

Caratterizzazione di un filtro RC

1. Introduzione

La seguente esercitazione di laboratorio riguarda la caratterizzazione di semplici filtri RC per mezzo sia di un segnale sinusoidale che di una forma d'onda quadra. Sul banco sono disponibili, oltre ad un numero adeguato di cavi, un oscilloscopio digitale, un multimetro digitale da banco ed un generatore di funzioni. Inoltre avete a disposizione una scheda premontata con alcuni filtri (passa basso, passa alto, coppia polo zero, coppia zero-polo, partitore compensato e, infine, filtro RLC con Q variabile...) la cui immagine è riportata in fig.1

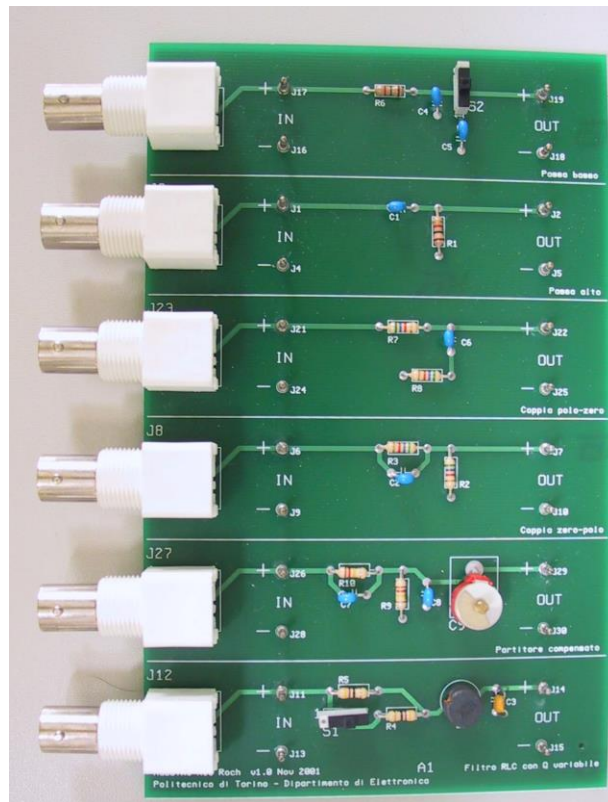


Figura 1: scheda premontata con filtri

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 segnali di tipo commerciale (v. fig. 2) che offre la possibilità di avere un segnale con forma (sinusoidale, quadra, rampa, ...), ampiezza e frequenza definibile dall'utente per mezzo di semplici comandi.

Al fine di familiarizzare con questi strumenti si accenda l'oscilloscopio e si regolino le impostazioni del generatore di segnali in modo da visualizzare sullo schermo un segnale sinusoidale di ampiezza picco picco di 0.8 V e frequenza 10 kHz.



Fig.2: Generatori di funzione presenti nei laboratori didattici: a sinistra Rigol DG1022 e, a destra, Hantek HDG2032B (v. datasheet in http://led.polito.it/main_it/instrumentationQuery.asp)

2. Filtro passa basso: valutazioni preliminari

La scheda di fig. 1 presenta 6 filtri che utilizzano semplici componenti passivi (resistenze, capacità, induttanze). In questa esercitazione saranno caratterizzati soltanto i primi due circuiti (filtro passa basso e filtro passa alto) ciascuno costituito da una resistenza e due capacità. Con l'ausilio delle indicazioni presenti nel sito del LED <http://led.polito.it/> alla voce Utilities (si rimanda all'indirizzo <http://led.polito.it/utilities/utilities.asp>) si valuti il valore di resistenza e di capacità presenti nel circuito passa basso in base ai codici riportati sui componenti stessi.

Per le resistenze si tratta di un codice a colori mentre per le capacità di un codice numerico. Per quest'ultimo componente non è facile leggerne il valore (è molto piccolo, ...provateci comunque) che è pari a 10 nF (su di esse è riportato il valore **103** che equivale a **10** x **10³** pF) e presenta una incertezza relativa del 20%. Si utilizzi il multimetro hp34401a presente sul banco in modalità ohmetro per verificare i contatti fra i componenti. Verificate inoltre se, per i resistori del circuito passa basso, il valore di resistenza misurato con l'ohmetro è compatibile con la tolleranza dichiarata dal produttore. Si determini quindi il circuito corrispondente includendo in esso anche l'interruttore che inserisce o meno il secondo condensatore (in che modo? in serie o in parallelo al primo condensatore?).

In base ai valori nominali di R e C che avete determinato in precedenza, determinate la frequenza di taglio nelle due posizioni dell'interruttore. Per mezzo delle formule di propagazione dell'incertezza si determini il valore dell'incertezza assoluta e relativa della frequenza di taglio del filtro passa basso.

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

Questa sezione ha lo scopo di misurare la funzione di trasferimento, in modulo e fase del filtro passa basso. Posizionate lo switch in modo da escludere un condensatore dal circuito. Collegate l'uscita del generatore di funzione in modo da poter collegare contemporaneamente il generatore di funzioni al canale CH1 e al filtro passa basso (utilizzate il connettore a T di tipo BNC in fig. 3).



Figura 3: connettore T di tipo BNC

Impostate il generatore di funzioni in modo da avere una sinusoide di ampiezza picco-picco di 0.8 V alla frequenza di 100 Hz. Collegate l'uscita del filtro al canale CH2 dell'oscilloscopio per mezzo di un cavo coassiale che presenti ad una estremità un connettore BNC e all'altra estremità un connettore tipo "coccodrillo". Impostate il coefficiente di sensibilità verticale dell'oscilloscopio, per i due canali di ingresso, sul valore di 200 mV/div. Per quanto riguarda il coefficiente di sensibilità orizzontale, impostate il valore più opportuno in modo da visualizzare almeno un periodo del segnale. Posizionate l'interruttore del filtro passa basso in modo che il secondo condensatore non sia collegato.

Variate la frequenza del segnale sinusoidale e visualizzate sullo schermo del DSO l'andamento del segnale di uscita dal filtro: variate, per il momento rapidamente, la frequenza della sinusoide da 100 Hz fino a 1 MHz modificando opportunamente la sensibilità della base tempi visualizzando volta per volta pochi cicli di sinusoide: dovrete osservare 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 in uscita è molto marcata al di sopra della frequenza di taglio che avete precedentemente stimato.

A questo punto per misurare la funzione di trasferimento del filtro passa basso dovete misurare l'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 a 1 MHz. Misurate allo stesso tempo anche la differenza di fase fra i due segnali. A titolo di esempio la tabella da compilare è del tipo:

Freq. /kHz	$V_{in} \pm \delta V_{in}$ /mV	$V_{out} \pm \delta V_{out}$ /mV	$\Delta\phi \pm \delta(\Delta\phi)$ /°	$20 \cdot \log_{10}(V_{out}/V_{in})$...
0.1					
0.3					
0.5					
1.0					
...					

Riportate i valori della tabella in un grafico utilizzando la carta semilogaritmica al fondo di questa traccia. Si ricordi che i risultati delle misurazioni appena effettuate sono affetti da incertezza il cui calcolo segue il metodo visto nel corso della prima esercitazione. Inoltre, nella determinazione della funzione di trasferimento del modulo, occorre determinare l'incertezza derivante dal rapporto di due grandezze (V_{in} e V_{out}). Quanto detto vale anche per il diagramma della differenza di fase fra segnale di ingresso e di uscita.

Si consiglia di trascurare l'incertezza riguardante la frequenza del segnale sinusoidale utilizzando solo ed esclusivamente il valore nominale presente sul display del generatore di segnali.

4. Risposta nel dominio del tempo e misura della costante di tempo

Utilizzando il collegamento del generatore di funzioni all'ingresso del filtro passa basso e al DSO tramite la transizione T-BNC, impostate il generatore di funzioni in modo da avere un segnale ad onda quadra di ampiezza di valore minimo 0 V e valore massimo 1 V alla frequenza 1 kHz. Il canale CH2 del DSO deve

essere collegato all'uscita del filtro. Impostate la sensibilità verticale dell'oscilloscopio, per i due canali di ingresso, al valore di 200 mV/div. Per quanto riguarda la sensibilità della base tempi scegliete il valore più opportuno in modo da visualizzare almeno un periodo completo del segnale.

Dopo aver impostato il trigger del DSO sul canale CH1 (livello di trigger di 0.5 V, slope positivo) allineate il fronte di salita del segnale presente al CH1 all'estrema sinistra dello schermo del DSO agendo sulla manopola che definisce la posizione dell'istante di trigger sullo schermo. Dopo aver osservato l'andamento della risposta nel tempo del filtro passa basso, expandete la base tempi in modo da visualizzarne al meglio la caratteristica esponenziale e poter quindi misurare la costante di tempo τ del filtro. Dalla misurazione di τ valutate la frequenza di taglio del filtro passa basso con le formule viste a lezione.

5. Risposta di un filtro passa alto

Ripetete i punti precedenti anche per il filtro passa alto disegnando i diagrammi di Bode e valutando la costante di tempo. Determinate successivamente tutte le incertezze delle grandezze elettriche misurate.

Carta semilogaritmica per tracciare i diagrammi di Bode (modulo, fase)

