



Università degli Studi di Udine

ESAMI DI STATO
DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

1[^] SESSIONE – ANNO 2024

PROVA SCRITTA

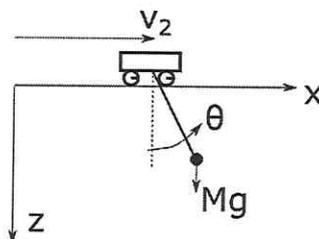
SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

Handwritten signatures and marks in blue ink.

ING/INF
Tema n.1

Si consideri il carro-ponte rappresentato in Figura



Detti M la massa del carico, τ la tensione del cavo, $g > 0$ l'accelerazione di gravità, $\theta \in [-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$ l'angolo tra il cavo e la verticale, $h > 0$ il coefficiente di smorzamento, $v_1 > 0$ la lunghezza del cavo e $v_2 > 0$ la posizione del carrello, le equazioni che ne descrivono la dinamica sono

$$M\ddot{x} = -\tau \sin \theta - h M \dot{\theta} \cos \theta \quad (1)$$

$$M\ddot{z} = -\tau \cos \theta + h M \dot{\theta} \sin \theta + Mg \quad (2)$$

dove

$$x(t) = v_1(t) \sin(\theta(t)) + v_2(t) \quad (3)$$

$$z(t) = v_1(t) \cos(\theta(t)) \quad (4)$$

1. Derivando opportunamente le (3)-(4), e utilizzando l'espressione per $\ddot{x} \cos \theta - \ddot{z} \sin \theta$ ottenibile dalle (1)-(2), si ricavi un'equazione dinamica del secondo ordine per l'angolo θ .
2. Definendo gli stati $x_1 = \theta$, $x_2 = \dot{\theta}$, $x_3 = v_1$, $x_4 = v_2$ e $x_5 = \dot{v}_2$ e gli ingressi $u_1 = \dot{v}_1$ e $u_2 = \dot{v}_2$, si trovi una realizzazione di ordine 5 dell'equazione trovata al punto 1.
3. Si dimostri che per $u_1 = 0$ e $u_2 = 0$ vi sono infiniti punti di equilibrio, ciascuno associato a una particolare posizione (\bar{x}, \bar{z}) del carico.
4. Si linearizzi il sistema nell'intorno di $\bar{x} = 1$ e $\bar{z} = 1$, usando le approssimazioni di $\sin(y) \approx y$ e $\cos(y) \approx 0$ valide per $y \approx 0$.
5. Considerando solo le ultime due equazioni, ovvero quelle relative a \dot{x}_4 e \dot{x}_5 , si trovi una legge di controllo u_2 tale che la funzione V definita da

$$V(x_4, x_5) = \frac{1}{2}(x_5 + x_4 - 1)^2$$

sia una funzione di Lyapunov per il sistema ridotto (rendendo asintoticamente stabile l'equilibrio in $x_4 = 1$ e $x_5 = 0$).

6. Imponendo $u_2 = 0$, si consideri il sistema costituito dalle prime tre equazioni. Si trovi una legge di controllo che rende asintoticamente stabile l'equilibrio in $x_1 = 0$, $x_2 = 0$ e $x_3 = 1$.



Università degli Studi di Udine

ESAMI DI STATO
DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI **INGEGNERE**

1^ SESSIONE – ANNO 2024

PROVA SCRITTA

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

[Handwritten signatures and initials in blue ink]

ING/INF
Tema n.2

Il Candidato sviluppi un progetto originale e completo di Quality Function Deployment (QFD) relativo a un prodotto elettrico/elettronico o informatico scelto a piacere. Il progetto deve considerare almeno 10 "what" e 15 "how" e deve sviluppare tutte le fasi in cui comunemente si articola un piano di QFD (i.e., analisi dei bisogni dei clienti, matrice di pianificazione, determinazione delle caratteristiche tecniche, matrice delle relazioni, matrice delle priorità, benchmarking competitivo, matrice delle correlazioni, definizione dei target prestazionali). I "what" e i relativi "how" devono essere spiegati e motivati in modo dettagliato. Si supponga di considerare due concorrenti per la parte di benchmarking. Il Candidato faccia delle ipotesi realistiche per tutti i dati necessari per sviluppare il progetto e arrivi a proporre e motivare i target prestazionali per ciascuno dei 15 "how".

Dopo cinque anni che il prodotto sopra descritto è sul mercato, il management si rende conto che è necessaria una riprogettazione al fine di ridurre i costi e, possibilmente, migliorare le prestazioni. A tal fine, il Candidato sviluppi un progetto originale e completo di Value Engineering (VE) affrontando in dettaglio tutte le 5 fasi in cui comunemente si articola un piano di VE (i.e., fase informativa, fase funzionale, fase creativa, fase analitico-selettiva e fase di presentazione). Il progetto deve considerare almeno 10 funzioni che devono essere spiegate in dettaglio e collegate tra di loro in un diagramma FAST. I collegamenti presenti nel diagramma FAST devono essere adeguatamente giustificati. Il Candidato faccia delle ipotesi realistiche per tutti i dati necessari per sviluppare il progetto e arrivi a proporre una soluzione migliorativa del prodotto che ne potenzi la competitività.



Università degli Studi di Udine

ESAMI DI STATO
DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI INGEGNERE

1[^] SESSIONE – ANNO 2024

PROVA SCRITTA

SEZIONE A

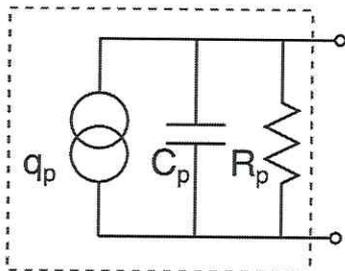
SETTORE:
INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

Handwritten signatures and initials in blue ink.

ING/INF
Tema n.3

Si vuole progettare un circuito che acquisisce i dati provenienti da un accelerometro piezoelettrico ed effettua una conversione analogico-digitale.

La caratteristica del sensore è quella di produrre una carica elettrica q_p proporzionale all'accelerazione a cui viene sottoposto. Il modello equivalente del sensore è riportato in figura:



- sensor sensitivity: 0.35 pC/G (1G=9.81 m/s², pC: picocoulomb)
- $C_p = 390$ pF
- $R_p = 500$ M Ω
- resonance frequency 31 kHz

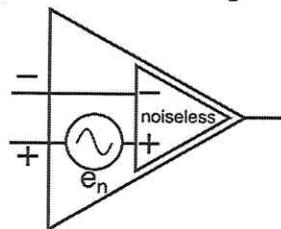
Si preveda l'utilizzo di un amplificatore di carica realizzato con amplificatore operazionale (OPAMP) single-ended con alimentazione singola (GND to $V_{CC} = 3.3V$), che produce una tensione in uscita proporzionale alla carica q_p generata dal trasduttore piezoelettrico.

Si vuole che la banda dell'amplificatore di carica sia $BW \in [10 \text{ Hz}, 10 \text{ kHz}]$.

Inoltre, si vuole filtrare l'uscita dell'amplificatore di carica in modo tale da attenuare segnali alla frequenza di risonanza del trasduttore di almeno 15dB rispetto all'amplificazione nella banda $BW \in [10 \text{ Hz}, 10 \text{ kHz}]$.

Si suggerisce di inserire una resistenza tra il trasduttore e il nodo invertente dell'OPAMP per proteggere i circuiti a valle del trasduttore da eventuali scariche elettrostatiche che possono provenire dall'ambiente di misura.

Per il dimensionamento dei componenti del circuito di condizionamento del segnale basato su OPAMP, si tenga in considerazione anche il rumore termico delle resistenze, e per semplicità, si consideri che l'unica sorgente di rumore dell'OPAMP sia quella illustrata in figura con parametri indicati:



- 1/f noise voltage: 30 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ @ 10 Hz
- white noise voltage: 10 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$

Il segnale analogico condizionato deve essere convertito in un segnale digitale e la massima accelerazione che si vuole misurare è di 10 G. Si assuma di avere a disposizione un convertitore ADC con le seguenti caratteristiche:

- frequenza di sampling $f_s = 1$ Msample/s,
- full scale input voltage $V_{FS} = 2.5V$,
- ENOB (Effective Number of Bits) del convertitore ADC pari a ENOB=11.5 bit.



Università degli Studi di Udine

ESAMI DI STATO
DI ABILITAZIONE ALL'ESERCIZIO DELLA PROFESSIONE DI **INGEGNERE**

1^ SESSIONE – ANNO 2024

PROVA SCRITTA

SEZIONE A

SETTORE:
INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE

ING/INF
Tema n.3

Si richiede anche di stimare il massimo rumore (in unità di nV/\sqrt{Hz}) che si dovrebbe avere in uscita dall'analog front-end (cioè dal circuito di condizionamento del segnale) tale per cui l'ENOB dell'intero sistema (condizionamento del segnale + convertitore ADC) si porti al minimo a 11 bit. Per semplicità si assuma che il rumore del front-end sia di tipo white noise.

Si discuta una possibile implementazione del convertitore ADC.

[Handwritten signatures and initials in blue ink]