circuito per piccoli segnali



$A_V(s)$ sarà della forma

$$A_V(s) = \frac{A_{V0} S (s + \omega_0)}{(s + \omega_{p1})(s + \omega_{p2})}$$

Notiamo che il circuito può essere semplificato come segue



$$\text{Con } R_G = R_1 || R_2 = 83,33 \text{ k}\Omega$$

$$R_D = \frac{\lambda_{nl}}{\lambda_{fl} + 1} = 15,95 \Omega$$

$$A_{v0} = - \frac{g_m R_D}{1 + g_m R_E} = -21,23 \cdot 10^{-3}$$

$$\omega_{p1} = \frac{1}{R_C C_S} = 12 \text{ rad/s}$$

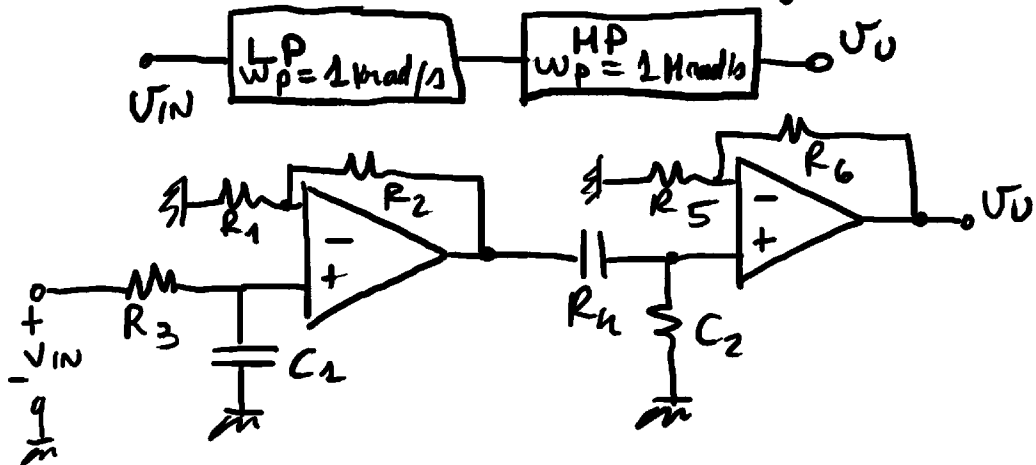
$$\omega_{p2} = \frac{1}{R_C \cdot C_C} = 100 \text{ krad/s}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{R_D / R_C \cdot C_C} = 62,8 \text{ Mrad/s}$$

4) $\omega_L = 1 \text{ rad/s}$ $\omega_H = 1 \text{ Mrad/s}$

$$A_0 = A_{\infty} = g$$

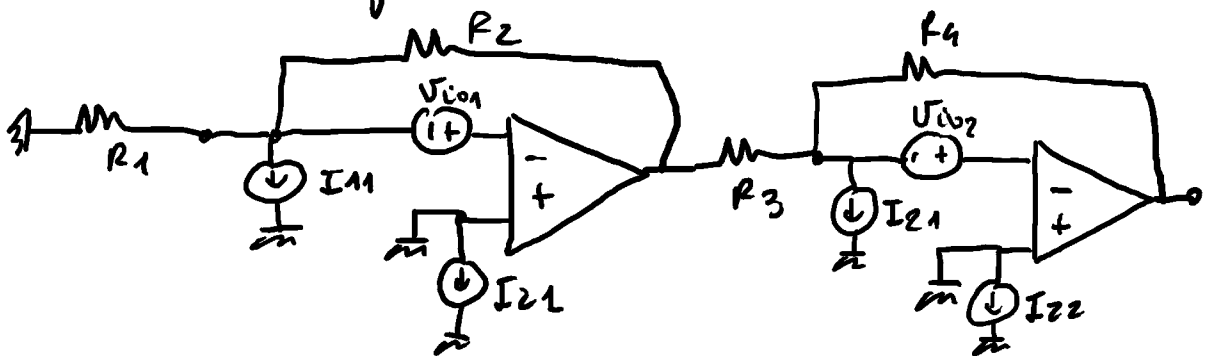
Una possibile soluzione è la seguente:



$$R_3 = 1 \text{ k}\Omega ; C_1 = 1 \mu\text{F} ; R_1 = 1 \text{ k}\Omega ; R_2 = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 1 \text{ k}\Omega ; C_2 = 1 \text{ nF} ; R_5 = 1 \text{ k}\Omega ; R_6 = 2 \text{ k}\Omega$$

5) Abbiamo il seguente circuito:



Avremo che

$$V_0 = -\frac{R_4}{R_3} R_2 I_{11} + \frac{R_4}{R_3} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{io1} + R_4 I_{21} - \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) V_{io2}$$

Obteniamo il massimo per esempio con i seguenti set di valori:

$$I_{11} = 90 \mu\text{A}; V_{io1} = -5 \text{ mV}; V_{io2} = 5 \text{ mV}$$

$$I_{21} = 70 \mu\text{A}$$

$$\text{da cui } |V_{0\text{max}}| = 20,02 \text{ mV}$$