

## EXPERIÊNCIA 1

*“Resistores e Associação de Resistores”*

## 1 Objetivos

- Apresentar o código de cores empregado em resistores.
- Identificar resistores.
- Executar medições de resistências.
- Executar medições de resistências equivalentes de associações de resistores.

## 2 Resistores

*Resistores* são bipolos<sup>1</sup> que apresentam uma *resistência* à passagem da corrente.

*Note-se: **resistor** é o componente eletrônico (objeto); **resistência** é a grandeza elétrica apresentada pelo resistor.*

Quanto ao processo de fabricação dos resistores, existem os seguintes tipos:

- Carbono aglomerado;
- película de carbono;
- película de filme metálico;

---

<sup>1</sup>*Bipolo*: dispositivo que apresenta dois polos (terminais) acessíveis.

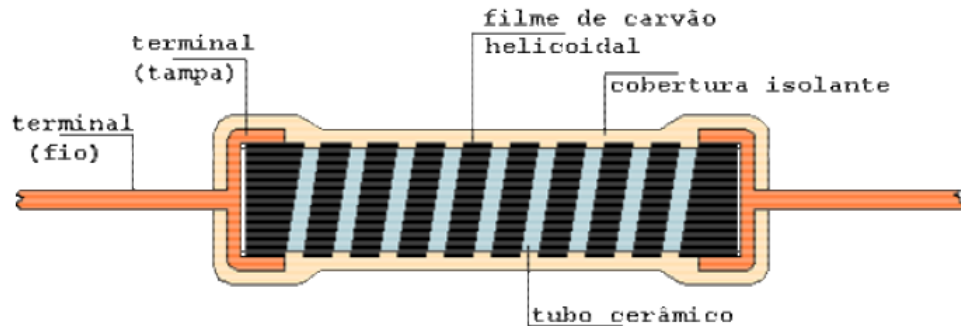


Figura 1: Construção interna do resistor de película de carbono.



Figura 2: Exemplos de diversos tipos de resistores.

- fio enrolado.

A figura 1 ilustra um exemplo, relativo à construção interna do resistor de película de carbono.

A figura 2 apresenta exemplos de diversos tipos de resistores, onde percebem-se diferentes invólucros e tamanhos. Estas diferenças relacionam-se com a potência máxima que cada um pode dissipar, cujos valores mais comuns são:  $\frac{1}{8}$  W,  $\frac{1}{4}$  W,  $\frac{1}{2}$  W, 1 W, 2 W, 3 W, 5 W, 10 W.

Os **valores nominais** de resistência são identificados pelas cores ou números impressos em seu invólucro. O **real valor** da resistência, entretanto, está contido dentro de uma faixa de **tolerância** e só pode ser determinado por algum processo de medição.

Normalmente, a indicação do valor da resistência e da tolerância é feita por um conjunto de quatro faixas coloridas a partir da faixa mais próxima à extremidade, conforme esquematizado na figura 3.

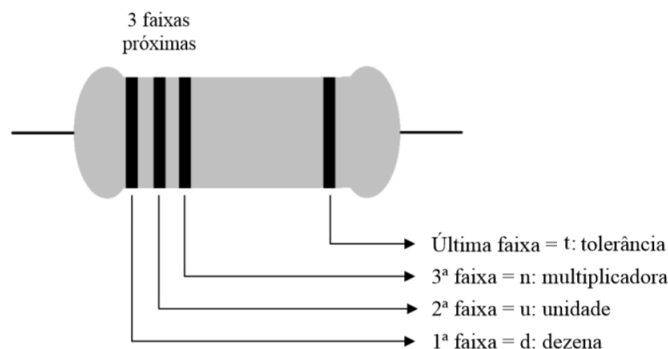


Figura 3: Faixas que identificam o valor nominal e a tolerância da resistência.

Cada cor está associada a um número, conforme apresentado na tabela tabela 1.

Tabela 1: Números associados às cores dos códigos dos resistores.

(a) Cores para identificação do valor nominal.

Cor	Número
Preto (PR)	0
Marrom (MA)	1
Vermelho (VM)	2
Laranja (LA)	3
Amarelo (AM)	4
Verde (VD)	5
Azul (AZ)	6
Violeta (VI)	7
Cinza (CZ)	8
Branco (BR)	9

(b) Cores para identificação da tolerância e multiplicador menor que 1.

Cor	Tol. (%)	Mult.
Ouro (OU)	5	$\times 10^{-1}$
Prata (PT)	10	$\times 10^{-2}$
Sem Cor	20	—

O valor da resistência é determinado da seguinte forma, tomando como base as referências da figura 3:

$$R = d u \times 10^n \pm t \%$$

**Exemplos de valor de resistências para código de cores:**

$$4700 \, \Omega \text{ ou } 4\text{k}7 \, \Omega \pm 10\% \quad \rightarrow \quad \begin{array}{cccc} \text{AM} & \text{VI} & \text{VM} & \text{PT} \\ 4 & 7 & \times 10^2 & \pm 10\% \end{array}$$

$$200 \, \Omega \text{ ou } 200\text{R} \pm 5\% \quad \rightarrow \quad \begin{array}{cccc} \text{VM} & \text{PR} & \text{MA} & \text{OU} \\ 2 & 0 & \times 10^1 & \pm 5\% \end{array}$$

$$3,3 \, \text{M}\Omega \text{ ou } 3\text{M}3 \, \Omega \pm 20\% \quad \rightarrow \quad \begin{array}{cccc} \text{LA} & \text{LA} & \text{VD} & \text{xxx} \\ 3 & 3 & \times 10^5 & \pm 20\% \end{array}$$

**Exemplos de códigos de cores para valores de resistências:**

$$\begin{array}{cccc} \text{MA} & \text{PR} & \text{VM} & \text{OU} \\ 1 & 0 & \times 10^2 & \pm 5\% \end{array} \quad \rightarrow \quad 1 \, \text{k}\Omega \pm 5\%$$

$$\begin{array}{cccc} \text{VM} & \text{VI} & \text{AM} & \text{PT} \\ 2 & 7 & \times 10^4 & \pm 10\% \end{array} \quad \rightarrow \quad 270 \, \text{k}\Omega \pm 10\%$$

$$\begin{array}{cccc} \text{LA} & \text{LA} & \text{PT} & \text{OU} \\ 3 & 3 & \times 10^{-2} & \pm 5\% \end{array} \quad \rightarrow \quad 0,33 \, \Omega \pm 5\%$$

Há **resistores de precisão**, os quais possuem mais uma faixa de cor para o valor nominal e outras cores passam a ser utilizadas na faixa de tolerância, indicando tolerâncias de 2%, 1%, 0,5%, 0,25%, 0,1% e de 0,05%. A figura 4 apresenta o código de cores completo para este caso e a figura 5 contém exemplos.

Cor	1ª faixa	2ª faixa	3ª faixa	Multiplicador	Tolerância	Coef. de Temperatura
Preto	0	0	0	$\times 10^0$		
Marrom	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$ (F)	100 ppm
Vermelho	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$ (G)	50 ppm
Laranja	3	3	3	$\times 10^3$		15 ppm
Amarelo	4	4	4	$\times 10^4$		25 ppm
Verde	5	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0.5\%$ (D)	
Azul	6	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0.25\%$ (C)	
Violeta	7	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0.1\%$ (B)	
Cinza	8	8	8	$\times 10^8$	$\pm 0.05\%$ (A)	
Branco	9	9	9	$\times 10^9$		
Ouro				$\times 0.1$	$\pm 5\%$ (J)	
Prata				$\times 0.01$	$\pm 10\%$ (K)	
Sem cor					$\pm 20\%$ (M)	

Figura 4: Código de cores completo, válidos para resistores de 3, 4, 5 ou 6 faixas de cor. (A letra que aparece entre parêntesis na tolerância refere-se à identificação da tolerância em resistores SMD – ver descrição no texto.)

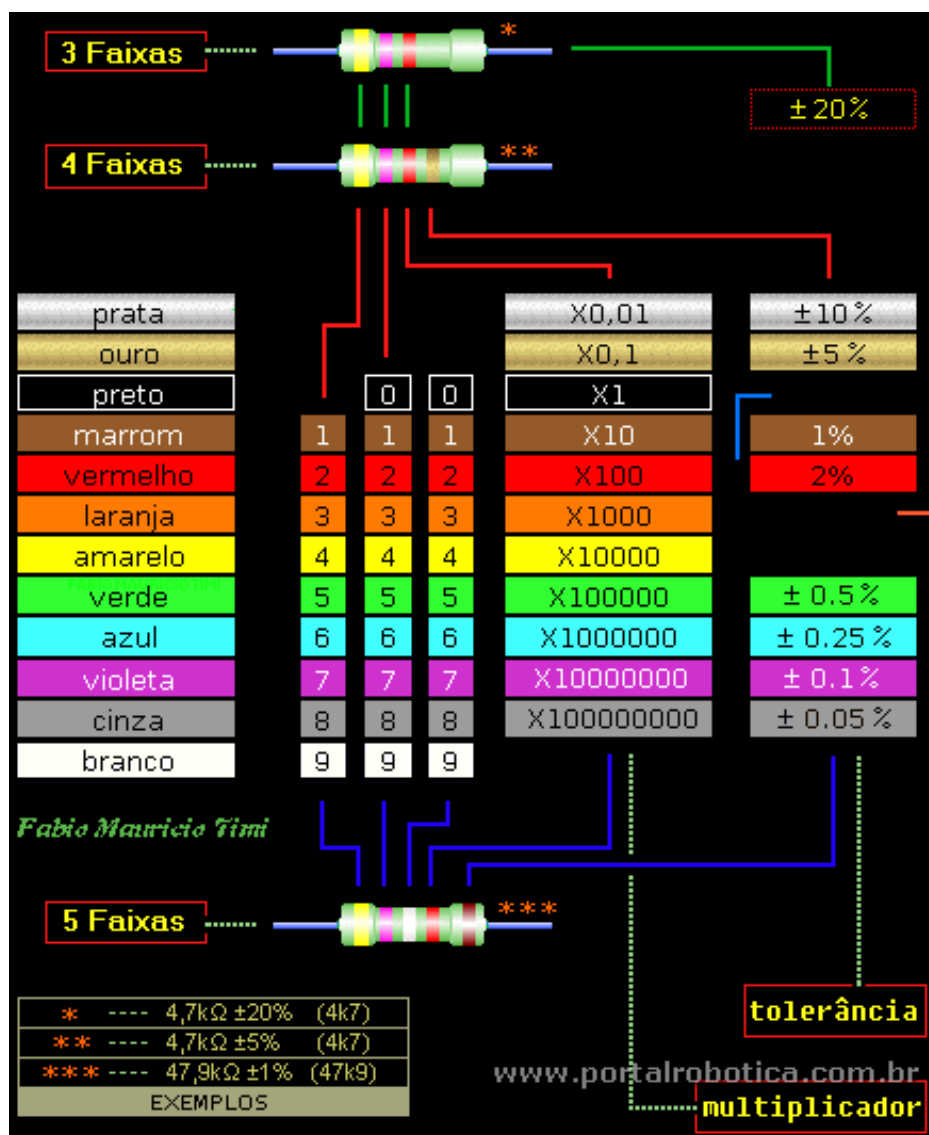


Figura 5: Exemplos de leituras de valores de resistores com 3, 4 e 5 faixas.

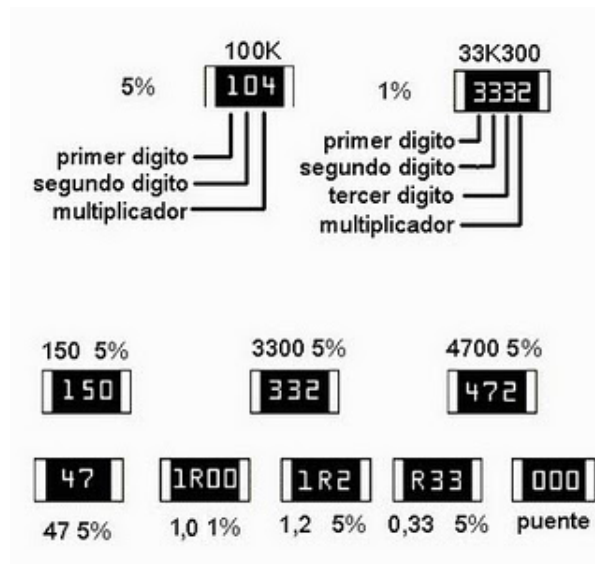


Figura 6: Alguns exemplos de resistores SMD.

Atualmente, é muito comum o uso de **resistores SMD** (*Surface Mounting Device* – Dispositivo de Montagem em Superfície), o qual apresenta inúmeras vantagens sobre os resistores “convencionais” (quais são?). Alguns exemplos e a interpretação de seus valores podem ser vistos nas figuras 6 e 7.

No comércio, não se encontra qualquer valor de resistência. Por exemplo, se for desejado um resistor de  $2348\ \Omega$ , não será possível comprá-lo. Os fabricantes produzem resistores com valores pré-determinados, conhecidos como **valores comerciais**, os quais são tabulados em séries. Por exemplo, há as séries E com as seguintes definições: E3, E6, E12, E24, E48, E96 e E192. A tabela 2 apresenta a base destas séries. Um valor comercial de resistor pode ser qualquer múltiplo da potência de 10 de uma das bases.

*Nota: por praticidade, é conveniente memorizar os códigos de cores da tabela 1 e os resistores comerciais da série E12 da tabela 2.*



#### Resistores de 3 dígitos

101	10 e 1 zero = 100 Ω
105	10 e 5 zeros = 1.000.000 Ω
224	22 e 4 zeros = 220.000 Ω
1R0	1 e nenhum zero = 1 Ω
22R	22 e nenhum zero = 22 Ω
R10	0,1 e nenhum zero = 0,1 Ω

Os dois primeiros dígitos representam o valor a ser multiplicado; o último dígito representa o multiplicador.  
 Para valores abaixo de 100 Ohms, a letra R substitui um dos dígitos significantes e representa o ponto decimal.

#### Resistores de 4 dígitos

1001	100 e 1 zero = 1000 Ω
22R0	22 e nenhum zero = 22 Ω

Os três primeiros dígitos representam o valor a ser multiplicado; o último dígito é o multiplicador. R é o ponto decimal.

#### Tolerância

101F	100 Ω ± 1%
1R0D	1,0 Ω ± 0,5%

Letra	Tolerância
D	±0.5 %
F	±1.0 %
G	±2.0 %
J	±5.0 %

Figura 7: Interpretação do código dos valores nominais e das tolerâncias de resistores SMD.



E3 TO E192																
ACCORDING TO IEC 60063																
E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48		E24	E12	E6	E3
100	100	100	178	178	178	316	316	316	562	562	562		10	10	10	10
101			180			320			569				11			
102	102		182	182		324	324		576	576			12	12		
104			184			328			583				13			
105	105	105	187	187	187	332	332	332	590	590	590		15	15	15	
106			189			336			597				16			
107	107		191	191		340	340		604	604			18	18		
109			193			344			612				20			
110	110	110	196	196	196	348	348	348	619	619	619		22	22	22	22
111			198			352			626				24			
113	113		200	200		357	357		634	634			27	27		
114			203			361			642				30			
115	115	115	205	205	205	365	365	365	649	649	649		33	33	33	
117			208			370			657				36			
118	118		210	210		374	374		665	665			39	39		
120			213			379			673				43			
121	121	121	215	215	215	383	383	383	681	681	681		47	47	47	47
123			218			388			690				51			
124	124		221	221		392	392		698	698			56	56		
126			223			397			706				62			
127	127	127	226	226	226	402	402	402	715	715	715		68	68	68	
129			229			407			723				75			
130	130		232	232		412	412		732	732			82	82		
132			234			417			741				91			
133	133	133	237	237	237	422	422	422	750	750	750					
135			240			427			759							
137	137		243	243		432	432		768	768						
138			246			437			777							
140	140	140	249	249	249	442	442	442	787	787	787					
142			252			448			796							
143	143		255	255		453	453		806	806						
145			258			459			816							
147	147	147	261	261	261	464	464	464	825	825	825					
149			264			470			835							
150	150		267	267		475	475		845	845						
152			271			481			856							
154	154	154	274	274	274	487	487	487	866	866	866					
156			277			493			876							
158	158		280	280		499	499		887	887						
160			284			505			898							
162	162	162	287	287	287	511	511	511	909	909	909					
164			291			517			920							
165	165		294	294		523	523		931	931						
167			298			530			942							
169	169	169	301	301	301	536	536	536	953	953	953					
172			305			542			965							
174	174		309	309		549	549		976	976						
176			312			556			988							

Tabela 2: Bases de resistências para as séries E de valores comerciais de resistores. A série E12, em destaque, é a mais comum.

## 3 Associação de Resistores

Os resistores podem ser associados, a fim de se obter resistências específicas eventualmente não encontradas comercialmente. Em análises de circuitos, também é muito comum realizar associações.

### 3.1 Associação Série

Na associação série (figura 8), a **resistência equivalente** ( $R_{eq}$ ) é obtida pela soma das resistências:

$$R_{eq} = R1 + R2 + \dots$$

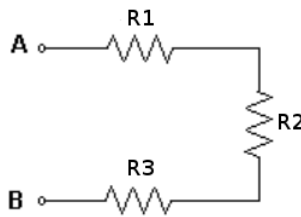


Figura 8: Associação série.

### 3.2 Associação Paralela

Na associação paralela (figura 9), a **resistência equivalente** ( $R_{eq}$ ) é obtida pelo inverso da soma dos inversos das resistências:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \dots$$

No caso de apenas duas resistências, tem-se simplesmente a divisão do produto pela soma:

$$R_{eq} = \frac{R1 R2}{R1 + R2}$$

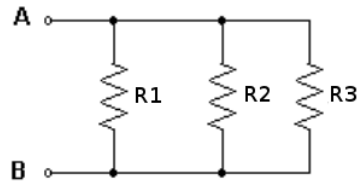


Figura 9: Associação paralela.

### 3.3 Associação Mista

É uma composição da associação série e paralela (figura 10). O cálculo da resistência equivalente é realizado por trechos, onde identifica-se uma destas duas associações.

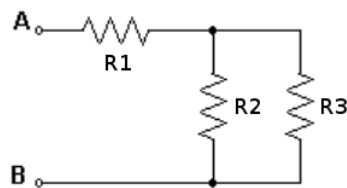


Figura 10: Associação mista.

## 4 Parte Experimental

### 4.1 Identificação de Resistores

1. Dentre os resistores fornecidos, escolha 6 peças. Identifique-os por suas respectivas faixas de cores e preencha a tabela 3, na qual:

$R_{nom}$  é o valor da resistência nominal obtida pelo código de cores (leitura das faixas)

$R_{med}$  é o valor da resistência medida com o ohmímetro fornecido.

2. Determine o erro entre o valor nominal e o valor medido, tomando como base o valor nominal. Anote-o na mesma tabela.
3. Confronte os valores medidos com os nominais, considerando suas tolerâncias. Existe algum resistor fora de especificação? Em caso afirmativo, qual? Tem certeza? Teça comentários.

Resistor	Cores lidas				$R_{nom}$ ( $\Omega$ )	Tol. (%)	$R_{med}$ ( $\Omega$ )	Erro (%)
	1ª faixa	2ª faixa	3ª faixa	4ª faixa				
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Tabela 3: Tabela de resultados.

## 4.2 Influência das “Mãos Paralelas” na Medição

1. Identifique o resistor de  $1M\Omega$ .
2. Meça seu valor real com o ohmímetro, tomando cuidado para não colocar as mãos em paralelo (como feito no item anterior). Anote o valor medido: \_\_\_\_\_.
3. Agora, meça novamente a resistência, mas propositalmente colocando as mãos em paralelo com o resistor. Anote o valor medido: \_\_\_\_\_.
4. O que se conclui?

### 4.3 Associação de Resistores

Na figura 11, são mostrados três circuitos com associações distintas de resistores. Pede-se:

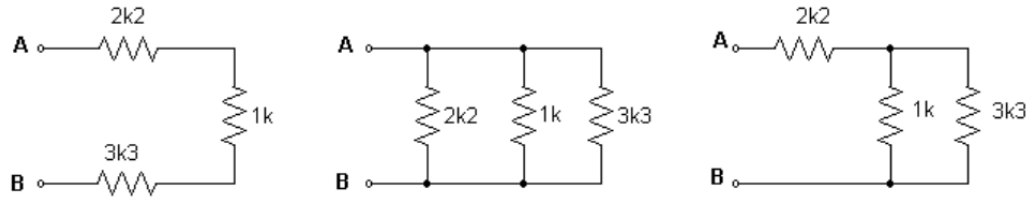


Figura 11: Circuitos com associações distintas de resistores.

1. Obtenha, analiticamente, o valor da resistência equivalente entre os pontos A e B ( $R_{eq} = R_{AB}$ ), considerando os valores nominais das resistências.
2. Monte o circuito e meça a resistência equivalente ( $R_{eq}$ ) utilizando o ohmímetro disponibilizado.
3. Determine os erros entre os valores calculados e os medidos, utilizando como referencial os valores calculados.
4. Preencha a tabela 4 com os resultados obtidos.

Circuito	$R_{eq}(\Omega)$		Erro
	Calculado	Medido	(%)
Série			
Paralelo			
Misto			

Tabela 4: Tabela de resultados.

5. Se forem considerados os valores reais das resistências (as medidas com o ohmímetro) para o cálculo analítico, a porcentagem de erro diminui? Comprove, realizando as medidas e os cálculos.



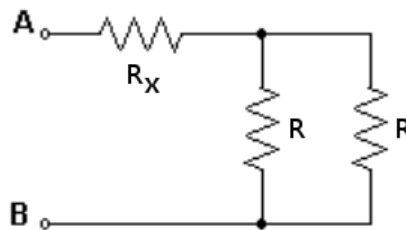
## 5 Desafios

**Desafio 1:** Explicar, fisicamente (com foco na corrente), o que significa  $R_{eq}$  ser maior que qualquer resistência utilizada na associação série.

**Desafio 2:** Explicar, fisicamente (com foco na corrente), o que significa  $R_{eq}$  ser menor que qualquer resistência utilizada na associação paralela.

**Desafio 3:** Fornecer o código de cores para os resistores:  $820\Omega \pm 10\%$ ,  $1\Omega \pm 5\%$ ,  $220 \pm 1\%$ .

**Desafio 4:** No seguinte circuito, calcular  $R_x$  de forma que  $R_{eq} = R$ .



## Lista de Materiais

- Painel Universal
- Multímetro digital

- 1x (100  $\Omega$ , 220  $\Omega$ , 390  $\Omega$ , 820  $\Omega$ , 1 k $\Omega$ , 2k2  $\Omega$ , 3k3  $\Omega$ , 4k7  $\Omega$ , 10 k $\Omega$ , 15 k $\Omega$ , 68 k $\Omega$ , 100 k $\Omega$ , 1 M $\Omega$ )





## EXPERIÊNCIA 2

### *“Multímetros”*

## 1 Objetivos

- Conhecer os procedimentos para operar adequadamente o multímetro analógico e o digital.
- Estudar a modelagem dos voltímetros e amperímetros.
- Interpretar os conceitos de resistência interna e sensibilidade.

## 2 Apresentação

Os instrumentos mais comumente utilizados para medições de resistência, tensão e corrente são os multímetros.

A palavra “multímetro” significa “*multimedidas*”, ou várias medidas – neste sentido, o multímetro agrega o ohmímetro, o voltímetro e o amperímetro, além de, eventualmente, medidores de outras grandezas (como capacitímetro e termômetro).

Existem os multímetros analógicos, cuja construção baseia-se no *galvanômetro de bobina móvel*, e os multímetros digitais, cuja construção baseia-se em sensores e conversores analógicos/digitais (conversores A/D). A figura 1 apresenta um exemplo de cada.

É conveniente salientar que o estudo dos multímetros analógicos ainda se faz importante, mesmo que atualmente os multímetros digitais sejam os mais comuns. De fato, em muitas empresas pode-se encontrar em operação os analógicos; por outro lado, estes permitem, inclusive, a leitura de tensão e corrente sem a necessidade de bateria.



(a) Multímetro analógico.



(b) Multímetro digital.

Figura 1: Exemplos de multímetros.

Certamente, existem diferenças nas características de ambos os multímetros e, em geral, o multímetro digital apresenta diversas vantagens sobre o analógico.

Para bem se conhecer a influência desses instrumentos durante o processo de medição em algum circuito, deve-se estudar seu modelo, conforme exposto na seção §5.

Quanto à operação, certos cuidados são necessários, a fim de que o valor obtido na medição seja correto. Nas seções 3 e 4, tal assunto é abordado.

### 3 Procedimentos de Medição

Antes de utilizar o instrumento para realizar medições, é muito importante saber como ele deverá ser conectado ao circuito em análise. Caso contrário, o instrumento ou o circuito poderão ser danificados, ou os valores obtidos poderão não corresponder ao que seria correto.

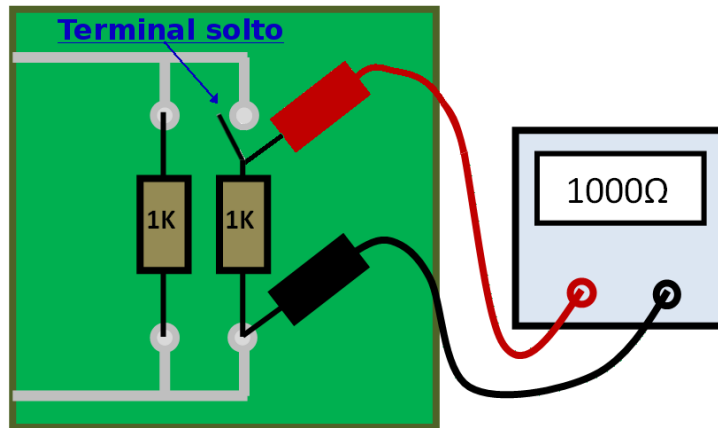


Figura 2: Medição de resistência em placa de circuito impresso.

### 3.1 Medição de Resistência

Os procedimentos para se medir resistência, quando o resistor estiver soldado em uma placa de circuito, seguem:

1. Desligar o circuito.
2. Remover do circuito, ao menos, um terminal do resistor.

*Nota: se o circuito em torno do resistor possuir alta impedância, não há necessidade de remover o terminal.*

3. Colocar as pontas de prova do ohmímetro em paralelo com os terminais do resistor.

**Atenção! Tomar cuidado para não colocar as mãos em paralelo com o resistor.**

**Atenção! Não medir resistências com o circuito energizado!**

A figura 2 ilustra o procedimento.

### 3.2 Medição de Tensão

Os procedimentos para se medir tensão seguem:

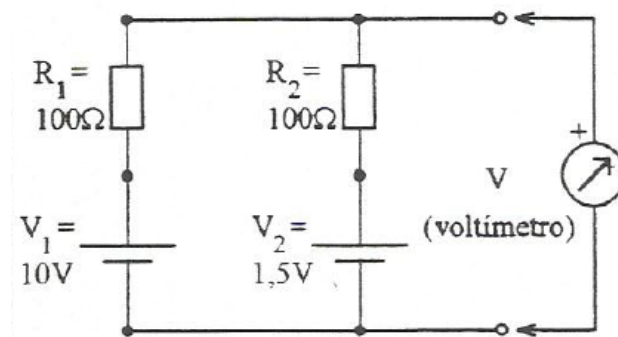


Figura 3: Voltímetro posto em paralelo com dois pontos do circuito para se determinar a tensão entre eles.

1. Identificar os dois pontos (nós) no circuito entre os quais se deseja conhecer a tensão – ou seja, será encontrada a diferença de potencial (d.d.p.) entre estes.
2. Colocar as pontas de prova do voltímetro em **paralelo** com tais pontos.

**Atenção! Tensões são medidas em paralelo.**

A figura 3 ilustra o procedimento.

### 3.3 Medição de Corrente

Os procedimentos para se medir corrente seguem:

1. Desligar o circuito.
2. Identificar o ramo em qual a corrente será determinada.
3. Abrir “fisicamente” o ramo e colocar as pontas de prova do amperímetro em **série**.
4. Ligar o circuito.

**Atenção! Correntes são medidas em série.**

A figura 4 ilustra o procedimento.

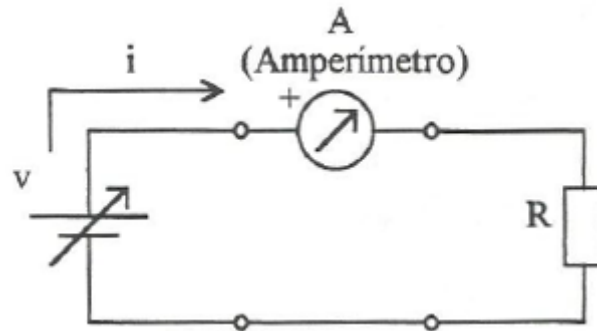


Figura 4: Amperímetro posto em série com o ramo do qual deseja-se medir a corrente.

## 4 Operação dos Multímetros

Para realizar as medições com o multímetro analógico ou digital, há algumas considerações gerais idênticas a ambos, apresentadas a seguir:

1. Liga-se a ponta de prova preta no terminal comum (COM) do multímetro.
2. Liga-se a ponta de prova vermelha no correspondente terminal de acordo com a grandeza a ser medida. Este terminal é indicado, normalmente, pelos símbolos das unidades:  $\Omega$ , V, mA, 10 A.
3. Selecionar o Fundo de Escala adequado.

**Atenção!** Evitar de ultrapassar o Fundo de Escala selecionado, sob o risco de danificar o instrumento.

Quando não se souber com antecedência a ordem de grandeza a ser medida, deve-se:

- (a) Posicionar o seletor no maior Fundo de Escala.
- (b) Após colocar as pontas de prova no circuito, ler o valor da grandeza.
- (c) Se o valor for menor que o Fundo de Escala imediatamente anterior, então altera-se o seletor para este. O objetivo é melhorar a precisão da medida.

- (d) Repetir os dois itens anteriores enquanto a leitura não ultrapassar o valor do Fundo de Escala imediatamente anterior.

*Nota: alguns modelos de multímetro digital possuem ajuste automático de escala.*

## 4.1 Multímetro Analógico

Quanto ao uso do multímetro analógico, tem-se algumas especificidades gerais a serem consideradas:

- Para evitar o *erro de paralaxe*, a pessoa que fará a leitura deve posicionar “a visão” de forma a alinhar o ponteiro com o seu reflexo no espelho da escala do instrumento.
- Antes de iniciar qualquer medição, o ponteiro deve estar repousado sobre a marca zero. Caso não esteja, delicadamente, proceder com o ajuste por meio do parafuso frontal.

### 4.1.1 Medição de Resistência

Somente para o multímetro analógico, antes de realizar a medição de resistência, deve-se fazer o ajuste do zero ohm. Para tanto:

1. Escolher a escala adequada.  
*Note-se que cada escala possui um fator multiplicador, que multiplicará o valor indicado pelo ponteiro.*
2. Curto-circuitar as pontas de prova.
3. Girar o botão de ajuste ( $0\ \Omega$  ADJ) até que o ponteiro fique sobre o zero na escala da resistência.
4. Sempre que a escala for alterada, repetir estes passos.

*Nota: a diminuição da carga da bateria também poderá provocar alterações do zero ohm; portanto, com certa frequência é conveniente verificar este ajuste.*

#### 4.1.2 Medição de Tensão e de Corrente

Para a medição de tensão e de corrente com o multímetro analógico, não há ajustes adicionais necessários, além dos gerais já mencionados.

Salienta-se, contudo, que atenção especial seja dada à polaridade da medida. Caso seja invertida, o ponteiro se defletirá no sentido contrário, podendo danificar o instrumento.

**Atenção! Para medir tensões, a ponta vermelha (positiva) deve ficar no ponto de maior potencial.**

**Atenção! Para medir correntes, a ponta vermelha (positiva) é por onde a corrente deverá entrar.**

#### 4.2 Multímetro Digital

Para realizar as medições com o multímetro digital, não são necessários os ajustes específicos citados para o analógico, pois o circuito interno já os considera adequadamente.

Todavia, em especial, quando se estiver na escala de resistência, não é custoso e é conveniente verificar a resistência de curto circuito do conjunto “pontas de prova + instrumento”: há de ser um valor igual a zero ou muito próximo a zero ohm; caso contrário, algo está danificado (como o cabo, por exemplo).

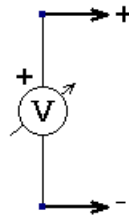
### 5 Modelagem

Para as medições de tensão e corrente, é muito importante considerar a influência que o instrumento poderá provocar no circuito em análise.

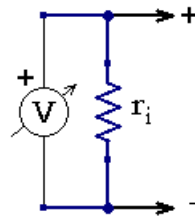
Com efeito, todo instrumento causa uma perturbação no ambiente analisado, pois ele necessita “sentir” a grandeza a medir.

O voltímetro e o amperímetro possuem um circuito interno com considerável complexidade, independentemente de ser analógico ou digital. Mas eles podem ser representados por **modelos**, os quais abstraem toda a complexidade em um circuito mais simples de interpretar.

Nas figuras 5 e 6, tem-se os modelos de um voltímetro e de um amperímetro. Perceba-se a presença da *resistência interna* ( $r_i$ ) em ambos os modelos.

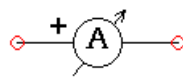


(a) Voltímetro ideal (ou seja, com resistência interna infinita).

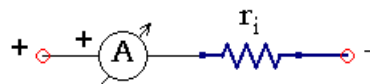


(b) Voltímetro real (ou seja, com resistência interna finita).

Figura 5: Representações do voltímetro.



(a) Amperímetro ideal (ou seja, com resistência interna nula).



(b) Amperímetro real (ou seja, com resistência interna não nula).

Figura 6: Representações do amperímetro.



## Voltímetro

No caso do voltímetro, seu modelo consiste de um *voltímetro ideal*, que possui resistência interna tendendo a infinito, em paralelo com uma resistência finita, que é a resistência interna do *voltímetro real*. Portanto, quando for utilizado em alguma medição de tensão, esta resistência ficará em paralelo com o restante do circuito. Para que seja pouco influente, são desejáveis valores muito altos de resistência interna.

## Amperímetro

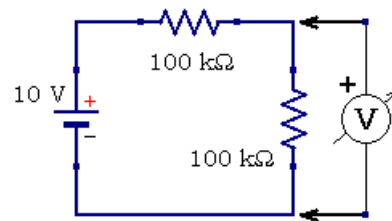
Já no caso do amperímetro, seu modelo consiste de um *amperímetro ideal*, que possui resistência interna nula, em série com uma resistência não nula, que é a resistência interna do *amperímetro real*. Portanto, quando for utilizado em alguma medição de corrente, em um ramo, esta resistência ficará em série com os demais componentes do ramo. Para que seja pouco influente, são desejáveis valores muito baixos de resistência interna.

### 5.1 Notas sobre a Resistência Interna

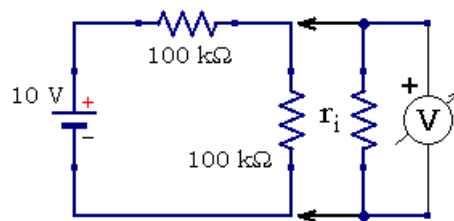
Conhecer a resistência interna dos instrumentos é importante para se saber o quanto ele influenciará nos resultados das medições.

Para melhor compreensão, tome-se como exemplo a figura 7a. O valor esperado da leitura do voltímetro é 5 V. Considerando-se o modelo do voltímetro, tem-se o circuito resultante da figura 7b, em qual  $r_i$  está em paralelo com  $R_2$ . Supondo  $r_i = 200 \text{ k}\Omega$ , a leitura resultante será de 4 V, que é incoerente com o esperado. Entretanto, caso  $r_i = 10 \text{ M}\Omega$ , a leitura resultante seria de 4,98 V, muito mais próxima do valor esperado.

Analogamente, para o amperímetro, ao analisar o circuito da figura 8a, espera-se obter uma corrente de 0,2 A. Considerando-se o modelo do amperímetro, como mostrado na figura 8b, nota-se que sua resistência interna está em série com a resistência do circuito. Supondo que  $r_i = 2 \Omega$ , resultará numa corrente de 0,167 A, aquém do esperado. Entretanto, se a resistência interna fosse bem menor, por exemplo,  $r_i = 0,2 \Omega$ , a corrente resultante, indicada pelo amperímetro, seria de 0,196 A, muito mais próxima do valor esperado.

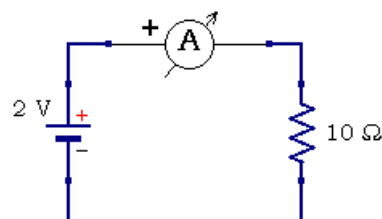


(a) Voltímetro em paralelo para realizar a medição de tensão.

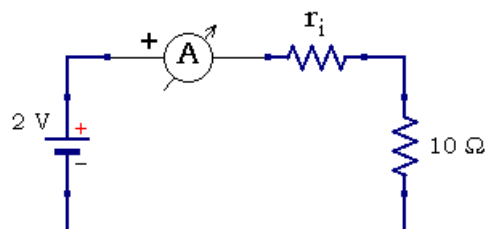


(b) Modelo do voltímetro em paralelo com o circuito em análise.

Figura 7: Exemplo da influência do voltímetro no circuito em análise.



(a) Amperímetro em série para realizar a medição de corrente.



(b) Modelo do amperímetro em série com o ramo em análise do circuito.

Figura 8: Exemplo da influência do amperímetro no circuito em análise.

## 5.2 Notas sobre a Sensibilidade

Os multímetros analógicos, quando em operação como voltímetros, possuem a especificação de *sensibilidade*.

Um voltímetro é tanto **melhor** quanto **menor** for a corrente necessária para defletir o ponteiro de seu galvanômetro até o Fundo de Escala. Desta forma, quanto menor for esta corrente, diz-se que o instrumento é mais sensível.

Tal fato permite, portanto, trabalhar com uma resistência interna de valor elevado e, assim, diminuir a interferência no circuito onde é executada a medida.

A sensibilidade é definida em função da corrente de fundo de escala ( $I_g$ ), equacionada por:

$$S = \frac{1}{I_g} = \frac{R_v}{V_m} \quad [\Omega/V]$$

em que  $R_v$  é a *resistência interna* do multímetro na escala  $V_m$ .

Logo, dada a sensibilidade do voltímetro, pode-se determinar o correspondente valor de sua *resistência interna* para uma dada escala de tensão.

Por exemplo, se o multímetro possuir sensibilidade de  $20 \text{ k}\Omega/V$  e for escolhido um fundo de escala de  $10 \text{ V}$ , sua resistência interna será de  $200 \text{ k}\Omega$ . Em outro caso, ao escolher um fundo de escala de  $2,5 \text{ V}$ , sua resistência interna será de  $50 \text{ k}\Omega$ .

Em relação aos multímetros digitais, não há tal conceito de sensibilidade para a determinação da resistência interna. Ao contrário, ela é fixa: por exemplo, considerando-se um determinado instrumento, sua resistência interna é de  $10 \text{ M}\Omega$  para as medições de tensão CC.

## 6 Informações Complementares

Nas subseções a seguir, apresenta-se um breve descrito a respeito dos fundamentos de construção dos multímetros analógico e digital.

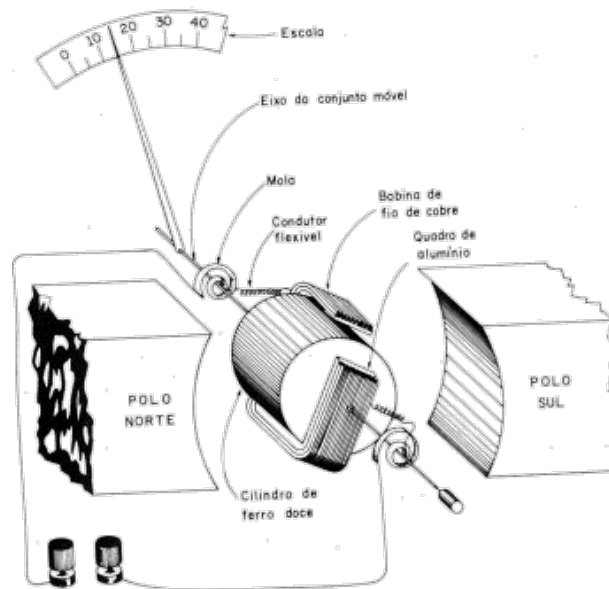


Figura 9: Desenho ilustrativo de um galvanômetro tipo *D'Arsonval*.

## 6.1 Fundamentos do Multímetro Analógico

Como dito, o multímetro analógico possui base em um **galvanômetro de bobina móvel**. Seu princípio de funcionamento consiste na interação entre um campo magnético criado por ímã permanente e um campo magnético criado por uma bobina móvel sujeita a uma corrente  $I$ , produzindo um torque motor. Um ponteiro associado à parte móvel do instrumento tem sua deflexão proporcional ao valor médio da corrente  $I$ . A figura 9 apresenta um desenho ilustrativo de um galvanômetro do tipo *D'Arsonval*.

## 6.2 Fundamentos do Multímetro Digital

No caso de multímetros digitais, o galvanômetro é substituído por sensores, conformadores e conversor A/D. A figura 10 ilustra o diagrama em blocos de seu circuito interno.

*Nota: existem, no mercado, circuitos integrados dedicados que, internamente, possuem conversor A/D, decodificador para display e outras facilidades que permitem a construção de multímetros; o circuito integrado ICL7107 é um bom exemplo (veja seu “datasheet” em [http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets/185/382684\\_DS.pdf](http://pdf.datasheetcatalog.com/datasheets/185/382684_DS.pdf)).*

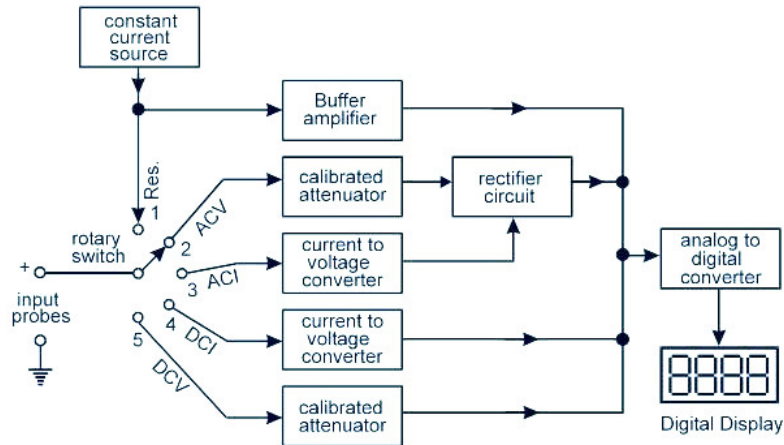


Figura 10: Diagrama em blocos simplificado de um multímetro digital.

## 7 Parte Experimental

**Atenção!** Tomar cuidado para não provocar curto-circuitos durante as medições.

**Atenção!** O amperímetro possui baixíssima resistência. Portanto, caso seja conectado em paralelo a um ramo, ao invés de em série, poderá ocorrer “curto-circuito pelo amperímetro”.

### 7.1 Uso do Multímetro Analógico

Nesta seção, utilizar somente o multímetro analógico.

1. O que é o *erro de paralaxe*?

2. Antes de se iniciar a medição da resistência, qual ajuste deve ser feito?

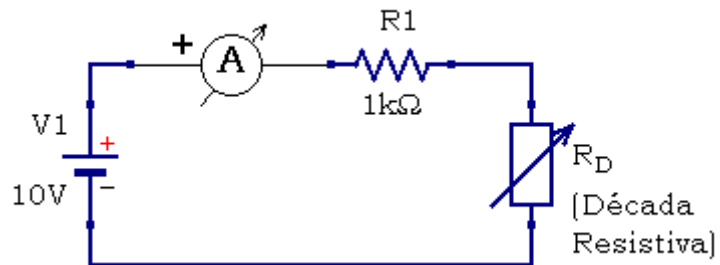
3. Medir a resistência dos resistores apontados e completar a tabela seguinte.

*Nota: Obter a maior quantidade possível de Algarismos Significativos (A.S.).*

$R_{nominal}$ ( $\Omega$ )	Tol. (%)	$R_{medido}$ ( $\Omega$ )	Erro (%)
47			
330			
6k8			
82k			

4. Montar o circuito abaixo.

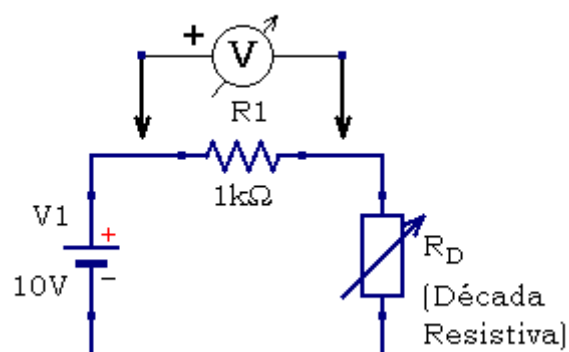
Atenção! A corrente deve entrar pelo positivo (+) do amperímetro!



5. Ajustar a década resistiva para os valores apontados na tabela e completá-la.

$R_D$ ( $\Omega$ )	$I_{\text{calculado}}$ (mA)	$I_{\text{medido}}$ (mA)	Erro (%)
10			
1k			
7k			

6. Com base na última situação da tabela anterior, meça a tensão indicada no circuito abaixo.



$V_{R_1} = \underline{\hspace{2cm}}$

## 7.2 Uso do Multímetro Digital

Nesta seção, utilizar somente o multímetro digital.

1. O multímetro digital disponível na bancada possui escala automática?

2. Ele permite ler tensões contínuas e alternadas? Como?

3. Medir a resistência dos resistores apontados e completar a tabela seguinte.

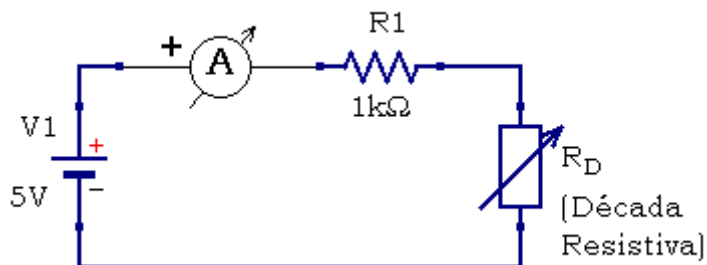
*Nota: Obter a maior quantidade possível de Algarismos Significativos (A.S.).*

$R_{nominal}$ ( $\Omega$ )	Tol. (%)	$R_{medido}$ ( $\Omega$ )	Erro (%)
47			
330			
6k8			
82k			

4. Montar o circuito abaixo.

Atenção! A corrente deve entrar pelo positivo (+) do amperímetro!

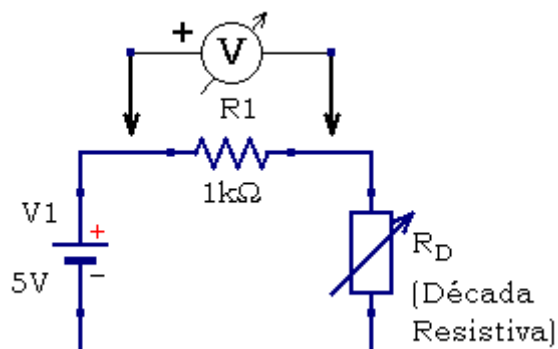




5. Ajustar a década resistiva para os valores apontados na tabela e completá-la.

$R_D$ ( $\Omega$ )	$I_{\text{calculado}}$ (mA)	$I_{\text{medido}}$ (mA)	Erro (%)
10			
1k			
7k			

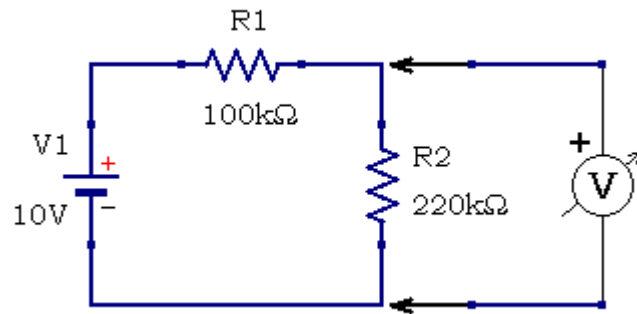
6. Com base na última situação da tabela anterior, meça a tensão indicada no circuito abaixo.



$V_{R_1} = \underline{\hspace{2cm}}$

### 7.3 Influências dos Multímetros nas Medições

1. Montar o circuito abaixo.



2. Anotar a tensão sobre  $R_2$  ( $V_{R_2}$ ), preenchendo a tabela.

	Teórico	Mult. Analógico	Mult. Digital
$V_{R_2}$ (V)			

3. Qual a resistência interna dos multímetros, na escala selecionada?

	Mult. Analógico	Mult. Digital
$r_i$ ( $\Omega$ )		

4. O que se percebe nos resultados das medições? Por quê?

## 7.4 Interpretações Complementares

1. O que acontecerá se as polaridades dos multímetros analógico e digital forem invertidas?

2. Comparando-se ambos os multímetros, qual fornece leitura de resistência mais precisa? Com quantos A.S.?

3. Nas medições de tensão e corrente, foi possível obter boa precisão nas leituras? Com quantos A.S.? Como procederam-se os ajustes das escalas para tal?



## Lista de Materiais

- Fonte CC de 0 a 30V
- Plaqueta de montagem *“Universal”*
- Multímetro analógico
- Multímetro digital
- Caixa de resistências (década resistiva)
- Cabos banana-banana
- Resistores de  $\frac{1}{8}W$ : 1x ( $47\ \Omega$ ,  $330\ \Omega$ ,  $1\ k\Omega$ ,  $6k8\ \Omega$ ,  $82\ k\Omega$ ,  $10\ k\Omega$ ,  $100\ k\Omega$ ,  $220\ k\Omega$ )

## EXPERIÊNCIA 3

# Medidas Elétricas e Resistência Variável

## 1 Objetivos

- Efetuar medidas de tensão e corrente, verificando as respectivas polaridades.
- Conhecer um resistor variável e utilizá-lo para a verificação experimental da *Primeira Lei de Ohm*.

## 2 Medidas Elétricas

Medições de resistência, por meio de ohmímetro, já foram tratadas em outro experimento – “Resistores”.

Para realizar medições de tensão e corrente, deve-se observar os seguintes detalhes:

**Medição de Tensão:** utiliza-se o voltímetro, conectando as *pontas de prova* do instrumento em **paralelo** com os pontos onde deseja-se saber a tensão.

**Medição de Corrente:** utiliza-se o amperímetro, conectando as *pontas de prova* do instrumento em **série** com o ramo onde deseja-se saber a corrente.

Em especial, para a **medição de corrente**, salienta-se que deve-se **abrir** o circuito original para ser possível conectar o amperímetro em série.

Ainda, chama-se a atenção para:

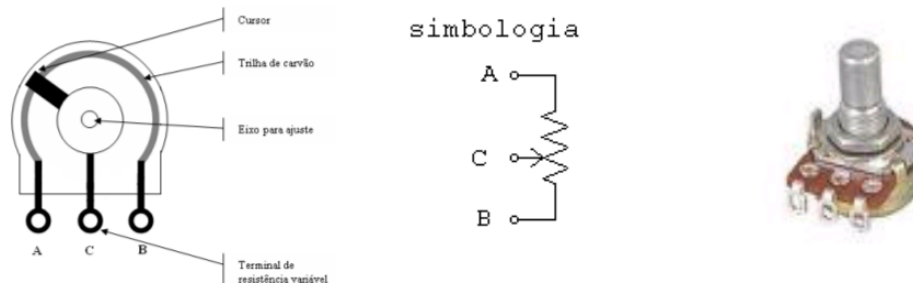


Figura 1: Potenciômetro angular: desenho interno, símbolo, componente.

*“Na Engenharia, a adequada escolha das referências é muito importante.*

*As medições só fazem sentido quando estão de acordo com as referências.”*

Por isso, é necessário observar onde conectar os polos positivos e negativos da ponta de prova dos instrumentos.

### 3 Resistência Variável – Potenciômetro

Há diversos dispositivos que apresentam resistência variável com base em algum evento físico.

O potenciômetro trata-se de um resistor variável. Utiliza como elemento resistivo uma trilha de filme de carvão sobre uma placa isolante, com dois terminais nos extremos desta trilha, e um cursor deslizante, que é o terceiro terminal e responsável pela variação da resistência em função de seu posicionamento<sup>1</sup>. Este cursor pode ser angular ou linear. Na figura 1, apresenta-se um potenciômetro angular. Na figura 2, são apresentados vários tipos de potenciômetros e *trimpots*<sup>2</sup>.

### 4 Parte Experimental

Este experimento visa treinar a prática de medições de tensão e corrente e mostrar a importância da análise dos sentidos das tensões e correntes em

<sup>1</sup>O evento físico aqui é o movimento mecânico exercido sobre o cursor.

<sup>2</sup>Potenciômetros de montagem sobre placa, sem haste, normalmente utilizados para ajustes de pontos de trabalho (*set point*), mas sem acesso ao usuário final.



Figura 2: Vários tipos de potenciômetros e *trimpots*.

um circuito de corrente contínua.

#### 4.1 Medições de corrente

1. Considere o circuito da figura 3.

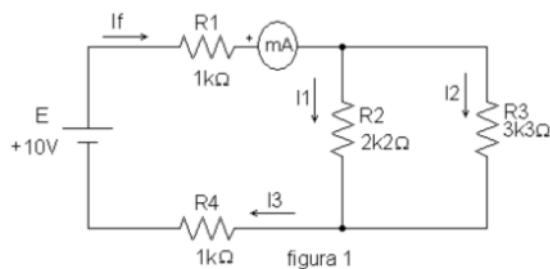


Figura 3: Circuito para medições de corrente e tensão.

2. Inicialmente, ajuste a fonte de tensão  $E$  para 10 V. Para esta etapa, ela deverá estar desconectada de qualquer circuito.

3. Com a fonte de tensão  $E$  DESLIGADA, monte o circuito mostrado no esquema elétrico da figura 3.
4. Chame o professor para certificar que o miliamperímetro está devidamente conectado no circuito (ponta de prova VERMELHA  $\rightarrow$  ENTRADA; ponta de prova PRETA  $\rightarrow$  SAÍDA), de modo a obter o valor positivo da corrente.
5. Concluídos os itens anteriores, ligue a fonte de tensão  $E$  e meça, com o **multímetro analógico**, o valor da corrente  $I_f$  (corrente total do circuito ou corrente gerada pela fonte). O resultado deve ser apresentado com 3 algarismos significativos e a devida unidade de corrente elétrica.

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

6. A seguir desligue a fonte de tensão e repita os procedimentos anteriores para medir as correntes  $I_1$ ,  $I_2$  e  $I_3$ .

$$I_1 = \underline{\hspace{2cm}} \quad I_2 = \underline{\hspace{2cm}} \quad I_3 = \underline{\hspace{2cm}}$$

7. Faça as seguintes verificações de consistência, provando a igualdade:

(a)  $I_f = I_1 + I_2 \rightarrow \underline{\hspace{2cm}}$

(b)  $I_f = I_3 \rightarrow \underline{\hspace{2cm}}$

8. Teça comentários a respeito dos resultados obtidos. O que ocorreria caso as polaridades utilizadas para as medições das correntes estivessem invertidas?



## 4.2 Medições de Tensão

1. Mantenha o circuito da figura 3 e meça as tensões  $V_f$  (tensão da fonte),  $V_{R1}$  (tensão sobre o resistor  $R_1$ ),  $V_{R2}$ ,  $V_{R3}$  e  $V_{R4}$  com o voltímetro devidamente polarizado, de modo que os resultados sejam positivos. Apresente os resultados:

$$V_f = \underline{\hspace{2cm}} \quad V_{R1} = \underline{\hspace{2cm}} \quad V_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{R3} = \underline{\hspace{2cm}} \quad V_{R4} = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. Faça as verificações, provando as igualdades:

$$(a) \quad V_f = V_{R1} + V_{R2} + V_{R4} \longrightarrow \underline{\hspace{2cm}}$$

$$(b) \quad V_{R2} = V_{R3} \longrightarrow \underline{\hspace{2cm}}$$

3. Teça comentários a respeito dos resultados obtidos. O que ocorreria caso as polaridades utilizadas para as medições das tensões estivessem invertidas?

## 4.3 Verificação Experimental da Primeira Lei de Ohm

1. Monte o circuito mostrado no esquema elétrico da figura 4, no qual  $R$  é um potenciômetro de  $4k7\Omega$  (resistência máxima do potenciômetro).
2. Com  $R$  (potenciômetro) desconectado do circuito, ajuste seu valor inicialmente para entorno de  $500\Omega$  ( $R_{desejado}$ ). Anote o valor ajustado ( $R_{utilizado}$ ). Conecte o potenciômetro ao circuito e meça a corrente ( $I_{medido}$ ) e a tensão ( $V_{medido}$ ), anotando os valores na tabela que segue.

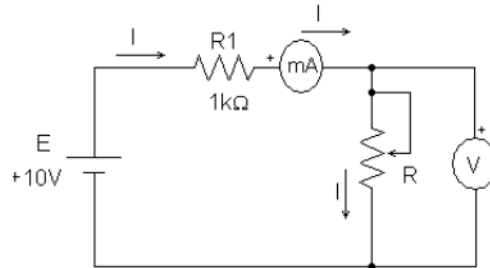


Figura 4: Circuito para estudo do potenciômetro e comprovação da 1ª Lei de Ohm.

3. Repita o item anterior para os demais valores de  $R$  apresentados na tabela, preenchendo-a.

$R_{desejado}$ ( $\Omega$ )	$R_{utilizado}$ ( $\Omega$ )	$V_{medido}$ (V)	$I_{medido}$ (A)	$R_{calculado}$ ( $\Omega$ )	Erro (%)
500					
1000					
1500					
2000					
3000					
4000					

4. Faça comentários a respeito do **erro observado** e da **variação da tensão e corrente** no potenciômetro, conforme a variação de sua resistência.

## Lista de Materiais

- Fonte CC de 0 a 30V
- Multímetro digital
- Multímetro analógico
- Caixa de resistências (década resistiva)
- Resistores de  $\frac{1}{4}$  W: 3x ( $100\ \Omega$ ,  $330\ \Omega$ ,  $1\text{k}0\ \Omega$ ,  $2\text{k}2\ \Omega$ ,  $3\text{k}3\ \Omega$ ,  $6\text{k}8\ \Omega$ ,  $10\text{k}\Omega$ )
- Potenciômetro: 1x  $4\text{k}7\ \Omega$
- Plaqueta de montagem “*Universal*”
- Cabos banana-banana



## EXPERIÊNCIA 4

## Lei de Ohm

*“Bipolos Lineares e Não Lineares”*

## 1 Objetivos

- Familiarização prática com a *Lei de Ohm*.
- Levantamento de curvas características de bipolos lineares e não lineares.

## 2 Introdução Teórica

### 2.1 Lei de Ohm

Ao se aplicar uma diferença de potencial  $V$  a um condutor de eletricidade, como por exemplo um fio metálico, surge uma corrente elétrica neste condutor. A corrente produzida por esta diferença de potencial depende de propriedades físicas e da geometria do condutor, que podem ser modeladas por uma resistência à passagem desta corrente elétrica.

A resistência elétrica é definida pela expressão:

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

cujas unidades são:

- de  $V$ : *volt* (V)
- de  $I$ : *ampère* (A)

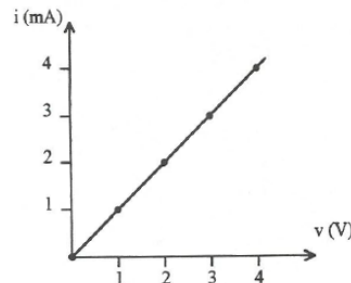


Figura 1: Curva característica de um dispositivo tipo resistor (de  $1\text{ k}\Omega$ ), mostrando a relação linear entre  $i$  e  $v$ . Note-se que, na faixa analisada, a potência máxima dissipada é de  $16\text{ mW}$ , muito menor que  $125\text{ mW}$  (supondo resistor de  $1/8\text{ W}$ ) e, portanto, o resistor permaneceu “frio”, evitando a alteração do valor de sua resistência.

- de  $R$ : *ohm* ( $\Omega$ ).

A unidade de resistência elétrica, o *ohm* ( $\Omega$ ) foi atribuída em homenagem a *George Simon Ohm* (1787—1854), por seu magnífico trabalho “*The Galvanic Chain, Mathematically Treated*” publicado em 1827, envolvendo a *Lei de Ohm*.

Embora a equação (1) seja de vasta aplicação, ela expressa uma **relação linear** entre a corrente elétrica e a tensão aplicada, como ilustrado na curva característica da figura 1.

Infelizmente, os fenômenos físicos são não lineares em quase sua totalidade. Portanto, ao se aumentar a tensão aplicada no condutor, nota-se um aquecimento deste (*Efeito Joule*), o que acarreta o aumento da resistência elétrica (no caso de metais) e, por fim, tem-se o efeito de uma relação não linear entre  $i$  e  $v$ , conforme pode ser observado na curva da figura 2.

*Quando existe uma relação não linear entre  $i$  e  $v$ , a solução de um circuito elétrico pode se tornar muito complicada. O que fazer quando se está diante de um problema desta natureza?*

A abordagem a ser tomada para resolver este problema é a de se adotar um **MODELO LINEAR** para um **fenômeno não linear**. É claro que se comete um erro quando se adota um modelo, mas se este erro for pequeno, ou até mesmo desprezível para a faixa de tensões e correntes envolvidas,

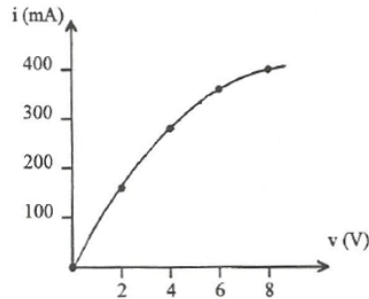


Figura 2: Curva característica de uma lâmpada incandescente, mostrando a relação não linear entre  $i$  e  $v$ . Note-se que a potência dissipada pelo filamento da lâmpada é suficiente para alterar a sua própria resistência.

os resultados previstos pelos cálculos teóricos produzem resultados práticos satisfatórios.

Resumindo, a Lei de Ohm expressa uma relação linear, ideal, entre  $i$  e  $v$  para um determinado bipolo, sendo esta relação uma idealização, um modelo para uma relação mais complexa. Esta relação é válida para uma determinada faixa de valores de tensão, de corrente e, conseqüentemente, de potência dissipada pelo dispositivo.

### 2.1.1 Bipolo Linear e Bipolo Não Linear

Todo dispositivo que possui dois terminais de acesso, aos quais pode-se aplicar uma determinada tensão, dando origem a uma corrente elétrica, denomina-se **bipolo**.

Um bipolo cuja relação entre  $i$  e  $v$  pode ser linear para a faixa de operação especificada, é denominado de **bipolo ôhmico** ou **bipolo linear**. Pode-se citar, como exemplo de bipolo ôhmico, um resistor de baixa potência, operando em condições de pouco aquecimento (como o do exemplo na figura 1).

Um bipolo cuja relação entre  $i$  e  $v$  é não linear para a faixa de operação especificada, recebe a denominação de **bipolo não ôhmico** ou **bipolo não linear**. Pode-se citar como exemplo de bipolo não ôhmico uma lâmpada incandescente (como a do exemplo na figura 2), ou mesmo uma junção semicondutora (como a de um diodo ou transistor).

### 3 Parte Experimental

#### 3.1 Bipolo Linear e Lei de Ohm

1. Montar o circuito ilustrado na figura 3.

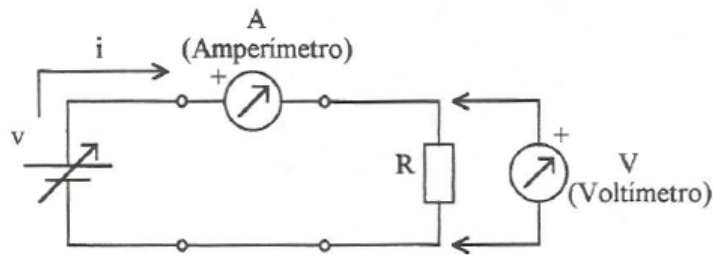


Figura 3: Montagem para avaliar-se a Lei de Ohm.

2. Observar que as escalas dos multímetros devem ser ajustadas de modo a suportar as tensões e correntes máximas do experimento.
3. Preencher a tabela abaixo, variando-se o valor da tensão da fonte de alimentação.

$v$ (V)	$i$ (mA)			
	$R = 470\ \Omega$	$R = 1\ \text{k}\Omega$	$R = 2\text{k}2\ \Omega$	$R = 3\text{k}9\ \Omega$
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				



### 3.1.1 Bipolo Não Linear

1. Montar o circuito ilustrado na figura 4, o qual envolve uma lâmpada incandescente de baixa potência.

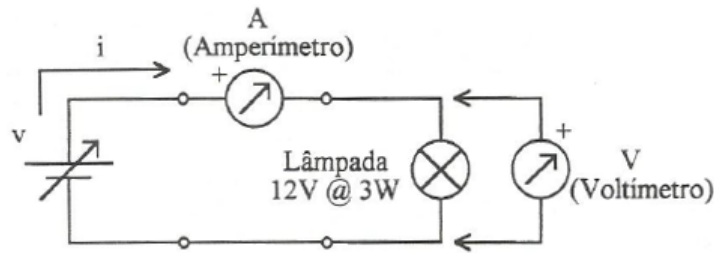


Figura 4: Montagem para avaliar-se a não linearidade de um bipolo não ôhmico.

2. Preencher a tabela abaixo.

$v$ (V)	0	1	2	3	4	5	6
$i$ (mA)							

$v$ (V)	7	8	9	10	11	12
$i$ (mA)						

### 3.2 Curvas Características

1. Numa planilha eletrônica, traçar as curvas  $i \times v$  para os 4 resistores ensaiados. Colocar todas as curvas num mesmo gráfico.
2. Para as curvas acima, realizar a regressão linear, ou seja, inserir uma linha de tendência. Também exiba as correspondentes equações.
3. Na planilha eletrônica, traçar, em outro gráfico, a curva  $i \times v$  para a lâmpada ensaiada.

### 3.3 Conclusões

1. Analisar os 4 gráficos relativos aos resistores. O que se pode concluir em relação à inclinação das curvas?



2. Destes 4 gráficos, o que representa o coeficiente angular das linhas de tendências?



3. A partir das equações das linhas de tendência, calcule o valor das resistências.



4. Para o gráfico relativo à lâmpada, o que justifica sua não linearidade?  
O que se pode dizer a respeito da resistência em cada ponto da curva?



## Lista de Materiais

- Fonte CC de 0 a 30V
- Plaqueta de montagem “*Universal*”
- 2 multímetros digitais
- Lâmpada 12 V/3 W
- Resistores de  $\frac{1}{4}$ W: 1x (470  $\Omega$ , 1 k $\Omega$ , 2k2  $\Omega$ , 3k9  $\Omega$ )
- Cabos banana-banana



## EXPERIÊNCIA 5

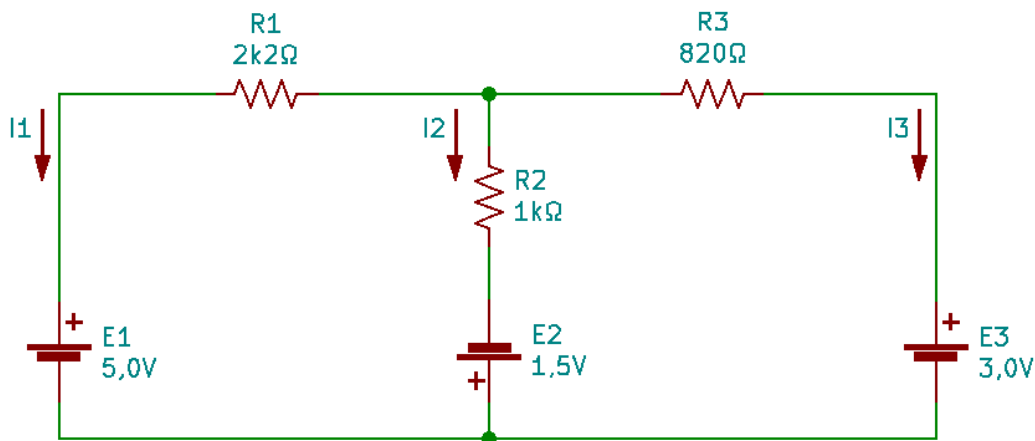
# Leis de Kirchhoff

## 1 Objetivo

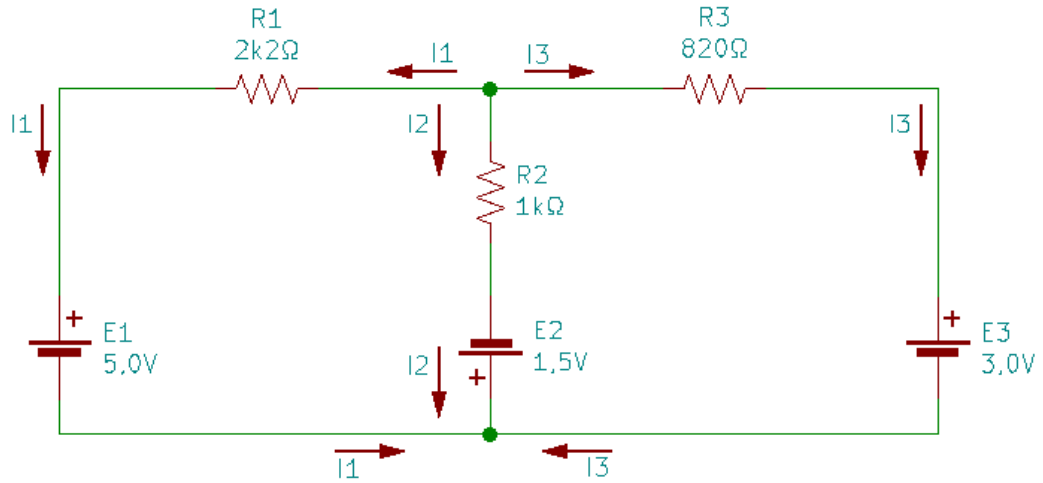
- Verificar experimentalmente as duas leis de Kirchhoff.

## 2 Lei dos Nós

1. Monte o circuito esquematizado abaixo. Para E1, utilize a fonte ajustável da bancada. As fontes E2 e E3 devem ser “construídas” associando-se pilhas de 1,5V (inicialmente desconectadas dos suportes).



2. Com as fontes ligadas, meça todas as correntes nos ramos, considerando os respectivos sinais (atente-se às polarizações dos instrumentos) e comprove a *Primeira Lei de Kirchhoff*: “a soma algébrica das correntes em um nó é zero”.



$I_1 = \underline{\hspace{2cm}}$        $I_2 = \underline{\hspace{2cm}}$        $I_3 = \underline{\hspace{2cm}}$

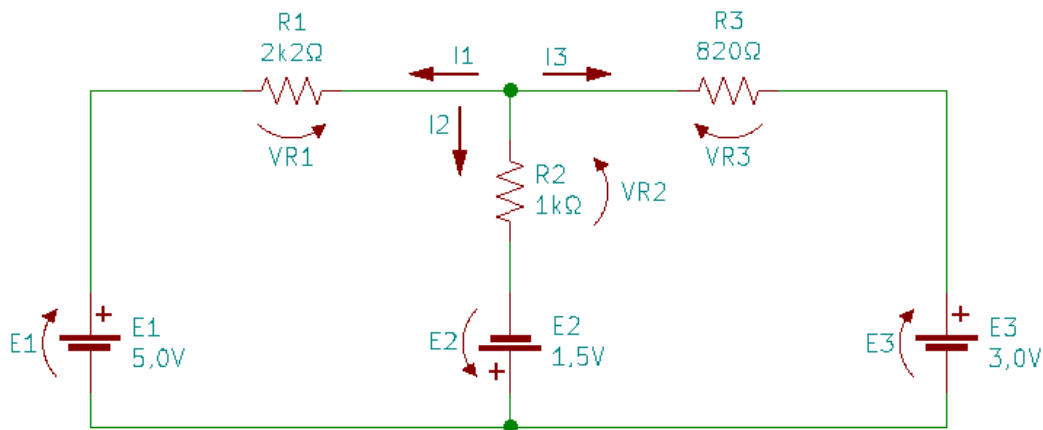
$I_1 + I_2 + I_3 = \underline{\hspace{2cm}}$

Observação: considere os sinais das correntes obtidas.

Comentários:

### 3 Lei das Malhas

1. Ainda se referindo ao circuito anterior, note que este possui 3 malhas:
  - (1) interna do lado esquerdo ( $R1 \rightarrow E1 \rightarrow E2 \rightarrow R2$ );
  - (2) interna do lado direito ( $R2 \rightarrow E2 \rightarrow E3 \rightarrow R3$ );
  - (3) externa ( $R1 \rightarrow E1 \rightarrow E3 \rightarrow R3$ ).
2. A cada uma das malhas, meça todas as tensões e comprove a *Segunda Lei de Kirchhoff*: “a soma algébrica das tensões em uma malha é zero”. Lembre-se que devem ser considerados os respectivos sinais das tensões, conforme as referências.



Malha (1):  $V_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$        $V_{E1} = \underline{\hspace{2cm}}$

$V_E = \underline{\hspace{2cm}}$        $V_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$

Verificação da *Segunda Lei de Kirchhoff*:

Malha (2):  $V_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$        $V_{E2} = \underline{\hspace{2cm}}$

$V_{E3} = \underline{\hspace{2cm}}$        $V_{R3} = \underline{\hspace{2cm}}$

Verificação da *Segunda Lei de Kirchhoff*:

Comentários:

## Lista de Materiais

- Fonte CC com três canais (2 ajustáveis e 1 fixo de 5V)
  - *Alternativa:*
    - \* *Fonte CC ajustável de um canal*
    - \* *3x pilhas grandes (tipo D) de 1,5 V*
    - \* *Suporte para as pilhas*
- 2 Multímetros digitais
  - *Alternativa:*
    - \* *1 Multímetro digital*
    - \* *1 Multímetro analógico*
- Plaqueta de montagem “Universal”
  - *Alternativa:*
    - \* *Protoboard*
    - \* *Fios para protoboard*
- Cabos banana-banana
- Resistores de  $\frac{1}{4}W$ : 1x ( $820\Omega$ ,  $1k\Omega$ ,  $2k2\Omega$ )



## PROJETO SEMESTRAL

*“Tema Livre”*

## 1 Objetivo

Implementar um circuito analógico ou digital, previamente pesquisado ou desenvolvido pelo aluno.

## 2 Prazos para Entrega

O projeto deverá ser apresentado na própria aula de laboratório, conforme as datas a seguir:

<i>Descrição</i>	<i>Datas</i>	
	<i>Diurno</i>	<i>Noturno</i>
<i>Apresentação do esquema elétrico para aprovação</i>	<i>14.09.2020</i>	<i>14.09.2020</i>
<i>Reapresentação do esquema elétrico para aprovação</i>	<i>28.09.2020</i>	<i>28.09.2020</i>
<i>Apresentação Antecipada</i>	<i>09.11.2020</i>	<i>09.11.2020</i>
<i>Apresentação Final</i>	<i>16.11.2020</i>	<i>16.11.2020</i>
<i>Repescagem</i>	<i>30.11.2020</i>	<i>30.11.2020</i>

*Não serão aceitos projetos entregues fora do prazo.*

*A pontuação será atribuída apenas aos presentes na data de entrega.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Salvos os casos para os quais se apresentar justificativa plausível, eventualmente acompanhada de atestado.

## 3 Orientações

### 3.1 Gerais

- O projeto é em grupo: obrigatoriamente, o mesmo grupo das aulas de laboratório.
- Todo o material deverá ser adquirido pelo grupo, com exceção da fonte de alimentação.
- Pode-se utilizar a fonte de alimentação do próprio laboratório.
- No esquema elétrico, *indicar o número da pinagem* de cada terminal relacionado aos componentes utilizados.
- A montagem do circuito se dará em *placa padrão*, também conhecida como *placa universal*. A critério da equipe, a montagem também poderá ser feita em *placa de circuito impresso*, ficando por conta da própria equipe todas as ferramentas e procedimentos associados – **não será disponibilizada** qualquer ferramenta ou máquina para tal por parte do *Almoxarifado da Engenharia Elétrica*.
- Os componentes deverão ser soldados na placa. *Antes de soldá-los, fazer um estudo para encontrar uma boa disposição.* Para os CIs, é obrigatório o uso de soquete.
- Lembrar das recomendações a respeito de como obter um bom ponto de solda e de como bem utilizar o ferro de solda.
- Realizar a interconexão entre os terminais dos componentes por meio de “*trilha de solda*” (se possível e para pequenas distâncias), ou por meio de “*fios finos*”, por baixo da placa, com apenas as pontas desencapadas, ou por meio de “*fios finos*”, por cima da placa, numa configuração conhecida como *jumper*s. Há fios conhecidos como *fios de “wire-up”* que apresentam vantagens em relação aos convencionais.
- Incluir, no circuito, dois bornes para cabos banana-banana, a fim de conectar a tensão de alimentação.

- No horário de funcionamento do *Almoxarifado da Engenharia Elétrica*, poderá ser emprestado o material necessário para solda, assim como disponibilizada uma sala para o trabalho.
- Se houver interesse, no *Moodle*, poderá ser aberto um fórum para discussões a respeito deste projeto, envolvendo, por exemplo, dicas e sugestões para sua confecção, a serem postadas pelos próprios alunos, além dos professores. Em caso de interesse, o representante de classe deverá realizar a requisição ao professor responsável pela disciplina, via mensagem no *Moodle*.

### 3.2 Específicas

- *O tema do projeto é livre.*
- O grupo deverá pesquisar um projeto já existente ou desenvolver um projeto personalizado, com escolha a seu critério.
- O esquema elétrico deverá ser apresentado até a data de “*Apresentação do esquema elétrico*”, apontada em *Prazos para Entrega*. Nesta data, o professor fará uma análise prévia para verificar se o projeto não é simples demais ou complexo demais. Caso assim o considere, uma nova proposta deverá ser apresentada até a data de “*Reapresentação do esquema elétrico*”, apontada na mesma seção citada. O cumprimento destas datas fará parte da avaliação, conforme registrado no item 2 de *Critérios de Avaliação*.
- O projeto implementado deverá ser apresentado na data de “*Apresentação final*”, apontada em *Prazos para Entrega*.

*Importante! Na apresentação, o projeto deverá ser acompanhado pelo esquema elétrico com pinagem.*

- **Atenção!** O esquema elétrico deverá seguir o **padrão de desenho** conforme o esquema elétrico fornecido para o projeto “*Dado Digital*”. Poderá ser elaborado à mão ou em CAD.

## 4 Critérios de Avaliação

Os critérios de avaliação do projeto consistem dos seguintes itens:

1. Funcionamento: **5 pontos** (50%)
2. Observação dos tópicos das orientações: **3 pontos** (30%), sendo
  - (a) Cumprimento dos prazos de entrega: **1,0 ponto** (10%)
  - (b) Esquema elétrico com pinagens, no padrão recomentado: **1,5 ponto** (15%)
  - (c) Demais itens: **0,5 ponto** (5%)
3. Qualidade das soldas: **1,0 ponto** (10%)
4. Aspecto final: **1,0 ponto** (10%)

*Se o projeto for para a repescagem, será considerado um máximo de 80% da pontuação obtida para a nota do projeto.*