

# Automazione di una stazione di collaudo di un manufatto

## Controllo dei Processi

A.A. 2001/2002

Ingegneria Informatica

Francesco Arcieri

Francesco Cosola

Luca De Cicco

Francesco Patano

Valerio Summo

## 1 Scopo del sistema

Automatizzare una stazione di produzione adibita al collaudo di un determinato manufatto.

## 2 Descrizione del sistema

Il sistema richiesto è composto dalle seguenti parti:

- Un nastro trasportatore azionato dal motore  $M1$  a sua volta controllato dal contattore  $K1$ .
- Una stazione di collaudo.
- Quattro stazioni di lavorazione del manufatto.
- Il pulsante  $S1$  di avvio/stop del nastro trasportatore.
- Il pulsante  $S2$  a disposizione dell'operatore (della stazione di collaudo) per segnalare un pezzo difettoso.
- Il pulsante  $S3$  di reset dello shift register.
- Il finecorsa  $S4$  che rileva l'avanzamento dei prodotti.
- Quattro lampade ad intermittenza di segnalazione  $H1, H2, H3, H4$ , che evidenziano la presenza di un pezzo difettoso rispettivamente nelle postazioni 1, 2, 3 e 4.

L'operatore nella stazione di collaudo ha a disposizione il pulsante  $S2$  per segnalare, alle stazioni successive, un pezzo difettoso. Nelle quattro postazioni che seguono, quando si presenta tale manufatto scarto, si accende una segnalazione intermittente (lampade  $H1, \dots, H4$ ) che avvisa che tale prodotto non deve essere lavorato. Vi deve essere una perfetta corrispondenza tra l'avanzamento dei pezzi sul nastro trasportatore e la loro posizione rispetto alle stazioni di assemblaggio.

## 3 Obiettivi

Nell'analisi del sistema abbiamo individuato varie problematiche da risolvere.

1. Sincronizzazione degli arrivi dei manufatti.

2. Controllo della congestione a monte del nastro trasportatore.
3. Affidabilità del sistema.

## 4 Modifiche apportate

Per raggiungere gli obiettivi prefissati, è stato necessario apportare le seguenti modifiche:

- Nastro trasportatore di alimentazione e relativo controllo.
- Sbarra di sincronizzazione presente a cavallo dei due nastri trasportatori.
- Motore lineare  $M2$ .
- Sensore di finecorsa  $S5$ .
- Sensore di rilevamento  $S6$ .
- Dispositivo di controllo dello stato delle lampade.
- Espulsore dei prodotti difettosi posto alla fine del nastro trasportatore.

## 5 Funzionamento del sistema complessivo

### 5.1 Nastro di collaudo e lavorazione

Poiché non è nota a priori la modalità di arrivo dei pezzi a monte del nastro trasportatore, e poiché è richiesta la presenza simultanea dei manufatti in ogni stazione, è necessario un sistema che sincronizzi l'arrivo dei pezzi a monte del nastro trasportatore. Tale obiettivo è stato raggiunto mediante l'introduzione della sbarra di *sincronizzazione*  $S$ .

La sbarra, che si apre all'accensione del sistema (tasto  $S1$ ), è controllata dai sensori  $S4$  ed  $S6$ . Quando  $S4$  rileva l'arrivo di un manufatto si chiude la sbarra tramite un contattore. Dopo un tempo  $\tau$ , necessario affinché il manufatto arrivi dalla sbarra alla stazione di collaudo, il motore  $M1$  viene arrestato tramite il contattore  $K1$ . Il collaudatore ha a disposizione un tempo  $T_c$  per verificare la qualità del manufatto. Tramite il pulsante  $S2$  può indicare alle stazioni successive che il manufatto è da scartare. Quando un manufatto difettoso arriva ad una delle stazioni di lavorazione si accende la lampada intermittente di segnalazione. Superata l'ultima stazione di lavorazione, il manufatto difettoso verrà scartato tramite un espulsore controllato dal contattore  $K3$ .

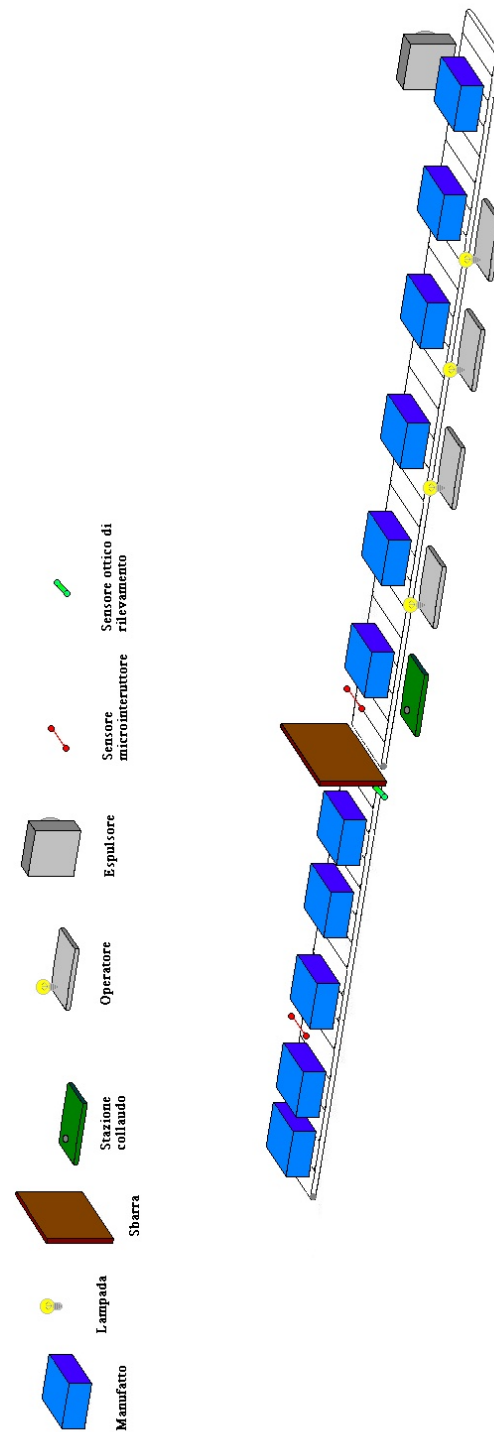


Figura 1: Schema del sistema complessivo

## 5.2 Nastro di alimentazione

L'introduzione della barra di sincronizzazione può portare ad un accumulo di prodotti sul nastro di alimentazione. Per risolvere tale problema abbiamo progettato il seguente *controllo di congestione in feedback*.

Se il numero di prodotti in coda sul nastro di alimentazione è superiore alla soglia  $N$ , il motore lineare  $M2$  viene rallentato secondo la formula:

$$v = \bar{v} - \gamma C$$

Dove  $C$  (adimensionale) è lo stato del contatore up/down controllato dai sensori  $S4$  (decrementa) ed  $S5$  (incrementa),  $\gamma$  è una costante (m/s), e  $\bar{v}$  è la velocità nominale del nastro di alimentazione (m/s).

Se successivamente, il numero di prodotti dovesse aumentare ulteriormente al punto da superare la soglia  $\alpha N$ , il sistema prevede il blocco dei motori  $M1$  ed  $M2$  e l'accensione di un allarme acustico  $A$ . In questa situazione è previsto lo smaltimento di un certo numero di manufatti in modo da alleggerire la coda creatasi.

Quando la condizione di congestione non è più verificata il motore  $M2$  viene reimpostato automaticamente alla velocità nominale  $\bar{v}$ .

## 5.3 Controllo delle lampade (Supporto alla manutenzione)

Dato che le lampade devono accendersi in presenza di manufatto difettoso, deve essere evitata l'eventualità di guasto di una lampada in quanto, in tal caso, un operatore continuerebbe a lavorare tutti i manufatti destinati invece allo scarto. Per evitare questa evenienza è stato previsto un *controllo di stato* per tutte le quattro lampade, che bloccherà il sistema (entrambi i motori  $M1$  ed  $M2$ ) per consentire la sostituzione della lampada danneggiata.

**Nota** É prevista la presenza di un *led* per ogni stazione di lavorazione che permette di individuare rapidamente la lampada guasta.

## 6 Implementazione del sistema di controllo

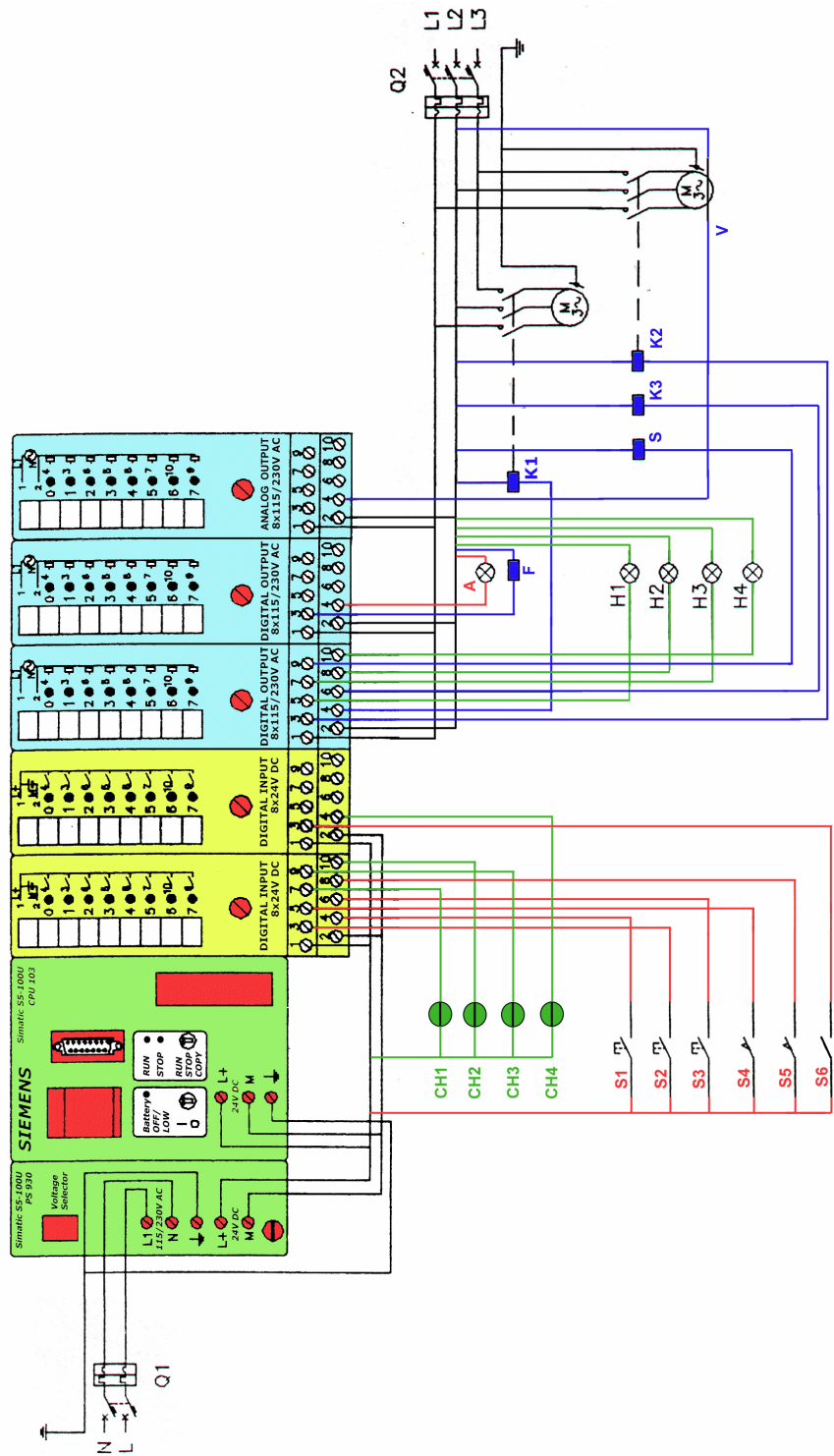
### 6.1 Caratteristiche PLC

Il controllore programmabile S5-100U è un'apparecchiatura modulare per la soluzione economica per sistemi di controllo ed automazione di bassa e media complessità. La configurazione massima del sistema S5-100U consiste in una unità centrale (CPU), i moduli di bus, le unità periferiche (blocchi) che si innestano sui moduli di bus, nonché se necessario alimentatori ed interfacce. Alimentatori, unità centrali, interfacce e moduli di bus vanno montati su guide profilate normalizzate. Il montaggio dei blocchi periferici avviene tramite i moduli di bus. È possibile montare fino a 32 blocchi periferici distribuiti su 4 guide profilate normalizzate.

Sono disponibili i seguenti moduli I/O:

- Blocchi di I/O digitali (8 ingressi e 4/8 uscite) con separazione di potenziale e senza, per semplici funzioni di controllo.
- Blocchi di I/O analogici con campi di regolazione  $0 - 10V$  o  $4 - 20 mA$ .
- Blocchi contatori, temporizzatori, comparatori analogici e simulatori e processori di comunicazione.

### 6.2 Cablaggio



## 6.3 Assegnazione I/O

<i>Ingresso</i>	<i>Descrizione</i>	<i>BIT</i>
<i>S1</i>	Star/Alt	<i>E0.0</i>
<i>S2</i>	Scarto	<i>E0.1</i>
<i>S3</i>	Reset	<i>E0.2</i>
<i>S4</i>	Interruttore presenza manufatto	<i>E0.3</i>
<i>S5</i>	Finecorsa nastro alimentatore	<i>E0.4</i>
<i>CH1</i>	Controllo lampada <i>H1</i>	<i>E0.5</i>
<i>CH2</i>	Controllo lampada <i>H2</i>	<i>E0.6</i>
<i>CH3</i>	Controllo lampada <i>H3</i>	<i>E0.7</i>
<i>CH4</i>	Controllo lampada <i>H4</i>	<i>E1.0</i>
<i>S6</i>	Presenza manufatto alla sbarra	<i>E1.1</i>

<i>Uscite</i>	<i>Descrizione</i>	<i>BIT</i>
<i>K1</i>	Contattore nastro	<i>A2.0</i>
<i>K2</i>	Contattore nastro alimentatore	<i>A2.1</i>
<i>K3</i>	Espulsore manufatti difettosi	<i>A2.2</i>
<i>H1</i>	Lampada <i>H1</i>	<i>A2.3</i>
<i>H2</i>	Lampada <i>H2</i>	<i>A2.4</i>
<i>H3</i>	Lampada <i>H3</i>	<i>A2.5</i>
<i>H4</i>	Lampada <i>H4</i>	<i>A2.6</i>
<i>S</i>	Sbarra	<i>A2.7</i>
<i>A</i>	Allarme	<i>A3.0</i>
<i>v</i>	Segnale al motore <i>M2</i>	<i>A4.0</i>

## 6.4 Variabili di tipo flag (bit)

- $W1$  : 1 flag di inizializzazione.
- Da 1 a 24 attivano le fasi corrispondenti.
- Da  $Tr1$  a  $Tr27$  attivano le transizione corrispondente.
- $T1, T2$  stato timer.
- $C1$ , stato contatore.

## 6.5 Variabili di tipo Word (byte)

- $W2$  Shift Register.
- $W3$  Velocità attuale
- $W4$  Velocità nominale
- $W5$  Variabile temporanea

## 6.6 Funzioni utilizzate

- MUL Moltiplicazione fra word.
- SUB Sottrazione fra word.
- RSD Scorrimento a destra dello shift register.
- LT Less Than, funzione booleana di comparazione.
- GEQ Greater equal, funzione booleana di comparazione.
- MOV caricamento di una word.



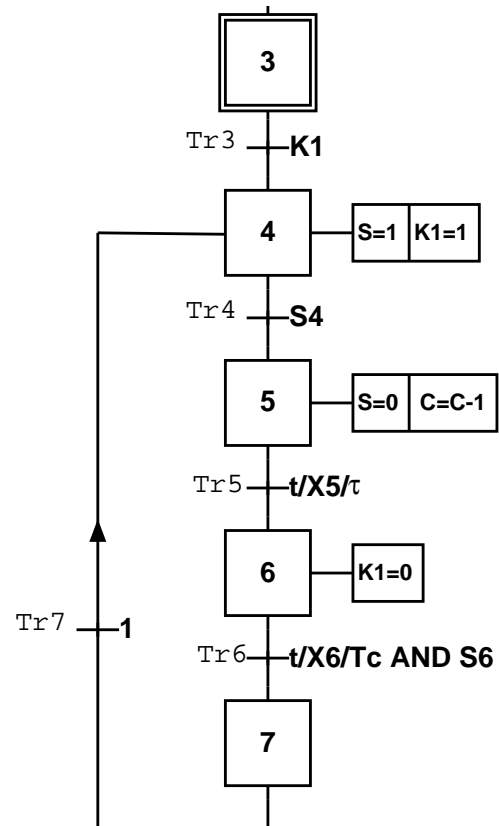


Figura 3: SFC di controllo della sincronizzazione e di movimento pacchi

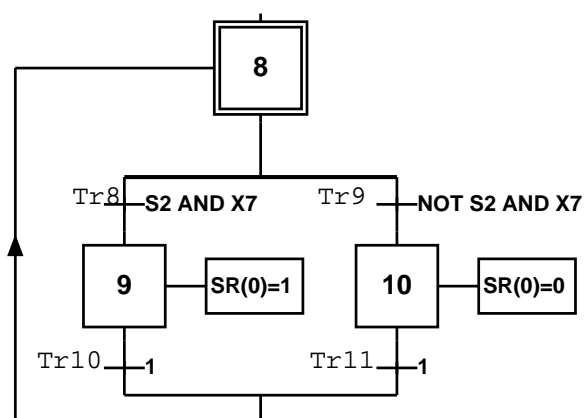


Figura 4: SFC del tasto di scarto S2

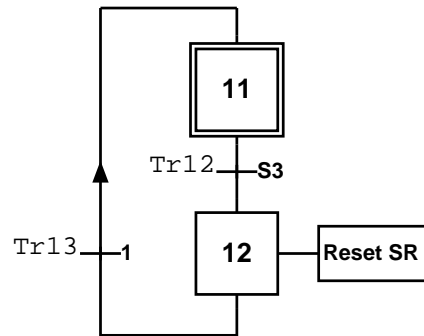


Figura 5: SFC del tasto *S3* di reset dello shift register

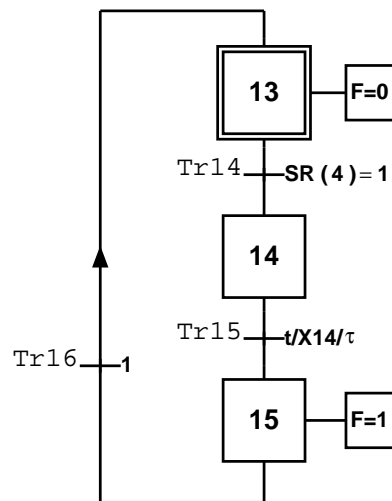


Figura 6: SFC dell'espulsore prodotti difettosi

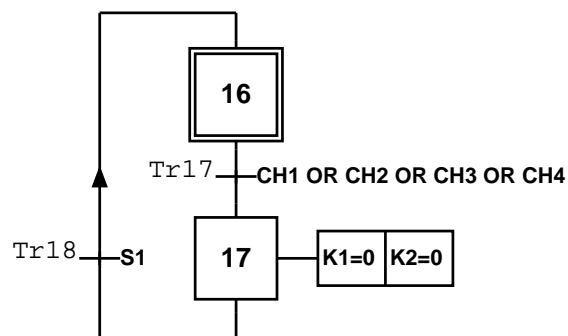


Figura 7: SFC controllo stato lampade

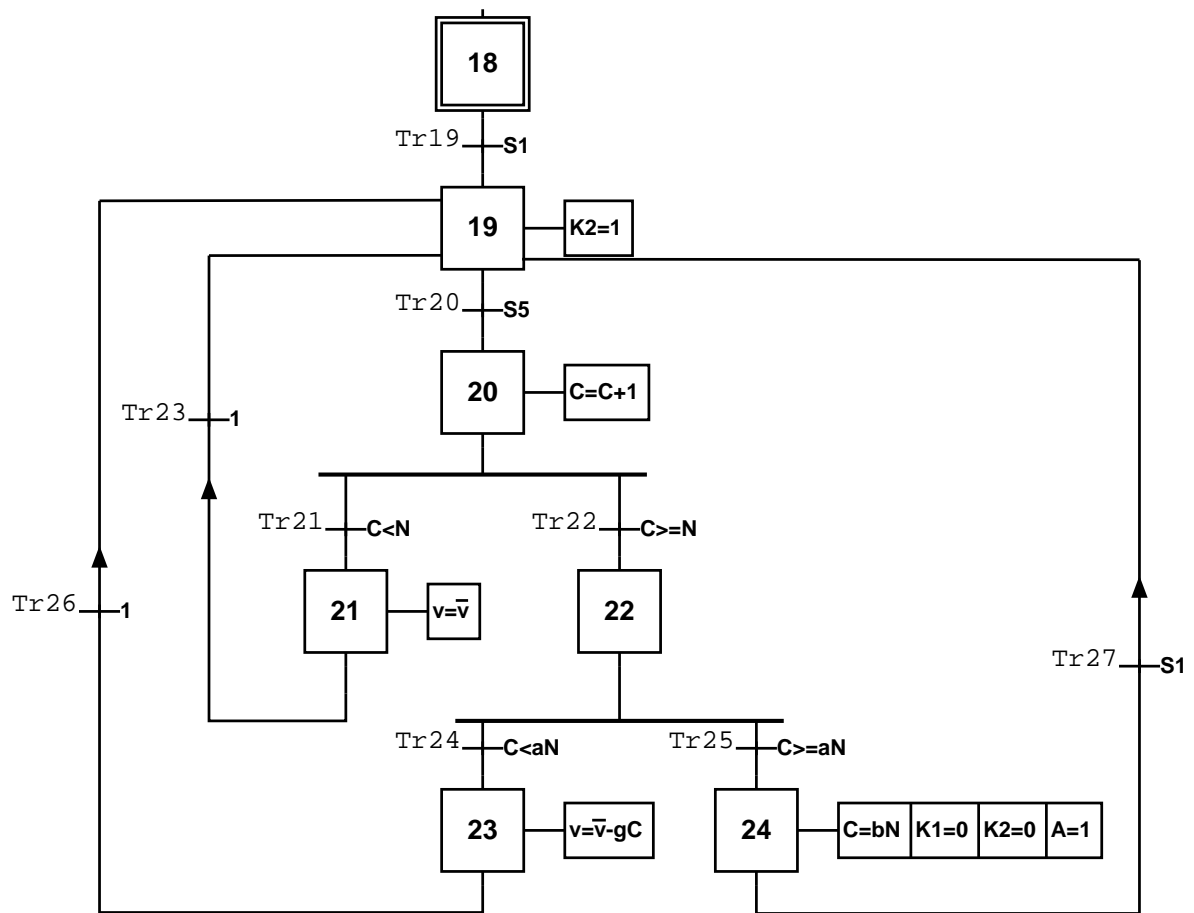


Figura 8: SFC controllo della congestione al nastro alimentatore

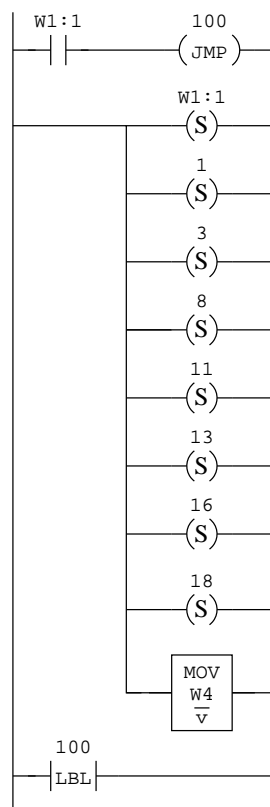
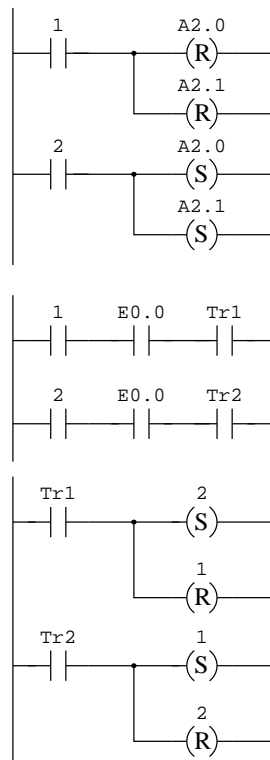


Figura 9: Ladder di inizializzazione

Figura 10: Ladder del tasto  $S1$

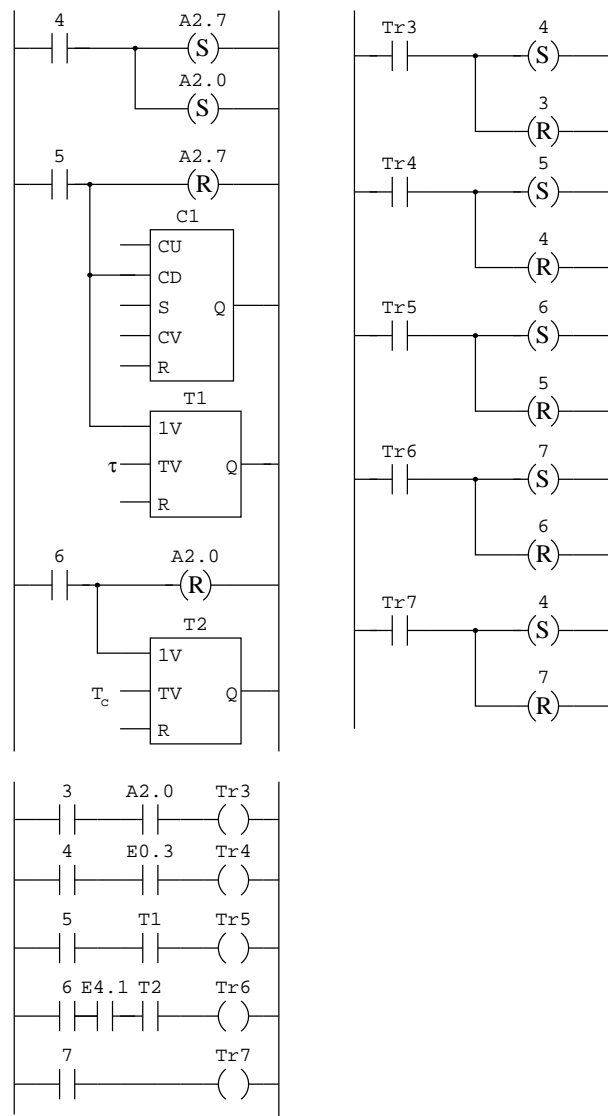


Figura 11: Ladder di controllo della sincronizzazione e di movimento pacchi

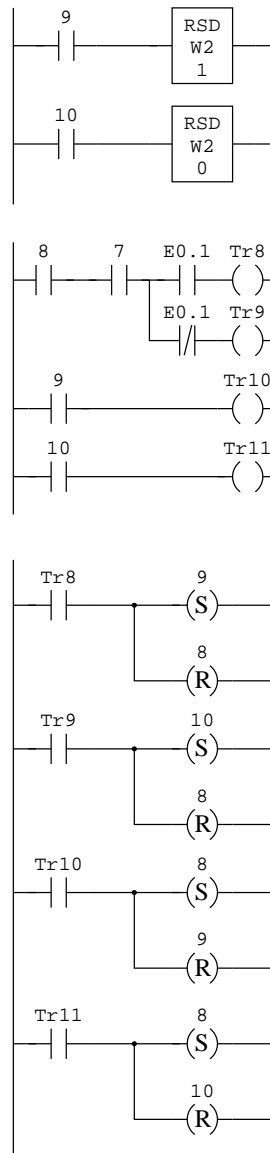


Figura 12: Ladder del tasto di scarto S2

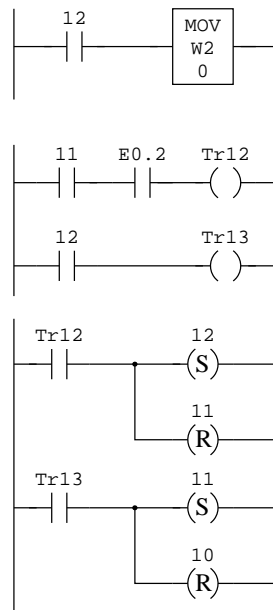
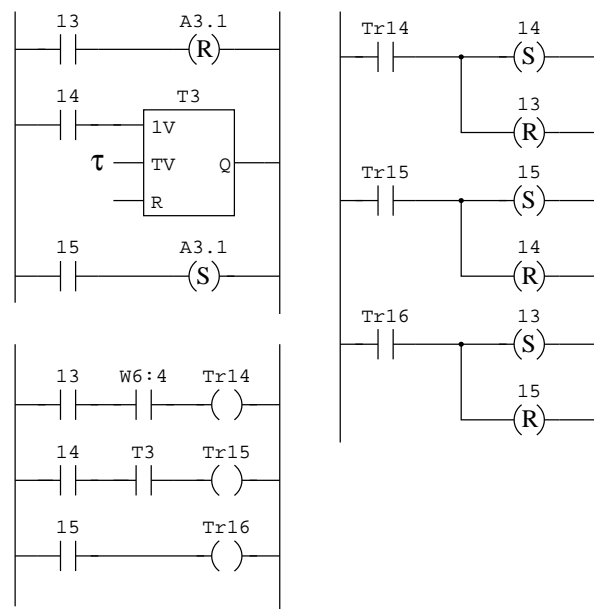
Figura 13: Ladder del tasto *S3* di reset dello shift register

Figura 14: Ladder dell'espulsore prodotti difettosi

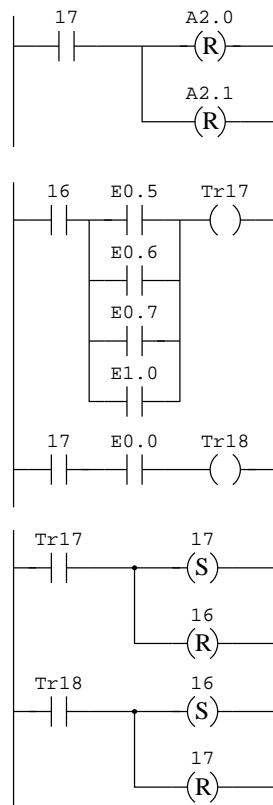


Figura 15: Ladder controllo stato lampade

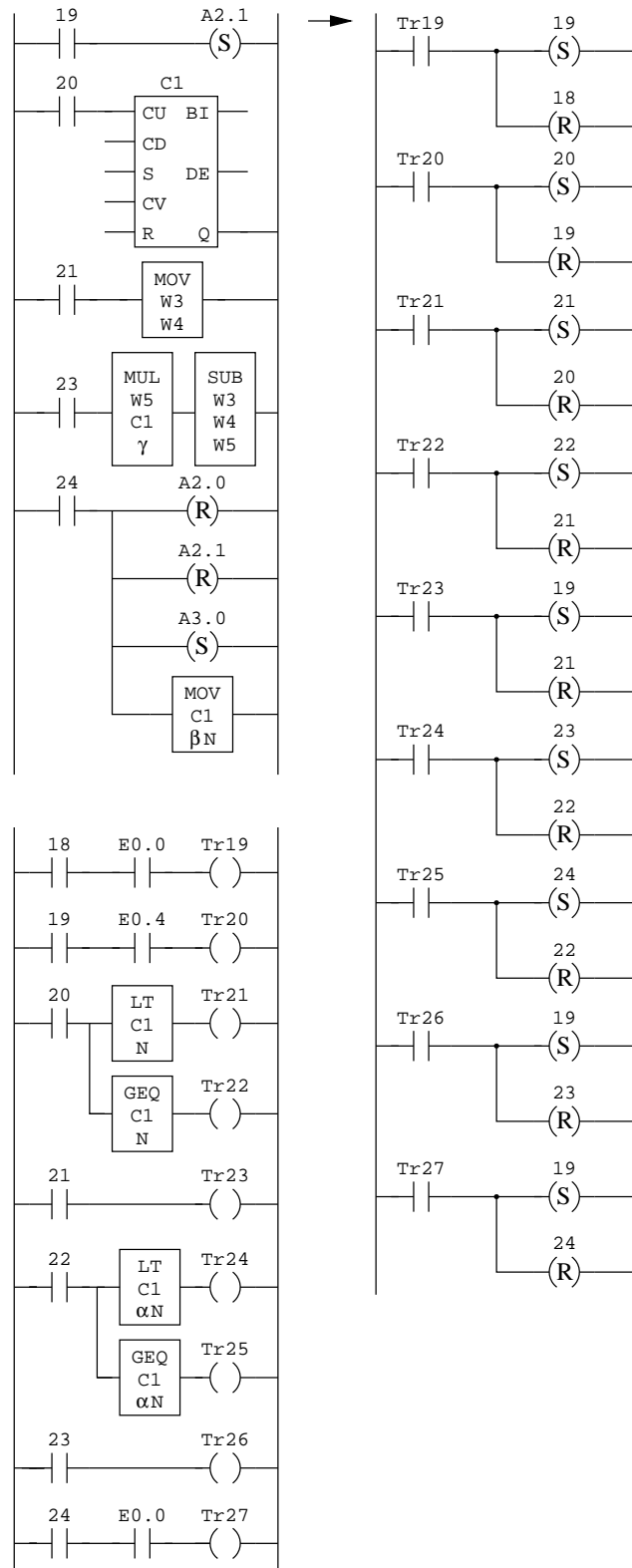


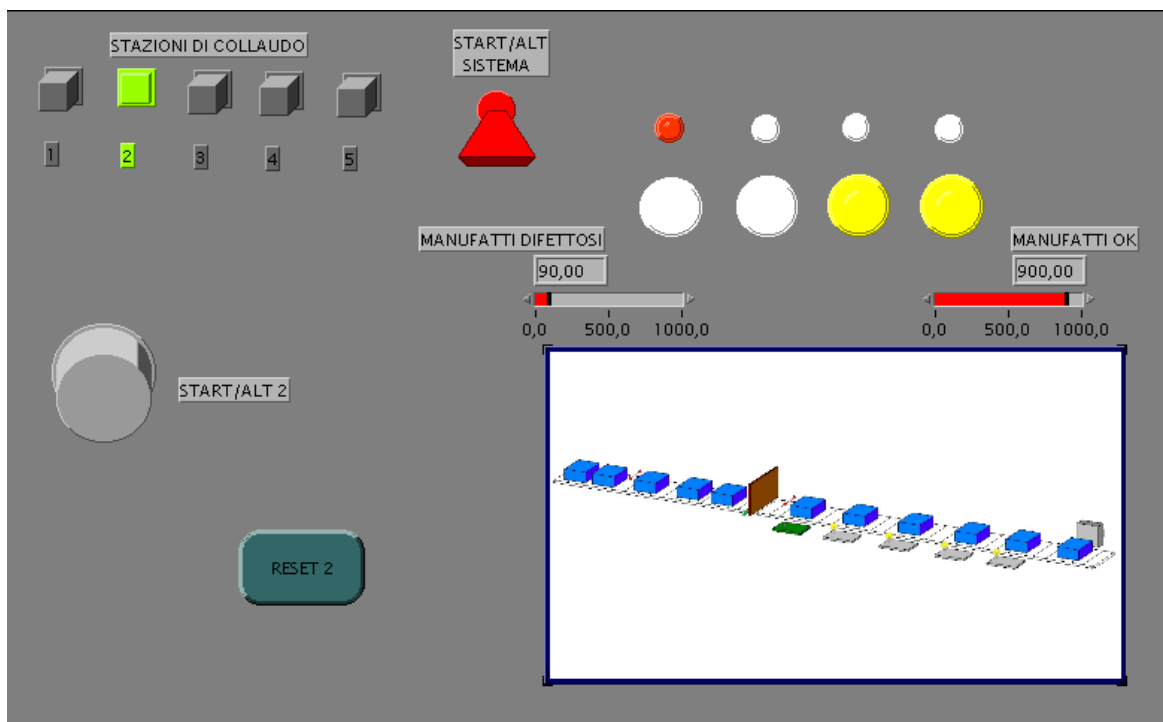
Figura 16: Ladder di controllo della congestione al nastro alimentatore

## 9 Telecontrollo e Supervisione

Il sistema di controllo da noi progettato può essere migliorato tramite un sistema di telecontrollo e supervisione.

Supponiamo che nello stabilimento siano presenti altre stazioni di collaudo analoghe a quella esaminata. Il nostro obiettivo è quello di poter supervisionare e controllare a distanza l'intero processo.

Tramite un quadro sinottico (come in figura<sup>1</sup>) è possibile interagire con il sistema e ottenere informazioni sullo stato del processo.



In particolare è possibile memorizzare nella base di dati le seguenti informazioni relative ad una stazione di collaudo:

- Numero di manufatti difettosi, in base al numero di attivazioni del pulsante di scarto  $S2$ .
- Numero di manufatti non difettosi, come differenza tra numero di manufatti esaminati (tramite  $S4$ ) e numero di manufatti difettosi.
- Numero di guasti alle lampade di segnalazione.

<sup>1</sup>Preso da Labview per Windows.

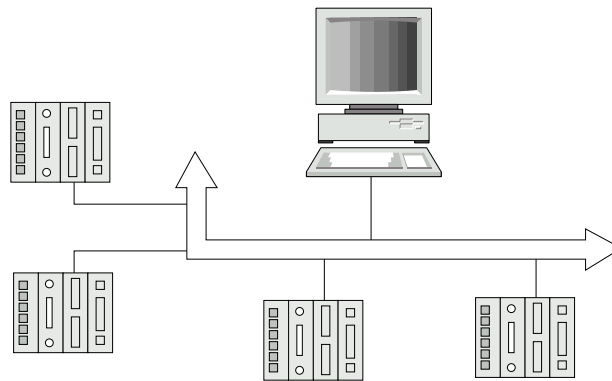


Figura 17: Layout della rete

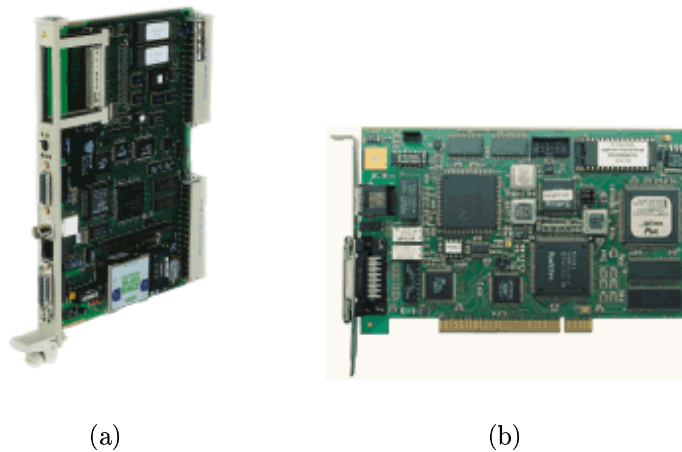


Figura 18: Moduli di rete per PLC (a) e PC (b)

## 9.1 Architettura della rete

L'architettura di rete, mostrata in figura 17, si avvale dei seguenti componenti necessari per la connessione tra i PLC e il PC.

- VIPA SSN-BG89A. CP143 TCP/IP processore di comunicazione TCP/IP-H1 per SIMATIC® S5 di Siemens con software di parametrizzazione (figura 18 a).
- Interfaccia applicom PCI2000ETH che offre la possibilità di combinare i messaging TCP/IP e ISO classe 4 per le serie S5 e S7 (figura 18 b).

## 10 Controllo statistico di processo

Il sistema è in grado di segnalare alle catene di produzione poste a monte delle stazioni di collaudo il verificarsi di una particolare situazione, ovvero la presenza contemporanea di quattro manufatti difettosi (quattro lampade accese contemporaneamente). Questa situazione potrebbe segnalare un possibile problema sulla produzione dei manufatti. Supponendo che in media la probabilità di produrre manufatti difettosi sia  $G$  ( $G \in [0, 1]$ ), la probabilità di riscontrare quattro pezzi guasti contemporaneamente è di  $G^4$  ovvero un numero molto vicino a zero<sup>2</sup>. Questo indica la non indipendenza tra i quattro eventi e quindi è probabile un guasto nel sistema di produzione (a monte del nastro di alimentazione).

## 11 Hardware aggiuntivo

### 11.1 Allarme acustico a 4 toni, bassa frequenza



Lungh. 61,28mm Ø 92mm



Specifiche tecniche	
Tensione nominale	24V= ± 25%
Corrente	17mA alla massima emissione
Livello sonoro alla tensione nominale (distanza 1m)	100dB (A)
Frequenza	800-950Hz
Intervallo temperatura di funzionamento	da -20°C a +70°C

#### Confezione da: 1 pezzo

Modello	Codice	Prezzo cad.	
		1-9	10-49
Rosso	196-7493	€ 25,53	€ 23,56
Bianco	196-7500	€ 25,53	€ 23,56

- Suono medio compreso tra i 50 e i 115 dB
- Toni selezionabili tramite interruttori con collegamento a ponte
- Elevata emissione, basso consumo di corrente
- Controllo del volume regolabile

<sup>2</sup>Se si suppone, come dovrebbe essere, che la probabilità  $G$  sia abbastanza bassa.

## 11.2 Lampada lampeggiante a profilo basso

**Specifiche tecniche**

Tensione di alimentazione	230V~
Corrente di alimentazione	65mA
Tolleranza di alimentazione	±15%
Tensione nominale	15W
Velocità di lampeggio nominale	40 fpm (0,667Hz)
Intensità luminosa nominale	15Cd
Limiti di temperatura	da -20°C a +55°C

**Confezione da: 1 pezzo**

	Codice	Prezzo cad.	
		1-4	5-9
<b>A impulsi 230V~</b>	<b>321-1663</b>	€ 32,57	€ 31,04
<b>Calotte</b>			
<b>Ambra</b>	286-7401	€ 4,37	€ 4,15
<b>Lampadine</b>			
<b>12V 12W</b>	289-0439	€ 4,05	€ 3,75
<b>24V 12W</b>	289-0445	€ 4,64	€ 4,30

## 11.3 Finecorsa Telemecanique serie XCK-P

**Specifiche tecniche**

Contatti di sicurezza	1 N/C (10A I <sub>th</sub> )
Contatti ausiliari	1 N/O (10A I <sub>th</sub> )
Involucro	Nylon ignifugo
Ingresso cavo	ISO 16mm
Conforme alle norme	IEC947-5-1, VDE0660, EN50047
<b>Approvazioni</b>	<b>UL, CSA</b>

**Confezione da: 1 pezzo**

Modello	Codice	Prezzo cad.	
		1-4	5-24
<b>Corpi di nylon</b>			
<b>Con molla elicoidale</b>	<b>235-880</b>	€ 26,58	€ 25,25

## 11.4 Interruttore ottico cilindrico in contenitore standard in metallo Telemecanique



Specifiche tecniche			
Uscita	<b>PNP</b>	<b>Multi-tensione</b>	
Tensione di alimentazione	12 a 24V=	20 a 240V±	
Corrente commutata max.	100mA	200mA	
Freq. max.	500Hz	25Hz	
Temp. di funzionamento	da -25°C a +55°C		
Dimensioni (mm)			
uscita cavo	M18 x 62		
con eliminazione sfondo	M18 x 80		
uscita connettore	M18 x 72		
Indice di protezione	IP67		
Riflettore 50 x 50 mm fornito con le versioni a riflettore			
Codice	Uscita	Tipo di rilevamento	Portata max./utile
<b>Cellule ad uscita cavo</b>			
<b>281-1458</b>	PNP	A riflettore	5,5m/4m

Confezione da: 1 pezzo		
N. rif. Telemecanique	Codice	Prezzo
Cellule ad uscita cavo		1-4
XU1-N18PP340	281-1458	€ 63,41

## 11.5 SIEMENS S5-100U

Siemens modulo analogico uscita



Specifiche tecniche			
Uscite	2		
Protezione da corto circuiti	Sì		
Lunghezza cavo (schermato)	200m max		
Consumo corrente modulo	80mA tipico		
Confezione da: 1 pezzo			
Modello	Codice	Prezzo cad.	
		1-4	5-24
<b>4-20mA</b>	<b>628-383</b>	<b>€ 467,29</b>	<b>€ 435,06</b>

Il blocco uscite analogiche ha il compito di convertire i segnali digitali provenienti dalla CPU in segnali analogici per il processo da controllare. Questo tipo di modulo può essere connesso solonegli slot da 0 a 7.

### Modulo CPU 100 siemens



Confezione da: 1 pezzo		
Modello	Codice	Prezzo
		1-4
CPU 100	628-002	€ 126,22

Le unità centrali ( CPU ) sono sempre necessarie per costituire un sistema S5-100U. Si monta direttamente sulla guida normalizzata senza l'interposizione del modulo di bus.

L'unità centrale comprende :

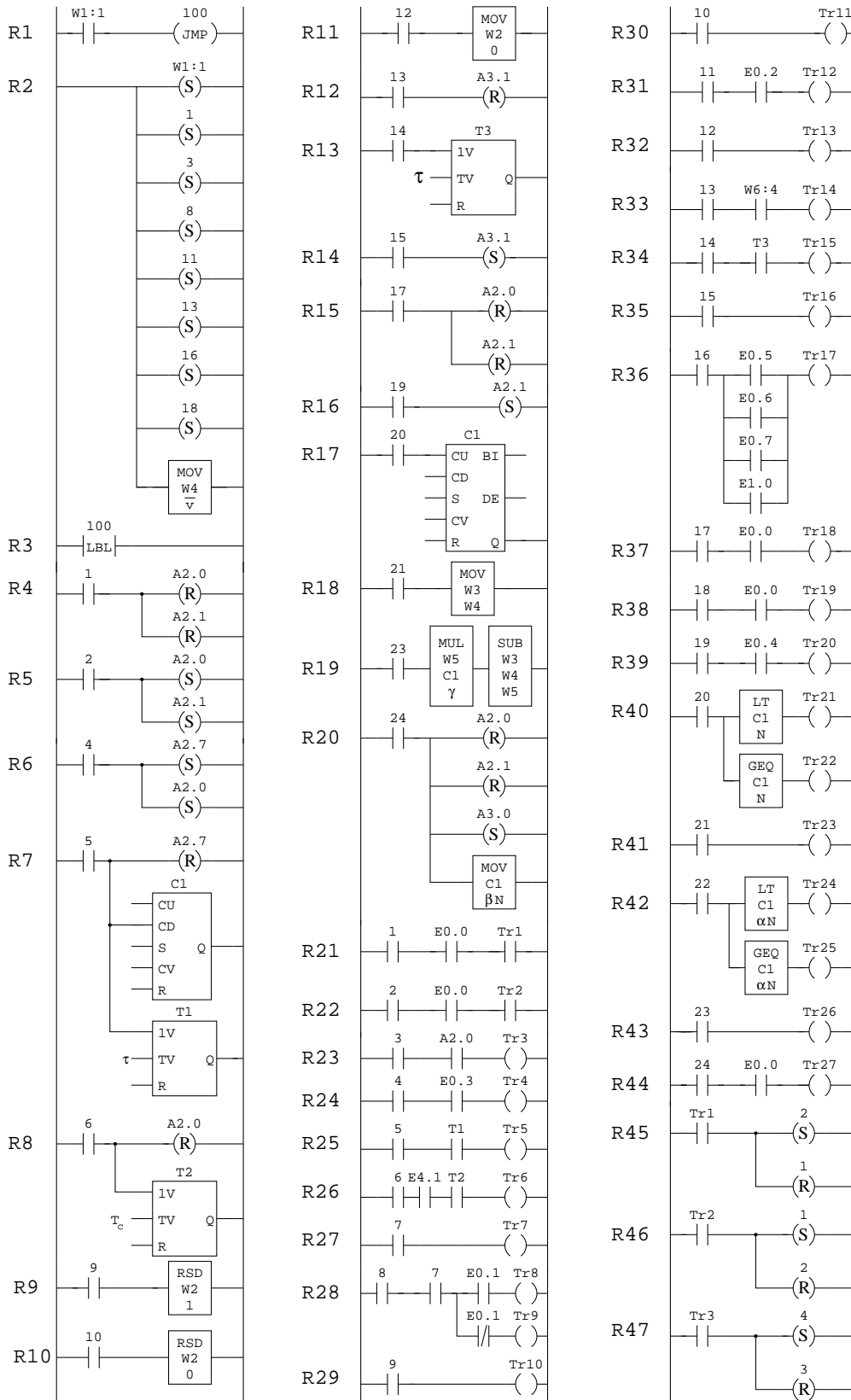
- Un processore di governo
- Un alimentatore interno ( 24V/9Vc.c.), anche per l'alimentazione interna dei blocchi periferici, corrente di uscita max 1°
- Memoria di programma interna ( RAM )
- Posto d'inserzione per modulo di memoria ( EEPROM e EPROM )
- Presa per dispositivo di programmazione o per pannello di servizio
- Morsettiera di allacciamento per l'alimentazione ( 24V )
- Presa di collegamento per un nastro di connessione (bus) al primo modulo di bus montato a destra della CPU
- Scomparto per batterie tampone

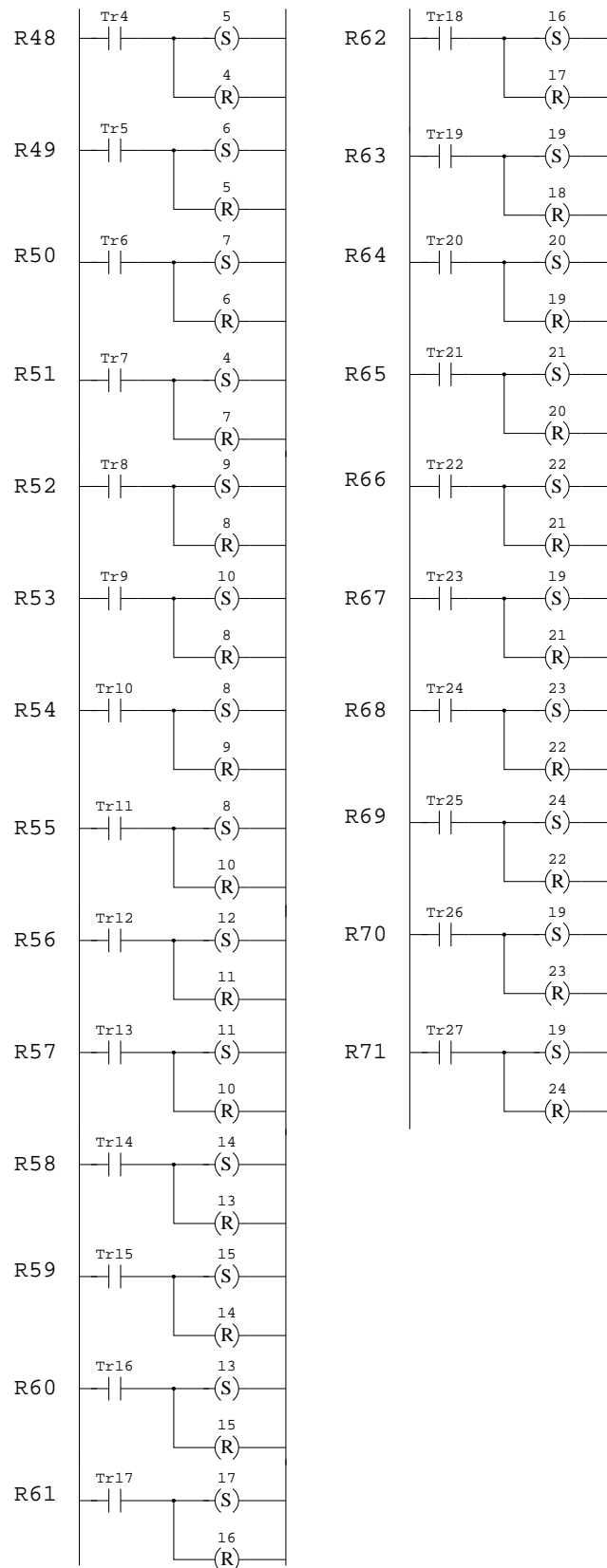
## Riferimenti bibliografici

[1] P. Chiacchio, “*PLC*”, 1996

[2] Siemens, “*Manuale di riferimento del Simatic S5-100u*”

# A Ladder compressivo





## Indice

<b>1</b>	<b>Scopo del sistema</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Descrizione del sistema</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Obiettivi</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Modifiche apportate</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Funzionamento del sistema complessivo</b>	<b>3</b>
5.1	Nastro di collaudo e lavorazione . . . . .	3
5.2	Nastro di alimentazione . . . . .	5
5.3	Controllo delle lampade (Supporto alla manutenzione) . . . . .	5
<b>6</b>	<b>Implementazione del sistema di controllo</b>	<b>6</b>
6.1	Caratteristiche PLC . . . . .	6
6.2	Cablaggio . . . . .	7
6.3	Assegnazione I/O . . . . .	8
6.4	Variabili di tipo flag (bit) . . . . .	9
6.5	Variabili di tipo Word (byte) . . . . .	9
6.6	Funzioni utilizzate . . . . .	9
<b>7</b>	<b>Sequential Functional Chart</b>	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>Ladder</b>	<b>10</b>
<b>9</b>	<b>Telecontrollo e Supervisione</b>	<b>21</b>
9.1	Architettura della rete . . . . .	22
<b>10</b>	<b>Controllo statistico di processo</b>	<b>23</b>
<b>11</b>	<b>Hardware aggiuntivo</b>	<b>23</b>
11.1	Allarme acustico a 4 toni, bassa frequenza . . . . .	23
11.2	Lampada lampeggiante a profilo basso . . . . .	24
11.3	Finecorsa Telemecanique serie XCK-P . . . . .	24
11.4	Interruttore ottico cilindrico in contenitore standard in metallo Telemecanique	25
11.5	SIEMENS S5-100U . . . . .	25

**A Ladder complessivo** **28****Elenco delle figure**

1	Schema del sistema complessivo . . . . .	4
2	SFC del tasto <i>S1</i> . . . . .	10
3	SFC di controllo della sincronizzazione e di movimento pacchi . . . . .	11
4	SFC del tasto di scarto <i>S2</i> . . . . .	11
5	SFC del tasto <i>S3</i> di reset dello shift register . . . . .	12
6	SFC dell'espulsore prodotti difettosi . . . . .	12
7	SFC controllo stato lampade . . . . .	12
8	SFC controllo della congestione al nastro alimentatore . . . . .	13
9	Ladder di inizializzazione . . . . .	14
10	Ladder del tasto <i>S1</i> . . . . .	15
11	Ladder di controllo della sincronizzazione e di movimento pacchi . . . . .	16
12	Ladder del tasto di scarto <i>S2</i> . . . . .	17
13	Ladder del tasto <i>S3</i> di reset dello shift register . . . . .	18
14	Ladder dell'espulsore prodotti difettosi . . . . .	18
15	Ladder controllo stato lampade . . . . .	19
16	Ladder di controllo della congestione al nastro alimentatore . . . . .	20
17	Layout della rete . . . . .	22
18	Moduli di rete per PLC (a) e PC (b) . . . . .	22