

Guia de Prática: Tempo de Acomodação em Sistemas de Primeira Ordem

Laboratório de Teoria de Controle

September 16, 2025

1 Objetivos

- Observar a resposta de sistemas de primeira ordem a uma resposta degrau.
- Comparar os efeitos da constante de tempo (τ) sobre a velocidade da resposta.
- Analisar como o ganho do sistema (K) afeta o valor final da saída.
- Estimar o tempo de acomodação visualmente para faixas de 2% e 5% do valor final.

2 Materiais e Ferramentas

- Computador com Python instalado.
- Bibliotecas Python: `control`, `matplotlib`, `numpy`.
- Editor de código (VS Code, Spyder, Jupyter Notebook, etc.).

3 Introdução

O **tempo de acomodação** (t_s) é o tempo que o sistema leva para se aproximar do valor final (estado estacionário), dentro de uma faixa de tolerância. As faixas mais comuns são 2% e 5% do valor final.

3.1 Sistemas de Primeira Ordem

Considere a função de transferência de um sistema de primeira ordem:

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1}.$$

A constante de tempo τ é definida como o parâmetro que caracteriza a velocidade de resposta de um sistema de primeira ordem linear e invariante no tempo.

Em uma constante de tempo ($t = \tau$), a curva da resposta exponencial vai de 0% a 63,2% do valor final. Em duas constantes de tempo ($t = 2\tau$), a resposta atinge 86,5% da resposta final. Para $t = 3\tau, 4\tau$ e 5τ , a resposta alcança 95%, 98,2% e 99,3%, respectivamente, da resposta final. Assim, para $t \geq 4\tau$, a resposta se mantém a 2% do valor final. Veja a Figura 1 que demonstra a resposta de um sistema em função da constante de tempo.

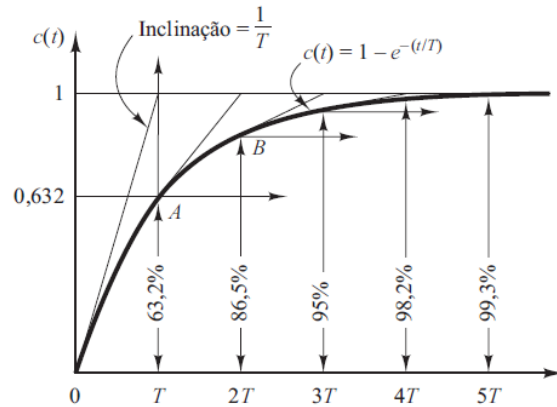


Figure 1: Curva exponencial da resposta de um sistema de primeira ordem.

Estimativa aproximada do tempo de acomodação:

$$t_s \approx \begin{cases} 4\tau & \text{para faixa de 2\%} \\ 3\tau & \text{para faixa de 5\%} \end{cases}$$

Procedimento visual:

1. Simule ou plote a resposta ao degrau.
2. Observe quando a saída entra e permanece dentro da faixa desejada (2% ou 5%) do valor final.
3. Esse tempo é o t_s .

4 Prática

Exercício 1 - Encontre a função de transferência do circuito RC série na Figura 2

$$\frac{V_c(s)}{V_{in}(s)},$$

com os parâmetros $R = 560 \text{ k}\Omega$, e $C = 10 \text{ }\mu\text{F}$.

Simule e observe o comportamento da resposta quando é aplicada uma tensão de 5 Volts na forma de degrau. Obtenha visualmente o instante em que a resposta alcança o regime permanente, considerando uma tolerância de 2% e de 5%, e compare com os valores teóricos. Apresente os cálculos e a figura da simulação com a indicação de como os valores foram obtidos.

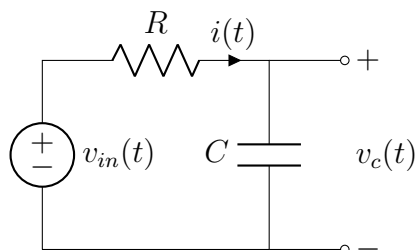


Figure 2: Circuito RC série.

Exercício 2 - Simule a resposta das seguintes funções de transferência para uma entrada degrau unitário e encontre o tempo de acomodação para uma tolerância de 2% utilizando a estimativa teórica e o procedimento visual. Apresente os cálculos e a figura da simulação com a indicação de como os valores foram obtidos, e complete a tabela a seguir:

Sistema	Função de Transferência	K	τ	t_s Teórico	t_s Visual
1	$G_1(s) = \frac{1}{0.5s+1}$				
2	$G_2(s) = \frac{2}{2s+1}$				
3	$G_3(s) = \frac{5}{0.1s+1}$				

Table 1: Comparação entre tempo de acomodação teórico e visual para sistemas de primeira ordem.