

CONTROLE DE TEMPERATURA RESIDENCIAL VIA ANDROID.

Marco Vinícius Muniz Ferreira, MAPL, marcomuniz@outlook.com
João Paulo da Silva Fonseca, MAPL, jpaulofonseca@gmail.com
Alexandre Rodrigues Sousa, MAPL, alexanrsousa@gmail.com
Rodrigo Nogueira Cardoso, MAPL, rodrigonogueira@outlook.com
Lucas Henriques Silva, MAPL, lucashenriquessilva@gmail.com
Wesley Pereira Marcos, MAPL, wesleypmarcos@gmail.com
William Henrique Pereira Guimarães, MAPL, will_henrique2003@yahoo.com.br
José Jean-Paul Zanlucchi de Souza Tavares, jean.tavares@mecanica.ufu.br
José Francisco Ribeiro, jribeiro@ufu.br

Resumo. A atual situação da automação residencial é muito favorável ao constante desenvolvimento de tecnologias dedicadas ao controle de casas e apartamentos. A crescente demanda por serviços que facilitem certas atividades residenciais corriqueiras tais como controlar a temperatura ou a iluminação de um cômodo, estimula o desenvolvimento de novos sistemas de controle que levem em consideração, além da solução do problema, o baixo custo e a praticidade. Este artigo apresenta um sistema em tempo real para o controle de temperatura de uma suíte residencial utilizando um controlador do tipo PI. Para tornar o sistema prático e facilitar a operação do usuário, optou-se pela utilização de um smartphone com sistema operacional Android como a interface homem-máquina do sistema de controle. Para isso, foi desenvolvido um aplicativo para Android capaz de se comunicar, via bluetooth, com um microcontrolador Arduino, enviando ações e coletando informações dos sensores do ambiente.

Palavras chave: Automação residencial, bluetooth, arduino, android, controlador PI.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Ogata (2003), o controle automático tem desempenhado um papel fundamental no avanço da engenharia e da ciência, produzindo meios para otimizar o desempenho dos sistemas dinâmicos, melhorar a produtividade e diminuir o trabalho árduo de várias rotinas de operações manuais repetitivas.

As primeiras incursões de tecnologias relacionadas a redes domésticas datam do final da década de 1970, quando surgiram nos Estados Unidos os primeiros módulos “inteligentes”. Tratava-se de soluções simples, praticamente não integradas e que resolviam situações pontuais, como ligar remotamente algum equipamento ou luzes. (MURATORI, 2012)

Desde então, a automação residencial acompanhou os avanços da microeletrônica e das redes de comunicação. Hoje em dia é possível encontrar residências com redes domésticas interligando eletrodomésticos “inteligentes”, pré-programados para executar suas funções ao clique de um *tablet* ou *smartphone*. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema em tempo real para o controle de temperatura de uma suíte residencial. Um *smartphone* com sistema operacional *Android* foi utilizado como interface entre o usuário e o sistema físico.

O artigo está dividido da seguinte forma, a segunda seção apresenta a fundamentação teórica a respeito de controle digital e o método de sintonia de controlador por Ziegler-Nichols. A metodologia do trabalho é o assunto da seção 3, enquanto que a seção 4 traz os resultados obtidos. Por fim, a seção 5 apresenta as conclusões e uma previsão de trabalhos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Controle digital

A partir do conceito de função de transferência é possível representar a dinâmica de um sistema por meio de uma equação algébrica no domínio da frequência, s . Esta função é a razão matemática entre a saída e a entrada de um sistema. Se esta função for conhecida, a sua resposta pode ser estudada para diversos tipos de entrada, visando o entendimento da natureza do sistema. Se esta função não for conhecida, ela pode ser determinada experimentalmente com o auxílio de entradas conhecidas e do estudo das respectivas respostas. Um exemplo de função de transferência é mostrado pela Eq. 1.

$$G(s) = \frac{A(s - z_1)(s - z_2)}{(s - p_1)(s - p_2)(s - p_3)} \quad (1)$$

Os zeros de uma função de transferência são os valores para os quais $G(s) = 0$. Já os pólos desta função são os valores para os quais $G(s) = \infty$.

A função do controlador é a modificação da dinâmica de um sistema para satisfazer determinadas especificações, tais como requisitos de resposta transitória, seja máximo sobre-sinal, seja tempo de acomodação na resposta em degrau, ou requisitos de resposta permanente, o erro estacionário no acompanhamento de uma entrada em rampa, por exemplo. Este controlador deve ser inserido no sistema como mostra a Fig 1.

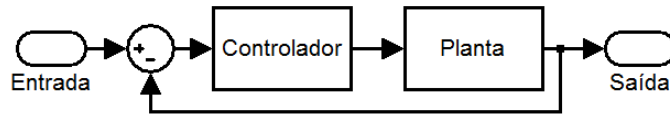


Figura 1: Sistema (planta e controlador) em malha fechada.

2.2. Método de Ziegler-Nichols

Existem dois métodos denominados regra de sintonia de Ziegler-Nichols: o primeiro e o segundo método (OGATA, 2003). O primeiro método, aplicado no projeto, é utilizado para plantas que não possuem integradores nem pólos complexos conjugados dominantes. Devido a isso sua curva de resposta ao degrau unitário tem o aspecto de um S. Outra forma de visualizar esta situação é se a planta se encontra na forma da Eq. 2. Este método permite calcular um controlador do tipo Proporcional-Integrativo (PI), Eq. 4, de forma direta a partir das Eq. 5a e 5b.

$$G(s) = e^{-T_d s} \frac{K_p}{1 + T_p s} \quad (2)$$

Onde,

$$L = T_d \quad \text{e} \quad R = \frac{K_p}{T_p} \quad (3a) \quad (3b)$$

$$G_c(s) = K_{pc} \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right) \quad (4)$$

Sendo,

$$K_{pc} = \frac{0,9}{RL} \quad \text{e} \quad T_i = \frac{L}{0,3} \quad (5a) \quad (5b)$$

3. METODOLOGIA

Para a concepção do sistema de controle o desenvolvimento deste projeto ocorreu ao longo de quatro etapas, assim como apresentado na Fig. 2.

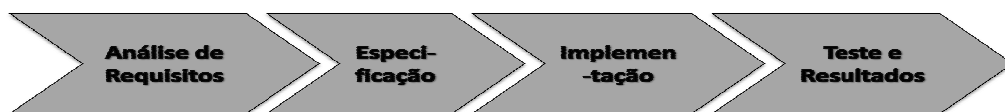


Figura 2: Metodologia do projeto.

Cada etapa é composta de vários tópicos. Serão apresentados apenas os tópicos relevantes e para mais informações sobre o projeto buscar na referência (FERREIRA, 2013).

A etapa da Análise de Requisitos consiste em entender qual a situação inicial, situação desejada e o levantamento dos requisitos a serem atendidos pelo sistema, como por exemplo, a definição da topologia do sistema. Esta etapa tem como resultado a criação dos Diagramas de Casos de Uso do *software* a ser desenvolvido. Observa-se pela Fig. 3 que o usuário, através do *smartphone* deve ser capaz de se comunicar com a planta via *bluetooth*.



Figura 3: Topologia do Sistema

A etapa de Especificação consiste na definição da solução a ser implementada. Como resultados do projeto do software estão os Diagramas de Classes e Sequência. Com relação ao projeto do sistema de controle é necessário a identificação da planta, o projeto elétrico e o projeto do controlador, que no caso específico é do tipo PI.

A identificação da planta foi feita como mostra a Fig. 4. Foram coletados os dados de entrada (diferença entre uma referência e o valor do pulso da largura de banda) e a temperatura de saída (diferença entre o valor de temperatura medido e uma temperatura de referência). Os dados foram salvos em um arquivo .txt e posteriormente analisados.



Figura 4: Identificação da planta.

A etapa de Implementação consiste na programação tanto do aplicativo quanto do Arduino. Foram definidas as funções e as mensagens de cada botão. A Tab. 1 apresenta os quatro botões utilizados no controle de temperatura.

Tabela 1: Funções e mensagens enviadas pelo aplicativo para cada botão.

Botão	Função	Mensagem			
		Liga	Desliga	Aumenta	Diminui
Cooler	Liga/Desliga o cooler	e	f	-	-
+	Acréscimo no PWM	-	-	g	-
-	Decréscimo no PWM	-	-	-	h
setpoint	Envia o valor do setpoint do PI	x/ValorSetpoint	y	-	-

4. RESULTADOS

Os dados coletados através de um programa em um Arduino Duemilanove (ARDUINO) foram carregados no Matlab e os gráficos abaixo, mostrados na Fig. 5, apresentam a variação do PWM em função do tempo e a variação de temperatura em função do tempo, respectivamente.

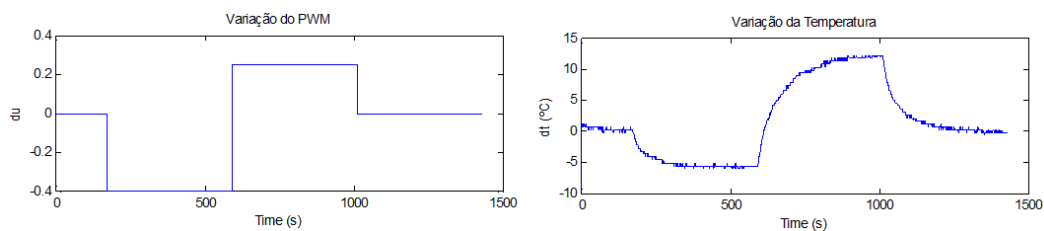


Figura 5: Gráficos Variação de PWM x tempo e Variação de Temperatura x tempo.

Utilizando a *toolbox ident* do Matlab, pode-se identificar a planta estudada. Essa ferramenta implementa alguns procedimentos propostos por (LJUNG, 1999). Foi forçado um *delay* de 0,5 segundos no modelo, atingindo a planta apresentada na Eq. 6. Utilizando o primeiro método de sintonia de Ziegler-Nichols a função de transferência do controlador no domínio da frequência é dada pela Eq. 7 e Eq. 8 quando discretizada.

$$G(s) = e^{-0,5s} \frac{24,05}{40,57s + 1} \quad (6)$$

$$G_c(s) = \frac{3,036s + 1,821}{s} \quad (7)$$

$$G_d(z) = \frac{3,036z - 1,214}{z - 1} \quad (8)$$

Para análise do controlador foi considerado uma entrada degrau de 3 °C. Para manter o valor da saída do controlador condizente com o sistema foi necessário um saturador na saída deste sinal como na Fig. 6. A função do saturador é cortar valores do controlador (du) acima de 0,5 e abaixo de -0,5.

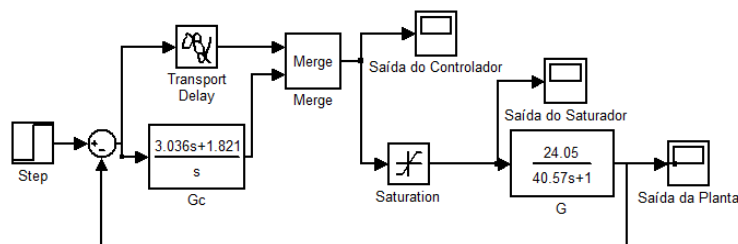


Figura 6: Sistema em malha fechada com o saturador.

Os gráficos apresentados nas Fig. 7 e 8, mostram, respectivamente, a saída do saturador entre os valores possíveis e a resposta do sistema. Observa-se que o tempo de acomodação é aproximadamente 37 segundos, que é próximo do valor esperado de 40,57 segundos. Outro ponto interessante é o fato de que o controlador atuou na maior parte do tempo nos seus valores limites, ou seja, o controle foi do tipo liga/desliga.

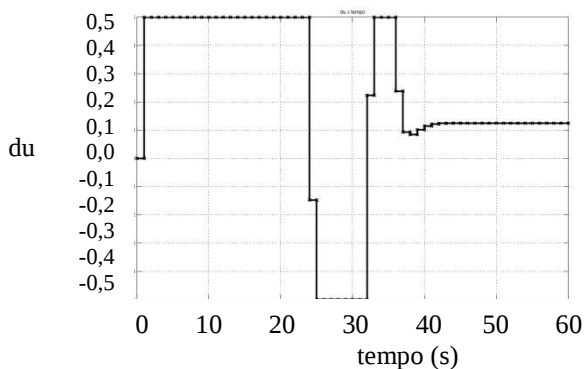


Figura 7: Saída do Saturador.

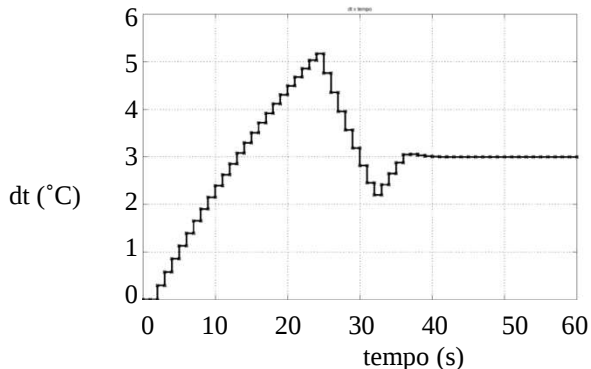


Figura 8: Resposta do sistema.

5. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou um sistema em tempo real, de baixo custo, para o controle de temperatura de uma *suíte* residencial e integrou as tecnologias de microcontroladores e de celulares *smartphone*. Aliado a isso, o projeto do sistema de controle digital foi implementado e testado, atendendo os requisitos funcionais do sistema.

Para trabalhos futuros espera-se ampliar o escopo do sistema de controle de temperatura para um sistema descentralizado, ou seja, sensor e atuador em microcontroladores distintos.

6. REFERÊNCIAS

- ARDUINO Duemilanove Disponível em: <<http://arduino.cc>>. Acesso em: 23 abr. 2013.
- FERREIRA, Marco Vinícius Muniz, Sistema em Tempo Real para Controle Remoto de dispositivos Residenciais. 2013. 116f. Monografia de Conclusão de Curso (Bacharel) – Curso de Engenharia Mecatrônica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.
- LJUNG, Lennart . System Identification - Theory For the User, 2nd ed, PTR Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J., 1999.
- MURATORI, José Roberto; BÓ, Paulo Henrique Dal. Automação residencial: histórico, definições e conceitos. Disponível em: <<http://www.exatron.com.br/artigos/10.pdf>>. Acesso em: 17 ago. 2012.
- OGATA, Katsuhiko. Engenharia de Controle Moderno. 4ª Ed, São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2003.