

POLITECNICO DI MILANO

AUTOMAZIONE INDUSTRIALE
prof. Luigi Piroddi

Anno Accademico 2015/16
Appello del 17 febbraio 2016

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 la rete di Petri riportata in figura.

- 1.1) Verificare che la rete è a scelta libera.
- 1.2) Determinare uno stato raggiungibile con $M \geq M_0$ e almeno 3 gettoni, specificando la sequenza di scatti con cui lo si ottiene, e dire cosa questo comporta riguardo alle proprietà fondamentali della rete (limitatezza, vivezza, reversibilità).

1.3) Scrivere la matrice di incidenza della rete.

1.4) Calcolare P- e T-invarianti della rete.

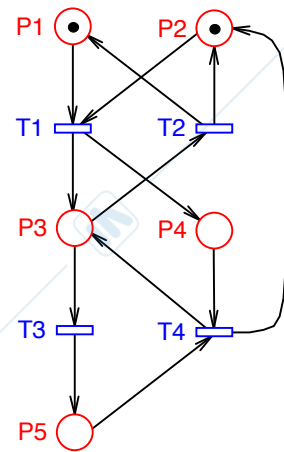
- 1.5) Sapendo che i seguenti vettori binari rappresentano l'insieme generatore dei sifoni (ad esempio, S1 corrisponde al sifone {P1, P3, P4}):

$$\begin{array}{lll} S1 = [1 & 0 & 1 & 1 & 0] & S2 = [1 & 1 & 1 & 1 & 0] & S3 = [0 & 1 & 1 & 1 & 0] \\ S4 = [1 & 0 & 1 & 0 & 1] & S5 = [0 & 1 & 1 & 0 & 1] & S6 = [1 & 1 & 1 & 0 & 1] \\ S7 = [1 & 0 & 1 & 1 & 1] & S8 = [1 & 1 & 1 & 1 & 1] & S9 = [0 & 1 & 1 & 1 & 1] \end{array}$$

determinare i sifoni P-minimi (per ogni posto), i sifoni di base e i sifoni minimi.

1.6) Determinare, usando la definizione, le trappole minime della rete.

- 1.7) Verificare che $M_d = [0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1]'$ è una marcatura morta. Spiegare, inoltre, perchè non tutti i sifoni minimi della rete si possono svuotare a partire dalla marcatura iniziale data.

**ESERCIZIO 2**

Un robot esegue delle manovre di presa in due posizioni e deve funzionare come segue.

L'operatore ha a disposizione due pulsanti di comando: START_D e START_S.

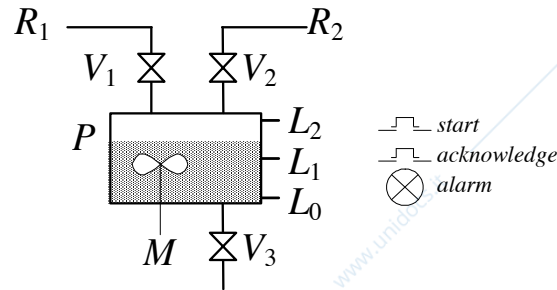
Si supponga che la posizione iniziale del robot sia quella di sinistra (FS = 1) e bassa (FGIU = 1).

- Quando l'operatore preme il pulsante START_D (START_D = 1), il robot si alza (ALZA = 1) fino al finecorsa superiore (FSU = 1). Poi il robot si muove a destra (DESTRA = 1) fino al finecorsa destro (FD = 1). Infine il robot si abbassa (ABBASSA = 1) fino al finecorsa inferiore (FGIU = 1) e si ferma.
- Se a questo punto l'operatore preme ancora START_D, non succede nulla.
- Se l'operatore preme START_S (START_S = 1), allora comincia il ciclo inverso verso sinistra. Il robot si alza (ALZA = 1) fino al finecorsa superiore (FSU = 1). Poi si muove a sinistra (SINISTRA = 1) fino al finecorsa sinistro (FS = 1). Infine, il robot si abbassa (ABBASSA = 1) fino al finecorsa inferiore (FGIU = 1) e si ferma.
- Se a questo punto l'operatore preme ancora START_S, non succede nulla.

- 2.1) Implementare il programma che realizza le suddette funzionalità in Ladder Diagram, utilizzando START_D, START_S, FD, FS, FSU e FGIU come ingressi per il PLC e ALZA, ABBASSA, DESTRA, SINISTRA come uscite.

ESERCIZIO 3

Si consideri la porzione di impianto chimico rappresentato in figura, dove il reattore P è alimentato con due reagenti R_1 e R_2 per produrre un determinato composto chimico. Più precisamente, alla pressione del pulsante *start* deve essere aperta la valvola V_1 fino al raggiungimento del livello L_1 . Successivamente, deve essere attivato il mixer M e contestualmente deve essere aperta la valvola V_2 , entrambi fino al raggiungimento del livello L_2 . Poi deve essere aperta la valvola V_3 finchè il livello non scende sotto L_0 . Un allarme (*alarm*) si attiva se dopo 10 minuti il livello non è ancora sceso sotto L_0 . Nel caso in cui si sia attivato l'allarme occorre premere il pulsante *acknowledge* prima di lanciare nuovamente il processo (*start* è inattivo altrimenti).



3.1) Si modellizzi il processo in SFC.

ESERCIZIO 4

4.1) Dire cosa regola la normativa IEC 1131-3.

AUTOMAZIONE INDUSTRIALE (prof. L. Piroddi)

SOLUZIONE APPELLO 17/02/16

ESERCIZIO 1

1.1) Una rete a scelta libera è una rete di Petri tale che per ogni arco da un posto ad una transizione o quel posto è l'unico posto in ingresso alla transizione (non c'è sincronizzazione), oppure quella transizione è l'unica transizione in uscita da quel posto (non ci sono conflitti). Nel nostro caso:

$P_1 \rightarrow T_1 \Rightarrow T_1$ è l'unica transizione in uscita da P_1

$P_2 \rightarrow T_1 \Rightarrow T_1$ è l'unica transizione in uscita da P_2

$P_3 \rightarrow T_2 \Rightarrow P_3$ è l'unico posto in ingresso a T_2

$P_3 \rightarrow T_3 \Rightarrow P_3$ è l'unico posto in ingresso a T_3

$P_4 \rightarrow T_4 \Rightarrow T_4$ è l'unica transizione in uscita da P_4

$P_5 \rightarrow T_4 \Rightarrow T_4$ è l'unica transizione in uscita da P_5

1.2) Con la sequenza $T_1 T_2$ si ottiene la marcatura $M = [1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0] > M_0$. Questo implica che la rete è illimitata. In generale non si può dire nulla su vivezza e reversibilità, dato che le 3 proprietà sono indipendenti.

[Peraltro, dato che non esiste una transizione il cui scatto faccia diminuire il numero di gettoni complessivo della rete, si comprende come la condizione precedente determini l'irreversibilità della rete. Questo è ulteriormente confermato dal fatto che la rete ammette una marcatura morta (v. punto (1.6)), cosa che implica sia l'irreversibilità che la non vivezza della rete.]

1.3) La matrice di incidenza della rete è data da:

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

1.4) L'unico P-invariante è $PI_1 = [1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1]$, mentre non ci sono T-invarianti.

1.5) Sifoni contenenti P_1 : $S_1, S_2, S_4, S_6, S_7, S_8$. Sifoni P_1 -minimi: S_1, S_4 .

Sifoni contenenti P_2 : $S_2, S_3, S_5, S_6, S_8, S_9$. Sifoni P_2 -minimi: S_3, S_5 .

Sifoni contenenti P_3 : tutti. Sifoni P_3 -minimi: S_1, S_3, S_4, S_5 .

Sifoni contenenti P_4 : $S_1, S_2, S_3, S_7, S_8, S_9$. Sifoni P_4 -minimi: S_1, S_3 .

Sifoni contenenti P_5 : $S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9$. Sifoni P_5 -minimi: S_4, S_5 .

Sifoni di base: S_1, S_3, S_4, S_5 .

Sifoni minimi: S_1, S_3, S_4, S_5 .

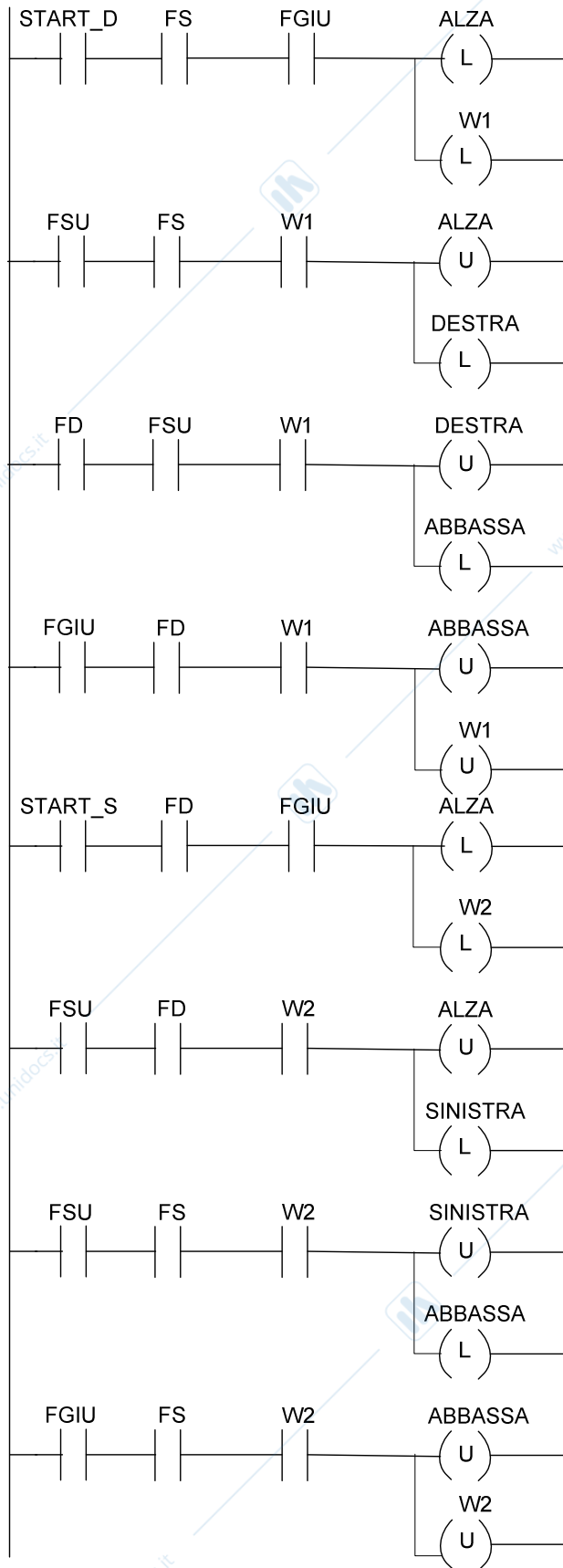
1.6) Oltre a $Tr_1 = S_4 = [1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1]$ (supporto del P-invariante PI_1) e $Tr_2 = S_5 = [0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1]$, c'è un'altra trappola minima, individuata dal vettore binario:

$$Tr_3 = [0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0]$$

1.7) Nella marcatura M_d nessuna transizione è abilitata (è vuoto il sifone S_1 , il cui post-set è l'insieme completo delle transizioni). Degli altri sifoni minimi, S_4 coincide con il supporto di un P-invariante inizialmente marcato e S_3 ed S_5 contengono delle trappole inizialmente marcate ($S_3 \supset Tr_3, S_5 = Tr_2$).

ESERCIZIO 2

2.1)



ESERCIZIO 3

3.1)

