Politecnico di Torino
Prova scritta - 2022-09-12

Sistemi Elettronici, Tecnologie e Misure
PARTE DI MISURE

Cognome ....

Nome ....

Matricola ……………………………………….

Aula ....

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

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

1) Quale dei seguenti esempi rappresenta il calcolo dell'incertezza con espressione errata, associata al parametro in misura *Y*, secondo il modello deterministico?

a) $Y = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \rightarrow \varepsilon_Y = \varepsilon_{X1} + \varepsilon_{X2} + \varepsilon_{X3}$
b) $Y = 10 \cdot X_1 \rightarrow \delta Y = 10 \cdot \delta X_1$
c) $Y = X_1 + X_2 \rightarrow \delta Y = \delta X_1 + \delta X_2$
d) $Y = X_1 + X_2 - X_3 \rightarrow \delta Y = \delta X_1 + \delta X_2 - \delta X_3$

Risposta corretta: d). Applicando la formula di propagazione delle incertezze al modello $Y = X_1 + X_2 - X_3$ si ottiene $\delta Y = \delta X_1 + \delta X_2 + \delta X_3$

2) Quale tra le seguenti affermazioni è vera per una sonda compensata passiva per oscilloscopi:

a) aumenta la frequenza del segnale in ingresso
b) si usa per filtrare i segnali di ingresso
c) diminuisce l'effetto del carico strumentale
d) può essere compensata solo dal costruttore

Risposta corretta: c) v. teoria

3) Si sta eseguendo con un frequenzimetro numerico una misura diretta di frequenza che nominalmente è di 100 kHz. La frequenza di clock del frequenzimetro vale 10 MHz, $\pm 1 \cdot 10^{-7}$. Quanto deve durare la misurazione per avere una incertezza relativa di quantizzazione pari a $1 \cdot 10^{-6}$?

a) 0.1 s
b) 10 s
c) 1 s
d) nessuna delle risposte proposte è corretta

Risposta corretta: b) $\delta f_x / f_x$ (quantizz.) $= 10^{-6} \rightarrow \delta f_x$(quantizz.)$=10^5 \cdot 10^{-6} = 0.1$ Hz $\rightarrow T_g = 10$ s

4) Indicare quale dei seguenti amperometri può misurare una corrente di circa 5 A con una incertezza relativa non superiore allo 0.1%

a) digitale: portata $I_p = 5$ A e incertezza assoluta $\delta I = 0.03\%$ Lettura + 0.02% Portata
b) elettromeccanico: portata $I_p = 10$ A e classe 0.1
c) digitale: portata $I_p = 10$ A e incertezza assoluta $\delta I = 0.3\%$ Lettura + 0.02% Portata
d) elettromeccanico: portata $I_p = 5$ A e classe 1

Risposta corretta: a)

Elettromeccanico: lettura 5A, portata I_p = 5 A e classe 1 → incertezza rel. 1%

Digitale: portata I_p = 5 A e incertezza assoluta δI = 0.03% 5 + 0.02% 5 = 2.5 mV

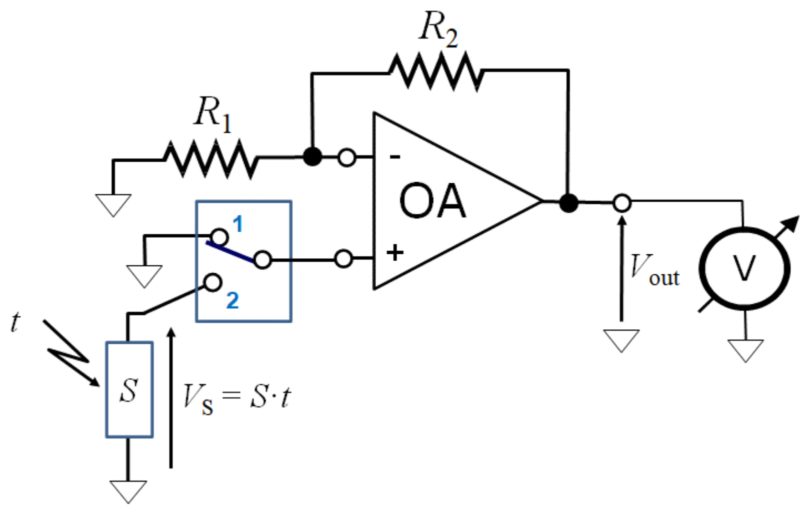
Quindi inc.relativa pari a: 2.5 mV / 5 *100 = 0.05% < 0.1%

Elettromeccanico: lettura 5A, portata I_p = 10 A e classe 0.1 → inc.rel. 0.2%

Digitale: portata I_p = 10 A e incertezza assoluta δI = 0.3% 5 + 0.02% 10 = 17 mV

Quindi inc.relativa pari a: 17 mV / 5 *100 = 0.05% = 0.34 %

ESERCIZIO



La temperatura *t* in una camera climatica è misura tramite il sistema mostrato in figura, dove il sensore è caratterizzato da una sensibilità S = 0.5 mV/°C, ± 0.001%. Il resistore R_1 ha un valore nominale di 2.2 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 0.4764 MΩ e un'incertezza assoluta δR_2 = 0.5 kΩ.

La caratterizzazione della tensione di fuori zero dell'amplificatore (commutatore in posizione 1) è eseguita collegando a massa l'ingresso dell'amplificatore e misurando la sua tensione di uscita V_{out1} mediante un voltmetro con portata 10 V e incertezza assoluta δV = (0.10% lettura + 0.05% portata), ottenendo V_{out1} = 0.20 V.

Valutare la misura (valore e incertezza) della temperatura *t* quando il voltmetro fornisce la misura V_{out2} = 6.90 V (commutatore in posizione 2).

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:

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

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

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

Valutazione del misurando

Sostituendo i valori numerici nel modello di misura si ottiene:

$$t = \frac{6.90 - 0.20}{5 \cdot 10^{-4}} \cdot \frac{2200}{478600} \approx 61.5963 \ldots \ ^{\circ}\mathrm{C}$$

Valutazione dell'incertezza

Dal modello di misura si può osservare che l'incertezza con cui è valutata la temperatura *t* 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 *t* è valutata come:

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

$$\left|\frac{\partial t}{\partial S}\right| = \left|-\frac{V_{\mathrm{out2}} - V_{\mathrm{out1}}}{S^2} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right| = 1.23 \cdot 10^5 \frac{^{\circ}\mathrm{C}}{\mathrm{V}/^{\circ}\mathrm{C}}$$

$$\left|\frac{\partial t}{\partial V_{\mathrm{out1}}}\right| = \left|-\frac{1}{S} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right| = 9.19 \ \frac{^{\circ}\mathrm{C}}{V}$$

$$\left|\frac{\partial t}{\partial V_{\mathrm{out2}}}\right| = \left|\frac{1}{S} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right| = 9.19 \ \frac{^{\circ}\mathrm{C}}{V}$$

$$\left|\frac{\partial t}{\partial R_1}\right| = \left|\frac{V_{\mathrm{out2}} - V_{\mathrm{out1}}}{S} \cdot \frac{R_2}{(R_1 + R_2)^2}\right| = 0.028 \ \frac{^{\circ}\mathrm{C}}{\Omega}$$

$$\left|\frac{\partial t}{\partial R_2}\right| = \left|-\frac{V_{\mathrm{out2}} - V_{\mathrm{out1}}}{S} \cdot \frac{R_1}{(R_1 + R_2)^2}\right| = 1.29 \cdot 10^{-4} \ \frac{^{\circ}\mathrm{C}}{\Omega}$$

$$\delta S = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \cdot 10^{-5} = 5 \cdot 10^{-9} \frac{\mathrm{V}}{^{\circ}\mathrm{C}}$$

$$\delta V_{\mathrm{out1}} = 0.001 \cdot 0.20 + 0.0005 \cdot 10 = 0.0052 \ V$$

$$\delta V_{\mathrm{out2}} = 0.001 \cdot 6.90 + 0.0005 \cdot 10 = 0.012 \ V$$

$$\delta R_1 = 0.001 \cdot 2200 = 2.2 \ \Omega; \quad \delta R_2 = 500 \ \Omega$$

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

$$\delta t = 0.0006 + 0.048 + 0.109 + 0.061 + 0.064 \approx 0.28 \ ^{\circ}\mathrm{C}$$

Dichiarazione finale della misura

$$\boxed{t = (61.60 \pm 0.28) \ ^{\circ}\mathrm{C}}$$