



Projeto e Implementação de um Sistema Didático para Controle de Temperatura **Ágio Gonçalves de Moraes Felipe¹, Eduardo Teles Ferreira², Antonio Alencar Alves³**

¹Professor do Curso de Automação Industrial do IFCE – Campus Juazeiro do Norte. email: agiofelipe@yahoo.com.br

²Aluno do Curso de Automação Industrial do IFCE – Campus Juazeiro do Norte. email:dudateles@hotmail.com

³Aluno do Curso de Automação Industrial do IFCE – Campus Juazeiro do Norte. email:antoniojn.tai@gmail.com

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo expor o desenvolvimento de um sistema laboratorial de controle de temperatura de baixo custo para aplicações didáticas, através da implementação de uma placa de controle e aquisição de dados que enfatiza a capacidade e praticidade da utilização do microcontrolador PIC18F4550 como mecanismo de controle e supervisão de dados, além da IHM simples e de fácil entendimento. O sistema é constituído pela placa de controle e aquisição, circuito de disparo, circuito detector de passagem por zero, sensor de temperatura e um aquecedor de ar de uso doméstico, no qual sua potência é controlada para a obtenção da temperatura desejada pelo usuário. Os dados podem ser visualizados através de um display LCD.

Palavras-chave: Controle de temperatura, microcontrolador, sistema didático

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de controle de automáticos desempenham uma ação fundamental para o desenvolvimento das ciências e da engenharia. Hoje em dia quase todas as atividades utilizam algum tipo de sistemas de controle. Sistemas de pilotagem, mísseis guiados, veículos espaciais, processos industriais e fabris, todas essas atividades dependem fundamentalmente de um sistema de controle como meio para atingir ótimos desempenhos dinâmicos, bem como melhoria na qualidade e diminuição dos custos (OGATA, 1998).

Controlar um processo significa atuar sobre ele ou sobre as condições a que esse processo está sujeito, de modo a atingir algum objetivo. Logo, fica evidente que em toda e qualquer atividade, sempre se espera uma otimização no desenvolvimento desta, fazendo valer, assim, o papel do controle de processos.

Com a constante evolução tecnológica, vários são os estudos para desenvolvimento de dispositivos rápidos e precisos com a finalidade de obter melhores resultados no controle de processos, sejam eles mecânicos, elétricos, eletrônicos, etc., entre esses dispositivos destaca-se os microcontroladores.

Com a utilização do microcontrolador, foi possível elaborar um sistema de aquisição de dados e controle de potência, constituído por um circuito de controle, circuito detector de passagem por zero e sensor de temperatura, além de um aquecedor de ar e um display LCD para interface. Este sistema tem como objetivo obtenção dos valores de temperatura e, através desses, realizar o controle de potência do aquecedor de ar, com finalidade de obter a temperatura desejada pelo usuário.

2. PROJETO DO SISTEMA

Um sistema de controle é uma interconexão de componentes formando uma configuração que produzirá uma resposta desejada ao sistema (DORF, 2009). Com o auxílio de um diagrama esquemático, é possível visualizar como diferentes componentes são interligados para representar um sistema de controle.

Na figura 1 é apresentado o diagrama esquemático do sistema de controle de temperatura.

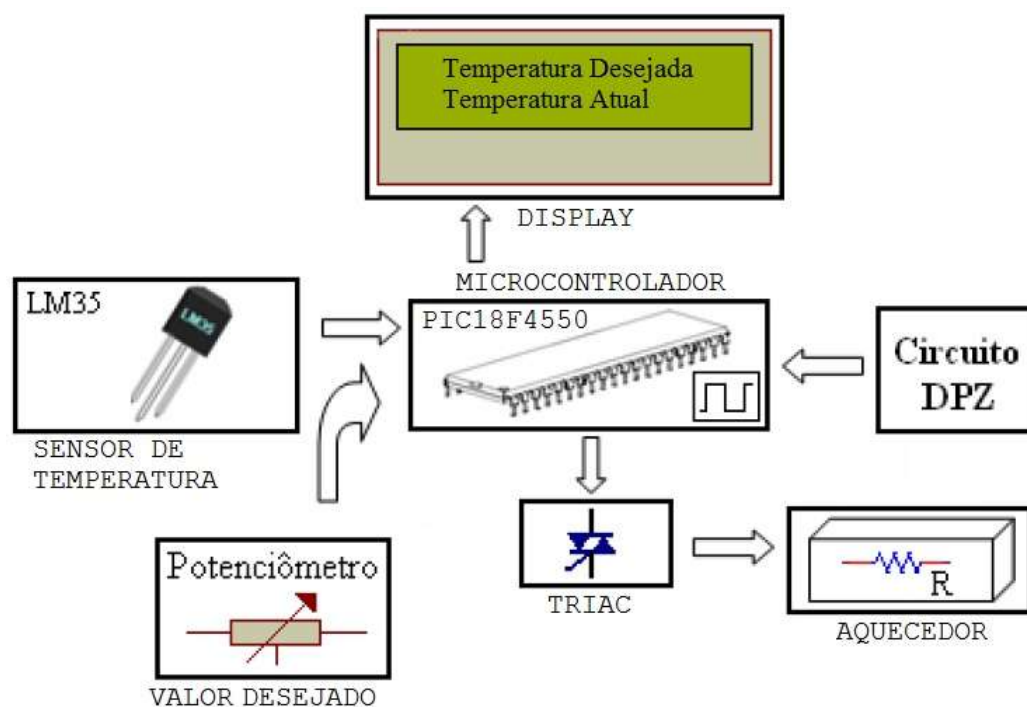


Figura 1

O funcionamento do sistema se dá da seguinte forma: Com um potenciômetro o usuário seleciona a temperatura desejada, um sensor de temperatura informa a temperatura atual, esses dados são mostrados no display através do microcontrolador e este por sua vez atua no aquecedor de modo a igualar a temperatura atual à desejada, onde o sucesso dessa tarefa dependerá da estratégia de controle utilizada. Para que o microcontrolador possa ter controle sobre a potência do aquecedor, é usado um circuito de acionamento com base em um TRIAC e um circuito de sincronismo ou detector de passagem por zero, DPZ.

O microcontrolador adotado no projeto é o PIC18F4550, dispositivo de 8bits com 32Kbytes de memória de programa e 2.048bytes de memória RAM. Esse dispositivo pode operar em frequência de até 48MHz (12 milhões de instruções por segundo). Pode ser alimentado diretamente por oscilador de 48MHz ou por um cristal associado com o bloco PLL. Esse modelo possui 40 pinos, dos quais 35 podem ser configurados como I/O, e diversos periféricos, tais como memória EEPROM de 256bytes, um módulo CCP e ECCP, um módulo SPI e I²C, treze conversores A/D de 10bits de resolução com tempo de aquisição programável, dois comparadores analógicos, uma comunicação EUSART, um TIMER de 8bit e três de 16bits, um módulo de detecção de alta/baixa voltagem (HLVD), além de ter um módulo USB 2.0 capaz de operar no modo *low-speed* (1.5Mbps) ou *full-speed* (12Mbps) (MIYADAIRA, 2010).

São utilizados dois canais AD, um para o sensor de temperatura e outro para o potenciômetro.

O sensor de temperatura utilizado foi o LM35, tal sensor apresenta boa linearidade, não necessita de nenhuma calibração externa, sua exatidão é no máximo de 0,75°C e a faixa de medição da temperatura é de 0 até 100°C (National Semiconductor, 2012). A tensão na saída do sensor é proporcional a sua temperatura em graus Celsius, o fator de proporcionalidade é 10 mV/°C. O LM35 pode operar com uma alimentação de 4 até 30 V.

O acionamento do aquecedor é feito através de um TRIAC, que é um componente eletrônico equivalente a dois retificadores controlados de silício (SCR/tiristores) ligados em antiparalelo e com o terminal de disparo *gate* ligados juntos. Este tipo de ligação resulta em uma chave eletrônica bidirecional que pode conduzir a corrente elétrica nos dois sentidos.

Um TRIAC pode ser disparado tanto por uma tensão positiva quanto negativa, aplicada no eletrodo de disparo (*gate*). Uma vez disparado, o dispositivo continua a conduzir até que a corrente elétrica caia abaixo do valor de corte. Isto torna o TRIAC um conveniente dispositivo de controle, que permite acionar grandes potências com circuitos acionados por correntes da ordem de miliampere (microcontrolador). O circuito de acionamento é mostrado na figura 2.

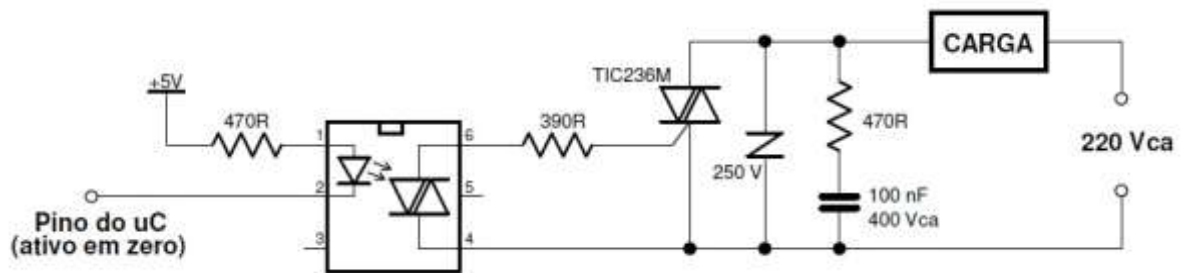


Figura 2

O controle da potência na carga é feito através do controle por ângulo de disparo, onde o TRIAC é acionado em um determinado instante, fazendo com que a carga esteja conectada à rede por um intervalo de tempo menor ou igual a um semiciclo (ALMEIDA, 2003)

Temos assim, um controle completo sobre a forma de onda da tensão na carga, como visto na figura 3. Um controle como este é usado no aquecimento, na iluminação industrial e em outras aplicações de alta potência.

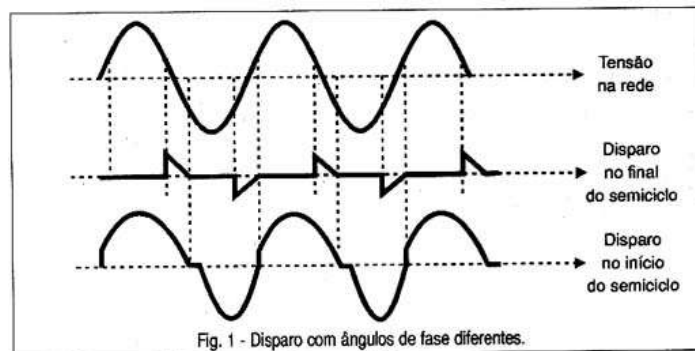


Figura 3

Um circuito detector de passagem por zero é utilizado para sincronizar o microcontrolador com a frequência da rede de alimentação do secador, para, assim, controlar com precisão a potência entregue ao gerador de calor. Para que o microcontrolador possa enviar um pulso ao TRIAC no momento correto, é preciso que haja um sincronismo com a rede elétrica. O DPZ envia valores de referência em sincronia com a rede (MARTINS, 2010), o circuito utilizado e sua saída são mostrados nas figuras 4 e 5 respectivamente.

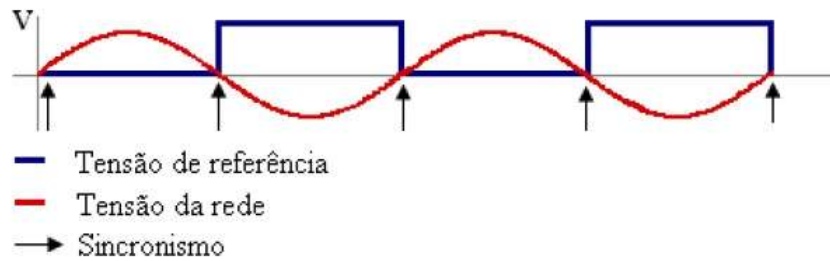


Figura 4

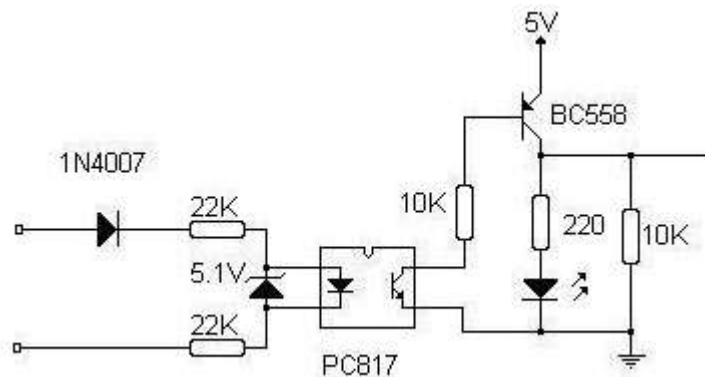


Figura 5

3. RESULTADOS

Todo o sistema foi confeccionado utilizando placa universal e separado em módulos (figura 6), permitindo assim modificações futuras e que outros módulos possam ser adicionados.

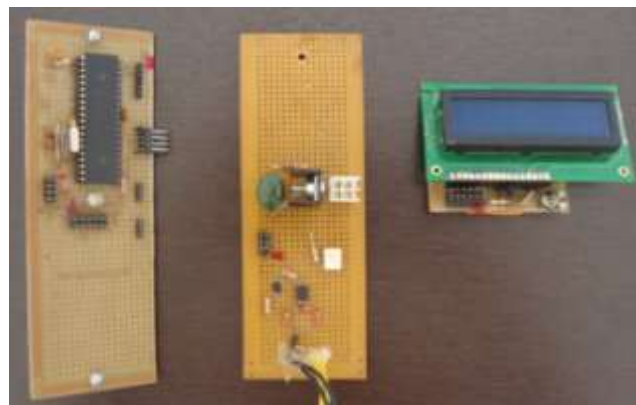


Figura 6

O protótipo do sistema é mostra na figura 7, tendo com um dos objetivos o baixo custo, este protótipo foi montado aproveitando-se parte de um gabinete de um computador antigo. Como aquecedor foi utilizado um secador de uso doméstico, este injeta ar quente em um dissipador de calor no qual o sensor LM35 foi acoplado.



Figura 7

Através do potenciômetro o usuário pode selecionar temperaturas entre 30 e 60 graus, valores estes, obtidos experimentalmente.

Como o objetivo inicial do trabalho é a concepção de um protótipo didático para futuros estudos de estratégias de controle, a título de testes o controlador implementado foi o do tipo Proporcional, que pode ser expresso através da seguinte expressão:

$$P = (Temp_{Desejada} - Temp_{Atual}) * K_p \quad [Eq. 01]$$

Onde a potência do aquecedor (P) é igual a diferença entre a temperatura desejada e a atual multiplicado por uma constante proporcional (K_p). Na figura 8 é possível observar o erro de regime permanente, característica típica do controlador proporcional.



Figura 8

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho a preocupação inicial foi desenvolver um sistema didático que possa aliar baixo custo e confiabilidade para estudo e observação das técnicas de controle, utilizando para isso o controle de temperatura. Tendo este objetivo alcançado, outros trabalhos podem ser desenvolvidos tendo agora como meta a aplicação de estratégias de controle diversificadas.

Como trabalhos futuros, pode ser implementada a comunicação com um computador, podendo ser serial ou até mesmo USB, tendo em vista que o PIC18F4550 já possui comunicação USB no



próprio hardware. A comunicação com um computador permitiria uma infinidade de opções, tais como: Operar o sistema via *mouse* e teclado, optar pelo tipo de acionamento, seja ele por ângulo de fase ou por ciclos inteiros, o tipo de controlador, P PI ou PID. Além da facilidade para geração de gráficos e observação do comportamento do sistema. A inserção de outro atuador além do aquecedor poderia simular um ruído no sistema, testando assim a eficácia da estratégia de controle adotada.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. L. A. **Dispositivos Semicondutores: TIRISTORES**. 8. ed. São Paulo, 2003.

DORF, R. C. **Sistemas de Controle Modernos**. 7. ed. Rio de Janeiro: LCT 2009.

MARTINS, S. B., RANGEL, R. F., FELIPE A.G. M. **Construção de um Protótipo para o Controle de Temperatura**. V CONNEPI, 2010.

MIYADAIRA, A. N. **Microcontroladores PIC18 – Aprenda e Programe em Linguagem C**. 1ª Ed. São Paulo, 2010, Editora Érica.

NATIONAL SEMICONDUCTOR - “**LM 35 – Precision Centigrade Temperature Sensors**”.www.national.com.

OGATA, K. **Engenharia de Controle Moderno**. Prentice Hall, 2008.