

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

**RICONSEGNARE SEMPRE QUESTO FOGLIO COMPILATO E FIRMATO**

## Misure Meccaniche e Termiche - Prof. Gasparetto

Appello del 17 settembre 2015

### DOMANDE

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

1. La misura della potenza: esprimere nome e simbolo della sua unità di misura nonché la grandezza in termini di unità fondamentali.
2. Risposta di un sismometro a segnali genericamente variabili nel tempo
3. Le misure di forza; tipologie di trasduttori e trattazione, completa delle caratteristiche metrologiche, di uno a scelta

### PROBLEMA A

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

4. Si fanno misure di suono con un microfono, la cui uscita in tensione è mostrata in figura 1. La sensibilità del microfono è di 10 V/Pa. Disegnare lo spettro in termini di pressione sonora (modulo e fase). (aiuto: la fase del segnale ad alta frequenza è 0°).

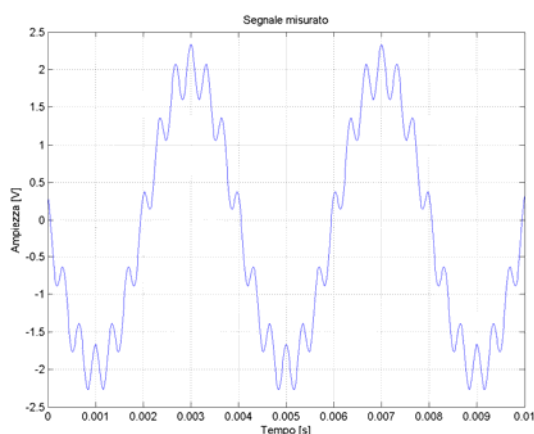


Fig. 1

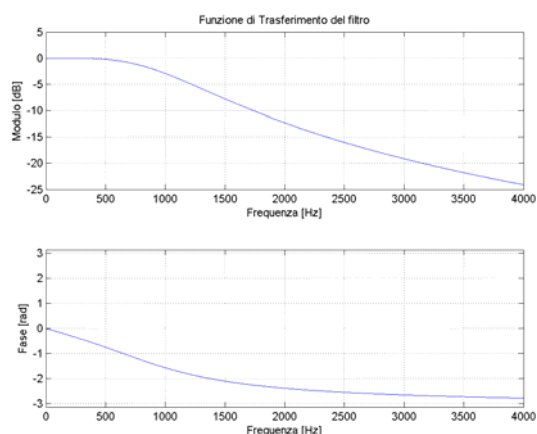


Fig. 2

5. Calcolare il livello di pressione sonora delle componenti armoniche.
6. Il segnale in tensione viene acquisito tramite una scheda di acquisizione digitale; indicare la frequenza di campionamento che si imposterebbe (giustificare).
7. Si ha il dubbio che nel suono siano presenti due armoniche con frequenze che differiscono di 3 Hz, e si vorrebbe vederle tramite una analisi dello spettro del segnale. E' sufficiente campionare il segnale per un tempo come indicato in fig. 1? In ogni caso, indicare come fare per riuscire a distinguere quelle armoniche.
8. Si decide di acquisire il segnale con una frequenza di campionamento di 4 kHz. Si ha a disposizione anche un filtro con funzione di trasferimento indicata in fig. 2. Si ritiene utile impiegarlo? In ogni caso, dove andrebbe inserito nella catena di acquisizione (disegnare schema)?
9. Con le impostazioni del punto precedente, disegnare lo spettro del segnale che si otterrebbe dopo l'acquisizione (sempre in termini di pressione sonora).

### PROBLEMA B

10. Si vuole misurare lo *sforzo longitudinale* su di una trave soggetta a trazione. Nel caso in cui si abbiano a disposizione 2 estensimetri indicarne la collocazione sulla trave ed i collegamenti nel ponte di misura quando si voglia compensare il momento flettente. Date le caratteristiche per gli estensimetri  $G_f=2.05\pm 0.5\%$ ,  $R_o=120\ \Omega\pm 0.5\%$ ,  $k_t=1.5\ 10^{-6}/^{\circ}C$ , noto che la trave ha una sezione circolare cava di diametro esterno 20 mm e spessore 1.5 mm, modulo elastico  $E=70\ GPa$ ,  $\nu=0.3$  e che il ponte viene alimentato a 1 V, determinare la sensibilità nella misura dello sforzo longitudinale.
11. Al fine di ottenere una maggiore sensibilità, si decide di utilizzare un amplificatore della tensione, con guadagno G incognito. Pertanto si esegue la taratura del sistema tramite l'impiego di una resistenza di Shunt del valore di 90 k $\Omega$ . Dopo aver azzerato il ponte, si inserisce la resistenza di Shunt e si misura uno sbilanciamento pari a 3.547 V. Si chiede di determinare il guadagno G.
12. Con il sistema dotato di amplificatore, viene applicato un carico e viene rilevato uno sbilanciamento di 0.543 V. Determinare la misura del carico applicato.

**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 (7 punti, 30 min), problema B (7 punti, 30 min).**

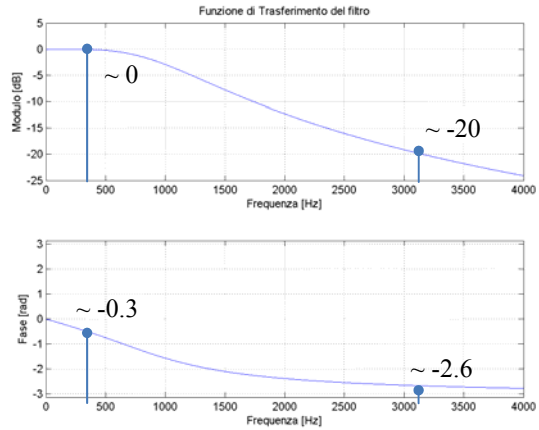
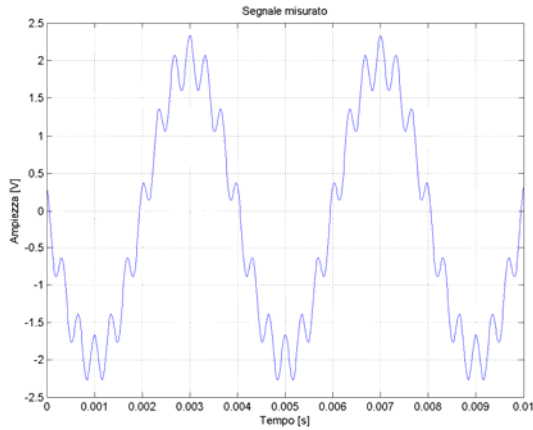
## SOLUZIONE

4.

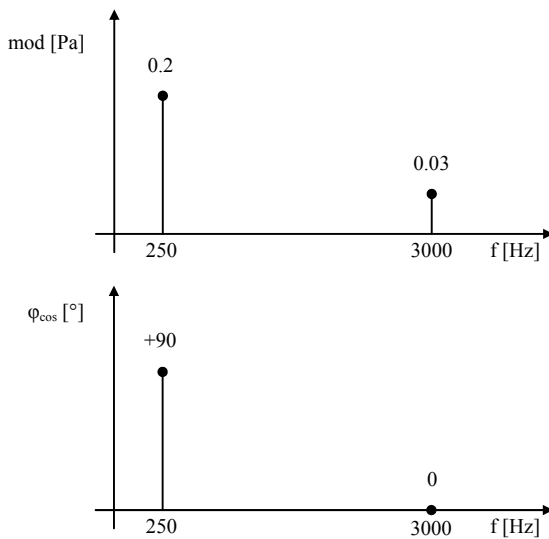
Sensibilità del microfono:  $S = 10 \text{ V/Pa}$ .

Due armoniche:

- $f_1 = 250 \text{ Hz}$ ,  $A = 2 \text{ V}$ ,  $\varphi = 90^\circ$ ;
- $f_2 = 3000 \text{ Hz}$ ,  $A = 0.3 \text{ V}$ ,  $\varphi = 0^\circ$ .



- Spettro in termini di pressione sonora:



5. Livello di pressione sonora delle componenti armoniche:

$$L_p = \log_{10} \left( \frac{p_{eff}^2}{p_{rif,eff}^2} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{p}{p_{rif}} \right)$$

- prima armonica ( $f_1 = 250 \text{ Hz}$ ):

$$L_{p,1} = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{2 \cdot 10^{-1}}{2 \cdot 10^{-8}} \right) = 20 \cdot \log_{10}(10^4) = 80 \text{ dB}$$

- seconda armonica ( $f_2 = 3000 \text{ Hz}$ ):

$$L_{p,2} = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{3 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^{-8}} \right) = 20 \cdot \log_{10}(1.5 \cdot 10^3) = 63.5 \text{ dB}$$

6.

- Massima frequenza del segnale:  $f_2 = 3 \text{ kHz}$ ;

- Il teorema del campionamento è rispettato per  $f_s > 6 \text{ kHz}$  ;
- Si sceglie una frequenza di campionamento pari a 8 kHz.  
[La risposta, in realtà, andava bene con una qualsiasi frequenza di campionamento tra 6 kHz (escluso, per il teorema di Shannon) e 10 kHz (non troppo oltre per non avere troppi punti campionati)].

7.

- $\Delta f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.01 \text{ s}} = 100 \text{ Hz}$

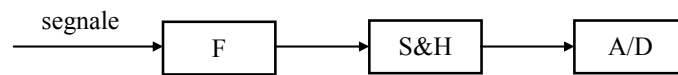
Il tempo di acquisizione non è sufficientemente lungo per avere la risoluzione in frequenza desiderata.

- Tempo minimo di acquisizione:

$$T \geq \frac{1}{\Delta f} = \frac{1}{3 \text{ Hz}} = 0.33 \text{ s}$$

8.

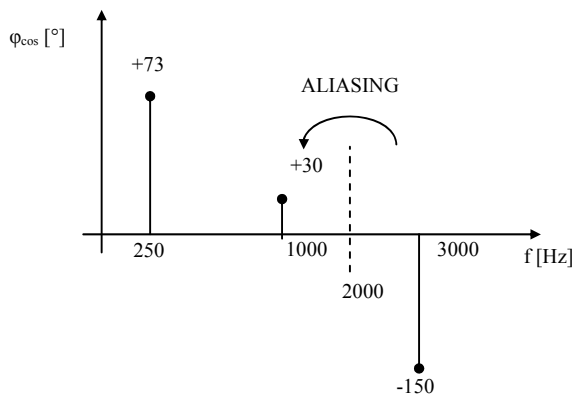
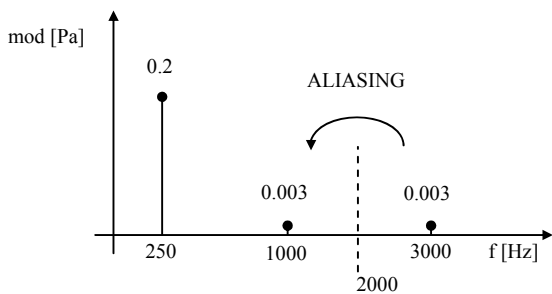
- Campionando a 4 kHz si introduce aliasing, dunque il filtro (passa-basso) suggerito in fig.2 risulta utile.
- Schema della catena di acquisizione:



9.

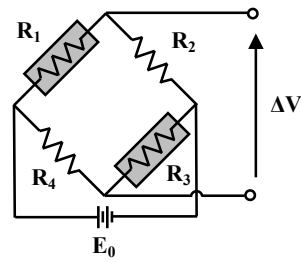
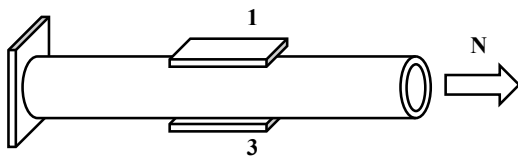
Conseguentemente al grafico del modulo del filtro:

- l'ampiezza della prima armonica (250 Hz) rimane inalterata (0 dB equivalgono a un guadagno unitario);
- la seconda armonica, invece, viene moltiplicata per un fattore pari a 0.10 (-20 dB).



10.

- Posizionamento degli estensimetri:



Equazione del ponte di Wheatstone:

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

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{\Delta R_3}{R_3} = G_f \quad \varepsilon = G_f \frac{N}{EA}$$

$$A = \frac{\pi(D_0^2 - D_1^2)}{4}$$

$$\Delta V = \frac{E_0}{2} G_f \frac{\sigma}{E}$$

- SENSIBILITA' DEL PONTE:

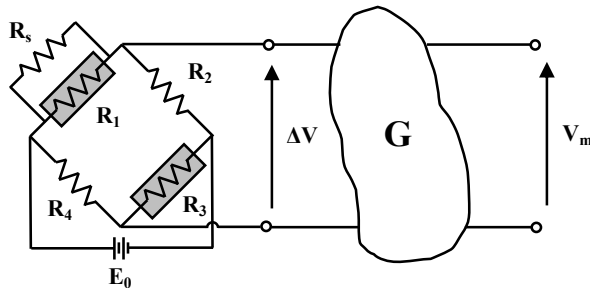
$$S_1 = \frac{\Delta V}{\sigma} = \frac{E_0 G_f}{2E} = 1.46428571 \cdot 10^{-5} \text{ V/MPa}$$

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

$$I_{S_1} = 4.23 \cdot 10^{-8} \text{ V/MPa}$$

$$S_1 = (1.4643 \pm 0.0042) \cdot 10^{-5} \text{ V/MPa} \quad (\text{l.c. } 68\%)$$

11.



Inserimento della resistenza di Shunt (indifferentemente su  $R_1$  o  $R_4$ ):

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

$$\frac{\Delta R_1}{R_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 0.0013$$

$$G = \frac{4V_m}{E_0} \left( \frac{\Delta R_1}{R_1} \right)^{-1} = 10655.19$$

$$I_{G, \text{rel}} \approx I_{R, \text{rel}} = \frac{5 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3}} = 0.29\%$$

$$I_G = 30.76$$

$$G = 10655 \pm 31 \quad (\text{l.c. } 68\%)$$

Calcolo della nuova sensibilità:

$$S_2 = G \cdot S_1 = 1.56022396 \cdot 10^{-1} \text{ V/MPa}$$

$$I_{S_2, \text{rel}} = \sqrt{I_{G, \text{rel}}^2 + I_{S_1}^2} = 0.41\%$$

$$I_{S_2} = 6.37 \cdot 10^{-4} \text{ V/MPa}$$

$$S_2 = (1.5602 \pm 0.0064) \cdot 10^{-1} \text{ V/MPa} \quad (\text{l.c. } 68\%)$$

---

12.

Carico applicato:

$$\sigma = \frac{V_m}{S_2} = 3.48 \text{ MPa}$$

$$N = \sigma A = 303.41 \text{ N}$$

$$I_{N, \text{rel}} = I_{S_2, \text{rel}} = 0.41\%$$

$$I_N = 1.24 \text{ N}$$

$$N = (303.4 \pm 1.2) \text{ N} \quad (\text{l.c. } 68\%)$$

---