

Laboratorio di Fisica 3 AVANZATO

Proff. D. Nicolò, C. Roda

Esercitazione N. 2 ***Circuito RC – Filtri passivi***

Scopo dell'esercitazione è di realizzare dei filtri passivi del primo ordine utilizzando i componenti e la strumentazione contenuta all'interno dei kit, inclusi:

- a. basetta per il montaggio;
- b. resistenze, capacità e *tools* di connessione;
- c. multimetro digitale;
- d. Analog Discovery 2 in cui si trovano i seguenti strumenti:
 - i. Generatore di funzioni
 - ii. Oscilloscopio
 - iii. Analizzatore di spettro in frequenza ("Network analyzer")

Filtro passa-basso

- 1) Progettare un circuito RC che funzioni come filtro passa-basso adatto a trasmettere un segnale sinusoidale di frequenza 3 kHz riducendo significativamente un rumore con frequenza 30 kHz sovrapposto, tenendo conto che il carico resistivo a valle del filtro sarà di 100 k Ω . Potete seguire i seguenti passi:
 - a. disegnare uno schema di massima senza valori dei componenti;
 - b. decidere quale deve essere la frequenza di taglio dell'RC riflettendo su quale è il massimo fattore di soppressione ottenibile, definito come rapporto tra il modulo del guadagno a 3 kHz e il modulo del guadagno a 30 kHz;
 - c. definire (teoricamente) il valore della resistenza (R1) tenendo conto del carico a valle;
 - d. definire (teoricamente) il valore del condensatore (C1);
 - e. individuare nella lista dei componenti forniti quelli di valore più prossimo ai precedenti e misurare con il multimetro il valore della capacità e della resistenza scelte;
 - f. utilizzando ora i valori misurati dei componenti ricalcolare la frequenza di taglio predetta e le attenuazioni attese a 3 kHz ed a 30 kHz.
- 2) Montare il circuito.
- 3) Inviando un'onda sinusoidale ed osservando i segnali di ingresso/uscita all'oscillografo, misurare la risposta del circuito alle suddette frequenze ed alla frequenza di taglio attesa f_1 e confrontare i risultati ottenuti con le predizioni di cui al punto precedente.
- 4) Misurare la risposta in frequenza (tra 100 Hz e 1 MHz) del circuito utilizzando lo strumento "**Network**" di **WaveForms**. Scegliete in maniera opportuna il numero di punti per decade, esportate i dati di modulo e fase della risposta e riportateli in un grafico utilizzando un qualunque tool a vostro piacere (Excel, Google Sheet, Python, Matlab ...).
- 5) Determinare la frequenza di taglio f_1 in vari modi:

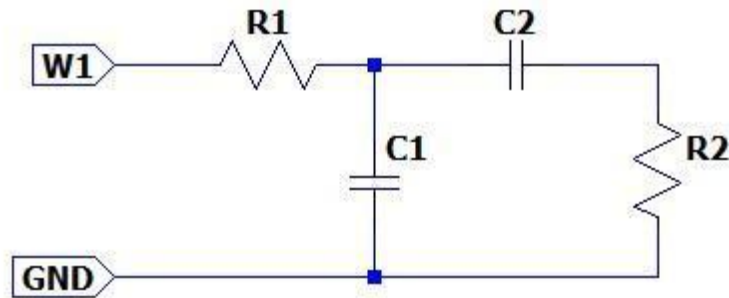
- a. f_{1A} , frequenza cui il guadagno è -3dB rispetto al massimo;
 - b. f_{1B} , dall'intersezione delle rette di best-fit al plot di Bode in ampiezza ottenute a bassa ($f \ll f_1$) ed alta frequenza ($f \gg f_1$);
 - c. f_{1C} , dal fit della funzione di trasferimento complessiva;
 - d. Confrontare le varie misure della frequenza di taglio (con il rispettivo errore) con quanto atteso dai valori dei componenti nel circuito.
- 6) Misurare la risposta ad un gradino di tensione e determinare la frequenza di taglio del circuito attraverso la misura (mediante cursori) del tempo di salita del segnale tra il 10% ed il 90% del massimo.

$$t_{rise} \cong 2.2 R_1 C_1 = \frac{2.2}{2 \pi f_1}$$

- 7) Rispondere alle seguenti domande (senza effettuare misure):
- a. Qual è l'impedenza di ingresso del circuito a: bassa frequenza, alta frequenza, alla frequenza di taglio f_1 ?
 - b. Qual è l'effetto dell'inserimento di una resistenza di carico? Cosa succede se si inserisce un carico di 100 k Ω , oppure di 10 k Ω ?

Filtro passa-banda

Si vuole realizzare un filtro passa-banda con due circuiti RC posti in serie, come da schema mostrato in figura e seguendo l'ordine delle operazioni indicate ai punti successivi.



- 8) Filtro RC passa-basso: montare il solo circuito passa basso R_1 – C_1 scegliendo $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ e $C_1 = 10 \text{ nF}$.
 - a. Misurare con il multimetro i valori dei componenti effettivamente utilizzati;
 - b. Misurare con lo strumento **Network** la risposta in frequenza del solo passa-basso nello stesso intervallo di frequenza (100 Hz – 1 MHz) e verificare che guadagno (A_1) e frequenza di taglio (f_1) corrispondano a quanto atteso (è necessario che colleghiate l'ingresso al Ch1 dell'oscilloscopio e l'uscita al Ch2).
- 9) Filtro RC passa-alto. Montare il solo circuito passa-alto R_2 – C_2 utilizzando $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$ e $C_2 = 100 \text{ nF}$.
 - a. Misurare con il multimetro i valori dei componenti effettivamente utilizzati;
 - b. Misurare con lo strumento **Network** la risposta in frequenza del solo passa-alto nell'intervallo (10 Hz – 1 MHz) e verificare che guadagno (A_2) e frequenza di taglio (f_2) corrispondano a quanto atteso.
- 10) Collegare in cascata i due circuiti.
 - a. Misurare con lo strumento **Network** la risposta in frequenza del circuito nello stesso intervallo, quindi stimare il guadagno di centro banda $A(\text{dB})$ e le frequenze di taglio effettive (f_1' e f_2') in corrispondenza delle quali il guadagno si riduce di 3 dB dal precedente.
 - b. Ripetere la misura delle stesse grandezze mediante fit complessivo del modulo della funzione di trasferimento.
 - c. Osservare come le frequenze di taglio siano adesso diverse da f_1 ed f_2 e spiegare la differenza in termini delle impedenze di ingresso e di uscita dei circuiti singoli.
 - d. Come si sarebbe dovuto scegliere R_1 ed R_2 in modo che il circuito complessivo avesse una risposta uguale al prodotto delle funzioni di trasferimento dei singoli circuiti?
 - e. Discutere l'andamento della fase del segnale in uscita in funzione della frequenza e verificare che sia in accordo con quanto atteso.