

# Controllo del moto e robotica industriale

(Prof. Rocco)

Appello del  
15 Febbraio 2011

Cognome:.....

Nome: .....

Matricola:.....

Firma:.....

## Avvertenze:

- Il presente fascicolo si compone di **8** pagine (compresa la copertina). Tutte le pagine utilizzate vanno firmate.
- Durante la prova non è consentito uscire dall'aula per nessun motivo se non consegnando il compito o ritirandosi.
- Nei primi 30 minuti della prova non è consentito ritirarsi.
- Durante la prova non è consentito consultare libri o appunti di alcun genere.
- Non è consentito l'uso di calcolatrici con display grafico.
- Le risposte vanno fornite **esclusivamente negli spazi** predisposti. Solo in caso di correzioni o se lo spazio non è risultato sufficiente, utilizzare il retro del frontespizio del fascicolo.
- La chiarezza e l'**ordine** delle risposte costituiranno elemento di giudizio.
- Al termine della prova va consegnato **solo il presente fascicolo**. Ogni altro foglio eventualmente consegnato non sarà preso in considerazione.

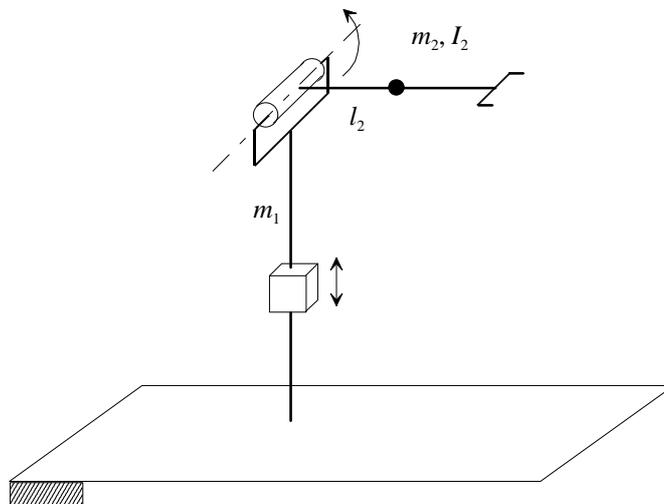
Firma:.....

---

**Utilizzare questa pagina SOLO in caso di correzioni o se lo spazio a disposizione per qualche domanda non è risultato sufficiente**

**Esercizio 1**

Si consideri il manipolatore riportato in figura:



**1.1** Si posizionino sulla figura stessa le terne di Denavit-Hartenberg.

**1.2** Si determini l'espressione della matrice di inerzia del manipolatore, con il metodo che prevede il calcolo degli Jacobiani dei baricentri dei link del manipolatore.

**1.3** Si scriva il modello dinamico del manipolatore<sup>1</sup>.

**1.4** Si mostri che il modello ricavato al punto precedente è lineare rispetto ad un opportuno insieme di parametri dinamici.

---

<sup>1</sup> Si ricorda l'espressione dei simboli di Christoffel:  $c_{ijk} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial b_{ij}}{\partial q_k} + \frac{\partial b_{ik}}{\partial q_j} - \frac{\partial b_{jk}}{\partial q_i} \right)$

**Esercizio 2**

Si consideri un generico sistema di controllo P/PI per un servomeccanismo rigido.

**2.1** Si derivi, appoggiandosi al tracciamento di un diagramma di Bode del modulo, la relazione approssimata che sussiste tra la pulsazione critica dell'anello di velocità e il guadagno proporzionale del regolatore PI di velocità.

**2.2** Si derivi, appoggiandosi al tracciamento di un diagramma di Bode del modulo, la relazione approssimata che sussiste tra la pulsazione critica dell'anello di posizione e il guadagno del regolatore P di posizione.

**2.3** Assumendo i seguenti valori dei parametri fisici:

$$J_m = 0.04 \text{ Kg m}^2$$

$$D_m \cong 0$$

$$\rho = 3$$

$$n = 10$$

si progetti il regolatore PI di velocità in modo da ottenere una pulsazione critica  $\omega_{cv} \cong 200 \text{ rad/s}$ .

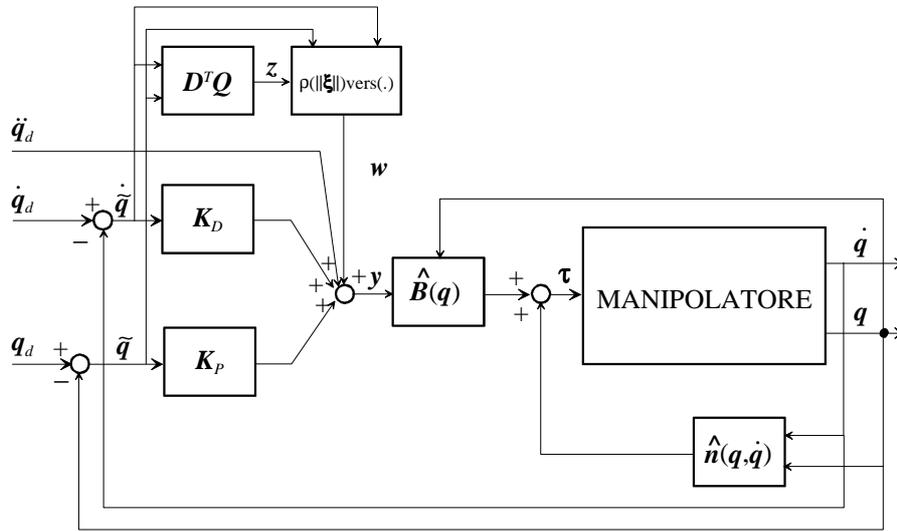
- 2.4** Si supponga ora che il giunto di trasmissione presenti flessibilità tale da dare origine ad una coppia risonanza-antirisonanza con  $\omega_p = 100 \text{ rad/s}$ . Si spieghi se ed eventualmente in che misura occorre modificare il valore nominale di banda dell'anello di velocità utilizzato al punto precedente.

### **Esercizio 3**

- 3.1** Si spieghi in quali situazioni è opportuno l'uso di un sistema di controllo robusto per un manipolatore robotico.

- 3.2** Si elenchino le ipotesi che vengono introdotte nella derivazione della legge di controllo robusto.

- 3.3 Con riferimento allo schema di controllo robusto riportato di seguito, si spieghi qual è il significato della variabile  $\xi$  e qual è la dipendenza della funzione  $\rho$  dalla norma di  $\xi$ .



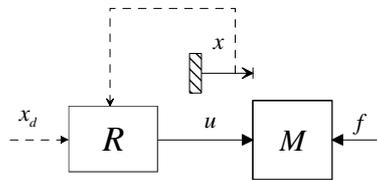
- 3.4 Quale proprietà di stabilità è possibile dimostrare per il sistema di controllo robusto sopra riportato?

#### Esercizio 4

- 4.1 Si spieghi che cosa si intende per impedenza meccanica e per quale motivo riveste interesse assegnare una prescritta impedenza ad un sistema meccanico.

4.2 Con riferimento al sistema a singolo grado di libertà schematizzato in figura, si supponga di voler progettare un controllore di impedenza implicito, che disponga della misura della forza all'end-effector.

Si disegni lo schema a blocchi del controllore.



4.3 Si illustri il risultato che si consegue con lo schema del punto precedente.

4.4 Si illustri il vantaggio di uno schema di controllo implicito rispetto ad uno esplicito.