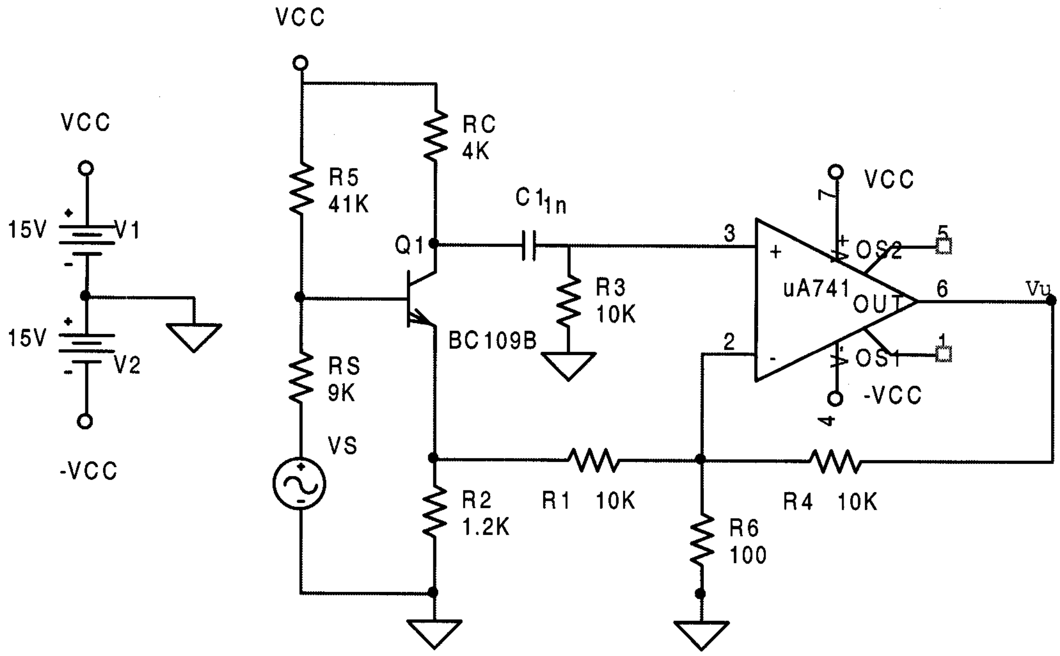
Elettronica II

Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni
1 giugno 2001

Esercizio A



L'operazionale è un µA741 con A_{vol0}=250000 e f_p=4 Hz, Q1 è un BC109B resistivo, con h_{oe}=0, h_{re}=0.

Con riferimento al circuito di figura:

1. Calcolare il punto di riposo e la tensione di uscita a riposo.
2. Determinare la funzione di trasferimento e tracciarne i diagrammi di Bode.
3. Calcolare il fattore di rumore del sistema alla frequenza di 100 Hz, considerando soltanto il contributo di rumore di Q1.

Esercizio B

Disegnare e discutere lo schema circuitale di un sistema elettronico in grado di accendere un LED se il duty cycle di un'onda rettangolare qualsiasi in ingresso è maggiore di 2/3 (il valor medio dell'onda rettangolare non è noto).

Esercizio A

per il c.c.n $v_- = v_+ = 0\,V$

R_6 non è attraversata da corrente

$V_{B1} = \frac{R_5}{R_5 + R_5} V_{CC} = 2.7\,V$ (ipotesi di partitore pesante)

$V_{E1} = V_{B1} - V_\gamma = 2\,V$

$I_E = \frac{V_{E1}}{R_2 // R_1} = \frac{2}{1.071} = \underline{1.87\,mA} \sim I_C$

$V_C = V_{CC} - R_C I_C = 15 - 7.48 = 7.52\,V$

$V_{CE} = V_C - V_E = 7.52 - 2.7 = 4.82\,V$

$I_B \cdot h_{fe} = 300$, $I_B \ll \frac{V_{CC}}{R_5 + R_6}$, $h_{ie} = r_{bb'} + h_{fe}\frac{V_T}{I_C} = 900 + \frac{300 \cdot 26}{1.87} =$

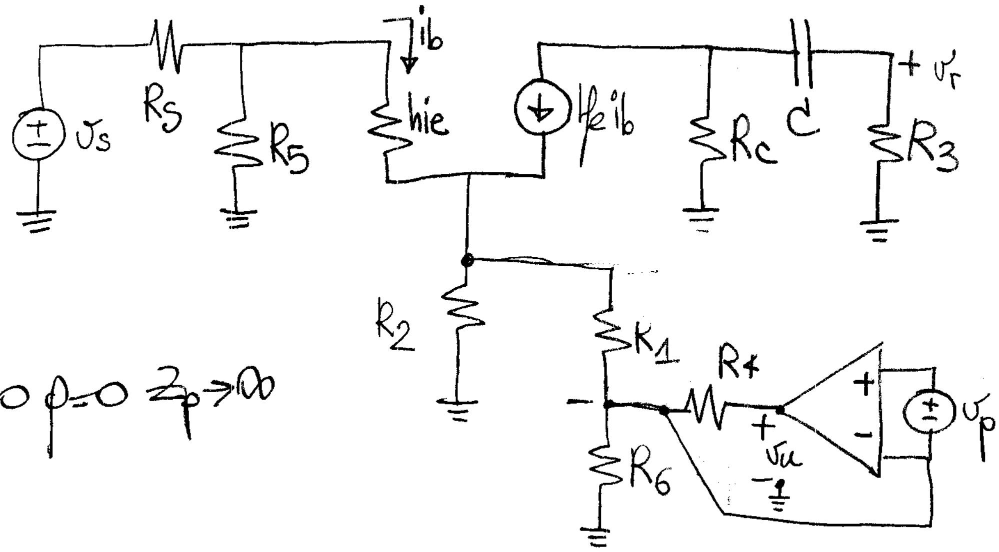
$= \underline{5071\,\Omega}$

la corrente in R_1 I_{R1} è $I_{R1} = \frac{I_{E1} R_2}{R_1 + R_2} = 0.2\,mA$

$I_{R4} = I_{R1} = 0.2\,mA$

* $V_u = -I_{R4} R_4 = \underline{\underline{-2\,V}}$

Effettuiamo una scomposizione all'ingresso dell'operazionale



$\gamma = 0$ $\rho = 0$ $Z_p \to \infty$

$$\alpha_0 = -\frac{R_5}{R_5+R_S} \cdot \frac{(h_{fe}+1)}{R_S /\!/ R_5 + h_{ie} + [R_2 /\!/ (R_1+R_6)](h_{fe}+1)} \cdot \frac{R_2 R_6}{R_2+R_1+R_6} =$$

$$= -0.82 \cdot 2.98 \cdot 10^{-6} \cdot 3196 = -0.0078$$

$$\alpha_\infty = \frac{-R_5}{R_5+R_S} \cdot \frac{1}{R_S /\!/ R_5 + h_{ie} + (h_{fe}+1)[R_2 /\!/ (R_1+R_6)]} \left[\frac{+(h_{fe}+1) R_2 R_6}{R_2+R_1+R_6} + h_{fe}(R_3 /\!/ R_C) \right] =$$

$$= -2.03$$

$$S_{p\alpha} = \frac{-1}{C(R_3+R_C)} = -71428 \text{ rad/s} \qquad S_{0\alpha} = S_{p\alpha} \frac{\alpha_0}{\alpha_\infty} = -264 \text{ rad/s}$$

le catene sono separate

$$\beta_0 = -\frac{R_6}{R_4+R_6} \cdot \frac{R_1 + R_2 /\!/ \left[\frac{h_{ie}+R_S /\!/ R_5}{h_{fe}+1}\right]}{R_4 /\!/ R_6 + R_1 + \underbrace{R_2 /\!/ \left[\frac{h_{ie}+R_S /\!/ R_5}{h_{fe}+1}\right]}_{\tilde{R} = 41\Omega}} = -9.8 \cdot 10^{-3}$$

$$\beta_\infty = \frac{R_6}{R_4+R_6} \cdot \frac{1}{R_4 /\!/ R_6 + R_1 + \tilde{R}} \left[-R_1 - \tilde{R} + R_3 /\!/ R_5 \right] = -7.1 \cdot 10^{-3}$$

$$S_{p\beta} = S_{p\alpha} \qquad S_{0\beta} = S_{p\beta} \frac{\beta_0}{\beta_\infty} = -98.5 \text{ Krad/s}$$

③

$$A = \frac{A_{vol\phi}}{1 - s/s_{pA}} \qquad A_{vol\phi} = 250000 \qquad s_{pA} = -25.12\ rad/s$$

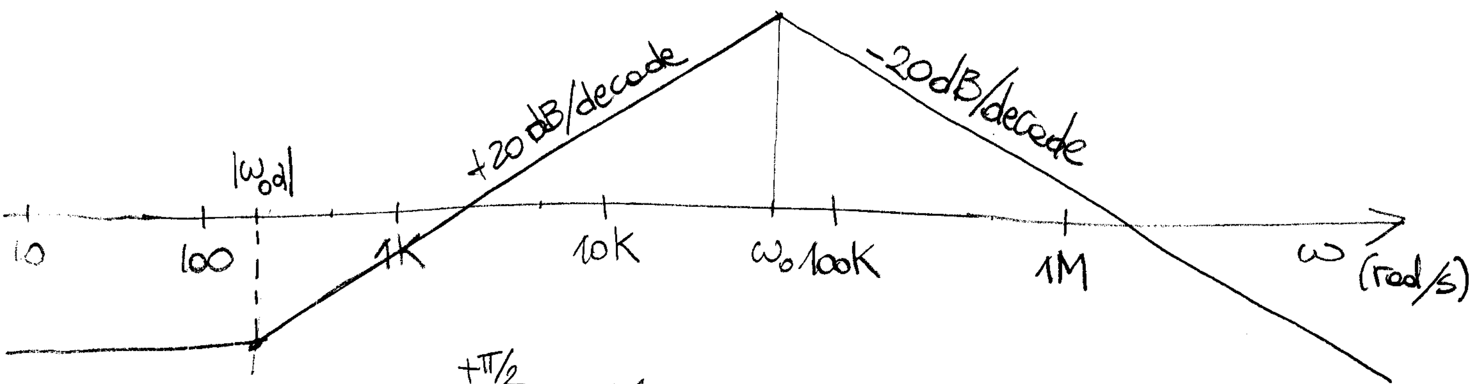
$$A_f = \frac{\alpha A}{1-\beta A} = \frac{\alpha_0 A_{vol\phi}\left(1 - s/s_{o\alpha}\right)}{\left(1 - s/s_{p\alpha}\right)\left(1 - s/s_{pA}\right) - \beta_0 A_{vol\phi}\left(1 - s/s_{o\beta}\right)}$$

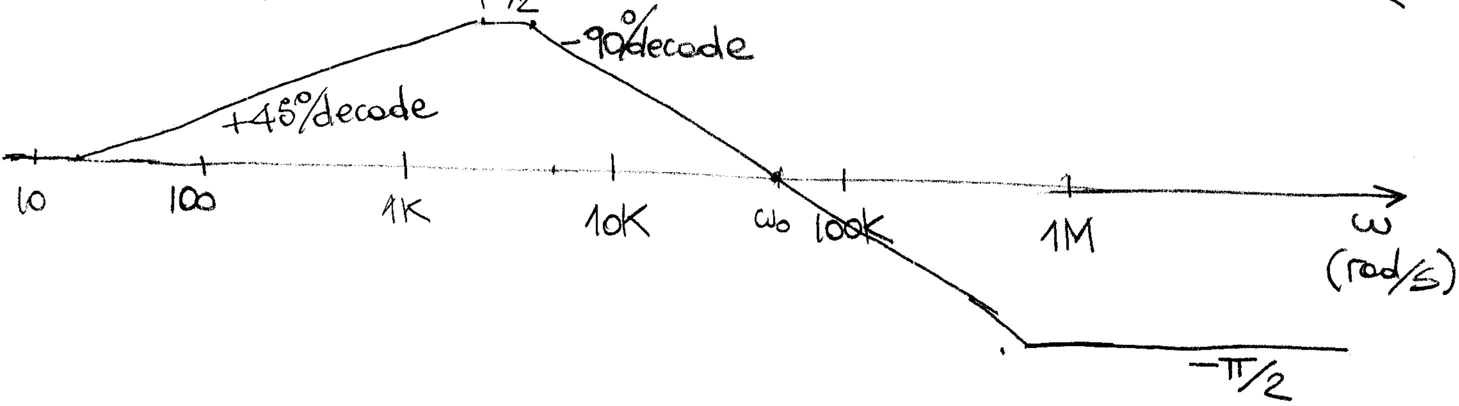
Denominatore: $\frac{s^2}{s_{p\alpha}s_{pA}} + s\left[-\frac{1}{s_{p\alpha}} - \frac{1}{s_{pA}} + \frac{\beta_0 A_{vol\phi}}{s_{o\beta}}\right] + 1 - \beta_0 A_{vol\phi}$

$$5.57 \cdot 10^{-7} s^2 + 6.47 \cdot 10^{-2} s + 2451$$

$$s_{1,2} = -58.1 \pm j32\ Krad/s$$

$$\omega_0 = |s_{1,2}| = 66.3\ Krad/s$$

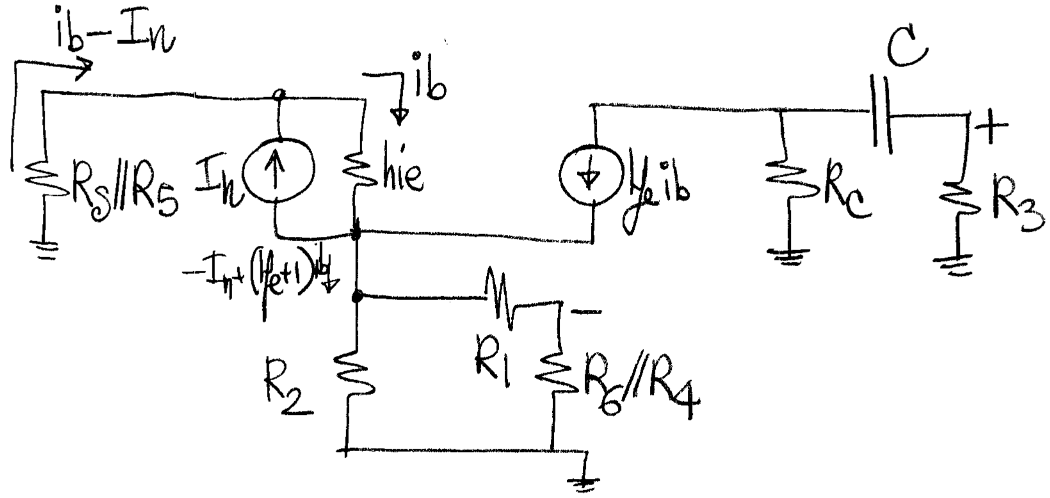




effetto di E_n

$$\alpha_{E_n} = \alpha \frac{R_S+R_5}{R_5}$$

effetto di I_n



$$(i_b - I_n) R_S /\!/ R_5 + h_{ie} i_b + \left[(h_{fe}+1) i_b - I_n\right]\left[R_2 /\!/ (R_1 + R_6 /\!/ R_4)\right] = 0$$

$$\frac{i_b}{I_n} = \frac{R_5 /\!/ R_S + R_2 /\!/ (R_1 + R_6 /\!/ R_4)}{R_5 /\!/ R_S + h_{ie} + (h_{fe}+1)\left[R_2 /\!/ (R_1 + R_6 /\!/ R_4)\right]} = 2.52 \cdot 10^{-2}$$

$$\alpha_{0\,I_n} = \left[\frac{(h_{fe}+1) i_b}{I_n} - 1\right] \frac{R_2 \cdot (R_6 /\!/ R_4)}{R_2 + R_1 + R_6 /\!/ R_4} = 69.9$$

$$\alpha_{\infty\,I_n} = \alpha_{0\,I_n} + h_{fe} \frac{i_b}{I_n} R_3 /\!/ R_C = 21670 \qquad s_{z_2} = s_{p\alpha} \frac{\alpha_{0\,I_n}}{\alpha_{\infty\,I_n}} = -230$$

$\cancel{\alpha}$ $\cancel{\alpha_{I_n} = \alpha}$

$$V_i^\circ = E_n \frac{\alpha_{E_n}}{\alpha} + I_n \frac{\alpha_{I_n}}{\alpha} = E_n \left(\frac{R_S+R_5}{R_5}\right) + I_n \frac{\alpha_{0\,I_n}}{\alpha_0} \frac{(1 - s/s_{z2})}{(1 - s/s_{z2})}$$

$$S_{vi}\Big|_{100\,Hz} = S_{E_n} \left(\frac{R_S+R_5}{R_5}\right)^2 + S_{I_n} \frac{\alpha_{0\,I_n}}{\alpha_0} \left|\frac{\left(1 - j\frac{2\pi \cdot 100}{230}\right)}{\left(1 - j\frac{2\pi\, 100}{264}\right)}\right|^2$$

$$S_{E_n} \cong 4KTr_{bb'} + 2qI_C\left(\frac{h_{ie}}{h_{fe}}\right)^2 =$$

$$= 1.5\cdot 10^{-17} + 1.69\cdot 10^{-19} = 1.514\cdot 10^{-17}\ V^2/Hz$$

trascuriamo la componente Flicker

$$S_{I_n} = 2qI_B = 1.92\cdot 10^{-24}$$

$$\underset{100Hz}{F} = 1 + \frac{S_{v_i}}{4KTR_S} = 1 + \frac{1.48\cdot 1.514\cdot 10^{-17} + 2.02\cdot 10^{-16}}{1.497\cdot 10^{-16}} = 2.45$$

Una possibile soluzione è la seguente