

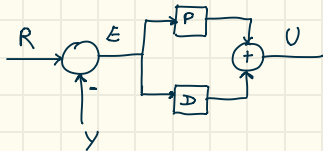
# REGOLATORE PID

$$C(s) = K \left( 1 + \frac{1}{sT_i} + sT_d \right)$$

$K$ : Proporz.  
 $T_i$ : Integratore  
 $T_d$ : Derivatore  
 Tempo di Derivazione  
 Tempo di integrazione

$K$  Pera l'azione proporzionale  
 $T_i$  Pera l'azione Integratale  
 $T_d$  Pera l'azione Derivativa

## Caso 1: PD



$$U = E(s) \cdot (P + D) \quad \text{ovvero} \quad u(t) = K e(t) + K T_d \frac{de(t)}{dt} = K_1 e(t) + K_1 K_2 \frac{de(t)}{dt}$$

DUE GRADI DI LIBERTA'

→ Eliminiamo il 2° grado di libertà fissando lo zero  $T_d$ , come abbiamo fatto con il luogo delle radici.

## REGOLAZIONE

**IL PROBLEMA:** abbiamo  $u(t) = K_1 e(t) + K_1 K_2 \frac{de(t)}{dt}$ . Se  $e(t)$  è un gradino che passa da 0 ad 1 (ad esempio) l'errore sarà discontinuo e  $u(t)$  sarà un valore altissimo (Pratica) che nella realtà rischia di destabilizzare il sistema.

**SOLUZIONE:** Siccome  $E = Y - R$  e la derivata del riferimento (dopo la discontinuità) è NULLA POSSO FARE SOLO LA DERIVATA DELL'USCITA  $Y(s)$

$$G(s) = \frac{1}{s(s+2)} = \frac{Y(s)}{U(s)}$$

non consideriamo le cond. iniziali  
Perché si esaurisce

$$u(t) = K_1 e(t) - K_1 K_2 \frac{dy(t)}{dt} \Rightarrow U(s) = K_1 E(s) - K_1 K_2 s Y(s)$$

Passaggi a R 35:00

$$\Rightarrow Y(s) = G(s) \cdot U(s) = \left[ K_1 \frac{(R(s) - Y(s))}{s(s+2)} - K_1 K_2 s Y(s) \right] \cdot \frac{1}{s(s+2)}$$

$E(s) = R - Y$

→ Otteniamo  $L(s) = \frac{K_1}{s(s+2+K_1 K_2)}$

Troviamo il luogo

$$P_L(s) = N_L(s) + D_L(s) = s(s+2+K_1 K_2) + K_1 = 0$$

fisso  $K_1 = 6$  e vediamo cosa accade al variare di  $K_2$

$$\Rightarrow s^2 + 2s + 6K_2 s + 6 = \tilde{D}(s) + K_2 \tilde{N}(s) = 0$$

$$\Rightarrow \tilde{L}(s) = \frac{K_2 \tilde{N}(s)}{\tilde{D}(s)} = \frac{6s}{s^2 + 2s + 6}$$

Nuovi polinomi per ricondurre alla forma base del luogo

Nuova  $L(s)$  Fittizia su cui trovo il luogo

## COME CONTROLLARE RADICI REALI

$$s^2 + 2s + 6 \text{ è nella forma } s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2 = 0$$

$$\begin{cases} 2 = 2\zeta\omega_n \\ 6 = \omega_n^2 \end{cases} \Rightarrow \zeta\sqrt{6} = 2 \Rightarrow \zeta = \frac{2}{\sqrt{6}} = \frac{\sqrt{6}}{3} = 0.41$$

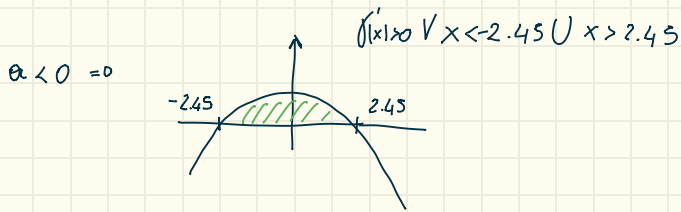
Siccome per  $0 < \zeta < 1$  abbiamo poli complessi e conj.  $\Rightarrow \zeta = 0.41 < 1 \Rightarrow$  poli complessi e conj.

$$\gamma(x) = \frac{-s^2 - 2s - 6}{6s} \rightarrow \gamma'(x) = \frac{(-2s-2)(6s) - (-s^2-2s-6)(6)}{(6s)^2} > 0$$

Per poter disegnare il luogo devo capire dove si trovano le radici e dove si incontrano.

$$\text{Per } -12s^2 - 12s + 6s^2 + 12s + 36 \geq 0 \quad -6s^2 + 36 \geq 0$$

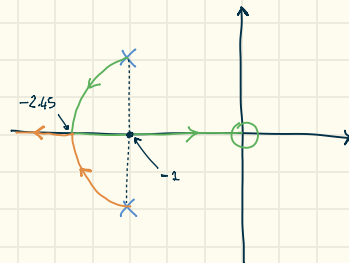
$$\text{per } s^2 \leq \frac{36}{6} \Rightarrow s \leq \pm \sqrt{6} \approx \pm 2.45$$



$$s^2 + 2s + 6 \quad x_{1,2} = \frac{-2 \pm \sqrt{4 - 4 \cdot 1 \cdot 6}}{2} \rightarrow \begin{aligned} \frac{-2 + 2i\sqrt{5}}{2} &= -1 + i\sqrt{5} \\ \frac{-2 - 2i\sqrt{5}}{2} &= -1 - i\sqrt{5} \end{aligned}$$

$\text{ReP}(\bar{s}) = -1 > -2.45$  Pto incontro luogo

Con le informazioni ottenute (ovvero punto di incontro luogo e parte reale dei poli) posso disegnare il luogo



Uno dei due poli, all'aumentare del guadagno, tende verso lo zero, quindi rallenta il sistema. Dopo il break in rallentiamo.

La strategia è quella di calcolare il punto di break in e dichiarare quello come **punto limite** (del guadagno  $\rho$ ), se ci interessa il tempo di assestamento.

\* 1:15 simulazione Drone

#ToDo