Esercizio 1

Si esegua il progetto ed il dimensionamento dei componenti relativi ad un filtro attivo passa basso del secondo ordine con frequenza di taglio superiore di 8kHz e guadagno di tensione pari a 26dB. (esame di Stato maturità tecnica industriale sperimentale - Progetto AMBRA - Indirizzo Elettronica industriale. Sessione Ordinaria 1988)

Svolgimento:

Non sono specificati né il tipo di filtro né il tipo di approssimazione. Scegliamo un filtro passa basso a retroazione semplice (vcvs) con resistenze e condensatori uguali come quello di figura 1.

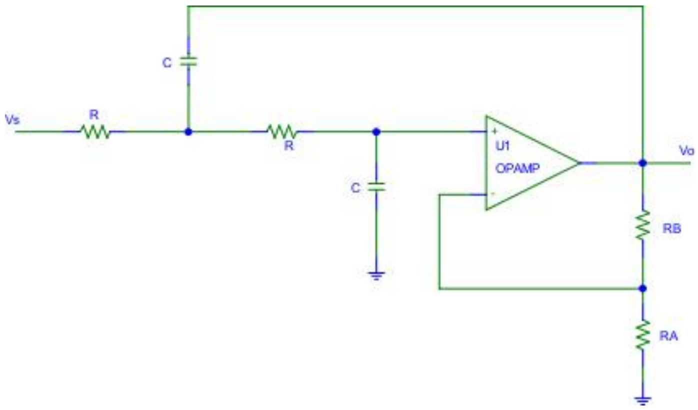

Figura 1 Filtro vcvs passa basso del secondo ordine.

Consideriamo le relazioni di progetto di un filtro passa basso già ricavate (vedi http://cmathilde.altervista.org/Elettronica/Filtri/FormulePBasso.pdf). Dalla relazione:

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = \frac{1}{RC}$$

Si ricava:

$$2\pi \cdot 8000 = \frac{1}{RC} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{RC} = 50240Hz \quad \rightarrow \quad RC \cong 2 \cdot 10^{-5} sec$$

Poniamo C=10nF e troviamo R:

$$R = \frac{2 \cdot 10^{-5} sec}{10^{-8}} \Omega = 2000\Omega = 2k\Omega$$

Scegliamo una resistenza della serie E24 (tolleranza minore o uguale a ±2%).
Per dimensionare le resistenze R_A e R_B usiamo la relazione:

$$\frac{R_B}{R_A} = 2 - 2\xi \qquad (1)$$

Dove ξ è il fattore di smorzamento. Scegliamo l'approssimazione di Butterworth che garantisce una risposta in frequenza piatta in banda passante.
Il polinomio di Butterworth per un filtro del secondo ordine è dato da:

$$s^2 + 1.414s + 1$$

Dal confronto con il denominatore della funzione di trasferimento con ω_0=1[1] si ricava:

$$2\xi = 1.414 \quad \rightarrow \qquad \xi = 0.707$$

[1] Ricordiamo che I polinomi di Butterworth sono normalizzati.

Sostituendo nella (1) si trova:

$$\frac{R_B}{R_A} = 2 - 2\xi = 2 - 1.414 = 0.586 \quad \rightarrow \quad R_B = 0.586R_A$$

Scegliamo R_A=56kΩ. Quindi:

$$R_B = 0.586 \cdot 56000 = 32816\Omega \quad \rightarrow \quad R_B = 33k\Omega$$

Con questi valori, però, il guadagno di tensione vale:

$$K = 1 + \frac{R_B}{R_A} = 1 + \frac{33}{56} = 1.589 \quad (2)$$

Per ottenere il guadagno richiesto dobbiamo aggiungere un circuito per amplificare. Disegniamo il circuito completo:

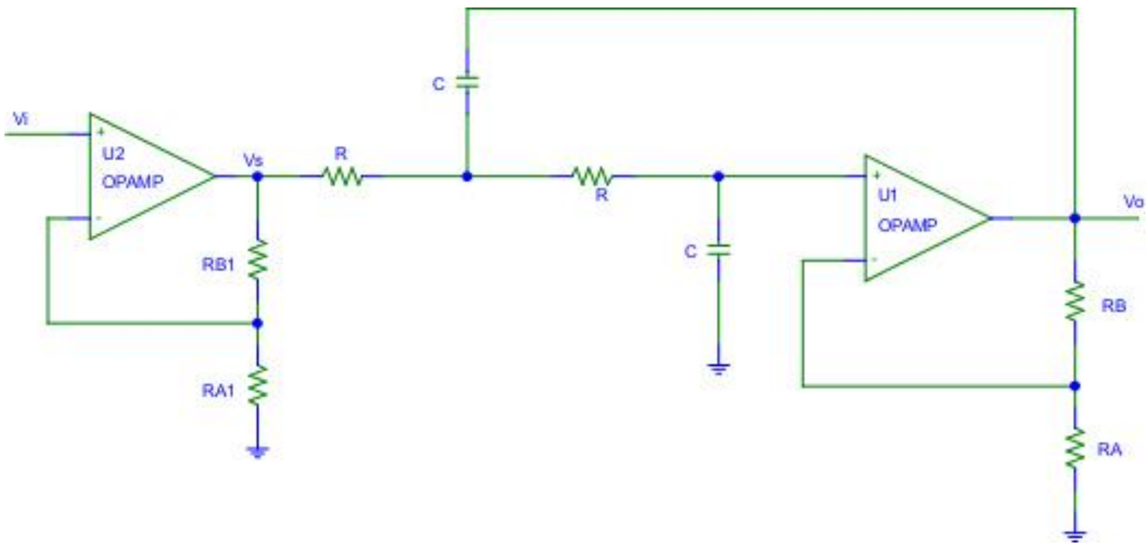

Figura 2 Lo schema completo.

Abbiamo aggiunto un amplificatore operazionale in configurazione non invertente. Il suo guadagno è, quindi, dato da:

$$K_1 = 1 + \frac{R_{B1}}{R_{A1}}$$

Dato che i due amplificatori sono in cascata il guadagno complessivo è dato da:

$$K_{TOT} = KK_1$$

Deve essere K_{TOT}=26dB quindi:

$$K_{TOT} = 26\text{dB} \quad \rightarrow \quad KK_1 = 26dB \quad \rightarrow \quad 20\log KK_1 = 26$$

$$\log KK_1 = \frac{26}{20} = \frac{13}{10} \quad \rightarrow \quad KK_1 = 10^{\frac{13}{10}} = 19.95$$

Sostituendo il valore trovato nella (2):

$$K_1 = \frac{19.95}{1.589} = 12.55$$

Possiamo scrivere:

$$1 + \frac{R_{B1}}{R_{A1}} = 12.55 \quad \rightarrow \quad \frac{R_{B1}}{R_{A1}} = 11.55$$

Scegliamo R_{B1}=39kΩ e calcoliamo:

$$R_{A1} = \frac{R_{B1}}{11.55} = \frac{39000}{11.55} = 3376\Omega$$

Poniamo R_{A1}=3.3kΩ.
Ricapitolando:

$$C = 10nF; R = 2k\Omega;\ R_A = 56k\Omega;\ R_B = 33k\Omega;\ R_{A1} = 3.3k\Omega;\ R_{B1} = 39k\Omega$$

Matilde Consales