

# SISTEMA MICROCONTROLADO PARA MONITORAMENTO DO AQUECIMENTO DE BOMBA HIDRÁULICA

**Alison LIMA (1), Fábio PONTES (2), Flávio BARBOSA (3),  
Marieliton BARBOSA (4), Raissa VIEIRA (5)**

(1) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, IFPB  
AV. 1º de Maio, 720, João Pessoa, PB, CEP: 58015-430, email: [alisonall@hotmail.com](mailto:alisonall@hotmail.com)

(2) IFPB, [fabiopontes123@gmail.com](mailto:fabiopontes123@gmail.com)

(3) IFPB, [email@flavioribeiro.com](mailto:email@flavioribeiro.com)

(4) IFPB, [mmb.letto@gmail.com](mailto:mmb.letto@gmail.com)

(5) IFPB, [raissa@ieee.org](mailto:raissa@ieee.org)

## RESUMO

Quando existe a ocorrência da entrada de ar em uma bomba hidráulica, isto faz com que o funcionamento da mesma seja prejudicado. Devido a esse problema a temperatura da bomba começa a subir e caso algo não seja feito, isso poderá ocasionar a necessidade de manutenção ou até um dano permanente ao equipamento. O sistema desenvolvido traz como proposta para a solução deste problema um sistema microcontrolado, que através da utilização de um sensor de temperatura, detecta que o equipamento está trabalhando de forma inadequada e informa através de um sinal em rádio frequência, qual a temperatura atingiu, se a mesma continuar a aumentar, a bomba hidráulica será desligada. É abordada também uma forma de melhorar e expandir o sistema projetado, considerando a possibilidade de comercialização do sistema como um produto.

**Palavras-chave:** sensor de temperatura; microcontrolador; bomba hidráulica

## 1. INTRODUÇÃO

Em residências onde se utiliza bombas hidráulicas no fornecimento e gerenciamento de água, ver figura 1 é comum o aparecimento de um problema conhecido popularmente como “a bomba pegou ar”. Esta situação ocorre quando o nível de água que entra na bomba diminui em decorrência da falta de água no reservatório. Assim, a bomba passa a sugar ar o que interfere negativamente no seu desempenho. Por se tratar de uma bomba hidráulica, o nível de pressão é modificado com a presença do ar, ocasionando um trabalho demasiado, resultando no aquecimento da bomba.

Além da falta de ar, outra situação que pode gerar o aumento de temperatura da bomba, são defeitos na bóia, sistema responsável por indicar o nível de água no reservatório. Caso a bóia pare de funcionar, a bomba pode interpretar erroneamente que ainda existe água no reservatório e continuar trabalhando.

Nas duas situações a bomba sofre um aquecimento excessivo que ocasionará problemas no seu funcionamento.

Tendo em vista o alto custo do equipamento e diante da necessidade de controlar e/ou combater as consequências desses problemas, foi desenvolvido um sistema de monitoramento do aquecimento da bomba hidráulica para evitar que em casos extremos, ocorra a perda total do equipamento.

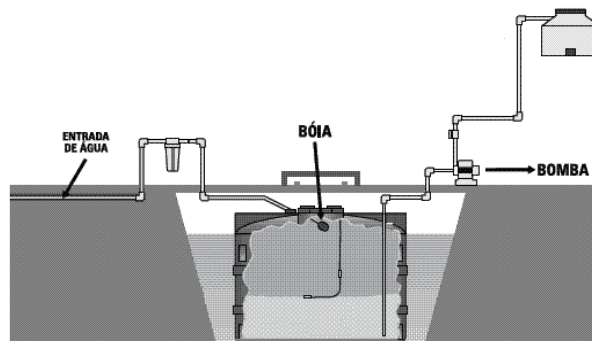


Figura 1 - Sistema de bombeamento hidráulico residencial

## 2. PRINCIPAIS COMPONENTES DO CIRCUITO

### 2.1 Sensor de temperatura LM35

O LM35 é um sensor cuja tensão de saída é linearmente proporcional à temperatura em graus Celsius, escala termométrica utilizada no Brasil (mostrado na figura 3) [1]. Dessa forma, apresenta uma característica vantajosa quanto aos outros sensores lineares de temperatura, os quais fazem uso da escala kelvin.

O sensor não necessita de qualquer calibração externa para fornecer, com exatidão, valores de 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  $-55^{\circ}\text{C}$  à  $150^{\circ}\text{C}$ . Este sensor tem saída com baixa impedância, tensão linear e calibração precisa, fazendo com que a interface de leitura seja especificamente simples. Como ele consome apenas  $60\ \mu\text{A}$  da fonte, seu auto-aquecimento é de aproximadamente  $0.1^{\circ}\text{C}$  ao ar livre, o que denota mais uma vantagem para o componente utilizado [2].

O sensor LM35 apresenta vários tipos de encapsulamentos. O mais comum é chamado TO-92, mostrado na figura 2, devido ao fato de ser o mais barato dos modelos e por oferecer a mesma precisão quando comparado com os demais.

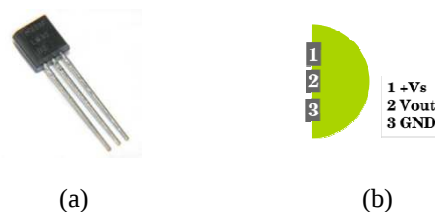


Figura 2. (a) Sensor LM35 (b) Pinagem do sensor LM35

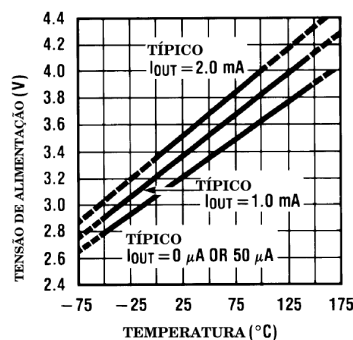


Figura 3 - Gráfico tensão × temperatura do sensor LM35

## 2.2 Microcontrolador PIC16F877

Pode-se pensar em um microcontrolador como um dispositivo composto de cinco partes, como ilustrado na figura 4. Os dados dentro de um microcontrolador são manipulados em unidades chamadas palavras. O PIC16F877 possui palavras e dados de oito bits de tamanho, e palavras de instrução de 14 *bits*. Este comprimento da palavra de instrução do PIC16F877 permite que a maioria das instruções possa ser executada dentro de um único ciclo de máquina, um dos motivos da grande velocidade que se consegue nestes microcontroladores.

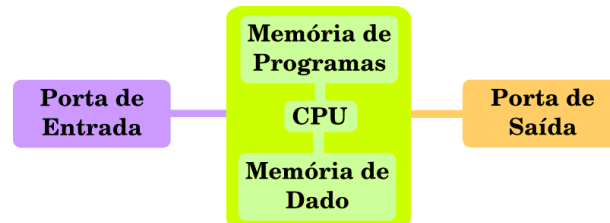


Figura 4 - Diagrama de blocos de uma microcontrolador básico.

A CPU, ou unidade central de processamento, coordena todas as atividades dentro do microcontrolador. Ela organiza a execução das instruções. É a CPU que realiza as operações lógicas ou matemáticas sobre os dados, e envia os resultados para os diversos registradores ou portas de entrada e saída.

As portas de entrada e de saída são os pontos através dos quais o microcontrolador interage com o meio externo. As portas digitais assumem valores discretos, normalmente referenciados como 0 ou 1, correspondentes a 0 volts ou 5 volts de saída, respectivamente. O valor de tensão correspondente ao nível lógico “1” normalmente corresponde a tensão de alimentação do microcontrolador.

A memória de dados é normalmente implementada na forma de RAM (*Random Access Memory*) em que ler e gravar com facilidade. A leitura é não destrutiva, ou seja, ler repetidas vezes o valor de uma posição de memória que o valor não se altera. A gravação de um dado na RAM é feita pela CPU (*Central Processing Unit*), em resposta a instruções colocadas pelo programador.

Os microcontroladores normalmente se utilizam de pequenas quantidades de memória de dados, principalmente se comparada com as quantidades de memória RAM utilizadas por computadores pessoais de hoje, algo como 100 *bytes* para os microcontroladores, versus 512 Mega *bytes* de um típico computador pessoal.

A memória de programa é onde residem as instruções que devem ser executadas pela CPU. Em um computador pessoal os programas tipicamente residem em mídias removíveis ou discos rígidos. Já nos microcontroladores o programa deve residir numa memória somente de leitura. O programa é normalmente gravado uma só vez e a partir daí o microcontrolador executa apenas este programa.

O PIC16F877 possui portas de entradas analógicas, ou seja, portas que podem receber sinais continuamente variáveis entre 0 e 5 volts. Internamente estes sinais analógicos são convertidos em valores digitais entre 0 e 0x3FF (se for utilizado conversores de 10 *bits*), ou 0xFF, se for utilizado conversores de oito *bits*.

Na figuras 5 são apresentados respectivamente, um microcontrolador PIC16F877 e o seu esquema da pinagem.

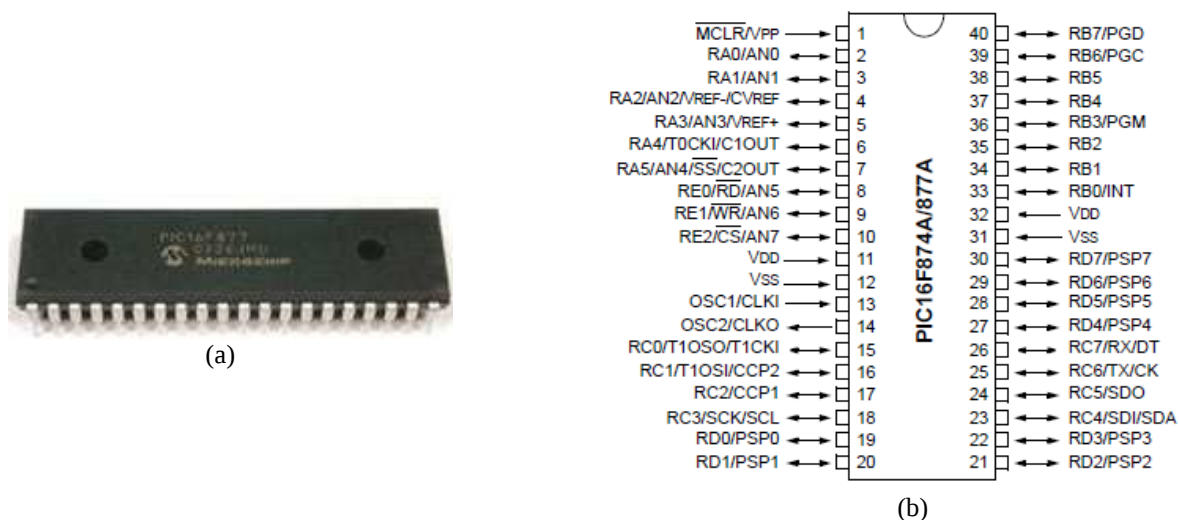


Figura 5. (a) Microcontrolador PIC16F877 (b) Pinagem do microcontrolador PIC16F877

### 2.3 Display de LCD JHD162A

O display de *LCD* JHD162A, que segue o padrão HD44780 (Figura 6a) e, possui dois registradores de 8 bits, um registrador de instrução (RI) e um registrador de dados (RD). O registrador de instrução é responsável pelas operações de configuração, rolagem de tela, posicionamento do cursor, entre outras. O registrador de dados contém o dado que deve ser escrito no *LCD*.



Figura 6. (a) Display de *LCD* JHD162A (b) Pinagem

As funções de cada pino são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Funções de cada pino do display LCD JHD162A.

| Pino    | Função                           |
|---------|----------------------------------|
| 1       | Terra                            |
| 2       | Alimentação positiva (Vcc)       |
| 3       | Tensão de contraste              |
| 4       | Seleção de registrador           |
| 5       | Leitura ou Escrita               |
| 6       | Habilita/Desabilita              |
| 7 ao 14 | Barramento de dados bidirecional |

## 2.4 Módulos de RF RWS-371-6/ TWS-DS-3, Codificador HT12E e Decodificador HT12D

Os módulos de Rádio Frequência (RF) TWS-DS-3 e RWS-371 na figura 7 funcionam da seguinte maneira. Se uma tensão de 5 volts for aplicada ao pino 2 do transmissor, o pino 2 do receptor, que é a saída digital apresentará também uma tensão de 5 volts. Se for aplicado zero volt no transmissor, o pino de saída do receptor também apresenta zero volt [3].

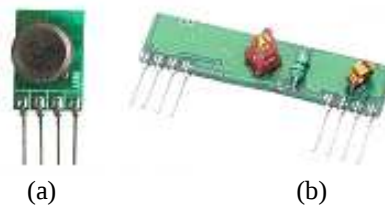


Figura 7 - Módulos de Rádio Frequência (a) TWS-DS-3 (b) RWS-371

Para controlar mais de um dispositivo a partir do receptor são usados codificadores (*HT12D*) e decodificadores (*HT12E*), ambos ilustrados na figura 8. O esquema de pinagem do codificador ligado ao transmissor e do decodificador ligado ao receptor pode ser vistos na figura 9.



Figura 8 - Decodificador HT12D e codificador HT12E

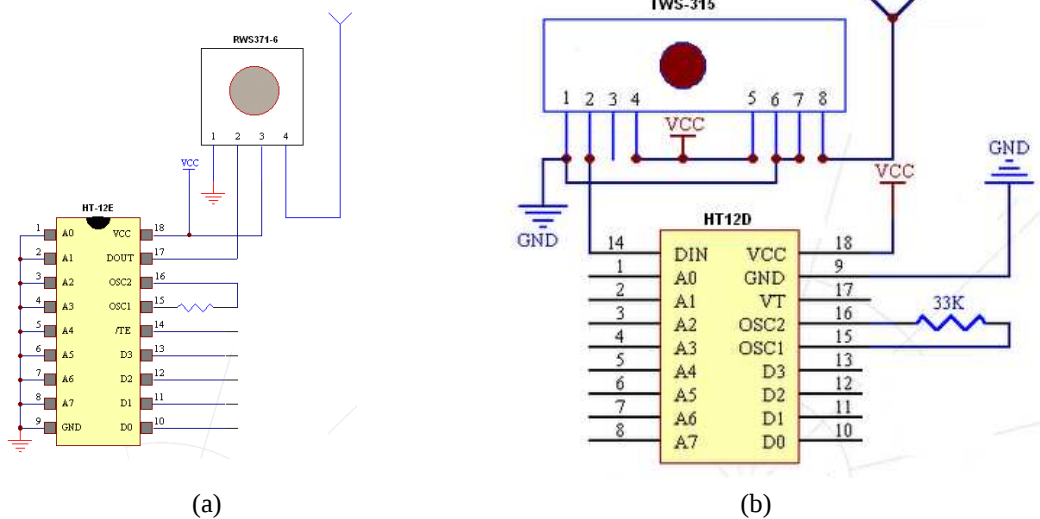
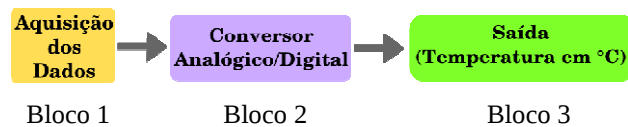


Figura 9 (a) Transmissor e Codificador (b) Receptor e Decodificador

## 3. SISTEMA

### 3.1 Funcionamento

O funcionamento do circuito pode ser compreendido através do diagrama de blocos da figura 10:



**Figura 10 - Diagrama de blocos**

Bloco 1:

É constituído pelo sensor de temperatura LM35 que é responsável por fazer a leitura da temperatura na carcaça da bomba hidráulica e emitir um sinal de saída (Vout) em volts. O sensor varia a sua tensão de saída de acordo com a temperatura capturada, esta tensão é enviada a uma das portas do PIC16F877 que possui a atribuição da conversão de um sinal analógico em um digital.

Bloco 2:

É formado pelo microcontrolador PIC16F877 que após receber o sinal analógico enviado pelo sensor LM35 e fazer a conversão para um sinal digital, para tanto são usados 10 *bits* para representação do valor convertido. A cada aproximadamente 4,88 milivolts recebidos, o valor binário é acrescentado em uma unidade. Cada valor desses possui uma tensão correspondente, sendo a tensão máxima igual a 5 volts e as demais parametrizadas de forma decrescente até 0 volts, por exemplo, 0000000000 = 0 volts e 1111111111 = 5 volts.

O microcontrolador foi programado na linguagem de programação C com instruções para monitorar, converter o sinal recebido na escala de temperatura Celsius (°C) e ativar suas saídas para emitir sinais para o codificador e o *display* de LCD.

Bloco 3:

A exibição dos resultados analisados se dá de duas formas:

A primeira, o codificador após receber os dados do microcontrolador faz o tratamento desta informação e envia para o módulo RF, este transmite sinais de alerta para o módulo receptor que se encontra em outro local. O sinal recebido vai para o decodificador que decodifica a informação recebida. Caso a informação decodificada informe que a temperatura registrada esteja acima de 70°C, um *led* de cor amarela acende-se alertando que há algo de errado com a bomba. Caso a informação recebida indique que a temperatura excedeu os 80°C, uma *led* vermelho acende-se no circuito receptor. Neste momento o microcontrolador envia sinal forçando o desligando da bomba hidráulica.

Na segunda, a exibição da temperatura registrada é através do *display* de LCD. Este recebe os dados emitidos pelo microcontrolador e exibe em sua tela.

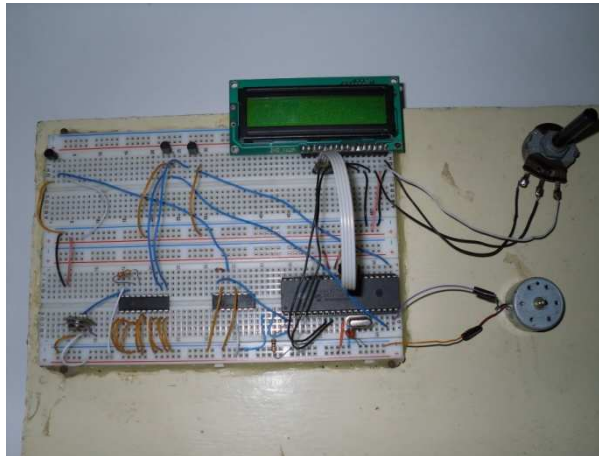
Quando a temperatura máxima é atingida, o sistema é desligado de forma imediata.

### 3.2 Aplicação

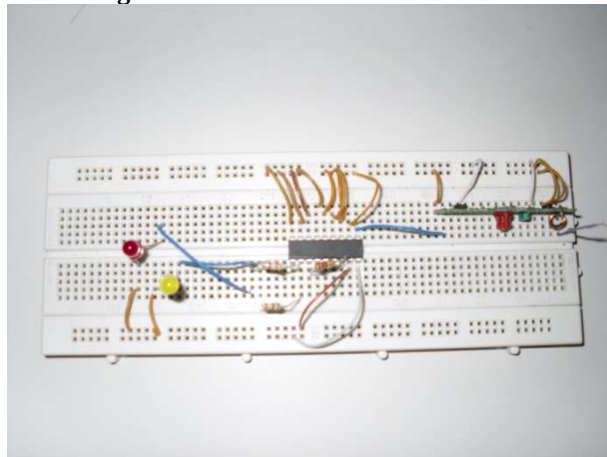
A aplicação usada para validação deste projeto se refere ao uso do dispositivo em uma bomba hidráulica residencial. Para isso foi fixado o sensor de temperatura LM35 na estrutura da bomba hidráulica, este sensor é responsável pelo monitoramento da temperatura na superfície externa da bomba hidráulica.

A análise se dá da seguinte maneira: o sensor inicialmente foi configurado para ter como referência a temperatura normal de trabalho da bomba, cerca de 50 °C, quando ocorre algum defeito na bóia que controla a quantidade de água no reservatório ou qualquer outro fato que resulte na entrada de ar na bomba hidráulica, fazendo a temperatura subir acima do limite da normalidade. A partir daí é emitido um sinal de alerta via RF para o circuito receptor que acende um *led* de cor amarela indicando que a temperatura da bomba hidráulica subiu informando no *display* o valor desta temperatura. Caso nenhuma providência seja tomada e a temperatura continue a subir atingindo um valor acima do limite pré-estabelecido, cerca de 80 °C, o microcontrolador enviará outro sinal via RF, dessa vez acendendo um *led* vermelho, e será feito o desligamento da bomba hidráulica através do circuito de controle microcontrolado.

A nível de validação do sistema implantado, foi simulado um ambiente que se assemelha ao que este artigo se propôs a fazer, para representar o aquecimento da bomba hidráulica foi usado um ferro de solda próximo ao sensor LM35, o circuito final é mostrado na figura 11. As luzes de alerta de desligamento do sistema foram representada por leds como pode ser visto na figura 12.



**Figura 11. Circuito de Monitoramento**



**Figura 12. Circuito de Recepção de alerta**

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O projeto como um todo funcionou como o esperado, respeitando a linearidade inerente ao dispositivo de medição. É possível aplicar este projeto em outras situações, baseado no mesmo princípio de funcionamento. Para isso, basta verificar os valores de temperatura que este dispositivo opera, caso seja um valor bastante elevado, é necessário trocar o sensor que irá monitorar esta temperatura e também a programação no microcontrolador, que deverá constar os valores limites de operação do dispositivo.

Uma extensão focada em produto para utilização em empresas e indústrias onde se têm mais de uma bomba hidráulica foi levado em consideração. A essência do projeto seria mantida mas a forma de alerta seria modificada.

A nova arquitetura envolveria um modem GSM (*Global System for Mobile Communications*) capaz de enviar mensagens SMS (*Short Message Service*) ao telefone celular do engenheiro responsável pelo funcionamento da(s) bomba(s) assim que algum problema fosse detectado, figura 13. Dessa forma, o engenheiro seria informado sobre o problema mesmo que não estivesse presente na empresa ou indústria, agilizando assim o processo de solução.

O modem é um equipamento ativo e pode também receber mensagens SMS e tratá-las adequadamente. Dessa forma, requisições do engenheiro por relatórios de temperaturas das bombas da indústria ou empresa em questão também seriam viáveis [4].

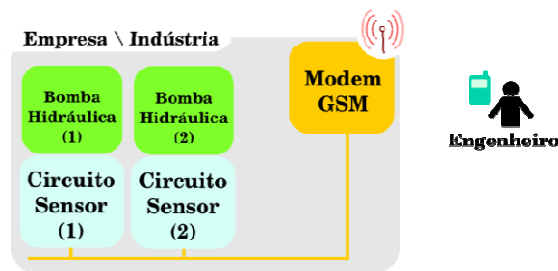


Figura 13. Arquitetura envolvendo modem GSM

No âmbito técnico, a implementação dessa extensão seria dada pela implementação de um algoritmo capaz de enviar comandos AT ao invés de alertar através de luzes. Todo o circuito sensor e a camada que trata de gerenciar os dados expostos por esse circuito no microcontrolador seriam mantidos.

Com relação a possibilidades de sucesso desse produto no mercado, o adicional de custo para esse projeto envolveria o preço do modem GSM e do custo de manutenção do envio de mensagens SMS. É interessante ressaltar que apenas um modem é capaz de suportar vários circuitos sensores.

Assim, pesquisas de mercado e consultorias em vendas e marketing juntamente com profissionais da área seriam necessários para a realização do mesmo.

## REFERÊNCIAS

[1]LUCAS, M. **Escala termométrica**. Disponível em <http://www.infoescola.com/fisica/escalas-termometricas/>. Acesso em: 05 de jun de 2010

[2]**LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors**. Disponível em: <http://www.national.com/ds/LM/LM35.pdf> >. Acesso em: 05 de jun de 2010.

[3]**Núcleo de Robótica e Desenvolvimento, Controle RF 4 botões**. Disponível em: <http://nerdsrobotica.blogspot.com/2010/02/controle-rf-4-botoes.html>>. Acesso em: 04 de jun de 2010

[4]**Controlling your Modem with AT Commands**. Disponível em: [http://www.zoltrix.com/support\\_html/modem/USEMODEM.HTM](http://www.zoltrix.com/support_html/modem/USEMODEM.HTM)>. Acesso em: 06 de jun de 2010