

# Tecnologie dei Sistemi di Automazione e Controllo

Prof. Gianmaria De Tommasi

## Lezione 1 Introduzione al corso

**Corso di Laurea**  
**Codice insegnamento**  
**Email docente**  
**Anno accademico**

N39  
U0998  
detommas@unina.it  
2021/2022

**Lezione numero: 1**

**Parole chiave:** Automazione Industriale,  
Dispositivi di Controllo

## Sommario della lezione

- **Informazioni generali sul corso**
- **Introduzione al corso**
  - Modello di un sistema di controllo industriale
  - Modello di un dispositivo di controllo
- **Requisiti dei dispositivi di controllo**
- **Dispositivi di controllo per applicazioni generiche**
- **Dispositivi di controllo specializzati**

## Informazioni generali sul corso 1/7

### Contatti docente

#### Docente

Prof. Gianmaria De Tommasi

Dipartimento di Ingegneria Elettrica e delle Tecnologie dell'Informazione  
Complesso di Via Claudio

Studio: 2.09

Telefono: 081 768 3853

Email: [detommas@unina.it](mailto:detommas@unina.it)

Webpage: <http://www.docenti.unina.it/gianmaria.detommasi>

<http://wpage.unina.it/detommas>

<http://wpage.unina.it/detommas/tsc.html>

Canale Telegram (<https://t.me/AutomaUNINA>): [#TSAC\\_DeTommasi](https://t.me/AutomaUNINA)

**Orario di ricevimento → Martedì 14:30-17:30**

## **Informazioni generali sul corso 2/7**

### **Programma del corso**

- 1. Introduzione al corso**
- 2. Dispositivi di controllo: architetture e requisiti**
- 3. Sensori e Attuatori**
- 4. Condizionamento e conversione dei segnali**
- 5. Regolatori PID industriali**
- 6. Programmazione dei Controllori a Logica Programmabile – Standard IEC 61131-3**
- 7. Sistemi di supervisione controllo e acquisizione dati SCADA (cenni)**
- 8. Ciclo di sviluppo dei sistemi di automazione (rapid prototyping – X-in-the-loop)**

## Informazioni generali sul corso 3/7

### Libri di testo e materiale didattico

**Autori:** P. Chiacchio e F. Basile

**Titolo:** **Tecnologie informatiche per l'automazione (2° ed.)**

**Casa editrice:** McGraw-Hill

**Autori:** G. A. Magnani, G. Ferretti e P. Rocco

**Titolo:** **Tecnologie dei sistemi di controllo (2° ed.)**

**Casa editrice:** McGraw-Hill

**Materiale del corso. Disponibile alla pagina web (e su Teams)**

**<http://wpage.unina.it/detommas/tsc.html>**

## Informazioni generali sul corso 4/7 Matlab/Simulink

**Matlab** e **Simulink** rappresentano lo standard *de facto* per la progettazione in molti settori dell'ingegneria. L'utente ha a disposizione una ricchissima libreria di funzioni raccolte in diversi *toolbox*, ognuno dedicato ad un particolare campo applicativo (sistemi di controllo lineari e non lineari, statistica, signal processing, ecc.)

Matlab e Simulink verranno utilizzati per le esercitazioni relative ai regolatori PID industriali

### Risorse:

⇒ [Sito Mathworks](#)

⇒ [Breve introduzione a Matlab](#)

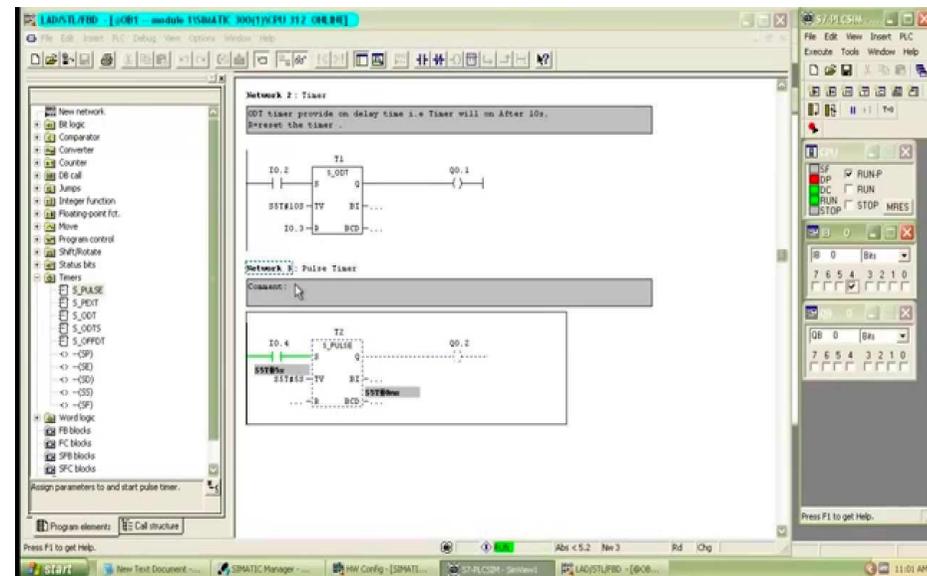
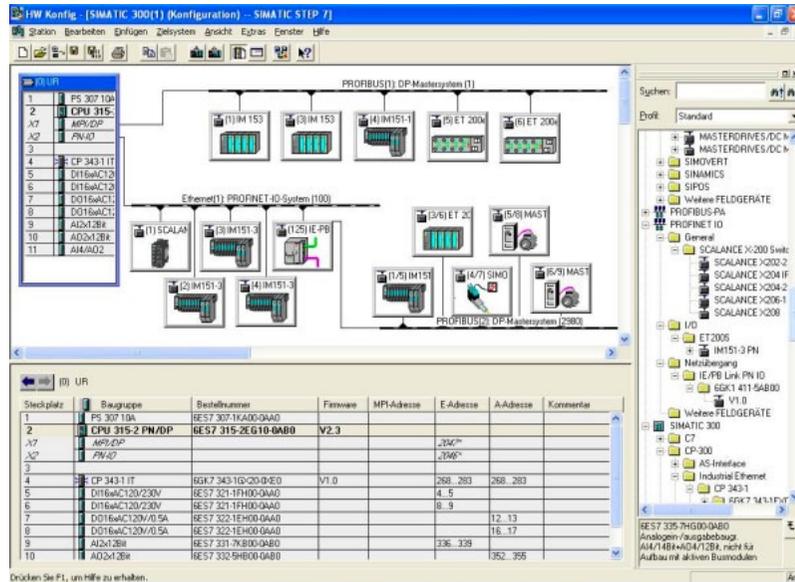
# Informazioni generali sul corso 5/7

## Lo standard IEC-61131-3 per la programmazione di PLC

**Siemens Step 7** strumento commerciale utilizzato in laboratorio per programmare il PLC Siemens S7

**Risorse:**

[Introduzione a STEP 7](#)



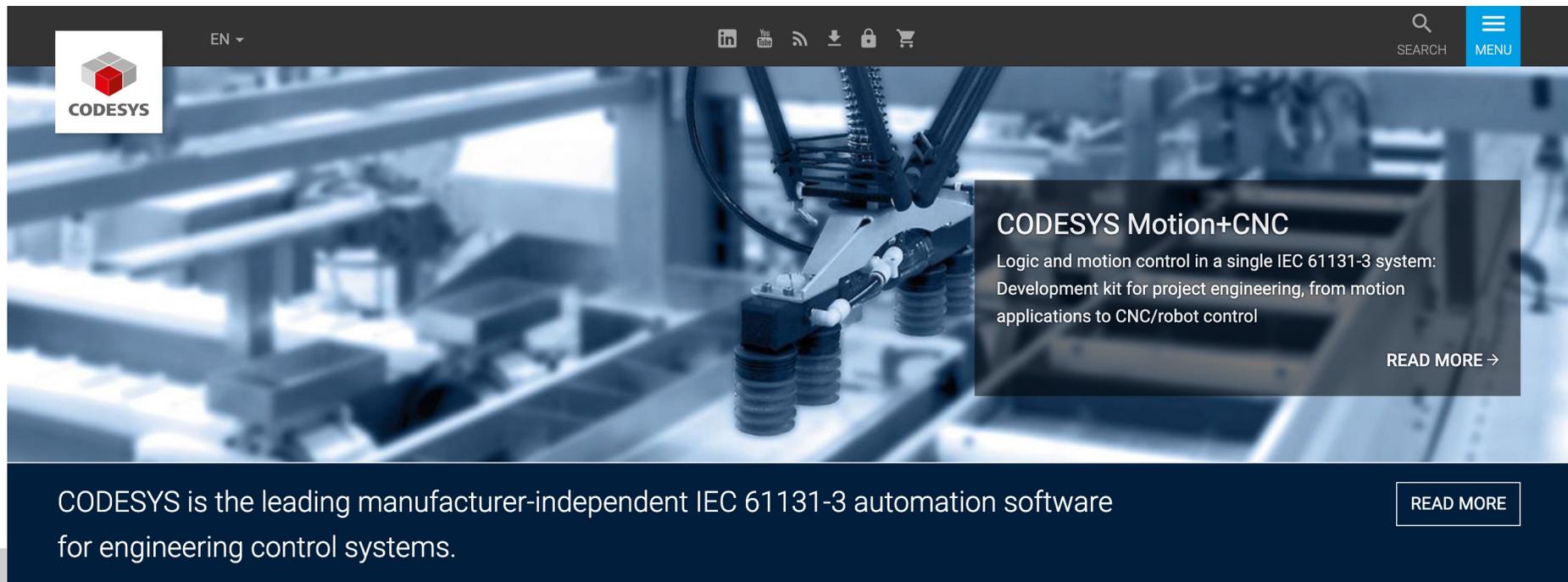
## Informazioni generali sul corso 6/7 Lo standard IEC-61131-3 per la programmazione di PLC

### CODESYS:

- Sistema di sviluppo fully IEC compliant
- Simulatore built—in
- Sistema SCADA

### Risorse:

[CODESYS](#)



The screenshot shows the CODESYS website homepage. At the top left is the CODESYS logo. The navigation bar includes a language selector (EN), social media icons (LinkedIn, YouTube, RSS), utility icons (download, lock, shopping cart), a search icon, and a menu icon. The main content area features a large image of a robotic arm in a factory setting. A dark overlay box on the right side of the image contains the text: "CODESYS Motion+CNC", "Logic and motion control in a single IEC 61131-3 system: Development kit for project engineering, from motion applications to CNC/robot control", and a "READ MORE" link with a right-pointing arrow. At the bottom of the page, a dark blue banner contains the text: "CODESYS is the leading manufacturer-independent IEC 61131-3 automation software for engineering control systems." and a "READ MORE" button.

## Informazioni generali sul corso 7/7

### Modalità d' esame

#### Prova scritta

- 2/3 esercizi (programmazione PLC, regolatori PID)

#### Prova orale

- la prova verterà su tutti gli argomenti del corso + eventuale discussione della tesina

# What is industrial automation?

- ▶ What is industrial automation?
- ▶ BMW fully automated car factory (mass production)



# What is industrial automation?

Amazon warehouse (logistic)



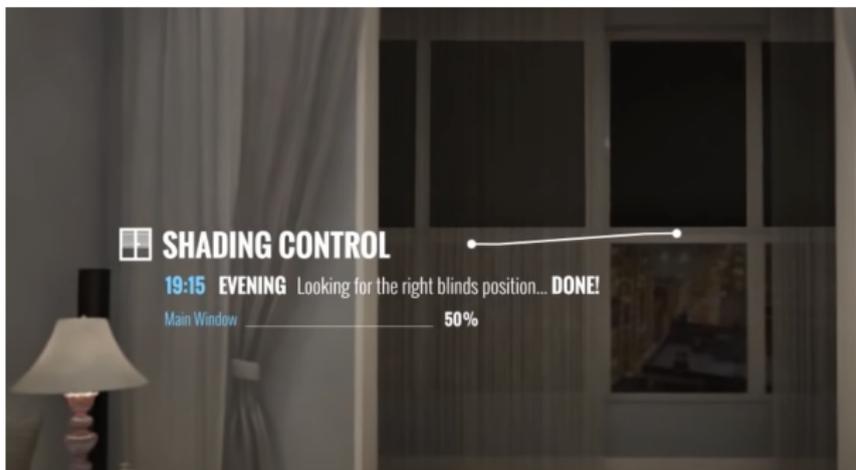
# What is industrial automation?

Industry 4.0 (mass production)



# More automation. . .

## Domotics



... and more

## Autonomous driving



# What is industrial automation?

## THE ANSWER

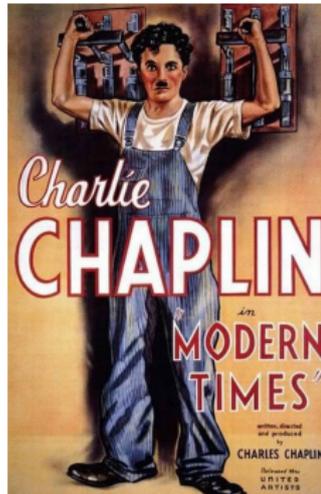
(*Industrial*) **automation** includes both

- ▶ technology
- ▶ methodology

by which a process or procedure is performed with **minimal** human assistance

# Main benefits of automation

- ▶ labor savings
  - ▶ reduce the need of tedious and dangerous jobs



# Main benefits of automation

- ▶ labor savings
- ▶ savings production time (costs saving)
- ▶ savings stocks (costs saving)
- ▶ savings production waste (costs saving)
- ▶ energy saving (costs saving & **key feature for green economy**)
- ▶ reduce environmental impact (**key feature for green economy**)

Summarizing: **better use of the resources**

## Obiettivo del corso

### Guida allo studente:

“Il corso ha lo scopo di educare lo studente alle problematiche di progettazione hardware e software di sistemi di controllo ed automazione industriale...”

- **Richiami di nozioni**
  - **Controlli automatici, Misure per l'automazione e la produzione industriale, Elettronica generale**
- **Metodologie e tecnologie per la realizzazione di sistemi di automazione e controllo**
- ***Hands-on-system***

## Introduzione al corso 1/10 L'automazione industriale

L' **automazione industriale** è la disciplina che studia le

metodologie e le tecnologie

che permettono il controllo di flussi

di **energia**, di **materiali** e di **informazioni**

necessari alla realizzazione di processi produttivi

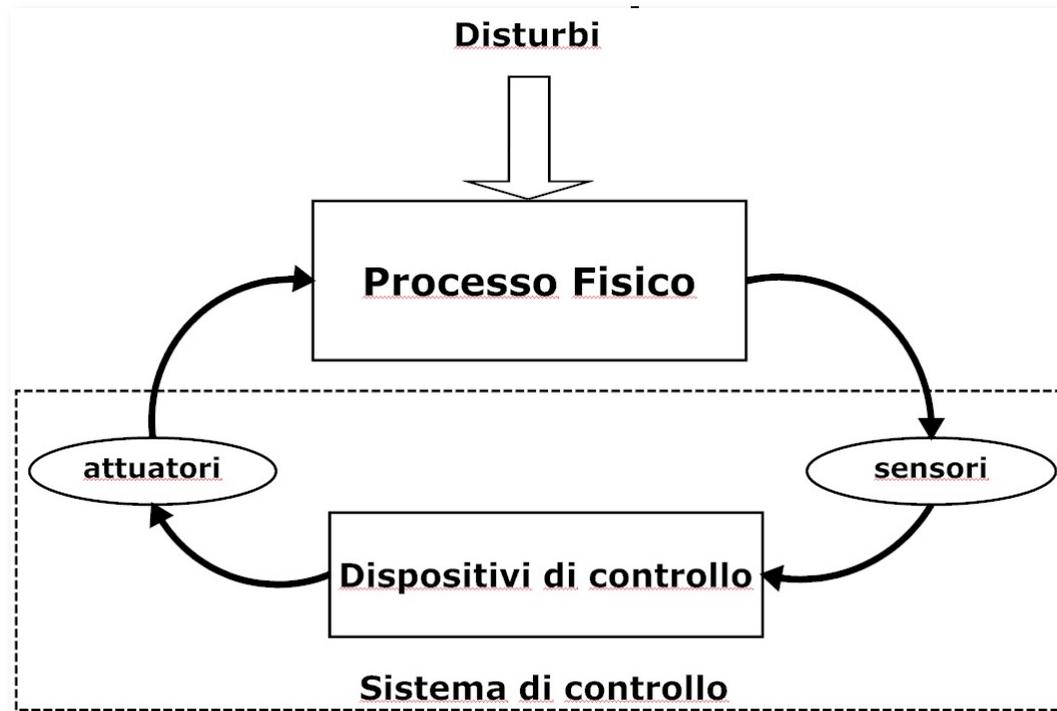
**senza l'intervento dell'uomo.**

# Introduzione al corso 2/10

## Modello di un sistema automatizzato

### «punto di vista #1»

**Sistema Controllo = sensori + dispositivi di controllo +**

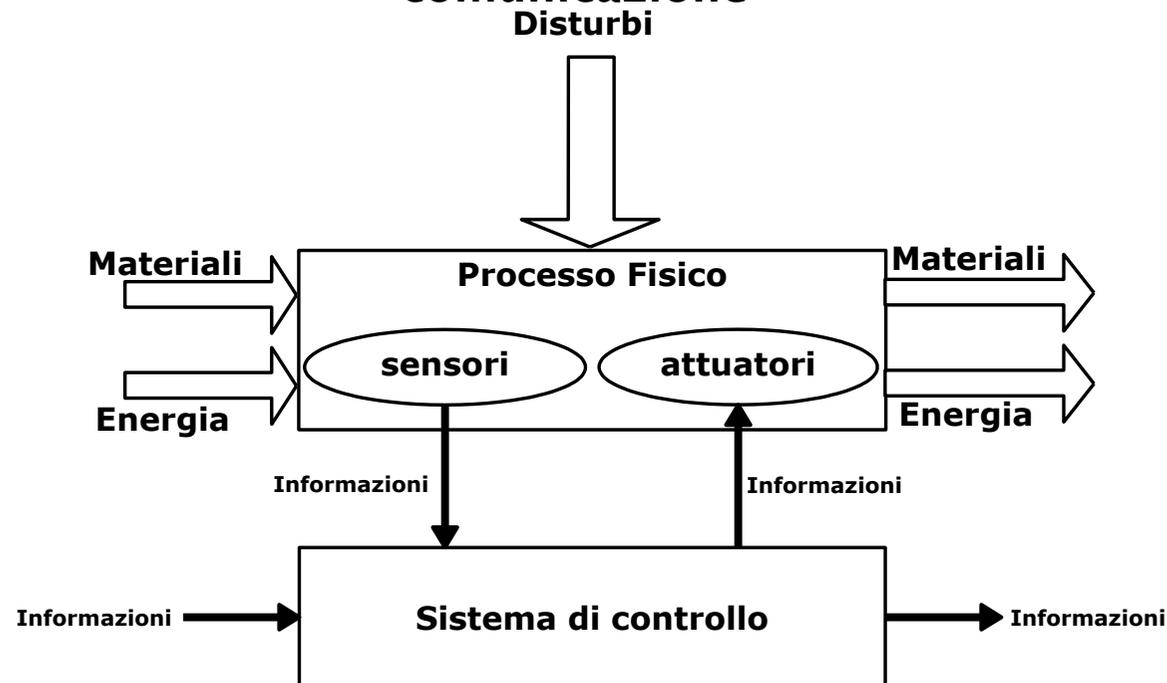


# Introduzione al corso 3/10

## Modello di un sistema automatizzato

### «punto di vista #2»

**Sistema Automatizzato = Processo Fisico + Sistema di Controllo**  
**Sistema di Controllo = Dispositivi di Controllo + HMI + reti di comunicazione**



## Introduzione al corso 4/10

### Modello di un sistema automatizzato

Il **Processo Fisico** può essere visto come l'insieme di azioni che agiscono su entità del mondo fisico e ne cambiano alcune proprietà.

Il **Processo Fisico**, quindi, è l'insieme di lavorazioni meccaniche, lavorazioni chimiche, movimentazioni, ecc.

Il **Sistema di Controllo** scambia *informazioni* con il Processo Fisico (attraverso **sensori** ed **attuatori**) e/o con un operatore umano e/o con altri sistemi automatici (necessità di sistemi di comunicazione e di interfacce utente)

Il **Sistema di Controllo** realizza, in maniera automatica, gli algoritmi necessari affinché il comportamento del Processo Fisico sia quello desiderato.

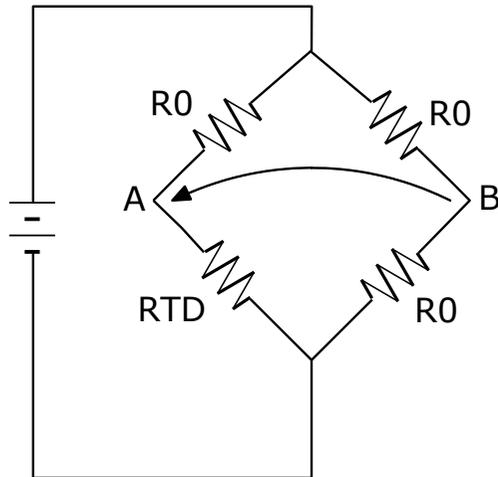
## Introduzione al corso 5/10

### Sensori e trasduttori

**Sensore** – trasforma la grandezza da misurare nella grandezza misurata

**Trasduttore** – trasforma una grandezza di natura fisica o chimica in una grandezza di un'altra natura (tipicamente elettrica)

### Resistance Temperature Detector (RTD)



$$RTD = R_0(1 + \alpha\Delta T + \beta\Delta T^2)$$

L' RTD trasforma variazioni di temperatura in variazioni di resistenza (è il trasduttore)

La grandezza effettivamente misurata è una variazione di tensione (il sensore è costituito da tutto il circuito)

## Introduzione al corso 6/10

### Attuatori e pre-attuatori

**Attuatore** – dispositivo che consente di agire sulle grandezze del processo

**Pre-attuatore** – dispositivo che converte i segnali provenienti dal sistema di controllo in *segnali di potenza*

### Esempi

Valvola (**attuatore**) + Motore e azionamento (**pre-attuatore**)

Motore (**attuatore**) + Amplificatore di potenza ed elettronica di pilotaggio (**pre-attuatore**)

## Introduzione al corso 7/10 Sistema di Controllo

Il **Sistema di Controllo** è un dispositivo che

- elabora informazioni
- realizza algoritmi

Il **Sistema di Controllo**, quindi, è costituito da uno o più **sistemi per l'elaborazione dell'informazioni**.

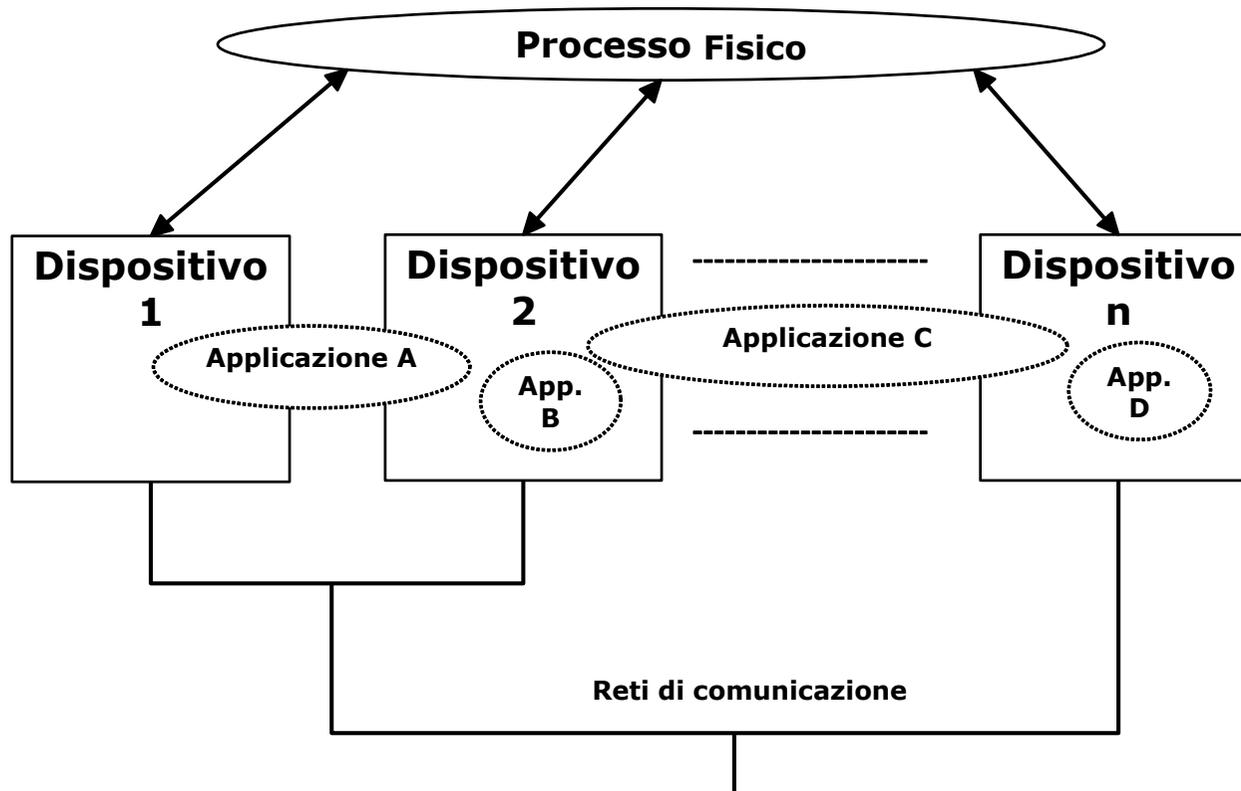
Rispetto ai normali Personal Computer, i dispositivi che vengono utilizzati per realizzare i sistemi di controllo hanno caratteristiche particolari

E' da notare che non è detto che il sistema di controllo debba essere realizzato attraverso tecnologie informatiche. Infatti sono ancora diffusi controllori in tecnologia **idraulica** o **pneumatica**.

## Introduzione al corso 8/10

# Modello di un sistema di controllo industriale

Il modello prevede più **dispositivi di controllo** che comunicano tra loro attraverso delle reti di comunicazioni e con il processo fisico

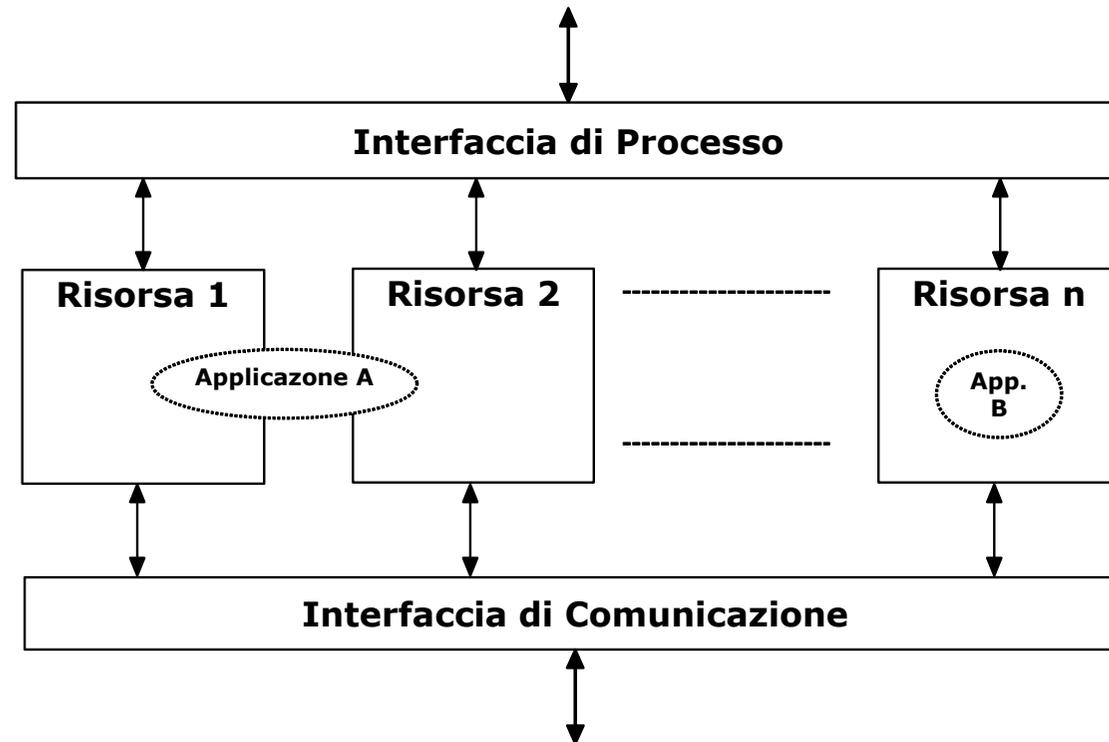


A e C sono  
applicazioni  
**distribuite**

## Introduzione al corso 9/10

# Modello di un dispositivo di controllo industriale

Il modello prevede che ogni dispositivo abbia almeno una **risorsa**, un' **interfaccia verso il Processo Fisico** ed un' **interfaccia di comunicazione** per il collegamento con altri dispositivi



## Introduzione al corso 10/10

# Dispositivi di controllo industriale

Un dispositivo di controllo industriale, quindi, è un **dispositivo per l'elaborazione dell'informazione**.

Tipicamente un dispositivo di controllo è un **sistema a microprocessore**.  
Diversi sistemi a microprocessore concorrono alla realizzazione delle funzionalità di un sistema di controllo industriale:

- Controllori per applicazioni generiche (microcontrollori, controllori con architetture a bus, ecc.), con prestazioni differenti in funzione dei campi applicativi
- Controllori a Logica Programmabile (PLC): hanno sistemi operativi real-time e sono *costruttivamente* robusti
- Personal Computer: tipicamente utilizzati per la realizzazione dell'interfaccia operatore (HMI)
- Sistemi per il controllo dedicati al controllo di macchine complesse (ad esempio il controllo assi di un robot)

## Requisiti dei dispositivi di controllo 1/6

### Requisito fondamentale

I **due requisiti essenziali** che caratterizzano i dispositivi di controllo sono:

- **la capacità di rispondere a stimoli provenienti dall'esterno (dal *Processo Fisico*);**
- **la capacità di interagire con l'ambiente esterno modificando il comportamento del *Processo Fisico*.**

***Un dispositivo di controllo è un particolare sistema per l'elaborazione dell'informazione, destinato al controllo dei processi fisici.***

***Un dispositivo di controllo deve interfacciarsi con l'ambiente esterno.***

Nel **modello proposto** i sensori e gli attuatori fanno parte del Processo Fisico, quindi i dispositivi di controllo devono possedere opportuni moduli di interfaccia con sensori ed attuatori (*moduli di I/O*).

## Requisiti dei dispositivi di controllo 2/6

### Funzionalità di un dispositivo di controllo

- controllo a ciclo chiuso classico (regolazione, asservimento)
- controllo logico sequenziale
- calcolo dei valori di riferimento (set-point)
- gestione di allarmi e anomalie
- realizzazione dell'interfaccia operatore (HMI)
- realizzazione dell'interfaccia di comunicazione con altri dispositivi

In generale un dispositivo di controllo non deve necessariamente realizzare tutte le funzionalità elencate.

## Requisiti dei dispositivi di controllo 3/6

### Modalità di esecuzione dei compiti

Un' applicazione può essere suddivisa in più compiti (task) da gestire in maniera differente a seconda dei casi.

Un dispositivo di controllo può prevedere le seguenti modalità di esecuzione dei compiti:

- periodico (es. controllo in retroazione classico)
- ciclico (es. sequenzializzazione di movimentazioni)
- ad eventi (es. gestione di una condizione di anomalia)

Anche in questo caso non tutti i dispositivi di controllo devono necessariamente prevedere tutte le modalità di esecuzione elencate.

## Requisiti dei dispositivi di controllo 4/6

### Requisiti di tempo reale

Interfacciandosi con il Processo Fisico, i dispositivi di controllo hanno la necessità di operare in **tempo reale**.

**Un sistema a tempo reale (real-time) deve rispondere in modo certo ed entro tempi fissati ad eventi esterni asincroni (non prevedibili).**

In un sistema a tempo reale (hard real-time), quindi, un **ritardo** nell'esecuzione è considerato un **malfunzionamento** del sistema stesso. Nel caso di sistemi soft real-time un ritardo di esecuzione comporta un degrado delle prestazioni.

## Requisiti dei dispositivi di controllo 5/6

### Scalabilità di un dispositivo di controllo

La **scalabilità** è la capacità di un sistema di *crescere* o *decretere* (aumentare o diminuire di scala) in funzione delle funzionalità richieste.

Un dispositivo di controllo scalabile, quindi, consente di inserire o meno delle funzionalità solo se necessarie.

## Requisiti dei dispositivi di controllo 6/6

### Solidità di un dispositivo di controllo

Tipicamente i dispositivi di controllo devono operare in ambiente *ostili*.

Per questo motivo la **solidità** è un requisito importante. In particolare un dispositivo di controllo deve essere **fisicamente robusto** nei confronti di:

- urti
- vibrazioni
- interferenze elettromagnetiche
- variazioni di temperatura
- presenza di polveri
- etc.

## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 1/17

### Architetture - Classificazione

**Classificazione delle architetture hardware dei dispositivi di controllo:**

- **MONOLITICHE** (singola scheda o singolo chip)
- **A BUS** (architettura modulare)
- **IBRIDE**
- **PC based**

## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 2/17

### Dispositivi di controllo monolitici

I controllori **monolitici** comprendono in un **unico dispositivo fisico** tutti i componenti necessari per realizzare le funzioni di controllo.

In particolare posseggono le interfacce con il Processo Fisico integrate (moduli di I/O) all'interno del dispositivo stesso.

I dispositivi di controllo monolitici possono essere realizzati:

- su singola scheda (single board)
- su singolo chip (single chip)

## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 3/17

### Caratteristiche dei dispositivi monolitici

Un dispositivo di controllo monolitico comprende:

- l'unità di elaborazione
- la memoria non volatile (per la memorizzazione del programma utente)
- la memoria volatile (per la memorizzazione dei dati)
- il clock per la temporizzazione
- i dispositivi di interfaccia analogici (campionatori, ADC e DAC) e/o digitali
- sistema di gestione delle interruzioni

## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 4/17

### Controllori *single chip* (microcontrollori)

I controllori monolitici su singolo chip:

- sono molto diffusi negli ambiti applicativi in cui la potenza di elaborazione richiesta non è elevata ed il numero di ingressi e uscite è ridotto (elettrodomestici “intelligenti”, stampanti, controller di HD, controllori per l’automotive, ecc.)
- utilizzati per realizzare controllori embedded
- tipicamente vengono programmati in linguaggio macchina
- hanno un sistema operativo ridotto (scheduler + gestione comunicazioni inter-processo)
- non possiedono interfacce di comunicazione con altri dispositivi di controllo

## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 5/17

### Controllori *single board*

I controllori monolitici su *singola scheda*:

- hanno architetture basate su microprocessori (in passato esclusivamente basate su RISC oppure DSP)
- posseggono sistemi operativi scalabili
- a volte prevedono un'interfaccia di comunicazione con altri dispositivi (sempre più comune l'utilizzo di Ethernet)

## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 6/17

### Limitazioni dei dispositivi monolitici

Le motivazioni principali che limitano l'utilizzo di dispositivi di monolitici, in particolare single chip, in applicazioni di controllo complesse sono:

- la memoria ridotta
- la limitata potenza di calcolo
- la possibilità di gestire solo un numero ridotto di ingressi e uscite
- l'assenza di interfacce di comunicazione (*ma basta passare da single chip a single board!*)

## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 7/17

### Esempi di architetture monolitiche

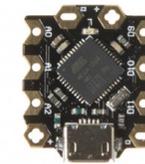
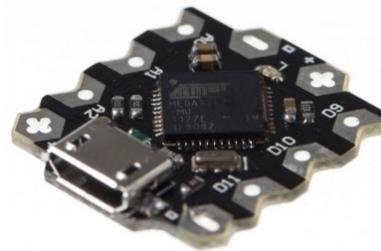


Controllore a logica programmabile monolitico



Microcontrollore PIC  
(microcontrollore di vecchia generazione)

Microcontrollore  
Beetle Leonardo



## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 8/17

### L'architettura a bus

Quando la complessità dell'applicazione di controllo aumenta non si possono più utilizzare dispositivi monolitici e si deve ricorrere a dispositivi con **architettura a bus**.

L'architettura a bus offre:

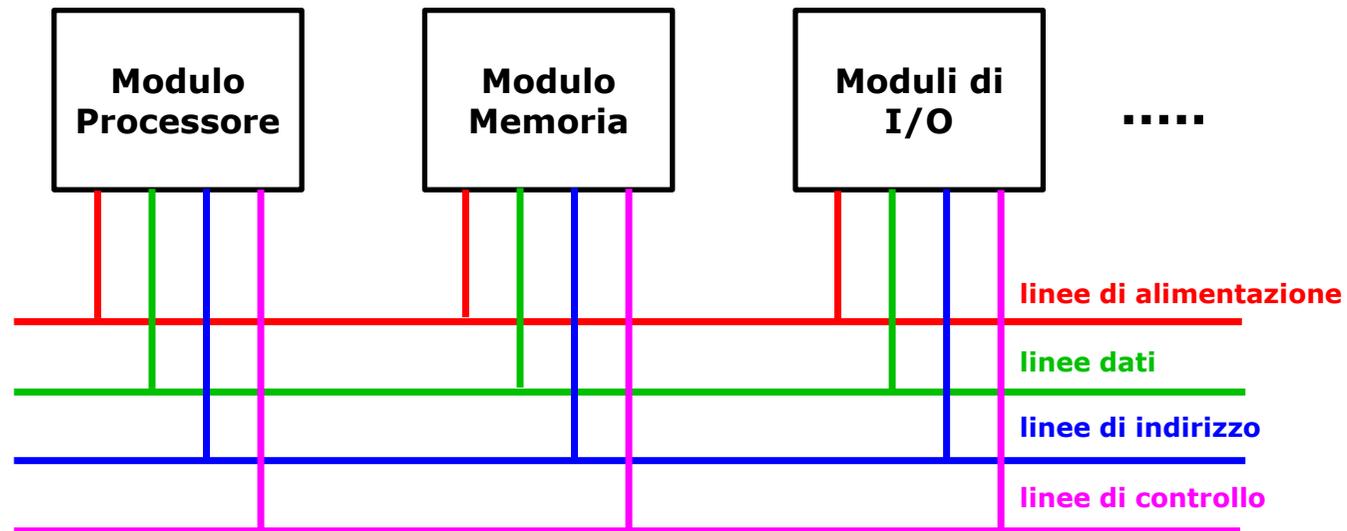
- una maggiore capacità di elaborazione

e rende più semplice:

- trattare un numero elevato di ingressi e uscite
- comunicare attraverso reti informatiche
- realizzare interfacce uomo-macchina complesse

## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 9/17

### Il bus



Un **bus**:

- è un insieme di linee elettriche, raggruppate per funzioni, che connettono tra loro varie schede o moduli
- è caratterizzato dal protocollo attraverso il quale i moduli possono usare le linee elettriche per comunicare tra loro
- definisce anche le caratteristiche elettriche e meccaniche dei connettori che servono per collegare i moduli tra loro

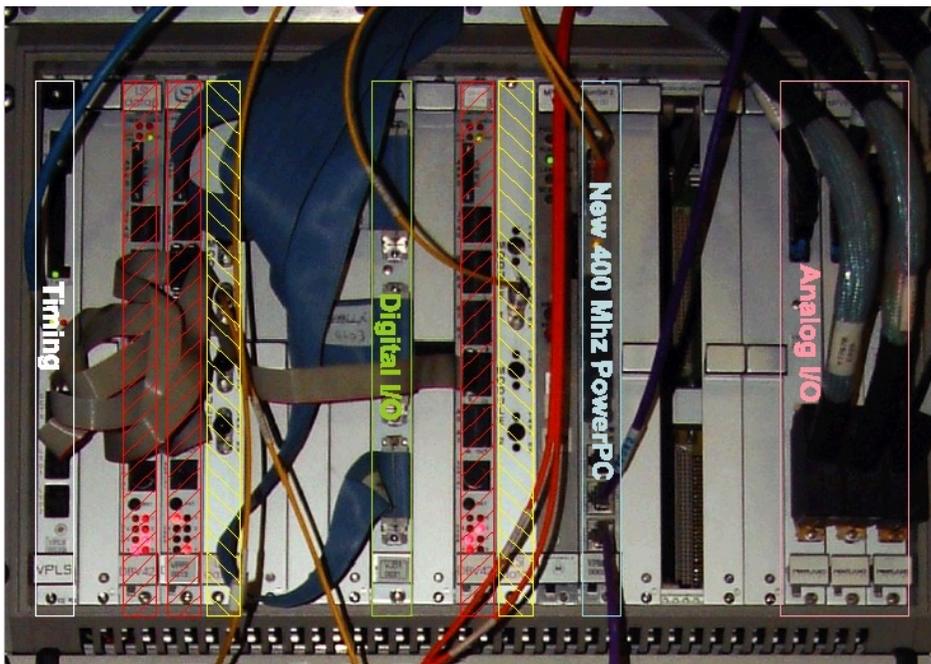
## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 10/17 Bus industriali

Esempi di bus industriali:

- [VME](#)
- [EISA](#)
- [PCI](#)
- [PCI Express](#)
- [CompactRio \(cRIO\)](#)
- [ATCA](#)

## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 11/17 Esempi di architetture a bus

### Controllore di corrente forma del plasma nel tokamak [JET](#)

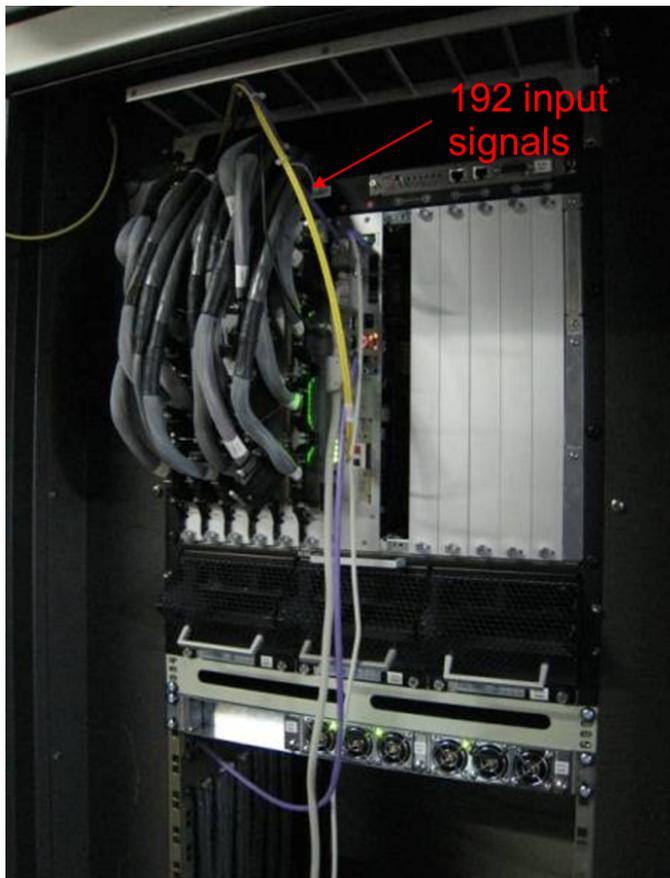


Architettura di controllo su bus VME:

- Scheda processore
  - PowerPC 400MHz con
  - 512 MB di memoria volatile
  - Interfacce di comunicazione Ethernet e [ATM](#)
- Schede di ingresso e uscita digitali
- Schede di ingresso e uscita analogiche
- Sistema Operativo: [VxWorks](#)
- Tempo di ciclo: 2ms

## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 12/17

### Esempi di architetture a bus

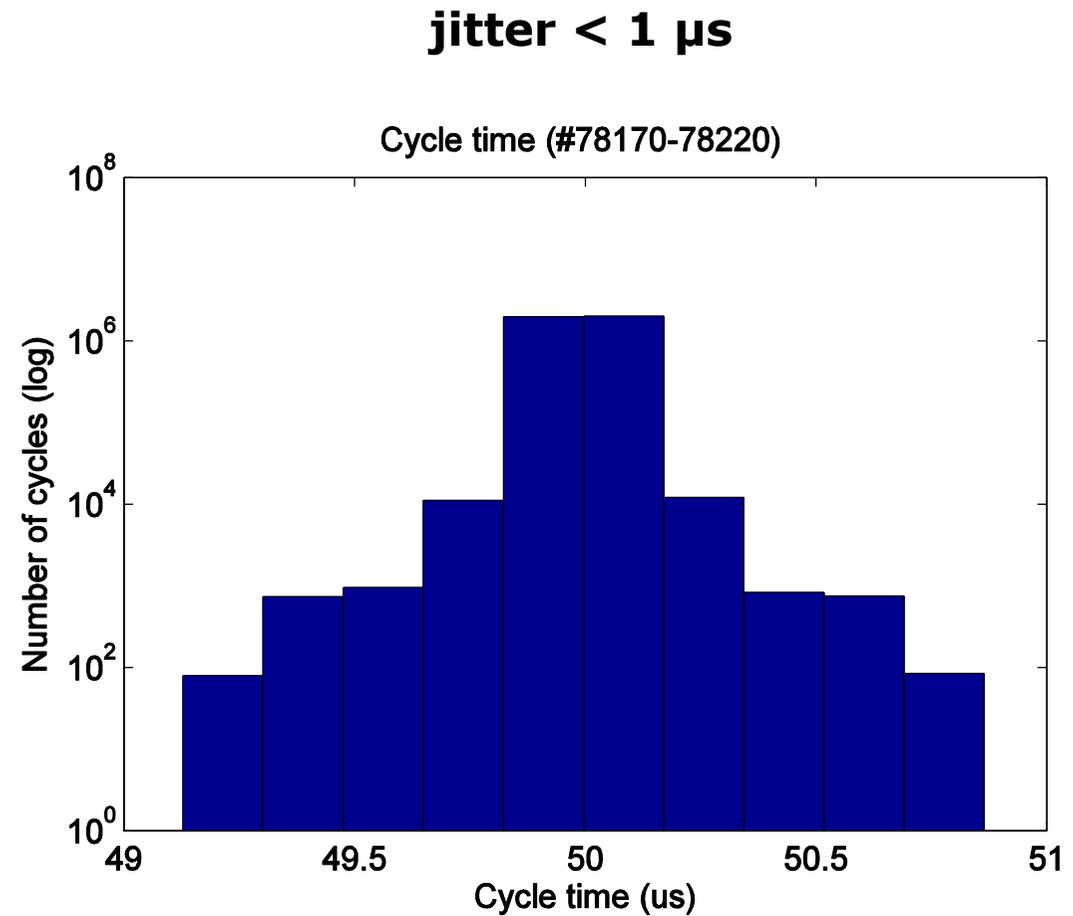
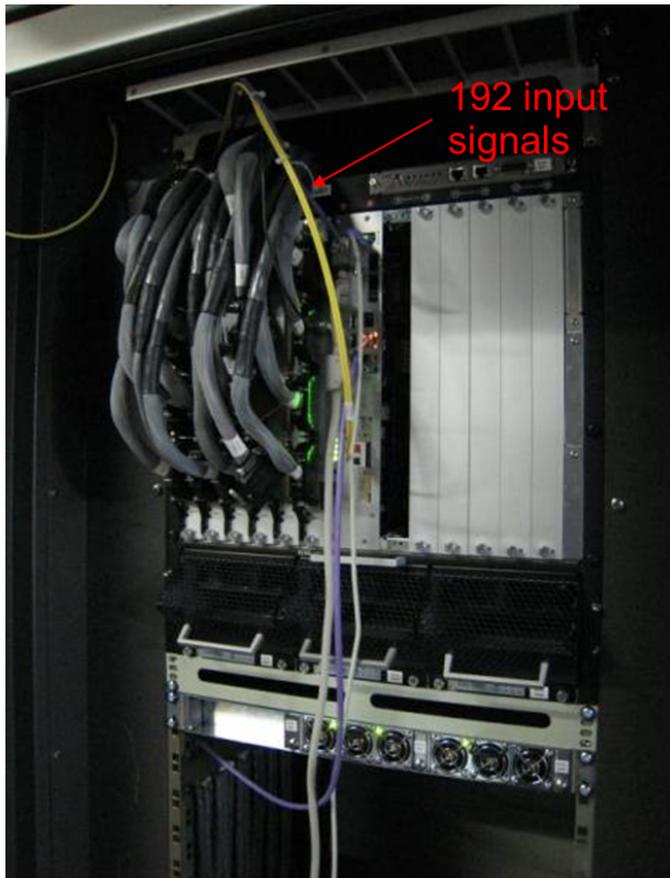


#### Sistema di stabilizzazione verticale del plasma nel tokamak JET

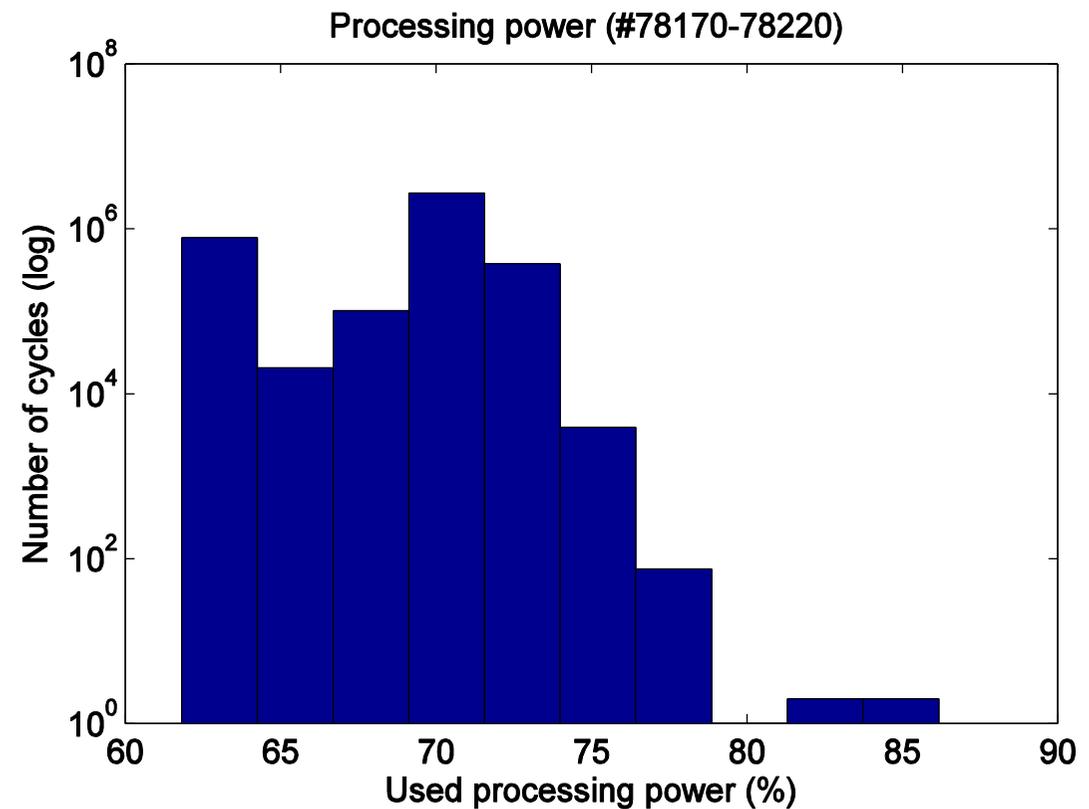
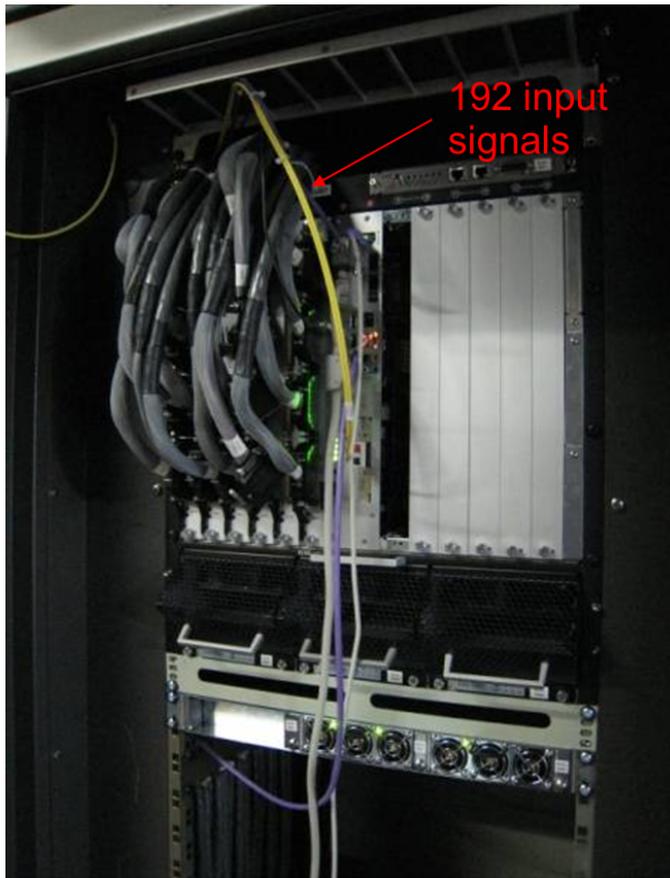
Architettura a bus basata su ATCA e PCIe:

- Scheda multiprocessore (Intel Core2 Quad)
- Ingressi: 192 18 bit ADC @2MHz
- Uscite: 5 DAC
- Sistema Operativo: Linux+RTAI
- Tempo di ciclo 50  $\mu$ s (jitter < 1  $\mu$ s)

## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 13/17 Esempi di architetture a bus



## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 14/17 Esempi di architetture a bus



## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 15/17

# Il controllore a logica programmabile (PLC)

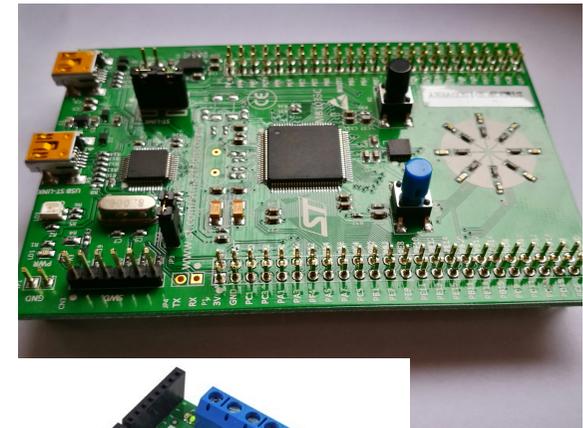
### Il Controllore a Logica Programmabile (PLC):

- è il più diffuso dispositivo di controllo per l'automazione industriale
- è un dispositivo modulare con architettura a bus
- è specializzato particolarmente (ma non solo!) per il controllo logico/sequenziale
- è un dispositivo di costruzione robusta adatto ad operare in ambienti ostili

## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 16/17

### Architetture *ibride*

- Microcontrollori di nuova generazione (Arduino, STMxx,...)
  - Utilizzati spesso per prototipazione
- Architettura monolitica (single chip)
- Schede di sviluppo single-board
- Possibilità di espansione attraverso shield (architettura bus-like)



## Dispositivi di controllo per applicazioni generiche 17/17

### Dispositivi con architettura *PC based*

I dispositivi con architettura ***PC based*** sono dei personal computer *general purpose* sui quali viene installato un sistema operativo real-time.

#### Vantaggi:

- riduzione dei costi
- ampia scelta di fornitori hardware e software
- semplificazione della manutenzione
- un PC standard prevede delle funzionalità che nelle altre architetture sono considerate opzionali (es. presenza di una memoria di massa, interfaccia grafica, interfaccia di comunicazione, ecc.)

#### Svantaggi:

- numero limitato di schede di I/O dalle caratteristiche non particolarmente spinte
- componenti fisicamente poco robusti, quindi non adatti al funzionamento in ambienti ostili

# Dispositivi di controllo specializzati 1/5

## I Controllori specializzati

La diffusione in ambito industriale di alcuni tipi di controllo ha fatto sì che venissero sviluppati dei particolari **dispositivi di controllo dedicati o specializzati**.

A differenza dei dispositivi general purpose, per i quali lo sviluppatore deve progettare ed implementare l'algoritmo di controllo, i controllori specializzati richiedono **solo una configurazione** da parte dell'utente.

## Dispositivi di controllo specializzati 2/5

### Controllori di macchine a controllo numerico

Una macchina a controllo numerico (**Computer Numerical Control machine**) è un macchinario che esegue lavorazioni e movimentazioni attraverso **assi di rotazione e traslazione controllati**.

Tipicamente è dotata di un linguaggio di programmazione di alto livello orientato alla funzionalità svolta dalla macchina (ad esempio la possibilità di specificare un movimento di un braccio robotico per punti).

Esempi di macchine CNC: torni, frese, braccio manipolatore robotico.

## **Dispositivi di controllo specializzati 3/5**

### **Requisiti per un dispositivo di controllo di macchine CNC**

L'architettura di controllo delle macchine CNC deve:

- controllare i movimenti di ogni asse
- generare i riferimenti corretti
- coordinare tra loro i movimenti degli assi
- realizzare l'interfaccia uomo-macchina
- avere la capacità di comunicare con dispositivi esterni per necessità di coordinamento
- avere capacità di autodiagnosica

## Dispositivi di controllo specializzati 4/5

### Architettura di un dispositivo di controllo per macchine CNC

I dispositivi di controllo delle macchine CNC hanno tipicamente un architettura a **bus**, in cui sono presenti:

- un modulo per ognuno degli assi da movimentare
- un modulo che interpreta il programma utente e manda gli opportuni comandi ai moduli di movimentazione
- un modulo che realizza il controllo logico/sequenziale
- un per la realizzazione dell' interfaccia uomo macchina

## Dispositivi di controllo specializzati 5/5

### Controllori per motori elettrici

Il controllo dei motori elettrici (in c.c., in c.a. oppure passo passo) è una delle applicazioni più diffuse nel controllo industriale.

Per questo motivo esistono in commercio dispositivi di controllo specializzati per le varie tipologie di motori.

# Indice Letture

## Materiale di studio

- ❑ Introduzione e Capitoli 6, 7 e 9 da [\[1\]](#)
- ❑ Introduzione da [\[2\]](#)

## Fonti in rete

- ❑ [Sito Mathworks](#)
- ❑ [Introduzione a Matlab](#)
- ❑ [Introduzione a Step 7](#)
- ❑ [CODESYS](#)

## Bus industriali

- ❑ [VME](#)
- ❑ [EISA](#)
- ❑ [PCI](#)
- ❑ [PCI Express](#)
- ❑ [CompactRIO](#)
- ❑ [ATCA](#)