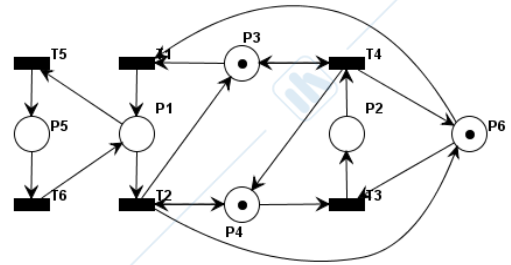
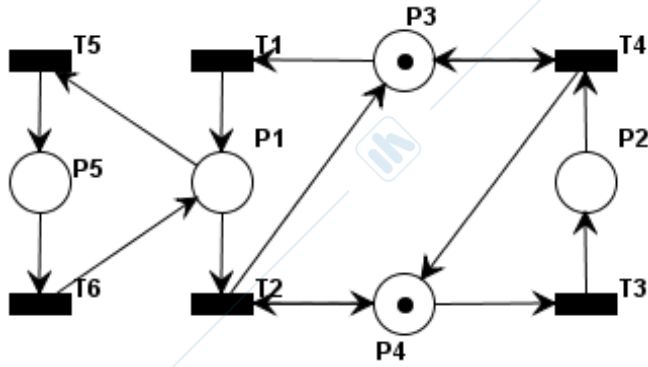


**ESERCIZIO 1** - Si consideri la rete di Petri di figura.



Rete controllata (soluzione punto 1.7b)

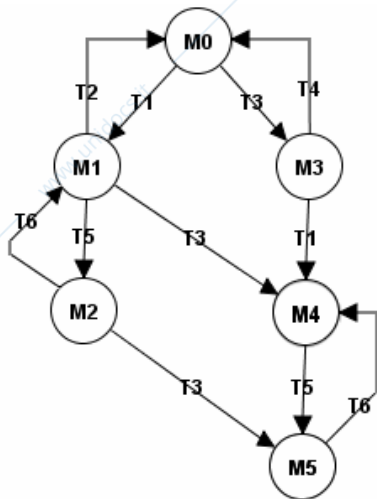
1.1) Calcolare la matrice di incidenza.

**Soluzione**

| P\T | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| P1  | 1  | -1 | 0  | 0  | -1 | 1  |
| P2  | 0  | 0  | 1  | -1 | 0  | 0  |
| P3  | -1 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |
| P4  | 0  | 0  | -1 | 1  | 0  | 0  |
| P5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 1  | -1 |

1.2) Calcolare il grafo di raggiungibilità o di copertura.

**Soluzione**



| M\P | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 |
|-----|----|----|----|----|----|
| M0  | 0  | 0  | 1  | 1  | 0  |
| M1  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0  |
| M2  | 0  | 0  | 0  | 1  | 1  |
| M3  | 0  | 1  | 1  | 0  | 0  |
| M4  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  |
| M5  | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  |

1.3) Sulla base anche del grafo di cui al punto 1.2,

a) dire, motivando la risposta, se la rete è viva

**Soluzione**

La rete non è viva perchè ...(*vedi definizione*).

In particolare, le transizioni T1, T2, T3, T4 non sono vive. Infatti, una volta raggiunte le marcature M4 e M5 solo T5 e T6 possono continuare a scattare (infinite volte).

b) dire, motivando la risposta, se la rete è reversibile

**Soluzione**

La rete non è reversibile perchè da M4 e da M5 non è più possibile raggiungere la marcatura iniziale M0.

1.4) Per la rete data:

a) calcolare i P-invarianti minimi

**Soluzione**

$$PI1 = [1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1]'$$

$$PI2 = [0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0]'$$

- b) sulla base anche del risultato del punto (a), indicare quale tra le seguenti affermazioni è vera:
- la rete non è conservativa
  - la rete è conservativa ma non strettamente conservativa
  - la rete è strettamente conservativa
- c) sulla base anche del risultato del punto (b), indicare quale tra le seguenti affermazioni è vera:
- la rete è illimitata
  - la rete è limitata ma la somma dei gettoni nella rete non è costante
  - la rete è limitata e la somma dei gettoni nella rete è costante pari a 1
  - la rete è limitata e la somma dei gettoni nella rete è costante pari a 2
  - nulla si può dire sulla limitatezza della rete

1.5) Calcolare i 3 sifoni della rete

**Soluzione**

$$S1 = \{P1, P3, P5\} \text{ (supporto di PI1)}$$

$$S2 = \{P2, P4\} \text{ (supporto di PI2)}$$

$$S3 = S1 \cup S2 = \{P1, P2, P3, P4, P5\} \text{ (= supporto di PI3 = PI1 + PI2)}$$

1.6) In base ai risultati dei punti precedenti, si consideri ora il problema di voler imporre i vincoli riportati di seguito. Dopo attenta analisi, è facile riconoscere che, per la rete in esame, non ha senso voler imporre tutti i vincoli. In particolare, si sappia che ha senso cercare di imporre uno solo di tali vincoli. Si chiede di identificare quel vincolo, e per ciascuno dei rimanenti tre vincoli si indichi, con chiarezza e in modo sintetico, il motivo preciso per cui non si può o non serve imporlo con un opportuno controllore.

a)  $m_3 + m_5 \geq 2$

**Soluzione:** PI1 stabilisce che  $m_1 + m_3 + m_5 = 1$ , quindi il vincolo non può essere soddisfatto

b)  $m_2 + m_4 \leq 1$

**Soluzione:** PI2 stabilisce già che  $m_2 + m_4 = 1$ , quindi il vincolo è già verificato

c)  $m_4 + s_3 \leq 1$

**Soluzione:** Il vincolo si può imporre: infatti quando p4 è marcato la rete originaria potrebbe fare scattare t3 (vedi grafo raggiungibilità)

d)  $m_2 + s_3 \leq 1$

**Soluzione:** Il vincolo è inutile: infatti quando p2 è marcato la rete originaria non ha mai la t3 abilitata (vedi grafo raggiungibilità)

1.7) Si consideri ora il vincolo  $m_3 + m_4 \geq 1$ .

a) Calcolare il controllore massimamente permissivo che soddisfa tale vincolo.

**Soluzione**

$$L = [0 \ 0 \ -1 \ -1 \ 0]; \quad b = -1$$

$C_c$ :

| P/T | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
|-----|----|----|----|----|----|----|
| P6  | -1 | 1  | -1 | 1  | 0  | 0  |

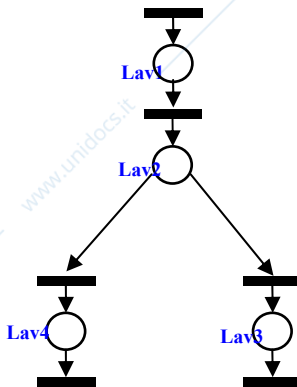
$$M_{c0} = 1$$

b) Rappresentare graficamente la rete controllata. (modificare la figura di pag. 1)

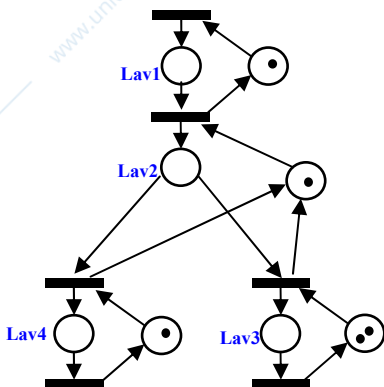
**ESERCIZIO 2.**

Si consideri un sistema manifatturiero M con 4 stazioni di lavoro (S1, S2, S3 e S4). I prodotti che vengono lavorati in M subiscono la lavorazione seguente. Vengono prima lavorati su S1. Finita la lavorazione su S1, passano su S2. Da qui, possono proseguire su S3 oppure su S4.

2.1) Si chiede di modellizzare la ricetta di lavorazione secondo il paradigma modellistico *FMS*.

**Soluzione**

2.2) Si introducano ora i modelli delle risorse del sistema (ovvero le quattro stazioni di lavoro), supponendo che S1, S2 e S3 possano ospitare al più un prodotto, e S4 possa ospitare fino a due prodotti.

**Soluzione**

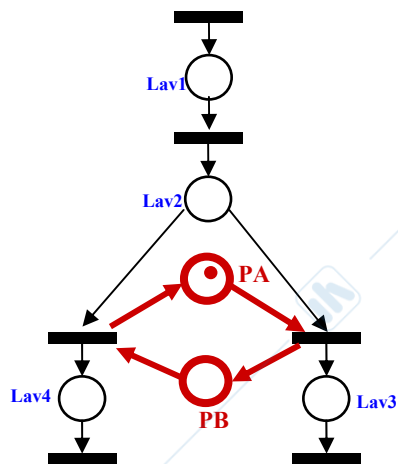
- 2.3) Si dica se il modello disegnato al punto precedente ammette situazioni di deadlock oppure no. Si giustifichi chiaramente la risposta.

### Soluzione

La rete e' viva. Si osservi anche che nessuna risorsa e' condivisa

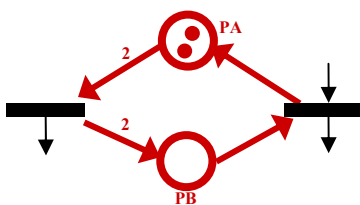
- 2.4) Sul modello sviluppato al punto 2.1, si imponga ora il seguente criterio di scelta tra le stazioni S3 e S4: devono essere utilizzate alternativamente una volta la stazione S3 e una volta la stazione S4 (la prima stazione utilizzata sia S3).

### Soluzione



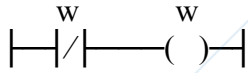
- 2.5) Si consideri ora la variante del punto precedente in cui nella scelta tra le stazioni S3 e S4 si deve utilizzare alternativamente una volta la stazione S3 e **due** volte la stazione S4.

### Soluzione



**ESERCIZIO 3.**

3.1) Scrivere un programma in Ladder Diagram che realizza un'onda quadra periodica simmetrica (tempo di on = tempo di off), il cui periodo sia pari a 2 volte il tempo di ciclo del PLC.

**Soluzione**

3.2) Sia dato il seguente programma Ladder:

| Studenti con numero di matricola pari   | Studenti con numero di matricola dispari  |
|---|---|
|   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>in</u> : ingresso</li> <li>• <u>out</u> : uscita</li> <li>• <u>w</u> : variabile interna</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>in1</u> : ingresso</li> <li>• <u>in2</u> : ingresso</li> <li>• <u>out</u> : uscita</li> </ul> |

Che cosa viene calcolato dal programma e cosa rappresenta la variabile out?

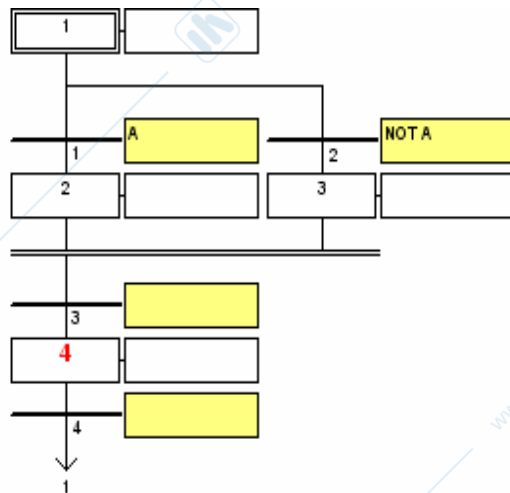
**Soluzione (Studenti con numero di matricola pari)**

L'uscita out nega l'ingresso in ma, a causa di w, il fronte di discesa di in viene rilevato con un ciclo di ritardo.

**Soluzione (Studenti con numero di matricola dispari)**

L'uscita out memorizza l'accadimento del fronte di salita di in1 finché non viene resettato dal fronte di salita di in2.

- 3.3) Discutere in modo chiaro e sintetico l'attivazione del passo 4 nel seguente programma SFC che utilizza in modo "difforme" le strutture di AND/OR-divergenza/convergenza.



### Soluzione

L'OR-divergenza (con condizioni mutualmente esclusive) chiusa dall'AND-convergenza fa sì che il programma si blocchi; di conseguenza, il passo 4 non potrà mai essere attivato.