

Cognome

Nome

Matricola

Aula

Domande a risposta multipla (indicare con X la risposta corretta nella tabella)

Quesito	1	2	3	4
Risposta a		X	X	
Risposta b				
Risposta c				
Risposta d	X			X
Punteggio totale				

- 1) Un triangolo rettangolo (privo di errore di forma) ha l'ipotenusa pari a (15.0 ± 0.5) cm e il cateto minore pari a (9.0 ± 0.5) cm. Il cateto maggiore vale:

- a) (12.0 ± 0.5) cm
b) (17.5 ± 1.5) cm
c) (17.5 ± 1.0) cm
d) (12.0 ± 1.0) cm

Soluzione: indico con h , M e m rispettivamente ipotenusa, cateto maggiore e minore.

Il cateto maggiore misura $M = \sqrt{h^2 - m^2} = 12$ cm.

Dalla formula di propagazione delle incertezze (metodo deterministico) si ottiene:

$$\delta M = \frac{h}{M} \delta h + \frac{m}{M} \delta m = \frac{15}{12} 0.5 + \frac{9}{12} 0.5 = 1 \text{ cm}$$

- 2) Un oscilloscopio digitale in modalità *real time* presenta una profondità di memoria pari a 100 kSamples. Se il fattore di taratura orizzontale è impostato al valore di 2 ms/DIV e le divisioni orizzontali sono 10, la frequenza di campionamento vale:

- a) 5 MHz
b) 50 MHz
c) 200 MHz
d) 20 MHz

Soluzione: ogni divisione di 2 ms/DIV presenta 10 kSamples. Tra un campione ed il successivo intercorre un intervallo ΔT , corrispondente all'intervallo di campionamento, che vale $\Delta T = T_c = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{10000} = 2 \cdot 10^{-7} =$

$$200 \text{ ns} \rightarrow f_c = \frac{1}{T_c} = 5 \text{ MHz}$$

- 3) Un voltmetro per misure in DC ha la seguente tabella delle incertezze:

Accuracy = \pm (% of reading + % of range)

Range	Accuracy
40 mV	$\pm(0.3 \% + 0.03 \%)$
400 mV	$\pm(0.3 \% + 0.03 \%)$
4 V	$\pm(0.4 \% + 0.05 \%)$

Volendo misurare una tensione di circa 300 mV, l'incertezza di misura è pari a:

- a) 1 mV
b) 10 mV
c) 2 mV
d) 20 mV

Soluzione:

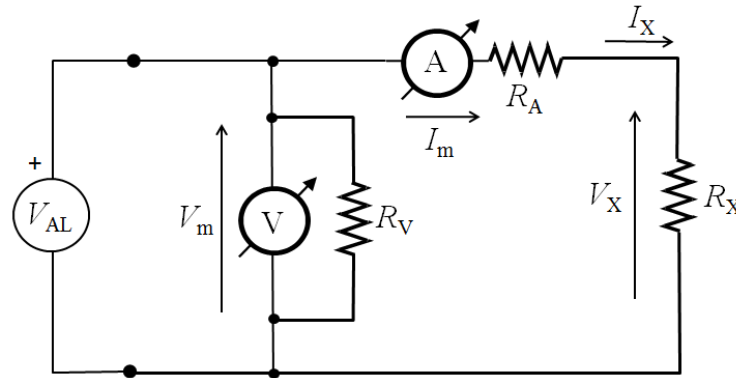
Il fondo scala scelto è di 400 mV da cui l'incertezza è pari a $\pm(0.3 \% 300 \text{ mV} + 0.03 \% 400 \text{ mV}) = 1 \text{ mV}$

- 4) Un segnale sinusoidale a circa 100 Hz ed ampiezza pari ad 1 V è misurato per mezzo di un voltmetro in continua realizzato con il metodo a doppia rampa. Indicare l'affermazione corretta fra le seguenti:

- La lettura ottenuta dipenderà dal valore dei componenti (resistori e condensatori) utilizzati nel circuito integratore
- La lettura ottenuta non dipenderà dal tempo di integrazione del segnale di ingresso
- La lettura ottenuta dipenderà dalla presenza o meno del condensatore di ingresso
- La lettura ottenuta non dipenderà dalla carica iniziale presente sulle armature del condensatore utilizzato nel circuito integratore

Per la soluzione vedere la teoria svolta a lezione

ESERCIZIO



Il valore di un resistore incognito R_X è misurato mediante il metodo volt-amperometrico, utilizzando il circuito indicato in figura, dove:

- ✓ la tensione è misurata mediante un voltmetro digitale con incertezza assoluta espressa dalla relazione $\delta V = \pm (0.20\% \text{ Lettura} + 0.01) \text{ V}$ e resistenza interna $R_V = 10 \text{ M}\Omega$, $\pm 10\%$;
- ✓ la corrente è misurata con un amperometro analogico con portata 100 mA, classe 0.2 e resistenza interna $R_A = 1 \Omega$, $\pm 10\%$.

Valutare la misura (valore e incertezza) del resistore R_X quando la lettura del voltmetro è pari a 7.350 V e quella dell'amperometro è pari a 50 mA (incertezza di lettura trascurabile), se necessario tenendo conto dell'effetto di carico strumentale.

Soluzione

Modello di misura

Misura della resistenza R_X nel caso di strumenti ideali:

$$R_X = \frac{V_m}{I_m} = \frac{7.350}{0.050} = 147 \Omega$$

Incertezza relativa corrispondente:

$$\varepsilon R_X = \varepsilon V_m + \varepsilon I_m = \frac{\delta V_m}{V_m} + \frac{\delta I_m}{I_m} = \frac{0.002 \cdot 7.350 \text{ V} + 0.010 \text{ V}}{7.350 \text{ V}} + \frac{0.2 \cdot 100}{100 \cdot 50} = \frac{0.025 \text{ V}}{7.350 \text{ V}} + 0.004 \approx 0.0034 + 0.004 \approx 0.0074$$

che corrisponde ad un'incertezza assoluta:

$$\delta R_X = R_X \cdot \varepsilon R_X = 147 \cdot 0.0074 \approx 1.1 \Omega$$

Se si tiene conto dell'effetto di carico strumentale dell'amperometro, la cui resistenza interna è collegata in serie alla resistenza R_X , l'effetto sistematico espresso in termini

assoluti è pari ad R_A , ossia 1Ω , che risulta dello stesso ordine di grandezza dell'incertezza assoluta di R_X . Segue quindi che il modello di misura da adottare è il seguente:

$$R_X = \frac{V_m}{I_m} - R_A$$

Valutazione del misurando

Sostituendo i valori numerici nel modello di misura si ottiene:

$$R_X = \frac{7.35 \text{ V}}{0.05 \text{ A}} - 1 \Omega = 146 \Omega$$

Valutazione dell'incertezza

$$\begin{aligned}\delta R_X &= \left| \frac{\partial R_X}{\partial V_m} \right| \cdot \delta V_m + \left| \frac{\partial R_X}{\partial I_m} \right| \cdot \delta I_m + \left| \frac{\partial R_X}{\partial R_A} \right| \cdot \delta R_A = \\ &= \frac{1}{I_m} \cdot \delta V_m + \frac{V_m}{I_m^2} \cdot \delta I_m + \delta R_A = \\ &= \frac{V_m}{I_m} \cdot (\varepsilon V_m + \varepsilon I_m) + \delta R_A = \\ &= 147 \cdot (0.0034 + 0.004) + 0.1 = \\ &= 1.1 + 0.1 = 1.2 \Omega\end{aligned}$$

Dichiarazione finale della misura

$$R_X = (146.0 \pm 1.2) \Omega$$