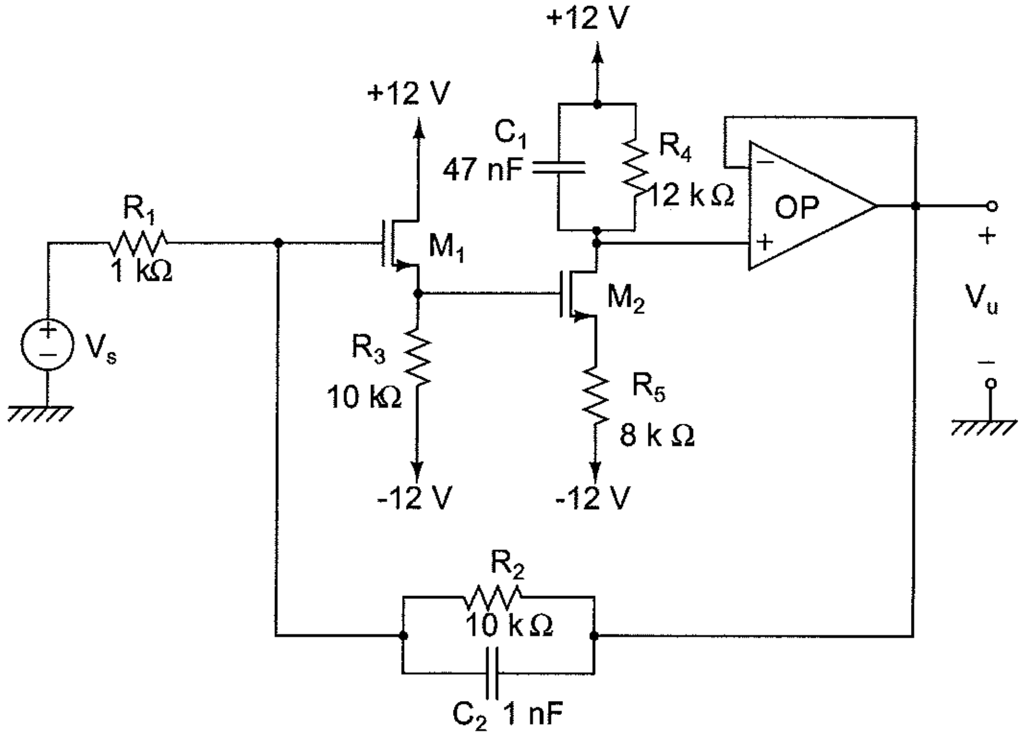
ELETTRONICA ANALOGICA, ELETTRONICA II

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Elettronica

Prova scritta del 30 giugno 2009

Esercizio A



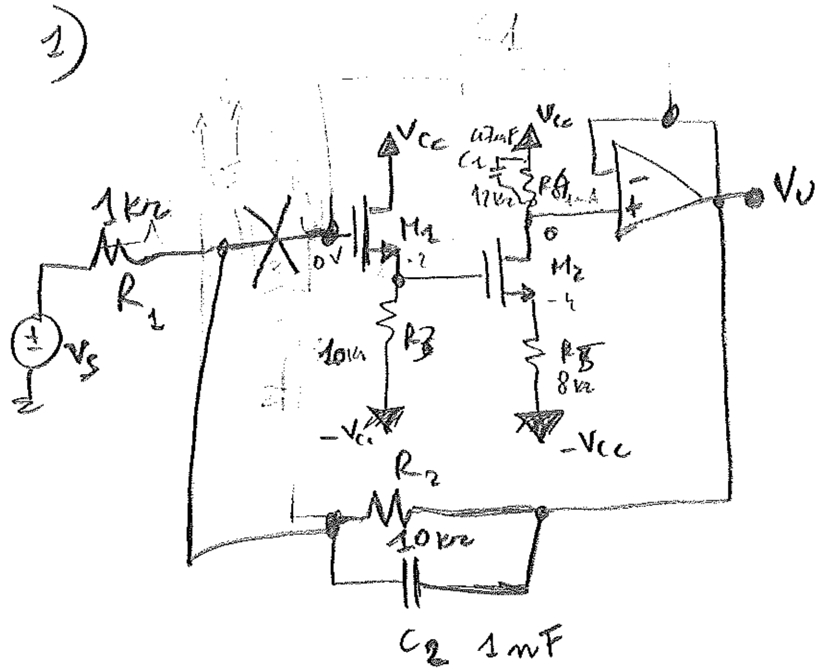
Con riferimento al circuito in figura, dove M_1 ed M_2 sono transistori MOSFET resistivi con $I_D = k(V_{GS} - V_T)^2$, (V_T=1 V e $k = 1 \times 10^{-3}$ A/V^2), OP è un amplificatore operazionale ideale ($A_{vol0} =\rightarrow \infty$, $R_{in} \rightarrow \infty$, $R_{out} \rightarrow 0$, $f_p \rightarrow \infty$):

1) calcolare il punto di riposo dei transistori sapendo che la tensione in uscita è pari a V_U= 0 V in assenza di segnale di ingresso;
2) calcolare la funzione di trasferimento V_u/V_s e, per la risposta in frequenza, disegnare i diagrammi quotati asintotici di Bode di ampiezza e fase;
3) ricavare l'espressione in funzione della frequenza della densità spettrale di potenza in uscita dovuta al solo generatore equivalente di rumore di tensione in ingresso a M_1 (si trascuri la componente flicker).

Esercizio B

Disegnare e discutere lo schema circuitale di un sistema elettronico in grado di attivare un relè (e mantenerlo attivato finché non venga premuto un pulsante di reset) nel caso in cui un segnale presente sull'ingresso A si mantenga per più di 5 secondi al di sotto di 1.5 V e, quantomeno per la durata dello stesso intervallo, un segnale presente sull'ingresso B si mantenga al di sopra di 5 V. Dimensionare tutti i componenti impiegati.

1)



Se $V_U = 0 \Rightarrow$ Per il CCV $V_{op}^{+} = V_{op}^{-} = V_U = 0 = V_{D2} = 0\,V$

Quindi $I_{DS2} = \dfrac{V_{cc} - V_{D2}}{R_4} = 1\,mA$

$V_{S2} = -V_{cc} + R_5 I_{DS2} = -4\ V$

$V_{DS2} = V_{D2} - V_{S2} = 4V$ Quindi $V_{DS} = 4V > V_{GS2} - V_T = 1V$, ovvero l'ipotesi di saturazione è verificata

$V_{GS2} = \pm\sqrt{\dfrac{I_{DS2}}{k}} + V_T = 2V$: abbiamo preso la soluzione positiva perché deve essere verificata la condizione $V_{GS} > V_T$

Quindi $V_{G2} = V_{GS2} + V_{S2} = -2V = V_{S1}$

$V_{D1} = V_{cc} \Rightarrow V_{DS1} = V_{cc} - V_{S1} = 14V$

$I_{DS1} = \dfrac{V_{S1} - (-V_{cc})}{R_3} = 1\,mA$

Quindi

$$V_{GS2} = \pm\sqrt{\frac{I_{DS2}}{K}} + V_T \Rightarrow V_{GS2} = 2V.$$ Anche in questo caso prendiamo la soluzione positiva per verificare la condizione $V_{GS} > V_T$

$V_{DS1} = 14 > V_{GS1} - V_T = 1\,V$: OK ipotesi di saturazione.

$$g_{m1} = g_{m2} = 2K(V_{GS} - V_T) = 2\,mS$$

2) Scompongo dove indicato nella figura precedente.

$$\rho = 0 \;;\quad Z_p \to +\infty \;;\quad \gamma = 0$$

<u>calcolo α</u>

$$\alpha = \frac{\alpha_0}{1 + \frac{s}{\omega_{p\alpha}}} \qquad \omega_{p\alpha} = \frac{1}{R_1 \| R_2\, C_2} = 1{,}1\ \mathrm{Mrad/sec}$$

$$\alpha_0 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0{,}9091$$

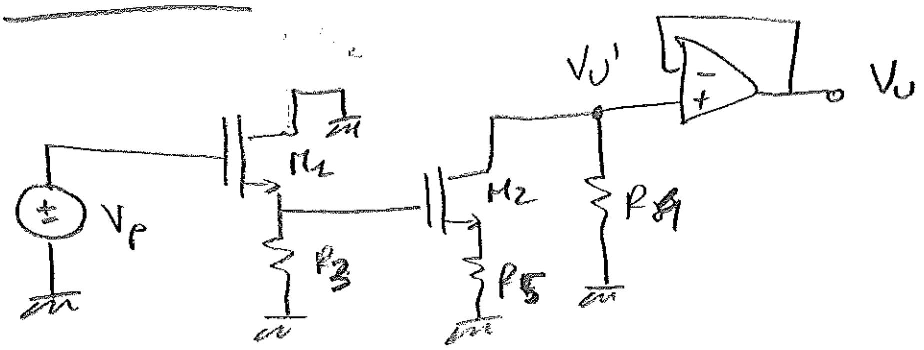
<u>calcolo β</u>

$$\beta = \frac{\beta_0\left(1 + \frac{s}{\omega_{0\beta}}\right)}{\left(1 + \frac{s}{\omega_{p\beta}}\right)} \Rightarrow \qquad \beta_0 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 90{,}91 \cdot 10^{-3}$$

$$\omega_{o\beta} = \frac{1}{R_2 C_2} = 100 \text{ krad/sec}$$

$$\omega_{p\beta} = \omega_{p\alpha} = 1,1 \text{ Mrad/sec}$$

Calcolo A



Essendo verificato il ccv $\forall f$ in ingresso ad OP,

$V_U = V_U'$, $\forall f$.

$$\left.\begin{aligned}
V_U &= -g_m R_4 V_{gs2} \\
V_{gs2} &= \frac{V_{G2}}{1+g_m R_5} \\
V_{G2} &= g_m R_3 V_{GS1} \\
V_{GS1} &= \frac{V_P}{1+g_m R_3}
\end{aligned}\right\} \quad A = \frac{-g_m R_4}{1+g_m R_5} \cdot \frac{g_m R_3}{1+g_m R_3} = -1,345$$

$$A = \frac{A_0}{1+\frac{s}{\omega_{pA}}} \quad ; \quad \omega_{pA} = \frac{1}{R_4 C_1} = 1,7731 \text{ krad/sec}$$

Quindi $A_f = \dfrac{\alpha A}{1 - \beta A}$

$$A_f = \frac{-\dfrac{\alpha_0}{\left(1+\dfrac{s}{\omega_{p\alpha}}\right)} \cdot \dfrac{|A_0|}{\left(1+\dfrac{s}{\omega_{pA}}\right)}}{1 + \dfrac{\beta_0 |A_0| \left(1+\dfrac{s}{\omega_{0\beta}}\right)}{\left(1+\dfrac{s}{\omega_{p\alpha}}\right)\left(1+\dfrac{s}{\omega_{pA}}\right)}} =$$

$$= \frac{-\alpha_0 |A_0|}{\left(1+\dfrac{s}{\omega_{p\alpha}}\right)\left(1+\dfrac{s}{\omega_{pA}}\right) + \beta_0 |A_0| \left(1+\dfrac{s}{\omega_{0\beta}}\right)}$$

$$D(s) = \frac{s^2}{\omega_{pA}\omega_{p\alpha}} + \left(\frac{1}{\omega_{p\alpha}} + \frac{1}{\omega_{pA}} + \frac{\beta_0 |A_0|}{\omega_{0\beta}}\right) s + 1 + \beta_0 |A_0| =$$

$$= 512{,}73 \cdot 10^{-12} s^2 + 566{,}12 \cdot 10^{-6} s + 1{,}1223$$

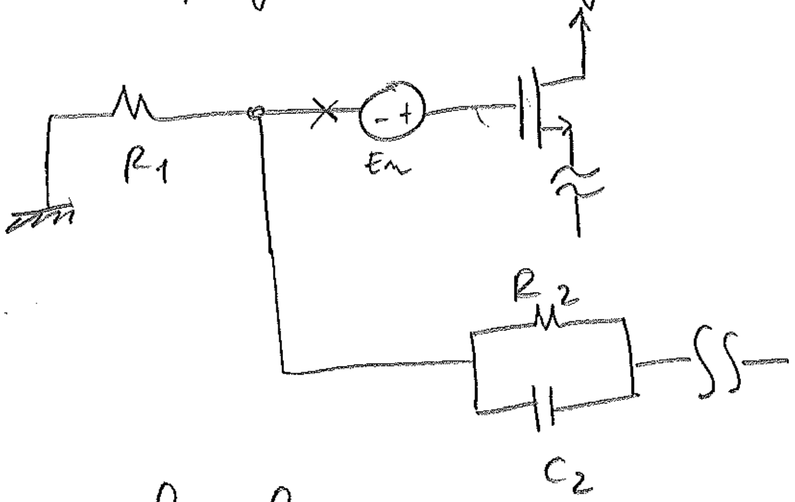
$\omega_1 = 1{,}102$ Krad/sec

$\omega_2 = +1{,}986$ Krad/sec

$A_{f0} = 1{,}089$

$$A_f = \frac{A_{f0}}{\left(1+\dfrac{s}{\omega_1}\right)\left(1+\dfrac{s}{\omega_2}\right)}$$

3) Scompongo come segue



$$\rho_{Em} = \rho = 0$$

Quindi $\beta_{Em} = \beta$; $A_{Em} = A$

$$\gamma_{Em} = A \quad ; \quad \alpha_{Em} = \beta A$$

da cui $A_{fEm} = \dfrac{\alpha_{Em} A_{Em}}{1 - \beta_{Em} A_{Em}} + \gamma_{Em} = \dfrac{\cancel{\beta A^2} + A - \cancel{\beta A^2}}{1 - \beta A} =$

$$= \frac{A}{1-\beta A} = \frac{\dfrac{-|A_0|}{\left(1+\dfrac{s}{\omega_{pA}}\right)}}{1 + \dfrac{\beta_0 |A_0| \left(1 + \dfrac{s}{\omega_{0\beta}}\right)}{\left(1+\dfrac{s}{\omega_{p\beta}}\right)\left(1+\dfrac{s}{\omega_{pA}}\right)}} =$$

$$= \frac{A_{fEm0}\left(1+\dfrac{s}{\omega_{p\beta}}\right)}{\left(1+\dfrac{s}{\omega_1}\right)\left(1+\dfrac{s}{\omega_2}\right)}$$

con $A_{fEm0} = \dfrac{-|A_0|}{1+\beta_0 |A_0|} =$

$= 1,1984$

6

$$S_{out} = \frac{|A_{fEm0}|^2 \left|1+\frac{j\omega}{\omega_p}\right|^2}{\left|1+\frac{j\omega}{\omega_1}\right|^2\left|1+\frac{j\omega}{\omega_2}\right|^2} S_{En}$$

dove $S_{En} = \frac{8}{3}\frac{kT}{g_m} = 5{,}52 \cdot 10^{-18}\, V^2/Hz$