

CONTROLE DE TEMPERATURA PID COM ARDUINO

Daniel Ferrando¹

John Welvins Barros de Araújo²

John Welvins Barros de Araújo³

Edson Massayuki Kakuno⁴

Resumo:

Existem diversas propostas utilizando o controle liga-desliga com o Arduino para controlar: a temperatura de um reservatório, a posição de um objeto, etc. Controles desta natureza recebem estímulos de um sensor, e quando este estímulo atinge um valor limite previamente imposto, liga-se ou desliga-se um atuador (aquecedor ou motor). Devido à inércia do sistema, este tipo de controle acaba apresentando uma oscilação, normalmente indesejada, em torno do valor limite. Com a finalidade de atenuar (ou eliminar) a amplitude dessa oscilação pode-se utilizar um controle mais refinado, como por exemplo, o controle PID (Proporcional, Integrativo e Derivativo), que é comumente adotado pelas indústrias. Este trabalho propõe uma forma simples de obter as constantes envolvidas no controle PID e descreve os resultados do uso desse controle em um sistema de aquecimento.

Palavras-chave: Arduino; PID; Controle de temperatura.

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

CONTROLE DE TEMPERATURA PID COM ARDUINO

¹ Aluno de graduação. daniel.f.kiyoshi@gmail.com. Autor principal

² Aluno de graduação. juohnwelvins@gmail.com. Co-autor

³ Aluno de graduação. johnwelvins@gmail.com. Co-autor

⁴ Docente. edsonkakuno@unipampa.edu.br. Orientador



CONTROLE PID COM O ARDUINO: UMA PROPOSTA PARA ENCONTRAR OS PARÂMETROS DO PID

1. INTRODUÇÃO

[(i) breve contribuição teórica]: O Arduino é um projeto eletrônico de plataforma aberta, com a filosofia de fornecer um “hardware” e um “software” fácil de usar. Tem sido proposto como ferramenta nas áreas de exatas e engenharias, por vários grupos entre eles da PUC-SP, UFRGS (Cavalcante, 2011), UFRJ (Souza, 2011), UPF (Dionisio, 2017), UFSC (Silveira, 2017), IFRN (Silva, 2014), UNIPAMPA (Dworakowski, 2016) e trabalhos em mestrados profissionais (Silveira, 2017, Dworakowski, 2016). Contudo outras áreas do conhecimento podem se beneficiar desta plataforma, como exemplo a área da moda (Lilypad, 2015) e com um pouco de imaginação outras área do conhecimento poderão fazer uso desta plataforma. Existem vários trabalhos utilizando o Arduino para controlar: a temperatura de um reservatório de água, a posição de um carrinho, etc. Controles desta natureza, no qual recebe-se o estímulo de um sensor (temperatura ou distância) e aciona-se um atuador (aquecedor ou motor) a partir de um limiar. [(ii) problemática]: Uma oscilação ocorre em torno deste limiar, por exemplo, deseja-se aquecer água a 50°C (temperatura alvo): tradicionalmente o Arduino aciona um aquecedor (na potência máxima) e fica monitorando a temperatura através de um transdutor (LM35, PTC, etc.) até que este atinja o alvo de 50 °C, para então desligar o aquecedor (potencia = 0). Devido à inércia do sistema (inclusive a do sensor) a temperatura ultrapassa os 50 °C, mesmo depois do Arduino desligar o aquecedor, em seguida o sistema resfria atingindo uma temperatura abaixo do limite de 50 °C, para só então a potencia ser ligada novamente, e este ciclo se repete ao longo do tempo. A Fig.1 mostra o ajuste de temperatura de um sistema tipo liga-desliga, para um sistema de aquecimento por lâmpada.

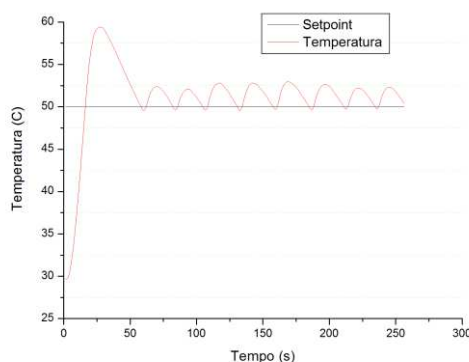


Fig.1: Perfil da temperatura de um sistema de controle na modalidade liga-desliga.

O controle PID tenta minimizar (ou eliminar) a oscilação e fazer com que a temperatura estabilize-se no alvo pré-definido. Para isso monitora a aproximação da temperatura limite e sistematicamente diminui a potência a ser entregue ao sistema, de tal forma a não ultrapassá-la, isto é possível através do uso, de uma quantidade chamada erro, que é a diferença entre a temperatura atual e a temperatura limite (alvo), à medida que nos aproximamos do alvo, o erro diminui. Por exemplo, controlando a potencia do aquecedor através do PWM (pulse width modulation) do

Arduino, no qual o código 255 corresponde à máxima potência e o código 0 à mínima potência, pode-se definir que, quando faltar 2 °C para atingir o limite, i.e. 48 °C, o PID começa a atuar, de modo a diminuir a potência entregue ao sistema: erro (máximo) * $K_p = 255$ ou $2 * K_p = 255$. K_p é uma constante a ser utilizada pelo PID e nesse caso $K_p = 127,5$. Então quando a temperatura chega a 49 °C, o sistema diminui a potência pela metade. O problema deste método, é que nunca se chega à temperatura limite. Para contornar esse problema, utiliza-se o controle integral (parâmetro K_i), que vai somando os pequenos erros entre a temperatura atingida pelo controle com K_p e o limite, e acrescenta este valor ao PWM, incrementando levemente a potência para se chegar ao alvo. Pode acontecer que este controle ultrapasse o alvo, para minimizar este efeito, acrescentamos a parte derivativa do controle (parâmetro K_d), que contribui de forma negativa diminuindo a potência se a variação do erro for muito grande.

A “(iii) justificativa” para este trabalho é propor uma solução (ver objetivos abaixo) para a problemática colocada acima.

(iv) objetivos: Este trabalho propõe um refinamento na modalidade de controle citada acima, através da técnica chamada controle PID (proporcional – integral – diferencial). O controle PID tenta minimizar (ou eliminar) a oscilação e fazer com que a temperatura estabilize-se no alvo pré-definido. Também propõe um método prático para a obtenção dos parâmetros PID, pois os trabalhos constantes na literatura propõem métodos extremamente complicados ou nem propõem forma alguma de obtenção dos parâmetros. Aqui é sugerido uma metodologia para a obtenção destes parâmetros, que é o método do relé. Existem outros métodos citados na literatura (Pinto, 2014, Standard, 2017), contudo o método sugerido é de simples implementação e fornece parâmetros bastante próximos do ideal. A partir destes parâmetros é possível realizar otimização interativa de forma manual e se obter os parâmetros ideais.

2. METODOLOGIA

O controle PID é implementado a partir de uma biblioteca (Artigo, 2017). Nesta referência há indicações para o download da biblioteca, outras referências técnicas descrevendo a filosofia de funcionamento do controle PID e suporte de utilização.

O método do relé consiste em ajustar o controlador a trabalhar no modo liga-desliga. O sistema oscila com um valor definido em torno do valor alvo (h), por exemplo, a diferença entre alguns graus Celsius acima e abaixo da temperatura desejada, Fig.1. O sistema também vai apresentar um período característico (P_u). Tanto h e P_u carregam as informações físicas do sistema (por exemplo, a inércia térmica do sistema). Sistema: Câmara de temperatura composta por uma lâmpada halógena de 12V / 20W como fonte de calor e medida da temperatura através de um Pt100. Ambos estavam encerrados em uma caixa de papelão (paralelepípedo de 5 cm³) com uma das faces aberta (a menor), para ventilar e diminuir a inércia térmica de resfriamento. Circulação de ar não forçada. A lâmpada foi alimentada por uma fonte de 7V e controlada através de um transistor de potência (TIP 127), que também foi controlado pela saída PWM do Arduino. O Arduino foi programado para ajustar a temperatura em 50 °C, no modo liga-desliga, código “255” e “0” respectivamente. A fig.1 mostra o resultado. [(iii) técnicas de coleta de dados e procedimentos de análise]: A coleta de dados foi realizada com o próprio Arduino, e foram traçados gráficos para o procedimento de análise dos dados. O nosso “(i)

universo amostral” foi em realizar controle PID em um sistema de controle de temperatura e outro sistema de controle de posição de um carrinho, contudo neste trabalho apresentamos os resultados do primeiro sistema. A “(ii) população” abrangida por este trabalho compreende os dois sistemas acima descritos.

3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

Da Fig.1, foi extraído os seguintes resultados:

A amplitude h foi de $52,9\text{ }^{\circ}\text{C} - 49,56\text{ }^{\circ}\text{C} = 3,24\text{ }^{\circ}\text{C}$. O período P_u foi de 22,287 segundos.

$$E K_u = (4 \cdot d) / (\pi \cdot h) = (4 \times 256) / (3,1416 \times 3,24) = 102$$

d é a faixa dinâmica do atuador (valor máximo do PWM + 1)

Utilizando o método de Ziegler Nichols Tuning Rules, obtemos:

$$K_p = K_u / 1,7 = 58,94$$

$$T_{int} = P_u / 2 = 22,287 / 2 = 11,1435 \rightarrow K_i = K_p / T_{int} = 5,298$$

$$T_{der} = P_u / 8 = 22,287 / 8 = 2,78 \rightarrow K_d = K_p \cdot T_{der} = 164,21$$

Estes três parâmetros são enviados para a rotina PID do Arduino, o que resultou em:

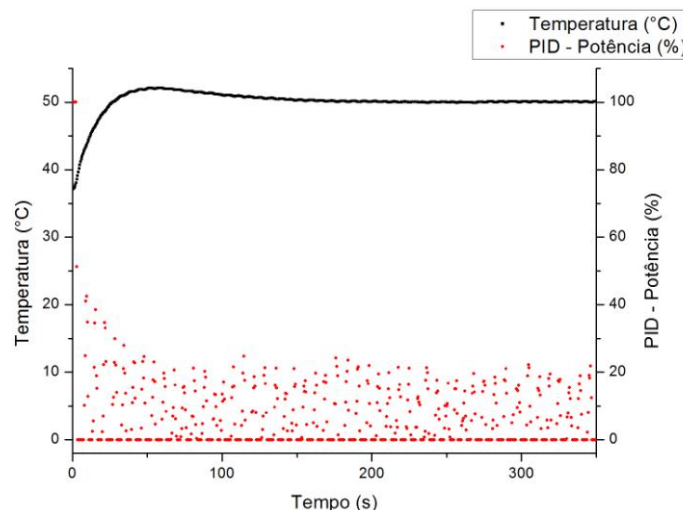


Fig.2 : Temperatura controlada pelo PID com a respectiva potência de controle.

A Fig.2 mostra que o controle PID, mesmo sem uma otimização (estes parâmetros ainda podem ser ajustados manualmente para se obter um controle otimizado), o resultado do controle é bem satisfatório, a curva em preto mostra que após 100 s o sistema atinge uma estabilidade melhor que $\pm 2\%$. Os pontos em vermelho representam a potência entregue ao sistema e observa-se que ela é modulada de acordo com a demanda do sistema, diferente do modo liga-desliga em que a potência entregue ao sistema fica oscilando entre zero e 100%. Resultados detalhados podem ser encontrados em (<https://github.com/KakiArduino/Arduino/tree/master/PID>). Também encontra-se

resultados do “Controle de posição de um carrinho acionado pelo Arduino e posição via ultra-som”.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O controle PID é muito utilizado em controles industriais e este trabalho reporta resultados que evidenciam a eficiência e precisão do controle PID. Também descreve e mostra um método para a obtenção dos parâmetros do PID. Este trabalho recebeu apoio material e financeiro do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID/UNIPAMPA, através do Edital CAPES no. 061/2013, e pela Portaria CAPES nº 096/2013 e CNPQ processo 405472 / 2015-3.

5. REFERÊNCIAS

CAVALCANTE, M. A., TAVOLARO, C. R. C. E MOLISANI, E., Física com Arduino para iniciantes, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 4, 4503 (2011).

CO, T. B. Standard PID Tuning Methods [Internet]; [acessado em 20 set 2017]. Disponível em: http://pages.mtu.edu/~tbco/cm416/tuning_methods.pdf.

DIONISIO, G., SPALDING, L., E., S., Visualização da forma de onda e conteúdo harmônico da corrente elétrica alternada em eletrodomésticos, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 39, nº1, e1501 (2017), DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0121>.

DWORAKOWSKI, L., A., HARTMANN, Â., M., KAKUNO, E., M., and DORNELES, P., F., T., Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real. Rev. Bras. Ensino Fís. [online]. 2016, vol.38, n.3, e3503. Epub June 07, 2016. ISSN 1806-1117. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0009>.

GAUDARD, R. Lilypad Arduino para Estilistas [Internet]; [acessado em 20 set 2017]. Disponível em: <https://modaetecnologia.com.br/2015/01/30/lilypad-arduino-para-estilistas>.

LABORATORIO DE GARAGEM.Artigo: Controlador PID (Proporcional-Integral-Derivativo) - Parte 2 - Utilizando PID no Arduino [acessado em 20 set 2017]. Disponível em: <http://labdegaragem.com/profiles/blogs/artigo-controlador-pid-proporcional-integral-derivativo-parte-2>.

PINTO, J. E. M. G., Aplicação prática do método de sintonia de controladores PID utilizando o método do relé com histerese. Natal, RN, 2014. 116 f. il. Dissertação de mestrado, orientador: Maitelli, A. L.

SILVA, J. T., SILVA, J., T., LIMA, G., F., Controle E Monitoramento de Nível Utilizando Plataforma Open Source Arduino, Revista INNOVER, volume 1, número 4, Dezembro 2014.

SILVEIRA, S., GIRARDI, M., Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio, Rev. Bras. Ensino Fís. vol.39

no.4 São Paulo, 2017, Epub22-Maio-2017, <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2016-0287>.

SOUZA, A. R., PAIXÃO, A. C., UZÊDA, D. D., DIAS, M. A., DUARTE, S. E AMORIM, H., S., A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 33, n. 1, 1702 (2011).