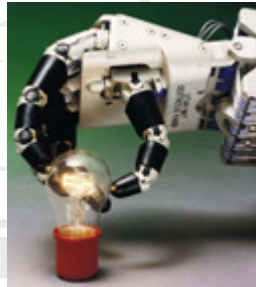


Definizione di robot

"A re-programmable multi-functional manipulator designed to move material, parts, tools, or specialized devices, through variable programmed motions for the performance of a variety of tasks"



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

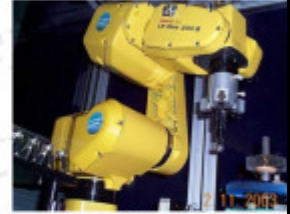
p.1

Impieghi in produzione

• Per sostituire lavori manuali

- Operazioni ripetitive
 - Trasformazioni di specie
 - Sealant application
 - assemblaggio
 - Inspection
 - confezionamento
 - Trasformazioni di spazio
 - Carico/scarico
- Operazioni pesanti, rischiose o insalubri
 - Trasformazioni di specie
 - Spot welding
 - Spray painting

Lucidatura
periferica



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.2

Impieghi in produzione

• Per sostituire automazione dedicata

- Trasformazioni di specie
 - Lavorazioni
 - Assemblaggio
 - Confezionamento
- Trasformazioni di spazio
 - Carico/scarico



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.3

Impieghi in produzione

• Trasformazioni di specie

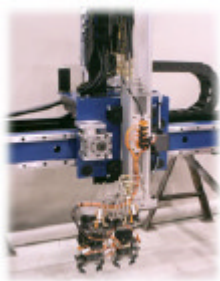
- Lavorazioni
 - Saldatura ad arco e a punti
 - Verniciatura e rivestimento
 - Incollaggio e sigillatura
 - Taglio laser e waterjet
 - Trapanatura
 - Sbavatura e molatura
- Assemblaggio
 - Avvitatura, cablaggio, fissaggio
 - Assemblaggio meccanico
 - Montaggio componenti elettronici
- misura

M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.4

Impieghi in produzione

- Trasformazioni di spazio
 - Asservimento Macchine utensili
 - Load/unload cycle is about 5 seconds
 - Loading collets and chucks
 - Carro-ponte in automotive production facility
 - Heavy lifting capability to eliminate need for large overhead cranes



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.5

Spinte verso la robotizzazione

- Aging workforce
- Focus on batch production, smaller lot sizes (away from Taylorism)
- Lower labor costs
- Higher quality (at least this is the perception)
- Worker safety

Fabbrica robotizzata



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.6

Spinte verso la robotizzazione

il trend di mercato

Country	Yearly installations				Operational stock at year-end			
	2002	2003	2004	2007	2002	2003	2004	2007
Japan	25,373	31,588	33,290	41,300	350,169	348,734	352,200	349,409
United States	9,955	12,093	12,800	15,900	103,515	112,390	121,300	145,109
European Union	26,096	27,114	28,800	34,400	233,769	249,200	266,100	325,909
Germany	11,862	13,381	14,300	16,300	105,212	112,630	121,500	151,400
Italy	5,470	5,198	5,500	6,400	46,881	50,043	53,100	63,400
France	3,012	3,117	3,300	3,900	24,277	26,137	28,400	35,900
United Kingdom	750	1,111	1,200	1,500	13,651	14,015	14,600	16,300
Austria	670	360			3,521	3,602		
Sweden	654	715			8,708	9,052		
Denmark	249	288			1,853	2,078		
Finland	376	387			3,151	3,407		
Portugal	138	135			1,282	1,367		
Spain	2,420	2,031			18,352	19,847		
Sweden	495	380			6,881	6,990		

M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.7

Componenti

- Bracci (links)
- Giunti
 - Prismatici
 - Rotoidali
- Struttura
 - Struttura portante (mobilità)
 - Wrist (destrezza)
 - Organo terminale (end effector)
- Attuatori (motori e servomotori)
- Sensori
- Unità di governo

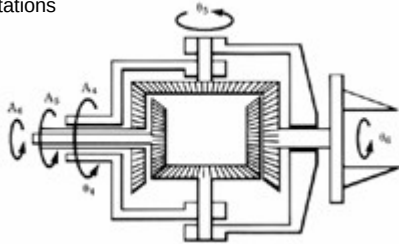


M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.8

Componenti

- Polso
 - Sferico
 - 3 giunti rotazionali (roll, pitch, yaw)
 - Limited Rotations



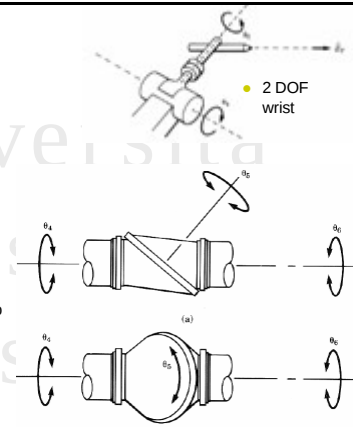
M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.9

Componenti

- Polso
 - Non sferico
 - Impieghi particolari

- 3 intersecting non-orthogonal Axes
- Continues joint rotations (no limits)
- Sets of orientations which are impossible to reach

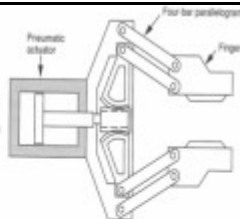


M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.10

Componenti

- End Effectors
 - Grippers
 - Mechanical
 - Rack and Pinion
 - Autocentrante
 - Imita le dita
 - Hooks
 - Oggetti forati
 - Magnetic
 - Vacuum
 - prese piane
 - Adhesive



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.10

Componenti

- End Effectors
 - Tools
 - Avvitatori di viti e prigionieri
 - Utensili da foratura
 - Pistole di deposizione



Blind fastener protruding from gun

M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.11

Componenti

- Attuatori
 - Alimentazione e amplificazione
 - Servomotore
 - Pneumatici
 - Idraulici
 - elettrici
 - Organi di trasmissione
 - Ruote dentate
 - Vite-madrevite
 - Cinghie e catene



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.13

Robot Sensors

- Propriocettivi
 - Posizione, velocità e coppia ai giunti
- Esterocettivi
 - Di forza
 - Tattili
 - Di prossimità
 - Di campo
 - Di visione

M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.14

Gradi di libertà e mobilità

- Gradi di mobilità **gdm**
 - Numero di assi controllati
 - Offerti dai giunti lungo la struttura
- Gradi di libertà **gdl**
 - Sono riferiti all'oggetto movimentato
 - Max 6
 - 3 Traslazioni di posizionamento
 - 3 Rotazioni di orientamento
 - Redundant robot: $gdm > gdl$
 - Deficient robot: $gdm = gdl < 6$

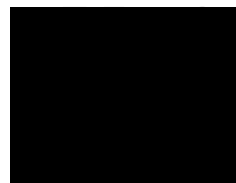


M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

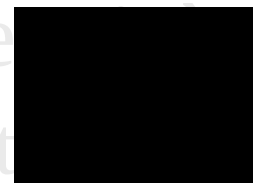
p.15

Gradi di libertà e mobilità

- Redundant robots



7 gdm



10 gdm

M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.16

Configurazioni

- Catena cinematica aperta sequenziale
 - Cartesian <PPP>
 - Cartesian (gantry) <PPP>
 - Cylindrical <RPP>
 - Spherical <RRP>
 - SCARA <RRP>
 - Articulated <RRR>
- catena cinematica parallela
 - tripode
 - esapode

M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.17

Configurazioni

- Cartesian <PPP>
 - 3 giunti prismatici ortogonali + polso
 - Semplicità programmazione specie per percorsi lineari
 - $Gdl = gdm$ in coord cartes.
 - Buona precisione
 - Scarsa destrezza, tutta del polso
 - Area di lavoro
 - parallelepipedo
 - Approccio laterale
 - Cartesian (portale o gantry)
 - 3 giunti prismatici ortogonali + polso
 - Come sopra, ma
 - Approccio dall'alto
 - Grandi dimensioni



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.18

Configurazioni

- Cylindrical <RPP>

- Come cartesiano, ma
 - Il giunto di base è rotoideale
- Semplicità programmazione in coordinate cilindriche
 - Gdl = gdm in coord cilindr.
- Buona rigidezza
- Precisione decresce con sbraccio
- Accessibilità orizzontale
- Usato per trasporti, specie pesanti (gru)



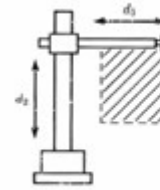
M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.19

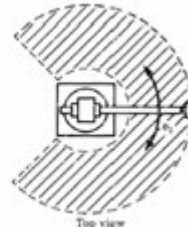
Configurazioni

- Cylindrical <RPP>

- Area di lavoro
 - Cilindro cavo



Side view



Top view

M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.20

Configurazioni

- sferico <RRP>

- Come cilindrico, ma
 - Il secondo giunto è rotoideale
- Semplicità programmazione in coordinate sferiche
 - Gdl = gdm in coord sferiche
- Più complesso e meno rigido
- Precisione decresce con sbraccio
- Accessibilità orizzontale
- Usato per lavorazioni



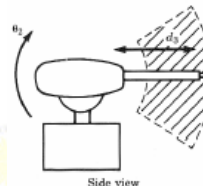
M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.21

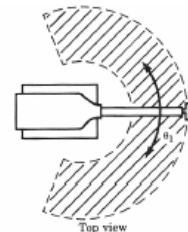
Configurazioni

- sferico <RRP>

- Area di lavoro
 - sfera cava



Side view



Top view

M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.22

Configurazioni

- SCARA <RRP>

- Assi paralleli tra loro
- Rigido solo verticalmente
- No corrispondenza tra gdl e gdm
- Precisione decresce con sbraccio dal primo giunto
- Usato per assemblaggi verticali



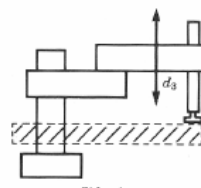
M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.23

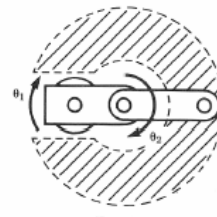
Configurazioni

- SCARA <RRP>

- Area di lavoro
 - complessa



Side view



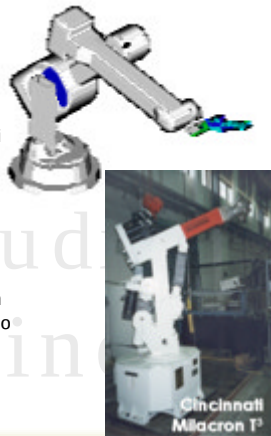
Top view

M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.24

Configurazioni

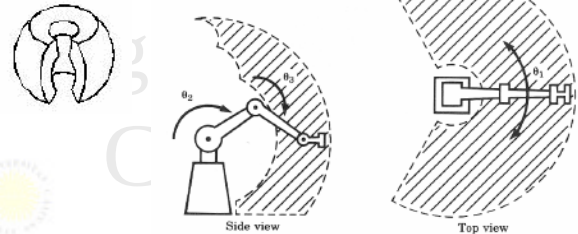
- Articulated <RRR>
 - Asse di base ortogonale agli altri due
 - Somiglianza con braccio umano
 - Elevata destrezza
 - Rigidezza bassa ma cresce con catena chiusa (Cincinnati Milacron T[®])
 - No corrispondenza tra gdl e gdm
 - Precisione decresce con sbraccio dal primo giunto
 - Campo applicazioni molto vasto



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3 p.25

Configurazioni

- Articulated <RRR>
 - Area di lavoro
 - Porzione di sfera



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3 p.26

Configurazioni

- Paralelo
 - giunti prismatici in parallelo
 - Programmazione estremamente complessa
 - No corrispondenza tra gdl e gdm
 - Ancora commercialmente poco maturi
 - Potenzialmente molto precisi e rigidi
 - Forze più elevate
 - Basse inerzie
 - Area di lavoro e destrezza ridotte



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3 p.27

Configurazioni

- Paralelo
 - Struttura
 - 3 o più bracci con giunti prismatici
 - 2 o più piattaforme



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3 p.28

Configurazioni

- Paralelo
 - Esempi:
 - Tripode
 - 3 giunti in parallelo + polso
 - Esapode
 - 6 giunti in parallelo



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3 p.29

Configurazioni

- montaggio
 - A terra
 - A parete o soffitto
 - A portale mobile



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3 p.29

Configurazioni

Configuration	Advantages	Disadvantages
Cartesian coordinates	easy to visualize, rigid structure, easy to program	Can only reach front of itself, requires large floor space, axes hard to seal
Cylindrical coordinates	can reach all around itself, reach and height axes rigid, rotational axis easy to seal	Can't reach above itself, base rotation axis as less rigid, linear axes is hard to seal, won't reach around obstacles
SCARA coordinates	height axis is rigid, large work area for floor space	2 ways to reach point, difficult to program offline, highly complex arm
Spherical coordinates	long horizontal reach	Can't reach around obstacles, short vertical reach
Articulated	can reach above or below obstacles, largest work area for least floor space	Difficult to program off-line, 2 or 4 ways to reach a point, most complex manipulator

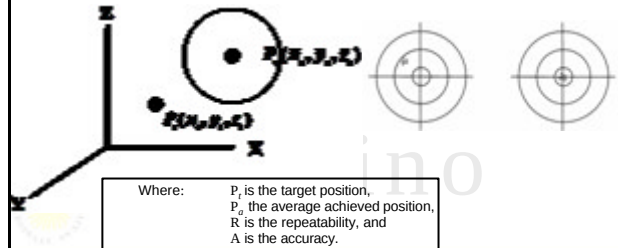
M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.31

Precisione

Repeatability: the measurement of how closely a robot returns to the same position n number of times.

Accuracy: the measurement of how closely the robot moves to a given target coordinate.



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.32

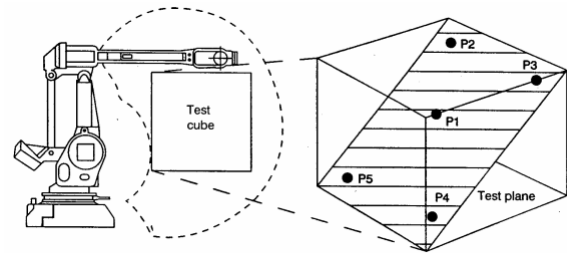
Precisione

- Fattori che la influenzano
 - environmental factors
 - temperature, humidity and electrical noise
 - kinematic parameters
 - robot link lengths
 - dynamic parameters
 - structural compliance, friction
 - measurement factors
 - resolution and non-linearity of encoders and resolvers
 - control factors
 - digital round off, steady-state control errors, spatial resolution
 - Spatial resolution is the smallest increment of movement into which the robot can divide its work volume
 - application factors
 - installation errors and errors in defining work-piece coordinate frames

M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.33

Accuracy Test Cube



M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.34

Payload (carico)

payload is specified as the maximum value before serious performance loss

- Statica
 - Deflessioni per gravità
 - Slittamento di cinghie e organi di trasmissione
 - Giochi dei giunti
 - Effetti termici
- Dinamica
 - acceleration effects - inertial forces can lead to deflection in structural members
 - when a robot is moving very fast, or when a continuous path following is essential

M. Strano, I robot industriali, Lez. 3

p.35