

Automazione

4 Aprile 2016

Esercizio 1

Si consideri un sistema di automazione in cui, a livello di coordinamento, sia necessario portare a termine tre tipi di task periodici inerenti i componenti trasportati da un nastro trasportatore

1. Ogni 7 t.u. viene eseguita una saldatura che impiega 2 t.u.
2. Ogni 4 t.u. viene eseguita una scansione che impiega 1 t.u.
3. Ogni 14 t.u. viene eseguita una foratura che impiega 3 t.u.

A questi task periodici si aggiunge un altro task di verifica di conformità dei componenti il quale deve intervenire con un intervallo minimo di 28 t.u. e durare al massimo 5 t.u. Per semplicità, si ipotizzi che i task periodici siano indipendenti l'uno dall'altro. Tutti i task periodici fin qui descritti devono essere gestiti con una modalità di scheduling *hard* real time.

Il sistema di automazione viene supervisionato da un tecnico il quale, attraverso un touch screen, può visualizzare una schermata di stato del sistema. In particolare, l'activation time della prima occorrenza di tale task aperiodico viene attivato all'istante $a_5(1) = 20$ t.u., ha un computation time pari a $C_5(1) = 4$ t.u. e una deadline relativa pari a $d_5(1) = 36$ t.u. Rispetto ai task precedenti, questo task deve essere servito con una modalità di scheduling *soft* real time.

- Verificare la condizione necessaria di schedulabilità.
- Verificare tutte le condizioni sufficienti per l'ammissibilità della soluzione del problema con algoritmo RMPO.
- Mostrare il risultato dello scheduling usando RMPO come algoritmo di task scheduling hard real time e un servizio in background con scheduling di tipo FIFO per i task soft real time.
- Determinare se il task soft real time viene eseguito entro o oltre la deadline.

[continua con il secondo esercizio]

Esercizio 2

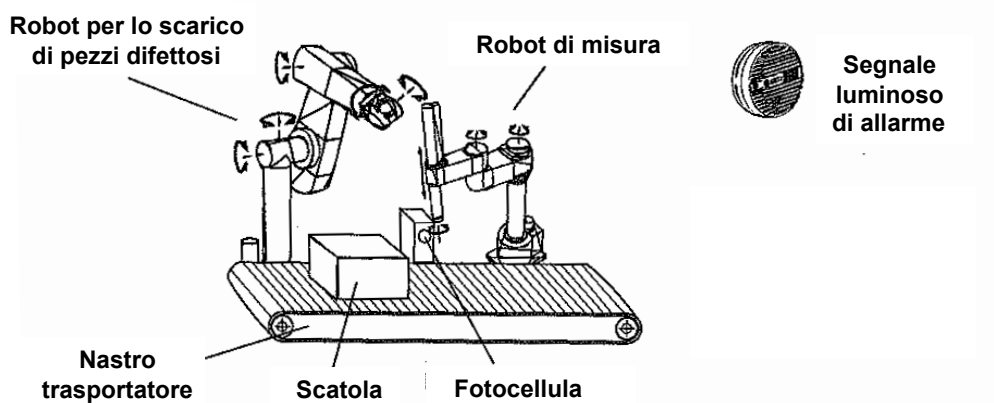


Figura 1: Una cella robotizzata di misura e controllo di qualità

La cella robotizzata in Fig. 1 è utilizzata per effettuare un controllo di qualità sui pezzi prodotti (in questo caso, delle scatole) mediante uno strumento di misura montato sull'organo terminale di un robot.

La fotocellula segnala la presenza di un pezzo sul nastro, che si arresta di conseguenza permettendo al robot di misura di ispezionare il pezzo. Una volta effettuate le necessarie misurazioni, se il pezzo prodotto soddisfa ai criteri di qualità, il nastro riprende a muoversi fino all'arrivo del prossimo pezzo prodotto. In caso contrario, un secondo robot rimuove il pezzo difettoso e successivamente il nastro riprende a muoversi. Nella cella è presente anche un segnale luminoso di allarme, che può avere tre stati: spento, quando il nastro è fermo; acceso, quando il nastro è in movimento; lampeggiante, quando il robot per lo scarico è in movimento.

Modellare il funzionamento della cella come sistema dinamico ad eventi, utilizzando due possibili formalismi alternativi:

1. una rete generalizzata di Petri che, a partire da una opportuna marcatura iniziale, sia reversibile;
2. un automa a stati finiti.

Nota. Nel caso della generalizzazione della rete di Petri, si consideri l'eventuale uso di archi inibitori posti-transizioni e/o di transizioni con probabilità di scatto. Ad esempio, due transizioni abilitate e in conflitto aventi probabilità di scatto rispettivamente $\pi \in [0, 1]$ e $1 - \pi$ (complementari, ossia a somma unitaria) descrivono la possibilità di rilevare o meno difetti nel pezzo.

[150 minuti; libri aperti]

Soluzioni

4 Aprile 2016

Esercizio 1

La verifica della condizione necessaria di schedulabilità si effettua calcolando il fattore di utilizzazione dei task periodici hard real time:

$$U = \frac{2}{7} + \frac{1}{4} + \frac{3}{14} + \frac{5}{28} = \frac{8+7+6+5}{28} = \frac{26}{28} \simeq 0.93 < 1.$$

Verificata la condizione necessaria, controlliamo se è soddisfatta almeno una condizione sufficiente. Notiamo subito che $U > \ln 2$, quindi questa condizione sufficiente non è verificata. Inoltre

$$U_{lsm}(\text{RMPO}) = n \left(2^{1/n} - 1 \right) = 4 \left(2^{1/4} - 1 \right) \simeq 0.7568.$$

Dato che $U > U_{lsm}$, questa condizione sufficiente non è verificata. Infine si può notare che i quattro task non sono legati tra loro da relazioni armoniche. Pertanto nessuna condizione sufficiente è verificata.

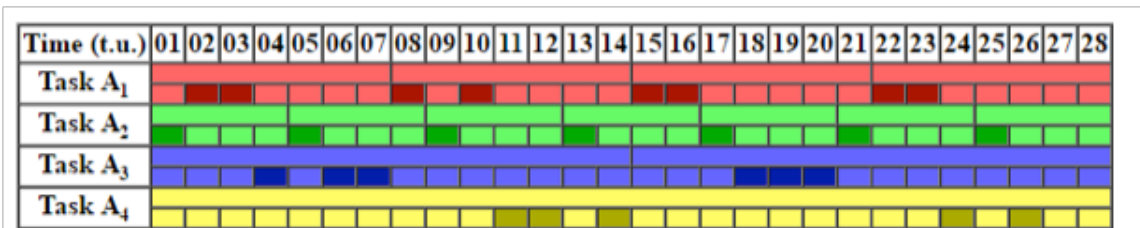


Figura 2: Scheduling dei task assegnati attraverso l'uso dell'algoritmo RMPO

La soluzione dello scheduling RMPO è mostrata in Fig. 2. Da questa si evince che i task hard real time possono essere gestiti dall'algoritmo RMPO. Inoltre, ricordando che la trama si ripete uguale a sé stessa ogni 28 t.u., rimangono 4 t.u. libere nei time slot 27, 28, 55 e 56. Pertanto il task aperiodico $A_5(1)$, che si attiva dopo 20 t.u. e rimane attivo fino alla t.u. 56, può essere portato a termine entro la deadline assoluta.

Esercizio 2

Si faccia dapprima riferimento alle tre reti di Petri elementari mostrate in Fig. 3. La rete di sinistra può essere utilizzata per descrivere lo stato di occupazione dei due robot e le transizioni legate alla qualità del pezzo sul nastro. La rete ha 3 posti e 4 transizioni con i seguenti significati:

- p_1 = i due robot di misura e di scarico sono liberi
- p_2 = il robot di misura è occupato (nel controllo di qualità) e il robot di scarico è libero
- p_3 = il robot di misura è libero e quello di scarico è occupato (rimozione di un pezzo difettoso)
- t_1 = la fotocellula segnala la presenza di un pezzo sul nastro nella zona di misura
- t_2 = il pezzo soddisfa ai requisiti di controllo di qualità (con probabilità $1 - \pi$)
- t_3 = il pezzo è riconosciuto come difettoso (con probabilità π , $0 < \pi \ll 1$)
- t_4 = il pezzo è rimosso dal nastro

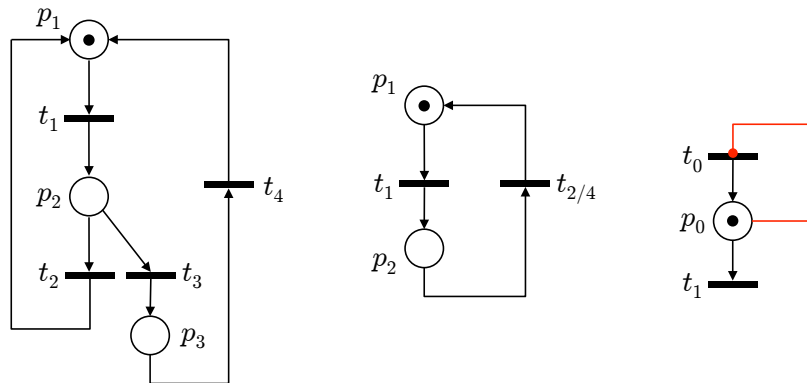


Figura 3: Reti di Petri elementari che modellizzano diversi aspetti fisici della cella in Fig. 1

E' immediato verificare che la stessa rete può essere utilizzata per descrivere l'evoluzione degli stati del segnale luminoso. Basta infatti interpretare posti e transizioni come segue:

- p_1 = segnale luminoso acceso
- p_2 = segnale luminoso spento
- p_3 = segnale luminoso lampeggiante
- t_1 = il segnale si spegne
- t_2 = il segnale si accende
- t_3 = il segnale inizia a lampeggiare
- t_4 = il segnale smette di lampeggiare e si accende con luce fissa

La fusione interpretativa delle due reti è quindi banale (i posti coincidono e le transizioni anche).

La seconda rete in Fig. 3 descrive invece lo stato di moto del nastro trasportatore:

- p_1 = il nastro trasportatore è in moto
- p_2 = il nastro trasportatore è fermo
- t_1 = il nastro trasportatore si ferma
- $t_{2|4}$ = il nastro trasportatore si rimette in moto

Volendo integrare anche questa informazione nella rete precedente, è sufficiente far coincidere i due posti p_1 (il nastro è in moto se e solo se il segnale luminoso è acceso) e associare il posto p_2 della seconda rete alla sequenza $p_2 \rightarrow t_3 \rightarrow p_3$ della prima (il nastro è fermo sia in fase di misura sia in fase di scarico). In modo analogo le due transizioni t_1 coincidono, mentre l'evento associato alla transizione $t_{2|4}$ della seconda rete è simultaneo agli eventi (mutuamente esclusivi) t_2 o t_4 della prima rete (il segnale luminoso diventa a luce fissa).

Infine la terza rete in Fig. 3 gestisce l'arrivo dei pezzi nella cella. L'interpretazione è la seguente:

- p_0 = un pezzo è sul nastro trasportatore in ingresso alla cella
- t_0 = un nuovo pezzo richiede l'ingresso alla cella
- t_1 = il pezzo sul nastro trasportatore va in misurazione

Non avendo precondizioni (posti regolari in ingresso), la transizione t_0 potrebbe scattare un numero arbitrario di volte (anche nel caso in cui fosse temporizzata con una distribuzione di probabilità degli arrivi). Verrebbero allora ad accumularsi token nel posto p_0 (mentre la cella svolge il suo ruolo di controllo di qualità su un pezzo alla volta), impedendo così la richiesta reversibilità della rete. La presenza dell'arco inibitore (in rosso) serve ad evitare tale situazione: non vengono accettati nuovi pezzi se c'è già un pezzo posto sul nastro in ingresso alla cella. Per integrare anche quest'ultima sottorete con le precedenti, basta verificare la sostanziale identità degli eventi associati alle transizioni t_1 in tutte le sottoreti.

La Fig. 4 mostra la rete di Petri risultante dall'aggregazione di quelle elementari. La marcatura iniziale indicata è reversibile. Le due transizioni t_2 e t_3 , se abilitate, sono sempre in conflitto effettivo. Questo conflitto viene risolto utilizzando per lo scatto effettivo le probabilità complementari π e $1 - \pi$ (anziché, come di norma, facendo scattare in modo random una delle due).

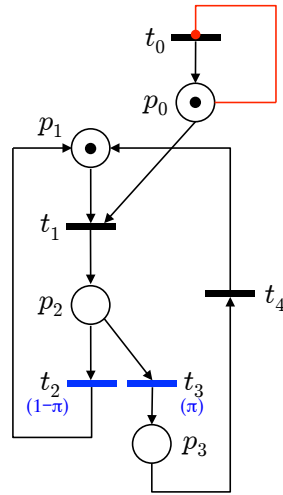


Figura 4: Rete di Petri che modella la cella robotizzata di controllo di qualità in Fig. 1

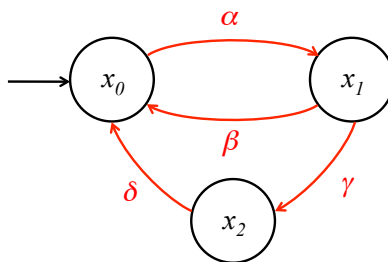


Figura 5: Automa che modella la cella robotizzata di controllo di qualità in Fig. 1

In maniera analoga, e con riferimento alla soluzione in Fig. 5, un automa che descrive il funzionamento della cella in modo compatto ha solo tre stati:

- x_0 = robot entrambi liberi, nastro in movimento, segnale accesso
- x_1 = robot di misura occupato, robot di scarico libero, nastro fermo, segnale spento
- x_2 = robot di misura libero, robot di scarico occupato, nastro fermo, segnale lampeggiante

La transizione tra stati avviene a seguito di quattro possibili eventi:

α = arriva un pezzo

β = il pezzo misurato passa il controllo di qualità

γ = il pezzo misurato non passa il controllo di qualità

δ = il robot di scarico termina la rimozione del pezzo difettoso dal nastro

Lo stato iniziale è indicato da una freccia (in nero). Si noti che in questo caso non è necessario specificare una probabilità sugli eventi β e γ .

* * * * *