

*POLITECNICO DI MILANO - SEDE DI COMO*

**AUTOMAZIONE INDUSTRIALE**  
**prof. Luigi Piroddi**

Anno Accademico 2018/19  
Appello del 26 giugno 2019

COGNOME .....

NOME .....

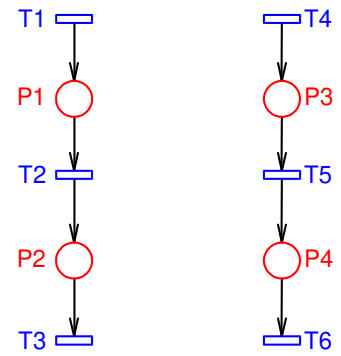
MATRICOLA .....

FIRMA .....

- Non riportare sulla stessa pagina risposte a domande di esercizi diversi.
- Non consegnare fogli addizionali.
- Non si possono consultare libri, appunti, dispense, ecc.
- Si raccomandano chiarezza, precisione e concisione nelle risposte.

## ESERCIZIO 1

Si consideri un processo costituito da due sequenze di due operazioni ciascuna, modellizzato dalla rete di Petri riportata in figura.



1.1) Sapendo che:

- a) per svolgere l'intera prima sequenza occorre una macchina di tipo M1 e in più una macchina di tipo M2 per la sola operazione P2,
- b) per svolgere l'intera seconda sequenza occorre una macchina di tipo M2 e in più una macchina di tipo M1 per la sola operazione P4,
- c) l'impianto consta di due macchine di tipo M1 e una di tipo M2,

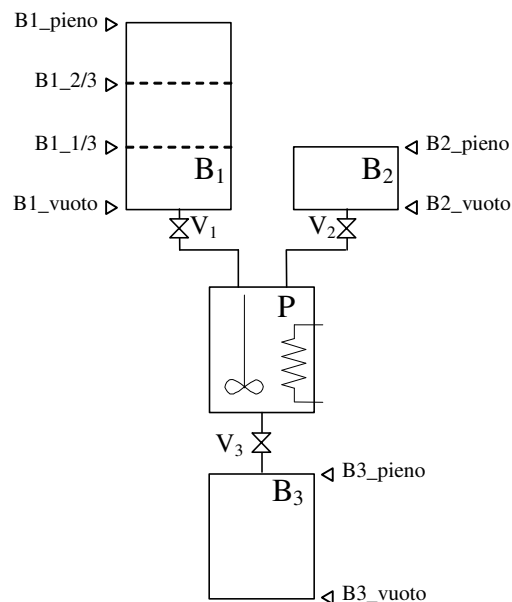
si descriva mediante vincoli GMEC l'utilizzo delle macchine nel processo. Si applichi poi il metodo del controllo supervisivo per integrare il modello con i vincoli definiti. Disegnare la rete di Petri così ottenuta.

1.2) Mostrare che la rete così ottenuta non è viva e definire un vincolo GMEC massimamente permissivo che consenta di ottenere la vivezza. Implementare tale vincolo con il metodo del controllo supervisivo. Disegnare la rete di Petri così ottenuta.

1.3) Verificare che la rete così ottenuta è viva, limitata e reversibile.

## ESERCIZIO 2

Si consideri l'impianto chimico rappresentato in figura, dove B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> e B<sub>3</sub> sono serbatoi di raccolta, P è un reattore, dotato di riscaldatore e miscelatore, e V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub> e V<sub>3</sub> sono valvole.



Il processo consiste in un'unica ricetta che svolge sequenzialmente queste operazioni:

- a) Riempire P con il contenuto di B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> (svuotando il serbatoio B<sub>1</sub> di un terzo e B<sub>2</sub> completamente; inoltre, le due operazioni di svuotamento devono poter avvenire *in modo indipendente*).

b) Mescolare il contenuto di P per 10 minuti e, *contemporaneamente* riscaldarlo fino a 60°.

c) Scaricare il contenuto di P in B<sub>3</sub>.

Inoltre, i serbatoi B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> vanno riempiti nuovamente appena si svuotano completamente (ovviamente, a valvola di uscita chiusa) mentre il serbatoio B<sub>3</sub> viene svuotato da un operatore.

2.1) Modellizzare il processo in SFC, utilizzando i comandi e i segnali elencati nella tabella seguente (non necessariamente tutti).

Risorsa	Comandi	Segnali	Var. interne
Serbatoio B <sub>x</sub> (x = 1, 2, 3)	Riempi_B <sub>x</sub> (az. continua)	B <sub>x</sub> _pieno, B <sub>x</sub> _vuoto, B1_2/3, B1_1/3	
Valvola V <sub>x</sub> (x = 1, 2, 3)	Apri_V <sub>x</sub> (az. impulsiva) Chiudi_V <sub>x</sub> (az. impulsiva)		V <sub>x</sub> _chiusa (binaria)
Processore P	Mescola (az. continua), Riscalda (az. continua)	P_pieno, P_vuoto, Temp (var. intera)	

*NB. I sensori di livello sono a 1 se il livello di liquido è almeno pari all'altezza del sensore stesso: ad esempio, a serbatoio B1 completamente pieno si ha B1\_pieno = B1\_2/3 = B1\_1/3 = B1\_vuoto = 1, mentre a serbatoio B1 completamente vuoto si ha B1\_pieno = B1\_2/3 = B1\_1/3 = B1\_vuoto = 0.*

---

### ESERCIZIO 3

Un processo manifatturiero è dotato di un'isola per il controllo di qualità dei pezzi prodotti: in un punto specifico della catena di assemblaggio i pezzi possono essere prelevati (a 100 alla volta) per essere poi sottoposti al controllo. Si vuole gestire il prelievo dei pezzi dalla catena con un PLC, che dovrà fare quanto segue:

- a) Alla pressione di un tasto da parte dell'operatore, commutare uno scambio sulla guida pezzi dalla posizione "normale" a quella "deviazione per prelievo".
- b) Fatto ciò, contare 100 pezzi tramite un sensore di transito posto sulla guida di prelievo pezzi.
- c) Infine, riportare lo scambio nella posizione "normale" e accendere un indicatore di prelievo terminato

3.1) Scrivere un programma in LD che realizza la rete logica in questione, omettendo per semplicità la parte d'inizializzazione.

3.2) Descrivere il comportamento del sistema progettato nel caso in cui l'operatore preme di nuovo il tasto durante la fase di prelievo (aspetto su cui le specifiche fornite non dicono nulla).

---

### ESERCIZIO 4

4.1) Si descriva la struttura di un PLC, illustrando il ruolo dei suoi componenti principali.

ESERCIZIO 1

1.1) Vincoli GMEC:

$$M1) m_1 + m_2 + m_4 \leq 2,$$

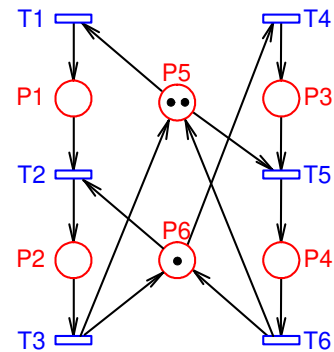
$$M2) m_2 + m_3 + m_4 \leq 1$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix}, M_0 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$L = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$C_c = -LC = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & -1 & 1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$M_{0c} = b - LM_0 = b = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$



$$C_2 = \begin{bmatrix} C \\ C_c \end{bmatrix}, M_{02} = \begin{bmatrix} M_0 \\ M_{0c} \end{bmatrix}$$

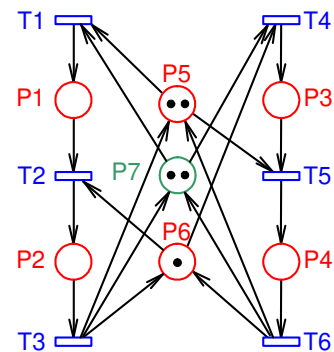
1.2) La rete ha un sifone minimo  $S = \{p_2, p_4, p_5, p_6\}$  che si può svuotare (la sequenza  $t_1 t_1 t_4$  porta nella marcatura morta  $[2 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0]'$ ).

Il nuovo vincolo da implementare è quindi:

$$L_2 = -S = -[0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1], b_2 = -1$$

$$C_{2c} = -L_2 C_2 = [-1 \ 0 \ 1 \ -1 \ 0 \ 1],$$

$$M_{02c} = b_2 - L_2 M_{02} = 2$$

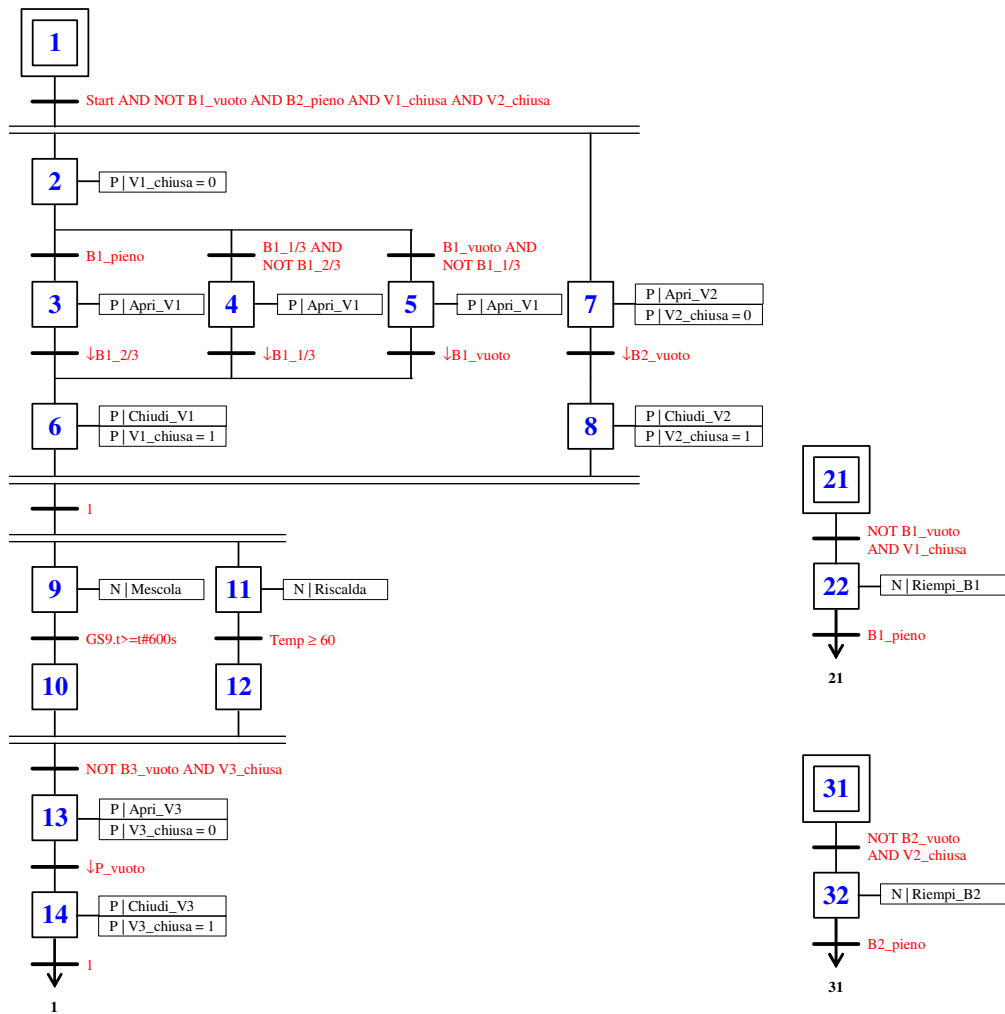


$$C_3 = \begin{bmatrix} C_2 \\ C_{2c} \end{bmatrix}, M_{03} = \begin{bmatrix} M_{02} \\ M_{02c} \end{bmatrix}$$

1.3) La rete è coperta da P-invarianti positivi, e quindi è conservativa e limitata. Inoltre, è facile verificare che con i vincoli implementati è sempre possibile completare una sequenza avviata. La rete è dunque anche viva (tutte le transizioni possono essere sempre fatte scattare con un'opportuna sequenza) e reversibile.

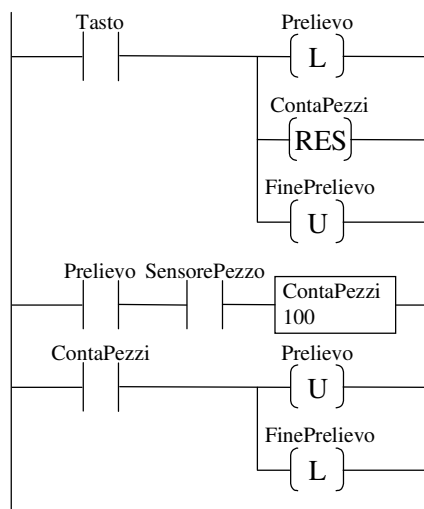
## ESERCIZIO 2

2.1)



## ESERCIZIO 3

3.1)



Alla pressione del tasto il primo rung gira lo scambio su “prelievo”, resetta il contatore, e spegne l’indicatore di fine prelievo.

Se lo scambio è su “prelievo” il secondo rung conta i 100 pezzi.

A fine conteggio il terzo rung rimette lo scambio su “normale” e accende l’indicatore di fine prelievo.

3.2) Con la soluzione proposta lo scambio rimane su “prelievo” ma si resetta il contatore, cosicché complessivamente si preleveranno più di 100 pezzi. Per la precisione se ne preleveranno 100 dall’ultima pressione del tasto.