

Misure di tensione alternata¹

1 Introduzione

La seguente esercitazione di laboratorio riguarda l'uso dei voltmetri nella modalità di misura di tensioni in alternata. Obiettivo dell'esercitazione, oltre a raffinare la dimestichezza dello studente nei confronti dell'uso dell'oscilloscopio, è la misura di tensioni per mezzo di 3 diversi tipi di voltmetri per tensioni alternate:

- voltmetro a vero valore efficace
- voltmetro a valor medio a singola semionda (ICE)
- voltmetro di picco²

Attenzione particolare va posta nella valutazione delle incertezze da associare alle misure effettuate.

2 Suggerimenti pratici

Il generatore di segnali utilizzato è il medesimo dell'esercitazione relativa all'uso dell'oscilloscopio. Come si ricorderà il generatore necessita di una alimentazione duale simmetrica 12..15 V ricavata da un alimentatore stabilizzato presente sul banco. Il generatore di forme d'onda presenta 4 connettori BNC di cui solo due sono utilizzati in questa esercitazione. Il display indica quale forma d'onda è stata selezionata tra le 8 possibili. Le forme d'onda disponibili sono disponibili nel sito del Ladispe. Mentre si fanno le misurazioni con i voltmetri, l'oscilloscopio può restare sempre collegato al generatore di segnali per mezzo dei raccordi a T.

¹Questi appunti sono parzialmente tratti dal materiale prodotto da E. Rubiola tra il 1995 ed il 2000

²Questo strumento è composto da una sonda di picco ed un voltmetro in dc con resistenza interna $R_2 = 10 \text{ M}\Omega$. La costante strumentale, pari a $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$, è realizzata opportunamente per mezzo di un partitore di resistenze ($R_1 = 4.1 \text{ M}\Omega$ e $R_2 = 10 \text{ M}\Omega$) al fine di effettuare le letture in valore efficace. R_1 è contenuto all'interno della sonda di picco. Per ulteriori informazioni si faccia riferimento alla documentazione presente nel sito del Ladispe.

3 Conversioni ed incertezze

3.1 Onda sinusoidale

Utilizzate il segnale A0 (forma d'onda 0, uscita A) del generatore di segnali (circuito stampato). Misurate la tensione con i 3 voltmetri (valore efficace, medio e di picco) e con l'oscilloscopio; calcolate l'incertezza. Riportate le misure in un grafico e verificate la compatibilità.

3.2 Onda triangolare

Utilizzate il segnale A3 (forma d'onda 3, uscita A) del generatore di segnali (circuito stampato). Misurate la tensione con i 3 voltmetri (valore efficace, medio e di picco) e con l'oscilloscopio. Trasformate tutte le letture in tensione efficace e calcolatene le incertezze. Riportate le misure in un grafico e verificate la compatibilità.

3.3 Onda quadra

Utilizzate il segnale B3 del generatore di segnali (circuito stampato). Misurate la tensione con i 3 voltmetri (valore efficace, medio e di picco) e con l'oscilloscopio. Trasformate tutte le letture in tensione efficace e calcolate le incertezze. Riportate le misure in un grafico e verificate la compatibilità.

3.4 Forme d'onda arbitrarie

Utilizzate il segnale A8 del generatore di segnali (circuito stampato). Misurate la tensione con i 3 voltmetri (valore efficace, medio e di picco) e con l'oscilloscopio. Trasformate tutte le letture in tensione di picco e calcolate le incertezze. Riportate le misure su un grafico e verificate la compatibilità.

4 Duty cycle

Per l'onda rettangolare il duty cycle è definito come rapporto tra la durata della sola parte positiva e l'intero periodo del segnale. In maniera del tutto simile, per l'onda triangolare esso è definito come rapporto tra la durata della parte con pendenza positiva e il periodo del segnale. In pratica il Duty cycle è definito come:

$$D = 100 \cdot \frac{T_H}{T} \quad (1)$$

dove T_H è l'intervallo di tempo in cui il segnale assume un valore *alto* e T è il periodo del segnale. Il valore è espresso in percentuale.

4.1 Voltmetro in continua

Misurare con l'oscilloscopio (accoppiato in dc) l'ampiezza e i duty cycle del segnale B4. Calcolare la lettura attesa del voltmetro in continua, che è il valore medio del segnale tenendo presente che il voltmetro in continua all'interno non ha il raddrizzatore. Misurare con il voltmetro digitale e verificare la compatibilità del risultato. Si ricordi che il voltmetro per tensione continua, per il generico segnale $v(t)$, fornisce una lettura V_M data da

$$V_M = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} v(t) dt \quad (2)$$

dove T è la durata della misurazione, che supporremo molto maggiore del periodo del segnale da misurare.

4.2 Voltmetro a valore medio

Misurare il segnale B4 con il voltmetro a valore medio in alternata (attenzione: il voltmetro è a una semionda). Giustificare con i calcoli la differenza tra le letture del voltmetro e dell'oscilloscopio.

4.3 Voltmetro a valore efficace

Misurare il segnale B4 con il voltmetro a valore efficace, che presenta il condensatore in serie. Giustificare con i calcoli la differenza tra le letture del voltmetro e dell'oscilloscopio.

5 Limiti di funzionamento

Per misurare le risposte in frequenza si utilizzi come sorgente il generatore di funzioni, servendosi dell'oscilloscopio per verificare che l'ampiezza del segnale resti costante. Si può infatti supporre che la lettura dell'oscilloscopio, che ha una banda considerevolmente più larga di quella dei voltmetri disponibili, non dipenda dalla frequenza. Trattandosi di voltmetri, cercare le frequenze a 3 dB, come per i doppi bipoli, ha poco senso; il fenomeno da osservare è invece l'errore sistematico che compare ai limiti della banda, limitando le misure alle frequenze per le quali la variazione della lettura raggiunge orientativamente il 10 - 15%, cosa che rende scarsamente utilizzabile lo strumento.

5.1 Risposta in frequenza del voltmetro a valore medio

Tracciare il grafico degli errori sistematici dipendenti dalla frequenza per il voltmetro a valore medio, portata 10 V. Utilizzare un segnale di ampiezza adeguata al fondo scala.

5.2 Risposta in frequenza del voltmetro a valore efficace

Tracciare il grafico degli errori sistematici dipendenti dalla frequenza per il voltmetro a valore efficace, portata 10 V fondo scala.

5.3 Risposta in frequenza del voltmetro di picco

Tracciare il grafico degli errori sistematici dipendenti dalla frequenza per la sonda voltmetrica di picco. Utilizzare un segnale di ampiezza $1 V_{\text{rms}}$. Perché il voltmetro di picco è limitato alle basse frequenze?

6 Varie

6.1 Sinusoide raddrizzata

Il segnale A0 del generatore (circuito stampato) è una sinusoide. Il segnale A5 è la stessa sinusoide, ma raddrizzata. Misurarne il segnale A0 con il voltmetro a valore efficace e il segnale A5 con il multimetro digitale in continua. Che relazione c'è tra le due letture?

6.2 Onda intera o semionda?

Il modo più ovvio per verificare se il voltmetro a valore medio senza condensatore in serie è del tipo a onda intera o a semionda consiste nel misurare due volte una tensione continua, invertendo i puntali. Se in una delle due posizioni la lancetta resta ferma sullo zero lo strumento è a semionda, altrimenti è a onda intera.

6.3 Segnale a scala

Misurare la tensione del segnale B8 del generatore (circuito stampato) con il voltmetro a valore efficace. Confrontare con la misura del valore efficace ottenuta da calcoli basati sulla lettura dell'oscilloscopio. Ripetere l'esperienza con il voltmetro a valore medio (attenzione alla costante strumentale).

6.4 Resistenza di ingresso

Quanto vale la resistenza di ingresso del voltmetro a valore medio (ICE) per le portate di fondo scala 2 V, 4 V e 10 V?