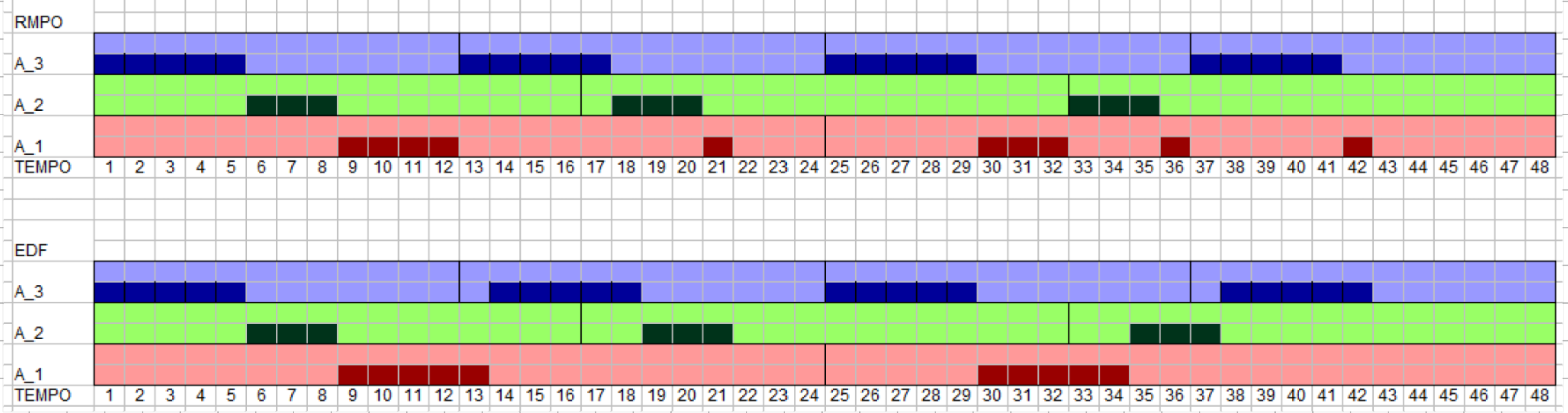
Es 1) L'insieme dei task periodici e':

	T_i	C_i
A1	24	5
A2	16	3
A3	12	5

il coefficiente di utilizzazione e' $U = \frac{5}{24} + \frac{3}{16} + \frac{5}{12} = \frac{10+9+20}{48} = \frac{39}{48} = 0.8125 < 1 \Rightarrow$ sussiste la condizione di schedulabilita'. Pero' nessuna condizione sufficiente per RMPO e' soddisfatta.

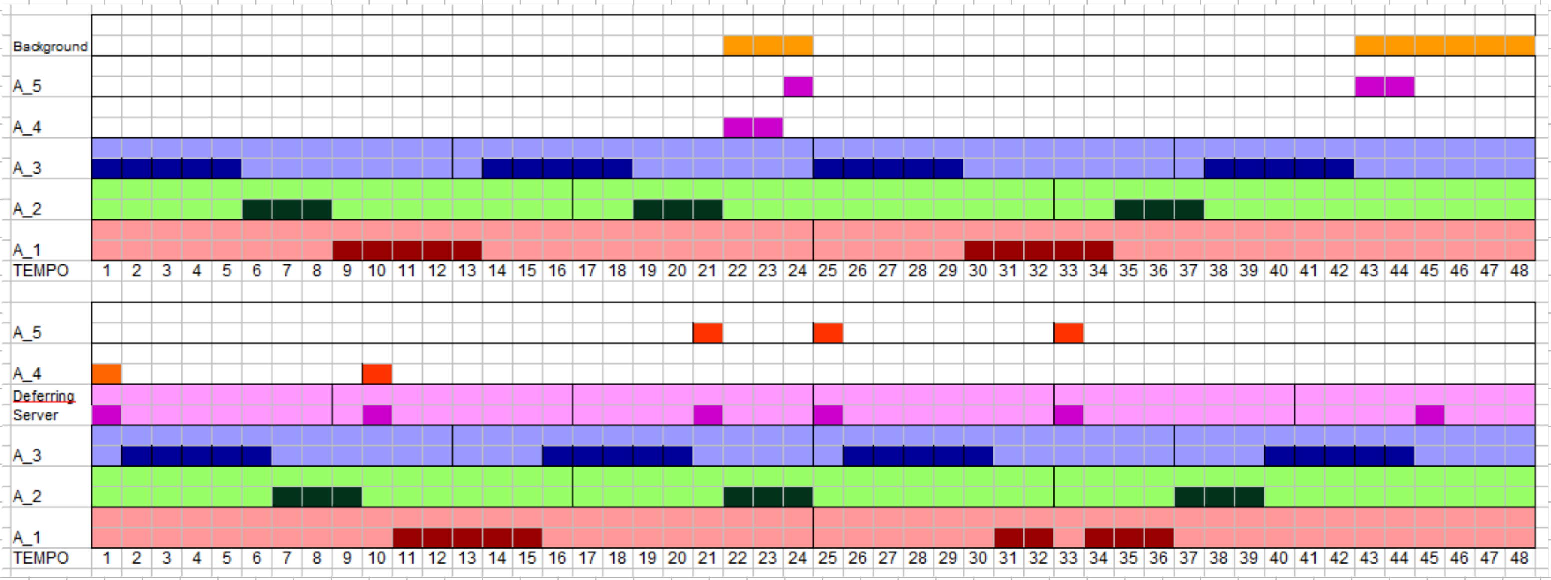
- $U > 3(2^{1/3}-1) > \ln(2)$
- non ci sono relazioni armoniche

Eseguo lo scheduling con RMPO ed EDF:



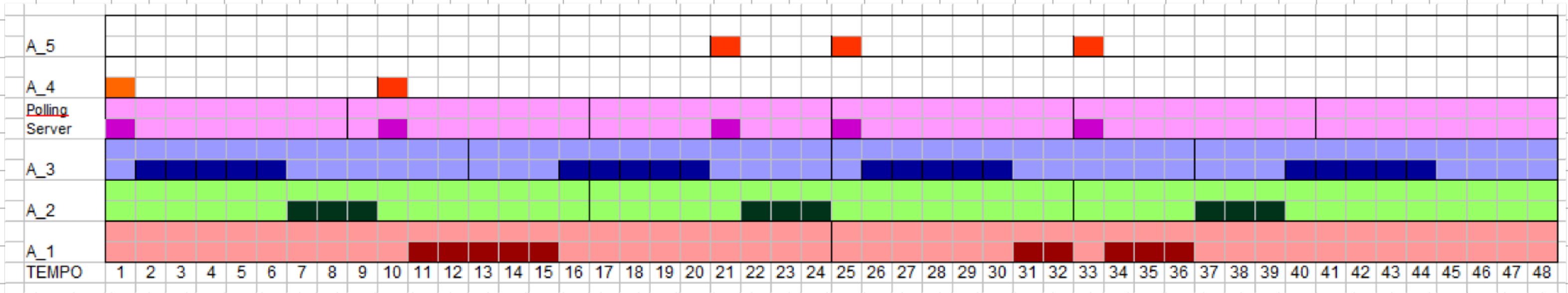
Entrambi risolvono l'insieme di task. Scelgo di utilizzare EDF, essendo che nessuna istanza di nessun task termina esattamente nella sua deadline, un aumento di ogni computation time (piccolo a piacere) non renderebbe inammissibile lo scheduling $\Rightarrow$ il processore non e' completamente utilizzato.

Ora schedulo i task aperiodici con background e deferring server:



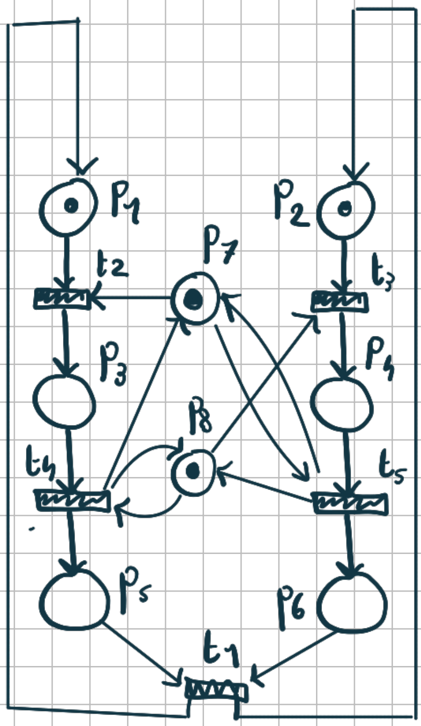
Con il servizio in background nessun task aperiodico rispetta la deadline. Con Deferring server entrambi la rispettano. Con il polling server, essendo che $C_{SRV} = 1$ e' sempre minore dei C_i dei task, ed essendo che nelle prime

5 istanze del task ci saranno sempre task in coda, la trama risulta uguale al deferring server (escluso l'istante $t=45$)



- $t=1$, A_4 in coda
- $t=9$, A_4, A_5 in coda
- $t=17$, A_5 in coda
- $t=25$, A_5 in coda
- $t=33$, A_5 in coda
- $t=41$ nessuno

Es 2)

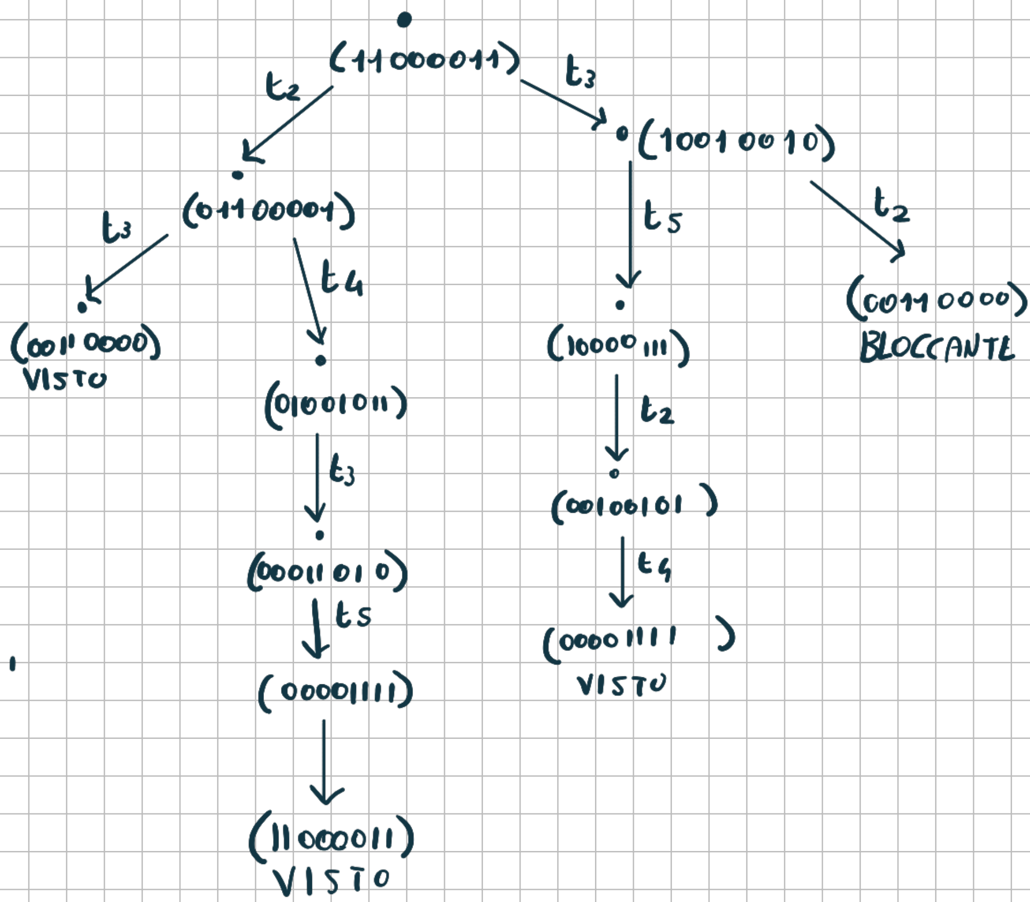


p_7 : risorsa R1
p_8 : risorsa R2

P_1, P_3, P_5 : prima ricetta

P_2, P_4, P_6 : seconda ricetta

Si ha il seguente albero di raggiungibilità:



La rete è limitata, ma non è né viva né reversibile in quanto è bloccante, per via dello stato $x = (00110000)^T$.

Calcolo ora gli invarianti studiando $Ker(C)$ e $Ker(C^T)$

$$C = \begin{vmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{vmatrix} \qquad C^T = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

La matrice C è banale, è immediato che il nucleo è:

$$Ker(C) = \{ (x \; x \; x \; x \; x)^T ; \; x \in \mathbb{R} \}$$

Quindi il T-invariante è:

$\eta = (1\;1\;1\;1\;1)^T$. Studio ora $Ker(C^T)$

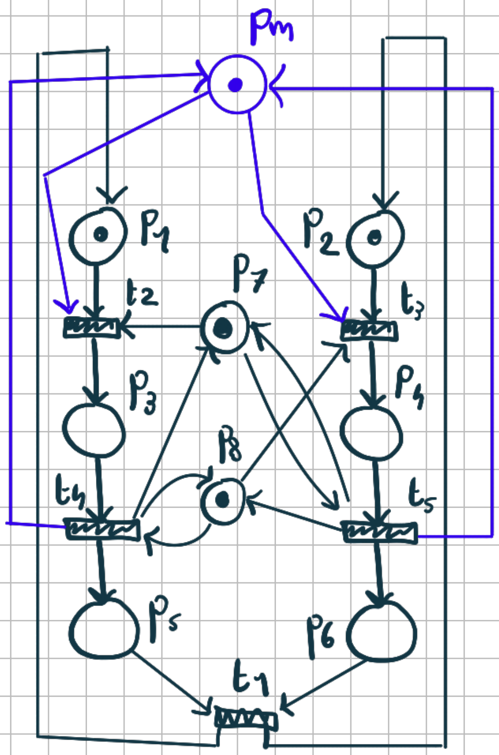
$$\begin{cases} \gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_5 - \gamma_6 = 0 \\ -\gamma_1 + \gamma_3 - \gamma_7 = 0 \\ -\gamma_2 + \gamma_4 - \gamma_8 = 0 \\ -\gamma_3 + \gamma_5 + \gamma_7 = 0 \\ -\gamma_4 + \gamma_6 + \gamma_8 = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} \gamma_1 = \gamma_5 \\ \gamma_7 = \gamma_3 - \gamma_5 \\ \gamma_4 = \gamma_6 + \gamma_8 \\ \\ \gamma_2 = \gamma_6 \end{cases} \Rightarrow Ker(C^T) = \{ (a, b, c, b+d, a, b, c-b, d)^T \quad a, b, c, d \in \mathbb{R} \}$$

Dal nucleo si conclude che i P-invarianti sono:

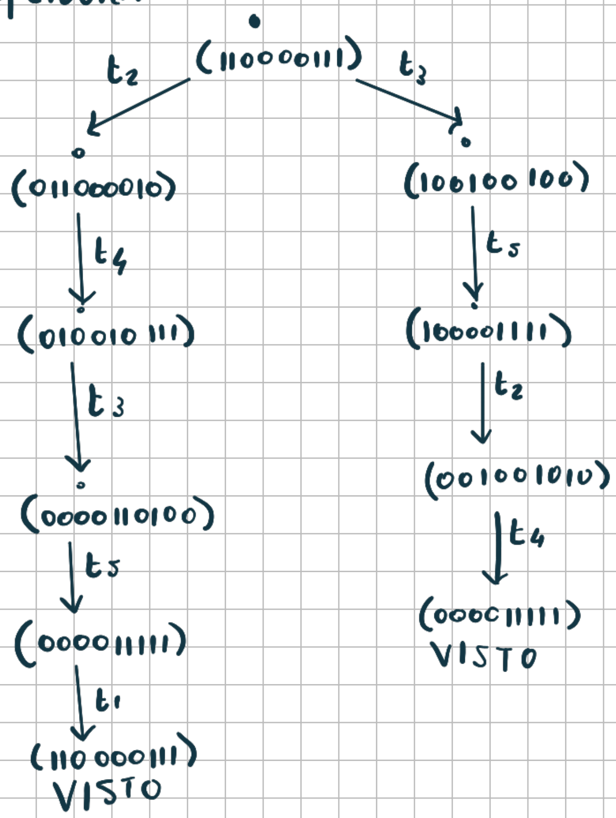
- $(00100010)^T$
- $(10101000)^T$
- $(00010001)^T$
- $(01010100)^T$

Si noti come l'unione dei supporti sia l'insieme dei posti (infatti la rete e' limitata).

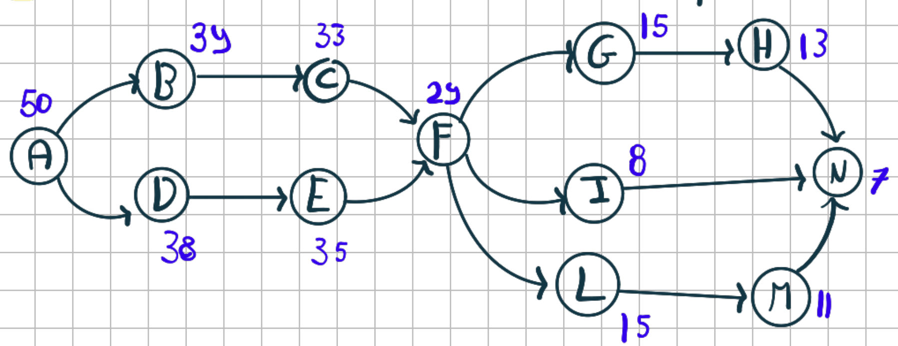
Progetto ora un supervisore che imponga che le ricette siano in sequenza SENZA conflitti sulle risorse:



In questo modo la rete e' viva e reversibile, come mostra l'albero di copertura:



Es 3) Costruisco il grafo delle precedenze:



Applico l'algoritmo RPWT Assegnando i pesi PW_i

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N
PW_i	50	39	33	38	35	29	15	13	8	15	11	7

L'ordine sarà: A, B, D, E, C, F, G, L, H, M, I, N

Il tasso di produzione è: $p = \frac{36}{6} \frac{pezzi}{h} = 6$ pezzi all'ora $= 0{,}1$ pezzi al minuto

Quindi il carico massimo teorico è $CMT = \frac{1}{p} = 10$ minuti al pezzo.

Eseguo l'assegnamento sulle macchine:

			Sbilanciamento
M1	(A,5)	(B,3)	2
M2	(D,3)	(E,6)	1
M3	(C,4)	(F,5)	1
M4	(G,2)	(L,4)	4
M5	(H,6)	(M,4)	0
M6	(I,1)	(N,7)	2

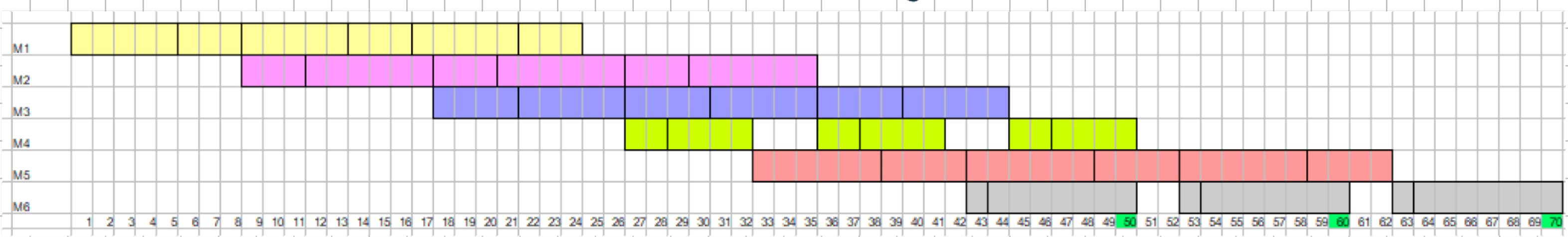
Il numero di macchine è 6 ed il numero minimo è: $\frac{T_{tot}}{CMT} = \frac{50}{10} = 5$

Sbilanciamento medio : $\frac{10}{6} \simeq 1.6667$

Ossia (in percentuale rispetto il CMT):

$= 0.16667 \simeq 16\ \%$

Fornisco il diagramma di Gantt:



Dal diagramma si evince che:

10 10

- Il tasso di produzione effettivo è un pezzo ogni 10 minuti:
- I tempi morti sono:
  - 3 minuti sulla stazione 4
  - 2 minuti sulla stazione 6
- Il tempo di attraversamento a regime è di 50 minuti

Es 4) L'equazione che descrive la dinamica del pendolo e':

$$\ddot{\gamma} + \frac{g}{l}\cdot\gamma = \frac{1}{ml^2}\cdot\tau$$

con γ = posizione angolare

La soluzione dell'equazione con $\tau = 0.4$ Nm e'

$0.04 + 0.04\cdot\sin(2t+\phi)$ con $0.04 + 0.04\sin(\phi) \Rightarrow \phi = \frac{3}{2}\pi$

$\Rightarrow$ La pulsazione $2\pi\cdot\frac{1}{2} = \sqrt{\frac{9.8}{l}} = \left(2\pi\frac{1}{2}\right)^2\frac{1}{9.8} = \frac{1}{l} \Rightarrow l = \frac{9.8}{\pi^2} \approx 0.99 \approx 1$

La funzione di trasferimento e':

$$P(s) = \frac{1}{ml^2 s^2 + \frac{g}{l}} = \frac{1}{ms^2 + 9.8}$$

$\Rightarrow$ tramite MATLAB a tentativi scopro che $m = 1$ Kg

$$\Rightarrow P(s) = \frac{1}{s^2 + 9.8}$$

Scelgo un PID $= \frac{K_P s + K_I + K_D s^2}{s}$

$$\Rightarrow PI(s)\cdot P(s) = \frac{K_P s + K_I + K_D s^2}{s^3 + 9.8 s}$$

ad anello chiuso ho:

$$W(s) = \frac{K_P s + K_I}{s^3 + (9.8 + K_P)s + K_I + K_D s^2}$$

criterio di Routh:

Routh-Hurwitz Table

s^3	1	$K_P + 9.8$
s^2	K_D	K_I
s	$K_P + 9.8 - \frac{K_I}{K_D}$	0
1	K_I	0

Stabile se $K_D < \frac{K_I}{9.8} + \frac{K_I}{K_P}$

$K_I > 0$

$K_P > 0$

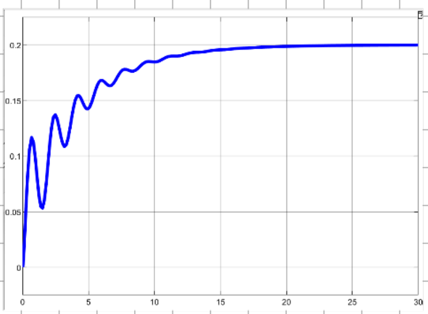
Scelgo

$K_P = 3$

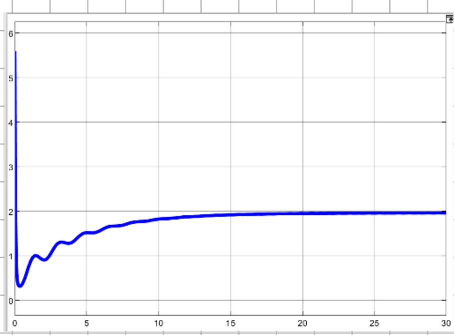
$K_I = 3$

$K_D = 1$ (derivata filtrata con $N = 25$)

La risposta al gradino $u = 0.2$ rad e'



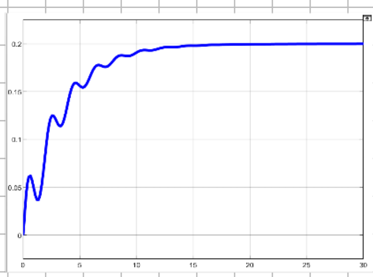
lo sforzo di controllo e':



Lo sforzo di controllo non e' eccessivo.

NOTA: Le azioni I e D sono necessarie.

Si può volendo usare un controllore senza azione P, ossia integrale e derivativo:



Risposta con

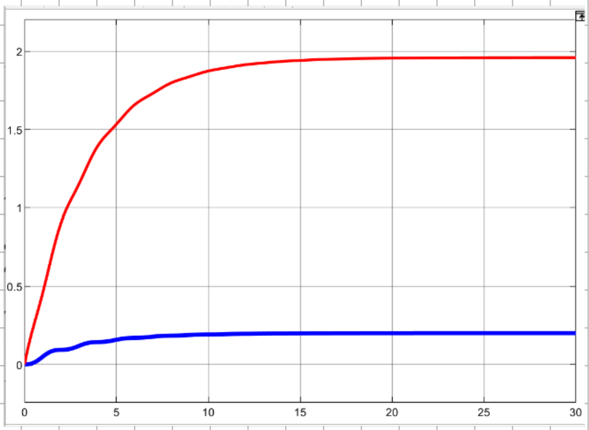
$K_P = 0$

$K_I = 3$

$K_D = 1$

Il miglior controllore e' ID= $\frac{3+s^2}{s} = \frac{K_I + K_D s^2}{s}$ implementato con derivata filtrata in banda (N=25).

Applicando l'azione D sull'uscita si ottiene:



Sforzo di controllo : Rosso

Uscita : BLU