

## 1 Resistencia equivalente

En un circuito formado por varias resistencias se llama **resistencia equivalente a aquella que, sustituyendo a las anteriores, absorbe la misma intensidad**

La determinación de la resistencia equivalente permite simplificar el cálculo de circuitos al sustituir ramas y mallas complejas por una sola resistencia equivalente. Una vez calculada la tensión y la intensidad en la resistencia equivalente se pueden determinar fácilmente en las resistencias del circuito original.

## 2 Asociación de resistencias. Conexiones serie, paralelo y mixta

Llamamos **conexión a la forma de unir los bornes de los aparatos eléctricos**. Existen distintos tipos de conexiones, las principales son la serie y la paralelo; la conexión mixta es la unión de ambas. Veamos en que consiste cada una de ellas.

### 2.1. Conexión serie

Un grupo de resistencias está conectado en serie cuando ofrece un camino único al paso de la corriente. En este tipo de conexión, el extremo de entrada de una resistencia está conectado con el extremo de salida de la anterior y así sucesivamente.



**La intensidad es la misma en todas las resistencias de la conexión serie.** Y **la tensión total** en los extremos de la rama **será la suma de las caídas de tensión en cada una de las resistencias** que la componen.

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$$

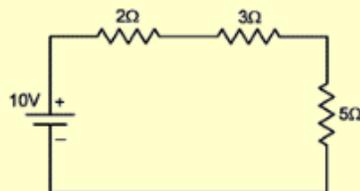
$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$$

**La resistencia equivalente de un circuito serie es una resistencia** de valor **igual a la suma de las resistencias** que componen la rama serie.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

### Ejemplo

Calcular la intensidad y la tensión en cada resistencia del circuito.



La resistencia total es la suma de las tres resistencias:

$$R_T = 2 + 3 + 5 = 10\Omega$$

La intensidad que atraviesa el circuito, según Ohm:

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{10V}{10\Omega} = 1A$$

Conocida la intensidad en cada resistencia (es la misma en todo el circuito) podemos calcular la caída de tensión en las mismas:

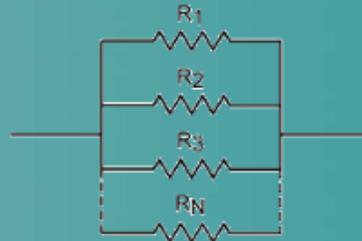
$$V_{R1} = I \cdot R_1 = 1A \cdot 2\Omega = 2V$$

$$V_{R2} = I \cdot R_2 = 1A \cdot 3\Omega = 3V$$

$$V_{R3} = I \cdot R_3 = 1A \cdot 5\Omega = 5V$$

## 2.2. Conexión paralelo

Un grupo de resistencias está conectado en paralelo cuando los extremos de entrada de las resistencias están conectados entre sí y los de salida también están conectados entre sí.



**La intensidad total que entra en las resistencias en paralelo es igual a la suma de las intensidades que circulan por cada una de las resistencias. La tensión en bornes de las resistencias es igual a la tensión a la que está sometido el acoplamiento paralelo.**

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

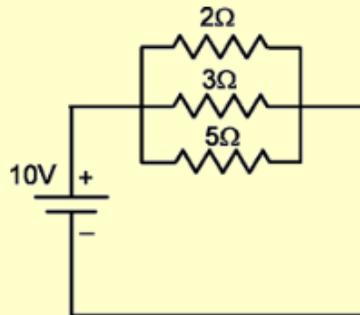
$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

**La inversa de la resistencia equivalente es igual a la suma de las inversas de cada una de las resistencias**

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

### Ejemplo

Calcular la intensidad en cada resistencia y la resistencia equivalente del circuito.



La caída de tensión en cada resistencia es igual a la tensión aplicada al acoplamiento:

$$V = V_{R1} = V_{R2} = V_{R3} = 10V$$

Las intensidades que atraviesan cada resistencia, según Ohm:

$$\begin{aligned} I_{R1} &= \frac{V}{R_1} = \frac{10V}{2\Omega} = 5A \\ I_{R2} &= \frac{V}{R_2} = \frac{10V}{3\Omega} = 3,33A \\ I_{R3} &= \frac{V}{R_3} = \frac{10V}{5\Omega} = 2A \end{aligned}$$

Y la resistencia equivalente del acoplamiento paralelo es:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{5} = \frac{31}{30\Omega}$$

De donde,

$$R_T = \frac{30}{31} = 0,97\Omega$$

Cuando se trata de calcular la resistencia equivalente de dos resistencias en paralelo el resultado de despejar en la ecuación anterior es el siguiente:

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

### 2.3. Conexión mixta

Circuitos mixtos son aquellos en los que existen conexiones serie y paralelo en el mismo circuito. Para determinar la resistencia equivalente primero se simplifican las resistencias serie y paralelo parciales, hasta que se llegue a un circuito simple del que se determina su resistencia equivalente.



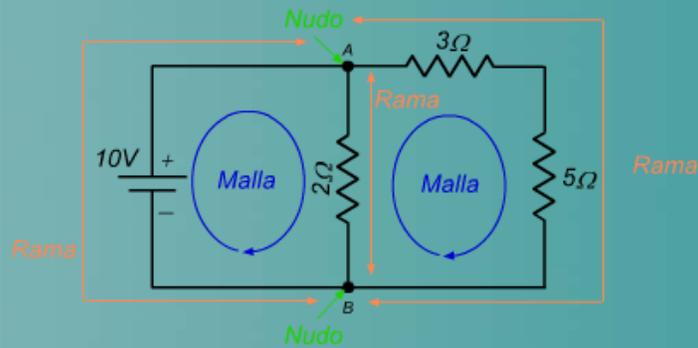
### 3 Leyes de Kirchhoff

Las leyes de Kirchhoff son una herramienta muy útil para facilitar el cálculo de circuitos. Antes de exponerlas es conveniente definir algunos términos:

**Nudo:** es un punto del circuito en el que concurren tres o más conductores. En un nudo se produce una derivación del circuito en la que se reparten las corrientes. También se les llama nodo.

**Rama:** es el conjunto de elementos comprendidos entre dos nudos consecutivos.

**Malla:** es un camino cerrado que puede ser recorrido sin pasar dos veces por el mismo punto y no puede ser subdividido en otros. Siempre está formada como mínimo por dos ramas.



Fíjate:



En el circuito de la figura hay dos nudos (A y B), tres ramas (las que salen de A y acaban en B) y dos mallas (que se pueden determinar partiendo de uno de los nudos, p.e. el A, y recorriéndolos en un sentido para una malla y en el contrario para la otra malla).

### 3.1. Primera ley de Kirchoff o de las corrientes

**En un nudo la suma de todas las intensidades que entran es igual a la suma de todas las intensidades que salen.**

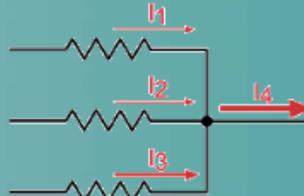
O, lo que es lo mismo, la suma algebraica de las intensidades que entran y salen de un nudo es cero.

$$\sum I_{\text{entrantes}} = \sum I_{\text{salientes}}$$

Según esta ley, las cargas eléctricas que llegan a un nudo tienen necesariamente que salir del mismo, por lo tanto la suma de las intensidades que entran tiene que ser igual que la de las que salen.

$$\sum I = 0$$

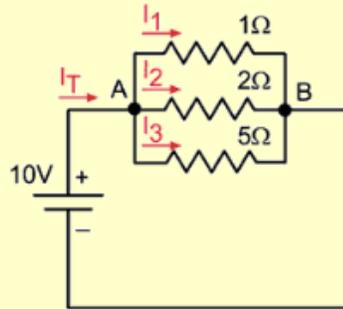
Tomando como convenio que las corrientes entrantes son positivas y las salientes negativas, se cumple siempre que la suma de las intensidades entrantes es igual a la suma de las salientes, con lo que la suma algebraica de ambas es cero.



En el esquema eléctrico del circuito representaremos el sentido de las corrientes mediante flechas orientadas según el convenio elegido.

#### Ejemplo

Calcular la intensidad que entrega la fuente de tensión al circuito.



Sabemos que las intensidades que atraviesan cada resistencia, valen:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{10V}{1\Omega} = 10A$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{10V}{2\Omega} = 5A$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{10V}{5\Omega} = 2A$$

Aplicando la 1ª ley de Kirchoff al nudo A:

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 10 + 5 + 2 = 17A$$

### 3.2. Segunda ley de Kirchoff o de las tensiones

*En toda malla o circuito cerrado, la suma de todas las fem proporcionadas por los generadores es igual a la suma de las caídas de tensión producidas en las resistencias del circuito.*

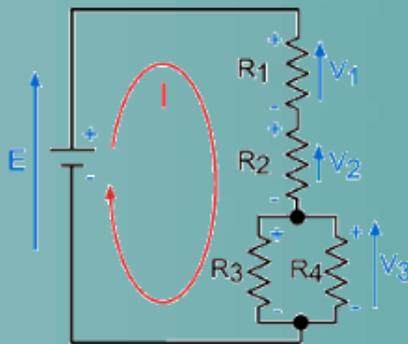
$$\sum E = \sum R \cdot I$$

O también, la suma algebraica de tensiones a lo largo de un camino cerrado es cero.

$$\sum E - \sum I \cdot R = 0$$

Estableceremos el siguiente convenio para las tensiones que intervienen en el circuito:

- La fem de un generador irá siempre del polo negativo al positivo, independientemente de la dirección de la corriente.
- El sentido de la caída de tensión en una resistencia depende del de la corriente, será positivo en el terminal de la resistencia por el que entra y negativo en el de salida.



Representaremos el sentido de las corrientes mediante flechas y el de las tensiones mediante los signos + y - según sea mayor o menor el potencial de los extremos de los elementos: en las resistencias será + en el terminal por el que entra la corriente y - por el terminal de salida y en las fuentes + en el borne positivo y - en el negativo. También podremos indicar el sentido de las tensiones mediante flechas orientadas hacia el punto de mayor potencial en cada elemento.

Fíjate:

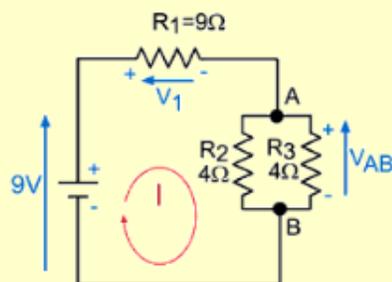


*En el circuito de la figura hemos representado la tensión E de la fuente como una flecha orientada desde el polo - hacia el polo+ y las caídas de tensión en las resistencias como flechas de sentido opuesto a la corriente que atraviesa cada resistencia. Observa los signos y los sentidos de las flechas.*

En resumen, *al analizar un circuito asignaremos un sentido de circulación de la corriente en cada rama del circuito, después vamos dando sentido a las tensiones en cada elemento: en las fuentes del borne - al borne + y en cada resistencia el opuesto al de la corriente de rama que la atraviesa.*

#### Ejemplo

Calcular la tensión entre los nudos A y B.



Asignamos un sentido a cada una de las corrientes de rama y determinamos el sentido de las caídas de tensión en cada resistencia. Representamos el sentido que vamos a considerar positivo (en este caso el de las agujas del reloj).

Aplicamos la 2ª ley de Kirchoff a la malla:

$$+9V - V_{R1} - V_{AB} = 0V$$

La resistencia equivalente y la intensidad del circuito:

$$R_T = 3\Omega ; I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{9V}{3\Omega} = 3A$$

La caída de tensión en la resistencia  $R_1$ :

$$V_{R1} = I_T \cdot R_1 = 3A \cdot 1\Omega = 3V$$

De donde,

$$V_{AB} = 9V - V_{R1} = 9 - 3 = 6V$$

#### 4 Análisis de circuitos eléctricos por el método de las mallas



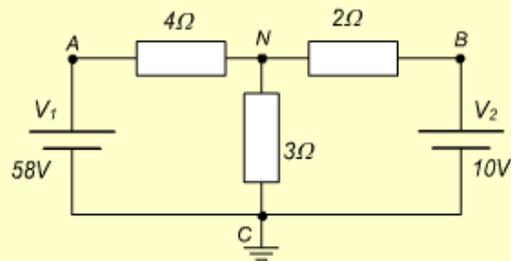
Existen diversos métodos para analizar circuitos; uno de los más sencillos, aunque laborioso, es el método de las mallas que consiste en estudiar cada una de las mallas que componen el circuito considerando la influencia de otras mallas en las ramas comunes a dos o más mallas.

Antes de entrar en el proceso de cálculo debemos distinguir entre las **corrientes de rama**, que son las corrientes que atraviesan cada una de las ramas, y las **corrientes de malla**, que son las corrientes que recorren cada malla; su valor coincide con el de la corriente de rama en las ramas no comunes a otras mallas y, en las ramas comunes a otras mallas, su suma vectorial con el resto de las corrientes de malla comunes da la corriente de la rama estudiada.

*Pasos a seguir:*

- 1) Se dibuja el esquema con todos sus elementos
- 2) Identificadas las mallas, se asigna un sentido a las corrientes de malla. Habitualmente se les atribuye el sentido de giro de las agujas del reloj.
- 3) Se aplica la ley de las tensiones de Kirchoff a cada malla, desarrollándose un sistema de ecuaciones de las mallas. Se tendrá en cuenta que las caídas de tensión en ramas comunes a varias mallas serán debidas a la suma algebraica de todas las corrientes de malla que atraviesen la resistencia estudiada.
- 4) Se resuelve el sistema de ecuaciones de las mallas
- 5) Calculadas las intensidades de malla se despejan las intensidades de rama: en las no comunes a varias ramas, la intensidad de rama es la de la malla; en las comunes a varias mallas es la suma algebraica de sus intensidades.

#### Ejemplo



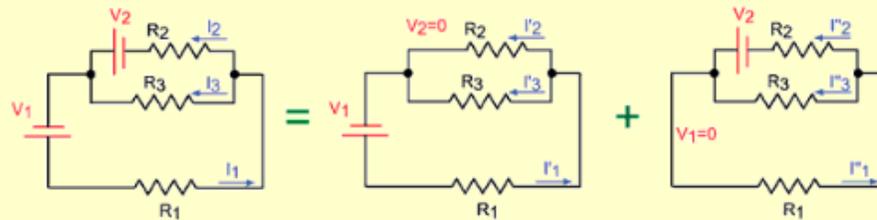
## 5 Teorema de superposición



El teorema de superposición permite simplificar el cálculo de circuitos con varias fuentes, analizándolos individualmente y sumando algebraicamente el efecto que produce cada una de las fuentes.

*En un circuito con más de un generador la tensión o la intensidad en cualquier elemento la suma algebraica de los efectos producidos por cada generador individualmente cuando el resto de generadores se reemplazan por su resistencia interna.*

### Ejemplo



Las corrientes de rama del siguiente circuito se pueden determinar analizando las corriente de rama de cada uno de los circuitos constituidos por una sola fuente y sumando algebraicamente las corrientes obtenidas. Es decir:

$$I_1 = I'_1 + I''_1$$

$$I_2 = I'_2 + I''_2$$

$$I_3 = I'_3 + I''_3$$

## 6 Teorema de Thevening

Permite convertir un circuito complejo en un circuito sencillo equivalente formado por una fuente en serie con una resistencia.

**Un circuito lineal** (formado por elementos lineales en los que la relación entre tensión e intensidad es una línea recta, es decir, por resistencias, bobinas y condensadores y por fuentes de tensión lineales) **cualquiera formado por varias fuentes y resistencias se comporta, desde el punto de vista de una resistencia o carga externa conectada entre dos puntos del circuito, como una fuente de tensión en serie con una resistencia equivalente.**

### Pasos a seguir:

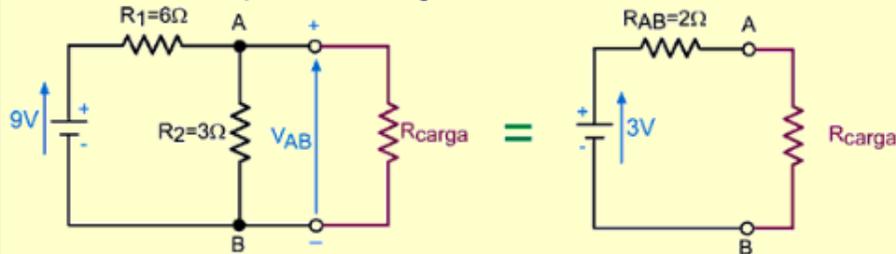
Se desconecta la resistencia externa y se calcula la tensión existente entre los puntos A y B ( $V_{AB}$ ), esta será la fem de la fuente en el circuito equivalente.

Se cortocircuitan todas las fuentes de tensión y se calcula la resistencia equivalente entre los puntos A y B ( $R_{AB}$ ).

El nuevo circuito estará formado por una fuente de tensión  $V_{AB}$  en serie con una resistencia  $R_{AB}$  conectadas entre los puntos A y B a la carga.

### Ejemplo

Determinar el circuito equivalente Thevening:



Se desconecta la resistencia de carga y se calcula la tensión existente entre los puntos A y B:

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2} = \frac{9V}{6\Omega + 3\Omega} = 1A$$

$$V_{AB} = I \cdot R_2 = 1A \cdot 3\Omega = 3V$$

Dicha tensión es la fem de la fuente del circuito equivalente Thevening. A continuación se elimina la fuente de tensión y se calcula la resistencia equivalente del circuito resultante entre los puntos A y B.

$$R_{AB} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \cdot 3}{6 + 3} = 2\Omega$$

El circuito equivalente Thevening es el que resulta de conectar en serie la tensión  $V_{AB}$  y la resistencia  $R_{AB}$  resultantes.

## Resumen

- *Resistencia equivalente es aquella que, sustituyendo a varias resistencias, absorbe la misma intensidad.*
- *Conexión es la forma de unir los bornes de los aparatos eléctricos.*
- *En una conexión serie la intensidad es la misma en todas las resistencias, la tensión total es la suma de las caídas de tensión en cada una de las resistencias y la resistencia equivalente es una resistencia de valor igual a la suma de las resistencias*
- *En una conexión paralelo la intensidad total del acoplamiento es igual a la suma de las intensidades que atraviesan cada una de las resistencias, la tensión en bornes de las resistencias es igual a la tensión a la que está sometido el acoplamiento paralelo y la inversa de la resistencia equivalente es igual a la suma de las inversas de cada una de las resistencias.*
- *1ª Ley de Kirchhoff: "En un nudo la suma de todas las intensidades que entran es igual a la suma de todas las intensidades que salen".*
- *2ª Ley de Kirchhoff: "En toda malla o circuito cerrado, la suma de todas las fem proporcionadas por los generadores es igual a la suma de las caídas de tensión producidas en las resistencias del circuito".*
- *Al analizar un circuito asignaremos un sentido de circulación de la corriente en cada rama del circuito, después vamos dando sentido a las tensiones en cada elemento: en las fuentes del borne - al borne + y en cada resistencia el opuesto al de la corriente de rama que la atraviesa.*
- *Teorema de Superposición: "En un circuito con más de un generador la tensión o la intensidad en cualquier elemento la suma algebraica de los efectos producidos por cada generador individualmente".*
- *Teorema de Thevening: "Un circuito lineal cualquiera formado por varias fuentes y resistencias se comporta, desde el punto de vista de una resistencia o carga externa conectada entre dos puntos del circuito, como una fuente de tensión en serie con una resistencia equivalente".*