

Esperienza 3 : circuiti RC e CR

Corso di Laboratorio di Elettromagnetismo e Circuiti, prof. S. Masi

1 MISURE DI RISPOSTA IN FREQUENZA DI UN CIRCUITO RC

Si hanno a disposizione un generatore di tensione sinusoidale con frequenza f e ampiezza V_{in} variabili, un resistore di resistenza R e un condensatore di capacità C , un oscilloscopio.

Lo scopo dell'esperienza è di misurare la risposta in frequenza del circuito RC visibile in figura, utilizzato come filtro passa-basso. Dalla teoria sappiamo che

$$\vec{V}_C = \frac{1}{1 + j\omega RC} \vec{V}_{in}$$

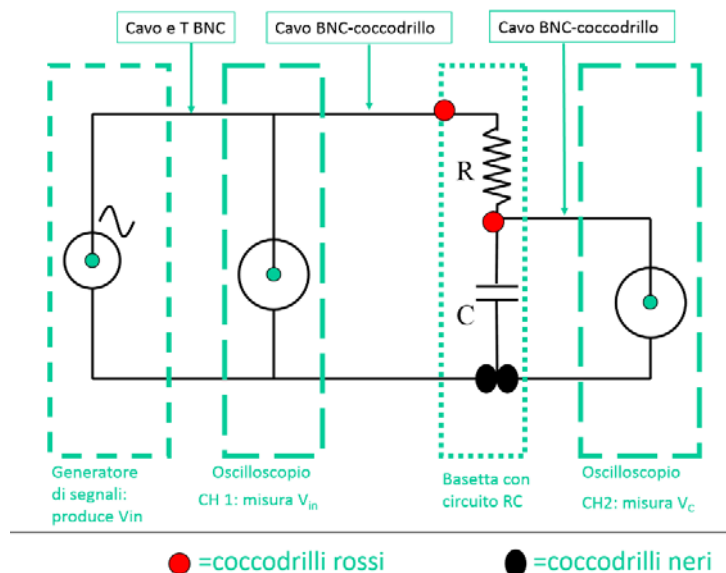
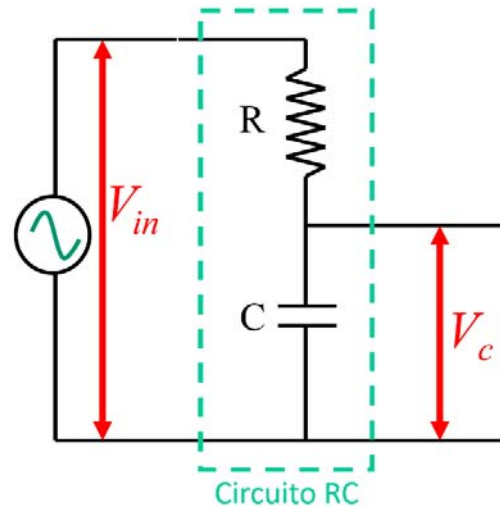
$$V_{oC} = \frac{V_{oin}}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}}$$

$$\varphi = \arctan(-\omega\tau)$$

Dove V_{oC} e V_{oin} sono i moduli delle due tensioni alternate, ω è la loro pulsazione ($f = \omega/2\pi$), e ϕ è lo sfasamento della V_c rispetto alla V_{in} . Per risposta in frequenza si intendono i grafici della funzione V_{oC}/V_{oin} in funzione di f , e della funzione ϕ in funzione di f . La costante di tempo τ è pari al prodotto RC . Consiglio una frequenza di taglio $f_o = \omega_o/2\pi$ dell'ordine di 1000 Hz, in modo da poter agevolmente impostare sul generatore di tensione sia frequenze più basse che frequenze più alte della frequenza di taglio del circuito. Qui ω_o è tale da rendere la risposta $V_{oC}/V_{oin} = 1/\sqrt{2}$, quindi $\omega_o = 1/\tau = 1/RC$ e $f_o = \omega_o/2\pi = 1/(2\pi RC)$.
Ad esempio: $R=10k\Omega$, $C=10nF$, $f_o=1.6kHz$.

La prima cosa da fare è stimare la frequenza di taglio del circuito, f_o , dai valori di R e C , che si possono misurare con il ponte a disposizione.

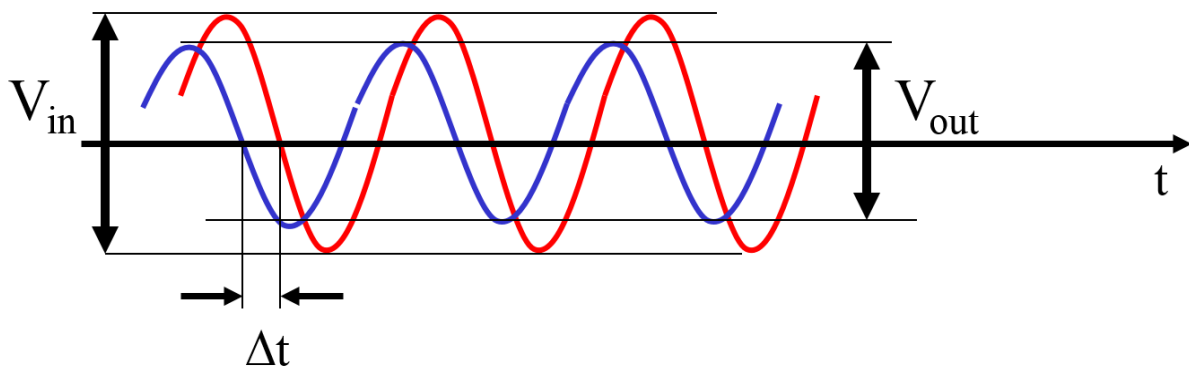
Si passa poi al montaggio del circuito. Le connessioni da realizzare in pratica sono illustrate nella figura accanto.



Si deve poi fare una scansione veloce osservando l'ampiezza del segnale in uscita quando la frequenza del generatore varia da $0.1f_0$ a $10f_0$, in modo da vedere se c'è davvero una sua riduzione (taglio) al di sopra della frequenza di taglio, mentre l'ampiezza del segnale in ingresso deve rimanere costante. Se non c'è il taglio, il circuito non è stato montato bene, e quindi non si deve cominciare a fare le misure di risposta in frequenza finché non si trova l'errore nel montaggio. Quando succede quello che ci si aspetta, si procede alle misure.

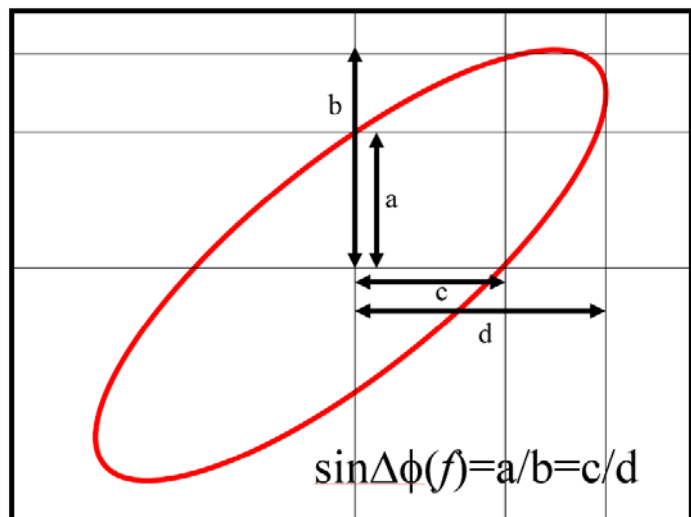
Le misure devono essere effettuate su un ampio intervallo di frequenze, possibilmente da $f_0/100$ a $f_0 \cdot 100$, in modo da evidenziare la forte riduzione dell'ampiezza ed il forte sfasamento del segnale in uscita a frequenze molto più alte di quella di taglio, e la pratica identità tra il segnale in uscita e quello in ingresso a frequenze molto più basse di quella di taglio.

Visualizzando V_c e V_{in} in funzione del tempo (vedi figura sotto, ricordarsi di azzerare le due tracce sulla metà dello schermo mettendo a GND i due ingressi) si costruisce una tabella di f , V_{in} , $V_c = V_{out}$, Δt . Da queste misure si ricavano le altre due colonne per $A(f) = V_{out}/V_{in}$ e $\phi(f) = 2\pi \Delta t/T$, sulle quali va propagato l'errore di lettura di V_{in} , V_c , Δt , e che vanno graficate.



Dai grafici si ricava il valore della frequenza di taglio: da quello del rapporto tra i moduli, stimando a che frequenza questo viene ridotto di 0.707; da quello dello sfasamento stimando a che frequenza è pari a 45° .

Visualizzando poi V_{out} in funzione di V_{in} (modalità XY, ricordarsi di centrare il puntino luminoso mettendo a GND i due ingressi all'inizio, vedi figura a lato) si costruisce una tabella di f , a , b . Si ricava poi $\phi(f) = \arcsin(a/b) = \arcsin(c/d)$, e si grafica, ottenendo un'ulteriore valutazione della frequenza di taglio.



2 MISURE DI RISPOSTA IN FREQUENZA DI UN CIRCUITO CR

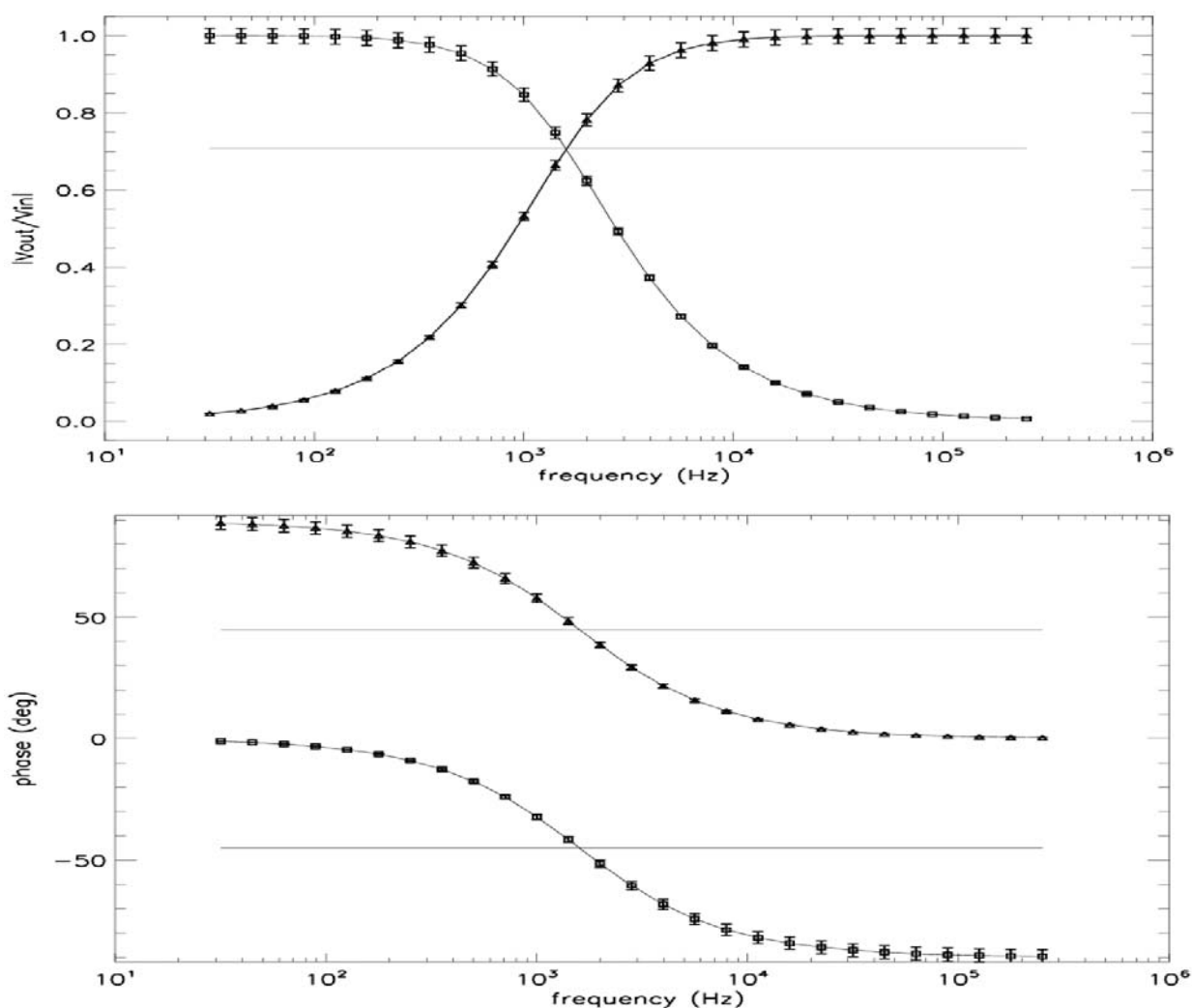
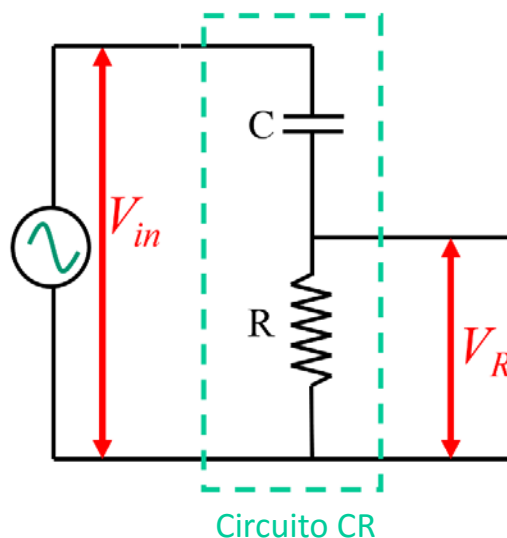
Questo circuito si ottiene dal precedente scambiando di posto R e C. Dalla teoria sappiamo che

$$\vec{V}_R = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC} \vec{V}_{in}$$

$$V_{oR} = \frac{\tau\omega V_{oin}}{\sqrt{1 + (\tau\omega)^2}}$$

$$\varphi = \arctan(1/\omega\tau)$$

Per le misure e i grafici si procede esattamente come nel caso precedente. A titolo di esempio, riportiamo i grafici che si dovrebbero ottenere (sia RC che CR):



3 USO DELL' OSCILLOSCOPIO

- Impostare il trigger su auto: questo permetterà di vedere la traccia, anche se non sincronizzata, e di regolare così le deflessioni verticale e orizzontale. Una volta visualizzato il segnale, se non è sincrono, si potrà utilizzare il trigger interno regolando livello e pendenza.
- La prima cosa da fare è mettere su "cal" i potenziometri di taratura dei fattori di deflessione e della base dei tempi (cerchiati di verde nella figura). Vanno ruotati completamente in senso orario.
- La seconda cosa da fare è regolare orizzontalmente (tempo) lo zero delle tracce: Si mette il trigger su AUTO, si mettono a zero i segnali in ingresso a CH1 e CH2, commutando su GND i commutatori identificati in rosso, si regola la posizione orizzontale delle tracce con il potenziometro identificato in azzurro, in modo che le tracce riempiano lo schermo (spesso questo va bene fin dall'inizio).
- La terza cosa da fare è regolare verticalmente lo zero delle tracce: Si mette il trigger su AUTO, si mettono a zero i segnali in ingresso a CH1 e CH2, commutando su GND i commutatori identificati in rosso, Si regola la posizione verticale delle tracce con il potenziometro identificato in azzurro, facendo coincidere le due tracce con linee della quadrettatura.
- A questo punto si rimettono i commutatori di ingresso su DC (indicati in azzurro). Regolando il fattore di deflessione verticale (identificato in rosso) si dovrebbero vedere i due segnali.
- Sono possibili due **modi di visualizzazione**:
- Su **auto/norm** si visualizzano $V(CH1)$ e $V(CH2)$ in funzione di t ; questa è la visualizzazione da usare per questa esperienza.
- Invece su **X-Y** si grafica $V(CH1)$ in funzione di $V(CH2)$. Questa visualizzazione verrà usata nella prossima esperienza. Nel caso di segnali sinusoidali su CH1 e CH2, si vede una ellisse. Per questo secondo caso usare la configurazione indicata dai cerchi azzurri e controllare lo zero mettendo i due segnali a GND (indicati in rosso). Si vedrà un puntino che va mosso con i comandi position (indicati in verde) fino a portarlo al centro dello schermo. Rimettendo su off i pulsanti GND si vede l'ellisse, le cui dimensioni verticale ed orizzontale dipendono dalle corrispondenti impostazioni V/div .

