

Cognome.....Nome.....Matricola.....Firma.....

RICONSEGNARE SEMPRE QUESTO FOGLIO COMPILATO

## Misure Meccaniche e Termiche - Prof. Gasparetto

### Appello del 5 settembre 2013

#### DOMANDE

*NB Ci si attendono risposte complete ed approfondite ad ogni singola domanda*

1. La misura della frequenza: esprimere nome e simbolo della sua unità di misura nonché la grandezza in termini di unità fondamentali.
2. La misura di accelerazioni: si descriva uno strumento e se ne ricavino le caratteristiche di risposta dinamica
3. Le termocoppie: tipologie, leggi di funzionamento, circuiti di misura.

#### PROBLEMA A

*NB Ci si aspetta che vengano raggiunti tutti i risultati numerici richiesti*

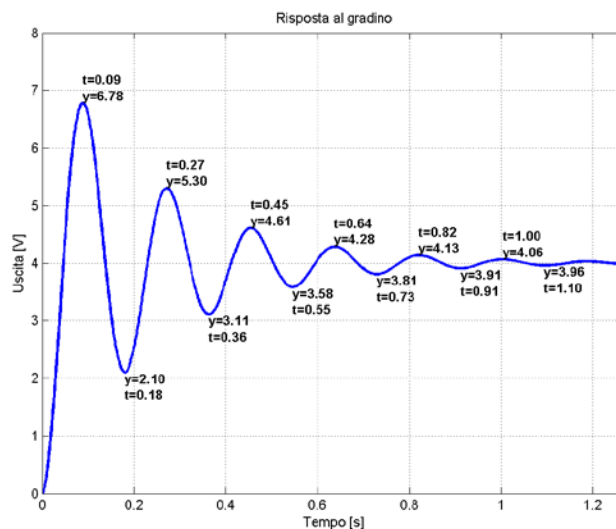
Si vuole misurare il carico assiale agente su una trave a sezione circolare con diametro di 10 mm. Si richiede di utilizzare 2 estensimetri e si richiede di compensare le azioni dovute a eventuali momenti flettenti. La tensione di alimentazione del ponte è di 2,5 V, il fattore di taratura degli estensimetri  $G_f=1,98\pm 0,5\%$ ,  $R_0=350\ \Omega\pm 1\%$ , il modulo elastico del materiale  $E=70\text{ GPa}$ , coefficiente di temperatura per effetto interferente  $k_t=2\cdot 10^{-6}\text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .

1. Indicare la disposizione dei due estensimetri sulla trave e sul ponte.
2. Determinare la sensibilità del dispositivo. Inoltre indicare, giustificando, se la si ritiene adeguata per misurare carichi dell'ordine di 1 N. Eventualmente indicare che cosa si può fare per migliorare la sensibilità.
3. Dopo aver effettuato gli eventuali miglioramenti al sistema, si effettua la taratura del condizionatore di segnale utilizzato per il ponte inserendo in parallelo ad un lato del ponte una resistenza da 100 k $\Omega$  ottenendo un segnale in uscita di 3,5 V. In fase di utilizzo si fa agire un carico che produce una lettura di 0,65 V, misurata con un voltmetro avente risoluzione 0.1 mV. Indicare la misura del carico e quale sia la componente principale che contribuisce all'incertezza della misura..
4. Determinare, qualora i valori delle indicazioni rimangano gli stessi prima elencati, il valore del carico nel caso in cui la taratura fosse stata effettuata a 20 °C e la misura a 80 °C.

#### PROBLEMA B

In corrispondenza di un ingresso a gradino uno strumento di misura ha fornito l'uscita in figura.

5. Scegliere un convertitore A/D (fondo scala e numero di bit) adatto per acquisire il segnale e ottenere una risoluzione migliore di 0.1 mV.
6. Si vuole acquisire il segnale con una scheda A/D: indicare il valore della frequenza di campionamento che si imposterebbe per avere un campionamento corretto. [giustificare]
7. Se si campionasse per il tempo indicato in figura (1.25 s), quale risulterebbe la risoluzione in frequenza dello spettro delle misure acquisite?
8. Indicare che tipo di strumento ha prodotto questa risposta e i valori dei parametri.



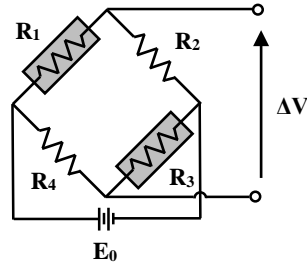
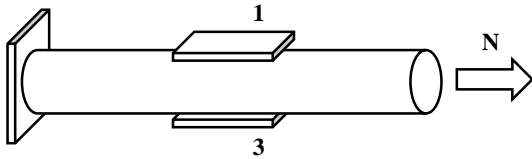
*NB: le domande avranno la seguente valutazione: 1 (5 punti), 2 (7 punti), 3 (7 punti), problema A (7 punti), problema B (7 punti). Si prevede che la risposta ad ognuna delle domande 2,3,A,B richieda al massimo 20 min.*

SOLUZIONE

PROBLEMA A

1.

- Posizionamento degli estensimetri:



2.

Sensibilità del ponte estensimetrico:

$$\Delta V = \frac{E_0}{4} \cdot \left( \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_3}{R_3} \right) = \frac{E_0}{4} \cdot 2G_f \varepsilon$$

$$\Delta V = \frac{E_0}{2} \cdot G_f \frac{N}{EA}$$

$$S_1 = \frac{\Delta V}{N} = \frac{E_0 G_f}{2EA} = 4.501811247 \cdot 10^{-7} \text{ V/N}$$

$$i_{S_1, \text{rel}} = i_{G_f, \text{rel}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 0.29\%$$

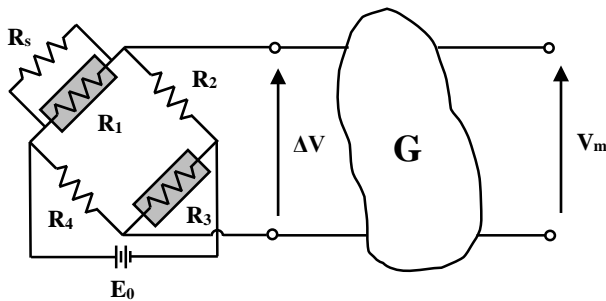
$$i_{S_1} = 1.30552526 \cdot 10^{-9} \text{ V/N}$$

$$S_1 = (4.502 \pm 0.013) \cdot 10^{-7} \text{ V/N (l.c. 68\%)}$$

$$V_m(1 \text{ N}) = 1 \text{ N} \cdot 4.501811247 \cdot 10^{-7} \text{ (V N}^{-1}\text{)} = 4.501811247 \cdot 10^{-7} \text{ V}$$

La sensibilità non è adeguata: le tensioni necessarie per caratterizzare carichi dell'ordine di 1 N non verrebbero misurate dalla comune strumentazione di laboratorio. Occorre incrementare la sensibilità tramite un opportuno guadagno, in modo che la tensione misurata possa essere almeno dell'ordine del millivolt, meglio se maggiore. Ad esempio, si può impostare un guadagno di 3000 di modo che la tensione misurata risulti dell'ordine del millivolt.

3.



Inserimento della resistenza di Shunt (indifferentemente su  $R_1$  o  $R_3$ ):

$$V_m = G \Delta V = G \frac{E_0 \Delta R_1}{4 R_1} = 3.5 \text{ V}$$

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = -\frac{R_1}{R_1 + R_s} = -0.0035$$

$$G = V_m \cdot \left( \frac{E_0 \cdot \Delta R_1}{4 R_1} \right)^{-1} = -1605.6$$

$$i_{G, \text{rel}} \cong i_{R, \text{rel}} = \frac{1 \cdot 10^{-2}}{\sqrt{3}} = 0.58\%$$

$$i_G = 9.26993592$$

Il guadagno risulta negativo, indice che i fili sono stati collegati al contrario; nel seguito si considera il guadagno in modulo.

$$G=1605.6\pm 9.3 \text{ (l.c. 68\%)}$$

Calcolo della nuova sensibilità:

$$S_2=G\cdot S_1=7.22810814\cdot 10^{-4} \text{ V/N}$$

$$i_{S_2,rel}=\sqrt{i_{G,rel}^2+i_{S_1,rel}^2}=0.65\%$$

$$i_{S_2}=4.69827029\cdot 10^{-6} \text{ V/N}$$

$$S_2=(7.2281\pm 0.0047)\cdot 10^{-4} \text{ V/N (l.c. 68\%)}$$

Carico applicato ( $V_m = 0.65 \text{ V}$ ):

$$N=\frac{V_m}{S_2}=899.267121 \text{ N}$$

$$i_{V_m}=\frac{1\cdot 10^{-3}}{2\sqrt{3}}=2.88675135\cdot 10^{-4} \text{ V}$$

$$i_{V_m,rel}=\frac{2.89\cdot 10^{-4}}{0.65}=0.04441\%$$

$$i_{N,rel}=\sqrt{i_{V_m,rel}^2+i_{S_2,rel}^2}=0.65\%$$

$$i_N=5.84523629 \text{ N}$$

$$N=(899.3\pm 5.8) \text{ N (l.c. 68\%)}$$

L'incertezza della misura del carico è dovuta principalmente a quella sulla sensibilità del ponte.

4.

La deformazione apparente per effetto interferente è data da  $\varepsilon_{app} = k_i \Delta T$ .

$$V_m = \frac{E_0}{4} \cdot G \cdot (G_f(\varepsilon + k_i \Delta T) + G_f(\varepsilon + k_i \Delta T)) = \frac{E_0}{4} \cdot G \cdot 2G_f(\varepsilon + k_i \Delta T) = \frac{E_0}{4} \cdot G \cdot 2G_f \varepsilon + \frac{E_0}{4} \cdot G \cdot 2G_f(k_i \Delta T)$$

$$V_m = V_{m,mecc} + V_{m,i}$$

$$V_{m,i} = \frac{E_0}{4} \cdot G \cdot 2G_f(k_i \Delta T) = 4.768632 \cdot 10^{-1} \text{ V}$$

$$V_{m,mecc} = V_m - V_{m,i} = (6.5 - 4.768632) \cdot 10^{-1} \text{ V} = 1.731368 \cdot 10^{-1} \text{ V}$$

$$N = \frac{V_{m,mecc}}{S_2} = 239.532664 \text{ N}$$

$$i_{N,rel}=\sqrt{i_{V_m,rel}^2+i_{S_2,rel}^2}=0.65\%$$

$$i_N=1.55696232 \text{ N}$$

$$N=(239.5\pm 1.6) \text{ N (l.c. 68\%)}$$

PROBLEMA B

5.

Dato che il segnale proposto in figura oscilla tra 0 V e 7 V, sarebbe sufficiente adottare un fondo scala di almeno 0-10 V o qualunque altro in grado di contenere i valori del segnale. Il convertitore deve essere invece dotato di un numero di bit tali da avere una risoluzione di almeno 0.1 mV:

$$\text{LSB} = \frac{FS}{2^{\text{bit}}}$$

$$2^{\text{bit}} = \frac{FS}{\text{LSB}}$$

$$\text{bit} = \frac{\ln\left(\frac{FS}{\text{LSB}}\right)}{\ln(2)} = \frac{\ln\left(\frac{10}{10^{-4}}\right)}{\ln(2)} = 16.6096$$

Il convertitore necessita di almeno 18 bit.

6.

Frequenza propria del segnale:

$$T = \frac{T_N - T_1}{N - 1} = [N = 5] = \frac{(0.91 - 0.18) \text{ s}}{4} = 0.183 \text{ s}$$

$$\tilde{f}_n = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.183 \text{ s}} = 5.46 \text{ Hz}$$

Sebbene la frequenza propria del segnale non corrisponde propriamente alla frequenza dell'oscillazione, può fornire un'indicazione per la scelta della frequenza di campionamento:

$$f_c \geq 2 \cdot f_{max} = 2 \cdot 5.5 \text{ Hz} = 11 \text{ Hz}$$

Dunque scelgo, ad esempio, una frequenza di campionamento pari a 50 Hz.

7.

Se si campionasse il segnale per un tempo di 1.25 s, la risoluzione in frequenza dello spettro sarebbe pari a:

$$\Delta f = \frac{1}{T_{acq}} = \frac{1}{1.25 \text{ s}} = 0.8 \text{ Hz}$$

8.

Il segnale proposto in figura è stato prodotto da uno strumento del secondo ordine i cui parametri fondamentali sono:

- Sensibilità statica: 4 V/(m/s) (risposta un gradino unitario di 1 m/s, ipotizzando un velocimetro);
- Periodo dell'oscillazione:  $T = \frac{T_N - T_1}{N - 1} = [N = 5] = \frac{(0.91 - 0.18) \text{ s}}{4} = 0.183 \text{ s}$ ;
- Smorzamento:  $\xi = \frac{1}{2\pi n} \ln\left(\frac{A_i}{A_{i+n}}\right) = [n = 5] = \frac{1}{10\pi} \ln\left(\frac{6.68 - 4}{4.06 - 4}\right) = 0.12$ ;
- Frequenza propria:  $f_n = \frac{1}{T \cdot \sqrt{1 - \xi^2}} = \frac{1}{(0.183 \cdot \sqrt{1 - 0.12^2}) \text{ s}} = 5.47 \text{ Hz}$ ;
- Frequenza dell'oscillazione:  $\tilde{f}_n = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.183 \text{ s}} = 5.46 \text{ Hz}$ .