

Fondamenti di Robotica

PROF. ROCCO

24 GIUGNO 2021

COGNOME E NOME:

MATRICOLA:

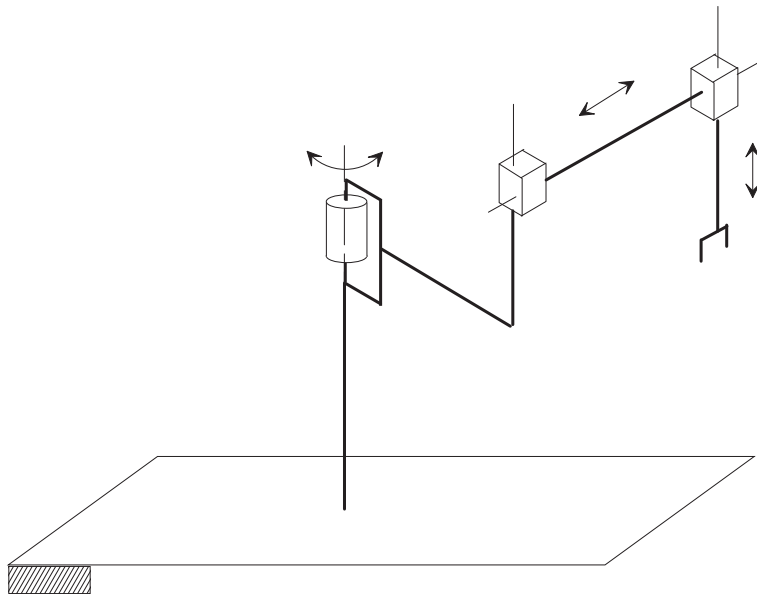
FIRMA: _____

Avvertenze:

- Il presente fascicolo si compone di **8** pagine (compresa la copertina). Tutte le pagine utilizzate vanno firmate.
- 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 singolarità

4. Si consideri il manipolatore nella configurazione $\vartheta_1 = 0$ e si supponga di applicare una forza all'end-effector orientata come l'asse x_0 : si calcolino le coppie/forze ai giunti che la equilibrano.

ESERCIZIO 2

1. Si ricavi l'espressione di una traiettoria cubica che porti $q(t)$ dal valore iniziale $q_i = 0$ al valore finale $q_f = 2$, in un intervallo di tempo di $2s$, con velocità iniziale e finale nulle.
2. Per la traiettoria calcolata al punto precedente, si determinino il valore massimo assunto dalla velocità (\dot{q}_{\max}) e dall'accelerazione (\ddot{q}_{\max}).

3. Si supponga ora di voler assegnare un profilo di velocità trapezoidale, di uguale durata del precedente, con accelerazione iniziale uguale al valore \ddot{q}_{\max} determinato al punto 2. Si determini il valore massimo assunto dalla velocità ² e lo si confronti con quello massimo \dot{q}_{\max} determinato al punto 2.

4. Adottando ora i valori massimi sia di velocità sia di accelerazione \dot{q}_{\max} e \ddot{q}_{\max} determinati al punto 2, si valuti il minimo tempo per posizionare q da q_i a q_f con un profilo di velocità trapezoidale.

²Si ricorda che per una traiettoria a profilo di velocità trapezoidale di durata T che copra la distanza h sussiste il seguente legame tra l'accelerazione iniziale \ddot{q}_c e il tempo di accelerazione T_a : $\ddot{q}_c T_a^2 - \dot{q}_c T T_a + h = 0$

ESERCIZIO 3

1. Si consideri il progetto di un controllore P/PI per un servomeccanismo rigido. Si scriva l'espressione della funzione di trasferimento d'anello $L_v(s)$ per il controllo di velocità, avendo cura di specificare il significato dei simboli usati.

2. Si assumano ora i seguenti valori dei parametri fisici (in unità SI):

$$J_m = 0.003$$

$$D_m = 0$$

$$J_l = 5$$

$$n = 50$$

Si progetti il regolatore PI di velocità in modo da ottenere una pulsazione critica $\omega_{cv} = 100$ rad/s. Si tracci il diagramma di Bode asintotico del modulo di L_v specificatamente riferito al progetto eseguito.

3. Si supponga ora che il giunto tra motore e carico presenti dell'elasticità. Si determini il minimo valore della costante elastica per cui il progetto condotto al punto precedente si possa considerare robusto rispetto alla presenza di tale elasticità.

4. Si assuma ora che il giunto sia caratterizzato da elasticità con costante elastica pari al valore limite determinato al punto precedente. Se si aumentasse di molto, per esempio di un ordine di grandezza, il guadagno del controllore di velocità, con quale periodo approssimativamente oscillerebbe il carico?