



Laboratorio di Elettrotecnica

Data: _____

Gruppo : _____

Allievi: _____

SECONDA ESERCITAZIONE

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 $R_N=1$ kΩ• N. 1 resistore $R_N=3,3$ kΩ• N. 1 induttore $L_N=27$ mH

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 SEGNALE

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):

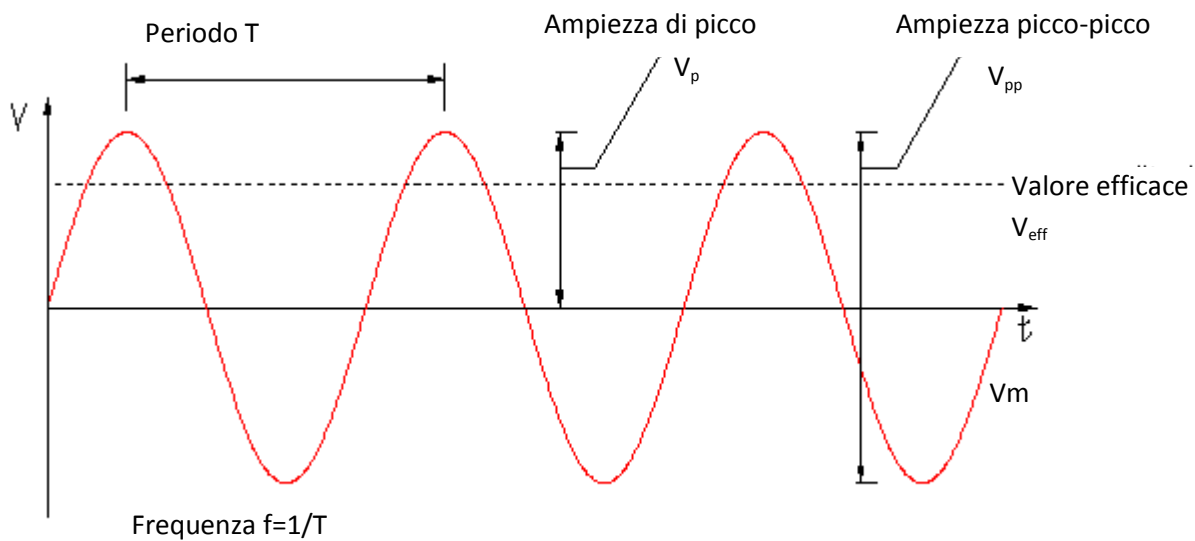


Fig. 1 – Rappresentazione di un'onda sinusoidale e dei principali parametri caratterizzanti

- 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 valore 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:

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

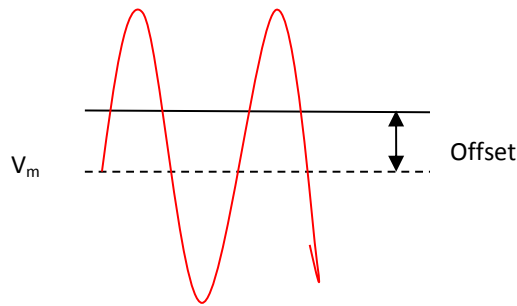
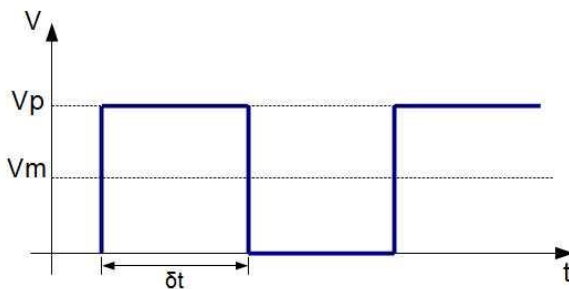


Fig. 2 – Esempio di onda sinusoidale con offset negativo
(V_m infatti occupa un livello di tensione più basso rispetto al riferimento)

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: $V_{eff} = V_p$
- Per una forma d'onda dotata di offset, esso non è altro che la somma quadratica del valore efficace della componente continua (ovvero la componente continua stessa) e di quella propria della forma d'onda privata dell'offset (pura componente alternata).



V_p = Valore di picco

V_m = Valor medio, componente continua del segnale

δT = frazione del periodo T durante il quale l'onda assume valore V_p (cfr [Duty cycle](#))

In questo caso vale la relazione $V_{eff} = \sqrt{V_{DC}^2 + (V_{AC})_{eff}^2}$; di conseguenza il valore efficace della componente alternata (quello letto dal multimetro sarà):

$$(V_{AC})_{eff} = \sqrt{V_{eff}^2 - V_{DC}^2} = \sqrt{V_p^2 \cdot \frac{\delta T}{T} - V_m^2}$$

In presenza di un'onda rettangolare, si definisce duty cycle D il rapporto tra la durata del segnale "alto" e il periodo totale del segnale, e serve a esprimere per quale porzione di periodo il segnale è a livello "attivo" (cfr figura 3).

Esso è esprimibile tramite la formula $D = \frac{t}{T}$, dove con t si intende il periodo di tempo durante il quale l'onda rettangolare assume il valore più alto. Se lo si desidera è possibile esprimere D anche in percentuale: $D_{\%} = \frac{t}{T} \cdot 100$

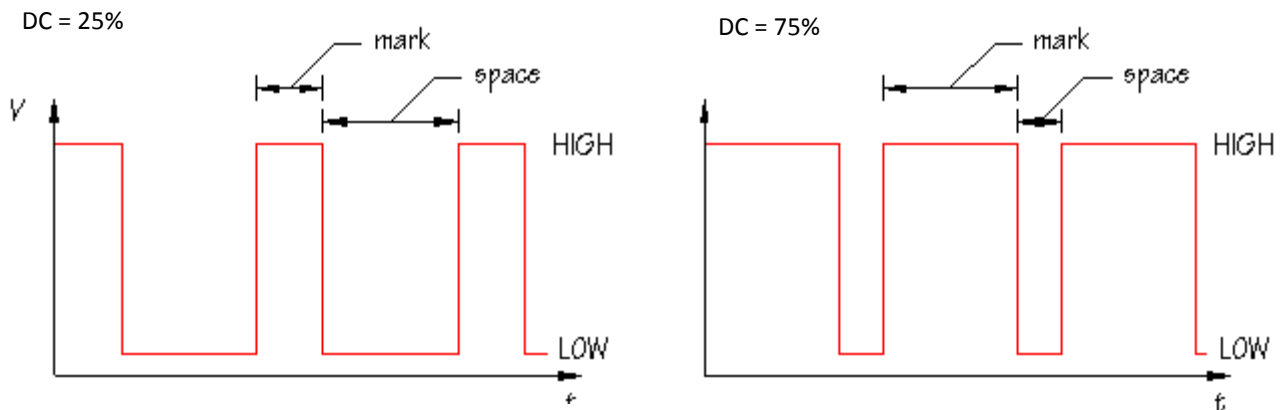


Fig. 3 – Rappresentazione di onde rettangolari caratterizzata da diversi valori di duty cycle

È facile intuire come l'onda quadra precedentemente menzionata non sia altro che un particolare caso di onda rettangolare caratterizzata da un Duty Cycle del 50%.

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 alcuni modelli). In generale però, all'operatore è data la possibilità di selezionare:

- 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. Anche se non tutti i generatori presentano questa possibilità, sull'Hameg HM8130 (figura 4) si può: per ottenere un'onda rettangolare è necessario selezionare la quinta forma d'onda a partire da sinistra tra i pulsanti per i selettori d'onda; il D è regolabile tramite il comando "PULSE W." ("Pulse width", ampiezza dell'impulso). Per ottenere un manuale dello strumento basta andare [qui](#) e cercare "8130".

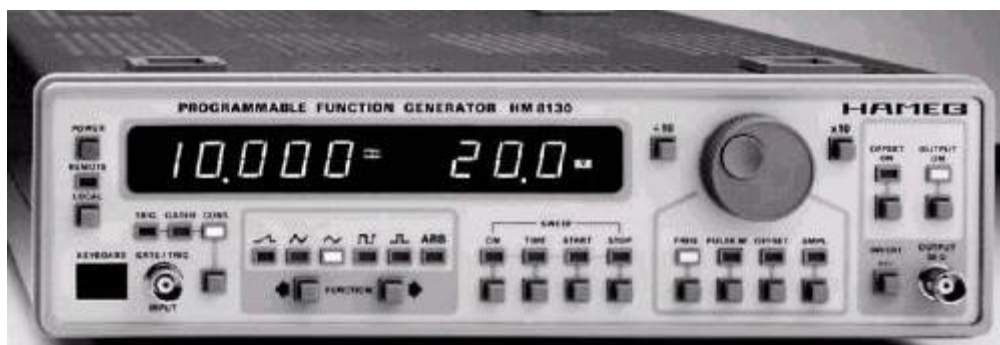


Fig. 4 - Generatore di funzioni modello Hameg HM8130.



Fig. 5 - Generatore di funzioni modello Tabor 8200/8020.

Il segnale può essere trasmesso al circuito o all'oscilloscopio tramite un connettore BNC (vedi figura 6) collegato all'apposita uscita (sull'Hameg è denominata "Output 50Ω", sul Tabor "OUT").

Richieste

1. Impostare un'onda sinusoidale con offset nullo, di ampiezza $4 V_{pp}$ e frequenza 1 kHz.¹
2. Quanto vale il valore efficace teorico della forma d'onda?

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

3. Collegando all'uscita un cavo BNC-banana all'uscita sopra menzionata misurare, tramite un multimetro in assetto da voltmetro AC, misurare il valore efficace della tensione

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

4. Esso cambia al modificarsi della frequenza?

.....



- a) Ripetere le operazioni dei punti precedenti modificando la forma d'onda (triangolare, quadra..)
- b) In caso di onda rettangolare, il valore efficace della tensione cambia al modificarsi del duty cycle?

.....

- c) Impostare un'onda sinusoidale di ampiezza $4 V_{pp}$, frequenza 1 kHz e offset 0,5 V.

¹ **Fate attenzione** al generatore che usate: il Tabor imposta il valore di picco V_p , mentre l'Hameg imposta il valore di picco-picco V_{pp} .

- d) Collegando all'uscita un cavo BNC-banana all'uscita sopra menzionata rilevare l'indicazione fornita da un multimetro in assetto da voltmetro DC. Cosa rappresenta?
-



Fig. 6 – A sinistra cavo coassiale BNC-BNC, a destra cavo coassiale BNC-coccodrillo

OSCILLOSCOPIO

L'oscilloscopio è uno strumento di misura elettronico che consente di visualizzare su un grafico bidimensionale l'andamento temporale dei segnali elettrici e di misurare abbastanza semplicemente tensioni, correnti, potenze ed energie elettriche. 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.

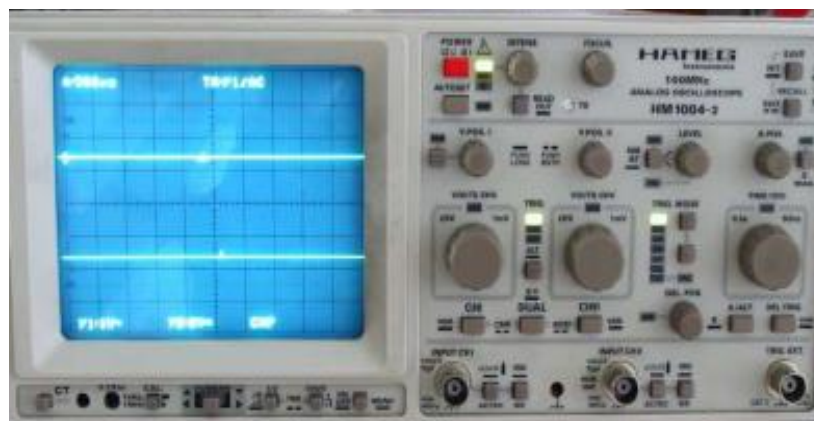


Fig. 7 – Esempio di un oscilloscopio analogico su cui sono rappresentati segnali nulli (non arrivano input) su entrambi i canali

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).

Nei primi secondi dall'accensione l'oscilloscopio esegue una serie di test di funzionamento. A seconda di come era configurato l'oscilloscopio nell'ultima sessione di misure, lo schermo può presentare 1 o 2 tracce come in figura 7. Inoltre, per visualizzare almeno una traccia, occorre che il trigger dell'oscilloscopio sia in modalità AUTO. Se nella sessione precedente il trigger dell'oscilloscopio era in modalità normal, all'accensione non è visibile alcuna traccia e dunque occorre premere a lungo (circa 2 s) il tasto NM/AT posto a sinistra della manopola LEVEL.²

Tramite la pulsantiera di cui è dotato l'oscilloscopio è possibile regolare:

- "INTENS" e "FOCUS", la cui funzione è quella di rendere più leggibile la traccia regolando rispettivamente intensità luminosa e nitidezza;
- "Y-POS1" e "Y-POS2", regolano la posizione verticale della traccia rispettivamente per i canali 1 e 2;
- "X-POS", regolano la posizione della traccia sull'asse delle x;
- "VOLTS/DIV" regola l'ampiezza (in V) associata a ciascuna divisione verticale, ovvero a ciascun quadretto dello schermo. Modificando la posizione della manopola si osserverà una modifica nell'ampiezza della traccia che diventerà più alta o più bassa al diminuire o all'aumentare del parametro;
- "TIME/DIV" regola l'ampiezza (in s) associata a ciascuna divisione orizzontale. Modificando la posizione della manopola si osserverà la traccia allargarsi o restringersi al diminuire o all'aumentare del parametro;
- "CH1", "CH2" e "DUAL" permettono rispettivamente la visualizzazione della sola traccia collegata al canale di input 1, quella collegata al canale di input 2 ed entrambe;
- "GD", visualizza il segnale di riferimento (lo "zero"); è utile, ad esempio, nel calcolo dell'offset in quanto permette di posizionare il livello di riferimento relativo al segnale in una posizione nota all'interno dello schermo.

RICHIESTE

1. Impostare sul generatore di funzioni un'onda sinusoidale di ampiezza 4 Vpp, offset nullo e frequenza 1 kHz.
2. Collegare il generatore di segnali al canale 1 dell'oscilloscopio tramite cavo coassiale BNC-BNC.
3. Visualizzare la forma d'onda sullo schermo dell'oscilloscopio.

N.B. Per ottenere una visualizzazione ottimale agire sul tasto **AUTOSET** o **AUTOSCALE** e poi correggere a piacimento le impostazioni tramite le manopole **VOLTS/DIV** e **TIME/DIV**

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

$V_{pp} = \dots\dots\dots \text{div}$
$T = \dots\dots\dots \text{div}$
$K \text{ verticale} = \dots\dots\dots \text{V/div}$
$K \text{ orizzontale} = \dots\dots\dots \text{s/div}$

² Queste sono ovviamente delle linee guida, la configurazione può variare da modello a modello. Non esitate a chiedere aiuto ai collaboratori.

$V_{pp} = \dots\dots\dots V$	$T = \dots\dots\dots s \quad \rightarrow \quad f = \dots\dots\dots Hz$
------------------------------	--

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 del multimetro digitale da banco?

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

c) Ripetere la procedura sopra descritta per le seguenti forme d'onda:

- i. onda triangolare, ampiezza di $2 V_{pp}$, $f = 1kHz$;
- ii. onda quadra, DC=50%, ampiezza $2 V_p$, $f = 1 kHz$
- iii. onda rettangolare, DC=60%, ampiezza $3.5 V_p$, $f = 20kHz$
- iv. onda rettangolare, DC = 50%, ampiezza $2 V_p$, offset -1V, $f = 1kHz$
- v. onda sinusoidale, ampiezza $3 V_p$, offset 1V, $f = 10kHz$

È sotto riportata una tabella per facilitare il completamento dell'esperienza. Si raccomanda di completare le celle con dati dedotti unicamente dalla lettura dello schermo dell'oscilloscopio (fatta eccezione per la sesta colonna)

N.B. Quando si desidera verificare sullo schermo il valore dell'offset è necessario conoscere con precisione la posizione della componente continua del segnale. Ciascuno dei canali presenta la possibilità di collegare il segnale di ingresso all'oscilloscopio sia in modalità DC che in modalità AC premendo il tasto di selezione accanto al BNC di ingresso. Le due modalità permettono di scegliere se si vuole visualizzare o meno la componente continua presente sul segnale di ingresso.

Si fa presente che molti generatori di funzione non permettono di generare onde quadre con Duty Cycle. In tal caso usare un'onda quadra con DC = 50 %.

È così possibile visualizzare, ponendosi in modalità AC, l'onda priva di offset, agendo poi su Y-pos è possibile centrare la forma d'onda in maniera simmetrica rispetto al centro dello schermo, per poi tornare alla modalità DC in cui viene visualizzato anche l'offset.

	K orizzontale	K verticale	V _{pp}	V _{eff}	V _{eff} da multimetro	T
1						
2						
3						
4						
5						

d) Il valore efficace è influenzato da quali dei fattori caratterizzanti le varie forme d'onda? Quali invece non lo influenzano?

.....
.....
.....

SONDA PER OSCILLOSCOPI

Le sonde 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.



Fig. 8 – Schema rappresentativo e foto di una comune sonda per oscilloscopio

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.

Ad esclusione delle sonde non attenuate (presentano solo il fattore X1), tutte le altre necessitano saltuariamente di un'operazione definita compensazione (basta un semplice cacciavite), operazione che si rende necessaria soprattutto con l'interscambio tra sonde ed oscilloscopi. Nonostante i valori di impedenza siano standardizzati, l'accoppiamento perfetto di impedenza tra sonda ed oscilloscopio si realizza al momento proprio compensando la sonda, ovvero portando il tetto dell'onda quadra visualizzata prelevata dal calibratore perfettamente orizzontale.

Per meglio capire l'osservazione sopra riportata osserviamo lo schema circuitale dell'accoppiamento sonda-oscilloscopio a pagina seguente. Come si può vedere la sonda contiene, al suo interno, il parallelo di una resistenza dal valore standardizzato e di un condensatore variabile.

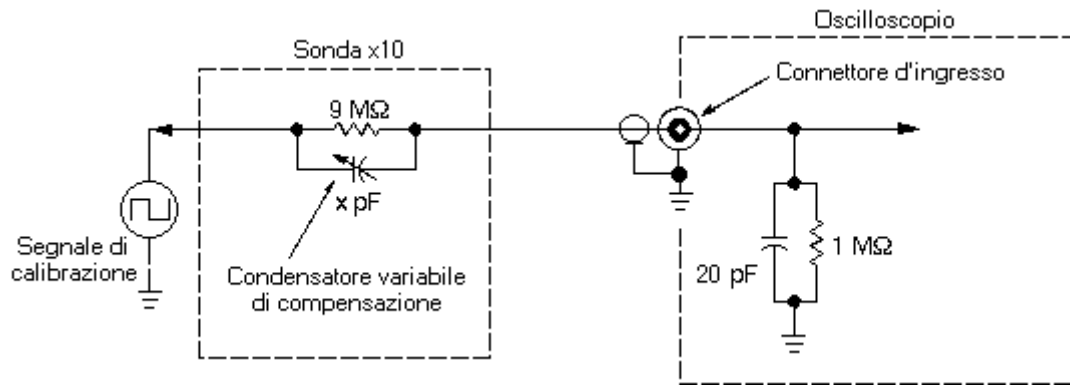


Fig. 9 – Schema circuitale rappresentativo del collegamento tra una sonda ed un oscilloscopio

$$R_1=9M\Omega$$

$$C_1=x \text{ pF} \quad \text{capacità variabile}$$

$$R_2=1M\Omega$$

$$C_2= 20\text{pF}$$

V_u , la tensione visualizzata dall'oscilloscopio è data dalla seguente espressione (regola del partitore di tensione):

$$V_u = V_{in} \frac{1 + j\omega \frac{C_1}{G_1}}{1 + j\omega \frac{C_1 + C_2}{G_1 + G_2}} \frac{G_1}{G_1 + G_2}$$

Appare chiaro che l'ampiezza della tensione visualizzata sull'oscilloscopio è funzione della frequenza del segnale stesso, esso risulta quindi distorto.

Per ovviare a questa condizione è quindi possibile compensare la sonda, ovvero agire sulla capacità variabile fino ad ottenere la condizione:

$$\frac{C_1}{G_1} = \frac{C_1 + C_2}{G_1 + G_2} \quad \rightarrow \quad C_1 = \frac{G_1 C_2}{G_2}$$

che, sostituito nella precedente equazione, fornisce una relazione tra le due tensioni non dipendente dalla frequenza:

$$V_u = V_{in} \frac{G_1}{G_1 + G_2}$$

Sostituendo i valori standardizzati validi per tutte le sonde si ottiene appunto $V_u = \frac{V_i}{10}$.

RICHIESTE

1. A titolo d'esempio, impostare una forma d'onda a piacere, di frequenza 10kHz ed ampiezza picco-picco 10V. Servendosi, se necessario, di una breadboard portare il segnale all'oscilloscopio tramite sonda (se presente l'opzione controllare che, sulla sonda sia selezionata la configurazione x10, altrimenti il segnale letto dall'oscilloscopio sarà tutt'altro!).

2. Quanto vale l'ampiezza picco-picco del segnale secondo la lettura dell'oscilloscopio?

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

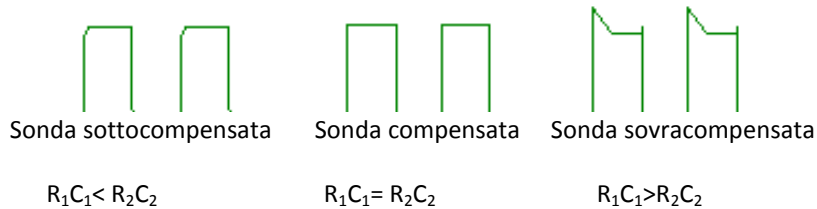
3. Mantenendo gli altri parametri costanti, aumentare la frequenza del segnale. Si nota qualche cambiamento nella lettura dell'ampiezza?

.....
.....
.....

4. Tenere premuto per alcuni secondi il tasto contrassegnato da "x1/x10" accanto all'input del canale in uso. Cosa succede? Come si modifica la lettura dell'ampiezza picco-picco?

.....
.....
.....

5. (facoltativo) Sempre mantenendo il connettore BNC della sonda collegato all'input del canale prescelto, prelevare, con il puntale della sonda, un segnale ad onda quadra di parametri standardizzati (0,2 Vpp, 1kHz), fornito direttamente dall'oscilloscopio (in basso a sinistra sotto lo schermo). Osservare la forma d'onda visualizzata e determinare lo stato della sonda.



A questo punto un operatore dotato di apposito cacciavite potrebbe, se necessario, provvedere alla compensazione. La procedura sopra descritta è comunque un'utile procedura per verificare la bontà della sonda prima di utilizzarla nell'analisi circuitale.

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 10.

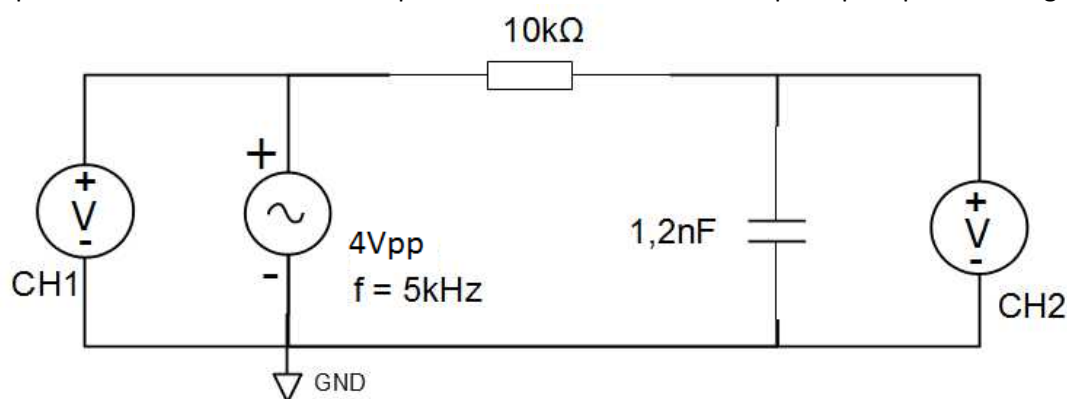


Fig. 10: Schema di principio E 2.2

Il simbolo **GND** sta per "ground" (terra) e rappresenta un livello di riferimento presente in tutti i circuiti, utilizzato per la misurazione di grandezze elettriche (ad esempio le differenze di potenziale). Ha inoltre lo scopo di allontanare dal circuito, scaricando appunto a terra, eventuali picchi di corrente o elettricità statica in eccesso. Fornisce quindi una 'via di fuga' per energia aggiuntiva che danneggerebbe altrimenti il circuito.

RIICHIESTE

Si richiede di:

1. Impostare il generatore di funzioni su **onda quadra** con ampiezza picco-picco 2V 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'oscilloscopio³.
5. Ricavare e risolvere l'equazione differenziale del circuito.
6. Ricavare la costante di tempo teorica del circuito.

³ Ricordarsi di utilizzare la sonda e **NON** il cavo BNC-coccodrillo, in quanto quest'ultimo è fortemente sensibile ai disturbi!



7. Ricavare sperimentalmente la costante di tempo del circuito.

Gli andamenti nel tempo delle tensioni di alimentazione, sulla resistenza e sulla capacit  sono riportati nella figura 11.

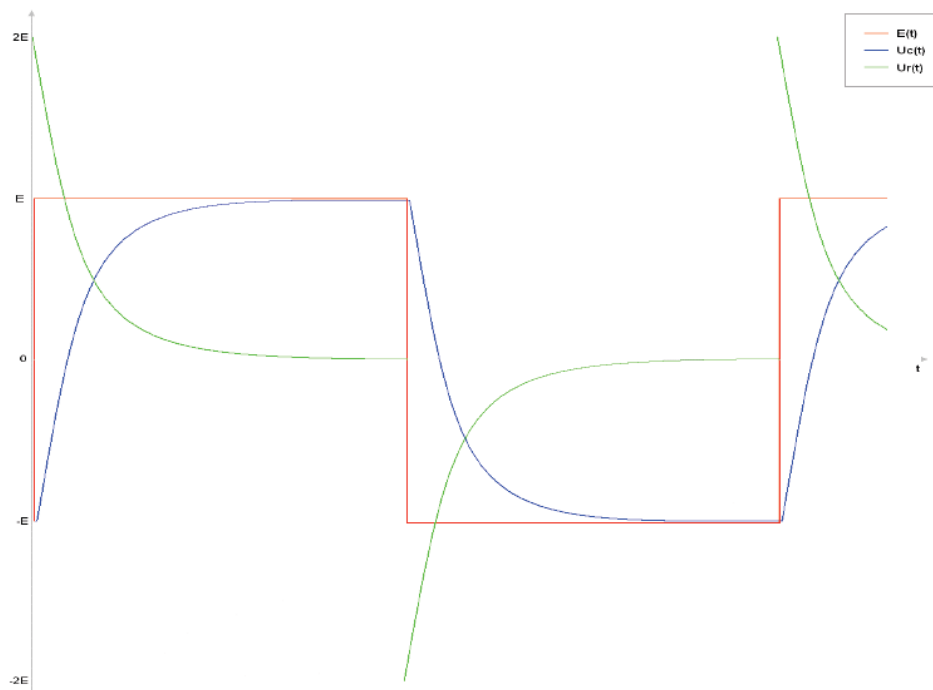


Fig. 11 – Andamenti delle tensioni

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. Per la sua individuazione possono essere utilizzate le serie di suddivisioni presenti sullo schermo dell'oscilloscopio (cfr fig. 12). A tale scopo è necessario sia impostare la scala delle suddivisioni in modo da coprire tutta l'ampiezza del segnale, sia regolare attraverso le apposite manopole la posizione del segnale stesso in modo che coincida con i limiti 0-100 (o con limiti facilmente rapportabili – sta allo studente trovare la soluzione più ottimale).

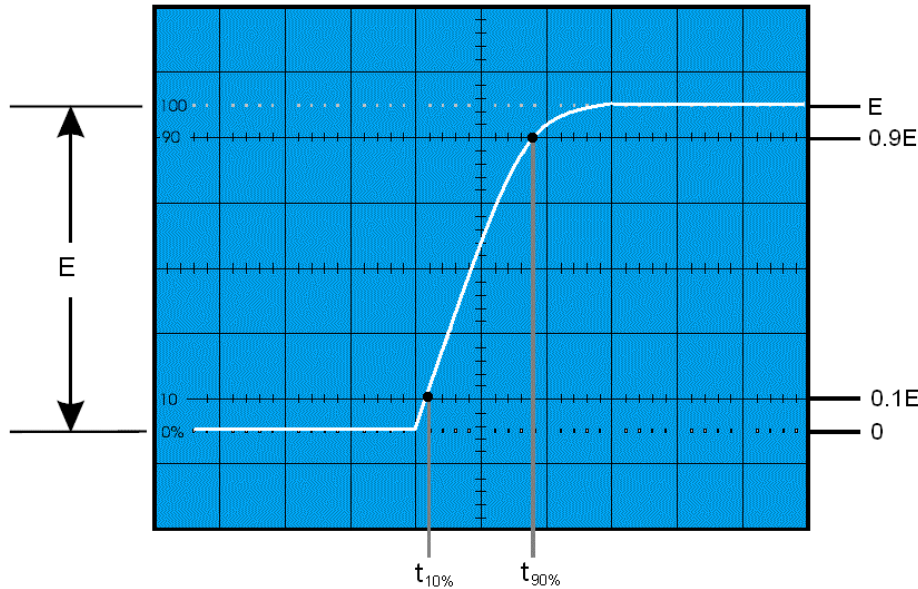


Fig. 12 – Schermo dell'oscilloscopio

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:

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

Quindi per ricavare sperimentalmente la costante di tempo basterà determinare tramite l'oscilloscopio l'intervallo di tempo che impiega la tensione ai capi del condensatore per passare dal 10% al 90% della tensione di alimentazione. Per impostare l'ampiezza dell'onda in modo che coincida perfettamente con le suddivisioni 0 e 100 è necessario ottenere una regolazione più fine di quella solitamente offerta dalla manopola "VOLTS/DIV". Per ottenere una regolazione 'continua' in ampiezza è necessario porsi in modo che l'ampiezza dell'onda risulti maggiore della distanza 0-100. Dopo di che premere per alcuni secondi il tasto "CH I" o "CH II" a seconda del canale che si sta utilizzando (modalità VAR): in questo modo si potrà agire sulla manopola "VOLTS/DIV" per diminuire a piacimento l'ampiezza del segnale.

Individuate poi sulla griglia dello schermo le tacche corrispondenti all'ampiezza 10% e quella 90% si misura il tempo di salita cioè l'intervallo $(t_{90\%} - t_{10\%})$.

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

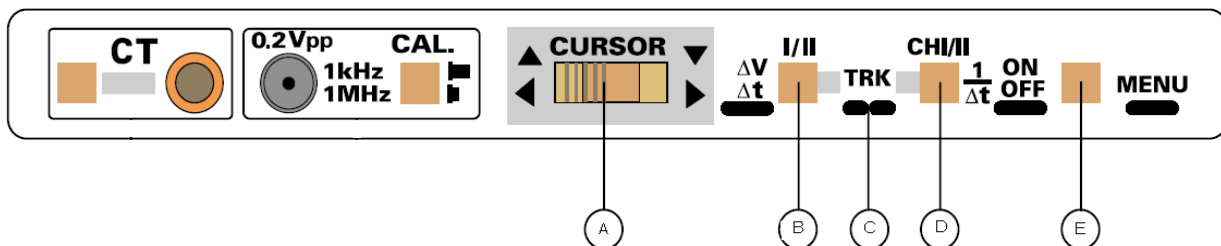
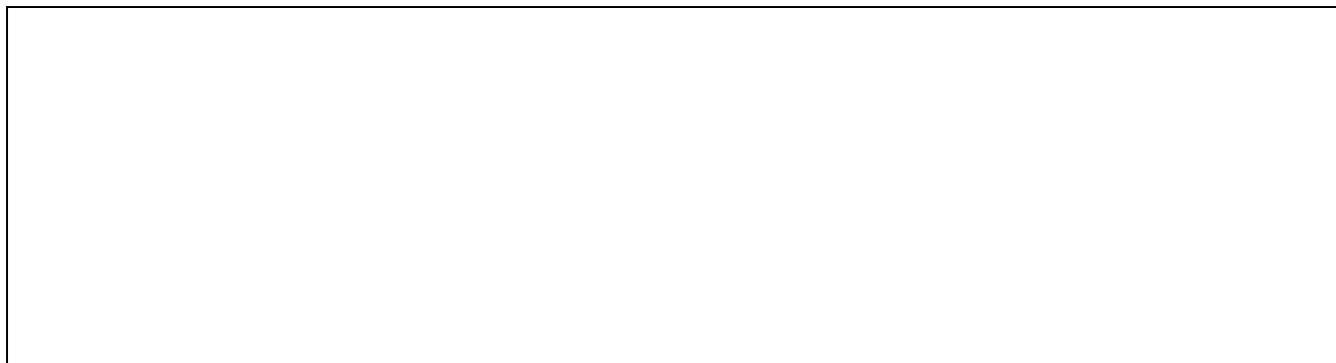


Fig. 13 – Comandi dell'oscilloscopio da utilizzare per determinare il tempo di salita

Al fine di determinare il tempo di salita nel modo più semplice possibile seguire le indicazioni riportate successivamente:

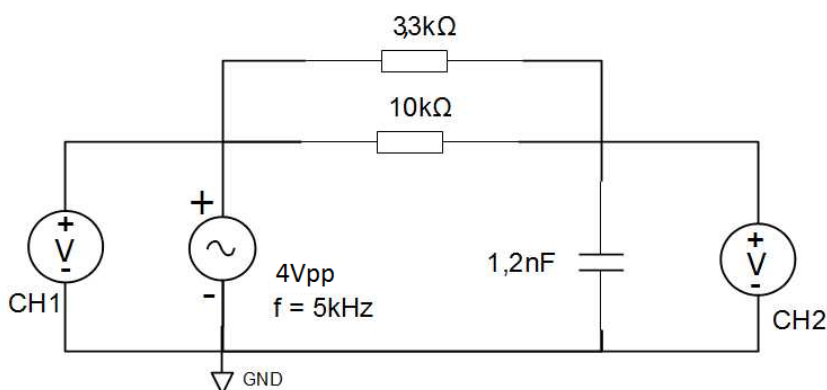
- Mantenere premuto il tasto I/II (B) se sono presenti due linee tratteggiate orizzontali per farle divenire verticali e quindi per poter misurare un intervallo di tempo.
- Agire su Cursor (A) in modo da spostare una delle due linee cursore in prossimità del valore 10%; premere il tasto I/II (B) per selezionare l'altra linea e porla sul 90% del segnale in ingresso.
- Nell'angolo inferiore destro dello schermo dell'oscilloscopio si potrà leggere il valore dell'intervallo di tempo in μs .
- Nel caso in cui al posto del tempo di salita vi sia un valore di frequenza [Hz], premere MENU (E) quindi CHI/II (D) per ottenere il tempo di salita.



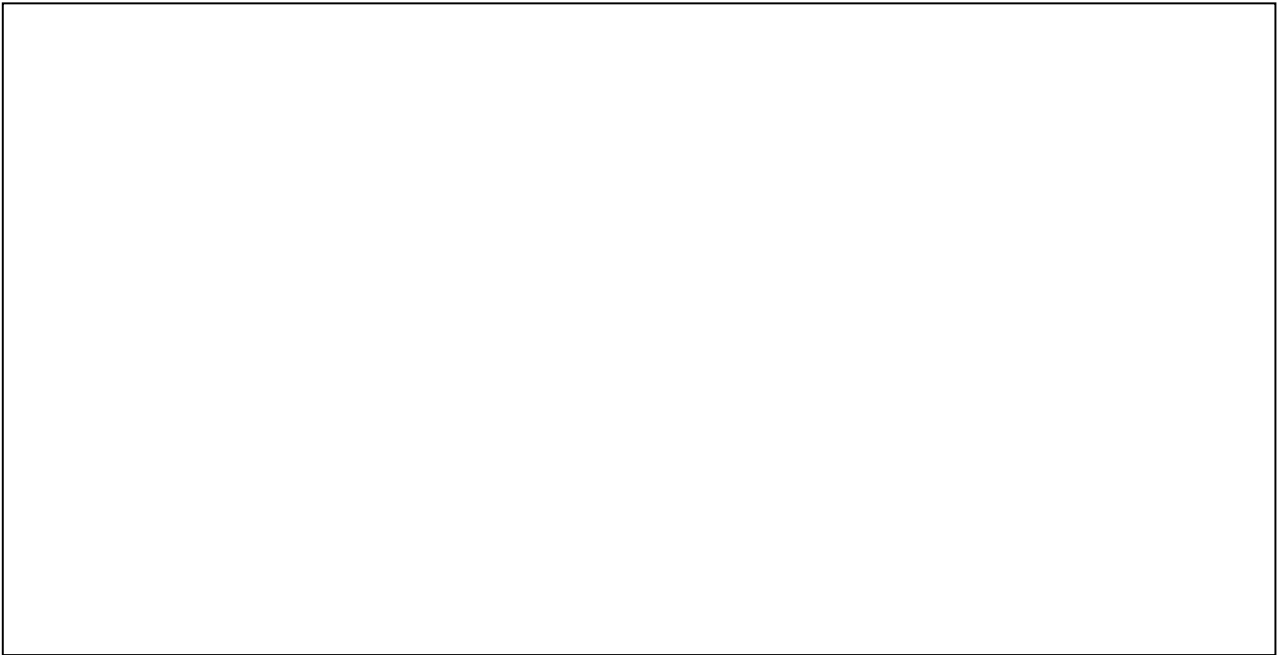
8. Osservare l'andamento della tensione sulla resistenza.

N.B. Per poterlo osservare è necessario che uno dei morsetti connessi alla resistenza sia direttamente collegato alla massa del circuito. Per semplicità è possibile scambiare i due morsetti del generatore di tensione, in modo che la massa (ground) coincida con uno dei capi della resistenza. Ricordare però che la tensione, nel circuito originale, avrà segno opposto rispetto a quella visualizzata.

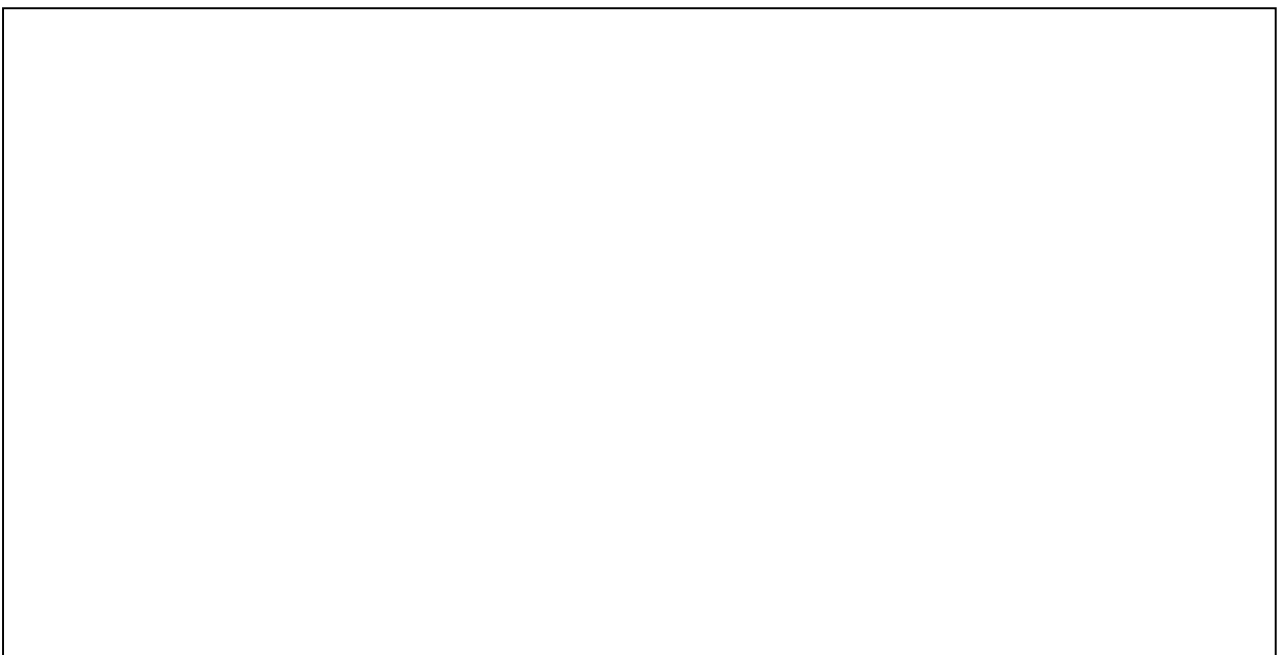
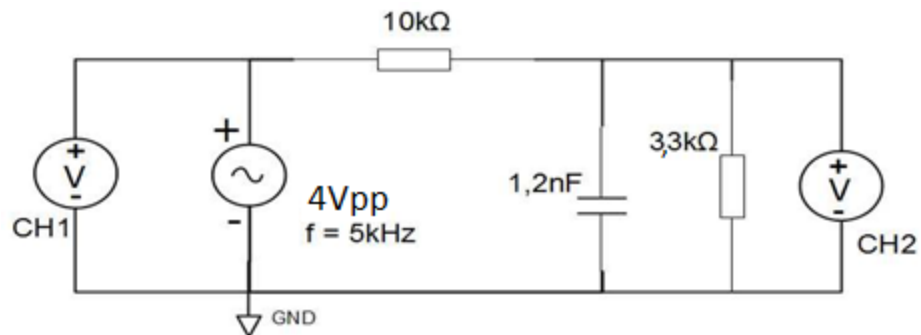
9. Come si modifica la costante di tempo del circuito se alla resistenza da 10k viene sostituito il parallelo sotto riportato? La tensione di regime viene anch'essa modificata?



Riportare calcoli e risultati sperimentali.



10. Ripetere il punto c) al circuito sotto riportato. Se lo si ritiene necessario aumentare l'ampiezza dell'onda quadra. Commentare i risultati ottenuti.



E 2.3 CARICA E SCARICA DELL'INDUTTORE

SCOPO DELL'ESPERIENZA

Lo scopo dell'esperienza è quello di osservare sperimentalmente il transitorio di carica e di scarica di un induttore in una rete RL 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 14.

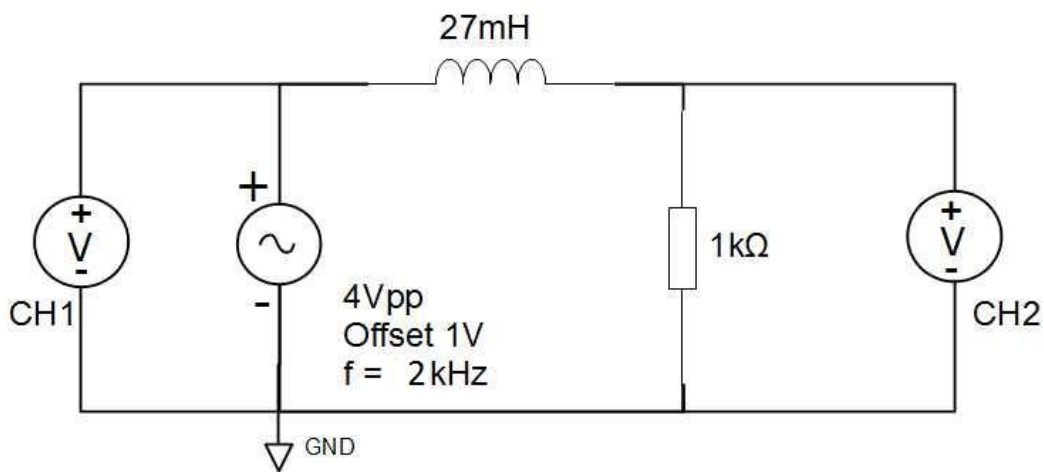
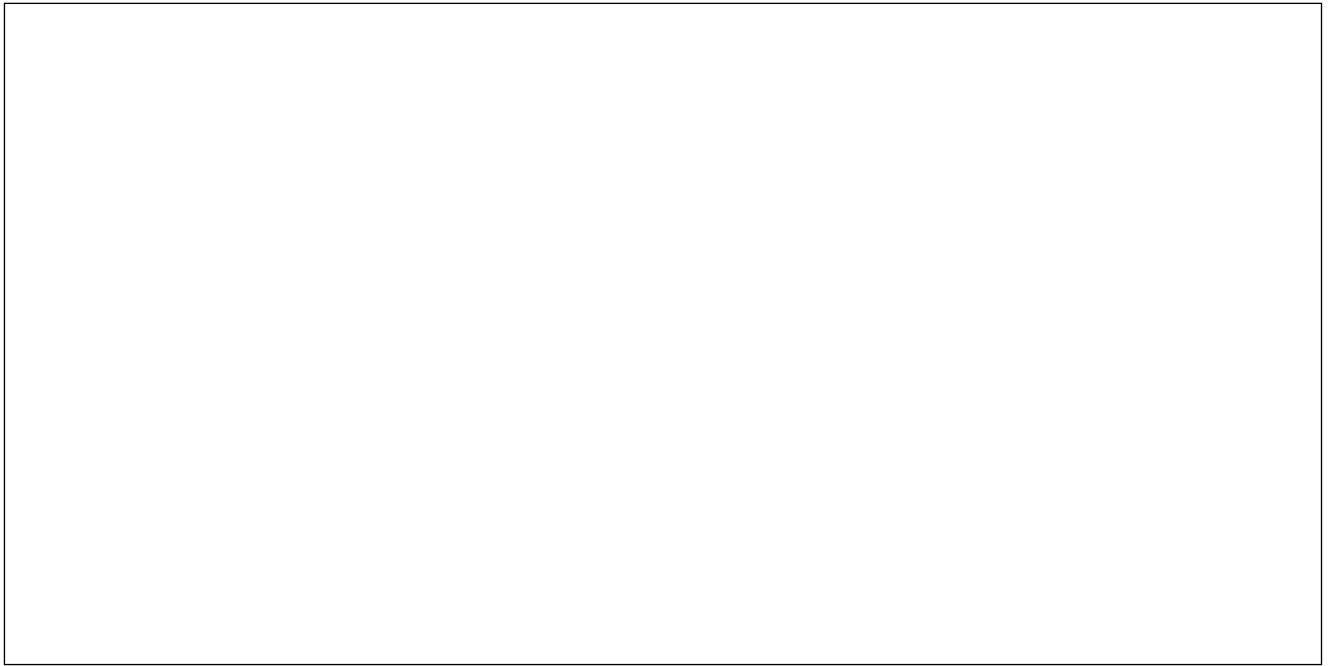


Fig. 14 – Schema di principio E 2.3

RICHIESTE

Si richiede di:

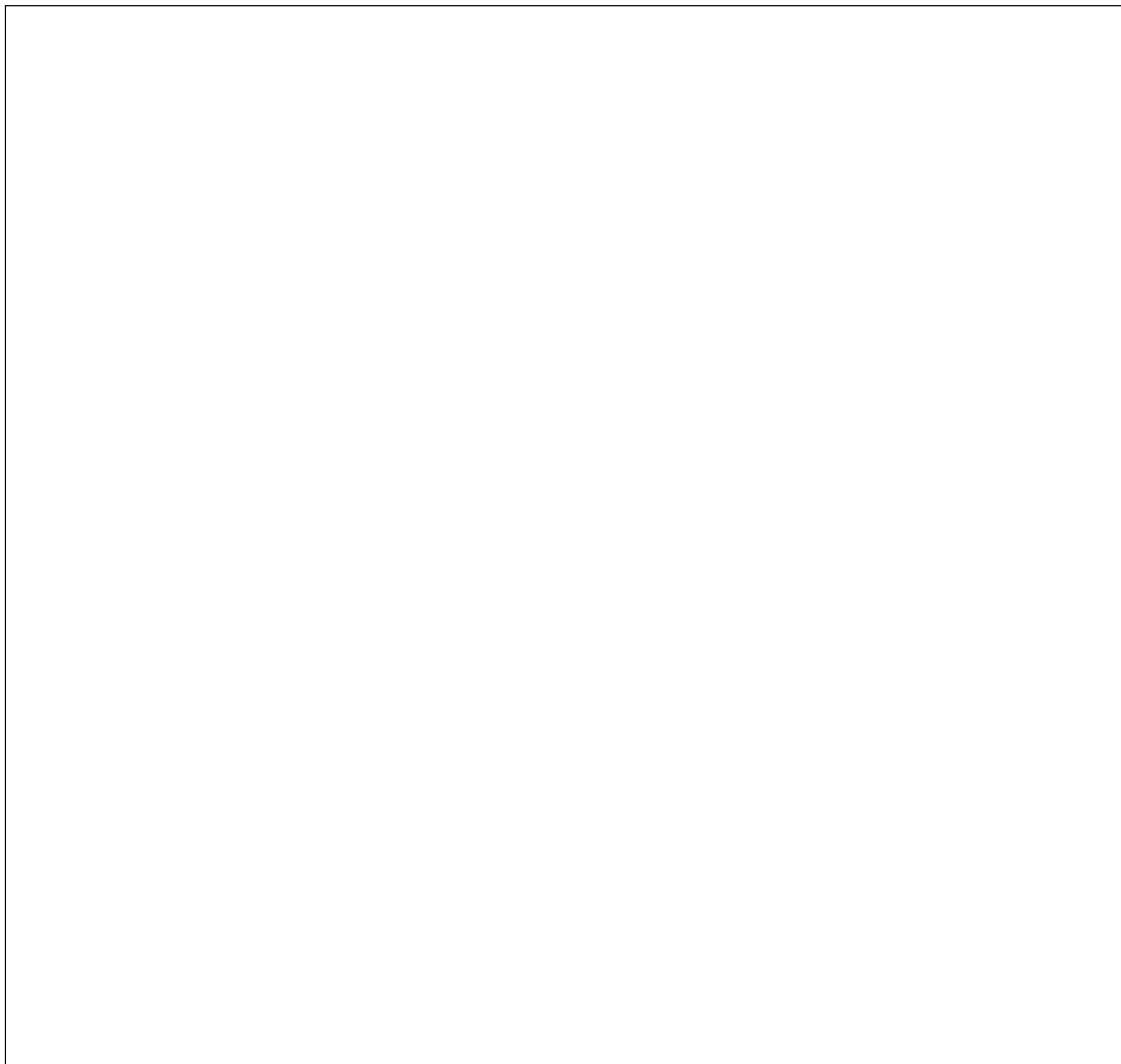
1. Impostare il generatore di funzioni su onda quadra con ampiezza 4V, ampiezza di offset 1V e frequenza 2kHz.
2. Visualizzare la forma d'onda generata dal generatore di funzioni impiegando il primo canale dell'oscilloscopio.
3. Verificare che l'onda generata soddisfi le caratteristiche di ampiezza, offset e frequenza date in 1).
4. Visualizzare la tensione ai capi del resistore impiegando il secondo canale dell'oscilloscopio (si tenga conto che la tensione ai capi del resistore è proporzionale alla corrente dell'induttore).
5. Ricavare e risolvere l'equazione differenziale del circuito ricavando la tensione sulla resistenza.
6. Ricavare la costante di tempo teorica del circuito .



7. Ricavare sperimentalmente la costante di tempo del circuito come nel primo caso.
8. Osservare l'andamento della tensione sull'induttanza, si osservi che l'andamento della tensione sul resistore è dello stesso tipo di quella sul condensatore nel primo caso; di conseguenza la tensione sull'induttanza avrà lo stesso andamento che aveva la tensione sulla resistenza nel primo caso.



9. (facoltativo) Ripetere i punti 7) e 8) dell'esperienza 2.2

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the user to write their response to question 9. The box occupies most of the page's vertical space below the question text.