

# Corso di **STATISTICA, INFORMATICA, ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI**

Modulo di Sistemi di Elaborazione delle Informazioni

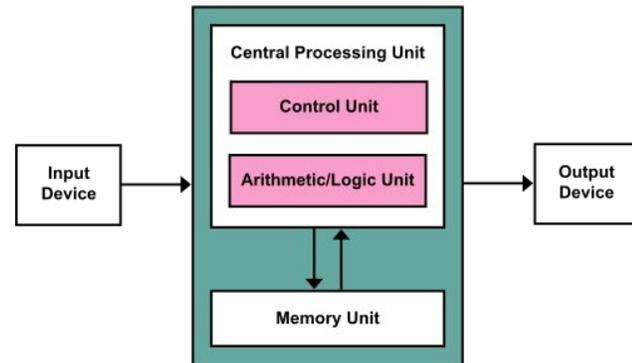
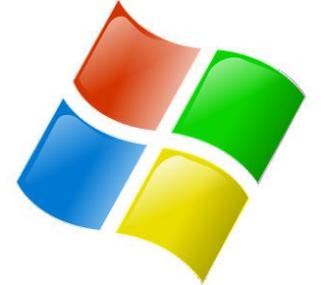


**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA BASILICATA**

# Sistemi Ciberfisici

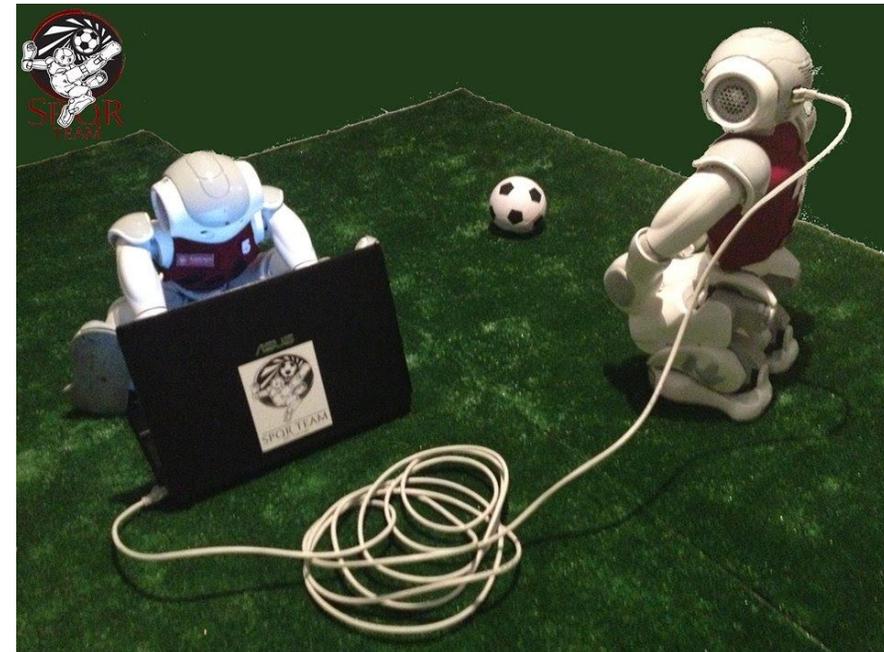
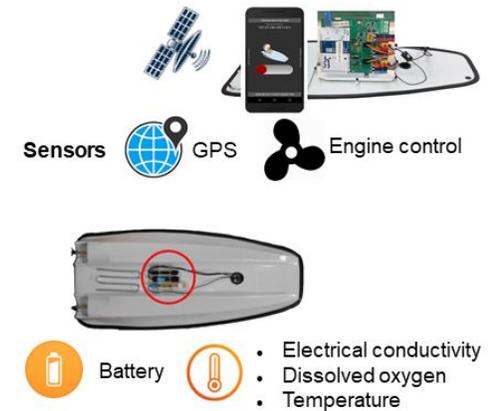


Docente:  
**Domenico Daniele Bloisi**



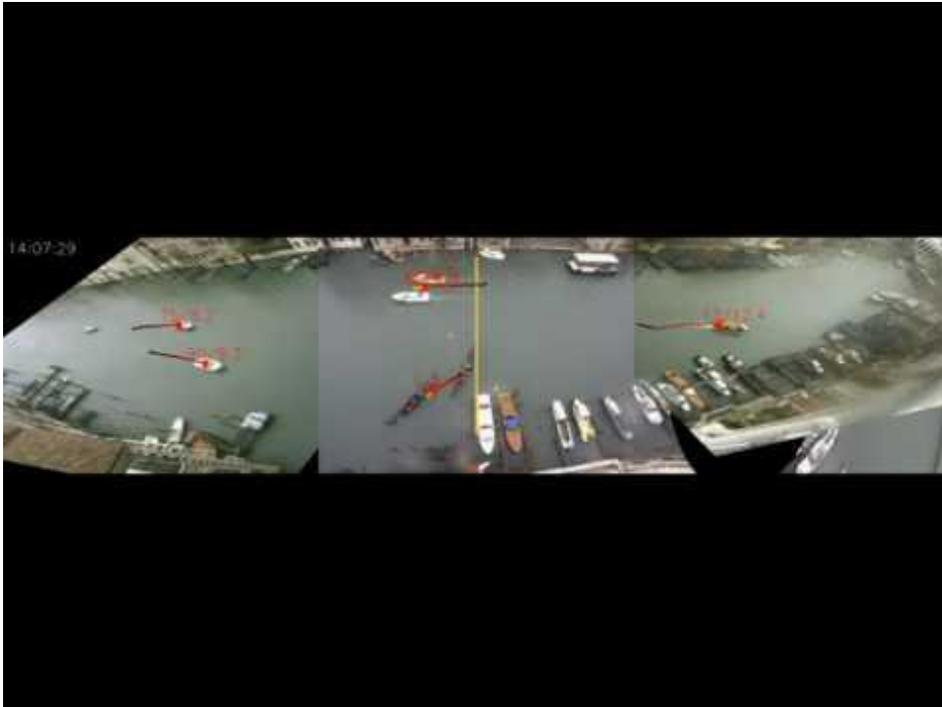
# Domenico Daniele Bloisi

- Professore Associato  
Dipartimento di Matematica, Informatica  
ed Economia  
Università degli studi della Basilicata  
<http://web.unibas.it/bloisi>
- SPQR Robot Soccer Team  
Dipartimento di Informatica, Automatica  
e Gestionale Università degli studi di  
Roma “La Sapienza”  
<http://spqr.diag.uniroma1.it>



# Interessi di ricerca

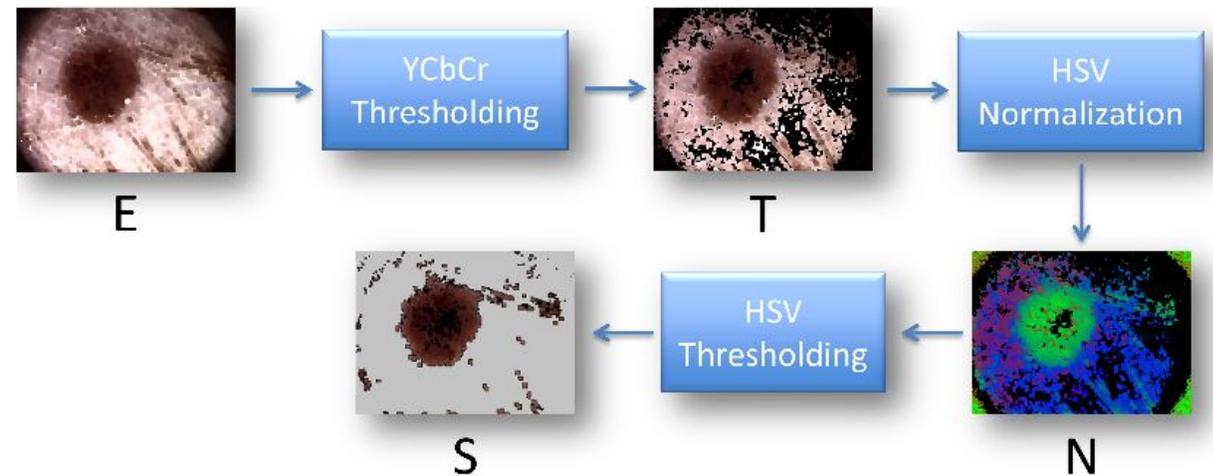
- Intelligent surveillance
- Robot vision
- Medical image analysis



[https://youtu.be/9a70Ucgbi\\_U](https://youtu.be/9a70Ucgbi_U)



<https://youtu.be/2KHNZX7UIWQ>



# UNIBAS Wolves <https://sites.google.com/unibas.it/wolves>



- UNIBAS WOLVES is the robot soccer team of the University of Basilicata. Established in 2019, it is focussed on developing software for NAO soccer robots participating in RoboCup competitions.

- UNIBAS WOLVES team is twinned with SPQR Team at Sapienza University of Rome



<https://youtu.be/ji0OmkaWh20>

# Informazioni sul corso

---

Il corso di STATISTICA, INFORMATICA, ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI

- include 3 moduli:
  - SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI  
(il martedì - docente: Domenico Bloisi)
  - INFORMATICA  
(il mercoledì - docente: Enzo Veltri)
  - PROBABILITA' E STATISTICA MATEMATICA  
(il giovedì - docente: Antonella Iuliano)
- Periodo: **I semestre** ottobre 2022 – gennaio 2023
  - Martedì dalle 11:30 alle 14:00

# Informazioni sul modulo

---

- Home page del modulo:  
<https://web.unibas.it/bloisi/corsi/sei.html>
- Martedì dalle 11:30 alle 13:30

# Ricevimento Bloisi

---

- In presenza, durante il periodo delle lezioni:  
Lunedì dalle 17:00 alle 18:00 □ Edificio 3D, Il piano, stanza 15  
**Si invitano gli studenti a controllare regolarmente la bacheca degli avvisi per eventuali variazioni**
- Tramite google Meet e al di fuori del periodo delle lezioni:  
da concordare con il docente tramite email

Per prenotare un appuntamento inviare  
una email a  
[domenico.bloisi@unibas.it](mailto:domenico.bloisi@unibas.it)

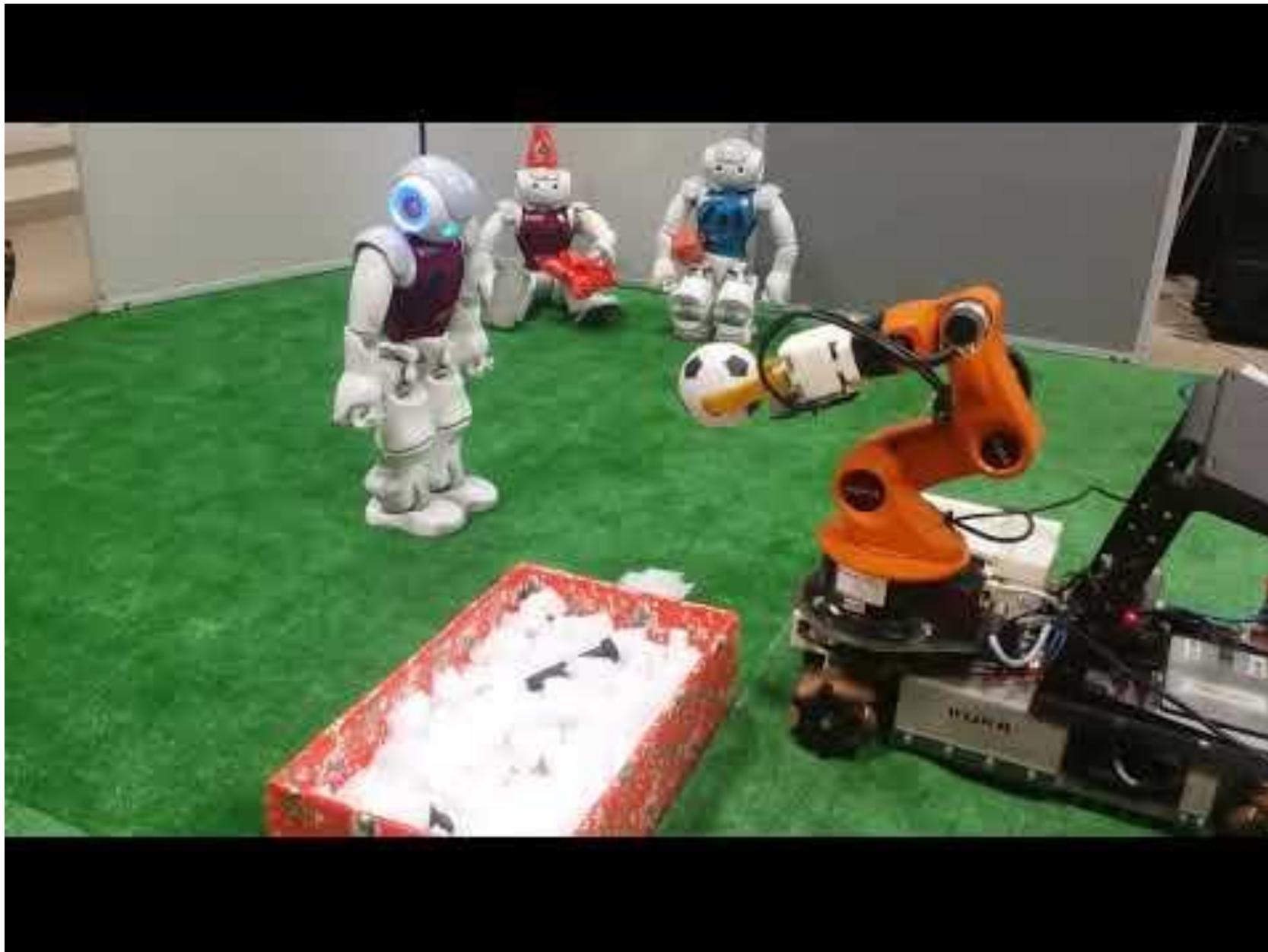


# Riferimenti e Credits

---

Alcuni dei contenuti di questa presentazione derivano dalle slide del Prof. Francesco Pierri, che ringrazio per l'aiuto

# Sistema ciberfísico

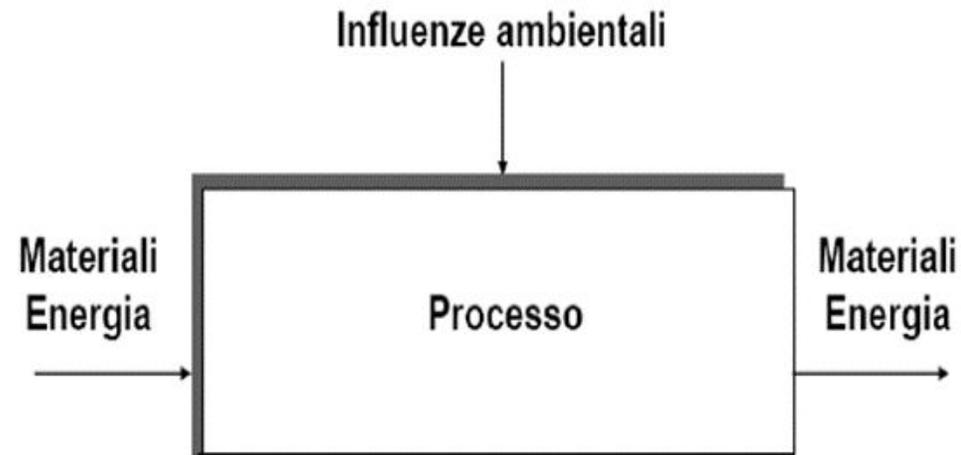


<https://youtu.be/Hqa0oBIWxDg>

# Processo produttivo

---

Un processo produttivo può essere definito come una trasformazione fisica di materiali al fine di ottenere un prodotto desiderato



Ogni processo produttivo richiede la combinazione di 3 elementi:

- Energia
- Informazioni
- Controllo

# Esempio

---

Controllo: mente

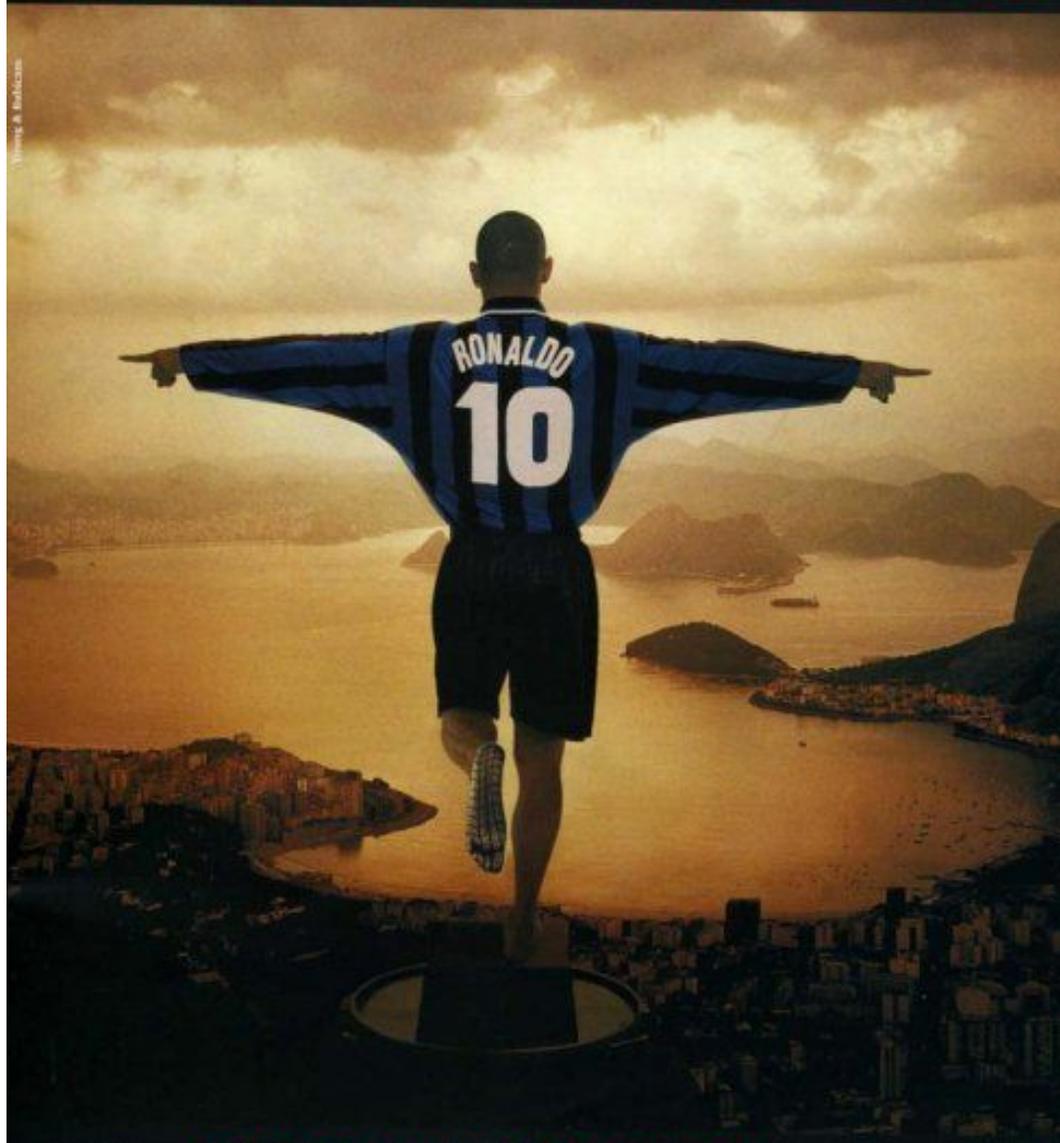
Informazioni: sensi

Energia: muscoli



# LA POTENZA E' NULLA SENZA CONTROLLO.

Tempo & Rubicon



## NUOVO P3000 ENERGY™

Eccellente presa sull'asfalto, grande guidabilità, buona resistenza al rotolamento e quindi bassi consumi di carburante. In più - per tutti il "98" - la formula "Sostituzione Garanzia", che non si ritiene soddisfatto può sostituirli, entro trenta giorni dall'acquisto, i P3000 Energy con altri pneumatici Pirelli a scelta, uguali per misura e codice di velocità\*. Tutto ciò, senza alcun costo aggiuntivo.



\*Disponibile il numero verde 161-852100 e, attraverso il portale informativo presso i rivenditori, per informazioni all'installazione. [www.pirelli.com](http://www.pirelli.com)

# Le 3 C

---

- **Capacità computazionale**
- **Comunicazione**
- **Capacità di controllo**

<https://spectrum.ieee.org/automaton/aerospace/robotic-exploration/nasa-perseverance-rover-landing-on-mars-overview>

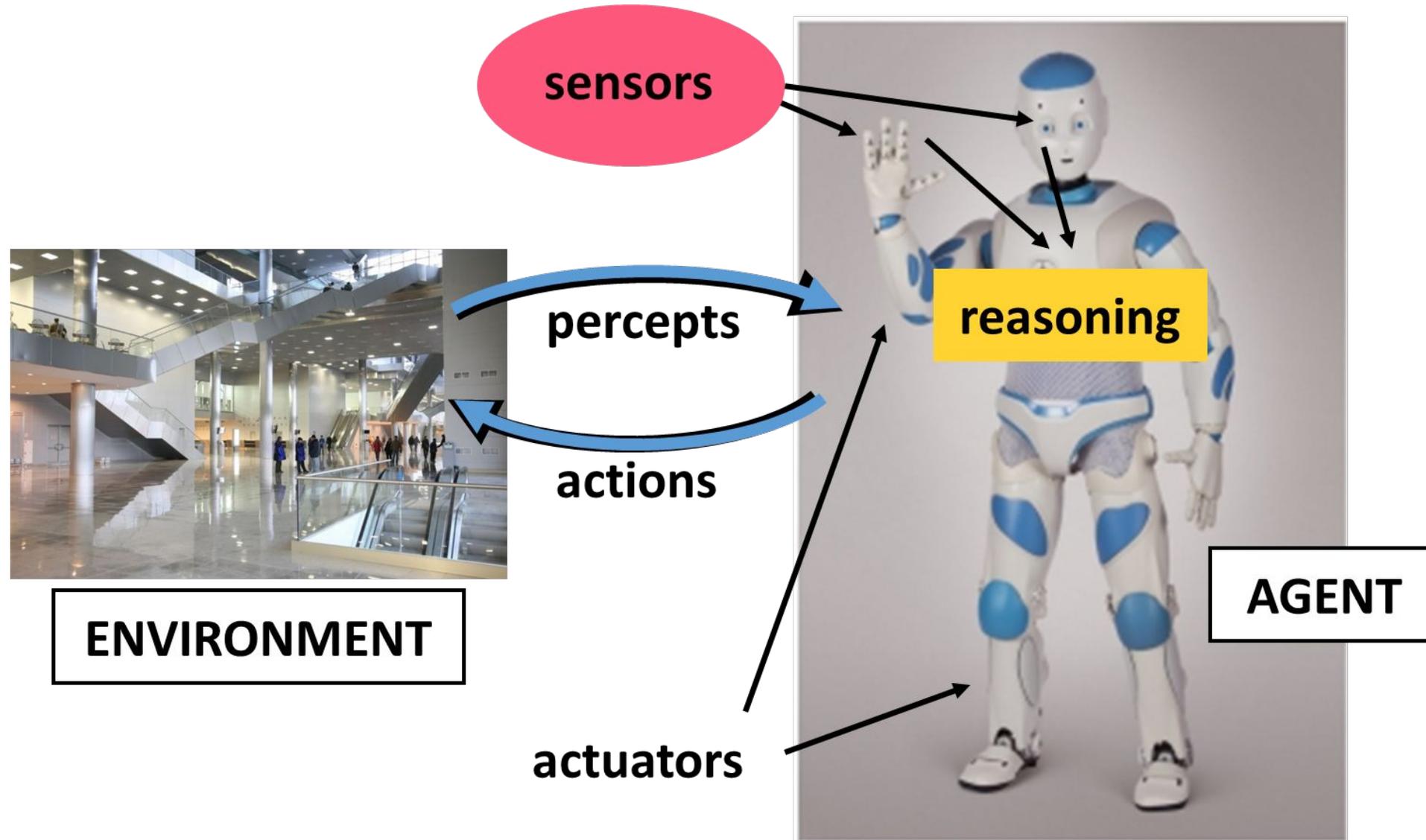


# Cyber-physical System

---

- **cyber-physical device** A device that has an element of computation and interacts with the physical world through sensing and actuation (NIST)

# Ciclo Percepisci-Ragiona-Agisci



# Esempio iCub

---



<https://youtu.be/mQpVCSM8Vgc>

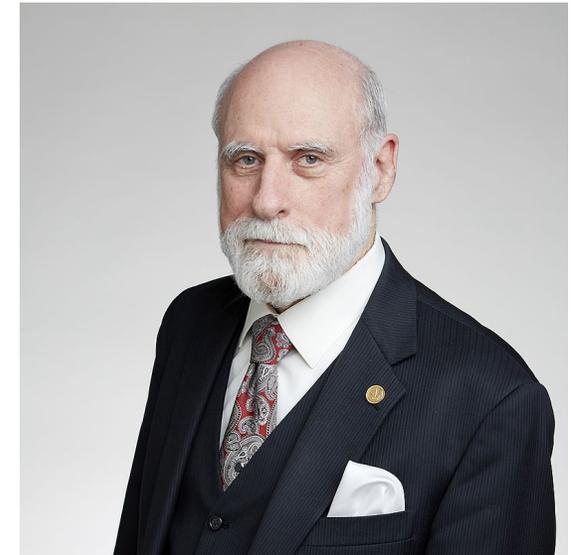
# Problematiche

---

“We live in a very complex world.”

"Vinton Cerf: Concerns over packets and politics". Interview with John Blau, [www.infoworld.com](http://www.infoworld.com). October 25, 2004.

Vinton Gray Cerf è un informatico statunitense. È conosciuto come uno dei "padri di Internet" insieme a Bob Kahn, con cui inventò la suite di protocolli TCP/IP.



# Esempio DARPA Challenge

---



<https://youtu.be/g0TaYhjpOfo>

# Hard Easy Problems

---

“The main lesson of thirty-five years of AI research is that **the hard problems are easy and the easy problems are hard.**”

The mental abilities of a four year-old that we take for granted – recognizing a face, lifting a pencil, walking across a room, answering a question – in fact solve some of the hardest engineering problems ever conceived.”

STEVEN PINKER, *The Language Instinct*

Cos'è un robot?

# Un prima definizione di robot

---

Macchina che possa sostituire l'uomo nell'esecuzione di un compito, sia in termini di attività fisica che decisionale



# La parola “robot”

---

- ‘Robot’ è una parola coniata dal drammaturgo ceco Karel Capek per indicare il lavoro non volontario.
- La parola è stata introdotta nella sua opera teatrale “R.U.R. (Rossum’s Universal Robots)” messa in scena nel Gennaio 1921.
- Tuttavia, a differenza del concetto moderno, i robot di Capek erano dei servitori creati mediante procedimenti chimico/biologici e non erano meccanici.
- L’etimologia della parola ‘Robot’ è comunque da ricondursi al ceco robota che significa ‘lavoro pesante’ o ‘lavoro forzato’.

# Isaac Asimov

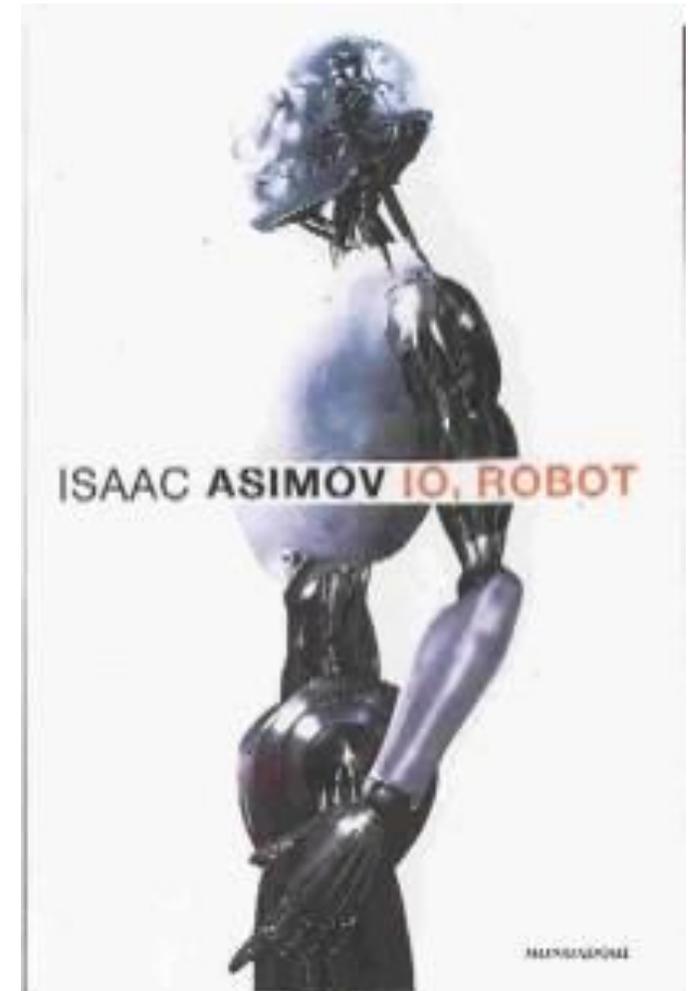
---

- I termini 'Robot' e "Robotica", nella loro accezione moderna, sono stati utilizzati per la prima volta nel 1940 dallo scrittore Isaac Asimov nel racconto Robbie: gli automi robotici di Asimov sono macchine al servizio dell'uomo (con dispositivi di sicurezza e senza sentimenti).
- Prima di allora c'erano stati altri robot nella letteratura fantastica, ma in un modo o nell'altro erano esseri semi-umani (come in Capek) e dotati di intelligenza e sentimenti umani.
- Nel successivo racconto Runaround, nel 1942, Asimov riportò per la prima volta le famose [Leggi della Robotica](#).
- Tutti i racconti di robot di Asimov furono poi riuniti nell'antologia 'Io, Robot'.

# Le leggi della robotica di Asimov

---

1. Un robot non può far del male a un essere umano né consentire, restando inoperoso, che un essere umano si trovi in pericolo
2. Un robot deve obbedire agli ordini impartiti da esseri umani, a meno che tali ordini non entrino in conflitto con la prima legge
3. Un robot deve proteggere la sua esistenza a meno che tale protezione non vada in conflitto con la prima o la seconda legge



# Una seconda definizione di robot

---

“Un **manipolatore riprogrammabile e multifunzionale** progettato per spostare materiali, componenti, attrezzi o dispositivi specializzati attraverso vari movimenti programmati per la realizzazione di vari compiti”

*Robot Institute of America, 1979*

# Questo è un robot?

---



# Questi?

---



# Una terza definizione di robot

---

Ad oggi, potremmo definire 'Robot'

- un sistema elettromeccanico
- riprogrammabile
- dotato di capacità di percezione
- dotato di una **intelligenza propria**
- predisposto per compiere un ampio numero di **compiti diversi**

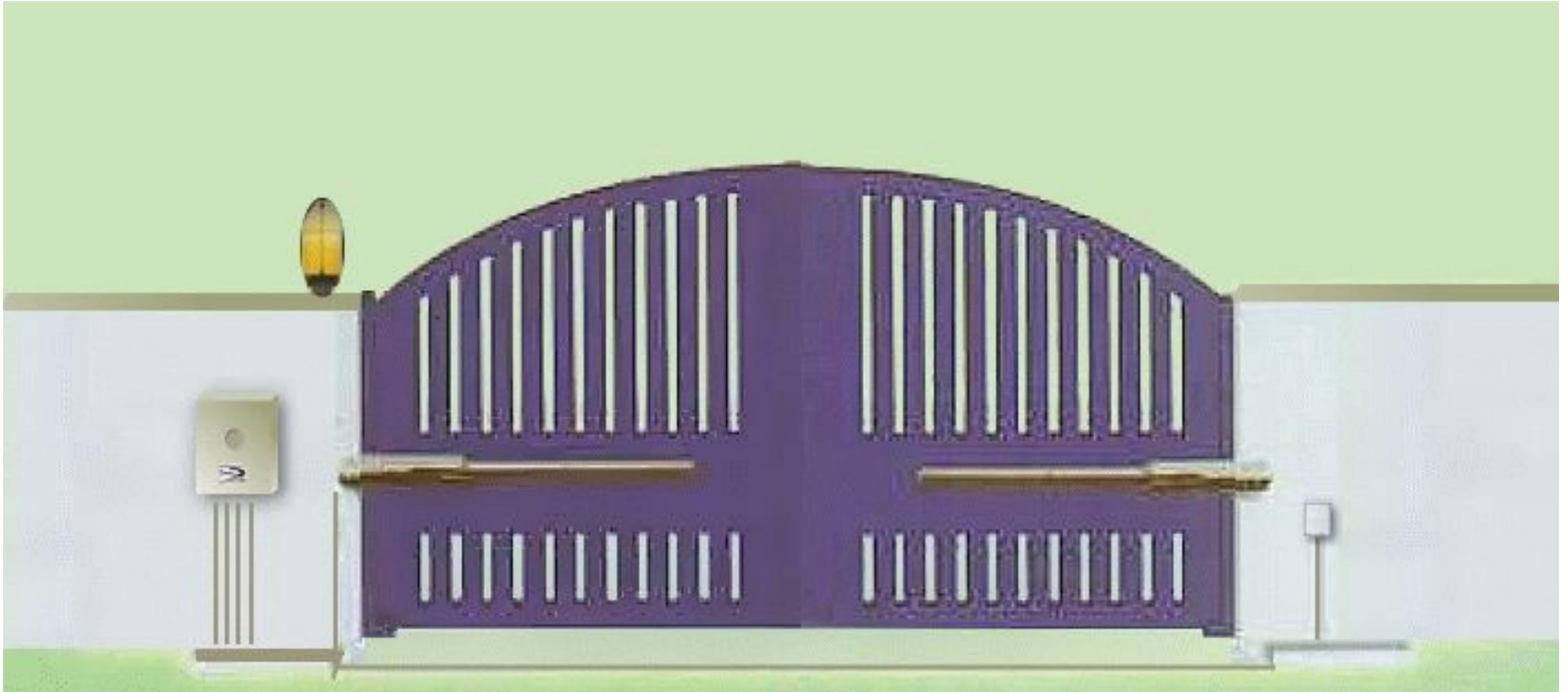
# Caratteristiche di un robot

---

- **Programmabilità** capacità di elaborazione che il progettista può combinare come desidera.
- **Mobilità** possibilità di interagire fisicamente con l'ambiente.
- **Flessibilità** capacità di esibire un comportamento adatto alla situazione.
- **Autonomia**

# Questo è un robot?

---



# Robot mobile autonomo

---

- **Autonomia:** capacità di portare a termine un compito basandosi sullo stato e sulle percezioni correnti, senza intervento umano.
- **Sistema autonomo:** un sistema che prende decisioni da solo, agendo senza la guida di un umano.
- **Robot mobile autonomo:** sistema robotico autonomo capace di muoversi nell'ambiente.

# Questi sono robot?

---



Waymo  
formerly the Google self-driving  
car project

<https://waymo.com/>

Tesla  
full self-driving capability  
<https://www.tesla.com/models>



# Caratteristiche di un robot

---

La differenza tra computer, sistemi di controllo e robot, può essere sfumata.

La caratteristica principale che contraddistingue un robot è la presenza di sensori e attuatori.

La robotica copre concetti e conoscenze derivanti da almeno tre campi:

- meccanica
  - elettronica
  - informatica
- 
- Meccatronica

# Componenti di un robot

---

## Sistema meccanico

- Organi di locomozione (ruote, cingoli, gambe meccaniche)
- Organi di manipolazione (braccia meccaniche, utensili, mani artificiali)

## Sistema di attuazione

- Anima le componenti meccaniche del robot
- Controllo del moto (servomotori, azionamenti e organi di trasmissione)

## Sistema sensoriale

- Sensori propriocettivi (stato interno del robot)
- Sensori esteroceettivi (stato esterno dell'ambiente)

## Sistema di governo

- Esecuzione dell'azione nel rispetto della pianificazione del compito e dei vincoli imposti da robot e ambiente
- Adozione del principio del feedback (retroazione)

# Stato di un robot

---

## Modello del Mondo

- Geometria
- Traversabilità
- Altri oggetti in movimento
- ...

## Configurazione

- Cinematica
- Dinamica
- Livello delle batterie
- ...

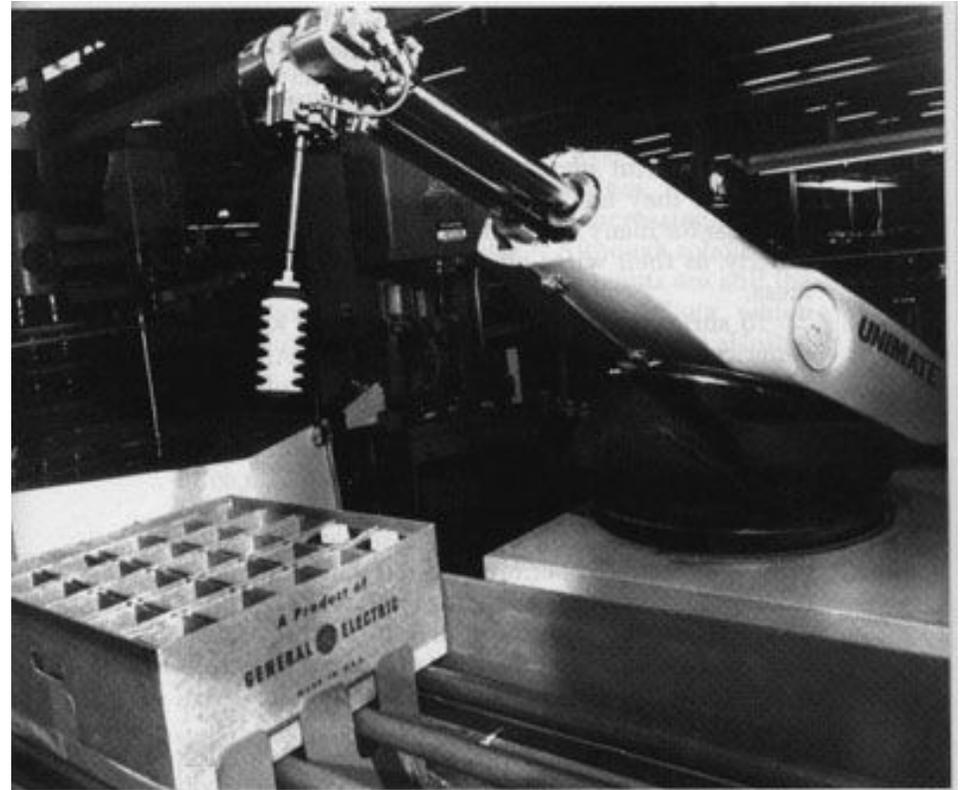


Un po' di storia

# Il robot nell'era moderna: 1950-1980

---

- 1954: primo robot industriale programmabile
- Nel 1954 George Devol progettò il primo robot realmente programmabile: lo Unimate (per Universal Automation).
- Qualche anno più tardi questo robot venne adottato nella catena di montaggio della General Motors e divenne, così, il primo robot industriale ad entrare in funzione.



*Armed for duty. A Unimate robot—really, just an arm—picks up and puts down parts in a General Electric factory.*

# Il robot nell'era moderna: 1950-1980

---

Tra il 1968 e il 1969 si assistette ad una vera e propria corsa al robot. In successione vennero progettati e realizzati:

- il primo robot camminante controllato al computer (in grado di percorrere sino a 4 miglia ogni ora);
- il primo robot dotato di un sistema visivo (e controllato da un computer grande quanto una stanza);
- il primo braccio robotico mosso da energia elettrica;
- il primo robot bipede progettato dal giapponese Ichiro Kato.

In Italia invece il primo robot ad essere realizzato risale al 1969 dalla DEA, si trattava di una macchina per effettuare la saldatura a punti

# Il robot nell'era moderna: 1950-1980

---

- Nel 1975 Victor Schenman progetta e realizza PUMA (Programmable Universal Manipulation Arm) successivamente ampiamente utilizzato in ambito industriale.

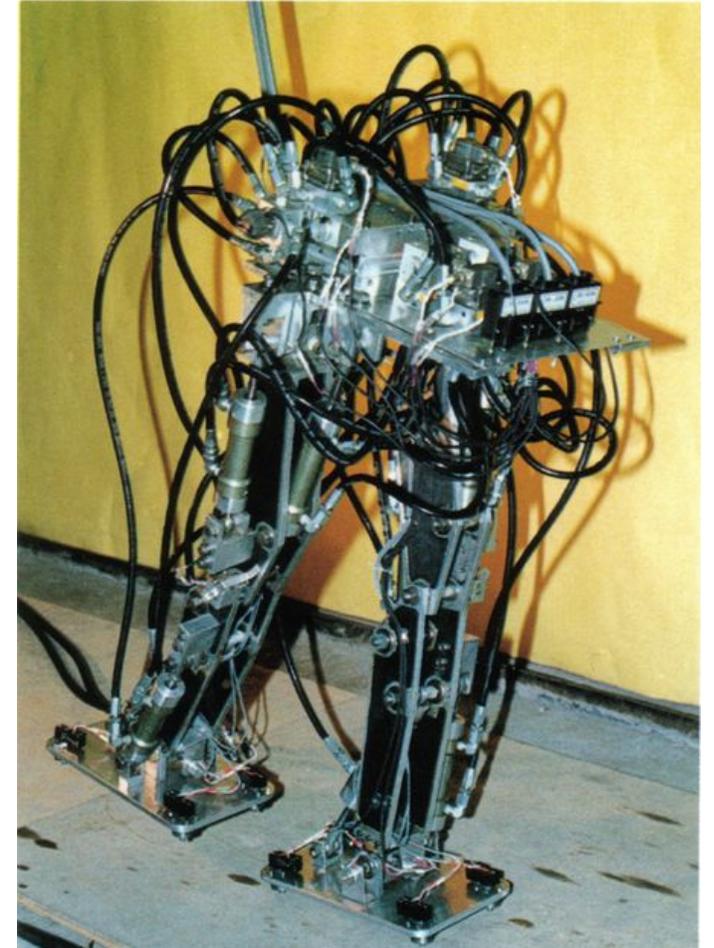


# Il robot nell'era moderna: 1950-1980

---

Negli anni 70 comincia a svilupparsi anche la robotica mobile

- Il giapponese Ichiro Kato presenta Wabot I, primo robot antropomorfo completo della storia della robotica moderna.
- Nel 1979 sempre Ichiro Kato presenta WL-9DR, primo robot in grado di muoversi in maniera quasi-dinamica: muovendo un passo ogni 10 secondi era, in quel momento, l'automa più veloce al mondo



# I robot di 4<sup>a</sup> generazione: cobot

---

- Sono robot in grado di interagire con l'uomo, condividendo lo stesso spazio di lavoro o di vita.
- Sono **robot sociali**, non più necessariamente industriali.
- ANDROIDE - O umanoide. Questo prodotto della robotica viene così definito (da Webster):  
« Un automa con figura umana che imita le azioni e funzioni umane».

Robot industriali

# La robotica industriale

---

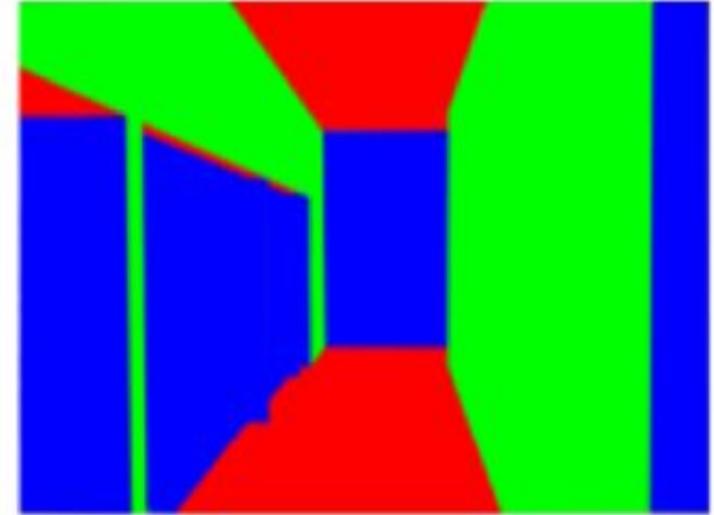
La robotica industriale è la disciplina che si interessa della progettazione, del governo e delle applicazioni dei robot in ambito industriale

- I suoi prodotti hanno raggiunto lo stato di una **tecnologia matura**
- I robot industriali operano in un **ambiente strutturato**

# Ambiente operativo

---

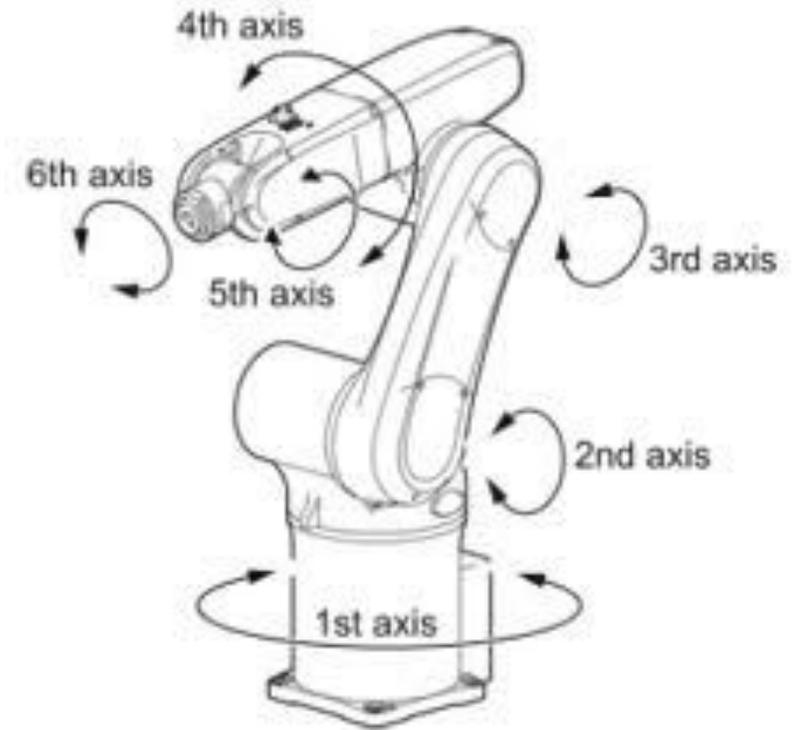
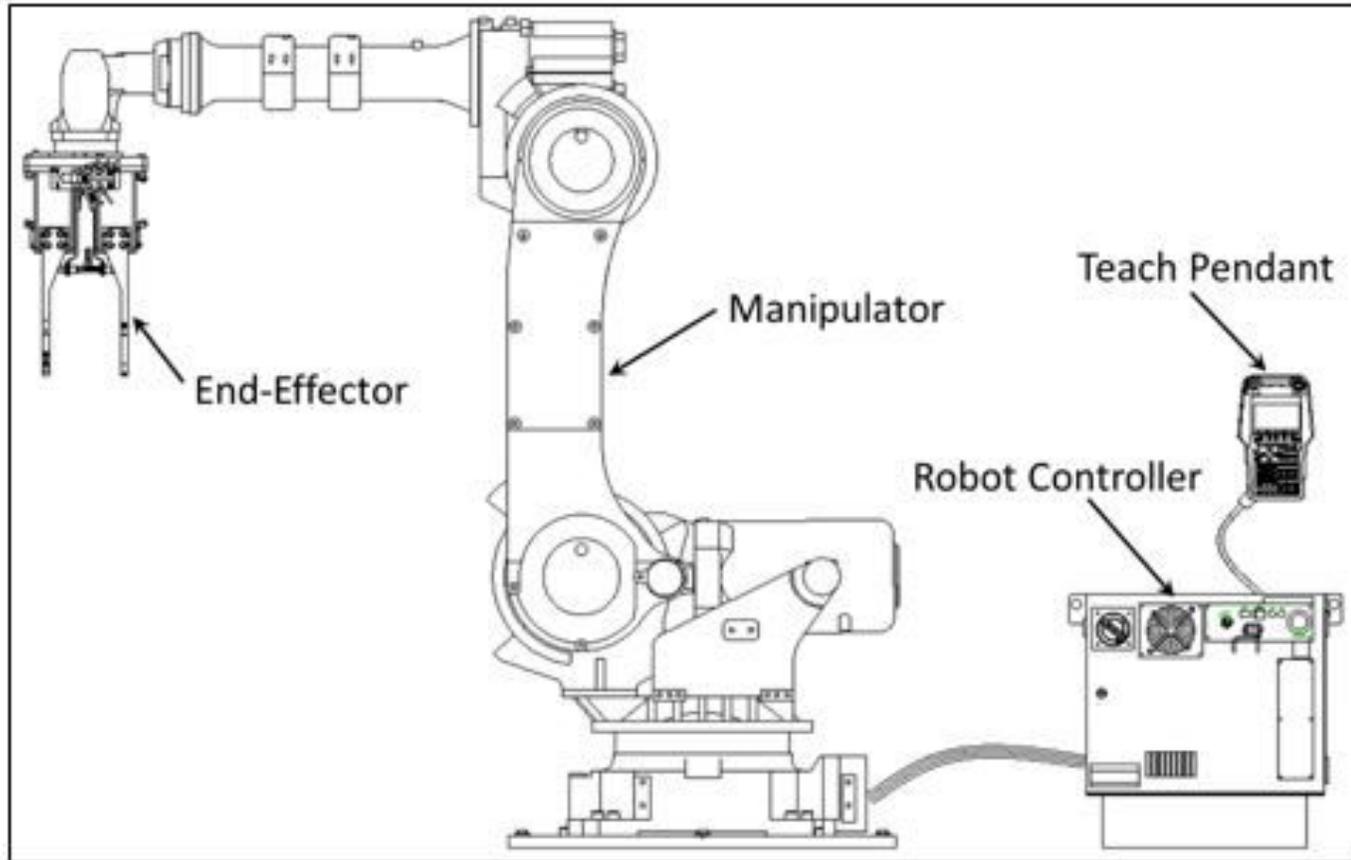
Strutturato



Non strutturato



# Schema di un tipico robot industriale



# Caratteristiche di un robot industriale

---

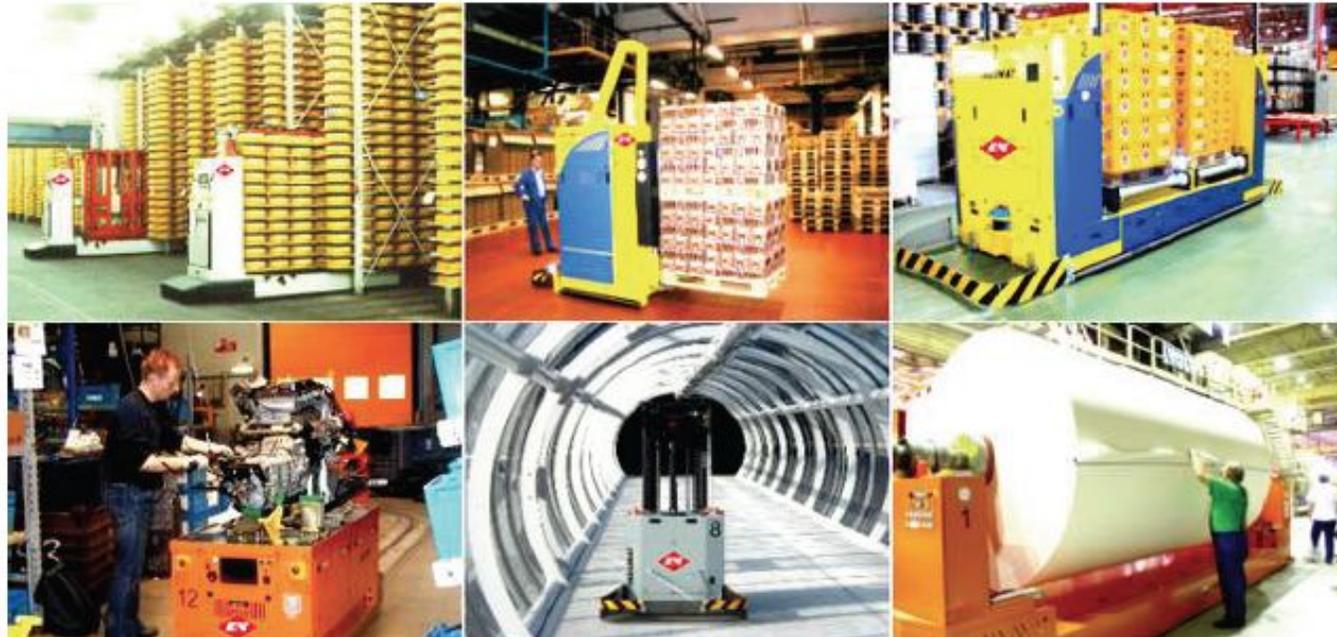
- versatilità di impiego, grazie all'impiego di utensili di natura diversa come organo terminale del manipolatore
- adattabilità a situazioni non note a priori, grazie all'utilizzo di sensori
- precisione di posizionamento, grazie all'adozione di tecniche di controllo in retroazione
- ripetibilità di esecuzione, grazie alla programmabilità delle varie operazioni

# AGV - Automated Guided Vehicle

---

## Trasporto

- Palettizzazione (disposizione di oggetti in maniera preordinata su un opportuno supporto raccoglitore)
- Carico e scarico di magazzini
- Carico e scarico di macchine operatrici e macchine utensili
- Selezione e smistamento di parti
- Confezionamento di merci



AGV

# AGV - Kiva system di Amazon

---

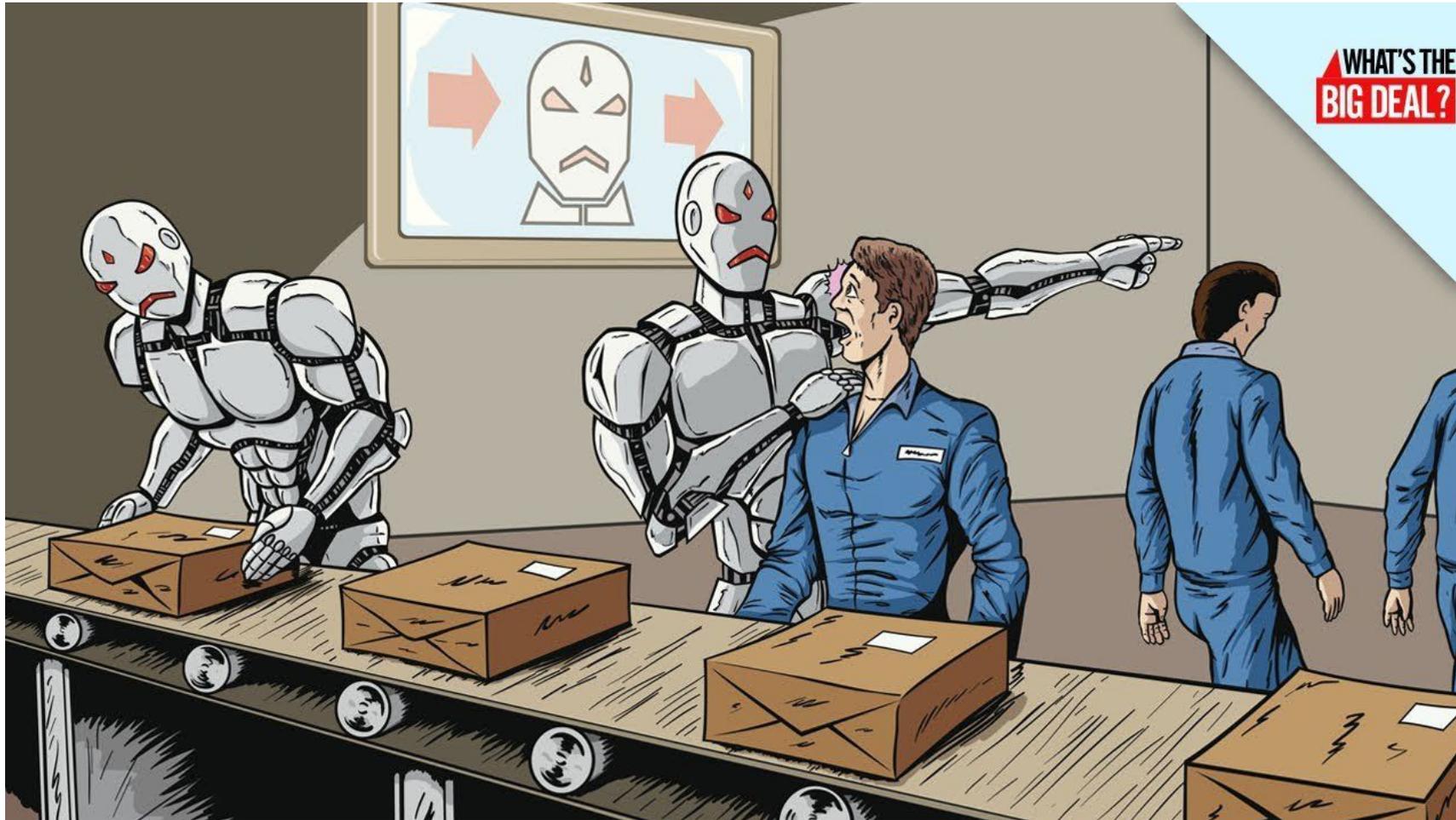


# Diffusione dei robot industriali

---

- Vita media di un robot industriale:  
12 anni ... potrebbe arrivare a 15 anni
- Densità di robot per numero di operai:
  - 349 robot ogni 10.000 operai in Giappone
  - 187 in Corea
  - 186 in Germania
  - 123 in Italia
  - 99 negli Stati Uniti
- Costo medio di un robot a sei assi:  
Da 20.000 a 60.000 € a seconda delle dimensioni e delle applicazioni

# I lavoratori umani spariranno dalle fabbriche?



# non necessariamente!

---



Fonte: Universal Robots

# PROTEUS di Amazon

---



<https://youtu.be/AmmEbYkYfHY>

# Sicurezza nella robotica industriale

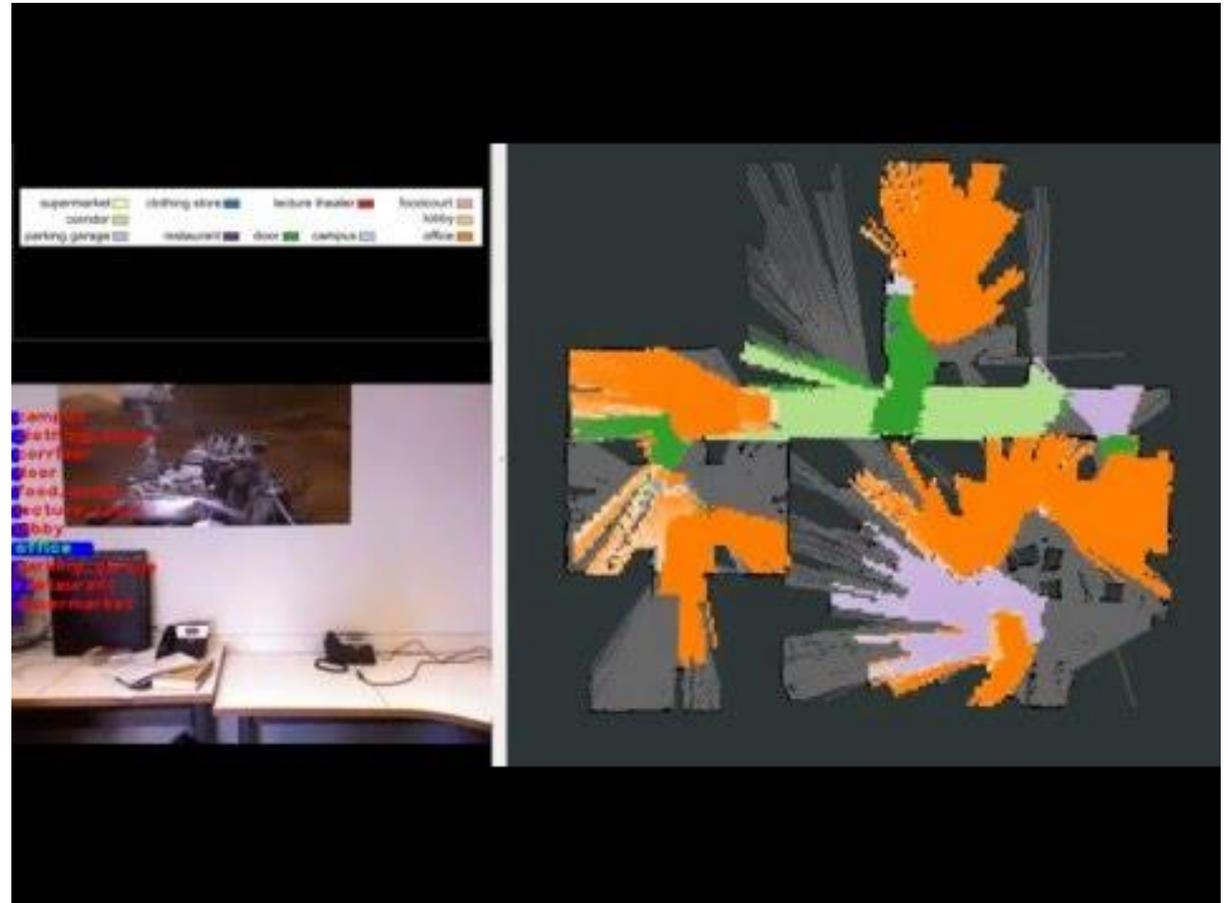
---

- Un'eventuale collisione accidentale può causare gravi problemi di sicurezza
- per tale ragione le norme vigenti richiedono una completa separazione fisica tra le persone e i robot industriali attivi tipicamente ottenuta usando recinzioni o barriere fisiche.

# Robot Mobili

# Robot mobili

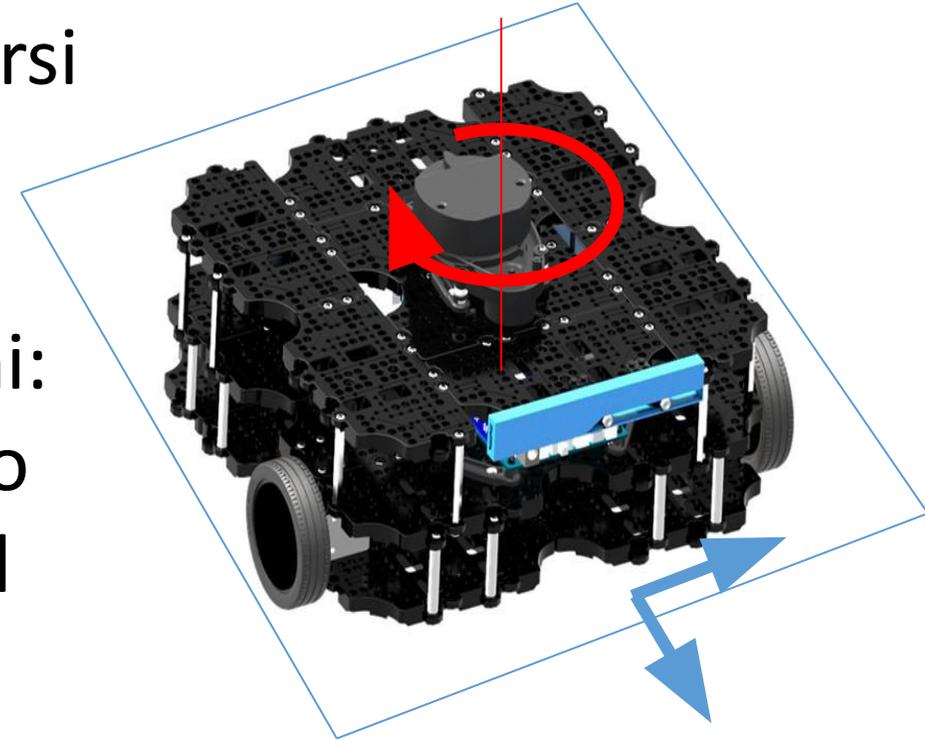
- Il movimento di un robot mobile può essere definito attraverso i vincoli di **rotolamento** e **scivolamento** che agiscono al punto di contatto tra ruota e terreno
- Il workspace di un robot mobile definisce il range delle possibili **pose** che il robot può raggiungere nell'ambiente operativo



<https://www.youtube.com/watch?v=E8OKp31eMpE>

# Modello del robot mobile

- Il nostro robot verrà modellato come un corpo rigido su ruote, in grado di muoversi su un piano orizzontale
- Il modello semplificato avrà 3 dimensioni:
  - 2 per descrivere la posizione nel piano
  - 1 per rappresentare l'orientazione del robot lungo l'asse verticale (che è ortogonale al piano su cui avviene il movimento)



# Limitazioni

---

- Il movimento di un robot mobile è limitato dalla **dinamica**
- Per esempio, ad alte velocità, un centro di massa molto alto limita il raggio di curvatura (può esserci pericolo di cappottamento)

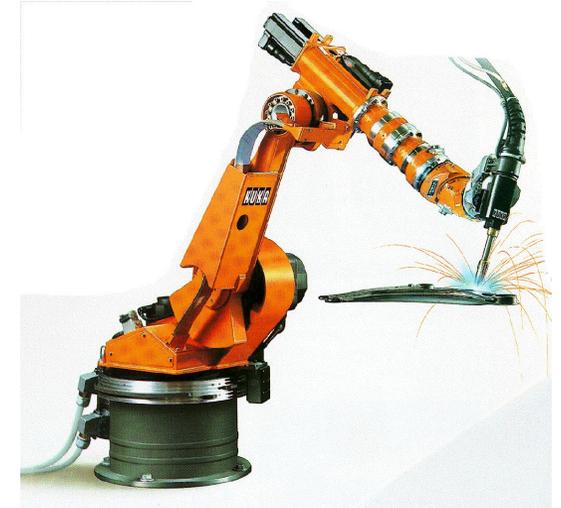


<https://www.youtube.com/watch?v=0iui1ACWw-c>

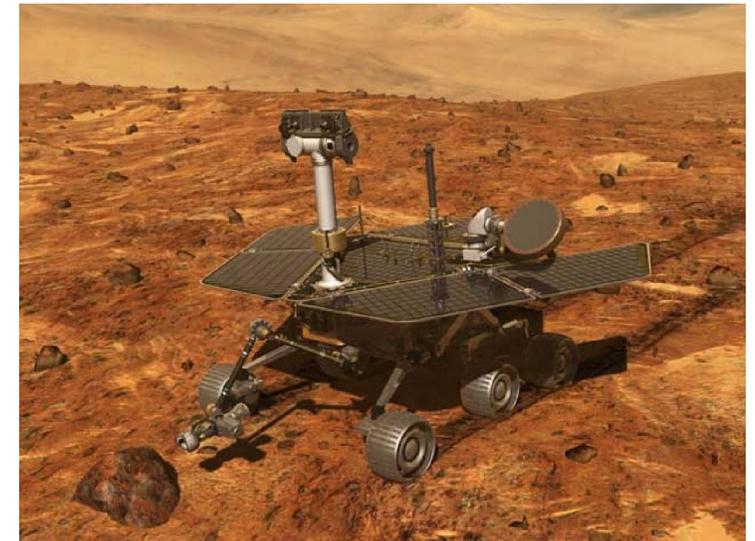
# Locomozione e Manipolazione

---

Nella **manipolazione**, il **braccio robotico è fisso** e muove gli oggetti nello spazio di lavoro (*workspace*) impartendo loro delle forze

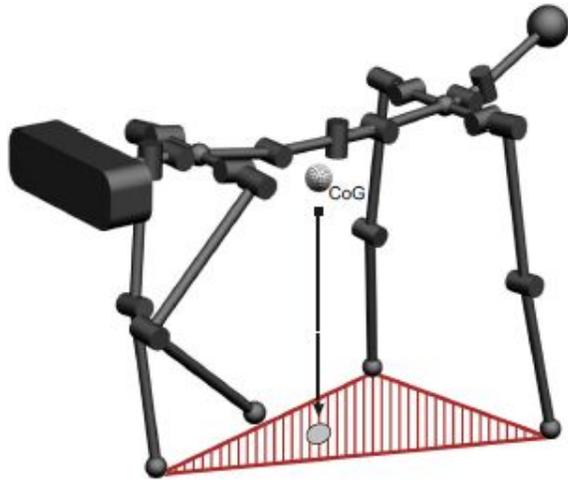


Nella **locomozione**, l'ambiente è fisso e il **robot si muove** impartendo forze all'ambiente



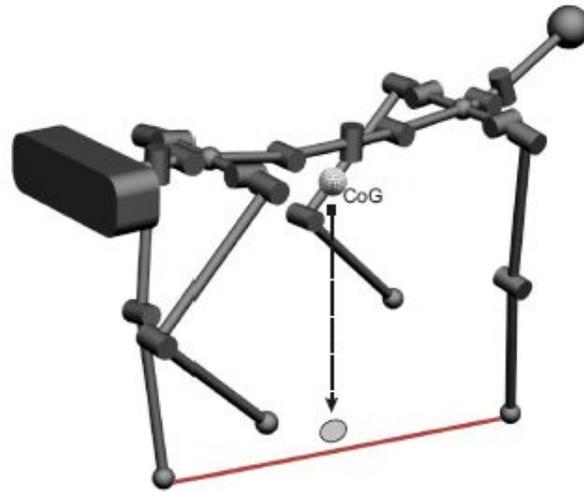
# Stabilità statica/dinamica

Almeno tre gambe in contatto con il terreno sono richieste per avere stabilità statica



## Stabilità statica

- Peso del corpo sostenuto da almeno tre gambe
- Anche in caso di blocco di tutti i giunti, il robot non cade
- Camminata lenta e sicura



## Stabilità dinamica

- Il robot cade se non rimane in continuo movimento
- Meno di tre gambe possono essere in contatto con il terreno
- Camminata veloce, ma più onerosa per gli attuatori

# Camminata NAO – RomeCup 2009

---



<https://www.youtube.com/watch?v=vy25hEiHn98>

# Camminata NAO – RoboCup 2015

---



[https://www.youtube.com/watch?v=Yfitj\\_-6Rxc](https://www.youtube.com/watch?v=Yfitj_-6Rxc)

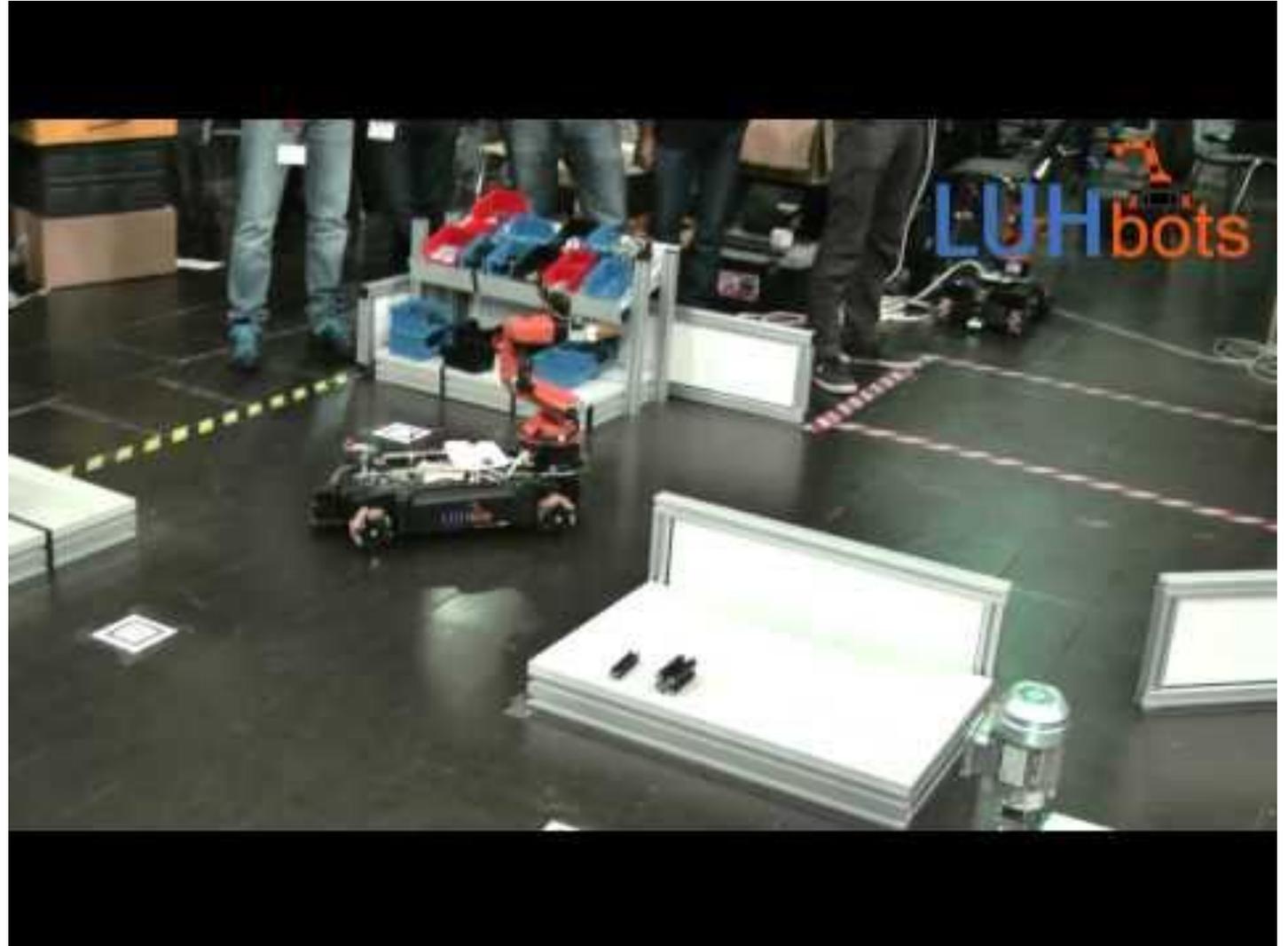
# Robot Mobili con Ruote

---

Per la maggioranza delle applicazioni l'uso delle ruote è la soluzione migliore

- 3 ruote sono sufficienti a garantire stabilità
- Se si usano più di 3 ruote, è necessario un sistema di sospensioni per garantire che tutte le ruote siano in contatto con il terreno
- Il tipo di ruote da usare dipende dall'applicazione

# Esempio Youbot



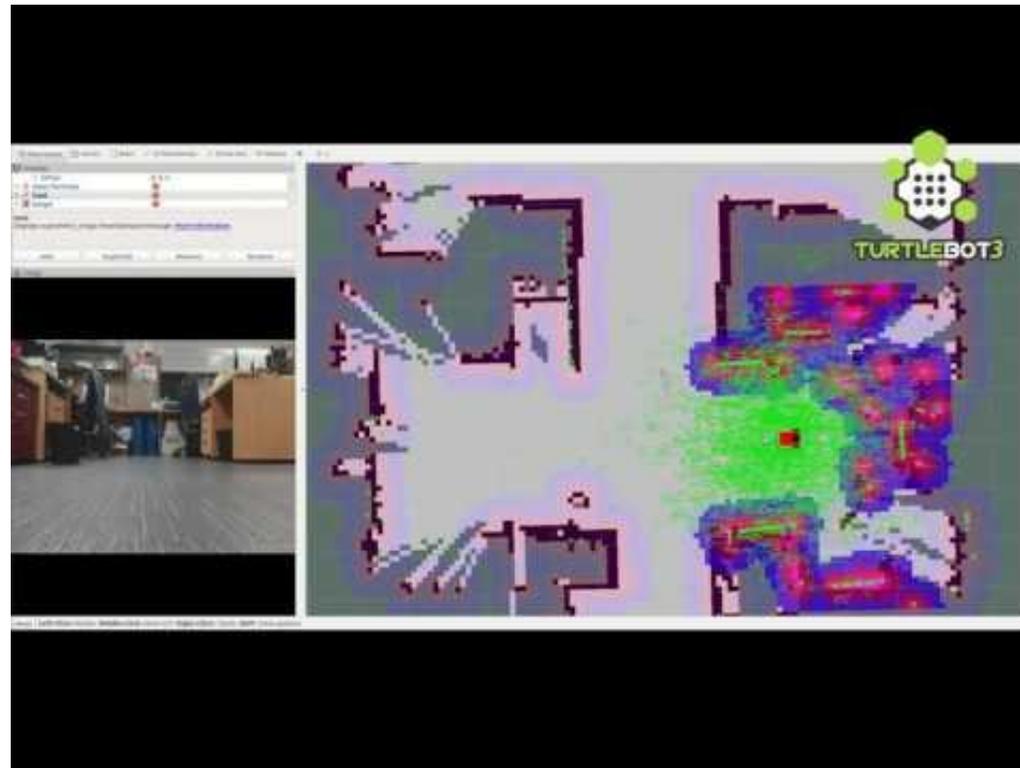
<https://www.youtube.com/watch?v=SfwCXyuxgQs>

# Navigazione

# Navigazione con robot mobili

---

Il compito principale che un robot autonomo mobile deve essere in grado di compiere è quello di saper muoversi nell'ambiente operativo



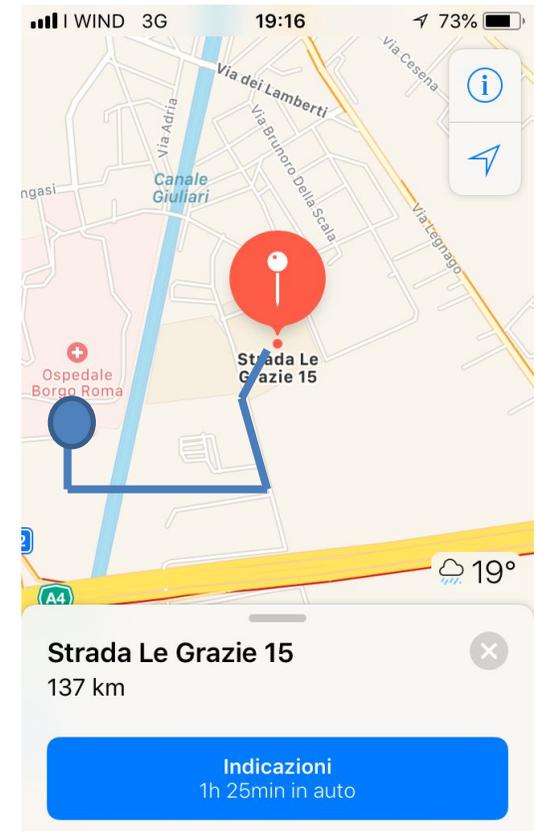
<https://www.youtube.com/watch?v=IOZmFC79S6A>

# Navigazione GPS

Il navigatore, che utilizziamo nella vita di tutti i giorni, ci fornisce tre elementi di base:

1. una **mappa**
2. la nostra **posizione** sulla mappa
3. una **rotta** per la destinazione desiderata

Questi tre elementi sono **necessari** per muoversi con successo nell'ambiente



**Sono sufficienti?**

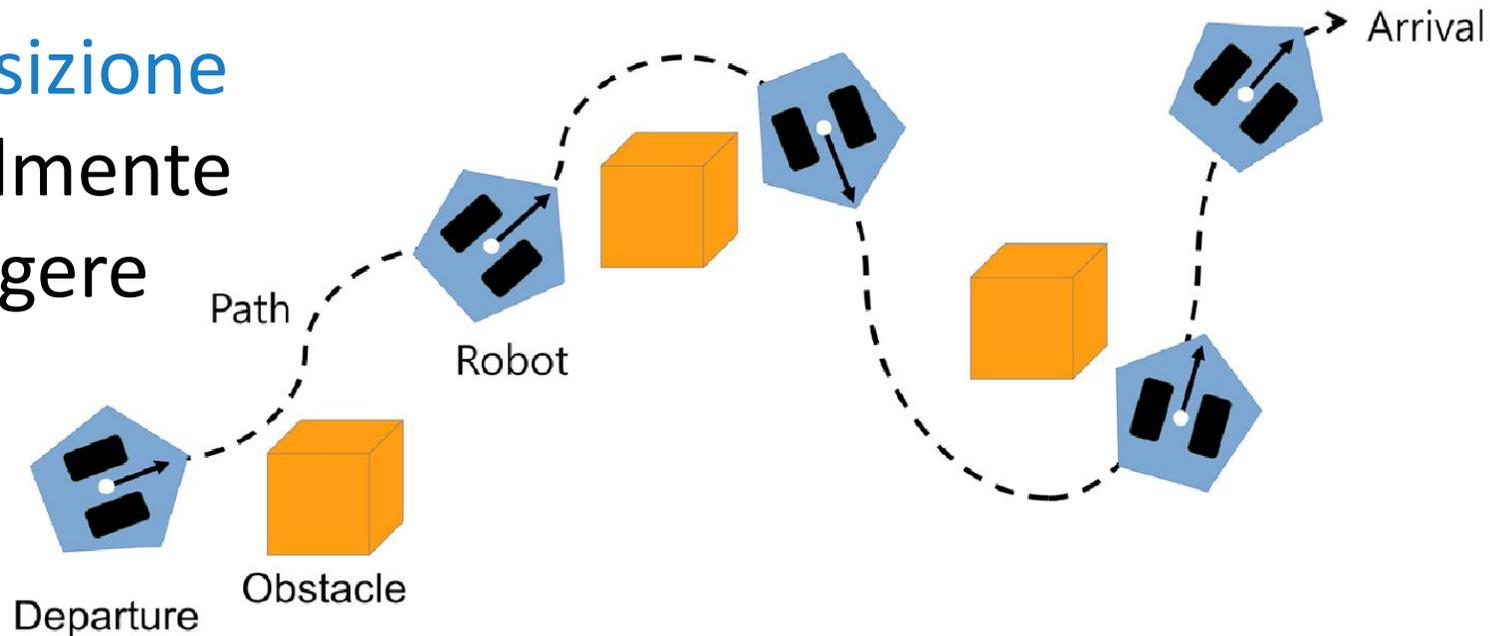
# Navigazione robotica

---

Con il termine **navigazione** indichiamo il movimento del robot verso una destinazione predefinita

Per poter navigare, un robot ha bisogno di:

1. Avere una **mappa** dell'ambiente
2. Conoscere la propria **posizione**
3. Avere una **rotta** (possibilmente ottimizzata) per raggiungere la destinazione
4. **Evitare gli ostacoli presenti sul percorso**



# Ostacoli fissi e mobili

---

In base all'ambiente operativo in cui il robot si trova ad agire, si avranno

- **ostacoli fissi**

muri e scale sono esempi di ostacoli fissi

- **ostacoli mobili**

persone e sedie sono esempi di ostacoli mobili

Robot collaborativi

# Robotica avanzata

---

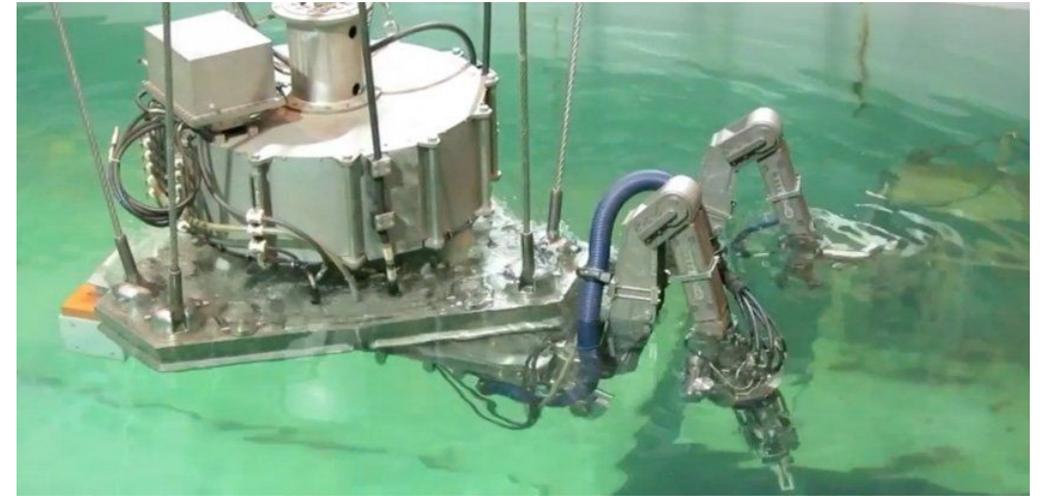
- La robotica avanzata è la scienza che studia robot con spiccate caratteristiche di autonomia che operano in ambienti non strutturati o scarsamente strutturati, le cui caratteristiche geometriche o fisiche non siano completamente note a priori
- Ancora in età giovane: **tecnologia non ancora matura**, prevalentemente prototipi

# Esempi di robotica avanzata

---

## Robot per l'esplorazione

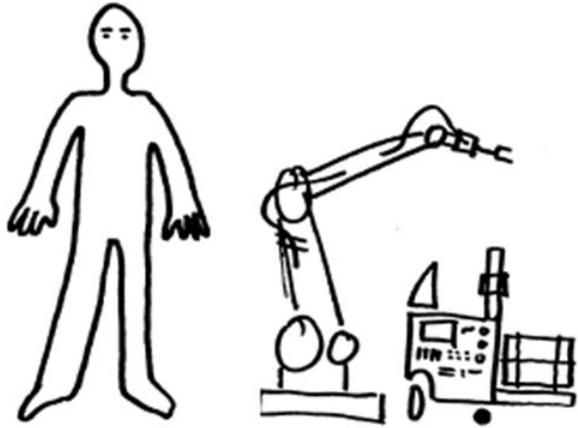
- Necessità di ricorrere ad automi per indisponibilità dell'operatore umano
- Motivi di sicurezza in ambienti ostili



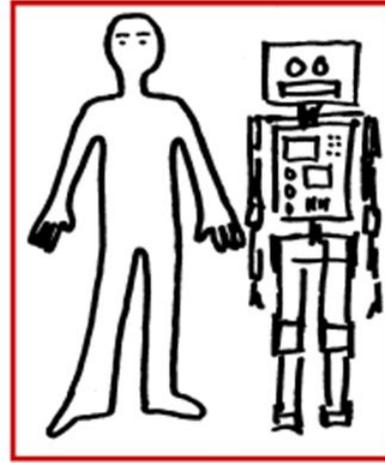
## Robot di servizio

- Prodotti con mercati potenziali di ampie dimensioni che puntano a migliorare la qualità della vita

# Industrial vs Service Robots



*Industrial Robots*



*Service Robots*



*Cyborgs*



Autonomous Mobile Robots  
Roland Siegwart, Margarita Chli, Martin Rufli

# Robot Sociali

---



I robot sociali possono adoperare molteplici canali di percezione



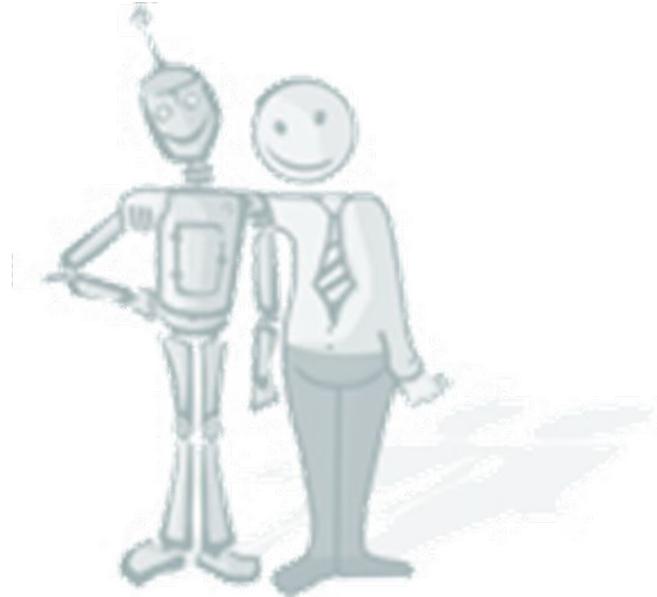
interazione multi-modale

# Approccio sociale

## Idea

Consentire ad un robot di imparare dagli umani nello stesso modo in cui una persona può imparare da un'altra.

Il robot usa l'interazione con gli umani per superare le proprie difficoltà e i propri limiti



# Richiesta di aiuto a svolgere un compito

---

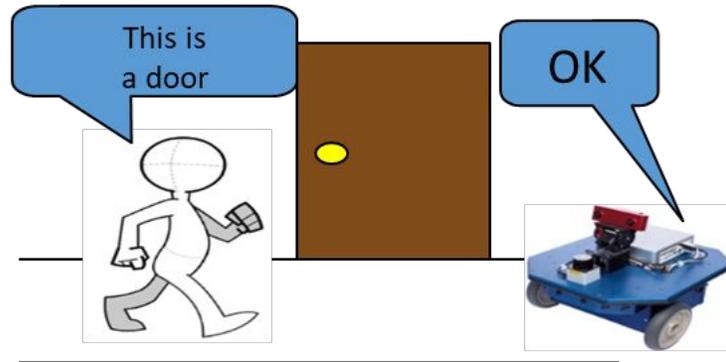


[https://www.youtube.com/watch?v=a41rTVVdj\\_k](https://www.youtube.com/watch?v=a41rTVVdj_k)

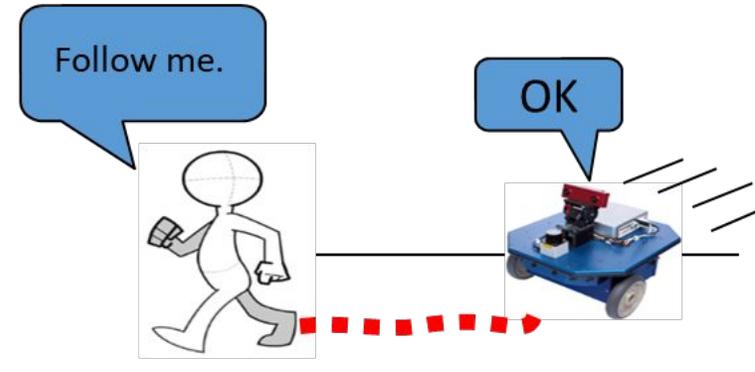
# Human-in-the-loop

---

Labeling



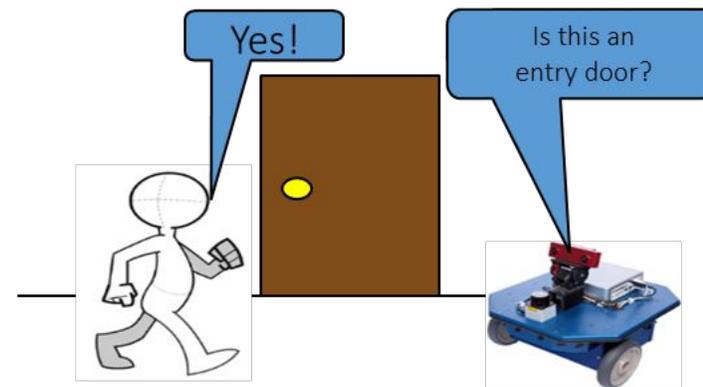
Instructing



Re-planning



Disambiguating



# Industria 4.0

**Dama** DIGITAL ARTS &  
MANUFACTURING  
ACADEMY

## LA RIVOLUZIONE DELL'INDUSTRY 4.0



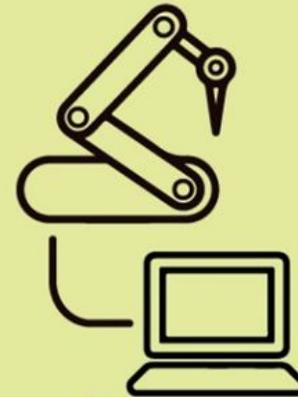
1700

**1a Riv. Industriale**  
Produzione  
meccanica  
basata sul vapore



1900

**2a Riv. Industriale**  
Produzione di massa  
basata su elettricità e  
catena di montaggio



1970-2000

**3a Riv. Industriale**  
Computer e  
automazione  
della produzione



Oggi

**4a Riv. Industriale**  
Sistemi di  
produzione  
Ciberfisici

# Corso di *STATISTICA, INFORMATICA, ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI*

*Modulo di Sistemi di Elaborazione delle Informazioni*



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA BASILICATA**

# Sistemi Ciberfisici



Docente:  
**Domenico Daniele Bloisi**

