

# Fondamenti di Robotica

PROF. ROCCO

21 LUGLIO 2022

COGNOME E NOME:

MATRICOLA:

FIRMA: \_\_\_\_\_

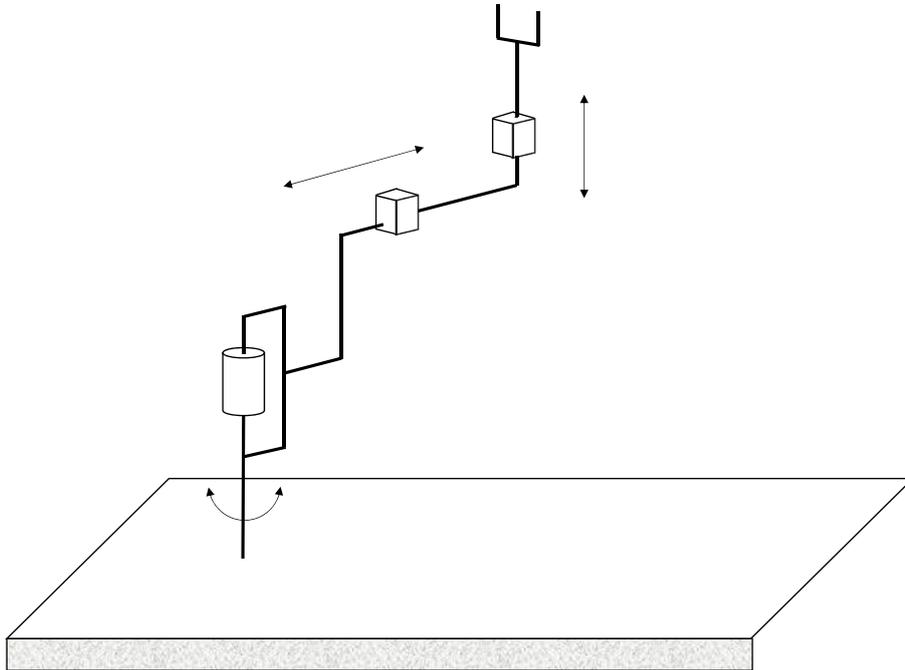
## Avvertenze:

- 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:

	$a$	$\alpha$	$d$	$\vartheta$
1				
2				
3				

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

<sup>1</sup>Si 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 singolarità.

4. Si scrivano le equazioni della cinematica inversa per il manipolatore dato, specificando quante soluzioni esistono per una data posizione dell'end effector.

## ESERCIZIO 2

1. Si spieghi che cosa si intende per rappresentazione asse-angolo dell'orientamento.

2. Si supponga ora di volere pianificare la traiettoria di orientamento dell'end-effector di un robot. Le matrici di rotazione che esprimono rispettivamente l'orientamento iniziale e l'orientamento finale rispetto alla terna mondo sono:

$$\mathbf{R}_i = \mathbf{I}_3, \quad \mathbf{R}_f = \begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Si determini l'asse intorno a cui deve essere effettuata la rotazione e l'angolo per cui occorre ruotare.

3. Si definisca il quaternion unitario e si esprima la rotazione della terna finale rispetto a quella iniziale di questo esercizio con un quaternion unitario.

4. Sempre con riferimento ai dati di questo esercizio, si pianifichi l'evoluzione dell'angolo con una legge oraria cubica rispetto al tempo, con tempo di posizionamento pari a  $T = 1s$ . Si assumano nulle la velocità iniziale e quella finale e si esprima l'angolo in gradi.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>Nel caso non si sia riusciti a risolvere il punto 2 dell'esercizio, si risolva il presente punto assumendo come valore finale dell'angolo  $40^\circ$ .

### ESERCIZIO 3

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

$$J_m = 0.01 \text{Kg}m^2$$

$$D_m = 0$$

$$\rho = 3$$

1. Nel corso di un esperimento eseguito lasciando il sistema, privo di controllore, libero di vibrare, si sono riscontrate sul carico oscillazioni poco smorzate di periodo pari a 0.0314 s. Si determini il periodo delle oscillazioni che si otterrebbero in un nuovo esperimento in cui si vincolasse meccanicamente il motore.

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

3. Si tracci il luogo delle radici del sistema di controllo di velocità chiuso con un regolatore PI lato motore e si spieghi che criterio di progetto suggerisce tale luogo delle radici.

4. Seguendo il criterio prima enunciato, si determinino il guadagno proporzionale e il tempo integrale di un regolatore PI di velocità opportunamente tarato.