

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

RICONSEGNARE SEMPRE QUESTO FOGLIO COMPILATO

## Misure Meccaniche e Termiche - Prof. Gasparetto

Appello del 12 febbraio 2015

### DOMANDE

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

1. La misura della energia: esprimere nome e simbolo della sua unità di misura nonché la grandezza in termini di unità fondamentali.
2. La risposta dinamica degli accelerometri
3. Le misure estensimetriche

### PROBLEMA A

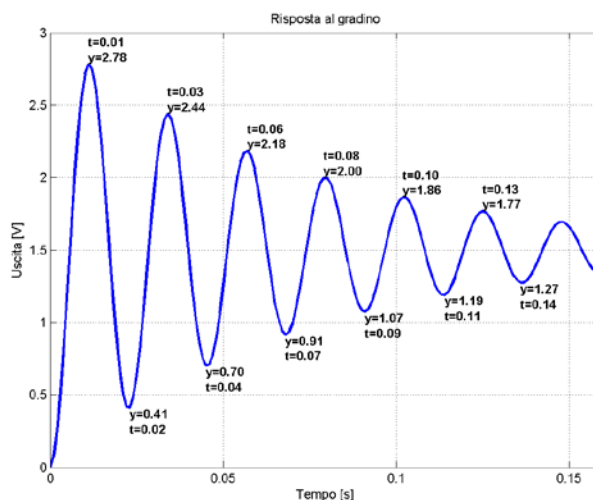
*NB Ci si aspetta che vengano raggiunti tutti i risultati numerici richiesti*

4. Da 30 misurazioni ripetute del tempo di transito tra due sensori si ricava la velocità di un componente di una macchina. Noto che i sensori sono posti a una distanza di 1,85 m, misurata con nastro metallico di risoluzione 1 mm, e che le misure di tempo hanno fornito un valore medio di 4,26934 s e uno scarto tipo di 0,002378 s, si scriva la misura della velocità quando si desidera un livello di confidenza del 95 %.

### PROBLEMA B

In corrispondenza di un ingresso a gradino di 10 mm, un trasduttore di spostamento 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 0,01 mV.
6. Indicare il valore della frequenza di campionamento del convertitore A/D che si imposterebbe per avere un campionamento corretto. [giustificare]
7. Se si campionasse per il tempo indicato in figura (0,16 s), quale risulterebbe la risoluzione in frequenza dello spettro delle misure acquisite? Se fossero presenti due armoniche con differenza di frequenza di 1 Hz, sarebbe possibile distinguerle con una analisi FFT?
8. Indicare che tipo di strumento ha prodotto questa risposta e i valori dei parametri caratteristici.



### PROBLEMA C

9. Si vuole effettuare una misura di temperatura in un bagno liquido. Si decide di impiegare una termocoppia con una  $\tau=35$  s. La termocoppia che si trova inizialmente a temperatura ambiente (20 °C) dopo 85 s di immersione nel bagno fornisce il valore di 1255 °C. Qual è la temperatura reale del liquido?
10. Indicare quanto tempo bisogna attendere al fine di avere una lettura che non si discosti più di 5°C dal valore di temperatura del liquido.

*NB: le domande avranno la seguente valutazione: 1 (5 punti), 2 (7 punti), 3 (7 punti), problema A (5 punti), problema B (5 punti), problema C (5 punti). Si prevede che la risposta ad ognuna delle domande 2,3,A,B,C richieda al massimo 16 min.*

**SOLUZIONE****PROBLEMA A**

4. La velocità  $v$  si ricava come:

$$v_{nom} = \frac{L}{T} = \frac{1.85 m}{4.26934 s} = 0.433322 \text{ m/s}$$

L: distanza tra i sensori

T: tempo di transito medio

Incertezze relative:

$$i_L = \frac{10^{-3} m}{2\sqrt{3}} = 2.88675 \cdot 10^{-4} m$$

$$i_T = \frac{0.002378 s}{\sqrt{30}} = 4.34161 \cdot 10^{-4} s$$

$$i_{L,rel} = \frac{i_L}{L} = \frac{10^{-3} m}{2\sqrt{3} \cdot 1.85 m} = 1.56041 \cdot 10^{-4}$$

$$i_{T,rel} = \frac{i_T}{T} = \frac{0.002378}{\sqrt{30} \cdot 4.26934} = 1.01693 \cdot 10^{-4}$$

Incertezza combinata relativa della velocità:

$$i_{v,rel} = \sqrt{(i_{L,rel})^2 + (i_{T,rel})^2} = \sqrt{(1.56041 \cdot 10^{-4})^2 + (1.01693 \cdot 10^{-4})^2} = 1.86253 \cdot 10^{-4}$$

Incertezza assoluta della velocità:

$$i_v = v_{nom} \cdot i_{v,rel} = 8.07075 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

Misura della velocità con incertezza tipo:

$$v = (0.433322 \pm 0.000081) \text{ m/s}$$

Se si desidera un livello di confidenza del 95%, considerando che la distribuzione statistica dell'incertezza combinata ottenuta è gaussiana, bisogna applicare un fattore di copertura 2.

$$i_{v,est95\%} = k \cdot i_v = 2 \cdot 8.07075 \cdot 10^{-5} = 1.61415 \cdot 10^{-4}$$

E quindi la misura diventa

$$v = (0.43332 \pm 0.00016) \text{ m/s (C.I. 95\%)}$$

**PROBLEMA B**

5. Dato che il segnale proposto in figura oscilla tra 0 V e 3 V, sarebbe sufficiente adottare un fondo scala di almeno 0-5 V o qualunque altro in grado di contenere i valori del segnale.

Affinchè il convertitore abbia una risoluzione di almeno 0,01 mV si calcola il numero di bit minimi:

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

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

$$bit = \frac{\ln(\frac{FS}{LSB})}{\ln(2)} = \frac{\ln(\frac{5}{10^{-5}})}{\ln(2)} = 18.93$$

Siccome solitamente i convertitori sono disponibili con un numero di bit pari, si sceglie di avere almeno 20 bit.

6. Frequenza del segnale:

$$T = \frac{T_N - T_1}{n} = [n = 5] = \frac{(0.13 - 0.01)s}{5} = 0.024 s$$

$$\tilde{f}_n = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.024} = 41.667 \text{ Hz}$$

e quindi la frequenza di campionamento deve seguire la legge:

$$f_c > 2 \cdot f_{\max} = 2 \cdot 41.667 \text{ Hz} = 83.334 \text{ Hz}$$

Si sceglie quindi di acquisire a 100 Hz.

7. Se si campionasse il segnale per un tempo di 0.16 s, la risoluzione in frequenza dello spettro sarebbe pari a:

$$\Delta f = \frac{1}{T_{acq}} = \frac{1}{0.16} = 6.25 \text{ Hz}$$

$$\Delta f = \frac{1}{T_{acq}} = \frac{1}{0.16} = 6.25 \text{ Hz} > 1 \text{ Hz}$$

Quindi non è possibile distinguere le due armoniche con una analisi FFT.

8. Il segnale è stato prodotto da uno strumento del secondo ordine sottosmorzato. Bisogna calcolare 3 parametri: sensibilità statica, frequenza propria e smorzamento.

Sensibilità statica: 0.15 V/mm

$$\text{Periodo dell'oscillazione: } T = \frac{T_N - T_1}{n} = [n = 5] = \frac{(0.13 - 0.01)s}{5} = 0.024 \text{ s}$$

$$\text{Frequenza dell'oscillazione: } \tilde{f}_n = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.024 \text{ s}} = 41.667 \text{ Hz}$$

$$\text{Smorzamento: } \xi = \frac{1}{2\pi n} \ln\left(\frac{A_i}{A_{i+n}}\right) = [n = 5] = \frac{1}{10\pi} \ln\left(\frac{2.78 - 1.5}{1.77 - 1.5}\right) = 0.050$$

$$\text{Frequenza propria: } f_n = \frac{1}{T \cdot \sqrt{1 - \xi^2}} = \frac{1}{(0.024 \cdot \sqrt{1 - 0.05^2})} = 41.719 \text{ Hz}$$

### PROBLEMA C

9. Temperatura del giunto nel tempo:

$$T(t) = T_{AMB} + (T_{FIN} - T_{AMB}) \cdot (1 - e^{-t/\tau})$$

Temperatura finale (t = 85 s):

$$T_{FIN} = T_{AMB} + \frac{T(t) - T_{AMB}}{1 - e^{-t/\tau}} = 20 + \frac{1255 - 20}{1 - e^{-85/35}} = 1374.408 \text{ } ^\circ\text{C}$$

10. Tempo necessario affinché la lettura si discosti di 5 °C dal valore finale di temperatura. Indicando con  $\Delta T$  il salto di temperatura e  $\varepsilon$  l'errore massimo, si ottiene:

$$t = \tau \cdot \ln\left(\frac{\Delta T}{\varepsilon}\right) = 35 \cdot \ln\left(\frac{1374.4 - 20}{5}\right) = 196.059 \text{ s}$$