

# **PLC**

## **Controllori a logica Programmabile**

# **MANUALE**

## **per l'INSTALLAZIONE**

*A cura di Marco Dal Prà*

Versione 3.1 - Gennaio 2008

## **PRESENTAZIONE**

Questo breve manuale è indirizzato agli installatori ed ai quadristi che realizzano sistemi di automazione controllati da PLC.

In particolare contiene indicazioni pratiche per il cablaggio di un PLC in un quadro di automazione nel rispetto della normativa e con un metodo predefinito.

Il testo vuole quindi essere un sussidio *per chi conosce già questi prodotti* ed ha bisogno di crearsi uno standard di lavoro, così come oggi viene sempre più richiesto dalle normative sulla qualità come la serie ISO 9000.

In questo scritto non viene affrontato l'argomento programmazione, in quanto è tema vastissimo, e per il quale ho scritto un manualetto a parte.

Preciso che questo manuale non ha il carattere di ufficialità che potrebbe avere un vero libro : è gratis e liberamente stampabile, quindi spero vogliate perdonarmi eventuali imprecisioni.

Il lettore tenga conto che è stato scritto a tempo perso, ma comunque con lo spirito di essere d'aiuto ad un settore che manca di riferimenti e di scuole dedicate.

Ringrazio tutti coloro che mi hanno scritto per invitarmi ad approfondire l'argomento.

Buona lettura a tutti.

Marco Dal Prà

Dicembre 2007

## CAPITOLO 1.

# VALUTAZIONI PRELIMINARI

### 1.1 Introduzione

Quando si decide di progettare una macchina od un impianto, è indispensabile nelle varie fasi della progettazione siano presenti anche il progettista elettrico ed il softwerista.

Viceversa la loro assenza può comportare scelte sbagliate, o anche sottovalutazioni della parte impiantistica.

Tipicamente poi queste lacune si manifestano in fase di collaudo e possono riservare brutte sorprese, alle quali per rimediare occorre metter mano al portafogli.

Il PLC è un componente elettronico cieco; i suoi occhi sono composti da i sensori, fotocellule e finecorsa : più ne sono installati e più il PLC si rende conto di quello che sta facendo.

Allo stesso modo la mancanza di attuatori, comporta per il PLC l'impossibilità di comandare determinati processi, rendendolo in parte inservibile.

Il committente quindi deve comunicare al programmatore tutte le sue necessità, sia di produzione che di gestione e di esercizio, cosicché questo sia nelle condizioni di operare le giuste scelte per raggiungere lo scopo.

E' bene tenere sempre a mente che un impianto, o meglio una macchina, ben congegnata comporta notevoli vantaggi, quali ad esempio :

- ◇ ottimizzazione del ciclo di funzionamento,
- ◇ rapida possibilità di cambio formato,
- ◇ statistiche sul funzionamento e sulla produzione,
- ◇ veloce individuazione di guasti e/o punti deboli.

## 1.2 Elementi da tenere in considerazione

Dato che per conseguire un buon risultato, è necessario prendere in considerazione molti fattori, se ne evidenzieranno ora alcuni che possono costituire la base per il progetto :

1. Ai fini di ordinare il PLC, individuare bene la giusta quantità di I/O necessari
2. controllare la quantità di I/O da destinare a riserve;
3. A seconda delle esigenze del cliente, di verificare le tensioni di funzionamento;
4. Ai fini della sicurezza, osservare le norme tecniche;
5. Ai fini di costruire il quadro, stabilire potenza di trasformatori ed alimentatori;
6. Al fine di cablare il quadro, numerare tutti i collegamenti con un criterio logico e semplice per le operazioni di ricerca guasti.
7. Al fine di ottimizzare il lavoro degli elettricisti, suddividere gli ingressi e le uscite in gruppi coerenti a seconda delle funzioni che svolgono, o meglio della zona dalla quale provengono.

Tali indicazioni sono naturalmente di carattere generale, in quanto non è possibile dare dei suggerimenti specifici : ogni impianto ha esigenze diverse.

## CAPITOLO 2.

# INDIVIDUAZIONE degli I/O

### 2.1 Introduzione

La prima fase che deve essere intrapresa per progettare un impianto controllato da un PLC è quella di individuare cosa quest'ultimo deve fare.

Questa operazione è molto complessa perché deve individuare tutte le cose che deve fare il PLC, e non il risultato finale.

Da questa analisi si dovrà ricavare :

- il numero di utenze da collegare (corrispondenti alle uscite)
- il numero di segnali di comando necessari (corrispondenti agli ingressi).

Non esistono regole tecniche o norme su questo argomento, ma come già detto, ogni caso deve essere valutato singolarmente.

Ad esempio collegare ogni singolo relè termico di un MCC ad un ingresso del PLC potrebbe sembrare impegnativo sia come cablaggio che come costo, ma il vantaggio potrebbe essere la continuità di servizio : il PLC ricevuto il segnale di guasto di un motore può autonomamente decidere di avviarne uno di riserva, oppure avvisare un utente “poco” esperto dove si trova esattamente il problema.

### 2.2 Calcolo delle Uscite

Questa prima scelta non dipende dal progettista elettrico del macchinario, ma dipende dall'elenco delle utenze da azionare che deve fornire il progettista meccanico o processista.

Come noto, le uscite dei PLC possono essere di tipo ON/OFF, ossia *digitali*, oppure con un segnale elettrico proporzionale, ossia *analogiche*.

<b><i>Esempio di utenze da comandare con uscite digitali</i></b>	<b><i>Esempio di utenze da comandare mediante uscite analogiche</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* motori,</li> <li>* valvole,</li> <li>* serrande,</li> <li>* ventilatori,</li> <li>* riscaldatori</li> <li>* ecc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* inverter per la regolazione della velocità di motori;</li> <li>* posizionatori per il controllo di valvole e sistemi di regolazione</li> <li>* sistemi di controllo di temperatura, pressione, portata, ecc..</li> </ul>

Se invece il PLC costituisce una building-automation, dovrà essere il progettista degli impianti dell'edificio ad indicare cosa è necessario comandare, regolare e controllare; ad esempio :

<b><i>Esempio di uscite digitali</i></b>	<b><i>Esempio di uscite analogiche</i></b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* illuminazione corridoi,</li> <li>* luci di stanze comuni</li> <li>* luci/prese di stanze singole</li> <li>* luci esterne</li> <li>* impianti di riscaldamento</li> <li>* gruppi di condizionamento</li> <li>* pompe di circolazione</li> <li>* ventilatori,</li> <li>* ecc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* regolazione della velocità di motori per la ventilazione;</li> <li>* controllo di valvole del riscaldamento e/o condizionamento;</li> <li>* regolazione della luminosità negli ambienti</li> <li>* ecc..</li> </ul>

Nel caso si utilizzazione delle uscite analogiche, è opportuno fare le dovute considerazioni sul rapporto prezzo/prestazioni, dato il notevole loro costo.

### **2.3 Calcolo degli Ingressi**

Il calcolo di quanti ingressi necessita un PLC per eseguire il controllo di un determinato processo tipicamente è a carico del suo progettista.

Per eseguire questa scelta è necessario fare una analisi molto attenta su macchine e/o impianti; ad esempio si può iniziare rispondendo alle seguenti domande :

rif.	Domande	Possibili risposte
A1	Chi comanderà il processo ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• un operaio generico,</li> <li>• un tecnico, ecc.</li> </ul>
A2	Con quale tipo di strumenti ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una pulsantiera,</li> <li>• un PC, ecc.</li> </ul>
A3	Da dove verrà comandato ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Da un unico punto,</li> <li>• da più pulpiti, ecc.</li> </ul>
B	Ci sono particolari esigenze di continuità di servizio ?	
C1	Il funzionamento che si vuole ottenere deve essere completamente automatico ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sì,</li> <li>• no parziale, ...</li> </ul>
C2	Serve anche il funzionamento manuale ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solo per manutenzione,</li> <li>• solo per operazioni di carico/scarico,</li> <li>• solo per l'avviamento giornaliero, ...</li> </ul>
D	Il processo seguito dal PLC dipende anche da altre macchine ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sì, ma solo in parte</li> <li>• no, è autonomo, ...</li> </ul>

Dopo aver risposto alle domande precedenti, sulla base delle indicazioni fornite dal committente e dagli altri progettisti (meccanico, di processo, ecc.), analizzate il seguente decalogo :

Verifiche e Domande	Possibili risposte
verificate se sono presenti consensi da funzioni di sicurezza (pulsanti di emergenza, sbarramenti, ecc.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• è necessario acquisirle singolarmente,</li> <li>• oppure complessivamente in un'unica serie ?</li> </ul>
Se l'impianto ha relè termici, verificate come acquisire i contatti	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E' più comodo acquisirli singolarmente,</li> <li>• o più economico collegarli in serie ad un unico ingresso di "scatto termico"</li> </ul>
Per garantire un funzionamento corretto il PLC deve controllare la presenza di tutte le tensioni di comando ?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tramite relè appositi,</li> <li>• tramite contatti sui magnetotermici</li> <li>• controllando relè già previsti per altre funzioni (ad esempio di emergenza)</li> </ul>

<b>Segue Verifiche e Domande</b>	<b>Possibili risposte</b>
Esaminate che tipo di comandi sono necessari per il funzionamento in automatico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulsanti Start / Stop Ciclo Automatico;</li> <li>• Selettore di ciclo</li> <li>• Selettore di prodotto</li> <li>• Esclusori per determinati processi</li> </ul>
Verificate che tipo di comandi sono necessari per il funzionamento manuale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un pulsante per ogni utenza,</li> <li>• Una coppia Start/stop per ogni utenza,</li> <li>• Un pulsante con un preselezionatore per comandare una utenza alla volta.</li> </ul>
Se il PLC controlla organi in movimento sono necessari dei finecorsa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ogni movimento necessita di almeno due finecorsa;</li> <li>• verificare ogni parte meccanica con il progettista per verificare quanti finecorsa sono necessari, e di che tipo sono;</li> </ul>
Se il PLC controlla movimenti di precisione, vengono generalmente installati encoder	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ogni encoder necessita di un particolare ingresso ad esso dedicato</li> <li>• controllate se la velocità degli impulsi trasmessi dall'encoder è compatibile con il PLC.</li> </ul>
Verificate la necessità di acquisire segnali analogici quali temperature, pressioni, portate, ecc..	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperature</li> <li>• Pressioni</li> <li>• Portate, ecc..</li> </ul>
Nelle building automation verificare se è necessario acquisire la posizione di interruttori magnetotermici e/o differenziali	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tramite contatti di posizione (il PLC scova anche manovre non autorizzate);</li> <li>• tramite contatti che segnalano lo sgancio per guasto (il PLC controlla i guasti ma non le manovre)</li> <li>• tramite relè di presenza tensione, da usarsi nei casi in cui il PLC controlla circuiti di sicurezza</li> </ul>
Se l'impianto è particolarmente "delicato" prevedete il controllo del valore della tensione e delle correnti assorbite.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nel PLC dovete installare ingressi analogici in numero sufficiente (occorre però un convertitore 0-220V / 4-20mA, oppure 0-5A / 4-20mA)</li> </ul>
Controllate se l'impianto ha circuiti vitali o comunque che necessitano continuità di servizio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fate installare interruttori motorizzati con manovra di apertura a lancio di corrente;</li> <li>• prevedete contattori con la possibilità di comando manuale, oppure Normalmente Chiusi</li> </ul>

A questo punto dovrete aver individuato quanti segnali di ingresso e di uscita necessita il vostro plc, e potete passare alla scelta di quante acquistarne in più da destinare come riserve.

Ai fini pratici si dovranno anche tenere conto di come usare i contatti interni ai componenti; ad esempio :

- Per i pulsanti “Marcia” si utilizza il contatto Normalmente Aperto
- Per i pulsanti “Arresto” si utilizza il contatto Normalmente Chiuso
- Per i fincorsa di arresto si utilizza il contatto Normalmente Chiuso

## 2.4 Prevedere alcune Riserve

La modalità di scelta di quanti Ingressi ed Uscite destinare a riserve sul PLC dipende dall'applicazione; si profilano essenzialmente due casi : macchine di serie e prototipi.

### 2.4.a PLC su macchine di serie

Per gli impianti o le macchine costruite in serie, la riserva di ingressi e uscite può essere anche inferiore al 10% : quanto basta al cliente finale per aggiungere qualche personalizzazione o interfaccia con altri impianti.

Talvolta si limitano appositamente gli I/O di riserva stravolgere il programma che si è già ampiamente collaudato.

### 2.4.b PLC su Prototipi

Per i prototipi o impianti comunque privi di precedenti esperienze è preferibile mantenere almeno un 30 % di riserve negli ingressi ed uscite.

Queste riserve dovrebbero essere in sufficiente numero per eventuali ampliamenti e modifiche in fase di prove e collaudi.

Ne quadri che ospitano i PLC deve anche essere mantenuto spazio per l'aggiunta di altri moduli o altri rack di espansione.

## CAPITOLO 3.

# CABLAGGI e NUMERAZIONE

### 3.1 Assegnazione degli I/O

Dato che il PLC è suddiviso in moduli, il criterio più semplice di organizzare i collegamenti è quello di assegnare gli I/O di ciascun a modulo “per tipologia”, ossia con segnali dedicati ad un gruppo di funzioni ben determinate, oppure “per zona”, con segnali provenienti da determinate zone dell'impianto o macchina.

### 3.2 Assegnazione degli Ingressi

Per gli ingressi si propone qui uno schema di organizzazione di un PLC modulare che può essere utilizzato come esempio per il controllo di una macchina :

<i>Modulo</i>	<i>Descrizione</i>
1	per i comandi dall'operatore (pulsanti, selettori, ecc.),
2	per acquisire lo stato dei relè termici, e di anomalie elettriche,
3	per i segnali provenienti da una prima area della macchina,
4	per i segnali provenienti da una seconda area
5	per i segnali analogici in ingresso
6	per segnali provenienti da encoder
7	per i segnali provenienti dall'impianto a monte,
8	Riserva

Come si vede questa organizzazione soddisfa sia il criterio “per funzione” sia quello “per provenienza”.

Ad esempio il Modulo 1 acquisisce segnali aventi un'unica funzione (comandi dell'operatore) che un'unica provenienza (il pulpito di comando).

### 3.3 Assegnazione delle Uscite

Per le uscite è utile citare due sistemi di assegnazione:

- a. a seconda del collegamento con l'organo elettrico : tutti i relè, tutti contattori, le elettrovalvole, ecc..
- b. a seconda dell'area dell'impianto o della macchina, nella quale tali uscite operano.

La suddivisione A può essere la più semplice per il cablaggio, ed è adatta ad automazioni contenute in una singola macchina.

Per impianti è preferibile la soluzione B, per dare maggiore affidabilità all'automazione : in questo modo se si guasta un modulo di uscita non è compromesso l'intero ciclo produttivo, ma solo una zona dell'impianto.

### 3.3 Numerazione

Per quanto riguarda la numerazione dei conduttori (dei circuiti ausiliari), sul tema ci sono varie "scuole di pensiero", cosicché è bene fare una riflessione attenta.

Le metodologie che si trovano nei quadri elettrici sono :

- Sistema "tedesco" : nessun numero.
- Sistema semplice : si numerano i fili dal numero 1 in avanti;
- Sistema "CAD" : si numerano i fili seguendo il numero della pagina dello schema.
- Sistema "PLC" : si numerano i fili seguendo l'indirizzo degli I/O del PLC.

Per quanto riguarda l'ultimo metodo, dato che il PLC modulare ha un sistema che numera ciascun morsetto dei moduli in esso inseriti, perché non utilizzare lo stesso metodo ?

In questo modo sia le assegnazioni fatte dal programmatore che i conduttori risultano avere lo stesso identico numero.

Per realizzare questa numerazione a ciascun conduttore viene assegnato un numero formato da 4 cifre (talvolta due coppie separate da un punto, talvolta completamente uniti), che si traduce in questo modo :

1. un primo numero del sistema di numerazione, composto da due cifre, identifica il numero del modulo al quale il conduttore è collegato;
2. un secondo numero di due cifre identifica il morsetto del modulo.

Il sistema di individuazione degli Ingressi e delle Uscite dei PLC, varia a seconda del costruttore. Qui sotto sono riportati tre diversi modi di “indirizzamento” di un preciso punto di I/O, e cioè il morsetto 7 del modulo installato nello slot 3 :

	Esempio	Descrizione
A	<b>0307</b>	da un unico numero di quattro cifre
B	<b>03:07</b>	da due coppie di numeri separati da due punti
C	<b>3.7</b>	da due cifre separate da un punto

Come si vede il sistema può essere utilizzato per numerare anche i conduttori, visto che gli indirizzi dei PLC sono comunque singoli ed univoci e non si rischiano promiscuità.

### 3.4 Ottimizzazione dei Cablaggi

In fase di progettazione del quadro contenete il PLC e del relativo impianto, è raccomandabile effettuare una rigorosa progettazione anche dei cablaggi con dispositivi esterni al quadro.

In generale è utile verificare che tipi di cavi vengono usati, con particolare riguardo alla formazione : se da una parte dell'impianto vengono trasportati 6 segnali e si usa un cavo 7x1 mm<sup>2</sup>, questo non permette ulteriori espansioni (il filo 7 infatti è usato per il comune, solitamente il positivo); meglio allora prevedere già un cavo di taglia superiore.

Negli schemi queste indicazioni vanno riportate, soprattutto per non far commettere errori a chi poi dovrà cablare il quadro o l'impianto.

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

Per i cavi di lunghezze rilevanti risulta appropriato usare cavi schermati; tale precauzione risulta spesso indispensabile se si connettono sensori di prossimità o capacitivi e contemporaneamente nell'impianto vi sono motori con regolazione elettronica (inverter).

## CAPITOLO 4.

# SICUREZZA ELETTRICA

### 4.1 Criteri generali

Il primo concetto fondamentale in tema di PLC, è che non devono essere utilizzati per funzioni di sicurezza; per tali applicazioni esistono PLC speciali.

Per macchine la cui analisi dei rischi richiede dispositivi di sicurezza quali il pulsante di emergenza, è necessario progettare circuiti in logica cablata svincolati dal PLC.

Il PLC potrà eventualmente essere utilizzato per :

- acquisire il comando di avvenuta emergenza, e diseccitare le proprie uscite,
- segnalare all'operatore quale dispositivo di sicurezza ha causato l'arresto,
- segnalare la possibilità di riavviare l'automatismo al ripristino dell'emergenza,

### 4.2 Tensioni di alimentazione

Normalmente il PLC è inserito in un quadro elettrico nel quale sono presenti circuiti elettrici a tensioni differenti; generalmente le tensioni più usate sono :

Tipo di circuito	Tensione	Frequenza
Circuiti di Potenza	<b>400 V</b>	<b>50Hz</b>
Circuiti di comando	<b>24 V o 110 V</b>	<b>50Hz</b>
Segnali di ingresso al PLC	<b>24 V</b>	<b>cc</b>

Tutto ciò necessita l'osservanza di determinati criteri di sicurezza per i quali si fa tipicamente riferimento alla EN 60204-1 (CEI 44-5)

Può comunque essere osservata anche la CEI 64-8 (IEC 364).

Il fatto di avere tensioni diverse all'interno dello stesso quadro comporta la necessità di prendere opportune precauzioni sia per la sicurezza degli operatori che per quella delle apparecchiature.

Le precauzioni da prendere, per la sicurezza degli operatori, in ordine di importanza, sono :

1. adottare circuiti di comando di tipo FELV o con grado di sicurezza superiore;
2. utilizzare conduttori di colori diversi
3. numerare correttamente i conduttori con criteri logici (potenza, comandi, ecc.);

Per i particolari sugli obblighi normativi si rimanda alle norme specifiche sopra citate.

### **4.3 Trasformatori ed Alimentatori**

Per l'alimentazione dei circuiti ausiliari e del PLC, qualunque sia la tensione di funzionamento, è sempre preferibile un trasformatore di separazione con primario alimentato a 400V (o comunque alla tensione tra le fasi).

Questo sia perché per la norma EN 60204-1 il neutro è sconsigliato (e quindi non è utilizzabile la tensione stellata - tipicamente 230V), sia per limitare l'influenza di sovratensioni dannose che si manifestano con maggiore frequenza tra le fasi ed il neutro (sovratensione di modo comune), e non tra le fasi.

### **4.4 Alimentazione degli INGRESSI**

Generalmente gli ingressi dei PLC – sia analogici che digitali - funzionano a 24 Vcc.

Per dimensionare la potenza dell'alimentatore si dovranno considerare i seguenti consumi :

- circa 10-15 mA per ogni ingresso digitale,
- circa 20 mA per ogni ingresso analogico.

Negli altri casi si dovrà prevedere un alimentatore stabilizzato 24Vcc con amperaggio adeguato all'assorbimento degli ingressi.

Data la buona immunità ai disturbi raggiunta oggi dai moduli di ingresso dei PLC, può essere sufficiente un raddrizzatore semplice (ponte di graetz con condensatore).

Si tenga conto che molti micro-PLC di tipo compatto sono oggi dotati di alimentatore incorporato 230/24V, il quale fornisce solitamente i 200-300 mA sufficienti per il funzionamento degli ingressi.

#### 4.5 Alimentazione delle USCITE

Le uscite del PLC tipicamente comandano i relè ausiliari del quadro elettrico.

Tensioni standardizzate per gli ausiliari sono, in ca : 24V, 110V, e talvolta anche 230V.

<b>Tipo</b>	<b>Tensione</b>	<b>Possibili Applicazioni</b>
ca	<b>220 V</b>	Quadri di modeste dimensioni con contattori modulari (DIN)
ca	<b>24 V</b>	Tipici quadri di automazione industriale
ca	<b>110 V</b>	Grossi quadri di automazione, indispensabile quando la tensione ausiliaria circola su cavi di lunghezza considerevole e/o quando ci sono da eccitare contattori di grosse dimensioni.
cc	<b>24 V</b>	Impianti di piccole dimensioni alimentati da batterie
cc	<b>48 V</b>	Impianti di medie dimensioni alimentati da batterie

Per le uscite ed i circuiti di comando si possono usare circuiti FELV alimentati da trasformatori di tipo normale (non di sicurezza).

Per quadri di piccole dimensioni, e per evitare l'installazione di un trasformatore, si possono usare anche bobine a 230V.

Per dimensionare il trasformatore di alimentazione delle uscite, si deve fare riferimento alla potenza assorbita dai relè e dai contattori, considerando anche lo spunto dei contattori più grossi.

Sono reperibili anche fogli di calcolo (ad esempio in Excel) per il dimensionamento del trasformatore di alimentazione degli ausiliari; vedere in internet i siti/Forum che parlano di PLC.

## 4.5 Compatibilità Elettromagnetica

### *NOTA*

Il tema della compatibilità elettromagnetica è molto vasto che richiede una trattazione specifica, così in seguito si sono affrontati solo i disturbi che si presentano agli ingressi.

Per una trattazione specifica della EMC fare riferimento, ad esempio, alla guida della Telemecanique “Compatibilità elettromagnetica EMC – Manuale Didattico”.

I segnali di ingresso del PLC potrebbero subire l'influenza di disturbi elettromagnetici esterni, così sono consigliabili alcune precauzioni.

I disturbi che possono influenzare gli ingressi, sia analogici che digitali, sono quelli dovuti a dispositivi ad elevata frequenza (ad esempio inverter che regolano la velocità di un motore elettrico), oppure forni a induzione, o ancora spunti di avviamento di motori asincroni.

Nella stragrande maggioranza dei casi gli ingressi digitali non sono influenzati dai disturbi, ma vi sono casi noti che manifestano problematiche di funzionamento :

- Segnali collegati a strumenti/dispositivi situati a notevole distanza (maggiore di 100 metri);
- Segnali provenienti da Sensori di prossimità Induttivi o Capacitivi, e contemporanea presenza di inverter trifasi.

Tipicamente tutti questi problemi si risolvono utilizzando cavi di tipo schermato per i segnali digitali ed analogici; si raccomanda di mettere a terra lo schermo messo SOLO nel quadro elettrico dove si trova il PLC (lo schermo è isolato nel lato campo, talvolta detto “appeso”).

## Bibliografia

<b>Libri - Automazione</b>		
Enrico Grassani	L'equipaggiamento elettrico delle macchine	Editoriale Delfino
Enrico Grassani	La Direttiva Macchine (DPR 459/96)	Editoriale Delfino
	La Direttiva Macchine - Problemi e Soluzioni	Edizioni TNE - Torino
Carlo Torresan	Controllo dei processi chimici e termici	1999 - Editoriale Delfino
<b>Libri - Elettrotecnica &amp; Normative</b>		
Vito Carrescia	Fondamenti di Sicurezza Elettrica	Edizioni TNE - Torino
Francesco Dal Mas	Manuale di Disegno Elettrotecnico	Edizione CEI - Milano
	Volume "Norma CEI 64-8"	Edizione CEI - Milano
	Norma CEI 44-5 / EN 60204-1	CEI - Milano
<b>Siti Internet</b>		
	<a href="http://www.plcforum.it">www.plcforum.it</a>	
	<a href="http://www.electroportal.it">www.electroportal.it</a>	
<b>Testi in lingua Inglese</b>		
W. Bolton	Programmable Logic Controllers	Newnes
Clements-Jeffcoat	The PLC Workbook	Prentice Hall
Alan J Crispin	Programmable Logic Controllers 2.ed.	McGraw - Hill

## **COPYRIGHT - Proprietà del Documento**

Questo documento è stato redatto da Marco Dal Prà, perito industriale iscritto all'albo di Venezia.

### ***Cosa si può fare***

Il documento può essere liberamente utilizzato e distribuito per scopi didattici sia da parte di studenti che di docenti di scuole pubbliche di ogni grado, e di corsi di specializzazione pubblici.

Può essere liberamente stampato per uso personale da chiunque sia interessato ad approfondire l'argomento in proprio.

### ***Cosa non si può fare***

Il documento non può essere replicato, su altri siti internet, mailing list, pubblicazioni cartacee (riviste) e cd-rom, ciò indipendentemente dalle finalità di lucro.

E' proibito utilizzarlo a scopo di lucro, come ad esempio da parte di società private che a qualsiasi titolo tengano corsi di aggiornamento e/o di specializzazione.

Per tali finalità è possibile prendere accordi che dovranno essere formulati in forma scritta da entrambe le parti.

### ***Esclusione di Responsabilità***

I contenuti del presente documento sono utilizzabili così come sono.

Nonostante i controlli fatti prima di renderlo di pubblico dominio nel sito internet, non è possibile assicurare che il documento sia esente da errori e/o omissioni.

Nessuna responsabilità può essere attribuita all'autore del documento per l'utilizzo dello stesso.

### ***Note***

I marchi citati nel presente documento sono di proprietà dei relativi produttori.

### ***Aggiornamenti***

Il presente documento può essere aggiornato dall'autore a sua discrezione e senza alcun preavviso.

Ad esempio l'autore può decidere di effettuare un aggiornamento sulla base di libere segnalazioni fatte dai lettori, all'indirizzo [dalpra.marco@gmail.com](mailto:dalpra.marco@gmail.com), oppure nel forum del sito [www.electroportal.net](http://www.electroportal.net).

In ogni caso, ciò non avviene a cadenza periodica.

Per verificare la presenza di una versione più aggiornata consultare il sito [www.marcodalpra.it](http://www.marcodalpra.it).