5

Circuitos eléctricos y electrónicos

Las variaciones o impulsos de la corriente se pueden codificar para transmitir información. Este es el caso, por ejemplo, del código morse, que emplea pulsos eléctricos, largos y cortos, rayas y puntos, para comunicar mensajes.

Un sistema electrónico es una asociación de componentes que, funcionando en conjunto, realizan un determinado tratamiento de las señales eléctricas para conseguir un cierto efecto; por ejemplo, generar una señal de radio o recuperar el sonido que transporta una onda.

Gracias a la electrónica han aparecido nuevas áreas de conocimiento, como la informática, la robótica, la biónica o la telemática. Sin la electrónica, y la posibilidad que ofrece de procesar enormes cantidades de datos, no habrían sido posibles los ordenadores, la televisión, la automatización de la fabricación o los viajes espaciales.

¿Qué sabemos sobre los circuitos?

1 ¿Cuál puede ser la diferencia, si la hay, entre un circuito eléctrico y un circuito electrónico?

2 Los dispositivos electrónicos funcionan con corriente continua, pero se conectan a la red eléctrica que proporciona corriente alterna. ¿Qué contienen estos dispositivos para convertir un tipo de corriente en otro?

1 Componentes de un circuito eléctrico

1.1 Elementos de un circuito eléctrico

Los circuitos eléctricos están formados por un **generador** y varios elementos conectados entre sí por medio de cables o **conductores.**

El generador tiene dos polos, positivo y negativo. La corriente sale del polo negativo y, tras recorrer el resto del circuito, regresa al polo positivo. Dentro del generador la corriente circula en sentido contrario.

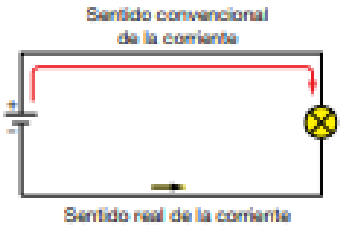
En su recorrido por el circuito, la corriente pasa por los distintos **receptores,** que son los elementos del circuito encargados de transformar la energía eléctrica en otros tipos de energía. Así, las resistencias producen calor; las lámparas, luz y calor; los motores, movimiento, etc.

Para que la corriente eléctrica se mantenga, el circuito debe estar cerrado; es decir, no debe tener ningún corte ni interrupción. Estas interrupciones se pueden producir por un fallo en el circuito o en alguno de sus elementos o debido a la actuación de los **elementos de seguridad** (fusibles, interruptores automáticos). También se pueden provocar voluntariamente por medio de los **elementos de maniobra y control.**

1.2 El sentido de la corriente

El fenómeno de la electricidad se descubrió y se intentó explicar antes de que se conociera la existencia de los electrones. En estas explicaciones, se decidió por acuerdo entre todos los científicos que la corriente eléctrica circulaba desde el cuerpo cargado positivamente al cargado negativamente, desde el polo positivo al polo negativo. Esto es lo que se conoce como **sentido convencional** de la corriente.

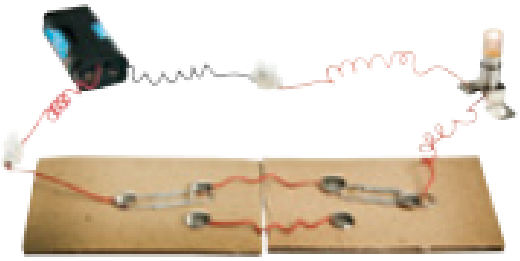
Posteriormente, se descubrió que los electrones siempre circulan desde los materiales cargados negativamente a los materiales cargados positivamente. Por tanto, el movimiento de carga eléctrica se produce desde el polo negativo al positivo. Este es el **sentido real** de la corriente.



Comprende, piensa, aplica...

Aplica lo que has aprendido

1 Reúne los elementos necesarios y monta el siguiente circuito:



Componentes eléctricos

Generadores y conductores

Pilas y baterías. (Corriente continua)

Enchufe a la red eléctrica. (Corriente alterna)

Cable

Conexión de cables en T

Cables que se cruzan

Receptores

Lámpara

Motor

Zumbador

Resistor

Elementos de maniobra y control

Pulsador. Se emplea para abrir o cerrar un circuito eléctrico de manera temporal, durante el tiempo en que se mantiene apretado.

Interruptor. Se utiliza para abrir o cerrar circuitos eléctricos de manera permanente.

Conmutador. Es un interruptor que permite controlar el paso de la corriente por dos circuitos, abriendo uno de ellos y cerrando el otro.

Llave de cruce. Es un interruptor de cuatro contactos que están conectados dos a dos, de manera que al cambiar las conexiones cambia el sentido de la corriente.

Elementos de protección

Fusible. Se conectan en serie en las instalaciones eléctricas y están formados por un hilo conductor que se funde cuando la intensidad de corriente sobrepasa un cierto valor.

Aparatos de medida

Voltímetro.

Amperímetro.

2 Magnitudes eléctricas

2.1 Carga eléctrica

La carga eléctrica es una propiedad intrínseca de algunas partículas que se manifiesta mediante atracciones y repulsiones con otras partículas que también tienen esa propiedad.

Las cargas del mismo signo se repelen, mientras que las cargas de distinto signo se atraen.

La cantidad más pequeña de carga que conocemos es la del electrón (o la del protón, que es igual pero de signo opuesto). Ahora bien, como esta cantidad es muy pequeña, para medir la carga eléctrica se utiliza una unidad más manejable. La carga eléctrica se mide en culombios.

Un culombio equivale, aproximadamente, a la carga eléctrica que tienen seis trillones de electrones.

1 culombio = carga de 6 250 000 000 000 000 000 electrones

2.2 Tensión (voltaje)

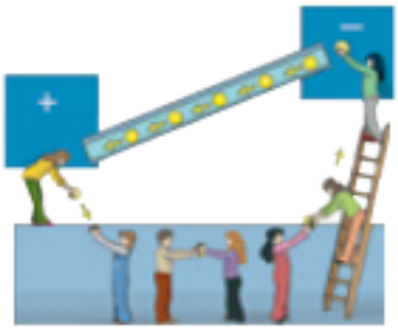
Entre los dos polos de un generador existe una tensión eléctrica. Esta tensión consiste en una diferencia de energía, de manera que, cuando se conectan los polos del generador, las cargas se mueven desde el polo negativo, que es el punto de mayor energía, hasta el polo positivo, donde la energía es menor.

Para que las cargas retornen al polo negativo y su movimiento no se detenga, el generador tiene que proporcionarles energía.

La cantidad de energía por unidad de carga que es capaz de proporcionar un generador se llama voltaje, se representa con la letra *V* y se mide en voltios.

Un voltio (V) equivale a 1 julio por culombio. Es decir, un generador de 230 voltios, por ejemplo, es capaz de proporcionar una energía de 230 julios a cada culombio de carga.

$$1 \text{ voltio} = \frac{1 \text{ julio}}{1 \text{ culombio}}$$



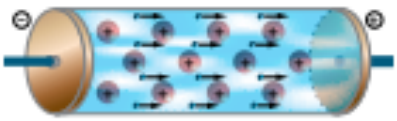
Los electrones se desplazan por el circuito exterior desde el polo negativo del generador a su polo positivo, y dentro del generador, desde el positivo al negativo.

2.3 Intensidad de corriente

La intensidad de una corriente eléctrica se define como la cantidad de cargas eléctricas que pasan por una sección del conductor en un tiempo determinado. Esta magnitud se representa con la letra *I*, y se mide en amperios.

Un amperio (A) equivale a un culombio por segundo. Es decir, si una corriente tiene una intensidad de un amperio, esto significa que por cada sección del conductor pasa una carga de un culombio cada segundo.

$$1 \text{ amperio} = \frac{1 \text{ culombio}}{1 \text{ segundo}}$$



Corriente de electrones atravesando una sección de un conductor.

2.4 Resistencia eléctrica

En cualquier conductor, las cargas encuentran una oposición o resistencia a su movimiento. Esta resistencia depende de la longitud del conductor, de su sección y del material con el que está hecho.

La resistencia eléctrica de un conductor se representa con la letra R y se mide en ohmios (Ω).

Un ohmio es la resistencia que presenta un conductor al paso de una corriente eléctrica de un amperio cuando la tensión es de un voltio.

$$1 \text{ ohmio} = \frac{1 \text{ voltio}}{1 \text{ amperio}}$$

Resistividad

La resistividad es la resistencia específica de cada material. Se representa con la letra ρ y se mide en ohmios por metro. Un valor alto de resistividad indica que el material es mal conductor, mientras que un valor bajo indicará que es un buen conductor.

La relación que existe entre la resistencia de un conductor y la resistividad es:

$$\rho = R \cdot \frac{S}{l}$$

donde S es la sección del conductor, medida en metros cuadrados, y l su longitud, medida en metros.

2.5 La ley de Ohm

La tensión y la intensidad de una corriente eléctrica son magnitudes directamente proporcionales; es decir, en un circuito eléctrico, si doblamos el voltaje, la intensidad se duplica; si el voltaje es el triple, la intensidad también lo será, etc.

Esta relación se conoce como ley de Ohm y matemáticamente se expresa así:

$$V = I \cdot R$$

donde V representa la tensión medida en voltios, I representa la intensidad medida en amperios y R representa la resistencia medida en ohmios.

Si conocemos dos de estas magnitudes, podremos calcular la tercera sin dificultad.

Ejercicios resueltos

1 La resistencia de un cierto conductor es de 100 Ω cuando lo atraviesa una corriente de 2,5 A. ¿Qué tensión se le habrá aplicado?

Aplicando la ley de Ohm y empleando los datos que proporciona el enunciado, resulta:

$$V = I \cdot R$$

$$V = 2{,}5 \text{ A} \cdot 100\ \Omega = 250 \text{ V}$$

2 Por un conductor circula una corriente de 5 A cuando se le aplica una tensión de 230 V. ¿Cuál será su resistencia?

De la expresión $V = I \cdot R$ se deriva la expresión:

$$R = \frac{V}{I}$$

Sustituyendo los valores que conocemos, resulta:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{230 \text{ V}}{5 \text{ A}} = 46\ \Omega$$

Comprende, piensa, aplica...

Aplica lo que has aprendido

1 ¿Qué intensidad de corriente circulará por un hilo conductor de 100 Ω de resistencia cuando se le aplica una tensión de 200 V?

2 ¿Qué intensidad de corriente, medida en amperios, circula por un hilo conductor por el que pasan un trillón de electrones por segundo?

3 La resistividad del cobre es $1{,}72 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$ y la del acero es $20 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot \text{m}$. Si tenemos dos tramos de cable, uno de cobre y otro de acero, que tienen la misma longitud y la misma sección, ¿cuál de ellos ofrecerá mayor resistencia al paso de la corriente?

4 ¿Qué resistencia ofrecerán al paso de la corriente dos tramos de cable, uno de cobre y otro de acero, de 10 metros de longitud y 4 mm² de sección?

3 Energía y potencia eléctrica

3.1 Energía eléctrica

La energía que puede obtenerse de las corrientes eléctricas se llama energía eléctrica. Actualmente, es la forma de energía más utilizada debido, entre otras razones, a la facilidad con que se transforma en otras formas de energía, como la luz, el calor o la energía mecánica.

La energía que podemos obtener de una corriente eléctrica puede ser mayor o menor, dependiendo de cuáles sean la intensidad y el voltaje y de cuánto tiempo esté circulando la corriente. Se representa con la letra *E* y se mide en julios.

Se calcula con la siguiente expresión: $E = V \cdot I \cdot t$

en la que V es el voltaje medido en voltios, *I* es la intensidad de medida en amperios y *t* es el tiempo medido en segundos.

3.2 Potencia eléctrica

La potencia de una corriente eléctrica se define como la cantidad de trabajo o energía que es capaz de realizar o proporcionar dicha corriente en un tiempo determinado. Se representa con la letra *P* y se mide en vatios.

Se calcula mediante la expresión: $P = V \cdot I$

en la que *V* es el voltaje, medido en voltios e *I* es la intensidad medida en amperios.

El julio y el kilovatio-hora

El julio es la energía que se necesita para levantar en vertical una masa de 98 gramos hasta un metro de altura.

El kilovatio-hora es la energía que proporciona una potencia de un kilovatio (1 000 W) actuando durante 1 hora (3 600 s).

Equivale a 3 600 000 J:

1 kW · 1 h = 1 000 W · 3 600 s = 3 600 000 W · s = 3 600 000 J

Ejercicios resueltos

1 Una bombilla lleva la inscripción 60 W, 230 V.

a) ¿Qué intensidad de corriente circulará por ella cuando se conecte a la red eléctrica?

b) ¿Cuál será su resistencia?

c) ¿Cuál será su consumo, medido en kWh, si se mantiene encendida durante 10 horas?

a) De la expresión $P = V \cdot I$, se obtiene $I = \frac{P}{V} = \frac{600\ \text{W}}{5\ \text{A}} = 0{,}26\ \text{A}$

b) De la expresión $V = I \cdot R$, se obtiene $R = \frac{V}{I} = \frac{230\ \text{V}}{0{,}26\ \text{A}} = 884{,}6\ \Omega$

c) $E = V \cdot I \cdot t = P \cdot t = 600\ \text{W} \cdot 10\ \text{h} = 0{,}6\ \text{kW} \cdot 10\ \text{h} = 6\ \text{kWh}$

3.3 Valores eficaces en corriente alterna

En una corriente alterna, tanto la intensidad como la tensión varían a lo largo del tiempo. La intensidad y la tensión en cada instante se llaman intensidad instantánea y tensión instantánea, y los valores máximos que pueden alcanzar son, respectivamente, la intensidad máxima y la tensión máxima.

Sin embargo, ni los valores instantáneos ni los máximos tienen interés en la práctica. Cuando se habla de la intensidad y de la tensión de un aparato conectado a la corriente alterna, en realidad se está hablando de la intensidad y la tensión eficaces, que son las que indican nuestros aparatos de medida.

La intensidad eficaz de una corriente alterna es igual a la intensidad que debería tener una corriente continua para desarrollar el mismo calor que la corriente alterna, pasando por la misma resistencia en igual tiempo.

La tensión eficaz de una corriente alterna es igual a la tensión que debería tener una corriente continua para producir los mismos efectos térmicos que la corriente alterna, pasando por la misma resistencia en el mismo tiempo.

La expresión de la ley de Ohm, utilizando los valores eficaces, sería:

$$V_{eficaz} = R \cdot I_{eficaz}$$

Mientras que la expresión que nos permite calcular la potencia eléctrica vendría dada por:

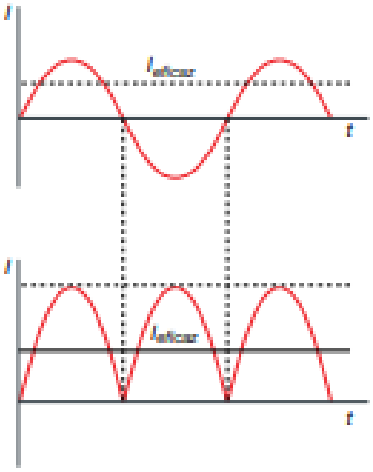
$$P_{eficaz} = V_{eficaz} \cdot I_{eficaz}$$

Estas dos expresiones pueden aplicarse siempre y cuando en el circuito de corriente alterna no haya más que la resistencia debida al cable y a los aparatos (resistencia óhmica), pero si estuvieran conectados alguna bobina o algún condensador, el problema se complicaría.

Intensidad eficaz

La intensidad eficaz y la intensidad máxima están relacionadas por la expresión:

$$I_{eficaz} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$



3.4 Efecto calorífico de la corriente

El efecto calorífico se produce siempre que la corriente pasa por una resistencia. El calor desprendido, en el caso de la corriente continua, viene dado por:

$$E = P \cdot t = V \cdot I \cdot t = R \cdot I^2 \cdot t$$

donde E es la energía desprendida, I es la intensidad y t es el tiempo que ha estado circulando la corriente.

En el caso de la corriente alterna tendremos que emplear valores eficaces; pero el efecto conseguido sería el mismo, es decir, calentar la resistencia:

$$E = P_{eficaz} \cdot t = V_{eficaz} \cdot I_{eficaz} \cdot t = R \cdot I^2_{eficaz} \cdot t$$

Como puede verse, en esta fórmula la intensidad está elevada al cuadrado, lo que quiere decir que es indiferente que su signo sea positivo o negativo, ya que al elevar al cuadrado, el resultado que se obtiene es el mismo. Esto significa que el efecto calorífico de la corriente eléctrica es el mismo y no depende de que sea continua o alterna.

Comprende, piensa, aplica...

Aplica lo que has aprendido

1. Una bombilla de 100 W funciona 5 horas cada día a lo largo de una semana. Calcula la energía total que consume.

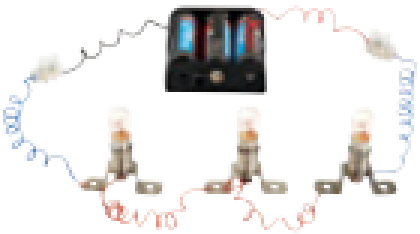
2. ¿Qué calor suministrará una estufa eléctrica de 1 500 W, si está funcionando durante 1 hora?

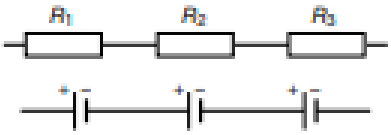
4 Tipos de circuitos

Los elementos de un circuito se pueden conectar de tres maneras diferentes: en serie, en paralelo y en disposición mixta.

4.1 Conexiones en serie

En esta disposición los elementos se conectan uno a continuación del otro, de forma que la salida de cada elemento es la entrada del siguiente.





La intensidad es la misma en todos los puntos del circuito, pero la tensión se reparte entre los distintos componentes, de manera que la tensión total entre los dos polos del generador es igual a la suma de las tensiones entre los extremos de los diferentes componentes del circuito:

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \ldots$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots$$

Además, la resistencia total es igual a la suma de las resistencias que se conectan.

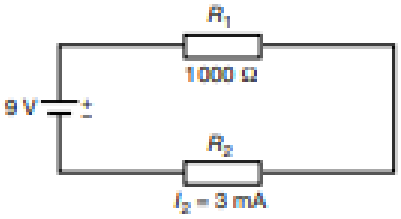
$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots$$

Si se conectan varios generadores en serie, sus tensiones se sumarán.

Por ejemplo, si queremos obtener un voltaje de 9 V, podremos conectar en serie dos pilas de 4,5 V o 6 pilas de 1,5 V.

Ejercicios resueltos

1 A partir de los datos que aparecen en el esquema, calcular la tensión para cada una de las resistencias.



Como las resistencias están conectadas en serie, la intensidad de corriente que las atraviesa será la misma:

$$I_1 = I_2 = I = 3 \text{ mA} = 0{,}003 \text{ A}$$

Para calcular la tensión de la resistencia 1, de la que conocemos su valor, aplicamos la ley de Ohm:

$$V_1 = I_1 \cdot R_1 = 0{,}003 \text{ A} \cdot 1000 = 3 \text{ V}$$

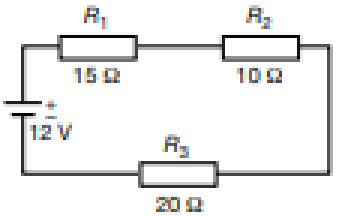
Para calcular la tensión de la resistencia 2, tendremos en cuenta que la tensión total en un circuito en serie es igual a la suma de las tensiones en sus elementos. Por tanto:

$$V = V_1 + V_2 \rightarrow 9 \text{ V} = 3 \text{ V} + V_2 \rightarrow V_2 = 9 \text{ V} - 3 \text{ V} = 6 \text{ V}$$

Comprende, piensa, aplica...

Aplica lo que has aprendido

1 En el siguiente circuito, calcula la tensión en cada una de las resistencias.



4.2 Conexiones en paralelo

En esta disposición, los elementos se conectan de tal forma que todos comparten la misma entrada y la misma salida.

La tensión es la misma en todos los puntos del circuito, pero la intensidad se reparte entre las distintas ramas del circuito, de manera que la intensidad total que recorre el circuito es igual a la suma de las intensidades de las distintas ramas:

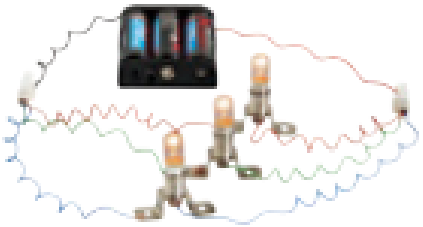
$$V_1 = V_2 = V_3 = \ldots = V$$

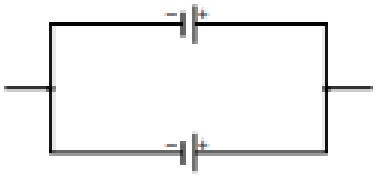
$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots$$

Además, la resistencia total se obtiene mediante la expresión:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots$$

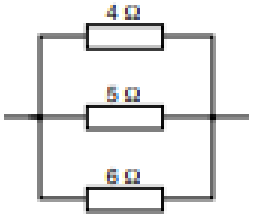
Si se conectan varios generadores en paralelo, sus tensiones no se sumarán, pero la energía consumida se repartirá entre ellos, con lo que durarán más.





Ejercicios resueltos

1 Calcular la resistencia equivalente de la asociación de resistencias de la derecha.

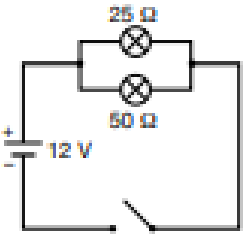


Como están asociadas en paralelo, la resistencia equivalente será:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6} + \frac{37}{60}$$

de donde $R = \frac{60}{37} = 1{,}62\ \Omega$

2 A partir de los datos de la figura, calcula la intensidad y la tensión de cada una de las bombillas.



Como las bombillas están en paralelo, estarán sometidas a la misma tensión, pero la intensidad que las recorre será diferente.

$V = V_1 = V_2 = 12\ \text{V}$; $I = I_1 + I_2$

Aplicando la ley de Ohm a cada bombilla, resulta:

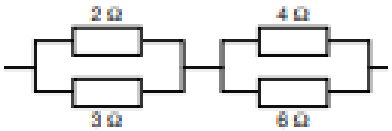
$$12\ \text{V} = I_1 \cdot R_1 = I_1 \cdot 25\ \Omega \rightarrow I_1 = \frac{12\ \text{V}}{25\ \Omega} = 0{,}48\ \text{A}$$

$$12\ V = I_2 \cdot R_2 = I_2 \cdot 50\ \Omega \rightarrow I_2 = \frac{12\ \text{V}}{50\ \Omega} = 0{,}24\ \text{A}$$

Comprende, piensa, aplica...

Aplica lo que has aprendido

1 Calcula la resistencia equivalente de las asociaciones de resistencias de la figura.



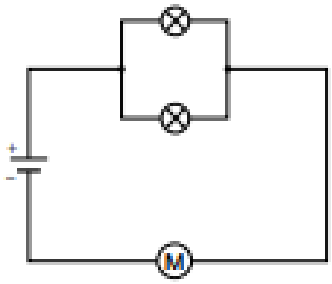
4 Tipos de circuitos

4.3 Circuitos mixtos

Son una combinación de elementos tanto en serie como en paralelo.

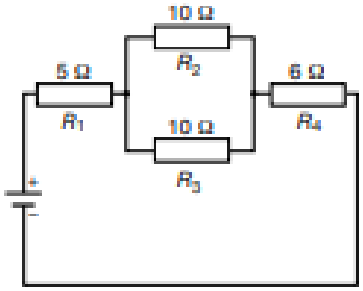
Por ejemplo, en el circuito de la derecha podemos ver dos bombillas en paralelo conectadas en serie con un generador y un motor.

En este caso, la intensidad se mantiene constante en los elementos que están en serie y la tensión es la misma para los elementos que están en paralelo.



Ejercicios resueltos

1 Calcular la resistencia total del circuito de la figura.



Tendremos que dividir el circuito en partes y calcular por separado la resistencia equivalente en cada una de ellas. La resistencia total será igual a la suma de las resistencias equivalentes de las distintas partes.

En primer lugar calcularemos la resistencia equivalente, R_e, de las dos resistencias en paralelo:

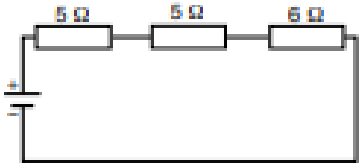
$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{10} + \frac{1}{10} = \frac{2}{10} \rightarrow R_e = \frac{10}{2} = 5\ \Omega$$

Es decir, estas dos resistencias se podrían sustituir por otra de 5 Ω y el efecto sería el mismo, con lo que el circuito inicial sería equivalente al circuito que puedes ver a la derecha.

En este circuito, con tres resistencias en serie, la resistencia total sería:

$$R = R_1 + R_e + R_4 = 5 + 5 + 6 = 16\ \Omega$$

2 ¿Cuál sería la intensidad que recorre este circuito si el voltaje de la pila es de 9 V?



De la expresión $V = I \cdot R$ se deriva la expresión $I = \frac{V}{R}$

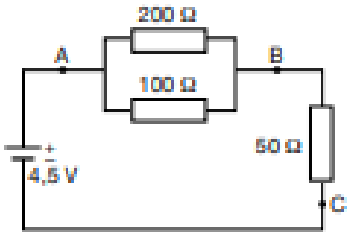
Sustituyendo los valores que conocemos, resulta:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{9\ \text{V}}{16\ \Omega} = 0{,}56\ \text{A}$$

Comprende, piensa, aplica...

Resuelve problemas 1

1 En el circuito de la derecha, calcula la intensidad de corriente que atraviesa cada resistencia.



5 Circuitos electrónicos

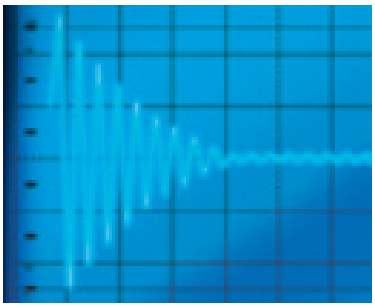
5.1 Los circuitos electrónicos

Los dispositivos electrónicos se ocupan de convertir en señales eléctricas la información procedente del mundo exterior (luz, sonidos, cambios de temperatura, etc.), de procesar estas señales y transformarlas en otra fuente de energía que produce un cierto efecto (activa un timbre, hace vibrar un altavoz, ilumina una pantalla...).

Los dispositivos electrónicos están compuestos de circuitos electrónicos. Cada uno de estos circuitos está especializado en una cierta función.

Un circuito electrónico es una asociación de componentes que, funcionando en conjunto, realizan un determinado tratamiento de las señales eléctricas. Por ejemplo: generan ondas de radio, aumentan la potencia de la señal, recuperan la imagen o el sonido que transporta una onda, etc.

Señal eléctrica



Una señal eléctrica representa la variación en el tiempo de una magnitud que ha sido convertida en electricidad por un transductor.

5.2 Semiconductores

Las fronteras entre los circuitos eléctricos y los circuitos electrónicos no son muy nítidas. Los circuitos electrónicos están asociados a semiconductores.

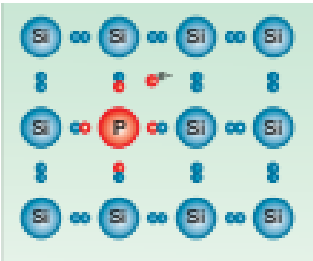
Un circuito en el que hay un semiconductor se puede decir que es electrónico. El diodo, el transistor y muchos otros componentes electrónicos están hechos con materiales semiconductores.

Los semiconductores son materiales que, normalmente, son aislantes, pero que en determinadas circunstancias permiten el paso de la corriente eléctrica. Los más utilizados son el silicio y el germanio, a los que se les suelen añadir pequeñas cantidades (impurezas) de otros materiales para aumentar su conductividad eléctrica.

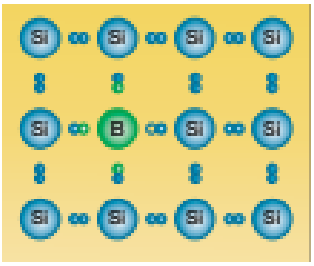
Según cuáles sean las impurezas que se añaden, se obtienen semiconductores de dos tipos diferentes:

- **Semiconductores de tipo N.** Se obtienen al añadir impurezas como el fósforo o el antimonio. Tienen gran tendencia a ceder electrones.
- **Semiconductores de tipo P.** Se obtienen al añadir impurezas como el boro o el indio. Tienen gran tendencia a captar electrones.

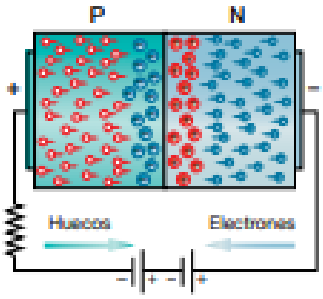
El componente electrónico más sencillo, el diodo, se obtiene mediante la unión de un semiconductor de tipo N con un semiconductor de tipo P.



Semiconductor N con electrones libres.



Semiconductor P con defecto de electrones (huecos).



Diodo.

5 Circuitos electrónicos

5.3 Los componentes electrónicos

Los componentes de un circuito electrónico se suelen clasificar en dos categorías: componentes activos y componentes pasivos.

- **Los componentes activos** son aquellos que son capaces de generar, modificar o amplificar una señal eléctrica; es decir, aquellos que aportan una ganancia o permiten el control de las señales eléctricas. Entre ellos, tenemos las baterías y las pilas, los generadores, los diodos y los transistores.
- **Los componentes pasivos** son aquellos que no proporcionan ganancia, pero sí consumen energía eléctrica. Los principales son los resistores, los condensadores y las bobinas.

Componentes electrónicos

Resistores

Potenciómetros

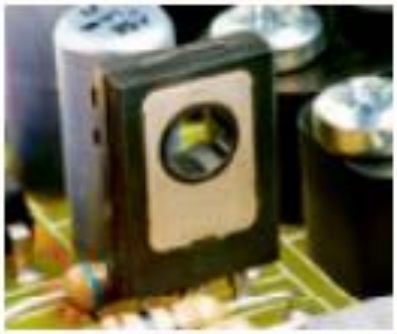
Bobinas

Relés

Condensadores

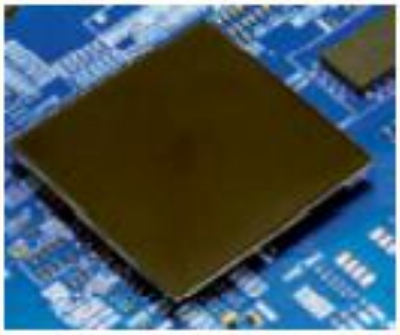
Diodos

Transistores



Circuitos integrados

Microprocesadores



6 Resistores y resistencias variables

De acuerdo con la ley de Ohm, para un voltaje fijo, la intensidad de corriente será tanto más pequeña cuanto más alta sea la resistencia. Modificando la resistencia dentro de un circuito, podemos llegar a conseguir que la corriente tenga la intensidad que nos interese.

Hay dos formas de ajustar la resistencia:

- **Con resistencias fijas o resistores,** cuyo valor se indica mediante un código de colores.
- **Con potenciómetros y reostatos,** que son dispositivos cuya resistencia puede variarse deslizando una palanca o girando una rueda.

Código de colores

Cada resistor tiene tres bandas de colores en un extremo y una cuarta banda, en el otro. Para leer el valor de una resistencia, esta se coloca de manera que las tres bandas de colores quedan situadas a la izquierda y la otra a la derecha. Entonces, los colores se leen de izquierda a derecha.

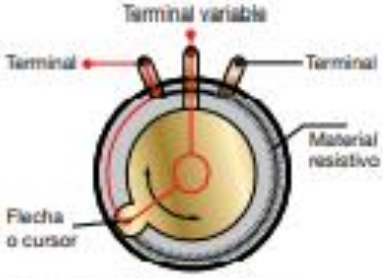
Las resistencias se miden en ohmios, y los colores de las dos primeras bandas dan las dos primeras cifras del número de ohmios, mientras que el color de la tercera banda es un multiplicador, es decir, una potencia de 10 por la que hay que multiplicar el número que indican las dos primeras bandas.

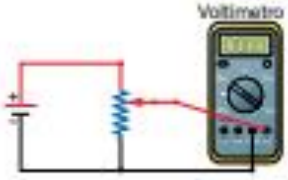
La cuarta banda representa la tolerancia, es decir, la diferencia (en tanto por ciento) que puede haber entre el valor nominal (el indicado por su código de bandas) y el valor real de la resistencia.

1.ª cifra	2.ª cifra	Multip.	Tolerancia
0	0	x 1	
1	1	x 10	±1 %
2	2	x 10^2	±2 %
3	3	x 10^3	
4	4	x 10^4	
5	5	x 10^5	
6	6	x 10^6	
7	7	x 10^7	
8	8	x 10^8	
9	9	x 10^9	
			± 5 %
			± 10 %

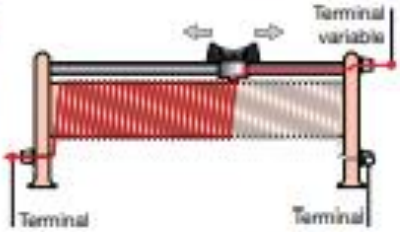
El valor de la resistencia de la figura es:

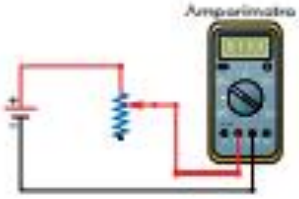
Potenciómetros y reostatos





Los potenciómetros se emplean en circuitos electrónicos y, al no disipar apenas potencia, solo soportan pequeñas corrientes. Se conectan en paralelo y actúan como divisores de tensión.





Los reostatos son de mayor tamaño y están diseñados para soportar mayores corrientes y voltajes. Se conectan en serie y se emplean para regular la intensidad de la corriente.

7 Condensadores

7.1 Qué es un condensador

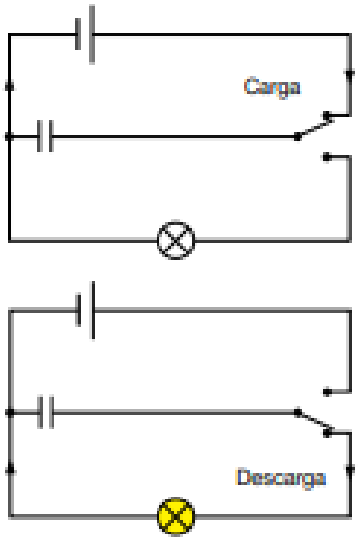
Un condensador es un componente electrónico formado por dos placas metálicas paralelas, llamadas **armaduras,** separadas entre sí por aire o por cualquier otro material aislante, llamado **dieléctrico.**

Tienen como función almacenar carga eléctrica para cederla en el momento que se necesite. La descarga se produce cuando las armaduras se ponen en contacto, para lo que se necesita un circuito externo.

Condensadores en corriente continua y en corriente alterna

Los condensadores no se comportan de la misma manera cuando reciben corriente continua que cuando reciben corriente alterna:

- En los circuitos de corriente continua, el condensador permite el paso de la corriente mientras que se está cargando y lo impide cuando está cargado.
- En los circuitos de corriente alterna, el condensador se está continuamente cargando y descargando, y siempre permite el paso de la corriente.



Circuito de descarga de un condensador. En los circuitos de corriente continua los condensadores se descargan a través de una resistencia.

7.2 Usos de los condensadores

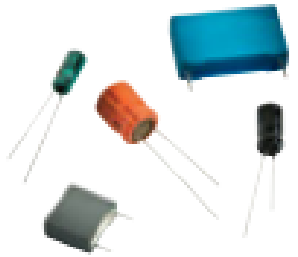
Debido a su capacidad de almacenar energía para después devolverla al circuito, los condensadores se emplean en la fabricación de baterías, memorias, flash para fotografía, cebadores de tubos fluorescentes, etc.

También se emplean como temporizadores, aprovechando el tiempo que tardan en cargarse. Además, se usan como filtros, para suavizar las fluctuaciones debidas a las subidas súbitas de tensión.

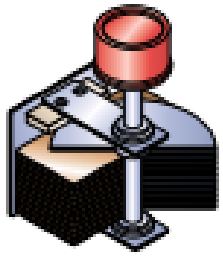
Junto con los diodos, se emplean para rectificar la corriente alterna y transformarla en corriente continua.

Tipos de condensadores

Igual que sucedía con las resistencias, los condensadores pueden ser variables o fijos, dependiendo de que pueda modificarse o no su capacidad.



Condensadores fijos



Condensador variable

7.3 Capacidad de un condensador

La capacidad de un condensador se mide en **faradios** y nos indica la cantidad de carga que es capaz de almacenar el condensador cuando está conectado a una cierta tensión.

La relación matemática entre la capacidad de un condensador, la carga que almacena y la tensión viene dada por la fórmula:

$$C = \frac{Q}{V}$$

donde la carga, Q, se mide en culombios y la tensión, V, en voltios.

Según esta expresión, un faradio es la capacidad de un condensador que almacena una carga de 1 culombio cuando se somete a una tensión de 1 voltio.

Si el condensador se conecta a una tensión mayor de la que es capaz de soportar, se quemará y quedará inservible.

8 Diodos

8.1 Qué es un diodo

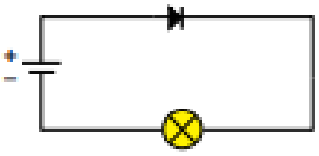
Un diodo es un componente electrónico que permite el paso de la corriente en un sentido y lo impide en el contrario. Está provisto de dos terminales, el ánodo (+) y el cátodo (–) y, por lo general, conduce la corriente en el sentido ánodo-cátodo.

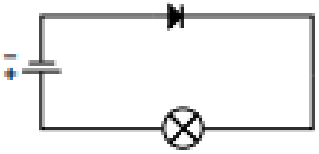
Los diodos se polarizan cuando se conectan; esta polarización puede ser directa o inversa:

- **La polarización directa** se produce cuando el polo positivo del generador eléctrico se une al ánodo del diodo, y el polo negativo se une al cátodo. En este caso, el diodo se comporta como un conductor y deja pasar la corriente.
- **La polarización inversa** se origina cuando el polo positivo del generador se une al cátodo del diodo, y el negativo, al ánodo. En este caso, el diodo no permite el paso de la corriente.

Debido a su polarización, los diodos pueden emplearse como interruptores.

Símbolo del diodo


Deja pasar la corriente


No deja pasar la corriente

8.2 Diodos LED

Son un tipo especial de diodos que convierten en luz toda la energía eléctrica que les llega, sin calentarse, a diferencia de lo que sucede con las bombillas incandescentes.

Como todos los diodos, los LED están polarizados; es decir, solo iluminan cuando están conectados correctamente al generador de corriente. Los LED funcionan con intensidades de corriente comprendidas entre 10 y 20 mA. Para evitar que se fundan, suelen conectarse en serie con una resistencia.

Uno de los múltiples usos de los LED es el alumbrado de las pantallas de calculadoras, teléfonos y otros dispositivos similares.

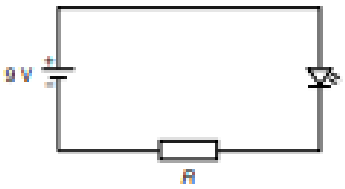
8.3 Diodo Zener

Es un tipo especial de diodo, que funciona como regulador de tensión cuando está polarizado de manera inversa. Es decir, mantiene la tensión de salida casi constante, a pesar de las variaciones que experimente la tensión de entrada.

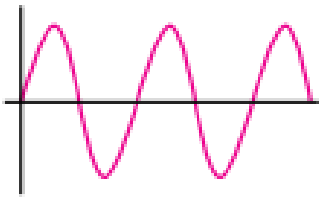
Cada diodo Zener se fabrica especialmente para controlar un único valor de tensión de salida.

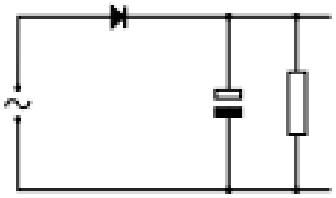
Comprende, piensa, aplica...

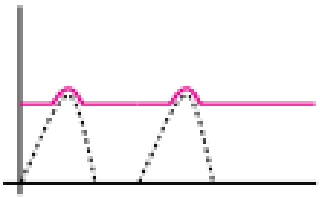
1 El LED de la figura puede soportar una corriente de 35 mA cuando está sometido a una tensión de 1,5 V. Calcula el valor de la resistencia *R* que se necesita para protegerlo cuando lo conectamos a 9 V.



Rectificación de la corriente


El diodo solo conduce la corriente cuando fluye en un sentido e impide su paso cuando fluye en sentido contrario.


El condensador almacena carga mientras el diodo conduce y se descarga cuando el diodo no está conduciendo.

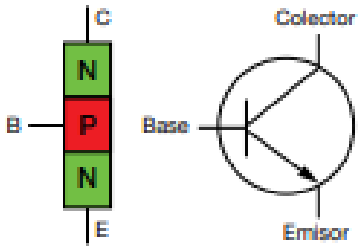

La salida es una corriente continua.

9 Transistores

9.1 Qué es un transistor

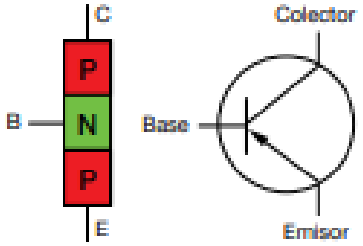
Un transistor es un componente electrónico que se emplea para amplificar señales eléctricas; es decir, se utiliza para obtener corrientes de salida de mayor intensidad que las corrientes de entrada.

Los transistores pueden ser bipolares o de efecto campo. En esta unidad estudiaremos el comportamiento del transistor bipolar de unión.



9.2 El transistor bipolar

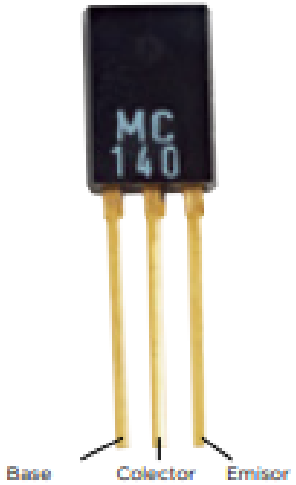
Estos transistores están formados por tres capas: una capa central, que se llama base, y dos capas exteriores, que se denominan emisor y colector. Cada una de estas capas se conecta con el resto del circuito mediante un electrodo; por tanto, un transistor bipolar tiene tres electrodos: el emisor, el colector y la base.



En cada transistor es importante saber dónde están situados los electrodos, para poder conectarlos de forma correcta. Para que el transistor funcione bien, la unión base-emisor debe estar polarizada directamente y la unión base-colector debe estar polarizada inversamente.

Básicamente, hay dos tipos de transistores bipolares, que se conectan de diferente manera:

- **Transistores NPN.** Como su nombre indica, están formados por la unión de dos semiconductores N en los extremos con un semiconductor P en el centro. Se conectan uniendo el colector y la base al polo positivo.
- **Transistores PNP.** Están formados por la unión de dos semiconductores P y un semiconductor N. Se conectan uniendo el colector y la base al polo negativo.



El MC140 es un transistor NPN.

9.3 Cómo funciona un transistor bipolar

Para que circule corriente entre el colector y el emisor, tiene que llegar corriente a la base. La corriente que pasa entre el colector y el emisor es mucho mayor que la corriente que suministramos a la base.

En consecuencia, el funcionamiento del transistor se puede controlar variando la corriente que circula por la base. Con pequeñas variaciones de la intensidad de base se provocan grandes variaciones en la intensidad de colector.

Así, una pequeña corriente que penetra por la base es capaz de multiplicar sus efectos en la corriente que va del colector al emisor. Esto significa que pequeñas corrientes pueden ser amplificadas o, lo que es lo mismo, que señales débiles pueden transformarse en otras señales más fuertes.

La corriente de base se puede modificar variando el valor de una resistencia conectada en serie con ella.

9.4 Ganancia de un transistor

La relación entre la corriente de salida y la corriente de entrada de un transistor se denomina **ganancia** y se calcula mediante la expresión siguiente:

$$\text{Ganancia} = \frac{\text{Intensidad del colector}}{\text{Intensidad de la base}} = \frac{I_c}{I_B}$$

Por ejemplo, si la ganancia de un transistor es 50, esto significa que la intensidad de la corriente que recorre el colector es 50 veces superior a la intensidad de la corriente que le llega a la base. Dicho de otro modo, por cada partícula eléctrica que entra por la base se desencadena el paso de 50 partículas del colector al emisor.

9.5 Formas de funcionamiento del transistor

Un transistor tiene tres formas de funcionamiento:

- **En corte.** Cuando no se le suministra corriente a la base, con lo que el transistor impide el paso de la corriente entre el colector y el emisor, lo que equivale a mantener el circuito base-emisor abierto. Un transistor está en corte cuando:

$$I_C = I_E = 0$$

- **En activa.** El transistor permite el paso de corriente entre el colector y el emisor, pero la base recibe una corriente inferior a la corriente de saturación. Un transistor está en activa cuando:

$$I_E = I_B + I_C \text{ e } I_C = \beta \cdot I_B$$

  donde β es la ganancia del transistor.

- **En saturación.** Cuando la base recibe suficiente corriente como para que circule la máxima corriente entre el colector y el emisor. Un transistor está en saturación cuando:

$$I_C = I_E = I_M$$

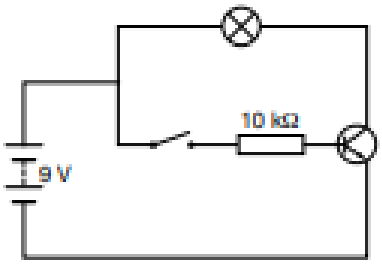
Los electrones circulan libremente entre el colector y el emisor.

Aplicaciones básicas del transistor

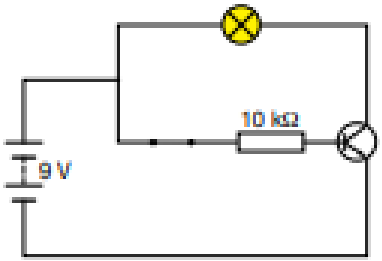
Este funcionamiento determina las aplicaciones básicas de un transistor: como interruptor y como amplificador.

- Cuando se emplea como interruptor, el transistor trabaja en corte y en saturación.
- Cuando se emplea como amplificador, el transistor trabaja en activa.

Transistor actuando como interruptor

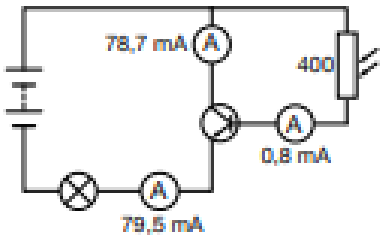


Transistor en corte. No deja pasar la corriente.



Transistor en saturación. Deja pasar la corriente.

Transistor actuando como amplificador



Transistor en activa. En el circuito de la figura la intensidad de colector es 78,7 mA y la intensidad de base es 0,8 mA; la ganancia es I_c/I_B = 78,7/0,8 = 98,375.

Comprende, piensa, aplica...

Comprende lo que lees

1 ¿Cuál es la forma correcta de conectar un transistor NPN? ¿En qué se diferencia de la forma de conexión de un transistor PNP?

Aplica

2 Diseña un circuito electrónico, provisto de un pulsador, dos resistencias, una bombilla y un transistor, en el que el transistor se comporte como si fuera un interruptor abierto.

Comprueba cómo progresas

Recuerda lo que has aprendido

1 Define estas unidades eléctricas: a) Amperio. b) Voltio. c) Culombio. d) Ohmio. e) Kilovatio-hora.

2 ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones son falsas? En el caso de que lo sean, indica por qué:

a) La intensidad de la corriente que recorre un circuito en serie es la misma en todos los puntos del circuito.

b) La intensidad de la corriente que recorre un circuito en paralelo es la misma en todos los puntos del circuito.

c) La tensión es la misma en todos los puntos de un circuito en serie.

d) La tensión es la misma en todos los puntos de un circuito en paralelo.

3 ¿Qué relación matemática existe entre el voltio, el ohmio y el amperio?

4 ¿Cuál es la principal diferencia entre los componentes electrónicos activos y los componentes electrónicos pasivos?

5 ¿Cómo debe conectarse un diodo para que permita el paso de la corriente?

6 ¿Qué es un semiconductor? ¿En qué se diferencia un conductor de tipo P de un conductor de tipo N?

7 ¿Cuáles son las tres formas de funcionamiento del transistor bipolar? Descríbelas brevemente.

8 ¿Cuáles son los principales usos de los condensadores?

Aplica tus conocimientos

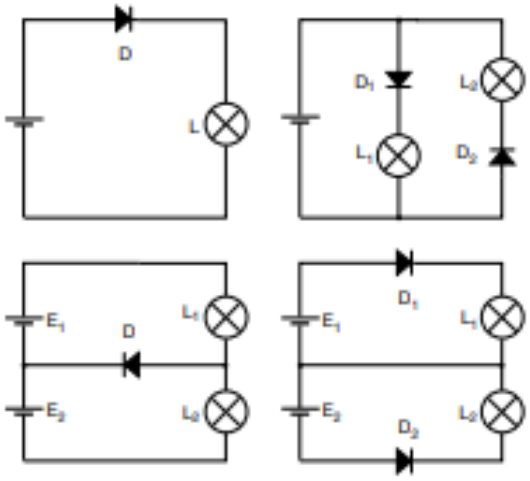
1 Calcula el valor de las siguientes resistencias:

a)

b)

c)

2 ¿Cuál será el comportamiento de las bombillas en los siguientes circuitos?



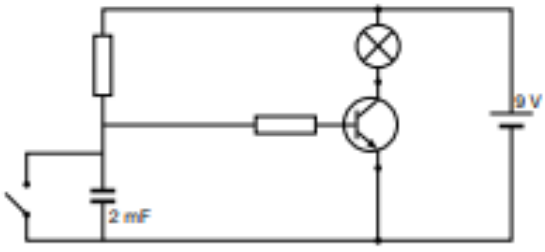
3 Los amperímetros tienen una resistencia interna muy pequeña, mientras que en los voltímetros dicha resistencia es muy elevada. Según esto:

a) ¿Por qué un amperímetro no debe conectarse en paralelo?

b) ¿Por qué un voltímetro no debe conectarse en serie?

4 El circuito de la figura permite regular el tiempo que tarda en encenderse la bombilla.

Explica cómo funciona el circuito y cuál es la misión de cada uno de sus componentes.



Resuelve problemas

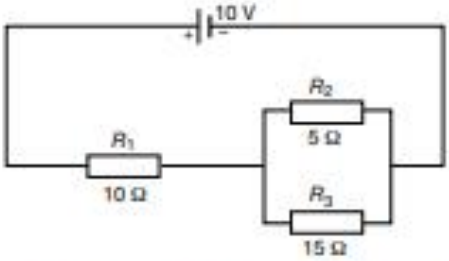
1 Un motor de los utilizados en el aula taller, de 6 V, consume alrededor de 0,2 A cuando está en funcionamiento. ¿Qué potencia desarrolla?

2 Calcula la intensidad de corriente que circula por un punto de un cable por el que pasa una carga de 1 C en 2,5 segundos.

3 ¿Cuál es la resistencia de una lámpara si al aplicarle una tensión de 220 V la corriente que la recorre tiene una intensidad de 12 A?

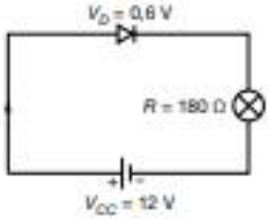
4 Una bombilla de 60 W funciona cuatro horas cada día a lo largo de una semana. Calcula la energía total que consume.

5 En el circuito de la figura, calcula la intensidad y la tensión en cada una de las resistencias:



6 La resistividad de un conductor es $1{,}6 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot m$ y su sección es 2 mm². ¿Cuál será la resistencia de un cable de 4 m fabricado con este material?

7 Calcula el valor de la intensidad de corriente que circula por la bombilla:



8 Los parámetros de funcionamiento de un diodo LED son ID = 25 mA, V_D = 1,8 V. ¿Qué valor debe tener la resistencia de limitación necesaria para protegerlo cuando se conecta a una tensión de 5 V?

9 Supongamos que tenemos un foco de 100 W y que permanece encendido 3 horas todos los días. Calcula:

a) La intensidad de la corriente que circula por la lámpara teniendo en cuenta que la tensión es de 220 V.

b) El consumo mensual de energía que representa.

c) El coste de ese consumo mensual, suponiendo que el precio del kWh es de 0,12 €.

emprender

Construye

Diseña y fabrica un entrenador eléctrico que contenga los siguientes componentes: interruptores, pilas, bombillas, motor, zumbador y conectores.

Los componentes deben fabricarse de manera que permitan hacer y deshacer rápidamente y con facilidad distintos montajes eléctricos.

Investiga

1 Ve a una tienda de componentes electrónicos o al laboratorio de tu instituto, y consigue varios condensadores electrolíticos. A continuación, conecta, respetando la polaridad del condensador, una pila de 4,5 V durante unos segundos; el condensador se cargará de energía. Después, acopla un diodo LED de manera que emita luz. Observarás que esa luz se va atenuando hasta apagarse completamente. Repite el ensayo con distintos condensadores.

a) ¿Por qué con unos condensadores la luz dura más tiempo que con otros?

b) ¿Se te ocurre algún método para conseguir que el diodo emita luz durante más tiempo?