

Robot Industriali

I Robot

- Il termine **robot** deriva dal termine ceco robota, che significa "**lavoro pesante**" o "lavoro forzato".
L'introduzione di questo termine si deve allo scrittore ceco Karel Čapek, il quale usò per la prima volta il termine nel 1920 nel suo dramma teatrale *I robot universali di Rossum*.
- Indica una qualsiasi macchina (di forma più o meno antropomorfa), in grado di svolgere più o meno indipendentemente un lavoro al posto dell'uomo.



Robot industriali

- Applicazioni in ambienti pericolosi, nocivi o in cui siano richieste particolari abilità (verniciatura)
- Elementi principali
 - corpo
 - braccio
 - Mano (e polso)
 - Armadio (telecomando)

Corpo



1 ROBOT FLANGE
Payloads of 1.000 kg can be moved

2 MATERIAL
Ductile cast iron guarantees maximum stability

3 MOTORS
Twin drives in main axes 1, 2 and 3 ensure maximum dynamics

4 KINEMATICS
The open 6-axis kinematic chain allows a large work envelope and maximum flexibility

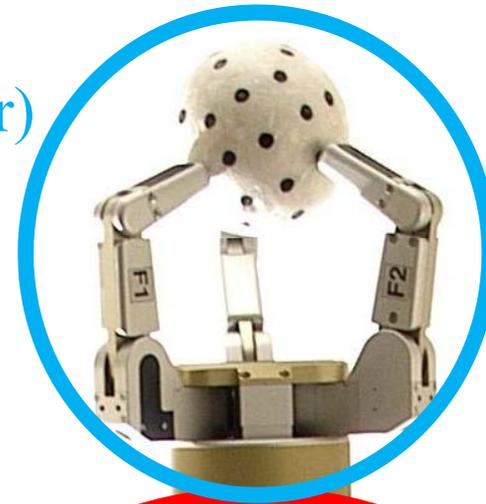
5 REACH
A vertical reach of up to 5 m is possible



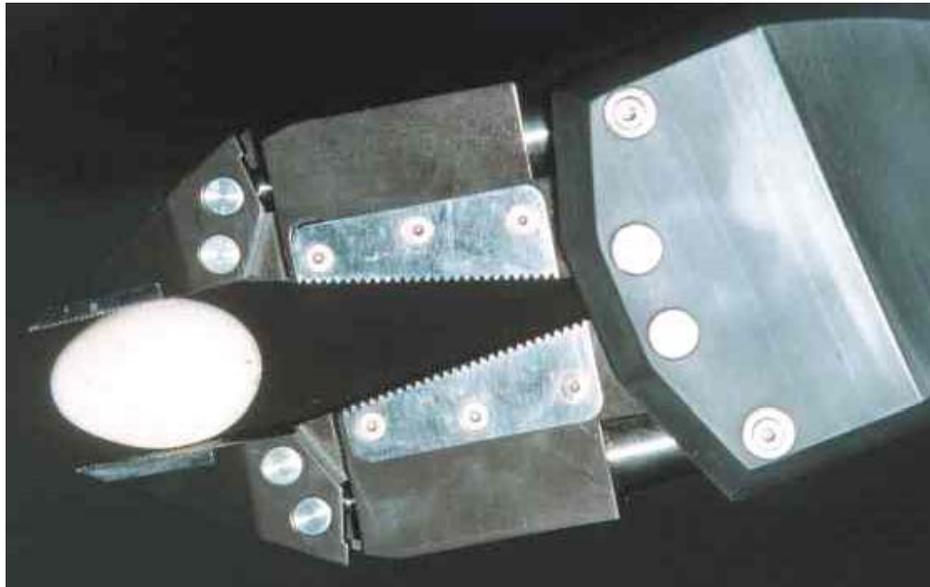
Armadio

Mano e Polso

Mano
(end effector)



Polso

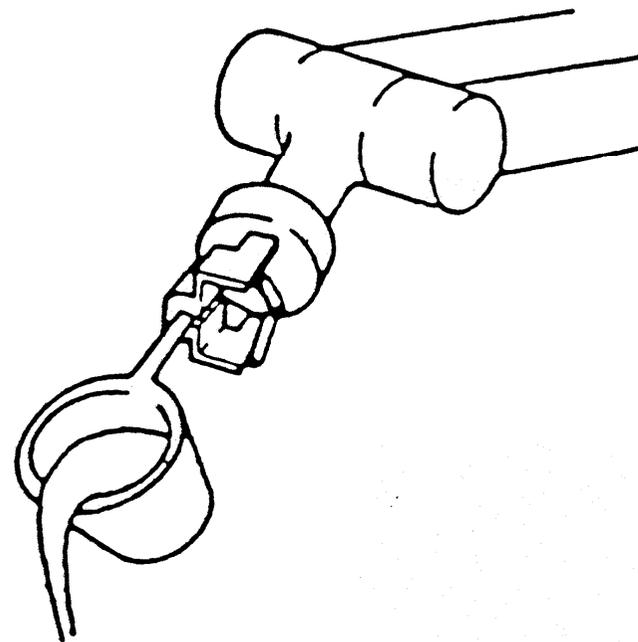
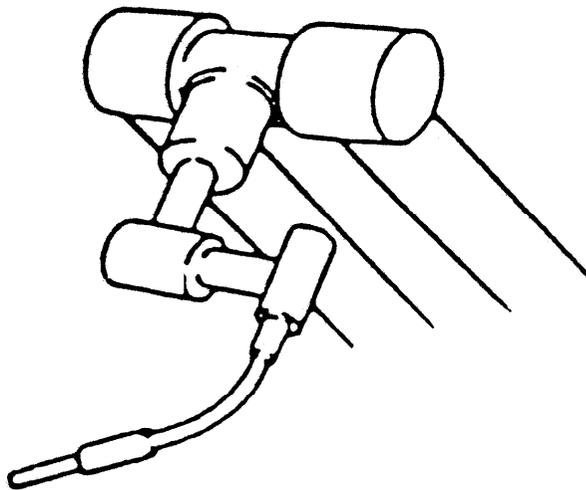


Telecomando



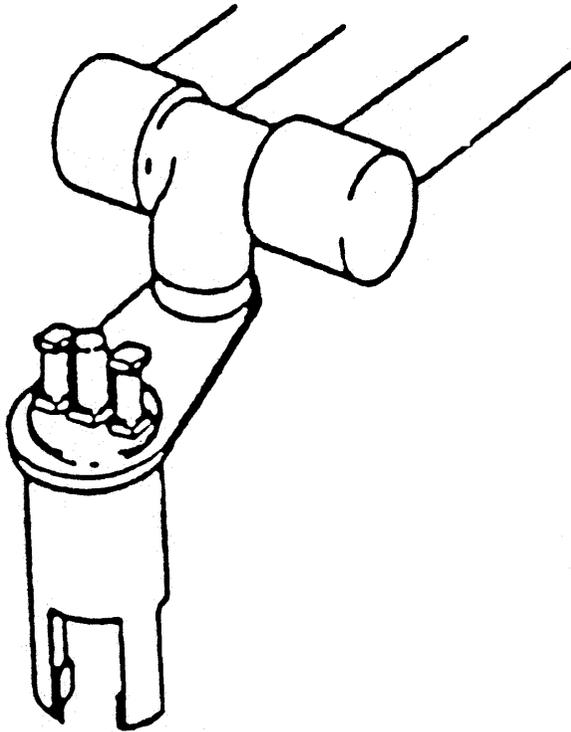
Elementi costitutivi

- End-effector con torcia per saldatura ad arco
- End-effector con siviera

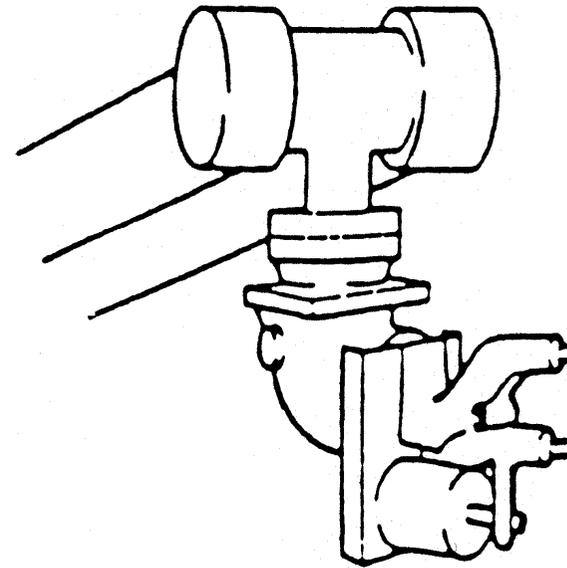


Elementi costitutivi

- End-effector con chiavi pneumatiche

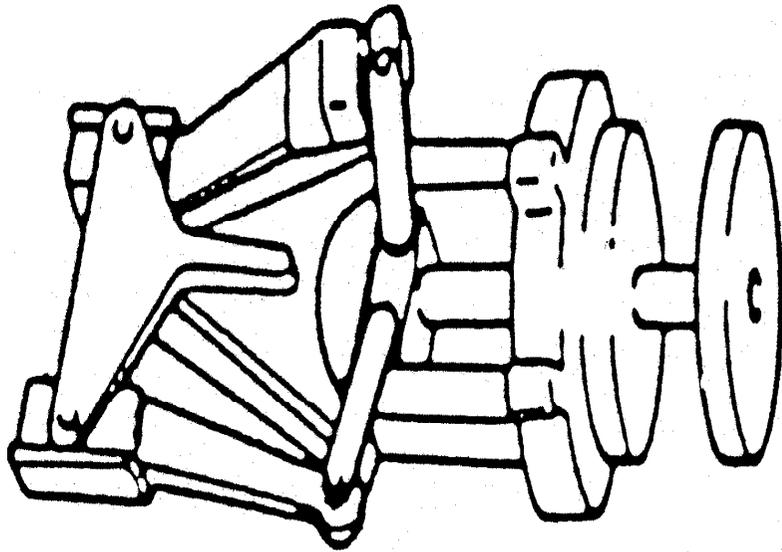


- End-effector con pistola per saldatura a punti

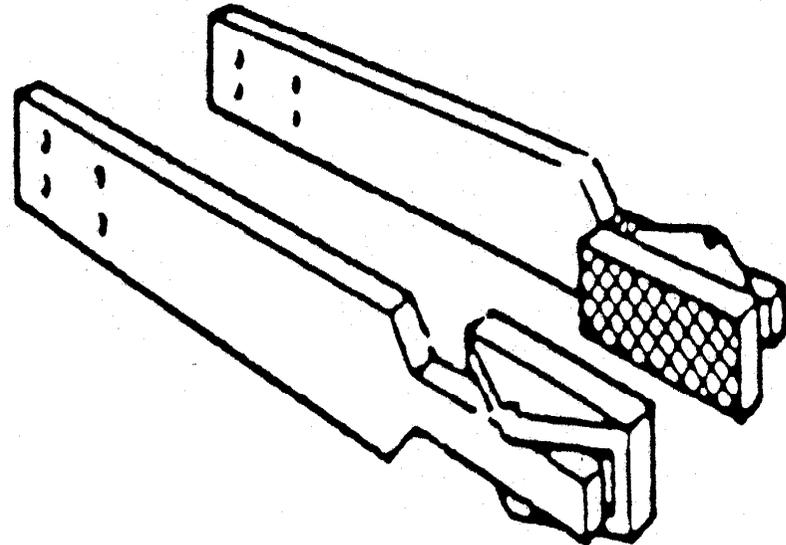


Elementi costitutivi

- Mano standard

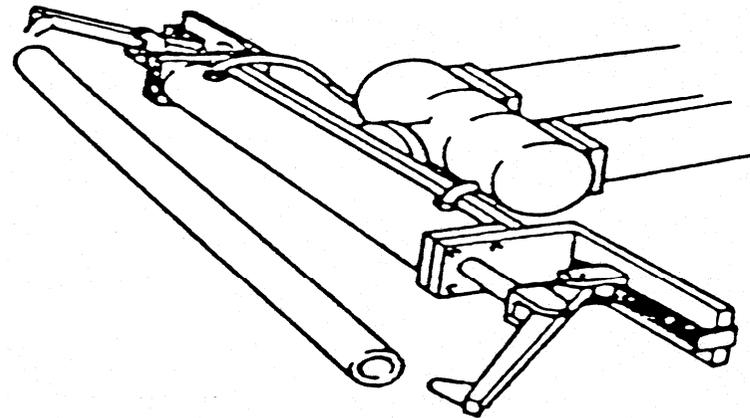
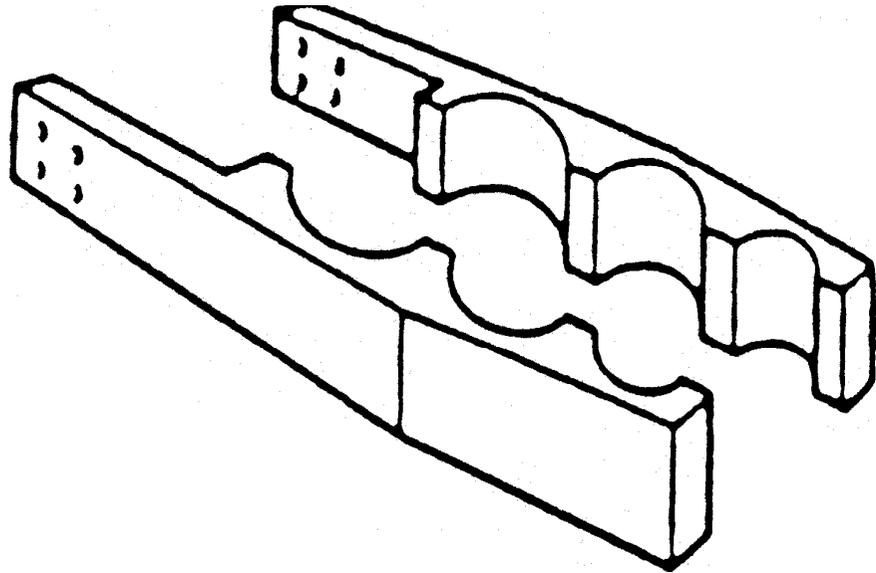


- End-effector a dita allineanti



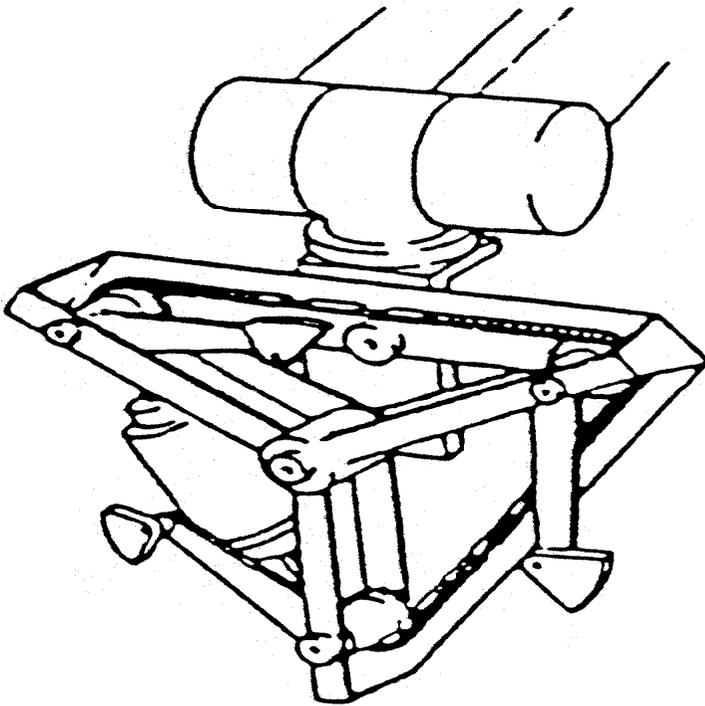
Elementi costitutivi

- End-effector per pezzi con diverse dimensioni
- Mano speciale per tubi di vetro

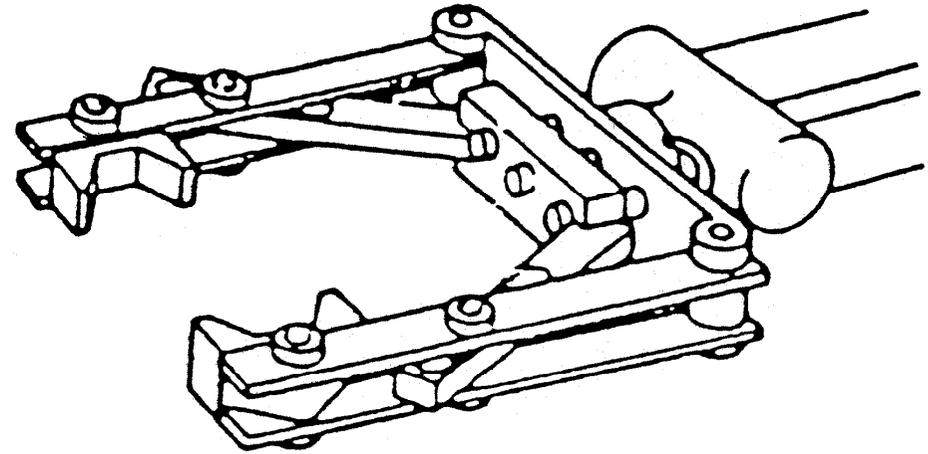


Elementi costitutivi

- Mano autocentrante

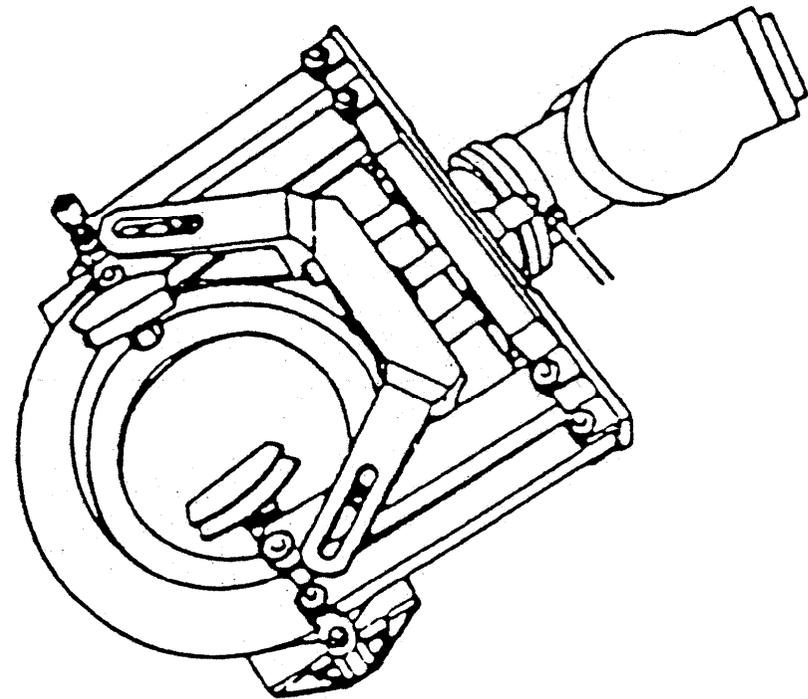
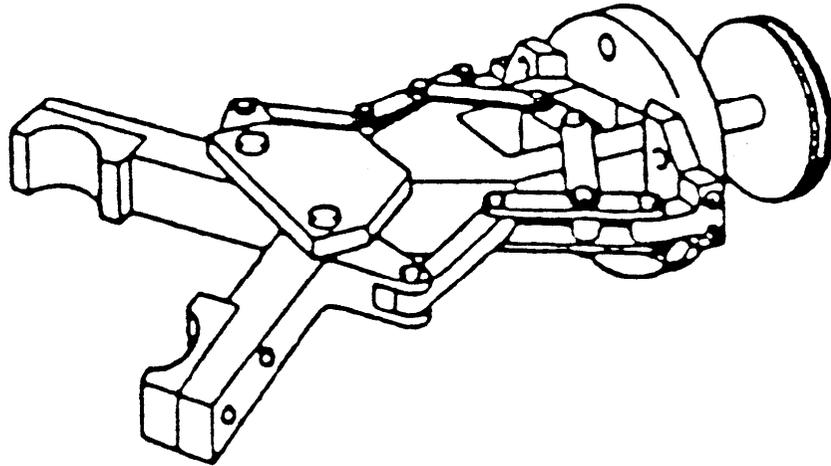


- End-effector con camme



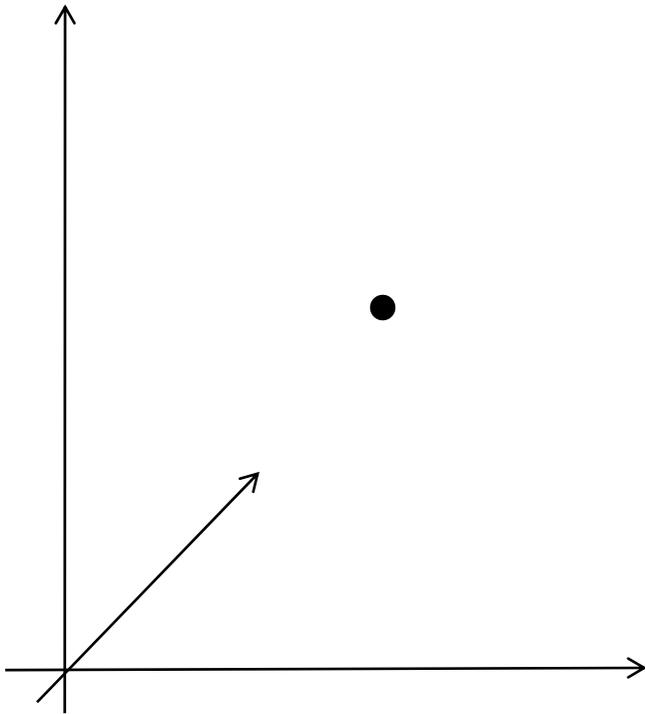
Elementi costitutivi

- Mano di grande apertura
- Mano a camme con ganasce interne ed esterne

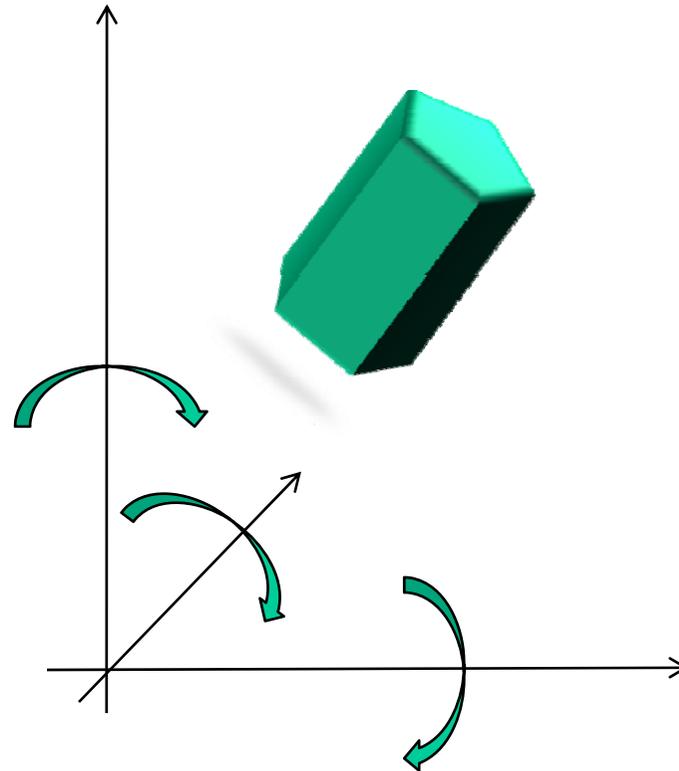


Gradi di libertà...

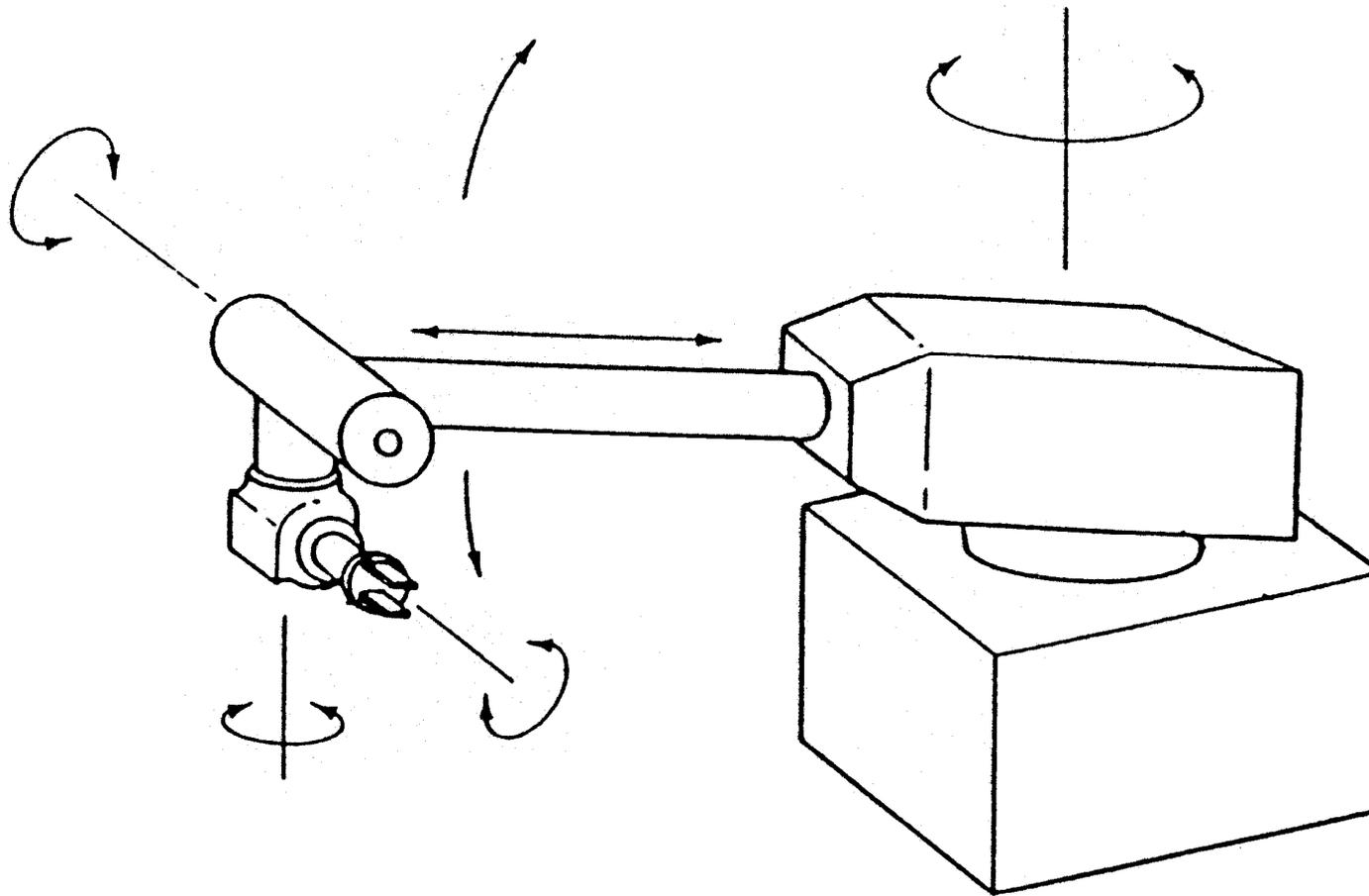
- Di un punto nello spazio?



- Di un corpo nello spazio?

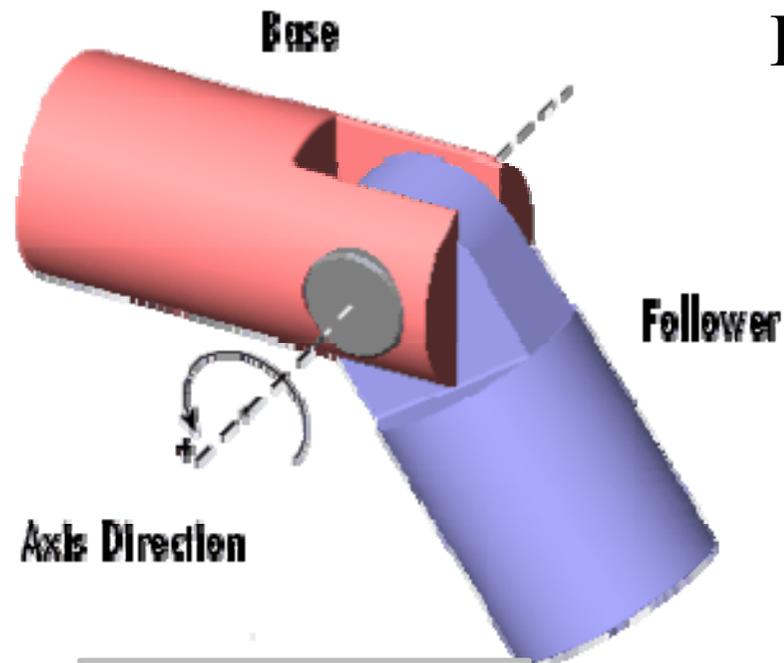


Gradi di libertà di un robot

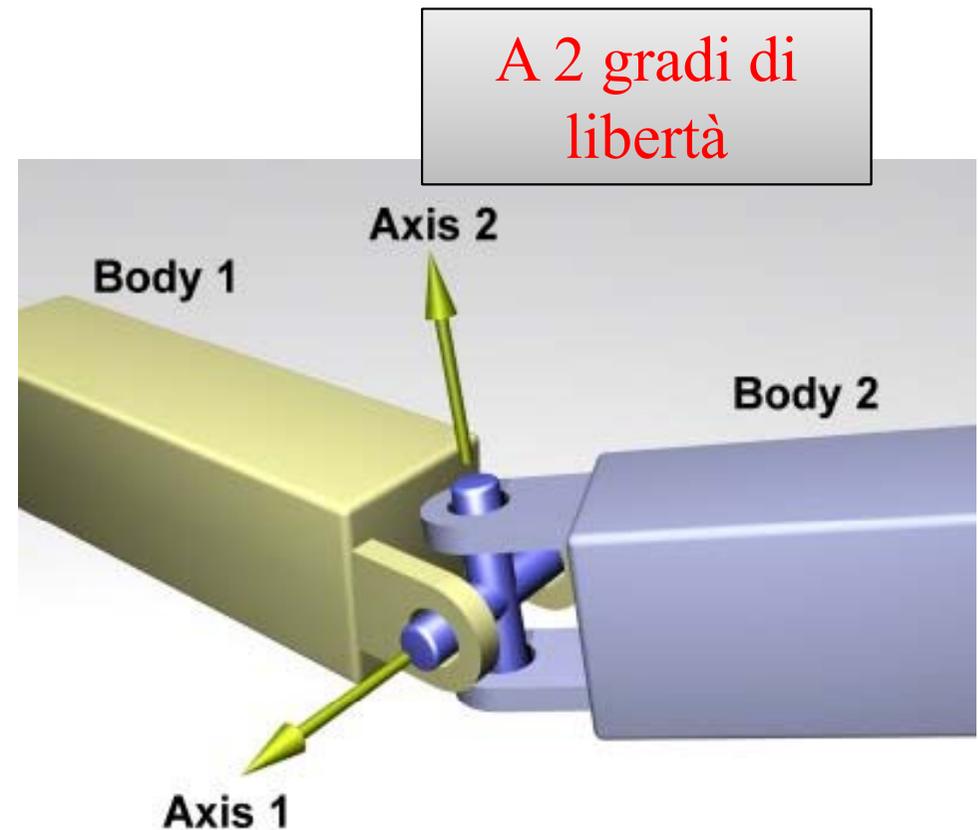


Tipo di giunti - Polare

- Giunto Polare (detto anche Rotazionale)



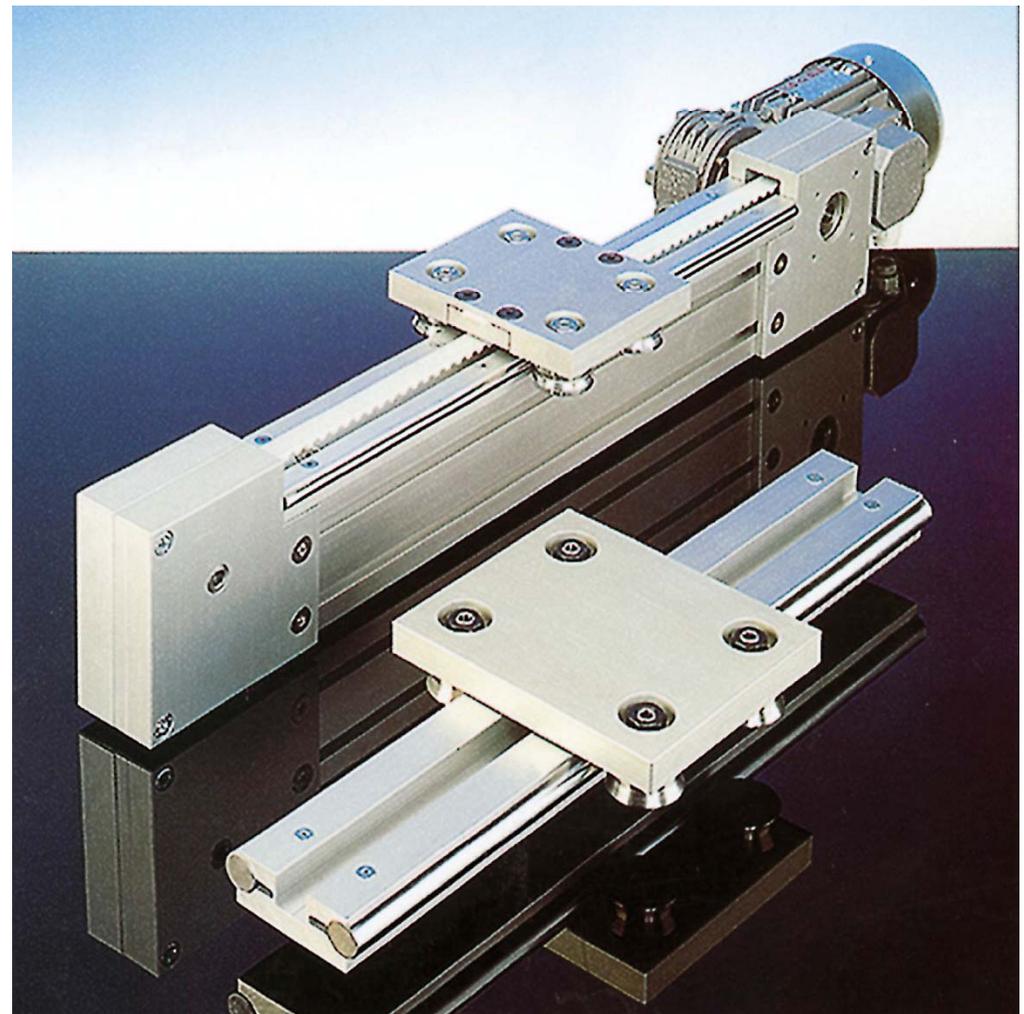
A un grado di libertà



A 2 gradi di libertà

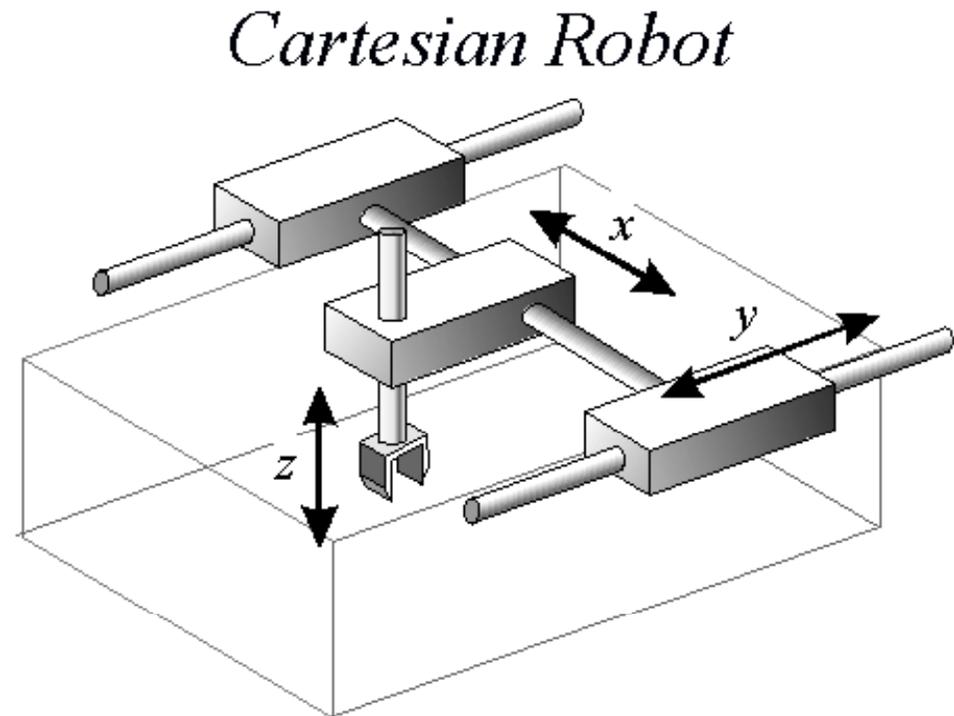
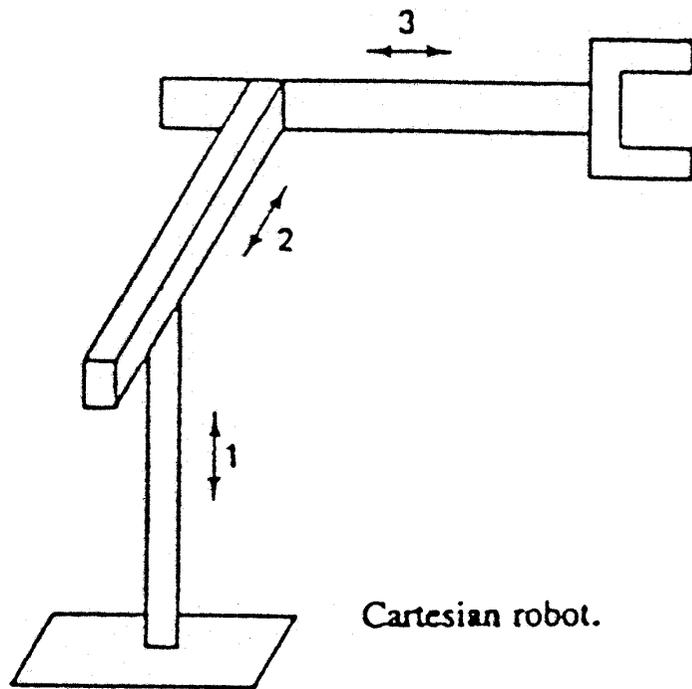
Tipo di giunti -

- Giunto Cartesiano (detto anche Lineare)



Geometria dei robot

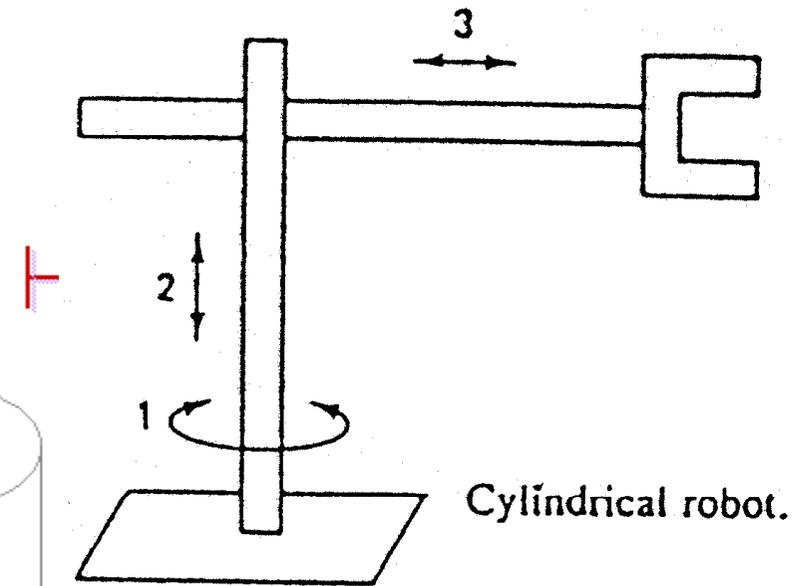
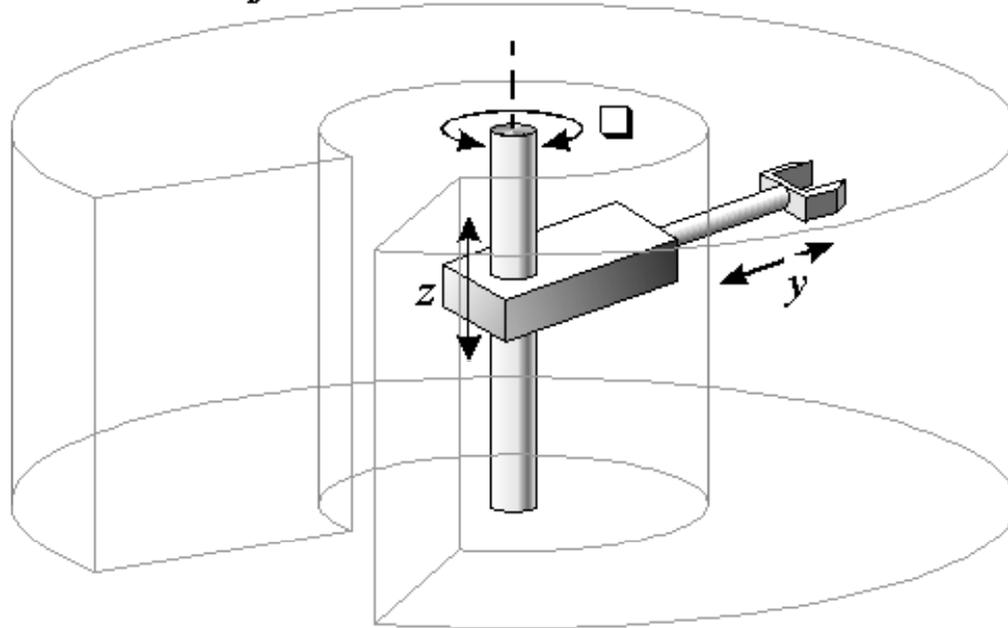
- Cartesiano (CCC)



Geometria dei robot

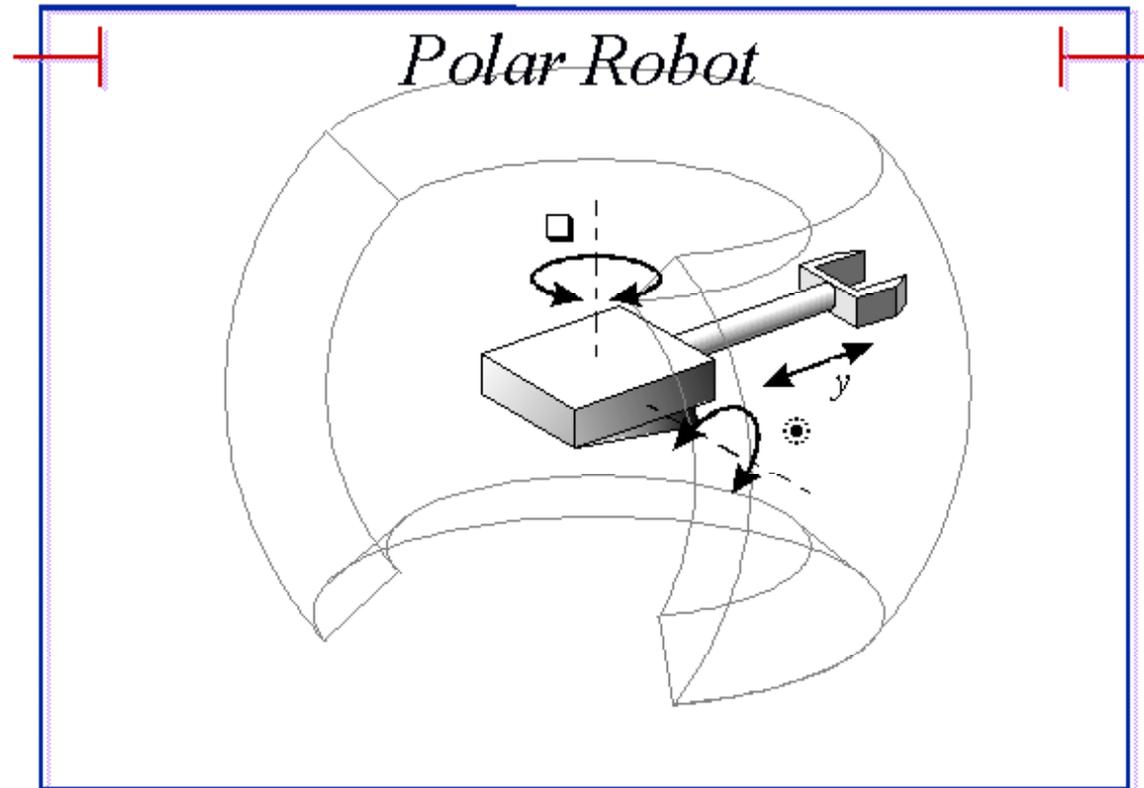
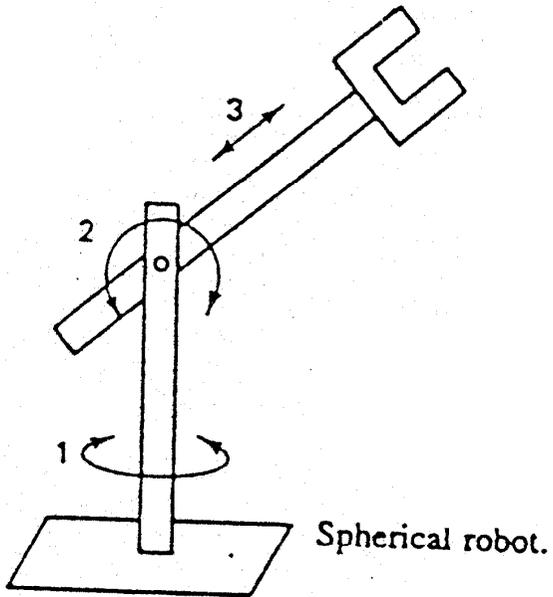
- Cilindrico (PCC)

Cylindrical Robot

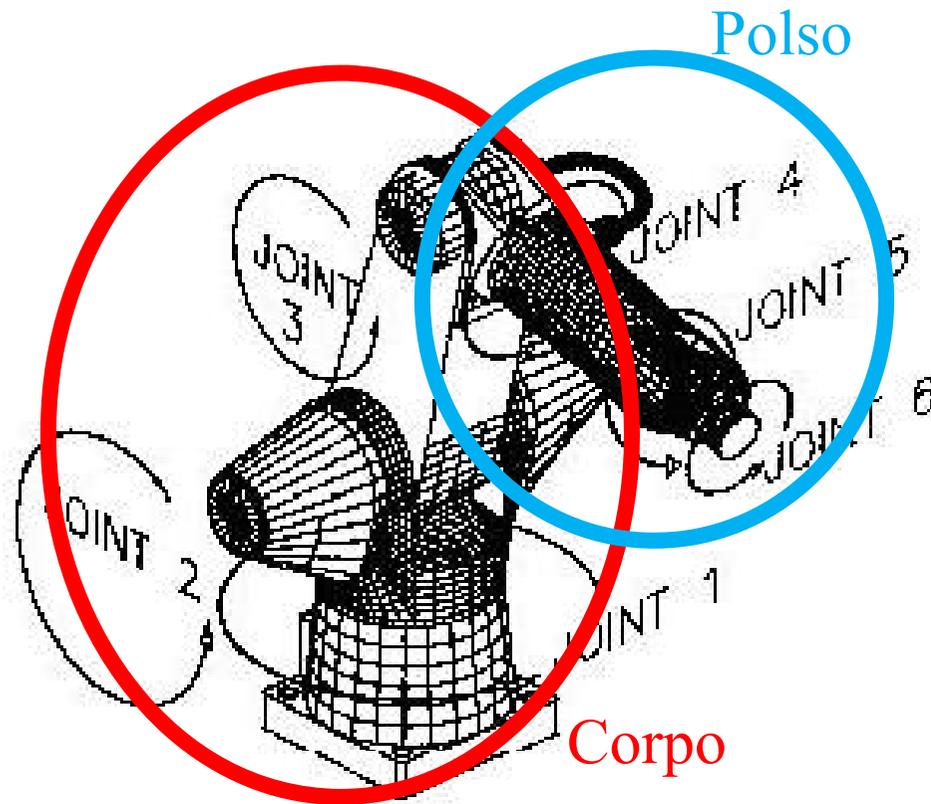


Geometria dei robot (2)

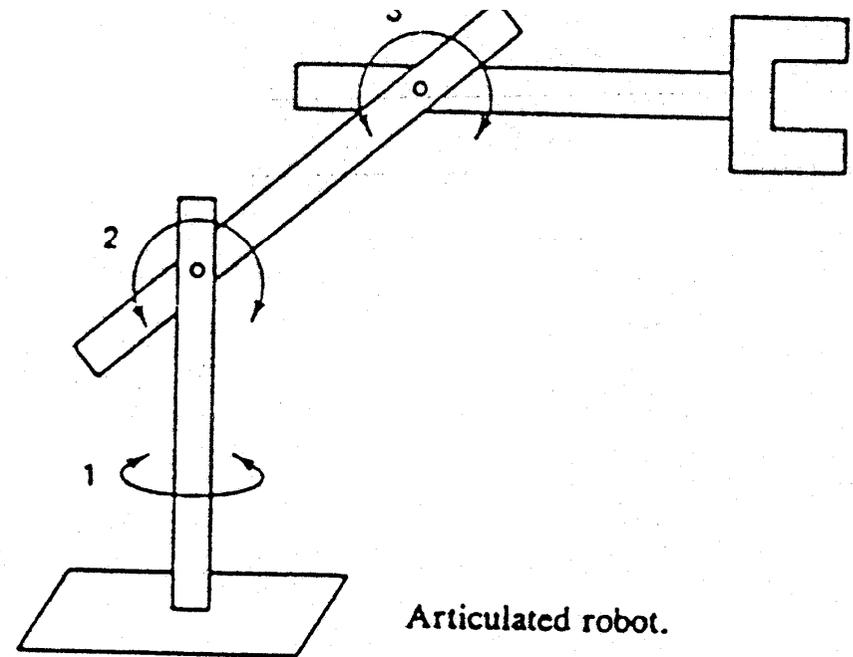
- Sferico (o polare) (PPC)



Geometria dei robot (3)



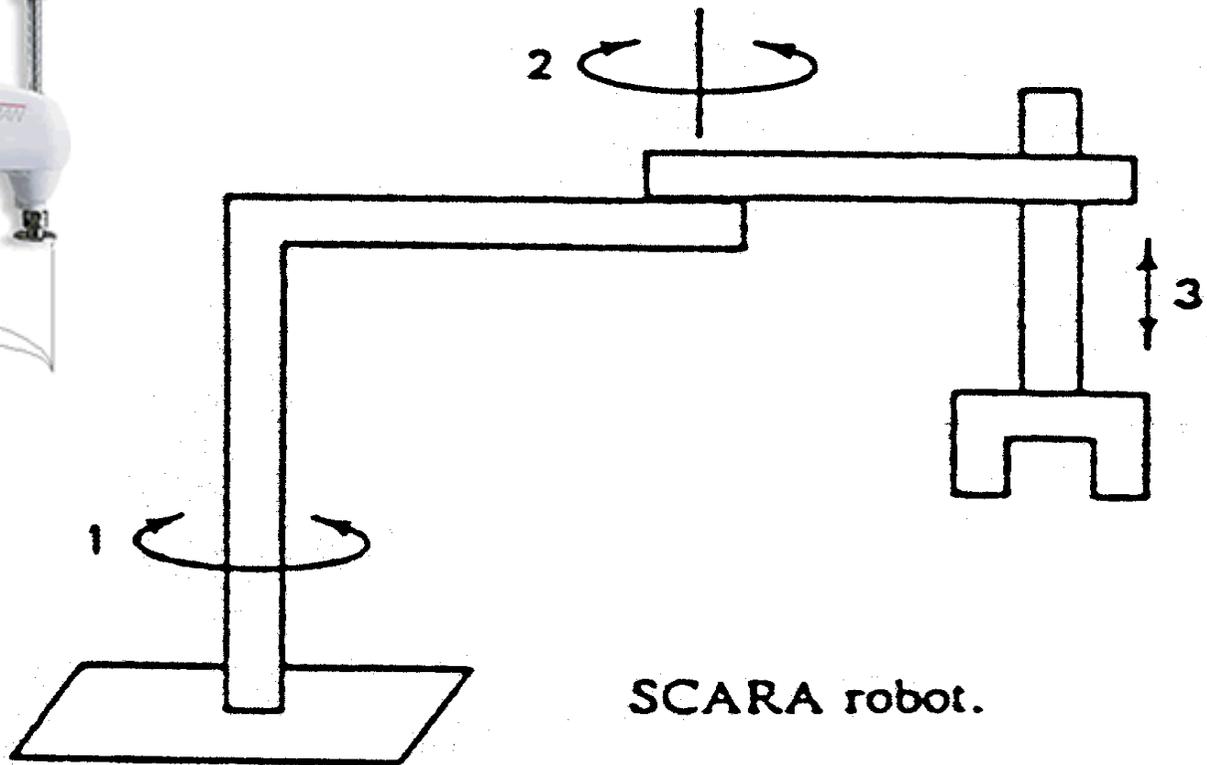
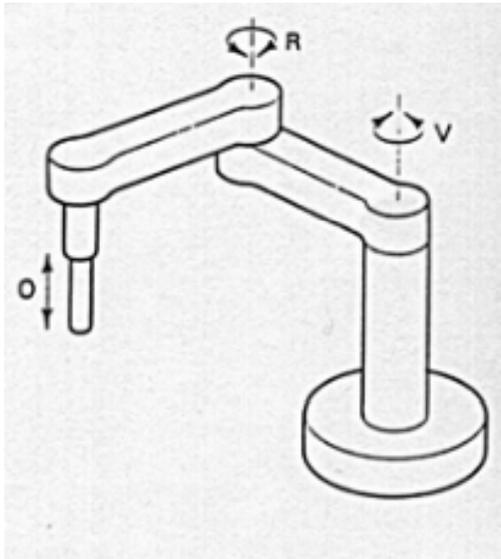
- Articolato (PPP)



- Questa figura rappresenta 6 giunti; il corpo ne ha 3, il polso altri 3.

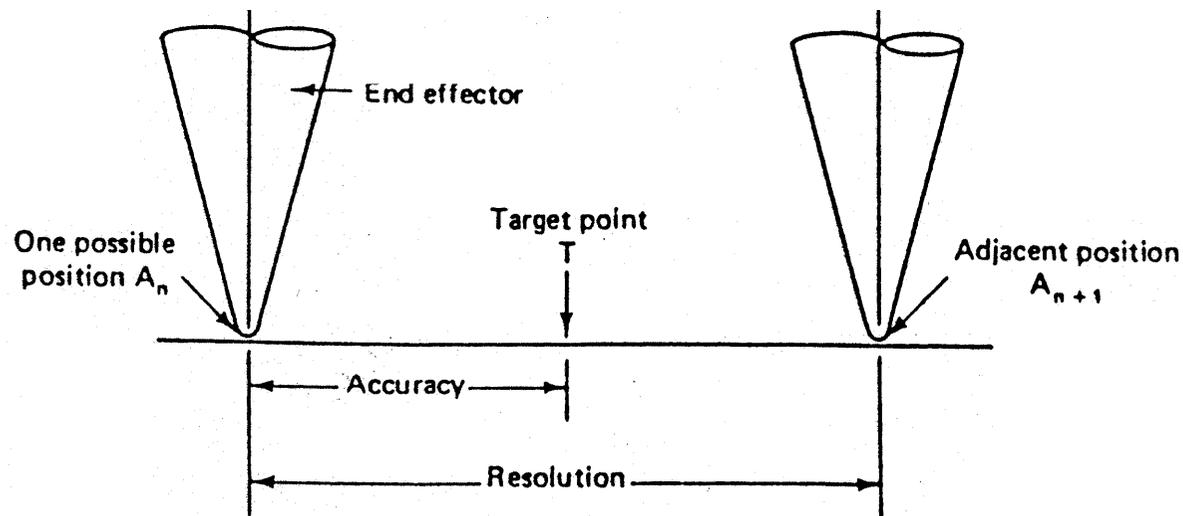
Geometria del robot SCARA

- Selective Compliance Assembly Robotic Arm



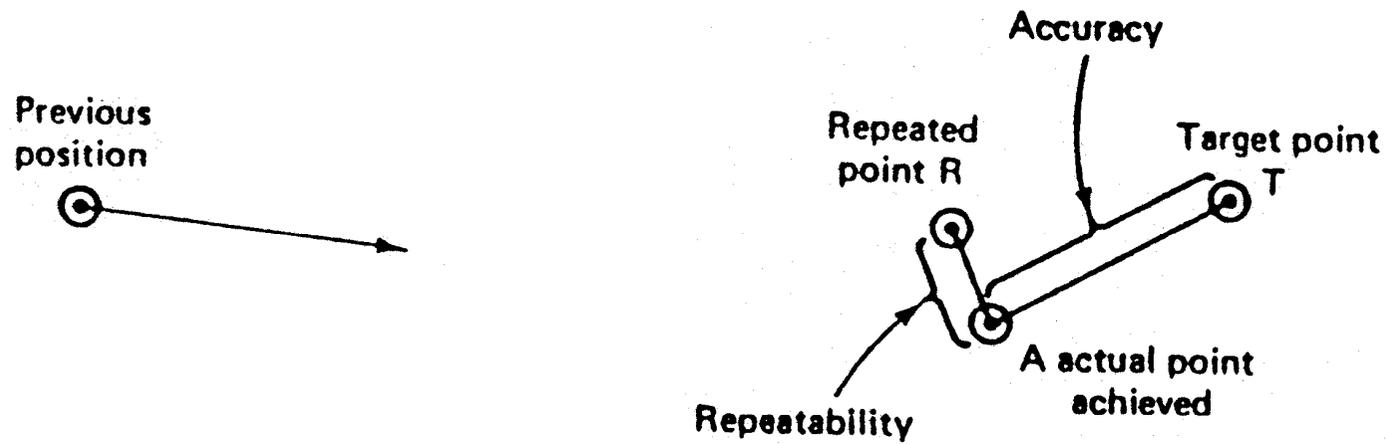
Precisione dei movimenti (1)

- Risoluzione spaziale
 - dipende dalla parola della CPU e dal campo di movimento
- Accuratezza



Precisione dei movimenti (2)

- Ripetibilità



IP – International Protection

1° cifra	2° cifra	lettera aggiunta	lettera supplementare
0...1	0...8	A...D	H...W

1° CIFRA

protezione contro il contatto di corpi solidi esterni e contro l'accesso a parti pericolose

cifra	protezione del materiale	protezione delle persone
0	non protetto	.
1	protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 50 mm.	protetto contro l'accesso con il dorso della mano
2	protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 12 mm	protetto contro l'accesso con un dito
3	protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 2.5 mm	protetto contro l'accesso con un attrezzo
4	protetto contro corpi solidi di dimensioni superiori a 1 mm	protetto contro l'accesso con un filo
5	protetto contro la polvere	protetto contro l'accesso con un filo
6	totalmente protetto contro la polvere	protetto contro l'accesso con un filo

2° CIFRA

protezione contro la penetrazione dei liquidi

cifra	protezione del materiale
0	non protetto
1	protetto contro la caduta verticale di gocce d'acqua
2	protetto contro la caduta di gocce d'acqua con inclinazione max di 15°
3	protetto contro la pioggia
4	protetto contro gli spruzzi d'acqua
5	protetto contro i getti d'acqua
6	protetto contro le ondate
7	protetto contro gli effetti dell'immersione
8	protetto contro gli effetti della sommersione

IP – International Protection

1° cifra	2° cifra	lettera aggiunta	lettera supplementare
0...1	0...8	A...D	H...W

lettera supplementare
(opzionale)

lettera aggiunta (opzionale) (a)

lett.	protezione delle persone
A	protetto contro l'accesso con il dorso della mano
B	protetto contro l'accesso con un dito
C	protetto contro l'accesso con un attrezzo
D	protetto contro l'accesso con un filo

lett.	protezione del materiale
H	apparecchiature ad alta tensione
M	provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso dell'acqua con apparecchiatura in moto
S	provato contro gli effetti dannosi dovuti all'ingresso dell'acqua con apparecchiatura non in moto
W	adatto all'uso in condizioni atmosferiche specificate

Altre caratteristiche tecniche

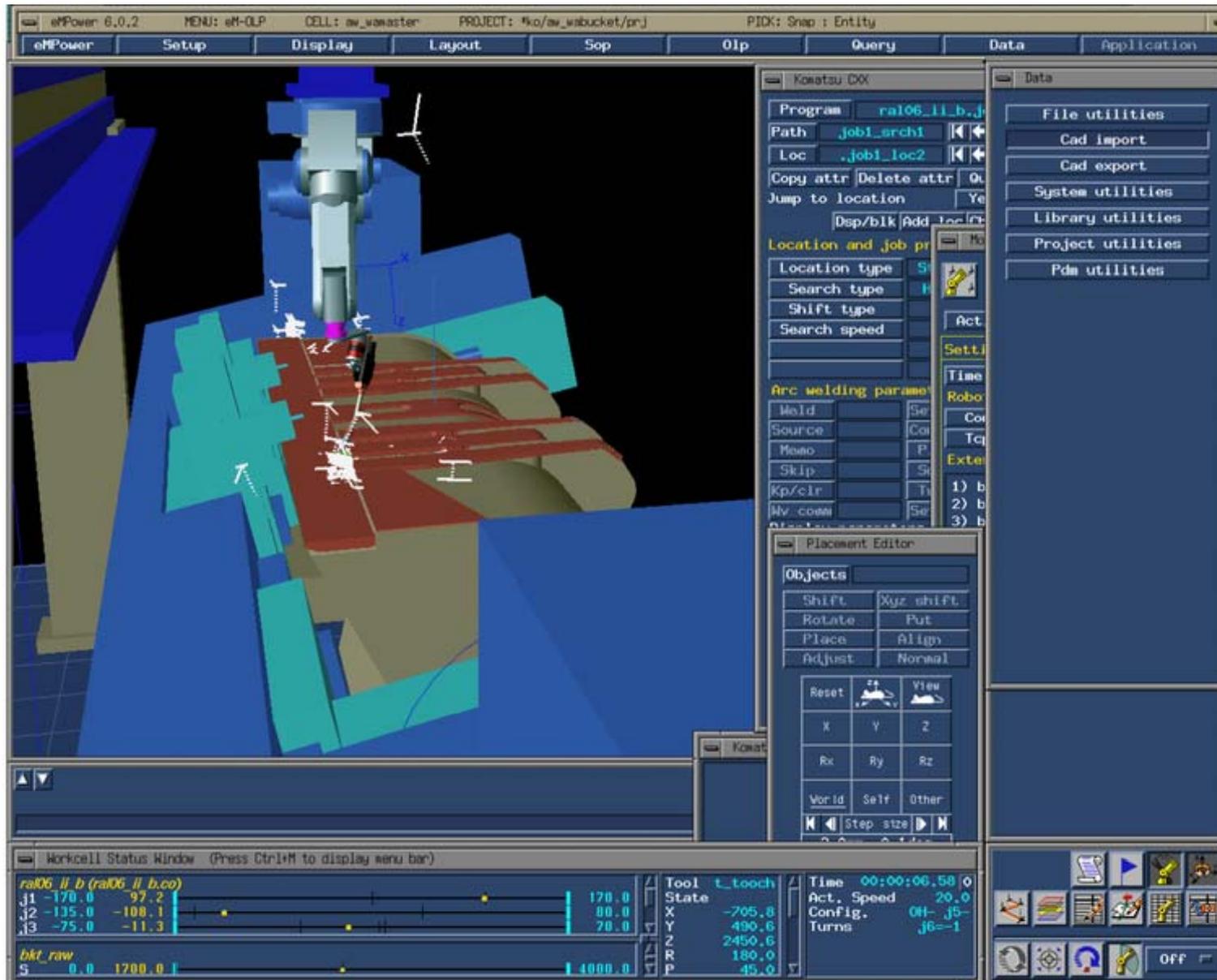
- Velocità di movimento
- Capacità di carico
- Tipo di azionamento
 - idraulico
 - elettrico
 - pneumatico
- Caratteristiche dipendenti dall'ambiente di lavoro

Programmazione del robot

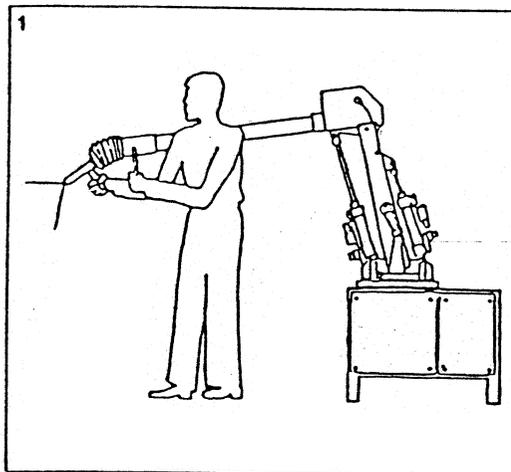
- Per autoapprendimento
 - punto a punto
 - a traiettoria controllata
 - diretto
 - con unità d'insegnamento
 - per telecomando
- Linguaggio di programmazione



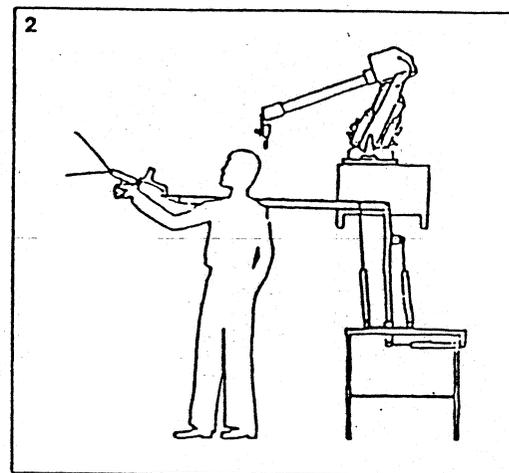
Linguaggio di programmazione



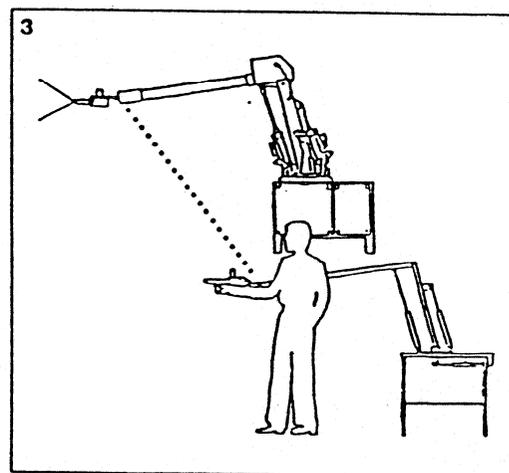
Memorizzazione a traiettoria controllata



INSEGNAMENTO DIRETTO - Il robot equipaggiato con una pistola, è guidato direttamente dall'operatore. Lo sforzo esercitato dall'operatore è molto leggero grazie ad un dispositivo integrato di assistenza muscolare. (1)



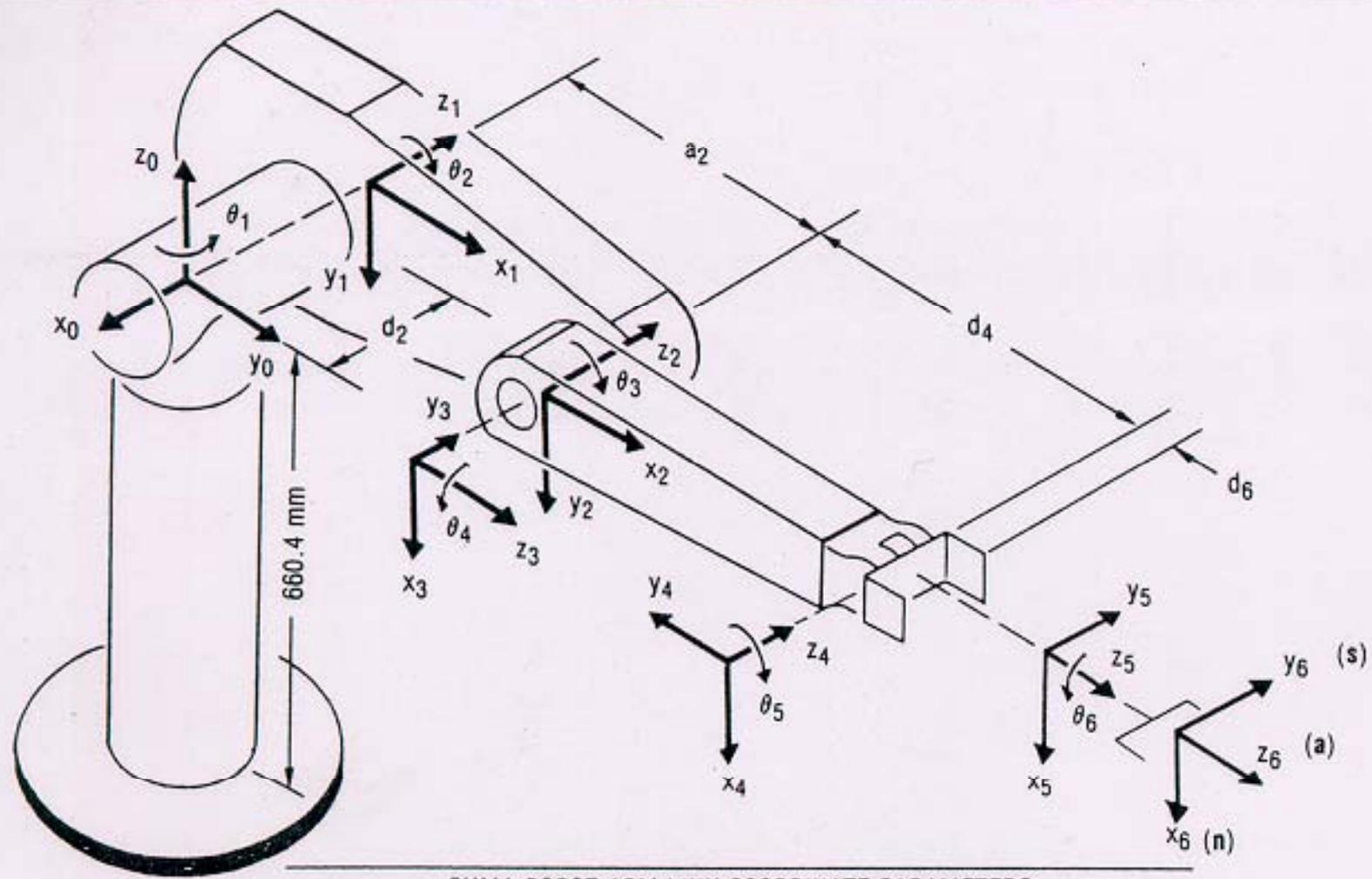
UNITÀ D'INSEGNAMENTO - L'unità d'insegnamento è utilizzata per verniciare. Il robot manipolatore sostituisce poi l'unità riproducendo i movimenti registrati. (2)



INSEGNAMENTO PER TELECOMANDO - L'operatore manipola l'unità d'insegnamento, struttura flessibile e leggera, con la sua pistola. Il robot, asservito all'unità, riproduce simultaneamente tutti i gesti dell'operatore. (3)

Controllo del robot

- Necessità del controllo di cella
- Sensori
 - di visione
 - tattili
 - prossimità
 - vocali



PUMA ROBOT ARM LINK COORDINATE PARAMETERS

JOINT i	θ_i	α_i	a_i	d_i	RANGE
1	90	-90	0	0	-160 to +160
2	0	0	432 mm	149.5 mm	-225 to +45
3	90	90	0	0	-45 to +225
4	0	-90	0	432.0	-110 to +170
5	0	90	0	0	-100 to +100
6	0	0	0	56.5	-266 to +266

Relazioni tra le tre coordinate del punto P nei due sistemi di riferimento

$$P_x = l_x \cdot p = l_x \cdot l_u \rho_u + l_x \cdot j_v \rho_v + l_x \cdot k_w \rho_w$$

$$P_y = j_y \cdot p = j_y \cdot i_u \rho_u + j_y \cdot j_v \rho_v + j_y \cdot k_w \rho_w$$

$$P_z = k_z \cdot p = k_z \cdot i_u \rho_u + k_z \cdot j_v \rho_v + k_z \cdot k_w \rho_w$$

Espressione in forma matriciale

$$\begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_x \cdot i_u & l_x \cdot j_u & l_x \cdot k_w \\ j_y \cdot i_u & j_y \cdot j_u & j_y \cdot k_w \\ k_z \cdot i_u & k_z \cdot j_u & k_z \cdot k_w \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_u \\ P_v \\ P_w \end{bmatrix}$$

Matrice di trasferimento

$$A = \begin{bmatrix} I_x \cdot I_w & I_x \cdot I_u & I_x \cdot k_w \\ I_y \cdot I_w & I_y \cdot I_u & I_y \cdot k_w \\ k_y \cdot I_w & k_y \cdot I_u & k_y \cdot k_w \end{bmatrix}$$

Matrice inversa: dal sistema fisso al sistema mobile

$$\mathbf{B} = \mathbf{A}^{-1} = \mathbf{A}^t$$

$$\mathbf{BA} = \mathbf{A}^t \mathbf{A} = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{A} = \mathbf{I}_3$$

*Matrice di trasformazione per una rotazione attorno
a x*

$$P_{xyz} = R_{x,\alpha} \cdot P_{uvw}$$

$$R_{x,\alpha} = \begin{bmatrix} i_x \cdot i_u & i_x \cdot j_u & i_x \cdot k_u \\ j_y \cdot i_u & j_y \cdot j_u & j_y \cdot k_u \\ k_z \cdot i_u & k_z \cdot j_u & k_z \cdot k_u \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha \end{bmatrix}$$

Prodotto matriciale per le tre rotazioni: matrice risultante per le rotazioni

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_{y,\varphi} \cdot \mathbf{R}_{x,\vartheta} \cdot \mathbf{R}_{z,\alpha}$$

$$= \begin{bmatrix} C_\varphi C_\vartheta & S_\varphi S_\alpha - C_\varphi S_\vartheta C_\alpha & C_\varphi S_\vartheta S_\alpha + S_\varphi C_\alpha \\ S_\vartheta & C_\vartheta C_\alpha & -C_\vartheta S_\varphi \\ -S_\varphi C_\vartheta & S_\varphi S_\vartheta C_\alpha + C_\varphi S_\alpha & C_\varphi C_\alpha - S_\varphi S_\vartheta S_\alpha \end{bmatrix}$$

where $C_\varphi = \cos\varphi$; $S_\varphi = \sin\varphi$; $C_\vartheta = \cos\vartheta$; $S_\vartheta = \sin\vartheta$;
 $C_\alpha = \cos\alpha$; $S_\alpha = \sin\alpha$.

Matrice di trasferimento

$$\mathbf{T} = \left[\begin{array}{c|c} \mathbf{R}_{3 \times 3} & \mathbf{p}_{3 \times 1} \\ \hline - & - \\ \mathbf{f}_{1 \times 3} & 1 \times 1 \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c|c} \text{Rotation} & \text{Position} \\ \text{Matrix} & \text{Vector} \\ \hline - & - \\ \text{Perspective} & \text{Scaling} \\ \text{Transf.} & \text{Factor} \end{array} \right] \quad (1)$$

E così via... MA...

- Pochi progettisti (matrici e algoritmi di trasformazione)
- Molti utilizzatori (sapere cosa guardare, cosa usare, leggere le caratteristiche tecniche)

Applicazioni

- Pick and Place
- Packaging
- Montaggio
- Fonderia
- Saldatura
- Lavorazione materiali “soffici” (legno)
- Etc.

Specifiche es. 1



Motoman UP400RN Robot

Specifications Axes: 6

Payload: 400 kg

V-Reach: 4908 mm

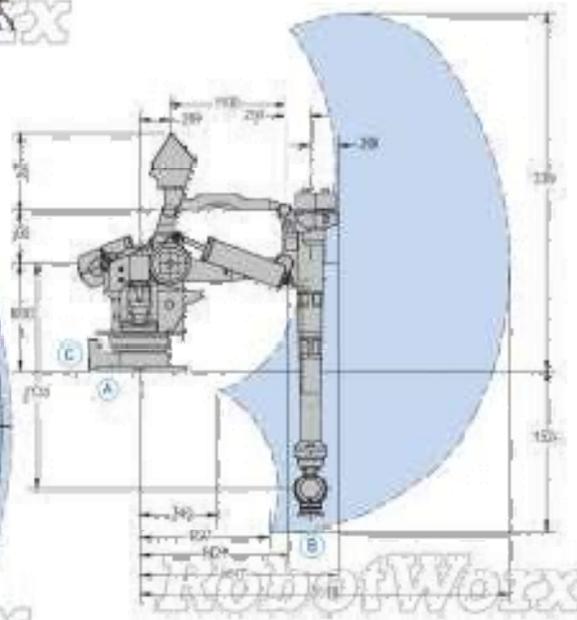
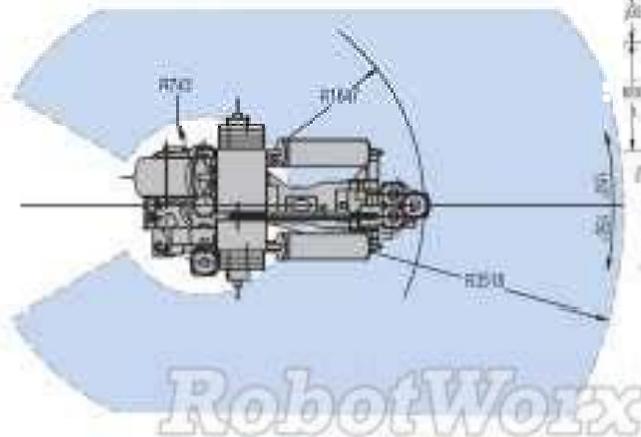
H-Reach: 3518 mm

Repeatability: ± 0.5 mm

Structure: Vertical articulated type

Mounting: shelf

IP: 55



Robot Motion Range

S-Axis	$\pm 150^\circ$
L-Axis	$+20^\circ, -122^\circ$
U-Axis	$+120^\circ, -9^\circ$
R-Axis	$\pm 360^\circ$
B-Axis	$\pm 120^\circ$
T-Axis	$\pm 360^\circ$

Robot Motion Speed

S-Axis	80 °/s (1.4 rad/s)
L-Axis	80 °/s (1.4 rad/s)
U-Axis	80 °/s (1.4 rad/s)
R-Axis	80 °/s (1.4 rad/s)
B-Axis	80 °/s (1.4 rad/s)
T-Axis	160 °/s (2.79 rad/s)



Specifiche es. 2

ABB IRB 340SA Robot

Specifications Axes: 4

Payload: 1 kg

H-Reach: 1130 mm

IP: 67