



XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP
Artigo CREEM2012

SENSOR DE TEMPERATURA WIRELESS

Antonio Carlos Lemos Júnior, Ednaldo Lopes Rosa e Leandro Aureliano da Silva

FACTHUS, Faculdade de Talentos Humanos, Curso de Engenharia Mecânica

Campus I - São Cristóvão - Bairro Vila São Cristóvão CEP 38040-240 – Uberaba – Minas Gerais

E-mail para correspondência: acjunior@facthus.edu.br, ednaldolopes83@hotmail.com e lasilva@facthus.edu.br

Introdução

A instrumentação está presente em grande parte dos processos industriais. Para auxiliar os processos industriais existe uma variedade de sensores tais como: temperatura, pressão, nível, vazão, PH, velocidade, dentre outros.

Cada processo industrial exige uma grande quantidade de cabos elétricos que coletam as informações dos sensores e as enviam de um lado a outro na indústria. Para minimizar ou mesmo eliminar a grande quantidade de cabos utilizados na indústria os pesquisadores voltaram-se para o estudo da transmissão da informação utilizando tecnologias que não dependem de cabos elétricos, ou seja, o uso da tecnologia *wireless*

O estudo de dispositivo *wireless* com foco para uso industrial justifica-se pela facilidade de instalação e diminuição dos custos em relação aos cabos elétricos utilizados para a obtenção das informações fornecidas pelos sensores.

Objetivo

Desenvolver um dispositivo eletrônico utilizando microcontrolador PIC para realizar medições de temperatura em 8 sensores do tipo LM35 e transmiti-las, através de um transmissor via *wireless*, para um sistema supervisorio desenvolvido especificamente para esse propósito.

Metodologia

A metodologia utilizada para a realização deste trabalho baseou-se na pesquisa de artigos virtuais, bibliografias, materiais técnicos relacionados à instrumentação industrial, sensores, eletrônica digital, eletrônica analógica, além da utilização de *data sheet* relacionado aos componentes eletrônicos utilizados na confecção do dispositivo eletrônico deste trabalho.

Na primeira etapa realizada utilizou-se os sensores LM35(NATIONAL SEMICONDUCTORS, 2012) como auxílio para a conversão analógica/digital que se deu através do microcontrolador PIC 16F877A (MICROCHIP, 2012). Para tal, criou-se um código fonte desenvolvido em linguagem C. Após realizou os testes de comunicação *wireless*. A comunicação se deu pelo o transceptor *wireless* SRWF 1021(SUNRAY, 2012), sendo o circuito receptor composto de outro transceptor SRWF 1021 e um circuito integrado MAX232.

Na segunda etapa, foi construído um software supervisorio responsável por mostrar as temperaturas dos 8 sensores LM35. Como ferramenta usou-se o *Microsoft Visual Studio Express* com código fonte em linguagem C#.

Circuito de leitura da temperatura dos sensores analógico digital

Este circuito tem a função de transformar um valor de tensão elétrica que varia de -550mV a 1,5V para 0 a 2,05V. A tensão de trabalho do conversor tem que ser acima de 0V com valor máximo de até 5V. Como o sensor LM35 (NATIONAL SEMICONDUCTORS, 2012) varia de uma temperatura mínima de -55°C a uma temperatura máxima de 150°C com tensões que variam de -550mV a 1,5mV, montou-se um circuito com o amplificador operacional LM358 (NATIONAL SEMICONDUCTORS, 2012) para elevar o sinal negativo

fazendo com que ele seja maior ou igual a 0V. Outro amplificador operacional foi utilizado para ter sinal positivo na saída do circuito, condicionando o sinal analógico.

Para entender melhor o seu funcionamento, o sensor é ligado a uma fonte de +5V e negativo (GND) com uma resistência de 100kΩ ligada da sua saída para uma fonte simétrica de -5V. Assim tem-se um sinal que vai variar de -550mV a 1,5V.

O circuito foi montado conforme a Fig. 1 que representa o esquema eletrônico do circuito utilizado. Se a temperatura for -55°C a tensão de entrada do comparador é de -550mV então o amplificador operacional executa a seguinte função:

$$V_S = V_E - (-550\text{mV}) \tag{1}$$

em que:

V_S = Tensão de saída do amplificador operacional
 V_E = Tensão de entrada do amplificador operacional

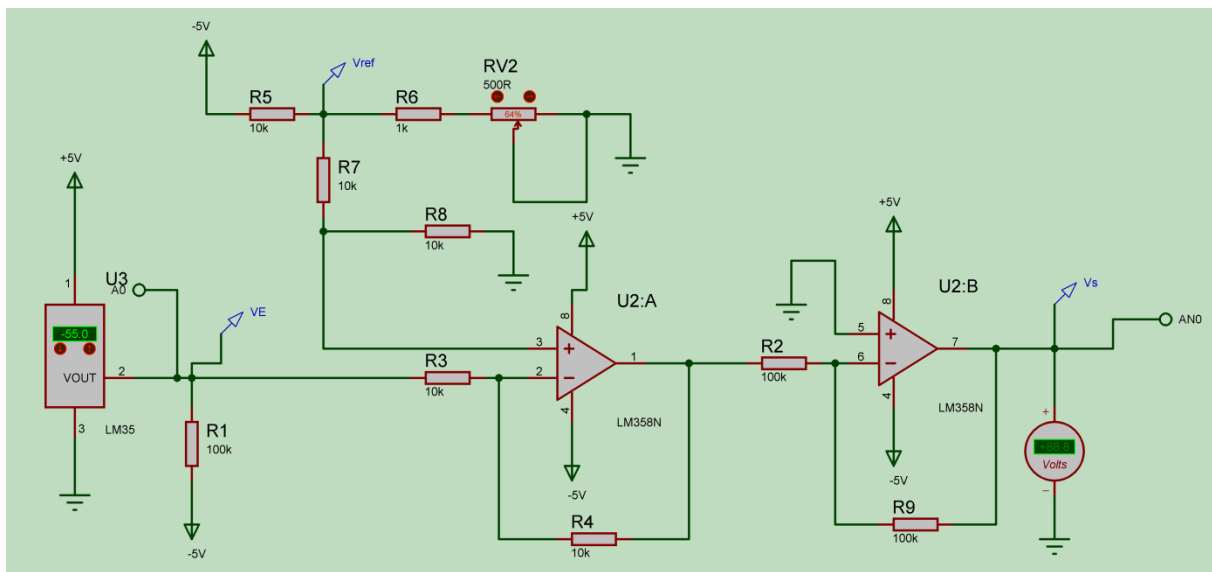


Figura 1 – Circuito de leitura do sensor LM35

A resistência variável RV1 de 500Ω regula a tensão de -550mV em cima do divisor de tensão R5 R6+RV1.

Com dois amplificadores operacionais trabalhando consegue-se os seguintes resultados mostrados no quadro 1.

Quadro 1 – Temperatura tensão de entrada e de saída do circuito de leitura do sensor LM35

Temperatura (°C)	Tensão de entrada (V)	Tensão de saída (V)
-55°C	-550mV	0V
0°C	0 V	550mV
1°C	0,01V	560mV
50°C	500mV	1,05V
100°C	1V	1,55V
150°C	1,5V	2,05V

A placa de circuito impresso foi feita com 8 circuitos de leitura do sensor tendo 2 capacitores de 10nF para proteção de ruído.

Microcontrolador PIC conversor analógico em digital.

O circuito com microcontrolador PIC 16F877A tem a função de ler as entradas analógicas AN1, AN2, AN3, AN4, AN5, AN6, AN7, AN8 e converter em sinal digital guardando os valores em variáveis criadas no programa.

As variáveis do programa são de 10 bits totalizando 1024 valores diferentes. As variáveis serão transmitidas via comunicação serial RS232 de 8 bits com velocidade 19200 bits por segundo.

Acoplado ao microcontrolador está um display de cristal líquido de 16 colunas e 2 linhas para mostrar as temperaturas dos sensores.

A figura 2 mostra o esquema elétrico do circuito conversor analógico digital.

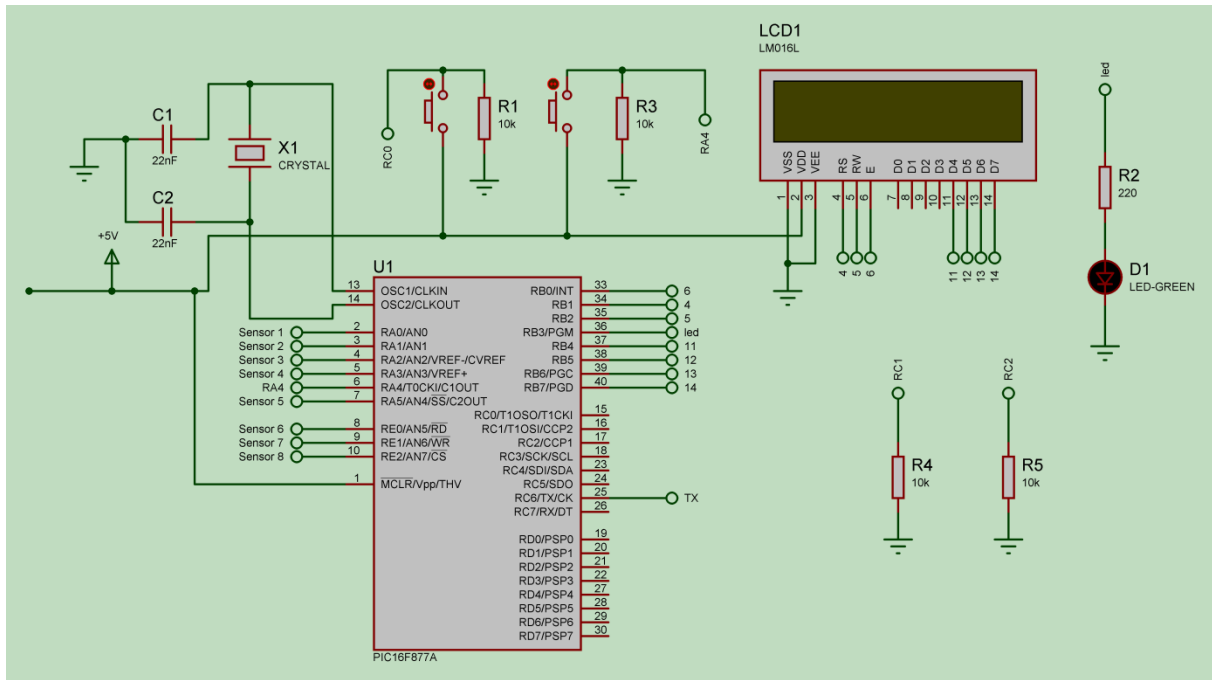


Figura 2 – Esquema eletrônico do conversor A/D

O sinal digital é transmitido via transmissão serial no pin_RC6 pino 25. Esse pino é acoplado a um circuito transceptor SRWF-1021(SUNRAY, 2012) o qual é próprio para transmissão de sinal serial entre microcontrolador e computador.

Implementação do Algoritmo

O programa utilizado na conversão foi escrito em linguagem C. Este tem a função de fazer a leitura do sinal analógico e converter este sinal guardando a conversão nas seguintes variáveis q0, q1, q2, q3, q4, q5, q6 e q7.

Posteriormente são feitas as seguintes operações matemáticas para aproximar o valor à temperatura desejada, pois, os sensores marcam temperatura de -55°C a 150°C por isso deve-se executar no próprio programa a operação matemática demonstrada na Eq. 2.

$$q01 = ((q0 * 0,005) / 0,01) - 55; \quad (2)$$

em que:

q01 = variável do tipo long “16 bits”

q0 = variável proveniente da conversão analógica digital do tipo int8 “8 bits”

A equação 2 é repetida para todas as variáveis q1, q2, q3, ...q7 e posteriormente q01 representa sensor 1, q11 representa sensor 2, q21 representa sensor 3..., q71 representa sensor 8. O valor de 0,005 é o valor de precisão da conversão analógica digital para tensão referência de 5V, o valor de 0,01 é o valor obtido do

sensor de temperatura o que quer dizer que cada °C represente 10mV de tensão na saída do LM35 (NATIONAL SEMICONDUCTORS, 2012).

A transmissão do valor de temperatura é feita através da porta serial do microcontrolador PIC. Esse sinal é transmitido em uma velocidade de 19200bps, com um protocolo reconhecido pelo supervisor sendo que a cada valor transmitido do respectivo sensor é gerado um protocolo [CAN1:q01], [CAN2:q11], [CAN3:q21], [CAN4:q31], [CAN5:q41],... [CAN8:q71].

Nesse circuito temos um display de 16 colunas e 2 linhas para mostrar a temperatura de cada sensor. Esse display está ligado ao PORTB do PIC. Os pinos C0 serve para selecionar o sensor no display, o pino A4 serve para acender o LED de fundo do display, conforme mostrado na Fig. 2.

Circuito de transmissão RF de sinal Serial

Para transmitir o sinal Serial RS232 foi utilizado um transceptor *wireless* SRWF 1021 Series de baixa potência para transmissão de dados. O transceptor SRWF 1021 é fabricado pela ShangHai Sunray Info-tech Co. Ltd. O uso desse transceptor deve-se ao fato de ser o mais adequado para transmissão desse sinal, sem interferência e sem a preocupação com o sincronismo da comunicação entre o PIC no circuito transmissor e o circuito que recebe o sinal serial.

O transceptor SRWF 1021(SUNRAY, 2012) trabalha com 8 canais de transmissão, além disso, esse circuito oferece 2 portas seriais e 3 interfaces, com COM1 com nível de comunicação TTL e interface COM2 como definido pelo usuário padrão de interface RS-232/ RS-485.

A taxa de transmissão varia de 1200 a 19200bps com alimentação de 5V e corrente de transmissão de 38mA.

A configuração dos endereços é realizada através dos pinos ABC. Colocando um jumper no pino A estaremos trabalhando com o canal 1.

A figura 3 representa o esquema de ligação do SRWF 1021.

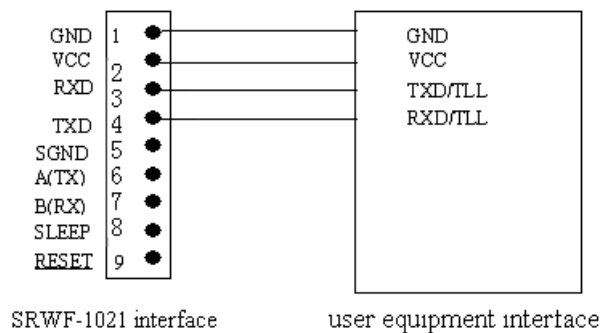


Figura 3 – Esquema de ligação SRWF 1021

Circuito MAX 232

Este circuito constitui de um filtro de acoplamento com o microcontrolador convertendo um sinal TTL para um sinal RS232(TEXAS INSTRUMENTS,2012), evitando qualquer danos a placa e a porta serial do computador, invertendo o sinal de entrada TTL para saída RS232.

Na figura 4 temos o esquemático eletrônico deste circuitito. O pino TX micro é ligado na saída do transceptor SRWF 1021 (SUNRAY, 2012), e sua saída vai ligada a porta serial do computador. Esta placa é alimentada com uma tensão de 5V e recebe sinal do transceptor SRWF 1021 (SUNRAY, 2012).

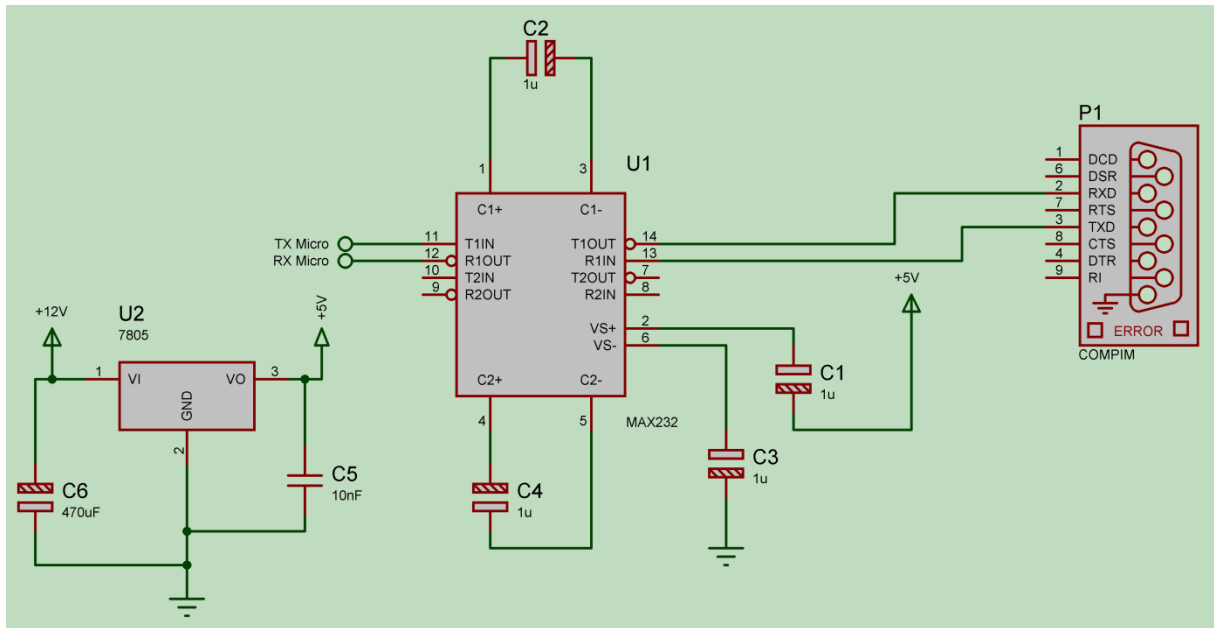


Figura 4 – Esquema eletrônico acoplamento RS232

Supervisório

O programa supervisório foi desenvolvido para monitorar as temperaturas dos sensores. A linguagem de programação adotada foi a C#. O programa recebe o sinal de cada sensor e mostra de forma gráfica para o usuário.

A leitura de cada sensor é feita a partir do protocolo enviado pelo microcontrolador sendo que uma palavra do tipo `[CAN1:q01]` é recebida pelo supervisório na qual q01 é a variável do sensor de temperatura 1.

A figura 5 mostra a interface gráfica do supervisório que é responsável por mostrar os 8 canais de temperatura que foram lidos pelo microcontrolador.

Para configurar o supervisório é preciso selecionar a porta de comunicação COM referente onde é ligar o circuito receptor, em seguida selecionamos a taxa de transmissão de 19200bps, a quantidade de bits recebidos, para configurar a paridade deve selecionar a paridade *even* que é transmitida pelo microcontrolador.

Após configurar o programa pode-se conectar ao circuito de recepção e os dados já estarão aptos a aparecerem na tela do programa.

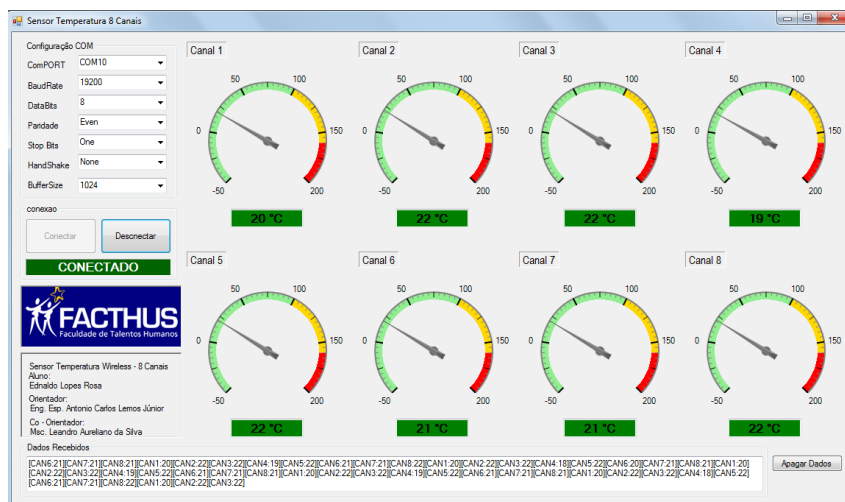


Figura 5 – Supervisório dos 8 canais das temperaturas

Resultados e discussões

O projeto desenvolvido é um protótipo e por consequência tem um custo relativamente baixo, com exceção do transceptor SRWF 1021 que tem um custo relativamente alto em relação aos outros componentes. O transceptor SRWF 1021 mostrou-se muito eficiente e de simples configuração além de uma alta estabilidade na transmissão das informações provenientes do microcontrolador PIC 16F877A.

O protocolo utilizado para a transmissão dos canais de temperatura se mostrou bem eficaz possibilitando uma infinidade de palavras código tornando o protocolo eficaz em outras situações podendo expandir a sua utilização do mesmo para além desse transmissor de temperatura.

O sensor de temperatura LM35 se mostrou uma escolha acertada uma vez que pode-se trabalhar com temperaturas de -50°C a 150°C com uma excelente linearidade. O único inconveniente do LM35 é sua temperatura máxima de trabalho a qual se situa na faixa dos 150°C .

Nos testes realizados o circuito se mostrou eficiente. Nesses, chegou-se a transmitir temperaturas próximas de 100°C sem problema.

Nota-se que o dispositivo eletrônico para o uso industrial pode ser uma solução acertada onde se pretende controlar temperaturas, pois, o mesmo elimina a necessidade de cabos, podendo ser montado em lugares de difícil acesso.

Conclusões

A construção do dispositivo eletrônico para leitura de 8 sensores de temperatura LM35 com transmissão *wireless* e criação do supervisor para mostrar essas temperaturas ocorreu de forma plena e satisfatória.

Esse circuito pode ser melhorado para trabalhar com sensores de 4 a 20mA utilizando uma resistência de 250Ω ligada ao negativo na saída do sensor e acoplada ao microcontrolador.

O dispositivo eletrônico também pode ser melhorado de forma a enviar mensagens sms informando quando um dos sensores ultrapassar temperaturas pré-estabelecidas.

Referências bibliográficas

MICROCHIP, PIC16F877A, Disponível em <<http://www.microchip.com>> Acessado em 30 de fevereiro 2012.

NATIONAL SEMICONDUCTORS, LM35, Disponível em <<http://www.datasheetcatalog.org>> Acessado em 20 de Fevereiro 2012.

NATIONAL SEMICONDUCTORS, LM358, Disponível em <<https://www.national.com/ds/LM/LM158.pdf>> Acessado em 25 de Fevereiro, 2012.

PERTENCE JÚNIOR, Antonio. **Eletrônica analógica: amplificadores operacionais e filtros ativos: teoria, projetos, aplicações e laboratório**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

SUNRAYRF, SRWF 1021, Disponível em <<http://www.sunrayrf.com/upimages/200981493144338.pdf>> Acessado em 01 de Junho 2012.

TEXAS INSTRUMENTS, MAX232, Disponível em <<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf>> Acessado em 10 de Março, 2012.