



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA-AERONÁUTICA

MPS-43: SISTEMAS DE CONTROLE

VII. PROJETO DE LEIS DE CONTROLE USANDO O LGR

---

Prof. Davi Antônio dos Santos ([davists@ita.br](mailto:davists@ita.br))

Departamento de Mecatrônica

<http://www.professordavisantos.com> – **courses/MPS-43**

Setembro/2022  
São José dos Campos

# Sumário

## VII. PROJETO DE LEIS DE CONTROLE USANDO O LGR

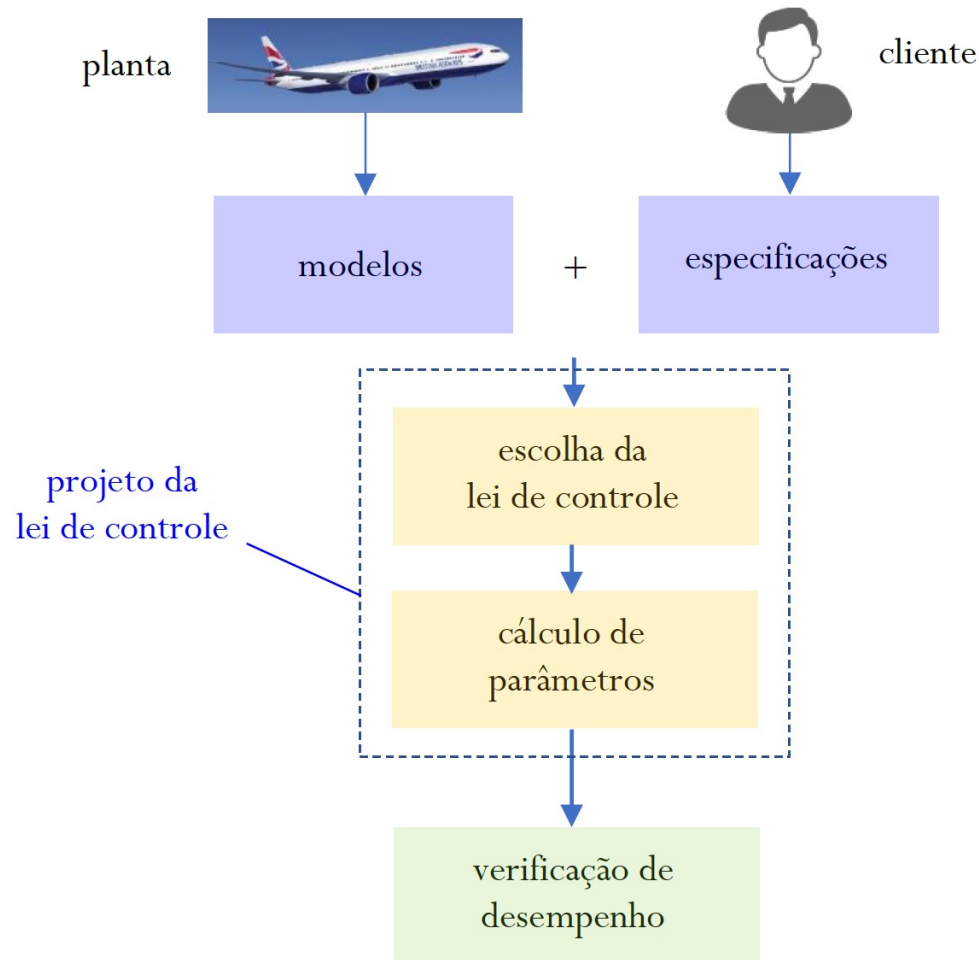
VII.1. Introdução

VII.2. Exemplos de Projeto

# Introdução

# VII.1. Introdução

## Metodologia de Projeto (Recordando):



## VII.1. Introdução

### Considerações:

Por simplicidade, neste capítulo, consideramos que:

1. O modelo e as especificações são conhecidos;
2. A realimentação é unitária;
3. A estrutura da malha de controle é do tipo cascata;
4. O sistema se comporta aproximadamente como um par de polos.

## VII.1. Introdução

### Especificações:

Para fins de **especificação de desempenho**, serão adotadas as seguintes figuras de mérito:

- Referentes ao **regime transitório**:  $t_p, t_s, t_a, M_p$ .
- Referentes ao **regime permanente**:  $\kappa_p, \kappa_v, \kappa_a$ .

## VII.1. Introdução

### Relações Importantes (Sistemas de 2.a Ordem):

$$\cos \beta = \zeta \quad \tan \beta = \frac{\sqrt{1 - \zeta^2}}{\zeta} \quad t_p = \frac{\pi}{\omega_d} \quad t_s = \frac{\pi - \beta}{\omega_d}$$

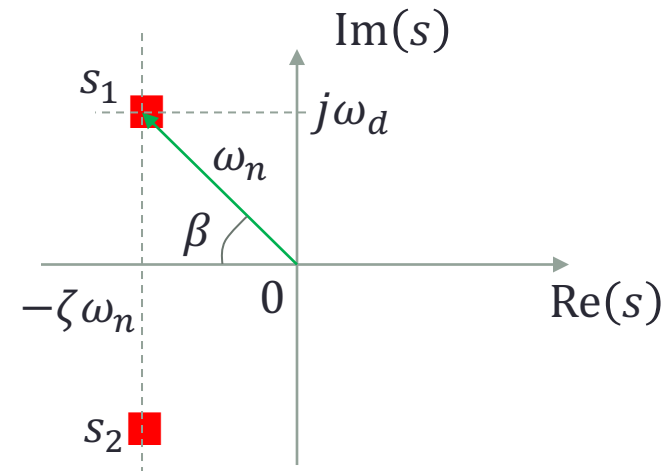
$$t_a \approx \frac{4}{\zeta \omega_n} \quad M_p = e^{-\frac{\zeta \pi}{\sqrt{1 - \zeta^2}}} \quad \omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$$

## VII.1. Introdução

### Ideia do Método:

1. Posicionar os polos e zeros do controlador de forma que o LGR passe por um par de polos especificado,  $s_{1,2}$ :

$$s_{1,2} = -\zeta\omega_n \pm j\omega_d$$



1. Ajustar o ganho do controlador para que o par de polos especificado figure entre os polos de malha fechada do sistema.

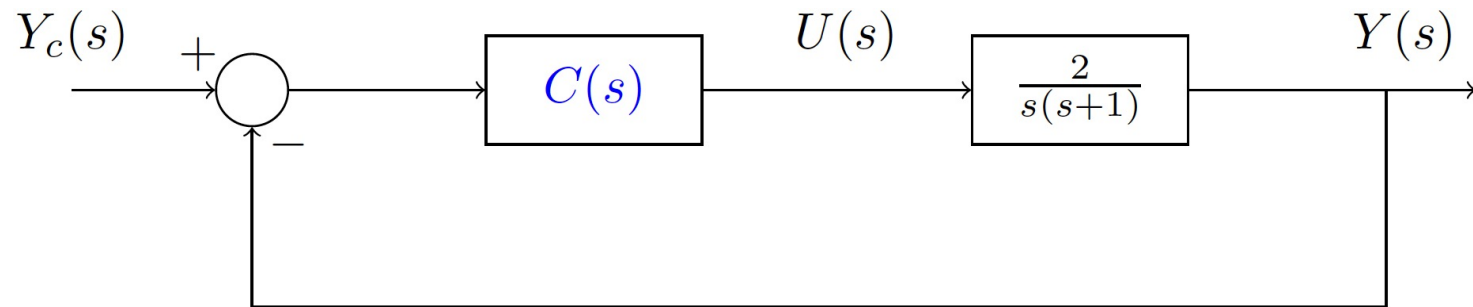


# Exemplos de Projeto

## VII.2. Exemplos de Projeto

### VII.2.1. Servo Controlado por um Controlador PD

Seja o sistema de controle de um servomecanismo de posição angular modelado pelo seguinte diagrama de blocos:



Projete um controlador PD:

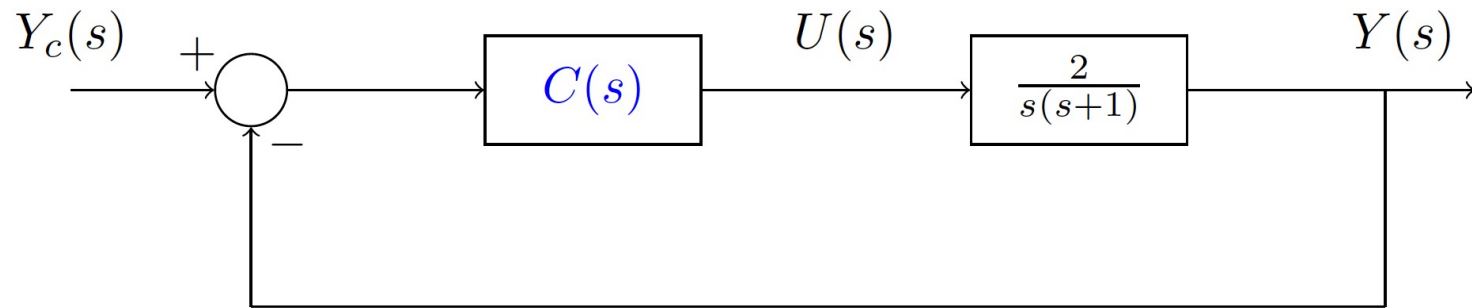
$$C(s) = K_p + K_d s$$

para que o sistema tenha  $M_p = 20\%$  e  $t_a = 1$  s.

## VII.2. Exemplos de Projeto

### VII.2.2. Servo Controlado por um Controlador PI

Seja o sistema de controle de um servomecanismo de posição angular modelado pelo seguinte diagrama de blocos:



Verifique a viabilidade de se projetar um controlador PI:

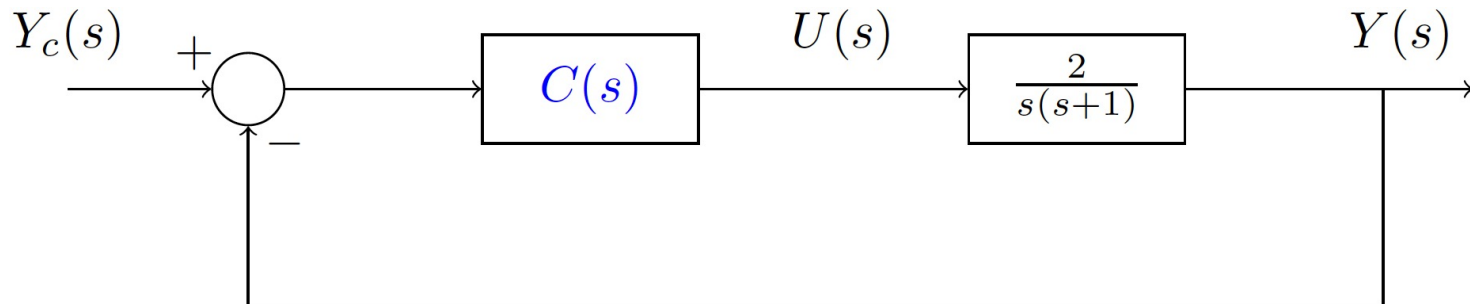
$$C(s) = K_p + K_i/s$$

para esse sistema.

## VII.2. Exemplos de Projeto

### VII.2.3. Servo Controlado por um Controlador LEAD

Seja o sistema de controle de um servomecanismo de posição angular modelado pelo seguinte diagrama de blocos:



Projete um controlador **LEAD**:

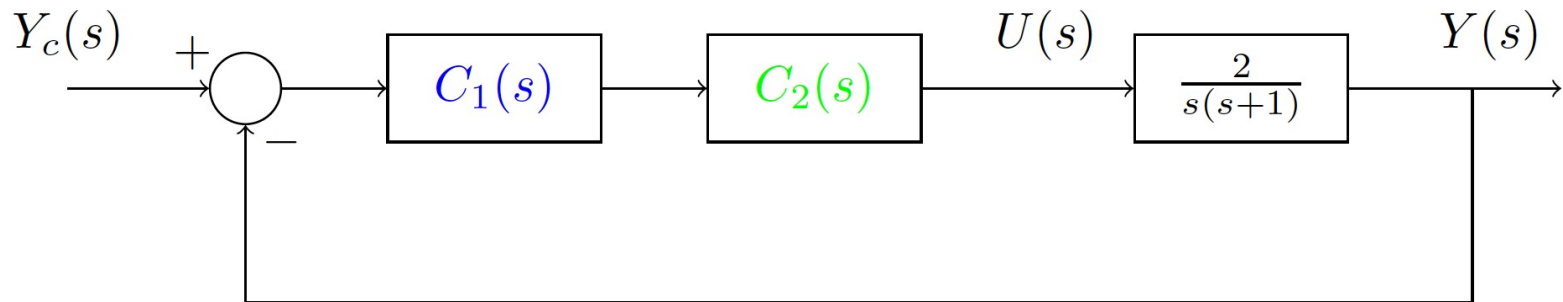
$$C(s) = K_c \frac{s + b_c}{s + a_c}, \quad b_c < a_c$$

para que o sistema tenha  $M_p = 20\%$  e  $t_p = 1$ s.

## VII.2. Exemplos de Projeto

### VII.2.4. Servo Controlado por um Controlador LEAD-LAG

Seja o sistema de controle de um servomecanismo de posição angular modelado pelo seguinte diagrama de blocos:



$C_1(s)$  é o controlador projetado em VIII.2.3. **Projete** um controlador LAG:

$$C_2(s) = \bar{K}_c \frac{s + \bar{b}_c}{s + \bar{a}_c}, \quad \bar{b}_c > \bar{a}_c$$

para que o sistema tenha  $M_p = 20\%$ ,  $t_p = 1\text{s}$  e  $\bar{\kappa}_v = 10\kappa_v$ .

Obrigado pela presença  
e atenção!