



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

ES828 - Laboratório de Controle de Sistemas

Relatório - Experimento 4 Controle de plantas eletrônicas utilizando um controlador PID analógico

Nome:

Daniel Dello Russo Oliveira

Marcelli Tiemi Kian

RA

101918

117892

3 de abril de 2015

1 Objetivos

O objetivo desse experimento é a familiarização com o projeto e a implementação de controladores PID analógicos utilizando resistores, capacitores e amplificadores operacionais e a comparação de seu desempenho com controladores discretos.

2 Projeto do Controlador Analógico

Consideramos a planta cuja função de transferência é representada pela equação 1, que foi obtida seguindo o método apresentado no experimento 2 [2], consideramos também o controlador PID do experimento 3 obtido com o auxílio da ferramenta SISOTool do Matlab, cuja função vemos na equação 3.

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

Tabela 1: Parâmetros numéricos da função de transferência

Componente	Valor
κ_1	-0.1005
κ_2	-2.1508
κ_3	-4.6448
κ_4	-5.6307
τ_2	0.0210
τ_3	0.0244

$$K_z(s) = 9.05 + \frac{142}{s} + 0.144s \quad (2)$$

$$K_s(s) = 5.3 + \frac{2.37}{s} + 0.207s \quad (3)$$

Por fim consideramos também o controlador proposto no pré relatório [4] que se aproxima do controlador obtido com o auxílio do SISOTool. Utilizando o modelo proposto no roteiro [1] mostrado na figura 1. Com a aproximação mostrada na equação 4, podemos determinar os valores de R_1 , R_2 e R_3 dado que foi fixado $C = 1\mu F$ para obter os desejados valores de κ_p , κ_i e κ_d .

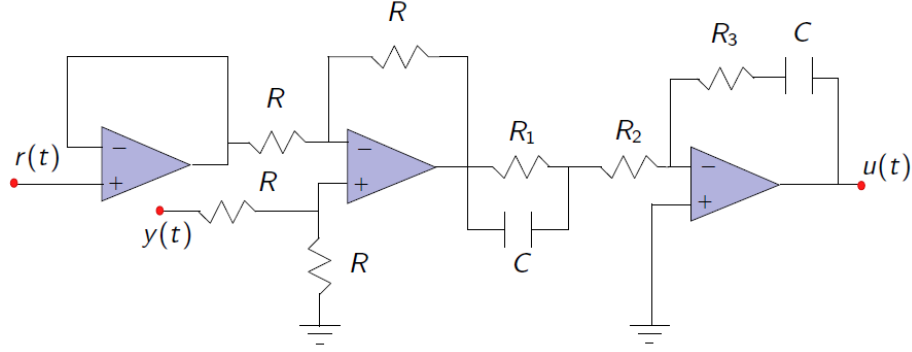


Figura 1: Circuito analógico para controlador PID

$$\frac{\kappa_d s^2 + \kappa_p s + \kappa_i}{s} \approx \frac{\frac{R_1 R_3 C}{R_1 + R_2} s^2 + \frac{R_1 + R_3}{R_1 + R_2} s + \frac{1}{R_1 + R_2}}{\frac{R_1 R_2 C}{R_1 + R_2} s^2 + s} \quad (4)$$

Encontramos então, conforme descrito no pré relatório [4], os valores $R_1 = 51k\Omega$, $R_2 = 1.5k\Omega$ e $R_3 = 200k\Omega$. E o controlador representado pela equação 5

$$K_a(s) = 4.78 + \frac{19.05}{s} + 0.194s \quad (5)$$

3 Análise dos Resultados

Seguindo a metodologia descrita no roteiro [1], implementamos o sistema planta-controlador analógico e medimos sua resposta a uma onda quadrada de amplitude de $1V$ e frequência de $0.25Hz$ com o auxílio do LabView e da plataforma de desenvolvimento Elvis. Podemos ver que o esforço de controle apresenta um pico no momento das transições, esse pico se deve principalmente à ação do termo derivativo do controlador, uma vez que nas transições a derivada da entrada é infinita, porém, ainda assim, o mesmo se mantém dentro dos $10V$ aceitáveis.

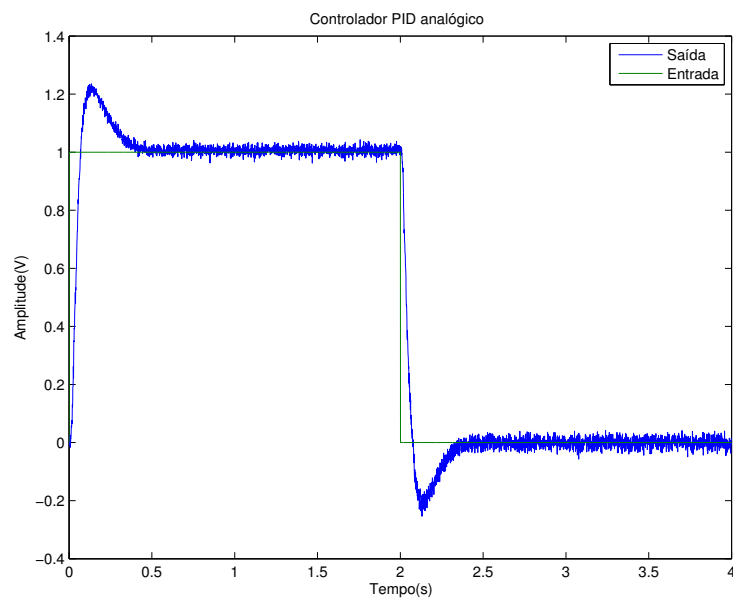


Figura 2: Resposta do controlador PID analógico para onda quadrada

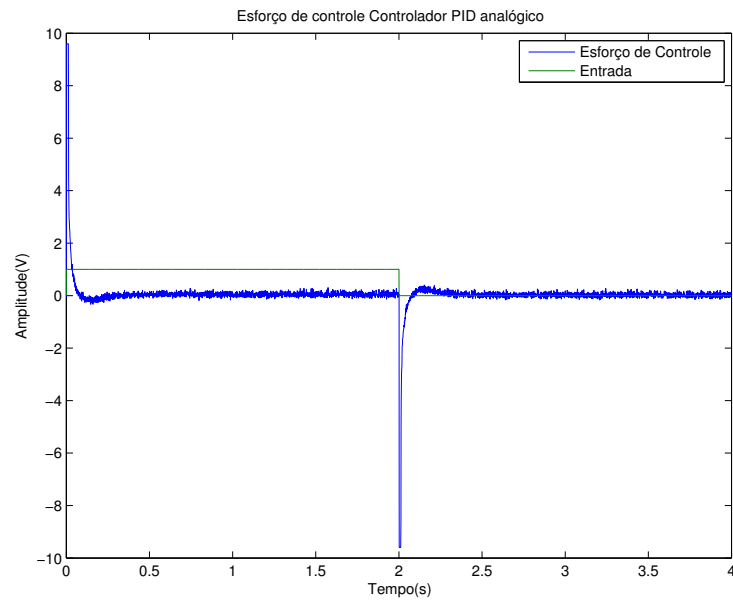


Figura 3: Esforço de controle do controlador PID analógico para onda quadrada

Com o auxílio da função *stepinfo* do Matlab obtivemos alguns indicadores de

desempenho para esse controlador, após filtrar a saída para eliminar os ruídos, que estão apresentados na tabela 2

Tabela 2: Indicadores de desempenho para controlador PID analógico

Indicador	Valor
Tempo de subida	$0.0426s$
Tempo de estabilização	$0.4049s$
Sobrelevação	21.9079%
Erro estacionário	$0.003V$

4 Comparação com PID Simulado

Durante as simulações realizadas para o pré roteiro [4] nós encontramos os valores apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Indicadores de desempenho para controlador PID analógico simulado

Indicador	Valor
Tempo de subida	$0.1037s$
Tempo de estabilização	$0.7430s$
Sobrelevação	19.0416%
Erro estacionário	$0V$

Como podemos ver o PID simulado apresenta um desempenho relativamente pior do que o implementado, seu tempo de estabilização é praticamente o dobro, enquanto sua sobrelevação é inferior em somente 2.8% da sobrelevação apresentada pelo sistema físico. Essas diferenças são mais notáveis ao comparar as duas respostas (após filtrar a saída do sistema físico) como mostrado na figura 4.

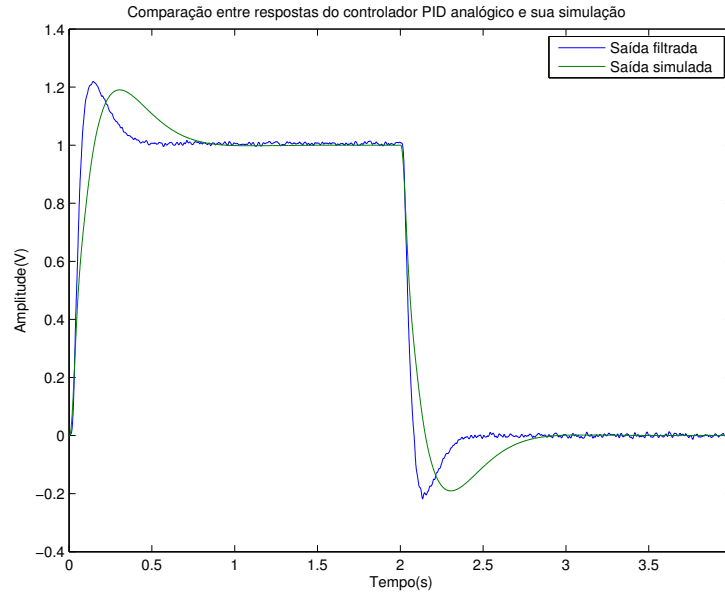


Figura 4: Respostas dos controladores PID analógicos físico e simulado para onda quadrada

Acreditamos que essas diferenças se dão, em grande parte, porque o sistema simulado não é realmente analógico, tendo passado por uma discretização durante a simulação, e do fato da planta calculada diferir da planta física.

Podemos ver também diferenças notáveis no esforço de controle dos dois controladores, como pode ser visto na figura 5. Durante a simulação nós obtivemos picos de tensão altíssimos nas transições, notavelmente devido à ação do termo derivativo do controlador, uma vez que durante as transições de uma onda quadrada a derivada da função tende ao infinito. Porém no sistema real essas mesmas transições ficaram limitadas as proximidades dos 10V. Isso acontece provavelmente pois no sistema real, as transições da onda são mais suaves por limitações físicas do sistema.

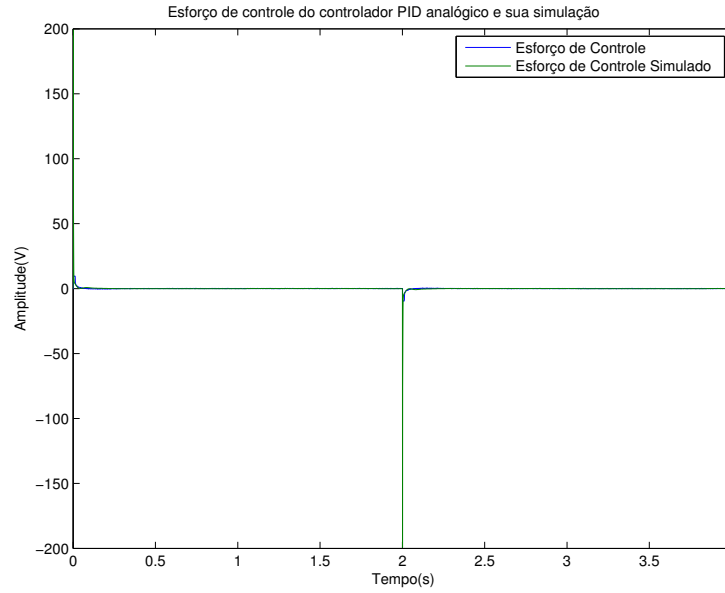


Figura 5: Esforços de controle dos controladores PID analógicos físico e simulado para onda quadrada

Por fim, mostramos uma comparação entre o resultado deste controlador analógico e o do controlador digital no qual ele foi inspirado, vistos na figura 6. Podemos notar que na sua versão digital, o sistema não chegou nem mesmo à se estabilizar. Parte da diferença entre os dois sistemas está no aumento significativo do termo integral do controlador, porém esse termo também aumentaria as oscilações do sistema, não sendo capaz de trazer o mesmo para a estabilidade sozinho. Acreditamos que por ser menos influenciado pelos ruídos de medida o controlador analógico apresentou um desempenho significativamente melhor, corroborando com a análise feita durante o relatório do experimento 3 [3].

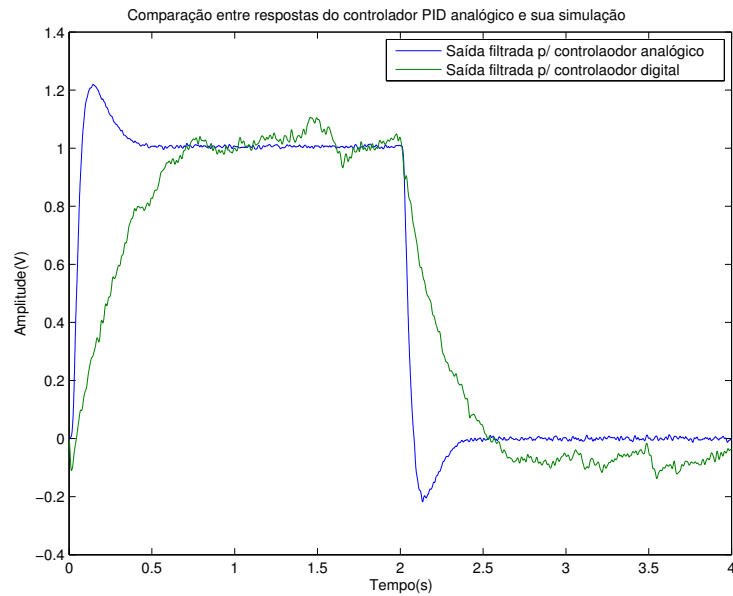


Figura 6: Respostas dos controladores PID analógico e digital para onda quadrada

5 Referências

- [1] Roteiro do experimento disponibilizado para os alunos
- [2] KIAN, Marcelli; OLIVEIRA, Daniel. *Relatório - Experimento 2: Identificação de plantas eletrônicas.*
- [3] KIAN, Marcelli; OLIVEIRA, Daniel. *Relatório - Experimento 3: Controle de plantas eletrônicas utilizando um controlador PID digital.*
- [4] KIAN, Marcelli; OLIVEIRA, Daniel. *Pré Relatório - Experimento 4: Controle de plantas eletrônicas utilizando um controlador PID analógico.*