

# *Generatori di funzione e filtri RC*

## **Introduzione**

La seguente esercitazione di laboratorio riguarda lo studio della risposta in frequenza di un semplice filtro RC per mezzo di un segnale sinusoidale di ampiezza e frequenza nota prelevato da un generatore di segnali.

## **Gli strumenti da utilizzare**

Sul banco sono presenti i seguenti strumenti e cavi coassiali:

- Oscilloscopio numerico (v.fig.1)
- Multimetro numerico da banco (v.fig.2)
- Generatore di funzioni (v.fig.3)
- Scheda con filtri premontati (v.fig.4)



Fig.1: oscilloscopio numerico

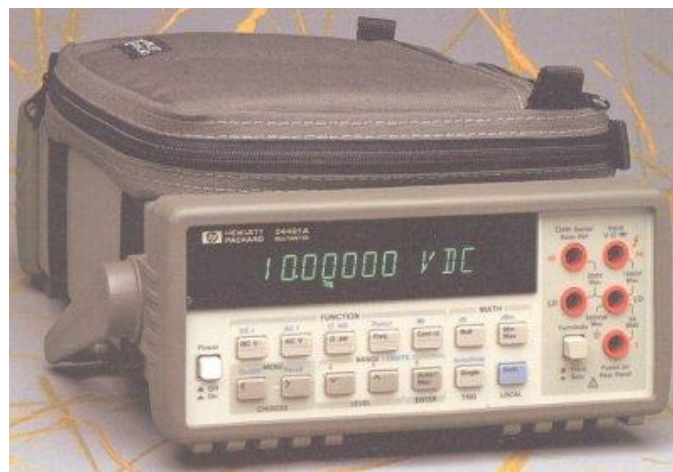


Fig.2: multimetro numerico da banco



Fig.3: generatore di funzioni

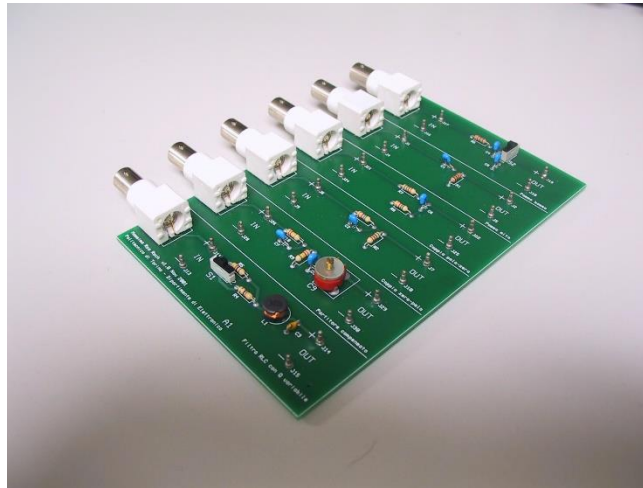


Fig.4: Scheda con filtri RC premontati

## Prima di tutto....

Per effettuare la misurazione della risposta in frequenza di un filtro RC occorre inviare all'ingresso del circuito un segnale sinusoidale a frequenza variabile. A tal fine ogni banco di misura dispone di un generatore di funzioni di tipo commerciale che offre la possibilità di avere segnali di forma, ampiezza e frequenza definibili dall'utente per mezzo di semplici comandi.

Il metodo di misurazione si basa sull'utilizzo di un oscilloscopio numerico per determinare ampiezza e sfasamento relativo dei segnali presenti all'ingresso ed all'uscita del circuito RC presente su una basetta premontata fornita in questa esercitazione (v.fig.4). A seconda della sala di laboratorio sono disponibili differenti generatori di segnali che però presentano (*circa!!!*) le stesse caratteristiche di base. Al fine di familiarizzare con questi strumenti si accenda l'oscilloscopio numerico presente sul tavolo di lavoro e si visualizzi un segnale sinusoidale di ampiezza picco-picco  $V_{pp} \approx 1\text{ V}$  e frequenza  $f \approx 1\text{ kHz}$ . Si effettui la misurazione di ampiezza e frequenza utilizzando l'oscilloscopio numerico a disposizione. Si colleghi il generatore di segnali al canale CH1 dell'oscilloscopio per mezzo del cavo coassiale BNC-BNC. Si disegni il circuito

equivalente del circuito che comprende il generatore di segnali, il cavo ed il canale d'ingresso dell'oscilloscopio.

Come è fatta l'impedenza di ingresso dell'oscilloscopio numerico che state utilizzando? Quanto valgono  $R_{in}$  e  $C_{in}$  e come sono collegate fra loro?

## Uso dei generatori di segnali

In questa prima parte dell'esercitazione si richiede allo studente di fare pratica con le numerose modalità d'uso dei generatori di segnali. A tal fine si apra la pagina web del *LED* e si visualizzi la pagina relativa alle caratteristiche tecniche del generatore di segnali disponibile sul proprio banco.

### Frequenza dei segnali

Si determini, in base ai dati del manuale del generatore di segnali disponibile sul banco di misura, il valore massimo di frequenza che ciascun tipo di segnale (sinusoide, onda quadra, triangolare, ...) può raggiungere. Sempre utilizzando un segnale sinusoidale di ampiezza picco-picco  $V_{pp} \approx 1$  V e frequenza  $f \approx 1$  kHz, si effettui la misurazione della frequenza utilizzando l'oscilloscopio e il multimetro numerico utilizzando quest'ultimo in modalità *misura di frequenza*. Valutate l'incertezza delle due misure utilizzando i dati disponibili nei manuali dell'oscilloscopio e del multimetro. Verificate la compatibilità fra le misure.

### Tipo ed ampiezza dei segnali

Si determini, in base ai dati del manuale del generatore di segnali disponibile sul banco di misura, il valore massimo di ampiezza che ciascun tipo di segnale (sinusoide, onda quadra, triangolare, ...) può assumere. Si colleghi il generatore di segnali all'oscilloscopio per mezzo del cavo coassiale e si imposti manualmente l'ampiezza del segnale in modo tale da visualizzare, sullo schermo dell'oscilloscopio numerico, un'ampiezza di circa 1 V. Si misuri il valore picco-picco del segnale sinusoidale per frequenze di 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz, 1 MHz, 10 MHz. Verificate se l'ampiezza picco picco varia al variare della frequenza. Trovate il valore di frequenza al di sopra della quale l'ampiezza si riduce di 1 dB.

### Offset

Ciascun generatore di funzioni ha la possibilità di sommare al segnale una componente continua regolabile dall'utente. Si imposti il generatore in modo da avere un segnale sinusoidale di ampiezza  $V_p = 1$  V e frequenza  $f = 1$  kHz. Si regoli il generatore in modo da ottenere il segnale  $s(t)$  come:

$$s(t) = y(t) + V_{dc}$$

con  $V_{dc}$  pari a 0.2 V. Si visualizzi il segnale sull'oscilloscopio e si verifichi cosa accade se il selettore di ingresso dell'oscilloscopio passa dalla modalità di accoppiamento in DC alla modalità in AC. Si ripeta l'esperienza precedente utilizzando  $V_{dc} = -0.2$  V.

## Scheda con filtro RC

La scheda premontata presenta una serie di filtri di vario tipo, quali passa alto, passa basso, coppia polo-zero, realizzati per mezzo di componenti passivi (resistori, condensatori, induttori).

Il primo filtro è costituito da un resistore e due condensatori. Con l'ausilio delle indicazioni presenti nel sito del *LED* alla voce *Utilities* si valuti il valore di resistenza e capacità presenti nel

circuito passa basso. Si utilizzi il multimetro numerico 34401A in modalità *misura di resistenza (ohmmetro)* per verificare i contatti fra i componenti e disegnate il circuito equivalente. Come è collegato l'interruttore meccanico? Verificate se il valore di resistenza, misurato con il multimetro è compatibile con la tolleranza dichiarata dal produttore. Quest'ultimo dato si ricava dalla fascia della resistenza di colore oro (5%) o argento (10%). A seconda della posizione dell'interruttore si determini il circuito corrispondente e la frequenza di taglio nominale.

Per mezzo delle formule di propagazione dell'incertezza (metodo deterministico) si calcolino i valori dell'incertezza assoluta e relativa della frequenza di taglio del filtro passa basso. Qualora sul corpo della capacità non sia presente la tolleranza del componente assumete un valore pari al 20%.

## Risposta nel dominio della frequenza di un filtro passa basso (diagrammi di Bode)

Questa sezione ha come scopo quello di mettere in pratica l'esperienza acquisita con il generatore di funzioni e l'oscilloscopio e misurare la funzione di trasferimento, in modulo e fase, del filtro passa basso. Collegate il canale CH1 dell'oscilloscopio all'ingresso del filtro per mezzo del cavo coassiale BNC-BNC. Si imposti manualmente il generatore di funzioni in modo da avere una sinusoide di ampiezza di circa 0.8 V picco-picco alla frequenza di 1 kHz. Collegate l'uscita del filtro al canale CH2 dell'oscilloscopio. Impostate il coefficiente di deflessione verticale dell'oscilloscopio, per i due canali di ingresso, sul valore di 200 mV/div. Per quanto riguarda la velocità di scansione orizzontale, impostate il valore più opportuno in modo da visualizzare almeno un periodo del segnale. Posizionate l'interruttore del filtro passa basso premontato in modo da inserire solo un condensatore.

A questo punto occorre variare la frequenza del segnale sinusoidale. Variate, per il momento rapidamente, la frequenza della sinusoide da 100 Hz fino a 1 MHz, modificando opportunamente l'impostazione della base tempi in modo da visualizzare solo alcuni periodi di sinusoide: osservate come il segnale di uscita presente sul canale CH2 subisca una attenuazione e, contemporaneamente, uno sfasamento, in ritardo, rispetto al segnale di ingresso. In particolare si noti che l'attenuazione subita dal segnale è molto marcata al di sopra della frequenza di taglio che avete precedentemente stimato.

Misurate ampiezza dei segnali di ingresso e di uscita del filtro riportando i risultati delle misurazioni in una tabella in corrispondenza dei valori di frequenza di 100 Hz, 300 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 3 kHz, e così via fino ad 1 MHz. Misurate allo stesso tempo anche la differenza di fase fra i due segnali. Si riporta di seguito un esempio di tabella da usare per registrare i dati misurati:

Frequenza (Hz)	V <sub>in</sub> (mV)	V <sub>out</sub> (mV)	$\Delta\phi$ (°)	$20 \cdot \log\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)$
100				
300				
500				
1000				
...				

Una volta trascritti i risultati delle misurazioni di modulo e differenza di fase, riportate i valori della tabella in un grafico in scala semilogaritmica. Si ricordi che i risultati delle misurazioni sono affetti da incertezza e dunque non sono dei semplici punti ma delle “*croci*” che indicano la fascia di incertezza dovuta sia alla misura di ampiezza che alla misura di frequenza. Valutate l’incertezza di misura dell’ampiezza per mezzo della normale procedura utilizzando la lettura del numero di divisioni moltiplicata, rispettivamente, per il coefficiente di taratura verticale o orizzontale. Riguardo la misura di frequenza assumete una incertezza relativa di  $10^{-4}$  del valore di frequenza visualizzato sul display del generatore di funzioni.

Impostate il generatore di segnale in corrispondenza del valore di frequenza di taglio che avete calcolato per mezzo dei valori nominali dei componenti che compongono il circuito passa basso. In corrispondenza di tale frequenza misurate modulo e fase. Variate ora la frequenza in modo da ottenere uno sfasamento il più vicino possibile al valore di  $45^\circ$ . Confrontate il valore di quest’ultimo valore di frequenza con la frequenza nominale di taglio.

Ripetete tutti i punti affrontati precedentemente cambiando la posizione dell’interruttore presente nel circuito del filtro passa basso. Come è cambiata la frequenza di taglio?

## **Risposta nel dominio della frequenza di un filtro passa alto (diagrammi di Bode)**

Ripetete le stesse misure effettuate in precedenza utilizzando il filtro passa alto.

# Esempio di carta semilogaritmica per disegnare i diagrammi di Bode

