

Romulo Oliveira Albuquerque

Eletricidade Básica:

Teoria, Prática e Simulação

?

?

$$V=R.I$$

?

www.eletronica24h.net.br

Sobre o Curso

É um curso teórico e prático sobre Eletricidade Básica. O conteúdo, está simplificado, porém suficiente para compreender os experimentos. Todas as experiências são feitas em uma matriz de pontos (protoboard) com ilustrações que permitem que sejam executadas mesmo para iniciantes. Recomenda-se ter conhecimentos básicos de matemática. Todas os circuitos podem ser montados na Matriz de Pontos. Além do experimento real você pode executar uma simulação, para isso existem links para dois tipos de simuladores. Para usufruir melhor do conteúdo, abra uma conta no [Tinkercad](#) e [Multisim On Line](#), é grátis, basta e-mail e senha nos dois casos.

Sobre o autor

Formado em Engenharia Elétrica pela EEM (Escola de Engenharia Mauá - São Caetano do Sul -SP) em 1977. Implantou a Fatec (Faculdade de Tecnologia) de São Bernardo do Campo e foi diretor de 2005 a 2010. Atualmente é professor.

Foi professor na Faculdade de Tecnologia do Centro Universitário UNI A de Santo André - SP de 1986 a 2011

Foi professor na ETI Lauro Gomes de 1976 a 2004.

Participou do projeto do curso de Eletrônica Modalidade Autotronica da Fatec de Santo André.

É autor dos seguintes livros, todos publicados pela Editora Érica:

Análise de Circuitos em Corrente Contínua

Análise de Circuitos em Corrente Alternada

Circuitos em Corrente Alternada (fora do catálogo)

Análise e Simulação de Circuitos no Computador - EWB5 (fora do catálogo)

Análise e Simulação de Circuitos no Computador - MultiSIM2001 (fora do catálogo)

Utilizando Eletrônica com AO, SCR, TRIAC, UJT, PUT, CI 555, LDR, LED, FET, IGBT

Mestre pela Escola Politécnica da USP onde defendeu a dissertação "INTEGRAÇÃO DE FERRAMENTAS DE AUXÍLIO AO PROJETO DE CIRCUITOS INTEGRADOS PARA O ENSINO DA MICROELETRÔNICA" na Escola Politécnica da USP (Universidade de São Paulo), obtendo o grau de Mestre – Orientador Prof. Dr. Antônio Carlos Seabra.

Construiu e mantém o Site ELETRÔNICA24H no endereço www.eletronica24h.net.br

Sugestões serão bem aceitas envie-as para romulo.oliveira@gmail.com

Para comprar Multímetro, baterias, pilhas, suportes para pilhas e baterias, matriz de pontos (protoboard), jumpers e componentes sugiro comprar em lugares conhecidos seja na Internet ou em local físico. Sempre pesquise em mais de um lugar. Com auxílio de um computador mesmo celular você pode fazer uma pesquisa.

Aqui no Brasil já comprei, e recebi, no [Bau da Eletrônica](#).

Índice

<u>Experiência 01</u> : Circuito Elétrico Simples.....	03
<u>Experiência 02</u> : Medindo Tensão.....	09
<u>Experiência 03</u> : Resistores – Código de Cores.....	16
<u>Experiência 04</u> : Lei de OHM - Medindo Corrente.....	24
<u>Experiência 05</u> : Resistores Especiais.....	33
<u>Experiência 06</u> : Associação Serie de Resistores.....	39
<u>Experiência 07</u> : Associação Paralelo.....	45
<u>Experiência 08</u> : Associação Mista de Resistores.....	57
<u>Experiência 09</u> : O Divisor de Tensão.....	66
<u>Experiência 10</u> : Leis de Kirchhoff.....	77
<u>Experiência 11</u> : Gerador de Tensão Real.....	88
<u>Experiência 12</u> : Teorema de Thevenin.....	99
<u>Experiência 13</u> : Teorema da Superposição.....	108
<u>Experiência 14</u> : Ponte de Wheatstone.....	115

Experiência 01: Circuito Elétrico Simples

[Índice](#)

Objetivos

- Conhecer um circuito elétrico simples.
- Conhecer a matriz de pontos (Protoboard)

Material Usado

1 Multímetro digital
1 Matriz de pontos
1 Bateria de 9 V com terminais (clip)
1 Lâmpada de 12 V ou de 9 V
Fios para conexão (pode ser fio

Introdução Teórica

Todo circuito elétrico deve ter no mínimo um gerador que forneça a energia elétrica e um receptor que consuma essa energia elétrica. A Figura 1 mostra um exemplo de circuito conhecido por você, que tem um gerador (bateria) conectado a um receptor (lâmpada), um fornece energia elétrica e outro consome. Na prática existe um terceiro elemento, a chave, que serve de controle (liga/desliga) do fluxo de energia.

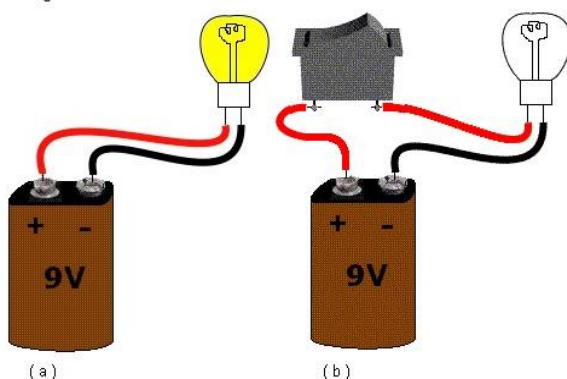


Figura 1 – Circuito elétrico simples (a) sem chave (b) com chave

A Matriz de Pontos (MP) também chamada de Protoboard (marca registrada) é um arranjo de pontos interligados (por baixo) que permite montar circuitos sem que seja necessário soldar as partes envolvidas. A Figura 2 mostra o aspecto de uma MP genérica e que consiste em linhas horizontais e verticais. Existe diversos tipos de fabricantes com diferentes tipos de formatos e preços (depende do número de pontos).

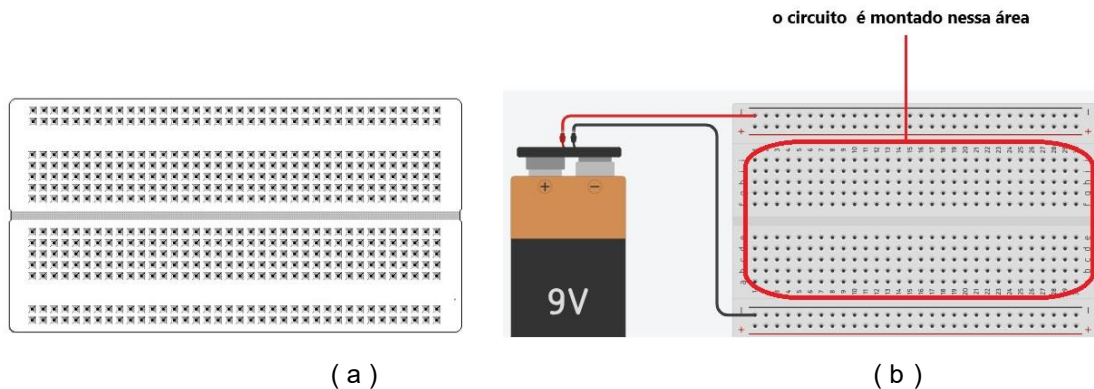


Figura 2 – (a) MP genérica (b) Forma de ligar a bateria na MP

[LinkSimulador1](#)

[VideoSimulador1](#)

[VideoSimulador2](#)

A Figura 2b mostra os pontos interligados internamente e a forma de ligar a alimentação (no caso 9V). O polo positivo sempre no barramento superior. Observar que os dois barramentos horizontais (em algumas MP só existe 1) da parte superior não estão conectados entre si, podendo serem usados como pontos para outra alimentação. Os pontos na vertical do mesmo lado estão conectados, mas não existe conexão entre duas linhas verticais. A separação entre as linhas verticais é usada para inserir circuito integrado (C.I). A Figura 3 mostra alguns componentes ligados na MP, um circuito integrado (CI) na MP alimentado por uma bateria de 5 V, um transistor, e um resistor, componentes eletrônico que você ainda não conhece, por enquanto.

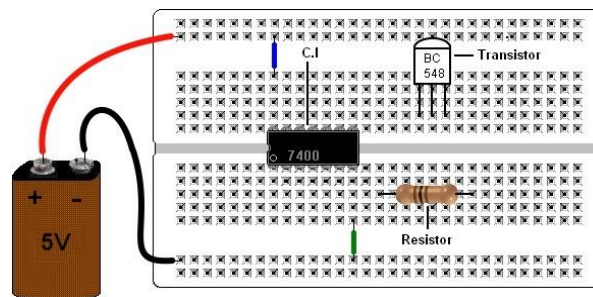


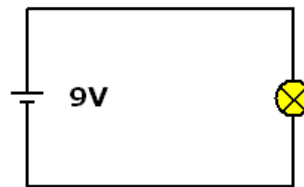
Figura 3 – Como conectar componente na MP (Matriz de Pontos)

[Simulador1](#) Veja aqui uma aplicação que em outro curso estudará

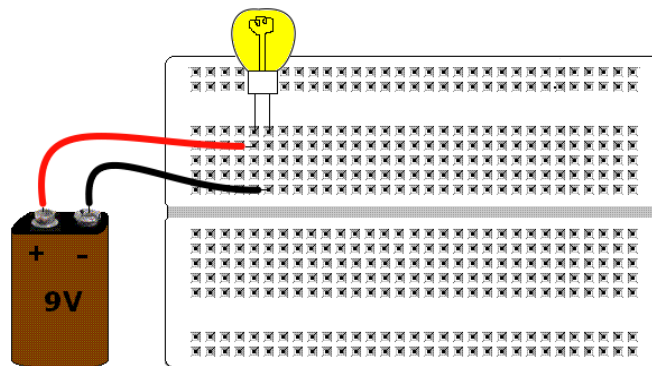
Atenção!!! Ao iniciar a montagem de um experimento se certifique de ter todo o material e o esquemático (circuito) desenhado.

Procedimento Experimental

- 1 Monte o circuito da Figura 1a na Matriz de Pontos (MP), lembrando que a lâmpada não tem polaridade podendo ser ligada em qualquer polo da bateria. Observar os fios da bateria ligados em verticais diferentes.



(a)



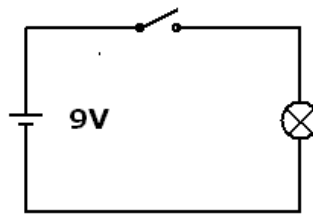
(b)

Figura 4 – (a) Esquemático de um circuito simples lâmpada e bateria (b) Na MP

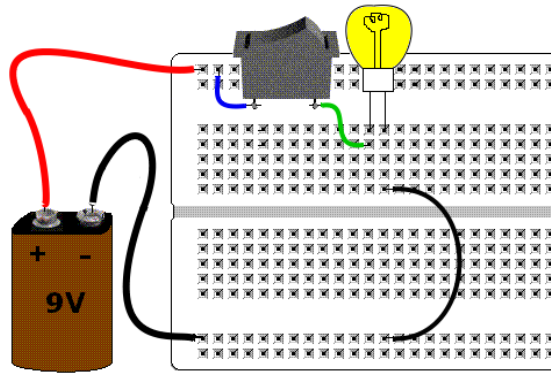
[LinkSimulador1](#)
[VideoSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)
[VideoSimulador2](#)

- 2 Primeiramente monte o circuito sem a chave, Figura 4, e verifique o funcionamento. Adicione a chave, Figura 5, monte o circuito da Figura 5a na MP verificando a sua operação ligando e desligando a chave.



(a)



(b)

Figura 5 – (a) Circuito simples com lâmpada ou (LED+resistencia), bateria e interruptor (b) Na MP

[LinkSimulador1](#)
[VideoSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)
[VideoSimulador2](#)

3 Agora que você sabe o que é um circuito elétrico escreva as suas conclusões.

Experiência 02: Usando o Multímetro para Medir Tensão

[Índice](#)

Objetivos

- Aprender a medir tensão elétrica usando um multímetro digital.

Material Usado

4 Pilhas AA de 1,5 V

Suporte para 1 pilha, 2 pilhas, 3 pilhas 4 pilhas

1 Bateria de 9 V com clip

1 Multímetro digital

Introdução Teórica

Sabemos que a toda grandeza física (comprimento, massa, temperatura, pressão, etc) existe um instrumento (régua, balança, termômetro, manômetro, etc.) correspondente capaz de medir a quantidade dessa grandeza. Em eletricidade existem várias grandezas físicas, tais como tensão, corrente, resistência elétrica, potência, os instrumentos que medem essas grandezas são respectivamente voltímetro, amperímetro, ohmímetro, wattímetro. Esses instrumentos podem ser encontrados isoladamente ou juntos em um mesmo instrumento chamado de [Multímetro](#).

Um multímetro é um instrumento capaz de medir tensão, corrente e resistência. Os digitais indicam os resultados em um *display*. Os analógicos dão a indicação através de um ponteiro que se desloca ao longo de uma escala. Os instrumentos digitais costumam ter maior precisão. A Figura 1 mostra um multímetro digital típico.

Para medir uma tensão deve ser usado um instrumento chamado de voltímetro, que pode ser analógico ou digital. Uma tensão é sempre aplicada entre **dois** pontos, muitas vezes chamados de nós, portanto o voltímetro deve ser colocado entre esses pontos. Como a tensão pode ser alternada (AC ou CA) ou contínua (DC ou CC) é necessário escolher qual o tipo de tensão em seguida escolher a escala para isso use a chave seletora.

Para medir a tensão em uma pilha de 1,5 V escolher primeiramente a função DCV (tensão contínua) no multímetro e ao mesmo tempo selecionar uma escala adequada (no caso de multímetro com Autorange você não precisa escolher a escala), isto é, vamos medir uma tensão que sabemos é da ordem de 1,5 V então a escala mais adequada é 2000 m (2 V). Se estivéssemos medindo uma tensão da ordem de 5 V deveríamos escolher a escala DCV 20.

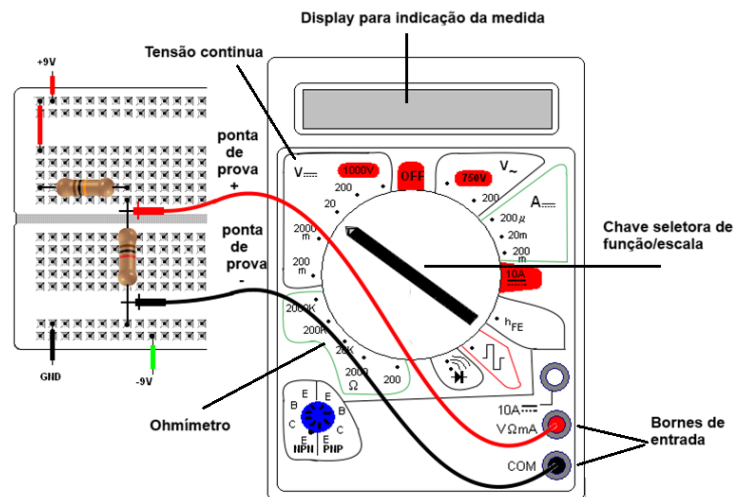
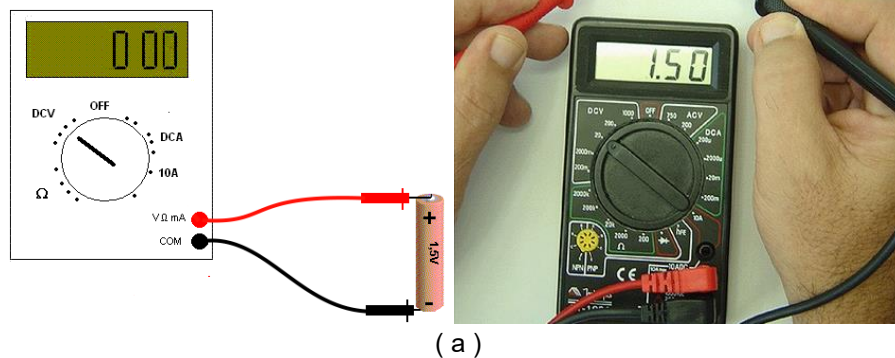


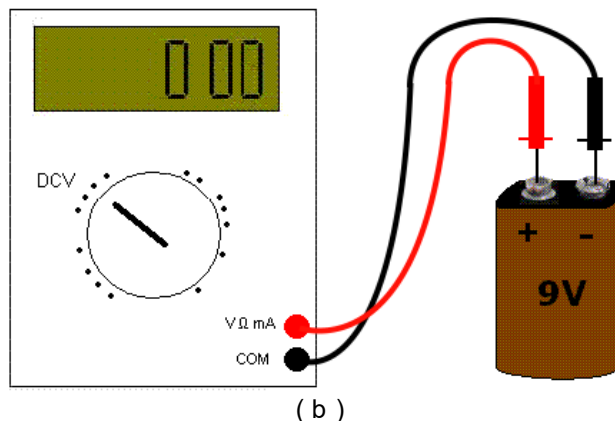
Figura 1 – Multímetro Digital típico de baixo custo

Procedimento Experimental

- 1) Escolha qualquer uma das 4 pilhas e meça a tensão entre o polo positivo (cabo vermelho colocado em $V\Omega mA$) e o negativo (cabo preto colocado em Com) exatamente como na Figura 2. Anote o seu valor.
- 2) Repita para a bateria de 9 V.

Pilha 1= _____ Bateria= _____





(b)

Figura 2 – Medindo a tensão (a) em uma pilha (b) em uma bateria

[LinkSimulador1](#)

3) Repita o procedimento para as outras 3 pilhas e bateria.

Pilha 2=_____ Pilha 3=_____ Pilha 4=_____

4) Inverta os terminais (cabo vermelho no negativo e preto no positivo) e veja o que acontece com a medida. Essa parte é importante para você compreender o que é tensão negativa.

Medida=_____

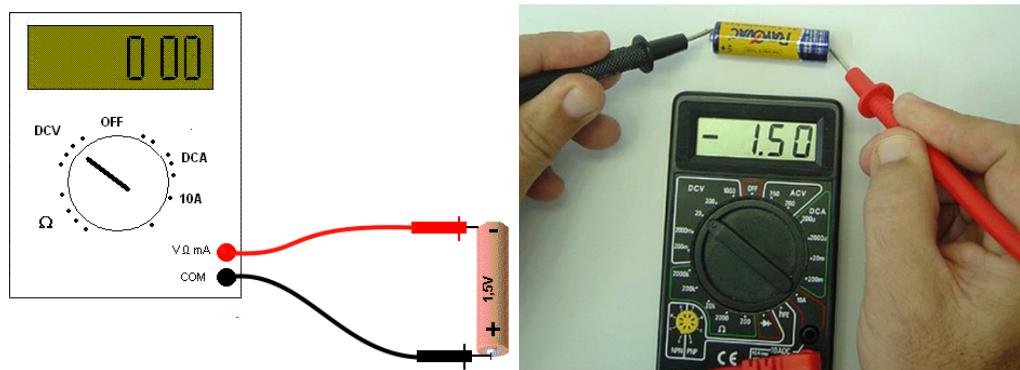


Figura 3 – Medindo a tensão em uma pilha com polaridade invertida

[LinkSimulador1](#)

[VideoSimulador1](#)

5) Use a menor escala de tensão (200 mV) para a medir a tensão da pilha. Qual a indicação?

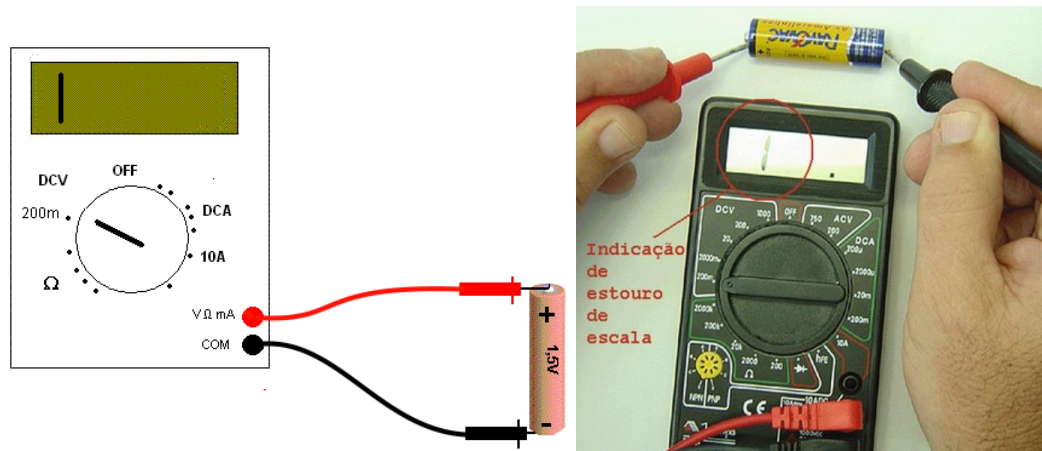


Figura 4 – Medindo a tensão em uma pilha com escala inadequada

- 6) Agora que você já sabe medir tensão contínua com o seu Multímetro, desligue-o colocando a chave seletora na posição OFF. Escreva as suas conclusões.

Experiência 03: Medida de Resistência Elétrica Resistores – Código de Cores

Índice

Objetivos

- Aprender a usar o multímetro para medir resistência elétrica.
- Conhecer a Matriz de Pontos, medindo a resistência entre diversos pontos.
- Aprender a medir resistência elétrica usando o multímetro.
- Conhecer o componente resistor.
- Aprender a usar o código de cores para ler o valor da resistência de um resistor.

Material Usado

1 Multímetro digital
1 Matriz de pontos
1 Bateria de 9 V com terminais
1 Lâmpada de 12 V
Resistores: 82/100/150/220/470/820/1 k/2k2/3k3/4k7/10 k/100 k
Fios para conexões na MP

Introdução Teórica

Para medir resistência é usado o Ohmímetros do multímetro. A medida de resistência. O que é resistência?

Na experiência 1 você ligou uma bateria a uma lâmpada, que acendeu. Por que? Porque uma corrente elétrica passou pelo filamento da lâmpada que **aqueceu muito** e emitiu luz. Você pode aprender melhor sobre corrente elétrica no curso [Eletricidade em CC Aula01](#). A corrente sofre uma oposição ao se deslocar pelo interior de um condutor. A medida dessa oposição é dada pela resistência elétrica do condutor que é especificada em Ohms (Ohms símbolo Ω). Resistores são componentes elétricos/eletrônicos que apresentam um valor padrão de resistência. existem de diversos tipos e formas. Aprenda mais sobre resistores e o código de cores no curso [Eletricidade em CC Aula03](#).

A matriz de pontos é constituída de pontos interligados internamente como você já viu na experiência anterior. Nesta experiência você fará medidas de resistência em diversos pontos identificando quais os pontos que estão em curto-circuito e que pontos estão em aberto.

Potência Elétrica

No seu chuveiro estão marcadas duas informações 220V/7500 W. A última informação

(número), no caso 7500 W, é a potência elétrica do chuveiro. Para explicar vou fazer uma pergunta: se a especificação do chuveiro fosse 220V/5000W

Qual dos dois chuveiros aqueceria mais? O de 7500 W, pois a potência é maior. Qual consome mais energia elétrica? Se os dois ficarem ligados durante o mesmo intervalo de tempo (t), o consumo seria maior com 7500 W ou 7, kW (kilowatts). O consumo (C) depende da potência (P) e do tempo (t) que o dispositivo fica ligado. Exemplo: Qual o consumo de um banho de 30 minutos, em kW.h, se for usado o primeiro chuveiro?

Resposta: Como consumo (C) é calculado por $C=P.t$ P em kW e t em h.

No exemplo $P=7,5 \text{ kW}$ e o tempo $30\text{min.}=0,5 \text{ h}$.

$$C=7,5 \text{ kW} \cdot 0,5 \text{ h}=3,75 \text{ kW.h}$$

Dê uma olhada na conta de luz da sua casa o consumo lá especificado será em kWh, você paga por kWh de energia consumida. Novamente o consumo depende da potência elétrica dos dispositivos elétricos da sua casa e do tempo que ficam ligados.

Em tempo, os resistores usados por você nas experiências podem dissipar até $\frac{1}{4} \text{ W}$ ou 0,25 W.

Procedimento Experimental

- 1) Selecionar a menor escala de resistência (200). Enrole em cada ponta de prova do multímetro um pedaço de fio rígido que possa ser introduzido no furo da matriz de pontos. Inserir os fios nos furos da mesma vertical como indicado na Figura 1. Anotar o valor medido. No multímetro tem uma função que é dar uma indicação sonora quando a resistência for muito baixa é onde tem símbolo parecido como o do WiFi.

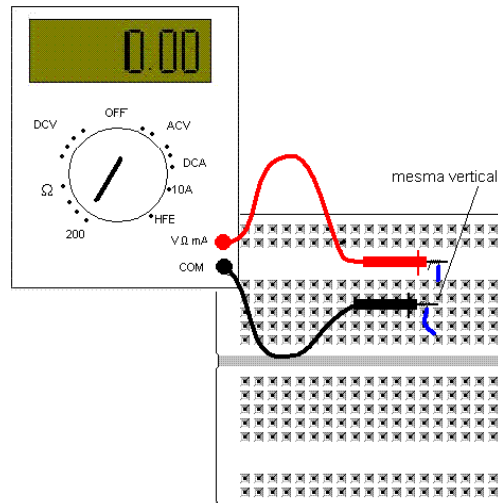
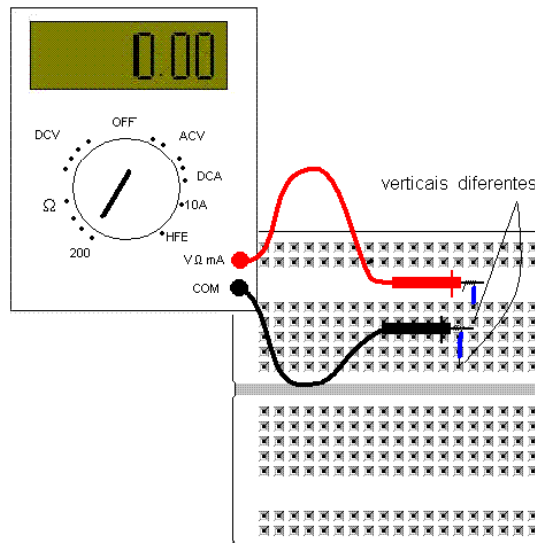


Figura 1 – Medindo a resistência entre pontos na mesma vertical da MP – Caso 1
[LinkSimulador1](#)

Obs: O mal contato entre o fio e a ponta de prova e entre o fio e a MP pode fazer resultar em instabilidade para leitura do valor pois o valor é muito baixo. Teoricamente a resistência deveria ser zero, mas não é.

Mesma Vertical: $R = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ (ohm)

- 2) Inserir os terminais do multímetro em dois pontos que estão em verticais diferentes, Figura 2.



[LinkSimulador1](#)

Figura 2 – Medindo a resistência entre pontos em verticais diferentes
Verticais diferentes: $R = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ (ohm)

- 3) Inserir os terminais do multímetro em dois pontos que estão em uma mesma vertical mas separadas pelo separador, Figura 3.

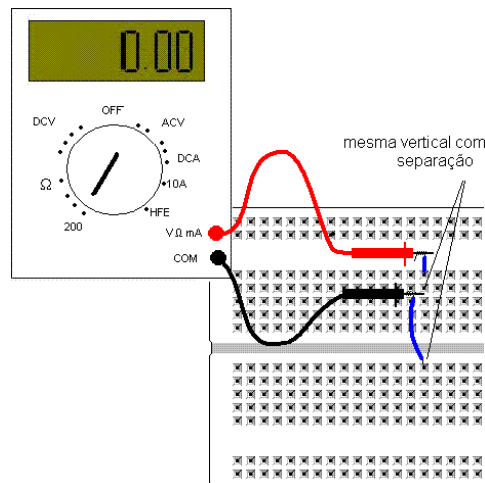


Figura 3 – Medindo a resistência entre pontos na mesma vertical separados

[LinkSimulador1](#)

Verticais diferentes e separadas: $R = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ (ohm)

- 4) Inserir os terminais do multímetro em dois pontos que estão na mesma horizontal, Figura 4.

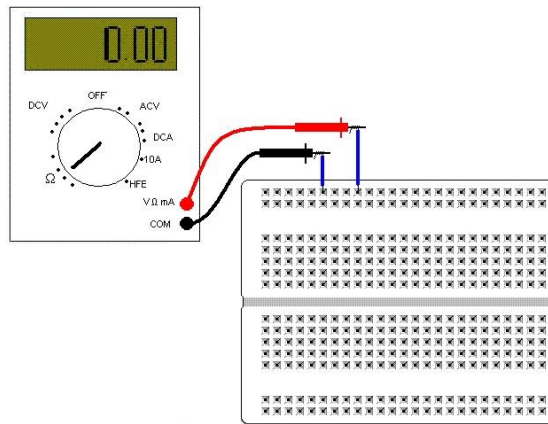


Figura 4 – Medindo a resistência entre dois pontos no mesmo barramento horizontal

[LinkSimulador1](#)

Mesmo barramento Horizontal: $R = \underline{\hspace{1cm}} \Omega$ (ohm)

- 5) Inserir os terminais do multímetro em dois pontos que estão em barramentos (horizontal) diferentes, Figura 5.

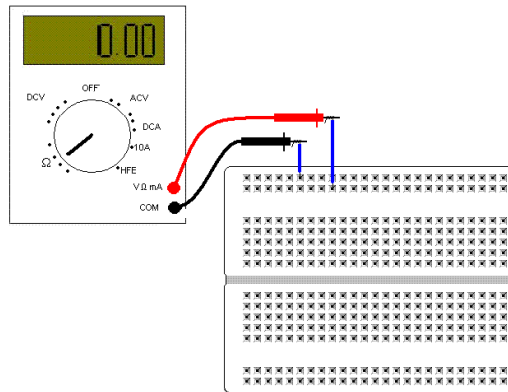


Figura 5 – Medindo a resistência entre dois pontos em barramentos horizontais diferentes

[LinkSimulador1](#)

Obs: A sua MP pode não ter dois barramentos horizontais, nesse caso pule essa etapa

- 6) Agora que você conhece uma matriz de pontos escreva as suas conclusões.
- 7) Selecionar 10 resistores diferentes (as 3 primeiras faixas de cores diferentes). Ler as cores das faixas de cada resistor e preencher na tabela 1. Determine os valores usando [código de cores](#) (Valor Nominal).
- 8) Calcular os limites (máximo e mínimo) a partir da tolerância. Indicar na tabela 1.

Tabela 1 – Medindo a resistência: código de cores e ohmímetro

R	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa	4ª Faixa	Valor Nominal	Valor Máx	Valor Mín	Valor Medido
Ex:	Marrom	Preto	Marrom	Prata	100			
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Obs: Valor Máximo = Valor Nominal + tolerância x Valor nominal

Valor Mínimo = Valor Nominal - tolerância x Valor nominal

Exemplo: Valor Nominal=100 Ohms tolerância=10%

Valor Máximo = $100 + 10\% \times 100 = 110$ Ohms

Valor Mínimo = $100 - 10\% \times 100 = 90$ Ohms

Isso significa que é possível medir valores de 90 a 110 Ohms para essa resistência de valor nominal 100 Ohms e tolerância 10%. Bem-vindo ao mundo real.

9) Agora que você sabe medir a resistência de um resistor e ler o código de cores, escreva as suas conclusões.

Experiência 04: Primeira Lei de OHM - Medida de Corrente Elétrica – Curva Característica do Resistor

[Índice](#)

Objetivos

- Aprender a medir corrente elétrica usando um multímetro digital.
- Verificar experimentalmente a primeira lei de OHM.
- Levantar experimentalmente a curva característica de um resistor.

Material Usado

1 Multímetro digital
 1 Matriz de pontos
 1 Bateria de 9 V com terminais
 4 Pilha AA de 1,5 V
 Suporte com terminais para: 1 pilha, 2 pilhas, e 4 pilhas.
 Resistores: 82/100/150/220/470/820/1k/2k2/3k3/4k7/10k/100k

Introdução Teórica

A primeira lei de OHM relaciona a intensidade corrente (I) com a tensão (V) e a resistência de um condutor (R) sendo expressa através de qualquer uma das três expressões a seguir.

$$R = \frac{V}{I} \quad V = R \cdot I \quad I = \frac{V}{R}$$

Onde

- V expresso em Volts (V), I em Amperes (A) e R em Ohms (Ω)
- V expresso em Volts (V), I em miliamperes (mA) e R em kiloohms (kOhms)
- V expresso em Volts (V), I em microamperes (μ A) e R em Megaohms(MOhms)

Para medir a intensidade de uma corrente em um dispositivo, você deve **abrir** o circuito em qualquer ponto, antes ou depois do dispositivo, e inserir o amperímetro, observando a polaridade. Por exemplo, para medir a corrente no resistor da Figura 1a o circuito é aberto entre o terminal positivo e o terminal do resistor. A Figura 1b mostra o amperímetro inserido.

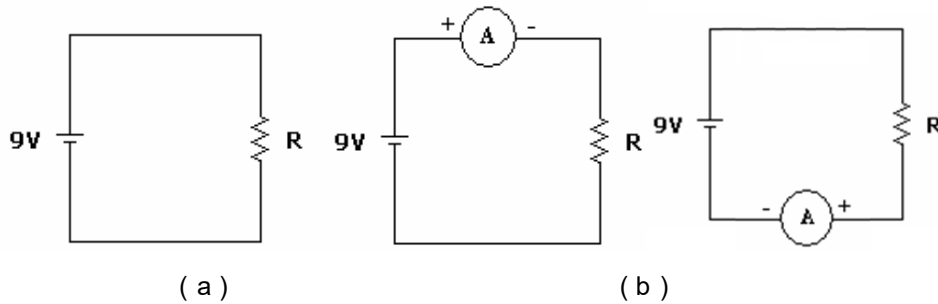


Figura 1 – Medindo a corrente de um resistor (a) circuito sem multímetro (b) amperímetro inserido

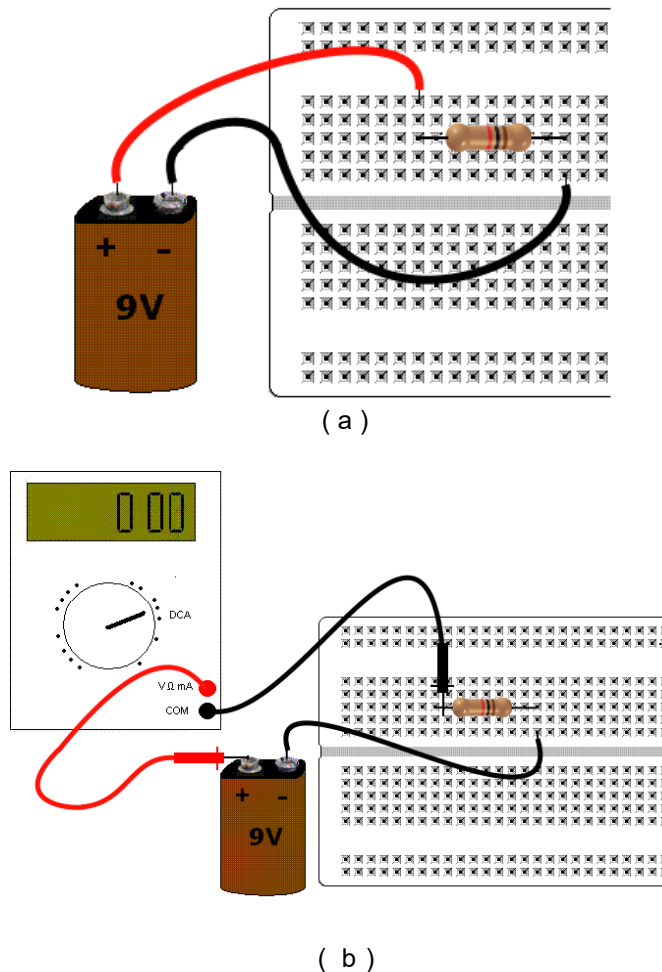


Figura 2 – Circuito da Figura 1 na MP (a) sem multímetro (b) amperímetro inserido

[Linksimulador1](#)
[LinkVideo1](#)

Procedimento Experimental

- 1) Escolha 10 resistores de valores diferentes (faixas coloridas diferentes) e indique na tabela 1 o seu valor nominal a partir das faixas.
- 2) Para cada um dos resistores da tabela 1 monte o circuito como indicado na Figura 1.

- 3) Meça a tensão da bateria, pois o valor medido pode ser diferente do nominal (9 V). Anote esse valor como efetivo (E_{efe}).

$E_{efe} = \underline{\hspace{2cm}}$

- 4) Para cada um dos resistores meça a corrente quando o mesmo é ligado na bateria de 9 V indicando o resultado na tabela 1, em mA.
- 5) Calcular a relação entre a tensão efetiva (E_{efe}) da bateria com a corrente medida (I_{med}).
- 6) Comparar o valor obtido na última coluna com o da segunda coluna (código de cores).
- 7) **NÃO** use resistor com a **quarta faixa preta ou marrom** pois o valor da resistência é muito baixo além de aquecer, a bateria não consegue fornecer a corrente.

Tabela 1 – Medindo a corrente em diferentes resistores

Resistor	Valor do Resistor (código de cores)	Corrente Medida (mA)	$R = \frac{E_{efe}}{I}$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

- 8) Agora que você sabe medir corrente elétrica com o multímetro digital e verificou experimentalmente a primeira lei de OHM, escreva as suas conclusões.
- 9) Escolha um resistor de 1 k e para cada um dos valores de tensão da tabela 2, meça a intensidade da corrente no resistor de 1 k de acordo com o *layout* das Figuras de 3 a 6. Para cada caso use o suporte adequado.

Tabela 2 – Levantamento de dados para curva característica resistor de 1k

Tensão(V)	Corrente Medida (mA)
1,5V (1 pilha)	
3,0 V (2 pilhas)	
6,0 V (4 pilhas)	
9,0 V (bateria)	

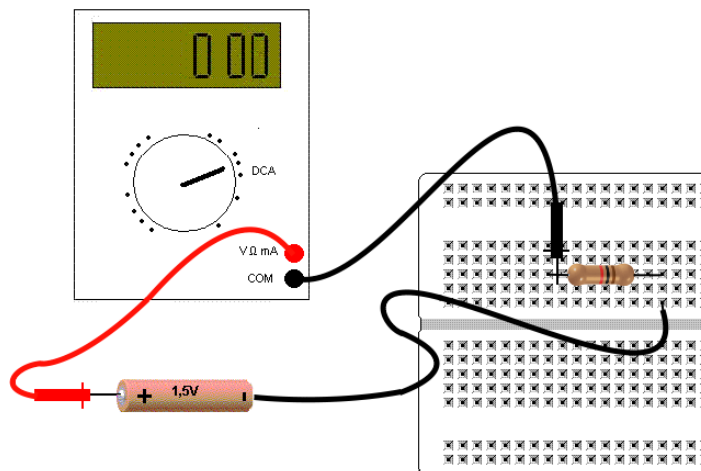


Figura 3 – Medindo a corrente no resistor de 1 k quando a tensão é 1,5 V

[Linksimulador1](#)

[VideoSimulador1](#)

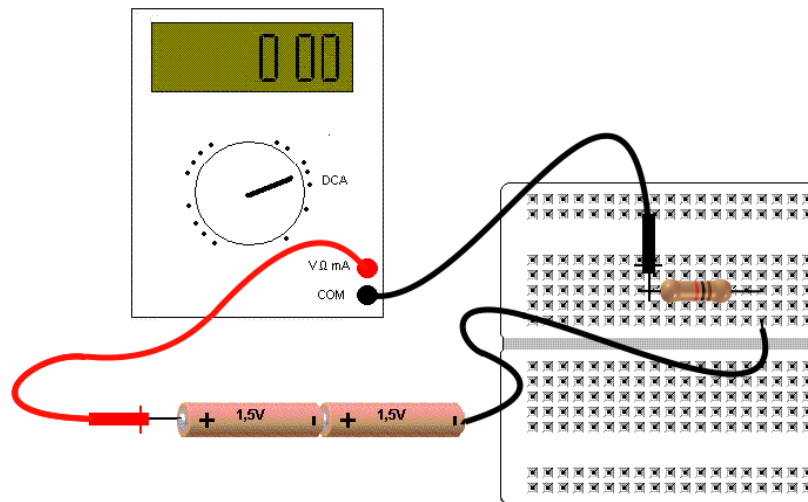


Figura 4 – Medindo a corrente no resistor de 1k quando a tensão é 3V

[Linksimulador1](#)

[VideoSimulador1](#)

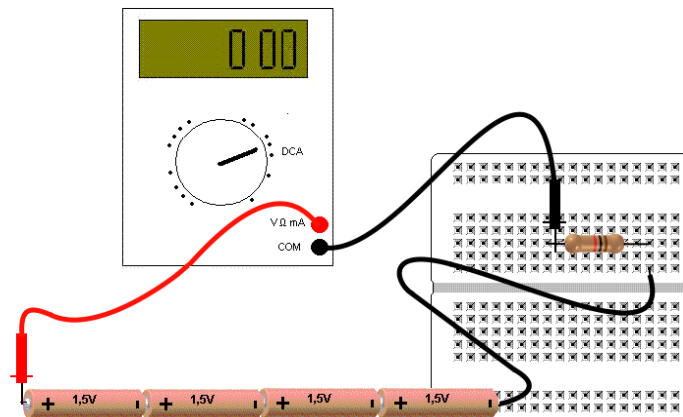


Figura 5 – Medindo a corrente no resistor de 1 k quando a tensão é 6 V

[Linksimulador1](#)

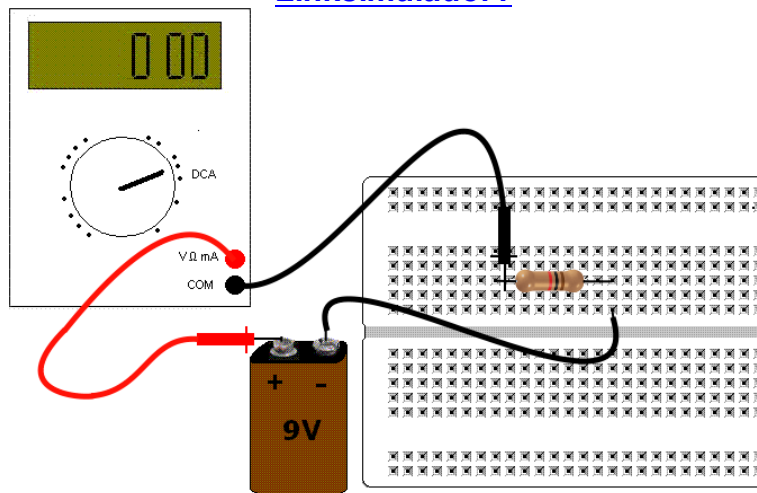


Figura 6 – Medindo a corrente no resistor de 1 k quando a tensão é 9 V

[Linksimulador1](#)

[Linksimulador2](#)

- 10) Com os dados obtidos na tabela 2, [desenhe o gráfico](#) da tensão (V) em função da corrente (I). Para desenhar o gráfico [use papel milimetrado](#). Faça download.
- 11) A partir do gráfico obtido no item 9 escreva as suas conclusões.

Experiência 05: Resistores Especiais

Índice

Objetivos

- Conhecer o funcionamento de alguns resistores especiais tais como o potenciômetro, LDR.
- Medir a resistência do potenciômetro para diferentes posições do cursor.
- Medir a resistência do LDR sob diferentes condições de luz.

Material Usado

- 1 Multímetro digital
- 1 Matriz de pontos
- 1 Bateria de 9 V com terminais
- 1 Potenciômetro linear de 1 k
- 1 LDR

Introdução Teórica

Resistores variáveis – Potenciômetro

Muitas vezes precisamos que o valor da resistência varie, (por exemplo quando você está aumentando o volume do seu rádio, variando a luminosidade da lâmpada no painel do carro, etc.) neste caso deveremos usar um resistor de resistência variável. Existem diversos tipos de resistores cuja resistência pode variar, mas basicamente o princípio de funcionamento é o mesmo (a variação da resistência é obtida variando-se o comprimento do condutor - veja a bibliografia).

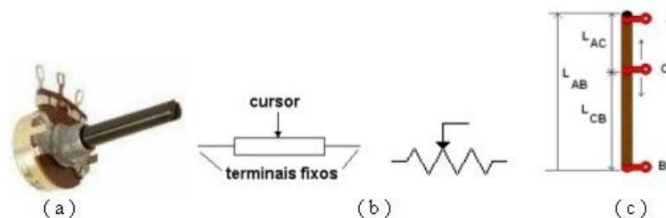


Figura 1 – Potenciômetro - (a) aspecto físico e (b) simbologias (c) princípio de funcionamento

LDR

O LDR (*Light Dependent Resistor* – Resistor Dependente da Luz) é um resistor que tem a sua resistência alterada quando iluminado por radiação visível ou infravermelho (IR). No escuro a resistência é muito alta (mega ohms) e quando iluminado a resistência diminui

(algumas dezenas de ohms). A sua principal aplicação é como sensor de luz, detectando a presença ou não de luz, em sistemas de proteção e alarmes. É construído de um material semicondutor, o sulfeto de cádmio, CdS, ou o sulfeto de chumbo. As principais especificações de um LDR são a máxima potência que pode dissipar, máxima corrente e dimensões.

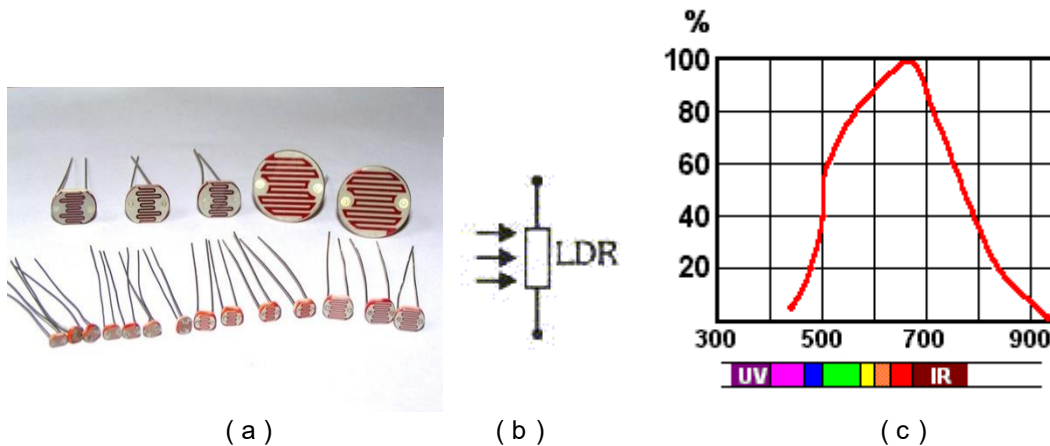


Figura 2 – LDR (a) aspecto físico (b) Símbolo (c) curva de resposta espectral

Procedimento Experimental

- 1) Meça a resistência total do potenciômetro (entre as extremidades). Varie o eixo do potenciômetro e verifique se a resistência mudou.

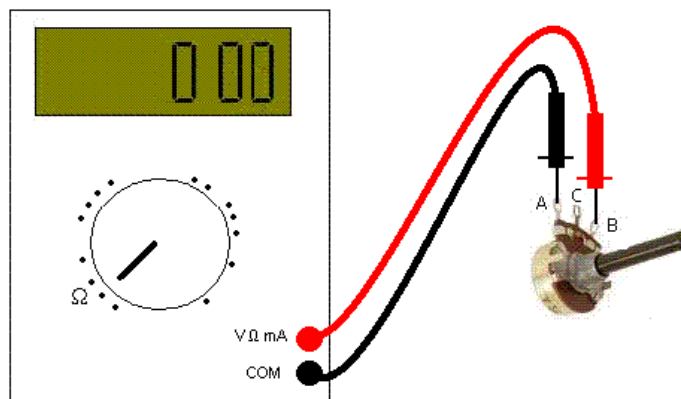


Figura 3 – Medindo a resistência total do potenciômetro

[LinkSimulador1](#)

[VideoSimulador1](#)

$R_{Total} = \underline{\hspace{2cm}}$

- 2) Posicione os terminais do ohmímetro entre o cursor (terminal central) e um das extremidades. Varie o eixo do potenciômetro observando o que acontece. Descreva o que acontece.

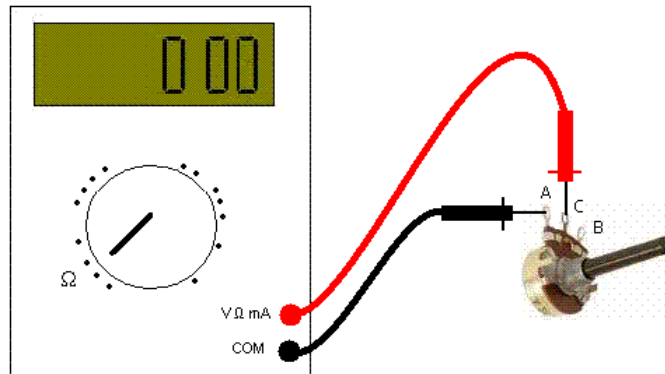


Figura 4 – Medindo a resistência entre o cursor e uma extremidade do potenciômetro

[LinkSimulador1](#) [VideoSimulador1](#)

- 3) Gire o eixo (no sentido horário ou anti-horário) para uma determinada posição e meça a resistência entre o cursor (C) e uma extremidade (A) anote.

$$R_{AC} = \underline{\hspace{2cm}}$$

- 4) Sem mexer no cursor meça a resistência entre o cursor e a outra extremidade (B), anote.

$$R_{BC} = \underline{\hspace{2cm}}$$

- 5) Agora que você sabe como é o funcionamento de um potenciômetro baseado nos resultados obtidos em 3 e 4 escreva as suas conclusões.

Resistor Ativado por Luz (LDR)

- 6) Meça a resistência do LDR quando iluminado pela luz natural ambiente, ou de uma lâmpada. Anote.

$$R_{LDR}(\text{luz ambiente}) = \underline{\hspace{2cm}}$$

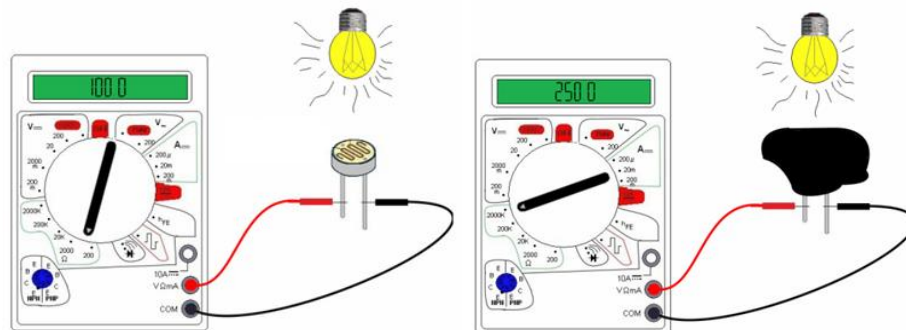


Figura 5 – (a) LDR iluminado (b) LDR no escuro

[LinkSimulador1](#) [LinkVideo1](#)

- 7) Faça sombra no LDR (coloque a sua mão sobre ele) e meça a resistência nessas condições e anote.

$R_{LDR}(\text{escuro}) = \underline{\hspace{2cm}}$

- 8) Agora que você sabe o que acontece com um LDR sob diferentes intensidades luminosas escreva as suas conclusões.

Experiência 06: Associação Serie de Resistores

Índice

Objetivos

- Conhecer um circuito serie
- Medir a resistência total de um circuito serie
- Medir a corrente e as tensões em um circuito serie

Material Usado

1 Multímetro digital
 1 Matriz de pontos
 1 Bateria de 9 V com terminais
 Resistores: 1 k, 2k2,3k3
 Fios rígidos para conexões de diversas cores

Introdução Teórica

Resistores estão ligados em serie quando a corrente que passa por um resistor **é a mesma** nos outros resistores. A Figura 1 mostra uma associação de três resistores em serie.

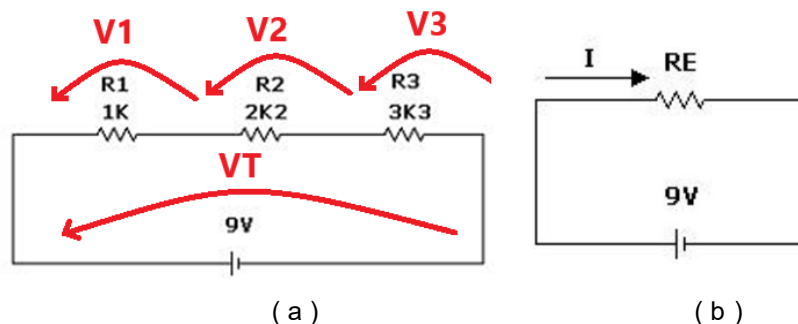


Figura 1 – (a) Circuito com resistores em serie (b) resistência equivalente

Além da corrente ser a mesma, uma associação serie é caracterizada por

- A tensão total é dividida por entre os resistores da associação: $V_T = V_1 + V_2 + V_3$ (Segunda Lei de Kirchhoff).
- O circuito é conhecido por divisor de tensão.
- A resistência equivalente é calculada por: $R_E = R_1 + R_2 + R_3$
- A potência entregue à associação é dividida entre os resistores: $P_T = P_1 + P_2 + P_3$

A corrente no circuito é calculada por:

$$I = \frac{V_T}{R_E}$$

A tensão em cada resistor: $V_1 = R_1 \cdot I$ $V_2 = R_2 \cdot I$ $V_3 = R_3 \cdot I$

Procedimento Experimental

- 1) Calcule a resistência equivalente (R_E), corrente (I) e as tensões (V_1, V_2 e V_3) do circuito da Figura 2 anotando na tabela 1.

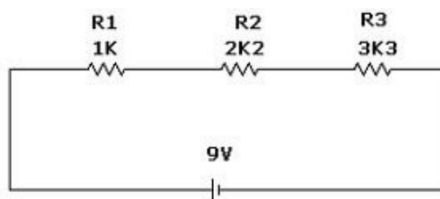


Figura 2 – Associação serie – circuito experimental

Tabela 1 – Valores calculados

R_E	I	V_1	V_2	V_3

- 2 Monte o circuito da Figura 2 na matriz de pontos de acordo com a sugestão de *layout* da Figura 3.

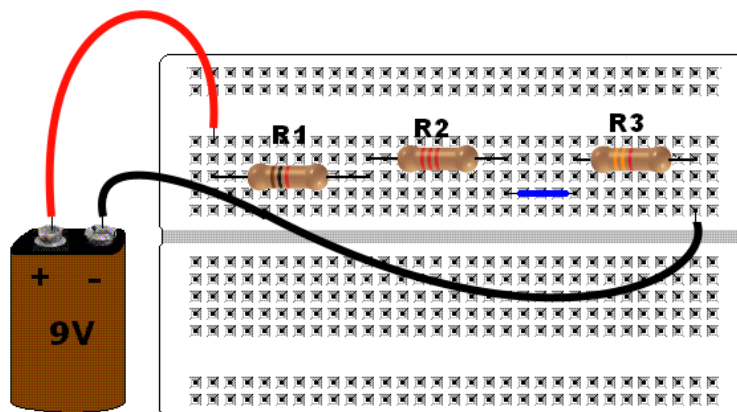


Figura 3 – Associação de resistores em série e bateria

[LinkSimulador1](#)

[VideoSimulador1](#)

- 3 Meça a resistência do circuito usando o ohmímetro do multímetro de acordo com a Figura 4. Anote na tabela 2 o valor medido. Observe que o circuito não pode estar energizado (retire a bateria).

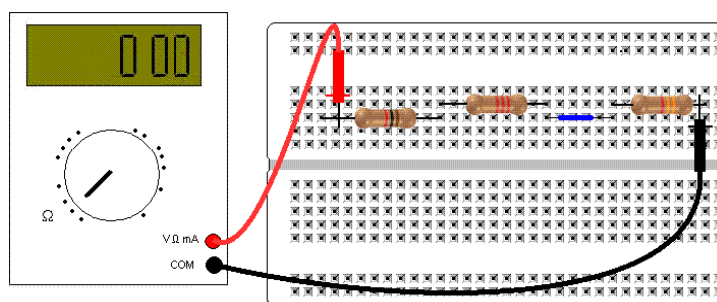
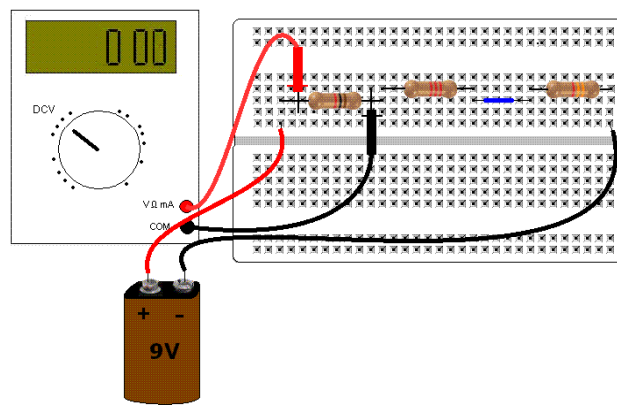


Figura 4 – Medida da resistência equivalente – medindo a resistência equivalente

[LinkSimulador1](#)

[LinkVideo1](#)

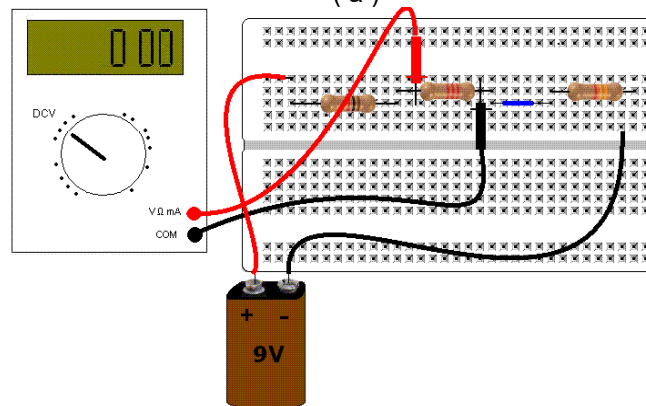
- 4 Recoloque a bateria e meça cada uma das tensões (V_1 , V_2 , V_3) e anote na tabela 2.



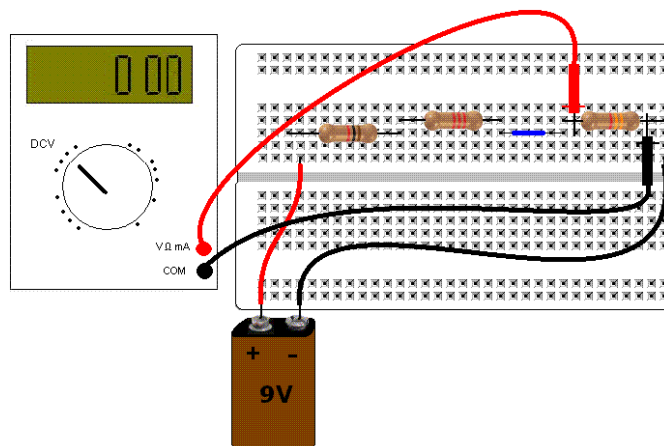
[LinkSimulador1](#)
[LinkVideo1](#)

[LinkSimulador2](#)
[LinkVideo2](#)

(a)



(b)



(c)

Figura 5 – Medindo as tensões (a) em R1 (b) em R2 (c) em R3

- 5 Retire o jumper azul e no seu lugar coloque o amperímetro. Meça a corrente no circuito anotando o valor na tabela 2.

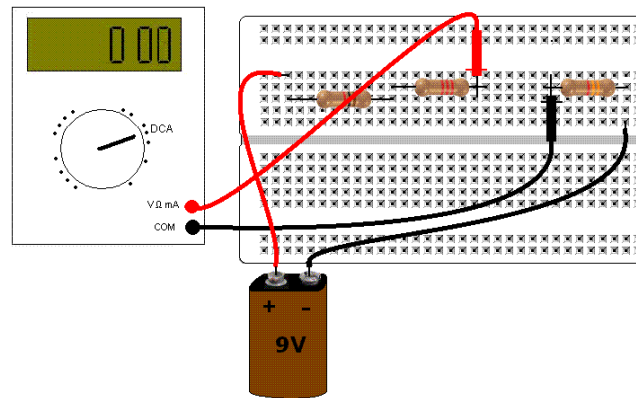


Figura 6 – Medindo a corrente no circuito

[LinkSimulador1](#) [VideoSimulador1](#)

Tabela 2 – Valores medidos

RE(medido)	$RE = V_T / I_T$	I	V1	V2	V3

- 6 Agora que você conhece um circuito serie, efetuando medidas escreva as suas conclusões baseado nas medidas efetuadas e cálculos.

Experiência 07: Associação Paralelo

Índice

Objetivos

- Conhecer o circuito paralelo.
- Medir a resistência equivalente de uma associação paralelo.
- Medir as correntes em um circuito paralelo usando um multímetro digital. Medir a resistência equivalente de um circuito paralelo.
- Montar uma instalação elétrica simples com duas lâmpadas e dois interruptores.

Material Usado

1 Multímetro digital
 1 Bateria de 9 V com terminais
 1 Matriz de Pontos
 Resistores: 1 kΩ, 2k2 e 3k3
 2 lâmpadas de 12 V
 2 Interruptores
 Fios sólidos para conexões na MP

Introdução Teórica

Associamos resistores em paralelo quando desejamos dividir uma corrente ou quando desejamos obter um determinado valor de resistência. A Figura 1a mostra um circuito paralelo com três resistências (R1, R2 e R3) submetidas a uma tensão de 9V. A Figura 1b mostra a resistência equivalente (RE).

Um circuito paralelo é caracterizado por:

- A tensão nos resistores é a mesma
- A corrente total é dividida por entre os resistores da associação: $I_T = I_1 + I_2 + I_3$
- A resistência equivalente é calculada por:

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Por exemplo, seja o circuito da Figura 1a. O seu equivalente calculado usando a expressão está representado na Figura 1b.

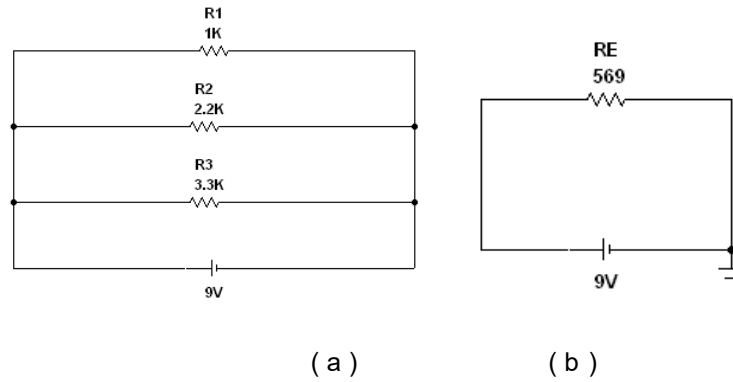


Figura 1 – (a) Associação paralelo (b) Resistencia equivalente

Casos Especiais

Duas resistências (R1 e R2) em paralelo, o equivalente (RE) pode ser obtido fazendo o produto dividido pela soma, isto é:

$$R_E = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

N resistências iguais a R em paralelo, o equivalente pode ser calculado por:

$$R_E = \frac{R}{N}$$

Procedimento Experimental

- 1 Para o circuito da Figura 2 calcule a resistência equivalente (RE) e todas as correntes (I1,I2,I3). Anote os valores calculados na tabela 1.

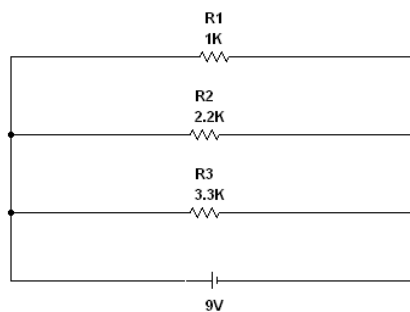


Figura 2 – Associação paralela – circuito para experiencia

Tabela 1 – Valores calculados

RE	I	I1	I2	I3

- 2 Monte o circuito da Figura 2 na matriz de pontos, de acordo com a sugestão de *layout* da Figura 3b, meça a resistência total (equivalente) do circuito e anote na tabela 2. Não esqueça de retirar a fonte de alimentação e colocar o Multímetro como ohmímetro .
- 3 Obs: Os jumpers devem ter os terminais descascados o suficiente de forma a permitir contato com o terminal do multímetro.

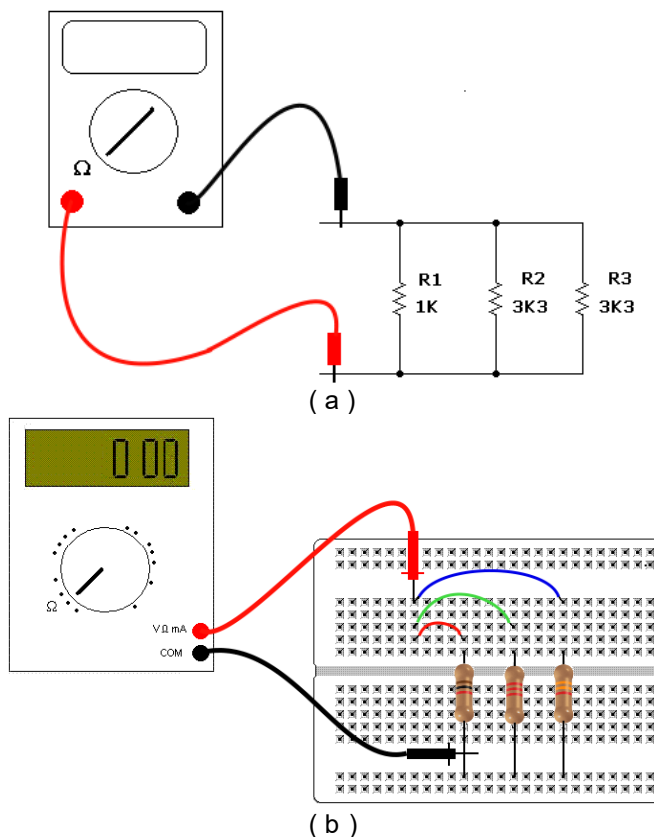


Figura 3 – Associação paralelo - Medida da resistência equivalente (a) circuito (b)

[LinkSimulador1](#)

[LinkVideo1](#)

- 4 Retire o Ohmímetro e ligue a bateria conforme circuito da Figura 4. Abra o circuito entre o polo positivo e o terminal A, e insira o amperímetro na escala de 20 mA. Meça a corrente total que entra na associação (I_T), anote na tabela 2.

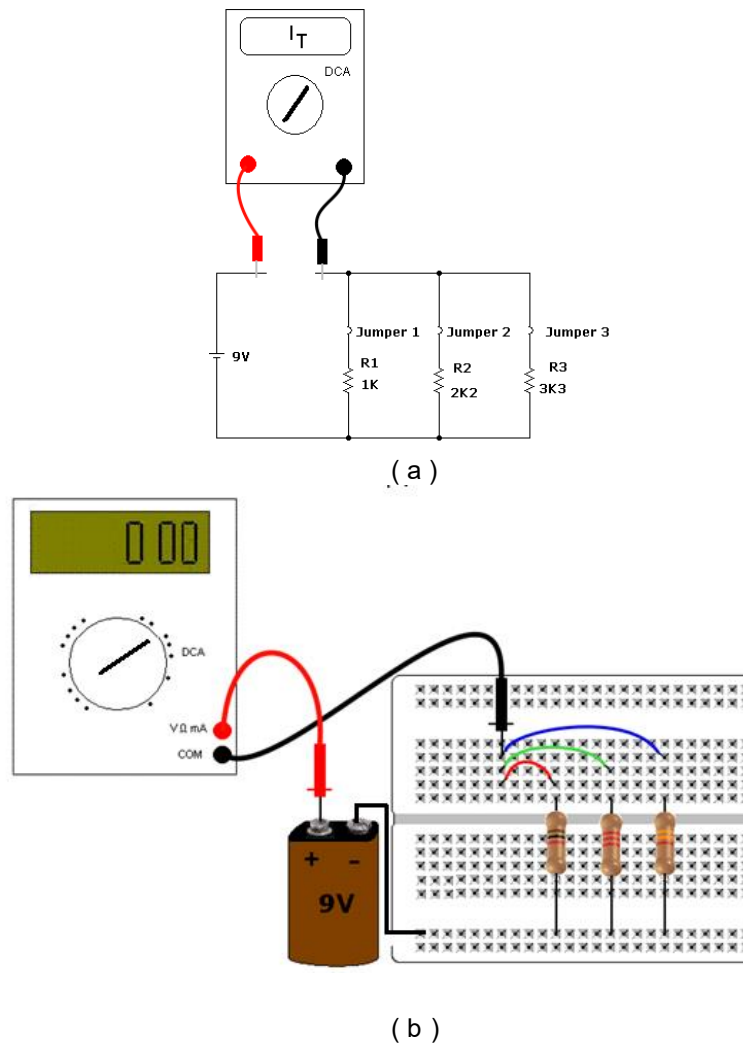
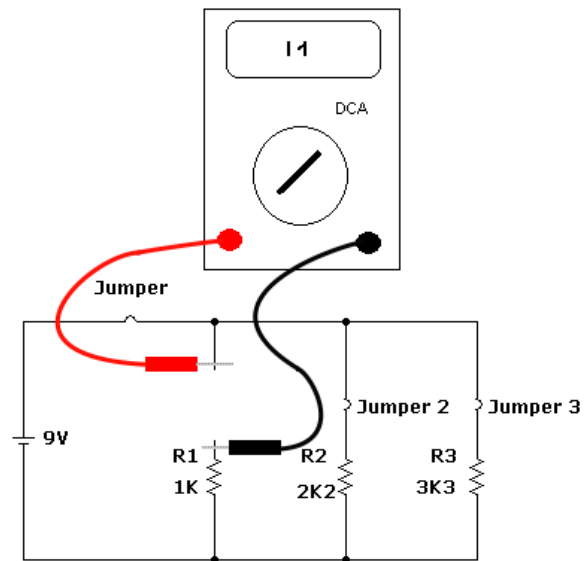


Figura 4 – Medindo a corrente total da associação paralelo (a) circuito (b) sugestão de layout
[LinkSimulador1](#) [LinkSimulador2](#) [LinkVideo2](#)

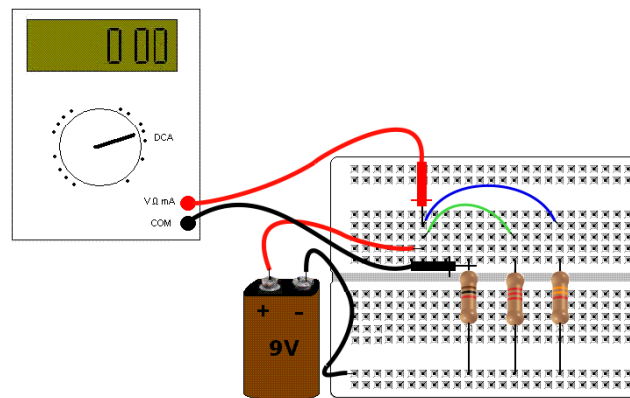
Tabela 2 – Valores medidos

RE	I_T	I_1	I_2	I_3

- 5 Para medir a corrente em R_1 , retire o fio vermelho que liga 1 k à fonte e insira o amperímetro no seu lugar e meça a corrente I_1 . Anote o seu valor na tabela 2.



(a)



(b)

Figura 5 – Medindo a corrente em R_1 (a) circuito (b) sugestão de *layout* na MP

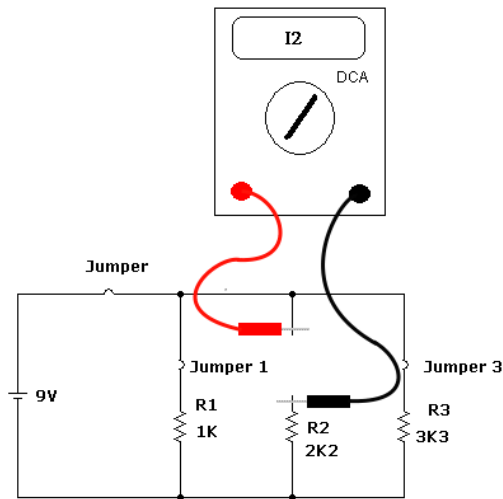
[LinkVideo1](#)

[LinkSimulador1](#)

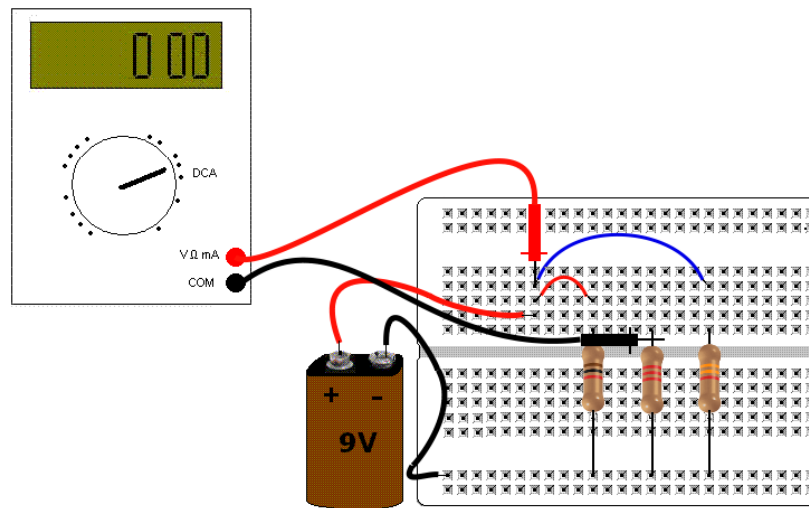
[LinkVideo2](#)

[LinkSimulador2](#)

- 6 Recoloque o jumper vermelho. Retire o fio verde que liga 2k2 à fonte e no seu lugar coloque o amperímetro conforme desenho da Figura 6. Meça a corrente I_2 e anote na tabela 2.



(a)



(b)

Figura 6 – Medindo a corrente em R2 (a) circuito (b) sugestão de layout na MP

[LinkSimulador1](#) [LinkVideo1](#)

- 7 Recoloque o fio verde. Retire o fio azul e no seu lugar coloque o amperímetro conforme desenho da Figura 7. Meça a corrente I_3 e anote na tabela 2.

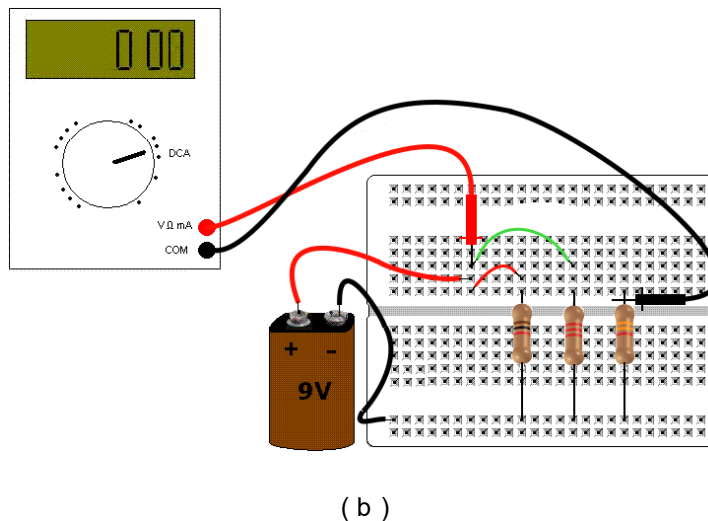
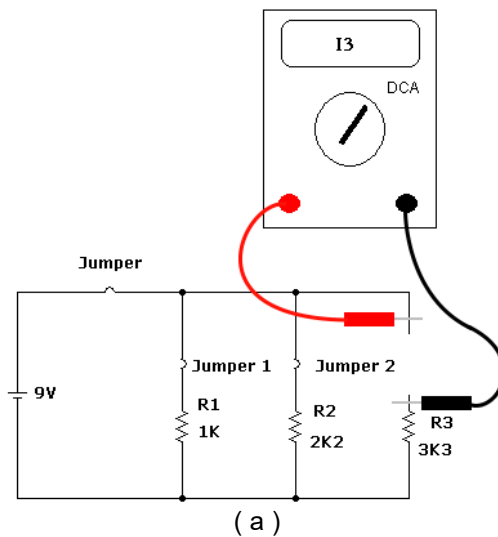


Figura 7 – Medindo a corrente em R3 (a) circuito (b) sugestão de *layout* na MP
[LinkSimulador1](#)

- 8 Agora que você conhece um circuito paralelo, efetuando medidas, escreva as suas conclusões desse item.
- 9 Uma das aplicações para a associação paralelo é uma instalação residencial. O circuito da Figura 8 simula uma instalação com duas lâmpadas com os respectivos interruptores.

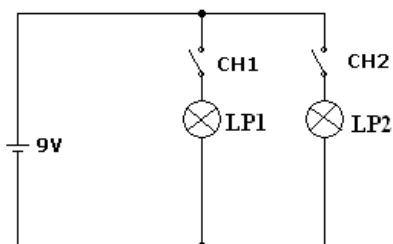


Figura 8 – Esquemático – lâmpadas em paralelo

10 Monte o circuito da Figura 8 na MP de acordo com o *layout* da Figura 9 e verifique o seu funcionamento ligando/desligando as lâmpadas.

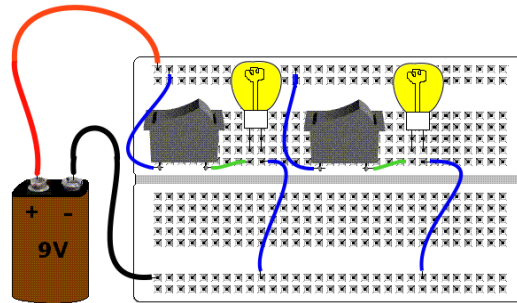


Figura 9 – Montagem da MP do circuito da Figura 8 – Instalação elétrica

[LinkSimulador1](#)
[LinkSimulador2](#)

[LinkVideo1](#)
[LinkVideo2](#)

11 Monte o circuito da Figura 10, circuito paralelo. Esse circuito é usado em corredores, escadas ou em todo espaço onde seja necessário controlar uma lâmpada usando dois interruptores. Antes de subir a escada liga a lâmpada e ao chegar no final apaga.



Figura 10 – Circuito paralelo

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

[LinkVideo1](#)

[LinkVideo2](#)

12 Escreva as suas conclusões sobre uma instalação elétrica residencial.

Experiência 08: Associação Mista de Resistores

[Índice](#)

Objetivos

- Conhecer um circuito misto
- Medir a resistência total de um circuito misto
- Medir as correntes e tensões em um circuito misto

Material Usado

1 Multímetro digital

1 Matriz de pontos

1 Bateria de 9 V com terminais

Resistores: 1k,2k2,3k3

Introdução Teórica

Não existe expressão para obter o equivalente de uma associação mista, o que existe é um método, isto é, dado uma associação mista (resistores ligados em série e em paralelo) aplicamos as regras já vistas para circuito série e paralelo simplificando passo a passo até obter o equivalente. Consideremos o exemplo a seguir.

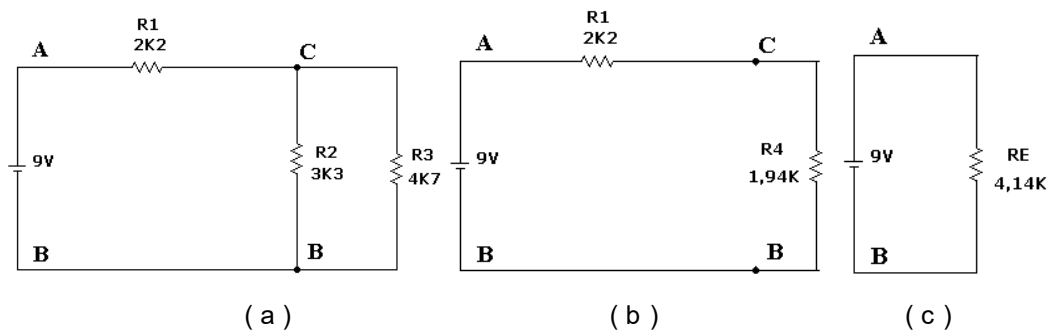


Figura 1 – (a) Circuito misto (b) primeira simplificação (c) simplificação final

Para calcular a resistência equivalente primeiramente são resolvidas as associações série e paralelo existentes. Inicialmente deve ser feita a associação de $R2 // R3 = R4$ entre os pontos C e B que resulta $R4 = 1,94 \text{ k}$. Em seguida $R4$ em série com $R1$ resultando $4,14 \text{ k}$ que é a resistência equivalente.

Para calcular as correntes é ($I1, I2$ e $I3$) primeiramente deve ser calculado a corrente total.

$$I_T = \frac{9V}{4,14K} = 2,17mA$$

essa corrente também percorre o resistor R4 o que significa uma queda de tensão entre C e B de $V_{CB}=1,94k \cdot 2,17mA = 4,2V$ que é a tensão aplicada também em $R2=3k3$ e $R3=4k7$ portanto as correntes nessas resistências podem ser calculadas.

$$I_2 = \frac{4,2V}{3,3K} = 1,27mA$$

$$I_3 = \frac{4,2V}{4,7K} = 0,89mA$$

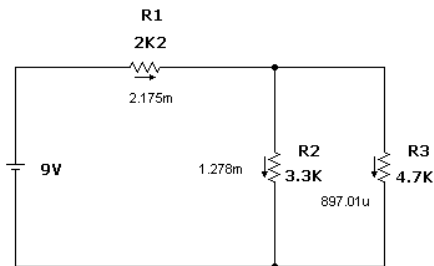


Figura 2 – Indicação de valor e sentido das correntes do circuito da Figura 1
[LinkSimulador2](#)

Procedimento Experimental

- 1) Monte o circuito da Figura 3a, na MP, de acordo com *layout* sugerido na Figura 3b

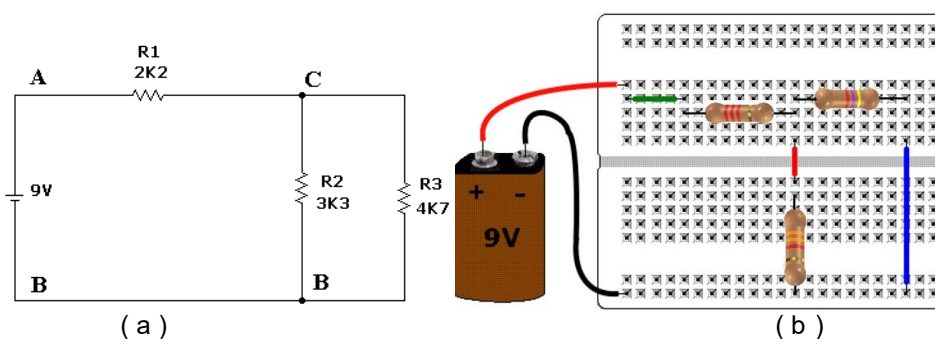


Figura 3 – (a) Circuito misto (b) sugestão de *layout*
[LinkSimulador1](#) [LinkSimulador2](#)

2) Preencha a tabela 1 com os valores calculados do circuito da Figura 1.

Tabela 1 – Valores Calculados

RE	IT	I1	I2	I3	V2

3) Meça a resistência equivalente com o ohmímetro e anote como RE(medida) na tabela 2.

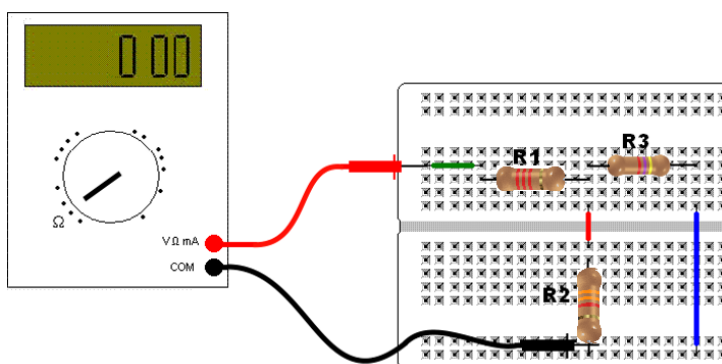


Figura 4 – Medindo a resistência equivalente do circuito da Figura 3a
[LinkSimulador1](#) [LinkVideo1](#)

Tabela 2 – Valores medidos da associação mista

RE	IT	I1	I2	I3	E*	V1	V2

E* = tensão efetiva da bateria (tensão medida)

4) Meça a corrente total ($I_T = I_1$) que entra na associação, anote na tabela 2. Para medir a corrente total substitua o jumper verde, na Figura 3, pelo amperímetro conforme sugestão de *layout* da Figura 5.

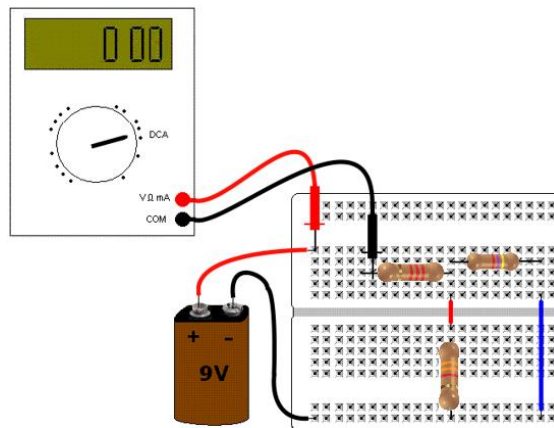


Figura 5 – Medindo a corrente fornecida pelo gerador I1

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

[LinkVideo1](#)

- 5) Meça a corrente em R2, I_2 , para isso substitua o jumper **vermelho** pelo amperímetro conforme Figura 6.

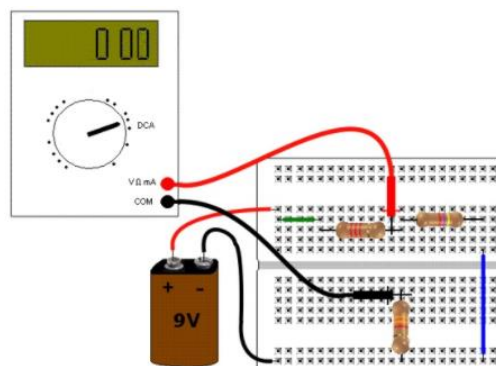


Figura 6 – Medindo a corrente em R2

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

[LinkVideo1](#)

Meça a corrente em R3, para isso use o *layout* sugerido da Figura 6.

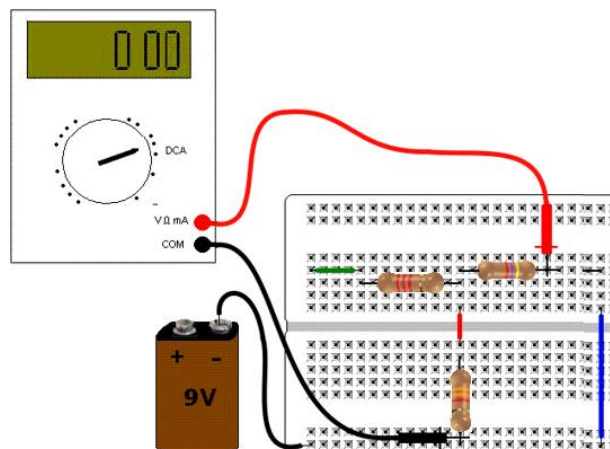


Figura 7 – Medindo a corrente em R3

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

[LinkVideo1](#)

- 6) Coloque o multímetro na escala de tensão e meça as tensões em R1, R2 e R3. Anote as medidas na tabela 2.

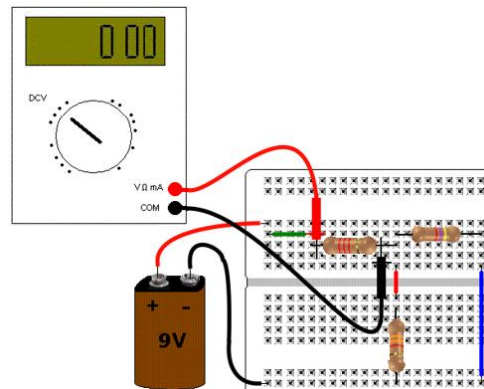


Figura 8 – Medindo a tensão em R1
[LinkSimulador1](#) [LinkSimulador2](#)

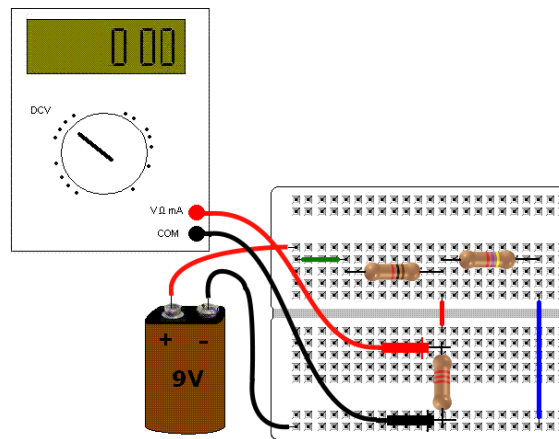


Figura 9 – Medindo a tensão em R2 que igual tensão em R3

[LinkSimulador1](#) [LinkSimulador2](#)

- 7) A partir das medidas efetuadas qual a relação entre as correntes I_1 , I_2 e I_3 ? Qual a relação entre a tensão da bateria (E), a tensão em R_1 e a tensão em $R_2(R_3)$?
- 8) Quais as suas conclusões?

Experiência 09: O Divisor de Tensão

[Índice](#)

Objetivos

- Mostrar como calcular e medir as tensões em um divisor com carga e sem carga.
- Mostrar como calcular e medir as tensões em um divisor de tensão ajustável.

Material Usado

1 Multímetro digital
 1 Matriz de pontos
 1 Bateria de 9 V e terminais
 1 Potenciômetro de 1 k
 Resistores: 1k,2k2,3k3,10k,100k

Introdução Teórica

Como já visto em aulas anteriores, um divisor de tensão é um circuito série, a Figura 1 mostra um divisor de tensão constituído por duas resistências R1 e R2 com saída obtida em R2.

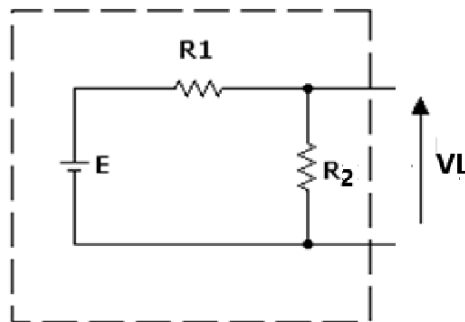


Figura 1 – Divisor de tensão sem carga

Se a tensão de entrada é a tensão da bateria, E, e a tensão de saída é obtida em uma das resistências, por exemplo R2, e o seu valor será dado por:

$$V_L = \frac{R_2}{R_1 + R_L} \cdot E$$

Não foi necessário calcular a corrente. Em geral só precisamos saber da tensão. Em manutenção de circuitos eletrônicos a descoberta de defeitos é feita com parando a tensão medida com a tensão de operação normal que aparece no esquemático.

Caso na saída do divisor seja ligada uma carga R_L , Figura 2, o efeito de carga exercido por essa resistência diminuirá a tensão. A expressão da tensão de saída do divisor com carga será:

$$V_L = V_2 = \frac{R_2}{\frac{R_1 \cdot R_2}{R_L} + R_1 + R_2} \cdot E$$

Ou

$$V_L = \frac{R_X}{R_1 + R_X} \cdot E$$

Onde $R_X = R_2 // R_L$

$$R_X = \frac{R_1 \cdot R_L}{R_1 + R_L}$$

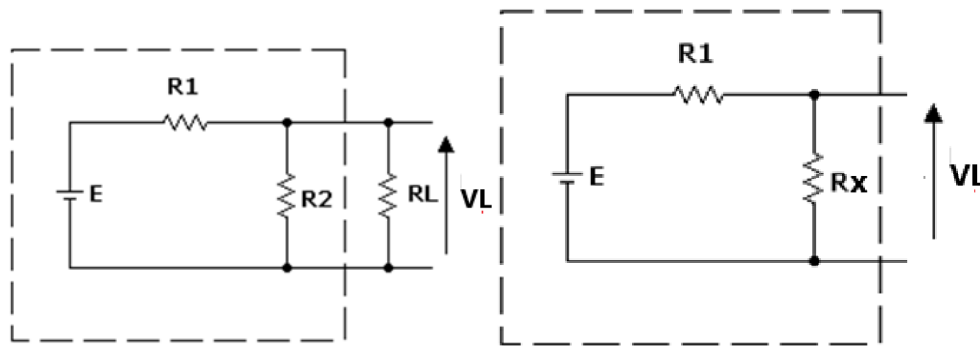
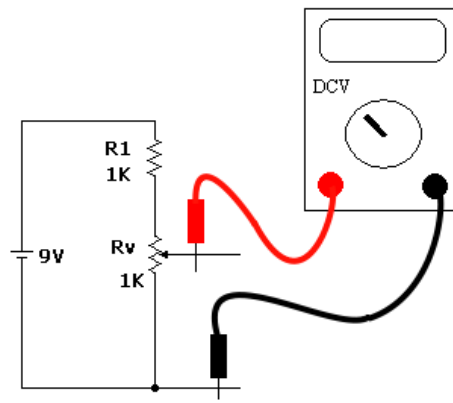
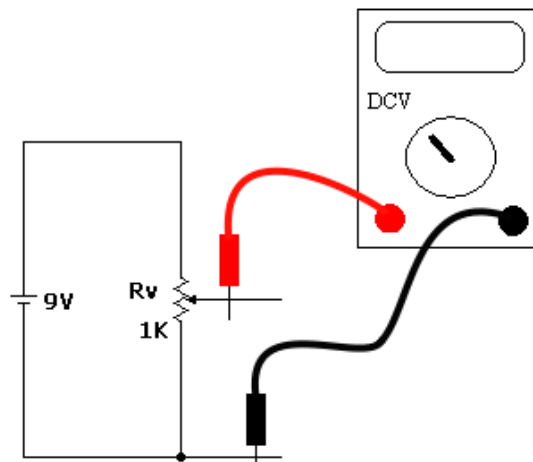


Figura 2 – Divisor de tensão com carga

Se no lugar de R_2 for introduzido um potenciômetro como na Figura 3, o divisor de tensão será ajustável, a saída variará entre dois limites.



(a)



(b)

Figura 3 – divisor de tensão ajustável (a) variando entre 0 e 4,5 V (b) variando entre 0 e 9 V

No caso do circuito da Figura 3a a tensão indicada pelo voltímetro variará de 0 a 4,5 V e no caso da Figura 3b de 0 a 9 V. Ver detalhe na Bibliografia ou em www.eletronica24h.net.br.

Procedimento Experimental

- 1) Para o circuito da Figura 4 calcule a tensão na carga (R_2), para cada valor de R_2 , anotando o valor na tabela 1.

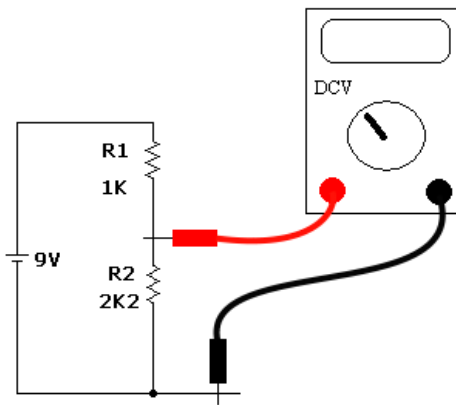


Figura 4 – Divisor de tensão sem carga

Tabela 1 – Divisor de tensão sem carga – Tensão na saída VR2

R2	Valor Calculado (V)	Valor medido (V)
2k2		
10k		

- 2) Monte o circuito da Figura 4 de acordo com o *layout* sugerido da Figura 5. Meça a tensão na em R2, para cada valor de R2 da tabela 1

R1=1 k R2=2k2 e R2=10k

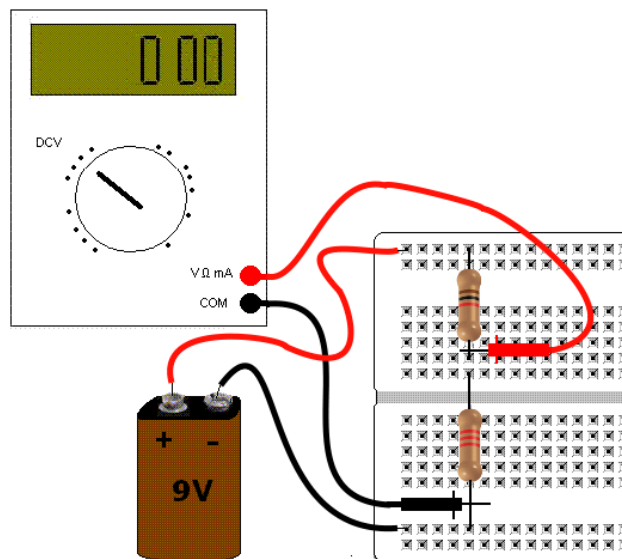


Figura 5 – Divisor de tensão sem carga - *layout* na MP

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

- 3) Agora que você conhece um divisor de tensão, efetuou medidas e cálculos, escreva as suas conclusões.
- 4) Para o circuito da Figura 6 calcule a tensão na carga (R_L) Para os dois valores de carga da tabela 2. Anote os valores na tabela 2.

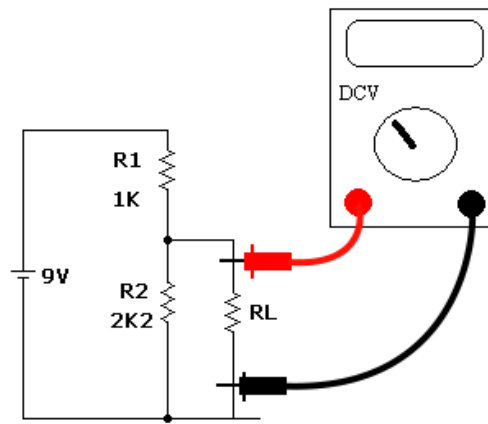


Figura 6 – Divisor de tensão com carga

Tabela 2 – Divisor de tensão com carga – Tensão na carga

Calculado		Medido	
RL=3k3	RL=100k	RL=3k3	RL=100k

- 5) Monte o circuito da Figura 6 na MP de acordo com o *layout* sugerido da Figura 7. Meça a tensão na carga (RL) primeiramente considerando RL=3k3 e depois para RL=100 k.

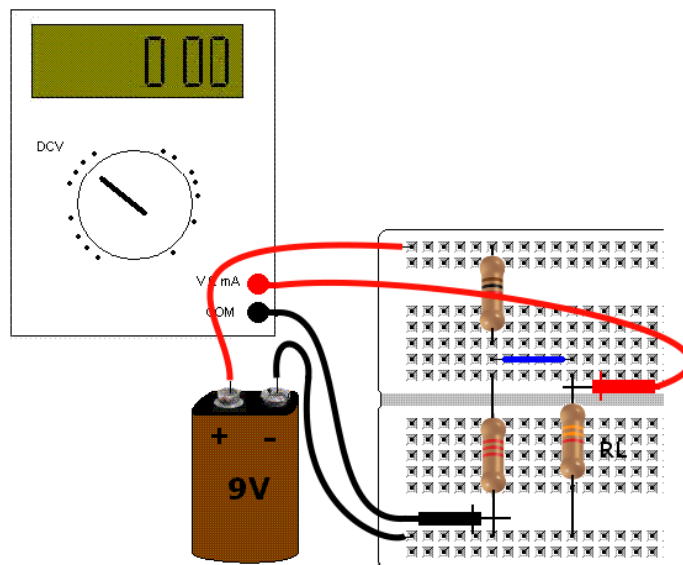


Figura 7 – Divisor de tensão com carga

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

- 6) Agora que você conhece um divisor de tensão com carga, efetuou medidas e cálculos, escreva as suas conclusões.

- 7) Para o circuito da Figura 8, calcule a máxima e a mínima tensão que o instrumento pode ler. Anote na tabela 3.

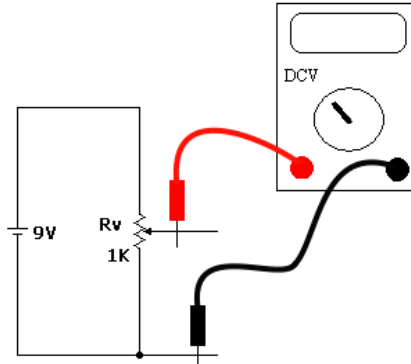


Figura 8 – Divisor de tensão ajustável

Tabela 3 – Divisor de tensão ajustável

Valores Calculados		Valores Medidos	
$V_{\min}$	$V_{\max}$	$V_{\min}$	$V_{\max}$

- 8) Monte o circuito da Figura 8 na MP de acordo com o *layout* sugerido da Figura 9. Meça a tensão entre o cursor do potenciômetro e o terra (polo negativo da bateria) para eixo todo horário e todo anti-horário. Anote os valores medidos na tabela 3.

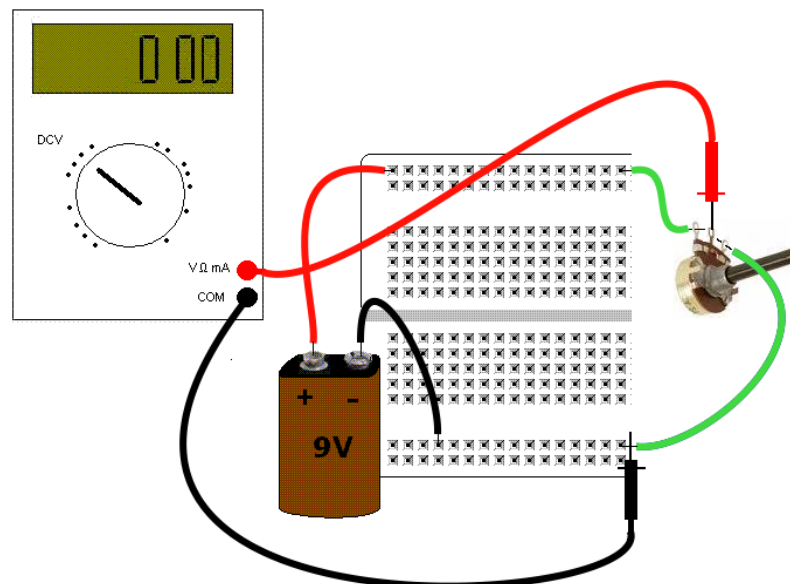


Figura 9 – Divisor de tensão ajustável

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

- 9) Para o circuito da Figura 10 calcule a máxima e a mínima tensão que o instrumento pode ler. Anote na tabela 4.

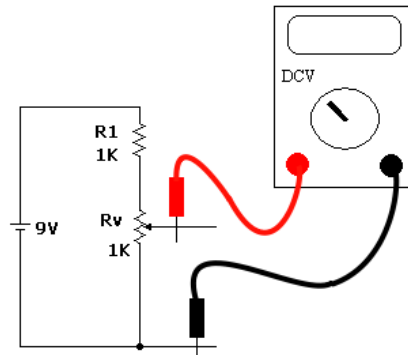


Figura 10 – Divisor de tensão ajustável com limite superior de tensão

Tabela 4 – Divisor de tensão ajustável com limite superior de tensão

Valores Calculados		Valores Medidos	
$V_{\min}$	$V_{\max}$	$V_{\min}$	$V_{\max}$

- 10) Monte o circuito da Figura 10 na MP de acordo com o *layout* sugerido da Figura 11. Meça a tensão entre o cursor do potenciômetro e o terra (polo negativo da bateria) para eixo todo horário e todo anti-horário. Anote os valores medidos na tabela 4.

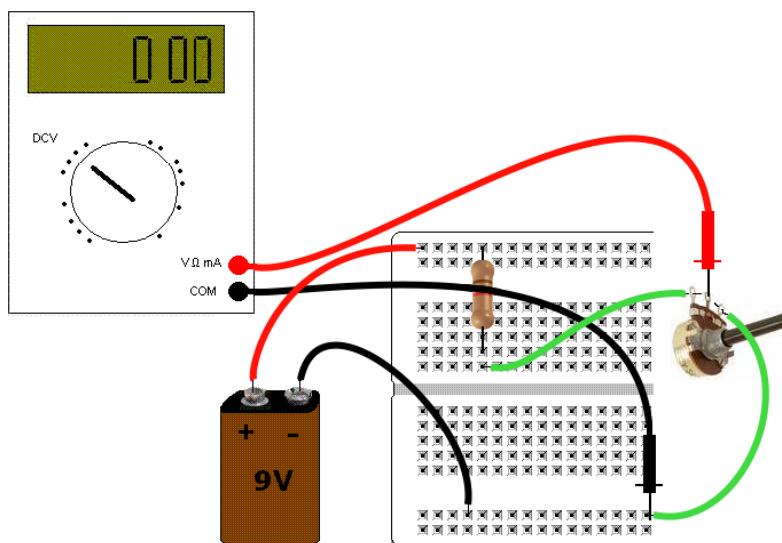


Figura 12 – Divisor de tensão ajustável com limite superior de tensão

[LinkSimulador1](#) [LinkSimulador2](#)

- 11) Agora que você conhece um divisor de tensão ajustável, efetuou medidas e cálculos, escreva as suas conclusões.

Experiência 10: Leis de Kirchhoff

Índice

Objetivos

- Comprovar experimentalmente as duas leis de Kirchhoff

Material Usado

1 Multímetro digital
 1 Matriz de pontos
 1 Bateria de 9 V
 Clipe para bateria de 9V
 2 pilhas de 1,5 V
 Suporte para 2 pilhas
 Resistores: 470, 1 k, 2k2, 3k3

Introdução Teórica

São duas as leis de Kirchhoff, a primeira lei ou lei dos nós e a segunda lei ou lei das malhas.

Enunciado da primeira lei: "A soma das correntes que chegam a um nó deve ser igual à soma das correntes que dele saem". Considere a Figura 1 para entender melhor.

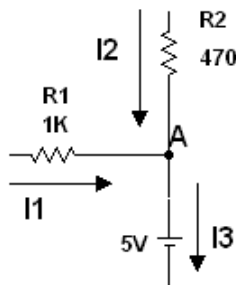


Figura 1 – Nó intersecção de três trechos de circuito

Para o nó A: Soma das correntes que chegam = $I_1 + I_2$

Soma das correntes que saem do nó = I_3

Portanto a equação do nó A é: $I_1 + I_2 = I_3$

Enunciado da segunda lei: "A soma das tensões orientadas no sentido horário em uma malha deve ser igual à soma das tensões orientadas no sentido anti-horário na mesma malha".

Considere a Figura 2 para compreender melhor o enunciado acima.

O circuito tem três malhas:

Malha 1: ABCDA

Soma das tensões horárias= E_1

Soma das tensões anti - horárias= $V_1 + V_2$

Equação da malha 1: $E_1 = V_1 + V_2$

Malha 2: BECE

Soma das tensões horárias= $V_1 + V_3$

Soma das tensões anti- horárias= E_2

Equação da malha 1: $V_1 + V_3 = E_2$

Malha 3: ABECA

Soma das tensões horárias= $E_1 + V_3$

Soma das tensões anti- horárias= $E_2 + V_2$

Equação da malha 1: $E + V_3 = V_2 + E_2$

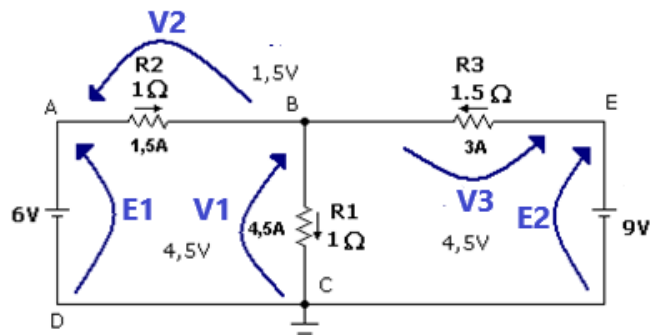


Figura 2 – Circuito elétrico com três malhas

Procedimento Experimental

1. Para o circuito da Figura 3 calcular todas as correntes determinando as suas orientações bem como das tensões em todas as malhas. Anote os valores na tabela 1.

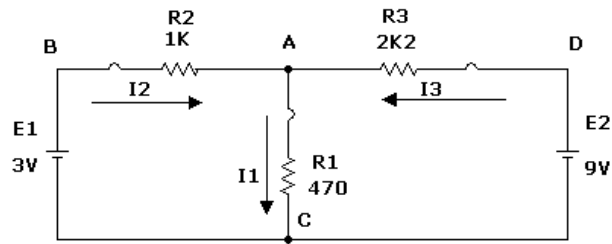


Figura 3 – Estudo das leis de Kirchhoff - circuito para experiência

[LinkSimulador2](#)

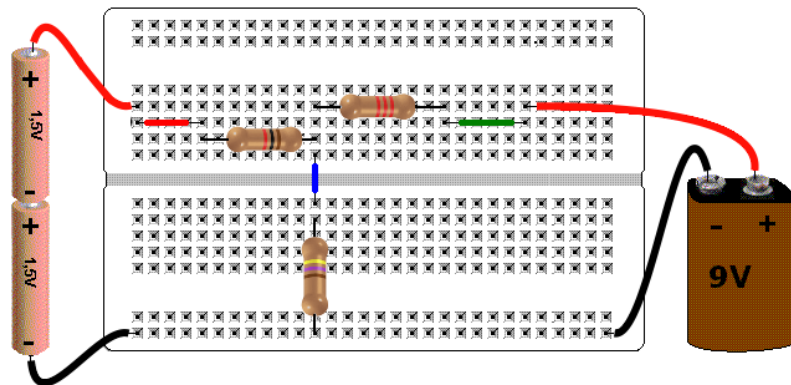
2. Montar o circuito da Figura 3 na MP e meça todas as correntes para isso retire o jumper correspondente . Anote os valores medidos na tabela 1. Escreva na tabela 2 a orientação (aproxima/afasta) em relação ao nó A.

Tabela 1 – Valores medidos e calculados

Valores Calculados			Valores Medidos		
I_1	I_2	I_3	I_1	I_2	I_3

Tabela 2 – Orientação das correntes em relação ao nó A

Orientação em relação ao nó A		
I_1	I_2	I_3



Simulador1

Figura 3 – Circuito para verificação experimental das leis de Kirchhoff

3. Para medir a corrente em R2, I_2 , retire o jumper vermelho e no seu lugar insira o amperímetro conforme Figura 4.

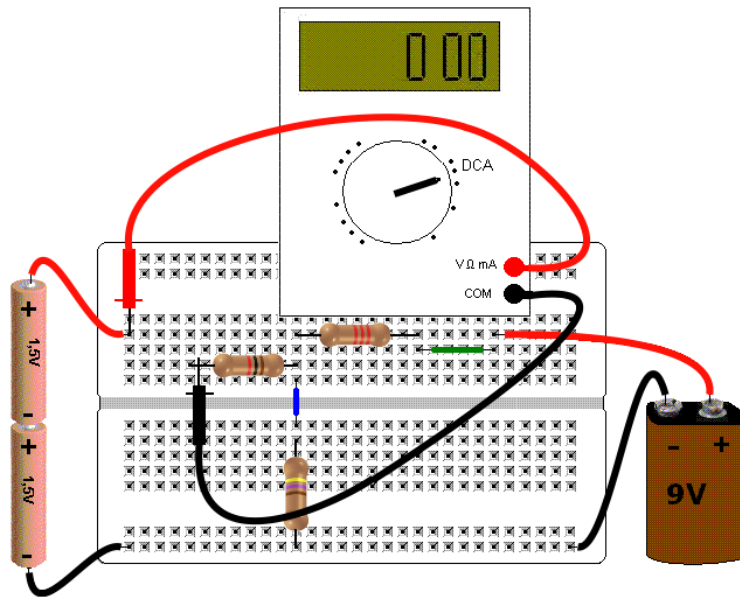


Figura 4 – Medindo a corrente em R2, I2

[LinkSimulador1](#) [LinkSimulador2](#)

4. Recoloque o jumper vermelho e retire o jumper azul para medir a corrente em R1, I1, conforme Figura 5.

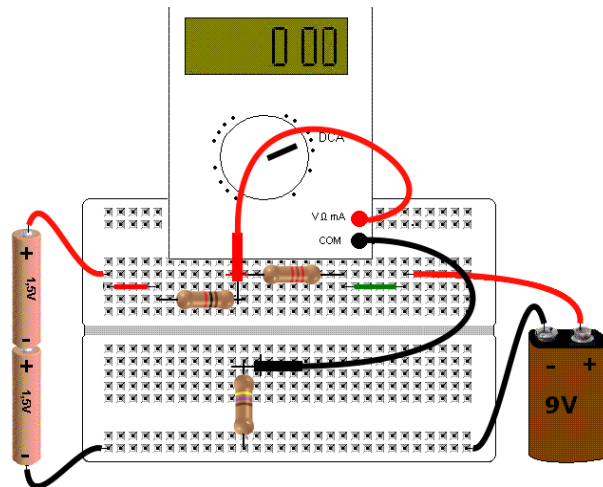


Figura 5 – Medindo a corrente em R1, I1

[LinkSimulador1](#) [LinkSimulador2](#)

5. Recoloque o jumper azul e retire o jumper verde e no seu lugar coloque o amperímetro para medir a corrente em R3, I3.

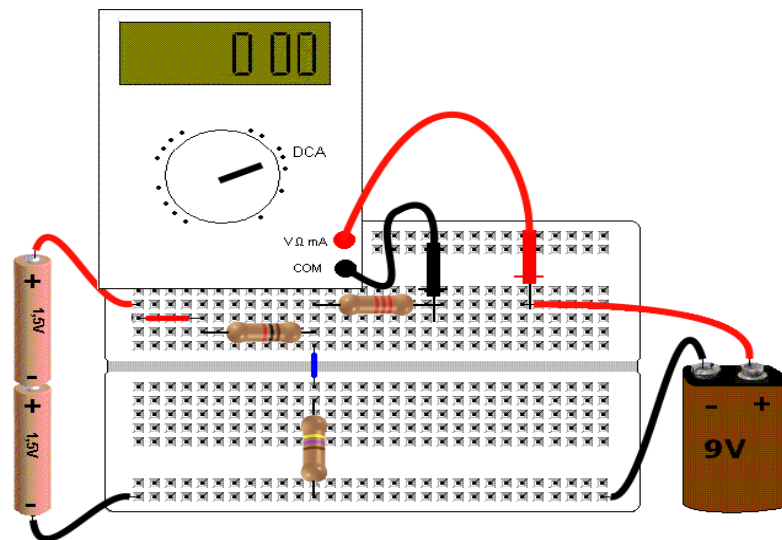


Figura 6 – Medindo a corrente em R3, I3

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

6. A partir dos dados medidos das tabelas 1 e 2 escreva a equação do nó A.

Soma das correntes que se aproximam =

Soma das correntes que se afastam =

7. Agora que você conhece a primeira lei de Kirchhoff, efetuou medidas e cálculos, escreva as suas conclusões.

8. Meça todas as tensões (V_1, V_2, V_3 e as tensões nas duas fontes) e anote na tabela 3.

Nas tabelas 4, 5 e 6 anote a orientação (horário/anti-horário) em relação às malhas. Meça também o valor efetivo das duas baterias (E_1 e E_2).

Tabela 3 – Valores medidos e calculados das tensões

Valores Calculados			Valores Medidos				
V_1	V_2	V_3	V_1	V_2	V_3	E_1	E_2

Tabela 4 – Orientação das tensões na malha BACB

Orientação (H/AH)				
V_1	V_2	V_3	E_1	E_2

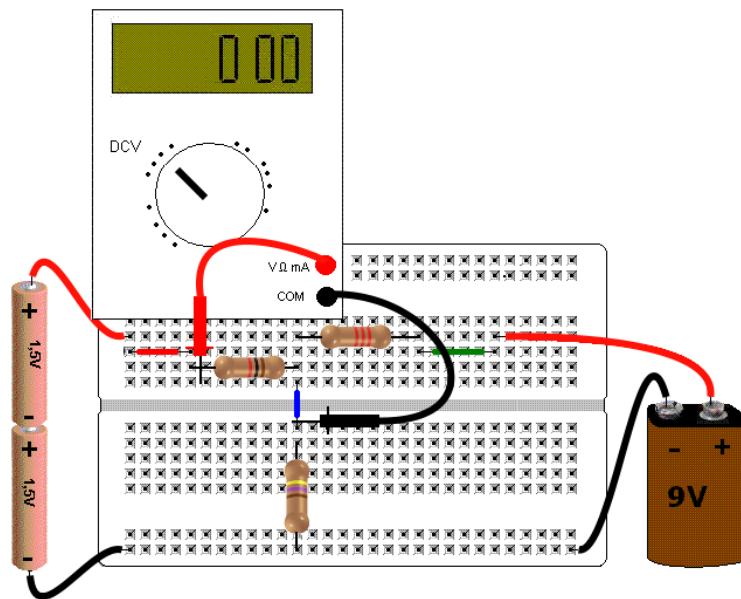
Tabela 5 – Orientação das tensões na malha ADCA

Orientação (H/AH)				
V ₁	V ₂	V ₃	E ₁	E ₂

Tabela 6 – Orientação das tensões na malha BADCB

Orientação (H/AH)				
V ₁	V ₂	V ₃	E ₁	E ₂

9. Ligue o multímetro conforme Figura 7 para medir a tensão em R₂, V₂. Anote o valor medido na tabela 3.

Figura 7 – Medindo a tensão em R₂

[LinkSimulador1](#) [LinkSimulador2](#)

10. Ligue o multímetro conforme Figura 8 para medir a tensão em R₁, V₁. Anote o valor medido na tabela 3.

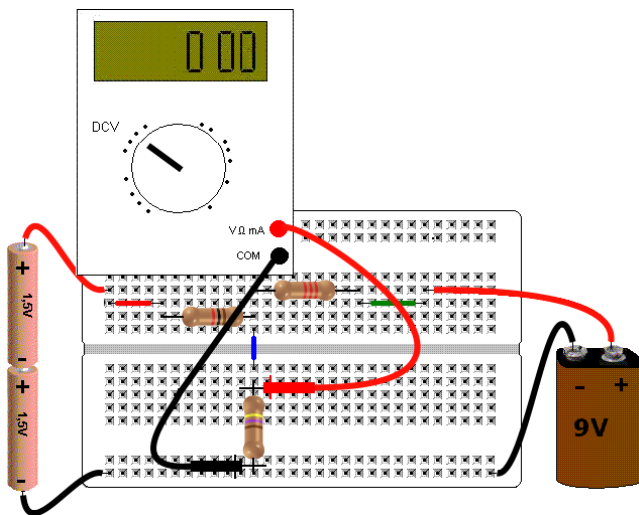


Figura 8 – Medindo a tensão em R1

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

11 Ligue o multímetro conforme Figura 9 para medir a tensão em R3, V_3 . Anote o valor medido na tabela 3.

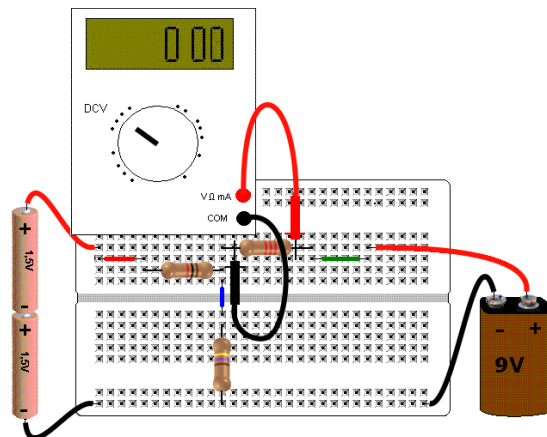


Figura 9 – Medindo a tensão em R3

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

12 A partir dos dados das tabelas 3, 4, 5 e 6 escreva a equação das malhas.

Malha BACB: Soma das tensões horárias=

Soma das tensões anti - horárias=

Malha ADCA: Soma das tensões horárias=

Soma das tensões anti - horárias=

Malha BADCB: Soma das tensões horárias=

Soma das tensões anti - horárias=

- 13 Agora que você conhece a segunda lei de Kirchhoff, efetuou medidas e cálculos, escreva as suas conclusões.

Experiência 11: Gerador de Tensão Real

[Índice](#)

Objetivos

- Conhecer as características de um gerador de tensão real.
- Analisar a influência da resistência interna de um gerador
- Levantar experimentalmente a curva característica de um gerador de tensão real.
- Levantar experimentalmente a curva da potência em função da resistência de um gerador de tensão real.

Material Usado

1 Multímetro digital
1 Matriz de pontos
1 Bateria de 9 V com terminais
1 Potenciômetro linear de 1 k
Resistores: 82,100,150,220,2x470,1 K,2k2,3k3,4k7,10 k

Introdução Teórica

Geradores são dispositivos que convertem algum tipo de energia em energia elétrica. Um gerador de tensão é um bipolo que mantém a tensão nos seus terminais independentemente do valor da corrente (portanto independentemente da carga).

Em um gerador de [tensão ideal](#) não existem perdas, toda a energia não elétrica é convertida em energia elétrica (na prática não existem).

Não existem perdas, pois o gerador não tem resistência interna, Figura 1a, como consequência além de não ter perdas, a tensão nos terminais do gerador não depende da corrente, desta forma a curva característica (Gráfico de $V \times I$) é representada como na Figura 1b.

A tensão gerada internamente é chamada de Força Eletromotriz (E) e o valor depende do tipo de gerador, por exemplos pilhas $E=1,5\text{ V}$, bateria portátil $E=9\text{ V}$.

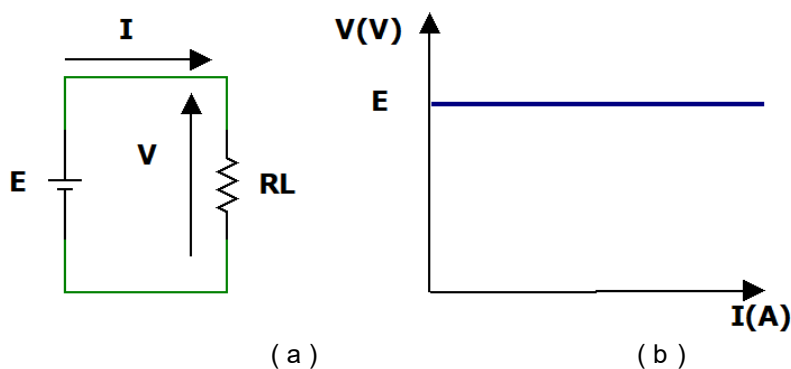


Figura 1 – gerador de tensão ideal (a) ligado a uma carga R_L (b) curva característica

Em um gerador de tensão real existem perdas, isto é, parte da energia usada para fazer o gerador funcionar é dissipada em calor na resistência interna R_i e parte é convertida em energia elétrica que é fornecida ao circuito externo. A Figura 2a mostra um exemplo de gerador na prática (pilha) ligado a uma carga, a Figura 2b o circuito equivalente e a Figura 2c mostra a sua curva característica.

No circuito equivalente da Figura 2b, E é a força eletromotriz e R_i a resistência interna.

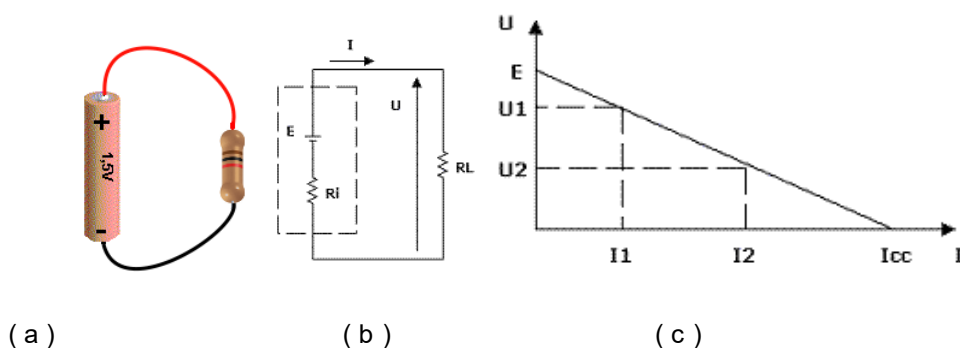


Figura 2 – gerador de tensão real (a) pilha ligada a uma carga (b) circuito equivalente (c) curva característica

Determinando E e R_i na prática.

Se $R_L=0$, terminais da pilha em curto-circuito e no lugar de R_L for colocado a um amperímetro, esse indicará I_{cc} , Figura 3. Claramente:

$$R_i = \frac{E}{I_{cc}}$$

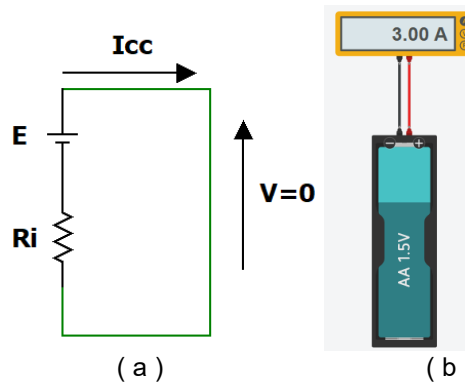


Figura 3 – (a) Pilha com $R_L=0$ (b) Medindo I_{cc}
[LinkSimulador1](#)

Na Figura 4 os terminais da pilha estão em aberto ($I=0$) portanto, ligando um voltímetro nos terminais da pilha será medido a FEM E .

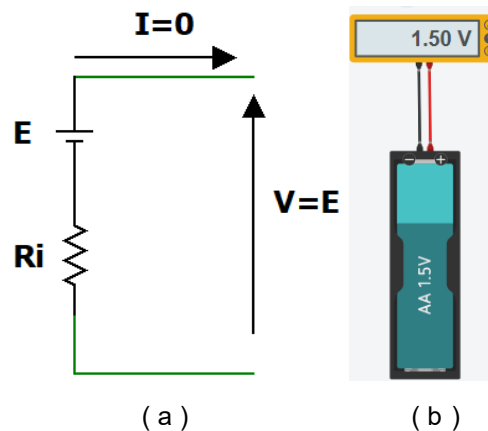


Figura 4 – (a) Pilha em aberto R_L infinito $I=0$ (b) Medindo E
[LinkSimulador1](#)

Se são conhecidos os valores experimentais de E e I_{cc} , então o valor de R_i pode ser determinado:

$$R_i = \frac{1,5V}{3A} = 0,5 \text{ Ohms}$$

O gráfico da Figura 2c mostra claramente que se a corrente aumentar a tensão disponível para a carga diminui até eventualmente atingir o limite que é quando os terminais do gerador estiverem em curto-circuito e a corrente nessas condições será chamada de corrente de curto-circuito (I_{cc}) que é a máxima corrente que o gerador pode fornecer.

A potência elétrica (P_E) fornecida pelo gerador varia em função da carga, sendo máxima quando a carga for igual à resistência interna do gerador, isto é, $R_L = R_i$. Essa condição é chamada de máxima transferência de potência (MTP) sendo desejável em algumas situações. A Figura 5 mostra o gráfico da potência elétrica (P_E) em função da carga (R_L).

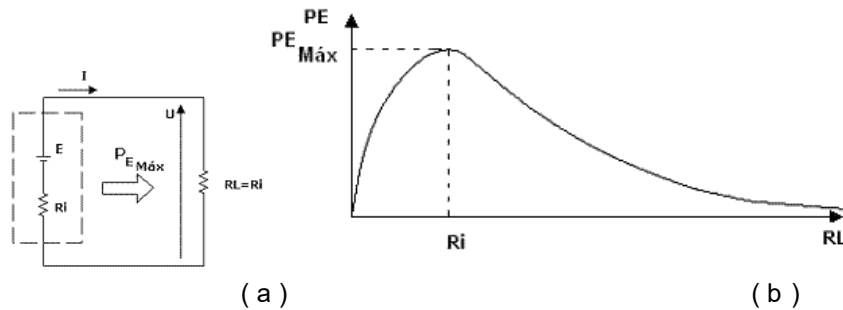


Figura 5 – gerador de tensão real (a) em MTP (b) gráfico da potência em função da carga

Obs: Essa é uma condição que não é usada em pilhas, baterias, fontes de alimentação. Essa aplicação é usada em amplificadores

Associação de Geradores de Tensão

Quando for necessário obter tensões maiores que a de um único gerador, [associamos em serie](#). Quando houver necessidade de aumentar a capacidade de corrente associamos em paralelo.

O primeiro caso é a situação mais usual que você encontra no dia a dia. Assim é que associamos 4 pilhas de 1,5 V para obter 6 V ou duas de 1,5 V para obter 3 V.

A associação em paralelo é usada em baterias de carro e células solares (na realidade é usado um arranjo de ligações em serie e em paralelo).

Procedimento Experimental

1. Monte o circuito da Figura 6 na MP de acordo com sugestão de *layout* da Figura 7, e para cada valor de R_L da tabela 1 meça a corrente fornecida pelo gerador e a tensão nos seus terminais.
2. Efetue o produto da tensão pela corrente obtendo dessa forma a potência elétrica do gerador. Anote os valores na tabela 1
3. Observe que o gerador tem Força Eletromotriz (E) de 9 V e a resistência interna (R_i) será simulada pelo resistor de 470 Ohms, pois o valor real é muito baixo.
4. Sugestão: meça primeiramente a tensão na carga para todos os valores de carga da tabela 1 e depois meça a corrente. Esse procedimento evita medir tensão com o seletor de funções em corrente.

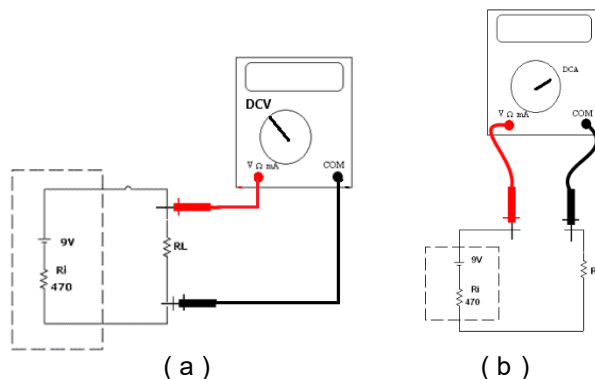


Figura 6 – Gerador de tensão de $E=9\text{ V}$ e $R_i= 470\text{ Ohms}$ (a) medida da tensão na carga(b) medindo a corrente na carga

Tabela 1 – Gerador de tensão real - Valores medidos

R_L (Ohms)	I (mA)	V (V)	P (mW)
0			
82			
100			
150			
220			
470			
1k			
2k2			
3k3			
4k7			
Infinito			

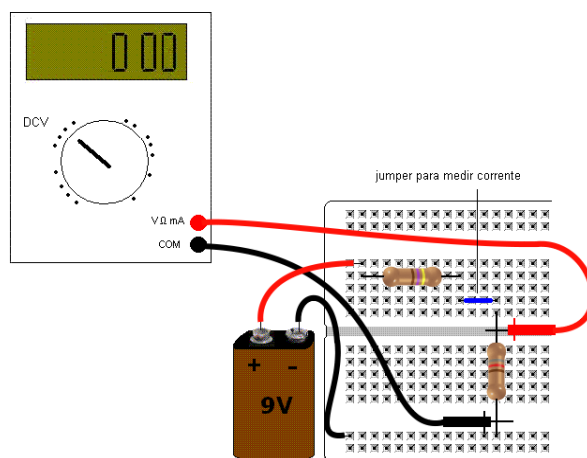


Figura 7 – Medindo a tensão na carga - sugestão de *layout* na MP do circuito da Figura 6a

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

5. Retire o jumper azul e coloque no seu lugar o amperímetro em uma escala adequada. Meça a corrente para todos os valores de carga (inclusive carga em aberto e em curto-circuito) constantes da tabela 1.

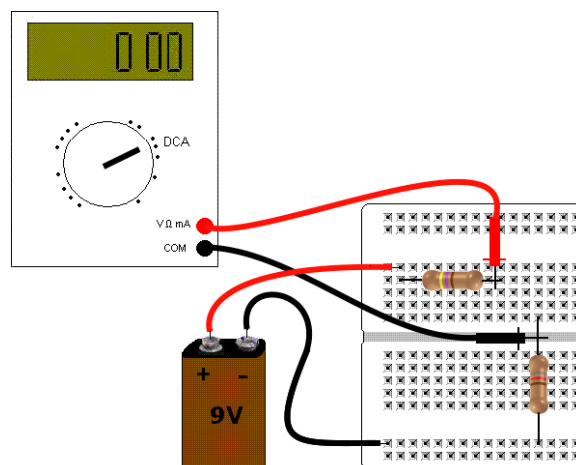
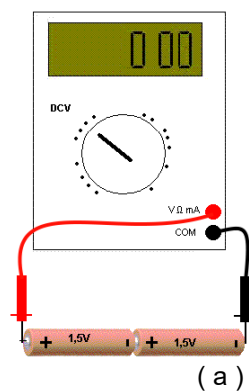


Figura 8 – Medindo a corrente na carga sugestão de *layout* na MP do circuito da Figura 6b

[LinkSimulador1](#)

6. Com os dados da tabela 1 levante o gráfico da tensão em função da corrente, $V=f(I)$. Use [papel milimetrado](#) para desenhar o gráfico.
7. Com os dados da tabela 1 levante o gráfico da potência elétrica (P_E) em função da resistência de carga, $P_E=f(R_L)$. Use papel milimetrado para desenhar o gráfico.
8. Agora que você conhece um gerador de tensão real, efetuou medidas, cálculos e levantou a curva característica escreva as suas conclusões baseada nessas informações.
9. Monte as associações indicadas na Figura 9 e meça a tensão total e a tensão em cada pilha



[LinkSimulador1](#)

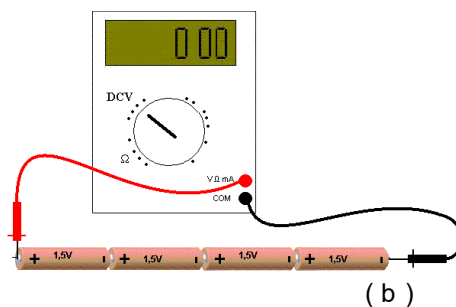


Figura 9 – Associação serie de pilhas (a) duas pilhas (b) quatro pilhas

[LinkSimulador1](#)

10. Inverta a polaridade de uma das pilhas da associação de quatro pilhas e repita o procedimento adotado anteriormente.

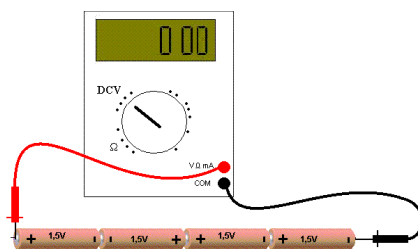


Figura 9 – Associação serie de 4 pilhas com uma pilha invertida

[LinkSimulador1](#) [LinkVideo1](#)

11. Baseado nas medidas efetuadas escreva as suas conclusões.

Experiência 12: Teorema de Thevenin

[Índice](#)

Objetivos

- Verificar experimentalmente o teorema de Thévenin
- Medir a resistência de Thevenin e a tensão de Thévenin
- Medir a tensão na carga no circuito original e no circuito equivalente

Material Usado

1 Multímetro digital

1 Matriz de pontos

1 Bateria de 9 V com terminais

Resistores: 2x1 k, 470

Cabinhos para conexão

Introdução Teórica

O teorema de Thévenin é usado para simplificar um circuito e também permite compreender melhor alguns conceitos como, por exemplo, resistência de saída de um circuito. Tem o enunciado:

"Dado um circuito contendo bipolos lineares e dois pontos desse circuito, pontos A e B. O circuito entre A e B pode ser substituído por um circuito equivalente constituído de uma fonte de tensão (V_{TH}) em série com uma resistência (R_{TH})".

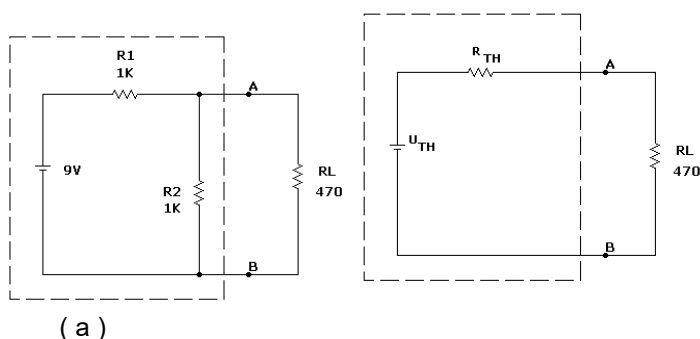


Figura 1 – Teorema de Thevenin (a) circuito original (b) equivalente Thevenin

A Resistência de Thevenin

A resistência de Thévenin (R_{TH}) é obtida determinando a resistência equivalente entre os pontos A e B quando todos os geradores do circuito são eliminados, isto é, geradores de tensão são colocados em curto-circuito e geradores de corrente são abertos.

A Tensão de Thevenin

A tensão de Thevenin (gerador equivalente de Thevenin) é a tensão em vazio (em aberto) entre os pontos A e B.

Exemplo:

Seja o circuito da Figura 2 no qual desejamos aplicar o teorema de Thevenin entre os pontos A e B, para obter o circuito simplificado da Figura 2b.

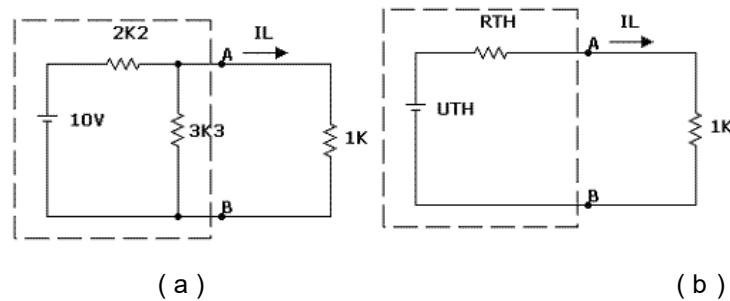


Figura 2 – Exemplo de aplicação (a) circuito original (b) equivalente Thevenin

Cálculo da resistência de Thevenin

Para obter a resistência de Thevenin o único gerador de tensão do circuito deve ser eliminado (colocado em curto-circuito). Resulta o circuito da Figura 3. Determina-se a resistência entre A e B.

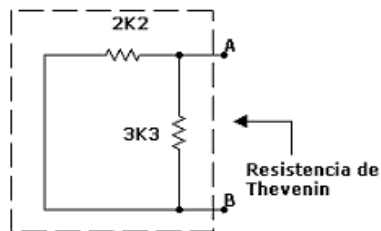


Figura 3 – Circuito equivalente para obter a resistência de Thevenin

De acordo com o circuito da Figura 3 as resistências de 2k2 e 3k3 estão em paralelo resultando então:

$$R_{TH} = 2k2 // 3k3 = 1,32 \text{ k}$$

Cálculo da tensão de Thevenin

Para obter a tensão de Thevenin o circuito deve ser aberto nos pontos A e B no circuito da Figura 2a e determinamos a tensão em aberto entre A e B. Resulta o circuito da Figura 4.

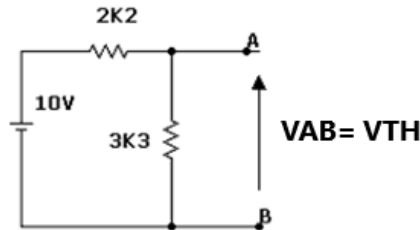


Figura 4 – Circuito equivalente para obter a tensão de Thevenin

A tensão entre A e B no circuito da Figura 4 usando a expressão do divisor de tensão é:

$$V_{AB} = V_{TH} = \frac{3,3k}{2,2k+3,3k} \cdot 10V = 6V$$

Substituindo o circuito original pelo equivalente Thevenin, resulta o circuito da Figura 5b.

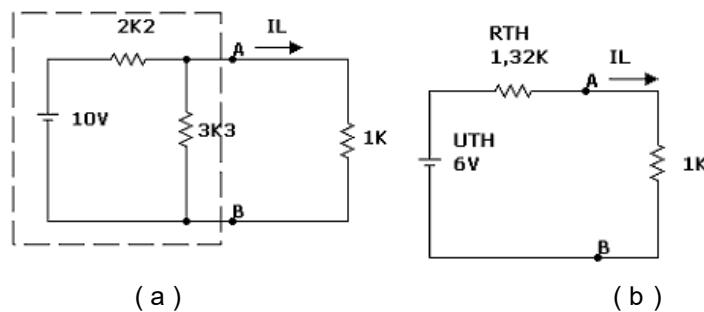


Figura 5 – Teorema de Thevenin (a) circuito original (b) Circuito equivalente

[LinkSimulador2](#) [LinkVideo2](#)

A corrente no resistor de 1 k pode ser calculada usando o equivalente Thevenin, Figura 5b, valendo:

$$I_L = \frac{6V}{1,32K + 1K} = 2,58mA$$

Procedimento Experimental

1. Para o circuito da Figura 6a calcule o equivalente Thevenin (gerador e resistência) e a tensão na carga. Anote os valores na tabela 1.

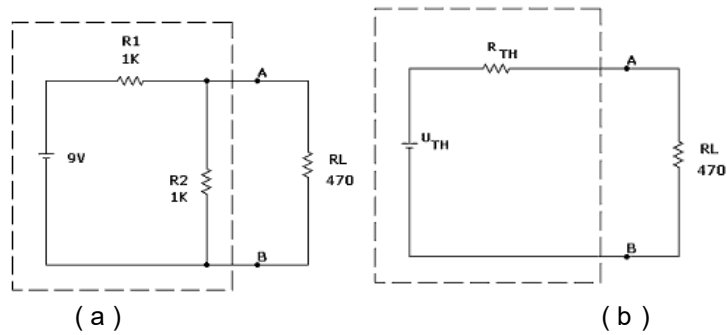


Figura 6 – (a) circuito original (b) equivalente Thevenin

Tabela 1 – Equivalente Thevenin – Valores Calculados

Valores Calculados		
V_{TH}	R_{TH}	V_L

2. Monte o circuito da Figura 6a de acordo com *layout* sugerido da Figura 7. Meça a tensão na carga (I_L) anotando na tabela 2.

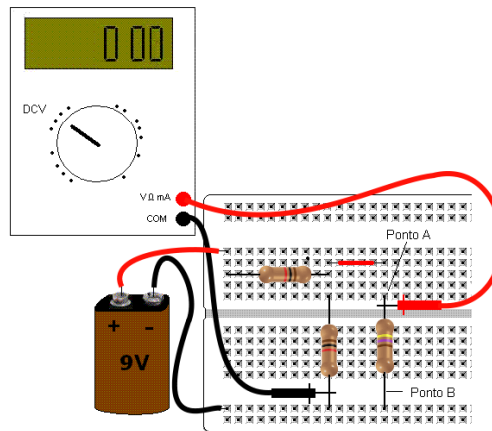


Figura 7 – Medindo a tensão na carga no circuito original

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

Tabela 2 – Equivalente Thevenin – Valores Medidos

Valores medidos		
V_{TH}	R_{TH}	V_L

3. Abra o circuito (retire a carga de 470 Ohms) da Figura 7 entre os pontos A e B e meça a tensão nessas condições (em aberto). Anote na tabela 2 como valor da tensão de Thevenin medida.

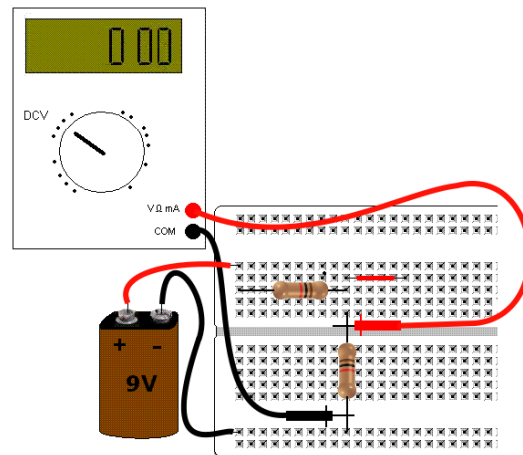


Figura 8 – Medindo a tensão de Thevenin (V_{TH})

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

4. Retire a bateria e no seu lugar coloque um fio (fio verde na Figura 9). Meça a resistência entre os pontos A e B nessas condições, anotando na tabela 2 como resistência de Thevenin (R_{TH}).

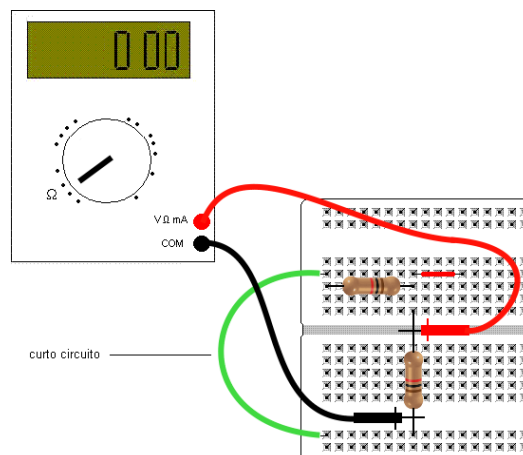


Figura 9 – Medindo a resistência equivalente de Thevenin (R_{TH})

[LinkSimulador1](#)

5. Caso disponha de uma fonte de tensão ajustável efetue um ajuste no valor medido no item 3 (V_{TH}). Caso contrário use uma combinação de pilhas (por exemplo 3 pilhas em série para resultar 4,5 V que deve ter sido aproximadamente o valor medido no item 3).
6. Ajuste o potenciômetro exatamente no valor de resistência medida no item 4 (R_{TH}) e monte o circuito conforme Figura 10. Meça a tensão na carga e anote. Ou use uma resistência com valor igual a R_{TH} .

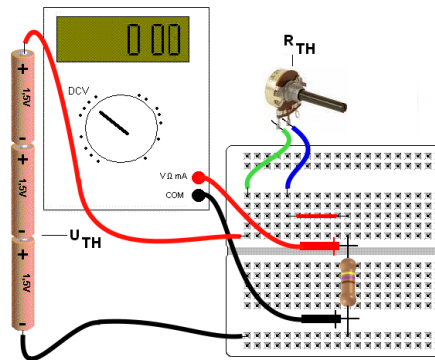


Figura 10 – Medindo a tensão na carga no circuito equivalente

[LinkSimulador1](#)

$V_L(\text{circuito equivalente}) = \underline{\hspace{2cm}}$

7. Compare os valores medidos com os calculados. Escreva suas conclusões.
8. Compare os valores de tensão na carga medido no circuito original e no circuito equivalente Thevenin. escreva suas conclusões.
9. A partir dos dados obtidos experimentalmente e dos cálculos escreva as suas conclusões.

Experiência 13: Teorema da Superposição

[Índice](#)

Objetivos

- Verificar experimentalmente o teorema da Superposição
- Medir as correntes parciais e a corrente total em um trecho do circuito.

Material Usado

1 Multímetro digital
 1 Matriz de pontos
 1 Bateria de 9 V com terminais
 2 pilhas de 1,5 V com suporte
 Cabinhos para conexão
 Resistores: 470/1 k/2k2

Introdução Teórica

É usado na análise de circuitos que contenha elementos lineares (resistores e fontes de tensão). Tem o enunciado:

" Dado um circuito que tem somente elementos lineares e mais de uma fonte de tensão e/ou corrente. A corrente (ou tensão) em um determinado trecho do circuito pode ser determinada somando-se algebricamente as correntes (tensões) individuais de cada gerador quando os outros forem eliminados (gerador de tensão colocado em curto-circuito e gerador de corrente colocados em aberto)".

Exemplo1: Seja o circuito da Figura 1 do qual desejamos calcular a corrente na resistência de 10 Ohms.

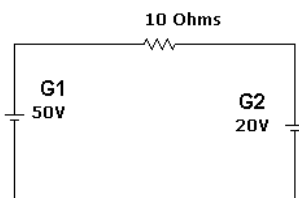


Figura 1 – Circuito para resolução por superposição

Primeiramente determina-se o valor e o sentido da corrente devido ao gerador G1 isolado, quando o gerador G2 é desativado (colocado em curto-circuito), Figura 2.

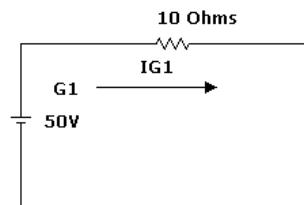


Figura 2 – Determinando a corrente devido ao gerador G1 com G2 desativado.

De acordo com o circuito da Figura 2 a corrente pode ser calculada por:

$$IG1 = 50V / 10 \text{ ohms} = 5 \text{ A.}$$

Em seguida, desativamos o gerador G1 e determinamos a corrente no mesmo ponto devido a G2, Figura 3.

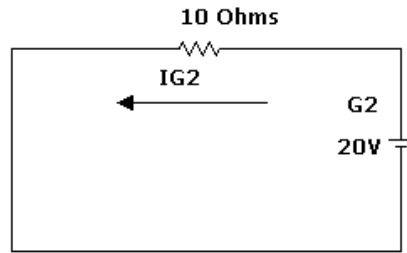


Figura 3 – Determinando a corrente devido ao gerador G2 cm G1 desativado.

Na Figura 3, a corrente pode ser calculada por $IG2 = 20V / 10 \text{ Ohms} = 2 \text{ A}$.

Tendo os valores parciais devido a G1 e G2, para determinar a corrente devido aos dois simultaneamente deveremos somar algebricamente (levando em conta a orientação) as duas correntes, para isso devemos considerar sinal para o sentido da corrente. Por exemplo, se de A para B a corrente é positiva, no sentido contrário é negativa, logo I1 é positiva e I2 é negativa, portanto, a corrente no resistor de 10 Ohms valerá:

$$I = I1 + I2 = 5A + (-2A) = 3 \text{ A , de A para B}$$

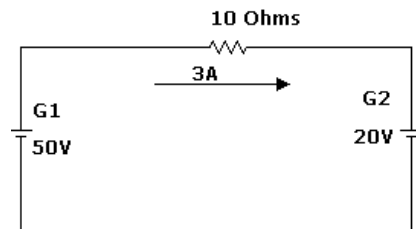


Figura 4 – Corrente devido aos dois geradores

Procedimento Experimental

- 1 Para o circuito da Figura 5 calcule os valores parciais da corrente em R2 (1 K), devido ao gerador E1 (I_{E1}) e ao gerador E2 (I_{E2}) e a corrente total devido aos dois simultaneamente (I_2). Anote na tabela 1.

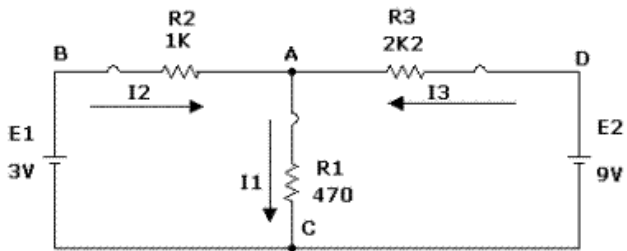


Figura 5 – Circuito para aplicar o teorema da Superposição

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

Tabela 1 – Teorema da Superposição – Valores calculados e medidos da corrente em R2

Valores Calculados			Valores Medidos		
I_{2E1}	I_{2E2}	I_2	I_{2E1}	I_{2E2}	I_2

I_{2E1} = corrente devido ao gerador E_1 quando $E_2=0$

I_{2E2} = corrente devido ao gerador E_2 quando $E_1=0$

$I_2 = I_{2E1} + I_{2E2}$

- Monte o circuito da Figura 5 na matriz de pontos de acordo com *layout* sugerido da Figura 6.

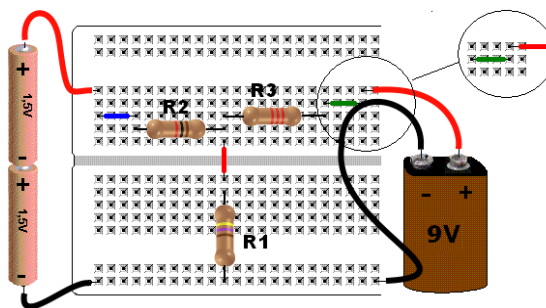


Figura 6 – Circuito para aplicar Superposição de Efeitos

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

Retire o jumper azul em serie com R2 e no seu lugar coloque o amperímetro, Figura 7, e meça a corrente no resistor R2 (I_2). Anote o valor medido na tabela 1 como I_2 .

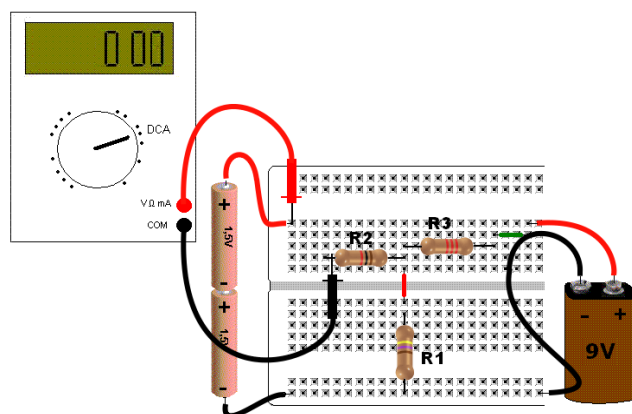


Figura 7: Medindo a corrente I_2 devido aos dois geradores

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

- 3 Retire a bateria de 9 V e no seu lugar coloque um fio conforme Figura 8. Meça a corrente em R2 devido ao gerador E1 (3 V). Anote o valor medido na tabela 1 como I_{2E1} .

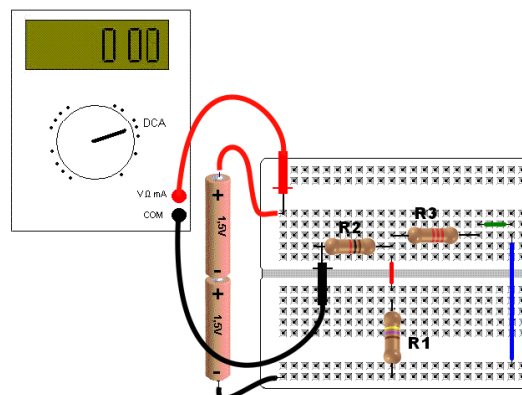


Figura 8: Medindo a corrente parcial em R2 devido a E1

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

- 4 Retire o fio azul e coloque novamente a bateria de 9 V. Retire a fonte de 3 V (duas pilhas) e no seu lugar coloque um fio azul conforme Figura 9 e meça a corrente devido ao gerador E2 (9 V). Anote o valor medido na tabela 1 como I_{2E2} .

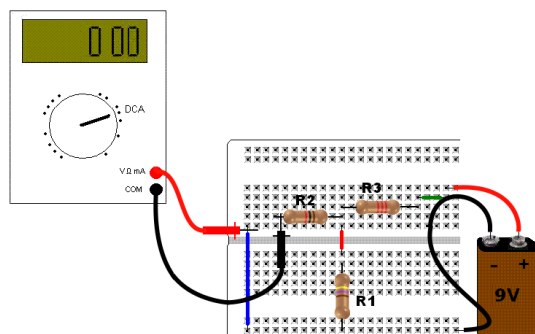


Figura 9 – Medindo a corrente parcial em R2 devido a E2

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

- 5 Considerando a orientação (sentido) das correntes parciais I_{E1} e I_{E2} obtenha o valor da corrente total

$$I_2 = I_{2E1} + I_{2E2} = \underline{\hspace{2cm}} + \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

- 6 Compare os valores medidos com os calculados e tire suas conclusões.

Experiência 14: Ponte de Wheatstone

[Índice](#)

Objetivos

- Verificar experimentalmente a operação de uma ponte de Wheatstone para medida de resistência elétrica.

Material Usado

1 Multímetro digital
 1 Matriz de pontos
 1 Bateria de 9 V com terminais
 Cabinhos para conexão
 1 Potenciômetro de 1 k
 Resistores: 100/470/820/10 k

Introdução Teórica

A ponte de Wheatstone é basicamente usada para medir resistência, mas pode ser usada na medida de qualquer grandeza física contanto que exista o transdutor adequado. O circuito básico está indicado na Figura 1, onde G (galvanômetro) é um micro amperímetro (medidor de corrente de precisão). Desconsiderando por um momento o instrumento, este circuito pode ser entendido como sendo dois divisores de tensão, ABD e ACD, ligados em paralelo e a uma fonte de tensão E. As tensões nos pontos B e C podem ser escritas como sendo:

$$V_C = \frac{R_4}{R_4 + R_3} \cdot E \quad V_B = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E$$



Galvanometro (G) Ponte de Wheatstone

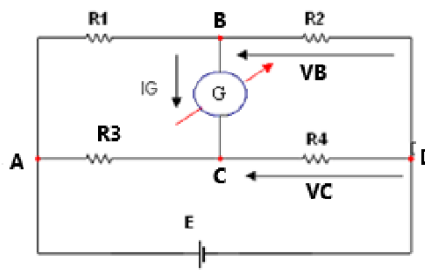


Figura 1 – Ponte de Wheatstone

É possível obter uma condição para que estas duas tensões sejam iguais, desta forma ao inserirmos o instrumento entre os pontos C e B nenhuma corrente passará através dele. Esta condição ocorrerá quando:

$$V_C = V_B \text{ ou}$$

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot E \gg \gg \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_4}{R_3 + R_4}$$

que simplificando resulta

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \quad \text{ou} \quad R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_3$$

Dizemos que nestas condições a ponte está **balanceada** ou **equilibrada**. Se no lugar de R_2 colocamos um potenciômetro, ou uma década resistiva (resistência variável de precisão), e fizermos $R_1 = R_3$, no equilíbrio o valor de $R_x = R_v$ desta forma poderemos ler o valor de R_x diretamente em uma escala, Figura 2.

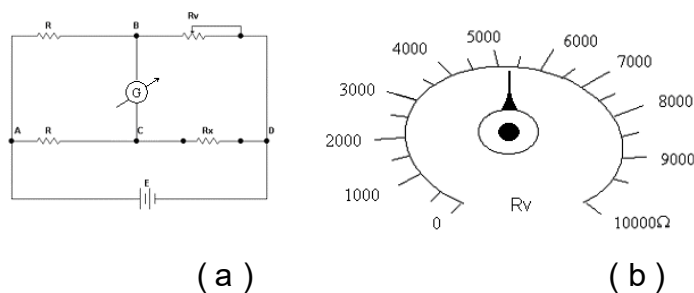


Figura 2 – (a) ponte com potenciômetro de ajuste de zero (b) escala graduada do potenciômetro

Se na Figura 1 $R_1 = 10 \cdot R_3$ neste caso poderemos usar valores de resistência bem maiores do que no caso em que $R_1 = R_3$.

Da mesma forma se $R_1 = R_3/10$ poderemos medir valores de resistência bem menores do que no caso em que $R_1 = R_3$

No caso mais comum o galvanômetro usado é de zero central permitindo corrente nos dois sentidos. Quanto mais sensível for o galvanômetro mais precisão na medida. Devido ao alto custo desse tipo de instrumento na experiência será usado o amperímetro digital na menor escala possível.

Exemplo: No circuito qual o valor da corrente na resistência R5? Qual a condição da ponte?

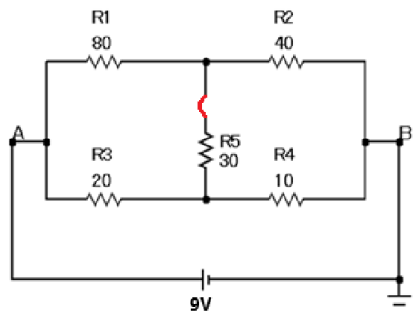


Figura 3 – Circuito em Ponte de Wheatstone

[LinkSimulador1](#)

[_LinkSimulador2](#)

[LinkVideo1](#)

[LinkVideo2](#)

Solução: A ponte estará equilibrada pois o produto das resistências opostas é o mesmo, isto é, $80 \cdot 10 = 800$ e $20 \cdot 40 = 800$, portanto a corrente em $R_5 = 0$

Para verificar execute uma simulação. Experimente desequilibrar a ponte mudando o valor, por exemplo, de R_2 para 100 Ohms.

Procedimento Experimental

1. Monte o circuito da Figura 4 na MP, varie o potenciômetro até obter a menor corrente possível em qualquer sentido use a menor escala de corrente possível. O Multímetro usado com amperímetro é o galvanômetro (medidor de corrente de precisão).

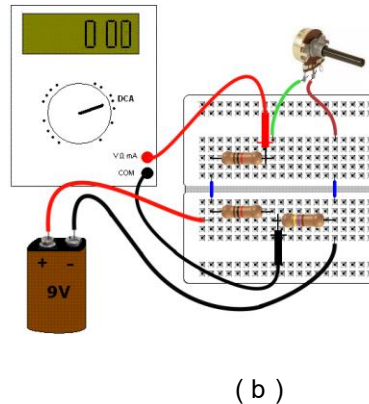
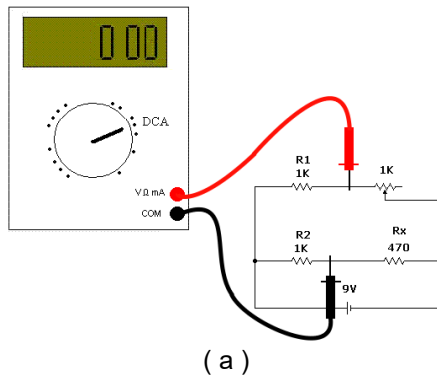


Figura 4 – Ponte de Wheatstone (a) circuito (b) Na Matriz de Pontos

[LinkSimulador1](#)

[LinkSimulador2](#)

[LinkVideo1](#)

2. Após obter a menor corrente possível (equilíbrio da ponte), retire o potenciômetro e meça a sua resistência conforme Figura 5. O valor medido é igual a R_x . Compare com o valor nominal de R_x . Observe que para obter precisão será necessário uma resistência variável de precisão, por exemplo um [potenciômetro multivoltas](#).

$R_x =$ _____

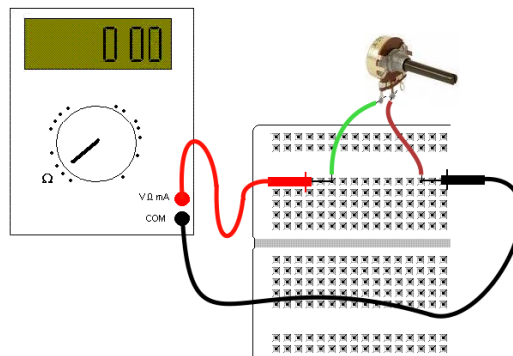


Figura 5 – Medindo a resistência no potenciômetro após equilíbrio da ponte

3. Agora que efetuou medidas e cálculos na ponte de Wheatstone, escreva as suas conclusões.

Bibliografia:

- [1] ALBUQUERQUE, Rômulo O. Análise de Circuitos em Corrente Continua. São Paulo: Erica, 2009
- [2] www.eletronica24h.net.br. ALBUQUERQUE, Rômulo O.

Lista de Componentes

A seguir uma lista dos componentes que serão usados nas experiências

Multímetro Digital ([Sugestão1](#) [Sugestão2](#))

Matriz de Pontos (Protoboard) ([Sugestão1](#), [Sugestão2](#)) no mínimo 400 pontos

4 Pilhas AA ([Sugestão](#))

Suporte para 1 pilha, 2 pilhas, 3 pilhas e 4 Pilhas ([Sugestão](#))

Bateria de 9V ([Sugestão](#)) Clip para bateria de 9V ([Sugestão](#))

Lâmpada de 12V ([sugestão](#)) no lugar da lâmpada, se não achar use um LED em serie com uma resistência de 1 k.

Resistores: 82/100/150/220/2x470/820/1k/2k2/3k3/4k7/10k/100k $\frac{1}{4}$ W ([Sugestão](#))

Potenciômetros: 1 k Linear e 47 k Linear ([Sugestão](#))

LDR: 1 de 7mm ([Sugestão](#))

Fios para conexão ([Sugestão1](#)) ([Sugestão2](#))

4 LED (2 vermelho e 2 verdes) 10mm ([sugestão](#))