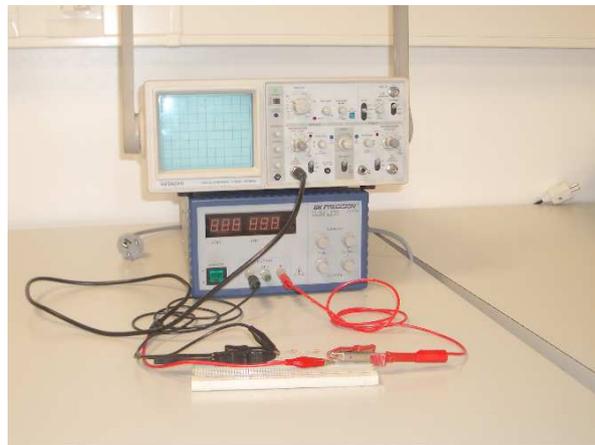
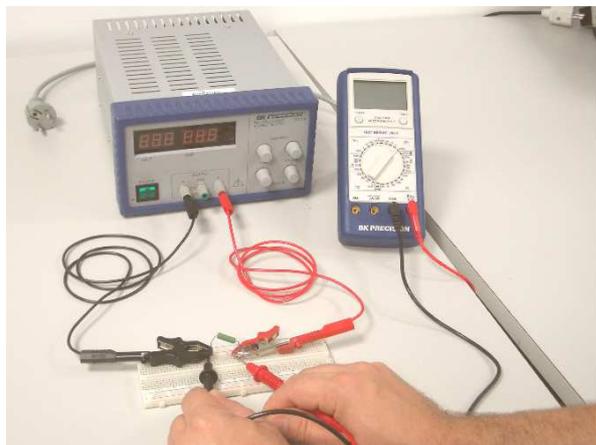


Trabalho de Laboratório de Electromagnetismo e Óptica

Determinação de diferenças de potencial e correntes eléctricas
em circuitos eléctricos;
Leis de Ohm e Kirchhoff



Fernando Barão, Filipe Mendes, Manuela Mendes
Contributos: Pedro Assis
Profs do Departamento de Física do IST

última revisão: Setembro 2017

Conteúdo

1	Introdução	4
1.1	Lei de Ohm	4
1.2	Leis de Kirchhoff	4
1.3	Potência dissipada	5
1.4	Sinais periódicos de tensão	5
2	Trabalho Experimental	7
2.1	Introdução	7
2.1.1	Incerteza da medição	7
2.1.2	Identificação de resistências eléctricas	7
2.1.3	Placa de montagem <i>breadboard</i>	8
2.1.4	Fontes	8
2.1.5	A medição de tensões, correntes eléctricas e resistências	9
2.2	Montagens experimentais	11
2.2.1	Medição de uma tensão alterna numa resistência	11
2.2.2	Lei de Ohm: determinação da resistência eléctrica	11
2.2.3	Leis de Kirchhoff	11
3	Guia experimental	15
3.1	Desenho dos circuitos	15
3.2	Identificação de resistências eléctricas	17
3.3	Medição de uma tensão alterna numa resistência	17
3.4	Determinação da resistência eléctrica	18
3.5	Resistências em paralelo	19
3.6	Divisor de tensão	19
3.7	Circuito com duas malhas	21

Os objectivos do trabalho são:

- Verificação experimental das Leis de Ohm e Kirchhoff
- Medição de diferenças de potencial, correntes eléctricas e resistências eléctricas
- Introdução aos aparelhos de medida, multímetro e Osciloscópio; observação da influência dos aparelhos de medida na medição experimental

Objectivos

O material a usar neste trabalho é o seguinte:

- Placa e montagem (*breadboard*)
- Resistências eléctricas
- Osciloscópio
- Multímetro
- Gerador de Sinais periódicos
- Fontes de Tensão e Corrente Eléctrica
- Cabos para ligações eléctricas

Material

Atenção:

A preparação deste trabalho previamente à sua execução em laboratório necessita que cada grupo traga para a aula de laboratório as seguintes tarefas já realizadas:

- Realização dos esquemas das várias montagens na placa esquemática do *breadboard* existente na secção 3.1
- Respostas à secção 3.2
- Preenchimento dos valores esperados dos quadro 4, 5 e 7

1 Introdução

1.1 Lei de Ohm

A aplicação de uma diferença de potencial, V , a um dado material dá origem ao aparecimento de um campo eléctrico, \vec{E} , no interior do material, que tem como consequência a movimentação das cargas eléctricas *livres*. Estabelece-se assim uma densidade de corrente eléctrica, \vec{J} , que é directamente proporcional à força por unidade de carga aplicada ao material ($\vec{F} = \vec{E}$), isto é, ao campo eléctrico,

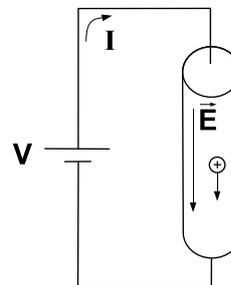
$$\vec{J} = \sigma_C \vec{E}$$

onde σ_C corresponde à condutividade eléctrica do material. Esta lei é conhecida como lei de Ohm local.

Tendo em conta a relação entre a diferença de potencial aplicada e o campo eléctrico no interior do material, $dV = -\vec{E} \cdot d\ell$, e que a corrente eléctrica que percorre cada secção do material resulta da integração da densidade de corrente na secção do condutor, $I = \int_S \vec{J} \cdot \vec{n} dS$, obtém-se a **lei de Ohm**, que estabelece uma relação de proporcionalidade entre a diferença de potencial observada, V , e a corrente eléctrica que percorre o material, I :

$$\boxed{V = R I} \quad (1)$$

sendo R é a resistência eléctrica do material.



1.2 Leis de Kirchhoff

As leis de Kirchhoff, conhecidas como lei dos nós e lei das malhas, são ferramentas de grande utilidade na resolução de problemas em circuitos eléctricos.

A carga eléctrica é uma grandeza que se conserva. Assim, imagine-se que temos cargas eléctricas a deslocarem-se, ou seja, correntes eléctricas, através de uma superfície fechada. A variação de carga eléctrica no interior da superfície fechada é obtida a partir do balanço de correntes eléctricas, sendo que por convenção os fluxos de carga eléctrica que saem da superfície, são positivos e os fluxos de carga que entram na superfície, são negativos:

$$\sum_i I_i = \oint_S \vec{J} \cdot \vec{n} dS = -\frac{dQ}{dt}$$

Em regime estacionário não existe variação de carga eléctrica no interior da superfície fechada, $\frac{dQ}{dt} = 0$, obtendo-se então a **lei dos nós**:

$$\boxed{\sum_i I_i = 0} \quad (2)$$

Esta lei, que de forma prática se aplica aos nós de ligação dos circuitos eléctricos (pode-se imaginar aí uma superfície fechada), estabelece que a *soma das correntes que chegam e partem do nó é nula*.

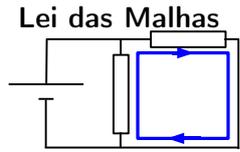


Uma malha do ponto de vista matemático corresponde a um caminho fechado. No estudo da electrostática (cargas estacionárias) verificou-se que a força electrostática só depende das posições daí resultando que o campo electrostático \vec{E} é conservativo e portanto o trabalho realizado pelo campo sobre as cargas ao longo de um caminho fechado deve ser nulo:

$$\oint_{\Gamma} \vec{E} \cdot d\vec{\ell} = 0$$

Este resultado mantém-se válido para a corrente estacionária. De facto, em rigôr, este resultado é válido desde que não existam campos magnéticos variáveis. Dividindo a malha em troços, obtêm-se então a chamada **lei das malhas** que estabelece que a soma das diferenças de potencial numa malha fechada é nula,

$$\boxed{\sum_i V_i = 0} \tag{3}$$



Lei das Malhas

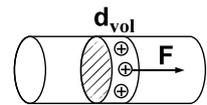
1.3 Potência dissipada

A existência de corrente eléctrica num dado material com resistência eléctrica não nula (todos, salvo os supercondutores!) significa que o campo eléctrico tem que realizar trabalho sobre as cargas de forma que estas se desloquem. A potência gasta por unidade de volume do material para deslocar as cargas é dada por:

$$p \equiv \frac{dP}{dvol} = \vec{J} \cdot \vec{E} \quad [W.m^3]$$

Na representação gráfica de um circuito eléctrico, os materiais possuidores de resistência eléctrica são representados como resistências, e os elementos de ligação são considerados condutores perfeitos. Portanto, a potência dissipada nos elementos resistivos, também chamada potência de Joule, é obtida integrando a densidade de potência p no volume resistivo, obtendo-se:

$$\boxed{P = V I = R I^2 = \frac{V^2}{R} \quad [W]} \tag{4}$$



1.4 Sinais periódicos de tensão

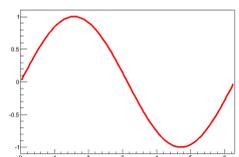
Uma tensão sinusoidal de frequência angular ω e amplitude V_0 produzida por um gerador de sinais, representa-se da seguinte forma:

$$V(t) = V_0 \text{sen}(\omega t + \alpha) \tag{5}$$

onde α representa a fase inicial ($t = 0$) do sinal. Portanto, o valor da tensão está continuamente a variar ao longo do tempo sendo geralmente, em módulo, menor que o valor do pico (amplitude) V_0 . Da mesma forma, a potência dissipada numa resistência eléctrica alimentada por um sinal de tensão sinusoidal, varia ao longo do tempo:

$$P(t) = \frac{V_0^2}{R} \text{sen}^2(\omega t + \alpha)$$

onda periódica



O valor eficaz da tensão, V_{ef} , corresponde ao valor de tensão constante que seria necessário fornecer à resistência de forma a dissipar a mesma potência que esta dissipa quando é alimentada pela tensão variável. Tendo em conta que a potência média no tempo ($\langle P(t) \rangle$) dissipada pela resistência alimentada pela tensão sinusoidal é:

$$\langle P(t) \rangle = \frac{V_0^2}{2R}$$

Igualando a potência média dissipada anterior à potência dissipada por uma resistência alimentada por uma tensão constante V_{ef} , obtém-se então:

$$\frac{V_{ef}^2}{R} = \frac{V_0^2}{2R} \Rightarrow \boxed{V_{ef} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}} \quad (6)$$

valor eficaz

Lei de Ohm	$V = R I$
Lei dos Nós	$\sum_i I_i = 0$
Lei dos Malhas	$\sum_i V_i = 0$
Potência	$P = V I$
Tensão eficaz	$V_{ef} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$

Formulário

2 Trabalho Experimental

2.1 Introdução

2.1.1 Incerteza da medição

A medição de uma qualquer grandeza implica sempre a existência de uma incerteza ou erro associado à medida. Tal incerteza deve-se a vários factores como por exemplo a limitada precisão do instrumento de medida utilizado e a variações das condições (temperatura, pressão, etc.) em que a experiência está a ser realizada. Assim, é muito importante sempre que realiza uma medição, minimizar a incerteza desta. Por exemplo, ao medir-se a resistência eléctrica com um ohmímetro, deve-se seleccionar a escala deste de forma a maximizar o número de algarismos significativos.

Em instrumentos de medida a incerteza associada à medição e directamente relacionada com a escala deste, pode-se estimar como sendo metade da menor divisão da escala. Por exemplo, um objecto medido com uma régua graduada em milímetros poderia ter como medida $x \pm 0.5$ mm. Note no entanto, que por exemplo durante a medição a agulha do instrumento pode variar de posição e nessa altura a incerteza associada à escala pode tornar-se irrelevante. O importante é estimar a incerteza da medida ligada à variação desta. Da mesma forma em instrumentos digitais, a leitura faz-se num mostrador e pode acontecer que a medida não seja estável, sendo por isso importante estimar qual o erro mais importante, se o que está associado à escala, ou o que se encontra associado à instabilidade da medição.

2.1.2 Identificação de resistências eléctricas

O valor duma resistência é indicado pelo fabricante através de um código de riscas coloridas gravadas na superfície exterior da resistência. A estas cores correspondem valores numéricos, como indicado indicado na figura 1.

As resistências usadas no laboratório possuem 4 riscas em que 3 dão o valor da resistência e uma 4ª risca indica a tolerância associada a este valor. Nas resistências existentes no laboratório não há informação sobre o coeficiente de variação da resistência com a temperatura.

Para se proceder à leitura do valor da resistência, coloca-se a resistência de forma a ter a risca da tolerância à direita. De seguida, atribuindo um valor numérico a cada uma das primeiras duas riscas obtém-se um valor entre 0 e 100. A terceira risca indica-nos o valor multiplicativo (em potências de dez) que se deve aplicar ao valor obtido pela leitura das duas primeiras riscas.

As resistências têm também uma potência máxima que podem suportar e que tem a ver com a sua dimensão física (área da sua superfície, que é por onde o calor gerado por efeito de Joule é transferido para o ambiente).

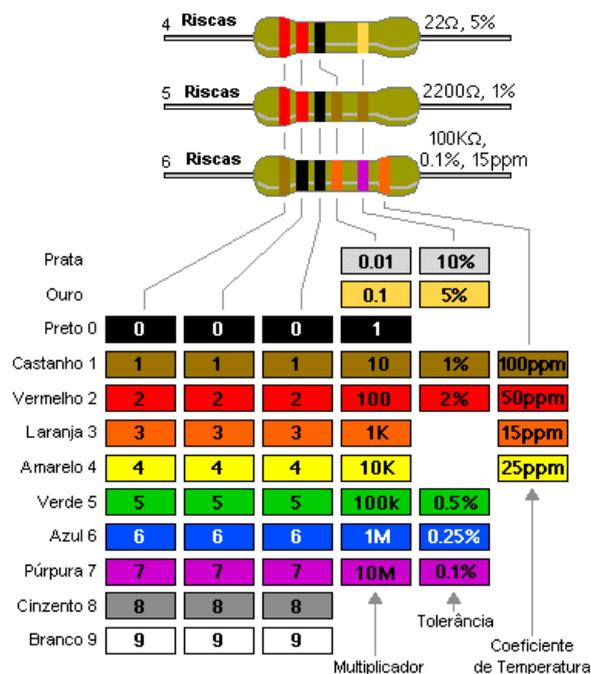


Figura 1: Código de cores das resistências eléctricas.

2.1.3 Placa de montagem *breadboard*

A montagem dos circuitos é realizada numa placa *breadboard*. A placa possui uma série de orifícios onde podem ser colocados as extremidades dos componentes electrónicos. As ligações a realizar devem ter em conta as ligações existentes entre orifícios. Estas ligações estão exemplificadas na figura 2 através das linhas finas que ligam alguns conjuntos de orifícios.

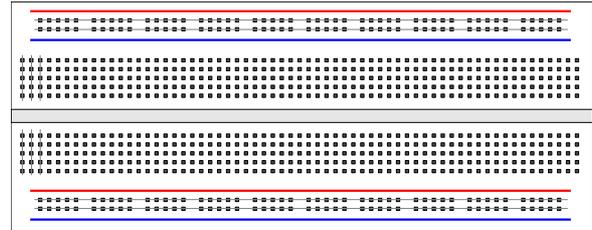


Figura 2: Esquema da placa de montagem dos circuitos eléctricos.

2.1.4 Fontes

No laboratório existem dois tipos de fonte. Uma fonte de potência que fornece uma alimentação em corrente contínua e um gerador de sinais.

Todas as fontes são na realidade fontes potência no sentido de que fornecem aos circuitos uma certa quantidade de energia por unidade de tempo. Quando lhes chamamos fontes de tensão ou fontes de corrente estamos a referir-nos à grandeza que, por construção da fonte, é controlada pelo utilizador. Mas mesmo uma fonte de corrente ou tensão, se a sua potência for excedida, deixa de fornecer ao circuito as correntes ou as tensões desejadas pois estão limitadas fisicamente pela sua potência.



(a)



(b)

Figura 3: Fontes de potência: (a) fonte de corrente eléctrica/tensão e (b) gerador de sinais.

A fonte existente no laboratório (Fig. 3.a) pode ser utilizada quer como fonte de corrente quer como fonte de tensão. Para a utilizar como fonte de corrente, o botão que limita a tensão (marca amarela) é colocado na sua posição máxima (sem limite). Ou seja, o utilizador controlará a corrente independentemente do valor que lhe corresponder de tensão. Desde que a potência da fonte não seja ultrapassada, a corrente desejada será fornecida.

De igual modo, para a utilizar como fonte de tensão, o botão que limita a corrente (marca vermelha) é colocado na sua posição máxima (sem limite). Ou seja, o utilizador controlará agora a tensão independentemente do valor que lhe corresponder de corrente. Desde que a potência da fonte não seja ultrapassada, a tensão desejada será garantida.

Para além dos botões assinalados na figura, existem ao lado outros dois botões com as mesmas funções mas que permitem o ajuste fino dos valores da corrente e da tensão.

O gerador de sinais representado na figura 3.b) é uma fonte de tensão que permite fornecer ao circuito um sinal periódico de amplitude (marca amarela) e frequência (marcas vermelhas) escolhida pelo utilizador. O sinal periódico pode ser de varios tipos: sinusoidal, triangular, quadrado, etc. (marca azul).

É muito importante ter em conta que em qualquer montagem onde existam dois ou mais equipamentos ligados à rede eléctrica, as terras dos equipamentos já se encontram ligadas pelo cobre da rede eléctrica, isto é, encontram-se ao mesmo valor de potencial eléctrico. Do ponto de vista da montagem de circuitos, isto significa que na placa de montagem as massas dos equipamentos têm também de ser ligadas entre si. Caso contrário podem-se gerar curto-circuitos!

É também uma boa prática experimental que ao ligar as fontes os botões reguladores de corrente/tensão estejam na posição de mínimo.

2.1.5 A medição de tensões, correntes eléctricas e resistências

A maneira mais habitual de realizar a medição de tensões, correntes e resistências eléctricas faz-se recorrendo a um multímetro e seleccionando neste a função específica: voltímetro, amperímetro ou Ohmímetro. Ocasionalmente, o multímetro pode também medir outras grandezas: Por exemplo, o multímetro existente no laboratório (figura 4) também permite a leitura de frequências, isto é possui a função de frequencímetro. A grandeza a medir e a sua gama é seleccionada pelo utilizador através de um selector rotativo. A escolha da escala da medida é importante para se otimizar a precisão da leitura, que deve ser realizada com o maior número possível de algarismos significativos. As entradas no multímetro onde se ligarão as pontas dos circuitos dependem também das grandezas a medir.



Figura 4: Multímetro digital.

Os esquemas da figura 5 mostram como montar uma resistência de teste para medidas de tensão, corrente eléctrica e resistência eléctrica.

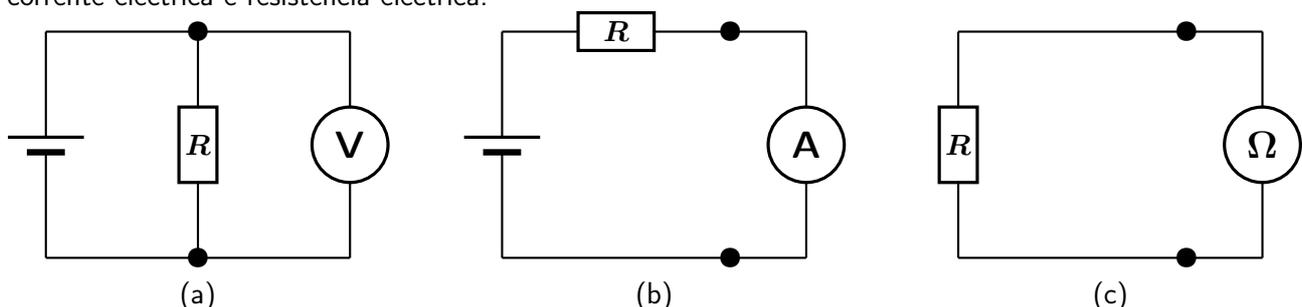


Figura 5: Esquemas de montagem para medidas de (a) tensão, (b) corrente eléctrica e (c) resistência eléctrica.

No caso da medição da resistência, o multímetro está na realidade a impôr uma corrente à resistência, medindo a queda de tensão resultante. O valor da resistência é determinado pelo multímetro utilizando a lei de Ohm.

Para medir uma queda de tensão alternada (AC) ou contínua (DC) aos terminais de uma resistência coloca-se o selector do multímetro no modo correspondente à medição de tensões (V), AC ou DC, e liga-se a resistência em paralelo aos terminais do multímetro (figura 5.a)).

Para medir uma corrente AC ou DC que passa através de uma resistência coloca-se o selector do multímetro no modo de medição de corrente (A), **AC** ou **DC**, e liga-se a resistência em série com o multímetro (figura 5.b)) .

Para medir uma resistência coloca-se o selector do multímetro no modo de medição de resistência (Ω) e liga-se a resistência directamente aos terminais do multímetro (figura 5.c)) .

Antes de utilizar qualquer função, convém testar a calibração do multímetro verificando que o multímetro mede zero quando curto-circuitado (pontas de prova encostadas uma à outra).

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 e medições realizadas. Assim, um voltímetro ideal tem resistência interna infinita, de forma a não desviar corrente do circuito, e um amperímetro ideal tem uma resistência interna nula, de forma a não haver queda de tensão no seu interior devido à passagem de corrente. No entanto, os voltímetros ou amperímetros reais têm resistências internas finitas e bem determinadas. Por exemplo, os multímetros do laboratório têm uma resistência interna de $10\text{ M}\Omega$.

A utilização de voltímetros para medir valores sinusoidais de tensão pode ser um pouco redutora pois o valor numérico apresentado é o seu valor eficaz, não havendo informação adicional sobre o sinal. Por esta razão é muitas vezes utilizado um outro aparelho de medida um pouco mais complexo, o osciloscópio (figura 6).

O osciloscópio permite visualizar no tempo a evolução da amplitude de um sinal de tensão, permitindo seleccionar o tipo de sinal a medir, **AC** ou **DC** (marca amarela), ajustar a escala de tempo (marca vermelha) e a posição do seu zero (eixo xx -marca azul), ajustar a escala da intensidade do sinal (marca verde) e a posição do seu zero (eixo yy - marca branca), ajustar a intensidade e focagem da figura mostrada no ecrã (marca magenta).

Quando o osciloscópio se encontra no modo de leitura **AC**, a componente contínua do sinal é filtrada enquanto que no modo **DC** o osciloscópio mostra todas as componentes do sinal.

A sincronia entre o aparelho e o próprio sinal é comandada pelo "triggering", em geral feito de modo automático, embora também exista a possibilidade de realizá-lo num modo manual (marca laranja).

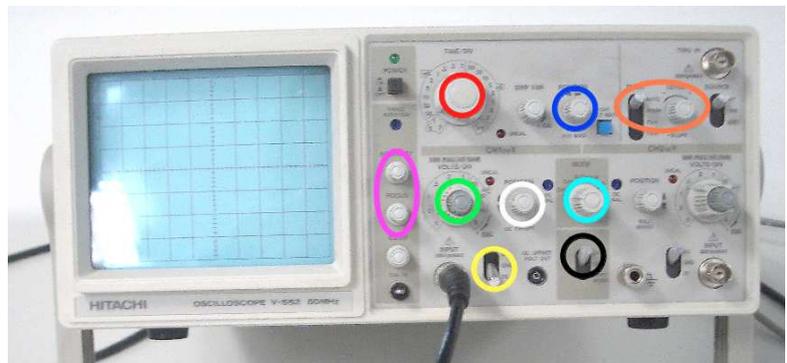


Figura 6: Osciloscópio.

Os osciloscópios possuem em geral 2 canais de leitura independentes. Podem ser visualizados cada um dos canais ou os dois simultaneamente (marca ciano). Existe ainda a possibilidade de obter graficamente a comparação entre dois sinais de entrada no decorrer do tempo, colocando o osciloscópio no chamado modo XY (marca preta). Neste modo, um dos sinais evolui no tempo no eixo xx enquanto que o outro evolui no eixo yy .

A medição do valor de uma tensão com o osciloscópio realiza-se com uma montagem idêntica à utilizada para realizar as medidas com um voltímetro (fig. 1a), sendo a resistência interna do osciloscópio do laboratório $1\text{ M}\Omega$.

2.2 Montagens experimentais

2.2.1 Medição de uma tensão alterna numa resistência

Com o objectivo de medir a tensão sinusoidal aos terminais de uma resistência pode realizar-se a montagem experimental representada na figura 7:

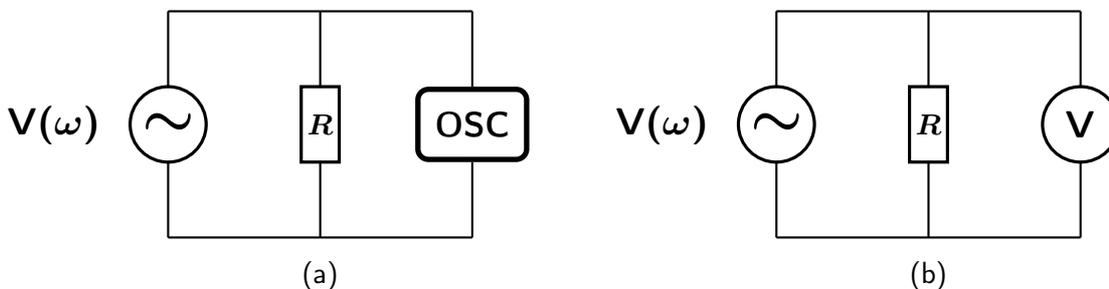


Figura 7: Circuito para caracterização de um sinal sinusoidal de tensão numa resistência: (a) com o osciloscópio e (b) com o multímetro.

Com um gerador de sinais alimenta-se a resistência eléctrica. Em seguida observa-se a diferença de potencial existente aos terminais da resistência ligando-a a um osciloscópio. Os osciloscópio mostrará visualmente a variação da tensão na resistência ao longo do tempo. Num segundo momento desliga-se o osciloscópio e liga-se o multímetro no modo de leitura de tensões alternas. Desta forma determina-se a tensão eficaz na resistência.

2.2.2 Lei de Ohm: determinação da resistência eléctrica

Uma maneira de determinar experimentalmente o valor de uma resistência eléctrica consiste em realizar a montagem do circuito da figura 8 onde uma fonte de corrente alimenta uma resistência eléctrica. O objectivo é fazer variar a corrente I fornecida e medir com o auxílio de um voltímetro a diferença de potencial existente aos terminais da resistência. Pode-se assim construir um gráfico de valores (I, V_R) cujo declive é, pela lei de Ohm, o valor do inverso da resistência, $1/R$. O valor experimental pode então ser encontrado realizando-se um ajuste dos pontos experimentais por uma recta de declive $1/R$.

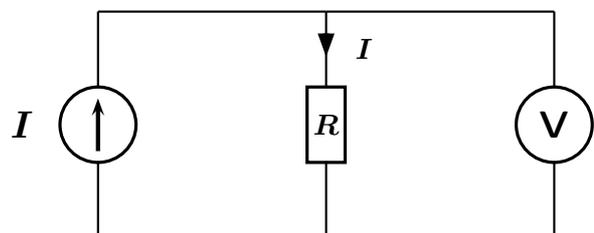


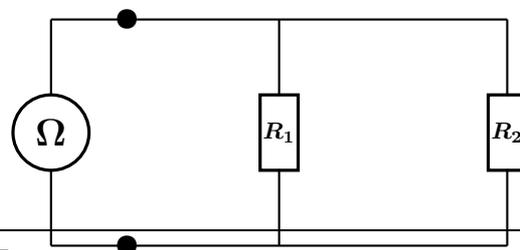
Figura 8: Circuito para medição experimental de uma resistência eléctrica.

2.2.3 Leis de Kirchhoff

As leis de Kirchhoff - lei dos nós e lei das malhas -, em separado ou em conjunto, e com o auxílio da lei de Ohm, permitem determinar os valores das tensões e das correntes nos vários componentes de um circuito eléctrico. Vejamos alguns casos particulares.

Resistência equivalente de um paralelo de duas resistências Um circuito com duas resistências em paralelo obtém-se ligando duas resistências R_1 e R_2 a uma fonte de tensão V_0 , tal como se representa na figura 9.

Sendo a tensão aplicada a cada uma das resistências igual à tensão da fonte, é fácil determinar a corrente que as atravessa utilizando a lei de Ohm.



$$I_1 = \frac{V_0}{R_1} \quad I_2 = \frac{V_0}{R_2}$$

A corrente total fornecida pela fonte ao circuito é então:

$$I_{tot} = I_1 + I_2$$

ou seja, do ponto de vista da fonte, as duas resistências em paralelo são o mesmo que uma única resistência que lhe solicite a mesma corrente, ou seja, a mesma potência:

$$R_{eq} = \frac{V_0}{I_{tot}} = \frac{V_0}{\frac{V_0}{R_1} + \frac{V_0}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Divisor de tensão Um circuito divisor de tensão básico obtém-se ligando duas resistências em série R_1 e R_2 a uma fonte de tensão V_0 , tal como se representa na figura 10.

A diferença de potencial medida aos terminais de cada uma das resistências é uma fracção da tensão fornecida pela fonte ao circuito e depende do valor das resistências colocadas no circuito.

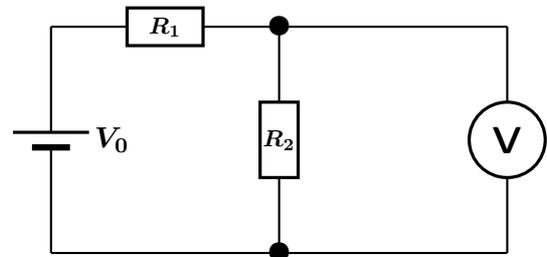


Figura 10: Circuito divisor de tensão.

Para se determinar a diferença de potencial aos terminais da resistência R_2 , utiliza-se quer a lei de Ohm, quer a lei das malhas. Fazendo a circulação do circuito no sentido horário obtém-se a corrente eléctrica i que percorre o circuito:

$$-V_0 + R_1 I + R_2 I = 0 \quad \Rightarrow \quad I = \frac{V_0}{R_1 + R_2}$$

Assim, a diferença de potencial que existe aos terminais da resistência R_2 é dada por:

$$V_2 = R_2 I = V_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (7)$$

(8)

Circuito com duas malhas Na montagem que se segue constrói-se um circuito com duas malhas eléctricas alimentado por uma fonte de tensão V_0 (figura 11).

Para se determinar as correntes eléctricas I_1 , I_2 e I_3 que circulam respectivamente nas resistências R_1 , R_2 e R_3 , R_4 , utilizam-se as leis de Kirchoff (dos nós e das malhas) e de Ohm. Obtém-se assim o seguinte sistema de equações:

$$-I_1 + I_2 + I_3 = 0 \quad (9)$$

$$-V_0 + R_1 I_1 + R_2 I_2 = 0 \quad (10)$$

$$-R_2 I_2 + R_3 I_3 + R_4 I_3 = 0 \quad (11)$$

Resolvendo o sistema de equações obtém-se:

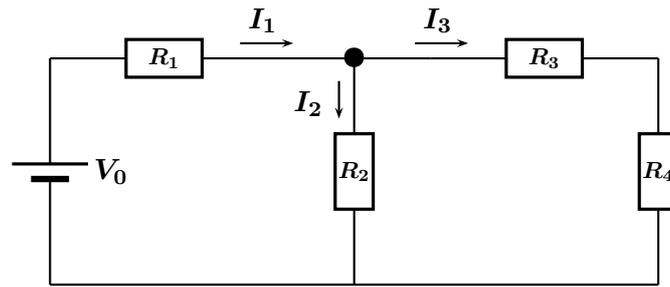


Figura 11: Circuito com duas malhas.

$$I_2 = V_0 \frac{R_3 + R_4}{(R_3 + R_4)(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$$

$$I_3 = V_0 \frac{R_2}{(R_3 + R_4)(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$$

$$I_1 = I_2 + I_3$$

As tensões em cada resistência podem ser obtidas directamente a partir da lei de Ohm.

Electromagnetismo e Óptica - Curso: _____

Relatório do trabalho das Leis de Ohm e Kirchhoff

Identificação do Grupo

N: _____ Nome: _____

N: _____ Nome: _____

N: _____ Nome: _____

Data de realização do trabalho: ____ / ____ / _____, Horas: ____ - ____

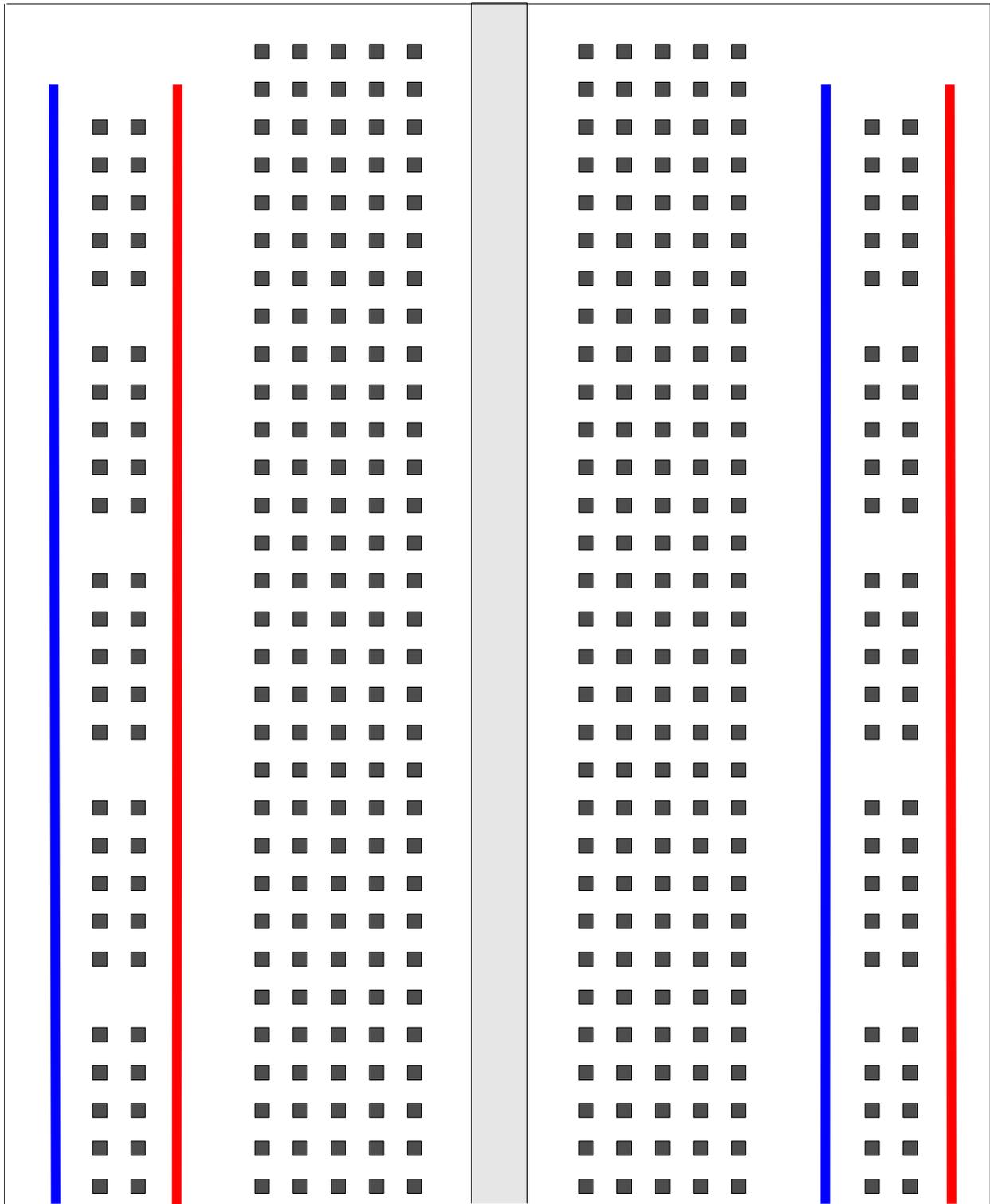
Atenção:

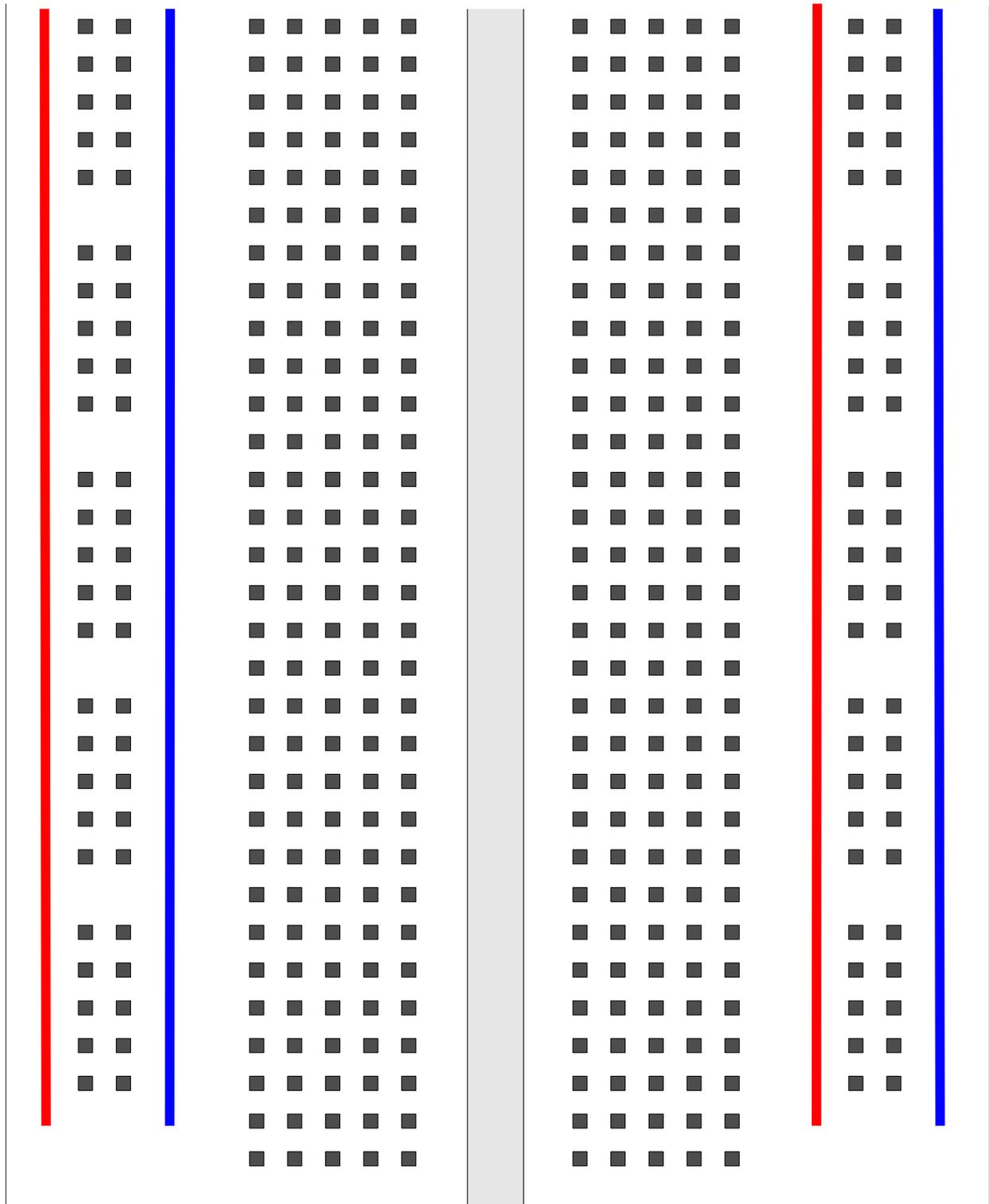
A preparação deste trabalho previamente à sua execução em laboratório necessita que cada grupo traga para a aula de laboratório as seguintes tarefas já realizadas:

- Realização dos esquemas das várias montagens na placa esquemática do *breadboard* existente na secção 3.1
- Respostas à secção 3.2
- Preenchimento dos valores esperados dos quadro 4, 5 e 7

3 Guia experimental

3.1 Desenho dos circuitos





3.2 Identificação de resistências eléctricas

- a) Quais as características da resistência eléctrica que possui o seguinte código de cores (da esquerda para a direita): amarelo, violeta, verde e prateado?

Resposta: _____ \pm Resposta: _____

- b) Identifique as côres associadas às seguintes resistências:

Quadro 1				
Resistência	Côres			
	banda 1	banda 2	banda 3	banda 4
1 M Ω ($\pm 5\%$)				
3,3 K Ω ($\pm 5\%$)				

3.3 Medição de uma tensão alterna numa resistência

- Ligue o gerador de sinais a uma resistência de 4,7 k Ω , de acordo com o circuito da figura 7.
- Ligue o osciloscópio aos terminais da resistência
ATENÇÃO: assegure-se de que as terras tanto do gerador como do osciloscópio estão ligadas 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 3V
- Coloque o multímetro na função voltímetro para sinais variáveis no tempo - “Volts AC” - e meça a tensão aos terminais da resistência
- Compare os valores obtidos, quer com o osciloscópio, quer com o multímetro. Calcule a razão entre as medições efectuadas. Note que o multímetro não mede a amplitude da tensão mas sim uma tensão eficaz.

Registe no Quadro 2 as leituras realizadas no multímetro e no osciloscópio.

Quadro 2		
Aparelhos	Leituras	Comentários
Multímetro	_____ \pm _____	
Osciloscópio	_____ \pm _____	

3.5 Resistências em paralelo

- Monte o circuito da figura 9 colocando duas resistências em paralelo R_1 e R_2 de valor $3,3 \text{ k}\Omega$
- Calcule o valor esperado da resistência equivalente às duas resistências montadas em paralelo e registe o valor no Quadro 4
- Faça a medição das resistências utilizadas e equivalente com o ohmímetro e registe o valor no Quadro 4
- Repita o procedimento anterior para duas resistências em paralelo de $R_1 = 3,3 \text{ k}\Omega$ e $R_2 = 4,7 \text{ M}\Omega$

Quadro 4		
	$R_1 = R_2 = 3,3 \text{ k}\Omega$	$R_1 = 3,3 \text{ k}\Omega; R_2 = 4,7 \text{ M}\Omega$
Valor esperado	$R_{eq} = \underline{\hspace{2cm}}$	$R_{eq} = \underline{\hspace{2cm}}$
Valor medido	$R_1 = \underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}}$	$R_1 = \underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}}$
	$R_2 = \underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}}$	$R_2 = \underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}}$
	$R_{eq} = \underline{\hspace{2cm}}$	$R_{eq} = \underline{\hspace{2cm}}$

Comentários:

3.6 Divisor de tensão

- Realize o circuito divisor de tensão da figura 10, que consiste numa fonte de tensão (V_0), duas resistências eléctricas em série $R_1 = R_2 = 3,3 \text{ k}\Omega$ e um voltímetro (V).
- Preencha o quadro 5 com os valores esperados para as quedas de tensão nas resistências.
- Alimente o circuito com uma tensão de $V_0 = 6 \text{ V}$.
- Realize a medida das quedas de tensão aos terminais de uma das resistências com o voltímetro e registe os valores no quadro 6.
- Repita estas medidas utilizando o osciloscópio.
Nota: neste caso o osciloscópio só mostra uma variação do sinal DC, pois não há nenhum sinal AC introduzido. Verifique que o cursor que define o acoplamento do sinal de entrada se encontra na posição "DC".
- Coloque agora no circuito as resistências $R_1 = R_2 = 4,7 \text{ M}\Omega$.

- Repita as medições efectuadas anteriormente mas desta vez para a resistência de $4,7\text{ M}\Omega$
ATENÇÃO: as medidas de tensão devem ser feitas com precisão superior à centésima do volt!

Quadro 5: valores esperados	
$R_1 = R_2 = 3,3\text{ k}\Omega$	$R_1 = R_2 = 4,7\text{ M}\Omega$
$V_R = \underline{\hspace{2cm}}$	$V_R = \underline{\hspace{2cm}}$

Quadro 6: valores medidos				
$R_1 = R_2 = 3,3\text{ k}\Omega$		$R_1 = R_2 = 4,7\text{ M}\Omega$		
<i>Amplitudes dos sinais de tensão</i>				
	Voltímetro	Osciloscópio	Voltímetro	Osciloscópio
$V_R =$	$\underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}}$	$\underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}}$	$\underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}}$	$\underline{\hspace{1cm}} \pm \underline{\hspace{1cm}}$
<i>Resistências eléctricas</i>				
	$R_1 = \underline{\hspace{1cm}}$	$R_2 = \underline{\hspace{1cm}}$	$R_3 = \underline{\hspace{1cm}}$	$R_4 = \underline{\hspace{1cm}}$

Comentários:

3.7 Circuito com duas malhas

- Monte o circuito de duas malhas exposto na secção 2.2.3 usando as seguintes resistências: $R_1 = 4,7 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 1,0 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 3,3 \text{ k}\Omega$, $R_4 = 4,7 \text{ k}\Omega$
- Regule a fonte de tensão de forma a aplicar ao circuito uma tensão de $4,0 \text{ V}$ (verificar com o multímetro!)
- Calcule as correntes eléctricas e as quedas de tensão que espera observar em cada resistência do circuito. Registe os valores esperados no quadro 7.
- Meça o valor das resistências R_1 , R_2 , R_3 e R_4 , e as quedas de tensão nas resistências respectivamente V_1 , V_2 , V_3 e V_4 e preencha o quadro 8.
- Calcule (não meça) as correspondentes correntes eléctricas I_1 , I_2 e I_3 a partir das quedas de tensão medidas, utilizando para tal a lei de Ohm. Registe os valores no quadro 8.
- Verificar experimentalmente a lei das malhas na malha da esquerda e na malha da direita.
- Verificar ainda a lei dos nós em ambos os nós com três ramos.

Quadro 7: valores estimados			
$i_1 =$ _____	$i_2 =$ _____	$i_3 =$ _____	
$V_1 =$ _____	$V_2 =$ _____	$V_3 =$ _____	$V_4 =$ _____

Quadro 8: valores medidos			
$R_1 =$ _____	$R_2 =$ _____	$R_3 =$ _____	$R_4 =$ _____
$V_1 =$ _____	$V_2 =$ _____	$V_3 =$ _____	$V_4 =$ _____
Valores da corrente calculados			
$I_1 =$ _____	$I_2 =$ _____	$I_3 =$ _____	

Verificação das leis dos nós e das malhas:

$$(I_1)\text{_____} + (I_2)\text{_____} + (I_3)\text{_____} = \text{_____}$$

$$(V_0)\text{_____} + (V_1)\text{_____} + (V_2)\text{_____} = \text{_____}$$

$$(V_2)\text{_____} + (V_3)\text{_____} + (V_4)\text{_____} = \text{_____}$$

Comentários:

