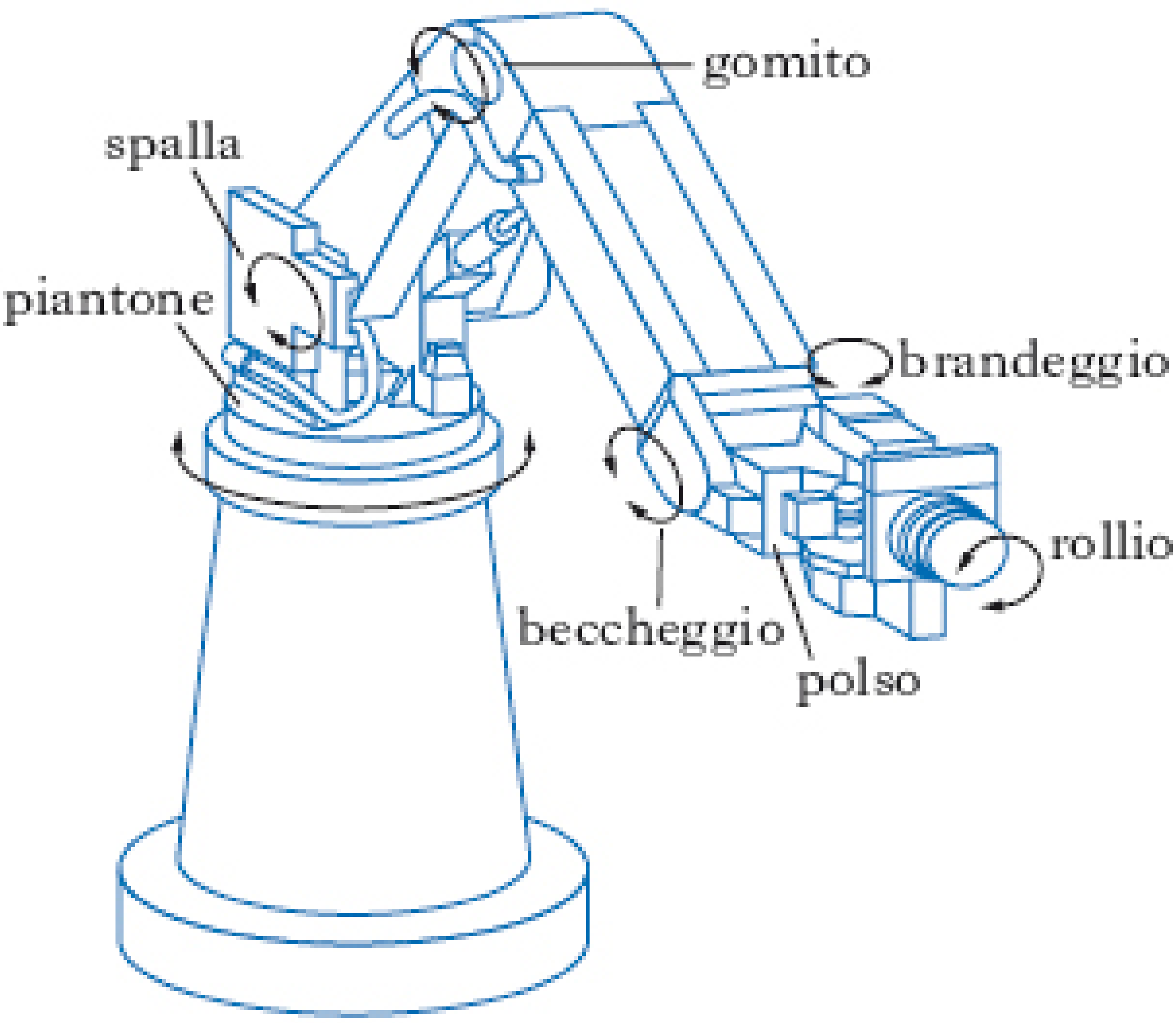
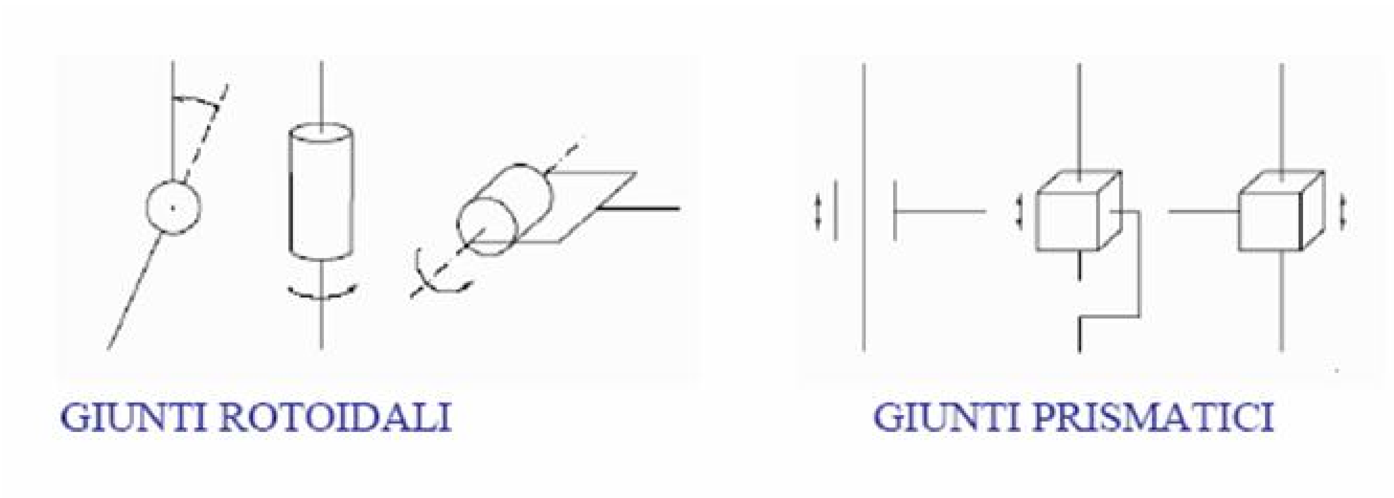
Cinematiche Dirette Robot

Alfano Emanuele
Badalamenti Filippo
Vitti Gabriele

3 novembre 2019



Metodo di Denavit Hartenberg

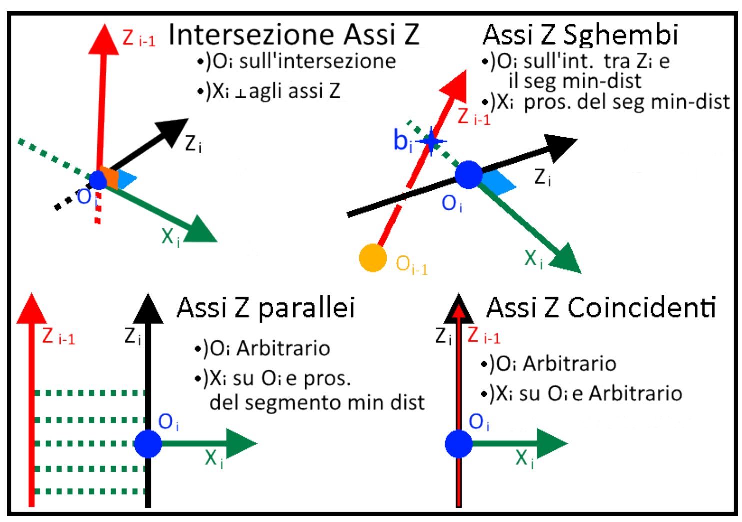


Il metodo di D-H standardizza un metodo per ottenere la cinematica diretta di un qualunque robot 3D.

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 $\longrightarrow X_i = Z_{i-1} \perp Z_i$ e orientamento a piacere.
  - ➔ Se $Z_i \parallel Z_{i-1}$ ma non sovrapposto $\longrightarrow X_i = Z_{i-1} \perp Z_i$ 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 $O_i \longrightarrow X_i = Z_{i-1} \perp Z_i$
  - ➔ 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.

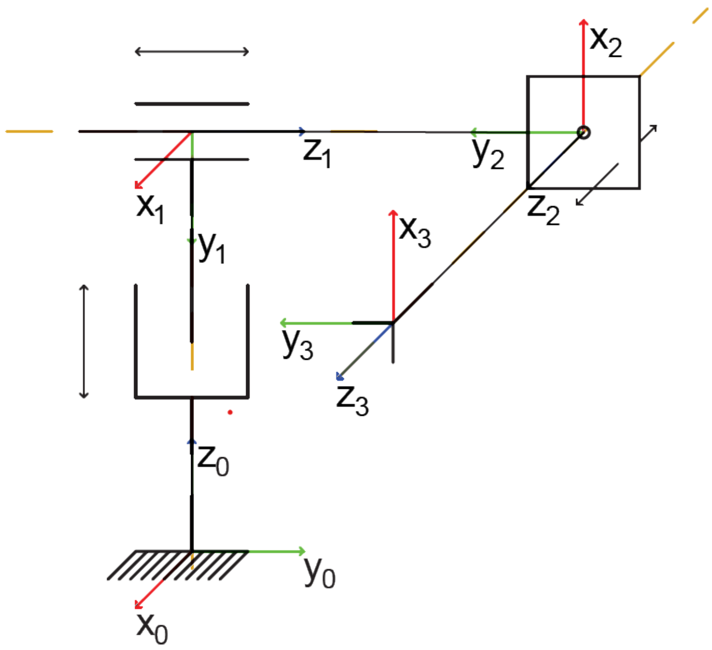
Una volta fatto ciò bisogna risalire i sistemi di riferimento portando a far coincidere il sistema R_{i-1} con il sistema R_i muovendo nell'ordine le variabili: θ, d, α, a e salvando nella tabella i valori:

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

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

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

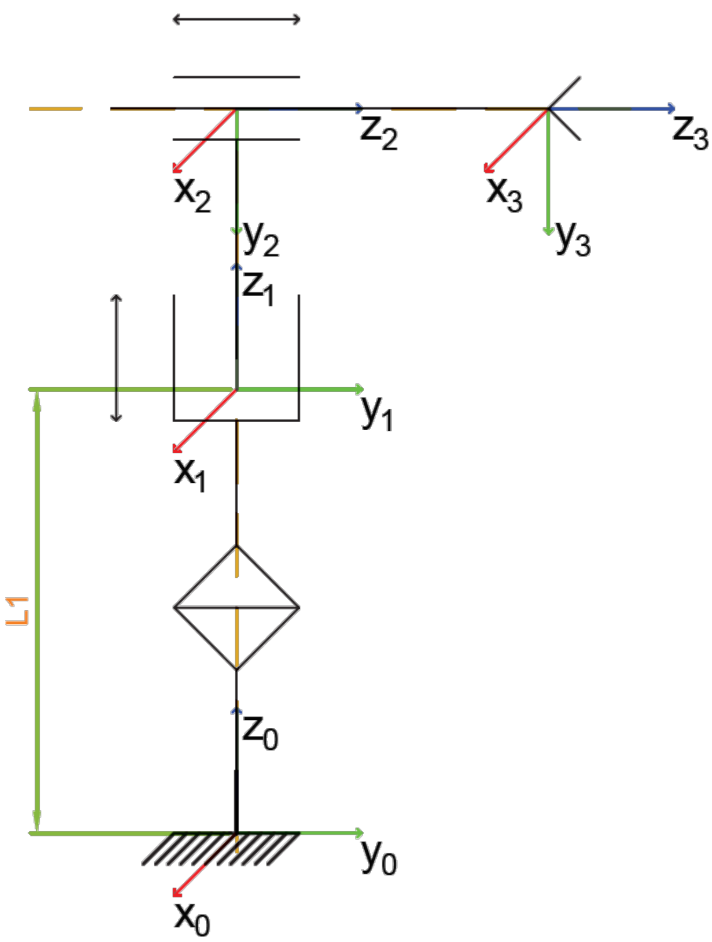
Cartesiano



	$A_z(\theta, d)$		$A_x(\alpha, a)$	
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

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

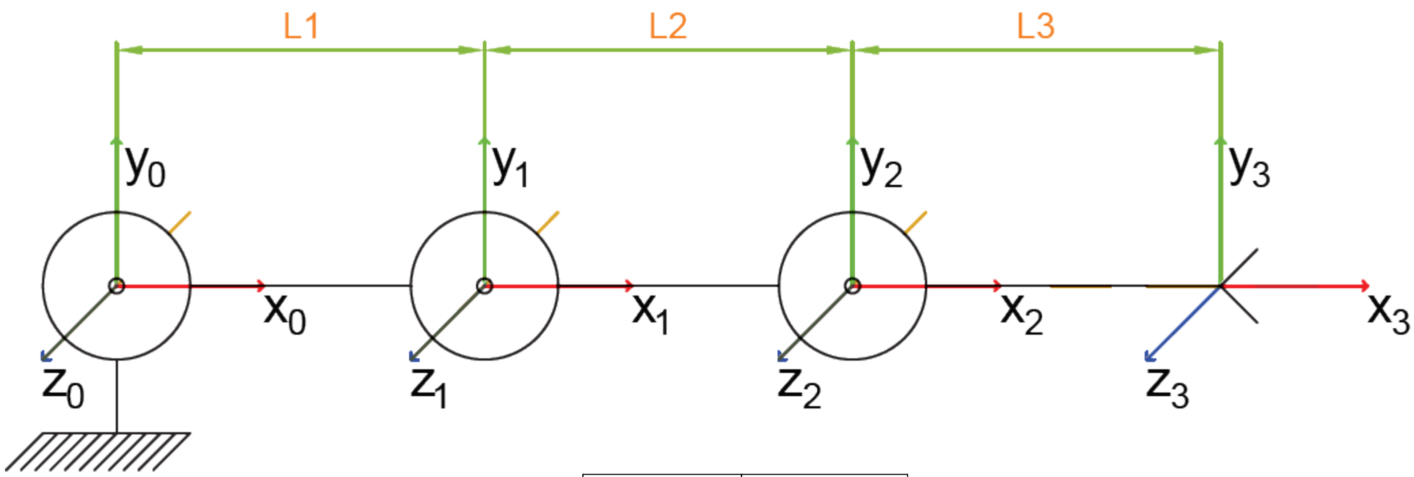
Cilindrico



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

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

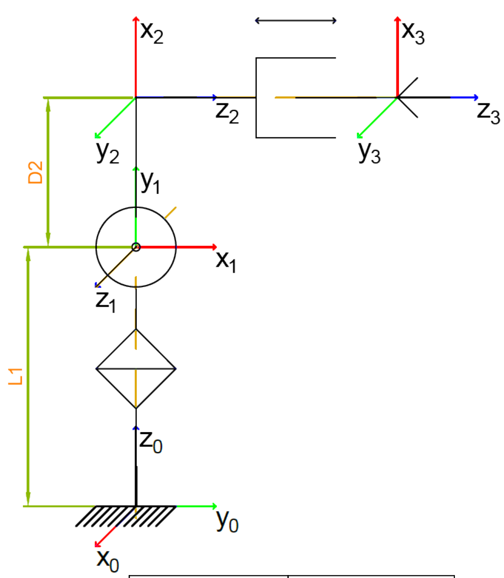
RRR Planare



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

$$\left(\begin{array}{cc} -\left(\cos q_1 \ \sin q_2 \ \sin q_3 + \sin q_1 \ \cos q_2 \ \sin q_3 + \sin q_1 \ \sin q_2 \ \cos q_3 - \cos q_1 \ \cos q_2 \ \cos q_3\right) & \sin q_1 \\ -\left(\sin q_1 \ \sin q_2 \ \sin q_3 - \cos q_1 \ \cos q_2 \ \sin q_3 - \cos q_1 \ \sin q_2 \ \cos q_3 - \sin q_1 \ \cos q_2 \ \cos q_3\right) & -(\cos \\ 0 & \\ 0 & \end{array}\right.$$

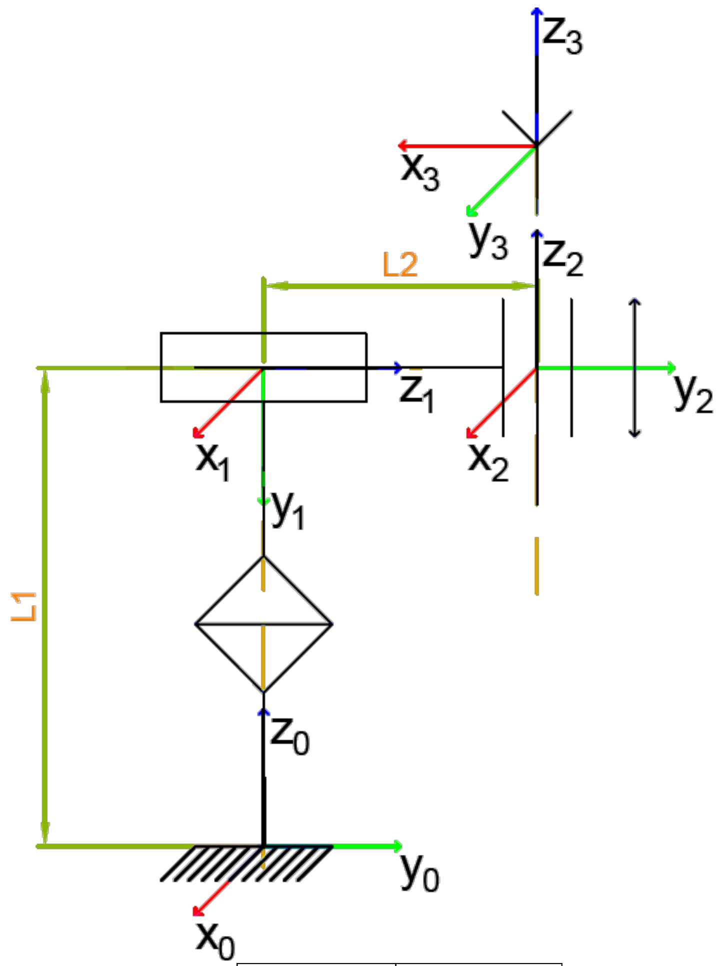
Sferico 1



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

$$\begin{pmatrix} \cos q_1 \ \cos q_2 & \sin q_1 & \cos q_1 \ \sin q_2 & \cos q_1 \ \left(\sin q_2 \, q_3 + D_2 \ \cos q_2\right) \\ \sin q_1 \ \cos q_2 & -\cos q_1 & \sin q_1 \ \sin q_2 & \sin q_1 \ \left(\sin q_2 \, q_3 + D_2 \ \cos q_2\right) \\ \sin q_2 & 0 & -\cos q_2 & -\left(\cos q_2 \, q_3 - D_2 \ \sin q_2 - L_1\right) \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

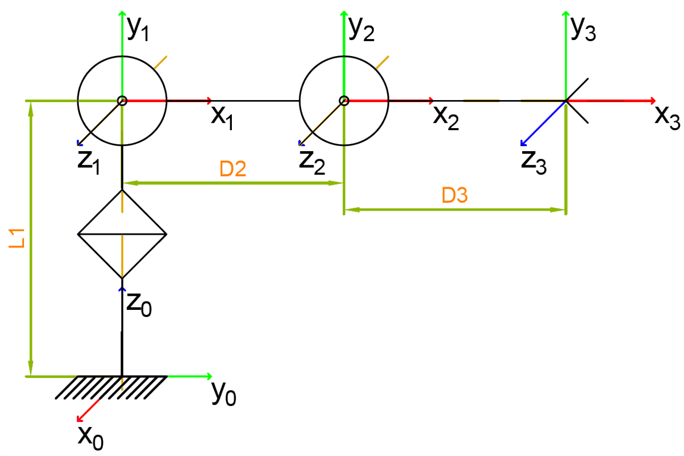
Sferico di Stanford



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

$$\begin{pmatrix} \sin q_1 & \cos q_1 \cos q_2 & \cos q_1 \sin q_2 & \cos q_1 \sin q_2\, q_3 - L_2 \sin q_1 \\ -\cos q_1 & \sin q_1 \cos q_2 & \sin q_1 \sin q_2 & \sin q_1 \sin q_2\, q_3 + L_2 \cos q_1 \\ 0 & -\sin q_2 & \cos q_2 & \cos q_2\, q_3 + L_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

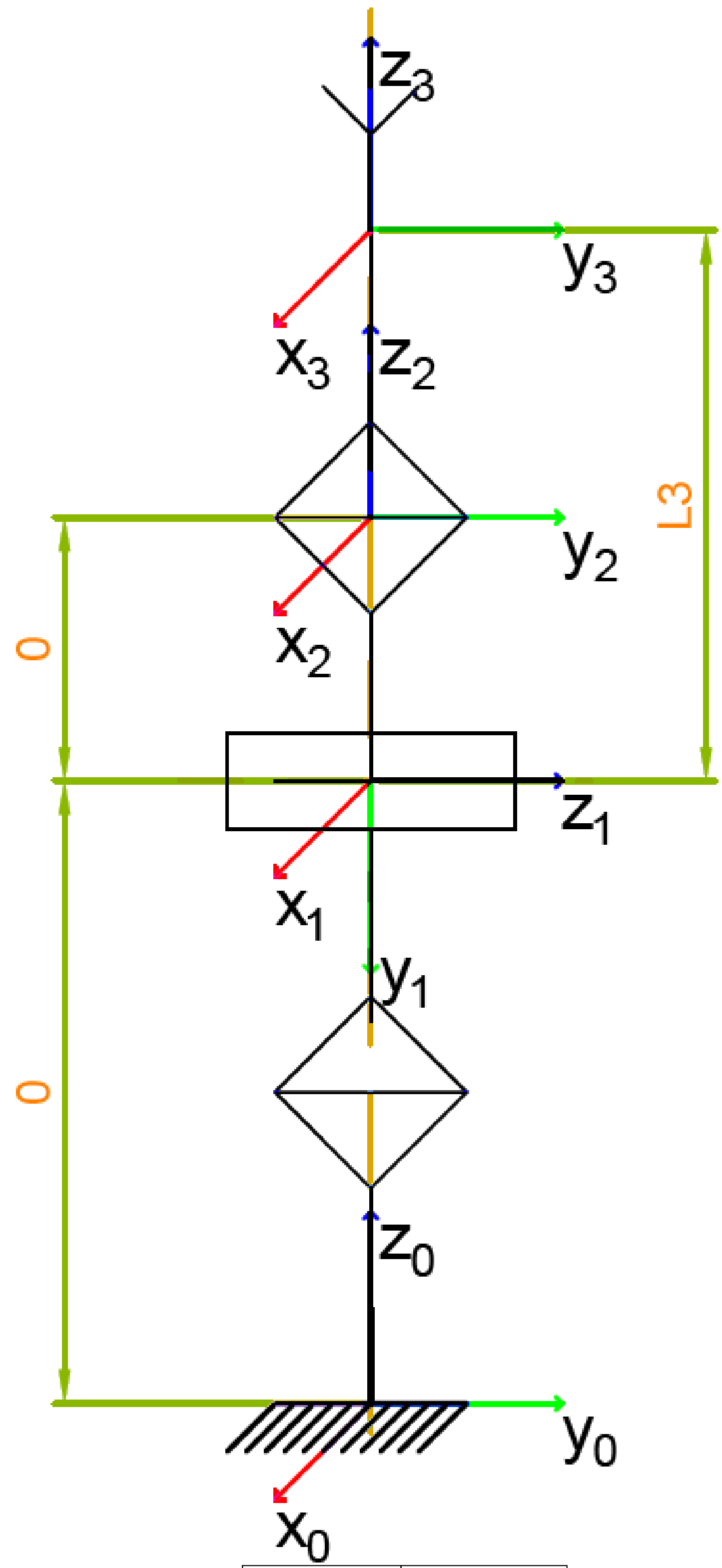
Antropomorfo



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

$$\left(\begin{matrix} -\cos q_1 \ (\sin q_2 \ \sin q_3 - \cos q_2 \ \cos q_3) & -\cos q_1 \ (\cos q_2 \ \sin q_3 + \sin q_2 \ \cos \\ -\sin q_1 \ (\sin q_2 \ \sin q_3 - \cos q_2 \ \cos q_3) & -\sin q_1 \ (\cos q_2 \ \sin q_3 + \sin q_2 \ \cos \\ \cos q_2 \ \sin q_3 + \sin q_2 \ \cos q_3 & -(\sin q_2 \ \sin q_3 - \cos q_2 \ \cos q_3) \\ 0 & 0 \end{matrix} \right.$$

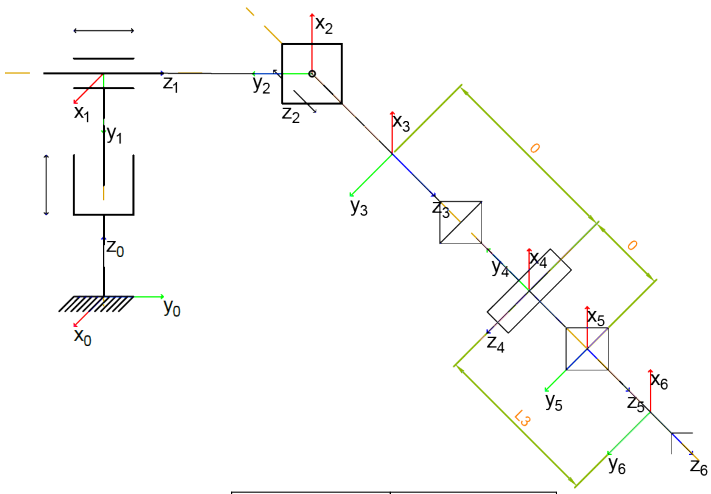
Polso Sferico



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

$$\left(\begin{array}{ccc} \cos_{q_4}\ \cos_{q_5}\ \cos_{q_6} - \sin_{q_4}\ \sin_{q_6} & -\cos_{q_4}\ \cos_{q_5}\ \sin_{q_6} - \sin_{q_4}\ \cos_{q_6} & \cos_{q_4}\ \sin \\ \cos_{q_4}\ \sin_{q_6} + \sin_{q_4}\ \cos_{q_5}\ \cos_{q_6} & \cos_{q_4}\ \cos_{q_6} - \sin_{q_4}\ \cos_{q_5}\ \sin_{q_6} & \sin_{q_4}\ \sin \\ -\sin_{q_5}\ \cos_{q_6} & \sin_{q_5}\ \sin_{q_6} & \cos_{q_5} \\ 0 & 0 & 0 \end{array} \right.$$

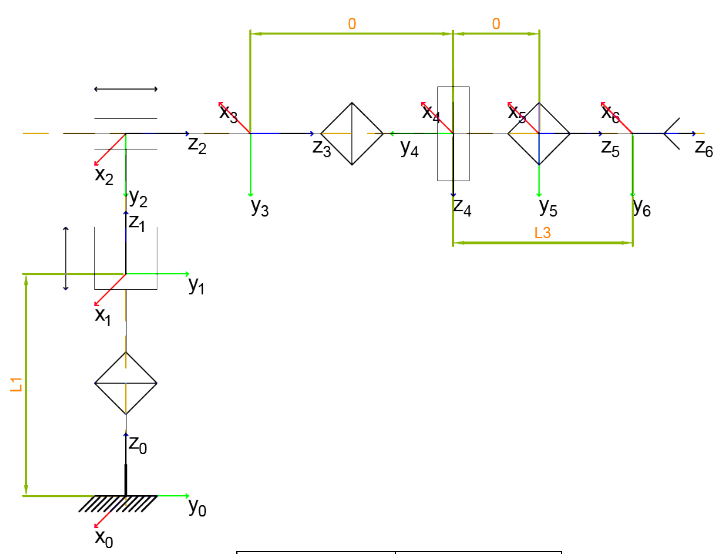
Cartesiano con Polso



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

$$\begin{pmatrix} -\sin q_5\ \cos q_6 & \sin q_5\ \sin q_6 \\ -(\cos q_4\ \sin q_6 + \sin q_4\ \cos q_5\ \cos q_6) & \sin q_4\ \cos q_5\ \sin q_6 - \cos q_4\ \cos \\ -(\sin q_4\ \sin q_6 - \cos q_4\ \cos q_5\ \cos q_6) & -(\cos q_4\ \cos q_5\ \sin q_6 + \sin q_4\ \cos \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

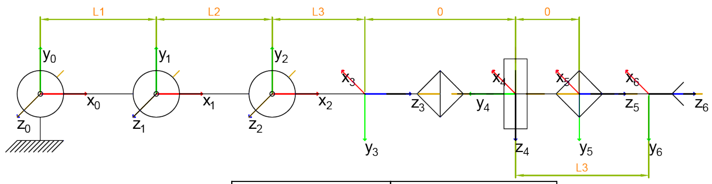
Cilindrico con Polso



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

$$\begin{pmatrix} -(\cos q_1\ \sin q_4\ \sin q_6 - \sin q_1\ \sin q_5\ \cos q_6 - \cos q_1\ \cos q_4\ \cos q_5\ \cos q_6) \\ -(\sin q_1\ \sin q_4\ \sin q_6 + \cos q_1\ \sin q_5\ \cos q_6 - \sin q_1\ \cos q_4\ \cos q_5\ \cos q_6) \\ -(\cos q_4\ \sin q_6 + \sin q_4\ \cos q_5\ \cos q_6) \\ 0 \end{pmatrix}$$

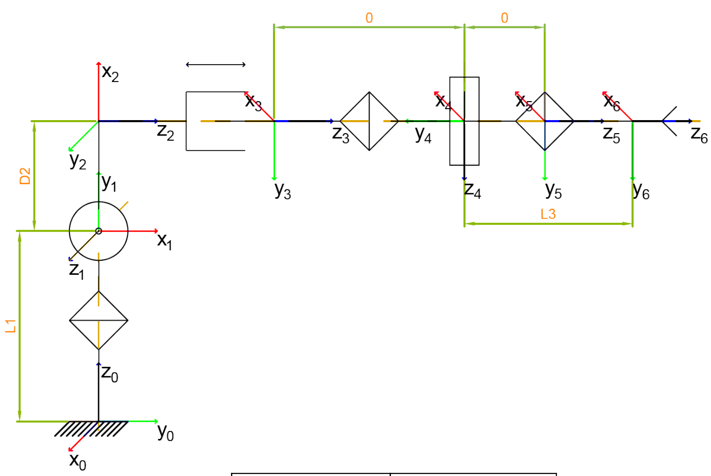
RRR Planare con Polso



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

$$\begin{pmatrix} \cos q_1 \, \sin q_2 \, \sin q_3 \, \sin q_4 \, \sin q_6 + \sin q_1 \, \cos q_2 \, \sin q_3 \, \sin q_4 \, \sin q_6 + \sin q_1 \ldots \\ \sin q_1 \, \sin q_2 \, \sin q_3 \, \sin q_4 \, \sin q_6 - \cos q_1 \, \cos q_2 \, \sin q_3 \, \sin q_4 \, \sin q_6 - \cos q_1 \ldots \\ \\ \end{pmatrix}$$

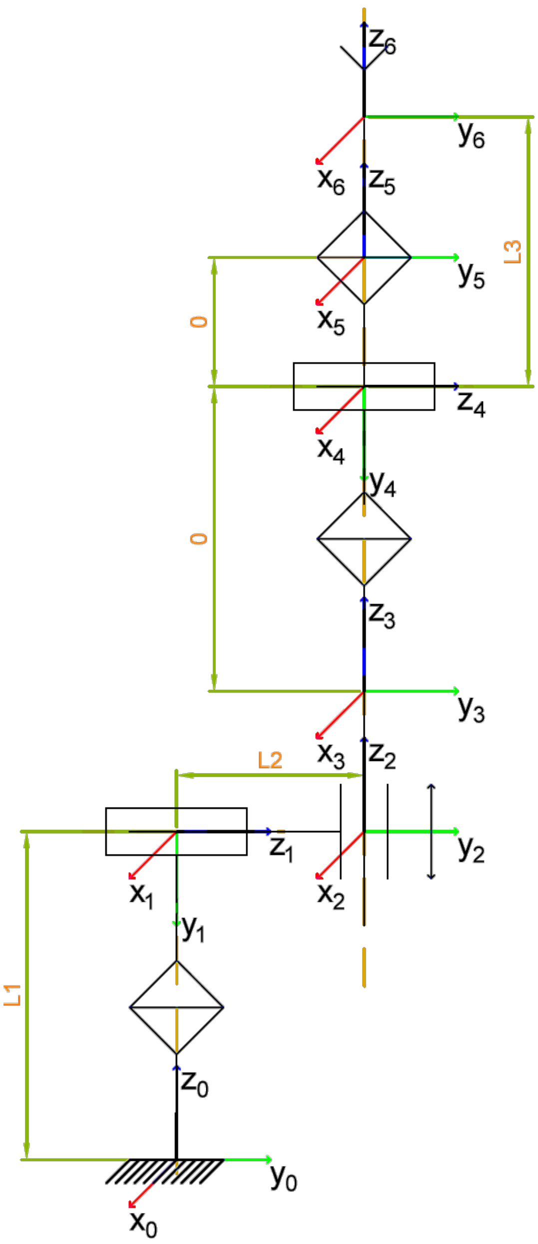
Sferico 1 con Polso



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

$$\begin{pmatrix} -\left(\cos q_1 \, \cos q_2 \, \sin q_4 \, \sin q_6 - \sin q_1 \, \cos q_4 \, \sin q_6 + \cos q_1 \, \sin q_2 \, \sin q_5 \, \cos \ldots\right. \\ -\left(\sin q_1 \, \cos q_2 \, \sin q_4 \, \sin q_6 + \cos q_1 \, \cos q_4 \, \sin q_6 + \sin q_1 \, \sin q_2 \, \sin q_5 \, \cos \ldots\right. \\ -\left(\sin q_2 \, \sin q_4 \, \sin q_6 - \cos q_2 \, \sin q_5 \, \cos \ldots\right. \\ 0 \end{pmatrix}$$

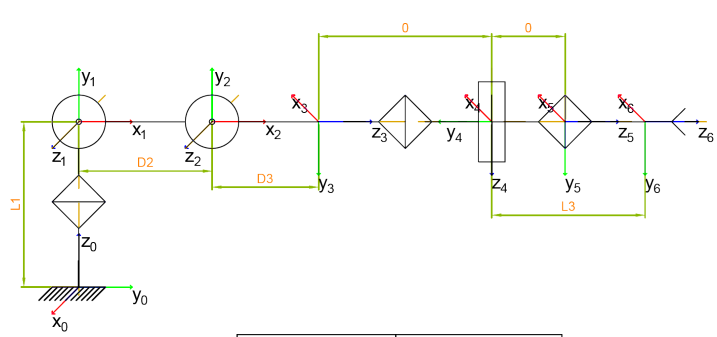
Sferico di Stanford con Polso



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

$$\left(\begin{matrix} -\left(\sin q_1\ \sin q_4\ \sin q_6 - \cos q_1\ \cos q_2\ \cos q_4\ \sin q_6 + \cos q_1\ \sin q_2\ \sin q_5\ \cos q_6 - \cos q_1\ \cos q_2\ \sin q_4\ \cos q_5\ \cos q_6 - \sin q_1\ \cos q_4\ \cos q_5\ \cos q_6\right) & \cos q_1\ \sin q_2\ \sin q_5\ \sin q_6 - \cos q \\ \cos q_1\ \sin q_4\ \sin q_6 + \sin q_1\ \cos q_2\ \cos q_4\ \sin q_6 - \sin q_1\ \sin q_2\ \sin q_5\ \cos q_6 + \sin q_1\ \cos q_2\ \sin q_4\ \cos q_5\ \cos q_6 - \cos q_1\ \cos q_4\ \cos q_5\ \cos q_6 & \sin q_1\ \sin q_2\ \sin q_5\ \sin q_6 - \sin q_1 \\ -\left(\sin q_2\ \cos q_4\ \sin q_6 + \cos q_2\ \sin q_5\ \cos q_6 + \sin q_2\ \sin q_4\ \cos q_5\ \cos q_6\right) & \\ 0 & \end{matrix}\right.$$

Antropomorfo con Polso



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

$$\left(\begin{matrix} \cos q_1\ \sin q_2\ \sin q_3\ \sin q_4\ \sin q_6 - \cos q_1\ \cos q_2\ \cos q_3\ \sin q_4\ \sin q_6 - \cos q_1 \\ \sin q_1\ \sin q_2\ \sin q_3\ \sin q_4\ \sin q_6 - \sin q_1\ \cos q_2\ \cos q_3\ \sin q_4\ \sin q_6 - \sin q_1 \\ -\left(\cos q_2\ \sin q_3\ \sin q_4\ \sin q_6 + \sin q_2\ \mathrm{co} \right. \\ \\ \end{matrix}\right.$$