

ELABORATO IN TECNOLOGIE INFORMATICHE PER  
L'AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

# Sistema di controllo per la produzione di shoppers intestate

Professore  
Adriano Mele

Alunno  
Fabrizio Irrissuto  
N46003180

Anno Accademico 2019/2020

## INDICE

INTRODUZIONE .....	3
PROCESSO PRODUTTIVO DI UNA SHOPPER.....	5
FUNZIONAMENTO DELLA MACCHINA .....	7
ANALISI E SPECIFICA DEI REQUISITI.....	7
ZONA DI CONTROLLO .....	10
LED .....	12
DOMANDE FREQUENTI.....	13
REALIZZAZIONE DEL SISTEMA DI CONTROLLO .....	15
PROGRAMMA .....	15
VARIABILI .....	16
AZIONI.....	22
BLOCCHI FUNZIONALI.....	30
COMPITO.....	35
RISORSA.....	35
CONFIGURAZIONE .....	35
ANALISI DEL SISTEMA AUTOMATICO PASSO DOPO PASSO .....	36
CASI DI TEST .....	50
VERSIONI IN OPEN PLC .....	54
RIFERIMENTI.....	55

## INTRODUZIONE

L'obiettivo di questo elaborato è realizzare un sistema di controllo per la produzione di shopper intestate. Con il termine *shopper*, si intende il sacchetto di carta o plastica con manici, distribuito ai clienti di negozi o grandi magazzini per il trasporto di oggetti acquistati al minuto. L'idea nasce, durante il corso, studiando i benefici dell'automazione industriale nei processi produttivi moderni:

- Riduzione dei costi produzioni
- Razionalizzazione delle risorse
- Riduzione dei tempi di lavorazione
- Riduzione degli scarti e delle scorte di magazzino
- Miglioramento della qualità del prodotto
- Flessibilità della produzione
- Eliminazione di lavori pericolosi, usuranti e ripetitivi
- Il miglioramento della competitività dell'azienda nel suo complesso
- Nascita di profili lavorativi più alti

Benefici che si riflettono in una realtà molto vicina alla mia, quella dell'azienda di famiglia. Un'azienda che produce shopper intestate, da più trent'anni, con sistemi non automatizzati. Come abbiamo studiato un sistema di automazione industriale moderno può essere schematizzato come uno o più dispositivi. Un dispositivo molto comune, che si utilizza nelle applicazioni di automazione industriale, è il controllore a logica programmabile o PLC. Si tratta di un dispositivo molto flessibile, di concezione modulare con architettura a bus, specializzato soprattutto per il controllo logico/sequenziale. Esso ha assunto un ruolo importantissimo nell'automazione industriale grazie alle caratteristiche di affidabilità, semplicità di programmazione e flessibilità. Per la programmazione dei dispositivi di controllo abbiamo fatto riferimento ai linguaggi di programmazione dello standard IEC 61131-3, in particolare in questo elaborato utilizzeremo il testo strutturato o ST, linguaggio vicino agli attuali linguaggi informatici, utilizzeremo il linguaggio a contatti o LADDER che è il più diffuso linguaggio di programmazione per i controllori a logica programmabile e il sequential functional chart o comunemente SFC, un linguaggio innovativo ed efficace per la scrittura di algoritmi per il controllo logico/sequenziale.

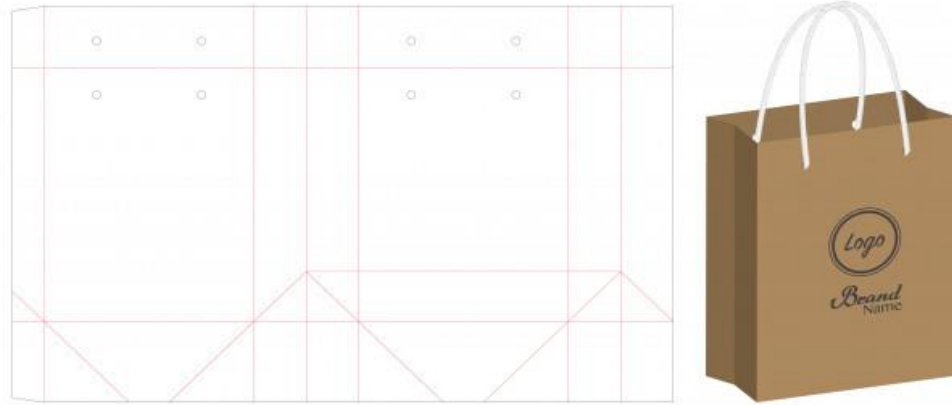
L'idea è quella di controllare un dispositivo per la creazione di una shopper intestata, inglobando diverse azioni che vengono attualmente svolte in modo separato e asincrono, limitando così i costi di produzione, costi del personale,

riduzione del tempo effettivo di lavorazione sul singolo prodotto e soprattutto l'eliminazione del contatto diretto dell'operaio con macchinari pericolosi.

## PROCESSO PRODUTTIVO DI UNA SHOPPER

L'idea è quella di controllare un dispositivo per la creazione di una shopper intestata con stampa a caldo. Nella produzione di una busta o shopper a stampa a caldo abbiamo bisogno di tre fasi lavorative, solitamente eseguite da due macchine diverse, con due diversi operai ed un allestimento finale manuale. Vediamo nello specifico cosa succede in queste tre fasi di lavorazione:

1. La prima fase è la *Fustellatura*. La fustella, che si muove dall'alto verso il basso, è formata da lame in acciaio con una determinata forma. Crea delle linee di piega senza tagliare la carta, ma solo pressandola. Alla fustella viene caricato, via software, un disegno CAD dello sviluppo della shopper che si vuole produrre.



2. La seconda fase è la *Stampa a caldo*. La Stampa a Caldo è l'unico processo di stampa capace di apportare brillantezza ed eleganza alla shopper. Il processo è ottenuto attraverso un'incisione di un cliché fissato sulla piastra della macchina. La macchina prima di effettuare la stampa si porta ad una temperatura stabilita, raggiunta la temperatura, tra il cliché e la busta viene interposto il foil, la macchina si muove dall'alto verso il basso effettuando una pressione contro la shopper, il calore distacca lo strato colorante del foil che va ad applicarsi sulla shopper.



3. La terza fase è quella dell'*Allestimento manuale*. Tutte le shopper vengono incollate e piegate a mano. Inoltre in fase finale la shopper viene allestita con tanti accessori, nastri, cordini di vari materiali e colori.



## FUNZIONAMENTO DELLA MACCHINA

### ANALISI E SPECIFICA DEI REQUISITI

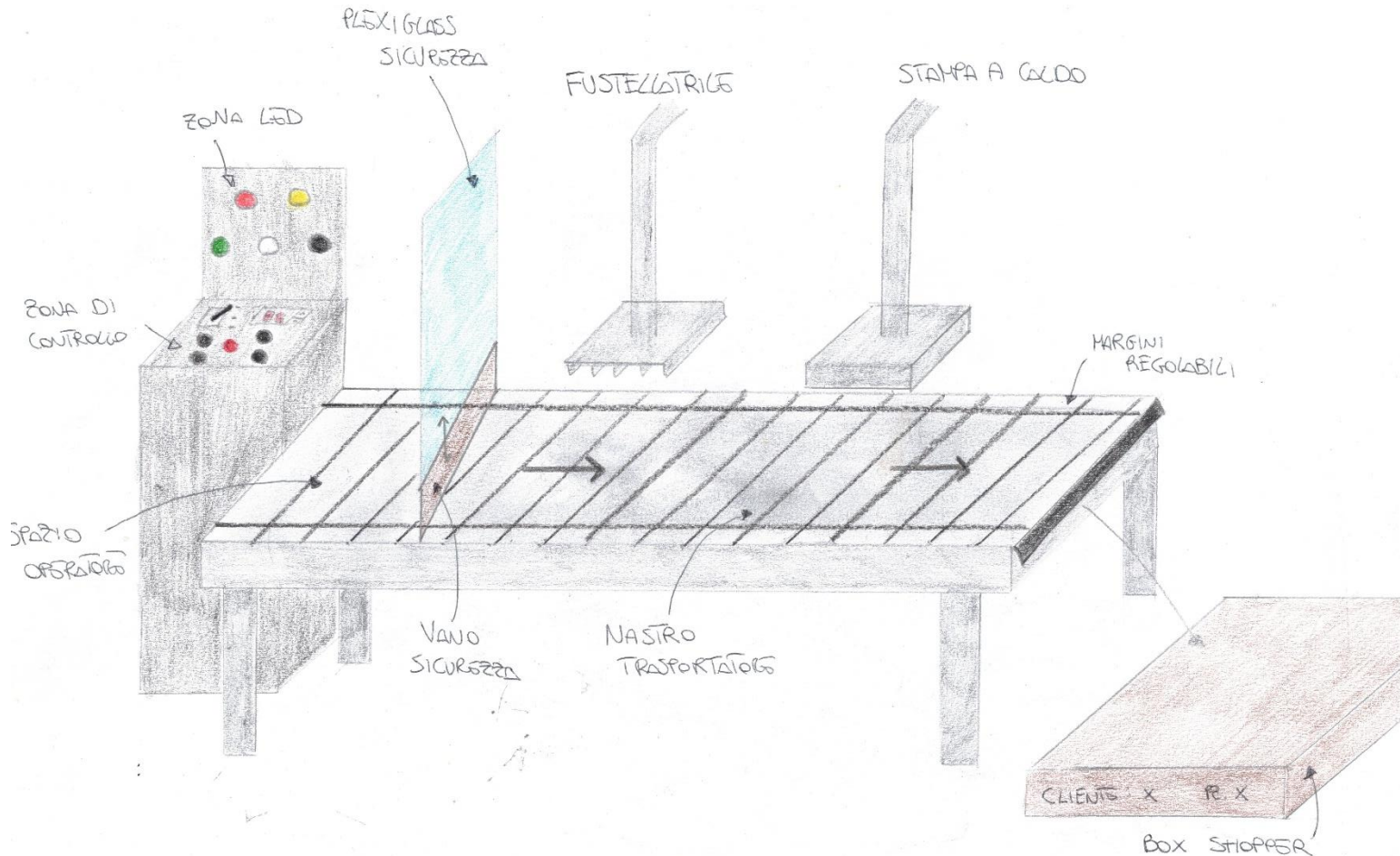


Figura 1

Si vuole simulare il comportamento della macchina mostrata in figura 1.

La macchina, grazie ai suoi margini regolabili, permette la produzione di shopper di diverso formato, per soddisfare qualsiasi esigenza del cliente. È possibile accendere la macchina in due modalità:

**Accensione Programmata o Automatica:** L'operatore può attivare un timer per l'accensione della macchina. Questa funzione è stata implementata poiché, queste

macchine (soprattutto la stampa a caldo), prima di essere pronte per la lavorazione devono riscaldarsi, e solo dopo aver raggiunto una determinata temperatura sono pronte per la lavorazione. Questa funzione permette all'operatore di programmare l'accensione tramite un timer ad ore, avendo così a disposizione la macchina pronta alla lavorazione per l'orario lavorativo.

**Accensione Manuale:** in alternativa è possibile accendere la macchina in modalità manuale, avvalendosi del tasto On, e aspettare il tempo di riscaldamento della macchina (solitamente si aggira sui 15-17 minuti).

La prima operazione effettuata dalla macchina è quella di riscaldamento, in questo momento si accende il led rosso della macchina. La macchina subito dopo il suo riscaldamento, effettua un controllo sulla lama della fustellatrice, che con il tempo tende ad usurarsi. Se la lama è sotto il livello minimo di lavorazione, segnala un errore di lama-usurata, errore segnalato all'operatore tramite l'accensione contemporanea del led rosso e del led nero nella zona led della macchina. Un controllo simile viene effettuato anche per la stampa a caldo, controllando il sensore della temperatura, ovvero la macchina si assicura che è nella temperatura giusta per poter stampare. L'errore di temperatura della stampa a caldo è segnalato dall'accensione contemporanea dei led rosso e bianco. Inoltre viene effettuato un controllo anche per il foil, che con il passare delle stampe tende ad usurarsi. Anche in questo caso l'errore di fine foil è comunicato all'operatore tramite i led rosso e bianco. In caso di uno di questi errori l'operatore può sostituire il foil o la lama e andare avanti nel processo di lavorazione. Nel caso di un errore di temperatura della macchina dopo il suo riscaldamento è doveroso interrompere la lavorazione e contattare il manutentore della macchina per il guasto (per sicurezza verrà effettuato un secondo controllo sulla temperatura prima di effettuare la stampa). Superata questa prima fase di attesa l'operatore vedrà spegnersi il led rosso e accendersi il led giallo, questo per segnalare che la macchina è in attesa che l'operatore carichi la busta negli appositi margini del nastro trasportatore e prema il tasto Carico Busta. La macchina aspetterà che l'operatore prema il tasto Carico Busta per un arco di tempo di un'ora, dopodiché la macchina entrerà in risparmio energetico e verrà spenta. L'operatore può in questa fase spegnere la macchina premendo il tasto Off. Una volta caricata la busta tramite il tasto, si spegne il led giallo e si accende il led verde. L'accensione del led verde segnala che la macchina è pronta per la lavorazione ed aspetta che venga premuto il tasto di Start Lavorazione. Anche in questa fase la macchina aspetterà che venga premuto il tasto per un'ora dopodiché andrà in risparmio energetico e si spegnerà. Anche in questa fase l'operatore può spegnere la macchina utilizzando il tasto Off. Premuto il tasto di Start Lavorazione, la shopper inizia il suo processo di lavorazione; viene



spento il led verde e si accende il led rosso, viene alzato il vano sicurezza, il nastro trasportatore inizierà a muoversi e porterà la busta nello spazio della fustellatrice. A questo punto il nastro trasportatore si ferma, il vano di sicurezza viene nuovamente chiuso e la fustellatrice, dopo un piccolo tempo di sicurezza, si abbassa per effettuare la sua lavorazione. Una volta che la fustellatrice ha finito la sua lavorazione e torna nel suo stato iniziale, il nastro trasportatore porterà la busta nello spazio della stampa a caldo, che effettuerà la sua stampa. Infine il nastro trasportatore porterà la shopper dalla postazione della stampa direttamente nel box shopper. A questo punto la macchina torna nella fase di controllo e poi successivamente di carico busta. In alternativa l'operatore può scegliere di concludere la lavorazione spegnendo la macchina con il tasto Off.

## ZONA DI CONTROLLO

Attraverso la zona di controllo, mostrata in figura 2, l'operatore comunica con il processo produttivo. È formata da:

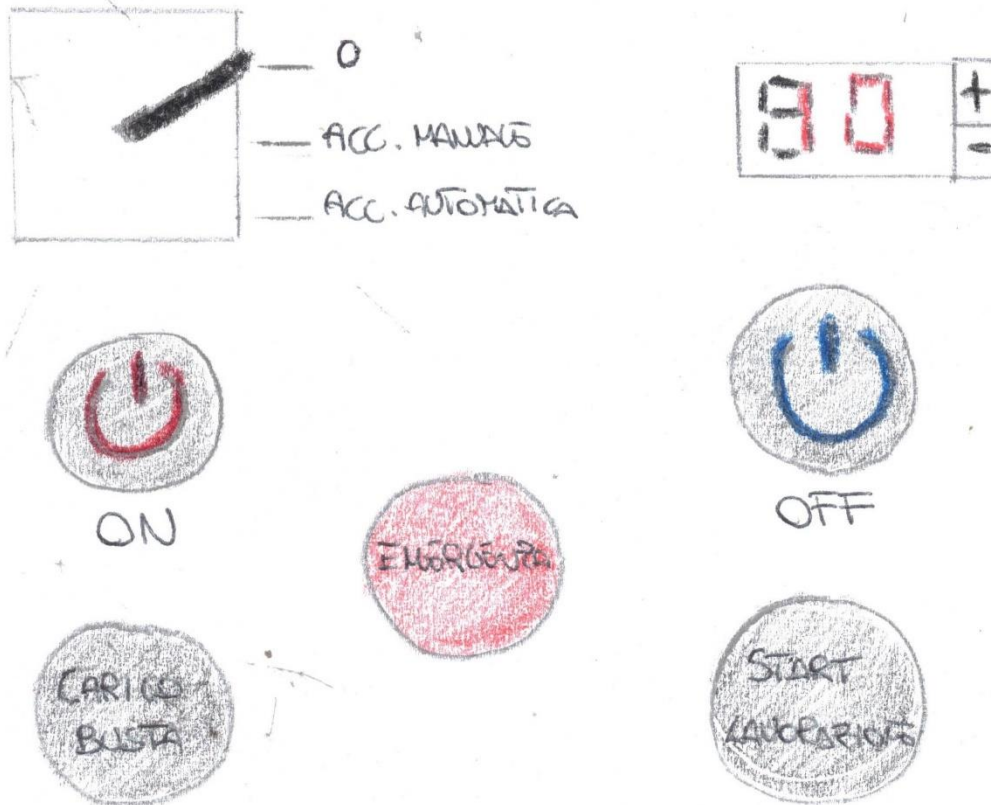


Figura 2

**Leva per modalità accensione:** questa leva permette all'operatore di accendere la macchina in due modalità, automatica o programmata e manuale

**Timer di accensione:** attraverso il quale l'operatore può impostare il timer per l'accensione automatica

**Tasto ON:** tasto di accensione, premuto dall'utente nel caso di un'accensione con modalità manuale

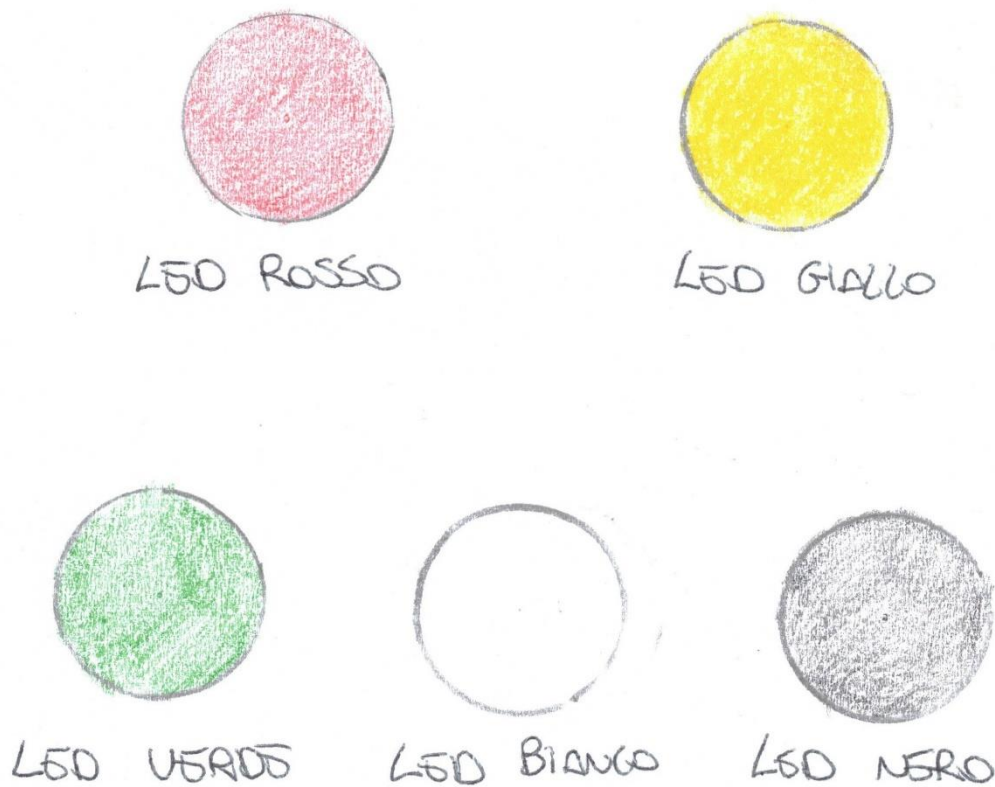
**Tasto OFF:** tasto di spegnimento

**Tasto di Emergenza:** Tasto utilizzato per emergenza durante il processo di produzione, interrompe in qualsiasi istante il processo di produzione (segue una fase di ripristino)

**Tasto Carico Busta:** Attraverso questo tasto l'operatore carica la shopper "grezza" pronta poi per la lavorazione

**Tasto Start Lavorazione:** Utilizzato dall'operatore successivamente al carico busta per attivare l'effettiva lavorazione della busta

## LED



Leggenda dei led:

- **Led Rosso:** la macchina è in lavorazione o riscaldamento iniziale, attendere.
- **Led Giallo:** la macchina è nella fase di carica busta.
- **Led Verde:** Busta caricata, pronta per la lavorazione, premi il tasto Start Lavorazione.
- **Led Giallo e Rosso:** E' stato premuto il tasto di emergenza e la macchina è nella fase di ripristino
- **Led Rosso e Nero:** Errore nella lama della fustellatrice, cambiare la lama per usura.
- **Led Rosso e Bianco:** Errore nella Stampa a caldo, cambiare il foil o nel caso di un errore di temperatura contatta l'assistenza.

## DOMANDE FREQUENTI

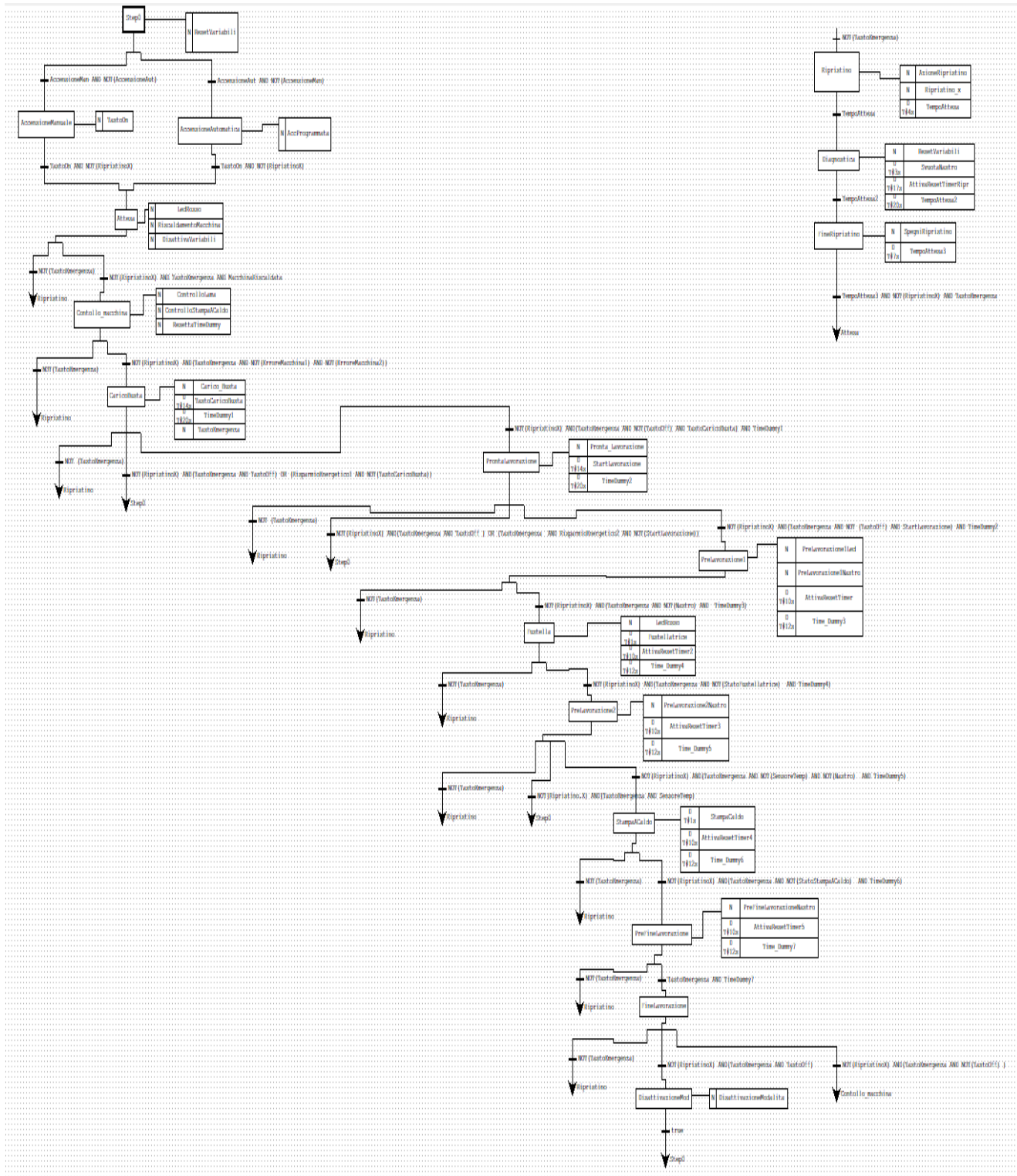
- ❖ Per ogni lavorazione della singola busta devo aspettare il riscaldamento della macchina?
  - Assolutamente no, la macchina necessita del riscaldamento solamente in fase di accensione e dopo un ripristino.
- ❖ Quando è possibile spegnere la macchina?
  - È possibile spegnere la macchina o in fase di carico busta (led giallo acceso) o di start lavorazione (led verde acceso) o in fase di fine lavorazione. Quando è acceso il led rosso non è possibile premere il tasto Off.
- ❖ Quando posso premere il tasto di emergenza?
  - In qualunque momento della lavorazione è possibile premere il tasto di emergenza
- ❖ Quando devo usare il tasto di emergenza?
  - Il tasto di emergenza deve essere usato in caso di emergenza per sospendere in qualunque punto la lavorazione della macchina
- ❖ Cosa succede premendo il tasto di emergenza?
  - La macchina entrerà in una fase di ripristino, vengono effettuati dei controlli, il nastro trasportatore si muove in modo da svuotare il campo da un eventuale busta e la macchina ritornerà nella sua fase di controllo e carico busta.
- ❖ Premendo molte volte il tasto di emergenza la macchina si danneggia?
  - No, ma è giusto utilizzare questa funzionalità solamente in casi di vera emergenza
- ❖ Come si programma l'accensione programmata?
  - Si inserisce nella zona di controllo le ore dalla voluta accensione della macchina.
- ❖ E' compito dell'operatore aprire il vano di sicurezza?
  - Assolutamente no, è gestito dalla macchina consentendo nella fase iniziale della lavorazione il passaggio della busta

- ❖ Che dimensioni deve avere la mia shopper?
  - I margini regolabili sul nastro trasportatore e le dimensioni della fustellatrice e della stampa a caldo rendo possibile la lavorazione di quasi ogni dimensione.
  
- ❖ Come funziona il risparmio energetico?
  - Il risparmio energetico è implementato in due situazioni. La prima legata al caricamento della busta; la macchina aspetta che l'operatore carichi la shopper e preme il tasto di carica busta nella zona di controllo, il sistema aspetterà l'operatore per un'ora, dopodiché entrerà in risparmio energetico. La seconda situazione, del tutto analoga, riguarda il tasto di Start Lavorazione.

# REALIZZAZIONE DEL SISTEMA DI CONTROLLO

## PROGRAMMA

Il programma è stato realizzato in SFC con l'ausilio del software OPEN PLC. Nella figura 4 è illustrato l'SFC totale del programma, per l'analisi dettagliata si rimanda al capitolo successivo.



## VARIABILI

N.	Nome	Classe	Tipo	Val.iniziale	Opzione	documentazione
1	TastoOn	Input	Bool	0		Variabili connessa al pulsante On
2	AccensioneMan	Input	Bool	0	Retain	Variabile connessa all'accensione
3	AccensioneAut	Input	Bool	0	Retain	Variabile connessa all'accensione
4	RipristinoX	Locale	Bool	0		Replica il marker di fase della fase Ripristino
5	RisparmioEnergetico1	Locale	Bool	0		Variabile per il risparmio energetico 1
6	RisparmioEnergetico2	Locale	Bool	0		Variabile per il risparmio energetico 2
7	AttivaReset	Locale	Bool	0		Attiva il reset del timer
8	AttivaResetRipr	Locale	Bool	0		Attiva il reset del timer
9	AttivaReset0	Locale	Bool	0		Attiva il reset del timer
10	AttivaReset2	Locale	Bool	0		Attiva il reset del timer
11	AttivaReset3	Locale	Bool	0		Attiva il reset del timer



12	AttivaReset4	Locale	Bool	0		Attiva il reset del timer
13	AttivaReset5	Locale	Bool	0		Attiva il reset del timer
14	AttivaReset6	Locale	Bool	0		Attiva il reset del timer
15	AttivaReset7	Locale	Bool	0		Attiva il reset del timer
16	TempoAttesa	Locale	Bool	0		Utilizzato in sostituzione ai timer di fase
17	TempoAttesa2	Locale	Bool	0		Utilizzato in sostituzione ai timer di fase
18	TempoAttesa3	Locale	Bool	0		Utilizzato in sostituzione ai timer di fase
19	TimeDummy1	Locale	Bool	0		Utilizzato in sostituzione ai timer di fase
20	TimeDummy2	Locale	Bool	0		Utilizzato in sostituzione ai timer di fase
21	TimeDummy3	Locale	Bool	0		Utilizzato in sostituzione ai timer di fase
22	TimeDummy4	Locale	Bool	0		Utilizzato in sostituzione ai timer di fase
23	TimeDummy5	Locale	Bool	0		Utilizzato in sostituzione ai timer di fase

24	TimeDummy6	Locale	Bool	0		Utilizzato in sostituzione timer di fase ai
25	TimeDummy7	Locale	Bool	0		Utilizzato in sostituzione timer di fase ai
26	MacchinaRiscaldata	Locale	Bool	0		Variabile associata al riscaldamento
27	Time3	Locale	Time	T#5s		Variabile di tempo
28	Time5	Locale	Time	T#7s		Variabile di tempo
29	Time6	Locale	Time	T#12s		Variabile di tempo
30	Time7	Locale	Time	T#900s		Variabile di tempo
31	Time7	Locale	Time	T#1h		Variabile di tempo
32	Time7	Locale	Time	T#15m		Variabile di tempo
33	TempoProgrammato	Input	Time	T#0s	Retain	Variabile connessa all'accensione
34	LedVerde	Output	Bool	0		Variabile connessa al Led verde
35	LedGiallo	Output	Bool	0		Variabile connessa al Led giallo

36	LedBianco	Output	Bool	0		Variabile connessa al Led bianco
37	ErroreMacchina2	Locale	Bool	0		Variabili connessa all'errore della
38	ErroreMacchina1	Locale	Bool	0		Variabili connessa all'errore della
39	LedNero	Output	Bool	0		Variabile connessa al Led nero
40	LedRosso	Output	Bool	0		Variabile connessa al Led rosso
41	TastoCaricoBusta	Input	Bool	0		Variabile connessa al tasto carico busta
42	TastoOff	Input	Bool	0		Variabile connessa al tasto Off
43	StartLavorazione	Input	Bool	0		Variabile connessa al tasto Start
44	Vano	Locale	Bool	1		Variabile connessa al vano di sicurezza
45	TastoEmergenza	Input	Bool	1		Variabile connessa al tasto di emergenza
46	<u>StatoFustellatrice</u>	Locale	Bool	0		Variabile connessa allo stato della
47	StatoStampaACaldo	Locale	Bool	0		Variabile connessa allo stato della

48	Nastro	Locale	Bool	0		Variabile connessa al nastro
49	SensoreFoil	Locale	Bool	0		Variabile connessa al sensore del foil
50	SensoreTemp	Locale	Bool	0		Variabile connessa al sensore temp.
51	SensoreLama	Locale	Bool	0		Variabile connessa al sensore lama
52	RisprmioEnergetico1	Locale	RisprmioEnergetico			Istanza blocco funzionale
53	RisprmioEnergetico0	Locale	RisprmioEnergetico			Istanza blocco funzionale
54	Nastro11	Locale	Nastro1			Istanza blocco funzionale
55	Macchine0	Locale	Macchine			Istanza blocco funzionale
56	Macchine1	Locale	Macchine			Istanza blocco funzionale
57	Nastro12	Locale	Nastro1			Istanza blocco funzionale
58	Nastro10	Locale	Nastro1			Istanza blocco funzionale
59	AccensioneProgram- mata0	Locale	AccensioneProgram- mata			Istanza blocco funzionale

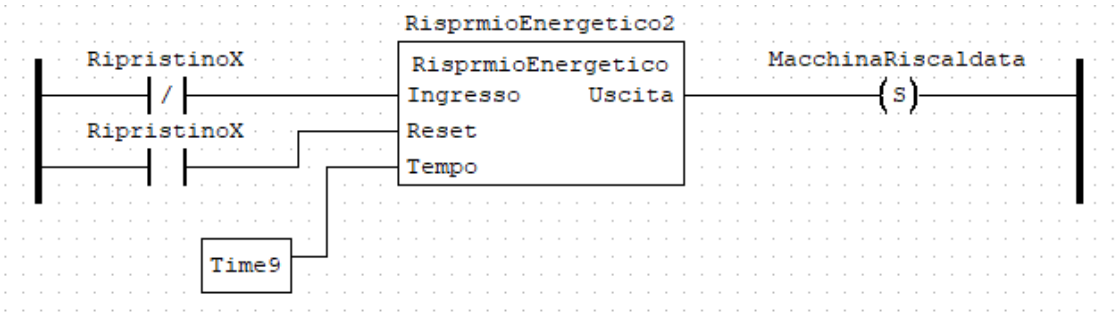
60	Nastro13	Locale	Nastro1			Istanza blocco funzionale
61	TP0	Locale	TP			Istanza blocco funzionale
62	TP1	Locale	TP			Istanza blocco funzionale
63	RisprmioEnergetico2	Locale	RisprmioEnergetico			Istanza blocco funzionale
64	TP1	Locale	TP			Istanza blocco funzionale

AZIONI

1. RISCALDAMENTO MACCHINA

- Qualificatore:N
- Nome Azione: RiscaldamentoMacchina
- Descrizione: Azione legata al riscaldamento della macchina, dopo un tempo di 15 minuti alza l’uscita della variabile booleana MacchinaRiscaldata.
- Linguaggio corpo: Ladder

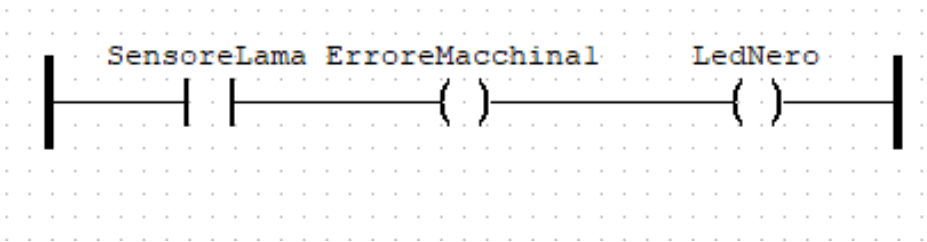
N	RiscaldamentoMacchina	



2. CONTROLLO LAMA

- Qualificatore:N
- Nome Azione: ControlloLama
- Descrizione: Azione legata al controllo della lama della fustellatrice, in caso di usura segnala un errore in macchina1 e accende il led nero.
- Linguaggio corpo: Ladder

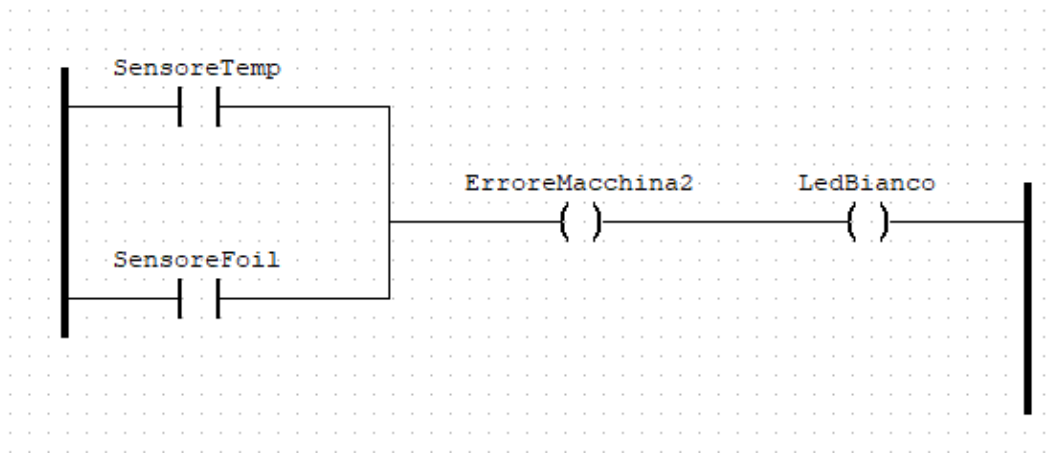
N	ControlloLama	



### 3. CONTROLLO STAMPA A CALDO

- Qualificatore:N
- Nome Azione: ControlloStampaACaldo
- Descrizione: Azione legata al controllo della stampa a caldo, segnala un errore in macchina 2 con accensione del led bianco per temperatura non idonea o foil terminato
- Linguaggio corpo: Ladder

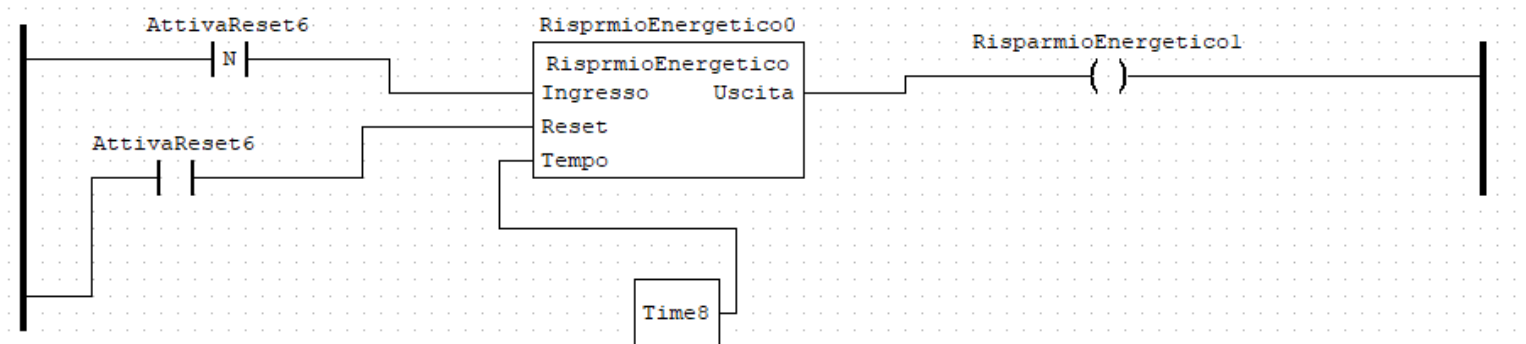
N	ControlloStampaACaldo	



### 4. CARICO BUSTA

- Qualificatore:N
- Nome Azione: Carico\_Busta
- Descrizione: Spegne il led rosso ed accende il led giallo e gestisce il risparmio energetico nella fase di carico busta.
- Linguaggio corpo:Ladder

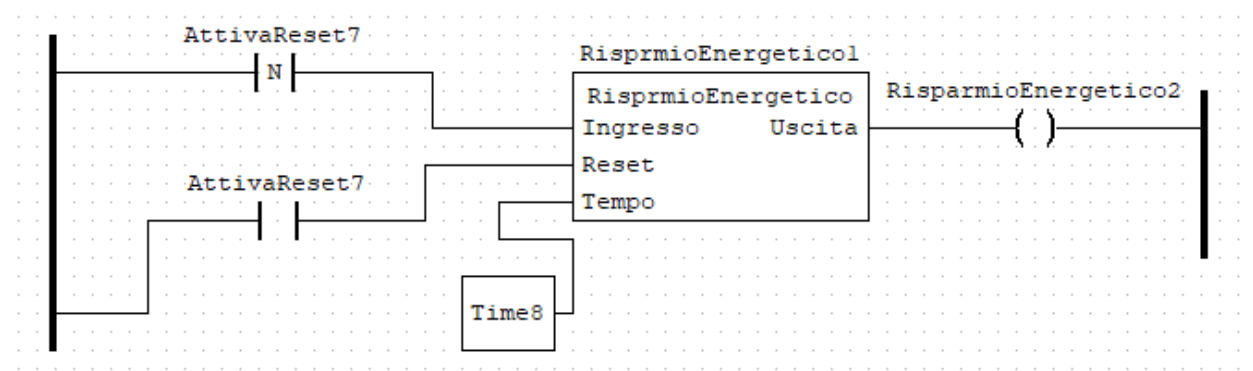
N	Carico_Busta	



## 5. PRONTA LAVORAZIONE

- Qualificatore:N
- Nome Azione: Pronta\_Lavorazione
- Descrizione: Spegne il led giallo ed accende il led verde, apre il vano sicurezza e gestisce il risparmio energetico nella fase di pronta lavorazione
- Linguaggio corpo: Ladder

N	Pronta_Lavorazione	

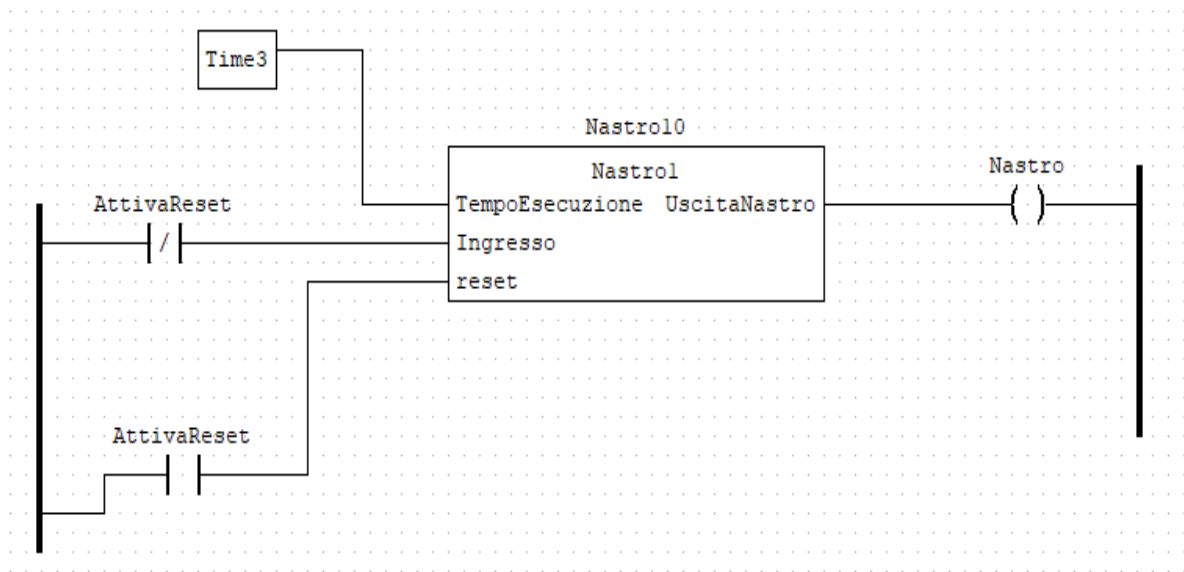


## 6. PRE LAVORAZIONE 1 NASTRO

- Qualificatore:N
- Nome Azione: PreLavorazione1Nastro
- Descrizione: Gestisce il primo tratto di movimento del nastro, dallo spazio operatore alla fustellatrice.
- Linguaggio corpo: Ladder

N	PreLavorazione1Nastro	

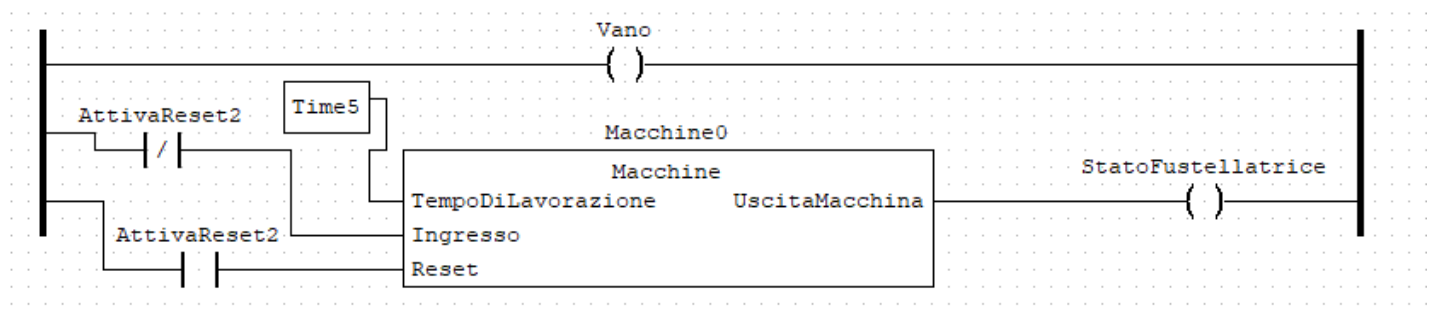




## 7. FUSTELLATRICE

- Qualificatore:D
- Nome Azione: Fustellatrice
- Descrizione: Azione ritardata di 1 s, chiude il vano di sicurezza e poi gestisce l'operazione di fustellatura.
- Linguaggio corpo: Ladder

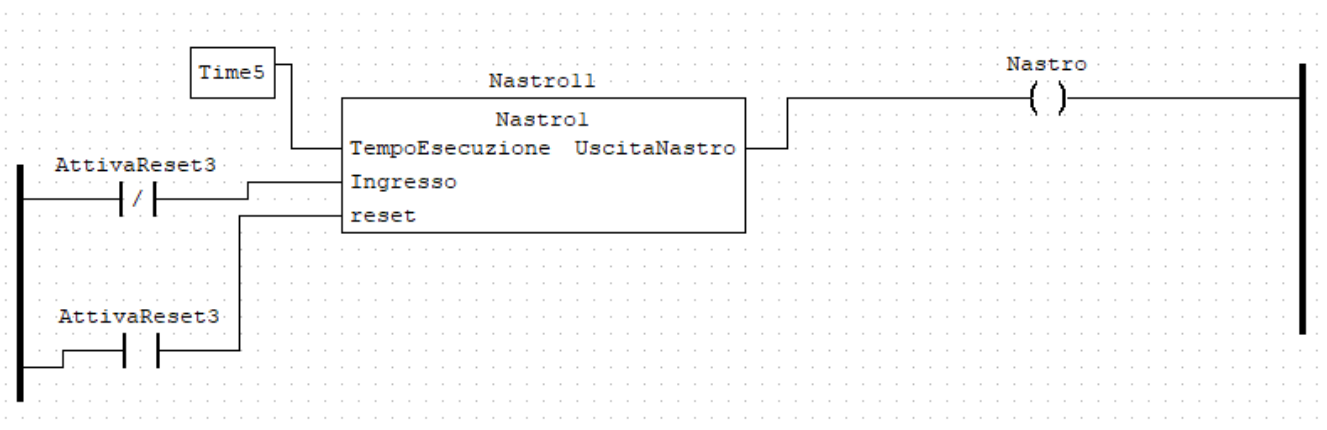
D	Fustellatrice	
T#1s		



## 8. PRE LAVORAZIONE 2 NASTRO

- Qualificatore:N
- Nome Azione: PreLavorazione2Nastro
- Descrizione: Gestisce il movimento del nastro, dalla fustellatrice alla stampa a caldo.
- Linguaggio corpo: Ladder

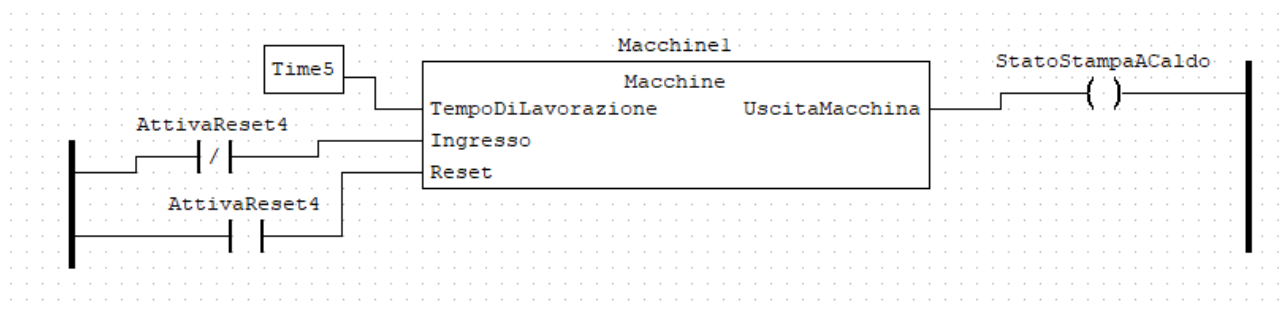
N	PreLavorazione2Nastro	



## 9. STAMPA A CALDO

- Qualificatore:D
- Nome Azione: StampaCaldo
- Descrizione: Azione ritardata di 1 s, gestisce l'operazione di stampa a caldo.
- Linguaggio corpo: Ladder

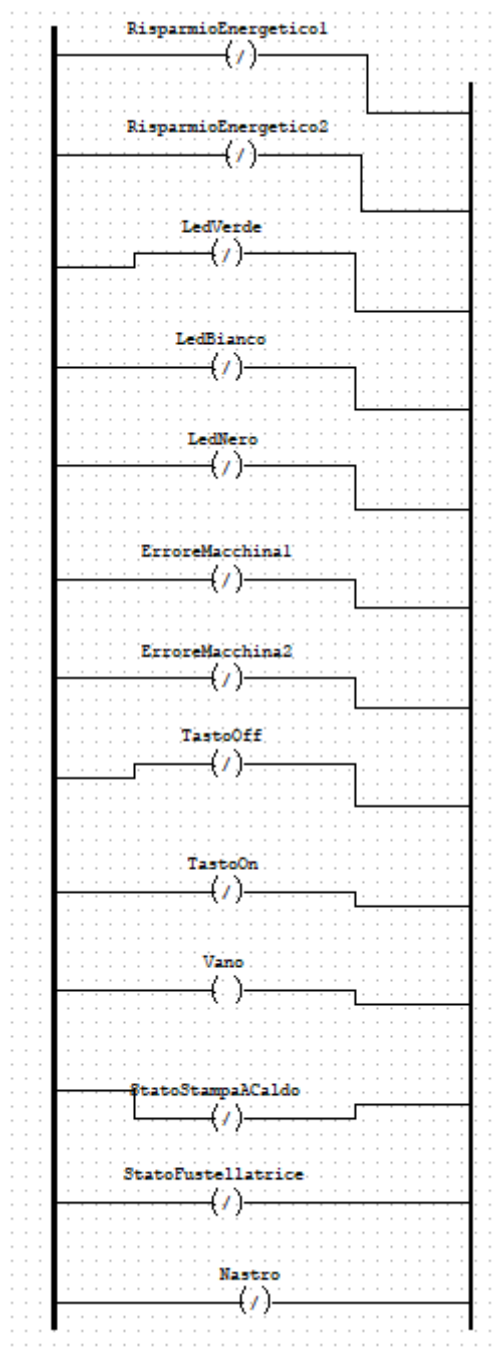
D	StampaCaldo	
T#1s		



## 10. RESET DELLE VARIABILI

- Qualificatore: N
- Nome Azione: ResetVariabili
- Descrizione: Effettua un reset delle variabili allo stato iniziale.
- Linguaggio corpo: Ladder

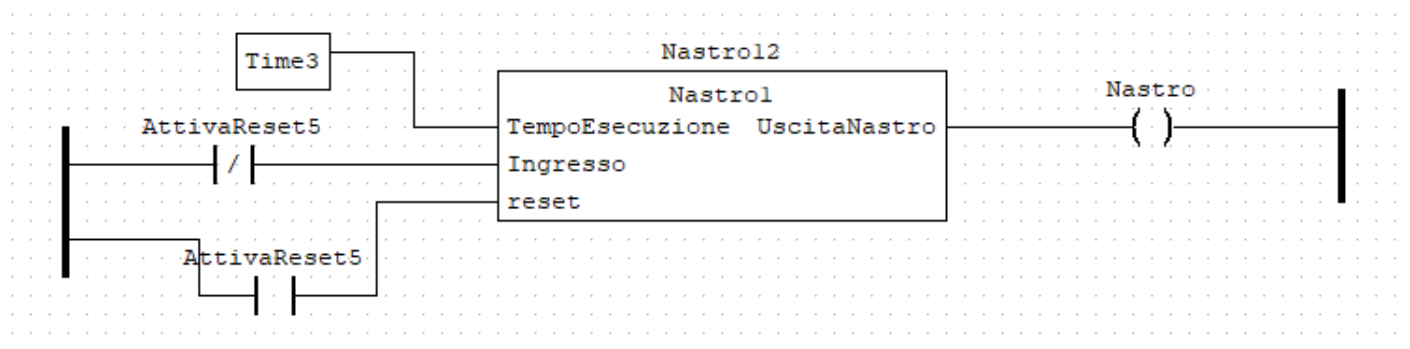
N	ResetVariabili	



## 11. PRE FINE LAVORAZIONE NASTRO

- Qualificatore:N
- Nome Azione: PreFineLavorazioneNastro
- Descrizione: Gestisce il movimento del nastro, dalla stampa a caldo alla box shooper
- Linguaggio corpo: Ladder

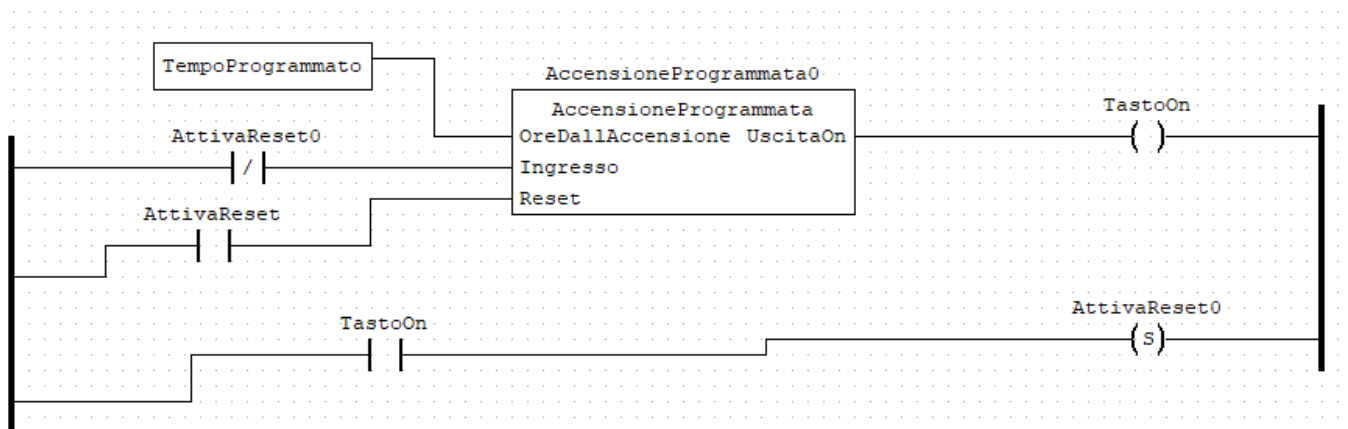
N	PreFineLavorazioneNastro	



## 12. ACCENSIONE PROGRAMMATA

- Qualificatore:N
- Nome Azione: AccProgrammata
- Descrizione: Gestisce l'accensione in modalità automatica
- Linguaggio corpo: Ladder

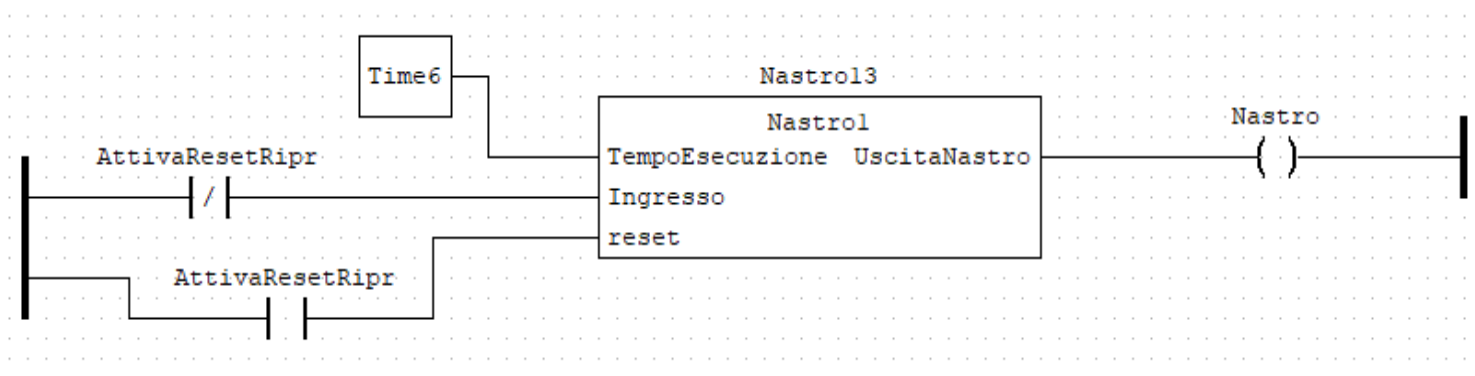
N	AccProgrammata	



### 13. SVUOTA NASTRO

- Qualificatore:D
- Nome Azione: SvuotaNastro
- Descrizione: In fase di Ripristino libera l'area di lavoro.
- Linguaggio corpo: Ladder

D	SvuotaNastro	
T#3s		



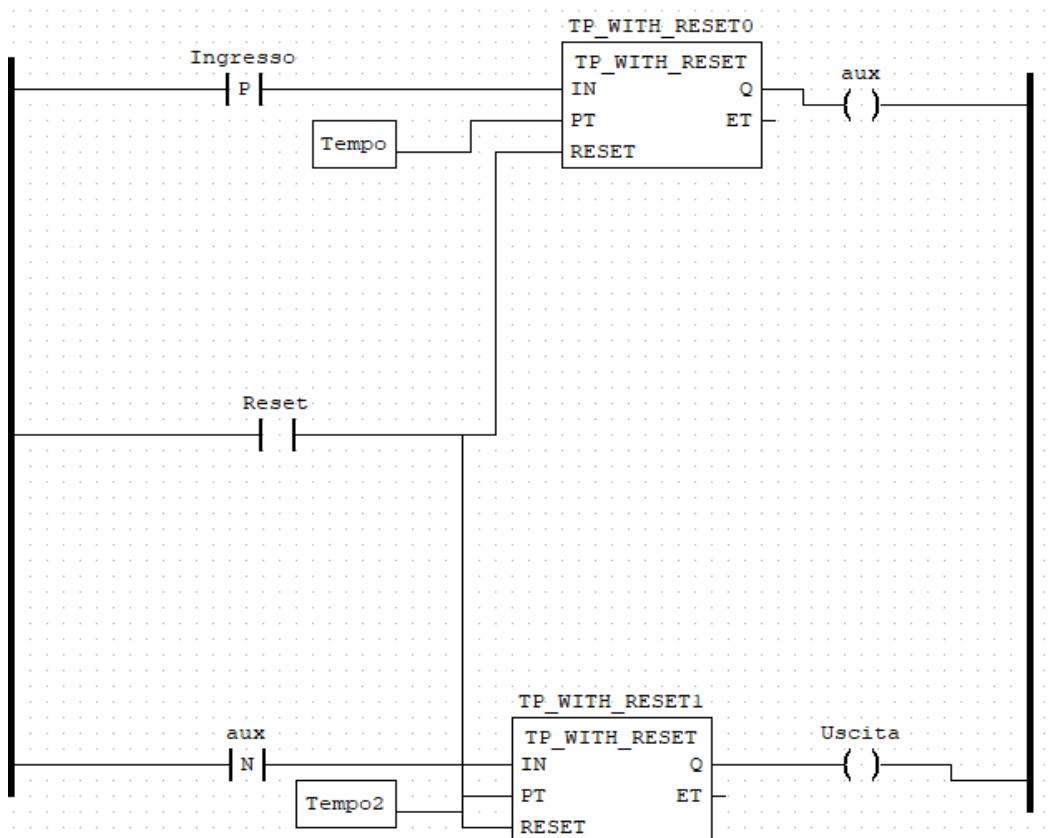
# BLOCCHI FUNZIONALI

## 1. RISPARMIO ENERGETICO

- Nome: RisparmioEnergetico
- Variabili

#	Nome	Classe	Yipo	Initial Value	Opzione	Documentazione
1	Uscita	Output	BOOL	0		Variabile di uscita
2	aux	Locale	BOOL	0		Variabile ausiliare
3	Ingresso	Input	BOOL	0		Variabile di ingresso
4	Reset	Input	BOOL	0		Variabile connessa al reset dei timer
5	Tempo	Input	TIME			Associata al PT del primo timer (input)
6	Tempo2	Locale	TIME	T#4s		Associata al PT del secondo timer
7	TP_WITH_RESETO	Locale	TP_WITH_RESET			Istanza blocco funzionale timer con reset
8	TP_WITH_RESET1	Locale	TP_WITH_RESET			Istanza blocco funzionale timer con reset

- Descrizione: Utilizza due timer ad impulsi con reset, simulando il comportamento di un TON. Utilizza un contatto a fronte di salita sull'ingresso e ed uno a fronte di discesa sul secondo timer. E' utilizzato per gestire il risparmio energetico in diverse parti del programma.
- Corpo:Ladder

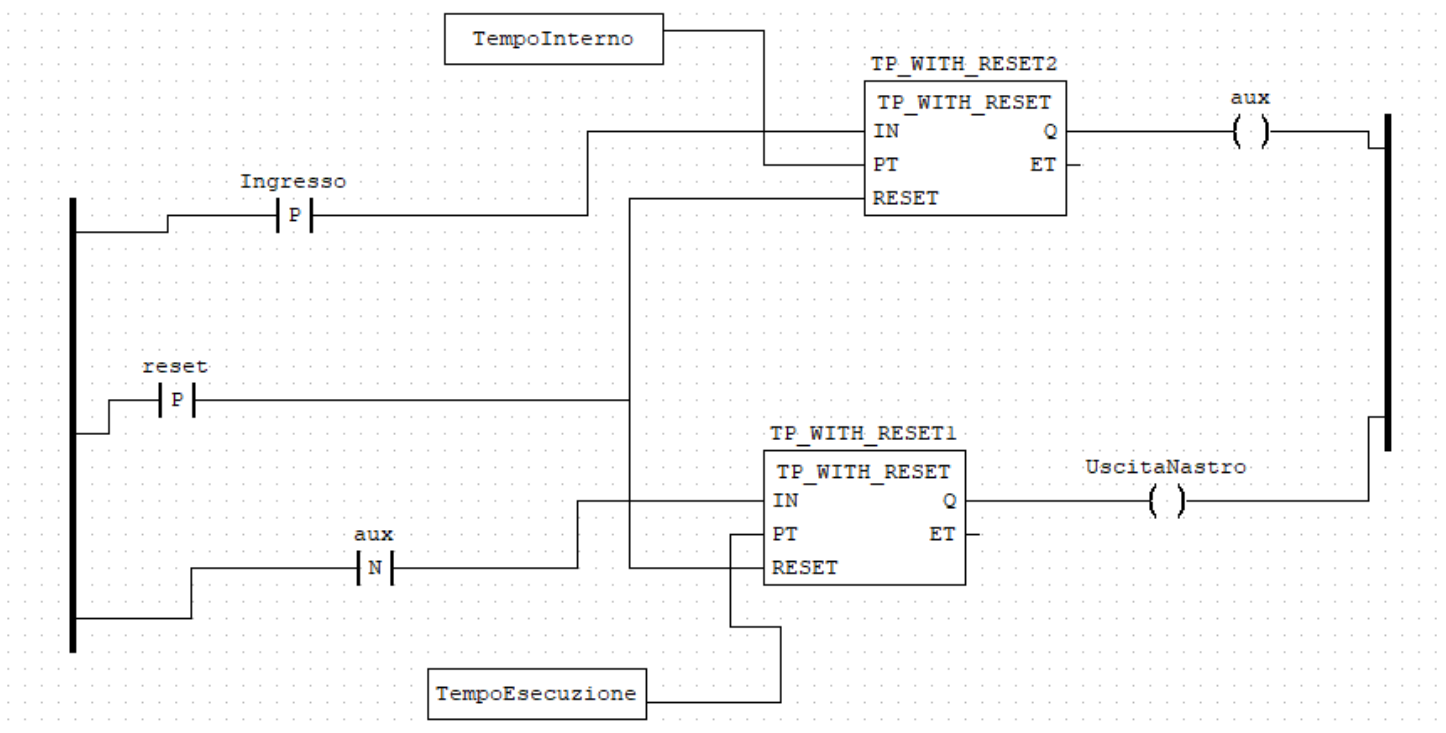


## 2. NASTRO

- Nome: Nastro1
- Variabili

#	Nome	Classe	Yipo	Initial Value	Opzione	Documentazione
1	TempoEsecuzione	Input	TIME			Variabile connessa al tempo di movimento del nastro
2	TempoInterno	Locale	TIME	T#2s		Associata al PT del primo timer
3	Ingresso	Input	BOOL	0		Variabile di ingresso
4	reset	Input	BOOL	0		Variabile connessa al reset dei timer
5	UscitaNastro	Output	BOOL	0		Variabile di uscita
6	aux	Locale	BOOL			Variabile ausiliare
7	TP_WITH_RESET1	Locale	TP_WITH_RESET			Istanza blocco funzionale timer con reset
8	TP_WITH_RESET2	Locale	TP_WITH_RESET			Istanza blocco funzionale timer con reset

- Descrizione: Gestisce i diversi movimenti del nastro nel processo di lavorazione grazie al parametro di input fornito in diversi punti del processo.
- Corpo: Ladder

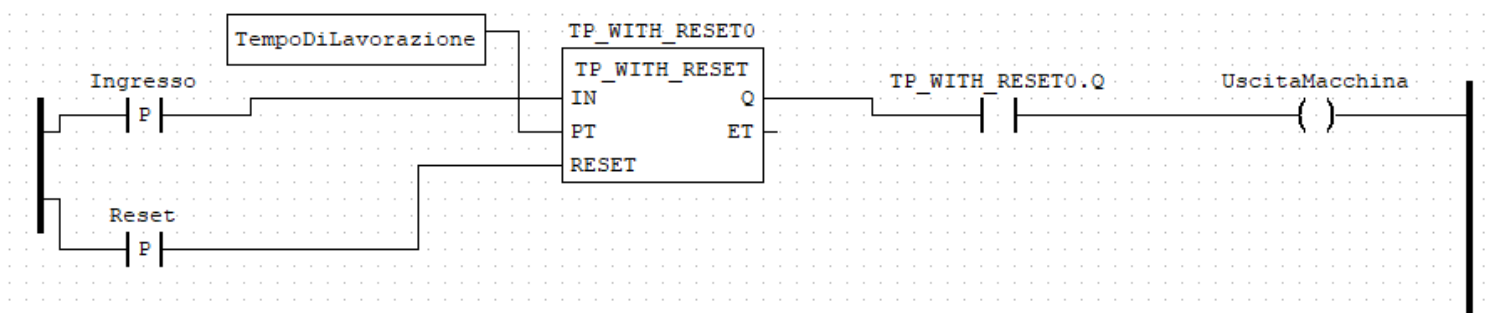


### 3. MACCHINA

- Nome: Macchine
- Variabili

#	Nome	Classe	Yipo	Initial Value	Opzione	Documentazione
1	TempoDiLavorazione	Input	TIME			Variabile connessa al tempo di lavorazione della macchina
2	Ingresso	Input	BOOL	0		Variabile di ingresso
3	Reset	Input	BOOL	0		Variabile connessa al reset dei timer
4	UscitaMacchina	Output	BOOL	0		Variabile di uscita
5	TP_WITH_RESETO	Locale	TP_WITH_RESET			Istanza blocco funzionale timer con reset

- Descrizione: Gestisce la simulazione della fustellatrice e della stampa a caldo con un timer ad impulsi con reset
- Corpo: Ladder



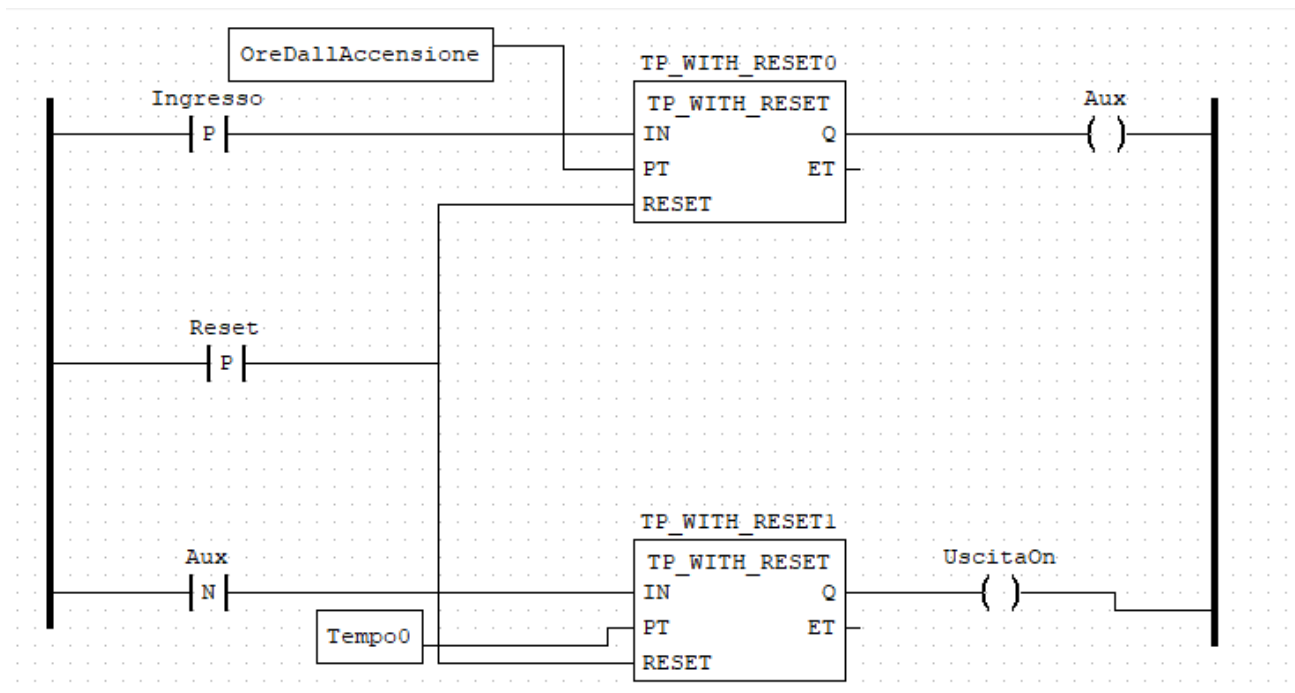


#### 4. ACCENSIONE PROGRAMMATA

- Nome: AccensioneProgrammata
- Variabili

#	Nome	Classe	Yipo	Initial Value	Opzione	Documentazione
1	TP_WITH_RESETO	Locale	TP_WITH_RESET			Istanza blocco funzionale timer con reset
2	Aux	Locale	BOOL			Variabile ausiliare
3	Tempo0	Locale	TIME	T#3s		Variabile connessa all'accensione programmata
4	OreDallAccensione	Input	TIME			Associata al PT del secondo timer
5	Ingresso	Input	BOOL			Variabile di ingresso
6	Reset	Input	BOOL			Variabile connessa al reset dei timer
7	UscitaOn	Output	BOOL			Variabile di uscita
8	TP_WITH_RESET1	Locale	TP_WITH_RESET			Istanza blocco funzionale timer con reset

- Descrizione: In caso di accensione programmata , gestisce il timer che porta all'accensione della macchina tramite l'ingresso definito dall'operatore in termini di ore.
- Corpo: Ladder



## 5. TIMER A IMPULSI CON RESET

- Nome: TP\_WITH\_RESET
- Variabili

#	Nome	Classe	Yipo	Initial Value	Opzione	Documentazione
1	IN	Input	BOOL			
2	PT	Input	TIME			
3	RESET	Input	BOOL			
4	Q	Output	BOOL			
5	ET	Output	TIME	T#0s		
6	STATE	Locale	SINT	0		
7	PREV_IN	Locale	BOOL	FALSE		
8	CURRENT_TIME	Locale	TIME			
9	START_TIME	Locale	TIME			

- Descrizione: Blocco funzionale del timer ad impulsi con reset. (Importato con la libreria aggiuntiva di OpenPLC, vedi riferimento p.x)
- Corpo: ST

```

5 IF ((STATE = 0) AND NOT(PREV_IN) AND IN) THEN (* found rising edge on IN *)
6     (* start timer... *)
7     STATE := 1;
8     Q := TRUE;
9     START_TIME := CURRENT_TIME;
10
11 ELSIF (STATE = 1) THEN (* timer counting *)
12     IF ((START_TIME + PT) <= CURRENT_TIME) THEN (* timer expired *)
13         STATE := 2;
14         Q := FALSE;
15         ET := PT;
16     ELSE (* continue counting *)
17         ET := CURRENT_TIME - START_TIME;
18     END_IF;
19 END_IF;
20
21 IF ((STATE = 2) AND NOT(IN)) THEN
22     ET := T#0s;
23     STATE := 0;
24 END_IF;
25
26 IF (RESET) THEN (* reset pressed *)
27     ET := T#0s;
28     STATE := 0;
29     Q := FALSE;
30 END_IF;
31
32 PREV_IN := IN;

```

## COMPITO

Sappiamo per definizione che il compito o task è un elemento capace di far eseguire il nostro programma in maniera ciclica o al verificarsi di eventi. Per la realizzazione di questo progetto si è scelto un unico task ciclico caratterizzato dal parametro *INTERVAL* di tipo Time, con priorità 0

Tasks:				
Nome	Triggering	Singolo	Interval	Priorità
task0	Ciclico		T#20ms	0

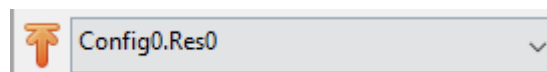
## RISORSA

La risorsa corrisponde a un'entità capace di eseguire un programma e solo a questo livello troviamo viene creata un'istanza del programma (mostrata in figura). Per la realizzazione di questo progetto abbiamo una risorsa: Res0

Instances:		
Nome	Yipo	Task
instance0	program0	task0

## CONFIGURAZIONE

La configurazione è, invece, tutto il software che deve essere caricato per il corretto funzionamento del dispositivo di controllo. In questo caso si è definita una configurazione con il nome di Config0.



## ANALISI DEL SISTEMA AUTOMATICO PASSO DOPO PASSO

In questo capitolo andremo ad analizzare il sistema automatico passo dopo passo. Partiamo dall'analizzare l'accensione della macchina con modalità programmata. Nell'SFC (vedi fig.3) troviamo un'azione legata alla fase Step0 che simula il posizionamento della leva in modalità d'accensione automatica.

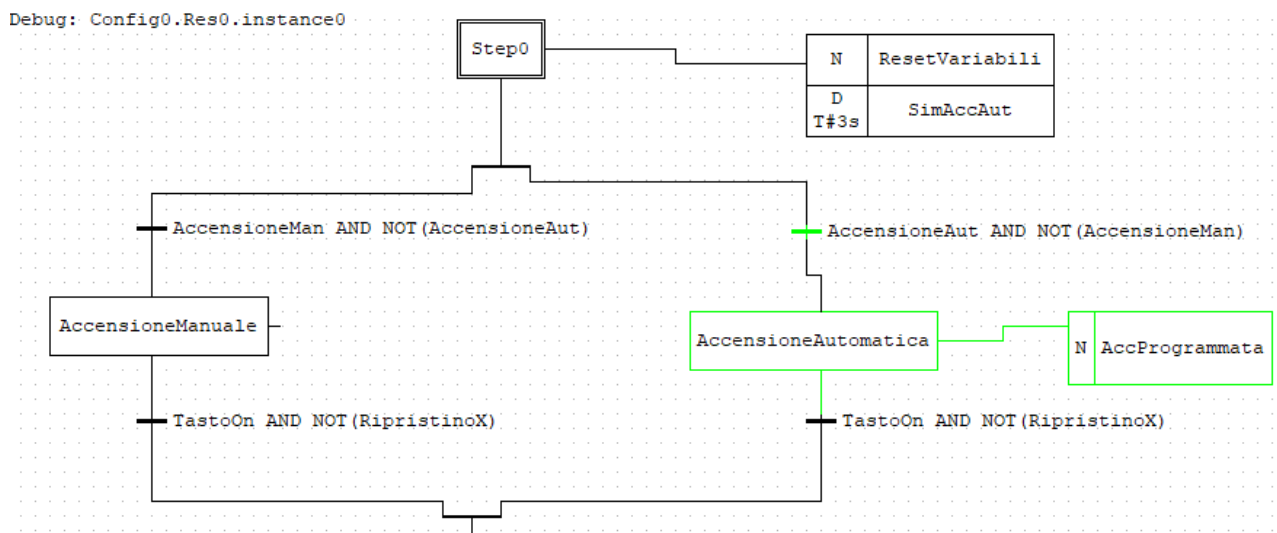


Figura 3

Il sistema procede nel ramo di destra dell'SFC, quello dedicato all'accensione automatica. Il sistema resta nella fase di accensione automatica fin quando non scadrà il timer precedentemente impostato dall'operatore in fase iniziale. Timer gestito dall'azione AccProgrammata (mostrata in figura 3). Nella modalità di accensione manuale, invece, il sistema aspetta che l'operatore prema il tasto On tramite la zona di controllo. In qualsiasi modalità scelta, all'attivazione del tasto On (vedi fig. 4) il sistema supererà la transizione corrispondente e si porterà nella fase successiva.

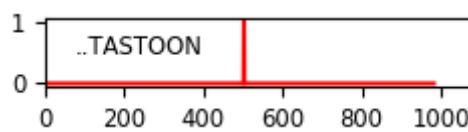


Figura 4

La fase successiva è la fase di attesa (mostrata in fig.6), in questa fase viene acceso il led rosso tramite l'azione associata alla variabile led, viene effettuata un'azione di riscaldamento macchina e vengono disattivate alcune variabili legate alla procedura di ripristino in caso di emergenza. A questo punto se è premuto il tasto di emergenza, la macchina entra in una fase di

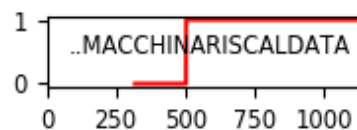
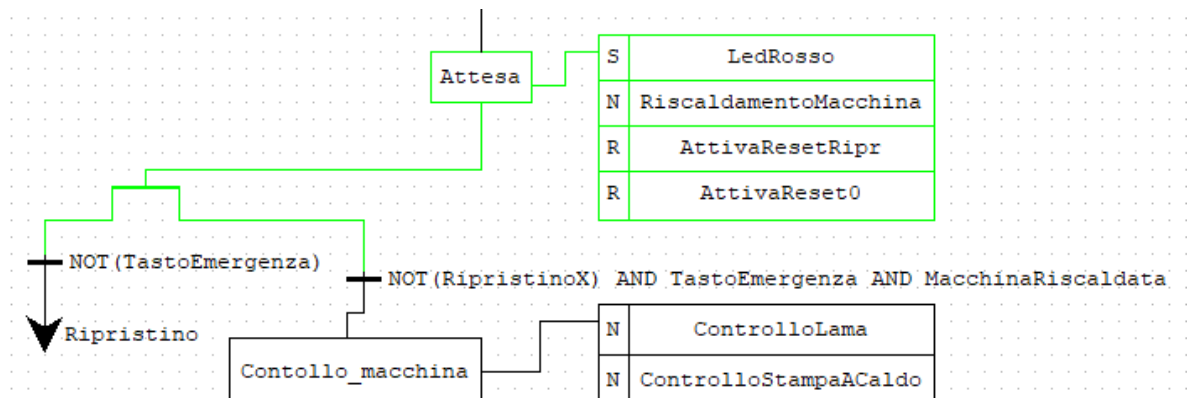
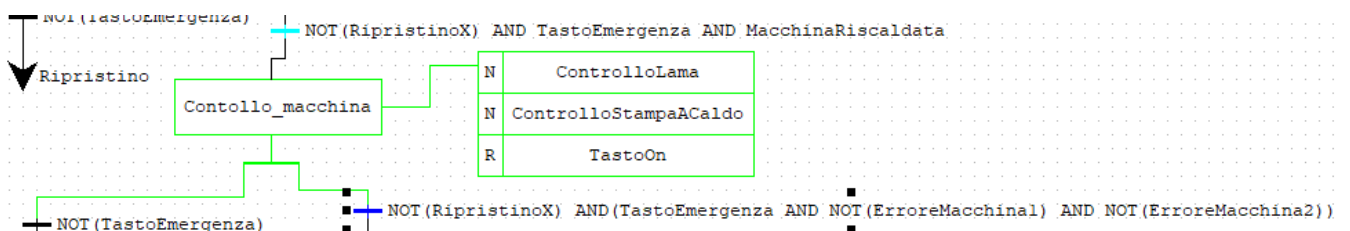


Figura 5



ripristino, altrimenti, si aspetta il riscaldamento della macchina (vedi fig.5) *Figura 6*  
per passare alla fase di controllo macchina.

A questo punto entriamo nella fase di controllo macchina (vedi fig.7), qui è gestito il controllo della macchina tramite le azioni di controllo lama, per verificare un eventuale usura della lama della fustellatrice, e un controllo sulla stampa a caldo che verifica la corretta temperatura e il foil.



*Figura 7*

Il sistema, sempre nel caso di non emergenza, evolverà nel ramo destro dell'SFC solamente se non ci saranno errori nella fustellatrice (errore in macchina 1) e nella macchina della stampa a caldo (errore in macchina 2), altrimenti attenderà in questa fase la sostituzione del foil o della nuova lama prima di procedere allo step successivo. Ricordiamo che eventuali errori sono segnalati all'operatore attraverso i led (vedi p.12).

A questo punto entriamo nella fase di carico busta (vedi fig.8), qui tramite un'azione di carico busta verranno accesi i led corrispondenti. Il sistema aspetterà che l'operatore posizioni la busta negli appositi margini dello spazio operatore e prema il tasto carico busta. Tasto carico busta che è aspettato dal sistema per un'ora dopodiché la macchina entrerà in risparmio energetico. Ricordiamo che l'operatore può in questo momento premere il tasto off e che ovviamente anche in

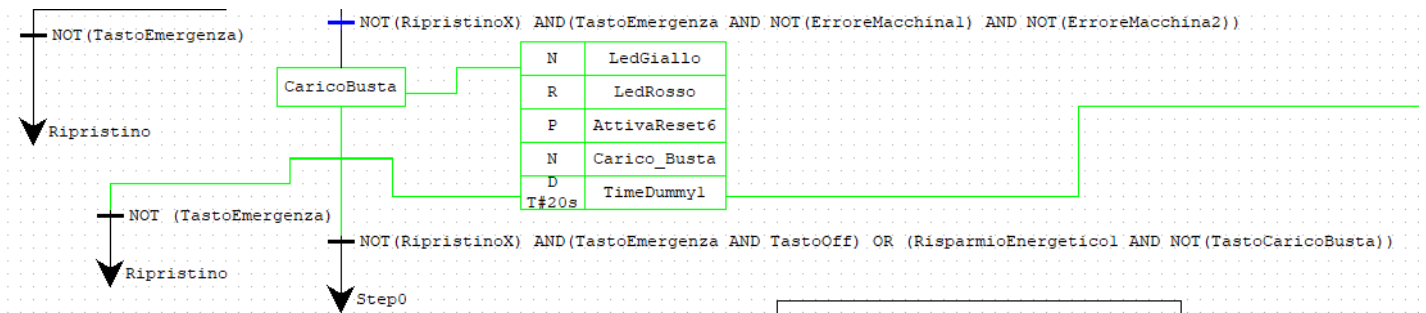


Figura 8

questa fase è possibile entrare nella fase di emergenza. Nella figura successiva si mostra l'andamento delle variabili in considerazione.

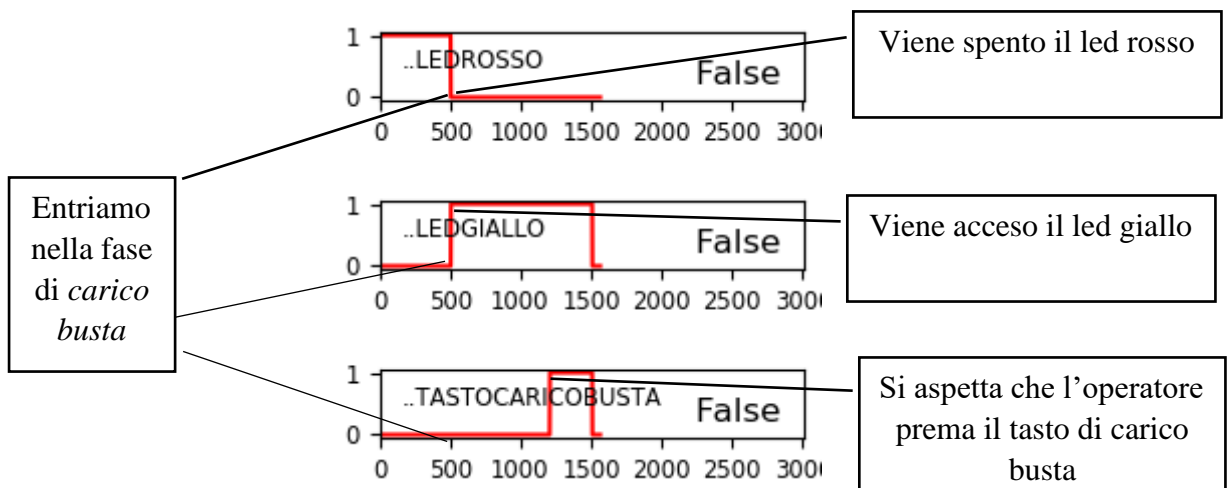


Figura 9

A questo punto, entriamo nella fase pronta lavorazione (vedi fig.10). Vengono accesi tramite l'azione pronta lavorazione i led corrispondenti, viene aperto il vano di sicurezza e si attende che l'operatore prema il pulsante start lavorazione nella zona di controllo, anche in questo caso se l'operatore non premerà il tasto entro

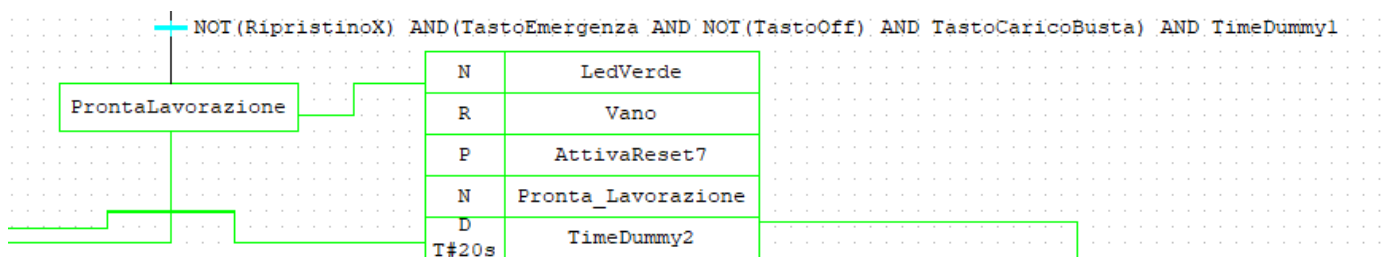


Figura 10

un’ora il sistema entrerà in risparmio energetico. In caso l’operatore non possa proseguire l’operazione può tranquillamente utilizzare il tasto off e ricordiamo che anche in questo caso si può entrare in emergenza. Nella figura che segue vediamo cosa accade nel dettaglio.

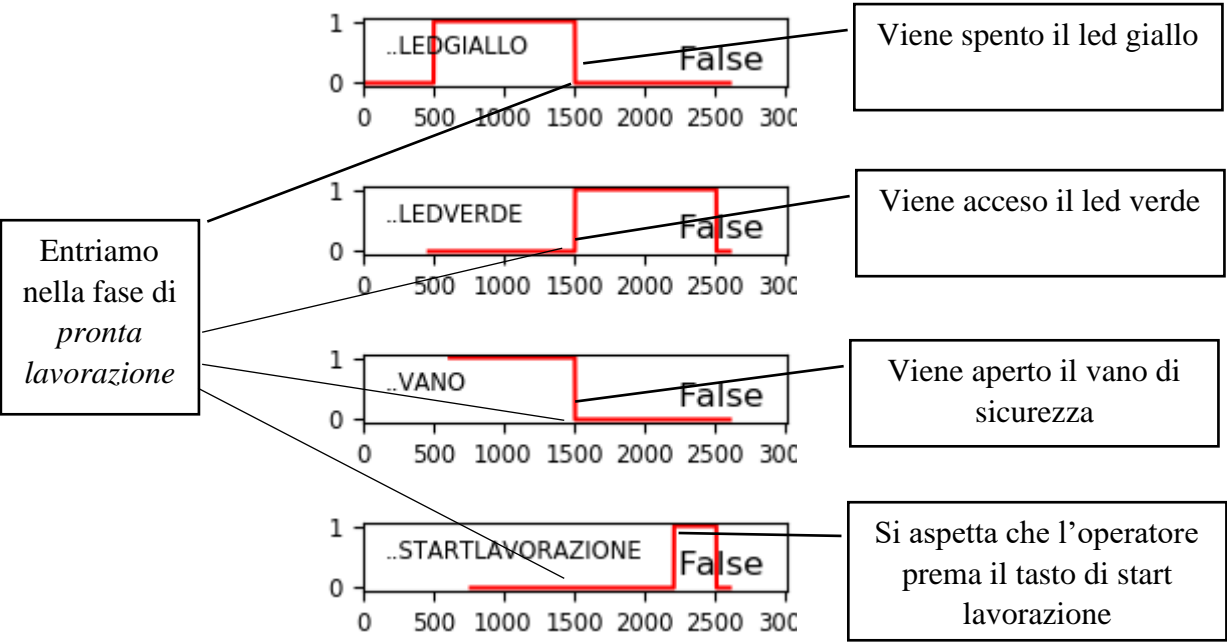


Figura 11

Entriamo nella fase di pre-lavorazione 1 (vedi fig.12), si accenderà led rosso per indicare la fase di lavorazione. L’azione prelavorazione1Nastro ha il compito di trasportare la busta dallo spazio operatore alla zona di fustellatura. Il nastro impiegherà un tempo pari a 5 secondi. In questa fase l’operatore non può sospendere la lavorazione, ma in caso di emergenza può premere il bottone corrispondente.

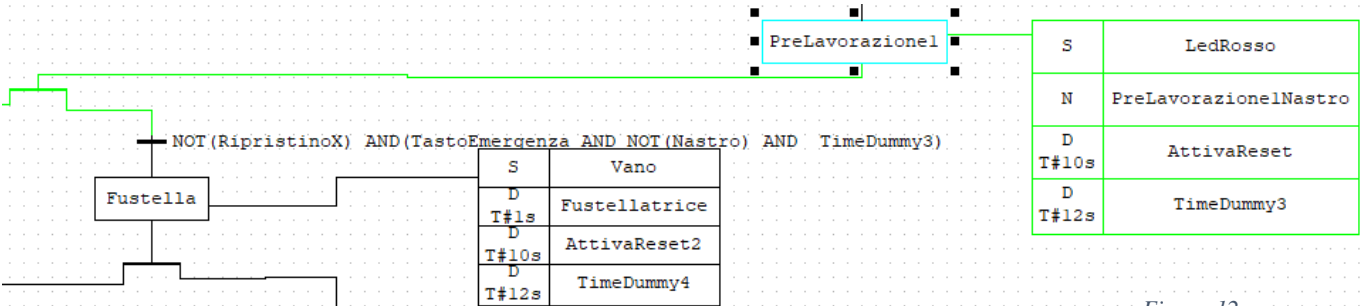


Figura 12

Il passaggio della shopper è favorito dall'apertura del vano di sicurezza della precedente fase (si ricorda che il vano è stato gestito a logica negata). Nella figura successiva (12.b) si mostra l'andamento dei vari led, del vano e del nastro trasportatore in questa fase.

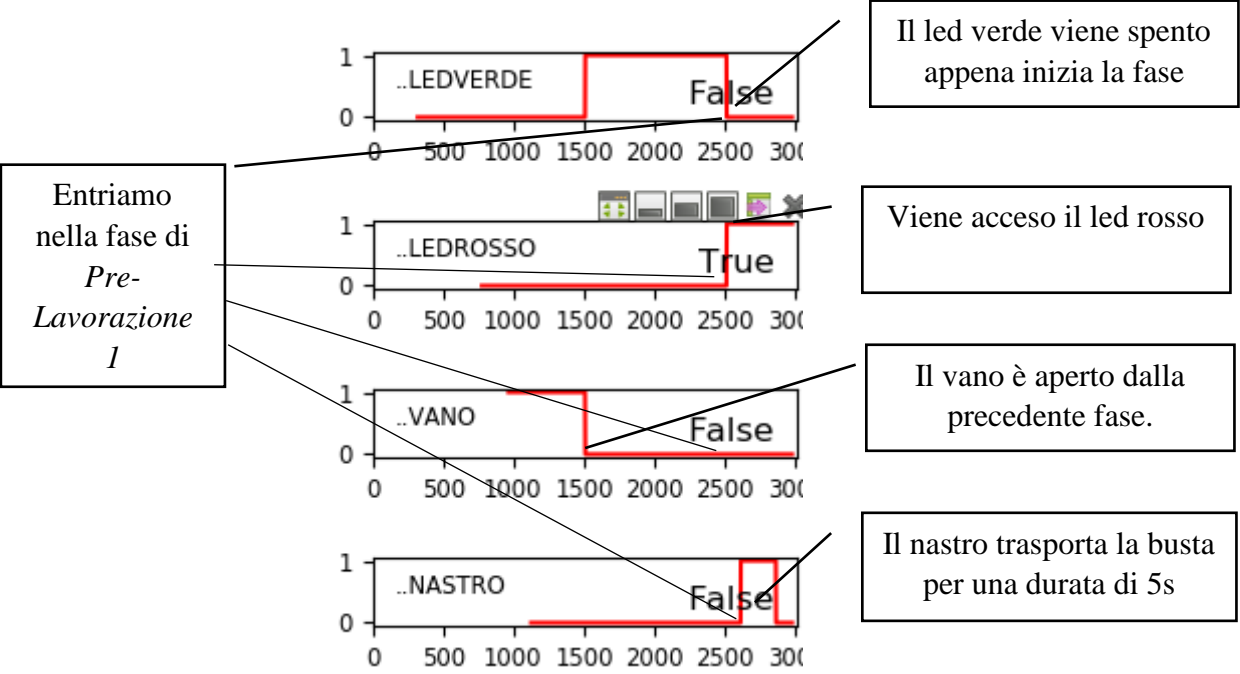


Figura 12.b

A questo punto atteso un tempo di sicurezza dopo il movimento del nastro entreremo nella fase di fustella (vedi fig.13). In questa fase per una questione di sicurezza verrà prima chiuso il vano di sicurezza e poi la busta sarà fustellata. La fustellatrice impiegherà circa 5 secondi per effettuare la sua lavorazione.

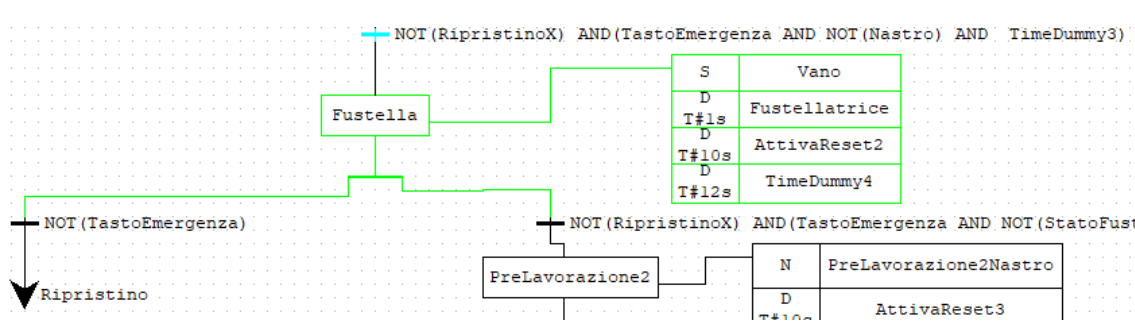
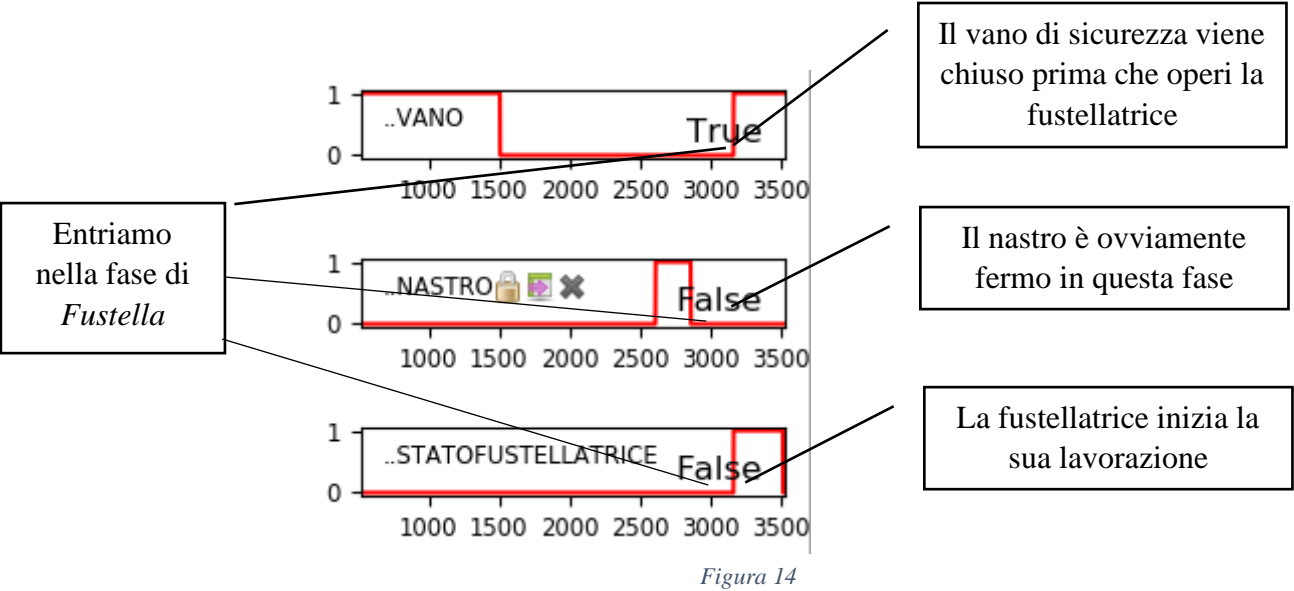


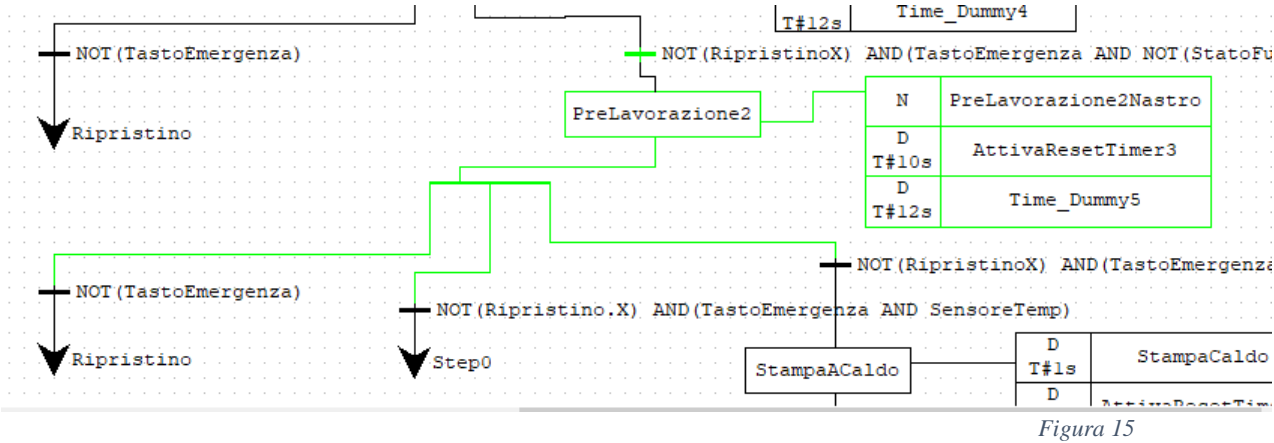
Figura 13



Anche in questo vediamo la scelta di entrare nella fase di ripristino sempre tramite il pulsante di emergenza. Vediamo anche questa fase nel dettaglio con la figura 14.



Entriamo nella fase della pre-lavorazione 2 (vedi fig.15), in questa fase il nastro trasportatore ha il compito di portare la busta dalla zona di fustellatura alla stampa a caldo. Ovviamente il sistema prima di entrare in questa fase si accerta che la fustellatrice è tornata nella sua condizione di partenza. Il tutto è sincronizzato da una variabile time dummy. Anche in questo caso il sistema prevede, in caso di emergenza la via del ripristino. Nella figura 16 sarà illustrato il timing della fine della lavorazione della fustella, l'entrata nella fase di pre lavorazione 2, l'attesa del tempo di sicurezza ed, infine, il movimento del nastro.



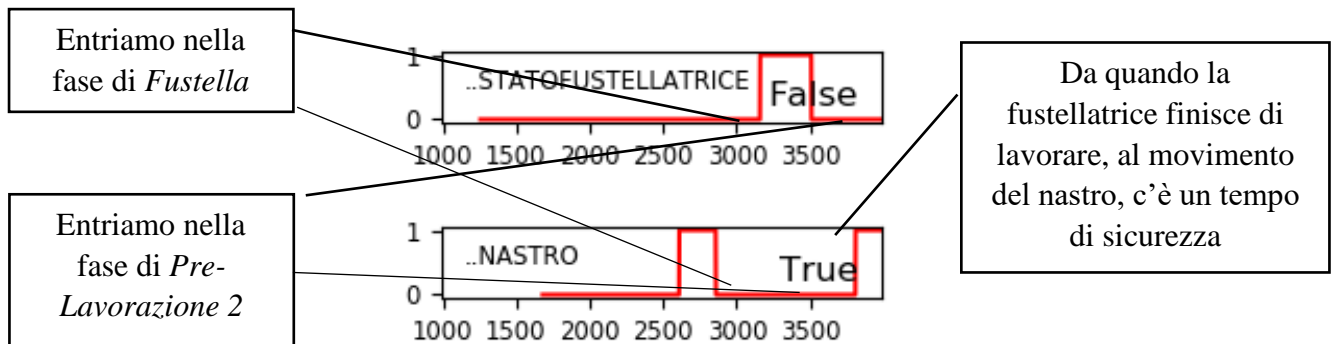


Figura 16

A questo punto entriamo nel vivo della lavorazione, la fase stampa a caldo (vedi fig 17). Qui in maniera molto simile a quanto accadeva con la fustellatrice, la macchina aspetterà un tempo di sicurezza e poi procederà alla stampa. Notiamo come il sistema dopo la stampa a caldo non evolverà finché la stampa a caldo non ritornerà nella sua posizione di partenza. In questo caso mostriamo in figura 18 la sincronizzazione della fine del cammino del nastro e della lavorazione della stampa a caldo.

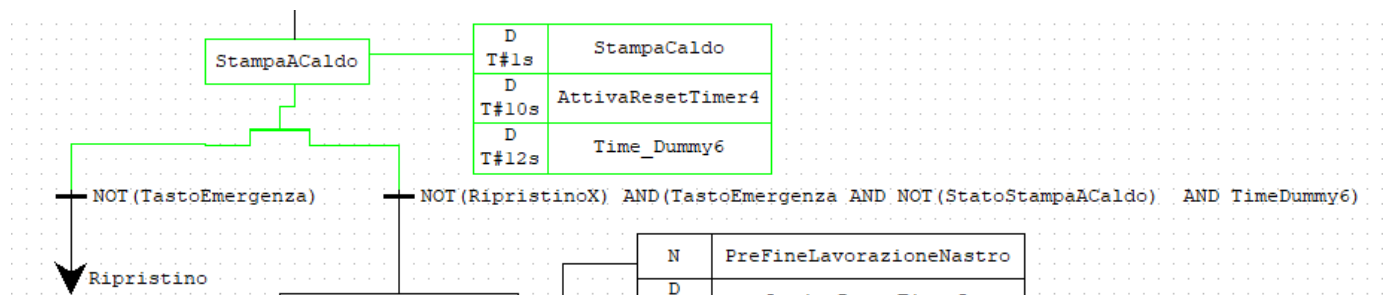


Figura 17

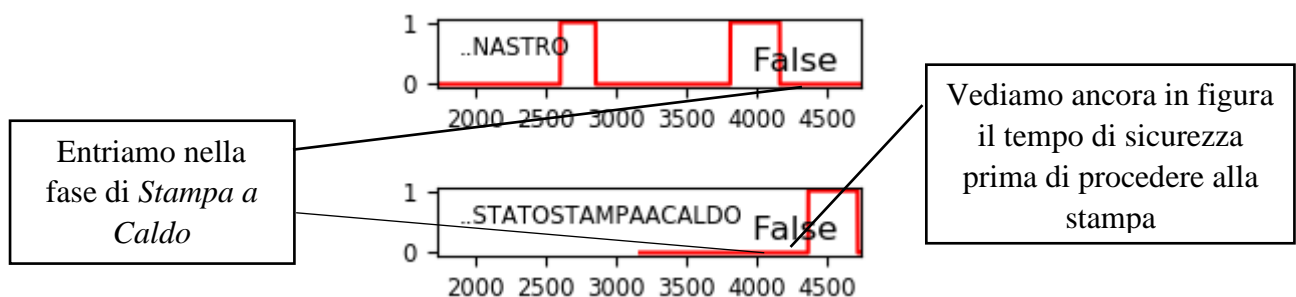


Figura 18

Oltrepassata la fase di stampa a caldo, entriamo nella fase di fine lavorazione

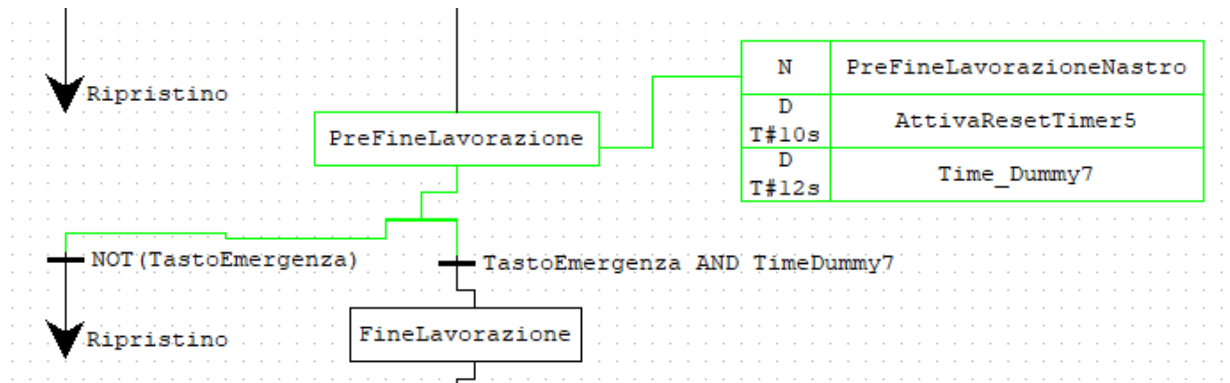


Figura 19

mostrata in figura 19. Compito di questa fase è trasportare il prodotto completo di lavorazione allo box shopper, ovviamente ancora una volta tramite il nastro trasportatore. Nella figura successiva (fig.20) verrà mostrata l'attivazione del nastro in relazione alla stampa a caldo. Anche in questo caso vediamo nel ramo dell'SFC a sinistra l'opzione per l'emergenza.

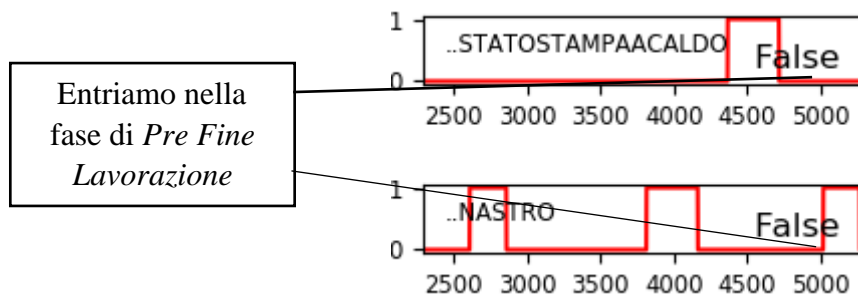


Figura 20

A questo punto entriamo nella fase di fine lavorazione (vedi fig 21), qui abbiamo 3 possibilità da *percorrere* nel nostro SFC; una in relazione all'emergenza con l'opportuna fase di ripristino, una in caso di spegnimento della macchina tramite il tasto Off premuto dall'operatore e l'ultima possibilità, proseguire con la lavorazione della busta successiva. Ovviamente il sistema in mancanza di

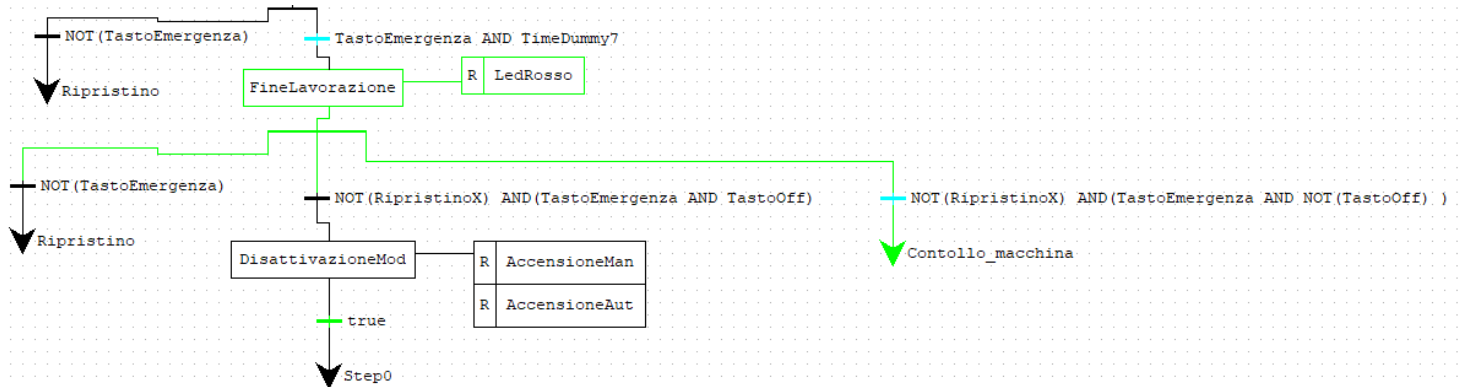


Figura 21

attivazione del tasto di emergenza e del tasto Off si preparerà direttamente per la lavorazione successiva di una nuova busta, ri-iniziando il ciclo di lavorazione. A questo punto prima di passare all'analisi della fase di ripristino, in figura 22 verrà riassunto il timing delle più importanti variabili nel ciclo di lavorazione della shopper.

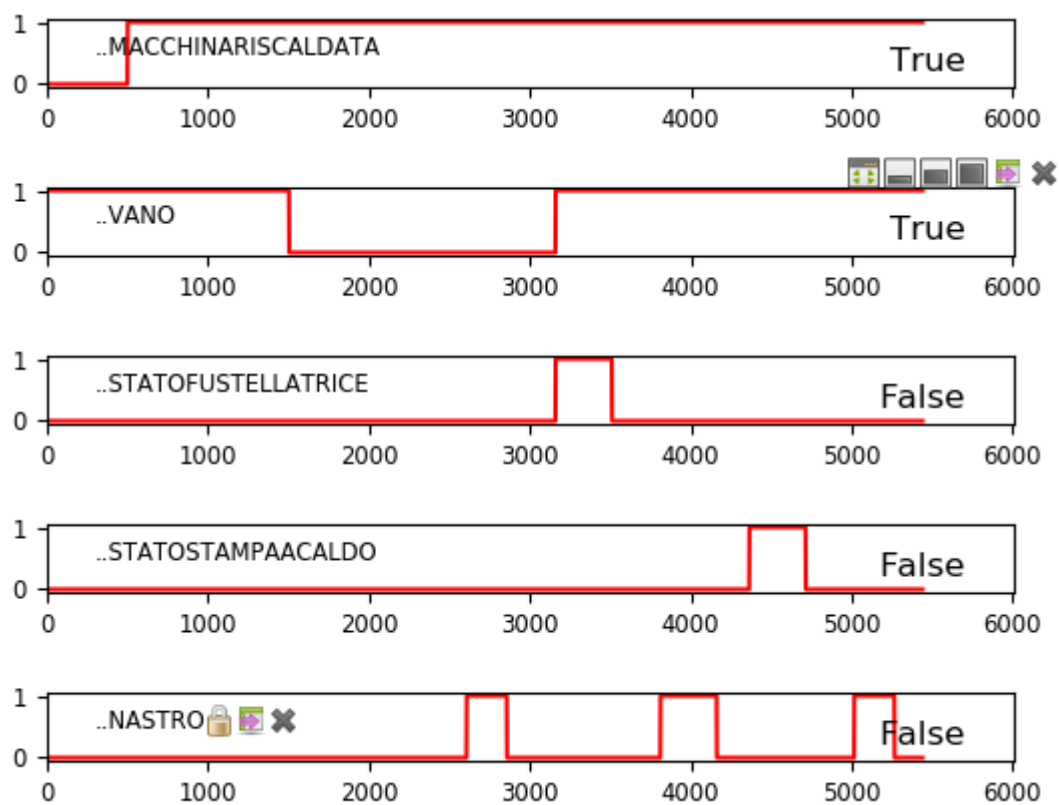


Figura 22

Passiamo ora ad analizzare l'emergenza e il successivo ripristino della macchina. In questo caso si è simulato di premere il tasto di emergenza nella fase di carico busta. La prima fase è chiamata Ripristino (vedi fig.23), qui si attivano, tramite la prima azione, i led giallo e rosso per segnalare il ripristino in corso e viene attivata una variabile ripristinox, tramite la seconda azione in figura. L'azione reset delle variabili serve per interrompere immediatamente qualsiasi movimentazione della lavorazione riportando tutti i parametri allo stato originale.

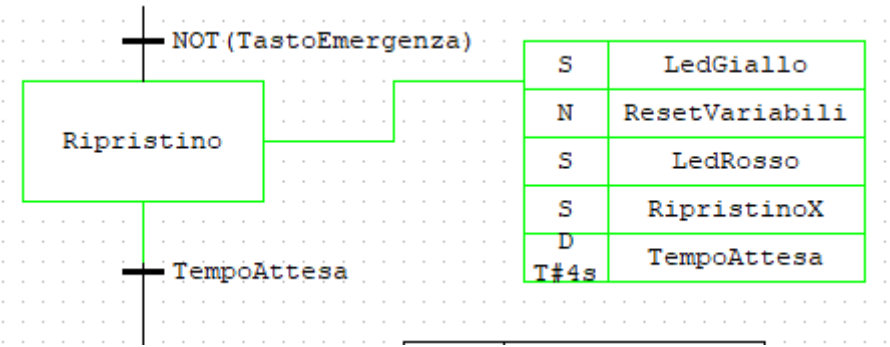


Figura 23

Nella figura 24 vediamo invece l'accensione dei led di ripristino e l'attivazione della variabile ripristinox.

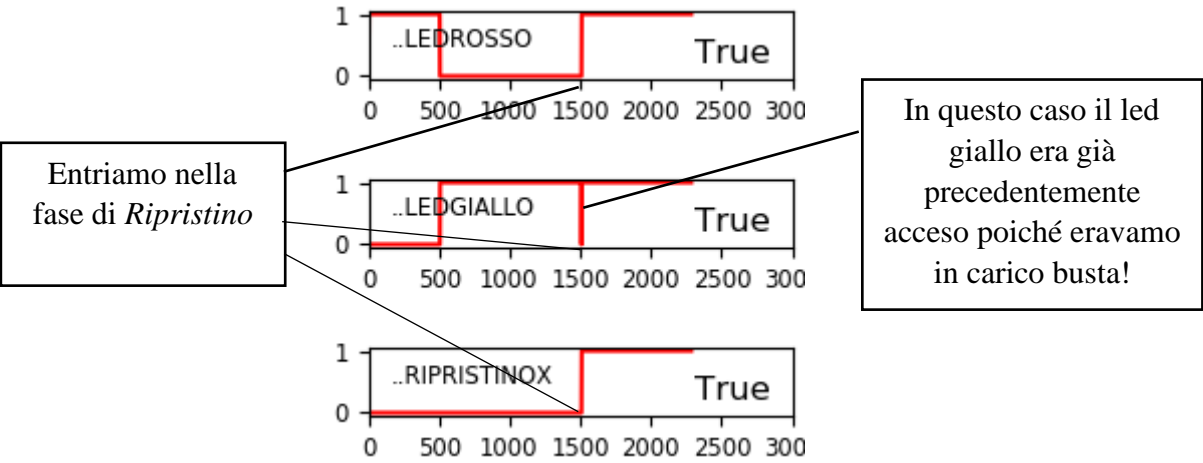


Figura 24

Trascorso un tempo di attesa entriamo nella fase di diagnostica (vedi fig.25). Qui viene aperto il vano di apertura, viene attivato il nastro così da liberare il campo di lavoro da eventuali shopper residue. Ricordiamo che siamo ancora nella fase di ripristino e quindi la variabile ripristinox sarà ancora attiva. Nella figura 26 vediamo l'effettiva azione del nastro trasportatore nella fase di ripristino.

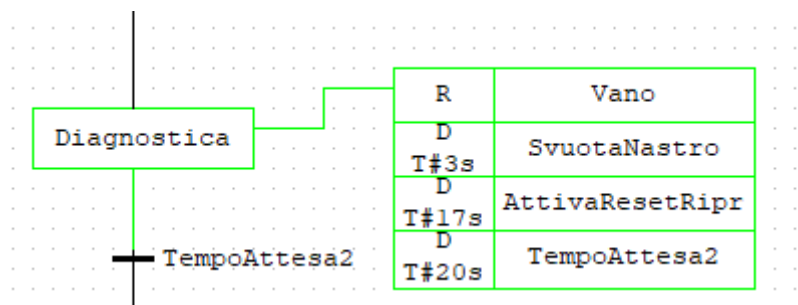


Figura 25

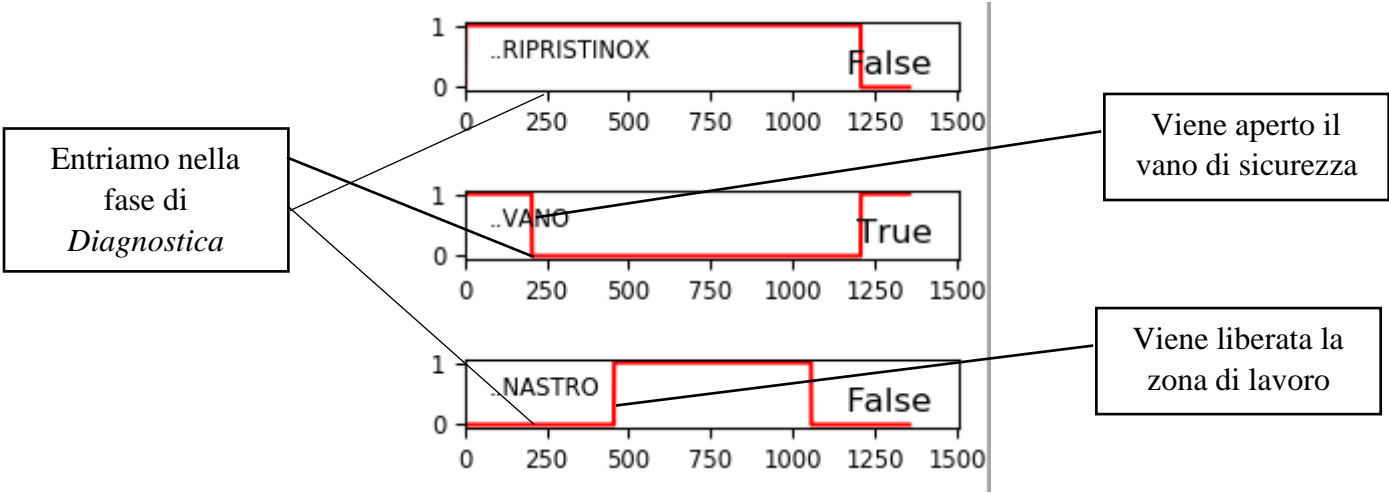


Figura 26

A questo punto entriamo nell'ultima fase della sezione di ripristino (vedi fig.27) qui viene spenta la variabile di ripristino (ripristinox), a segnalare la fine del ripristino, viene chiuso il vano di sicurezza e i led di ripristino e dopo un tempo di attesa si salterà di nuovo nella fase di attesa e la macchina sarà di nuovo pronta per effettuare un nuovo processo di lavorazione. In figura 28 vediamo la fine della fase di ripristino con lo spegnimento della variabile ripristinox, dei led di ripristino e la chiusura del vano di sicurezza

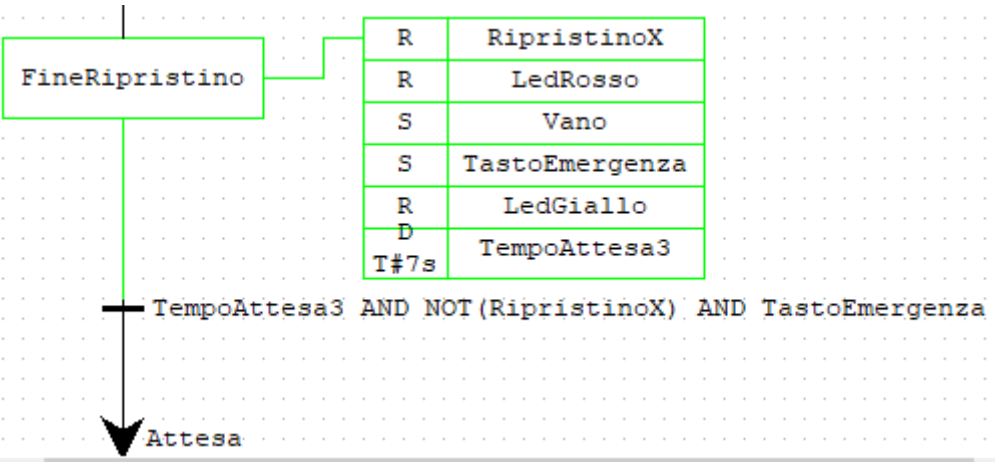


Figura 27

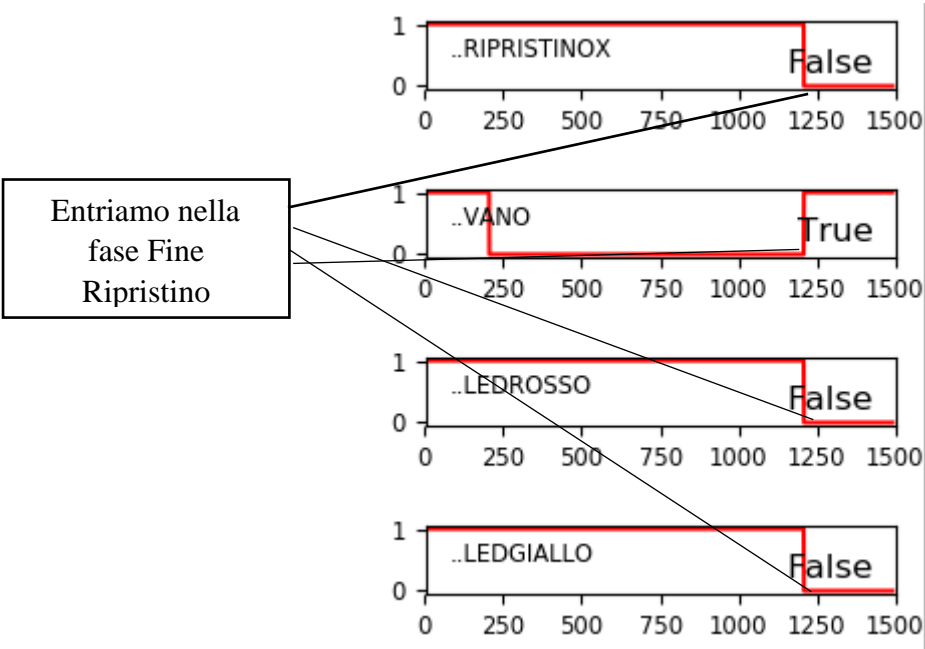


Figura 28



Come ultimo esempio vogliamo mostrare una simulazione d'emergenza in una piena fase di lavorazione. In particolare mostreremo di seguito l'andamento delle più importanti variabili prestando una particolare attenzione all'interruzione istantanea del nastro trasportatore all'occorrenza dell'emergenza. Nel seguente esempio si è simulato di premere il tasto di emergenza nella fase pre lavorazione 2 che corrisponde al test case 11.

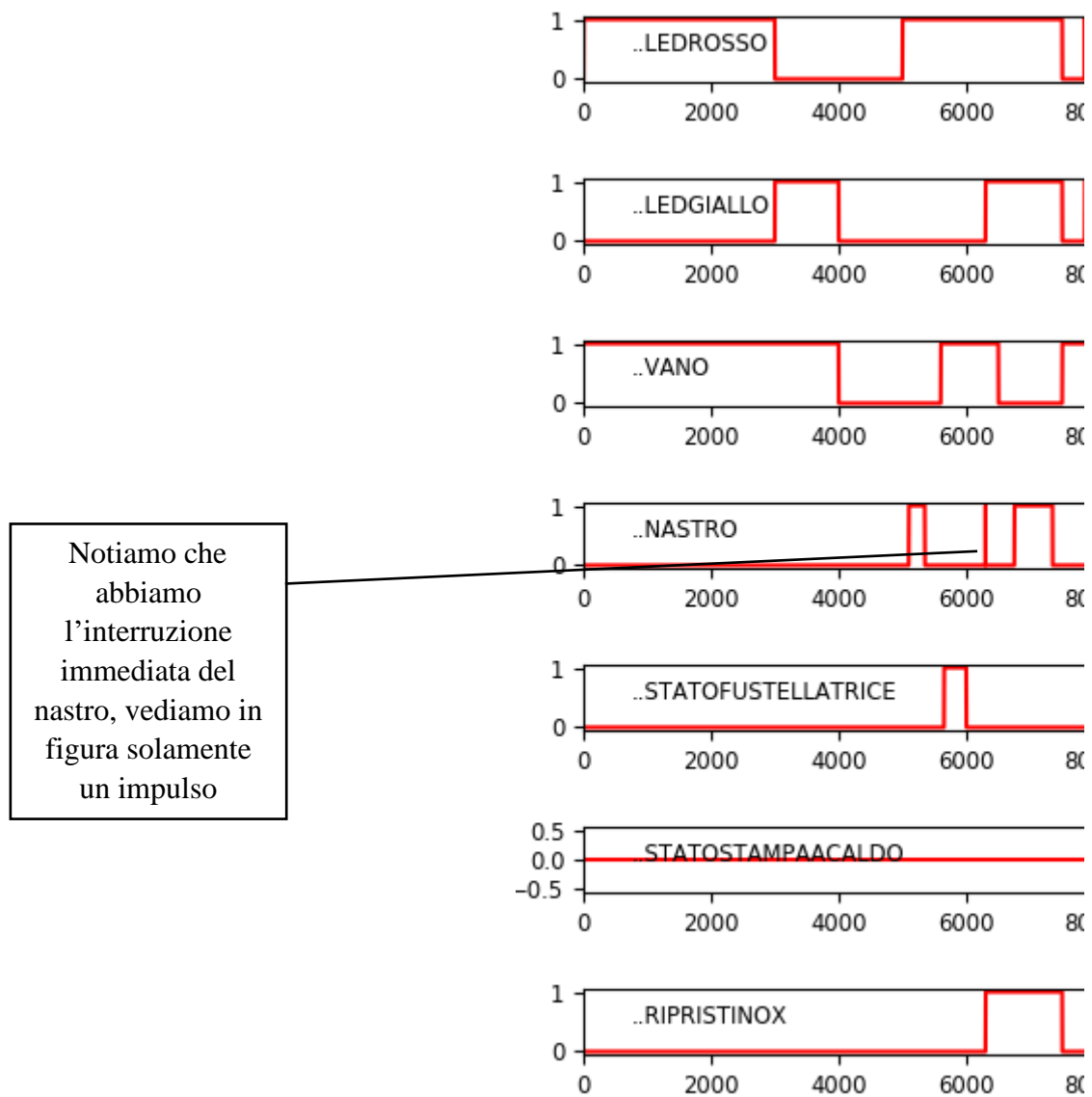


Figura 29

## CASI DI TEST

Creare un testing esaustivo di tutti i cammini è praticamente impossibile per le tantissime combinazioni. Nella seguente tabella vengono elencati i principali casi di test. Nella colonna Test Case è sintetizzato il percorso da testare. Gli ultimi casi di test sono dedicati a cicli di lavoro. Per simulare correttamente tutti i casi di test sono state introdotte delle azioni che simulano il comportamento dell'operatore.

N	Test Case	Testato	Funzionante
1	Accensione manuale-attesa-Emergenza	X	X
2	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-Emergenza	X	X
3	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-carico busta-Emergenza	X	X
4	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-carico busta-TastoOff	X	X
5	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-carico busta-Risparmio Energetico	X	X
6	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-carico busta-pronta lavorazione-Emergenza	X	X
7	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-carico busta-pronta lavorazione- TastoOff	X	X
8	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-carico busta-pronta lavorazione- Risparmio Energetico	X	X
9	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1-Emergenza	X	X

10	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1-fustella-Emergenza	X	X
11	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1-fustella-pre lavorazione 2-Emergenza	X	X
12	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1-fustella-pre lavorazione 2-Sensore temperatura alto	X	X
13	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1-fustella-pre lavorazione 2- stampa a caldo - Emergenza	X	X
14	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1-fustella-pre lavorazione 2- stampa a caldo -pre fine lavorazione-Emergenza	X	X
15	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1-fustella-pre lavorazione 2- stampa a caldo -pre fine lavorazione-fine lavorazione-Emergenza	X	X
16	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1-fustella-pre lavorazione 2- stampa a caldo -pre fine lavorazione-fine lavorazione-Tasto Off	X	X
17	Accensione manuale-attesa-controllo macchina-carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1-fustella-pre lavorazione 2- stampa a caldo -pre fine lavorazione-fine lavorazione-Ritorno a controllo macchina	X	X
18	Accensione automatica-attesa-Emergenza	X	X

19	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- Emergenza	X	X
20	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- carico busta-Emergenza	X	X
21	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- carico busta-TastoOff	X	X
22	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- carico busta-Risparmio Energetico	X	X
23	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- carico busta-pronta lavorazione-Emergenza	X	X
24	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- carico busta-pronta lavorazione- TastoOff	X	X
25	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- carico busta-pronta lavorazione- Risparmio Energetico	X	X
26	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1- Emergenza	X	X
27	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1- fustella-Emergenza	X	X
28	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1- fustella-pre lavorazione 2-Emergenza	X	X
29	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1- fustella-pre lavorazione 2-Sensore temperatura alto	X	X
30	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1-	X	X

	fustella-pre lavorazione 2- stampa a caldo - Emergenza		
31	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1- fustella-pre lavorazione 2- stampa a caldo -pre fine lavorazione-Emergenza	X	X
32	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1- fustella-pre lavorazione 2- stampa a caldo -pre fine lavorazione-fine lavorazione-Emergenza	X	X
33	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1- fustella-pre lavorazione 2- stampa a caldo -pre fine lavorazione-fine lavorazione-Tasto Off	X	X
34	Accensione automatica -attesa-controllo macchina- carico busta-pronta lavorazione-pre lavorazione 1- fustella-pre lavorazione 2- stampa a caldo -pre fine lavorazione-fine lavorazione-Ritorno a controllo macchina	X	X
35	Test ciclo di lavorazione di 10 buste	X	X
36	Test ciclo di lavorazione di 10 buste con emergenza	X	X
37	Accensione manuale-attesa-controllo macchina- carico busta-Emergenza e Risparmio Energetico	X	X
38	Ciclo di lavoro continuo (34)	X	X

## VERSIONI IN OPEN PLC

Come software è stato scelto OpenPLC Editor che consente di scrivere programmi PLC per il runtime OpenPLC. I programmi sono scritti secondo lo standard IEC 61131-3. L'editor è molto semplice da usare e supporta tutti e cinque i linguaggi definiti nello standard: Ladder Logic (LD), Function Block Diagram (FBD), Instruction List (IL), Structured Text (ST) e Sequential Function Chart (SFC).



In allegato a questa documentazione troviamo:

- **PRONTO PER INSTALLAZIONE:** file completo; settato di tempi reali, variabili di ingresso e uscita e senza alcuna azione di simulazione.
- **IMPLEMENTAZIONE DEI CASI DI TEST:** file implementato con tempi settati per i test case e simulazioni di accensione tasti e modalità.

## RIFERIMENTI

- C. Bonivento , L. Gentili, A. Paoli

Sistemi di automazione industriale

Architetture e controllo

McGraw Hill



- P. Chiacchio , F. Basile

Tecnologie informatiche per l'automazione

McGraw Hill



- Dispense prof. Adriano Mele (Docente Unina)
- OpenPLC project (<https://www.openplcproject.com/reference>)
- Libreria integrativa di OpenPlc Editor disponibile al sito: <http://www.oscat.de/>