

Análise de Circuitos

Licenciatura em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

LEEC e MBioNano 2021/22

1º Trabalho de Laboratório

CIRCUITOS RESISTIVOS

Leis de Kirchhoff, Equivalente de Thévenin e Princípio da Sobreposição

Teresa Mendes de Almeida

Paulo Flores

Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Área Científica de Electrónica

Setembro de 2021

GUIA DO TRABALHO DE LABORATÓRIO

1 Introdução

Para a realização deste trabalho de laboratório é necessário fazer uma preparação antes da aula de laboratório, que consta da leitura do guia do trabalho, da aprendizagem dos conceitos teóricos necessários, da análise teórica dos circuitos a serem testados, da resposta a todas as questões teóricas que são colocadas no guia de trabalho, da simulação dos circuitos em análise e da previsão e planeamento dos procedimentos experimentais a realizar na aula de laboratório. Durante a aula de laboratório devem ser realizadas as experiências indicadas no guia do trabalho, registados os resultados e elaborado o relatório. Este relatório consiste no correcto preenchimento da secção 2.3 - RELATÓRIO DO TRABALHO DE LABORATÓRIO, que faz parte deste guia e que deve ser entregue em papel no final da aula de laboratório.

1.1 Objectivos

Este trabalho de laboratório tem os seguintes objectivos:

- consolidação da aprendizagem da utilização de alguns equipamentos de laboratório (base de experimentação e placa de ensaio (*breadboard*), equipamentos de medida e geradores de funções).
- montagem e teste de circuitos simples que permitem a verificação experimental de alguns dos conceitos teóricos aprendidos, nomeadamente:
 1. verificação experimental da Lei de Kirchhoff das Tensões (KVL);
 2. verificação experimental do Teorema de Sobreposição;
 3. verificação experimental do equivalente de Thévenin.
- análise dos resultados experimentais obtidos através da sua confrontação com os resultados da previsão teórica e da simulação;
- elaboração de um relatório de um trabalho experimental;
- desenvolvimento de competências em ambiente laboratorial e de trabalho em equipe.

1.2 Equipamento e Material para Ensaio Laboratorial

Para a realização do trabalho são necessários os seguintes equipamentos: base de experimentação com fontes de tensão fixas de $\pm 5\text{ V}$ e reguláveis até $\pm 15\text{ V}$, multímetro, osciloscópio, gerador de funções, cabos BNC-BNC, um adaptador T e um alicate e/ou descarnador. Para realizar as montagens precisa de uma placa de ensaio, fios e os componentes do circuito.

Os componentes a utilizar são os seguintes:

$$1 \times 15k\Omega \quad 8 \times 22k\Omega \quad 1 \times 150k\Omega \quad 1 \times 33k\Omega$$

Antes de iniciar o laboratório um dos alunos do grupo deve requisitar a placa de ensaio e as resistências ficando responsável pelo material requisitado.

No início do laboratório, deve trazer para a bancada todo o equipamento e material necessário e no fim da aula deve devolvê-lo e arrumá-lo e deixar a bancada arrumada e limpa e todos os equipamentos desligados.

1.3 Base de Experimentação

A montagem dos circuitos em ensaio é feita sobre a base de experimentação e interligando os respectivos componentes na placa ensaio.

A alimentação dos circuitos em ensaio é feita directamente através da base de experimentação que fornece tensões DC reguláveis entre -15 V e +15 V, e fixas de -5 e de +5 V.

1.4 Voltímetro Digital

Um voltímetro digital em modo DC permite medir tensões (diferenças de potencial) entre os nós de interesse. Neste modo DC é medido o valor médio da tensão (uma tensão alternada sinusoidal sem componente contínua dará indicação de 0V). A escala de um voltímetro (quando não é automática) deve ser escolhida com atenção de forma a estar ajustada ao valor da grandeza a medir.

2 Plano de Trabalho

2.1 Divisor de Tensão com carga

O divisor de tensão resistivo é muito utilizado em circuitos electrónicos como forma de disponibilizar múltiplas tensões contínuas (DC) geradas como réplicas escaladas de uma mesma tensão de alimentação fixa. No entanto, há que ter o cuidado de dimensionar o divisor resistivo por forma a que, ao colocarmos uma carga resistiva, esta não altere significativamente o valor da tensão resultante.

Vamos analisar este efeito com mais detalhe. Para tal, com o auxílio da placa de ensaio e da base de experimentação monte o circuito representado na Figura 1. As resistências têm o valor de $R_1 = 22k\Omega$ e $R_2 = 33k\Omega$. A fonte de tensão independente V_S é realizada recorrendo à fonte de alimentação fixa de 5V disponível na base de experimentação. Execute agora os seguintes passos do procedimento experimental, registando, comentando e procurando justificar no relatório todos os resultados obtidos:

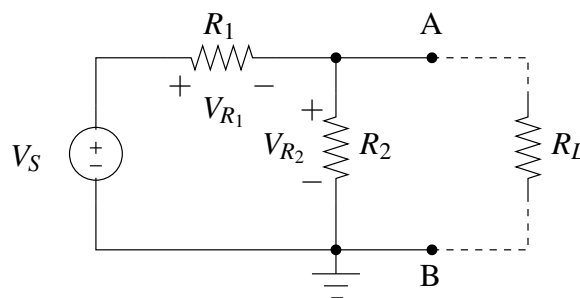


Figura 1: Divisor resistivo e respectiva resistência de carga.

1. Com $R_L = \infty$, determine os valores teóricos de V_{R_1} , V_{R_2} . Meça com o voltímetro as tensões V_{R_1} , V_{R_2} e V_S . Confirme que a lei KVL se verifica na malha formada pela fonte tensão e pelas resistências R_1 e R_2 . Comente os resultados obtidos quanto à precisão das igualdades obtidas.
2. Carregue agora o divisor de tensão, fazendo sucessivamente $R_L = 150k\Omega$ e $R_L = 15k\Omega$
 - (a) Utilizando o conceito de divisor de tensão, apresente uma equação simbólica que permita determinar V_{AB} (ou seja, a tensão entre os terminais $A \rightarrow B$ que está aplicada na resistência de carga R_L) a partir de V_S e considerando R_L ligada ao circuito. Utilize a notação simplificada para resistências em paralelo (por exemplo, $R_A // R_B$).
 - (b) Calcule os valores teóricos esperados para cada uma das resistências de carga R_L .
 - (c) Registe os valores experimentais obtidos para V_{AB} para os diferentes valores de carga R_L .
 - (d) Compare os valores obtidos experimentalmente com os valores teóricos e comente o efeito de redução de R_L no divisor de tensão.

2.2 Teorema de Sobreposição – Rede com dois Geradores de Tensão

O Teorema de Sobreposição é extremamente útil e permite obter as grandezas eléctricas de um circuito linear com múltiplos geradores independentes como uma sobreposição de contribuições de cada uma desses geradores quando consideradas de forma isolada.

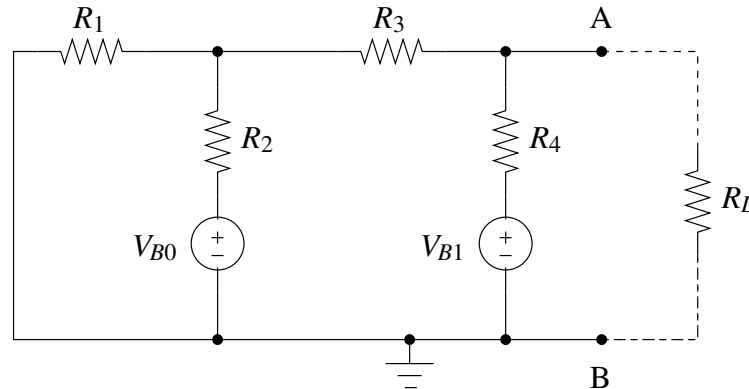


Figura 2: Circuito com dois geradores de tensão.

Considere o circuito representado na Figura 2 e faça $R_1 = R_2 = R_4 = R = 22k\Omega$ e $R_3 = \frac{R}{2} = 11k\Omega = \frac{22}{2}k\Omega$ (obtido com o paralelo de duas resistências iguais). Faça ainda $V_{B0} = V_{B1} = +5V$.

Sempre com a carga R_L desligada proceda da seguinte forma:

1. Meça e registre o valor da tensão de saída aos terminais $A - B$ ($V_{AB} = V_A - V_B$).
2. Anule a fonte V_{B1} , nessa situação meça e registre a contribuição da fonte V_{B0} para a tensão de saída (V_{AB_0}).
3. Anule agora apenas a fonte V_{B0} , nessa situação meça e registre a contribuição da fonte V_{B1} para a tensão de saída (V_{AB_1}).
4. Determine a expressão simbólica que permite calcular teoricamente os valores de V_{AB_0} e V_{AB_1} (considerando R_L desligada). Calcule os valores teóricos de V_{AB_0} e V_{AB_1} .
5. Confirme que a tensão originalmente obtida é a soma das duas contribuições V_{AB_0} e V_{AB_1} obtidas separadamente. Comente os resultados obtidos face aos valores teóricos e ao teorema de sobreposição.

2.3 Equivalente de Thévenin de uma Rede com dois Geradores de Tensão

Os Equivalentes de Thévenin e de Norton constituem ferramentas de grande utilidade para facilitar a análise de redes lineares. Neste ponto iremos determinar experimentalmente o Equivalente de Thévenin visto para esquerda dos terminais $A - B$ do circuito da Figura 2 (com $V_{B0} = V_{B1} = +5V$) e confirmar a sua equivalência.

Para determinar experimentalmente a resistência equivalente de Thévenin, sem usar um amperímetro, pode proceder-se como se indica a seguir:

1. Registe o valor da tensão equivalente de Thévenin que coincide com o valor da tensão V_{AB} quando $R_L = \infty$ (valor já obtido anteriormente).
2. Faça $R_L = 33k\Omega$ e meça a tensão de saída aos terminais $A - B$, registando o resultado obtido (V'_{AB}).
3. Com base nos dois resultados anteriores, apresente a expressão simbólica que permite determinar a resistência equivalente de Thévenin (R_{Th}). Calcule o valor experimental de R_{Th} .

4. Apresente o circuito que permite determinar a R_{Th} e apresente a expressão simbólica que permite obter o seu valor teórico. Utilize a notação simplificada para as resistências em paralelo, por exemplo: $(R_A // R_B) + R_C$.
5. Compare e comente o resultado teórico com o valor determinado experimentalmente.

Para confirmar a equivalência de ambos os circuitos, proceda do seguinte modo:

6. Faça $R_L = 15k\Omega$ e meça a tensão de saída aos terminais $A - B$, registrando o resultado obtido.
7. Construa agora o circuito equivalente de Thévenin com base nos elementos que calculou anteriormente. A resistência de Thévenin (R_{Th}) pode ser realizada com duas resistências em paralelo. A tensão de Thévenin (V_{Th}) pode ser realizada com uma das fontes de alimentação ajustáveis. Desenhe o esquema do circuito que montou.
8. Carregue agora o equivalente de Thévenin com a mesma carga $R_L = 15k\Omega$ e meça a tensão de saída aos terminais $A - B$, registrando o resultado obtido. Compare o resultado obtido com o que obteve no ponto 6 e comente a validade do equivalente.

RELATÓRIO DO TRABALHO DE LABORATÓRIO

ACir 2021/22 Lab.1	Data ____ / ____ / ____	Turno ____	Grupo ____
Número ____	Nome ____		
Número ____	Nome ____		
Número ____	Nome ____		

Estas folhas servem para registo dos valores calculados teoricamente e dos resultados do laboratório. A numeração das secções corresponde à numeração das secções do Guia de Trabalho.

2.1 Divisor de Tensão com carga

1. Valores teóricos e experimentais de V_{R_1} , V_{R_2} e V_S (com $R_L = \infty$):

Val. Teóricos: $V_{R_1} =$ _____ $V_{R_2} =$ _____ $V_S =$ _____

Val. Medidos: $V_{R_1} =$ _____ $V_{R_2} =$ _____ $V_S =$ _____

Confirmação experimental das equações do KVL:

--

Comentário ao resultado obtido:

--

2. Efeito de carga no divisor de tensão.

- (a) Expressão teórica para o cálculo de V_{AB} com R_L :

$V_{AB} =$

(b) Valores teóricos de V_{AB} para os dois valores de R_L :

$$R_L = 150k\Omega : V_{AB} = \quad \quad \quad R_L = 15k\Omega : V_{AB} = \quad \quad \quad$$

(c) Valores experimentais medidos de V_{AB} para os valores de R_L :

$$R_L = 150k\Omega : V_{AB} = \quad \quad \quad R_L = 15k\Omega : V_{AB} = \quad \quad \quad$$

(d) Comparação dos valores obtidos e efeito da redução do valor de R_L na tensão V_{AB} :

2.2 Teorema de Sobreposição – Rede com dois Geradores de Tensão

Registo da medição dos valores de V_{AB} :

1. $V_{AB} =$ _____	2. $V_{AB_0} =$ _____	3. $V_{AB_1} =$ _____
---------------------	-----------------------	-----------------------

4. Expressão simbólica para cálculo de valores V_{AB} e respectivos valores teóricos:

$V_{AB_0} =$	$V_{AB_0} =$
$V_{AB_0} =$ _____	$V_{AB_0} =$ _____

5. Confirmação do teorema de sobreposição e comparação com os valores teóricos:

2.3 Equivalente de Thévenin de uma Rede com dois Geradores de Tensão

Registo dos valores V_{AB} (com $R_L = \infty$) e V'_{AB} (com $R_L = 33k\Omega$)

1. $V_{AB} =$ _____	2. $V'_{AB} =$ _____
---------------------	----------------------

3. Expressão simbólica para o cálculo de R_{Th} experimental:

$R_{Th} =$	$R_{Th} =$ _____
------------	------------------

4. Cálculo teórico do valor de R_{Th} :

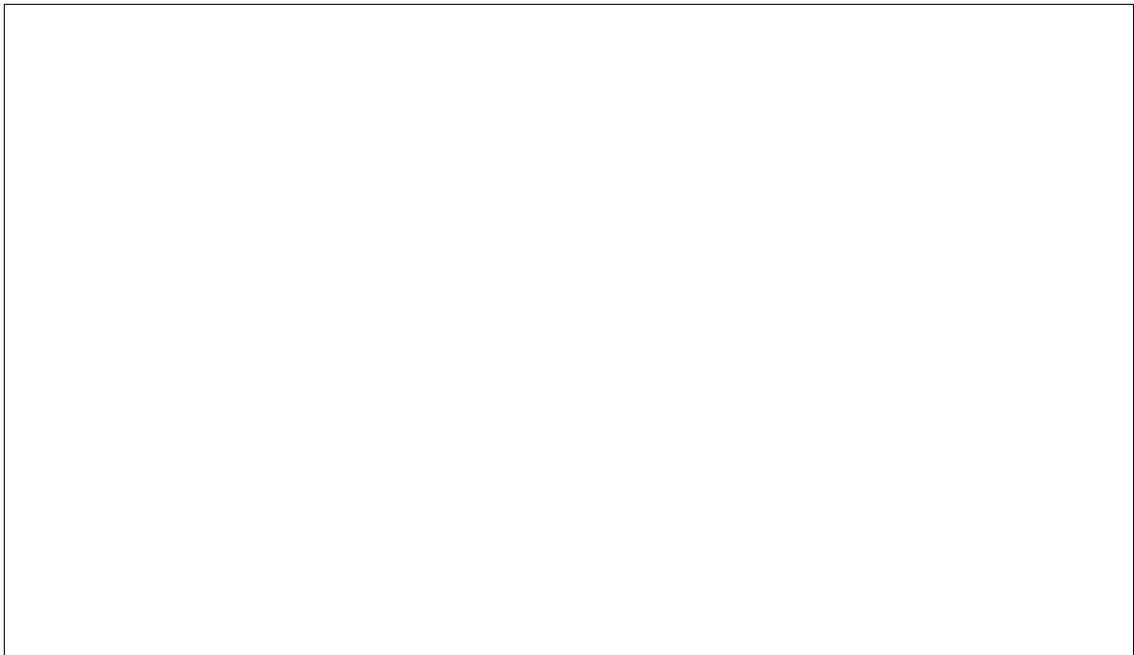
Circuito para calculo de R_{Th} :	Valor de $R_{Th} =$ _____
Expressão Teórica: $R_{Th} =$	

5. Comparação e comentário entre o valor teórico e experimental.

Confirmação da equivalência do circuito original e o seu equivalente de Thévenin:

6. Valor de V_{AB} com $R_L = 15k\Omega$ $V_{AB} =$ _____

7. Esquema do circuito equivalente de Thévenin (indique o valor que usado V_{Th} e de R_{Th}):



8. Valor de V_{AB} no circuito equivalentes com $R_L = 15k\Omega$ $V_{AB} =$ _____

Comparação de resultados e comentário sobre a validade e utilidade do equivalente:

Conclusões Gerais
