

LABORATORI TECNOLOGICI ED ESERCITAZIONI
Prof. Franco Acciarri

Studente GIORDANO SALVI – 5° APAI

GENERALITÀ SUI PLC

Il termine PLC è l'acronimo dell'inglese Programmable Logic Controller (**Controllore logico Programmabile**). Il termine "**logico**" è un po' riduttivo delle potenzialità del PLC perchè mette in evidenza solo una parte delle prestazioni che questo può fornire: i PLC , oltre alle funzioni strettamente logiche (AND,OR,NOT etc.) sono in grado di eseguire conteggi, temporizzazioni, comparazioni, calcoli numerici, ed altre operazioni di manipolazioni di dati in formato bit, byte, word (come ad esempio operazioni di SHIFT, TEST su BIT, ed altre). I più evoluti tra essi oramai possono essere paragonati a dei veri e propri Personal Computer, per cui si potrebbe anche chiamarli IPC (Personal Computer Industriali). Una definizione abbastanza adeguata di PLC è la seguente:

"Un PLC è un dispositivo o sistema digitale elettronico che utilizza una memoria programmabile per memorizzare informazioni o istruzioni, atte a realizzare specifiche funzioni, finalizzate al controllo di sistemi combinatori e sequenziali per la gestione di macchine e processi, quali: operazioni logico-aritmetiche, temporizzazioni, conteggi, comparazioni, codifiche, decodifiche".

In altre parole, un PLC può essere definito come uno **speciale elaboratore, di tipo industriale**, (Avente cioè caratteristiche ben precise che gli consentono di lavorare con assoluta affidabilità in un ambiente difficile e gravoso, come può esserlo un ambiente industriale, per la presenza notevole di disturbi elettrici, vibrazioni, ampie variazioni di temperatura ed umidità, polveri etc.) **concepito per risolvere problemi di controllo ed automazione** e che si differenzia dal PC soprattutto per quanto riguarda il linguaggio di programmazione (che non deve essere particolarmente complesso, per far sì che possa essere utilizzato da tecnici che non hanno conoscenze orientate all'elettronica ed all'informatica) e l'interfacciamento con i dispositivi esterni.

CAMPO DI UTILIZZO DEI PLC

La necessità dell'industria di produrre a "**qualità costante**" e sempre più elevata, di rendere flessibile la capacità produttiva e migliorare la produttività per poter essere competitiva nelle attuali condizioni di mercato, spinge verso un'automazione che interessa tutti i livelli del processo produttivo. Si va cioè verso la "**fabbrica automatica**" ed il PLC sta assumendo in quest'ultima il ruolo di componente fondamentale. Non esiste ormai settore di produzione, trasformazione o controllo in cui non si trovano o non siano possibili applicazioni del controllore a logica programmabile.

I PLC delle ultime generazioni non hanno più soltanto le caratteristiche originali di semplici "**sequenziatori**" , ma stanno assumendo quelle di "**calcolatori di processo**" **con compiti di controllo e supervisione del**

processo produttivo visto che è possibile dotarli della possibilità di comunicare con altri PLC e PC ed inoltre presentano delle interfacce utente sempre più sofisticate.

VANTAGGI DELL'USO DEL PLC

Il PLC presenta una serie di vantaggi, rispetto alla logica cablata realizzata con componenti elettromeccanici e pneumatici, che lo rendono sicuramente e fortemente competitivo; i più importanti di questi vantaggi sono :

- **maggiore economicità** sia nella fase di realizzazione del sistema di comando sia nella fase di gestione dello stesso, in particolare riguardo ad eventuali ampliamenti e/o modifiche.
- **ampliamenti** al sistema di comando possono essere fatti semplicemente "aggiungendo" i componenti e limitandosi al loro collegamento fisico senza dover modificare quello delle altre apparecchiature.
- **modifiche** al ciclo di automazione possono essere apportate semplicemente intervenendo sul "*programma*" e lasciando inalterati i collegamenti fisici.

Questo tempo può essere ragionevolmente ridotto al minimo in quanto è possibile "**testare**" e mettere a punto il programma eseguendo delle prove "**al banco**" su uno stesso PLC dotato di opportuni **simulatori**.

- **apparecchiature standard**

Il PLC si può intendere come una apparecchiatura "**General Purpose**" (è l'utente che decide per quale applicazione specifica verrà utilizzato) e con "**possibilità di Ampliamento**".

- **recupero e reimpiego** dello stesso PLC qualora non fosse più necessaria l'applicazione a cui era stato inizialmente destinato.
- **assenza di parti in movimento** e quindi ridotta usura e manutenzione e lunga vita dei componenti:

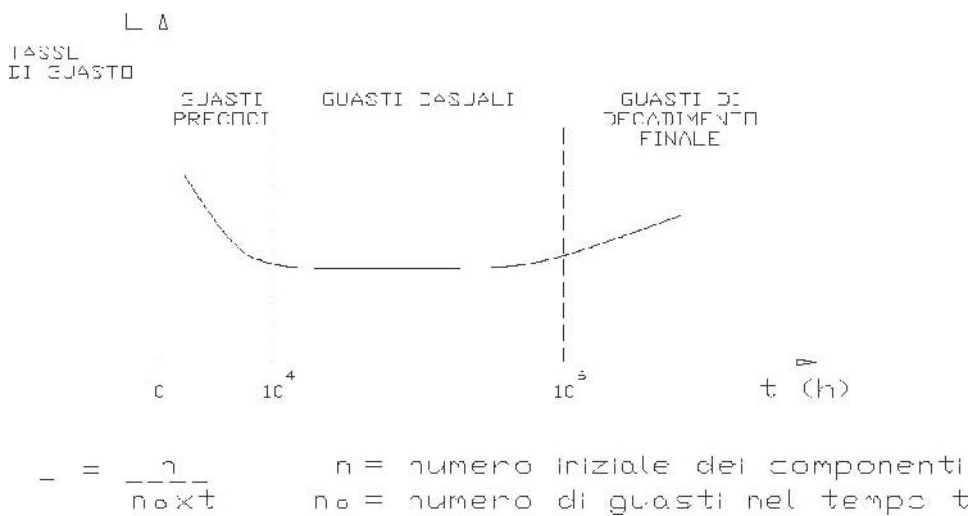


Figura 1

Il grafico presenta l'andamento del tasso di guasto (mortalità) dei sistemi elettronici.

- **ingombro ridotto**
- **minimo consumo**
- **maggior sicurezza** poiché nella maggior parte dei casi si hanno tensioni di max 30 V e di conseguenza impossibilità di incidenti folgoranti.
- possibilità di produrre facilmente la **stampa dei programmi**
- possibilità di **autodiagnosi dei guasti**
- possibilità di **inserimento in reti di controllo centralizzate.**

CONTROLLO DI UN PROCESSO CON PLC

Per poter controllare una macchina od un processo (a volte identificati con il termine **CAMPO**), il PLC deve acquisire lo stato istante per istante ed in base alle istruzioni scritte nella propria memoria, determinare se

devono o meno essere apportate delle modifiche allo stato attuale delle uscite. Per acquisire lo stato attuale del processo vengono collegati agli "ingressi" del PLC tutte quelle apparecchiature che possono fungere da "sensori" del sistema ("datori di segnali") quali ad es. : pulsanti, finecorsa, fotocellule, interruttori, contatti ausiliari di relè, telerruttori, relè termici, ecc. Per "attuare" quanto è stato determinato dall'elaborazione del **programma**, alle uscite del PLC sono collegate tutte quelle apparecchiature atte a realizzare quanto necessario per l'esecuzione del processo (**attuatori**), che possono essere, a seconda di come viene realizzato l'automatismo, di tipo pneumatico, oleodinamico od elettromeccanico od anche misto, come ad es. : relè, telerruttori, elettrovalvole, lampade di segnalazione, suonerie, cilindri pneumatici od oleodinamici, valvole elettropneumatiche etc.

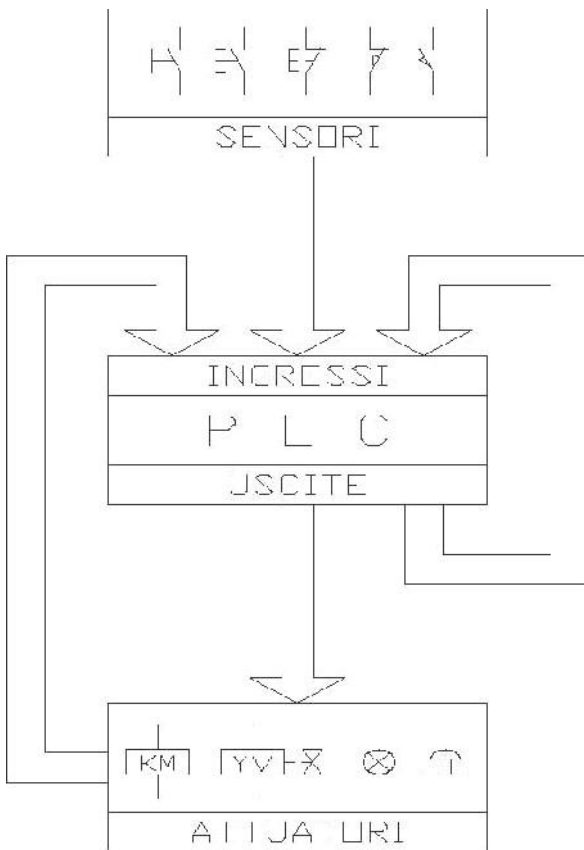


Figura 2 Interazione fra PLC e Campo

ARCHITETTURA DI UN SISTEMA A PLC

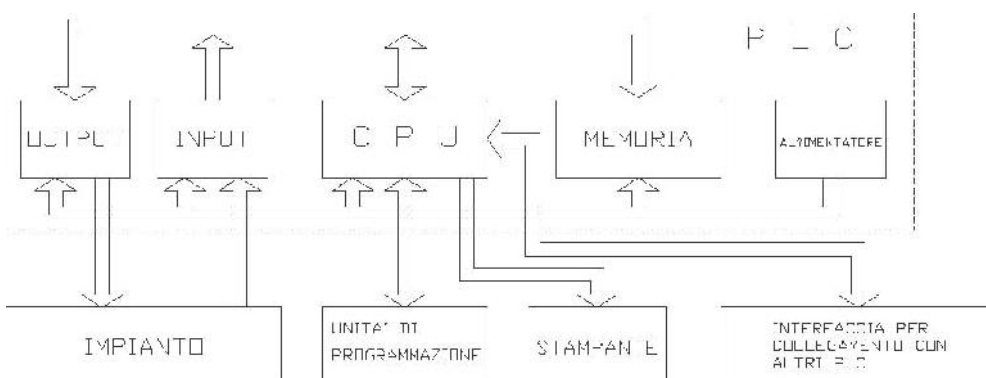


Figura 3 Schema a blocchi di un PLC

Come si è visto, il compito principale di un PLC è quello di acquisire informazioni e dati provenienti dal sistema controllato, elaborarli in base ad un programma [che quindi non è altro che una serie di istruzioni tramite cui viene definito come si dovrà comportare la macchina (processo) al verificarsi di eventi o situazioni ben definite] ed emettere, verso il sistema controllato, il risultato di tale elaborazione che costituisce ciò che va fatto in quel momento da parte degli organi preposti all'esecuzione del processo. Per far ciò il PLC è dotato, oltre che di moduli d'ingresso e di uscita (**I/O**), di un'unità centrale di elaborazione (**CPU**), che costituisce il cuore del sistema e sovrintende a tutte le operazioni necessarie al funzionamento del sistema, di **MEMORIA** per memorizzare il cosiddetto sistema operativo del PLC, il programma utente ed i risultati intermedi dell'elaborazione, di un **ALIMENTATORE** per alimentare tutte le varie parti costituenti il PLC ed infine di un **SISTEMA BUS** per permettere i collegamenti fra le varie parti che compongono il sistema. Oltre a ciò, il PLC deve poter comunicare con il mondo esterno ed è quindi dotato della possibilità di collegarsi con delle periferiche per permettere il dialogo uomo-macchina, per comunicare con altri PLC, per permettere l'utilizzo di memorie di massa e per fornire documentazione cartacea.

L'ALIMENTATORE

La CPU necessita di alimentazione ad una tensione continua e stabilizzata di pochi volt (solitamente 5). Altri circuiti richiedono una tensione di 12 o 24 V sempre in corrente continua. L'unità centrale di un PLC è equipaggiata pertanto con un alimentatore in cui sono raggruppati tutti i dispositivi necessari per fornire tale alimentazione quali :

- **TRASFORMATORI;**
- **RADDRIZZATORI (Convertitori C.A./C.C.)**
- **STABILIZZATORI.**

Si può considerare parte dell'alimentatore anche il dispositivo che commuta sulla batteria tampone, in assenza di alimentazione dalla rete, per salvare il contenuto della RAM.

-LA CPU

La **CPU** (Central Processing Unit o Unità Centrale) è la parte più importante del PLC di cui costituisce "l'intelligenza". Essa è l'unità di governo del sistema ed il suo elemento centrale è un componente integrato denominato **Microprocessore**.

Il microprocessore racchiude in sé tutte le funzioni di calcolo e controllo del processore centrale di un normale calcolatore. La sua caratteristica più importante è la programmabilità che ha consentito il grande passo in avanti dalla logica cablata alla logica programmabile. Attualmente i microprocessori utilizzati come CPU dei controllori programmabili sono molto vari in quanto non esiste una qualsiasi forma di standardizzazione. Ogni costruttore impiega il microprocessore che ritiene più adatto alle prestazioni che vuole fornire al suo sistema. Si hanno PLC con li-

velli di potenza diversificati, partendo da quelli che utilizzano microprocessori ad 8 bit (8080 , Z80), a quelli ad 8/16 bit (8086 , 8088), fino ai più moderni e potenti che utilizzano microprocessori a 16/32 bit (68000 , 68020 , 80286, 80386).

IL SISTEMA BUS

Il sistema bus è un insieme di collegamenti interni per la trasmissione e lo scambio di segnali, tensione d'alimentazione e potenziali di massa. Lo scambio di segnali tra il microprocessore e le schede d'ingresso e d'uscita avviene quindi tramite il sistema bus.

Il bus è suddiviso in più gruppi di segnali:

- **bus degli indirizzi**, tramite il quale si può accedere agli indirizzi delle singole schede;
- **bus dati**, tramite il quale i dati possono essere letti dalle schede d'ingresso o trasferiti alle schede d'uscita;
- **bus di comando**, tramite il quale vengono gestiti i segnali di comando e controllo dello svolgimento delle funzioni all'interno del controllore.

LA MEMORIA

Il PLC ha bisogno di memoria sia per il proprio sistema operativo sia per la memorizzazione del programma utente sia per l'elaborazione dei dati intermedi durante l'esecuzione del programma.

Di solito il costruttore utilizza, per la memorizzazione del sistema operativo, una memoria di tipo **ROM** (Read Only Memory), che ha appunto le caratteristiche di essere non volatile e di non poter essere modificata visto che è una memoria di sola lettura. Il programma utente , al contrario, deve poter essere modificato in quanto la sua stesura è demandata all'utente che lo adatterà alle sue esigenze iniziali e, qualora fosse necessario, lo modificherà in seguito a nuove esigenze. Lo stesso si può dire riguardo la memoria necessaria per la memorizzazione dei risultati intermedi in quanto sulla stessa il PLC effettuerà continuamente operazioni di lettura e scrittura. Quindi, sia per il programma utente che per la memorizzazione dei risultati intermedi, il costruttore fornisce il PLC di una memoria di tipo **RAM** (Random Access Memory) che può essere letta e riscritta. La dimensione della RAM utente è uno dei parametri che caratterizza maggiormente un PLC in quanto da essa dipende la lunghezza del programma che può essere gestito dal PLC. Per PLC di piccola taglia, attualmente, si hanno memorie utente che hanno dimensione da tre a quattro Kbyte, a cui corrisponde la capacità di memorizzare programmi di circa mille istruzioni. Ovviamente in PLC di taglia superiore la dimensione della RAM va-

ria proporzionalmente con la complessità del set di istruzioni del linguaggio di programmazione proprio del PLC e con le dimensioni, prevedibilmente superiori, dei programmi necessari per gestire automatismi complessi.

ASPETTO FUNZIONALE DELLE MEMORIE DEL PLC

In base al loro impiego, le memorie in un PLC si possono distinguere in :

- **memoria di sistema,**
- **memoria di programma**
- **memoria dati.**

1. LA MEMORIA DI SISTEMA :

Come già detto, la memoria di sistema serve a conservare tutte quelle particolari istruzioni che servono per la gestione ed il controllo del funzionamento della CPU e che pertanto costituiscono un vero e proprio SISTEMA OPERATIVO del PLC.

Dato che il suo contenuto è di primaria importanza per il controllore, vengono utilizzate delle memorie di tipo ROM, per evitare la sua involontaria cancellazione. Nulla vieta comunque che sia PROM o EPROM, purchè non accessibile all'utente.

2. LA MEMORIA DI PROGRAMMA :

È la memoria destinata a contenere le istruzioni che costituiscono il programma eseguibile dal PLC. Per svolgere tale funzione essa deve essere accessibile all'utente (a cui è demandata la stesura del programma stesso) e viene quindi realizzata con memorie di tipo RAM.

3. LA MEMORIA DATI :

È anche detta **MEMORIA DI LAVORO** e prevede due sezioni distinte: i **FLAG** ed i **REGISTRI**

– I **FLAG** (o **MERKER**)

Si tratta di una certa quantità di memoria in formato **WORD** o **DOUBLE WORD** che può essere indirizzata anche in formato **BYTE** od a singoli **BIT** e che può essere utilizzata dall'utente per memorizzare risultati intermedi durante l'elaborazione del programma. Tali risultati possono essere successivamente utilizzati in altre parti del programma.

I singoli BIT di queste memorie possono essere "**SETTATI**" (cioè posti al valore logico 1) o "**RESETTATI**" (cioè posti al valore logico 0).

– I REGISTRI

Si tratta di memoria di tipo RAM che viene utilizzata per svolgere determinate funzioni durante l'esecuzione del programma. Solitamente si ha almeno un registro di **LAVORO** in cui vengono memorizzati i risultati delle singole operazioni di tipo logico-aritmetico che vengono svolte dalla CPU istruzione dopo istruzione, un registro **AUSILIARIO** che interviene solo in particolari situazioni, un registro di **STACK** che serve per la memorizzazione di risultati intermedi quando il registro di lavoro deve essere utilizzato per altre elaborazioni ed infine un registro di **STATO**.

LA SEZIONE DI INPUT/OUTPUT DI UN PLC

La sezione di I/O di un PLC riveste particolare importanza per quanto concerne la valutazione delle prestazioni dello stesso, è usuale accennare innanzitutto alla quantità di punti di ingresso e di uscita quando si parla delle caratteristiche di un PLC.

Questo comunque non è l'unico parametro di riferimento per la scelta di un PLC, infatti bisognerà tenere conto di altre caratteristiche come ad es. la velocità di esecuzione di un ciclo di programma, la possibilità di eseguire calcoli, la dimensione della RAM utente, ecc.

Non esistono quindi dei parametri di riferimento assoluti per valutare la scelta di un PLC rispetto ad un altro, ma ciò dovrà essere fatto di volta in volta in funzione ovviamente del rapporto prestazioni / prezzo in riferimento alle specifiche dell'impianto da gestire.

UNITA' DI INGRESSO

Le informazioni provenienti dal processo controllato possono essere semplicemente definite come "segnali in ingresso". Questi segnali sono ovviamente di tipo elettrico e dovranno essere trattati in modo che siano riconoscibili dalla CPU. Il compito delle schede d'ingresso (come poi, in senso inverso, faranno anche le schede d'uscita) è quello di consentire il dialogo tra il PLC ed il gruppo di potenza, o, per essere più precisi, per permettere al PLC di acquisire i comandi e lo stato degli attuatori del suddetto gruppo. Tali segnali possono essere sia segnali di tipo binario, caratterizzati dalla possibilità di assumere due soli valori ("1 logico" e "0 logico"), a prescindere dalla natura iniziale del segnale, che potrebbe essere anche di tipo analogico o comunque un segnale instabile nel tempo, ma lo si vuole trattare come segnale "**digitale binario**", caratterizzato quindi da due soli stati possibili: assenza di tensione o presenza di tensione. I segnali possono essere anche di tipo analogico, quindi variabili nel tempo dentro un prefissato intervallo di valori, in questo caso devono preventiva-

mente essere trattati da appositi convertitori A/D prima di essere elaborati dalla CPU.

SCHEDE D'INGRESSO DIGITALI.

Nel caso di segnali da trattare come segnali di tipo ON/OFF le schede d'ingresso devono essere in grado di "capire" quando il segnale in ingresso è da considerare ON e quando è da considerare OFF, quando si tratta di un disturbo ed inoltre di isolare galvanicamente la CPU dall'esterno in modo che eventuali sbalzi di tensione o sovraccarichi od addirittura corto circuiti non danneggino la stessa. Uno dei compiti svolti dalle schede d'ingresso è quello di adattare il livello e le caratteristiche del segnale. Infatti, mentre la tensione di funzionamento interna del PLC è una tensione bassa (di solito 5 V), i segnali possono presentarsi con livelli di tensione diversi (24, 48, 110, 220 V). La prima operazione svolta dalle schede di ingresso consiste nella messa in forma o squadratura del segnale. Per determinare con certezza se il segnale è ON oppure OFF, di solito le schede d'ingresso sono costruite in modo che il segnale esterno viene riconosciuto tale entro un intervallo di valori prefissato. Ad es. si consideri un segnale a 24 V come in fig. 4

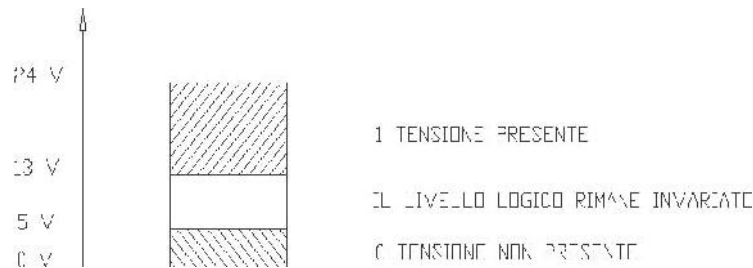


Figura 4 Esempio di fasce di livello per riconoscere le variazioni dello stato di un ingresso

Per evitare di acquisire false informazioni dovute a disturbi indotti dal mondo esterno si effettua un filtraggio delle informazioni parassite, viene cioè valutato non solo il livello logico del segnale, ma anche la sua durata. Tanto maggiore è questo ritardo tanto più grande risulta l'immunità ai disturbi.

SCHEDE D'INGRESSO ANALOGICHE

Esistono in commercio dei sensori analogici (termocoppie, resolver, ecc.) che forniscono, in relazione al livello di un liquido in un serbatoio, alla temperatura di un forno, alla pressione in una tubazione etc., un segnale variabile con continuità entro due limiti. I valori di questi segnali sono standardizzati; valori tipici sono :

$\pm 50 \text{ mV}$, $\pm 1 \text{ V}$, $\pm 5 \text{ V}$, $\pm 10 \text{ V}$, $0..10 \text{ V}$, $0..20 \text{ mA}$, $\pm 20 \text{ mA}$, $+4..20 \text{ mA}$.

Per rendere possibile l'elaborazione da parte del PLC del valore del segnale in ingresso, qualunque esso sia, bisogna convertire il segnale analogico variabile in un segnale digitale comprensibile alla CPU.

SCHEDE D'USCITA DIGITALI

I moduli o schede d'uscita rappresentano sostanzialmente la interfaccia tra l'elaborazione del programma attuata dalla CPU del PLC e gli attuatori che costituiscono il sistema di comando verso l'impianto controllato. Per quanto concerne il numero di uscite presenti su ogni scheda di uscita valgono le stesse considerazioni fatte per le schede di ingresso. Si definisce "**tempo di emissione dell'uscita**" l'intervallo di tempo che intercorre tra l'istante cui appare un'immagine d'uscita nella memoria del PLC e quello in cui viene raggiunta la soglia di tensione a cui corrisponde l'effettiva attivazione dell'uscita. Per le uscite a relè questo tempo dipende principalmente dal tempo di salita dei relè, che varia da due a più decine di millisecondi, mentre per le uscite statiche (a transistor) tale tempo è decisamente più breve. Le tensioni più frequentemente utilizzate sono 24 o 48 V, si possono comunque avere tensioni diverse.

La corrente che ogni singola uscita è in grado di erogare va da 100 mA a 2 A.

SCHEDE D'USCITA ANALOGICHE

Le schede di uscita analogiche svolgono, in senso inverso, le stesse funzioni delle schede di ingresso analogiche. Operano cioè una conversione digitale-analogica (D/A) dei valori, elaborati dal PLC così come definito da programma, che devono essere trasmessi all'attuatore collegato alla scheda, il quale è costruito per ricevere un segnale analogico in tensione od in corrente. Vale tutto quanto già detto a proposito delle schede d'ingresso analogiche.

PERIFERICHE

Il controllore programmabile per poter dialogare con il mondo esterno (per essere programmato, per i controlli diagnostici, per la stampa dei programmi su carta, per l'emissione di segnali d'allarme, per la messa a punto del programma ed altre funzioni) necessita di particolari apparecchiature denominate unità periferiche, quali ad es. :

- **consolle di programmazione;**
- **memorie di massa;**
- **simulatori;**
- **programmatori di EPROM.**

I DISPOSITIVI DI PROGRAMMAZIONE

Il PLC trasmette segnali alle schede d'uscita in funzione dei valori acquisiti dalle schede d'ingresso ed elaborati secondo le istruzioni contenute nel programma utente che è allocato in memoria. È quindi indispensabile un'interfaccia che permetta il dialogo tra l'operatore e la macchina in modo da rendere possibile la immissione del programma elaborato dal programmatore ed una serie di altre funzioni più o meno sofisticate.

Le funzioni fondamentali che un dispositivo di programmazione deve garantire sono :

- **scrittura** del programma nella memoria del PLC;
- **lettura** del programma già residente in memoria;
- **modifica** del programma;
- **ricerca** di istruzioni del programma;
- **compilazione** del programma.

Tra le funzioni superiori dei dispositivi di programmazione rientra ad es. il :

Funzionamento **ON-LINE** ed **OFF-LINE**

I piccoli modelli possono operare solo **ON-LINE**, cioè collegati al PLC.

La capacità di operare **OFF-LINE**, propria delle unità più evolute, consente al programmatore di scrivere e testare i programmi " **al banco** ", in condizioni sicuramente migliori di quelle che si avrebbero sull'impianto ed inoltre in tempi che non dipendono dallo stato di realizzazione dell'impianto, nel caso di un impianto nuovo o

comunque, in caso di modifiche da apportare ad un impianto già in funzione, l'attività di messa a punto del programma non comporta la fermata dell'impianto

MODULI DI COLLEGAMENTO PER PERSONAL COMPUTER

Per mezzo di opportune interfacce è possibile collegare il PLC a calcolatori con i quali potrà scambiare informazioni. Con un collegamento in rete si possono svolgere per mezzo di un calcolatore funzioni come :

- controllo della produzione;
- raccolta e gestione di dati relativi al processo;
- rilevamento degli eventuali guasti;
- supervisione e controllo dei processi produttivi mediante sinottici dell'impianto visualizzati su monitor;
- forzatura degli ingressi e delle uscite;
- controllo e modifica a distanza e del programma e di alcuni parametri come valori di conteggi e temporizzazioni.

FUNZIONAMENTO BASE DEI PLC

Il PLC, così come i computer, è in grado di elaborare solamente informazioni espresse dai due livelli logici 1 e 0. Di conseguenza tutte le informazioni fornite ad un PLC, siano dati od istruzioni, devono essere espresse tramite combinazioni di questi due stati o livelli logici. Spesso il livello logico 1 viene indicato con la lettera H (dall'inglese HIGH cioè livello ALTO) ed il livello logico 0 con la lettera L (dall'inglese LOW, cioè livello BASSO). La rappresentazione di dati ed istruzioni in termini di 0 ed 1 logici prende il nome di rappresentazione binaria

-TEMPO DI ESECUZIONE DELLE ISTRUZIONI

Per tempo di esecuzione di un'istruzione si intende il tempo che intercorre tra l'istante in cui l'istruzione stessa viene letta dalla memoria, sfruttando l'indirizzo che in quel momento è contenuto nel contatore di programma (Program Counter), e l'istante in cui, dopo che la stessa è stata decodificata ed eseguita, la CPU inizia la fase di lettura dell'istruzione successiva. Tali durate sono molto varie fra di loro, ad es. la lettura di un ingresso può essere eseguita anche in un solo microsecondo, mentre caricare un contatore può richiedere anche 600 microsec. A seconda dei modelli, per una stessa marca di PLC, ed ancora di più per PLC di marca diversa, la stessa istruzione può richiedere tempi molto diversi per essere eseguita. A volte addirittura in un dato PLC viene eseguita in un tempo fino a mille volte superiore a quello necessario in altro PLC.

-TEMPO DI CICLO (O DI SCANSIONE)

Per TEMPO DI CICLO si intende il tempo necessario per eseguire tutte le istruzioni che costituiscono il programma.

-TEMPO DI REAZIONE

Supponendo che un ingresso venga esaminato una sola volta per ciclo, per TEMPO DI REAZIONE del PLC si intende la somma del tempo di ritardo nell'acquisizione della variazione e la durata del ciclo. Il tempo di reazione è variabile in quanto dipende dal momento in cui si verifica la variazione dell'ingresso.

IL CONCETTO DI CICLO NEI PLC

Una caratteristica fondamentale dei PLC è il funzionamento sequenziale della CPU. Le istruzioni che costituiscono il programma vengono eseguite una alla volta, una dopo l'altra tranne ovviamente i casi in cui si incontrano delle istruzioni di salto che impongono una variazione a questa sequenza. Alla fine del programma, svolte alcune operazioni di sistema, si ricomincia dalla prima istruzione.

TIPI DI CICLI

In relazione ai cicli ed alla gestione dell'input-output i PLC si differenziano sostanzialmente nel fatto che i valori degli ingressi e delle uscite vengono letti e scritti (aggiornati) direttamente od indirettamente tramite una memoria. Nel caso in cui l'accesso è diretto, si ha un modo di funzionamento che si avvicina molto al concetto di risposta del sistema agli eventi in tempo reale (prendere in considerazione i fenomeni nel momento stesso in cui avvengono ed agire subito di conseguenza). Nel caso di utilizzo di una memoria intermedia, l'acquisizione dello stato degli ingressi viene fatta contemporaneamente in un certo istante (ad es. prima di eseguire il ciclo) e questo valore viene mantenuto invariato in memoria per tutta la durata del ciclo anche se nel frattempo alcuni o tutti gli ingressi hanno modificato il loro stato. Per cui, sinteticamente, le fasi di acquisizione dati, elaborazione ed emissione dei risultati vengono svolte con la seguente sequenza temporale:

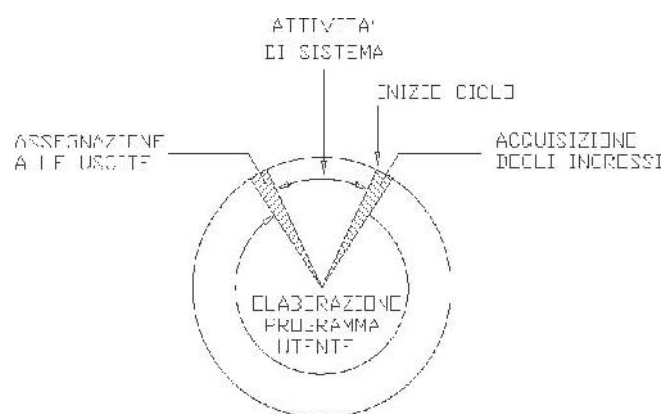


Figura 9 Sequenza temporale di esecuzione delle varie fasi del ciclo di un PLC

I costruttori di PLC hanno impostato modalità diverse di attuazione dei cicli in riferimento ai due momenti fondamentali di "acquisizione degli ingressi" ed "aggiornamento delle uscite". I tipi di ciclo che si trovano più comunemente sono i seguenti:

- CICLO SINCRONO IN INGRESSO ED IN USCITA

È il ciclo tipico in cui si fa uso dei registri di "immagine degli ingressi" e di "immagine delle uscite". Il PLC legge

tutti gli ingressi contemporaneamente all'inizio del ciclo e crea in memoria (ovvero nel registro a ciò dedicato) una immagine del processo relativa all'istante in cui è stato acquisito il valore di ogni singolo ingresso. Tale immagine rimane invariata per tutta la durata del ciclo anche se, durante l'esecuzione dello stesso, alcuni ingressi dovessero modificare il loro stato. Le varie fasi eseguite da un PLC, funzionante con questo tipo di ciclo, sono descritte in figura 10:

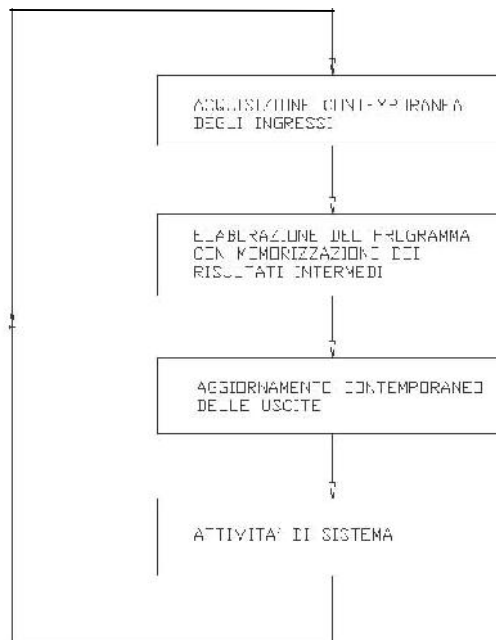


Figura 10 Fasi di un ciclo SINCRONO IN INGRESSO ED IN USCITA.

CONSIDERAZIONI SUI TIPI DI CICLO

Il primo tipo di ciclo che abbiamo visto è tipico dei PLC di basso livello. Il secondo è scarsamente diffuso. Il terzo è adottato in PLC di buon livello. Comunque sia questa è soltanto una schematizzazione dei tipi di ciclo dei PLC, in commercio si possono trovare soluzioni le più diverse.

I LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE DEI PLC

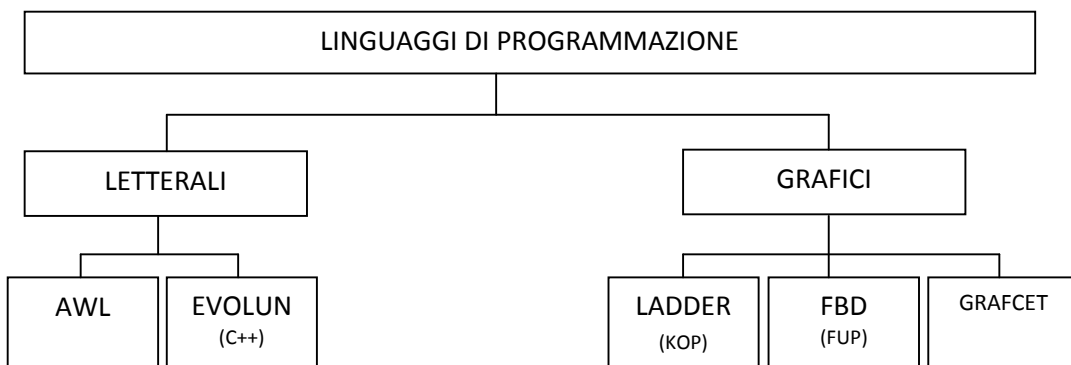
Programmare un PLC significa molto semplicemente trasferire in esso una sequenza di istruzioni (programma) in un linguaggio di programmazione opportunamente codificato, e di solito proprio del PLC che si sta utilizzando, tramite delle periferiche dedicate a questo scopo (unità di programmazione). Il compito del PLC, come si è già visto, sarà quello di determinare lo stato delle uscite, ad esso collegate, in funzione dello stato degli ingressi, secondo le relazioni stabilite dal programma che il PLC esegue. IL PLC può essere programmato a svolgere una certa sequenza di operazioni, più o meno complessa, sulla base dell'insieme delle funzioni elementari da esso eseguibili (operazioni logiche, conteggi, comparazioni, temporizzazioni, etc), in altre parole sulla base del SET di istruzioni di cui è dotato. Tramite questo set di istruzioni, appartenenti ad un determinato linguaggio di programmazione, l'utente imposta la soluzione del problema sotto forma di programma, cioè di una lista di istruzioni appartenenti al set base del linguaggio.

È del tutto ovvio, a questo punto, capire che disponendo di linguaggi di programmazione con un set base di istruzioni diverso, la soluzione dello stesso problema dipenderà dalle possibilità offerte dai diversi linguaggi.

Una volta che si sono acquisite le tecniche fondamentali di programmazione, non è comunque pensabile di passare da un linguaggio di programmazione di un PLC ad un'altro in maniera immediata ed automatica. Sarà sempre necessario avere una buona conoscenza del linguaggio di programmazione e quindi delle possibilità che questo offre, per poter sfruttare appieno le potenzialità del PLC stesso.

Molti PLC ancora oggi posseggono un solo specifico linguaggio di programmazione. Ciò è del tutto comprensibile ed accettabile se si pensa ad un PLC appartenente alla cosiddetta fascia bassa, di prestazioni limitate, in grado di gestire un numero limitato di punti di I/O. Con il crescere della potenza del PLC, l'unicità del linguaggio di programmazione diventa un limite non più accettabile. Visto che il PLC deve operare in un contesto di automazione industriale, la sua capacità di espressione funzionale deve essere omogenea con le esigenze di automazione industriale. Basti pensare che i più elementari problemi da risolvere nell'ambito dell'automazione industriale sono del tipo : "**se il tal contatto è chiuso e contemporaneamente quell'altro contatto è aperto, allora attiva la tal uscita**".

I linguaggi attualmente in uso si possono considerare appartenenti a due categorie ben precise, cioè quella dei linguaggi grafici e quella dei linguaggi letterali. La differenza fra questi due tipi consiste essenzialmente nella modalità di rappresentazione visiva delle combinazioni logiche che costituiscono le varie sequenze in cui è suddiviso un programma : in quelli grafici si fa uso di simboli grafici mentre in quelli letterali si fa uso di codici letterali mnemonici cui è attribuita una determinata funzione.



Per linguaggio ad alto livello si intendono quelli dei calcolatori, che potrebbero essere usati anche dai PLC. Nell'ambito della scuola tedesca, la primogenitura spetta alla Siemens che ha sviluppato un suo linguaggio di programmazione denominato STEP-5 che prevede tre forme di rappresentazione di un programma :

- **KOP:** Il classico linguaggio a contatti, il ladder diagram degli americani;
- **FUP (o FBD):** Definito anche come schema logico o schema funzionale o functional blocks;
- **AWL:** Definito anche come lista d'istruzioni, si potrebbe chiamarlo anche linguaggio simbolico, in quanto fa uso di particolari simboli, parzialmente mnemonici, per descrivere le istruzioni e quindi le funzioni desiderate.

La notazione tedesca per indicare i tre tipi di linguaggi fondamentali in uso per i PLC si va diffondendo sempre di più, grazie anche ad altri costruttori,

come la **Klöckner-Moeller**, che hanno apportato innovazioni significative nei loro prodotti. Vediamo alcuni dettagli di questi linguaggi:

-**LADDER (o KOP, SIEMENS)**

	OPERANDO PROGRAMMATO NON NEGATO
	OPERANDO PROGRAMMATO NEGATO
	APERTURA DI UN RAMO IN PARALLELO
	CHIUSURA DI UN RAMO IN PARALLELO
	USCITA INTERNA OD ESTERNA

Figura 13 simboli grafici del linguaggio a contatti.

Appartiene alla categoria dei linguaggi grafici perchè si presenta in maniera simile ad uno schema elettrico funzionale, con delle semplici modifiche rispetto a quest'ultimo:

- le linee che rappresentano l'alimentazione vengono disegnate verticalmente invece che orizzontalmente;
- i simboli dei contatti NA, dei contatti NC e delle bobine vengono semplificati come si vede in fig.13 (in realtà c'è da considerare che il significato attribuito a questi simboli è quello di rappresentare se in una determinata istruzione, l'operando che interviene è stato programmato negato o non negato e **ciò può comportare confusione perchè non viene tenuto conto se il contatto del sensore collegato a quel determinato ingresso è un NA od un NC.**)
- In questo tipo di linguaggio, per rappresentare lo stato dell'operando, viene valutato il livello logico della funzione e non il livello fisico del sensore collegato all'operando che è interessato (ad es. un ingresso in cui c'è presenza di tensione o assenza di tensione).

Tra l'altro è da ricordare che l'operando di un'istruzione può essere una memoria o un'uscita.

- il flusso di potenza va da sinistra verso destra ;
- il flusso logico va dall'alto verso il basso ;
- ogni circuito è disegnato in posizione orizzontale invece che verticale.

ORGANIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE SOFTWARE PER PLC

SEQUENZA PER LA PROGRAMMAZIONE

La prima fase per la programmazione di un PLC che deve gestire un qualunque impianto di automazione industriale od applicazioni diverse, è quella dell'ANALISI FUNZIONALE del problema da risolvere. In questa prima fase non interessa quello che sarà il contenuto del programma, il quale deve essere visto come una scatola nera di cui interessa sapere ciò che vi entra, le elaborazioni che deve effettuare e ciò che ne dovrà uscire.

In pratica bisogna definire:

- Qual è il **punto di partenza**, cioè quanti, quali e di che tipo sono i segnali in ingresso, con quali caratteristiche, con quale durata e con quale significato;
- **L'esatta definizione e descrizione del funzionamento dell'impianto** anche nei minimi particolari, perchè in base a ciò si dovrà definire le elaborazioni che il PLC (ovvero il programma che deve essere scritto) dovrà svolgere.

- **Qual'è' il punto di arrivo** vale a dire i segnali che dovranno essere forniti al processo : come, quando, in che forma, con quale durata.
- A queste fasi segue quella della definizione della " **Lista di Occupazione degli I/O** " ; questa lista è importante per il programmatore perchè gli permette di sapere in quale determinato ingresso è collegato il tal sensore ed in quale uscita è collegato il talaltro attuatore.

Il modo di come si descrive il funzionamento dell'impianto può essere diverso a seconda di come ognuno è abituato a lavorare, cioè si può ricorrere ad es. ad uno o più diagrammi di flusso, se il processo è costituito da più fasi di lavorazione, e quindi fare una descrizione di massima sulla relazione che esiste tra ogni fase e poi delle descrizioni dettagliate di ogni fase.

Oppure si può fare una pura descrizione discorsiva sequenziale del funzionamento dell'impianto precisando dettagliatamente tutte le prescrizioni che devono essere rispettate e le varie modalità di comportamento richieste in situazioni particolari.

In altri termini, bisogna dire cosa si deve fare, non come lo si vuole o lo si deve fare.

Subito dopo la lista di occupazione degli I/O si può eventualmente fare anche una lista di assegnazione delle variabili interne (memorie a disposizione dell'utente) che si intende utilizzare per scopi particolari o comunque definibili già prima di iniziare la stesura del programma, come per es. quali memorie si utilizzeranno per memorizzare dei valori di conteggio, quali per memorizzare situazioni particolari del processo ecc.

Solo dopo tutto questo lavoro di preparazione è possibile iniziare la stesura del programma che verrà fatta tenendo conto soprattutto di quanto è scritto nella descrizione del funzionamento dell'impianto in relazione alla successione temporale delle varie fasi.

Dopo avere scritto il programma si può analizzare le possibilità di ottimizzarlo e minimizzarlo per renderlo il più efficiente possibile.

E' importante inserire dei commenti e delle osservazioni che rendano il programma più chiaro e leggibile.

TEST E SIMULAZIONE

Dopo che il programma è stato sviluppato, bisogna passare alla fase di correzione e messa a punto dello stesso. Ciò può essere fatto trasferendo il programma nella memoria del PLC ed eseguendolo simulando l'azionamento dei sensori tramite un opportuno simulatore.

La simulazione permette di analizzare il comportamento del PLC di fronte alle varie situazioni che si possono presentare nella realtà e verificare quindi se il programma è rispondente con quanto si vuole fare.

Dopodichè si può passare alla fase successiva che è quella della documentazione dei programmi.

COMPLETEZZA DELLA DOCUMENTAZIONE

La documentazione non si può limitare alla semplice stampa del programma nel linguaggio di programmazione utilizzato, ma deve avere a corredo tutta una serie di documenti che, in fase di modifica del programma, mettano chi deve eseguire queste modifiche, nelle condizioni di poter operare senza incertezze ed in maniera rapida e veloce.

Perché ciò sia possibile, la documentazione deve prevedere, in linea di massima, almeno le seguenti parti:

- Descrizione di massima dell'impianto;
- Lista di occupazione degli I/O;
- Lista delle memorie interne, dei temporizzatori, dei contatori, ecc., che sono stati utilizzati nel programma;
- Il listato completo del programma;
- La *cross reference* degli operandi e delle funzioni utilizzate;

Descrizione di massima dell'impianto :

E' necessario quantomeno redigere uno schema completo dei collegamenti completandolo con una descrizione del funzionamento dell'impianto.

Lista di occupazione I/O :

Da questa lista deve essere possibile ricavare tutte le informazioni che riguardano i sensori e gli attuatori collegati al PLC ed anche informazioni riguardo le unità di funzione (memorie, contatori, registri, ecc.) utilizzati all'interno del programma

INSTALLAZIONE DELL'HARDWARE

Si ricorda che per l'installazione di un PLC, bisogna attenersi alle norme CEI 44-5 (1985) fasc. 729: "Equipaggiamenti elettrici di macchine industriali. Parte 1: norme generali".

E' necessario considerare diversi aspetti, come la corretta installazione, la protezione contro i disturbi di natura elettrica, ed infine le caratteristiche ambientali, allo scopo di garantire un corretto funzionamento, la sicurezza del personale e dell'impianto stesso. E' sempre importante leggere il manuale d'installazione fornito con il PLC, in quanto vi possono essere delle prescrizioni particolari che tengono conto delle caratteristiche tipiche del controllore che si sta installando. I controllori programmabili devono essere protetti dalle sovratensioni che possono generarsi sia negli ingressi che nelle uscite. Le unità d'ingresso sono munite al loro interno di accoppiatori ottici (optoisolatori) , i quali evitano che una sovratensione possa danneggiare i circuiti interni del PLC. Per quanto riguarda le uscite, se queste non sono già protette dai cortocircuiti, bisogna prevedere l'installazio-

ne di fusibili extrarapidi sulle stesse. Inoltre è da considerare sempre qual'è la potenza elettrica massima che una unità di uscita è in grado di comandare, sommando le potenze dei singoli carichi (relè, contattori, ecc.) ed individuando nel ciclo della macchina qual'è il numero massimo di uscite che si trovano ad essere attivate contemporaneamente. Se il valore di potenza così ottenuto supera quello massimo ammissibile dal PLC occorrerà prevedere l'utilizzo di contattori o relè di potenza per amplificare la potenza massima erogabile dal PLC. Bisogna sempre predisporre un dispositivo d'emergenza per togliere tensione ai carichi d'uscita in caso di necessità ed un dispositivo per togliere tensione alle macchine non in funzione, per interventi sulle stesse, tramite dei sezionatori a relè.

MISURE PER LA PROTEZIONE DAI DISTURBI ELETTRICI

Per garantire la protezione dai disturbi elettrici, che non agiscono sull'hardware ma sul software e possono determinare mal funzionamenti del controllore, è opportuno fissare il PLC su di una piastra metallica collegata a terra. Per quanto riguarda il cablaggio dei conduttori, deve essere realizzato separando i conduttori di alimentazione del controllore e del circuito di potenza dai conduttori dei segnali di I/O, prevedendo la loro sistemazione in canaline separate oppure, se ciò non è possibile, schermando singolarmente i cavi in corrente alternata. La stessa cosa va fatta per i conduttori di collegamento dei segnali analogici rispetto ai segnali digitali: se sono alloggiati nella stessa canalina, si dovranno schermare i cavi di collegamento dei segnali analogici. Bisogna procurarsi un unico punto di riferimento di massa per il collegamento al morsetto di massa sul PLC. Occorre anche separare il cablaggio per corrente alternata da quello per corrente continua ed evitare di collocare i conduttori vicino a disturbi elettrici particolarmente forti. Vanno rispettate la sezione e la lunghezza massima dei conduttori che è indicata nei manuali del controllore. Se nell'armadio in cui è alloggiato il PLC vi sono dei contattori o dei relè con bobine comandate da contatti elettromeccanici, si può rendere necessaria l'installazione di gruppi RC spegniarco in parallelo alle bobine. E' da evitare l'installazione di lampade fluorescenti all'interno dell'armadio.

INSTALLAZIONE SOFTWARE

L'installazione del software richiede procedure diverse a seconda dell'unità di programmazione che è stata usata per la programmazione e che si usa per l'immissione del programma sul PLC, del supporto utilizzato per la memorizzazione ed il trasporto del programma (EPROM, Floppy Disk, Nastro Magnetico).

Il programma può essere installato sul PLC generalmente da:

- direttamente da tastiera o consolle di programmazione collegando le stesse al controllore;
- copia del programma da una EPROM, su cui è stato caricato precedentemente, alla RAM del controllore;

- sostituzione della RAM della CPU con una EPROM;
- copia da un floppy disk alla RAM del PLC tramite un computer collegato allo stesso od una unità di videoprogrammazione;
- copia del programma da un nastro magnetico alla RAM.

Queste procedure variano anche a seconda del costruttore, per cui ci si rifà alla manualistica fornita con il PLC per ottenere le informazioni necessarie. Le operazioni di installazione del software non presentano di norma difficoltà, in quanto si tratta di operazioni semplici da effettuare, sia che si eseguano da unità di programmazione, sia da PC; in entrambi i casi si dispone di un menù di comandi di facile comprensione ed utilizzo.

MANUTENZIONE E RICERCA GUASTI

Oltre ad una corretta installazione, è necessario che venga fatta periodicamente una adeguata manutenzione. Tutti i PLC, pur con certe differenze, hanno delle funzioni di test ed autodiagnosi dei guasti o mal funzionamenti (test sul funzionamento del microprocessore, sulla memoria, sul livello della batteria, ecc.) che permettono una ricerca dei guasti guidata e quindi di individuare l'anomalia più velocemente. La funzionalità degli I/O si può controllare tramite i led indicatori per ogni punto di I/O. Nelle apparecchiature più sofisticate è possibile visualizzare sulle unità di programmazione un insieme di informazioni sulla natura dello specifico guasto. La manutenzione ordinaria, che di norma dovrebbe essere fatta con frequenza almeno semestrale o maggiore se le condizioni ambientali lo impongono, serve a prevenire una serie di guasti soprattutto per quanto riguarda la parte relativa alle circuiterie di collegamento dei sensori e degli attuatori, ponendo cura ad es. ai seguenti punti:

- controllo delle viti di fissaggio;
- verifica del corretto inserimento dei cavi di collegamento nei rispettivi morsetti e che le viti degli stessi siano correttamente serrate;
- controllare la carica della batteria che a seconda del tipo che viene usato ha una durata che varia da due anni a cinque anni (batterie al litio).

E' utile riportare su di una apposita targhetta la data in cui la stessa dovrà essere sostituita. E' consigliabile tenere a magazzino delle unità di I/O di ricambio, che sono le parti del PLC più soggette a guasti, semprechè il PLC sia costruito in modo da permetterne la rapida sostituzione. Per le eventuali misure di controllo che si dovessero rendere necessarie, è opportuno l'uso di un multimetro, digitale od analogico che sia, dotato di una elevata impedenza d'ingresso. A volte le cause di guasto o di anomalie di funzionamento, possono essere la temperatura o l'umidità, per cui è opportuno disporre di un igrometro ed un termometro.

LA SCELTA ED IL DIMENSIONAMENTO DEL CONTROLLORE PROGRAMMABILE

Bisogna considerare diversi fattori per arrivare a definire qual è, tra i PLC presenti in commercio, quello che soddisfa maggiormente le proprie esigenze.

E' opportuno considerare i seguenti punti:

- numero e tipo di segnali che si devono elaborare (cioè numero di I/O)
- tipo e volume dell'elaborazione che deve svolgere il PLC (Kbyte memoria RAM utente e dati)
- tempo di ciclo del PLC
- tipo di sensori ed attuatori
- tipo di morsettiere e cablaggi
- tipo di memorie installabili
- caratteristiche ambientali
- possibilità di dialogo con altri PLC o con PC
- assistenza tecnica
- vita operativa
- linguaggi di programmazione
- costo delle apparecchiature
- costo delle interruzioni del funzionamento dell'impianto.

APPLICAZIONE PLC

COMANDO A DUE MANI

INTRODUZIONE

LA PROTEZIONE MEDIANTE ALLONTANAMENTO.

Tutte le norme di sicurezza hanno come obiettivo la "sicurezza sul lavoro" e forniscono prescrizioni, obblighi, raccomandazioni per portarla ad un livello "accettabile" perché, si sa, quella assoluta è un'utopia.

In ogni norma c'è la costante del principio della prevenzione; le macchine devono essere progettate e costruite sotto il profilo antinfortunistico applicandovi la tecnica oggi a disposizione (valutando i rischi, in parte annullati e ridotti in fase di progettazione, in parte, quelli residui, tenuti sotto controllo), l'informazione e la formazione degli addetti ai lavori, ma non dimentichiamoci che il comportamento delle persone gioca come fattore essenziale sulla protezione sull'attuazione della sua funzione.

A seconda di come si presentano le zone pericolose di una macchina variano le esigenze e quindi, come abbiamo già visto, i sistemi di sicurezza che possono essere immateriali, ripari mobili e/o fissi, comandi di arresto, sistemi automatici di allarme, la loro eventuale azione combinata e il semplice allontanamento dell'operatore dalla zona pericolosa (come per es. automatizzare le operazioni di carico e scarico della macchina) tenendo sempre ben presente non solo il tipo di pericolo ma anche il genere di persone che può coinvolgere e le caratteristiche dell'ambiente (più o meno accessibile da personale esperto o da chiunque).

L'esposizione al pericolo può essere collegata alla frequenza con cui si accede alla zona pericolosa oppure alla durata del tempo in cui si rimane a rischio di un coinvolgimento, sia per il metodo di lavorazione della Macchina, sia per la necessità di intervenire per messa a punto o manutenzioni.

Il costruttore deve definire la zona pericolosa della macchina in cui si può esser esposti a rischi dovuti ad elementi mobili, a caduta o proiezioni di oggetti ecc.; tale l'area dovrà essere protetta in modo adeguato e le protezioni dovranno mantenere la loro funzione nei vari modi di funzionamento cercando di mantenere l'operatore a distanza.

Ci sono però situazioni in cui è necessario, indispensabile che l'operatore acceda alla zona pericolosa per interventi di manutenzione, regolazione o di avvicinamento al pezzo durante la lavorazione. In questi casi si devono prendere misure di sicurezza alternative, fornire opportune istruzioni nel manuale d'istruzione specificando che è necessario che l'operatore sia esperto di questi interventi e ne abbia l'autorizzazione da un respon-

sabile. L'impiego dei dispositivi di comando a due mani rientra tra le suddette misure.

DEFINIZIONE GIURIDICA E NORMATIVA DELL'IMPIEGO

Le macchine devono essere progettate in modo tale che le protezioni utilizzate per la sicurezza degli addetti alla produzione possano garantire protezione anche agli addetti alla manutenzione, all'addestramento, alla ricerca dei guasti, alla pulizia ecc., senza ostacolare l'esecuzione del lavoro; se ciò non è possibile sulla macchina dovranno installarsi mezzi adeguati che riducano il rischio e che utilizzino il comando manuale (3.7.1 della EN 292-2) tra cui anche il comando a due mani per autorizzare il funzionamento degli elementi pericolosi.

Il comando ad azione mantenuta è quel "dispositivo di comando che avvia e mantiene il funzionamento degli elementi della macchina solo finché il comando manuale (attuatore) è azionato. Quando lo si rilascia questo ritorna automaticamente nella posizione di arresto".

Il comando a due mani è un "comando ad azione mantenuta che richiede almeno l'azionamento simultaneo dei due comandi manuali (attuatori) per avviare e mantenere il funzionamento della macchina o degli elementi di quest'ultima, assicurando così la protezione alla persona che li aziona.

Il comando a due mani deve essere progettato in modo tale che, durante una situazione pericolosa, l'operatore usi entrambe le mani nello stesso momento, una per ciascun azionatore, per poter attivare il dispositivo stesso e far funzionare la macchina. È la "manovra simultanea", che è appunto l'azionamento simultaneo e continuo degli attuatori, indipendentemente dall'intervallo di tempo tra l'inizio dei loro segnali d'ingresso. Dobbiamo anche tenere ben presente che, se la macchina è stata realizzata in modo tale da essere utilizzabile in diversi modi di funzionamento o di comando con quindi livelli di sicurezza differenti, deve essere dotata di selettore modale bloccabile in ciascuna posizione cui deve corrispondere un solo modo di comando o di funzionamento. In questi casi il comando a due mani deve essere controllato dal selettore modale; ciò perché l'accesso è conseguenza di una riduzione dell'efficacia dei sistemi di sicurezza normalmente attivi ed è quindi necessario vincolare tra loro le varie misure supplementari (vedere a tal proposito l'allegato1 punto 1.2.5 della Direttiva Macchine).

Ad esempio quando, per la messa a punto, l'apprendimento, il cambio di lavorazione, la ricerca di guasti, la pulizia o la manutenzione della macchina, è necessario spostare o rimuovere un riparo e/o neutralizzare un dispositivo di sicurezza e, nel fare ciò, è necessario che la macchina possa essere avviata, si deve ottenere quanto più è possibile la sicurezza dell'operatore utilizzando in modo adeguato il comando manuale. Un'ottima soluzione, se la lavorazione lo consente, è il procedere ad impulsi di durata predeterminata e non dipendente

dall'azione dell'operatore sugli organi di comando, misura prevista al punto 3.23.8 della EN 292-1 (dispositivo di comando per spostamenti limitati); altre soluzioni sono la riduzione della velocità o della forza al minimo possibile, l'esclusione del comando automatico, impedire i movimenti pericolosi non strettamente necessari all'operazione in corso, ecc..

I comandi a due mani sono definiti "dispositivi di protezione" e quindi devono avere le caratteristiche citate nell'all. 1 punto 1.4.3 della Direttiva Macchine. È fondamentalmente raccomandato di curare la loro collocazione, l'eventuale combinazione con altre protezioni, l'aspetto della regolazione, che deve sempre richiedere un intervento volontario, e la garanzia di disponibilità della funzione di sicurezza, anche in caso di guasto.

Pertanto la funzione del dispositivo di sicurezza (diverso dal riparo) è quella di eliminare o ridurre il rischio da solo od associato ad un riparo (EN 292.1 punto 3.23). La sua funzione è delicata e quindi anche per esso valgono i principi riportati nel punto 3.7 della EN 292.2 esaminato nel Dossier Sicurezza Macchine n° 1 relativo ai "Requisiti generali dei ripari e dei sistemi di controllo".

REQUISITI BASE. LE CARATTERISTICHE GENERALI

Ma com'è fatto il comando a due mani?

Possiamo vederlo nella figura affianco.

sull'attuatore (comando manuale) è costituito da:

attuatore (3), che è l'elemento che dopo avere rilevato il segnale d'ingresso emesso con una mano, lo trasmette al trasduttore; il trasduttore (4) di segnali riceve il segnale d'ingresso e lo trasmette e/o lo adatta in modo tale da essere ricevuto dal generatore di segnale; generatore (5) di segnale (avendo ricevuto i due segnali d'ingresso) crea il segnale di uscita; segnale di uscita (6), generato dal dispositivo di comando a due mani per essere inviato verso la macchina da comandare e che è basato su una sola coppia di segnali d'ingresso; blocco logico (7). I segnali d'ingresso devono, insieme, originare e mantenere il segnale di uscita solo fino a quando sono presenti e, se uno od entrambi gli attuatori vengono rilasciati, si deve interrompere il segnale di uscita. Il segnale d'uscita, quali che siano le sue caratteristiche che possono variare a seconda delle esigenze previste nella progettazione, deve essere identificato e considerato come segnale di uscita unico dal circuito di comando della macchina. Nel sincronismo di manovra (contemporaneità) per generare il segnale di uscita gli attuatori dovranno essere attivati con un lasso di tempo inferiore o uguale a mezzo secondo; se si supera questo intervallo il segnale di uscita non sarà emesso e sarà necessario rilasciare gli attuatori e ripristinare i due segnali d'ingresso.

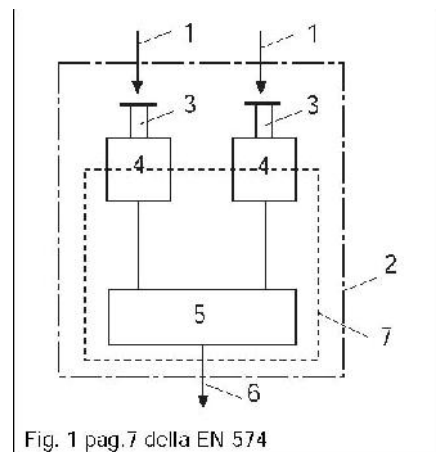


Fig. 1 pag.7 della EN 574

La zona indicata con (2) è il comando a due mani propriamente detto. Oltre ad un segnale d'ingresso (1) posto esternamente ed applicato manualmente

Se per far funzionare la macchina occorressero due o più dispositivi di comando a due mani, la contemporaneità è richiesta ad ogni singolo dispositivo ma non fra di loro. "I dispositivi di comando a due mani meccanici devono provocare un segnale di uscita solo se gli attuatori rispettano le esigenze spaziali particolari".

La norma prevede tre tipi di comando a due mani che si differenziano tra loro in base all'affidabilità in caso di eventuale manomissione. Per attivare la macchina, i comandi a due mani del I e II tipo devono essere entrambi azionati simultaneamente (anche con un minimo intervallo di tempo) e se, durante la situazione pericolosa, non vengono entrambi mantenuti premuti, la macchina si disattiva; al rilascio di un pulsante la macchina si ferma ma, con il I tipo di comando a due mani si riattiva se il pulsante viene ri-premuto, mentre con il II tipo, si riattiva solo se i pulsanti vengono entrambi rilasciati e poi ripremuti.

Per attivare la macchina i pulsanti del III tipo (che si suddividono a loro volta in A, B e C) devono essere azionati contemporaneamente, cioè con una sfasatura inferiore o uguale a 0,5 sec., trascorso il quale, se entrambi i pulsanti non sono stati azionati, devono essere rilasciati prima di un altro comando; al rilascio di un pulsante, la macchina si ferma e la riattivazione richiede un nuovo azionamento contemporaneo.

Il punto 4 della EN 574 stabilisce e raffigura nella interessante "tabella 1" le caratteristiche funzionali e le misure di sicurezza minime per ciascuno dei tre tipi di comando a due mani definiti nonché dà suggerimenti sul tipo di scelta da effettuare in relazione alle categorie riferite alla EN 954-1.

Tenendo presente che è impossibile una protezione totale contro la manomissione, i paragrafi dall'8.2 all'8.6 della EN 574 indicano alcune precauzioni da prendere per neutralizzare alcuni possibili mezzi di manomissione e dipendono "dalla concezione del comando a due mani, dalle condizioni di funzionamento, dal posizionamento e dal modo di fissaggio, dalle distanze di sicurezza prescritte ecc."; le disposizioni preventive possono essere usate sole o combinate.

Verranno riportati qui di seguito alcuni esempi di precauzioni appropriate ai casi esaminati. Sono comunque il frutto uno studiato equilibrio fra l'esigenza di applicare principi ergonomici e quella di fornire le misure per evitare sia la manomissione che la manovra accidentale.

Nella presente tesina, poco più avanti, vedremo le procedure di verifica cui deve essere sottoposto il comando a due mani per dimostrare che è conforme alle esigenze specifiche di livello di sicurezza e le figure allegare saranno utili anche per rendere maggiormente chiari gli esempi di cui sopra.

1. Per prevenire la manomissione con una sola mano (8.2) occorre che la distanza tra gli attuatori (misura interna) sia di almeno 260 mm e si possono aggiungere uno o più schermi o una sopraelevazione tra gli attuatori in modo tale che la distanza tra gli attuatori stessi, aggirando gli ostacoli, sia almeno di 260 mm.

2. Per prevenire la manomissione con una mano ed il gomito dello stesso braccio (8.3) occorre che la distanza tra gli attuatori (misure interne) sia di almeno 550 mm e comunque, per esigenze ergonomiche, questa distanza non deve superare i 600 mm. Si possono inoltre aggiungere uno o più schermi o una sopraelevazione

tra gli attuatori in modo che gli attuatori non possano essere toccati contemporaneamente dal gomito e dalla punta delle dita della mano dello stesso braccio. Si possono anche utilizzare coperchi concepiti in modo che gli attuatori non possano essere azionati con il gomito oppure degli attuatori di tipo e/o con sensi di manovra differenti.

3. Per prevenire le manomissioni con uno o gli avambracci o uno o i gomiti (8.4) le precauzioni devono essere messe in opera se la distanza tra le mani e la zona pericolosa, quando si usa l'avambraccio e/o il gomito, è inferiore alla distanza di sicurezza richiesta. Una precauzione appropriata consiste nell'utilizzare coperchi e/o ghiera concepiti in modo che gli attuatori non possano essere azionati da uno o gli avambracci, da uno o i gomiti.

4. Per prevenire la manomissione con una mano e un'altra parte del corpo (ginocchio, anca....) (8.5) è necessario posizionare gli attuatori su di una superficie orizzontale o quasi, posta ad almeno 1100 mm dal suolo o dalla piattaforma per impedire l'uso dell'anca mentre, se l'installazione avviene su di una superficie verticale o quasi, occorre proteggere gli attuatori con una ghiera. Si possono inoltre utilizzare coperchi e/o schermi concepiti in modo da impedire che gli attuatori possano essere azionati con una mano e con un'altra parte del corpo.

5. Misure di prevenzione della manomissione per bloccaggio dell'attuatore (8.6).

Questo tipo di manomissione porta a trasformare il comando a due mani in un dispositivo di comando ad una sola mano; bloccando un attuatore si genera un segnale d'ingresso permanente e si permette che il segnale di uscita del comando a due mani sia attivato con una sola mano.

Quindi per impedire la ri-inizializzazioni del segnale di uscita in occasione di ulteriori manovre con una sola mano, la progettazione del dispositivo di comando a due mani deve integrare le caratteristiche della ri-inizializzazione

(5.6) mentre, per impedire il primo avvio con una sola mano, la progettazione del dispositivo di comando a due mani deve integrare le caratteristiche della manovra contemporanea (5.7)

6. Nella prevenzione dell'azionamento accidentale (8.7) le precauzioni dei punti dall'8.2 all'8.6 contribuiscono a raggiungere l'obiettivo di ridurre al minimo la probabilità di questa manovra.

Altre misure adeguate sono:

Per gli attuatori meccanici, la necessità di una manovra volontaria in ragione della forza e dell'ampiezza di movimento richieste.

Per gli attuatori non meccanici, (per es. dispositivi fotoelettrici, dispositivi capacitivi) l'utilizzo di livelli di sensibilità tali che venga autorizzata solo una manovra volontaria.

LABORATORI TECNOLOGICI ED ESERCITAZIONI
Prof. Franco Acciarri

Studente **GIORDANO SALVI** – 5° APAI

PROCEDURE PER LA VERIFICA DELLE CARATTERISTICHE

Le caratteristiche specifiche del comando a due mani sono state determinate dalla valutazione dei rischi e devono essere verificate con una "valutazione teorica della progettazione e con prove pratiche".

La tabella 2 della EN 574 punto 10 è un riepilogo delle procedure di verifica dei livelli di sicurezza del dispositivo del comando a due

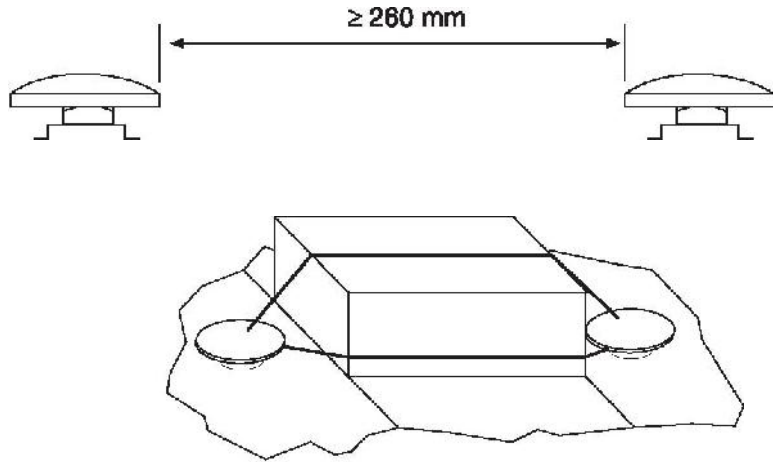


Fig. A2 Separazione per sopraelevazione

mani e delle sue caratteristiche funzionali. "Le procedure di verifica riguardano esclusivamente i dispositivi di comando a due mani e non considerano i possibili effetti causati dal sistema di comando della macchina alla quale il dispositivo è collegato; comunque il o i segnali di ritorno dal sistema di comando della macchina che potrebbero eventualmente essere resi necessari dalla progettazione del dispositivo del comando a due mani devono essere simulati". Le procedure tengono conto della progettazione del comando a due mani, del suo tipo, delle condizioni di funzionamento, di come sono fissati e posizionati, della distanza di sicurezza richiesta ecc. e comprendono l'ispezione visiva, il controllo delle prestazioni, le misure e la valutazione teorica.

Il progettista e/o il fabbricante deve quindi non solo prendere precauzioni tali da rendere valido il dispositivo, ma dimostrare che è adatto a soddisfare le esigenze specificate in sede di progetto.

"Le esigenze di queste specificazioni possono essere date dalle norme (p.e. EN 60204-1) o dal progettista se non ci sono norme". L'esame visivo, che con la semplice osservazione deve condurre ai punti indicati alla tabella 2, ed il controllo delle prestazioni (10.3) permettono di verificare le caratteristiche richieste per un tipo particolare di comando a due mani (1).

Inoltre, per l'esame visivo, "i componenti utilizzati come componenti di provata affidabilità devono essere specificatamente identificati dal fabbricante". Nel controllo delle prestazioni, la simulazione del guasto comprende quella di tutti i guasti relativi alla sicurezza per i tipi II, III B e IIIC (vedi tabelle 1 e 2) e poggia sull'analisi dei guasti del modello di dispositivo di comando a due mani.

Le verifiche delle misure (10.4) permettono di controllare che i valori, i segnali binari, le caratteristiche meccaniche, i tempi ecc. specificati dal progettista rispondano alle esigenze di questa norma.

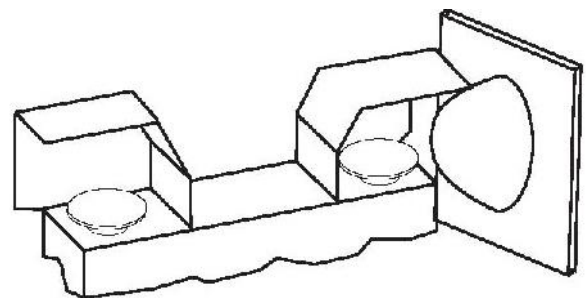
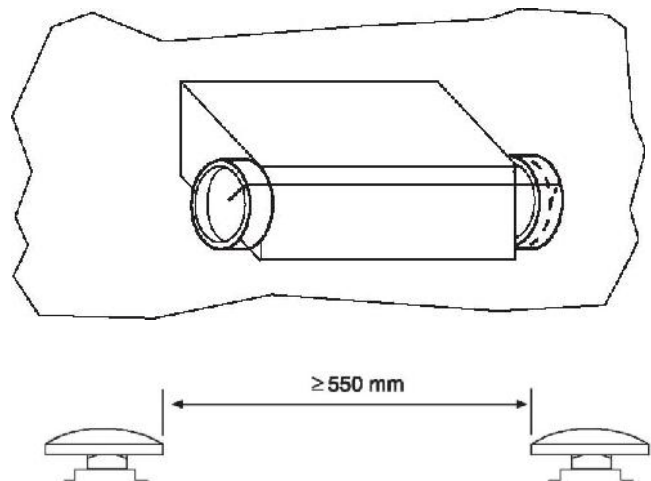
Per prevenire la manomissione (10.5) con una sola mano, con una mano ed il gomito, con il ginocchio, l'anca,

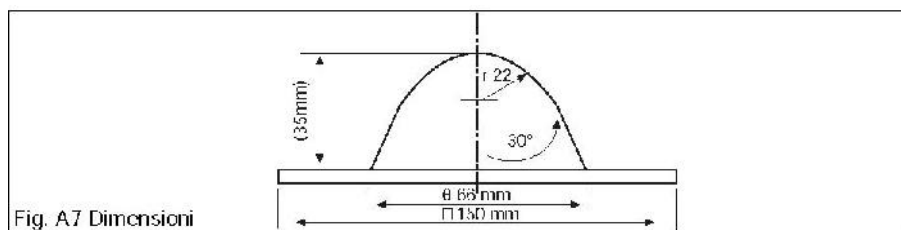
la coscia, od il ventre sono previsti degli esami riportati nell'allegato A (da A1 ad A6) della norma, usati da soli oppure gli uni a completamento degli altri, secondo l'uso previsto e la forma del comando a due mani, per verificare le precauzioni richieste al punto 8 già citato.

1. Il primo esame -A1- è per prevenire la manomissione con una sola mano (previsto al punto 8.2):
 - la distanza interna tra gli attuatori deve essere uguale o superiore a 260 mm;
 - separare gli attuatori con uno o più schermi o con una sopraelevazione in modo tale che gli attuatori non possano essere toccati con le estremità di una cordicella di 260 mm equivalente alla distanza massima delle dita di una mano;
 - separazione degli attuatori con ghiera e con un'orientazione tali da permettere che gli attuatori possano essere toccati con le estremità di una cordicella di 260 mm.

2. Punto A2; prevenzione della manomissione con una mano e con il gomito dello stesso braccio (vedi 8.3);

- la distanza interna tra gli attuatori deve essere superiore o uguale a 550 mm;
- separazione degli attuatori con uno o più schermi o con una sopraelevazione in modo tale che gli attuatori non possano essere toccati contemporaneamente con le estremità di un dispositivo di misura composto da una barra rigida di 300 mm, con diametro non superiore a 5 mm, e di una cordicella di 250 mm, fissata a quest'ultima. La barra rappresenta l'avambraccio e la cordicella la mano; il dispositivo deve essere applicato in tutte le posizioni possibili;
- Separazione degli attuatori con schermi orientati verso lato operatore e all'indietro, in modo tale che gli attuatori non possano essere azionati dal lato operatore con l'estremità di un calibro conico rappresentante il gomito. Le dimensioni del suddetto cono devono essere conformi alla fig. A7;
- Attuatori di tipo e/o di senso di manovra differenti





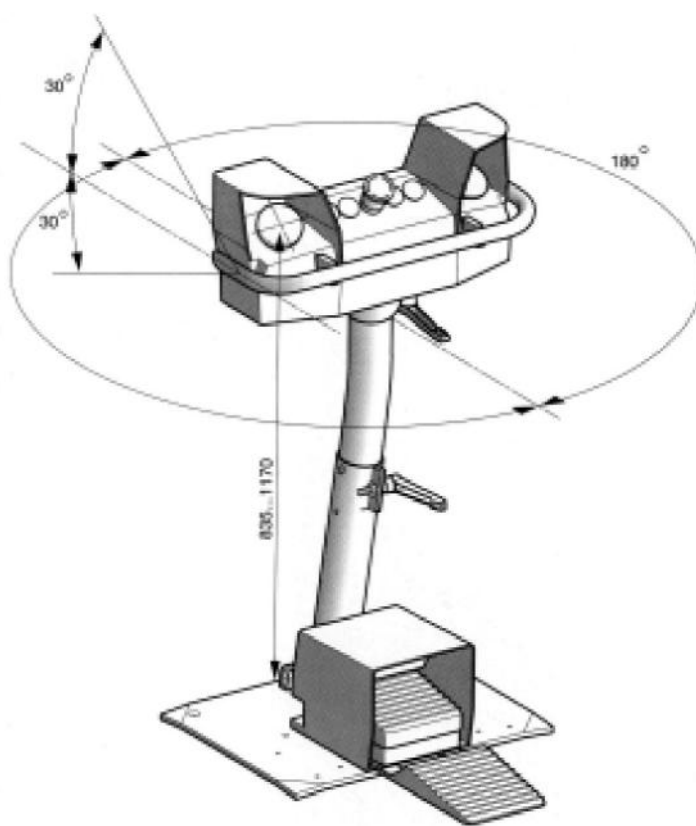
REQUISITI GENERALI E TIPOLOGIE

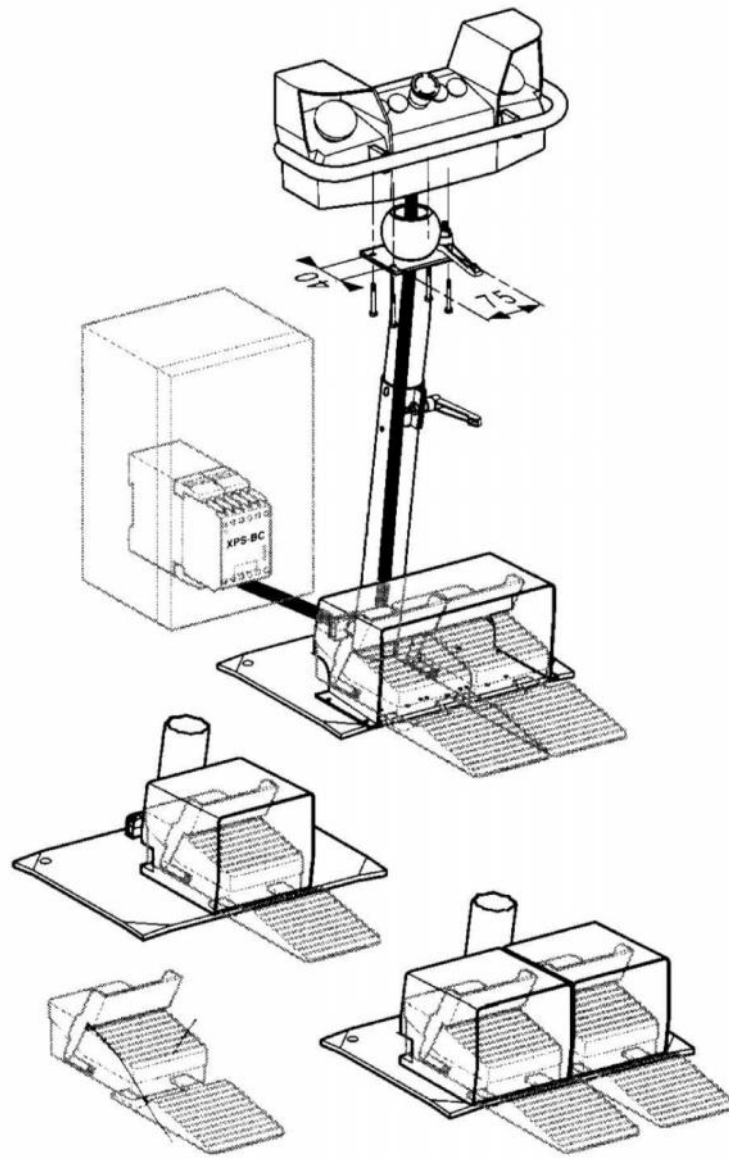
Per poter adattare facilmente la posizione di lavoro alle caratteristiche antropomorfe dei diversi operatori il piedistallo ed il pulpito offrono regolazioni facili sia dell'altezza che dell'orientamento ed inclinazione. Anche queste caratteristiche sono mirate alla riduzione dell'affaticamento dei lavoratori. La regolazione si può effettuare con la massima semplicità tramite delle pratiche manopole.

Per le macchine con vari cicli di manovra nella base è possibile montare uno o due interruttori per comando a pedale con relativo coperchio di protezione. In tal modo, considerato che nel pulpito stesso è possibile montare anche altri dieci pulsanti, si può realizzare una

completa stazione di comando perfettamente funzionale in osservanza dei requisiti di sicurezza più rigorosi.

Un'ultima informazione: in osservanza di tutti gli aspetti ampiamente descritti nel quarto capitolo del dossier, i pulpiti sono accompagnati da tutta la documentazione prescritta e sono marcati **CE**





ESERCITAZIONE DI LABORATORIO

PRESSA CON COMANDO DI SICUREZZA A DUE MANI

E' stata realizzata la parte di controllo di una pressa meccanica, per motivi di sicurezza dell'operatore, la pressa viene azionata da due pulsanti posti ad una distanza di sicurezza che permette la pressione dei due pulsanti con entrambi le mani .

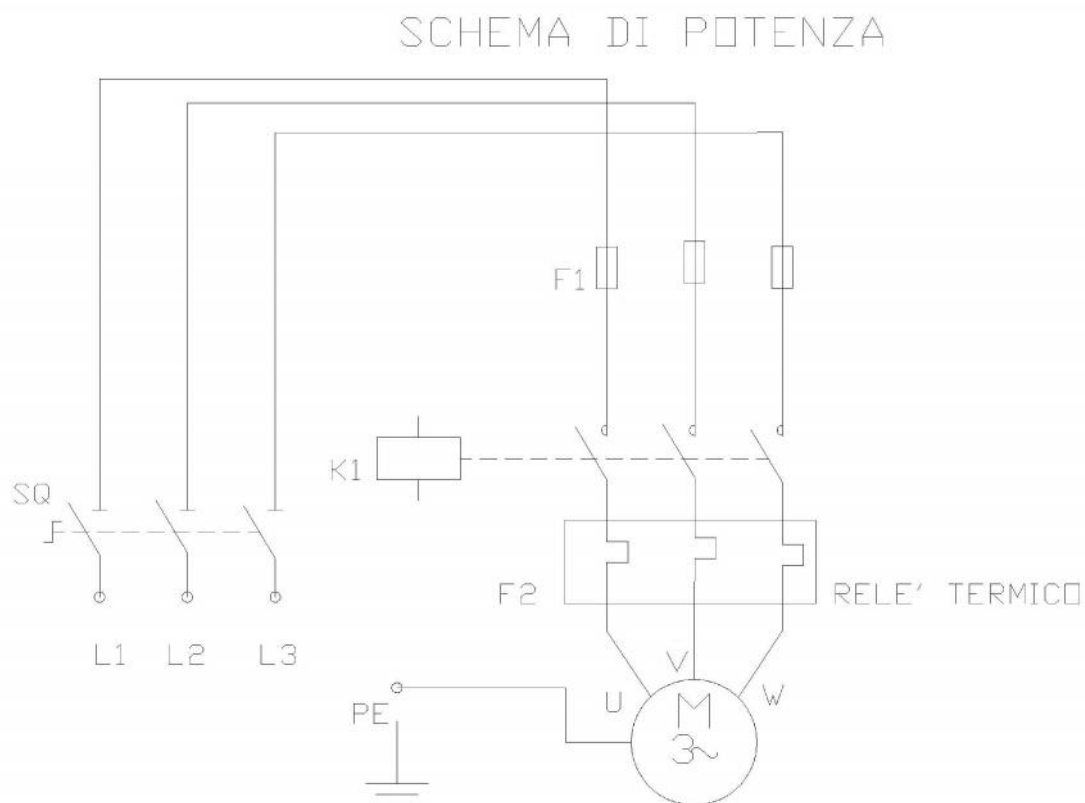
Per maggiore sicurezza non deve passare più di 0.5 secondi di tempo dalla pressione dei due comandi.

Dopo che sono stati pressati un numero stabilito di pezzi, si attiva un nastro trasportatore.

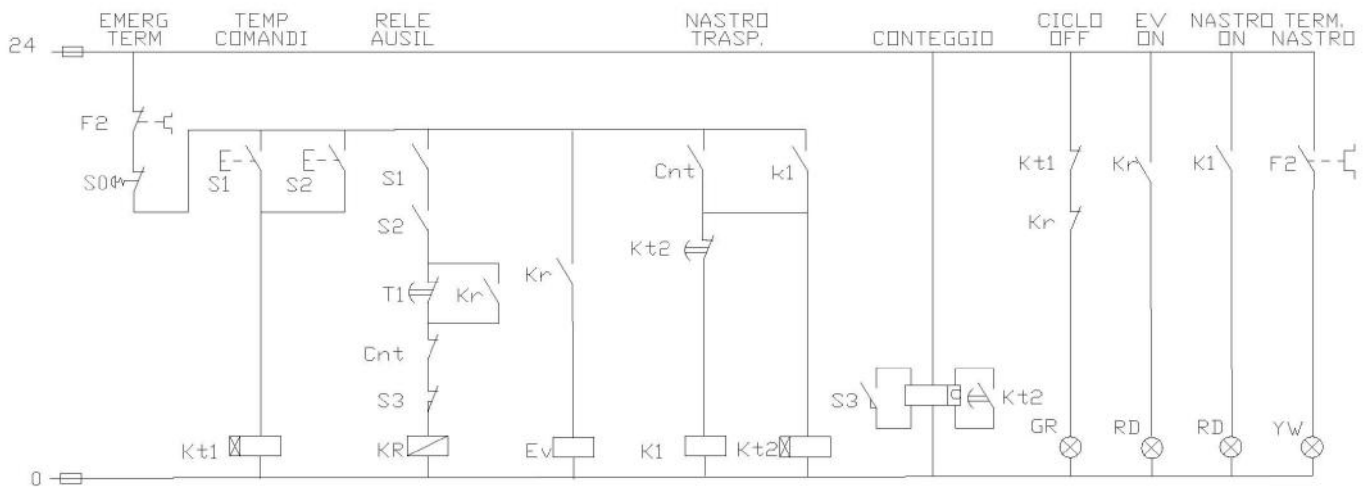
La pressa, a questo punto è pronta a pressare nuovamente non appena il nastro si è arrestato, su comando da un pistone azionato da una elettrovalvola (EV1) che aprendosi a comando permette l'avanzamento del pistone fino a fine corsa.

Il pistone, di tipo monostabile, torna alla posizione di riposo automaticamente.

Il circuito idraulico può essere di tipo pneumatico o oleodinamico.



SCHEMA FUNZIONALE

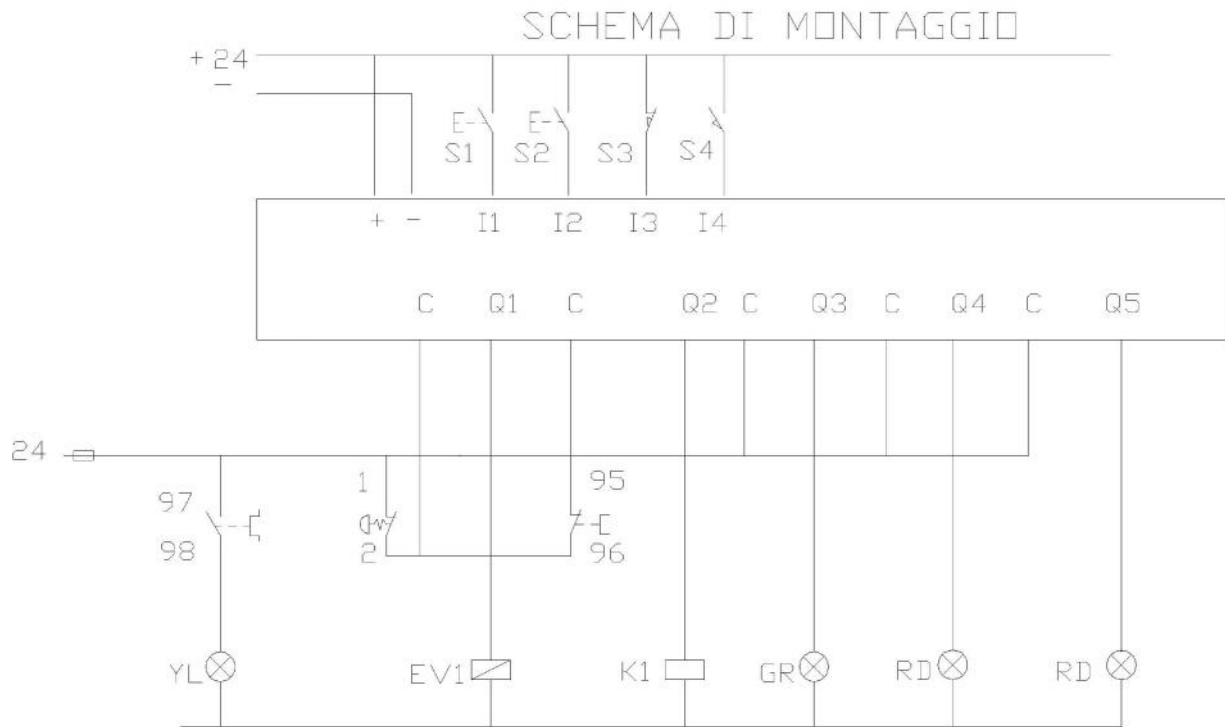


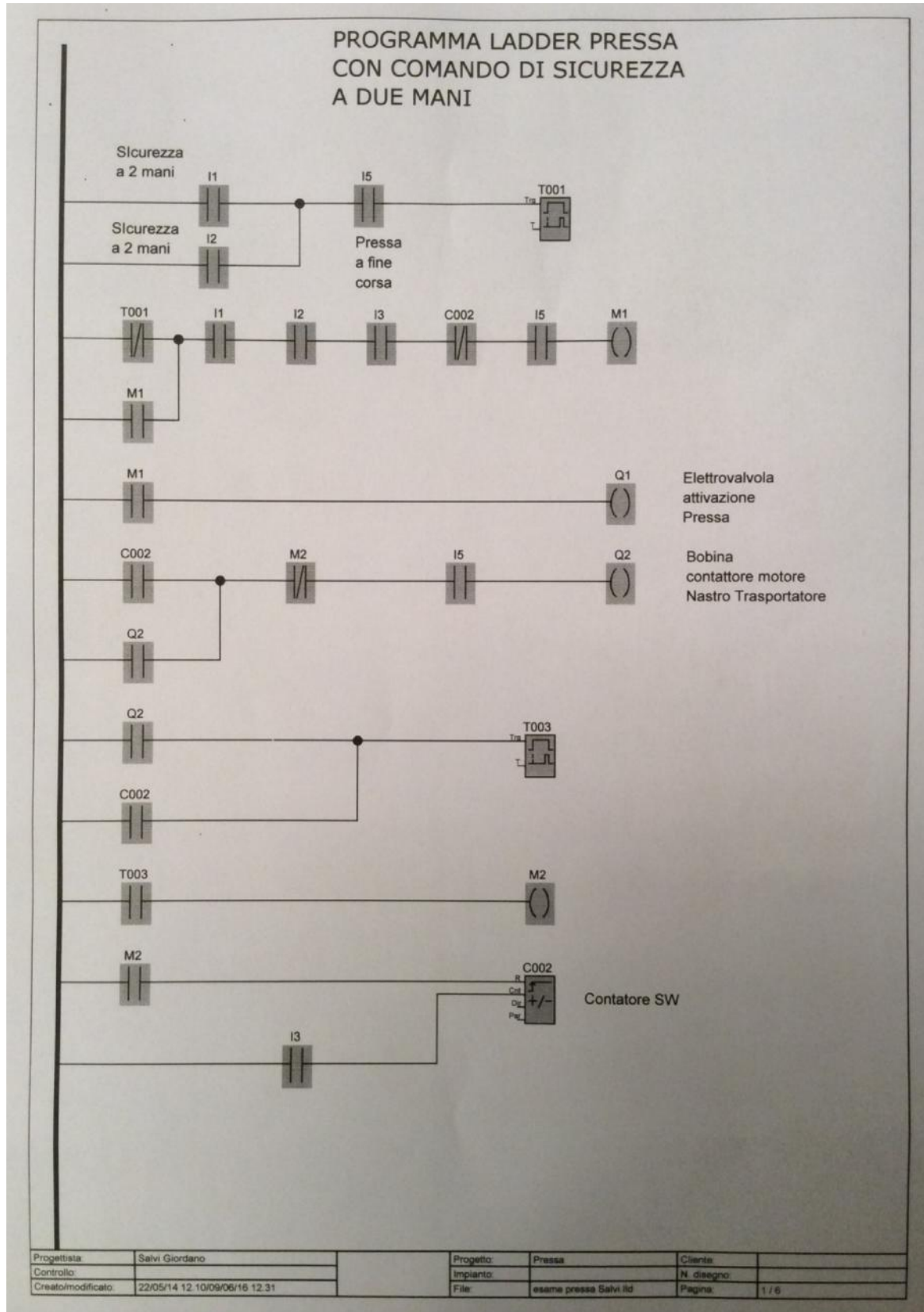
LISTA ASSEGNAZIONI INGRESSI ED USCITE

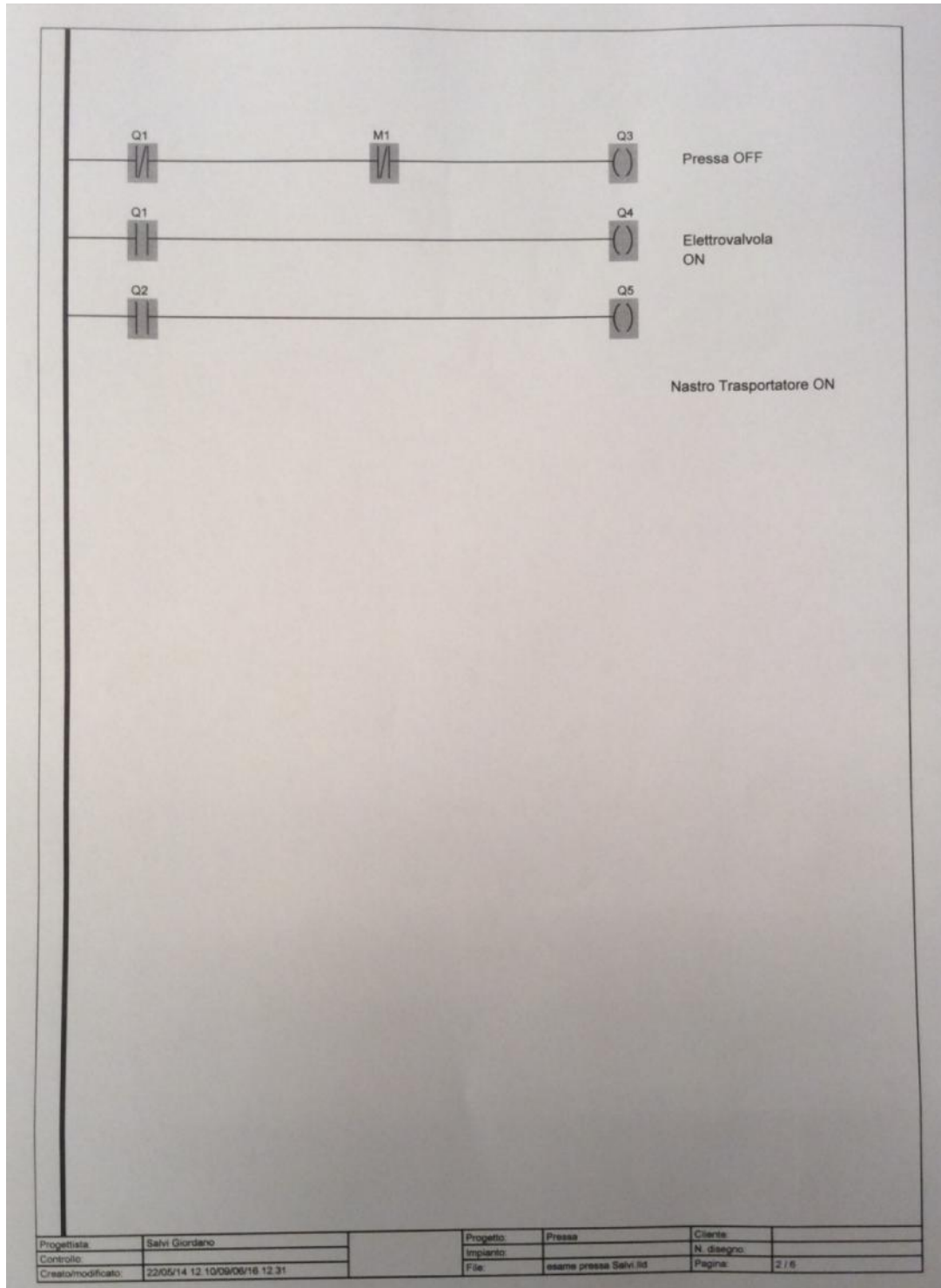
N°INGRESSI	I1	I2	I3	I4
COMMENTO	S1 NA	S2 NA	S3 NC	S3 NA

COMMENTO	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
USCITE	EV1	BOBINA K1	CICLO OFF	EV ON	K1 ON

FUNZIONI HW	KT1	KT2	KR	CONTATORE
FUNZIONI SW	T1	T2	RS	CNT







San Benedetto del Tronto, giugno 2016

Studente
GIORDANO SALVI