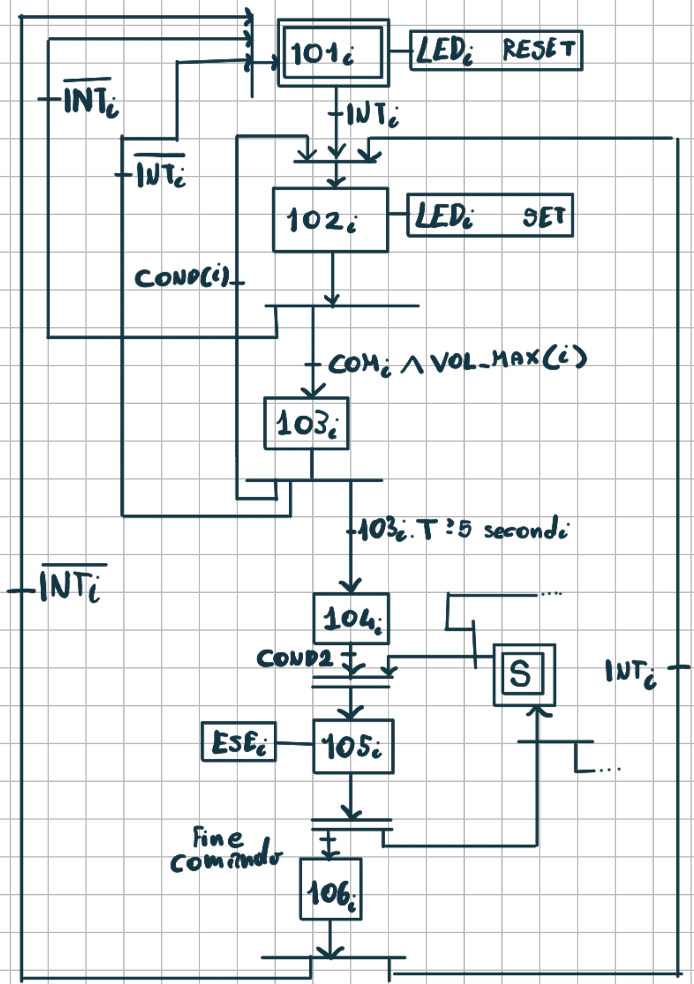
Es 1)



$COND(i) = \overline{COM_i} \vee \overline{VOL\_MAX(i)}$

$VOL\_MAX(i) = \forall j \neq i \left[(VOL_i > VOL_j) \vee (VOL_i = VOL_j \wedge i < j) \right]$

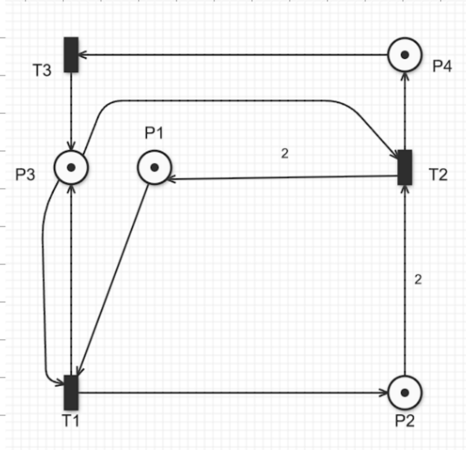
$COND2 = \forall j \neq i \quad i < j$

102$_i$: connesso
103$_i$: in ascolto di un comando
104$_i$: in procinto di eseguire
105$_i$: eseguendo
106$_i$: Fine esecuzione.

Es 2) La matrice di incidenza e':

$$C = O - I = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & 2 & 0 \\ 1 & -2 & 0 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \end{pmatrix}$$

La rete di Petri e' la seguente:



Ha il seguente albero di copertura:

$(1111) \xrightarrow{t_3} (1120) \xrightarrow{t_1} (0220)$ VISTO

$(1111) \xrightarrow{t_1} (0211) \xrightarrow{t_3} (0220) \xrightarrow{t_2} (2011)$ VISTO

$(0211) \xrightarrow{t_2} (2002) \xrightarrow{t_3} (2011) \xrightarrow{t_1} (1111)$ VISTO

$(2011) \xrightarrow{t_3} (2020) \xrightarrow{t_1} (1120)$ VISTO

dall'albero si può osservare che la rete è limitata, viva e reversibile, queste ultime due caratteristiche derivano dal fatto che l'albero di copertura presenta tutte le transizioni, e se trasformato in un grafo questo risulta essere fortemente connesso. Ovviamente, essendo viva, la rete è priva di deadlock.

Per i P-invarianti studio $Ker(C^T)$:

$$\begin{cases} -\gamma_1 + \gamma_2 = 0 \\ 2\gamma_1 - 2\gamma_2 - \gamma_3 + \gamma_4 = 0 \\ \gamma_3 - \gamma_4 = 0 \end{cases} \Rightarrow Ker(C^T) = \left\{ \begin{bmatrix} a \\ a \\ b \\ b \end{bmatrix} ; a, b \in \mathbb{R} \right\} \Rightarrow \text{i P-invarianti sono: } \gamma_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \gamma_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$\Rightarrow$ La conservatività della rete e' descritta dalle eq. di invarianza:

$$x \cdot \gamma_1^T = x(P_1) + x(P_2) = x_0 \cdot \gamma_1^T = [1\ 1\ 1\ 1] \cdot [1\ 1\ 0\ 0]^T = 2$$

$$x \cdot \gamma_2^T = x(P_3) + x(P_4) = x_0 \cdot \gamma_2^T = [1\ 1\ 1\ 1] \cdot [0\ 0\ 1\ 1]^T = 2$$

$\Rightarrow$ Sui posti p_1 e p_2 il numero di token e' 2 e si conserva.
Sui posti p_3 e p_4 il numero di token e' 2 e si conserva.

L'insieme delle marcature che soddisfa le eq. e':

$$I_\gamma(PN) = \left\{ (a, b, c, d)^T ;\ a, b, c, d \in \mathbb{N} \wedge a + b = 2 \wedge c + d = 2 \right\}$$

L'insieme $R(PN)$ e' strettamente contenuto in $I_\gamma(PN)$, ad esempio $(1\ 1\ 0\ 2)^T \in I_\gamma(PN) \setminus R(PN)$. Ora studio $Ker(C)$

$$\begin{cases} -\eta_1 + 2\eta_2 = 0 \\ \eta_1 - 2\eta_2 = 0 \\ -\eta_2 + \eta_3 = 0 \\ \eta_2 - \eta_3 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \eta_1 = 2\eta_2 \\ \eta_2 = \eta_3 \end{cases} \Rightarrow Ker(C) = \left\{ \begin{bmatrix} 2a \\ a \\ a \end{bmatrix} a \in \mathbb{R} \right\}$$ il T-inv. e' $\eta = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$. Sequenze ammissibili sono: $t_1 \to t_2 \to t_3 \to t_1$ e $t_1 \to t_3 \to t_2 \to t_1$

Es 3) La trasmittanza del sistema e': $P(s) = \frac{1}{s^2 - s} = \frac{1}{s(s-1)}$

$PID = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s \Rightarrow PID(s)P(s) = \frac{K_P s + K_I + K_D s^2}{s^2(s-1)}$

Routh-Hurwitz Table

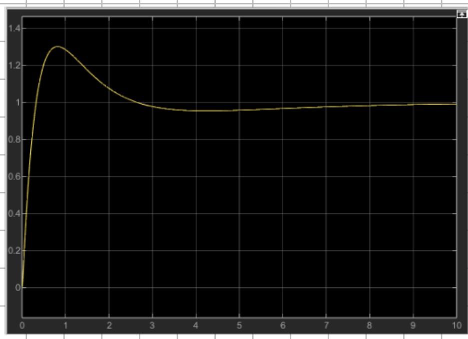
s^3	1	K_P
s^2	$K_D - 1$	K_I
s	$\frac{-K_I + K_P(K_D-1)}{K_D - 1}$	0
1	K_I	0

$$W(s) = \frac{K_P s + K_I + K_D s^2}{s^2(s-1) + K_P s + K_I + K_D s^2} = \frac{K_P s + K_I + K_D s^2}{s^3 + s^2(K_D - 1) + K_P s + K_I}$$

È necessario che $K_D > 1$, $K_I > 0$ e $K_P > \frac{K_I}{K_D - 1}$

Scelgo $K_P = 4$ $K_I = 1$ $K_D = 5$

$$W(s) = \frac{5s^2 + 4s + 1}{s^3 + 4s^2 + 4s + 1}$$



A destra la risposta indiciale:

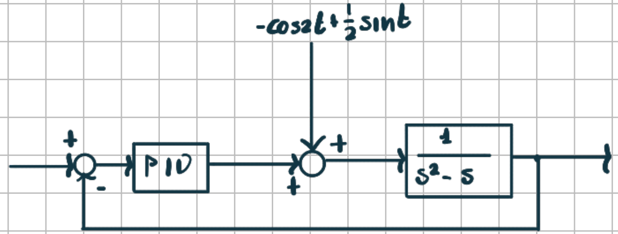
Scrivo ora l'espressione dell'errore con ingresso la rampa:

$$e_\infty = \lim_{s \to 0} s \cdot \left(\frac{1}{s^2} - \frac{1}{s^2}W(s)\right) = \lim_{s \to 0} \frac{1}{s}(1 - W(s)) = 0.$$ l'errore a regime e' nullo.

Per riprodurre il segnale $0.25\cos 2t - 1$ serve invertire la dinamica del sistema: $\ddot{y}_d - \dot{y}_d = u \Rightarrow -\cos 2t + \frac{1}{2}\sin 2t = u$

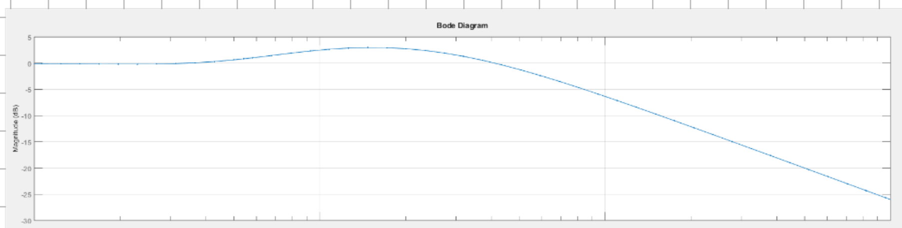
Le condizioni iniziali del sistema devono essere

$\dot{y}(0) = -\frac{1}{2}\sin(0) = 0$ $\ddot{y} = -\cos(0) = -1$



Voglio discretizzare il regolatore, e' necessaria una frequenza di campionamento almeno doppia di quella massima alla quale il sistema puo' rispondere.

Considero quindi la frequenza di taglio di $W(s)$, dato il Bode plot:



La freq. di taglio sembra essere circa 5.5/6. Scelgo un passo di campionamento $T_c = \frac{1}{13}$

Scrivo le espressioni discrete:

$u_K = 4e_K + u_{i,K} + \frac{5}{13}(e_K - e_{K-1}) + \frac{1}{2}\sin\left(\frac{K}{13}\right) - \cos\left(\frac{2K}{13}\right)$ con $e_K = e\left(\frac{K}{13}\right)$ $K \in \mathbb{N}$

$u_{i,K} = u_{i,K-1} + \frac{1}{13}e_K$ Accumulo integrale $= y_{rif}\left(\frac{K}{13}\right) - y_m\left(\frac{K}{13}\right)$

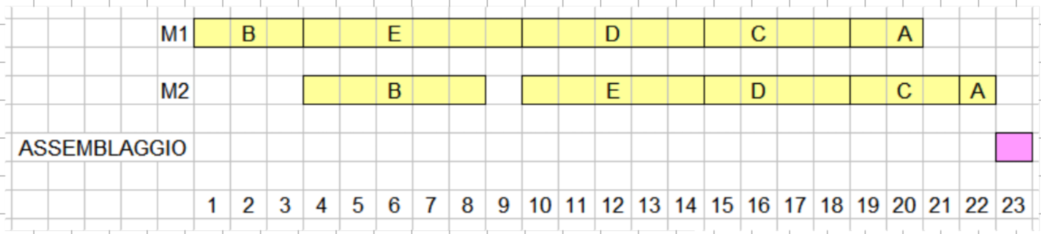
Es 4) Per le prime 2 lavorazioni uso l'algoritmo di Johnson:

	A	B	C	D	E
M1	2	3	4	5	6
M2	1	5	3	4	5

$\Rightarrow$ $S_1 = \{B\}$ veloci su M1

$S_2 = \{A, C, D, E\}$ veloci su M2

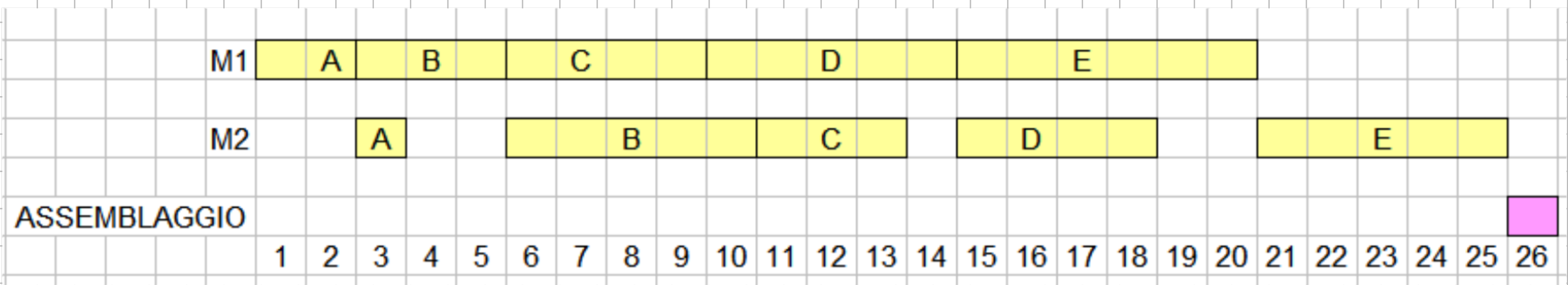
$\Rightarrow$ Sequenza: B, E, D, C, A



Tempo minimo di produzione: 23 ore

Se l'altoforno forgia in ordine crescente la sequenza e'

A, B, C, D, E



In questo caso il tempo è di 26 ore