APPELLO SU PIATTAFORMA RESPONDUS

Cognome ....

Nome ....

Matricola ……………………………………….

Aula ....

1) 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

2) Un segnale a forma d'onda quadra (duty cycle 20%) con valore di picco pari a 1 V è misurato con un voltmetro a valor medio a singola semionda con condensatore in serie. La lettura ottenuta (senza incertezza) è pari a:

a) Circa 7.1 V
b) Circa 0.32 V
c) Circa 0.71 V
d) Circa 0.35 V

Soluzione: il condensatore elimina la componente continua che risulta essere pari a V_m = 1/T(1x0.2T-1x0.8T) = - 0.6 V. Il segnale, privato di componente continua mantiene inalterato il duty cycle ma trasla verso l'alto del valore medio e, a seguito del circuito non lineare a singola seminonda, perde la parte negativa. Il valor medio del nuovo segnale è V_m=1/T (1.6 x 0.2T) = 0.32. La lettura ottenuta, a seguito della moltiplicazione per la costante di calibrazione pari a 2.22, è 0.71 V.

3) La sonda attenuatrice 1:10 di un oscilloscopio è uno strumento:

a) Che permette di aumentare la frequenza di campionamento dell'oscilloscopio
b) Che cambia la frequenza del segnale di ingresso rendendolo compatibile con la banda dell'oscilloscopio
c) Che riduce la resistenza di ingresso dell'oscilloscopio allargando la banda del circuito di ingresso
d) Nessuna delle risposte proposte è corretta

Soluzione: v. teoria svolta a lezione

4) Si vuole misurare una frequenza f_x di circa 10 kHz. Nella scelta dello strumento preferisco un frequenzimetro a misura indiretta a periodo singolo con oscillatore interno a 10 MHz piuttosto che un frequenzimetro a misura diretta con tempo di misura T_g = 10 ms e oscillatore a 10 MHz, in quanto:

a) La frequenza da misurare è sicuramente multipla della frequenza dell'oscillatore
b) Nel frequenzimetro a misura indiretta è possibile trascurare l'incertezza di quantizzazione
c) Con il frequenzimetro a misura indiretta l'incertezza di quantizzazione è pari a 1 Hz mentre nel frequenzimetro a misura diretta l'incertezza di quantizzazione è 100 Hz
e) Nessuna delle risposte proposte è corretta

Soluzione:Le risposte (a) e (b) sono ovvimente da scartare (v. teoria). Riguardo la risposta (c) dalla teoria abbiamo che l'inc. di quantizzazione nel freq. a misura indiretta a periodo singolo è pari a
$T_x=nT_c \rightarrow 1/n=\varepsilon_q=f_x/f_c$=10kHz/10MHz=$10^{-3} \rightarrow$ 10Hz quindi anche la risposta (c) è da scartare

APPELLO SU PIATTAFORMA RESPONDUS

ESERCIZIO

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

B = 1 GHz; resistenza di ingresso: 1 MΩ; capacità di ingresso = (20 ± 1) pF
incertezza del fattore di taratura orizzontale: ± 0.1 %

Il generatore di segnale, che presenta una resistenza di uscita di (20 ± 2) Ω, è collegato all'oscilloscopio attraverso un cavo coassiale della lunghezza di 80 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 (4 ± 0.1) div.

Stimare la misura (valore 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 stimato come:

$$t_{\mathrm{sm}} = L_{\mathrm{ts}} \cdot K_{\mathrm{X}} = 4 \cdot 5 = 20\ \mathrm{ns}$$

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

$$\varepsilon t_{\mathrm{sm}} = \varepsilon L_{\mathrm{ts}} + \varepsilon K_{\mathrm{X}} = \frac{\delta L_{\mathrm{ts}}}{L_{\mathrm{ts}}} + \varepsilon K_{\mathrm{X}} = \frac{0.1}{4} + 0.001 = 0.026$$

che corrisponde ad un incertezza assoluta:

$$\delta t_{\mathrm{sm}} = \varepsilon t_{\mathrm{sm}} \cdot t_{\mathrm{sm}} = 0.026 \cdot 20 = 0.52\ \mathrm{ns}$$

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

$$t_{\mathrm{X}} = \sqrt{t_{\mathrm{sm}}^2 - t_{\mathrm{sO}}^2 - t_{\mathrm{sIN}}^2} \approx \sqrt{t_{\mathrm{sm}}^2 - t_{\mathrm{sIN}}^2} =$$
$$= \sqrt{\left(L_{\mathrm{ts}} \cdot K_{\mathrm{X}}\right)^2 - \left(0.35 \cdot 2 \cdot \pi \cdot R_{\mathrm{g}} \cdot C_{\mathrm{tot}}\right)^2} \approx 19.51\ \mathrm{ns}$$

dove C_{tot} = 80 pF + 20 pF = 100 pF.

L'effetto sistematico è, in valore assoluto, pari a ($t_{sm} - t_X$) = 0.49 ns, che è dello stesso ordine di grandezza dell'incertezza stimata per t_{sm}, per cui il modello di misura da utilizzare è il seguente:

$$t_{\mathrm{X}} = \sqrt{\left(L_{\mathrm{ts}} \cdot K_{\mathrm{X}}\right)^2 - \left(0.35 \cdot 2 \cdot \pi \cdot R_{\mathrm{g}} \cdot C_{\mathrm{tot}}\right)^2}$$

Stima del misurando

Sostituendo i valori numerici nel modello di misura si ottiene:

$$t_{\mathrm{X}} \approx 19.51\ \mathrm{ns}$$

Stima dell'incertezza

$$\delta t_X = \left|\frac{\partial t_X}{\partial L_{ts}}\right| \cdot \delta L_{ts} + \left|\frac{\partial t_X}{\partial K_X}\right| \cdot \delta K_X + \left|\frac{\partial t_X}{\partial R_g}\right| \cdot \delta R_g + \left|\frac{\partial t_X}{\partial C_{tot}}\right| \cdot \delta C_{tot} =$$

$$= \frac{1}{t_X} \cdot L_{ts} \cdot K_X^2 \cdot \delta L_{ts} + \frac{1}{t_X} \cdot K_X \cdot L_{ts}^2 \cdot \delta K_X +$$

$$+ \frac{1}{t_X} \cdot (0.35 \cdot 2 \cdot \pi \cdot C_{tot})^2 \cdot R_g \cdot \delta R_g + \frac{1}{t_X} \cdot (0.35 \cdot 2 \cdot \pi \cdot R_g)^2 \cdot C_{tot} \cdot \delta C_{tot}$$

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

$$\delta L_{ts} = 0.1\,\text{div}; \quad \delta K_X = 0.001 \cdot 5 \cdot 10^{-9} = 5\,\text{ps/div}$$

$$\delta R_g = 2\,\Omega$$

$$\delta C_{tot} = \delta C_d + \delta C_{IN} = 0.1 \cdot 80 \cdot 10^{-12} + 1 \cdot 10^{-12} = 9\,\text{pF}$$

Infine si ottiene:

$$\delta t_X = 5.13 \cdot 10^{-9} \cdot 0.1 + 4.10 \cdot 5 \cdot 10^{-12} + 4.96 \cdot 10^{-11} \cdot 2 + 9.91 \cdot 9 \cdot 10^{-12} =$$

$$= 5.13 \cdot 10^{-10} + 2.05 \cdot 10^{-11} + 9.91 \cdot 10^{-11} + 8.92 \cdot 10^{-11} \approx 0.72\,\text{ns}$$

Dichiarazione finale della misura

$$\boxed{t_X = (19.5 \pm 0.7)\,\text{ns}}$$