

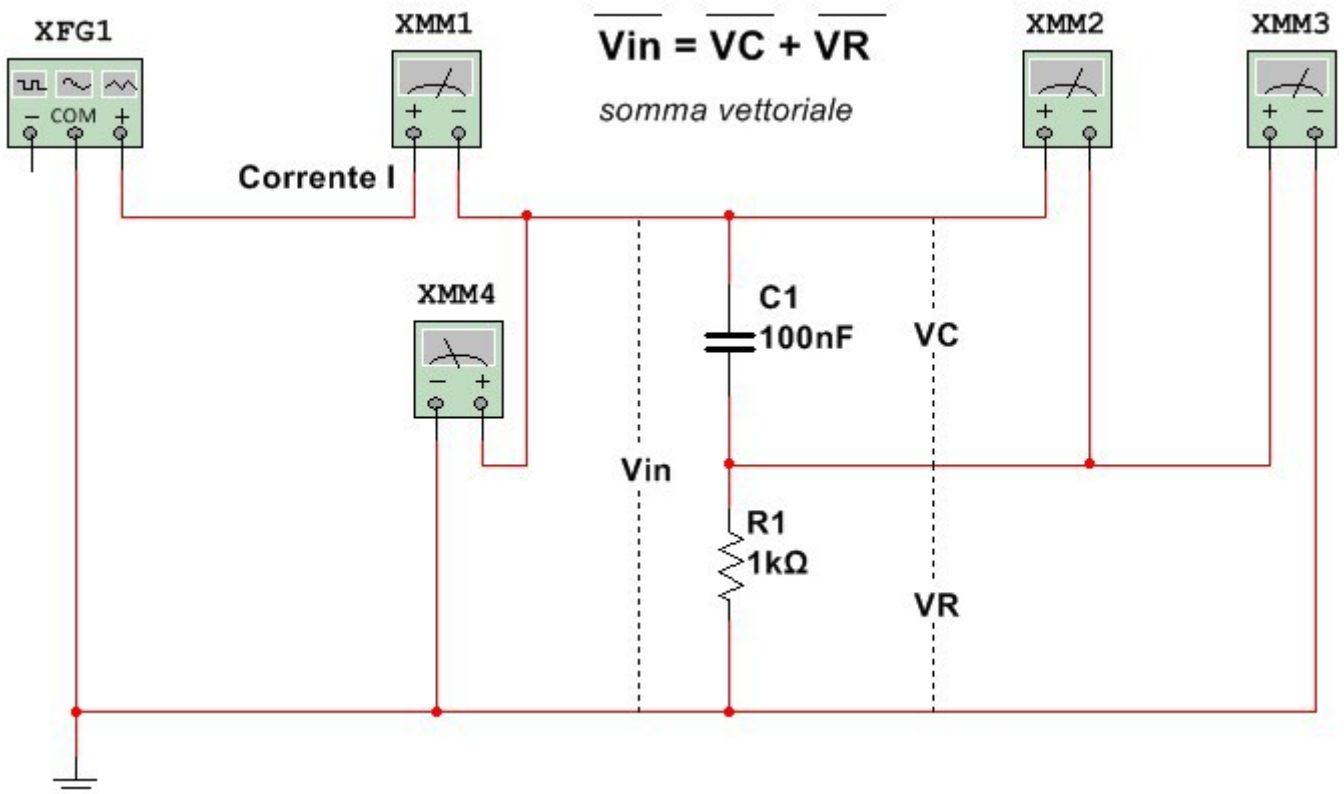
Circuito RC in alternata

Consideriamo il circuito in figura, con un condensatore da 100nF ed una resistenza da 1KOhm in serie. Applichiamo in ingresso con un generatore di funzioni, una tensione alternata con valore massimo 10Volt e frequenza 1kHz.

Il valore efficace sarà;

$$V_{eff} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{10}{1,41} = 7,07 \text{ Volt}$$

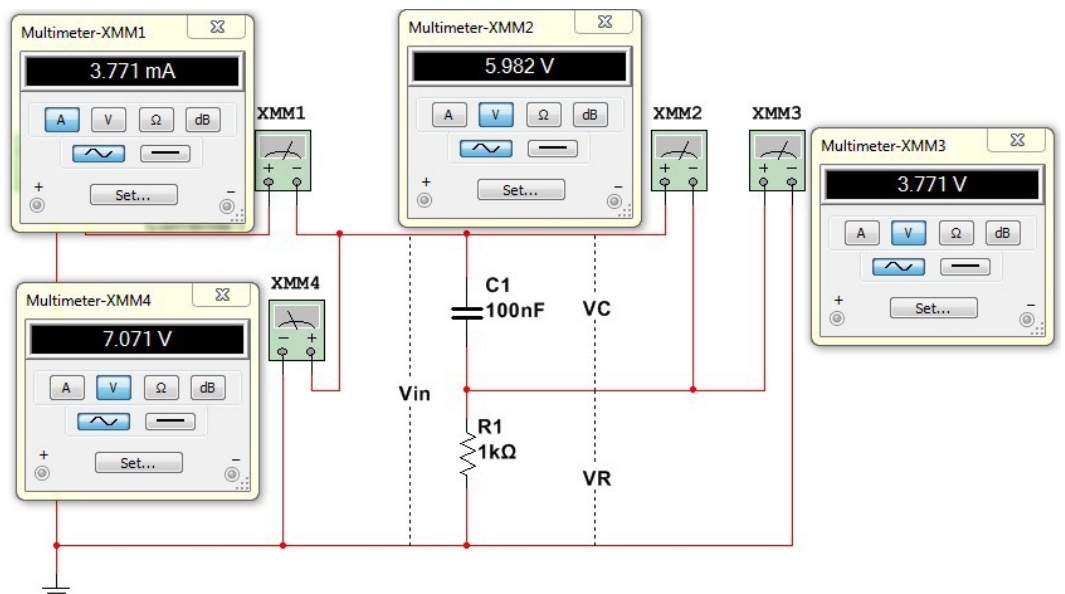
Inseriamo nel circuito dei multimetri per misurare le tensioni V_{in} , V_C e V_R , ed un multimetro per misurare la corrente I che scorre nel circuito.



Leggiamo ora i valori sui multimetri che rappresentano il valore efficace e che sono i seguenti:

$V_{in} = 7,071 \text{ Volt}$
 $V_C = 5,982 \text{ Volt}$
 $V_R = 3,771 \text{ Volt}$

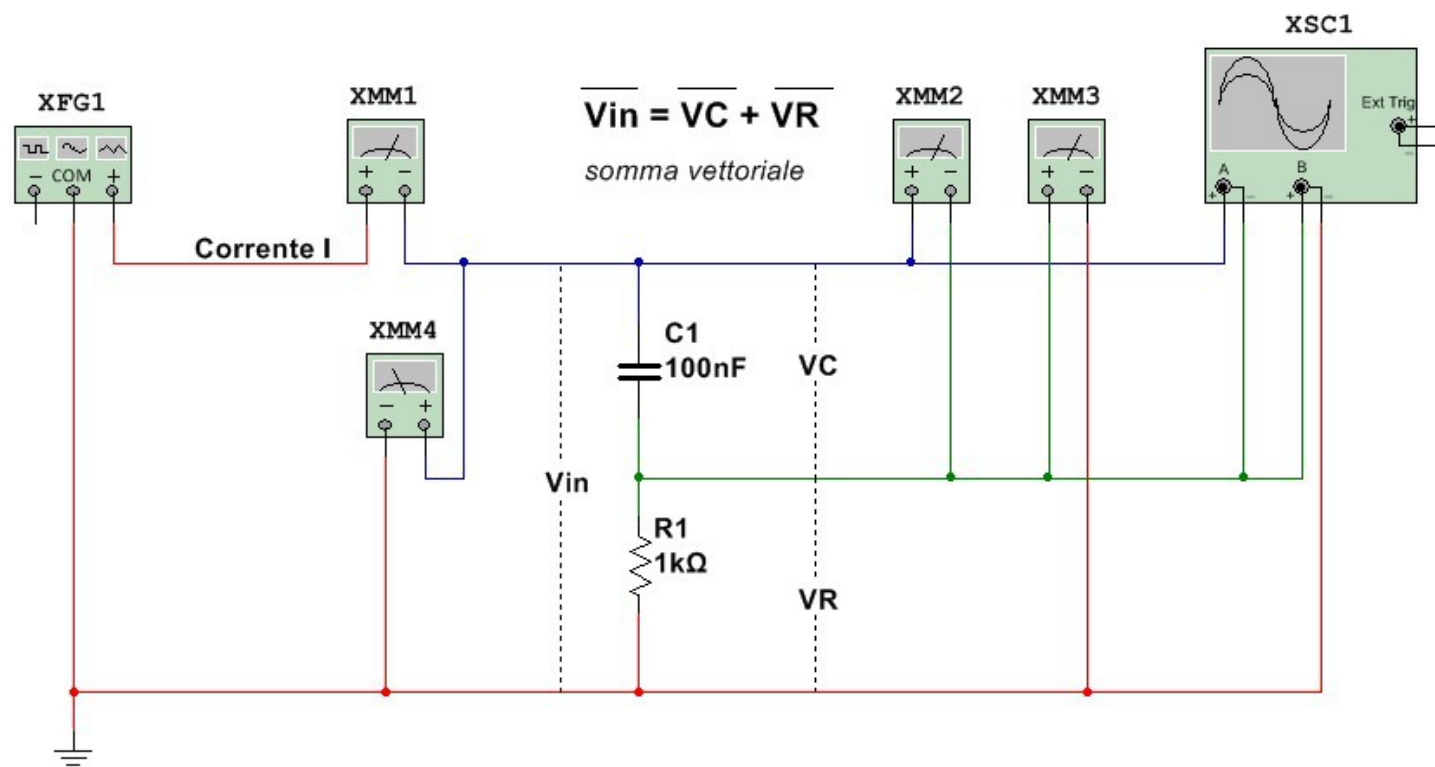
E' evidente dai valori che la relazione: $V_{in} = V_C + V_R$ non vale a meno che non consideriamo una somma vettoriale.



Per fare la somma delle due

tensioni VC e VR, bisogna considerare il fatto che la VR è in fase con la corrente in quanto in un circuito resistivo, corrente e tensione sono in fase. Mentre la VC è sfasata in ritardo rispetto alla corrente e pertanto anche rispetto alla VR.

Per vederlo possiamo collegare un oscilloscopio come in figura.

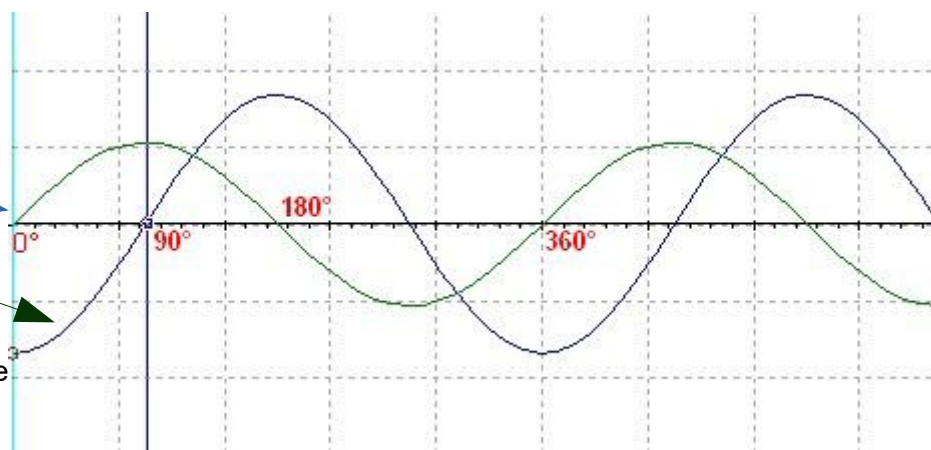


Nella realtà l'oscilloscopio non potrà essere collegato in questo modo, in quanto la GND dei canali A e B è connessa internamente allo strumento.

Queste sono le forme d'onda che otteniamo sull'oscilloscopio.

In blu la tensione VR.

In verde la tensione VC.



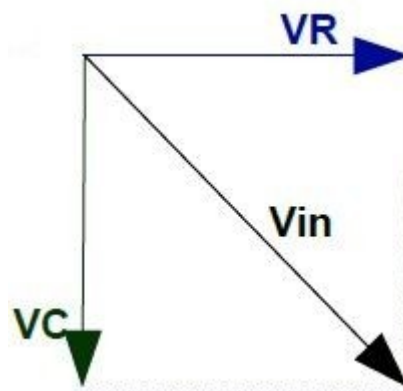
Come abbiamo detto la VR e la I sono in fase. Dall'immagine possiamo notare che la VR è in anticipo di 90° rispetto alla VC, perciò anche la corrente è in anticipo rispetto a VC.

In una rappresentazione vettoriale il modulo dei vettori VR e VC rappresenta l'ampiezza del segnale.

Pertanto il valore di Vin in modulo vale:

$$V_{in} = \sqrt{V_C^2 + V_R^2}$$

Possiamo ragionare comunque anche con il valore efficace che è direttamente legato al Valore massimo.

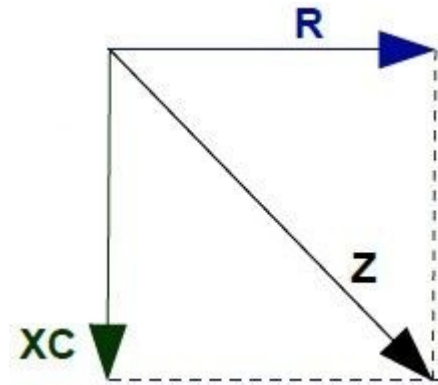


Sostituendo i valori efficaci misurati con i multimetri, avremo esattamente che $V_{in} = 7,071$ Volt

Calcoliamo ora la corrente e verifichiamo il valore misurato, e ricordiamo che anche in questo caso il multimetro ci fornisce il valore efficace.

Per calcolare la corrente dobbiamo trovare l'impedenza del circuito.

$$Z = \sqrt{XC^2 + R^2}$$



Ricordiamo la formula per trovare XC.

$$XC = \frac{1}{2 * \pi * f * C} = \frac{1}{2 * \pi * 1 * 10^3 * 100 * 10^{-9}} = \frac{1 * 10^4}{2 * \pi} = 1590 \text{ Ohm} = 1,59 \text{ kOhm}$$

Pertanto l'impedenza Z vale $Z = \sqrt{XC^2 + R^2} = \sqrt{1,59^2 + 1^2} = 1,88 \text{ kOhm}$

A questo punto ricaviamo la corrente con la legge di Ohm. $I = \frac{V_{in}}{Z} = \frac{7,07}{1,88 \text{ k}} = 3,76 \text{ mA}$

Che corrisponde con la dovuta approssimazione dei calcoli al valore misurato precedentemente.

La corrente si può anche calcolare applicando la legge di Ohm sulla resistenza, pertanto $I = VR / R$

Volendo trattare il circuito come un partitore possiamo ricavare la tensione $VR = R * I$

Sostituiamo alla corrente I la corrispondente formula $I = \frac{V_{in}}{Z}$ otterremo $VR = \frac{R * V_{in}}{Z}$

Che può essere scritto anche così: $VR = \frac{V_{in} * R}{Z}$ infine sostituendo Z avremo: $VR = \frac{V_{in} * R}{\sqrt{XC^2 + R^2}}$

Visto che il valore di XC dipende dalla frequenza, da questa relazione possiamo dedurre che il partitore fornirà una tensione VR differente al variare della frequenza.

Più esattamente essendo XC al denominatore, abbiamo che in corrispondenza di basse frequenze la XC è elevata e la VR sarà bassa se non prossima a zero.

In corrispondenza di frequenze alte invece la XC sarà minima e la VR sarà invece massima.

In pratica un circuito che può decidere a quale frequenza far passare inalterato il valore di tensione.

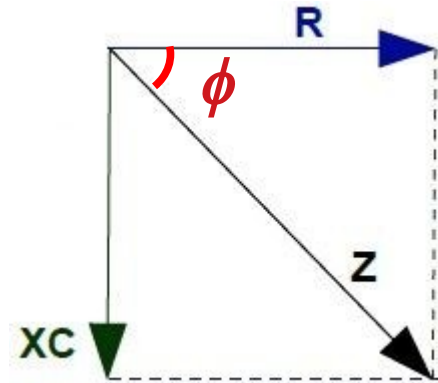
Questo circuito prende il nome di filtro passivo.

Consideriamo ora la rappresentazione vettoriale precedentemente illustrata.

L'angolo indicato ϕ rappresenta lo sfasamento tra VR e VC o anche tra corrente I e tensione VC (VR ed I sono in fase).

Se la XC è piccola (cioè ad alte frequenze) l'angolo è prossimo allo zero, e la Z tende a sovrapporsi alla R (corrente e tensione in fase) come se fosse un circuito quasi interamente resistivo.

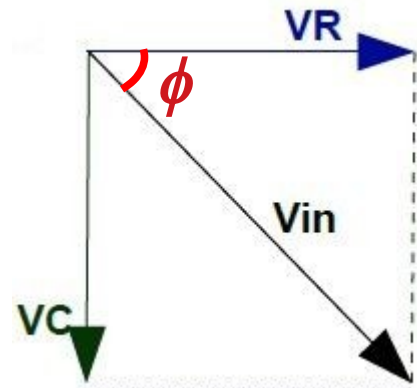
Viceversa se la XC è grande (cioè a basse frequenze) la Z tende a sovrapporsi alla XC (corrente e tensione sfasate di 90°) come se fosse un circuito prevalentemente capacitivo.



Lo stesso discorso vale se rappresentiamo i vettori delle tensioni come fatto precedentemente.

Pertanto conoscendo la tensione VC e VR misurata nel circuito possiamo anche calcolare lo sfasamento tra tensione e corrente.

Dobbiamo ricordare che con i multimetri stiamo misurando il valore efficace, ma essendo direttamente collegato al valore massimo (che nella rappresentazione vettoriale è il modulo del vettore) il risultato non cambia.



Lo sfasamento tra corrente e tensione VC perciò si può ricavare con la seguente formula:

$$\phi = \arctan\left(\frac{VC}{VR}\right) \text{ o anche } \arctan\left(\frac{XC}{R}\right)$$

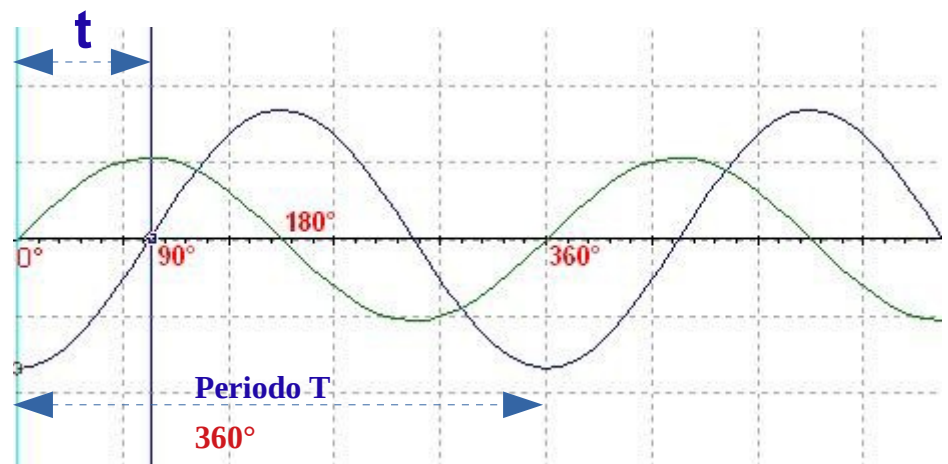
Lo sfasamento può anche essere misurato con l'oscilloscopio, misurando la distanza tra i due segnali sull'asse dei tempi.

Sfasamento ϕ

Possiamo ricavare lo sfasamento dalla

proporzione: $T:360^\circ = t:\phi$

$$\phi = 360 \cdot t/T$$



Passiamo ora all'esperienza da effettuare.

1. Realizzare il circuito RC con i valori sopra indicati, e cioè:
 $R=1k\Omega$ $C=100nF$ $V_{in}=10V_{max}$ $f=1kHz$
2. Misurare con un multimetro la tensione ai capi del condensatore e della resistenza e compilare la seguente tabella:

Valore impostato valore efficace		Valore misurato valore efficace		Valori calcolati	
Frequenza (kHz)	V_{in} (Volt)	V_C (Volt)	V_R (Volt)	I (mA)	ϕ (°)
0,5					
1					
1,5					
2					
2,5					
3					
3,5					
4					
4,5					
5					
5,5					
6					
6,5					
7					
7,5					
8					
9					
10					

Per calcolare i valori utilizzare le formule descritte nella spiegazione precedente, la corrente I può essere calcolata in più modi, scegliere il più conveniente.

3. Realizzare con excel un grafico cartesiano, con la frequenza sull'asse delle ascisse e la tensione V_R sull'asse delle ordinate.
4. Visualizzare le forme d'onda con multisim, in corrispondenza delle seguenti 3 frequenze: 500Hz-1500Hz-10000Hz. Effettuare lo screenshot nei 3 casi.
5. Analizzare i risultati ottenuti.