

Electrónica analógica

Versión 1.0

Índice:

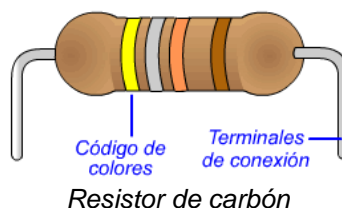
1. La resistencia y el potenciómetro	1
2. La LDR y el termistor	2
3. El condensador	3
4. El diodo	4
5. El transistor	6
6. El relé	8
7. El chip o circuito integrado	9
8. El circuito electrónico	11

1. La resistencia y el potenciómetro

1.1. La resistencia electrónica o resistor

Si abres un aparato electrónico es probable que encuentres en los circuitos unos pequeños elementos cilíndricos con anillos de colores en su superficie. Estos componentes son resistores de carbón y su misión es ofrecer resistencia al paso de la corriente eléctrica.

Se fabrican resistores con diferentes valores de resistencia: 100 Ω (ohmios), 2 200 Ω , etc. Los anillos de colores impresos en el resistor indican su valor de forma codificada.



Los resistores se colocan en los circuitos para limitar el valor de la corriente que circula por un ramal o por un componente del circuito. También se utilizan para limitar la tensión eléctrica. Al atravesar una resistencia, los electrones experimentan una pérdida de energía, lo que se traduce en una caída de la tensión eléctrica.

1.2. Resistencias de película de carbón

Hay muchos tipos de resistores, uno de los más utilizados son los de película de carbón. Se llaman así porque el material que produce resistencia eléctrica es una fina capa de carbón, que se deposita en forma de hélice encima de un casquillo de cerámica. La corriente tiene que atravesar la hélice de carbón para pasar entre los dos terminales, de modo que, cuanto más larga sea la hélice, más resistencia ofrecerá.

1.3. Ejemplo 1: limitación de la corriente

Al introducir un resistor en serie obtenemos una reducción de la corriente que circula por el circuito, menos electrones pasan por el cable cada segundo. Los electrones que consiguen pasar a través de la resistencia tienen, además, menos energía. Con el resistor en el circuito, la energía que recibe la bombilla es menor (pasan menos electrones y con menos energía) y, por lo tanto, luce menos.

Sin resistor, circula mucha corriente por el circuito y la bombilla luce intensamente. Con un resistor se limita la cantidad de corriente que circula por el circuito, la bombilla luce menos.

1.4. Ejemplo 2: protección de componentes electrónicos

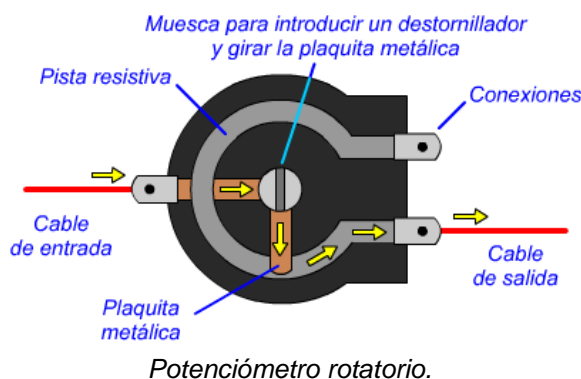
Un circuito consistente en un diodo LED alimentado por dos pilas cilíndricas. Los LED son componentes electrónicos muy sensibles al exceso de corriente y de tensión. Para evitar que se quemen, los LED se conectan en serie con un resistor que limita la intensidad y la tensión de la corriente que les llega.

1.5. Código de colores

Algunos tipos de resistencias electrónicas tienen indicado su valor con anillas de colores pintadas en la superficie. El código de colores que se utiliza permite a los profesionales identificarlas fácilmente. Normalmente está compuesto de cuatro anillas: las dos primeras indican las cifras iniciales; la tercera es un factor multiplicador y la cuarta, la tolerancia, indica posibles desviaciones del valor debido a que la fabricación no es perfecta.

1.6. El potenciómetro

Los potenciómetros, también llamados resistencias ajustables, son resistencias variables. A diferencia de las resistencias de carbón, que tienen un valor fijo, el valor de la resistencia de los potenciómetros se puede ajustar entre cero ohmios y un valor máximo. Uno de los tipos de potenciómetro más utilizados son los de tipo rotatorio. En su interior hay una pista de un material resistivo, carbón, por ejemplo. La electricidad entra al potenciómetro por una plaquita metálica que roza la pista resistiva. Utilizando un destornillador podemos girar la plaquita y hacer que toque en un punto u otro de la pista. Cuanta más longitud de pista resistiva deba atravesar la electricidad, mayor será la resistencia del potenciómetro.



1.7. Ejemplo 1: control de la velocidad de un motor eléctrico

Un circuito en el que se coloca un potenciómetro rotatorio intercalado entre una pila de petaca y un pequeño motor eléctrico. El potenciómetro tiene un eje y un mando que nos permite girarlo fácilmente con la mano, sin necesidad de usar un destornillador. Moviendo el mando del potenciómetro podemos hacer que llegue más o menos potencia eléctrica al motor, por lo que el motor girará más o menos rápidamente y con más o menos fuerza. Un circuito parecido lo podemos encontrar en trenes y coches eléctricos de juguete.

1.8. Ejemplo 2: volumen de un altavoz

Otro tipo de potenciómetro muy común es el de tipo deslizante. Funciona igual que los rotatorios, la diferencia es que la pista resistiva es recta y no en forma de anillo. Se puede utilizar un potenciómetro deslizante para controlar el volumen de un altavoz. Cuanto mayor sea la longitud de pista resistiva que tenga que atravesar la señal eléctrica que produce el equipo de música, menor será el volumen del sonido que emite el altavoz.

2. La LDR y el termistor

2.1. La LDR, resistencia dependiente de la luz

Las LDR son componentes electrónicos que se utilizan como sensores de luz. Su nombre proviene del inglés light-dependent resistor, resistencia dependiente de la luz. También se denominan fotorresistencias.

Las LDR tienen una resistencia eléctrica muy elevada cuando están en la oscuridad o con poca luz. Al oponer tanta resistencia al paso de la corriente eléctrica, muy poca corriente puede atravesarlas. En cambio, cuando están expuestas a la luz, sea natural o artificial, su resistencia se reduce drásticamente y dejan pasar mucha corriente.

Se usan en farolas que se encienden automáticamente cuando oscurece, en cámaras fotográficas como sensores de luz, en sistemas de alarma para detectar intrusos, en sistemas antiincendios como detectores de humo, etc.

2.2. Símbolo y estructura de una LDR

Las LDR funcionan gracias a las propiedades de un material semiconductor, el sulfuro de cadmio (CdS). Una fotorresistencia está formada por dos conductores metálicos separados por una película, en forma de zigzag, de este material sensible a la luz.

2.3. Experimento 1: La resistencia de la LDR cambia con la luz

Es fácil ver cómo varía la resistencia eléctrica de una LDR al exponerla a la luz o la oscuridad, sólo hay que conectarla directamente a un óhmetro, el aparato que se utiliza para medir la resistencia. También se puede usar un multímetro o tester.

2.4. Experimento 2: La LDR deja pasar más corriente eléctrica si está iluminada

Una LDR deja pasar más corriente eléctrica si se expone a la luz.

En la oscuridad, la LDR tiene una resistencia tan grande, que deja pasar muy poca corriente por el circuito. El LED no funciona, o lo hace muy débilmente.

Con luz, la LDR tiene una resistencia tan pequeña, que deja pasar mucha corriente por el circuito. El LED luce intensamente, ya que lo atraviesa mucha corriente.

2.5. El termistor

Los termistores son componentes electrónicos que se utilizan como sensores de temperatura. Tienen la particularidad de que al variar la temperatura su resistencia eléctrica cambia mucho. Existen dos tipos: termistores NTC y PTC. Los termistores NTC (de negative temperature coefficient, coeficiente de temperatura negativo), tienen menor resistencia conforme aumenta la temperatura. Los del tipo PTC (de positive temperature coefficient, coeficiente de temperatura positivo), tienen más resistencia conforme aumenta la temperatura.

2.6. Aplicaciones del termistor

Se utilizan en dispositivos de medida y control de la temperatura, como termostatos y termómetros digitales o circuitos para proteger equipos eléctricos contra el calentamiento excesivo.

2.7. Experimento 1: La resistencia de un termistor cambia con la temperatura

Es fácil ver cómo cambia la resistencia eléctrica de un termistor al variar la temperatura. Solo tenemos que conectarlo directamente a un óhmetro (aparato medidor de la resistencia eléctrica) y hacerle llegar el aire caliente de un secador de cabello.

A temperatura ambiente el termistor NTC tiene una resistencia muy grande.

Al subir la temperatura, la resistencia del termistor NTC disminuye.

2.8. Experimento 2: El termistor NTC deja pasar más corriente al subir la temperatura

Un termistor NTC deja pasar más corriente eléctrica cuando aumenta la temperatura.

A temperatura ambiente, el termistor NTC tiene una resistencia muy grande, muy poca corriente puede pasar por el circuito. El LED no funciona, o lo hace muy débilmente.

Al subir la temperatura, la resistencia eléctrica del termistor NTC desciende y deja pasar mucha corriente por el circuito. El LED luce intensamente, ya que lo atraviesan muchos electrones.

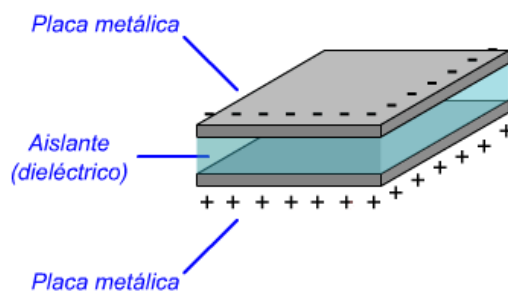
3. El condensador

3.1. El condensador

Los condensadores son componentes electrónicos que almacenan pequeñas cantidades de energía eléctrica para liberarla posteriormente. En cierta manera son como baterías recargables de pequeña capacidad.

3.2. Estructura de un condensador

La estructura de un condensador es muy simple. En su interior, a diferencia de las baterías o las pilas, no se produce ninguna reacción química. Están compuestos de dos placas metálicas separadas entre sí por un material aislante, al que se le llama dieléctrico. El dieléctrico puede ser aire, papel, mica, plástico u otros.



Estructura de un condensador.

3.3. ¿Cómo funciona un condensador?

Cuando un condensador se conecta a una pila, una de las placas metálicas gana electrones y la otra los pierde. El resultado es que una de las placas tiene un exceso de carga negativa y la otra un exceso de carga positiva. Decimos entonces que el condensador está cargado, que almacena energía eléctrica. Si desconectamos la pila y conectamos el condensador cargado a un receptor, un LED por ejemplo, se producirá una circulación de electrones entre las dos placas (corriente eléctrica) y el condensador se descargará, volviendo al estado inicial.

3.4. Tipos de condensadores

Condensadores fijos

Hay muchos tipos de condensadores. Se diferencian básicamente por el material utilizado como dieléctrico. Algunos de los más comunes: condensador electrolítico, condensadores cerámicos y condensador de poliéster.

Condensadores variables

Otro tipo son los condensadores variables. Están compuestos por varias placas metálicas paralelas. Algunas de estas placas son fijas y otras, intercaladas entre las fijas, son móviles. Disponen de un mando que permite girar todas las placas móviles. Cuando todas las placas están alineadas, la capacidad del condensador variable es máxima. Conforme las placas móviles se van desalineando respecto de las fijas, la capacidad va disminuyendo. Se utilizan fundamentalmente en los receptores de radio, para sintonizar las emisoras.

3.5. Capacidad de un condensador

La capacidad de un condensador se mide en farads o faradios (F). En general, cuanto más grande es un condensador, más capacidad tiene. 1 faradio es la capacidad que tiene un condensador del tamaño de una lata de refrescos aproximadamente. En electrónica se usan condensadores mucho más pequeños, por lo que se utilizan submúltiplos del faradio, como el milifaradio (mF), el microfaradio (μ F), el nanofaradio (nF) y el picofaradio (pF).

La capacidad se indica normalmente en el dorso del condensador.

La capacidad de los condensadores depende, entre otros parámetros, de la superficie de sus placas metálicas. Cuanta más superficie, más capacidad. Para evitar que los condensadores de más capacidad sean muy voluminosos, se contruyen enrollando sus placas metálicas.

3.6. Tensión máxima y polaridad

Los condensadores no se pueden conectar a cualquier valor de tensión. Al superar una tensión máxima, se estropean y dejan de funcionar correctamente. El fabricante indica la tensión máxima que pueden soportar, normalmente con una cifra en el cuerpo del condensador.

Algunos condensadores, tienen polaridad. Esto quiere decir que un terminal, el de mayor longitud, debe conectarse siempre al polo positivo del generador y el otro, el de menor longitud, al polo negativo. En caso de que se conecten al revés pueden explotar y resultar peligrosos.

También hay condensadores con polaridad que tienen los dos terminales de la misma longitud. En ese caso, el terminal que debe conectarse al polo positivo tiene marcado el signo + en la base.

3.7. Experimento: cargar y descargar un condensador

Es muy fácil comprobar cómo se carga y descarga un condensador. Necesitas un pequeño condensador electrolítico, una pila de petaca y un LED. Primero debes conectar la pila al condensador durante unos instantes, te será más fácil si lo haces con unos cables con pinzas de cocodrilo. Es importante que conectes los polos correctamente: el polo positivo de la pila al terminal más largo del condensador. Desconecta la pila y conecta un LED. De nuevo es importante la polaridad: los dos terminales más largos, del condensador y del LED, deben estar conectados. Verás que el LED se ilumina durante unos segundos, hasta que el condensador se descarga.

3.8. Ejemplo 1. Flash de una cámara de fotos

La lámpara de flash de una cámara fotográfica funciona gracias a un condensador de gran capacidad. Un flash proporciona una gran intensidad luminosa en un instante, por lo que tiene un gran consumo energético puntual. La batería de una cámara contiene bastante energía, pero no puede suministrarla rápidamente. Los condensadores tienen características complementarias: no pueden almacenar mucha energía, pero la pueden descargar casi instantáneamente. En una cámara de fotos los dos elementos trabajan en equipo. La batería carga un condensador y éste, cuando pulsamos sobre el disparador, descarga toda su energía en una fracción de segundo, haciendo funcionar la lámpara de flash.

3.9. Ejemplo 2. Robot

Algunos aficionados a la robótica construyen pequeños robots solares que utilizan condensadores, en lugar de pilas o baterías, para hacer funcionar sus motores. Tienen una pequeña placa fotovoltaica para obtener la energía necesaria de la luz del sol. Al ser muy pequeña, no produce suficiente energía para alimentar directamente a los motores. Su funcionamiento se basa en almacenar esta energía en condensadores y, solo cuando hay suficiente, enviarla a los motores. La energía acumulada es muy pequeña, por lo que rápidamente se gasta. El resultado es que los robots funcionan de forma intermitente: primero están quietos captando la energía del sol y después la consumen moviéndose durante un instante. Cuando la energía se agota, se paran y vuelven a acumular energía, iniciando el ciclo de nuevo.

3.10. Ejemplo 3: filtrado de señales eléctricas

Los condensadores se utilizan frecuentemente como filtros de señales eléctricas. Por ejemplo: si se conectan en paralelo a un circuito cuya tensión varía muy rápidamente, atenúan las variaciones de tensión, haciendo que sea más constante. En este caso se dice que filtran las señales de mayor frecuencia (las que varían muy rápidamente), ya que no las dejan pasar. ¿Cómo lo consiguen? Muy fácil: al variar la tensión, el condensador se carga y descarga continuamente. Si la tensión cambia muy rápido, el condensador no puede seguir el ritmo y contrarresta la variación. Esta característica los hace muy útiles en equipos de sonido, aparatos de radio, o fuentes de alimentación, como el cargador de un móvil, donde se utilizan para obtener corriente continua.

4. El diodo

4.1. ¿Qué es un semiconductor?

Existen 3 tipos de materiales según su comportamiento ante el paso de la corriente eléctrica: los conductores, los aislantes y los semiconductores.

Conductores:

- Dejan pasar la corriente eléctrica.
- Tienen muy poca resistencia.
- Se utilizan para fabricar cables y conexiones eléctricas.
- Ejemplos: cobre, aluminio, hierro, etc.

Aislantes:

- No dejan pasar la corriente eléctrica.
- Tienen mucha resistencia.
- Se utilizan para fabricar recubrimientos de cables, mangos de herramientas, etc.
- Ejemplos: plástico, cerámica, madera, etc.

Semiconductores:

- Dejan pasar una cantidad pequeña de corriente eléctrica.
- Se pueden manipular para que se comporten como conductores o aislantes en determinadas situaciones, propiedad que les hace útiles para fabricar componentes electrónicos como los diodos, los transistores o los chips.
- Ejemplos: silicio, germanio, arseniuro de galio, etc.

Circuito con un material conductor intercalado

En un circuito formado por una pila, una bombilla y un interruptor, se intercala un trozo de un material conductor y un amperímetro, un aparato que mide la cantidad de corriente eléctrica que circula por un circuito. Multitud de electrones atraviesan el material conductor. El amperímetro detecta mucha corriente eléctrica. La bombilla luce intensamente.

En el circuito anterior se intercala un trozo de un material aislante. Los electrones no pueden atravesar el material aislante. El amperímetro no detecta corriente. La bombilla no funciona. El aislante es una discontinuidad en el circuito y la corriente no puede circular.

Ahora se intercala un trozo de un material semiconductor en el circuito. Una cantidad pequeña de electrones atraviesa el material semiconductor. El amperímetro detecta algo de corriente. La bombilla luce, aunque débilmente. El semiconductor permite el paso de una pequeña cantidad de corriente.

Los semiconductores forman cristales

Los materiales semiconductores más empleados son el silicio (Si), el germanio (Ge) y el arseniuro de galio (AsGa). Si se dan las condiciones adecuadas, los átomos de estos materiales forman estructuras moleculares denominadas cristales, que se caracterizan porque tienen un orden tridimensional que se repite continuamente. Los cristales de semiconductores puros prácticamente son aislantes, ya que todos sus electrones están ocupados para formar las uniones entre átomos y no pueden moverse libremente.

Cristales tipo N y tipo P

Para que los cristales de semiconductores tengan aplicaciones prácticas se debe disminuir su resistencia al paso de la corriente. Esto se hace añadiendo pequeñas cantidades de otros elementos (impurezas), como el boro o el fósforo. Existen dos tipos de semiconductores en función de las impurezas que tienen: los semiconductores de tipo N y los del tipo P. Los de tipo N son conductores porque los átomos de las impurezas aportan electrones que se pueden mover libremente y transmitir así la corriente de electrones de un circuito exterior. En los de tipo P, los átomos de las impurezas crean espacios vacíos de electrones en la estructura del cristal, denominados huecos, que los electrones pueden utilizar para moverse de un átomo a otro. Al proceso de introducir impurezas en un cristal semiconductor se le llama dopado y a los elementos que se utilizan dopantes.

4.2. El diodo

El diodo: dos cristales que están en contacto

Si se pone en contacto un cristal semiconductor tipo N con otro del tipo P y se intercalan en un circuito, se produce un fenómeno singular: los electrones pueden pasar en un sentido, desde el cristal tipo N hasta el cristal tipo P, pero no en el otro. Este fenómeno se utiliza en uno de los componentes electrónicos de semiconductores más sencillo: el diodo. La zona de contacto entre el cristal P y el cristal N se denomina unión PN.

El diodo comercial

El símbolo eléctrico del diodo es una flecha que indica el sentido en el que puede atravesarlo la corriente.

Polarización directa e inversa de un diodo

Un diodo conduce la corriente eléctrica sólo cuando sus terminales se conectan a los polos de un generador en un sentido determinado. Se dice entonces que el diodo tiene una polarización directa y está en estado de conducción. Si se conecta al revés tiene una polarización inversa y está en estado de bloqueo, ya que no deja pasar la corriente.

4.3. Aplicaciones del diodo

Un diodo es un cargador de pilas solar

Un cargador de pilas solar está formado por un pequeño panel de células solares, pilas recargables y un diodo. Cuando hay suficiente luz, el panel genera una tensión eléctrica más alta que la que tienen las pilas, lo que hace que fluya corriente eléctrica desde el panel hacia éstas, cargándolas de energía. Durante la noche o con poca luz pasa lo contrario: las pilas tienen mayor tensión eléctrica, por lo que podría fluir corriente eléctrica desde las pilas hacia el panel, lo que las descargaría. Para evitarlo se instala un diodo en el circuito que permite el paso de corriente desde el panel hacia las pilas e impide el paso en sentido contrario.

El diodo como protector de circuitos

Algunos circuitos y componentes electrónicos se estropean si se conectan a una corriente de polaridad inversa a la que deben trabajar (el polo positivo y el negativo se conectan en los terminales equivocados). Instalando un diodo en los cables que alimentan de corriente estos circuitos o componentes se puede evitar que se estropeen si se conectan equivocadamente, ya que el diodo sólo dejará pasar la corriente en el sentido correcto.

El diodo como rectificador

La corriente que suministra la red eléctrica, y que podemos obtener conectando un aparato a un enchufe, es corriente alterna. Se caracteriza porque su polaridad va cambiando continuamente, 50 veces por segundo. Este tipo de corriente es útil para hacer funcionar bombillas, motores y muchos electrodomésticos. Sin embargo, los aparatos electrónicos como televisores, vídeos, ordenadores, teléfonos móviles, etc. funcionan con corriente continua. Los diodos son utilizados para obtener corriente continua a partir de la corriente alterna de la red, operación que se conoce como rectificación de la corriente alterna. Un ejemplo es el cargador de un teléfono móvil.

Antes de seguir hablando de la rectificación de la corriente alterna mediante diodos, haremos un repaso de las diferencias entre la corriente continua (C.C.) y la corriente alterna (C.A.)

Repaso: corriente continua versus corriente alterna

Los electrones se comportan de una manera muy diferente en la corriente continua y en la alterna.

En la corriente continua los electrones siempre se mueven en el mismo sentido: del polo - del generador hacia el polo +. La polaridad del generador es siempre la misma. En la corriente alterna los electrones cambian el sentido de su

movimiento continuamente. Esto se debe a que la polaridad del generador cambia periódicamente, 50 veces por segundo.

Los dos tipos de corriente también se diferencian en cómo evolucionan en el tiempo la tensión y la intensidad.

Las características de la corriente alterna y de otros tipos de señales eléctricas se analizan con un osciloscopio.

Rectificación de media onda con un diodo

La manera más sencilla de transformar la corriente alterna en continua es hacerla pasar a través de un diodo. El diodo sólo dejará pasar los electrones que circulen en un sentido e impedirá su paso en el sentido opuesto. La corriente resultante será intermitente y con una tensión e intensidad que fluctúan formando pulsos. A este tipo de corriente se le denomina corriente continua pulsante. Se considera corriente continua porque los electrones sólo circulan en un sentido y no con un movimiento alternativo.

Rectificación de onda completa con puente de diodos

Un sistema mejor para rectificar la corriente alterna es utilizar un puente de diodos. Se trata de un circuito de 4 diodos conectados entre sí. El puente de diodos transforma toda la onda sinusoidal que produce el generador en corriente continua pulsante.

Rectificación de onda completa y filtrado con condensador

Para conseguir corriente verdaderamente continua deberíamos eliminar, o al menos reducir, los pulsos de la corriente que sale del puente de diodos. Para ello se utiliza un condensador, que filtra la corriente pulsante dejando sólo pequeñas perturbaciones llamadas rizado. Se puede eliminar el rizado con un circuito regulador de tensión. Este tipo de circuitos se denominan fuentes de alimentación, normalmente tienen también un transformador que reduce la tensión de la red. Se utilizan en la mayoría de aparatos electrónicos.

Un puente de diodos en un chip

Para construir un puente de diodos son necesarios 4 diodos y un buen número de soldaduras. En el mercado existen componentes electrónicos que facilitan esta labor, son circuitos integrados (chips) que tienen en su interior un puente de diodos miniaturizado protegido por una cápsula de plástico.

4.4. El diodo LED

Además del diodo de propósito general, también llamado diodo rectificador, existen otros tipos de diodos especializados en tareas concretas: el diodo Zener, el fotodiodo, etc.

Uno de los tipos de diodos especializados que más aplicaciones tiene es el diodo LED. El nombre LED viene de las siglas inglesas Light-Emitting Diode, Diodo emisor de luz. Es un componente electrónico que emite luz cuando es atravesado por corriente eléctrica. Se utiliza mucho como indicador luminoso en aparatos eléctricos y electrónicos de todo tipo. También se utiliza en carteles expositores, en pantallas gigantes, en semáforos y en linternas. Son componentes electrónicos muy robustos y consumen muy poca energía.

5. El transistor

5.1. El transistor, un componente electrónico de 3 patas

Es un componente electrónico basado en materiales semiconductores (Germanio y Silicio). Es fácil reconocer a los transistores porque tienen tres terminales (patas). Cada terminal tiene una función, que veremos más adelante, y un nombre: colector, base y emisor.

Se utilizan para hacer dos tareas de gran importancia en los circuitos electrónicos:

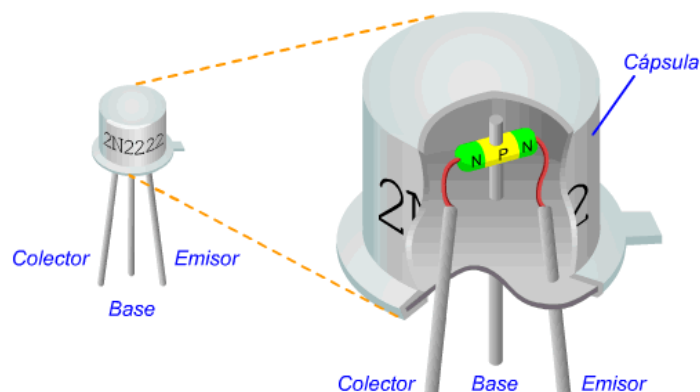
1. Abrir y cerrar circuitos automáticamente. Es decir, hacen la función de interruptor.
2. Amplificar señales eléctricas. Gracias a ellos podemos sentir, por ejemplo, la débil señal que capta un receptor de radio o de televisión.

5.2. Tipos de transistores

Hay muchos tipos de transistores. Se diferencian básicamente en el encapsulado (la caja que los protege), la potencia máxima que pueden controlar y la tensión e intensidad que pueden soportar sus terminales. Para conocer las características técnicas de un transistor y qué terminales son el colector, la base y el emisor, es necesario consultar las hojas de características que proporciona el fabricante (datasheet, en inglés), que podemos encontrar en internet.

5.3. Estructura de un transistor

Los transistores más comunes son los transistores bipolares. Están formados por una capa de silicio tipo P (se llama así porque tiene exceso de cargas positivas) emparedada entre dos capas de silicio tipo N (exceso de cargas negativas). Cada capa de silicio se conecta a un terminal (una pata). Los transistores bipolares que tienen esta estructura se llaman transistores NPN. Existe otro tipo, los transistores PNP, en los que la capa central es del tipo P y las exteriores del tipo N. Su funcionamiento es básicamente el mismo, aunque cambia la manera como se conectan. En esta miniunidad nos referiremos siempre a los NPN.



Estructura interna de un transistor NPN.

5.4. El transistor como interruptor

Un transistor que actúa como interruptor en reposo se comporta como un aislante: no circula corriente entre el colector y el emisor. Sin embargo, si aplicamos una pequeña corriente en la base, el transistor se comporta como un conductor y deja circular corriente entre el colector y el emisor.

Encendido de un LED

Un transistor actuando como interruptor en un circuito electrónico. Si accionas el pulsador llega una pequeña cantidad de corriente a la base (la resistencia impide que llegue mucha). Entonces el transistor se comporta como un conductor, deja pasar corriente por el circuito y el LED se enciende. Al soltar el pulsador, la base del transistor deja de recibir corriente y el transistor se convierte en un aislante, no circula corriente y el LED se apaga.

Circuito con LDR

Un circuito muy sencillo que demuestra la utilidad del transistor como interruptor automático, sin intervención humana. Se sustituye el pulsador del circuito anterior por una LDR, una resistencia dependiente de la luz. En la oscuridad la LDR tiene mucha resistencia, por lo que no deja que pase la corriente de las pilas hacia la base del transistor. Cuando recibe luz su resistencia baja mucho y deja que pase corriente hasta la base del transistor. Entonces el transistor se comporta como un conductor, circula corriente por el circuito y el LED se enciende.

5.5. El transistor como amplificador

Si alimentamos la base de un transistor con una corriente fluctuante (su intensidad sube y baja), éste tiene un comportamiento muy interesante: se comporta como un amplificador. El transistor dejará pasar más o menos corriente entre el colector y el emisor en función de la corriente que recibe la base. Esta corriente seguirá las fluctuaciones de la corriente de la base, la señal, pero con mucha más intensidad, es decir, amplificará la señal que se ha introducido en la base. Funciona solo hasta un cierto límite de corriente. Cuando se sobrepasa este límite, el transistor ya no amplifica más y se comporta como un interruptor (circuito cerrado).

Circuito con micrófono y altavoz

En un circuito que utiliza un transistor para amplificar la débil señal que proviene de un micrófono, la señal se envía a la base del transistor y éste la amplifica y la envía al altavoz, donde puede oírse con suficiente volumen. Los transistores se utilizan como amplificadores en aparatos de radio, televisores, audífonos y multitud de aparatos electrónicos.

Ganancia

La ganancia (β) de un transistor es el número de veces que multiplica la corriente que entra por la base. En un transistor que tenga una ganancia de 100, por ejemplo, por cada electrón que entra por la base, pasan 100 entre el colector y el emisor. Dicho de otra manera: si le aplicamos una corriente de 1 mA (miliamperio) en la base, dejará pasar 100 mA entre sus otros dos terminales.

5.6. La revolución del transistor

Miniaturización

El transistor fue inventado en los Laboratorios Bell (EE.UU) en 1947 por John Bardeen, Walter Brattain y William Shockley, invento que les hizo ganadores del Premio Nobel de Física en 1956. Algunos historiadores lo han catalogado como el mayor invento del siglo XX. La razón es que el transistor supuso un gran avance en la industria electrónica, especialmente en el campo de las telecomunicaciones. Antes del transistor se utilizaban válvulas de vacío, que eran mucho más grandes, caras, frágiles y consumidoras de electricidad.

Transportabilidad

Los transistores son pequeños y necesitan poca energía para funcionar. Su aparición permitió construir receptores de radio portátiles, de pequeño tamaño y que no necesitaban estar conectados a la red eléctrica, como las viejas radios de válvulas, sino que podían funcionar con pilas. Estos aparatos de radio se popularizaron con el nombre de

"transistores", tomando el nombre del componente electrónico que los había hecho posibles. Su precio era mucho menor, lo que ayudó a popularizar la comunicación a través de la radio. Los transistores se empezaron a usar también en multitud de otros aparatos: televisores, teléfonos, audífonos, instrumental científico, etc.

Ordenadores basados en semiconductores

Los primeros ordenadores utilizaban válvulas de vacío. ENIAC, el primer ordenador programable, tenía más de 17 000 válvulas, medía 30 m de largo y consumía 200 kW de potencia eléctrica. Podía realizar 5 000 operaciones aritméticas por segundo. Hoy en día, el chip de silicio del microprocesador de un ordenador personal tiene centenares de millones de transistores miniaturizados en el tamaño de una uña, con un consumo eléctrico ínfimo y puede realizar miles de millones de operaciones por segundo.

6. El relé

6.1. ¿Qué es un relé?

Un relé es un interruptor automático controlado por la electricidad.

Los relés permiten abrir o cerrar circuitos eléctricos sin la intervención humana.

6.2. ¿Para qué sirve un relé?

Las aplicaciones más importantes son las siguientes:

- Automatismos: El componente eléctrico que activa los motores de una puerta automática, las luces de un semáforo, un ascensor, un secador de manos y multitud de otros sistemas automáticos son los relés.
- Control de motores eléctricos industriales: Los relés se utilizan para poner en marcha, parar y cambiar el sentido de giro y la velocidad de los motores eléctricos que mueven máquinas industriales de todo tipo.
- Los primeros ordenadores funcionaban con relés: Los primeros ordenadores usaron relés como base para realizar cálculos matemáticos. Más adelante fueron sustituidos por válvulas de vacío y más tarde por transistores miniaturizados en un chip de silicio.

6.3. ¿De qué partes consta un relé?

Consta de: contactos, armadura, electroimán, conexiones de los contactos y conexiones del electroimán.

6.4. Símbolo eléctrico

El rectángulo con la línea diagonal representa el electroimán y las dos líneas que tiene arriba y abajo son los cables que lo alimentan. El interruptor representa los contactos del relé. Ambos elementos están unidos por una línea discontinua que indica que el electroimán cierra el interruptor al ser activado.

6.5. ¿Cómo funciona un relé?

Primer paso: El relé está en reposo.

Segundo paso: Hacemos pasar electricidad por el electroimán (circuito de control).

Tercer paso: El electroimán se convierte en un imán y genera un campo magnético a su alrededor.

Cuarto paso: El electroimán atrae la armadura. Ésta empuja los contactos haciendo que se toquen.

Quinto paso: La corriente eléctrica puede pasar a través de los contactos y activar un receptor, como una bombilla o un motor (circuito de potencia).

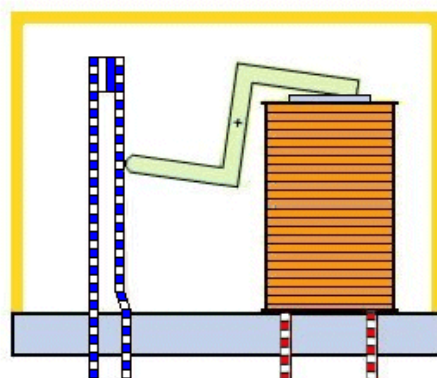


Imagen de un relé activado.

6.6. Un circuito sencillo con un relé: control de una bombilla

Circuito que permite encender una bombilla mediante un relé al presionar un pulsador. No es un circuito útil ya que podríamos prescindir del relé conectando directamente el pulsador a la bombilla, pero nos ayuda a entender cómo actúa un relé. Si quisiéramos hacer un circuito práctico podríamos colocar, por ejemplo, un circuito electrónico con un sensor de luz. El sensor activaría el relé y encendería la bombilla al hacerse de noche (de esta forma funciona una farola automática).

Primer paso: El circuito de control (el que activa el relé) y el circuito de potencia (el que activa la bombilla) están en reposo.

Segundo paso: Presionamos el pulsador.

Tercer paso: La corriente circula por el circuito de control.

Cuarto paso: El electroimán del relé se activa y cierra el interruptor.

Quinto paso: La corriente circula por el circuito de potencia y hace funcionar la bombilla.

6.7. ¿Hay otros tipos de relés?

Hay muchos tipos de relés. Los anteriores son relés electromecánicos de uso general (tienen muchas aplicaciones diferentes). Aparte de relés electromecánicos hay otro gran grupo, el de los relés electrónicos.

Los relés electrónicos o de estado sólido (conocidos con las siglas inglesas SSR, Solid State Relay) empiezan a competir con los relés tradicionales ya que tienen dos grandes ventajas:

- No tienen piezas móviles, lo que permite que tengan una vida útil mucho mayor.
- No provocan chispas cuando abren o cierran los circuitos, característica que los hace muy interesantes en lugares donde se pueden producir incendios.

Aparte de los relés de uso general hay una gran cantidad de relés especializados, por ejemplo:

- Relés reed: son relés que abren o cierran circuitos cuando son sometidos a un campo magnético (por ejemplo con la presencia de un imán). Se utilizan como sensores.
- Relés telefónicos: son los relés que permiten interconectar dos teléfonos cuando alguien hace una llamada. Se utilizan en las centrales telefónicas. Hasta hace unos años eran relés electromecánicos, parecidos a los que hemos visto en esta miniunidad. Han sido sustituidos por sistemas electrónicos.

7. El chip o circuito integrado

7.1. Un chip, un circuito en miniatura

Los circuitos integrados, chips o microchips, son componentes electrónicos que tienen en su interior un circuito electrónico miniaturizado. Este circuito tan pequeño es muy delicado por lo que se protege exteriormente con un encapsulado de plástico o cerámica, que es lo que podemos ver desde fuera.

Fueron inventados en 1958 por Jack Kilby en la empresa Texas Instruments y pocos años después de su aparición sus aplicaciones ya eran muy numerosas, actualmente están en casi todos los aparatos eléctricos y electrónicos. La repercusión de este invento, uno de los más importantes del siglo XX, fue reconocida mundialmente al concederse a Kilby el premio Nobel de física en el año 2000.

Un pequeño chip substituye a un circuito de gran tamaño: Un chip substituye a un circuito hecho con componentes electrónicos individuales: transistores, resistencias, diodos, condensadores, etc. En el interior del chip el tamaño de estos componentes es de pocas milésimas de milímetro y su forma de fabricación y su aspecto es totalmente diferente. Un chip, que cabe en un dedo, puede tener miles de componentes electrónicos miniaturizados.

7.2. ¿Por qué son importantes los chips?

La aparición de los chips supuso una revolución en la industria electrónica, destacan las siguientes razones:

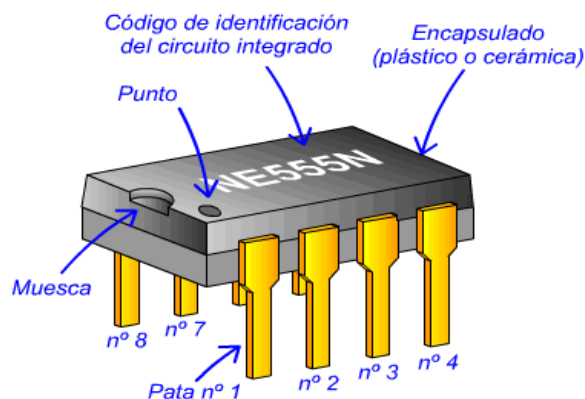
1. Miniaturización: Utilizando chips se pueden fabricar aparatos muy complejos en un tamaño reducido, en muchos casos esto permite hacerlos portátiles. Si no existiesen los chips un teléfono móvil sería tan grande como una maleta y un ordenador personal como un piso entero.
2. Enorme reducción de costes: Los chips se fabrican en serie de forma automatizada y, al ser tan pequeños, utilizan muy poca cantidad de material; esto hace que el precio de un circuito electrónico construido dentro de un chip sea muchísimo más barato que si no estuviera miniaturizado.
3. Desarrollo tecnológico: La aparición en el mercado de cientos de circuitos integrados diferentes y cada vez con mayores prestaciones ha hecho posible la aparición de nuevos inventos en muchos campos de la tecnología, como la informática, la automatización y las comunicaciones.

7.3. Estructura de un chip

Desde fuera un chip es una cajita bastante misteriosa. Tiene las siguientes partes:

- Partes exteriores. Las partes exteriores más importantes son el encapsulado y las patas o pines. El encapsulado es normalmente de plástico, aunque también puede ser de cerámica, como en los chips microprocesadores utilizados en los ordenadores. Las patas son metálicas y su función es conectar el circuito interior del chip con el exterior.
- Código de identificación. Por el aspecto exterior no podemos saber para qué sirve un chip ni qué características tiene, es necesario identificarlo y consultar la documentación técnica del fabricante. Cada chip tiene un código, formado por números y letras, que le identifica.
- Marcas. El encapsulado tiene dos marcas. Una es una muesca que sirve de guía para colocar correctamente el chip en un circuito (y no instalarlo al revés). La segunda marca es un pequeño punto que indica cuál es la pata nº 1. La numeración de las patas es importante porque cada una de ellas tiene una función diferente.
- Circuito miniaturizado. La función del encapsulado es proteger al circuito miniaturizado que hay en su interior. Unas conexiones eléctricas conectan el circuito con las patas.

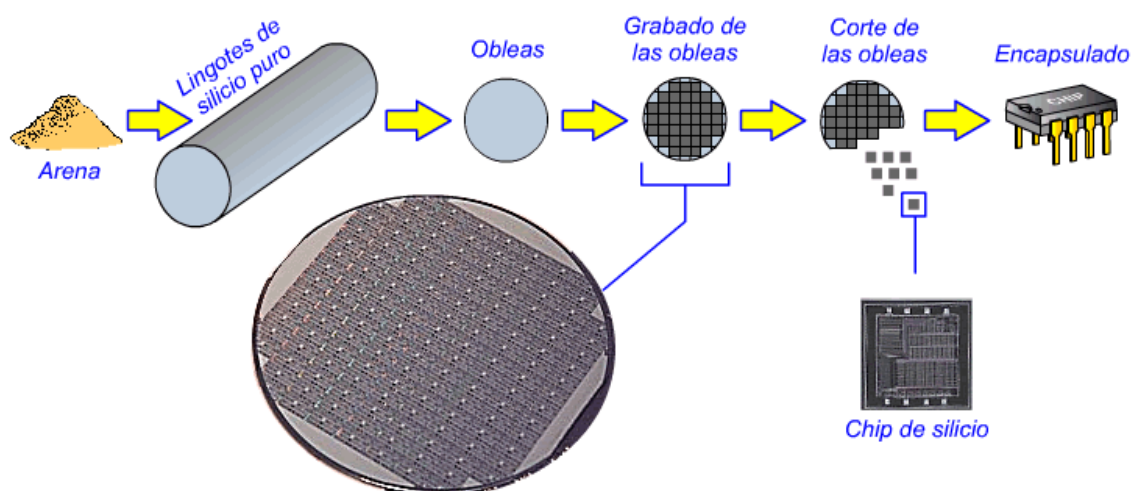
- Chip de silicio. El circuito miniaturizado está grabado en una pequeña plaquita de silicio de pocos milímetros de lado que se llama chip y que, por extensión, da nombre a todo el conjunto. La palabra inglesa chip se podría traducir como "pedacito".
- Una ciudad en miniatura. Hay que ampliar el chip más de 100 veces para poder ver los componentes individuales: transistores, diodos, etc. y sus conexiones. Tiene la apariencia de una ciudad en miniatura y sólo un experto puede interpretarlo.



Estructura de un chip.

7.4. ¿Cómo se fabrica un chip?

El material más importante de los chips es el silicio, un material semiconductor que se obtiene de arena rica en sílice (óxido de silicio, SiO_2). A partir de la arena se extrae el silicio y se purifica. El silicio puro se introduce en un horno y se le da forma de lingotes cilíndricos. Estos lingotes se cortan en láminas muy delgadas, las obleas. Sobre las obleas se graban, mediante técnicas muy complejas, decenas o centenares de circuitos miniaturizados. Posteriormente las obleas se cortan para obtener los circuitos individuales (chips), que finalmente se encapsulan.



Proceso de fabricación de un chip.

7.5. Chips por todas partes

Los chips están por todas partes, cada día se utilizan más. Algunos de los campos donde más se usan: Informática, vehículos, electrodomésticos y electrónica de consumo, relojes, comunicaciones, tecnología y equipos industriales. Y unos cuantos ejemplos de aplicaciones:

- **TELÉFONOS MÓVILES:** Los teléfonos móviles son uno de los aparatos más complejos que utilizamos cotidianamente. En su interior hay numerosos circuitos integrados, sin éstos los teléfonos móviles serían tan grandes como una maleta y su precio sería mucho mayor.
- **INTERMITENCIAS:** Este circuito integrado es un 555, un temporizador muy conocido. Una de sus numerosas aplicaciones es la de generar intermitencias para señales de tráfico, intermitentes de vehículos, luces de alarma, etc.
- **MICROPROCESADORES:** Los chips más potentes son los microprocesadores utilizados en los ordenadores. Estos chips tienen decenas de millones de transistores y otros componentes electrónicos, lo que les permiten manejar grandes cantidades de información y realizar cálculos matemáticos a gran velocidad. Su encapsulado es de cerámica y, debido a su gran complejidad, tienen centenares de patas para conectarse con el resto de los componentes del ordenador.
- **CALCULADORAS:** Una de las primeras aplicaciones de los chips fueron las calculadoras. Actualmente, una calculadora no es más que un teclado, una pantalla y un chip que realiza las operaciones matemáticas. Para fabricarla más barata, el chip se instala (sin encapsulado) directamente en la placa del circuito de la calculadora y posteriormente se protege con una gota de plástico que hace de encapsulado.

- **RELOJES DIGITALES:** Otra aplicación similar a las calculadoras son los relojes digitales. Todo el circuito necesario para construir un reloj se ha miniaturizado en un chip que se fabrica industrialmente y de manera totalmente automatizada. Esto hace que sean económicos, pero a la vez con muchas prestaciones: calendario, cronómetro, etc.
- **UN PEQUEÑO ORDENADOR EN UN CHIP:** Un tipo de chip con mucho futuro son los microcontroladores. Son pequeños ordenadores compuestos por una memoria, donde se guarda un programa breve, y un circuito que ejecuta este programa en función de la información que llega de sensores externos; todo ello en un sólo chip. Un mismo microcontrolador se puede programar para que realice diferentes funciones, como controlar una máquina de refrescos, un ascensor, una máquina industrial, un microondas, una impresora, etc.

8. Circuitos electrónicos

8.1. Circuitos electrónicos

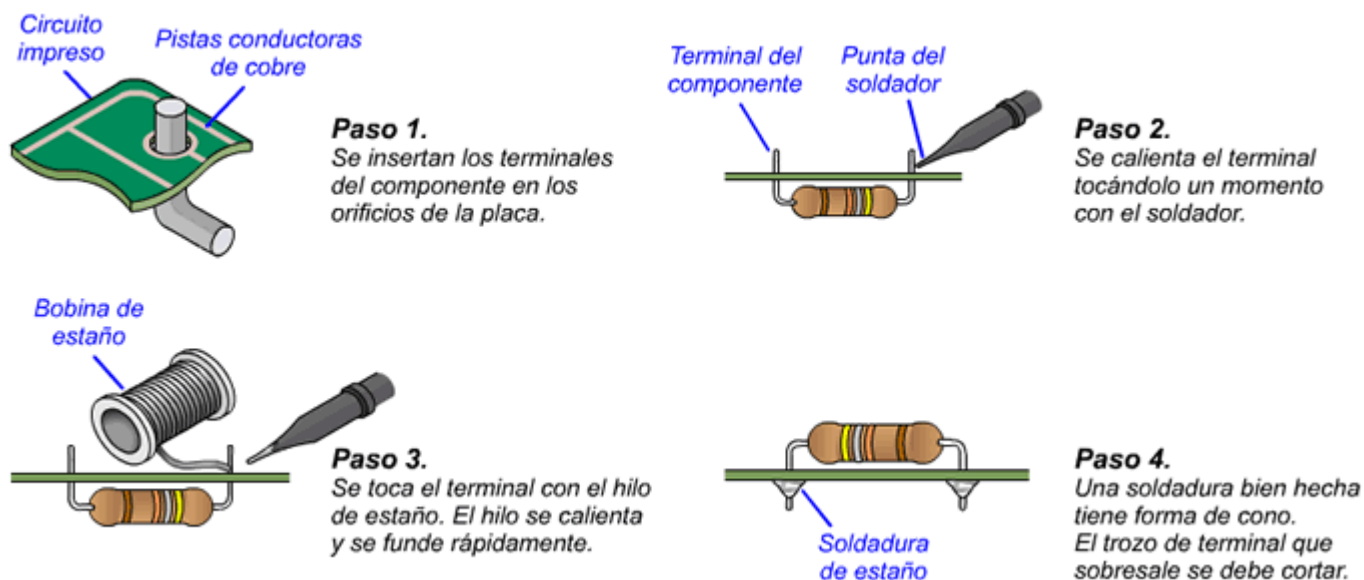
En las unidades anteriores hemos estudiado los componentes electrónicos más usuales: resistencias, condensadores, transistores, etc. Para que estos componentes realicen un trabajo útil deben conectarse entre sí formando un circuito electrónico. El propósito de los circuitos electrónicos no es, como sucede en los circuitos eléctricos generales, hacer funcionar elementos de potencia (bombillas, motores, etc.), sino gestionar señales eléctricas que son utilizadas como medio para transmitir o procesar información. Podemos encontrar circuitos electrónicos en muchos aparatos a nuestro alrededor: teléfonos, equipos de música, ordenadores, etc. Un circuito electrónico está compuesto por un circuito impreso (una placa de plástico que tiene grabadas en su superficie una serie de pistas conductoras) y por componentes electrónicos que se sueldan en el circuito impreso.

8.2. Placas de pruebas

Hay circuitos industrializados realizados en líneas de fabricación en cadena, a menudo con sistemas automatizados. También hay técnicas para hacer circuitos impresos de forma artesanal para pequeñas producciones, pero si queremos experimentar con un circuito concreto lo más usual es hacerlo en una placa de pruebas. Una de las placas de pruebas más comunes son las placas protoboard. Están compuestas de una matriz de agujeritos conectados eléctricamente entre sí mediante conductores internos. Nos permiten montar rápidamente un circuito "pinchando" los terminales de los componentes en los agujeritos. Otro tipo de placas de pruebas son las placas perforadas. Son circuitos impresos que tienen grabadas en su superficie pistas conductoras perforadas donde se pueden soldar los terminales de los componentes electrónicos. Hay diferentes tipos de placas perforadas, las más usuales son las placas de tiras y las placas de puntos.

8.3. Soldando componentes electrónicos en un circuito impreso

Soldar un componente electrónico en un circuito impreso no es difícil. Se necesita un soldador eléctrico y una bobina de estaño para soldadura. Fíjate en las ilustraciones.



La soldadura es una tarea delicada que requiere concentración, pulso y un correcto uso de los utensilios. La punta del soldador y el estaño de las soldaduras alcanzan una temperatura muy elevada, por lo que es necesario tener mucho cuidado para no quemarse. Se aconseja dejar el soldador sobre un soporte estable cuando no se utiliza. Para que se forme una buena soldadura se deben mantener limpios los terminales de los componentes y el soldador. La punta del soldador puede tener restos de estaño o suciedad, por lo que es conveniente limpiarla a menudo con una esponja humedecida con agua.

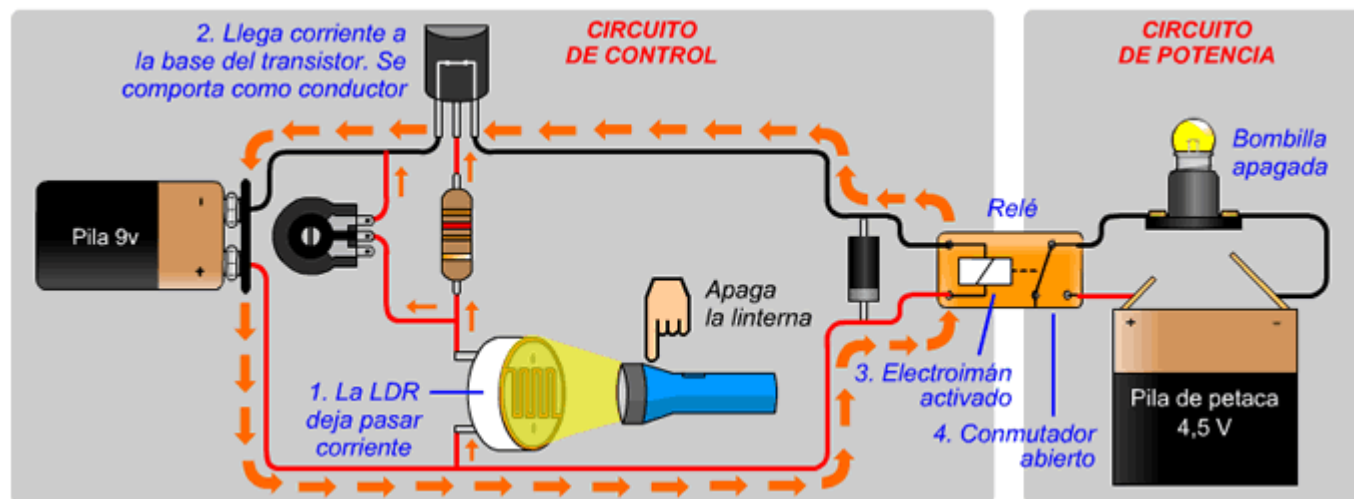
8.4. Ejemplos de circuitos electrónicos

A continuación vamos a ver en detalle dos ejemplos de circuitos electrónicos. Estudiaremos qué componentes tienen y cómo funcionan. Se incluyen indicaciones para que puedas reproducirlos fácilmente en el taller.

1. Circuito que enciende automáticamente una bombilla cuando oscurece.
2. Circuito que genera una luz piloto intermitente.

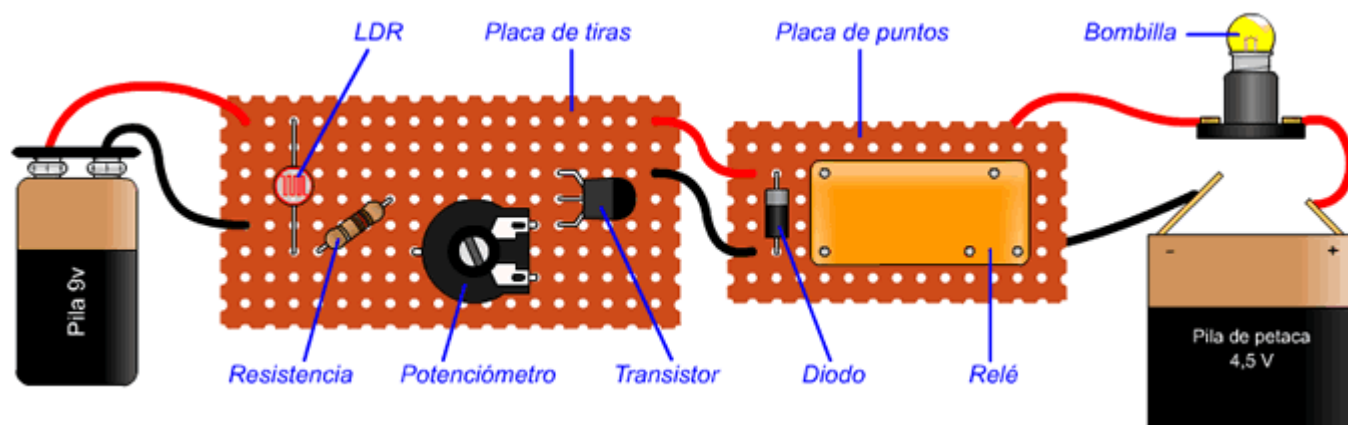
Ejemplo 1. Circuito que enciende una bombilla cuando oscurece

En este circuito se utiliza una LDR, un transistor y un relé para encender automáticamente una bombilla cuando oscurece. Un circuito similar a éste lo podemos encontrar en farolas automáticas. Su funcionamiento es el siguiente: Paso 1: Cuando la LDR está iluminada deja pasar mucha corriente. Paso 2: La corriente va a parar a la base del transistor y lo convierte en conductor. Paso 3: Al entrar el transistor en conducción puede circular mucha corriente a través del electroimán del relé. Paso 4: El conmutador del relé se coloca de manera que mantiene abierto (apagado) el circuito formado por una pila de petaca y la bombilla (circuito de potencia).



Cuando la LDR deja de estar iluminada no llega corriente a la base del transistor. El transistor se comporta como un aislante, la corriente no llega al electroimán del relé y el conmutador cierra el circuito de potencia. La bombilla comienza a lucir. Para regular a qué nivel de luminosidad se encenderá la bombilla, el circuito dispone de un potenciómetro. Otro componente interesante es el diodo. Cada vez que el relé se desactiva el campo magnético del electroimán genera una corriente, llamada corriente autoinducida, que puede estropear el transistor. La función del diodo es protegerlo evitando que estas corrientes lo alcancen.

En la ilustración puedes ver cómo se puede construir el circuito anterior utilizando placas perforadas (una placa de tiras para el circuito de control y una placa de puntos para el relé). Para reproducirlo en el taller necesitas los siguientes componentes: pila de 9 V, pila de petaca de 4,5 V, resistencia LDR, resistencia fija de 120 Ω , potenciómetro de 10 000 Ω , relé de 4,5 V, bombilla de 4,5 V, transistor NPN PH2222A y diodo de baja potencia. Si clicas encima del circuito podrás ver cómo debes soldar los diferentes componentes en las placas.



Ejemplo 2. Circuito que genera una luz piloto intermitente

En este ejemplo se utiliza un chip o circuito integrado 555 para implementar un circuito que hace funcionar de forma intermitente un LED. Un circuito similar a éste se utiliza como indicador luminoso en muchos aparatos, como ordenadores o electrodomésticos. El chip 555 es un temporizador: al recibir tensión eléctrica en la patilla núm. 2 empieza a contar una cantidad determinada de tiempo (por ejemplo: 0,2 s). Cuando este tiempo acaba, envía corriente por la patilla núm. 3 durante la misma cantidad de tiempo (0,2 s en nuestro ejemplo). Podemos modificar el tiempo que cuenta el chip 555, con el fin de que el LED parpadee más rápidamente o más lentamente, modificando el valor del condensador y de la resistencia 3 que hay en el circuito.

En la ilustración puedes ver cómo implementar el circuito en una placa protoboard para que puedas reproducirlo fácilmente en el taller. Necesitarás estos componentes: una placa protoboard, un circuito integrado 555, 2 resistencias de $1000\ \Omega$ y una de $100\ 000\ \Omega$, un condensador de $10\ \mu\text{F}$, una pila de $9\ \text{V}$, un LED y cables para hacer las conexiones. Es muy importante que conectes los componentes tal y como aparecen en la ilustración.

