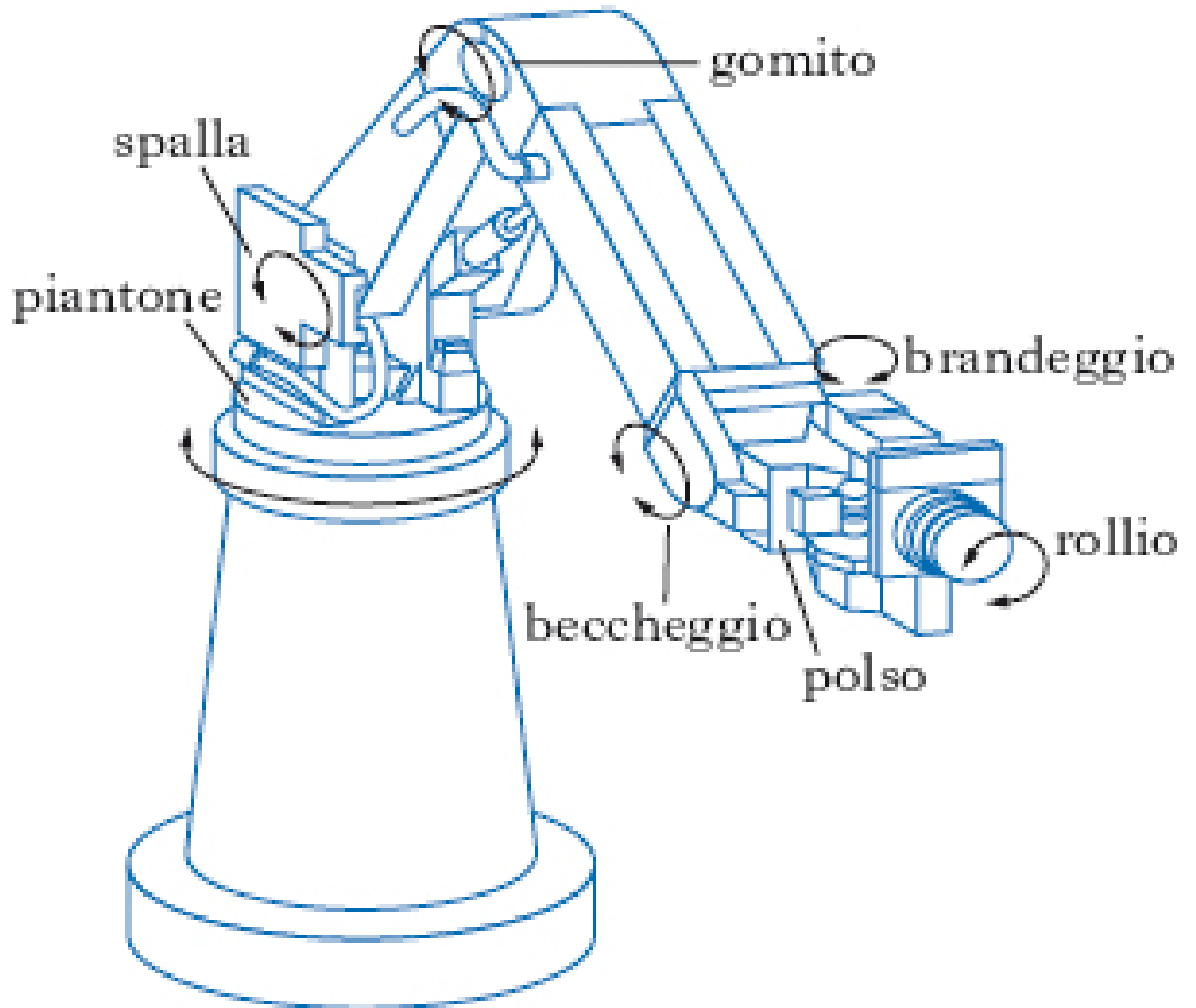


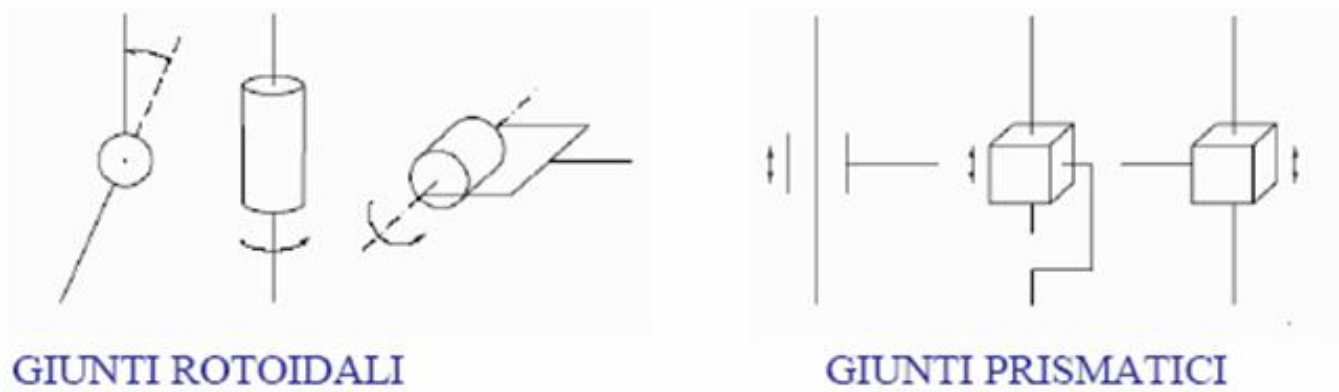
# Cinematiche Dirette Robot

Alfano Emanuele  
Badalamenti Filippo  
Vitti Gabriele

4 novembre 2019



# Metodo di Denavit Hartenberg

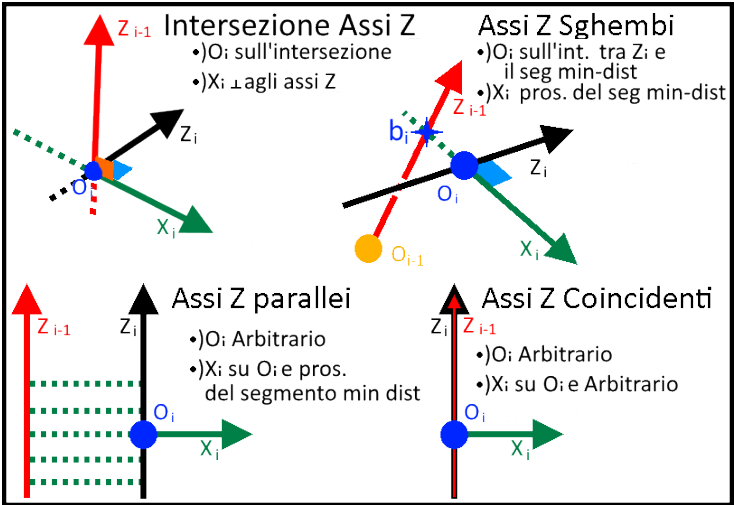


Il metodo di D-H standardizza un metodo per ottenere la cinematica diretta di un qualunque robot 3D.

Conoscendo uno schema dei giunti di un robot, tutti presi a 1 DOF (Degree of Freedom) è possibile ricostruire qualsiasi struttura.

Posizionando i vari sistemi di riferimento con la procedura di D-H è possibile automatizzare il processo di ottenimento della cinematica diretta. Considerando due [[giunto (meccanica)|giunti]] consecutivi:

- L'asse  $Z_{i-1}$  si sceglie coincidente con l'asse del giunto  $i$ , l'asse  $Z_i$  coincidente con l'asse del giunto  $i + 1$ ;
- L'asse  $X_i$  deve essere scelto in base a come si posizionano tra di loro gli assi  $i$  e  $i - 1$ :
  - Se  $Z_i \cong Z_{i-1}$  allora  $\rightarrow X_i = Z_{i-1} \perp Z_i$  e orientamento a piacere.
  - Se  $Z_i \parallel Z_{i-1}$  ma non sovrapposto  $\rightarrow X_i = Z_{i-1} \perp Z_i$  dove in questo caso è la prosecuzione di uno dei segmenti di minima distanza.
  - Se  $Z_i$  coincide in un punto soltanto con  $Z_{i-1}$ , quello sarà  $O_i \rightarrow X_i = Z_{i-1} \perp Z_i$
  - Se  $Z_i$  è sghemba con  $Z_{i-1}$ ,  $O_i$  è preso lungo il segmento di minima distanza che li unisce e  $X_i$  si trova lungo questo asse



- I restanti assi  $Y_{n-1}$  e  $Y_n$  sono scelti in modo da completare le rispettive terne affinché diventino destre.

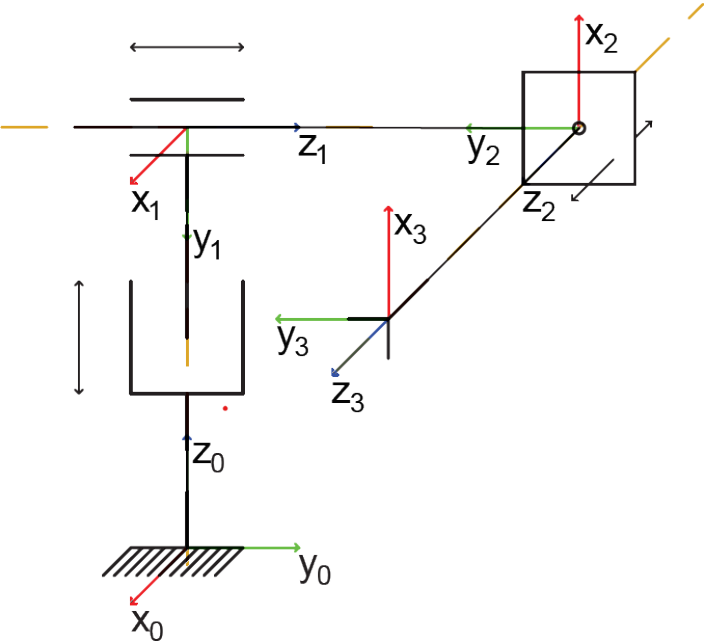
Una volta fatto ciò bisogna risalire i sistemi di riferimento portando a far coincidere il sistema  $R_{i-1}$  con il sistema  $R_i$  muovendo nell'ordine le variabili:  $\theta, d, \alpha, a$  e salvando nella tabella i valori:

A questo punto basterà montare tra di loro le varie matrici di avvitamento ottenendo la matrice della cinematica diretta:

$$Q_{0,n} = A_z(\theta, d)_{R_1} \cdot A_x(\alpha, a)_{R_1} \cdot A_z(\theta, d)_{R_2} \cdot A_x(\alpha, a)_{R_2} \cdot \dots \cdot A_z(\theta, d)_{R_n} \cdot A_x(\alpha, a)_{R_n}$$

|           | $A_z(\theta, d)$ | $A_x(\alpha, a)$ |
|-----------|------------------|------------------|
| $R_1$     |                  |                  |
| $R_{...}$ |                  |                  |
| $R_n$     |                  |                  |

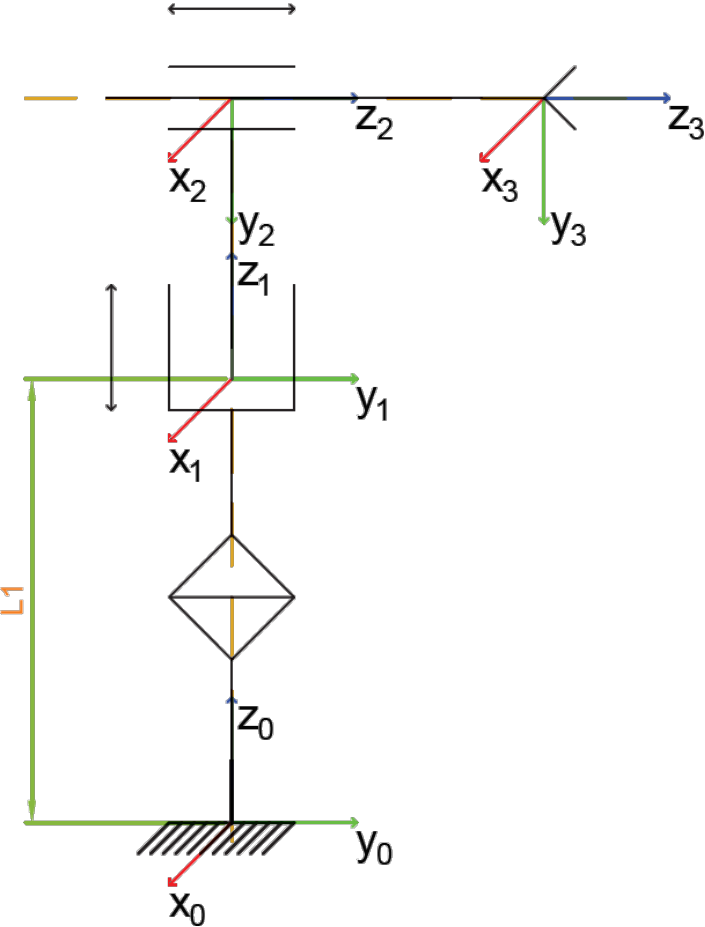
# Cartesiano



|       | $A_z(\theta, d)$ |       | $A_x(\alpha, a)$ |   |
|-------|------------------|-------|------------------|---|
| $R_1$ | 0                | $q_1$ | $-\frac{\pi}{2}$ | 0 |
| $R_2$ | $-\frac{\pi}{2}$ | $q_2$ | $-\frac{\pi}{2}$ | 0 |
| $R_3$ | 0                | $q_3$ | 0                | 0 |

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & q_3 \\ 0 & -1 & 0 & q_2 \\ 1 & 0 & 0 & q_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

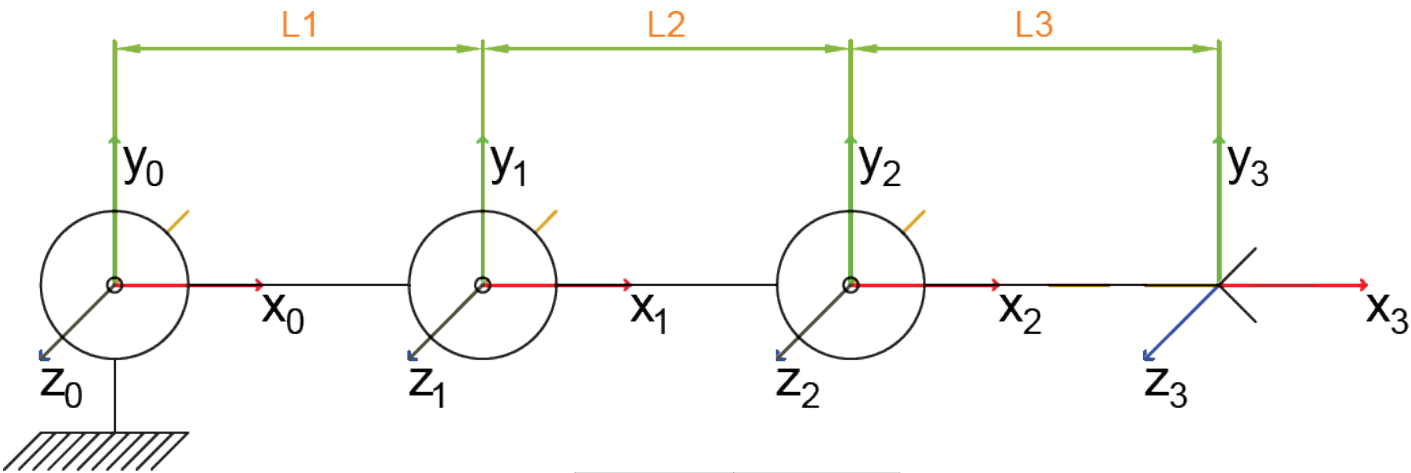
# Cilindrico



|       | $A_z(\theta, d)$ |   | $A_x(\alpha, a)$ |       |
|-------|------------------|---|------------------|-------|
| $R_1$ | $q_1$            | 0 | 0                | $D_1$ |
| $R_2$ | $q_2$            | 0 | 0                | $D_2$ |
| $R_3$ | $q_3$            | 0 | 0                | $D_3$ |

$$\begin{pmatrix} \cos q_1 & 0 & -\sin q_1 & -\sin q_1 q_3 \\ \sin q_1 & 0 & \cos q_1 & \cos q_1 q_3 \\ 0 & -1 & 0 & q_2 + L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

RRR Planare

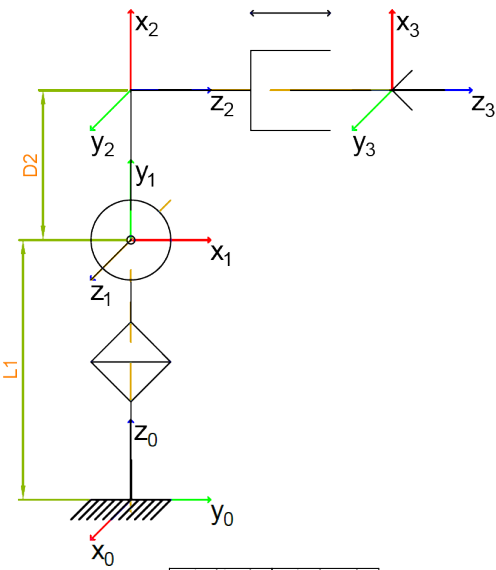


|       | $A_z(\theta, d)$ |   | $A_x(\alpha, a)$ |       |
|-------|------------------|---|------------------|-------|
| $R_1$ | $q_1$            | 0 | 0                | $D_1$ |
| $R_2$ | $q_2$            | 0 | 0                | $D_2$ |
| $R_3$ | $q_3$            | 0 | 0                | $D_3$ |

$$\begin{pmatrix} -(\cos q_1 \sin q_2 \sin q_3 + \sin q_1 \cos q_2 \sin q_3 + \sin q_1 \sin q_2 \cos q_3 - \cos q_1 \cos q_2 \cos q_3) & \sin q_1 \sin q_2 \sin q_3 - \cos q_1 \cos q_2 \sin q_3 - \cos q_1 \sin q_2 \cos q_3 - \sin q_1 \cos q_2 \cos q_3 \\ -(\sin q_1 \sin q_2 \sin q_3 - \cos q_1 \cos q_2 \sin q_3 - \cos q_1 \sin q_2 \cos q_3 - \sin q_1 \cos q_2 \cos q_3) & -(\cos q_1 \sin q_2 \sin q_3 + \sin q_1 \cos q_2 \sin q_3 + \sin q_1 \sin q_2 \cos q_3 - \cos q_1 \cos q_2 \cos q_3) \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

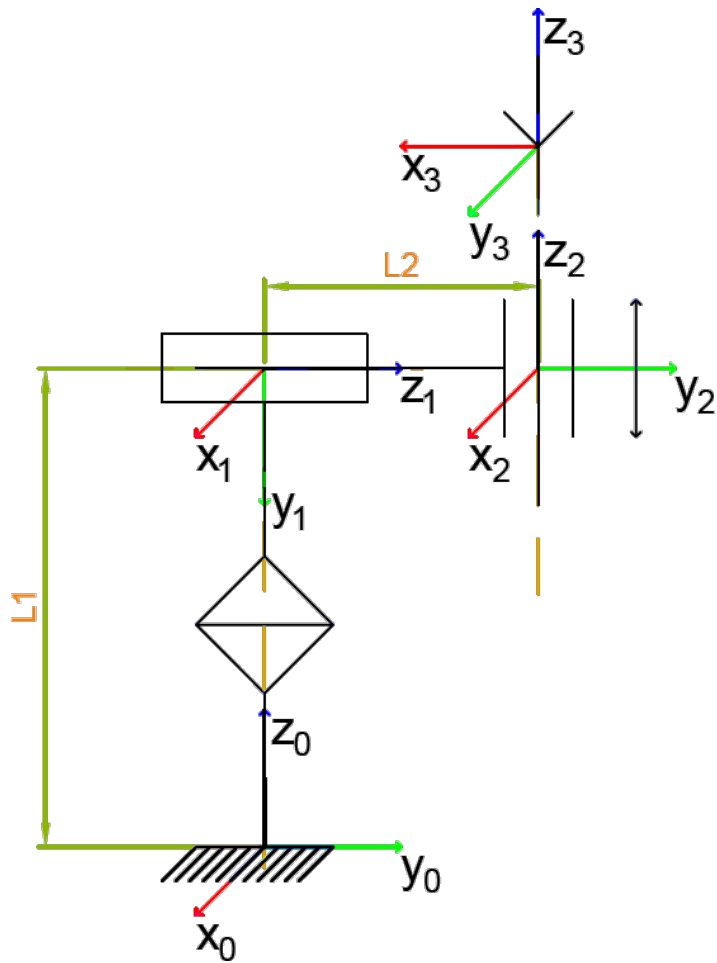
$$\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Sferico 1



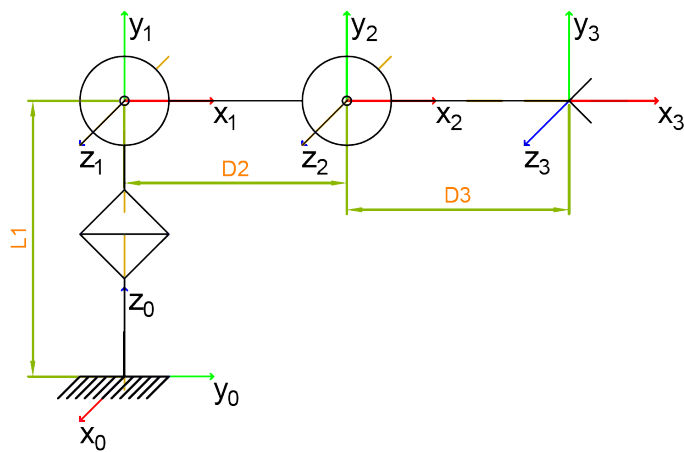
|       | $A_z(\theta, d)$ |   | $A_x(\alpha, a)$ |       |
|-------|------------------|---|------------------|-------|
| $R_1$ | $q_1$            | 0 | 0                | $D_1$ |
| $R_2$ | $q_2$            | 0 | 0                | $D_2$ |
| $R_3$ | $q_3$            | 0 | 0                | $D_3$ |

Sferico di Stanford



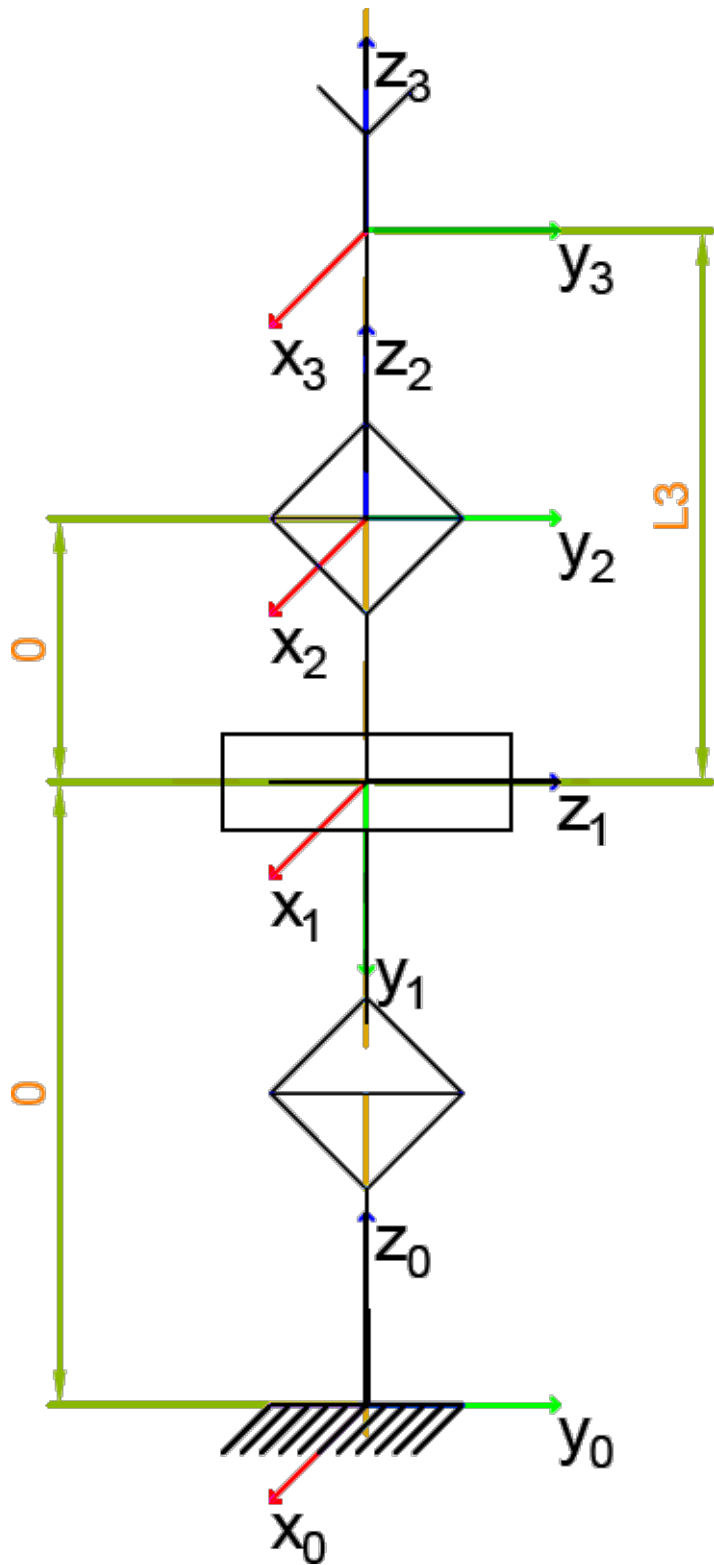
|       | $A_z(\theta, d)$ |   | $A_x(\alpha, a)$ |       |
|-------|------------------|---|------------------|-------|
| $R_1$ | $q_1$            | 0 | 0                | $D_1$ |
| $R_2$ | $q_2$            | 0 | 0                | $D_2$ |
| $R_3$ | $q_3$            | 0 | 0                | $D_3$ |

Antropomorfo

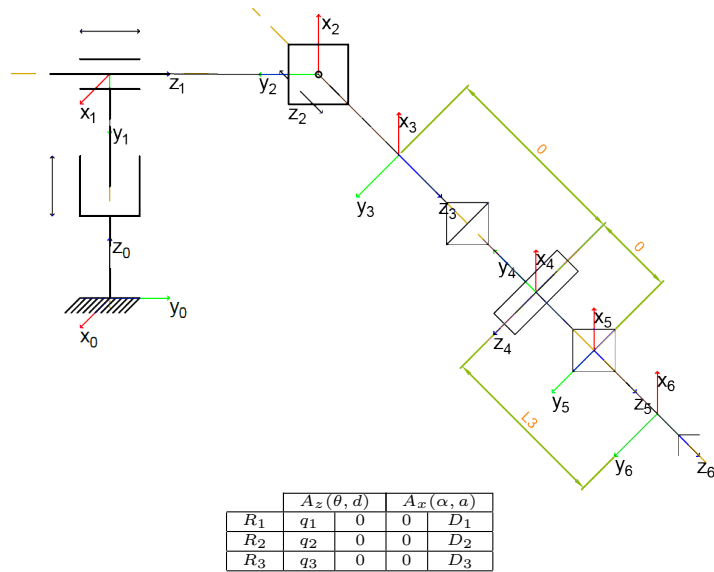


|       | $A_z(\theta, d)$ |   | $A_x(\alpha, a)$ |       |
|-------|------------------|---|------------------|-------|
| $R_1$ | $q_1$            | 0 | 0                | $D_1$ |
| $R_2$ | $q_2$            | 0 | 0                | $D_2$ |
| $R_3$ | $q_3$            | 0 | 0                | $D_3$ |

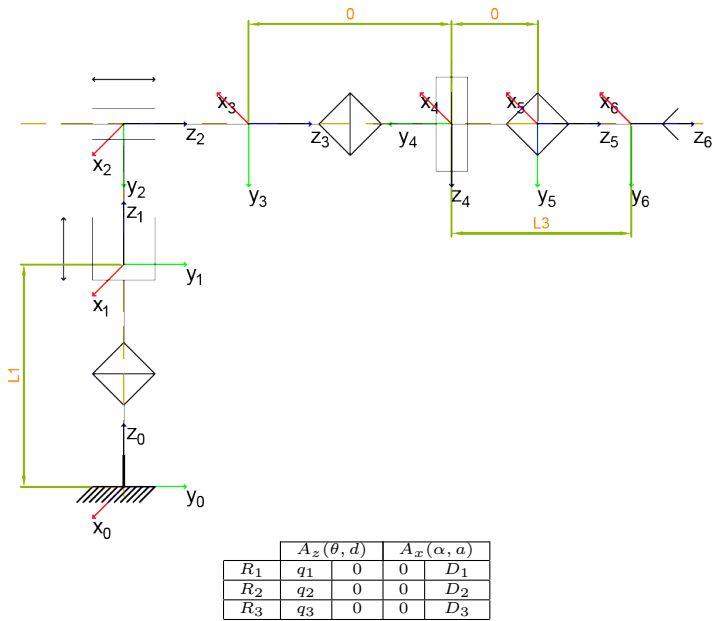
Polso Sferico



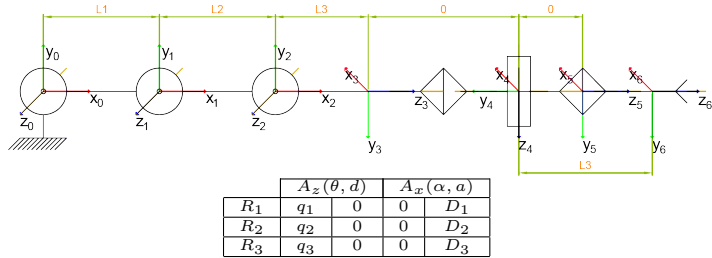
Cartesiano con Polso



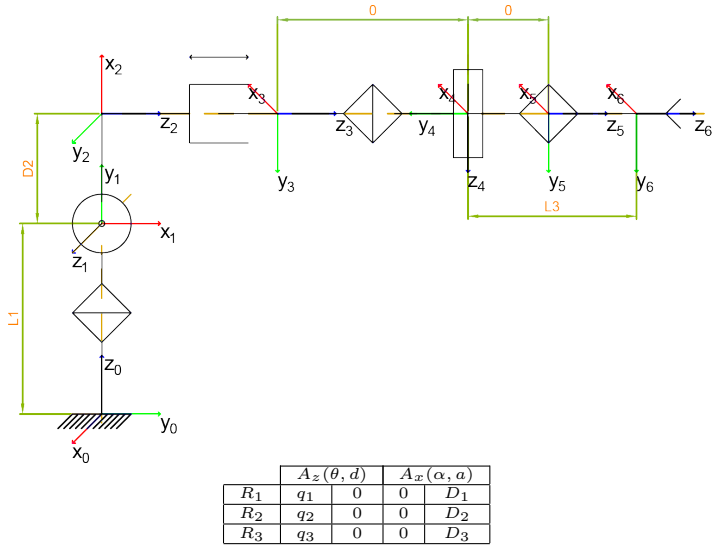
Cilindrico con Polso



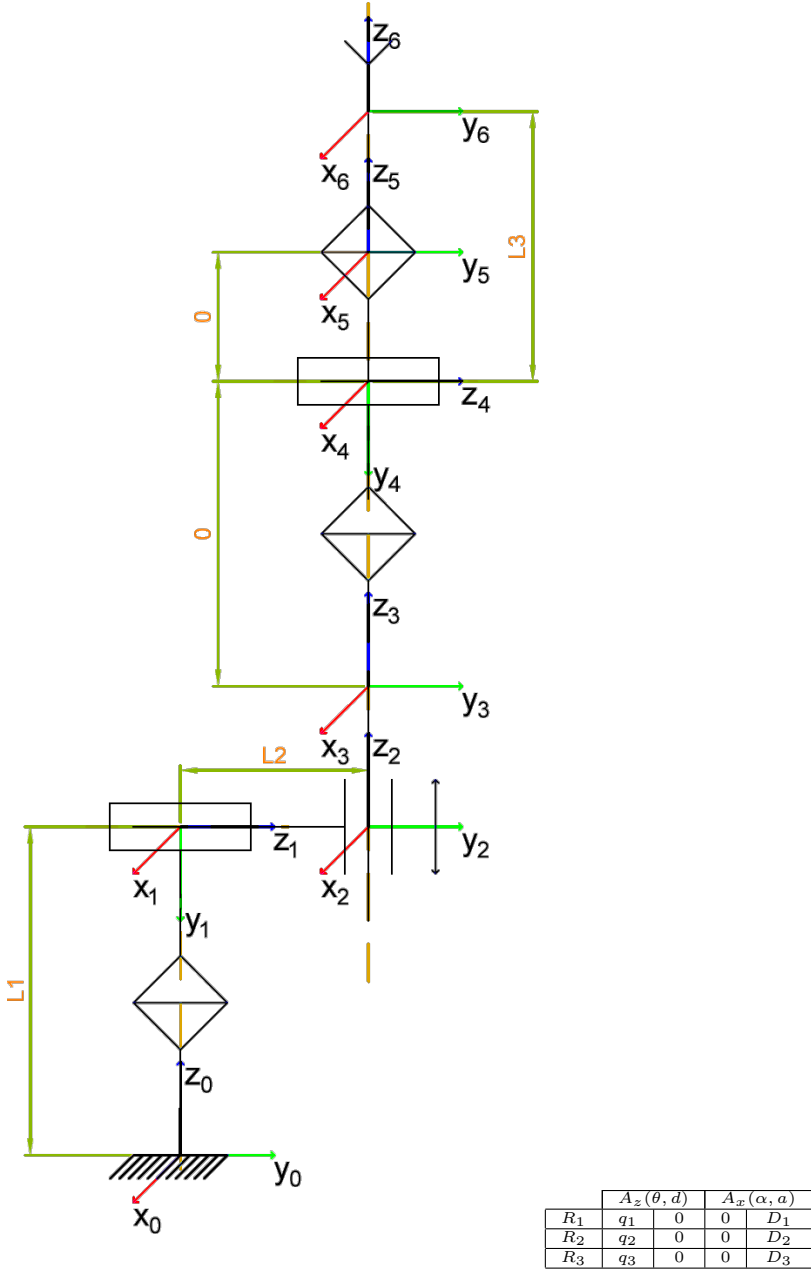
RRR Planare con Polso



Sferico 1 con Polso



# Sferico di Stanford con Polso



# Antropomorfo con Polso

