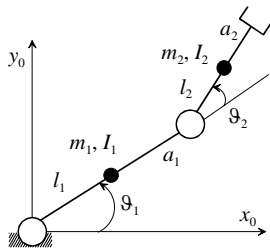


Controllo del moto e robotica industriale

Prof. Paolo Rocco

Controllo a dinamica inversa di manipolatori



Si consideri il manipolatore planare a due gradi di mobilità studiato nelle esercitazioni precedenti. 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: $n_1 = n_2 = 100$

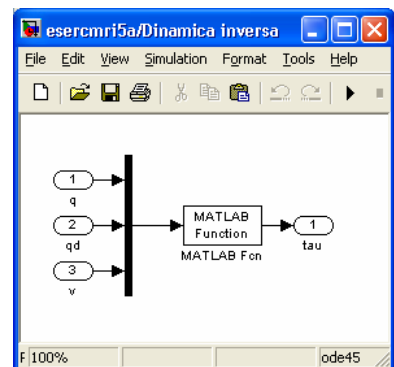
Si consideri il robot inizialmente all'equilibrio con l'organo terminale nel punto (0.2, 0), nella postura a gomito basso. Si vuole progettare un sistema di controllo a dinamica inversa, in grado di muovere l'organo terminale lungo l'asse x_0 per un tratto di 1.6 m in 0.5 s con una velocità massima di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

Procedimento

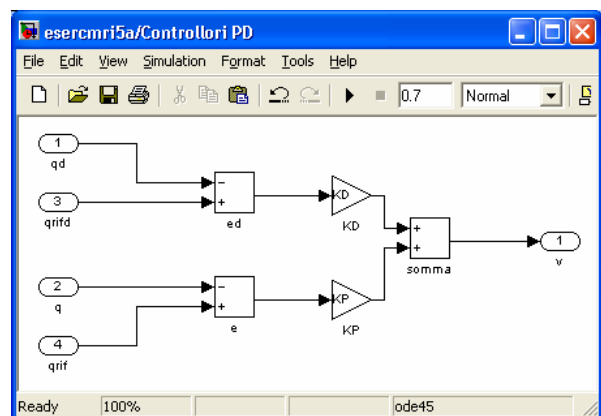
1. Si definisca il manipolatore con il costrutto **robot** avendo cura di definire tutti i parametri geometrici e fisici, compresi i momenti di inerzia dei motori ed i rapporti di trasmissione;
2. Si componga in Simulink lo schema che realizza il calcolo della dinamica inversa. Il blocco riceve in ingresso le posizioni e le velocità di giunto ed un vettore, che sarà costituito dall'uscita dei controllori PD, che funge da vettore delle accelerazioni di giunto nel calcolo della dinamica inversa. Si utilizzerà l'algoritmo di Newton-Eulero (`rne`) disponibile nel toolbox. La funzione Matlab da indicare all'interno dell'apposito blocco sarà quindi:

```
rne(r2, u(1:2)', u(3:4)', u(5:6)')
```

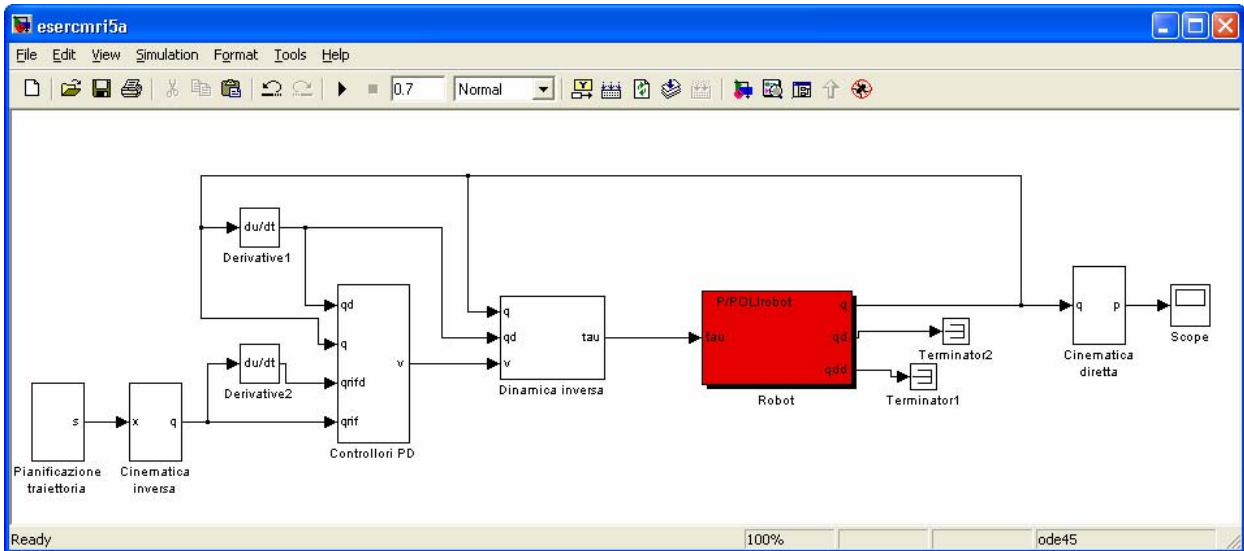
dove `r2` è il nome dell'oggetto robot precedentemente definito.



3. Si componga quindi lo schema che realizza i controllori PD. Lo schema riceve in ingresso posizioni e velocità effettive e desiderate, calcola i relativi errori e li moltiplica per i coefficienti KP e KD (uguali sui due giunti):



4. Utilizzando i blocchi realizzati nelle precedenti esercitazioni, si componga lo schema Simulink riportato in figura:



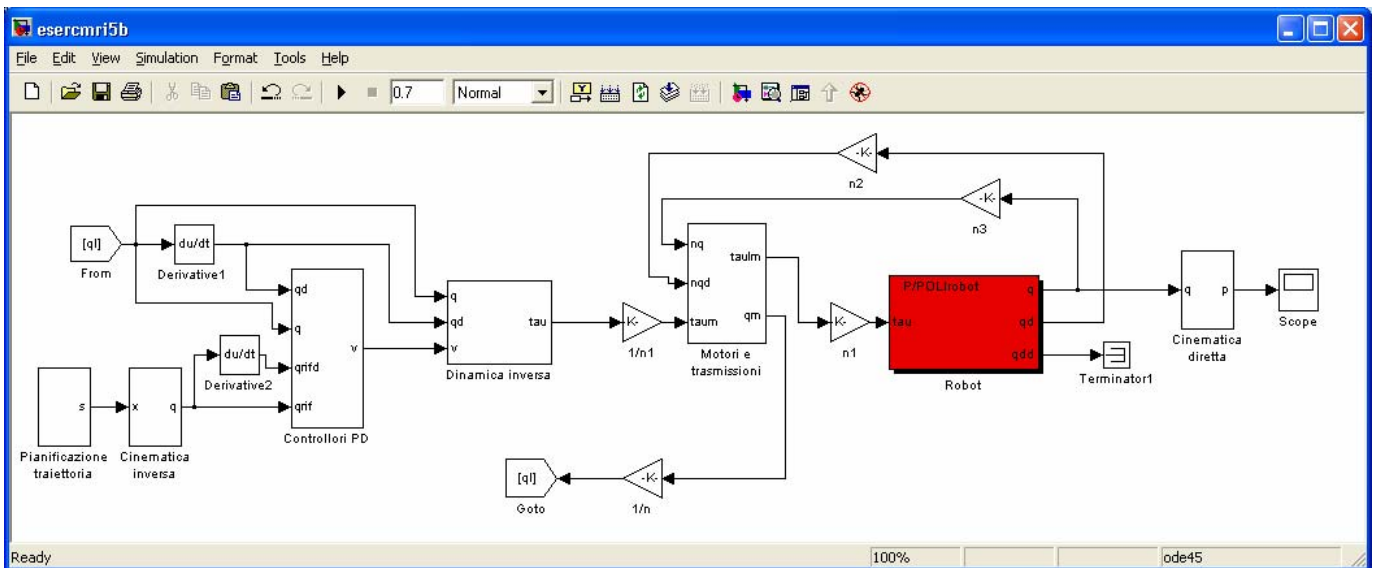
Per entrambi i giunti si ricavano i guadagni K_P e K_D in modo da conferire ai poli in anello chiuso del sistema, reso lineare e disaccoppiato dall'applicazione del metodo a dinamica inversa, pulsazione naturale pari a 100 rad/s e smorzamento pari a 0.7.

5. Si simuli il sistema, avendo cura di indicare nella maschera del blocco che simula il robot, nel campo robot object, `perturb(r2)`, che modifica i valori dei parametri dinamici del robot del 10% rispetto ai valori nominali.

6. Si supponga ora che i giunti del manipolatore siano effetti da **flessibilità torsionale**. Si adottino i seguenti valori numerici:

- costanti elastiche delle trasmissioni: $K_{el1} = K_{el2} = 70 \text{ Nm/rad}$
- coefficiente di attrito viscoso trasmissioni $D_{el1} = D_{el2} = 0.05 \text{ Nms/rad}$

Si azzerino i momenti di inerzia dei motori nel modello del robot e si componga, utilizzando i blocchi realizzati nelle precedenti esercitazioni, il seguente schema Simulink:



Mantenendo gli stessi parametri dei controllori PD prima determinati, si simuli il sistema, confrontandone le prestazioni con il caso di manipolatore con giunti rigidi.