COGNOME: NOME: MATRICOLA:

Il presente scritto è relativo a 5 cfu. Indicare se si dovranno verbalizzare:

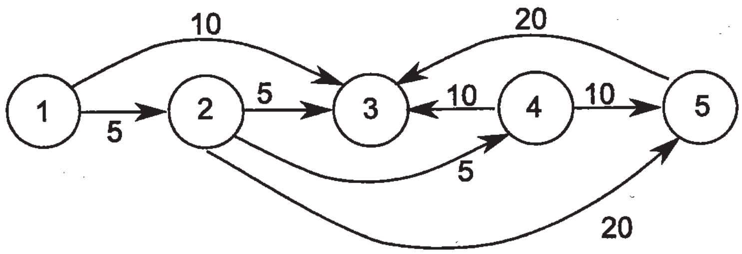
- ☐ 5 cfu di Automazione Manifatturiera
- ☐ 6 cfu di Automazione Manifatturiera
- ☐ 10 cfu di Robotica e Automazione
- ☐ 12 cfu di Automazione e Robotica con Laboratorio

N.B. Il presente foglio va consegnato unitamente al compito

1. Con riferimento al grafo indicato in figura che rappresenta una sequenza di macchine e i relativi flussi di pezzi prodotti:

   a) Determinare se la sequenza ottenuta applicando Hollier è diversa da quella riportata in figura [7pt]

   b) Valutare se in questo caso la sequenza ottenuta con il metodo di Hollier è ottima in termini di minimizzazione del flusso inverso di pezzi giustificando la risposta [3pt]



2. Si consideri un sistema di produzione push costituito da una macchina che produce 3 tipi di parti, richiesti con tassi $d_i = 3$ pezzi/ora ($i = 1, 2, 3$). Siano $\tau_i = 5$ minuti ($i = 1, 2, 3$) i tempi di lavorazione di ciascun tipo di parte. Sia infine $\delta = 10$ minuti il tempo di setup.

   a) Valutare se il sistema è stabilizzabile, calcolare il Lower Bound sul Work in Process (WIP) medio a regime di una politica CLW e la sua frequenza media di setup a regime [2+3+2pt]

   b) Disegnare l'andamento nel tempo dei tre buffer che si ottiene applicando una politica CLW a partire dalle condizioni iniziali $x_0 = [0, 0, 0]$ per $t \in [0, 50]$ e supponendo che la macchina al tempo 0 debba ancora effettuare il setup [4pt]

   c) Con riferimento al punto precedente, calcolare il WIP medio nell'intervallo temporale [0, 50] della politica CLW considerata a partire dalle condizioni iniziali indicate e calcolare quindi anche la frequenza media di setup di tale politica nello stesso intervallo [4+2pt]

   d) Confrontare i valori del WIP medio e della frequenza media calcolati al punto (c) con i valori rispettivamente del Lower Bound e della frequenza teorica a regime calcolati al punto (a): perché i valori di WIP medio e frequenza media calcolati sulla traiettoria considerata sono rispettivamente minore e maggiore dei valori di LB e frequenza media a regime calcolati al punto (a)? [2pt]

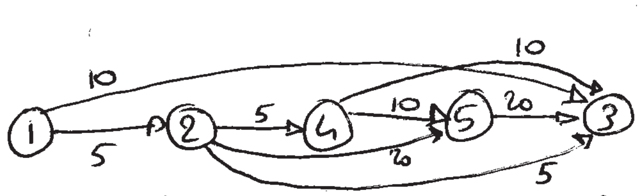
   e) Aggiungere una quarta parte caratterizzata da $\tau = 5$ minuti e $d = 4$ pezzi/ora. Se si applicasse ora la politica CLW, si riuscirebbe a mantenere i buffer limitati? Se $\bar{WIP}(T)$ e $\bar{f}(T)$ indicano rispettivamente il WIP medio e la frequenza media di setup su un intervallo di durata T corrispondenti alla suddetta politica CLW, a che valore tendono $\bar{WIP}(T)$ e $\bar{f}(T)$ per $T \to \infty$ in questo caso? [1+1pt]

Es. 1 a)

	1	2	3	4	5	from
1		5	10			15
2			5	5	20	30
3						∅
4			10		10	20
5			20			20
to	∅	5	45	5	30	

$\frac{\text{from}}{\text{to}} = \{\infty, 6, \emptyset, 4, 2/3\}$

Perciò l'ordine secondo Hollier è:



Tale sequenza risulta quindi diversa da quella riportata in figura.

b) Poiché nella sequenza secondo Hollier la percentuale di flussi all'indietro è nullo, tale sequenza è anche ottima. (in relazione al problema di minimizzare la percentuale di flussi all'indietro).

Es. 2 a) Si ha: $\rho = \sum_{i=1}^{\rho} d_i \tau_i = 3 \cdot 3 \cdot \frac{5}{60} = \frac{45}{60} < 1 \Rightarrow$ È stabilizzabile

• LB sul WIP di una CLW è dato dalla formula $LB = \frac{\delta \left(\sum_{j=1}^{\rho} \sqrt{\gamma_j \rho_j (1-\rho_j)} \right)^2}{2(1-\rho)}$

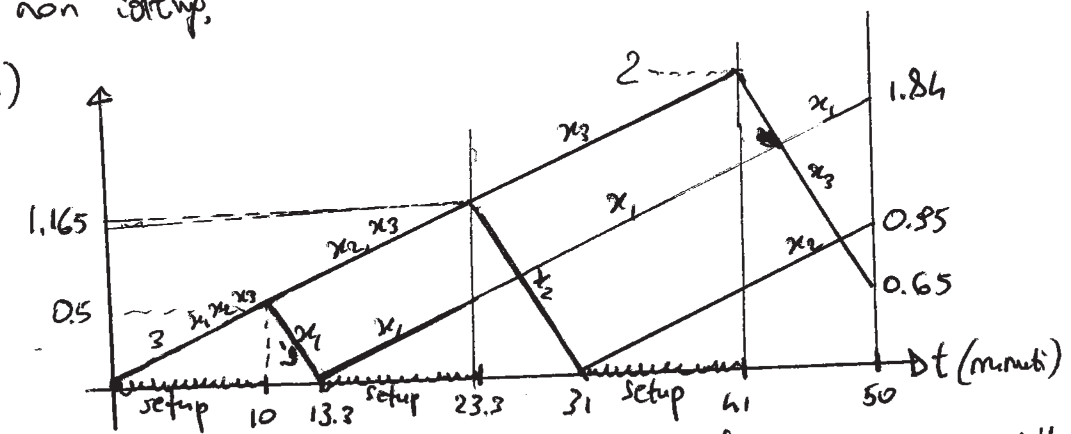
con $\gamma_j = 1/\tau_j$, $\rho_j = d_j \cdot \tau_j$. Sostituendo i valori si trova $LB = 6.75$ pezzi.

• La frequenza media di setup a regime di una CLW è

$$f = \frac{1-\rho}{\delta} = 1.5 \text{ setup/ora}$$

N.B. Le formule sul LB e sulla frequenza a regime valgono per tutte le politiche stabili non idling e quindi anche per la CLW che, se $\rho<1$, è una politica stabile non idling.

b)



$d_i - \frac{60}{\tau_i} = 3 - \frac{60}{5} = -9$ pz/ora è la velocità con cui vengono vuotati i buffer.

La CLW sceglie, dopo aver vuotato un buffer, quello con prodotto $\tau_i x_i$ maggiore. Poiché i τ_i sono uguali e anche i livelli x_i di tutte o alcune delle parti sono uguali, la scelta non è sempre univoca in (0,60).

c) $\overline{WIP}(0,50) = \frac{1}{50} \int_0^{50} \sum_{i=1}^{3} x_i(t)\, dt = 2.34$ (come è facile calcolare essendo l'integrale l'area di figure geometriche triangolari o trapezoidali).

$\overline{f}(0,50) = \frac{3}{50}$ (3 setup in 50 minuti) Quindi $\overline{f}(50) = 3.6$ setup/ora.

d) Effettivamente:

• $\overline{WIP}(50) = 2.34 < 6.75 = LB$. Questo perché il sistema non è a regime e quindi, poiché è partito da buffer vuoti, il suo WIP medio sarà minore di quello a regime.

• $\overline{f}(50) = 3.6 > 1.5 = f_{regime}$. Essendo i buffer piccoli all'inizio, i setup sono più frequenti di quando, a regime, il loro contenuto si sarà stabilizzato su un livello maggiore.

e) In questo caso $\rho = \frac{45}{60} + \frac{4 \cdot 5}{60} = \frac{65}{60} > 1 \Rightarrow$ Nessuna politica può mantenere i buffer limitati.

Poiché i buffer $\longrightarrow \infty$, si ha:

$\overline{WIP}(t) \xrightarrow{t \to \infty} \infty$ e $\overline{f}(t) \xrightarrow{t \to \infty} 0$ in quanto il tempo di svuotamento di un buffer che tende all'∞ diviene infinito e i setup divengono sempre meno frequenti.