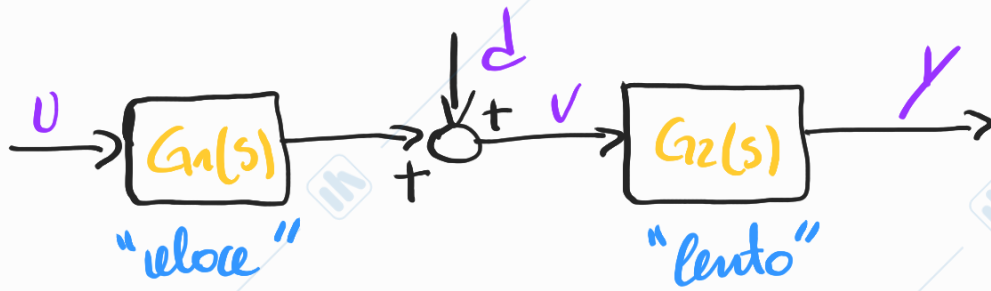


Controllo in Cascata



2 sottosistemi:

- $G_1(s)$ veloce: costanti di tempo basse
- $G_2(s)$ lento o contenere elementi problematica per il controllo (ritardo o zeri instabili: $\text{Re} > 0$)

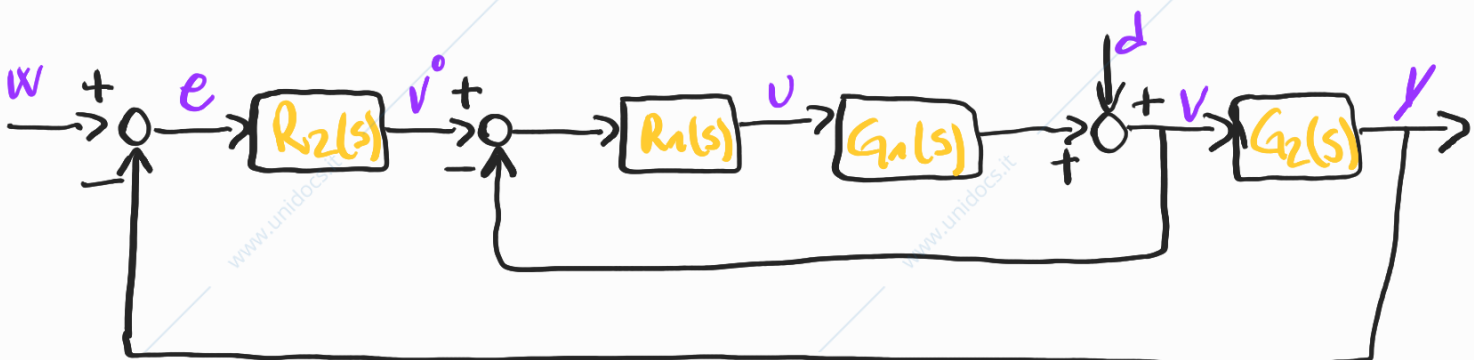
↳ Approx di Padé del rit di tempo produce uno zero a dx

→ FdI difficile da MISURARE

v : variabile intermedia miserabile (la prima che risente del disturbo d)

↳ d non miserabile (se no potrai usare un compensatore ma soluzione meno robusta)

⇒ Controllo in Cascata:



1° retroazione di controllo : R_n
(anello interno)

anello esterno : elabora errore ma produce riferimento v^o per variabile v

\Rightarrow ci sono 2 stadi di regolazione

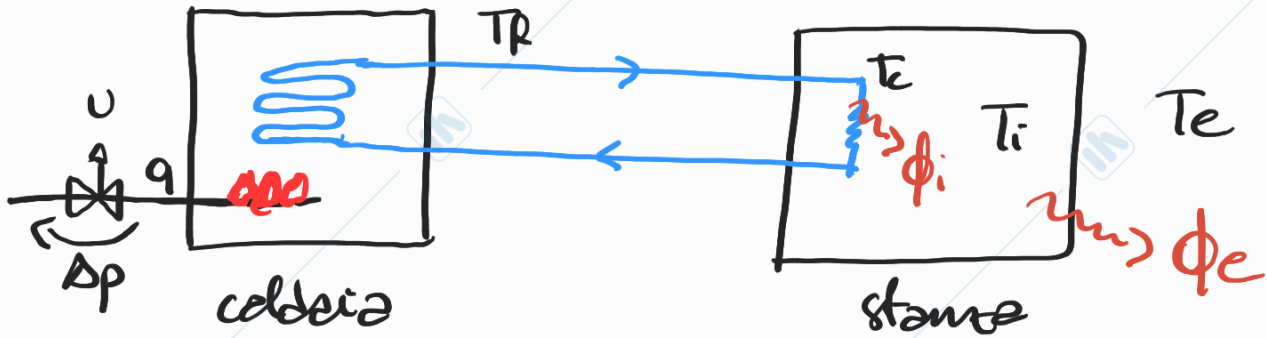
\rightarrow cambia la regolazione di d :
errore di controllo dell'an. interno
rende y (uscita) meno influenzata da d
 \rightarrow reagisco al disturbo in maniera veloce
 \rightarrow lo neutralizzo prima che arrivi a y

Lo schema è EFFICACE per attenuare
meglio il disturbo d \rightarrow controllo +
(in una banda maggiore) tempestivo

U : variabile di controllo

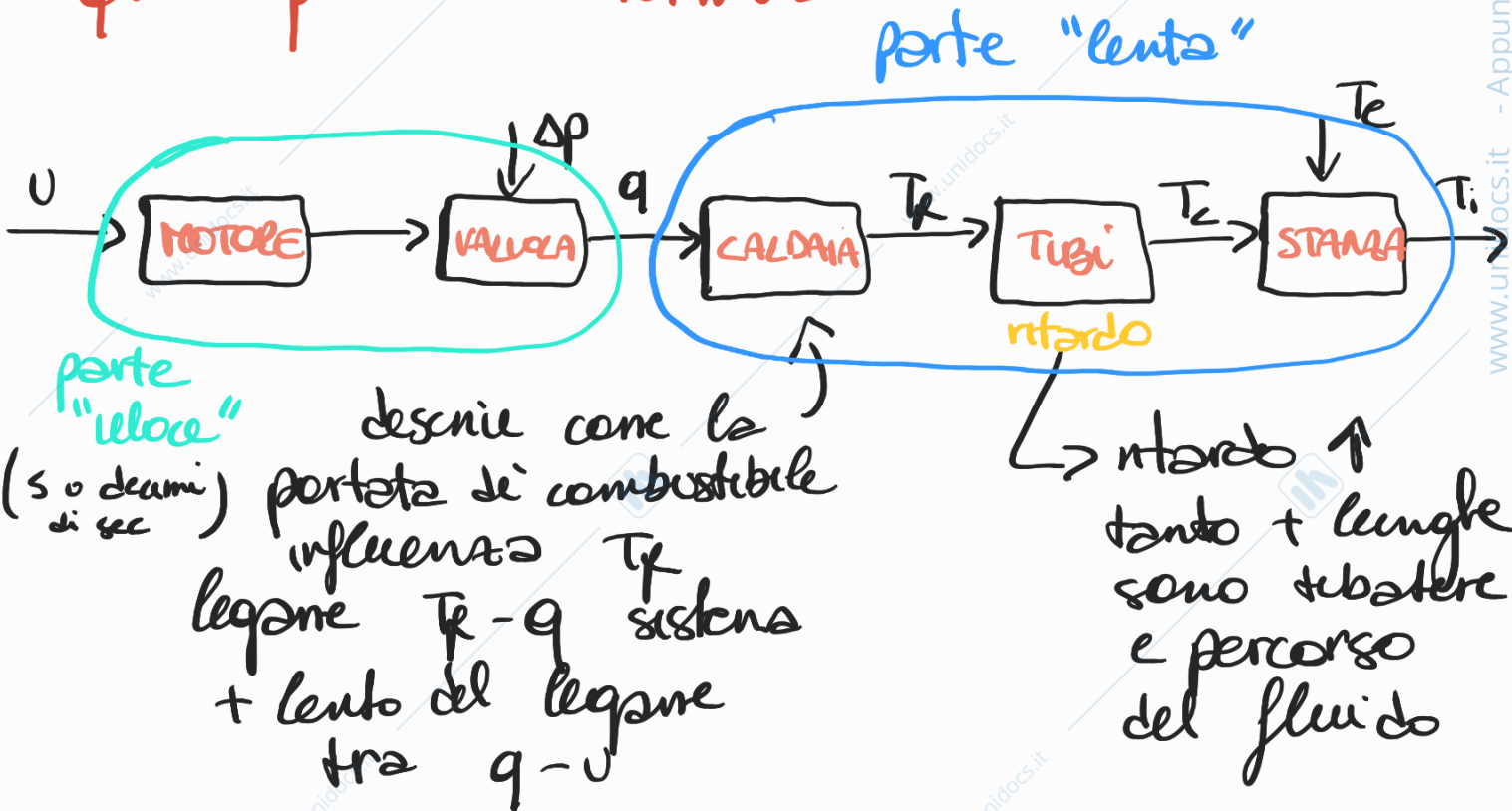
Esempi pratici in cui il sistema
può essere scomposto in 2 sottosistemi:
 $\begin{cases} \text{lento} \\ \text{veloce} \end{cases}$

Esempio 1 :



q : portata dipende dalla apertura u della valvola ma anche del Δp (diff di pressione \rightarrow disturbo)

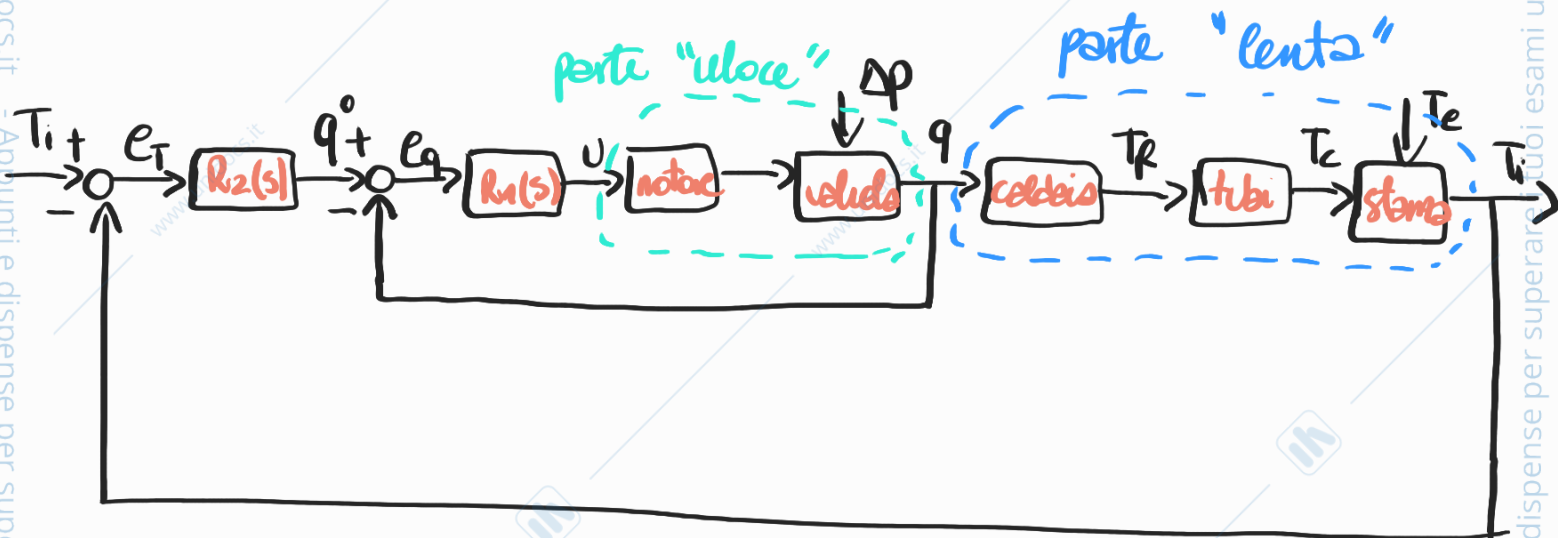
ϕ_i : potenza termica



Se possiamo misurare q possiamo usare questa informazione per lo SCHEMA IN

CASCATA → rendere sistema + immune ai disturbi di pressione
 ↳ meno effetto sui disturbi di temper esterna

Controllo in cascata:



Confronto T_i con il riferimento e si genera e_T

2 anelli uno NESTED dentro l'altro annidato

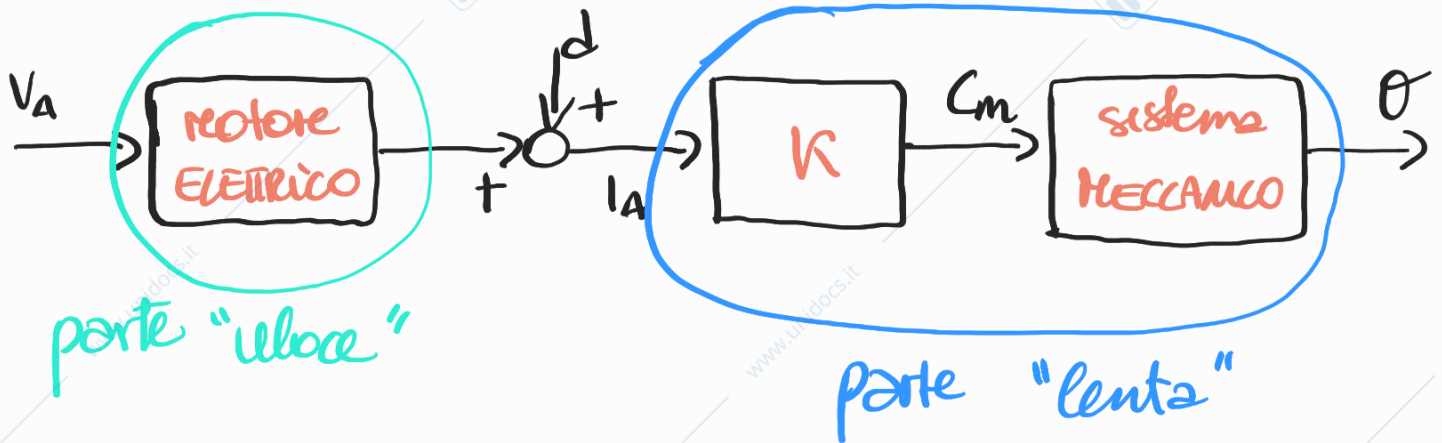
[Riduco i costi delle variabili di controllo se viene migliorata la moderazione

con il controllo in cascata U potrebbe venire maggiormente sollecitata dal disturbo Δ

Esempio 2s:

K : mette in relazione il mondo elettrico (I_A) e la coppia meccanica

Systema ELETTRICO-MECCANICO (motore elettrico controlla sist. meccanico)

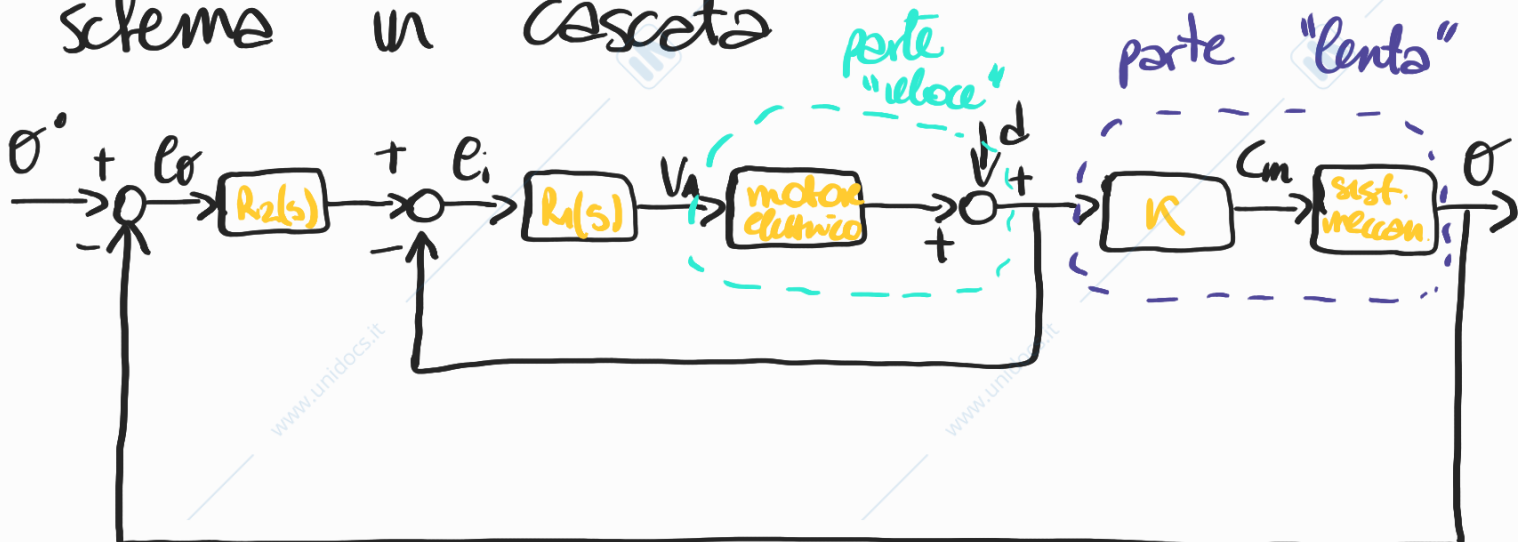


parte "veloce"

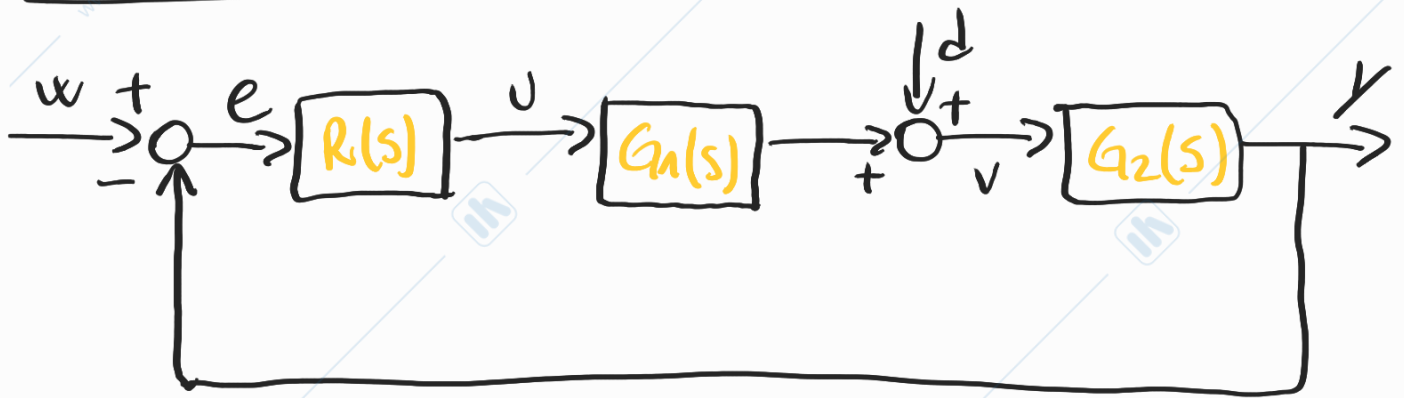
parte "lenta"

parte elettrica + veloce della parte meccanica (induttore trascurati)

Generatore delle coppie spemie da reatralia
Zore \rightarrow se I_A è misurabile (ampereometro) può essere usata per uno schema in cascata



Schema Standard :

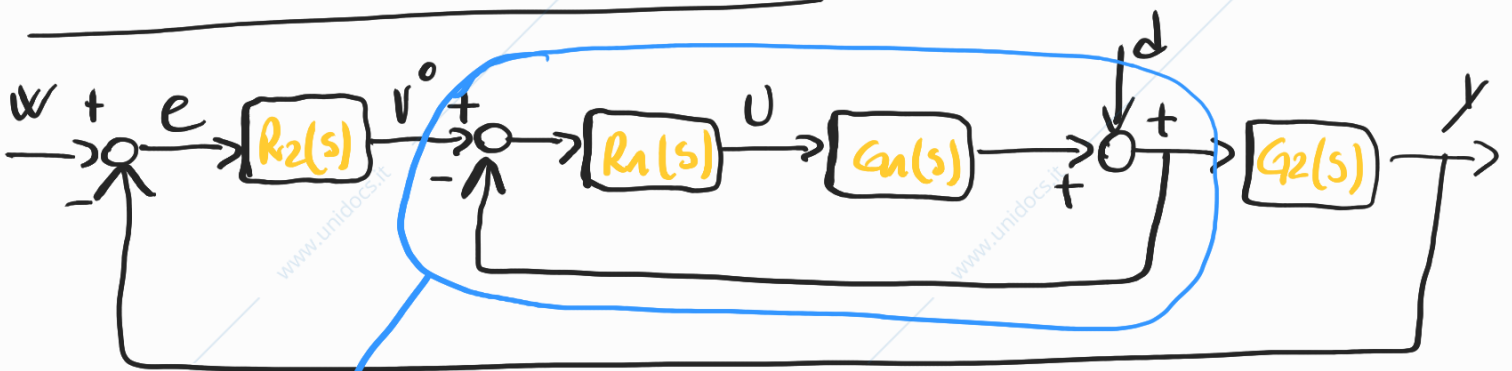


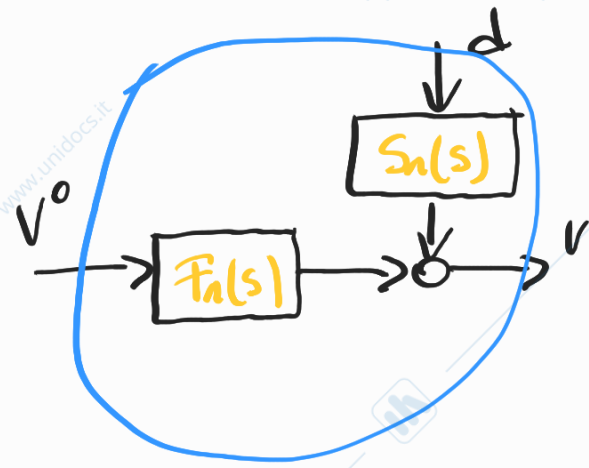
$$G_{yd}(s) = \frac{G_2(s)}{1 + \underbrace{R(s)G_1(s)G_2(s)}_{L(s)}} = \frac{\overbrace{1}^{S(s)}}{\underbrace{1 + L(s)}_{\substack{\text{attorno} \\ \text{in } [0, \omega_c]}}} G_2(s)$$

ω_c : pulsaz. critica \rightarrow non troppo grande a causa del ritardo

$[0, \omega_c]$ può essere banda abbastanza stretta perché ω_c può essere delle limitazioni

Schema in cascata :





$$F_n(s) = \frac{R_n(s)G_n(s)}{1 + R_n(s)G_n(s)} \rightarrow L_1(s)$$

$$S_n(s) = \frac{1}{1 + R_n(s)G_n(s)}$$

ω_{cn} : pulsaz. critica associata a $L_1(s)$

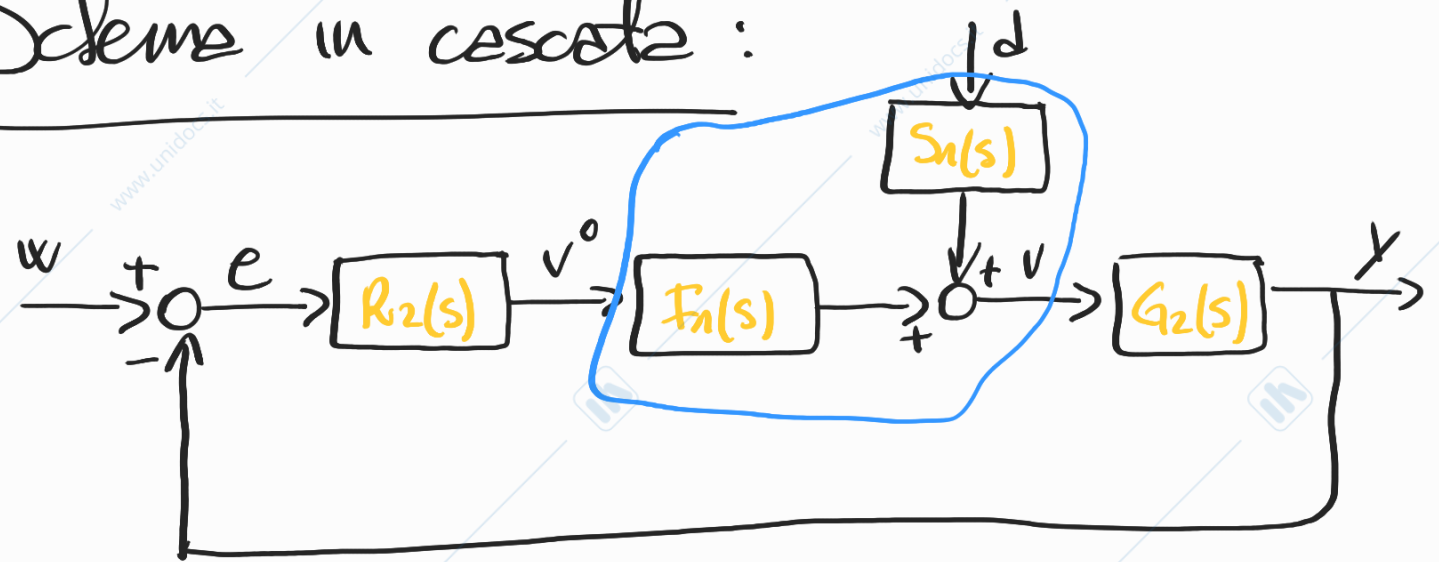
↳ attenua nell'intervallo $[0, \omega_{cn}]$

ma ω_{cn} può essere arbitrariamente grande

↳ capace di attenuare anche i disturbi veloci oltre a quelli lenti

$$\omega_{cn} \gg \omega_c$$

Schema in cascata:



$$G_{yd}(s) = \frac{S_n(s)G_2(s)}{1 + R_2(s)F_n(s)G_2(s)}$$

↳ $L_2(s)$

• se si sceglie $R_2(s)$ in modo che

confronto
in memoria
"orecchia" →

$$L_2(s) \simeq L(s)$$

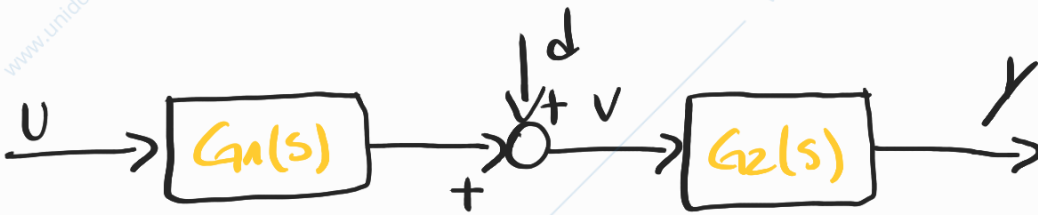
(schema cascata e
schema standard
abbiano stessa forma
d'anello ⇒ stesse presb
per quanto riguarda
il tracking (inseguimento)

$$\Rightarrow G_{\text{sys}}(s) = S_1(s) \frac{1}{1+L(s)} G_2(s)$$

↳ come nello schema standard

attenua il disturbo in banda di pass
+ ampia rispetto a quello standard
(prima non filtrante di si non c'era)
→ fattore di attenuazione

Esempio:



$$G_1(s) = \frac{1}{1+0,05s}$$

attenuatore

$$G_2(s) = \frac{e^{-4s}}{(1+s)^2}$$

vero sistema
de controllo

Progetto con Schema Standard :

$$R_1(s) = 0,2 \frac{1+s}{s}$$

↳ controllore di tipo perché $G_1(s)$ così veloce che è irrilevante ai fini delle prestazioni di controllo (polo in $\omega = 20 \text{ rad/s}$)

$$\Rightarrow L(s) = R_1(s)G_1(s)G_2(s) = \frac{0,2e^{-4s}}{s(1+s)(1+0,05s)}$$

$$\omega_c \approx 0,2$$

$$\varphi_m \approx 33^\circ$$

Il disturbo d viene attenuato dal regolatore solo nella banda $[0, 0,2]$

Progetto dello schema in cascata $\left\{ \begin{array}{l} R_1(s) \\ R_2(s) \end{array} \right.$

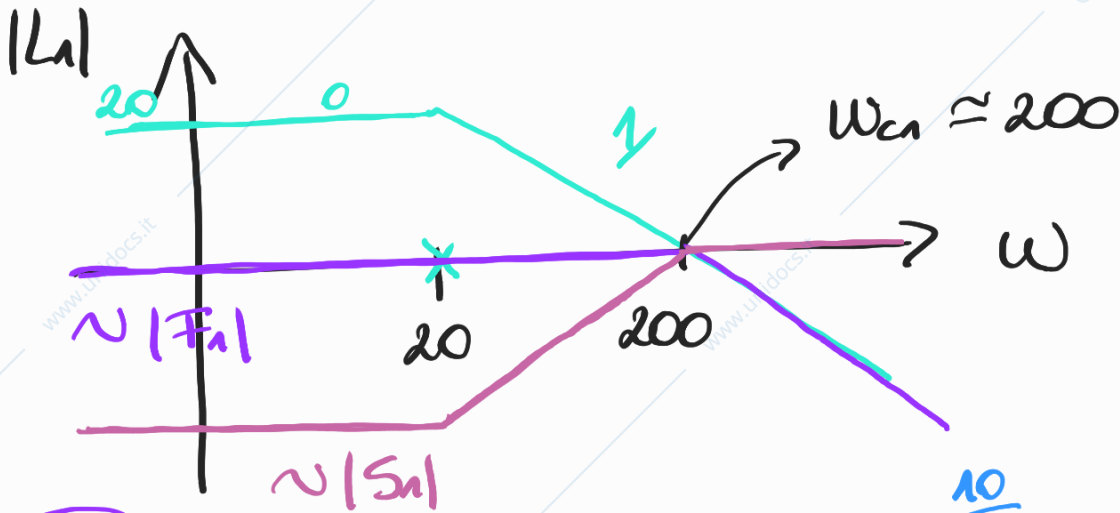
→ Progetto di $R_1(s)$ (+ interno, sulla base di $G_1(s)$)

$$R_1(s) = 10$$

proporzionale → rende ancora + veloce il sistema descritto da G_1 in A. CHIUSO

$$\Rightarrow L_1(s) = \frac{10}{1 + 0,05s}$$

Traccio i diagrammi di Bode:



$$F_1(s) = \frac{L_1(s)}{1 + L_1(s)} \approx \frac{1}{1 + 0,05s} \approx \text{MOLTO veloce}$$

$$S_1(s) = \frac{1}{1 + L_1(s)}$$

attenuazione del disturbo \rightarrow in $[0, 200]$

\rightarrow Progetto di $R_2(s)$

$$L_2(s) = R_2(s) \cdot \underbrace{F_1(s)}_{L_1(s)} \cdot \cancel{G_2(s)} \approx L(s) = R(s) \cdot \underbrace{G(s)}_{\approx 1} \cdot \cancel{G_2(s)}$$

G_2 parte problematica $\rightarrow R_2$ è adatto a controllare G_2

$$\Rightarrow R_2(s) \approx R_1(s)$$

$$G_{yd}(s) = S_1(s) \underbrace{S(s) G_2(s)}_{\substack{\text{come schema} \\ \text{STANDARD}}} \rightarrow \tilde{G}_{yd}$$

Confronto diagrammi di Bode di G_{yd} e \tilde{G}_{yd}

$$G_{yd} \begin{cases} \underline{S(s) G_2(s)} & \text{standard} \\ \underline{S_1(s) S(s) G_2(s)} & \text{cascata} \end{cases}$$

dopo $\omega = 200$ schemi sovrapposti

una prima schema in cascata +
basso \rightarrow fattore attenuazione indotto
(attenua di più)

per $\omega = 1$ e $d(t) = \sin(t)$

cascata : -30 dB

standard : -10 dB

$S_1(s)$ abbassa di 20 dB il diagramma
Bode fino a 200 rad/sec

Simulazioni:

$$① \quad w(t) = \text{scat}(t)$$

$$d_1(t) = 0,2 \text{scat}(t - 50)$$

prima di $t = 50$ 2 aere quasi identiche (avevamo detto schema tacking non doveva cambiare)

dopo $t = 50$

Cascata: molto + stabile \rightarrow va a regime molto + velocemente

Standard: contraccolpo dato dallo schema porta oscillazioni + grandi attenuate dallo schema in cascata

$$② \quad w(t) = 0$$

$$d_1(t) = \text{sen}(t) \rightarrow w = 1 > 0,2 = w_c$$

disturbo sinusoidale produce un andamento MOLTO oscillante dell'

uscita che invece dovrebbe essere nulla

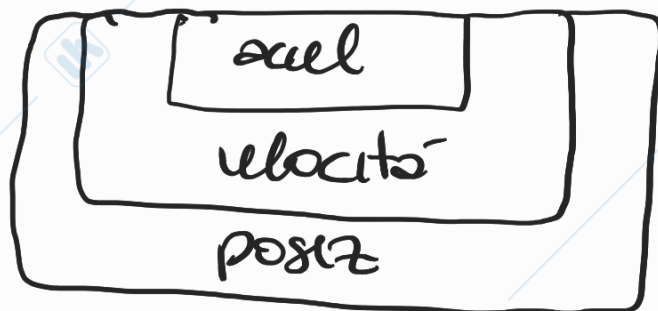
standard: effetto disturbo molto grande

cascata: migliora molto (20 volte)
la risposta al disturbo
(oscillazioni ridotte)

↳ Hp: misurare la variabile intermedia

Schemi in cascata si possono costruire per altri fini:

- controllare link di un robot \rightarrow sistemi che misurano posiz angol, vel angol e acc ang \Rightarrow controllare il sistema con 3 anelli uno dentro l'altro



- anche + di 20 stadi in cascata \rightarrow il + interno è il + veloce

(è veloce in sistema lento ho un costo)
(+ alto nel controllo)

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari

www.unidocs.it - Appunti e dispense per superare i tuoi esami universitari