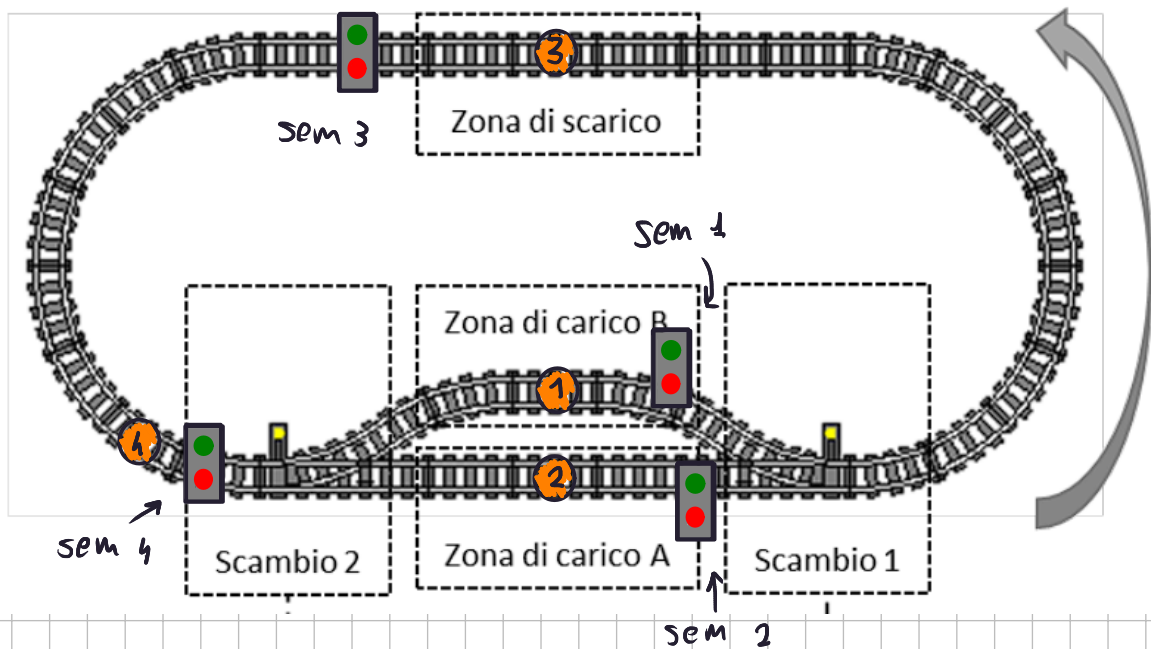
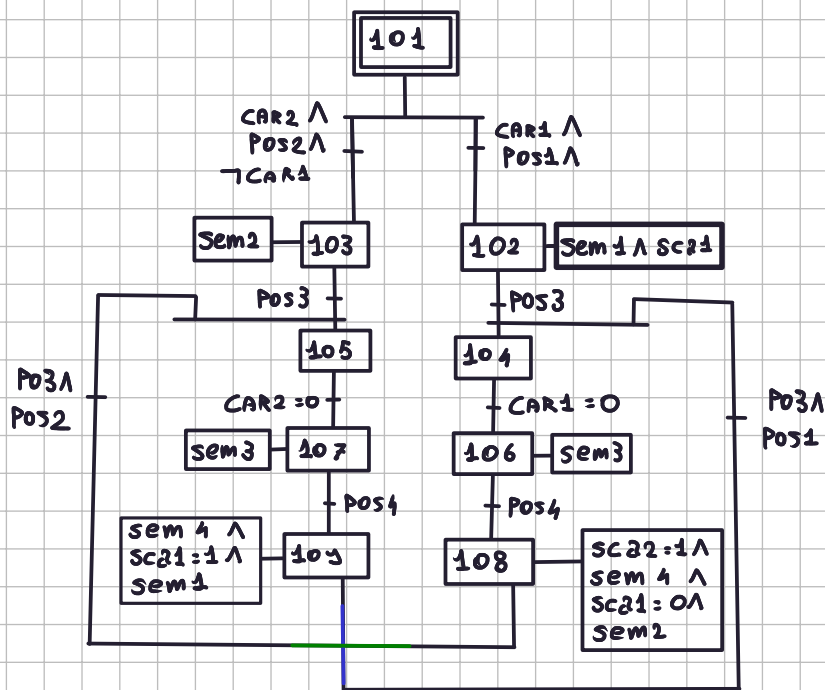


Es 1)



I treni avranno due semafori nelle zone di carico, uno in prossimità dello scambio 2 ed uno sull'uscita della zona di scarico. Ci saranno poi dei sensori come indicato in figura.  $\odot = \text{Pos } x$

CAR1 = carrello B CAR2 = carrello A



Es 2) Il tasso di produzione e'  $80 \frac{P_z}{d} = 3.34 \frac{P_z}{h} = 0.0557$  pezzi al minuto. Ho arrotondato per eccesso infatti  $0.0557 \cdot 1440 \approx 80.2$ . L'CMT e'  $\frac{1}{p} \approx 17.953 \approx 18$ , quindi ogni stazione dovrà operare <sup>min. in un giorno</sup> per AL PIU' 18 minuti.  $n = \frac{T_{tot}}{CMT} = \frac{54}{18} = 3$

Lavorazioni	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
PW <sub>i</sub>	36	25	41	23	28	18	20	12	8	3	2

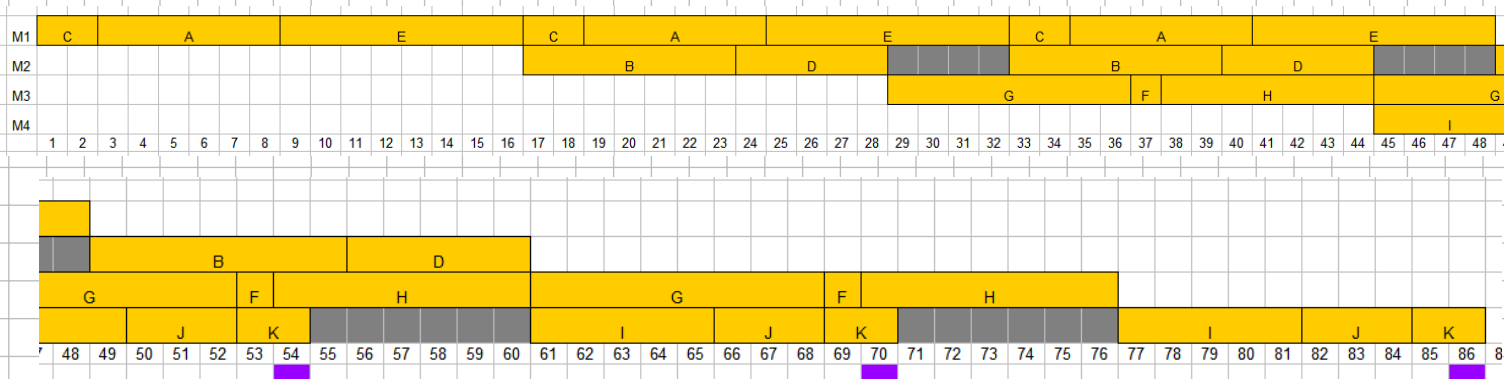
Seq: C, A, E, B, D, G, F, H, I, J, K

M1: (C,2), (A,6), (E,8) sbil: 2 sbil. medio = 4.5 = 25 %

M2: (B,7), (D,5) sbil: 6

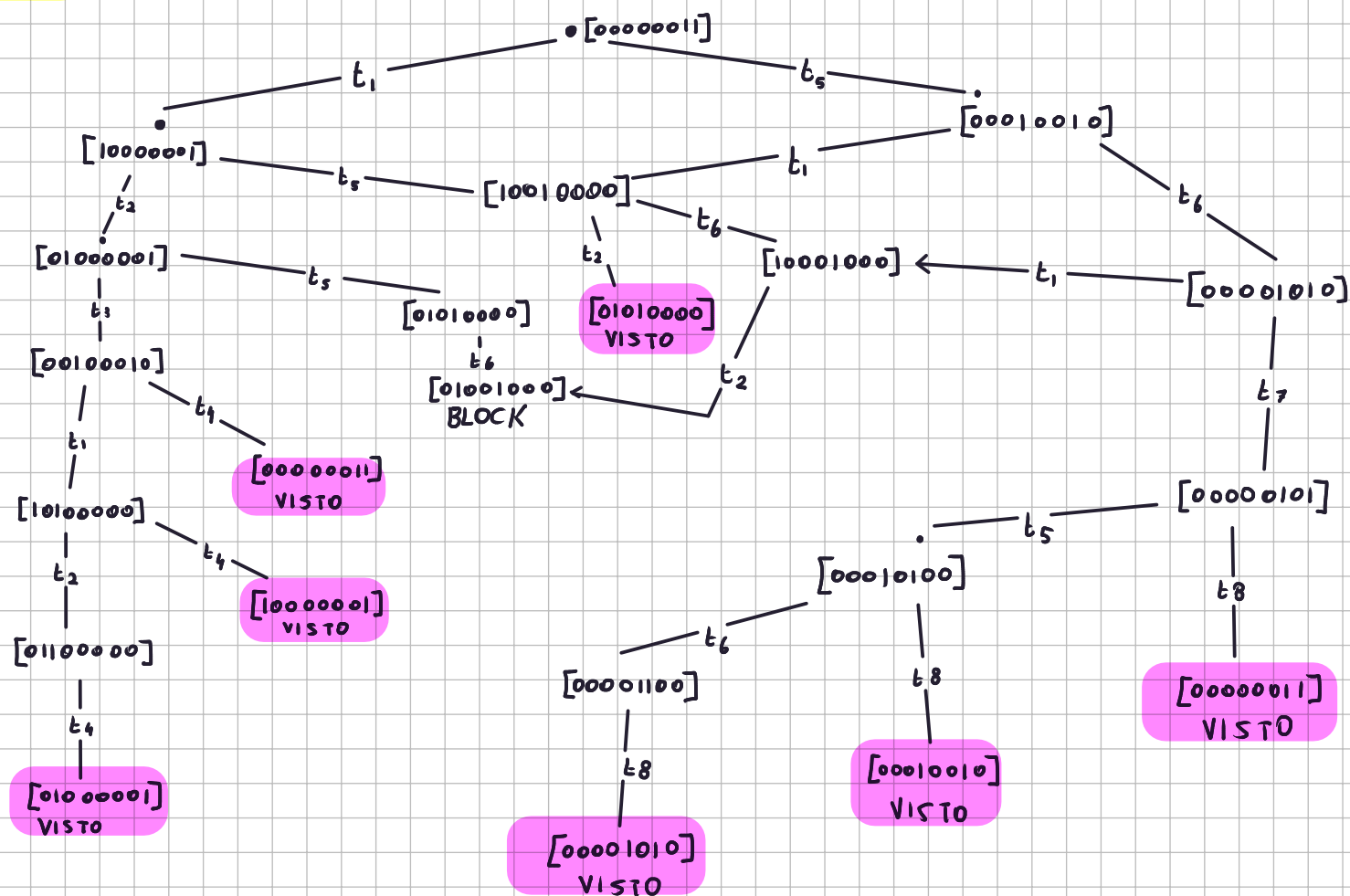
M3: (G,8), (F,1), (H,7) sbil: 2

M4: (I,5), (J,3), (K,2) sbil: 8



Si può notare dal grafico che la stazione 4 ha 6 minuti di tempi morti per pezzo e la stazione 3 ha 4 minuti morti. Il tasso di produzione a regime è di un pezzo ogni 16 minuti, in 24 h ci sono 1440 minuti, il numero di pezzi al giorno è quindi di  $\frac{1440}{16} = 90$ .

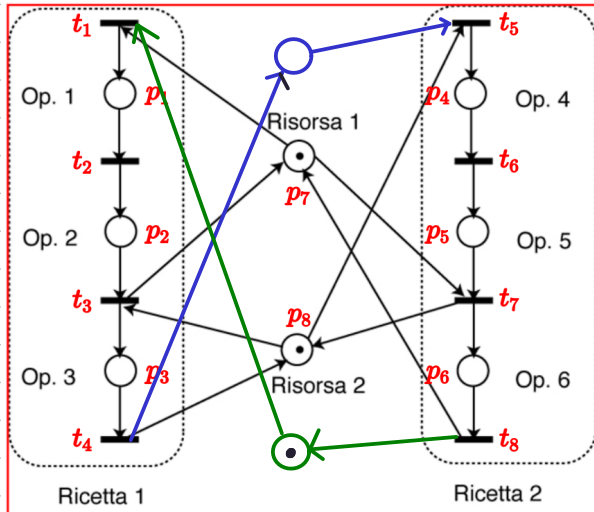
Es 3) Costruisco l'albero di raggiungibilità:



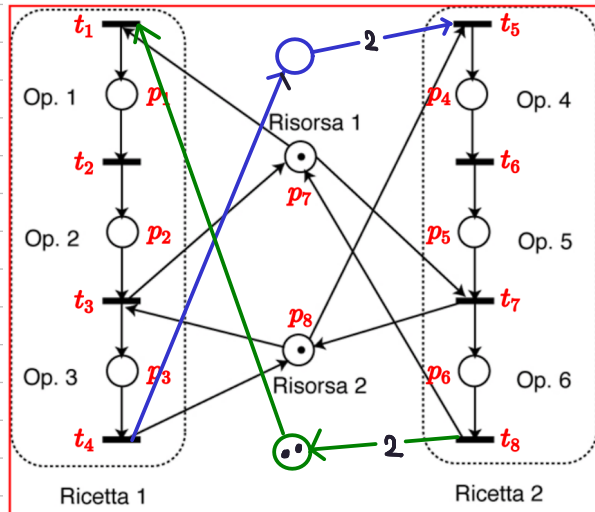
$$I = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad C = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & -1 & 1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Dall'albero si deduce che la rete e' limitata e bloccante, inoltre il numero di token si conserva ed e' 2

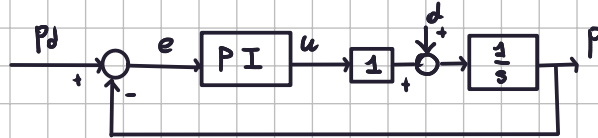
Supervisore 1



Supervisore 2



Es 4) Si assume ideale l'anello interno e si procede con il regolare quello esterno



Per via del disturbo si introduce un controllore PI.  $L(s) = (K_p + \frac{K_i}{s}) \cdot \frac{1}{s} =$   
 $L(s) = \frac{K_p}{s} + \frac{K_i}{s^2} = \frac{K_p s + K_i}{s^2}$   $W(s) = \frac{Y(s)}{P_d(s)} = \frac{K_p s + K_i}{s^2 + K_p s + K_i} + \frac{d \cdot s}{s^2 + K_p s + K_i}$  annulla l'errore

$$\lim_{s \rightarrow 0} sE(s) = s \left[ \frac{1}{s} - \frac{K_p s + K_i}{s^2 + K_p s + K_i} + \frac{d \cdot s}{s^2 + K_p s + K_i} \right] = \lim_{s \rightarrow 0} 1 - \frac{K_p s^2 + K_i}{s^2 + K_p s + K_i} + \frac{d \cdot s^2}{s^2 + K_p s + K_i} = 0$$

Prima di scegliere i guadagni progetto l'anello interno per soddisfare le richieste sulla banda passante.

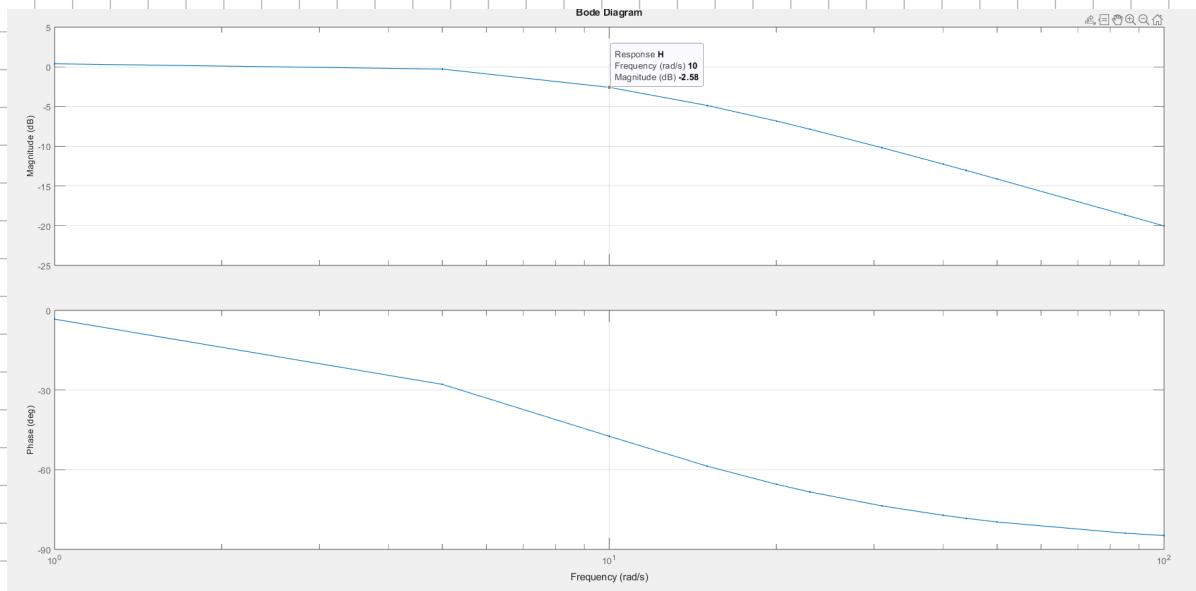
il processo  $\frac{s+1}{s(s+0.1)}$  ha un polo nell'origine, e' sufficiente introdurre un' az. proporzionale in retroazione.

$$\text{Block diagram: } u_d \rightarrow \text{summing junction} \rightarrow K \rightarrow \frac{1+s}{s(s+0.1)} \rightarrow y$$

$$L(s) = K \frac{1+s}{s(s+0.1)} \quad W(s) = K \frac{1+s}{s(s+0.1)+K} \quad \text{Piu' } K \text{ e'}$$

grande piu' e' preciso il regolatore. Scelgo K in modo da avere una banda passante di  $10 \frac{\text{rad}}{s}$ . Il sistema e' un passa basso.

Scelgo  $K=10$ , riportati i diagrammi di Bode:

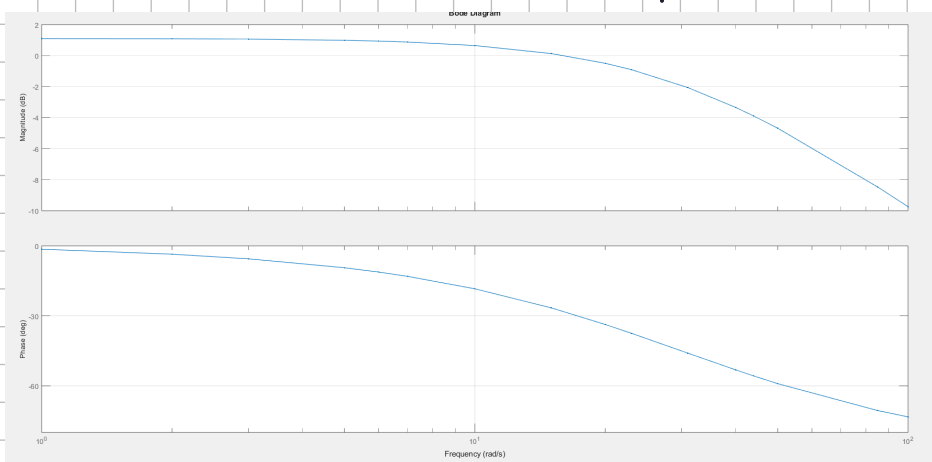


Anello interno :  $w_i(s) = \frac{10(s+1)}{s(s+10.1)+10}$

Abbiamo visto come l'anello esterno ha fdt:

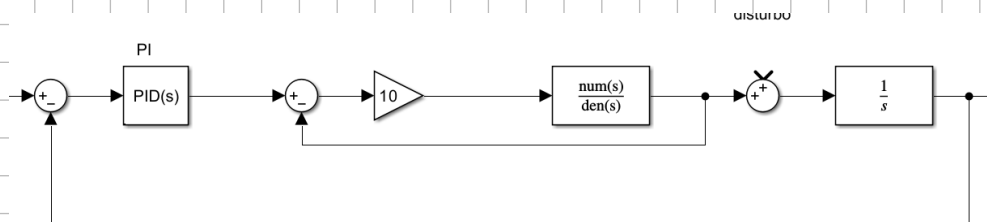
$w_o(s) = \frac{K_p s + K_i + d \cdot s}{s^2 + K_p s + K_i}$  e' stabile finche'  $K_i$  e  $K_p$  sono entrambi positivi.

Per  $w_o(s)$ , scelgo una banda passante di circa  $40 \frac{rad}{s}$ , scelgo  $K_p=30$   $K_i=2$

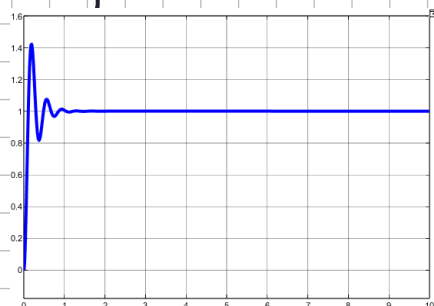


$w_o(s) = \frac{30s + 2 + d \cdot s}{s^2 + 30s + 2}$

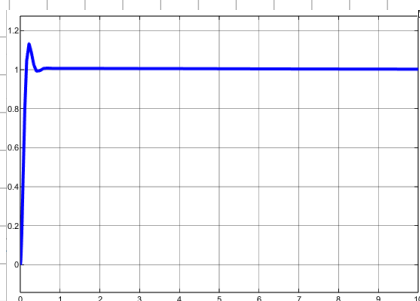
Lo schema finale e':



risposta indiciale



E' buona ma la sovraelongazione e' alta (40%). Provo con  $K=20$   
 $K_p=15$   
 $K_i=2$   
 Ed ottengo una risposta nettamente migliore.



overshoot  $\approx 15\%$

Considero ora le espressioni discretizzate.

$$\text{Anello esterno } u_k^{\text{out}} = 30 \cdot e_k + u_{i,k-1}^{\text{out}} + 2 \cdot T_c \cdot e_k \quad (e_k = p_d - p_k) \quad \downarrow \text{pos. desiderata}$$

$\uparrow$  errore accumulato

$$\text{Anello interno } u_k^{\text{in}} = 10 \cdot e_k = 10 \cdot (u_k^{\text{out}} - v_k)$$

$$\text{Controllo globale: } u_k = 10 \cdot (30 \cdot e_k + u_{i,k-1}^{\text{out}} + 2 \cdot T_c \cdot e_k - v_k)$$

Essendo la banda passante dell'anello esterno di circa  $40 \frac{\text{rad}}{\text{sec}}$ , si sceglie una frequenza di campionamento di  $80 \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \Rightarrow T_c = \frac{1}{80}$ .

$$\text{Controllo globale: } u_k = 10 \cdot (30 \cdot e_k + u_{i,k-1}^{\text{out}} + \frac{1}{40} \cdot e_k - v_k)$$