

Esercitazioni di Laboratorio di Elettromagnetismo e Circuiti Es. nr 2: Oscilloscopio + RC impulsato

Introduzione

Lo scopo di questa esercitazione è quello di familiarizzarsi con oscilloscopio (e generatore di segnali) e ripetere l'esperienza di carica e scarica del condensatore con costanti di tempo 'sub-umane', osservando anche la tensione ai capi del resistore.

Background teorico: principio di funzionamento dell'oscilloscopio e principali regolazioni; generatori di tensioni periodiche (in particolare onda quadra e sinusoidale); resistenza interna del generatore; carica e scarica del condensatore: tensione ai capi di C e ai capi di R .

Materiale a disposizione: generatore di segnali; oscilloscopio a raggi catodici; multimetro digitale; 'ponte' per la misura delle capacità (uno per stanza); potenziometro, condensatore, resistori e accessori vari (inclusi cavi coassiali e deviazioni a 'T').

A) Uso del generatore di onde e dell'oscilloscopio

Questa prima parte non implica nessuna misura vera e propria, ma soltanto una serie di osservazioni qualitative. E' comunque importante registrare sul quaderno le osservazioni effettuate, corredate dai disegni (anche semiquantitativi) delle forme d'onda, al fine di ricordarsi nel seguito quanto è stato sperimentato.

In tutte le misure il commutatore alla sinistra del selettore dei tempi (destra in alto) va posto nella posizione **NORM**. Fare inoltre attenzione che le scale di sensibilità dei due assi dell'oscilloscopio non siano scalibrate (le manopole associate ai selettori di sensibilità devono essere tutte su **CAL**). Così pure prestare attenzione all'opzione '×10' della scala dei tempi.

In tutte le misure quantitative è importante registrare le scale di sensibilità utilizzate (sia per tensione che per tempo).

1. Trigger interno: Porre il selettore di sorgente del trigger (in alto al centro) su **INT** e il commutatore posto al di sotto di esso su **CH1** (nota: in alcuni oscilloscopi non c'è l'opzione 'INT', ma direttamente 'CH1' o 'CH2'). Inviare l'uscita del generatore all'ingresso **X** (o **CH1**) dell'oscilloscopio utilizzando il cavo (nero) BNC. Scegliere l'accoppiamento in **DC** (continua) mediante il selettore posto in prossimità del connettore di ingresso. Visualizzare i segnali di onda quadra, sinusoidale e triangolare (per diverse frequenze e ampiezze) agendo opportunamente sul comando di trigger (sinistra in alto).

Per ciascun tipo di segnale provare ad agire sulle varie opzioni del generatore di onde, scrivendo l'effetto osservato.

Per una data configurazione d'onda (tipo, ampiezza, frequenza) provare a cambiare la sensibilità dell'oscilloscopio (V/cm) e la scala dei tempi (s/cm).

Per il segnale sinusoidale e quello triangolare provocare lo slittamento del segnale lungo l'asse X agendo sul livello di trigger o sulla sua pendenza (SLOPE).

A questo punto dovrebbero essere abbastanza chiare le diverse funzioni che svolgono il generatore di onde e l'oscilloscopio.

2. Trigger esterno: scegliere la sorgente di trigger **EXT**. Connettere l'uscita "TTL/CMOS OUTPUT" del generatore con l'ingresso "**EXT TRIG INPUT**" attraverso il cavo usato precedentemente (quello con i due connettori BNC agli estremi). Senza alcun segnale all'ingresso, regolare la polarità e il livello di trigger in modo tale da osservare una traccia orizzontale. Accertarsi che la traccia sparisce se si toglie il segnale di trigger (altrimenti vuol dire che si sta operando erroneamente nel modo **LINE** o **AUTO**).
Agendo sul regolatore di posizione verticale si può portare a far coincidere lo zero della tensione con un punto qualsiasi dell'asse Y.
A questo punto connettere l'uscita del generatore con l'ingresso X dell'oscilloscopio e osservare la forma d'onda prescelta. Si potrà anche notare come le forme d'onda visualizzate cambiano cambiando la polarità del trigger esterno.
 3. Rappresentazione di più tracce: inviare lo stesso segnale anche all'ingresso Y (o CH2). Regolare opportunamente la sensibilità degli ingressi e la posizione delle tracce in modo tale da poter osservare simultaneamente i due segnali. Osservare l'effetto della scelta della modalità di rappresentazione verticale: CH1, CH2, DUAL, ADD.
- ⇒ **Per il resto dell'esperienza** (e di quasi tutte quelle successive in cui si lavora con l'oscilloscopio) **si usi il trigger esterno**.
- ⇒ Per **questa esperienza** è utile avere, agendo sull'*offset* del generatore di segnali un'**onda quadra fra 0 e un livello positivo** (per default oscilla fra un livello positivo e uno negativo).

B) Misura della resistenza interna del generatore

E' possibile misurare resistenza interna del generatore utilizzando il metodo del partitore di tensione. Misurare l'ampiezza del segnale in assenza di carico (V_0), quindi si può procedere in due modi:

- Aggiungere una resistenza R_1 e misurare l'ampiezza del segnale ai suoi capi (V_1). Per i valori di resistenza R_1 su cui chiudere il segnale proveniente dal circuito utilizzare valori **intorno** a 20, 50 e 100 Ω e confrontare i risultati.
- In alternativa, si può usare un 'potenziometro' del quale si varia il valore di resistenza fino ad osservare un dimezzamento di V_0 . Quindi...

Si noti che questa misura si basa sulla legge di Ohm applicata ai valori istantanei di tensione e corrente. Le formule del partitore, incontrate nel caso di corrente continua, vanno applicate alle ampiezze delle sinusoidi. (Vedremo nel seguito del corso la generalizzazione della legge di Ohm per grandezze sinusoidale, mediante il 'metodo simbolico'.)

C) Osservazione carica e scarica di un condensatore per diversi τ (parte 'qualitativa').

Montare il circuito sulla basetta, in analogia a quanto fatto nella prima esercitazione, ove

- il generatore in C.C. è sostituito dal generatore di segnali;

- il multimetro è sostituito dall'oscilloscopio (due canali, quindi come avere due voltmetri).

Inoltre,

- nella fase iniziale si usa il potenziometro al posto di un semplice resistore al fine di poter variare la costante di tempo del circuito;
- inviare il segnale del generatore di segnali al canale 1 dell'oscilloscopio e mediante una 'T' al circuito; il condensatore va collegato sul lato 'massa' del generatore (coccodrillo nero del 'cavo bastardo'), il resistore sul lato '+' (coccodrillo rosso).
- Nel fare i collegamenti seguire la convenzione di utilizzare i cavi rossi per il segnale ('+') e i cavi neri per la tensione di riferimento ('-').

Per lo studio della carica e scarica del condensatore si utilizza come ingresso un'onda quadra. Per accertarsi che l'uscita sia quella desiderata inviare direttamente l'uscita dell'oscillatore ad una delle uscite dell'oscilloscopio scavalcando il circuito (in pratica: staccare il cavo che va al circuito dalla 'T').

Regolare la frequenza dell'onda quadra in modo tale da osservare la carica e scarica del condensatore (mettersi cioè nella condizione $\tau \ll T$).

[Nota: per far partire il segnale di dente di sega in corrispondenza dell'inizio della carica o della scarica del condensatore si può agire sulla polarità del trigger (con opzione **AC**).]

Agire sul potenziometro e verificare che la costante di tempo cambia al variare della resistenza.

Verificare che se τ è confrontabile con T allora il condensatore non fa in tempo né a caricarsi né a scaricarsi completamente. In particolare, se T è addirittura $\ll \tau$ la tensione ai capi del condensatore ha una forma triangolare (tratti rettilinei dell'esponenziale).

D) Studio di carica e scarica di un condensatore

Nelle misure che seguono è preferibile usare una resistenza *fissa* (il potenziometro è instabile) e *abbastanza grande* (per evitare effetti di partizione con la resistenza interna del generatore) e capacità opportuna (in modo da lavorare nel range di frequenze ottimale per la strumentazione). Si raccomanda di usare i seguenti **valori dei componenti**: $R \approx 15\text{k}\Omega$ e $C \approx 10\text{nF}$.

Per quanto riguarda lo studio di carica e scarica, non è necessario riprodurre in modo pedante il lavoro della prima esercitazione (che richiederebbe molto tempo). È preferibile invece:

- imparare a misurare in modo rapido τ direttamente sull'oscilloscopio;
- riportare un disegno circa in scala (senza esagerare a riprodurre dettagli inessenziali) le forme d'onda osservate, indicando sul disegno stesso come è stata valutata τ ;
- confronto immediato con il valore atteso, per accertarsi, prima di continuare, che la situazione sia sotto controllo.

→ niente grafici su carta semilog!

E) Studio della tensione ai capi del resistore durante la carica e scarica del condensatore

Ora è la volta della tensione ai capi di R . Si ricorda che per eseguire questa misura si può in due modi

- ‘ribaltare’ R e C nel circuito e prelevare il segnale ai capi di R ;
- far eseguire all’oscilloscopio la differenza fra segnale di ingresso e segnale ai capi della capacità.

(E verificare che il risultato sia lo stesso non guasta.)

Fare ai capi di R un lavoro analogo a quello fatto ai capi di C (misure di τ e disegni, più confronti). Inoltre, è interessante confrontare $V_G(t)$, $V_C(t)$ e $V_R(t)$ riportando le varie forme d’onda sulla stessa scala temporale.

Infine, ricordandosi che, per la legge di Ohm, $V_R(t)$ e $I(t)$ sono proporzionali, si può tentare di valutare la carica del condensatore dalla forma di $V_R(t)$ e confrontarla con quella della nota relazione che lega tensione e carica del condensatore. [Si tratta di fare l’integrale $\int_0^\infty I(t)dt$, stimando l’area sotto la curva sperimentale $V_R(t)$, arrangiandosi con un po’ di fantasia.]