



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos
PSI - EPUSP

PSI 3031 – LABORATÓRIO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS

GUIA DE EXPERIMENTOS

EXPERIÊNCIA 1: INSTRUMENTAÇÃO LABORATORIAL

Edição 2018

ELISABETE GALEAZZO E LEOPOLDO YOSHIOKA

Objetivos da experiência

Esta experiência tem como objetivo familiarizar os alunos com alguns dos principais equipamentos que serão utilizados no laboratório ao longo da disciplina. Incluem-se, entre eles: multímetro digital portátil, fonte de tensão DC e gerador de sinais. Além disso, os alunos aprenderão os procedimentos para a montagem de circuitos em *protoboard* e sobre medição de grandezas elétricas. Serão exploradas as principais funções dos equipamentos e apresentadas as suas limitações. Também serão abordados conceitos de incertezas instrumentais.

Materiais necessários para realização do experimento:

- 1 multímetro digital portátil (TX3 -TEKTRONIX);
- 1 fonte de tensão contínua, modelo E3631A Power Supply, AGILENT;
- 1 gerador de funções modelo 33500B da AGILENT;
- 1 *protoboard*;
- Resistores, cabos e conectores diversos.

PARTE EXPERIMENTAL

1. Resistores: código de cores e utilização do ohmímetro

Objetivos: aplicar código de cores para identificar valores nominais de resistores, utilizar ohmímetro para medição de resistências e calcular incertezas instrumentais associadas às medições.

- 1.1. Verifique os cuidados a serem tomados para utilização do ohmímetro (vide item 3.3 da **Introdução Teórica**) e indique-os no seu relatório. Faça um esboço de como medir uma resistência com o multímetro digital, indicando que terminais do medidor devem ser utilizados para essa medição.

Sugestão para conectar um resistor ao multímetro, utilizando-se cabos simples com terminações de garras jacaré:



- 1.2. Identifique os valores nominais dos resistores indicados a seguir por meio do seu código de cores (vide **Anexo 1_Código_cores_resistores.pdf**).

Resistor:	R_A	R_B	R_C
Código de cores:	Marrom Vermelho Marrom	Verde Azul Laranja	Marrom Preto Azul

- 1.3. Configure o multímetro digital para operar **na configuração padrão** (ou seja, *modo de 5000 contagens*)¹ (para mais informações, vide **o manual do equipamento, p. 25**). Depois disso, meça as resistências R_A , R_B e R_C com o **ohmímetro** com a resolução padrão (*default*) do equipamento.
- 1.4. Calcule a incerteza da medição instrumental do ohmímetro para cada valor de resistência mensurada (vide **Anexo 2_Incerteza_instrumental_TX3_conf_padrao.pdf** para obter as expressões fornecidas pelo fabricante para o cálculo das incertezas).

¹ Para habilitar as configurações *default* ou *high resolution* no multímetro TX3: pressione e segure por alguns segundos o botão azul do painel do multímetro e clique na tecla softkey “4” até encontrar a função *HrEs*. Acione a softkey + (1) = ON (para selecionar *high resolution*) e a tecla - (2) = OFF (para selecionar *default*).

- 1.5. Compare os resultados obtidos experimentalmente com os valores nominais. Apresente o erro relativo entre os resultados obtidos pelo instrumento e os valores nominais fornecidos, e faça suas conclusões.

2. Montagem de circuitos resistivos e avaliação da limitação do voltímetro digital

Objetivos: exercitar montagens de circuitos simples em protoboard, efetuar medições de tensão com voltímetro e avaliar suas limitações.

Neste item analisaremos o circuito divisor resistivo apresentado na **Figura 1**.

2.1. Medições de tensões DC com Voltímetro.

Considere os valores nominais de $R_1 = R_2 = 100 \text{ k}\Omega$. Meça o valor dos resistores R_1 e R_2 com o ohmímetro, e a seguir, monte o circuito da **Figura 1** num **protoboard** (informações sobre protoboard encontram-se no **Anexo 3_Protoboards.pdf**).

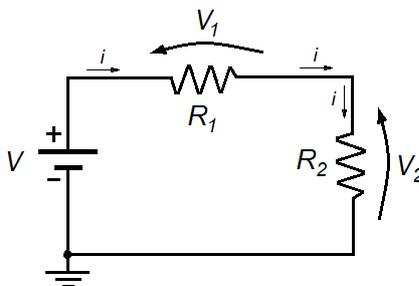


Figura 1: Esquema elétrico do circuito divisor resistivo.

Dicas: veja como montar e medir tensões no circuito com o multímetro portátil através do exemplo ilustrado na **Figura 2**, abaixo. Utilize a fonte de tensão contínua (DC) disponível para alimentar o circuito. Leia o **item 4 da Introdução Teórica** e consulte o manual da fonte para obter maiores detalhes e cuidados a serem tomados com esse equipamento.

. Faça o esboço da montagem experimental e indique os valores experimentais dos resistores utilizados no seu circuito.

. Programe a fonte de tensão para fornecer **12 V** e conecte-a ao circuito da Figura 1.

. Meça as tensões **V**, **V₁** e **V₂** com o voltímetro portátil (modo de operação DC) e anote os valores obtidos em Tabela 2.

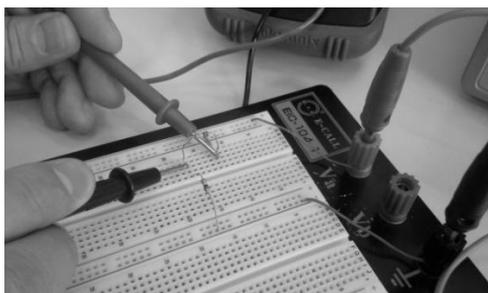


Figura 2: Montagem do circuito em *protoboard* e procedimento de medição.

2.2. Valores teóricos das tensões ($R_1 = R_2 = 100 \text{ k}\Omega$)

- Calcule** a tensão V_2 do circuito da Figura 1, considerando: os valores experimentais dos resistores e resistência interna infinita do voltímetro (voltímetro ideal).
- Considere agora que o voltímetro real possui uma resistência interna de $10 \text{ M}\Omega$. **Repita os cálculos** para obter a tensão V_2 .
- Compare** os resultados dos cálculos com os resultados experimentais (item 2.1)

2.3. Medição de tensões em circuitos com resistência elevada ($R_1 = R_2 = 10 \text{ M}\Omega$)

Troque os resistores da Figura 1 para $R_1 = R_2 = 10 \text{ M}\Omega$, mantendo a tensão de alimentação em 12 V .

- Meça** as resistências R_1 e R_2 ;
- Meça** as tensões V_1 e V_2 ;
- Desenhe** o circuito equivalente com o voltímetro real sobre o resistor R_2 (vide item 3.1 da Introdução Teórica);
- Calcule** a tensão V_2 sobre o resistor R_2 supondo dois casos: voltímetro ideal e real;
- Compare** os resultados calculados com os experimentais, apresentando o erro relativo entre eles;
- Tire suas **conclusões**.

3. Medição de corrente com amperímetro digital

Objetivos: exercitar montagens de circuitos simples em protoboard, efetuar medições de corrente com amperímetros e avaliar suas limitações.

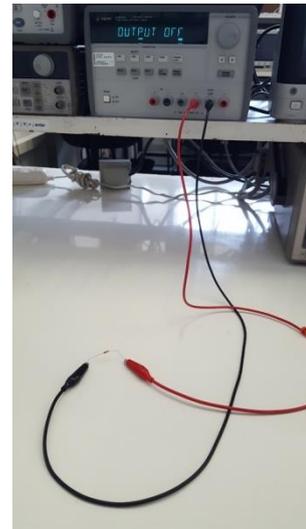
- Monte um circuito simples no protoboard com um resistor de $10 \text{ k}\Omega$ nominal alimentado por uma tensão de 12 V . Meça a corrente DC do circuito com um amperímetro digital, de acordo com a sugestão de montagem indicada do item 3.2 da Introdução Teórica. Calcule a corrente esperada e compare com o valor experimental. A resistência interna do amperímetro afetou a medição neste caso?

4. Avaliação da dissipação de calor no resistor

Objetivo: avaliar a capacidade de dissipação de calor de resistores

Conecte um resistor de $100\ \Omega$ e potência de $\frac{1}{4}\text{ W}$ diretamente à fonte de tensão (programando-a para 0 V e com limite de corrente igual a 0,5 A), por meio de cabos e garras jacaré. Atenção: **não use o protoboard nesta etapa da experiência!!!!!!**

Veja o exemplo indicado na figura ao lado →



A seguir, efetue:

- Aumente devagar, com passos de 1 V, a tensão de alimentação sobre o resistor a partir de 0 V até atingir no máximo 20 V. Observe também o valor da corrente que está fluindo pelo resistor para cada tensão (através do amperímetro situado na fonte de tensão).
- **Descreva** o que foi observado com relação ao resistor a cada acréscimo de volt. **Explique** o que ocorreu com o resistor nesse ensaio.

5. Circuitos resistivos com alimentação de tensão AC – medição com voltímetro

Objetivos: aprender a utilizar o gerador de funções para programar sinais alternados para alimentar circuitos elétricos, e exercitar medições de tensão alternada com o multímetro.

Repita a montagem do circuito resistivo da Figura 1 com $R_1 = R_2 = 100\ \text{k}\Omega$. No entanto, agora você irá alimentar o circuito com uma fonte de tensão alternada (utilize o gerador de funções modelo **33500B da Agilent**).

Para isso, programe o gerador de funções para operar na condição de **HIGH Z** (ver item 5 da **Introdução Teórica**). Depois disso, selecione no gerador um sinal de tensão eficaz ($V = 7\ V_{\text{RMS}}$), forma de onda senoidal e frequência = 1 kHz.

Observação: note que a saída do gerador de funções tem um terminal BNC (fêmea). Você precisará utilizar um cabo BNC-Bananas (vide **Anexo 4_Cabos_Conectores.pdf**) para conectar o gerador ao circuito via protoboard, conforme exemplo da Figura 3, a seguir:

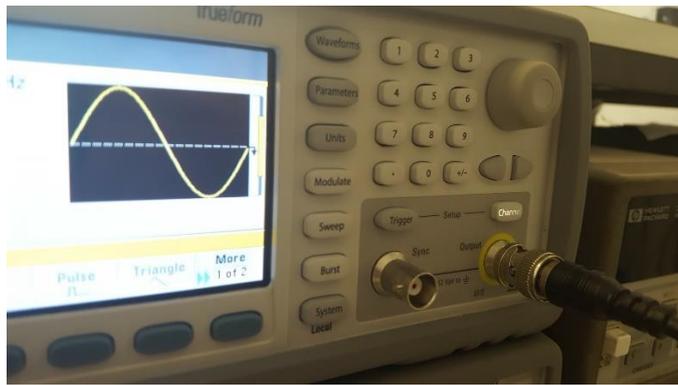


Figura 3: Cabo coaxial com conectores BNC-bananas utilizado na saída do gerador de funções.

- a) Faça um esquema com esboço da montagem, indicando os componentes com seus valores experimentais e o voltímetro conectado ao circuito.
- b) Meça a tensão da fonte e sobre os resistores R1 e R2 com o multímetro portátil no modo de operação DC e depois no modo de operação AC. Anote os valores obtidos em tabela apropriada.
- c) Faça os cálculos teóricos, compare com os resultados experimentais e discuta sobre os resultados obtidos.