

# CONTROLLORI LOGICI PROGRAMMABILI PLC

## Introduzione ai comandi elettronici e ai controllori logici programmabili

L' **automazione** di una qualsiasi operazione di un processo produttivo viene conseguita attraverso un complesso di apparecchiature di vario tipo, opportunamente connesse tra loro in modo da realizzare un **comando automatico**; questo può essere considerato un **sistema** la cui costituzione ed il cui funzionamento sono genericamente descrivibili con l' aiuto dello schema a blocchi della figura 1.

Un comando automatico si può immaginare costituito da tre parti, ciascuna delle quali assolve ad una precisa funzione:

- blocco di elaborazione;
- blocco di attuazione;
- blocco di comunicazione.

Il **blocco di elaborazione**, detto anche **blocco di comando**, è quella parte cui viene demandato il coordinamento di tutte le operazioni necessarie per effettuare l' automazione richiesta, naturalmente in condizioni di assoluta sicurezza sia delle persone che delle apparecchiature e dei prodotti.

Il **blocco di attuazione**, detto anche blocco di **potenza o di lavoro**, costituisce la parte che realizza l' operazione da automatizzare.

Il **blocco di comunicazione**, detto anche **blocco di interfaccia**, è formato da tutti gli elementi che consentono lo scambio delle informazioni tra le altre due parti costituenti il comando.

L' interfaccia E/A (*elaborazione/attuazione*) è quella che consente il flusso di informazioni dall' unità di elaborazione agli attuatori; viceversa l' interfaccia A/E (*attuazione/elaborazione*) consente il flusso contrario, che in gergo prende il nome di **retroazione** o feedback.

A proposito del blocco di comunicazione si osserva che spesso viene trascurato, ed il comando automatico si immagina costituito dalla sole due parti di comando e potenza come indicato nello schema di figura 2.

L' interfaccia E/A viene inserita nel gruppo di potenza, mentre quella A/E, che esegue la retroazione, viene considerata come componente del gruppo di comando.

Si vedrà tra breve quali sono le apparecchiature utilizzate per realizzare i tre blocchi appena descritti.

Il funzionamento di un comando automatico comprende le seguenti fasi in successione ciclica:

- mediante l' impiego di opportuni sensori si prelevano informazioni sull' andamento del processo; tali sensori costituiscono l' interfaccia A/E, mentre le informazioni che essi inviano sono i cosiddetti "segnali di ritorno dal campo" o "**consensi**";
- nell' unità di elaborazione, ovvero nel "cervello" del sistema di comando, avviene l' elaborazione di tali informazioni (calcoli matematici, calcoli logici, decisioni delle azioni da comandare);
- i risultati dell' elaborazione sono le informazioni che devono essere inviate agli organi attuatori; esse si dicono segnali di comando ed arrivano al blocco di potenza attraverso l' interfaccia E/A.

### GRUPPO DI POTENZA

La parte di potenza può essere realizzata con le seguenti tecnologie:

- pneumatica,
- oleodinamica,
- elettromeccanica,
- mista.

Nel primo e nel secondo caso il blocco di potenza comprende rispettivamente attuatori pneumatici o oleodinamici azionati da valvole direzionali; nel terzo caso esso è costituito da uno o più motori elettrici, di vario tipo, azionati da contattori<sup>1</sup>.

Si hanno gruppi a tecnologia mista in tutti quei casi in cui sono utilizzati contemporaneamente due o più tipi di attuatori; in automazione il caso più frequente è quello di motori elettrici e cilindri pneumatici.



Fig. 1 - Schema funzionale di un comando automatico

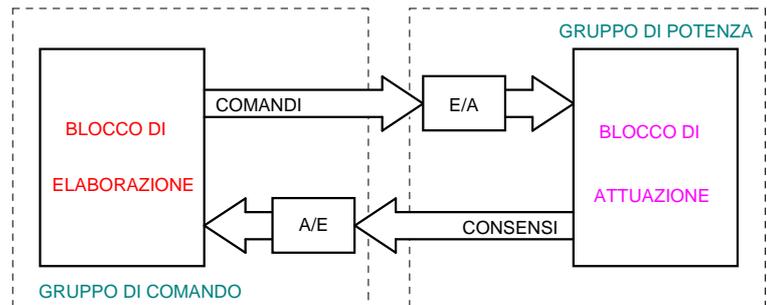


Fig. 2 - Gruppi di potenza e di comando di un sistema automatico

<sup>1</sup>La norma CEI 17.3 fascicolo 1035 definisce il *contattore* o *teleuttore* come un dispositivo meccanico di manovra, capace di stabilire, sopportare ed interrompere correnti in condizioni ordinarie del circuito ed in condizioni di sovraccarico. Il congegno, generalmente previsto per un numero elevato di operazioni, ha una sola posizione di riposo, ed il suo azionamento è automatico. La posizione di riposo corrisponde ordinariamente alla posizione di apertura dei contatti principali. Quando la posizione di riposo corrisponde alla posizione di chiusura dei contatti principali, il contattore si definisce chiuso in riposo.

## GRUPPO DI COMANDO

Il gruppo di comando può essere realizzato ricorrendo ad una delle seguenti tecnologie:

- pneumatica,
- oleodinamica,
- elettromeccanica,
- elettronica.

Le tecnologie pneumatica ed oleodinamica consistono nel realizzare l'unità di elaborazione per mezzo di valvole pneumatiche o oleodinamiche di vario tipo, opportunamente collegate tra di loro.

I blocchi di comando elettromeccanici sono costituiti dai diffusissimi quadri elettrici a relè.

I comandi elettronici possono essere classificati come indicato in figura 3.

I sistemi a **logica cablata** sono costituiti da schede elettroniche ideate e costruite per eseguire un determinato compito.

Essi possono anche raggiungere un buon grado di versatilità nel senso che, mediante l'utilizzazione di opportuni dispositivi (ad esempio le memorie), è possibile intervenire su alcuni parametri per modificarli.

Nonostante tali possibilità restano sempre apparecchiature dedicate e pertanto non solo sono inservibili per altre applicazioni, ma spesso non possono essere adattate neanche alla stessa macchina per cui sono state progettate e costruite, quando questa richiede delle varianti di funzionamento.

La ricerca di prodotti aventi il requisito della flessibilità, caratteristica sempre più richiesta poichè riduce notevolmente i costi dell'automazione, ha favorito lo sviluppo dei comandi elettronici a **logica programmabile**.

Questi presentano infatti il grande vantaggio di adattarsi ai mutamenti del ciclo produttivo semplicemente attraverso la modifica di un programma, senza dover intervenire sull'impianto.

Dopo aver utilizzato per un certo periodo apparecchiature già presenti sul mercato ma orientate ad altre applicazioni, come i calcolatori elettronici, si è passati all'uso di un prodotto industriale specifico, il "**controllore logico programmabile**", ideato e sviluppato in funzione dell'esigenza di flessibilità dei gruppi di comando dei sistemi automatici.

Quando le applicazioni sono particolarmente complesse, o riguardano i livelli gerarchici superiori dell'automazione, come ad esempio il controllo di un intero reparto produttivo, si usano i cosiddetti **calcolatori di processo**.

Essi sono dei veri e propri computer realizzati in modo da poter operare anche in ambienti particolarmente difficili (ad esempio le linee produttive) dove possono trovarsi a contatto di polvere, umidità, agenti di contaminazione chimica, vibrazioni, ecc..

La scelta della tecnica da utilizzare per la costruzione del gruppo di comando non è sempre semplice, dipendendo da numerosi parametri tra i quali

- tipologia del gruppo di potenza,
- costi di acquisto, di messa in servizio e di manutenzione,
- distanza tra il comando e gli attuatori,
- durata del ciclo di lavorazione,
- tipologia dei sensori da utilizzare,
- quantità delle informazioni da trattare.

Tra tutte le combinazioni possibili per costruire il comando automatico, quelle che rivestono maggiore importanza per l'elevata frequenza con cui vengono applicate sono riportate nella tabella 1.

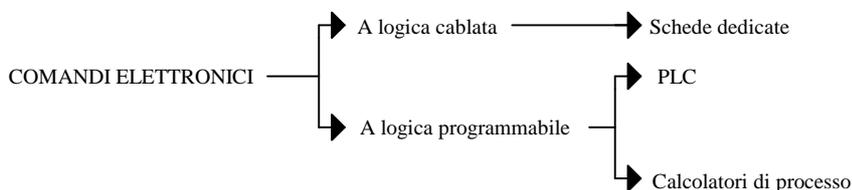


Fig. 3 - Classificazione dei comandi elettronici

| GRUPPO DI POTENZA                      | GRUPPO DI COMANDO | APPARECCHIATURE USATE | COMANDO AUTOMATICO  |
|--|-------------------|-----------------------|---|
| ELETTROMECCANICO<br>(MOTORI ELETTRICI) | ELETTROMECCANICO  | RELÈ                  | ELETTROMECCANICO  |
|  | ELETRONICO        | SCHEDA<br>PLC         | ELETRONICO  |
| PNEUMATICO<br>(CILINDRI)               | PNEUMATICO        | VALVOLE               | INTERAMENTE PNEUMATICO                                    |
|  | ELETTROMECCANICO  | RELÈ                  | ELETTROPNEUMATICO A LOGICA<br>CABLATA                     |
|  | ELETRONICO        | PLC<br>PC             | ELETTROPNEUMATICO A LOGICA<br>PROGRAMMABILE (PNEUTRONICO) |
| OLEODINAMICO<br>(CILINDRI)             | OLEODINAMICO      | VALVOLE               | INTERAMENTE OLEODINAMICO                                  |
|  | ELETTROMECCANICO  | RELÈ                  | ELETTROIDRAULICO  |
|  | ELETRONICO        | PLC<br>SCHEDA         | OLEOTRONICO   |

Tab. 1 - Tipologie più frequenti dei comandi elettronici

## GRUPPO DI COMUNICAZIONE

Le informazioni scambiate tra il comando ed il blocco di potenza sono costituite da segnali che possono essere

- on/off,
- analogici,
- digitali.

La tipologia delle apparecchiature utilizzate per la realizzazione del blocco di comunicazione dipende, ovviamente, dalle tecnologie adottate per la costruzione delle altre due parti del comando automatico.

| GRUPPO DI POTENZA | GRUPPO DI COMANDO | TIPO DI INTERFACCIA ELABORAZIONE/ATTUAZIONE    |
|-------------------|-------------------|--|
| ELETTROMECCANICO  | ELETTROMECCANICO  | CONTATTORI                                     |
|                   | ELETTRONICO       | AZIONAMENTI ELETTRONICI                        |
| PNEUMATICO        | PNEUMATICO        | DISTRIBUTORI (VALVOLE) A COMANDO PNEUMATICO    |
|                   | ELETTROMECCANICO  | ELETTRODISTRIBUTORI                            |
|                   | ELETTRONICO       | ELETTRODISTRIBUTORI                            |
| OLEODINAMICO      | OLEODINAMICO      | DISTRIBUTORI (VALVOLE) A COMANDO OLEODINAMICO  |
|                   | ELETTROMECCANICO  | ELETTRODISTRIBUTORI                            |
|                   | ELETTRONICO       | ELETTRODISTRIBUTORI<br>AZIONAMENTI ELETTRONICI |

Tab. 2 - Apparecchiature usate per realizzare l' interfaccia E/A

| GRUPPO DI POTENZA | GRUPPO DI COMANDO | TIPO DI INTERFACCIA ATTUAZIONE/ELABORAZIONE  |
|-------------------|-------------------|--|
| ELETTROMECCANICO  | ELETTROMECCANICO  | MICROINTERRUTTORI ELETTRICI<br>FINECORSA ELETTRICI<br>SENSORI DI PROSSIMITÀ                          |
|                   | ELETTRONICO       | TRASDUTTORI DI POSIZIONE (POTENZIOMETRI - ENCODER)<br>TRASDUTTORI DI VELOCITÀ (DINAMO TACHIMETRICHE) |
| PNEUMATICO        | PNEUMATICO        | FINECORSA PNEUMATICI   |
|                   | ELETTROMECCANICO  | MICROINTERRUTTORI ELETTRICI<br>FINECORSA ELETTRICI   |
|                   | ELETTRONICO       | SENSORI MAGNETICI  |
| OLEODINAMICO      | OLEODINAMICO      | VALVOLE DI SEQUENZA  |
|                   | ELETTROMECCANICO  | MICROINTERRUTTORI ELETTRICI<br>FINECORSA ELETTRICI   |
|                   | ELETTRONICO       | SENSORI MAGNETICI  |

Tab. 3 - Apparecchiature usate per realizzare l' interfaccia A/E

retto di flessibilità, si può immaginare il controllore programmabile come un **magazzino di funzioni** dal quale l' utente preleva, istante per istante, quella che gli necessita.

Il mezzo attraverso il quale le funzioni di controllo possono essere prelevate dal magazzino ed utilizzate quando servono è il *programma*, ovvero la lista delle istruzioni opportunamente compilata dall' utente.

Da quanto appena affermato si deduce che *il PLC è un sistema composto di due parti profondamente diverse tra loro:*

- l' insieme “materiale” dei circuiti elettronici e delle apparecchiature necessarie per fornire le varie funzioni (hardware);
- l' insieme “immateriale” delle istruzioni che formano il programma utente sulla base delle esigenze specifiche (software).

Il principio di funzionamento del sistema PLC può essere sintetizzato nello schema della figura 4.

*Esso opera attraverso l' elaborazione dei segnali di ingresso, che gli giungono dai sensori di campo, e l' emissione all' indirizzo degli attuatori dei segnali di uscita come stabilito dal programma logico.*

Nelle tabelle 2 e 3 sono date alcune tra le soluzioni più frequenti.

## DESCRIZIONE DEL SISTEMA PLC

Le brevi note delle pagine precedenti, relative all' architettura dei comandi automatici, hanno permesso di evidenziare il contesto generale in cui si inserisce l' apparecchiatura oggetto della discussione, il **controllore logico programmabile** o **PLC** (*Programmable Logic Controller*).

Come si può dedurre da quanto già detto, confrontando i sistemi cablati e programmabili, essi sono stati ideati e progettati per eliminare gli inconvenienti caratteristici della logica a relè.

Allo scopo si sostituiscono fisicamente, oltre che per le funzioni svolte, all' insieme dei componenti elettromeccanici che sono necessari a realizzare un quadro di comando con logica elettrica cablata.

Sfruttando le grandi potenzialità offerte dalla tecnologia elettronica, ed in particolare dall' uso dei microcomputers, i PLC sono in grado di garantire, oltre ai requisiti di flessibilità, prestazioni impensabili per qualsiasi apparecchiatura elettromeccanica quali

- elaborazione di segnali analogici,
- effettuazione di operazioni matematiche,
- memorizzazione dati,
- visualizzazione dati,
- trasferimento dati,
- collegamenti operativi con altri PLC, con calcolatori e con controlli numerici.

*Un PLC può quindi essere definito come un sistema elettronico che consente di realizzare, in modo flessibile, l' unità di elaborazione di un comando automatico, e più in generale qualsiasi operazione di controllo industriale.*

Per chiarire il funzionamento del PLC, nonché il con-

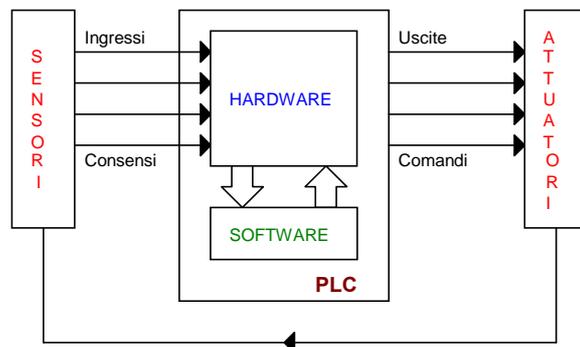


Fig. 4 - Principio di funzionamento di un PLC

## CONFRONTO TRA UN COMANDO ELETTROMECCANICO ED UN PLC

Questa trattazione è interamente dedicata allo studio dei controllori programmabili; essi vengono sempre più utilizzati per realizzare il blocco di comando elettronico, a logica programmabile, da affiancare alla parte di potenza delle macchine indipendentemente dalla loro tipologia costruttiva (elettromeccanica, pneumatica, oleodinamica, mista).

Per esaminare le caratteristiche principali del comando elettronico a programma, viene di seguito eseguito un confronto tra le peculiarità di un sistema elettromeccanico e di un sistema programmabile.

Nel primo caso si ha che:

- le funzioni del comando sono determinate, all'interno di un quadro elettrico, dai collegamenti in serie o in parallelo tra gli elementi di commutazione, realizzati con contatti normalmente chiusi (NC), normalmente aperti (NA) e di scambio (NC + NA), di vari dispositivi elettromeccanici come relè, temporizzatori, contatori, comparatori, ecc..
- Il funzionamento del sistema si descrive mediante gli schemi elettrici funzionali.
- I dispositivi elettromeccanici sono installati in un apposito armadio, che prende il nome di **quadro**, e cablati secondo lo schema funzionale.
- La composizione ed il cablaggio del sistema dipendono dal particolare comando da realizzare.
- Dal quadro vengono derivati i collegamenti tra il comando e le apparecchiature di campo (attuatori e sensori).
- Risiedendo la logica funzionale nella scelta dei componenti e nel particolare cablaggio eseguito, eventuali modifiche di funzionamento della macchina o dell'impianto richiedono variazioni, sia della composizione del quadro che del suo cablaggio, e pertanto un elevato costo ed un notevole spreco di tempo.
- Il costo di messa in servizio è rilevante, per gli stessi motivi indicati al punto precedente, essendo in questa fase particolarmente frequenti le modifiche da apportare al sistema per giungere al suo corretto funzionamento.

In un sistema di comando realizzato per mezzo di PLC si ha che:

- le funzioni che deve svolgere l'unità di governo sono determinate mediante un programma che risulta indipendente dal tipo di sensori ed attuatori usati, poiché considera solo lo stato dei segnali in ingresso sul controllore.
- Il software può essere scritto scegliendo il linguaggio di programmazione più congeniale fra i due-tre solitamente disponibili in ogni PLC.
- La composizione del sistema è indipendente dalle particolari funzioni da realizzare; il PLC è sempre lo stesso qualunque sia il suo compito.
- Il cablaggio si riduce al solo collegamento dei sensori e degli organi di azionamento degli attuatori al PLC.
- Essendo la logica funzionale contenuta nel programma memorizzato sul controllore, essa può modificarsi altrettanto facilmente di come può scriversi.
- Variazioni funzionali e messa in servizio possono essere effettuate a costi non elevati, non richiedendo modifiche costruttive e di cablaggio.

Il PLC è un prodotto che, introdotto sul mercato dalla **General Motors** nel 1969, ha ormai raggiunto uno standard consolidato e pertanto viene offerto, dalle principali case costruttrici, in versioni che non si differenziano tra una casa e l'altra se non per prestazioni marginali.

La flessibilità, l'eliminazione di gran parte dei cablaggi (sostituiti dalla più comoda programmazione), l'elevata affidabilità e l'ormai ottimo rapporto costo/prestazioni sono i motivi per cui i PLC rappresentano oggi la soluzione ottimale di molti problemi di automazione a tutti i livelli ed in tutti i settori industriali.

## L' HARDWARE DEL PLC

L' hardware di un controllore programmabile é costituito da tre parti fondamentali:

- **unità centrale**, che organizza tutte le attività del controllore;
- **unità ingressi/uscite (schede I/O)**, che consente il collegamento tra l' unità centrale ed il sistema da controllare;
- **unità di programmazione**, che costituisce l' interfaccia uomo/macchina, ovvero il dispositivo che permette di inserire il programma nella memoria del PLC.

A volte a queste tre unità fondamentali si affiancano altre apparecchiature, dette **periferiche**, che ampliano le prestazioni del controllore e facilitano il dialogo con l' operatore.

Tali periferiche sono:

- **simulatori**, ovvero dispositivi che, emulando ciò che accade sul campo, permettono una rapida messa a punto del programma;
- **stampanti**, che consentono di trascrivere i programmi su un supporto cartaceo facilmente leggibile ed archiviabile;
- **dispositivi di memorizzazione di massa**, che permettono di conservare i programmi sviluppati anche quando non sono installati sul PLC, evitando così di doverli riscrivere quando servono.

Nella figura 5 viene illustrato lo schema a blocchi dell' hardware di un PLC; essa, oltre a dare un quadro riassuntivo di quanto detto circa gli elementi contenuti nell' apparecchio, mette in evidenza il percorso delle informazioni.

### CLASSIFICAZIONI DEI PLC

I controllori programmabili possono essere classificati in base a diversi criteri.

Con riferimento alla quantità di ingressi ed uscite che gestisce un PLC si dice:

- di **gamma** (o taglia) **bassa** quando può controllare un numero massimo di 64 I/O;
- di **gamma media** quando controlla un numero di I/O compreso tra 64 e 512;
- di **gamma alta** quando controlla più di 512 I/O (normalmente 1024 o 2048).

Se occorre gestire un numero di I/O superiore a 2048, oppure intermedio tra due gamme, si ricorre al collegamento di più PLC.

Il modello Sysmac C2000H della Omron, ad esempio, offre la possibilità di collegare 32 PLC, ciascuno dei quali gestisce 2048 I/O; in configurazione massima il numero di I/O indirizzabili é pertanto di 65536.

Quando si parla di gestione di un numero di ingressi/uscite, *si intende sempre complessivamente*; dire 64 I/O significa che il PLC gestisce un massimo di 64 punti, che possono essere o ingressi o uscite, secondo una determinata combinazione come ad esempio 32 I + 32 O oppure 48 I + 16 O ecc..

Da questo punto di vista tutte le case costruttrici producono modelli caratterizzati da un' estrema versatilità, che consente un dimensionamento corretto in qualsiasi situazione.

In base al criterio costruttivo adottato i PLC possono essere:

- **monoblocco** (o compatti),
- **modulari**.

Si dicono **monoblocco** (o compatti) quando vengono offerti in una configurazione rigida che non può essere modificata.

In taluni casi il numero degli I/O può essere aumentato con il collegamento ad un' unità di espansione (anch' essa di tipo rigido) generalmente uguale, sia nella forma che nelle prestazioni, all' unità base.

Nella figura 6 é illustrato un PLC di questo tipo con 32 I/O ripartiti in 20 ingressi e 12 uscite; esso può essere connesso ad un' unità di ampliamento per gestire 40 ingressi e 24 uscite.

I PLC compatti sono generalmente di gamma bassa.

Un PLC si dice **modulare** quando é configurabile dall' utente in base alle esigenze specifiche, assemblando in un rack o su una base varie schede di concezione modulare aventi ciascuna

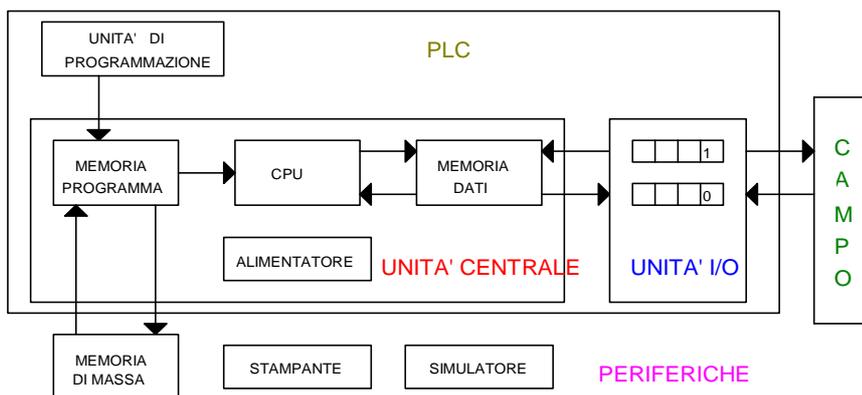


Fig. 5 - Schema a blocchi dell' hardware di un PLC

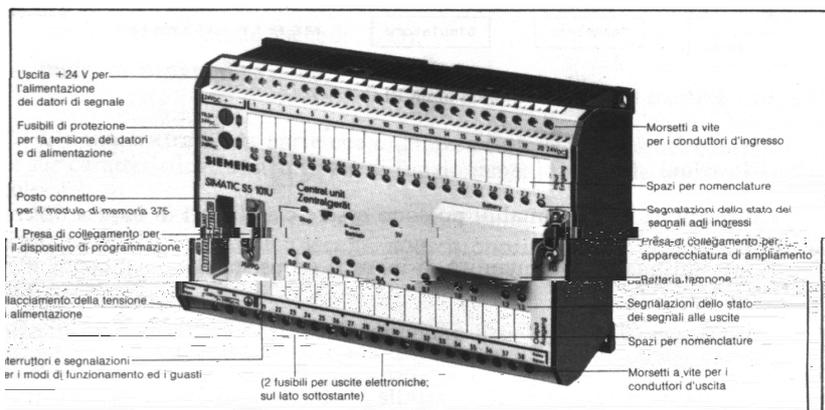


Fig. 6 - PLC monoblocco Siemens Simatic modello 101U

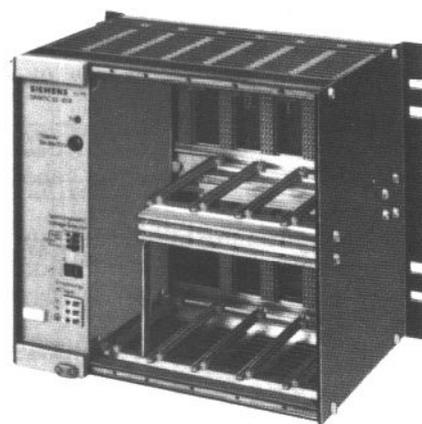


Fig. 7 - Rack per PLC modulare con alimentatore montato

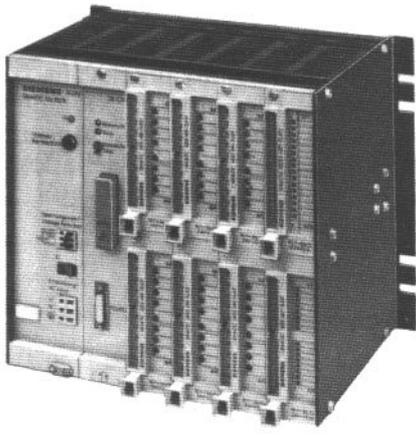


Fig. 8 - PLC modulare della figura 7 in configurazione massima

una determinata funzione.

Nella figura 7 è illustrato il rack di un PLC modulare di taglia media, in cui è inserita la sola apparecchiatura di alimentazione elettrica, mentre otto posti (*slot*) sono disponibili per altrettante unità I/O ed uno è libero per la CPU.

Nella figura 8 è illustrato lo stesso PLC della figura 7 nella sua configurazione massima, ottenuta utilizzando la scheda processore (CPU) visibile accanto all'alimentatore e otto schede I/O.

I PLC di taglia media e alta sono sempre di tipo modulare; in taluni casi sono modulari anche i PLC di gamma bassa.

Dal punto di vista dell'impiego i PLC si possono classificare in:

- *sequenziali*,
- *multifunzione*.

I PLC *sequenziali* possono essere compatti o modulari, di taglia piccola o media; i controllori *multifunzione* sono necessariamente modulari e generalmente di taglia grande.

I primi sono impiegati nella realizzazione degli automatismi che funzionano secondo una logica sequenziale; in pratica questi sono i controllori della prima generazione ovvero quelli nati

per sostituire i quadri elettromeccanici.

Ovviamente, rispetto ai primi gli attuali PLC sequenziali sono molto migliorati e svolgono, oltre a quelle logiche, anche altre funzioni come ad esempio:

- calcoli matematici,
- elaborazione di segnali digitalizzati oltre che On/Off,
- conteggio veloce<sup>2</sup>.

I PLC multifunzione sono impiegati in tutti quei casi in cui, oltre alle funzioni caratteristiche della logica sequenziale, sono richieste alcune delle seguenti prestazioni:

- misura,
- regolazione (PID),
- posizionamento,
- controllo assi,
- dialogo tra PLC e periferiche,
- comunicazione tra PLC.

Queste funzioni, una volta svolte esclusivamente da apposite apparecchiature, sono state via via assegnate a moduli speciali per PLC nell'ottica della cosiddetta *integrazione dei livelli di automazione* della fabbrica.

<sup>2</sup> La funzione di *conteggio veloce* è quella che consente ai PLC di ricevere segnali che hanno un'elevata frequenza come, ad esempio, quelli provenienti dai rilevatori di posizione angolare denominati *encoder* (tipicamente 10 KHz).