

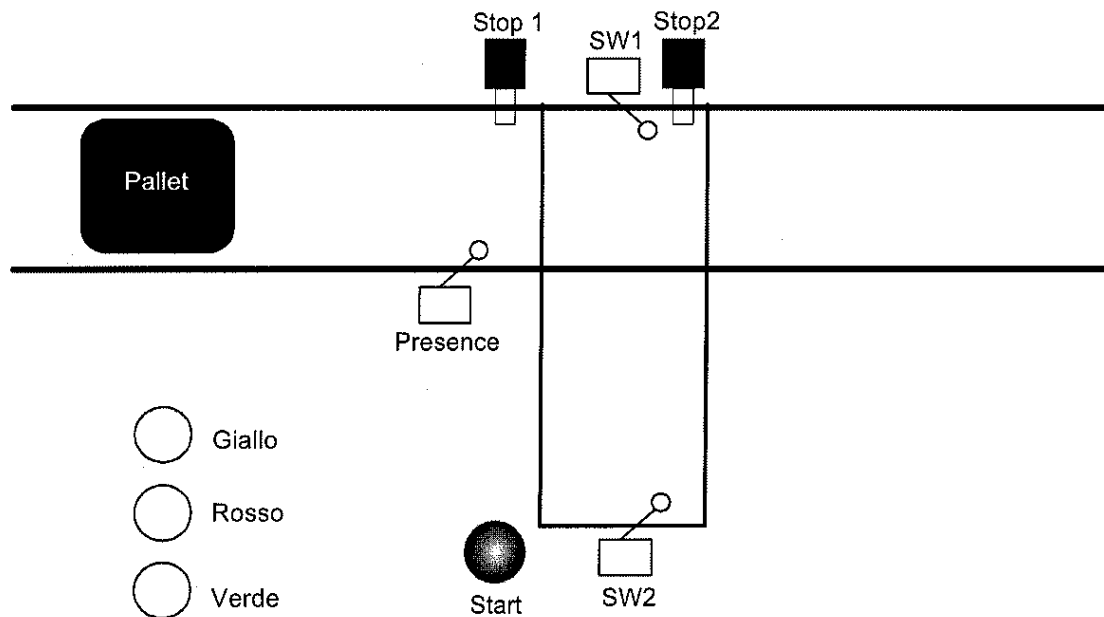


Automazione industriale dispense del corso E1. Esercizi LD e SFC

Luigi Piroddi
piroddi@elet.polimi.it

Esercizio 1:

Sotto è rappresentato lo schema di un nastro trasportatore: sul nastro transitano dei pallet che devono poter essere rediretti, a richiesta dell'operatore, sulla linea secondaria che li trasporta fino alla sua postazione, per poi riportarli sul percorso principale una volta che l'operatore ha terminato il suo compito.



Il funzionamento dell'impianto deve essere il seguente:

- l'operatore richiede un pallet (pulsante Start)
- si accende la luce gialla di attesa
- quando il sensore Presence rileva un pallet scatta il blocco Stop2 per fermare il pallet in arrivo in corrispondenza della diramazione del trasportatore
- una volta che il pallet è in posizione (indicato da SW1) il blocco Stop1 ferma temporaneamente gli altri pallet in linea
- il sistema di trasporto della linea secondaria viene attivato in direzione dell'operatore e si accende la luce rossa
- quando il pallet arriva all'operatore (SW2) il sistema di trasporto secondario viene spento, i blocchi sulla linea principale Stop1 e Stop2 vengono rilasciati e si accende la luce verde.
- quando l'operatore preme nuovamente Start si accende nuovamente la luce rossa, il blocco Stop1 blocca i pallet in arrivo sulla linea principale e il trasportatore secondario riporta il pallet verso la linea principale
- una volta che l'interruttore Sw1 rileva il pallet in arrivo, il trasportatore secondario viene disattivato, il blocco Stop1 viene rilasciato e la luce rossa viene spenta.

Caratteristiche dei sensori:

Tutti e tre i sensori danno un segnale alto quando è presente il pallet e un segnale basso quando non è presente

Variabili booleane utilizzate:

Start: pulsante operatore

Yellow_led: accende la lampada gialla

Green_led: accende la lampada verde

Red_led: accende la lampada rossa

Presence: uscita sensore presence

Sw1: ingresso sensore sw1

Sw2: ingresso sensore sw2

Stop1: uscita attuatore Stop1

Stop2: uscita attuatore Stop2

Avanti_sec: comando nastro trasportatore secondario pallet verso operatore

Indietro_sec: comando nastro trasportatore secondario pallet verso linea principale

Diagramma SFC:

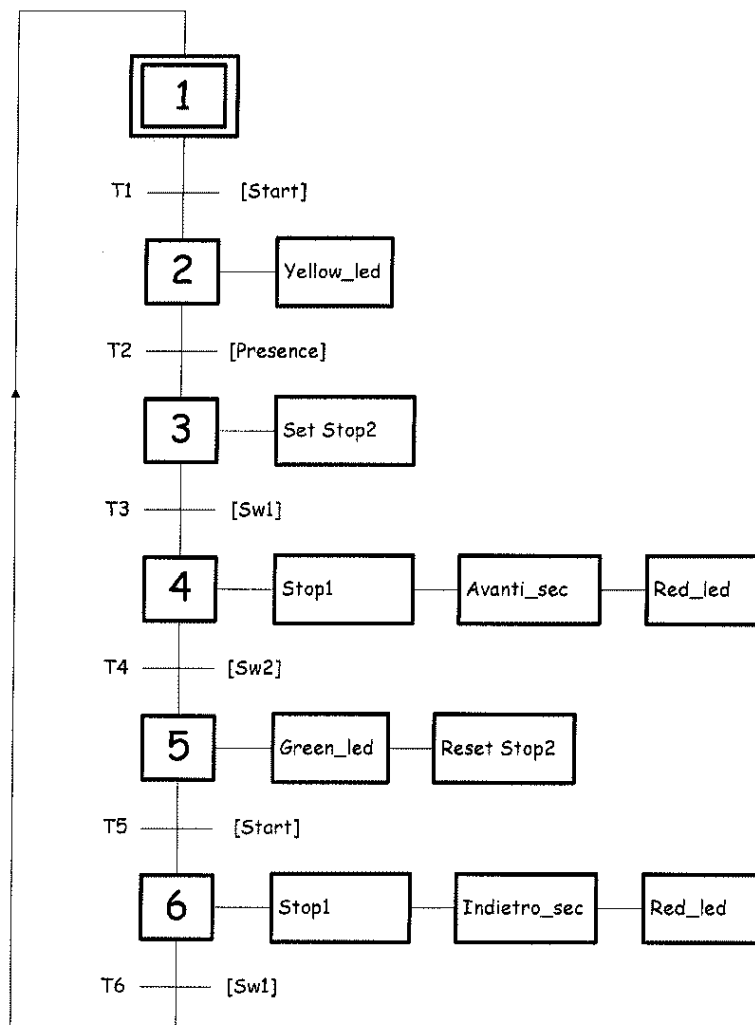
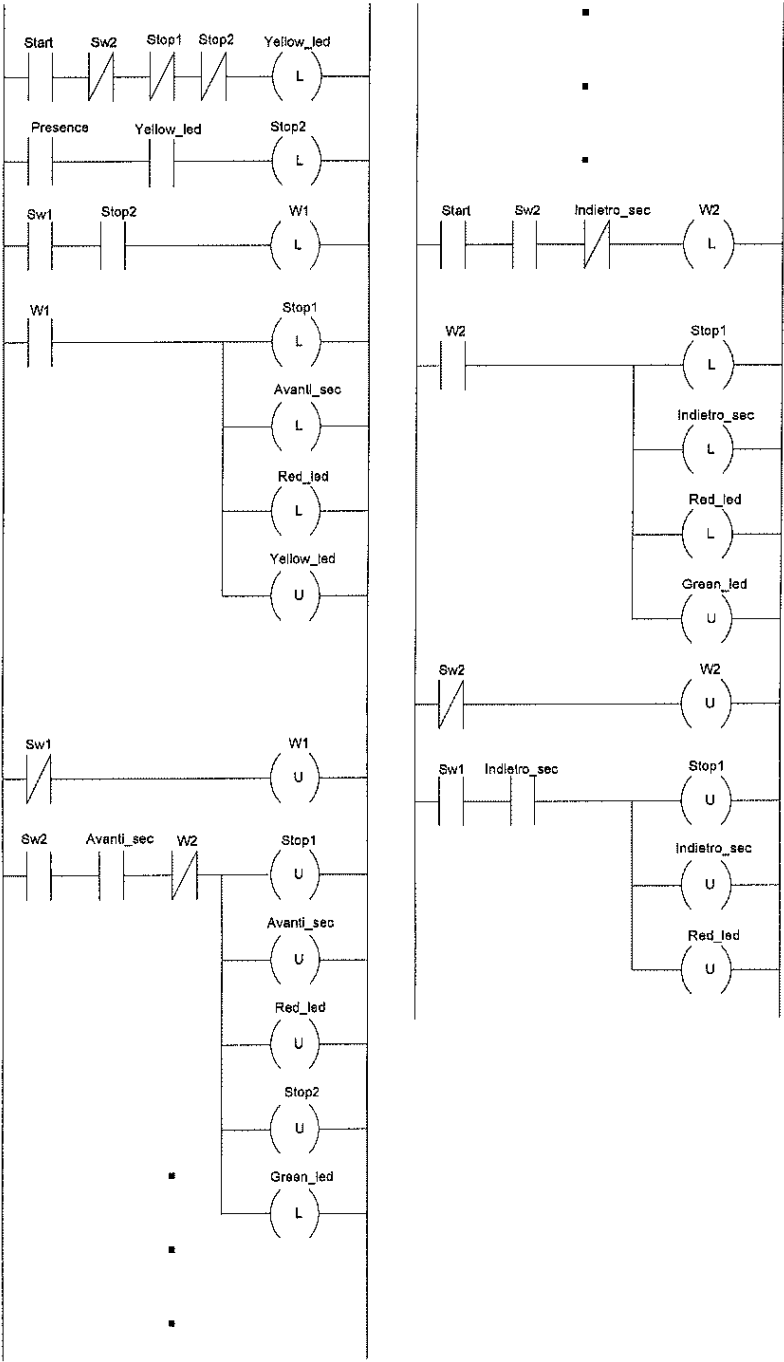
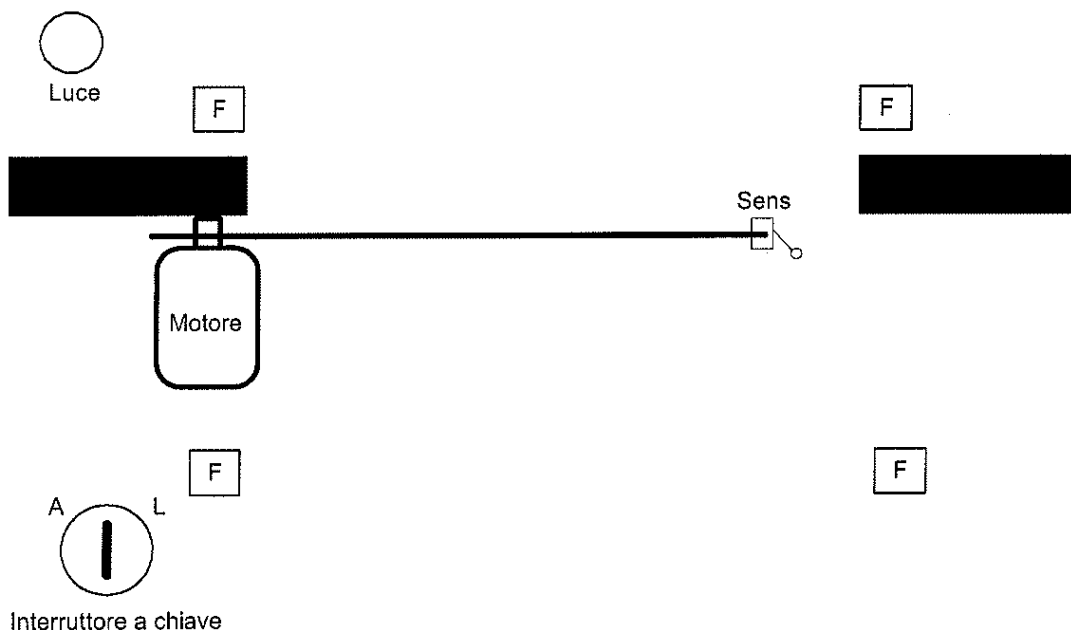


Diagramma Ladder:



Esercizio 2:

Sotto è rappresentato lo schema di un cancello automatico scorrevole: il cancello si può aprire con la chiave o con un radiocomando, una volta aperto deve poter essere fermato in quella posizione girando la chiave sulla posizione L. Sono presenti come misura di sicurezza due coppie di fotocellule (F) e un sensore di contatto sul bordo del cancello.



Il funzionamento del cancello deve essere il seguente:

- Il cancello si può aprire girando la chiave sulla posizione A o inviando un segnale con il radiocomando
- Il cancello è dotato di sensori (non rappresentati in figura) che rilevano il fondocorsa, sia destro che sinistro
- Una volta aperto il cancello deve restare in quella posizione per 35 secondi, periodo durante il quale può essere bloccato in posizione girando la chiave in posizione L, per riattivarlo deve essere sufficiente girare la chiave su A o inviare un segnale col radiocomando
- Durante la chiusura, se il sistema rileva un segnale sia dal sensore di contatto, sia da una delle coppie di fotocellule il cancello deve riaprirsi.
- Durante l'apertura o la chiusura deve accendersi la luce di avvertimento

Caratteristiche dei sensori/attuatori:

Sia le fotocellule che il sensore di contatto per motivi di sicurezza danno un segnale alto quando sono disattivati e uno basso quando sono attivati. In tal modo si evita che il possibile guasto di almeno uno di essi causi situazioni di pericolo durante la chiusura del cancello.

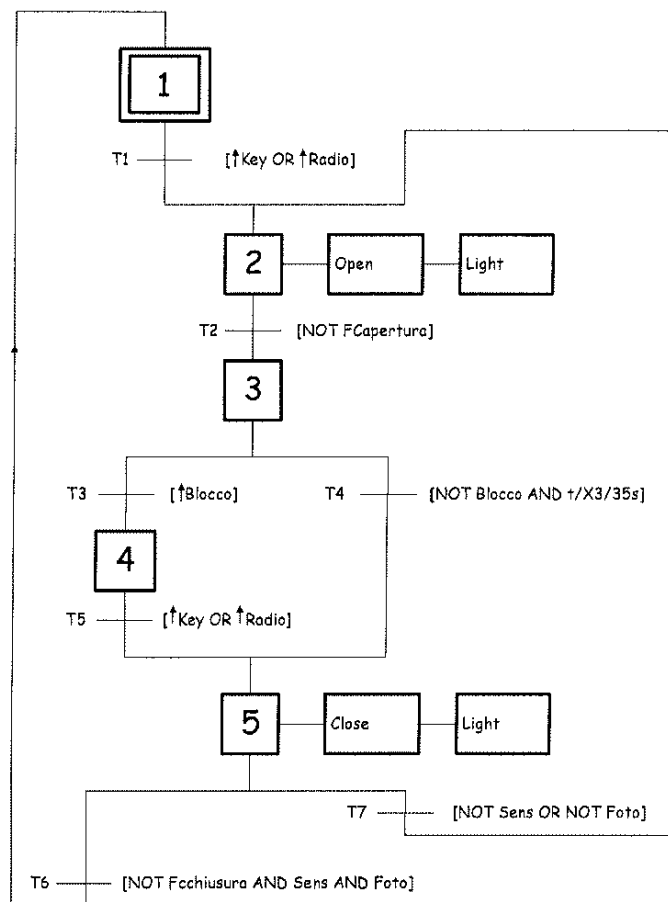
Anche i sensori di fondocorsa danno un segnale alto quando sono disattivati e basso quando sono attivati. Ciò per evitare sollecitazioni al motore di trascinamento del cancello in caso di possibili guasti a tali sensori.

L'interruttore a chiave ed il Radio-comando forniscono di fatto un segnale booleano che viene valutato nel fronte di salita per far partire l'apertura del cancello.

Anche il comando a chiave di blocco cancello in posizione di apertura L è un segnale booleano valutato sul fronte di salita.

I comandi di apertura e chiusura del motore di trascinamento del cancello devono essere rispettivamente mantenuti alti per tutta la durata del ciclo di apertura e chiusura del cancello, cioè per tutta la durata del funzionamento del motore.

Diagramma SFC:



Variabili Booleane:

Key: segnale di apertura cancello da chiave

Radio: segnale di apertura cancello da Radio-comando

Open: comando all'azionamento per l'apertura del cancello (Latch)

Close: comando all'azionamento per la chiusura del cancello (Latch)

Light: attivazione lampeggiante giallo

FCapertura: fondocorsa apertura cancello (1 non eccitato, 0 eccitato)

FCchiusura: fondocorsa chiusura cancello (1 non eccitato, 0 eccitato)

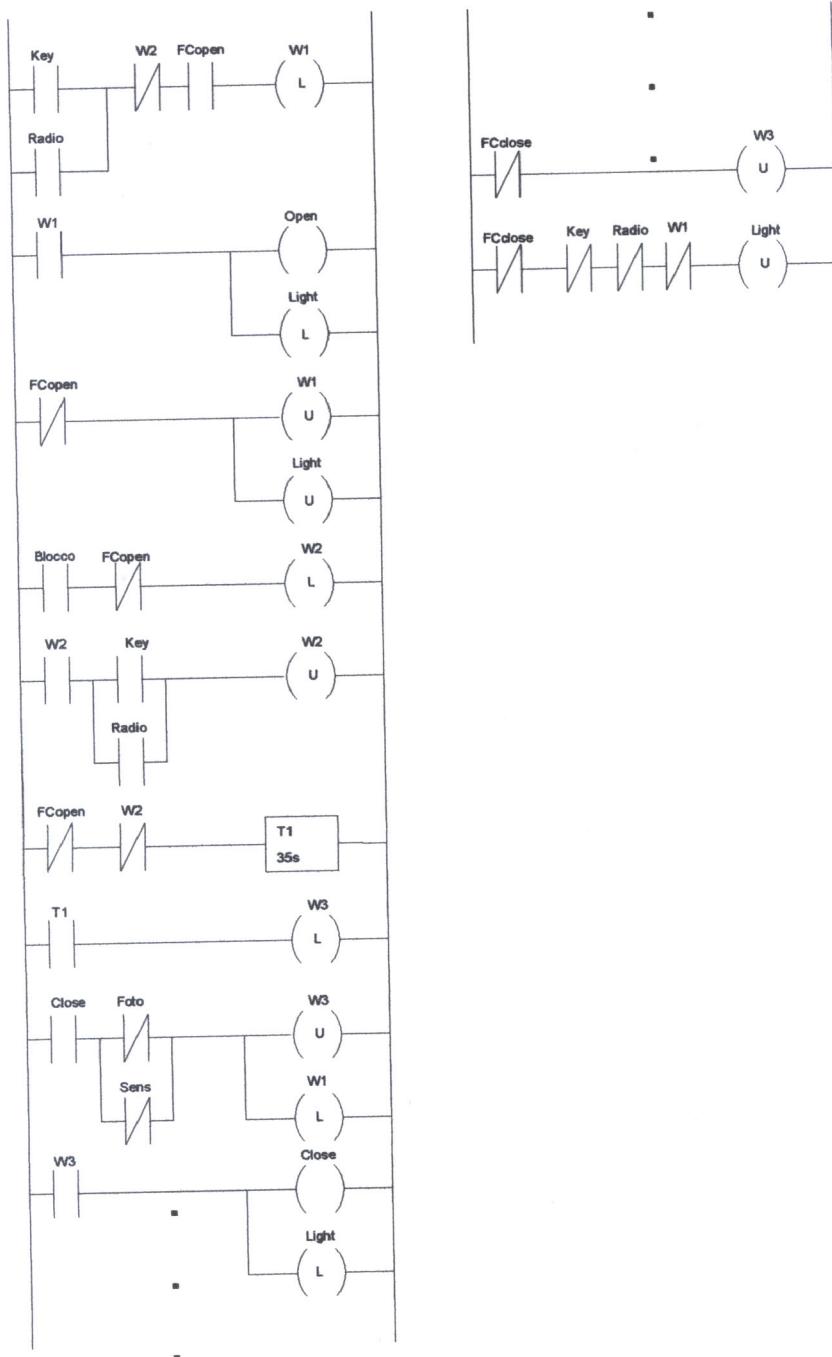
Blocco: posizione L della chiave

Sens: sensore contatto (1 non eccitato, 0 eccitato)

Foto: fotocellule (1 non eccitato, 0 eccitato)

Nota: nel caso la chiave venga girata in posizione L a cancello aperto il programma rimane in stand-by al passo 4, in tal modo il cancello non si chiude fino a che non si da un segnale con il radiocomando o non si gira la chiave in posizione A. Nel caso le fotocellule o il sensore di contatto si attivino durante la chiusura del cancello, il programma viene forzato al passo 2 (apertura del cancello).

Diagramma Ladder:



Note: L'accensione della luce gialla è stata implementata tramite una bobina latchata in quanto comandata separatamente dai contatti W1 e W3. L'alternativa è quella di realizzare un unico ramo del programma ladder con i contatti W1 e W3 in OR tra di loro, e la bobina semplice relativa alla luce gialla

Esercizio 3

Con riferimento al sistema illustrato in figura, si hanno le variabili di controllo (uscite del PLC) seguenti:

V il comando binario di apertura della valvola per riempire del carrello ($V=0 \rightarrow$ valvola chiusa, $V=1 \rightarrow$ valvola aperta)

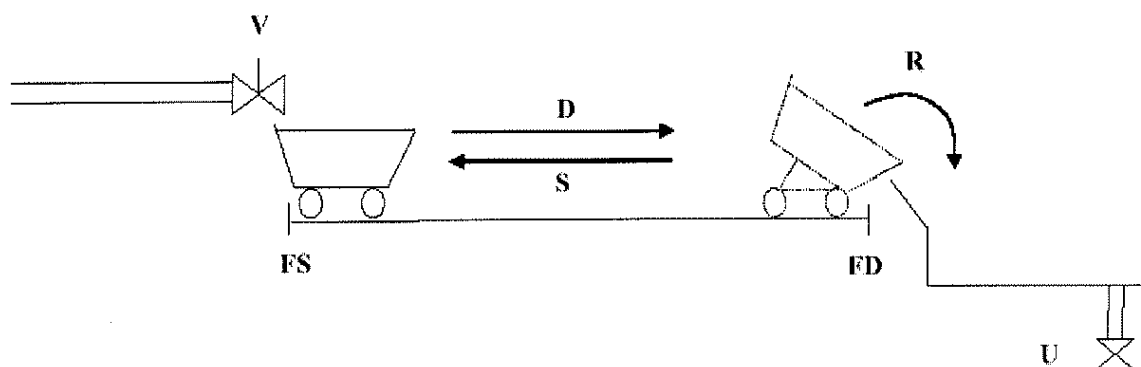
U il comando binario di apertura della valvola per svuotare il serbatoio di raccolta ($U=0 \rightarrow$ valvola chiusa, $U=1 \rightarrow$ valvola aperta)

S (D) il comando di spostamento verso sinistra (destra) del carrello ($(S(D)=0 \rightarrow$ carrello fermo, $S(D)=1 \rightarrow$ carrello in moto verso sinistra (destra))

R il comando per inclinare il carrello ($R=0 \rightarrow$ carrello orizzontale, $R=1 \rightarrow$ carrello inclinato). Inoltre si hanno le variabili misurate tramite sensori seguenti (entrate del PLC) seguenti:

FS, fine corsa sinistro del carrello ($FS=1 \rightarrow$ carrello è al fine corsa sinistro, $FS=0 \rightarrow$ carrello non è al fine corsa sinistro)

FD, fine corsa destro del carrello ($FD=1 \rightarrow$ carrello è al fine corsa destro, $FD=0 \rightarrow$ carrello non è al fine corsa destro)



Assumendo il seguente stato iniziale: valvola chiusa ($V=0$), carrello fermo al fine corsa sinistro ($S=D=FD=0$ e $FS=1$) ed in posizione orizzontale ($R=0$); ed assumendo che nel condotto in ingresso alla valvola si abbia sempre liquido in pressione; si vuole che il sistema si comporti in modo ciclico secondo la seguente specifica:

- aprire valvola per 10 secondi per riempire il carrello
- spostare il carrello al fine corsa destro
- svuotare il contenuto del carrello nel serbatoio inclinandolo per 5 secondi
- riportare il carrello al fine corsa sinistro (in posizione orizzontale)
- se il carrello ha compiuto 8 viaggi, prima di versare altro liquido nel serbatoio di raccolta, occorre svuotare quest'ultimo aprendo la valvola U per 20 secondi

Si chiede di progettare il codice di controllo per il PLC che controlla il sistema di cui sopra utilizzando il linguaggio **SFC** e **Ladder Diagram**.

Diagramma SFC:

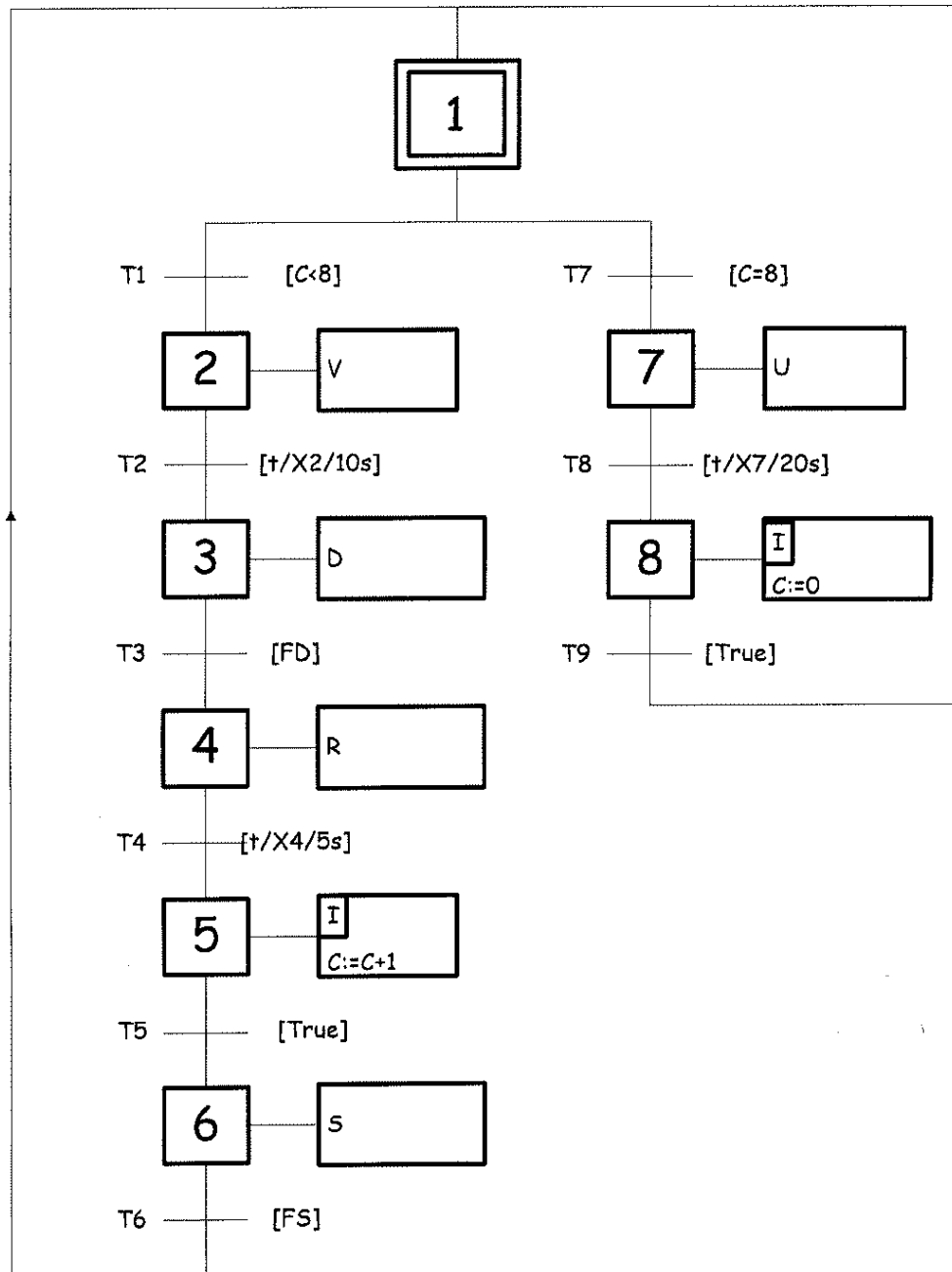
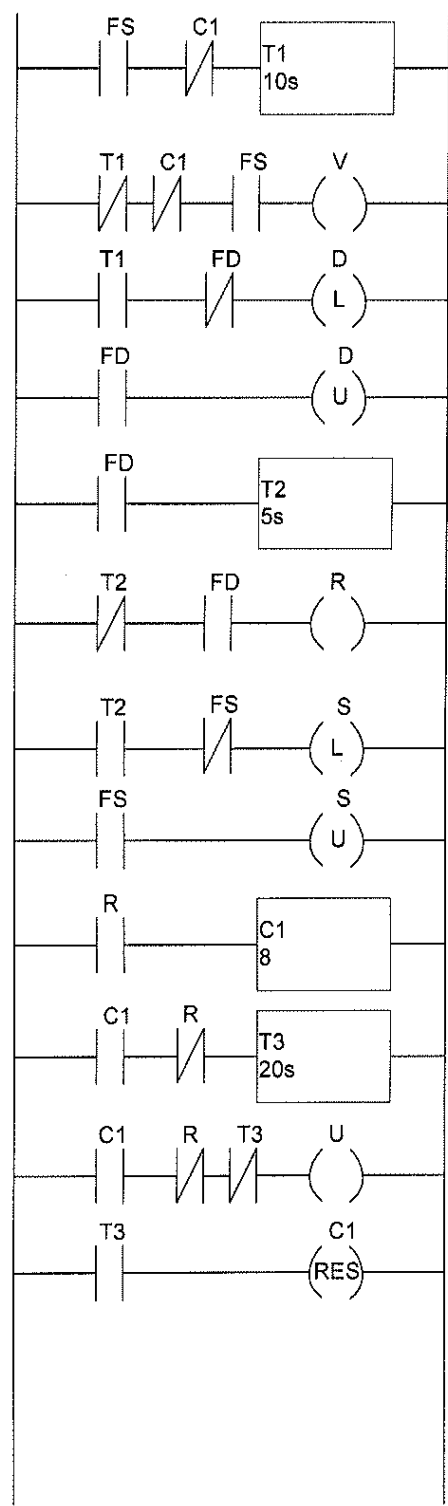


Diagramma Ladder:



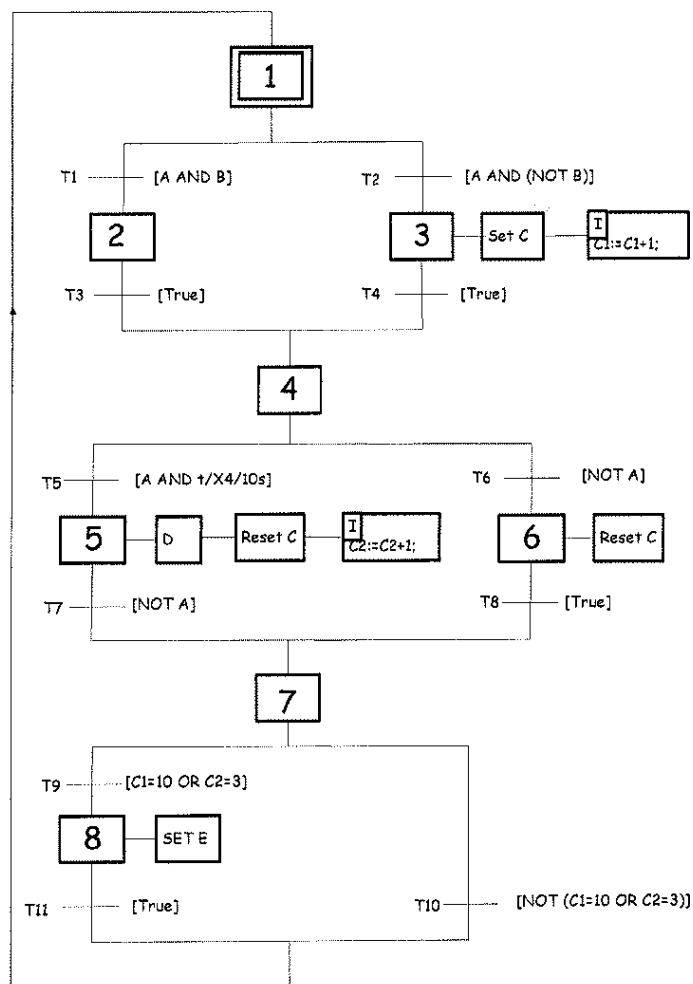
Esercizio 4

Scrivere il codice ladder e SFC diagram che implementa le seguenti azioni di controllo:

- se arriva il fronte di salita del segnale A, e non è presente il segnale B, esegui l'azione C
- quando il segnale A è stato presente per almeno 10 secondi, esegui l'azione D, e non eseguire più l'azione C
- si avverta l'utente tramite l'uscita E quando l'azione C è stata eseguita 10 volte, oppure quando l'azione D è stata eseguita 3 volte

Nota: il controllore avrà le variabili booleane in ingresso A e B, e le variabili booleane in uscita C, D ed E.

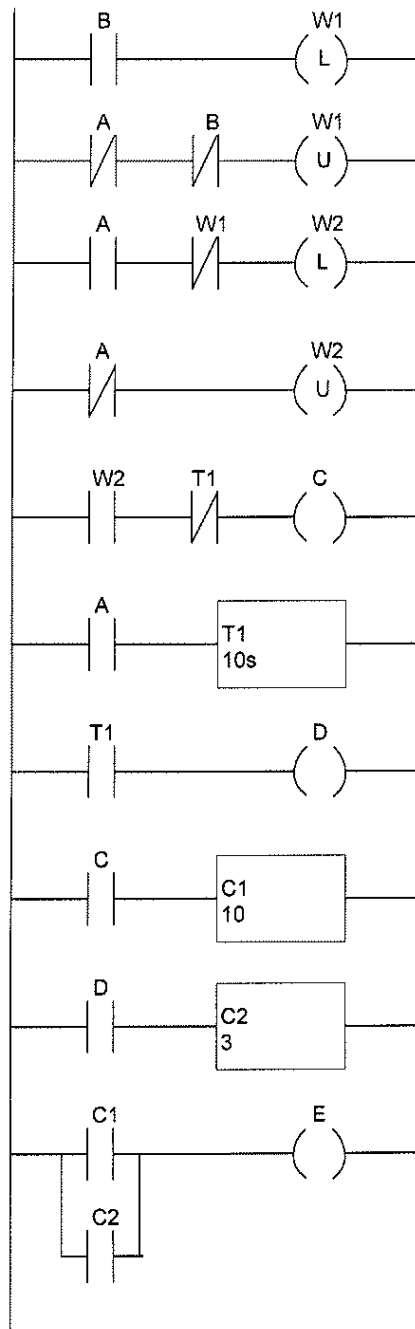
Diagramma SFC:



Note:

- L'algoritmo incomincia quando la transizione T1 o T2 è abilitata.
- Se il segnale A arriva ed è presente il segnale B (T1 abilitata) allora si attiva la fase 2. In tal caso l'azione C non deve essere eseguita e, dato che la transizione T3 è sempre vera, si attiva la fase 4.
- Diversamente, se arriva il segnale A e non è presente il segnale B (T2 abilitata), l'azione C viene eseguita e viene incrementato di 1 il contatore C1. Quindi, dato che la transizione T4 è sempre vera, si attiva la fase 4.
- Nel caso in cui A è sempre presente e sono trascorsi 10s dall'attivazione della fase 4 (T5 abilitata), allora si attiva la fase 5 e viene eseguita l'azione D, viene incrementato di 1 il relativo contatore C2 mentre l'azione C viene resettata (anche nel caso in cui non fosse stata eseguita in precedenza). Tale azione D persiste finché è presente il segnale A (T7). Dopo di che viene attivata la fase 7.
- Nel caso in cui invece viene a mancare il segnale A prima dello scadere dei 10s dall'attivazione della fase 4 (T6 abilitata), allora viene resettata l'azione C (anche nel caso in cui non fosse stata eseguita in precedenza) ma non viene eseguita D. Tramite la transizione T8 sempre vera viene attivata quindi la fase 7.
- A questo punto viene effettuato il test sul valore dei contatori C1 e C2. Nel caso in cui C1=10 oppure C2=3 (T9 abilitata) allora viene settata a True la variabile E. L'operazione di SET è necessaria in quanto, a differenza del codice ladder, nel SFC la variabile E andrebbe a False non appena la fase 8 verrebbe disattivata. Dal codice ladder invece si nota che, non essendo mai resettati i contatori C1 e C2, la bobina E rimane sempre alimentata non appena la condizione C1=10 OR C2=3 è verificata. Diversamente non viene settata E.
- Il ciclo riprende quindi dalla fase 1.

Diagramma Ladder:



Note: I primi due rami del programma ladder sono stati introdotti per implementare la funzionalità del fronte di salita della variabile A in presenza del segnale B. In particolare se A diventa 1 (fronte di salita) in presenza di B=1 allora viene generato C.

Esercizio 5

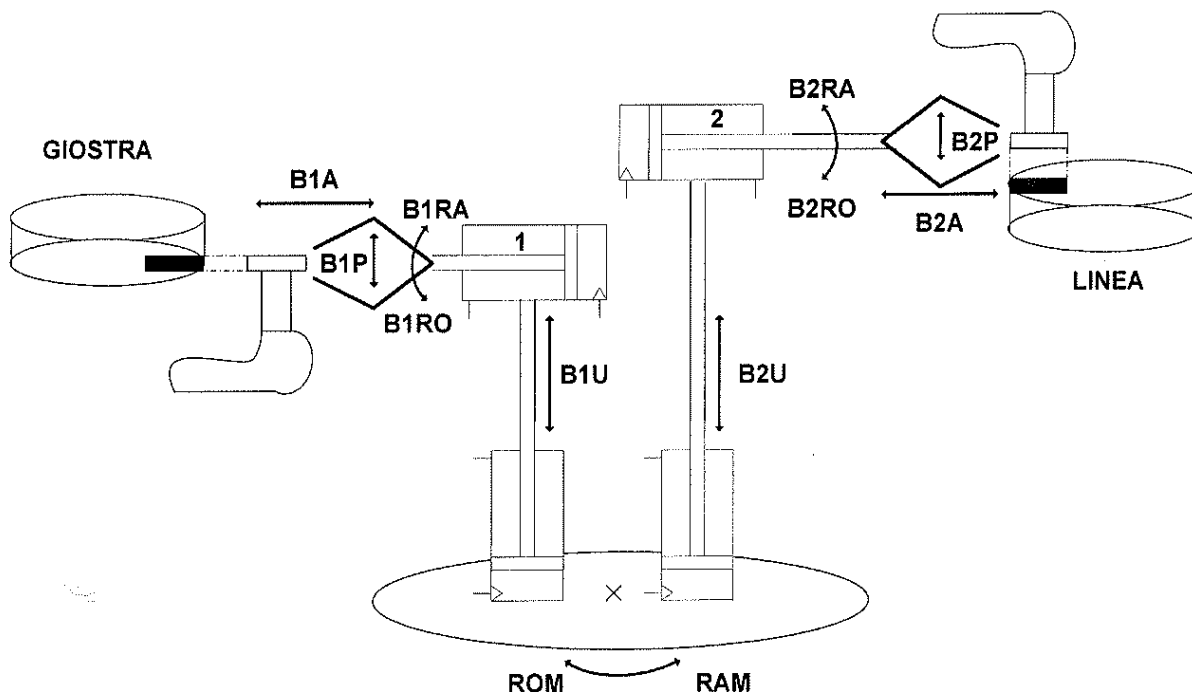
Un robot manipolatore a due bracci viene utilizzato in un impianto calzaturiero avanzato per le operazioni di carico e scarico di una giostra automatica di iniezione del poliuretano espanso verso una linea di trasporto. Tale manipolatore è costituito da due bracci meccanici, 1 e 2, estendibili azionati da pistoni pneumatici, ciascuno strumentato con relativi finecorsa magnetici.

All'estremità di ciascun braccio c'è una pinza pneumatica che serve per l'afferraggio delle forme sulle quali vengono costruite le scarpe. Tali pinze non sono provviste di sensori finecorsa. Esse inoltre sono montate su polsi rotanti (ogni rotazione è di 180°) che permettono il ribaltamento delle forme durante il trasferimento tra la giostra e la linea di trasporto (le quali hanno sistemi di afferraggio delle forme capovolti l'una rispetto l'altra).

La posizione dei polsi rotanti, quindi l'orientamento della forma nello spazio, è rilevata da un sensore magnetico che fornisce un segnale alto quando la pinza e quindi la forma è in posizione di carico corretto per la giostra (RP). Viceversa, il segnale del sensore magnetico è basso (NOT RP) quando la pinza è in posizione corretta per il carico della forma sulla linea di trasporto.

Inoltre la giostra di iniezione e la linea di trasporto delle forme si trovano a quote diverse, i singoli bracci del manipolatore sono montati su ulteriori pistoni pneumatici, anch'essi strumentati con finecorsa magnetici, che ne consentono il cambio di quota.

Infine il manipolatore ruota su sé stesso, operazione necessaria per compiere lo spostamento delle forme tra la giostra e la linea di trasporto (la giostra e la linea di trasporto sono una di fronte all'altra). Per identificare il braccio allineato con la giostra in un dato istante vi è un sensore magnetico sull'azionamento del manipolatore il quale fornisce un segnale alto se il braccio 1 è allineato con la giostra. Ciò serve sia per attivare il braccio opportuno nelle fasi di carico e scarico, sia per far ruotare alternativamente in senso orario ed antiorario il manipolatore onde evitare l'attorcigliamento dei cavi.



Di seguito si danno le specifiche di funzionamento del sistema automatizzato Robot Manipolatore, al fine di progettare il controllo locale del manipolatore stesso:

- Dal sistema di controllo di linea possono arrivare uno tra i tre seguenti comandi:
 - o Carica giostra
 - o Scarica giostra
 - o Carica e scarica giostra
- Nel caso di comando **Carica giostra**, il funzionamento del manipolatore deve essere il seguente:
 - o Se il braccio 1 è allineato con la giostra (RM), allora (deve caricare la forma dalla linea di trasporto con il braccio 2):
 - Se RP2 allora ruota polso braccio 2 in senso Antiorario (B2RA)
 - Fai avanzare il braccio 2 (B2A)
 - Stringi la pinza braccio 2 (B2P)
 - Ritrai il braccio 2 (NOT B2A)
 - Alza il braccio 2 (B2U)
 - Abbassa il braccio 1 (NOT B1U)
 - Ruota il manipolatore in senso Orario (ROM)
 - Ruota polso braccio 2 in senso Orario (B2RO)
 - Fai avanzare il braccio 2 (B2A)
 - Rilascia la pinza braccio 2 (NOT B2P)
 - Ritrai il braccio 2 (NOT B2A)
 - o Se il braccio 2 è allineato con la giostra (NOT RM), allora (deve caricare la forma dalla linea di trasporto con il braccio 1):
 - Se RP1 allora ruota polso braccio 1 in senso Antiorario (B1RA)
 - Fai avanzare il braccio 1 (B1A)
 - Stringi la pinza braccio 1 (B1P)
 - Ritrai il braccio 1 (NOT B1A)
 - Alza il braccio 1 (B1U)
 - Abbassa il braccio 2 (NOT B2U)
 - Ruota il manipolatore in senso Antiorario (RAM)
 - Ruota polso braccio 1 in senso Orario (B1RO)
 - Fai avanzare il braccio 1 (B1A)
 - Rilascia la pinza braccio 1 (NOT B1P)
 - Ritrai il braccio 1 (NOT B1A)
- Nel caso di comando **Scarica giostra**, il funzionamento del manipolatore deve essere il seguente:
 - o Se il braccio 1 è allineato con la giostra (RM), allora (deve scaricare la forma dalla giostra con il braccio 1):
 - Se NOT RP1 allora ruota polso braccio 1 in senso Orario (B1RO)
 - Fai avanzare il braccio 1 (B1A)
 - Stringi la pinza braccio 1 (B1P)
 - Ritrai il braccio 1 (NOT B1A)
 - Abbassa il braccio 1 (NOT B1U)
 - Alza il braccio 2 (B2U)
 - Ruota il manipolatore in senso Orario (ROM)
 - Ruota polso braccio 1 in senso Antiorario (B1RA)
 - Fai avanzare il braccio 1 (B1A)

- Rilascia la pinza braccio 1 (NOT B1P)
 - Ritrai il braccio 1 (NOT B1A)
- Se il braccio 2 è allineato con la giostra (NOT RM), allora (deve scaricare la forma dalla giostra con il braccio 2):
 - Se NOT RP2 allora ruota polso braccio 2 in senso Orario (B2RO)
 - Fai avanzare il braccio 2 (B2A)
 - Stringi la pinza braccio 2 (B2P)
 - Ritrai il braccio 2 (NOT B2A)
 - Alza il braccio 1 (B1U)
 - Abbassa il braccio 2 (NOT B2U)
 - Ruota il manipolatore in senso Antiorario (RAM)
 - Ruota polso braccio 2 in senso Antiorario (B2RA)
 - Fai avanzare il braccio 2 (B2A)
 - Rilascia la pinza braccio 2 (NOT B2P)
 - Ritrai il braccio 2 (NOT B2A)
- Nel caso di comando **Carica e scarica giostra**, il funzionamento del manipolatore deve essere il seguente:
 - Se il braccio 1 è allineato con la giostra (RM), allora (deve scaricare la forma dalla giostra con il braccio 1, caricare la forma dalla linea di trasporto con il braccio 2):
 - Se NOT RP1 allora ruota polso braccio 1 in senso Orario (B1RO)
 - Se RP2 allora ruota polso braccio 2 in senso Antiorario (B2RA)
 - Fai avanzare il braccio 1 (B1A)
 - Fai avanzare il braccio 2 (B2A)
 - Stringi la pinza braccio 1 (B1P)
 - Stringi la pinza braccio 2 (B2P)
 - Ritrai il braccio 1 (NOT B1A)
 - Ritrai il braccio 2 (NOT B2A)
 - Abbassa il braccio 1 (NOT B1U)
 - Alza il braccio 2 (B2U)
 - Ruota il manipolatore in senso Orario (ROM)
 - Ruota polso braccio 1 in senso Antiorario (B1RA)
 - Ruota polso braccio 2 in senso Orario (B2RO)
 - Fai avanzare il braccio 1 (B1A)
 - Fai avanzare il braccio 2 (B2A)
 - Rilascia la pinza braccio 1 (NOT B1P)
 - Rilascia la pinza braccio 2 (NOT B2P)
 - Ritrai il braccio 1 (NOT B1A)
 - Ritrai il braccio 2 (NOT B2A)
 - Se il braccio 2 è allineato con la giostra (RM), allora (deve scaricare la forma dalla giostra con il braccio 2, caricare la forma dalla linea di trasporto con il braccio 1):
 - Se NOT RP2 allora ruota polso braccio 2 in senso Orario (B2RO)
 - Se RP1 allora ruota polso braccio 1 in senso Antiorario (B1RA)
 - Fai avanzare il braccio 1 (B1A)
 - Fai avanzare il braccio 2 (B2A)
 - Stringi la pinza braccio 1 (B1P)
 - Stringi la pinza braccio 2 (B2P)
 - Ritrai il braccio 1 (NOT B1A)
 - Ritrai il braccio 2 (NOT B2A)

- Alza il braccio 1 (B1U)
- Abbassa il braccio 2 (NOT B2U)
- Ruota il manipolatore in senso Antiorario (RAM)
- Ruota polso braccio 1 in senso Orario (B1RO)
- Ruota polso braccio 2 in senso Antiorario (B2RA)
- Fai avanzare il braccio 1 (B1A)
- Fai avanzare il braccio 2 (B2A)
- Rilascia la pinza braccio 1 (NOT B1P)
- Rilascia la pinza braccio 2 (NOT B2P)
- Ritrai il braccio 1 (NOT B1A)
- Ritrai il braccio 2 (NOT B2A)

Note:

Il tempo necessario per la chiusura / apertura delle pinze è di 1s

Il tempo necessario per la rotazione dei polsi dei bracci è di 2s

Il tempo necessario per la rotazione del manipolatore è di 3s

Variabili Booleane di monitoraggio:

FCH1/2 1 braccio 1/2 alto, 0 braccio 1/2 non alto

FCL1/2 1 braccio 1/2 basso, 0 braccio 1/2 non basso

FCA1/2 1 braccio 1/2 avanti, 0 braccio 1/2 non avanti

FCI1/2 1 braccio 1/2 indietro, 0 braccio 1/2 non indietro

RM 1 se braccio 1 allineato con giostra, 0 se braccio 2 allineato con giostra

RP1/2 1 se polso 1/2 allineato con posizione giostra, 0 se polso 1/2 allineato con posizione
linea di trasporto

Variabili Booleane di controllo:

B1U 1 braccio 1 su, 0 braccio 1 giù

B2U 1 braccio 2 su, 0 braccio 2 giù

B1A 1 braccio 1 avanti, 0 braccio 1 indietro

B2A 1 braccio 2 avanti, 0 braccio 2 indietro

B1RA 1 rotazione polso 1 antioraria

B2RA 1 rotazione polso 2 antioraria

B1RO 1 rotazione polso 1 oraria

B2RO 1 rotazione polso 2 oraria

RAM 1 rotazione manipolatore antioraria

ROM 1 rotazione manipolatore oraria

Diagramma SFC: