

# Oscilloscopio Digitale

Questa relazione è stata effettuata in data 10/10/2024 dal gruppo 3 del laboratorio di SETM, formato da Carbone Orazio (S300511), Dandolo Giacomo (S296525), Favellato Francesco (S312697) e Genduso Cristina (S293536).

## 1 Caratteristiche dell'esperienza

### 1.1 Obiettivo

L'obiettivo di questa esperienza è prendere confidenza con le misure di varie grandezze attraverso un oscilloscopio digitale, della loro verifica attraverso il multimetro e di come possono avere un errore sistematico minore attraverso l'utilizzo di una sonda.

### 1.2 Materiale utilizzato

1. Componenti elettronici:
  - sonda compensata (10X).
2. Strumentazione:
  - generatore di funzione Hantek HDG2032B;
  - oscilloscopio digitale Rigol DS1054 Z;
  - multimetro da banco Hewlett Packard 34401A.

## 2 Misurazione di valore efficace e frequenza

1. Regoliamo il generatore di segnali in modo da ottenere un segnale sinusoidale, senza offset, con ampiezza di picco 1 V e frequenza 1 kHz;
2. Colleghiamo, tramite un cavo coassiale, l'uscita del generatore all'ingresso CH1 dell'oscilloscopio;
3. Regoliamo l'oscilloscopio, in modo da visualizzare la forma d'onda.

Alla fine del regolamento dell'oscilloscopio si ha una risoluzione Res e un Full Scale FS.

$$\text{Res} = 0.325 \frac{V}{\text{div}}$$

$$\text{FS} = 8\text{div} \cdot \text{Res} = 2.6 V$$

### 2.1 Misurazione del valore efficace

La misura del valore efficace è ottenuta per via indiretta dalla misura della tensione di picco-picco. Usiamo i cursori per ottenere direttamente il valore della tensione di picco-picco.

L'incertezza ha due componenti: una dovuta allo strumento, definita per una tensione maggiore di 10 mV ( $\delta_S$ ) e una dovuta al posizionamento dei cursori da parte dell'operatore ( $\delta_C$ ).

$$\delta_S = 3\% \cdot \text{FS} = 0.078 \text{ V}$$

$$\delta_C = \frac{\text{Res}}{5} = 0.065 \text{ V}$$

1. Riportiamo la lettura dell'ampiezza picco-picco  $V_{pp}$  con le sue componenti  $V_1$  e  $V_2$ :

$$V_1 = -1.001 \text{ V}$$

$$V_2 = 1.001 \text{ V}$$

$$V_{pp} = V_2 - V_1 = 2.002 \text{ V}$$

2. Riportiamo la formula impiegata per il calcolo dell'incertezza  $\delta V_{pp}$ :

$$\delta V_{pp} = \delta V_1 + \delta V_2$$

3. Calcoliamo l'incertezza:

$$\delta V_1 = \delta V_2 = \delta_S + \delta_C = 0.143 \text{ V}$$

$$\delta V_{pp} = 0.286 \text{ V}$$

4. Calcoliamo ora il valore efficace  $V_{eff}$  e la sua incertezza  $\delta V_{eff}$ :

$$V_{eff} = \frac{V_1}{\sqrt{2}} = 0.708 \text{ V}$$

$$\delta V_{eff} = \delta V_1 = 0.143 \text{ V}$$

## 2.2 Misurazione di frequenza

In modo analogo eseguiamo la misurazione del periodo del segnale e ne ricaviamo la frequenza.

1. Riportiamo la formula dell'incertezza, dove compariranno due contributi: uno legato all'incertezza della base dei tempi dell'oscilloscopio (trascurabile,  $\delta_S$ ) e una dovuta al posizionamento dei cursori ( $\delta_C$ ):

$$\delta_S \approx 0$$

$$\delta_C = 0.002 \text{ ms}$$

$$\delta T_1 = \delta T_2 = \delta_S + \delta_C = 0.002 \text{ ms}$$

2. Riportiamo il periodo  $T$  del segnale con la relativa incertezza  $\delta T$ :

$$T_1 = 0.752 \text{ ms}$$

$$T_2 = -0.248 \text{ ms}$$

$$T = T_2 - T_1 = 1.000 \text{ ms}$$

$$\delta T = \delta T_1 + \delta T_2 = 0.004 \text{ ms}$$

3. Calcoliamo la frequenza  $f$  e la sua incertezza  $\delta f$ :

$$f = \frac{1}{T} = 1.000 \text{ kHz}$$

$$\delta f = \left| \frac{\partial f}{\partial T} \right| \cdot \delta T = \left| -\frac{1}{T^2} \right| \cdot \delta T = 0.004 \text{ kHz}$$

## 2.3 Verifica con multimetro

Misuriamo il valore efficace e la frequenza utilizzando il multimetro e calcoliamo l'incertezza con la formula binomia.

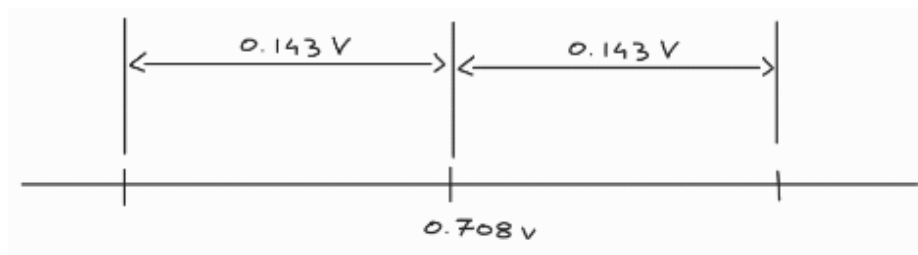
1. Riportiamo le misure di valore efficace e frequenza ottenute con il multimetro:

$$V_{eff,DMM} = 0.707 \pm 0.0000606 \text{ V}$$

$$f_{DMM} = 1.000 \pm 0.0002 \text{ kHz}$$

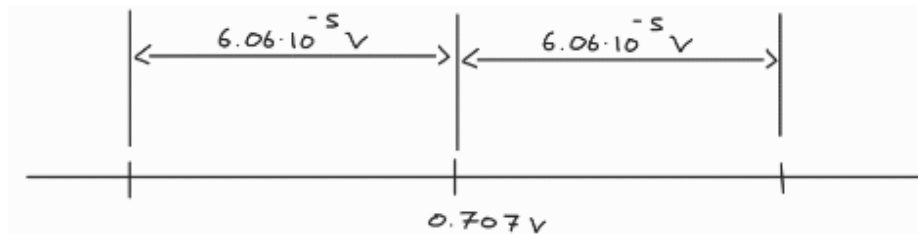
2. Verifichiamo ora la compatibilità delle misure ottenute con oscilloscopio e multimetro, disegnando le fasce di valore assegnate ai due parametri:

- $V_{eff}$



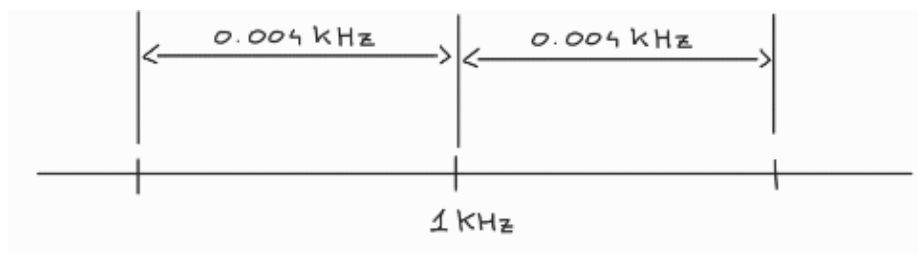
Fascia di valore del  $V_{eff}$

- $V_{eff,DMM}$



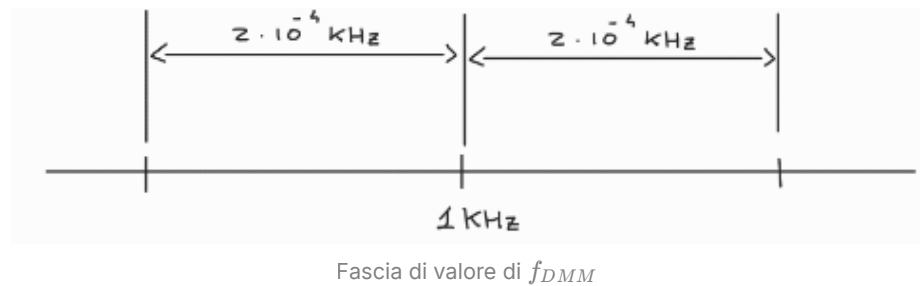
Fascia di valore del  $V_{eff,DMM}$

- $f$



Fascia di valore di  $f$

- $f_{DMM}$



## 3 Misurazione del tempo di salita

Regoliamo il generatore di segnali in modo da erogare un segnale ad onda quadra, ampiezza  $1\text{ V}$ , offset  $0\text{ V}$ , frequenza  $1\text{ kHz}$  e duty cycle del  $50\%$ .

### 3.1 Misurazione 1: tempo di salita in condizioni di adattamento di impedenza

1. Colleghiamo il generatore all'oscilloscopio con un cavo coassiale. Terminiamo il cavo con un resistore, in modo da adattare l'impedenza. Così facendo, l'oscilloscopio mostra al cavo un'impedenza di ingresso di circa  $50\ \Omega$ .
2. Regoliamo l'oscilloscopio in modo da visualizzare il fronte di salita del segnale.
3. Eseguiamo la misurazione del tempo di salita del segnale:

$$t_{sm} = 15.40\text{ ns}$$

4. La misura del tempo di salita presenta un effetto sistematico dovuto al tempo di salita  $t_{so}$  introdotto dall'oscilloscopio a causa della sua banda passante  $B_0 = 50\text{ MHz}$ . Valutiamo tale tempo:

$$t_{so} = \frac{0.35}{B_0} = 7.00\text{ ns}$$

5. Ci troviamo nella condizione  $t_{so} < t_{sm}$ , per cui l'effetto sistematico non è trascurabile. E' necessario quindi correggere l'effetto dell'oscilloscopio, al fine di ottenere il tempo di salita del segnale di ingresso  $t_{ss}$ :

$$t_{ss} = \sqrt{t_{sm}^2 - t_{so}^2} = 13.72\text{ ns}$$

### 3.2 Misurazione 2: tempo di salita con generatore ad alta impedenza

Colleghiamo un resistore di valore  $1\text{ k}\Omega$  in serie al generatore di segnale. Calcoliamo la frequenza del polo e valutiamo l'effetto sulla misura del tempo di salita.

1. Capacità totale (oscilloscopio + cavo):

$$C_{tot} = 158\text{ pF}$$

2. Resistenza del generatore modificato:

$$R_g = 1 \text{ } M\Omega$$

3. Frequenza del polo:

$$f_p = \frac{1}{2\pi R_g C_{tot}} = 1.007 \text{ } kHz$$

4. Tempo di salita dovuto al polo:

$$t_{so} = \frac{0.35}{f_p} = 345.57 \text{ } ns$$

5. verifichiamo sperimentalmente il tempo di salita misurandolo:

$$t_{sp,m} = 21.80 \text{ } ns$$

### 3.2.1 Riduzione dell'effetto sistematico

Per ridurre questo effetto sistematico, utilizziamo la sonda compensata 10X al posto del cavo coassiale. In questo caso, la capacità vista dal generatore è quella della sonda, che è circa 10 volte inferiore a quella del circuito cavo+oscilloscopio.

1. Procuriamoci il valore della capacità di ingresso della sonda:

$$C_s = 12 \text{ } pF$$

2. Calcoliamo la nuova frequenza del polo con il resistore da  $1 \text{ } k\Omega$  e la sonda compensata:

$$f_p^S = 13.263 \text{ } kHz$$

3. Calcoliamo il nuovo tempo di salita atteso:

$$t_{sp}^S = 26.39 \text{ } ns$$

4. Verifichiamo sperimentalmente l'effetto della sonda dopo averla compensata:

$$t_{sp,m}^S = 19.40 \text{ } ns$$

## 4 Conclusioni

Le misurazioni effettuate nel punto 2 sono risultate relativamente accurate, come confermato nel punto 2.3.

Si può notare come, nel punto 3.2.1, l'effetto sistematico è stato effettivamente ridotto del fattore voluto, portando il tempo di salita atteso a circa 10 volte inferiore a quella calcolata precedentemente.