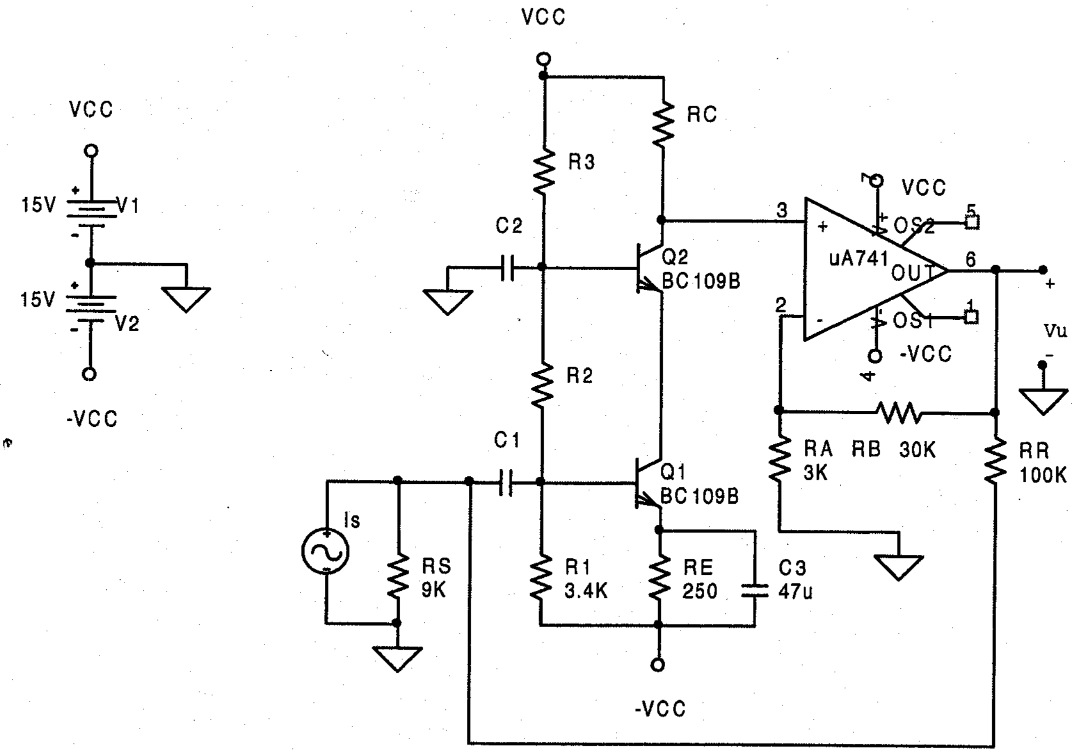
Elettronica II

Corso di Laurea in Ingegneria Elettronica
12 luglio 2001

Esercizio A



L'amplificatore operazionale è un μA741 con A_{vol0}=250000, f_p=4 Hz, $Z_{in} \rightarrow \infty$, Z_{out}=0. Le tensioni di alimentazione sono V_{CC}= 15 V e $-V_{CC}$ = -15 V. I transistori Q1 e Q2 sono due BC109B resistivi con h_{oe} = 0 e h_{re} = 0. C1 e C2 hanno valore praticamente infinito (considerarli un corto circuito a frequenza non nulla).

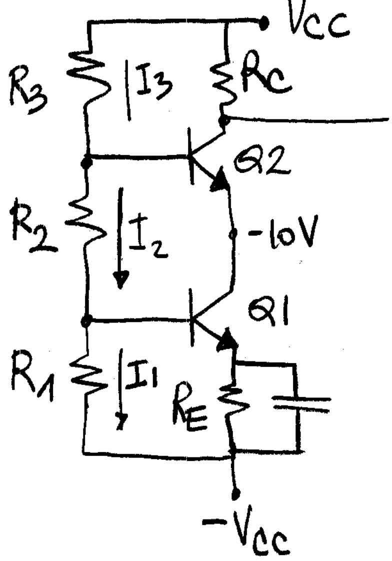
Con riferimento al circuito di figura:

1. calcolare il valore di Rc, R_2, R_3 per avere la Vu nulla a riposo, I_c = 4 mA, V_{CE1} = 4 V, V_{CE2}= 10 V;
2. determinare la caratteristica di trasferimento Vu/Is e tracciarne i diagrammi di Bode;
3. calcolare la cifra di rumore del sistema a 1 KHz, considerando solo i contributi del rumore del primo stadio (cioè di Q1, R1, R2,RR).

Esercizio B

Disegnare e discutere lo schema circuitale di un sistema elettronico in grado di fornire in uscita un impulso della durata di due secondi se un bipolo posto tra i morsetti d'ingresso ha impedenza a 100 KHz con modulo compreso tra 1 e 2 KΩ.

A1 Punto di Riposo



se $V_u = 0\,V$ a riposso

$V_{C_2} = 0\,V$

dato che $V_{CE_2} = 10\,V$

$V_{E_2} = -10\,V$

$V_{B_2} = -9{,}3\,V$

$V_{E_1} = -14\,V$

$V_{B_1} = -13{,}3\,V$

facendo l'ipotesi di partitore pesante

$$I_3 = I_2 = I_1 = \frac{V_{B_1} + V_{CC}}{R_1} = 0{,}5\,mA$$

quindi $R_2 = \dfrac{V_{B2} - V_{B1}}{I_2} = \underline{8\,K\Omega}$

$$R_3 = \frac{V_{CC} - V_{B2}}{I_3} = \underline{48{,}6\,K\Omega}$$

$\left.\begin{array}{l} I_{B_1} \sim 13\,\mu A \\ I_{B_2} \sim 12\,\mu A \end{array}\right]$ dalle caratteristiche $\ll I_1$

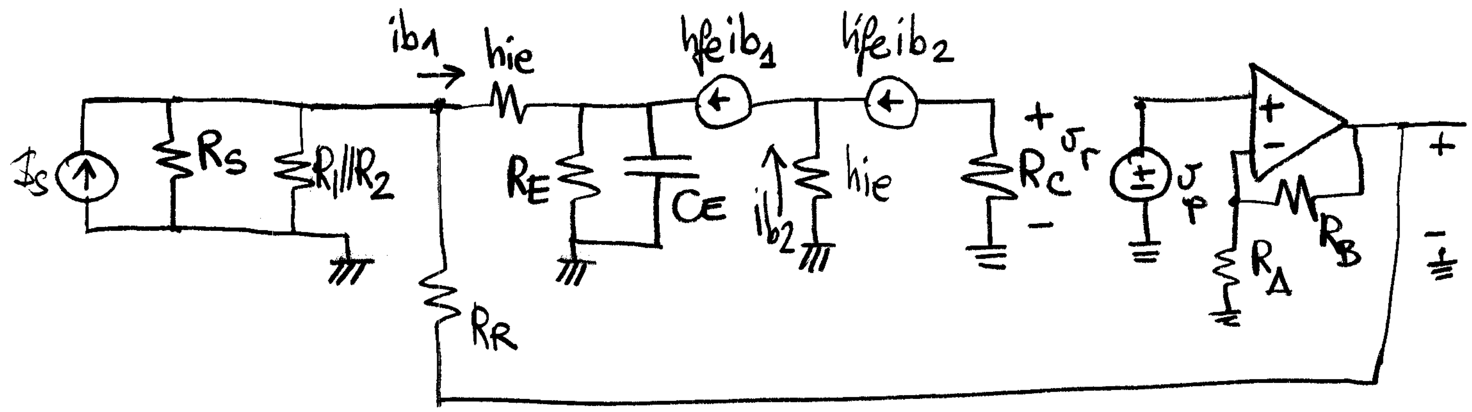
l'ipotesi di partitore pesante è verificata

$h_{fe_1} = h_{fe_2} = h_{fe} = 300$ $\quad h_{ie} = \dfrac{h_{fe} V_T}{I_C} + r_{bb'} = \dfrac{300}{4 \times 10^{-3}} \times 26 \times 10^{-3} + 900 = 2850\,\Omega = h_{ie_1} = h_{ie_2}$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{C2}}{I_C} = \frac{15}{4 \cdot 10^{-3}} = \underline{3{,}75\,K\Omega}$$

A2 funzione di trasferimento

effettuiamo una scomposizione tra l'ingresso non invertente e massa.

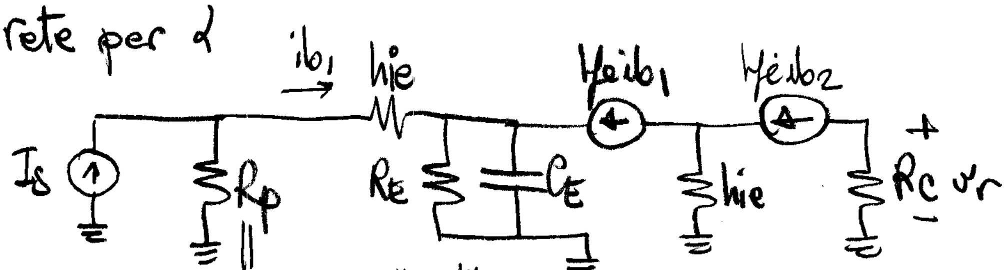


Con la scomposizione effettuata $\rho = 0$ $\gamma = 0$ $Z_p \to \infty$

$$A = \frac{A_0}{1 - s/s_{pA}} \qquad A_0 = 1 + \frac{R_B}{R_A} = 11$$

$$s_{pA} = \frac{-2\pi \, PGB}{A_0} = -570{,}9 \text{ Krad/s}$$

rete per α



$$R_p = R_1 // R_2 // R_S // R_R = 1{,}85 \text{ K}\Omega$$

$$\alpha_0 = -\frac{R_p}{R_p + h_{ie} + R_E(h_{fe}+1)} \, h_{fe} \left(\frac{h_{fe}}{h_{fe}+1}\right) R_C = -25{,}96 \text{ K}\Omega$$

$$\alpha_\infty = -\frac{R_p}{R_p + h_{ie}} \, h_{fe} \left(\frac{h_{fe}}{h_{fe}+1}\right) R_C = -441.3 \text{ K}\Omega$$

$$s_{p\alpha} = -\frac{1}{C_E \; R_E // \left[\frac{h_{ie}+R_p}{h_{fe}+1}\right]} = \frac{-1}{47 \cdot 10^{-6} \cdot 14{,}7} = -1447 \text{ rad/s}$$

$$s_{z\alpha} = -\frac{1}{R_E C_E} = -85.1 \text{ rad/s}$$

β: le catene sono separate e $\beta = \frac{\alpha}{R_R}$

$$A_f = \frac{\alpha A}{1-\beta A} = \frac{\alpha_0\left(1-\frac{s}{s_{z\alpha}}\right)A_0}{\left(1-\frac{s}{s_{p\alpha}}\right)\left(1-\frac{s}{s_{pA}}\right)-\frac{\alpha_0}{R_R}\left(1-\frac{s}{s_{z\alpha}}\right)A_0}$$

$$= \frac{\alpha_0 A_0}{1-\frac{\alpha_0 A_0}{R_R}} \cdot \frac{\left(1-s/s_{z\alpha}\right)}{\left(1-s/s_{p1}\right)\left(1-s/s_{p2}\right)}$$

$A_{f0} = -74.1\ K\Omega \Rightarrow 97.4\ dB\Omega$

denominatore

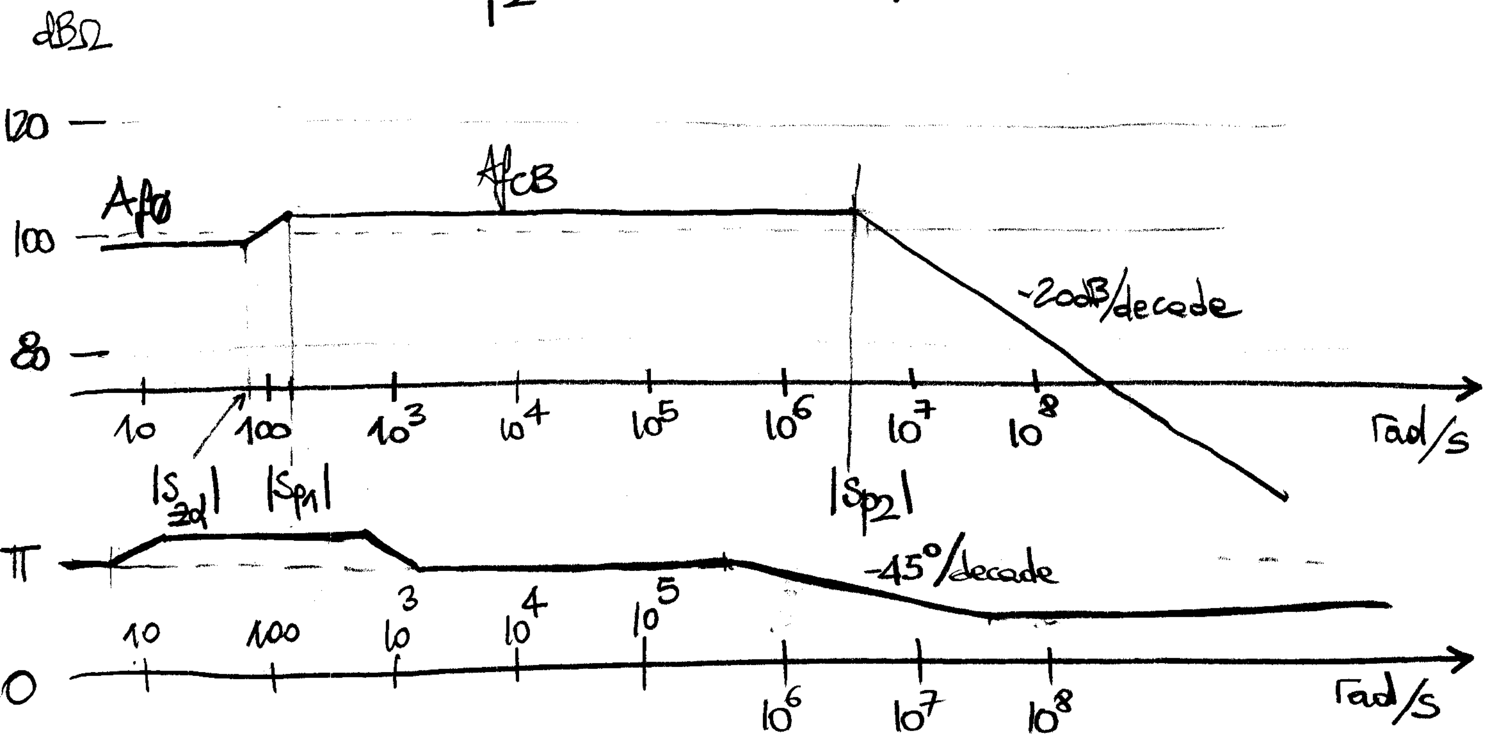
$$\frac{s^2}{s_{p\alpha}s_{pA}} - s\left[\frac{1}{s_{p\alpha}}+\frac{1}{s_{pA}}-\frac{\alpha_0 A_0}{R_R s_{z\alpha}}\right] + 1 - \frac{\alpha_0 A_0}{R_R}$$

$$1.21\cdot 10^{-9} s^2 + 0{,}0342\ s + 3.86$$

$s_{p1} = -112{,}9$ rad/s

$s_{p2} = -28.25$ Mrad/s

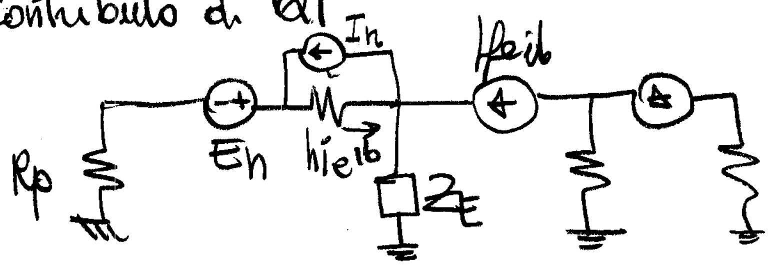
$A_{fCB} = A_{f0}\left|\frac{s_{p1}}{s_{z\alpha}}\right| = 98.3\,K\Omega$ $\Vert$ $99{,}8\,dB\Omega$



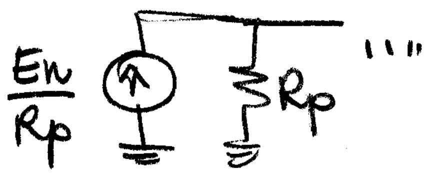
A3. Dobbiamo riportare in ingresso i generatori di rumore da considerare

i contributi di R_{R_1}, R_1, R_2 sono già in ingresso (generatori di corrente in parallelo a I_S).

Contributo di Q1



si riporta in ingresso facendo l'equivalente di Norton con Rp



relazione tra ib e In

$$R_p(i_b - I_n) + h_{ie} i_b + Z_E(h_{fe}+1) i_b - I_n Z_E = 0$$

$$i_b = \frac{I_n (R_p + Z_E)}{R_p + h_{ie} + Z_E(h_{fe}+1)}$$

la relazione tra ib e le Is di ingresso è

$$i_b = \frac{I_S R_p}{R_p + h_{ie} + Z_E(h_{fe}+1)}$$

le In riportate in ingresso è quindi $I_n\left(1 + \frac{Z_E}{R_p}\right) \sim I_n$

perche $Z_E \ll R_p$ a 100 KHz

$$F = 1 + \frac{S_{ni}}{S_{R_S}} = \frac{\frac{4kT}{R_p} + \frac{S_{E_n}}{R_p^2} + S_{I_n}}{\frac{4kT}{R_S}}$$

scriviamo i termini di corrente

$$S_{E_W} = 4kTr_{bb'} + 2qI_c\left(\frac{h_{fe}}{h_{ie}}\right)^2 = 1{,}498\cdot 10^{-17} + 1{,}418\cdot 10^{-23} =$$ (5)

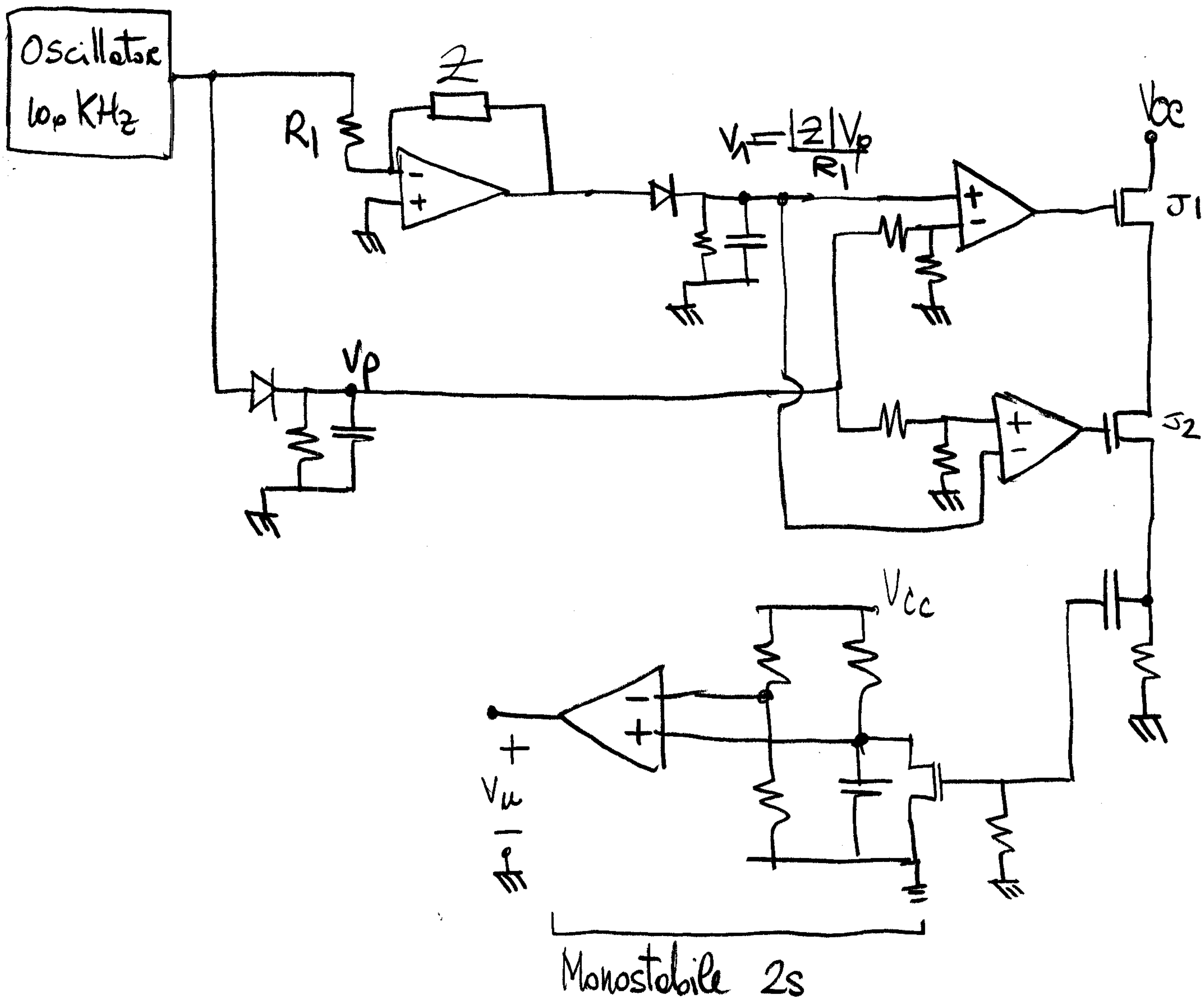
$$= 1{,}498\cdot 10^{-17}\ V^2/Hz$$

$$S_{I_W} = 2qI_{B_1} = 4{,}16\cdot 10^{-24}\ A^2/Hz$$

$$F = \frac{8{,}99\cdot 10^{-24} + 4{,}37\cdot 10^{-24} + 4.16\cdot 10^{-24}}{1{,}849\cdot 10^{-24}} = 9{,}48 \rightarrow \underline{\underline{9{,}77\,dB}}$$

Esercizio B

Una possibile soluzione è la seguente



scegliendo opportunamente ~~il~~ partitore all'ingresso di ciascun comparatore $J1$ conduce se $|Z| > 1K\Omega$

$J2$ conduce se $|Z| < 2K\Omega$

Come oscillatore possiamo usare un oscillatore di Colpitts