

POLITECNICO DI MILANO - SEDE DI COMO

AUTOMAZIONE INDUSTRIALE
prof. Luigi Piroddi

Anno Accademico 2019/20

Appello del 7 luglio 2020

COGNOME

NOME

MATRICOLA

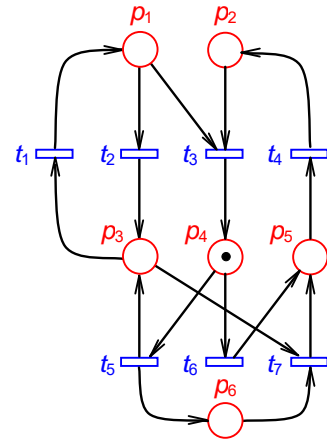
FIRMA

- 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

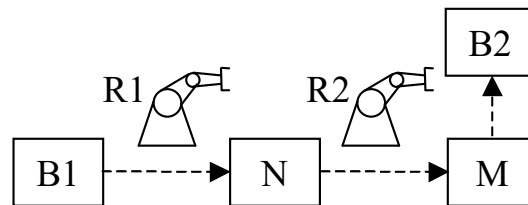
Si consideri la rete di Petri riportata in figura.

- 1.1) Dire se la rete appartiene ad una delle seguenti sotto-classi: macchina a stati, grafo marcato, rete a scelta libera, rete a scelta libera estesa, rete a scelta asimmetrica.
- 1.2) Disegnare il grafo di raggiungibilità.
- 1.3) A partire da quanto determinato al punto precedente, valutare le proprietà fondamentali della rete (limitatezza, vivezza, reversibilità). Dire inoltre se la rete è sicura (ovvero binaria).
- 1.4) Scrivere la matrice di incidenza della rete.
- 1.5) Calcolare i P-invarianti e i T-invarianti della rete
- 1.6) Trovare (se esiste) un sifone della rete che potenzialmente si può svuotare.
- 1.7) Discutere cosa cambierebbe nel comportamento della rete se non ci fosse l'arco da p_1 a t_3 .



ESERCIZIO 2

Si consideri un impianto manifatturiero costituito da 2 buffer (B1 di ingresso, B2 di uscita), 2 robot per il trasporto pezzi (R1, R2), un nastro trasportatore (N) e una macchina utensile (M).



Il processo realizzato su tale impianto è caratterizzato nel modo seguente. R1 preleva un pezzo alla volta da B1 e lo trasferisce su N, che lo porta fino ad una posizione dalla quale esso può essere prelevato da R2. R2 preleva un pezzo da N e lo trasferisce su M. A lavorazione ultimata, R2 preleva il pezzo ultimato da M e lo deposita nel buffer B2.

I segnali di misura dall'impianto e quelli di attuazione disponibili sui dispositivi, sono riportati nella tabella seguente:

DISPOSITIVO	COMANDI	MISURE	VAR. INTERNE
Buffer Bx		pezzo_Bx posto_libero_Bx	
Robot Rx	muovi_Rx_posRx prende_pezzo_Rx rilascia_pezzo_Rx	Rx_posRx	
Nastro N	muovi_N	pezzo_zona_carico_N pezzo_zona_scarico_N	scarico_in_corso_N carico_in_corso_N numero_pezzi_N
Macchina M	lavora_M	fine_lavorazione_M	

dove $B_x = B_1, B_2$, $R_x = R_1, R_2$, $pos_R_1 = 0$, B_1, N e $pos_R_2 = 0$, M, N, B_2 (0 = posizione di riposo). Inoltre, la variabile intera `numero_pezzi_N` serve per il conteggio dei pezzi sul nastro.

- 2.1) Scrivere un programma in SFC per controllare il sistema. Si ipotizzi che:
- a) le operazioni di presa e rilascio pezzo da parte di uno dei robot richiedano 1 s;
 - b) N debba essere fermo quando vengono fatte operazioni di carico/scarico su di esso;
 - c) il carico e lo scarico di pezzi su N possano avvenire anche in modo concorrente.
- 2.2) Discutere (senza progettare il codice) come potrebbe essere cambiato il controllo del robot R2 se M potesse lavorare fino a 5 pezzi per volta.
-

ESERCIZIO 3

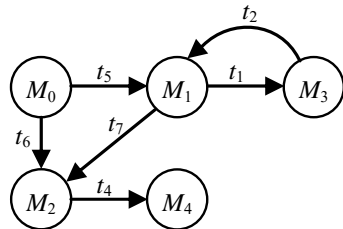
Si vuole realizzare tramite PLC una rete logica con tre ingressi (U1, U2 e U3) e due uscite (Y1 e Y2). Il funzionamento richiesto è il seguente:

- a) L'uscita Y1 è calcolata come $(U1 \text{ and not } U2) \text{ or } U3$.
 - b) L'uscita Y2 è inizializzata al valore $U1 \text{ and } U2$, e ad ogni ciclo del PLC deve mantenere il suo valore precedente se $U1 = 0$ e invertirlo se $U1 = 1$.
- 3.1) Scrivere un programma in LD che realizza la rete logica in questione.

ESERCIZIO 1

1.1) La rete non è certamente a scelta libera (si veda per esempio la sotto-rete $p_1-p_2-t_2-t_3$). Si verifica che la rete è a scelta asimmetrica.

1.2)



$$M_0 = [0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0]^T$$

$$M_1 = [0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1]^T$$

$$M_2 = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0]^T$$

$$M_3 = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1]^T$$

$$M_4 = [0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]^T$$

1.3) Il grafo ha un numero finito di nodi. Quindi la rete è limitata. Inoltre, esso contiene una marcatura morta. Pertanto la rete è certamente non viva e non reversibile.

La rete è sicura in quanto tutti i posti contengono al più un gettone.

$$1.4) \quad C = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

1.5) C'è un solo P-invariante: $[0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1]^T$. La rete non è coperta da P-invarianti e quindi non è conservativa. Non si può pertanto concludere nulla sulla limitatezza della rete basandosi solo su questa informazione.

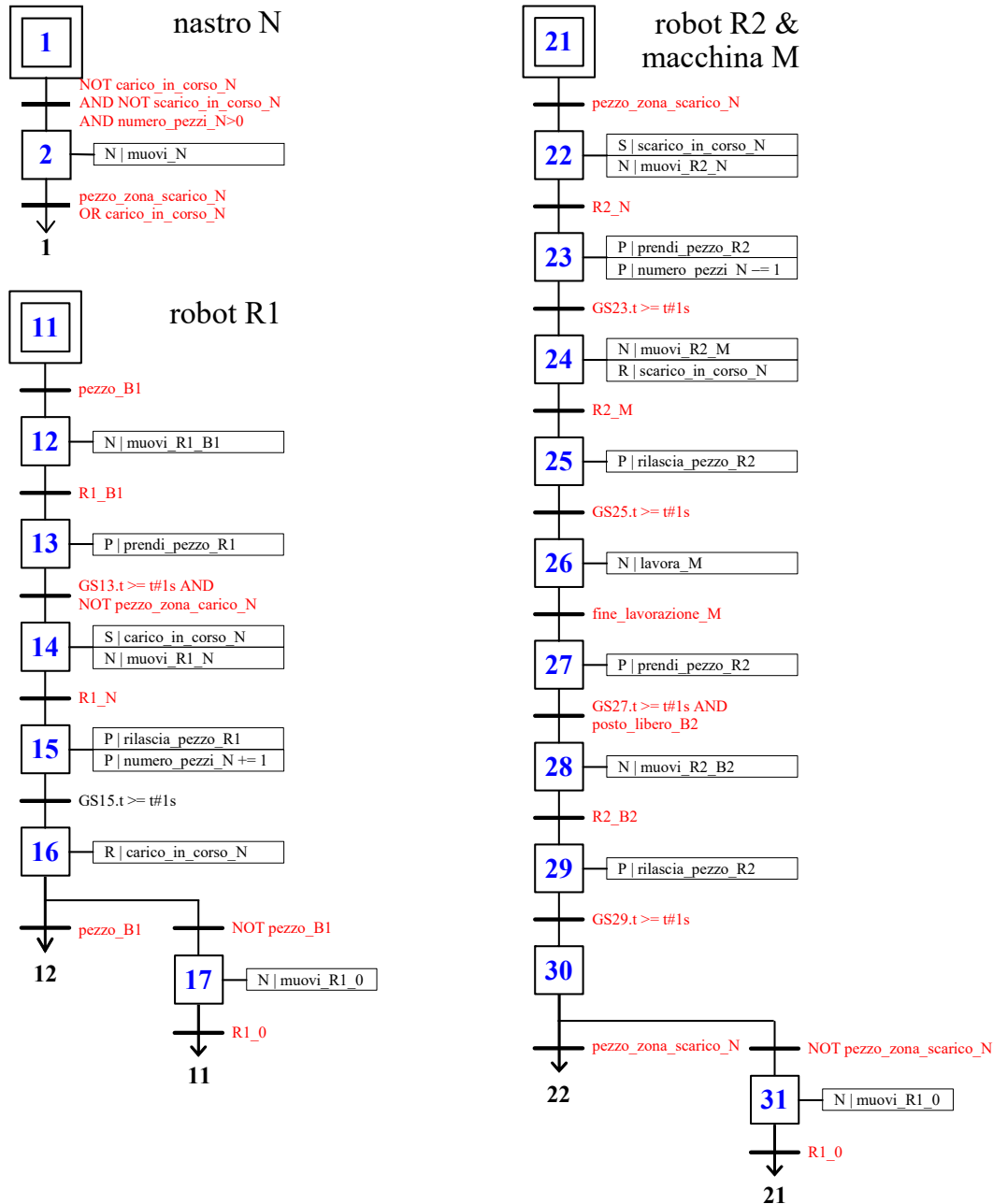
C'è un solo T-invariante: $[1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]^T$. Se non ce ne fosse stato nessuno si sarebbe potuto concludere che la rete era non reversibile, ma in questo caso non si può trarre nessuna conclusione riguardo alla reversibilità della rete.

1.6) Poiché l'evoluzione della rete finisce nella marcatura morta M_4 , esiste certamente un sifone che si può svuotare che è composto dai posti smarcati in M_4 , ovvero $\{p_1, p_3, p_4, p_5, p_6\}$. Si può anche verificare che non è minimo (il sifone minimo contenuto in esso è $\{p_1, p_3, p_4\}$).

1.7) Il grafo di raggiungibilità avrebbe gli stessi nodi, ma un arco in più, da M_4 a M_0 (contrassegnato con t_3), cosicché la rete diventerebbe viva, limitata e reversibile. La rete sarebbe anche coperta da P-invarianti positivi (e quindi sarebbe conservativa).

ESERCIZIO 2

2.1) Poichè la macchina M ha capacità unitaria, il robot R2 non può prelevare un pezzo dal nastro se la macchina è in uso, altrimenti finirebbe in deadlock. Pertanto, esso opera secondo una pura sequenza: preleva un pezzo dal nastro, lo deposita sulla macchina, e, quando questa ha terminato la lavorazione, lo riprende e lo pone sul buffer di uscita.



2.2) Si possono progettare 2 pezzi di codice SFC, in mutua esclusione, rispettivamente per gestire:

- il prelievo di un pezzo da N e la sua consegna a M,
- il prelievo di un pezzo lavorato da M e il suo rilascio su B2.

L'attivazione del programma (a) dovrà essere condizionata alla disponibilità di almeno un posto su M (oltre che alla presenza di un pezzo da prelevare su N). L'attivazione del programma (b) dovrà essere condizionata alla disponibilità di almeno un posto su B2 (oltre che alla presenza di un pezzo lavorato su M).

ESERCIZIO 3

3.1)

