

Fondamenti di Robotica

PROF. ROCCO

23 GENNAIO 2023

COGNOME E NOME:

MATRICOLA:

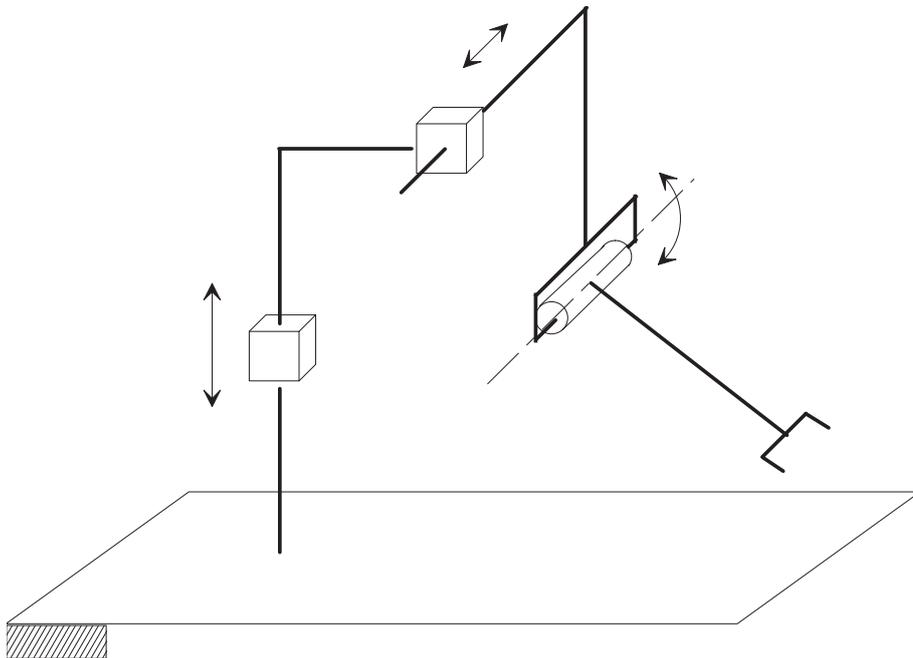
FIRMA: _____

Avvertenze:

- Il presente fascicolo si compone di **8** pagine (compresa la copertina).
- 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. Per il manipolatore dato si scriva l'espressione della matrice di rotazione 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: $\mathbf{p}_i = \begin{bmatrix} 0 \\ \sqrt{3} \\ -1 \end{bmatrix}$ e come punto finale $\mathbf{p}_f = \begin{bmatrix} \sqrt{2} \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$. 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. Assunto il tempo di accelerazione $T_a = 0.5s$, si determinino in particolare la velocità di crociera \dot{q}_v e l'accelerazione iniziale \ddot{q}_c .

3. Si supponga ora che l'accelerazione massima raggiungibile sia per il 50% maggiore del valore \ddot{q}_c determinato precedentemente. Si determini il minimo tempo di posizionamento per il percorso definito in precedenza, assumendo come valore della velocità massima \dot{q}_v .

4. Assumendo che nel punto iniziale l'end effector sia orientato come la terna base mentre nel punto finale la terna dell'end effector debba formare la seguente matrice di rotazione rispetto alla terna base:

$$\mathbf{R}_f = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & -\frac{\sqrt{2}}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} & \frac{\sqrt{2}}{2} \end{bmatrix}$$

Adottando una rappresentazione asse-angolo per la pianificazione dell'orientamento, si determini l'espressione del versore dell'asse e la variazione totale subita dall'angolo.

ESERCIZIO 3

Si consideri un sistema di controllo P/PI per un servomeccanismo elastico. Si assumano i seguenti valori dei parametri fisici:

$$\begin{aligned}J_m &= 0.01 \text{ Kg m}^2 \\D_m &= 0 \\ \rho &= 2\end{aligned}$$

Nel corso di un esperimento eseguito lasciando libero di vibrare il motore, si sono riscontrate sul carico oscillazioni poco smorzate di periodo pari a 0.0209 s.

1. Si determini un valore della costante elastica K_{el} della trasmissione compatibile con i dati del problema.

2. Si determini il periodo delle oscillazioni che si ottengono bloccando meccanicamente il motore e lasciando vibrare il carico. È più alto lo smorzamento di queste oscillazioni o di quelle trattate al punto precedente?

