

Medição de Tensões e Correntes Eléctricas.

Leis de Ohm e de Kirchoff

1. Objectivo:

Aprender a medir tensões e correntes eléctricas com um osciloscópio e um multímetro digital. Conceito de resistência interna de um multímetro e de um osciloscópio. Medição de grandezas AC e DC. Verificação experimental das leis de Kirchoff.

2. Introdução:

2.1. Medição de Tensões e Correntes Eléctricas

O multímetro digital que vai utilizar pode realizar diferentes funções, nomeadamente:

- . Determinação de tensões contínuas (DC).
- . Determinação de tensões alternadas (AC).
- . Determinação de correntes contínuas (DC).
- . Determinação de correntes alternadas (AC).
- . Medição de resistências.

Uma grandeza contínua (DC) é constante no tempo. Uma grandeza alternada (AC) varia no tempo por exemplo assumindo a forma, no caso de uma variação sinusoidal:

$$g(t) = G_0 \cos(\omega t + \alpha)$$

em que G_0 é uma constante (amplitude), ω é a frequência angular ($\omega=2\pi f$, com f - frequência, $f=1/T$) e α é a fase inicial (constante que depende da situação em $t=0$). Definem-se ainda a amplitude pico-a-pico, $G_{pp}=2G_0$, e eficaz (ou RMS, de *Root Mean Square*) $G_{eff}=G_0/\sqrt{2}$. O esquema da Fig. 1 mostra como montar a resistência de teste para medidas de tensão, corrente e resistência. No caso da medição da resistência, na realidade o multímetro está a impor uma determinada corrente à resistência, medindo a tensão resultante e determinando o valor da resistência utilizando a Lei de Ohm:

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

Para medir uma tensão AC ou DC através de uma resistência coloque o multímetro no modo correspondente e ligue a resistência em paralelo aos terminais do multímetro (Fig.1a).

Para medir uma corrente AC ou DC através de uma resistência coloque o multímetro no modo respectivo e ligue a resistência em série com o multímetro (Fig. 1 b).

Para medir uma resistência coloque o multímetro no modo correspondente e ligue-a directamente aos terminais do multímetro (Fig. 1c). Nota: Antes de utilizar qualquer função, verifique que o multímetro mede zero quando curto-circuitado.

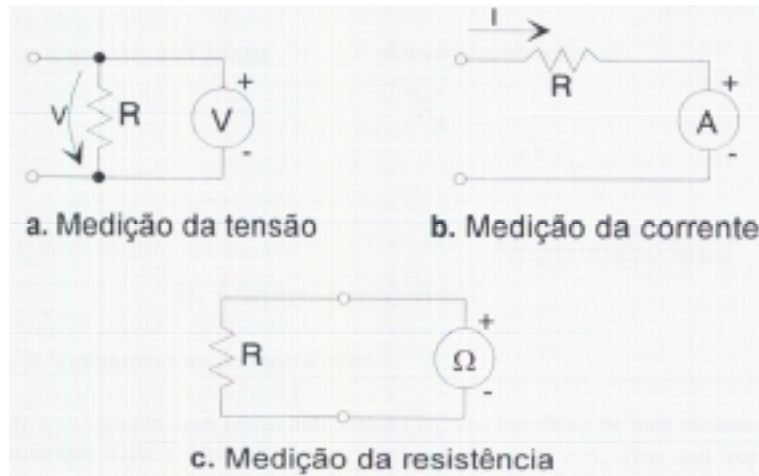


Figura 1: Esquemas de montagem para medições de tensão, corrente e resistência.

Quando utilizamos um multímetro no laboratório, assumimos frequentemente que se trata de um instrumento ideal, ou seja, que o aparelho de medida não tem qualquer influência sobre o circuito. Assim, um voltímetro ideal teria resistência interna infinita, de forma a não desviar corrente do circuito, e um amperímetro ideal teria uma resistência interna nula, de forma a não aparecer queda de tensão no seu interior devido à passagem da corrente. Na prática isto não é verdade pois voltímetros ou amperímetros reais tem resistências internas finitas e bem determinadas. Na Fig. 2 estão representados esquemáticamente um voltímetro e um amperímetro reais.

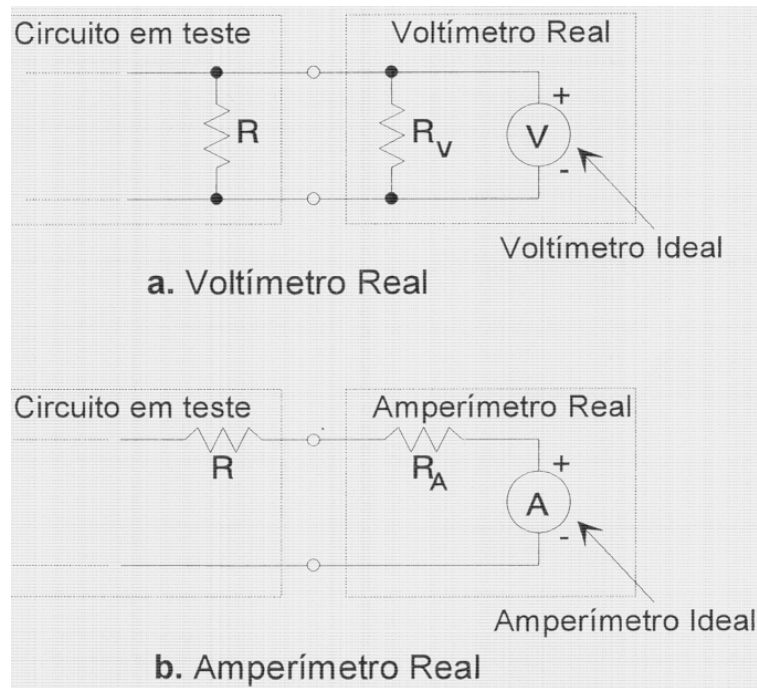


Figura 2: Voltímetro e amperímetro reais.

Ao ligar o voltímetro com resistência interna R_v aos terminais de uma resistência R a resistência que passa a estar no circuito é equivalente a duas em paralelo, R e R_v (Fig. 2a). Ao ligar o amperímetro com resistência interna R_a a um circuito em série com uma resistência R a resistência que passa a estar no circuito é equivalente a duas em série, R e R_a (Fig. 2b).

2.2. Leis de Ohm e de Kirchoff

2.2.1. Lei de Ohm

A lei de Ohm relaciona a tensão (V) aos terminais de um circuito resistivo com a corrente eléctrica (I) que passa no circuito:

$$V = RI ,$$

em que R é uma constante designada por **resistência**.

2.2.2. Leis de Kirchoff

As leis de Kirchoff são duas: lei dos nós e lei das malhas.

A lei dos nós afirma que a soma das correntes que chegam a um dado ponto de um circuito é igual à soma das correntes que dele partem, ou seja, que a soma algébrica das correntes num determinado ponto do circuito é nula:

$$\sum_i I_i = 0$$

A lei das malhas afirma que a soma algébrica das tensões numa malha fechada é nula:

$$\sum_i V_i = 0$$

2.3. Exemplos e Casos Particulares

2.3.1. Resistências em paralelo

A Fig. 3 mostra um circuito com uma fonte de tensão (V) e duas resistências R_1 e R_2 ligadas em paralelo. Se quisermos substituí-las por uma resistência equivalente R que obrigue a fonte a fornecer a mesma corrente, sabemos que:

$$V = RI$$

Por outro lado, temos:

$$V_1 = V_2 = V$$

e ainda:

$$V_1 = V = R_1 I_1 \quad \text{e} \quad V_2 = V = R_2 I_2$$

Pela lei dos nós:

$$I_1 + I_2 = I$$

Substituindo as correntes, utilizando a lei de Ohm:

$$\frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = \frac{V}{R}$$

e simplificando:

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R}$$

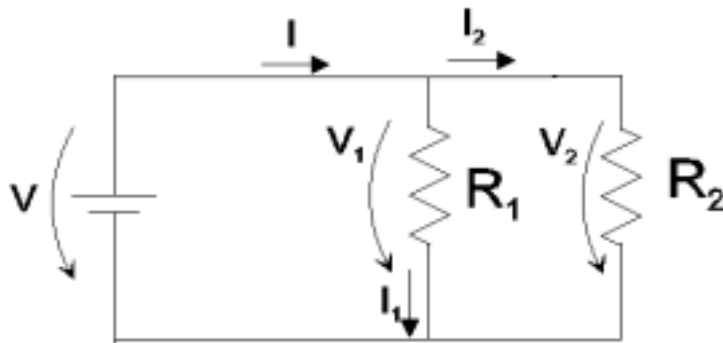


Fig. 3: Resistências ligadas em paralelo

2.3.2. Resistências em série

A Fig. 4 mostra um circuito com uma fonte de tensão (V) e duas resistências R_1 e R_2 ligadas em série. Se quisermos substituí-las por uma resistência equivalente R que obrigue a fonte a fornecer a mesma corrente, sabemos que:

$$V = RI$$

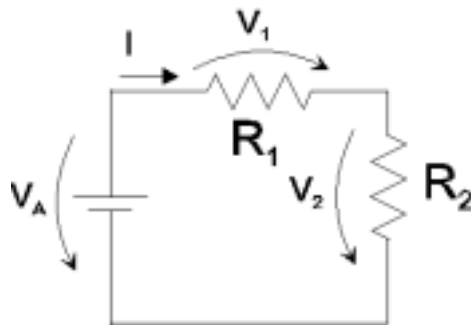


Figura 4: Resistências ligadas em série.

Por outro lado, sabemos que:

$$I_1 = I_2 = I$$

e ainda:

$$V_1 = R_1 I \quad \text{e} \quad V_2 = R_2 I$$

Pela lei das malhas:

$$V_1 + V_2 - V = 0 \Leftrightarrow V_1 + V_2 = V$$

Substituindo as correntes, utilizando a lei de Ohm:

$$R_1 I + R_2 I = RI$$

e simplificando:

$$R_1 + R_2 = R$$

2.3.3. Divisor de Tensão

No circuito da Fig. 4 queremos determinar a tensão V_2 aos terminais da resistência R_2 . Mais uma vez, pela lei de Ohm:

$$V_2 = R_2 I$$

Por outro lado, e utilizando o resultado obtido no ponto anterior, sabemos que:

$$I = \frac{V}{(R_1 + R_2)}$$

e substituindo:

$$V_2 = V \frac{R_2}{(R_1 + R_2)}$$

2.3.4. Duas malhas

A Fig. 5 mostra duas malhas que incluem duas fontes de tensão. Vejamos como podemos determinar, por exemplo, as correntes I_1 e I_5 que passam, respectivamente, pelas resistências R_1 e R_3 .

A lei dos nós diz-nos que:

$$I_1 + I_2 = I_3$$

A lei das malhas diz-nos que (escolhendo circular nas malhas da esquerda e da direita no sentido dos ponteiros do relógio):

$$V_A + V_2 - V_1 = 0$$

e

$$V_3 + V_4 + V_2 = 0$$

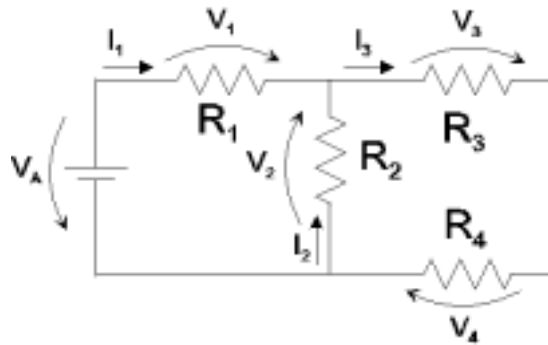


Figura 5: Circuito com duas malhas.

Usando a lei de Ohm temos:

$$V_A + R_2 I_2 - R_1 I_1 = 0$$

e

$$R_3 I_3 + R_4 I_3 + R_2 I_2 = 0$$

Portanto, ficamos com um sistema de 3 equações lineares que pode ser facilmente resolvido e em que as incógnitas são as correntes:

$$\begin{cases} I_1 + I_3 = I_2 \\ V_A + R_2 I_2 - R_1 I_1 = 0 \\ R_3 I_3 + R_4 I_3 + R_2 I_2 = 0 \end{cases}$$

3. Equipamento:

1. Multímetro Digital
2. Osciloscópio
3. Fonte de tensão-corrente regulável
4. Gerador de sinais
5. Resistências diversas
6. Breadboard

4. Procedimento experimental:

4.1. Medição de tensões AC

Ligue o gerador de sinais a uma resistência de $4,7\text{ k}\Omega$. Ligue o osciloscópio aos terminais da resistência (**ATENÇÃO**: assegure-se de que liga as terras de ambos uma à outra, senão poderá avariar o gerador de sinais!) Utilize o gerador de sinais para produzir um sinal sinusoidal de 1 kHz com uma amplitude de 6 V pico-a-pico ($V_{pp} = 6\text{ V}$). Prepare o multímetro para medir Volts AC e meça a tensão aos terminais da resistência. Note que o multímetro não mede uma tensão pico-a-pico (V_{pp}) mas sim uma tensão eficaz (V_{rms}). Compare os valores obtidos e verifique se são compatíveis.

4.2. Medição directa de Resistências

Meça directamente, utilizando o multímetro no modo ohmímetro, as quatro resistências que lhe foram fornecidas (depois de montadas no *breadboard*). Quando a diferença entre o valor medido e o valor nominal não for coberta pela tolerância própria da resistência tente encontrar uma justificação.

4.3. Medição da curva tensão vs. corrente para uma Resistência

Monte o circuito da Fig. 7. Para $R=1\ \Omega$ meça a tensão V na resistência com a corrente (I) variando de 0 a 1 A em intervalos de $0,1\text{ A}$. Determine, por regressão linear (traçando o gráfico respectivo), o valor experimental de R (R corresponde ao declive da recta).

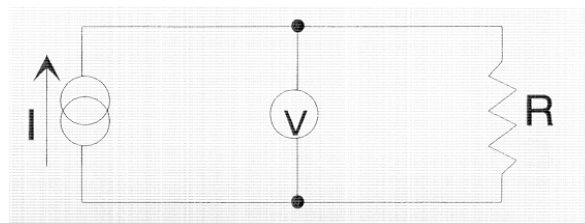


Figura 7: Montagem para medição indirecta da resistência.

4.4. Divisor de tensão

Monte o circuito da Fig. 8 (divisor de tensão), utilizando duas resistências $R_1=R_2=3,3\text{ k}\Omega$.

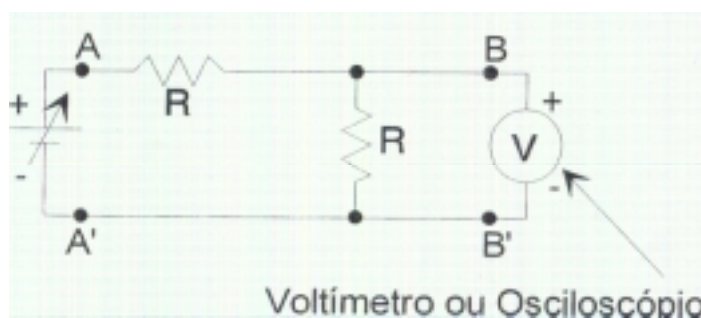


Figura 8: Montagem para medições no divisor de tensão.

Alimente o circuito com uma tensão de 6,0 V. Meça as tensões entre os pontos AA' e BB'. Repita estas medidas utilizando o osciloscópio em vez do multímetro digital (Nota: neste caso o osciloscópio só mostra uma variação do sinal DC pois não há nenhum sinal AC introduzido). Mude agora para resistências $R_1=R_2=4,7\text{ M}\Omega$. Repita as medições efectuadas anteriormente. Atenção: as medidas de tensão devem ser feitas com precisão superior à centésima de volt!

Justifique os resultados, verificando se os valores medidos correspondem ao esperado.

4.5. Leis de Kirchoff

Monte o circuito da Fig. 5. Regule a fonte DC para aplicar ao circuito uma tensão de 4,0 V (verifique com o multímetro). Meça as tensões nas resistências R_1 , R_2 , R_3 e R_4 (cuidado com os sinais!). Calcule as correspondentes correntes a partir das tensões medidas utilizando, a lei de Ohm. Verifique experimentalmente a lei das malhas na malha da esquerda e na malha da direita. Verifique ainda a lei dos nós em ambos os nós com três ramos.

$$R_1 = 4,7\text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 1,0\text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 3,3\text{ k}\Omega$$

$$R_4 = 4,7\text{ k}\Omega$$