

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

RICONSEGNARE SEMPRE QUESTO FOGLIO COMPILATO

## Misure Meccaniche e Termiche - Prof. Gasparetto

Appello del 20 settembre 2012

### DOMANDE

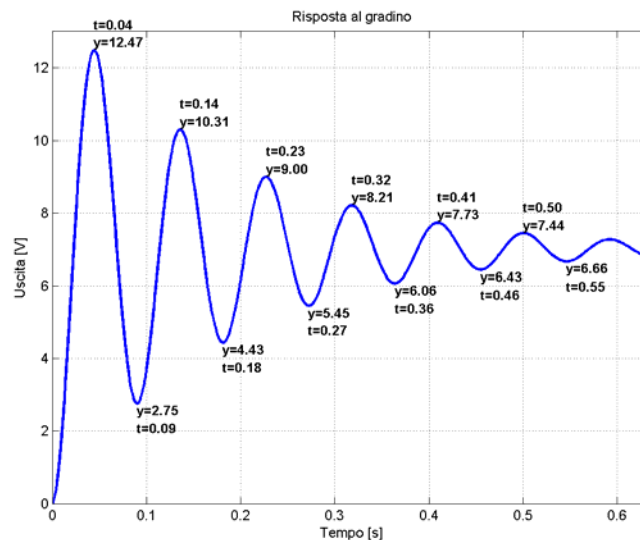
*NB Ci si attendono risposte complete ed approfondite ad ogni singola domanda*

1. La misura della lunghezza: esprimere nome e simbolo della sua unità di misura nonché la grandezza in termini di unità fondamentali. Indicare inoltre come è attualmente definita.
2. Gli estensimetri a resistenza elettrica: come sono fatti, come sono tarati, come si usano, quali sono i circuiti di misura che debbono essere utilizzati, quali caratteristiche hanno questi circuiti di misura
3. Accelerometri. Se ne descriva un tipo, se ne ricavi la legge di funzionamento, si descriva la capacità, o meno, di misurare accelerazioni genericamente variabili nel tempo.

### PROBLEMA

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

4. Uno strumento ha fornito la risposta ad un ingresso a gradino unitario illustrata in figura. Ipotizzare il tipo di strumento (ordine) e valutarne i parametri dinamici.



5. Si decide di acquisire il segnale con una scheda di acquisizione con FS= $\pm 10$  V, risoluzione 12 bit,  $f_{\text{camp}}=20$  Hz, osservando il segnale per un tempo pari a quanto in figura. Quanti e quali errori si commetteranno?
6. Quali soluzioni è possibile attuare per rimediare agli errori indicati? Se necessario indicare anche valori numerici.
7. Il segnale proviene da un velocimetro con sensibilità di 100 mV/(m/s) e si vuole misurare una vibrazione di 1 m/s, con una fase di 1 rad. Si assumano le impostazioni di acquisizione del punto 6 e la frequenza del segnale trovata dalla figura. Indicare il risultato che la FFT di Matlab fornirà per il segnale acquisito (quindi in tensione), precisando a quale elemento del vettore risultante corrisponderà e il suo valore complesso.

### PROBLEMA

8. L'accelerazione di gravità viene misurata tramite il periodo di oscillazione di un pendolo dalla relazione:  $a=4\pi^2L/T^2$ . Scrivere la misura dell'accelerazione se con una lunghezza  $L=23,103$  mm misurata con uno strumento avente uno scarto tipo di ripetibilità di 1,5  $\mu\text{m}$  si misura un periodo di oscillazione di 497,165 ms tramite un cronometro avente una risoluzione di 0,085 ms.
9. Inoltre indicare quale misuratore contribuisce maggiormente all'incertezza di misura.

## SOLUZIONE

4.

Strumento del secondo ordine sottosmorzato:

- Sensibilità statica: 7 V/(m/s) (ipotizzando un gradino unitario di 1 m/s, si tratta di un velocimetro);
- Periodo dell'oscillazione:  $T = \frac{T_N - T_A}{N-1} = [N = 5] = \frac{(0.022 - 0.003)s}{4} = 0.00475 s$ ;
- Smorzamento:  $\xi = \frac{1}{2\pi N} \ln \left( \frac{A_k}{A_{(k+1)}} \right) = [N = 5] = \frac{1}{10\pi} \ln \left( \frac{12.47-7}{7.44-7} \right) = 0.08$ ;
- Frequenza dell'oscillazione f:  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.00475 s} = 10.87 Hz \sim 11 Hz$ ;
- Frequenza propria  $f_n$ :  $f_n = \frac{1}{T \sqrt{1 - \xi^2}} = \frac{1}{(0.00475 \sqrt{1 - 0.08^2})s} = 10.90 Hz$ .

5.

La scheda di acquisizione introduce due errori. Il fondoscala non è adeguato poiché i primi due picchi del segnale saranno saturati; inoltre, la frequenza di Nyquist dovuta al campionamento è inferiore alla frequenza del segnale acquisito, commettendo aliasing. Si puntualizza che la frequenza del segnale acquisito è la frequenza di oscillazione e non la frequenza propria, sebbene in questo caso la differenza sia minima.

6.

È sufficiente adottare una scheda di acquisizione con fondoscala in grado di contenere l'intero segnale (0-20 V), oppure utilizzare un sommatore di segnale per abbassare il valore medio in modo che rientri nel range  $\pm 10$  V. Infine bisogna impostare una frequenza di campionamento maggiore di 20 Hz, ad esempio 50 Hz.

7.

Segnale in tensione:  $V = 1 (m s^{-1}) \cdot 0.100 (V s m^{-1}) = 0.100 V$ ;

Numero di punti acquisiti:  $n_{pnt} = f_c \cdot T_{Acq} = 50 Hz \cdot 0.64 s = 32$ ;

Risoluzione in frequenza:  $\Delta f = \frac{1}{T_{Acq}} = \frac{1}{0.64 s} = 1.56 Hz$ ;

Elemento della FFT:  $n_{el} = \frac{f}{\Delta f} + 1 = \frac{12 Hz}{1.56 Hz} + 1 = 8$ ;

Valore fornito dalla FFT:

modulo,  $m = V \cdot \frac{n_{pnt}}{2} = 1.6$ ;

fase,  $\varphi = 1 rad$ .

Quindi il valore complesso ottenuto nell'ottavo elemento della FFT risulta:  $0.864 + 1.346 \cdot i$ .

8.

$I_L = 1.5 \cdot 10^{-6} m$  (scarto tipo di ripetibilità (incertezza tipo))

$I_{L,rel} = \frac{1.5 \cdot 10^{-6}}{23.103 \cdot 10^{-6}} = 0.0065\%$  (incertezza relativa)

$I_{\Delta t} = \frac{0.002 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot \sqrt{2}} = 2.45 \cdot 10^{-5} s$  (scarto tipo B)

$I_{\Delta t,rel} = \frac{2.45 \cdot 10^{-5}}{497.165 \cdot 10^{-5}} = 0.00494\%$  (incertezza relativa)

- Incertezza (relativa) combinata:

$I_{c,rel} = \sqrt{I_{L,rel}^2 + ((-2) \cdot I_{\Delta t,rel})^2} = 0.0118\%$

$I_c = 4.36 \cdot 10^{-4} m s^{-2}$

- Accelerazione:

$a = (3.69001 \pm 0.00044) m s^{-2}$  (l.c. 68%)

9.

Il cronometro contribuisce maggiormente sull'incertezza di misura.