lunedì 25 maggio 2020 10:28

$$G(s) = \frac{10}{(1+10s)(1+30s)(1+100s)}$$

$R(s)$:
1) Sist. AN. Chi. AS. ST.
2) $|e_\infty| \leq 0{,}1$ $y^o(t) = \pm \mathrm{sca}(t)$, $d(t) = \pm 2\,\mathrm{sca}(t)$
3) $\omega_c \geq 0{,}05\ \frac{rad}{s}$
4) $\varphi_m \geq 35°$

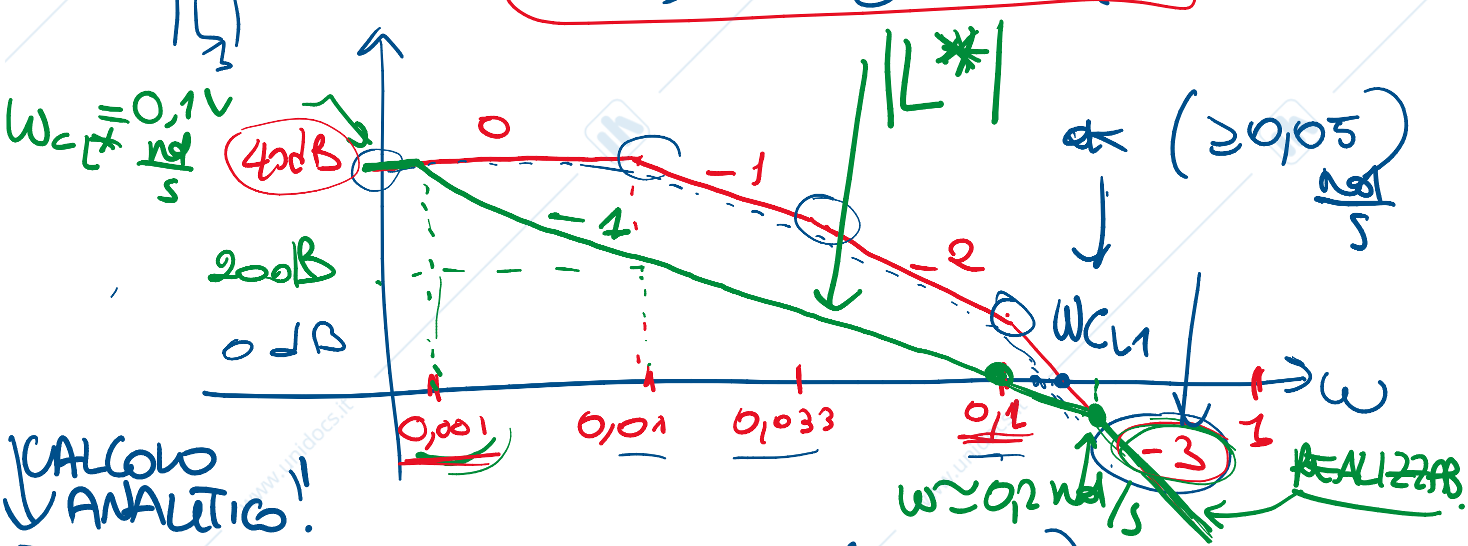
PROG. STATICO: $R_1(s) = \frac{\mu_R}{s^{g_R}}$

$\Rightarrow \boxed{R_1(s) = 10}$, $g_R = 0$, $\mu_R = 10$ $(\mu_R \geq 2{,}9)$

PROGETTO DINAMICO 3, 4 + verifica 1

$(R_2(s) = 1)$ $L_1(s) = R_1(s)G(s) = 10G(s) =$

$$= \frac{100}{(1+10s)(1+30s)(1+100s)}$$



CALCOLO ANALITICO!

Analitico.

$$\boxed{\varphi_c} = \angle L(j\omega_c) = -\arctan(10\times\omega_c) - \arctan(30\times\omega_c) - \arctan(100\times\omega_c) \cong -225^\circ$$

$$\omega_c \simeq 0{,}15\ \frac{rad}{s}$$

$$\varphi_m = 180^\circ - |\varphi_c| < 0^\circ \Leftarrow$$ Sistema in AN. CHIUSO INSTABILE

COND. APPL.

IP: $L(s)$ str. propria; N, D primi; NO CANC. CRITICHE

$P = 0$

ω_c ben def

$$L^*(s) = \frac{100}{(1+1000s)(1+5s)^2}$$

1 polo in $\omega = 0{,}001$

2 poli $\omega = 0{,}2$

$$\angle L^*(j\omega) \cong$$

$$\omega_{c,*} = 0{,}1\ \frac{rad}{s}$$

$$= -\arctan(1000\times 0{,}1) - 2\arctan(5\times 0{,}1) \cong -143^\circ$$

$$\varphi_m = 180^\circ - |\varphi_c| = 37^\circ > 35^\circ \ \checkmark$$

N.B. Il sistema in an. chiuso con $L^*(s)$ come FdT d'anello è AS. STABILE per il crit. di Bode il crit. di BODE

↳ APPLICABILE

$L^*(s)$ ha $P=0$

e ω_c ben def $\Rightarrow \begin{cases} \mu_{L^*} > 0 \\ \varphi_m > 0° \end{cases}$

$R_2(s)$?

$$L^*(s) = \underbrace{L_1(s)}_{R_1 G} R_2(s)$$

$$R_2(s) = \frac{L^*(s)}{L_1(s)}$$

$$\frac{100}{(1+1000s)(1+5s)^2} = \frac{100}{(1+10s)(1+30s)(1+100s)} \; R_2(s)$$

$$\boxed{R_2(s) = \frac{(1+10s)(1+30s)(1+100s)}{(1+1000s)(1+5s)^2}}$$

$$\boxed{R(s)} = \boxed{R_1(s) R_2(s)} = 10 \, R_2(s)$$

↳ REALIZZABILE? Sì perché ha grado relativo $r_R = 0$

$\boxed{\text{REALIZZAB. di } R(s) \Leftrightarrow \text{GRADO REL. } r_R \geq 0}$

N.B. ① Il principio con cui progettiamo L^* fa sì che $R(s)$ CANCELLA la dinamica del sistema che non mi permette di soddisfare i vincoli, e inserisce le componenti dinamiche che servono per darmi la $L^*(s)$ DESIDERATA

⇓

Se $G(s)$ è A FASE MINIMA posso "CANCELLARE" tutta la DINAMICA del sistema

Se invece $G(s)$ ha:

ZERI con $Re > 0$

RITARDI PURI

(NON POSSONO ESSERE CANCELLATI)

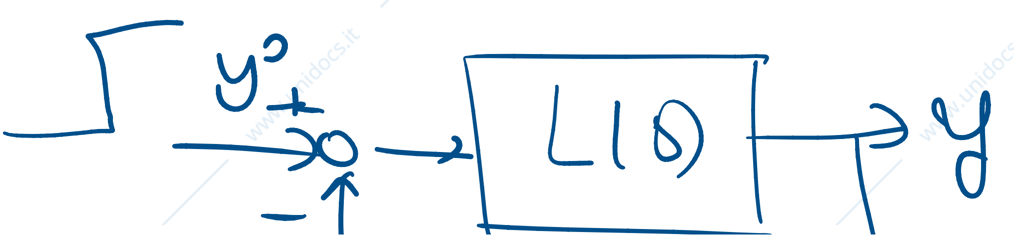
↳ Polo di $R(s)$ con $Re > 0$

⇓

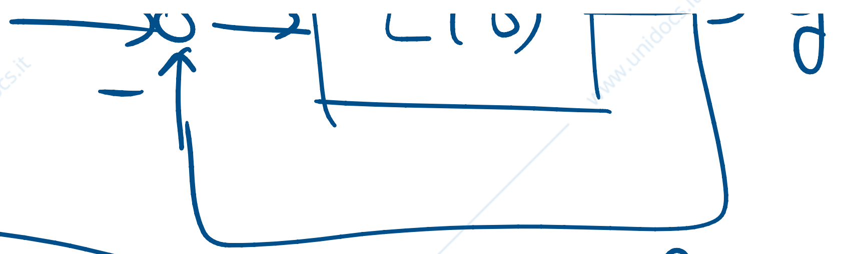
CANC. CRITICA in $L^*(s)$!!!

SISTEMA INTERNAM. INSTABILE

↳ Si può, trovato $R(s)$, studiare anche la PRECISIONE DINAMICA del sistema in termini di T_{ass} e $S_{\%}$ della risposta a un riferimento a scalino del sistema in anello chiuso



??



$$\boxed{\varphi_m = 37° < 75°}$$

$F(s)$

ho 2 poli c.c. con $\omega_n = \omega_c = 0,1 \frac{rad}{s}$

$$\xi = \frac{\varphi_m}{100} = 0,37$$

$$T_{a\,s\,s} \simeq \frac{5}{\xi \omega_n} = \frac{5}{\underbrace{\frac{\varphi_m}{100} \times \omega_c}_{0,37 \times 0,1}} = 156\ s$$

$$\boxed{|e_\infty| \le 0,1}$$

TIPO $L = 0$

$$S_\% \simeq 25,4\%$$

$$\mu_F = F(0) = \frac{\mu_L}{1+\mu_L} = \frac{100}{1+100} = \boxed{0,99}$$

REGOLATORI P.I.D.

Proportional
Integral
Derivative

$$e \rightarrow \boxed{R_{PID}(s)} \rightarrow u$$

Derivative)

$$U = U_P + U_I + U_D$$

$$\begin{cases} U_P(t) = K_P\, e(t) \\ U_I(t) = K_I \int e(\tau)\, d\tau \\ U_D(t) = K_D \dfrac{de(t)}{dt} \end{cases}$$

K_P: COSTANTE PROPORZ.

K_I: " INTEGRALE

K_D: COST. DERIVATIVA

$$* \; R_{PID}(s) = K_P + \frac{K_I}{s} + K_D s =$$

$$= \boxed{\frac{K_P s + K_I + K_D s^2}{s}}$$

PID "IDEALE"

! NON REALIZZ.!

$$* \; \boxed{R_{PID}(s) = K_P \left(1 + \frac{1}{s T_I} + T_D s\right)}$$

K_P / K_I

$$= K_P \frac{T_I T_D s^2 + T_I s + 1}{s T_I}$$

2 ZERI

1 POLO

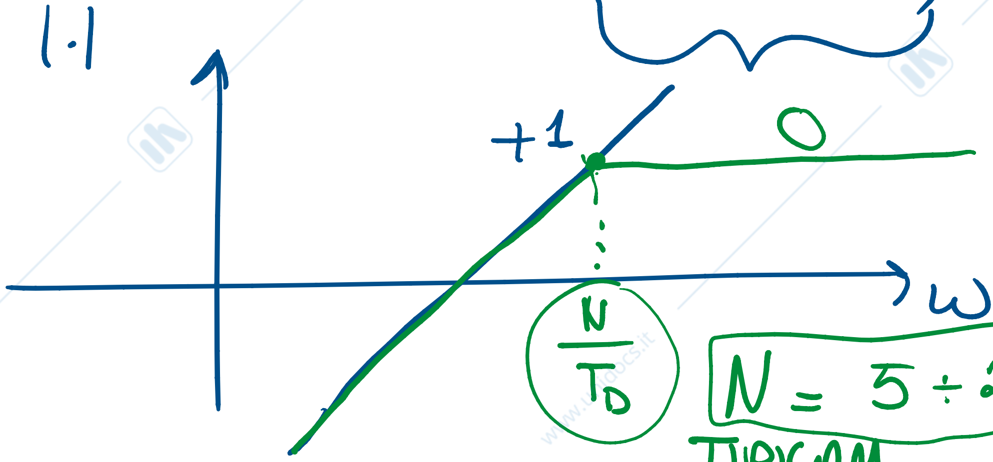
T_I: TEMPO INTEGRALE

T_D: TEMPO DERIVATIVO

(T_D : TEMPO DERIVATIVO
↳ K_D/K_P

Per rendere REALIZZABILE la FdT del R_{PID} bisogna modificare la parte derivativa:

$$R_{PID}(s) = K_P\left(1 + \frac{1}{sT_I} + \underbrace{\frac{sT_D}{1 + \frac{T_D}{N}s}}\right)$$



$\boxed{N = 5 \div 20}$

TIPICAM. $N = 10$

Esistono anche dei regolatori che hanno solo alcune delle componenti del PID:

(1) REG. PROPORZIONALE $R_P(s) = K_P$

② REG. PROP./INTEGRALE

$$R_{PI}(s) = K_P\left(1+\frac{1}{sT_I}\right) = \boxed{K_P\,\frac{1+sT_I}{sT_I}}$$

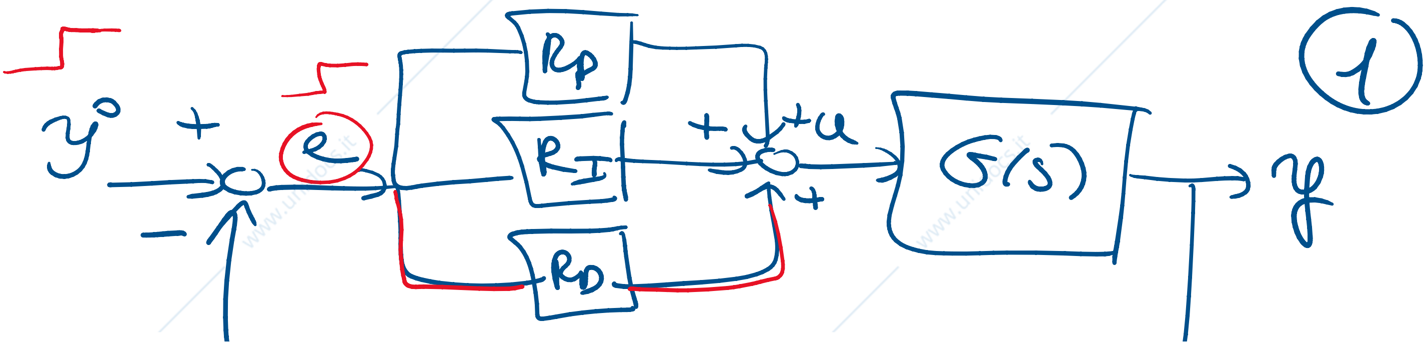
③ REG. PROP/DERIVATIVO

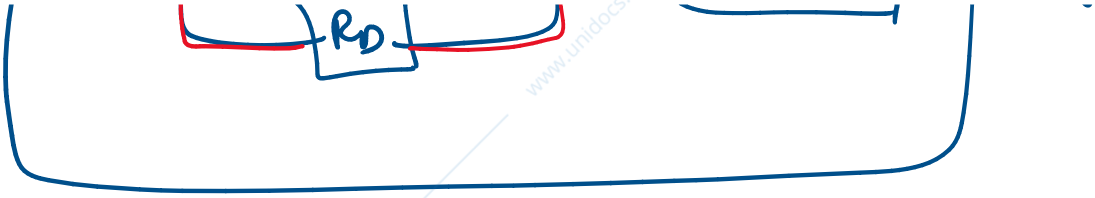
$$R_{PD}(s) = K_P\left(1+\frac{sT_D}{1+\frac{T_D}{N}s}\right)$$

USATO PER CONTROLLARE SISTEMI CON TIPO di $G(s) > 0$

PROBLEMI REALIZZATIVI

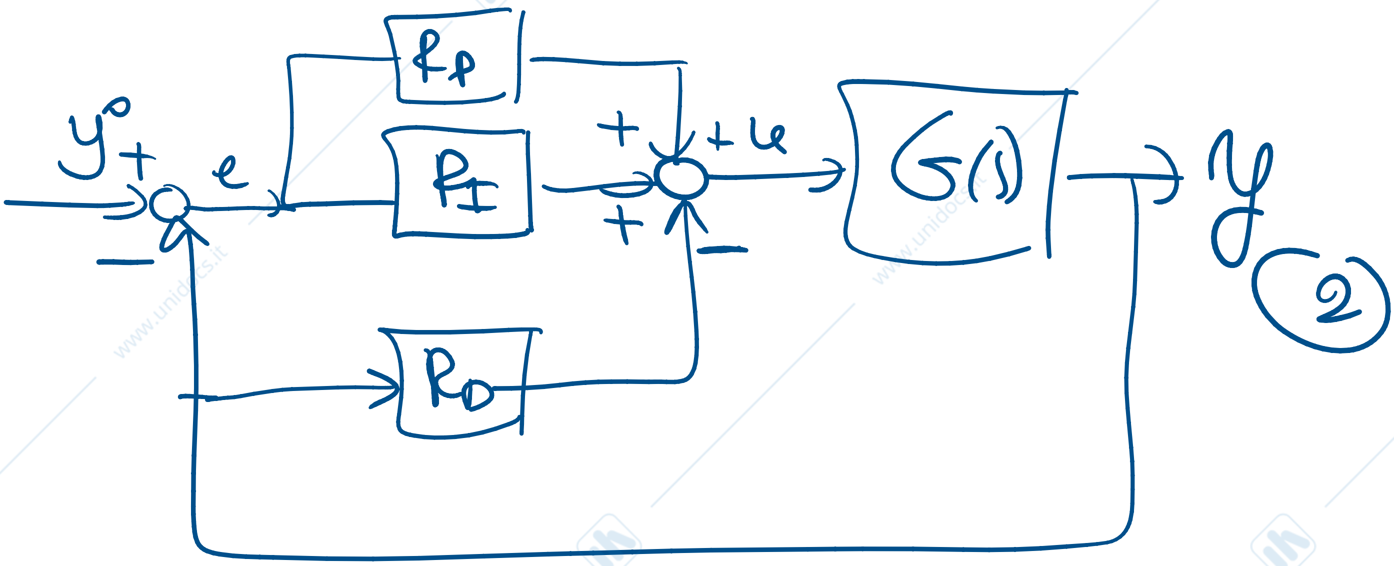
① DERIVAZIONE DELL'ERRORE





• DERIVANDO l'errore, a fronte di variazioni a scalino del riferimento, ho una componente di $u(t)$ dovuta al termine derivativo di tipo IMPULSIVO quindi molto grande

Per ovviare a questo problema, di solito la parte derivativa non agisce sull'errore ma sull'uscita



Altrimenti si può usare lo schema 1 ma implementando la parte derivativa: $u_D = R_D(s)(cy^\circ - y)$

Derivativa: $u_D = R_D(s)\,\underbrace{(c y^o - y)}_{\text{ERRORE PESATO}}$

"SET-POINT WEIGHTING"

$\boxed{\text{Se } c=0 \text{ ottengo lo schema numero 2}}$

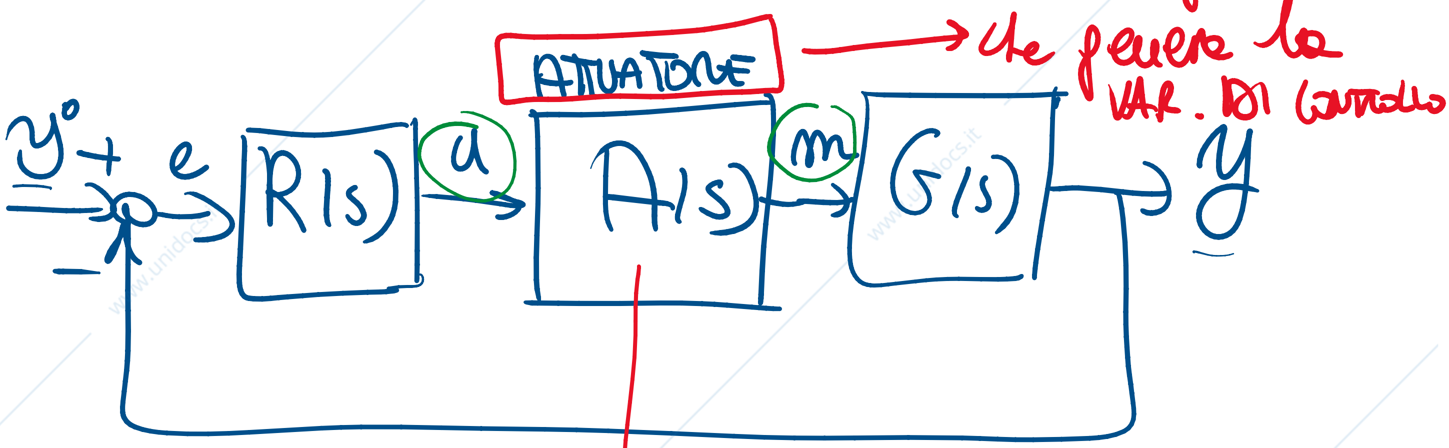
$c \in \mathbb{R}$

↓

piccolo < 1

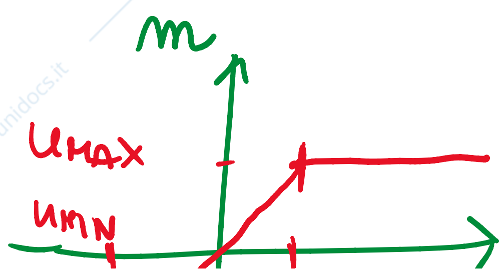
2 DESATURAZIONE DELL'AZIONE INTEGRALE

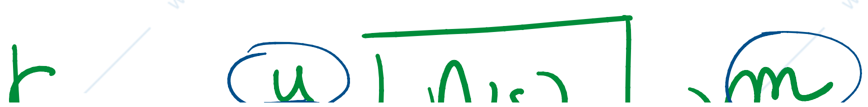
IMPLEMENTATA "ANTI WIND-UP"

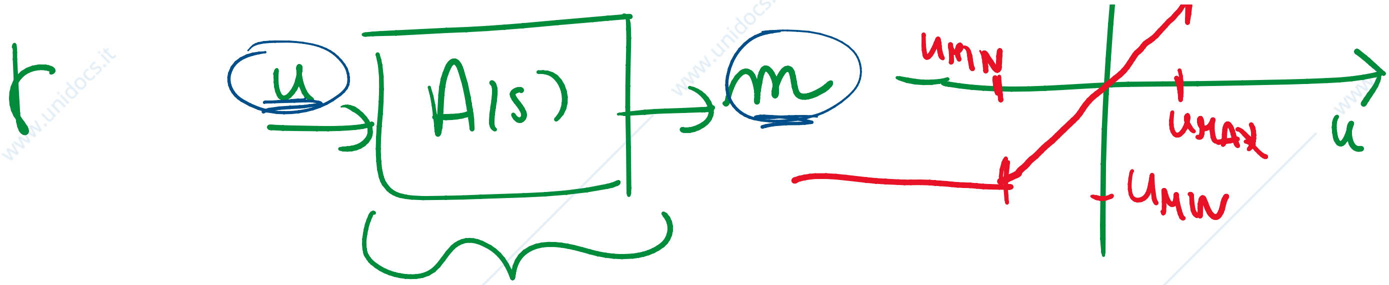


Siccome è un sistema fisico, la VAR. di CONTROLLO che può generare ha

ENTITÀ LIMITATA





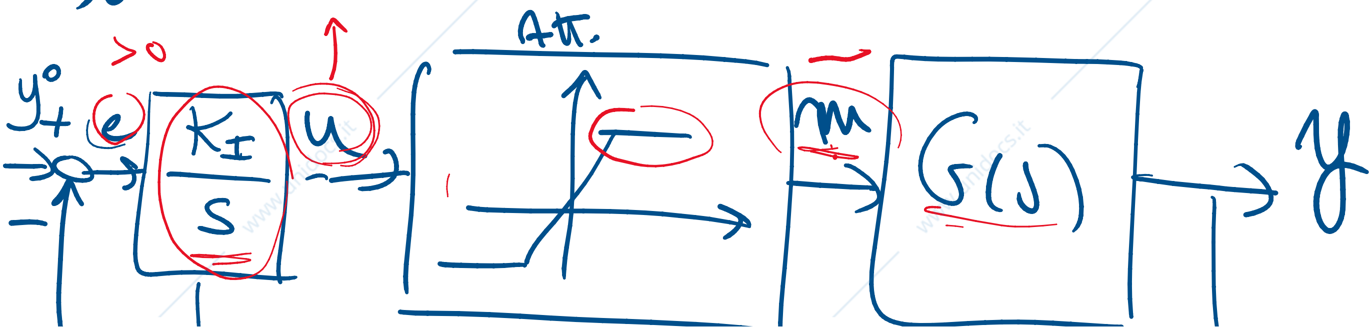


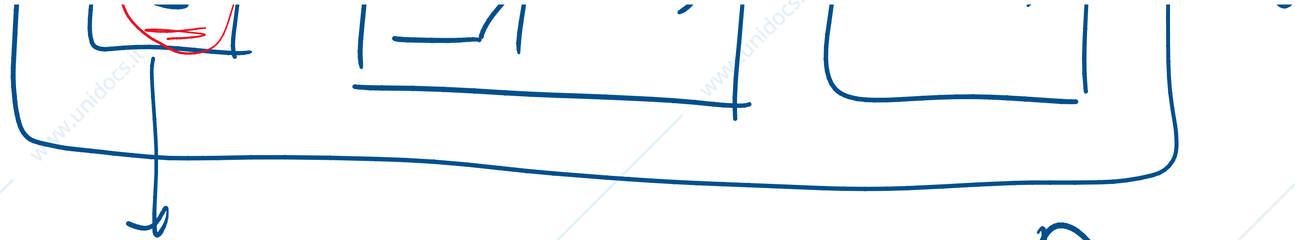
Modellizzo la dinamica dell'attuatore come una SATURAZIONE

⟹ nella parte lineare ho $m = u$

$$\underline{m(t)} = \begin{cases} u_{MIN} & u(t) < u_{MIN} \\ \underline{u(t)} & u_{MIN} \le u(t) \le u_{MAX} \\ u_{MAX} & u(t) > u_{MAX} \end{cases}$$

La saturazione, unita all'azione integrale del regolatore, crea molti problemi di prestazioni e in alcuni casi può arrivare a compromettere la stab. del sistema in AN. CHIUSO





CONTROLLORE PURAMENTE INTEGRALE $R_I(s) = \frac{K_I}{s}$

$e(t)$ che per tanto tempo ha lo stesso segno
$e(t) > 0$

- se $e(t) > 0$ per "tanto tempo", $u(t)$ con $R_I(s)$ è l'area sottesa a $e(t)$ e continua a crescere finché si ha $u(\bar{t}) > u_{MAX}$. A quel punto $m(t) = u_{MAX}$ e "ALLUNGA" il tempo che occorre al sistema in AN. CHIUSO per AZZERARE $e(t)$. Quando $e(t)$ CAMBIA SEGNO e $u(t)$ comincia a decrescere, la saturazione non mi permette di modificare l'azione sul sistema finché $u(t) < u_{MAX}$

→ CAUSA UN DEGRADO DELLE PRESTAZIONI

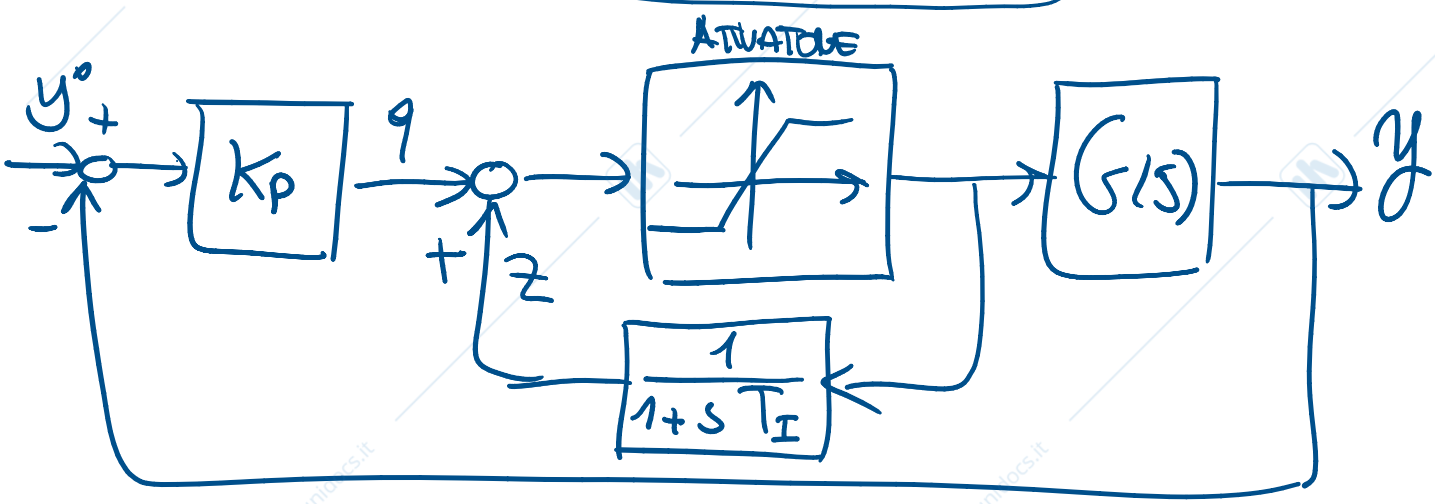
DELLE PRESTAZIONI

E IL RIPETERSI DEL FENOMENO PUÒ INNESCARE OSCILLAZIONI NEL SISTEMA IN AN. CHIUSO

Devo fare una IMPLEMENTAZIONE DELLA COMPONENTE INTEGRALE "IN ASSETTO ANTI WIND-UP"

ES $R_{PI}(s) = K_p\left(1+\frac{1}{sT_I}\right) =$

$= \boxed{K_p \frac{1+sT_I}{sT_I}}$



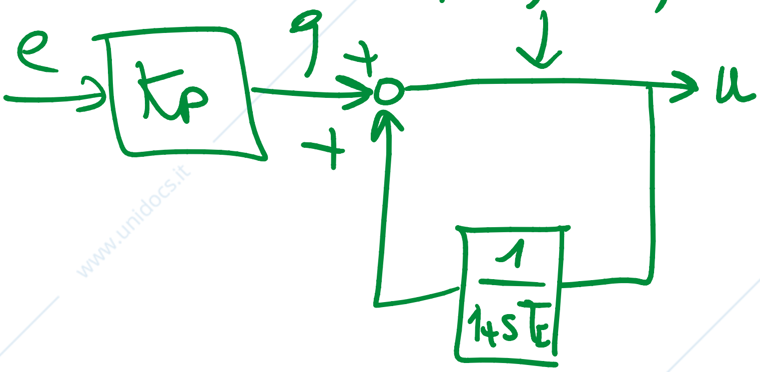
ANALISI dello SCHEMA ANTI WIND-UP

ANALISI DELLO SCHEMA ANTI WIND-UP

① SE NON SONO IN CONDIZ. SATURAZIONE, IL MIO REGOLATORE È IL PI IDEALE

$$u_{MIN} \le u(t) \le u_{MAX} \iff m(t) = u(t)$$

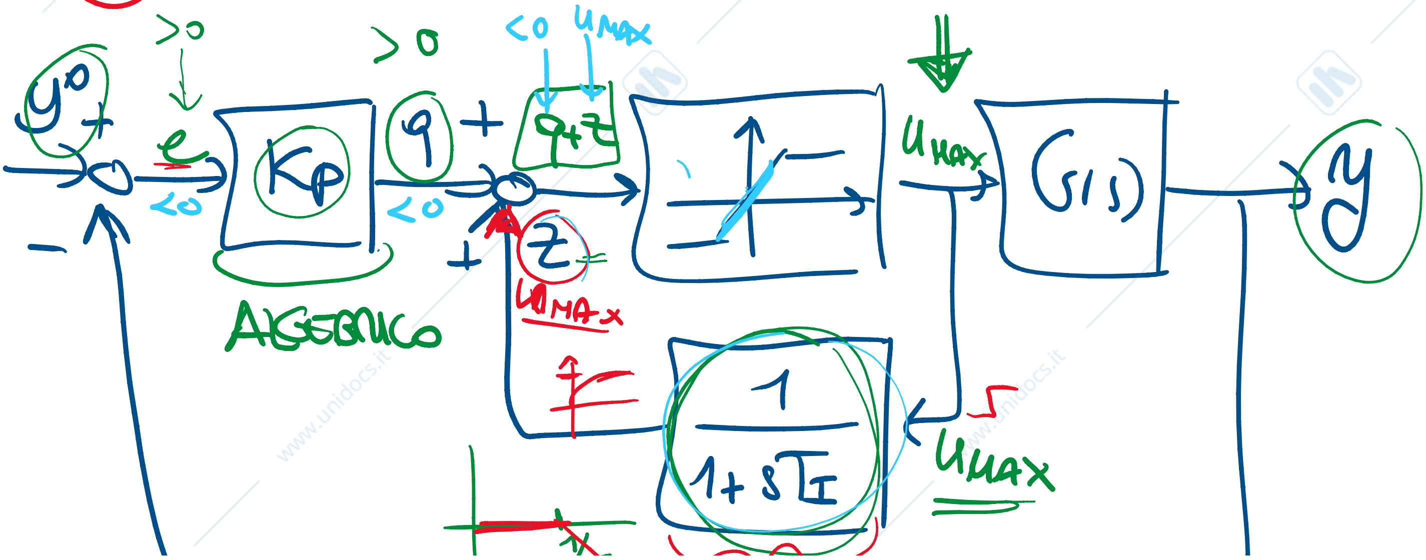
$R_{PI}(s) \iff$

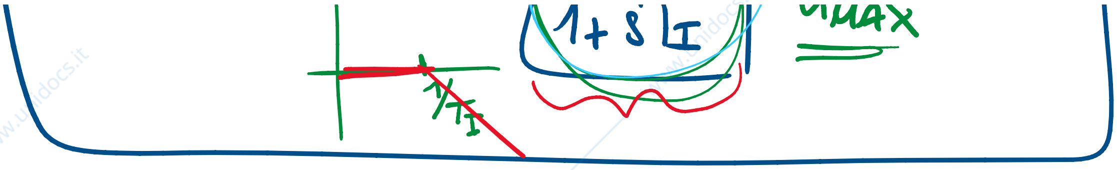


$$\frac{U(s)}{E(s)} = R_{PI}(s) = K_P \frac{1}{1 - \frac{1}{1+sT_I}} =$$

$$= K_P \frac{1+sT_I}{\cancel{1}+sT_I - \cancel{1}} = \boxed{K_P \frac{1+sT_I}{sT_I}} \checkmark$$

② FUNZIONAM. IN SATURAZIONE





. ho $e(t) > 0$ per tempi lunghi

Se $e(t) > 0 \longrightarrow q(t) > 0$ ISTANTANEAMENTE

$\Rightarrow$ quando sono in SAT e il mio attuatore ho $m(t) = u_{MAX}$, dopo un $T_{ass} \simeq 5T_I$ ho

$$z = u_{MAX}$$

Non appena $e(t)$ CAMBIA SEGNO

$$e(t) < 0 \Rightarrow q(t) < 0$$

$\Rightarrow$ IN INGRESSO all'attuatore

ho $\underbrace{q + z = \overset{<0}{q} + u_{MAX} < u_{MAX}}$

IL MIO ATTUATORE TORNA A LAVORARE NELLA ZONA LINEARE QUINDI "ESCE DALLA SATURAZIONE"

QUINDI "ESCE DALLA SATURAZIONE"