



---

## ***Corso di Robotica 1***

# **Robotica Industriale**

Prof. Alessandro De Luca

DIPARTIMENTO DI INFORMATICA  
E SISTEMISTICA ANTONIO RUBERTI



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA



# Cosa è un robot?

---

- definizione *industriale* (RIA - SIRI)

**manipolatore programmabile multiscopo**  
per la movimentazione di materiali, di attrezzi ed altri  
mezzi di produzione, **capace di interagire con l'ambiente**  
nel quale si svolge il ciclo tecnologico  
di trasformazione relativo all'attività produttiva

- definizione più ampia ("*visionaria*")

connessione **intelligente** tra **percezione** e **azione**

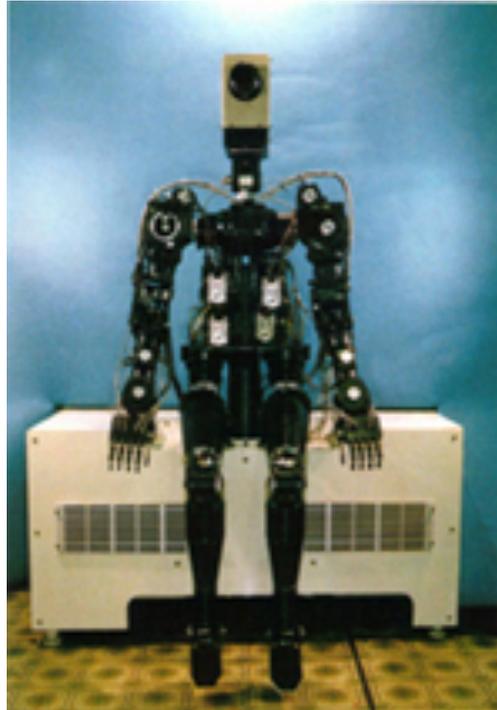


# Robots !!

---



Comau H4  
(1995)



Waseda WAM-8  
(1984)



Spirit Rover  
(2002)



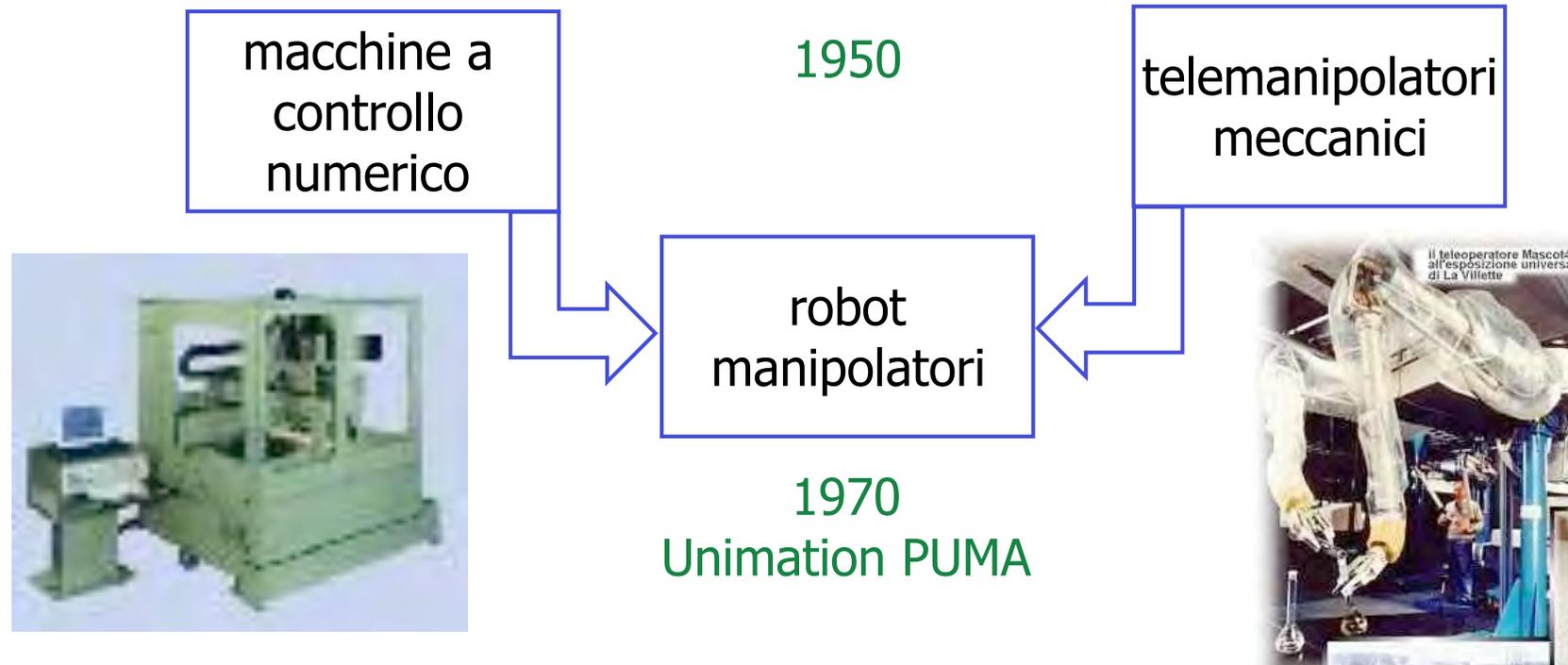
# Un po' di storia

---

- **Robota** (= “lavoratori” in lingue slave) sono operai creati dall’uomo e destinati al suo servizio nello scritto teatrale di Karel Capek *RUR* (1921)
- **Leggi della Robotica** di Isaac Asimov in *I, Robot* (1950)
  1. Un robot non deve danneggiare un essere umano, né direttamente né per inazione
  2. Un robot deve obbedire agli ordini degli umani, tranne quando ciò contrasta con la prima legge
  3. Un robot deve preservare la sua esistenza, tranne quando ciò contrasta con la prima o seconda legge



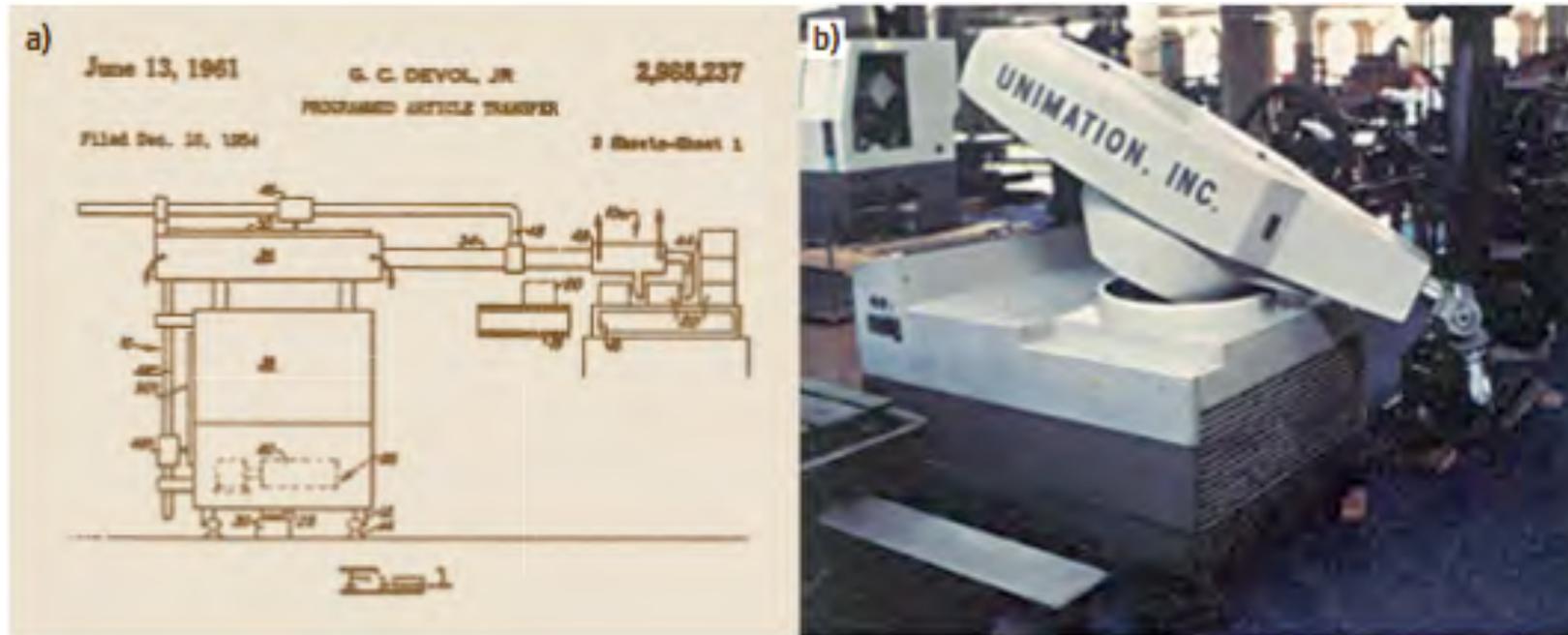
# Evoluzione verso i robot industriali



- rispetto ai precursori
  - **versatilità** di impiego
  - **adattabilità** a situazioni non note a priori
  - **precisione** di posizionamento
  - **ripetibilità** di esecuzione



# Il primo robot industriale



Brevetto USA

General Motor, 1961

G. Devol e J. Engelberger (Unimation)



# Manipolatori robotici

ASEA IRB-6  
(1973)  
primo robot  
"all-electric-drives"



Hirata AR-300  
(1978)  
primo robot  
tipo SCARA



Cincinnati  
Milacron T3  
(1974)  
primo robot  
controllato  
con micro-  
computer

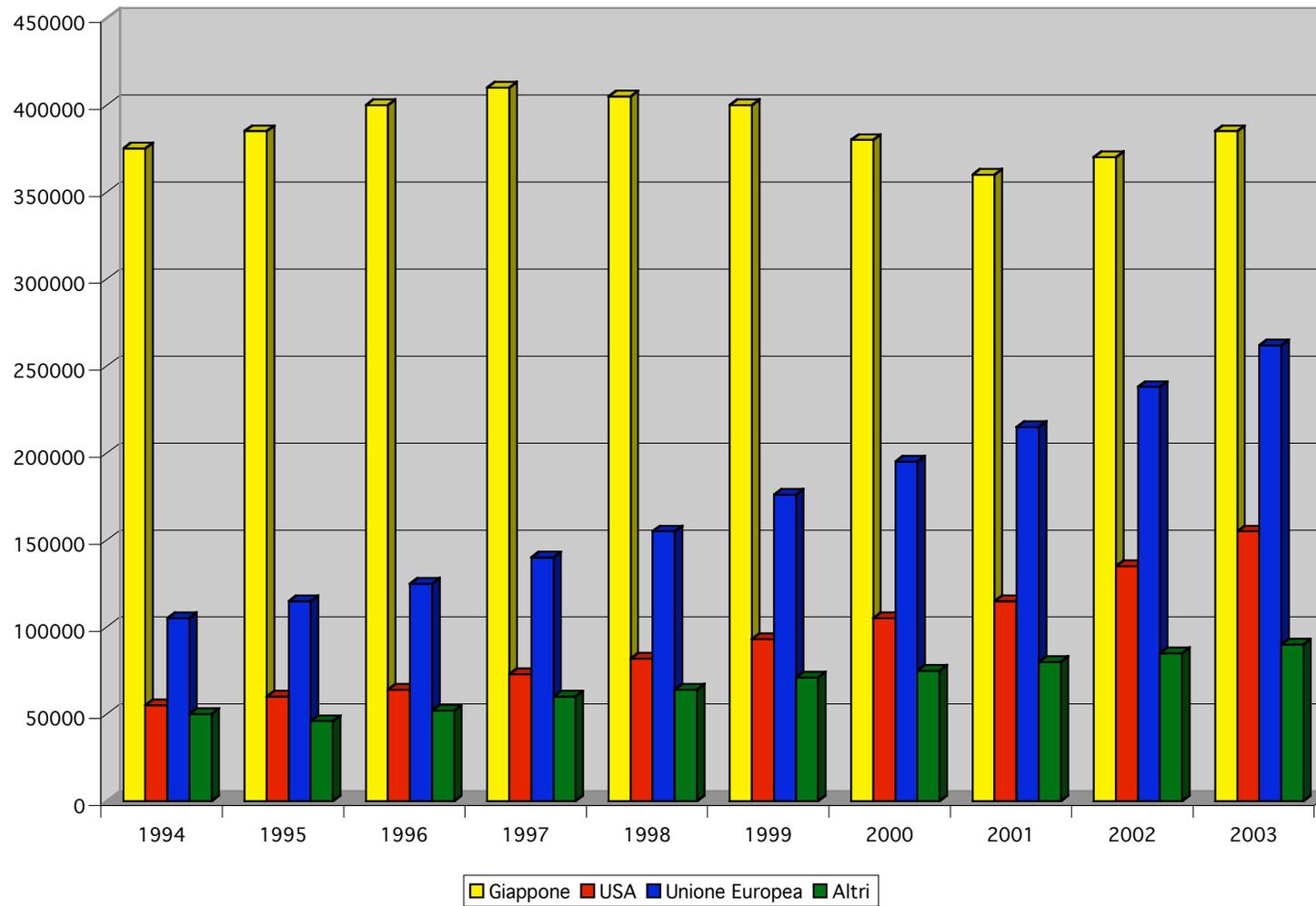


Unimation  
PUMA 560  
(1979)  
robot 6R  
con destrezza  
"umana"





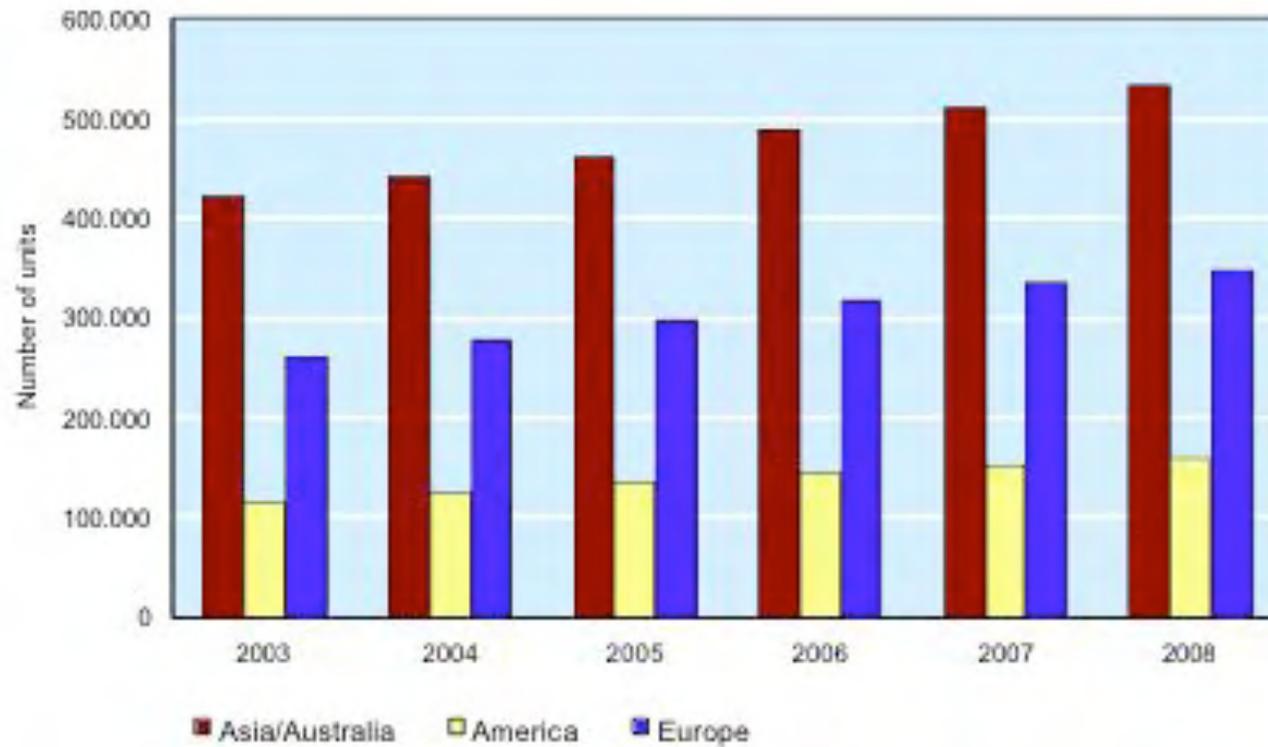
# Diffusione - 1



numero di robot industriali operativi nel mondo



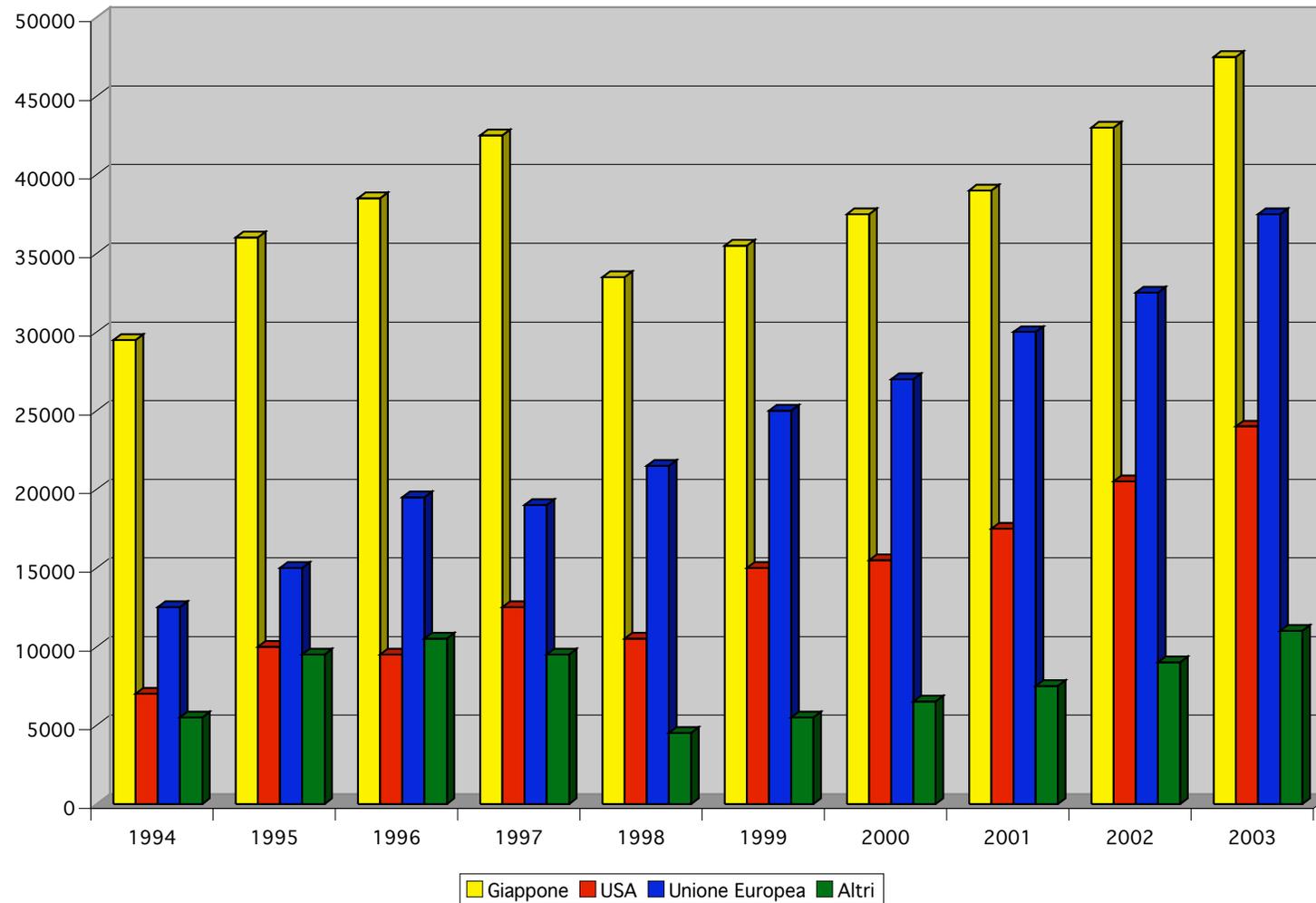
## Diffusione - 2



numero di robot industriali operativi nel mondo = **1 milione**  
(dati reali 2003-04, stime 2005-08;  
fonte **UNECE-IFR World Robotics 2005, 2007**)



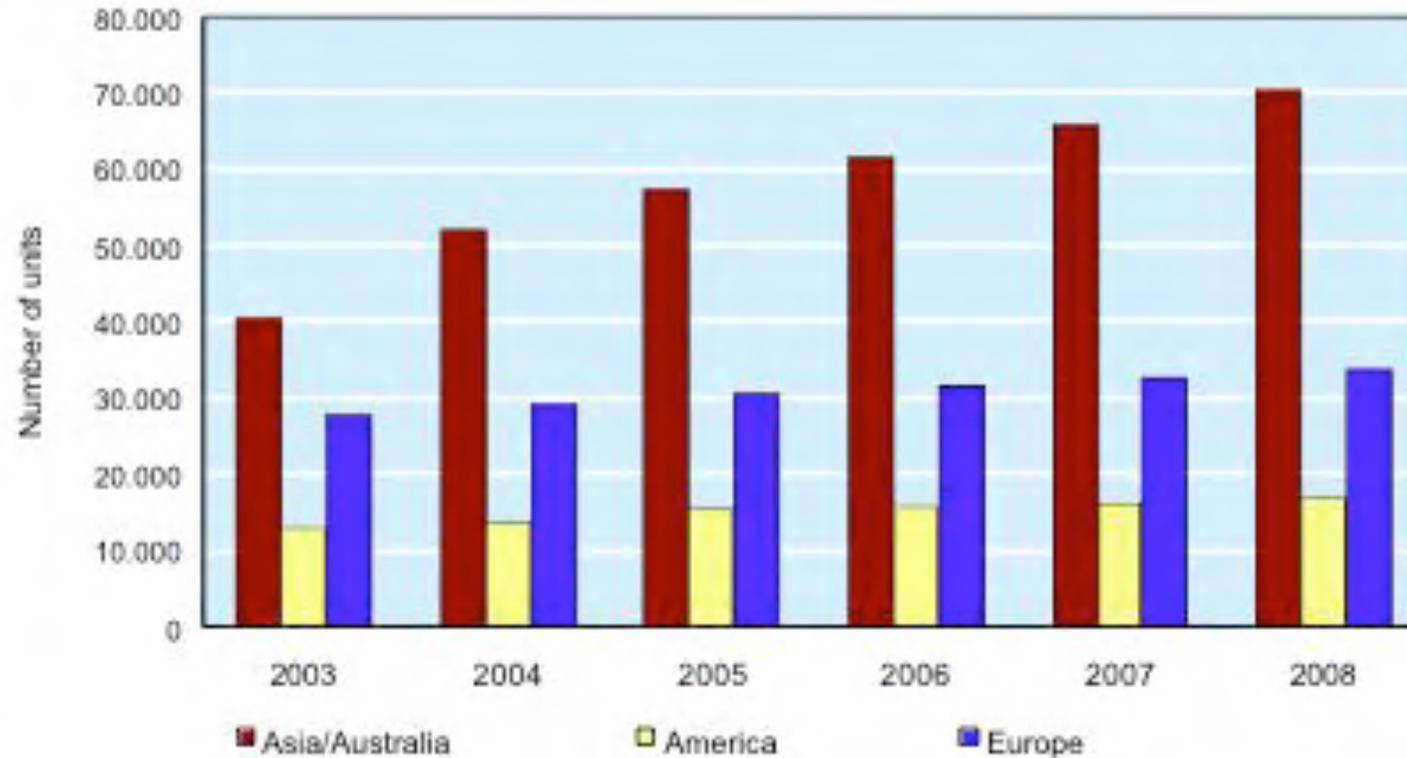
## Diffusione - 3



nuove installazioni di robot industriali nel mondo



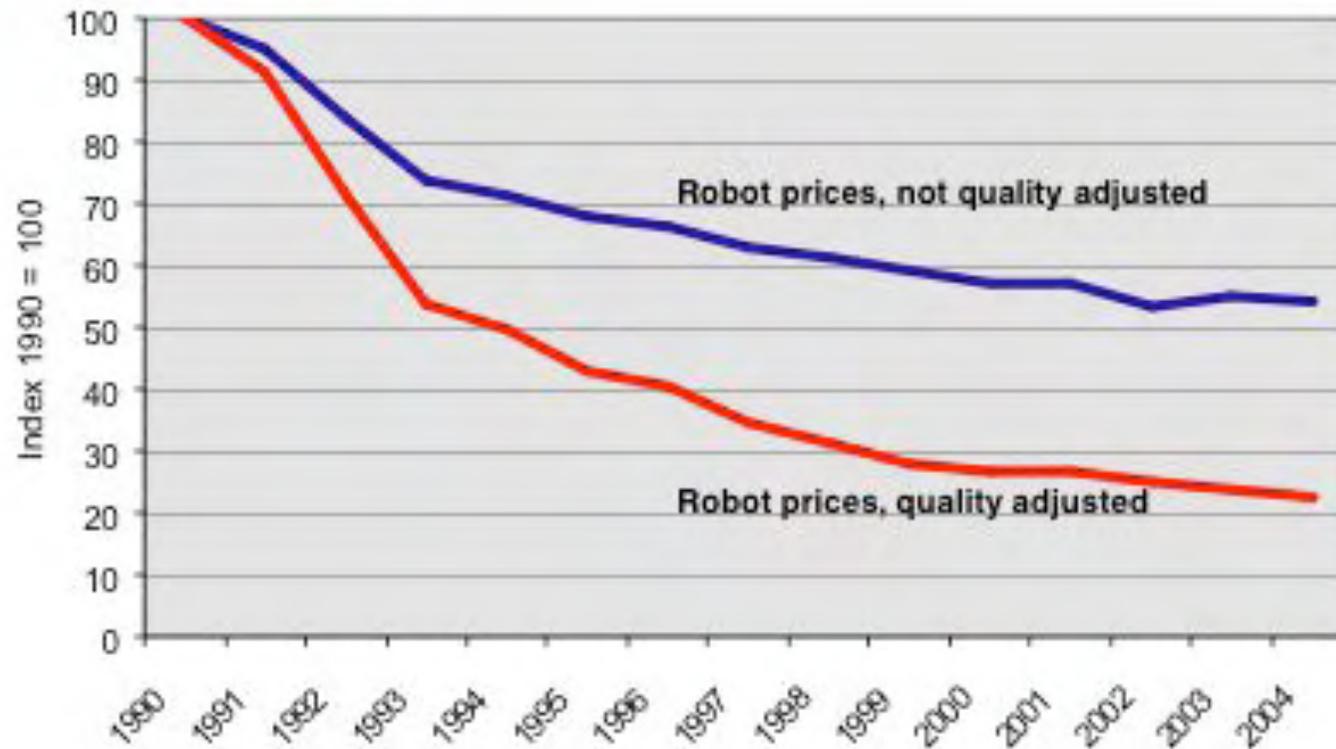
## Diffusione - 4



nuove installazioni di robot industriali nel mondo = **+5% nel 2007**  
(dati reali 2003-04, stime 2005-08;  
fonte **UNECE-IFR World Robotics 2005, 2007**)



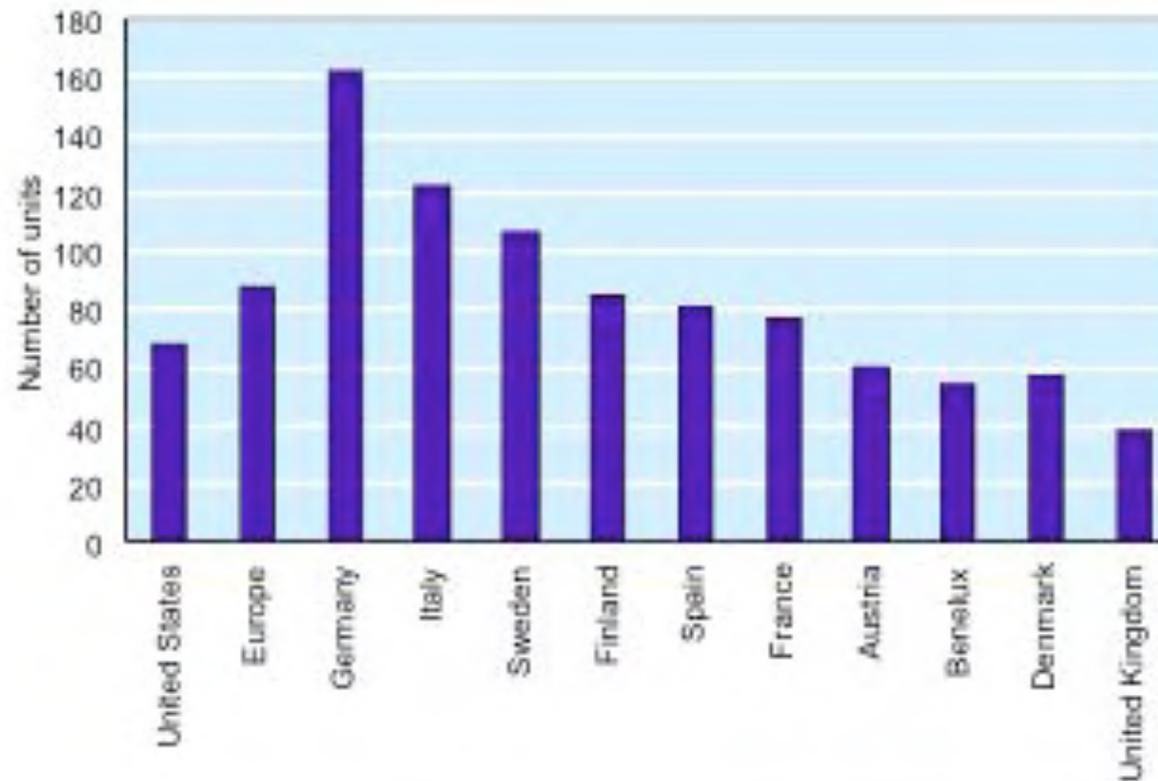
# Prezzi di acquisto



Un robot industriale articolato a sei gradi di libertà di medio-grandi dimensioni ha un costo base di **circa 100 KEuro**



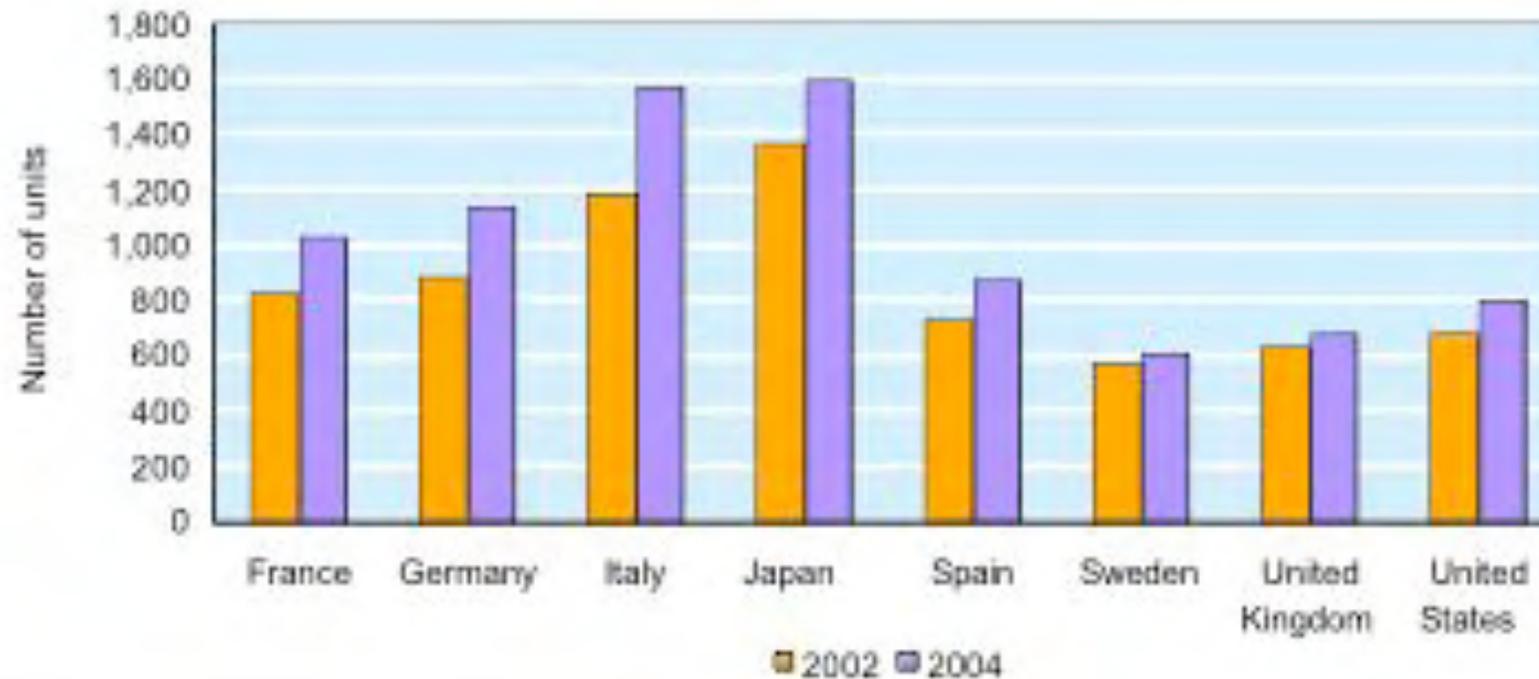
# Densità di robot - 1



Numero di robot ogni 10000 impiegati nell'industria **manifatturiera** nel 2004



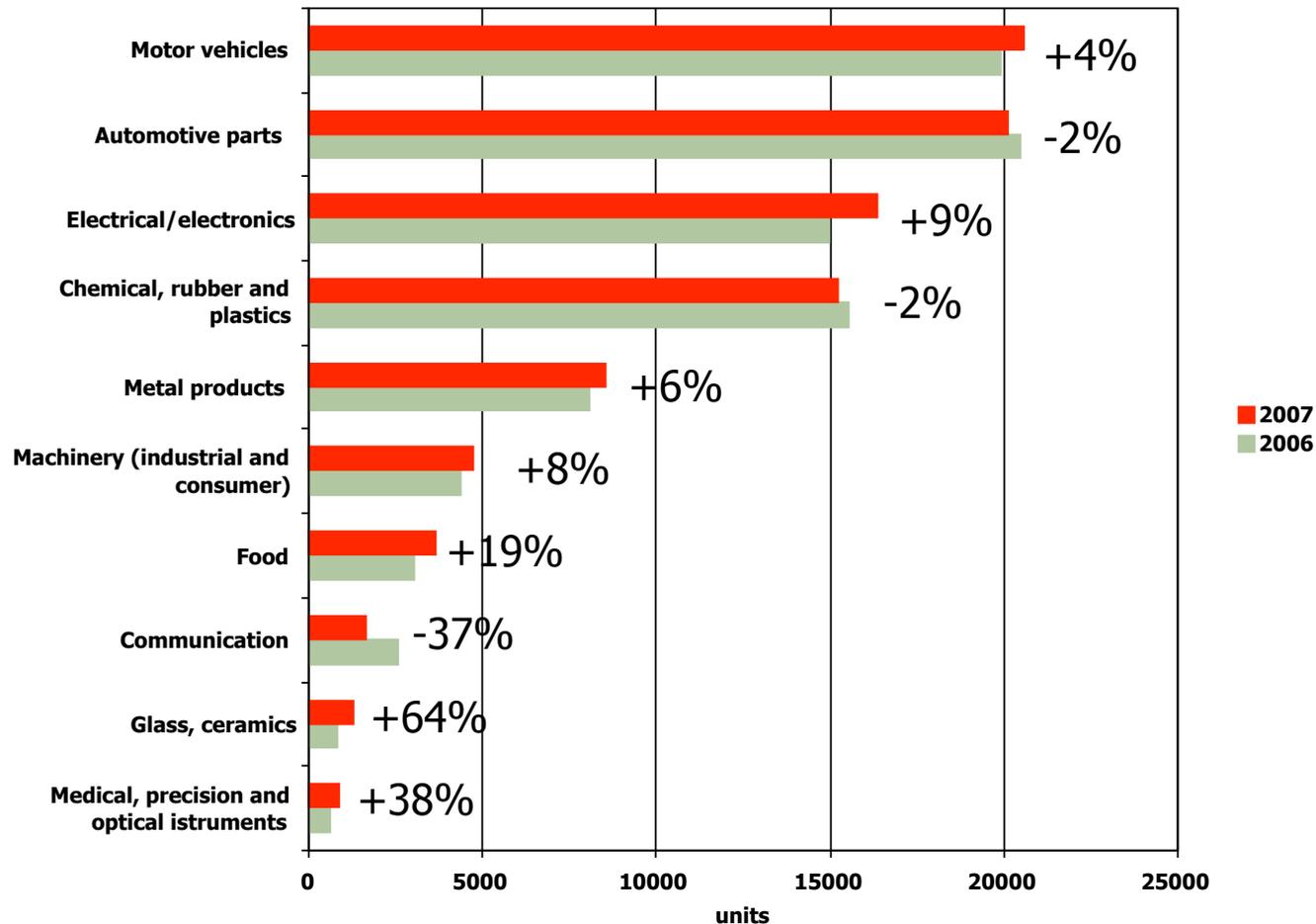
## Densità di robot - 2



Numero di robot ogni 10000 impiegati  
nell'industria **automobilistica** nel 2002 e 2004



# Settori industriali



Nuove installazioni di robot nel mondo per settori industriali e crescita percentuale 2006-2007 ([World Robotics 2008](#))



# World Robotics 2009

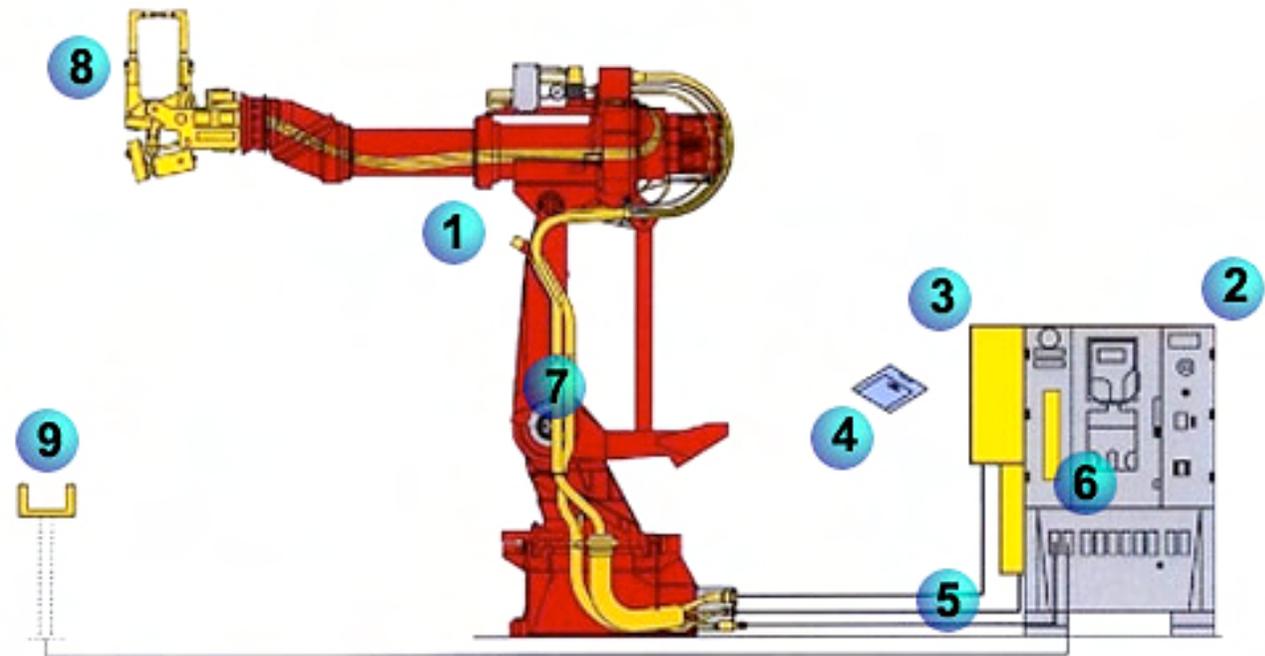


- disponibili dal 30 Settembre 2009...
- preview
  - numero di **robot industriali** venduti nel 2008 **ristagna** rispetto al 2007
    - piccolo + in Asia, grande – in America, = in Europa
    - + per industrie metallurgiche, alimentari e farmaceutiche
  - numero di robot industriali operativi aumentato di 1M unità nel 2008
  - **aumento** del numero di **robot di servizio** del 33% (stima: 50K unità vendute nel periodo 2009-12)
    - sorveglianza, logistica, militari, medicali, mungitura
    - + milioni di robot domestici (aspirapolvere, tosaerba, ...)



# Robot industriale e annessi

1. Robot Comau SMART H
2. Controllore C3G Plus
3. Box controllo saldatura
4. Software applicativo
5. Supply di aria/acqua
6. SWIM Board
7. Integrazione dei cavi
8. Pistola di saldatura
9. Equipaggiamento ausiliario di cella (assi controllati)

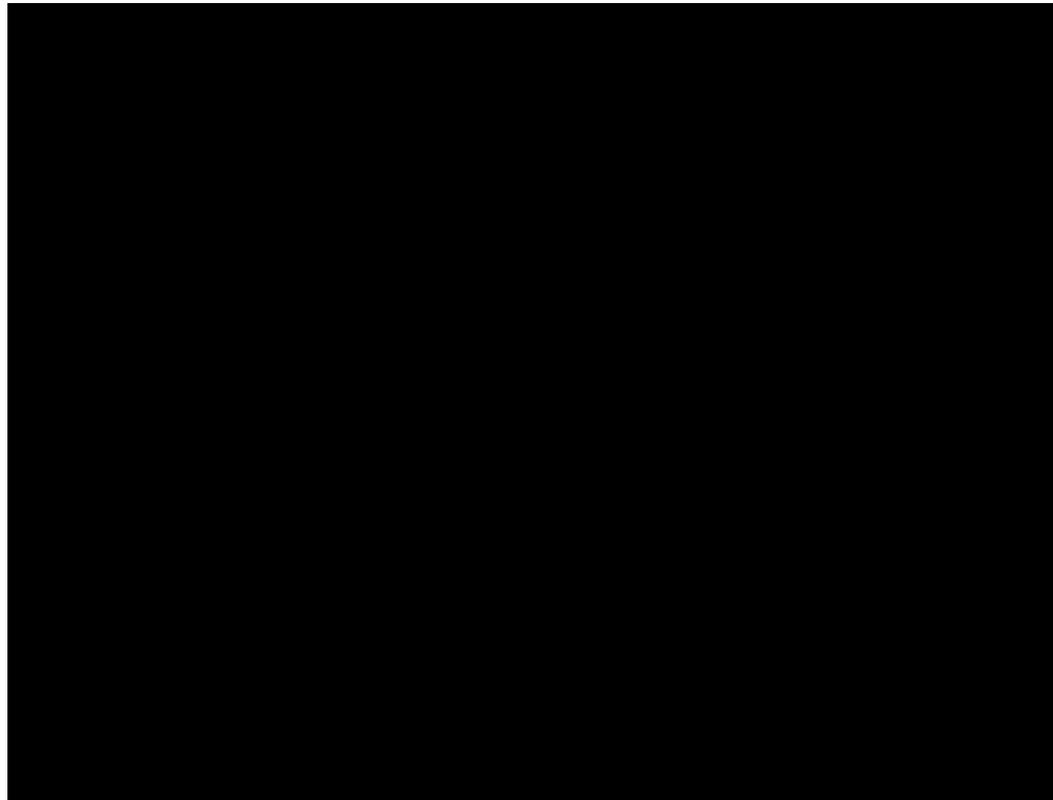


SWIM = Spot Welding Integrated Module



# ABB IRB 7600

---



video commerciale



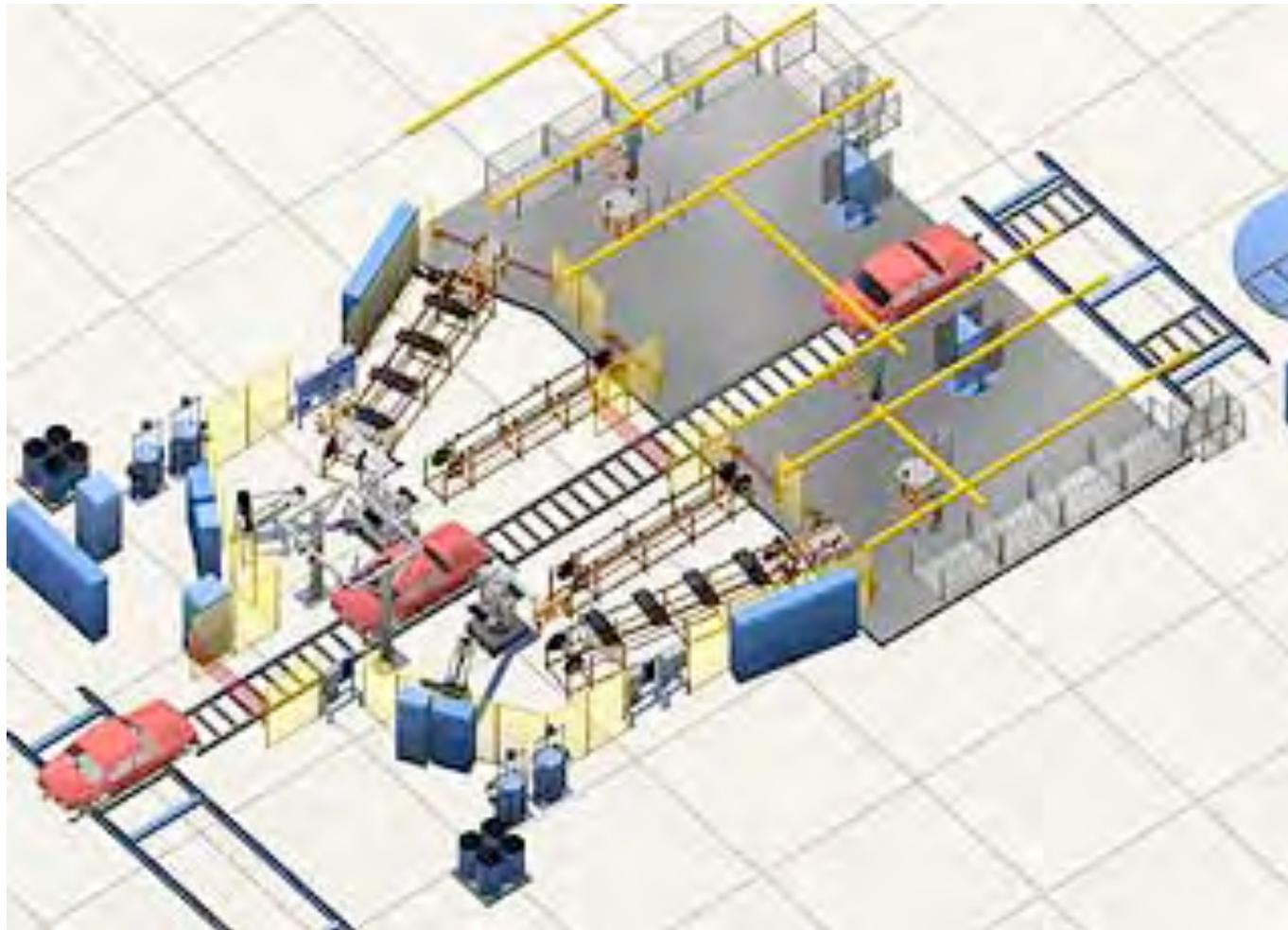
# Applicazioni industriali

- manipolazione (pick-and-place)
- montaggio (assembly)
- verniciatura
- saldatura ad arco
- saldatura a punti con pistola pneumatica o servo-assistita
- saldatura e taglio laser
- incollaggio e sigillatura
- asservimento di presse



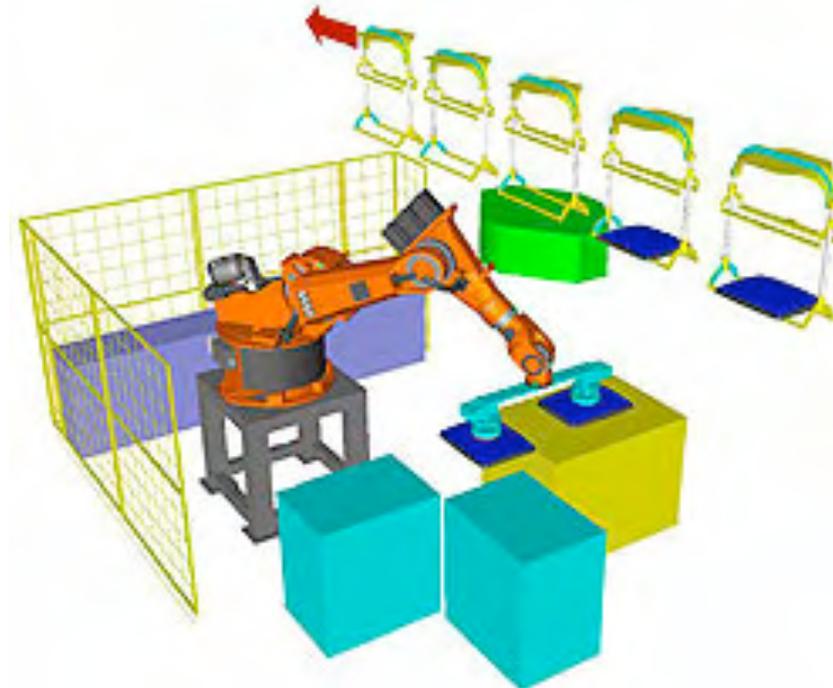
# Cella di lavoro robotizzata

---



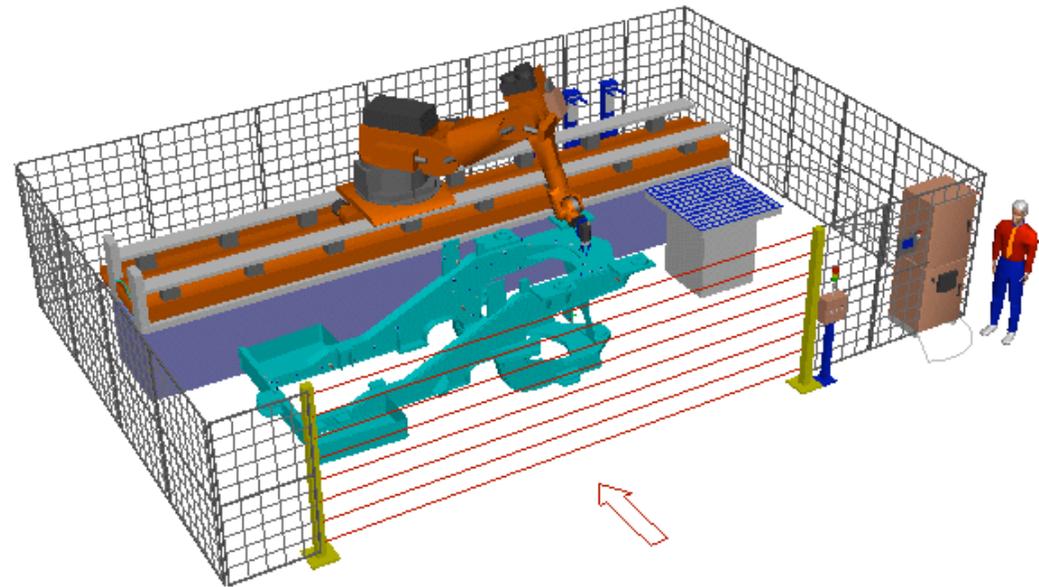
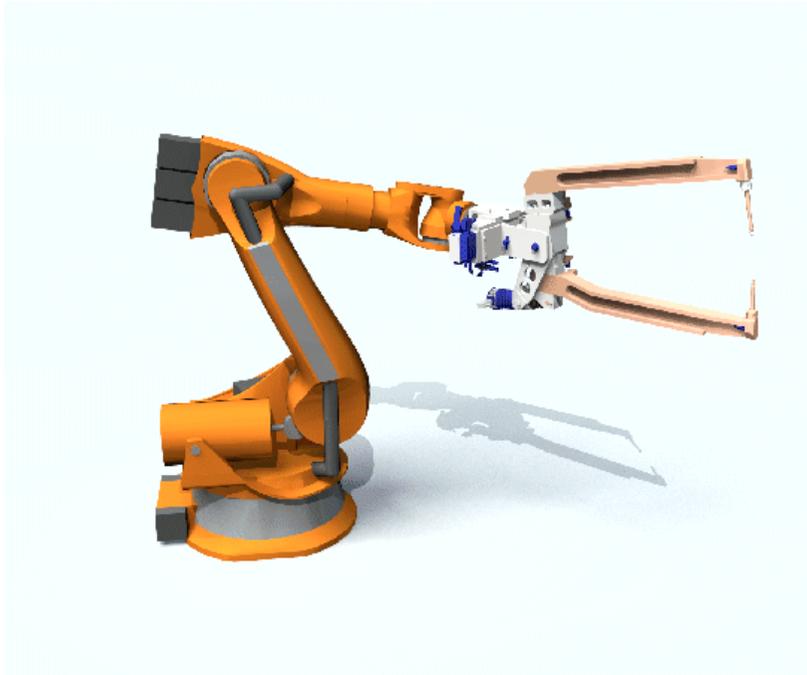


# Simulazione 3D di compiti robotici



- analisi dei tempi operativi di ciclo
- programmazione fuori-linea e ottimizzazione
- progetto e verifica di layout 3D (collisioni)
- simulazione grafica

# Saldatura - 1

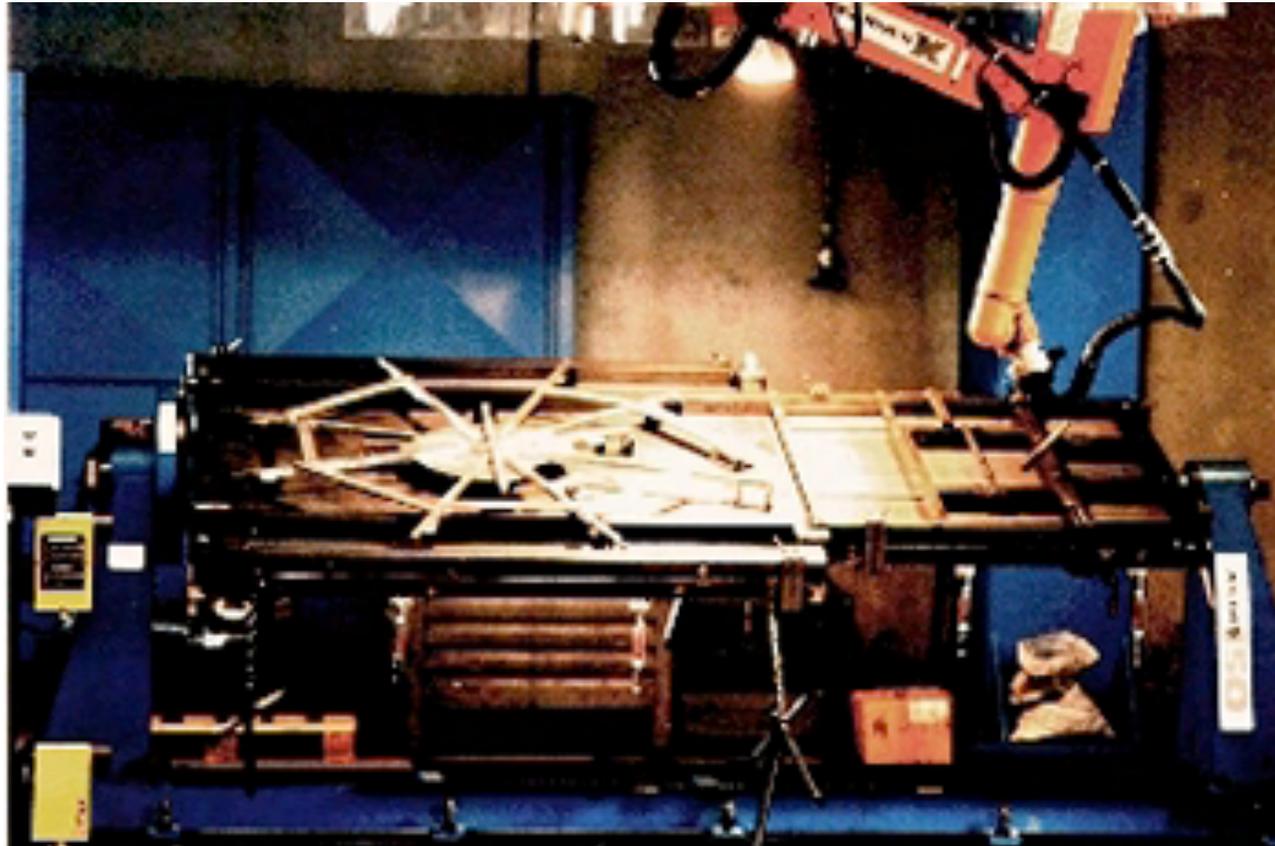


- a punti con pistola servo-assistita

- rivettatura (stud welding)

## Saldatura - 2

---



- a punti (discreta) o ad arco (continua)

# Due robot cooperanti in saldatura

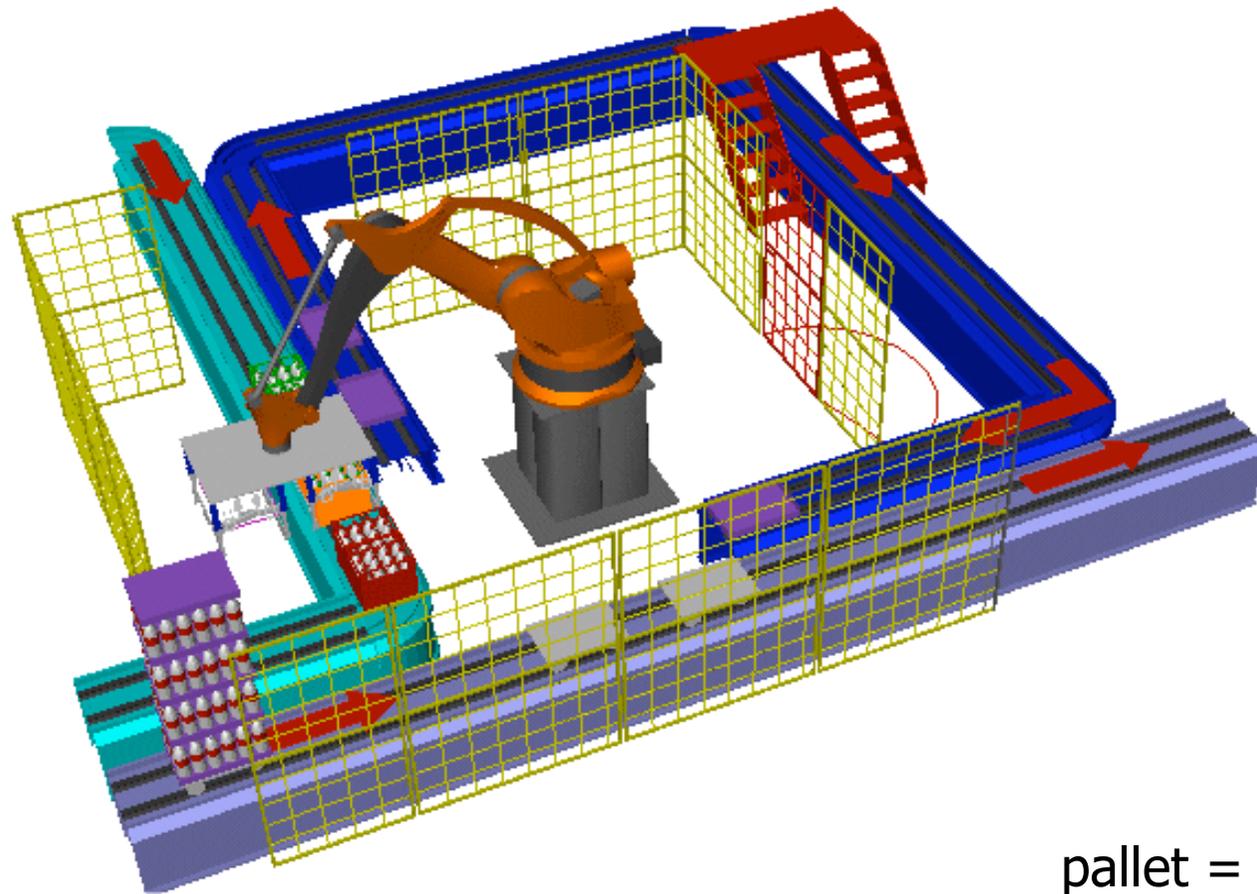
---



video ABB in Laxa, Svezia



# Pallettizzazione

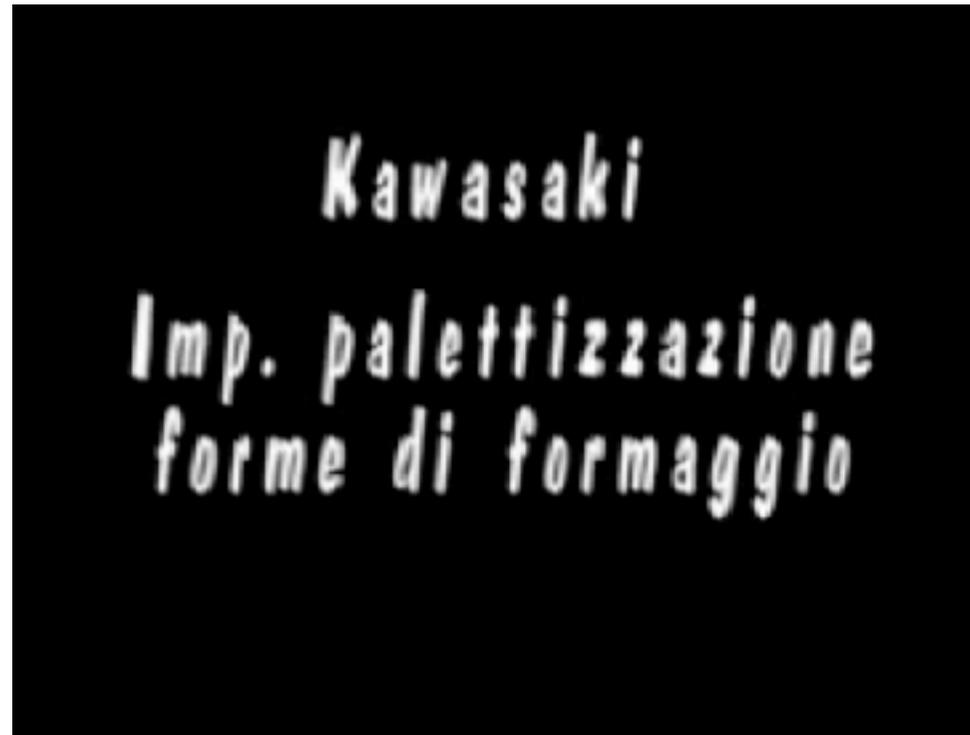


pallet = cestello



# Pallettizzazione di formaggi

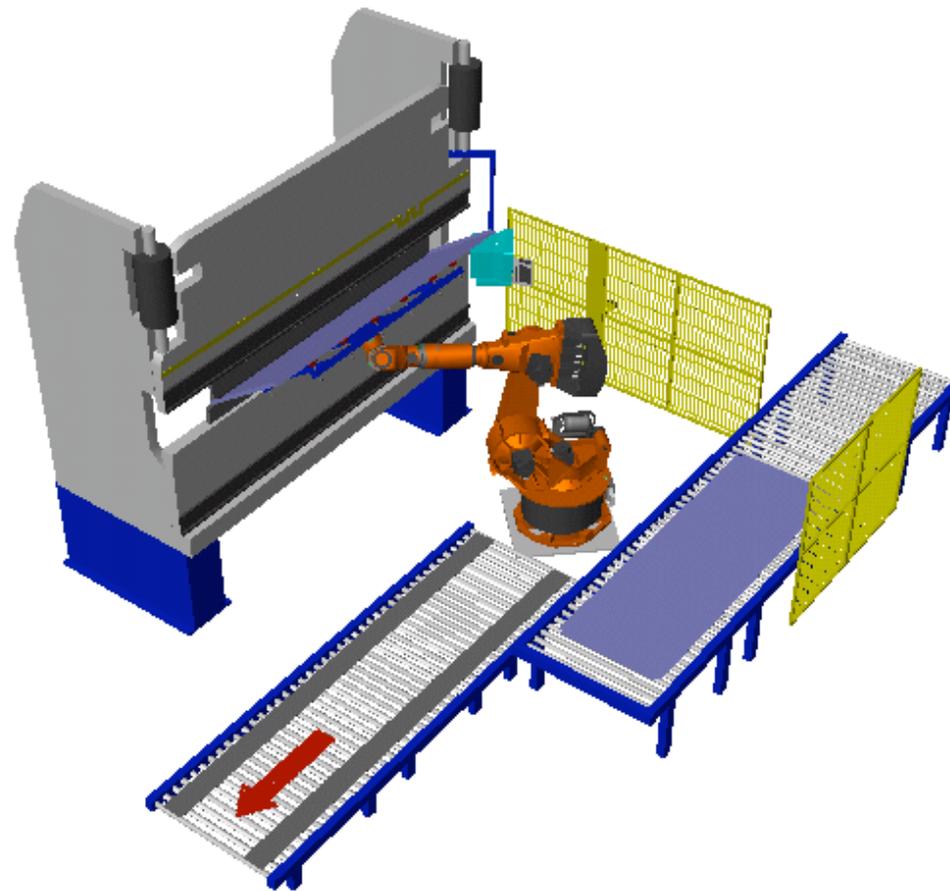
---



Robot Kawasaki (Effedue Engineering)



# Piegatura

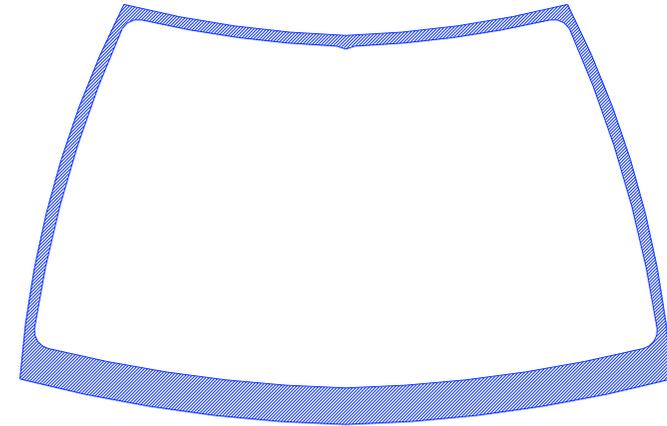
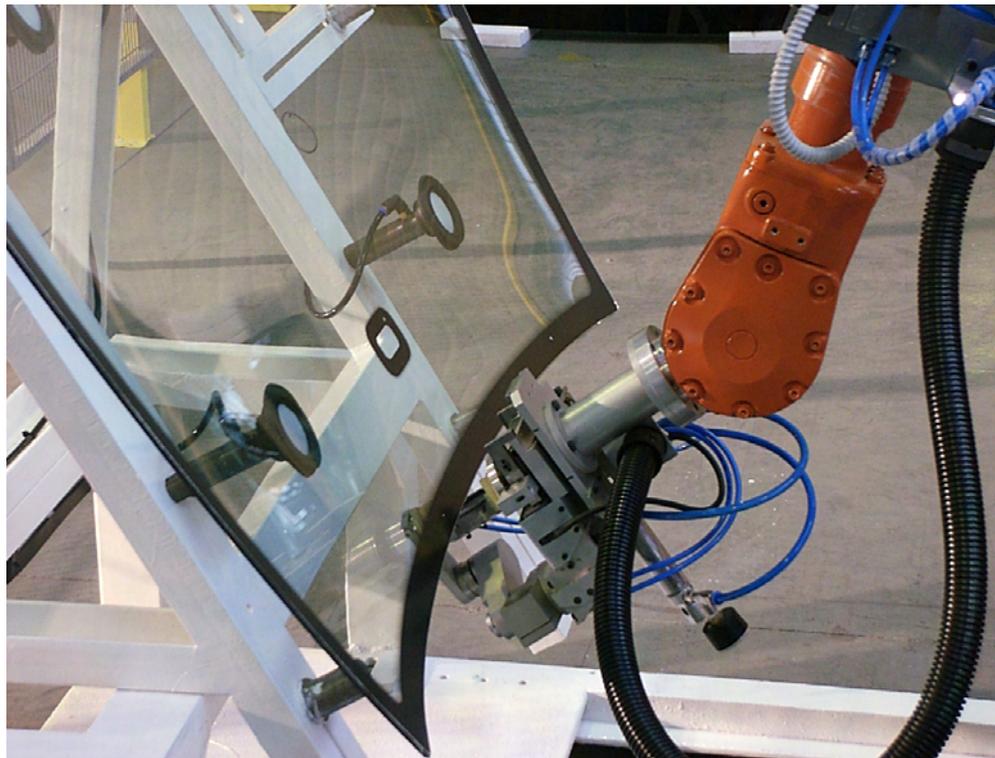


con caricamento della pressa



# Sbordatura

- il parabrezza ha ampie tolleranze dimensionali e può avere spigoli vivi

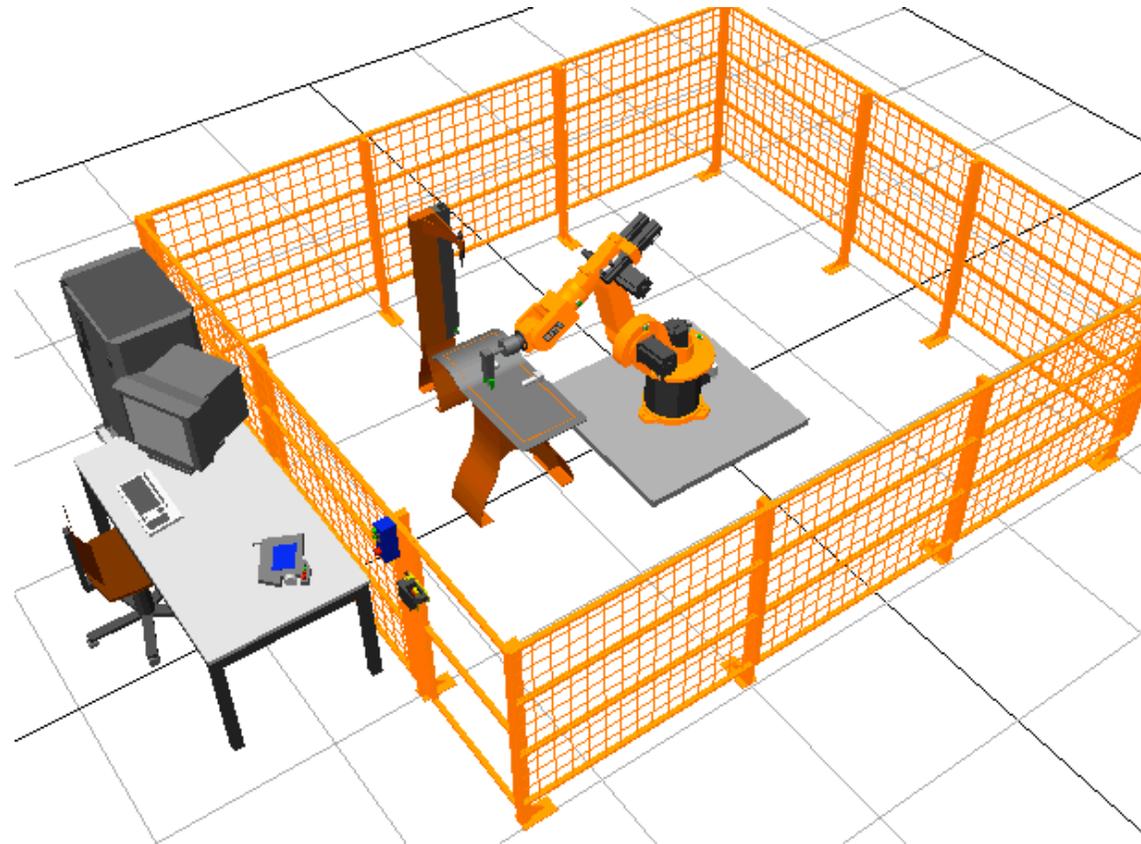


- il robot segue un percorso prefissato
- la forza di contatto tra lama e vetro deve essere controllata in feedback
- la testa di sbordatura ha un sensore di carico e attuazione pneumatica



# Stazione di lavoro fuori linea

---



robot articolato in operazione di finitura di superficie

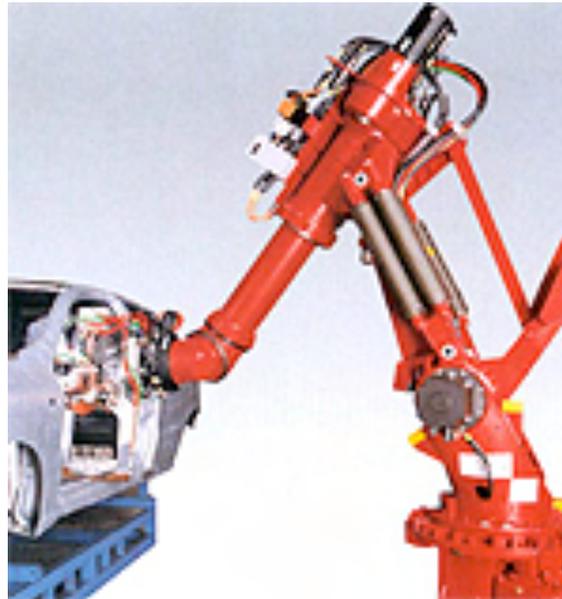


# Robot manipolatori



Robot Kuka  
150\_2 (serie 2000)

catena cinematica aperta  
(corpi rigidi connessi da giunti)



Robot Comau  
Smart H4

catena cinematica chiusa



Robot Fanuc  
F-200iB

cinematica parallela



## Altre tipologie di robot - 1



Mitsubishi RP

(ripetibilità 5 micron, payload 5 kg)



Mitsubishi RH

(workspace 850 mm, velocità 5 m/s)



Bosch Turbo

### SCARA (Selective Compliant Arm for Robotic Assembly)

- 4 gradi di libertà (= giunti): 3 assi rotatori e 1 prismatico (verticale)
- cedevoli nel piano orizzontale per micro-assemblaggio e pick-and-place



## Altre tipologie di robot - 2

---



Comau Mast a portale  
(payload fino a 560 kg)

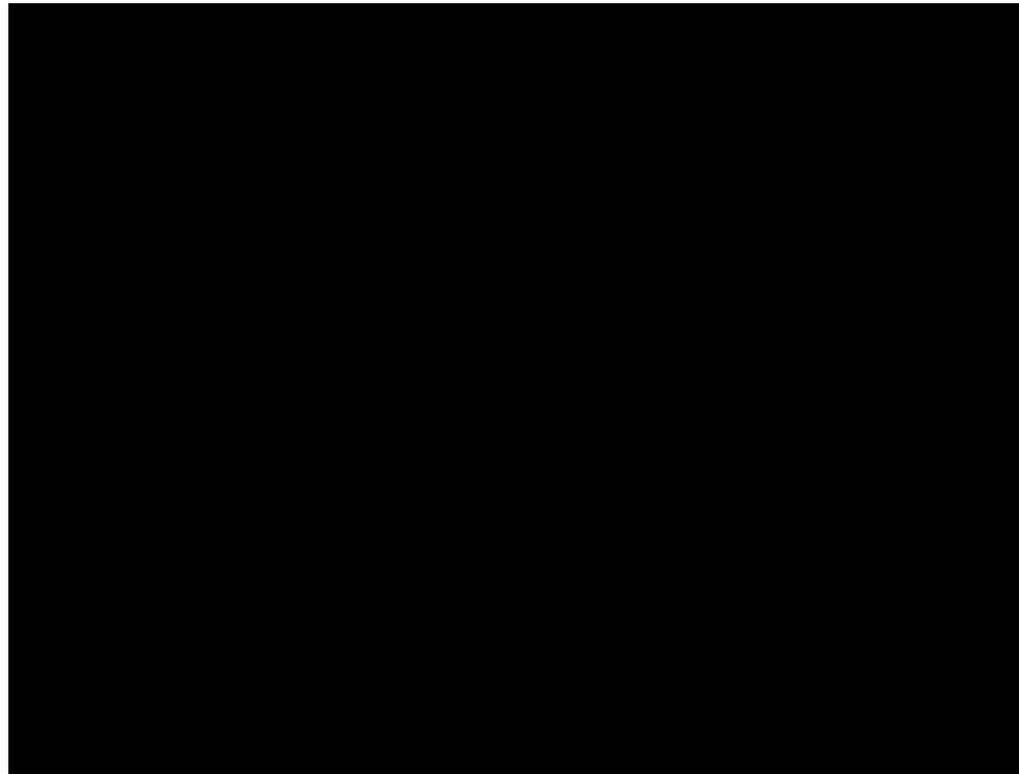


ABB Flexpicker  
(150 pick-and-place al minuto)



# ABB Flexpicker

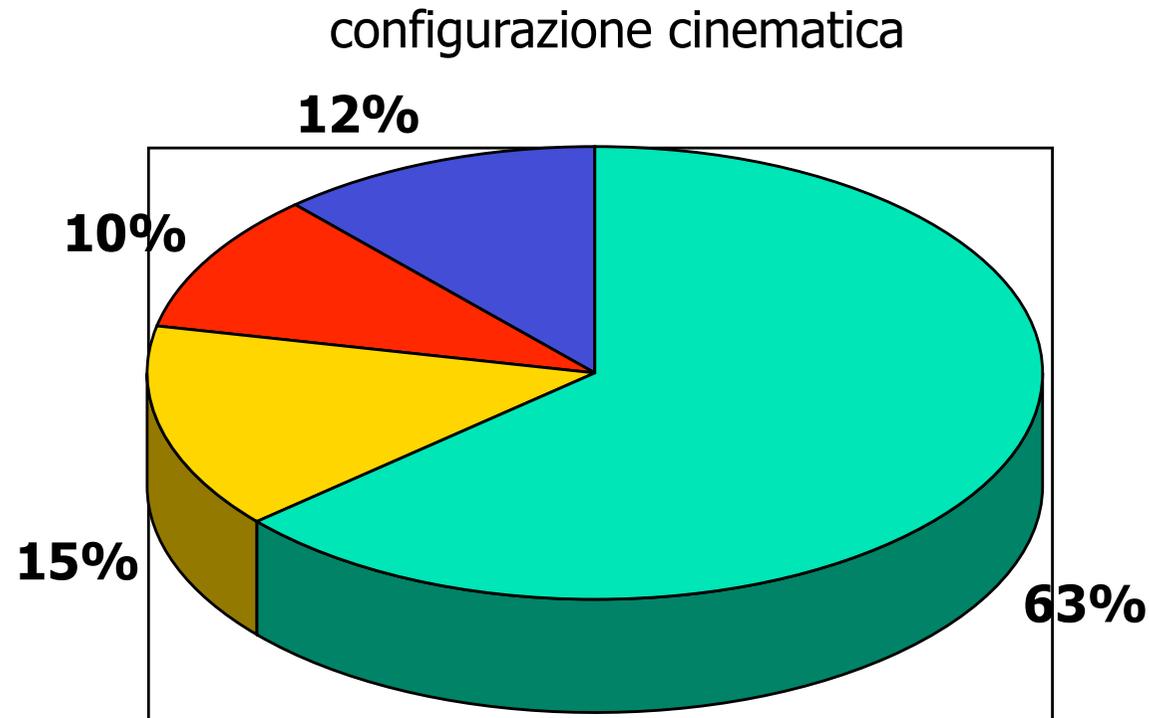
---



video di un test (inscatolamento cioccolatini)



# Distribuzione per tipologia



■ articolati ■ cartesiani/portale ■ cilindrici ■ Scara

59600 robot **articolati** installati nel 2004  
(90% del totale installato in America, 74% in Europa, e solo 49% in Asia)



# Robot data sheet



Robot Fanuc  
R-2000i/165F

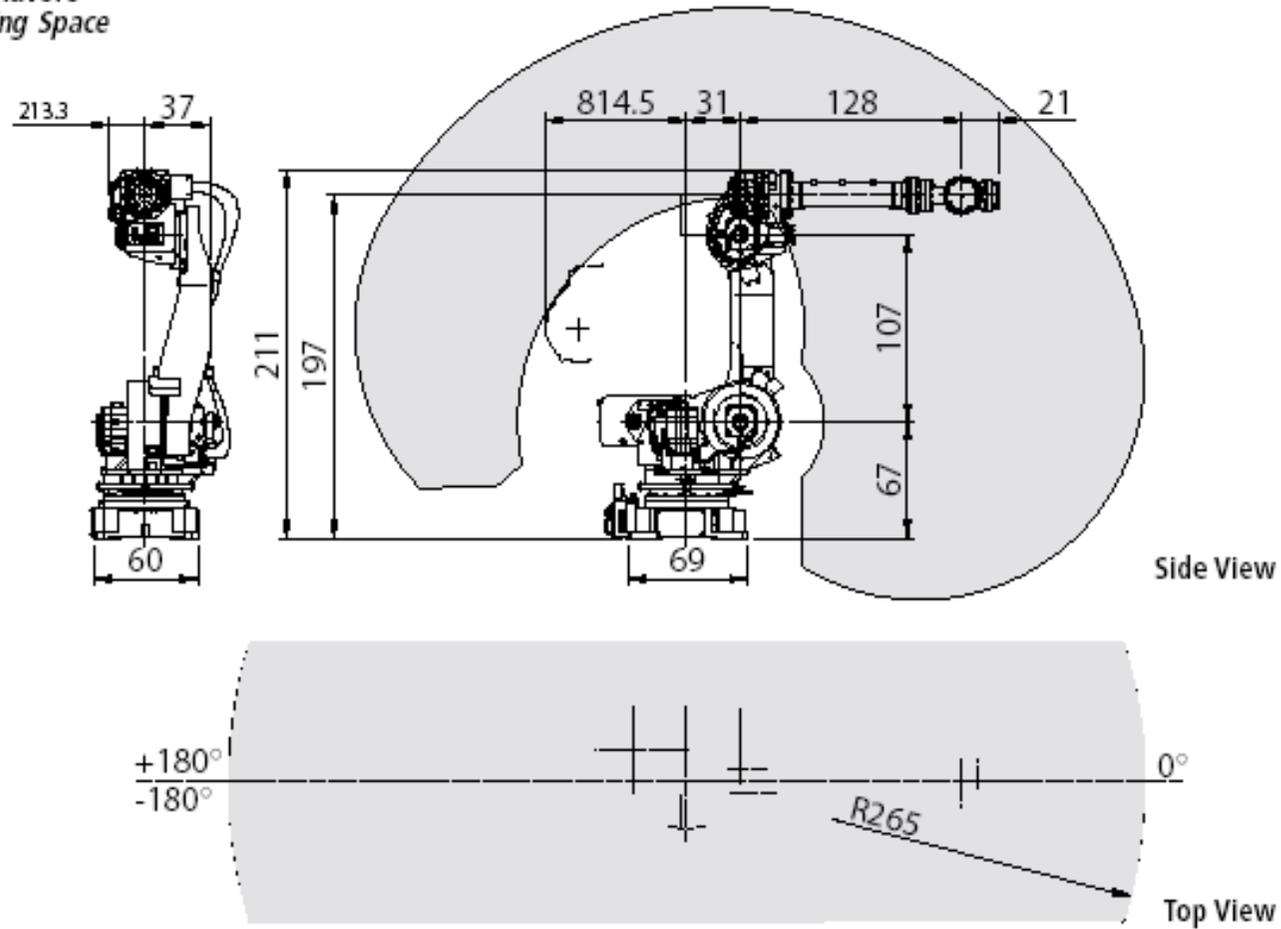
## Specifiche tecniche

Voce	R-2000i/165F		
Tipo	Articolato		
Assi controllati	6 assi (J1, J2, J3, J4, J5, J6)		
Installazione	A pavimento		
Area di lavoro (Velocità massima)	Rotazione asse J1	360° (105°/s)	
	Rotazione asse J2	135° (105°/s)	
	Rotazione asse J3	361,8° (105°/s)	
	Rotazione asse J4	720° (130°/s)	
	Rotazione asse J5	250° (130°/s)	
	Rotazione asse J6	720° (210°/s)	
Carico massimo al polso	165 kg		
Momento di carico max. al polso (Nota 1)	Asse J4	94 kgfm	921 Nm
	Asse J5	94 kgfm	921 Nm
	Asse J6	47 kgfm	461 Nm
Momento di inerzia max. al polso	Asse J4	800 kgfcm <sup>2</sup>	78,4 kgm <sup>2</sup>
	Asse J5	800 kgfcm <sup>2</sup>	78,4 kgm <sup>2</sup>
	Asse J6	410 kgfcm <sup>2</sup>	40,12 kgm <sup>2</sup>
Tipo di azionamento	Motori elettrici AC		
Ripetibilità	± 0,3 mm		
Peso	1.210 kg		
Ambiente Installazione	Temperatura ambiente:	0-45° C	
	Umidità ambiente		
	Normale:	≤ 75%	
	Breve (in un mese)	≤ 95%	
	Vibrazioni	0,5 G max.	

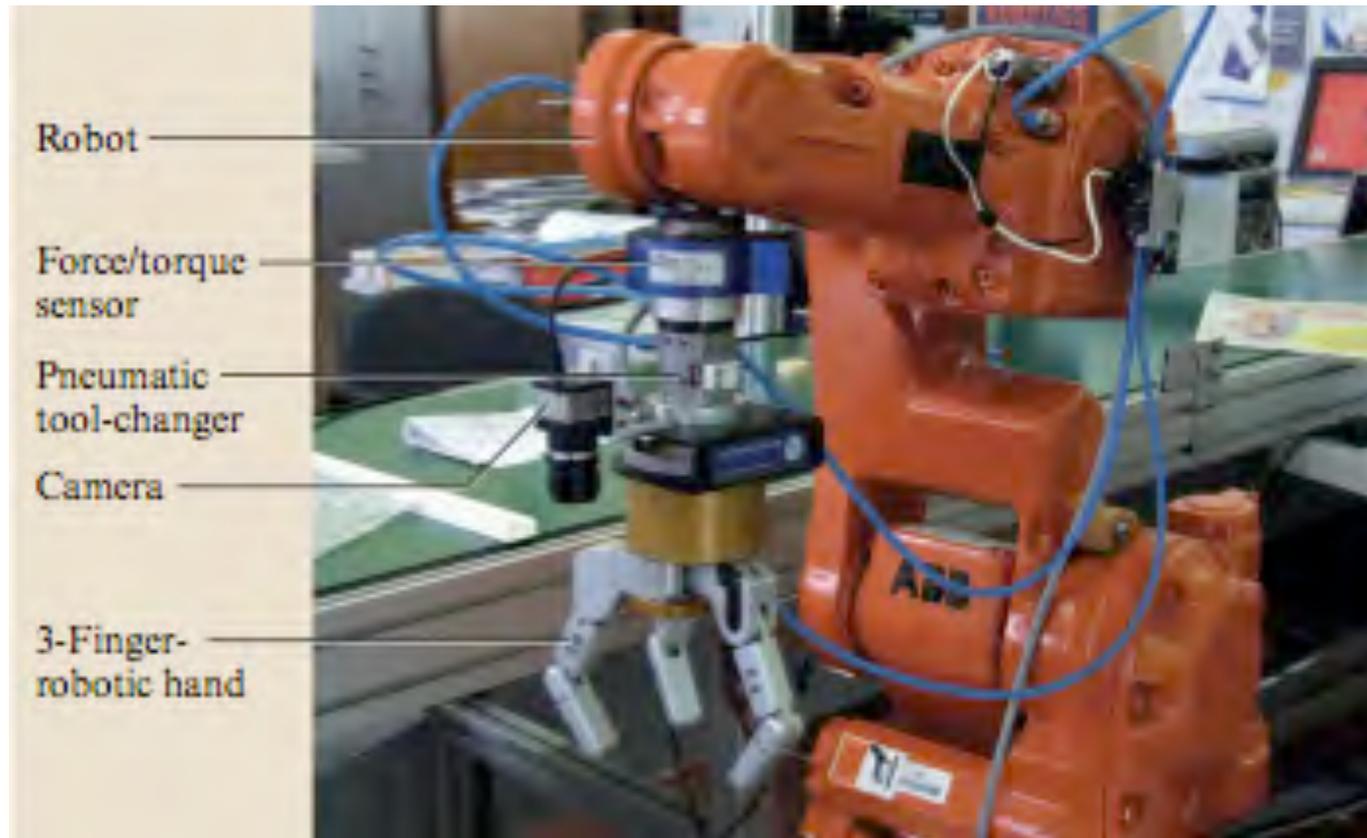


# Workspace

Area di lavoro  
Operating Space



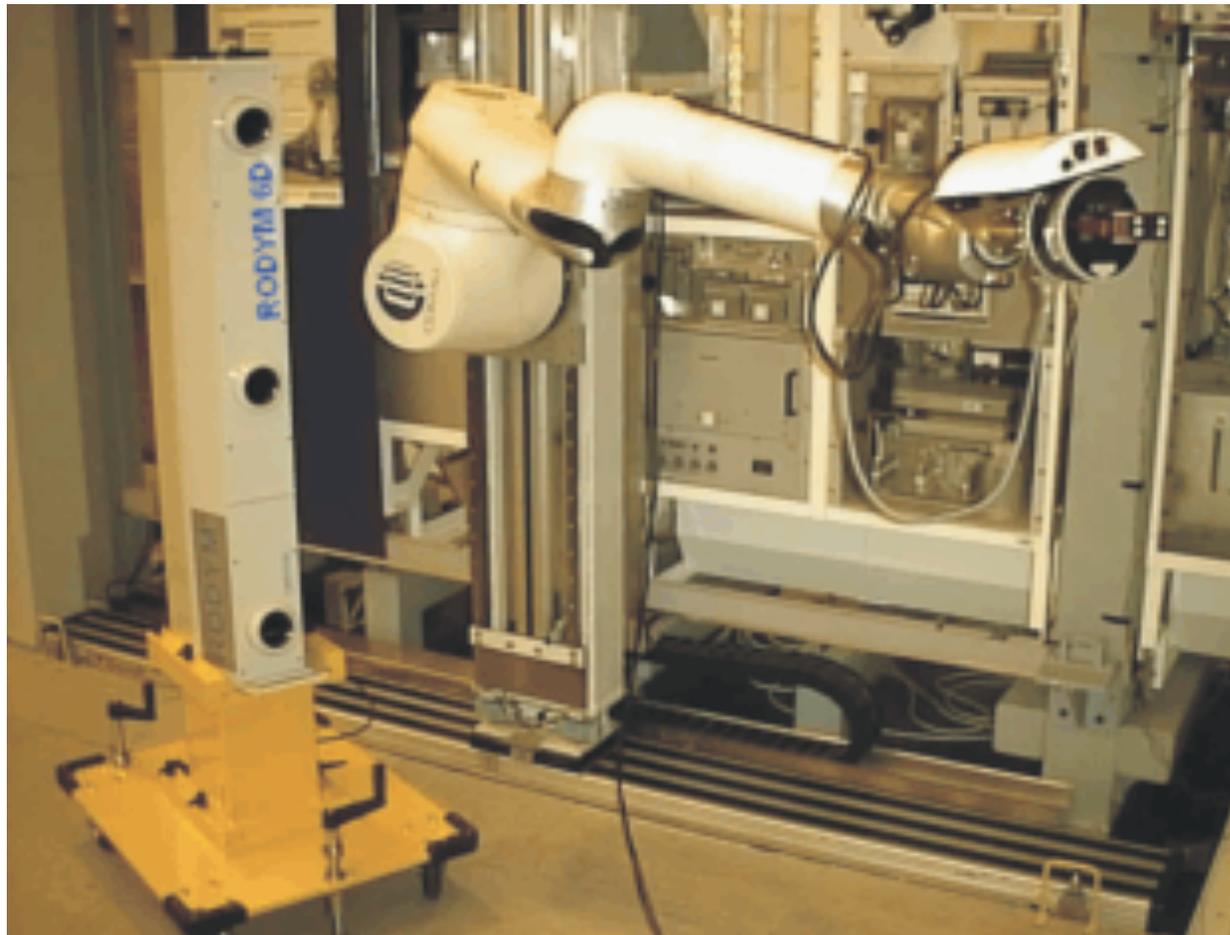
# Sensori e tools sull'organo terminale





# Calibrazione cinematica

---





# Interfaccia e controllo



- un "teach-box" come interfaccia di programmazione del robot

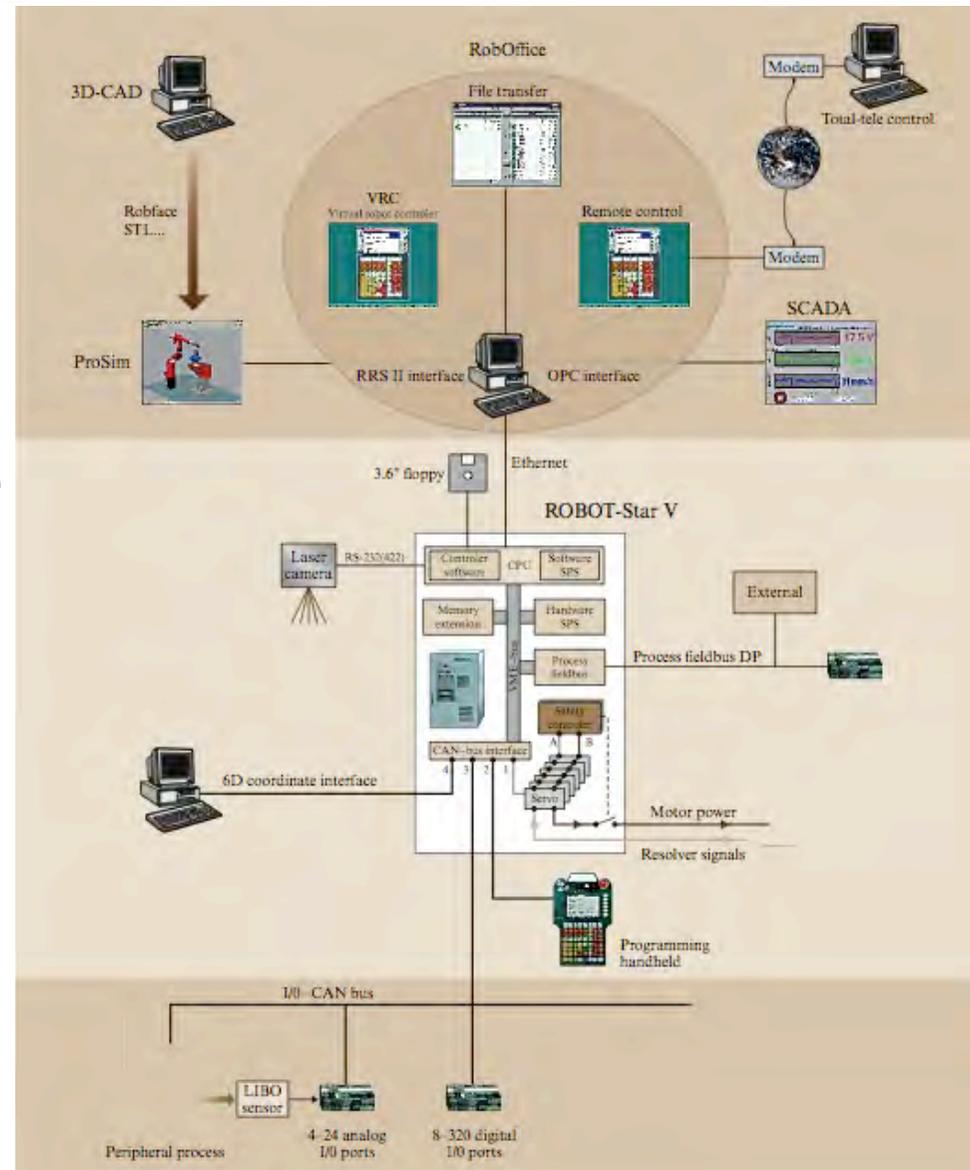


- "cabinet" con elettronica di comando e controllo del robot



# Ambienti di programmazione e controllo

moduli e interfacce  
di controllo  
(Reis Robotics)





# Robot industriali a base mobile



- **AGV** (Automated Guidance Vehicle) per la movimentazione di parti in ambiente industriale, filoguidati o con guida laser (percorsi assegnati)



# AGV per gestione magazzino

---



video Elettric80