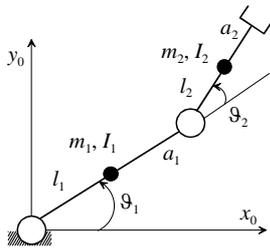


Controllo del moto e robotica industriale

Prof. Paolo Rocco

Controllo del moto di un manipolatore con giunti rigidi



Si consideri il manipolatore planare a due gradi di mobilità studiato nell'esercitazione precedente (relativa alla dinamica). Si assumano i seguenti valori per i parametri geometrici e fisici dei bracci:

- lunghezze: $a_1 = a_2 = 1$ m
- distanze dei baricentri dagli assi dei giunti: $l_1 = l_2 = 0.5$ m
- masse: $m_1 = m_2 = 50$ kg
- momenti di inerzia baricentrali intorno all'asse z_0 : $I_1 = I_2 = 10$ kg m²

Si assuma inoltre che il moto sia attuato per mezzo di due motori connessi ai bracci con giunti rigidi. Si adottino i seguenti valori numerici:

- momenti di inerzia dei motori intorno ai propri assi: $J_{m1} = 5 \cdot 10^{-3}$ kg m², $J_{m2} = 2 \cdot 10^{-3}$ kg m²
- rapporti di trasmissione: $n_1 = n_2 = 100$

Si consideri il robot inizialmente all'equilibrio con l'organo terminale nel punto (0.2, 0), nella postura a gomito basso. Si vuole progettare un sistema di controllo indipendente ai giunti (costituito da regolatori P/PI con anticipo di velocità), in grado di muovere l'organo terminale lungo l'asse x_0 per un tratto di 1.6 m in 0.5 s con una velocità massima di 5 m/s.

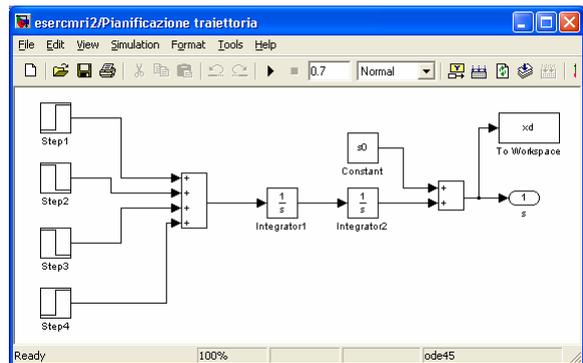
Procedimento

1. Si definisca il manipolatore con il costrutto **robot** avendo cura di definire tutti i parametri geometrici e fisici, compresi i momenti di inerzia dei motori ed i rapporti di trasmissione;
2. Si pianifichi la traiettoria, calcolando il tempo di accelerazione e l'accelerazione iniziale, con le note formule:

$$t_a = \frac{T\dot{q}_v - h}{\dot{q}_v}, \quad \ddot{q} = \frac{\dot{q}_v}{t_a},$$

dove T e h sono rispettivamente la durata della traiettoria e la distanza da percorrere e \dot{q}_v è la velocità massima;

3. Si componga in Simulink lo schema che realizza la pianificazione della traiettoria. Si può utilizzare la soluzione riportata in figura, in cui si definisce il profilo di accelerazione come la somma di quattro gradini di valore ed istante di assegnazione opportuni e si ottiene il profilo di posizione per doppia integrazione;



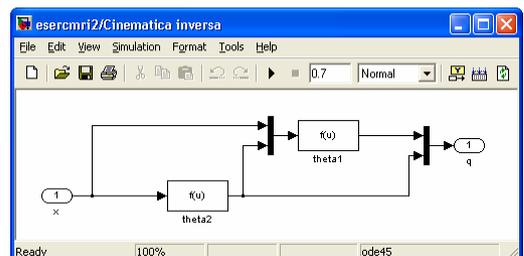
4. Tenendo conto dei valori numerici delle lunghezze dei bracci, e del fatto che il moto avviene lungo l'asse x_0 , le equazioni della cinematica inversa, per configurazione a gomito basso, si riducono a:

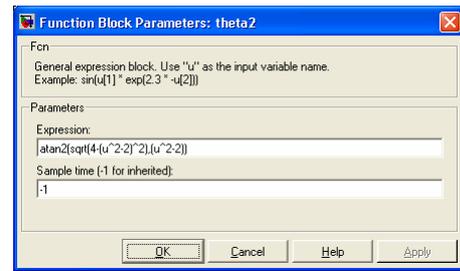
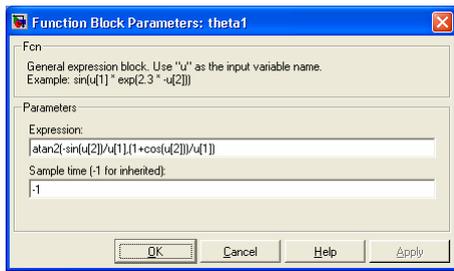
$$\vartheta_2 = \text{Atan2}\left(\sqrt{4 - (p_x^2 - 2)^2}, (p_x^2 - 2)\right),$$

$$\vartheta_1 = \text{Atan2}\left(-\sin(\vartheta_2)/p_x, (1 + \cos(\vartheta_2))/p_x\right)$$

Si realizzi uno schema Simulink che calcola la cinematica inversa, come per esempio quello mostrato in figura.

Occorrerà compilare le maschere dei parametri dei due blocchi dello schema come di seguito riportato:

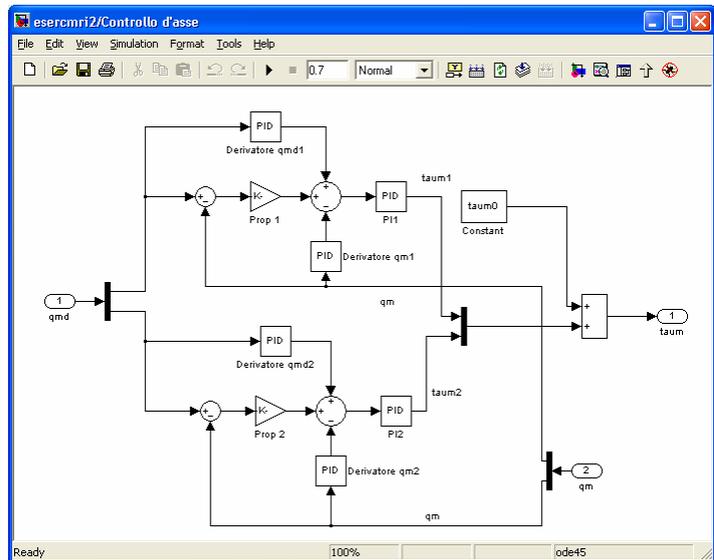




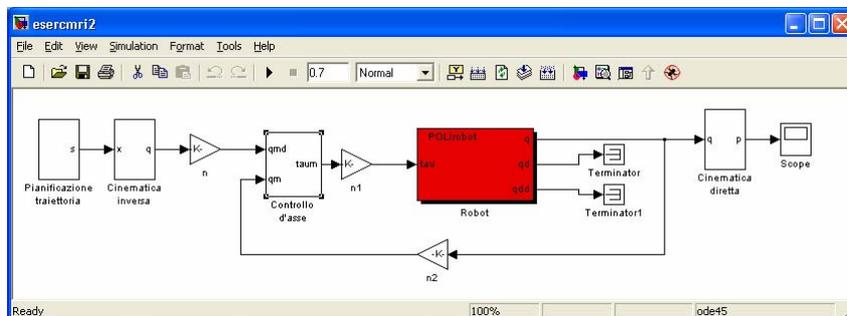
5. Si progettino i controllori di velocità e posizione per i due giunti. Si faccia riferimento a valori di inerzia lato carico pari a $J_{11}=60 \text{ kg m}^2$, $J_{12}= 22.5 \text{ kg m}^2$, dove il secondo valore è quello esatto, mentre il primo è una media tra i valori calcolati nell'esercitazione precedente.

Per entrambi i giunti si impongano come valori di pulsazione critica 200 rad/s per l'anello di velocità e 20 rad/s per l'anello di posizione.

Si componga lo schema Simulink come in figura. Si osservi che non essendo possibile inizializzare correttamente gli stati degli integratori nei moduli PID della libreria di Simulink, si è fatto uso di un valore di polarizzazione della coppia motore, calcolato sulla base del carico gravitazionale nella configurazione iniziale.



6. Si simuli il sistema nel suo complesso, con lo schema seguente (dove i sottosistemi precedentemente descritti sono stati convenientemente raggruppati):



Si osservi che sia il riferimento di posizione che la misura sono scalati per i rapporti di trasmissione, così come la coppia erogata dai motori.

Nello schema si è introdotto anche un blocco che calcola la cinematica diretta, al fine di visualizzare la posizione effettiva dell'organo terminale.

Occorrerà compilare le maschere dei parametri dei due blocchi dello schema come di seguito riportato:

