

Evento: VII SEMINÁRIO DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

**BANCADA EXPERIMENTAL PARA CARACTERIZAÇÃO DE ELEMENTOS
SENSORES PIEZORESISTIVOS¹
EXPERIMENTAL BENCH FOR CHARACTERIZATION OF ELEMENTS
PIEZORESISTIVE SENSORS**

Carlos Augusto Valdiero², Luiz Antônio Rasia³

¹ Projeto de Pesquisa Institucional "Modelagem Matemática de Dispositivos Sensores Piezoresistivos"

² Bolsista PIBITI/CNPq, carlos_valdiero@hotmail.com

³ Orientador. Prof. Dr. Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, rasia@unijui.edu.br

Introdução

O monitoramento de processos e operações, o controle de processos e operações e a análise experimental são conceitos aplicados de instrumentação. Em geral, quando se deseja a medida de diferentes grandezas faz-se o monitoramento, quando se deseja medir alguma grandeza particular para fechar uma malha de controle visando garantir a funcionalidade correta de algum processo estabelecido. Finalmente, quando se procura estudar problemas que não tenham uma teoria bem definida ou exigem a necessidade de caracterizações para avaliar a funcionalidade fazem-se simulações e experimentos que visem a sua solução assim como o controle de efeitos indesejados.

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um ohmímetro para caracterizar piezoresistores, automatizando e facilitando a obtenção dos dados para análise funcional de elementos sensores. Os resultados obtidos são armazenados em um cartão de memória do tipo microSD permitindo a transferência dos dados para análise em outros softwares de tratamento de sinais. Este instrumento visa automatizar a coleta de dados para caracterização de elementos sensores piezoresistivos projetados e implementados por alunos de mestrado e doutorado do Programa Stricto Sensu em Modelagem Matemática da Unijuí e pelo SIMMER - Grupo de Pesquisa em Projetos de Sistemas Mecânicos, Mecatrônicos e Robóticos.

O instrumento final constituirá uma bancada para modelagem, fabricação e caracterização de piezoresistores baseados em (REN et. al., 2012) como alternativa de baixo custo quando comparada aos instrumentos importados atualmente em uso na pesquisa. O estado da arte na área de instrumentação não mostra nada semelhante a este projeto de pesquisa e prototipagem específica para piezoresistores.

Metodologia

O Circuito montado consiste em usar a técnica de divisão de tensão onde se compara um resistor

Evento: VII SEMINÁRIO DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

desconhecido com resistores padrões, conhecidos. As tensões de saída do divisor de tensão são processadas pelo microcontrolador através de um algoritmo, contendo as condições para que possa ser feito o cálculo da resistência desconhecida escolhendo o divisor de tensão mais adequado. A Figura 1 ilustra de forma esquemática o circuito elétrico do divisor de tensão utilizado na montagem do protótipo.

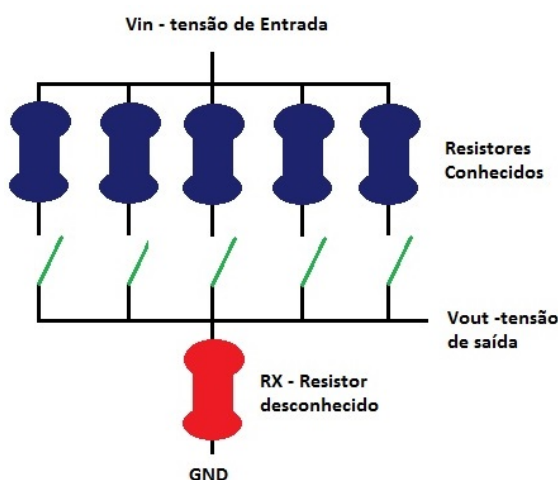


Figura 1. Circuito divisor de tensão elétrica.

Utilizando a Lei de Ohm e o circuito divisor de tensão obtém-se as equações:

$$R = V/I \quad (1)$$

$$R_x = V_{out} \cdot R_1 / (V_{in} - V_{out}) \quad (2)$$

Para o controle da Display LCD foi utilizado as portas digitais do microcontrolador (7, 6, 5, 4, 3 e 2) declaradas ao criar um objeto de sua biblioteca com o comando LiquidCrystal lcd (7 , 6 , 5 , 4 , 3 , 2), sendo as respectivas portas do LCD : RS, Enable, D4, D5, D6, D7.

No protótipo desenvolvido usou-se um módulo de cartão de memória do tipo microSD para armazenar os dados com protocolo de comunicação SPI para com Arduino. Essa comunicação é realizada pelas portas: 13 - SCK, 12 - MISO, 11 - MOSI, 10 - CS, que possuem suporte a comunicação SPI de acordo com o site <http://www.arduino.org>. Um interruptor é usado para ativar e desativar a gravação dos dados de resistência e de dez valores da corrente e tensão obtidas para cada medida efetuada.

A Figura 2 ilustra a estrutura do código utilizado neste projeto para a obtenção dos valores das resistências desconhecidas.

Evento: VII SEMINÁRIO DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

12. Estrutura de repetição *for*, que repete 5 vezes os passos 13 e 14;
13. Faz dez leituras do GND e dez leituras do Vout;
14. Faz a média das dez leituras do GND e do Vout. Subtrai da média do Vout a média do GND e adiciona o resultado em um vetor;
15. Faz a média dos resultados obtidos nas medidas e o cálculo da resistência de RX;
16. Mostra o resultado da medição de RX no LCD;
17. Verifica novamente se a gravação dos dados está ativa, se verdadeiro vai para o passo 18;
18. Grava os dados da resistência e fecha o arquivo.

Resultados e Discussão

Neste protótipo foi possível corrigir vários problemas de funcionamento apresentados em uma versão anterior. Foram adicionadas formas de amenizar os erros causados devido às oscilações da alimentação do sistema e efeitos de alta impedância. Esse equipamento foi calibrado através dos multímetros comerciais MINIPA ET-1400, BUKER M890G e das especificações de resistores de precisão comerciais utilizados. A Figura 3 mostra os dados obtidos nas leituras com esses equipamentos em relação ao especificado pelo fabricante dos resistores.

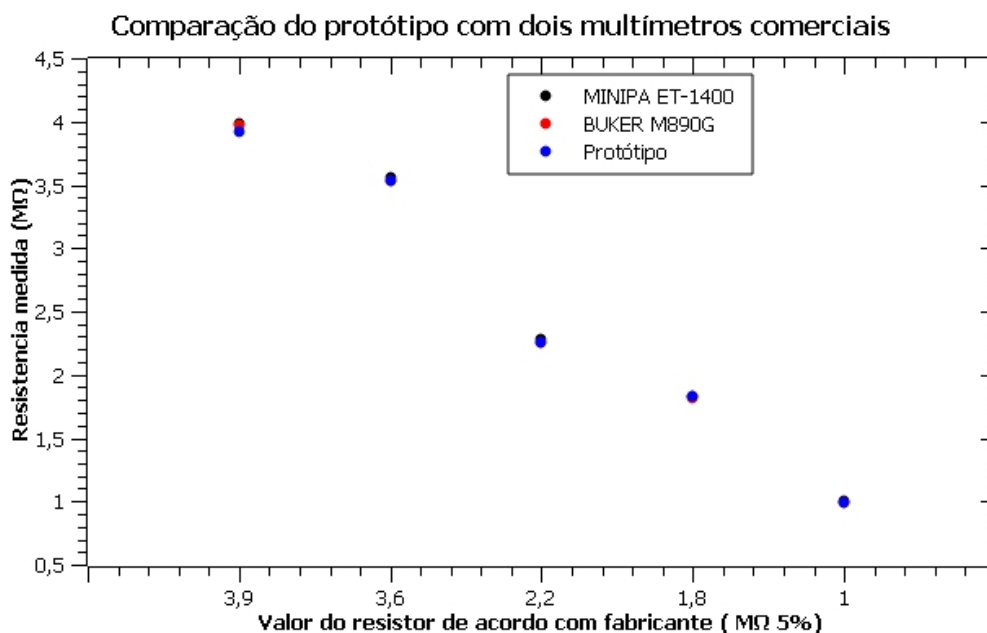


Figura 3. Medidas e comparações dos equipamentos na escala de MQ.

De acordo com Malvino e Bates (2011, p.260) a tensão resultante do divisor de tensão utilizado é dada pela equação $V_{out} = R_2 / (R_1 + R_2) V_{in}$, onde V_{out} é a tensão de saída e V_{in} é a tensão de alimentação do circuito. Desse modo, utilizando essa equação, tem-se que a $V_{out} = 10 / (10 + 10) \cdot 5 = 2,5$ V. Assim, quando as duas resistências são iguais a tensão de entrada é dividida pela metade. Nas medidas realizadas verifica-se que quando os resistores do divisor de

Evento: VII SEMINÁRIO DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

tensão possuem resistências diferentes a leitura da tensão tende a se aproximar de 0 e 5, variando cada vez menos a voltagem, tornando o cálculo da resistência desconhecida muito imprecisa uma vez que a resolução do conversor ADC utilizado é de 4,8875 mV. Para resolver esse problema definiu-se que as leituras de Vout, seriam realizadas para intervalos de valores lidos entre 1,5V e 4V.

Após vários testes constatou-se que ao ler o GND ele estava com um diferencial de tensão que oscilava. Para resolver esse problema foi realizada várias leituras do GND e do Vout e usando a média dessas leituras foi recalculado o valor de RX. O problema nas leituras de resistências de pequeno valor ficou estável e obteve-se uma melhora na leitura de grandes resistências na faixa de MΩ.

Correções nas oscilações das medidas de grandes resistências foram obtidas de acordo com Pertence (2015, p.43) utilizando um amplificador operacional CA 3140.

Conclusão

O protótipo montado possibilitou fazer a leitura de resistências com precisão na faixa de 1kΩ até 5MΩ. O protótipo possibilitou uma melhor obtenção de dados experimentais já que em cada medida ele mostra a média de cinco medidas e possibilita a gravação dos resultados obtidos em um cartão de memória para posterior análise. O projeto continuará sendo aprimorado, explorando novas técnicas para que possa ser alcançada maior precisão nas medidas e ter novas funcionalidades.

Palavras-chave: Divisores de tensão; Ohmímetro; Módulo SD; Display LCD; Arduino UNO.

Referências bibliográficas

PERTENCE, J. A. Amplificadores Operacionais e Filtros Ativos. 8 ed. Porto Alegre : Bookman, 2015.

MALVINO, A.; BATES, D. J. Eletrônica: Diodos, Transistores e Amplificadores. 7 ed. Porto Alegre : AMGH Editora Ltda., 2011.

ARDUINO. Arduino UNO & Genuino UNO. Disponível em: . Acessado em: 20 jun. 2017.

REN, Tian-Ling; TIAN, He; XIE, Dan; YANG, Yi. Flexible Graphite-on-Paper Piezoresistive Sensors 2012.