

Fondamenti di Robotica

PROF. ROCCO

24 GIUGNO 2022

COGNOME E NOME:

MATRICOLA:

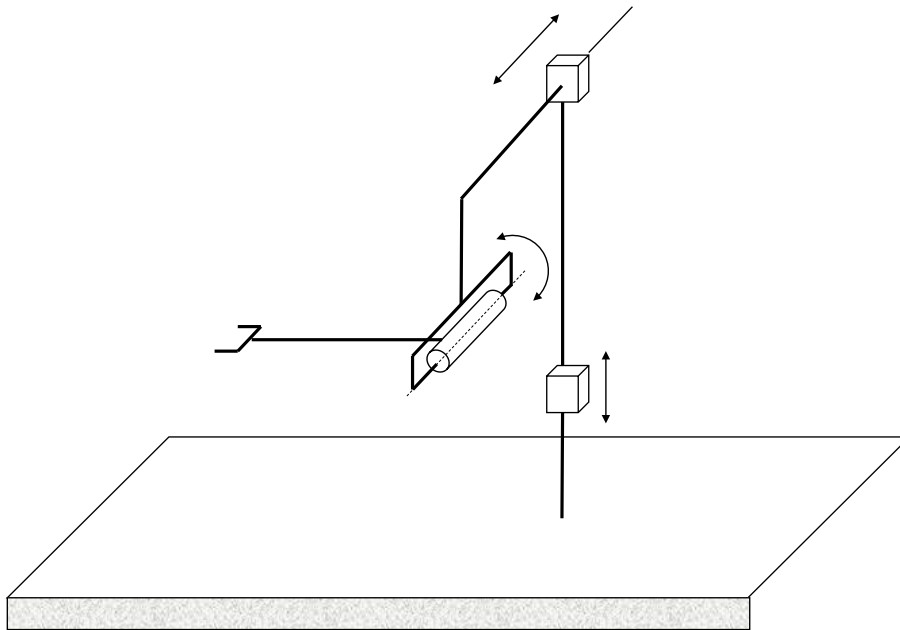
FIRMA: _____

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 la controcopertina 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.

ESERCIZIO 1

1. Si consideri il manipolatore disegnato in figura:



Si riportino, sulla figura stessa, le terne secondo la convenzione di Denavit-Hartenberg e si compili la relativa tabella dei parametri:

| | a | α | d | ϑ |
|---|-----|----------|-----|-------------|
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |

2. Per il manipolatore dato, si scrivano le equazioni della cinematica diretta relativamente alla sola posizione.¹

¹Si ricorda, nel caso la si ritenga utile per la soluzione dell'esercizio, l'espressione della matrice di trasformazione omogenea tra due terne consecutive:

$$\mathbf{A}_i^{i-1} = \begin{bmatrix} c\vartheta_i & -s\vartheta_i c\alpha_i & s\vartheta_i s\alpha_i & a_i c\vartheta_i \\ s\vartheta_i & c\vartheta_i c\alpha_i & -c\vartheta_i s\alpha_i & a_i s\vartheta_i \\ 0 & s\alpha_i & c\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

3. Per il manipolatore dato, si determini lo Jacobiano geometrico (relativo alle sole velocità lineari), evidenziando i punti di singolarità²

²Si ricorda che il prodotto vettoriale tra i vettori $a = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix}$ e $b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix}$ è $c = a \times b = \begin{bmatrix} a_2 b_3 - a_3 b_2 \\ a_3 b_1 - a_1 b_3 \\ a_1 b_2 - a_2 b_1 \end{bmatrix}$

4. Si consideri il manipolatore nella configurazione in cui è disegnato. Si scriva l'espressione della matrice di trasformazione omogenea della terna 3 rispetto alla terna 0.

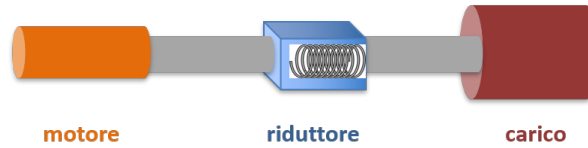
ESERCIZIO 2

1. Si consideri la generazione della traiettoria di posizione nello spazio Cartesiano. Si prenda come punto iniziale: $\mathbf{p}_i = \begin{bmatrix} 3 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ e come punto finale $\mathbf{p}_f = \begin{bmatrix} 0 \\ 3 \\ \sqrt{3} \end{bmatrix}$. Si scriva l'espressione di un segmento che connetta i punti iniziale e finale, parametrizzato con l'ascissa curvilinea.

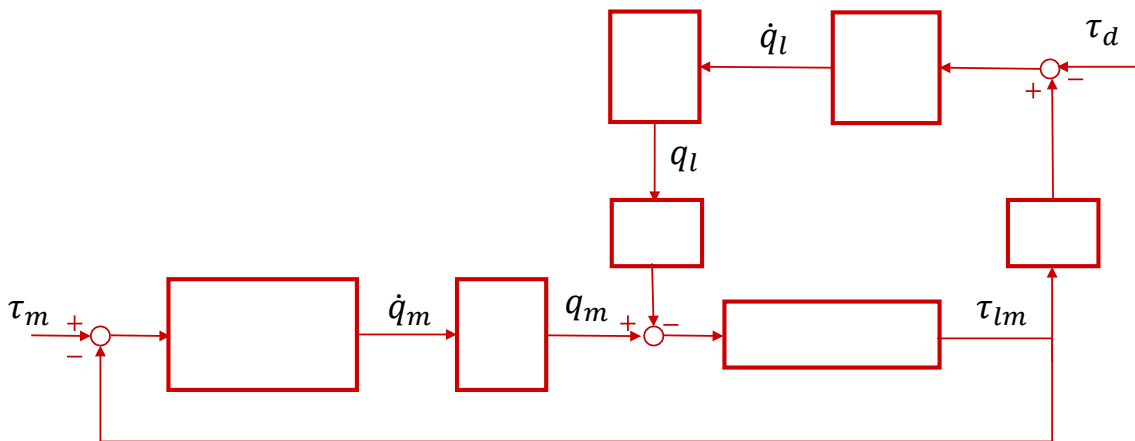
2. Assumendo un tempo di percorrenza $T = 2s$, si progetti una traiettoria che copra il cammino geometrico prima determinato, usando un profilo di velocità trapezoidale con tempo di accelerazione $T_a = 0.4s$. Si determinino in particolare l'accelerazione iniziale e la velocità di crociera dell'end effector.

ESERCIZIO 3

Si consideri un servomeccanismo elastico:



- Definendo τ_m la coppia motrice, τ_{lm} la coppia trasmessa tra motore e carico, τ_d una coppia di disturbo lato carico, q_m e \dot{q}_m posizione e velocità lato motore, q_l e \dot{q}_l posizione e velocità lato carico, e facendo riferimento alla seguente figura, si completi lo schema a blocchi corrispondente al modello dinamico del servomeccanismo:



- Si tracci l'andamento qualitativo del diagramma di Bode del modulo della risposta in frequenza da coppia motrice a velocità motore (in assenza della coppia di disturbo τ_d) e si confronti tale diagramma con quello dell'approssimazione rigida della stessa risposta in frequenza.

3. Assumendo ora che il servomeccanismo elastico sia un giunto di un manipolatore robotico, si spieghi che significato assume l'inerzia lato carico J_l . Si determini quindi il valore di tale inerzia quando il rapporto di trasmissione vale $n = 50$ e la costante elastica vale $K_{el} = 50$, in modo da avere la pulsazione a rotore bloccato pari a 100 rad/s.

4. Per il servomeccanismo caratterizzato dai parametri del punto precedente, assumendo soddisfatta la condizione di "inertia matching", si progetti un opportuno controllore PI di velocità.