



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Controllori a logica programmabile (PLC)

Automazione

Vincenzo Suraci



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA
Insegnamento: AUTOMAZIONE
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

STRUTTURA DEL NUCLEO TEMATICO

1. CONTROLLORI LOGICI
2. RETI LOGICHE E PLC
3. STRUTTURA DEI PLC
 - MEMORIA
 - SEZIONE DI I/O
4. PROGRAMMAZIONE DEI PLC



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA
Insegnamento: AUTOMAZIONE
Docente: DR. VINCENZO SURACI

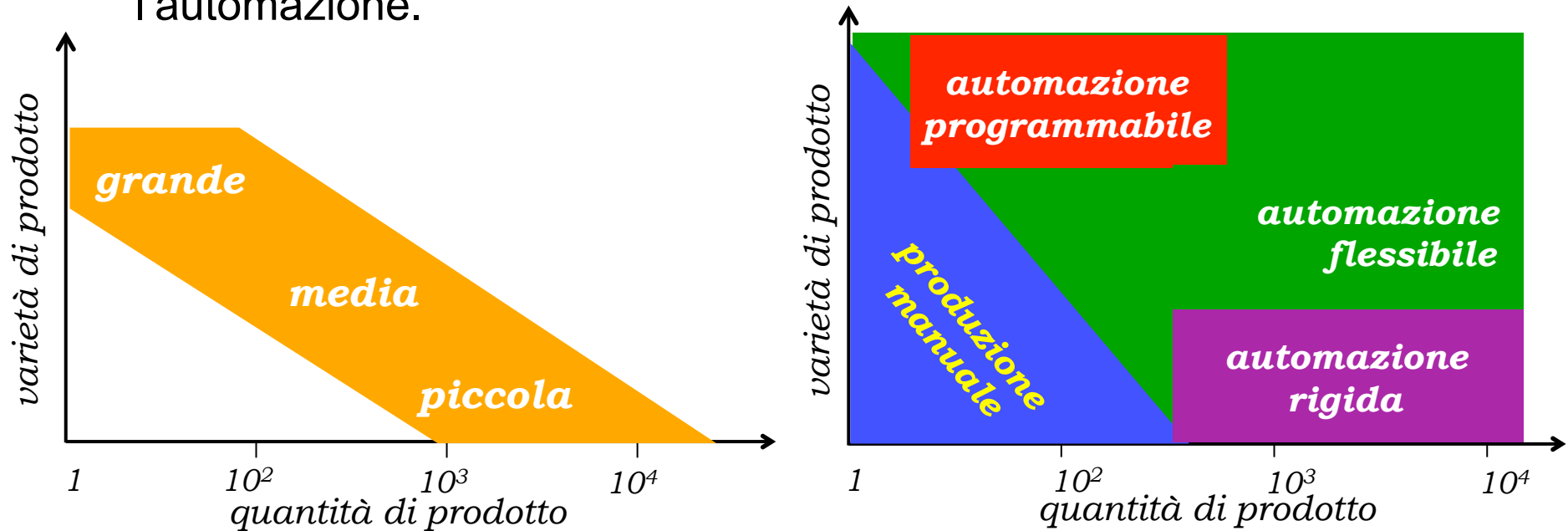
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

CONTROLLORI LOGICI



ETEROGENEITÀ E QUANTITÀ DI PRODOTTO

- La **produttività** di un sistema controllato dipende dalla **QUANTITÀ** del prodotto realizzata per unità di tempo, che a sua volta è collegata alla **ETEROGENEITÀ** della produzione del sistema controllato nonché alle modalità con cui è stata resa operativa l'automazione.





ORIGINI DEI CONTROLLORI LOGICI

- I controllori logici furono realizzati per poter fare evolvere la **PRODUZIONE DI SERIE DA MANUALE AD AUTOMATIZZATA**
- La loro realizzazione dipendeva dalle tecnologie disponibili
- Attualmente, con lo sviluppo dei circuiti elettronici a larga integrazione e dei dispositivi di elaborazione digitale di tipo dedicato, i controllori logici sono realizzati con **TECNOLOGIE ELETTRONICHE**

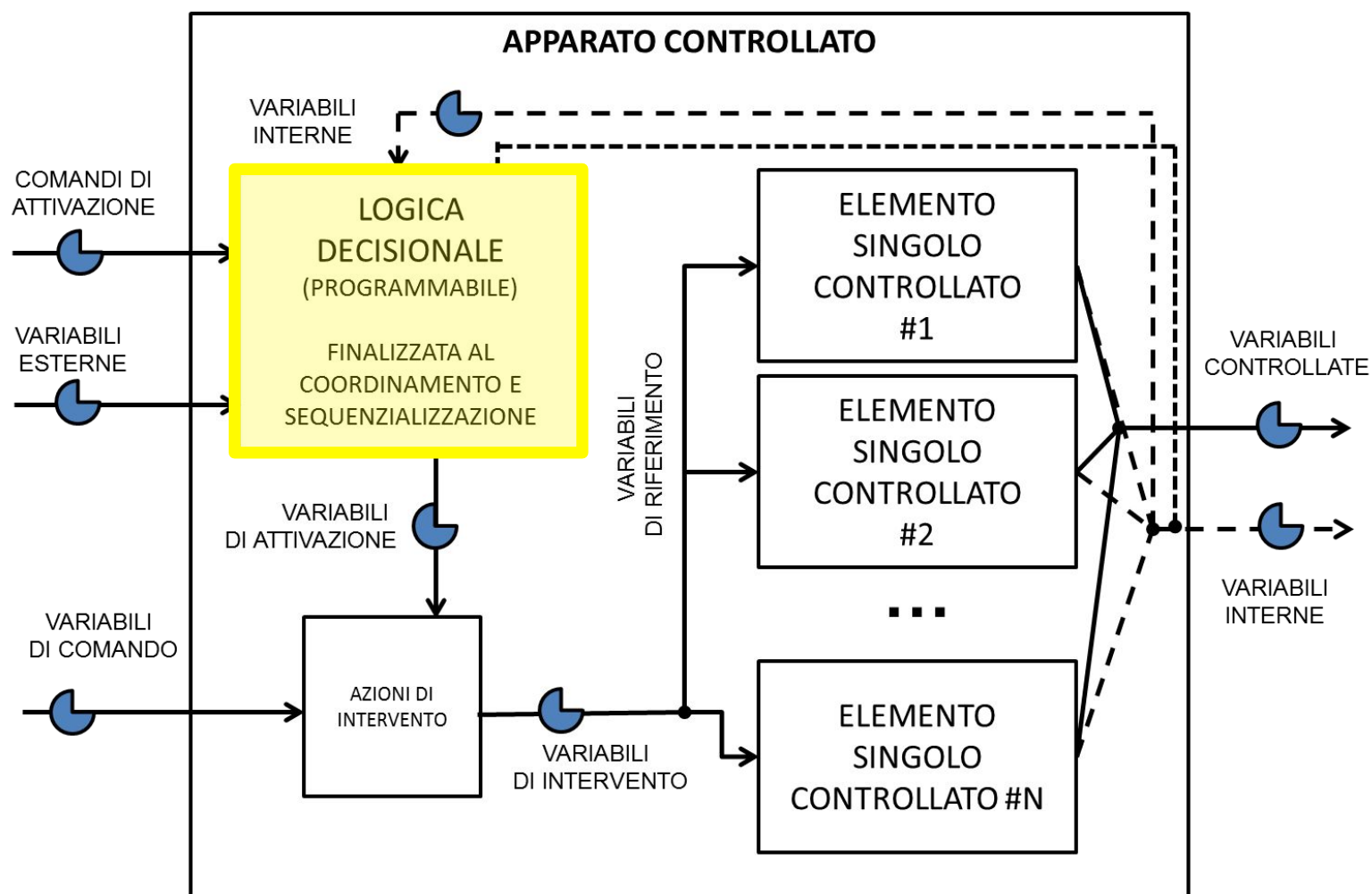


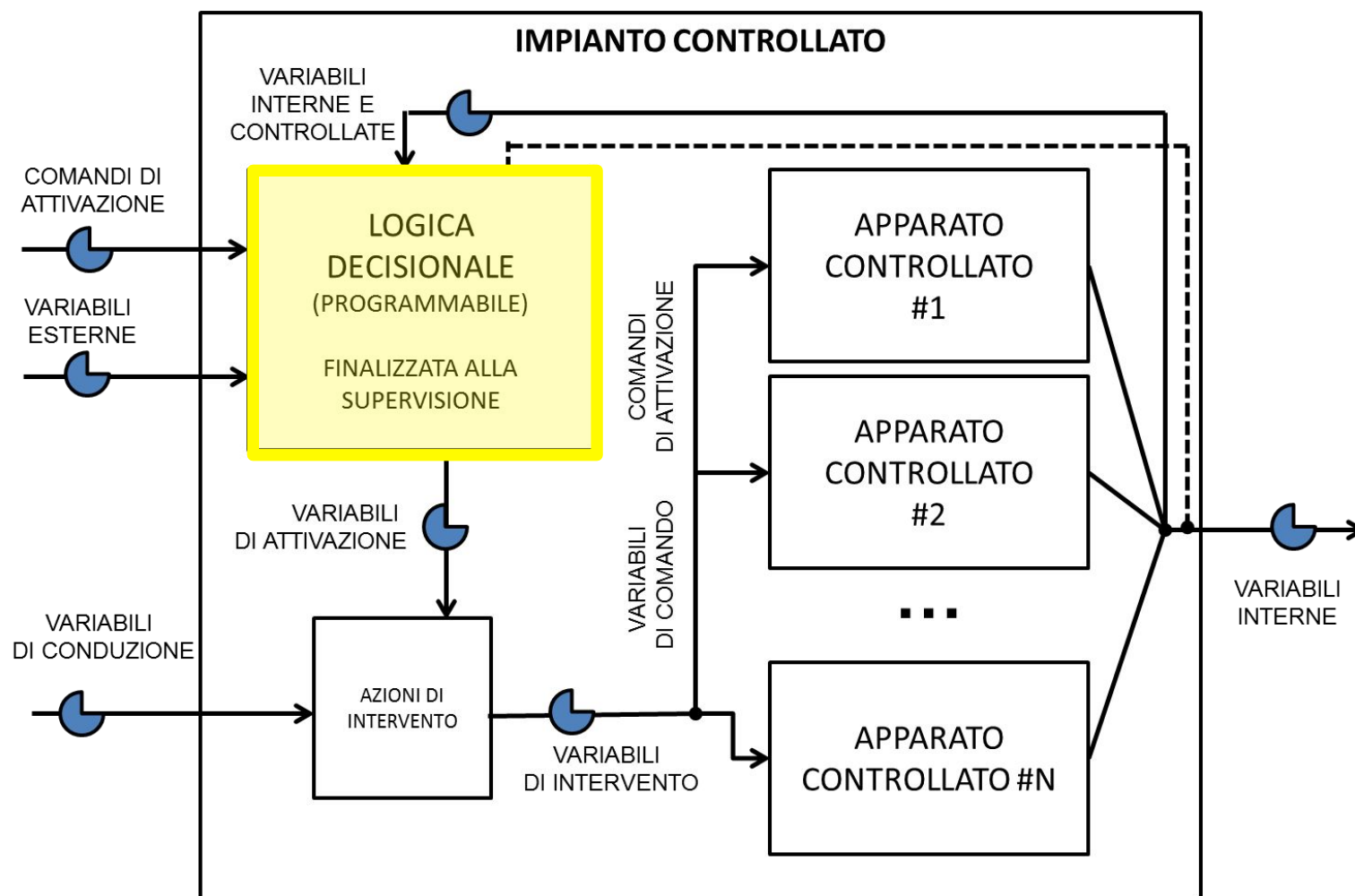
ORIGINI DEI CONTROLLORI LOGICI

In base alla realizzazione i **controllori logici** possono essere di tipo:

- **CABLATO** quando l'elaborazione della logica di controllo è ottenuta impiegando **RELÈ E PORTE LOGICHE** opportunamente connesse (**RETI LOGICHE**)
- **PROGRAMMABILE** quando l'elaborazione è effettuata sulla base di un **ALGORITMO DI CONTROLLO** espresso tramite un **PROGRAMMA (PLC)**

La differenza sostanziale fra rete logica e controllore a logica programmabile sta nella **RAPIDITÀ DI ELABORAZIONE** e nella **FLESSIBILITÀ DI PROGRAMMAZIONE**







APPLICAZIONE

Prima della applicazione delle azioni di intervento al sistema da controllare bisogna verificare che sussistano tutte le **CONDIZIONI CHE ASSICURINO IL CORRETTO FUNZIONAMENTO** e il corretto impiego del sistema controllato.

- La verifica viene effettuata sulle **VARIABILI DI CONSENSO**:
 - Comandi di attivazione
 - Variabili controllate
 - Variabili interne
 - Variabili esterne
- Sulla base delle informazioni ricevute, il programma deve fornire come risultato la decisione sotto forma di **VARIABILI DI INTERVENTO**.



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA
Insegnamento: AUTOMAZIONE
Docente: DR. VINCENZO SURACI

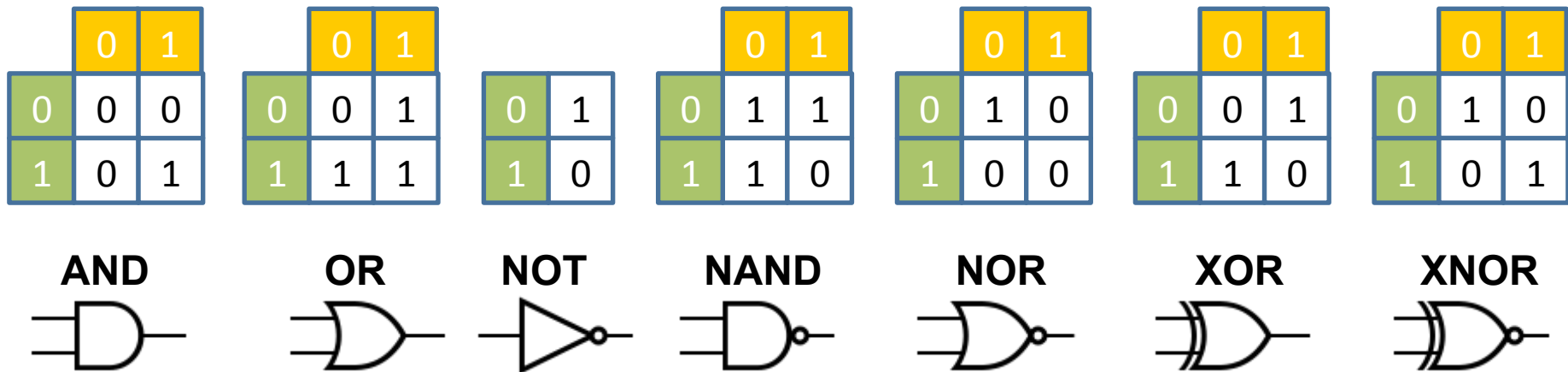
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

RETI LOGICHE



RETI LOGICHE

- le **reti logiche** sono **circuiti di elaborazione di tipo digitale** realizzati con **circuiti elettronici** che svolgono funzioni di tipo logico (AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR, XNOR)
- caratterizzati dal fatto che **in ogni istante i valori delle variabili di uscita dipendono dai valori delle variabili di ingresso e/o di alcune variabili di configurazione**





CLASSIFICAZIONE DELLE RETI LOGICHE

Le reti logiche sono classificate in:

- **RETI COMBINATORIE**, quando ad ogni istante t le variabili di uscita sono funzioni solo delle variabili di ingresso presenti nello **stesso istante** t

$$y(t) = f[u(t)] \quad \forall t \in \mathbb{R}$$

- **RETI SEQUENZIALI**, quando le variabili di uscita ad un certo istante t dipendono sia dalle variabili di ingresso allo stesso istante t sia dalle variabili di ingresso **fino all'istante** t

$$y(t) = f[u(t'), \forall t' \leq t] \quad \forall t \in \mathbb{R}$$



CLASSIFICAZIONE DELLE RETI LOGICHE

Le reti logiche sono classificate in:

- **RETI SINCRONE**, quando l'elaborazione avviene ad istanti **discreti**, stabiliti dal **clock** di sistema
- **RETI ASINCRONE**, quando l'elaborazione avviene a **flusso continuo**, ovvero il simbolo d'uscita si modifica quando si verifica una modifica del simbolo d'ingresso



RETI LOGICHE

- Per tutte le variabili coinvolte nelle elaborazioni, i valori da prendere in considerazione sono sempre e solo quelli che vengono raggiunti **DOPO CHE SI È ESAURITO IL TRANSITORIO**
- La **contemporaneità** fra l'applicazione delle variabili di ingresso e la disponibilità delle variabili di uscita **in una rete logica combinatoria è solo teorica** in quanto tutte le elaborazioni richiedono un intervallo di tempo finito per l'esecuzione e tutti i circuiti presentano un transitorio
- Quando tale **TRANSITORIO È TRASCURABILE** rispetto al comportamento dinamico del sistema da controllare, le reti logiche combinatorie possono essere considerate **RETI ISTANTANEE**



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA
Insegnamento: AUTOMAZIONE
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

PLC



DEFINIZIONE DI PLC - NORME IEC 61131.3

- il PLC è un **sistema elettronico a funzionamento digitale**
- destinato all'uso in **ambito industriale**
- utilizza una **memoria programmabile** per l'**archiviazione** interna di istruzioni orientate all'utilizzatore
- implementazione di funzioni **logiche**, di **sequenziamento**, di **temporizzazione**, di **conteggio** e **calcolo aritmetico**
- **controlla**, mediante ingressi ed uscite sia digitali che analogici, vari tipi di sistemi semplici e/o complessi



CARATTERISTICHE DI UN PLC

Il PLC è un controllore con **architettura general-purpose** dedicata alle elaborazioni di tipo logico e idonea ad un ambiente industriale.

Le principali caratteristiche:

- **affidabilità** (ad es. 24/7, ridondanza x3, sicurezza certificata)
- **espandibilità** (sostituzione/aggiunta nel rack di moduli)
- **semplicità di programmazione** (tool sdk + gui, manuali)
- **riusabilità della logica di programma** (linguaggi standard)
- **interoperabilità tra dispositivi** di produttori diversi (i/f hw e sw)



CONFRONTO FRA RETI LOGICHE E PLC

Le reti logiche possono essere realizzate con relè elettromeccanici oppure con circuiti elettronici a larga integrazione

PRINCIPALI **SVANTAGGI** DELLE RETI LOGICHE

- elaborazione di **FUNZIONI LOGICHE DEFINITE RIGIDAMENTE** e collegate al tipo di contatto del relè o allo stato di conduzione dei circuiti elettronici nonché al cablaggio o alla realizzazione del circuito
- **PROGRAMMAZIONE RIGIDA** in quanto ogni modifica del programma comporta modifiche al cablaggio o alla struttura del circuito
- affidabilità dipendente da componenti **ELETTRO-MECCANICI** o dai **CIRCUITI ELETTRONICI**
- **CONNESSIONI** ai dispositivi di misura e agli attuatori **INGOMBRANTI**, difficili da realizzare e gestire
- **GUASTI** e manomissioni **DIFFICILI DA INDIVIDUARE**



CONFRONTO FRA RETI LOGICHE E PLC

I PLC hanno le seguenti caratteristiche:

- sono utilizzati per ottenere lo **STESSO COMPORTAMENTO** ingresso-uscita di una **rete logica**
- le singole elaborazioni sono eseguite secondo un programma **SERIALE**, istruzione dopo istruzione
- il limite di applicabilità è dato dalla **DURATA DEL TEMPO DI ELABORAZIONE** ed ai **VINCOLI TEMPORALI** imposti dalla necessità di una corretta applicazione dell'azione di controllo



REALIZZAZIONE – RETI LOGICHE

- Le reti logiche vengono oggi realizzate attraverso:
 - **FPGA** (Field Programming Gate Array)
 - **ASIC** (Application Specific Integrated Circuit)





REALIZZAZIONE – PLC

- Dal punto di vista costruttivo i PLC sono classificati nella maniera seguente:
 - **μPLC**, quando gli **ingressi e le uscite** sono tutte digitali e **inferiori a 64** e la **memoria inferiore a 2 kbyte**
 - **PLC** di medie dimensioni, quando gli **ingressi e le uscite** possono essere **digitali e analogiche**, in numero **inferiore a 512** e la memoria dell'ordine di **decine di kbyte**
 - **PLC** di grandi dimensioni, quando i predetti limiti sono superati
- I μPLC sono monoblocco, gli altri componibili a moduli secondo le esigenze



μPLC



PLC MEDI



PLC GRANDI



STRUTTURA
MODULARE
DI UN PLC



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA
Insegnamento: AUTOMAZIONE
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

ESEMPIO DI INSERIMENTO DI UN PLC IN UN RACK





SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

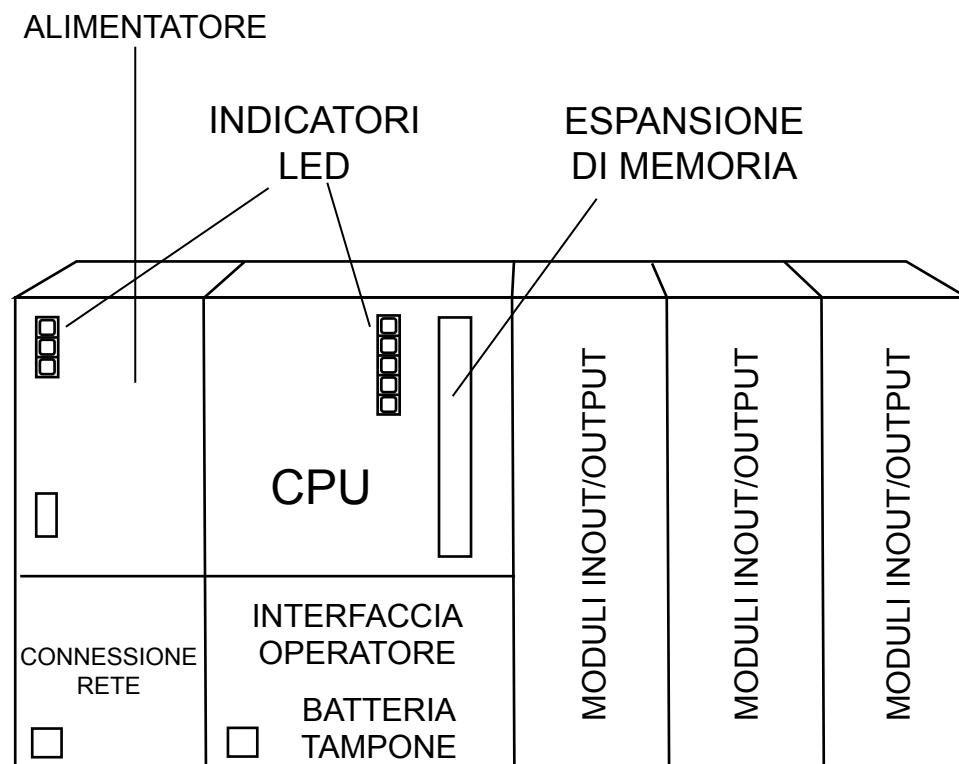
Corso di Laurea: INGEGNERIA
Insegnamento: AUTOMAZIONE
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

STRUTTURA DEI PLC

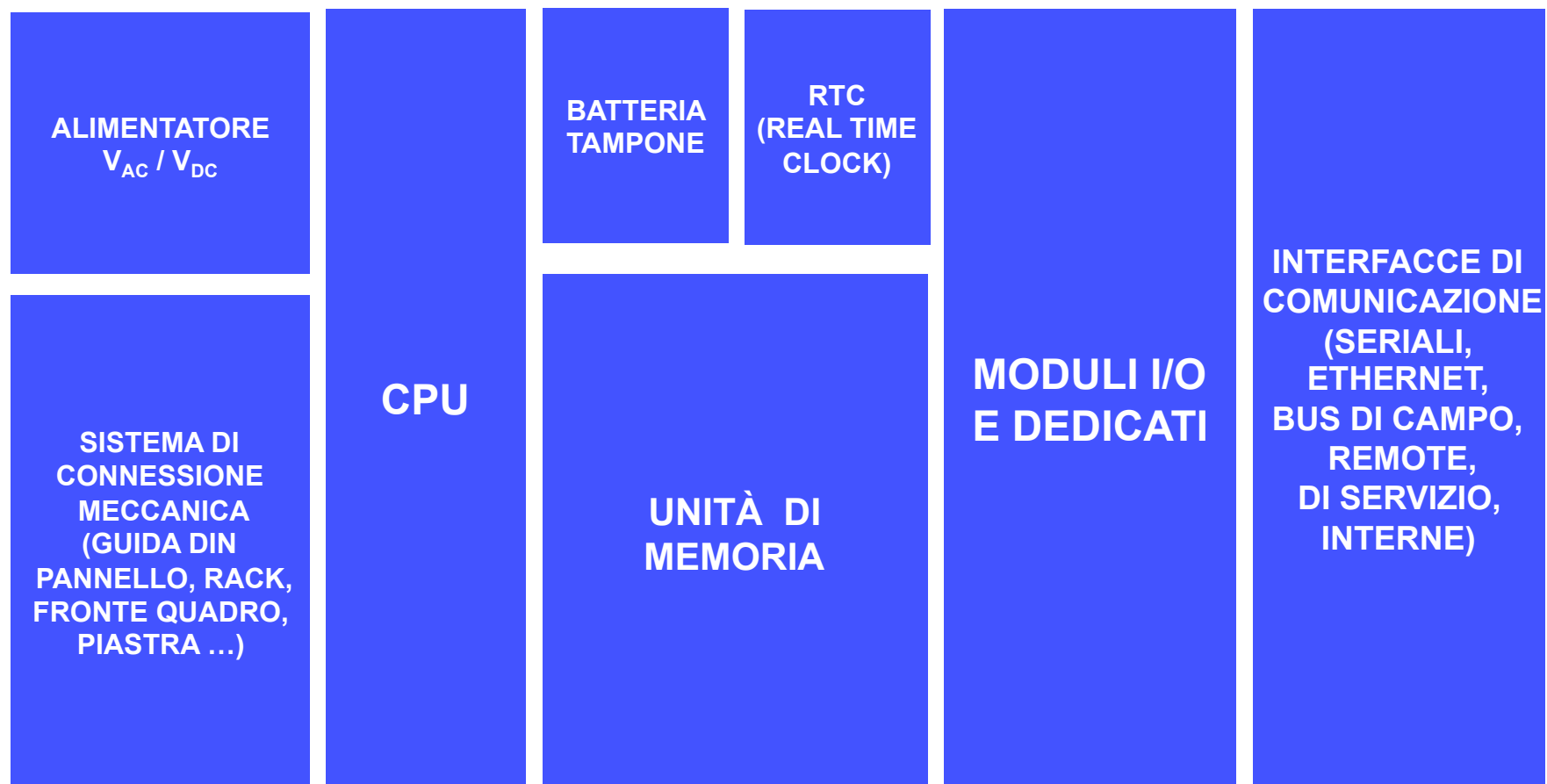


ASPETTO FISICO DI UN PLC





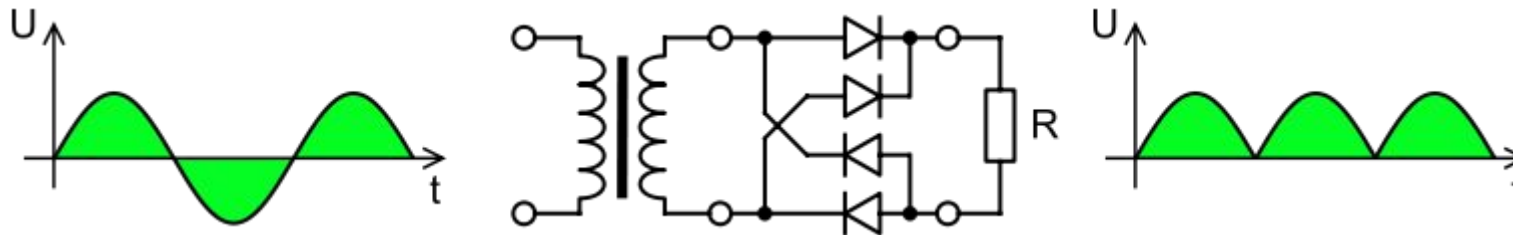
SCHEMA A BLOCCHI FUNZIONALI DI UN PLC



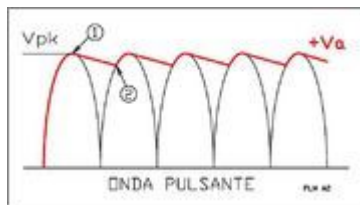


SEZIONE DI ALIMENTAZIONE

- interfacciamento con i sensori adattato alle possibili caratteristiche del segnale di uscita, che può essere:
 - DC 5 - 12 - 24 - 48 V
 - AC 110 - 280 V
- per i segnali in alternata occorre uno stadio di **rettificazione** (ponte a diodi)



- e uno stadio di **livellamento** (condensatori elettrolitici di livellamento)

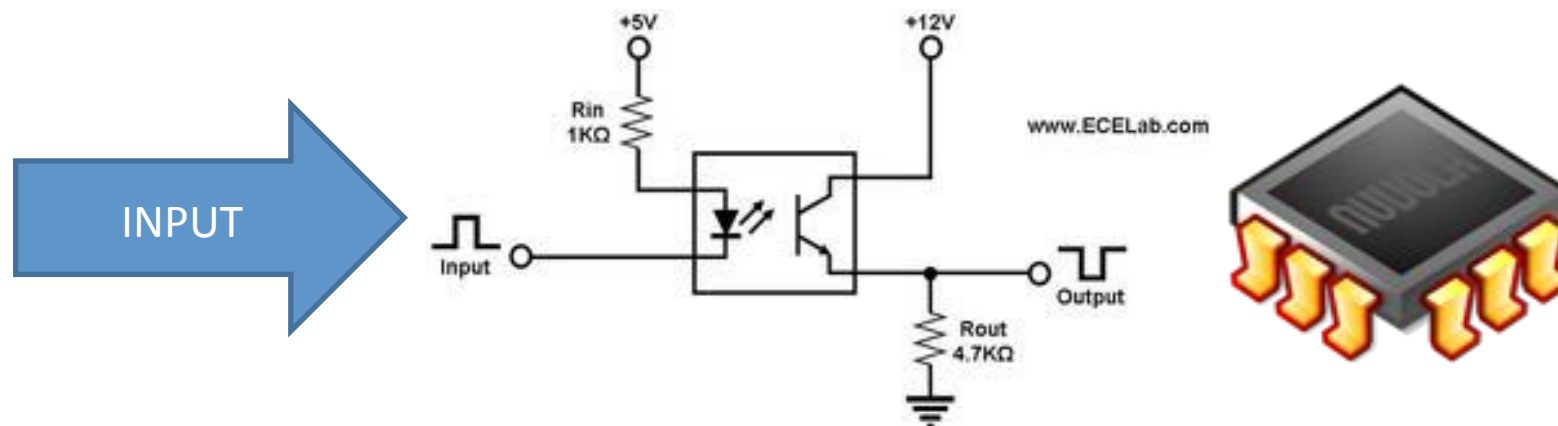




SEZIONE DI INGRESSO

Gli elementi utilizzati per un efficace interfacciamento con il sistema da controllare sono:

- stadio di isolamento realizzato in genere con **optoisolatori**

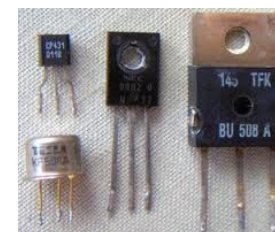
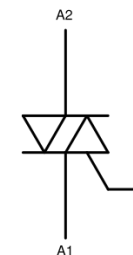
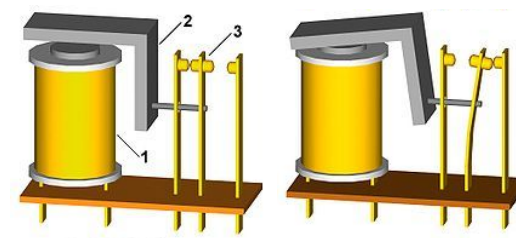


- utilizzazione di **contatti a vite** per velocizzare le procedure di installazione dei moduli
- visualizzazione dello stato per il **debug** del programma di elaborazione (ad es. tramite l'uso di **LED**)



SEZIONE DI USCITA

- **Relè** - componente elettromeccanico a solenoide, che permette di gestire elevate potenze con piccoli segnali di comando
- **Triac** - è un relè allo stato solido che permette di gestire elevate potenze con piccoli segnali di comando e con limitata dissipazione di calore
- **Transistor** – componente elettronico per amplificazione di piccoli segnali





SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA
Insegnamento: AUTOMAZIONE
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

STRUTTURA DEI PLC

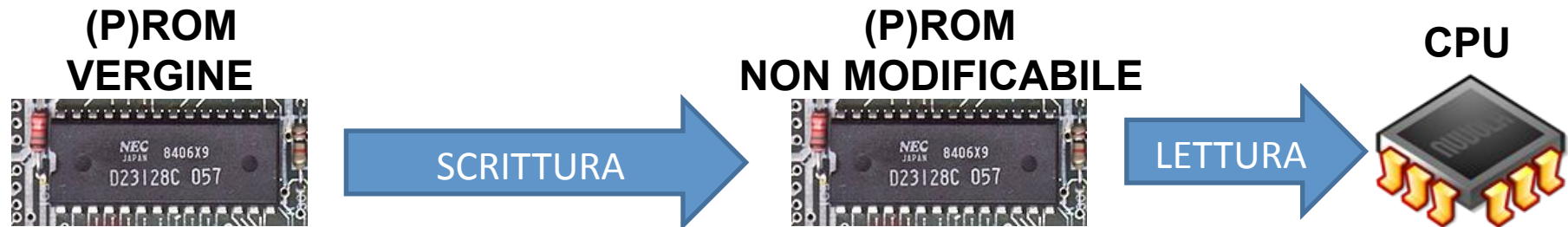
MEMORIA



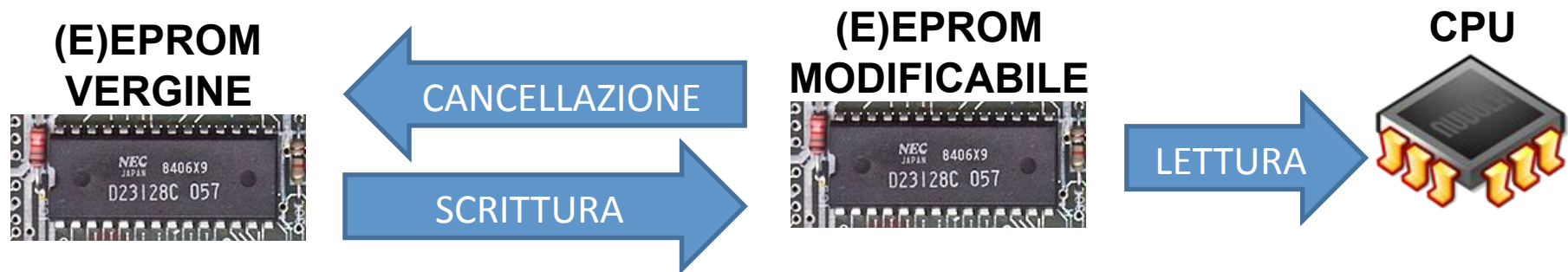
ORGANIZZAZIONE DELLA MEMORIA NEI PLC

La memoria di un PLC è suddivisa in memoria **ROM** e memoria **RAM**

- memoria ROM (Read Only Memory) o PROM (Programmable ROM) di sola lettura in cui risiede il **sistema operativo** (Basic I/O System - BIOS)



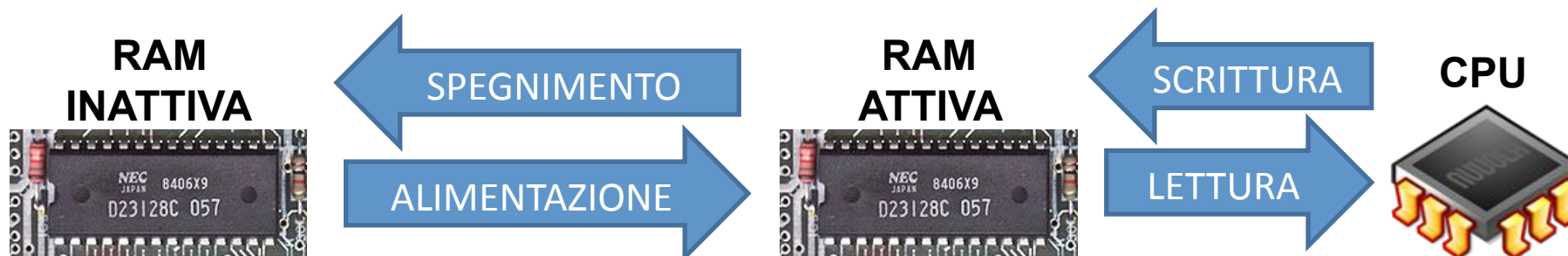
- memoria EPROM (Erasable Programmable ROM), EEPROM (Elettricamente EPROM) per contenere il **programma da elaborare**, eventuali costanti e parametri





ORGANIZZAZIONE DELLA MEMORIA NEI PLC

- Memoria RAM (Random Access Memory) per memorizzare il valore attuale delle variabili e alcune parti del programma scritto in (E)EPROM (caching)





ORGANIZZAZIONE DELLA MEMORIA NEI PLC

TIPOLOGIE DI MEMORIE RAM (RANDOM ACCESS MEMORY)

- La memoria RAM può essere letta e **scritta a blocchi** e non necessariamente in serie come la EEPROM.
- La memoria **SRAM** (Static RAM) **una volta scritta entra in idle** e non richiede ulteriore alimentazione. Ma se non alimentata può perdere le informazioni immagazzinate pertanto NON è come una EEPROM. E' **molto veloce, consuma poco**, di semplice progettazione ma di bassa densità e quindi di **alto costo per Mbyte**.
- La memoria **DRAM** (Dynamic RAM) viene **alimentata periodicamente** per evitare la perdita di dati. E' discretamente veloce, è energivora, ma ha una **densità altissima** e quindi meno costosa per Mbyte della SRAM.

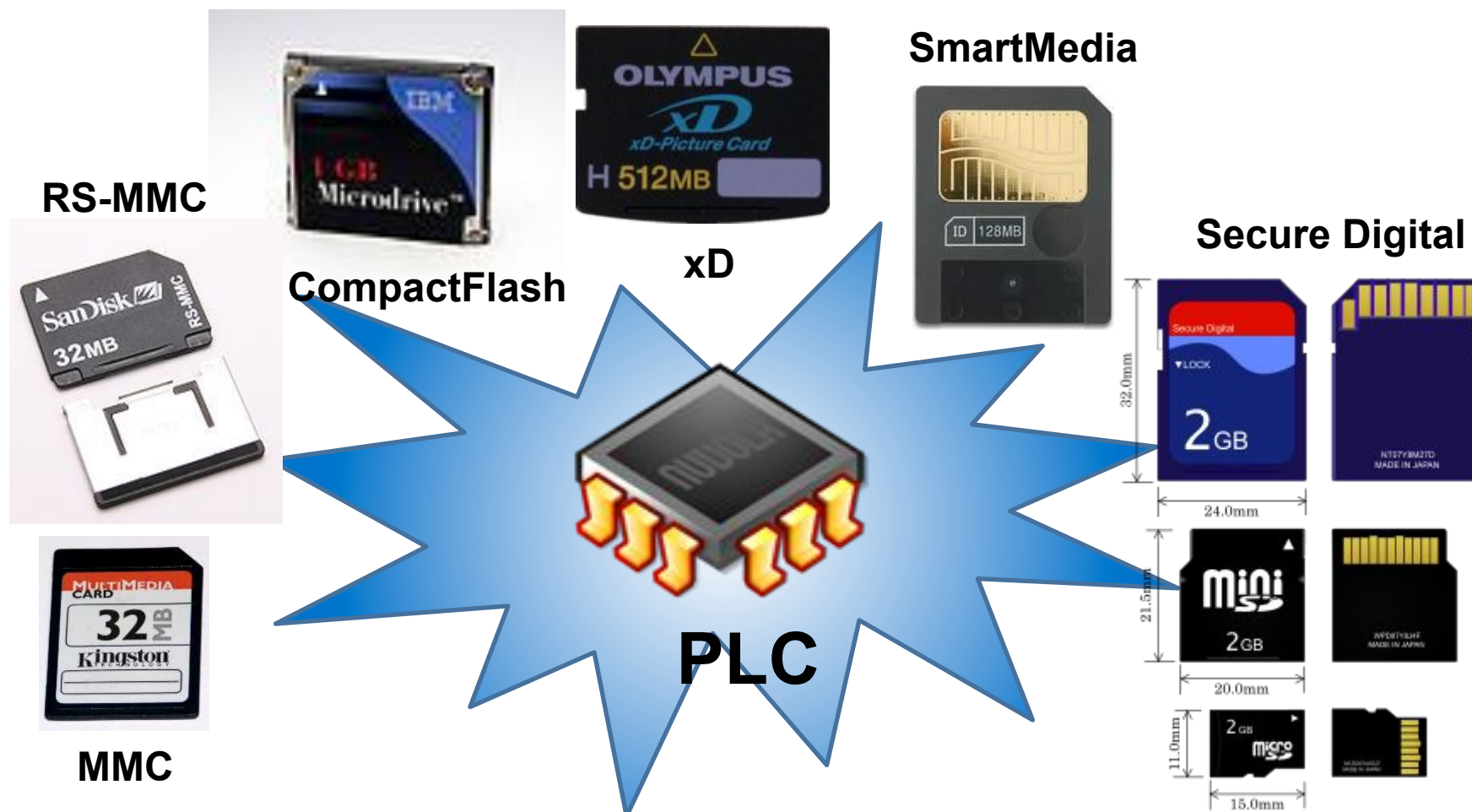


ORGANIZZAZIONE DELLA MEMORIA NEI PLC

- Le memorie **SRAM** sono **molto veloci**, **consumano poco**, ma sono **costose** pertanto sono solitamente usate per le **memorie cache**, dove elevate velocità e ridotti consumi sono le caratteristiche fondamentali.
- **Async SRAM** (SRAM asincrona) sono memorie che lavorano in modo **asincrono rispetto al clock della CPU** e ciò comporta stati di attesa della CPU (wait state) per l'accesso. Vengono utilizzate come **cache di secondo livello**.
- **Sync SRAM** (SRAM sincrona) sono memorie che lavorano in **sincronia con il clock della CPU** e hanno quindi tempi di attesa trascurabili. Vengono utilizzata come **cache di primo livello**.



MEMORIE EEPROM RIMOVIBILI





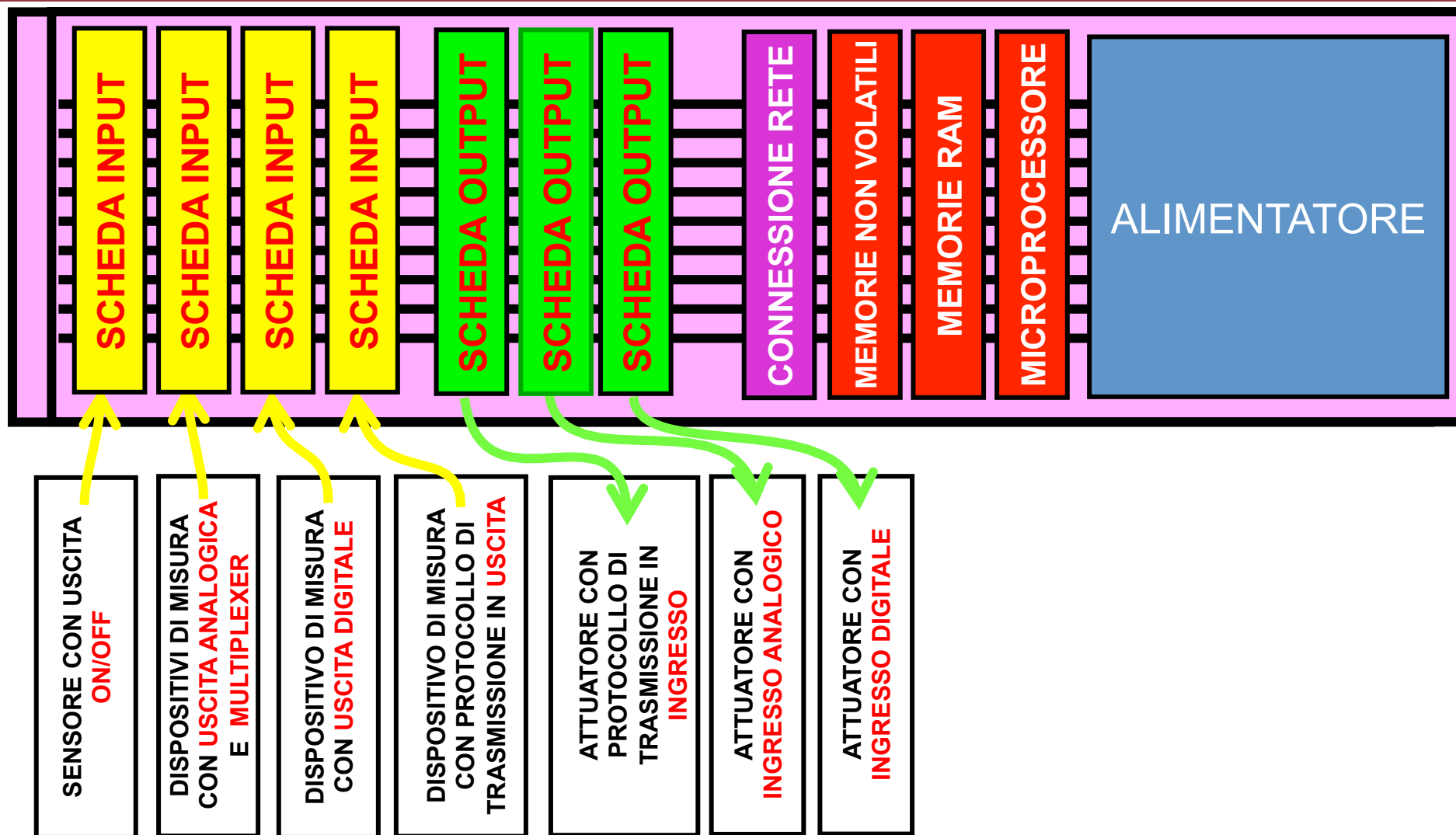
SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA
Insegnamento: AUTOMAZIONE
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

STRUTTURA DEI PLC

SEZIONE DI I/O





SEZIONE DI INGRESSO/USCITA

Le schede input/output specializzate sono:

- **regolatori** standard PI+D
- schede per il **conteggio veloce** (lettura dell'uscita di un **encoder**)
- schede per la lettura e il controllo della **temperatura**
- schede di lettura degli **estensimetri**
- schede per il **controllo assi** - le schede controllo assi hanno la peculiarità che gli algoritmi da rendere operativi per realizzare una buona modalità di impiego del motore controllato sono in genere **sofisticati** e devono essere eseguiti con un **elevato passo di campionamento** e spesso hanno una **CPU dedicata**



SCHEDA DI INGRESSO ANALOGICHE

- molti produttori di PLC rendono disponibili schede con ingressi analogici

- **Termoresistenze** Pt100/Pt1000

EFFETTO Seebeck

CHROMEL
ALUMEN

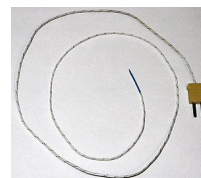
- **Termocoppie** T, J, K, ecc.

ECONOMICHE
NON LINEARI

RAME
COSTANTANA

FERRO
COSTANTANA

POCO ACCURATE (+/- 1°C)



$$\rho(T) = \rho_0 \cdot [1 + \alpha(T - T_0)]$$

termo-resistenze
in platino (Pt),
in cui la resistenza alla
temperatura di 0 °C
è pari rispettivamente
a 100 Ω e 1000 Ω

- queste schede sono disponibili con varie **risoluzioni** (8-12-16 bit) e con 1 o più (2^N) ingressi distinti disponibili in morsettiera o con connettore



SCHEDE DI COMUNICAZIONE

- il PLC durante il suo funzionamento può comunicare con altri PLC, computer o dispositivi CNC (**Computer Numerical Control**) come presse piegatrici, punzonatrici, torni, fresatrici e macchine di taglio lamiera
- la **comunicazione con computer** e altri dispositivi avviene tramite tipi di connessione standard come
 - RS232 – Seriale
Recommended Standard
 - RS422/RS485 – Seriale
Recommended Standard
 - TCP/IP (RJ45) o USB
- la **comunicazione con altri PLC** avviene tramite protocolli standard, ad esempio:
 - Profibus - Modbus - CANBUS – ecc.

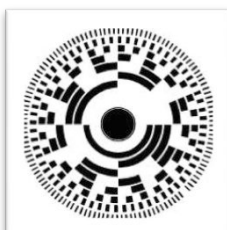




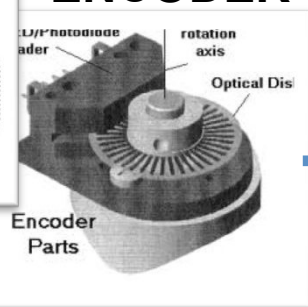
SCHEDE DI CONTEGGIO

- accolgono il segnale di un **sensore di conteggio e direzione** più un canale di **azzeramento**; il cablaggio funziona sia in **single ended** (Ground + Segnale, come nella RS232, non robusto al rumore) sia in **differenziale** (normalmente secondo lo standard RS-422)

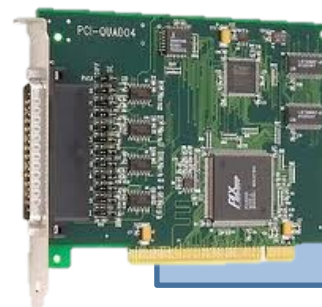
DISCO
OTTICO
A 8 BIT



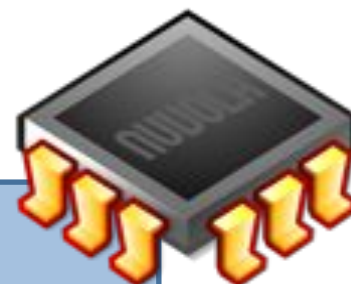
ENCODER



WIRE



BUS



- normalmente è possibile programmarle in modo che scatenino un evento (per esempio alzando un'uscita) al raggiungimento di una **soglia** o all'interno di un **intervallo** di valori



SCHEDE PI+D

- sono schede ad **un ingresso ed una uscita** ed applicano un anello di controreazione locale



utili per regolare temperature, pressioni, tensioni, correnti, etc.



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA
Insegnamento: AUTOMAZIONE
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

PROGRAMMAZIONE DEI PLC



SOFTWARE DI PROGRAMMAZIONE DEI PLC

SECONDO LE NORME IEC 61131-3

LINGUAGGI GRAFICI

LD LADDER DIAGRAM
FBD FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM
SCF SEQUENTIAL FUNCTION CHART

LINGUAGGI TESTUALI

IL INSTRUCTION LIST
ST STRUCTURED TEXT



LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE SECONDO LE NORME IEC 61131

LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE GRAFICI

LADDER DIAGRAM ottenuto come **trasposizione** informatica dei **quadri a relè**
SCHEMA A CONTATTI

**FUNCTIONAL
BLOCK DIAGRAM** ottenuto come **trasposizione** dei **diagrammi circuitali** in cui le
interconnessioni rappresentano i **percorsi dei segnali** che
collegano i vari componenti; i blocchi rappresentano le singole
operazioni logiche

**SEQUENTIAL
FUNCTIONAL
CHART** ottenuto applicando un formalismo grafico per la descrizione di
operazioni logiche sequenziali e formalismi grafici proprio di
altri linguaggi di programmazione; utilizzato per descrivere in
maniera orientata alla **progettazione sistemi complessi di
automazione**



LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE SECONDO LE NORME IEC 61131

LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE TESTUALI

INSTRUCTION LIST

linguaggio di programmazione di **basso livello** molto simile all'**ASSEMBLER**; le istruzioni sono costituite da un operatore e da un solo operando e fanno riferimento ad un registro di memoria; i formalismi adottati possono essere molto differenti in quando fissati dal produttore dell'hardware per il PLC

STRUCTURED TEXT

linguaggio di programmazione strutturato ad **alto livello** con un formalismo che si ispira al **BASIC** e al **PASCAL**; è adatto alla rappresentazione di procedure complesse che non potrebbero essere descritte con i linguaggi grafici