

***POLITECNICO DI MILANO***

**AUTOMAZIONE INDUSTRIALE**

**prof. Luigi Piroddi**

Anno Accademico 2016/17

Appello del 14 febbraio 2017

COGNOME .....

NOME .....

MATRICOLA .....

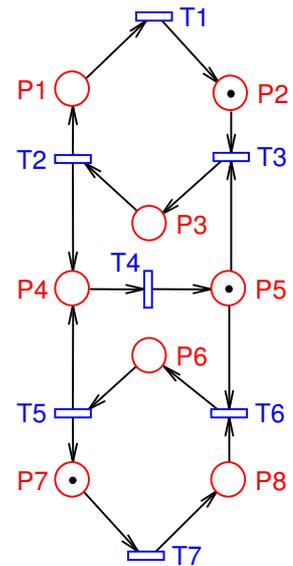
FIRMA .....

- 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

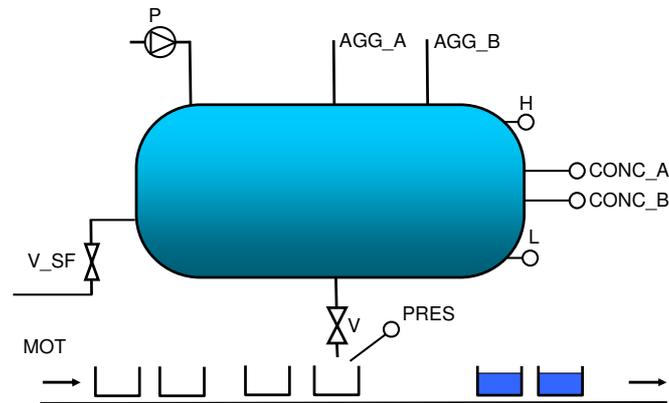
Si consideri la rete di Petri riportata in figura.

- 1.1) Disegnare il grafo di raggiungibilità della rete data.
- 1.2) Sulla base di quanto ricavato al punto precedente verificare che la rete è viva, limitata e reversibile.
- 1.3) Dire se la vivezza della rete implica l'assenza di sifoni. In caso negativo si calcolino i sifoni della rete. Dire inoltre che relazione sussiste tra i sifoni trovati e i P-invarianti della rete.
- 1.4) Determinare i T-invarianti della rete e illustrare il legame tra essi e la reversibilità della rete.
- 1.5) Dire se è possibile imporre il vincolo  $m_4 + m_6 = 2$  mediante il controllo supervisivo basato su P-invarianti.



## ESERCIZIO 2

Si consideri l'impianto rappresentato in figura.



Il sistema si avvia mediante il riempimento della vasca col solvente azionando la pompa P. Si aggiungono inoltre il soluto A ed il soluto B azionando gli attuatori AGG\_A e AGG\_B.

Due sensori CONC\_A e CONC\_B misurano i livelli di concentrazione dei due soluti nella vasca. Essi devono essere sempre mantenuti rispettivamente negli intervalli 0.15-0.35 e 0.1-0.2 azionando opportunamente la pompa P (per aggiungere solvente quando A o B superino le concentrazioni massime, fino a riempimento del serbatoio) e gli attuatori AGG\_A e AGG\_B (per aggiungere i soluti A o B quando la loro concentrazione sia troppo bassa, fino a riempimento del serbatoio), in quanto l'evaporazione e particolari reazioni chimiche possono variarli nel tempo.

La vasca si riempie fino a raggiungere il livello H e deve essere nuovamente riempita ogni qualvolta il contenuto della vasca scende al di sotto del livello L.

Ogniqualvolta si genera una situazione di stallo (in quanto sarebbe necessario aggiungere sostanze alla vasca ma essa è già piena) si apre una valvola di sfogo V\_SF per 15 secondi per farne scendere il livello.

Un comando MOT fa muovere il nastro posizionando opportunamente i contenitori al di sotto della valvola V. La presenza del contenitore viene rilevata mediante un sensore PRES ed il riempimento richiede 5 secondi di apertura di una valvola V. V deve essere aperta in presenza di un contenitore solo se e fintanto che la soluzione contiene i livelli corretti di soluti. Si supponga a questo proposito di poter misurare il tempo di riempimento anche in presenza di interruzioni, mediante un temporizzatore a ritenuta. Una volta riempito, il contenitore viene rimosso azionando il nastro per un secondo.

2.1) Si modellizzi il sistema per il controllo dell'impianto in SFC.

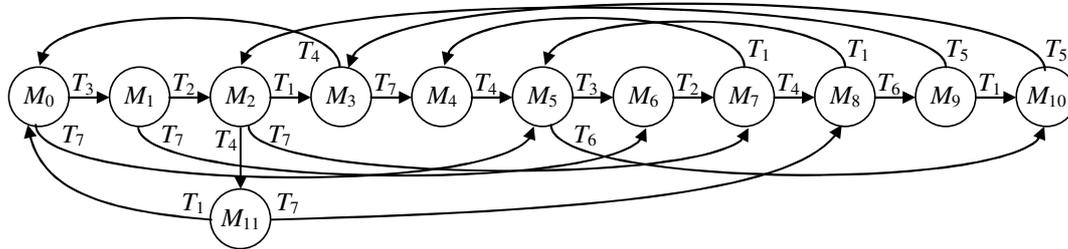
---

### ESERCIZIO 3

- 3.1) Illustrare gli algoritmi di evoluzione con e senza ricerca di stabilità per la traduzione di codice SFC in LD, discutendo le principali differenze.
- 3.2) Si spieghi in che cosa consiste l'*effetto valanga*, illustrando anche il concetto con un semplice esempio. Si spieghi inoltre come è possibile evitarlo.
- 3.3) Illustrare l'uso di temporizzatori e contatori in Ladder Diagram.

## ESERCIZIO 1

1.1)



$$M_0 = [0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0]'$$

$$M_1 = [0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0]'$$

$$M_2 = [1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0]'$$

$$M_3 = [0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0]'$$

$$M_4 = [0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]'$$

$$M_5 = [0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1]'$$

$$M_6 = [0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]'$$

$$M_7 = [1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]'$$

$$M_8 = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1]'$$

$$M_9 = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0]'$$

$$M_{10} = [0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0]'$$

$$M_{11} = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0]'$$

- 1.2) La rete è reversibile in quanto  $M_0$  è raggiungibile in un passo da  $M_3$  e  $M_{11}$ , in due da  $M_2$ ,  $M_{10}$ , in tre da  $M_1$ ,  $M_5$ ,  $M_9$ , in quattro da  $M_4$ ,  $M_8$ , in cinque da  $M_7$  e in sei da  $M_6$ . Poichè da  $M_0$  sono abilitabili tutte le transizioni con opportune sequenze di scatti, ogni marcatura è viva e la rete nel suo complesso è viva. Essendo infine il numero di stati limitato, la rete è limitata (è anche binaria).
- 1.3) La vivezza della rete non implica l'assenza di sifoni, anche se gli eventuali sifoni della rete sicuramente non possono svuotarsi. I sifoni minimi della rete sono  $S_1 = \{P_1, P_2, P_3\}$ ,  $S_2 = \{P_3, P_4, P_5, P_6\}$ , e  $S_3 = \{P_6, P_7, P_8\}$ , che sono i supporti dei 3 P-invarianti della rete,  $PI_1 = [1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]'$ ,  $PI_2 = [0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0]'$  e  $PI_3 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1]'$ .
- 1.4) I T-invarianti della rete sono:  $TI_1 = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]'$ ,  $TI_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]'$ . Essi rappresentano i vettori delle occorrenze associati a sequenze di scatto che riportano la rete nella marcatura iniziale. Poichè la rete è reversibile, almeno uno di tali vettori delle occorrenze corrisponde a sequenze abilitabili (in realtà tutti e due, v. sequenze di scatto  $T_3 \ T_2 \ T_1 \ T_4$  e  $T_7 \ T_6 \ T_5 \ T_4$ ).
- 1.5) Non è possibile imporre un vincolo di uguaglianza, a meno che non sia già verificato automaticamente grazie a un P-invariante della rete originaria (ma non è questo il caso).

## ESERCIZIO 2

2.1)

