CONTROLADOR DIGITAL DE TEMPERATURA BASEADO EM TERMOELEMENTO PELTIER

Marcio de Andrade Vogt [Bolsista PIBIC/CNPq] , Jean Carlos Cardozo da Silva [Orientador], João Paulo Bazzo[Colaborador]

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Via do Conhecimento,Km 1 – Pato Branco/PR, Brasil - CEP 80230-901

Marcio.vogt@gmail.com, jeanccs@utfpr.edu.br, bazzo@utfpr.edu.br

Resumo - Este projeto propõe um sistema de controle de temperatura digital para avaliar o desempenho de dispositivos eletrônicos sujeitos a diferentes temperaturas de operação. A plataforma projetada utiliza como base um termo-elemento de efeito Peltier, que tem a função de aquecer ou resfriar o dispositivo em teste. Um controlador proporcional integral digital foi projetado através de simulações com um modelo elétrico da célula Peltier. Com base nos parâmetros e resultados da simulação o controlador foi implementado em Labview®.

Palavras-chave: Controle digital, Termoelemento Peltier, Controle de temperatura.

Abstract - This paper propose a digital temperature control system to evaluate the performance of electronic devices under different temperature operation. The platform designed use, as basis element, one termoeletric cooler which serves to heat or cool the device under test. A digital PI controller is designed through simulations with an electric model of the structure. Based on the results of the simulation parameters and results the controller was implemented in Labview®.

Key-words: Digital control, Peltier cell, Temperature control.

INTRODUÇÃO

A temperatura de operação é um fator que tem influência direta no comportamento de dispositivos eletrônicos, especialmente em semicondutores, onde variações térmicas podem provocar alterações no desempenho do dispositivo [1]. Nos últimos anos, foram realizadas várias pesquisas voltadas ao projeto de controladores de temperatura de alto desempenho para testes em dispositivos eletrônicos [1-2-3]. A maioria das aplicações utiliza um termo-elemento Peltier como regulador térmico, que apresenta boa resolução, geralmente de 0,1 ^{o}C, além de rápido tempo de resposta, na ordem de milissegundos [2].

O sistema de controle de temperatura desenvolvido neste trabalho visa fornecer uma plataforma de ensaio de dispositivos eletrônicos a uma faixa de temperatura que vai de -40 ºC a 120 ºC, possibilitando a análise de desempenho desse tipo de dispositivos em diferentes temperaturas de operação.

O elemento base da plataforma proposta são células de efeito Peltier, também conhecidas como TEC (*Termoelectric Cooler*) ou módulos termoelétricos. Nesse tipo de elemento, ao ser aplicada uma corrente em seus terminais, surge um gradiente de temperatura entre as suas junções, isto é, um dos lados da célula resfria enquanto o outro é aquecido. As células de efeito Peltier são atuadores versáteis para controle de temperatura, uma vez que podem ser usados tanto para o aquecimento ou resfriamento de um dispositivo em teste, invertendo a direção da corrente de alimentação. Seus muitos benefícios incluem a confiabilidade, a ausência de partes móveis, e a possibilidade de utilização em aplicações onde o espaço é limitado [3].

Neste trabalho um regulador térmico digital usando uma célula de Peltier foi utilizado para avaliar o desempenho de um módulo IGBT submetido a diferentes faixas de temperatura. A plataforma oferece vantagens significativas em relação às câmaras térmicas atualmente utilizadas, pois permite o livre acesso ao dispositivo em teste, facilitando a instalação de sensores e outros equipamentos de medição. Além disso, uma vez que a célula Peltier está em contato direto com o dispositivo, a temperatura desejada pode ser alcançada em um curto período de tempo [2].

METODOLOGIA

O sistema de condicionamento de temperatura proposto pode ser dividido em três partes: módulo térmico, sistema de condicionamento de sinal e central de processamento e controle.

O módulo térmico é composto por um amplificador de sinal, por uma célula Peltier, pelo dispositivo sobre a qual se deseja atuar e os sensores responsáveis pelo sinal que irá alimentar o sistema de controle. O sistema de condicionamento de sinal é constituído pela placa de aquisição e geração de sinais, que estabelece a interface entre o módulo térmico e o microcomputador. Por fim, o controle é desenvolvido empregando instrumentação virtual em ambiente de programação LabView®, onde estão presentes a interface de monitoramento e controle do sistema. A Figura 1 apresenta uma visão geral do sistema proposto.

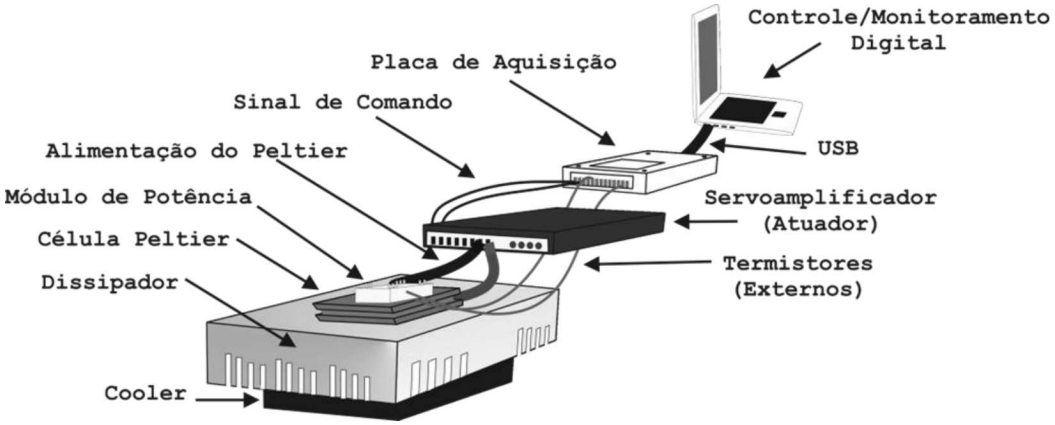

Fig. 1. Sistema de controle de temperatura digital utilizando termo-elemento Peltier.

Os termistores são instalados em ambos os lados da célula (lado quente e lado frio) para acompanhar a evolução da temperatura na célula bem como controlar para que a temperatura não ultrapassasse os limites de operação do termoelemento. Foram instalados sensores no dissipador, a fim de verificar se a dissipação de calor é eficiente, e outro monitorando a temperatura ambiente.

O servo amplificador é utilizado para o controle de corrente da célula, onde o acionamento é realizado com um sinal de controle, em tensão, gerado a partir da interface de controle em LabView®. Esse sinal de controle é então convertido pelo servo amplificador em um sinal equivalente em corrente com uma relação de ganho unitário.

O controlador projetado é do tipo PI (Proporcional Integral), cujo principio de ação é o mesmo do PID (Proporcional Integral Derivativo), mas desconsidera a ação diferencial, devido a possibilidade de aumento do ruído gerado na execução [3].

Duas abordagens distintas podem ser adotadas no projeto do controlador PI digital, a primeira abordagem visa desenvolver um algoritmo que seja capaz de ajustar os valores dos

ganhos automaticamente, compensando assim variações da planta. A segunda técnica consiste em determinar manualmente os ganhos do controlador para cada um dos dispositivos em teste, e é esta segunda abordagem a adotada neste projeto [4].

Os ganhos do controlador proposto são projetados a partir de simulações realizadas com um modelo elétrico, análogo ao sistema térmico, implementado em Simulink®. Este modelo inclui o dispositivo em teste.

O diagrama da Figura 2 foi utilizado para as simulações com o modelo elétrico. Neste foram consideradas as dinâmicas dos equipamentos envolvidos. Na saída do controlador uma faixa de saturação de -3A a 3A representa os limites definidos do atuador, em razão do limite de corrente do termo-elemento utilizado. Um circuito Zero-order Hold representa a conversão D/A do sinal de comando. O atraso do sensor de temperatura está representado por um atraso de transporte de 0,1 segundos, onde posteriormente passa por um circuito *sample/hold* com freqüência de 10 kHz que representa amostragem da placa de aquisição.

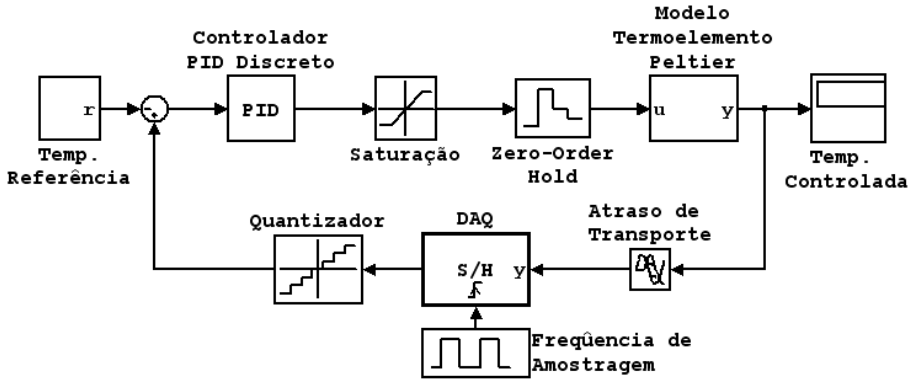

Fig. 2. Diagrama do controle em malha fechada utilizando o bloco do modelo elétrico.

RESULTADOS

Os ganhos do controlador variam conforme a carga, haja vista que estas inserem dinâmicas no modelo elétrico do sistema, portanto para testar o desempenho do sistema é necessário definir uma carga a ser utilizada. Como o objetivo desta plataforma de condicionamento de temperatura é testar dispositivos eletrônicos sobre diferentes condições de temperatura, utilizou-se como dispositivo em teste um módulo de potência do tipo IGBT com encapsulamento SEMITOP®. Para este dispositivo em teste os ganhos obtidos através de simulações são de K_p=0,8 e K_i=0,3.

A Figura 3 apresenta as respostas para condicionar o dispositivo entre -5ºC e 80ºC, em um ambiente cuja temperatura é de 22ºC. A temperatura de referência é alcançada em uma condição considerada estável (erro máximo de ±0,1ºC) em, aproximadamente 120 segundos para atingir -5ºC; e 100 segundos para alcançar a temperatura de 50ºC. Pode-se notar uma diferença na resposta do sistema nos primeiros 100 segundos, em relação à resposta simulada. Essa diferença esta relacionada a dificuldade de obter uma medida precisa das características térmicas do módulo, por este ser compostos por diversos tipos de materiais. Como o objetivo do projeto é apenas garantir uma temperatura precisa do dispositivo em regime permanente, essa diferença do modelo para o sistema real pode ser desconsiderada.

Com o termo-elemento utilizado, com potência de 29,5 W, as temperaturas máximas e mínimas para o dispositivo em teste foram de 80ºC a -5ºC, respectivamente. Essa faixa de temperatura pode ser ampliada com a utilização de células Peltier com potências superiores, disponíveis no mercado, porém de custo mais elevado.

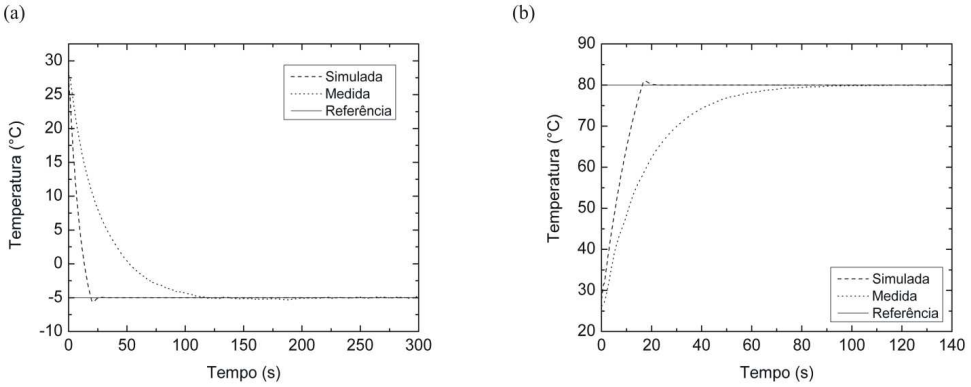

Fig. 3. Comparação entre ensaio experimental e simulação para: (a) condicionar o dispositivo em -5ºC e (b) condicionar o dispositivo em 80ºC.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A plataforma de controle de temperatura proposta apresentou resultados satisfatórios para os objetivos do projeto, que busca um controle de temperatura preciso para dispositivos eletrônicos, onde o erro máximo no estado estável é de ±0,1ºC. Os ganhos projetados a partir do modelo elétrico simulado correspondem com o comportamento real da célula, o que permite projetar o controle para diferentes dispositivos, desde que se conheça a resistência e capacitância térmica do encapsulamento. Para o controle de temperatura de dispositivos com maiores dimensões, em maior faixa de variação térmica, pode-se utilizar células Peltier de potências superiores ou ainda células associadas em série [4]. O sistema desenvolvido será utilizado em trabalhos futuros, onde pretende-se avaliar a eficiência elétrica de dispositivos semicondutores, quando submetidos variações extremas de temperatura.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro recebido do CNPq, CAPES, FINEP, SETI e Fundação Araucária.

REFERÊNCIAS

[1] D. Baderna, A. Cabrini, “Thermal Regulator for IC Temperature Characterization Using a Microprobe Station” , IEEE Transactions on instrumentation and measuremente, Vol. 55, No. 3. Junho 2006.

[2] J.P.Bazzo, J.C.C. Silva, E.G. Carati, M. Vogt, T. Lukasievickz “Digital Control System Using A thermoelectric Cell for Temperature Electronic Devices Testing,” IEEE Latin American Symposium on Circuits and Systems, Fevereiro 2010.

[3] A.M.N Lima, G.S. Deep, L.A.L. Almeida, H. Nett, M. Fontana, “ A gain-schedulling PID-like controller for Peltier-based thermal hystheresis characterization platform. “IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, Budapest, Hungary, Vol.2, p.919-924, 2001.

[4] D.P. Burton, J.D. Moynihan, A. Dunne, “Digital control of integrated circuit temperature using thermoelectric cells and the 8031 microcontroller.” IEE Colloquium Implementation Problems in Digital Control, London, UK, p.4/1-4/5, 1989.