

**POLITECNICO DI MILANO**

**SISTEMI AD EVENTI DISCRETI**

**Prof. Luca Ferrarini**

Anno Accademico 2018 / 19

29 gennaio 2019

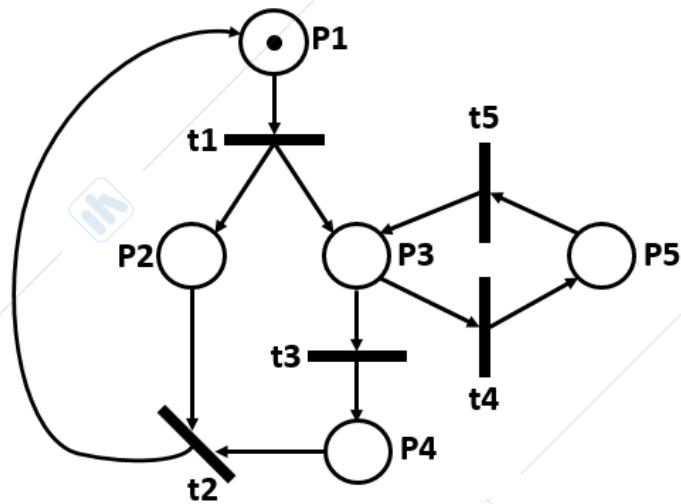
COGNOME .....

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.**
- **È permesso l'uso della matita**

**ESERCIZIO 1**

1.1) Determinare la matrice di incidenza della rete presentata in figura.

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

1.2) Dire se la rete è un grafo marcato, una macchina a stati, una rete a scelta libera.

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

→ Rete a scelta libera

1.3) Calcolare due T-invarianti della rete.

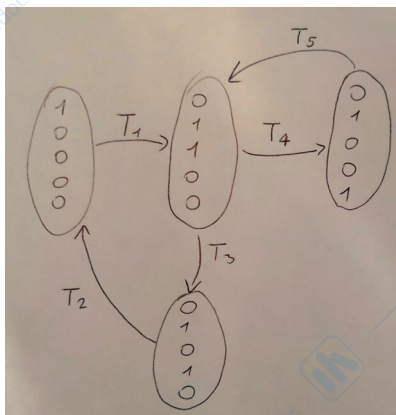
$$\begin{cases} x_1 = x_2 \\ 0 = 0 \\ 0 = 0 \\ x_3 = x_2 \\ x_4 = x_5 \end{cases} \rightarrow \begin{matrix} T_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \\ T_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

- 1.4) Calcolare i P-invarianti minimi della rete. Quindi, si dica – **motivando la risposta** – se la rete è conservativa. Si dica inoltre se è strettamente conservativa, sempre **motivando la risposta**.

$$\begin{cases} X_1 = X_2 + X_3 \\ X_1 = X_2 + X_4 \\ X_3 = X_4 = X_5 \\ X_3 = X_5 \\ \cancel{X_3 = X_5} \end{cases} \quad P_{I_1} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad P_{I_2} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Conservativa, (se sommo i PI fa  $[2 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$ ) ma non strettamente.

- 1.5) Calcolare il grafo di raggiungibilità della rete.



- 1.6) Dire, **motivando chiaramente** e sinteticamente la risposta, è:

- Limitata

Sì, grafo finito

- Reversibile

Sì, da ogni stato del grafo posso tornare allo stato iniziale

- Viva

Sì, da ogni stato del grafo posso mettermi in condizione di attivare ogni transizione

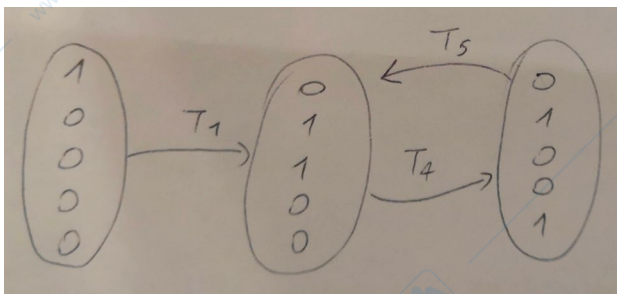
- 1.7) Applicare il metodo del controllo supervisivo basato sui P-invarianti per imporre il vincolo  $m_2 + m_4 \leq 1$ . Disegnare il controllore sulla rete ad inizio esercizio.

$$m_2 + m_4 + m_5 = 1 \rightarrow X = [0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1] \rightarrow X_P = [0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0]$$

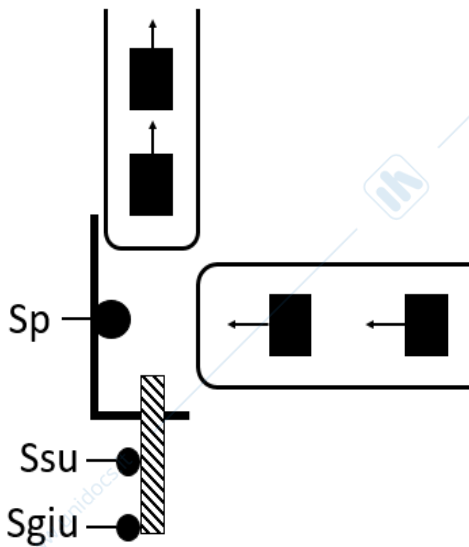
$$C_C = -X_P \cdot C = [-1 \ 0 \ -1 \ 0 \ 0]$$

$$M_{OC} = 1 - X_P \cdot M_{OP} = 1$$

- 1.8) Spiegare come cambia, a seguito del controllore progettato, il grafo di raggiungibilità di cui al punto 5, e dire come cambiano le proprietà della rete.



È ancora limitata, ma non reversibile (dopo T1, non posso più tornare allo stato iniziale) e non viva (T2 e T3 non scattano mai)

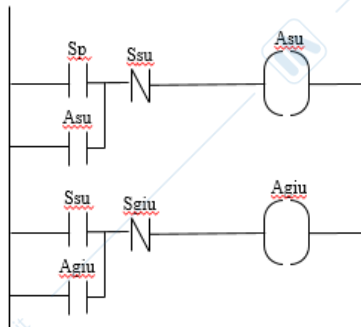
**ESERCIZIO 2**

Considerare il sistema presentato in immagine. Il nastro trasportatore in ingresso trasporta delle casse. Ogni volta che una cassa raggiunge la fine del nastro trasportatore in ingresso, essa attiva il sensore “Sp”. A questo punto, il pistone – inizialmente in stato di riposo, come disegnato in figura – spinge la cassa sul nastro di uscita. Dopo aver raggiunto la massima estensione, il pistone torna in stato di riposo, in attesa di un nuovo comando dal segnale del sensore “Sp”.

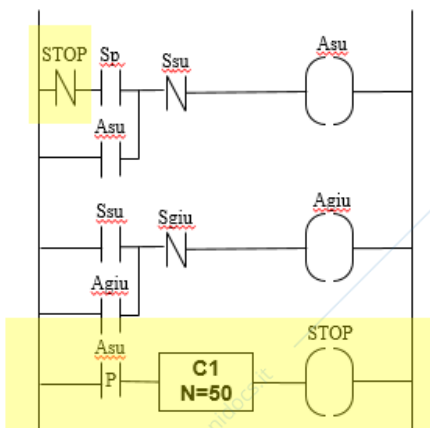
Sensori ed attuatori:

- Sp: sensore di presenza cassa
- Ssu: sensore di posizione di riposo del pistone
- Sgiu: sensore di massima estensione del pistone
- Asu: comando di estensione del pistone
- Agiu: comando di ritrazione del pistone

1.1) Implementa in linguaggio LADDER il comportamento appena descritto, usando come variabili solamente i 5 segnali elencati in “Sensori ed attuatori”.



1.2) Integra la seguente specifica (sempre in linguaggio LADDER), usando un numero libero di variabili: “Dopo aver spinto la cinquantesima cassa, il pistone viene disattivato – ovvero non reagirà più al comando Sp e resterà in posizione di riposo”



**ESERCIZIO 3** – Modellare in linguaggio SFC il seguente comportamento:

Una stazione di lavoro si trova inizialmente in stato di attesa. Un segnale “PEZZO\_IN” viene ricevuto non appena un pezzo entra nella stazione – nota: la stazione può contenere massimo un pezzo alla volta. La stazione esegue due lavorazioni indipendenti in parallelo sul pezzo:

- Lavorazione 1: viene comandata tramite il segnale **impulsivo** “INIZIA\_LAV\_1”. La ricezione del segnale “FINE\_LAV\_1” determina la fine di tale lavorazione.
- Lavorazione 2: viene inizialmente eseguito un controllo, comandato tramite il segnale **impulsivo** “INIZIA\_CHECK”. Alla fine del controllo, sarà ricevuto un segnale “OK” o un segnale “KO”. Nel caso in cui venga ricevuto il segnale “OK”, non sarà necessario eseguire la “Lavorazione 2”. Nel caso in cui venga ricevuto il segnale “KO”, sarà necessario eseguire la “Lavorazione 2”, comandata tramite il segnale **impulsivo** “INIZIA\_LAV\_2”. La ricezione del segnale “FINE\_LAV\_2” determina la fine di tale lavorazione.

Solamente al completamento delle due lavorazioni – o solamente della “Lavorazione 1” nel caso in cui sia stato ricevuto il segnale “OK” – la stazione di lavoro potrà espellere il pezzo tramite il comando “ESPELLI”. Alla ricezione del segnale “FINE\_ESPULSIONE”, la stazione di lavoro tornerà allo stato iniziale di attesa.

