

CONCEPÇÃO DE UM MINI-REFRIGERADOR PELTIER PARA USO COMO FERRAMENTA NO ENSINO DE ENGENHARIA

Carlos A. Teixeira¹ – carlos_a_teixeira@embraco.com.br
Embraco Electronic Controls, Setor de Pesquisa e Desenvolvimento
Dona Francisca, 8300, Módulo 1 / Bloco B
89239-270 – Joinville - SC

André B. Leal² – leal@joinville.udesc.br

Bruna P. da S. Zanicoski³ – bruna.zanicoski@gmail.com
Universidade do Estado de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Elétrica
Campus Universitário Prof. Avelino Marcante s/n - Bom Retiro
89223-100 – Joinville – SC

***Resumo:** Este artigo apresenta o desenvolvimento de um Mini-Refrigerador Peltier concebido para fins de ensino e pesquisa em engenharia. O dispositivo foi elaborado com o apoio da empresa Embraco Electronic Controls – EECON, com o intuito de auxiliar na criação e validação de diferentes estratégias de controle na área de refrigeração doméstica e comercial.*

***Palavras-chave:** Refrigerador, Automação, Controle supervisão, Ensino de engenharia, Microcontrolador.*

1 INTRODUÇÃO

A elaboração de técnicas de ensino visando obter melhorias na forma de avaliação da aprendizagem é uma prática crescente. Uma metodologia que gera bons resultados consiste em conciliar a teoria vista em sala de aula com os aspectos reais tratados nas aulas de laboratório. Atividades que seguem esta linha de ensino, além de possibilitar uma outra forma de avaliação do conteúdo aprendido pelo aluno, estimulam o trabalho em equipe e o senso de responsabilidade com relatórios e cronogramas, podendo ainda proporcionar aos estudantes a solução de problemas mais fiéis à realidade das indústrias.

É com este objetivo que o curso de Engenharia Elétrica da UDESC vem buscando estimular atividades que trabalhem aspectos técnicos, profissionais e sociais na formação do engenheiro.

Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de uma estrutura intitulada Mini-Refrigerador Peltier, que visa contribuir no processo de criação e validação de estratégias de controle. O dispositivo foi desenvolvido com o intuito de reproduzir, em pequena escala, o comportamento dinâmico de refrigeradores domésticos e comerciais. A estrutura é acionada

¹ Egresso, ² Tutor e ³ Bolsista do Grupo PET Engenharia Elétrica da UDESC.

por um controlador eletrônico microcontrolado, que desempenha as funções de leitura de sensores analógicos e digitais, controle de cargas e interface com usuário, comportando-se de acordo com uma lógica de controle previamente definida.

O artigo está organizado como segue. Na seção 2 são apresentados os aspectos mecânicos e eletrônicos relacionados à concepção do Mini-Refrigerador Peltier. Na seção 3 trata-se da aplicação do Mini-Refrigerador no ensino de engenharia, abordando com maior especificidade seu uso na disciplina eletiva Modelagem e Controle de Sistemas Automatizados, oferecida no curso de engenharia elétrica da UDESC. Na seção 4 são ilustrados alguns exemplos de estratégias de controle que podem ser implementadas utilizando o dispositivo desenvolvido. Por fim, são apresentadas as considerações finais, agradecimentos e referências bibliográficas.

2 CONCEPÇÃO DO MINI-REFRIGERADOR PELTIER

A Figura 1 apresenta uma visão geral do Mini-Refrigerador Peltier, concebido com o intuito de representar, em escala reduzida, um refrigerador contendo dois compartimentos.

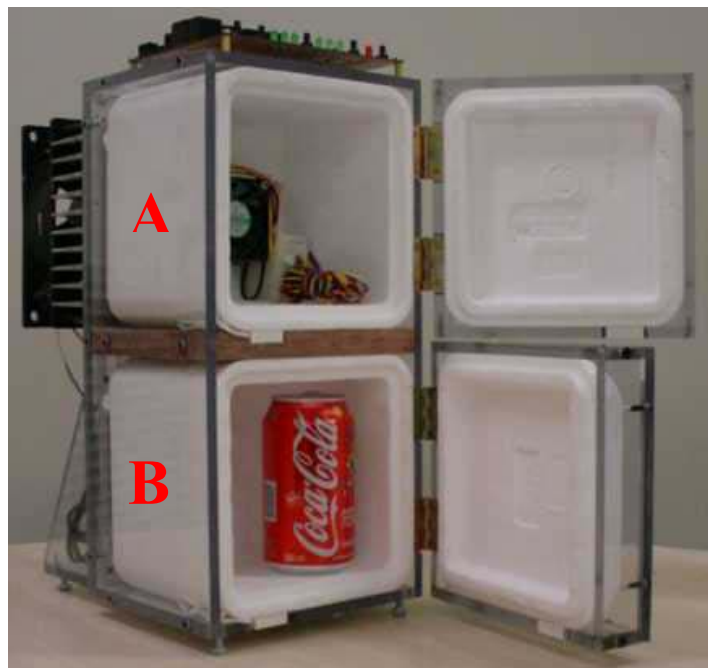


Figura 1. Foto do Mini-Refrigerador.

A estrutura dispõe de praticamente todas as funcionalidades que um eletrodoméstico deste tipo possui. Somente o processo de degelo não foi contemplado, em virtude de não se alcançar temperaturas abaixo de zero, condição na qual se tem a formação de gelo. A Figura 2 apresenta um diagrama da estrutura existente no Mini-Refrigerador Peltier.

A transmissão do calor de dentro dos compartimentos para o ambiente externo é feita por meio de uma célula Peltier (NOLAS et al., 2006), em substituição ao compressor hermético comumente utilizado neste tipo de refrigerador. Um *damp*er (abertura móvel) eletrônico permite ajustar o fluxo de ar entre os compartimentos. A circulação do ar frio presente nas proximidades de célula Peltier dentro do compartimento A é forçada através de um ventilador conectado junto a essa célula. Dois sensores de temperatura do tipo cápsula NTC monitoram a temperatura nos compartimentos A e B.

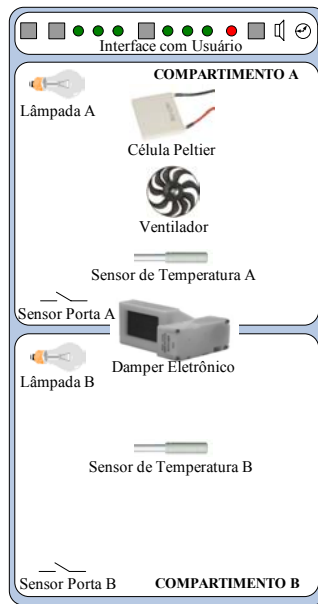


Figura 2. Estrutura do Mini-Refrigerador.

A iluminação interna dos compartimentos é feita por meio de lâmpadas e o estado das portas (aberta ou fechada) é monitorado através de sensores magnéticos. Uma interface localizada na parte superior da estrutura possui teclas que permitem ao usuário ligar e desligar o sistema, ajustar o nível de temperatura dos compartimentos e desligar um alarme sonoro. Essa interface contém leds que possibilitam visualizar o nível de temperatura atualmente ajustado para cada compartimento e o estado das portas.

Visando um melhor entendimento do conceito mecânico desenvolvido, na Figura 3 é apresentada uma vista explodida da estrutura.

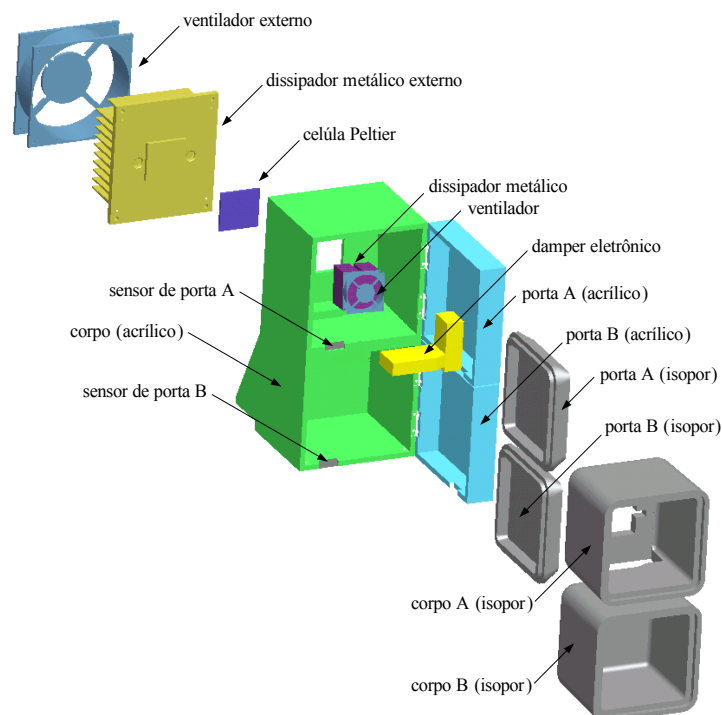


Figura 3. Vista Explodida do Mini-Refrigerador.

O isolamento térmico dos compartimentos é obtido através de pequenas caixas de isopor comercialmente disponíveis. A rigidez mecânica é viabilizada por meio de uma estrutura de acrílico. O uso de parafusos permite a fácil montagem e desmontagem dos elementos.

Um controlador eletrônico (ver Figura 4), baseado no microcontrolador MICROCHIP PIC16F690 (MICROCHIP TECHNOLOGY INC., 2007), foi elaborado visando permitir a leitura dos sensores (de temperatura do tipo NTC e magnéticos de monitoramento das portas) e o acionamento das cargas (célula Peltier, ventilador, *dampner* e lâmpadas), possibilitando assim a criação e validação de diferentes estratégias de controle. O ventilador externo não é controlado pela placa eletrônica, sendo mantido sempre acionado enquanto o dispositivo estiver energizado.

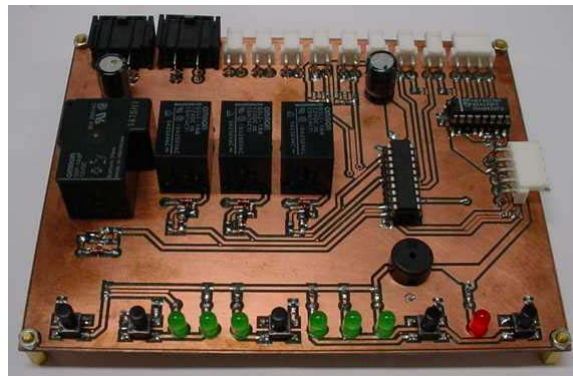


Figura 4. Foto do Controlador Eletrônico.

Este controlador é alimentado por meio de uma fonte de computador ATX de 450W, que fornece as tensões 12Vdc e 5Vdc. Existe uma demanda de corrente de aproximadamente 10A na tensão de 12Vdc, destinada a suprir a célula Peltier, o que exige o uso de uma fonte deste porte. As demais cargas e o processador utilizado são de baixo consumo. Um diagrama de blocos do controlador eletrônico é apresentado na Figura 5.

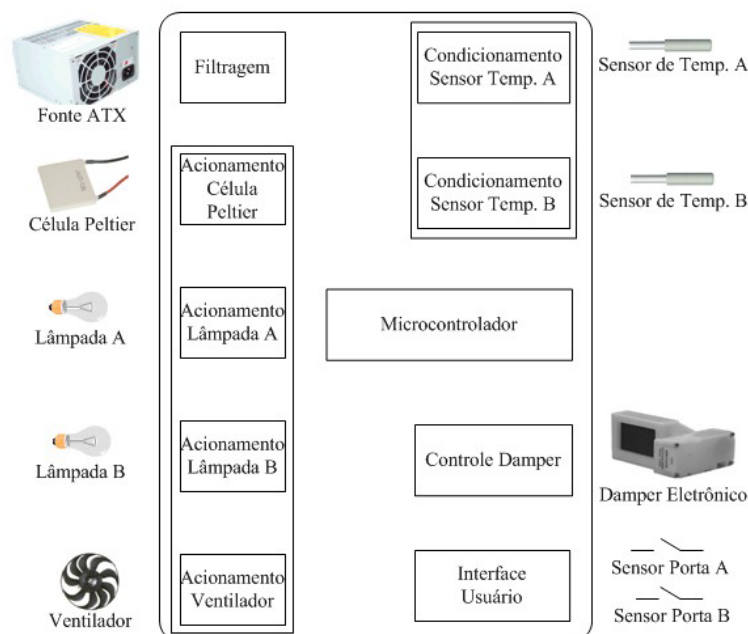


Figura 5. Diagrama de Blocos do Controlador Eletrônico.

Na seqüência é feita uma descrição do circuito eletrônico contido em cada bloco. O bloco de filtragem, apresentado na Figura 6, destina-se a filtrar os sinais de tensão 5Vdc e 12Vdc provenientes da fonte ATX. São utilizados capacitores eletrolíticos (C_1 e C_3) para atenuar oscilações em baixa freqüência e criar uma fonte de energia local e são empregados capacitores cerâmicos (C_2 e C_4) para eliminar ruídos em alta freqüência.

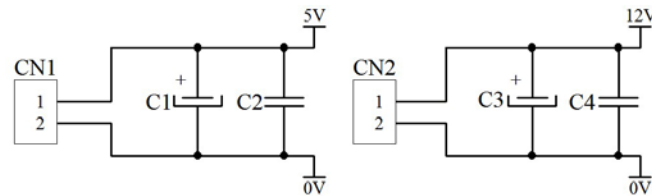


Figura 6. Controlador Eletrônico – Bloco de Filtragem.

A Figura 7 apresenta o bloco de acionamento das cargas do tipo liga/desliga (célula Peltier, ventilador e lâmpadas A e B) onde são empregados 4 relés, tendo K_1 (destinado ao acionamento da célula Peltier) capacidade de corrente de 30A e K_2 - K_4 capacidade de corrente de 10A. Os leds L_1 - L_4 são utilizados visando fornecer uma indicação visual se a carga está ligada ou desligada (L_1 = célula Peltier, L_2 = ventilador, L_3 = lâmpada A e L_4 = lâmpada B).

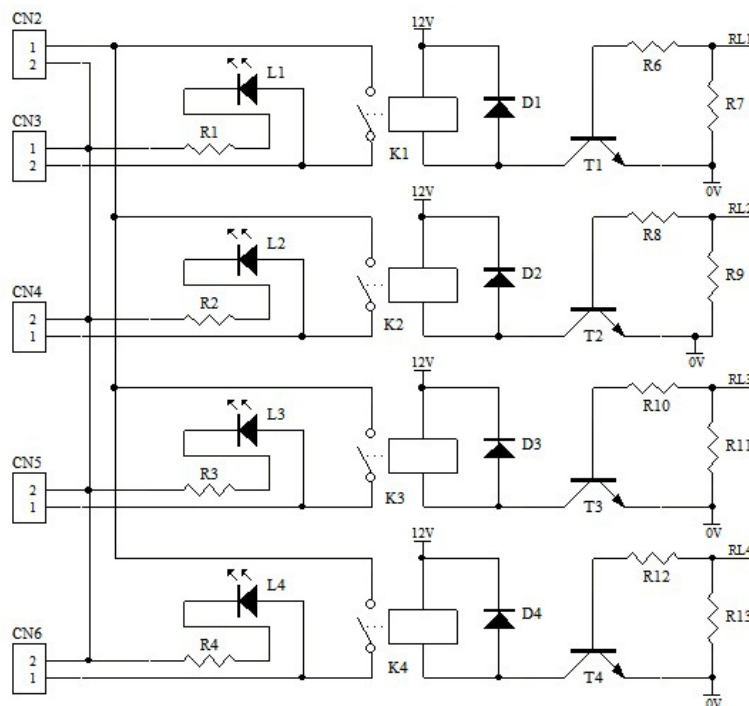


Figura 7. Controlador Eletrônico – Bloco de Acionamento de Cargas.

O condicionamento dos sinais provenientes dos sensores de temperatura NTC é feito por meio do circuito apresentado na Figura 8. Um sensor NTC é uma resistência variável com a temperatura. Microcontroladores não são aptos a ler diretamente uma informação de resistência. Desse modo, faz-se necessário converter a informação de resistência numa informação de tensão, visando por fim obter uma relação entre a temperatura nas proximidades do NTC e a tensão medida pelo microcontrolador.

A técnica de conversão escolhida utiliza divisores resistivos. É aplicado um divisor resistivo entre o sensor de temperatura A (posicionado na parte inferior do divisor) e o resistor R_{16} . De forma análoga, é utilizado um divisor resistivo entre o sensor de temperatura B (posicionado na parte inferior do divisor) e o resistor R_{18} . O ponto central de cada um desses divisores resistivos (indicados pelos rótulos NTC_1 e NTC_2 na Figura 8) é conectado a entradas A/D (analógico/digital) do microcontrolador.

Esta metodologia é interessante pois torna a relação entre a resistência do NTC (e por conseguinte a temperatura nas suas proximidades) e a tensão medida pelo microcontrolador, praticamente linear para uma determinada faixa de temperatura de interesse.

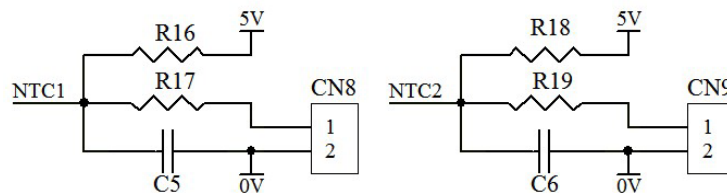


Figura 8. Controlador Eletrônico – Bloco de Condicionamento dos Sinais dos Sensores.

Os resistores R_{17} e R_{19} são aplicados visando atenuar possíveis oscilações de tensão e os capacitores C_5 e C_6 são utilizados para atenuar ruídos em alta frequência.

O *damper* eletrônico utilizado possui como elemento essencial um motor de passo, controlado por meio do circuito integrado dedicado TA7774P do fabricante TOSHIBA SEMICONDUCTORS. A Figura 9 apresenta os sinais de comando deste *damper* (rótulos D_A e D_B) e as conexões para o motor de passo (conector CN_{12}).

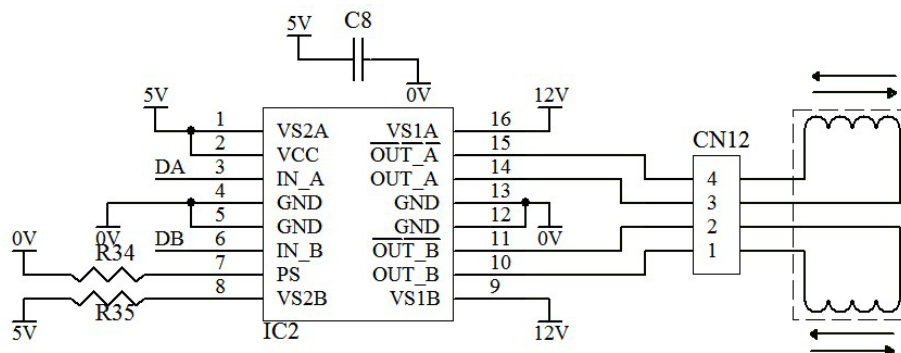


Figura 9. Controlador Eletrônico – Bloco de Controle do Damper.

O acionamento da buzina BZ_1 é feito através de uma saída PWM do microcontrolador, que gera um sinal com frequência de 4kHz. O acionamento dos leds e a leitura das teclas e dos sensores (magnéticos) de porta é feito através de uma estrutura multiplexada, visando reduzir a demanda de portas de I/O. São utilizadas 8 portas de I/O para acionar 7 leds e ler 5 teclas e 2 sensores magnéticos, enquanto que uma implementação sem multiplexação demandaria 14 portas de I/O. A Figura 10 apresenta o circuito desenvolvido.

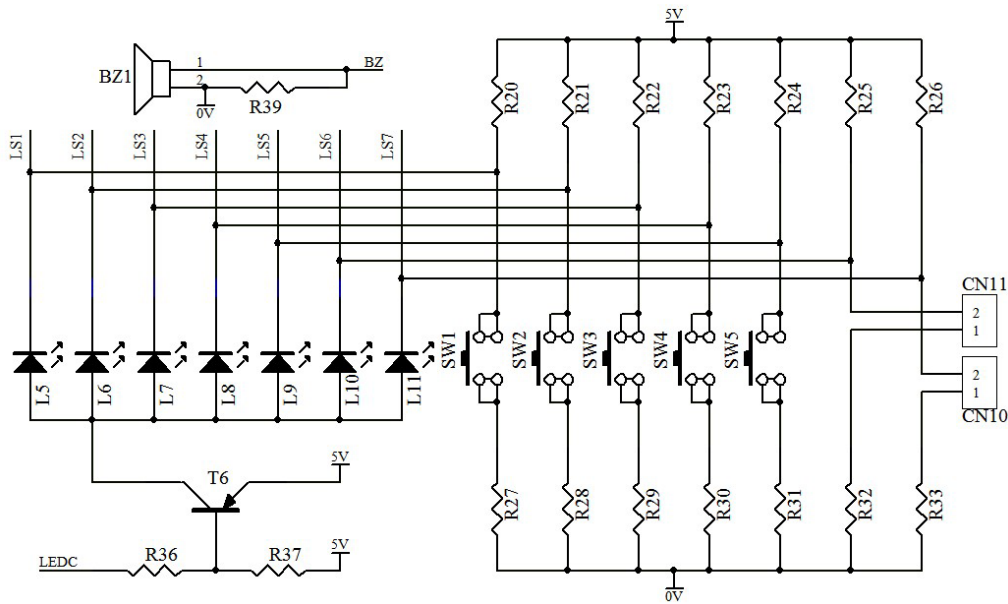


Figura 10. Controlador Eletrônico – Bloco de Interface com Usuário.

A técnica de multiplexação utilizada é descrita a seguir. Os sinais LS_1 - LS_7 são conectados a portas de I/O (*Input/Output*) do microcontrolador. Tais sinais são configurados como entrada nos instantes que se deseja ler o estado das teclas e dos sensores de porta magnéticos, mantendo durante esse período o sinal LEDC em nível alto. Por sua vez, nos instantes de acionamento dos leds, os sinais LS_1 - LS_7 são configurados como saída nível baixo para o led que se deseja acender e saída nível alto para o led que se deseja apagar, sendo o sinal LEDC mantido em nível baixo durante esse período. Em virtude do olho humano possuir uma taxa de amostragem baixa, o uso de uma frequência de atualização dos leds maior que 60Hz garante uma boa percepção visual.

Visando filtrar ruídos provenientes do contato mecânico das teclas e dos sensores magnéticos, é aplicada uma técnica de *debounce*, a qual exige a manutenção de um estado lógico por 64ms para a validação da leitura de um dado de entrada.

A Figura 11 apresenta as conexões dos demais circuitos ao bloco de processamento, que possui como elemento principal o microcontrolador MICROCHIP PIC16F690 (MICROCHIP TECHNOLOGY INC., 2007).

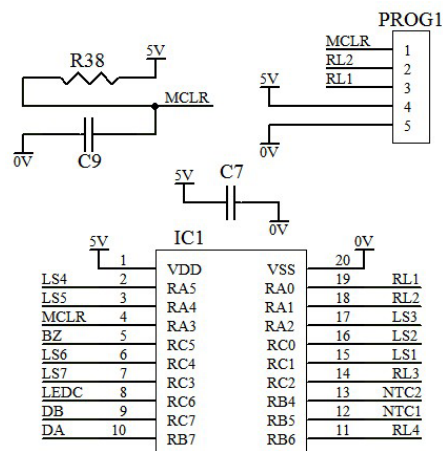


Figura 11. Controlador Eletrônico – Bloco de Processamento.

Note que todos os pinos do microcontrolador estão sendo utilizados. A gravação da memória de programa do PIC16F690 é feita através do conector PROG₁ por meio do protocolo ICP (*In-Circuit Programming*), permitindo a reprogramação sem a necessidade de remoção do componente da placa.

3 APLICAÇÃO DO MINI-REFRIGERADOR NO ENSINO

O processo de controle do Mini-Refrigerador Peltier envolve conhecimentos inerentemente multidisciplinares, de forma que sua aplicação no ensino pode se dar em diferentes áreas da engenharia. Temas como Modelagem de Sistemas Dinâmicos, Programação de Microcontroladores, Controle Clássico, Controle Moderno e Controle Digital são exemplos de assuntos que podem ser abordados utilizando a estrutura desenvolvida.

A obtenção experimental de um modelo matemático para o Mini-Refrigerador pode ser um assunto abordado no contexto da modelagem de sistemas dinâmicos. Conceitos relacionados ao controle (clássico, moderno e digital) podem ser desenvolvidos tomando-se como exemplo o controle de temperatura de cada um dos compartimentos. Controladores do tipo Proporcional-Integral-Derivativo (PID), avanço de fase e atraso de fase podem ser implementados e testados sobre a estrutura desenvolvida. Pode-se ainda discutir o fenômeno de atraso de transporte, problema inerente aos sistemas de controle de temperatura.

A programação de microcontroladores utilizando diferentes linguagens de programação, tais como *assembly*, C e C++, com o intuito de criar uma lógica de controle que satisfaça determinadas especificações, é outro assunto que pode se beneficiar de um dispositivo como o Mini-Refrigerador para ser mais elucidativamente abordado.

Na seção seguinte apresenta-se a utilização do Mini-Refrigerador Peltier como ferramenta de ensino no contexto da disciplina eletiva denominada de Modelagem e Controle de Sistemas Automatizados (MCSA), oferecida para alunos a partir da 9ª fase do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

3.1 Uso do Mini-Refrigerador na Disciplina MCSA

A disciplina de Modelagem e Controle de Sistemas Automatizados é fundamentada na teoria de linguagens e autômatos (RAMADGE & WONHAM, 1987). Assim, a modelagem do Mini-Refrigerador e a resolução de problemas de controle deste dispositivo são feitas com base na Teoria de Controle Supervisório de Sistemas a Eventos Discretos (RAMADGE & WONHAM, 1989).

Nesta abordagem, o controle é feito por meio de um supervisor, que restringe o comportamento da planta (sistema físico), satisfazendo um conjunto de especificações previamente definidas. Os eventos que podem ocorrer na planta são divididos em dois tipos: controláveis e não controláveis. Os eventos controláveis são aqueles que podem ter sua ocorrência impedida pela ação de controle. Por outro lado, os eventos não controláveis não podem ser desabilitados pela ação de controle e, sendo assim, são considerados permanentemente habilitados (CASSANDRAS & LAFORTUNE, 1999). Por exemplo, no Mini-Refrigerador os eventos de ligar a célula Peltier e abrir o *damper* eletrônico são eventos controláveis. Já os eventos de abertura e fechamento das portas dos compartimentos são exemplos de eventos não controláveis.

Para a solução de um problema de controle supervisório segundo (RAMADGE & WONHAM, 1989), seguem-se os seguintes passos:

- 1) Modelagem do comportamento da planta sem coordenação (planta livre);
- 2) Modelagem das especificações de controle;
- 3) Síntese do supervisor a partir dos modelos obtidos nos passos 1 e 2.

O comportamento da planta e o comportamento do supervisor são modelados por autômatos de estados finitos (CURY, 2001). Os autômatos podem ser graficamente representados por grafos dirigidos, onde os nós representam os estados e os arcos representam as transições de estados. O estado inicial é identificado por uma seta dirigida a ele e os estados finais (marcados) são representados por arcos duplos. A marcação de estados é usada para designar quando uma atividade é finalizada. Eventos controláveis são apresentados como arcos cortados por uma pequena linha transversal.

A Figura 12 ilustra o autômato que modela o funcionamento da célula Peltier. O estado 0 (inicial) representa a condição da célula Peltier desligada e o estado 1 representa a condição da célula Peltier ligada. Com a ocorrência do evento $L_Peltier$, a célula Peltier transita do estado desligado (0) para o estado ligado (1), podendo retornar ao estado desligado na ocorrência do evento $D_Peltier$. Sempre que a célula Peltier encontra-se desligada, é considerado que foi finalizada uma tarefa.

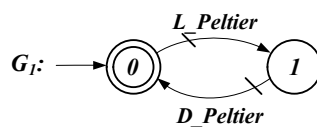


Figura 12. Autômato da Célula Peltier.

Na Figura 13 apresenta-se o autômato que modela o comportamento do sensor de temperatura A, com o evento $Temp_Liga_A$ ocorrendo quando a temperatura medida torna-se maior que uma constante $Temp_Liga_A_Cte$ e o evento $Temp_Desl_A$ ocorrendo quando a temperatura torna-se menor que uma constante $Temp_Desl_A_Cte$.

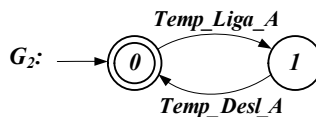


Figura 13. Autômato do Sensor de Temperatura A.

Através de uma análise da planta em estudo, é possível identificar condições nas quais determinados eventos nunca irão ocorrer. Essas situações podem ser adicionadas ao modelo por meio da criação de restrições físicas (MORAES & LEAL, 2006), visando torná-lo mais fiel ao comportamento real do sistema. Por exemplo, observando a relação entre a célula Peltier e o sensor de temperatura A, pode-se criar a restrição física R_1 (ver Figura 14), que restringe a ocorrência do evento $Temp_Desl_A$ se a célula Peltier estiver desligada e $Temp_Liga_A$ se a célula Peltier estiver ligada.

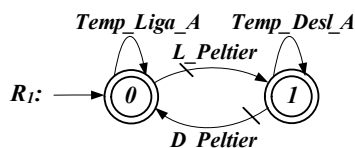


Figura 14. Autômato da Restrição Física R_1 .

O autômato G que modela o comportamento da planta global é obtido através da composição síncrona (CASSANDRAS & LAFORTUNE, 1999) dos autômatos G_i e dos autômatos das restrições físicas R_j .

Visando restringir o comportamento da planta a um comportamento desejado, cria-se um grupo de especificações de controle E_k . Por exemplo, o controle da Célula Peltier está diretamente relacionado à ocorrência dos eventos $L_Peltier$ e $D_Peltier$. A especificação E_1 , apresentada na Figura 15, define que a célula Peltier só pode ser ligada (evento $L_Peltier$) se a temperatura no refrigerador tornar-se maior que a constante $Temp_Liga_A_Cte$ (evento $Temp_Liga_A$) e que a célula Peltier só pode ser desligada (evento $D_Peltier$) se a temperatura tornar-se menor que a constante $Temp_Desl_A_Cte$ (evento $Temp_Desl_A$).

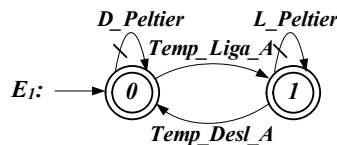


Figura 15. Autômato da Especificação E_1 .

Um procedimento similar é utilizado para definir cada uma das demais especificações de controle. A especificação global E é obtida através da composição síncrona das especificações individuais E_k .

Com base na planta G e na especificação global E , um supervisor S pode ser obtido com auxílio de ferramentas computacionais como **GRAIL** (REISER et al., 2006), disponível em <http://www.das.ufsc.br/~cury/ensino-5202.html> ou **TCT** (WONHAM, 2005), disponível em <http://www.control.utoronto.ca/DES/>, ambas distribuídas gratuitamente para fins educacionais.

A título de ilustração da metodologia de projeto de supervisores, considerando-se apenas os subsistemas G_1 e G_2 e a restrição física R_1 , com o comportamento restringido pela especificação E_1 , a síntese automática do supervisor S resulta no autômato apresentado na Figura 16.

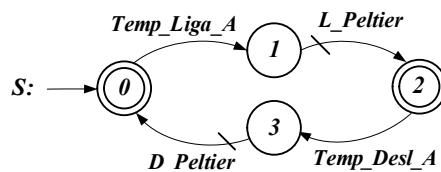


Figura 16. Autômato do Supervisor S .

O supervisor S obtido indica que se no estado inicial (0), o evento não controlável $Temp_Liga_A$ ocorrer na planta, o supervisor S irá transitar para o estado 1 onde o evento $L_Peltier$ está habilitado a ocorrer. Após o evento $L_Peltier$ ocorrer na planta, o supervisor S transita para o estado 2 . Analogamente, estando o supervisor S no estado 2 e o evento não controlável $Temp_Desl_A$ ocorrer na planta, o supervisor S irá transitar para o estado 3 onde o evento $D_Peltier$ está habilitado a ocorrer. Após o evento $D_Peltier$ ocorrer na planta, o supervisor S volta para o estado 0 onde o ciclo se repete.

4 EXEMPLOS DE ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DO MINI-REFRIGERADOR

Algumas possíveis estratégias de controle do Mini-Refrigerador Peltier são apresentadas a seguir.

A temperatura no compartimento A pode ser regulada de acordo com o nível de temperatura selecionado pelo usuário, utilizando uma estratégia de controle do tipo liga-desliga, tendo a célula Peltier como elemento de atuação.

O controle da temperatura no compartimento B pode ser feito em função do nível de temperatura escolhido pelo usuário, sendo o ajuste feito por meio da abertura e fechamento do damper eletrônico.

Se uma ou ambas as portas estiverem abertas, pode-se acender um led de indicação e iniciar um contador, de forma que quando este contador alcançar um determinado valor t , seja disparado um alarme de porta aberta. Pode-se desativar este alarme através de uma tecla de desligamento ou pelo fechamento de ambas as portas.

4.1 Metodologia Empregada na Disciplina MCSA

No início do semestre, o Mini-Refrigerador Peltier é apresentado estimulando-se a discussão sobre o funcionamento isolado de cada um dos elementos que o compõem. Logo após, a partir das aulas teóricas sobre modelagem de sistemas automatizados, a turma é dividida em equipes e os elementos da estrutura (célula Peltier, damper eletrônico, ventilador, lâmpadas, sensores de temperatura e magnéticos, teclas, leds e buzina) são modelados isoladamente. Esta atividade provoca uma ampla discussão sobre o nível de abstração dos modelos e sobre a dependência existente entre o modelo do elemento e sua inserção/função no Mini-Refrigerador.

Na seqüência, cada grupo define um problema de controle diferente e os modelos são revistos de acordo com o problema proposto pela equipe. Os grupos apresentam para a turma o problema formulado e os modelos obtidos e faz-se uma discussão sobre as diferenças entre os modelos em função do problema apresentado. Nesta etapa, o professor pode verificar se existem problemas demasiadamente simples (ou complexos) e pode sugerir alterações que equalizem o nível de dificuldade dos trabalhos, caso julgue pertinente.

Na etapa seguinte, os grupos apresentem os modelos (autômatos) para as especificações de controle definidas de forma a garantir que a estrutura sob supervisão se comportará conforme desejado (definido no problema). Após, os grupos realizam o projeto do supervisor e o implementam no controlador eletrônico, verificando se o comportamento da planta sob supervisão está de acordo com o especificado. É nesta etapa que se utilizam as ferramentas computacionais citadas anteriormente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Mini-Refrigerador Peltier apresentado neste trabalho pode ser usado como importante ferramenta de ensino em diversas áreas da engenharia. Pode-se utilizá-lo para discutir desde temas específicos, como a criação de *software* para microcontroladores, até aspectos mais gerais e que envolvem concomitantemente conteúdos de diversas disciplinas.

O uso do Mini-Refrigerador possibilita que as disciplinas sejam desenvolvidas na forma de projetos, nos quais os alunos precisam trabalhar em grupo de forma a resolver problemas com os quais possivelmente irão se defrontar no dia-a-dia como engenheiro. Por meio desta metodologia, é possível facilitar o desenvolvimento de habilidades importantes para a

formação de um bom profissional, tais como capacidade de trabalho em equipe, gerenciamento de projetos e visão crítica.

Neste artigo, exemplificou-se o uso do Mini-Refrigerador Peltier na disciplina de Modelagem e Controle de Sistemas Automatizados. No entanto, o dispositivo pode ser aplicado em outras disciplinas, onde é possível utilizar diferentes metodologias na solução de problemas de controle relacionados à estrutura desenvolvida.

Como atividade futura pretende-se conectar o controlador eletrônico a um computador PC com conexão à Internet, permitindo assim que o carregamento de novos modelos da planta e do supervisor e o monitoramento de variáveis possa ser feito de forma remota.

Agradecimentos

Os autores agradecem a empresa Embraco Electronic Controls – EECON e ao Programa de Educação Tutorial – PET, pelo incentivo à realização deste trabalho.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CASSANDRAS, C. G.; LAFORTUNE, S. **Introduction to Discrete Event Systems**, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers, 1999.

CURY, J. E. R. **Teoria de Controle Supervisório de Sistemas a Eventos Discretos**. V Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente – SBAI (Minicurso), Gramado, 2001.

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. **Datasheet DS41262D**. Disponível em: <<http://www.microchip.com>> Acesso em: 25 mai. 2007.

MORAES, W. R.; LEAL, A. B. Controle Supervisório do Transportador de Entrada de um Sistema Flexível de Manufatura. In: INDUSCON, VII, **Proceedings of the VII International Conference on Industrial Applications - INDUSCON**, Recife: 2006.

NOLAS, G.S.; SHARP, J.; GOLDSMIND, J. **Thermoelectrics: Basic Principles and New Materials Development**, New York: Springer, 2006.

RAMADGE, P. J.; WONHAM, W. M. Supervisory Control of a Class of Discrete- Event Processes, **Proc. SIAM J. Control and Optimization**, Vol. 25, n. 1, pp. 206-203, 1987.

RAMADGE, P. J.; WONHAM, W. M. The Control of Discrete Event Systems, **Proceedings of IEEE**, Vol. 77, n. 1, pp. 81-98, 1989.

REISER, C., DA CUNHA, A. E. C., CURY, J. E. R. The Environment Grail for Supervisory Control of Discrete Event Systems, **8th International Workshop on Discrete Event Systems (WODES)**, p. 390-391, Michigan: 2006.

WONHAM, W. M., Supervisory Control of Discrete Event Systems, **Notas de aula**, Systems Control Group, University of Toronto, Toronto: 2007.

CONCEPTION OF A PELTIER TINY- REFRIGERATOR FOR USE AS A TOOL FOR ENGINEERING EDUCATION

Abstract: *This article presents the development of a Peltier Tiny-Refrigerator conceived for educational and research in engineering purposes. The Peltier Tiny-Refrigerator was elaborated with the aid of the Embraco Electronic Controls – EECON company, aiming to help in the creation and validation of different control strategies in the household and commercial refrigeration areas.*

Key-words: *Refrigerator, Automation, Supervisory control, Engineering education, Microcontroller.*