**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) Una resistenza di valore $R = (100 \pm 0.5)\ \Omega$ è percorsa da una corrente $I = 5$ mA misurata per mezzo di un amperometro di classe 0.5 e fondo scala disponibili pari a 1 mA, 10 mA e 100 mA. L'incertezza relativa della tensione ai capi della resistenza vale:

   a) 2.5 %
   b) 1.5%
   c) 1%
   d) Nessuna delle precedenti

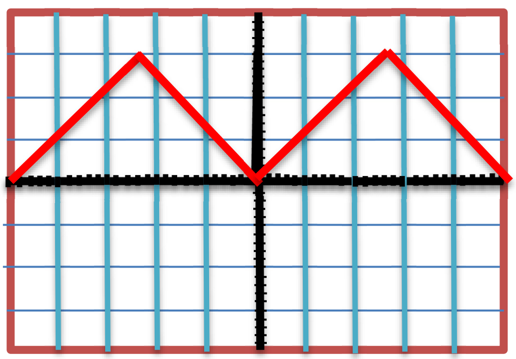
2) Un voltmetro a valor medio a singola semionda con condensatore in serie

   a) È uno strumento che permette di misurare qualunque segnale periodico purché abbia componente continua nulla
   b) È uno strumento che, grazie ad una costante di taratura pari a 1.11, permette di misurare il valore efficace di segnali sinusoidali
   c) È uno strumento che, grazie ad una costante di taratura pari a 2.22, permette di misurare il valore efficace di qualunque segnale periodico
   d) Nessuna delle precedenti

3) In un oscilloscopio digitale la resistenza di ingresso ha, per convenzione, il valore di 1 MΩ in modo tale

   a) da aumentare il più possibile la frequenza di taglio del filtro passa alto in ingresso dell'oscilloscopio
   b) da ridurre il più possibile la necessità di utilizzo della sonda
   c) da non sovraccaricare il circuito sotto misura
   d) in modo da avere, grazie alla capacità del cavo posta in parallelo, un filtro passa basso con frequenza di taglio molto alta

4) Il segnale periodico mostrato in figura ($V_{max}$=3 V, $V_{min}$ = 0 V) è misurato per mezzo di un voltmetro a vero valore efficace con condensatore in serie. La lettura attesa (senza incertezza) è:



   a) 0.9 V
   b) 1.8 V
   c) -1.8 V
   d) 3 V

**ESERCIZIO**

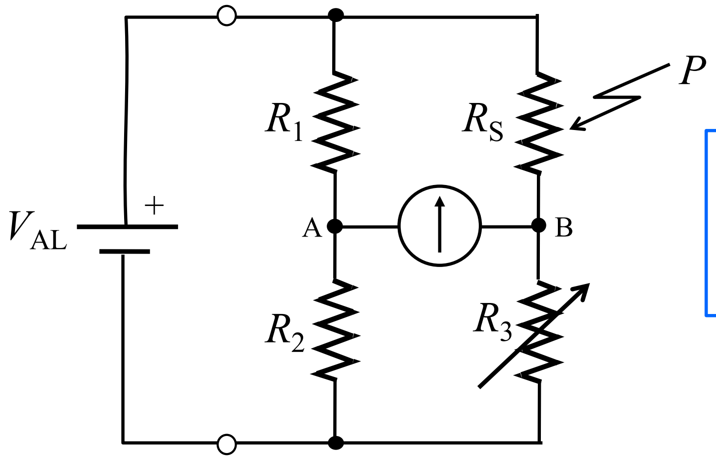
Il ponte di Wheatstone mostrato in figura è impiegato per misurare la pressione di una miscela gassosa mediante un sensore resistivo $R_S$, che è caratterizzato dalla seguente relazione ingresso/uscita:

$$R_S = R_0 \cdot (1 + A \cdot P)\text{; } R_0 = 350\ \Omega\text{; } A = 1 \cdot 10^{-6}\ (\text{Pa})^{-1}.$$

L'incertezza garantita dal sensore è pari a $\delta P_S$ = 100 Pa + 0.001·$P$

Il ponte risulta in equilibrio quando il resistore $R_3$ vale 3955 Ω.

Stimare la misura della pressione $P$ tenendo in considerazione i contributi di incertezza legati alla tolleranza dei resistori ed all'incertezza del sensore di pressione.




$R_1$ = 1 kΩ, ± 0.05%
$R_2$ = 10 kΩ, ± 0.05%
$\varepsilon R_3$ = 0.05%
$V_{AL}$ = (5 ± 1) V

## Modello di misura

In condizioni di ponte in equilibrio, ossia quando la tensione tra i punti A e B è nulla, vale la seguente relazione:

$$V_A = V_{AL} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = V_B = V_{AL} \cdot \frac{R_3}{R_3 + R_S}$$

da cui si ricava facilmente l'espressione che lega la resistenza incognita (in questo caso $R_S$) alle resistenze note $R_1$, $R_2$ ed $R_3$:

$$R_S = R_3 \cdot \frac{R_1}{R_2}$$

La relazione che lega la resistenza $R_S$ alla pressione $P$ è espressa come:

$$R_S = R_0 \cdot (1 + A \cdot P)$$

Invertendo l'ultima relazione si ottiene la stima della pressione come:

$$P = \frac{1}{A} \cdot \left( \frac{R_S}{R_0} - 1 \right)$$

e sostituendo il valore di $R_S$ precedentemente trovato, si ottiene infine il seguente modello di misura:

$$P = \frac{1}{A} \cdot \left( \frac{R_3 \cdot R_1}{R_0 \cdot R_2} - 1 \right)$$

## Stima del misurando

Sostituendo i valori numerici nel modello di misura si ottiene:

$$P = \frac{1}{1 \cdot 10^{-6}} \cdot \left( \frac{3955 \cdot 1 \cdot 10^{3}}{350 \cdot 10 \cdot 10^{3}} - 1 \right) = \frac{1}{1 \cdot 10^{-6}} \cdot \left( \frac{3955}{3500} - 1 \right) = 130\ \mathrm{kPa}$$

## Stima dell'incertezza

Osservando il modello di misura, si può notare che l'incertezza con cui è stimata la pressione dipende dall'incertezza con cui sono note le resistenze del ponte e dall'incertezza con cui sono noti i parametri $A$ ed $R_0$ del sensore resistivo. Il costruttore non fornisce tuttavia informazioni relative a questi ultimi due parametri, ma dichiara l'incertezza assoluta di pressione come $\delta P_S$ = 100 Pa + 0.001·$P$

L'incertezza complessiva della misura di pressione è infine stimata come:

$$\delta P = \left| \frac{\partial P}{\partial R_1} \right| \cdot \delta R_1 + \left| \frac{\partial P}{\partial R_2} \right| \cdot \delta R_2 + \left| \frac{\partial P}{\partial R_3} \right| \cdot \delta R_3 + \delta P_S$$

$$\left| \frac{\partial P}{\partial R_1} \right| = \frac{1}{A} \cdot \frac{R_3}{R_0 \cdot R_2} = 1130\ \frac{\mathrm{Pa}}{\Omega}$$

$$\left| \frac{\partial P}{\partial R_2} \right| = \frac{1}{A} \cdot \frac{R_3 \cdot R_1}{R_0 \cdot R_2^2} = 113\ \frac{\mathrm{Pa}}{\Omega}$$

$$\left| \frac{\partial P}{\partial R_3} \right| = \frac{1}{A} \cdot \frac{R_1}{R_0 \cdot R_2} = 285.7\ \frac{\mathrm{Pa}}{\Omega}$$

$$\delta R_1 = 0.50\ \Omega; \quad \delta R_2 = 5.0\ \Omega; \quad \delta R_3 = 1.98\ \Omega$$

Sostituendo i valori numerici nell'espressione dell'incertezza assoluta $\delta P$ si ottiene:

$$\delta P = 565 + 565 + 565 + (100 + 0.001 \cdot 130000) =$$
$$= 565 + 565 + 565 + 230 = 1925\ \mathrm{Pa}$$

## Dichiarazione finale della misura

$$\boxed{P = (130.0 \pm 1.9)\ \mathrm{kPa}}$$