

Laboratório 2

Circuitos Elétricos e Instrumentos de Medida

Objetivo

Utilização do multímetro para medidas de tensão, corrente elétrica e resistência.

Material utilizado

- Fonte de corrente contínua
- Placa para ensaios de circuitos elétricos
- Três resistores comerciais de carvão (100 Ω , 120 Ω e 1 k Ω)
- Fios para conexão
- Multímetro digital

1. Conceitos básicos

1.1 – Corrente elétrica

Chamamos de corrente elétrica o movimento de cargas por um condutor. Quando o movimento de cargas ocorre num circuito condutor fechado, o caminho é chamado **circuito elétrico**. A corrente elétrica pode ser definida mais precisamente como a carga líquida que atravessa uma seção reta de área A por unidade de tempo. Se a carga líquida dQ atravessa a área A no intervalo de tempo dt , a corrente elétrica I é dada por

$$I = \frac{dQ}{dt} \quad (2.1)$$

A unidade de corrente elétrica no SI é o ampère, que é definido como um coulomb por segundo (1 A = 1C/s). Correntes em circuitos de rádio e televisão são geralmente expressos em miliamperes (1 mA = 10^{-3} A) ou microamperes (1 μ A = 10^{-6} A), enquanto correntes de circuitos de computador são da ordem de nanoamperes (1 nA = 10^{-9} A).

Os primeiros pesquisadores que estudaram a eletricidade acreditavam que a corrente elétrica era o fluxo de cargas positivas, e por isso a corrente elétrica foi descrita como um fluxo de cargas de um terminal¹ positivo para um terminal negativo. No entanto, nos metais, os portadores de carga são elétrons e o fluxo se dá do terminal negativo para o positivo. Por essa razão histórica, a corrente elétrica é *definida* como tendo a direção do fluxo de cargas positivas, mesmo nos casos em que a corrente verdadeira é devida aos elétrons. Essa escolha da direção da corrente é chamada **corrente convencional**. Todas as descrições de circuitos elétricos usam a corrente convencional.

Um circuito elétrico precisa de um fonte de energia elétrica para fazer os elétrons fluírem. A fonte pode ser por exemplo, uma pilha. Todas as fontes funcionam convertendo uma forma de energia (mecânica, química, térmica, nuclear) em energia elétrica. A corrente produzida pelas fontes pode ser de dois tipos:

corrente contínua (DC): o fluxo de elétrons ocorre em um única direção, com pouca variação na intensidade da corrente. É o caso de baterias e da fonte que usaremos no nosso laboratório;

corrente alternada (AC): o fluxo de elétrons muda de direção periodicamente. As empresas de energia fornecem correntes AC para nossas residências.

¹terminal é apenas um pedaço de metal ao qual podemos conectar um fio.

1.2 – Voltagem

A voltagem ou diferença de potencial (ddp) entre dois pontos é o trabalho necessário para mover uma carga unitária de um ponto de potencial elétrico mais baixo para outro de potencial elétrico mais elevado. Como a voltagem é medida sempre entre dois pontos, costuma-se definir um ponto de referência no qual a voltagem é nula. Esse ponto é chamado **terra** (veja mais detalhes sobre esta terminologia no final do capítulo). A unidade de voltagem no SI é volt (V).

1.3 – Resistência elétrica

A resistência é uma medida da oposição de um objeto ao fluxo de elétrons. A resistência possibilita gerar calor e luz, restringir o fluxo da corrente elétrica através do circuito ou garantir que a voltagem correta seja fornecida a um aparelho. Todos os materiais, inclusive os melhores condutores, exercem algum tipo de resistência à passagem de corrente elétrica². A resistência R de um material condutor é dada pela razão entre a voltagem V aplicada aos seus terminais e a corrente I que o atravessa:

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.2)$$

A unidade de resistência elétrica no SI é o *ohm* (Ω). $1 \Omega = 1 \text{ V/A}$.

Existem componentes eletrônicos criados especialmente para fornecer quantidades determinadas de resistência elétrica. Esses dispositivos são chamados **resistores**. Veremos posteriormente como um resistor pode ser usado como um divisor de voltagem.

Os resistores podem ser de dois tipos: **fixos** e **variáveis**. Obviamente, um resistor fixo fornece uma resistência constante. Contudo, a resistência real de um resistor fixo pode variar dentro de um intervalo conhecido como tolerância do resistor. Por exemplo, um resistor de $1\text{k}\Omega$ com tolerância de 5% fornece uma resistência real entre 950Ω e 1050Ω . Um resistor variável, geralmente conhecido como potenciômetro ou reostato, permite ao operador reajustar continuamente o valor resistência. Os potenciômetros são usados, por exemplo, em controladores de volume de sistemas de som.

A maioria dos resistores tem o formato de cápsulas cilíndricas que são pintadas com quatro anéis coloridos. Essas faixas coloridas formam um **código de cores**, usado para identificar o valor nominal e a tolerância do resistor. **Cada cor representa um número**, e a posição da banda indica como esse número deve ser usado. A primeira e a segunda banda indicam, respectivamente, o primeiro e o segundo dígito da resistência elétrica. A terceira fornece o fator multiplicador n ($\times 10^n$). A última banda indica a tolerância do valor da resistência. Se não houver a quarta banda, considera-se 20% de tolerância. A codificação de cores do resistor é mostrada na tabela do final do capítulo.

Como exemplo, considere um resistor com faixas verde (5), violeta (7), vermelho (2) e prata (10%). A resistência nominal é $R = 57 \times 10^2 \pm (10\%) \Omega$, ou seja, $R = (5,7 \pm 0,6) \text{ k}\Omega$.

² Com exceção dos *supercondutores*.

2. Examinando um circuito simples

A figura abaixo mostra um circuito simples com uma fonte de tensão (fonte de energia elétrica) e um resistor. Os sinais de “+” e “-” indicam os terminais positivo e negativo da fonte, respectivamente. O símbolo em forma de zigue-zague representar um resistor de resistência R . A flecha indica o sentido da corrente nominal, que como mencionado anteriormente, é o sentido do fluxo de cargas positivas.

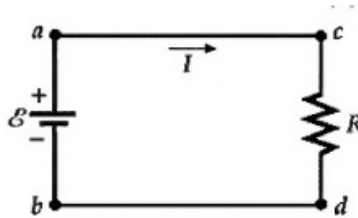
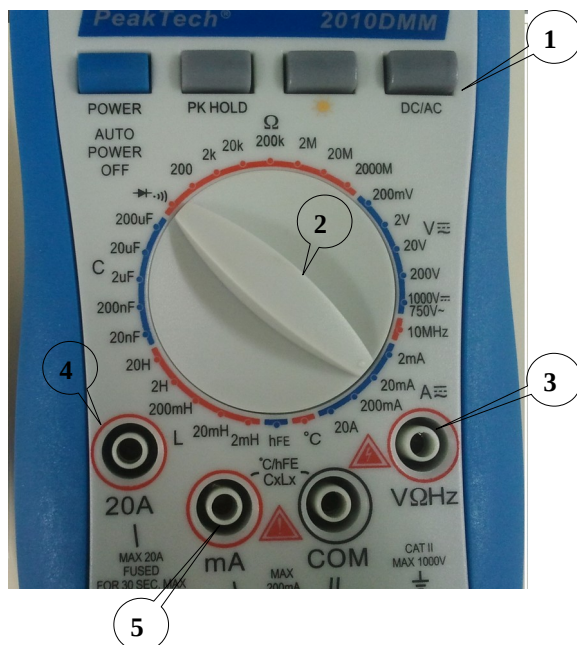


Figura 2.1 – Um circuito simples

Neste circuito, a fonte fornece energia as cargas que dão origem a corrente elétrica. Conforme a corrente flui através do resistor, há uma queda de voltagem. A voltagem fornecida pela fonte representa a diferença de carga entre o terminal positivo e negativo, e essa diferença de carga tem o potencial de mover a corrente pelo circuito. O circuito absorve a energia gerada conforme a corrente flui, o que faz a voltagem cair. Por isso a voltagem também é chamada de *queda de voltagem* ou *queda de tensão*. É importante notar que essa queda de voltagem tem um significado físico real: representa a energia fornecida pela fonte e absorvida pelo elemento resistivo (resistor, lâmpada, etc).

3. O Multímetro Digital

O multímetro é um dispositivo portátil usado para medir voltagem, corrente ou resistência elétrica. Portanto, o multímetro pode atuar como *voltímetro*, *amperímetro* ou *ohmímetro*. A Figura 2.2 mostra um multímetro do nosso laboratório, onde estão indicadas as principais funções do aparelho.



1. Seletor AC/DC.

2. Seletor de funções. Gire o seletor para escolher a medida a ser feita (voltagem, corrente, resistência ou capacitância). A posição para a qual o seletor deve apontar para cada tipo de medida é indicada pelo símbolo da unidade da grandeza a ser medida (A, V, Ω ou C).

3. Conecte o cabo vermelho a esta entrada para fazer medidas de voltagem ou resistência.

4. Conecte o cabo vermelho a esta entrada para fazer medidas de corrente elétrica altas, de até 20 A.

5. Conecte o cabo vermelho a esta entrada para fazer medidas de corrente elétrica de até 200 mA.

Figura 2.2 – Multímetro Digital

3.1 – Medidas com o Multímetro

Para fazer uma medida acurada com o multímetro, é importante selecionar a faixa apropriada. Por exemplo, se você desejar medir uma voltagem de 12 V, o seletor deve apontar para a posição 20 V da Figura 2.2. Neste modo de leitura, o multímetro pode fazer medidas de voltagem de até 20 V. A seleção de uma faixa muito alta (por exemplo, 200 V, para caso acima) afetará a precisão da medida. Se a faixa escolhida for pequena, menor do que o valor da grandeza que se tenta medir, o multímetro exibirá no display OL. Alguns multímetros digitais possuem função autoajuste, e essa seleção não é necessária.

Em qualquer tipo de medida, existe um limite que um multímetro pode alcançar. Esse limite é conhecido como **faixa máxima**. Para os multímetros do nosso laboratório, as faixas máximas para voltagem (DC), corrente e resistência são, respectivamente, 1000 V, 20 A e $2\text{ G}\Omega$ ($= 2 \times 10^9 \Omega$).

3.1.1 – Medidas de voltagem

Para usar o multímetro como voltímetro, o seletor de escala deverá apontar para uma das alternativas indicados pelo símbolo **V**. Por questões de segurança, ao iniciar a medida, devemos manter o aparelho ligado sempre na **maior** escala possível. Depois, escolha a faixa que dê maior sensibilidade.

Os cabos preto e vermelho devem ser ligados às entradas COM e $V\Omega$, respectivamente. Para fazer medida da tensão, o voltímetro deve ser ligado em *paralelo* com a queda de tensão que se deseja medir, conforme ilustrado na Figura 2.3a.

3.1.2 – Medidas de corrente

Para usar o multímetro como amperímetro, o seletor de escala deverá apontar para uma das alternativas indicados pelo símbolo **A**. Deve-se conectar o medidor em *série* com o elemento cuja corrente se quer medir, de forma que ambos sejam atravessados pela mesma corrente. Essa configuração é mostrada na Figura 2.3b. Dependendo do valor da corrente, deve-se conectar o cabo vermelho à entrada A ou mA do multímetro (veja Figura 2.2). Nunca teste correntes maiores do que a faixa máxima do multímetro. Por segurança, desligue o multímetro após uma medida da corrente.

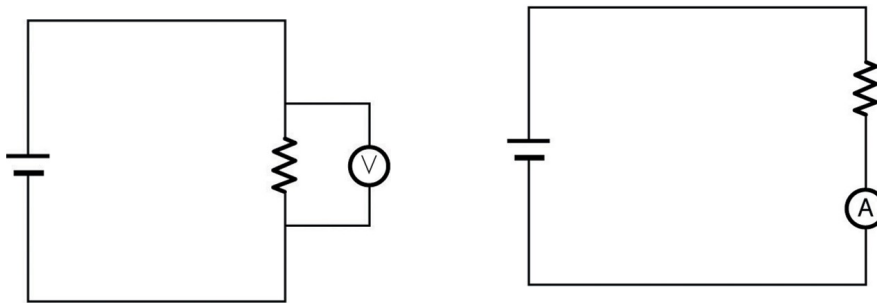


Figura 2.3 – Medida de voltagem (esquerda) e de corrente elétrica (direita).

3.1.2 – Medidas de resistência

A resistência de um componente do circuito pode ser medida com o multímetro funcionando como ohmímetro. Neste caso, a medida deve ser feita com o circuito **desenergizado** (circuito aberto). Para usar o multímetro como ohmímetro, o seletor de escala deve apontar para uma das alternativas do símbolo Ω . O ohmímetro deve ser ligado em paralelo com o resistor.

Tome cuidado para não tocar as pontas de metal das ponteiros de teste do multímetro. Ao tocá-los, você adiciona resistência à leitura, produzindo uma medida incorreta.

O valor medido deve estar dentro da faixa de tolerância do valor nominal do resistor. Se o resistor estiver danificado, por exemplo, completamente aberto por dentro, o valor de R será infinito. Se o resistor estiver em curto, a medida produzirá 0Ω .

4 – Incerteza das Medidas

A incerteza de um instrumento corresponde à precisão com a qual a grandeza observada pode ser comparada com um padrão SI. Para determinar a incerteza nas medidas, utilizaremos a seguinte regra: se o instrumento possuir uma escala (um régua, por exemplo), a incerteza é o valor da menor divisão da escala dividido por 2. Se o instrumento for digital (como o multímetro), a incerteza é o menor valor que pode ser lido no instrumento.

5 – Procedimento Experimental

5.1 – Medida da voltagem

- Ligue os pólos positivo e negativo da fonte de tensão aos pontos correspondentes na placa.
- Ajuste a voltagem da fonte para 7 V.
- Monte o circuito da Figura 2.1.
- Fixe o cabo preto no borne COM do multímetro e o cabo vermelho na entrada $V\Omega$.
- Observe que a chave do circuito é ligada deslocando-a para a esquerda.
- Ligue o voltímetro em paralelo com o resistor para medir a tensão e estime o erro da medida.

$$V = (\quad) \pm (\quad) V$$

5.2 – Medida da resistência

- Determine os valores nominais da resistência de cada resistor utilizando o código de cores. A partir da tolerância especificada pelo fabricante, calcule o intervalo no qual deve estar a resistência de cada resistor. Anote seus resultados na tabela abaixo.
- Com o circuito **aberto**, meça a resistência de cada um dos resistores utilizando o multímetro. Anote os valores na tabela, indicando o erro da medida.
- Para cada resistor, verifique se os valores nominal e medido são compatíveis.

| | Nominal (Ω) | Experimental (Ω) |
|-----------|----------------------|---------------------------|
| <i>R1</i> | | |
| <i>R2</i> | | |
| <i>R3</i> | | |

5.2 – Medida da corrente elétrica

- Calcule o valor **previsto** para a corrente I_{teo} que atravessa cada resistor utilizando a equação (2.2), onde V e R são os valores **medidos** nos itens anteriores.
- Fixe o cabo preto no borne COM do multímetro e o cabo vermelho na entrada mA.
- Faça a medida da corrente que atravessa cada resistor ligando o amperímetro em série com o resistor. Estime os erros das medidas.

| R_{exp} (Ω) | I_{teo} (mA) | I_{exp} (mA) |
|------------------------|----------------|----------------|
| | | |
| | | |
| | | |

Apêndice

A1 – O que significa terra ?

Em eletrônica, a palavra **terra** pode ter dois sentidos. Terra em terra significa literalmente uma ligação com a matéria do planeta. Por exemplo, o terceiro furo na tomada de três furos está conectado à terra. Por trás de cada tomada da nossa residência há (ou deveria existir) um fio que corre através da casa e conecta-se a um poste de metal que faz um bom contato com a terra. Esse arranjo proporciona proteção ao circuito.

Um ponto de referência dentro de um circuito para a medição da voltagem também é chamado de terra ou terra comum. Geralmente, o terminal negativo de uma pilha é usado como o terra (referência), e todas as voltagens no circuito são medidas em relação a esse ponto.

A2 – O Código de Cores

| Cor | Número | Tolerância |
|----------|--------|------------|
| Preto | 0 | 20% |
| Marrom | 1 | 1% |
| Vermelho | 2 | 2% |
| Laranja | 3 | 3% |
| Amarelo | 4 | 4% |
| Verde | 5 | - |
| Azul | 6 | - |
| Violeta | 7 | - |
| Cinza | 8 | - |
| Branco | 9 | - |
| Dourado | -1 | 5% |
| Prateado | -2 | 10% |

Caso a quarta banda esteja ausente, considera-se a tolerância 20%.