

Fondamenti di robotica

Andrea Monguzzi, Paolo Rocco

Introduzione a CoppeliaSim e interazione con MATLAB

Descrizione interfaccia CoppeliaSim:

➤ Toolbar in alto (fig 1)

Contiene diversi tools (descritti in seguito) per configurare la videocamera del simulatore.

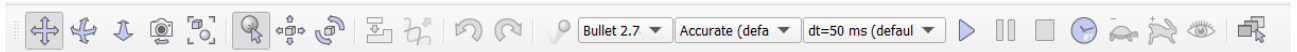


Figura 1

➤ Toolbar a lato (sx) (fig 2)

Permette di configurare la simulazione, di calcolare alcuni elementi (come, ad esempio, le distanze) e di utilizzare anche delle funzioni (come, ad esempio, quella relativa alla cinematica inversa).

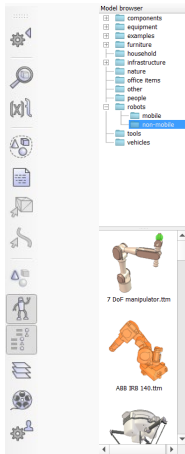


Figura 2

Figura 3

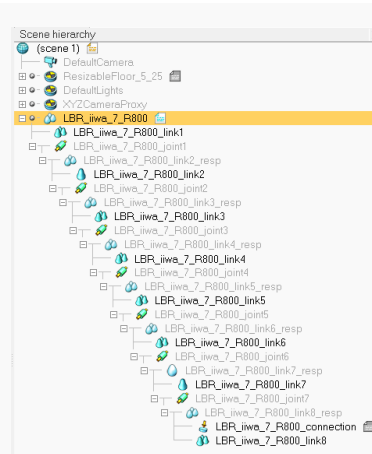


Figura 4

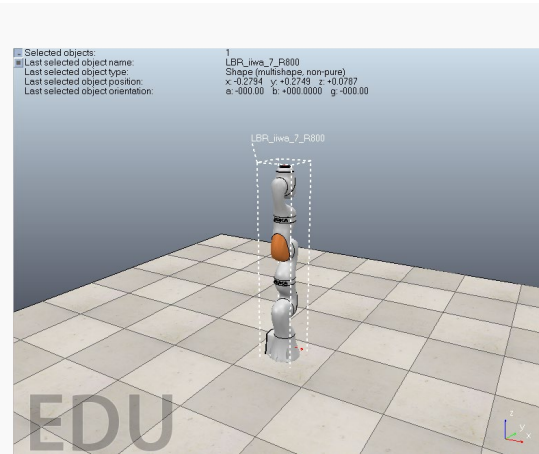


Figura 5

➤ Model browser (fig3)

Permette di aggiungere nuovi oggetti alla scena, come, ad esempio, terne di riferimento, manipolatori, gripper, nastri trasportatori ecc.

Nota: se il Model browser non è presente nella schermata, lo si può fare apparire selezionando nella barra in alto "Tools" (fig 9 d) e quindi "Model browser".

➤ Scene hierarchy (fig 4)

Mostra tutti i modelli presenti nella simulazione (la figura è relativa a un esempio in cui, grazie al model browser, si è aggiunto un robot KUKA LBR iiwa 7 R800 alla scena). È utile per selezionare un oggetto e/o una sua parte (come, ad esempio, un giunto) e permette di visualizzarne/modificarne le proprietà.

➤ Schermata di visualizzazione (fig 5)

Permette di visualizzare tutti gli oggetti nella scena e di vedere come si muovono/interagiscono in base al codice scritto in CoppeliaSim o in altri programmi (come Matlab). In basso a destra è riportato

l'orientamento della terna di riferimento mondo. La terna mondo è posizionata automaticamente al centro della scena (ovvero al centro del pavimento a "scacchiera")

➤ **Barra di visualizzazione comandi e barra di inserimento comandi (fig 6)**

Sono situate in basso nella schermata. La barra di visualizzazione permette di vedere i messaggi dati in output dal simulatore (ad esempio simulazione avviata, messa in pausa o fermata). La barra di inserimento comandi (riquadrate in blu) permette all'utente di scrivere comandi per interagire con il simulatore. Tali comandi permettono, ad esempio, di avviare la comunicazione con un software esterno, come Matlab.



Figura 6

Aprire un file creato in Coppeliasim (chiamato "scena", estensione .ttx)

- Aprire un file: in alto a sx, "open file" → "open scene" e selezionare uno qualunque dei file .ttx
- Una volta aperto un file, è possibile fare "file" → "open recent scene" e cliccare sul nome del file desiderato.

Utilizzare la toolbar per muovere la telecamera e gli oggetti presenti nella scena

Per controllare la videocamera, utilizzare gli strumenti presenti nella toolbar in alto (fig 7, strumenti da 1 a 5, riquadrati in rosso)

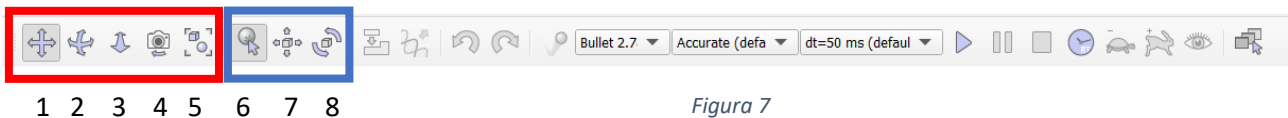


Figura 7

In particolare, selezionare:

- 1 + tenere cliccato in un punto nella schermata di visualizzazione e spostare il mouse → traslazione della telecamera
- 2 + tenere cliccato in un punto nella schermata di visualizzazione e spostare il mouse → rotazione della telecamera
- 3 + tenere cliccato in un punto nella schermata di visualizzazione e spostare il mouse in verticale → zoom
- 4 + tenere cliccato in un punto nella schermata di visualizzazione e spostare il mouse in verticale → controlla l'angolo di vista
- 5 →inquadra l'oggetto selezionato

Nota: il punto in cui si clicca è visualizzato in rosso.

I comandi relativi alla selezione di un oggetto e alla sua posa (traslazione e rotazione) sono legati agli strumenti 6, 7 e 8, riquadrati in blu nella fig. 7.

- Per selezionare un oggetto, controllare che il comando 6 sia selezionato e fare click con il tasto sx del mouse sull'oggetto desiderato nella schermata di visualizzazione.
- Per traslare nella scena un oggetto selezionato, selezionare lo strumento 7 e spostare l'oggetto nella posizione desiderata facendo "drag and drop" con il mouse. Nella finestra di dialogo che appare, è possibile selezionare gli assi rispetto a cui si vuole muovere l'oggetto. Inoltre, selezionando "position" nella finestra che si apre dopo aver selezionato lo strumento 7, è possibile specificare la posizione lungo x, y, z dell'oggetto, rispetto alla "world frame" o alla "parent frame". (Parent frame indica la terna a cui l'oggetto in analisi è direttamente connesso).

- Per ruotare nella scena un oggetto selezionato, selezionare lo strumento 8 e ruotare l'oggetto nella posizione desiderata tenendo cliccato con il tasto sx del mouse sulla scena e spostando il mouse. Nella finestra di dialogo che appare, è possibile selezionare gli assi rispetto a cui si vuole ruotare l'oggetto. Inoltre, selezionando "position" nella finestra che si apre dopo aver selezionato lo strumento 8, è possibile specificare la rotazione lungo α, β, γ dell'oggetto, rispetto alla "world frame" o alla "parent frame".

Nota: la posizione e l'orientamento di ogni oggetto rispetto alla terna base (posizionata al centro del pavimento) vengono mostrate quando l'oggetto viene selezionato (fig 8).

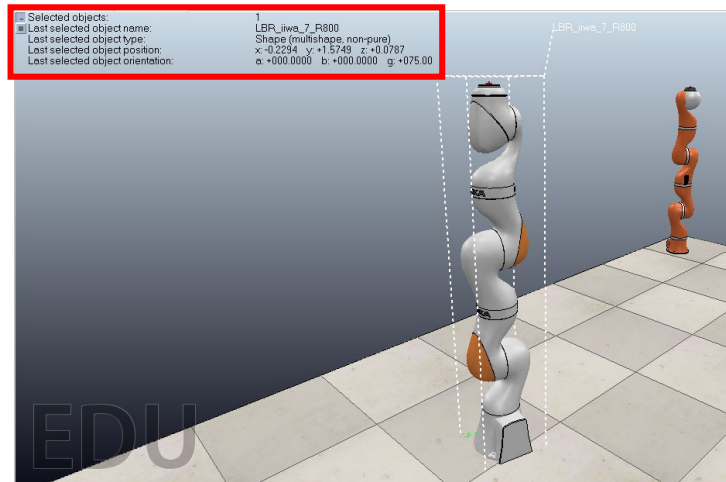


Figura 8

Nota: è possibile creare delle terne di riferimento per determinare posizione e orientamento di un punto a piacere nella scena, rispetto alla terna base. Per creare una terna, selezionare "other" nel "Model browser" (fig 9 a), poi scorrere con il mouse fino a trovare "reference frame.ttm" (fig 9 b). Inserire la terna nella scena e usare i comandi 7 e 8 per posizionarla e orientarla come desiderato (fig 9 c).

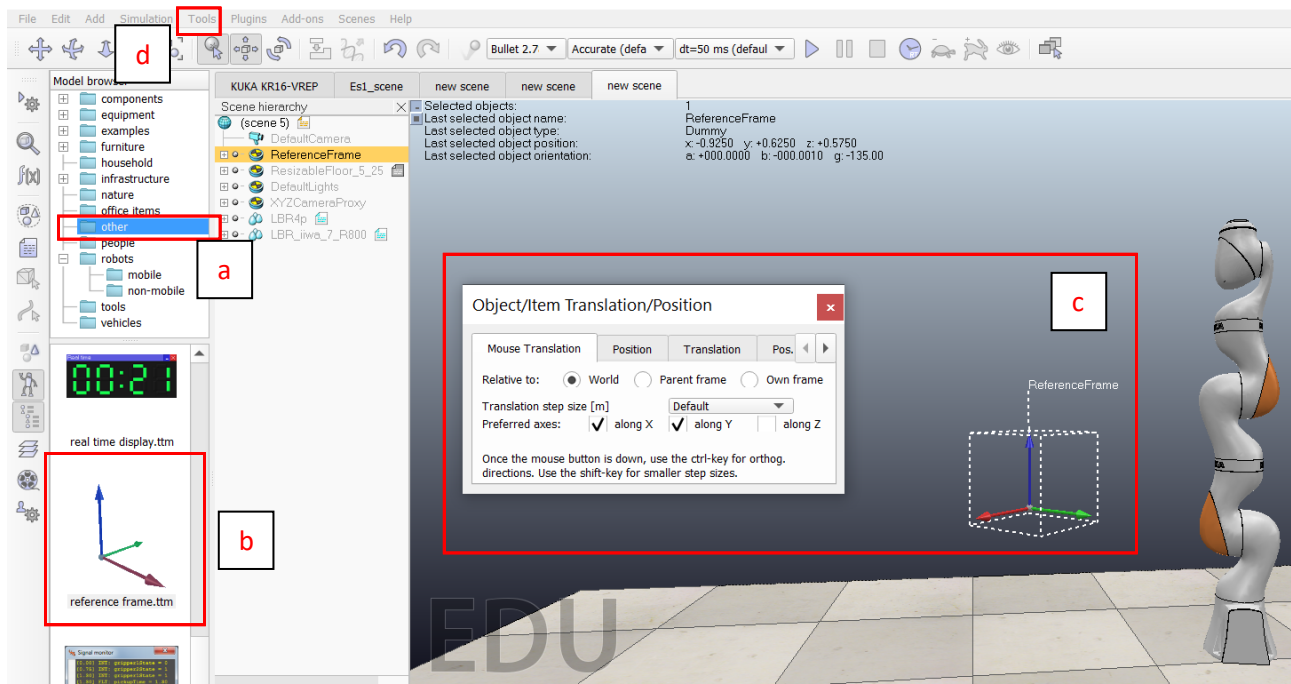


Figura 9

Es1_Interazione CoppeliaSim e MATLAB

Obiettivo: Interfacciare Matlab e CoppeliaSim per far assumere a un manipolatore, istanziato in CoppeliaSim, diverse configurazioni relative a diversi valori delle variabili di giunto definite in Matlab. Visualizzare in CoppeliaSim il moto del manipolatore e modificare alcuni parametri (come, ad esempio, la velocità massima dei giunti del manipolatore).

Procedimento:

In CoppeliaSim:

Manipolatore KUKA LBR (7 giunti)

1. Aggiungere alla scena il manipolatore KUKA LBR iwa7 R800 (Model browser → robots → non-mobile → KUKA LBR iwa7 R800). Selezionare tale manipolatore e aggiungerlo alla scena, trascinandolo nella schermata di visualizzazione. Premere il comando 7 (fig.7) e, nella finestra che si apre, selezionare “Position” e poi “world” e immettere come coordinate x,y,z i valori [0,0, +7.8748e-02].
2. In Scene hierarchy, espandere la struttura del manipolatore istanziato cliccando sul simbolo + presente a sinistra del nome (si veda il cerchio blu in fig 10).
3. Si avvia la simulazione premendo il tasto “play”: il robot esegue un certo movimento. Tale moto è comandato dal codice di default presente nel “child script” del manipolatore.
Nota: Il “child script” relativo a un dato oggetto si può visualizzare e modificare facendo doppio click, in Scene hierarchy, sull'icona del codice a fianco del nome dell'oggetto considerato.
4. Cliccare sul riquadro evidenziato in fig 10 per visualizzare il “child script” del manipolatore . Si aprirà il codice mostrato in fig 11. Cancellare quindi le istruzioni all'interno della funzione in modo da ottenere la situazione mostrata in fig 12.

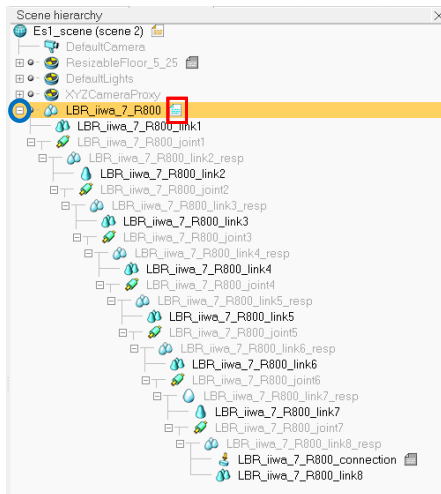


Figura 10

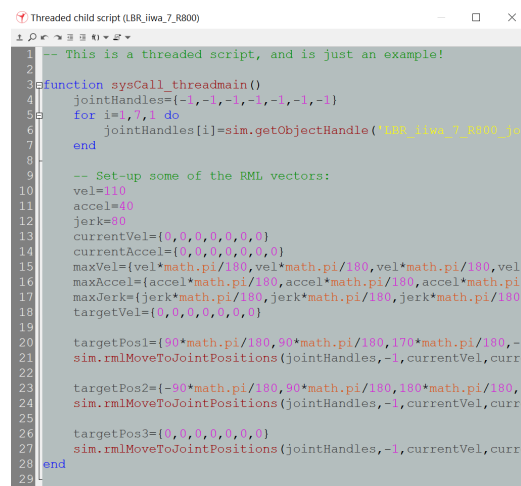


Figura 11

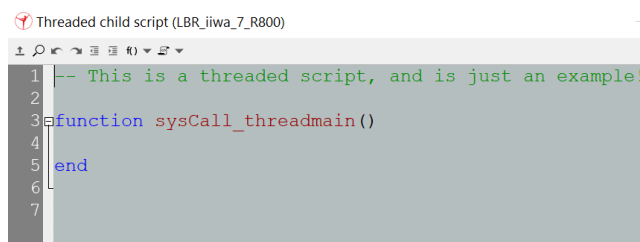


Figura 12

5. Affinché sia possibile imporre ai giunti un valore specificato in uno script Matlab, i giunti del manipolatore, istanziato in CoppeliaSim, devono essere impostati in modalità “Torque/force mode”.

Si controlli che tutti i giunti siano in tale modalità: fare doppio click su ognuno di essi (fig 13) e controllare la voce “Mode” nella finestra che si apre, come mostrato in fig 15a.

6. Inoltre è necessario che, per ogni giunto, “motor enabled” e “control loop enabled” siano attivi. Fare doppio click sul primo giunto, cliccare, nella finestra che si apre, su “show dynamic properties dialog” (fig 15b) e controllare che “motor enabled”(fig 15c) e “control loop enabled” (fig 15d) siano attivi. In tale schermata si possono modificare la velocità massima del motore e la coppia massima. Impostare la velocità massima a 15 deg/s per i primi quattro giunti e a 10 deg/s per i rimanenti (fig 15e).
7. Ripetere il punto 6 per ogni altro giunto del manipolatore.
8. Fare doppio click sui “LBR_iwa_7_R800_link2_resp” (fig14), e cliccare su “show dynamic properties dialog” nella finestra che si apre. Controllare che “body is dynamic” sia attivo.
9. Ripetere il punto 8 per ogni altro oggetto “link responsible”.
10. Salva scena come “Lab2_Es1_scene”

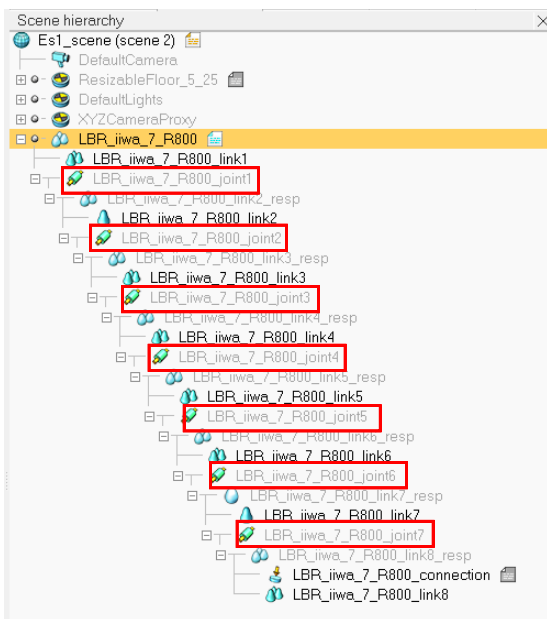


Figura 13

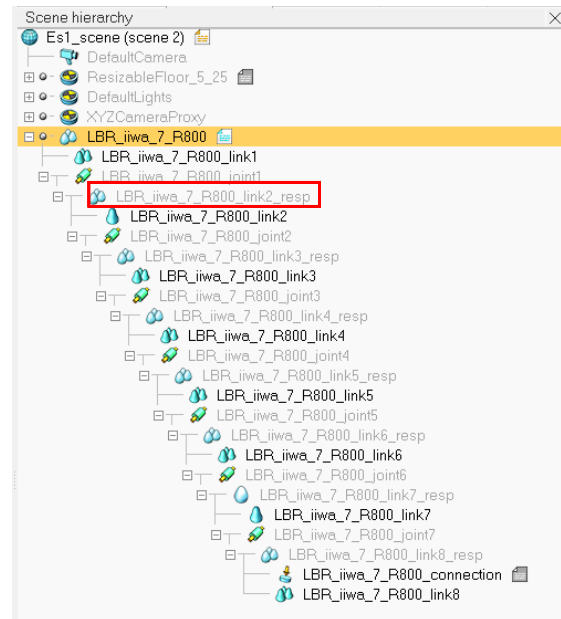


Figura 14

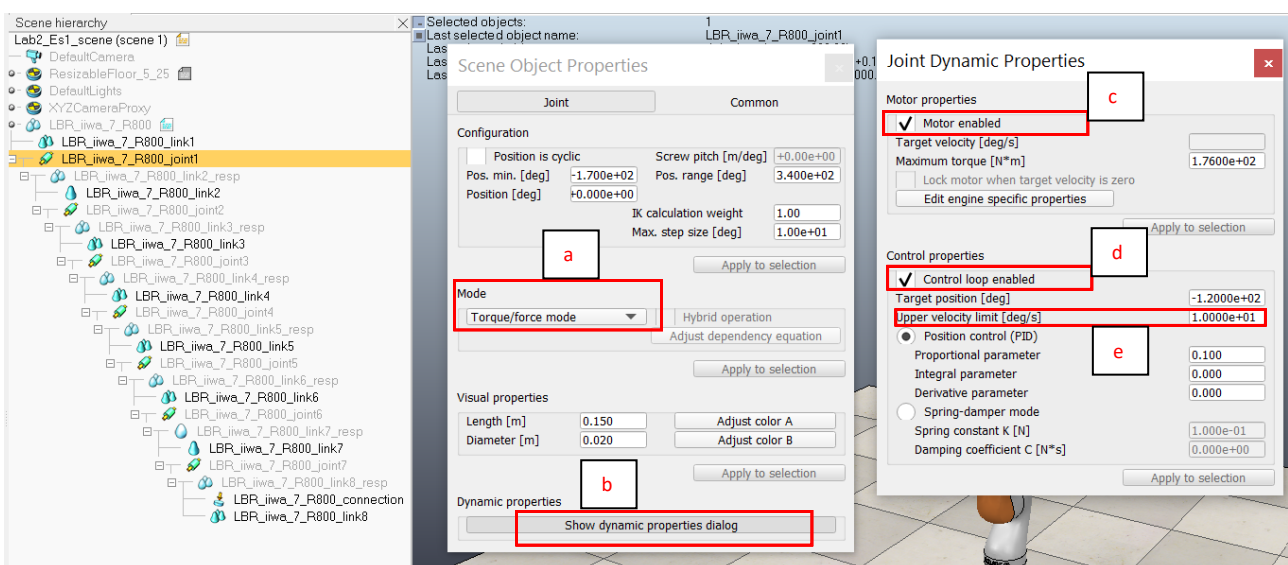


Figura 15

In Matlab:

1. Aprire lo script "Lab2_Es1_default" in cui sono contenute le istruzioni le linee di codice per la comunicazione tra Matlab e CoppeliaSim.
2. Nel ramo "if (clientID>-1)", creare un array di puntatori ai giunti del manipolatore istanziato in CoppeliaSim: in tal modo, assegnando un valore a un puntatore in Matlab, il giunto corrispondente assume quel dato valore in CoppeliaSim. Inizializzare tale array come $h = [0,0,0,0,0,0]$.
Per creare il puntatore al primo giunto del manipolatore usare la sintassi seguente:

```
[r,h(1)]=sim.simxGetObjectHandle(clientID,'LBR_iiwa_7_R800_joint1',sim.simx_opmode_blocking);
```

In particolare

- r contiene un "return code" (che non utilizzeremo)
- $h(1)$ è il primo elemento dell'array di puntatori (puntatore al primo giunto)
- 'LBR_iiwa_7_R800_joint1' è il nome del primo giunto del manipolatore. Tale nome è indicato in Scene hierarchy in CoppeliaSim (si veda fig 13)

Seguendo la sintassi indicata sopra, creare un puntatore per ogni giunto del robot.

3. Creare, oltre alla configurazione di default $joint_{pos0} = [0,0,0,0,0,0]$, le seguenti configurazioni:

$$joint_{pos1} = \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{6}, -\frac{\pi}{6}, -\frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{12}, 0 \right]$$

$$joint_{pos2} = \left[0, \frac{\pi}{4}, -\frac{\pi}{6}, -\frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{2} \right]$$

$$joint_{pos3} = \left[\frac{2\pi}{3}, \frac{\pi}{3}, 0, -\frac{\pi}{2}, 0, \frac{\pi}{6}, -\frac{\pi}{2} \right]$$

4. Utilizzare il comando `sim.simxSetJointTargetPosition`, inserito in un ciclo for, per portare ogni giunto nella posizione di default. La sintassi per imporre un valore a una variabile di giunto è la seguente:
`sim.simxSetJointTargetPosition(clientID,h(i),joint_pos1(i),sim.simx_opmode_streaming);`

Nota: utilizzare, dopo il ciclo for, la funzione `pause()` (per esempio `pause(7)`) per sospendere per un certo ammontare di secondi l'esecuzione dello script Matlab, facendo sì che il manipolatore possa raggiungere la configurazione desiderata in CoppeliaSim (il moto non è istantaneo ed è legato al valore di velocità massimo prima specificato).

5. Creare un ciclo for per portare ciclicamente il manipolatore nelle altre tre configurazioni prima definite.

Nota: i comandi che possono essere usati per interfacciare Matlab e CoppeliaSim (remote API functions (Matlab)) sono disponibili al seguente link:

<https://www.coppeliarobotics.com/helpFiles/en/remoteApiFunctionsMatlab.htm>

Avvio della simulazione

1. Salvare lo script Matlab in una cartella contenente i seguenti file (si veda anche il file "installazione CoppeliaSim e interazione con Matlab"):
 - `remApi.m`
 - `remoteApiProto.m`
 - la corretta API library: "remoteApi.dll" (Windows), "remoteApi.dylib" (Mac) or "remoteApi.so" (Linux)
2. Scrivere "`simRemoteApi.start(19999)`" nella linea di comando di CoppeliaSim.
3. Avviare la simulazione in CoppeliaSim premendo play.
4. Avviare lo script Matlab .

- Una volta che l'esecuzione dello script Matlab è terminata, fermare la simulazione in CoppeliaSim premendo "stop".

Nota:

Per visualizzare il manipolatore in una certa configurazione, è possibile inserire direttamente valori per le coordinate di giunto in CoppeliaSim. In Scene hierarchy, facendo doppio click su un giunto è possibile infatti modificare il valore della corrispondente variabile di giunto, come mostrato in fig 16.

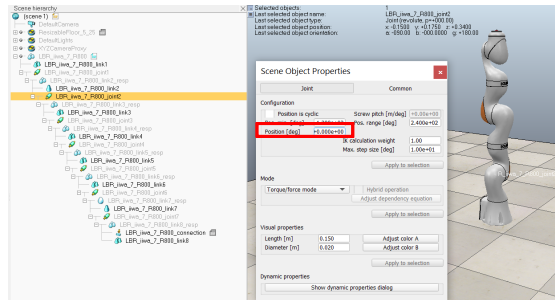


Figura 16

Figura 24