

# Automazione

Esame in remoto: 15 giugno 2020

## Esercizio 1

Si consideri un sistema di automazione per veicoli a guida autonoma in cui, a livello di coordinamento, è necessario gestire i seguenti task periodici:

#1 ogni 5 t.u. vengono analizzati i dati provenienti dai RADAR di prossimità, impiegando 2 t.u.;

#2 ogni 9 t.u. vengono analizzate i dati del LIDAR per la navigazione, impiegando 3 t.u.;

#3 ogni 15 t.u. vengono analizzati della videocamera per la segnaletica, impiegando 4 t.u.

Si ipotizzi che i task periodici siano indipendenti, dal punto di vista funzionale, l'uno dall'altro. I task devono essere gestiti con una modalità di scheduling hard real time. Si chiede di risolvere i seguenti punti.

- Verificare se sussiste la condizione necessaria di schedulabilità del problema.
- Verificare tutte le condizioni sufficienti di schedulabilità del problema, utilizzando l'algoritmo RMPO.
- Eseguire lo scheduling RMPO.
- Nel caso in cui RMPO non sia in grado di schedulare i task in maniera hard real time, eseguire lo scheduling utilizzando l'algoritmo EDF.
- Sostituendo, al posto del suddetto task periodico hard real time #3, un task aperiodico soft real time caratterizzato da  $a_3 = 5$  t.u.,  $d_3 = 40$  t.u. e  $C_3 = 9$  t.u., verificare se è possibile schedulare tale task entro la deadline assoluta usando RMPO come algoritmo hard real time, con strategia DEFERRING SERVER caratterizzata da  $TSRV = 15$  t.u. e  $CSRV = 3$  t.u.

## Esercizio 2

Un pezzo deve subire due diverse lavorazioni  $L_1$  e  $L_2$  eseguite in sequenza in una FMC (Flexible Manufacturing Cell) dove ci sono due macchine  $M_1$  e  $M_2$  attrezzate in modo da potere effettuare entrambe le lavorazioni. Il flusso standard (quello che garantisce la migliore efficienza) prevede che la lavorazione  $L_1$  venga effettuata dalla macchina  $M_1$  e la lavorazione  $L_2$  dalla macchina  $M_2$ . Tuttavia, in caso di temporanea indisponibilità di una delle due macchine (che possono svolgere anche altre attività produttive), la relativa lavorazione viene eseguita dall'altra macchina, se a sua volta disponibile. Nella cella non entra un nuovo pezzo finché l'intera lavorazione del precedente pezzo non è stata completata.

Modellare tale situazione prima con un automa di Mealy (descrivendo il significato degli stati e degli eventi di transizione) e poi con una rete di Petri posti/transizioni a pesi unitari (descrivendo il significato dei posti e delle transizioni, e fornendo anche matrice di incidenza e marcatura iniziale), in modo tale che non si creino situazioni di deadlock permanente e che il sistema si ritrovi ciclicamente nello stesso stato iniziale.

[90 minuti; libri aperti]

(no ricerche in internet, no scambi di informazioni con altri!)



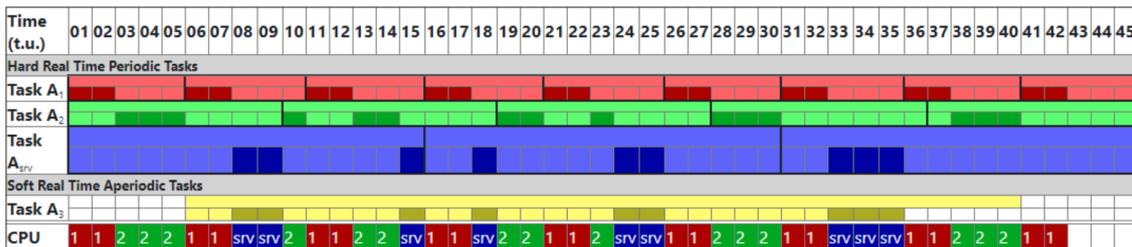


Figura 3: Scheduling con un task aperiodico soft real time al posto del task originario #3 e una politica di deferring server.

**Esercizio 2**

Una soluzione con un automa di Mealy, in cui sono presenti 7 stati e 9 eventi di transizione, è illustrata nella Fig. 4. Il flusso di sinistra rappresenta l'evoluzione standard (quella efficiente), quello di destra l'eventuale scambio di lavorazioni effettuate sulle macchine.

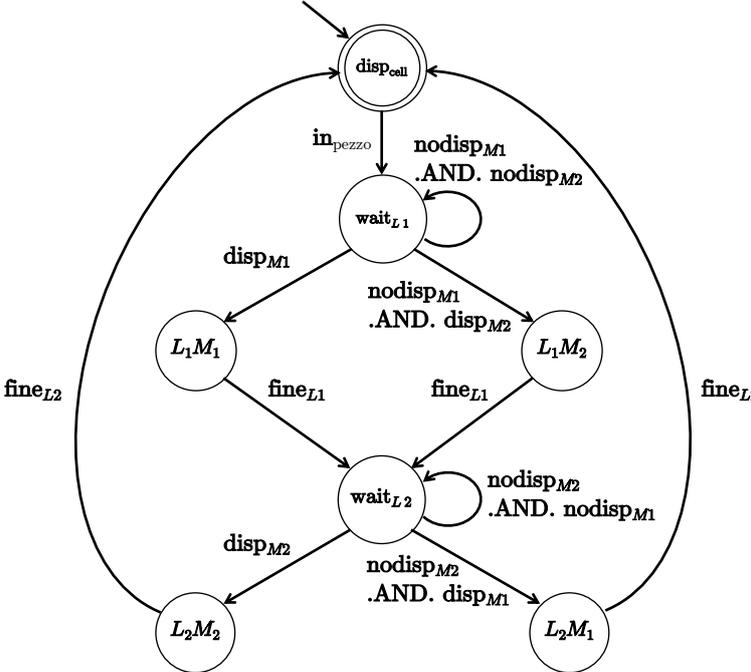


Figura 4: Automa di Mealy per le due lavorazioni in sequenza effettuate dalle due macchine nella FMC.

Il significato dei 7 stati è il seguente:

- $disp_{cell}$  = cella disponibile
- $wait_{L1}$  = pezzo in ingresso alla FMC, in attesa della lavorazione  $L_1$
- $wait_{L2}$  = pezzo in attesa della lavorazione  $L_2$
- $L_1M_1$  = lavorazione  $L_1$  in esecuzione sulla macchina  $M_1$
- $L_1M_2$  = lavorazione  $L_1$  in esecuzione sulla macchina  $M_2$
- $L_2M_1$  = lavorazione  $L_2$  in esecuzione sulla macchina  $M_1$
- $L_2M_2$  = lavorazione  $L_2$  in esecuzione sulla macchina  $M_2$

Il significato dei 9 eventi di transizione è il seguente:

- $in_{pezzo}$  = ingresso del pezzo nella FMC
- $disp_{M1}$  = disponibilità della macchina  $M_1$  su richiesta del supervisore
- $disp_{M2}$  = disponibilità della macchina  $M_2$  su richiesta del supervisore
- $nodisp_{M1} .AND. disp_{M2}$  = disponibilità della macchina  $M_2$  su richiesta del supervisore, a seguito di indisponibilità della macchina  $M_1$
- $nodisp_{M1} .AND. nodisp_{M2}$  = indisponibilità della macchina  $M_2$  su richiesta del supervisore, a seguito di indisponibilità della macchina  $M_1$
- $nodisp_{M2} .AND. disp_{M1}$  = disponibilità della macchina  $M_1$  su richiesta del supervisore, a seguito di indisponibilità della macchina  $M_2$
- $nodisp_{M2} .AND. nodisp_{M1}$  = indisponibilità della macchina  $M_1$  su richiesta del supervisore, a seguito di indisponibilità della macchina  $M_2$
- $fine_{L1}$  = fine della lavorazione  $L_1$
- $fine_{L2}$  = fine della lavorazione  $L_2$

Si noti che gli eventi ammissibili sono associati solo ad alcuni stati dell'automa. I due eventi di indisponibilità di entrambe le macchine  $M_1$  e  $M_2$  si potrebbero anche fondere in uno solo, non considerando l'ordine in cui viene richiesta tale disponibilità da parte del supervisore. Tuttavia la soluzione fornita è più robusta, in quanto tale ordine è diverso in base allo stato in cui si trova l'automa.

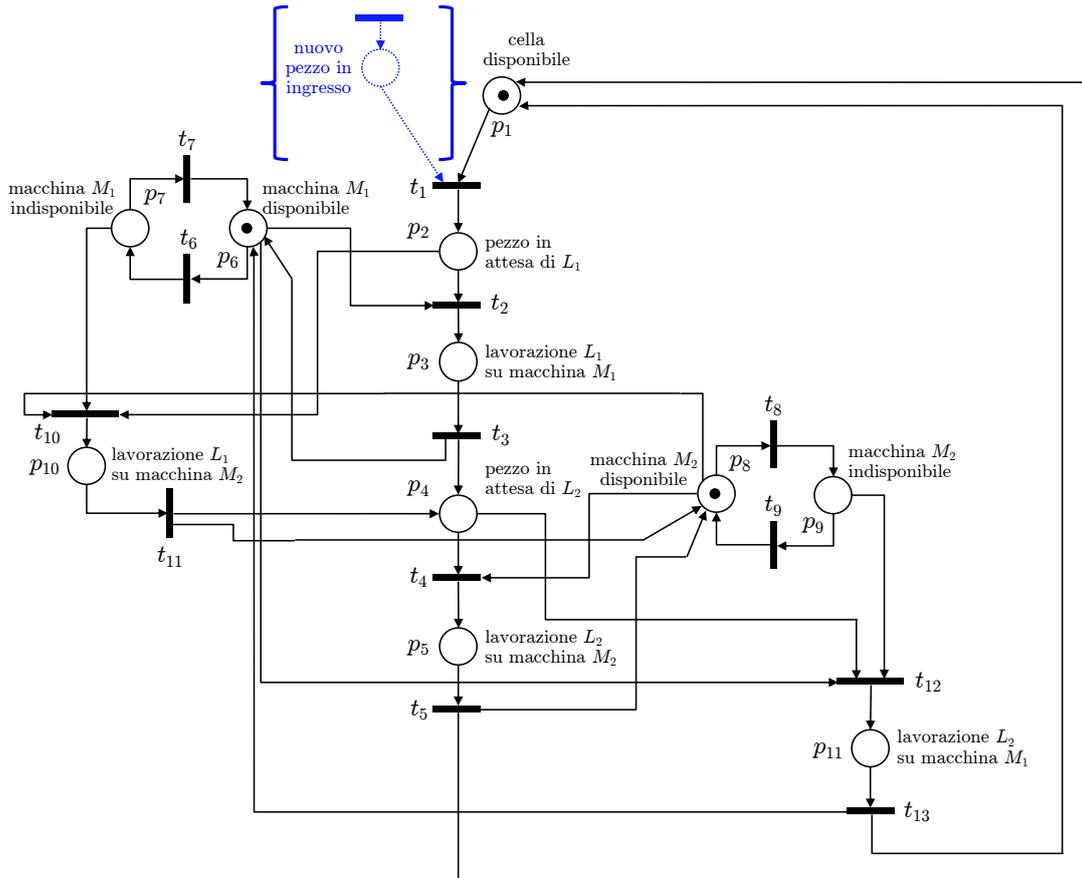


Figura 5: Rete di Petri per le due lavorazioni in sequenza effettuate con le due macchine nella FMC.

Una possibile soluzione con una rete di Petri posti/transizioni a pesi unitari è riportata in Fig. 5, con 11 posti e 13 transizioni. Il flusso principale è quello centrale con la sequenza di scatto  $\{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5\}$ . Sia questa che quelle alternative (a destra o a sinistra, con una o entrambe le macchine che possono cambiare lavorazione) rendono la rete reversibile. La transizione e il posto aggiuntivi, mostrati in colore blu con i relativi archi tratteggiati, si riferiscono all'arrivo di nuovi pezzi in ingresso alla cella e sono stati esclusi per garantire appunto tale reversibilità.

Il significato degli 11 posti è il seguente:

- $p_1$  = cella disponibile
- $p_2$  = pezzo in attesa della lavorazione  $L_1$
- $p_3$  = lavorazione  $L_1$  in esecuzione sulla macchina  $M_1$
- $p_4$  = pezzo in attesa della lavorazione  $L_1$
- $p_5$  = lavorazione  $L_2$  in esecuzione sulla macchina  $M_2$
- $p_6$  = macchina  $M_1$  disponibile
- $p_7$  = macchina  $M_1$  indisponibile (perché impegnata in altra attività, diversa da  $L_1$  o  $L_2$ )
- $p_8$  = macchina  $M_2$  disponibile
- $p_9$  = macchina  $M_2$  indisponibile (perché impegnata in altra attività, diversa da  $L_1$  o  $L_2$ )
- $p_{10}$  = lavorazione  $L_1$  in esecuzione sulla macchina  $M_2$
- $p_{11}$  = lavorazione  $L_2$  in esecuzione sulla macchina  $M_1$

Il significato delle 13 transizioni è il seguente:

- $t_1$  = ingresso del pezzo nella FMC
- $t_2$  = inizio della lavorazione  $L_1$  sulla macchina  $M_1$
- $t_3$  = fine della lavorazione  $L_1$  sulla macchina  $M_1$
- $t_4$  = inizio della lavorazione  $L_2$  sulla macchina  $M_2$
- $t_5$  = fine della lavorazione  $L_2$  sulla macchina  $M_2$
- $t_6$  = macchina  $M_1$  diventa indisponibile (perché richiesta da altra attività, diversa da  $L_1$  o  $L_2$ )
- $t_7$  = macchina  $M_1$  diventa disponibile
- $t_8$  = macchina  $M_2$  diventa indisponibile (perché richiesta da altra attività, diversa da  $L_1$  o  $L_2$ )
- $t_9$  = macchina  $M_2$  diventa disponibile
- $t_{10}$  = inizio della lavorazione  $L_1$  sulla macchina  $M_2$
- $t_{11}$  = fine della lavorazione  $L_1$  sulla macchina  $M_2$
- $t_{12}$  = inizio della lavorazione  $L_2$  sulla macchina  $M_1$
- $t_{13}$  = fine della lavorazione  $L_2$  sulla macchina  $M_1$

Si noti la presenza di archi al termine di ogni lavorazione che rendono di nuovo disponibile la

La matrice di incidenza  $C$  (di dimensione  $11 \times 13$ ) e la marcatura iniziale  $\mathbf{x}_0$  sono date da

$$C = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{x}_0 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

\*\*\*\*\*