



Azionamenti e sistemi per l'automazione e la domotica

Luca Sani

Dipartimento di Sistemi Elettrici e Automazione

Università di Pisa

tel. 050 2217364

email luca.sani@dsea.unipi.it

Azionamenti e sistemi per l'automazione e la domotica

Crediti 3 CFU di laboratorio

Numero totale ore di lezione (L): 0

Numero totale di ore di Laboratorio (Lab): 36

Obiettivi

Fornire agli studenti la conoscenza di base sulle principali tecnologie dei sistemi di controllo in ambito industriale e civile

Programma del corso

Introduzione al corso. I dispositivi per il controllo. Controllori per applicazioni generiche.

Il controllore a logica programmabile (PLC). L'architettura hardware. Il modulo processore. I moduli ingresso/uscita. L'architettura della memoria. Il ciclo operativo.

La programmazione dei dispositivi di controllo. La normativa di riferimento EN 61131. I linguaggi di programmazione: il testo strutturato, il linguaggio a contatti (Ladder), il diagramma a blocchi funzionali, il Sequential Functional Chart (SFC). Esempi di programmazione con il PLC Siemens

Il controllo distribuito. Le architetture principali. I protocolli di comunicazione. Il sistema SCADA.

L'automazione in ambito civile. La domotica. La normativa di riferimento EN 50090. I linguaggi di programmazione. Esempi di programmazione.

Testi di riferimento

- Appunti del corso a cura del docente
- P. Chiacchio, F. Basile *Tecnologie informatiche per l'automazione*, McGraw-Hill, Milano, 2004

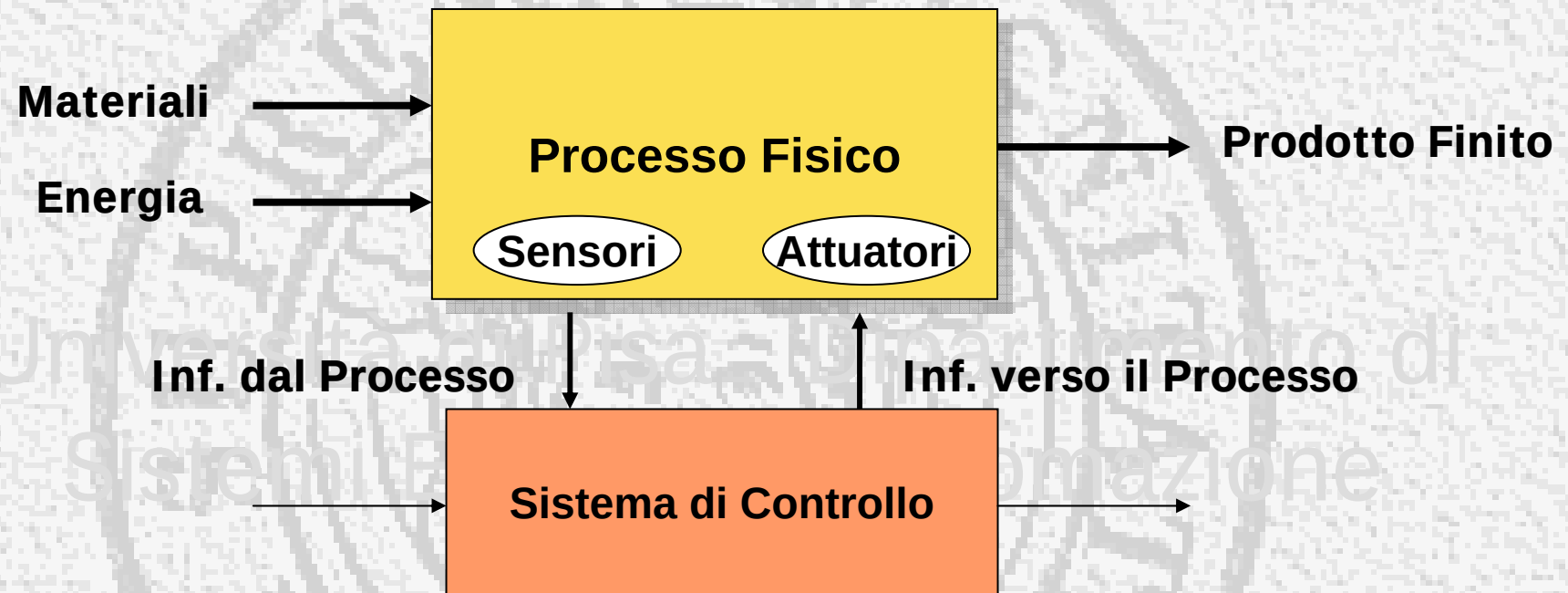


Introduzione all'automazione industriale

L'automazione industriale

L'automazione industriale è la disciplina che studia le metodologie e le tecnologie che permettono il controllo dei flussi di energia, materiali e informazioni necessari per la realizzazione di processi industriali

Sistema Automatizzato



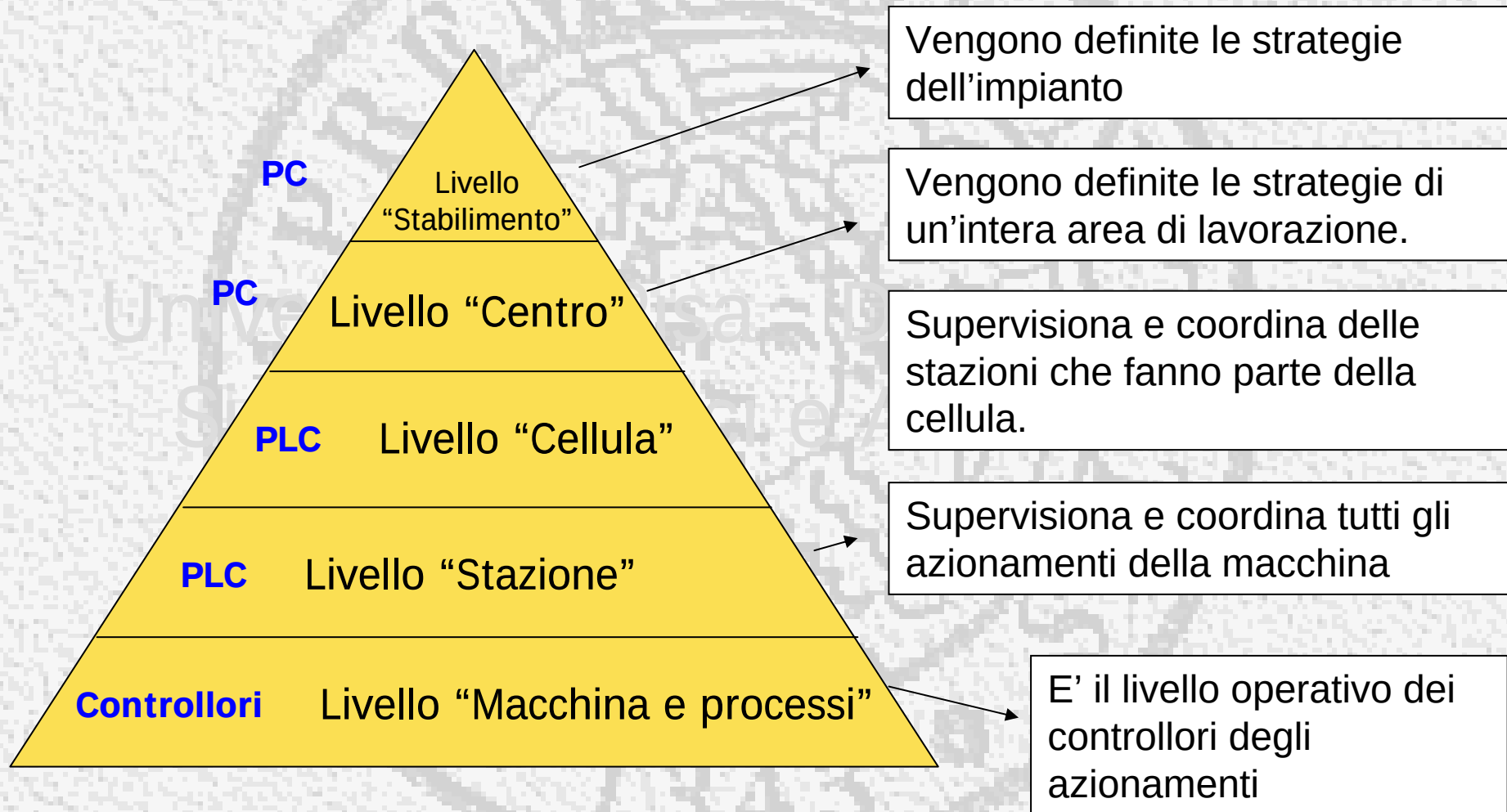
Il **processo fisico** è l'insieme delle operazioni (movimenti, lavorazioni meccaniche) con cui si realizza il prodotto partendo dai materiali grezzi e dall'energia.

Il **sistema di controllo** acquisisce informazioni dall'impianto attraverso i sensori e interviene sul ciclo produttivo andando ad agire sugli attuatori delle grandezze di regolazione.

Obbiettivi dell'automazione industriale

- riduzione dei costi;
- migliorare la qualità del prodotto;
- flessibilità dell'impianto;
- riduzione del magazzino;
- riduzione degli scarti di produzione;
- minor impatto ambientale e energetico

Struttura di controllo gerarchica di un processo produttivo



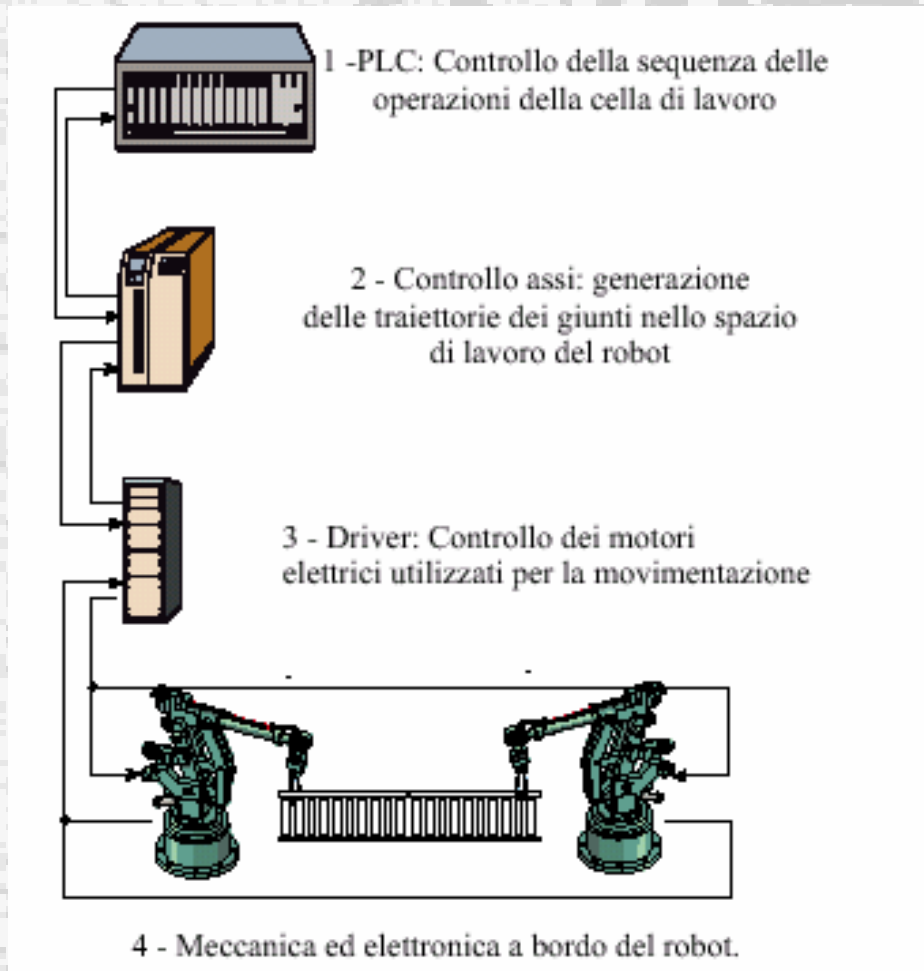
La macchina automatica

E' un insieme di componenti meccanici, elettrici ed elettronici assemblate secondo un ben preciso progetto con lo scopo di raggiungere una determinata produzione di beni o merci.

E' un insieme complesso in cui sono presenti numerosi sistemi di controllo che lavorano singolarmente su sottosistemi:

- Controlli logici sequenziali per la sincronizzazione globale delle operazioni.
- Controlli continui per il raggiungimento di lavorazioni locali (es. controllo di livello, di moto, ecc.).

Esempio di macchina automatica

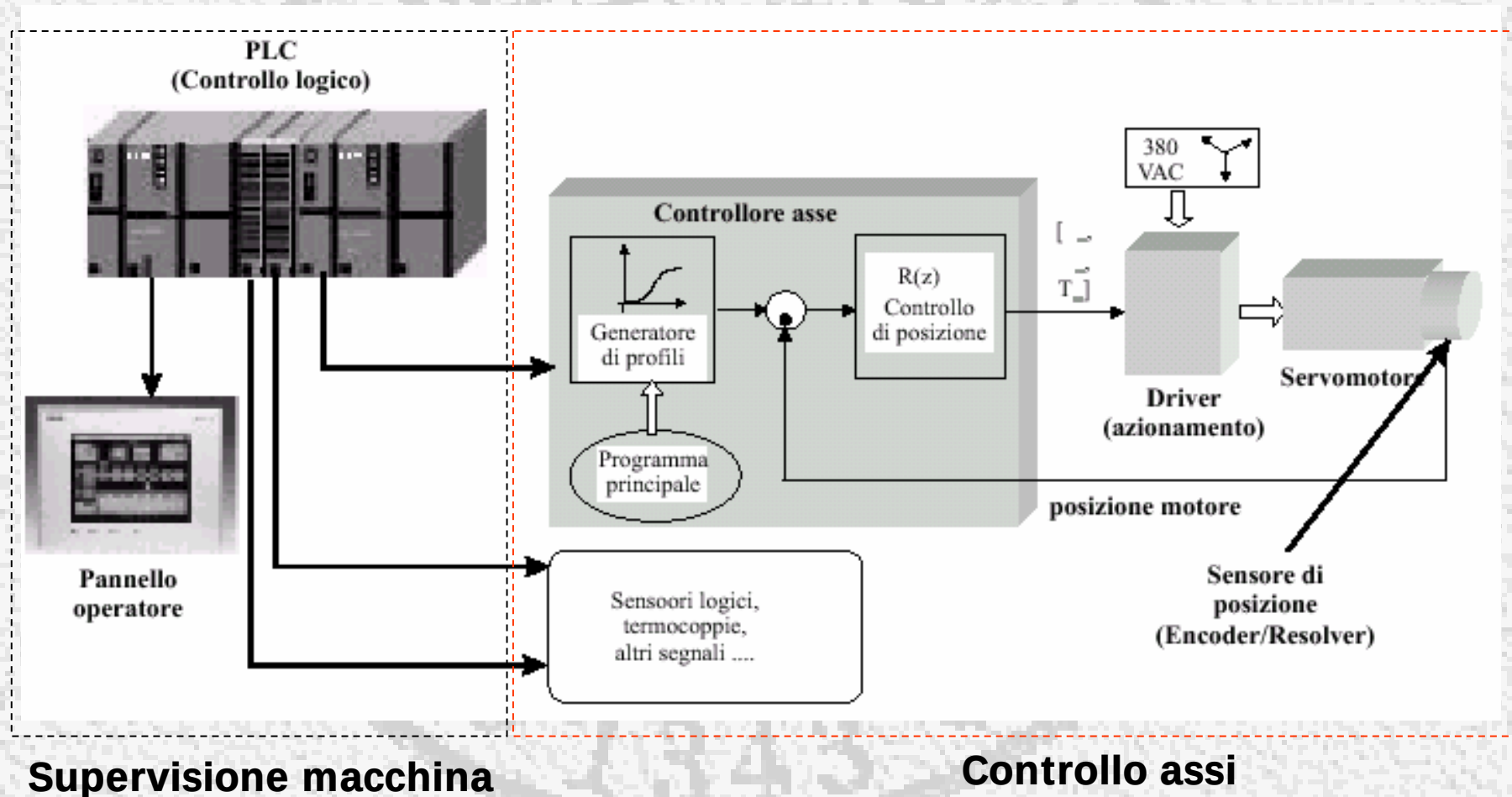


Struttura gerarchica

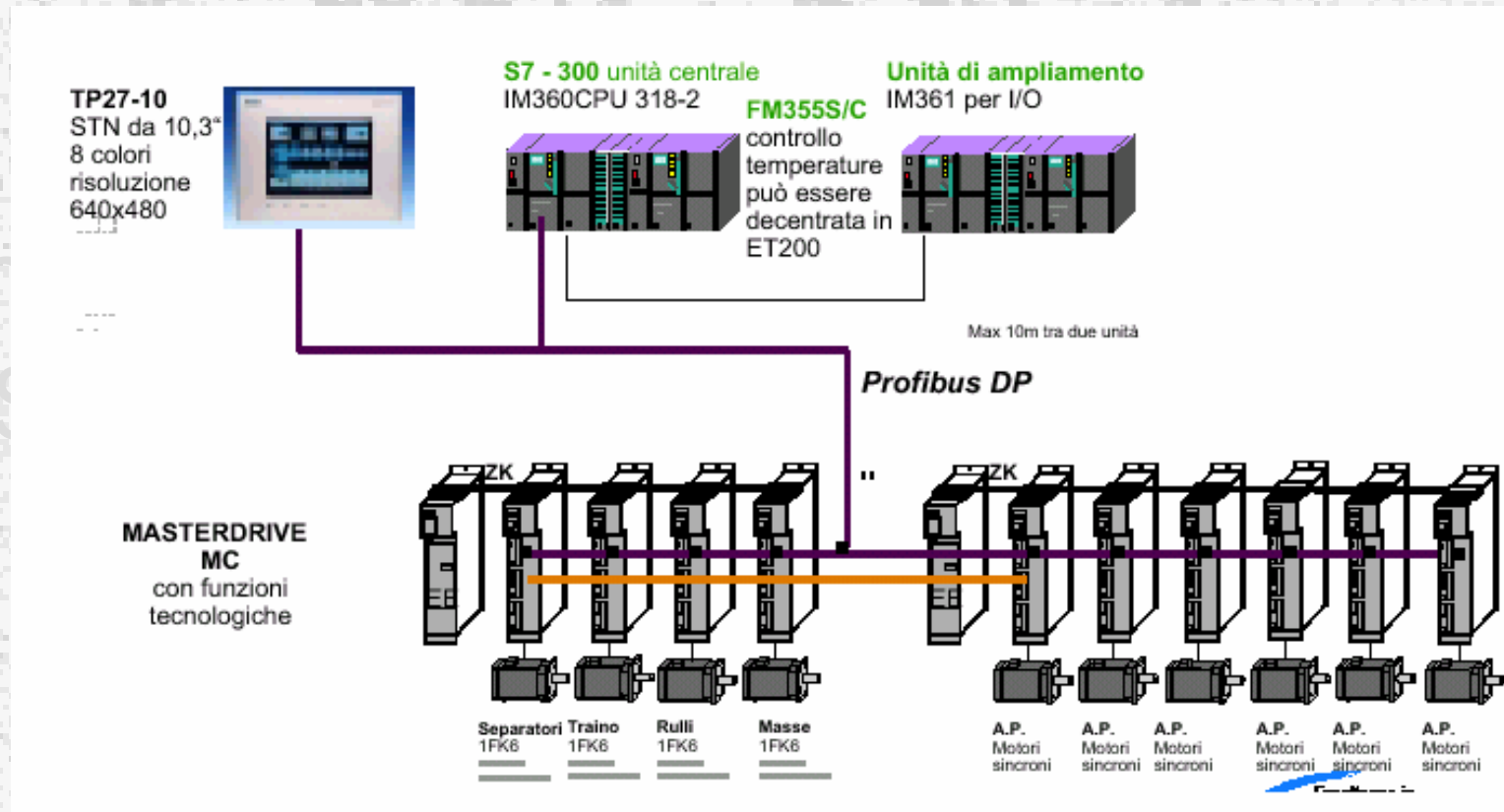
Il Sistema di supervisione coordina le varie attività del processo.

Dipartimento di
Automazione

Schema logico dell'architettura di controllo gerarchico di una macchina



Schema hardware dell'architettura di controllo gerarchico di una macchina



La macchina automatica

Una macchina automatica è un sistema complesso in cui vengono eseguite operazioni discrete in sequenza (Sistema ad Eventi Discreti).

La macchina ha un funzionamento ciclico. La normale produzione della macchina consiste nel continuo ripetersi di questo ciclo.

Questi sistemi ad eventi discreti vengono controllati attraverso sequenze di controllo logico.

Il controllo logico viene generalmente implementato su controllori a logica programmabile particolarmente semplici (PLC).

Il controllo del moto in una macchina automatica

Il controllo coordinato del moto dei mezzi meccanici operativi è di fondamentale importanza nel funzionamento di macchine automatiche per la produzione industriale.

Il prodotto viene lavorato in diversi modi dalla macchina manifatturiera: ad esempio può venir trasportato, lavorato, tagliato, impacchettato, ordinato, etc.

Tutte queste operazioni richiedono la manipolazione del prodotto attraverso organi meccanici in movimento.

La pianificazione ed il controllo del moto risultano componenti molto importanti nel processo di progettazione e costruzione della macchina automatica.

Elementi dell'azionamento

Una funzione di generazione delle traiettorie o profili di moto, avente il compito di generare un profilo di riferimento per il movimento necessario alla produzione.

Un regolatore in retroazione $R(z)$ che controlla il servomotore di posizione in modo da garantire l'inseguimento del profilo impostato.

Un driver che fornisce potenza al motore in modo controllato dal regolatore.

Un motore elettrico che trasforma la potenza elettrica in una potenza meccanica.

Dispositivi di controllo classici

Monitoraggio: utilizzo di display, di segnalatori di allarme e logica digitale.

Sequenziamento: utilizzo di sistemi basati su relay, insieme a logica digitale e a timers, contatori.

Controllo a Ciclo Chiuso: sistemi di controllori (PID)

Logica cablata

Per realizzare il comando a distanza o tramite automatismo, di un qualunque utilizzatore di potenza, è generalmente necessario realizzare un circuito di comando.

Il circuito di comando, oltre a mantenere lontano dall'operatore le parti elettriche di potenza, gli permette di usare manipolatori di piccole dimensioni anche se effettua il comando di motori di notevole potenza.

Un piccolo pulsante, infatti, può avviare indifferentemente un'elettropompa da 5 kW oppure da 500kW, senza che l'operatore possa avverne la differenza.

Il circuito di comando, inoltre, permette di ottenere delle logiche di sicurezza che impediscono di eseguire manovre errate o pericolose : un pannello comandi diventa in questo modo “a prova di stupido”, in quanto qualunque manovra vana compiuta, questa non potrà mai essere pericolosa.

Il classico esempio di logica cablata è quello dell'avviamento motore con i pulsanti start-stop ed il contatto del relè termico.

Logica cablata

Con il progredire del mondo industriale, soprattutto nel campo delle macchine automatiche, si è avuto il conseguente aumento nell'utilizzo dei cicuiti elettrici di comando, si sono iniziati ad intravedere i limiti:

- La complessità di un quadro a logica cablata aumenta in modo esponenziale con il numero di utilizzatori da esso asservite;
- La logica presenta un alto numero di cablaggi interni e di relè ausiliari che ne diminuiscono di fatto l'affidabilità;
- In caso di guasto, la sua ricerca è lunga e laboriosa, e questo si ripercuote sull'impianto controllato dal quadro stesso;
- Il numero di contatti messi a disposizione da ciascun relè è limitato a 2 o 3, per cui in molti casi risulta necessario installare più relè in parallelo;
- Ogni relè aggiunto necessita di maggiore spazio nel quadro;
- Nel caso siano necessarie modifiche o ampliamenti, si presentano lunghi tempi di fermo impianto sia per studiare che per realizzare le modifiche.

Introduzione al PLC

Al fine di semplificare la costruzione di circuiti per il controllo di macchine ed impianti, l'elettronica industriale ha ideato i “controllori a logica programmabile” (comunemente chiamati PLC), dispositivi nei quali la vecchia logica cablata viene invece programmata all'interno di un microprocessore.

La loro caratteristica fondamentale sta nel fatto che pur essendo dispositivi elettronici, e quindi funzionanti a bassissima tensione, si adattano a funzionare negli ambienti industriali con notevoli disturbi ed elevate correnti elettriche.

Al loro interno, infatti, si trova un microprocessore di tipo semplice ma di elevata affidabilità e dotato di particolari interfacce di ingresso/uscita che lo possono connettere direttamente a segnali elettrici di impianti e macchinari.

Furono introdotti dalla General Electric nel 1968.

Dispositivi di Controllo basati su Elaboratori (1/2)

Vantaggio dell'uso di Elaboratori

- Flessibilità, Riusabilità, Costo

Limiti dell'uso di computer tradizionali (PC)

- Schedulazione real-time (esigenze temporali dell'ordine ms);
- Ambiente industriale ostile all'uomo: range di temperatura molto ampio, sporcizia, polvere;
- Presenza di forti campi elettromagnetici, disturbi elettrici;
- Alimentazione soggetta a forti variazioni di tensione.

Dispositivi di Controllo basati su Elaboratori (2/2)

Limiti dell'uso di computer tradizionali (PC)

- Flusso informativo I/O: Tipologia (A/D), Quantità, Livelli di Tensione particolari (24 DC-digitale, 0-10 V, 4-20 mA-analogico)
- Calcolo non orientato al bit
- Necessità di ripristinare lo stato corrente immediatamente alla riaccensione dopo la mancanza di alimentazione (problemi relativi a Sistema operativo, stato dei registri e variabili)
- Linguaggi di programmazione molto lontani dai sistemi basati su relay
- Monitoring on-line

Vantaggio dell'uso di PLC

possiede tutte le caratteristiche precedenti

Definizione del PLC secondo la normativa IEC 1131

Sistema elettronico a funzionamento digitale, destinato all'uso in ambito industriale, che utilizza una memoria programmabile per l'archiviazione interna di istruzioni orientate all'utilizzatore per l'implementazione di funzioni specifiche, come quelle logiche, di sequenziamento, di temporizzazione, di conteggio e di calcolo aritmetico, e per controllare, mediante ingressi ed uscite sia digitali che analogici, vari tipi di macchine e processi.

Definizione di Sistema PLC

Configurazione realizzata dall'utilizzatore, formata da un PLC e dalle periferiche associate

Vantaggi del PLC

- il cablaggio di un quadro di automazione diventa elementare in quanto basta portare ciascun segnale individualmente sulla morsettiera del PLC;
- è semplice controllare eventuali anomalie o scoprire guasti;
- è possibile programmare centinaia di relè ausiliari, temporizzatori e contatori senza aumentare lo spazio occupato nel quadro;
- è possibile, tramite il software di programmazione, modificare il funzionamento dell'automatismo anche mentre questo è in funzione o con pause di pochi istanti;
- è possibile adattare il funzionamento alle esigenze di produzione sostituendo il programma;
- alta affidabilità del prodotto: i casi di guasto sono rarissimi se non sconosciuti;
- spazio occupato ridotto;
- costo contenuto;
- la struttura modulare consente una rapida manutenzione.

Vantaggi del PLC

Si deve comunque tenere conto che per le funzioni di sicurezza è sempre necessario utilizzare una logica cablata (Norma EN60204-1 art. 11.3.4), a meno che non si utilizzino particolari PLC in commercio progettati per i soli sistemi di sicurezza.

Università di Pisa - Dipartimento di
Sistemi Elettrici e Automazione

Dove usare i plc ?

In tutte quelle applicazioni dove ...

Sono richiesti più di 10 I/O

Si deve garantire un prodotto affidabile

È richiesta una apparecchiatura con caratteristiche industriali

Si devono prevedere espansioni e modifiche nella logica di controllo

Sono richieste funzioni sofisticate come:

- Connessioni a computer, terminali, stampanti, . . .
- Elaborazioni matematiche
- Posizionamenti
- Regolazioni PID

Tipiche applicazioni dei PLC

- macchine utensili
- macchine per lo stampaggio
- macchine per imballaggio
- macchine per il confezionamento
- robot / montaggio
- regolazione processi continui
- macchine tessili
- sistemi di movimentazione/trasporto
- controllo accessi



II PLC

Architettura hardware

Tipologie PLC Compatti

Questo tipo di PLC è stato sviluppato per far fronte ad impianti che richiedono la gestione di pochi segnali con una spesa contenuta.

All'interno della gamma di questi PLC si possono trovare modelli fissi e modelli espandibili.

I modelli fissi mediamente gestiscono circa 40 ingressi/uscite digitali, hanno un prezzo molto contenuto, l'ingombro è ridottissimo (tipicamente con innesto su guida DIN), ma non hanno alcuna possibilità di espansione.

I modelli espandibili invece, pur mantenendo le stesse caratteristiche di quelli fissi, e spesso anche l'estetica è identica, possiedono un connettore per aggangiare dei moduli aggiuntivi dotati di ingressi e uscite supplementari.

Per piccole macchine o impianti limitati convergono sicuramente i modelli compatti che vantano anche un buon rapporto "costo per ingresso/uscita".

Tipologie PLC Modulari

Per impianti o macchine complesse sono invece convenienti i modelli modulari che possono superare i 1024 i/o, hanno grande flessibilità, ed un'ampia gamma di moduli.

Normalmente per comporre un plc modulare è necessario partire da un telaio vuoto, denominato rack, dotato di opportune sedi, detti slot, nel quale inserire un alimentatore, la CPU, e quindi tutti i moduli necessari per soddisfare le necessità.

Sistemi Elettrici e Automazione

Caratteristiche di un PLC

- Numero max. I/O
- Tipologia moduli di I/O
- Criterio costruttivo (monoblocco, modulare)
- Massima dimensione del programma (capacità di memoria)
- Set di istruzioni
- Tempo di scansione
- Espandibilità
- Moduli speciali
- Periferiche
- Collegabilità in rete

Categorie di PLC

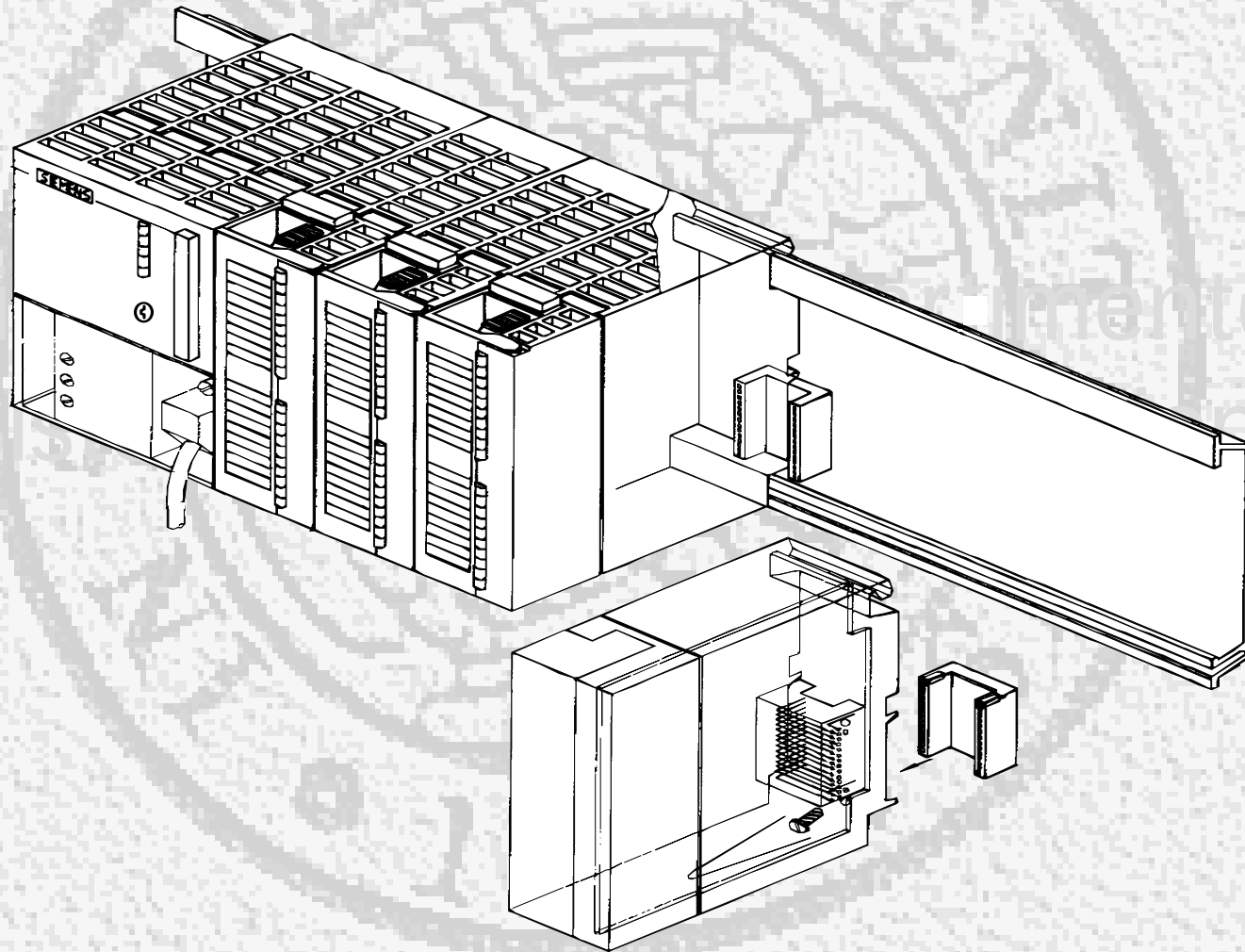
Micro P.L.C.: fino a 64 punti di I/O di tipo digitale, memoria di 1 o 2KB.

Piccoli P.L.C.: da 64 a 512 punti di I/O di tipo digitale ed analogico, memoria fino a 4KB, connessione in rete.

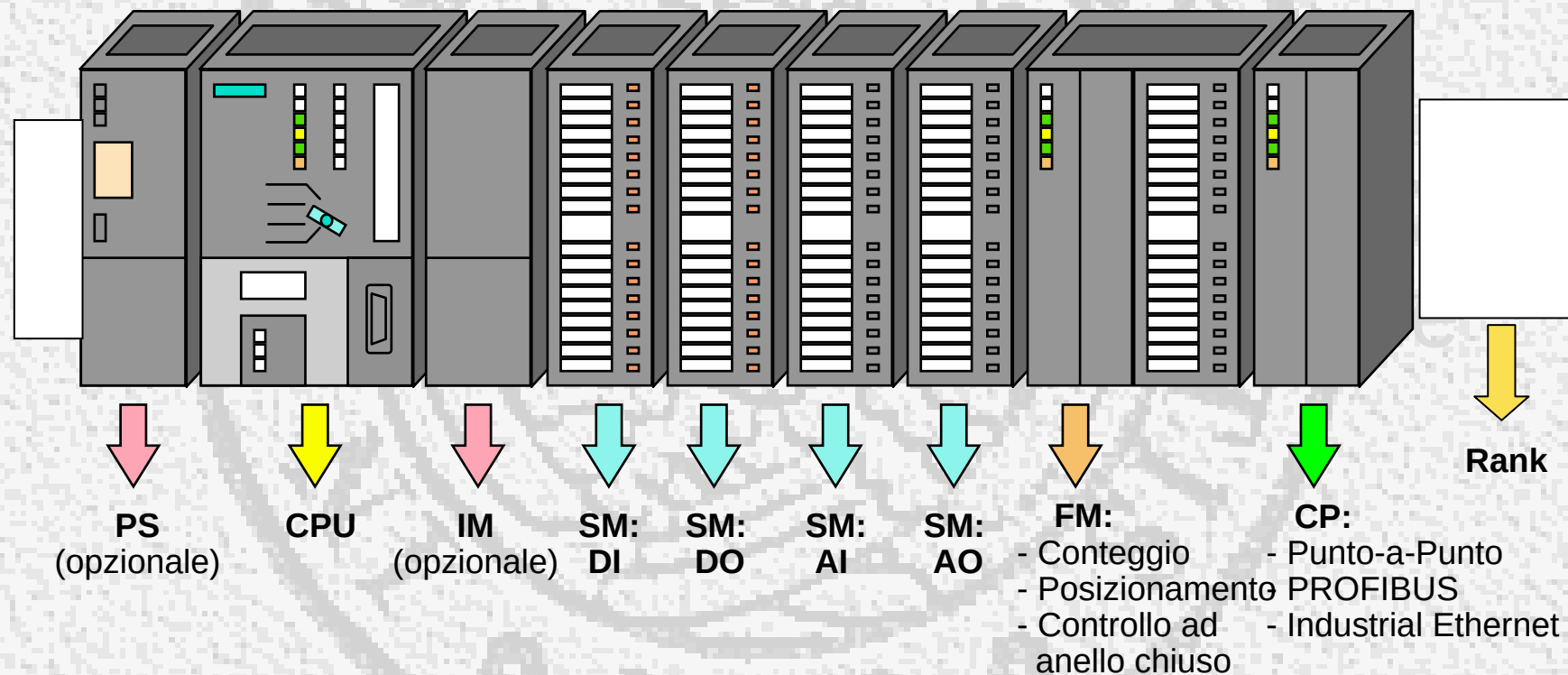
Medi P.L.C.: da 512 a 2048 punti di I/O di tipo digitale ed analogico, memoria di decine di KB, connessione in rete e moduli speciali.

Grandi P.L.C.: Massime caratteristiche di capacità e completezza sia per l'HW che per il SW.

Architettura Hardware



Architettura Hardware di un PLC (S7-300 della Siemens)



La disposizione dei vari moduli sul rank è vincolata

Moduli del PLC

PS è l'alimentatore delle varie schede del PLC

CPU è l'unità di elaborazione

IM nodo di collegamento per realizzare architetture a più rank

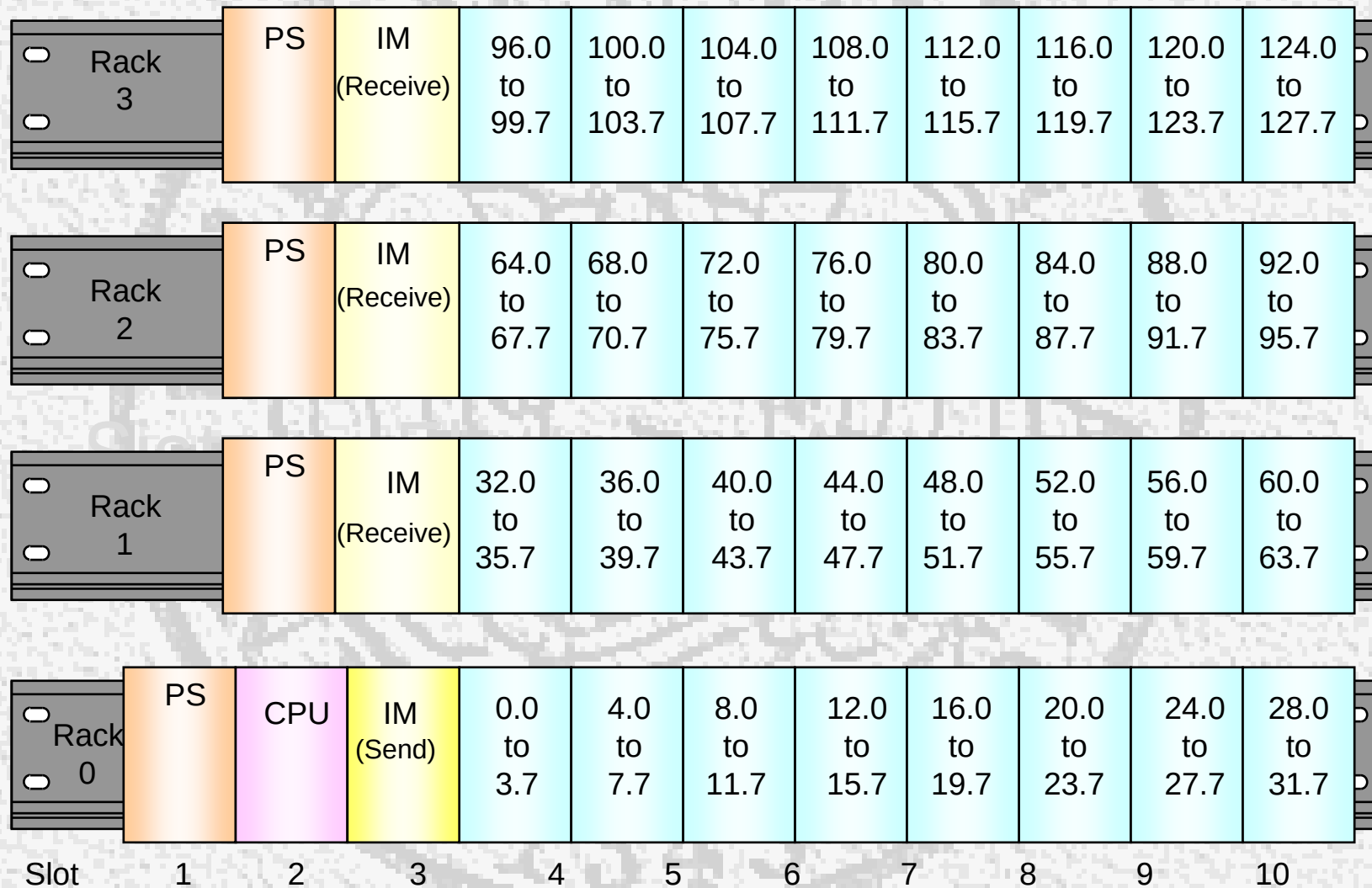
DI/DO ingressi / uscite digitali

DI/DO ingressi / uscite analogiche

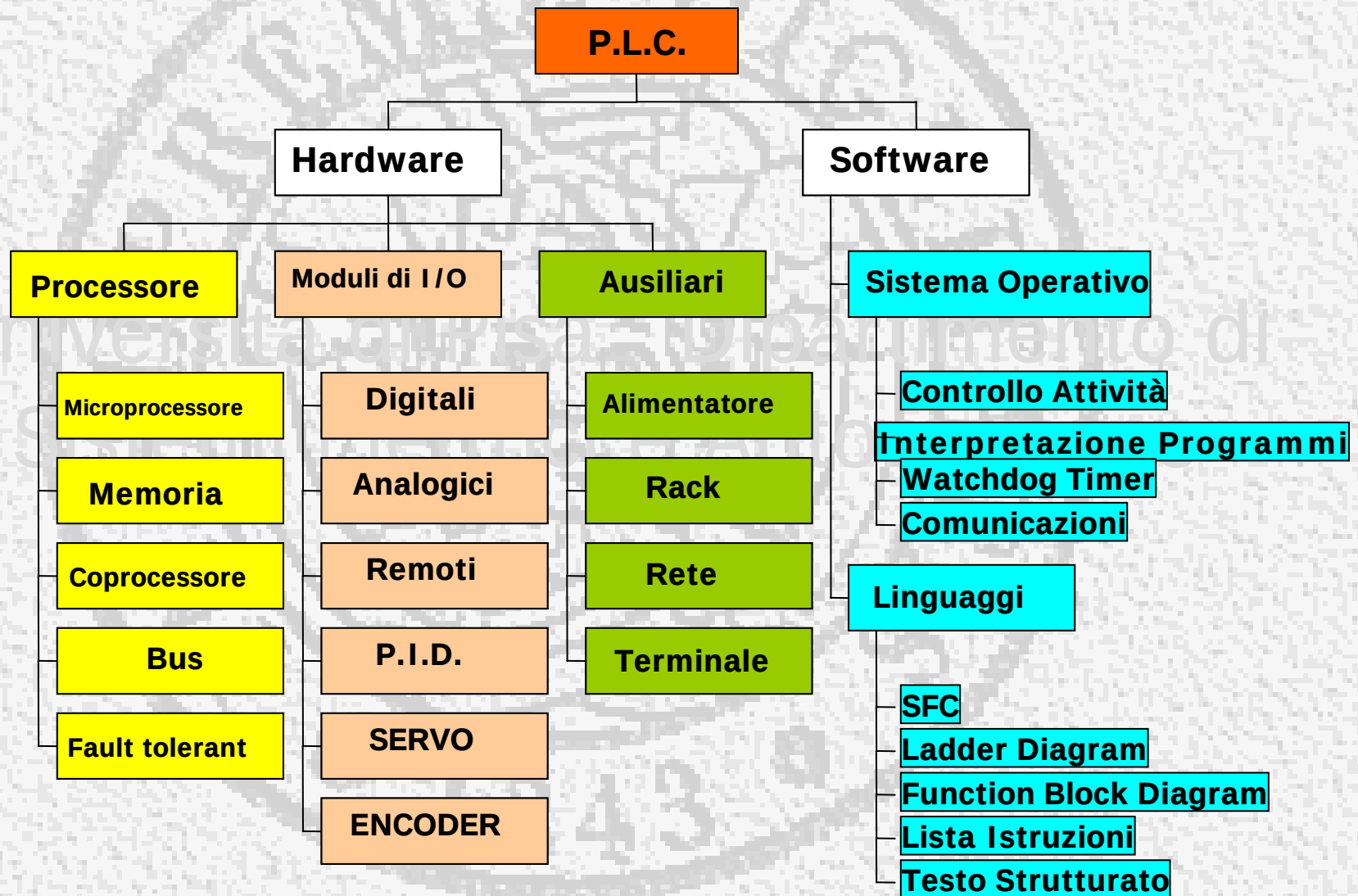
FM moduli speciali (controllori PID, contatori esterni..)

CP moduli di comunicazione (ethernet, Profibus)

Configurazione multi-file



Elementi costituenti un PLC



Struttura del PLC

- Alimentatore
- Unità centrale
- Memoria dati e memoria programmi
- Unità di input/output
- Periferiche

Struttura del PLC Alimentatore

Provvede a fornire i corretti livelli di tensione per il funzionamento dei vari dispositivi elettronici. Al momento dell'acquisto, sia per i compatti, che per i modulari, occorre scegliere il tipo di alimentazione per la CPU, che normalmente può essere in:

corrente continua 24Vcc, oppure in alternata 50/60 Hz 230V

1. I modelli a 24 Vcc occupano solitamente meno spazio e sono meno costosi, ma abbisognano di un alimentatore stabilizzato; sono comunque necessari in tutti quei casi in cui il PLC è tenuto in tampone con un gruppo di batterie.
2. I modelli a 230 Vac (spesso con un range da 100 fino a 240V) sono solitamente poco più grandi, ma permettono all'utente di prelevare anche una tensione a 24Vcc di circa 200-300 mA da utilizzare per gli ingressi.

Struttura del PLC CPU

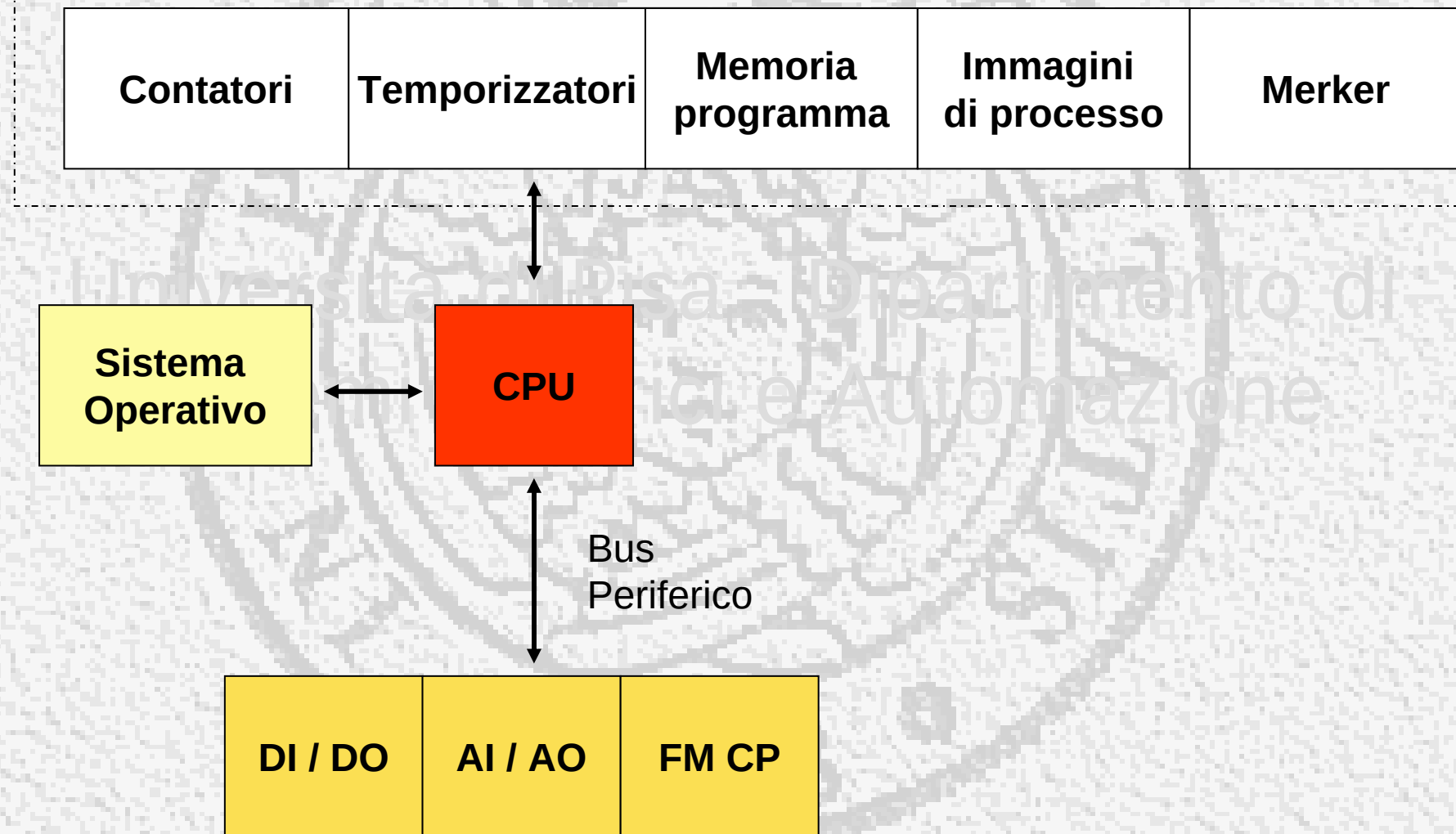
È quel dispositivo che determina l'esecuzione del programma, dei calcoli e di tutte le elaborazioni logiche

Interagisce con la Memoria, i moduli di I/O e le periferiche.

La sua potenza si esprime attraverso il Set delle istruzioni e la velocità di elaborazione

Achitettura interna del processore

RAM



Struttura del PLC Memoria

- Area S.O. (ROM)
- Area Lavoro per il S.O. (RAM)
- Area I/O (RAM)
- Area Programmi Utente (RAM tamponata, EPROM o Flash)
- Area Dati Utente (RAM)
- Area per Timers e Contatori
- RAM limitata a centinaia di Kbytes

Struttura del PLC Memoria

Esistono diversi dispositivi di memoria:

RAM: Consente rapide operazioni di lettura/scrittura. Deve essere sempre alimentata. Una batteria "tampono" mantiene i dati nel caso di caduta della tensione di alimentazione.

EPROM: Non richiede alimentazione, ma per poter essere "scritta" richiede un particolare dispositivo (programmatore di EPROM). La cancellazione avviene tramite raggi ultravioletti.

EEPROM: Riassume i vantaggi di Ram ed EPROM

Struttura del PLC Memoria di sistema

La memoria di sistema conserva tutte le informazioni che servono per la gestione ed il controllo del funzionamento della CPU e che pertanto costituiscono il vero e proprio “sistema operativo” (*firmware*) del PLC; tra queste, ad esempio, si hanno:

- **le routine** che, generando tutta una serie di autotest iniziali, consentono alla macchina di avviarsi;
- **i dati del setup**, che configurano il PLC secondo le specifiche desiderate dall'utente; impostati via software, consentono ad esempio di stabilire la durata del *tempo di scansione*, la modalità operativa all'accensione, la lingua utilizzata nei messaggi sull'unità di programmazione, i parametri inerenti alla comunicazione seriale tra diversi PLC, ecc;
- **le librerie**, che consentono di tradurre in linguaggio macchina i parametri relativi ai dispositivi simulati dal PLC, passati dall'utente durante la scrittura del programma.

Data la primaria importanza delle informazioni presenti nella memoria di sistema, il costruttore le immagazzina (ad eccezione dei dati del setup) nella ROM del microcontrollore, allo scopo di impedirne una involontaria cancellazione.

Struttura del PLC Memoria di programma

Contiene la sequenza di istruzioni (programma utente) che verrà eseguita dalla CPU.

Normalmente il controllore offre la possibilità, attraverso la commutazione di un selettore, di usare in alternativa tra loro una RAM o una EPROM, al fine di sfruttare le caratteristiche positive di entrambe.

Per sviluppare e mettere a punto il programma si utilizza la memoria RAM; questa può essere scritta e corretta, restando installata nel PLC, mediante l'unità di programmazione del controllore.

Nel funzionamento normale conviene sfruttare le caratteristiche delle EPROM che offrono i notevoli vantaggi di non poter essere accidentalmente modificate, di non aver bisogno di batteria tampone in caso di mancanza di alimentazione elettrica e di poter essere duplicate.

Questa ultima proprietà si dimostra utile per l'archiviazione dei programmi e per il trasporto degli stessi da un PLC ad un altro.

Struttura del PLC Memoria Dati

Contiene le informazioni relative alle varie aree dati interne e di I/O
Poiché, in funzione delle elaborazioni del programma, è necessario effettuare sulle aree dati veloci operazioni di lettura e di scrittura, è possibile utilizzare soltanto memorie di tipo RAM.

Università di Pisa - Dipartimento di
Sistemi Elettrici e Automazione

Struttura del PLC Altri dispositivi dell'unità centrale

- Selettore della modalità operativa
- Connettore per unità di programmazione
- Selettore RAM/EPROM
- Circuiti di autodiagnosi
- Relè di RUN o inibitore delle uscite
- Indicatori dello stato degli I/O
- Morsetterie I/O
- Connettore per espansione I/O

Struttura del PLC Batteria

Il mantenimento della memoria dati anche a fronte di cadute di alimentazione, viene assicurato da una batteria tampone.

Questa batteria alimenta anche l' eventuale RAM utilizzata per la memoria programmi.

La batteria ha una durata nominale di circa 5 anni (in relazione all' uso e all' ambiente).

La fase di scaricamento della batteria viene segnalata in modo automatico dal PLC.

Uno scaricamento completo determina la perdita di dati e programma (se questo è in RAM).

Struttura del PLC Moduli di I/O

Permettono il collegamento del PLC al mondo esterno.

Sono disponibili:

- Moduli di INGRESSO DIGITALE (AC,DC,AC/DC)
- Moduli di INGRESSO ANALOGICO
- Moduli di USCITA DIGITALE(Relè, Transistor, Triac)
- Moduli di USCITA ANALOGICA
- Moduli di comunicazione
- Moduli speciali (Contatori veloci, Controlli assi, PID, ...)

Moduli di Input digitali

Per ingressi digitali si intendono quei morsetti del PLC ai quali può essere collegato un contatto on/off (digitale), quale un termostato, pressostato, finecorsa, pulsante ecc.

Trasducono una tensione tutto o niente in uno stato logico interpretabile dalla CPU.

Normalmente per gli ingressi digitali si utilizza la tensione 24Vcc, quindi nel quadro con il PLC si rende necessario l'installazione di un alimentatore a loro dedicato.

Moduli di Input digitali

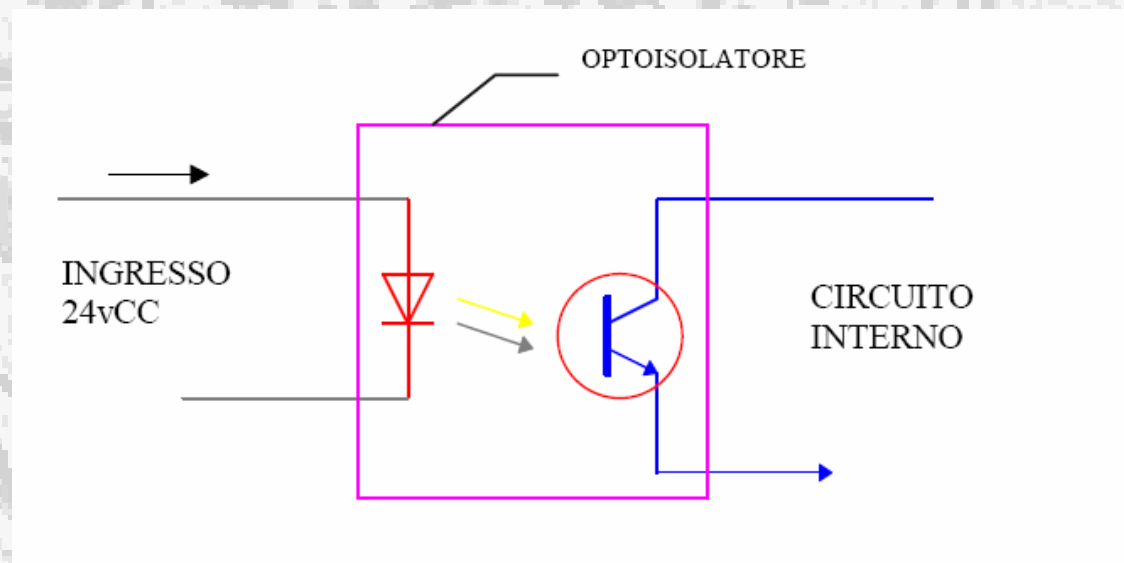
Il costruttore definisce un range di tensione per il quale l'ingresso deve considerarsi allo stato logico 1 o 0.

Nel caso in cui i sensori siano alimentati alla tensione di 24 V in c.c. e abbiano un funzionamento di tipo ON/OFF si ha:

- se la tensione sarà compresa tra 0 e 5 V lo stato logico dell'ingresso sarà 0, cioè si considera che il circuito a esso collegato sia aperto;
- se la tensione sarà compresa tra 11 e 24 V lo stato logico dell'ingresso sarà 1, cioè si considera che il contatto a esso connesso sia chiuso;
- per evitare errori nell'interpretazione, si prevede un range di tensione ibrido, che non dia luogo a cambiamenti di stato logico; nel caso in esame la tensione compresa tra 6 e 10 V non cambia lo stato logico assunto dall'ingresso.

Moduli di Input digitali

Per separare i circuiti interni della CPU con la tensione proveniente dall'impianto, ogni scheda di ingresso è dotata di appositi optoisolatori (detti anche fotoaccoppiatori), che resistono a differenze di potenziale anche di 1500 V (tensione di isolamento).



L'indirizzamento dei moduli I/O è basato sulla loro posizione nell'armadio.

Moduli di Input digitali

Fanno parte integrante del modulo:

- un circuito comprendente un trigger di Schmitt che opera una quadratura dell' onda, in modo da ottenere due soli livelli (alto e basso) corrispondenti agli stati logici 1 e 0;
- un secondo circuito, costituito da un filtro passa-basso che elimina le componenti parassite ad alta frequenza; da notare che tanto più elevata è l' immunità ai disturbi dovuta a un filtraggio più raffinato, tanto più alto risulta essere il *tempo di commutazione* (tempo necessario affinché il segnale che ha raggiunto l' ingresso sia memorizzato nel registro immagine della memoria dati del PLC).

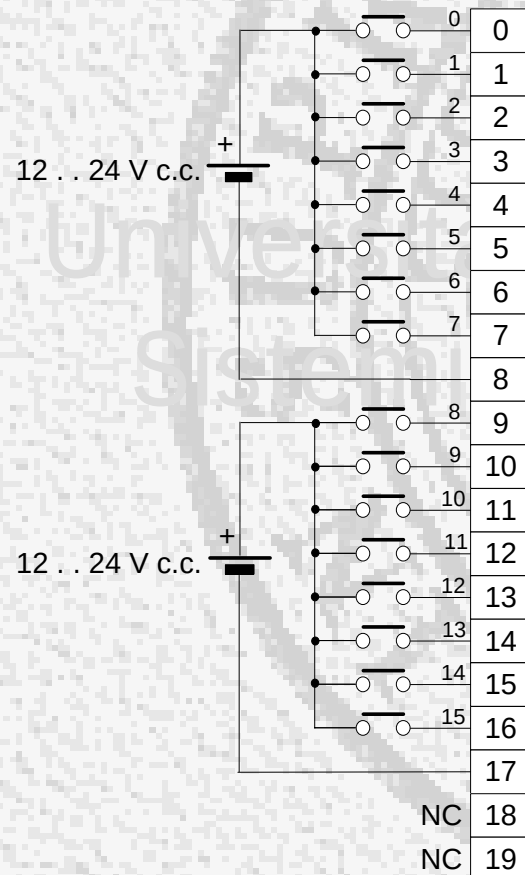
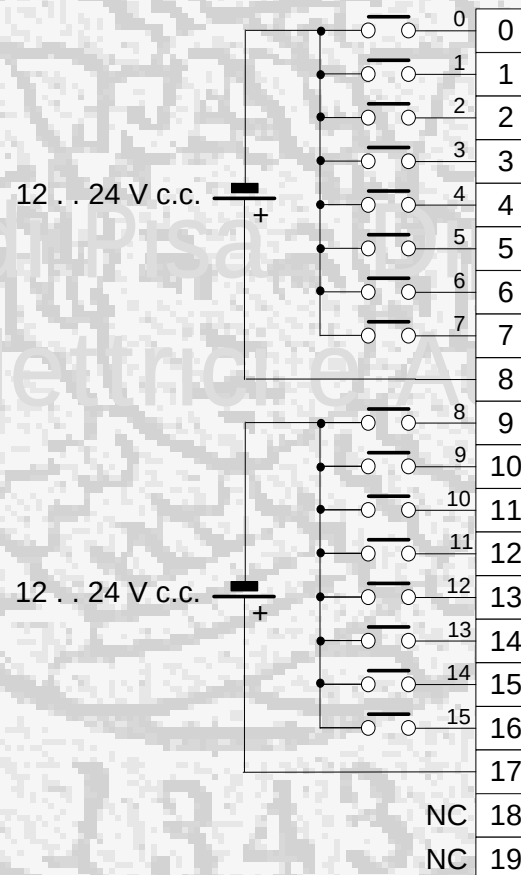
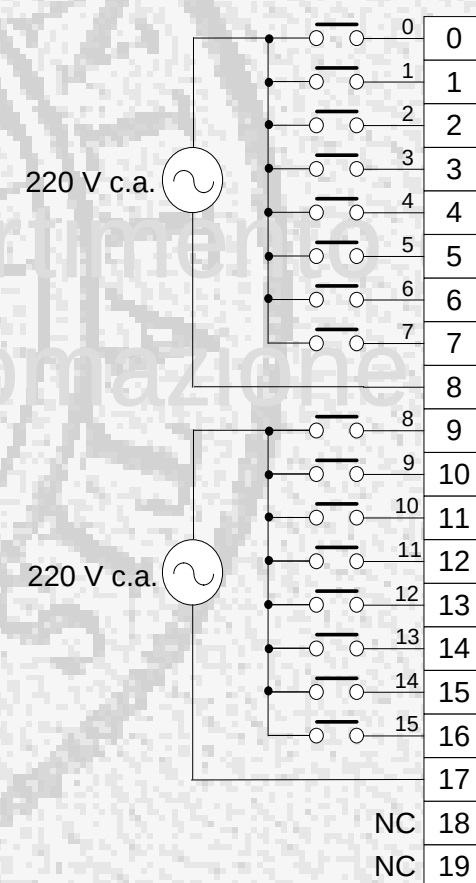
Moduli di Input digitali Tipologie

- per soli segnali in corrente continua (5 - 12 - 24 V)
 - NPN (logica negativa)

Avrà un collegamento interno per cui il dispositivo di ingresso (sensore, trasduttore) sarà collegato tra il morsetto di input del modulo e la fase negativa dell' alimentazione, mentre la conseguente fase positiva sarà collegata al morsetto comune del modulo PLC.
 - PNP (logica positiva)

Con i moduli a logica positiva il sensore sarà cablato tra il morsetto di input e la fase positiva dell' alimentatore; il morsetto comune del modulo sarà collegato alla fase negativa dell' alimentatore.
- per soli segnali in corrente alternata (110 - 220 V)
- per conteggio veloce

Moduli di ingresso digitale

Ingressi C.C. 24 V PNP**Ingressi C.C. 24 V NPN****Ingressi 220 V**

Ingressi ad alta velocità

Servono quando si installano encoder o dispositivi di posizionamento simili che emettono impulsi ad alta velocità.

Vi sono alcuni modelli di PLC compatti provvisti di un ingresso per segnali digitali ad alta velocità (generalmente l'ingresso zero), già completo di contatore adatto per encoder controllabile dal software.

Nell'utilizzo di queste funzionalità è indispensabile confrontare la massima velocità degli impulsi forniti dall'encoder con la massima frequenza sopportata dall'ingresso del PLC.

Nei casi in cui gli ingressi del PLC non sono adatti per acquisire segnali digitali ad alta velocità, cioè con frequenze nell'ordine del kHz, è necessario ricorrere a speciali moduli di ingressi digitali ad alta velocità con funzione di contaimpulsi.

Moduli di uscita digitale

Trasducono gli stati logici presenti nella memoria dati di Output in segnali elettrici che commutano fisicamente il punto di uscita.

Per garantire l'isolamento galvanico vengono utilizzati dei disaccoppiatori ottici.

Tipologie:

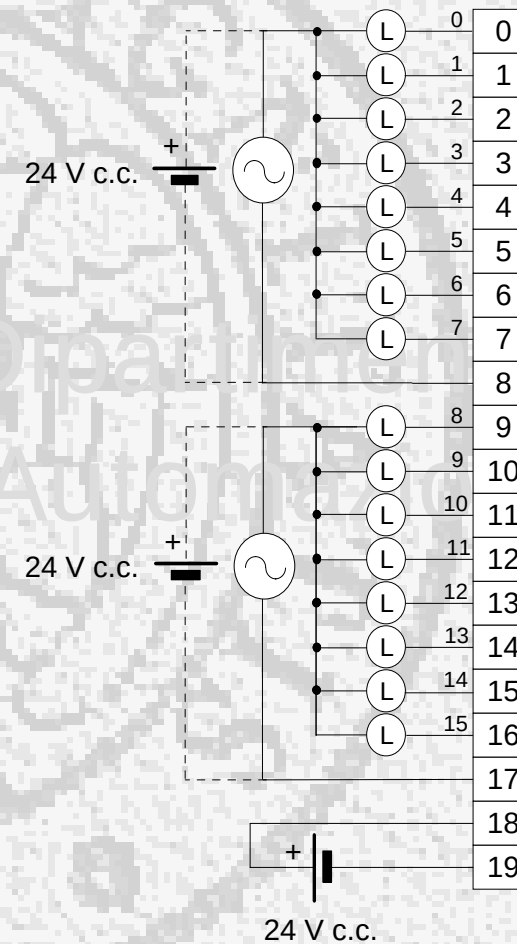
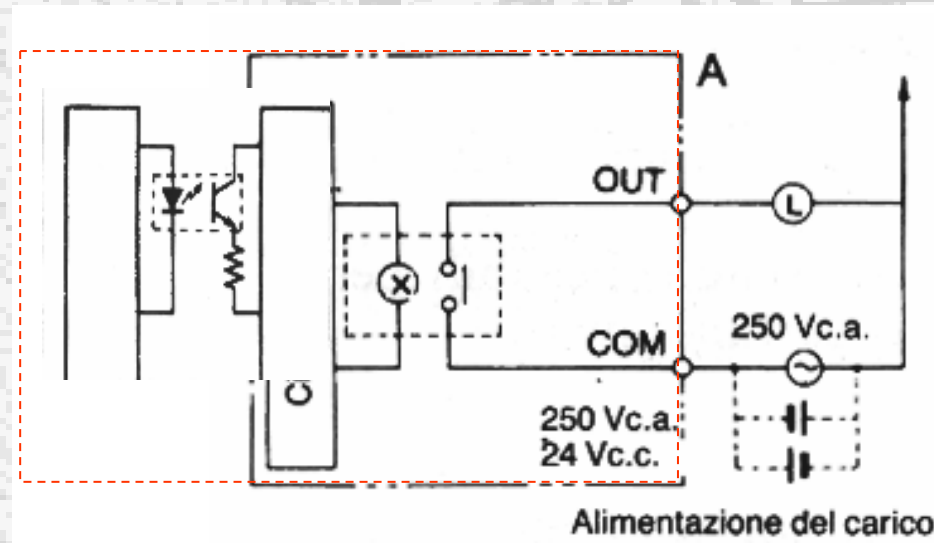
- triac
triac per carichi in C.A. (110 - 220 V)
- transistor
carichi in C.C. (5, 12, 24 V)
- relè
per carichi in C.A. (110 - 220 V)
per carichi in C.C. (5, 12, 24 V)

Moduli di uscita digitale

Naturalmente la scelta della configurazione di uscita da utilizzare va fatta considerando anche l'intensità di corrente assorbita dagli organi di comando degli attuatori e quella massima che può circolare nei circuiti di uscita del PLC, che viene indicata dal costruttore nelle specifiche.

Qualora la prima risultasse più elevata della seconda, diventa necessario realizzare un ***servocomando*** del dispositivo da pilotare; ciò si configura, ad esempio, facendo commutare dall'uscita un contattore ausiliario che a sua volta agisce sull'elemento di comando dell'attuatore.

Moduli di uscita digitale con uscita a relay



Ingressi Analogici

Per acquisire un segnale analogico è necessario un apposito modulo di ingressi analogici, che possono essere in tensione ($\pm 0,10$ Vcc) o in corrente (0,20 mA).

Si utilizza un dispositivo denominato *convertitore analogico/digitale* che opera una trasformazione della grandezza misurata in una parola digitale di n bit.

La risoluzione, cioè il grado di precisione con cui la grandezza viene controllata, dipende dal numero di bit disponibili nel dispositivo (tipicamente 8, 12, 16).

Per esempio, se il dispositivo è a 8 bit e si vuole controllare una variazione di temperatura da 0 ° a 10 °C, si avranno 28 (256) combinazioni possibili di temperatura misurata, con una precisione data dalla relazione:

$$(10 - 0) / 256 = 0.039 \text{ °C}$$

cioè il dispositivo sarà in grado di sentire una variazione di 0.039 °C, al di sotto della quale non si genera alcun cambiamento del codice di uscita digitalizzato.

Uscite Analogiche

Parallelamente a quanto succede per gli ingressi di tipo analogico, un *convertitore digitale/analogico* trasformerà, nelle uscite, un valore digitale, contenuto in una stringa di bit che occupa una certa locazione di memoria nel PLC, in un valore di tensione da -10 a +10 V oppure in corrente da 4 a 20 mA.

Le tipiche applicazioni di queste uscite sono quelle della regolazione della velocità di motori elettrici, del comando di valvole proporzionali, del controllo di processi continui.

Nei PLC muniti di ingressi/uscite analogici, la CPU è comunque sempre isolata dai convertitori A/D - D/A mediante l'interposizione di optoisolatori.

Moduli speciali

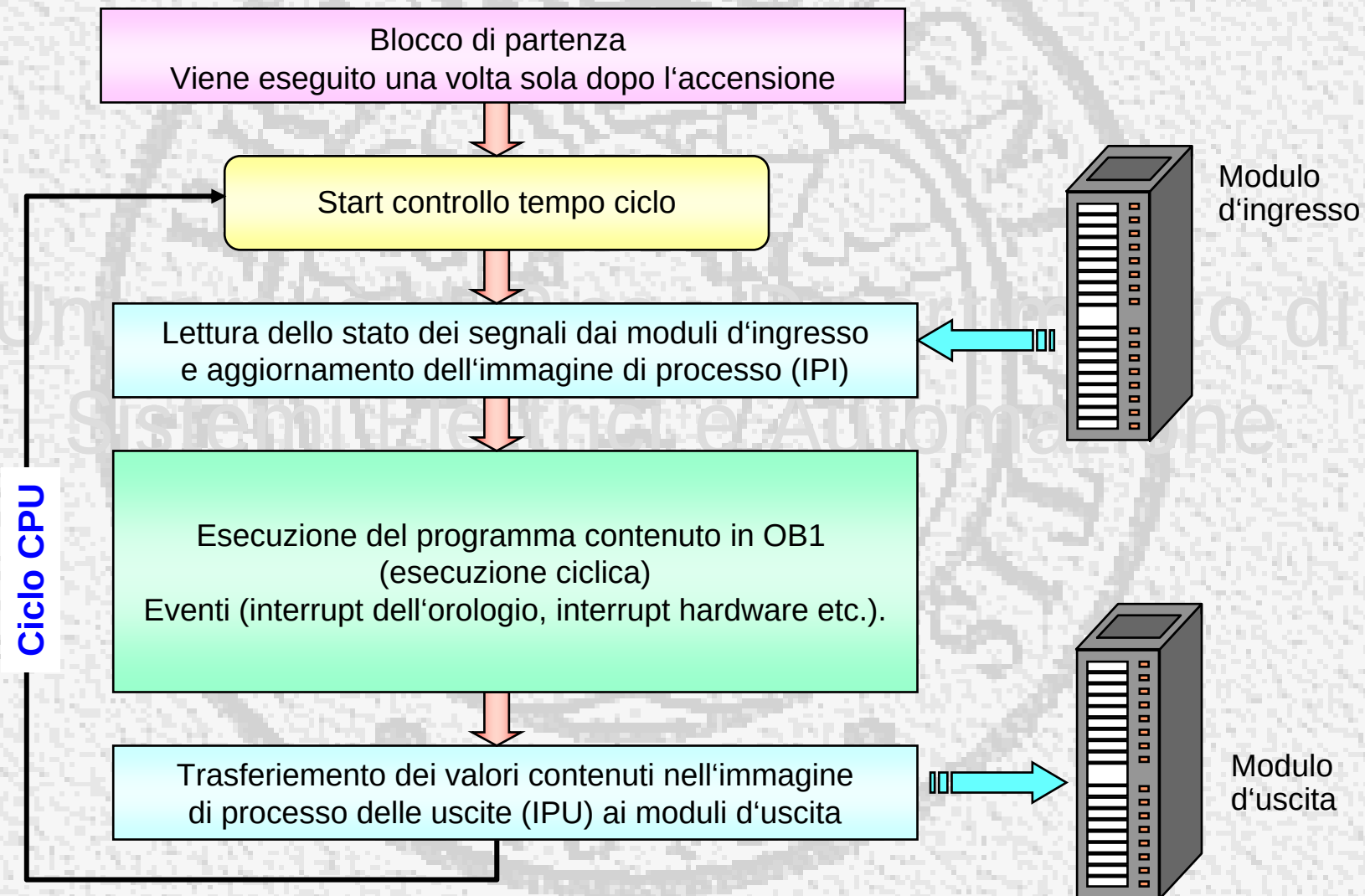
- Moduli intelligenti
- Moduli per l' interfacciamento di termocoppie
- Moduli di conteggio veloce
- Moduli di posizionamento assi
- Moduli ASCII
- Moduli PID (Proportional Integrative Derivative)
- Orodatario
- Moduli di comunicazione
- Moduli di backup

Periferiche

Permettono il "colloquio" tra l'operatore (programmatore) ed il PLC

- Console di programmazione
- Console di programmazione grafica
- Interfaccia per personal computer
- Interfaccia stampante
- Programmatore di EPROM

Esecuzione ciclica sincrona del programma



Esecuzione ciclica sincrona del programma

Questo ciclo si configura in una lettura dello stato di tutti gli ingressi presenti, con successiva elaborazione sequenziale delle istruzioni del programma precedente-mente stabilito; solo alla conclusione di questa fase avviene l' attivazione delle uscite.

La CPU acquisisce tutte le informazioni riguardanti lo stato dei moduli di ingresso, una dopo l' altra, con una certa gerarchia data dall' indirizzamento dei punti di input; lo stato logico di questi input viene memorizzato nella parte di memoria dedicata (memoria dati), formando quindi una sorta di immagine dello stato logico di tutti gli ingressi.

Segue poi l' elaborazione del programma da parte della CPU; durante questa fase gli stati delle uscite che man mano si determinano sono assegnati al registro immagine delle uscite, senza che siano inoltrati ai moduli di output.

Esecuzione ciclica sincrona del programma

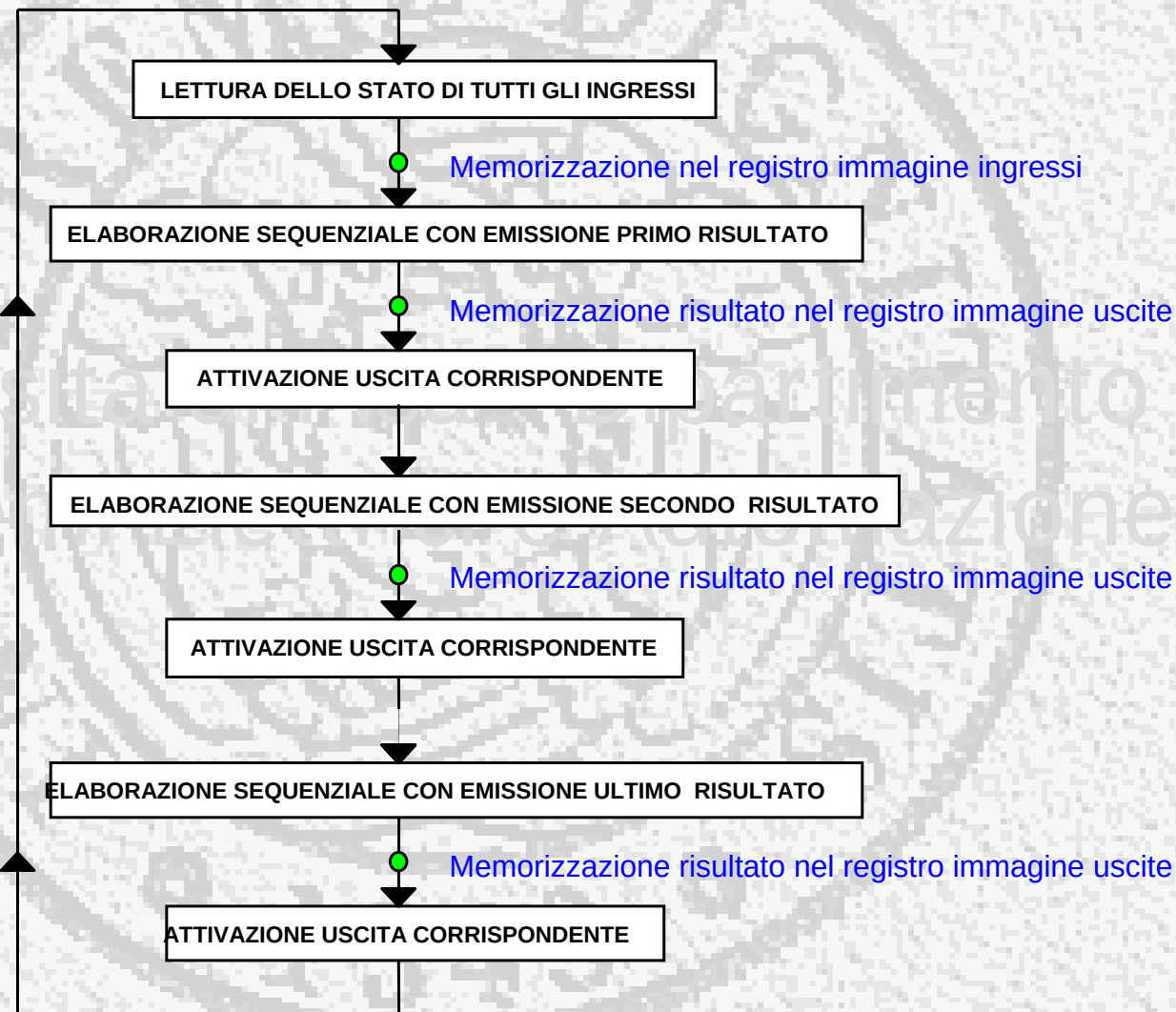
Terminato un ciclo la scansione riprende dal primo passo, ripetendosi in continuazione; questo vale, ovviamente, finché il PLC è mantenuto in stato di RUN.

Se durante lo svolgimento del ciclo appena descritto si verifica una variazione degli ingressi, è quasi certo che questa non potrà essere rilevata che all'inizio di una nuova scansione.

La durata del tempo di scansione è funzione del tempo di acquisizione dalle porte e dalla lunghezza del programma. E' necessario che la frequenza di campionamento degli ingressi sia sufficientemente piccola rispetto alla dinamica del processo da controllare.

Un buon compromesso è quello di fissare come massimo intervallo di campionamento pari a $1/10$ del tempo di salita della risposta dell'uscita del processo ad un ingresso a gradino.

Scansione sincrona di ingresso e asincrona di uscita



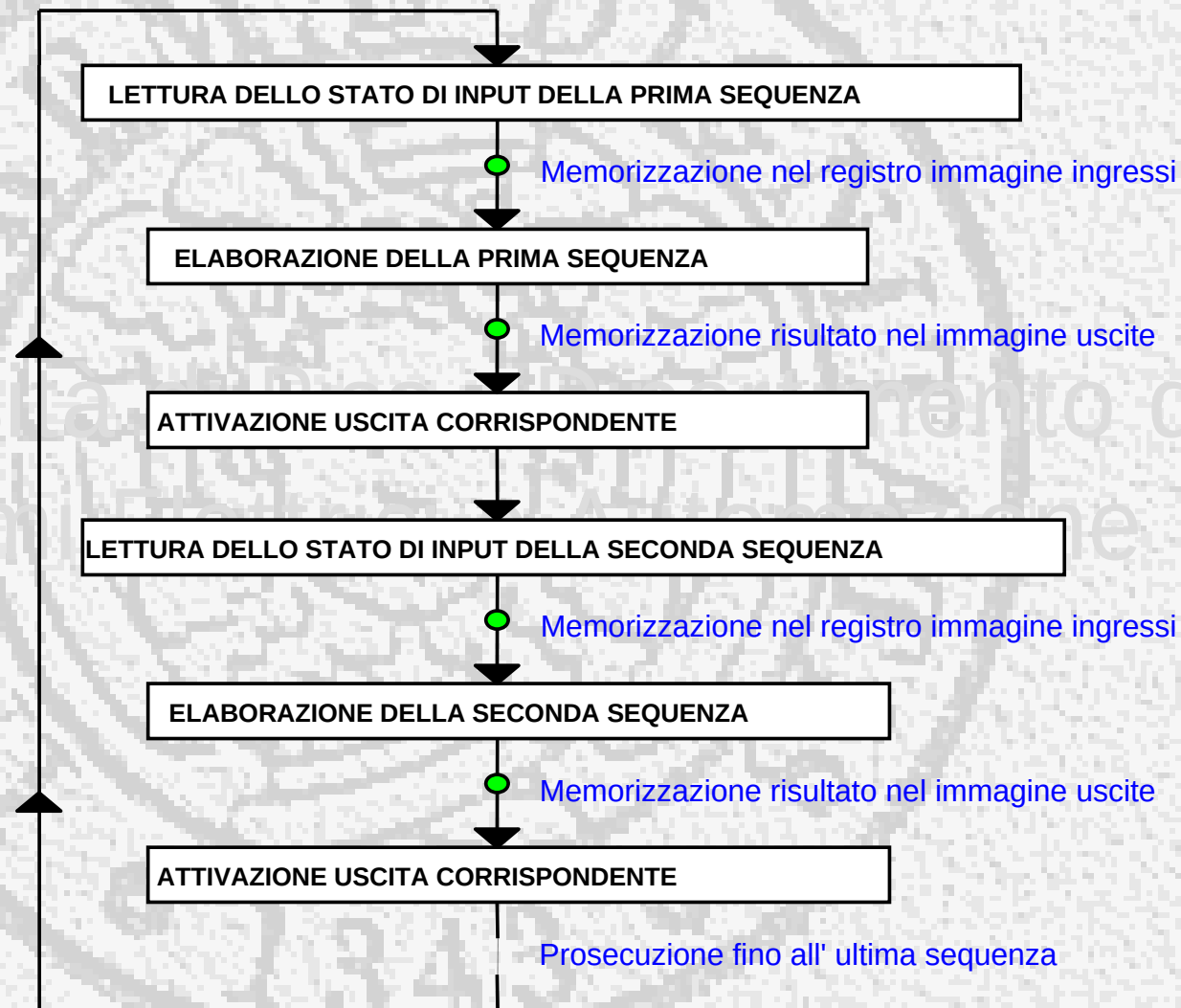
Scansione sincrona di ingresso e asincrona di uscita

Questo tipo di ciclo è sincrono di ingresso in quanto tutti gli input vengono letti contemporaneamente, ed asincrono di uscita poichè l'invio dei risultati alle uscite viene fatto in tempi diversi.

Gli ingressi vengono letti tutti ed una sola volta all' inizio della scansione; le uscite vengono invece trasmesse all' esterno via via che maturano i risultati durante lo svolgimento del programma: ogni uscita viene perciò attivata nel momento in cui è stata elaborata la funzione logica ad essa assegnata.

Con questo tipo di scansione si ha un aggiornamento delle uscite più rapido di quello che consente il ciclo precedente.

Scansione asincrona di ingresso e asincrona di uscita



Scansione asincrona di ingresso e asincrona di uscita

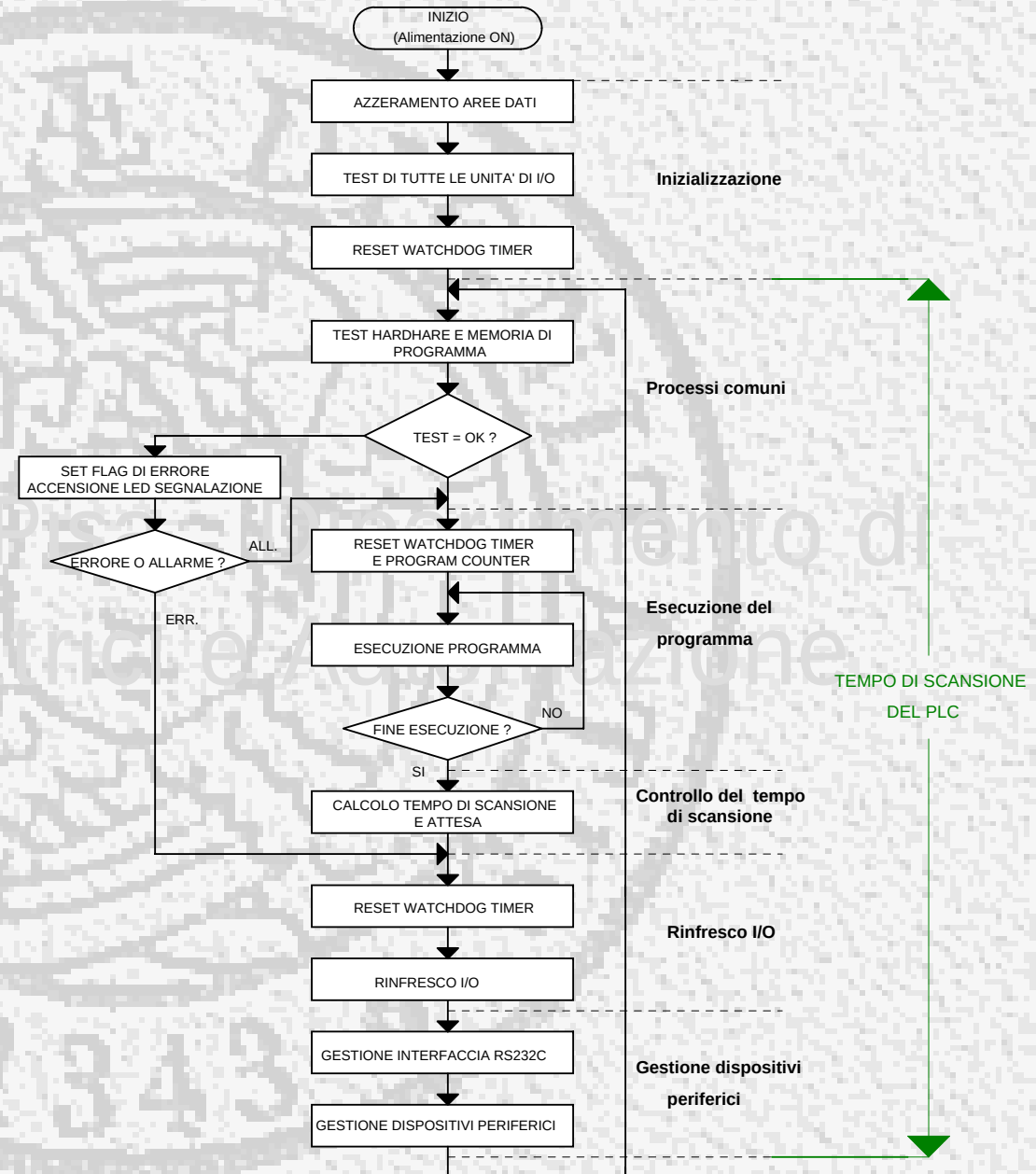
Gli ingressi sono aggiornati ogni volta che durante lo svolgimento del programma la CPU incontra un' istruzione che la obbliga a acquisirne lo stato.

Se un bit del registro immagine delle uscite viene modificato durante l' elaborazione, si ha un immediato invio dello stato logico risultante al modulo di output corrispondente.

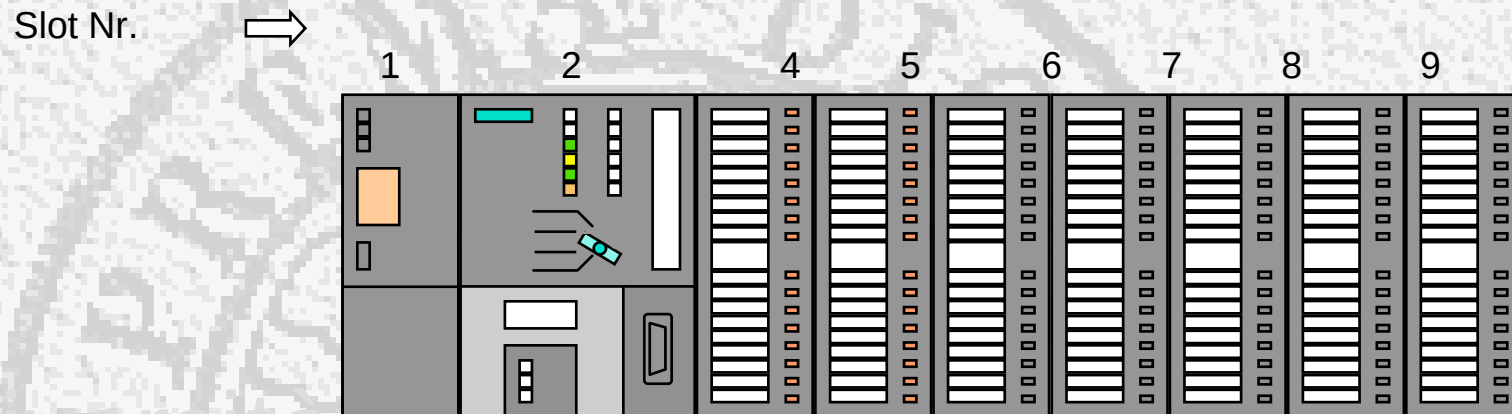
Questo modo di funzionamento di un PLC, molto simile a quello di un computer, consente di ottenere un tempo di risposta notevolmente ridotto rispetto ai primi due casi.

Ciclo completo

La scansione non è che una delle attività svolte dalla CPU dal momento in cui viene alimentata; questa e tutte le altre funzioni possono essere effettuate grazie a un *sistema ope-rativo*, memorizzato su ROM, residente nella scheda processore. Da notare che la fase di inizializzazione viene eseguita soltanto alla messa in tensione del PLC, mentre le altre operazioni sono svolte ciclicamente in modo ripetitivo.



Indirizzamento dei moduli S7-300



L'indirizzamento dei moduli I/O è basato sulla loro posizione nell'armadio.

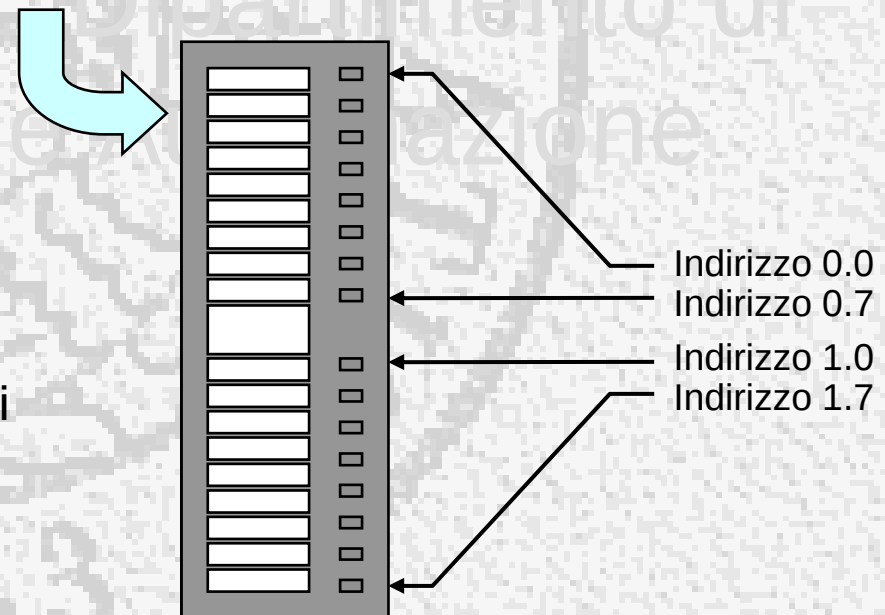
Ogni slot occupa in memoria 4 byte

Un ingresso/uscita è indicato da due numeri

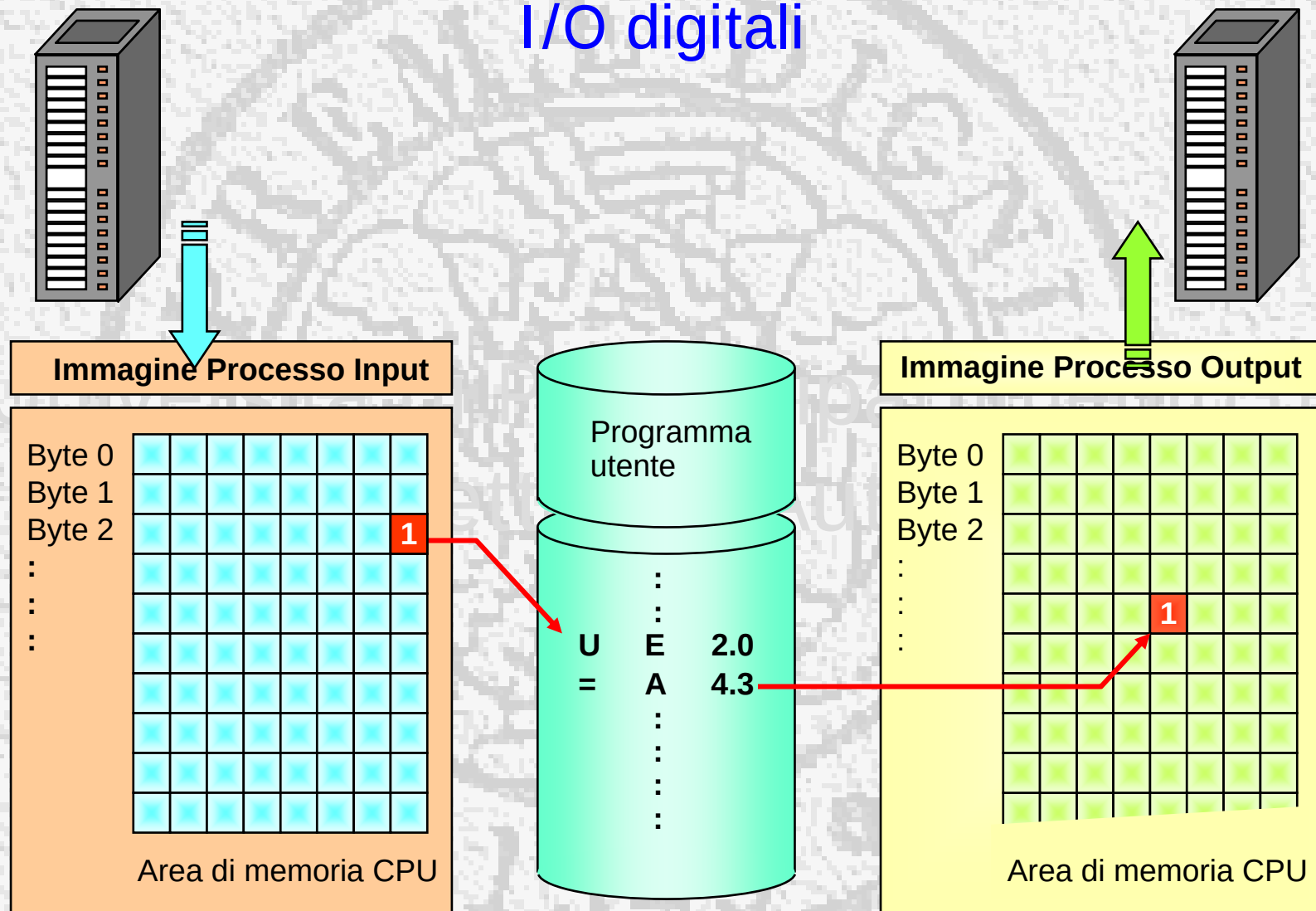
A.B

A = è il byte relativo

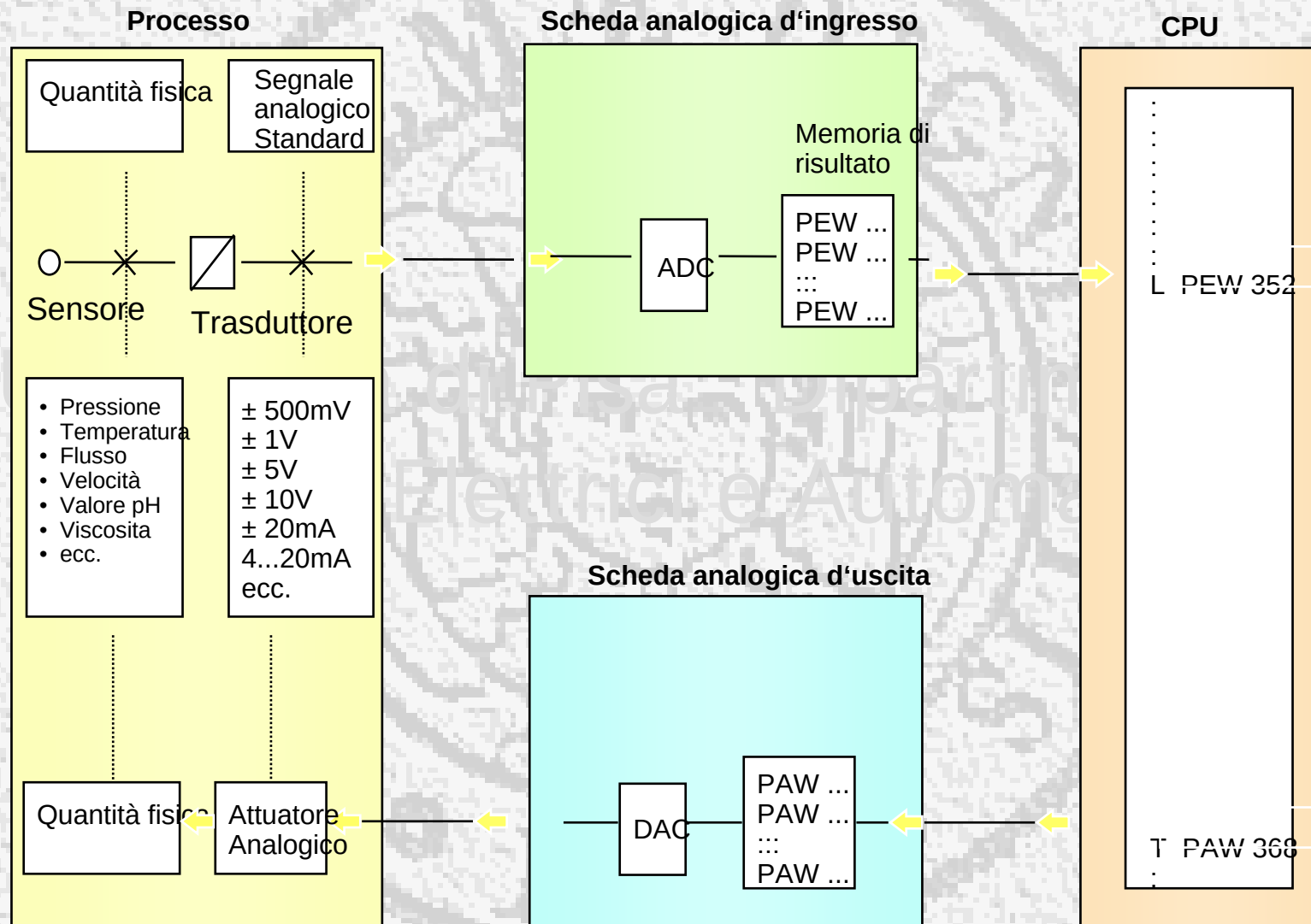
B = è il bit relativo all'interno del byte



Immagini di processo I/O digitali



Moduli I/O Analogici



Criteri per la di scelta del PLC (Hardware)

Per valutare correttamente un PLC non bisogna dimenticare che esso si compone di due parti di natura molto diversa tra loro come l' hardware ed il software; il giudizio deve essere complessivo, ossia riferito alle prestazioni consentite dall' insieme della macchina e delle tecniche di programmazione che essa utilizza.

Da un punto di vista del hardware, in linea di massima la potenzialità di un controllore programmabile é valutabile in base ai quattro parametri:

- numero di entrate e di uscite esterne;
- capacità della memoria di programma espressa in word;
- tipo e numero degli elementi funzionali interni;
- velocità di scansione.

La scelta deve essere ponderata con particolare attenzione quando si utilizza un PLC monoblocco che ha delle caratteristiche fisse.

Nel caso dei controllori modulari, le prestazioni possono essere aumentate in funzione delle esigenze e quindi un eventuale sottodimensionamento in fase di scelta é meno grave che nel caso precedente.