



Las Leyes de Kirchhoff (Resolución de Circuitos – T1P)

Se dice que un circuito está resuelto cuando se han determinado el voltaje y la corriente a través de cada elemento. La Ley de Ohm (La cual ya ha sido vista anteriormente) es una ecuación importante para determinar la solución. Sin embargo, dicha ley puede no ser suficiente para proporcionar una solución completa. Como veremos al tratar de resolver el circuito de abajo (Figura 1.1) es necesario utilizar las leyes de Kirchhoff para resolver este circuito, así como la mayoría de circuitos.

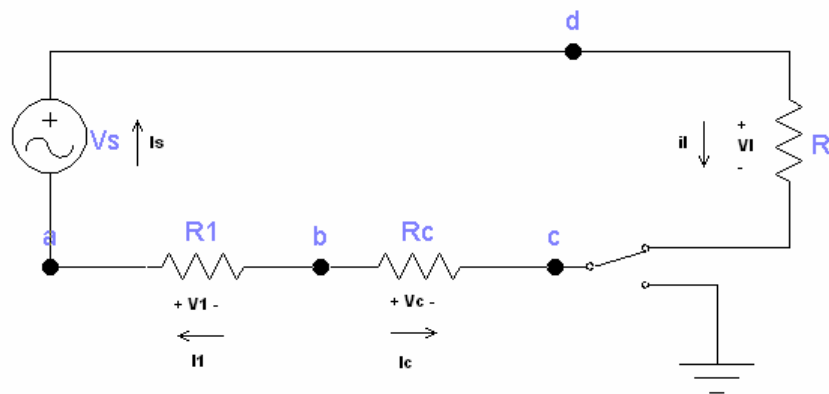


Figura 1.1 (Modelo de circuito de la linterna con variables de voltaje y corrientes asignadas.)

Como se puede observar se han marcado las variables de las corrientes y de los voltajes asociados con cada resistor y la corriente asociada con la fuente de voltaje (El marcado incluye las polaridades de referencia). Los puntos indicadores de terminales son los puntos de principio y fin de un elemento de circuito individual. Un **nodo** es un punto en donde se encuentran dos o más elementos de circuito. Como se verá a continuación, es necesario identificar nodos para usar la ley de la corriente de Kirchhoff. En la figura 1.1 los nodos son a, b, c y d. El nodo d conecta a la batería con el foco y en esencia se extiende por toda la parte superior del diagrama, aunque usamos un solo punto por comodidad. Los puntos en cada lado del interruptor indican sus terminales, pero sólo es necesario uno para representar un nodo, así que sólo se indica uno como nodo c.

Para el circuito que se representa en la figura 1.1 podemos identificar siete incógnitas: I_s , I_1 , I_c , i_l , V_1 , V_c y V_l . Se recuerda que V_s es un voltaje conocido, porque representa la suma de los voltajes entre los terminales de las dos celdas secas, un voltaje constante de 3V. El problema es encontrar las siete variables desconocidas. Por el álgebra, se sabe que para encontrar n cantidades desconocidas debe de resolver n ecuaciones simultáneas independientes. De la ley de Ohm, se sabe que tres de las ecuaciones necesarias son:

- $V_1 = I_1 \times R_1$ (Ecuación 1.2)
- $V_c = I_c \times R_c$ (Ecuación 1.3)
- $V_l = I_l \times R_l$ (Ecuación 1.4)

La interconexión de elementos de circuito impone algunas restricciones en relación entre voltajes y corrientes. Estas restricciones son conocidas como leyes de Kirchhoff, en honor a Gustav Kirchhoff, quien fue el primero en establecerlas en un artículo publicado en 1948. Las 2 leyes que establecen las restricciones en forma matemática son conocidas como la ley de Kirchhoff de la corriente y la ley de Kirchhoff del voltaje.

Ahora podemos enunciar la **ley de Kirchhoff de la corriente**:

La suma algebraica de todas las corrientes en cualquier nodo de un circuito es igual a 0.

Para usar la ley de Kirchhoff de la corriente, debe asignarse a cada corriente en el nodo un signo algebraico según una dirección de referencia. Si se otorga un signo positivo a una corriente que sale del nodo, debe asignarse uno negativo a una corriente que entra al nodo. Por el contrario, si se determina un signo negativo a una corriente que entra al nodo.

Aplicando la ley de Kirchhoff de la corriente a los cuatro nodos en el circuito de la figura 1.1, y usando la conversión de que las corrientes que salen del nodo son consideradas positivas, se obtienen cuatro ecuaciones:

- Nodo A $\rightarrow I_s - I_1 = 0$ (Ecuación 1.5)
- Nodo B $\rightarrow I_1 + I_c = 0$ (Ecuación 1.6)
- Nodo C $\rightarrow -I_c - I_l = 0$ (Ecuación 1.7)
- Nodo D $\rightarrow I_l - I_s = 0$ (Ecuación 1.8)

Observe que las ecuaciones 1.5 – 1.6 – 1.7 – 1.8 no forman un sistema independiente por que cualquiera de las cuatro puede obtenerse de las otras tres. En cualquier circuito con n nodos, pueden derivarse $n - 1$ ecuaciones de corriente independientes de la ley para corriente de Kirchhoff. Si no consideramos la ecuación 1.8 tenemos 6 ecuaciones independientes, es decir, las ecuaciones desde la 1.2 hasta la 1.7. Aún es necesaria una más, que podemos obtener de la ley del voltaje de Kirchhoff.

Antes de enunciar la ley de Kirchhoff del voltaje, debemos definir lo que es una **trayectoria cerrada** o **lazo**. Comenzando en un nodo seleccionado arbitrariamente, trazamos una trayectoria cerrada en un circuito a través de elementos básicos seleccionados del circuito y regresamos al nodo original sin pasar por ningún nodo intermedio más de una vez. El circuito de la figura 1.1 tiene una trayectoria cerrada o lazo. Por ejemplo, tomando al nodo **a** como el punto de partida, y recorriendo el circuito en el sentido de las manecillas del reloj, formamos la trayectoria cerrada pasando por los nodos d, c, b, y regreso al nodo a.

Ahora podemos enunciar la **ley del voltaje de Kirchhoff**:

La suma algebraica de todos los voltajes alrededor de cualquier trayectoria cerrada en un circuito es igual a 0.

Para emplear la ley del voltaje de Kirchhoff, debemos asignar un signo algebraico (una dirección de referencia) a cada voltaje en el lazo. Mientras recorremos la trayectoria cerrada, un voltaje aparecerá ya sea como una elevación o como una caída en la dirección de recorrido. Si se asignan valores positivos a las elevaciones de voltaje, deben de asignarse valores

negativos a las caídas de voltaje. Por el contrario, si se determinan valores negativos a las elevaciones de voltaje, se deberán otorgar valores positivos a las caídas de voltaje.

Ahora aplicamos la ley del voltaje de Kirchhoff al circuito mostrado en la figura 1.1. Elegimos trazar la trayectoria cerrada en el sentido de las manecillas del reloj, asignando un signo algebraico positivo a las caídas de voltaje. Si se empieza en el nodo d, se obtiene la siguiente expresión:

$$V_I - V_c + V_1 - V_s = 0$$

que representa la séptima ecuación independiente necesaria para determinar las siete variables desconocidas del circuito mencionadas antes.

Por lo tanto con estas siete ecuaciones tenemos la formulación necesaria para resolver las dudas sobre las diferentes variables. Este resumen sirve para enunciar las leyes de Kirchhoff las cuales mas adelante y gracias a las técnicas analíticas, podremos resolver circuitos de una manera mas rápida y sencilla.

Por ultimo veremos un pequeño resumen de los pasos que debemos seguir para conseguir un análisis de un circuito.

Primero, observe que si conoce la corriente en una resistencia, también conoce el voltaje a través de ella, debido a que la corriente y el voltaje están directamente relacionados por la ley de Ohm. Así, puede asociar sólo una variable desconocida con cada resistor, ya sea el voltaje o la corriente. Seleccione, digamos, la corriente como variable desconocida. Entonces, una vez que resuelva la corriente desconocida en el resistor, puede encontrar el voltaje a través del resistor. En general si se conoce la corriente en un elemento pasivo, puede encontrar el voltaje a través de él, reduciendo de una manera importante el número de ecuaciones simultáneas a resolver. Por ejemplo, en el circuito de la figura 1.1, eliminamos los voltajes V_c , V_I y V_1 como incógnitas. Así, al final la tarea analítica se reduce a resolver cuatro ecuaciones simultáneas en lugar de siete.

La segunda observación general se relaciona con las consecuencias de conectar sólo dos elementos para formar un nodo. De acuerdo a la ley de Kirchhoff de la corriente, cuando se conectan sólo dos elementos a un nodo, si conoce la corriente en uno de los elementos, también la conocemos en el segundo elemento. En otras palabras, se necesita definir sólo una corriente desconocida para los dos elementos. Cuando únicamente dos elementos se conectan a un solo nodo, se dice que los elementos están en serie. La importancia de esta segunda observación es obvia cuando usted nota que cada nodo en el circuito mostrado en la figura 1.1 involucra sólo dos elementos. Por lo que nada más que se necesita definir una corriente desconocida. La razón es que las ecuaciones 1.5 – 1.6 y 1.7 conducen directamente a

$$I_s = I_1 = - I_c = I_l$$

lo que establece que si se conoce la corriente de algunos de los elementos, las conoce todas. Por ejemplo, si decidimos usar I_s como la incógnita se eliminan I_1 , I_c y I_l . El problema se reduce en determinar una incógnita, es decir I_s .

El ejemplo de abajo ilustra cómo escribir ecuaciones de circuitos con base a las leyes de Kirchhoff.

Ejemplo

Sume los voltajes alrededor de cada trayectoria designada en el circuito que se indica en la figura 1.2.

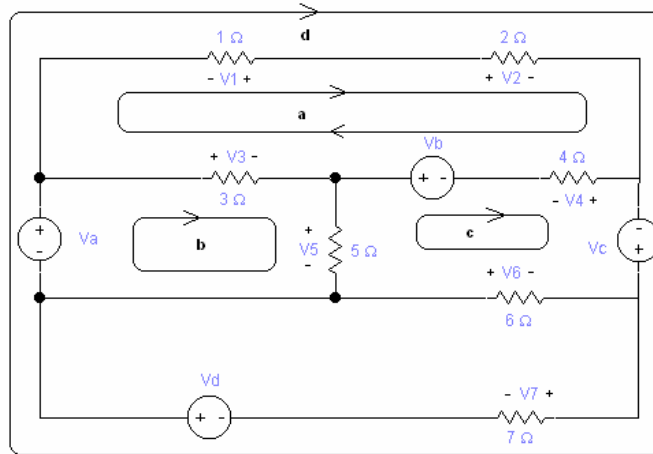


Figura 1.2 (El nodo d va por todo el circuito)

Solución:

Al escribir las ecuaciones empleamos un signo positivo para las caídas de voltaje. Las cuatro ecuaciones son:

- Trayectoria a → $-V1 + V2 + V4 - Vb - V3 = 0$
- Trayectoria b → $-Va + V3 + V5 = 0$
- Trayectoria c → $Vb - V4 - Vc - V6 - V5 = 0$
- Trayectoria d → $-Va - V1 + V2 - Vc + V7 - Vd = 0$

En esta dirección encontrarán una visión de la técnica de medición:

<http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/instrumentos-medida.htm>

En esta dirección encontrarán un listado de los medidores:

<http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/medidores.htm>

En esta dirección encontrarán un listado de las balanzas:

<http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/balanzas-vision-general.htm>

ATENCIÓN: “Este equipo no dispone de protección ATEX, por lo que no debe ser usado en atmósferas potencialmente explosivas (polvo, gases inflamables).”

Puede entregarnos el aparato para que nosotros nos deshagamos del mismo correctamente. Podremos reutilizarlo o entregarlo a una empresa de reciclaje cumpliendo así con la normativa vigente.

R.A.E.E. – Nº 001932

