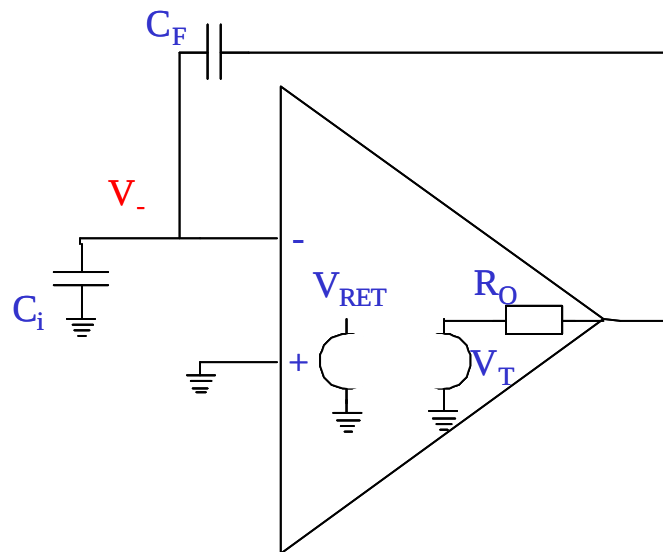


ELETTRONICA APPLICATA

Soluzioni del tema d’esame del 19 Ottobre 2008

Es. 1:



La combinazione serie di R_O e C_F è:

$$\frac{1 + sC_F R_O}{sC_F}$$

Per cui risulta che V_- è:

$$\begin{aligned} V_- &= \frac{\frac{1}{sC_i}}{\frac{1}{sC_i} + \frac{1 + sC_F R_O}{sC_F}} V_T \\ &= \frac{C_F}{C_F + C_i + sC_i C_F R_F} V_T \end{aligned}$$

Da cui il guadagno di anello T è:

$$\begin{aligned} T &= - \frac{C_F}{C_F + C_i + sC_i C_F R_F} \frac{A}{1 + s\tau_A} \\ &= - \frac{C_F}{C_F + C_i} \frac{1}{1 + s \frac{C_i C_F}{C_F + C_i} R_F} \frac{A}{1 + s\tau_A} \end{aligned}$$

Ammettendo che la frequenza del II polo sia $\gg 1/\tau_A$ si può approssimare ω_{45} con la frequenza del II polo stesso:

$$\omega_{45} \approx \frac{C_F + C_i}{C_i C_F} \frac{1}{R_F}$$

Per cui:

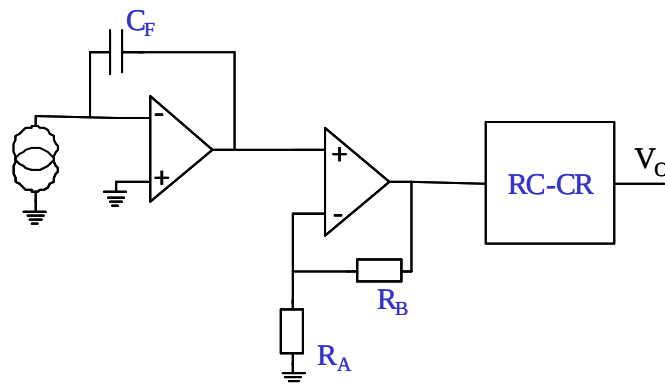
$$\begin{aligned} |T| &\approx \frac{C_F}{C_F + C_i} \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{A}{\omega_{45} \tau_A} \\ &= \frac{C_F}{C_F + C_i} \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{A}{\tau_A} \frac{C_i C_F}{C_F + C_i} R_F \\ &= \left(\frac{C_F}{C_F + C_i} \right)^2 \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{A}{\tau_A} C_i R_F \\ &= \left(\frac{C_F}{C_F + C_i} \right)^2 \frac{1}{\sqrt{2}} \omega_T C_i R_F \end{aligned}$$

Perciò:

$$\begin{aligned} |T| \approx 1 &\Rightarrow C_F^2 = \frac{\sqrt{2}}{\omega_T C_i R_F} (C_F + C_i)^2 \\ C_F &= \sqrt{\frac{\sqrt{2}}{\omega_T C_i R_F}} (C_F + C_i) \\ C_F &= \frac{1}{1 - \sqrt{\frac{\sqrt{2}}{\omega_T C_i R_F}}} \sqrt{\frac{\sqrt{2}}{\omega_T C_i R_F}} C_i \end{aligned}$$

Con i dati del problema risulta che $C_F \approx 50.5 \text{ pF}$.

Es. 2:



All'uscita della rete si ha :

$$V_O = - \frac{R_A + R_B}{R_A} \frac{1}{C_F} \frac{t}{\tau} \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) Q.$$

Il massimo si ha per $t=\tau$, dove l'ampiezza è:

$$V_O = - \frac{R_A + R_B}{R_A} \frac{1}{C_F} \frac{1}{e} Q$$

Per il guadagno:

$$0.5 = - \frac{R_A + R_B}{R_A} \frac{1}{C_F} \frac{1}{e} 10^{-12}$$

$$\frac{R_A + R_B}{R_A} = 0.5 \times 10^{12} \times 50 \times 10^{-12} \times e = 67.96$$

Contributo di rumore delle 2 resistenze all'uscita dell'amplificatore:

$$\overline{V_O^2} = \left(\frac{R_B}{R_A}\right)^2 4K_B T R_A + 4K_B T R_B$$

$$= 4K_B T R_B \left(\frac{R_B + R_A}{R_A}\right)$$

Di conseguenza il contributo all'ingresso dell'amplificatore delle 2 resistenze è:

$$\overline{V_i^2} = 4K_B T R_B \left(\frac{R_B + R_A}{R_A}\right) \left(\frac{R_A}{R_B + R_A}\right)^2$$

$$= 4K_B T \frac{R_B R_A}{R_B + R_A}$$

$$\approx 4K_B T R_A$$

Perciò il rumore totale all'ingresso dell'amplificatore è:

$$\overline{e_i^2} = 4K_B T \frac{R_B R_A}{R_B + R_A} + \overline{e_A^2}$$

Per ottenere il rumore sperato dobbiamo fare in modo che:

$$25(\text{nV})^2 / \text{Hz} = 4K_B T \frac{R_B R_A}{R_B + R_A} + 16(\text{nV})^2 / \text{Hz}$$

$$4K_B T \frac{R_B R_A}{R_B + R_A} = 9(\text{nV})^2 / \text{Hz}$$

$$\frac{R_B R_A}{R_B + R_A} = \frac{9(\text{nV})^2 / \text{Hz}}{4K_B T} = 543,2 \, \Omega$$

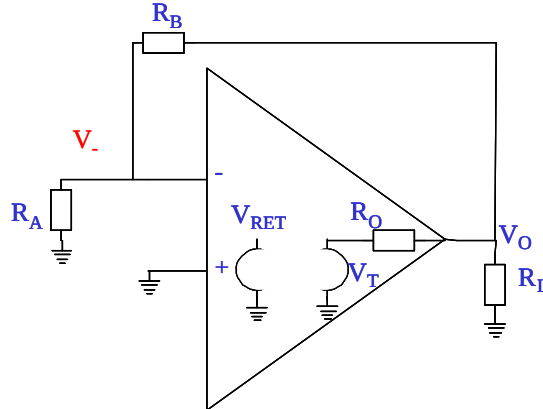
Possiamo quindi ricavare il valore delle 2 resistenze:

$$R_B = 543,2 \, \Omega \frac{R_B + R_A}{R_A} = 36917 \, \Omega$$

$$1 + \frac{R_B}{R_A} = 67,96 \Rightarrow R_A = \frac{R_B}{67,96 - 1} = 551,33 \, \Omega$$

Es. 3:

Valutiamo prima il guadagno di anello:



Risolviamo per il guadagno di anello:

$$\begin{cases} \frac{V_T - V_O}{R_O} = \frac{V_O}{R_L} + \frac{V_O}{R_A + R_B} \\ V_- = \frac{R_A}{R_A + R_B} V_O \end{cases}$$

Banalmente:

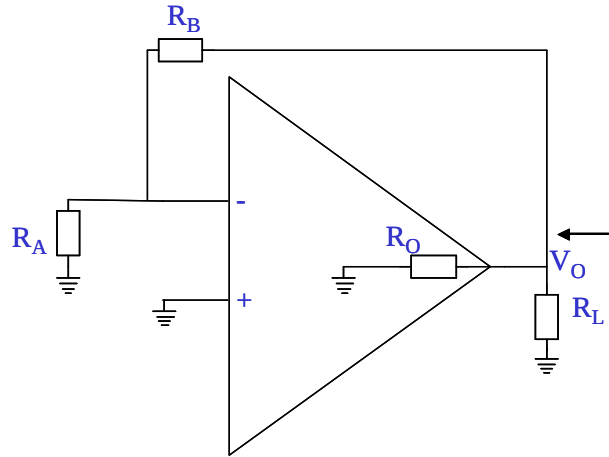
$$\begin{aligned} \frac{V_T}{R_O} &= \left(\frac{1}{R_O} + \frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_A + R_B} \right) V_O \\ \frac{V_T}{R_O} &= \frac{(R_A + R_B)R_L + R_O(R_A + R_B) + R_O R_L}{R_O R_L (R_A + R_B)} V_O \\ V_O &= \frac{R_L (R_A + R_B)}{(R_A + R_B)R_L + R_O(R_A + R_B) + R_O R_L} V_T \end{aligned}$$

Infine:

$$T = -A \frac{R_L R_A}{(R_A + R_B)R_L + R_O(R_A + R_B) + R_O R_L} = -76.92.$$

Ora passiamo a misurare l'impedenza di uscita ad anello aperto il cui schema è nel disegno sotto. Osservando dalla freccia possiamo dire che:

$$\begin{aligned} R_{\text{open}} &= \left(\frac{1}{R_L} + \frac{1}{R_O} + \frac{1}{R_A + R_B} \right)^{-1} \\ &= \frac{R_L R_O (R_A + R_B)}{R_O(R_A + R_B) + R_L(R_A + R_B) + R_L R_O} = 384.61 \end{aligned}$$



Perciò:

$$R_F = R_{\text{open}} \frac{1}{1-T} = \frac{384.61}{1+192.31} = 4.94 \, \Omega$$