



CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE REGULAÇÃO DE TEMPERATURA DE BAIXO CUSTO, COMO INSTRUMENTO PEDAGÓGICO DE ENSINO DE ENGENHARIA

Caio Fernandes Gabi – cfgabi@hotmail.com

Filipe Cysneiros Wanderley de Almeida – filipecwa@gmail.com

Maria do Carmo de Luna M. Frazão – marafrazao@gmail.com

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

Bacharelado do Curso de Engenharia Elétrica

Av. Primeiro de Maio, 720, Jaguaribe

58.015-430 – João Pessoa – Paraíba

Ademar Gonçalves da Costa Junior – ademar.costa@ifpb.edu.br

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)

Laboratório de Instrumentação, Sistemas de Controle e Automação (LINSCA)

Resumo: *A construção de protótipos educacionais na disciplina de Instrumentação Eletrônica do IFPB visa o aumento do interesse do aluno, unindo a teoria lecionada em sala de aula, com a prática necessária para implantações de projetos, baseados na metodologia de ensino, Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). Neste trabalho, é apresentado um protótipo educacional para o controle de temperatura em uma estufa. Utilizando-se um microcontrolador PIC 16F877A para acionamento e controle de temperatura a níveis pré-determinados, foi possível acionar uma lâmpada para aquecer o interior de uma caixa fechada, realizar medições constantes da temperatura, através de um sensor de temperatura LM35, e acionar um cooler de uma fonte de tensão para computador, afim de resfriar o interior da caixa. O valor de referência de temperatura é colocado pelo operador, através de um módulo LCD, além de que o resultado é mostrado neste módulo. Ao final do projeto, o discente tem uma visão integrada e sólida dos diversos assuntos abordados ao longo do curso de graduação, já que utiliza conceitos de outras disciplinas já cursadas ou que estão sendo cursadas em paralelo com a disciplina de Instrumentação Eletrônica.*

Palavras-chave: *Protótipo educacional, Aprendizagem baseada em problemas, Controle de temperatura, Sensor de temperatura, Microcontrolador.*

1. INTRODUÇÃO

Uma forma para o aumento de interesse dos alunos dos cursos da área de Tecnologia é a união entre a teoria de uma disciplina e um problema prático, no qual podem utilizar os conhecimentos adquiridos na disciplina cursada, e sua integração multidisciplinar. Segundo GOMES & SILVEIRA (2007), a educação em Engenharia de Controle e Automação enfrenta

Realização:

 **ABENGE**

Organização:



**O ENGENHEIRO
PROFESSOR E O
DESAFIO DE EDUCAR**



desafios na relação ensino-aprendizagem, em demandas sociais, na eliminação de postos de trabalho, no risco tecnológico e ainda os reflexos dos problemas do ensino médio e fundamental.

Desta forma, a utilização de protótipos em forma de planta piloto ou na reprodução de uma forma didática mais simples de um determinado princípio físico, em proporções reduzidas, é muito útil nos cursos de graduação em Engenharia. Além disso, no ambiente de Automação e Controle, a implantação de algoritmos de sistemas de controle e a realização de testes comparativos entre os diferentes tipos de sensores e atuadores, motivam alunos e professores no ensino e na pesquisa. No ambiente acadêmico, a construção de protótipos educacionais em disciplinas ou em trabalhos de iniciação científica ganha cada vez mais espaço, devido ao custo de aquisição dos protótipos das empresas que os comercializam, além da dependência tecnológica ao ser realizada esta aquisição, não se permitindo muitas vezes, a incorporação de novas tecnologias ou uso de novos algoritmos computacionais para testes comparativos (GOMES & SILVEIRA, 2007; GOMES *et al*, 2011; MAXIMO *et al*, 2011).

Para fomentar o interesse dos alunos da disciplina de Instrumentação Eletrônica, do curso de Engenharia Elétrica, do Instituto Federal da Paraíba (IFPB), campus João Pessoa, e como forma de utilização da metodologia de ensino, Aprendizagem Baseada em Problemas – ABP (RIBEIRO, 2005), durante o início do semestre 2011.2 foram propostos projetos em equipe, que envolvessem a utilização de sensores e o condicionamento do sinal, além da integração multidisciplinar com outras disciplinas pertencentes ao currículo do curso, como por exemplo, Eletrônica II, Microcontroladores e Microprocessadores, Sistemas de Controle e Sistemas de Aquisição de Dados. Desta forma, é apresentado um protótipo de um sistema de regulação de temperatura, de baixo custo e de fácil implantação, construída por uma equipe de três alunos, dentro das instalações laboratoriais do IFPB.

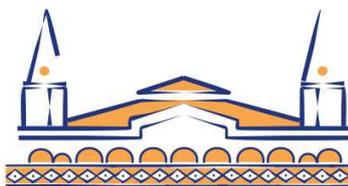
Na Seção 2 é apresentada a proposta do protótipo para regulação de temperatura. Apresentam-se na Seção 3 os principais componentes deste protótipo. Na Seção 4 é apresentado o protótipo e a lógica computacional e na Seção 5, as considerações finais deste trabalho.

2. O PROTÓTIPO PROPOSTO

O objetivo deste projeto é a construção de um protótipo de baixo custo, para o controle de temperatura em um ambiente sujeito a aquecimento. Como objetivo específico, além de atender a um requisito da disciplina de Instrumentação Eletrônica no IFPB, o interesse do projeto é o desenvolvimento da linha de pesquisa *sistemas de automação e controle predial/residencial*, a ser desenvolvido e pesquisado pelo Laboratório de Instrumentação, Sistemas de Controle e Automação (LINSCA). De uma forma simples, através de um sensor de temperatura de estado sólido (BALBINOT & BRUSAMARELLO, 2011), controla-se o nível de temperatura do ambiente, com o uso de um sistema de controle, inicialmente utilizando uma lógica sequencial. Para isso, três etapas foram desenvolvidas:

- Planejamento do protótipo para a demonstração do projeto;
- Implementação do ambiente proposto;
- Realização da avaliação de desempenho.

Na primeira etapa do projeto, foi realizado o planejamento do protótipo incluindo toda a perspectiva do projeto, tendo como atividades principais: a construção física do ambiente a



ser controlado; o algoritmo básico para implantação em um microcontrolador; e a estimativa de orçamento de componentes e materiais.

A proposta escolhida para o projeto foi a criação de um ambiente de temperatura controlado, utilizando madeira cúbica para a construção do protótipo, no qual, foram inseridos o sistema de aquecimento, o sistema de resfriamento e o sensor de temperatura. A ideia consiste na utilização de um sensor de temperatura para a medição desta variável dentro do ambiente, e com a realização de um controle sequencial, atuando-se nos limites superiores e inferiores de temperatura, estabelecidos pelo operador.

O sistema de aquecimento e resfriamento, que foi introduzido no protótipo, serve para a realização da troca de calor com o ambiente externo, além de servir também como fonte de perturbação ao experimento. Na Figura 1 é apresentado o diagrama de blocos para o protótipo educacional em questão.

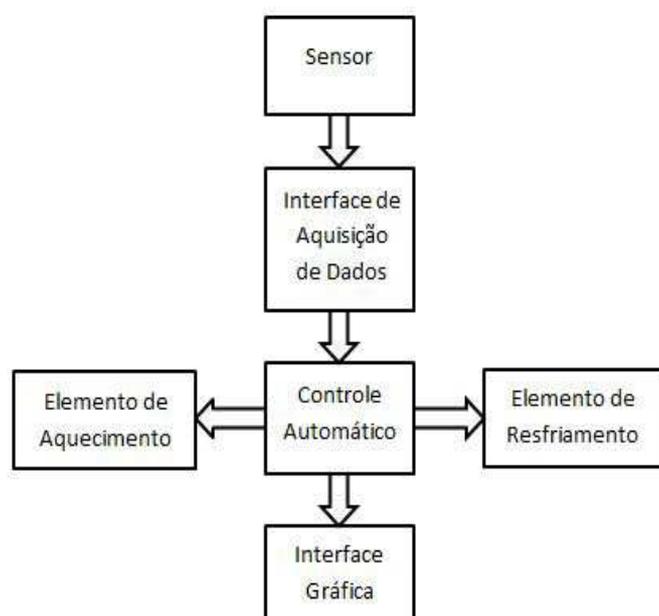


Figura 1 – Diagrama de blocos do ambiente de controle sequencial de temperatura.

O software elaborado envolve o controle automático da temperatura e uma interface gráfica, para facilitar a integração do usuário com o sistema. A interface de aquisição e controle de dados tornou-se um item importante para o desenvolvimento do sistema, pois é possível converter um sinal analógico para digital, além de outros fatores como a amplificação do sinal proveniente do sensor, obtendo-se um sinal com maior precisão.

3. PRINCIPAIS COMPONENTES DO PROTÓTIPO

O protótipo elaborado possui como principais componentes, o microcontrolador, o sensor de temperatura, o módulo LCD, a montagem física da estrutura e os elementos de aquecimento e resfriamento.

3.1. Microcontrolador PIC16F877A

Um microcontrolador é um sistema computacional completo, no qual estão incluídos uma CPU (*Central Processor Unit*), uma memória de dados e de programa, um sistema de *clock*,



portas de I/O (*Input/Output*), além de outros possíveis periféricos, tais como, módulos de temporização e conversores A/D entre outros, integrados em um mesmo componente (PEREIRA, 2007).

As principais características do microcontrolador PIC16F877A, utilizado no protótipo, são (MICROCHIP, 2012):

- Microcontrolador de 40 pinos;
- 33 portas configuráveis como entrada e saída digital;
- 16 fontes de interrupções disponíveis;
- Memória de programação FLASH;
- Memória de programa 8k *words*;
- Memória RAM de 368 bytes;
- Três *timers*;
- Diversas formas de comunicação serial: SPI, I²C e USART;
- Conversores e comparadores analógicos;
- Dois módulos CCP (*Capture, Compare & PWM*);
- Programação *in-circuit*;
- *Power-on Reset*;
- *Brown-out Reset*.

Um microcontrolador necessita de um *clock* para funcionar, e no caso dos microprocessadores, esse *clock* é disponibilizado por um circuito oscilador interno. No caso em particular desta família de microcontroladores, esse *clock* provém de uma fonte externa, normalmente um cristal de quartzo, um circuito RC ou um ressonador cerâmico. Deste modo, para o projeto da automação predial/residencial com sistema de regulação de temperatura, foi utilizado o cristal de quartzo de 20 MHz, que fornece uma melhor precisão.

Na Figura 2 é apresentada a disposição física dos pinos do microcontrolador PIC16F877A.

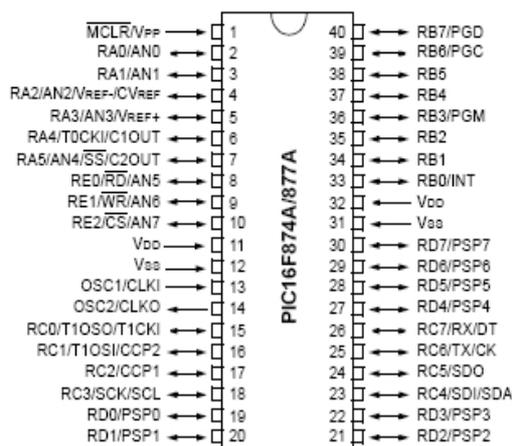


Figura 2 – Disposição física dos pinos do microcontrolador PIC16F877A.

Fonte: MICROCHIP, 2012.

3.2. Sensor de Temperatura

O sensor LM35 é um sensor de temperatura de estado sólido, que apresenta uma saída de tensão linear relativa à temperatura, ao ser alimentado por uma tensão de 4-20 Vcc e GND,



tendo em sua saída, um sinal de 10mV para cada 1° C de temperatura (TEXAS INSTRUMENTS, 2012).

O LM35 não necessita de qualquer calibração externa ou *trimming* para fornecer com exatidão, valores de temperatura com variações de ¼°C ou até mesmo ¾°C dentro da faixa de temperatura de -55°C à 150°C. Este sensor tem saída com baixa impedância, tensão linear e calibração inerente precisa (TEXAS INSTRUMENTS, 2012).

Este sensor poderá ser alimentado com alimentação simples ou simétrica, dependendo do que se desejar como sinal de saída, mas independentemente disso, a saída continuará sendo de 10mV/°C.

O sensor LM35 é apresentado em vários tipos de encapsulamentos, sendo o mais comum o TO-92 (Figura 3), oferecendo uma ótima relação custo benefício, por ser o mais barato dos modelos e propiciar a mesma precisão dos demais.



Figura 3 – Disposição física dos pinos do sensor de temperatura LM35.

Fonte: TEXAS INSTRUMENTS, 2012.

3.3. Módulos LCD

Os módulos LCD (*Liquid Crystal Display* – Display de Cristal Líquido), que podem ser de caracteres e de gráficos, são constituídos basicamente de um display de cristal líquido e de um controlador de displays (PEREIRA, 2007).

O módulo LCD utilizado no protótipo foi o modelo FDCC1602B (FORDATA, 2012), que é um módulo LCD do tipo caracter, que utiliza 16 linhas e 2 colunas (Figura 4), cuja disposição física dos pinos e a sua interligação com o microcontrolador PIC 16F877A estão ilustradas na Figura 5. Estes módulos utilizam um controlador próprio, permitindo sua interligação com outras placas através de seus pinos, no qual deve ser alimentado o módulo, e interligado o barramento de dados.

Este módulo LCD escolhido permite um ajuste na intensidade da luz emitida e o ajuste de contraste, no qual isto é possível variando-se a tensão no pino 3. Os módulos LCD podem ser encontrados com LED backlight (com uma iluminação de fundo) para facilitar as leituras durante a noite. Neste caso, a alimentação deste LED faz-se normalmente pelos pinos 15 e 16 para os módulos comuns, conforme é apresentado na Tabela 1.



Figura 4 – Display de LCD 16x2 utilizado no protótipo.

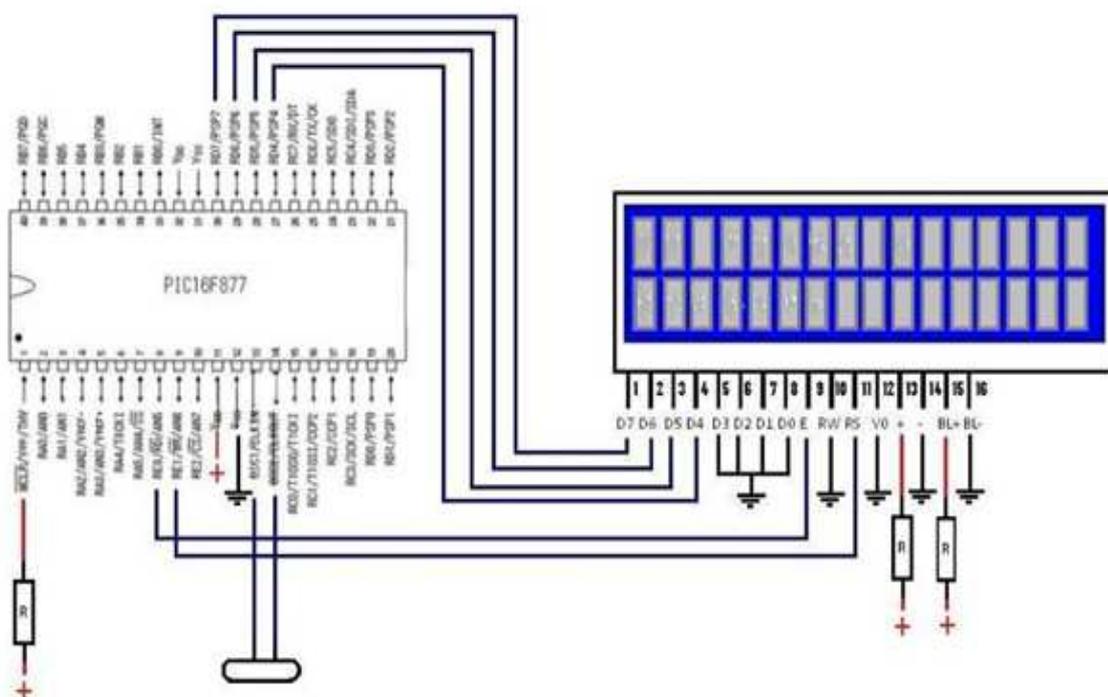


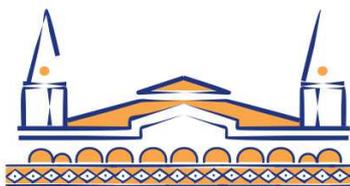
Figura 5 – Disposição física dos pinos do Display de LCD 16x2 e sua interligação com o microcontrolador PIC16F877A.

Tabela 1 - Atribuição dos pinos do LCD. Fonte: Adaptado de FORDATA (2012).

Pin No.	Symbol	Function
1	Vss	Ground
2	Vdd	+5V
3	Vo	LCD contrast adjust
4	RS	Register select
5	R/W	Read / write
6	E	Enable
7	DB0	Data bit 0
8	DB1	Data bit 1
9	DB2	Data bit 2
10	DB3	Data bit 3
11	DB4	Data bit 4
12	DB5	Data bit 5
13	DB6	Data bit 6
14	DB7	Data bit 7
+	BL+	Power Supply for BL+
-	BL-	Power Supply for BL-

3.4. Demais Componentes

Além do PIC16F877A, do sensor de temperatura LM35 e da interface gráfica em LCD, foi construída, para este projeto, uma caixa cúbica de madeira medindo 20x20x20cm, na qual



foram inseridos os sistemas de aquecimento (uma lâmpada), de resfriamento (um *cooler* de computador), e de medição de temperatura (o sensor LM35). A lâmpada utilizada para aquecer o ambiente proposto foi uma lâmpada incandescente comum de 220 Vac/60 W, ligada ao sistema de controle através de um relé de 12 Vcc. Para o sistema de resfriamento foi utilizado um *cooler*, reaproveitado da fonte de um computador antigo, que é acionado por 12 Vcc e funciona com corrente de 0,16 A. Na Figura 6 é possível observar o protótipo da caixa de madeira construída, com a lâmpada e o cooler instalados.

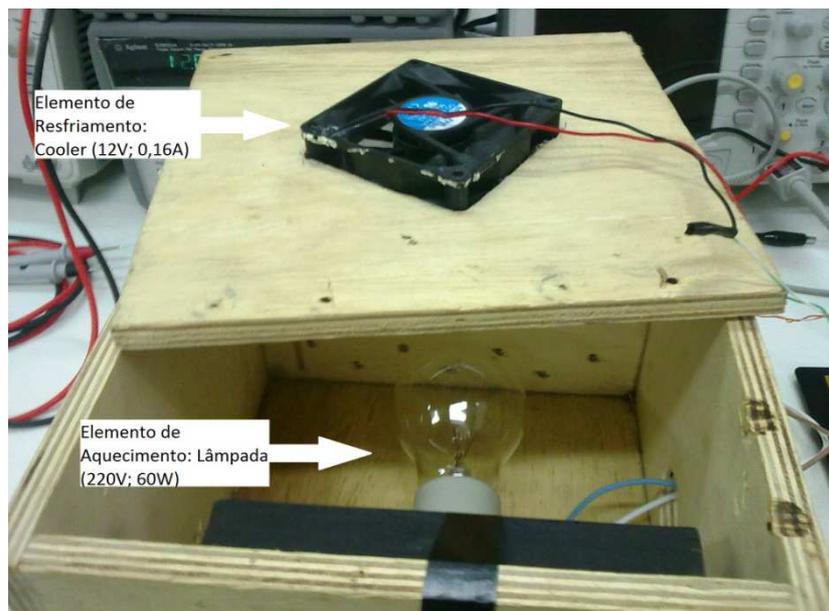


Figura 6 – Foto do protótipo do projeto desenvolvido.

4. O PROTÓTIPO ELABORADO E A LÓGICA COMPUTACIONAL IMPLEMENTADA

Como explicado anteriormente, o objetivo do processo a ser controlado é a temperatura interna do protótipo. Através da medição de temperatura, baseado no uso do LM35, o microcontrolador recebe a informação e realiza o processamento, de acordo com a lógica computacional armazenada em sua memória. Realizado o processamento, o microcontrolador envia as informações de execução para o processo, conforme o diagrama de blocos da Figura 1.

Além disso, existe a interface gráfica implantada através do display de LCD, no qual o operador entra com o valor de referência de temperatura, e o display apresenta os valores interno de temperatura do processo.

4.1. Lógica Computacional

A lógica computacional elaborada foi realizada através dos softwares PICCCOMPILE e WINPIC para a gravação de comandos executados por esse modelo de microcontrolador. A lógica computacional, através da implantação de um controle liga-desliga, segue os seguintes passos:



- O microcontrolador inicia o sistema, com uma tela de boas-vindas no módulo LCD, e este apresenta a tela do usuário, no qual escolhe os limites de temperatura interna inferior e superior do protótipo construído;
- Depois de escolhidos os limites de temperatura interna, o sensor de temperatura envia a informação para a interface de aquisição de dados do microcontrolador (um conversor A/D de 10 bits);
- Realizada as conversões, os valores medidos são comparados com os limites de temperatura escolhidos pelo usuário;
- Após a comparação, se a temperatura medida for maior do que o limite de temperatura superior, o elemento de resfriamento será acionado, caso contrário, se a temperatura for menor que o limite de temperatura inferior, o sistema irá acionar o elemento de aquecimento;
- A partir deste momento, o algoritmo é repetido.

4.2. Descrição do Circuito do Sistema de Controle de Temperatura

O circuito é alimentado com uma fonte de corrente contínua e o sinal de saída do sensor de temperatura LM35 (sensibilidade de 10 mV/°C) é conectado à entrada A0 do microcontrolador PIC 16F877A, que através do seu conversor A/D, transforma a entrada do sinal analógico em sinal digital, exibindo o valor de temperatura no display de LCD.

De acordo com a lógica computacional sugerida e implantada, se a temperatura do ambiente for um valor maior do que o limite superior posto pelo usuário no display de LCD, o cooler é acionado (este, conectado à porta B4 do microcontrolador). Caso contrário, a lâmpada incandescente é acionada (esta, conectada a porta B3 do microcontrolador).

Na Figura 7 é apresentado o esquema do circuito elétrico, para a representação do sistema de controle de temperatura do protótipo.

Esse sistema foi implantado apenas para uma lâmpada e um sensor de temperatura, porém, dependendo do ambiente e do controle que deseja ser realizado, é possível adicionar mais sensores de temperatura para que a leitura e o controle do campo de distribuição de calor do ambiente sejam mais completos.

4.3. Material Utilizado para a Elaboração do Protótipo

Para a elaboração do protótipo foram utilizados os materiais listados na Tabela 2. Foi especificado o valor de cada componente utilizado também no projeto, a fim de avaliar o custo total do projeto.

O custo estimado para a implantação do projeto é de menos de R\$ 70,00, considerando a montagem do circuito eletrônico em uma placa de circuito impresso, e desconsiderando o custo da caixa de madeira. Caso sejam utilizados componentes eletrônicos advindos do lixo eletrônico, o custo poderá ser ainda menor.

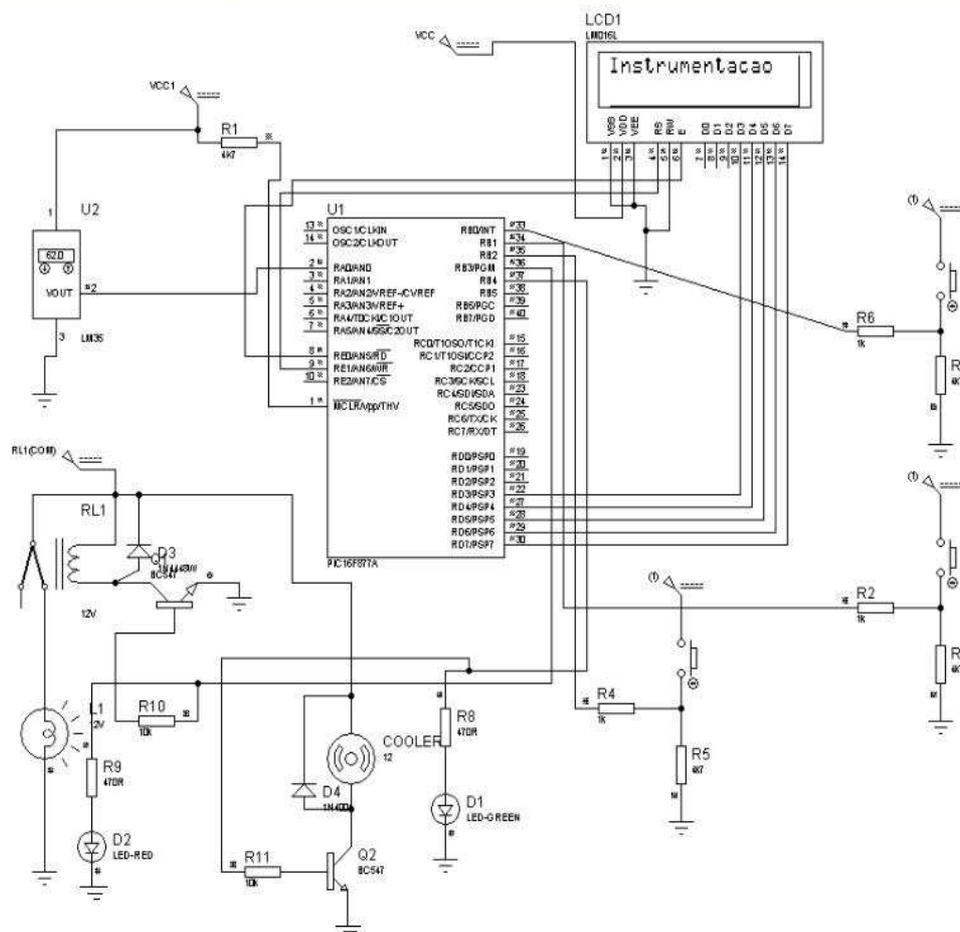


Figura 7 – Circuito Elétrico da Estufa.

Tabela 2 – Materiais utilizados na montagem.

Componente	Quantidade	Descrição
Resistor	11	1 kΩ; 10 kΩ; 2,2 kΩ; 4,7 kΩ; 470 Ω
Display de LCD 16x2	1	FDCC1602B
Capacitor eletrolítico	1	100 μF
Microcontrolador	1	PIC16F877A
Sensor de temperatura	1	LM35
LED de alto brilho	2	Multicor
Potenciômetro linear	1	10 kΩ
Transistor	2	BC548
Fototransistor	1	TIL78
Cristal	1	20 MHz
Diodo retificador	2	1N4007
Chave tátil	3	-
Potenciômetro	1	10kΩ
Regulador de tensão	1	LM7805
Relé de 12 V	1	-
Lâmpada incandescente	1	220 Vca/60 W
Cooler de computador	1	-



5. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi apresentada neste artigo, a potencialidade de um protótipo de baixo custo para o ensino de disciplinas da graduação de um curso de nível superior, como por exemplo, sistemas de controle, instrumentação eletrônica, sistemas de aquisição de dados, microcontroladores e sistemas embarcados.

Serão elaborados guias de experimento utilizando-o como plataforma de testes, em cada disciplina acima, dando o enfoque necessário ao seu aproveitamento. Também, atingiu-se o objetivo da disciplina de Instrumentação Eletrônica, do curso de Engenharia Elétrica do IFPB, que era o desenvolvimento de um protótipo funcional, na forma de utilização da metodologia de ensino ABP (Aprendizagem Baseada em Problema).

Também é esperado que o protótipo possa ser aproveitado nos cursos técnicos da própria instituição, bem como de outras instituições que se mostrem interessadas em sua inserção nas aulas práticas de laboratório, contribuindo para a diminuição do custo de aquisição de protótipos para aulas em laboratório, bem como a diminuição da dependência tecnológica das empresas que os comercializam.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBINOT, A.; BRUSAMARELLO, V. J. Instrumentação e Fundamentos de Medidas, volume 1. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

FORDATA ELECTRONICS. FDCC1602B Datasheet. Disponível em: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheets2/44/44810_1.pdf>. Acesso em fevereiro de 2012.

GOMES, F. J.; SILVEIRA, M. A. Experiências Pedagógicas. In: Enciclopédia de Automática, volume 1. São Paulo: Blucher, 2007.

GOMES, F. J. *et al.* Módulo Laboratorial de Baixo Custo, Baseado em FOSS, para Educação em Engenharia de Controle de Processos Industriais. **Anais:** XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Cobenge. Blumenau: FURB, 2011.

MÁXIMO, P. H. M. *et al.* Desenvolvimento de um Kit Didático para Utilização em Aulas de Laboratório de Controle e Automação. **Anais:** XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Cobenge. Blumenau: FURB, 2011.

MICROCHIP. PIC16F877A Information. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>>. Acesso em fevereiro, 2012.

PEREIRA, F. Microcontroladores PIC – Programação em C. São Paulo: Érica, 2007.



RIBEIRO, L. R. C. (2005). UFSCAR – Universidade Federal de São Carlos. A aprendizagem baseada em problemas (PBL) – Uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores, 2005. 205p, Il. Tese (Doutorado).

TEXAS INSTRUMENTS. LM35 Precision Centrigrade Temperature Sensors, datasheet. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>>. Acesso em fevereiro de 2012.

CONSTRUCTION OF A LOW COST PROTOTYPE OF TEMPERATURE CONTROLLED, AS A TEACHING TOOL FOR ENGINEERING EDUCATION

Abstract: *The construction of educational prototypes in the Electronic Instrumentation of IFPB aims to increase student interest, linking the theory taught in the classroom with the practice necessary for project deployments, based on the methodology of teaching, Problem Based Learning (PBL). This work shows an educational prototype for a temperature control in a greenhouse. Using a PIC microcontroller 16F877A to drive and control the temperature of pre-determined, it was possible to drive a lamp to heat the interior of a closed box, making measurements of the temperature constant by a temperature sensor LM35, and a trigger cooler of a power supply for computer, in order to cool the interior of the housing. The temperature reference value is set by the operator through an LCD module, and the result is shown in this module. At the end of the project, the student has an integrated and robust vision of the various topics covered during the undergraduate course, since it uses concepts from other disciplines already completed or being routed in parallel with Electronic Instrumentation course.*

Key-words: *Educational prototype, Problem based learning, Temperature control, Temperature sensor, Microcontroller.*