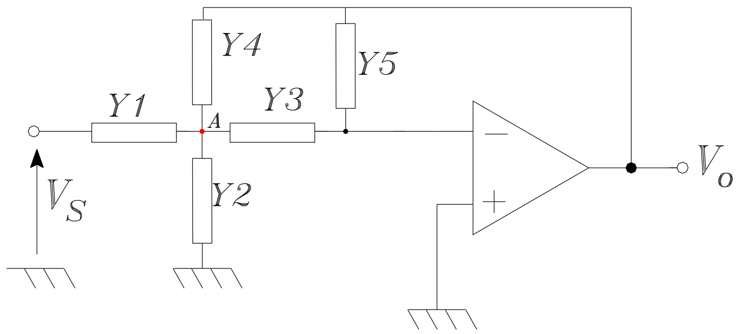
FILTRI A REAZIONE NEGATIVA MULTIPLA

lo schema generale i un filtro a reazione negativa multipla è il seguente:

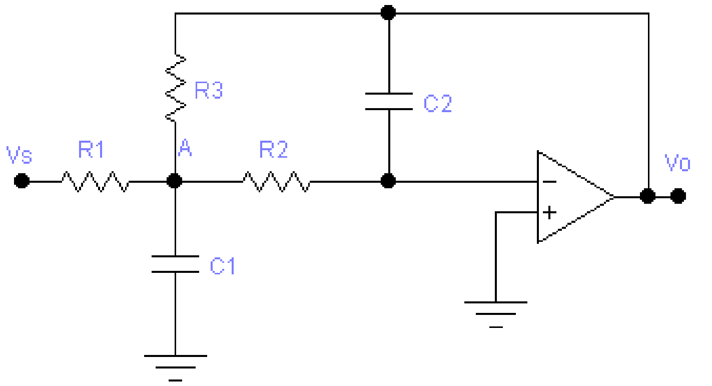


Scritta l'equazione al nodo A si ricava la f.d.t.:

$$\frac{-Y_1 \cdot Y_3}{Y_5 \cdot (Y_1+Y_2+Y_3+Y_4)+Y_3 \cdot Y_4} = \frac{V_0}{V_S} = A(s) \qquad [2]$$

<u>filtro passa-basso del 2° ordine</u>

Lo schema circuitale è il seguente:



ponendo nell'eq. [2], $Y_1 = \frac{1}{R_1}$, $Y_2 = sC_1$, $Y_3 = \frac{1}{R_2}$, $Y_4 = \frac{1}{R_3}$, $Y_5 = sC_2$ si perviene alla seguente f.d.t

$$A(s) = \frac{-\frac{1}{R_1R_2C_1C_2}}{s^2 + \frac{s}{C_1}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)+\frac{1}{R_2R_3C_1C_2}}$$

pertanto, da un confronto con l'espressione generale di un filtro passa-basso di secondo ordine,qui a seguito riportata per comodità

$$A(s) = \frac{A_0 \cdot \varpi_0{}^2}{s^2 + 2\xi\varpi_0 s + \varpi_O{}^2}$$

si ricava:

$$\varpi_0 = \frac{1}{\sqrt{R_2R_3C_1C_2}};$$

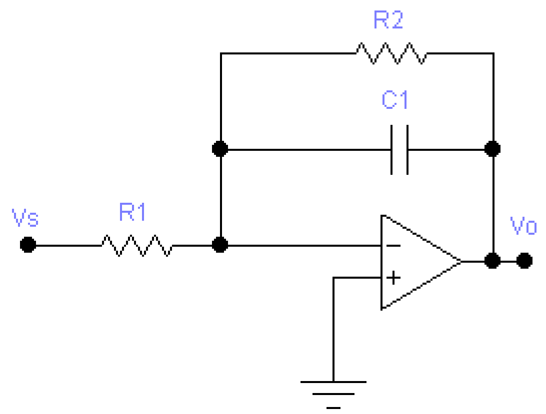
$$A_0 = -\frac{R_3}{R_1};$$

$$2\xi = \frac{1}{Q} = \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} \cdot \left(\frac{\sqrt{R_2R_3}}{R_1} + \sqrt{\frac{R_3}{R_2}} + \sqrt{\frac{R_2}{R_3}}\right)$$

Non è accettabile il caso di capacità uguali, mentre lo è il caso di resistenze uguali $R_1 = R_2 = R_3$

filtro passa-basso del 1° ordine

Lo schema circuitale è il seguente:



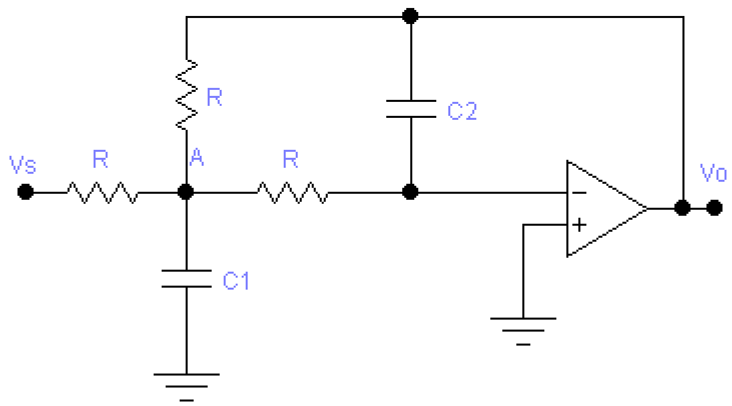
ottenuto ponendo: $Y_1 = \frac{1}{R_1}$, $Y_2 = 0$, $Y_3 = \infty$, , $Y_4 = \frac{1}{R_2}$ $Y_5 = sC_1$ ottenendo l'integratore reale.

Esempio:

Si progetti un filtro passa-basso del 2° ordine, a reazione negativa multipla, con tecnica di approssimazione di Butterworth con f_H = 1 kHz, e con guadagno unitario.

Soluzione:

il circuito è il seguente:



essendo il guadagno in banda passante unitario |Ao|=1, si sceglie la soluzione a resistenze uguali $R_1 = R_2 = R_3 = R$ ottenendo le seguenti relazioni di progetto:

$$\varpi_0 = \frac{1}{R\sqrt{C_1 C_2}};$$

$$A_0 = -\frac{R}{R} = -1;$$

$$2\xi = \frac{1}{Q} = 3 \cdot \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$$

è richiesta la tecnica di approssimazione di Butterworth, pertanto mi prelevo il polinomio di ordine 2 →

$\boxed{s^2+1.414s+1}$

2ξ=1.414

da cui ricavo ξ= 1.414 / 2 = 0.707 in tal modo ho fissato ξ, e ricavo C_2 e C_1 da $2\xi = 3 \cdot \sqrt{\frac{C_2}{C_1}}$

$$\left(\frac{2\xi}{3}\right)^2 = \frac{C_2}{C_1}$$

da cui $C_2 = \left(\frac{1.414}{3}\right)^2 \cdot C_1$

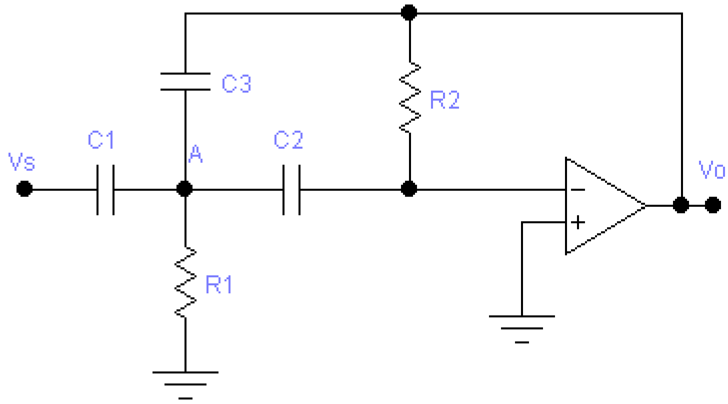
impongo $C_1 = 100nF$ e ricavo $C_2 = 22nF$

adesso mi ricavo la R tramite l'equazione $\varpi_0 = \frac{1}{R\sqrt{C_1 C_2}}$; ricavando la formula inversa, ottengo

$$R = \frac{1}{2\pi f\sqrt{C_1 C_2}} = \frac{1}{6.28 \cdot 1000 \cdot \sqrt{22 \cdot 10^{-9} \cdot 100 \cdot 10^{-9}}} = 3394[\Omega]$$

Filtro passa-alto del 2° ordine a reazione negativa multipla

Lo schema circuitale è il seguente:



ponendo nell'eq. [2], $\frac{-Y_1 \cdot Y_3}{Y_5 \cdot (Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) + Y_3 \cdot Y_4} = \frac{V_0}{V_S} = A(s)$:

$Y_1 = sC_1$, $Y_2 = \frac{1}{R_1}$, $Y_3 = sC_2$, $Y_4 = sC_3$ $Y_5 = \frac{1}{R_2}$, si perviene alla seguente f.d.t.

$$A(s) = \frac{-\frac{C_1}{C_3}s^2}{s^2 + \frac{s}{R_2}\left(\frac{C_1}{C_2 C_3} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}\right) + \frac{1}{R_1 R_2 C_2 C_3}}$$

pertanto, da un confronto con l'espressione generale di un filtro passa-alto di 2° ordine

$$A(s) = \frac{A_0 \cdot s^2}{s^2 + 2\xi\varpi_0 s + \varpi_O^{\ 2}}$$

si ricava:

$$\varpi_0 = 2\pi fo = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_2 C_3}};$$

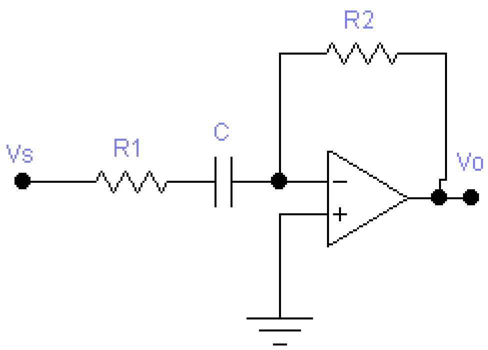
$$A_0 = -\frac{C_1}{C_3};$$

$$2\xi = \frac{1}{Q} = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} \cdot \left(\frac{C_1}{\sqrt{C_2 C_3}} + \sqrt{\frac{C_2}{C_3}} + \sqrt{\frac{C_3}{C_2}} \right)$$

---

filtro passa-alto del 1° ordine a reazione negativa

Lo schema circuitale è il seguente:



ottenuto ponendo: $Y_1 = \frac{1}{R_1}$, $Y_2 = 0$, $Y_3 = sC$, $Y_4 = 0$, $Y_5 = \frac{1}{R_2}$ ottenendo il derivatore reale.