

DESENVOLVIMENTO DE PROTÓTIPO DIDÁTICO DE BAIXO CUSTO PARA MONITORAR TEMPERATURA

Claudio César Silva de FREITAS (1); Danilo Azevedo FIGUEIREDO (2); Brehme Dnapoli Reis de MESQUITA (3); Ricardo Vinícius Coelho Silva ANDRADE (4); Valcir João da Cunha FARIAS (5)

(1) Instituto de Estudos Superiores da Amazônia, Av. Governador José Malcher, 1148 – CEP: 66055-260, e-mail: claudio.automacao@gmail.com

(2) Instituto de Estudos Superiores da Amazônia, Av. Governador José Malcher, 1148 – CEP: 66055-260, e-mail: danilo.azfigueiredo@gmail.com

(3) Instituto Federal do Pará, Travessa Mariz e Barros, 2220 – Marco, CEP: 66093-090, e-mail: bd.engenheiro@gmail.com

(4) Instituto Federal do Pará, Travessa Mariz e Barros, 2220 – Marco, CEP: 66093-090, e-mail: ricardo_vin_pa@gmail.com

(5) Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, 01 – Guamá, CEP: 66075-110, e-mail: valcir@ufpa.br

RESUMO

Os sistemas de aquisição de dados de temperatura podem ser utilizados em diversas aplicações, porém, em muitos casos o seu alto custo o torna algo inviável para que estudantes tenham acesso, principalmente sensores de uso industrial. Este trabalho apresenta a construção de um protótipo microcontrolado de baixo custo capaz de monitorar e temperatura e controlar dispositivos com base em parâmetros pré-definidos. Os dados de temperatura do ambiente são colhidos através de um sensor de fácil aquisição, o LM35. A linguagem C foi utilizada na programação do microcontrolador, tornando-se uma boa alternativa por ser uma linguagem mais didática e muito eficiente. Visando a melhoria do circuito, foi implementado um sistema composto por diodos emissores de luz (LED) que respondiam aos níveis de temperatura coletados e foi implementado um display LCD e botões de controle para que o usuário pudesse visualizar e alterar os parâmetros de leitura. Os testes mostraram que o circuito possui um desempenho muito bom para ambientes pequenos e fechados, e por apresentar um baixo custo para sua montagem, torna-se uma alternativa para que estudantes possam desenvolver seus projetos com base nesse protótipo, podendo implementar outras funcionalidades ou até mesmo, melhorá-lo e possivelmente comercializá-lo, já que seu desempenho foi semelhante aos dispositivos com mesma função já existentes no mercado.

Palavras-chave: Sensor de temperatura, circuito microcontrolado, protótipo baixo-custo.

1 INTRODUÇÃO

É muito comum encontrar situações onde é necessário monitorar a temperatura, e em muitos casos, controlá-la também. Na indústria principalmente esse tipo de aplicação pode ser encontrada em diversos setores de uma linha processo, em câmaras frigoríficas, ou então, em casos onde é necessário manter o controle sobre os dispositivos de refrigeração de um ambiente, sendo que existem situações em que esse controle acaba gerando uma grande economia de energia.

Existem diversos dispositivos no mercado com a função de monitorar a temperatura, porém, o seu custo é relativamente alto, principalmente os dispositivos de uso industrial, e a elaboração de circuitos cujo os componentes possuem baixo custo e fácil acesso são boas alternativas para o estudante.

Durante o projeto de circuito eletrônico, é necessário fazer um levantamento de todos os componentes que serão utilizados, devendo ser levado em consideração algumas questões importantes para a aquisição de determinados equipamentos, por exemplo, qual o melhor componente, qual o custo, a sua necessidade para o projeto. Em circuitos de sensoriamento, a escolha certa do sensor é fundamental, devendo levar em consideração qual o melhor sensor, qual o seu custo, quais são suas aplicações e limitação e por fim, quanto tempo ele será utilizado.

Neste protótipo, o LM35 atende todas as necessidades, pois o circuito possui fins didáticos e este sensor funciona de maneira simples, além de apresentar baixo custo, no entanto, existem no mercado hoje em dia, diversos tipos de sensores de temperatura, que vão desde os NTC's, PTC's e diodos até os mais variados tipos de termopares, dentre outros. Porém, estima-se que talvez nenhum dos citados anteriormente seja de tão

simples manuseio e exija tão poucos aparatos eletrônicos para que funcione quanto o modelo LM35, pois o circuito usual é bastante simples, necessitando apenas do sensor, um sistema amplificador de sinal e de uma interface que realize a leitura do sinal amplificado, que no caso, será feito por um microcontrolador PIC 16F877, que irá mostrar em tempo real o valor da temperatura em um display LCD, e de acordo com o valor lido, diodos emissores de luzes serão acionados, onde estes podem representar um dispositivo eletrônico, por exemplo, coolers.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

É grande a quantidade de variáveis que sensores podem monitorar, no entanto, existem aplicações que acabam tendo um custo relativamente alto, e busca de alternativas mais baratas é muito bem aceita no meio acadêmico. Uma das variáveis físicas que os estudantes de engenharia tem um contato inicial é a temperatura, pois além de ser um assunto muito abrangente na teoria, sensores que fazem sua medição possuem um baixo custo.

Segundo PETERSEN (1995) e HEUBERGER (1993) os sensores podem atuar nas mais diversas áreas, tais como: Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Química e Bioengenharia. Os sensores têm sua construção baseada nas mais variadas propriedades; podendo ainda, serem classificados em: eletroquímicos, elétricos, ópticos, térmicos e piezelétricos. Tais dispositivos podem realizar medições de corrente, tensão, condutividade, luminescência, índice de refração, temperatura etc. As medidas potenciométricas costumam ter menor sensibilidade quando comparadas as medidas amperométricas e apresentam limite de detecção maior, sem mencionar os problemas de interferência. A medição da condutividade permite a determinação da concentração da solução. O índice de refração pode ser obtido através de medidas ópticas, não destrutivas e podendo ser seletivas, principalmente devido à possibilidade de variar o comprimento de onda empregado. Os cristais piezelétricos, que fornecem a medida de variação de massa, apresentam muitas vantagens, tais como durabilidade, custo baixo, inércia química e resistência a temperaturas altas SILVA (2005).

A medição de temperatura é fundamental em quase todos os ramos do conhecimento humano devido à sua influência na maioria dos processos físicos, químicos e biológicos, além disso, ela está presente em diversos processos, desde residências até a indústria. De acordo com McGHEE et al. (1999), os sensores de temperatura permitem quantificar as transferências de calor entre os corpos de interesse e o ambiente circundante. Os fenômenos básicos que regem o princípio de funcionamento dos sensores de temperatura são: expansão ou contração térmica de líquidos ou sólidos, termoeletricidade, resistividade elétrica e radiação. Para fins de monitoramento automático de temperatura, os sensores mais adequados são os que possuem saídas elétricas (tensão ou corrente) na forma de sinais analógicos ou digitais, pois possibilitam a sua conexão a um sistema de aquisição de dados. Esses sistemas são responsáveis por capturar as informações enviadas pelo circuito de sensoramento, e em seguida, os dados são processados tornando-os úteis. Os sistemas de aquisição de dados são constituídos por condicionadores de sinais, conversores analógicos/digitais, interface de comunicação para a transferência das informações digitais e programa computacional de gerenciamento e processamento de dados (TAYLOR, 1997).

Os sistemas de aquisição de dados que não são adequadamente calibrados, podem se constituir em grandes fontes de erro, registrando e armazenando informações inexatas, ou seja, que não correspondem à realidade. Similarmente aos sistemas de aquisição de dados, os sensores de temperatura também são afetados por fatores ambientais, como temperatura de armazenamento, umidade do ar, vibrações e campos eletromagnéticos (FRADEN, 1996). FLORES & BOYLE (2000) ressaltam a importância da calibração periódica de sensores de temperatura a fim de assegurar medidas exatas.

Devido à complexidade, necessidade de calibração e custo do processo automático de coleta de dados, muitos pesquisadores e estudantes dos cursos de graduação e de pós-graduação encontram dificuldades para a utilização de técnicas avançadas de monitoramento do ambiente. Apesar do grande desenvolvimento da eletrônica, muitas pesquisas ainda são realizadas por meio de medições instantâneas de temperatura com termômetros de mercúrio em vidro. Essa técnica é extremamente exaustiva e limita drasticamente o acompanhamento em tempo real das variações de temperatura em muitas aplicações.

O projeto apresentado neste trabalho utiliza o sensor LM35. Ele pode ser caracterizado como um sensor de precisão, fabricado pela National Semiconductor (www.national.com), que apresenta uma saída de tensão linear relativa à temperatura em que ele se encontrar no momento em que for alimentado por uma tensão de 4-20Vdc e GND, tendo em sua saída um sinal de 10mV para cada Grau Celsius de temperatura.

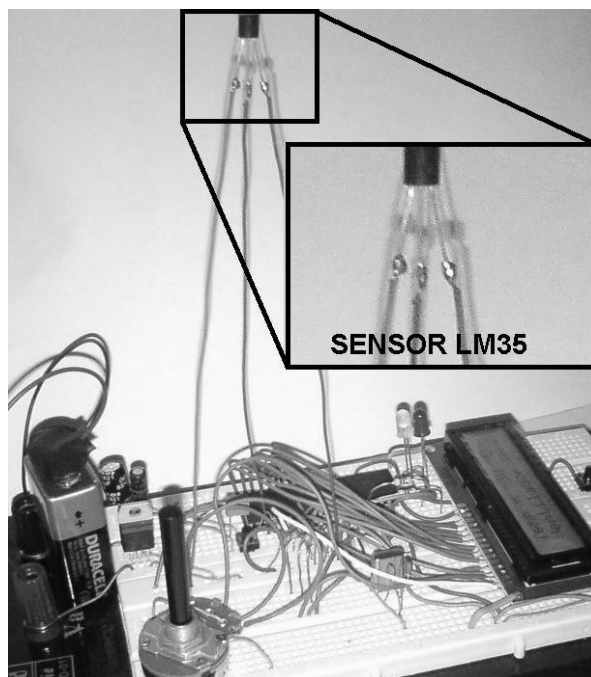


Figura 01. Sensor LM35 utilizado no protótipo

LM35 não necessita de qualquer calibração externa ou “trimming” para fornecer com exatidão valores temperatura com variações de $\frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$ ou até mesmo $\frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$ dentro da faixa de temperatura de -55°C à 150°C . Este sensor tem saída com baixa impedância, tensão linear e calibração inerente precisa, fazendo com que o interfaceamento de leitura seja especificamente simples, barateando todo o sistema em função disto.

3 DESENVOLVIMENTO

Conforme foi abordado, o sensor utilizado tem uma funcionalidade bastante simples, e o PIC 16F877A foi utilizado com a função de tratar o sinal enviado pelo LM35. As funções de leitura e controle do microcontrolador foram programadas utilizando a linguagem C. As vantagens dessa linguagem em relação a Assembly são várias, primeiramente, porque é mais didática.

Além disso, o uso de C permite a construção de programas e aplicações muito mais complexas do que seria viável utilizando apenas Assembly, e o desenvolvimento em C permite uma grande velocidade na criação de novos projetos, devido às facilidades de programação oferecidas pelas, além de ser muito eficiente, possuindo um tempo de geração do código muito rápido.

Um dos motivos da linguagem C ser mais didática é que ela permite que o programador se preocupe mais com a programação das aplicações em si, pois tarefas como controle, localização das variáveis, operações lógicas e matemáticas, entre outras, são realizadas pelo próprio compilador.

Para tornar o circuito mais robusto, além da leitura da temperatura, o protótipo possui dois LEDs que são acionados de acordo com os valores lidos pelo sensor e um display LCD foi implementado juntamente com botões de comando para que o usuário possa visualizar a temperatura em tempo real, e ao mesmo tempo, possa modificar os parâmetros do microcontrolador. A vantagem da utilização desse tipo de display, é que ele permite uma grande concentração de informações, e ainda, apresenta um baixo consumo de energia. Porém, ele possui limitações como sua pequena visibilidade, ângulo de observação limitado e possui um relativo alto custo. Um potenciômetro é responsável por fazer os ajustes de medição.

Para o controle das mudanças dos parâmetros de leitura do circuito, foram implementadas teclas servindo como interface de interação entre o usuário e o protótipo.

Na Figura 02, é possível visualizar uma imagem do circuito em funcionamento montado sobre um *proto-board*.

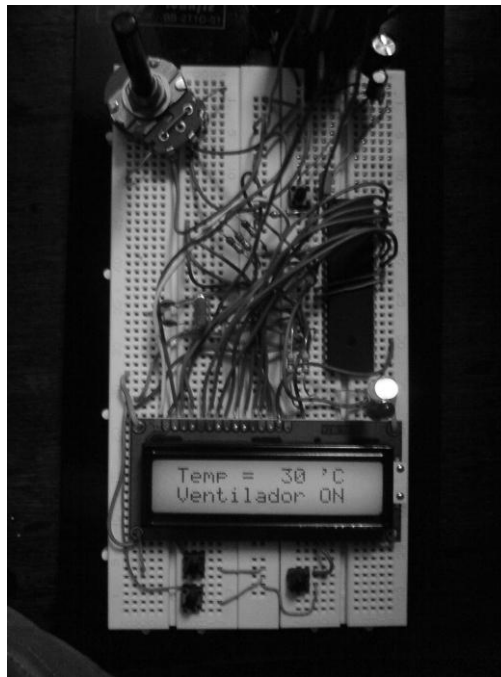


Figura 02. Protótipo em operação

Para a medição da temperatura, foram efetuadas leituras por intermédio de conversor analógico/digital (A/D) interno do microcontrolador 16F877, utilizando um valor de referência, e mudava de acordo com a variação de tensão fornecida pelo sensor.

O funcionamento do conversor A/D padrão dos PICs baseia-se na utilização de técnicas de aproximação sucessiva, com resolução máxima de 10 bits, clock selecionável pelo usuário e múltiplas entradas multiplexadas. (PEREIRA, 2003)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos bons resultados obtidos até o momento, os projetos futuros buscam desenvolver um sistema de monitoramento mais robusto, que possa ser controlado pelo computador ou através de um sistema móvel. Existem várias sugestões de melhorias que poderão ser incluídas no circuito, desde a substituição do microcontrolador por outro com menos portas de entrada e saída, e essa troca conseqüentemente influencia no custo final do circuito. Além disso, podem ser feitas melhorias no sistema de mudança e visualização dos parâmetros e na construção de uma placa de circuito impresso.

O desenvolvimento deste sensor de temperatura mostrou que é possível construir um sistema para demonstração do uso de sensores em sistemas didáticos para ensino em engenharia, utilizando materiais de fácil acesso, de modo prático e com baixo custo.

Esse circuito também mostrou ser bastante eficiente na leitura de temperatura, e muito embora o sistema tenha sido testado apenas em ambientes pequenos e fechados, sua adaptação para ambientes maiores e com o ar poluído com partículas suspensas no ar só exige a construção de um local seguro e protegido para abrigar e proteger o circuito.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores desse trabalho agradecem ao Instituto de Estudos Superiores da Amazônia e ao Instituto Federal do Pará por cederem os laboratórios e alguns componentes para a construção deste circuito, e ao professor Márcio Mosco pelo imenso apoio técnico fornecido para que tornasse possível a construção desse protótipo.

REFERÊNCIAS

McGHEE, J.; HENDERSON, I.A.; SYDENHAM, P.H. **Sensor science: essentials for instrumentation and measurement technology**. *Measurement*, Amsterdam, v.25, n.2, p.89-113, 1999.

TAYLOR, H.R. *Data acquisition for sensor systems*. London: Chapman & Hall, 1997.

FLORES, N.C.; BOYLE, E.A.E. **Thermometer calibration guide**. Manhattan: Kansas State University, Agricultural Experiment Station, 2000.

FRADEN, J. ***Handbook of modern sensors: physics, designs and applications***. 2nd ed. Baltimore: United Book Press, 1996.

HEUBERGER, A.; **Silicon Microsystems. Microelectronic Engineering. Elsevier**. Vol 21, p. 445 - 458, 1993.

PETERSEN, K. MEMS: **What lies ahead? - Digest of Technical papers. In: Eurosensors IX. Transducers`95**, Stockholm, Sweden, v. 1, n. 25 - 29, p. 894 – 897, June, 1995.

PEREIRA, F. **Microcontroladores PIC: Programação em C**. São Paulo, Editora Érica, 2003.

SILVA, L.M. **Retenção de Compostos Orgânicos em Microcanais Modificados por Filmes Adsorventes**. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – EPUSP, São Paulo, 2005.