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		X	
Risposta c					
Risposta d			X		
Punteggio totale					

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

   Accuracy = ± (% of reading + number of digit)

Range	Resolution	Accuracy
100 mV	0.01 mV	±(0.06 % + 2)
1 V	0.1 mV	±(0.06 % + 2)
10 V	1 mV	±(0.06 % + 2)

   Volendo misurare una tensione di circa 0.5 V, l’incertezza di misura è pari a:

   a) 0.5 mV
   b) 5 mV
   c) 50 mV
   d) Nessuna risposta proposta

   Soluzione: Il fondo scala scelto è di 1V da cui l’incertezza è pari a ±(0.06 % · 0.5 V + 2 · 0.1mV) = 0.3 mV + 0.2 mV= 0.5 mV

2) Avete a disposizione un amperometro con resistenza interna R_A da 100 Ω ed un voltmetro con resistenza di ingresso R_V di 100 kΩ. Con questi due strumenti volete misurare, con metodo voltamperometrico un resistore R_X il cui codice a colori corrisponde al valore di 20 kΩ ed incertezza pari all’ 1%. Al fine di minimizzare l’errore di consumo relativo

   a) Utilizzerò uno schema con voltmetro a valle
   b) Utilizzerò uno schema con voltmetro a monte
   c) Non sono in grado di decidere quale schema utilizzare (schema con voltmetro a monte o a valle) in quanto non dispongo dei dati di incertezza degli strumenti
   d) Nessuna risposta proposta

   Soluzione: con voltmetro a monte l’errore di consumo relativo è pari a $\Delta R/R_X=R_A/R_X=100/20000=0.5\%$. Con voltmetro a valle l’errore di consumo relativo è pari a $\Delta R/R_X=-R_X/(R_X+R_V)=2\cdot10^4/(2\cdot10^4+10^5)=-16\%$ quindi il metodo da utilizzare è il metodo con voltmetro a monte. La risposta c è ovviamente da scartare.

3) Il circuito di ingresso di un oscilloscopio
   a) Equivale al parallelo di una resistenza di 1 Ω ed una capacità di circa 10 pF
   b) Equivale alla serie di una resistenza di 1 Ω ed una capacità di circa 10 nF
   c) Equivale al parallelo di una resistenza di 10 Ω ed una capacità di circa 10 pF
   d) Nessuna risposta proposta

   Soluzione: v. teoria svolta a lezione

4) Un voltmetro basato su un integratore a doppia rampa è
   a) Indipendente dalle variazioni della tensione di riferimento presente nel circuito integratore
   b) Indipendente dalle variazioni della capacità presente nel circuito integratore
   c) Un convertitore analogico digitale con frequenza di campionamento superiore a 20 MHz MHz
   d) Uno strumento sensibile ai disturbi sinusoidali a 50 Hz sovrapposti alla tensione continua che si vuole misurare

   Soluzione: v. teoria svolta a lezione

ESERCIZIO

Si vuole misurare il tempo di salita di un segnale con un oscilloscopio con le seguenti caratteristiche:

B = 2 GHz; resistenza di ingresso: 1 MΩ; capacità di ingresso = (10 ± 0.5) pF
incertezza relativa del fattore di taratura orizzontale: ± 0.5 %

Il generatore di segnale, che presenta una resistenza di uscita di (50 ± 5) Ω, è collegato all'oscilloscopio attraverso un cavo coassiale della lunghezza di 90 cm (incertezza trascurabile) e capacità distribuita pari a 100 pF/m, ±10%.

Impostando il fattore di taratura orizzontale dell'oscilloscopio al valore K_X = 5 ns/div si ottiene una lettura del tempo di salita sullo schermo dell'oscilloscopio pari a (8 ± 0.1) div.

Valutare valore nominale e incertezza del tempo di salita t_X del segnale.

Soluzione

Modello di misura

Il tempo di salita t_{sm} misurato dall'oscilloscopio può essere valutato come:

$$t_{sm} = L_{ts} \cdot K_X = 8 \cdot 5 = 40\ ns$$

da cui deriva che l'incertezza relativa è pari a:

$$\varepsilon t_{sm} = \varepsilon L_{ts} + \varepsilon K_X = \frac{\delta L_{ts}}{L_{ts}} + \varepsilon K_X = \frac{0.1}{8} + 0.005 = 0.0125 + 0.005 = 0.0175$$

che corrisponde ad un incertezza assoluta:

$$\delta t_{sm} = \varepsilon t_{sm} \cdot t_{sm} = 0.0175 \cdot 40 = 0.70\ ns$$

Tenendo conto dell'effetto di carico dovuto alla banda limitata dell'oscilloscopio[1] e del circuito di ingresso, il tempo di salita t_X del segnale può essere stimato come:

$$t_X = \sqrt{t_{sm}^2 - t_{sO}^2 - t_{sIN}^2} \approx \sqrt{t_{sm}^2 - t_{sIN}^2} =$$
$$= \sqrt{(L_{ts} \cdot K_X)^2 - \left(0.35 \cdot 2 \cdot \pi \cdot R_g \cdot C_{tot}\right)^2} \approx 38.46\ ns$$

dove C_{tot} = 90 pF + 10 pF = 100 pF.

L'effetto sistematico è, in valore assoluto, pari a (t_{sm} – t_X) = 1.54 ns, che è dello stesso ordine di grandezza dell'incertezza valutata per t_{sm}, per cui il modello di misura da utilizzare è il seguente:

$$t_X = \sqrt{\left(L_{ts} \cdot K_X\right)^2 - \left(0.35 \cdot 2 \cdot \pi \cdot R_g \cdot C_{tot}\right)^2}$$

Valutazione del misurando

Sostituendo i valori numerici nel modello di misura si ottiene:

$$t_X \approx 38.459 \ldots\ ns$$

[1] In questo caso trascurabile.

Valutazione dell'incertezza

$$\delta t_{\mathrm{X}} = \left|\frac{\partial t_{\mathrm{X}}}{\partial L_{\mathrm{ts}}}\right| \cdot \delta L_{\mathrm{ts}} + \left|\frac{\partial t_{\mathrm{X}}}{\partial K_{\mathrm{X}}}\right| \cdot \delta K_{\mathrm{X}} + \left|\frac{\partial t_{\mathrm{X}}}{\partial R_{\mathrm{g}}}\right| \cdot \delta R_{\mathrm{g}} + \left|\frac{\partial t_{\mathrm{X}}}{\partial C_{\mathrm{tot}}}\right| \cdot \delta C_{\mathrm{tot}} =$$

$$= \frac{1}{t_{\mathrm{X}}} \cdot L_{\mathrm{ts}} \cdot K_{\mathrm{X}}^2 \cdot \delta L_{\mathrm{ts}} + \frac{1}{t_{\mathrm{X}}} \cdot K_{\mathrm{X}} \cdot L_{\mathrm{ts}}^2 \cdot \delta K_{\mathrm{X}} +$$

$$+ \frac{1}{t_{\mathrm{X}}} \cdot \left(0.35 \cdot 2 \cdot \pi \cdot C_{\mathrm{tot}}\right)^2 \cdot R_{\mathrm{g}} \cdot \delta R_{\mathrm{g}} + \frac{1}{t_{\mathrm{X}}} \cdot \left(0.35 \cdot 2 \cdot \pi \cdot R_{\mathrm{g}}\right)^2 \cdot C_{\mathrm{tot}} \cdot \delta C_{\mathrm{tot}}$$

Le incertezze assolute delle grandezze presenti nel modello di misura sono ottenute a partire dai dati forniti:

$$\delta L_{ts} = 0.1\ div; \quad \delta K_X = 0.005 \cdot 5 \cdot 10^{-9} = 25\ ps/div$$
$$\delta R_g = 5\ \Omega$$
$$\delta C_{tot} = \delta C_d + \delta C_{IN} = 0.1 \cdot 90 \cdot 10^{-12} + 0.5 \cdot 10^{-12} = 9.5\ pF$$

Infine si ottiene:

$$\delta t_X = 5.20 \cdot 10^{-9} \cdot 0.1 + 8.32 \cdot 25 \cdot 10^{-12} + 6.29 \cdot 10^{-11} \cdot 5 + 31.4 \cdot 9.5 \cdot 10^{-12} =$$
$$= 5.20 \cdot 10^{-10} + 2.08 \cdot 10^{-10} + 3.14 \cdot 10^{-10} + 2.99 \cdot 10^{-10} \approx 1.341 \ldots\ ns$$

Dichiarazione finale della misura

$$\boxed{t_X = (38.5 \pm 1.3)\ ns}$$