

Circuitos con Resistores: Análisis, Simulación y Medición

Dispositivos Electrónicos

Ing. Luis A. Guanuco



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Córdoba

25 de marzo de 2024

Tabla de contenidos

- 1 Resistores
 - Tipos de resistores
 - Resistores Variables
- 2 Circuitos con Resistores
 - Resistores en Serie
 - Resistores en Paralelo
- 3 Análisis de Circuitos Combinados
- 4 Simulación
- 5 Mediciones en Laboratorio

Sección 1

Resistores

Resistencia Eléctrica

Definición

La resistencia eléctrica de un elemento es la capacidad de oponerse a la circulación de electrones a través de éste.

La resistividad de un elemento se define como:

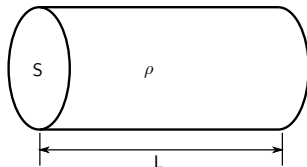
$$R = \rho \times \frac{L}{S} \quad [\Omega] \quad (1)$$

Donde,

ρ Coeficiente de resistividad
 $\left[\frac{\Omega mm^2}{m}\right]$

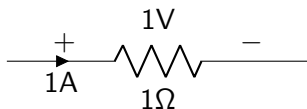
L Longitud del conductor $[m]$

S Sección [mm^2]



Resistencia Eléctrica

- La resistencia se expresa en ohms, simbolizada mediante la letra griega omega (Ω).
- Existe un ohm (1Ω) de resistencia si hay un Ampere (1 A) de corriente en un material cuando se aplica un volt (1 V) al material.
- El símbolo esquemático de resistencia se muestra en la siguiente figura:



Resistores

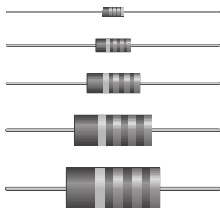
Un componente diseñado específicamente para que tenga cierta cantidad de resistencia se llama resistor. *La aplicación principal de los resistores es limitar la corriente en un circuito, dividir el voltaje, y, en ciertos casos, generar calor.* Aun cuando los resistores vienen en muchas formas y tamaños, todos pueden ser colocados en dos categorías principales¹:

- Fijos
- Variables

¹*Principios de Circuitos Eléctricos*, Thomas L. Floyd, 8va. Edición.

Resistores fijos

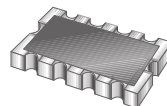
Los resistores fijos están disponibles con una gran selección de valores de resistencia establecidos durante su fabricación y que no son fáciles de cambiar. Se construyen utilizando diversos métodos y materiales.



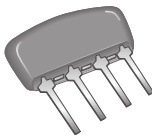
(a) Resistores de composición de carbón con diversas clasificaciones de potencia



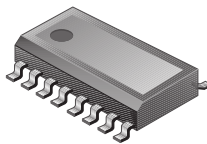
(b) "chip" resistor con película metálica



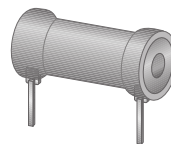
(c) Matriz de "chip" resistor



(d) Resistor en red (sim)



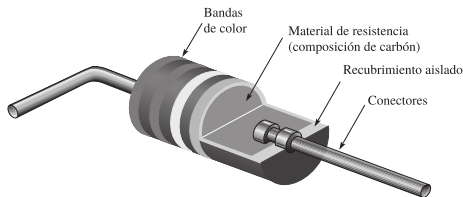
(e) Resistor en red (montaje superficial)



(f) Conectores radiales para inserción en tarjetas de PC

Resistores Fijos: Resistor axial de carbón

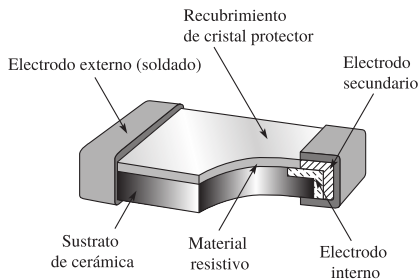
Un tipo común de resistor fijo es el de composición de carbón, el cual está hecho con una mezcla de carbón finamente pulverizado, un relleno aislante, y un aglutinante de resina. La proporción de carbón a relleno aislante establece el valor de resistencia. La mezcla se hace en forma de varillas, y se realizan las conexiones conductoras. Luego se encapsula todo el resistor en un recubrimiento aislado para protección.



(a) Vista de corte de un resistor de composición de carbón

Resistores Fijos: Resistor SMD

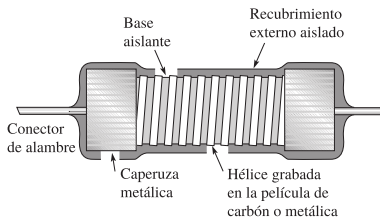
El resistor SMD (*Surface-Mounted Device*) es otro tipo de resistor fijo y se encuentra en la categoría de componentes de tecnología de montaje superficial (*Surface-Mounted Technology*). Tiene la ventaja de un tamaño muy pequeño para ensambles compactos



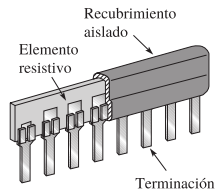
(b) Vista de corte de un "chip" resistor en miniatura

Resistores Fijos: Otros tipos

Otros tipos de resistores fijos incluyen película de carbón, película metálica, y devanado de alambre. En los resistores de película, se deposita uniformemente una película resistiva (película de carbón) o de cromo níquel (película metálica). En estos tipos de resistor, el valor de resistencia deseado se obtiene al retirar una parte del material resistivo siguiendo un patrón helicoidal a lo largo de la varilla mediante una técnica de formación en espiral, como indica la figura (a). Se puede lograr una tolerancia muy estrecha con este método. Los resistores de película también están disponibles en forma de redes de resistores, figura (b).



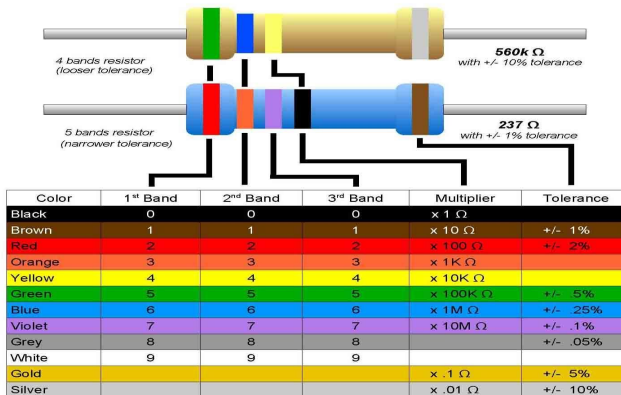
(a) Resistor de película que muestra la técnica



(b) Resistor en red

Resistores fijos: Código de Colores

Los resistores fijos con tolerancias de valor del 5 o el 10 % se codifican mediante cuatro bandas de color para indicar el valor de resistencia y la tolerancia:

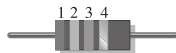


Resistores fijos: Valores Comerciales

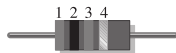
0,1%	1%	2%	10%	0,1%	1%	2%	10%	0,1%	1%	2%	10%	0,1%	1%	2%	10%	0,1%	1%	2%	10%	0,1%	1%	2%	10%
0,5%	5%	10%	5%	0,5%	5%	10%	5%	0,5%	5%	10%	5%	0,5%	5%	10%	5%	0,5%	5%	10%	5%	0,5%	5%	10%	5%
10.0	10.0	10	10	14.7	14.7	—	—	21.5	21.5	—	—	31.6	31.6	—	—	46.4	46.4	—	—	68.1	68.1	68	68
10.1	—	—	—	14.9	—	—	—	21.8	—	—	—	32.0	—	—	—	47.0	—	47	47	69.0	—	—	—
10.2	10.2	—	—	15.0	15.0	15	15	22.1	22.1	22	22	32.4	32.4	—	—	47.5	47.5	—	—	69.8	69.8	—	—
10.4	—	—	—	15.2	—	—	—	22.3	—	—	—	32.8	—	—	—	48.1	—	—	—	70.6	—	—	—
10.5	10.5	—	—	15.4	15.4	—	—	22.6	22.6	—	—	33.2	33.2	33	33	48.7	48.7	—	—	71.5	71.5	—	—
10.6	—	—	—	15.6	—	—	—	22.9	—	—	—	33.6	—	—	—	49.3	—	—	—	72.3	—	—	—
10.7	10.7	—	—	15.8	15.8	—	—	23.2	23.2	—	—	34.0	34.0	—	—	49.9	49.9	—	—	73.2	73.2	—	—
10.9	—	—	—	16.0	—	16	—	23.4	—	—	—	34.4	—	—	—	50.5	—	—	—	74.1	—	—	—
11.0	11.0	11	—	16.2	16.2	—	—	23.7	23.7	—	—	34.8	34.8	—	—	51.1	51.1	51	—	75.0	75.0	75	—
11.1	—	—	—	16.4	—	—	—	24.0	—	24	—	35.2	—	—	—	51.7	—	—	—	75.9	—	—	—
11.3	11.3	—	—	16.5	16.5	—	—	24.3	24.3	—	—	35.7	35.7	—	—	52.3	52.3	—	—	76.8	76.8	—	—
11.4	—	—	—	16.7	—	—	—	24.6	—	—	—	36.1	—	36	—	53.0	—	—	—	77.7	—	—	—
11.5	11.5	—	—	16.9	16.9	—	—	24.9	24.9	—	—	36.5	36.5	—	—	53.6	53.6	—	—	78.7	78.7	—	—
11.7	—	—	—	17.2	—	—	—	25.2	—	—	—	37.0	—	—	—	54.2	—	—	—	79.6	—	—	—
11.8	11.8	—	—	17.4	17.4	—	—	25.5	25.5	—	—	37.4	37.4	—	—	54.9	54.9	—	—	80.6	80.6	—	—
12.0	—	12	12	17.6	—	—	—	25.8	—	—	—	37.9	—	—	—	56.2	—	—	—	81.6	—	—	—
12.1	12.1	—	—	17.8	17.8	—	—	26.1	26.1	—	—	38.3	38.3	—	—	56.6	56.6	56	56	82.5	82.5	82	82
12.3	—	—	—	18.0	—	18	18	26.4	—	—	—	38.8	—	—	—	56.9	—	—	—	83.5	—	—	—
12.4	12.4	—	—	18.2	18.2	—	—	26.7	26.7	—	—	39.2	39.2	39	39	57.6	57.6	—	—	84.5	84.5	—	—
12.6	—	—	—	18.4	—	—	—	27.1	—	27	27	39.7	—	—	—	58.3	—	—	—	85.6	—	—	—
12.7	12.7	—	—	18.7	18.7	—	—	27.4	27.4	—	—	40.2	40.2	—	—	59.0	59.0	—	—	86.6	86.6	—	—
12.9	—	—	—	18.9	—	—	—	27.7	—	—	—	40.7	—	—	—	59.7	—	—	—	87.6	—	—	—
13.0	13.0	13	—	19.1	19.1	—	—	28.0	28.0	—	—	41.2	41.2	—	—	60.4	60.4	—	—	88.7	88.7	—	—
13.2	—	—	—	19.3	—	—	—	28.4	—	—	—	41.7	—	—	—	61.2	—	—	—	89.8	—	—	—
13.3	13.3	—	—	19.6	19.6	—	—	28.7	28.7	—	—	42.2	42.2	—	—	61.9	61.9	62	—	90.9	90.9	91	—
13.5	—	—	—	19.8	—	—	—	29.1	—	—	—	42.7	—	—	—	62.6	—	—	—	92.0	—	—	—
13.7	13.7	—	—	20.0	20.0	20	—	29.4	29.4	—	—	43.2	43.2	43	—	63.4	63.4	—	—	93.1	93.1	—	—
13.8	—	—	—	20.3	—	—	—	29.8	—	—	—	43.7	—	—	—	64.2	—	—	—	94.2	—	—	—
14.0	14.0	—	—	20.5	20.5	—	—	30.1	30.1	30	—	44.2	44.2	—	—	64.9	64.9	—	—	95.3	95.3	—	—
14.2	—	—	—	20.8	—	—	—	30.5	—	—	—	44.8	—	—	—	65.7	—	—	—	96.5	—	—	—
14.3	14.3	—	—	21.0	21.0	—	—	30.9	30.9	—	—	45.3	45.3	—	—	66.5	66.5	—	—	97.6	97.6	—	—
14.5	—	—	—	21.3	—	—	—	31.2	—	—	—	45.9	—	—	—	67.3	—	—	—	98.8	—	—	—

Ejercitación

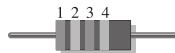
Encuentre el valor de resistencia en ohms y la tolerancia en porcentaje para cada uno de los resistores codificados con bandas de colores mostrados en la figura:



(a) 1 rojo 3 naranja
2 violeta 4 plata



(b) 1 café 3 café
2 negro 4 plata



(c) 1 verde 3 verde
2 azul 4 oro

Resistores SMD

No todos los tipos de resistores se codifican con bandas de color. Muchos, incluidos los de montaje superficial, utilizan marcado tipográfico para indicar su valor de resistencia y su tolerancia. Estos códigos de rotulado se componen de puros números (numéricos) o de una combinación de números y letras (alfanuméricos).



Resistores fijos: conclusión



Carbón depositado



Recubrimiento de carbón



Recubrimiento de metal



Recubrimiento de óxido de metal



SMD



De alambre/espiras

Resistores

Los resistores variables están diseñados de modo que sus valores de resistencia sean fáciles de cambiar mediante un ajuste manual o automático. Dos usos básicos de los resistores variables son dividir el voltaje y controlar la corriente. El resistor variable utilizado para dividir voltaje se llama *potenciómetro*. El resistor variable empleado para controlar corriente se denomina *reóstato*. El potenciómetro es un dispositivo de tres terminales, como se indica en la parte (a). Las terminales 1 y 2 tienen resistencia fija entre ellas, que es la resistencia total. La terminal 3 está conectada a un contacto móvil (rozador).



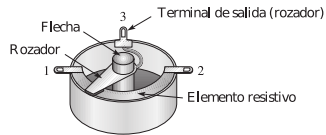
(a) Potenciómetro



(b) Reóstato



(c) Potenciómetro conectado como reóstato



(d) Construcción básica (simplificada)

Resistores: Tipos

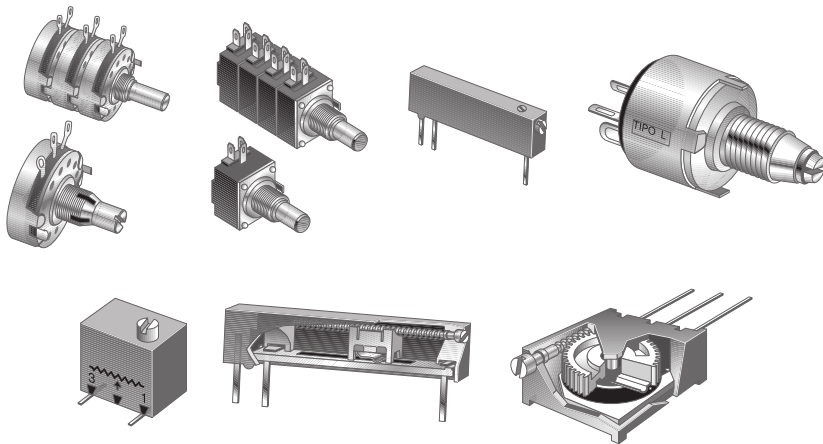


Tabla de contenidos

- 1 Resistores
 - Tipos de resistores
 - Resistores Variables
- 2 Circuitos con Resistores
 - Resistores en Serie
 - Resistores en Paralelo
- 3 Análisis de Circuitos Combinados
- 4 Simulación
- 5 Mediciones en Laboratorio

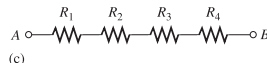
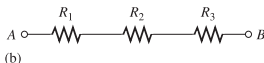
Sección 2

Circuitos con Resistores

Resistores en Serie

Definición

Un circuito en serie proporciona sólo una trayectoria para el paso de la corriente entre dos puntos, de modo que la corriente es la misma a través de cada resistor en serie.

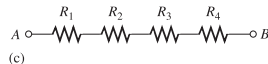
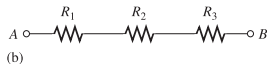


Un circuito en serie no siempre es tan fácil de identificar visualmente como los circuitos anteriores. **¿Qué debemos tener en cuenta para identificar?**

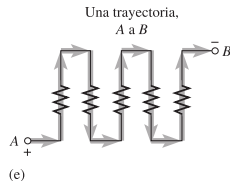
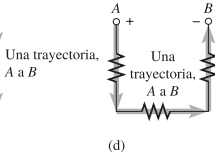
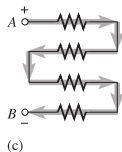
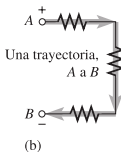
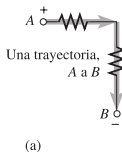
Resistores en Serie

Definición

Un circuito en serie proporciona sólo una trayectoria para el paso de la corriente entre dos puntos, de modo que la corriente es la misma a través de cada resistor en serie.



Un circuito en serie no siempre es tan fácil de identificar visualmente como los circuitos anteriores. **¿Qué debemos tener en cuenta para identificar?**



Resistores en Serie

Los circuitos resistivos pueden ser de dos formas básicas: en *serie* y en *paralelo*. La forma en que se conectan los resistores en un circuito, además de su valor de resistencia, determinan su comportamiento.

En estas clases se verán los dos tipos de configuraciones y una mezcla entre estas dos. Se plantean las ecuaciones para obtener el cálculo de los valores de resistencia total del circuito.

Cálculo resistencia total

Para cualquier número de resistores individuales conectados en serie, la resistencia total es la suma de cada uno de los valores individuales.

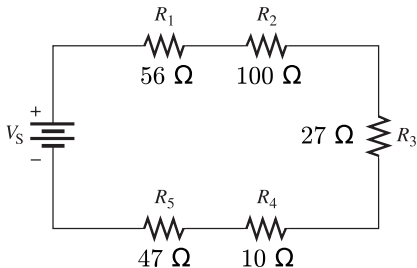
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$$

donde R_T es la resistencia total y R_n es el último resistor colocado en la serie (n puede ser cualquier entero positivo igual al número de resistores en serie). Por ejemplo, si hay cuatro resistores en serie ($n = 4$), la fórmula para calcular la resistencia total es

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

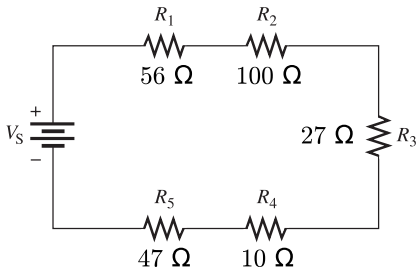
Resistencia total: Ejemplo

Considerando el siguiente circuito, calculemos el valor de la resistencia total R_T



Resistencia total: Ejemplo

Considerando el siguiente circuito, calculemos el valor de la resistencia total R_T



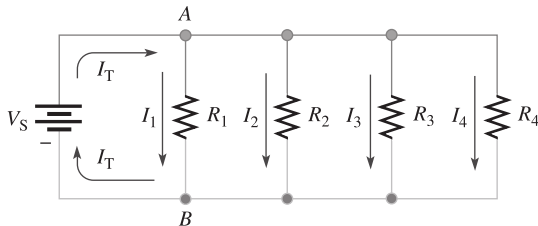
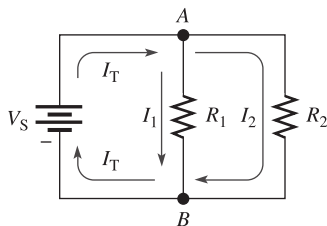
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

$$R_T = 56\ \Omega + 100\ \Omega + 27\ \Omega + 47\ \Omega + 10\ \Omega$$

$$R_T = 240\ \Omega$$

Resistores en Paralelo

Cada trayectoria para la corriente se denomina *rama*, y un circuito en *paralelo* es uno que tiene más de una rama. La corriente que sale de la fuente (I_T) se divide cuando llega al punto *A*. Sí se conectan más resistores en paralelo con los dos primeros, se crean más trayectorias para la corriente entre el punto *A* y el punto *B* como se puede ver en la figura.



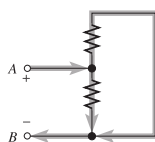
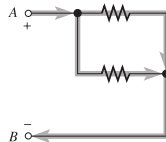
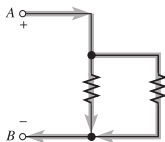
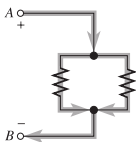
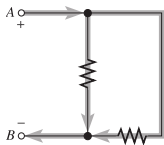
Todos los puntos ubicados a lo largo de la parte superior son, **eléctricamente**, el mismo punto *A*, y lo mismo con la parte inferior.

Resistores en Paralelo

Definición

Si existen más de una trayectoria (rama) para la corriente entre dos puntos distintos, y si el voltaje entre dichos puntos también aparece a través de cada una de las ramas, entonces existe un circuito en paralelo entre esos dos puntos.

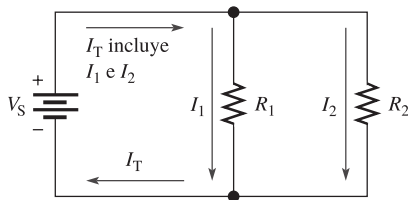
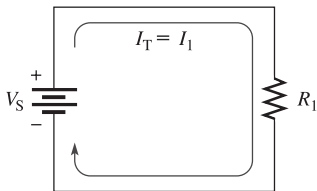
La siguiente figura muestra resistores en paralelo trazados de diferentes formas entre dos puntos distintos designados con A y B .



Cálculo resistencia total

En un circuito de resistores en paralelo, la corriente dispone de *más de una* trayectoria. El número de trayectorias para la corriente es igual al número de ramas en paralelo.

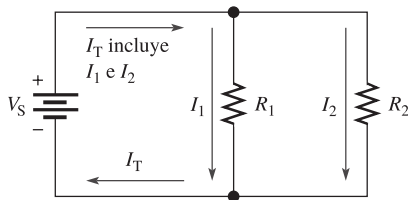
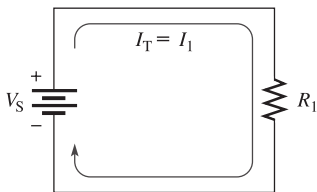
Sí se agrega al circuito de la izquierda un resistor en paralelo R_2 y tenemos el circuito de la derecha. **¿qué sucede con las trayectorias para la corriente?**



Cálculo resistencia total

En un circuito de resistores en paralelo, la corriente dispone de *más de una* trayectoria. El número de trayectorias para la corriente es igual al número de ramas en paralelo.

Sí se agrega al circuito de la izquierda un resistor en paralelo R_2 y tenemos el circuito de la derecha. **¿qué sucede con las trayectorias para la corriente?**



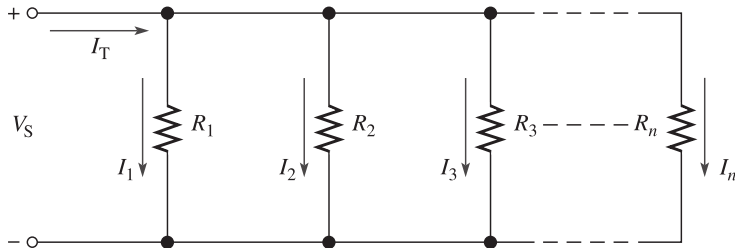
Cuando se conectan resistores en paralelo, la resistencia total del circuito se reduce. La resistencia total de un circuito dispuesto en paralelo siempre es menor que el valor del resistor más pequeño.

Cálculo resistencia total

Para cualquier número de resistores individuales conectados en paralelo, la resistencia total se calcula como sigue:

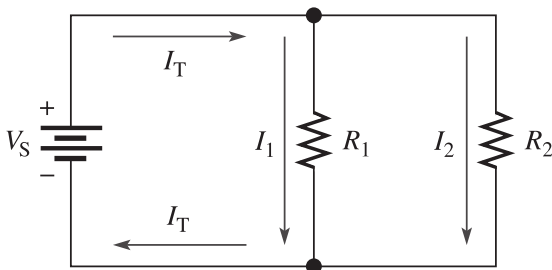
$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}}$$

donde R_T es la resistencia total y R_n es el último resistor.



Cálculo de dos resistores en paralelo

Este es un caso muy común en los circuitos paralelos. Además cualquier número de resistores en paralelo puede ser *descompuesto en pares* como una forma alterna de encontrar R_T .



$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

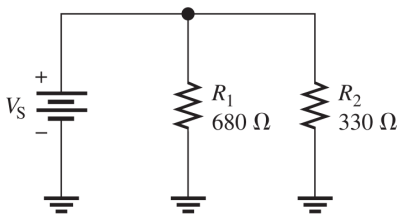
$$R_T = \frac{1}{\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}}$$

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

La resistencia total de dos resistores en paralelo es igual al producto de los dos resistores dividido entre la suma de los dos resistores.

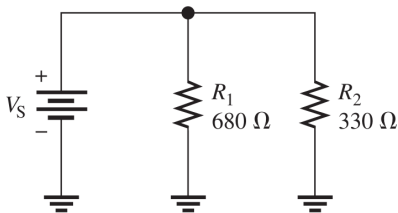
Resistencia total: Ejemplo

Considerando el siguiente circuito, calculemos el valor de la resistencia total R_T



Resistencia total: Ejemplo

Considerando el siguiente circuito, calculemos el valor de la resistencia total R_T



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

$$R_T = \frac{(680\Omega)(330\Omega)}{680\Omega + 330\Omega}$$

$$R_T = \frac{224400\Omega^2}{1010\Omega}$$

$$R_T = 222\Omega$$

Tabla de contenidos

- 1 Resistores
 - Tipos de resistores
 - Resistores Variables
- 2 Circuitos con Resistores
 - Resistores en Serie
 - Resistores en Paralelo
- 3 Análisis de Circuitos Combinados**
- 4 Simulación
- 5 Mediciones en Laboratorio

Sección 3

Análisis de Circuitos Combinados

Análisis de Circuitos Combinados

Se plantean diferentes circuitos con resistores con el objetivo de calcular los valores de tensión y corriente de cada resistor². Recuerde el procedimiento:

- ➊ Reducir el circuito a un solo resistor equivalente (R_T). Para esto se deben ir realizando circuitos equivalentes de cada rama combinando resistores serie-paralelo.
- ➋ Utilizar la *Ley de Ohm* para encontrar la corriente total (I_T).
- ➌ Realizar el proceso repetitivo para calcular la corriente y/o tensión según sea el circuito equivalente auxiliar con el que se encuentre.

NOTA:

Los primeros resistores que sean combinados serán de los últimos en encontrar su tensión/corriente.

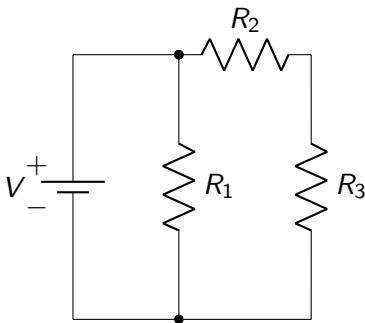
²La ejercitación les proporcionará procedimientos para la resolución de cualquier tipo de circuito combinado.

Análisis de Circuito

Se pide analizar el siguiente circuito, encontrar su resistencia total, corrientes y tensiones.

$$V = 5V, R_1 = 22K\Omega, R_2 = 4.7K\Omega,$$

$$R_3 = 6.8K\Omega$$

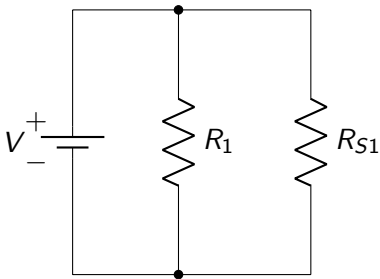


Análisis de Circuito

Se pide analizar el siguiente circuito, encontrar su resistencia total, corrientes y tensiones.

$$V = 5V, R_1 = 22K\Omega, R_2 = 4.7K\Omega,$$

$$R_3 = 6.8K\Omega$$



Análisis de Circuito

Se pide analizar el siguiente circuito, encontrar su resistencia total, corrientes y tensiones.

$$V = 5V, R_1 = 22K\Omega, R_2 = 4.7K\Omega,$$

$$R_3 = 6.8K\Omega$$

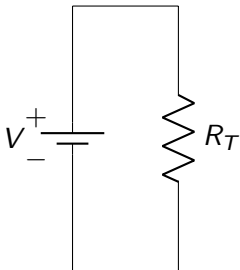


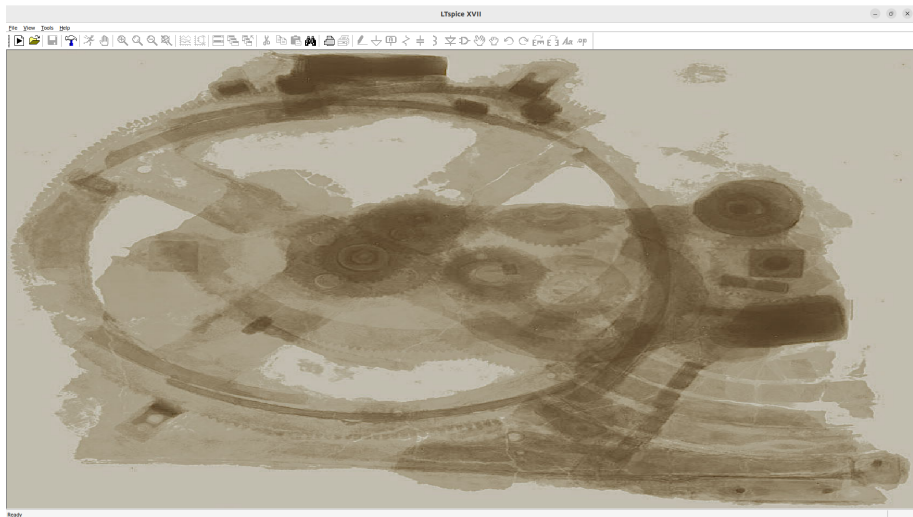
Tabla de contenidos

- 1 Resistores
 - Tipos de resistores
 - Resistores Variables
- 2 Circuitos con Resistores
 - Resistores en Serie
 - Resistores en Paralelo
- 3 Análisis de Circuitos Combinados
- 4 Simulación
- 5 Mediciones en Laboratorio

Sección 4

Simulación

Simulación: LTspice



Simulación

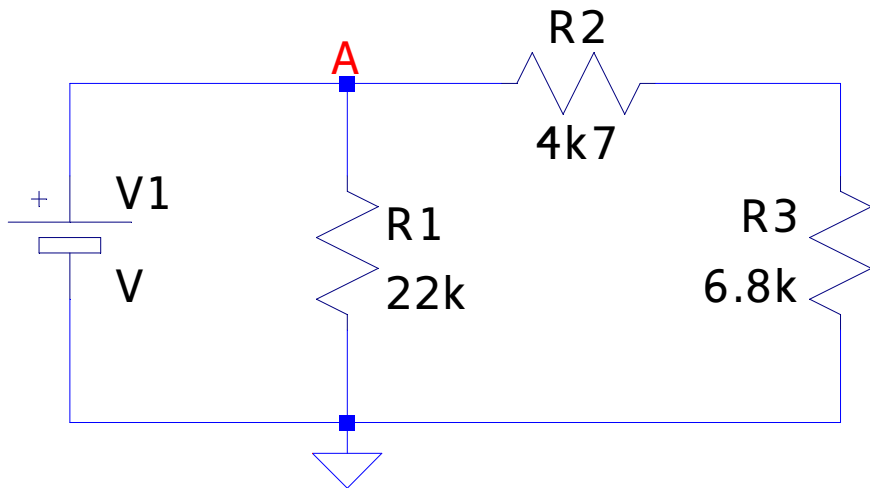


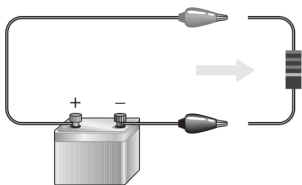
Tabla de contenidos

- 1 Resistores
 - Tipos de resistores
 - Resistores Variables
- 2 Circuitos con Resistores
 - Resistores en Serie
 - Resistores en Paralelo
- 3 Análisis de Circuitos Combinados
- 4 Simulación
- 5 Mediciones en Laboratorio

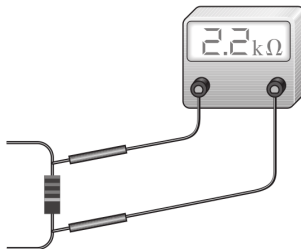
Sección 5

Mediciones en Laboratorio

Medición de Resistividad

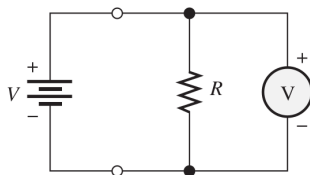
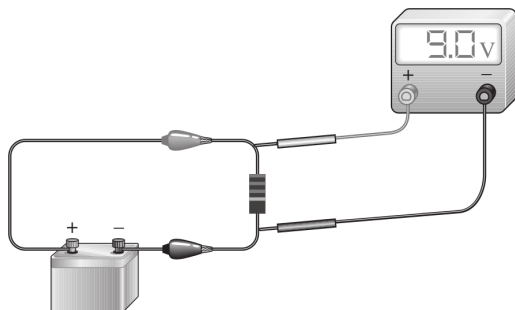


(a) Desconecte el resistor del circuito para evitar daño al medidor y/o tomar lecturas incorrectas.

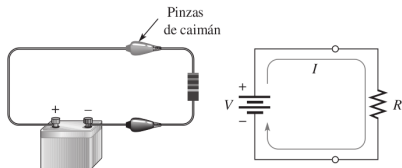


(b) Mida la resistencia.
(La polaridad no es importante).

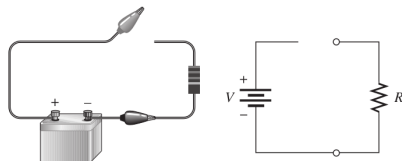
Medición de Tensión



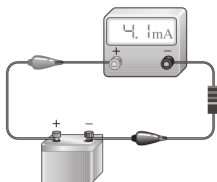
Medición de Corriente



(a) Circuito en el cual se va a medir la corriente.



(b) Abra el circuito ya sea entre el resistor y la terminal positiva o entre el resistor y la terminal negativa de la fuente.



(c) Instale el amperímetro en la trayectoria de la corriente con la polaridad mostrada (negativo a negativo, positivo a positivo).

