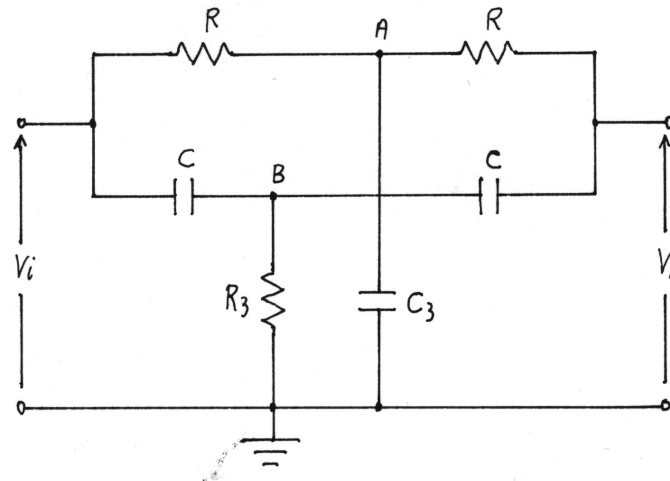


8. – FILTRI ELIMINA BANDA (Notch)

8.1. – Filtro elimina banda con rete a doppio T

Una possibile soluzione per realizzare un filtro elimina banda è quella di utilizzare una rete a doppio T.



Indicando con V_A e V_B le tensioni dei nodi A e B rispetto al terminale comune, per il principio di Kirchhoff relativo alle correnti confluenti nei nodi A e B, si può scrivere:

$$\frac{V_i - V_A}{R} + \frac{V_2 - V_A}{R} = sC_3 V_A \quad \text{e} \quad sC(V_i - V_B) + sC(V_2 - V_B) = \frac{V_B}{R_3}$$

Imponendo inoltre che sia nulla la corrente in uscita, si ottiene:

$$\frac{V_2 - V_A}{R} = sC(V_B - V_2)$$

Da tali equazioni si ottiene:

$$G(s) = \frac{V_2}{V_i} = \frac{s^3 + s^2 \frac{2}{RC_3} + s \frac{2}{R^2 CC_3} + \frac{1}{R^2 C^2 R_3 C_3}}{s^3 + s^2 \left(\frac{2}{RC_3} + \frac{2}{RC} + \frac{1}{R_3 C} \right) + s \left(\frac{2}{R^2 CC_3} + \frac{2}{RCR_3 C_3} + \frac{1}{RC^2 R_3 C_3} \right) + \frac{1}{R^2 C^2 R_3 C_3}} \quad (8.1.1)$$

La f.d.t. ha tre poli e tre zeri. Per ottenere un quadripolo elimina banda, un polo reale e negativo deve essere cancellato da uno zero. Nell'ipotesi che un polo e uno zero coincidano, l'equazione (8.1.1) può essere così scritta in forma normalizzata:

$$G(s) = \frac{(s + \omega_1)(s^2 + \omega_0^2)}{(s + \omega_1) \left(s^2 + \frac{\omega_0}{Q_0} s + \omega_0^2 \right)} = \frac{s^3 + \omega_1 s^2 + \omega_0^2 s + \omega_1 \omega_0^2}{s^3 + \left(\omega_1 + \frac{\omega_0}{Q_0} \right) s^2 + \left(\omega_0^2 + \frac{\omega_1 \omega_0}{Q_0} \right) s + \omega_1 \omega_0^2}$$

il numeratore di questa equazione coincide con quello dell'equazione (8.1.1) se risulta

$$\omega_1 = \frac{2}{RC_3} \quad ; \quad \omega_0^2 = \frac{2}{R^2 C C_3} \quad ; \quad \omega_1 \omega_0^2 = \frac{1}{R^2 C^2 R_3 C_3}$$

Dovrà risultare:

$$\omega_1 \omega_0^2 = \frac{2}{RC_3} * \frac{2}{R^2 C C_3} = \frac{1}{R^2 C^2 R_3 C_3} \Rightarrow \frac{4}{RC_3} = \frac{1}{R_3 C}$$

(8.1.2)

In questo caso, confrontando tra loro i due denominatori, si ottiene:

$$\omega_1 + \frac{\omega_0}{Q_0} = \frac{2}{RC_3} + \frac{2}{RC} + \frac{1}{R_3 C} = \frac{2}{R^2 C C_3} = \frac{2}{RC_3} + \frac{\omega_0}{Q_0} \Rightarrow \frac{\omega_0}{Q_0} = \frac{2}{RC} + \frac{1}{R_3 C}$$

(8.1.3)

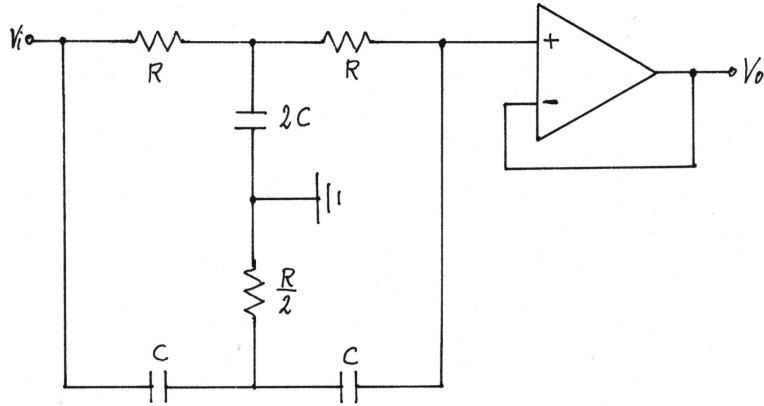
$$\omega_1 = \frac{1}{RC} \quad ; \quad \frac{\omega_0}{Q_0} = \frac{4}{RC} \quad ; \quad \omega_0^2 = \frac{1}{R^2 C^2}$$

La (8.1.2) è verificata se si pone:

$$G(s) = \frac{s^2 + \frac{1}{R^2 C^2}}{s^2 + \frac{4}{RC} s + \frac{1}{R^2 C^2}} = \frac{s^2 + \omega_0^2}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q_0} s + \omega_0^2}$$

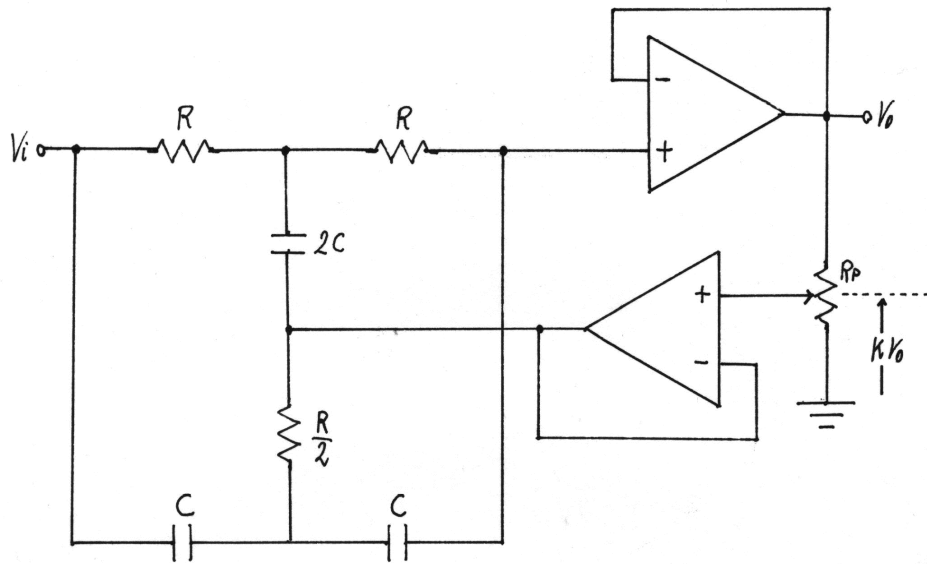
Essa presenta due poli reali $p = (-2 \pm \sqrt{3})\omega_0$ e due zeri puramente immaginari $z = \pm j\omega_0$, con $Q_0 = 0,25$.

Per realizzare un filtro elimina banda attivo è sufficiente far seguire alla rete a doppio T un inseguitore realizzato con operazionale BI-FET.



L'inseguitore, realizzato con operazionale BI-FET, presenta una resistenza di ingresso estremamente elevata che consente l'impiego di resistori di valore elevato e condensatori di basso valore.

Tale circuito però presenta l'inconveniente di un Q_0 basso e di valore fisso. Utilizzando un secondo operazionale si può realizzare la configurazione a Q_0 regolabile di figura, nella quale una frazione della tensione di uscita, tramite un inseguitore, viene riportata in ingresso nel punto della rete a doppio T normalmente collegato a massa.



La f.d.t. è la seguente:

$$G(s) = \frac{s^2 + \frac{1}{4R^2C^2}}{s^2 + \frac{2(1-K)}{RC}s + \frac{1}{4R^2C^2}}$$

Dal confronto con l'espressione generale della f.d.t. di un filtro Notch si traggono le seguenti relazioni di progetto:

$$\omega_0 = \frac{1}{2RC} \quad ; \quad Q_0 = \frac{1}{4(1-K)}$$

Agendo sul potenziometro, e quindi su K, si varia il valore di Q_0 . Per $K = 0$ la risposta è in pratica quella del circuito precedente, mentre per $K = 1$ si ha nella f.d.t. la cancellazione dei poli con gli zeri, con banda attenuata conseguentemente nulla. In realtà quest'ultima relazione non si verifica mai esattamente, sia per l'inevitabile imprecisione dei componenti sia perché il guadagno dell'inseguitore è comunque, seppure di poco, inferiore a 1. Ne risulta pertanto un filtro Notch con Q_0 elevato ma indeterminato.

Vi sono però due inconvenienti:

Come per il filtro passivo, la taratura della ω_0 , che dipende da tutti i componenti R e C, risulta molto difficoltosa e quindi si devono usare componenti a bassa tolleranza, rinunciando comunque a regolare la ω_0 ;

La banda passante molto stretta può essere uno svantaggio sia per l'instabilità della frequenza da eliminare sia per l'instabilità dei componenti R e C del filtro con conseguente non costanza della ω_0 .

Questi inconvenienti possono essere superati utilizzando una rete detta differenziatore a ponte.

