Automazione

7 giugno 2024

Esercizio 1

Si consideri un sistema di automazione che deve gestire i seguenti task periodici:

- ogni 5 t.u. viene eseguito il riconoscimento di un prodotto, impiegando 2 t.u.;
- ogni 8 t.u. viene eseguita l'etichettatura di un prodotto in 3 t.u.

C'è un task aperiodico addizionale caratterizzato dal fatto che due istanze consecutive si presentano almeno dopo 20 t.u. e il cui tempo di esecuzione di ogni istanza non supera mai le 4 t.u.

Si ipotizzi che i task già menzionati siano indipendenti. Tali task devono essere gestiti con una modalità di scheduling hard real time.

Un ulteriore task aperiodico è caratterizzato da $a_4(1) = 1$ t.u., $D_4(1) = 65$ t.u. e $C_4(1) = 2$ t.u. Tale task può essere gestito in maniera soft real time.

Si chiede di risolvere i seguenti punti.

1. Verificare se sussiste la condizione necessaria di schedulabilità dei hard real time.
2. Verificare se sussiste almeno una delle condizioni sufficienti di schedulabilità dei task hard real time, utilizzando l'algoritmo RMPO.
3. Eseguire lo scheduling dei task hard real time con RMPO. Nel caso in cui RMPO non sia in grado di schedulare i task hard real time, eseguire lo scheduling utilizzando l'algoritmo EDF.
4. Scrivere la definizione di "processore completamente utilizzato" e, utilizzando l'algoritmo di scheduling scelto nel punto 3, verificare se il processore risulti completamente utilizzato.
5. Utilizzando l'algoritmo di scheduling scelto nel punto 3, verificare se il task aperiodico soft real time riesce ad essere eseguito entro la propria deadline assoluta utilizzando uno scheduling in background. In caso ciò non sia possibile, verificare se il task aperiodico può essere eseguito entro la propria deadline assoluta utilizzando un processo deferring server caratterizzato da $T_{\mathrm{SRV}} = 40$ t.u., $C_{\mathrm{SRV}} = 1$ t.u.
6. Spiegare cosa sarebbe successo se il task aperiodico fosse stato eseguito utilizzando un processo polling server con gli stessi valori: $T_{\mathrm{SRV}} = 40$ t.u., $C_{\mathrm{SRV}} = 1$ t.u.

Esercizio 2

operazioni	set-up	drilling	milling	internal polishing	sanding	external polishing	assembly	glueing	clean
durata [in minuti]	8	2	5	4	3	8	6	3	8
dirette precedenti	–	set-up	set-up	drilling	drilling, milling	milling	sanding, internal polishing	internal polishing	assembly, glueing

Tabella 1: Durate e operazioni direttamente precedenti per le 9 operazioni della linea.

Si vuole dimensionare una linea di trasferta, costituita da N stazioni in serie, senza buffer intermedi e che avanza in maniera sincrona, dedicata alla produzione di un complesso pezzo meccanico che deve subire complessivamente le 9 operazioni (indicate con nomi in inglese) elencate in Tab. 1.

Le singole operazioni hanno le durate T_i (in minuti) indicate in tabella, dove sono riportati anche i vincoli tecnologici di precedenza esistenti tra le stesse. La linea deve soddisfare un tasso di produzione di almeno 100 pezzi completati in 15h.

Si costruisca il grafo delle precedenze tra le operazioni e si proceda a una assegnazione ammissibile delle stesse alle stazioni, minimizzando il numero N di stazioni utilizzate. Determinare lo sbilanciamento medio della linea rispetto al carico massimo teorico (in durata e in percentuale) e i tempi morti di ogni stazione. Fornire quindi il tasso di produzione effettivo della soluzione trovata e il tempo di attraversamento a regime dell'intera linea.

Esercizio 3

Si consideri la rete di Petri ordinaria in Fig. 1.

- Determinare la matrice di incidenza della rete. Questa rete appartiene a una classe particolare? Se si, quale?
- Quanti sono gli stati raggiungibili della rete? La rete è viva? E' conservativa? E' reversibile?
- Calcolare tutti i P-invarianti e i T-invarianti.
- Cosa cambierebbe se si aggiungess un arco tra il posto p_2 e la transizione t_3?

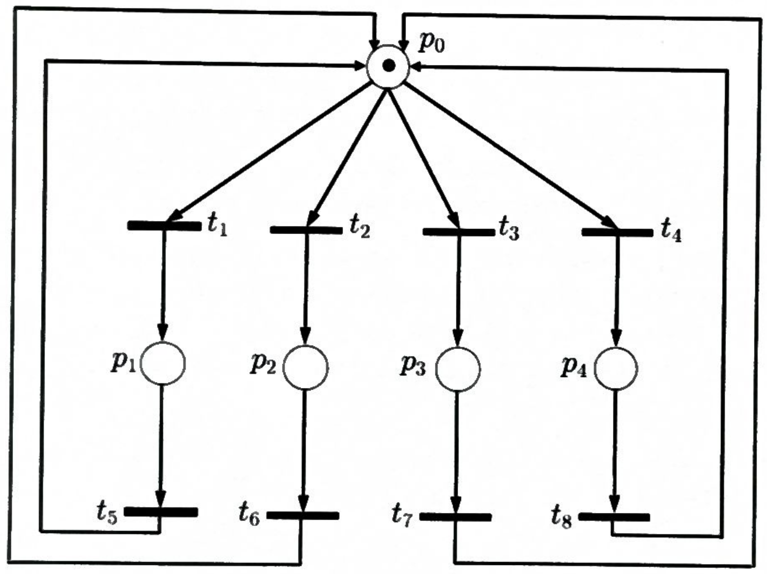


Figura 1: Una rete di Petri con 5 posti e 8 transizioni.

Esercizio 4

Una nastro trasportatore deve spostare a velocità costante v_d dei manufatti di massa differente e non nota sul piano orizzontale di fabbrica. Il nastro è comandato da un motore elettrico che impone, a valle del sistema di trasmissione, una forza di controllo f per la movimentazione del nastro. A questa si oppone una forza di attrito di tipo viscoso avente coefficiente anch'esso incognito. Quale tipo di regolatore va utilizzato per garantire la stabilità asintotica del sistema controllato con errore di velocità $e = v_d - v$ nullo a regime? Che effetto ha sulle prestazioni del sistema ad anello chiuso la presenza di manufatti trasportati di massa differente?

[3 ore; libri aperti]

$A_1\ (T = 5,\ C = 2)$
$A_2\ (T = 8,\ C = 3)$ HARD REAL-TIME
$A_3\ (T_{MIN} = 20,\ C_{MAX} = 4)$

$A_4\ (A(1) = 1,\ D(1) = 65,\ C(1) = 2)$ SOFT REAL-TIME

(1)

CALCOLO IL FATTORE DI UTILIZZAZIONE DEI TASK HARD R-T

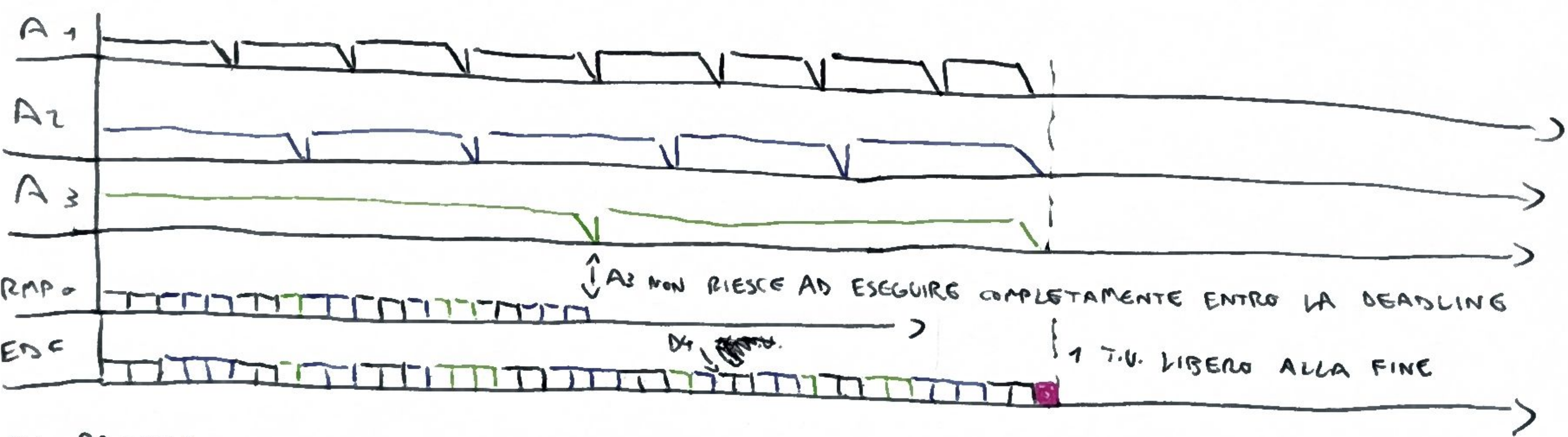
$$U = \sum_{i=1}^{3} \frac{C_i}{T_i} = \frac{39}{40} = 0{,}975$$

$U_{LSM}(RMPO) = 3\left(2^{1/3} - 1\right) \simeq 0{,}78$ CHE È MINORE DI U QUINDI LO SCHEDULING CON RMPO NON È GARANTITO

INOLTRE mcm (5, 8, 20) = 40, QUINDI DOPO 40 T.U. LO SCHEDULING SI RIPETE

OCCORRENZE: $A_1 = 8$, $A_2 = 5$, $A_3 = 2$, $A_{SRV} = 1$

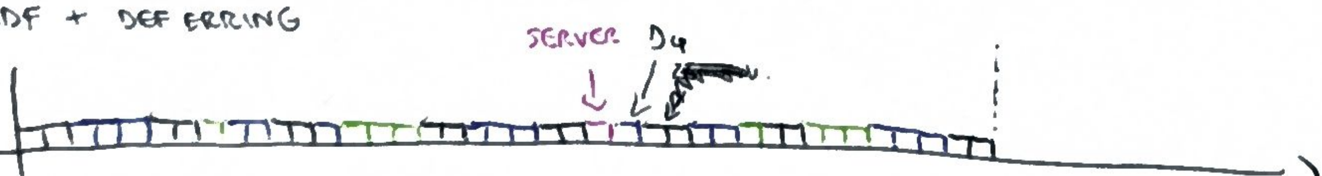
GIÀ DA $U\left(\frac{39}{40}\right)$ SI VEDE CHE AD OGNI RIPETIZIONE DI SCHEDULING C'È UN SOLO T.U. DISPONIBILE PER IL BACKGROUND



IN BACKGROUND NON PUÒ FUNZIONARE DATO CHE LA DEADLINE DI A4 ARRIVA A 25 T.U. DELLA RIPETIZIONE DI SCHEDULING SUCCESSIVA CHE NON GLI PERMETTE DI ARRIVARE AL T.U. LIBERO ALLA FINE

AGGIUNGENDO A_{SRV} ARRIVO A $U = 1$ QUINDI CON EDF POSSO SCHEDULARE

EDF + DEFERRING



IN QUESTO MODO RIESCO AD ESEGUIRE A4, INVECE CON POLLING SERVER NO DATO CHE LA PRIMA ISTANZA DI A_{SRV} ARRIVA PRIMA DI A4 ED AVRÀ QUINDI $C_{SRV}(1)$ PARI A 0 E NELLA RIPETIZIONE RIUSCIRÀ SOLO AD ESEGUIRE PER UN T.U.

- UN PROCESSORE È COMPLETAMENTE UTILIZZATO SE: LA SCHEDULAZIONE È FATTIBILE E L'AUMENTO DI UN C_i NON RENDEREBBE LA SCHEDULAZIONE FATTIBILE, PER ESEMPIO EDF + DEFERRING USA COMPLETAMENTE IL PROCESSORE

GRAFO DELLE PRECEDENZE

$$TASSO\_PRODUZIONE = \frac{100}{15} \frac{PEZZI}{H} = 0,\bar{1} \ PEZZI/MIN$$

$$T_{TOTALE} = \sum_{i=1}^{9} T_i = 47 \ MIN$$

$$MAX\_CARICO\_TEORICO \ (CMT) = \frac{1}{TASSO\_PROD} = 9 \ MIN/PEZZO$$

$$NUM\_MINIMO\_MACCHINE = \frac{T_{TOTALE}}{CMT} = 6$$

PASSO A CALCOLARE I PW PER OGNI OPERAZIONE

	SETUP	DRILLING	MILLING	INT_POLISH	SANDING	EXT_POLISH	ASSEMBLY	GLUEING	CLEAN
PW	86	46	30	29	17	8	14	11	8

LI ORDINO PER PW E LI DIVIDO IN STAZIONI

	SETUP	DRILLING	MILLING	INT_POLISH	SANDING	ASSEMBLY	GLUEING	CLEAN	EXT_POLISH
T_i	8	2	5	4	3	6	3	8	8

1 2 3 4 5 6

IL CARICO EFFETTIVO (CE) CORRISPONDE A CMT QUINDI IL TASSO DI PRODUZIONE VIENE RISPETTATO

LO SBILANCIAMENTO È PARI ALLA SOMMA DEI TEMPI MORTI (RISPETTO AL CARICO EFFETTIVO) DIVISO IL NUMERO DI MACCHINE $\Big\}$ QUINDI $\frac{1+2+2+0+1+1}{6} = \frac{7}{6} = 1,16$ MIN

IL TEMPO DI ATTRAVERSAMENTO È PARI A → NUM_MACCHINE · CARICO_EFFETTIVO = 6 · 9 = 54 MIN

$$O = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \qquad x_0 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

3

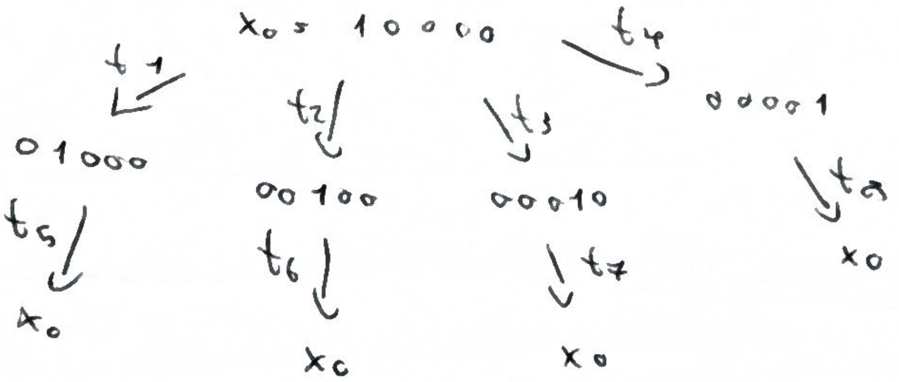
$$C = O - I = \begin{pmatrix} -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix}$$

$$I = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

QUESTA RETE È IN PARTICOLARE UNA MACCHINA A STATI DATO CHE OGNI TRANSIZIONE HA UN SOLO POSTO IN INGRESSO ED UN SOLO POSTO IN USCITA, HA LE SEGUENTI CARATTERISTICHE:

- È CONSERVATIVA
- È BINARIA -> x_0 HA UN SOLO TOKEN
- È VIVA -> ∃ UN TOKEN ED INOLTRE È FORTEMENTE CONNESSA

ALBERO DI RAGGIUNGIBILITÀ:



$$R(PN) = \left\{ \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \right\}$$

LA RETE RISULTA REVERSIBILE DATO CHE PUÒ SCATTARE UNA SOLA TRANSIZIONE TRA t_1, t_2, t_3, t_4 INIZIALMENTE ED OGNUNA RIPORTA AD x_0

P-INVARIANTI

$$y^T C = 0^T \rightarrow \begin{cases} -y_1 + y_2 = 0 \\ -y_1 + y_3 = 0 \\ -y_1 + y_4 = 0 \\ -y_1 + y_5 = 0 \end{cases} \quad \text{CONTINUA} \quad \begin{cases} y_1 - y_2 = 0 \\ y_1 - y_3 = 0 \\ y_1 - y_4 = 0 \\ y_1 - y_5 = 0 \end{cases} \xrightarrow{\text{CHE PORTA A}} y_1 = y_2 = y_3 = y_4 = y_5$$

QUINDI $y = (\alpha\ \alpha\ \alpha\ \alpha\ \alpha)^T$

DA CUI $y_A = (1\ 1\ 1\ 1\ 1)^T$

CHE COPRE TUTTA LA RETE, QUINDI COME GIÀ VISTO LA RETE È CONSERVATIVA

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1 \leftarrow 1 = y_A^T x_0 = y_A^T x$

T-INVARIANTI

③

$$\eta C^T = 0^T \longrightarrow \begin{cases} -\eta_1 - \eta_2 - \eta_3 - \eta_4 + \eta_5 + \eta_6 + \eta_7 + \eta_8 = 0 \\ \eta_1 - \eta_5 = 0 \\ \eta_2 - \eta_6 = 0 \\ \eta_3 - \eta_7 = 0 \\ \eta_4 - \eta_8 = 0 \end{cases}$$

CHE MI PORTA AGLI INVARIANTI

$\eta_A = (1\,0\,0\,0\,1\,0\,0\,0)$

$\eta_B = (0\,1\,0\,0\,0\,1\,0\,0)$ CHE ASSOCIO A:

$\eta_C = (0\,0\,1\,0\,0\,0\,1\,0)$

$\eta_D = (0\,0\,0\,1\,0\,0\,0\,1)$

- t_1, t_5
- t_2, t_6
- t_3, t_7
- t_4, t_8

CHE SONO TUTTE SEQUENZE CHE MI PORTANO DA $x_0 \rightsquigarrow x_0$

AGGIUNGENDO $\underset{p_2}{\bigcirc} \xrightarrow{t_3} |$ NON PERMETTO ALLA TRANSIZIONE t_3 DI SCATTARE, DI CONSEGUENZA ANCHE t_7 NON SCATTERÀ MAI E p_3 NON RICEVERÀ MAI TOKEN. INOLTRE LA RETE NON SAREBBE PIÙ UNA MACCHINA A STATI