

Robotica – Robot Industriali e di Servizio

*Lezione 3:
Le strutture cinematiche*

28 febbraio 2012

Distinguiamo:

⇒ Sistemi **quantitativi**

- *Richiedono capacità di misurazione*
- Assoluti (rispetto a un riferimento fisso)
- Relativi (rispetto a un riferimento mobile)

⇒ Sistemi **qualitativi**

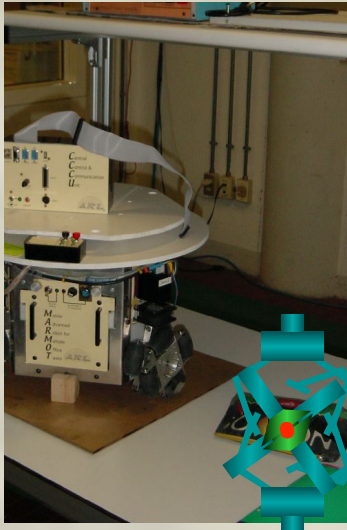
- *Richiedono intelligenza interpretativa*

⇒ Siccome per ora trattiamo robot non intelligenti, parleremo solo dei sistemi quantitativi

Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 2

C'è qualcosa che non quadra:



⇒ I nostri sistemi non funzionano né con la pinza...

Né con la ventosa!

Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 3

La posizione di un corpo rigido

- ⇒ Un corpo rigido è caratterizzato dal fatto che i suoi punti costituenti non mutano mai posizione l'uno rispetto all'altro
- ⇒ Per descriverne compiutamente la posizione nello spazio, basta descrivere la posizione di tre suoi punti non coincidenti e non allineati
- ⇒ Per descrivere la posizione di ogni punto occorrono tre coordinate → in totale ne occorrerebbero 9
- ⇒ Ma...
- ⇒ Non sono tutte indipendenti!

Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 4

Le dimensioni dell'oggetto sono costanti

$$\begin{cases} d_{12} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \\ d_{13} = \sqrt{(x_3 - x_1)^2 + (y_3 - y_1)^2 + (z_3 - z_1)^2} \\ d_{23} = \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2 + (z_3 - z_2)^2} \end{cases}$$

Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 5

Quindi:

- ⇒ Delle 9 coordinate, solo 6 sono indipendenti.
- ⇒ Occorre un sistema più pratico!
- ⇒ Possiamo associare rigidamente all'oggetto una terna cartesiana...
- ⇒ E descrivere la sua posizione rispetto alla terna di riferimento

Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 6

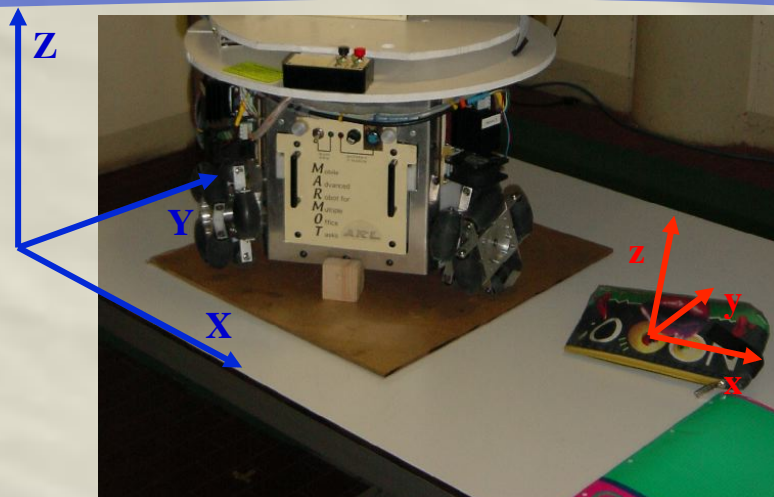
Riassumendo:

- ⇒ Per descrivere quantitativamente la posizione di un corpo nello spazio occorrono **SEI** coordinate, non tre!
- ⇒ Associamo rigidamente al corpo una terna di assi cartesiani
- ⇒ Descriviamo la posizione di questa terna rispetto ad una terna di riferimento:
 - Coordinate dell'origine
 - Orientamento angolare della terna

Lezione 3 Le strutture cinematiche

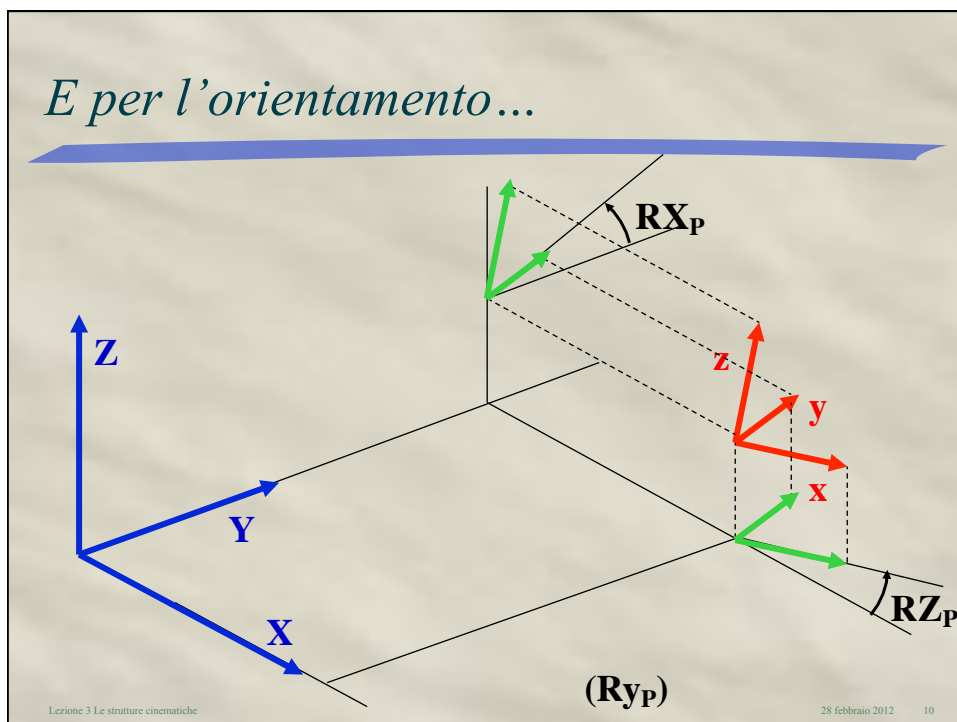
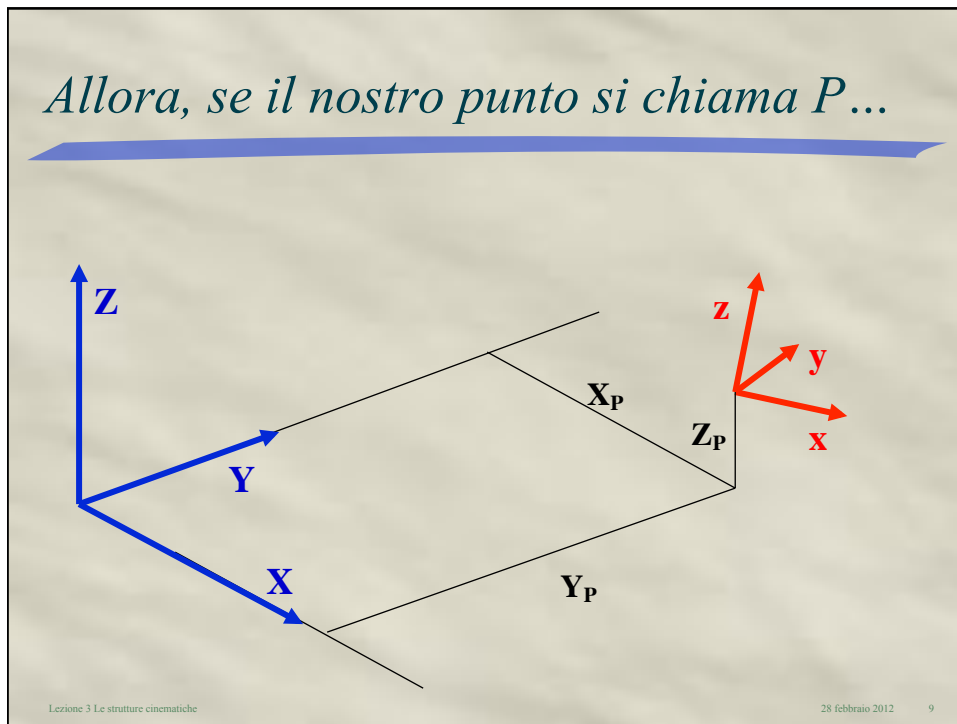
28 febbraio 2012 7

In altre parole:



Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 8



Ovviamente, ci sono anche altri metodi

Coordinate cilindriche

Coordinate sferiche

Lezione 3 Le strutture cinematiche 28 febbraio 2012 11

...E lo stesso vale per le coordinate angolari

- ⇒ Si possono usare i coseni direttori
- ⇒ Oppure i concetti di “Roll, Pitch e Yaw” (Rollio, beccheggio e imbardata)

Lezione 3 Le strutture cinematiche 28 febbraio 2012 12

Comunque sia...

⇒ Un corpo rigido nello spazio ha SEI possibilità di movimento

- Gradi di libertà (GDL)
- Degrees of Freedom (DOF)

Ultima osservazione:

- ⇒ La scelta del sistema di rappresentazione delle posizioni non è molto importante
- ⇒ Le trasformazioni da un sistema di coordinate ad un altro sono (in genere) semplici e poco onerose...
- ⇒ ...tranne una, che ci creerà non pochi problemi.

Il secondo problema: raggiungere un oggetto

- ⇒ Ora che abbiamo capito come si definisce la posizione di un oggetto, dobbiamo inventarci una macchina che possa raggiungere tale posizione

Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 15

Occorrono componenti fisici:



La pinza...



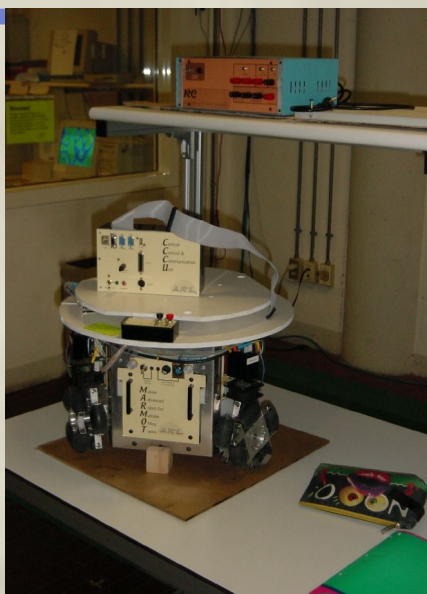
Assi di legno...



Chiodi...

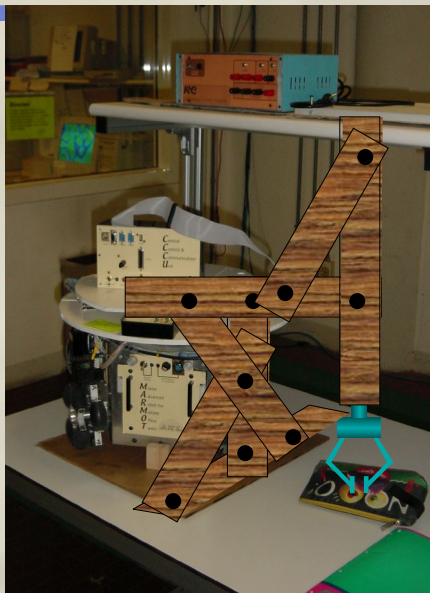


Lezione 3 Le strutture cinematiche



Dopo un po' di tempo:

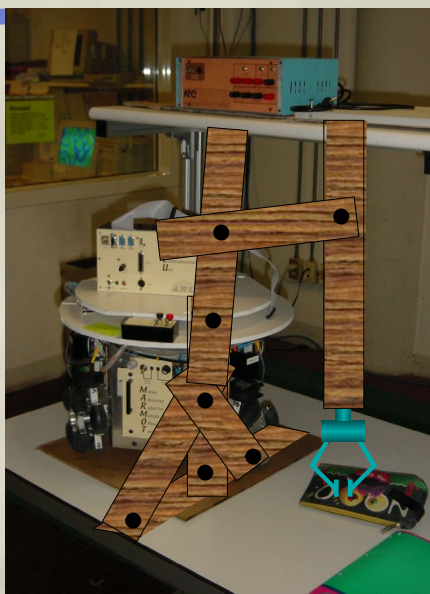
- ⇒ Ma questa struttura è rigida, e non serve a niente!



Lezione 3 Le strutture cinematiche

Rifacciamo tutto:

- ⇒ Perché questa struttura funziona?
- ⇒ Perché non è rigida
- ⇒ Però attenzione: funziona solo parzialmente

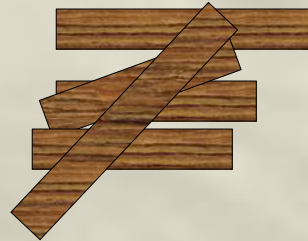


Lezione 3 Le strutture cinematiche

Parlando tecnicamente:

⇒ Segmenti (Link)

- In prima approssimazione sono perfettamente rigidi
- Hanno massa nulla



Giunti (Joints)

Collegano fra loro i link
 Permettono certi movimenti e non altri, cioè tolgono alcuni gradi di libertà e ne lasciano altri (spesso uno solo)



I sei tipi di giunti primari:

Di rotazione

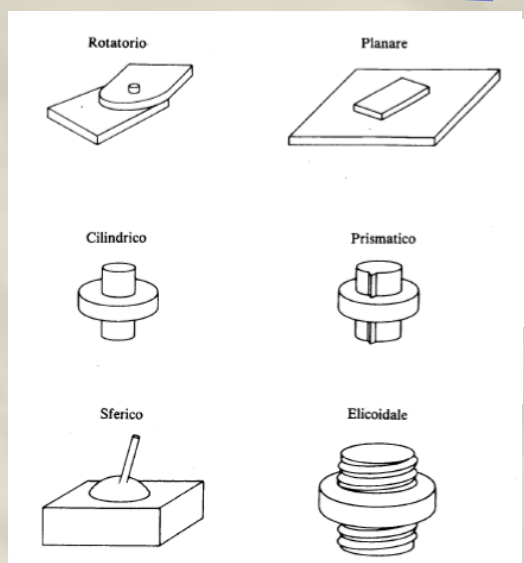
Cilindrico (rettilineo)

Sferico

Planare (piano)

Prismatico (rettilineo)

Elicoidale (rettilineo)



Tipi di movimenti permessi:

- ⇒ Rotazioni (intorno ad un asse)
- ⇒ Traslazioni (movimenti paralleli a se stessi)

Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 21

Giunti e movimenti:

		Traslazioni			
		0	1	2	3
Rotazioni	0	(Saldatura)	Prismatico		
	1	Rotatorio	Cilindrico	Planare	
	2	Polso umano			
	3	Sferico			Veicolo spaziale

Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 22

È abbastanza evidente che...

- ⇒ L'estremità del nostro braccio ideale deve potersi muovere in sei modi diversi (deve avere sei gradi di libertà)
- ⇒ Per ottenere ciò, dobbiamo utilizzare almeno sei possibilità di movimento
- ⇒ Ma la combinazione dei giunti deve essere opportuna...
- ⇒ E anche la loro disposizione

Per esempio:

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ⇒ Sì <ul style="list-style-type: none"> ● Tre traslazioni e tre rotazioni ● Due traslazioni e quattro rotazioni ● Una traslazione e cinque rotazioni ● Sei rotazioni | <ul style="list-style-type: none"> ⇒ No <ul style="list-style-type: none"> ● Sei traslazioni ● Cinque traslazioni e una rotazione ● Ecc. |
|---|---|

Ma devono anche essere ben disposte:

Queste strutture non vanno bene!

Lezione 3 Le strutture cinematiche 28 febbraio 2012 25

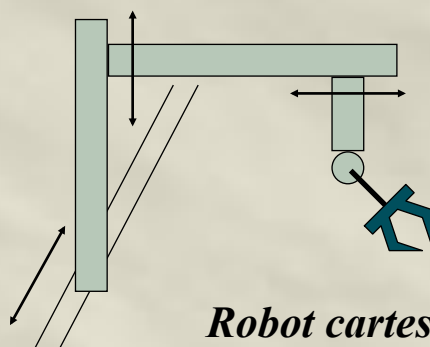
Un giunto "speciale":

- ⇒ Il giunto sferico equivale all'unione di tre giunti di rotazione, i cui assi sono ortogonali fra di loro e si incontrano nello stesso punto.
- ⇒ Questo semplifica moltissimo alcuni calcoli
- ⇒ Purtroppo non è facilissimo da costruire...

Lezione 3 Le strutture cinematiche 28 febbraio 2012 26

Vari modi per fare un braccio...

⇒ Tre G.D.L. traslazionali e tre rotazionali...



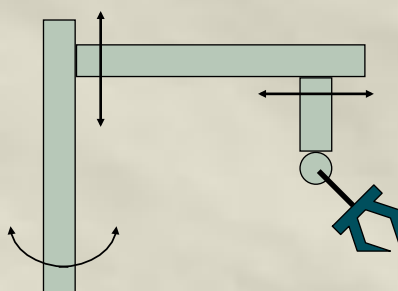
Robot cartesiano

Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 27

Vari modi per fare un braccio...

⇒ Due G.D.L. traslazionali e quattro rotazionali...



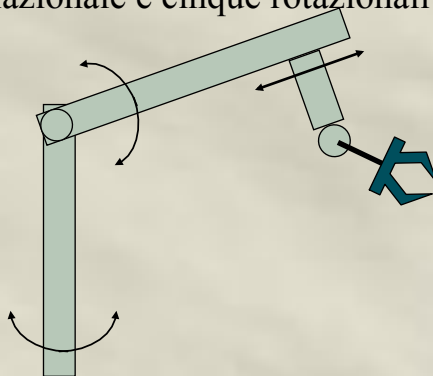
Robot cilindrico

Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 28

Vari modi per fare un braccio ...

⇒ Un G.D.L. traslazionale e cinque rotazionali...



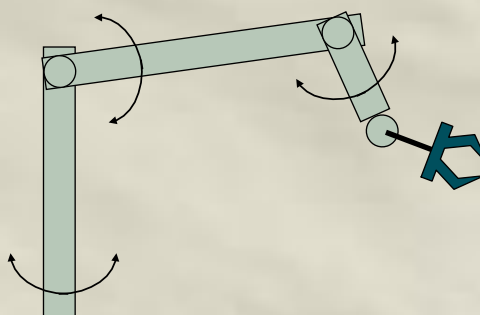
Robot sferico

Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 29

Vari modi per fare un braccio ...

⇒ Sei G.D.L. rotazionali...

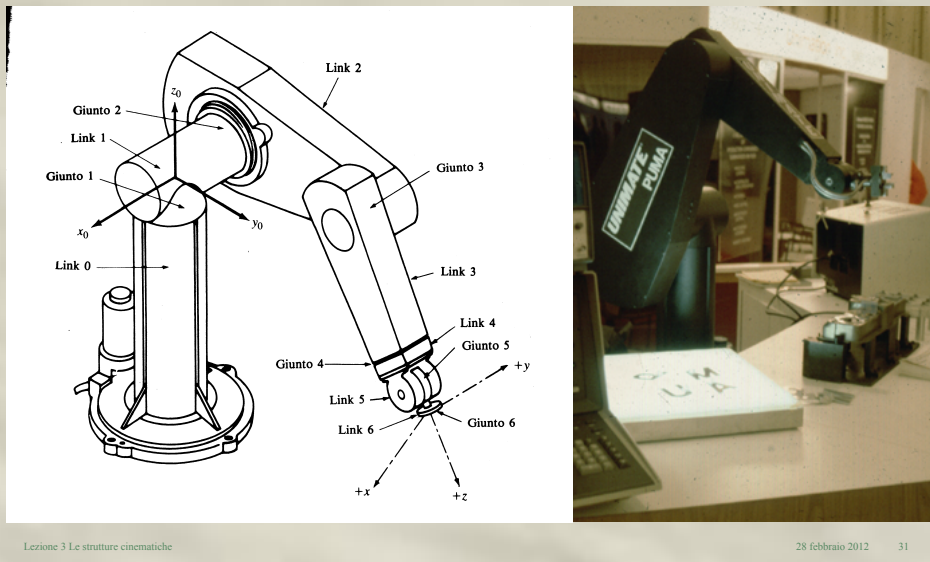


***Robot articolato
(antropomorfo)***

Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 30

Il robot antropomorfo più famoso:

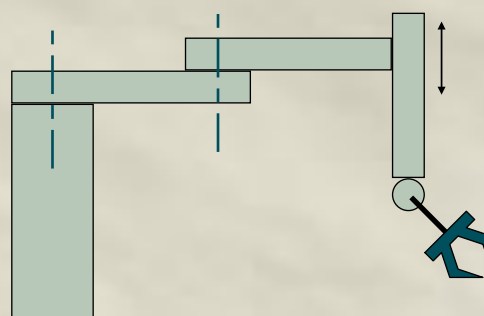


Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 31

Vari modi per fare un braccio ...

⇒ Cinque G.D.L. rotazionali e uno traslazionale...



Robot SCARA

Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 32

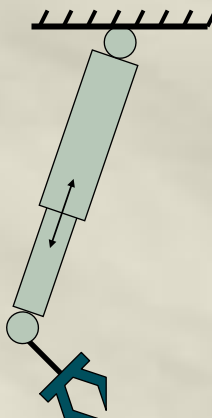
Altri modi per fare un braccio...

- ⇒ Bracci incompleti (meno di 6 G.D.L.)
 - Quando non occorre cambiare l'orientamento dell'end effector (o degli oggetti manipolati)
 - Comuni i manipolatori a 4 e 5 G.D.L.
 - Se ne hanno meno di 3 non sono robot industriali
- ⇒ Bracci ridondanti
- ⇒ Pendulum robot
- ⇒ Bracci a catena cinematica chiusa

Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 33

Pendulum robot



Lezione 3 Le strutture cinematiche

28 febbraio 2012 34

