

Fondamenti di Robotica

PROF. ROCCO

15 LUGLIO 2021

COGNOME E NOME:

MATRICOLA:

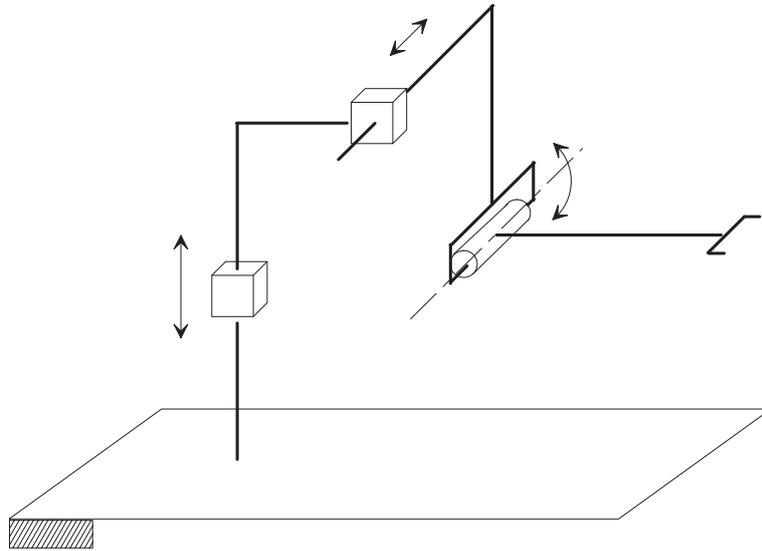
FIRMA: _____

Avvertenze:

- Il presente fascicolo si compone di **8** pagine (compresa la copertina). Il frontespizio del fascicolo deve essere firmato.
- Durante la prova non è consentito uscire dall'aula per nessun motivo.
- 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:

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

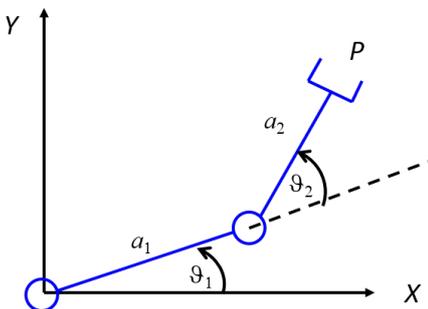
3. Per il manipolatore dato, si determini lo Jacobiano geometrico (relativo alle sole velocità lineari), evidenziando i punti di singolarità²

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 $c = a \times b = \begin{bmatrix} a_2 b_3 - a_3 b_2 \\ a_3 b_1 - a_1 b_3 \\ a_1 b_2 - a_2 b_1 \end{bmatrix}$

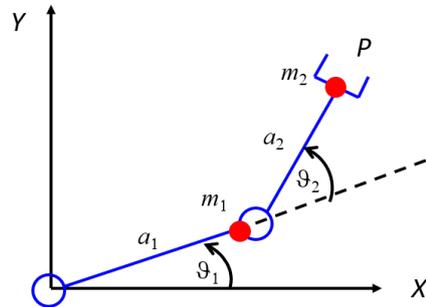
4. Si spieghi se la terna 3 come determinata al punto 1 è interpretabile come terna $\mathbf{n}, \mathbf{s}, \mathbf{a}$ e in caso contrario si determini la matrice di rotazione dalla terna 3 a una possibile terna $\mathbf{n}, \mathbf{s}, \mathbf{a}$.

ESERCIZIO 2

1. Si dia l'espressione dell'ellissoide di manipolabilità in velocità per un manipolatore robotico e se ne illustri brevemente il significato.
2. Si dia la definizione di misura di manipolabilità, si spieghi che espressione assume per il manipolatore planare a due gradi di libertà riportato in figura e si disegni il manipolatore stesso nella configurazione che massimizza la misura di manipolabilità.



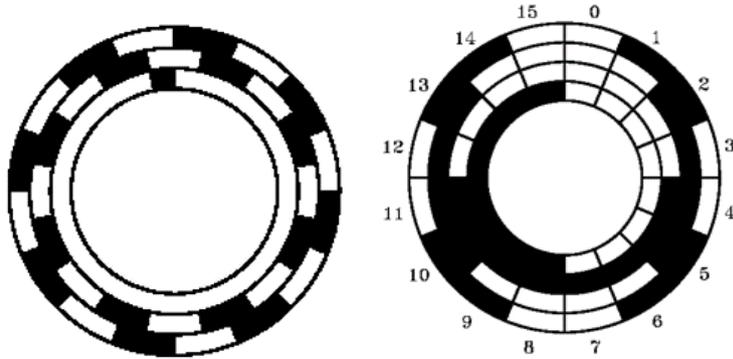
3. Si supponga ora di voler progettare il sistema di controllo per il manipolatore a due gradi di libertà rappresentato in figura. Si suppongano le aste di lunghezza $a_1 = a_2 = 1m$ e che le masse dei link siano concentrate alle estremità delle aste, con valori $m_1 = m_2 = 20kg$. Si determinino, per ciascun giunto, valori dei momenti di inerzia lato carico utilizzabili per il progetto dei controllori di velocità.



4. Adottando ora motori con momenti di inerzia $J_{m1} = J_{m2} = 2 \cdot 10^{-3}kgm^2$ e rapporti di trasmissione $n_1 = n_2 = 100$ si determini, per ciascun giunto (supposto rigido) il valore del guadagno proporzionale del controllore di velocità per ottenere una pulsazione critica $\omega_{cv} = 200rad/s$ su entrambi i giunti.

ESERCIZIO 3

1. Nelle seguenti figure sono rappresentati un encoder incrementale e un encoder assoluto. Si determinino le risoluzioni di entrambi i dispositivi.



2. Si spieghi in che cosa consiste la codifica Gray, se essa viene utilizzata in un encoder incrementale o assoluto, e per quale motivo viene utilizzata.

3. Si spieghi perché in un motore brushless la misura della posizione è necessaria per la corretta erogazione di coppia del motore.

4. Si spieghi che cosa si intende per ripple di coppia in un motore brushless