



POLITECNICO
MILANO 1863

FONDAMENTI DI ROBOTICA

A.A. 2023-2024

PROF. ROCCO

11 SETTEMBRE 2024 - TERZO APPELLO

COGNOME E NOME: _____

MATRICOLA: _____

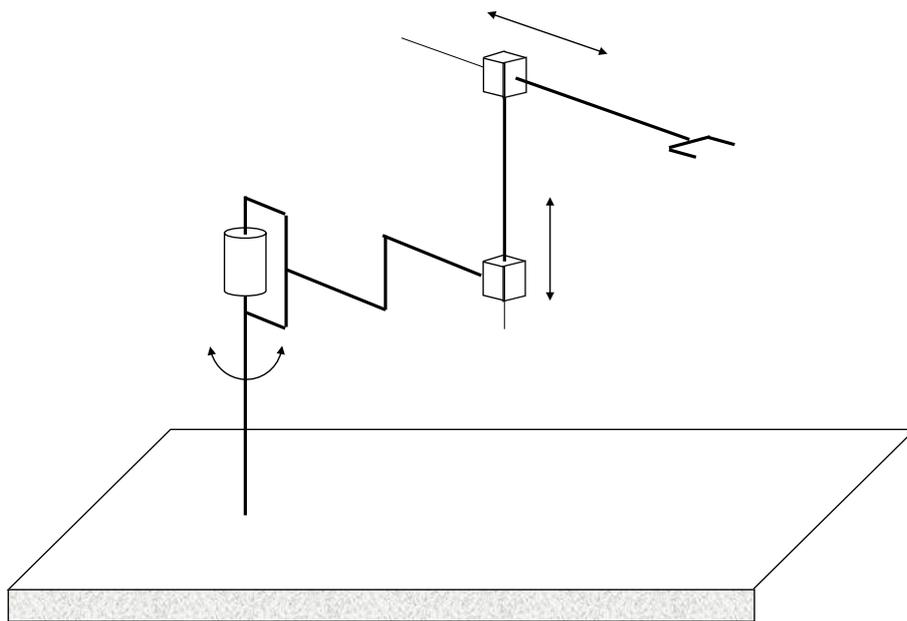
FIRMA: _____

Avvertenze:

- Il presente fascicolo si compone di **8** pagine (compresa la copertina). Firmare il frontespizio.
- 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

Si consideri il manipolatore disegnato in figura:



Domanda 1.1 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 | | | | |

Domanda 1.2 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:

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

Domanda 1.3 Per il manipolatore dato, si determini lo Jacobiano geometrico (relativo alle sole velocità lineari), evidenziando i punti di singolarità

Domanda 1.4 Per il manipolatore del presente esercizio in una generica configurazione si scriva l'espressione della matrice di trasformazione omogenea della terna 3 rispetto alla terna 0.

Esercizio 2

Domanda 2.1 Si consideri una traiettoria a profilo di velocità trapezoidale. Si suppongano dati il tempo di posizionamento T e la distanza da percorrere h . Assegnato un valore della velocità \dot{q}_v nel tratto centrale (velocità di crociera), come si possono determinare il tempo di accelerazione T_a e l'accelerazione iniziale \ddot{q}_c ? Che condizione deve verificare la velocità di crociera assegnata perché il problema sia risolubile?

Domanda 2.2 Si consideri ora la generazione della traiettoria con profilo di velocità trapezoidale per una variabile $q(t)$ con i seguenti dati:

$$\begin{aligned} q_i &= 0 & q_f &= 30^\circ \\ \dot{q}_{\max} &= 10^\circ/s & \ddot{q}_{\max} &= 10^\circ/s^2 \end{aligned}$$

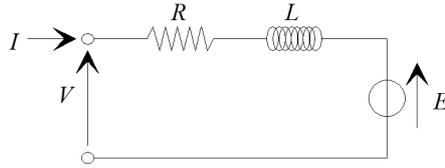
Si determinino il minimo tempo di posizionamento T e il relativo tempo di accelerazione T_a

Domanda 2.3 Con riferimento alla pianificazione del punto precedente, si supponga che il tempo di posizionamento sia aumentato del 25%, senza modificare la velocità massima. Si determinino il tempo di accelerazione e l'accelerazione iniziale che si ottengono a seguito del cambiamento del tempo di posizionamento.

Domanda 2.4 Per lo stesso posizionamento trattato al punto 2.2, supponendo velocità iniziale e finale nulla, si determini l'espressione di una traiettoria cubica.

Esercizio 3

Domanda 3.1 Facendo riferimento al seguente schema elettrico di un motore a corrente continua, si scrivano



le equazioni della dinamica elettrica e le espressioni di forza controelettromotrice e coppia. Si tracci quindi la caratteristica statica di un generico motore a corrente continua.

Domanda 3.2 Si rappresenti ora con uno schema a blocchi la connessione tra la dinamica elettrica del motore e una generica dinamica meccanica.

Domanda 3.3 Facendo riferimento allo schema a blocchi tracciato nel punto precedente, si spieghi qual è il ruolo del sistema di controllo di corrente ai fini del controllo del moto in un servomeccanismo. Si illustri in particolare il ruolo del controllo di corrente nei confronti della forza controelettromotrice.

Domanda 3.4 Si consideri un motore a corrente continua caratterizzato dai seguenti parametri:

$$R = 0.1 \ \Omega$$

$$L = 0.002 \ H$$

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