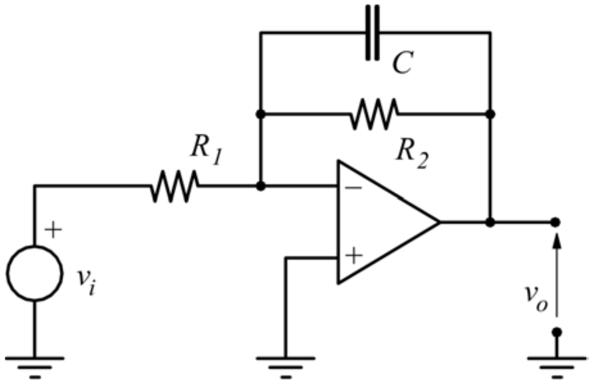
Esercizio no.1

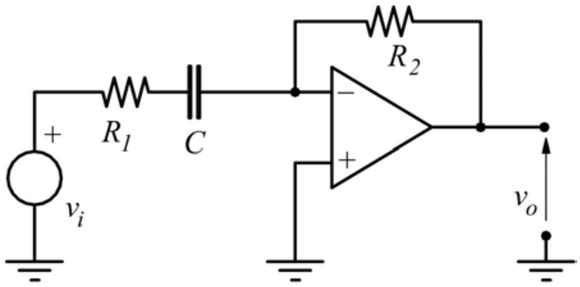
soluzione a pag.5



Si vuole realizzare un filtro passa-basso del I° ordine con rapporto di amplificazione K=20 e frequenza di taglio f_T=10kHz usando la resistenza di reazione R_2=10kΩ.. Dimensionare i componenti.

Esercizio no.2

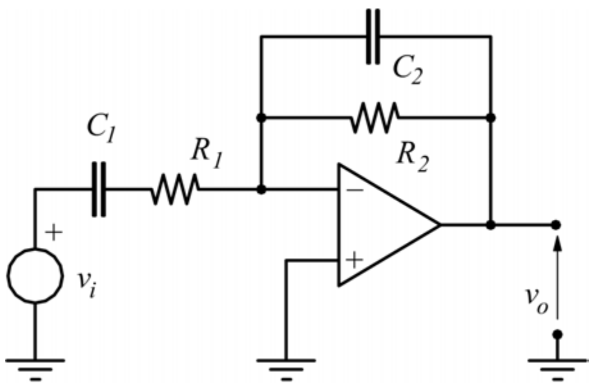
soluzione a pag.6



Progettare un filtro passa-alto del I° ordine con rapporto di amplificazione K=10 e frequenza di taglio f_T=20kHz usando la resistenza di reazione R_2=10kΩ.,

Esercizio no.3

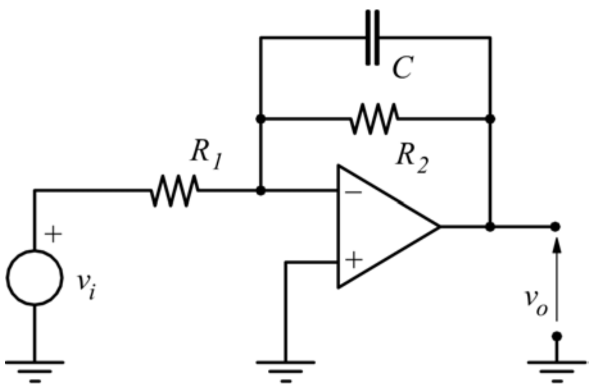
soluzione a pag.7



Progettare un filtro passa-banda del I° ordine con rapporto di amplificazione K=5 e frequenze di taglio f_i=100Hz ed f_s=100kHz usando la resistenza di reazione R_2=10kΩ.

Esercizio no.4

soluzione a pag.8

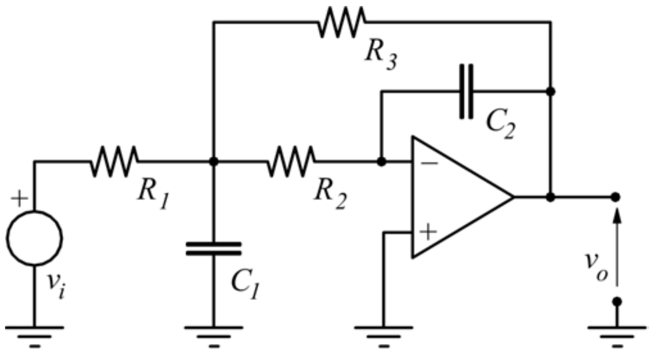


Progettare un filtro passa-basso del primo ordine cono f_T=10kHz ed R_2=8KΩ con amplificazione in banda piatta |K|=5.
Il segnale di ingresso vale:
$V_i=3\sin 10^3 t$ V è affetto da rumore
$V_n=50\sin 10^6 t$ mV.Calcola:

- *I componenti R_1 e C*
- *Il rapporto segnale/rumore in ingresso*
- *Il rapporto segnale/rumore in uscita*

Esercizio no.5

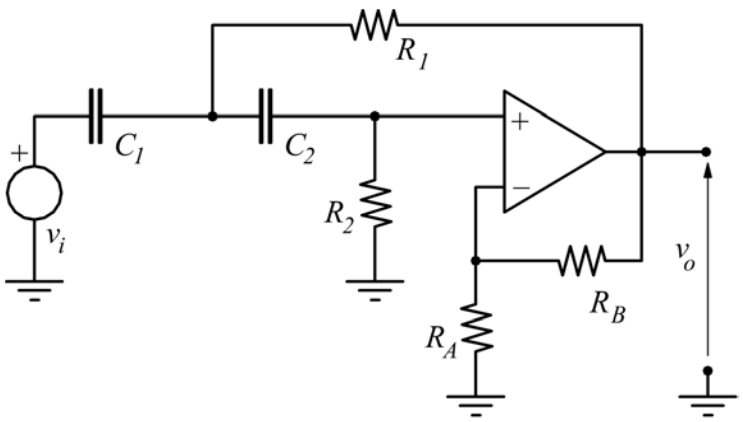
soluzione a pag.9



Progettare un filtro passa-bassi di Butterworth con circuito a retroazione multipla con frequenza di taglio f_T=1kHz ed amplificazione in banda $|K|=12$ con il condensatore C_2=1 nF.

Esercizio no.6

soluzione a pag.9



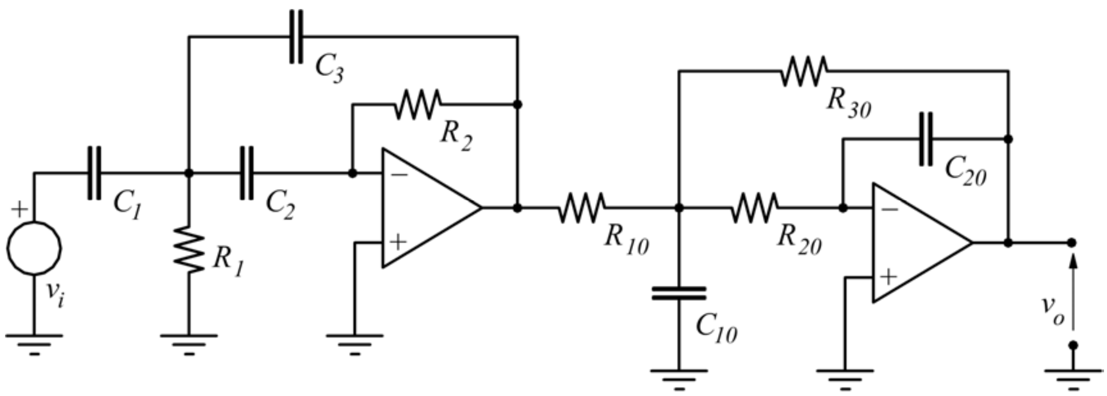
Nel filtro passa-alto VCVS si ha
$R_1=R_2=R=10k\Omega$;
$R_A=22k\Omega$.
$C_1=C_2=C=10nF$.

Calcola R_B in modo che venga soddisfatta la condizione di Butterworth.

Calcola, inoltre, la frequenza di taglio del filtro.

Esercizio no.7

soluzione a pag.10



Progettare un filtro passa-banda con pulsazioni ti taglio $\omega_i=10^2 r/s$ e $\omega_s=10^5 r/s$ con guadagno a centro banda di 40dB, usando due filtri (passa-basso e passa-alto) a reazione multipla, disposti in cascata.

Esercizio no.8 soluzione a pag.11

Progettare un filtro passa-basso a retroazione multipla alla Chebyshev con $\xi=0,2$.
Si vuole una amplificazione in banda piatta $K=10$ con pulsazione naturale $\omega_n=125,6krad/s$.
Assumere $C_2=1nF$. Calcolare:

- *Tutti i restanti componenti*
- *L'amplificazione massima $|T(j\omega)|_{max}$ in corrispondenza del picco di risonanza.*

Esercizio no.9 soluzione a pag.11

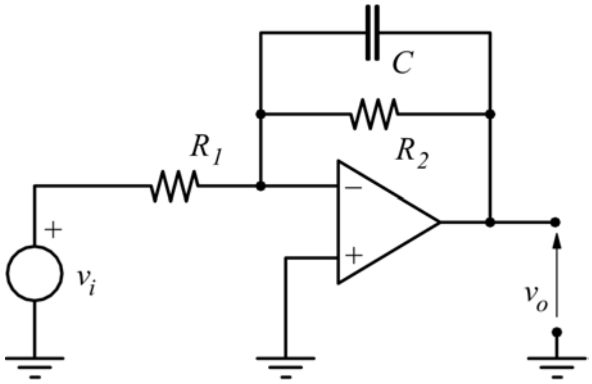
Calcola il guadagno e la frequenza di taglio di un filtro attivo passa-basso a retroazione multipla, sapendo che:

$R_1=21k\Omega$ $R_2=1,2k\Omega$ $R_3=0,21M\Omega$ $C_1=0,1\ \mu F$ $C_2=1\ nF$

Esercizio no.10 soluzione a pag.12

Determina la funzione di trasferimento di un filtro passa-basso alla Butterworth con guadagno 12dB e frequenza di taglio $f_T=2000Hz$.

Esercizio no.1



Si vuole realizzare un filtro passa-basso del I° ordine con rapporto di amplificazione K=20 e frequenza di taglio f_T=10kHz usando la resistenza di reazione R_2=10kΩ.

Esercizio no.1:soluzione

Dal circuito illustrato si ricava:

$$T(s) = -\frac{R_2 // \frac{1}{sC}}{R_1} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{(1 + sCR_2)}$$ *in regime sinusoidale*

$$T(j\omega) = -\frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{(1 + j\omega CR_2)}$$

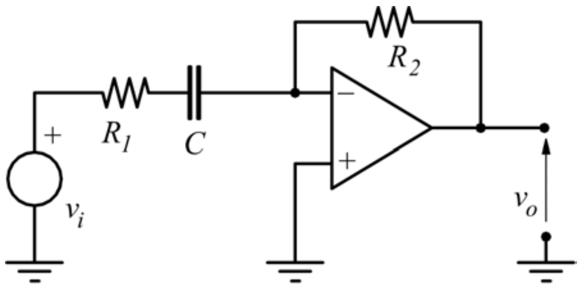
la frequenza di taglio si ha in corrispondenza dell'unico polo:

$$j\omega = -\frac{1}{R_2 C} \longrightarrow |\,\omega_T\,| = \frac{1}{R_2 C} \longrightarrow f_T = \frac{1}{2\pi\, R_2 C}$$ *da cui*

$$C = \frac{1}{2\pi\, R_2 f_T} = \frac{1}{2\pi\, 10^4 \cdot 10^4} = 1{,}59\ nF$$ *dato che*

$$K = \frac{R_2}{R_1} \longrightarrow R_1 = \frac{R_2}{K} = \frac{10}{20} = 0{,}5\ k\Omega$$

Esercizio no.2



Progettare un filtro passa-alto del I° ordine con rapporto di amplificazione $K=10$ e frequenza di taglio $f_T=20kHz$ usando la resistenza di reazione $R_2=10k\Omega$.,

Esercizio no.2:soluzione

Dal circuito si ricava:

$$T(s)=-\frac{R_2}{R_1+\dfrac{1}{sC}}=-\frac{sR_2C}{1+sR_1C} \longrightarrow |T(s)|=\frac{R_2\cancel{C}}{R_1\cancel{C}}\frac{s}{(s+1/R_1C)}$$

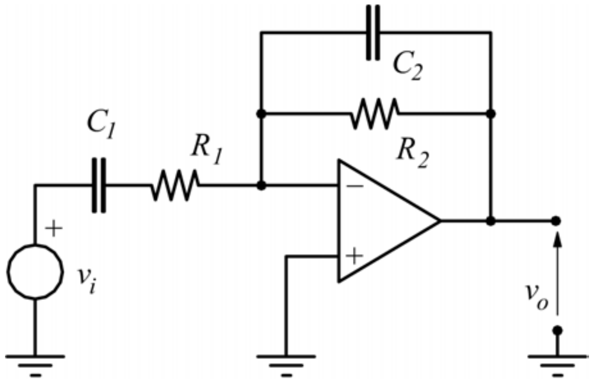
$$\text{quindi } K=\frac{R_2}{R_1} \longrightarrow R_1=\frac{R_2}{K}=\frac{10}{10}=1\,k\Omega$$

la frequenza di taglio, coincide con la frequenza del polo

$$|\omega_T|=\frac{1}{R_1C} \quad \text{questa formula ci permette di calcolare il condensatore}$$

$$2\pi\ f_T=\frac{1}{R_1C} \longrightarrow C=\frac{1}{2\pi\ f_TR_1}=\frac{1}{2\pi\ 20\cdot10^3 10^3}=8nF$$

Esercizio no.3



Progettare un filtro passa-banda del I° ordine con rapporto di amplificazione $K=5$ e frequenze di taglio $f_i=100Hz$ ed $f_s=100kHz$ usando la resistenza di reazione $R_2=10k\Omega$.

Esercizio no.3:soluzione

Abbiamo già visto come la funzione di trasferimento sia:

$$T(s)=K\frac{\omega_s s}{(s+\omega_i)(s+\omega_s)}$$

$$\omega_i = 2\pi 100 = 614 r/s$$

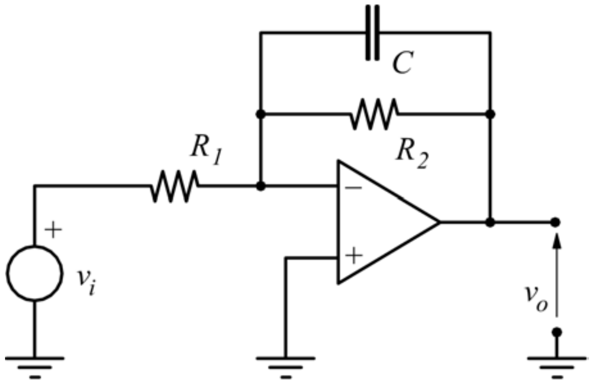
$$\omega_s = 2\pi 10^5 = 6{,}14 \cdot 10^5 r/s$$

$$\omega_s = \frac{1}{C_2 R_2} \rightarrow C_2 = \frac{1}{\omega_s R_2} = \frac{1}{10^4 \cdot 6{,}14 \cdot 10^5} = 0{,}16 \cdot 10^{-9} F = 0{,}16 nF = 160 pF$$

$$K = \frac{R_2}{R_1} \rightarrow 5 = \frac{10}{R_1} \rightarrow R_1 = \frac{10}{5} = 2\ k\Omega$$

$$\omega_i = \frac{1}{R_1 C_1} \longrightarrow 614 = \frac{1}{2000 \cdot C_1} \longrightarrow C_1 = \frac{1}{2000 \cdot 614} = 7{,}95 \cdot 10^{-7} F = 795\ nF$$

Esercizio no.4



Progettare un filtro passa-basso del primo ordine con frequenza di taglio f_T=10kHz e resistenza di reazione R_2=8KΩ con amplificazione in banda piatta |K|=5.
Il segnale di ingresso vale:

$V_i=3\sin 10^3 t \quad V$

è affetto da rumore

$V_n=50\sin 10^6 t \;\; mV$

Calcola:

I componenti R_1 e C
Il rapporto segnale/rumore in ingresso
Il rapporto segnale/rumore in uscita

Esercizio no.4:soluzione

Abbiamo già visto che la frequenza di taglio vale:

$$f_T=\frac{1}{2\pi\, R_2C} \longrightarrow 10^4=\frac{1}{2\pi\, 8\cdot 10^3\, C} \longrightarrow C=\frac{1}{2\pi\, 8\cdot 10^7}=2nF$$

$$|K|=\frac{R_2}{R_1} \longrightarrow 5=\frac{10^4}{R_1} \longrightarrow R_1=\frac{10^4}{5}=2k\Omega$$

All'ingresso il rapporto segnale/rumore: $\left(\frac{S}{N}\right)_{in}=\frac{3}{50\cdot 10^{-3}}=60$

Per tale rapporto calcolato in uscita bisogna considerare che $\omega_T=2\pi\cdot f_T=62831\ r/s$
si nota come sia $\omega_T<10^6$ *quindi, il rumore non viene pienamente amplificato (la frequenza di rumore è ben oltre la frequenza di taglio).*

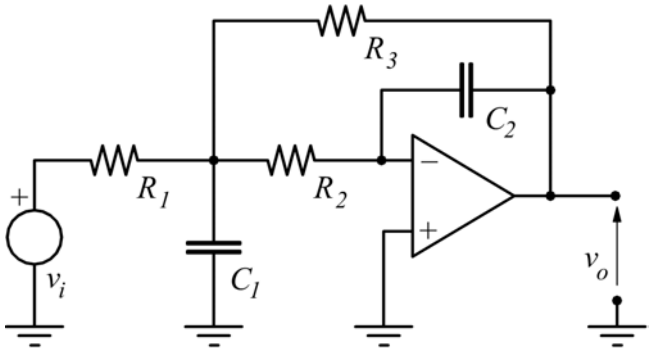
$$|T(j\omega)|=\frac{R_2}{R_1}\cdot\frac{1}{\sqrt{1+(\omega R_2C)^2}} \longrightarrow |T(j10^6)|=\frac{5}{\sqrt{1+(10^6\ 8\cdot 10^3 2\cdot 10^{-9})^2}}=0{,}313$$

$V_o=KV_i=5\cdot 3=15\,V \qquad\qquad V_{no}=0{,}313\cdot V_{ni}=0{,}313\cdot 50\cdot 10^{-3}$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_o=\frac{V_o}{V_{no}}=\frac{15}{0{,}313\cdot 50\cdot 10^{-3}}=957$$

L'uso del filtro ha prodotto, oltre che l'amplificazione del segnale anche un netto miglioramento del rapporto segnale/rumore.

Esercizio no.5



Progettare un filtro passa-bassi di Butterworth con circuito a retroazione multipla con frequenza di taglio f_T=1kHz ed amplificazione in banda |K|=12 con il condensatore C_2=1 nF.

Esercizio no.5:soluzione

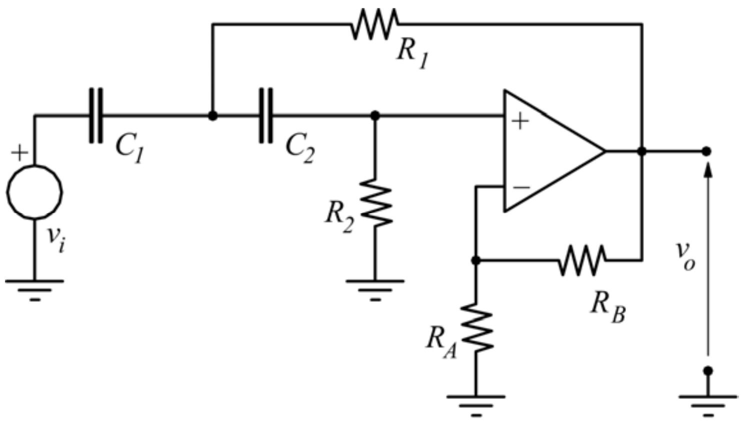
La condizione di Butterworth impone: $\xi = \frac{1}{2Q} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ *applicando le formule di progetto:*

$$\omega_n = 2\pi \cdot f_T = 6283\ r/s$$

$$R_3 = \frac{1}{2Q\omega_n C_2} = \frac{1}{6283 \cdot 10^{-9}\sqrt{2}} = 112{,}5\ k\Omega \qquad R_1 = \frac{R_3}{|K|} = \frac{112{,}5}{12} = 9{,}3\ k\Omega$$

$$R_2 = \frac{R_3}{|K|+1} = \frac{112{,}5}{13} = 8{,}6\ k\Omega$$

Esercizio no.6



Nel filtro passa-alto VCVS si ha R_1=R_2=R=10kΩ; R_A=22kΩ. C_1=C_2=C=10nF.

Calcola R_B in modo che venga soddisfatta la condizione di Butterworth. Calcola, inoltre, la frequenza di taglio del filtro.

Esercizio no.6:soluzione

Usando le formule di progetto:

$$\xi = \frac{3-K}{2} \longrightarrow K = 3 - 2\xi \longrightarrow K = 3 - \frac{2}{\sqrt{2}} = 1{,}586$$

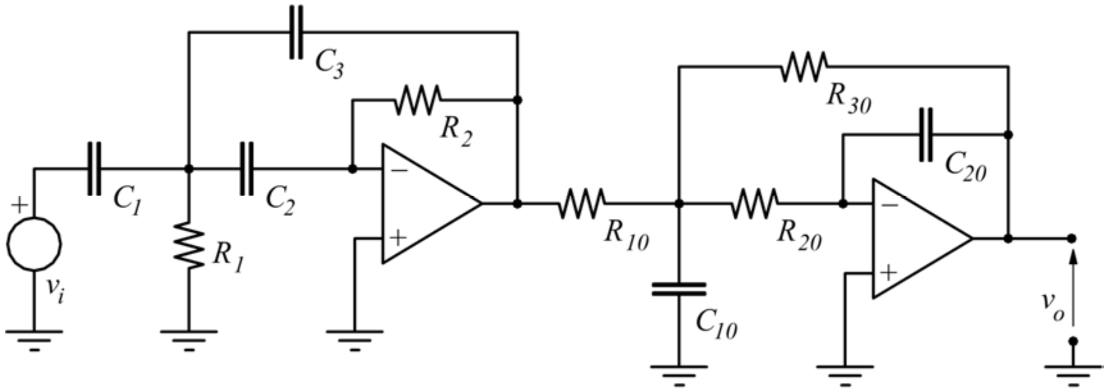
$$K = 1 + \frac{R_B}{R_A} \longrightarrow R_B = KR_A - R_A = R_A(K-1) = 0{,}586R_A = 12{,}89\ k\Omega$$

La frequenza di taglio del filtro:

$$\omega_n = \frac{1}{RC} = \frac{1}{10^4 \cdot 10^{-8}} = 10^4\ r/s \longrightarrow f_T = \frac{\omega_n}{2\pi} = 1591{,}5Hz = 1{,}59\ kHz$$

Esercizio no.7

Progettare un filtro passa-banda con pulsazioni ti taglio $\omega_i=10^2 r/s$ e $\omega_s=10^5 r/s$ con guadagno a centro banda di 40dB, usando due filtri (passa-basso e passa-alto) a reazione multipla, disposti in cascata.



Esercizio no.7:soluzione

Come si vede in figura, abbiamo, prima un filtro passa-alto la cui pulsazione di taglio $\omega_T=\omega_i$ del filtro passa-banda.
In cascata ad esso, viene disposto un filtro passa-basso la cui pulsazione di taglio $\omega_T=\omega_s$.
Per entrambi i filtri, riteniamo valida la condizione di Butterworth $\xi=\frac{1}{2Q}=\frac{1}{\sqrt{2}}$

Ovviamente i guadagni dei due stadi saranno identici e pari a

$$|G|_{dB}=40dB=20\lg G \longrightarrow G=K_1\cdot K_2=100 \longrightarrow K_1=K_2=K=10$$

questo è quello che avviene a centro banda.

per il primo stadio, passa-alto:

$$\omega_n=\omega_i=10^2\ r/s\quad K_1=10\quad \xi=\frac{1}{\sqrt{2}}$$ *ponendo $C_1=C_2=680nF$ dalle formule di progetto:*

$$C_3=\frac{C_1}{|K_1|}=68nF\qquad R_1=\frac{1}{Q\omega_n\left(2+\frac{1}{|K_1|}\right)\cdot C_1}=9{,}9\ k\Omega\qquad R_2=218k\Omega$$

per il secondo stadio, passa-basso:

$$\omega_n=\omega_s=10^5\ r/s\quad K_2=10\quad \xi=\frac{1}{\sqrt{2}}$$ *ponendo $C_{20}=1\ nF$ dalle formule di progetto:*

$$R_{30}=\frac{1}{2Q\omega_n C_{20}}=7{,}09\ k\Omega\qquad R_{10}=\frac{R_3}{|K_2|}=0{,}709\ k\Omega$$

$$R_{20}=\frac{R_{30}}{|K_2|+1}=0{,}644\ k\Omega\qquad C_{10}=4C_{20}Q^2(|K_2|+1)=22\ nF$$

Esercizio no.8

Progettare un filtro passa-basso a retroazione multipla alla Chebyshev con ξ=0,2.
Si vuole una amplificazione in banda piatta K=10 con pulsazione naturale ω_n=125,6krad/s.
Assumere C_2=1nF. Calcolare:
- Tutti i restanti componenti
- L'amplificazione massima $|T(j\omega)|_{max}$ in corrispondenza del picco di risonanza.

Esercizio no.8:soluzione

Usando le formule di progetto:

$$C_1 = 4C_2Q^2(\,|K|+1) = 1{,}76\ nF \qquad R_3 = \frac{1}{2Q\omega_n C_2} = 19{,}9\ k\Omega$$

$$R_1 = \frac{R_3}{|K|} = 1{,}99\ k\Omega \qquad R_2 = \frac{R_3}{|K|+1} = 1{,}8\ k\Omega$$

dalle formule, poi risulta: $|T(j\omega)|_{max} = \dfrac{K}{2\xi\sqrt{1-\xi^2}} = 25{,}5$

questo massimo si ha in corrispondenza della frequenza $f_M = f_n\sqrt{1-2\xi^2} = 19{,}18\ kHz$

dove $f_n = \dfrac{\omega_n}{2\pi} = 20\ kHz$

Esercizio no.9

Calcola il guadagno e la frequenza di taglio di un filtro attivo passa-basso a retroazione multipla, sapendo che:

R_1=21kΩ R_2=1,2kΩ R_3=0,21MΩ C_1=0,1 μF C_2=1 nF

Esercizio no.9:soluzione

Dalle formule $K = -\dfrac{R_3}{R_1} = -\dfrac{210}{21} = -10$

$$\xi = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{C_2}{C_1}}\left(\sqrt{\frac{R_2}{R_3}} + \sqrt{\frac{R_3}{R_2}} + \frac{\sqrt{R_2R_3}}{R_1}\right) = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{10^{-9}}{10^{-7}}}\left(\sqrt{\frac{1{,}2}{210}} + \sqrt{\frac{210}{1{,}2}} + \frac{\sqrt{210\cdot 1{,}2}}{21}\right) = 0{,}707$$

dato che $\xi = \dfrac{1}{\sqrt{2}}$ *il filtro è a banda piatta.*

Esercizio no.10

Determina la funzione di trasferimento di un filtro passa-basso alla Butterworth con guadagno 12dB e frequenza di taglio f_T=2000Hz.

Esercizio no.10:soluzione

Stavolta il guadagno è espresso in dB.

$$12 = 20 \lg K \longrightarrow K = 10^{12/20} = 3{,}98$$

$$\omega_n = 2\pi \cdot f_T = 2\pi \cdot 2000 = 12566 \ rad/s \quad mentre \quad \xi = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}707$$

la funzione di trasferimento per un LPF di II° ordine è $T(s) = \dfrac{K \cdot \omega_n^2}{s^2 + 2s\xi\omega_n + \omega_n^2}$ *per cui*

$$T(s) = \frac{628{,}47 \cdot 10^6}{s^2 + 0{,}0177 \cdot 10^6 s + 157{,}9 \cdot 10^6}$$