



Laboratorio di Elettrotecnica

Data: _____ Ora: _____

Gruppo : _____ Tavolo: _____ LED: _____

Allievi: _____

SECONDA ESERCITAZIONE

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 • N. 1 resistore $R_N=33$ kΩ • N. 1 resistore $R_N=1$ kΩ • N. 1 induttore $L_N=27$ mH (uso tramite trasformatore di isolamento)

ATTENZIONE

**PRIMA DELL'ESPERIENZA VISIONARE IL
SECONDO E TERZO VIDEO DELLA SEZIONE
[e-learning Laboratorio di Misure Elettroniche - Ladispe del PORTALE \(esercitazione_0\)](#)**

ATTENZIONE

A FINE ESERCITAZIONE OGNI GRUPPO DOVRÀ' CONSEGNARE UNA COPIA COMPILATA DELLA RELAZIONE

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

L'esperienza 2 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. Dopo una descrizione preliminare delle funzionalità, lo studente utilizzerà l'oscilloscopio per la verifica e l'analisi dei segnali.

Saranno quindi analizzati circuiti con transitorio, circuiti in regime AC e proprietà in frequenza dei circuiti

E 2.1 ANALISI DELLA STRUMENTAZIONE

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):

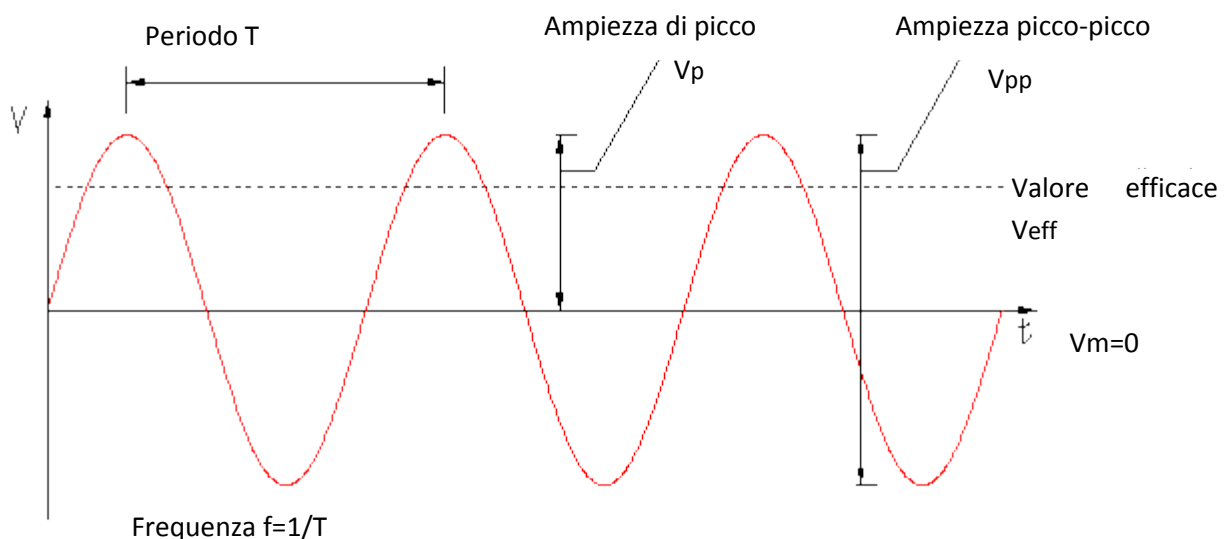


Fig 1 – Rappresentazione di un'onda sinusoidale e dei principali parametri caratterizzanti

- 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 la metà del precedente);
- 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 T ;
- 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 in questo caso, risulta nullo);

- l'offset, ovvero l'escursione tra il valor medio del segnale V_m ed il livello di riferimento (cfr fig 2)

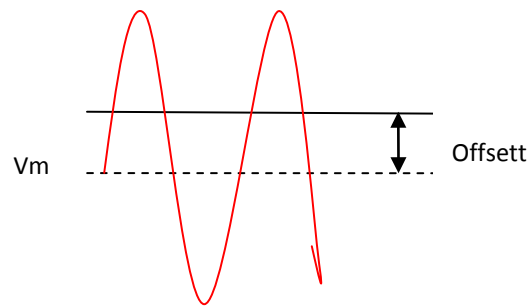


Fig 2 – Esempio di onda sinusoidale con offset negativo (V_m infatti occupa un livello di tensione più basso rispetto al riferimento)

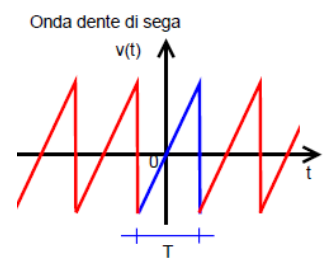
$$V_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [V(t)]^2 dt}$$

-il valore efficace [Veff], un parametro molto importante nella definizione delle forme d'onda in regime AC, esso equivale a quel valore di tensione che, in regime di corrente continua, svilupperebbe gli **stessi effetti termici** ($P=R \cdot I_{eff}^2$). Esso viene calcolato eseguendo la radice quadratica media

Per un'onda sinusoidale $V_{eff} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$

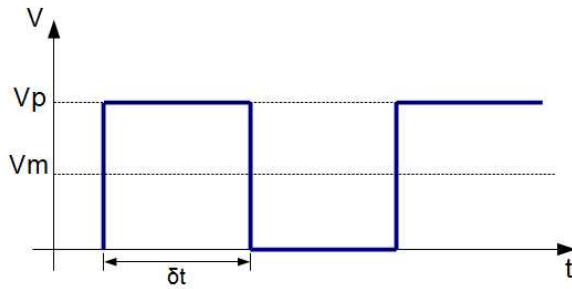
Per un'onda triangolare dente di sega $V_{eff} = \frac{V_p}{\sqrt{3}}$

Verificare il valore efficace dell'onda a dente di sega riportando i principali calcoli:



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).



Vp = Valore di picco

Vm = Valor medio, componente continua del segnale

δT = frazione del periodo T durante il quale l'onda assume valore Vp (Cfr Duty cycle,)

In questo caso vale la relazione $V_{eff} = \sqrt{V_D^2 + (V_A)^2}$, di conseguenza il valore efficace della componente alternata (quello letto dal multimetro in assetto AC sar )***

$$(V_A)_{eff} = \sqrt{V_D^2 + V^2 \cdot \frac{\delta T}{T}}$$

In presenza di un'onda rettangolare, si definisce <<duty cycle>> DC (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   a livello "attivo" (cfr fig 3).

Esso   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 pi  alto. Se lo si desidera   possibile esprimere D anche in percentuale $D\% = \frac{t}{T} \cdot 100$

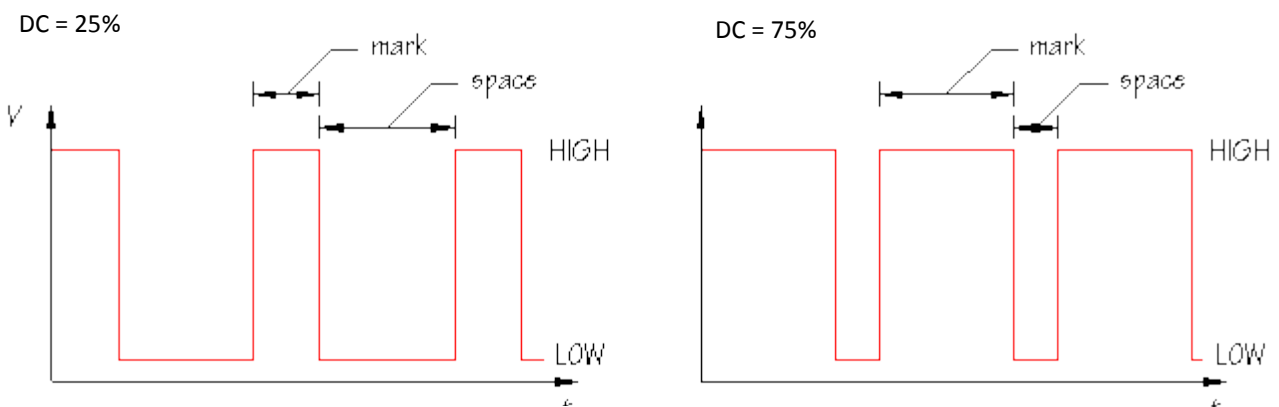


Fig 3 – Rappresentazione di onde rettangolari caratterizzata da diversi valori di duty cycle

  facile intuire come l'onda quadra riportata all'inizio della pagina 4 non sia altro che un particolare caso di onda rettangolare caratterizzata da un Duty Cycle del 50%.

*****NOTA: il multimetro a valore efficace in AC indicher  sempre e solo il valore efficace della parte di segnale a media nulla. Quindi per valutare il valore efficace complessivo di un segnale   necessario anche valutare il valore medio V_{DC} che si ottiene con il multimetro a valore medio (non disponibile). (OSS: il multimetro a valore efficace in DC misura gli offset). Il valore efficace viene ottenuto quindi come $V_{eff} = \sqrt{V_D^2 + (V_A)^2}$. Per comprendere meglio: si consideri una onda rettangolare con offset zero e DT variabile; otteniamo $V_{bc}=0V$ solo con $DT=50\%$ e la $V_{Ac\,eff}$ sar  variabile a seconda del DT. Il valore V_{eff} sar  invece costante al variare di DT.**

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 (nella pagina successiva sono presentati alcuni modelli).

In generale è possibile 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. Non tutti i generatori presentano questa possibilità, tuttavia l'Hameg hm8130 (fig 4), per ottenere un'onda rettangolare è necessario selezionare la quinta forma d'onda a partire da sinistra; il D è regolabile tramite il comando “PULSE W.”

OSS: 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 %

Il segnale può essere trasmesso al circuito o all'oscilloscopio tramite un connettore BNC collegato all'apposita uscita denominata “Output 50Ω” e un cavo coassiale.



NOTA: I generatori di segnale spesso hanno output a 50Ω, cioè sono modellabili come un generatore ideale con in serie una resistenza da 50Ω. Alcuni generatori di segnale mostrano nel display un valore di ampiezza che è quello effettivo su un carico a 50Ω (adattamento) e cioè comporta che, quando sono collegati a multimetro o oscilloscopio (che sono a impedenza di ingresso alta), quest'ultimi strumenti di misura mostrano un valore doppio rispetto a quello visualizzato sul display di tali generatori di segnale.

Nell'esperienze proposte la presenza dei 50Ω in uscita dal generatore saranno trascurabili rispetto alle altre impedenze del circuito.

In alternativa è possibile selezionare sul generatore di segnale l'opzione di uscita ad alta impedenza(se disponibile): selezionare Utility->Output setup->Load scorrere a High impedance

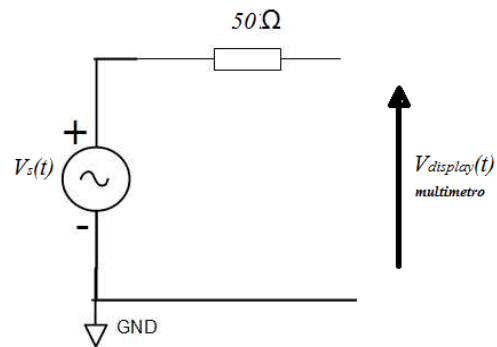
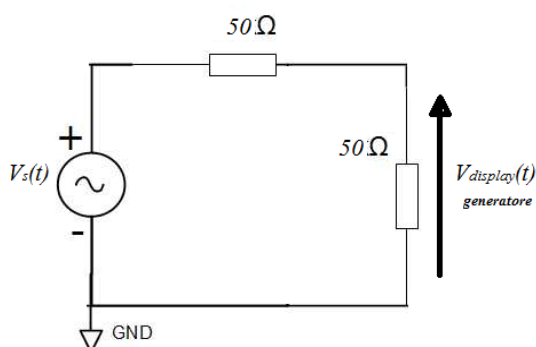




Fig 4 - Generatore di funzioni modello Hameg hm8130.



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

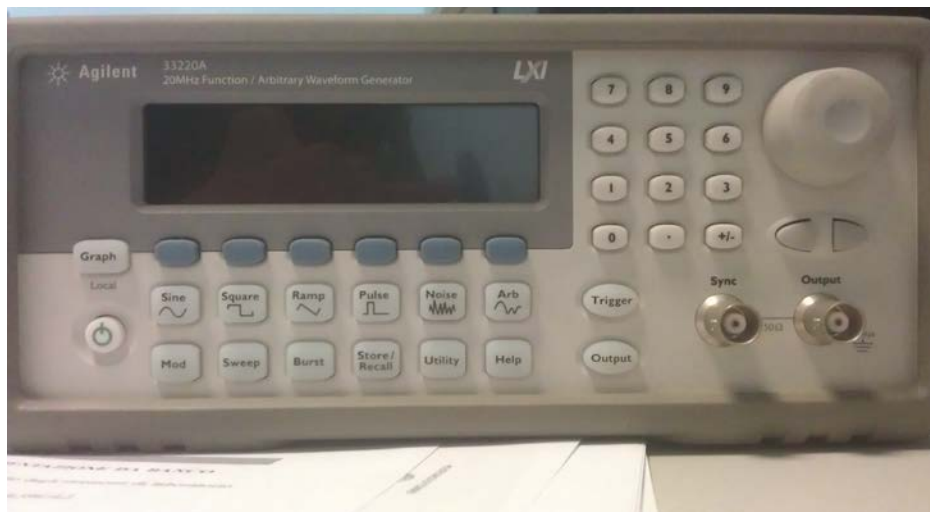


Fig 6 - Generatore di funzioni modello Agilent 33220A.



Fig 7 - Generatore di funzioni modello Hameg HM8131-z.

Richieste

a) Impostare un'onda sinusoidale con offset nullo, di ampiezza 2 Vpp e frequenza 1 kHz.

b) Quanto vale il valore efficace teorico della forma d'onda?

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

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

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

d) Se V_{eff} e V_{eff}^* differiscono di un fattore due spiegare il motivo

e) Esso cambia al modificarsi della frequenza?

f) Ripetere le operazioni dei punti precedenti modificando la forma d'onda (triangolare, quadra..)

g) In caso di onda rettangolare, il valore efficace della tensione cambia al modificarsi del duty cycle?

h) Impostare un'onda sinusoidale di ampiezza 3 Vpp, frequenza 1 kHz e offset 2 V. **[NB: talvolta il generatore di segnale non riesce a impostarsi sui valori voluti, tentare alcune volte variando offset e Vp e rimisurare, specialmente nel caso in cui Vp e offset siano comparabili]**

i) 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 8 – A sinistra cavo coassiale BNC-BNC, a destra cavo bnc-puntali di prova, bnc-coccodrillo, bnc-banana

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 solitamente 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. Nella parte inferiore dello schermo è indicato il valore assegnato, rispettivamente, a 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 [lo strumento agisce come un filtro passa banda], a sua volta dipendente dalla qualità e in ultima analisi dal costo.

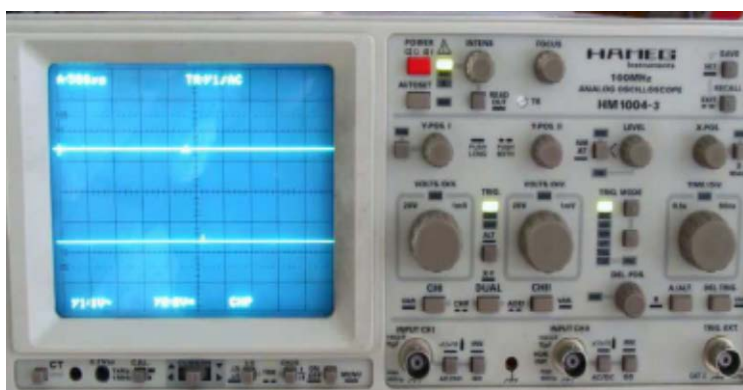


Fig 9 – Esempio di un oscilloscopio analogico su cui sono rappresentati segnali nulli (non arrivano input) su entrambi i canali

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. Nella maggior parte degli oscilloscopi sono presenti due possibili 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 9. 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**.

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

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

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

- d) Verificare le impostazioni attribuite al segnale tramite il generatore di funzioni. Riportare le formule utilizzate (oss: *Vpp* e *T* si ottiene contando le tacche verticali e orizzontali e moltiplicando per *Kvert* e *Korizz*)

Vpp = div

T = div

Kverticale = V/div

K orizzontale = s/div

V_{pp} = V

T = s → f = Hz

- α) 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?

Veff= V

Veff multimetro=.....V

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

1. onda triangolare a dente di sega [simmetria 100%], ampiezza di 2 V_{pp}, f= 1kHz;
2. onda rettangolare, DC = 50%, ampiezza 1 V_p, offset -1V, f=1kHz

E' 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 a fianco dell'ingresso BNC. Le due modalità permettono di scegliere se si vuole visualizzare (DC) o meno (AC) la componente continua presente sul segnale di ingresso. Apparirà a fianco delle divisioni verticali il simbolo = o ~ a seconda della modalità DC o AC.

Inoltre il simbolo $\underline{\quad}$ indica la tensione di riferimento 0V.

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

E' 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.

	Koriz	Kvert	Vpp	Vpp	T	T	Veff	Veff (AC)	Vm (DC)	Veff
	Impostato in oscilloscopio	Impostato in oscilloscopio	Div in oscilloscopio	calcolato in base al Kvert e le div	Div Rilevato in oscilloscopio	calcolato in base al Koriz e le div	Calcolato matematicamente Pag 3 in alto	da multimetro in modalità AC	Stima del valore medio (da oscilloscopio)	Da misure Veff (AC) e Vm (DC) calcolare secondo le formule a Pag 4
1										
2										

χ) 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 10 – Schema rappresentativo e foto di una comune sonda per oscilloscopio

Una caratteristica delle sonde è il loro fattore di attenuazione (X1, X10), significa che la prima trasferisce il segnale allo strumento senza alcuna attenuazione in tensione, la seconda attenua il segnale di 10 volte, ovvero se al suo ingresso si presenta una tensione di 22 V, all'ingresso dell'oscilloscopio viene presentata 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), 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, 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. Come si può vedere, la sonda contiene, al suo interno, il parallelo di una resistenza dal valore standardizzato e di un condensatore variabile.

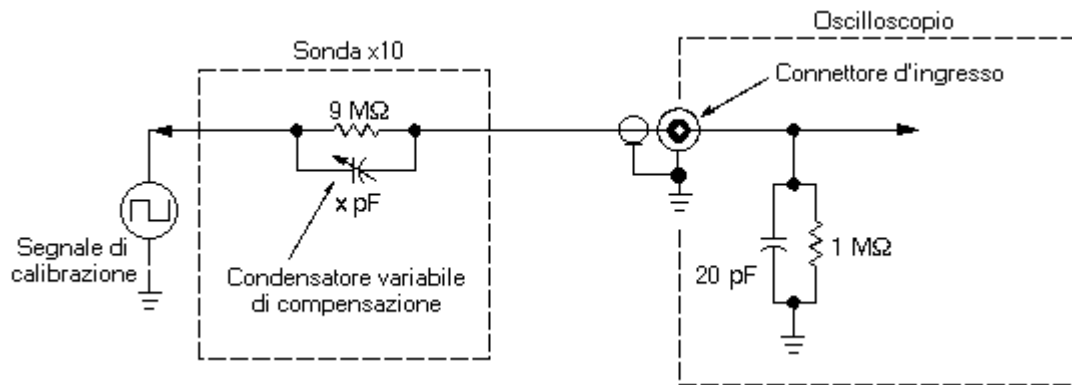


Fig 11 – Schema circuitale rappresentativo del collegamento tra una sonda ed un oscilloscopio

$$R_1 = 9\text{M}\Omega \quad C_1 = x \text{ pF} \quad \text{capacità variabile}$$

$$R_2 = 1\text{M}\Omega \quad C_2 = 20\text{pF}$$

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 [le varie armoniche che compongono un segnale complesso (serie di Fourier) subiscono un'attenuazione diversa a seconda di ω]



Rappresentazione onda quadra come somma di sinusoidi a diversa pulsazione

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

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

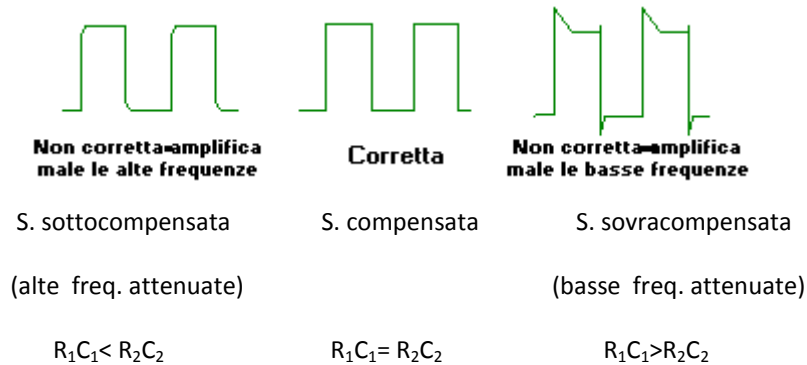
Che, sostituito nella precedente equazione, fornisce una relazione tra le due tensioni non dipendente dalla frequenza

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

Sostituendo i valori standardizzati della sonda X10 si ottiene appunto $V_u = \frac{V_i}{10}$.

RICHIESTE

- Collegare il connettore BNC della sonda all'input del canale prescelto nell'oscilloscopio. Prelevare con il puntale della sonda un segnale ad **onda quadra di parametri 2Vpp, 5KHz, DC 50%**, offset nullo fornito dal generatore di segnale. Osservare la forma d'onda visualizzata e determinare lo stato della sonda.



Per ciascuna sonda indicare lo stato in cui si trovano:

SONDA 1: -----

SONDA 2:-----

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.

- A titolo d'esempio, impostare una forma d'onda a piacere, di frequenza 10kHz ed ampiezza picco-picco 8 V. Servendosi, se necessario, di una breadboard portare il segnale all'oscilloscopio tramite sonda (se presente l'opzione controllare che, sull'oscilloscopio sia selezionata la configurazione x10, pulsante a fianco dei connettori BNC di ingresso e sul display appare il simbolo della sonda accanto alle divisioni verticali (sembra una bottiglia)).

Indicare il valore impostato $V_{pp} =$

- Quanto vale l'ampiezza picco-picco del segnale secondo la lettura dell'oscilloscopio? (utilizzare la lettura per divisioni)

$V_{pp} =$

- 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?

.....

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

.....

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 12.

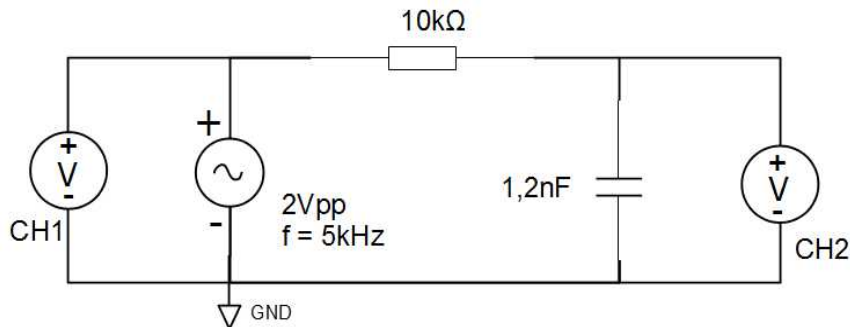


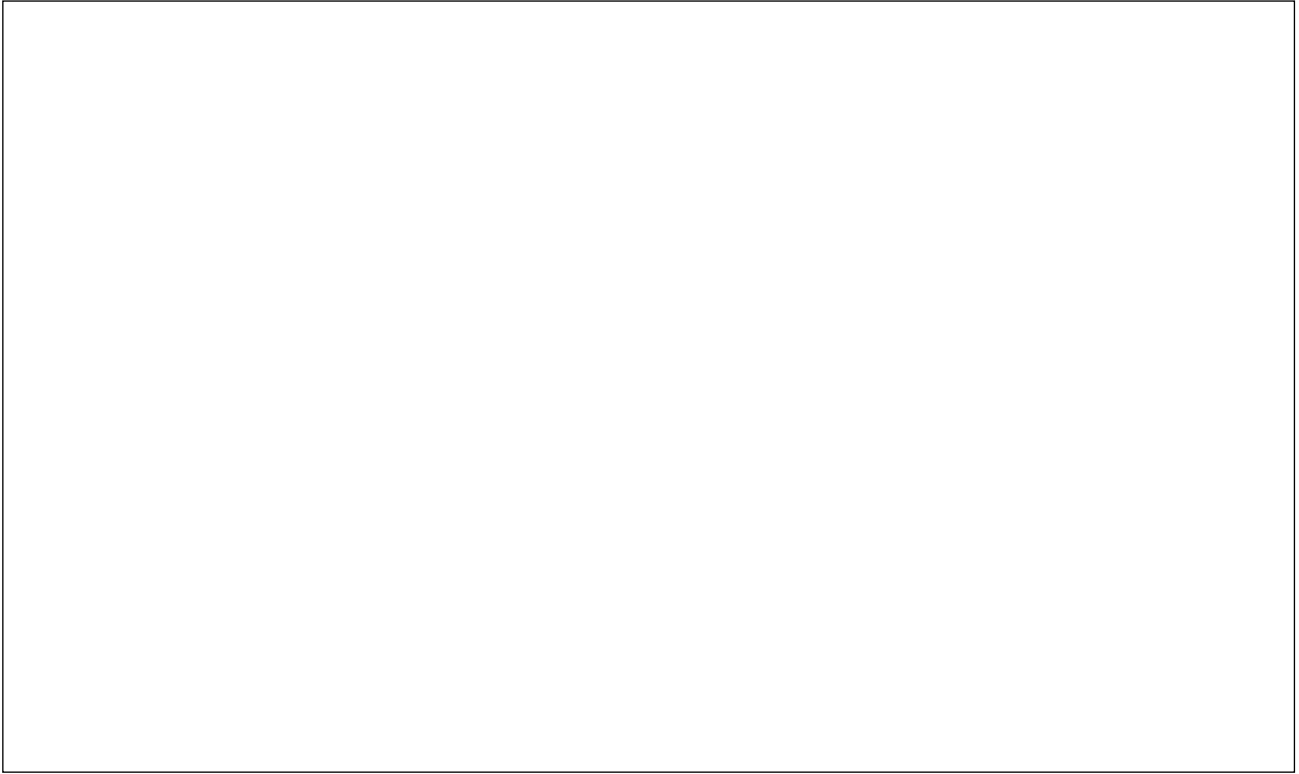
Fig 12: Schema di principio E 2.2

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: essa fornisce quindi una 'via di fuga' per energia addizionale che danneggerebbe altrimenti il circuito.

RIICHIESTE

Si richiede di:

- 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.
- Visualizzare la forma d'onda generata dal generatore di funzioni impiegando il primo canale dell'oscilloscopio.
- Verificare che l'onda generata soddisfi le caratteristiche di ampiezza, offset e frequenza date in a).
- Visualizzare la tensione ai capi del condensatore impiegando il secondo canale dell'oscilloscopio.
- Ricavare matematicamente la soluzione in termini di $V_c(t)$.
- Ricavare la costante di tempo teorica del circuito.



a) Ricavare sperimentalmente la costante di tempo del circuito.

Gli andamenti nel tempo delle tensioni di alimentazione, sulla resistenza e sulla capacità sono riportati nella figura 13.

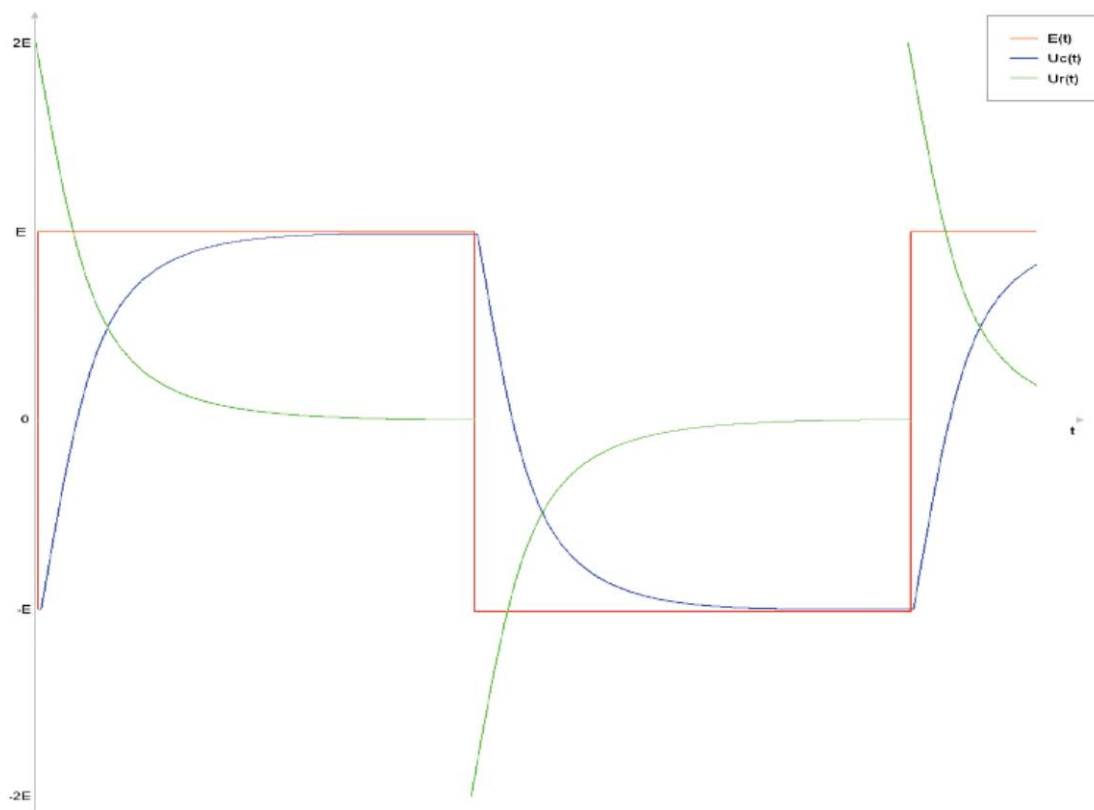


Fig 13 – Andamenti delle tensioni

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 [intervallo con massima dinamica, vedi fig. 14]. Per questa ragione gli oscilloscopi presentano, sul loro schermo, una serie di suddivisioni che permettono di individuare con facilità questi punti (è però necessario impostare l'ampiezza del segnale in modo che coincida con i limiti 0-100). Cfr fig 14.

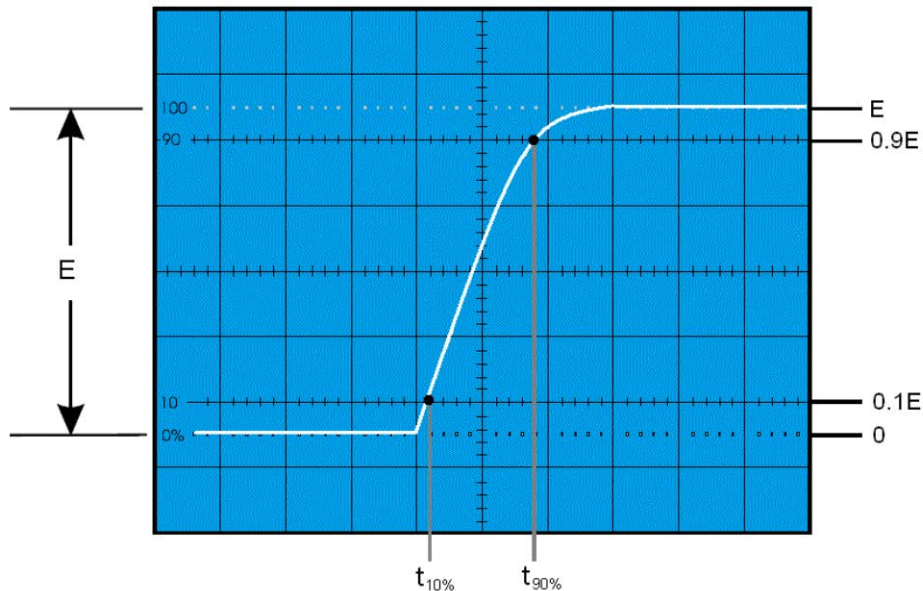


Fig 14 – Schermo dell'oscilloscopio

I due punti corrispondono alle relazioni

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

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 "CHI" o "CHII"** 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.

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

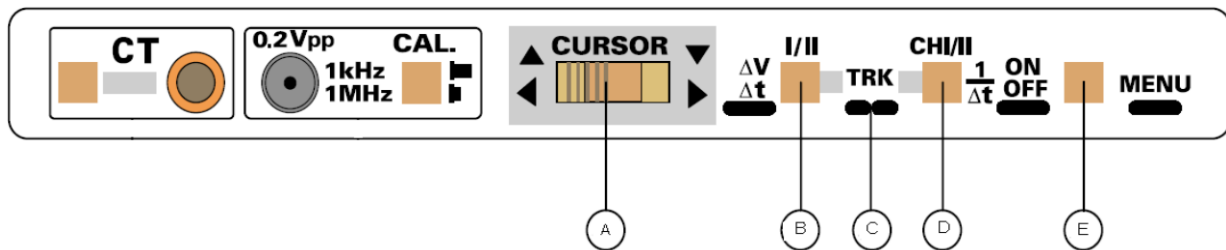


Fig 15 – Comandi dell'oscilloscopio da utilizzare per determinare il tempo di salita

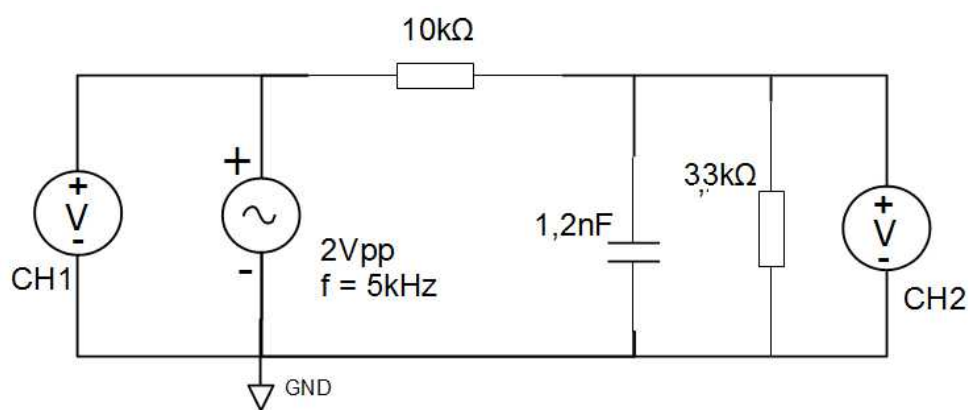
- Mantenere premuto il tasto I/II (B) se sono presenti due linee tratteggiate orizzontali per farle divenire verticali e quindi per poter misurare un intervallo di tempo.
- Agire su Cursor (A) in modo da spostare una delle due linee cursore in prossimità del valore 10%; premere il tasto I/II (B) per 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 è un valore di frequenza [Hz], premere menu(E) quindi CHI/II(D) per ottenere il tempo di salita

Riportare i valori delle grandezze misurate e i calcoli per la valutazione della costante di tempo

b) Osservare l'andamento della tensione sulla resistenza.

N.B. Per potere osservare la tensione sulla resistenza 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. Cio' e' necessario per trasmettere il segnale di riferimento tramite la sonda all'oscilloscopio senza rumore.

- c) Come si modifica la costante di tempo del circuito se alla capacita' viene sostituito il parallelo come riportato in fig. 16? La tensione di regime viene anch'essa modificata?



Riportare calcoli e risultati sperimentali. Fig 16

E 2.3 FILTRO RLC

SCOPO DELL'ESPERIENZA

Lo scopo dell'esperienza è quello di osservare sperimentalmente il comportamento in frequenza di un filtro RLC. Inoltre si propone di ricavare sperimentalmente la risposta in frequenza dello stesso, riportando eventualmente il tutto su di un foglio di calcolo (Excel).

SCHEMA DI PRINCIPIO

Il circuito per l'esecuzione della misura è quello descritto dallo schema di principio riportato in figura 17. Per induttore utilizzare una porta del trasformatore di isolamento. Sfrutteremo così solo la autoinduttanza.

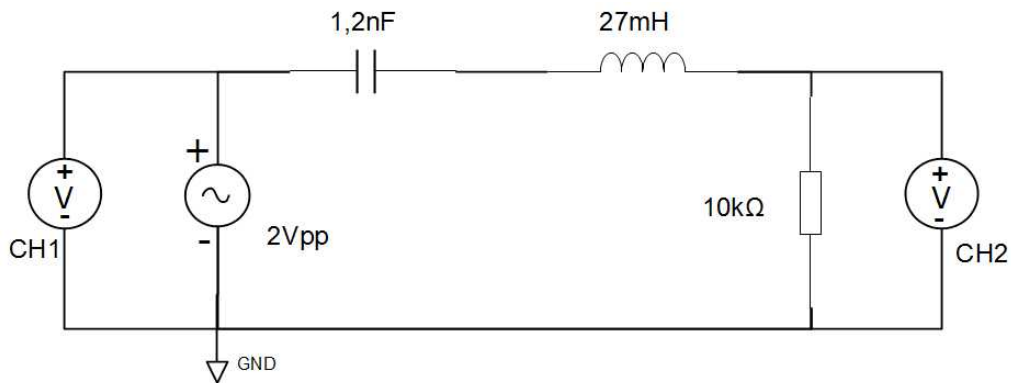


Fig 17 – Schema di principio E 3.4

RICHIESTE

Si richiede di:

- Ricavare la frequenza di risonanza $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ _____
- Impostare il generatore di funzioni su **onda sinusoidale** con ampiezza picco-picco 2 [V], ampiezza di offset 0 [V] e frequenza iniziale **un decimo** della frequenza di risonanza.
- Visualizzare la forma d'onda generata dal generatore di funzioni impiegando il primo canale dell'oscilloscopio.
- Verificare che l'onda generata soddisfi le caratteristiche di ampiezza, offset e frequenza date in b).
- Visualizzare la tensione ai capi del resistore impiegando il secondo canale dell'oscilloscopio.
- Ricavare matematicamente il **modulo e la fase della tensione sulla resistenza** al variare della frequenza. Calcolare l'impedenza vista dal generatore

- Effettuare 11 misurazioni di tensioni sulla resistenza con estremi di frequenza **1/10** e **10** volte la frequenza di risonanza e come misurazione centrale la frequenza di risonanza stessa. (usare una scala logaritmica da un fattore **-1** a un fattore **1** per passi di 0.2 rispetto alla frequenza di risonanza cioè: $f_0 \cdot 10.^{[-1:0.2:1]}$)

Riportare le scelte delle frequenze e i valori delle tensioni in termini di modulo e fase [misurando il ritardo/anticipo sul segnale di ingresso].

Si nota che la tensione sulla resistenza (in fase con la corrente sulla maglia) e' in ritardo o in anticipo sulla tensione di ingresso a seconda che domini l'effetto induttivo o capacitivo [a bassa o alta frequenza]

- La misura di fase viene effettuata valutando il ritardo o l'anticipo rispetto al segnale di ingresso e usando la formula $\varphi = 2\pi f \Delta t$ (e' opportuno scegliere come riferimento il segnale di ingresso e mettere lo zero della funzione trigonometrica nell'origine degli assi)
- Ricavare la corrente circolante nel circuito tramite la legge di Ohm sul resistore dalle misure di tensione sul resistore.
- Riflettendo sui risultati dei punti precedenti determinare l'andamento del modulo e della fase dell'impedenza del circuito serie RLC al variare della frequenza.
- Confrontare l'andamento dell'impedenza al variare della frequenza ricavato sperimentalmente con quello teorico.
- Calcolare $H = V_R / V_{in}$ e trovare 11 campioni con misura sperimentali. Riportare sui diagrammi a termine relazione. (Per limiti di tempo valutare i campioni dispari e il campione 6.)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
f											
V _R											
Δt											
<V _R											

OSS: il valore numero 6 della frequenza e' f_0 , valore 1 deve essere $f_0/10$ e valore 11 deve essere $10 \cdot f_0$

OSS: fare in modo che l'alimentazione $V_{in}(t)$ sia a fase nulla sull'oscilloscopio al centro del piano cartesiano

In questo modo la funzione di trasferimento $H = V_R / V_{in}$ sara' $H = V_R$ perche $V_{in} = 1 < 0$

OSS: la fase di V_R e' ottenuta tramite il ritardo Δt usando la formula $<V_R = 2\pi f \Delta t$

