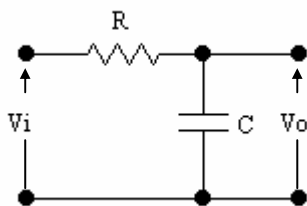


**VERIFICA DEL FUNZIONAMENTO DI UN FILTRO PASSA BASSO E DI UN FILTRO PASSA ALTO RC. RILIEVO DELLE VARIAZIONI CHE SI HANNO NELLA RISPOSTA IN PRESENZA DI UNA RESISTENZA DI CARICO, DI UNA RESISTENZA DI SORGENTE, DI ENTRAMBE.**

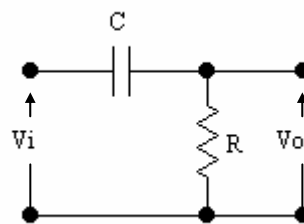
Si verificherà l'influenza di una resistenza di carico, di una resistenza di sorgente, di entrambe, su di un filtro passa basso e di un filtro passa alto.

I parametri principali di un filtro passivo del primo ordine sono: la frequenza di taglio e la massima ampiezza del segnale trasmesso all'uscita (ossia il valore del modulo e della fase della sua funzione di trasferimento).

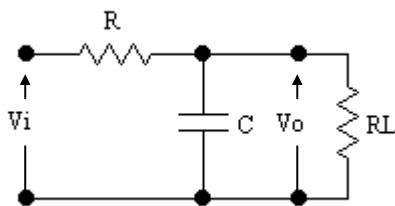
**Circuiti esaminati e verificati**



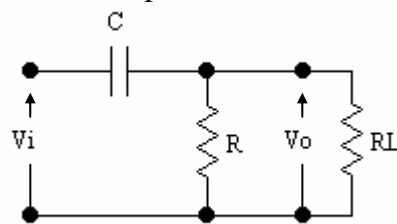
Filtro passa basso



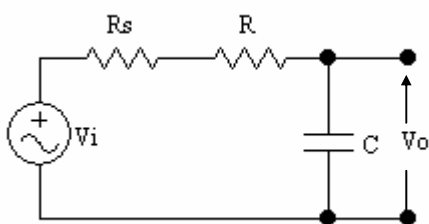
Filtro passa alto



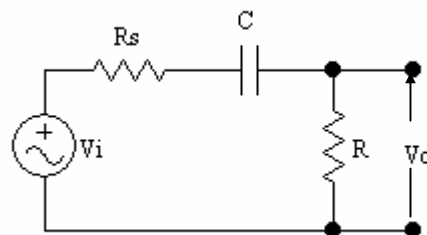
Filtro passa basso con resistenza di carico



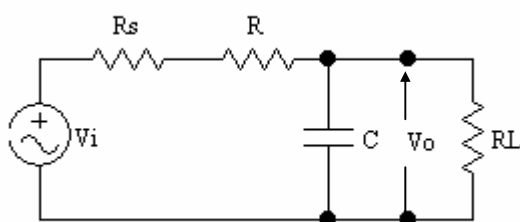
Filtro passa alto con resistenza di carico



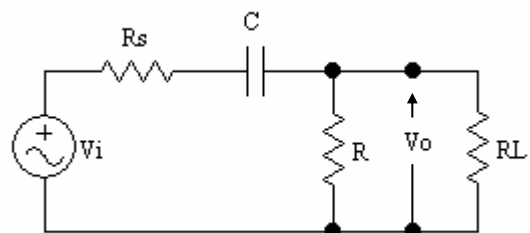
Filtro passa basso con resistenza di sorgente



Filtro passa alto con resistenza di sorgente



Filtro passa basso con resistenze di sorgente e di carico



Filtro passa alto con resistenze di sorgente e di carico

## Segni e valori dei componenti

$R = 6,8k\Omega$  ;  $C = 4,7\eta F$  ;  $R_S = 2,2k\Omega$  ;  $R_L = 12k\Omega$

## Strumenti e apparecchiature

Generatore di funzioni ; oscilloscopio a doppia traccia ; bassetta di bread-board.

## Dimensionamento del circuito

Al fine di ben visualizzare le forme d'onda all'oscilloscopio per tutte le frequenze esplicative del funzionamento dei filtri, si sceglie una frequenza di taglio  $f_t$ , per entrambi i filtri, di 5kHz.

Dalla frequenza di taglio si esplicita e si calcola il valore del prodotto RC:

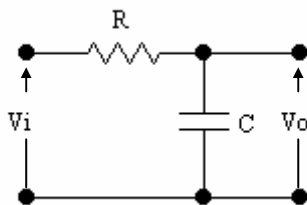
$$f_t = \frac{1}{2\pi RC} \quad \Rightarrow \quad RC = \frac{1}{2\pi f_t} = \frac{1}{2\pi \cdot 5 \cdot 10^3} = 31,83\mu s$$

Si fissa  $C = 4,7\eta F$  e si calcola R:  $R = \frac{31,83 \cdot 10^{-6}}{C} = \frac{31,83 \cdot 10^{-6}}{4,7 \cdot 10^{-9}} \cong 6,8k\Omega$ .

## Calcolo dei valori teorici da misurare

Come segnale di ingresso si utilizza un segnale sinusoidale a valore medio nullo e ampiezza 5V  $[(5\sin\omega t)V]$  e frequenza variabile da 0,5kHz a 100kHz.

### Filtro passa basso

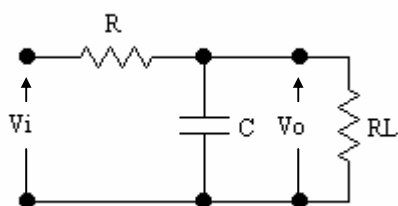


$$\bar{A} = \frac{1}{1 + j\omega RC} = \frac{1}{1 + j\frac{f}{f_t}} \left\{ \begin{array}{l} A = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_t}\right)^2}} \\ \varphi = -\arctg \frac{f}{f_t} \end{array} \right.$$

$$V_{oM} = AV_{iM} \quad ; \quad A_{dB} = 20\log A \quad ; \quad \Delta t = \left(\frac{\varphi}{\omega}\right)_{\text{RADIANTI}} = \left(\frac{\varphi}{2\pi f} \cdot \frac{\pi}{180}\right)_{\text{GRADI}} = \left(\frac{\varphi}{360f}\right)_{\text{GRADI}}$$

Da queste formule si calcolano  $A$  ,  $\varphi$  ,  $V_{oM}$  ,  $\Delta t$  al variare della frequenza; i dati calcolati sono riportati nelle tabelle insieme ai valori misurati.

### Filtro passa basso con resistenza di carico $R_L$



$$R_{eq} = \frac{R R_L}{R + R_L} = \frac{6,8 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 10^3}{6,8 \cdot 10^3 + 12 \cdot 10^3} = 4,34k\Omega$$

$$f_t = \frac{1}{2\pi R_{eq} C} = \frac{1}{2\pi \cdot 4,34 \cdot 10^3 \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}} = 7,8kHz$$

La capacità si carica e si scarica attraverso il parallelo di R ed R<sub>L</sub>. Poiché R<sub>eq</sub> è minore di R, l'inserimento del carico produrrà un aumento della frequenza di taglio (diminuisce il denominatore della frazione). Si calcola la funzione d'uscita:

$$\begin{aligned}\bar{V}_o &= \frac{-jX_C R_L}{R_L - jX_C} \bar{V}_i = \frac{-jX_C R_L}{R R_L - jX_C R - jX_C R_L} \bar{V}_i = \frac{-jX_C R_L}{R R_L - jX_C (R + R_L)} \bar{V}_i = \\ &= \frac{R_L}{R + R_L} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{R R_L}{R + R_L} \cdot \frac{1}{X_C}} \bar{V}_i = \frac{R_L}{R + R_L} \cdot \frac{1}{1 + j \omega R_{eq} C} \bar{V}_i = \frac{R_L}{R + R_L} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_t}} \bar{V}_i = \frac{a}{1 + j \frac{f}{f_t}} \bar{V}_i\end{aligned}$$

Si pone  $a = \frac{R_L}{R + R_L} = \frac{12 \cdot 10^3}{6,8 \cdot 10^3 + 12 \cdot 10^3} = 0,638$ , che rappresenta l'attenuazione d'uscita, avendo collegato il carico R<sub>L</sub>.

$$\bar{A} = \frac{R_L}{R + R_L} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_t}} = \frac{a}{1 + j \frac{f}{f_t}} \left\{ \begin{array}{l} A = \frac{a}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_t}\right)^2}} \\ \varphi = -\arctg \frac{f}{f_t} \end{array} \right.$$

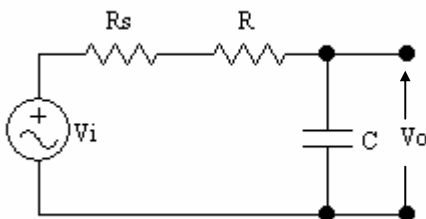
$$V_{oM} = A V_{iM} \quad ; \quad A_{dB} = 20 \log A \quad ; \quad \Delta t = \left( \frac{\varphi}{\omega} \right)_{\text{RADIANTI}} = \left( \frac{\varphi}{2\pi f} \cdot \frac{\pi}{180} \right)_{\text{GRADI}} = \left( \frac{\varphi}{360f} \right)_{\text{GRADI}}$$

Da queste formule si calcolano A , φ , V<sub>oM</sub> , Δt al variare della frequenza; i dati calcolati sono riportati nelle tabelle insieme ai valori misurati.

Si poteva ottenere la funzione di trasferimento anche moltiplicando la funzione di trasferimento senza carico per l'attenuazione d'uscita a.

La presenza del carico produce un aumento della frequenza di taglio (diminuisce la resistenza vista da C) e una diminuzione del modulo della funzione di trasferimento di una quantità pari ad a; una diminuzione in valore assoluto della fase a parità di frequenza rispetto al caso senza R<sub>L</sub>.

### Filtro passa basso con resistenza di sorgente R<sub>S</sub>



$$R_{eq} = R_S + R = 2,2 \cdot 10^3 + 6,8 \cdot 10^3 = 9 \text{ k}\Omega$$

$$f_t = \frac{1}{2\pi R_{eq} C} = \frac{1}{2\pi \cdot 9 \cdot 10^3 \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}} = 3,76 \text{ kHz}$$

La capacità si carica e si scarica attraverso la serie di R ed R<sub>S</sub>. Poiché R<sub>eq</sub> è maggiore di R, l'inserimento della resistenza di sorgente produrrà una diminuzione della frequenza di taglio (aumenta il denominatore della frazione).

Si calcola la funzione d'uscita:

$$\bar{V}_o = \frac{-jX_C}{R_s + R - jX_C} \bar{V}_i = \frac{1}{1 + j \frac{R + R_L}{X_C}} \bar{V}_i = \frac{1}{1 + j\omega(R + R_L)C} \bar{V}_i = \frac{1}{1 + j\omega R_{eq}C} \bar{V}_i = \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_t}} \bar{V}_i$$

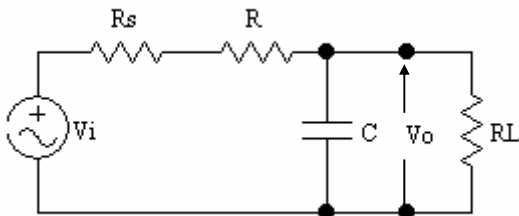
$$\bar{A} = \frac{1}{1 + j\omega RC} = \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_t}} \left\{ \begin{array}{l} A = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_t}\right)^2}} \\ \varphi = -\arctg \frac{f}{f_t} \end{array} \right.$$

$$V_{oM} = AV_{iM} \quad ; \quad A_{dB} = 20 \log A \quad ; \quad \Delta t = \left( \frac{\varphi}{\omega} \right)_{\text{RADIANTI}} = \left( \frac{\varphi}{2\pi f \cdot 180} \right)_{\text{GRADI}} = \left( \frac{\varphi}{360f} \right)_{\text{GRADI}}$$

Da queste formule si calcolano  $A$ ,  $\varphi$ ,  $V_{oM}$ ,  $\Delta t$  al variare della frequenza; i dati calcolati sono riportati nelle tabelle insieme ai valori misurati.

La presenza di una resistenza di sorgente produce una diminuzione della frequenza di taglio (aumenta la resistenza equivalente vista da C), e una diminuzione del modulo della funzione di trasferimento; la fase, a parità di frequenza, aumenta in valore assoluto. Bisogna tenere presente che è diminuita la frequenza di taglio e quindi varia anche la risposta in frequenza del circuito.

#### Filtro passa basso con resistenze di sorgente $R_s$ e di carico $R_L$



$$R_{eq} = \frac{(R_s + R)R_L}{R_s + R + R_L} = \frac{(2,2 \cdot 10^3 + 6,8 \cdot 10^3) \cdot 12 \cdot 10^3}{2,2 \cdot 10^3 + 6,8 \cdot 10^3 + 12 \cdot 10^3} = 5,14 \text{ k}\Omega$$

$$f_t = \frac{1}{2\pi R_{eq}C} = \frac{1}{2\pi \cdot 5,14 \cdot 10^3 \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}} = 6,58 \text{ kHz}$$

Si calcola la funzione d'uscita:

$$\begin{aligned} \bar{V}_o &= \frac{\frac{-jX_C R_L}{R_L - jX_C}}{R_s + R + \frac{-jX_C R_L}{R_L - jX_C}} \bar{V}_i = \frac{\frac{-jX_C R_L}{R_L - jX_C}}{\frac{(R_s + R)R_L - jX_C(R_s + R) - jX_C R_L}{R_L - jX_C}} \bar{V}_i = \\ &= \frac{-jX_C R_L}{(R_s + R)R_L - jX_C(R_s + R + R_L)} \bar{V}_i = \frac{R_L}{R_s + R + R_L} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{(R_s + R)R_L}{R_s + R + R_L} \cdot \frac{1}{X_C}} \bar{V}_i = \end{aligned}$$

$$= \frac{R_L}{R_S + R + R_L} \cdot \frac{1}{1 + j\omega R_{eq} C} \bar{V}_i = \frac{R_L}{R_S + R + R_L} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_t}} \bar{V}_i = \frac{a}{1 + j \frac{f}{f_t}} \bar{V}_i$$

Si pone  $a = \frac{R_L}{R_S + R + R_L} = \frac{12 \cdot 10^3}{2,2 \cdot 10^3 + 6,8 \cdot 10^3 + 12 \cdot 10^3} = 0,571$ , che rappresenta l'attenuazione del circuito, avendo collegato il carico  $R_L$  e la resistenza di sorgente  $R_S$ .

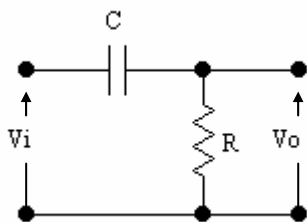
$$\bar{A} = \frac{R_L}{R + R_L} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_t}} = \frac{a}{1 + j \frac{f}{f_t}} \left\{ \begin{array}{l} A = \frac{a}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_t}\right)^2}} \\ \varphi = -\arctg \frac{f}{f_t} \end{array} \right.$$

$$V_{oM} = A V_{iM} \quad ; \quad A_{dB} = 20 \log A \quad ; \quad \Delta t = \left( \frac{\varphi}{\omega} \right)_{\text{RADIANTI}} = \left( \frac{\varphi}{2\pi f} \cdot \frac{\pi}{180} \right)_{\text{GRADI}} = \left( \frac{\varphi}{360f} \right)_{\text{GRADI}}$$

Da queste formule si calcolano  $A$ ,  $\varphi$ ,  $V_{oM}$ ,  $\Delta t$  al variare della frequenza; i dati calcolati sono riportati nelle tabelle insieme ai valori misurati.

La presenza delle resistenze di carico e di sorgente produce un aumento della frequenza di taglio, inferiore alla precedente (aumento in parte compensata da  $R_S$ ), e un aumento dell'attenuazione della funzione di trasferimento; la fase, a parità di frequenza, diminuisce in valore assoluto.

#### Filtro passa alto

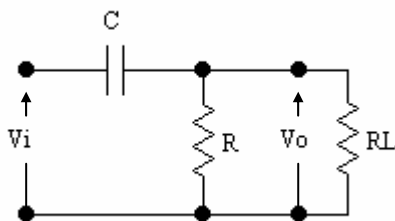


$$\bar{A} = \frac{1}{1 - j \frac{1}{\omega RC}} = \frac{1}{1 - j \frac{f_t}{f}} \left\{ \begin{array}{l} A = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_t}{f}\right)^2}} \\ \varphi = \arctg \frac{f_t}{f} \end{array} \right.$$

$$V_{oM} = A V_{iM} \quad ; \quad A_{dB} = 20 \log A \quad ; \quad \Delta t = \left( \frac{\varphi}{\omega} \right)_{\text{RADIANTI}} = \left( \frac{\varphi}{2\pi f} \cdot \frac{\pi}{180} \right)_{\text{GRADI}} = \left( \frac{\varphi}{360f} \right)_{\text{GRADI}}$$

Da queste formule si calcolano  $A$ ,  $\varphi$ ,  $V_{oM}$ ,  $\Delta t$  al variare della frequenza; i dati calcolati sono riportati nelle tabelle insieme ai valori misurati.

#### Filtro passa alto con resistenza di carico $R_L$



$$R_{eq} = \frac{R R_L}{R + R_L} = \frac{6,8 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 10^3}{6,8 \cdot 10^3 + 12 \cdot 10^3} = 4,34 \text{ k}\Omega$$

$$f_t = \frac{1}{2\pi R_{eq} C} = \frac{1}{2\pi \cdot 4,34 \cdot 10^3 \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}} = 7,8 \text{ kHz}$$

La capacità si carica e si scarica attraverso il parallelo di R ed R<sub>L</sub>. Poiché R<sub>eq</sub> è minore di R, l'inserimento del carico produrrà un aumento della frequenza di taglio (diminuisce il denominatore della frazione).

$$\begin{aligned} \bar{V}_o &= \frac{\frac{RR_L}{R+R_L}}{\frac{RR_L}{R+R_L} - jX_C} \bar{V}_i = \frac{\frac{RR_L}{R+R_L}}{\frac{RR_L - jX_C R - jX_C R_L}{R+R_L}} \bar{V}_i = \frac{RR_L}{RR_L - jX_C(R+R_L)} \bar{V}_i = \\ &= \frac{1}{1 - jX_C \frac{R+R_L}{RR_L}} \bar{V}_i = \frac{1}{1 - j \frac{1}{\omega R_{eq} C}} \bar{V}_i = \frac{1}{1 - j \frac{f_t}{f}} \bar{V}_i \left\{ \begin{array}{l} A = \frac{a}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_t}{f}\right)^2}} \\ \varphi = \text{arctg} \frac{f_t}{f} \end{array} \right. \end{aligned}$$

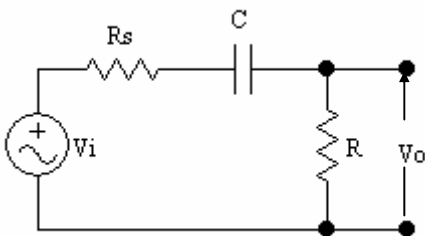
$$\bar{A} = \frac{1}{1 - jX_C \frac{R+R_L}{RR_L}} = \frac{1}{1 - j \frac{f_t}{f}} \left\{ \begin{array}{l} A = \frac{a}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_t}{f}\right)^2}} \\ \varphi = \text{arctg} \frac{f_t}{f} \end{array} \right.$$

$$V_{oM} = AV_{iM} \quad ; \quad A_{dB} = 20 \log A \quad ; \quad \Delta t = \left( \frac{\varphi}{\omega} \right)_{\text{RADIANTI}} = \left( \frac{\varphi}{2\pi f} \cdot \frac{\pi}{180} \right)_{\text{GRADI}} = \left( \frac{\varphi}{360f} \right)_{\text{GRADI}}$$

Da queste formule si calcolano A , φ , V<sub>oM</sub> , Δt al variare della frequenza; i dati calcolati sono riportati nelle tabelle insieme ai valori misurati.

La presenza di una resistenza di carico, aumentando la frequenza di taglio, produce una diminuzione del modulo della funzione di trasferimento, e un aumento della fase fase, a parità di frequenza, anche se essa sembra identica al caso senza R<sub>L</sub>.

#### Filtro passa alto con resistenza di sorgente R<sub>s</sub>



$$R_{eq} = R_s + R = 2,2 \cdot 10^3 + 6,8 \cdot 10^3 = 9k\Omega$$

$$f_t = \frac{1}{2\pi R_{eq} C} = \frac{1}{2\pi \cdot 9 \cdot 10^3 \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}} = 3,76kHz$$

La capacità si carica e si scarica attraverso la serie di R ed R<sub>s</sub>. Poiché R<sub>eq</sub> è maggiore di R, l'inserimento della resistenza di sorgente produrrà una diminuzione della frequenza di taglio (aumenta il denominatore della frazione).

Si calcola la funzione d'uscita:

$$\begin{aligned}\bar{V}_o &= \frac{R}{R_s + R - jX_C} \bar{V}_i = \frac{R}{R_s + R} \cdot \frac{1}{1 - j \frac{X_C}{R + R_L}} \bar{V}_i = \frac{R}{R_s + R} \cdot \frac{1}{1 - j \frac{1}{\omega(R + R_L)C}} \bar{V}_i = \\ &= \frac{R}{R_s + R} \cdot \frac{1}{1 - j \frac{1}{\omega R_{eq} C}} \bar{V}_i = \frac{R}{R_s + R} \cdot \frac{1}{1 - j \frac{f_t}{f}} \bar{V}_i = \frac{a}{1 - j \frac{f_t}{f}} \bar{V}_i\end{aligned}$$

Si pone  $a = \frac{R}{R_s + R} = \frac{6,8 \cdot 10^3}{2,2 \cdot 10^3 + 6,8 \cdot 10^3} = 0,755$ , che rappresenta l'attenuazione d'ingresso, avendo collegato la resistenza di sorgente  $R_s$ .

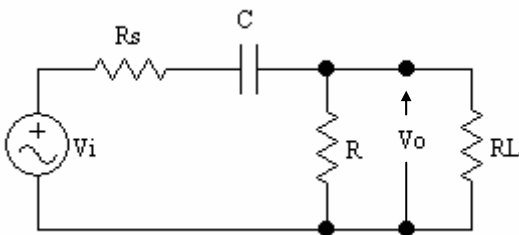
$$\bar{A} = \frac{R}{R_s + R} \cdot \frac{1}{1 - j \frac{f_t}{f}} = \frac{a}{1 - j \frac{f_t}{f}} \left\{ \begin{array}{l} A = \frac{a}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_t}{f}\right)^2}} \\ \varphi = \text{arctg} \frac{f_t}{f} \end{array} \right.$$

$$V_{oM} = AV_{iM} \quad ; \quad A_{dB} = 20 \log A \quad ; \quad \Delta t = \left( \frac{\varphi}{\omega} \right)_{\text{RADIANTI}} = \left( \frac{\varphi}{2\pi f} \cdot \frac{\pi}{180} \right)_{\text{GRADI}} = \left( \frac{\varphi}{360f} \right)_{\text{GRADI}}$$

Da queste formule si calcolano  $A$ ,  $\varphi$ ,  $V_{oM}$ ,  $\Delta t$  al variare della frequenza; i dati calcolati sono riportati nelle tabelle insieme ai valori misurati.

La presenza di una resistenza di sorgente produce una diminuzione della frequenza di taglio (aumenta la resistenza equivalente vista da C), e una diminuzione (in dipendenza del valore di  $R_s$ ) della funzione di trasferimento, sia come modulo sia come fase, a parità di frequenza; bisogna tenere presente che è diminuita la frequenza di taglio e quindi varia anche la risposta in frequenza del circuito.

#### Filtro passa alto con resistenze di sorgente $R_s$ e di carico $R_L$



$$\begin{aligned}R_{eq} &= R_s + \frac{RR_L}{R + R_L} = \\ &= 2,2 \cdot 10^3 + \frac{6,8 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 10^3}{6,8 \cdot 10^3 + 12 \cdot 10^3} = 6,54 \text{ k}\Omega\end{aligned}$$

$$f_t = \frac{1}{2\pi R_{eq} C} = \frac{1}{2\pi \cdot 6,54 \cdot 10^3 \cdot 4,7 \cdot 10^{-9}} = 5,18 \text{ kHz}$$

Si calcola la funzione d'uscita:

$$\bar{V}_o = \frac{\frac{RR_L}{R + R_L}}{R_s - jX_C + \frac{RR_L}{R + R_L}} \bar{V}_i = \frac{\frac{RR_L}{R + R_L}}{R_s + \frac{RR_L}{R + R_L} - jX_C} \bar{V}_i = \frac{\frac{RR_L}{R + R_L}}{R_{eq} - jX_C} \bar{V}_i = \frac{RR_L}{R + R_L} \cdot \frac{1}{R_{eq}} \cdot \frac{1}{1 - j \frac{X_C}{R_{eq}}} \bar{V}_i =$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{RR_L}{R+R_L} \cdot \frac{1}{R_S + \frac{RR_L}{R+R_L}} \cdot \frac{1}{1-j\frac{X_C}{R_{eq}}} \bar{V}_i = \frac{\frac{RR_L}{R+R_L}}{R_S + \frac{RR_L}{R+R_L}} \cdot \frac{1}{1-j\frac{X_C}{R_{eq}}} \bar{V}_i = \\
&= \frac{RR_L}{R_S R + R_S R_L + RR_L} \cdot \frac{1}{1-j\frac{X_C}{R_{eq}}} \bar{V}_i = \frac{a}{1-j\frac{1}{\omega R_{eq} C}} \bar{V}_i = \frac{a}{1-j\frac{f_t}{f}} \bar{V}_i
\end{aligned}$$

Si pone  $a = \frac{RR_L}{R_S R + R_S R_L + RR_L} = \frac{2,2 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 10^3}{2,2 \cdot 10^3 \cdot 6,8 \cdot 10^3 + 2,2 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 10^3 + 6,8 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 10^3} = 0,664$ ,  
che rappresenta l'attenuazione d'uscita, avendo collegato il carico  $R_L$  e la resistenza di sorgente  $R_S$ .

$$\bar{A} = \frac{RR_L}{R_S R + R_S R_L + RR_L} \cdot \frac{1}{1-j\frac{f_t}{f}} = \frac{a}{1-j\frac{f_t}{f}} \left\{ \begin{array}{l} A = \frac{a}{\sqrt{1+\left(\frac{f_t}{f}\right)^2}} \\ \varphi = \arctg \frac{f_t}{f} \end{array} \right.$$

$$V_{oM} = AV_{iM} \quad ; \quad A_{dB} = 20 \log A \quad ; \quad \Delta t = \left( \frac{\varphi}{\omega} \right)_{\text{RADIANTI}} = \left( \frac{\varphi}{2\pi f} \cdot \frac{\pi}{180} \right)_{\text{GRADI}} = \left( \frac{\varphi}{360f} \right)_{\text{GRADI}}$$

Da queste formule si calcolano  $A$ ,  $\varphi$ ,  $V_{oM}$ ,  $\Delta t$  al variare della frequenza; i dati calcolati sono riportati nelle tabelle insieme ai valori misurati.

La presenza delle resistenze di carico e di sorgente produce un aumento della frequenza di taglio inferiore alla precedente (in parte compensata da  $R_S$ ), un aumento dell'attenuazione della funzione di trasferimento, un aumento della fase, a parità di frequenza.

### Procedimento della verifica

1. Si monta il filtro passa basso senza resistenze di sorgente e di carico.
2. Si collegano in ingresso il generatore di funzione predisposto su segnale sinusoidale, di ampiezza 5V, e il canale CH1 dell'oscilloscopio.
3. Si regola la frequenza del generatore di funzione a 0,5kHz.
4. Si misurano l'ampiezza della tensione d'uscita  $V_{oM}$  e il tempo di ritardo  $\Delta t$  tra i segnali d'uscita e d'ingresso. Con tali valori si calcolano:  $A = \frac{V_{oM}}{V_{iM}}$ ;  $A_{dB} = 20 \log A$ ;  $\varphi = 360f\Delta t$ .
5. Si regola, in successione, la frequenza a 1kHz; 2kHz; 3kHz; 4kHz; 5kHz; 8kHz; 10kHz; 20kHz; 50kHz; 100kHz e si ripetono i punti 3 e 4.
6. Si tabulano i dati.
7. Si monta il filtro passa basso con resistenza di carico e si ripetono i punti 2, 3, 4, 5, 6.
8. Si monta il filtro passa basso con resistenza di sorgente e si ripetono i punti 2, 3, 4, 5, 6.
9. Si monta il filtro passa basso con resistenze di sorgente e di carico e si ripetono i punti 2, 3, 4, 5, 6.



10. Si monta il filtro passa alto senza resistenze di sorgente e di carico e si ripetono i punti 2 , 3 , 4 , 5 , 6.
11. Si monta il filtro passa alto con resistenza di carico e si ripetono i punti 2 , 3 , 4 , 5 , 6.
12. Si monta il filtro passa alto con resistenza di sorgente e si ripetono i punti 2 , 3 , 4 , 5 , 6.
13. Si monta il filtro passa alto con resistenze di sorgente e di carico e si ripetono i punti 2 , 3 , 4 , 5 , 6.

Per ottenere valori calcolati si è usato un foglio Excell, uno per il filtro [passa basso](#) ed uno per il filtro [passa alto](#).

### Tabulazione dei dati e grafici

<b>Filtro passa basso senza resistenze di carico e di sorgente</b>											
Valori sperimentali							Valori calcolati				
kΩ	Volt		Adimens		μs	Adim	Volt	Adimensionale			μs
f	V <sub>iM</sub>	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	Δt	φ	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	φ	Δt
0,5	5	4,9	0,98	-0,175	-30	-5,4	4,975	0,995	-0,043	-5,73	-31,85
1	5	4,8	0,96	-0,355	-30	-10,8	4,902	0,980	-0,171	-11,35	-31,54
2	5	4,6	0,92	-0,724	-27,5	-19,8	4,640	0,928	-0,649	-21,88	-30,39
3	5	4,2	0,84	-1,514	-26	-28,08	4,283	0,857	-1,343	-31,07	-28,77
4	5	4	0,8	-1,938	-24	-34,56	3,899	0,780	-2,160	-38,78	-26,93
5	5	3,75	0,75	-2,499	-24	-43,2	3,529	0,706	-3,026	-45,12	-25,07
8	5	2,8	0,56	-5,036	-20	-57,6	2,643	0,527	-5,537	-58,11	-20,18
10	5	2,4	0,48	-6,375	-17,5	-63	2,230	0,446	-7,01	-63,55	-17,65
20	5	1,35	0,27	-11,37	-11	-79,2	1,209	0,242	-12,33	-76,05	-10,56
50	5	0,56	0,112	-19,01	-4,8	-86,4	0,496	0,099	-20,07	-84,35	-4,68
100	5	0,28	0,056	-25,03	-2,54	-91,44	0,2488	0,0498	-26,06	-87,19	-2,42

**La frequenza di taglio risulta poco inferiore a 5kHz**

<b>Filtro passa basso con resistenza di carico</b>											
Valori sperimentali							Valori calcolati				
kΩ	Volt		Adim		μs	Adim	Volt	Adimensionale			μs
f	V <sub>iM</sub>	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	Δt	φ	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	φ	Δt
0,5	5	3,1	0,62	-4,152	-20	-3,6	3,185	0,637	-3,917	-3,67	-20,37
1	5	3,1	0,62	-4,152	-20	-7,2	3,166	0,633	-3,970	-7,30	-20,29
2	5	3,1	0,62	-4,152	-20	-14,4	3,092	0,618	-4,176	-14,38	-19,97
3	5	3	0,6	-4,437	-18	-19,44	2,979	0,596	-4,498	-21,03	-19,48
4	5	2,85	0,57	-4,88	-18	-25,92	2,840	0,568	-4,912	-27,15	-18,85
5	5	2,75	0,55	-5,193	-17	-30,6	2,687	0,537	-5,393	-32,66	-18,14
8	5	2,3	0,46	-6,745	-15	-43,2	2,229	0,446	-7,018	-45,73	-15,88
10	5	2,075	0,415	-7,639	-14,5	-52,2	1,963	0,393	-8,118	-52,05	-14,46
20	5	1,35	0,27	-11,37	-9	-64,8	1,160	0,232	-12,69	-68,71	-9,54
50	5	0,58	0,116	-18,71	-4,6	-82,8	0,492	0,098	-20,13	-81,17	-4,51
100	5	0,29	0,058	-24,73	-2,5	-90	0,248	0,050	-26,08	-85,58	-2,38

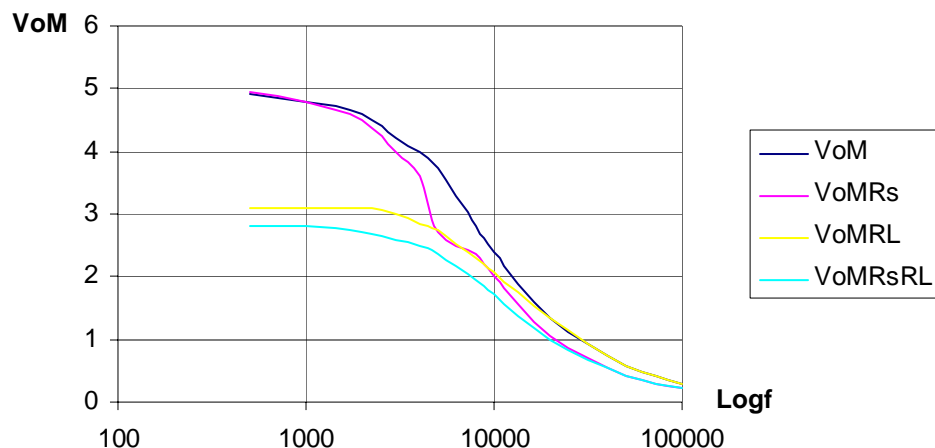
**La frequenza di taglio risulta di circa 8kHz**

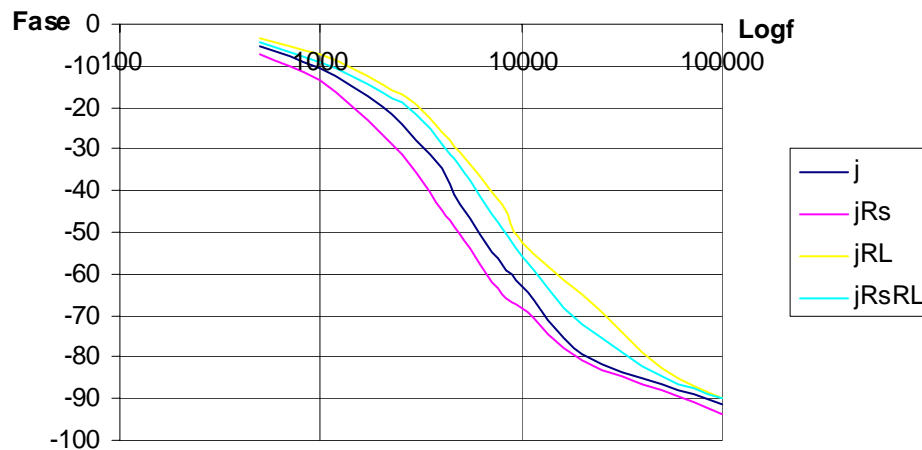
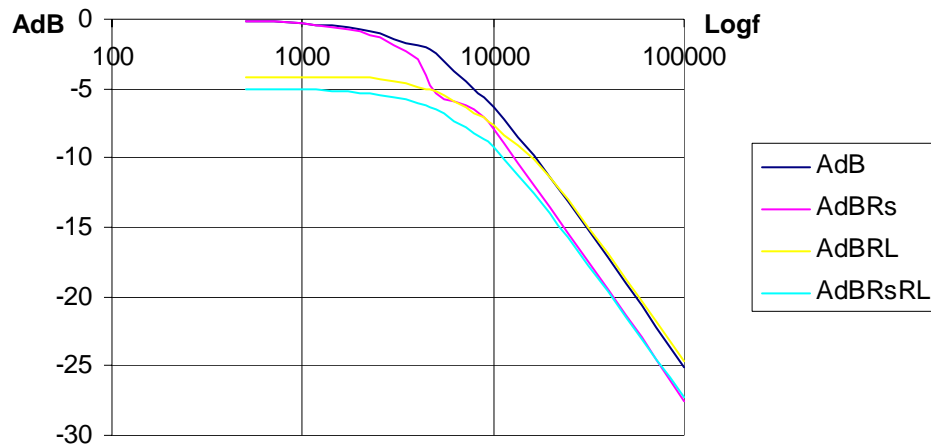
<b>Filtro passa basso con resistenza di sorgente</b>											
Valori sperimentali							Valori calcolati				
kΩ	Volt		Adim		μs	Adim	Volt	Adimensionale			μs
f	V <sub>iM</sub>	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	Δt	φ	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	φ	Δt
0,5	5	4,95	0,99	-0,087	-40	-7,2	4,956	0,991	-0,076	-7,57	-42,05
1	5	4,8	0,96	-0,354	-37,5	-13,5	4,832	0,966	-0,296	-14,88	-41,34
2	5	4,5	0,9	-0,915	-37	-26,64	4,415	0,883	-1,080	-27,99	-38,88
3	5	4	0,8	-1,94	-33	-35,64	3,910	0,782	-2,135	-38,57	-35,71
4	5	3,6	0,72	-2,85	-31	-44,64	3,426	0,685	-3,282	-46,76	-32,47
5	5	2,725	0,545	-5,27	-28	-50,4	3,007	0,601	-4,415	-53,05	-29,47
8	5	2,35	0,47	-6,56	-22,5	-64,8	2,129	0,426	-7,416	-64,83	-22,51
10	5	2	0,4	-7,96	-19	-68,4	1,761	0,352	-9,061	-69,41	-19,28
20	5	1,05	0,21	-13,55	-11,25	-81	0,925	0,185	-14,66	-79,38	-11,02
50	5	0,43	0,086	-21,31	-4,9	-88,2	0,375	0,075	-22,49	-85,74	-4,76
100	5	0,21	0,042	-27,53	-2,6	-93,6	0,188	0,038	-28,49	-87,89	-2,44

**La frequenza di taglio risulta di circa 4,5kHz**

<b>Filtro passa basso con resistenze di carico e di sorgente</b>											
Valori sperimentali							Valori calcolati				
kΩ	Volt		Adimens		μs	Adim	Volt	Adimensionale			μs
f	V <sub>iM</sub>	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	Δt	φ	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	φ	Δt
0,5	5	2,8	0,56	-5,036	-25	-4,5	2,849	0,570	-4,88	-4,34	-24,12
1	5	2,8	0,56	-5,036	-25	-9	2,825	0,565	-4,96	-8,63	-23,98
2	5	2,7	0,54	-5,352	-22,5	-16,2	2,734	0,547	-5,24	-16,89	-23,46
3	5	2,6	0,52	-5,680	-20	-21,6	2,600	0,520	-5,678	-24,49	-22,68
4	5	2,5	0,5	-6,02	-20	-28,8	2,442	0,488	-6,22	-31,28	-21,72
5	5	2,35	0,47	-6,558	-19	-34,2	2,276	0,455	-6,84	-37,21	-20,67
8	5	1,95	0,39	-8,179	-17	-48,96	1,816	0,363	-8,80	-50,55	-17,55
10	5	1,725	0,345	-9,243	-15,5	-55,8	1,572	0,314	-10,05	-56,65	-15,73
20	5	1	0,2	-13,98	-10	-72	0,894	0,1788	-14,95	-71,80	-9,972
50	5	0,42	0,084	-21,51	-4,7	-84,6	0,373	0,0746	-22,54	-82,53	-4,585
100	5	0,215	0,043	-27,33	-2,5	-90	0,188	0,0376	-28,50	-86,27	-2,396

**La frequenza di taglio risulta di circa 4,5kHz**





<b>Filtro passa alto senza resistenze di carico e di sorgente</b>											
Valori sperimentali							Valori calcolati				
kΩ	Volt		Adimens		μs	Adim	Volt	Adimensionale		μs	
f	V <sub>iM</sub>	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	Δt	φ	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	φ	Δt
0,5	5	0,4	0,08	-21,94	500	90	0,499	0,010	-20,01	-84,31	-468,4
1	5	0,8	0,16	-15,92	235	84,6	0,984	0,197	-14,12	-78,69	-218,6
2	5	1,55	0,31	-10,17	105	75,6	1,863	0,372	-8,57	-68,16	-94,67
3	5	2,15	0,43	-7,330	60	64,8	2,579	0,516	-5,75	-58,97	-54,61
4	5	2,7	0,54	-5,352	40	57,6	3,130	0,626	-4,07	-51,26	-35,60
5	5	3	0,6	-4,437	29,5	53,1	3,542	0,708	-2,99	-44,92	-24,96
8	5	3,8	0,76	-2,384	13,5	38,88	4,244	0,849	-1,42	-31,93	-11,09
10	5	4,2	0,84	-1,514	9	32,4	4,475	0,895	-0,96	-26,49	-7,36
20	5	4,6	0,92	-0,724	2,4	17,28	4,852	0,970	-0,26	-13,99	-1,94
50	5	4,75	0,95	-0,445	0,4	7,2	4,97	0,995	-0,04	-5,69	-0,316
100	5	4,9	0,98	-0,175	0,15	5,4	4,994	0,999	-0,01	-2,85	-0,079

**La frequenza di taglio risulta di circa 4,8kHz**

<b>Filtro passa alto con resistenza di carico</b>											
Valori sperimentali							Valori calcolati				
kΩ	Volt		Adimens		μs	Adim	Volt	Adimensionale			μs
f	V <sub>iM</sub>	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	Δt	φ	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	φ	Δt
0,5	5	0,27	0,054	-25,35	510	91,8	0,319	0,064	-23,89	86,38	479,88
1	5	0,545	0,109	-19,25	245	88,2	0,635	0,127	-17,92	82,74	229,84
2	5	1,05	0,21	-13,55	120	86,4	1,241	0,248	-12,10	75,67	105,09
3	5	1,6	0,32	-9,90	69	74,52	1,794	0,359	-8,90	69,01	63,90
4	5	2	0,4	-7,96	49	70,56	2,28	0,456	-6,82	62,90	43,68
5	5	2,35	0,47	-6,56	36,5	65,7	2,697	0,539	-5,36	57,39	31,88
8	5	3,2	0,64	-3,88	18	51,84	3,579	0,716	-2,90	44,32	15,39
10	5	3,6	0,72	-2,85	13	46,8	3,941	0,788	-2,07	38,00	10,553
20	5	4,45	0,89	-1,01	3,75	27	4,658	0,931	-0,61	21,33	2,96
50	5	4,8	0,96	-0,35	0,65	11,7	4,940	0,988	-0,10	8,88	0,49
100	5	4,9	0,98	-0,17	0,2	7,2	4,985	0,997	-0,03	4,46	0,123

**La frequenza di taglio risulta di circa 8kHz**

<b>Filtro passa alto con resistenza di sorgente</b>											
Valori sperimentali							Valori calcolati				
kΩ	Volt		Adimens		μs	Adim	Volt	Adimensionale			μs
f	V <sub>iM</sub>	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	Δt	φ	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	φ	Δt
0,5	5	0,4	0,08	-21,94	490	88,2	0,497	0,099	-20,04	82,47	458,2
1	5	0,8	0,16	-15,92	235	84,6	0,970	0,194	-14,24	75,16	208,8
2	5	1,525	0,305	-10,31	98	70,56	1,772	0,354	-9,008	62,05	86,18
3	5	2,1	0,42	-7,535	54	58,32	2,354	0,471	-6,54	51,47	47,66
4	5	2,5	0,5	-6,02	35	50,4	2,75	0,550	-5,19	43,28	30,06
5	5	2,75	0,55	-5,193	25	45	3,018	0,603	-4,38	36,99	20,55
8	5	3,22	0,644	-3,822	10,5	30,24	3,418	0,68	-3,30	25,21	8,754
10	5	3,35	0,67	-3,478	6,5	23,4	3,535	0,707	-3,01	20,64	5,7333
20	5	3,6	0,72	-2,853	1,6	11,52	3,712	0,742	-2,58	10,66	1,481
50	5	3,65	0,73	-2,733	0,45	8,1	3,767	0,753	-2,46	4,31	0,239
100	5	3,65	0,73	-2,733	0,15	5,4	3,775	0,755	-2,44	2,16	0,060

**La frequenza di taglio risulta di circa 5kHz**

<b>Filtro passa alto con resistenze di carico e di sorgente</b>											
Valori sperimentali							Valori calcolati				
kΩ	Volt		Adimens		μs	Adim	Volt	Adimensionale			μs
f	V <sub>iM</sub>	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	Δt	φ	V <sub>oM</sub>	A	A <sub>dB</sub>	φ	Δt
0,5	5	0,26	0,052	-25,68	500	90	0,319	0,064	-23,91	84,53	469,61
1	5	0,515	0,103	-19,74	242,5	87,3	0,629	0,126	-18,01	79,11	219,76
2	5	1	0,2	-13,98	106	76,32	1,195	0,239	-12,43	68,92	95,73
3	5	1,45	0,29	-10,75	62	66,96	1,663	0,332	-9,56	59,95	55,512
4	5	1,8	0,36	-8,874	43	61,92	2,028	0,405	-7,84	52,35	36,35
5	5	2,1	0,42	-7,535	29	52,2	2,304	0,4609	-6,73	46,04	25,57
8	5	2,6	0,52	-5,680	14	40,32	2,785	0,557	-5,08	32,94	11,44
10	5	2,8	0,56	-5,036	9	32,4	2,946	0,589	-4,59	27,40	7,61
20	5	3,1	0,62	-4,152	2,4	17,28	3,21	0,642	-3,84	14,53	2,018
50	5	3,2	0,64	-3,876	0,25	4,5	3,300	0,660	-3,61	5,92	0,329
100	5	3,2	0,64	-3,876	0,05	1,8	3,314	0,663	-3,57	2,97	0,082

**La frequenza di taglio risulta di circa 5kHz**

