

Práctica 5: Teorema de Superposición y Thevenin

Jennifer Bustamante Mejia

Resumen—En esta práctica el estudiante demostrará experimentalmente el teorema de superposición, a través de circuitos resistivos con fuentes de tensión independientes. También demostrará de forma práctica el teorema de Thevenin el cual establece que cuando se tienen cualquier cantidad de fuentes independientes y elementos resistivos, estos pueden ser reemplazados solo por una fuente de voltaje y una resistencia equivalente llamada resistencia equivalente de Thevenin.

Index Terms—Corriente, Red activa, Superposición, Thevenin, Voltaje.

I. INTRODUCCIÓN

Las leyes de Kirchhoff permiten resolver cualquier circuito, sin embargo estos circuitos son complejos, debido al aumento de las áreas de aplicación lo cual ha causado una evolución en los circuitos de simples a complejos

Para enfrentar esta complejidad los ingenieros han desarrollado teoremas que permiten simplificar el análisis de los circuitos, estos teoremas solo se aplican a circuitos lineales [0].

Entre los teoremas implementados se encuentra el de superposición el cual establece que la tensión entre los extremos (o la corriente a través) de un elemento en un circuito lineal es la suma algebraica de tensiones o corrientes a través de ese elemento debido a que cada fuente independiente actúa sola [0].

El principio de superposición ayuda a analizar un circuito con más de una fuente independiente mediante el cálculo de la contribución de cada una de las fuentes independientes por separado, sin embargo se debe tener en cuenta:

1. Las fuentes independientes se consideran una a la vez, mientras todas las demás fuentes independientes están apagadas. Esto implica que cada fuente de corriente apagada deja un circuito abierto, y cada fuente de tensión apagada deja un cortocircuito, de este modo se obtiene un circuito más simple y manejable.
2. Las fuentes dependientes se dejan intactas porque las controlan variables del circuito.

Los pasos para resolver un circuito por superposición se pueden resumir en:

1. Apague todas las fuentes independientes excepto una. Determine la salida (Tensión o Corriente) debida a la fuente encendida, para esto se aplican las técnicas aprendidas (Ley de Ohm, análisis Nodal, análisis de mallas) según la simplicidad del circuito resultante.

2. Repita el paso anterior para cada una de las fuentes independientes.
3. Halle la contribución total de la variable buscada (tensión o corriente) sumando algebraicamente todas las contribuciones debidas a las fuentes independientes.

Otro de los métodos implementados para la simplificación de circuitos es el teorema de Thévenin. En la práctica suele ocurrir que un elemento particular de un circuito sea variable (usualmente llamado carga) mientras que los demás elementos permanecen fijos. Como ejemplo habitual, en una toma de corriente doméstica se pueden conectar diferentes aparatos, los que constituyen una carga variable. Cada vez que el elemento variable cambia, el circuito entero tiene que volver a analizarse de nuevo. Para evitar este problema, el teorema de Thevenin proporciona una técnica mediante la cual la parte fija del circuito se reemplaza por un circuito equivalente.

El teorema de Thévenin establece que un circuito lineal de dos terminales puede reemplazarse por un circuito equivalente que consta de una fuente de tensión V_{Th} en serie con un resistor R_{Th} , donde V_{Th} es la tensión de circuito abierto en las terminales y R_{Th} es la entrada o resistencia equivalente en las terminales cuando las fuentes independientes se apagan [0].

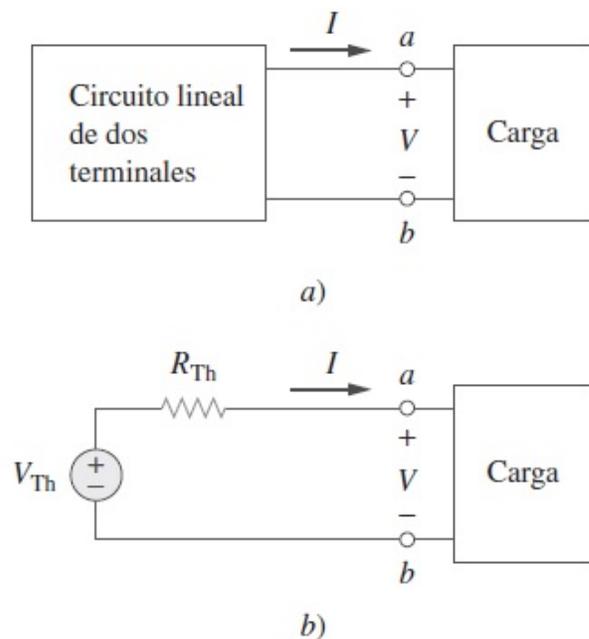


Figura 1. Reemplazo de un circuito lineal de dos terminales por su equivalente de Thevenin: a) circuito original, b) circuito equivalente de Thevenin.

Para hallar V_{Th} y R_{Th} suponga que los circuitos de la

figura 1 son equivalentes. Dos circuitos son equivalentes cuando presentan la misma relación voltaje-corriente en los terminales. Si las terminales a-b están en circuito abierto (mediante la eliminación de la carga), ninguna corriente fluye, así que la tensión de circuito abierto entre las terminales a-b de la figura 1a) debe ser igual a la fuente de tensión V_{Th} de la figura 1b), ya que ambos circuitos son equivalentes. Así, V_{Th} es la tensión de circuito abierto entre las terminales, como se indica en la figura 2a) [0]. Es decir como expresa la ecuación (1)

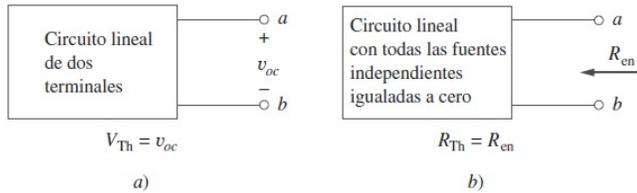


Figura 2. Cálculo de V_{Th} y R_{Th} .

$$V_{TH} = V_{oc} \quad (1)$$

De nuevo, con la carga desconectada y las terminales a-b en circuito abierto, se apagan todas las fuentes independientes. La resistencia de entrada (o resistencia equivalente) del circuito apagado en las terminales a-b de la figura 1a) debe ser igual a R_{Th} en la figura 1b), porque ambos circuitos son equivalentes. Así, R_{Th} es la resistencia de entrada en las terminales cuando las fuentes independientes se apagan, como se muestra en la figura 2b) [0]; como se aprecia en la ecuación (2)

$$R_{TH} = R_{en} \quad (2)$$

Para aplicar esta idea en el cálculo de la resistencia de Thévenin R_{Th} se deben considerar dos casos.

- **CASO 1:** Si la red no tiene fuentes dependientes, se apagan todas las fuentes independientes. R_{Th} es la resistencia de entrada que aparece entre las terminales a y b, como se advierte en la figura 2b) [0].
- **CASO 2:** Si la red tiene fuentes dependientes, se apagan todas las fuentes independientes. Como en el caso de la superposición, las fuentes dependientes no se desactivan, porque son controladas por las variables del circuito. Se aplica una fuente de tensión v_o en las terminales a y b y se determina la corriente resultante i_o . Así, $R_{Th} = v_o/i_o$, como se señala en la figura 3a). Alternativamente, puede insertarse una fuente de corriente i_o en las terminales a-b, como se muestra en la figura 3b), y hallar la tensión entre las terminales v_o . De nuevo, $R_{Th} = v_o/i_o$. Los dos métodos dan el mismo resultado. En ambos puede usarse cualquier valor de v_o e i_o . Por ejemplo, puede usarse $v_o = 1V$ o $i_o = 1A$, o incluso valores no especificados de v_o o i_o [0].

En conclusión, la resistencia de Thévenin es la resistencia equivalente vista desde las terminales de interés, con todas las fuentes independientes puestas a cero. Para hacerlas igual a cero, las fuentes de voltaje se sustituyen por un cortocircuito y las fuentes de corriente se sustituyen por un circuito abierto.

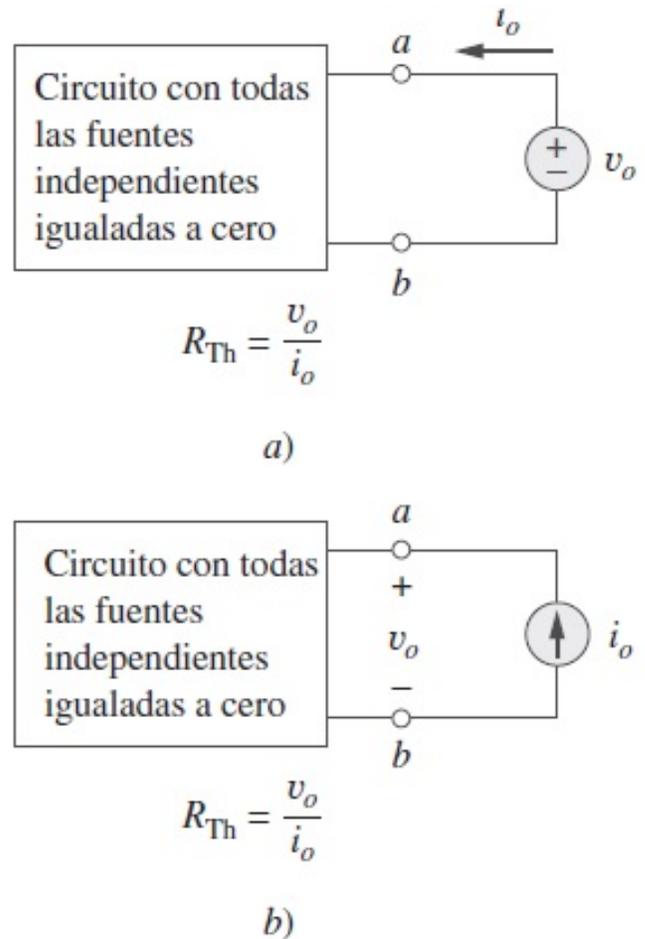


Figura 3. Determinación de R_{Th} cuando el circuito tiene fuentes dependientes.

El Voltaje de la fuente equivalente de Thévenin es el voltaje entre las terminales de interés medido a circuito abierto.

I-A. Preinforme

- Consulte que es un circuito lineal.
- Pruebe que los circuitos resistivos son circuitos lineales.
- Consulte y enuncie el teorema de Norton.

I-B. Materiales

- 100Ω, 560Ω, 1KΩ(3), 1,2KΩ, 1,5KΩ, 1,8KΩ
- 2,7KΩ, 3,3KΩ, 3,9KΩ, 10KΩ
- Potenciómetro 10KΩ
- Multimetro
- Protoboard
- Conectores y Cables

II. SUPERPOSICIÓN

- Monte y simule el circuito de la figura 4, usando $V_a = 10V$ y $V_b = 8V$, mida los voltaje indicados.
- Calcule los valores de los voltajes V_1 , V_2 y V_3 usando el teorema de superposición para el circuito de la figura 4.

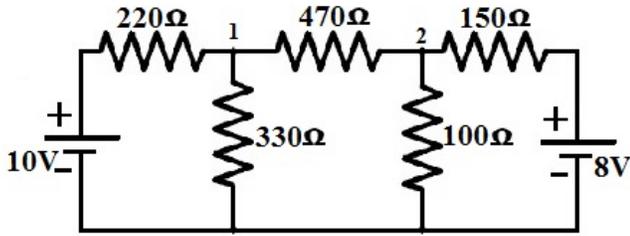


Figura 4. Circuito 1: Superposición

- Conecte el circuito de la figura 4, mida y llene la tabla I.

Cuadro I

Calculados	Medidos	Error
V_1	V_1	
V_2	V_2	
V_3	V_3	

- Para el circuito de la figura 4 apague la fuente V_b y reemplacela por un cortocircuito. Mida y llene la tabla II.

Cuadro II

Calculados	Medidos	Error
V_1'	V_1'	
V_2'	V_2'	
V_3'	V_3'	

- Para el circuito de la figura 4 apague la fuente V_a y reemplacela por un cortocircuito. Mida y llene la tabla III.

Cuadro III

Calculados	Medidos	Error
V_1''	V_1''	
V_2''	V_2''	
V_3''	V_3''	

- Aplice el teorema de superposición para obtener los valores de voltaje del circuito de la figura 4.

III. TEOREMA DE THÉVENIN

- Análise el circuito de la figura 5, halle V_{Th} y R_{Th} de forma analítica.
- Conecte el circuito de la figura 5, mida y llene la tabla IV
- Conecte entre las terminales A y B una resistencia de $1k\Omega$. Verifique que la escala es la apropiada para cada medición. Llene la tabla V
- Conecte el equivalente de Thévenin que se muestra en la figura 6.
- Aplice los valores que obtuvo para el equivalente de Thévenin. Asegúrese de usar la misma resistencia de carga.
- Mida y llene la tabla VI

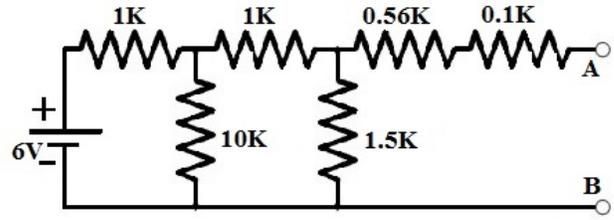


Figura 5. Circuito 2: Thévenin 1

Cuadro IV

Calculados	Medidos	Error
V_{Th}	V_{Th}	
R_{Th}	R_{Th}	

IV. ANÁLISIS SUPERPOSICIÓN

- Calcule la potencia disipada en las resistencias donde se halló cada uno de los voltajes para el circuito de la figura 4.
- ¿Qué sucede con esas potencias si los voltajes en ambas fuentes se duplican?
- ¿Qué sucedería si solo se duplicará el voltaje de una de las fuentes?
- ¿Que sucedería con el circuito de la figura 4 si se reemplaza la fuente de tensión V_b por una de corriente? ¿Sería más sencillo el procedimiento de superposición?

V. ANÁLISIS THÉVENIN

- Compare las tablas V y VI
- Halle analíticamente el equivalente de Norton del circuito 2.

NOTA: No olvide que los valores de resistencias son sugerencias, el potenciómetro puede ser el que usaron para la práctica de resistencias variables. Si traen los cálculos hechos y las simulaciones y son ordenados a la hora de trabajar, les rendirá más el trabajo. La tablas de los datos tomadas en el laboratorio deben ir en el informe.

VI. BIBLIOGRAFÍA

C. Alexander and M. N. Sadiku, *Fundamentos de Circuitos eléctricos*, 3rd ed. Ciudad de México, México: McGraw Hill, 2004.

Cuadro V

Calculados	Medidos	Error
V_{AB}	V_{AB}	
I_{AB}	I_{AB}	

Cuadro VI

Calculados	Medidos	Error
V'_{AB}	V'_{AB}	
I'_{AB}	I'_{AB}	

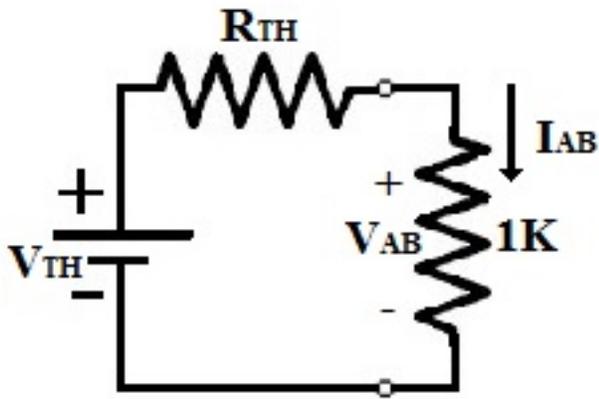


Figura 6. Circuito 3: Thévenin 2