



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

ES828 - Laboratório de Controle de Sistemas

Relatório - Experimento 3

Controle de plantas eletrônicas utilizando um
controlador PID digital

Nome:

Daniel Dello Russo Oliveira

Marcelli Tiemi Kian

RA

101918

117892

29 de março de 2015

1 Objetivos

O objetivo desse experimento é a familiarização com o projeto de controladores PID e o estudo do seu desempenho.

2 Projeto dos Controladores

Devido a problemas encontrados com os controladores projetados no pré relatório do experimento três [3], nós refizemos as medidas do experimento dois e determinamos uma nova função de transferência para a planta, representada pela equação 1. Os parâmetros dessa função de transferência, obtidos seguindo o mesmo método apresentado no relatório dois [2], estão na tabela 1.

$$G(s) = \frac{\kappa_1 * \kappa_2 * \kappa_3 * \kappa_4}{(s * \tau_2 + 1)(s * \tau_3 + 1)s} \quad (1)$$

Tabela 1: Parâmetros numéricos da função de transferência

Parâmetro	Valor
κ_1	-0.1006
κ_2	-2.1711
κ_3	-4.6218
κ_4	-6.4957
τ_2	0.0212
τ_3	0.0193

Com esses valores utilizamos os métodos detalhados no pré relatório 3 [3] para projetar os mesmos controladores PID e por fim implementamos esses sistemas com o auxílio do LabView e da plataforma Elvis. Analisaremos os seus desempenhos a seguir. Para todas as análises utilizamos um filtro passa-baixa na resposta para facilitar o tratamento dos dados e a visualização.

3 Controlador Proporcional com amortecimento crítico

O primeiro controlador à ser analisado é um controlador proporcional que foi projetado para estar na condição de amortecimento crítico, de maneira a obter um tempo de resposta teórico mínimo. Esse controlador tem a seguinte função

de transferência:

$$C(s) = 1.114 \quad (2)$$

A resposta filtrada desse controlador à uma onda quadrada de amplitude $1V$ e frequência de $0.25Hz$ pode ser vista na figura 1.

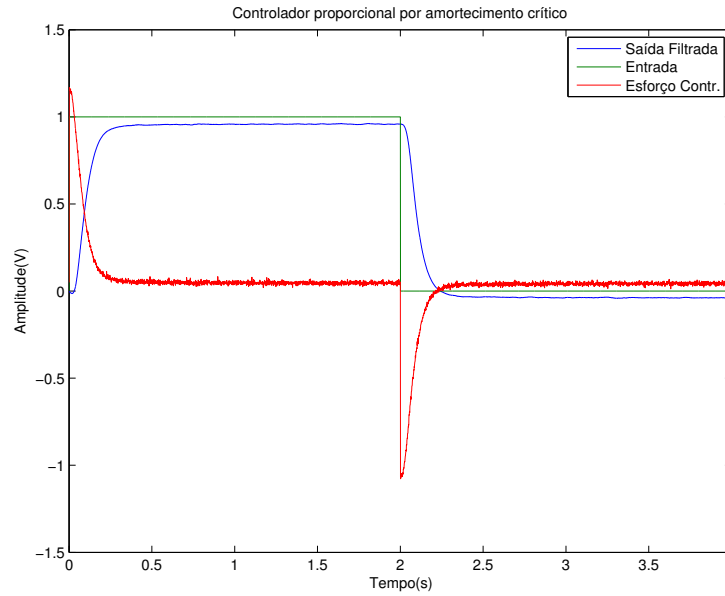


Figura 1: Resposta filtrada e esforço de controle para onda quadrada do sistema com controlador projetado para amortecimento crítico

Para esse controlador obtivemos as características apresentadas na tabela 2

Tabela 2: Características da resposta do sistema com controlador proporcional com amortecimento crítico

Característica	Valor
Tempo de estabilização	0.2843
Sobrelevação	0.3549%
Erro estacionário	0.042

Como podemos ver, a resposta desse controlador está bem próxima da resposta simulada representada na figura 2, porém o sistema apresenta um offset de $0.04V$.

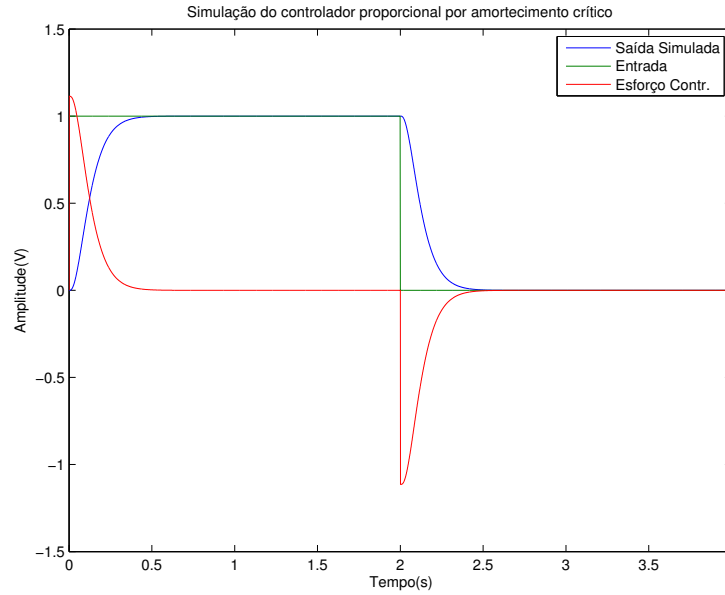


Figura 2: Resposta e esforço de controle simulados para onda quadrada do sistema com controlador projetado para amortecimento crítico

4 Controlador Proporcional com sobrelevação de 2%

Outro controlador proporcional que foi projetado para obter o menor tempo de estabilização possível foi um controlador cuja sobrelevação é de exatamente 2% de maneira à não sair do erro estabelecido. Esse controlador tem a seguinte função de transferência:

$$C(s) = 1.609 \quad (3)$$

A resposta filtrada desse controlador à uma onda quadrada de amplitude 1V e frequência de 0.25Hz pode ser vista na figura 3.

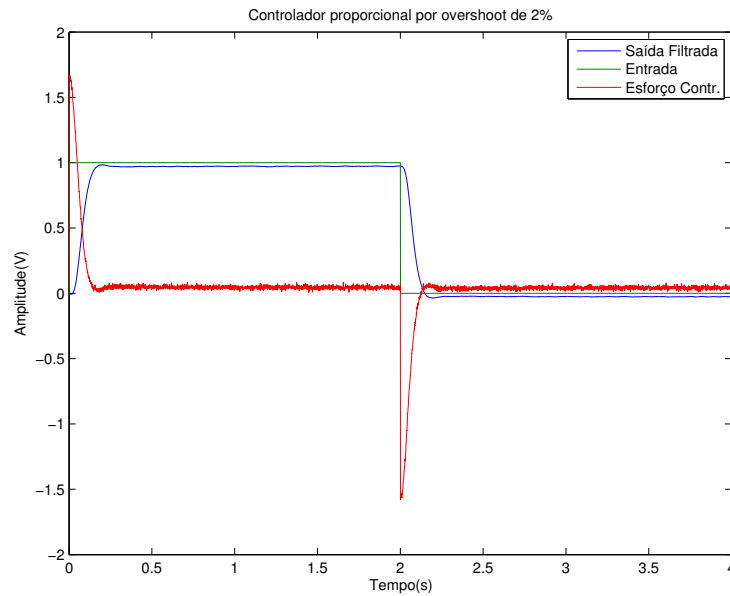


Figura 3: Resposta filtrada e esforço de controle para onda quadrada do sistema com controlador projetado para sobrelevação de 2%

Para esse controlador obtivemos as características apresentadas na tabela 3 com o auxílio da função *stepinfo* do Matlab.

Tabela 3: Características da resposta do sistema com controlador proporcional com sobrelevação de 2%

Característica	Valor
Tempo de estabilização	0.1559
Sobrelevação	0.96%
Erro estacionário	0.026

Como podemos ver, a resposta desse controlador está bem próxima da resposta simulada representada na figura 4, porém o sistema apresenta um offset de 0.026V e uma sobrelevação de somente 1% diferente do projetado.

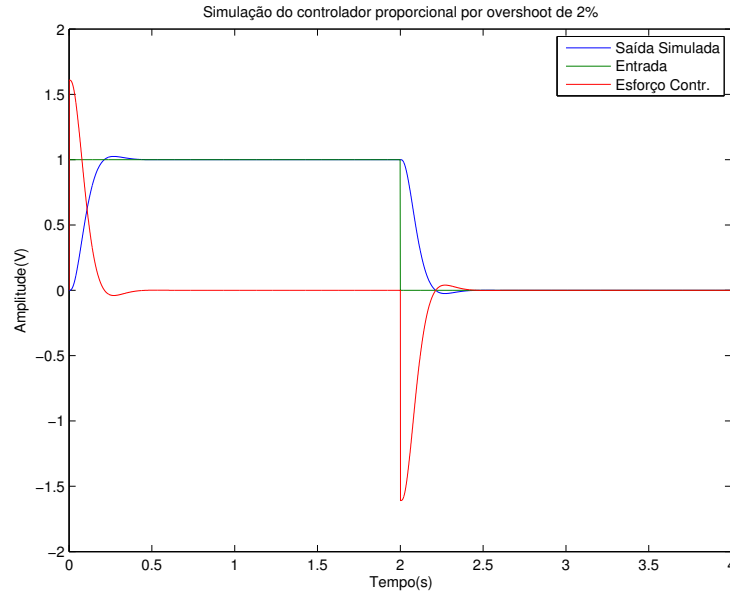


Figura 4: Resposta e esforço de controle simulados para onda quadrada do sistema com controlador projetado para sobrelevação de 2%

5 Controlador PID projetado pelo método Ziegler-Nichols

Esse controlador tem a seguinte função de transferência:

$$C(s) = 9.05 + \frac{142}{s} + 0.144s \quad (4)$$

A resposta filtrada desse controlador à uma onda quadrada de amplitude 1V e frequência de 0.25Hz pode ser vista na figura 5 e seu esforço de controle na figura 6.

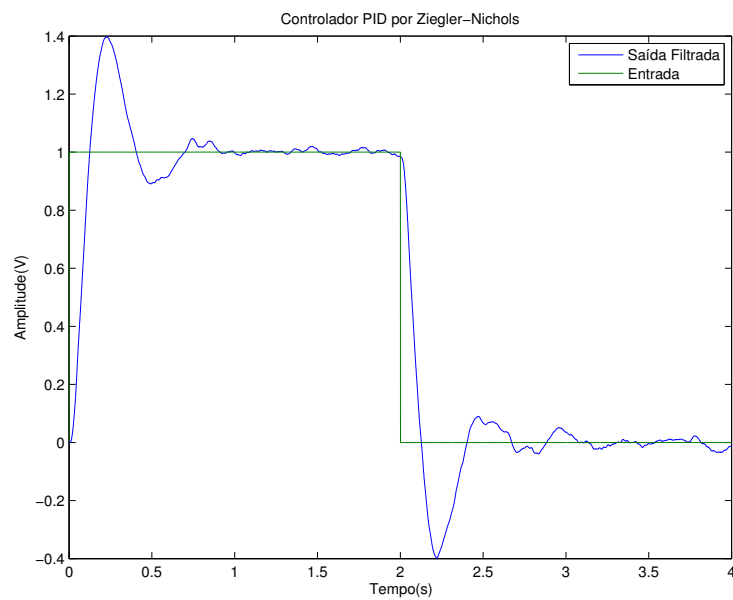


Figura 5: Resposta filtrada à onda quadrada do sistema com controlador PID projetado pelo método Ziegler-Nichols

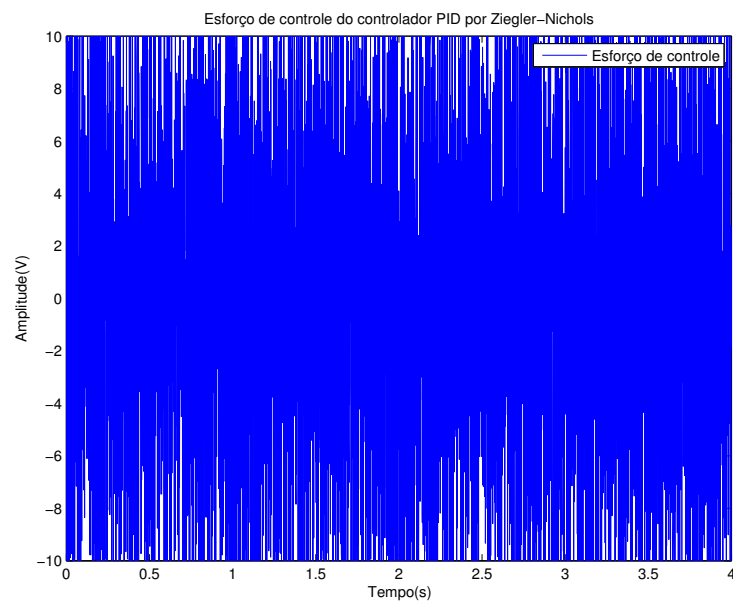


Figura 6: Esforço de controle para onda quadrada do sistema com controlador PID projetado pelo método Ziegler-Nichols

Para esse controlador obtivemos as características apresentadas na tabela 4

Tabela 4: Características da resposta do sistema com controlador PID projetado pelo método Ziegler-Nichols

Característica	Valor
Tempo de estabilização	0.8789
Sobrelevação	39.69%
Erro estacionário	0

Como podemos ver, a resposta desse controlador está próxima da resposta simulada representada na figura 7, porém seu esforço de controle é bastante diferente. Outra diferença esta no tempo de estabilização do sistema que é menor no sistema simulado. Acreditamos que as diferenças encontradas se devem principalmente à interferência de ruídos e as incoerências entre a função de transferência calculada para a planta e o sistema físico.

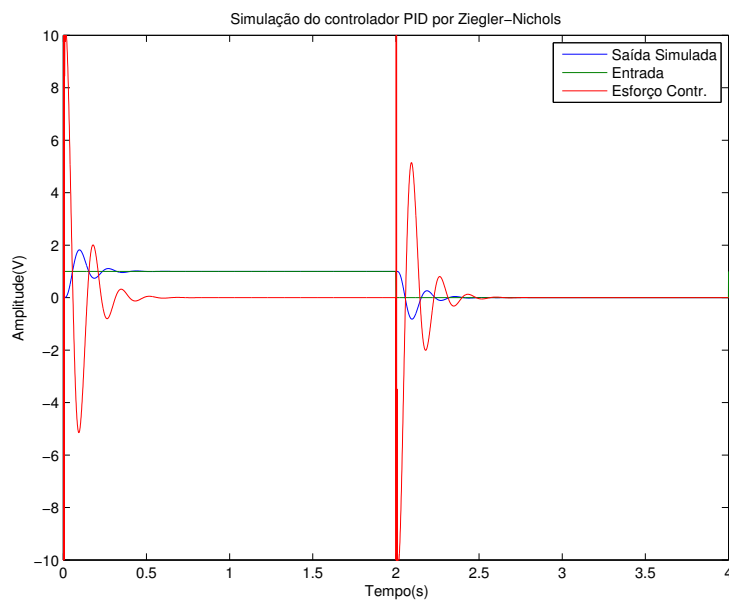


Figura 7: Resposta e esforço de controle simulados para onda quadrada do sistema com controlador PID projetado pelo método Ziegler-Nichols

6 Controlador PID projetado com o auxílio do SISO Tool

Utilizando a ferramenta SISO Tool, projetamos um controlador PID com a seguinte função de transferência:

$$C(s) = 5.3 + \frac{2.37}{s} + 0.207s \quad (5)$$

A resposta filtrada desse controlador à uma onda quadrada de amplitude 1V e frequência de 0.25Hz pode ser vista na figura 8 e seu esforço de controle na figura 9.

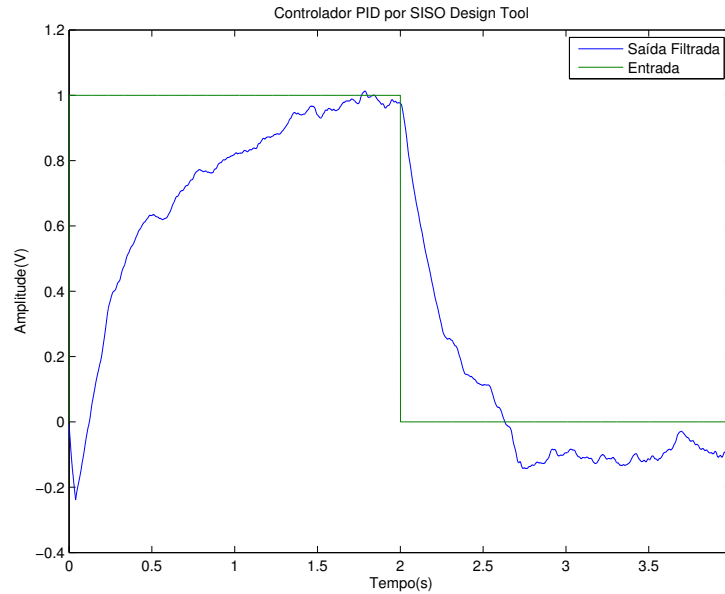


Figura 8: Resposta filtrada à onda quadrada do sistema com controlador PID projetado com o auxílio do SISO Tool

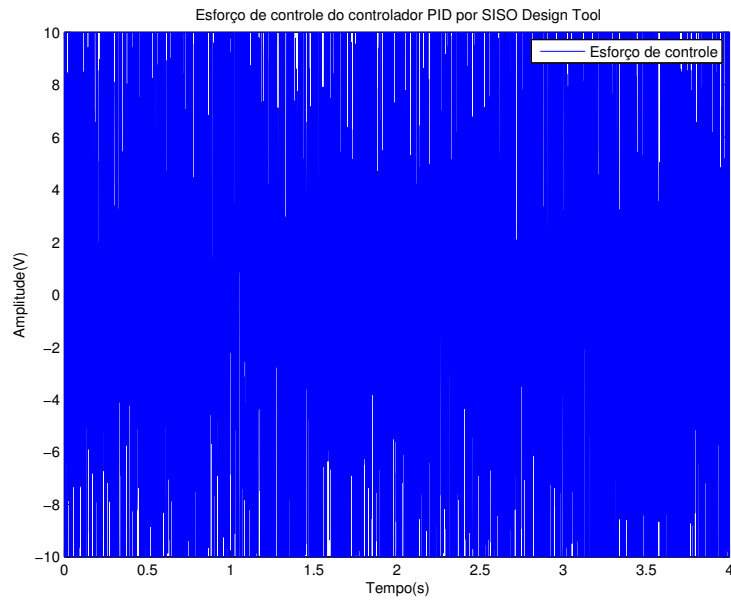


Figura 9: Esforço de controle para onda quadrada do sistema com controlador PID projetado com o auxílio do SISO Tool

Como podemos ver, esse controlador apresentou um desempenho insatisfatório e não é relevante analisar as características de sua resposta, como o tempo de estabilização ou erro estacionário. A resposta desse controlador está bem distante da resposta simulada apresentada na figura 10. Acreditamos que essa diferença se deve à diversos fatores, notavelmente a falta de precisão na definição da função de transferência da planta e a interferência dos ruídos. Propomos como possível solução a filtragem do sinal de saída da planta antes de realimentar o controlador digital ou a utilização de um controlador analógico.

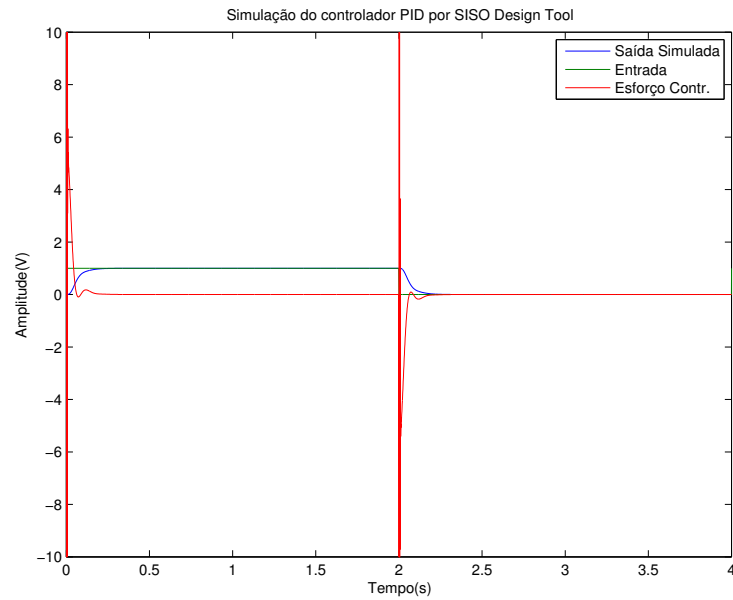


Figura 10: Resposta e esforço de controle simulados para onda quadrada do sistema com controlador PID projetado com o auxílio do SISO Tool

7 Referências

- [1] Roteiro do experimento disponibilizado para os alunos
- [2] KIAN, Marcelli; OLIVEIRA, Daniel. *Relatório - Experimento 2: Método de identificação de plantas eletrônicas*
- [3] KIAN, Marcelli; OLIVEIRA, Daniel. *Pré Relatório - Experimento 3: Controle de plantas eletrônicas utilizando um controlador PID digital.*