

Teorema de Norton

El teorema de Norton es una técnica de análisis de circuitos similar al teorema de Thévenin. Al usar este teorema el circuito se reduce a una sola fuente de corriente y un resistor en paralelo. Al igual que con el circuito equivalente de Thévenin, el circuito resultante de dos terminales es equivalente al circuito original cuando se conecta a cualquier rama o componente externos. En resumen, el **teorema de Norton** se simplifica como sigue:

Cualquier red bilateral lineal puede reducirse a un circuito simplificado de dos terminales que se compone de una sola fuente de corriente y un solo resistor en paralelo como se muestra en la figura 9-26.

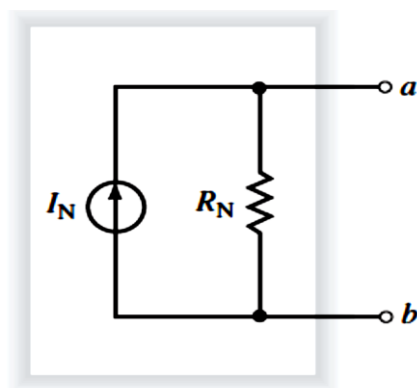


FIGURA 9-26 Circuito equivalente de Norton.

Los siguientes pasos proporcionan una técnica que permite la conversión de cualquier circuito en su equivalente de Norton:

1. Identifique y elimine la carga del circuito.
2. Marque las dos terminales resultantes. Aquí se marcarán como a y b , aunque se puede usar cualquier notación.
3. Fije todas las fuentes en cero. Como antes, las fuentes de voltaje se fijan en cero al reemplazarlas con un cortocircuito y las fuentes de corriente se fijan en cero al reemplazarlas con un circuito abierto.
4. Determine la resistencia equivalente de Norton, R_N , al calcular la resistencia vista entre las terminales a y b . Puede ser necesario volver a dibujar el circuito para simplificar este paso.
5. Vuelva a colocar las fuentes que eliminó en el paso 3 y determine la corriente que ocurriría en un corto si estuviera conectado entre las terminales a y b . Si el circuito original tiene más de una fuente, puede ser necesario determinar la corriente de cortocircuito debida a cada fuente por separado y entonces determinar el efecto combinado. La corriente de cortocircuito resultante será el valor de la corriente de Norton I_N .

6. Dibuje el circuito equivalente de Norton, use la resistencia determinada en el paso 4 y la corriente que calculó en el paso 5. Como parte del circuito resultante incluya la porción de la red que eliminó en el paso 1.

El circuito equivalente de Norton también puede determinarse directamente a partir del circuito equivalente de Thévenin al usar la técnica de conversión de fuentes que se desarrolló en el capítulo 8. Como resultado, los circuitos de Thévenin y de Norton que se muestran en la figura 9-27 son equivalentes.

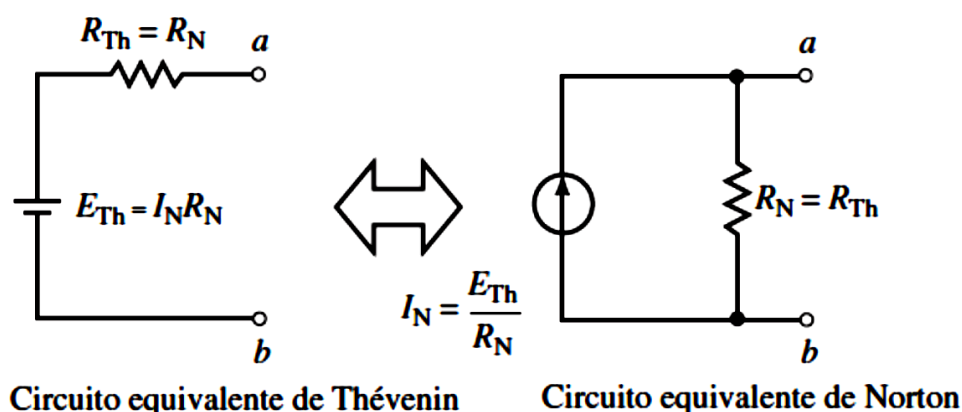


FIGURA 9-27

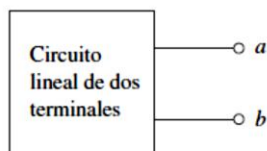
A partir de la figura 9-27 se observa que la relación entre los circuitos es la siguiente:

$$E_{Th} = I_N R_N \quad (9-1)$$

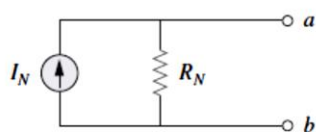
$$I_N = \frac{E_{Th}}{R_{Th}} \quad (9-2)$$

RESUMEN:

$$R_N = R_{Th}$$



a)



b)

Figura 4.37

a) Circuito original, b) circuito equivalente de Norton.

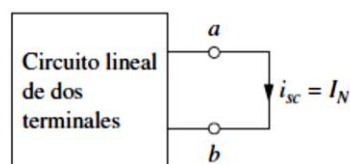


Figura 4.38

Cálculo de la corriente de Norton.

$$I_N = i_{sc}$$

Los circuitos equivalentes de Thevenin y de Norton se relacionan por una transformación de fuente.

$$I_N = \frac{V_{Th}}{R_{Th}}$$

EJEMPLO 9-6

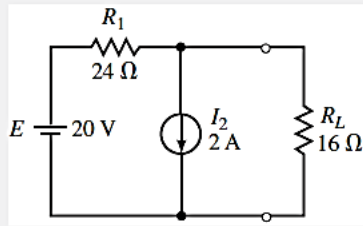


FIGURA 9-28

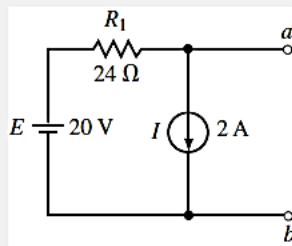


FIGURA 9-29

Determine el circuito equivalente de Norton externo al resistor R_L para el circuito de la figura 9-28. Use el circuito equivalente de Norton para calcular la corriente a través de R_L . Compare los resultados con los que se obtuvieron mediante el teorema de Thévenin en el ejemplo 9-3.

Solución

Pasos 1 y 2: elimine el resistor de carga R_L del circuito y marque las terminales restantes como a y b . El circuito resultante se muestra en la figura 9-29.

Paso 3: fije en cero las fuentes de voltaje y de corriente en el circuito, como se muestra en la figura 9-30.

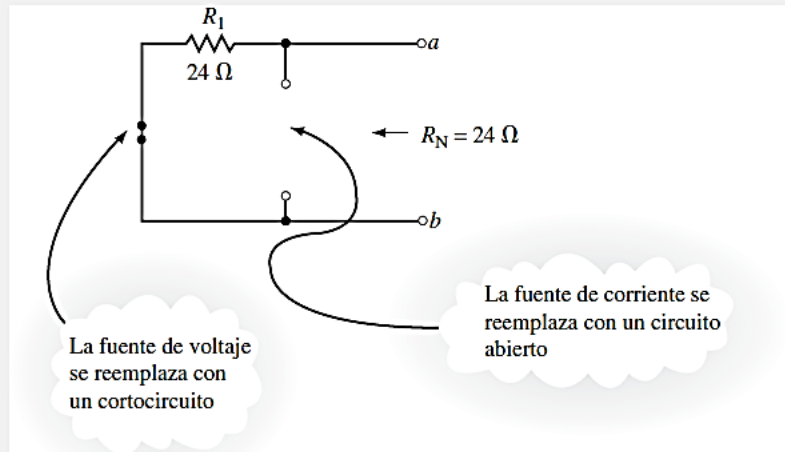


FIGURA 9-30

Paso 4: la resistencia de Norton resultante entre las terminales es

$$R_N = R_{ab} = 24 \, \Omega$$

Paso 5: la corriente de cortocircuito se determina calculando primero la corriente a través del corto debido a cada fuente. El circuito para cada cálculo se ilustra en la figura 9-31.

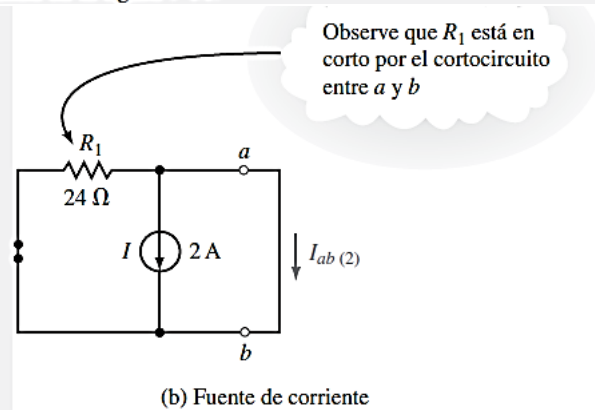
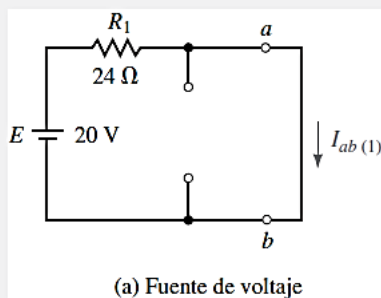


FIGURA 9-31

Fuente de voltaje E : la corriente en el corto entre las terminales a y b [figura 9-31(a)] se encuentra a partir de la ley de Ohm como

$$I_{ab(1)} = \frac{20 \, \text{V}}{24 \, \Omega} = 0.833 \, \text{A}$$

Fuente de corriente I : al examinar el circuito para la fuente de corriente [figura 9-31(b)] se observa que el cortocircuito entre las terminales a y b efectivamente remueve R_1 del circuito. Por lo tanto, la corriente a través del corto será

$$I_{ab(2)} = -2.00 \, \text{A}$$

Observe que la corriente I_{ab} está indicada como una cantidad negativa. Como se ha visto antes, este resultado indica sólo que la corriente real es opuesta a la dirección de referencia supuesta.

Ahora, al aplicar el teorema de superposición se encuentra la corriente de Norton como

$$I_N = I_{ab(1)} + I_{ab(2)} = 0.833 \text{ A} - 2.0 \text{ A} = -1.167 \text{ A}$$

Como antes, el signo negativo indica que la corriente de cortocircuito va en realidad desde la terminal b hacia la a .

Paso 6: el circuito equivalente de Norton que resulta se muestra en la figura 9-32. Ahora se puede encontrar con facilidad la corriente a través del resistor de carga R_L con la regla del divisor de corriente:

$$I_L = \left(\frac{24 \Omega}{24 \Omega + 16 \Omega} \right) (1.167 \text{ A}) = 0.700 \text{ A} \quad (\text{hacia arriba})$$

En referencia al ejemplo 9-3 se ve que se obtuvo el mismo resultado al encontrar el circuito equivalente de Thévenin. Otra manera de determinar el circuito equi-

valente $R_N = 6 \text{ k}\Omega \parallel 2 \text{ k}\Omega = 1.5 \text{ k}\Omega$ el circuito de Thévenin que se muestra en la figura 9-31. En el circuito equivalente de Norton que se muestra $I_N = I_{ab(1)} + I_{ab(2)} = 2.50 \text{ mA} + 5.00 \text{ mA} = 7.50 \text{ mA}$

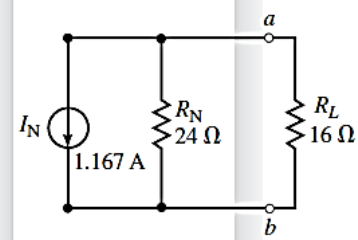
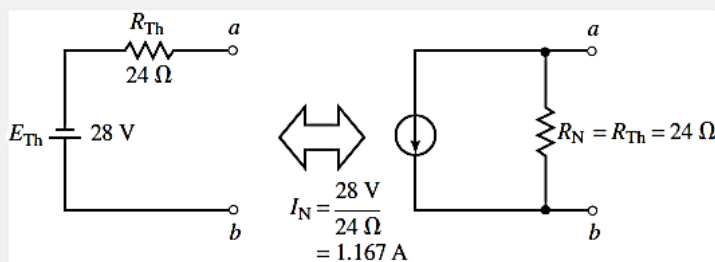


FIGURA 9-32



EJEMPLO 9-7

Determine el equivalente de Norton del circuito externo al resistor R_L en el circuito de la figura 9-34. Use el circuito equivalente para determinar la corriente de carga I_L cuando $R_L = 0$, $2 \text{ k}\Omega$ y $5 \text{ k}\Omega$.

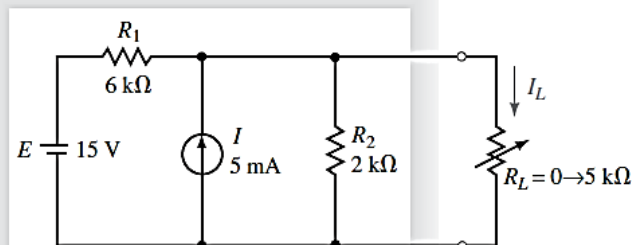


FIGURA 9-34

Considere el circuito de la figura 9-38:

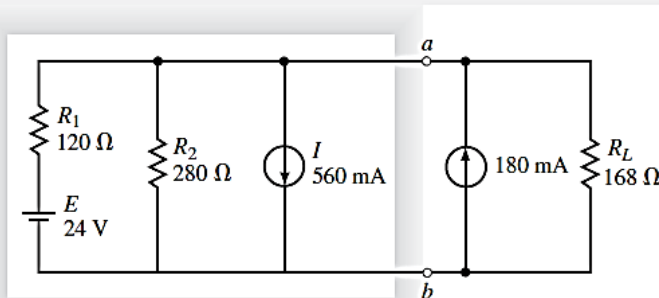


FIGURA 9-38

EJEMPLO 9-8

$$R_N = 120 \Omega \parallel 280 \Omega = 84 \Omega$$

$$I_N = I_{ab(1)} + I_{ab(2)} = 200 \text{ mA} + (-560 \text{ mA}) = -360 \text{ mA}$$

- Determine el circuito equivalente de Norton externo a las terminales a y b .
- Determine la corriente a través de R_L .

