

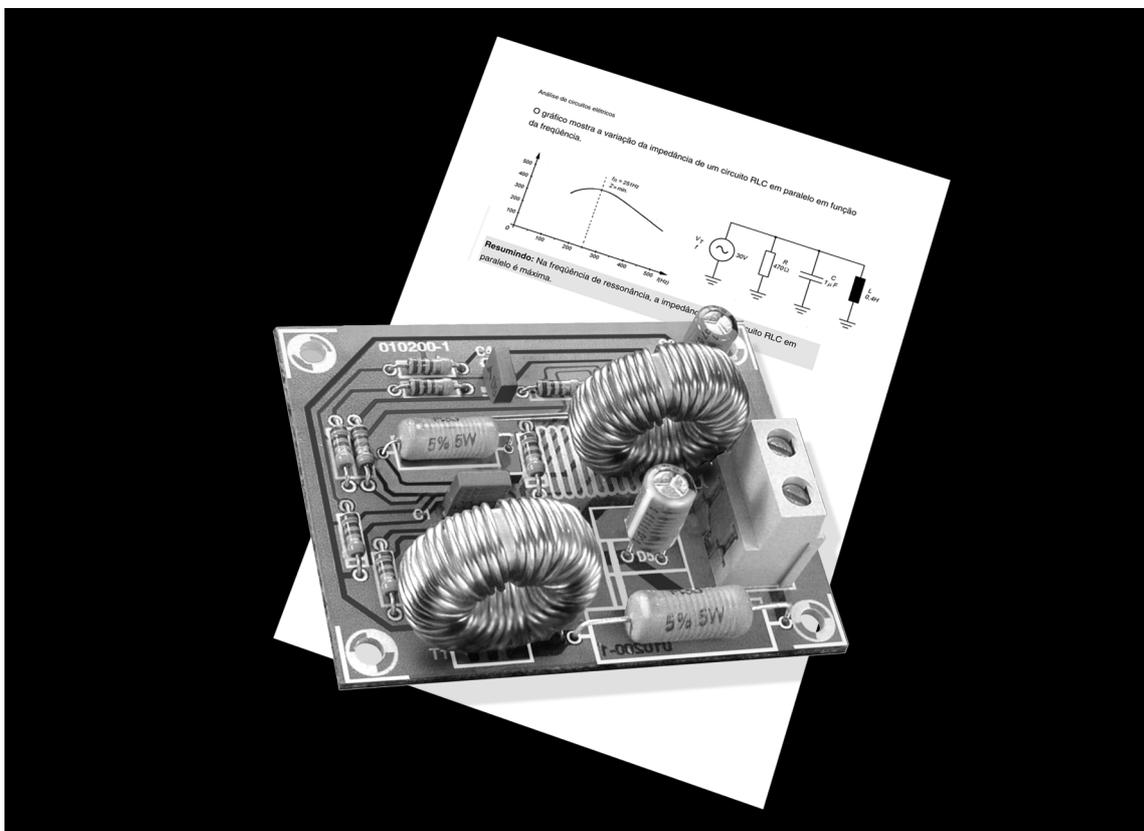
SENAI

São Paulo

Aprendizagem Industrial

Eletricista de Manutenção

Análise de circuitos elétricos Prática



Análise de circuitos elétricos – Prática

© SENAI-SP, 2005

2ª Edição atualizada.

Trabalho atualizado e editorado por Meios Educacionais e Escola SENAI “Roberto Simonsen” - CFP1.01 da Gerência de Educação da Diretoria Técnica do SENAI-SP, para o curso Eletricista de manutenção.

Revisão de conteúdos	Antônio Hernandes Gonçalves (CFP1.01) Paulo Dirceu Bonami Briotto (CFP 1.01) Demércio Claudinei Lopes (CFP 1.01)
----------------------	--

1ª Edição elaborada, 2000.

Trabalho elaborado pela Unidade de Conhecimento Educacional do Departamento Regional de São Paulo.

Coordenação	Célio Torrecilha
Elaboração	Airton Almeida de Moraes Regina Célia Roland Novaes
Conteúdo técnico	Airton Almeida de Moraes Júlio César Caetano
Ilustrações	José Joaquim Pecegueiro José Luciano de Souza Filho
Capa	José Joaquim Pecegueiro

SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial Departamento Regional de São Paulo Av. Paulista, 1313 - Cerqueira César São Paulo – SP CEP 01311-923
-------	--

Telefone	(0XX11) 3146-7000
Telefax	(0XX11) 3146-7230
SENAI on-line	0800-55-1000

E-mail	senai@sp.senai.br
Home page	http://www.sp.senai.br

Sumário

Apresentação	5
Utilização do multímetro analógico	7
Medir resistência equivalente de circuitos mistos	15
Medir resistência equivalente de associações estrela-triângulo	19
Ensaiai divisores de tensão	23
Comprovar as leis de Kirchhoff	29
Comprovar o teorema de Thévenin	39
Comprovar o teorema da superposição de efeitos	45
Utilização da ponte RLC	51
Verificar o funcionamento de circuitos RC série	53
Verificar o funcionamento de circuitos RL série	59
Verificar o funcionamento de circuitos RLC série	63
Referências bibliográficas	67

Apresentação

Caro Aluno;

O Curso de Aprendizagem Industrial do SENAI na área da Eletroeletrônica continua no segundo semestre com os estudos teóricos sobre análise de circuitos. O principal objetivo deste estudo é fazer você conhecer não só os princípios e as leis que comandam o funcionamento dos circuitos eletroeletrônicos, mas também as características de componentes e instrumentos de medição usados no dia-a-dia do profissional dessa área.

O presente volume, **Análise de Circuitos Elétricos: Prática** complementa, com informações tecnológicas sobre instrumentos e componentes, os conceitos teóricos que você já estudou e apresenta ensaios que têm o objetivo de comprovar experimentalmente os conceitos e aplicar na prática todos os conteúdos estudados nas aulas teóricas.

Trata-se de um material de referência preparado com todo o cuidado para ajudá-lo em sua caminhada rumo ao sucesso profissional.

Utilização do multímetro analógico

Neste ensaio, você vai usar um multímetro analógico. Para isso, vai inicialmente estudar os manuais dos instrumentos. Em seguida, usando o multímetro, vai medir valores ôhmicos de resistências elétricas, tensões e correntes elétricas.

Equipamentos

- Multímetro analógico;
- Fonte variável 0~30 VDC;
- Varivolt.

Material necessário

- Manual do fabricante do multímetro e do volt-ampérimetro alicate;
- Matriz de contatos;
- Cabos conectores;
- Resistores diversos.

Após ler o ensaio, complete a lista de materiais necessários, de acordo com os passos do item **Procedimento**. Consulte catálogos de fabricantes de resistores elétricos e a norma NBR 5311.

Procedimento A – Medição de Resistência

1. Estude o manual de instruções de uso do multímetro, principalmente na parte referente à utilização como ohmímetro.
2. Faça um esboço do painel frontal do multímetro e identifique a escala de funções, as posições da chave seletora e os bornes referentes ao ohmímetro.

3. Quantas e quais são as posições da chave seletora correspondente ao ohmímetro?

4. Prepare o multímetro para a medição de resistência:
 - Ponta de prova vermelha no borne + ou **volt/Ω**.
 - Ponta de prova preta no borne – ou **com**.
5. Selecione a chave seletora de funções do multímetro para medição de resistência elétrica.

6. Responda:

a. Você conhece o valor de resistência do material dos itens fornecidos?

() sim

() não

b. Qual é a posição em que, preferencialmente, deve ser ajustada a chave seletora?

7. Selecione a posição adequada da chave seletora para medir a resistência de cada item relacionado na tabela do passo 8.

8. Conecte as pontas de prova nas extremidades de cada um dos itens fornecidos e anote os valores medidos na tabela a seguir.

Itens fornecidos	Valor medido
Ferro de soldar	
Lâmpada incandescente	
Alto-falante	
Reostato	

9. Registre as cores dos resistores fornecidos por seu professor e faça a leitura do valor ôhmico e percentual de tolerância utilizando a tabela a seguir. Se o resistor tiver menos cores que a tabela, ignore as colunas finais que ficarem sem preenchimento.

Resistor	1ª cor	2ª cor	3ª cor	4ª cor	5ª cor	6ª cor	Valor codificado (nominal) Vn
Resistor 1							
Resistor 2							
Resistor 3							
Resistor 4							
Resistor 5							
Resistor 6							
Resistor 7							
Resistor 8							
Resistor 9							
Resistor 10							

- 10 Utilizando o multímetro analógico, meça os valores dos resistores e registre na coluna "valor medido" (Vm) da tabela a seguir. Anote também os valores codificados (Vn) encontrados no passo 9 e calcule a porcentagem de tolerância real, ou desvio percentual ($\Delta R\%$) utilizando a fórmula:
$$\Delta R\% = \frac{(Vn - Vm) \times 100}{Vn}$$

Resistor	Valor nominal (Vn)	Valor medido (Vm)	Tolerância nominal	Tolerância real ($\Delta R\%$)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

O valor real de cada resistor está de acordo com o seu valor codificado? (considere a tolerância admitida). Justifique.

() Sim () Não

Procedimento B – Medição de Tensões e Correntes

1. Ligue a fonte ajustável.
2. Prepare o multímetro para a medição de tensão elétrica contínua:
 - Ponta de prova vermelha no borne + ou **volt/Ω**.
 - Ponta de prova preta no borne – ou **com**.
3. Selecione a chave seletora de funções do multímetro para medição de tensão elétrica contínua (VDC).
4. Responda:
 - a. Você conhece o valor de tensão de saída da fonte fornecida?
() sim () não
 - b. Qual é a posição em que, preferencialmente, deve ser ajustada a chave seletora?

5. Selecione a posição adequada da chave seletora para medir a tensão nos bornes de saída da fonte.
6. Meça a tensão nos bornes de saída da fonte. V = _____VDC

18. Calcule o valor da corrente que circula pelo resistor.

$$I = \underline{\hspace{2cm}} \text{mA}$$

19. Prepare o multímetro para a medição de corrente elétrica:

- Ponta de prova vermelha no borne **mA**.
- Ponta de prova preta no borne **-** ou **com**.

20. Selecione a chave seletora de funções do multímetro para medição de corrente elétrica.

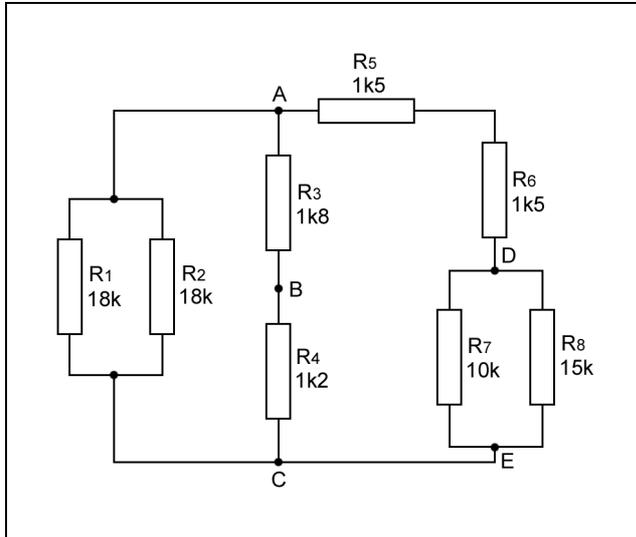
21. Utilizando o multímetro na função e escala apropriadas, meça a corrente do circuito.

$$I = \underline{\hspace{2cm}} \text{mA}$$

22. Compare o valor calculado e o valor medido. Justifique possíveis desvios significativos.

Procedimento – Medição de Resistência Equivalente

1. Monte o circuito abaixo na matriz de contatos.



2. Utilizando o multímetro analógico como ohmímetro, meça os valores individuais dos resistores e registre na coluna "valor medido" (V_m) da tabela a seguir.

Resistor	Valor nominal (V_n)	Valor medido (V_m)
R1	18 K Ω	
R2	18 K Ω	
R3	1,8 K Ω	
R4	1,2 K Ω	
R5	1,5 K Ω	
R6	1,5 K Ω	
R7	10 K Ω	
R8	15 K Ω	

3. Utilizando os valores nominais dos resistores, calcule a resistência equivalente do circuito vistas pelos pontos:

- A e C $\rightarrow R_{eq AC} =$ _____
- D e C $\rightarrow R_{eq DC} =$ _____
- B e C $\rightarrow R_{eq BC} =$ _____
- A e D $\rightarrow R_{eq AD} =$ _____
- B e D $\rightarrow R_{eq BD} =$ _____

4. Houve dificuldade para o cálculo de algum item? Porque?

5. Utilizando o multímetro analógico como ohmímetro, meça os valores dos resistores pelos pontos indicados no item 3 e registre na coluna "valor medido" (Vm) da tabela a seguir. Anote também os valores calculados (Vc) encontrados no passo 2.

6. Compare os valores calculados e os valores medidos, calculando o desvio percentual (ΔR%) utilizando a fórmula:

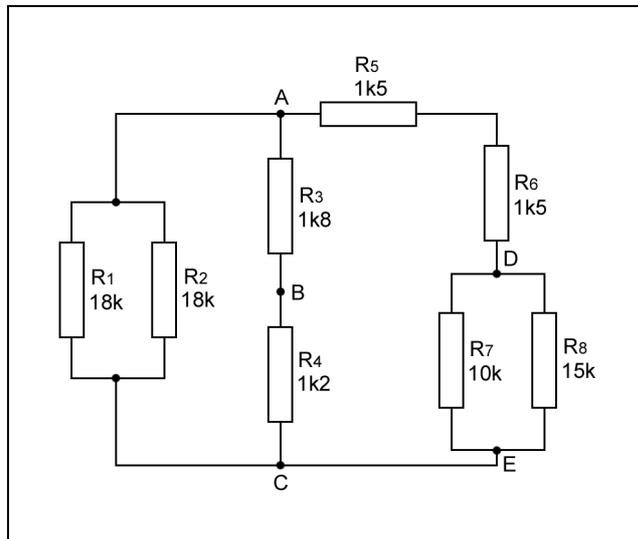
$$\Delta R\% = \frac{(V_n - V_m) \times 100}{V_n}$$

Circuito	Valor nominal (Vc)	Valor medido (Vm)	Desvio %
A-C			
D-C			
B-C			
A-D			
B-D			

7. Justifique possíveis desvios significativos.

Procedimento

1. Monte o circuito abaixo na matriz de contatos.



2. Utilizando o multímetro analógico como ohmímetro, meça os valores individuais dos resistores e registre na coluna "valor medido" (V_m) da tabela a seguir.

Resistor	Valor nominal (V_n)	Valor medido (V_m)
R1	18 K Ω	
R2	18 K Ω	
R3	1,8 K Ω	
R4	1,2 K Ω	
R5	1,5 K Ω	
R6	1,5 K Ω	
R7	10 K Ω	
R8	15 K Ω	

3. Com o multímetro analógico, medir a resistência R_{BD}

$$R_{eq\ BD} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Transformação de Triângulo em Estrela

1. Redesenhe o circuito, sem alterá-lo eletricamente, de modo a vê-lo com os pontos B e D como terminais.

2. Utilizando o triângulo A-B-C, transformar o teoricamente o circuito, desenhando-o abaixo.

3. Utilizando os valores nominais dos resistores, calcule a resistência equivalente do circuito vista pelos pontos B e D:

$$R_{eq\ BD} = \underline{\hspace{2cm}}$$

4. Compare os valores teórico e prático.

Resistência	Valor nominal (Vn)	Valor medido (Vm)
R_{BD}		

Transformação de Estrela em Triângulo

1. Utilizando a estrela com neutro no ponto A, transformar o teoricamente o circuito, desenhando-o abaixo.

2. Calcular a resistência equivalente R_{BD} .

3. Compare os valores teórico e prático.

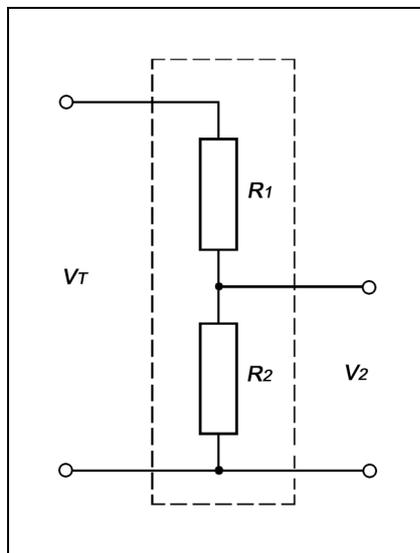
Resistência	Valor nominal (Vn)	Valor medido (Vm)
R_{BD}		

4. Houve significativa diferença entre os valores calculados (teóricos) e medidos (práticos)? Justifique.

Procedimento

Divisores de tensão sem carga

1. Monte o circuito da figura a seguir:



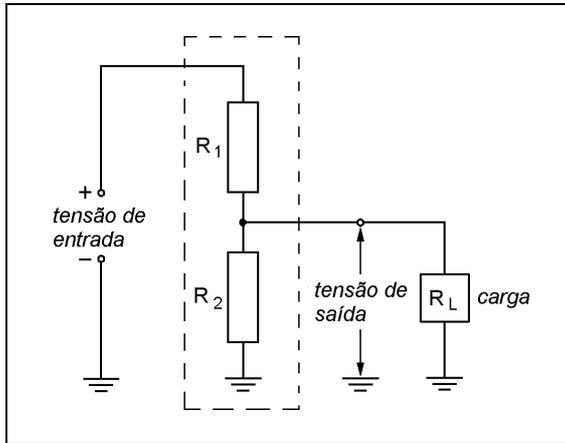
2. Meça os valores individuais dos resistores e demais parâmetros elétricos. Preencha a tabela abaixo:

Resistência	Valor nominal (Vn)	Valor medido (Vm)
R_1	$1k\Omega + 270\Omega$	
R_2	$10k\Omega$	
V_T	12V	
V_2		
$I_1 = I_2$		

3. Faça os cálculos teóricos e compare com os valores práticos. Justifique possíveis desvios significativos.

Divisores de tensão com carga

1. Monte o circuito da figura a seguir:



2. Meça os valores individuais dos resistores e demais parâmetros elétricos. Preencha a tabela abaixo:

Resistência	Valor nominal (Vn)	Valor medido (Vm)
R_1	$1K\Omega + 270\Omega$	
R_2	$10K\Omega$	
R_L	$1K\Omega$	
V_T	12V	
$V_L = V_2$	5V	
I_1		
I_2		
I_L		

3. Faça os cálculos teóricos e compare com os valores práticos. Justifique possíveis desvios significativos.

4. Preencha a tabela abaixo e compare os valores teóricos (itens 4 e 8) com os valores práticos obtidos (itens 3 e 7).

Resistor	Item	Condição	Valor medido (Vm)
R1	V1	Sem carga	
		Com carga	
	I1	Sem carga	
		Com carga	
R2	V2	Sem carga	
		Com carga	
	I2	Sem carga	
		Com carga	

5. Com base na tabela acima, o que acontece quando retiramos a carga do circuito? Quais as conseqüências para os elementos que compõem esse circuito?

6. Calcule as potências dissipadas em cada resistor em ambas situações e preencha a tabela abaixo.

Resistor	Condição	Potência (W)
P_{R1}	Sem carga	
	Com carga	
P_{R2}	Sem carga	
	Com carga	
	Com carga	

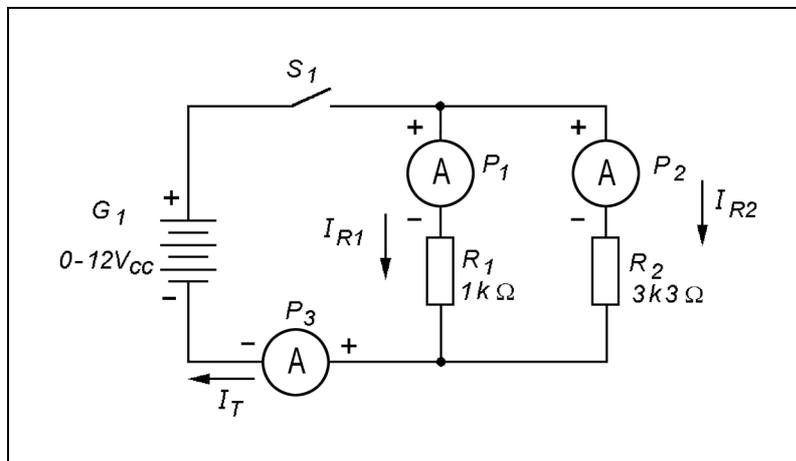
7. Os valores de potências anotados na tabela anterior confirmam os comentários feitos no item 10?

8. Baseado nos resultados observados neste ensaio, qual deve ser o seu maior cuidado ao projetar um divisor de tensão resistivo?

Procedimento

Comprovar a primeira lei de Kirchhoff

1. Monte o circuito da figura a seguir.



2. Ajuste a tensão de saída da fonte de corrente contínua em 10V.
3. Ligue a chave S_1 .
4. Observe a indicação dos multímetros na escala de miliampères.
5. Responda.
 - a. Qual é o instrumento que indica a corrente total?
 P_1 P_2 P_3
 - b. Qual é o instrumento que indica a corrente que circula em R_1 ?
 P_1 P_2 P_3
 - c. Qual é o instrumento que indica a corrente que circula em R_2 ?
 P_1 P_2 P_3
6. Leia e anote o valor da intensidade de corrente que circula em cada resistor.

$I_{R1} =$ _____

$I_{R2} =$ _____

7. Em qual resistor está circulando a maior corrente? Por quê?

8. Leia e anote o valor da corrente total.

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

9. Faça a soma das correntes que circulam nos resistores R_1 e R_2 .

$$I_{R1} + I_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

10. Compare o valor de corrente medido no passo 8 com o valor calculado passo 9. Justifique a igualdade dos valores.

Observação

Quando se efetua uma mesma medição com dois instrumentos distintos, pode haver uma pequena diferença entre os valores indicados devido à característica interna de cada instrumento.

11. Meça e anote o valor da tensão sobre R_1 e R_2 .

$$V_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

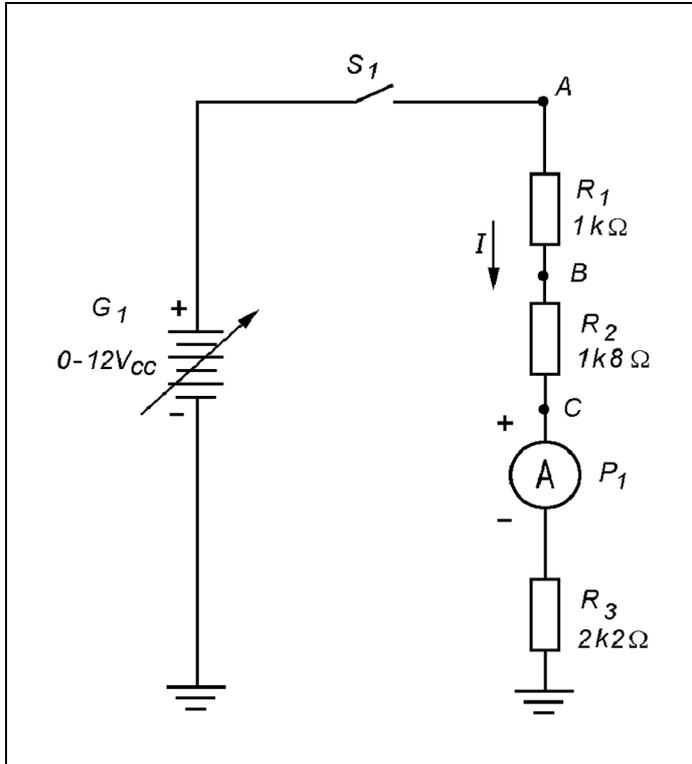
$$V_{R2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

12. Os valores das tensões sobre R_1 e R_2 são iguais? Por quê?

13. Desligue a chave S_1 .

Comprovar a segunda lei de Kirchoff

1. Para comprovar a Segunda Lei de Kirchoff, monte o circuito da figura a seguir.



2. Ajuste a tensão de saída da fonte para 10 V.

3. Ligue a chave S_1 .

4. Meça e anote a queda de tensão sobre os resistores R_1 e R_2 .

$V_{R1} =$ _____

$V_{R2} =$ _____

$V_{R3} =$ _____

5. Responda.

a. Em qual resistor ocorre a maior queda de tensão? Por quê?

b. Por que as quedas de tensão são diferentes?

6. Faça a soma dos valores das quedas de tensão nos resistores.

$$V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} = \underline{\hspace{2cm}}$$

7. Compare o valor da tensão total aplicada com o valor calculado no passo 6 e justifique a igualdade dos valores.

8. Meça e anote a tensão nos pontos A, B e C.

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

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

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

9. Qual das tensões medidas corresponde à soma de V_{R2} e V_{R3} ?

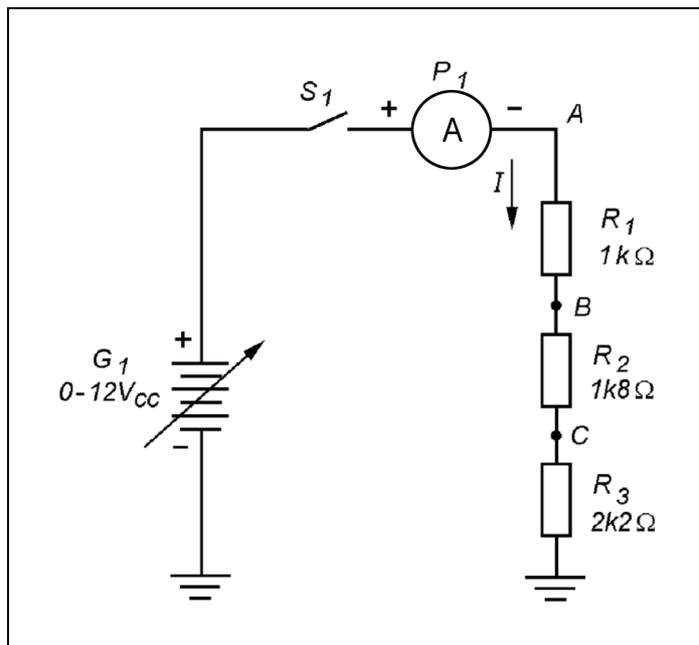
V_A V_B V_C

10. Leia e anote o valor da intensidade de corrente indicado no multímetro P_1 .

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

11. Desligue a chave.

12. Mude a posição do multímetro conforme mostra o circuito a seguir.



13. Ligue a chave.

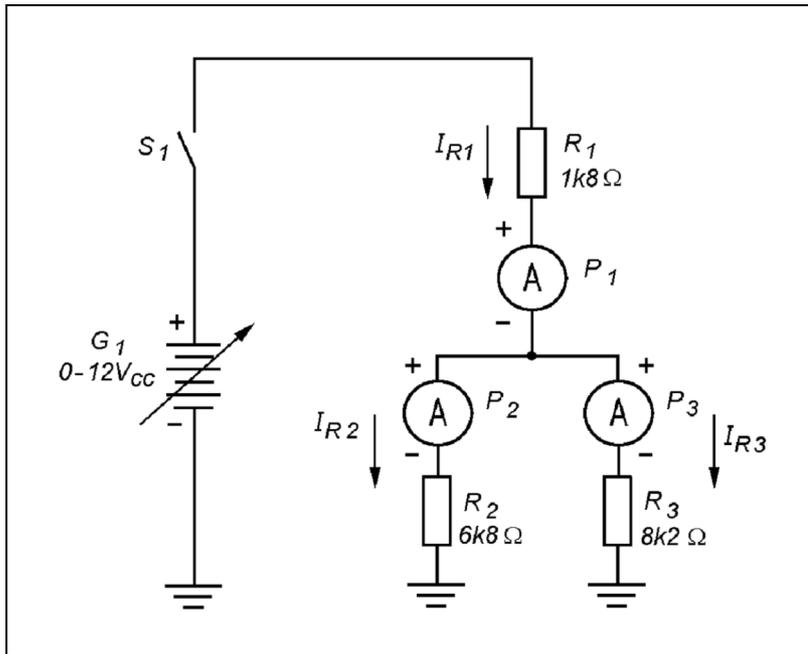
14. Leia e anote o valor da intensidade de corrente mostrado no multímetro P_1 .

$I =$ _____

15. Compare o valor da intensidade de corrente medido no passo 10 com o valor da intensidade de corrente medido no passo 14. Justifique a igualdade dos valores.

16. Desligue a chave.

17. Para verificar as Leis de Kirchhoff em circuitos mistos, monte o circuito a seguir.



18. Ajuste a tensão de saída da fonte para 8 V.

19. Ligue a chave e observe a indicação dos instrumentos.

20. Responda.

a. Qual o instrumento que indica a corrente que circula em R_1 ?

P_1 P_2 P_3

b. Qual o instrumento que indica a corrente que circula em R_2 ?

P_1 P_2 P_3

c. Qual o instrumento que indica a corrente que circula em R_3 ?

P_1 P_2 P_3

21. Leia e anote o valor da intensidade de corrente que circula em cada resistor.

$I_{R1} =$ _____

$I_{R2} =$ _____

$I_{R3} =$ _____

22. Responda.

- a. Qual dos valores de intensidade de corrente lidos corresponde a corrente total? Por quê?

- b. Valor da intensidade de corrente I_{R2} é maior do que o valor da intensidade de corrente I_{R3} ? Por quê?

- c. A soma do valor da intensidade de corrente I_{R2} com o valor da intensidade de corrente I_{R3} é igual ao valor da intensidade de corrente I_{R1} ? Por quê?

23. Meça e anote o valor da tensão sobre R_1 , R_2 e R_3 .

$V_{R1} =$ _____

$V_{R2} =$ _____

$V_{R3} =$ _____

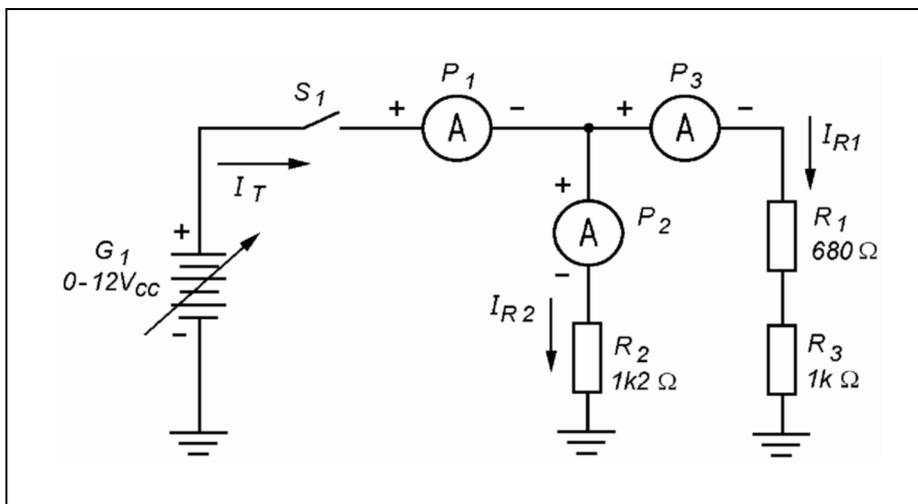
24. Responda.

- a. Valor da tensão sobre R_2 é igual ao valor da tensão sobre R_3 ? Por quê?

- b. A soma do valor da tensão sobre R_1 com o valor da tensão sobre R_2 é igual à tensão aplicada? Por quê?

25. Desligue a chave.

26. Monte o circuito da figura a seguir.



27. Ajuste a tensão de saída da fonte para 6V.

28. Ligue a chave.

29. Meça e anote o valor da tensão sobre R_1 , R_2 e R_3 .

$V_{R1} =$ _____

$V_{R2} =$ _____

$V_{R3} =$ _____

30. Responda.

- a. Valor da tensão sobre R_2 é igual ao valor da tensão aplicada ao circuito? Por quê?

b. A afirmação $V_{R1} + V_{R3} = V_{R2}$ é correta? Por quê?

31. Observe a indicação dos instrumentos.

32. Responda.

a. Qual o instrumento que indica a corrente total?

P₁ P₂ P₃

b. Qual é o instrumento que indica a corrente que circula em R₂?

P₁ P₂ P₃

c. Qual é o instrumento que indica a corrente que circula em R₁?

P₁ P₂ P₃

33. Leia e anote o valor da intensidade de corrente I_T , I_{R1} e I_{R2} .

$I_T =$ _____

$I_{R1} =$ _____

$I_{R2} =$ _____

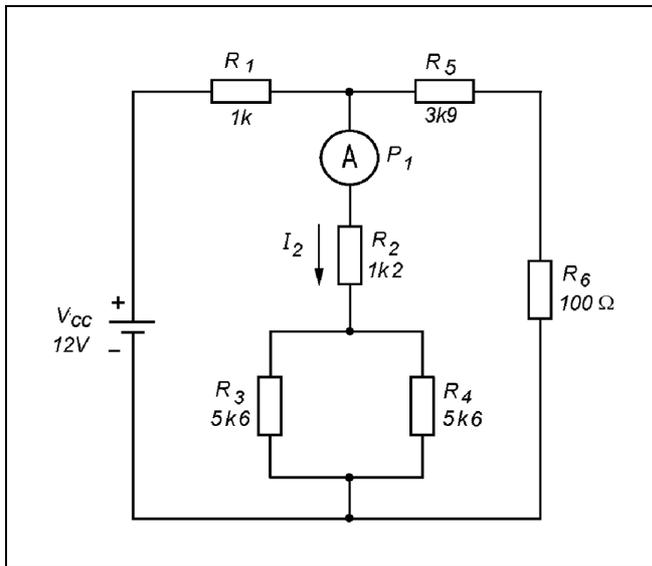
34. Responda.

a. Qual dos valores lidos corresponde ao valor da intensidade de corrente em R₃?
Por quê?

b. A afirmação: $I_{R1} + I_{R2} = I_T$ é correta? Por quê?

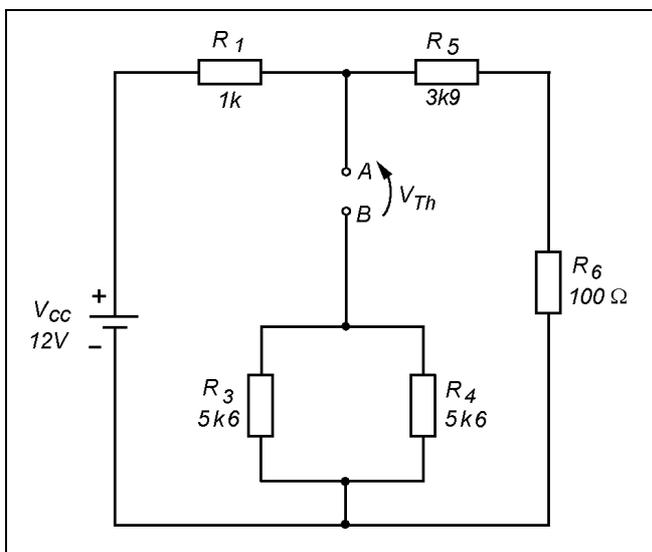
Procedimento

1. Monte o circuito a seguir:



Qual o valor da corrente I_2 , medida pelo instrumento P_1 ?

2. Utilizando o teorema de Thévenin calcule a corrente I_2 e compare com os valores medidos nos passos a seguir.
3. Determine a tensão de Thévenin.
 - a. Para aplicar o teorema de Thévenin, o primeiro passo é retirar a “carga” do circuito. Desta forma, o circuito a ser analisado fica conforme esquema a seguir.



Observação

A tensão de Thévenin é tensão nos terminais da carga retirada.

- a. Meça a tensão entre os pontos A e B, ou seja, a tensão de thévenin, V_{Th} .

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

Observe que os terminais A e B estão interrompidos, logo a corrente neste ramo é 0 A. Sem circulação de corrente elétrica não ocorre queda de tensão nos resistores R_3 e R_4 .

Portanto, a tensão de Thévenin é igual a tensão da fonte menos a queda de tensão do resistor R_1 .

- b. Meça a queda de tensão no resistor R_1 .

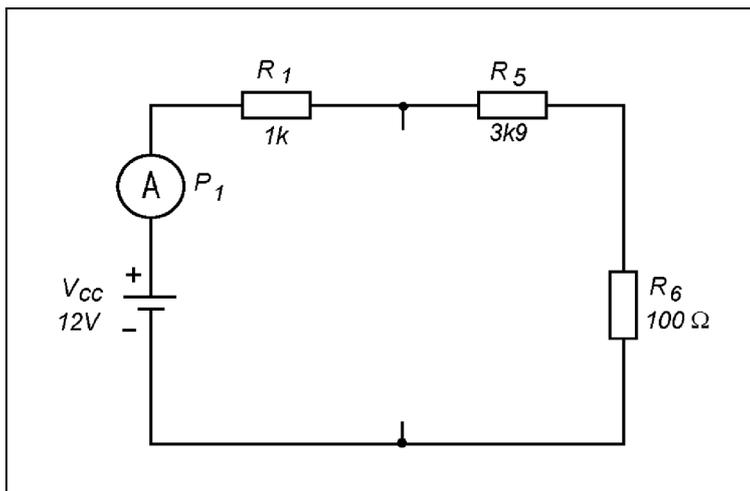
$$V_{R1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Compare se o valor de $V_{CC} - V_{R1} = V_{Th}$.

- c. Meça a corrente total do circuito.

Observação

A corrente que circula neste circuito é única, pois os elementos V_{CC} , R_1 , R_5 e R_6 estão em série conforme figura a seguir.



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

- d. Calcule a corrente I_T e a tensão Thévenin V_{Th} .

$$R_T = R_1 + R_5 + R_6$$

$$I_T = \frac{V_{CC}}{R_T}$$

$$V_{Th} = V_{CC} - V_{R1}$$

- e. Compare os valores calculados com os valores medidos nos itens “b” a “d”.

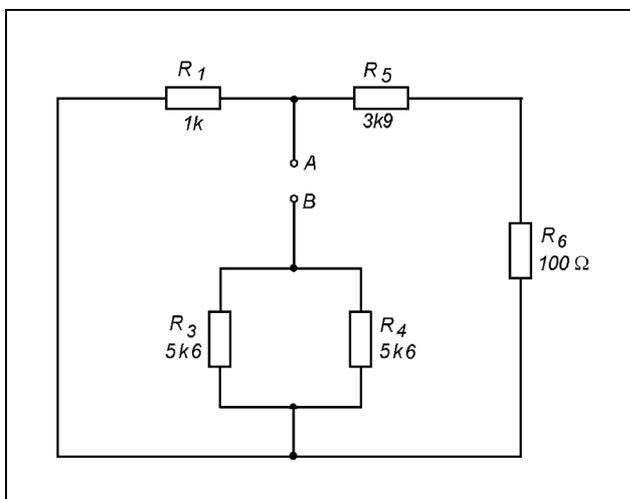
Existe alguma diferença entre os valores medidos com os valores calculados?
Por quê?

4. Determine a resistência de Thévenin.

Observação

A resistência de Thévenin é a resistência equivalente entre os terminais da carga removida (A e B), quando todas as fontes de alimentação forem substituídas por um fio ou curto-circuitadas, conforme o próximo item.

- a. Monte o circuito que segue para determinar a resistência de Thévenin do circuito em análise.



- b. Ajuste o multímetro na escala de resistência e meça o valor resistivo entre os pontos "A" e "B" que é a resistência de Thévenin.

$$R_{Th \text{ (medido)}} = \underline{\hspace{4cm}}$$

- c. Calcule a resistência equivalente, R_{Th} , entre os pontos "A" e "B".

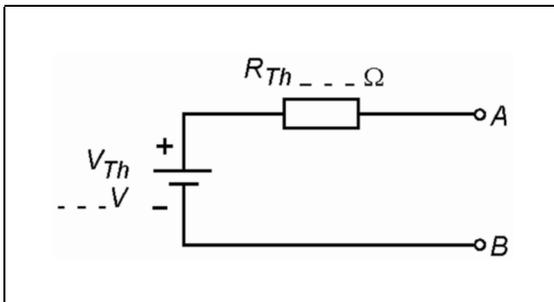
$$R_{Th \text{ (calculado)}} = \underline{\hspace{4cm}}$$

- d. Compare o valor medido com o valor calculado.

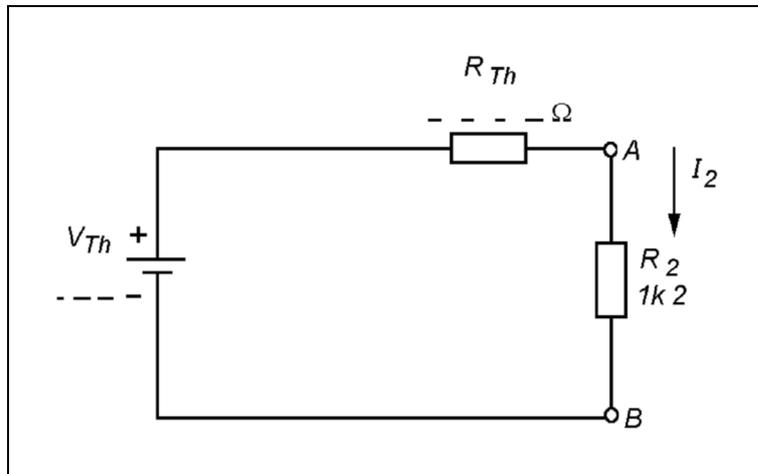
Existe alguma diferença entre os valores medidos com os valores calculados?
Por quê?

5. Calcule a corrente I_2 solicitada no item 2.

- a. Complete o circuito equivalente de Thévenin com os valores de tensão V_{Th} e resistência R_{Th} calculados.



- b. Determine a corrente I_2 , corrente que passa pelo resistor R_2 , colocando-o novamente entre os pontos "A" e "B".



- c. Calcule a resistência total desta associação e determine a corrente I_2 .

$$R_T = R_{Th} + R_2$$

$$I_2 = \frac{V_{Th}}{R_T}$$

- d. Compare o valor medido no item 1 com o valor calculado no item acima.

Existe alguma diferença entre os valores medidos com os valores calculados?

Por quê?

Comprovar teorema da superposição de efeitos

Neste ensaio, você vai poder constatar que os efeitos de uma fonte de tensão contínua atuando isoladamente sobre um circuito linear, pode somar-se aos efeitos, também isolados, de outras fontes, sendo o resultado final dessa somatória equivalente ao resultado que se pode obter com todas as fontes agindo simultaneamente.

Equipamentos

- Fonte de tensão contínua ajustável;
- Fontes de tensão contínua fixa 12V;
- Multímetro analógico.

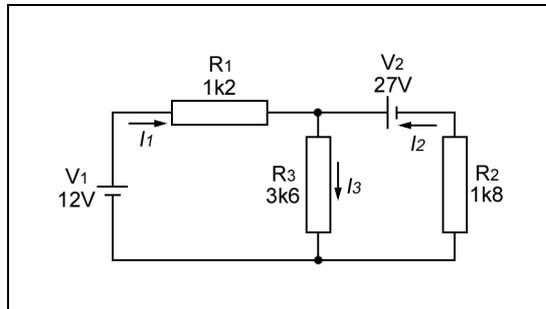
Material necessário

- Matriz de contatos;
- Cabos conectores;
- Resistores diversos.

Após ler o ensaio, complete a lista de materiais necessários, de acordo com os passos do item **Procedimento**. Consulte catálogos de fabricantes de resistores elétricos e a norma NBR 5311.

Procedimento

1. Monte o circuito abaixo na matriz de contatos.



2. Utilizando o multímetro analógico, meça os valores individuais dos resistores, as fontes de tensão e registre na coluna "valor medido" (V_m) da tabela a seguir.

Resistor	Valor nominal (V_n)	Valor medido (V_m)
R_1	1K2 Ω	
R_2	1K8 Ω	
R_3	3K6 Ω	
V_1	12 V	
V_2	27 V	

3. Ainda com o multímetro analógico, meça os valores de tensão e corrente em cada resistor. Registre na coluna "valor medido" (V_m) da tabela a seguir.

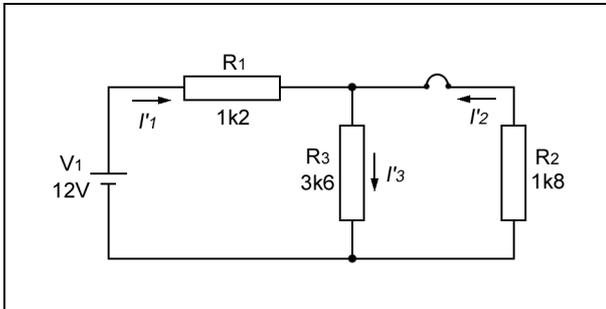
Resistor	Parâmetro	Valor medido (V_m)
R_1	V_{R1}	
	I_{R1}	
R_2	V_{R2}	
	I_{R2}	
R_3	V_{R3}	
	I_{R3}	

Observação

Atenção no uso do multímetro, principalmente para as medições de correntes. À cada medição, verifique cuidadosamente se a função e a escala selecionadas estão adequadas ao parâmetro a ser medido.

4. Determine as tensões e correntes devido a fonte V_1 .

- a. Para aplicar apenas a fonte V_1 ao circuito, devemos remover a fonte V_2 e em seu lugar fechar o circuito com um cabo conector.

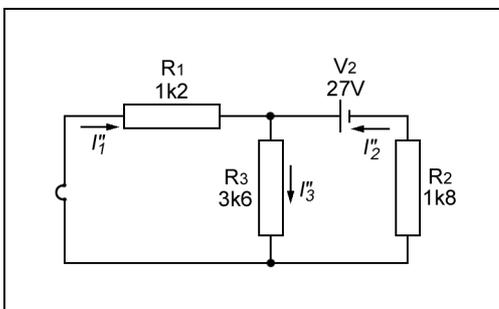


- b. Meça as tensões sobre cada resistor e as correntes em cada ramo, devido a fonte V_1 e registre na coluna "valor medido" (V_m) da tabela a seguir.

Parâmetros	Valor medido (V_m)
V'_{R1}	
V'_{R2}	
V'_{R3}	
I'_1	
I'_2	
I'_3	

5. Determine as tensões e correntes devido a fonte V_2 .

- a. Para aplicar apenas a fonte V_2 ao circuito, devemos remover a fonte V_1 e em seu lugar fechar o circuito com um cabo conector.



- b. Meça as tensões sobre cada resistor e as correntes em cada ramo, devido a fonte V_2 e registre na coluna "valor medido" (V_m) da tabela a seguir.

Parâmetros	Valor medido (V_m)
V''_{R1}	
V''_{R2}	
V''_{R3}	
I''_1	
I''_2	
I''_3	

6. Determine as tensões e correntes totais do circuito e complete a tabela abaixo.

a. Resistor R_1

- Some as tensões parciais do resistor

$$V_{R1} = V'_{R1} + V''_{R1} = \underline{\quad} + \underline{\quad} \Rightarrow V_{R1} = \underline{\quad} \text{ V}$$

- Some as correntes parciais no resistor

$$I_1 = I'_1 + I''_1 = \underline{\quad} + \underline{\quad} \Rightarrow I_1 = \underline{\quad} \text{ A}$$

b. Resistor R_2

- Some as tensões parciais do resistor

$$V_{R2} = V'_{R2} + V''_{R2} = \underline{\quad} + \underline{\quad} \Rightarrow V_{R2} = \underline{\quad} \text{ V}$$

- Some as correntes parciais no resistor

$$I_2 = I'_2 + I''_2 = \underline{\quad} + \underline{\quad} \Rightarrow I_2 = \underline{\quad} \text{ A}$$

c. Resistor R_3

- Some as tensões parciais do resistor

$$V_{R3} = V'_{R3} + V''_{R3} = \underline{\quad} + \underline{\quad} \Rightarrow V_{R3} = \underline{\quad} \text{ V}$$

- Some as correntes parciais no resistor

$$I_3 = I'_3 + I''_3 = \underline{\quad} + \underline{\quad} \Rightarrow I_3 = \underline{\quad} \text{ A}$$

Resistor	Parâmetro	Valor medido (Vm)
R ₁	V _{R1}	
	I _{R1}	
R ₂	V _{R2}	
	I _{R2}	
R ₃	V _{R3}	
	I _{R3}	

7. Compare as tabelas dos itens 3 e 6. Justifique possíveis desvios significativos.

Utilização da ponte RLC

Neste ensaio, você vai usar um equipamento para medição de resistências, indutâncias e capacitâncias, denominado Ponte RLC. Para isso, vai inicialmente estudar os manuais do instrumento. Em seguida, usando a ponte RLC, vai medir valores ôhmicos de resistências elétricas, indutâncias e capacitâncias.

Equipamentos

- Ponte RLC.

Material necessário

- Manual do fabricante da Ponte RLC;
- Resistores, capacitores e indutores diversos.

Após ler o ensaio, complete a lista de materiais necessários, de acordo com os passos do item **Procedimento**.

Procedimento – Medição de Resistência

1. Estude o manual de instruções de uso da Ponte RLC, principalmente na parte referente à utilização como ohmímetro.
2. Faça um esboço do painel frontal da ponte e identifique a escala de funções, as posições da chave seletora e os bornes referentes ao ohmímetro.

Verificar o funcionamento de circuito RC série

Neste ensaio, você vai determinar experimentalmente os parâmetros de um circuito RC

Equipamentos

- Multímetro;
- Fonte de CC;
- Miliamperímetro de ca 0 -250 ma.

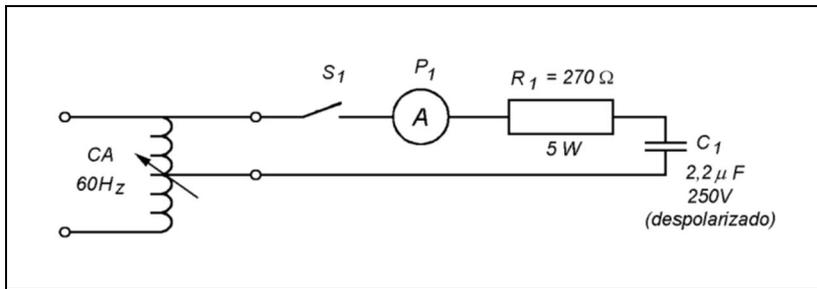
Material necessário

- Matriz de contatos.

Procedimento

1. Complete a lista de materiais necessários, de acordo com os passos deste ensaio. Consulte catálogos de fabricantes de resistores e capacitores e a norma NBR 12521.

2. Para determinar os parâmetros de um circuito RC série em CA, monte o circuito abaixo.



3. Coloque a chave S_1 na posição desligada.
4. Ajuste a tensão de saída do varivolt para 110 V.
5. Ligue a chave S_1 e meça os valores indicados a seguir:
- $I =$ _____ mA
- $V_{R1} =$ _____ V
- $V_{C1} =$ _____ V
6. Calcule a impedância do circuito usando os valores de tensão de entrada do circuito e corrente.
- $Z =$ _____ Ω (experimental)
7. Determine matematicamente os valores Z , I , V_{R1} e V_{C1} do circuito, a partir dos valores teóricos dos componentes e compare com os valores obtidos experimentalmente e responda:

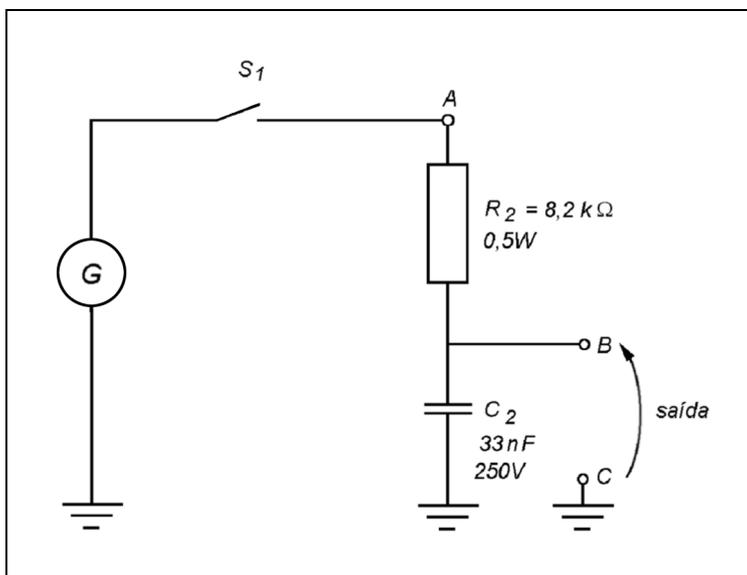
8. Os valores teóricos conferem com os valores experimentais? Desconsidere pequenas diferenças que podem ocorrer no método experimental.

9. Aplique os valores V_{R1} e V_{C1} obtidos experimentalmente na equação da tensão total e resolva a equação:

$$V_T = \sqrt{V_{R1}^2 + V_{C1}^2}$$

10. Resultado confere, aproximadamente com o valor de tensão ajustado na entrada?
 () Sim () Não

11. Para determinar a defasagem entre a tensão de saída e de entrada em um circuito RC série em CA, monte o circuito a seguir.

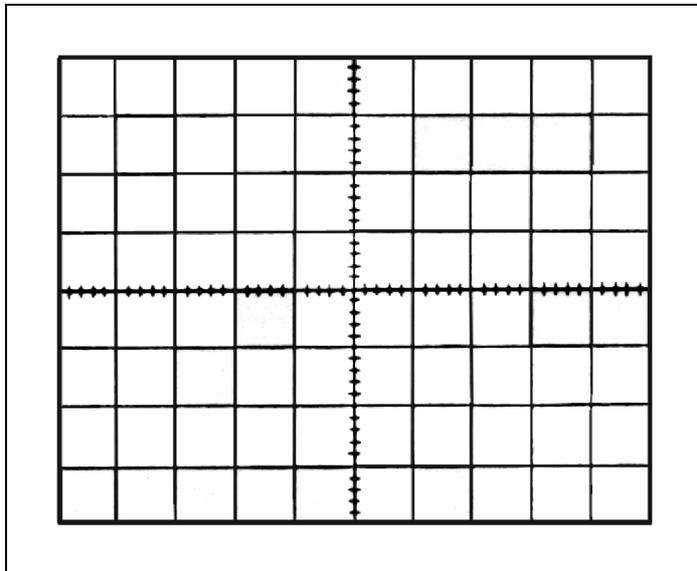


12. Ligue e ajuste o gerador de funções para senoidal, 1 kHz, 8 V_{PP}.
13. Ligue a chave S₁.
14. Conecte o canal 1 do osciloscópio ao circuito de forma a observar a tensão de entrada, pontos A e C. O terra deve ser conectado no ponto C.
15. Ajuste os controles do osciloscópio de forma a obter uma figura que ocupe 8 quadros na vertical e 6 quadros na horizontal (1 ciclo).

Observação

Selecione sincronismo pelo canal 1 em modo automático.

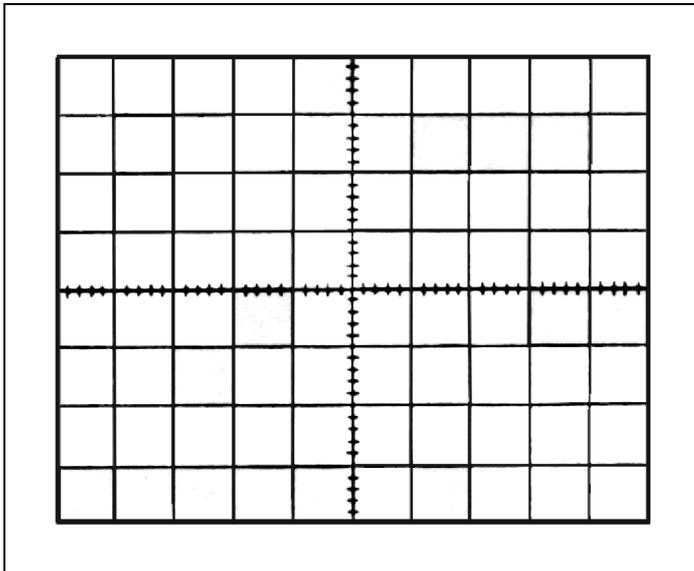
16. Centralize verticalmente a figura na tela. A figura projetada na tela corresponde à tensão de entrada do circuito.
17. Reproduza no gráfico a seguir, a figura observada no osciloscópio. Identifique a senóide como tensão de entrada" (V_T)



18. Se o canal 2 do osciloscópio for utilizado será necessário conectar o terra da ponta de prova (CH2) ao circuito? Por quê?

19. Mude a chave seletora de modo de operação vertical para DUAL (ou chopper).
20. Obtenha o traço do canal 2 na tela do osciloscópio.
21. Centralize o traço na tela.
22. Conecte o canal 2 do osciloscópio ao circuito de forma a observar a tensão de saída, ou seja, entrada de sinal da ponta de prova no ponto B do circuito.
23. Posicione a chave seletora de ganho vertical do canal 2 para 1 V/DIV.

24. Observe o osciloscópio e registre na tela ao lado a figura projetada. Identifique as senóides de tensão de entrada (V_T) e tensão de saída (V_S).



25. Responda.

a. Pode-se afirmar que a tensão de saída de uma rede de defasagem RC série, sempre será menor que a tensão de entrada? Por quê?

b. As senóides de tensão de entrada e tensão de saída estão defasadas? Quanto?

c. Qual das senóides está atrasada?

26. Reduza a tensão da entrada do circuito para $6 V_{PP}$.

Observação

Observe a senóide de V_T que já está projetada na tela para ajustar o gerador de funções.

27. Verifique novamente a defasagem entre as duas senóides na tela.

28. Responda.

a. Alterou o ângulo de fase?

() Sim () Não

b. É correto afirmar que o ângulo de fase em um circuito RC não depende do valor de tensão aplicado a entrada? Por quê?

() Sim () Não

29. Altere a frequência do gerador de funções para 3 kHz e observe a defasagem entre as duas senóides.

30. A frequência da fonte de CA influencia na defasagem entre entrada e saída?

31. Que outros valores influenciam no ângulo de fase do circuito?

Observação

Você poderá testar se sua resposta à última questão está correta, substituindo componentes no circuito. Solicite ao seu professor.

Verificar o funcionamento de circuito RL série

O circuito RL série em CA forma uma rede de defasagem de tensões. Essa rede permite que se obtenha tensões atrasadas ou adiantadas em relação à tensão aplicada, dependendo do ponto de saída do sinal no circuito.

Neste ensaio, você vai determinar a impedância de um circuito RL série e verificar o comportamento de uma rede de defasagem RL.

Equipamento

- Varivolt;
- Multímetro;
- Gerador de funções;
- Osciloscópio duplo traço;
- Miliamperímetro de ca 0-250ma;

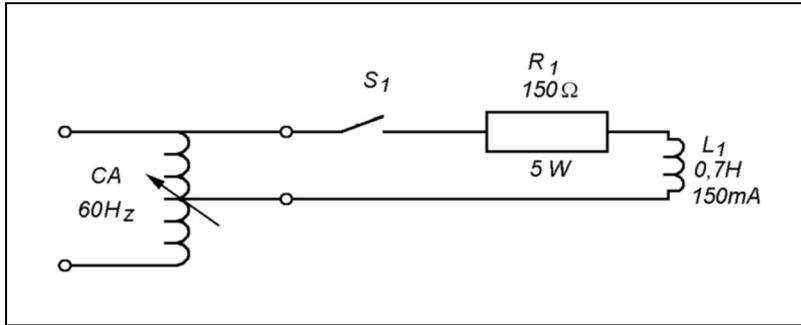
Material necessário

- Matriz de contatos.

Procedimento

1. Complete a lista de materiais necessários, de acordo com os passos deste ensaio. Consulte catálogos de fabricantes de resistores e indutores e a norma NBR 12521.

2. Para determinar a impedância do circuito RL série, monte o circuito a seguir.



3. Coloque a chave S_1 na posição desligada.
4. Ajuste a tensão de saída do varivolt para 30 V.
5. Ligue a chave S_1 e meça a tensão no resistor R_1 .

$V_{R1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$

6. Determine a corrente no circuito.

$$I = \frac{V_{R1}}{R_1}$$

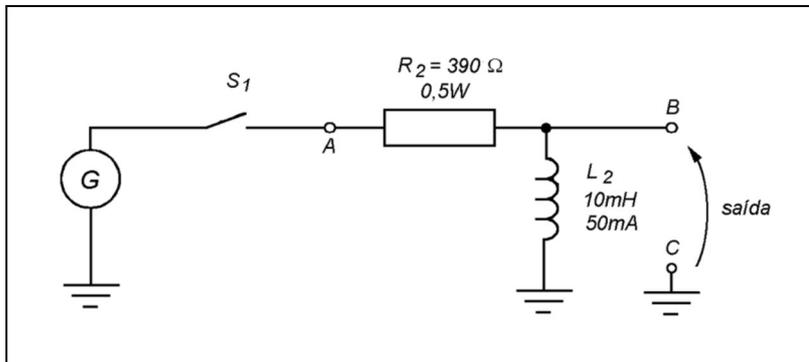
7. Calcule a impedância do circuito usando os valores de tensão de entrada do circuito e corrente.

$Z = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$ (experimental)

8. Determine matematicamente a impedância do circuito, a partir dos valores teóricos dos componentes e compare com os valores obtidos experimentalmente.

9. Os valores teóricos conferem com os valores experimentais? Desconsidere pequenas diferenças que podem ocorrer no método experimental.

10. Para verificar o comportamento de uma rede de defasagem, monte o circuito que segue utilizando um gerador de funções.



- Ligue e ajuste o gerador de funções para senoidal, 10 kHz, 5 V_{pp}.
- Ligue a chave S₁.
- Conecte o canal 1 do osciloscópio na entrada do circuito RL, ponto A.
- Conecte o canal 2 do osciloscópio na saída do circuito RL, ponto B.
- Conecte o terra do osciloscópio no terra do circuito, ponto C.
- Sincronize o osciloscópio pelo canal 1.

11. Responda.

- Existem duas senóides projetadas na tela. Pode-se afirmar que a menor amplitude corresponde à tensão de saída da rede de defasagem?

() Sim () Não

- A tensão de saída está adiantada ou atrasada com relação à tensão de entrada? Quantos graus?

c. Ângulo de defasagem se modifica se a tensão aplicada na entrada for modificada?

() Sim () Não

d. Se a frequência for modificada, o ângulo de defasagem se modificará? Por quê?

12. Mude a frequência do gerador de funções e observe se ocorrem modificações no ângulo de defasagem. Compare o experimento com a resposta da questão anterior. Comente o resultado .

Verificar o funcionamento de circuito RLC série

Neste ensaio, você vai verificar a oposição entre o efeito indutivo e o efeito capacitivo em CA. Vai também observar a utilização de um circuito RLC série como filtro de frequências e determinar a sua faixa de passagem.

Equipamentos

- Varivolt;
- Multímetro;
- Gerador de funções;
- Osciloscópio duplo traço.

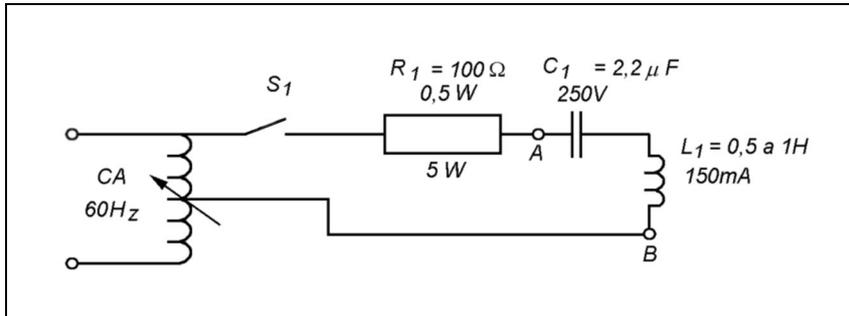
Material necessário

- Matriz de contatos.

Procedimento

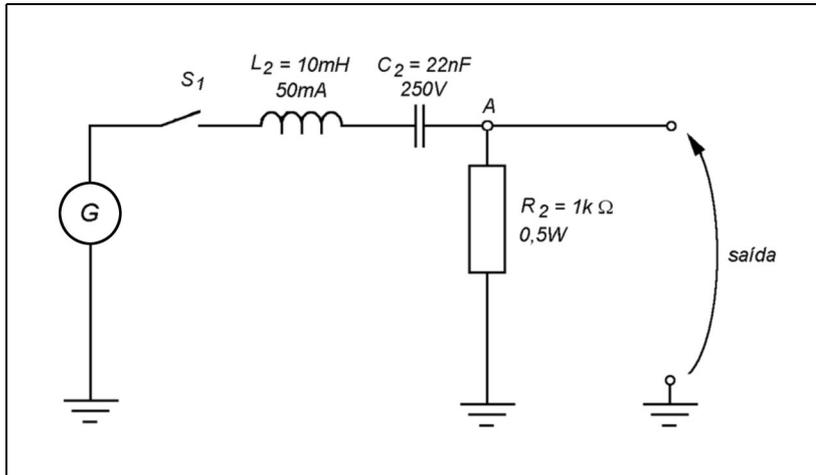
1. Complete a lista de materiais necessários, de acordo com os passos deste ensaio. Consulte catálogos de fabricantes de resistores, capacitores, indutores e a norma NBR 12521.

2. Para verificar os efeitos indutivo e capacitivo no circuito RLC série, monte o circuito a seguir.



3. Coloque a chave S_1 na posição desligada.
4. Conecte o varivolt à rede elétrica, ajuste a tensão de saída para 20 V e ligue a chave S_1 .
5. Meça as tensões sobre o resistor, capacitor e indutor.
- $V_{R1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$
- $V_{L1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$
- $V_{C1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$
6. Calcule o valor de tensão entre os pontos A e B do circuito.
- $V_{AB} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V (calculado)}$
7. Meça a tensão entre os pontos A e B do circuito.
- $V_{AB} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V (medido)}$
8. O resultado da medição da tensão $V_{L1} + V_{C1}$ confirma que os efeitos indutivo e capacitivo atuam um contra o outro?
- () Sim () Não

9. Para observar o circuito RLC como seletor de frequências, monte o circuito a seguir.



9. Ligue o gerador de funções e ajuste para senoidal, 1 kHz, 5 V_{PP}. Use o canal 1 do osciloscópio conectado à entrada do circuito para ajustar a tensão de saída do gerador.
10. Mantenha o canal 1 do osciloscópio ligado à entrada do circuito. Ajuste o sincronismo pelo canal 1, modo automático.
11. Conecte o canal 2 do osciloscópio à saída do circuito.
12. Ajuste a frequência do gerador de funções para cada um dos valores da tabela que segue e leia os valores de pico a pico de saída correspondentes. Anote os valores lidos na tabela abaixo. Mantenha a tensão de entrada em 5 V_{PP} para todas as medições.

Frequência (kHz)	Tensão de saída (V _{PP})
1	
3	
5	
7	
9	
10	
11	
12	
14	
16	
18	

20	
----	--

13. Responda.

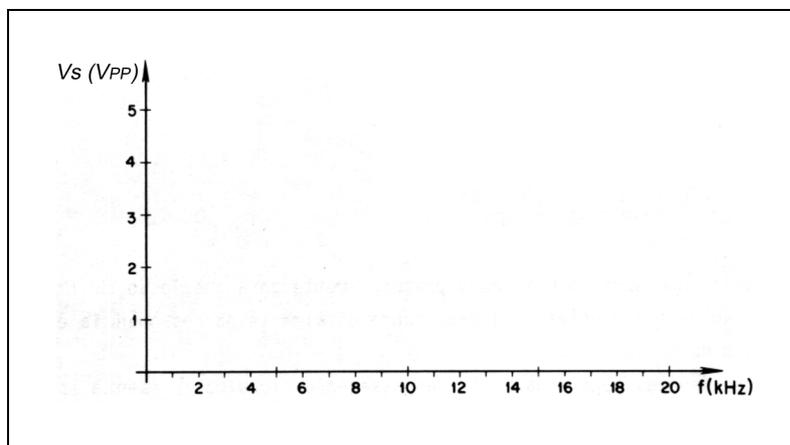
a. A tensão de saída depende da frequência da CA aplicada?

() Sim () Não

b. Em que frequência, aproximadamente, se obtém a maior tensão de saída?

f = _____

14. Usando os dados da tabela, monte um gráfico $V_S \times f$ (tensão x frequência), no sistema de eixos a seguir.



15. Trace, no gráfico, uma linha horizontal passando pelo valor $V_S = V_{Entrada} \cdot 0,7$.

Observação

Os pontos onde a reta corta a curva traçada, são denominados de pontos de -3 db e correspondem aos limites da faixa de passagem.

16. Qual é a faixa de passagem do circuito RLC série montado?

Referências bibliográficas

CARLOS, Antonio, CESAR, Eduardo e CHOUERI, Salomão. **Circuitos em Corrente Contínua**. São Paulo. Editora Érica, 1996.

SENAI-SP. **Eletricista de Manutenção I - Eletricidade básica**. São Paulo : 1993.

SENAI-SP. **Eletricista de Manutenção II - Eletrotécnica**. São Paulo : 1993.

SENAI-DN. **Eletrônica básica**. Rio de Janeiro : 1984.

Aprendizagem Industrial
Eletricista de Manutenção

46.15.11.939-7	Eletricidade geral - Teoria
46.15.11.940-8	Eletricidade geral - Prática
46.15.11.941-5	Operações de mecânica - Teoria
46.15.11.942-2	Operações de mecânica - Prática
46.15.12.959-4	Instalações elétricas - Teoria
46.15.12.960-5	Instalações elétricas - Prática
46.15.12.961-2	Análise de circuitos elétricos - Teoria
46.15.12.962-0	Análise de circuitos elétricos - Prática
46.15.13.963-1	Máquinas elétricas e acionamentos - Teoria
46.15.13.964-9	Máquinas elétricas e acionamentos - Prática
46.15.13.965-6	Eletrônica analógica - Teoria
46.15.13.966-3	Eletrônica analógica - Prática
46.15.14.931-2	Comandos eletroeletrônicos - Teoria
46.15.14.932-0	Comandos eletroeletrônicos - Prática
46.15.14.933-7	Eletrônica digital - Teoria
46.15.14.934-4	Eletrônica digital - Prática