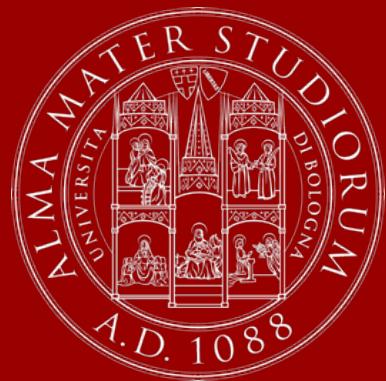




SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA



# Introduzione all'automazione industriale

Automazione

Alessandro De Luca

# Cosa è l'automazione industriale?

Macchine automatiche: Tetra Pak (confezionamento latte)



video

# Cosa è l'automazione industriale?

Macchine automatiche: G.D X3000 (600 pacchetti/min...)



[video](#)

# Cosa è l'automazione industriale?

Macchine automatiche: Imbottigliatrice/tappatrice Canellitech



# Cosa è l'automazione industriale?

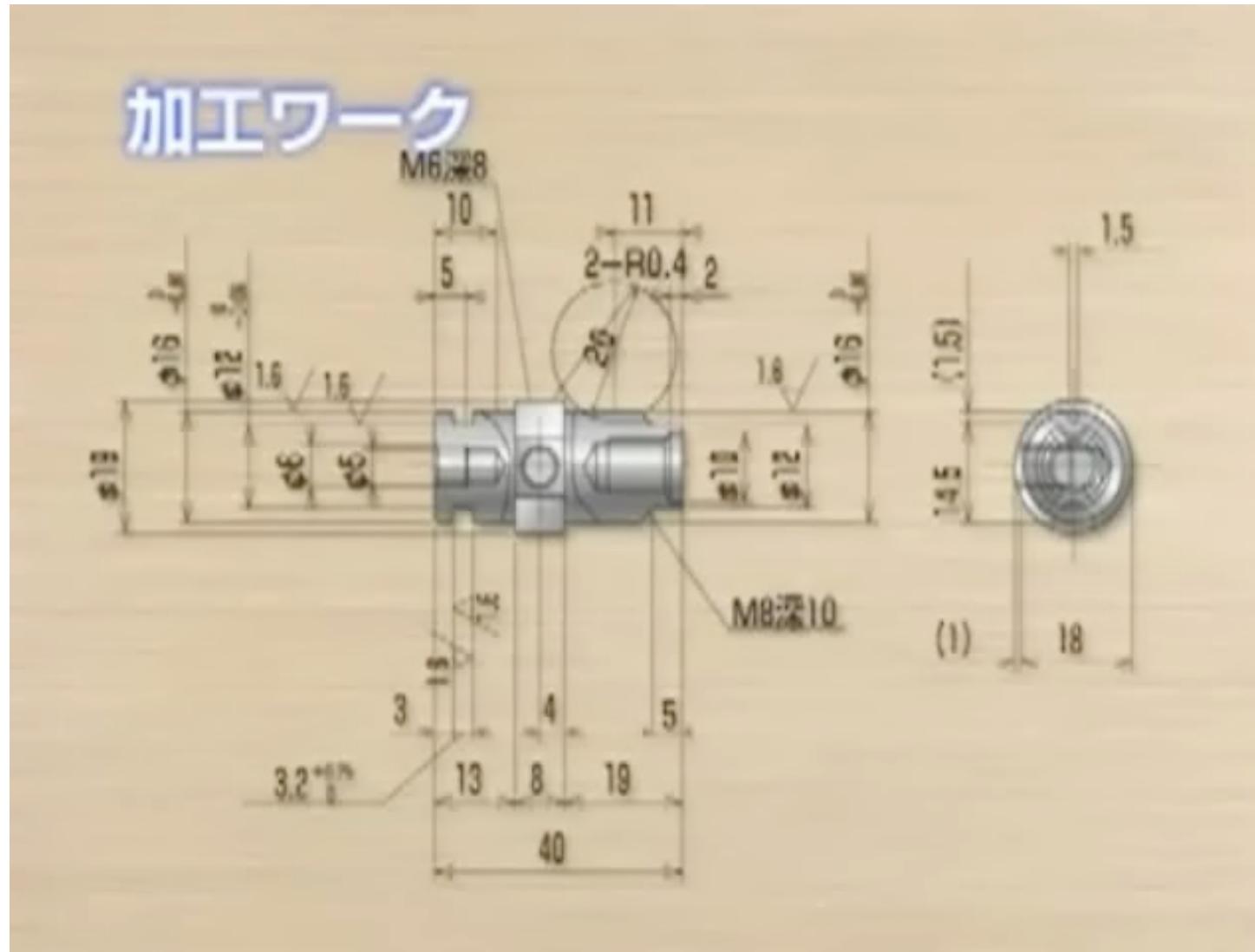
Macchine automatiche: Linea completa Borelli (6000 bottiglie/h vino)



video

# Cosa è l'automazione industriale?

Macchine a Controllo Numerico (CNC): lavorazione di parti meccaniche



video

# Cosa è l'automazione industriale?

Robotica industriale: celle ABB Flexible Automation c/o Volvo

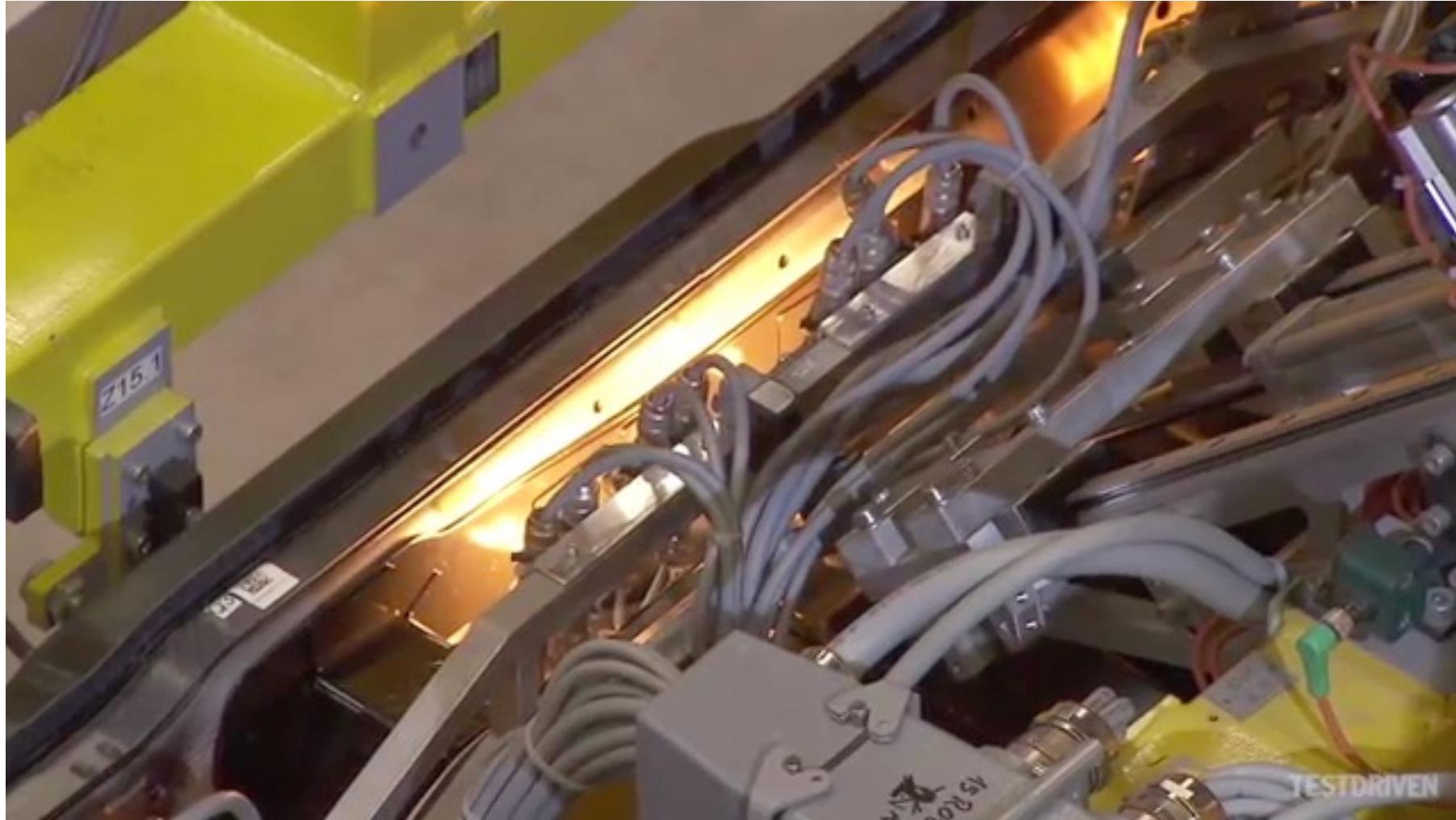


video

# Cosa è l'automazione industriale?

Robotica industriale: cooperazione tra robot c/o BMW

[video](#)



# Cosa è l'automazione industriale?

Robot e altri dispositivi (forni): Ceramiche Catalano (Civita Castellana)

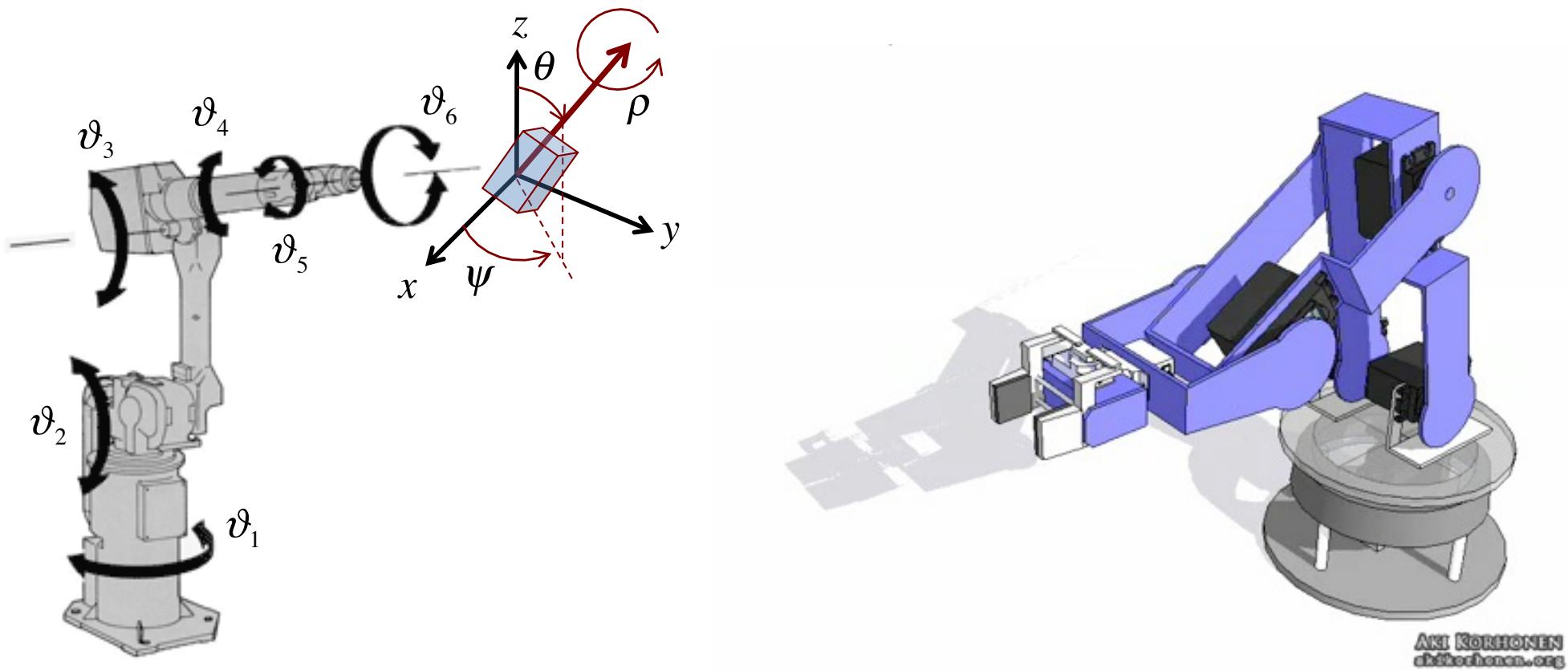


video

# Cosa è l'automazione industriale?

Come si risolvono compiti così complessi?

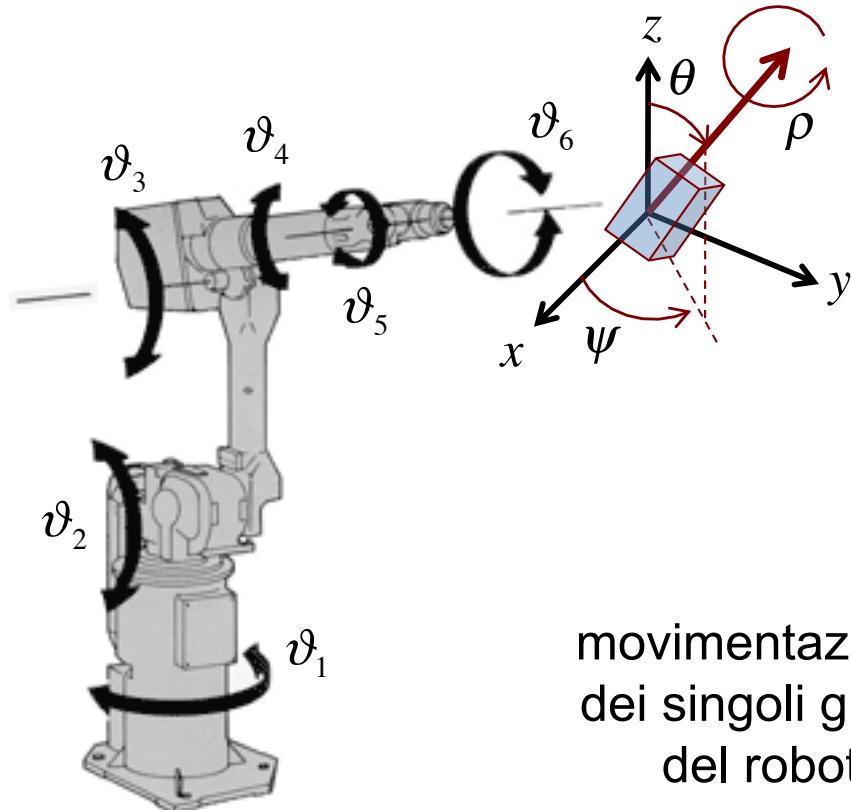
- approccio “divide et impera”
- approccio gerarchico



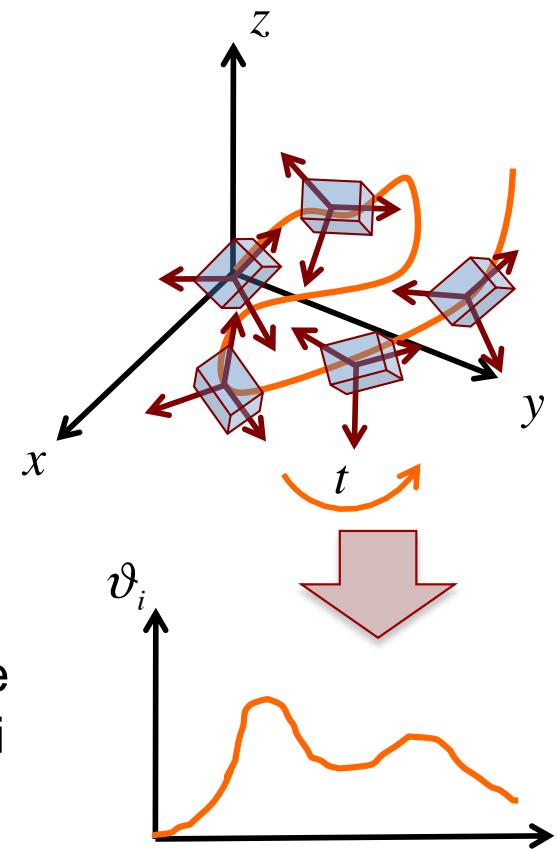
# Cosa è l'automazione industriale?

Come si risolve un compito così complesso?

- approccio “divide et impera”
- approccio gerarchico

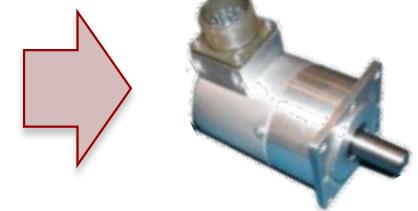


movimentazione  
dei singoli giunti  
del robot



movimentazione  
del carico nello  
spazio cartesiano

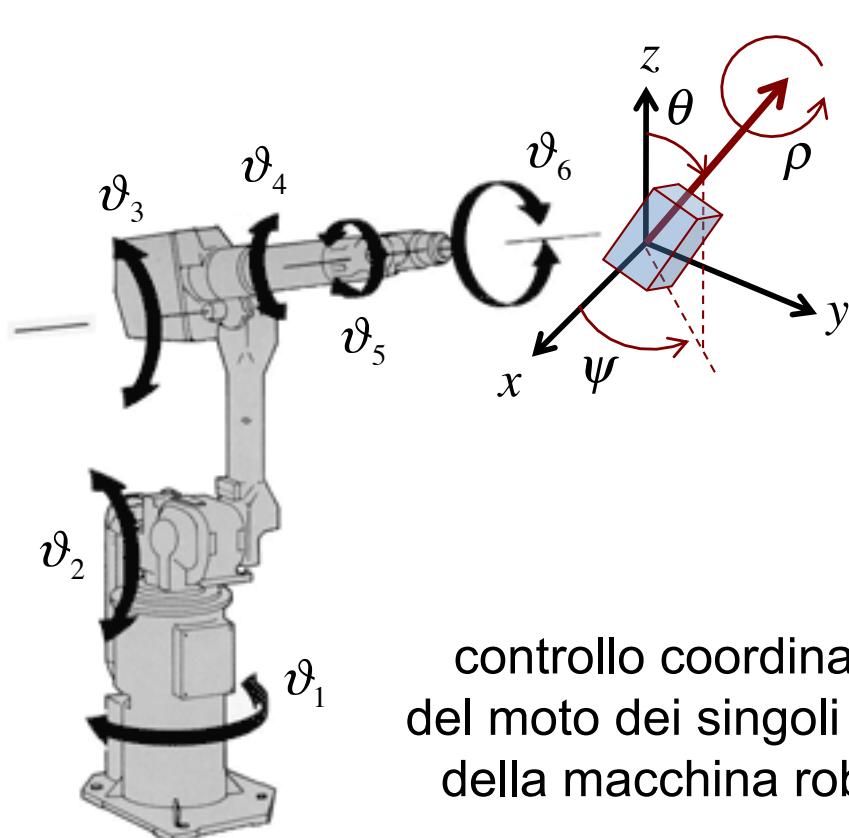
attuatori e sensori  
(motori elettrici)



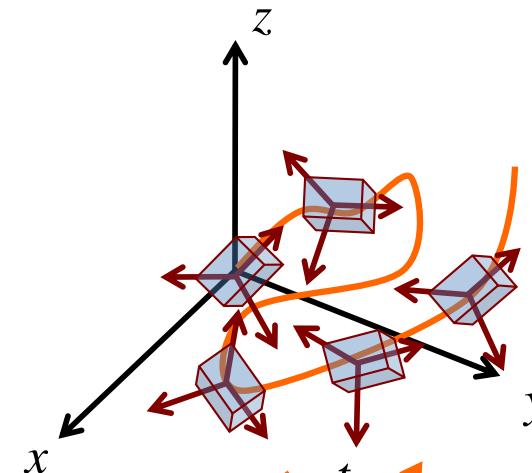
# Cosa è l'automazione industriale?

Come si risolve un compito così complesso?

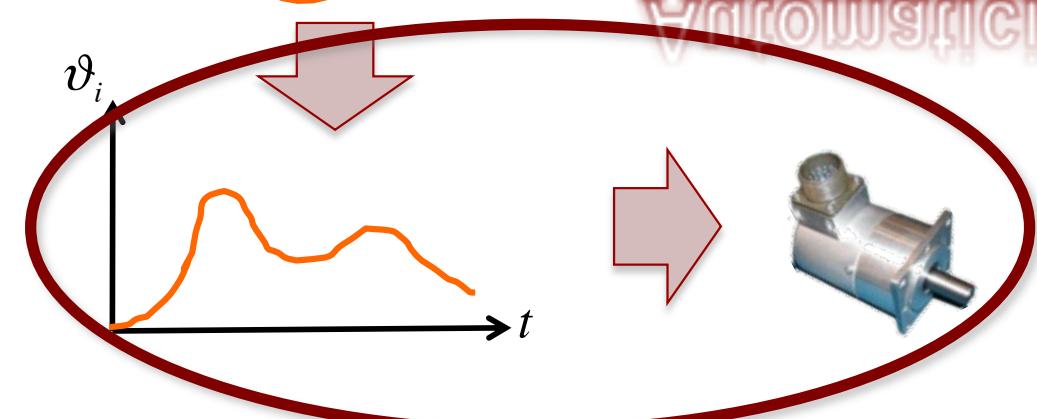
- approccio “divide et impera”
- approccio gerarchico



controllo coordinato  
del moto dei singoli assi  
della macchina robot



Controlli  
Automatici



# Cosa è l'automazione industriale?

## Movimentazione e immagazzinamento automatico

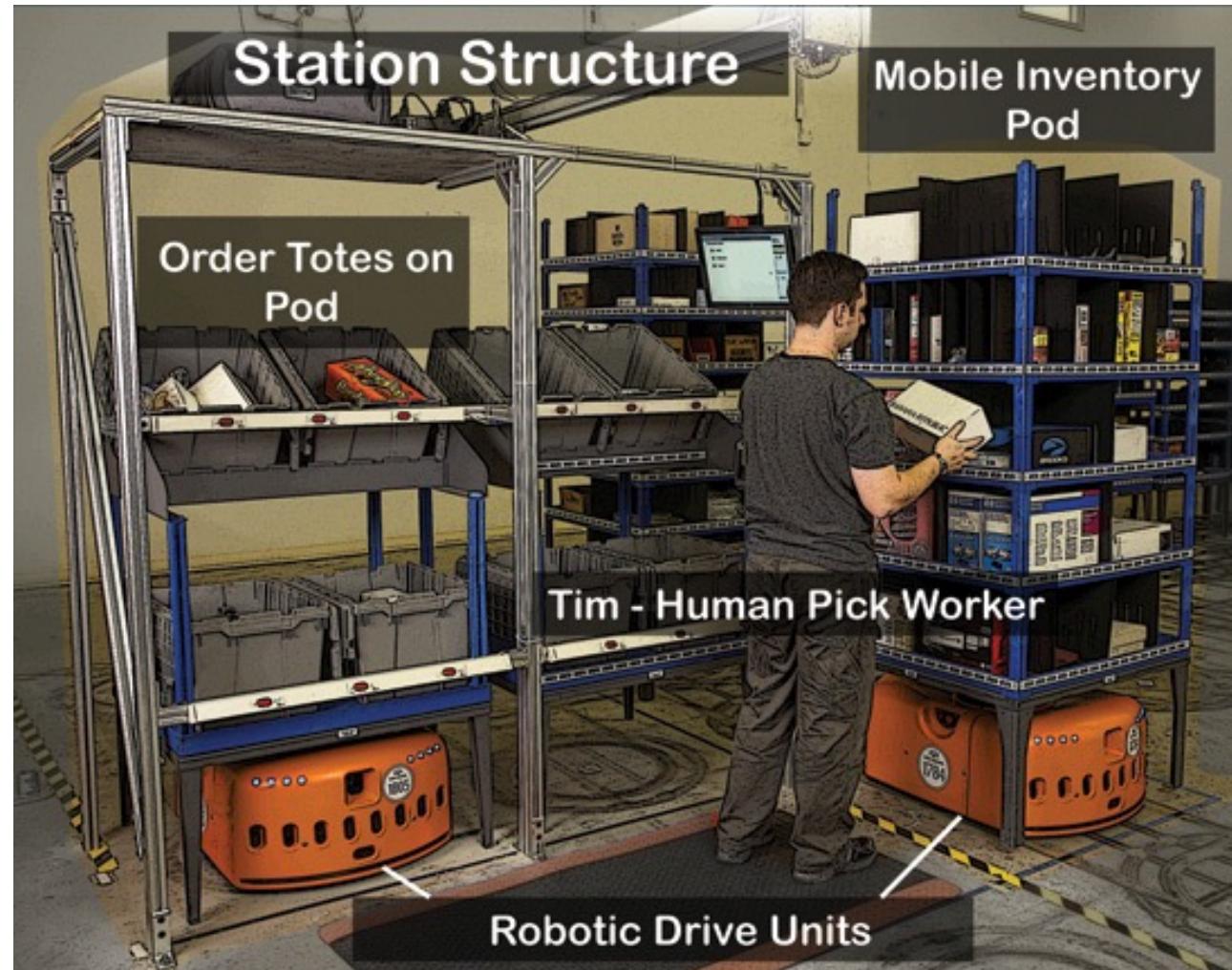
- palletizzatori e depalletizzatori
- linee di trasporto automatiche
- Automated Guided Vehicles (AGV) – magazzino automatizzato



# Cosa è l'automazione industriale?

## KIVA Systems

- comprata da Amazon nel 2012 a 775 M\$ per automazione dei suoi depositi



# Cosa è l'automazione industriale?

---

video



# Robotica e Automazione industriale

Analogie tra “robotica” e “automazione”?

- entrambe coinvolgono calcolatori/informatica e il mondo fisico
- entrambe usano conoscenze e tecnologie multi-disciplinari

Differenze (scientifiche) tra “robotica” e “automazione”?

- la robotica mostra la **fattibilità** di una soluzione (“proof of concept”)
  - la parola “robot” fu usata la prima volta nel 1920 (K. Capek)
- l’automazione enfatizza e garantisce l'**efficienza, l’ottimalità, la ripetibilità, l'affidabilità**



Robotics & Automation Society

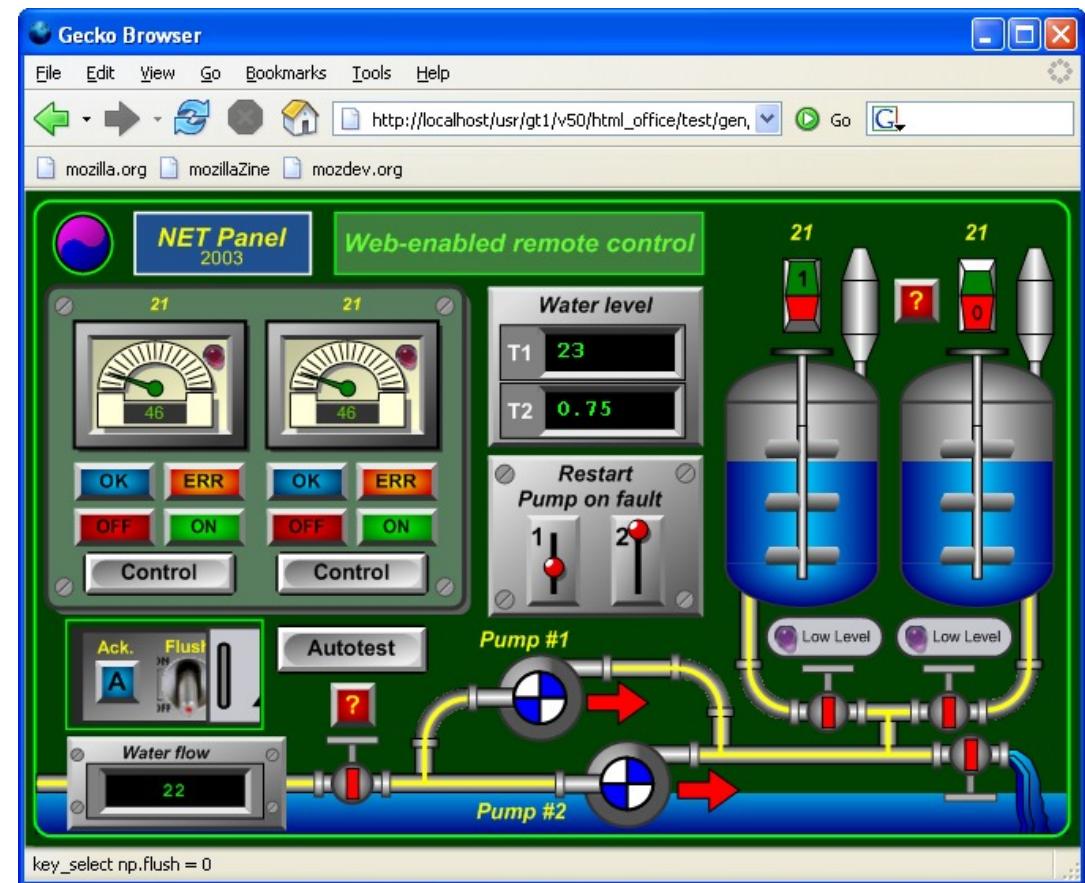
[www.ieee-ras.org](http://www.ieee-ras.org)

IEEE TRANSACTIONS ON  
**AUTOMATION SCIENCE  
AND ENGINEERING**

IEEE TRANSACTIONS ON  
**ROBOTICS**

# Cosa è l'automazione industriale?

## Controllo di processi (continui)



# Cosa è l'automazione industriale?

## Frantolo per olio d'oliva (lotti a ciclo continuo)



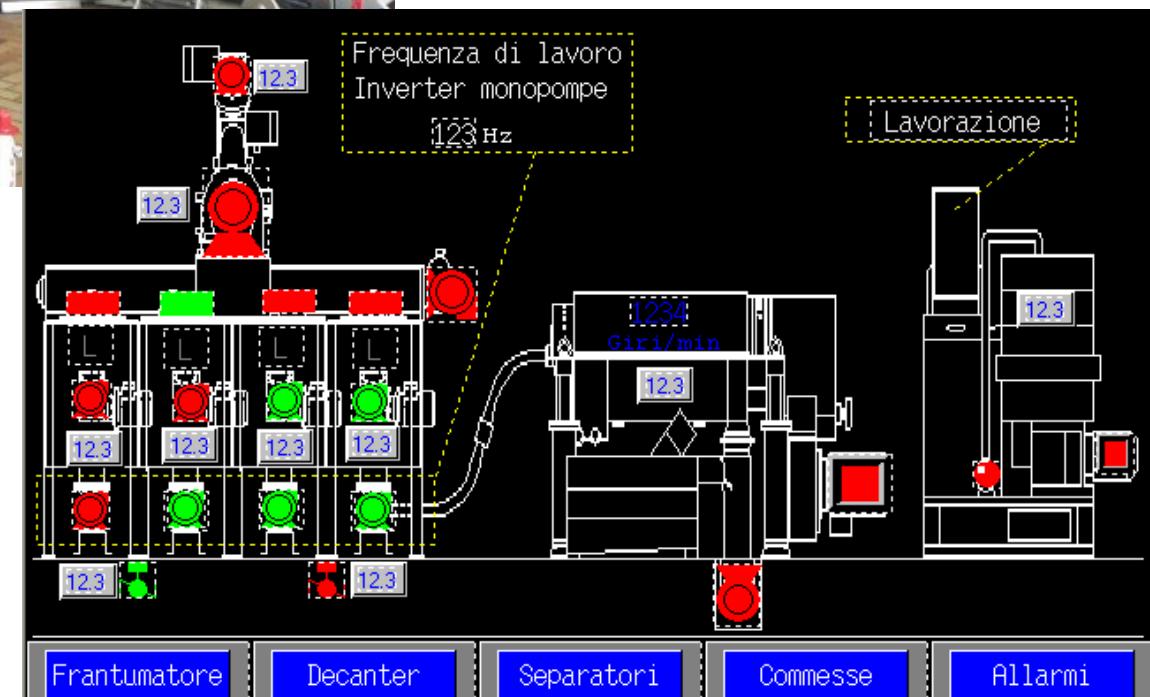
[video](#)

# Cosa è l'automazione industriale?

## Controllo di temperatura nel processo di molitura delle olive



Frantumatore	Disattiva	Gruppo Gramole A-B	Disattiva
Lavorazione olive	Attiva	Gruppo Gramole C-D	Attiva
Elevatore	Pausa	Temperatura Gramole A-B	123/023 °C
		Temperatura Gramole C-D	123/023 °C
Monopompa Gramola A	Disattiva	Attività A: 023GG tttt:mm:ss	Reset
Monopompa Gramola B	Attiva	Attività B: 023GG tttt:mm:ss	Reset
Monopompa Gramola C	Attiva	Attività C: 023GG tttt:mm:ss	Reset
Monopompa Gramola D	Attiva	Attività D: 023GG tttt:mm:ss	Reset
Impostazione frequenza di lavoro		123	Hz



# Automazione: non solo “industriale”

Produzione e  
distribuzione dell'energia  
**(smart grids)**



Gestione della  
Green Energy  
**(domotica)**



# Componenti dell'automazione

Informatica

Automatica

Elettronica  
Elettrotecnica

Meccanica  
calda/fredda



# Il fattore umano nell'automazione

Modern Times (C. Chaplin, 1936)...

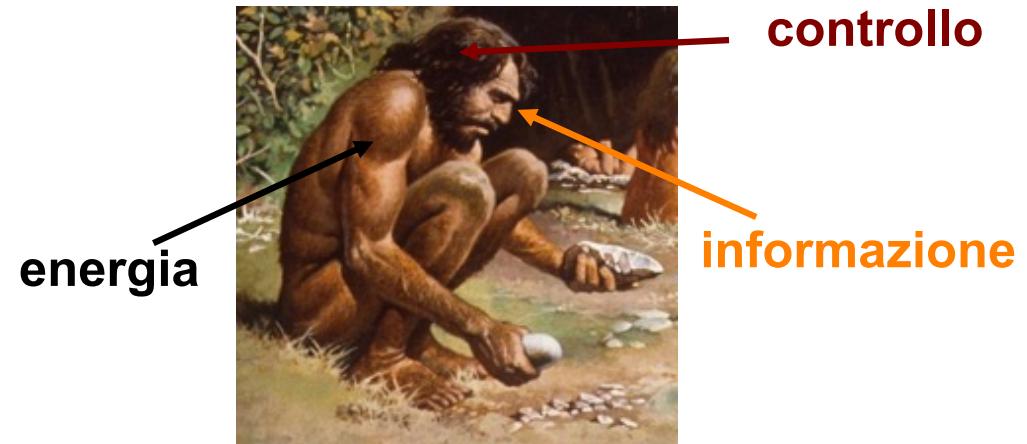


[video](#)

# Automazione industriale: storia

Ogni lavoro umano per ottenere un prodotto desiderato può essere considerato come un “processo di trasformazione” che utilizza

- energia (muscoli)
- informazione (vista, tatto,...)
- controllo (cervello)

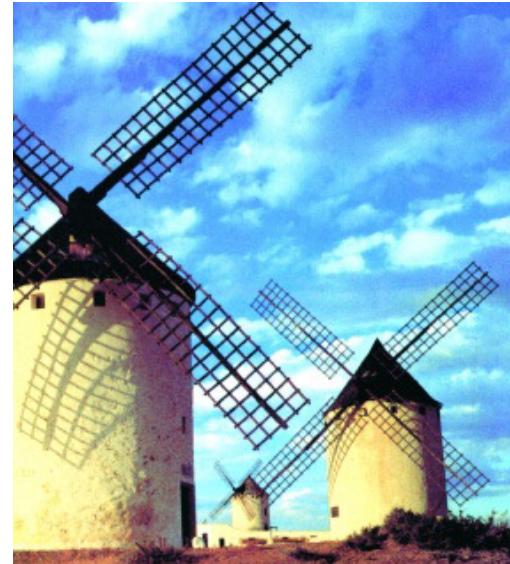


Nel corso del tempo, lo sviluppo dei sistemi produttivi si è sempre rivolto alla eliminazione totale o parziale dell'intervento umano nel processo di erogazione o manipolazione dei tre “ingredienti” base

- energia
  - ➔ processo di trasformazione faticoso, pericoloso, in cui l'uomo non è sufficiente
- informazione e controllo
  - ➔ spesso l'uomo non ha capacità sufficienti o non garantisce precisione

## Primo passo

- dispensare l'uomo dal fornire energia
- processo di industrializzazione



energia eolica

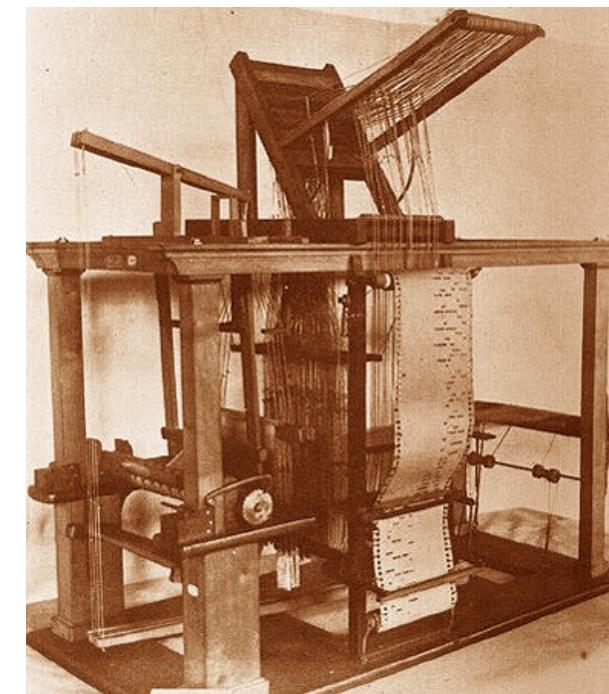


energia animale

# Automazione industriale: storia

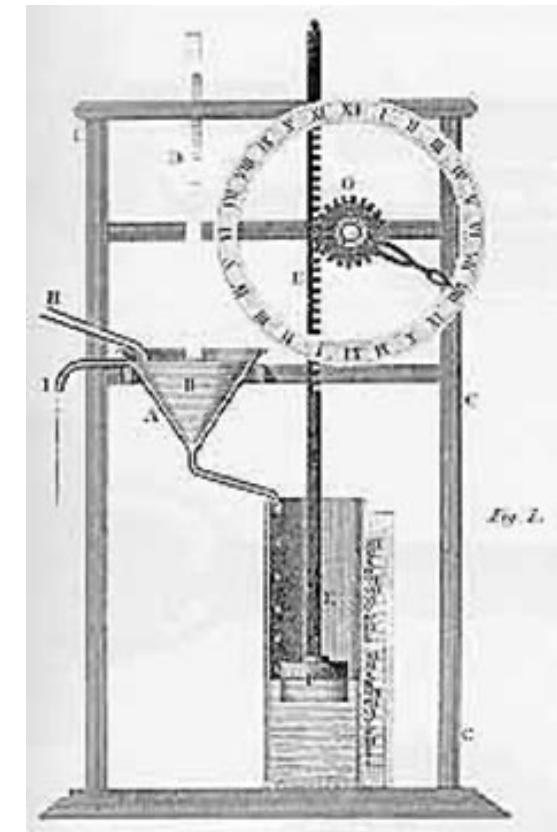
La trasformazione del processo produttivo culmina nella cosiddetta “(1<sup>a</sup>) rivoluzione industriale”

- produzione caratterizzata da un uso generalizzato di macchine azionate mediante potenza meccanica
  - ➔ fonti energetiche naturali
- Milestones (pietre miliari)
  - 1764: primo filatoio meccanico
  - 1765: prima motrice a vapore di Watt
  - 1785: macchina a vapore per filatura



## Secondo passo

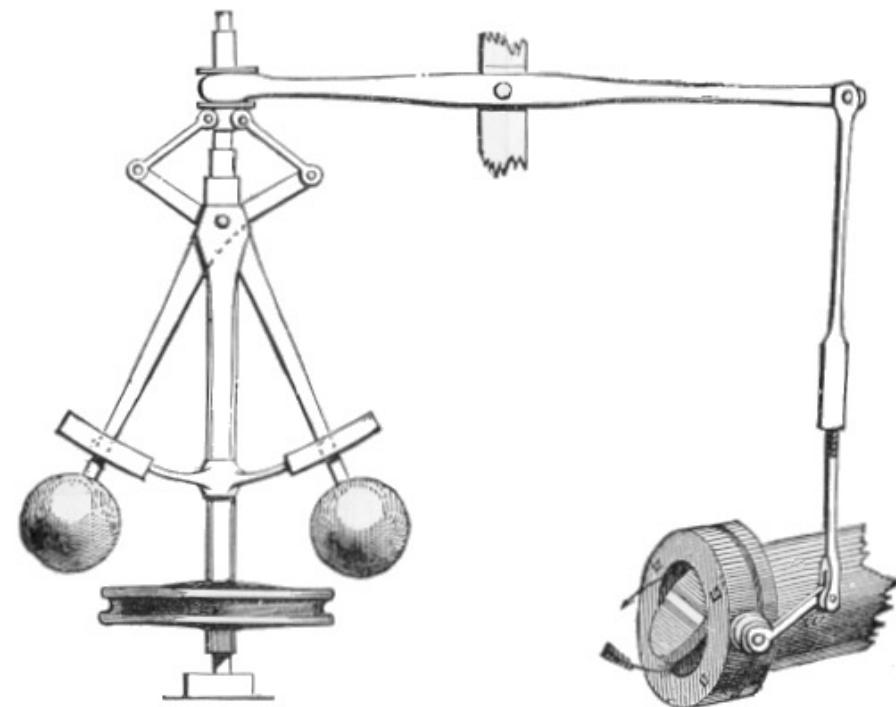
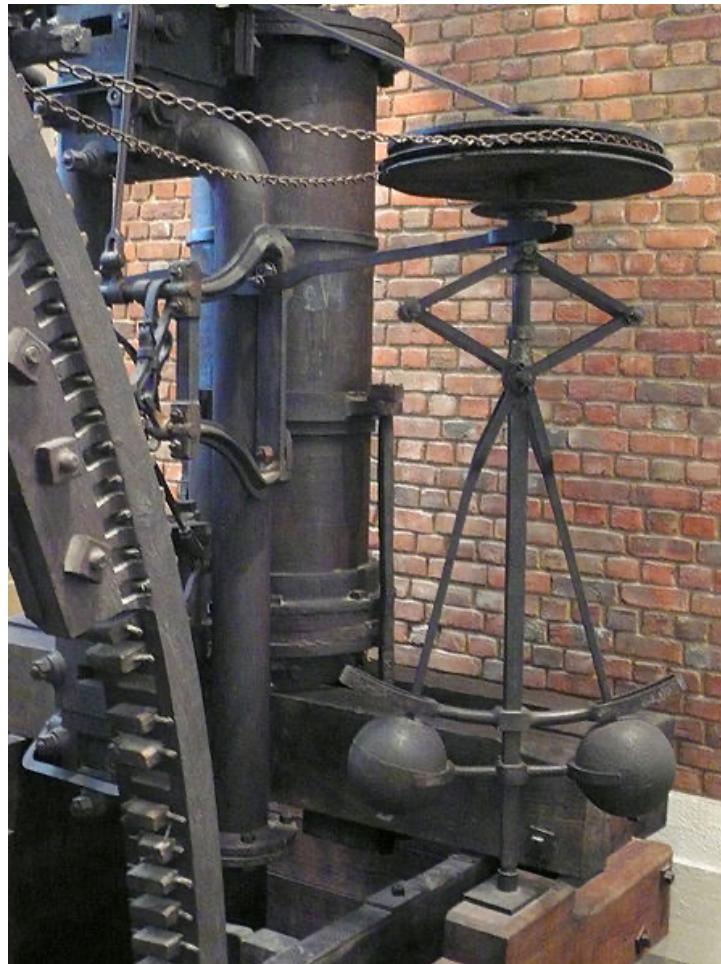
- dispensare l'uomo dalle operazioni di controllo
  - ➔ processi che richiedono speciale precisione, ripetuta e continuativa
- Milestones
  - ➔ orologio di Ctesibio (285-247 a.c.)
    - il trascorrere del tempo è segnalato mediante un meccanismo azionato da acqua che scorre tra due cisterne
  - ➔ termostato di Drebbel (1572-1663)
    - termometro e collegamenti meccanici per mantenere costante la temperatura in una incubatrice



# Automazione industriale: storia

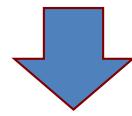
## → regolatore di velocità di Watt (1785)

- regolatore automatico per controllare la velocità di una macchina a vapore
- basato sull'azione della forza centrifuga su due masse in rotazione

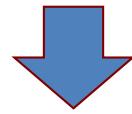


## principio di funzionamento del regolatore di Watt

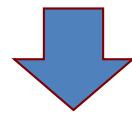
aumento velocità di rotazione



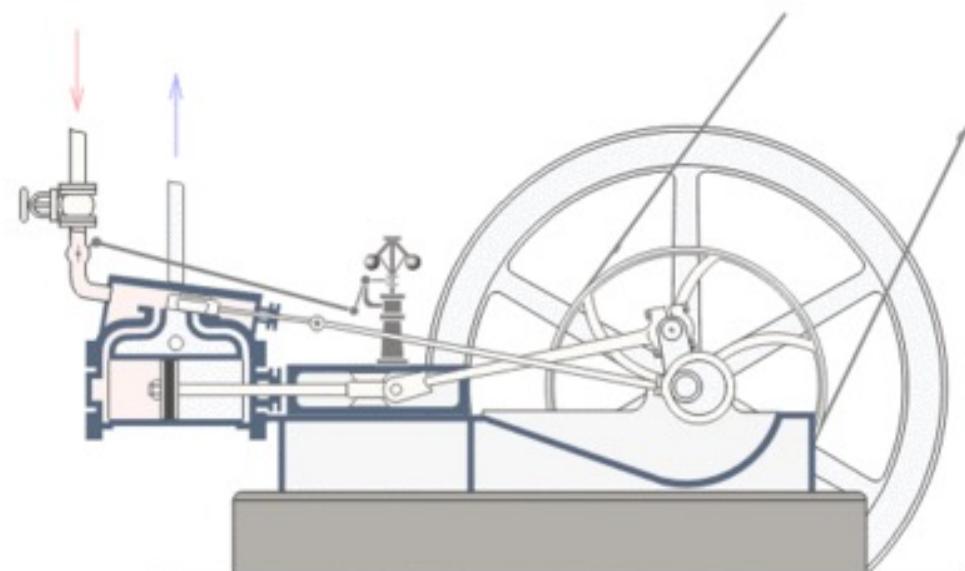
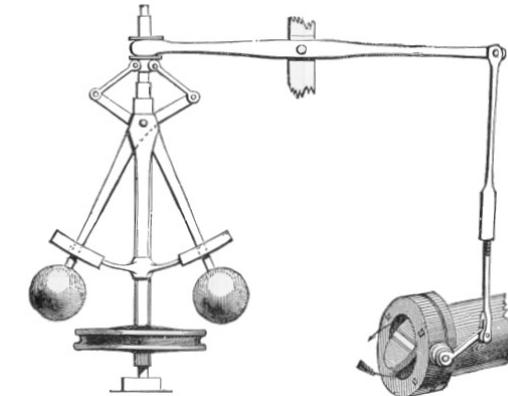
masse si allontanano  
per forza centrifuga



valvola a farfalla collegata  
si chiude meccanicamente



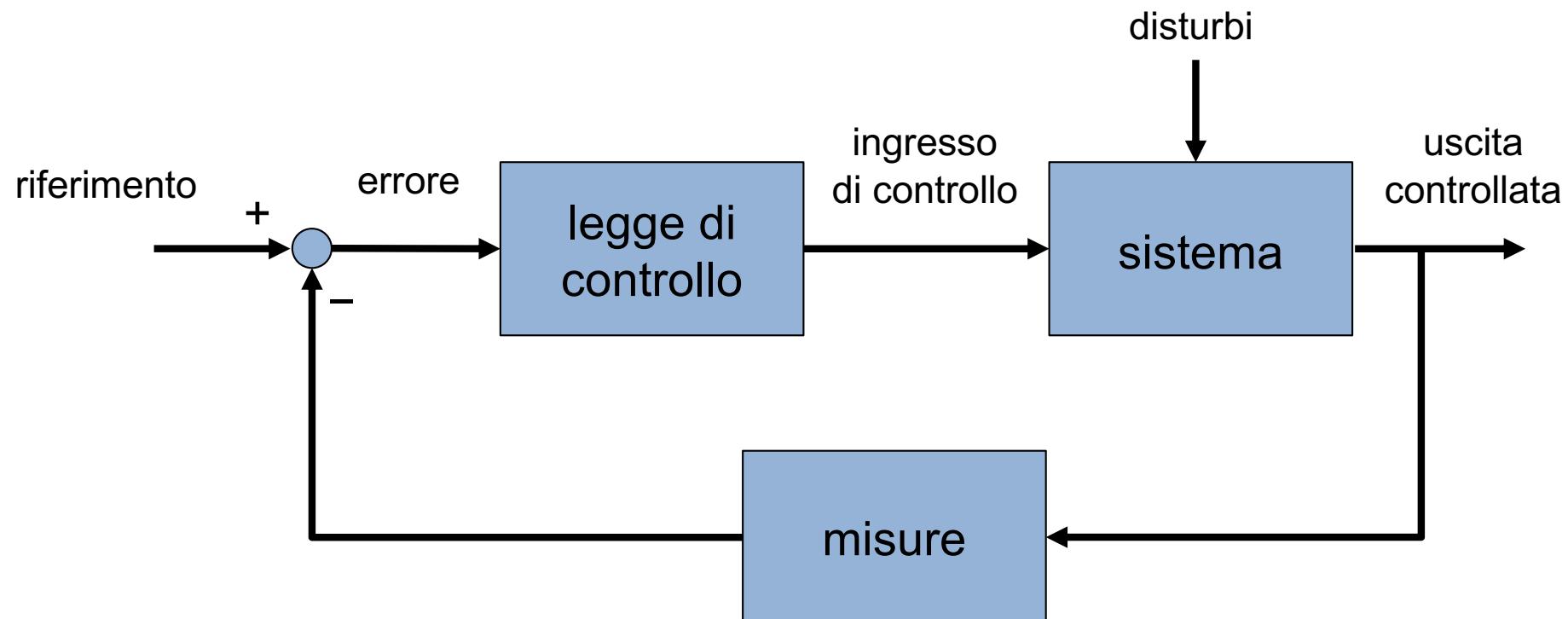
diminuisce velocità di rotazione



# Automazione industriale: storia

L'esperienza maturata nello studio di automatismi porta alla nascita di una teoria dei controlli automatici

- nucleo dell'Automatica
- sulla base di **misure** effettuate sulle grandezze fisiche accessibili, definire **l'azione di comando** più efficace per ottenere il comportamento desiderato di un processo (schema in **feedback**)

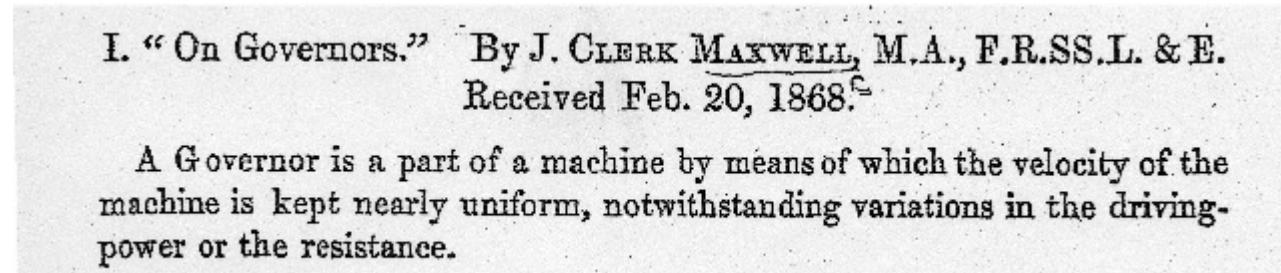


## □ Milestones

- primo contributo formulato rigorosamente  
J.C. Maxwell, "On governors," Royal Society, 1868



James Clark Maxwell.



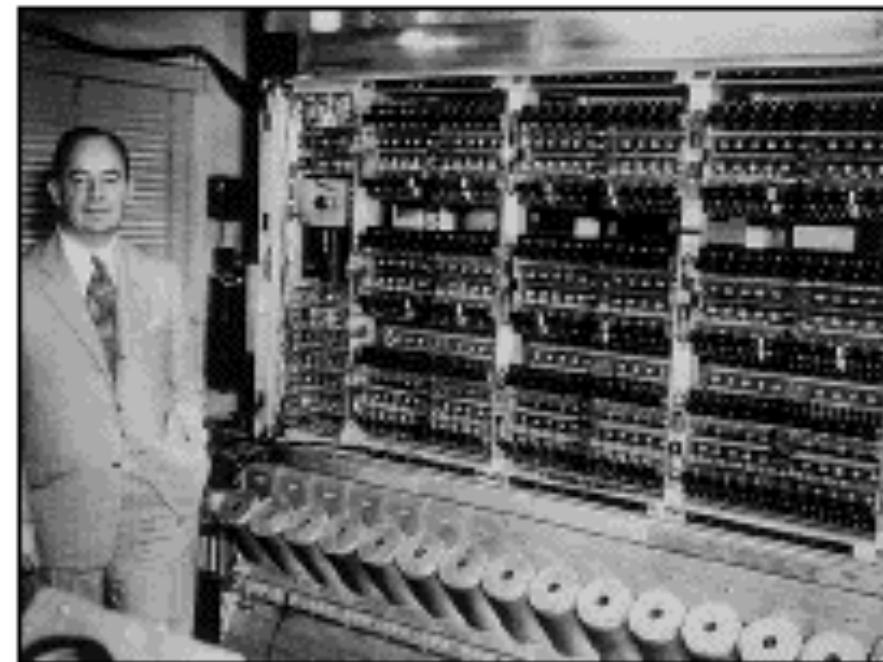
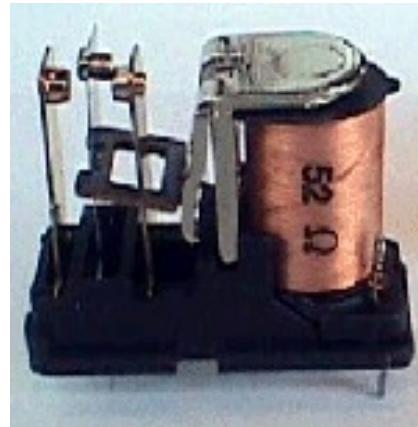
- amplificatori in retroazione negativa (H.S. Black 1930)
- analisi frequenziale (H.W. Bode 1905-1982, H. Nyquist 1889-1976)
- stabilità sistemi lineari (E.J. Routh 1831-1907, A. Hurwitz 1859-1919)
- controllori PID (J.G. Ziegler, N.B. Nichols 1942)
- dal 1950 ad oggi
  - teoria dei sistemi dinamici
  - ottimizzazione dell'azione di controllo, identificazione dei modelli
  - controllo dei sistemi non lineari
  - sistemi a eventi discreti, sistemi ibridi e loro controllo

## Terzo passo

- dispensare l'uomo dalle azioni di manipolazione delle informazioni nel processo produttivo
- Milestones
  - ➔ implementazione delle teorie del controllo nella conduzione di impianti industriali
  - ➔ **primi controllori automatici industriali (1950)**
    - controlli logico/sequenziali
    - sistemi combinatori che al verificarsi di determinate condizioni attivano l'avvio o la fine di operazioni di base svolte dalle macchine di produzione
      - ◆ interruzione di una movimentazione quando un organo meccanico raggiunge il proprio fine corsa

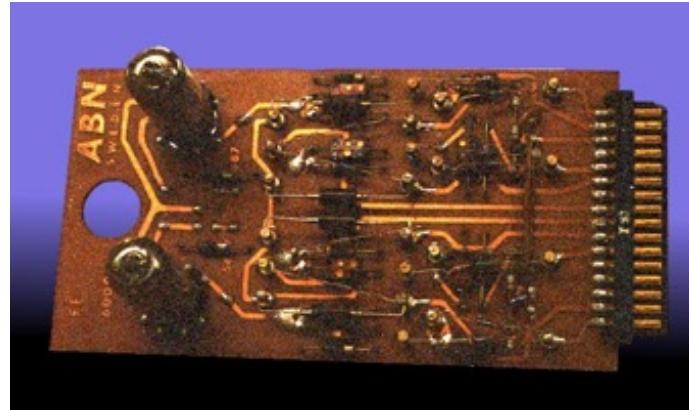
## ► Prima generazione di controllori (1950)

- interruttori e bobine elettrici possono implementare controlli **logici**: l'elemento elettromagnetico relè realizza l'interruttore permettendo la circolazione o meno della corrente
- reti di componenti elettrici (relè, bobine e temporizzatori)
- lenti nell'acquisizione delle informazioni e nell'elaborazione
- scarsa flessibilità
  - ◆ modifiche della logica da implementare comportano una revisione completa del circuito elettrico che la implementa



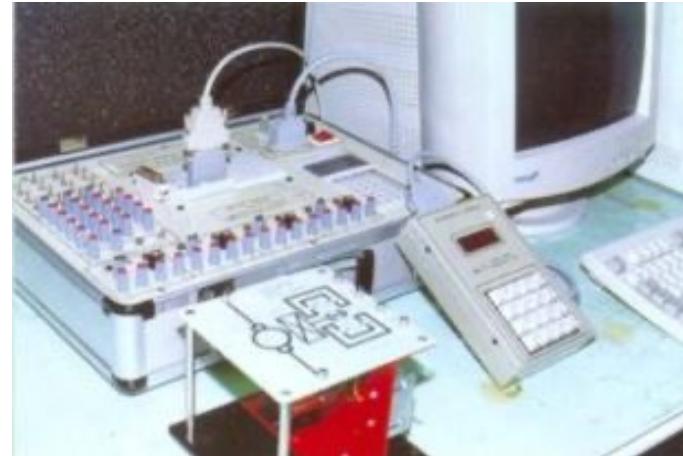
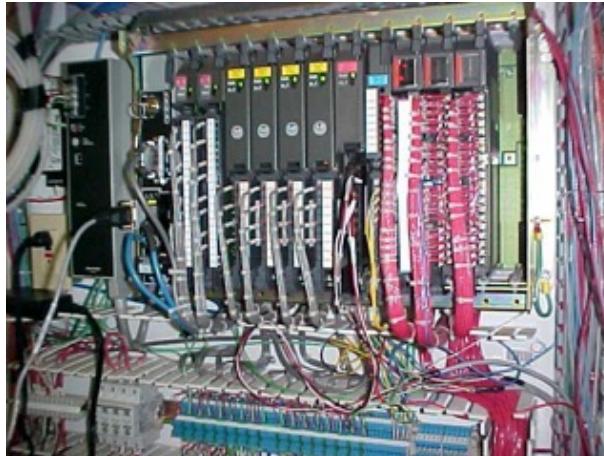
## → Seconda generazione di controllori (1960)

- evoluzione dell'elettronica a semiconduttore
  - ◆ transistor e circuiti stampati
- controllori basati su schede (piuttosto primitive) a semiconduttore
- aumento delle prestazioni
- costi più vantaggiosi e dimensioni più compatte
- flessibilità ancora scarsa
  - ◆ la modifica della funzione logica equivale alla riprogettazione della scheda



## → Terza generazione di controllori (1970)

- evoluzione di elettronica e informatica
- sistemi a microprocessore
- controllori programmabili via software che possono eseguire generici algoritmi logico/sequenziali
- Allen Bradley introdusse nel 1968 il **Programmable Logic Controller** (PLC) per l'automazione della produzione automobilistica
- programmabile quindi altamente flessibile
- standard industriale dalla seconda metà del 1970 (costi sempre minori)



# Automazione industriale: una definizione

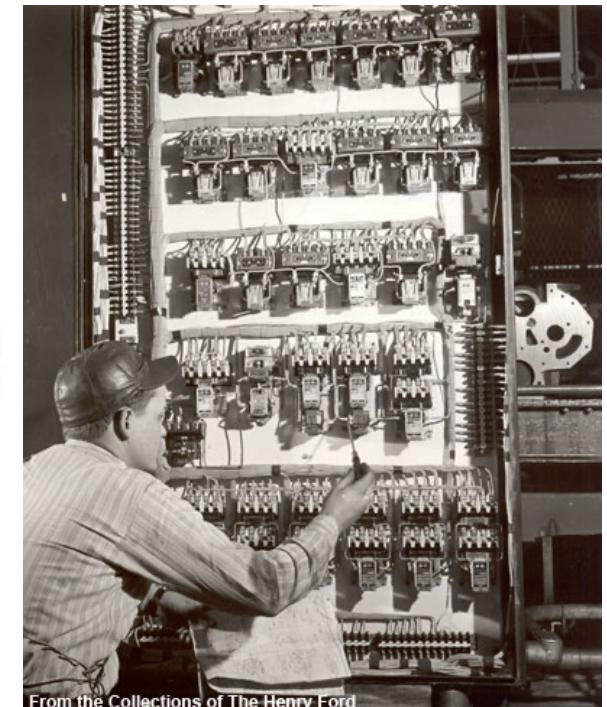
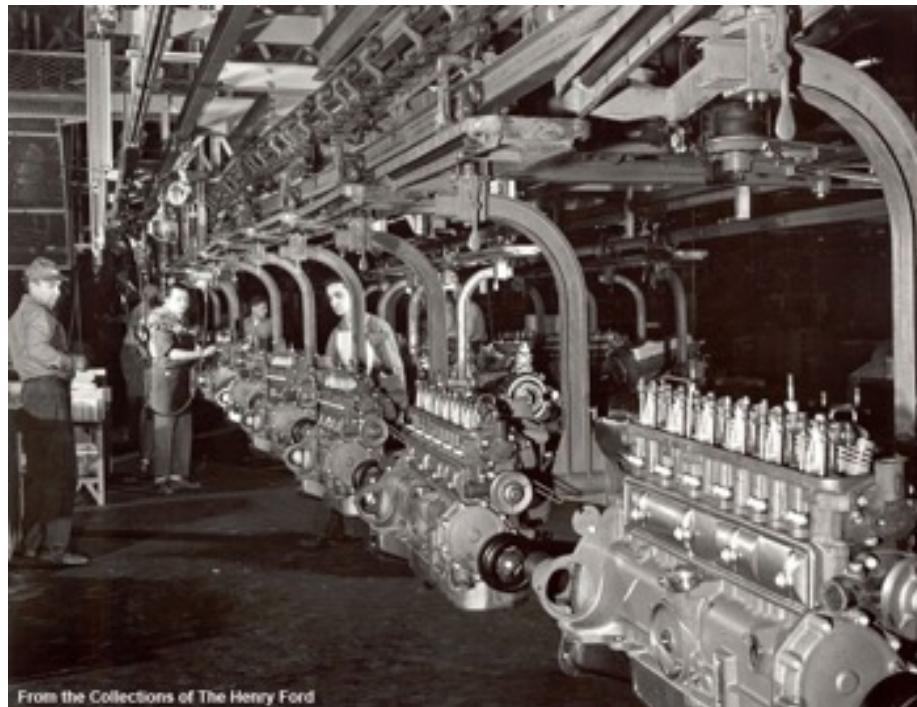
---

L'automazione industriale è l'insieme di metodologie (dei controlli automatici) e di tecnologie (meccaniche, elettriche, elettroniche, informatiche) che permettono l'automatizzazione di processi produttivi al fine di far lavorare le macchine

- senza (o con ridotto) intervento umano, e con
  - ➔ minori costi
  - ➔ maggiore efficienza e affidabilità
  - ➔ continuità temporale
- per operazioni che richiedono precisione, ripetibilità, velocità e potenze impossibili per un operatore umano
- per operazioni pericolose
- per soddisfare vincoli e normative riguardanti sicurezza e impatto ambientale

# Automazione industriale: storia

Il termine **automation** fu introdotto nel 1947 presso la Ford Motor Company come contrazione di “automatic production” per indicare l’insieme di apparati di movimentazione automatica che erano stati installati nelle loro linee di produzione



# Verso una moderna automazione industriale

---

Negli ultimi anni il concetto di automazione è stato esteso non solo alla produzione industriale vera e propria, ma anche ai suoi **sistemi di supporto** per

- progettazione
- organizzazione
- gestione della produzione

L'automazione industriale in senso più ampio è quindi

- integrazione tra produzione automatizzata e sistemi informativi gestionali
- ⇒ **Computer Integrated Manufacturing (CIM)**

# La 4<sup>a</sup> rivoluzione industriale

RiVOLUZIONE INDUSTRIALE	PERIODO TEMPORALE	TECNOLOGIE E CARATTERISTICHE
Prima	1785 – metà 19 <sup>o</sup> secolo	utilizzo di macchine azionate da energia meccanica (vapore, acqua)
Seconda	fine 19 <sup>o</sup> secolo – 1970	azionamento elettrico delle macchine e produzione di massa basata sulla divisione del lavoro (catene di montaggio)
Terza	1970 – oggi	utilizzo dell'elettronica e delle tecnologie dell'informazione (IT) per aumentare il livello di automazione di attività complesse (CNC, robot e computer)
Quarta	oggi – futuro	sviluppo di macchine sensorizzate e intelligenti, interconnesse tra loro e con internet, con la raccolta, analisi e uso di grandi quantità di informazioni (Big data), per una specializzazione di massa del prodotto, l'integrazione della catena produttiva (supply and value chains) e una maggiore efficienza

Fonte: European Parliamentary Research Service (EPRS), *Industry 4.0 – Digitalisation for productivity and growth*, 2015