



Laboratorio di Elettrotecnica

Data: _____

Gruppo : _____

Allievi: _____

SECONDA ESERCITAZIONE - I parte

Strumenti utilizzati	Materiale necessario
<ul style="list-style-type: none">• Generatore di funzioni da banco• Oscilloscopio da banco• Bread-board	<ul style="list-style-type: none">• N. 1 condensatore $U_N=50$ V e $C_N=1,2$ nF• N. 1 resistore $R_N=10$ kΩ• N. 1 resistore $R_N=3,3$ kΩ

ATTENZIONE

A FINE ESERCITAZIONE OGNI GRUPPO DOVRÀ CONSEGNARE AI RESPONSABILI DEL LABORATORIO TUTTO IL MATERIALE UTILIZZATO NELLE CONDIZIONI IN CUI È STATO RICEVUTO E LASCIARE I BANCHI IN ORDINE

E 2.1 ANALISI DELLA STRUMENTAZIONE

OBIETTIVI

L'esperienza 2.1 si propone di introdurre i parametri più comunemente utilizzati nella descrizione e definizione delle forme d'onda. Successivamente verrà richiesto di applicare tali conoscenze nell'impostazione di segnali tramite l'apposito generatore di funzioni. Infine, dopo una descrizione preliminare delle funzionalità, lo studente utilizzerà l'oscilloscopio per la verifica e l'analisi dei segnali. In questo modo all'acquisizione di nozioni teoriche sul regime AC, si accompagnerà anche l'acquisizione di competenze nell'utilizzo degli strumenti.

LA DEFINIZIONE DEI SEGNALI

Prima di procedere nella descrizione delle funzionalità degli strumenti, è bene definire con precisione alcuni concetti riguardanti i parametri più spesso utilizzati nella descrizione dei segnali periodici. Prendendo come esempio un'onda sinusoidale è possibile osservare (cfr. figura 1):

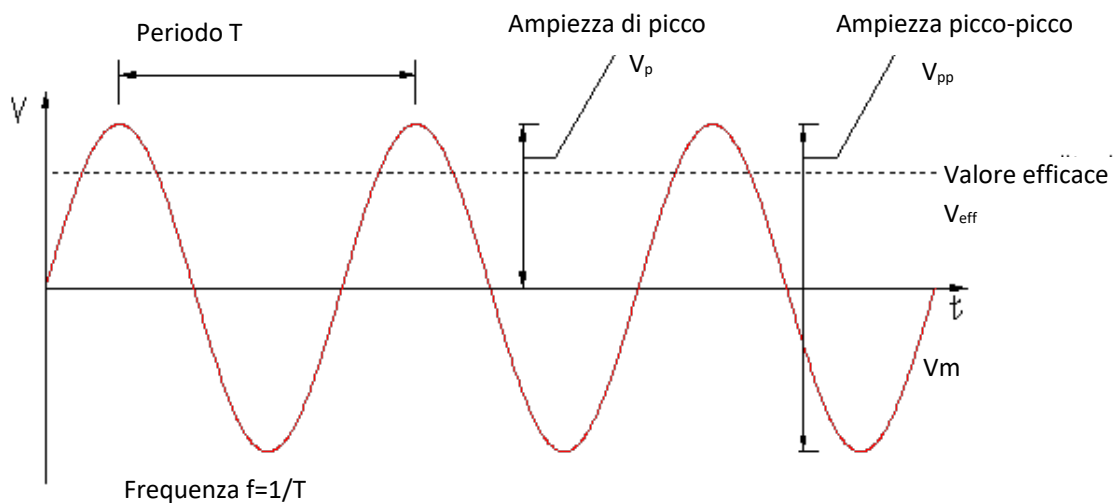


Fig. 1 – Rappresentazione di un'onda sinusoidale e dei principali parametri caratterizzanti

- L'ampiezza picco-picco V_{pp} , ovvero l'escursione tra i valori di picco massimo e picco minimo di un segnale durante un ciclo (periodo);
- L'ampiezza di picco V_p , ovvero l'escursione tra il picco massimo e lo zero o livello di riferimento (se il segnale è simmetrico rispetto al riferimento questo valore è pari alla metà di V_{pp});
- il periodo T [s], ovvero il tempo impiegato dal segnale per completare un ciclo;
- la frequenza f [Hz], ovvero il numero di cicli del segnale nell'unità di tempo, è il reciproco del periodo;
- il valore medio V_m , ovvero la media aritmetica tra i valori assunti dall'onda durante il ciclo (in caso di onda simmetrica rispetto allo 0, come nel caso in figura, esso risulta nullo);
- l'**offset**, ovvero l'escursione tra il valor medio del segnale V_m ed il livello di riferimento (cfr figura 2).
- il valore efficace V_{eff} equivale a quel valore di tensione che, in regime di corrente continua, svilupperebbe gli stessi effetti termici. Esso viene calcolato eseguendo la radice quadratica media:

$$V_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [V(t)]^2 dt}$$

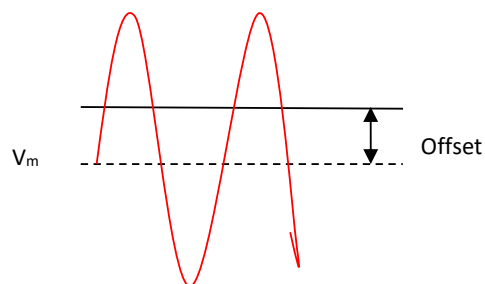


Fig. 2 – Esempio di onda sinusoidale con offset negativo
(V_m infatti occupa un livello di tensione più basso rispetto al riferimento)

Vi sono dei valori noti per il valore efficace della tensione:

- Per un'onda sinusoidale: $V_{eff} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$
- Per un'onda triangolare: $V_{eff} = \frac{V_p}{\sqrt{3}}$
- Per un'onda quadra simmetrica rispetto all'origine: $V_{eff} = V_p$

GENERATORE DI SEGNALI COMMERCIALE

Il **generatore di funzioni** è un'apparecchiatura in grado di generare un segnale elettrico con caratteristiche scelte a priori dall'operatore; il segnale, ai fini dell'utilizzo dell'apparecchiatura, può essere considerato stabile e preciso.

Esistono una gran varietà di generatori di segnali, sono in seguito rappresentati i modelli presenti in laboratorio RIGOL DG1022 (fig. 3) e HANTEK DHG2032B (fig.4) Per ottenere un manuale degli strumenti basta andare sul sito http://led.polito.it/main_it/instrumentation.asp cercare "generatori di funzioni" e selezionare il modello di quello presente sul banco.

- la forma d'onda (sinusoidale, quadra, triangolare...) tramite apposita pulsantiera;
- l'ampiezza del segnale (solitamente si dà la possibilità di impostare il valore picco-picco; tuttavia, in mancanza della documentazione dello strumento, l'unico modo per verificare l'ampiezza effettivamente impostata è quello di visualizzare la forma d'onda con un oscilloscopio);
- la frequenza del segnale;
- l'offset;
- nel caso di onda rettangolare, il duty cycle.



Fig. 3 - Generatore di funzioni modello RIGOL DG1022.



Fig. 4 - Generatore di funzioni modello HANTEK DHG2032B.

Il segnale può essere trasmesso al circuito o all'oscilloscopio tramite un connettore BNC (vedi figura 5 a e b) collegato all'apposita uscita.



Fig. 5 a cavo coassiale BNC-coccodrillo



Fig. 5 b cavo coassiale BNC-BNC

Richieste

1. Impostare un'onda sinusoidale con offset nullo, di ampiezza $10 V_{pp}$ e frequenza 1 kHz.
2. Quanto vale il valore efficace teorico della forma d'onda?

$V_{eff} = \dots\dots\dots$

3. Misurare il valore efficace della tensione

$V_{eff}^* = \dots\dots\dots$

4. Esso cambia al modificarsi della frequenza?

.....

5. Impostare un'onda sinusoidale di ampiezza $10 V_{pp}$, frequenza 1 kHz e offset 0,5 V.

OSCILLOSCOPIO

L'oscilloscopio è uno strumento di misura elettronico che consente di visualizzare su un grafico bidimensionale l'andamento temporale dei segnali elettrici. L'asse orizzontale del grafico rappresenta il tempo, rendendo l'oscilloscopio adatto ad analizzare grandezze periodiche. L'asse verticale rappresenta la tensione.

Per rendere più leggibile la forma d'onda, allo schermo è sovrapposto un reticolo. Ogni intervallo del reticolo è chiamato **divisione**; sull'asse orizzontale le divisioni sono solitamente 10, sull'asse verticale variano da 6 in su. Sullo schermo (in posizioni variabili in base al modello) è indicato il valore assegnato alla scala delle divisioni verticali (V o multipli) e orizzontali (s o multipli).

La frequenza massima dei segnali visualizzabili, così come la risoluzione temporale, ovvero la più rapida variazione rilevabile, dipende dalla banda passante dello strumento, a sua volta dipendente dalla qualità e in ultima analisi dal costo.

Il segnale da misurare viene introdotto attraverso un apposito connettore, solitamente di tipo coassiale BNC; esso va connesso all'apposita boccola contrassegnata dalla scritta INPUT CH1 (o simili). Nella maggior parte degli oscilloscopi sono presenti almeno due canali per consentire la visualizzazione contemporanea di due segnali (CH1 e CH2).

I banchi dei laboratori sono dotati di oscilloscopio digitale RIGOL DS1054 (fig. 6) il cui manuale è reperibile al seguente indirizzo http://led.polito.it/specifications/data/rigol_ds1054.pdf

Nei primi secondi dall'accensione l'oscilloscopio esegue una serie di test di funzionamento. Dopo l'accensione e l'inserimento del segnale da visualizzare premendo il pulsante AUTO lo strumento si configura in modo automatico; sullo schermo in basso a sinistra, in corrispondenza del canale, compare il fattore moltiplicativo per i V/div che sta utilizzando lo strumento mentre il fattore moltiplicativo s/div si trova sullo schermo in alto a sinistra. I colori delle scritte sono gli stessi del canale a cui si riferiscono. Per cambiare il fattore moltiplicativo, dopo aver impostato il canale, dal menu sulla destra dello schermo selezionare PROBE, impostare con la manopola INTENSITY il valore desiderato e schiacciare la manopola stessa.



Fig. 6 – Oscilloscopio digitale RIGOL DS1054

RICHIESTE

1. Impostare sul generatore di funzioni un'onda sinusoidale di ampiezza 10 Vpp, offset nullo e frequenza 1 kHz.
2. Collegare il generatore di segnali al CH 1 dell'oscilloscopio tramite cavo coassiale BNC-BNC.
3. Visualizzare la forma d'onda sullo schermo dell'oscilloscopio, su CH2.

N.B. Per ottenere una visualizzazione ottimale agire sul tasto **AUTO** (aspettare qualche secondo) e poi correggere a piacimento le impostazioni tramite le manopole **SCALE VERTICAL** e **SCALE HORIZONTAL**

a) Verificare le impostazioni attribuite al segnale tramite il generatore di funzioni. Riportare le formule utilizzate.

$V_{pp} = \dots\dots\dots \text{div}$

$T = \dots\dots\dots \text{div}$

K verticale = $\dots\dots\dots \text{V/div}$

K orizzontale = $\dots\dots\dots \text{s/div}$

$V_{pp} = \dots\dots\dots \text{V}$

$T = \dots\dots\dots \text{s} \quad \rightarrow \quad f = \dots\dots\dots \text{Hz}$

b) Servendosi dei risultati del punto precedente calcolare, riportando la formula utilizzata, il valore efficace dell'onda sinusoidale. Esso è confrontabile con quello ricavato dalla lettura dello strumento?

$V_{eff} = \dots\dots\dots \text{V}$

SONDA PER OSCILLOSCOPI

Le sonde (fig. 7) sono componenti essenziali di interfaccia all'oscilloscopio, al quale forniscono il segnale in input. Esse sono costituite da un cavo coassiale munito di un apposito connettore. Il loro ruolo è quello di fare in modo che il segnale visualizzato sullo schermo dello strumento sia il più possibile conforme a quello prelevato dal circuito, senza disturbi o distorsioni tali da rendere inattendibile la misura.

Una caratteristica delle sonde è il loro fattore di attenuazione (X1, X10): il primo valore indica che la sonda trasferisce il segnale allo strumento senza alcuna attenuazione in tensione, mentre il secondo indica che il segnale viene attenuato di 10 volte, ad esempio se all'ingresso della sonda si presenta una tensione di 22 V, l'oscilloscopio leggerà invece una tensione di 2,2 volt. Questo permette di effettuare misure di tensione di valore superiore a quello accettato dall'ingresso dello strumento, oltre a presentare una maggiore impedenza di ingresso, indispensabile in certi casi per non caricare il circuito sotto misura.



Fig. 7 – Schema rappresentativo e foto di una comune sonda per oscilloscopio

E 2.2 CARICA E SCARICA DEL CONDENSATORE

SCOPO DELL'ESPERIENZA

Lo scopo dell'esperienza è quello di osservare sperimentalmente il transitorio di carica e di scarica di un condensatore in una rete RC eccitata da un'onda quadra. Inoltre si propone di rilevare sperimentalmente la costante di tempo.

SCHEMA DI PRINCIPIO

Il circuito per l'esecuzione della misura è quello descritto dallo schema di principio riportato in figura 8.

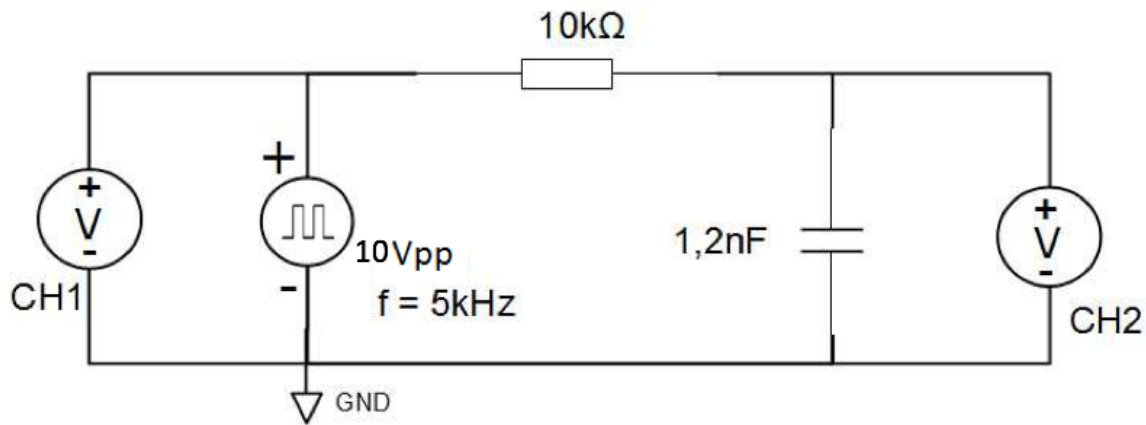


Fig. 8: Schema di principio E 2.2

Il simbolo **GND** sta per “ground” (zero o “comune”), rappresenta un livello di riferimento per i valori di tensione indicati su un circuito, di conseguenza deve coincidere quando si effettuano misurazioni con più strumenti sullo stesso circuito.

RIICHIESTE

Si richiede di:

1. Impostare il generatore di funzioni su **onda quadra** con ampiezza picco-picco 10V e frequenza 5 kHz o inferiore in modo da far arrivare a regime la tensione del condensatore.
2. Visualizzare la forma d’onda generata dal generatore di funzioni impiegando il primo canale dell’oscilloscopio.
3. Verificare che l’onda generata soddisfi le caratteristiche di ampiezza, offset e frequenza date al punto 1.
4. Visualizzare la tensione ai capi del condensatore impiegando il secondo canale dell’oscilloscopio.
5. Ricavare e risolvere l’equazione differenziale del circuito.
6. Ricavare la costante di tempo teorica del circuito.



7. Ricavare sperimentalmente la costante di tempo del circuito.

Gli andamenti nel tempo della tensione di alimentazione (linea rossa $E(t)$), della tensione sulla resistenza (linea verde $U_r(t)$) e sulla capacità (linea blu $U_c(t)$) sono riportati nella figura 9.

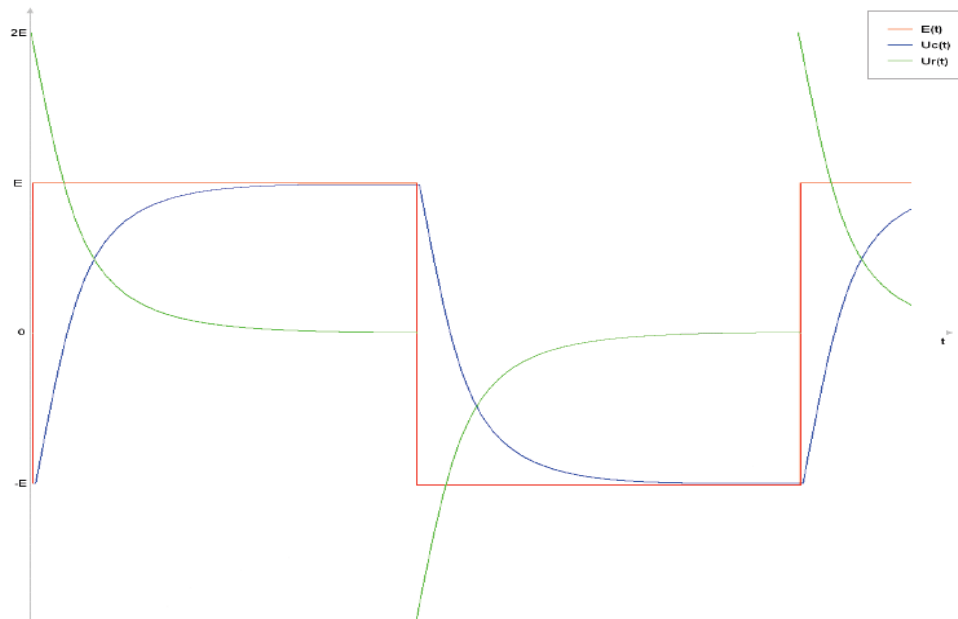


Fig. 9 – Andamenti delle tensioni

Prendiamo in esame l'esponenziale di carica del condensatore $u_c = E(1 - e^{-t/RC})$ e consideriamo due punti della caratteristica, più precisamente i punti in cui la tensione ai capi del condensatore assume un valore pari al 10% e al 90% della tensione di alimentazione.

La scelta di questi particolari punti deriva dalla definizione di **tempo di salita** che, per convenzione, considera proprio il periodo di tempo impiegato dalla forma d'onda a passare dal 10% al 90% del suo valore finale. Dopo aver calcolato il valore teorico del tempo di salita confrontarlo con quello indicato dallo strumento (menu a sinistra).

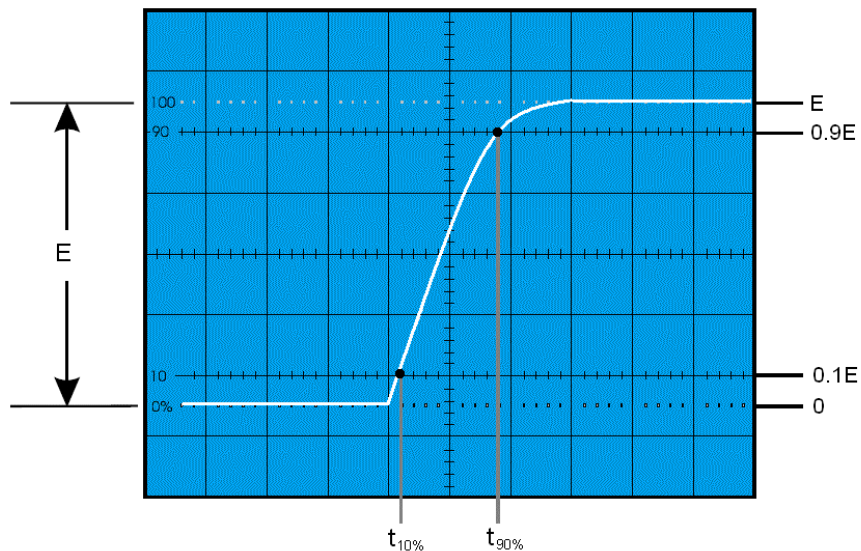


Fig. 10 – Schermo dell'oscilloscopio

I due punti corrispondono alle relazioni:

$$\begin{cases} 0.9E = E - Ee^{-\frac{t_{90\%}}{RC}} \\ 0.1E = E - Ee^{-\frac{t_{10\%}}{RC}} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 0.1 = e^{-\frac{t_{90\%}}{RC}} \\ 0.9 = e^{-\frac{t_{10\%}}{RC}} \end{cases}$$

Effettuando il rapporto e ricavando la costante di tempo $\tau=RC$ si ottiene:

$$-\frac{0.1}{0.9} = e^{\frac{t_{10\%} - t_{90\%}}{\tau}} \rightarrow \tau = \frac{t_{90\%} - t_{10\%}}{\ln(9)} \approx 0.45 \cdot (t_{90\%} - t_{10\%})$$

Le considerazioni fatte sulla curva di carica del condensatore sono valide anche per la curva di scarica.



8. Osservare l'andamento della tensione sulla resistenza (linea verde $U_r(t)$).

N.B. Per poterlo osservare è necessario che uno dei morsetti connessi alla resistenza sia direttamente collegato al GND del circuito (che deve essere lo stesso degli strumenti). Si consiglia di scambiare il condensatore con il parallelo delle resistenze.

9. Come si modifica la costante di tempo del circuito se alla resistenza da 10k viene sostituito il parallelo sotto riportato (Fig.11) ? La tensione di regime viene anch'essa modificata?

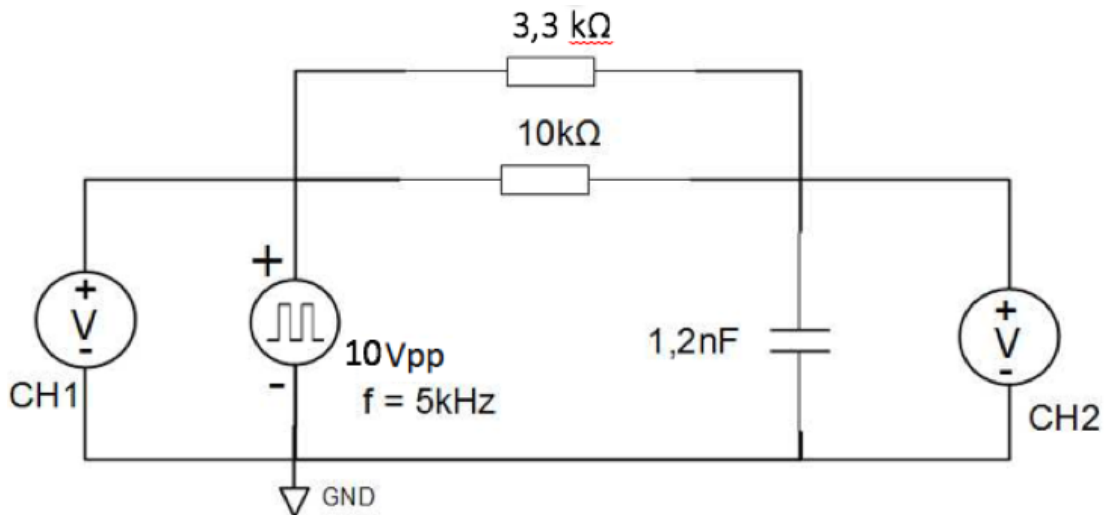
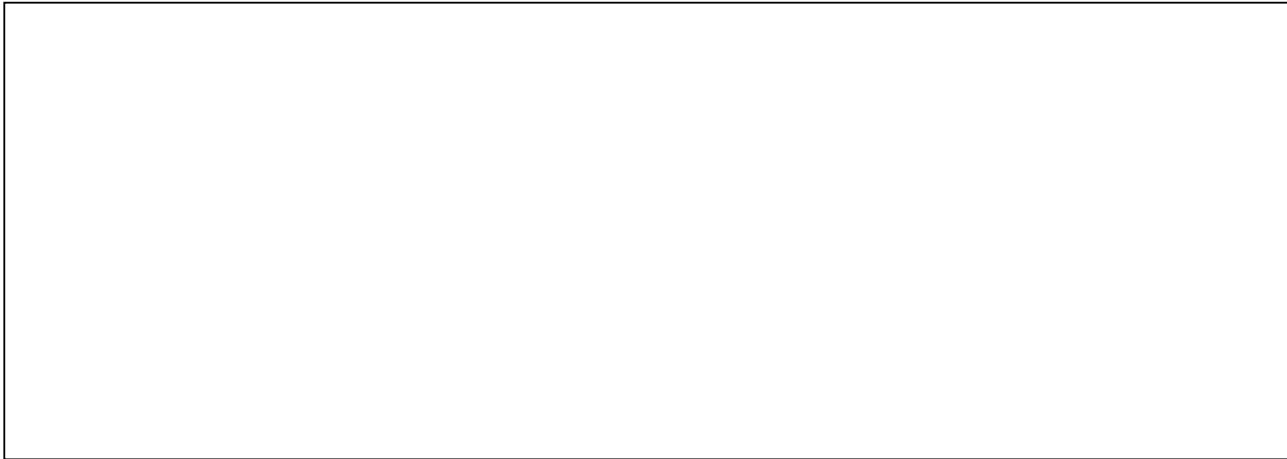


Fig. 11

10. Riportare calcoli e risultati sperimentali.



11. Ripetere il punto 9 al circuito sotto riportato (fig. 12). Commentare i risultati ottenuti.

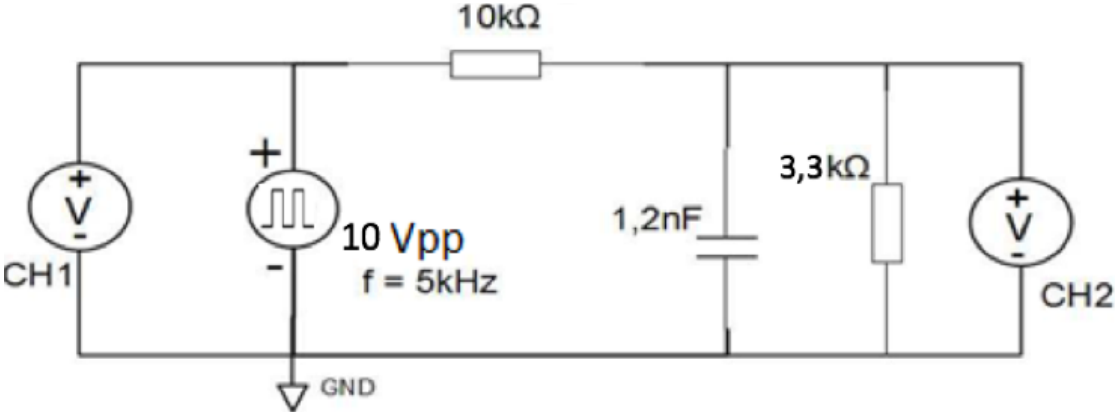


Fig. 12





Laboratorio di Elettrotecnica

Data: _____

Gruppo: _____

Allievi: _____

SECONDA ESERCITAZIONE - II parte

Strumenti utilizzati	Materiale necessario
<ul style="list-style-type: none">• Generatore di funzioni da banco• Oscilloscopio da banco• Bread-board• Multimetro digitale• Sonda di misurazione (per oscilloscopio)	<ul style="list-style-type: none">• N. 1 condensatore $C_N=1,2$ nF• N. 1 resistore $R_N=10$ kΩ

ATTENZIONE

A FINE ESERCITAZIONE OGNI GRUPPO DOVRÀ CONSEGNARE AI RESPONSABILI DEL LABORATORIO TUTTO IL MATERIALE UTILIZZATO NELLE CONDIZIONI IN CUI È STATO RICEVUTO E LASCIARE I BANCHI IN ORDINE

OBIETTIVI

Le esperienze 3.1, 3.2 si propongono di analizzare sperimentalmente il comportamento di circuiti in regime sinusoidale al variare della frequenza. L'analisi sperimentale potrà aiutarvi a comprendere in maniera più immediata semplici circuiti che si comportano da filtri e permetterà altresì di acquisire una migliore pratica di laboratorio, sia in termini di trattamento dei dati sperimentali che di utilizzo degli strumenti.

E 3.1 CIRCUITO RC (FILTRO PASSA ALTO)

SCOPO DELL'ESPERIENZA

Lo scopo dell'esperienza è quello di osservare sperimentalmente il comportamento in frequenza di un circuito RC (filtro passa-alto del primo ordine). Si propone inoltre di ricavare sperimentalmente la risposta in frequenza dello stesso riportando i risultati ottenuti su un foglio Excel.

SCHEMA DI PRINCIPIO

Il circuito per l'esecuzione della misura è quello descritto dallo schema di principio riportato in figura 1.

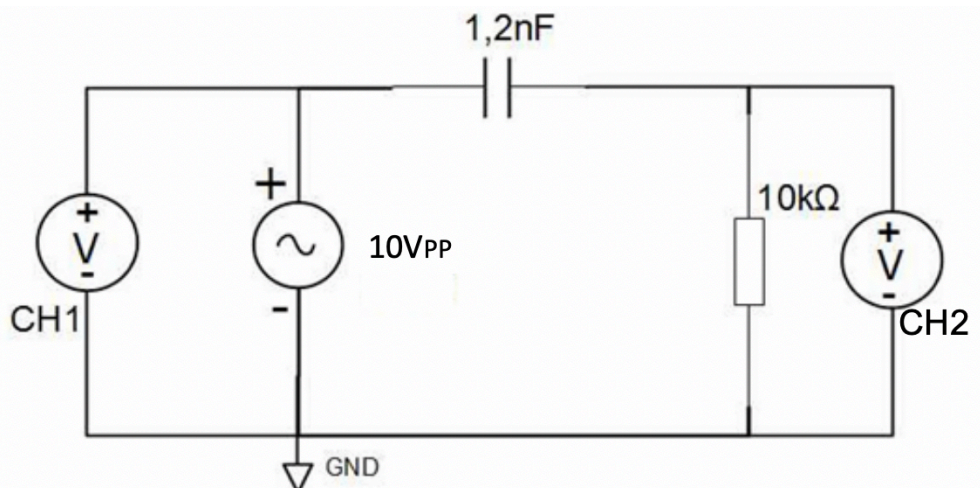


Fig. 1 – Schema di principio E 3.1

RICHIESTE

Si richiede di:

1. Ricavare la frequenza di taglio del filtro $f_c = 1/(2\pi RC)$
2. Impostare il generatore di funzioni su **onda sinusoidale** (V_i) con ampiezza picco-picco di 10 [V], offset 0 [V] e frequenza iniziale minore di un decimo della frequenza di taglio.
3. Visualizzare la forma d'onda generata dal generatore di funzioni impiegando CH1 dell'oscilloscopio.
4. Verificare che l'onda generata soddisfi le caratteristiche di ampiezza, offset e frequenza date in 2).
5. Visualizzare la tensione ai capi del resistore (V_u) impiegando CH2 dell'oscilloscopio.

6. Sempre utilizzando l'oscilloscopio ricavare l'ampiezza della tensione sulla resistenza per calcolare l'attenuazione del segnale ($H=V_u/V_i$) e la differenza di fase tra la tensione in uscita (sulla resistenza) e la fase della tensione in ingresso ($\Delta\varphi=\varphi_u-\varphi_i$) al variare della frequenza e riportare i risultati nella tabella sottostante. Effettuare 2 misurazioni con frequenza $< 1/10$ della frequenza di taglio, 2 a frequenze $> 10f_t$ e 5 misurazioni con estremi di frequenza $1/10$ e 10 volte la frequenza di taglio con misurazione centrale la frequenza di taglio stessa.

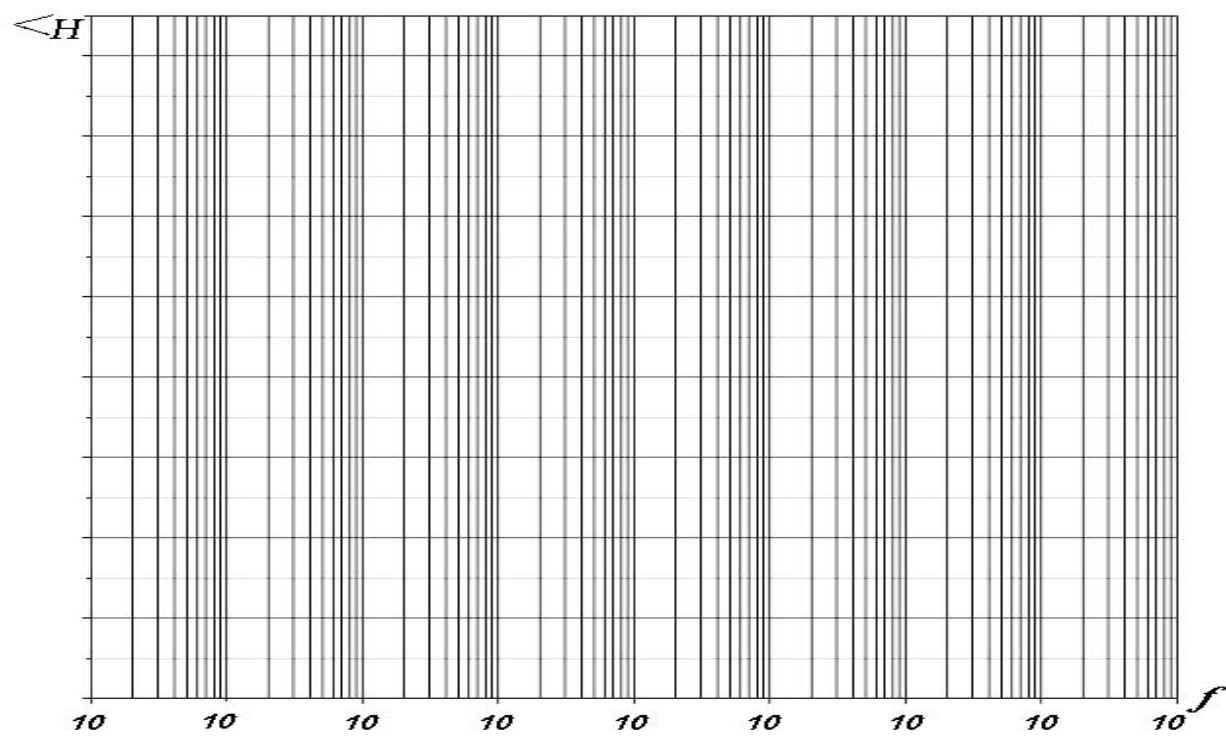
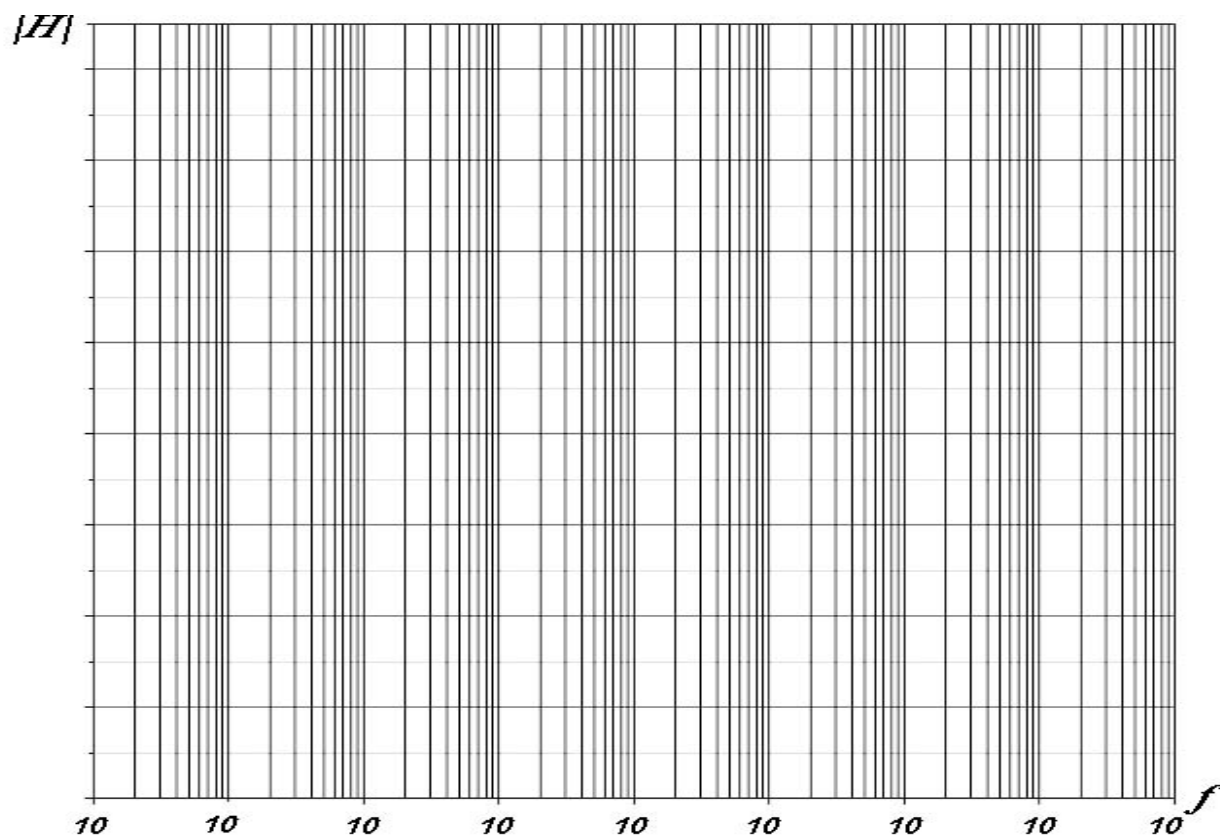
f	Hf	$\Delta\varphi$

7. Ricavare un grafico, tramite un foglio di calcolo, che riporti la variazione dell'attenuazione e uno la differenza di fase al variare della frequenza (al posto del foglio di calcolo è anche possibile utilizzare una scala semi-logaritmica per il disegno come quella riportata nella pagina successiva, NB: $H_{dB} = 20 \log_{10}(H)$).
8. Ricavare la corrente circolante nel circuito tramite la legge di Ohm sul resistore.

9. Riflettendo sui risultati dei punti 6) e 7) e 8) determinare l'andamento del modulo e della fase dell'impedenza del circuito serie RC al variare della frequenza.

10. Confrontare l'andamento dell'impedenza al variare della frequenza ricavato sperimentalmente con quello teorico

11. .



E 3.2 CIRCUITO RC (FILTRO PASSA BASSO)

SCOPO DELL'ESPERIENZA

Lo scopo dell'esperienza è quello di osservare sperimentalmente il comportamento in frequenza di un circuito RC (filtro passabasso del primo ordine) e di ricavare sperimentalmente la risposta in frequenza dello stesso riportando i risultati ottenuti su un foglio Excel.

SCHEMA DI PRINCIPIO

Il circuito per l'esecuzione della misura è quello descritto dallo schema di principio riportato in figura 2.

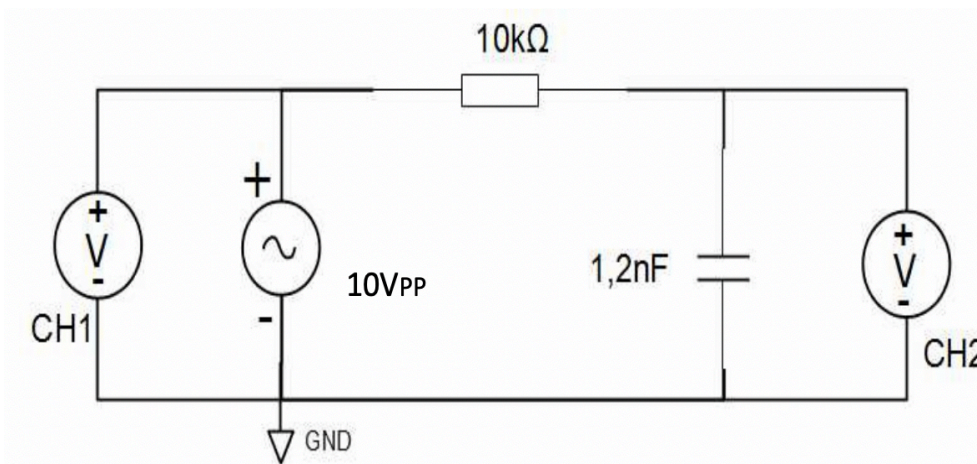


Fig. 2 – Schema di principio E 3.2

RICHIESTE

Si richiede di:

1. Ricavare la frequenza di taglio del filtro $f_t = 1/(2\pi RC)$
2. Impostare il generatore di funzioni su **onda sinusoidale** con ampiezza picco-picco 10 [V], ampiezza di offset 0 [V] e frequenza iniziale minore di un decimo della frequenza di taglio.
3. Visualizzare la forma d'onda generata dal generatore di funzioni impiegando CH1 dell'oscilloscopio.
4. Verificare che l'onda generata soddisfi le caratteristiche di ampiezza, offset e frequenza date in 2).
5. Visualizzare la tensione ai capi del condensatore impiegando CH2 dell'oscilloscopio.
6. Sempre utilizzando l'oscilloscopio ricavare l'ampiezza della tensione sulla resistenza per calcolare l'attenuazione del segnale ($H=V_u/V_i$) e la differenza di fase tra la tensione in uscita (sul condensatore) e la fase della tensione in ingresso ($\Delta\varphi=\varphi_u-\varphi_i$) al variare della frequenza e riportare i risultati nella tabella sottostante. Effettuare 2 misurazioni con frequenza $< 1/10$ della frequenza di taglio, 2 a frequenze $> 10f_t$ e 5 misurazioni con estremi di frequenza $1/10$ e 10 volte la frequenza di taglio con misurazione centrale la frequenza di taglio stessa.

