18/05/2020

Addendum: guadagno vs. guadagno generalizzato

TC)

$$G(s) = \frac{\mu}{s^g} \frac{1+\dots}{1+\dots}$$

↳ vale 1 per $s=0$

- se $g = 0$ μ (guadagno) è $G(0)$

NB se sistema AS e applico $u = \bar{u}$ costante

↳ $\exists !\ \bar{y} = G(0)\bar{u} = \mu\bar{u}$

- se $g < 0$ $G(0) = 0 \neq \mu$ e non vale l'interpretazione qui sopra

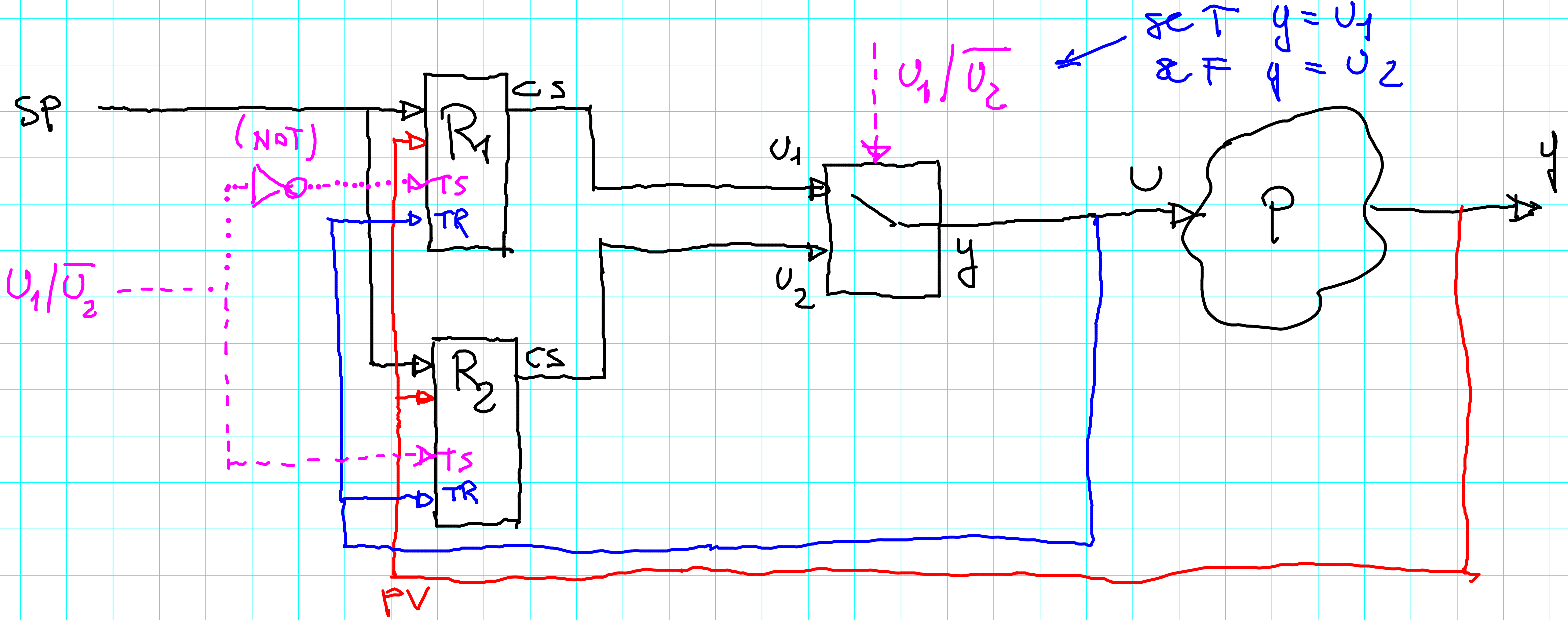
- se $g > 0$ $\quad G(0)$ perde significato

$$\mu = \lim_{s \to 0} s^g G(s)$$ "guadagno generalizzato"

TD) Tutto uguale ma con $G(1)$

$$G(z) = \frac{\mu}{(z-1)^g} \cdots\cdots$$

Addendum: esempio di uso del tracking e conseguenti considerazioni sull'architettura SW di un'applicazione di controllo



OSS 1: Anche in tracking se usiamo (come conviene) le reti: non minime con stato alto ed u ed e passati un regolatore deve tenere aggiornati i relativi vettori

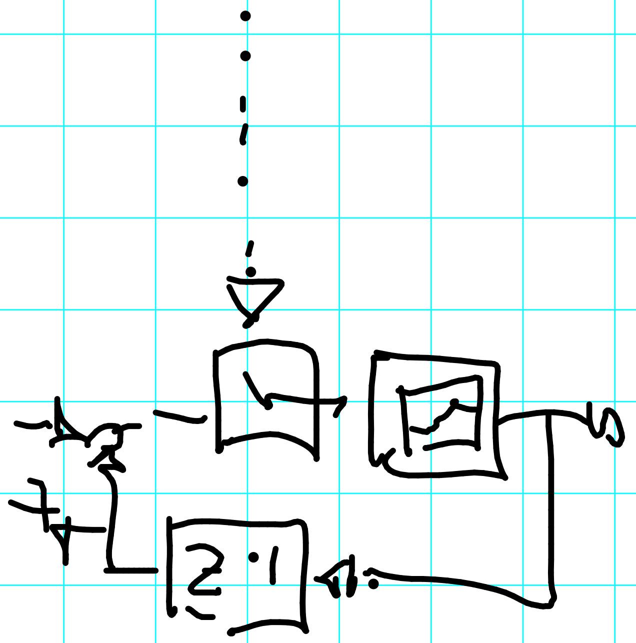
OSS 2: In generale un regolatore è costruito così:

LOGICA [automi, reti di Petri ...

implementazione automi: ⇒ IEC 61131, IEC 61499

switch ...

calcolo u(k) [Schema a blocchi



Modelli

Codice

Riepilogo minimo del corso

- Problema del controllo ⇒ concetto di Feedback

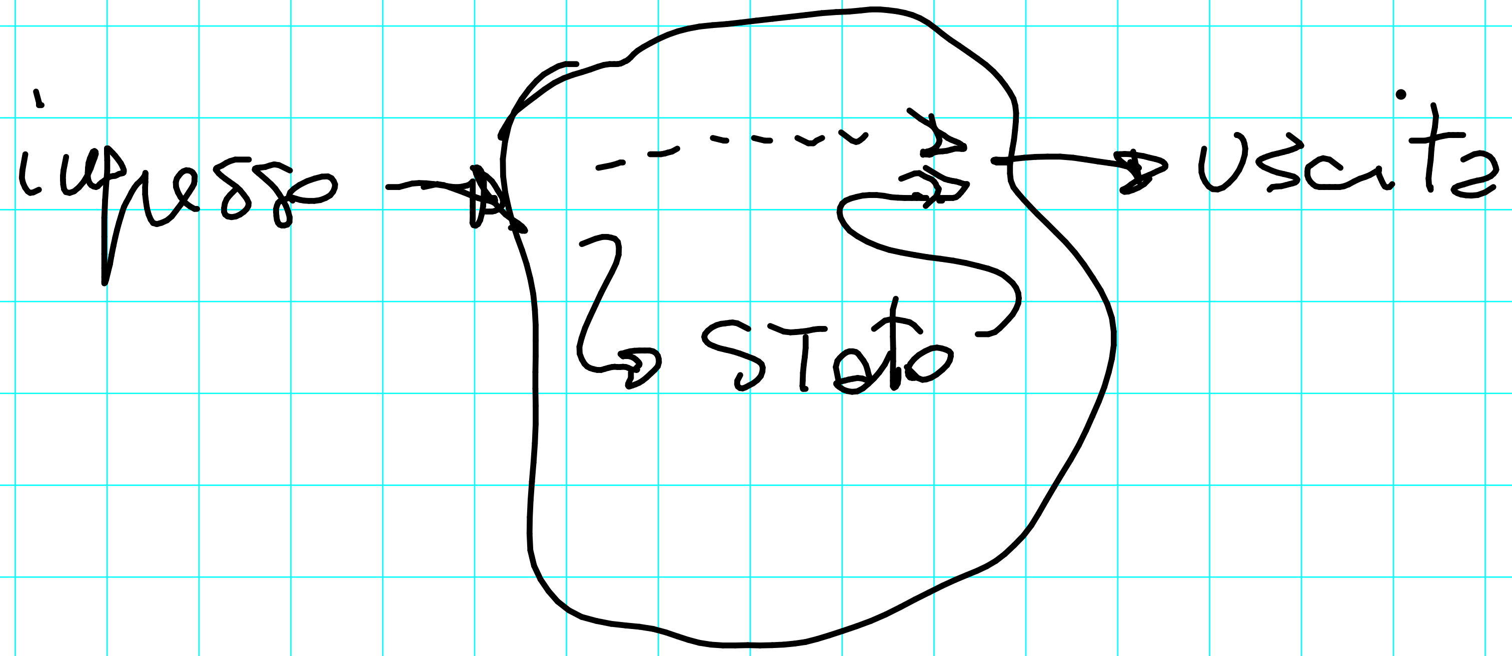
  Posso ottenere inseguimento s.p. e reiezione disturbi anche senza misurare questi ultimi

  NB Feedback o "reactive approach" NON vuol dire che non posso "anticipare" gli eventi (esempio azione D): nel contesto della teoria del controllo Feedback NON vuol dire "not proactive"

  NB 2: "predire" a volte è rischioso e richiede un modello + preciso di quello che serve per fare un R in retroazione

predittore = superficie di attacco

- Concetto di DINAMICA e sistema dinamico



- SD LTI a TC (TD)
  - Rappr. di stato (A, b, c, d)
  - movimento, equilibrio
  - stabilità (A)   Rapp. (A, b)   Oss (A, c) ,   FdT   dopo
  - criteri di stabilità   basati su A, basati su TT(s)   Routh (Jury)

- SD NL a TC

  equilibri e loro stabilità, linearizzazione

- SD retroazionati a TC

  analisi di stabilità (Nyquist, Bode) AC osservando AA (schemi a blocchi)

  Sintesi del controllo nelle ip. di Bode (cenno a semplici casi con P instabile)

- SD LTI a TD

  ⇒ discretizzazione

  ⇒ realizzazione digitale dei regolatori $\begin{cases} \text{scelta} \\ T_s, \ldots \end{cases}$

Esame

1) Tramite browser con sorveglianza live

2) OK webcam integrata, meglio se avete un 2° dispositivo per eventuali interazioni uno a uno

3) Esame fatto in parte di 4 cose → video, e in parte da cose da fare su carta e trasformare in pdf da caricare

4) App per Pdf (es. OneDrive) NO FOTO DEI FOGLI NON SI LEGGONO

5) Mi riservo orali di conferma a campione

E1]

Dato il SD LTI a TC

$$\begin{cases} \dot{x} = \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 1 & -4 \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} u \\ y = \begin{bmatrix} 2 & 3 \end{bmatrix} x \end{cases}$$

1) AS/S/I?
2) strett. proprio?
3) calcolare $y(t)$ $t \geq 0$ prodotto da $x(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ e $u(t) = \text{sca}(t)$

---

1) AS : autovalori -2, -4 ambedue con $Re < 0$
2) sì perché $d = 0$

3) Lo facciamo in entrambe i modi noti

3a) Calcolo y_L con e^{At} e y_F con la FdT

- Autovalori di A: $s_1 = -2$, $s_2 = -4$
- Autovettori:

$$s_1) \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 1 & -4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \end{bmatrix} = -2 \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{matrix} \cancel{-2z_1 = -2z_1} \\ z_1 - 4z_2 = -2z_2 \end{matrix}$$

$$\begin{cases} z_1 = 2z_2 \\ \forall z_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$s_2)$ .... $\begin{cases} z_1 = 0 \\ \forall z_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$

- M. diagonalizzante T e sua inversa

$$T = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow T^{-1} = \frac{1}{2}\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/2 & 0 \\ -1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

NB $T^{-1} A T = \begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 0 & -4 \end{bmatrix}$

- $e^{At} = e^{T\begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 0 & -4 \end{bmatrix}T^{-1}t} = T e^{\begin{bmatrix} -2 & 0 \\ 0 & -4 \end{bmatrix}t} T^{-1}$

$$= \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} e^{-2t} & 0 \\ 0 & e^{-4t} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} 1/2 & 0 \\ -1/2 & 1 \end{bmatrix} = \dots \begin{bmatrix} e^{-2t} & 0 \\ \frac{1}{2}e^{-2t} - \frac{1}{2}e^{-4t} & e^{-4t} \end{bmatrix}$$

- $x_L(t) = e^{At}\,x(0) = \left[\ ''\ \right] \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e^{-2t} \\ \frac{1}{2}e^{-2t} + \frac{1}{2}e^{-4t} \end{bmatrix} \quad t \geq 0$

- $y_L(t) = c\,x_L(t) = [2\ \ 3] \left[\ ''\ \right] = \frac{7}{2}e^{-2t} + \frac{3}{2}e^{-4t} \quad t \geq 0$

- Calcolo y_F con la FdT $G(s)$

$$G(s) = c(sI - A)^{-1}b + d = [2\ \ 3] \begin{bmatrix} s+2 & 0 \\ -1 & s+4 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{1}{(s+2)(s+4)} [2\ \ 3] \begin{bmatrix} s+4 & 0 \\ 1 & s+2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{''} [2\ \ 3] \begin{bmatrix} s+4 \\ s+3 \end{bmatrix}$$

$$= \frac{5s+17}{(s+2)(s+4)}$$

- Calcolo $Y_F(s)$

$$U(s) = \frac{1}{s} \Rightarrow Y_F(s) = G(s)\,U(s) = \frac{5s+17}{s(s+2)(s+4)}$$

Heaviside:

$$Y_F(s) = \frac{\alpha}{s} + \frac{\beta}{s+2} + \frac{\gamma}{s+4}$$

$$\alpha(s+2)(s+4) + \beta s(s+4) + \gamma s(s+2) = 5s+17$$

$s=0$: $8\alpha = 17 \quad \Rightarrow \alpha = 17/8$

$s=-2$: $-4\beta = 7 \quad \Rightarrow \beta = -7/4$

$s=-4$: $8\gamma = -3 \quad \Rightarrow \gamma = -3/8$

$$\Rightarrow \quad Y_F(s) = \frac{17/8}{s} - \frac{7/4}{s+2} - \frac{3/8}{s+4}$$

$$\Big\downarrow \mathcal{L}^{-1}$$

$$y_F(t) = \left(\frac{17}{8} - \frac{7}{4} e^{-2t} - \frac{3}{8} e^{-4t}\right) \operatorname{sca}(t)$$

$$= \frac{17}{8} - \frac{7}{4} e^{-2t} - \frac{3}{8} e^{-4t} \qquad t \geq 0$$

- $y(t) = y_L(t) + y_F(t) = \frac{17}{8} + \frac{7}{4} e^{-2t} + \frac{9}{8} e^{-4t} \qquad t \geq 0$

$\square$

3b) Calcolo tutto il movimento tramite TDL

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + bu \\ y = cx + du \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} sX(s) - x(0) = AX(s) + bU(s) \\ Y(s) = cX(s) + dU(s) \end{cases}$$

$$\Rightarrow X(s) = (sI - A)^{-1} x(0) + (sI - A)^{-1} b U(s)$$

$$Y(s) = \underbrace{c(sI - A)^{-1} x(0)}_{\text{TDL del ML di } y} + \underbrace{G(s) U(s)}_{\text{TDL del MF di } y}$$

Applichiamo all'esercizio

$$Y(s) = c(sI - A)^{-1} x(0) + G(s)\, U(s)$$

$$= \begin{bmatrix} 2 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s+2 & 0 \\ -1 & s+4 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} + \frac{5s+17}{(s+2)(s+4)} \frac{1}{s}$$

$$= \frac{1}{''} \begin{bmatrix} 2 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s+4 & 0 \\ 1 & s+2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} + \frac{''}{''} \frac{1}{s}$$

$$= \frac{5s+17}{(s+2)(s+4)} \left(1 + \frac{1}{s}\right)$$ ... Heaviside $\Rightarrow y(t)$

$$= \frac{(s+1)(5s+17)}{s(s+2)(s+4)}$$

$\square$