



# Algoritmi e Robotica

Egidio Falotico

The BioRobotics Institute, Scuola Superiore Sant'Anna,  
Pisa, Italy

IL PENSIERO COMPUTAZIONALE

Percorso Formativo per i Docenti della Scuola Secondaria di Secondo Grado – Università di Pisa



**PARLIAMO DI ROBOTICA**

SCOPRI L'EDIZIONE 2021

Il pensiero computazionale, Pisa – 18 Novembre 2021

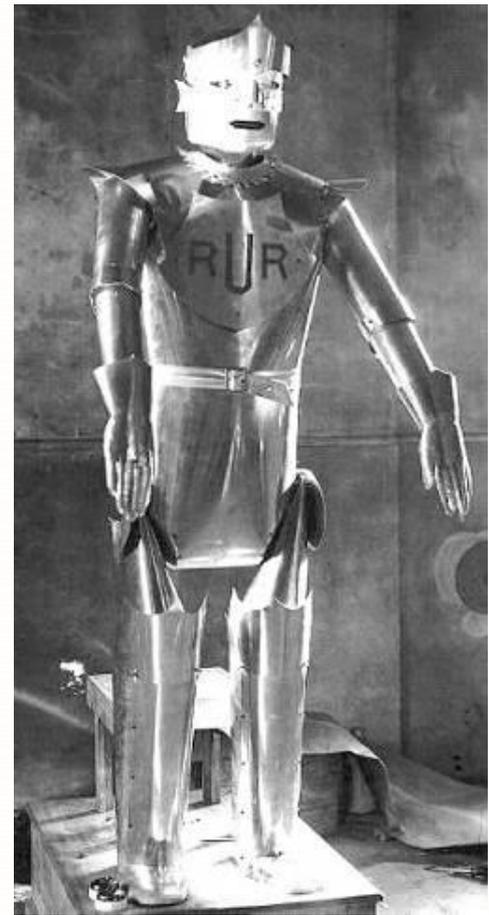


# Etimologia del termine “robot”

Il termine **robot** fu usato per la prima volta dallo scrittore ceco **Karel Čapek**, nel 1920 nel suo romanzo *R.U.R.* (*Rossum's Universal Robots*). Deriva dal termine ceco **robota**, che significa "lavoro pesante" o "lavoro forzato".

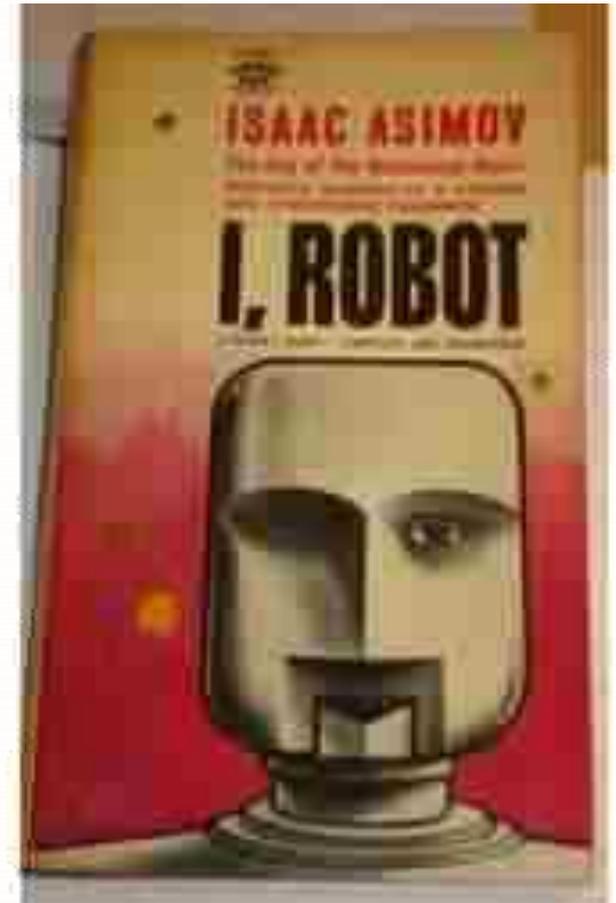
In realtà il vero inventore della parola *robot* fu il fratello di Karl Čapek, Josef, anche lui scrittore e pittore cubista, il quale utilizzò la parola “**automat**”, (automa), in un suo racconto del 1917, *Opilec* (“L'ubriacone”).

Il termine greco *autòmaton* significa “che si muove da sé”.

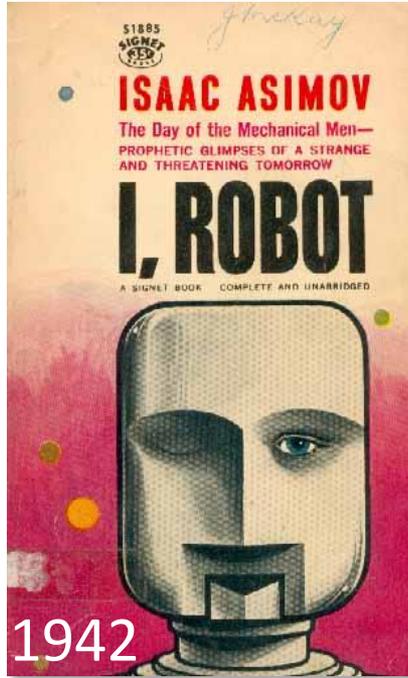


# Etimologia del termine “robotica”

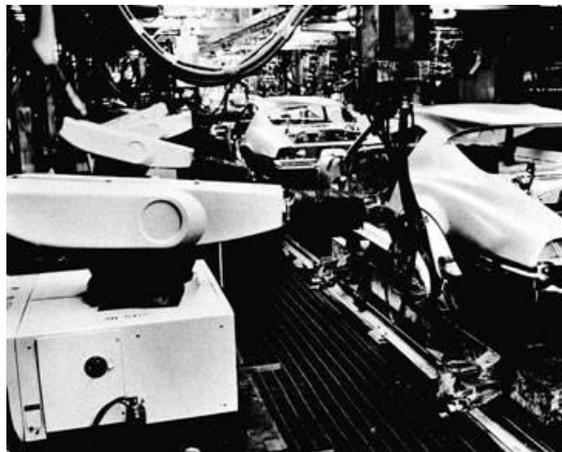
- Il termine **robotica** venne usato per la prima volta (su carta stampata) nel racconto di **Isaac Asimov** intitolato *Circolo vizioso* (*Runaround*, 1942), presente nella sua famosa raccolta *Io, Robot*.
- In esso, egli citava le **tre leggi della robotica**.



# Le origini della robotica moderna



# Le origini della robotica moderna



UNIMATE, il primo robot industriale (brevettato nel 1954)

*Nel 1960 il primo robot industriale fu installato presso un impianto produttivo General Motors in New Jersey (USA)*

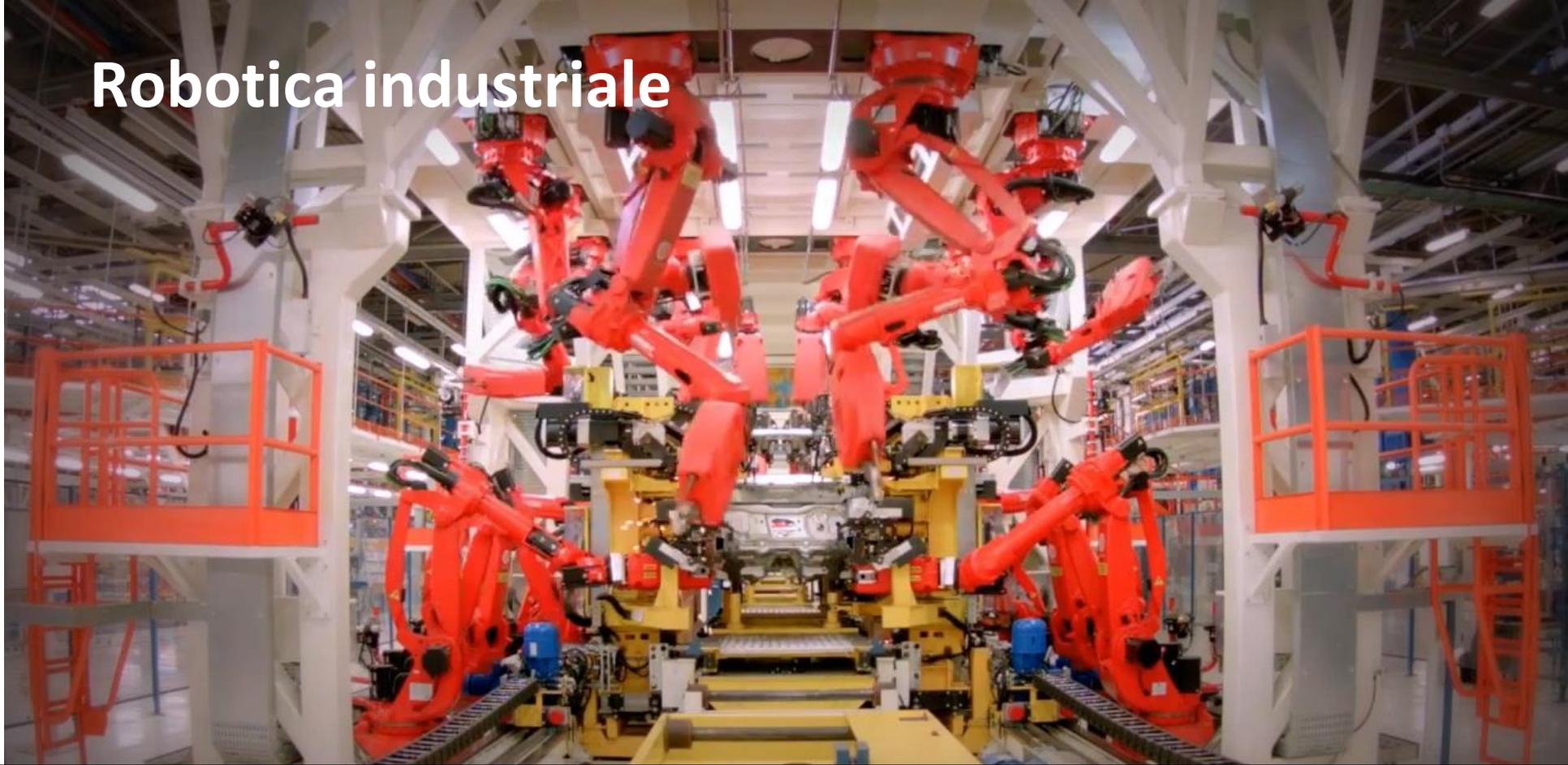
PUMA, il robot più usato nei laboratori di ricerca per sviluppare le teorie e le tecniche per il controllo di robot



**Che cos'è un robot?**



# Robotica industriale

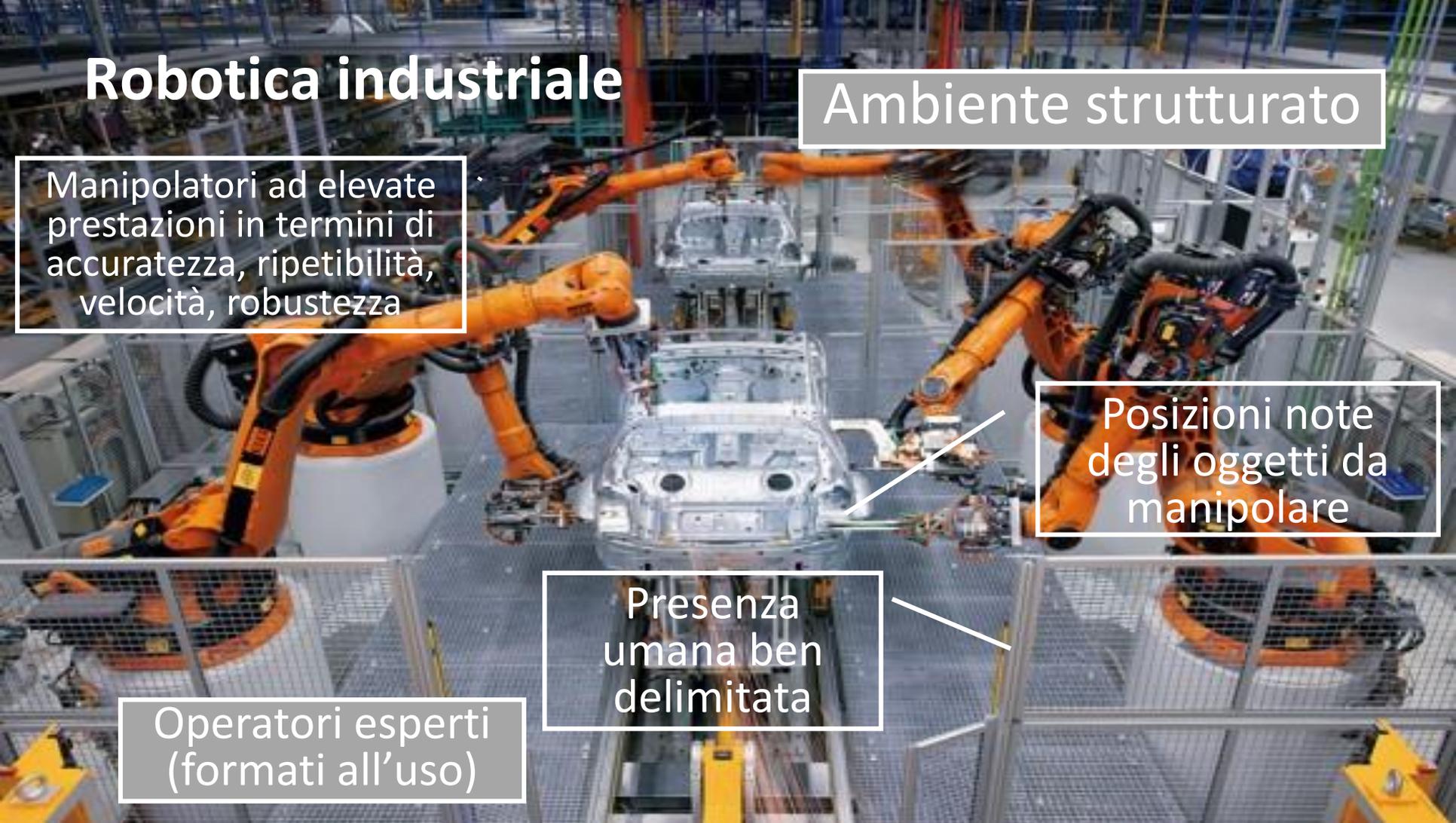


More than **1 million operational industrial robots in the world**, with a growth rate of 6% per year (Source: IFR)

**Reliability:** minimal requested values of industrial robots:

Mean Time Before Failure = 40,000 hrs, Efficiency  $\eta > 99.99875\%$  (Source: COMAU)

# Robotica industriale

The image shows a factory floor with several orange industrial robotic arms. They are positioned around a silver car chassis that is being assembled. The robots are working in a structured environment with metal frames and safety railings. The scene is well-lit, and the overall atmosphere is one of a modern, automated manufacturing process.

Ambiente strutturato

Manipolatori ad elevate prestazioni in termini di accuratezza, ripetibilità, velocità, robustezza

Posizioni note degli oggetti da manipolare

Presenza umana ben delimitata

Operatori esperti (formati all'uso)

# Robotica di servizio



Around 5 millions service robots are sold annually  
Service robots are one of the fastest growing markets (~14%pa)  
Professional service robots account for 80% of sales value



# Robotica di servizio



Ambiente non strutturato

Condivisione dello spazio di lavoro tra persone e robot

Capacità percettive

Comportamento reattivo



# Definizione di robot

Che cos'è un robot?



# Definizione di robot

Un robot è un agente  
fisico?



# Definizione di robot

Un robot può  
svolgere azioni?



# Definizione di robot

Un robot può  
sentire?



# Definizione di robot

Un robot è  
autonomo?



# Definizione di robot

Un robot è  
intelligente?



# Definizione di robot

Un *robot* è un sistema autonomo,  
che esiste nel mondo fisico,  
può sentire l'ambiente in cui si trova  
e può agire su di esso per  
raggiungere degli obiettivi



# Un robot è un sistema AUTONOMO

## Autonomo

- Un robot *autonomo* agisce sulla base delle proprie decisioni e non è controllato da un essere umano

## Non autonomo

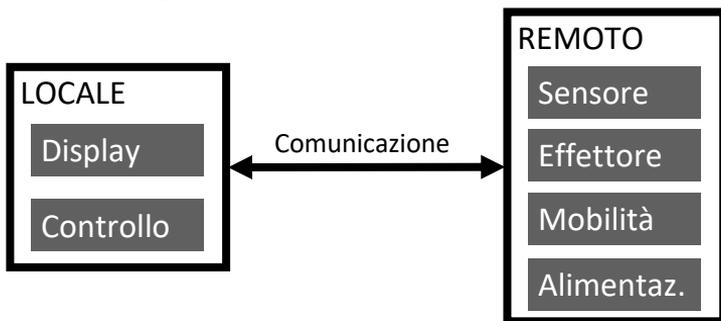
- Un robot non-autonomo viene comandato passo-passo da un operatore umano (tele-operazione)

## Semi-autonomo

- Il controllo è condiviso tra il robot e la persona; possono esistere vari livelli di semi-autonomia



# ≠ da teleoperazione

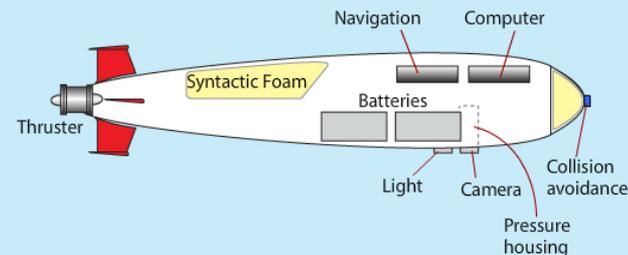


Robonaut

## AUV Autonomous Underwater Vehicle

- Has:*
- Thrusters
  - Batteries
  - Navigation
  - Onboard computer
  - Pressure housing

- Does not have:*
- Tether
  - Manipulator arm
  - Sample basket
  - Personnel sphere



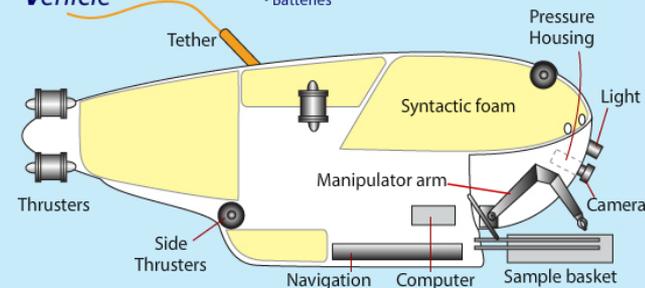
VS.

## ROV Remotely Operated Vehicle

- Has:*
- Thrusters
  - Navigation
  - Sample basket

- Does not have:*
- Personnel sphere
  - Batteries

- Tether
- Manipulator arm
- Onboard computer
- Cameras



# Un robot è un sistema autonomo che esiste nel MONDO FISICO

- Soggetto alle leggi della fisica

**≠ dalle simulazioni**

Il mondo fisico, le leggi della fisica e le interazioni sono simulate e in qualche modo approssimate



# Un robot è un agente autonomo che esiste nel mondo fisico, può SENTIRE l'ambiente in cui si trova

- Il robot ha *sensori*, mezzi per sentire (es. udito, tatto, vista, olfatto, ecc.) in modo da ottenere informazioni sul mondo circostante.



**Un robot è un agente autonomo che esiste nel mondo fisico, può sentire l'ambiente in cui si trova e può AGIRE su di esso**

- Il robot ha *effettori* e *attuatori*, per eseguire azioni in risposta all'input sensoriale e per raggiungere l'obiettivo desiderato



**Un robot è un agente autonomo che esiste nel mondo fisico, può sentire l'ambiente in cui si trova e può agire su di esso per raggiungere degli OBIETTIVI**

- “Intelligenza” del robot

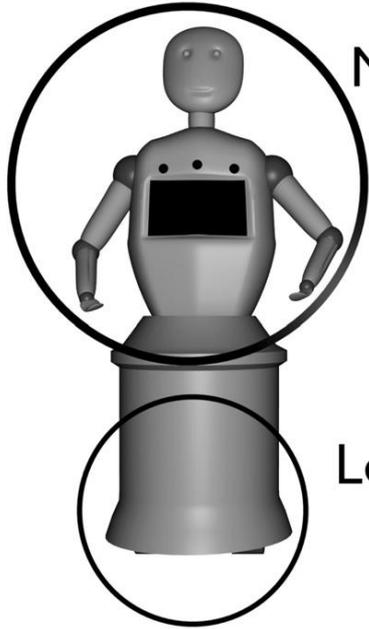


**Cosa c'è in un robot?**

**Componenti di un robot**



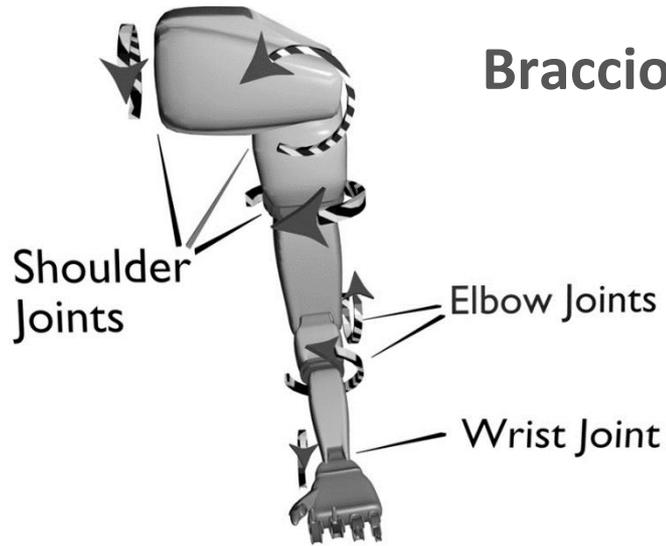
# Effettori



Manipulation

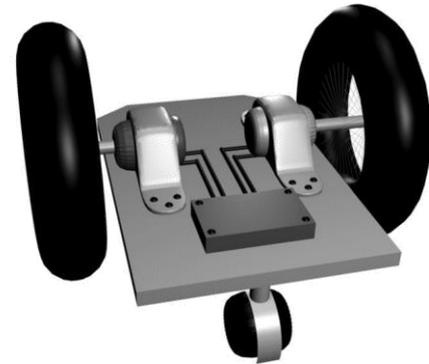
Locomotion

# Braccio robotico



Catena di **link** rigidi, collegati da **giunti**, che ne permettono il movimento relativo

**Ruote**, tipicamente 2, per permettere sia l'avanzamento che la sterzata

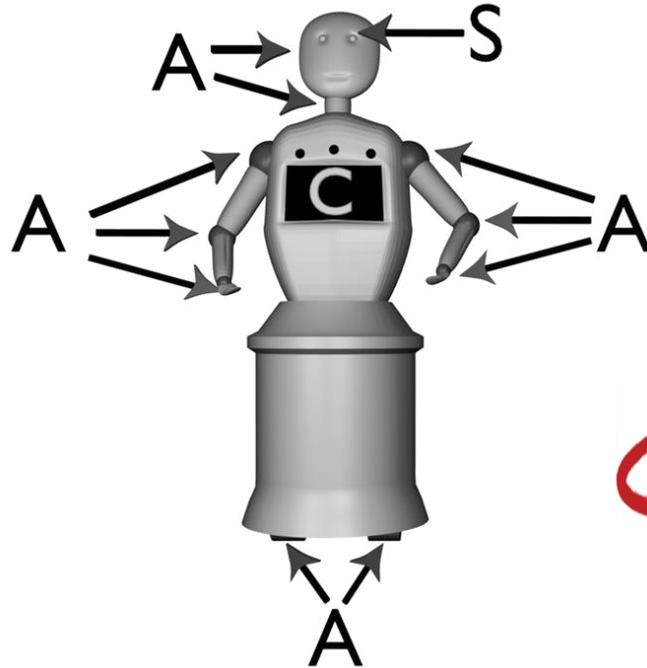


Robot mobile



# Cosa c'è in un robot?

## Componenti di un robot



Legenda

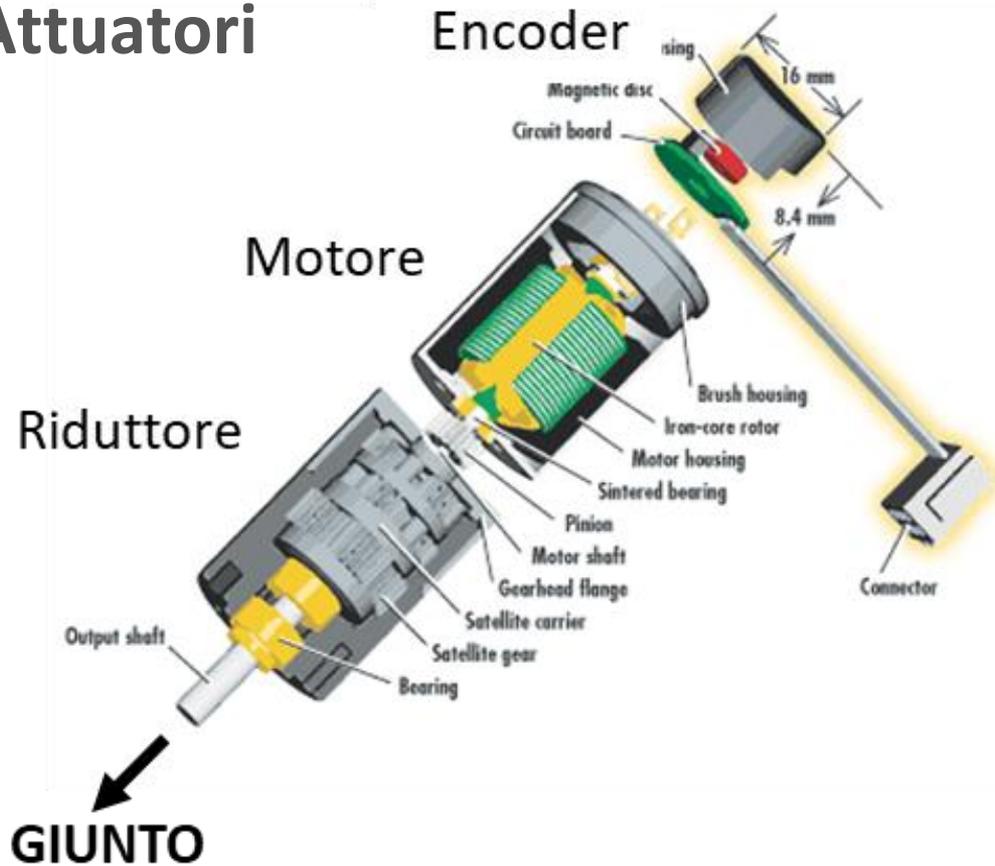
Attuatori

Controllore

Sensori



# Attuatori



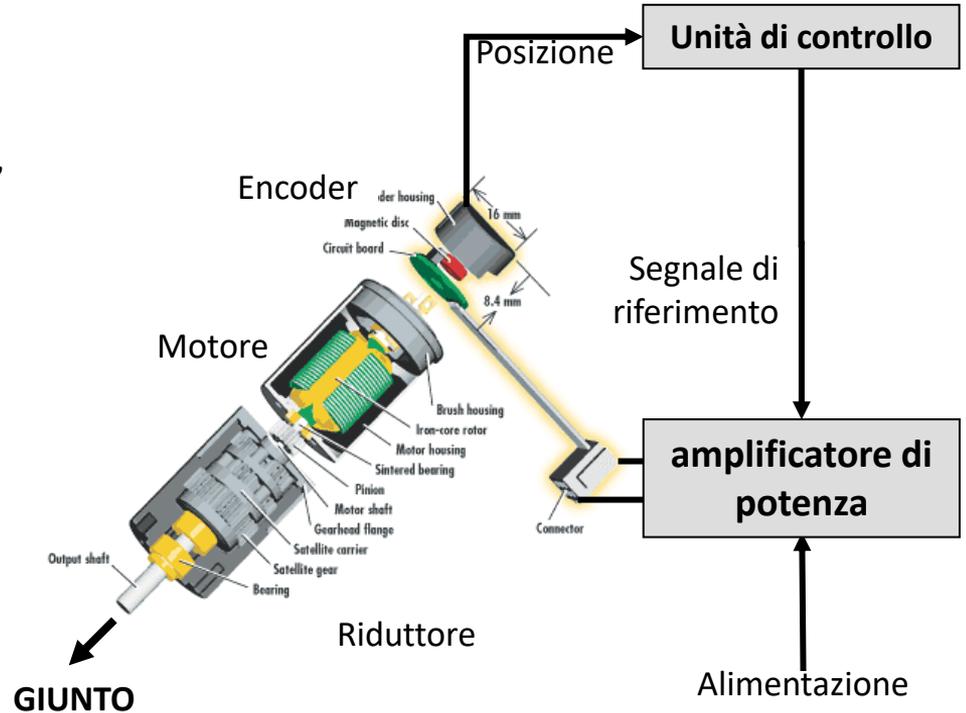
- Gli attuatori permettono al robot di **agire** sull'ambiente esterno, convertendo energia da una forma ad un'altra, in modo che questa agisca nell'ambiente.
- I motori, ad esempio, trasformano l'energia elettrica con cui sono alimentati in un'energia meccanica che determina il movimento del robot.



# Sistema di controllo

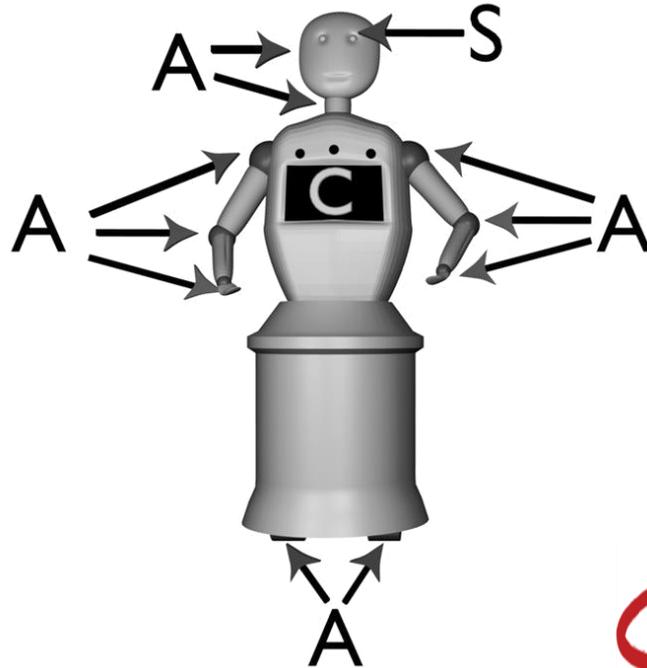
Un sistema di controllo fornisce un comando in tensione o in corrente agli attuatori (motori) in modo da far assumere una configurazione desiderata

- **Encoder:** sensore che misura la rotazione dei giunti in valore relativo o assoluto. La misurazione avviene in “*tacche di encoder*”
- **Riduttore:** meccanismo che riduce i giri dell’asse montato sul giunto rispetto ai giri del motore (es. riduzione 1:N)
- **Amplificatore di potenza:** amplifica un segnale di riferimento in un segnale di potenza per muovere il motore
- **Unità di controllo:** unità che produce un segnale di riferimento per il motore



# Cosa c'è in un robot?

## Componenti di un robot



Legenda

Attuatori

Controllore

Sensori



# Sensore – definizione generale

I sensori sono dei dispositivi sensibili ad una determinata grandezza fisica ed in grado di trasformarla in un segnale misurabile (tipicamente elettrico).

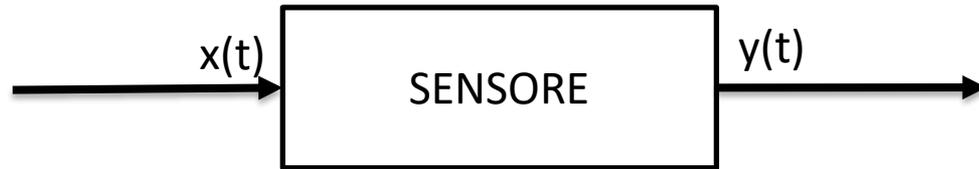


# Quali sensori usiamo nella vita quotidiana?



# Sensore – definizione generale

I sensori sono dei dispositivi sensibili ad una determinata grandezza fisica ed in grado di trasformarla in un segnale misurabile (tipicamente elettrico).



Il sensore è caratterizzato dalla sua **funzione di trasferimento**, ovvero dalla relazione che unisce il segnale d'ingresso  $x(t)$  con il segnale d'uscita  $y(t)$ :

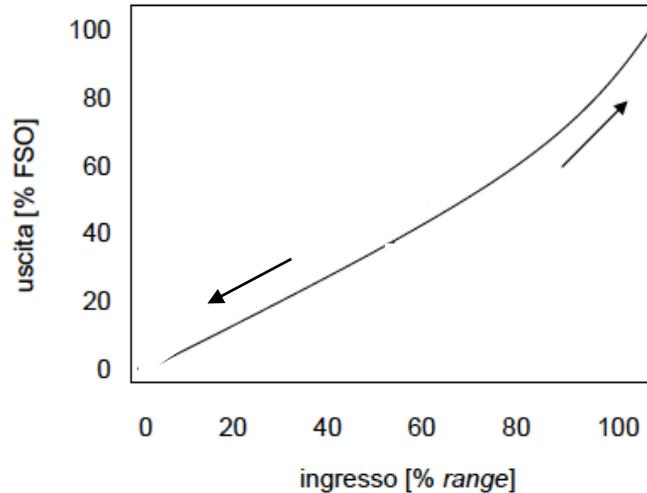
$$y(t) = f ( x(t) )$$



# Procedura di calibrazione di un sensore

L'operazione di calibrazione (o taratura) di un sensore consiste nella lettura della grandezza di uscita per valori noti della grandezza in ingresso al sensore stesso.

Sono forniti in ingresso prima valori crescenti e poi decrescenti.



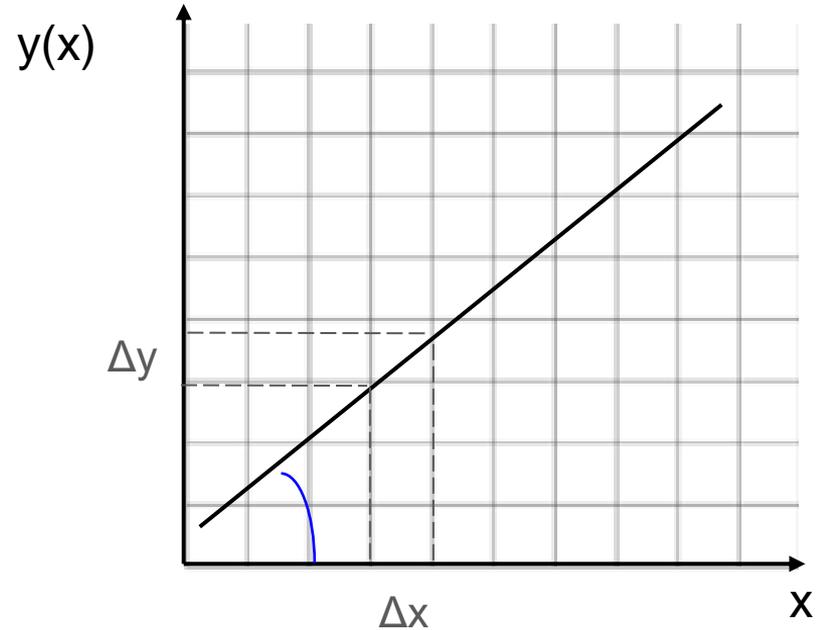
$$y(t) = f ( x(t) )$$



# Parametri fondamentali di un sensore

## 1. Sensibilità

Rapporto tra la variazione del segnale in uscita e la corrispondente variazione della grandezza in ingresso.

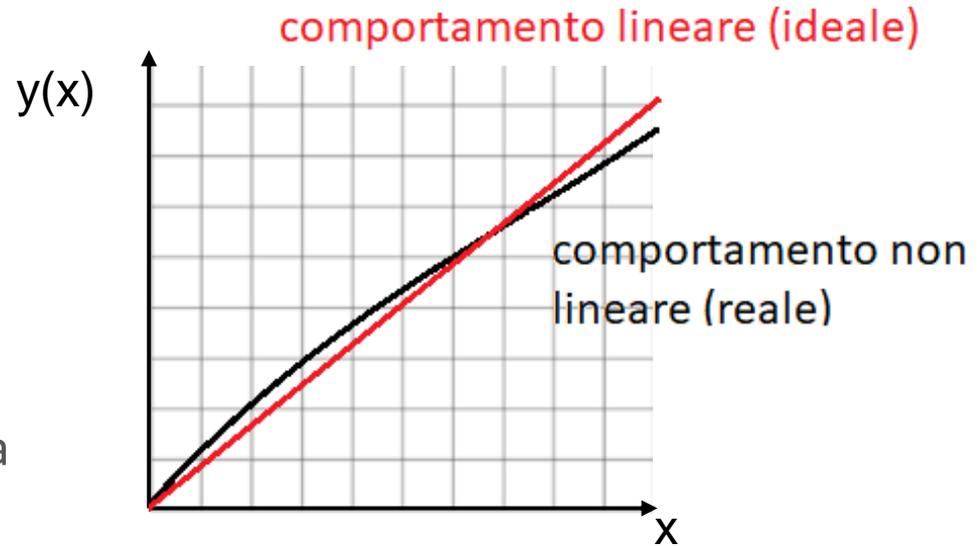


# Parametri fondamentali di un sensore

## 2. Linearità

E' un'indicazione di quanto la funzione di trasferimento si discosta dall'andamento rettilineo.

E' specificata fornendo il valore massimo dello scostamento dei singoli punti della curva di taratura da una retta di riferimento opportunamente definita

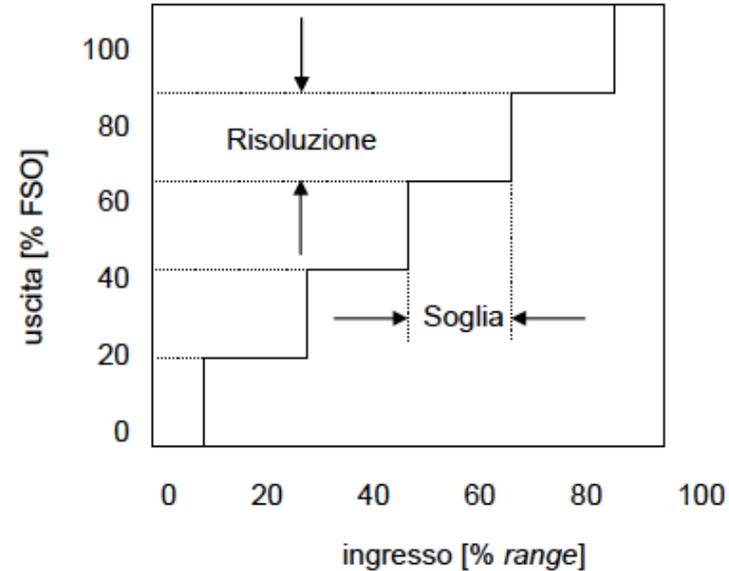


# Parametri fondamentali di un sensore

## 3. Risoluzione

Rappresenta l'ampiezza del passo delle uscite (distanza fra due uscite consecutive) al variare dell'ingresso in tutto il suo range.

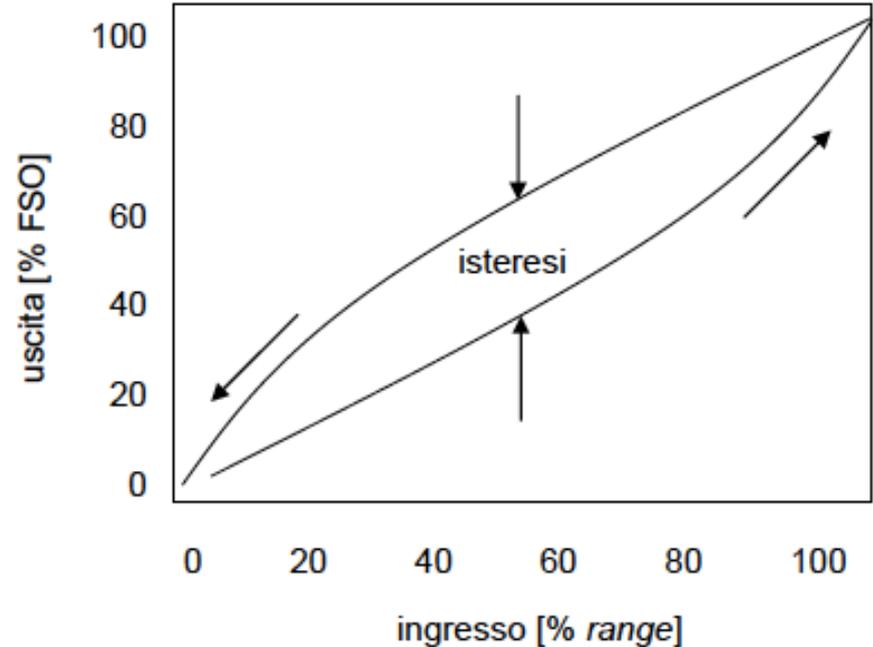
Si può definire anche come la minima variazione di input che da luogo ad una variazione apprezzabile di output.



# Parametri fondamentali di un sensore

## 4. Isteresi

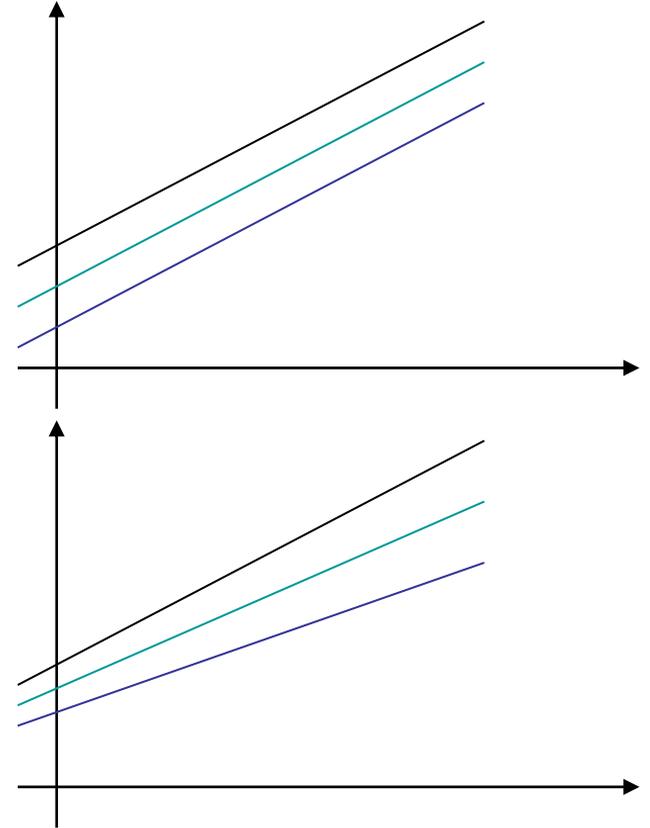
Rappresenta la massima differenza tra i valori di uscita corrispondente ad uno stesso ingresso, ottenuto prima per valori crescenti e poi decrescenti



# Parametri fondamentali di un sensore

## 5. Drift

È definito come la variazione del segnale di uscita del sensore su lunghi periodi di tempo quando all'ingresso viene applicato un segnale costante.



# Parametri fondamentali di un sensore

## 6. Accuratezza

L'accuratezza di un sensore è il massimo scostamento tra la misura (o “lettura”) fornita dal sensore e il “valore vero” del misurando.

$$\text{Accuratezza in \% del fondo scala} \quad \epsilon_f = 100 \cdot \frac{X_m - X_v}{X_{FS}}$$

- $X_v$  = valore vero del misurando
- $X_m$  = valore misurato (nel caso peggiore)
- $X_{FS}$  = valore di fondo scala

$$\text{Accuratezza in \% della misura} \quad \epsilon_a = 100 \cdot \frac{X_m - X_v}{X_v}$$

$$\text{Accuratezza assoluta} \quad \epsilon(X_v) = |X_m - X_v|$$



# Parametri fondamentali di un sensore

## 7. Ripetibilità

La precisione o ripetibilità di un sensore esprime la riproducibilità di una misura, ossia esprime l'attitudine del sensore a fornire valori della grandezza in uscita poco diversi tra loro, a parità di segnale in ingresso (= stesso valore vero) e nelle stesse condizioni di lavoro.



# Parametri fondamentali di un sensore

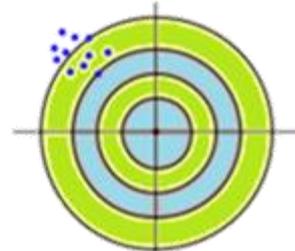
## Accuratezza e ripetibilità

A



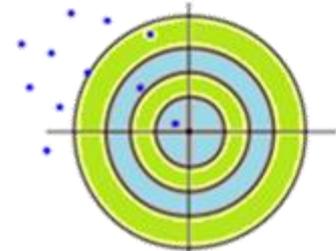
Misura ripetibile e accurata

B



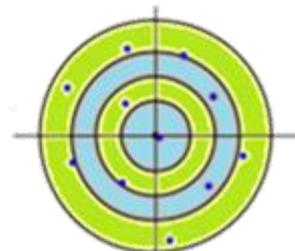
Misura ripetibile e non accurata

C



Misura non ripetibile e non accurata

D



Misura non ripetibile e accurata



# Sensori

- esterocezione

Misura di variabili che caratterizzano l'ambiente esterno

- Es:

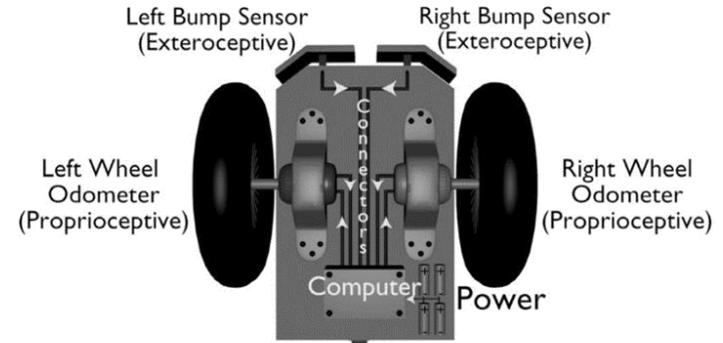
Physical Property	→	Sensing Technology
Contact	→	bump, switch
Distance	→	ultrasound, radar, infra red
Light level	→	photocells, cameras
Sound level	→	microphones
Strain	→	strain gauges
Rotation	→	encoders and potentiometers
Acceleration	→	accelerometers and gyroscopes
Magnetism	→	compasses
Smell	→	chemical sensors
Temperature	→	thermal, infra red
Inclination	→	inclinometers, gyroscopes
Pressure	→	pressure gauges
Altitude	→	altimeters

- propriocezione

Misura di variabili interne al sistema, che vengono usate per controllare il robot

- Es:

- Posizione dei giunti
- Livello della batteria

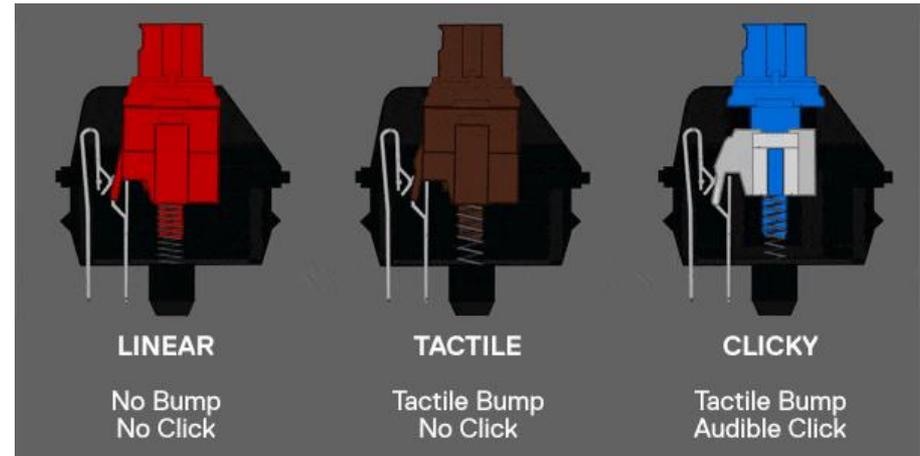
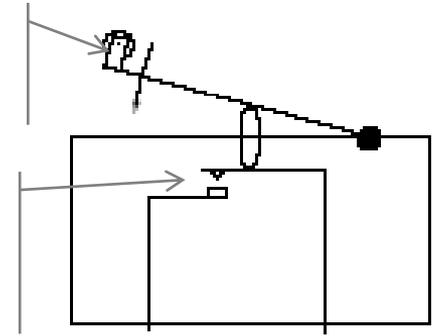


# Interruttori meccanici

- I più semplici sensori di contatto
- Forniscono un'uscita binaria:  
contatto / non contatto
- Applicazioni in robotica:
  - Paraurti su robot mobili
  - Sensori di fine corsa sui giunti

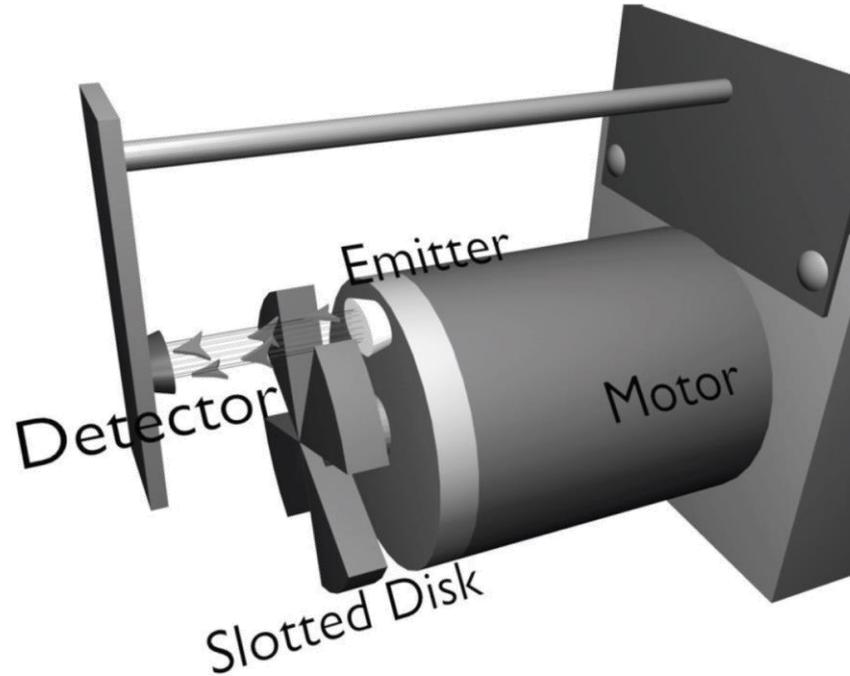
LEVA CHE VIENE  
PREMUTA IN CASO  
DI CONTATTO

IL CONTATTO CHIUDE  
MECCANICAMENTE UN  
CIRCUITO ELETTRICO



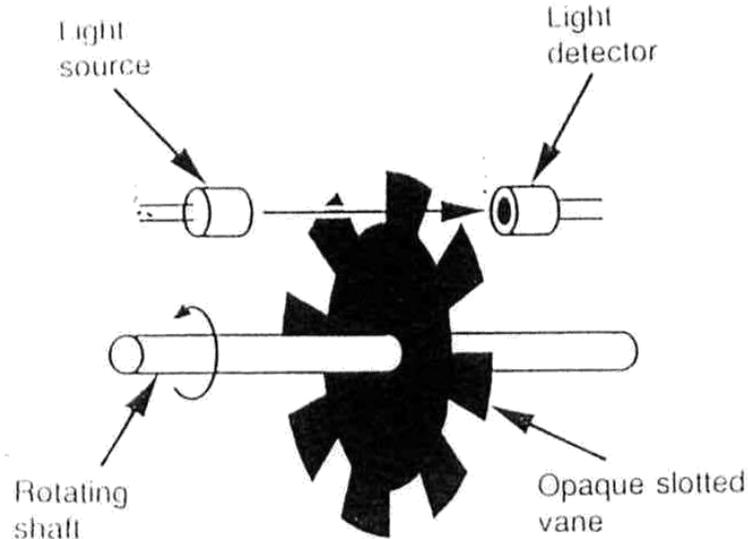
# Encoder ottici

- Misura della rotazione angolare di un asse



# Encoder ottici

La **rotazione** viene misurata contando gli **impulsi**, conoscendo il numero delle **tacche**



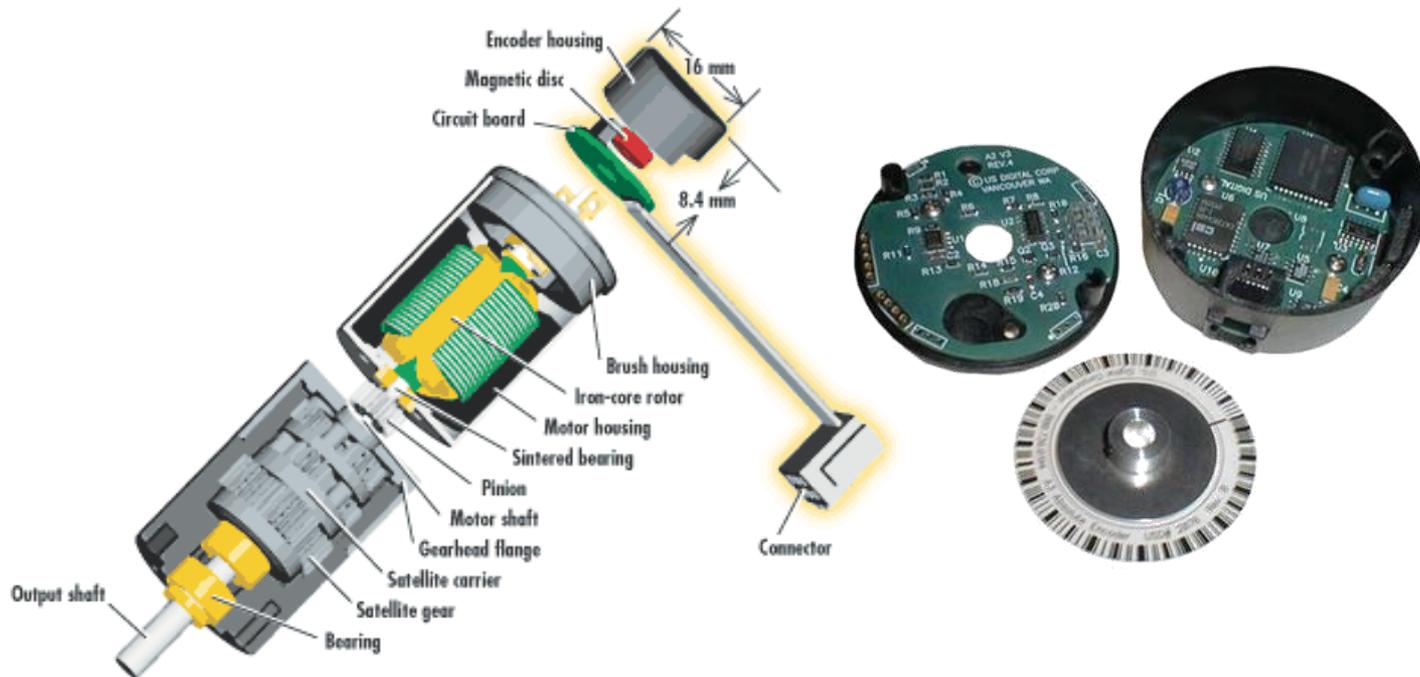
$$q = \frac{\theta \times 360^\circ}{R \times k}$$

- q: posizione angolare del giunto (in gradi)
- $\theta$ : posizione del giunto in tacche di encoder
- k: rapporto di riduzione del motore
- R: risoluzione dell'encoder  
(numero di tacche per giro)

La **frequenza** del treno di impulsi è proporzionale **velocità angolare**



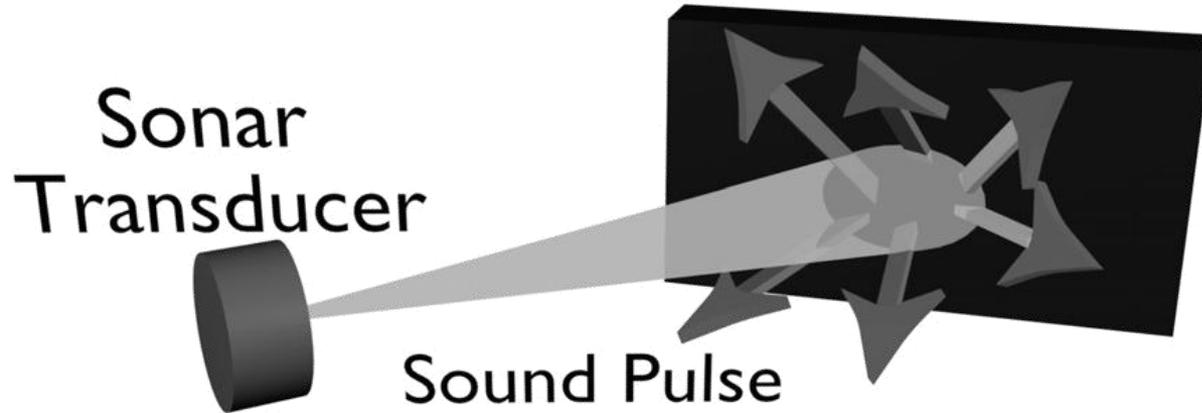
# Encoder ottici in un motore elettrico



# Sensori a ultrasuoni

Misura della **distanza** (o range\*)

Basata sul **tempo di volo**



\*r = range è la distanza tra il sensore e l'oggetto

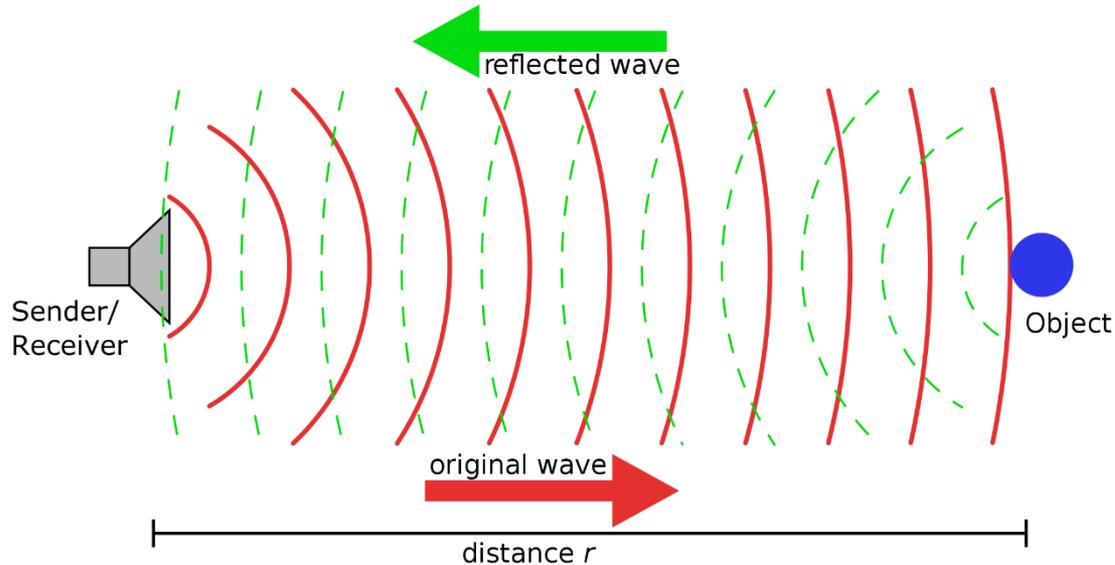


# Misura della distanza basata sul tempo di volo

$$r = \frac{t_e v}{2}$$

$v$ : velocità media del segnale emesso

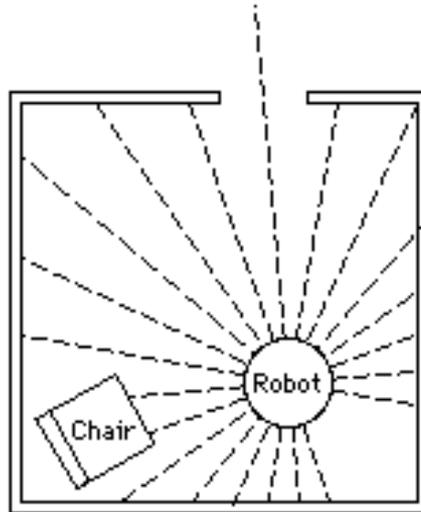
$t_e$ : tempo tra l'emissione del segnale e la sua ricezione.



\*r = range è la distanza tra il sensore e l'oggetto



# Esempio di applicazione di sensori a ultrasuoni su un robot mobile

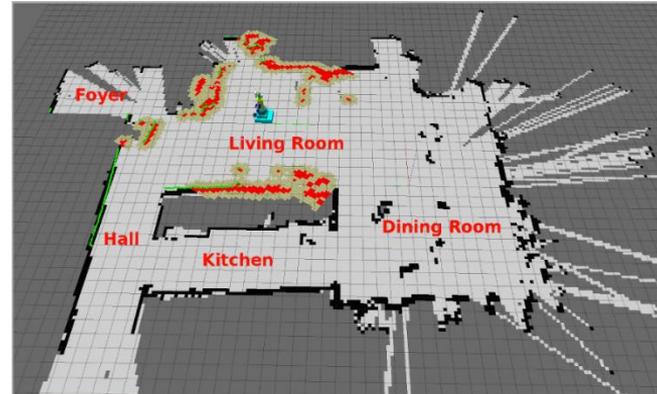
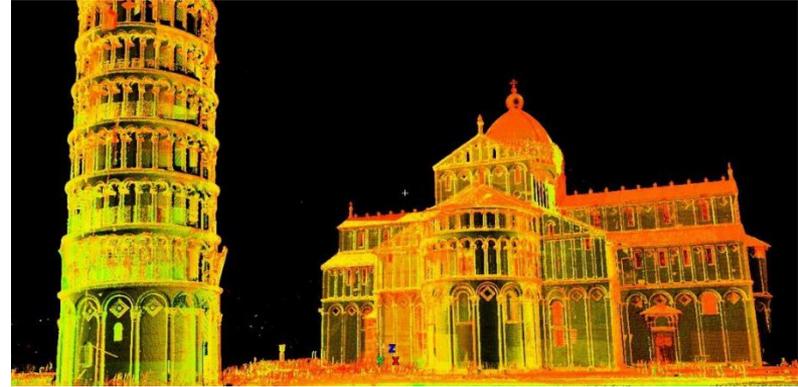


# Sensori laser

Laser scanner



Sensori a ultrasuoni

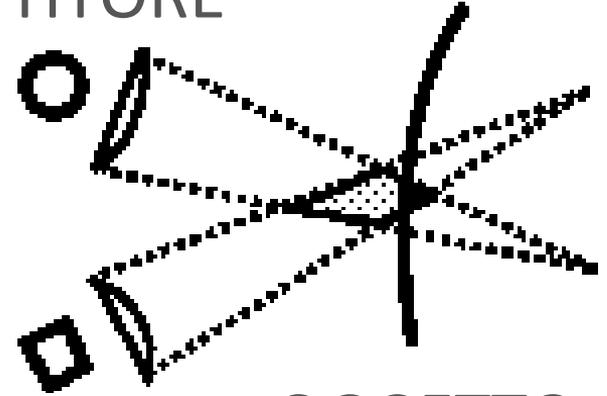


# Sensori di prossimità

- Rilevano la presenza di un oggetto in un intorno spaziale
- Es. Sensori a infrarossi (IF)
  - emettono un segnale infrarosso e leggono la sua riflessione, data dalla presenza di un oggetto



EMETTITORE



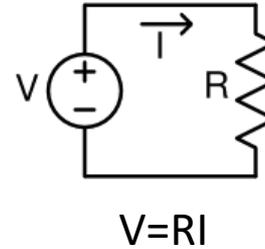
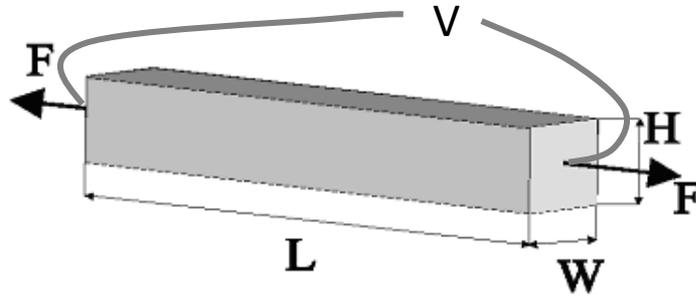
RILEVATORE

OGGETTO  
RILEVATO



# Effetto piezoresistivo

Tutti i materiali cambiano la propria resistenza elettrica con la **deformazione**



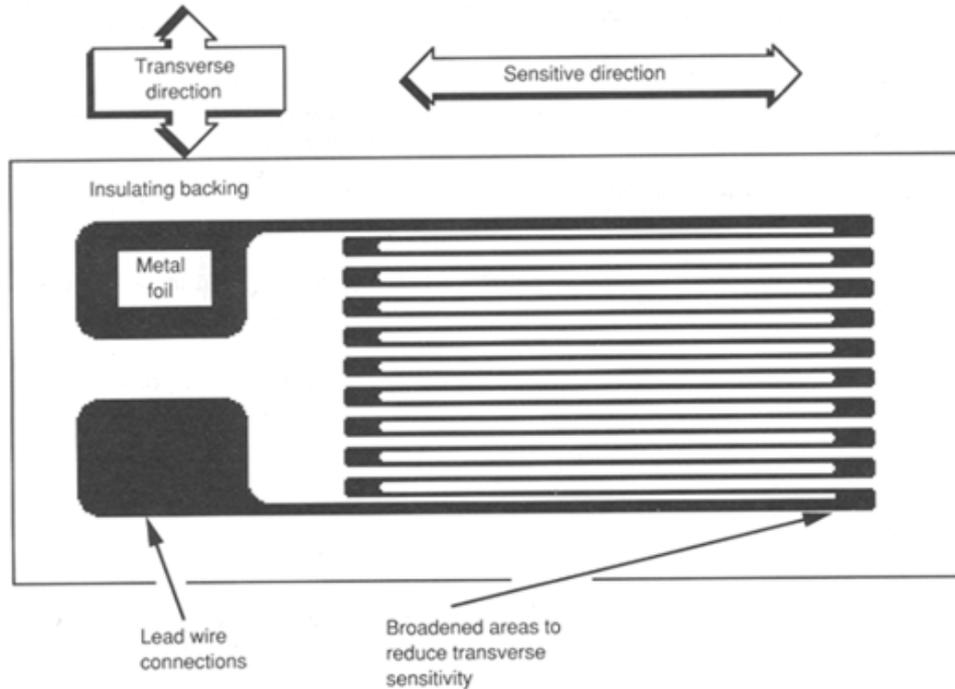
$$R = \rho \frac{L}{WH}$$

R: resistenza

$\rho$ : resistività del materiale



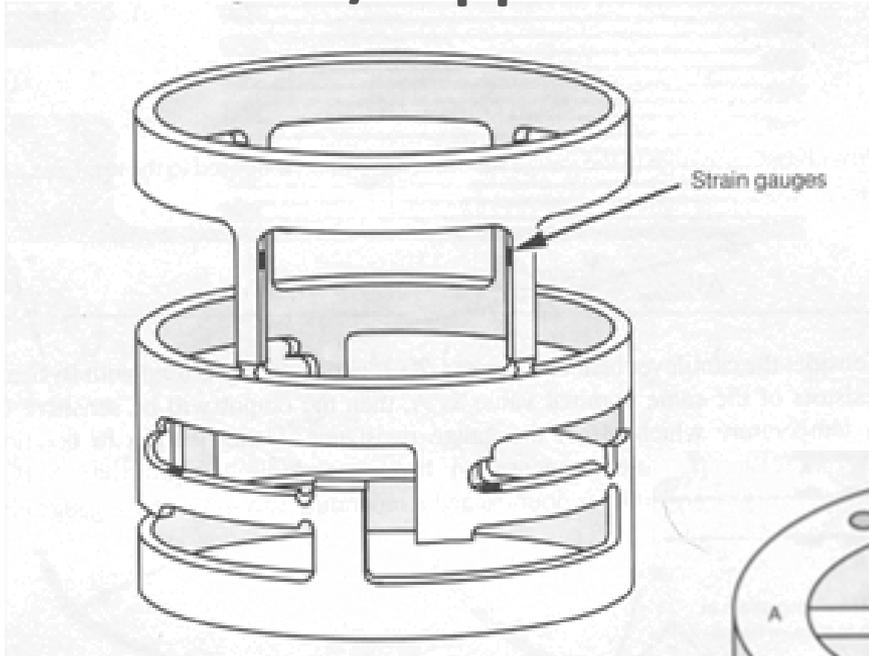
# Strain gauge



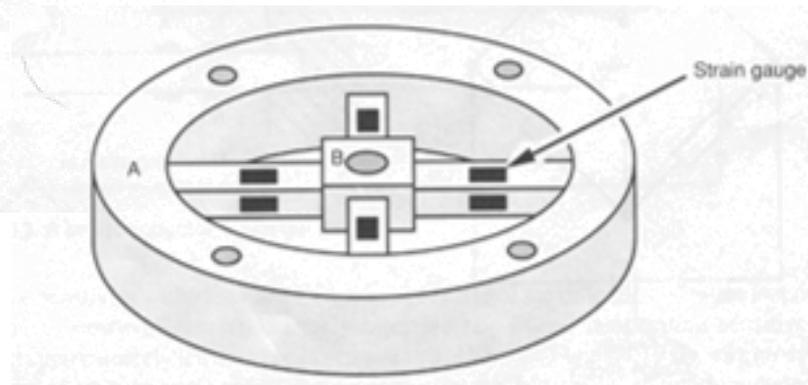
La forma del sensore amplifica la sensibilità in una direzione



# Sensori di forza/coppia a 3 assi



- La struttura meccanica ha direzioni preferenziali di deformazione, lungo i 3 assi
- Strain gauges sono posizionati conseguentemente



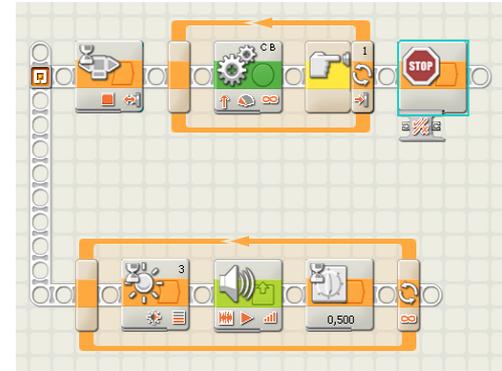
# Lego Mindstorms

Morfologia  
configurabile

Motori

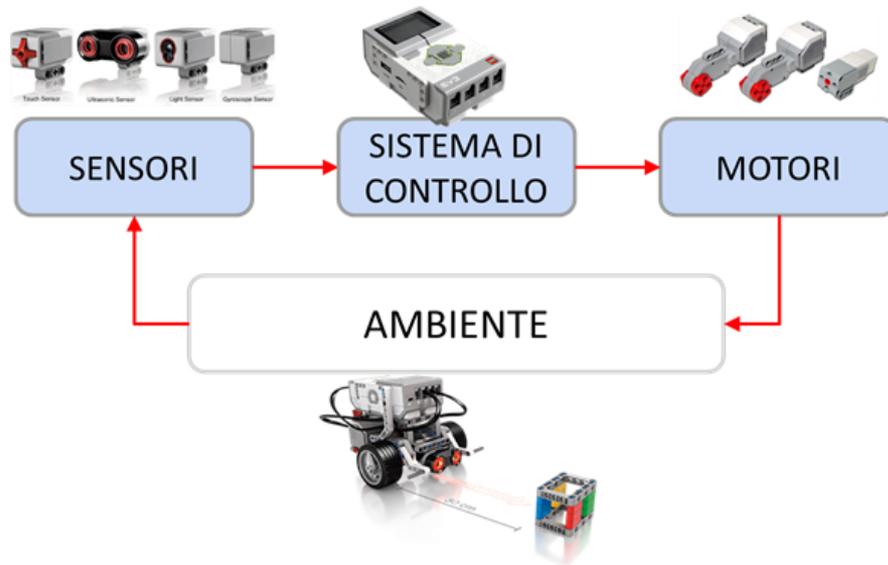
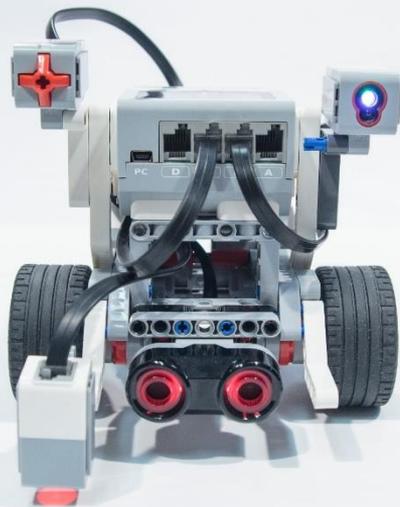
Sensori

Programmabile



**LEGO** MINDSTORMS  
EV3





# Sensore di colore

È un sensore digitale in grado di rilevare il colore o l'intensità della luce che entra nella piccola finestra situata nella parte anteriore del sensore.



 **MINDSTORMS**  
S.C.A.R.

Il sensore può essere utilizzato in tre diverse modalità:

- Colore (7 colori)
- Intensità luce riflessa (scala 0-100)
- Intensità luce ambientale (scala 0-100)



# Sensore a ultrasuoni

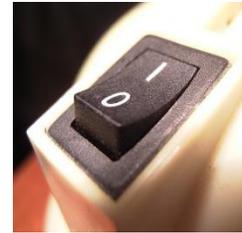
I sensori a ultrasuoni sono dei sensori in grado di rilevare la presenza di oggetti nelle immediate vicinanze, senza che vi sia un effettivo contatto.



LEGO MINDSTORMS EV3

# Sensore di contatto

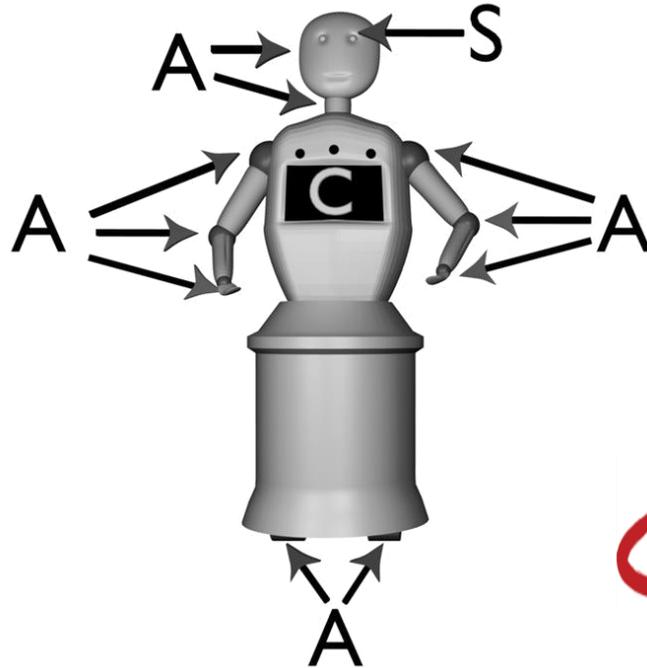
I sensori di contatto rilevano il contatto fisico con un oggetto; più precisamente, misurano una proprietà fisica (come la chiusura di un interruttore), che è solitamente causata da il contatto fisico con un oggetto.



LEGO MINDSTORMS EV3



# Come funziona un robot?



Legenda

Attuatori

Controllore

Sensori



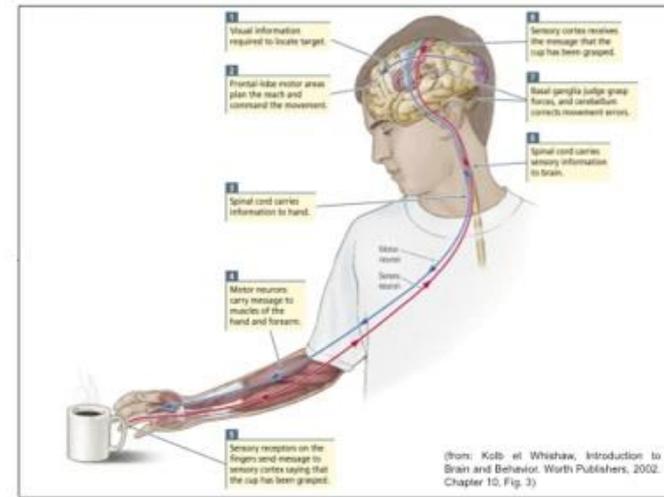
# Comportamento di un robot

Funzioni primitive

PLAN

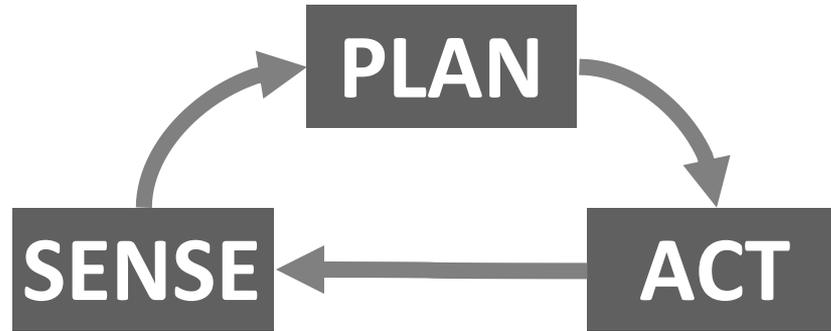
SENSE

ACT



# Comportamento di un robot

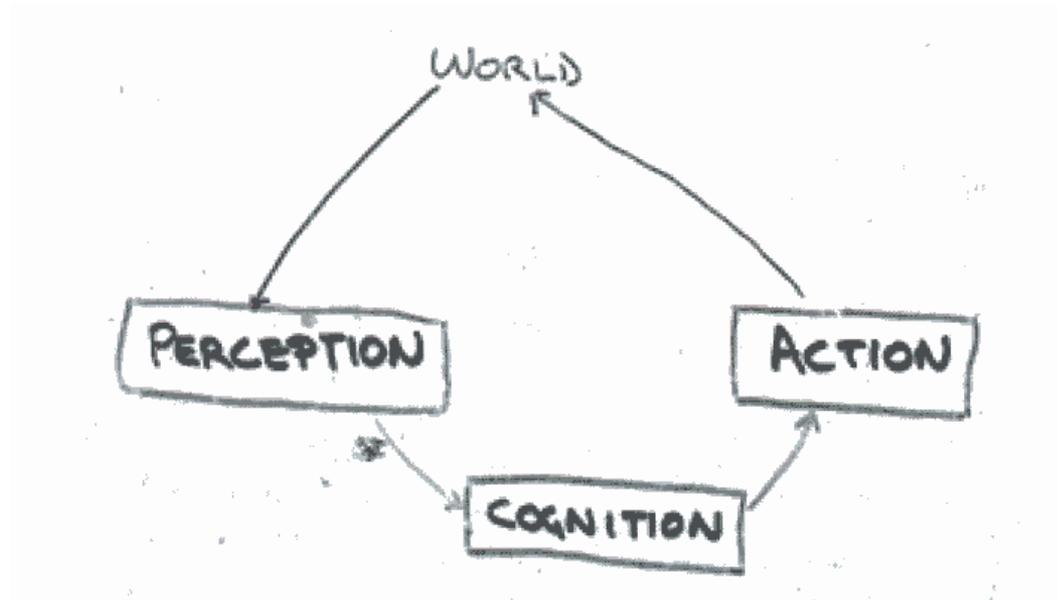
Funzioni primitive



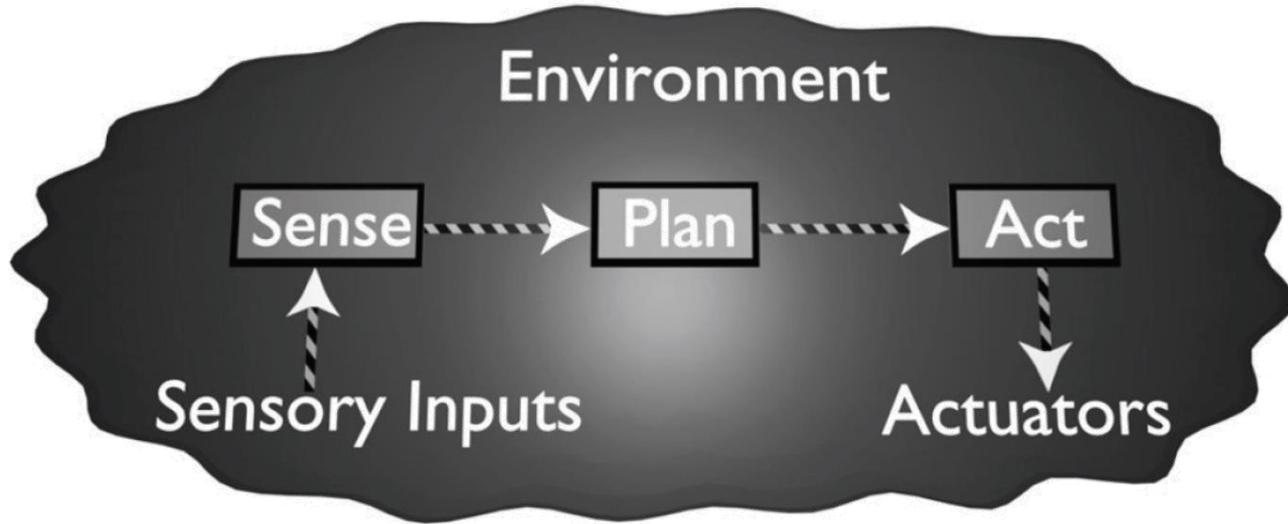
Architetture gerarchiche



# Architetture Gerarchiche: Modello tradizionale per il comportamento di robot

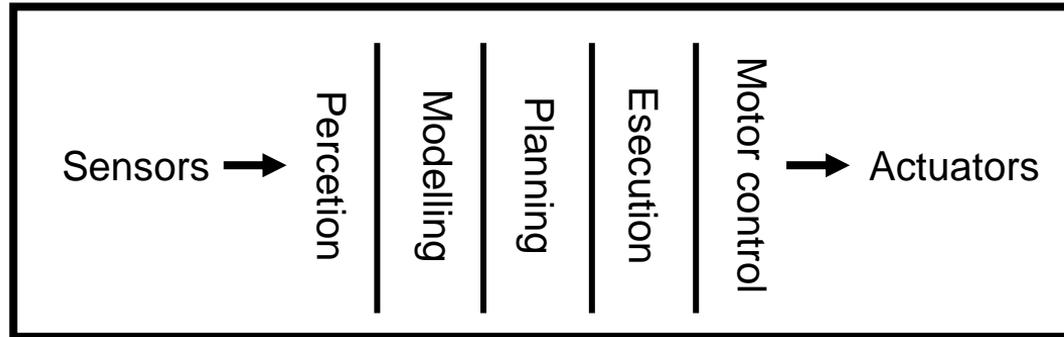


# Architetture gerarchiche



# Architetture gerarchiche

- Divisione e distribuzione dei compiti logica e funzionale
- Decomposizione orizzontale e sequenziale della catena di elaborazione dell'informazione



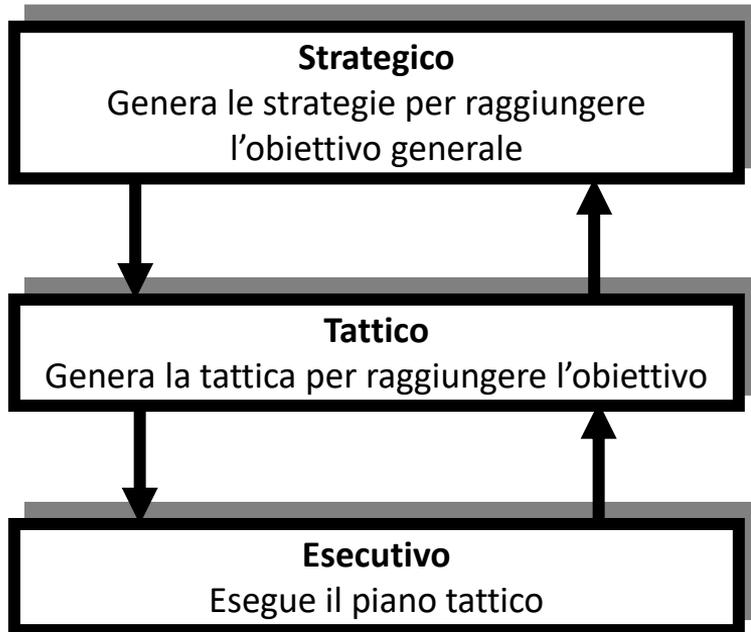
# Architetture gerarchiche

- Generalmente la funzione primitiva PLAN è strutturata su 3 livelli:
  - Strategico
  - Tattico
  - Esecutivo
- Il livello più alto, o **strategico**, genera una strategia sulla base del compito da svolgere
- Il livello intermedio, o **tattico**, genera i comandi interpretando le istruzioni che arrivano dal livello più alto, strategico
- Il livello più basso, o **esecutivo**, riceve i comandi generati dal livello intermedio e si occupa di farli eseguire agli attuatori



# Architetture gerarchiche

Struttura PLAN a 3 livelli



**Cosa il robot deve fare**

Es. «prendi la bottiglia dal frigo»

«vai in cucina, vai davanti al frigo, apri il frigo, prendi la bottiglia, ...»

**Come svolgere il compito**

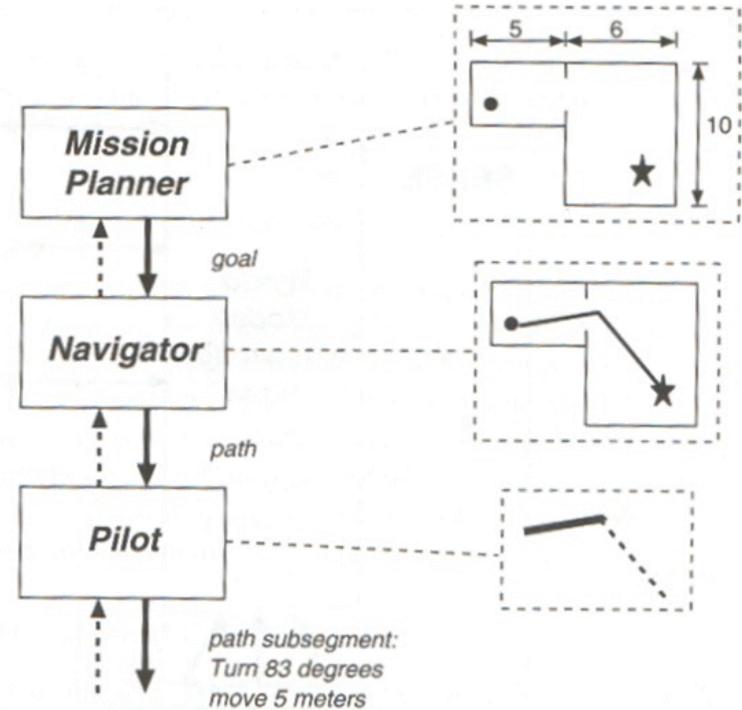
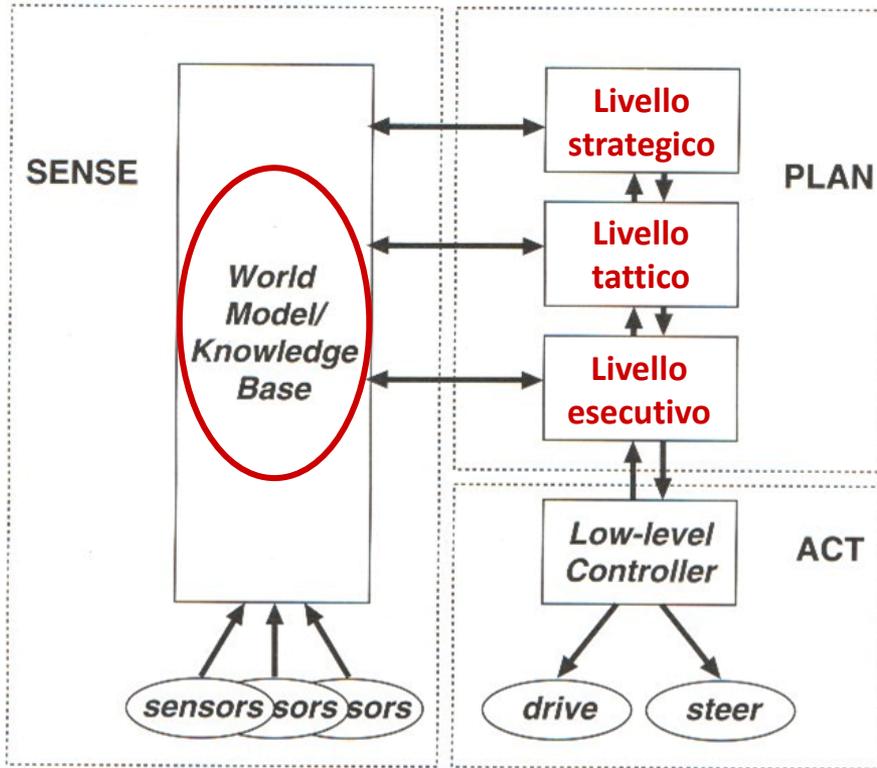
“vai in cucina” = raggiungi(X1,Y1);  
raggiungi(X2,Y2); ...  
“apri il frigo” = muovi\_braccio(P1),  
apri\_mano; ...

**Esecuzione dei comandi**

move\_base(X1,Y1); move\_base(X2,Y2);  
move\_braccio(P1); ...

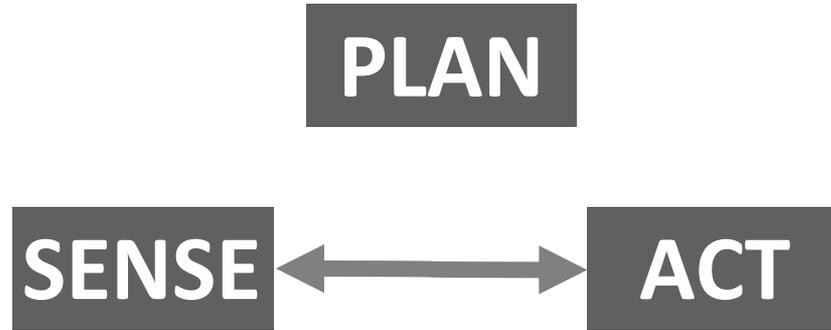


# Nested Hierarchical Controller



# Comportamento di un robot

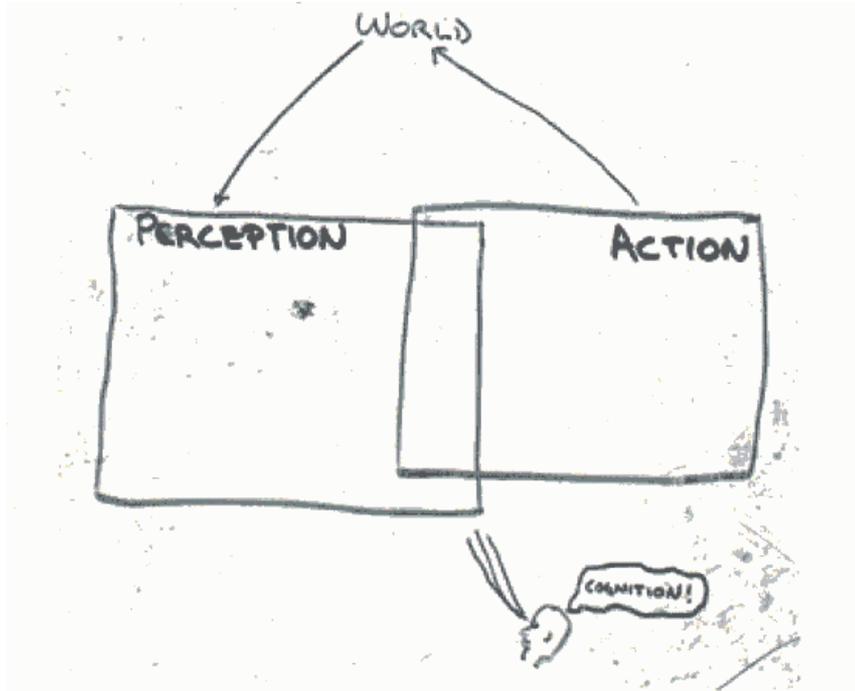
Funzioni primitive



Architetture reattive



# Architetture Reattive o "basate sul comportamento"



Non esiste un modulo "Cognizione" vero e proprio e i sistemi di percezione e attuazione collaborano per definire i comportamenti del robot

Non esiste un modello del mondo. «Il mondo è il miglior modello di se stesso».

*Rodney Brooks*



Alcuni esempi tratti da...

# Vehicles

## Experiment in Synthetic Psychology

di Valentino Braitenberg

The MIT Press

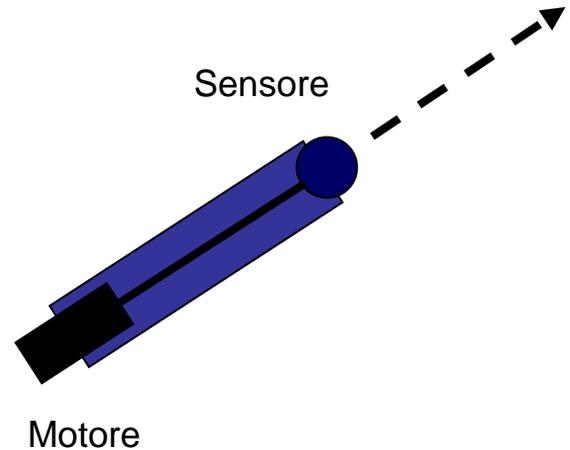


Direttore del Max Planck Institute for Biological Cybernetics, 1968-1994



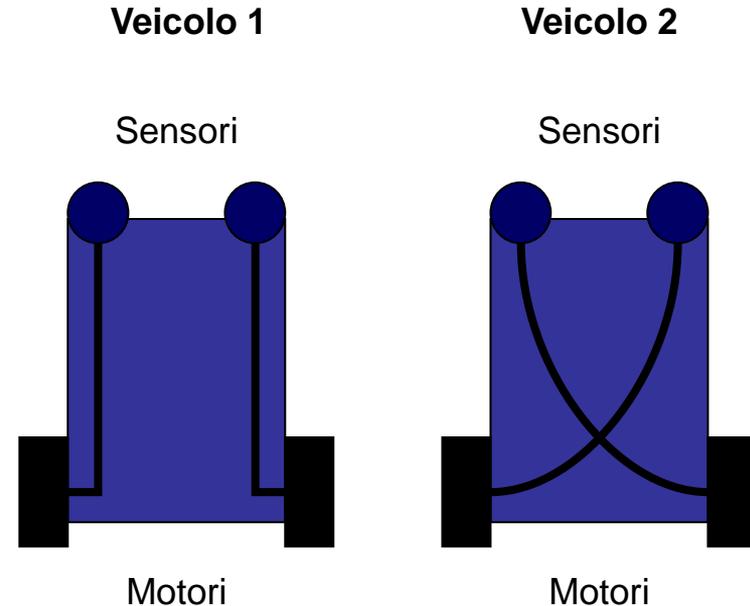
# Esperimento 1

- Il primo veicolo è equipaggiato con un motore ed un sensore di temperatura: il motore è collegato direttamente al sensore
- Il collegamento è tale che la velocità del motore è proporzionale alla temperatura misurata dal sensore
- Il veicolo si muove sempre lungo la stessa direzione, più velocemente nelle zone calde e più lentamente nelle zone fredde

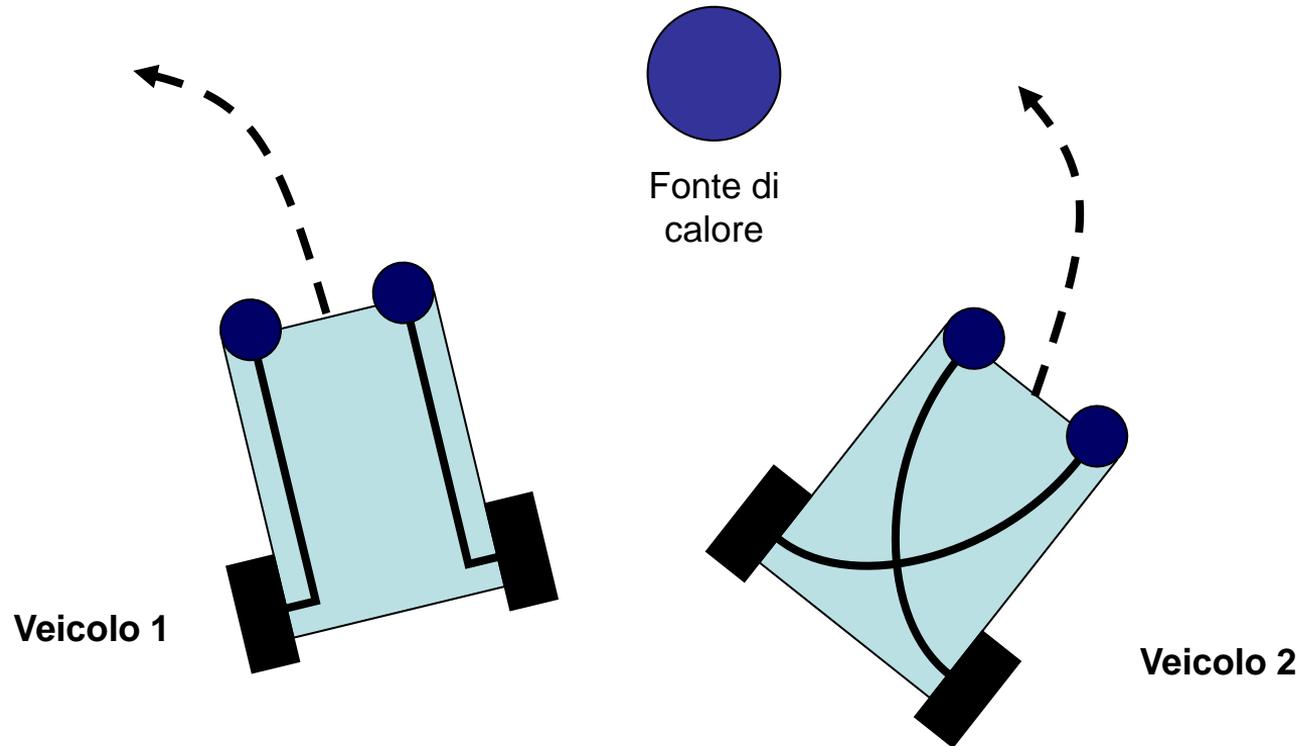


## Esperimento 2: paura e aggressione

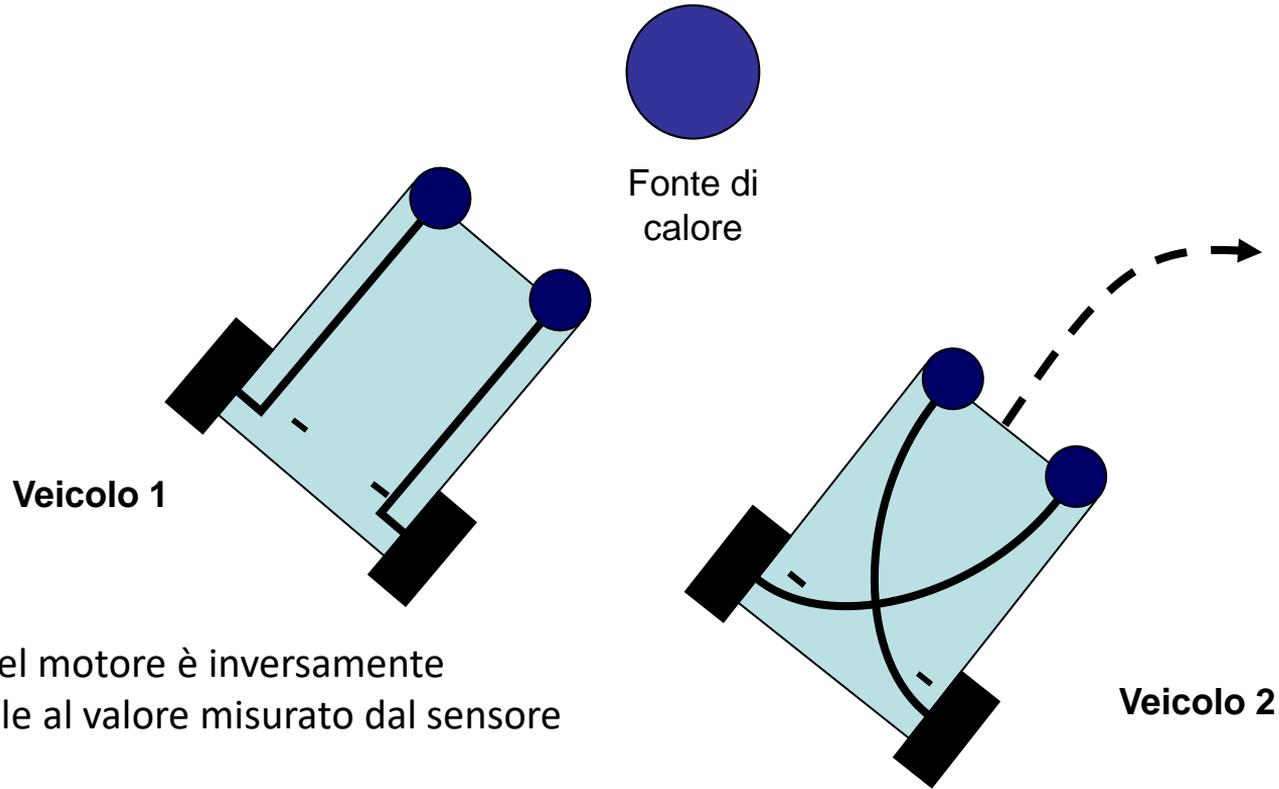
- Il secondo veicolo è equipaggiato con due motori e due sensori, due coppie diverse per ogni lato del veicolo
- Ancora una volta i motori sono collegati ai sensori ed il collegamento è tale che la forza esercitata dal motore è proporzionale al valore misurato dal sensore
- Seguendo questo schema è possibile costruire due veicoli che assumono due comportamenti diversi a seconda del tipo di connessione sensori-motori



# Esperimento 2: paura e aggressione



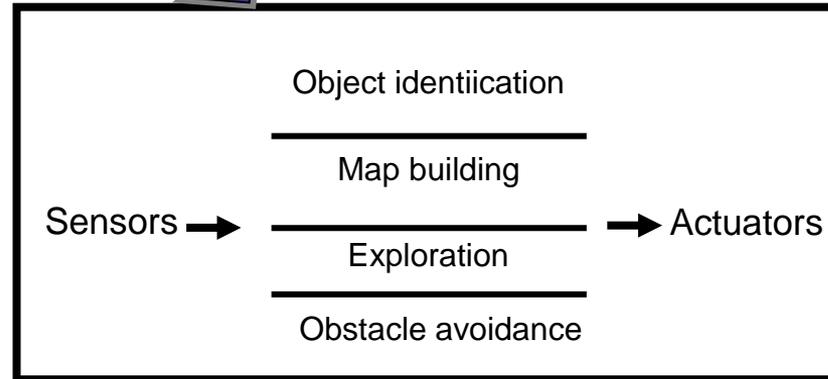
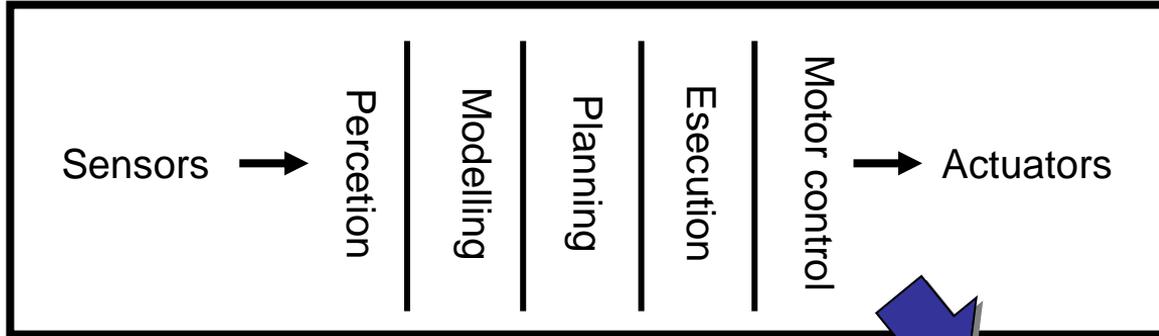
# Esperimento 3: amore



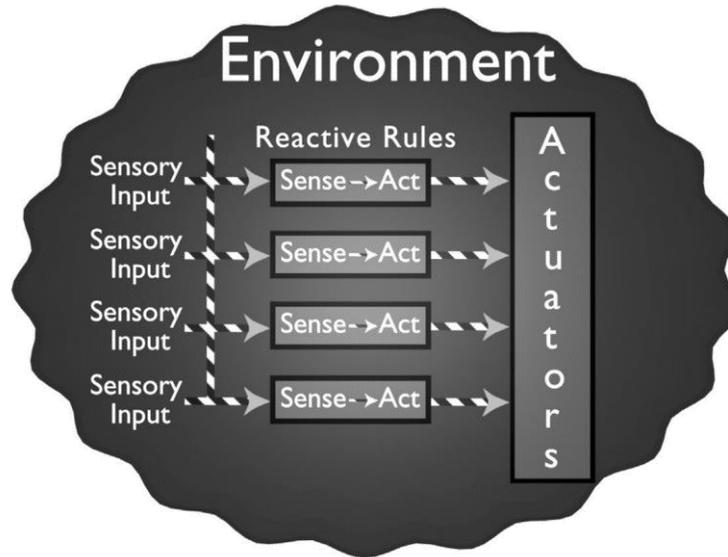
la velocità del motore è inversamente  
proporzionale al valore misurato dal sensore



# Dalle architetture gerarchiche alle architetture reattive



# Architettura Reattiva

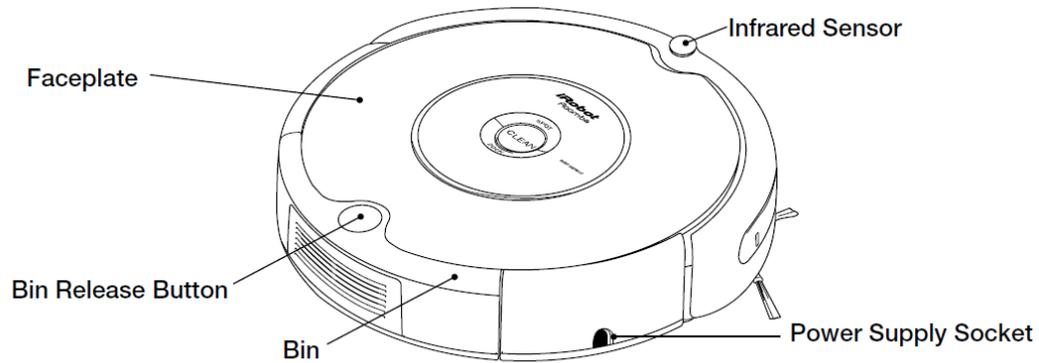
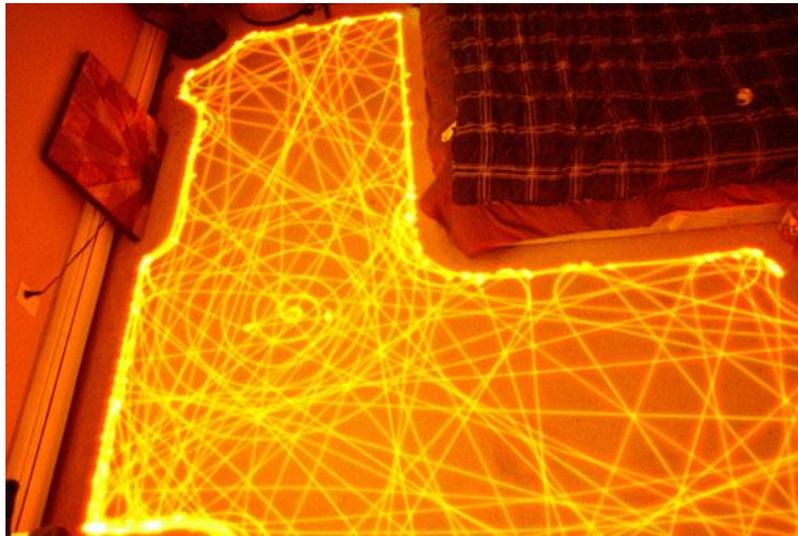


If left whisker bent, turn right.  
If right whisker bent, turn left.  
If both whiskers bent, back up and turn to the left.  
Otherwise, keep going.



# iRobot® Roomba®

Vacuum Cleaning Robot  
with IntelliSense™



<https://www.youtube.com/watch?v=uCWeG3p5KJA>



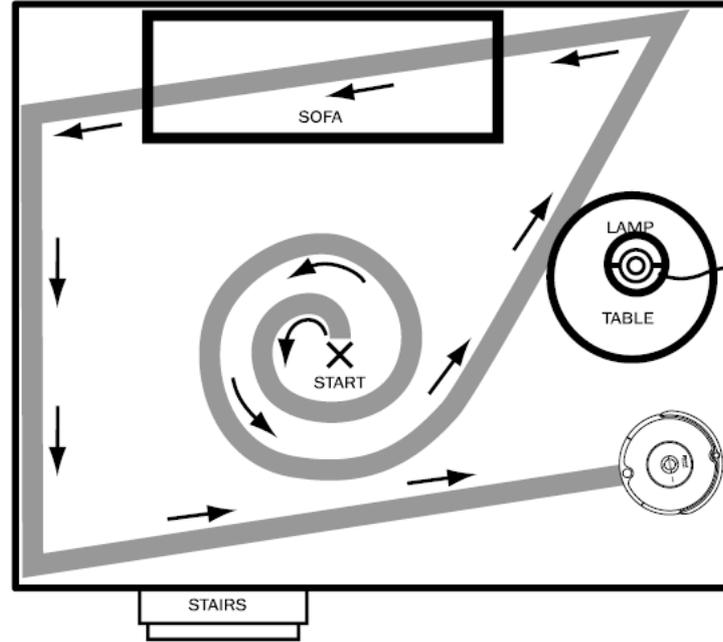
# iRobot Roomba – comportamenti reattivi

**Spiraling:** Roomba uses a spiral motion to clean a concentrated area.

**Wall Following:** Roomba uses this technique to clean the full perimeter of the room and navigate around furniture and obstacles.

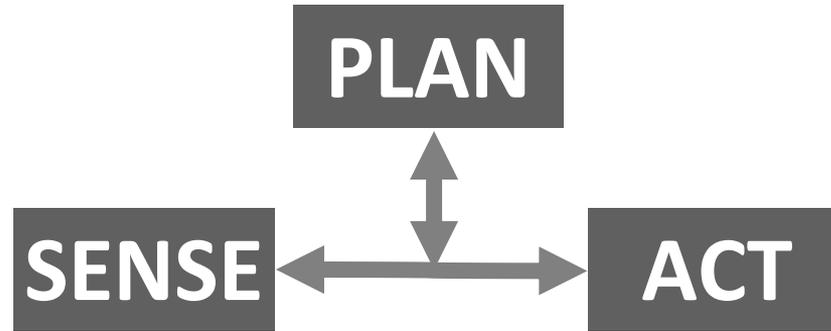
**Room Crossing:** Roomba crisscrosses the room to ensure full cleaning coverage.

**Dirt Detection** (selected models): When Roomba senses dirt, the blue Dirt Detect™ light is lit and Roomba cleans more intensely in that area.



# Comportamento di un robot

Funzioni primitive



Architetture ibride





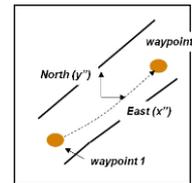
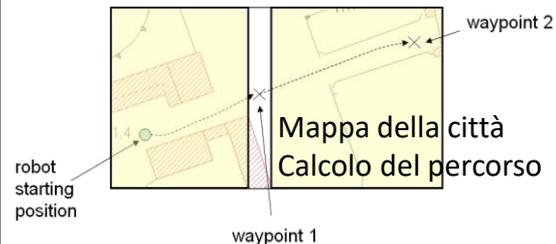
# DustCart



## Architettura del robot DustCart

PLAN

Stazione di controllo 

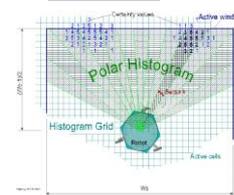


Calcolo del percorso tra waypoint

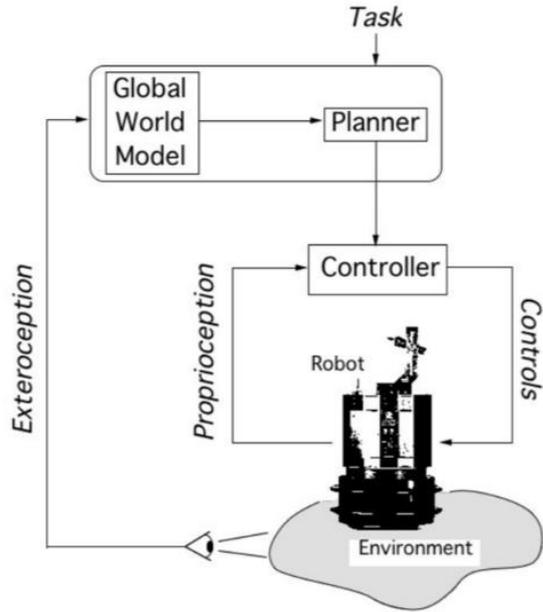
SENSE

ACT

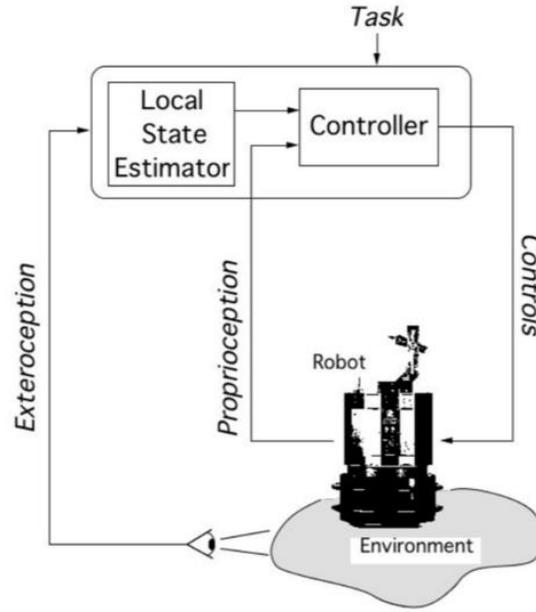
Evitamento ostacoli



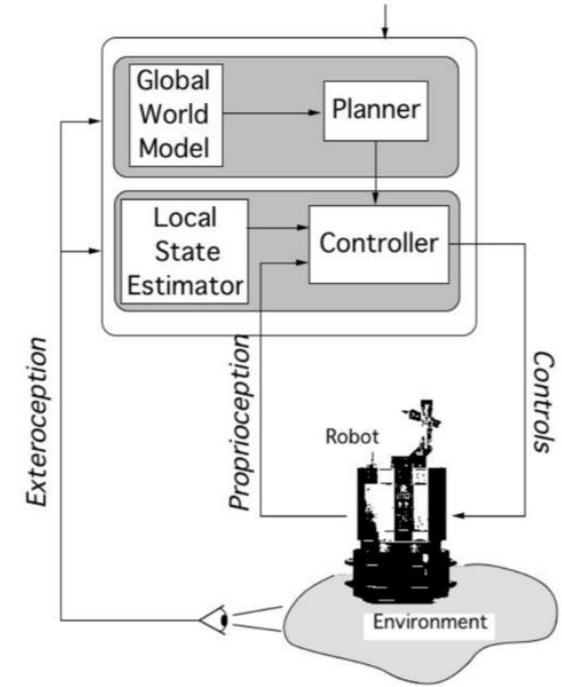
# Architetture gerarchiche, reattive, ibride



Gerarchica



Reattiva

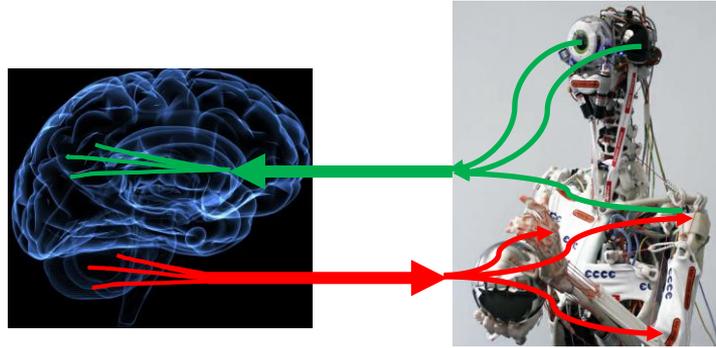


Ibrida

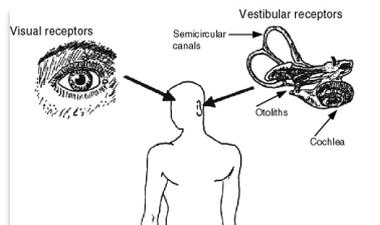


# Neurorobotica

- La conoscenza del cervello umano al servizio dei robot

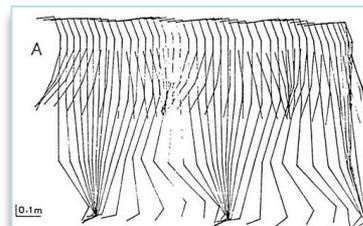


# Principi di neuroscienze per robot umanoidi



Integrazione sensoriale

## Meccanismi di stabilizzazione



Stabilizzazione della testa Stabilizzazione della testa nei robot

A robotic implementation of a bio-inspired head motion stabilization model on a humanoid platform

IROS 2012

2012.03.10  
Waseda University, Takanishi Laboratory  
WABIAN-2R

## Comportamento predittivo



Inseguimento oculare



Inseguimento oculare robot



Comportamento predittivo

[E. Falotico, A. Berthoz, P. Dario, C. Laschi, Sense of movement: simplifying principles for humanoid robots, Science Robotics

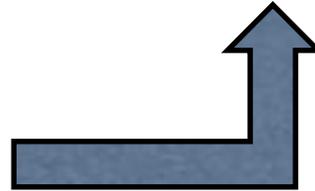
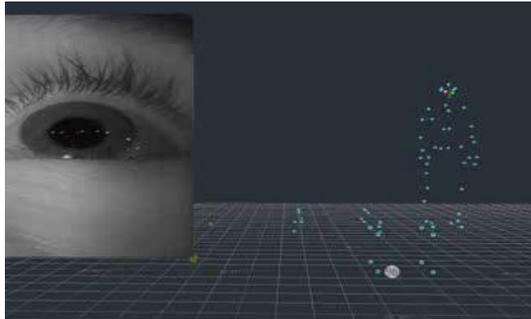
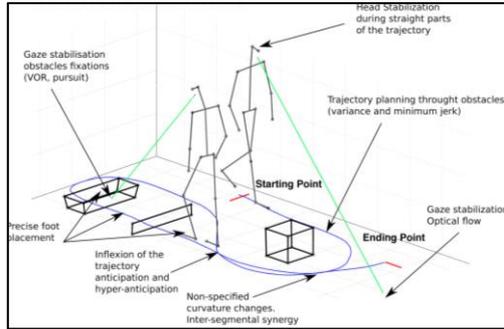
[Berthoz A. (2002) *The sense of movement*. Harvard University Press

[L. Vannucci, E. Falotico, S. Tolu, V. Cacucciolo, P. Dario, H. H. Lund, C. Laschi, (2017), A comprehensive gaze stabilization controller based on cerebellar internal models, *Bioinsp. & Biomim* 12(6), 065001

N. Cauli, E. Falotico, A. Bernardino, J. Santos-Victor, C. Laschi, (2016), Correcting for changes: expected perception-based control for reaching a moving target, *IEEE Robotics and Automation Magazine* 23(1), 63-70



# Imparare dallo studio del comportamento umano



Infographic showing a robot with various functional labels and corresponding images:

- EYE MOVEMENTS**: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE MAIN HUMAN EYE MOVEMENT MODELS (SMOOTH PURSUIT, SACCADIC AND VESTIBULO-OCULAR REFLEX) FOR IMPROVING THE PERCEPTION OF THE ENVIRONMENT.
- PREDICTIVE BEHAVIOUR**: PREDICTING SENSORY SYSTEMS IN ORDER TO DEAL WITH A CONSTANTLY CHANGING ENVIRONMENT. PREDICTIONS ARE OBTAINED USING INTERNAL MODELS WHICH REPRESENT THE BODY AS WELL AS EXTERNAL OBJECT DYNAMICS.
- GAZE/HEAD STABILIZATION**: IN ORDER TO IMPROVE VISUALLY GUIDED LOCOMOTION HEAD AND GAZE STABILIZATION MECHANISMS ARE MODELLED AND IMPLEMENTED. THESE MODELS GUARANTEE A STABLE CAMERA VISION.
- LOCOMOTION**: PERFORMING LOCOMOTION IN AN UNSTRUCTURED ENVIRONMENT NEEDS ONLINE TRAJECTORY GENERATION TO OVERCOME UNFORSEEN OBSTACLES AND STABLE WALKING ALGORITHMS.

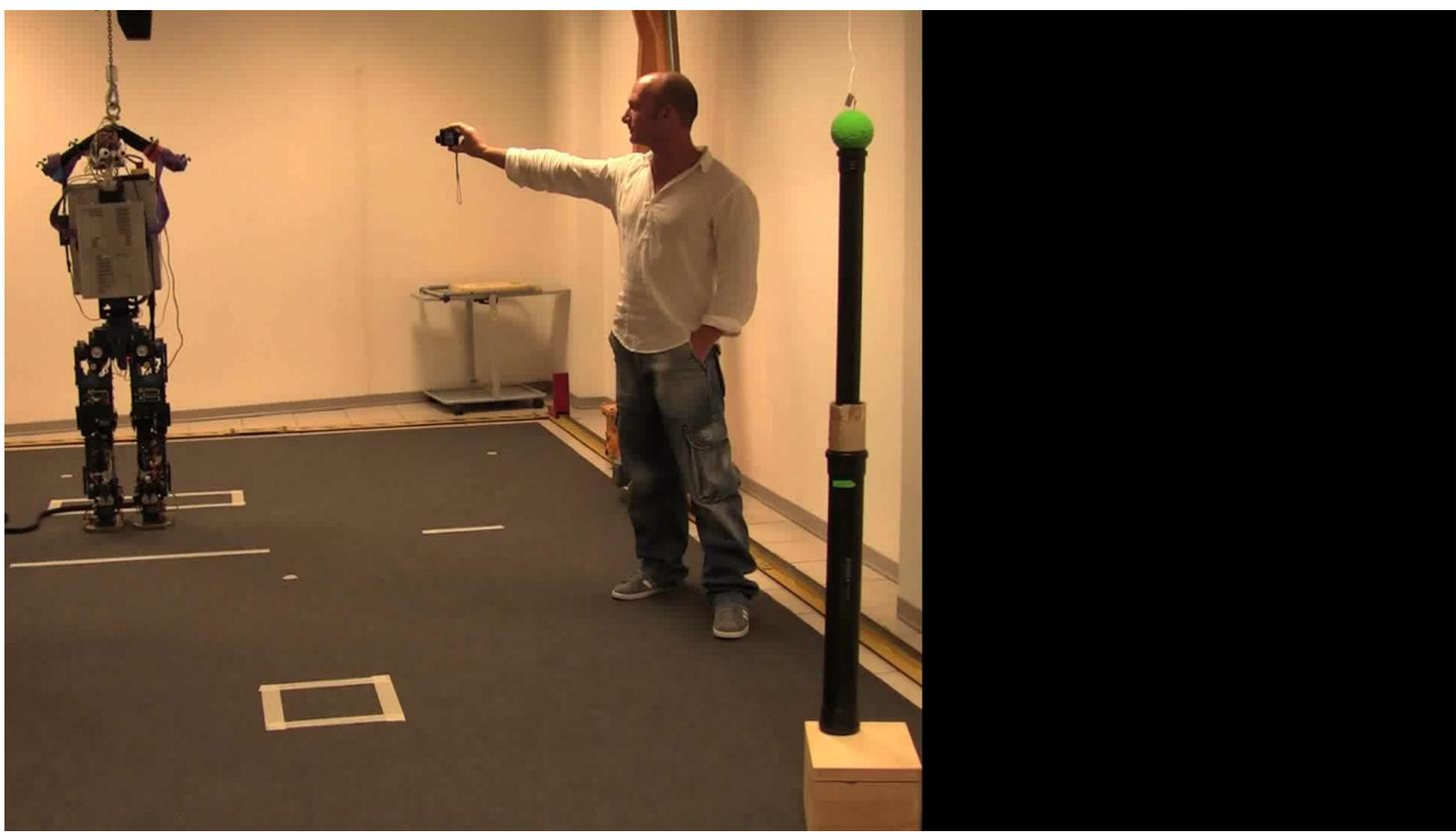
Labels on the right side of the robot:

- PREDICTIVE BEHAVIOUR
- EYE MOVEMENTS
- GAZE/HEAD STABILIZATION
- LOCOMOTION



Experiments conducted in collaboration with College de France, Paris





Cammino per raggiungere un target

**RoboSOM EU ICT-Ch2 Project**



# Inseguimento di un target in movimento



The visual target is at 1.580 m in front and 0.6 m on the left. When the robot is near the first target position, the target is moved in another position (0, 3.5 m).

Active modules:

***Foot placement generation***

***Head/gaze stabilization***

***Trajectory planning***

***Eye movements***

***On-line trajectory generation***

<i>Parameters</i>	<i>Value</i>
Time to reach the target	28.8 s
Number of steps	27
ZMP x position error	0.047
ZMP y position error	0.038

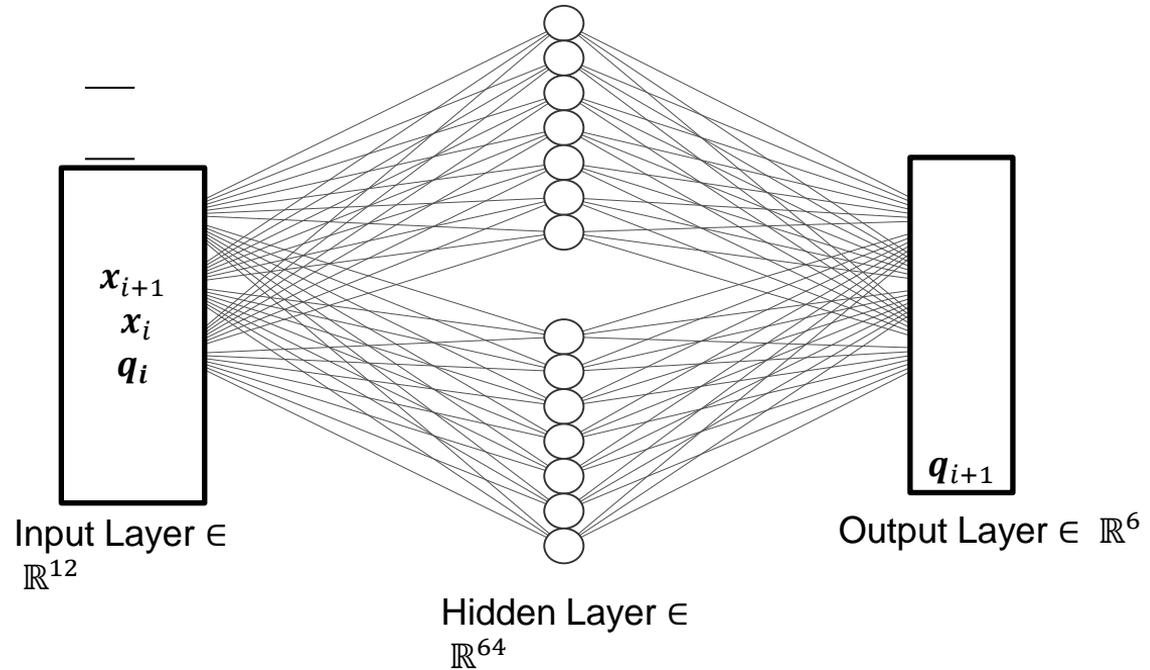


# Modelli del cervello per controllo di robot

## IMPARARE DAL MOVIMENTO

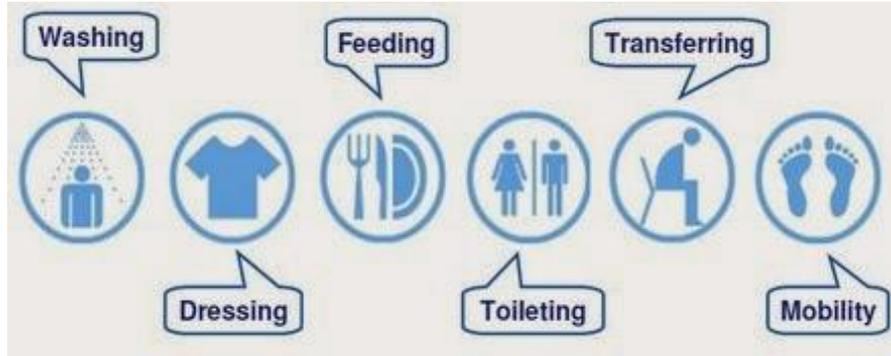


## LEARNING



# Motivazione

## Activities of daily living



**Bathing activity** is a critical and high-risk ADL in elderly people

1	Bathing
2	Dressing
3	Toilet
4	Transferring
5	Continenca
6	Feeding

Most complex &  
Least basic

Least complex &  
Most basic



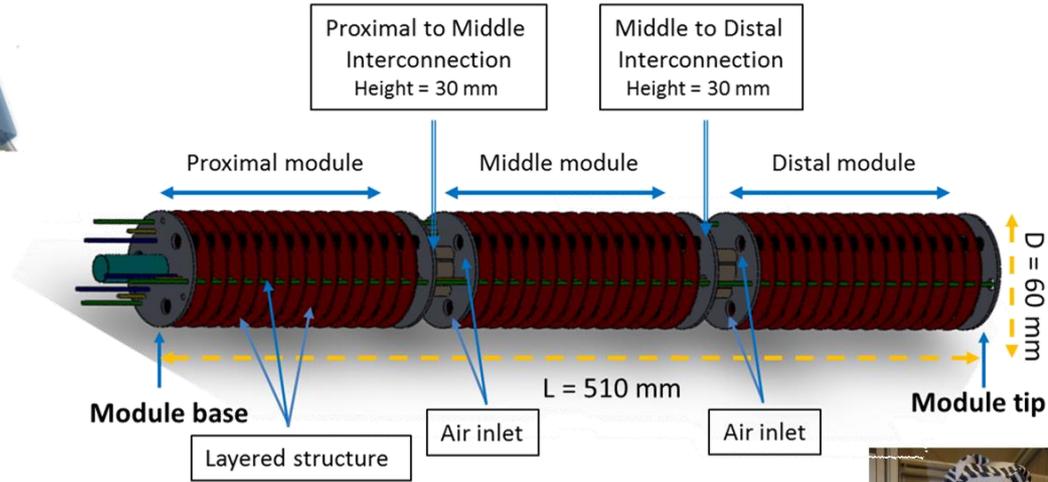
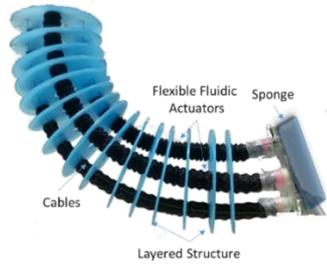
**Use ICT and robotics to address bathing dependence:**

- Autonomy
- Independence
- Reduced supervision
- Reduced costs

“Bathing/Showering (d510)” in the International Classification of Function, Disability and Health (ICF) Core Sets



# I-Support: Robot soft per la doccia



**Approccio modulare**



# Capacità del robot I-SUPPORT



## FEATURES

Maximum reachable workspace:  
*60x70x35 cm<sup>3</sup> along XYZ*

Effective workspace:  
*30x30x20 cm<sup>3</sup> along XYZ*

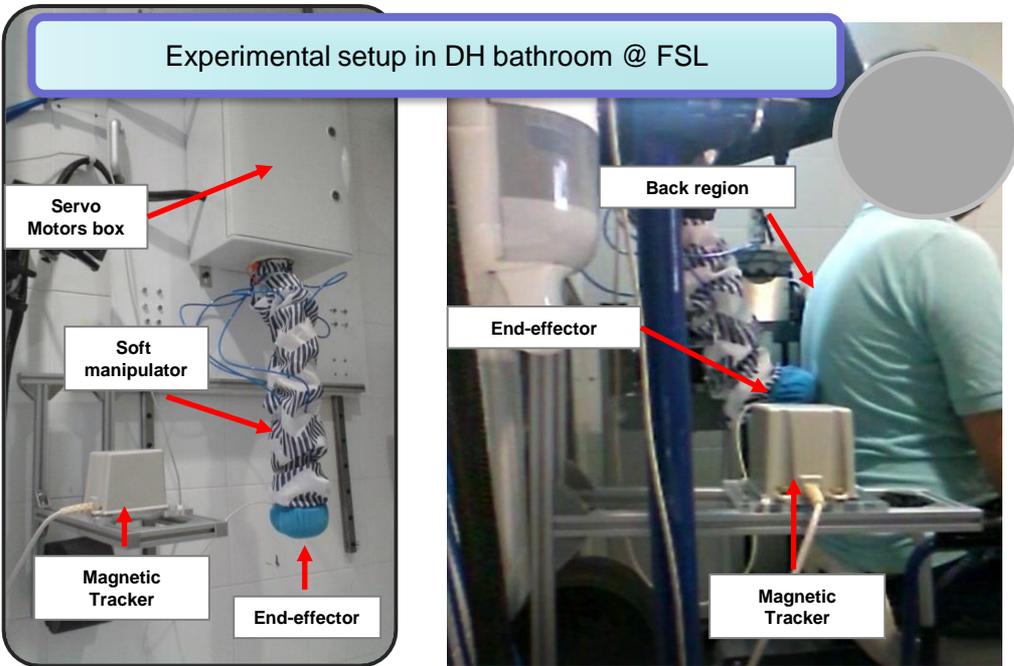
Position accuracy: *15-20 mm*

Time response soft arm: *1.5 sec*



# Experimental trials

Experimental setup in DH bathroom @ FSL



# Conclusioni

- Un robot si definisce come un agente fisico, autonomo, con sensori e attuatori per svolgere compiti
- I componenti principali sono i sensori, gli attuatori e il sistema di controllo che determina il comportamento del robot
- Il comportamento può essere programmato con architetture gerarchiche, reattive o ibride

