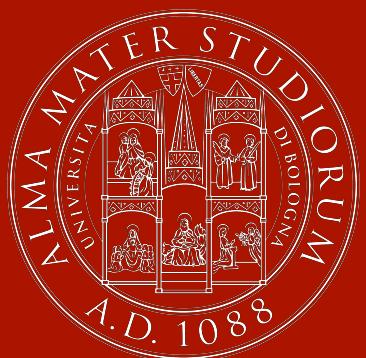




SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



CIM: Computer Integrated Manufacturing

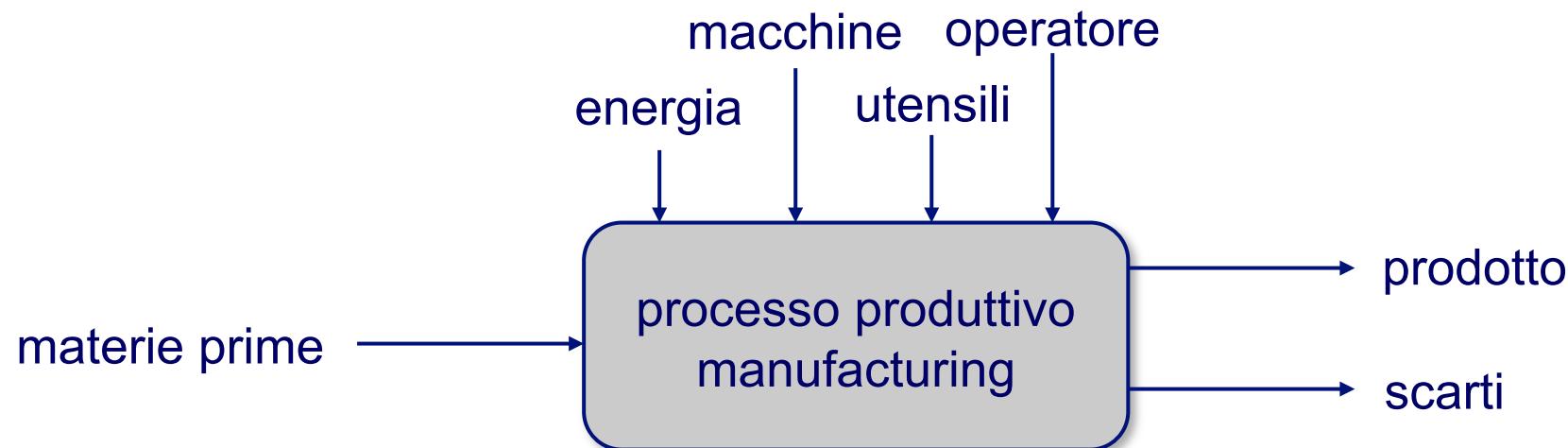
Automazione

7/10/2015

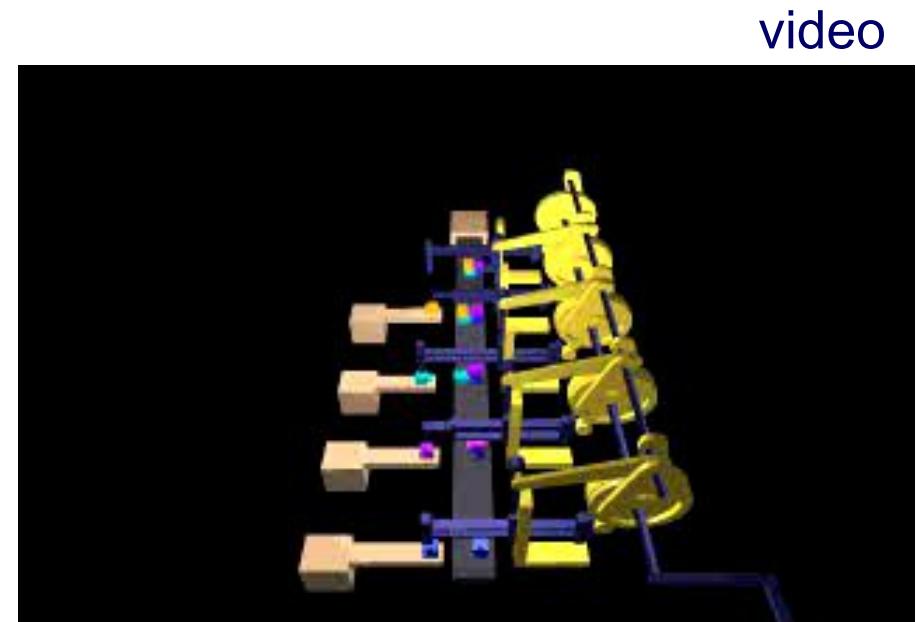
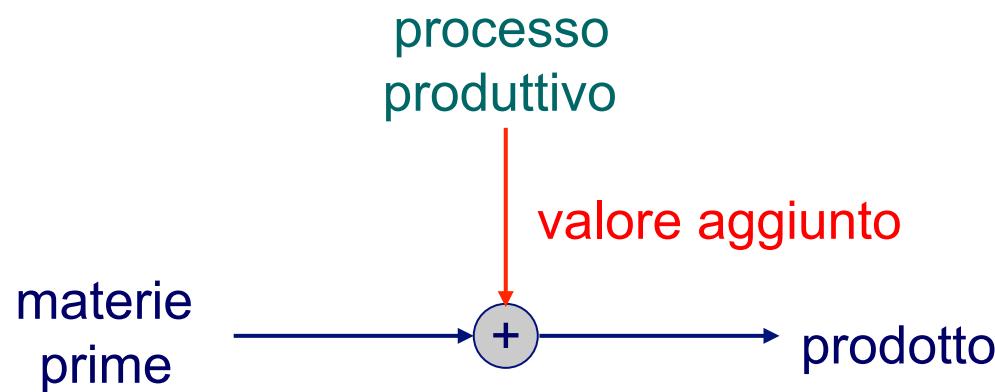
Alessandro De Luca

Manufacturing: insieme dei processi produttivi da applicare ai materiali grezzi/semi-lavorati per ottenere un prodotto finale. La trasformazione richiede l'uso di

- energia
- macchine
- utensili
- intervento umano



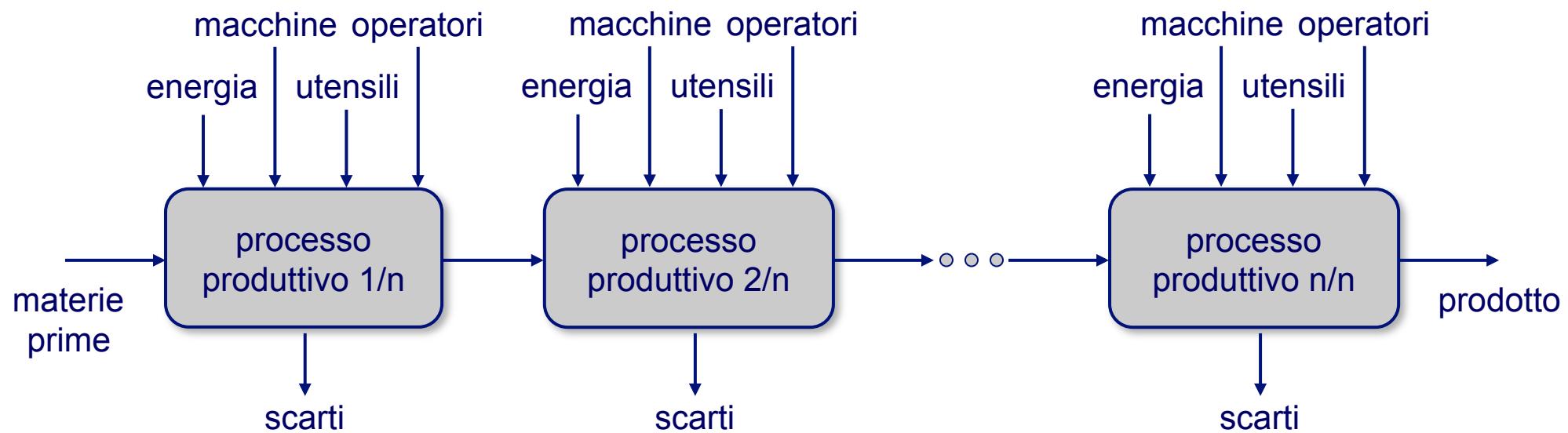
Manufacturing: da un punto di vista economico il processo produttivo è l'insieme delle operazioni necessarie per fornire valore aggiunto ai materiali grezzi



(courtesy of Ken Goldberg)

Manufacturing: è un processo di tipo sequenziale

- scomponibile in un insieme di passi produttivi sequenziali che avvicinano i materiali al loro stato finale desiderato

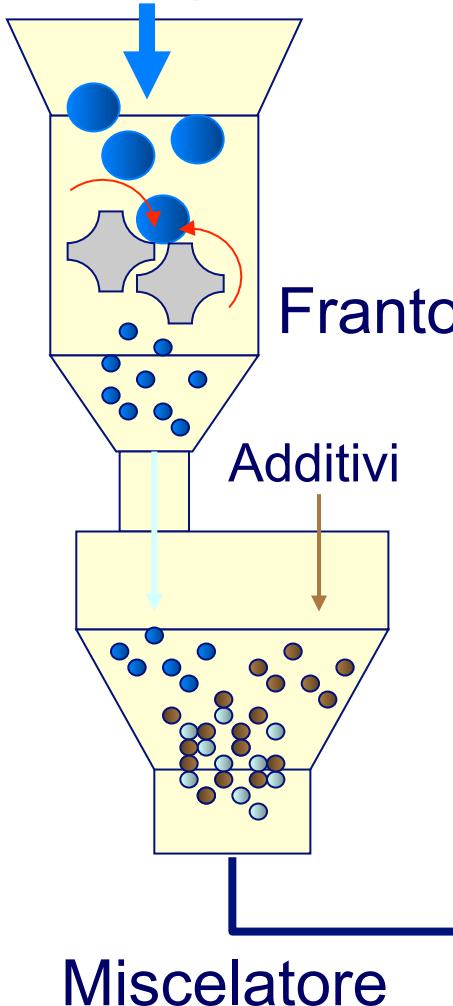


- esempio: cementificio

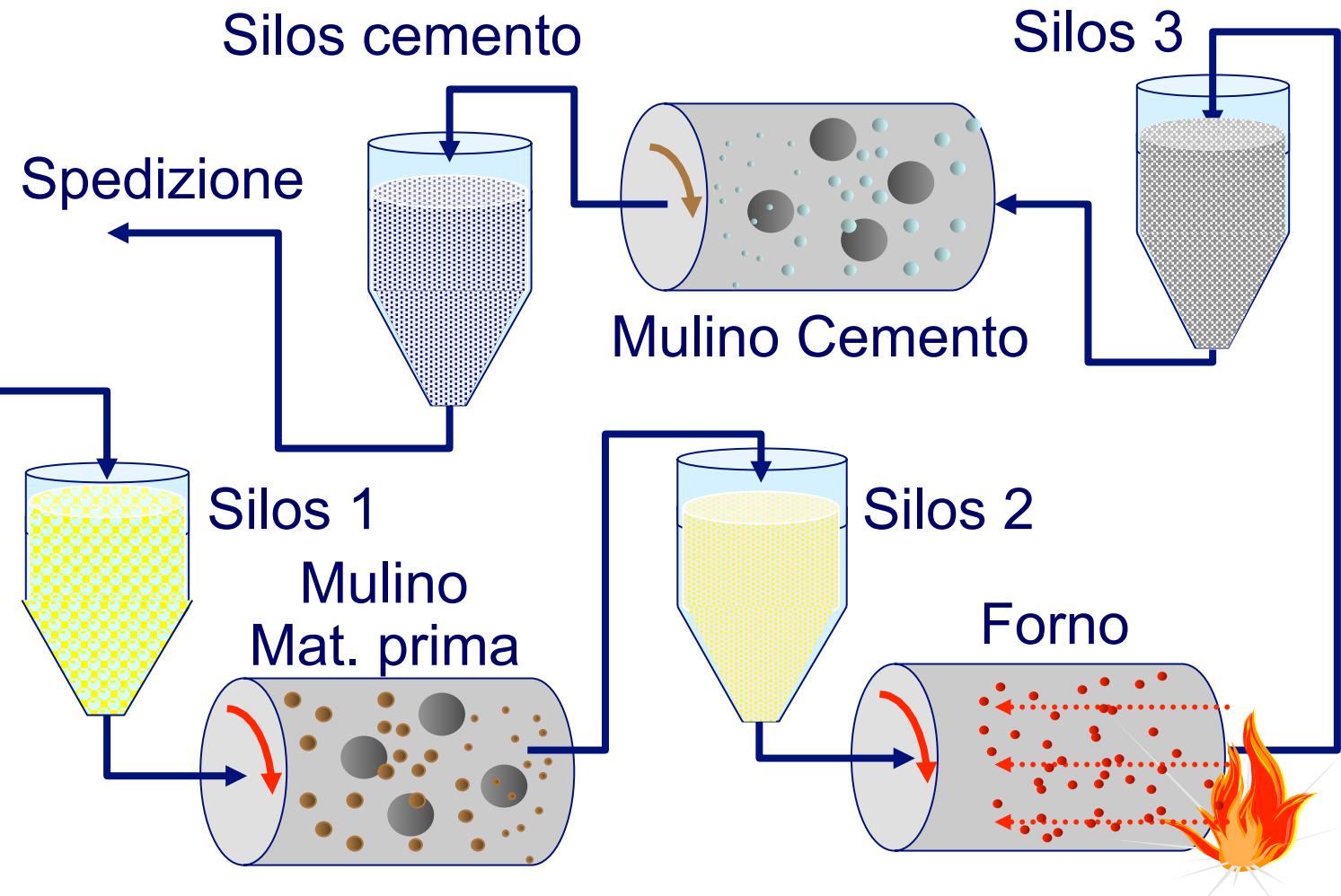
Esempio di processo produttivo

Cementificio

Materia prima



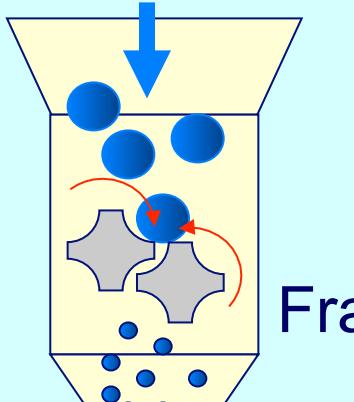
Silos cemento



Esempio di processo produttivo

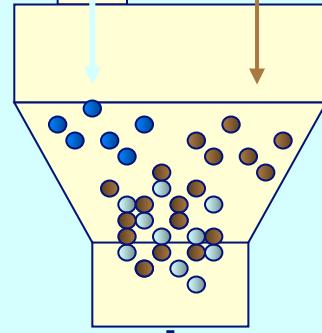
Cementificio

Materia prima



Frantoio

Additivi



Miscelatore

Stabilimento

Silos cemento

Macchina

Silos 3

Mulino Cemento

Silos 1

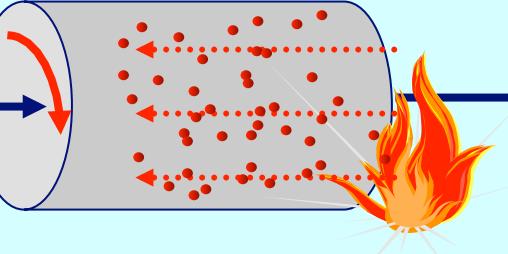
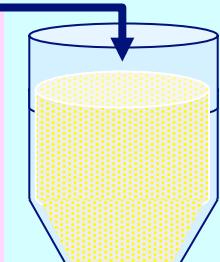
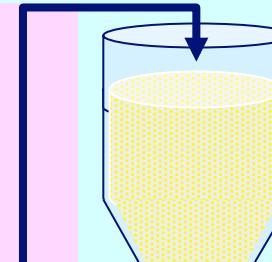
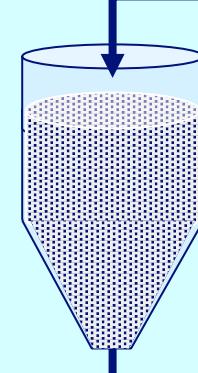
Mulino
Mat. prima

Silos 2

Forno

Cella produttiva

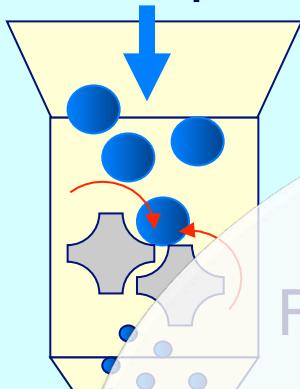
Spedizione



Esempio di processo produttivo

Cementificio

Materia prima



Stabilimento

Silos cemento

Macchina

Silos 3

Dispositivi di campo

Spedizione

Frantocio

Additivi

Mulino Cemento

Forno



Miscelatore

Cella produttiva



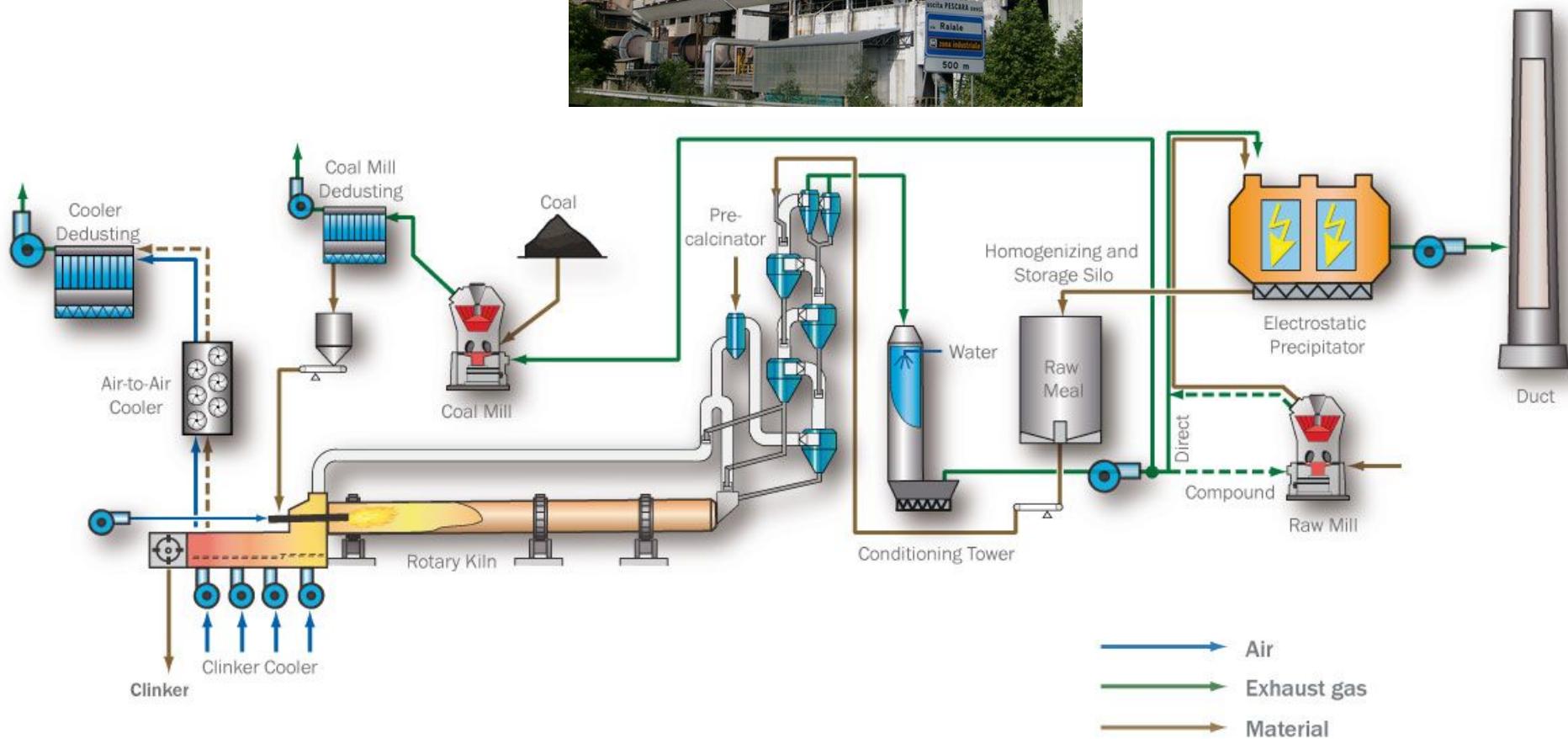
Un vero cementificio

<https://www.sick.com/it/it/c/g287763>

Process Control



Emission Monitoring

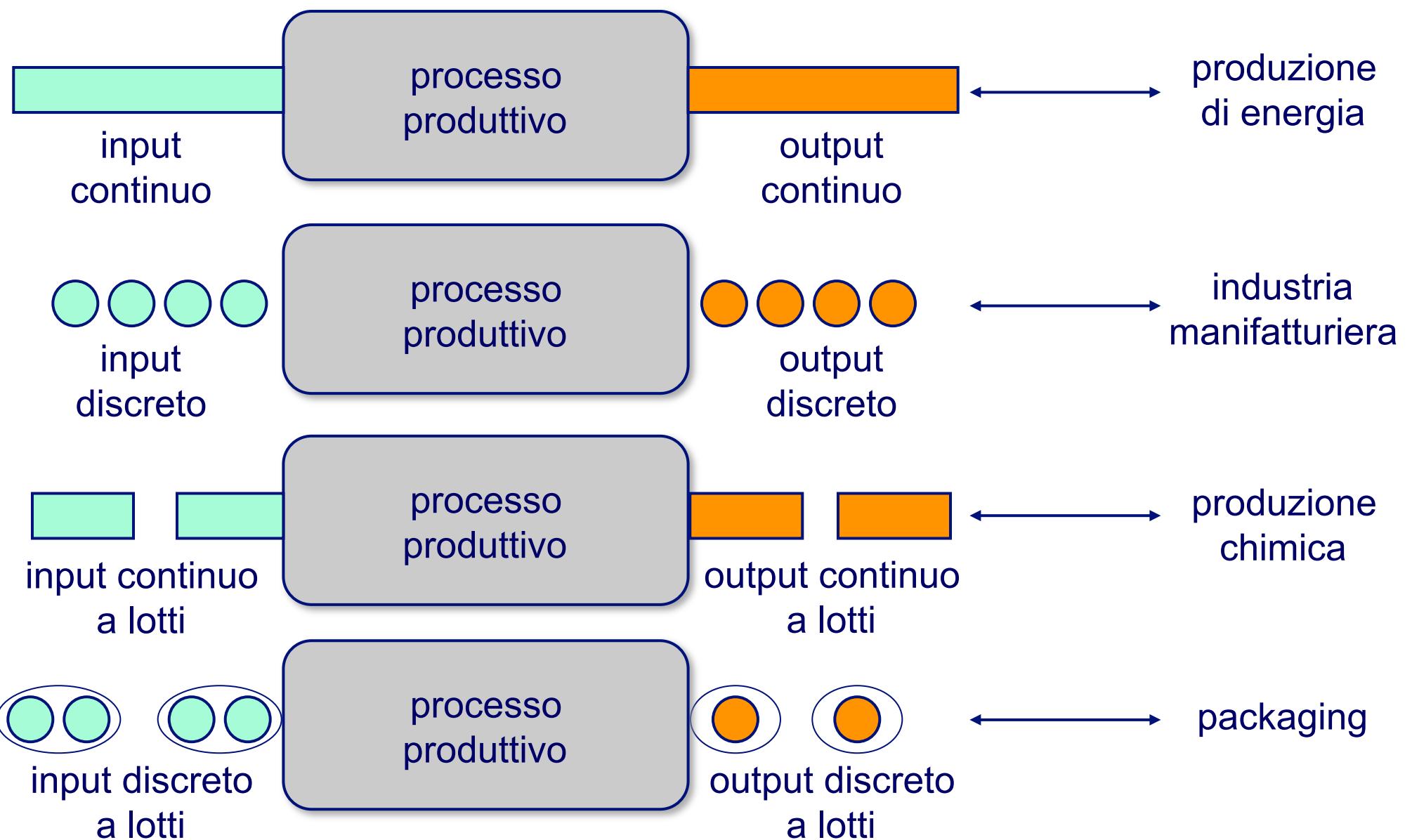


Operazioni elementari nei processi produttivi

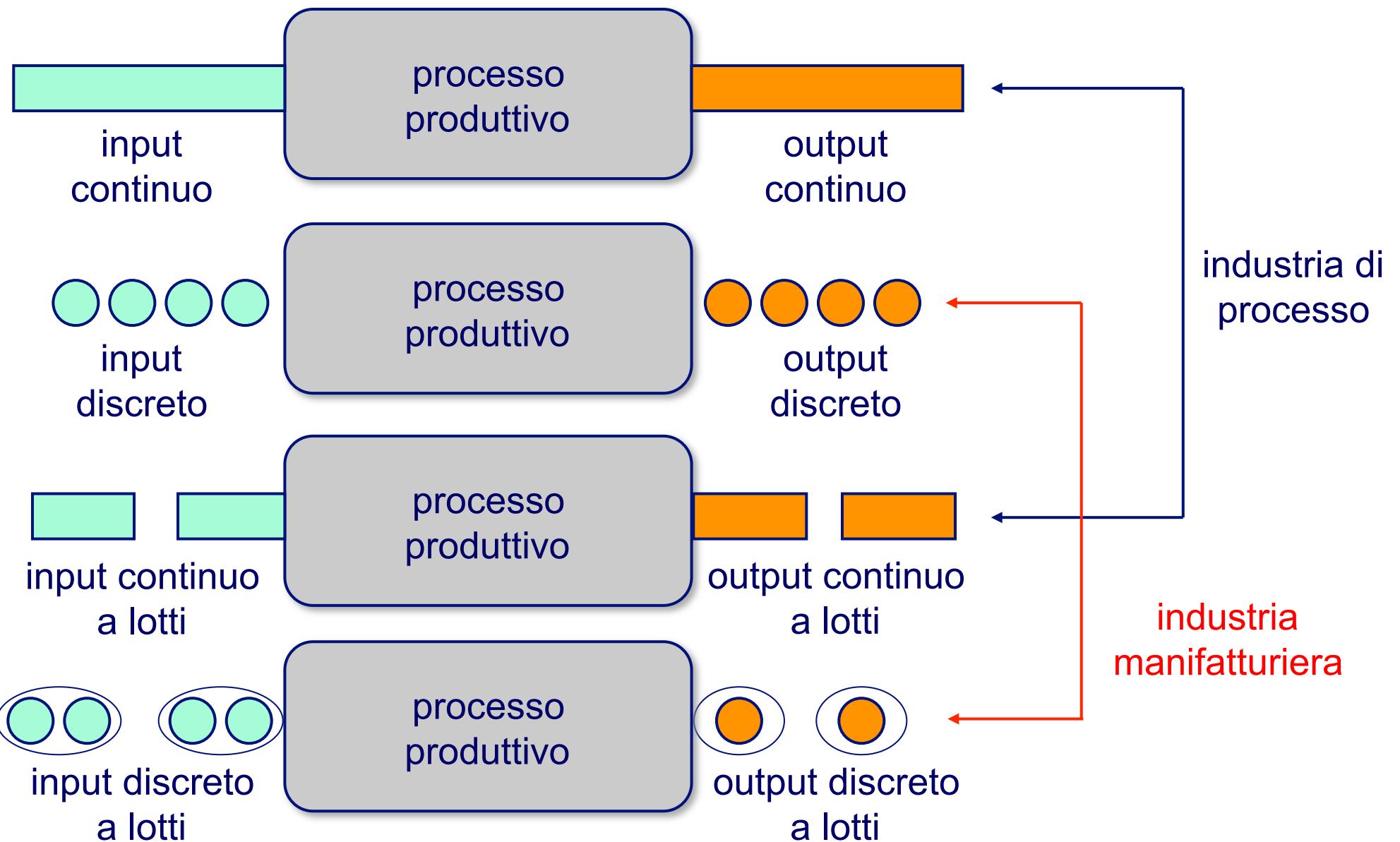
Un processo produttivo è composto da una sequenza di **operazioni elementari**

- di lavorazione: utilizzo dell'energia per alterare le proprietà dei materiali (trasformazioni)
- di assemblaggio: operazioni di unione di più parti per formare un'unica entità
- di trasporto e stoccaggio: movimentazione e stoccaggio di parti e prodotti
- di test: verifica del prodotto (finale) e delle sue funzionalità
- di coordinamento e controllo: coordinamento e regolazione delle operazioni anche a livello di gestione della produzione

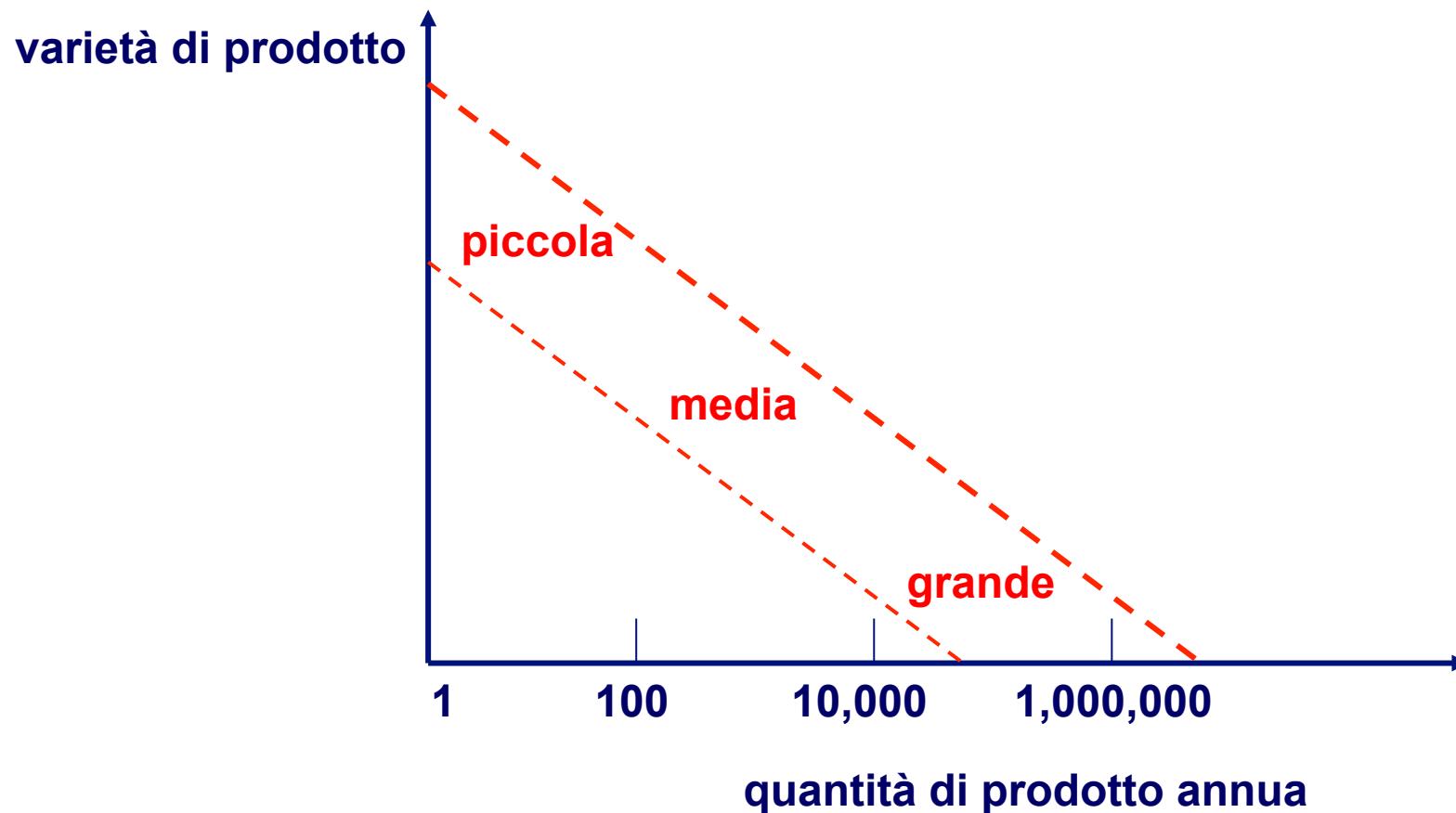
Classificazione dei processi produttivi



Classificazione dei processi produttivi



Classificazione dei processi produttivi



esiste una correlazione inversa tra entità della produzione e sua varietà!

Automazione del sistema di produzione

Automazione rigida: la sequenza delle operazioni di produzione è fissa

- il processo di produzione è realizzato mediante una sequenza di operazioni elementari relativamente semplici
- destinata a grandi produzioni con varietà di prodotto molto bassa

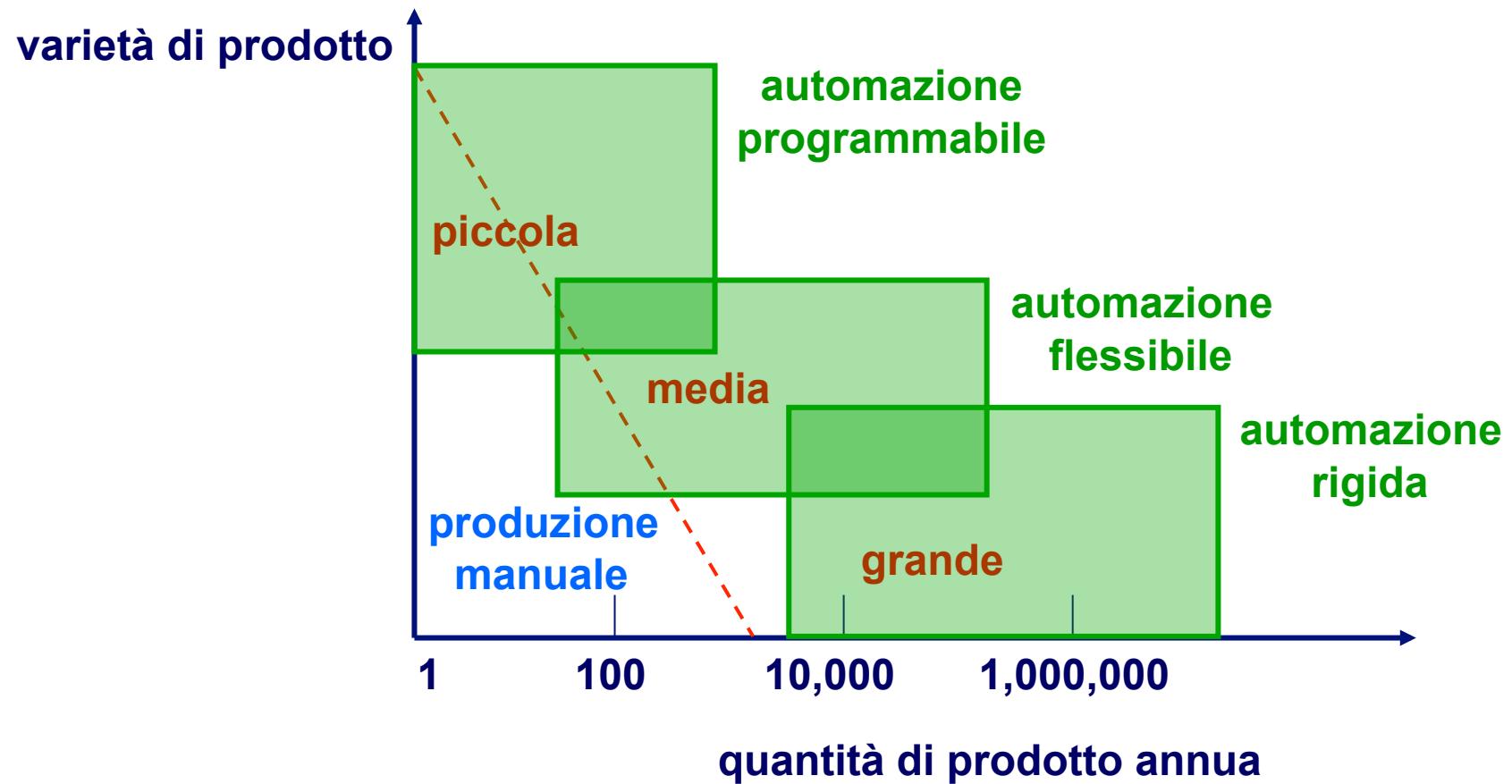
Automazione programmabile: è possibile cambiare la sequenza di operazioni in modo da cambiare la configurazione finale del prodotto

- si trova in industrie con entità di produzione medio-bassa caratterizzate da produzione a lotti
- tra un lotto e l'altro è necessario attendere la riconfigurazione dell'impianto di produzione

Automazione flessibile: estensione dell'automazione programmabile in cui è possibile diversificare la produzione senza avere tempi morti di conversione dell'impianto

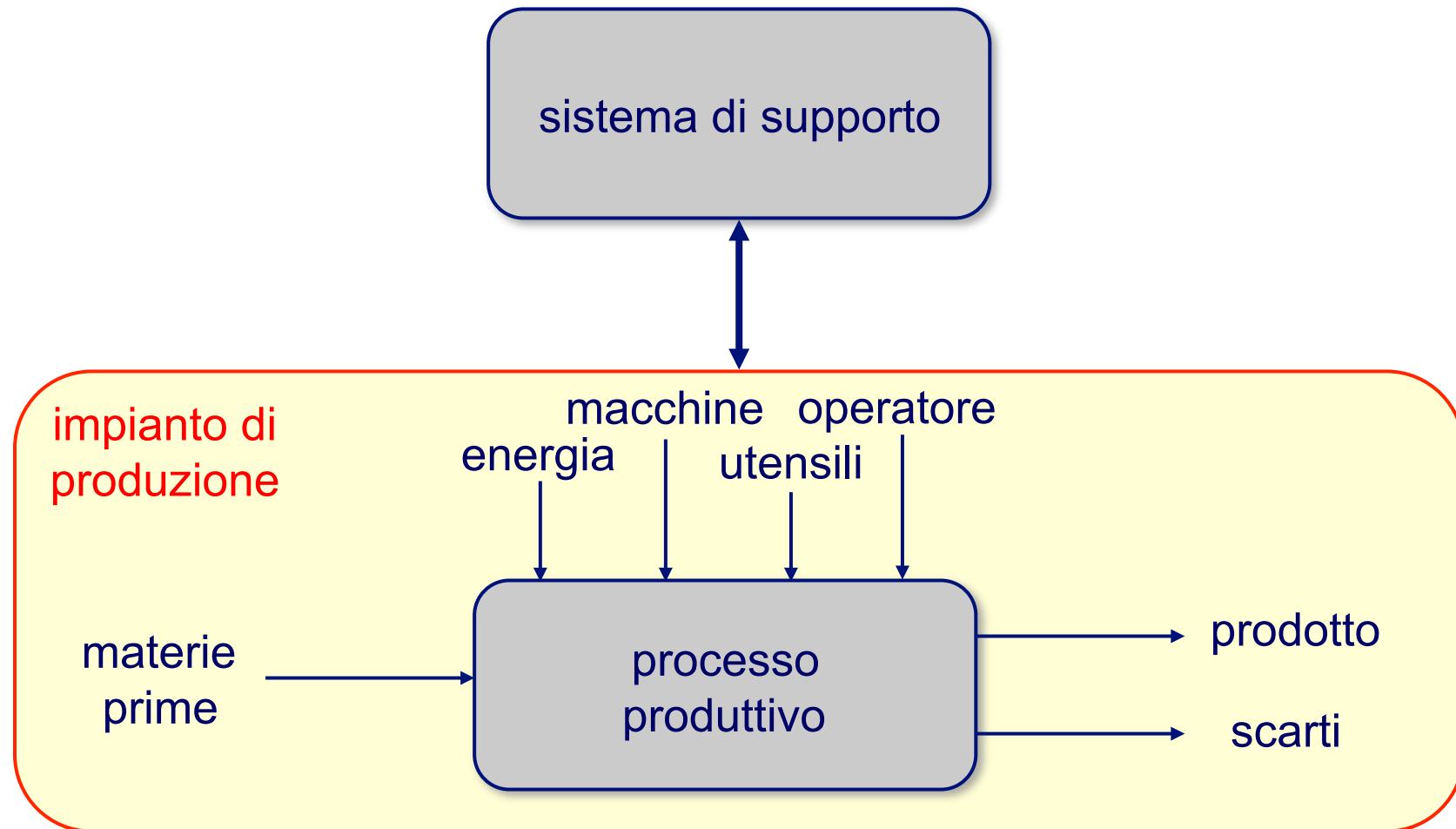
- possibile se le varietà di prodotto finale sono molto simili
- i macchinari sono caratterizzati da un'alta configurabilità e flessibilità di impiego (**Flexible Manufacturing Systems - FMS**)

Automazione del sistema di produzione



Sistema di supporto alla produzione

Il sistema di supporto alla produzione è l'insieme di attività di gestione delle informazioni legate alla produzione



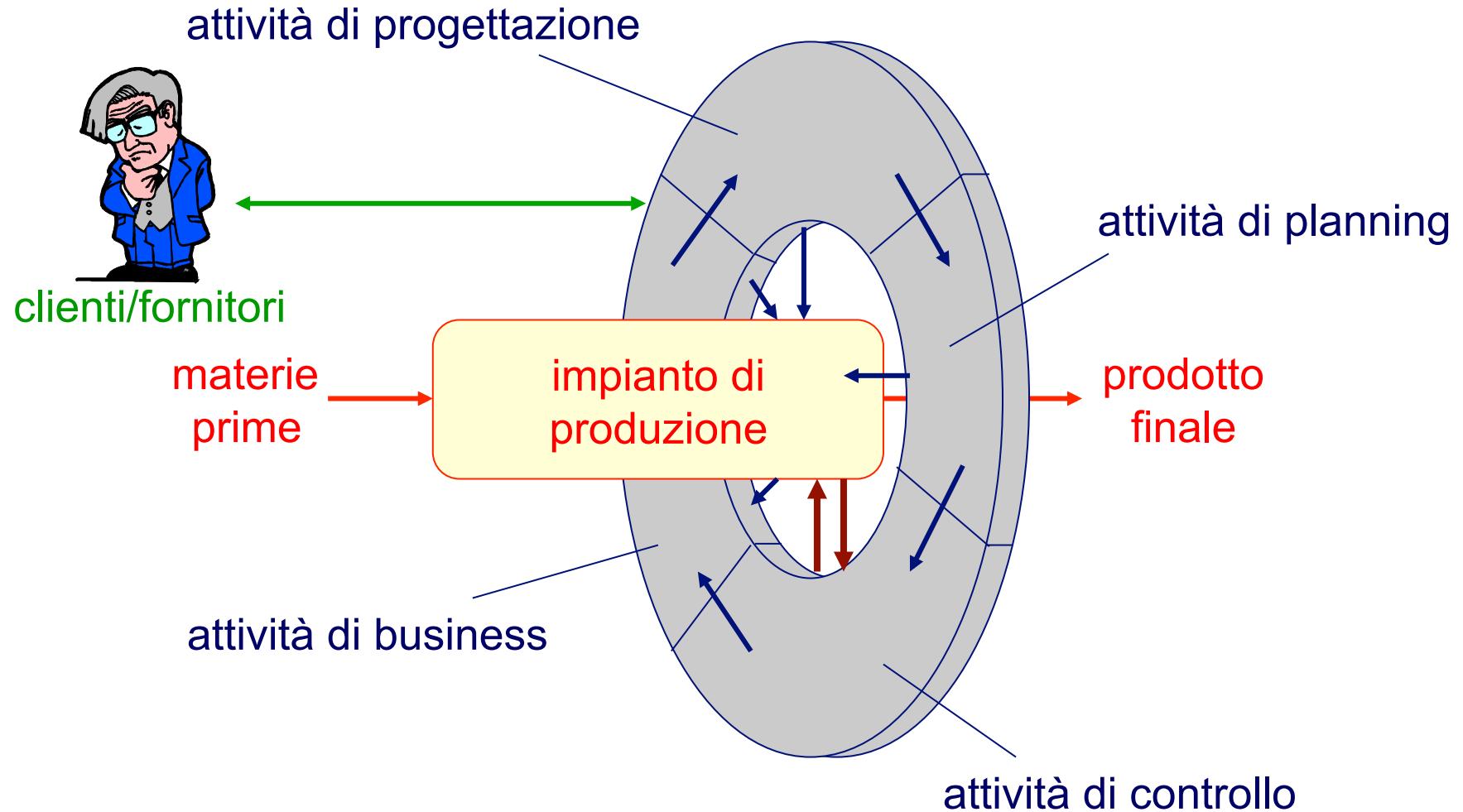
Sistema di supporto alla produzione

Il sistema di supporto alla produzione è l'insieme di **attività** di gestione delle informazioni legate alla produzione

- business: sono le principali attività di contatto con il cliente, punto di partenza e di arrivo del processo; includono gestione ordini, marketing, vendita, bilancio, budget, ...
- progettazione: attività volte alla progettazione del prodotto sulla base delle esigenze del cliente (o del mercato)
- planning: sulla base delle funzioni di business e di progettazione, viene pianificata la produzione; si determinano le sequenze di lavorazione, le politiche di stoccaggio e di rifornimento
- controllo: sono le attività di gestione e supervisione del processo di produzione; includono il controllo dei flussi produttivi e la verifica della qualità di processi e prodotti

Sistema di supporto alla produzione

E' schematizzabile come un anello di attività che circondano le attività vere e proprie di produzione, gestendo il flusso delle informazioni



Automazione delle attività di supporto

supporto alle attività di business

- **Enterprise Resource Planning (ERP)**: un insieme di applicazioni informatiche volte all'automazione di attività di amministrazione, logistica, gestione della produzione, risorse umane, ...

- ➔ contabilità, controllo di gestione, gestione del personale
- ➔ gestione degli acquisti, dei magazzini
- ➔ gestione della produzione, dei progetti
- ➔ gestione delle vendite, della distribuzione
- ➔ gestione della manutenzione impianti
 - WebSphere (IBM), Microsoft con Project Green (Microsoft), Oracle con Project Fusion (Oracle), SAP NetWeaver

- **Decision Support System (DSS)**: sistema software che rende disponibili una serie di funzionalità di supporto (analisi di “big data”, modelli di valutazione) per migliorare il processo decisionale

- ➔ Business Intelligence, Sistemi Esperti, modelli di supporto decisionale
 - SAP

Business Intelligence Expert System on SOX Compliance over the Purchase Orders Creation Process

Jesus Angel Fernandez Canelas¹, Quintin Martin Martin², Juan Manuel Corchado Rodriguez³

¹Global Procurement, Nokia Siemens Networks, Madrid, Spain

²Statistics Department, University of Salamanca, Salamanca, Spain

³Computer Science Department, Universidad de Salamanca, Salamanca, Spain

Email: jefern55@hotmail.com, corchado@usal.es, qmm@usal.es

ABSTRACT

The objective of this work is to define a decision support system over SOX (Sarbanes-Oxley Act) compatibility and quality of the Purchase Orders Creation Process based on Artificial Intelligence and Theory of Argumentation knowledge and techniques. This proposed model directly contributes to both scientific research artificial intelligent area and business practices. From business perspective it empowers the use of artificial intelligent models and techniques to drive decision making processes over financial statements. From scientific and research area the impact is based on the combination of 1) an Information Seeking Dialog Protocol in which a requestor agent inquires the business case; 2) a Facts Valuation based Protocol in which the previously gathered facts are analyzed; 3) the already incorporated initial knowledge of a human expert via initial beliefs; 4) the Intra-Agent Decision Making Protocol based on deductive argumentation; and 5) the semi automated Dynamic Knowledge Learning Protocol. Last but not least the suggested way of integration of this proposed model in a higher level multiagent intelligent system in which a Joint Deliberative Dialog Protocol and an Inter-Agent Decision Deductive Argumentation Making Protocol are described.

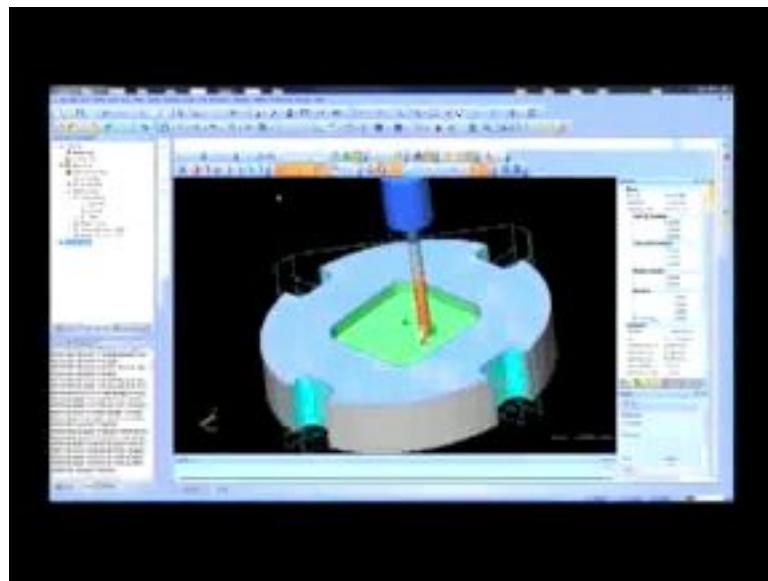
Keywords: Multiagent Systems (MAS); Decision Support Systems (DSS); Sarbanes-Oxley Act (SOX); Argumentation; Artificial Intelligence; Business Intelligence (BI); Expert Systems (ES)

Automazione delle attività di supporto

supporto alle attività di progettazione

- **Computer Aided Design (CAD)**: insieme di software tools che assistono i progettisti nelle attività di progettazione
- **Computer Aided Engineering (CAE)**: software tools per la verifica delle funzionalità del progetto
 - ➔ AutoCAD, SolidEdge, VariCAD Pro/Engineering

video



video



Automazione delle attività di supporto

supporto alle attività di planning e controllo

□ **Computer Aided Manufacturing (CAM)**: software che permette di automatizzare le prove di fattibilità del processo di produzione e di organizzare la produzione stessa (spesso integrato nel CAD)

□ dal modello CAD si ottiene il programma macchina CNC

- ➔ caricamento di un modello CAD
- ➔ impostazione del sistema di coordinate usato dalla macchina utensile
- ➔ impostazione dei parametri di lavorazione
- ➔ generazione delle istruzioni per la macchina utensile, salvate in un file
- ➔ invio dei dati al controllo numerico della macchina

video

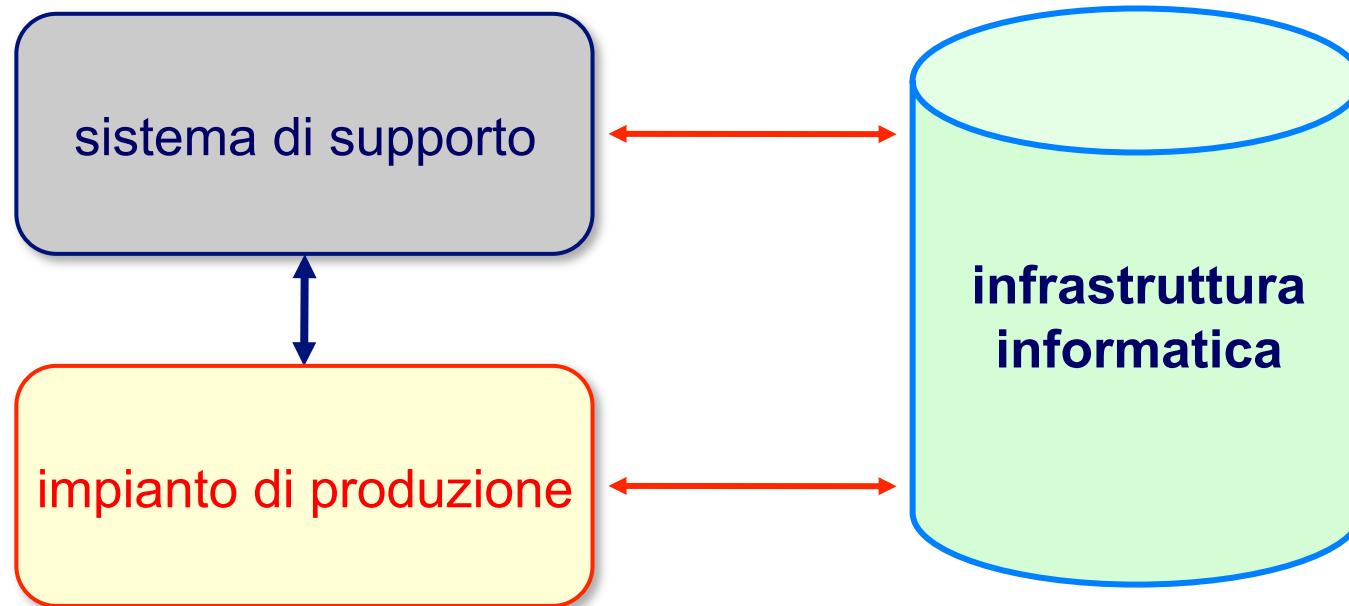


□ **Computer Aided Process Planning (CAPP)**: software che permette di automatizzare/ottimizzare il planning della produzione

Computer Integrated Manufacturing

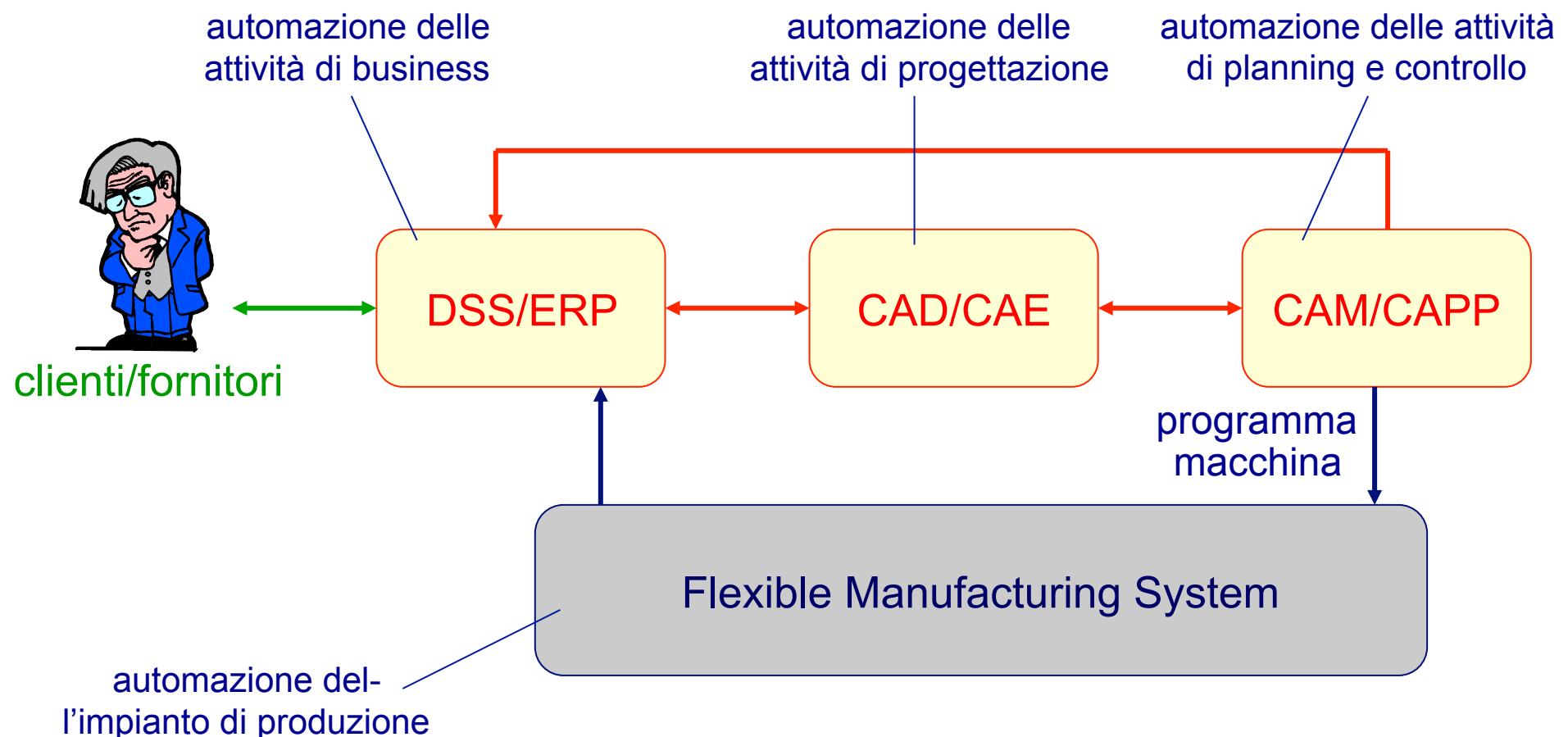
Computer Integrated Manufacturing (CIM): un modello teorico di sistema di produzione che prevede l'integrazione dei processi produttivi con i sistemi di automazione e con i sistemi informativi gestionali

- ❑ un'unica infrastruttura informatica integra l'automazione dei processi produttivi con quella delle attività di supporto

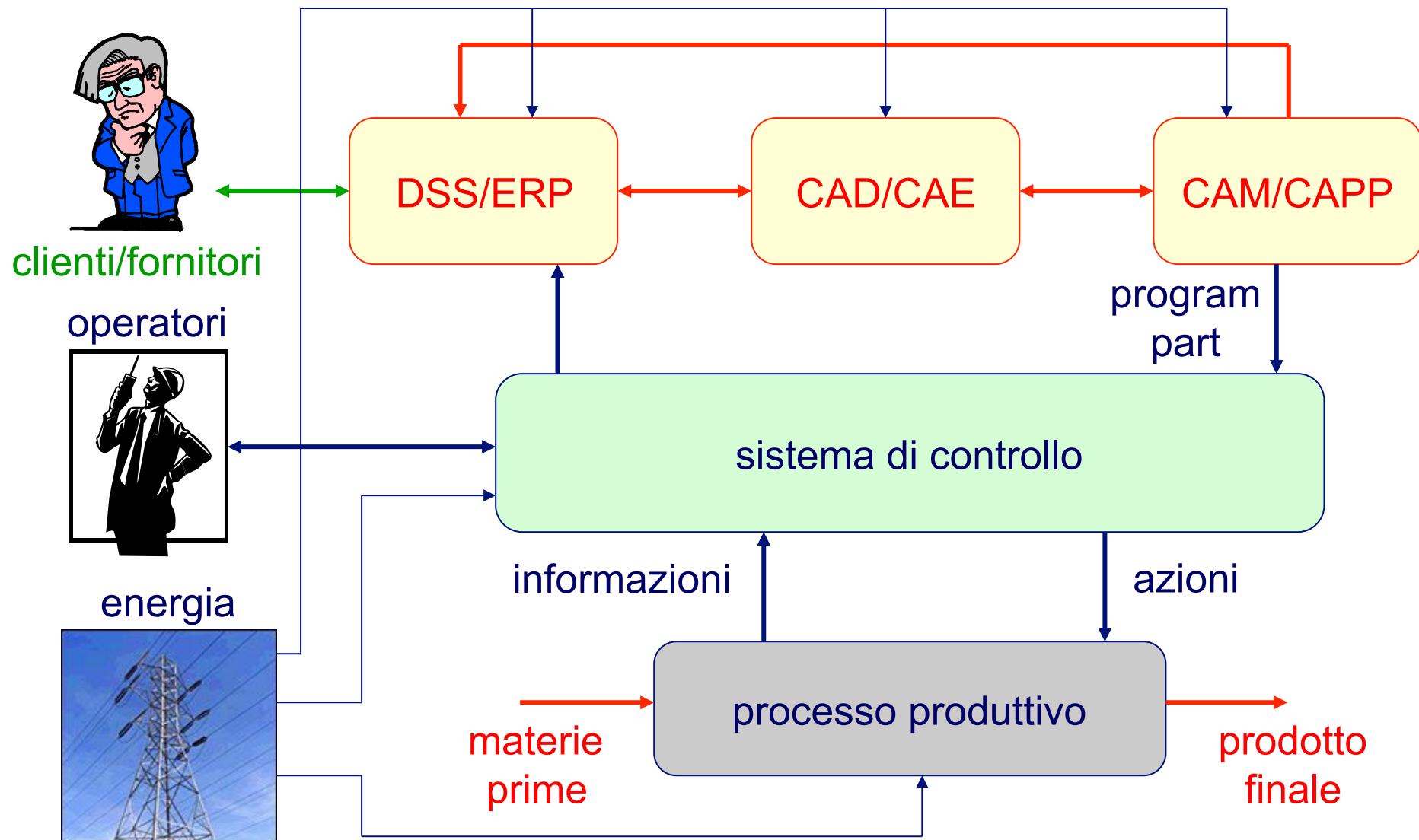


Computer Integrated Manufacturing

Nei moderni sistemi automatizzati, l'integrazione informatica della automazione dell'impianto di produzione e delle attività di supporto permettono di acquisire un vantaggio competitivo



Computer Integrated Manufacturing



Computer Integrated Manufacturing

Vantaggi del CIM

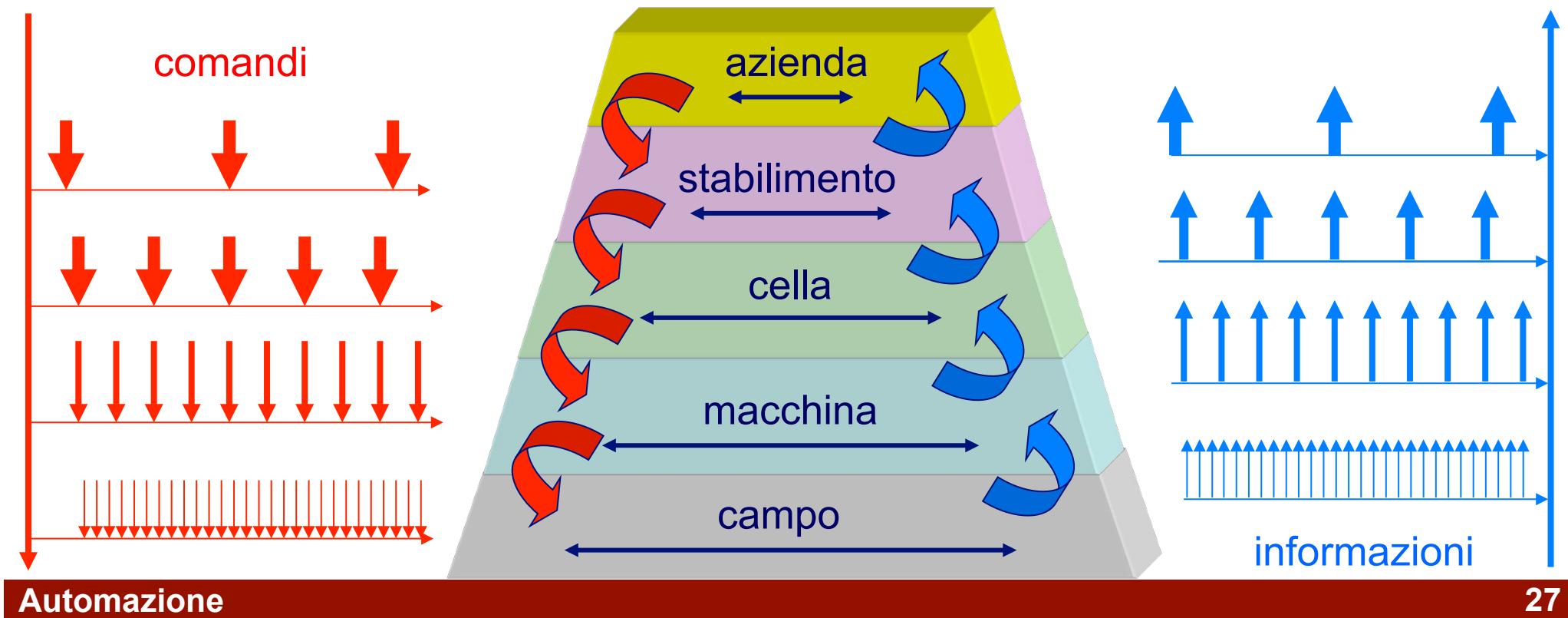
- miglioramento della qualità di produzione
- riduzione di tempi e costi
- aumento della flessibilità della produzione
- diminuzione degli scarti
- fondamentale per conformarsi a leggi e regolamenti su sicurezza del processo produttivo, qualità del prodotto finale e riduzione dell'impatto energetico e ambientale

Il modello CIM è fortemente gerarchico

- attività di supporto a livello superiore rispetto a quelle di produzione
- gerarchia all'interno delle attività di supporto
 - ➔ l'attività di business influenza la progettazione e il planning della produzione
- gerarchia anche all'interno delle attività di produzione
 - ➔ una particolare lavorazione meccanica influenza i movimenti delle singole parti della macchina utensile
- l'automazione di un passo produttivo (ad es. la rotazione di un mandrino) è ad un livello inferiore rispetto all'automazione di tutta la macchina (sequenze di azioni); questa a sua volta è a un livello inferiore rispetto al planning della produzione

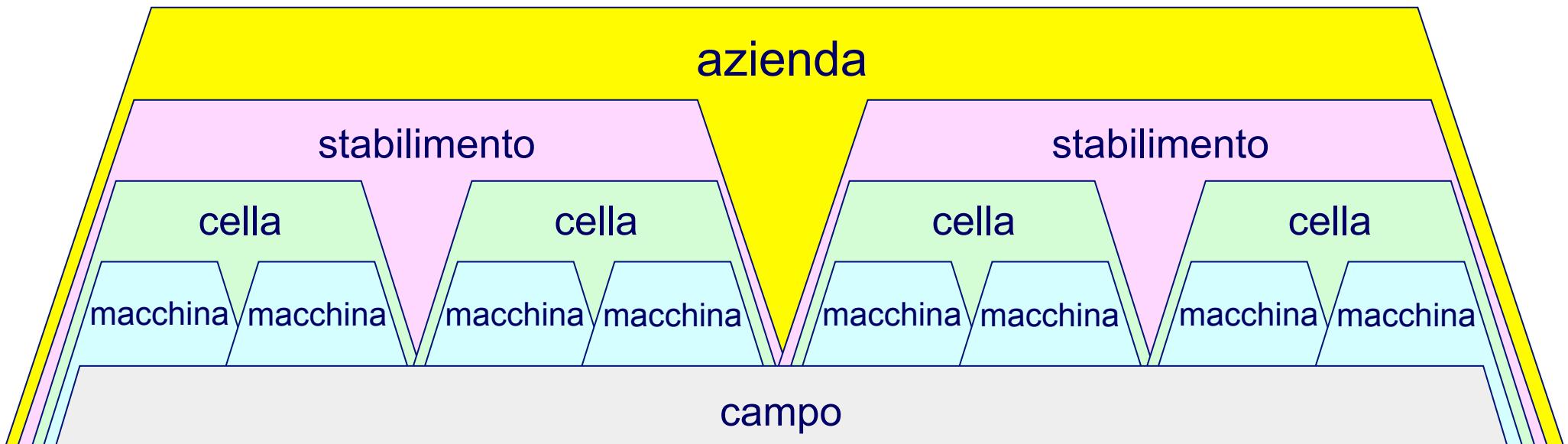
Il modello CIM è pyramidale

- suddiviso in cinque livelli
- in ciascun livello l'automazione coinvolge funzioni di
 - ➔ acquisizione, manipolazione, trasferimento di informazioni
 - ➔ elaborazione di strategie
 - ➔ attuazione delle strategie elaborate

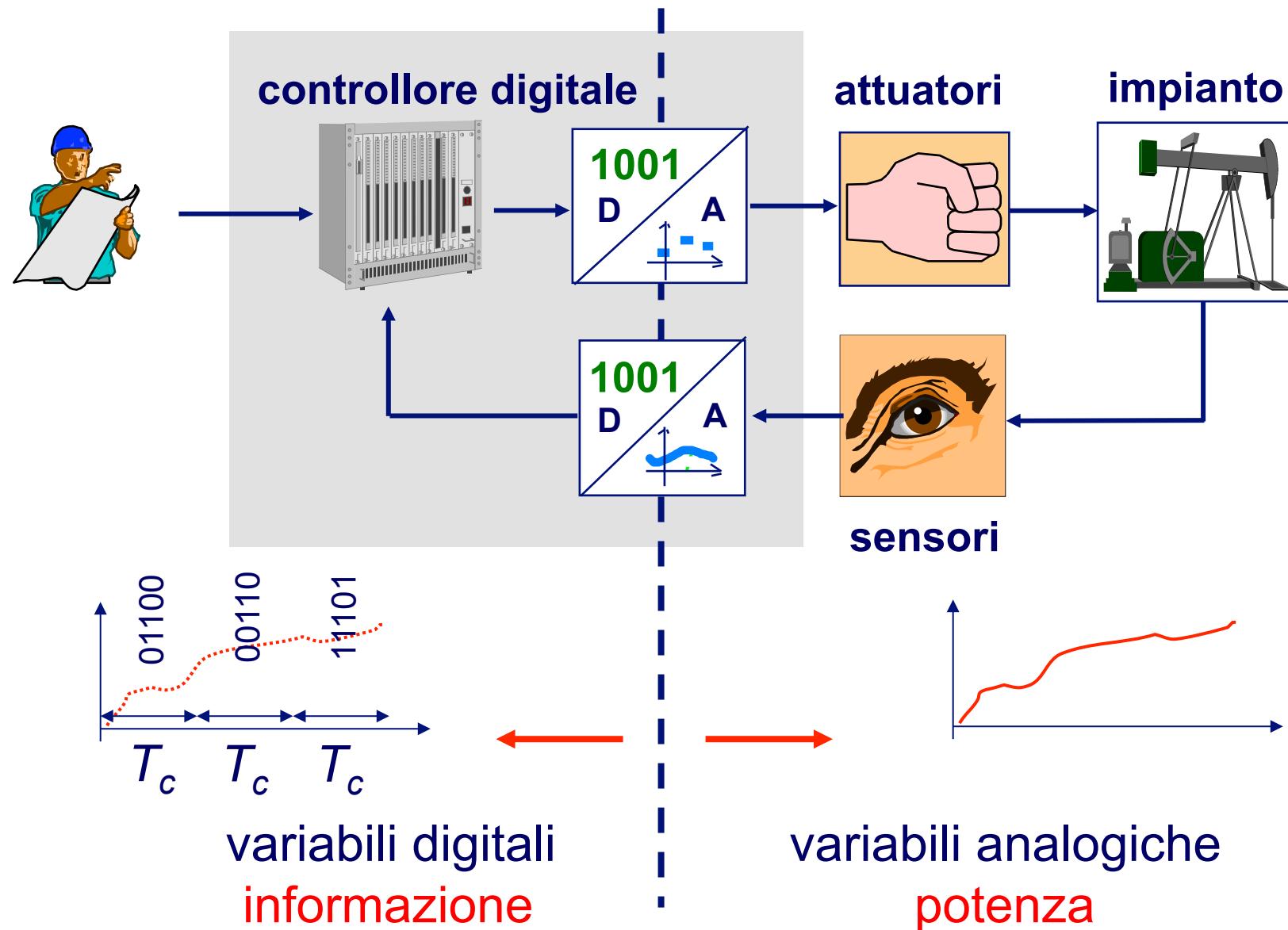


Il modello CIM ha una architettura modulare

- comunicazione sia orizzontale, sia verticale
- ...anche se quella verticale è da preferire!



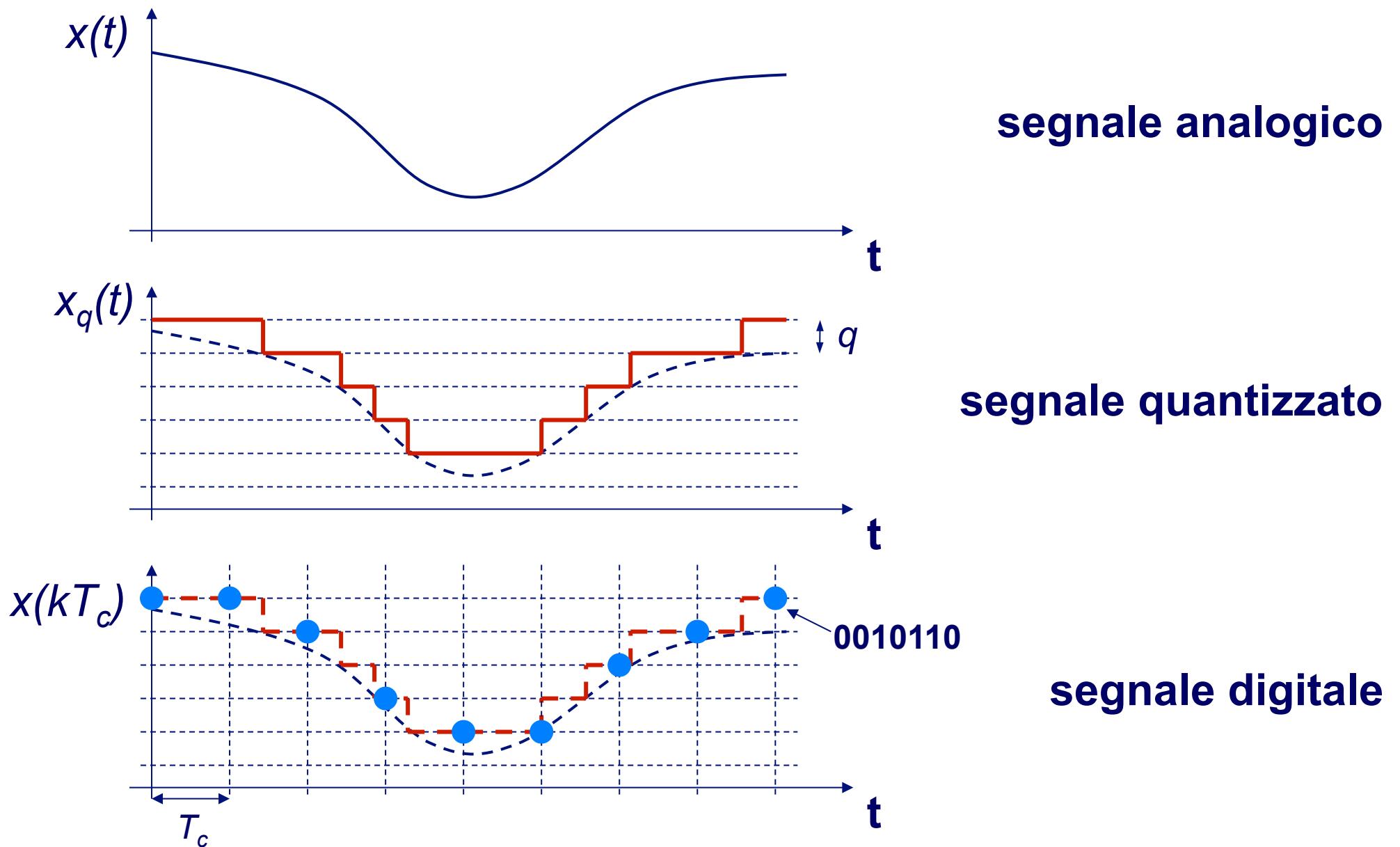
Controllo diretto di variabili



Controllo diretto di variabili

- **segnali (variabili) analogici:** variano con continuità nel tempo e nel valore (grandezze fisiche: temperatura, posizione, ...)
- **segnali quantizzati:** possono assumere solo un numero limitato di valori separati dallo zero-macchina (o livello di quantizzazione q)
 - ➔ range Δ di valori e zero-macchina q individuano il numero di bit $n = \lceil \log_2 (\Delta/q) \rceil$
- **segnali campionati:** segnali analogici valutati solo ad istanti di tempo precisi separati da un tempo di campionamento T_c : $x(t) \Rightarrow x(kT_c)$
- **segnali digitali:** segnali quantizzati e campionati codificati come numeri binari
 - ➔ il sistema di controllo è un sistema digitale, le informazioni sono rappresentate da numeri binari (n bit corrispondono a $2^n - 1$ valori)
 - ➔ i sistemi digitali sono sincroni: possono evolvere solo in corrispondenza di particolari istanti di tempo individuati da un clock

Controllo diretto di variabili



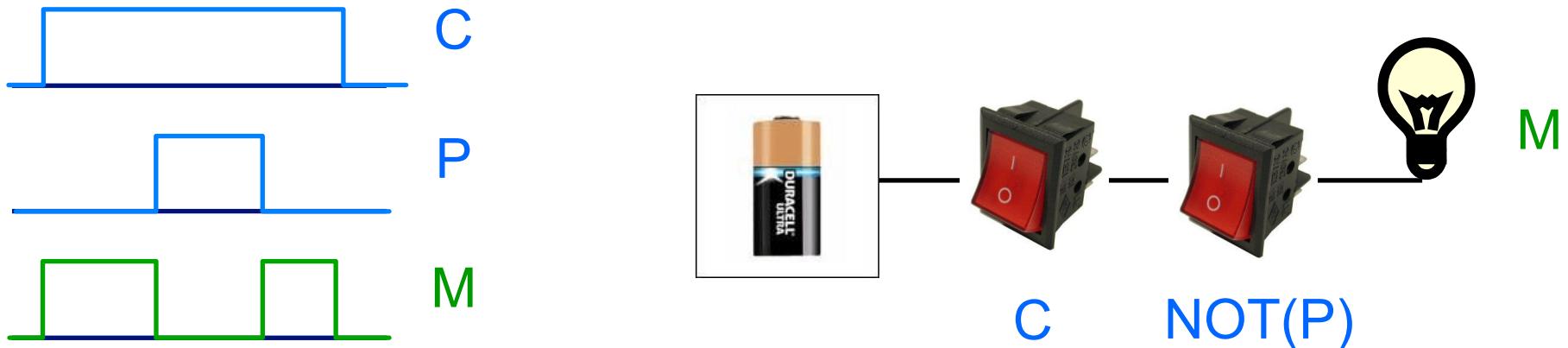
Variabili logiche assumono valori in un insieme numerabile, solitamente di cardinalità finita

- ❑ le variabili booleane sono variabili logiche {0,1}
- ❑ altri esempi
 - ➔ interruttore {on,off}
 - ➔ semaforo {verde,rosso}
 - ➔ porta {aperta,chiusa}
 - ➔ motore {in moto,fermo}
 - ➔ ...
- ❑ operazioni logiche
 - ➔ AND
 - ➔ OR
 - ➔ NOT
 - ➔ ...

Esempio di controllo logico

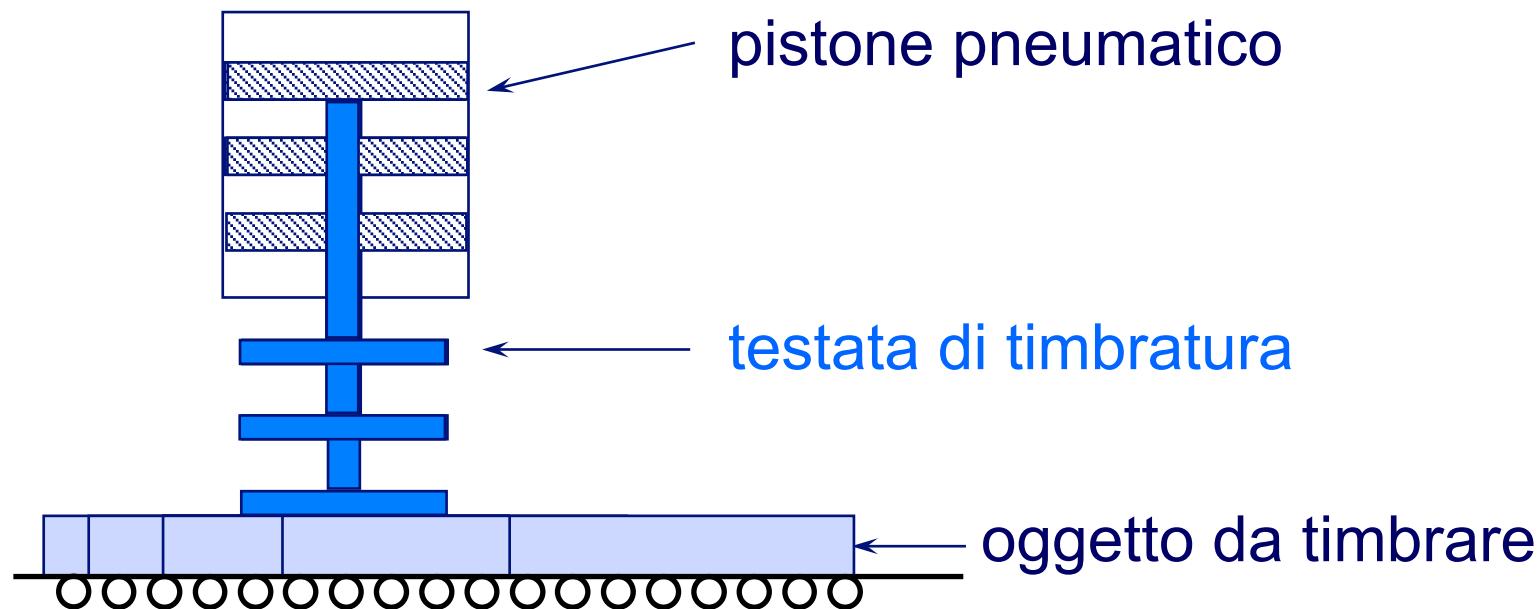
operazione di un attuatore

- controllo del moto di un motore elettrico tramite il comando **M** usando le informazioni provenienti dal sensore di prossimità **P** (fine corsa) e dal sensore di consenso **C**
- **M** deve attivarsi quando il consenso **C** è presente e deve disattivarsi non appena il fine corsa **P** è raggiunto
- controllo logico: **M = C AND NOT(P)**
- realizzazione elettrica



Esempio di controllo logico

□ Timbratrice automatica



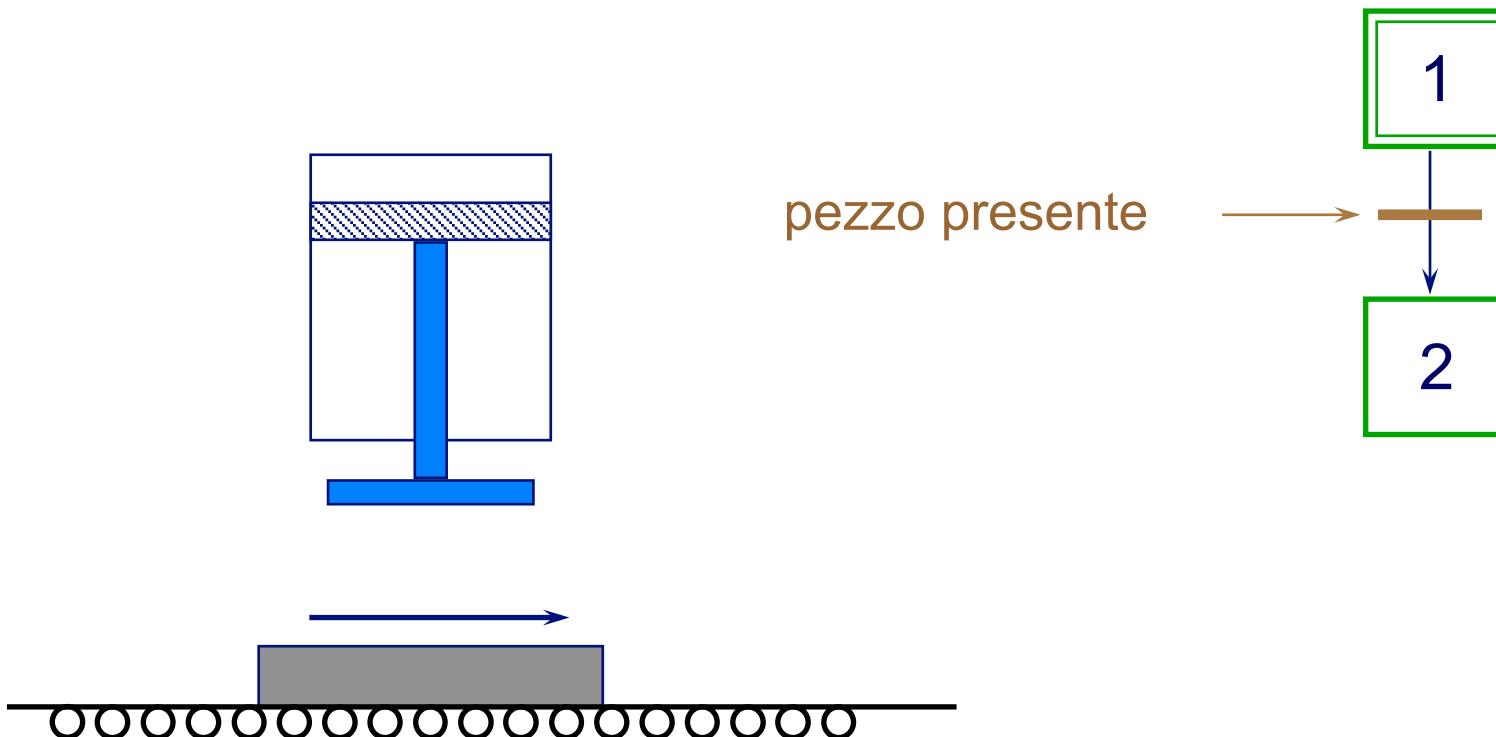
Esempio di controllo logico

□ Timbratrice automatica



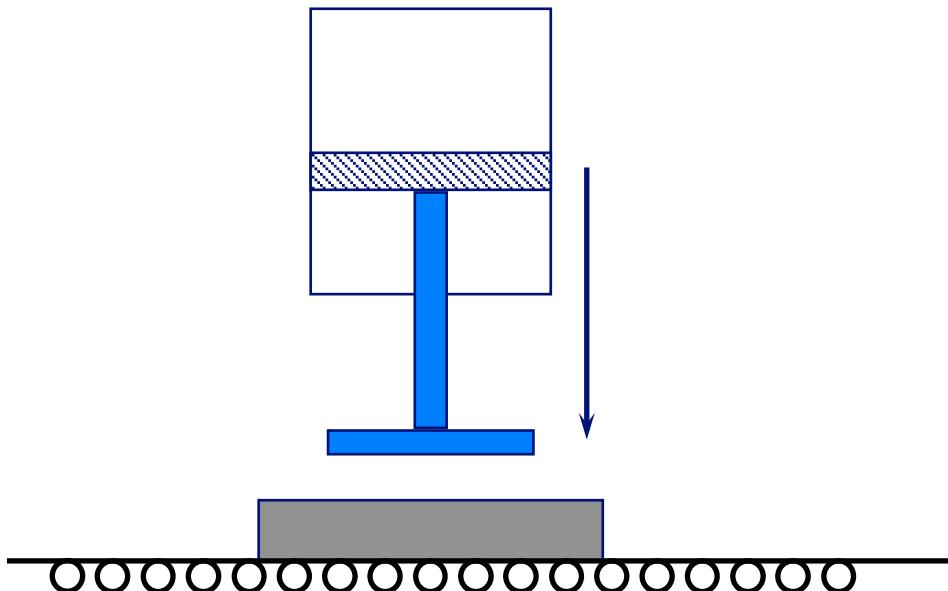
Esempio di controllo logico

□ Timbratrice automatica

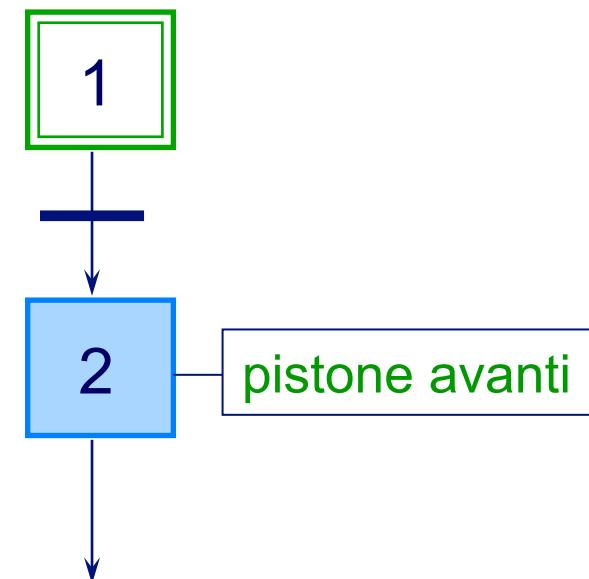


Esempio di controllo logico

□ Timbratrice automatica

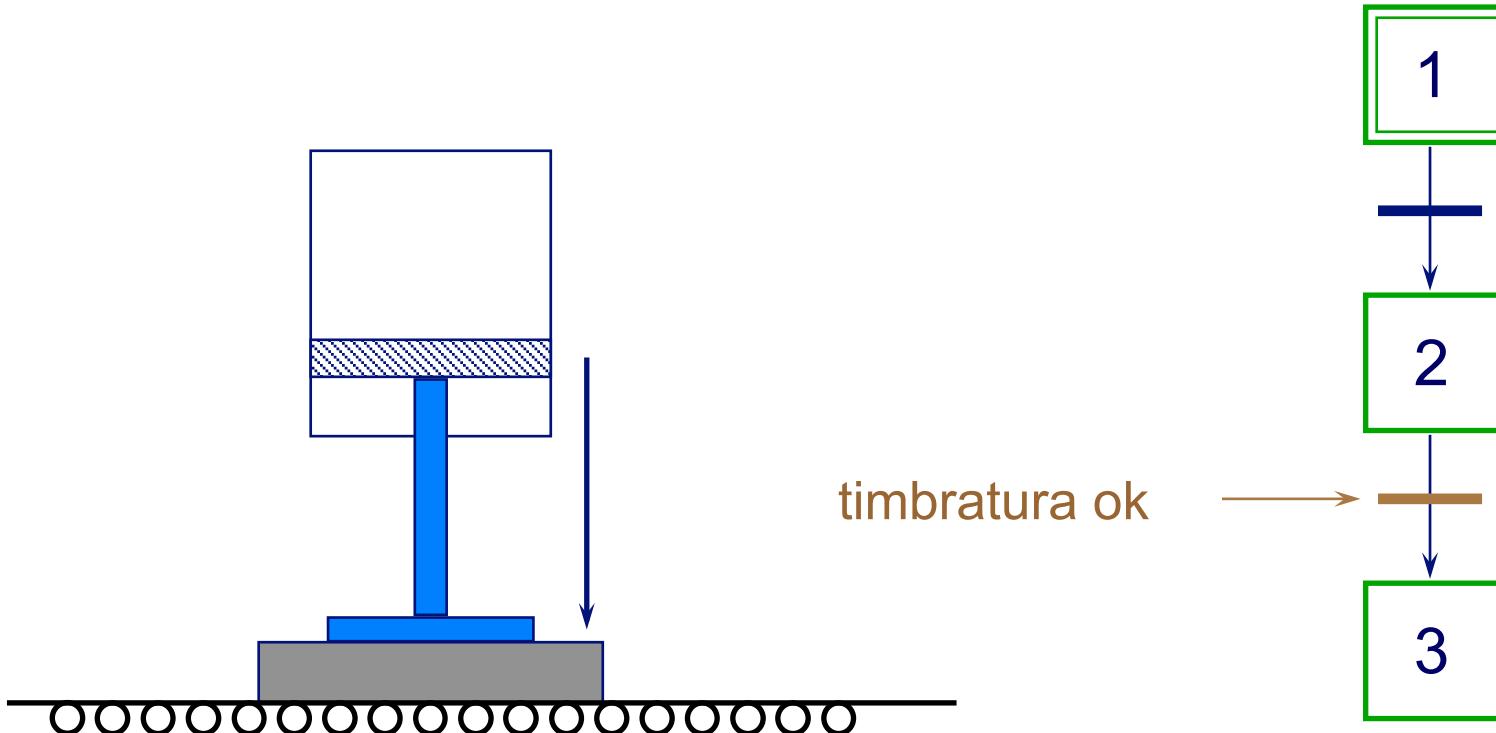


esecuzione
timbratura



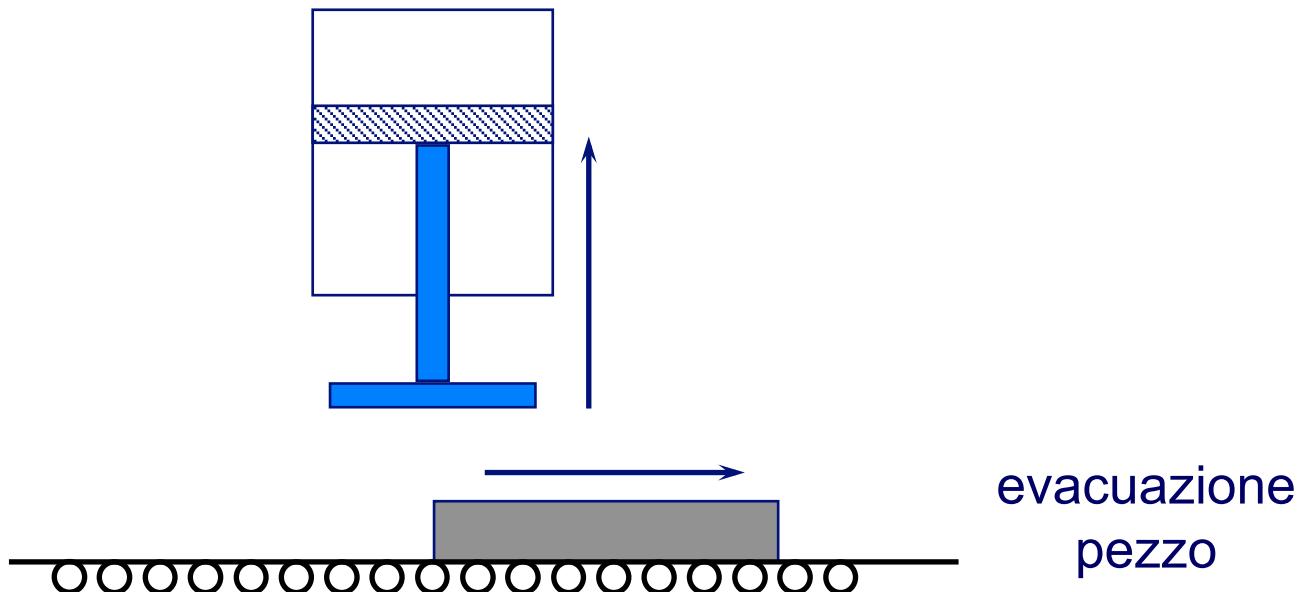
Esempio di controllo logico

□ Timbratrice automatica

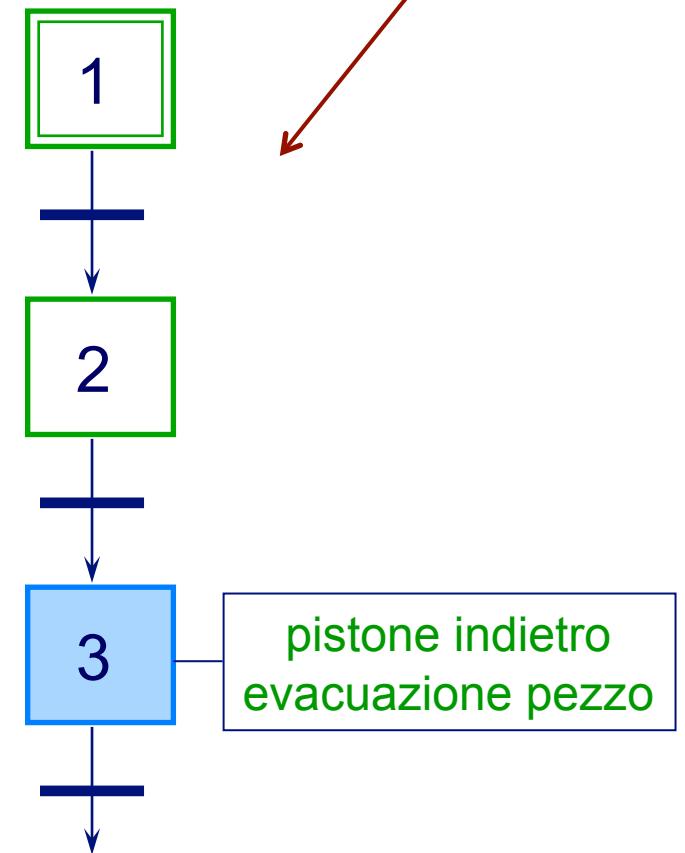


Esempio di controllo logico

□ Timbratrice automatica



evacuazione
pezzo

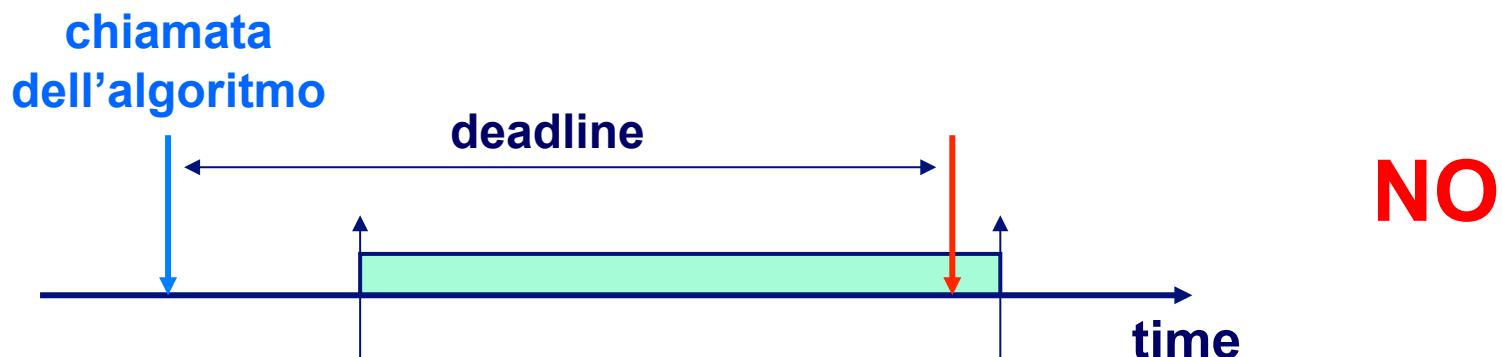
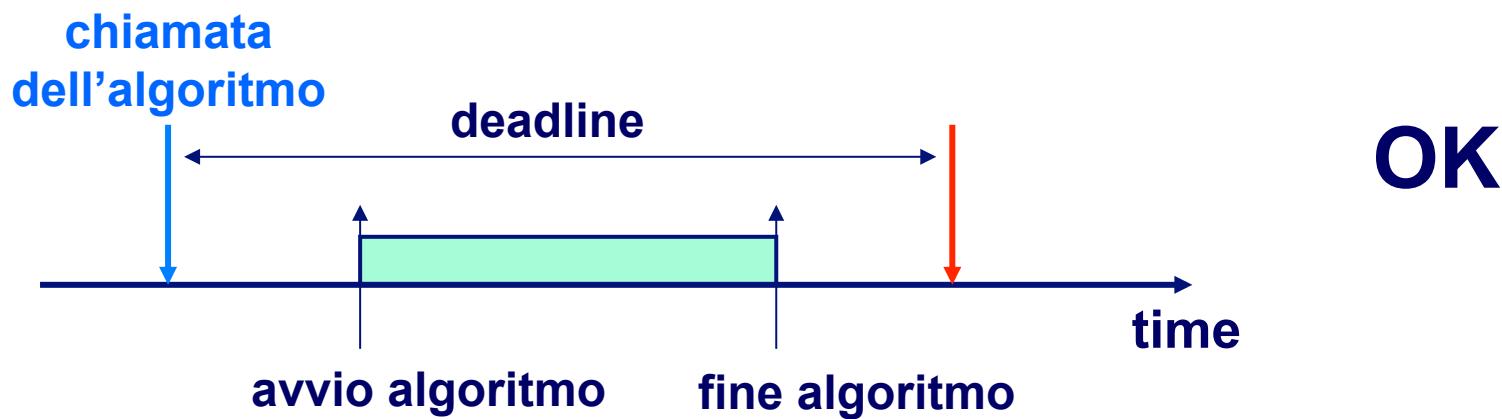


è un semplice
diagramma SFC
(Sequential
Flow Chart)

Vincoli di tempo reale

Un algoritmo deve essere

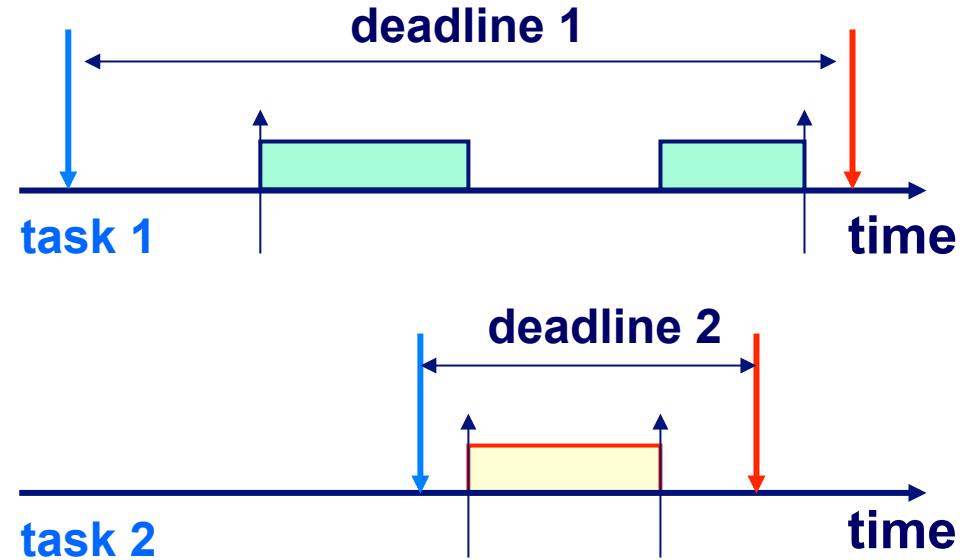
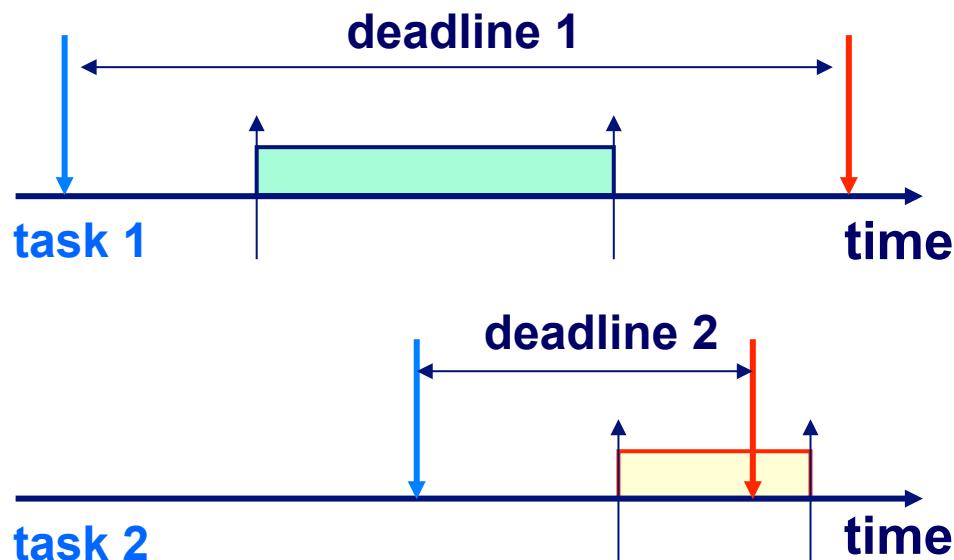
- logicamente corretto
- temporalmente corretto



Vincoli di tempo reale

Problema

- ❑ un processore unico che esegue più task (ad es., 2 sw su notebook)
- ❑ il Sistema Operativo gestisce e maschera lo switch tra i due task, che all'utente appaiono procedere in parallelo (parallelismo logico)
- ❑ nei sistemi real-time la presenza di vincoli temporali stringenti complica la corretta esecuzione



Modello CIM: livello di campo

È il livello più basso della gerarchia e comprende i componenti hardware che eseguono le attività di produzione e il loro controllo

- sensori, attuatori, componenti dell'impianto
- segnali ingresso/uscita interfacciati con il livello superiore al processo fisico
- ridotta complessità, anche se cresce la tendenza a dotare sensori ed attuatori di un'**intelligenza** dedicata al pre-processamento dell'informazione, alla gestione della interfaccia di comunicazione e all'auto-diagnosi dei guasti
- i dispositivi di campo sono raggruppati in semplici sistemi di controllo
 - ➔ esempio: l'asservimento di posizione del motore di un giunto di un robot
 - ➔ viene visto dal livello superiore come un attuatore **ideale**
- hardware di controllo: dedicato, real-time, con sistemi digitali a microprocessore (**controllori embedded**)



Modello CIM: livello di macchina

Gli elementi del livello di campo vengono raggruppati al livello superiore per formare gruppi di componenti atti a fornire una determinata funzionalità

- ad esempio: una macchina utensile o un robot
 - regolazione di variabili analogiche
 - realizzazione sequenziale di operazioni
 - esempio: a livello di campo si controllano le posizioni dei singoli giunti; a livello di macchina viene pianificato il movimento del robot nello spazio operativo e la sequenza delle azioni che deve effettuare
- il controllo a livello di macchina viene visto come un attuatore **ideale** dal livello superiore, che lo utilizza per il coordinamento tra le macchine
- hardware di controllo: dedicato, real-time, controllori logici programmabili (**PLC**) e controllori embedded



Modello CIM: livello di cella

Gli elementi del livello di macchina vengono raggruppati al livello superiore per formare celle di produzione

- una cella di produzione è un insieme di macchine interconnesse fisicamente da un sistema di trasporto e stoccaggio materiali, controllate in maniera coordinata in modo da portare a termine un ben definito processo produttivo
- i sistemi di controllo costituenti questo livello regolano e supervisionano il funzionamento coordinato di tutte le macchine facenti parte della cella
- le operazioni svolte a questo livello sono analoghe a quelle del livello di macchina risultando soltanto più complesse
- hardware di controllo: real-time, controllori logici programmabili (PLC) e controllori embedded



Modello CIM: livello di stabilimento

Racchiude tutte le celle o le linee produttive facenti parte di un impianto industriale; riceve le istruzioni dal livello gestionale (planning, gestione degli ordini, ecc.) e le attua sotto forma di piani operativi per la produzione

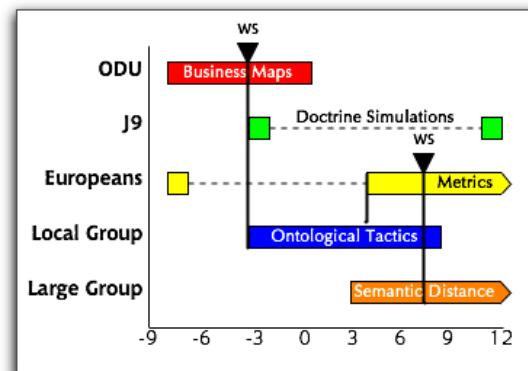
- il sistema di controllo a questo livello è costituito dal sistema di supervisione, controllo e acquisizione dati (Supervisory Control And Data Acquisition - **SCADA**)
- le apparecchiature su cui sono implementate le piattaforme software sono tipicamente **workstation** con struttura client/server
- da questo livello in su i requisiti di elaborazione real-time sono fortemente ridotti, se non inesistenti



Modello CIM: livello di azienda

È ovviamente il livello più alto della gerarchia, dove avvengono i processi gestionali di supporto a tutti i livelli inferiori

- non si parla più di sistema di controllo ma di sistema decisionale
- l'infrastruttura software è implementata su workstation con struttura client/server connesse al **mainframe** aziendale
- non esistono vincoli di tipo temporale



Gerarchia dei sistemi di controllo

I sistemi di controllo che realizzano l'automazione dei vari livelli costituiscono una struttura gerarchica

- standard ANSI/ISA-S88.01-1995 per il controllo di processi di produzione manifatturiera a lotti (**batch processes**)
 - ➔ ANSI = American National Standards Institute
 - ➔ ISA = International Society of Automation
- tre livelli
 - ➔ controllo di campo
 - ➔ controllo di procedura
 - ➔ controllo di coordinamento

Gerarchia dei sistemi di controllo

Standard ANSI/ISA-S88.01-1995

- controllo di campo: posto al livello di campo, comprende i sistemi di controllo dei singoli componenti di campo
- agisce esclusivamente su variabili continue
- implementato su dispositivi dedicati: controllori embedded o schede dedicate (ad esempio, controllo asse di motori elettrici)
 - ➔ alta frequenza
 - ➔ informazioni semplici
 - ➔ vincoli real-time

Gerarchia dei sistemi di controllo

Standard ANSI/ISA-S88.01-1995

- controllo di procedure: si colloca ai livelli di macchina e di cella della piramide CIM
- riguarda il controllo di gruppi strutturati di componenti di campo
 - ➔ **continuo**: si trova soprattutto a livello di macchina e riguarda il controllo di gruppi di variabili continue o funzioni più avanzate (ad esempio: tuning adattativo dei parametri per i sistemi di controllo di base)
 - ➔ **logico**: riguarda il coordinamento dei sistemi di campo sulla base della lista di operazioni sequenziali che compongono il programma di lavorazione
 - ➔ svolge anche funzioni più avanzate quali il monitoraggio delle prestazioni o l'**auto-diagnistica** e gestione automatica dei malfunzionamenti
 - ➔ solitamente implementato su schede dedicate o PC industriali e, per quanto riguarda il controllo logico, su controllori programmabili (PLC)
 - ➔ algoritmi più complessi di quelli del controllo di campo
 - ➔ vincoli real-time

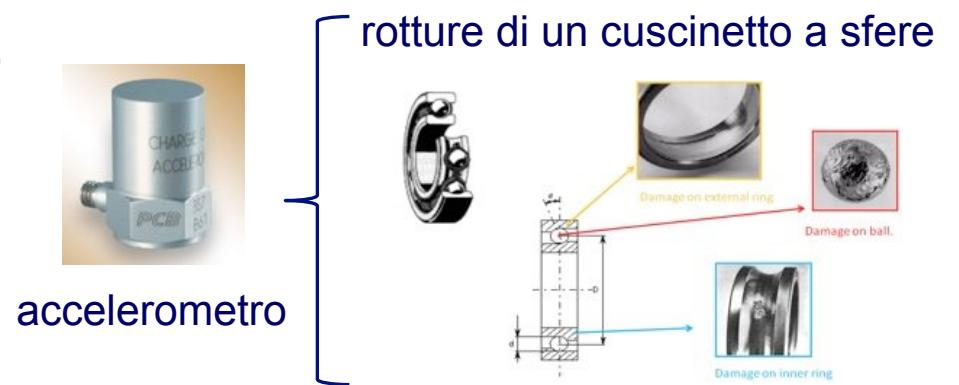
Auto-diagnostica

Integrare funzionalità di auto-diagnosi permette una manutenzione “predittiva”

- predire un guasto **incipiente** (prima che questo provochi un fermo macchina) di un sensore, un attuatore, un componente meccanico soggetto a usura
- occorre individuare uno o più parametri/segnali dal dispositivo (**residui**) che vengono misurati e valutati utilizzando appropriati modelli matematici (anche allo scopo di individuare il tempo residuo prima del guasto)
 - *individuazione della casistica di guasto*
 - FMECA = Failure Mode, Effects and Critical Analysis, MTBF = Mean Time Between Failure
 - *determinazione di una “firma” (signature) del guasto*
 - vibrazioni misurate con un **accelerometro**, correnti impresse dagli azionamenti elettrici, pressioni di olio nei circuiti oleodinamici
 - *sviluppo di algoritmi per l'analisi dei segnali*
 - basati su trasformata di Fourier, wavelets, ...
 - *metodi per la gestione dell'allarme di guasto*

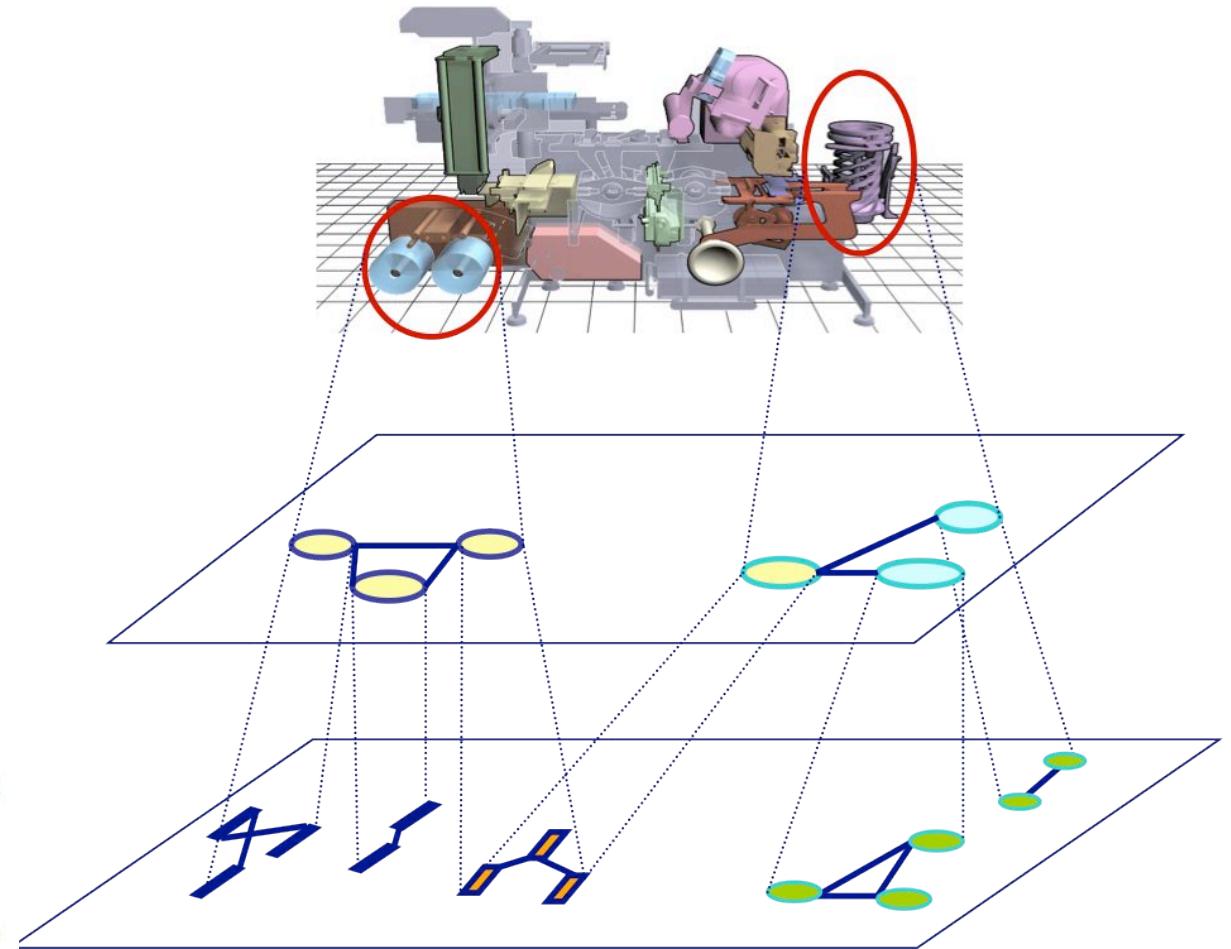


accelerometro



Auto-diagnostica

Anche per l'autodiagnosi conviene procedere a livello di macchina o di cella sfruttando la decomposizione gerarchica e le interazioni funzionali esistenti



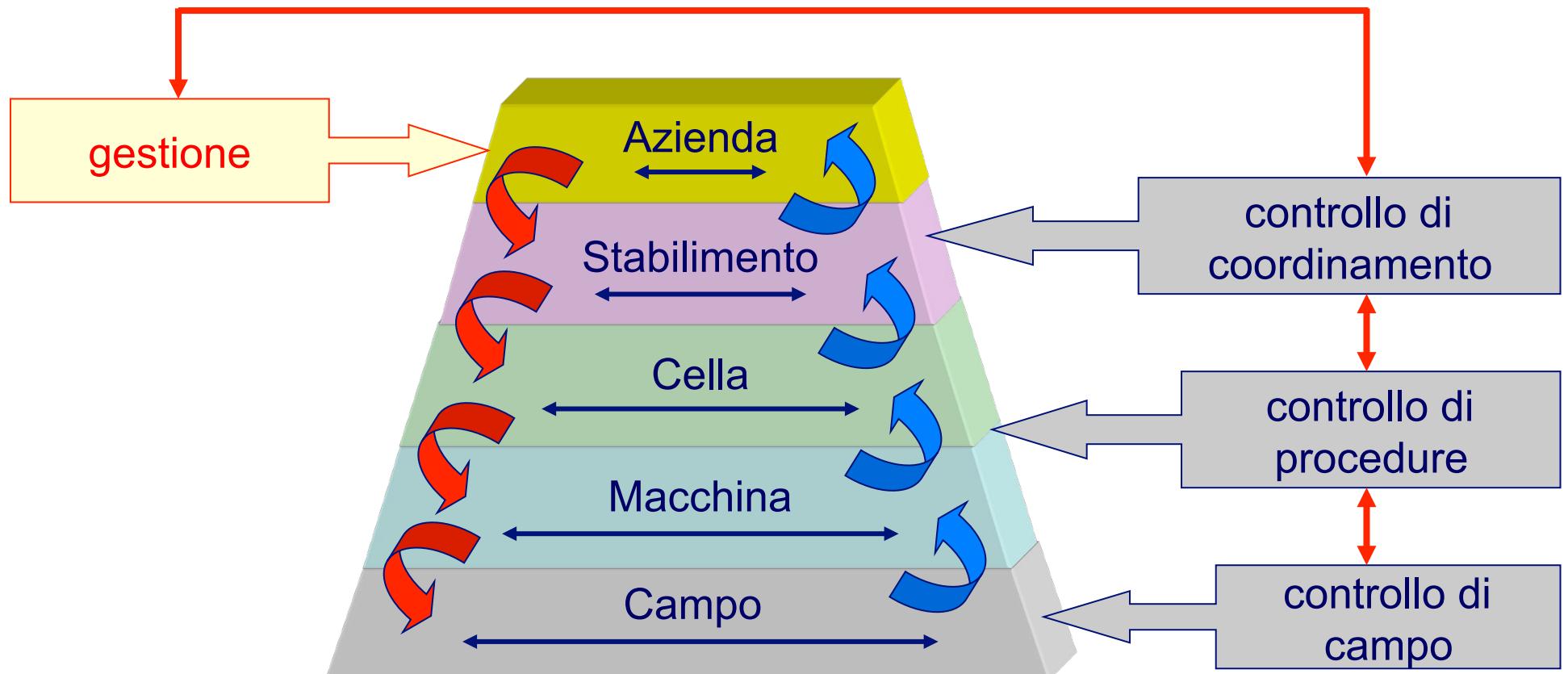
Gerarchia dei sistemi di controllo

Standard ANSI/ISA-S88.01-1995

- controllo di coordinamento: si pone a livello di stabilimento nella piramide CIM
- riguarda principalmente il coordinamento e la gestione delle varie celle di produzione
 - ➔ manda in esecuzione, dirige o ferma i vari sistemi di controllo di procedure sulla base di algoritmi complessi, in generale più orientati al lungo periodo
 - ➔ metodologie più vicine alla **ricerca operativa**, all'intelligenza artificiale o ai sistemi esperti che al controllo automatico in senso stretto
 - ➔ ad esempio: decidere il volume della produzione formulando un problema di ottimizzazione e risolvendolo in linea mediante opportuni algoritmi
 - ➔ bassa frequenza di intervento
 - ➔ dati strutturati
 - ➔ nessun vincolo temporale (o molto laschi)

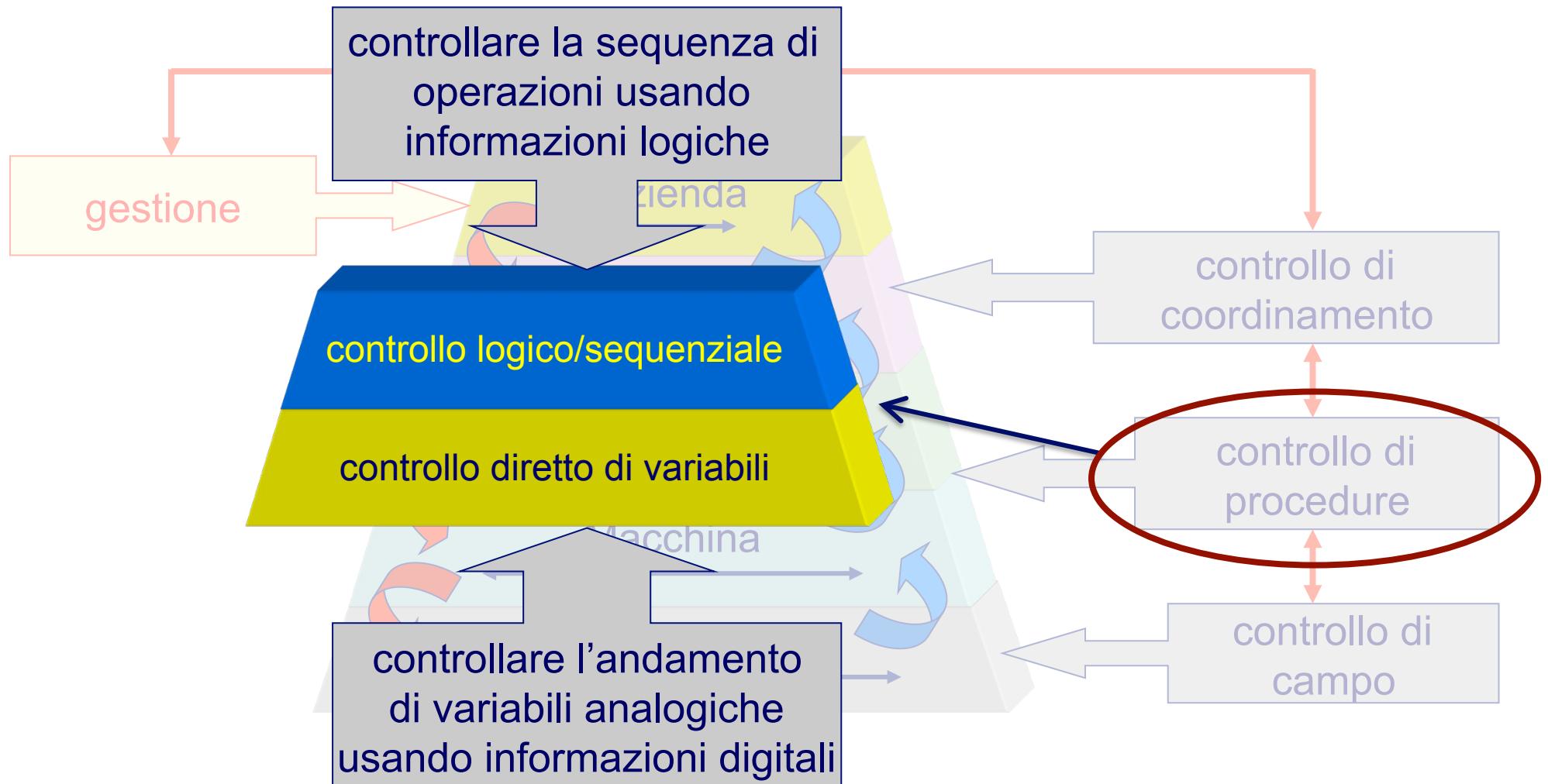
Gerarchia dei sistemi di controllo

Livelli di controllo ANSI/ISA-S88.01-1995 e livelli CIM

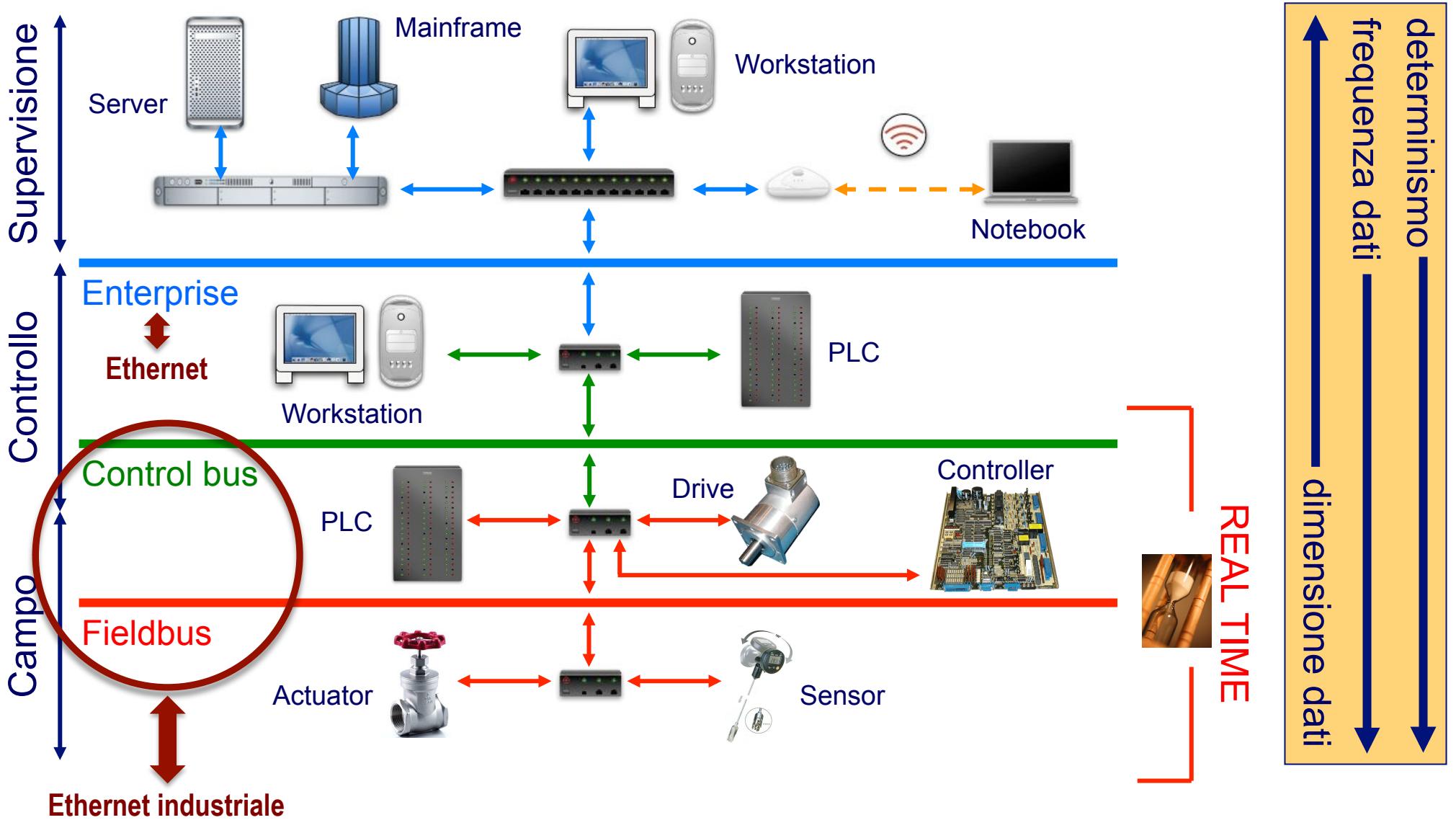


Gerarchia dei sistemi di controllo

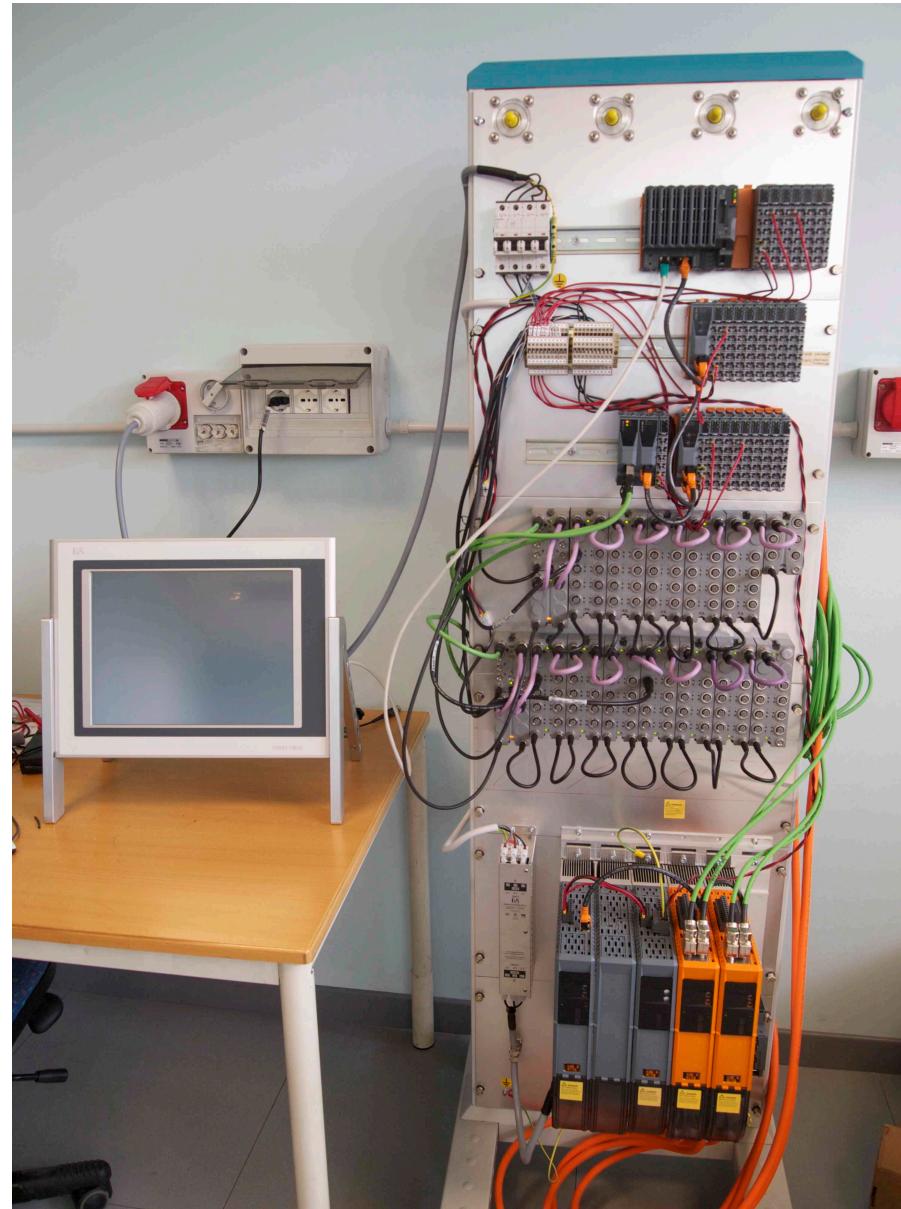
Livelli di controllo ANSI/ISA-S88.01-1995 e livelli CIM



Il sistema di comunicazione



Esempio di architettura distribuita



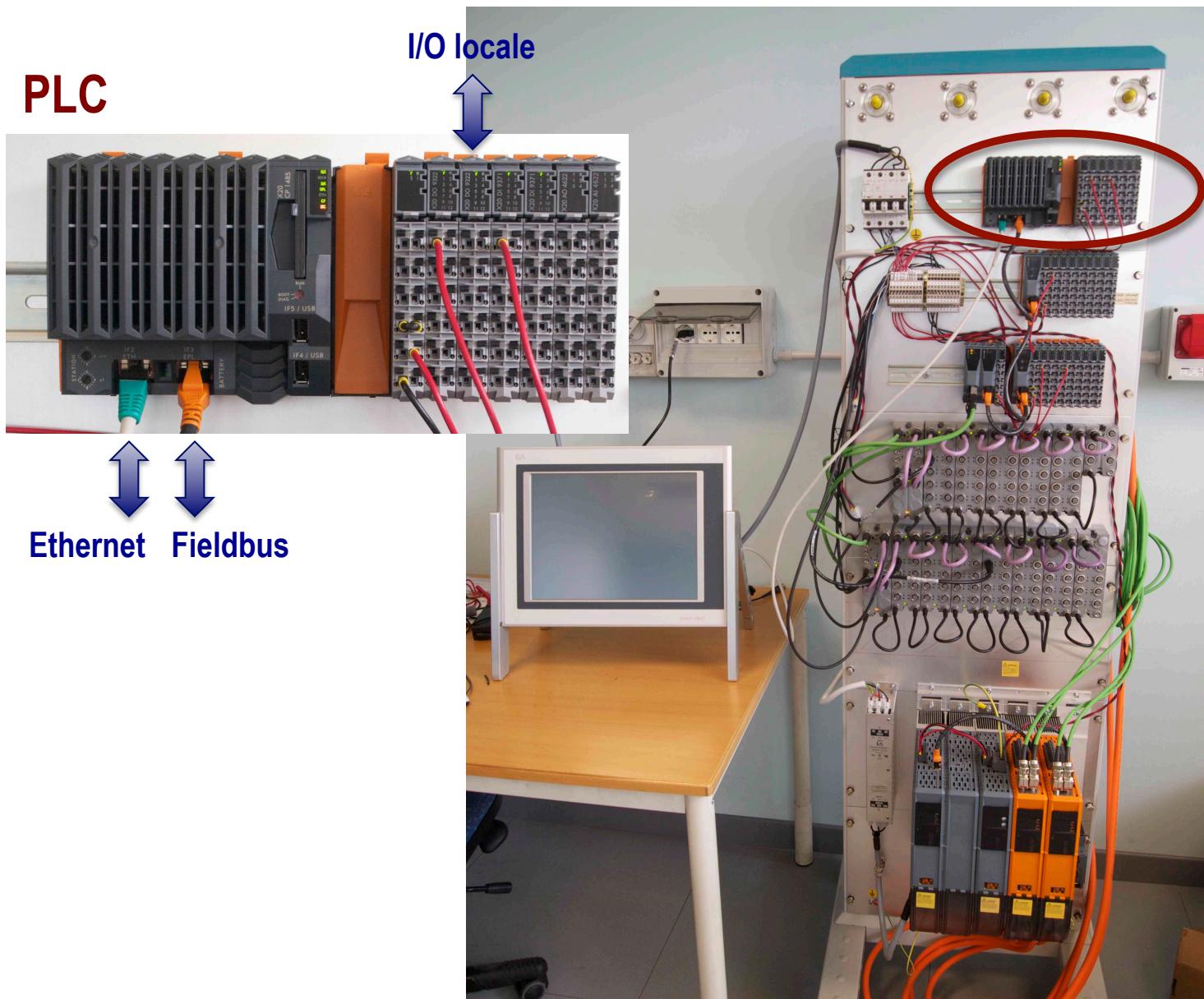
Laboratorio
Industriale
Automazione
Macchine
per il
packaging

B&R
Automazione
Industriale



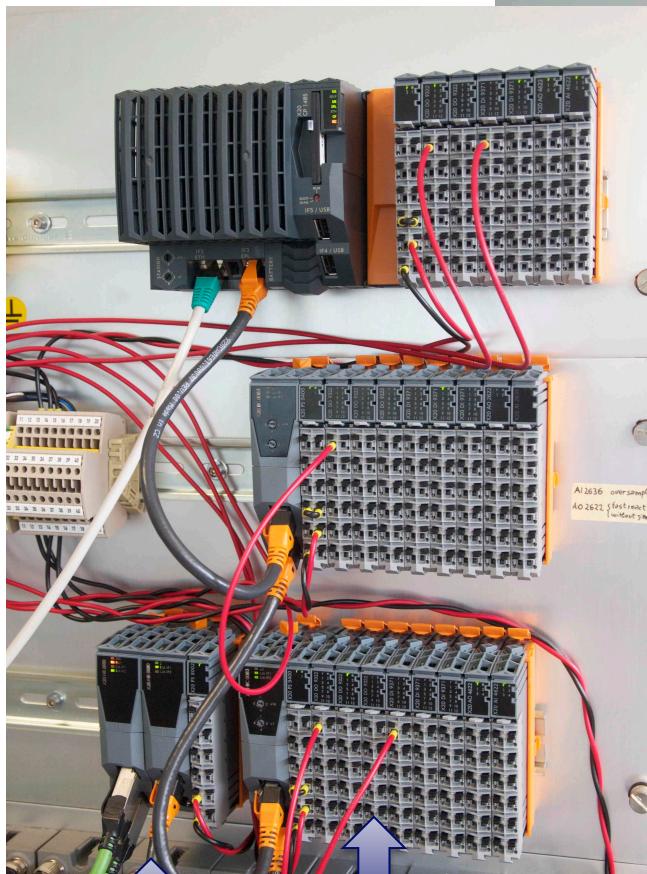
Architettura distribuita

PLC

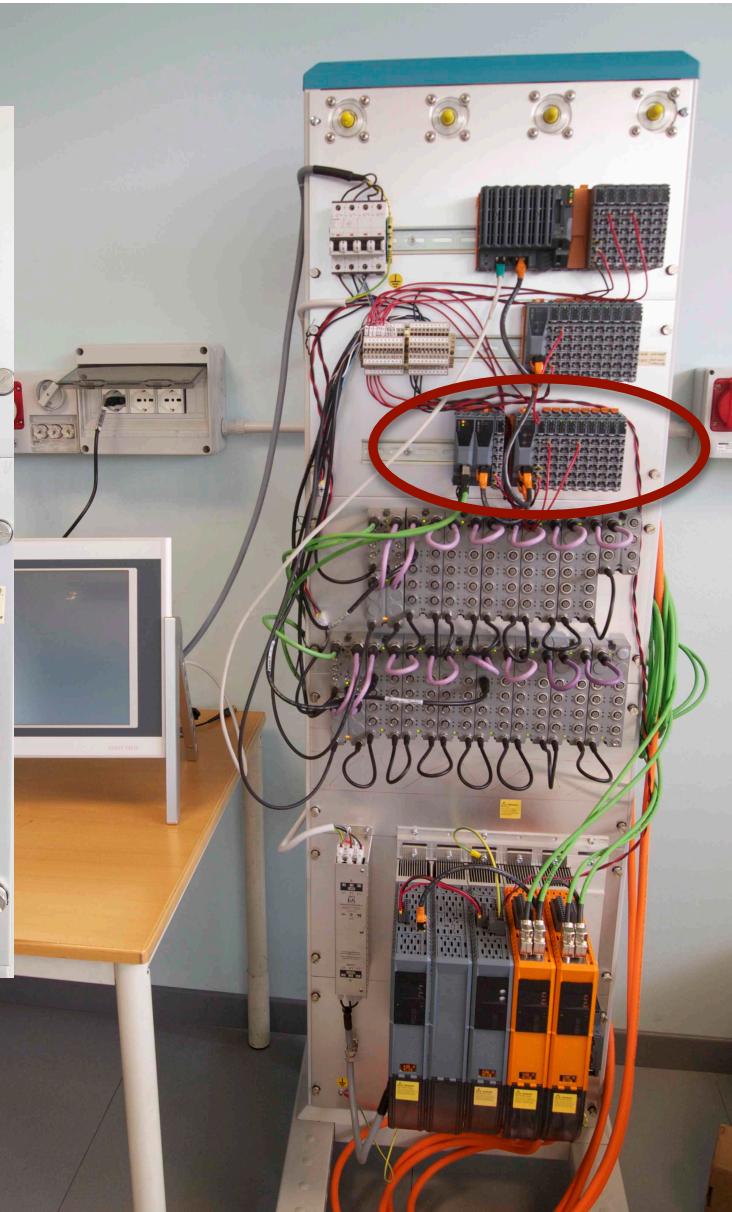


Esempio di architettura distribuita

I/O remoto

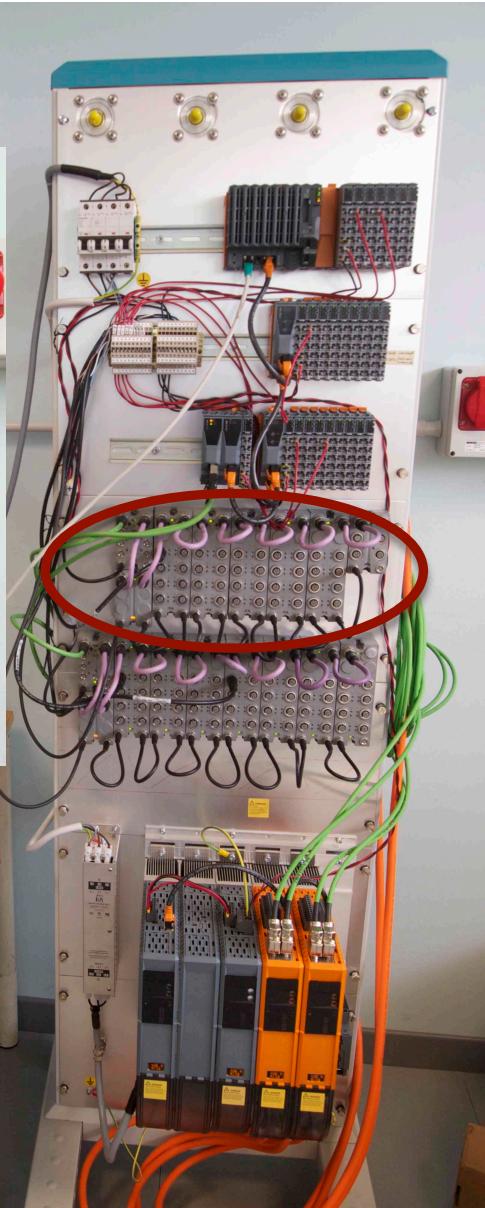
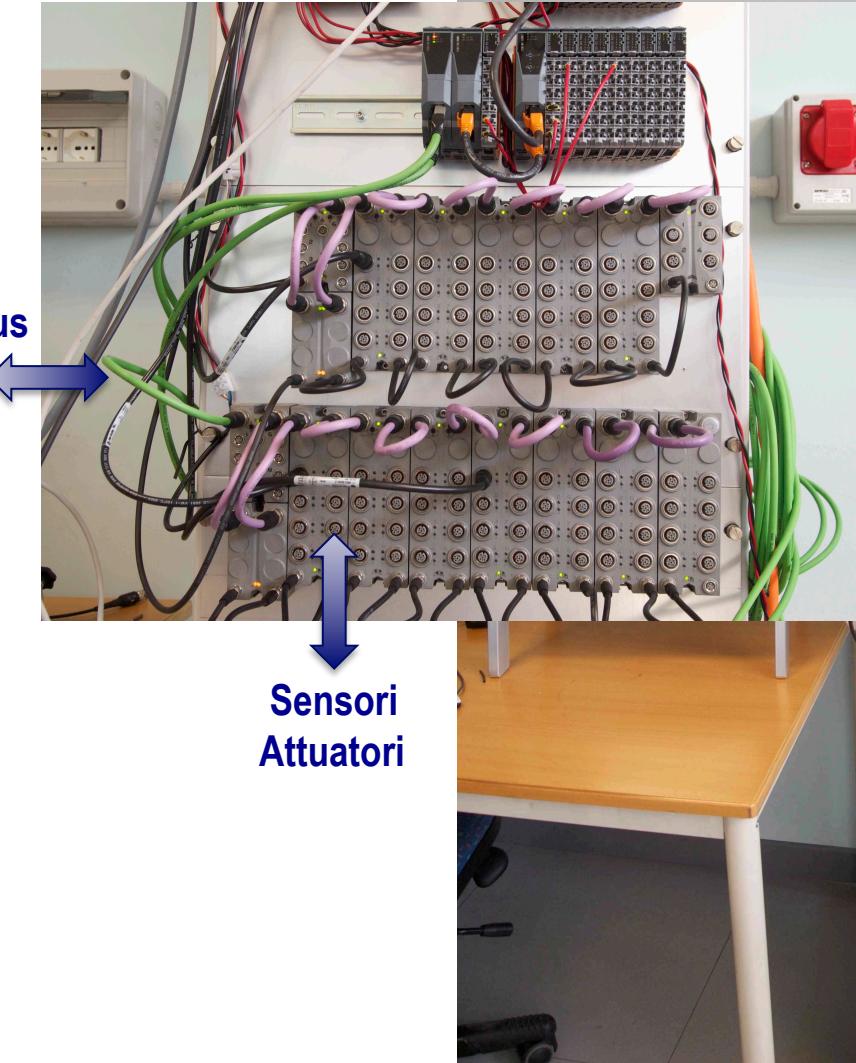


Fieldbus
Sensori
Attuatori

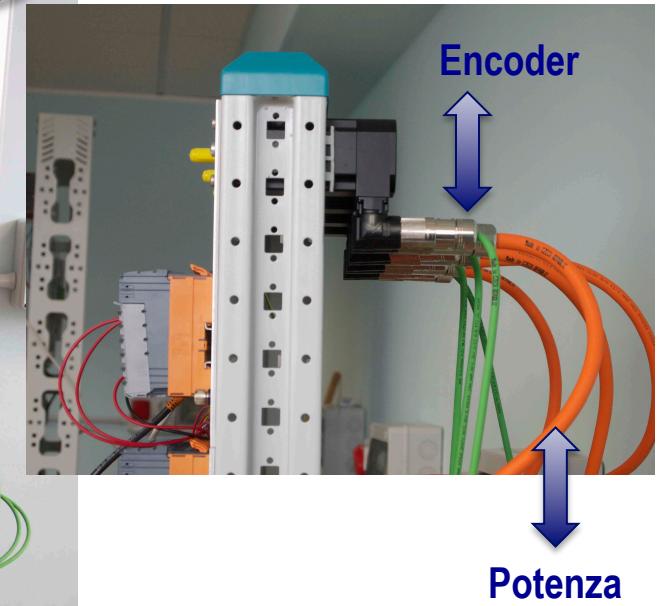
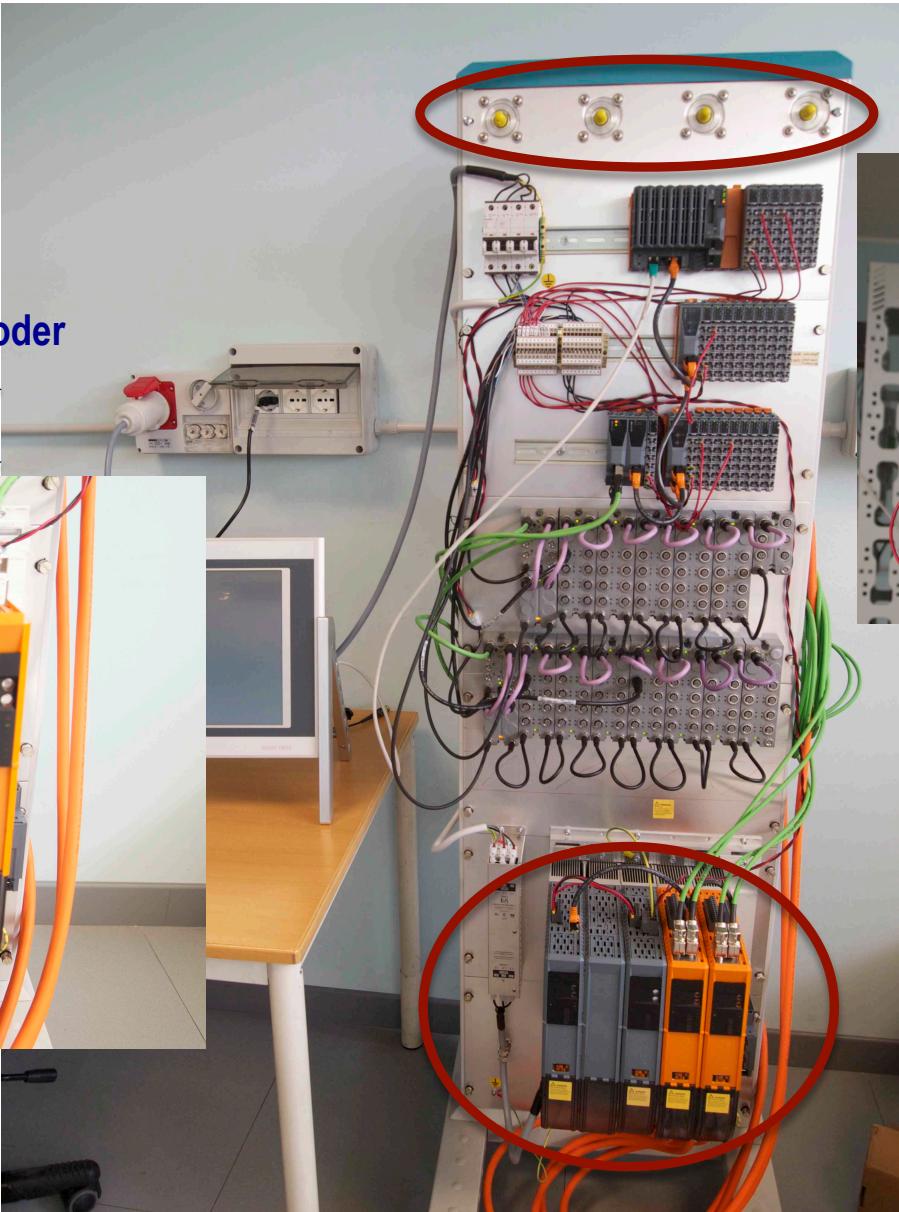


Esempio di architettura distribuita

I/O remoto IP67



Esempio di architettura distribuita

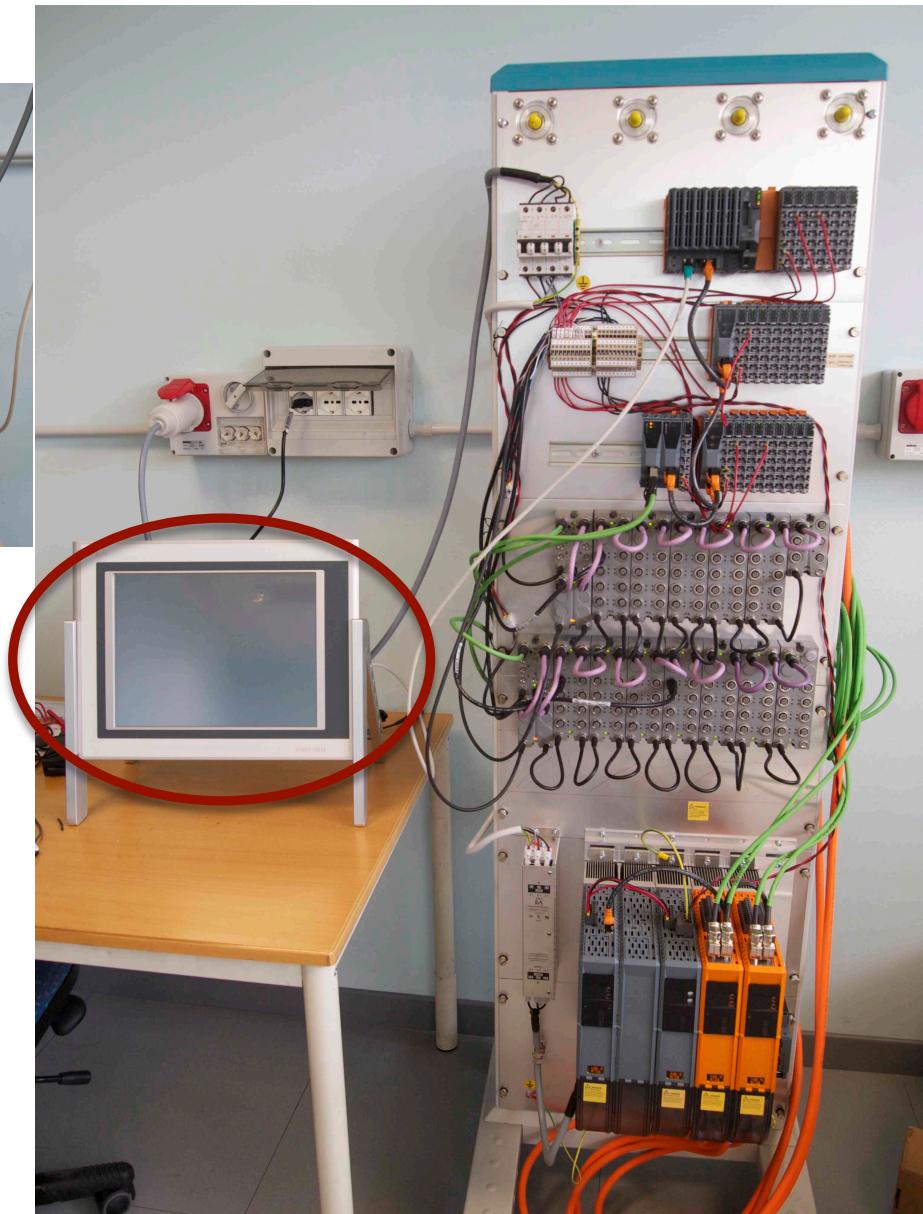


Esempio di architettura distribuita

HMI



Ethernet



Architetture hardware per il controllo

I vari livelli del sistema gerarchico distribuito di automazione industriale eseguono differenti compiti di controllo

- sistemi di controllo sono implementati mediante dispositivi elettronici e/o informatici
- differenti architetture hardware dipendenti dal livello gerarchico e dalle funzionalità di controllo da svolgere
 - ➔ controllori **embedded** per il controllo di campo
 - ➔ controllori con **architettura a bus** per il controllo di procedure
 - ➔ sistemi di controllo su Personal Computer (**PC-based control**)
- categorie non necessariamente chiuse

Sistemi di controllo embedded

I sistemi di controllo embedded contengono al loro interno tutto il necessario per svolgere i compiti di controllo richiesti

- progettati appositamente per una specifica applicazione
- piattaforma hardware ad hoc (custom)
- la progettazione di un sistema di controllo embedded parte dalla conoscenza dei compiti che dovrà svolgere

Realizzazione del sistema di controllo tramite

- singolo chip integrato (microcontrollori)
- singola scheda

Sistemi di controllo embedded

□ pro

- ➔ combinazione hardware/software specificamente studiata
- ➔ ottimizzazione spaziale e di complessità
- ➔ minori ingombri
- ➔ minori costi

□ contro

- ➔ interfaccia uomo-macchina poco evoluta
- ➔ gestione di un numero limitato di segnali in input/output
- ➔ costi di progettazione (hardware e software) non irrilevanti
- ➔ poca flessibilità: modifiche ai compiti da svolgere possono rendere necessaria la progettazione di un nuovo controllore

□ diffusissimi quando i compiti di controllo sono noti a priori

- ➔ è possibile avviare e condurre la fase di progettazione del dispositivo in maniera particolarmente efficiente

Sistemi di controllo embedded

In generale, un controllore embedded deve prevedere al suo interno alcuni componenti fondamentali HW/SW

□ hardware

→ unità di elaborazione

- eseguire gli algoritmi di controllo definiti dal progettista e tutti i programmi necessari per la gestione dell'intero sistema (sistema operativo)

→ memoria

- per la memorizzazione di dati e programmi

→ circuiti per input/output

- acquisizione e generazione di segnali analogici e digitali
 - ◆ campionatori e convertitori (A/D, D/A)
- gestione delle comunicazioni con altri dispositivi dello stesso tipo

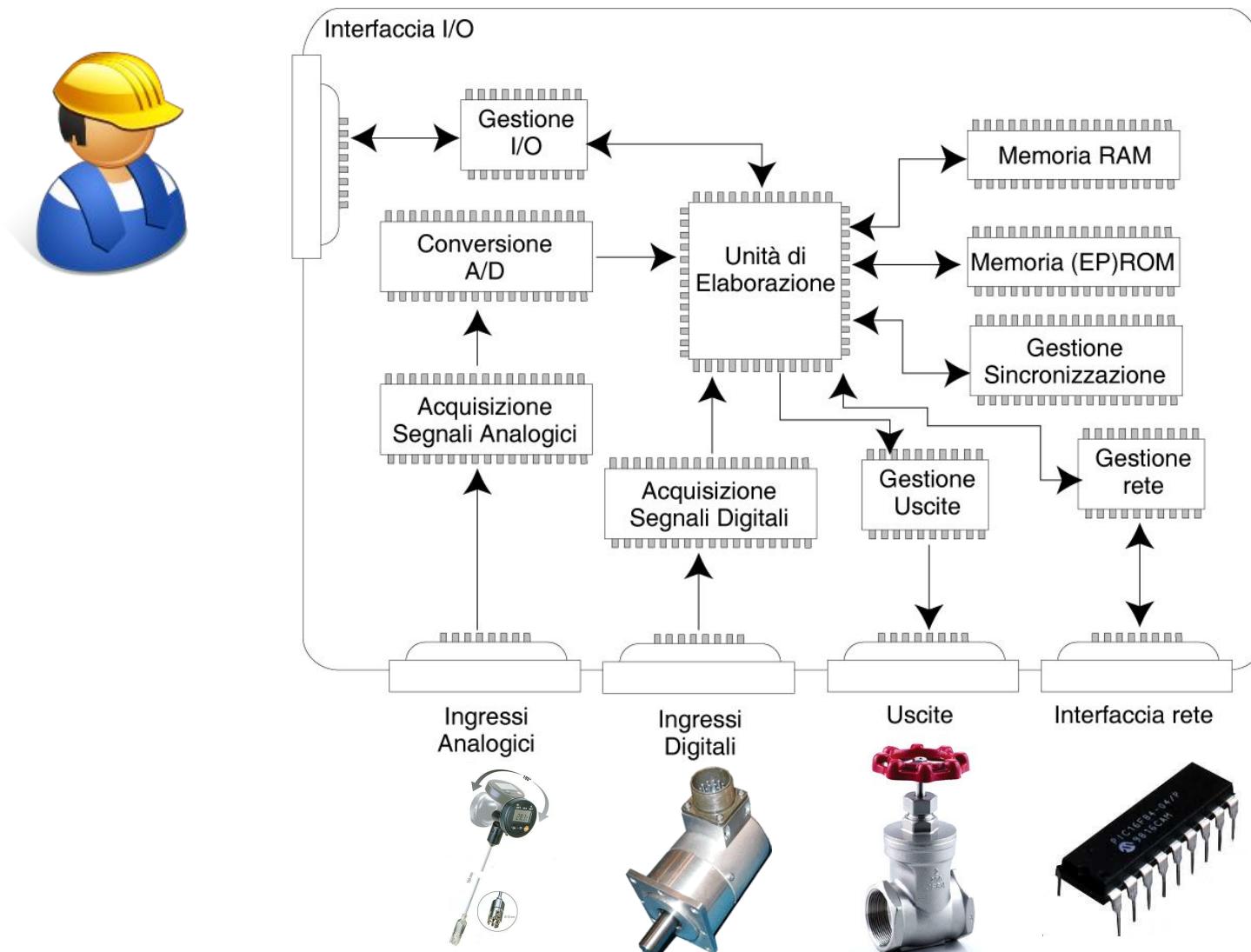
Sistemi di controllo embedded

□ software

- ➔ Sistema Operativo (S.O.) progettato ad hoc
 - la conoscenza a priori delle funzionalità da svolgere permette la progettazione di S.O. “semplici”
- ➔ orientato all’automazione
- ➔ gestione a basso livello delle risorse e delle comunicazioni
- ➔ vincoli real-time

Sistemi di controllo embedded

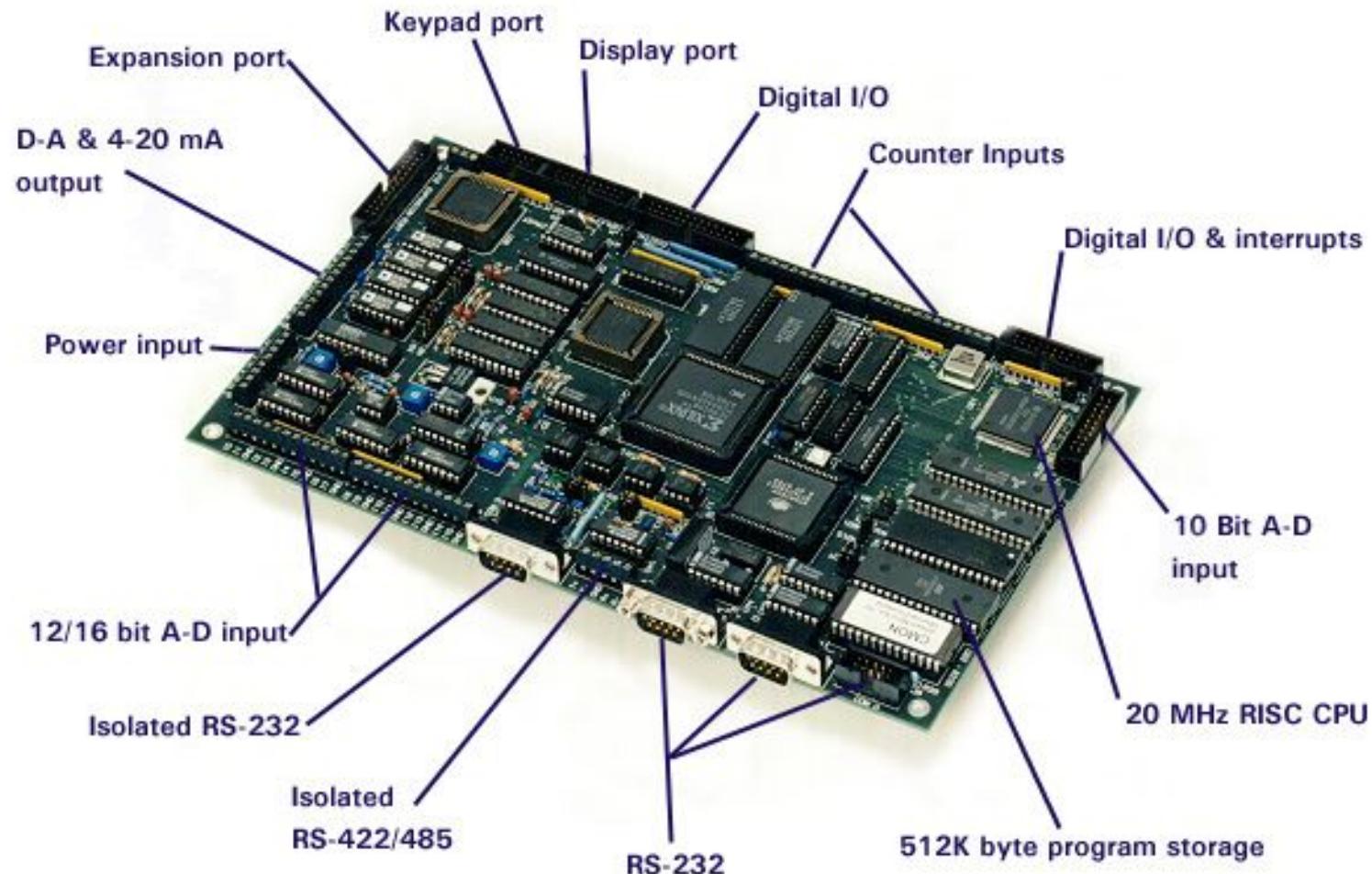
Layout generale di un sistema di controllo embedded



Sistemi di controllo embedded su singola scheda

- componenti elettronici standard integrati su stessa scheda
- elaboratori standard orientati alle applicazioni da eseguire
 - ➔ processori per il trattamento dei segnali
Digital Signal Processor (DSP)
 - esecuzione di funzioni su numeri interi o reali
 - ➔ processori per realizzare funzioni logiche
Field Programmable Gate Array (FPGA)
- capacità di elaborazione elevata
- numero di segnali da gestire elevato

Sistemi di controllo embedded su singola scheda



Sistemi di controllo embedded: Microcontrollori

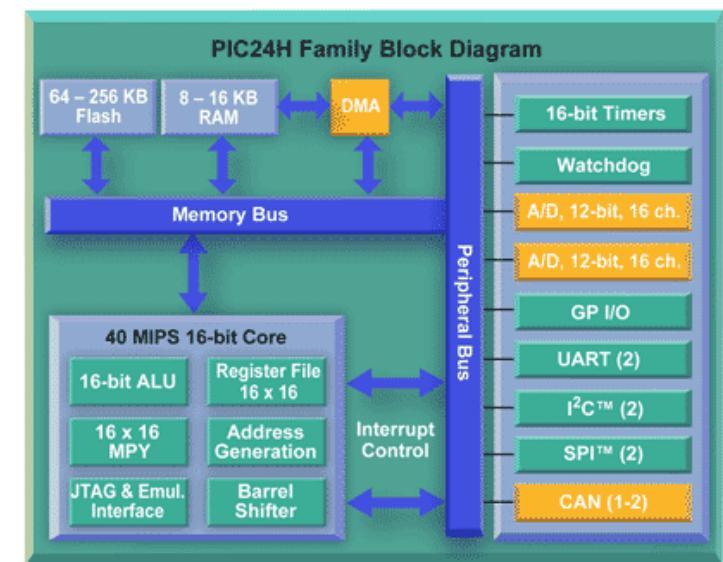
I microcontrollori sono nati dalla sempre più avanzata tecnologia di miniaturizzazione dei componenti elettronici

- microprocessori con funzioni ausiliarie integrate
 - ➔ con sistema di sviluppo per la programmazione (in linguaggio assembly)
- utilizzati per una grandissima varietà di applicazioni
 - ➔ telefoni cellulari
 - ➔ elettrodomestici
 - lavatrici, forni a microonde, ...
 - ➔ apparati informatici, consumer electronics
 - lettori DVD, stampanti, ...
 - ➔ centraline di controllo per vetture automobilistiche (automotive)
 - ➔ ...

Sistemi di controllo embedded: Microcontrollori

□ caratteristiche e impieghi

- ➔ applicazioni tipicamente semplici
- ➔ ingombri ridotti
- ➔ limitato numero di segnali da gestire
- ➔ basso consumo
- ➔ limitata o assente interfaccia con l'utente
- ➔ scarsa integrazione con altri dispositivi dello stesso tipo
- ➔ difficile espansione



Sistemi di controllo con architettura a bus

I sistemi di controllo embedded **non** sono adeguati quando i compiti di controllo sono caratterizzati da

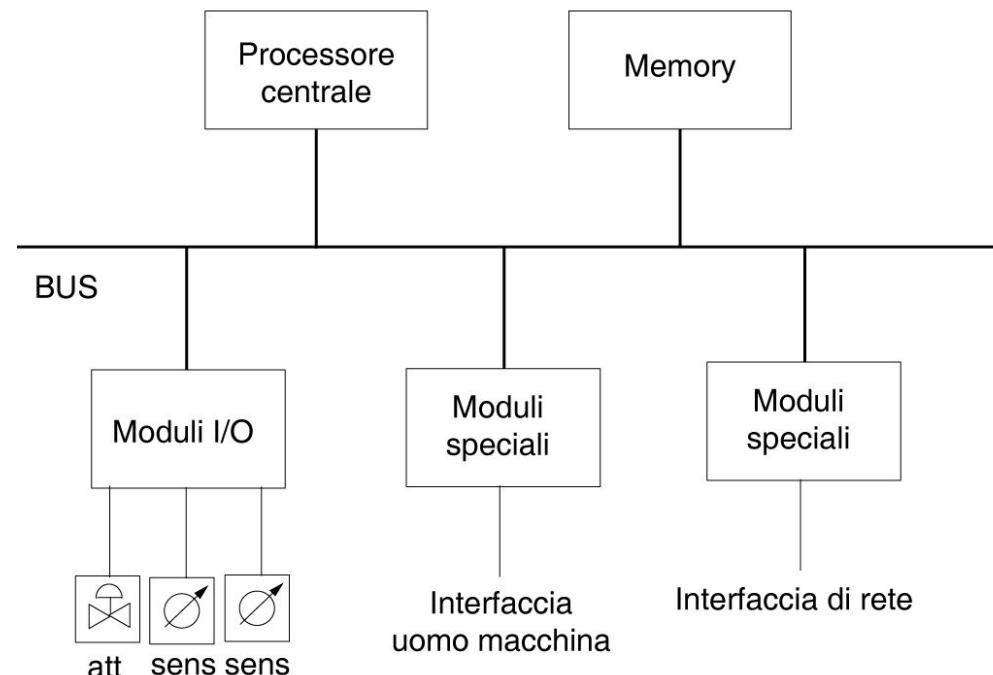
- complessità notevole
- elevato numero di segnali di input/output
- interfacce uomo-macchina più sofisticate
- interconnessione del sistema di controllo con reti informatiche

In tali casi vengono utilizzati controllori realizzati tramite **architettura a bus**

- architettura simile a quella di comuni Personal Computer

Sistemi di controllo con architettura a bus

- **bus**: insieme di linee elettriche per la comunicazione tra dispositivi
- scheda madre caratterizzata da bus di comunicazione a cui si interconnettono differenti moduli/schede
- mediante la connessione al bus possono essere utilizzati moduli per aumentare in maniera semplice e immediata le funzionalità del sistema di controllo



Sistemi di controllo con architettura a bus

Il bus garantisce l'interconnessione meccanica ed elettrica tra i vari moduli

□ **linee del bus raggruppate secondo la loro funzionalità**

- ➔ linee dati
- ➔ linee indirizzi
- ➔ linee di alimentazione
- ➔ linee per la gestione della comunicazione

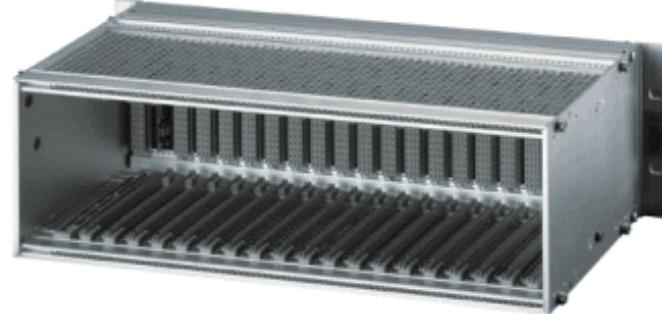
□ **bus standard**

- ➔ EISA (versione industriale di ISA)
- ➔ PCI – PCI Express
- ➔ VME
- ➔ PC104 – PC104+ (stack PC)

□ **bus custom**

Sistemi di controllo con architettura a bus

Modularità dell'architettura a bus



rack e bus



modulo
alimentatore



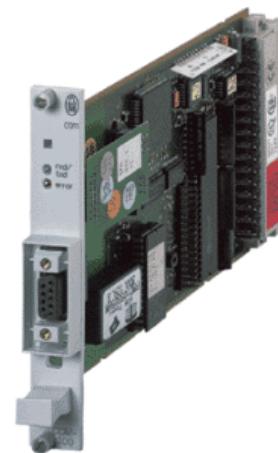
modulo CPU
e memorie



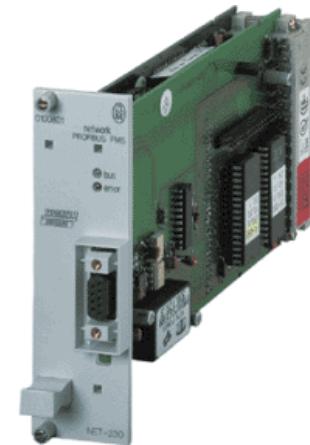
digital I/O



analog I/O



modulo per
espansioni



modulo per
interfaccia di rete

Sistemi di controllo con architettura a bus

□ pro

- ➔ flessibilità di progettazione
- ➔ scelta dei moduli secondo le funzionalità da implementare

□ contro

- ➔ Sistema Operativo più complesso
- ➔ gestione di tutti i moduli interconnessi e delle comunicazioni attraverso il bus
- ➔ vincoli real-time

Sistemi di controllo su PC

Negli ultimi anni si sta diffondendo l'uso di “comuni” Personal Computer per realizzare sistemi di controllo

- sistemi informatici con architettura a bus
- ampia disponibilità di hardware da fornitori differenti
- interfaccia uomo-macchina già presente
- semplice interconnessione a reti informatiche
- architettura a bus, quindi ottima flessibilità

Per essere utilizzato come sistema di controllo, occorrono

- Real-Time Operative System (RTOS)
 - ➔ RTAI-Linux, QNX, VxWorks, ...
- moduli/schede per l'interconnessione con un elevato numero di segnali input/output

Sistemi di controllo su PC

- Robustezza necessaria per uso in ambienti industriali
 - ➔ temperature ambientali elevate
 - ➔ notevoli disturbi elettromagnetici
 - ➔ polvere e sporco
- ⇒ PC industriali
- ⇒ SoftPLC



SW/HW per l'automazione



servodrive
singolo- e
multi-asse



frequency
inverter
(per motori
a induzione)



motori
(AC, DC,
a/sincroni,
in coppia,
stepper)



riduttori



moduli di rete
e fieldbus



software applicativi
per l'automazione

alcune aziende attive
nel campo della
Automazione Industriale

- B&R
- Beckhoff
- Bosch Rexroth
- Lenze
- Mitsubishi
- Omron
- Rockwell
- Schneider
- Siemens

