

Esperimentazioni di Fisica III

1 Strumentazione e circuiti RC

Relazione Gruppo

1.1 Misura di R_{out} del generatore di forme d'onda e del generatore di impulsi

Si faccia riferimento alla figura 1

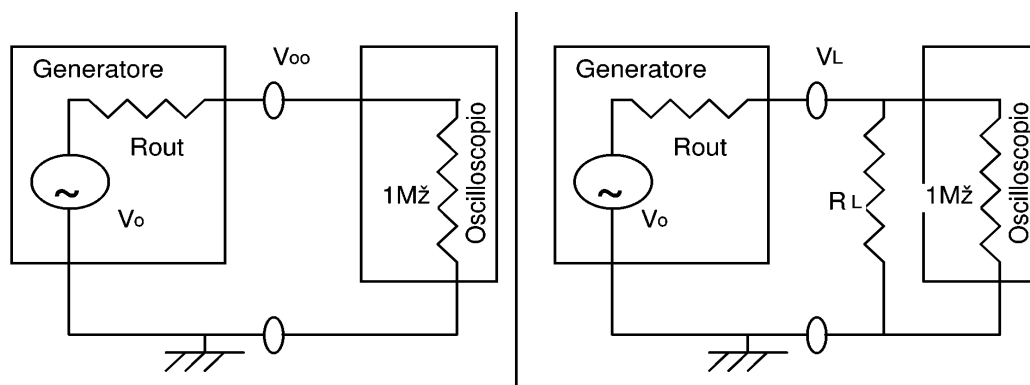


Figura 1:

I valori aspettati per R_{out} sono compresi fra 10 e 200 Ω . Per il generatore di impulsi usare la massima tensione di uscita.

Operazioni da compiere per una misura di R_{out} (per tutte le misure di tensione utilizzare l'oscilloscopio, cercando di minimizzare l'errore di lettura):

- Misurare la tensione V_{oo} all'uscita del generatore, come mostrato nella parte sinistra della figura 1. Poiché l'impedenza dell'oscilloscopio è $1M\Omega \gg R_{out}$, si ha $V_{oo} \approx V_o$, cioè la caduta di tensione su R_{out} è trascurabile.
- Inserita una resistenza di carico $R_L \ll 1M\Omega$ (parte destra della figura), misurare la tensione V_L all'uscita del generatore. In questo caso si ha:

$$V_L \approx V_o \frac{R_L}{R_L + R_{out}}$$

- Da (a) e (b) si ricava: $R_{out} = R_L(V_o/V_L - 1) = R_L(V_{oo}/V_L - 1)$.

Riempire poi la tabella mostrata nel seguito, dove con Δ si è indicato l'errore sulla variabile corrispondente:

	$R_L \pm \Delta$	$V_{oo} \pm \Delta$	$V_L \pm \Delta$	$R_{out} \pm \Delta$
generatore di forme d'onda				
generatore d'impulsi				

- (d) Riportate qui di seguito la formula adoperata per il calcolo dell'errore percentuale su R_{out} in funzione di V_{oo} , V_L e R_L e degli errori su tali variabili.

Come conviene scegliere la resistenza R_L da inserire nel circuito perché la precisione della misura sia buona? Che cosa succede e come cambia la precisione della misura se $R_{out} \gg R_L$ oppure $R_{out} \ll R_L$? Per rispondere a queste domande non avete bisogno di cercare il minimo dell'errore relativo su R_{out} . Rispondete analizzando l'andamento dell'errore percentuale nei casi limite richiesti.

- (e) Supponete di aver misurato V_{oo} e V_L sullo stesso canale dell'oscilloscopio considerando come errore solo la risoluzione dello schermo (cioè la Δ corrispondente alla tacca o mezza tacca della scala del monitor dell'oscilloscopio). Scoprite poi che sul canale che avete utilizzato per compiere la misura c'è un errore di calibrazione dell'ordine del 10%. Come cambia la vostra stima dell'errore su R_{out} ?
- (f) Come cambia la valutazione dell'errore sulla misura di R_{out} se invece avete misurato V_{oo} e V_{out} con due canali diversi dell'oscilloscopio e scoprite che hanno una differenza di calibrazione l'uno rispetto all'altro dell'ordine del 10%?
- (g) Perché è sbagliato calcolare l'errore su $R_{out} = R_L(V_o - V_L)/V_L$ come:

$$(\Delta R_{out}/R_{out})^2 = (\Delta R_L/R_L)^2 + (\Delta(V_{oo} - V_L)/(V_{oo} - V_L))^2 + (\Delta V_L/V_L)^2$$

- (h) In quali condizioni il funzionamento del generatore di tensione si discosta apprezzabilmente da quello di un generatore ideale?

1.2 Circuito Integratore

- (a) Facendo uso di un condensatore (C) ed una resistenza (R), montate un circuito che funzioni come integratore per segnali in ingresso aventi frequenze $f > 50$ KHz. Disegnate qui di seguito lo schema del circuito e specificate nella

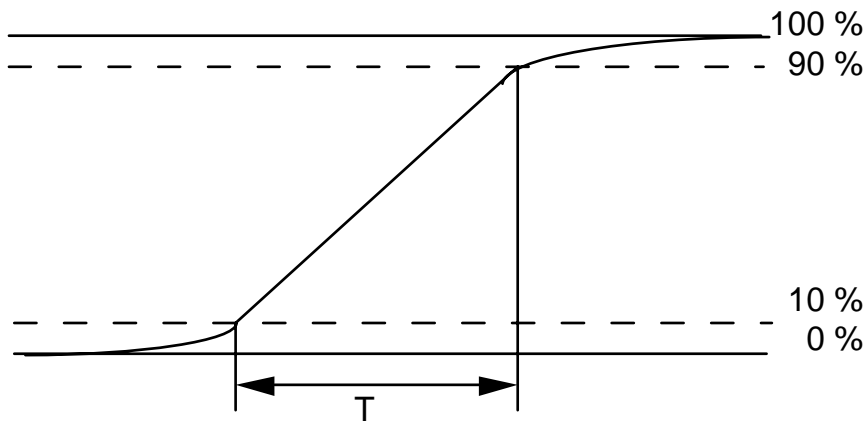


Figura 2:

tabella i valori di R e C che avete scelto. Calcolate e riportate nella medesima tabella la costante di tempo $\tau = RC$ del circuito e la frequenza di taglio $f_0 = 1/2\pi RC$.

$R \pm \Delta$	$C \pm \Delta$	$f_0 \pm \Delta$	$\tau \pm \Delta$

- (b) Misurate il tempo di salita T di V_{out} per una tensione d'ingresso V_{in} a gradino (vedi figura 2) (T=tempo impiegato da $V_{out}(t)$ per passare dal 10% al 90% del suo valore finale come mostrato in figura 2). Ricavate $\tau' = T/2.20$ e confrontatelo con il valore atteso $\tau = RC$ calcolato al punto a).

$$T = \quad \pm$$

$$\tau' \equiv T/2.20 = \quad \pm$$

c'è accordo ? : *SI* *NO*

Per effettuare facilmente questa misura agire sulla manopola CAL dell'oscilloscopio (coassiale alla manopola VOLTS/DIV) fino a portare i livelli di partenza e di arrivo del segnale in corrispondenza delle righe contrassegnate con 0% e 100%. In queste condizioni il tempo di salita è facilmente misurato come mostrato in figura 2. Come avete stimato l'errore su T?

ATTENZIONE: alla fine di questa misura RIPORTARE NELLO STATO NORMALE LA SCALA VERTICALE DELL'OSCILLOSCOPIO, altrimenti le misure successive risulteranno scalibrate.

(c) Misurate l'andamento in funzione della frequenza di:

$$A = \frac{|V_{out}|}{|V_{in}|}$$

$$\Phi = \text{sfasamento fra } V_{in} \text{ e } V_{out}$$

(Prendere per V_{in} un segnale sinusoidale di modulo fissato, variandone poi la frequenza f . Per ogni frequenza misurare A e Φ , visualizzando sull'oscilloscopio contemporaneamente V_{out} e V_{in})

Allegare a questa relazione la tabella delle misure fatte con l'oscilloscopio per: f , V_{in} , V_{out} , Δt , A e Φ , dove Δt è il ritardo temporale tra V_{out} e V_{in} (bastano poche misure ben distribuite in frequenza in modo che si osservi la forma della risposta). Confrontare le misure di A e Φ con le funzioni aspettate:

$$A = \frac{1}{\sqrt{1 + f^2/f_0^2}}$$

e:

$$\Phi = -\arctan(f/f_0)$$

dove f_0 è la frequenza di taglio.

Allegare su carta millimetrata i grafici di A e Φ in funzione di f . Poiché f varia di molti ordini di grandezza ($1 - 10^6 \text{ Hz}$), è bene usare una scala logaritmica per l'asse x .

Ricavate dal grafico la frequenza di taglio del circuito f' (cioè la frequenza per cui $A = 1/\sqrt{2}$) e confrontatela con f_0 .

Come avete stimato gli errori su f_0 ed f' ?

- (d) In quale regione di frequenze il circuito si comporta come integratore ? In quale regione di frequenze il filtro non attenua il segnale ?
- (e) Verificate il comportamento del circuito come integratore utilizzando un segnale di input sinusoidale. Disegnate qui sotto ciò che vedete all'oscilloscopio utilizzando per V_{in} e V_{out} la stessa scala temporale.
- (f) Utilizzate ora in input un segnale quadrato e verificate che l'output ne è l'integrale. Quale condizione deve essere soddisfatta tra il periodo dell'onda quadra T e il tempo τ affinché il circuito RC si comporti come integratore? Disegnare qui sotto ciò che si osserva all'oscilloscopio, cioè i due segnali $V_{in}(t)$ e $V_{out}(t)$ sulla stessa scala temporale:

1.3 Circuito Derivatore

- (a) Facendo uso di un condensatore (C) ed una resistenza (R), montate un circuito che funzioni come derivatore per segnali di input di frequenze $f \leq 50$ KHz. Disegnate qui di seguito lo schema del circuito e specificate i valori di R e C che avete scelto. Calcolate la costante di tempo τ del circuito e la frequenza di taglio f_0 .

$$R = \quad \pm$$

$$C = \quad \pm$$

$$\tau = RC = \quad \pm$$

$$f_0 = \quad \pm$$

- (b) Mandate in input un segnale sinusoidale V_{in} di modulo fissato. Variando la frequenza di V_{in} , misurare il valore della frequenza f' per cui $A = 1/\sqrt{2}$ e confrontare il valore misurato con f_0 ricavato al punto a).

$$f' = \quad \pm$$

C'è accordo con il valore atteso?

Come avete stimato l'errore in questo caso?

- (c) Verificare che per $f \ll f_0$, $A = f/f_0$

- (d) In quale regione di frequenze il circuito si comporta come derivatore? In quale regione di frequenze il filtro non attenua il segnale?
- e) Verificate il comportamento del circuito come derivatore utilizzando un segnale di input sinusoidale. Disegnate qui sotto ciò che vedete all'oscilloscopio utilizzando per V_{in} e V_{out} la stessa scala temporale.
- (f) Utilizzate ora in input un segnale triangolare e verificate che l'output sia la derivata di questo. Disegnate qui sotto ciò che si osserva all'oscilloscopio, cioè i due segnali $V_{in}(t)$ e $V_{out}(t)$ sulla stessa scala temporale:

- (g) Quanto valgono Z_{in} e Z_{out} del circuito integratore e derivatore? Considerate i casi peggiori.

Integratore:

	$f \ll f_0$	$f \approx f_0$	$f \gg f_0$
Z_{in}			
Z_{out}			

Derivatore:

	$f \ll f_0$	$f \approx f_0$	$f \gg f_0$
Z_{in}			
Z_{out}			

- (h) La resistenza R_{out} dell'oscilloscopio modifica V_{out} del vostro circuito? Modifica la frequenza di taglio ?

Durante l'esperienza in ogni caso in cui la misura non è compatibile con il valore aspettato, aggiungere delle osservazioni per tentare di spiegare la discrepanza.

Per la propagazione degli errori su di una quantità $f(x_i)$, funzione di altre x_i , misurate con errori scorrelati $\delta(x_i)$, usare la formula di propagazione:

$$\delta f = \sqrt{\sum \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \delta x_i \right]^2}$$

Si ricorda inoltre che è meglio non fare misure a frequenze troppo basse o troppo alte. A frequenze troppo basse diventa difficile l'uso dell'oscilloscopio. A frequenze troppo alte le capacità ed induttanze parassite perturbano in modo non trascurabile il funzionamento del circuito.