

Cognome
Nome
Matricola
Aula

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

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

- 1) Una tensione V_x di 2.212341 V è misurata con un multimetro le cui caratteristiche sono indicate in basso. Il multimetro è stato tarato 180 giorni fa.

DC Characteristics

Accuracy Specifications \pm (% of reading + % of range) [1]						
Function	Range [3]	Test Current or Burden Voltage	24 Hour [2] 23°C \pm 1°C	90 Day 23°C \pm 5°C	1 Year 23°C \pm 5°C	Temperature Coefficient /°C 0°C – 18°C 28°C – 55°C
DC Voltage	100.0000 mV		0.0030 + 0.0030	0.0040 + 0.0035	0.0050 + 0.0035	0.0005 + 0.0005
	1.000000 V		0.0020 + 0.0006	0.0030 + 0.0007	0.0040 + 0.0007	0.0005 + 0.0001
	10.00000 V		0.0015 + 0.0004	0.0020 + 0.0005	0.0035 + 0.0005	0.0005 + 0.0001
	100.0000 V		0.0020 + 0.0006	0.0035 + 0.0006	0.0045 + 0.0006	0.0005 + 0.0001
	1000.000 V		0.0020 + 0.0006	0.0035 + 0.0010	0.0045 + 0.0010	0.0005 + 0.0001

Il risultato della misura è:

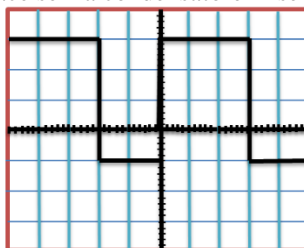
- a) $V_x = (2.212 \pm 0.003)$ V
b) $V_x = 2.2123 \cdot (1 \pm 0.00013)$ V
c) $V_x = 2.2123 \cdot (1 \pm 59 \cdot 10^{-5})$ V
d) $V_x = (2.21234 \pm 0.00013)$ V

Soluzione: La risposta corretta è (d): determino l'incertezza in base alla colonna "1 Year" in quanto l'ultima taratura è avvenuta 180 gg fa. Il fondo scala utilizzato è 10 V.

L'incertezza è pari a $\delta V = \pm(0.0035\% \cdot 2.2 + 0.0005\% \cdot 10) = \pm(77 \mu V + 50 \mu V) = 0.13 \text{ mV}$. La rappresentazione del risultato è dunque $V_x = (2.212 34 \pm 0.000 13)$ V

In alternativa, $V_x = 2.212 34 \cdot (1 \pm 59 \cdot 10^{-6})$ V escludendo così la risposta (c)

- 2) Il segnale mostrato in figura ($V_{\max}=15$ V, $V_{\min}=-5$ V, periodo 0.5 ms, duty cycle 60%) è misurato per mezzo di un voltmetro a vero valore efficace senza condensatore in serie.



La lettura attesa (senza incertezza) è pari a:

- a) 9.8 V
- b) 19.6 V
- c) 9 V
- d) 12 V

Soluzione: La risposta corretta è (d): poiché il voltmetro a vero valore efficace non ha il condensatore in serie, è sufficiente utilizzare la formula per il calcolo del valore efficace sul segnale originario

$$v_{eff}^2 = \frac{1}{T} \left(15^2 \cdot \frac{3}{5} T + 5^2 \cdot \frac{2}{5} T \right) = 145 V^2 \rightarrow v_{eff} = 12.0416 \dots V \approx 12.0V$$

con cifre significative da scegliere in base all'incertezza dello strumento.

- 3) Un segnale $s(t)$, ricavato da un generatore di funzioni ($R_g = 50 \Omega$) ha la seguente espressione analitica:

$$s(t) = V_0 + V_1 \cdot \sin(2\pi f_1 t)$$

dove $V_0 = 5 V$, $V_1 = 5 mV$ ed $f_1 = 500 Hz$. Affinché l'ampiezza picco-picco della componente sinusoidale del segnale occupi completamente una divisione verticale dello schermo di un oscilloscopio

- a) Devo utilizzare una sonda da oscilloscopio perché altrimenti il cavo coassiale di collegamento, lungo circa 2 m, introdurrà un polo a frequenza troppo bassa
- b) Devo utilizzare una modalità di accoppiamento in DC in modo da poter eliminare la componente in continua del segnale $s(t)$
- c) E' sufficiente impostare la sensibilità a 10 mV/DIV
- d) Nessuna delle risposte proposte è corretta

Soluzione: La risposta corretta è (d) → vedere teoria

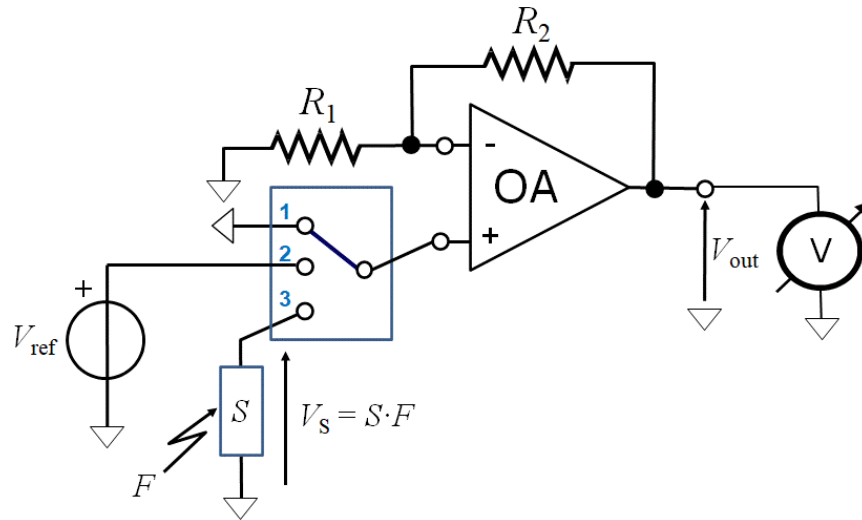
- 4) Si vuole misurare una frequenza f_x di circa 100 Hz con un tempo di misura di $T_m = 0.1 s$. Avete a disposizione un frequenzimetro a misura indiretta a periodo multiplo con M che può assumere valori pari a 10^k con $k=0, 1, 2, 3, \dots, 6$. Il frequenzimetro è dotato di un campione al quarzo a 10 MHz con incertezza di 10 Hz. Indicare quale affermazione è corretta

- a) Il frequenzimetro utilizza $M = 100$ ($k=2$) periodi del segnale da misurare, ottenendo una incertezza di quantizzazione di 10 mHz
- b) Il frequenzimetro utilizza $M = 10$ ($k=1$) periodi del segnale da misurare, ottenendo una incertezza di quantizzazione di 10 mHz
- c) Il frequenzimetro utilizza $M = 10$ ($k=1$) periodi del segnale da misurare, ottenendo una incertezza di quantizzazione di 1 mHz
- d) Il frequenzimetro utilizza $M = 10$ ($k=1$) periodi del segnale da misurare, ottenendo una incertezza relativa di quantizzazione di 10^{-6}

Soluzione: La risposta corretta è la (d) Dal momento che il periodo del segnale incognito è di circa 10 ms ed il tempo di misura è di 100 ms si ha che $M = T_m / T_x = 10$

$$\left| \frac{\delta f}{f_x} \right|_q = \frac{1}{n} = \frac{T_c}{M T_x} = \frac{f_x}{M f_c} = \frac{100}{10 \cdot 10^7} = 10^{-6} \rightarrow \delta f_q = 10^{-6} \cdot 10^2 = 10^{-4} Hz = 0.1 mHz$$

ESERCIZIO



La forza F che agisce su un provino è misurata tramite il sistema mostrato in figura, dove il sensore è caratterizzato da una sensibilità $S = 1 \text{ mV/N}$, $\pm 0.1\%$.

Con il commutatore in posizione 1 si collega a massa l'ingresso dell'amplificatore e si misura la tensione di uscita V_{out1} mediante un voltmetro con portata 20 V e incertezza assoluta $\delta V = (0.10\% \text{ lettura} + 0.05\% \text{ portata}) \text{ V}$, ottenendo $V_{out1} = 0.15 \text{ V}$. La caratterizzazione del guadagno dell'amplificatore (commutatore in posizione 2) è eseguita collegando all'ingresso la sorgente di tensione $V_{ref} = 0.30 \text{ V}$ (incertezza trascurabile) e misurando la tensione di uscita V_{out2} mediante lo stesso voltmetro, ottenendo $V_{out2} = 9.55 \text{ V}$.

Valutare valore e incertezza della forza F quando il voltmetro fornisce la misura $V_{out3} = 17.60 \text{ V}$ (commutatore in posizione 3).

Modello di misura

Quando il commutatore è in posizione 1, il voltmetro misura la tensione di fuori zero dell'amplificatore, ossia:

$$V_{off} = V_{out1}$$

Quando il voltmetro è in posizione 2, la tensione V_{out2} misurata dal voltmetro può essere espressa come:

$$V_{out2} = V_{ref} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + V_{off} = V_{ref} \cdot G + V_{off}$$

da cui si può ricavare il guadagno dell'amplificatore come:

$$G = \frac{V_{out2} - V_{off}}{V_{ref}} = \frac{V_{out2} - V_{out1}}{V_{ref}}$$

Quando il voltmetro è in posizione 3, la tensione V_{out3} misurata dal voltmetro può essere espressa come:

$$V_{out3} = V_S \cdot G + V_{off} = S \cdot F \cdot G + V_{off}$$

Invertendo la precedente espressione, si ottiene:

$$F = \frac{V_{out3} - V_{off}}{S} \cdot \frac{1}{G}$$

Infine, sostituendo a V_{off} e G le espressioni precedenti, si ottiene il seguente modello di misura:

$$F = \frac{V_{out3} - V_{out1}}{V_{out2} - V_{out1}} \cdot \frac{V_{ref}}{S}$$

Valutazione del misurando

Sostituendo i valori numerici nel modello di misura si ottiene:

$$F = \frac{17.60 - 0.15}{9.55 - 0.15} \cdot \frac{0.30}{1 \cdot 10^{-3}} \approx 556.91489 \dots \text{ N}$$

Valutazione dell'incertezza

Dal modello di misura si può osservare che l'incertezza con cui è valutata la forza F dipende dall'incertezza della sensibilità S del sensore e dall'incertezza delle tre misure di tensione, avendo considerato trascurabile l'incertezza della tensione di riferimento V_{ref} .

L'incertezza della misura di F è valutata come:

$$\delta F = \left| \frac{\partial F}{\partial S} \right| \cdot \delta S + \left| \frac{\partial F}{\partial V_{out1}} \right| \cdot \delta V_{out1} + \left| \frac{\partial F}{\partial V_{out2}} \right| \cdot \delta V_{out2} + \left| \frac{\partial F}{\partial V_{out3}} \right| \cdot \delta V_{out3}$$

$$\left| \frac{\partial F}{\partial S} \right| = \left| -\frac{V_{out3} - V_{out1}}{V_{out2} - V_{out1}} \cdot \frac{V_{ref}}{S^2} \right| = \frac{F}{S} = 5.57 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{V/N}}$$

$$\left| \frac{\partial F}{\partial V_{out1}} \right| = \left| \frac{V_{ref}}{S} \cdot \frac{V_{out3} - V_{out2}}{(V_{out2} - V_{out1})^2} \right| = 27.33 \frac{\text{N}}{\text{V}}$$

$$\left| \frac{\partial F}{\partial V_{out2}} \right| = \left| \frac{V_{ref}}{S} \cdot \frac{V_{out1} - V_{out3}}{(V_{out2} - V_{out1})^2} \right| = 59.25 \frac{\text{N}}{\text{V}}$$

$$\left| \frac{\partial F}{\partial V_{out3}} \right| = \left| \frac{1}{V_{out2} - V_{out1}} \cdot \frac{V_{ref}}{S} \right| = 31.91 \frac{\text{N}}{\text{V}}$$

$$\delta S = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 10^{-6} \frac{\text{V}}{\text{N}}$$

$$\delta V_{out1} = 0.001 \cdot 0.15 + 0.0005 \cdot 20 = 0.010 \text{ V}$$

$$\delta V_{out2} = 0.001 \cdot 9.55 + 0.0005 \cdot 20 = 0.020 \text{ V}$$

$$\delta V_{out3} = 0.001 \cdot 17.60 + 0.0005 \cdot 20 = 0.028 \text{ V}$$

Sostituendo i valori numerici nell'espressione dell'incertezza assoluta δF si ottiene:

$$\delta F = 0.56 + 0.28 + 1.16 + 0.88 \approx 2.9 \text{ N}$$

Dichiarazione finale della misura

$$F = (556.9 \pm 2.9) \text{ N}$$