SOLUZIONI

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 resistore incognito R_x è misurato per mezzo della seconda legge di Ohm. Il resistore presenta una resistività ρ pari a $1.72 \cdot 10^{-8}$ Ω m conosciuta con incertezza pari al 10%, lunghezza l = (2 ± 0.02) m. La sezione del resistore è quadrata di lato a pari a 0.5 mm (± 5%). Il valore del resistore è pari a:
   a) (0.14 ± 0.03) Ω
   b) (1.38 ± 0.01) Ω
   c) (0.014 ± 0.003) Ω
   d) Nessuna delle precedenti la risposta

   Soluzione:
   $R_x = \rho\, l / a^2 = 0.1376\ \Omega$
   $\delta R_x / R_x = \delta\rho/\rho + \delta l/l + 2\,\delta a/a$ = 10%+1%+10%= 21%
   δR_x = 10%+1%+10%= 21% 0.1376 = 0.03 Ω

2) Un voltmetro per misure in DC ha la seguente tabella delle incertezze:
   Accuracy = ± (% of reading + % of full scale)

Range	Accuracy
40 mV	±(0.3 % + 0.03 %)
400 mV	±(0.3 % + 0.03 %)
4 V	±(0.4 % + 0.05 %)

   Volendo misurare una tensione di circa 300 mV, l'incertezza di misura è pari a:
   a) 2 mV
   b) 20 mV
   c) 200 mV
   d) Nessuna risposta proposta

   Soluzione:
   Il fondo scala scelto è di 400mV da cui l'incertezza è pari a ±(0.3 % 300 mV + 0.03 % 400 mV) = 1 mV

3) 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:

   a) La lettura ottenuta non dipenderà dal valore dei componenti (resistori e condensatori) utilizzati nel circuito integratore
   b) La lettura ottenuta non dipenderà dal tempo di integrazione del segnale di ingresso
   c) La lettura ottenuta dipenderà dalla presenza o meno del condensatore di ingresso
   d) Nessuna delle precedenti

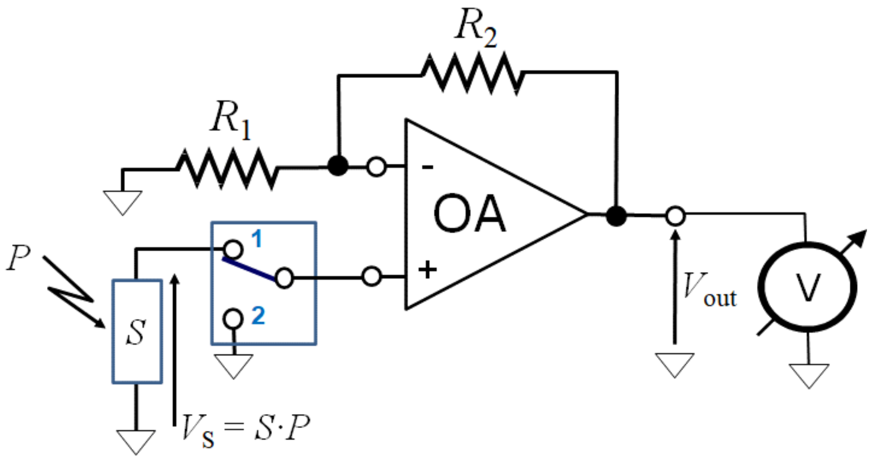
   Per la soluzione vedere teoria svolta a lezione

3) In un oscilloscopio digitale la sonda attenuatrice è sempre necessaria per misurare:

a) Qualunque segnale purché a frequenza inferiore a 100 Hz
b) Qualunque segnale periodico con frequenza superiore alla frequenza di campionamento massima dell'oscilloscopio
c) Qualunque segnale purché privo di componente continua
d) Nessuna delle precedenti risposte

Per la soluzione vedere teoria svolta a lezione

ESERCIZIO



La pressione *P* in una camera di prova è misura tramite il sistema mostrato in figura, dove il sensore è caratterizzato da una sensibilità S = 5 µV/Pa, ± 0.05%. Il resistore R_1 ha un valore nominale di 22 kΩ e una tolleranza relativa dello 0.1%, mentre per il resistore R_2 è disponibile un certificato di taratura che dichiara un valore nominale di 0.5253 MΩ e un'incertezza assoluta δR_2 = 0.5 kΩ.

La caratterizzazione della tensione di fuori zero dell'amplificatore (commutatore in posizione 2) è eseguita collegando a massa l'ingresso dell'amplificatore e misurando la sua tensione di uscita V_{out2} mediante un voltmetro con portata 10 V e incertezza assoluta δV = (0.05% lettura + 0.05% portata), ottenendo V_{out2} = 0.15 V.

Valutare la misura (valore e incertezza) della pressione *P* quando il voltmetro fornisce l'indicazione V_{out1} = 8.75 V (commutatore in posizione 1).

Modello di misura

Quando il commutatore è in posizione 2, il voltmetro misura la tensione di fuori zero dell'amplificatore, ossia:

$$V_{OFF} = V_{out2}$$

Quando il voltmetro è in posizione 1, la tensione V_{out1} misurata dal voltmetro può essere espressa come:

$$V_{out1} = V_S \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + V_{OFF} = S \cdot P \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + V_{out2}$$

Invertendo la precedente espressione, si ottiene il seguente modello di misura:

$$P = \frac{V_{\text{out1}} - V_{\text{out2}}}{S} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Valutazione del misurando

Sostituendo i valori numerici nel modello di misura si ottiene:

$$P = \frac{8.75 - 0.15}{5 \cdot 10^{-6}} \cdot \frac{22000}{547300} \approx 69.1394 \ldots \text{ kPa}$$

Valutazione dell'incertezza

Dal modello di misura si può osservare che l'incertezza con cui è valutata la pressione *P* dipende dall'incertezza della sensibilità *S* del sensore, dall'incertezza delle due misure di tensione e dall'incertezza delle due resistenze R_1 ed R_2.

L'incertezza della misura di *P* è valutata come:

$$\delta P = \left|\frac{\partial P}{\partial S}\right| \cdot \delta S + \left|\frac{\partial P}{\partial V_{\text{out2}}}\right| \cdot \delta V_{\text{out2}} + \left|\frac{\partial P}{\partial V_{\text{out1}}}\right| \cdot \delta V_{\text{out1}} + \left|\frac{\partial P}{\partial R_1}\right| \cdot \delta R_1 + \left|\frac{\partial P}{\partial R_2}\right| \cdot \delta R_2$$

$$\left|\frac{\partial P}{\partial S}\right| = \left|-\frac{V_{\text{out1}} - V_{\text{out2}}}{S^2} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right| = 1.38 \cdot 10^{10} \frac{\text{Pa}}{\text{V/Pa}}$$

$$\left|\frac{\partial P}{\partial V_{\text{out2}}}\right| = \left|-\frac{1}{S} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right| = 8039 \ \frac{\text{Pa}}{V}$$

$$\left|\frac{\partial P}{\partial V_{\text{out1}}}\right| = \left|\frac{1}{S} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right| = 8039 \ \frac{\text{Pa}}{V}$$

$$\left|\frac{\partial P}{\partial R_1}\right| = \left|\frac{V_{\text{out1}} - V_{\text{out2}}}{S} \cdot \frac{R_2}{(R_1 + R_2)^2}\right| = 3.016 \ \frac{\text{Pa}}{\Omega}$$

$$\left|\frac{\partial P}{\partial R_2}\right| = \left|-\frac{V_{\text{out1}} - V_{\text{out2}}}{S} \cdot \frac{R_1}{(R_1 + R_2)^2}\right| = 0.126 \ \frac{\text{Pa}}{\Omega}$$

$$\delta S = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 25 \cdot 10^{-10} \frac{\text{V}}{\text{Pa}}$$

$$\delta V_{\text{out2}} = 0.0005 \cdot 0.15 + 0.0005 \cdot 10 = 0.0051 \ V$$

$$\delta V_{\text{out1}} = 0.0005 \cdot 8.75 + 0.0005 \cdot 10 = 0.0094 \ V$$

$$\delta R_1 = 0.001 \cdot 22000 = 22 \ \Omega; \quad \delta R_2 = 500 \ \Omega$$

Sostituendo i valori numerici nell'espressione dell'incertezza assoluta δ*P* si ottiene:

$$\delta P = 34.57 + 40.80 + 75.37 + 66.36 + 63.16 \approx 280.3 \ \text{Pa}$$

Dichiarazione finale della misura

$$\boxed{P = (69.14 \pm 0.28) \ \text{kPa}}$$