

# PONTE DE WHEATSTONE

## Teoria e laboratório

### OBJETIVOS:

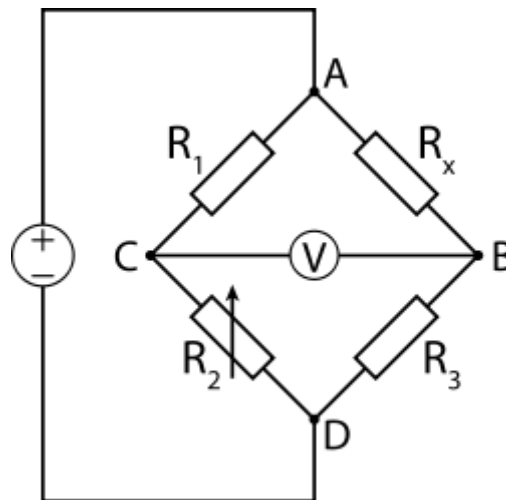
- analisar o funcionamento de uma ponte de Wheatstone em equilíbrio;
- analisar o funcionamento de uma ponte de Wheatstone em desequilíbrio.

### INTRODUÇÃO TEÓRICA

A *ponte de Wheatstone* é um esquema de montagem de elementos elétricos que permite a medição do valor de uma resistência elétrica desconhecida. Foi desenvolvido por Samuel Hunter Christie em 1833, porém foi Charles Wheatstone quem ficou famoso com a montagem, tendo-o descrito dez anos mais tarde.

O circuito básico é composto por uma fonte de tensão, um voltímetro e uma rede de quatro resistores, sendo três destes conhecidos e pelo menos um deles ajustável.

O circuito básico é mostrado abaixo:



Para determinar a resistência do resistor desconhecido ( $R_x$ ), basta ajustar  $R_2$  até que a leitura no voltímetro seja zero, ou seja, PONTE EM EQUILÍBRIO.

A resistência  $R_2$  (pontos C e D) é variável, permitindo assim através de um ajuste “zerar” a ponte, obedecendo a fórmula:

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_3}{R_x} \Rightarrow R_x = \frac{R_1}{R_2} \cdot R_3$$

**O que equivale dizer:  $R_2 \cdot R_x = R_1 \cdot R_3$**

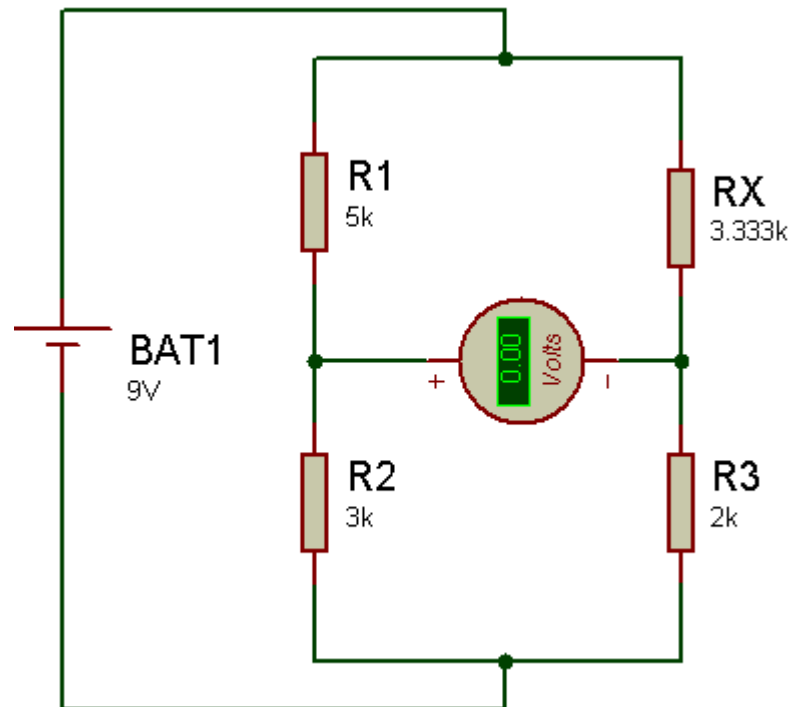
A figura a seguir mostra o circuito simulado no Proteus ISIS, com resistores de 5k, 2k e 3k e o valor de  $R_x$  foi determinado aplicando-se a fórmula.

Daí então:

$$R2/R1 = R3/Rx \rightarrow 3k/5k = 2k/Rx \rightarrow Rx = (5.2)/3 \rightarrow 3kRx = 10k$$

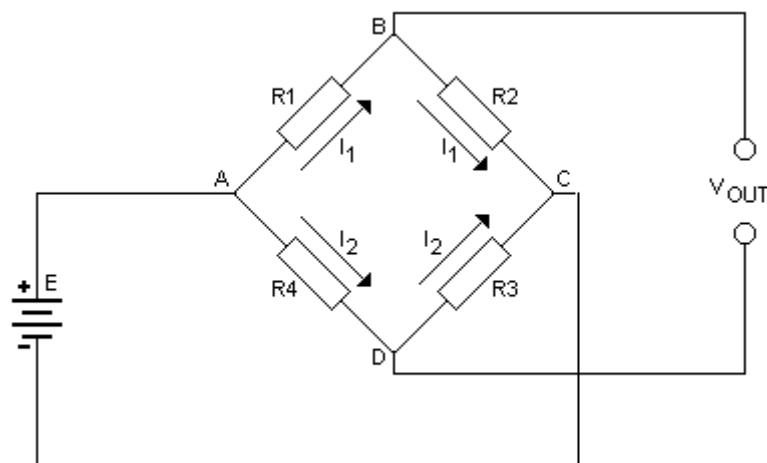
$$Rx = 10k/3k = 3,333k$$

Temos então o equilíbrio da ponte, com o valor de  $Rx = 3,333k$



Além de ser utilizada para a determinação de um resistor desconhecido, a ponte de Wheatstone é um circuito eletrônico de vasta aplicação em aparelhos de medição tais como: medidores de resistência, termômetros, luxímetros, termômetros eletrônicos, etc.

Seu circuito básico é mostrado abaixo:



Quando a ponte está em equilíbrio, obedecendo uma certa relação entre seus resistores, a tensão na saída ( $V_{OUT}$ ) será igual a zero.

Para que isso ocorra devemos ter:

$$\begin{aligned}V_{AB} &= V_{AD} \\ V_{BC} &= V_{DC} \quad (1)\end{aligned}$$

Daí podemos então deduzir como fica a relação entre esses resistores:

Substituindo em (1), temos:

$$\begin{aligned}R1 I_1 &= R4 I_2 \quad (2) \\ R2 I_1 &= R3 I_2 \quad (3)\end{aligned} \quad \text{=====>} \quad I_1 = \frac{R4 I_2}{R1} \quad (4)$$

Substituindo  $I_1$  em (3), temos:

$$\begin{aligned}R2 \cdot \frac{R4 I_2}{R1} &= R3 I_2 \\ R2 \cdot R4 I_2 &= R1 \cdot R3 I_2 \\ R2 \cdot R4 \cancel{I_2} &= R1 \cdot R3 \cancel{I_2} \quad \text{=====>} \quad \boxed{R2 \cdot R4 = R1 \cdot R3}\end{aligned}$$

Desta forma, para qualquer tensão de entrada, a tensão na saída será sempre zero, desde que obedecidas as relações deduzidas acima.

Nestas condições, dizemos que a ponte está em equilíbrio.

Para desequilibrar a ponte, basta alterar o valor de qualquer um dos resistores.

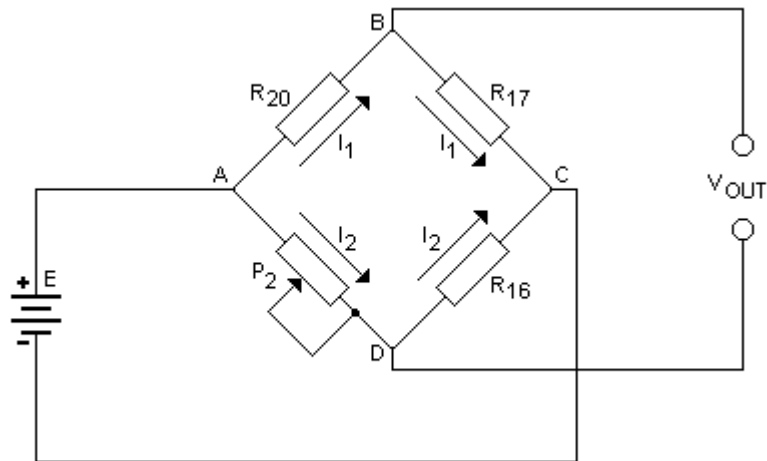
A tensão  $V_{OUT}$  então poderá assumir valores negativos ou positivos (supondo o ponto D como referência).

## PARTE PRÁTICA

### MATERIAIS NECESSÁRIOS

- 1 - Módulo de ensaios ETT-1
- 1 - Multímetro analógico ou digital

1 - Execute a fiação do circuito a seguir:



$$R_{20} = 10\text{k}\Omega$$

$$R_{17} = 4,7\text{k}\Omega$$

$$R_{16} = 3,3\text{k}\Omega$$

$$P_2 = \text{Trimpot de } 15\text{k}\Omega$$

$$E = 18\text{V}$$

2 - Ligue o circuito, ajuste  $V_{\text{OUT}}$  para saída zero e faça as seguintes medições:

$$V_{\text{AB}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{\text{BC}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{\text{AD}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{\text{DC}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

3 - Com a ponte em equilíbrio e baseando-se nas medidas obtidas no item 2, calcule as correntes  $I_1$  e  $I_2$ :

$$I_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$I_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

4 - Calcule o valor da resistência, que  $P_2$  foi ajustado para equilibrar a ponte (apresentar os cálculos).

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5 - Desligue o circuito da rede e desligue também um dos extremos de  $P_1$ . Meça a resistência ôhmica nos extremos de  $P_2$  e compare com o valor calculado no item 4:

$$R_{P_2} \text{ (calculada)} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R_{P_2} \text{ (medida)} = \underline{\hspace{2cm}}$$

6 - Religue  $P_2$  e ligue o circuito. Ajuste  $V_{\text{OUT}}$  para 2 volts, de forma que o ponto B fique mais negativo do que o ponto D e faça as seguintes medições:

$$V_{\text{AB}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{\text{BC}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{\text{AD}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{\text{DC}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

7 - Com a ponte em desequilíbrio e baseando-se nas medidas obtidas no item 6, calcule as correntes  $I_1$  e  $I_2$ :

$$I_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$I_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

8 - Calcule o valor da resistência que  $P_2$  foi ajustado para equilibrar a ponte (apresentar os cálculos).

---



---

9 - Desligue o circuito da rede e desligue também um dos extremos de  $P_2$ . Meça a resistência ôhmica nos extremos de  $P_2$  e compare com o valor calculado no item 4.

$$R_{P_2} \text{ (calculada)} = \underline{\hspace{2cm}}$$

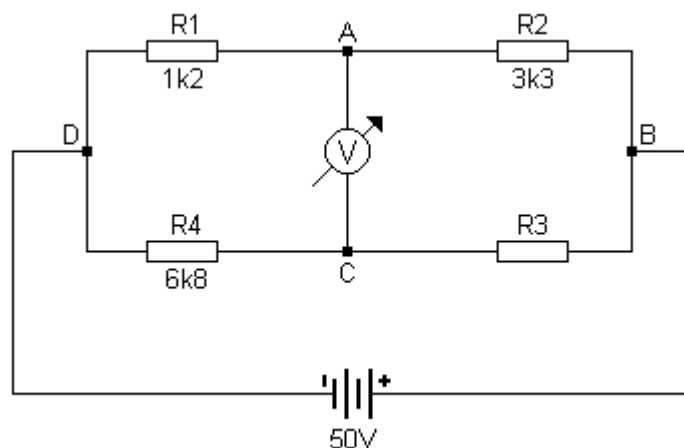
$$R_{P_2} \text{ (medida)} = \underline{\hspace{2cm}}$$

10 - Compare as medições obtidas nos itens 2 e 6 (ponte equilibrada e desequilibrada respectivamente), relacionando as variações ocorridas. Preencha a tabela abaixo:

Pontos de medida	Ponte equilibrada	Ponte desequilibrada	Variações (volts)
$V_{AB}$			
$V_{BC}$			
$V_{AD}$			
$V_{DC}$			

### QUESTÕES:

1 - Dado o circuito abaixo, calcule o valor de  $R_3$  para equilibrar a ponte (apresentar cálculos).



Cálculos:

---



---



---

2 - Com a ponte equilibrada, calcule a potência em dissipada em cada resistor (apresentar cálculos).

$$P_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$P_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$P_{R3} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$P_{R4} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Cálculos: