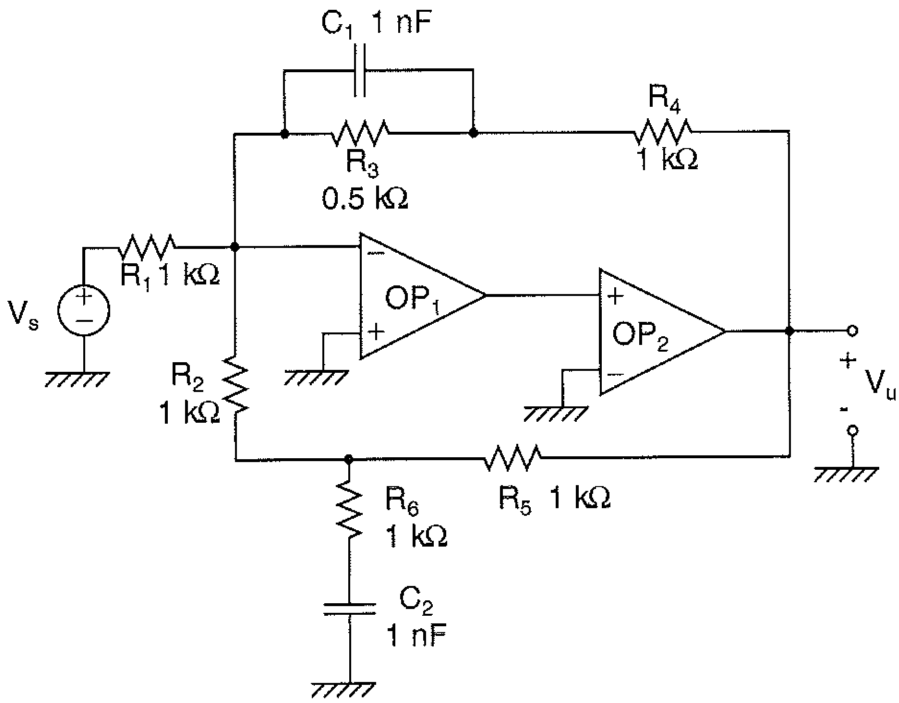
ELETTRONICA ANALOGICA, ELETTRONICA II

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Elettronica

Prova scritta del 4 giugno 2008

Esercizio A



Con riferimento al circuito in figura, dove OP_1 è un amplificatore operazionale ideale ($A_{vol0} \to \infty$, $R_{in} \to \infty$, $R_{out} \to 0$, $f_p \to \infty$), ed OP_2 è un amplificatore operazionale μA741 ($A_{vol0} = 250000$, $R_{in} \to \infty$, $R_{out} \to 0$, $f_p = 4$ Hz):

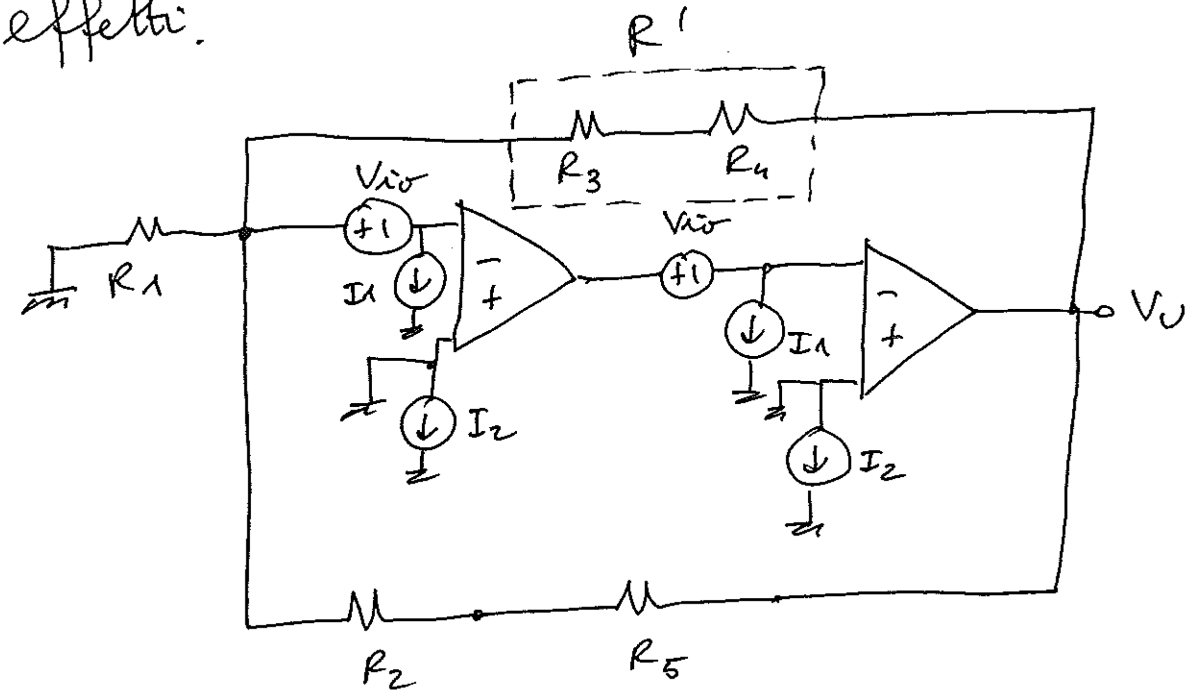
1) calcolare il massimo sbilanciamento in uscita dovuto alla corrente di polarizzazione ed alla tensione di offset degli amplificatori operazionali.
2) calcolare la funzione di trasferimento V_u/V_s e, per la risposta in frequenza, disegnare i diagrammi quotati asintotici di Bode di ampiezza e fase;
3) determinare la densità spettrale di potenza del rumore di tensione all'uscita considerando i generatori di rumore equivalenti in ingresso ad OP_1 per frequenze nulle.

Esercizio B

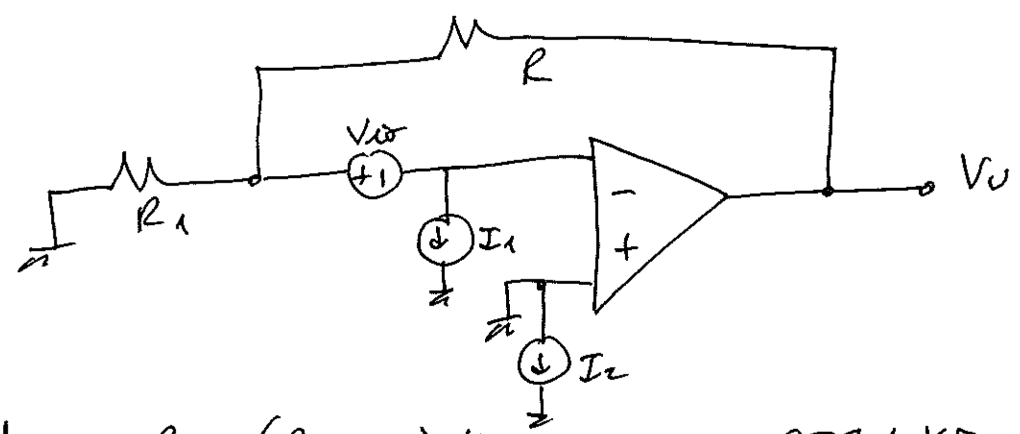
Disegnare e discutere lo schema circuitale di un sistema elettronico in grado di attivare l'acquisizione di un'immagine di un veicolo nel caso che questo presenti una separazione dal veicolo che lo precede inferiore a 2 secondi. Si supponga di avere già a disposizione un'apparecchiatura ottica che fornisce un'uscita alta durante il tempo di transito di ciascun veicolo e che l'acquisizione dell'immagine sia comandata con un impulso di ampiezza 5 V e durata tra 5 e 10 ms.

1) I generatori di offset di OP_2 non contribuiscono allo sbilanciamento, come pure I_2 di OP_1.

Applico il principio di sovrapposizione degli effetti.



Prima di far questo però, noto che il circuito per $f=0$ può essere ricondotto al seguente:



dove $R = (R_3+R_4)\,||\,(R_2+R_6) = 0{,}8571\ k\Omega$

Agisce V_{io}

$$V_U = V_{io}\left(1 + \frac{R}{R_1}\right)$$

Agisce I_1

$$V_U = + R I_1$$

Notiamo che $\begin{cases} |I_1 - I_2| = 20\,mA \\ \frac{I_1 + I_2}{2} = 80\,mA \end{cases}$

$V_{io} = 1\,mV$

Questo dalle caratteristiche, prendendo i valori tipici.

Dai conti risulta che

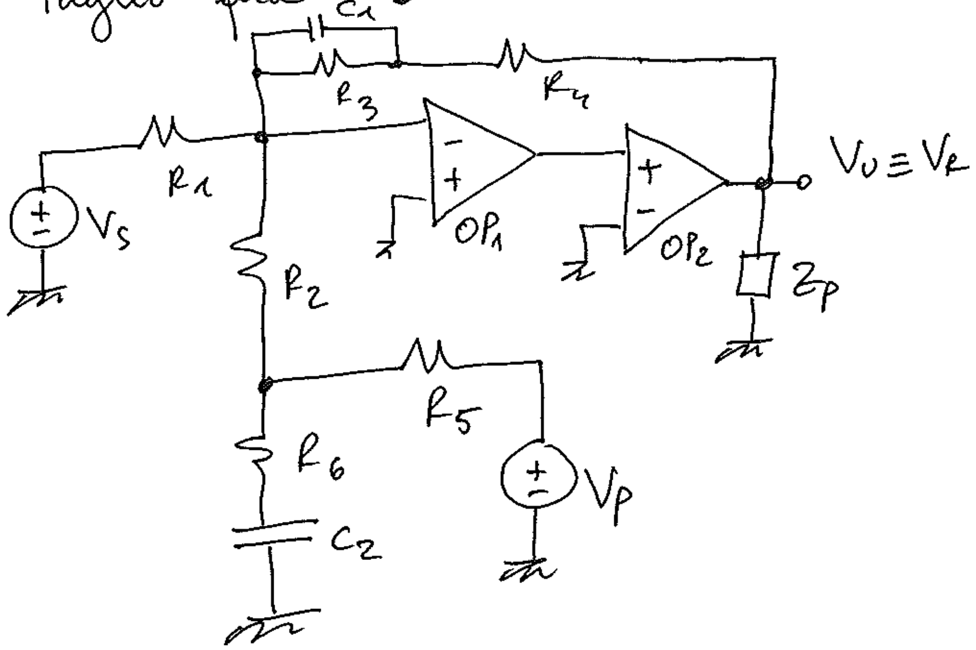
$I_1 = 90\,mA$

$I_2 = 70\,mA$

Nel caso peggiore quindi il massimo sbilanciamento sarà

$V_U = 1{,}9342\ mV$

2) Taglio fra R_5 e massa.



La "serie" degli OPAMP OP1, OP2 può essere visto come un OPAMP ideale ($A_{VOL0} \to +\infty$; $f_p \to +\infty$; $R_{in} \to +\infty$; $R_{out} = 0$). In ingresso ad OP_1 quindi vale sempre il CCV.

Z_p è in uscita all'OPAMP ideale, quindi non occorre che la ricavi

Per il CCV inoltre $\rho = 0$.

Inoltre notiamo che

$\gamma \neq 0$; $\alpha = \gamma$; $\beta = 1$

Quindi

$$A_f = \frac{\alpha A}{1 - \beta A} + \gamma = \frac{\gamma A + \gamma(1-A)}{1-A} = \frac{\gamma}{1-A}$$

Devo quindi ricavare solo γ ed A

Calcolo γ

$$\gamma = \gamma_0 \frac{\left(1 + \frac{s}{\omega_{0\gamma}}\right)}{\left(1 + \frac{s}{\omega_{p\gamma}}\right)}$$

$$\gamma_0 = -\frac{R_3 + R_4}{R_1} = -1{,}5 \; ; \quad \gamma_\infty = -\frac{R_4}{R_3} = -1$$

$$\omega_{p\gamma} = \frac{1}{R_3 C_1} = 2 \text{ Mrad/sec}$$

$$\omega_{0\gamma} = \omega_{p\gamma} \cdot \frac{\gamma_0}{\gamma_\infty} = 3 \text{ Mrad/sec}$$

Calcolo A

A ha 2 poli e 2 zeri finiti

$$A = A_0 \frac{\left(1 + \frac{s}{\omega_{0A1}}\right)\left(1 + \frac{s}{\omega_{0A2}}\right)}{\left(1 + \frac{s}{\omega_{pA1}}\right)\left(1 + \frac{s}{\omega_{pA2}}\right)}$$

$$A_0 = -\frac{R_3 + R_4}{R_2 + R_5} = -0{,}75$$

$$\omega_{pA2} = \frac{1}{C_2\left[R_6 + R_5 // R_2\right]} = 666{,}7 \text{ krad/sec}$$

$$\omega_{0A2} = \frac{1}{R_6 C_2} = 1 \text{ Mrad/sec}$$

$$\omega_{pA1} = \omega_{p\gamma} = 2\ \text{Mrad/sec}$$

$$A_\infty = \frac{A_0\,\omega_{pA1}\,\omega_{pA2}}{\omega_{oA1}\,\omega_{oA2}} \Rightarrow \omega_{oA1} = \frac{A_0\,\omega_{pA1}\,\omega_{pA2}}{A_\infty\,\omega_{oA2}}$$

$$A_\infty = -\frac{R_6}{R_6+R_5}\cdot\frac{R_4}{R_2+R_6 \parallel R_5} = -0{,}3333$$

$$\omega_{oA1} \simeq 3\ \text{Mrad/sec}$$

Quindi

$$A_f = \frac{\dfrac{\gamma_0\left(1+\frac{s}{\omega_{o\gamma}}\right)}{\left(1+\frac{s}{\omega_{p\gamma}}\right)}}{1+\dfrac{|A_0|\left(1+\frac{s}{\omega_{oA1}}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_{oA2}}\right)}{\left(1+\frac{s}{\omega_{pA1}}\right)\left(\frac{s}{\omega_{pA2}}+1\right)}} =$$

$$= \frac{-|\gamma_0|\left(1+\frac{s}{\omega_{o\gamma}}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_{pA2}}\right)}{\left(1+\frac{s}{\omega_{pA1}}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_{pA2}}\right)+|A_0|\left(1+\frac{s}{\omega_{oA1}}\right)\left(\frac{s}{\omega_{oA2}}+1\right)} =$$

$$= -\underbrace{\frac{|\gamma_0|}{1+|A_0|}}_{A_{f0}}\cdot\frac{\left(1+\frac{s}{\omega_{o\gamma}}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_{pA2}}\right)}{\left(1+\frac{s}{\omega_{p1}}\right)\left(1+\frac{s}{\omega_{p2}}\right)}$$

$$A_{f0} = -0,857$$

$$D(s) = s^2\left(\frac{1}{\omega_{pA1}\omega_{pA2}} + \frac{|A_0|}{\omega_{0A1}\omega_{0A2}}\right) + \left(\frac{1}{\omega_{pA1}} + \frac{1}{\omega_{pA2}} + \frac{|A_0|}{\omega_{0A1}} + \frac{|A_0|}{\omega_{0A2}}\right)s +$$

$$+ 1 + |A_0| =$$

$$= 2 \cdot 10^{-12} s^2 + 2,999 \cdot 10^{-6} s + 1,75$$

$\omega_{p1} = 793$ krad/sec $\qquad \omega_{p2} = 2,207$ Mrad/sec

3) $S_{out} = S_{in} |R|^2 + S_{En}\left(1 + \frac{R}{R_1}\right)^2 = 1,3797 \cdot 10^{-15}\ V^2/Hz$

$S_{En} = 4 \cdot 10^{-16}\ V^2/Hz$; $S_{In} = 3 \cdot 10^{-25}\ A^2/Hz$