

PROTÓTIPO DE UM SENSOR DE TEMPERATURA *WIRELESS*

Leandro Aureliano da Silva¹, Antonio Carlos Lemos Júnior¹

¹Faculdade de Talentos Humanos – FACTHUS, Uberaba – MG

¹Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica, Uberlândia – MG

lasilva@facthus.edu.br, acjunior@facthus.edu.br

Resumo - O presente artigo apresenta o projeto de um protótipo para monitorar a variável temperatura a distância, usando uma tecnologia de comunicação sem fio. Para tanto, utilizou-se um programa computacional “supervísório” que recebe as informações transmitidas pelo protótipo dos sensores de temperatura espalhados na indústria. O projeto foi composto de duas unidades eletrônicas, uma de aquisição de dados da temperatura, e outra para recepção de dados. Este apresentou o diferencial da comunicação sem fio via rádio, usando componentes eletrônicos de baixo custo encontrados facilmente no mercado.

Palavras-Chave - Comunicação sem fio, rádio frequência, supervísório, sensor

PROTOTYPE OF A WIRELESS TEMPERATURE SENSOR

Abstract - This paper presents the prototype of a project to remotely monitor the temperature variable, using the wireless communication technology. Thus, a "supervisory" computational program that receives the information transmitted by the prototype of the temperature sensors scattered in the industry was used. The project was composed of two electronic units, one data acquisition of temperature, and the other for receiving data. This presented the differential of the use from radio communication and the electronics components used at this project they are easily found at the market.

1

Keywords - Wireless communication, radio frequency, supervisory, sensor

I. 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 planta industrial. Para minimizar ou mesmo eliminar a grande quantidade de cabos utilizados na indústria este artigo mostra o estudo e confecção de um protótipo para monitor remotamente a variável temperatura usando para isso a transmissão da informação através de tecnologia que não depende de cabos elétricos.

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.

O projeto desse protótipo ficou dividido em módulos: o transmissão e recepção, módulo de conversão analógico-digital e por fim, o sistema supervísório criado especificamente para esse protótipo. Na Figura 1 temos o diagrama de blocos do projeto.

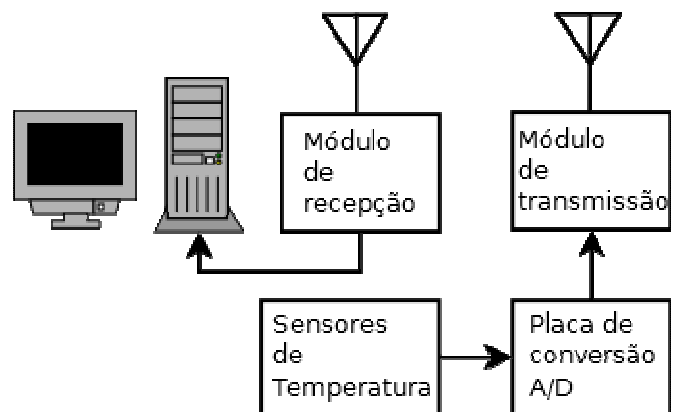


Fig. 1. Diagrama de blocos do protótipo do sensor de temperatura

II. CIRCUITO DE LEITURA DA TEMPERATURA DOS SENSORES LM35

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 [1] 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 [2] 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



XII CEEL – ISSN 2178-8308
13 a 17 de Outubro de 2014
Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Uberlândia – Minas Gerais – Brasil

simétrica de $-5V$. Assim tem-se um sinal que vai variar de $550mV$ a $1,5V$.

O circuito foi montado conforme a Figura 2 que representa o esquema eletrônico do circuito utilizado.

Se a temperatura for $-55^{\circ}C$ a tensão de entrada do comparador é de $-550mV$ então o amplificador operacional realiza a seguinte operação, conforme a Equação 1:

$$V_S = V_E - (-550mV) \quad (1)$$

em que:

V_S = Tensão de saída do amplificador operacional

V_E = Tensão de entrada do amplificador operacional

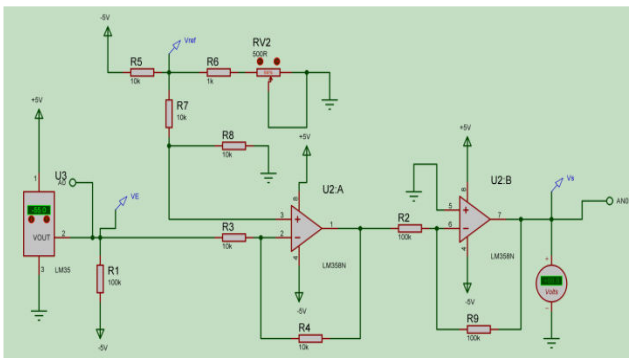


Fig. 2. Circuito de leitura do sensor de temperatura LM35.

A resistência variável RV2 de 500Ω regula a tensão de $-550mV$ em cima do divisor de tensão entre os resistores R5, R6 e RV2.

Com dois amplificadores operacionais trabalhando consegue-se os seguintes resultados conforme tabela 1.

Tabela I - Temperatura tensão de entrada e de saída do circuito de leitura do sensor LM35.

Temperatura (°C)	Tensão de entrada (V)	Tensão de saída (V)
$-55^{\circ}C$	$-550mV$	0V
$0^{\circ}C$	0 V	$550mV$
$1^{\circ}C$	0,01 V	$560mV$
$50^{\circ}C$	$500mV$	1,05V
$100^{\circ}C$	1V	1,55V
$150^{\circ}C$	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. A placa construída pode ser observada na Figura 3.

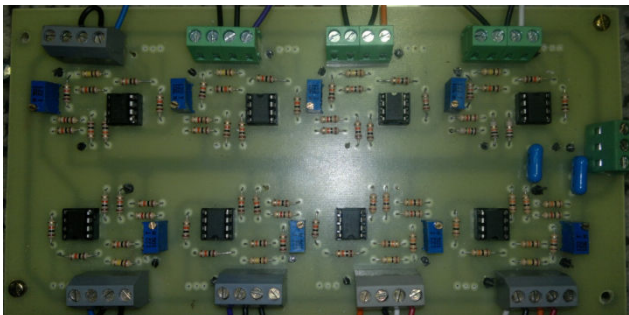


Fig. 3. Placa de circuito impresso para leitura de 8 canais do sensor de temperatura LM35.

III. MICROCONTROLADOR PIC CONVERSOR ANALÓGICO DIGITAL

O circuito com microcontrolador PIC 16F877A [3] tem a função de ler as entradas analógicas AN1, AN2, AN3, AN4, AN5, AN6, AN7 e AN8 realizar a conversão do sinal de tensão analógica em um valor digital guardando esses valores em variáveis criadas no programa para transmissão das mesmas logo após a conversão digital de todas as variáveis analógicas.

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.

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

Na Figura 4 tem-se o esquema elétrico do circuito conversor analógico digital.

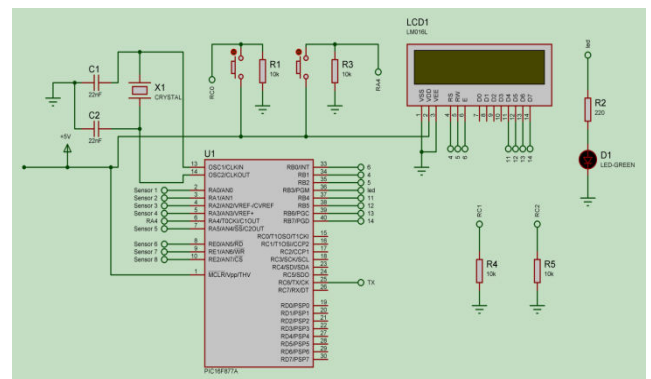


Fig. 4. Esquema eletrônico do conversor A/D com microcontrolador PIC.

A placa de circuito impresso do conversor analógico digital segue na Figura 5.



Fig. 5. Microcontrolador conversor analógico digital.

O sinal digital é transmitido via transmissão serial no pin_RC6 pino 25. Esse pino é acoplado a um circuito transceptor SRWF-1021 [5] o qual é próprio para transmissão de sinal serial entre microcontrolador e computador.

IV. IMPLEMENTAÇÃO DO ALGORITMO CONVERSÃO ANALÓGICO DIGITAL

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 Equação 2.

$$q01 = \frac{q0 * 0,005}{0,01} - 55 \quad (2)$$

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, q4, q5, q6, q7 e posteriormente q01 representa sensor 1, q11 representa sensor 2, q21 representa sensor 3, q31 representa até q71 que 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 10 mV de tensão na saída do LM35 [1].

A transmissão do valor de temperatura é feita através da porta serial do microcontrolador PIC [3]. 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], [CAN6:q51], [CAN7:q61] e [CAN8:q71].

Nesse circuito tem-se um display de 16 colunas e 2 linhas para mostrar a temperatura de cada sensor. Esse display está ligado ao PORTB do PIC [3]. Os pinos C0 servem para selecionar o sensor no display, o pino A4 serve para acender o LED de fundo do display, conforme mostrado anteriormente na Figura 4.

V. 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. [5]. 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 [3] no circuito transmissor e o circuito que recebe o sinal serial.

O transceptor SRWF 1021 [5] 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 19200 bps 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 6 representa o esquema de ligação do SRWF 1021.

Na Figura 7 tem-se o módulo transceptor SRWF 1021 ligado ao módulo de comunicação com o computador. O módulo de comunicação é responsável por disponibilizar os dados da leitura da temperatura vindo da placa conversora analógica para o sistema supervisorio que estará sendo executado no computador.

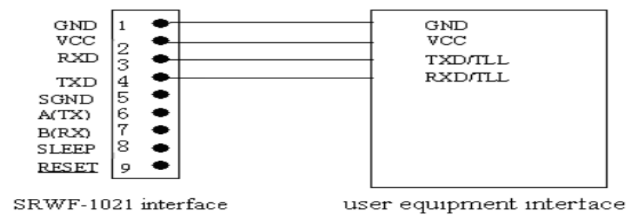


Fig. 6. Esquema de ligação SRWF 1021.



Fig. 7. Transceptor SRWF 1021 ligado ao módulo de comunicação com o computador.

VI. CIRCUITO MAX232

Este circuito constitui de um filtro de acoplamento com o microcontrolador convertendo um sinal TTL para um sinal RS232 [6], evitando quaisquer danos a placa e a porta serial do computador, invertendo o sinal de entrada TTL para saída RS232.

Na Figura 8 tem-se o esquemático eletrônico deste circuito. O pino TX do computador é ligado na saída do transceptor SRWF 1021 [5] e sua saída está ligada a porta serial do computador. Esta placa é alimentada com uma tensão de 5V e recebe sinal do transceptor SRWF 1021 [5].

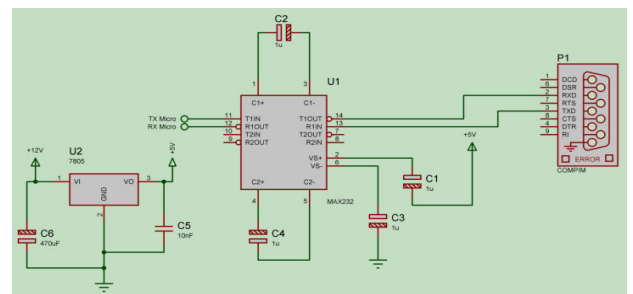


Fig. 8. Esquema eletrônico acoplamento RS232.

Na Figura 9 tem-se a placa de interface utilizando o CI MAX232 [6] que é responsável em fazer a conversão de sinal elétrico com padrão TTL para sinal elétrico com padrão RS232.

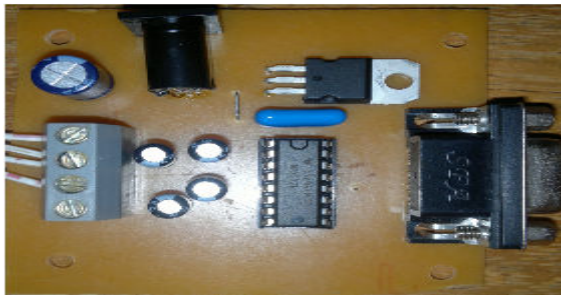


Fig. 9. Placa de interface utilizando o CI MAX 232.

VII. SUPERVISÓRIO

O programa supervisor 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 supervisor na qual q01 é a variável do sensor de temperatura 1.

A Figura 10 mostra a interface gráfica do supervisor que é responsável por mostrar os 8 canais de temperatura que foram lidos pelo microcontrolador.



Fig. 10. Placa de interface utilizando o CI MAX 232.

Para configurar o supervisor é preciso selecionar a porta de comunicação COM onde está ligado o circuito receptor. Em seguida seleciona-se 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.

Na Figura 11 é mostrada interface para a configuração da porta de comunicação do sistema supervisor.

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

Na Figura 12 tem-se a recepção pelo sistema supervisor das palavras transmitidas pelo circuito conversor analógico digital.

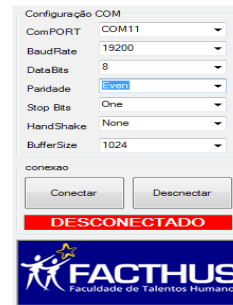


Fig. 11. Interface de configuração porta de comunicação do sistema supervisor.

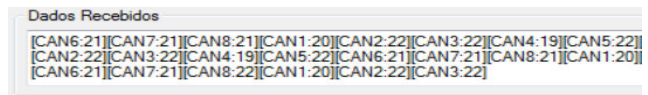


Fig. 12. Recepção dos dados vindos da placa conversor analógico digital.

Na Figura 13 tem-se a tela do supervisor recebendo temperaturas sendo lidas em fase de testes.



Fig. 13. Sistema supervisor recebendo informações vindas da placa conversora analógica digital.

VIII. CUSTO DO PROTÓTIPO

Para construção do protótipo foi comprado resistores, circuitos integrados, capacitores, cristais, microcontrolador, dentre outros componentes necessários à confecção do protótipo.

Os módulos transceptores tem um custo elevado em relação aos outros componentes, porém a facilidade de uso dos mesmos justifica os valores empregados na aquisição desses transceptores.

A tabela II relaciona o custo do protótipo incluindo componentes que foram utilizados e mão de obra técnica.

Tabela II – Custo do protótipo.

Componentes	Qtd.	Valor Unitário	Total
PIC 16F877A	2	R\$ 17,00	R\$ 34,00
LM35	8	R\$ 5,00	R\$ 40,00
LM358N	8	R\$ 1,00	R\$ 8,00
LM7805	2	R\$ 2,00	R\$ 4,00
LM7905	1	R\$ 2,00	R\$ 2,00
SRWF-1021	2	R\$ 90,00	R\$ 180,00
Cristal 4Mhz	1	R\$ 1,30	R\$ 1,30
Trimpot multi voltas	8	R\$ 0,90	R\$ 7,20

Resistores de 1/4W	66	R\$ 0,05	R\$ 3,30
Capacitores de cerâmica 22pF	4	R\$ 0,10	R\$ 0,40
Capacitor de poliéster 10nF	8	R\$ 0,35	R\$ 2,80
Capacitor eletrolítico 3300uF	2	R\$ 1,50	R\$ 3,00
Capacitor eletrolítico 1uF	4	R\$ 0,30	R\$ 1,20
Capacitor eletrolítico 470uF	1	R\$ 0,50	R\$ 0,50
Borne 3 pinos	3	R\$ 5,00	R\$ 15,00
Borne 4 pinos	6	R\$ 6,00	R\$ 36,00
Borne 8 pinos	2	R\$ 10,00	R\$ 20,00
Borne 10 pinos	2	R\$ 12,00	R\$ 24,00
Soquete 40 pinos	4	R\$ 2,90	R\$ 11,60
Soquete 18 pinos	4	R\$ 1,50	R\$ 6,00
Soquete 16 pino	1	R\$ 1,20	R\$ 1,20
Soquete 8 pinos	8	R\$ 0,60	R\$ 4,80
Conector db9	1	R\$ 5,00	R\$ 5,00
Display 16X2	1	R\$ 23,00	R\$ 23,00
Chave Button NA	2	R\$ 1,20	R\$ 2,40
Placa de fenolite 15*20cm	3	R\$ 12,00	R\$ 36,00
Diodo IN4007	4	R\$ 0,35	R\$ 1,40
LED	4	R\$ 1,20	R\$ 4,80
Mão de Obra Técnica	36h	R\$ 8,00	R\$ 288,00
Total			R\$ 766,90

IX. 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.

A utilização do sensor de temperatura LM35 se mostrou bem acertada, uma vez que, possui uma ótima linearidade para a faixa de temperatura para a qual era o alvo da medição, abaixo de 150°C.

Esse circuito pode ser adaptado 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 sistema supervisor também pode ser adaptado de forma a enviar mensagens SMS informando quando os sensores ultrapassarem temperaturas pré-estabelecidas.

O projeto sendo um protótipo teve um custo relativamente baixo, com exceção do transceptor SRWF 1021 que tem um custo relativamente alto em relação aos outros componentes, no entanto, o mesmo, mostrou-se de uma eficácia fundamental pela simplicidade de sua configuração para se comunicar com outro modem e pela variedade de funções que possui.

REFERÊNCIAS

- [1] NATIONAL SEMICONDUCTORS, LM35, Acedido em 20 de Fevereiro 2012, em http://www.datasheetlib.com/datasheet/260070/lm35_national-semiconductor.html.
- [2] NATIONAL SEMICONDUCTORS, LM358, Acedido em 25 de Fevereiro de 2012, em http://www.datasheetlib.com/datasheet/259534/lm358_national-semiconductor.html.
- [3] MICROCHIP, PIC16F877A, Acedido em 30 de fevereiro 2012, em <http://www.microchip.com>.

- [4] PERTENCE JÚNIOR, Antonio. Eletrônica analógica: amplificadores operacionais e filtros ativos: teoria, projetos, aplicações e laboratório. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- [5] SUNRAYRF, SRWF 1021, Acedido em 01 de Junho de 2012, em <http://www.sunrayrf.com/upimages/200981493144338.pdf>.
- [6] TEXAS INSTRUMENTS, MAX232, Acedido em 10 de Março de 2012, em <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/max232.pdf>.

DADOS BIOGRÁFICOS

Antonio Carlos Lemos Júnior, nascido em 12/06/1980 em Uberaba-MG, é engenheiro eletricista (2003), especialista (2009) pela FAZU – Faculdades Associadas de Uberaba. De 2004 a 2007 foi professor titular do curso de Técnico em Eletrônica no Colégio Uberaba. Atualmente é professor titular do curso de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica da FACTHUS – Faculdade de Talentos Humanos em Uberaba. Suas áreas de interesse são: Sistemas de Telecomunicações, Eletrônica Analógica, Eletrônica de Potência, Automação e Controle Industrial, Robótica, Microcontroladores e Acionamentos de Máquinas Elétricas.

Leandro Aureliano da Silva, nascido em 19/02/1979 em Uberaba – MG, é engenheiro eletricista (2001), especialista (2007) pela UNIUBE – Universidade de Uberaba, mestre (2007) pela Escola de Engenharia de São Carlos e doutorando (2014) pela UFU – Universidade Federal de Uberlândia. De 2002 a 2007 foi professor titular do curso de Técnico em Eletrônica no Colégio Uberaba. De 2006 a 2007 foi professor titular na UNICEP – Universidade Central Paulista. Atualmente é professor titular do curso de Engenharia Elétrica e Gestor do curso de Engenharia Mecânica da FACTHUS – Faculdade de Talentos Humanos. Suas áreas de interesse são: Processamento Digital de Sinais e Imagens, Sistemas de Telecomunicações e Automação e Controle.