

Fondamenti di Robotica

PROF. ROCCO

29 AGOSTO 2022

COGNOME E NOME:

MATRICOLA:

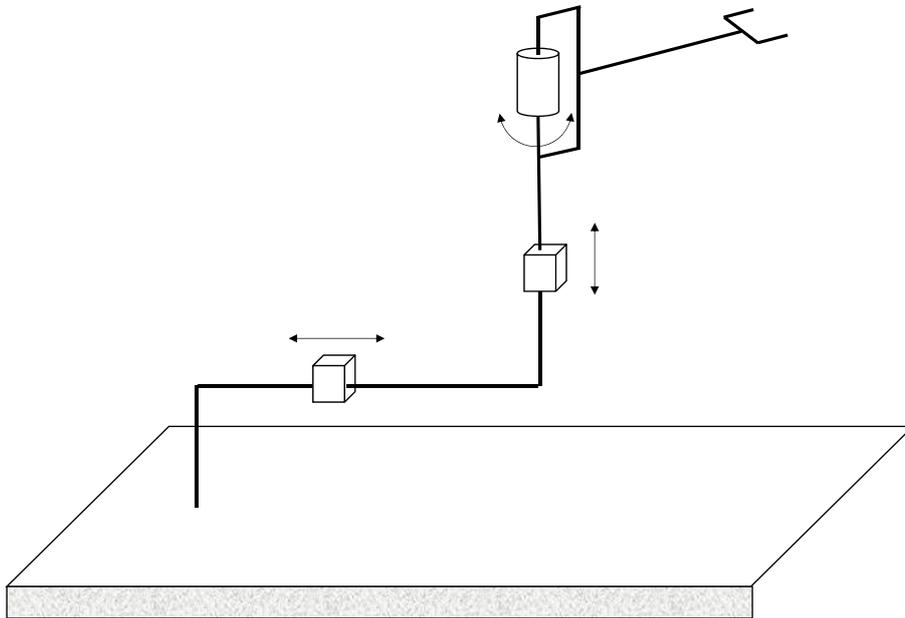
FIRMA: _____

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	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 disegni, con una vista dall'alto, il manipolatore in una delle configurazioni singolari ricavate precedentemente e si mostri che una forza all'end-effector opportunamente orientata è equilibrata da forze/coppie nulle ai giunti.

ESERCIZIO 2

1. Si disegni lo schema a blocchi di uno schema di inversione cinematica a inversa dello Jacobiano.
2. Si ricavi l'equazione della dinamica dell'errore in anello chiuso dello schema del passo precedente. Assumendo la matrice dei guadagni diagonale, si tracci l'andamento qualitativo dell'errore su una delle variabili dello spazio operativo, a partire da un valore genericamente diverso da zero di tale errore.

3. Si illustri il metodo di inversione cinematica a inversa smorzata dello Jacobiano, spiegando quale problema contribuisce a risolvere.

4. Si disegni lo schema a blocchi di uno schema di inversione cinematica a trasposta dello Jacobiano, spiegando che vantaggio può comportare il suo utilizzo rispetto allo schema a inversa dello Jacobiano.

ESERCIZIO 3

1. Si consideri un motore a corrente continua caratterizzato dai seguenti parametri:

$$R = 0.2 \ \Omega$$

$$L = 0.001 \ H$$

Si progetti un regolatore di corrente in modo da ottenere una banda passante di $2000 \ rad/s$.

2. Si spieghi qual è il ruolo del sistema di controllo di corrente ai fini del controllo del moto in un servomeccanismo.

3. Si illustri sinteticamente il principio di funzionamento di un motore brushless, commentando in particolare dove sono collocati i magneti permanenti e dove gli avvolgimenti e per quale motivo questo motore sia preferibile a un tradizionale motore a corrente continua.

4. Si dimostri che in un motore brushless sinusoidale la coppia erogata è idealmente indipendente dall'angolo di rotazione.