

Relazione attività di laboratorio

- Esercitazione 1 -

Andrea Lops
Paolo Rotolo
Laura Loperfido
Teresa Pantone

29/11/2018

1 Calcoli

Per poter calcolare le incertezze richieste abbiamo usato le seguenti *formule*:

1.1 Incertezza sulla resistenza R

In primo luogo, è stata effettuata la misura della resistenza tramite il multimetro *Agilent 34401*:

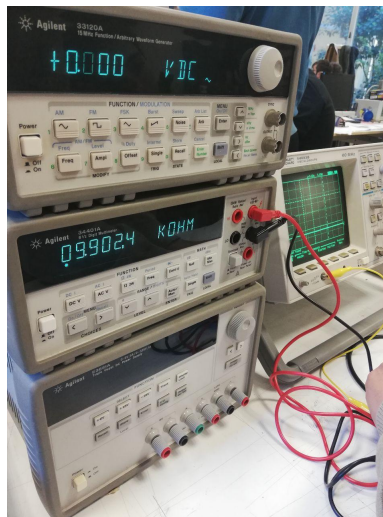


Figure 1: Multimetro in misura

Per il calcolo dell'incertezza relativa alla resistenza si consulta la seguente tabella (*Figure 2*) delle specifiche relative al multimetro *Agilent 34401*:

Accuracy Specifications \pm (% of reading + % of range)¹

Function	Range ³	Frequency, etc.	24 hour ² 23 \pm 1 °C	90 day 23 \pm 5 °C	1 year 23 \pm 5 °C	Temperature coefficient 0 - 18 °C 28 - 55 °C
Resistance ⁷	100.0000 Ω	1 mA current source	0.0030 + 0.0030	0.008 + 0.004	0.010 + 0.004	0.0006 + 0.0005
	1.000000 k Ω	1 mA	0.0020 + 0.0005	0.008 + 0.001	0.010 + 0.001	0.0006 + 0.0001
	10.00000 k Ω	100 μ A	0.0020 + 0.0005	0.008 + 0.001	0.010 + 0.001	0.0006 + 0.0001
	100.0000 k Ω	10 μ A	0.0020 + 0.0005	0.008 + 0.001	0.010 + 0.001	0.0006 + 0.0001
	1.000000 M Ω	5.0 μ A	0.002 + 0.001	0.008 + 0.001	0.010 + 0.001	0.0010 + 0.0002
	10.00000 M Ω	500 nA	0.015 + 0.001	0.020 + 0.001	0.040 + 0.001	0.0030 + 0.0004
	100.0000 M Ω	500 nA 10 M Ω	0.300 + 0.010	0.800 + 0.001	0.800 + 0.001	0.1500 + 0.0002

Figure 2: Tabella di accuratezza del multimetro

Il valore della resistenza letto sul multimetro è 9.8887 k Ω . Si sceglie il range appropriato per la misura (10 k Ω) e si leggono i valori di incertezza di lettura e di fondo scala.

$$U_R = [\pm 0.010\%rdg \pm 0.001\%FSO] \quad (1)$$

$$R = 9.8887 \pm 0.0010 k\Omega$$

1.2 Incertezza sui tempi

Per calcolare l'incertezza sulle misure è necessario conoscere le specifiche di performance dell'*Oscilloscopio HP54603B*. Si prende come riferimento il sistema orizzontale, ovvero quello riferito al tempo, avendo appurato che tali misure si riferiscano ad esso.

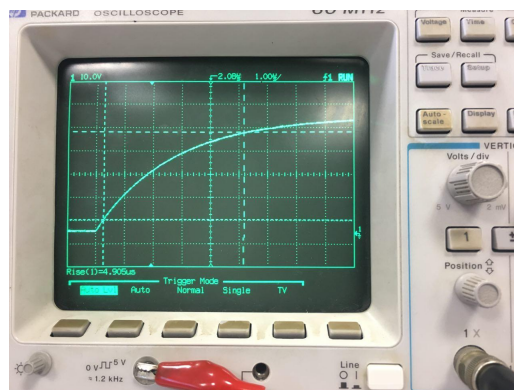


Figure 3: Oscilloscopio

Di seguito sono riportati i calcoli relativi all'incertezza che verranno illustrati solo per la prima misura in quanto sono gli stessi che verranno utilizzati per le misure successive.

1.2.1 Tempo di salita con sonda non compensata

Per calcolare l'incertezza si utilizza la seguente formula, presente nel datasheet dell'oscilloscopio:

$$U_t = [\pm 0.01\%rdg \pm 0.2\%FSO \pm 200ps] \quad (2)$$

Si noti che per poter calcolare l'incertezza si necessita del valore di fondo scala ottenuto moltiplicando l'impostazione di guadagno per il numero di divisioni.

Nel caso del tempo di salita con la sonda non compensata, l'impostazione di guadagno verticale/base dei tempi è $10.0V/2.0\mu s$. Il numero di divisioni è 10, quindi:

$$FS = 2.0\mu s * 10 = 20\mu s \quad (3)$$

Quindi si ricava l'incertezza:

$$t_r = 5.51\mu s \pm 0,00055\mu s \pm 0,04\mu s \pm 200ps \quad (4)$$

Per rendere più elegante la scrittura del risultato senza intaccarne la validità, si decide di approssimarlo alla seconda cifra decimale.

$$t_r = 5.51 \pm 0,04\mu s \quad (5)$$

1.2.2 Tempo di discesa con sonda non compensata

$$t_f = 5.71\mu s \pm 0,00057\mu s \pm 0,04\mu s \pm 200ps \quad (6)$$

Arrotondando:

$$t_f = 5.71 \pm 0,04\mu s \quad (7)$$

1.2.3 Tempo di salita con sonda compensata 10x

$$t_{r_{10x}} = 975ns \pm 0,0975ns \pm 10ns \pm 200ps \quad (8)$$

Arrotondando:

$$t_{r_{10x}} = 975 \pm 10ns \quad (9)$$

1.2.4 Tempo di salita con sonda non compensata e inserzione di una resistenza

$$t_{r_R} = 7.11\mu s \pm 0,00071\mu s \pm 0,04\mu s \pm 200ps \quad (10)$$

Arrotondando:

$$t_{r_R} = 7.11 \pm 0,04\mu s \quad (11)$$

1.2.5 Tempo di salita con sonda compensata 10x e inserzione di una resistenza

$$t_{r_{R_{10x}}} = 1300ns \pm 0,13ns \pm 10ns \pm 200ps \quad (12)$$

Arrotondando:

$$t_{r_{R_{10x}}} = 1300 \pm 10ns \quad (13)$$

1.2.6 Periodo segnale sinusoidale

$$T_s = 1000\mu s \pm 0.1\mu s \pm 4\mu s \pm 200ps \quad (14)$$

Arrotondando:

$$T_s = 1000 \pm 4\mu s \quad (15)$$

1.2.7 Frequenza segnale sinusoidale

Essendo una misura indiretta useremo la seguente formula:

$$U_{f_s} = \left| \frac{d\frac{1}{T_s}}{dT_s} \right| U_{T_s} \quad (16)$$

Quindi l'incertezza:

$$U_{f_s} = \frac{1}{1000000} * 4.1 = 4.1Hz \quad (17)$$

$$f_s = 1000 \pm 4Hz \quad (18)$$

1.3 Capacità sistema sonda non compensata, resistenza e oscilloscopio

Diversamente dalle altre misure, il calcolo della capacità è una misura indiretta, essendo:

$$C = \frac{t_{rR}}{R * \ln(9)} \quad (19)$$

Quindi:

$$C = \frac{7.1}{9.9 * \ln(9)} \left[\frac{\mu s}{k\Omega} \right] = 0.325nF \quad (20)$$

In questo caso quindi l'incertezza si ricava usando la seguente formula:

$$U_{tot} = \sum_{i=1}^N \left| \frac{df}{dy_i} \right| U_i \quad (21)$$

Quindi l'incertezza:

$$U_C = \frac{d \frac{t_{r_R}}{R * \ln(9)}}{dt_{r_R}} U_{t_{r_R}} + \frac{d \frac{t_{r_R}}{R * \ln(9)}}{dR} U_R \quad (22)$$

Quindi:

$$U_C = 0.046 * 0.041 + \frac{3.227}{9.9^2} * 0.001 = 0.002 nF \quad (23)$$

In conclusione:

$$C = 0.325 \pm 0.002 nF \quad (24)$$

1.3.1 Capacità sistema sonda compensata 10x, resistenza e oscilloscopio

Si evita la rindondanza dei calcoli presenti precedentemente e si provvede ad eseguire il calcolo

$$C_{10x} = \frac{1300}{9.9 * \ln(9)} \left[\frac{ns}{k\Omega} \right] = 59.688 pF \quad (25)$$

Quindi l'incertezza:

$$U_{C_{10x}} = 0.046 * 10.13 + \frac{590.909}{9.9^2} * 0.001 = 0.472 pF \quad (26)$$

Quindi in conclusione:

$$C_{10x} = 59.7 \pm 0.5 pF \quad (27)$$

1.4 Tensione picco-picco segnale sinusoidale

Per quanto riguarda la misura della tensione picco-picco del segnale sinusoidale, si adopera il sistema verticale a due cursori con incertezza:

$$U_{V_{p-p_s}} = [\pm 2.4\%rdg \pm 0.4\%] \quad (28)$$

Quindi:

$$V_{p-p_s} = 3.938V \pm 0.0945V \pm 0.032V \quad (29)$$

Arrotondando:

$$V_{p-p_s} = 3.94 \pm 0.13V \quad (30)$$