

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.

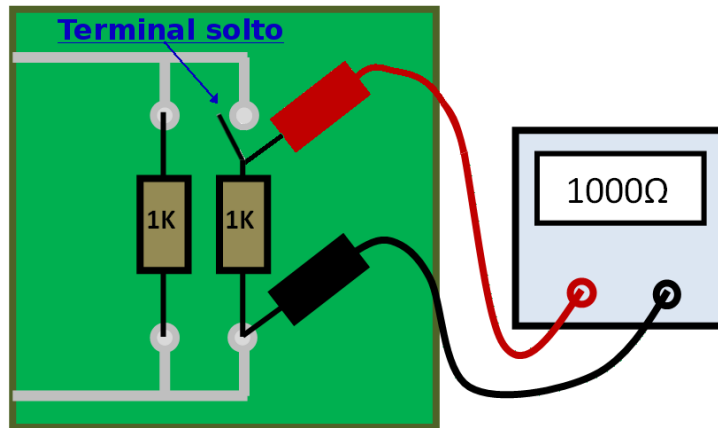


Figura 2: Medição de resistência em placa de circuito impresso.

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:

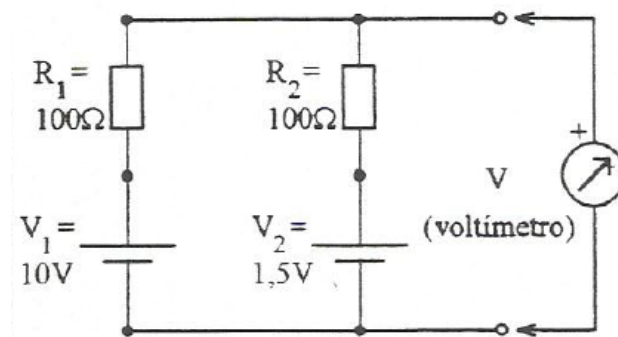


Figura 3: Voltímetro posto em paralelo com dois pontos do circuito para se determinar a tensão entre eles.

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.

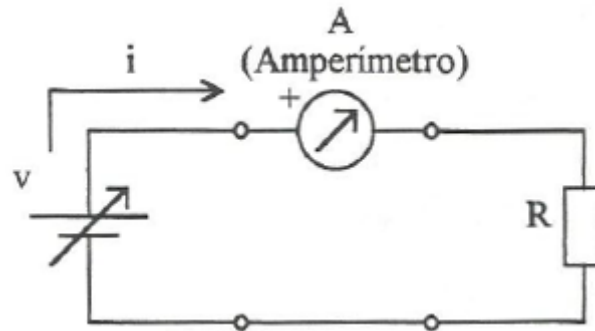


Figura 4: Amperímetro posto em série com o ramo do qual deseja-se medir a corrente.

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: Ω , 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).

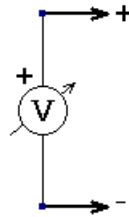
5 Modelagem

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

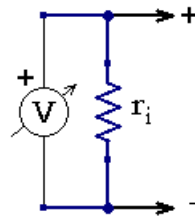
Com efeito, todo instrumento causa uma perturbação no ambiente analisado, pois ele necessita “sentir” a grandeza a medir.

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.

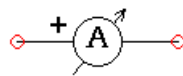


(a) Voltímetro ideal (ou seja, com resistência interna infinita).

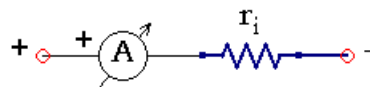


(b) Voltímetro real (ou seja, com resistência interna finita).

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

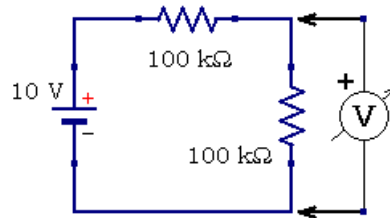
Já no caso do amperímetro, seu modelo consiste de um *amperímetro ideal*, que possui resistência interna nula, em série com uma resistência não nula, que é a resistência interna do *amperímetro real*. Portanto, quando for utilizado em alguma medição de corrente, em um ramo, esta resistência ficará em 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

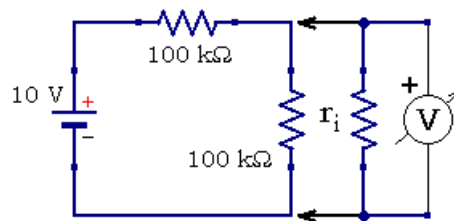
Conhecer a resistência interna dos instrumentos é importante para se saber o quanto ele influenciará nos resultados das medições.

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.

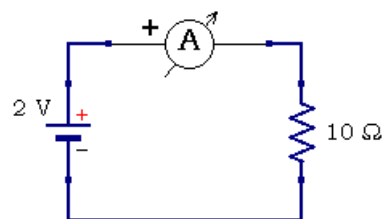


(a) Voltímetro em paralelo para realizar a medição de tensão.

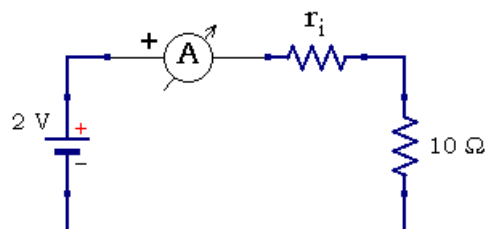


(b) Modelo do voltímetro em paralelo com o circuito em análise.

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:

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

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 $20 \text{ k}\Omega/\text{V}$ e for escolhido um fundo de escala de 10 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.

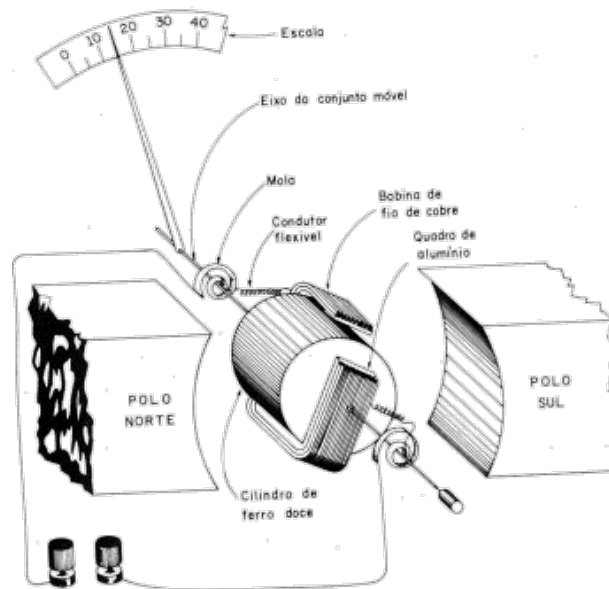


Figura 9: Desenho ilustrativo de um galvanômetro tipo *D'Arsonval*.

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).

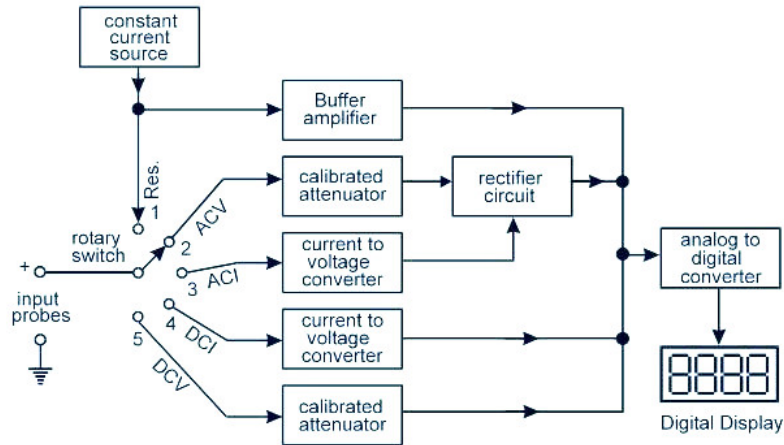


Figura 10: Diagrama em blocos simplificado de um multímetro digital.

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?

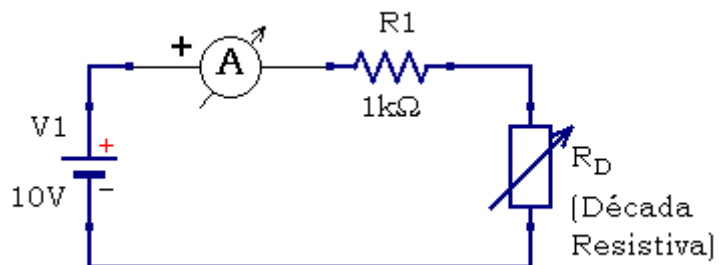
3. Medir a resistência dos resistores apontados e completar a tabela seguinte.

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

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

4. Montar o circuito abaixo.

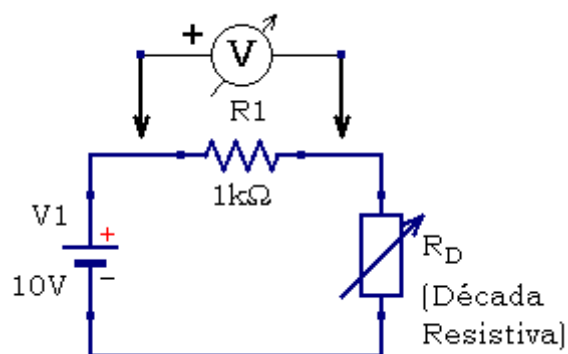
Atenção! A corrente deve entrar pelo positivo (+) do amperímetro!



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

R_D (Ω)	$I_{\text{calculado}}$ (mA)	I_{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?

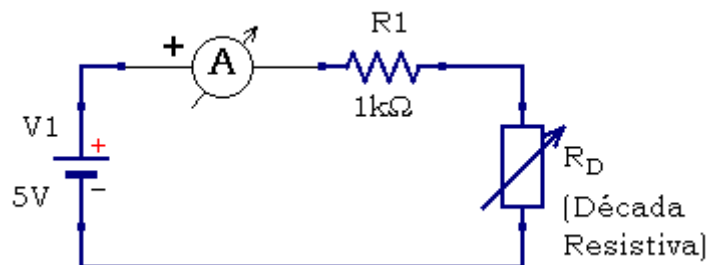
3. Medir a resistência dos resistores apontados e completar a tabela seguinte.

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

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

4. Montar o circuito abaixo.

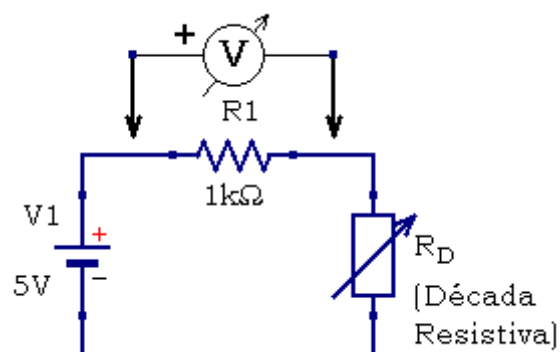
Atenção! A corrente deve entrar pelo positivo (+) do amperímetro!



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

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

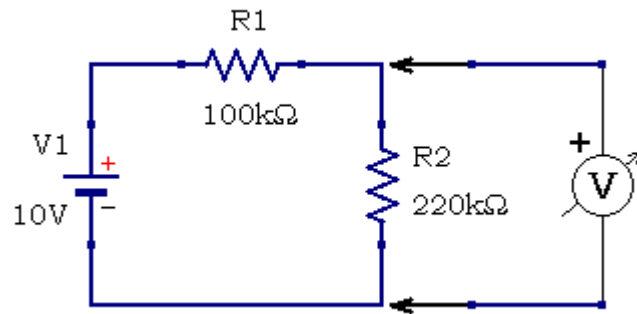
6. Com base na última situação da tabela anterior, meça a tensão indicada no circuito abaixo.



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

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 (Ω)		

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 ($47\ \Omega$, $330\ \Omega$, $1\ k\Omega$, $6k8\ \Omega$, $82\ k\Omega$, $10\ k\Omega$, $100\ k\Omega$, $220\ k\Omega$)