

# PONTE DE WHEATSTONE

BARROS, E. C.<sup>1</sup>, NASCIMENTO, L. A. F.<sup>1</sup>, MOURA, A. F. L.<sup>1</sup>, EGOAVIL, C. J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Monitor (a) da disciplina de Eletrônica II - DAEE, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Sala 206 - 2C, Porto Velho, Rondônia, Brasil (e-mail: eletronicamonitoria@gmail.com)

<sup>2</sup>Professor do Curso de Engenharia Elétrica - DAEE, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Sala 206 - 2C, Porto Velho, Rondônia, Brasil (e-mail: ciro.egoavil@unir.br)

## OBJETIVOS

- Compreender as aplicações e as possibilidades de projetos com a ponte de Wheatstone;
- Utilizar a ponte de Wheatstone para a verificação dos valores de resistores;

## I. INTRODUÇÃO TEÓRICA

A ponte de Wheatstone é um arranjo circuitual usado como medidor de resistências elétricas. Foi inventado por Samuel Hunter Christie em 1833, porém foi Charles Wheatstone quem ficou famoso com o invento, tendo-o descrito dez anos mais tarde.

O circuito é composto por uma fonte de tensão, um galvanômetro e uma rede de quatro resistores, sendo três destes conhecidos. Para determinar a resistência do resistor desconhecido os outros três devem ser ajustados e balanceados até que a corrente elétrica no galvanômetro caia a zero [1].

### A. APLICAÇÕES DA PONTE DE WHEATSTONE

A topologia da ponte de Wheatstone pode ser aplicada para obter circuitos que fazem, medição de resistência, temperatura (NTC, PTC), pressão (Strain Gage) e peso [2].

Este tipo de circuito pode ser usado para se determinar a tensão mecânica. Sendo  $R_x$  um resistor sensível a compressão e os outros três resistores de valores conhecidos, a força aplicada ao resistor variável será proporcional ao valor da resistência deste resistor [3].

### B. EQUAÇÕES RELACIONADAS AO CIRCUITO DA PONTE DE WHEATSTONE

A ponte de wheatstone é um método refinado de se determinar a resistência de um resistor. Ela consiste na utilização de um galvanômetro, dois resistores de resistência conhecida  $R1$  e  $R2$  e outro de resistência variável ( $R_s$ ), além de uma fonte de tensão.

É possível observar a topologia típica de uma ponte de Wheatstone na figura 1:

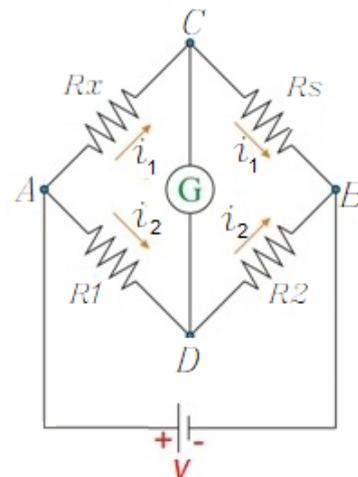


Figura 1. Topologia típica da ponte de Wheatstone [1].

Observando a ponte de Wheatstone da figura 1 e partindo do pressuposto que a mesma está equilibrada (todos os resistores possuem valores idênticos) obtém-se as seguintes equações:

$$V_{AC} = R_s \cdot i_1$$

$$V_{AD} = R1 \cdot i_2$$

$$V_{CB} = R_x \cdot i_1$$

$$V_{DB} = R2 \cdot i_2$$

Se a premissa adotada anteriormente permanece verdadeira, sabe-se que:

$$V_{AC} = V_{AD}$$

$$V_{CB} = V_{DB}$$

Desta forma, obtém-se a relação entre as resistências dada pela equação (1):

$$\frac{R1}{R2} = \frac{R_s}{R_x} \quad (1)$$

## II. MATERIAIS UTILIZADOS:

- Gerador de tensão DC;
- Multímetro;
- Protoboard;
- Resistores de 100Ω (2x), 220Ω (1x), 1KΩ (2x), 10KΩ (3x);
- Potenciômetros lineares de 1KΩ (1x), 10KΩ (2x) e 100KΩ (3x);

## III. PARTE EXPERIMENTAL:

Na figura é possível observar um circuito que permite que a resistência elétrica de um dado componente seja medida de forma indireta através da utilização de um voltmímetro:

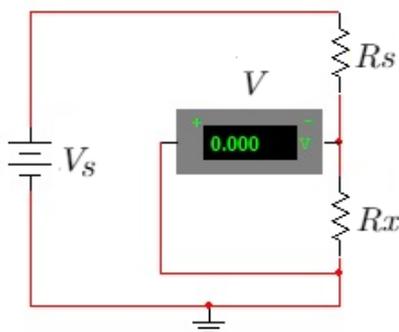


Figura 2. Circuito para verificação indireta da resistência elétrica.

Aqui, a resistência desconhecida  $R_x$  é usada num divisor de tensão com um resistor padrão conhecido conectado através de uma fonte de tensão  $V_s$  conhecida. Assim:

$$V = \frac{R}{R_s + R_x} \cdot V_s$$

$$R_x = \frac{V}{V_s - V} \cdot R_s$$

Obviamente, o resistor  $R_s$  dever ser conhecido de forma precisa.  $V_s$ , a fonte de tensão, deve ser constante e suficientemente precisa.

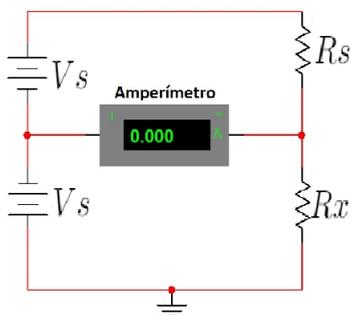


Figura 3. Divisor de tensão com duas fontes.

## A. CIRCUITO COM DIVISOR DE TENSÃO OPERANDO COM CHAVE:

Considere o circuito da figura 4 para o que se segue:

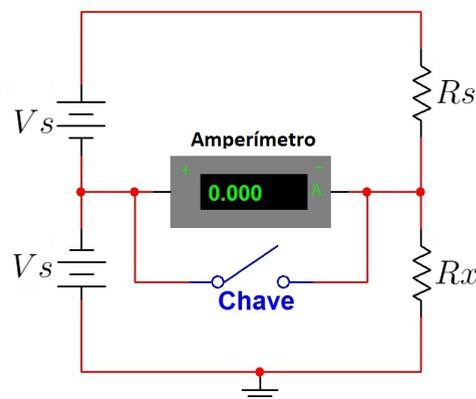


Figura 4. Circuito com divisor de tensão operando com chave.

Quando a chave for aberta, qualquer corrente fluindo através do amperímetro deverá ser aferida, indicando a circulação de correntes.

## B. QUESTÕES TEÓRICAS RELEVANTES:

4. A precisão da medida de resistência depende da acuracidade do amperímetro? Justifique.
5. A resistência do amperímetro afeta a precisão da medida? Justifique.
6. Explique o resultado aferido pelo amperímetro no estado em que a chave se encontra fechada.

Uma das desvantagens de uso do circuito da figura 4 é que ambas as fonte  $V_s$  devem ser iguais em módulo. Isto significa que deve-se dispor de duas fontes precisas de tensão (fonte simétrica de tensão).

Uma alternativa ao uso de fontes simétricas de tensão é apresentada no circuito da figura 5:

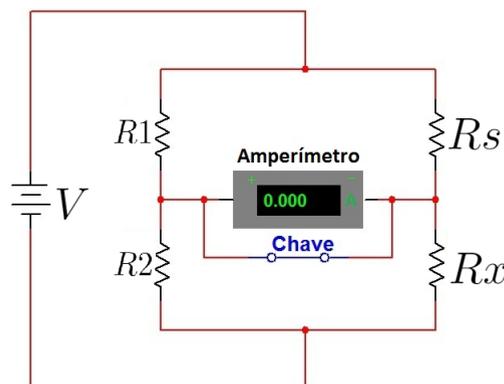


Figura 5. Ponte Wheatstone.

Com  $R1$  igual a  $R2$  o potencial cada um destes resistores deve apresentar uma queda de tensão próxima de  $V/2$  o que também se observa nos resistores  $R_s$  e  $R_x$  caso ambos tenham o mesmo valor.

### C. QUESTÕES TEÓRICAS RELEVANTES:

8. Qual será leitura no amperímetro quando a chave for aberta, com  $R_s$  igual a  $R_x$ ?
9. A precisão do amperímetro afeta a medida do resistor? Justifique.
10. A precisão da fonte de tensão afeta a medida? Justifique.
11. A estabilidade da fonte afeta a medida? Justifique.
12. São os valores absolutos de  $R1$  e de  $R2$  que determinam a precisão da medida  $R_x$ , ou a razão das resistências que asseguram a precisão? Justifique.

$R1$  e  $R2$  são frequentemente chamados de razões dos braços do circuito, o qual é denominado ponte de Wheatstone, sendo desenhado na forma da figura 5.

De modo a investigar este tipo de circuito, utilize a potoboard para montar o circuito da figura 5 com  $R1=10K\Omega$  e  $R2=10K\Omega$ . Use um potenciômetro de  $100K\Omega$  para ajustar  $R_s$ .

Um resistor adicional de  $220\Omega$  deve ser incluído no circuito em série com a ponte de Wheatstone para limitar a corrente num risco de curto-circuito quando for energizada a montagem.

Lentamente aumente a tensão DC variável para suprir  $V_S$  com 10V. Conecte um resistor de aproximadamente  $100\Omega$  nos terminais de  $R_x$  e ajuste  $R_s$  até alcançar equilíbrio no amperímetro (medição nula de corrente).

Desconecte o resistor de  $100\Omega$ , substituindo-o por um de  $1K\Omega$  em  $R_x$ . Repita o procedimento de equilíbrio do amperímetro, registrando o novo valor de  $R_s$ .

Repita o procedimento para  $R1=10K\Omega$ .

Utilize a tabela 1 de modo a anotar os valores obtidos para os diferentes valores dos resistores:

Tabela 1  
Resultados

$R1$	$R2$	$R_x$	$R_s$	ERRO (%)
1K $\Omega$	1K $\Omega$			
10K $\Omega$	10K $\Omega$			
100K $\Omega$	100K $\Omega$			

Mude a relação dos braços para  $R1 = 10K\Omega$  e  $R2 = 1K\Omega$  e repita as medidas para  $R_x = 100\Omega$ ,  $R_x=1K\Omega$  e  $R_x = 10K\Omega$  registre os valores obtidos.

### Referências

- [1] NUNES, M.; RIBEIRO, L. Desenvolvimento e construção de uma ponte de Wheatstone modificada, para a medição de resistências de alto valor ôhmico. In: Proc. of 1º Congresso da Qualidade, Lisbon. 2000. p. 19-20.
- [2] NETO, Carlos Dreyer et al. Desenvolvimento de uma plataforma de força em pedal de ciclismo. Revista Brasileira de Biomecânica, v. 2, n. 3, p. 39-44, 2001.
- [3] DA SILVA BORGES, Jacques Cousteau et al. Métodos e técnicas de medição de torque diretamente em eixos rotativos. Revista Principia, v. 1, n. 28, p. 121-129, 2015.