

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

RICONSEGNARE SEMPRE QUESTO FOGLIO COMPILATO E FIRMATO

Misure Meccaniche e Termiche - Prof. Gasparetto

2° appello del 13 luglio 2015

DOMANDE

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

1. La misura della pressione: 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 termocoppie; leggi, circuiti, esempi di applicazioni.

PROBLEMA A

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

Si vuole costruire una bilancia pesapersona strumentando una piastra con 4 celle di carico estensimetriche poste ai quattro angoli, dotate ciascuna di 4 estensimetri da 1000 Ω posti a ponte intero, e con sensibilità per unità di alimentazione  $S_{E_0} = S/E_0 = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ mV}/(\text{V N})$  (S è la sensibilità effettiva della cella ed  $E_0$  è la tensione di alimentazione scelta). Si sceglie di alimentare con la più bassa delle tensioni disponibili.

Si dispone di una centralina di condizionamento per estensimetri con le caratteristiche elencate a fianco.

Si è interessati a una banda passante di 0 - 1000 Hz.

4. Quale frequenza di campionamento si imposta sulla scheda? Attenzione a tener conto della presenza del filtro anti-aliasing [giustificare brevemente tutte le risposte]
5. La forza della bilancia è ottenuta sommando le misure in tensione delle 4 celle di carico ( $\Delta V_{tot} = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 + \Delta V_4$ ). Calcolare la sensibilità complessiva del sistema.
6. Si applica la resistenza di Shunt prevista nella scheda; che  $\Delta V_1$  si produrrà? E' possibile misurarla considerando il fondo scala della scheda?
7. Si misura un  $\Delta V_{tot} = 9,337 \text{ mV}$ ; considerando l'accuratezza della scheda, e una forza equamente distribuita tra tutte le celle, fornire la misura della massa appoggiata sulla bilancia.
8. Si vuol sapere se, considerando la massima potenza di alimentazione, la scheda sarà in grado di alimentare correttamente le 4 celle, oppure se si necessiterà di alimentazione esterna.

PROBLEMA B

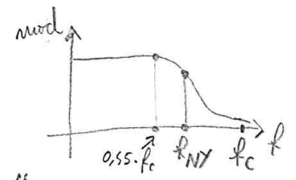
9. Da 50 misurazioni ripetute del tempo di transito tra due sensori si ricava la velocità di un componente di una macchina. Noto che i sensori sono posti a una distanza di 1,55 m, misurata con nastro metallico di risoluzione 1 mm, e che le misure di tempo hanno fornito un valore medio di 3,26989952 s e uno scarto tipo di 0,003364 s, si scriva la misura della velocità quando si desidera un livello di confidenza del 99,7 %. E si indichi quale misuratore contribuisce maggiormente all'incertezza.

NB: le domande avranno la seguente valutazione e tempo previsto: 1 (5 punti, 10 min), 2 (7 punti, 20 min), 3 (7 punti, 20 min), problema A (9 punti, 40 min), problema B (5 punti, 20 min).

Caratteristiche della scheda di acquisizione per estensimetri	
Canali differenziali	4
Risoluzione ingresso analogico	24 bit
Fondo scala FS	$FS = I_{max} \cdot E_0$ $I_{max} = \pm 25 \text{ mV} / \text{V}$
Accuratezza a	$a = A \cdot E_0$ $A = 0.0375 \text{ mV} / \text{V}$
Configurazioni ponte Weatstone	Ponte intero Mezzo ponte Quarto di ponte
Campionamento simultaneo	Si
Tensioni di alimentazione disponibili $E_0$	2.5 V; 3.3 V; 5 V; 10 V
Massima potenza di alimentazione (complessiva per tutti i canali)	150 mW
Tensioni di alimentazioni esterne possibili $E_0$	da 2 V a 10 V
Condizionamento del segnale	Completamento di ponte Filtro anti-aliasing Tensione di eccitazione
Frequenze di campionamento disponibili ( $f_c$ ) [Hz]	$f_c = \frac{f_M}{256n}$ con $n = 1, 2, \dots, 31$
Internal master timebase ( $f_M$ )	12.8 MHz
Banda passante	
Frequenza di taglio del filtro antialiasing	$0.45 \cdot f_c$
Costanza modulo	0.1 dB max
Frequenza di reiezione	
Frequenza	$0.55 \cdot f_c$
Reiezione	100 dB
Taratura Shunt	
Resistenza di Shunt	100 kΩ
Accuratezza della resistenza	
a 25°C	$\pm 110 \Omega$
da -40 °C a 70 °C	$\pm 200 \Omega$

PROBLEMA A (2° appello)

4) Considerando il filtro anti-aliasing a  $0,45 \cdot f_c$



$$f_{s,max} \leq 0,45 \cdot f_c \Rightarrow f_c \geq \frac{f_{s,max}}{0,45} = \frac{1000 \text{ Hz}}{0,45} = 2222 \text{ Hz}$$

Calcolo  $f_c$  disponibili:  $f_c = \frac{f_M}{256 \cdot N}$  con  $N=1,2,\dots,31$

$$\Rightarrow N \leq \frac{f_M}{256 \cdot f_c} = 22,5 \Rightarrow \text{scelgo } N = 22$$

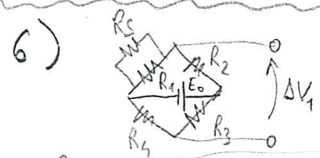
$$\Rightarrow f_c = 2273 \text{ Hz}$$

5)  $S_1 = S_{E0} \cdot E_0 = 1,7 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mV}}{\text{V} \cdot \text{N}} \cdot 2,5 \text{ V} = 4,25 \cdot 10^{-6} \text{ V/N}$

$$S_{TOT} = S_1 = 4,25 \cdot 10^{-6} \text{ V/N}$$

$$F_{TOT} = \Delta V_{TOT} / S_{TOT} = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 = \Delta V_1 / S_1 + \Delta V_2 / S_2 + \dots = (\Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 + \Delta V_4) / S_1$$

perché  $S_1 = S_2 = S_3 = S_4 \Rightarrow S_{TOT} = S_1$



$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{R_2/R_3 - R_1}{R_1} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} - R_1 = \frac{R_1 R_3 - R_1^2 - R_1 R_3}{(R_1 + R_3) R_1} = -\frac{R_1}{R_1 + R_3}$$

calcolo incertezza percentuale

$$i_{RS} = \frac{\alpha_{RS}}{\sqrt{3}} = \frac{110 \Omega}{\sqrt{3}} = 63,5 \Omega ; i_{\Delta V, RS} = i_{RS} \cdot \frac{E_0 R_1}{4(R_1 + R_3)^2} = 3,89 \cdot 10^{-9} \text{ V}$$

$$i_{\Delta V_1} = \alpha / \sqrt{3} = 5,41 \cdot 10^{-5} \text{ V} \Rightarrow i_{\Delta V_1, \text{comb}} = \sqrt{i_{\Delta V, RS}^2 + i_{\Delta V_1}^2} \approx i_{\Delta V_1} = 5,41 \cdot 10^{-5} \text{ V}$$

$$\Delta V_1 = \frac{E_0}{4} \frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{-E_0 R_1}{4 R_1 (R_1 + R_3)} = \frac{-E_0}{4(R_1 + R_3)} = 6,19 \text{ mV}$$

Verifico che è minimo

$$FS = I_{max} \cdot E_0 = \pm 25 \frac{\text{mV}}{\text{V}} \cdot 2,5 \text{ V} = 62,5 \text{ mV}$$

$\Rightarrow \text{OK}$

7)  $i_{\Delta V_1} = \frac{\alpha}{\sqrt{3}} = \frac{A \cdot E_0}{\sqrt{3}} = \frac{0,0375 \text{ mV/V} \cdot 2,5 \text{ V}}{\sqrt{3}} = 5,41 \cdot 10^{-5} \text{ V}$

$$i_{\Delta V_{TOT}} = \sqrt{\sum_{k=1}^4 i_{\Delta V_k}^2} = \sqrt{4} \cdot i_{\Delta V_1} = 1,08 \cdot 10^{-4} \text{ V}$$

tutte inc. uguali

$$LSB = \frac{FS}{2^b} = 7,45 \cdot 10^{-9} \text{ V}$$

(trascurabile rispetto alle accuratezza dello scheda)

$$\bar{m} = \frac{F}{g} = \frac{\Delta V_{TOT}}{S_{TOT} \cdot g} = \frac{9,337 \cdot 10^{-3} \text{ V}}{4,25 \cdot 10^{-6} \text{ V/N} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 223,949 \text{ kg}$$

$$i_m = \sqrt{\left(\frac{\partial m}{\partial \Delta V_{TOT}} \cdot i_{\Delta V_{TOT}}\right)^2} = \frac{i_{\Delta V_{TOT}}}{S_{TOT} \cdot g} = 2,59 \text{ kg}$$

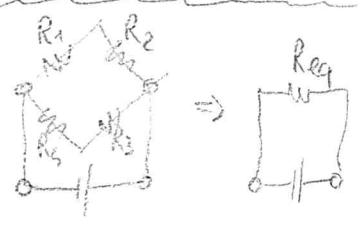
$$\Rightarrow m = (223,9 \pm 2,6) \text{ kg} \text{ (lc 68\%)}$$

8) resistenza equivalente vista dall'alimentazione:

$$R_{eq,1} = (R_1 + R_2) // (R_3 + R_4) = (2R) // (2R) = \frac{2R}{2} = R$$

$$P_1 = \frac{E_0^2}{R_{eq,1}} = 6,25 \text{ mW}$$

$$P_{TOT} = 4 \cdot P_1 = 25 \text{ mW} < P_{max, scheda} \Rightarrow \text{la scheda può alimentare le 4 celle di carico}$$



# PROBLEMA B

$$g) \quad v = \frac{d}{t} = \frac{1,55 \text{ m}}{3,26989952 \text{ s}} = 0,4740207 \text{ m/s}$$

$$i_{d,rel} = \frac{\pi}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{d} = \frac{0,001 \text{ m}}{2\sqrt{3} \cdot 1,55 \text{ m}} = 1,86 \cdot 10^{-4} \quad \leftarrow \text{contributo maggiore}$$

$$i_{t,rel} = \frac{\sigma}{\sqrt{m}} \cdot \frac{1}{t} = \frac{0,003364 \text{ s}}{\sqrt{50} \cdot 3,26989952 \text{ s}} = 1,45 \cdot 10^{-4}$$

$$i_{v,rel} = \sqrt{i_{d,rel}^2 + i_{t,rel}^2} = 2,36 \cdot 10^{-4}$$

$$i_v = i_{v,rel} \cdot v = 1,12 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$i_{v,99,7\%} = k \cdot i_v = 3,36 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

↑  
3

$$v = (0,47402 \pm 0,00034) \text{ m/s} \quad (lc \ 99,7\%)$$