

## **PARTE SECONDA**

### *IL PLC* *CONCETTI e STRUTTURA*

In questa seconda parte si analizza la struttura del PLC

## Capitolo Quarto

### *Controllori a logica programmabile*

#### 4.1 Sistemi a logica cablata

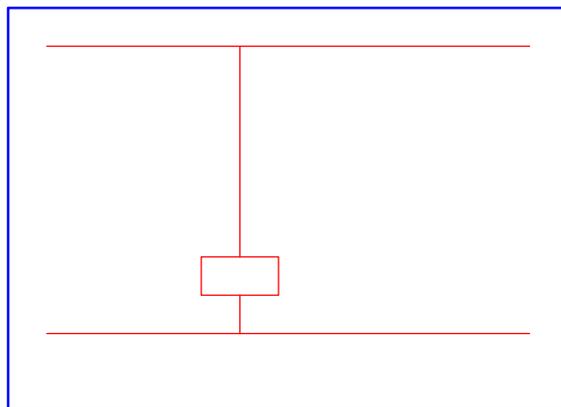
Per realizzare il comando a distanza o tramite automatismo, di un qualunque utilizzatore di potenza, è generalmente necessario realizzare un circuito di comando.

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 avvertirne 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 venga 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, che è rappresentato nello schema (funzionale) in figura 1.



Questo sistema, concettualmente, rappresenta una funzione logica di tipo set-reset, nella quale vi sono segnali entranti (i comandi dell'operatore e il consenso di sicurezza) ed un segnale in uscita (il comando del motore).

La funzione logica viene realizzata tramite dei cablaggi, tipicamente un circuito FELV<sup>1</sup>, che interconnettono la bobina con i pulsanti, i contatti e le spie luminose.

---

<sup>1</sup> Norma CEI 64-8 ed EN60204-1

Con il progredire del mondo industriale, soprattutto nel campo delle macchine automatiche, si è avuto il conseguente aumento nell'utilizzo dei circuiti elettrici di comando, per i quali, come già introdotto nel capitolo 3°, si sono iniziati ad intravedere i limiti.

Le logiche cablate hanno infatti alcuni svantaggi, ed in particolare :

- 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 o temporizzatore 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.

Si era quindi manifestata la necessità di sostituire le logiche cablate con un sistema più efficiente nel funzionamento e più pratico sia nella realizzazione che nella modifica.

## 4.2 Controllori a logica programmata

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)<sup>2</sup>, 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.

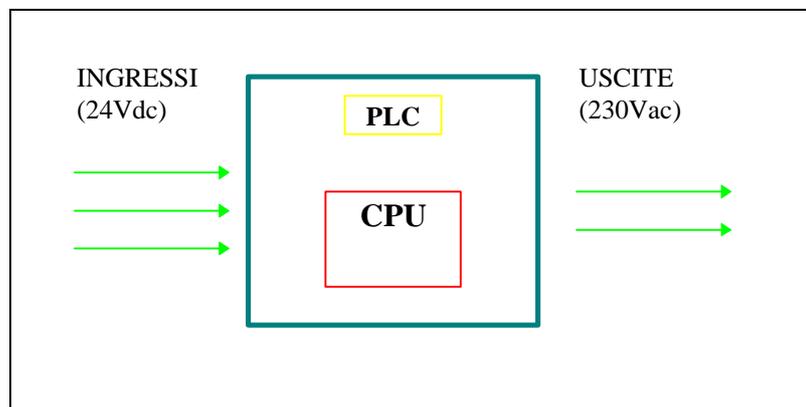


Figura : Schema esemplificativo di un PLC.

Il funzionamento di un PLC è abbastanza semplice :

- In primo luogo le interfacce di "ingresso" (chiamate semplicemente ingressi) acquisiscono lo stato dei segnali provenienti da pulsanti, sensori e contatti;
- In una seconda fase il microprocessore, elaborando il programma sulla base degli ingressi e dei dati interni, produce dei segnali che vengono inviati alle interfacce di uscita (chiamate semplicemente uscite)
- Nella terza fase i segnali di uscita sono trasmessi agli attuatori (motori, elettrovalvole, consensi, ecc.) che mettono in moto la macchina.

Questa elaborazione, o meglio ciclo, dura tipicamente 10 ms (millisecondi) ed è continuamente ripetuta (circa 100 volte al secondo) cosicché da dare l'impressione che tutte le operazioni vengono eseguite istantaneamente senza alcuna interruzione.

Il programma caricato nel PLC deve essere realizzato dall'utente a seconda del funzionamento che deve ottenere nella propria macchina o nel proprio impianto.

Oggi tipicamente per programmare un PLC si utilizzano software su Personal Computer con sistema operativo standardizzato, per il cui utilizzo non sono necessarie particolari cognizioni di informatica.

<sup>2</sup> definizione proprietà della General Electric

### 4.3 I vantaggi del PLC

Utilizzare un PLC per realizzare un impianto di automazione comporta una serie di vantaggi sia per chi lo installa che per chi lo utilizza.

In particolare si evidenzia che :

- 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 (ad es. per un cambio formato), sostituendo il programma;
- alta affidabilità del prodotto : i casi di guasto sono rarissimi se non sconosciuti.

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.

### 4.4 Caratteristiche

I PLC si differenziano tra loro per il numero di segnali digitali che possono gestire fisicamente, ovvero che possono essere connessi, cosicché è consuetudine, per riconoscere la “taglia” di un PLC, indicare quanti segnali di ingresso ed uscita ha a disposizione nei suoi morsetti.

Nel mercato sono reperibili varie taglie di PLC a partire da modelli che gestiscono 10 segnali digitali fino ad arrivare a modelli da oltre 10.000 Ingressi / Uscite.

Per i PLC ogni segnale può essere digitale o analogico, ma la loro collocazione nella memoria è molto diversa : il segnale digitale occupa solamente un bit, mentre il segnale analogico occupa tipicamente una word intera (16 bit).

E' necessario anche precisare che ogni segnale elettrico può essere di

L'offerta che oggi viene proposta dai produttori di PLC nel mercato è molto ampia, ed ognuno nel proprio catalogo ha vari modelli a disposizione che si differenziano per il numero

I vari produttori, nel loro catalogo, propongono infatti più modelli che si differenziano principalmente dal numero di I/O. Il PLC è comunque un dispositivo che per essere davvero una apparecchiatura universale deve essere

Finora abbiamo enunciato quali sono le caratteristiche di base del PLC, o meglio quelle che lo hanno caratterizzato nella sua nascita.

#### **4.5 I progressi della tecnologia**

Finora abbiamo enunciato quali sono le caratteristiche di base del PLC, o meglio quelle che lo hanno caratterizzato nella sua nascita.

Dati i progressi che sono stati compiuti dall'elettronica in questi anni, anche per questo dispositivo si sono fatte sentire numerose innovazioni : processori sempre più potenti, memorie sempre più ampie, nonché l'arrivo di funzionalità di conteggio veloce e manipolazione di segnali analogici, hanno fatto sì che il PLC potesse coprire una gamma di applicazioni veramente universali.

Le nuove generazioni di PLC sono state quindi riprogettate da zero per sfruttare a pieno tutte le caratteristiche enunciate ed altre ancora di cui parleremo nei prossimi capitoli.

#### **4.6 Conclusioni**

Il PLC ha soppiantato ampiamente la vecchia maniera di fare i quadri elettrici di automazione, introducendo il concetto di programma nel controllo di macchine ed impianti.

La "morale" che se ne ricava è che quando un circuito elettrico ha più di 4-5 relè, è già conveniente installare un PLC.

Si può comunque dire che il termine PLC oggi, non ha più nulla a che vedere con i dispositivi nati con questa sigla vent'anni fa, con i quali si possono realizzare delle applicazioni che a quel tempo erano impensabili.

## Capitolo Quinto

### *Caratteristiche Hardware*

#### 5.1 Generalità

Come già introdotto nel capitolo precedente in linea generale, in commercio si possono trovare due tipologie di PLC : i modelli compatti ed i modelli modulari.

Sono due soluzioni nate per diverse fasce di mercato, sia dal punto di vista economico, che dal punto di vista delle potenzialità

Al momento della scelta è importante definire il modello più idoneo all'impianto o macchina per sfruttarne appieno le potenzialità e l'espandibilità

#### 5.1 Tipologie

##### 5.1.1 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 agganciare dei moduli aggiuntivi dotati di ingressi e uscite supplementari.

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

##### 5.1.2 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.

Alcuni costruttori hanno a disposizione rack a taglia fissa, ad esempio a 8 slot, mentre altri ne hanno diverse taglie, ad esempio 5, 8 e 12 slot.

Altri costruttori, con soluzioni di costo intermedio tra i modulari a rack ed i compatti hanno dei moduli componibili che si affiancano componendo il plc.

Per tali tipi è necessario fare attenzione alle possibili combinazioni di rack e di moduli per controllare la massima capacità di i/o.

### 5.1.3 La CPU

L'unità centrale di un PLC è costituita da un microprocessore dedicato specificatamente allo scopo e nel quale l'utilizzatore è libero di inserire qualsiasi tipo di programma.

Il programma normalmente opera in modo da attivare le uscite a seconda dei segnali acquisiti dagli ingressi, e si possono creare infinite tipologie di programmi.

All'atto dell'acquisto sarà necessario scegliere il tipo di CPU (più o meno veloce, potente, ecc..) e la quantità di memoria di cui dotarla : tutto ciò dipende dalla complessità del programma che si dovrà realizzare e dai modelli disponibili sul mercato.

La CPU normalmente è dotata di una porta seriale con la quale :

- in fase di installazione si collega il PC con il software di programmazione
- in fase di funzionamento si può collegare un display o una tastiera per i set-point che deve inserire l'operatore.

Una seconda porta seriale può essere utilizzata per costituire una rete di plc (come si usa fare con i personal computer) utile in impianti dove un plc principale debba controllare altri plc di macchine o impianti secondari.

Negli impianti particolarmente estesi o complessi i plc sono collegati in rete assieme ad uno o più Personal Computer, nei quali viene installato un apposito software di supervisione.

Dato che la CPU è il cuore del funzionamento del plc, per i particolari si rimanda al capitolo due.

L'affidabilità dei PLC è oggi universalmente riconosciuta, soprattutto perchè si hanno ben poche notizie di guasti durante il funzionamento, anche se vengono usati costantemente 24 ore al giorno e spesso anche 365 giorni all'anno.

### 5.1.4 Premessa ai capitoli seguenti

I capitoli seguenti della presente guida, per esigenze didattiche, prenderanno in considerazione soprattutto i plc modulari.

In quest'ultimi plc, infatti, ciascun elemento è racchiuso in un proprio contenitore (modulo) che risulta facilmente individuabile.

I concetti esposti sono comunque validi anche per i plc compatti.

## 5.2 ALIMENTAZIONE del PLC

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 a 24Vcc di circa 200-300 mA da utilizzare per gli ingressi.

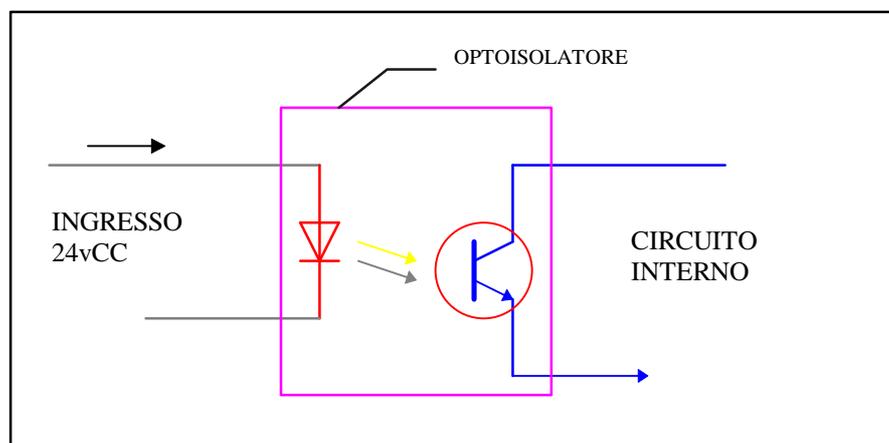
Questo alimentatore è da non confondere con quello necessario per alimentare gli ingressi o le uscite, del quale si parlerà nel capitolo terzo.

## 5.3 GLI INGRESSI 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.

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.

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).



Dato che all'interno del plc, ogni ingresso è dotato di un diodo LED, si deve considerare, per ciascuno di essi, un assorbimento di circa 10 mA.

All'esterno del plc, ogni ingresso ha una lampadina rossa che segnala il suo stato di on/off : è questa che permette già un rapido riscontro sulla presenza di guasti tra le apparecchiature collegate al plc.

Normalmente il positivo è sul campo, mentre il negativo è il comune degli ingressi, quindi "la corrente entra nel PLC".

E' necessario tenere presente conto che gli ingressi digitali non possono acquisire segnali che variano troppo velocemente nel tempo : generalmente un ingresso perchè venga letto dal programma deve permanere almeno 0.5 secondi.

#### **5.4 GLI INGRESSI AD ALTA VELOCITA'**

Servono quando si installano encoder (vedi glossario) 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 conta impulsi.

Consultare sempre i manuali tecnici verificare la compatibilità tra questi dispositivi.

#### **5.5 LE USCITE DIGITALI**

Possono essere costituite da transistor (per circuiti in corrente continua), triac (per circuiti in corrente alternata fino a 250V) ma normalmente si usano relè elettromeccanici con portata variabile tra 1 e 2A .

Per correnti superiori è necessario appoggiarsi a relè o contattori, ma per azionare grossi contattori è necessario un relè intermedio.

Sul manuale del PLC si deve verificare l'esatta portata del contatto del relè che si deve confrontare con la corrente di spunto del contattore o della bobina (il carico non è mai collegato direttamente all'uscita).

Alcuni costruttori hanno l'accortezza di montare i relè delle uscite su zoccolo, in modo da permetterne la sostituzione in caso di guasto (bobina bruciata o contatti incollati), ma ciò ne aumenta il costo e lo spazio occupato.

Particolare attenzione deve essere fatta all'atto dell'acquisto e della progettazione di un quadro dotato di plc : le uscite non sono come dei relè con contatti puliti a scambio, ma vengono raggruppate con un comune (ad esempio a gruppi di 8, ecc.).

Alcuni costruttori anche producono moduli di uscite, ciascuna con contatto pulito.

Le uscite relè possono funzionare a qualunque tensione, ma bisogna tenere presente il comune delle uscite nel caso di alimentazioni diverse.

FIGURA RAPPRESENTANTE UNA USCITA RELE'

## 5.6 I SEGNALI ANALOGICI

Anche per i segnali analogici, come per quelli digitali, i costruttori forniscono moduli di ingressi e/o di uscite.

Per maggiori spiegazioni sui segnali analogici consultare l'appendice E.

### 5.6.1 Ingressi Analogici

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

Per segnali analogici provenienti da termocoppie o da termoresistenze è necessario usare moduli speciali, ma non tutti i costruttori li hanno a catalogo.

In questo caso si deve provvedere ad acquistare la termocoppia o la termoresistenza completa di un convertitore con in uscita un segnale normalizzato 0-10V o 4-20 mA.

### 5.6.2 Uscite Analogiche

Per comandare dispositivi che necessitano di regolazione analogica è invece necessario installare un modulo di uscite analogiche.

In certi casi è utile verificare la praticità di acquistare un modulo misto, ossia dotato di 2 ingressi e 2 uscite analogiche.

### 5.6.3 Problemi di conversione

Il PLC normalmente, per ogni ingresso analogico, assegna 16 bit ma ne destina solo alcuni alla rappresentazione del segnale in ingresso.

Ad esempio un bit viene sicuramente utilizzato per il segno +/-, mentre un secondo bit può servire per indicare eventuali errori o fuori scala.

Questo comporta delle approssimazioni nella conversione da segnale analogico a digitale, ma più bit vengono utilizzati e più elevata è la risoluzione.

Un ingresso analogico con convertitore a 14 bit ha una risoluzione altissima, quindi assicura una buona qualità della conversione.

Un convertitore a 10 bit potrebbe essere appena accettabile, ma dipende molto dalla precisione della misura che si sta facendo.

Ad esempio : è inutile avere un PLC con convertitore A/D eccessivamente più preciso dello strumento di misura che genera il segnale analogico.

## **5.7 I MODULI REMOTI**

Quando l'impianto (o la macchina) è distribuito in una vasta area, può essere conveniente l'installazione di moduli remoti.

A seconda del costruttore esistono vari tipi di moduli : analogici/digitali, ingressi, uscite o addirittura moduli misti.

Normalmente questi moduli richiedono un modulo master o scanner che deve essere installato in uno slot libero del PLC

Il modulo scanner serve per dialogare in modo seriale con i moduli remoti, e solitamente ne può gestire fino a 30.

Ad esempio installando un modulo di 16 ingressi a 100 metri dal PLC si evita di stendere un cavo 19x1.5 e si posa un solo cavo 2x0.75 che permette al modulo remoto di dialogare con il PLC.

Con tali moduli, all'atto dell'installazione, si risparmia :

- spazio nel quadro del PLC
- la posa di un grande numero di cavi
- il cablaggio di numerosi fili con relativa complessità di collegamento, prova e collaudo.
- maggior facilità nell'individuare i guasti.

## 5.8 RETI DI PLC

### 5.8.1 L'interfaccia di rete

Con l'installazione di un modulo di rete, o interfaccia di rete, è possibile interconnettere assieme più plc, e fare in modo che questi si scambino informazioni.

Il modulo di rete normalmente non occupa uno slot nel rack, ma viene affiancato esternamente alla CPU

Il modulo di rete è spesso galvanicamente isolato (optoisolatore), in quanto deve garantire il perfetto funzionamento del plc anche con la presenza di sovratensioni anomale nella rete di interconnessione.

### 5.8.2 Protocolli di comunicazione

Quando si connettono delle apparecchiature in rete è importante definire il protocollo di comunicazione.

Nelle applicazioni d'ufficio dei PC esistono vari tipi di reti e di protocolli; alcuni esempi sono la rete Ethernet e la RS 232.

In ambito industriale il protocollo maggiormente usato è il RS485, che garantisce una buona immunità ai disturbi e può arrivare fino a 1200 metri.

Tale protocollo di comunicazione permette di interconnettere fino a 32 dispositivi ad una velocità di 19200 bps (bit per secondo).

Ogni dispositivo, che nella rete costituisce un nodo, viene poi identificato con un numero da 0 a 31 che deve essere assegnato in fase di configurazione.

Normalmente il nodo 0 è riservato al dispositivo di programmazione, il quale può essere connesso in qualunque punto della rete per programmare uno qualunque dei plc collegati.

Altre reti di più recente ideazione sono PROFIBUS, INTERBUS e CONTROLNET, che superano i 5-10 Mbps.

### 5.8.3 Cavo di rete

Per interconnettere in rete i plc è necessario un apposito cavo, da acquistare ed installare secondo le prescrizioni del costruttore.

Tipicamente si tratta di cavi schermati a 2 o quattro fili ; la schermatura è indispensabile per assicurare una buona immunità alle interferenze esterne.