

CIRCUITOS 8

TEOREMA DE NORTON

Introducción

El teorema de Norton establece que en un circuito con dos terminales se puede sustituir por otro sencillo que consiste en establecer una corriente constante I_N que lleva aparejada una resistencia R_N . En la figura 1 se establece la anterior afirmación

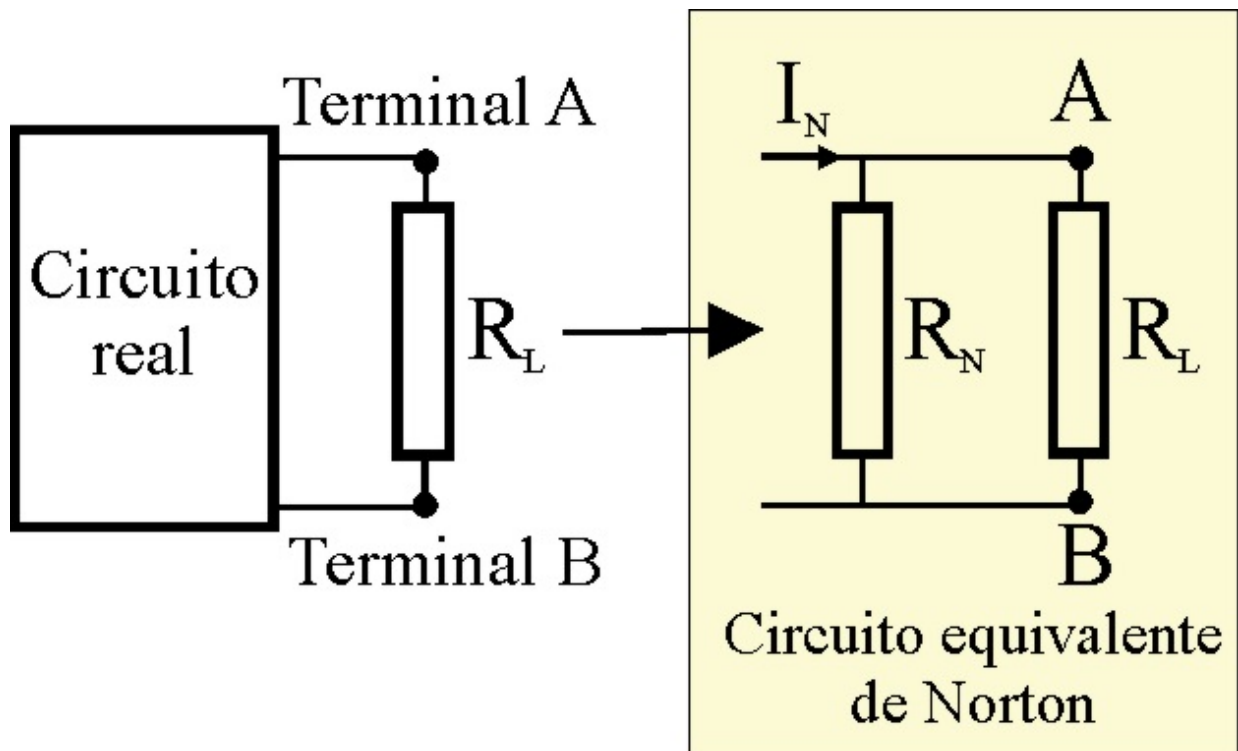
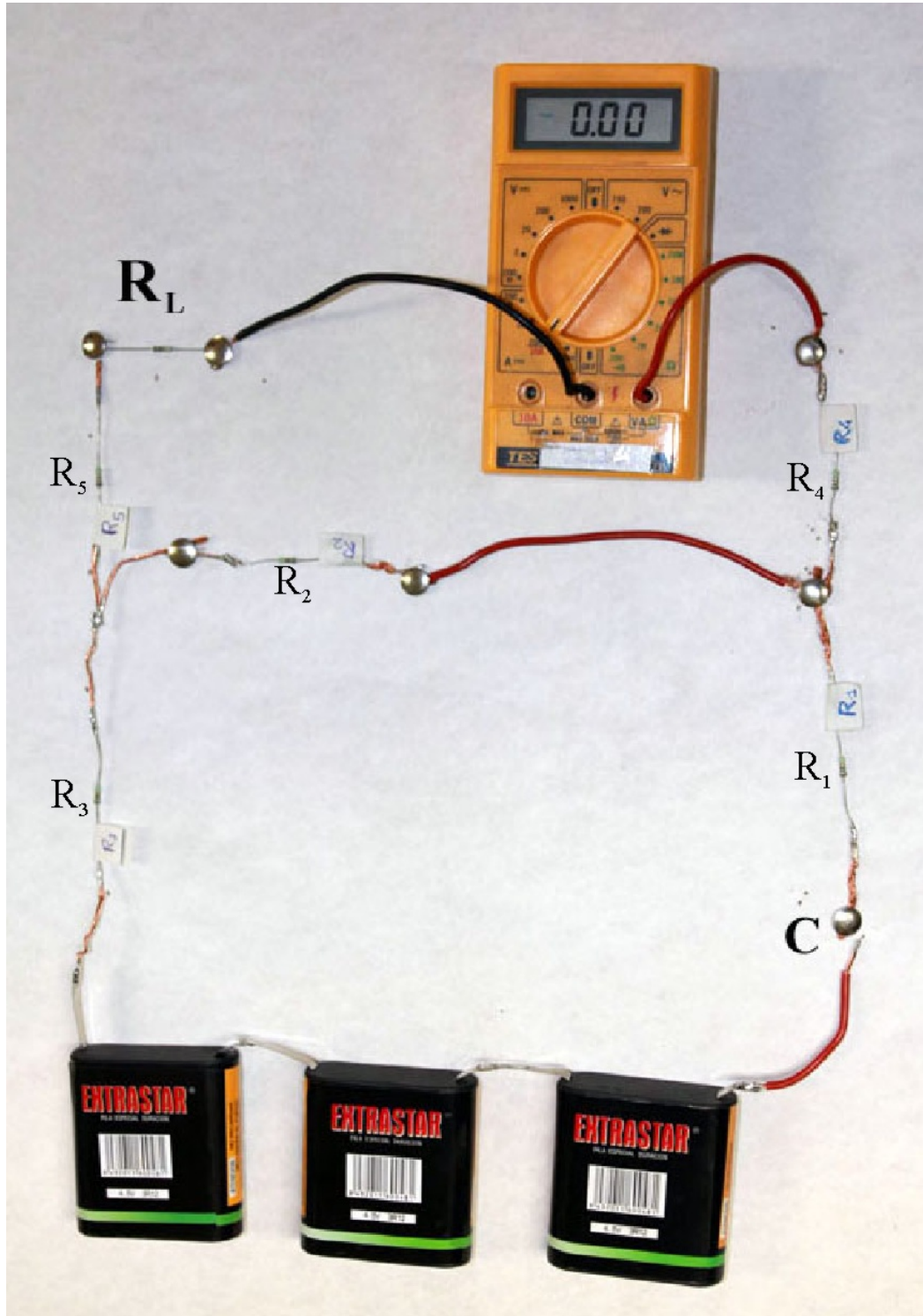


Fig.1

El circuito real puede ser complicado pero una vez determinados los valores de I_N y R_N , el cálculo de la intensidad que pasa por la resistencia R_L es muy sencillo.

Su utilidad consiste en que cuando se hacen cálculos repetitivos, empleando por ejemplo distintos valores de R_L , se ahorra mucho tiempo y la ventaja es tanto mayor cuanto más complicado es el circuito real.

En este experimento utilizamos el mismo circuito que ya se trató en el teorema de Thévenin I, (puede verse el circuito real en la fotografía 1). lo cual prueba que es posible utilizar uno u otro indistintamente. La elección está en la manera más fácil de convertir el circuito real en Thévenin o Norton.



Fotografía 1

Circuito real sobre el que se obtendrá el equivalente de Norton. El amperímetro mide la intensidad que denominamos experimental. (I_{exp}). Se comparan ambas intensidades, la que proporciona el equivalente de Norton y la experimental. En la fotografía el amperímetro marca cero porque el circuito está abierto por la chincheta C.

Material

Resistencias de $100\ \Omega$, (8) ; $470\ \Omega$, (1) , $1000\ \Omega$, (1)

Soldador eléctrico

Estañó

Panel de corcho

Tijeras

Chinchetas

Cable de hilo de cobre

Pilas de 4,5 V, (3)

Polímetro comercial

Nota. Los valores de las resistencias pueden ser diferentes a los que indicamos. Con un solo polímetro se puede realizar el experimento, pero se ahorra tiempo si se dispone de dos.

Las pilas pueden sustituirse por una fuente de corriente continua. Las dimensiones del panel de corcho que utilizamos son $30\text{ cm} \times 50\text{ cm}$

Cálculo de I_N

Observe en la figura 2. La parte del circuito que está dentro del rectángulo de rayas discontinuas (elimine mentalmente el amperímetro y R_L de la figura 1), es el circuito real. Para calcular I_N unimos los terminales A y B mediante un hilo sin resistencia y determinamos la intensidad de corriente que pasa por él.

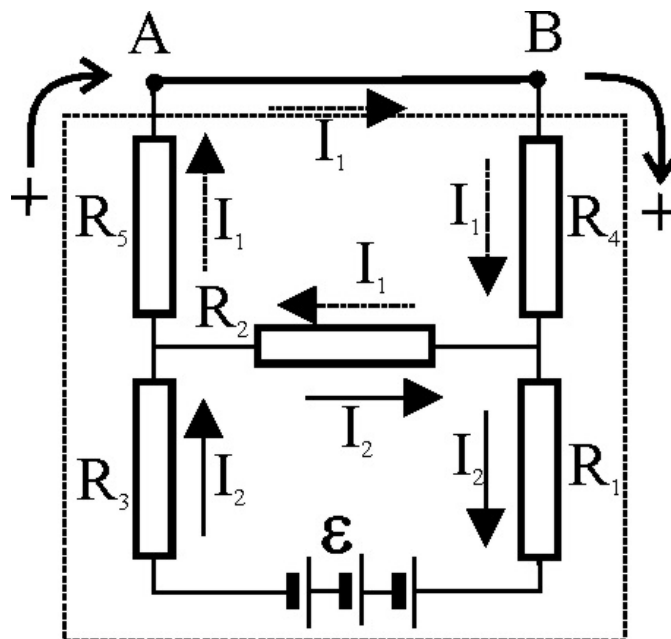


Fig.2

$$\text{Malla superior} \quad I_1(R_4 + R_5) + (I_1 - I_2)R_2 = 0$$

$$\text{Malla inferior} \quad I_2(R_1 + R_3) + (I_2 - I_1)R_2 = \varepsilon$$

De la segunda ecuación: $I_2(R_1 + R_2 + R_3) - I_1 R_2 = \varepsilon \Rightarrow I_2 = \frac{\varepsilon + I_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$

Sustituyendo en la primera:

$$I_1(R_2 + R_4 + R_5) - \frac{\varepsilon + I_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \cdot R_2 = 0 \Rightarrow I_1 \left(R_2 + R_4 + R_5 - \frac{R_2^2}{R_1 + R_2 + R_3} \right) = \frac{\varepsilon R_2}{R_1 + R_2 + R_3} \Rightarrow$$

$$I_N = \frac{\varepsilon R_2}{(R_1 + R_2 + R_3) \cdot \left(R_2 + R_4 + R_5 - \frac{R_2^2}{R_1 + R_2 + R_3} \right)} \quad (1)$$

Cálculo de R_N

En la figura 2 eliminamos las pilas y el hilo que une los bornes A y B. R_3 y R_1 se unen mediante un hilo sin resistencia. El circuito es el de la figura 3.

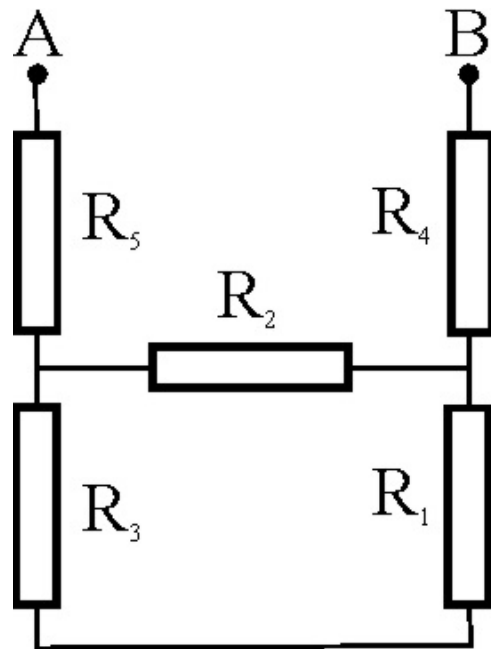


Fig.3

R_1 y R_3 están en serie y la suma de las dos en paralelo con R_2 .

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1 + R_3} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_E = \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

R_E está en serie con R_4 y R_5 .

$$R_N = R_4 + R_5 + \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (2)$$

Modo de operar

Si ha realizado el circuito Thévenin 1 use los valores que ha obtenido allí . Si monta un circuito nuevo determine

a) Con el polímetro las resistencias

$$R_1 = \quad \Omega ; \quad R_2 = \quad \Omega ; \quad R_3 = \quad \Omega ; \quad R_4 = \quad \Omega ; \quad R_5 = \quad \Omega$$

Mida la fuerza electromotriz del conjunto de las pilas: $\varepsilon = \quad \text{V}$

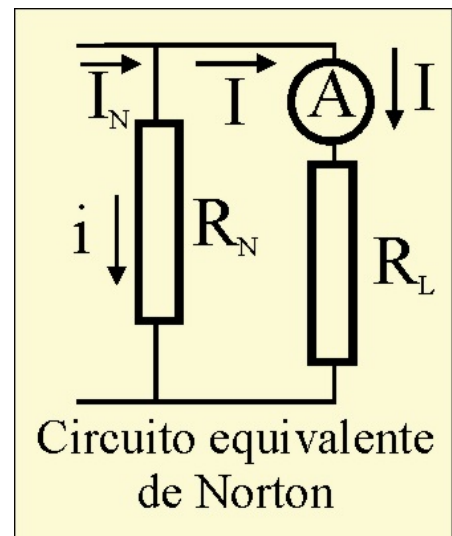
Sustituya los valores en las ecuaciones (1) y (2)

$$I_N = \frac{\varepsilon R_2}{(R_1 + R_2 + R_3) \cdot \left(R_2 + R_4 + R_5 - \frac{R_2^2}{R_1 + R_2 + R_3} \right)} =$$

$$R_N = R_4 + R_5 + \frac{R_2(R_1 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} =$$

Cálculo de la intensidad teórica

El circuito equivalente de Norton es:



La caída de tensión por la resistencia R_N es: $i \cdot R_N$

La caída de tensión por la resistencia de R_L es: $I \cdot R_L$

En el nudo: $I_N = I + i$

Se deduce: $i \cdot R_N = I \cdot R_L \Rightarrow (I_N - I)R_N = I \cdot R_L \Rightarrow I = \frac{I_N R_N}{R_N + R_L} = I_{teo}$

Coloque distintas resistencias R_L , a partir de las que tiene en el material. Necesitará hacer combinaciones en serie y en derivación. Para cada valor nominal de R_L determine su valor real. Con cada resistencia anote el valor de la intensidad. Recoja todos los valores en la tabla I.

Tabla I

Resistencia nominal en ohmios	Resistencia real en ohmios	Intensidad teórica. $I_{\text{teo}} / \text{mA}$ $I_{\text{teo}} = \frac{I_N R_N}{R_N + R_L}$	Intensidad experimental $I_{\text{exp}} / \text{mA}$
100			
200			
300			
470			
570			
670			
1000			
1100			

Dibuje en la misma gráfica la resistencia real R_L frente a las intensidades teórica y experimental.