



Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería en Computadores

**Laboratorio de Circuitos Eléctrico - CE2201**  
**Bitácora de Laboratorio**

Datos del grupo:

Integrante(s): Ian Yoel Gómez Oses – Mauro Brenes Brenes

Profesor: Ing. Jeferson González Gómez, Dr.-Ing.

Semestre: II – 2025

# Laboratorio 5. Teoremas de Superposición, Thévenin y Norton

## 1. Introducción

En algunas ocasiones, los circuitos son demasiado complejos y es necesario simplificarlos para continuar con el análisis. El principio de superposición es útil para calcular de manera rápida los parámetros en circuitos con varias fuentes. Los teoremas de Thévenin y Norton permiten reemplazar una parte del circuito por una fuente y una resistencia, simplificando el análisis posterior. Estas técnicas se estudiarán en el presente experimento.

## 2. Objetivos

1. Comprobar experimentalmente el principio de superposición.
2. Comprobar experimentalmente el teorema de Thévenin.
3. Comprobar experimentalmente el teorema de Norton.

## 3. Cuestionario previo

1. Explique el teorema de superposición.
2. Explique los teoremas de Thévenin y Norton.
3. Calcule la corriente que pasa por la resistencia  $R_3$  del circuito de medición del experimento, con el principio de superposición.
4. Suponga que la resistencia  $R_3$  es la carga. Desconéctela y calcule teóricamente el equivalente de Thévenin entre los puntos  $a$  y  $b$ . (Calcule tensión circuito abierto y corriente cortocircuito).
5. Suponga que la resistencia  $R_3$  es la carga. Desconéctela y calcule teóricamente el equivalente de Norton entre los puntos  $a$  y  $b$ . (Calcule tensión circuito abierto y corriente cortocircuito).
6. Simule el circuito con LTSpice para verificar los resultados de sus cálculos.

## 4. Equipo y materiales

Cantidad	Descripción
1	Fuente de CD
1	Multímetro digital
1	Protoboard
	Resistencias de distintos valores
	Cables para conexiones

## Respuestas Cuestionario previo 5

1. Explique el teorema de superposición.

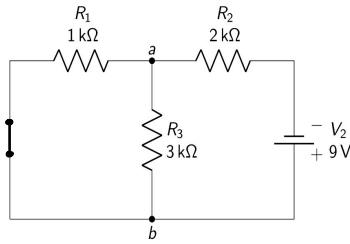
El teorema de superposición establece que en cualquier circuito eléctrico lineal que contenga varias fuentes independientes de voltaje o de corriente, la respuesta en una rama específica —ya sea una corriente o un voltaje— puede obtenerse considerando el efecto de cada fuente de manera independiente y sumando los resultados. Para aplicar este principio, se toma una fuente activa a la vez, mientras que las demás se sustituyen por sus resistencias internas: las fuentes de voltaje se reemplazan por un cortocircuito y las de corriente por un circuito abierto. Una vez calculado el efecto de cada fuente individualmente, la respuesta total se obtiene sumando todas las contribuciones.

2. Explique los teoremas de Thévenin y Norton

El teorema de Thévenin, por su parte, nos dice que cualquier red eléctrica lineal con fuentes y resistencias puede ser reemplazada por un circuito equivalente mucho más simple, formado únicamente por una fuente de voltaje en serie con una resistencia. Para obtener este circuito equivalente, primero se determina el voltaje en los terminales de interés con la carga desconectada, lo que se conoce como voltaje de Thévenin. Luego, se calculan las resistencias vistas desde esos terminales, reemplazando las fuentes de voltaje por cortocircuitos y las de corriente por circuitos abiertos; el resultado es la resistencia de Thévenin. Con estos dos elementos, se obtiene un modelo sencillo que permite analizar con facilidad cómo se comportará el circuito frente a diferentes cargas.

El teorema de Norton es un caso equivalente al de Thévenin, pero en vez de usar una fuente de voltaje, utiliza una fuente de corriente en paralelo con una resistencia. En este modelo, la corriente de Norton se define como la corriente que circularía entre los terminales si estos se conectaran en cortocircuito, mientras que la resistencia de Norton es idéntica a la resistencia de Thévenin. Ambos teoremas están relacionados de manera directa: el voltaje de Thévenin es igual al producto de la corriente de Norton por la resistencia equivalente, y la corriente de Norton es el cociente del voltaje de Thévenin entre esa misma resistencia.

3. Calcule la corriente que pasa por la Resistencia R3 del circuito de medición del experimento, con el principio de superposición.

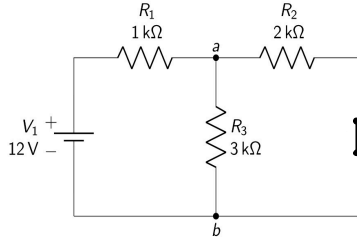


$$R_{eq} = (R_1^{-1} + R_3^{-1})^{-1} = (1000^{-1} + 3000^{-1})^{-1} = 750\Omega$$

$$I_T = \frac{V_2}{R_{eq} + R_2} = \frac{-9}{750 + 2000} = -3,27\text{mA}$$

$$\text{Div corriente.}$$

$$I_T \frac{R_1}{R_1 + R_3} = -3,27\text{mA} \frac{1000}{1000 + 3000} = -0,82\text{mA}$$



$$R_{eq} = (R_2^{-1} + R_3^{-1})^{-1} = (2000^{-1} + 3000^{-1})^{-1} = 1200\Omega$$

$$I_T = \frac{V_1}{R_{eq} + R_1} = \frac{12}{1200 + 1000} = 5,45\text{mA}$$

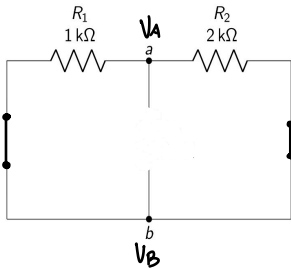
Div corriente.

$$I_T \frac{R_2}{R_2 + R_3} = 5,45\text{mA} \frac{2000}{2000 + 3000} = 2,18\text{mA}$$

Así:

$$I_{R3} = 2,18\text{mA} - 0,82\text{mA} = 1,36\text{mA}$$

4. Suponga que la resistencia  $r_3$  es la carga. Desconéctela y calcule teóricamente el equivalente de Thévenin entre los puntos a y b. (Calcule tensión circuito abierto y corriente cortocircuito).



$$R_{Th} = (R_1^{-1} + R_2^{-1})^{-1} = (1000^{-1} + 2000^{-1})^{-1} = 666,67\Omega$$

$$\frac{V_A - V_1}{R_1} + \frac{V_A - (-V_2)}{R_2} = 0A$$

$$\frac{V_A}{R_1} - \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_A}{R_2} + \frac{V_2}{R_2} = 0A$$

$$\frac{V_A}{R_1} + \frac{V_A}{R_2} = \frac{V_1}{R_1} - \frac{V_2}{R_2}$$

$$\frac{V_A R_2 + V_A R_1}{R_1 R_2} = \frac{V_1}{R_1} - \frac{V_2}{R_2}$$

$$V_A = \frac{R_1 R_2}{R_2 + R_1} \left( \frac{V_1}{R_1} - \frac{V_2}{R_2} \right)$$

$$V_A = \frac{1000 \cdot 2000}{2000 + 1000} \left( \frac{12}{1000} - \frac{9}{2000} \right) = 5V$$

$$V_{Th} = V_A - V_B = 5 - 0 = 5V$$

Y con la resistencia y  $V_{Th}$  podemos con un div tensión obtener  $V_{R3}$

$$V_{R3} = V_{Th} \frac{R_3}{R_{Th} + R_3} = 5 \frac{3000}{666,67 + 3000} = 4,09V$$

$$I_{R3} = \frac{V_{R3}}{R_3} = \frac{4,09}{3000} = 1,36\text{mA}$$

5. Suponga que la resistencia  $r_3$  es la carga. Desconéctela y calcule teóricamente el equivalente de Norton entre los puntos a y b. (Calcule tensión circuito abierto y corriente cortocircuito).

Suponemos que  $R_3$  es la carga. Desconectamos y calculamos teóricamente el eq Norton

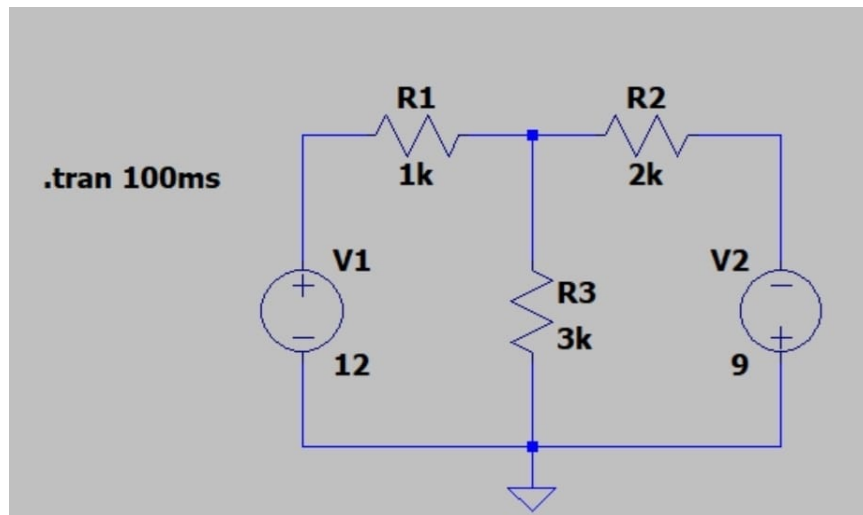
$$R_N = R_{Th} = 666,67\Omega$$

$$I_N = \frac{V_{Th}}{R_N} = \frac{5}{666,67} = 7,5\text{mA}$$

$$I_{R3} = I_N \frac{R_N}{R_N + R_3} = 7,5\text{mA} \frac{666,67}{666,67 + 3000} = 1,36\text{mA}$$

$$V_{R3} = I_{R3} R_3 = 1,36\text{mA} \cdot 3000 = 4,09V$$

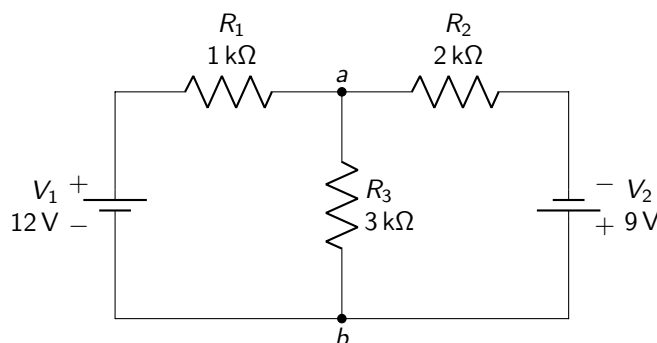
6. Simule el circuito en LTSpice para verificar los resultados de sus cálculos.



## 5. Procedimiento

### 5.1. Teorema de superposición

1. Monte el circuito de la figura 5.1 en la protoboard.



**Figura 5.1:** Circuito para comprobar el teorema de superposición.

2. Con la fuente  $V_2$  apagada, conecte la fuente de tensión  $V_1$  y ajuste 12 V. Mida la corriente en la resistencia  $R_3$ .
3. Apague la fuente de tensión  $V_1$  y ajuste una tensión de 9 V en la fuente  $V_2$ . Mida la corriente en la resistencia  $R_3$ .
4. Conecte de nuevo ambas fuentes  $V_1 = 12$  V.
5. Mida la tensión entre las terminales  $a$  y  $b$ .  $V_2 = 6$  V. Mida la corriente en la resistencia  $R_3$ .

### 5.2. Teorema de Thévenin y Norton

1. Desconecte la resistencia  $R_3$  del circuito, y mida la tensión eléctrica entre las terminales  $a$  y  $b$ .
2. Desconecte las fuentes y conecte en su lugar un corto circuito. Bajo estas condiciones, mida la resistencia entre  $a$  y  $b$ , manteniendo  $R_3$  desconectada.
3. Conecte nuevamente las fuentes y conecte el amperímetro entre los puntos  $a$  y  $b$ . Mida la corriente de cortocircuito.

## 6. Evaluación

Con las mediciones realizadas, demuestre que se cumple:

1. El principio de superposición
2. El teorema de Thévenin
3. El teorema de Norton

## Tablas de experimento.

Magnitud	Valor Teórico.	Valor Experimental
$I_{R3} (\text{sin } V_2)$	2,18mA	2,19 mA
$I_{R3} (\text{sin } V_1)$	-0,82mA	-0,83 mA
$V_{R3}$	4,09 V	4,003 V
$I_{R3}$	1,36mA	1,348
$V_{Th}$	5V	4,819 V
$R_{eq}$	666,67 $\Omega$	656,9
$I_N$	7,5mA	7,40mA

## Evaluación.

1.

Si aplicamos el principio de superposición sumando las corrientes medidas experimentalmente en la resistencia R3 al apagar la fuente V1 y V2. Obtenemos este resultado:

$$2.18 \text{ mA} - 0.82 \text{ mA} = 1.36 \text{ mA}$$

Donde si sacamos el porcentaje de error de este valor con el medido experimentalmente con las dos fuentes encendidas:

$$\% \text{ error} = \frac{|1.36 - 1.34|}{1.36} \times 100 = 0.88 \%$$

Donde se puede concluir que el principio de superposición se cumple, ya que se obtiene un porcentaje de error bastante bajo.

2.

Al medir la tensión de Thevenin se obtuvo un porcentaje de error de:

$$\% \text{ error} = \frac{|5 - 4.819|}{5} \times 100 = 3.62 \%$$

Mientras que la resistencia de Thevenin tuvo un porcentaje de error de:

$$\% \text{ error} = \frac{|666.67 - 656.90|}{666.67} \times 100 = 1.06 \%$$

Lo cual comprueba que las mediciones fueron acorde lo esperado.

3.

Al medir la corriente de Norton se obtuvo un porcentaje de error de:

$$\% \text{ error} = \frac{|7.5 - 7.40|}{7.5} = 1.33 \%$$

Y la resistencia de Norton es igual a la de Thevenin, por lo tanto tuvo un porcentaje de error de 1,06 %.

Lo cual comprueba que las mediciones fueron acorde lo esperado.