

PONTE DE WHEATSTONE

Teoria e simulação / Simulador IDE

OBJETIVOS:

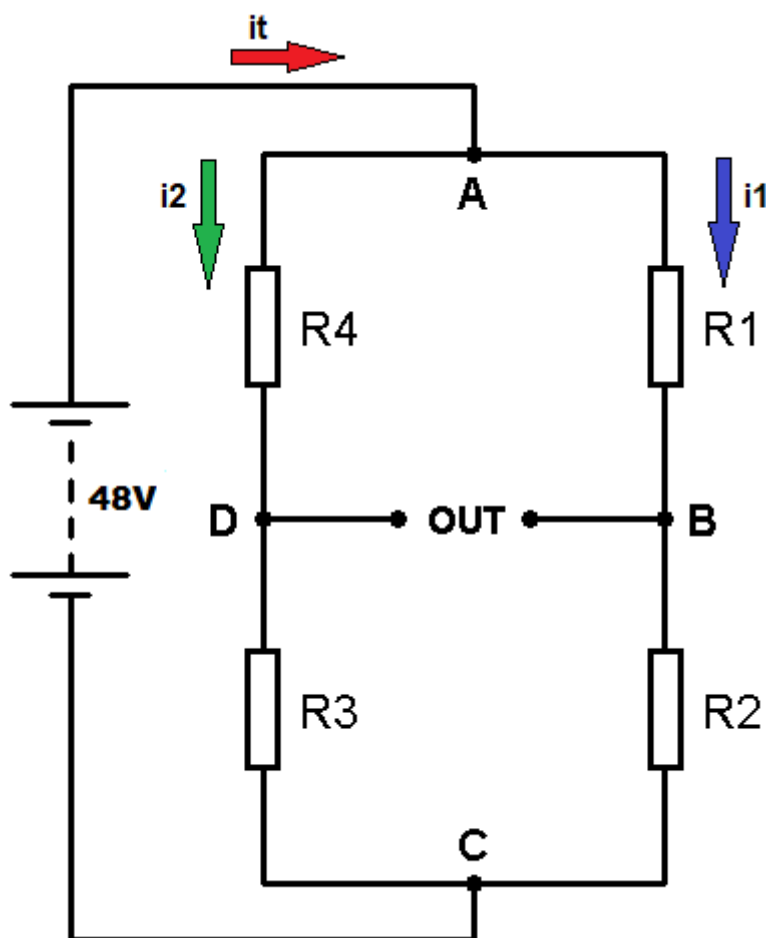
- a) analisar o funcionamento de uma ponte de Wheatstone em equilíbrio
- b) analisar o funcionamento de uma ponte de Wheatstone em desequilíbrio

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 outro que se deseja saber o valor com precisão, quando a ponte está em equilíbrio.

O circuito básico é mostrado abaixo:



A ponte estará em equilíbrio quando a tensão entre os pontos B e D for igual a zero.

a) Para que isso ocorra, devemos ter a seguinte relação:

$$V_{AB} = V_{AD}$$

$$V_{BC} = V_{DC}$$

b) Aplicando a fórmula lei de ohm para tensão, temos:

$$V_{AB} = R1.i1$$

$$V_{AD} = R4.i2$$

$$V_{BC} = R2.i1$$

$$V_{DC} = R3.i2$$

c) Daí então, precisamos ter a relação correta entre esses resistores, para que a tensão entre os pontos B e D seja igual a zero, que equilibra a ponte.

A partir das igualdades de tensão mostradas no item "a", aplicando a fórmula da lei de ohm para tensão, conforme mostrado no item "b", podemos estabelecer a relação entre os resistores da ponte:

$$R1.i1 = R4.i2 \Rightarrow i1 = \frac{R4.i2}{R1}$$
$$R2.i1 = R3.i2$$

substituindo i1

$$R2.\frac{R4.i2}{R1} = R3.i2$$
$$R2.R4.\cancel{i2} = R1.R3.\cancel{i2}$$
$$\boxed{R2.R4 = R1.R3}$$

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

Alterando o valor de qualquer um dos resistores a ponte estará desequilibrada e haverá uma tensão entre os pontos B e D.

Vejamos um exemplo aplicando a relação entre os resistores, de forma a mantê-la equilibrada:

Qual deverá ser o valor de R1 se:

$$R2 = 15\Omega$$

$$R3 = 27\Omega$$

$$R4 = 10\Omega$$

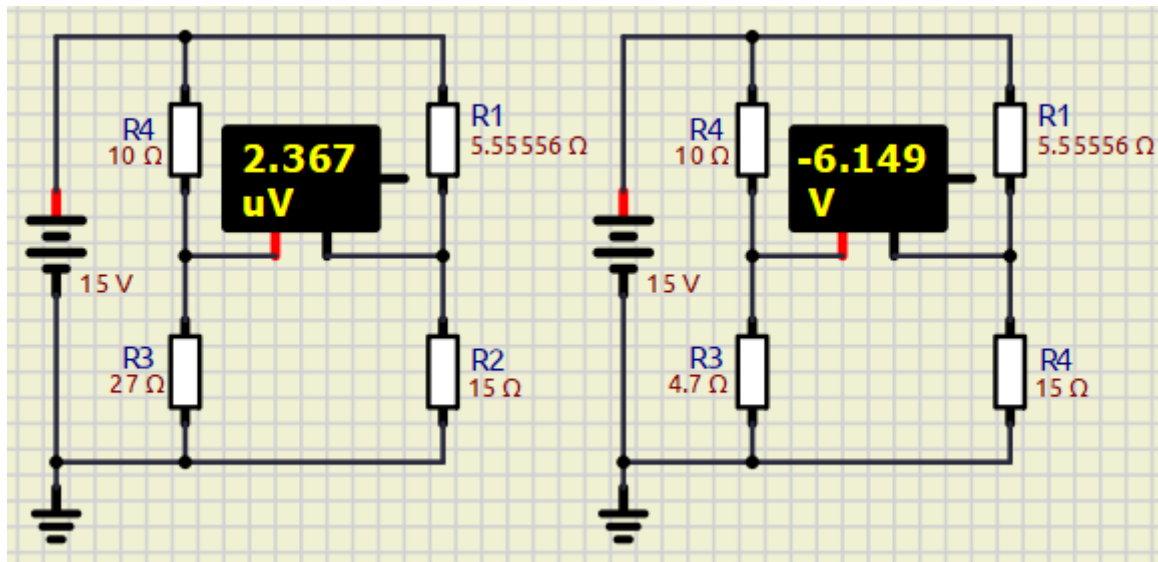
$$R2.R4 = R1.R3$$

$$15.10 = R1.27$$

$$150 / 27 = R1$$

$$R1 = 5,55556\Omega$$

A figura abaixo mostra a simulação, comparando a ponte em equilíbrio e desequilíbrio, mediante a modificação do resistor R3



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.

EXERCÍCIO RESOLVIDO

Calcule o valor de R4 (Rx) para equilibrar a ponte _____

Calcule as correntes It, I1 e I2 e as tensões nos resistores

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

$$i_1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

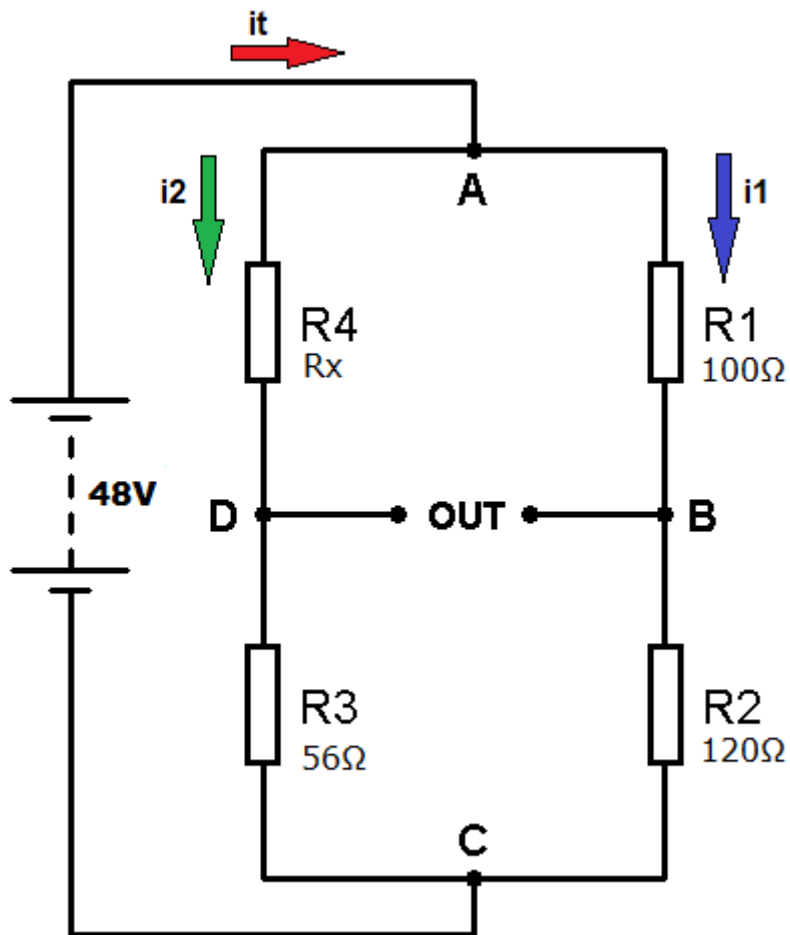
$$i_2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$VR1 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$VR2 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$VR3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$VR4 = \underline{\hspace{2cm}}$$



$$R2.Rx = R1.R3$$

$$Rx = R1.R3 / R2$$

$$Rx = 100\Omega.56\Omega / 120\Omega = 46,667\Omega$$

Temos então $R1+R2 // R3+R4$

$$100\Omega + 120\Omega = 220\Omega$$

$$46,667\Omega + 56\Omega = 102,667\Omega$$

$$220\Omega // 102,667\Omega = 70\Omega$$

Corrente total:

$$it = 48V / 70\Omega = 685,714mA$$

Corrente $i1 = 48V / R1 + R2$:

$$48V / 220\Omega = 218,182mA$$

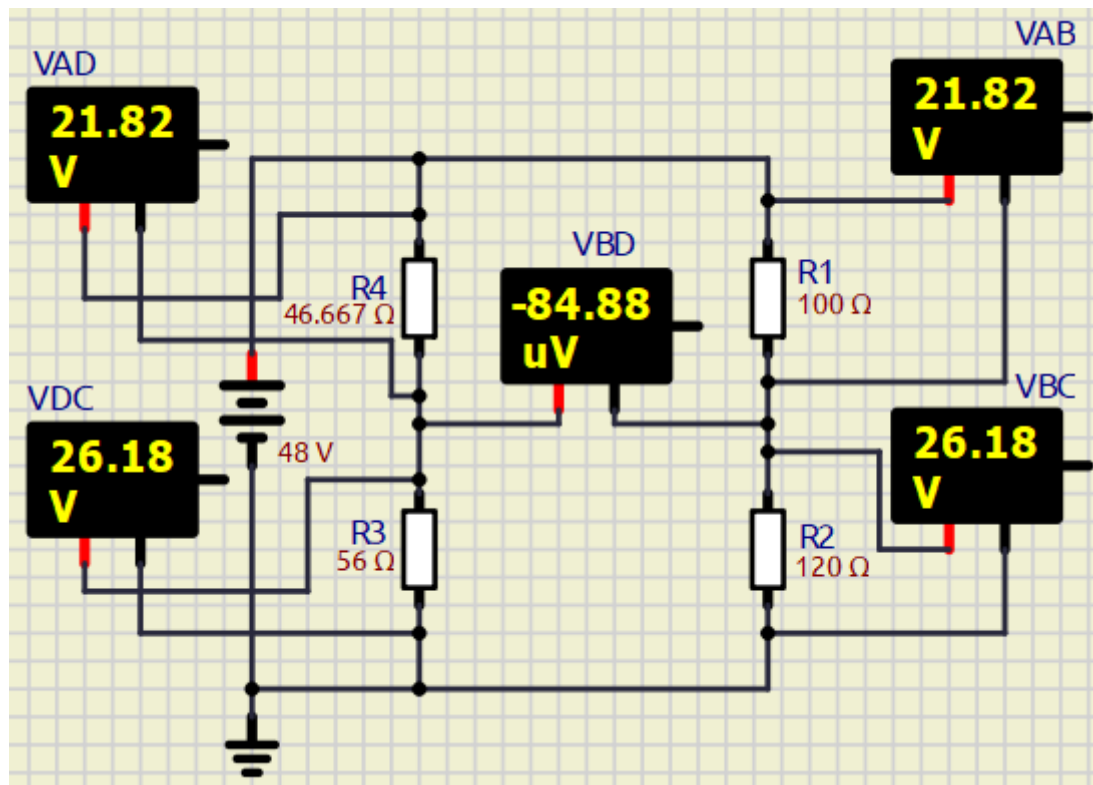
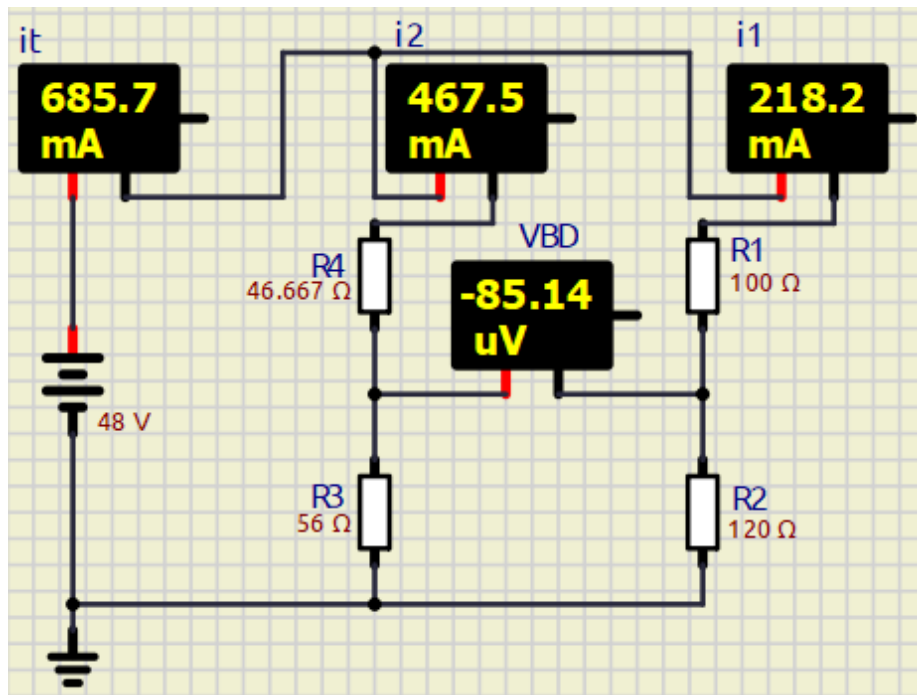
Corrente $i2 = 48V / R3 + R4$:

$$48V / 102,667\Omega = 467,531mA$$

$$i1 + i2 = it$$

$$it = 218,182mA + 467,531mA = 685,713mA$$

As figuras abaixo ilustram a simulação de correntes e tensões na ponte:



Cálculo das tensões em cada resistor:

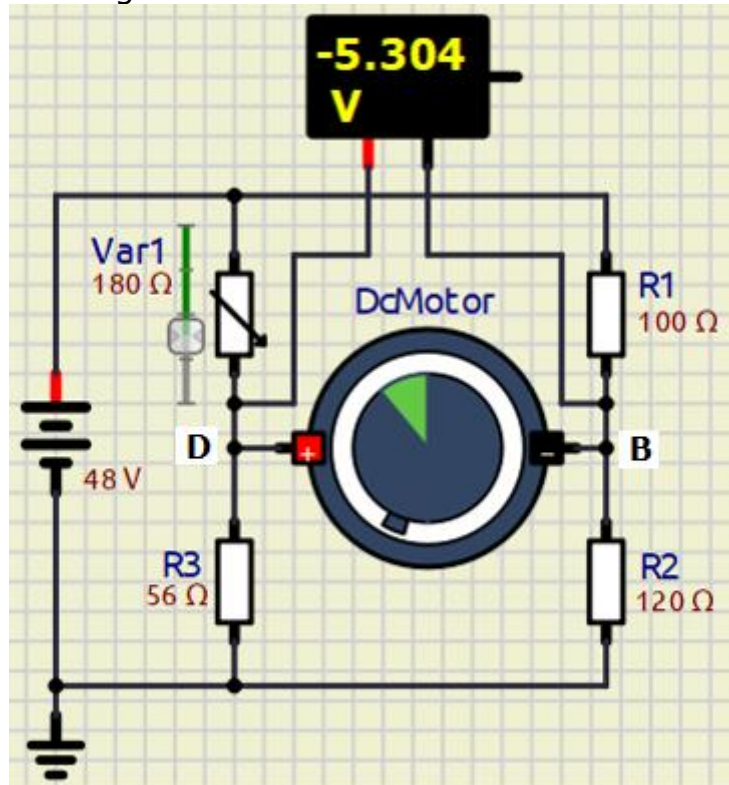
$$V_{R1} (V_{AB}) = 100 \Omega \cdot i_1 = 100 \Omega \cdot 218,182 \text{ mA} = 21,818 \text{ V}$$

$$V_{R2} (V_{BC}) = 120 \Omega \cdot i_1 = 120 \Omega \cdot 218,182 \text{ mA} = 26,182 \text{ V}$$

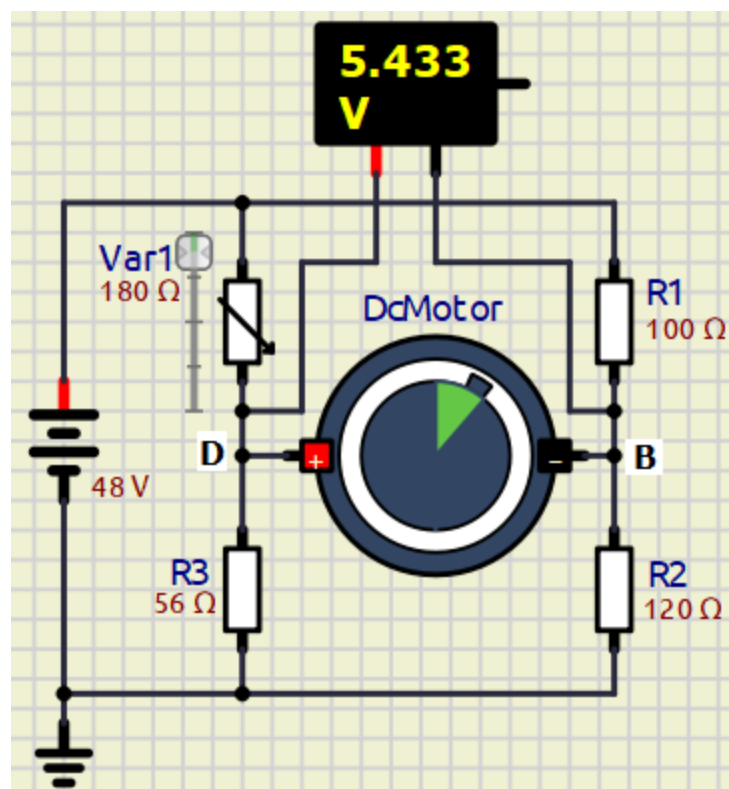
$$V_{R3} (V_{DC}) = 56 \Omega \cdot i_2 = 56 \Omega \cdot 467,531 \text{ mA} = 26,182 \text{ V}$$

$$V_{R4} (V_{AD}) = 46,667 \Omega \cdot i_2 = 46,667 \Omega \cdot 467,531 \text{ mA} = 21,818 \text{ V}$$

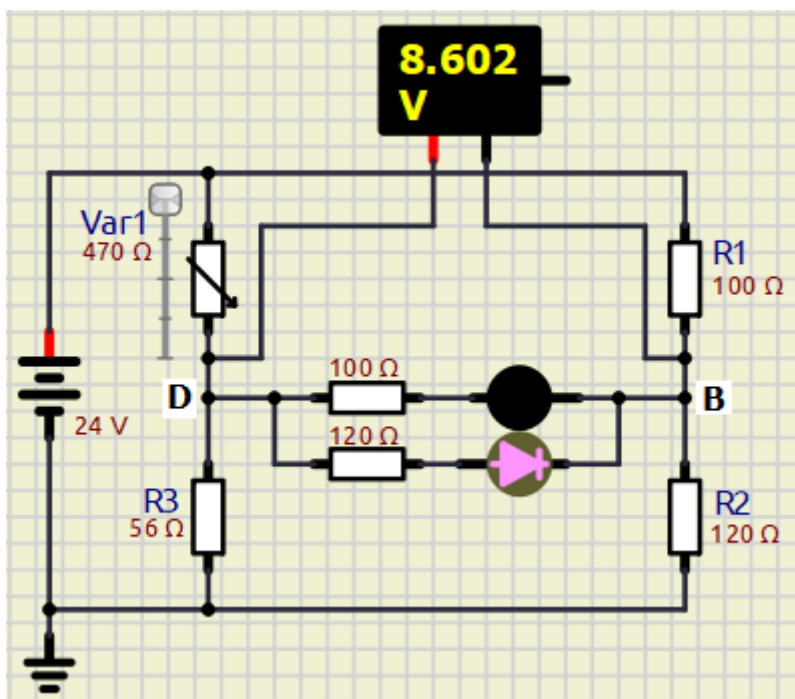
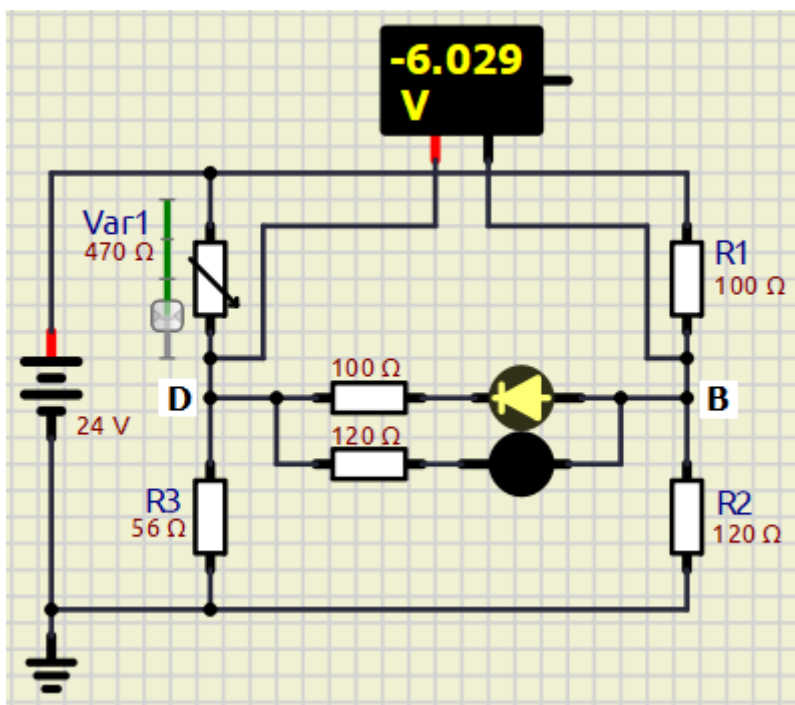
A figura abaixo ilustra uma aplicação muito comum da ponte de Wheatstone, onde dependendo do valor da resistência do resistor variável (varistor), é possível fazer com que o motor DC gire no sentido horário ou no sentido anti-horário.



A posição do cursor (slide) faz com que haja inversão das polaridades entre os pontos B e D.



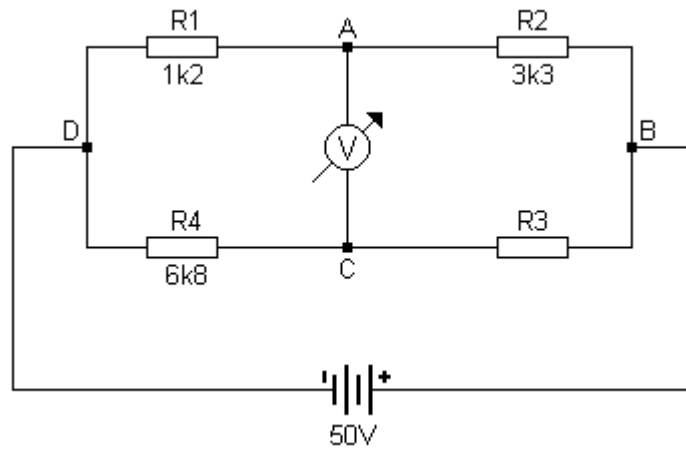
A partir daí podemos criar diversas aplicações, como a mostrada abaixo onde os leds são comutados a partir da inversão da polarização entre os pontos B e D, por conta do deslize do cursor do resistor variável.



Para melhor fixar conceitos sobre ponte de Wheatstone, no circuito a seguir, calcular o valor de $R3$ para que a ponte entre em equilíbrio.

Calcular a corrente total (i_t) com a ponte em equilíbrio.

Montar o circuito no simulador e comprovar os cálculos.



$$R1.R3 = R2.R4$$

$$1k2 \cdot R3 = 3k3 \cdot 6k8$$

$$R3 = 3k3 \cdot 6k8 / 1k2 = 18,7k\Omega$$

$$\mathbf{R3 = 18,7k\Omega}$$

$$it = E / (R1 + R2) // (R4 + R3)$$

$$it = 50V / (4,5k\Omega // 18,7k\Omega)$$

$$it = 50V / 114,75k\Omega / 30k\Omega = 50V / 3,825k\Omega = 13,072mA$$

$$\mathbf{it = 13,072mA}$$

