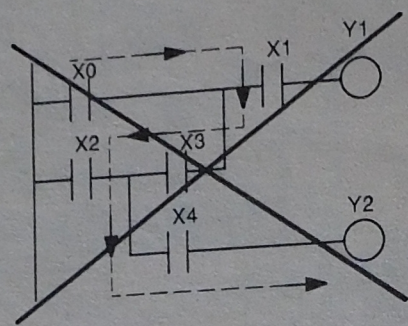


14.8 - TECNICHE DI PROGRAMMAZIONE IN LINGUAGGIO LADDER

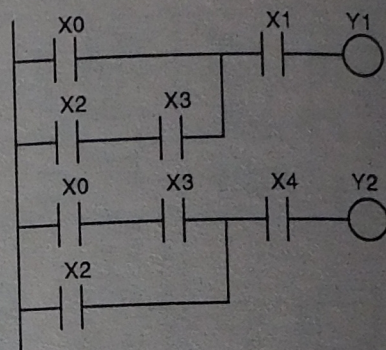
Le istruzioni memorizzate nella memoria di un PLC vengono in genere eseguite in modo sequenziale, e per tale motivo che diventa necessario programmarle nella sequenza corretta.

Di seguito vengono indicati alcuni punti importanti per la programmazione in linguaggio ladder, si è fatto riferimento in particolare ai PLC Omron della serie SYSMAC, ma le considerazioni esposte e gli esempi riportati valgono anche per i PLC di altre marche (per esempio National, Festo, Texas Instruments, Toshiba, ecc.).

- Innanzitutto risulta poco conveniente ridurre al minimo il numero di contatti utilizzati nel proprio programma se ciò va a scapito della semplicità e della chiarezza del circuito.
- Nei diagrammi ladder il flusso dei segnali va da sinistra verso destra: quindi nell'esempio a che segue, se i contatti X0, X3 e X4 sono ON, l'uscita Y2 non può essere ON; per ottenere questa combinazione è necessario riscrivere il circuito (b).



a



b

Fig. 14.10 - Esempio di come una sequenza di contatti deve essere riscritta per ottenere la giusta combinazione.

- Nessuna uscita (esterna o interna) può essere collegata direttamente alla barra di sinistra. Se si vuole collegare un'uscita a tale barra è necessario interporre un contatto di un relè interno o utilizzare un relè interno speciale normalmente ON (per esempio il relè speciale sempre ON 1813).

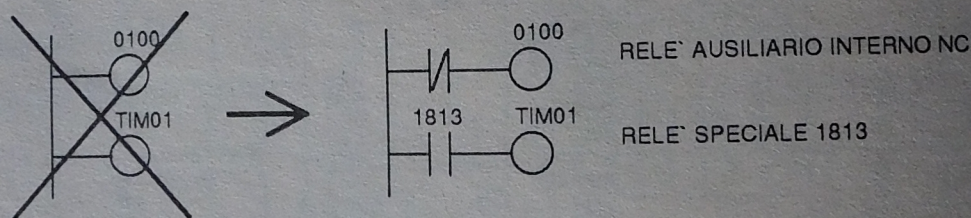


Fig. 14.11 - Esempio di come si può collegare un'uscita direttamente alla barra di sinistra del diagramma ladder.

- Non c'è limite al numero dei contatti che possono essere collegati in serie o in parallelo.
- Tutte le uscite sono dotate di contatti ausiliari programmabili, utilizzabili nella programmazione. Il numero di contatti programmabili per ogni uscita è limitato soltanto dalla quantità di memoria disponibile per il programma utente (fig. 14.12 - (1)).
- Nessun contatto può essere, in genere, programmato a destra di una bobina di uscita (fig. 14.12 - (2)).
- Per i numeri necessari all'identificazione dei contatti e delle uscite di devono consultare i manuali specifici per ogni PLC.
- Le assegnazioni delle uscite non possono essere utilizzati più di una volta.
- Si possono collegare in parallelo due o più bobine di uscita (Fig. 14.12 - (3)).

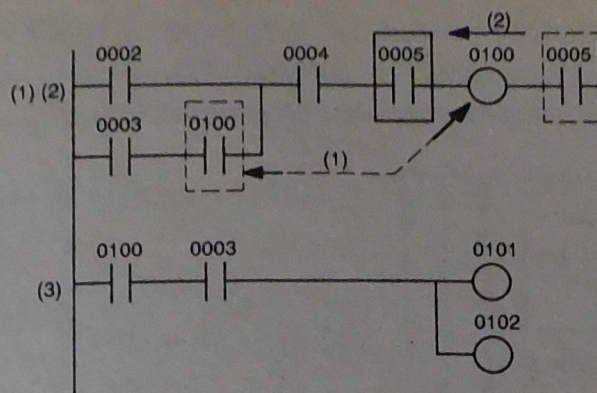


Fig. 14.12 - Esempi di uso dei simboli dei contatti e delle uscite.

- Il programma viene eseguito ciclicamente dal primo indirizzo fino all'indirizzo contenente la prima istruzione END: questa caratteristica può essere usata per testare parti di programma. Si divide il programma in più blocchi inserendo delle istruzioni END. Si può seguire tale procedura fino a quando l'intero programma è stato testato.

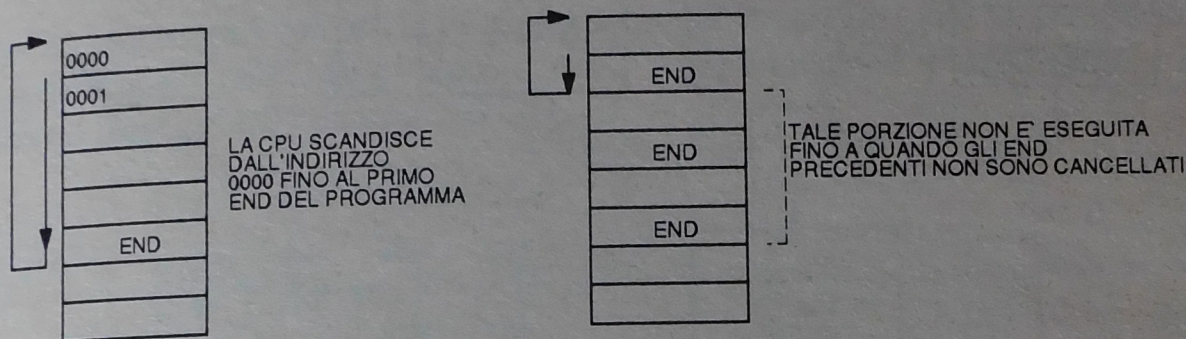


Fig. 14.13 - Esempio di uso dell'istruzione di fine programma END per testare il programma utente.

La programmazione può risultare a volte difficile, può allora essere necessario suddividere un diagramma ladder complesso in blocchi più semplici e poi combinare tali blocchi tra di loro. Per esempio, per programmare il seguente diagramma si può procedere nel seguente modo.

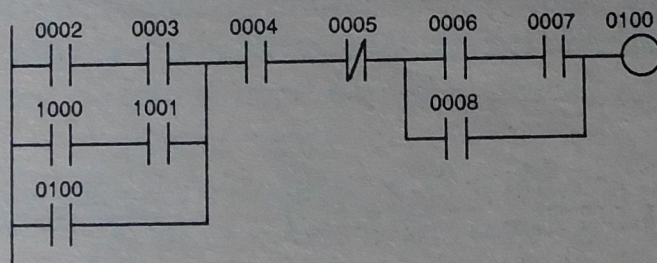


Fig. 14.14 - Esempio di diagramma ladder complesso.

Dapprima si divide il diagramma in piccoli blocchi, per esempio nei sei blocchi a, b, c, d, e, f.

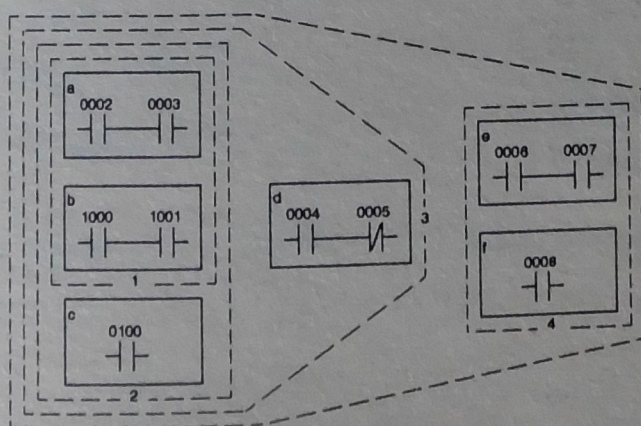


Fig. 14.15 - Esempio di suddivisione del diagramma presentato nella figura precedente.

Si programma a questo punto ciascun blocco dall'alto verso il basso e da sinistra verso destra. I blocchi vengono sempre combinati verticalmente e poi da sinistra verso destra. Quindi l'ordine in cui i blocchi sono programmati e combinati va da 1 a 5.

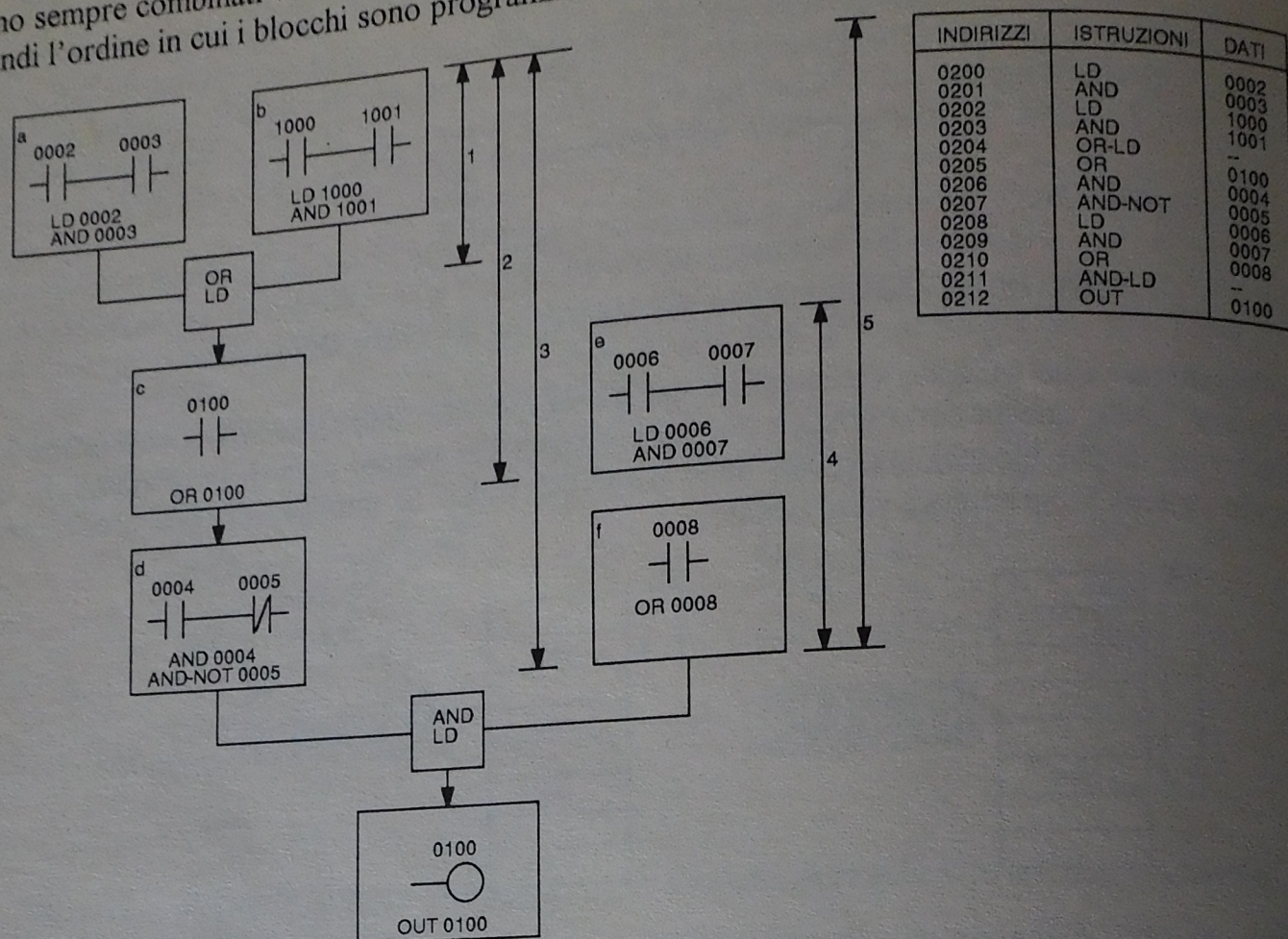


Fig. 14.16 - Fasi per la programmazione dell'esempio e relativa traduzione in listato di istruzioni.

Di seguito vengono presentati alcuni esempi di programmazione.

- Diagramma ladder parallelo-serie.

Per programmare un diagramma ladder parallelo-serie è sufficiente programmare prima il blocco con i contatti in parallelo e poi il blocco con i contatti in serie. Nel seguente esempio prima si programma il blocco (a) e poi il blocco (b).

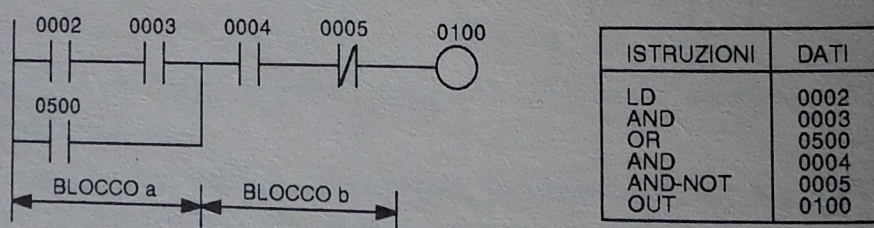
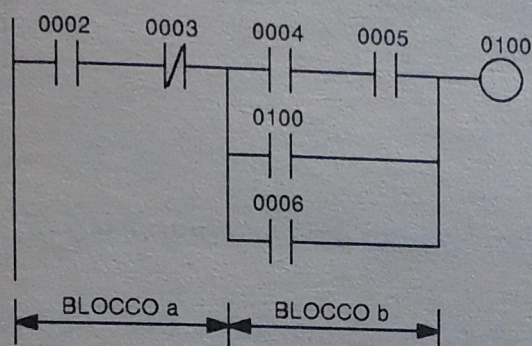


Fig. 14.17 - Esempio di programmazione di un diagramma ladder parallelo-serie.

• Diagramma ladder serie-parallelo.

Per programmare un diagramma ladder serie-parallelo si divide il diagramma nel blocco con i contatti in serie e nel blocco con i contatti in parallelo, si programma ciascun blocco e poi li si combina in un unico diagramma.

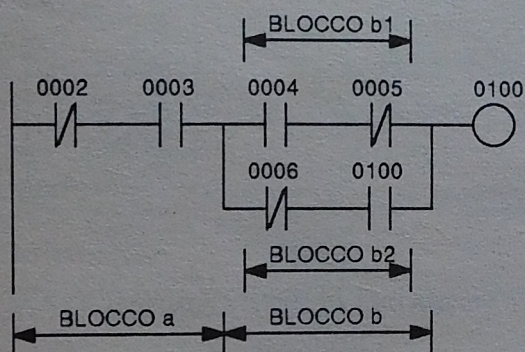
Nell'esempio seguente si divide il diagramma ladder nel blocco a e b, si programma ciascun blocco e poi si combinano a e b con un AND-LD.



ISTRUZIONI	DATI
LD	0002
AND-NOT	0003
LD	0004
AND	0005
OR	0100
OR	0006
AND-LD	--
OUT	0100

Fig. 14.18 - Esempio di programmazione di un diagramma ladder serie-parallelo (1).

Il blocco del diagramma con i contatti in parallelo del seguente circuito può essere diviso in due rami. In questo caso si programmano nell'ordine i blocchi a, b1, e b2, dopodichè si combinano i blocchi b1 e b2 e infine si combinano i blocchi a e b con un AND-LD.



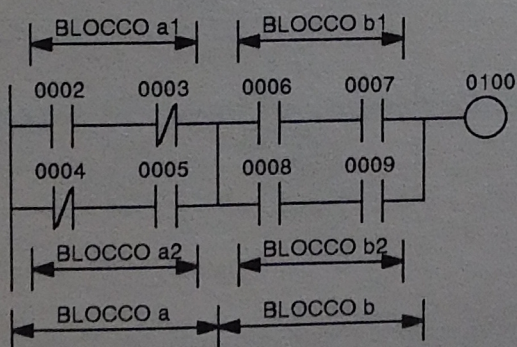
ISTRUZIONI	DATI
LD-NOT	0002
AND	0003
LD	0004
AND-NOT	0005
LD-NOT	0006
AND	0100
OR-LD	--
AND-LD	--
OUT	0100

Fig. 14.19 - Esempio di programmazione di un diagramma ladder serie-parallelo (2).

• Diagramma ladder con blocchi circuitali paralleli in serie.

Per programmare due o più blocchi circuitali paralleli in serie si divide l'intero diagramma in blocchi circuitali paralleli e ciascun blocco circuitale parallelo nei rispettivi sottoblocchi. Si programma ciascun blocco circuitale parallelo e poi li si combina in serie.

Nel seguente esempio si programmano i blocchi a1 e a2 e poi li si combina con un OR-LD. In modo analogo si procede per i blocchi b1 e b2. Infine si combinano questi due blocchi con un AND-LD.



ISTRUZIONI	DATI
LD	0002
AND-NOT	0003
LD-NOT	0004
AND	0005
OR-LD	--
LD	0006
AND	0007
LD	0008
AND	0009
OR-LD	--
AND-LD	--
OUT	0100

Fig. 14.20 - Esempio di diagramma ladder con blocchi circuitali paralleli collegati in serie.

• Diagrammi ladder complessi.
Un diagramma ladder complesso come quello che segue (a) può essere semplificato riscrivendolo come indicato in b.

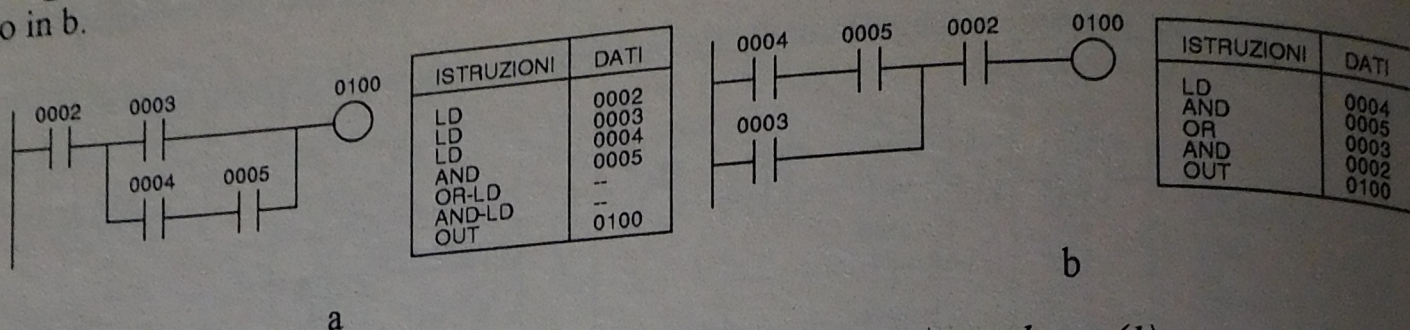


Fig. 14.21 - Esempio di diagramma ladder complesso (1).

Spesso riscrivere un circuito può semplificare la programmazione. Per esempio supponiamo di dover programmare il seguente circuito.

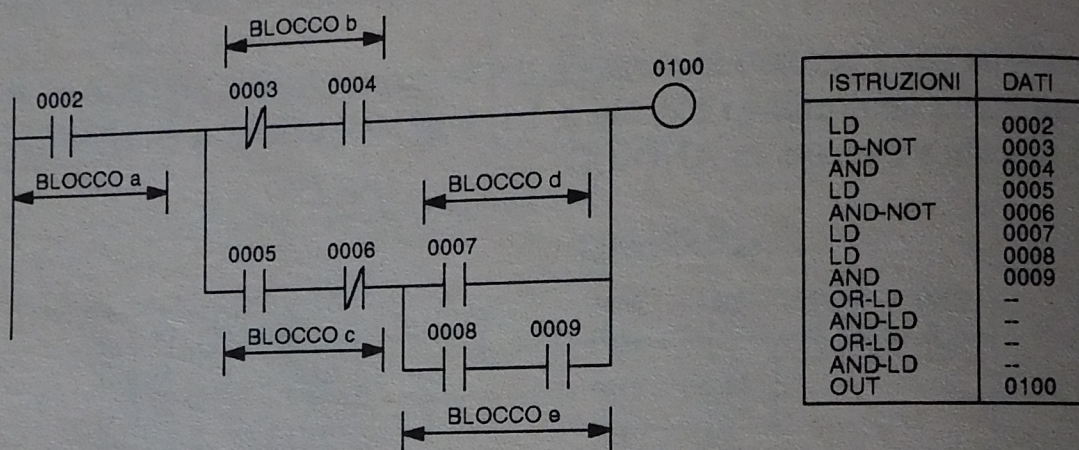


Fig. 14.22 - Esempio di diagramma ladder complesso (2).

Per semplificare la programmazione questo circuito può essere riscritto come segue.

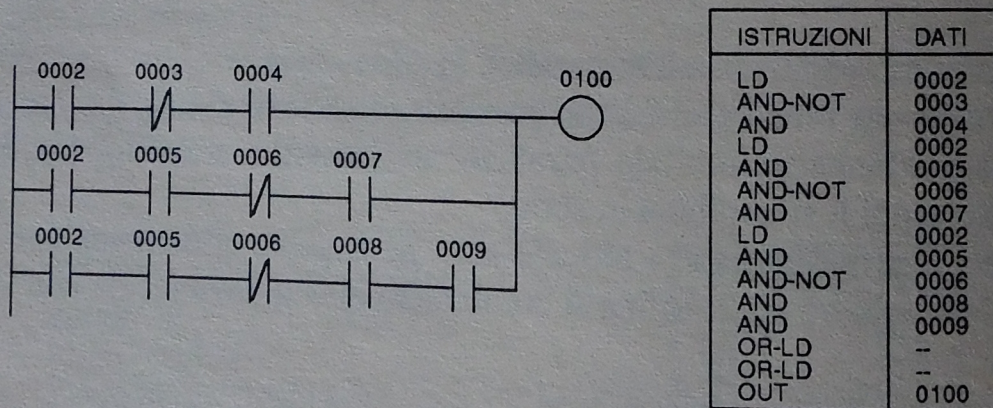


Fig. 14.23 - Esempio del diagramma ladder complesso (2) semplificato.

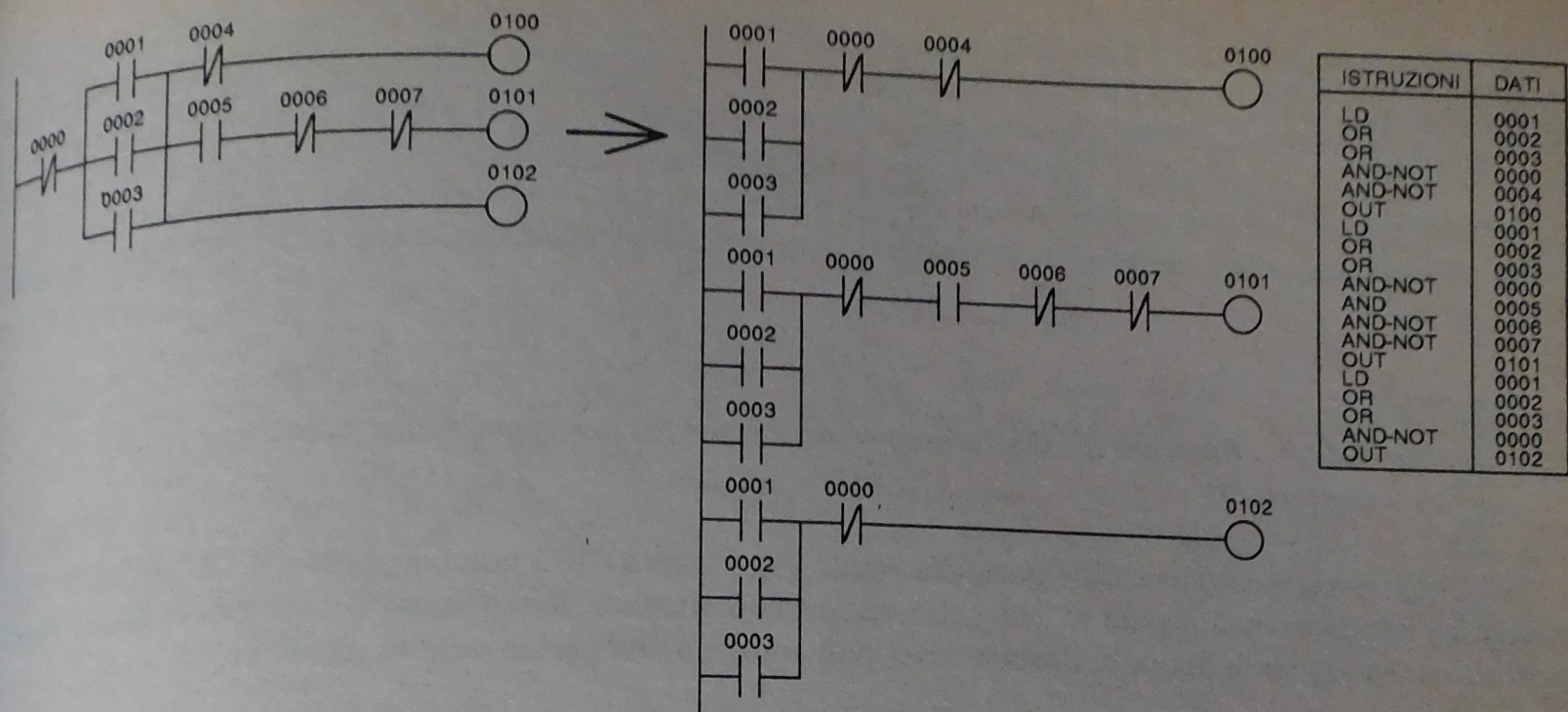


Fig. 14.24 - Esempio di riscrittura di un diagramma ladder complesso (3).

• Riscrittura dei diagrammi ladder per risparmiare tempo di ciclo o memoria.

Se il circuito della seguente figura a è programmato (lista di istruzioni) in modo da eseguire il diagramma ladder corrispondente, allora è necessario usare un OR-LD. Se si riscrive il circuito seguendo il diagramma ladder della figura b, si risparmia memoria e si riduce il tempo di scansione.

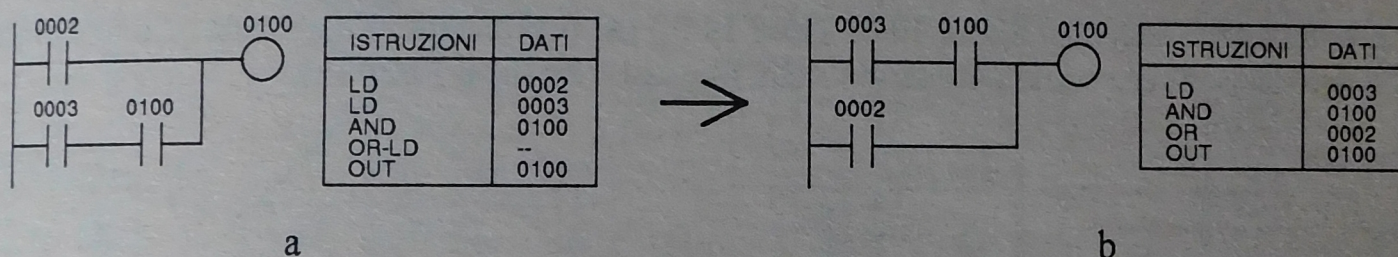


Fig. 14.25 - Esempio di diagramma ladder riscritto per risparmiare memoria e tempo di scansione (1).

Se il diagramma ladder della seguente figura a è programmato nel modo illustrato è necessario usare le istruzioni OUT e LD nonché il relè a memoria temporanea TR0. Riscrivendo il circuito, come mostrato in figura b si risparmia memoria e si riduce il tempo di scansione.

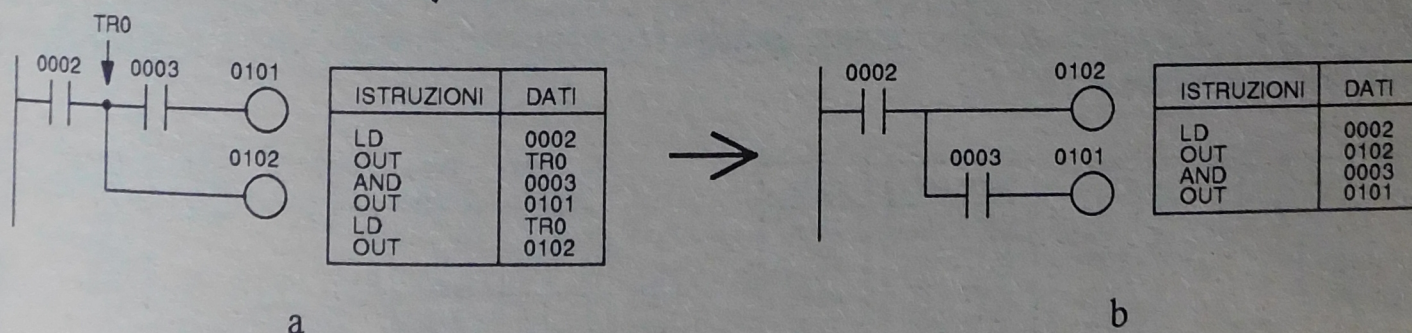
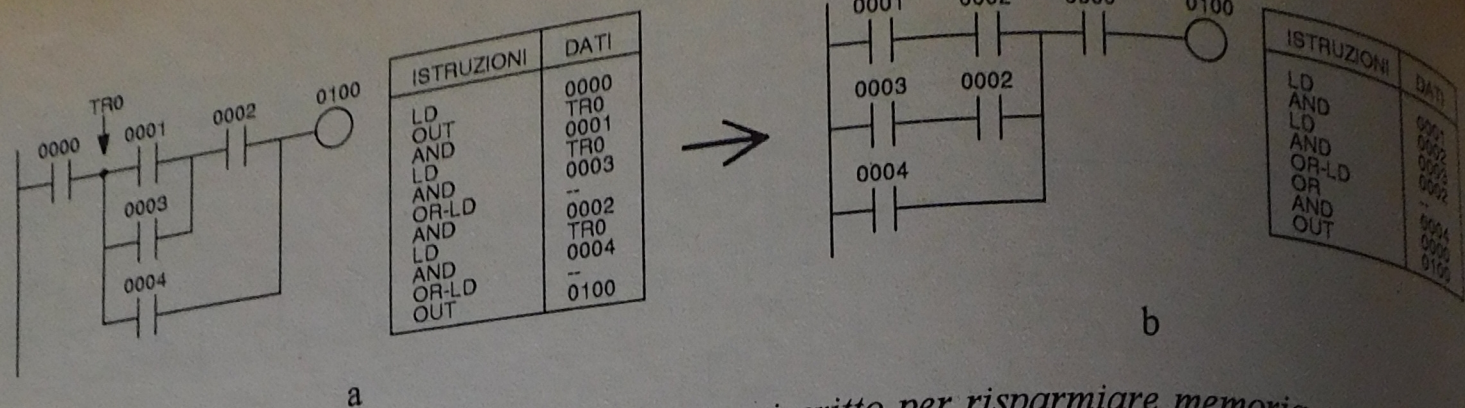


Fig. 14.26 - Esempio di diagramma ladder riscritto per risparmiare memoria e tempo di scansione (2).

Se il diagramma ladder della seguente figura a è programmato come da illustrazione, è necessario usare il relè a memoria temporanea TR0 e inoltre il programma risulta più lungo. Riscrivendo il circuito, come mostrato in b si risparmia memoria e si riduce il tempo di scansione.



Nel diagramma mostrato nella figura che segue (a), l'uscita 0103 non può andare a ON perché il PLC esegue le istruzioni nell'ordine in cui sono state programmate. Riscrivendo il diagramma ladder come mostrato nella seguente figura b, l'uscita 0103 può andare a ON per un ciclo di scansione.

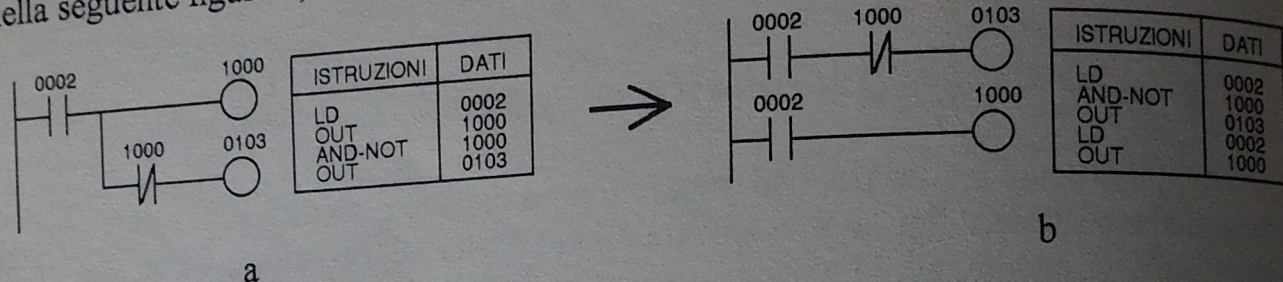


Fig. 14.28 - Esempio di diagramma ladder riscritto per una corretta esecuzione.

Nel diagramma delle seguenti figure 14.29 (a) e 14.30 (a) o si usa un relè a memoria temporanea (TR0) oppure lo si dovrà riscrivere come è mostrato nelle figure 14.29 (b) e 14.30 (b).

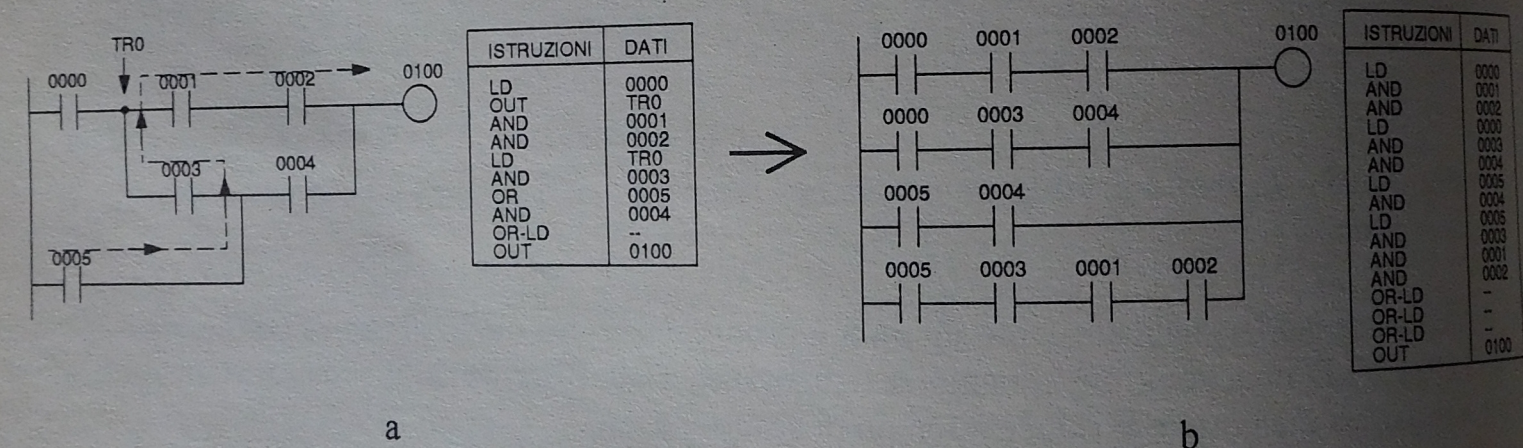


Fig. 14.29 - Esempio di diagramma ladder riscritto per evitare l'uso di un relè a memoria temporanea TR0 (1).

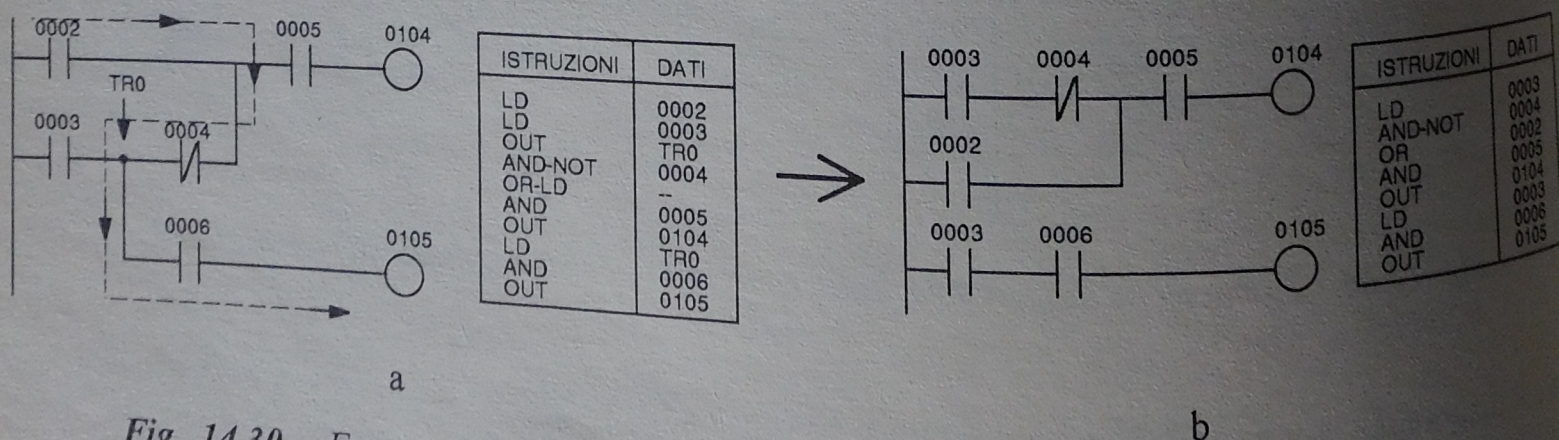


Fig. 14.30 - Esempio di diagramma ladder riscritto per evitare l'uso di un relè a memoria temporanea TR0 (2).

Si noti che nell'esempio di figura 14.29 l'uscita 0100, programmando il PLC come da figura a, non si attiva anche se i contatti 0005, 0003, 0001, 0002 passano allo stato logico 1, in quanto il flusso dei dati non va da sinistra verso destra (percorso tratteggiato); esattamente la stessa cosa accade nella figura 14.30 (a): l'uscita 0105 non si attiva se i contatti 0002, 0004, 0006 sono allo stato logico 1.

Il diagramma ladder della seguente figura a invece non può essere programmato. Per permettere il flusso dei segnali indicati dalle linee tratteggiate bisogna riscrivere il diagramma come è mostrato nella figura b.

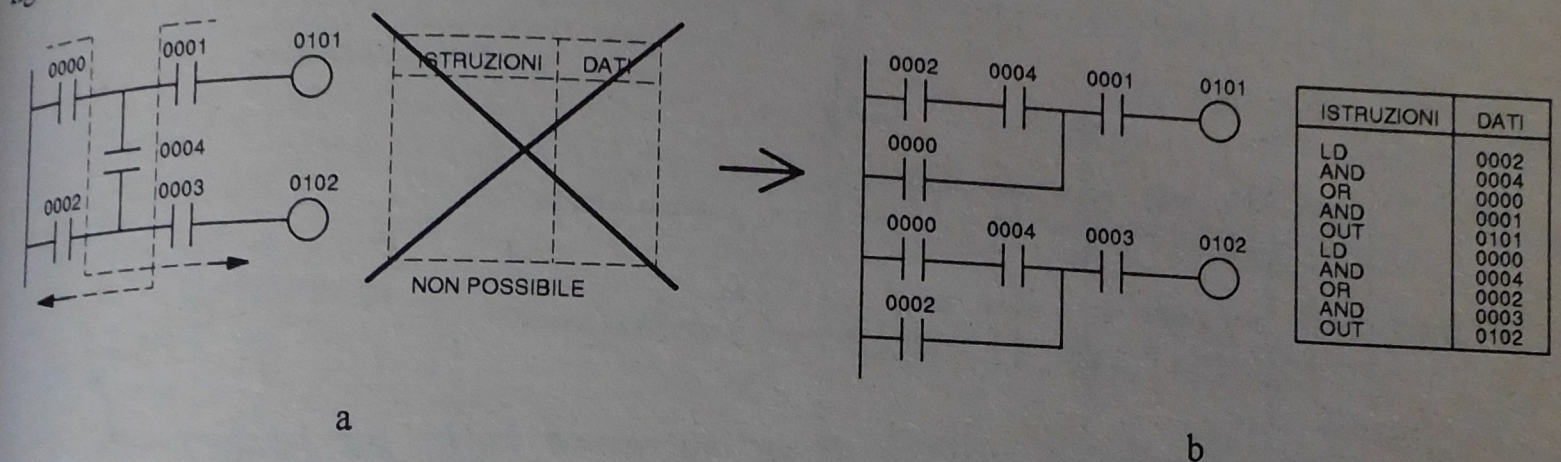


Fig. 14.31 - Esempio di diagramma ladder riscritto per poter essere programmato (1).

Analogamente anche il diagramma della seguente figura a non può essere programmato. Per poterlo programmare occorre riscriverlo come è mostrato nella figura b.

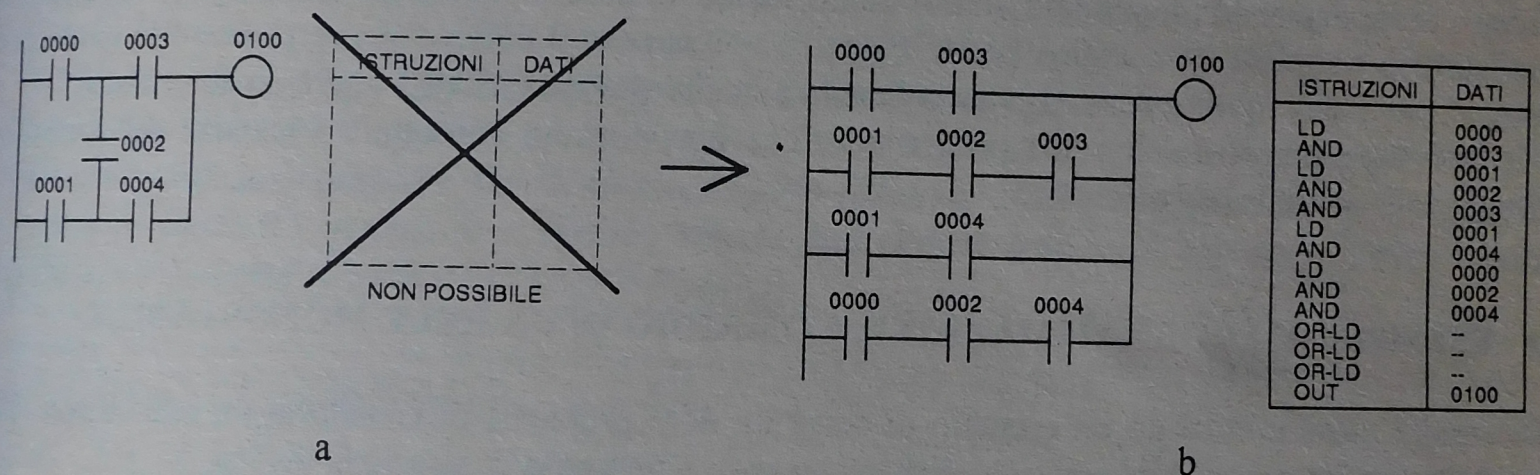


Fig. 14.32 - Esempio di diagramma ladder riscritto per poter essere programmato (2).

Nell'esempio che segue, se un segnale di errore proveniente dagli ingressi di errore 0002, 0003, 0004 mette a ON l'HR000 (relè interno tamponato) e si verifica una caduta di tensione, allora il relè HR000 mantiene memorizzato il proprio stato e ripristina le uscite appena ritorna la tensione di alimentazione del PLC.

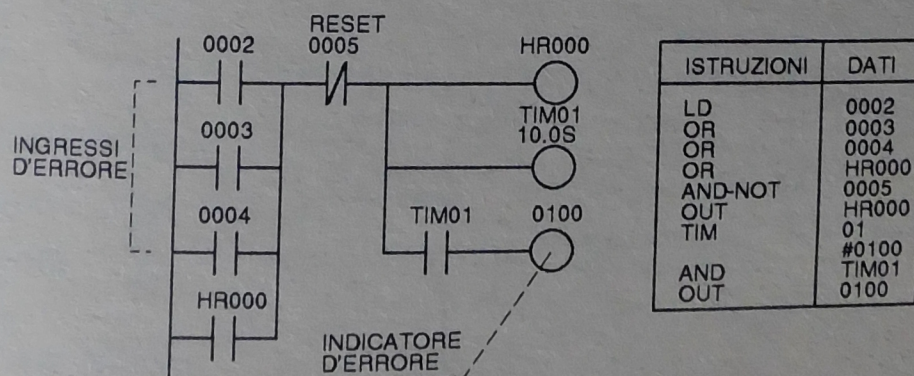


Fig. 14.33 - Esempio di diagramma ladder con uso di un relè interno tamponato (HR000).

Qualora l'unità di programmazione sia di tipo grafico, può essere necessario a volte modificare il diagramma ladder al fine di adattarlo alle caratteristiche dell'unità.

L'esempio che segue fa riferimento ad un'unità di programmazione che consente al massimo l'inserimento di 7 contatti in serie più l'uscita, ecco che allora sarà necessario spezzare il diagramma e utilizzare un'uscita interna (1000) per riscrivere il diagramma.

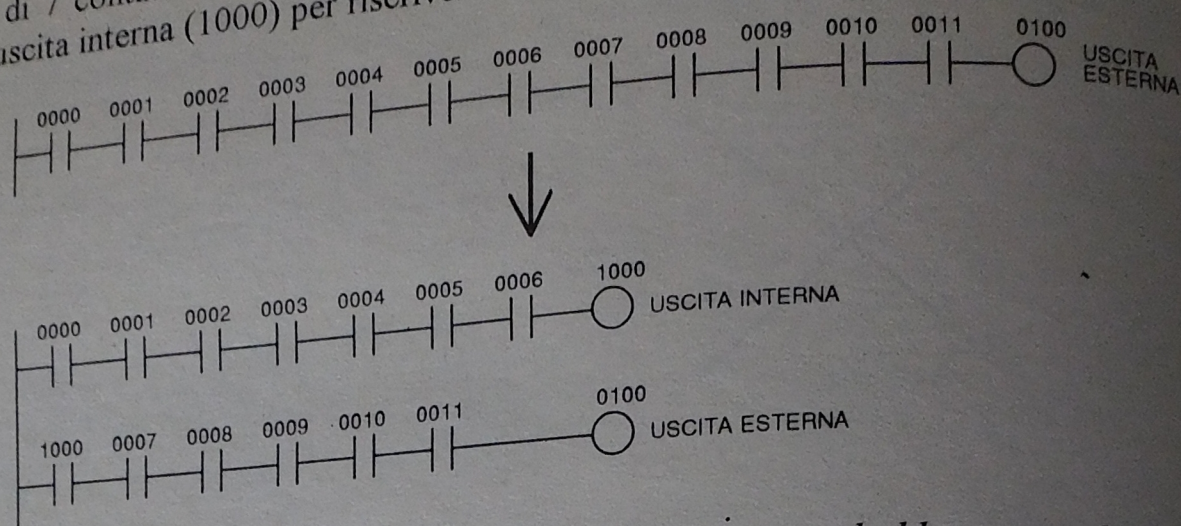


Fig. 14.34 - Esempio di modifica di un diagramma ladder per adattarlo alle caratteristiche di un'unità di programmazione grafica.

È importante, durante la fase di programmazione, conoscere lo stato logico a riposo dei contatti collegati agli ingressi.

Infatti, programmando un contatto chiuso (stato logico 1) nella memoria del PLC, se questo è relativo ad un ingresso cambierà stato logico (stato logico 0) non appena il controllore verrà posto in modalità di funzionamento RUN: questo se il contatto collegato a quell'ingresso è chiuso (ingresso alimentato).

Per altri suggerimenti relativi alla programmazione è opportuno consultare i manuali dei controllori presentati nella seconda parte del libro.

14.9 - ESEMPIO DI PROGRAMMAZIONE: COMANDO DI UN RELÈ MONOSTABILE

Di seguito viene presentato un esempio di come un dato problema (comando di un relè monostabile) possa essere risolto secondo diverse soluzioni aventi costi e un grado di sicurezza diversi.

L'esempio è relativo al comando di un relè monostabile (per esempio un contattore): come si può vedere dallo schema elettromeccanico il relè K1 può essere posto nello stato di eccitazione mediante il pulsante NO S1 (set), il relè K1 di tipo monostabile rimane eccitato mediante il suo contatto di autoritenuta; lo si può comunque diseccitare mediante il pulsante S2 (reset) normalmente chiuso.

Tale circuito scelto in elettromeccanica per questioni di sicurezza viene definito a reset dominante in quanto, se si tiene premuto il pulsante S2 di arresto, il relè K1, anche se si preme S1, rimane comunque diseccitato.

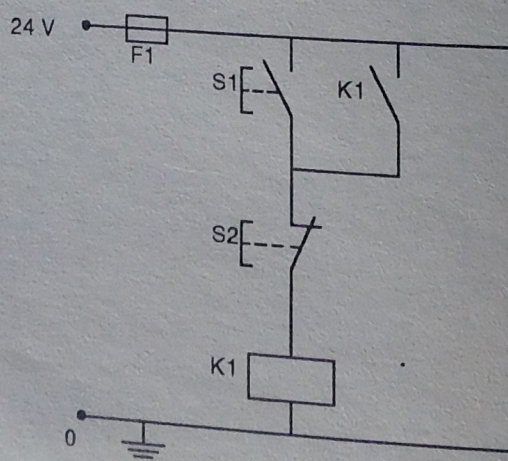


Fig. 14.35 - Schema elettromeccanico per il comando di un relè monostabile.

La prima soluzione proposta (fig. 14.36) è la meno sicura, in quanto non garantisce la diseccitazione del relè monostabile K1 in caso di malfunzionamento dell'alimentatore degli ingressi e qualora venga a mancare il collegamento al pulsante di arresto S2 (NO), inoltre se si preme contemporaneamente il pulsante di reset S2 e il pulsante di set S1 il relè K1 si eccita ugualmente (set dominate).

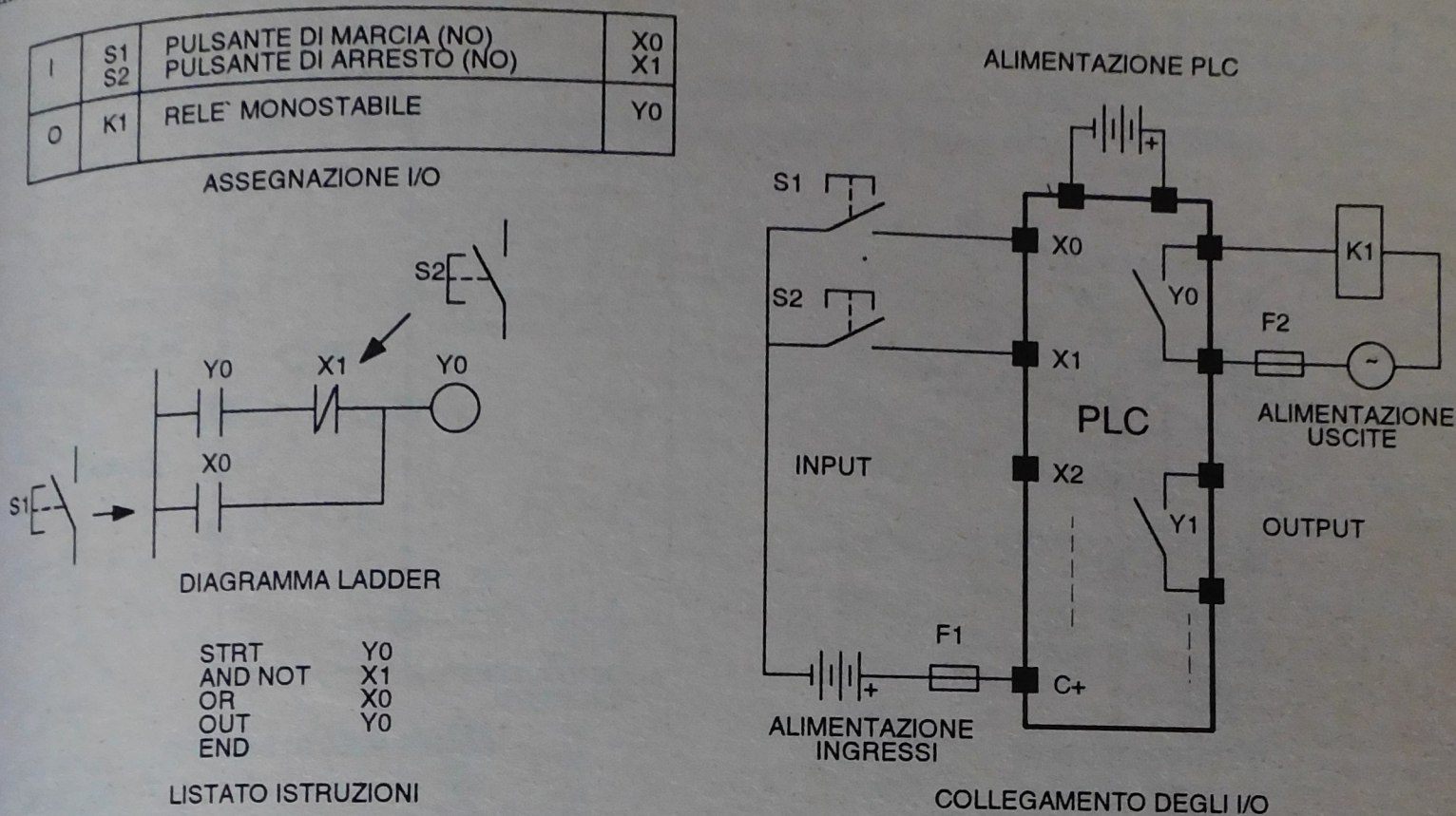


Fig. 14.36 - Comando di un relè monostabile (soluzione 1).

La seconda soluzione proposta è anch'essa non molto sicura, in quanto non garantisce la diseccitazione del relè monostabile K1 in caso di malfunzionamento dell'alimentatore degli ingressi e qualora venga a mancare il collegamento al pulsante di arresto S2 (NO).

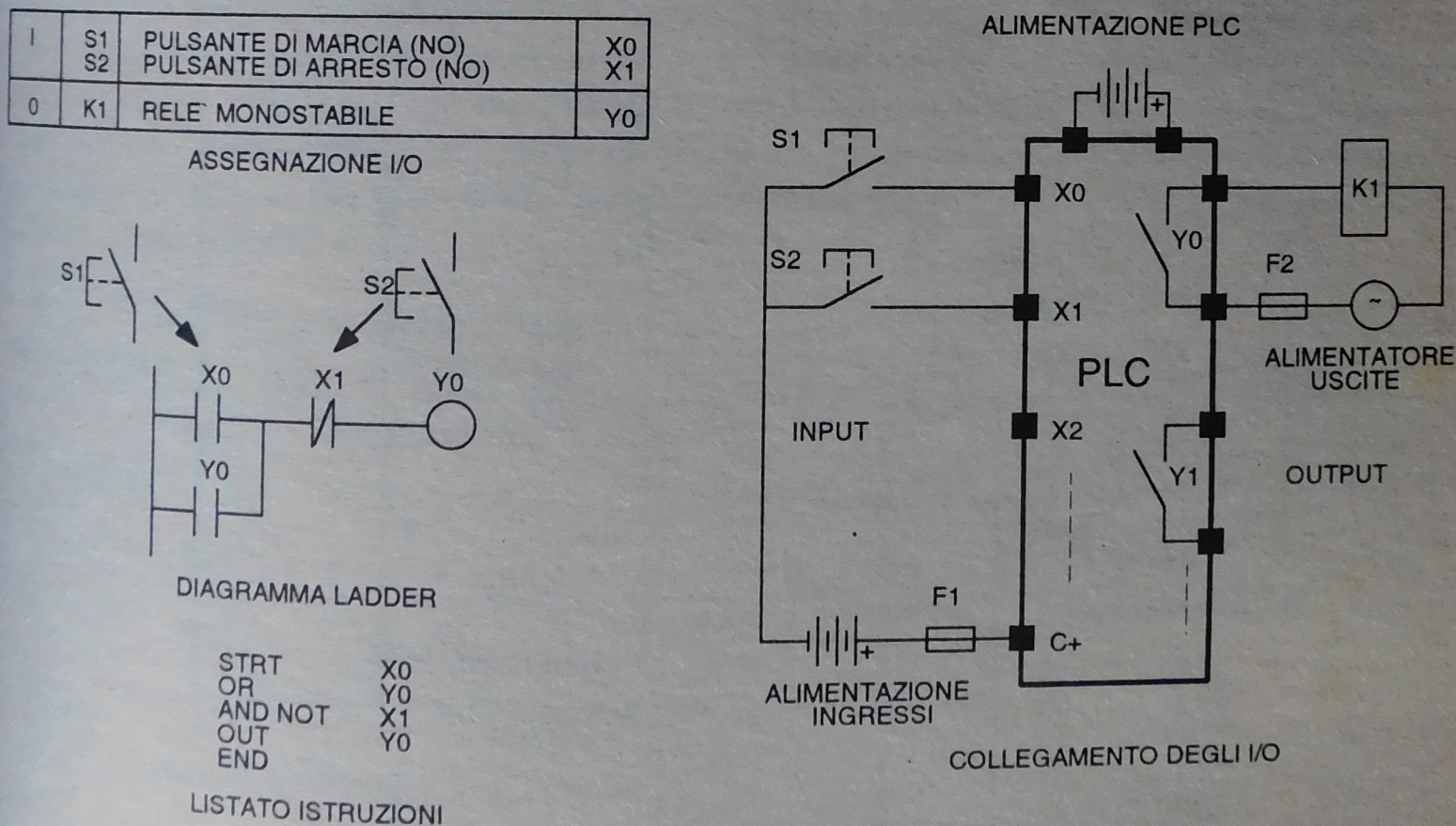


Fig. 14.37 - Comando di un relè monostabile (soluzione 2).

La terza soluzione invece risulta essere già più sicura rispetto alle altre due, in quanto garantisce la diseccitazione del relè K1 anche in caso di guasto dell'alimentatore degli ingressi e quando viene a mancare il collegamento al pulsante di arresto S2 (NC).

I	S1 S2	PULSANTE DI MARCIA (NO) PULSANTE DI ARRESTO (NC)	X0 X1
O	K1	RELE' MONOSTABILE	Y0

ASSEGNAZIONE I/O

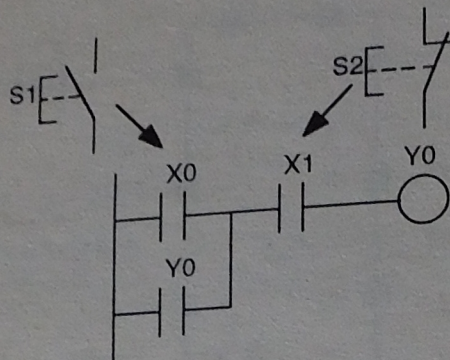
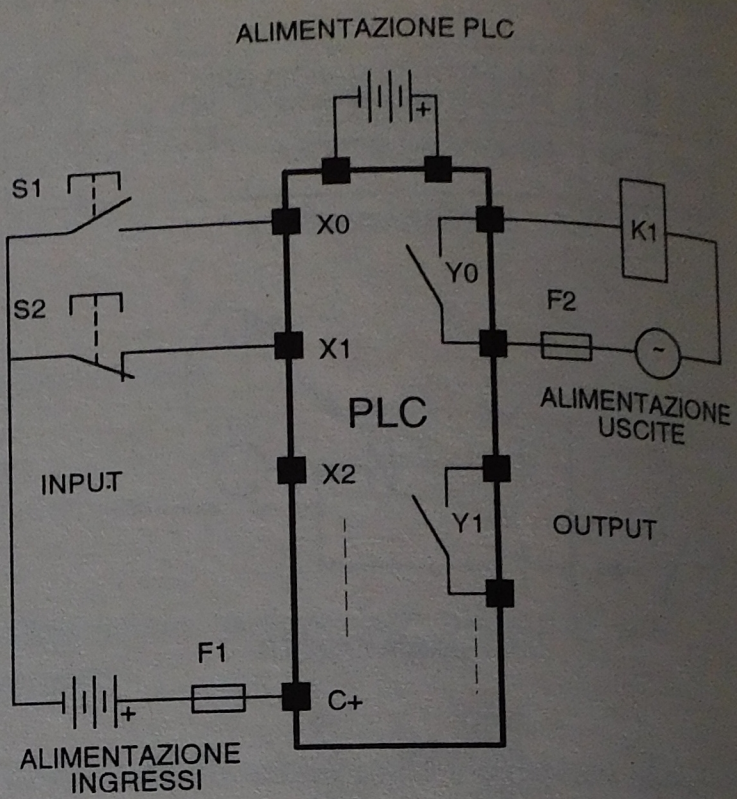


DIAGRAMMA LADDER

STRT X0
OR Y0
AND X1
OUT Y0
END

LISTATO ISTRUZIONI



COLLEGAMENTO DEGLI I/O

Fig. 14.38 - Comando di un relè monostabile (soluzione 3).

La quarta soluzione, rispetto alle altre tre, è caratterizzata da un ulteriore fattore di sicurezza dovuto al controllo sulla effettiva chiusura del relè K1; questo è ottenuto mediante l'uso di un contatto normalmente aperto di K1 collegato all'ingresso X2.

I	S1 S2 K1	PULSANTE DI MARCIA (NO) PULSANTE DI ARRESTO (NC) CONTATTO AUSILIARIO (NO)	X0 X1 X2
O	K1	RELE' MONOSTABILE	Y0

ASSEGNAZIONE I/O

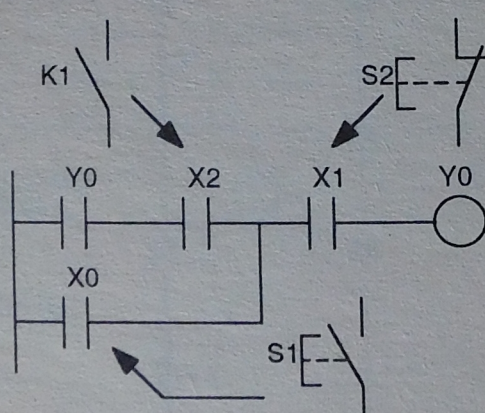
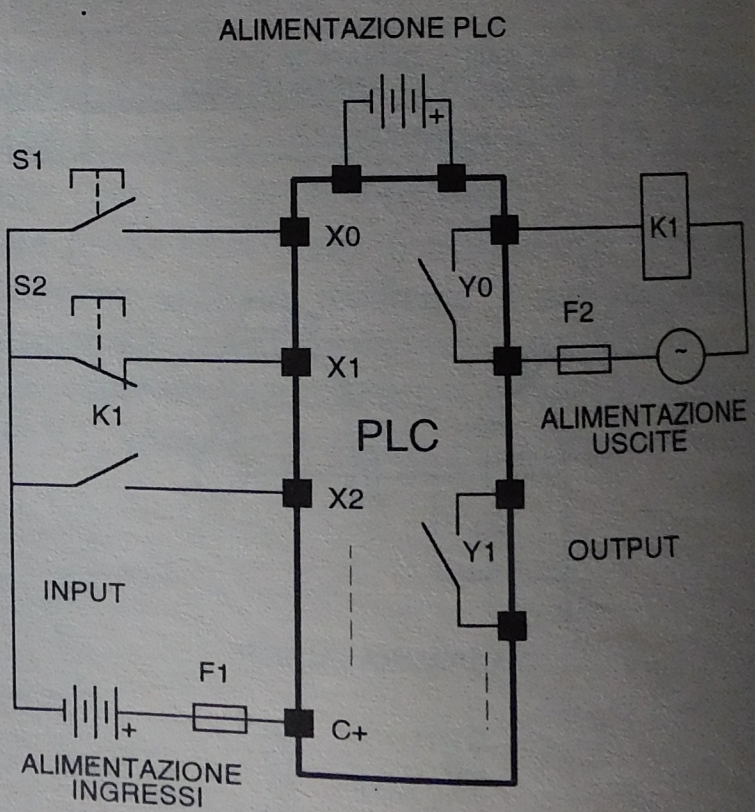


DIAGRAMMA LADDER

STRT Y0
AND X2
OR X0
AND X1
OUT Y0
END

LISTATO ISTRUZIONI



COLLEGAMENTO DEGLI I/O

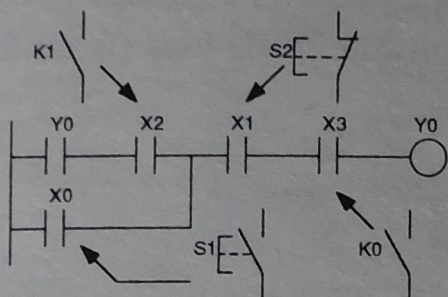
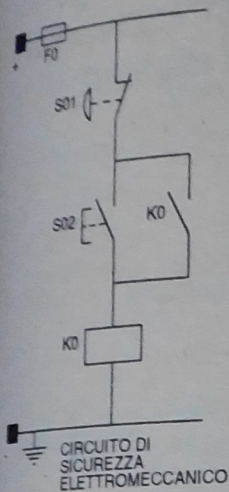
Fig. 14.39 - Comando di un relè monostabile (soluzione 4).

La quinta soluzione rispetto alle altre quattro, pur avendo le caratteristiche viste nella soluzione numero 4, ha in più un circuito di sicurezza elettromeccanico esterno al controllore che abilita il funzionamento delle uscite; tale circuito viene abilitato mediante il pulsante S02 di predisposizione e disabilitato mediante il pulsante di emergenza S01.

Il circuito di sicurezza consente quindi, come si può vedere dallo schema di collegamento I/O, di diseccitare, anche in caso di guasto del PLC o di un suo I/O (per esempio nel caso un'uscita vada in corto circuito), il relè K1, premendo il pulsante di sicurezza S01. Il programma gestisce la situazione di emergenza mediante il contatto di K0 collegato all'ingresso X3, in questo caso disattivando l'uscita Y0.

I	S1	PULSANTE DI MARCIA (NO)	X0
	S2	PULSANTE DI ARRESTO (NC)	X1
	K1	CONTATTO AUSILIARIO (NO)	X2
	K0	CONSENSO CIRCUITO DI SIC. (NO)	X3
O	K1	RELE' MONOSTABILE	Y0

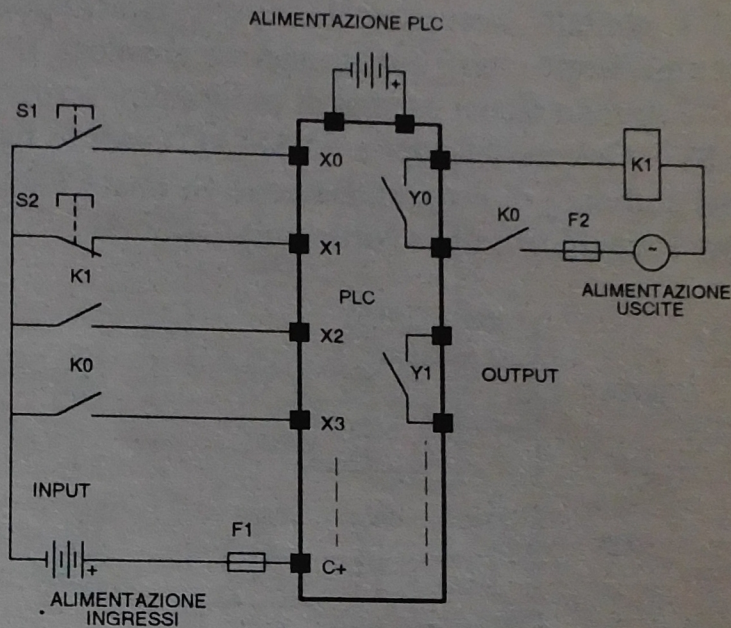
ASSEGNAZIONE I/O



STRT
AND
OR
AND
AND
OUT
END

Y0
X2
X0
X1
X3
Y0

LISTATO ISTRUZIONI



COLLEGAMENTO DEGLI I/O

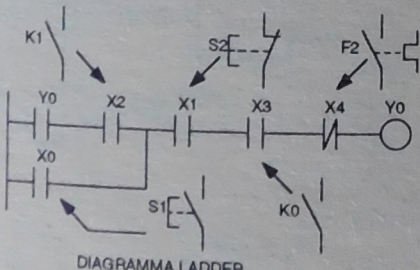
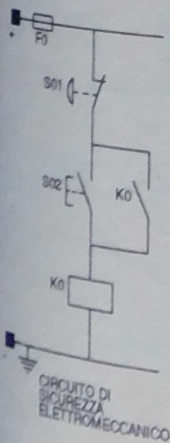
Fig. 14.40 - Comando di un relè monostabile (soluzione 5).

L'ultimo caso presentato si presta ad essere utilizzato per comandare contattori che alimentano motori asincroni trifasi, in questo caso in più rispetto all'esempio precedente si può notare la presenza del relè termico F4 posto a protezione del motore M1 contro i sovraccarichi.

Si noti come il relè termico F4 intervenendo diseccita il contattore K1 mediante il contatto NC e segnala il suo intervento al PLC, che disabilita l'uscita Y0 mediante il contatto NO collegato all'ingresso X4. Questa soluzione, evidentemente più costosa ma più sicura, consente comunque di salvaguardare il motore anche in caso di guasto del PLC o più semplicemente di un suo I/O, infatti il contattore K1 viene diseccitato dal contatto NC di F4.

I	S1	PULSANTE DI MARCIA (NO)	X0
	S2	PULSANTE DI ARRESTO (NC)	X1
	K1	CONTATTO AUSILIARIO (NO)	X2
	K0	CONSENSO CIRCUITO DI SIC. (NO)	X3
	F4	CONTATTO RELE' TERMICO (NO)	X4
O	K1	RELE' MONOSTABILE	Y0

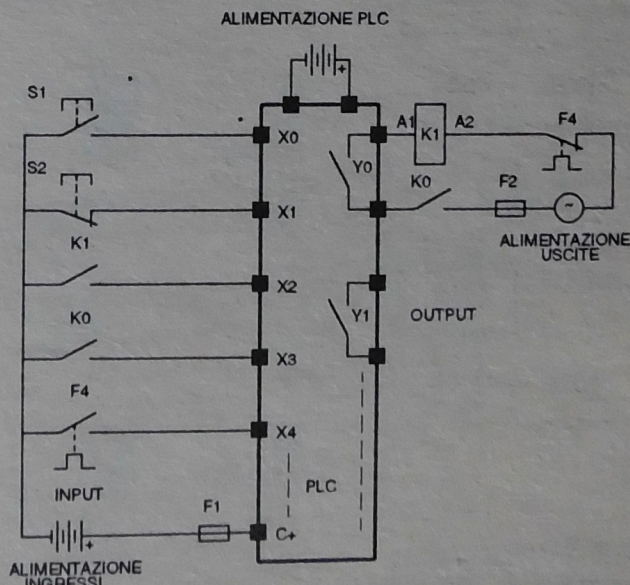
ASSEGNAZIONE I/O



STRT
AND
OR
AND
AND
AND NOT
OUT
END

Y0
X2
X0
X1
X3
X4
Y0

LISTATO ISTRUZIONI



COLLEGAMENTO DEGLI I/O

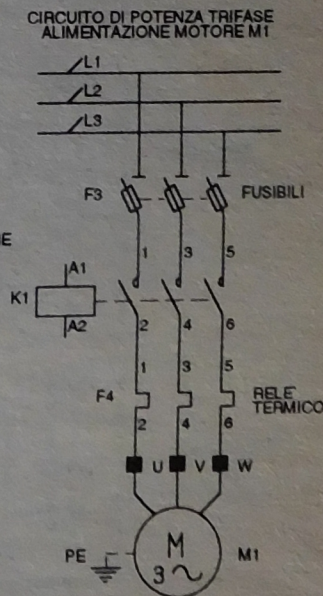


Fig. 14.41 - Comando di un relè monostabile (soluzione 6).