

# Controle Linear: Capítulo 5 - Projeto de Controladores

Prof. Ana Isabel Castillo

May 16, 2025

# Objetivos do Capítulo 5

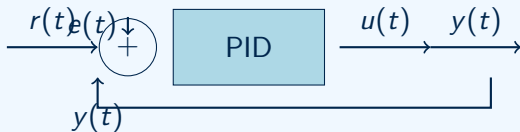
- ▶ Compreender o projeto de controladores para melhorar desempenho.
- ▶ Aprender a estrutura e ajuste de controladores PID.
- ▶ Explorar o método de Ziegler-Nichols para sintonia.
- ▶ Introduzir compensadores de avanço/atraso.
- ▶ Aplicar em finanças (ex.: estabilizar retornos de portfólios).

# Controladores PID

- **PID:** Proporcional, Integral e Derivativo:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

- **Função:** Reduz erro ( $e(t) = r(t) - y(t)$ ), melhora estabilidade e resposta.
- Exemplo financeiro: Ajustar aportes para manter retorno desejado.



# Ajuste de Controladores PID

## ► Método de Ziegler-Nichols:

- Passo 1: Aumentar  $K_p$  até oscilações sustentadas ( $K_u$ , período  $T_u$ ).
- Passo 2: Usar tabela para escolher  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ .

## ► Exemplo de tabela:

Tipo	$K_p$	$K_i$	$K_d$
P	$0.5K_u$	—	—
PI	$0.45K_u$	$1.2K_p/T_u$	—
PID	$0.6K_u$	$2K_p/T_u$	$K_p T_u/8$

## ► Exemplo: Ajustar PID para estabilizar lucros.



# Compensadores de Avanço/Atraso

- **Compensador de avanço:** Aumenta a margem de fase, melhora resposta rápida.

$$G_c(s) = K \frac{s + z}{s + p}, \quad z < p$$

- **Compensador de atraso:** Melhora erro em regime permanente.

$$G_c(s) = K \frac{s + z}{s + p}, \quad z > p$$

- Exemplo financeiro: Compensador de avanço para reduzir oscilações em preços.

- ▶ Controladores PID ajustam erro, estabilidade e resposta transitória.
- ▶ Ziegler-Nichols facilita a sintonia de ganhos  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ .
- ▶ Compensadores de avanço/atraso otimizam desempenho.
- ▶ Aplicação financeira: Estabilizar retornos de portfólios.

## Exercício

Para  $G(s) = \frac{1}{s(s+1)}$ , projete um controlador PID usando Ziegler-Nichols. Interprete como controle de um fundo de investimento.