

1 ELECTRÓNICA BÁSICA

CONCEPTOS TEÓRICOS SOBRE ELECTRICIDAD

¿Qué es la electricidad?

Un electrón es una partícula subatómica que posee carga eléctrica negativa. Por lo tanto, debido a la ley física de atracción entre sí de cargas eléctricas de signo opuesto (y de repulsión entre sí de cargas eléctricas de mismo signo), cualquier electrón siempre es atraído por una carga positiva equivalente.

Una consecuencia de este hecho es que si, por razones que no estudiaremos, en un extremo (también llamado “polo”) de un material conductor aparece un exceso de electrones y en el otro polo aparece una carencia de estos (equivalente a la existencia de “cargas positivas”), los electrones tenderán a desplazarse a través de ese conductor desde el polo negativo al positivo. A esta circulación de electrones por un material conductor se le llama “electricidad”.

La electricidad existirá mientras no se alcance una compensación de cargas entre los dos polos del conductor. Es decir, a medida que los electrones se desplacen de un extremo a otro, el polo negativo será cada vez menos negativo y el polo positivo será cada vez menos positivo, hasta llegar el momento en el que ambos extremos tengan una carga global neutra (es decir, estén en equilibrio). Llegados a esta situación, el movimiento de los electrones cesará. Para evitar esto, en la práctica se suele utilizar una fuente de alimentación externa (lo que se llama un “generador”) para restablecer constantemente la diferencia inicial de cargas entre los extremos del

conductor, como si fuera una “bomba”. De esta manera, mientras el generador funcione, el desplazamiento de los electrones podrá continuar sin interrupción.

¿Qué es el voltaje?

En el estudio del fenómeno de la electricidad existe un concepto fundamental que es el de voltaje entre dos puntos de un circuito eléctrico (también llamado “tensión”, “diferencia de potencial” o “caída de potencial”). Expliquémoslo con un ejemplo.

Si entre dos puntos de un conductor no existe diferencia de cargas eléctricas, el voltaje entre ambos puntos es cero. Si entre esos dos puntos aparece un desequilibrio de cargas (es decir, que en un punto hay un exceso de cargas negativas y en el otro una ausencia de ellas), aparecerá un voltaje entre ambos puntos, el cual será mayor a medida que la diferencia de cargas sea también mayor. Este voltaje es el responsable de la generación del flujo de electrones entre los dos puntos del conductor. No obstante, si los dos puntos tienen un desequilibrio de cargas entre sí pero están unidos mediante un material no conductor (lo que se llama un material “aislante”), existirá un voltaje entre ellos pero no habrá paso de electrones (es decir, no habrá electricidad).

Generalmente, se suele decir que el punto del circuito con mayor exceso de cargas positivas (o dicho de otra forma: con mayor carencia de cargas negativas) es el que tiene el “potencial” más elevado, y el punto con mayor exceso de cargas negativas es el que tiene el “potencial” más reducido. Pero no olvidemos nunca que el voltaje siempre se mide entre dos puntos: no tiene sentido decir “el voltaje en este punto”, sino “el voltaje en este punto respecto a este otro”; de ahí sus otros nombres de “diferencia de potencial” o “caída de potencial”.

Así pues, como lo que utilizaremos siempre serán las diferencias de potencial relativas entre dos puntos, el valor numérico absoluto de cada uno de ellos lo podremos asignar según nos convenga. Es decir, aunque 5, 15 y 25 son valores absolutos diferentes, la diferencia de potencial entre un punto que vale 25 y otro que vale 15, y la diferencia entre uno que vale 15 y otro que vale 5 da el mismo resultado. Por este motivo, y por comodidad y facilidad en el cálculo, al punto del circuito con potencial más reducido (el de mayor carga negativa, recordemos) se le suele dar un valor de referencia igual a 0.

También por convenio (aunque físicamente sea en realidad justo al contrario) se suele decir que la corriente eléctrica va desde el punto con potencial mayor hacia

otro punto con potencial menor (es decir, que la carga acumulada en el extremo positivo es la que se desplaza hacia el extremo negativo).

Para entender mejor el concepto de voltaje podemos utilizar la analogía de la altura de un edificio: si suponemos que el punto con el potencial más pequeño es el suelo y asumimos este como el punto de referencia con valor 0, a medida que un ascensor vaya subiendo por el edificio irá adquiriendo más y más potencial respecto al suelo: cuanta más altura tenga el ascensor, más diferencia de potencial habrá entre este y el suelo. Cuando estemos hablando de una “caída de potencial”, queremos decir entonces (en nuestro ejemplo) que el ascensor ha disminuido su altura respecto al suelo y por tanto tiene un voltaje menor.

La unidad de medida del voltaje es el voltio (V), pero también podemos hablar de milivoltios ($1 \text{ mV} = 0,001 \text{ V}$), o de kilovoltios ($1 \text{ kV} = 1000 \text{ V}$). Los valores típicos en proyectos de electrónica casera como los que abordaremos en este libro son de 1,5 V, 3,3 V, 5 V... aunque cuando intervienen elementos mecánicos (como motores) u otros elementos complejos, se necesitará aportar algo más de energía al circuito, por lo que los valores suelen ser algo mayores: 9 V, 12 V o incluso 24 V. En todo caso, es importante tener en cuenta que valores más allá de 40 V pueden poner en riesgo nuestra vida si no tomamos las precauciones adecuadas; en los proyectos de este libro, de todas formas, no se utilizarán nunca voltajes de esta magnitud.

¿Qué es la intensidad de corriente?

La intensidad de corriente (comúnmente llamada “corriente” a secas) es una magnitud eléctrica que se define como la cantidad de carga eléctrica que pasa en un determinado tiempo a través de un punto concreto de un material conductor. Podemos imaginar que la intensidad de corriente es similar en cierto sentido al caudal de agua que circula por una tubería: que pase más o menos cantidad de agua por la tubería en un determinado tiempo sería análogo a que pase más o menos cantidad de electrones por un cable eléctrico en ese mismo tiempo.

Su unidad de medida es el amperio (A), pero también podemos hablar de miliamperios ($1 \text{ mA} = 0,001 \text{ A}$), de microamperios ($1 \text{ } \mu\text{A} = 0,001 \text{ mA}$), o incluso de nanoamperios ($1 \text{ nA} = 0,001 \text{ } \mu\text{A}$).

Tal como ya hemos comentado, se suele considerar que en un circuito la corriente fluye del polo positivo (punto de mayor tensión) al polo negativo (punto de menor tensión) a través de un material conductor.

¿Qué es la corriente continua (DC) y la corriente alterna (AC)?

Hay que distinguir dos tipos fundamentales de circuitos cuando hablamos de magnitudes como el voltaje o la intensidad: los circuitos de corriente continua (o circuitos DC, del inglés “Direct Current”) y los circuitos de corriente alterna (o circuitos AC, del inglés “Alternating Current”).

Llamamos corriente continua a aquella en la que los electrones circulan a través del conductor siempre en la misma dirección (es decir, en la que los extremos de mayor y menor potencial –o lo que es lo mismo, los polos positivo y negativo– son siempre los mismos). Aunque comúnmente se identifica la corriente continua con la corriente constante (por ejemplo, la suministrada por una batería), estrictamente solo es continua toda corriente que, tal como acabamos de decir, mantenga siempre la misma polaridad.

Llamamos corriente alterna a aquella en la que la magnitud y la polaridad del voltaje (y por tanto, las de la intensidad también) varían cíclicamente. Esto último implica que los polos positivo y negativo se intercambian alternativamente a lo largo del tiempo y, por tanto, que el voltaje va tomando valores positivos y negativos con una frecuencia determinada.

La corriente alterna es el tipo de corriente que llega a los hogares y empresas proveniente de la red eléctrica general. Esto es así porque la corriente alterna es más fácil y eficiente de transportar a lo largo de grandes distancias (ya que sufre menos pérdidas de energía) que la corriente continua. Además, la corriente alterna puede ser convertida a distintos valores de tensión (ya sea aumentándolos o disminuyéndolos según nos interese a través de un dispositivo llamado transformador) de una forma más sencilla y eficaz.

No obstante, en todos los proyectos de este libro utilizaremos tan solo corriente continua, ya que los circuitos donde podemos utilizar Arduino (y de hecho, la mayoría de circuitos electrónicos domésticos) solo funcionan correctamente con este tipo de corriente.

¿Qué es la resistencia eléctrica?

Podemos definir la resistencia eléctrica interna de un objeto cualquiera (aunque normalmente nos referiremos a algún componente electrónico que forme parte de nuestros circuitos) como su capacidad para oponerse al paso de la corriente eléctrica a través de él. Es decir, cuanto mayor sea la resistencia de ese componente,

más dificultad tendrán los electrones para atravesarlo, hasta incluso el extremo de imposibilitar la existencia de electricidad.

Esta característica depende entre otros factores del material con el que está construido ese objeto, por lo que podemos encontrarnos con materiales con poca o muy poca resistencia intrínseca (los llamados “conductores”, como el cobre o la plata) y materiales con bastante o mucha resistencia (los llamados “aislantes”, como la madera o determinados tipos de plástico, entre otros). No obstante, hay que insistir en que aunque un material sea conductor, siempre poseerá inevitablemente una resistencia propia que evita que se transfiera el 100% de la corriente a través de él, por lo que incluso un simple cable de cobre tiene cierta resistencia interna (normalmente despreciable, eso sí) que reduce el flujo de electrones original.

La unidad de medida de la resistencia de un objeto es el ohmio (Ω). También podemos hablar de kilohmios ($1 \text{ k}\Omega = 1000 \Omega$), de megaohmios ($1 \text{ M}\Omega = 1000 \text{ k}\Omega$), etc.

¿Qué es la Ley de Ohm?

La Ley de Ohm dice que si un componente eléctrico con resistencia interna, R , es atravesado por una intensidad de corriente, I , entre ambos extremos de dicho componente existirá una diferencia de potencial, V , que puede ser conocida gracias a la relación $V = I \cdot R$.

De esta fórmula es fácil deducir relaciones de proporcionalidad interesantes entre estas tres magnitudes eléctricas. Por ejemplo: se puede ver que (suponiendo que la resistencia interna del componente no cambia) cuanto mayor es la intensidad de corriente que lo atraviesa, mayor es la diferencia de potencial entre sus extremos. También se puede ver que (suponiendo en este caso que en todo momento circula la misma intensidad de corriente por el componente), cuanto mayor es su resistencia interna, mayor es la diferencia de potencial entre sus dos extremos.

Además, despejando la magnitud adecuada de la fórmula anterior, podemos obtener, a partir de dos datos conocidos cualesquiera, el tercero. Por ejemplo, si conocemos V y R , podremos encontrar I mediante $I = V/R$, y si conocemos V e I , podremos encontrar R mediante $R = V/I$.

A partir de las fórmulas anteriores debería ser fácil ver también por ejemplo que cuanto mayor es el voltaje aplicado entre los extremos de un componente (el cual suponemos que posee una resistencia de valor fijo), mayor es la intensidad de

corriente que pasa por él. O que cuanto mayor es la resistencia del componente (manteniendo constante la diferencia de potencial entre sus extremos), menor es la intensidad de corriente que pasa a través de él. De hecho, en este último caso, si el valor de la resistencia es suficientemente elevado, podemos conseguir incluso que el flujo de electrones se interrumpa.

¿Qué es la potencia?

Podemos definir la potencia de un componente eléctrico/electrónico como la energía consumida por este en un segundo. Si, no obstante, estamos hablando de una fuente de alimentación, con la palabra potencia nos referiremos entonces a la energía eléctrica aportada por esta al circuito en un segundo. En ambos casos (ya sea potencia consumida o generada), la potencia es un valor intrínseco propio del componente o generador, respectivamente. Su unidad de medida es el vatio (W), pero también podemos hablar de milivatios (1 mW = 0,001 W), o kilovatios (1 kW = 1000 W).

A partir de la potencia conocida propia del componente/generador y del tiempo que este esté funcionando, se puede conocer la energía consumida/aportada total, mediante la expresión: $E = P \cdot t$.

Cuando una fuente de alimentación aporta una determinada energía eléctrica, esta puede ser consumida por los distintos componentes del circuito de diversas maneras: la mayoría de veces es gastada en forma de calor debido al efecto de las resistencias internas intrínsecas de cada componente (el llamado “efecto Joule”), pero también puede ser consumida en forma de luz (si ese componente es una bombilla, por ejemplo) o en forma de movimiento (si ese componente es un motor, por ejemplo), o en forma de sonido (si ese componente es un altavoz, por ejemplo), o en una mezcla de varias.

Podemos calcular la potencia consumida por un componente eléctrico si sabemos el voltaje al que está sometido y la intensidad de corriente que lo atraviesa, utilizando la fórmula $P = V \cdot I$. Por ejemplo, una bombilla sometida a 220 V por la que circula 1 A consumirá 220 W. Por otro lado, a partir de la Ley de Ohm podemos deducir otras dos fórmulas equivalentes que nos pueden ser útiles si sabemos el valor de la resistencia R interna del componente: $P = I^2 \cdot R$ o también $P = V^2 / R$.

Finalmente, hay que saber que los materiales conductores pueden soportar hasta una cantidad máxima de potencia consumida, más allá de la cual se corre el riesgo de sobrecalentarlos y dañarlos.

¿Qué son las señales digitales y las señales analógicas?

Podemos clasificar las señales eléctricas (ya sean voltajes o intensidades) de varias maneras según sus características físicas. Una de las clasificaciones posibles es distinguir entre señales digitales y señales analógicas.

Señal digital es aquella que solo tiene un número finito de valores posibles (lo que se suele llamar “tener valores discretos”). Por ejemplo, si consideramos como señal el color emitido por un semáforo, es fácil ver que esta es de tipo digital, porque solo puede tener tres valores concretos, diferenciados y sin posibilidad de transición progresiva entre ellos: rojo, ámbar y verde.

Un caso particular de señal digital es la señal binaria, donde el número de valores posibles solo es 2. Conocer este tipo de señales es importante porque en la electrónica es muy habitual trabajar con voltajes (o intensidades) con tan solo dos valores. En estos casos, uno de los valores del voltaje binario suele ser 0 –o un valor aproximado– para indicar precisamente la ausencia de voltaje, y el otro valor puede ser cualquiera, pero lo suficientemente distinguible del 0 como para indicar sin ambigüedades la presencia de señal. De esta forma, un valor del voltaje binario siempre identifica el estado “no pasa corriente” (también llamado estado “apagado” –“off” en inglés–, BAJO –LOW en inglés–, o “0”) y el otro valor siempre identifica el estado “pasa corriente” (también llamado “encendido” –“on” –, ALTO –HIGH –, o “1”).

El valor de voltaje concreto que se corresponda con el estado ALTO será diferente según los dispositivos electrónicos utilizados en cada momento. En los proyectos de este libro, por ejemplo, será habitual utilizar valores de 3,3 V o 5 V. Pero atención: es importante tener en cuenta que si sometemos un dispositivo electrónico a un voltaje demasiado elevado (por ejemplo, si aplicamos 5V como valor ALTO cuando el dispositivo solo admite 3,3 V) corremos el riesgo de dañarlo irreversiblemente.

Además de los niveles ALTO y BAJO, en una señal binaria existen las transiciones entre estos niveles (de ALTO a BAJO y de BAJO a ALTO), denominadas flanco de bajada y de subida, respectivamente.

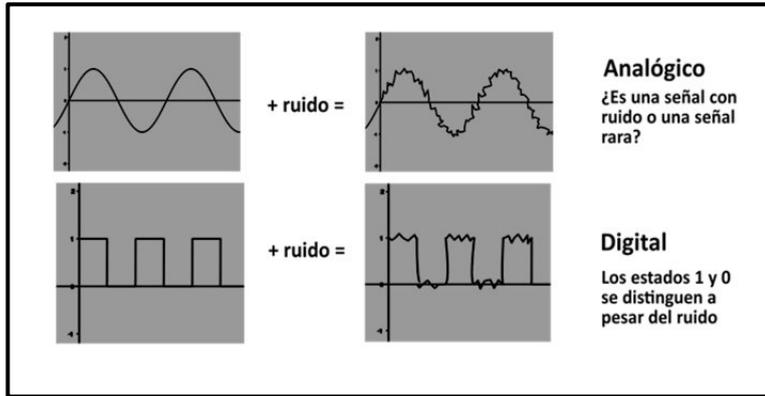
Señal analógica es aquella que tiene infinitos valores posibles dentro de un rango determinado (lo que se suele llamar “tener valores continuos”). La mayoría de

magnitudes físicas (temperatura, sonido, luz...) son analógicas, así como también las más específicamente eléctricas (voltaje, intensidad, potencia...) porque todas ellas, de forma natural, pueden sufrir variaciones continuas sin saltos.

No obstante, muchos sistemas electrónicos (un computador, por ejemplo) no tienen la capacidad de trabajar con señales analógicas: solamente pueden manejar señales digitales (especialmente de tipo binario; de ahí su gran importancia). Por tanto, necesitan disponer de un conversor analógico-digital que “traduzca” (mejor dicho, “simule”) las señales analógicas del mundo exterior en señales digitales entendibles por dicho sistema electrónico. También se necesitará un conversor digital-analógico si se desea realizar el proceso inverso: transformar una señal digital interna del computador en una señal analógica para poderla así emitir al mundo físico. Un ejemplo del primer caso sería la grabación de un sonido mediante un micrófono, y uno del segundo caso sería la reproducción de un sonido pregrabado mediante un altavoz.

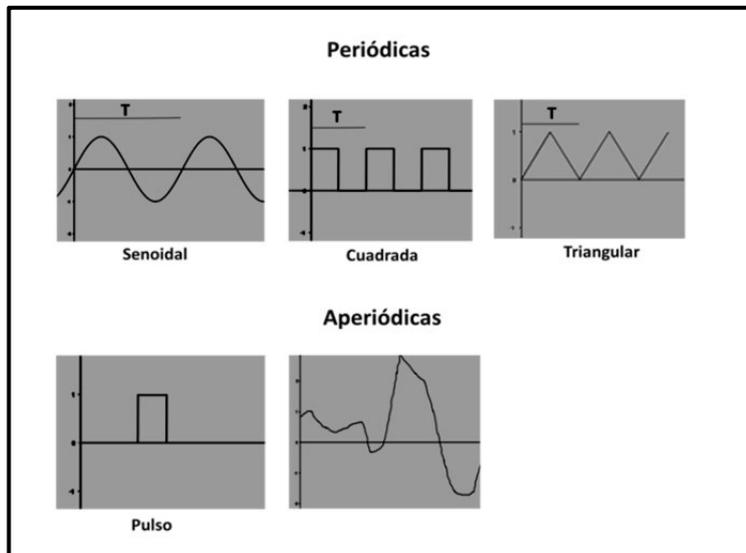
Sobre los métodos utilizados para realizar estas conversiones de señal analógica a digital, y viceversa, ya hablaremos extensamente más adelante, pero lo que debemos saber ya es que, sea cual sea el método utilizado, siempre existirá una pérdida de información (de “calidad”) durante el proceso de conversión de la señal. Esta pérdida aparece porque es matemáticamente imposible realizar una transformación perfecta de un número infinito de valores (señal analógica) a un número finito (señal digital) debido a que, por fuerza, varios valores de la señal analógica deben “colapsar” en un único valor indistinguible de la señal digital.

A pesar de lo anterior, la razón por la cual la mayoría de sistemas electrónicos utilizan para funcionar señales digitales en vez de analógicas es porque las primeras tienen una gran ventaja respecto las segundas: son más inmunes al ruido. Por “ruido” se entiende cualquier variación no deseada de la señal, y es un fenómeno que ocurre constantemente debido a una gran multitud de factores. El ruido modifica la información que aporta una señal y afecta en gran medida al correcto funcionamiento y rendimiento de los dispositivos electrónicos. Si la señal es analógica, el ruido es mucho más difícil de tratar y la recuperación de la información original se complica.



¿Qué son las señales periódicas y las señales aperiódicas?

Otra clasificación que podemos hacer con las señales eléctricas es dividir las entre señales periódicas y aperiódicas. Llamamos señal periódica a aquella que se repite tras un cierto período de tiempo (T) y señal aperiódica a aquella que no se repite. En el caso de las primeras (las más interesantes con diferencia), dependiendo de cómo varíe la señal a lo largo del tiempo, esta puede tener una “forma” concreta (senoidal –es decir, que sigue el dibujo de la función seno–, cuadrada, triangular, etc.).



Las señales periódicas tienen una serie de características que debemos identificar y definir para poder trabajar con ellas de una forma sencilla:

Frecuencia (f): es el número de veces que la señal se repite en un segundo. Se mide en hercios (Hz), o sus múltiplos (como kilohercios o megahercios). Por ejemplo, si decimos que una señal es de diez hercios, significa que se repite diez veces cada segundo.

Período (T): es el tiempo que dura un ciclo completo de la señal, antes de repetirse otra vez. Es el inverso de la frecuencia ($T = 1/f$) y se mide en segundos.

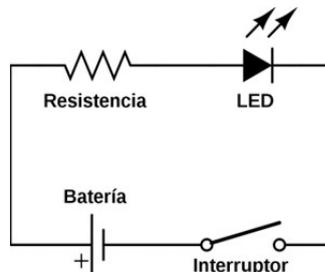
Valor instantáneo: es el valor concreto que toma la señal (voltaje, intensidad, etc.) en cada instante

Valor medio: es un valor calculado matemáticamente realizando la media de los diferentes valores que ha ido teniendo la señal a lo largo de un tiempo concreto. Algunos componentes electrónicos (por ejemplo, algunos motores) responden no al valor instantáneo sino al valor medio de la señal.

CIRCUITOS ELÉCTRICOS BÁSICOS

Representación gráfica de circuitos

Para describir de una forma sencilla y clara la estructura y la composición de un circuito eléctrico se utilizan esquemas gráficos. En ellos se representa cada dispositivo del circuito mediante un símbolo estandarizado y se dibujan todas las interconexiones existentes entre ellos. Por ejemplo, un circuito muy simple sería:



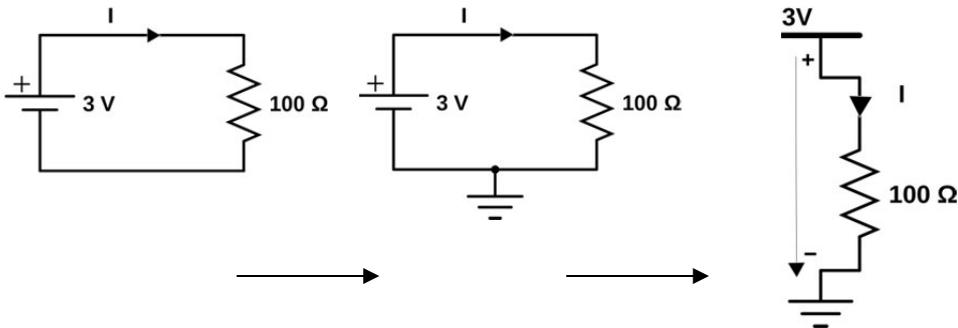
En el esquema anterior podemos apreciar cuatro dispositivos (presentes prácticamente en cualquier circuito) representados por su símbolo convencional: una

pila o batería (cuya tarea es alimentar eléctricamente al resto de componentes), una resistencia (componente específicamente diseñado para oponerse al paso de la corriente, de ahí su nombre), un LED (componente que se ilumina cuando recibe corriente) y un interruptor. En este ejemplo, la batería creará la diferencia de potencial necesaria entre sus dos extremos –también llamados “bornes” o “polos”– para que se genere una corriente eléctrica, la cual surgirá desde su polo positivo (el marcado con el signo “+”), pasará a través de la resistencia, pasará seguidamente a través del LED (iluminándolo, por tanto) y llegará a su destino final (el polo negativo de la batería) siempre y cuando el interruptor cierre el circuito.

Aclaremos lo que significa “cerrar un circuito”. Acabamos de decir que si existe una diferencia de potencial, aparecerá una corriente eléctrica que siempre circula desde el polo positivo de la pila hasta el negativo. Pero esto solo es posible si existe entre ambos polos un camino (el circuito propiamente dicho) que permita el paso de dicha corriente. Si el circuito está abierto, a pesar de que la batería esté funcionando, la corriente no fluirá. La función de los interruptores es precisamente cerrar o abrir el circuito para que pueda pasar la corriente o no, respectivamente. En el esquema siguiente esto se ve más claro:



Por otro lado, los circuitos se pueden representar alternativamente de una forma ligeramente diferente a la mostrada anteriormente, utilizando para ello el concepto de “tierra” (también llamado “masa”). La “tierra” (“ground” en inglés) es simplemente un punto del circuito que elegimos arbitrariamente como referencia para medir la diferencia de potencial existente entre este y cualquier otro punto del circuito. En otras palabras: el punto donde diremos que el voltaje es 0. Por utilidad práctica, normalmente el punto de tierra se asocia al polo negativo de la pila. Este nuevo concepto nos simplificará muchas veces el dibujo de nuestros circuitos, ya que si representamos el punto de tierra con el símbolo \equiv , los circuitos se podrán dibujar de la siguiente manera:



También podremos encontrarnos con esquemas eléctricos que muestren intersecciones de cables. En este caso, deberemos fijarnos si aparece dibujado un círculo en el punto central de la intersección. Si es así, se nos estará indicando que los cables están física y eléctricamente conectados entre sí. Si no aparece dibujado ningún círculo en el punto central de la intersección, se nos estará indicando que los cables son vías independientes que simplemente se cruzan en el espacio.

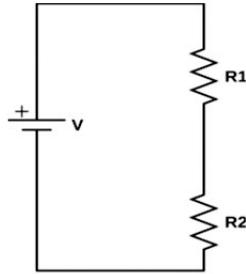
Conexiones en serie y en paralelo

Los distintos dispositivos presentes en un circuito pueden conectarse entre sí de varias formas. Las más básicas son la “conexión en serie” y la “conexión en paralelo”. De hecho, cualquier otro tipo de conexión, por compleja que sea, es una combinación de alguna de estas dos.

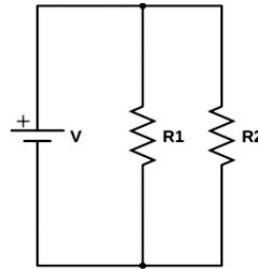
Si diversos componentes se conectan entre sí en paralelo, a todos ellos se les aplica la misma tensión por igual (es decir, cada componente trabaja al mismo voltaje). Por otro lado, la intensidad de corriente total será la suma de las intensidades que pasan por cada componente, ya que existen varios caminos posibles para el paso de los electrones.

Si la conexión es en serie, la tensión total disponible se repartirá (normalmente, de forma desigual) entre los diferentes componentes, de manera que cada uno trabaje sometido a una parte de la tensión total. Es decir: la tensión total será la suma de las tensiones en cada componente. Por otro lado, la intensidad de corriente que circulará por todos los componentes en serie será siempre la misma, ya que solo existe un camino posible para el paso de los electrones.

Se puede entender mejor la diferencia mediante los siguientes esquemas, en los que se puede ver la conexión en serie y en paralelo de dos resistencias.



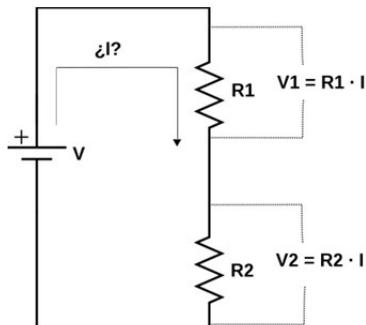
Conexión en serie



Conexión en paralelo

Gracias a la Ley de Ohm podemos obtener el valor de alguna magnitud eléctrica (V, I o R) si conocemos previamente el valor de alguna otra involucrada en el mismo circuito. Para ello, debemos tener en cuenta las particularidades de las conexiones en serie o en paralelo.

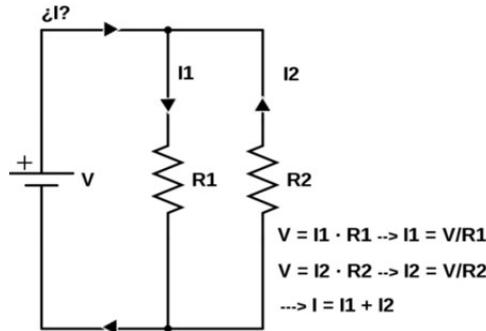
Veamos esto usando como ejemplo el circuito de las dos resistencias en serie:



$$V = V_1 + V_2 = (R_1 + R_2) \cdot I$$

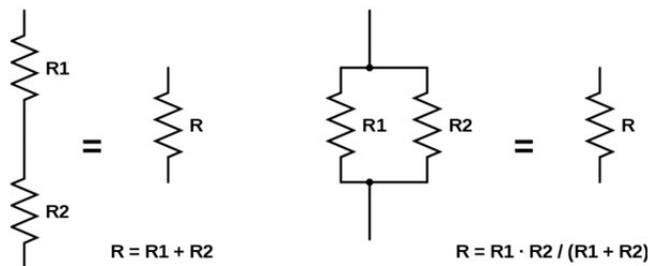
En el esquema anterior V_1 representa el voltaje aplicado a R_1 y V_2 el voltaje aplicado a R_2 . Si tenemos por ejemplo una fuente de alimentación eléctrica (una pila) que aporta un voltaje de 10 V y dos resistencias cuyos valores son $R_1 = 1\Omega$ y $R_2 = 4\Omega$ respectivamente, para calcular la intensidad que circula tanto por R_1 como por R_2 (recordemos que es la misma porque solo existe un único camino posible) simplemente deberíamos realizar la siguiente operación: $I = 10 \text{ V} / (1 \Omega + 4 \Omega) = 2 \text{ A}$, tal como se muestra en el esquema anterior.

Veamos ahora el circuito de las dos resistencias en paralelo:



En el esquema anterior I_1 representa la intensidad de corriente que atraviesa R_1 e I_2 la intensidad de corriente que atraviesa R_2 . Si tenemos por ejemplo una fuente de alimentación eléctrica (una pila) que aporta un voltaje de 10 V y dos resistencias cuyos valores son $R_1 = 1\Omega$ y $R_2=4\Omega$, respectivamente, para calcular la intensidad que circula por R_1 deberíamos realizar (tal como se muestra en el esquema) la siguiente operación: $I_1 = 10 \text{ V}/1 \Omega = 10\text{A}$; para calcular la intensidad que circula por R_2 deberíamos hacer: $I_2 = 10 \text{ V}/4 \Omega = 2,5\text{A}$; y la intensidad total que circula por el circuito sería la suma de las dos: $I = I_1 + I_2 = 10 \text{ A} + 2,5 \text{ A} = 12,5 \text{ A}$.

A partir de los ejemplos anteriores, podemos deducir un par de fórmulas que nos vendrán bien a lo largo de todo el libro para simplificar los circuitos. Si tenemos dos resistencias conectadas en serie o en paralelo, es posible sustituirlas en nuestros cálculos por una sola resistencia cuyo comportamiento sea totalmente equivalente. En el caso de la conexión en serie, el valor de dicha resistencia (R) vendría dado por $R = R_1+R_2$, y en el caso de la conexión en paralelo, su valor equivalente se calcularía mediante la fórmula $R = (R_1 \cdot R_2)/(R_1 + R_2)$, tal como se puede ver en el siguiente diagrama.

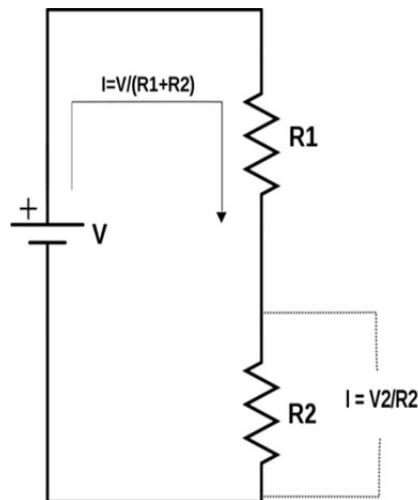


Un dato interesante de tener en cuenta (que se deduce de la propia fórmula) es que cuando se conectan resistencias en paralelo, el valor de R resultante siempre es menor que el menor valor de las resistencias implicadas.

El divisor de tensión

El “divisor de tensión” no es más que un circuito formado por una resistencia conectada en serie con cualquier otro dispositivo eléctrico. Su intención es reducir la tensión aplicada a dicho dispositivo, estableciéndola en un valor seguro para no dañarlo. Dicho de otra forma: el “divisor de tensión” sirve para obtener un voltaje menor que un cierto voltaje original.

La mayor o menor cantidad de reducción que consigamos en la tensión final dependerá del valor de la resistencia que utilicemos como divisor: a mayor valor de resistencia, mayor reducción. De todas formas, hay que tener en cuenta además que la tensión obtenida asimismo depende del valor de la tensión original: si aumentamos esta, aumentaremos proporcionalmente aquella también. Todos estos valores los podemos calcular fácilmente usando un ejemplo concreto, como el del esquema siguiente.



$$V2 = \frac{R2}{R1 + R2} \cdot V$$

Tal como se puede ver, tenemos una fuente de alimentación eléctrica (una pila) que aporta un voltaje de 10 V y dos resistencias cuyos valores son $R1 = 1\ \Omega$ (la cual hará de divisor de tensión) y $R2 = 4\ \Omega$, respectivamente. Sabemos además que la intensidad I es siempre la misma en todos los puntos del circuito –ya que no hay ramificaciones en paralelo–. Por lo tanto, para calcular $V2$ (es decir, el voltaje aplicado a $R2$, el cual ha sido rebajado respecto al aportado por la pila gracias a $R1$), nos podemos dar cuenta de que $I = V2/R2$ y que $I = V/(R1 + R2)$, por lo que de aquí es fácil obtener que $V2 = (R2 \cdot V)/(R1 + R2)$. Queda entonces claro de la expresión

anterior lo dicho en el párrafo anterior: que V_2 siempre será proporcionalmente menor a V , y según sea R_1 mayor, V_2 será menor.

Las resistencias “pull-up” y “pull-down”

Muchas veces, los circuitos eléctricos tienen “entradas” por las que reciben una señal eléctrica del exterior (de tipo binario) que no tiene nada que ver con la señal de alimentación obtenida de la fuente. Estas señales externas pueden servir para multitud de cosas: para activar o desactivar partes del circuito, para enviar al circuito información de su entorno, etc.

Las resistencias “pull-up” (y “pull-down”) son resistencias normales, solo que llevan ese nombre por la función que cumplen: sirven para asumir un valor por defecto de la señal recibida en una entrada del circuito cuando por ella no se detecta ningún valor concreto (ni ALTO ni BAJO), que es lo que ocurre cuando la entrada no está conectada a nada (es decir, está “al aire”). Así pues, este tipo de resistencias aseguran que los valores binarios recibidos no fluctúan sin sentido en ausencia de señal de entrada.

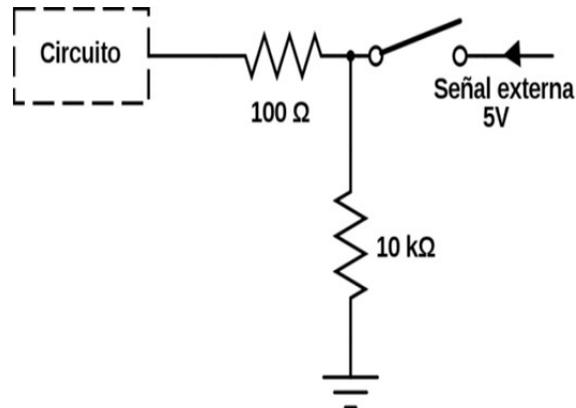
En las resistencias “pull-up” el valor que se asume por defecto cuando no hay ningún dispositivo externo emisor de señal conectado a la entrada es ALTO y en las “pull-down” es el valor BAJO, pero ambas persiguen el mismo objetivo, así que la elección de una resistencia de tipo “pull-up” o “pull-down” dependerá de las circunstancias particulares de nuestro montaje. La diferencia entre unas y otras está en su ubicación dentro del circuito: las resistencias “pull-up” se conectan directamente a la fuente de señal externa y las “pull-down” directamente a tierra (ver diagramas siguientes).

Veamos un ejemplo concreto de la utilidad de una resistencia “pull-down”. Supongamos que tenemos un circuito como el siguiente (donde la resistencia de 100 ohmios no es más que un divisor de tensión colocado en la entrada del circuito para protegerla).



Cuando el interruptor esté pulsado, la entrada del circuito estará conectada a una señal de entrada válida, que supondremos binaria (es decir, que tendrá dos posibles valores: ALTO –de 5V, por ejemplo– y BAJO –de 0V–), por lo que el circuito recibirá alguno de estos dos valores concretos y todo estará ok. En cambio, si el

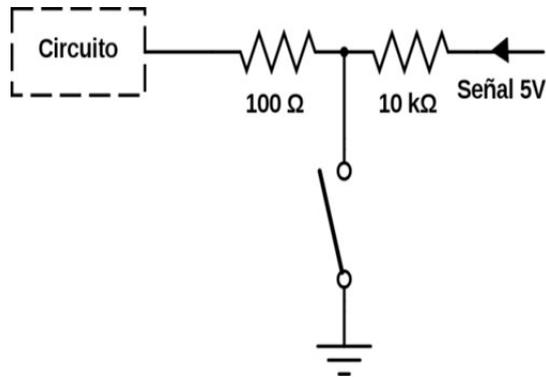
interruptor se deja de pulsar, el circuito se abrirá y la entrada del circuito no estará conectada a nada. Esto implica que habrá una señal de entrada fluctuante (también llamada “flotante” o “inestable”) que no nos interesa. La solución en este caso sería colocar una resistencia “pull-down” así:



En este ejemplo la resistencia “pull-down” es de 10 kΩ. Cuando el interruptor esté pulsado, la entrada del circuito estará conectada a una señal de entrada válida, como antes. Cuando el interruptor se deja de pulsar, la entrada del circuito estará conectada a la resistencia “pull-down”, la cual tira hacia tierra (que es una referencia siempre fija).

Alguien podría pensar que cuando el interruptor esté pulsado, el circuito recibirá la señal de entrada pero también estará conectado a tierra a través de la resistencia “pull-down”: ¿qué pasa realmente entonces? Aquí está la clave de por qué se usa la resistencia “pull-down” y no se usa una conexión directa a tierra: la oposición al paso de los electrones provenientes de la señal externa que ejerce la resistencia “pull-down” provoca que estos se desvíen siempre a la entrada del circuito. Si hubiéramos conectado la entrada del circuito a tierra directamente sin usar la resistencia “pull-down”, la señal externa se dirigiría directamente a tierra sin pasar por la entrada del circuito porque por ese camino encontraría menor resistencia (pura Ley de Ohm: menos resistencia, más intensidad).

Con una resistencia “pull-up” se podría haber conseguido lo mismo, tal como muestra el siguiente esquema. En este caso, cuando el interruptor está pulsado la señal exterior se desvía a tierra porque encuentra un camino directo a ella (por lo que la entrada del circuito no recibe nada –un “0”–) y cuando el interruptor se deja sin pulsar es cuando la entrada del circuito recibe la señal exterior. Hay que tener cuidado con esto.



En los ejemplos anteriores hemos utilizado resistencias “pull-up” o “pull-down” de 10 KΩ. Es una norma bastante habitual utilizar este valor concreto en proyectos de electrónica donde se trabaja en el rango de los 5V, aunque, en todo caso, si queremos afinarlo algo más, podemos calcular su valor ideal utilizando la Ley de Ohm a partir de la corriente que consume el circuito.

FUENTES DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Tipos de pilas/baterías

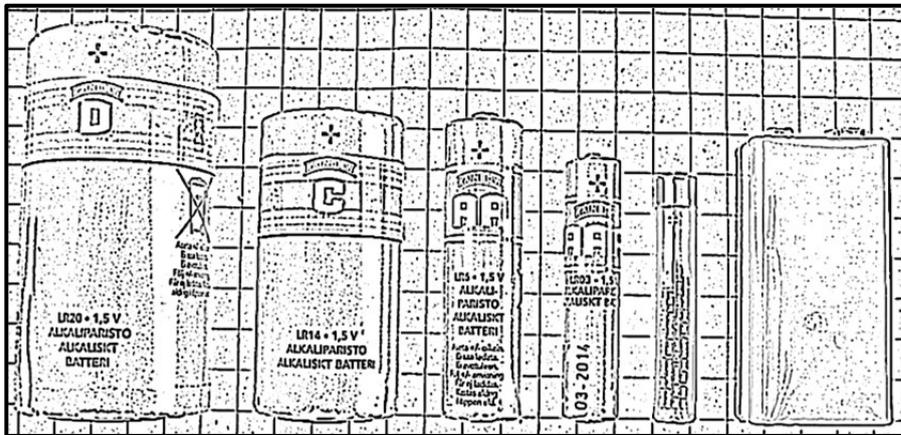
Llamamos fuente de alimentación eléctrica al elemento responsable de generar la diferencia de potencial necesaria para que fluya la corriente eléctrica por un circuito y así puedan funcionar los dispositivos conectados a este. Las fuentes que utilizaremos más a menudo en nuestros proyectos serán de dos tipos: las pilas o baterías y los adaptadores AC/DC.

El término “pila” sirve para denominar a los generadores de electricidad basados en procesos químicos normalmente no reversibles y, por tanto, son generadores no recargables; mientras que el término “batería” se aplica generalmente a dispositivos electroquímicos semi-reversibles que permiten ser recargados, aunque estos términos no son una definición formal estricta. El término “acumulador” se aplica indistintamente a uno u otro tipo (así como a otros tipos de generadores de tensión, como los condensadores eléctricos) siendo pues un término neutro capaz de englobar y describir a todos ellos.

Si distinguimos las pilas/baterías por la disolución química interna responsable de la generación de la diferencia de potencial entre sus polos,

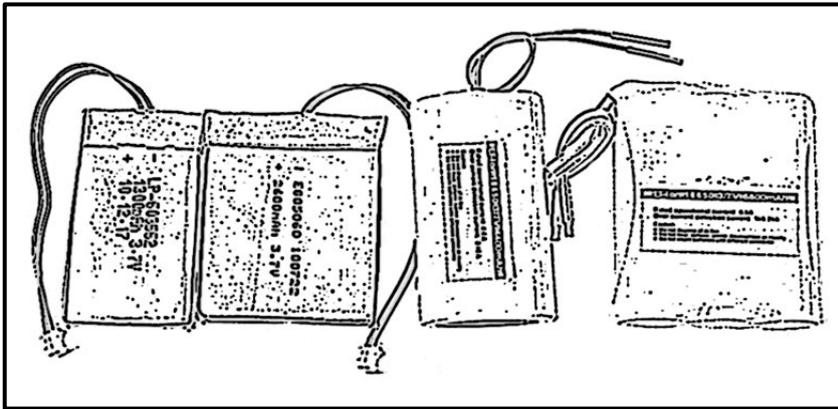
encontraremos que las pilas (“acumuladores no recargables”) más extendidas actualmente en el mercado son las de tipo alcalino, y las baterías (“acumuladores recargables”) más habituales son por un lado las de níquel-cadmio (Ni-Cd) y sobre todo níquel-hidruro metálico (NiMH), y por otro las de ion-litio (Li-ion) y las de polímero de ion-litio (LiPo). De todos estos tipos de baterías, las LiPo son las que tienen una densidad de carga más elevada (es decir, que siendo las más ligeras son las que tienen, no obstante, más autonomía) pero son más caras.

La industria internacional sigue unas normas comunes de estandarización para la fabricación de pilas de tipo alcalino y baterías de tipo Ni-Cd/NiMH que definen unos determinados tamaños, formas y voltajes preestablecidos, de manera que se puedan utilizar sin problemas en cualquier aparato eléctrico a nivel mundial. En este sentido, los tipos de pilas más habituales son las de tipo D (LR20), C (LR14), AA (LR06) y AAA (LR03), todas ellas generadoras de 1,5 V y de forma cilíndrica aunque de dimensiones diferentes (de hecho, se han listado de mayor tamaño a menor). También son frecuentes las de tipo PP3 (6LR61), que generan 9 V y tienen forma de prisma rectangular; y las de tipo 3R12 (de “petaca”) que generan 4,5 V y tienen forma cilíndrica achatada. En la imagen siguiente se pueden apreciar, de izquierda a derecha, acumuladores –alcalinos– de tipo D, C, AA, AAA, AAAA y PP3, colocados sobre un papel cuadrulado.



En la imagen siguiente, a la izquierda se muestran dos baterías de tipo LiPo y a la derecha dos encapsulados hechos de baterías cilíndricas de tipo Li-ion. Las primeras suelen venir en forma de delgados rectángulos dentro de una bolsa plateada y las segundas suelen venir dentro de una carcasa dura rectangular o cilíndrica, aunque ambas vienen realmente en una gran versatilidad y flexibilidad de formas y tamaños. Las LiPo son más ligeras que las Li-ion pero suelen tener una

capacidad menor, por eso las primeras se suelen utilizar en aparatos pequeños como teléfonos móviles y las segundas en cargadores de portátiles y similares.



También hemos de indicar la existencia de las pilas de tipo “botón”. Hay de muchos tipos: si están fabricadas con litio-dióxido de manganeso, su nomenclatura empieza con “CR” (así, podemos tener la CR2032, la CR2477, etc.) y, aunque cada una de ellas tenga un encapsulado con diámetro y anchura diferente, todas generan 3 V. Si están fabricadas con óxido de plata, su nomenclatura comúnmente empieza con “SR” o “SG” (así, podemos tener la SR44, la SR58, etc., dependiendo de sus dimensiones). También existen de tipo alcalinas, cuyo código comúnmente empieza por “LR” o “AG”. Tanto las de óxido de plata como las alcalinas generan 1,5 V. En cualquier caso, sea del tipo que sea, en todas las pilas botón el terminal negativo es la tapa y el terminal positivo es el metal de la otra cara.

Características de las pilas/baterías

Hay que tener en cuenta que el voltaje que aportan las distintas pilas es un valor “nominal”: es decir, por ejemplo una pila AA de 1,5 V en realidad al principio de su vida útil genera unos 1,6 V, rápidamente desciende a 1,5 V y entonces poco a poco va descendiendo hasta 1 V, momento en el cual la pila la podemos considerar “gastada”. Lo mismo pasa con los otros tipos de batería; por ejemplo, una batería LiPo marcada como “3,7 V/(4,2 V)” indica que inicialmente es capaz de aportar un voltaje máximo de 4,2 V pero rápidamente desciende a 3,7 V, el cual será su voltaje medio durante la mayor parte de su vida útil, hasta que finalmente baje rápidamente hasta los 3 V y automáticamente deje de funcionar. En este sentido, es útil consultar la documentación oficial ofrecida por el fabricante para cada batería particular (el llamado “datasheet” de la batería) para saber la variación del voltaje aportado en función del tiempo de funcionamiento.

Además del voltaje generado de una pila/batería (que asumiremos a partir de ahora siempre constante) hay que conocer otra característica importante: la carga eléctrica que esta es capaz de almacenar (a veces llamada “capacidad” de la pila/batería). Este valor se mide en amperios-hora (Ah), o miliamperios-hora (mAh) y nos permite saber aproximadamente cuánta intensidad de corriente puede aportar la pila/batería durante un determinado período de tiempo. En este sentido, hay que recordar que mientras el voltaje aportado por la pila/batería es idealmente constante, la intensidad aportada, en cambio, varía en cada momento según lo haga el consumo eléctrico del circuito al que la conectemos. Por ejemplo, 1 Ah significa que en teoría la pila/batería puede ofrecer durante una hora una intensidad de 1 A (si así lo requiere el circuito), o 0,1 A durante 10 horas, o 0,01 A durante 100 horas, etc., pero siempre al mismo voltaje.

Sin embargo, lo anterior no es exactamente así, porque cuanto más cantidad de corriente la pila/batería aporte, en realidad su tiempo de funcionamiento se reducirá en una proporción mucho mayor a la marcada por su capacidad. Por ejemplo, una pila botón de 1 Ah es incapaz de aportar 1 A durante una hora entera (ni tan siquiera 0,1 A en 10 horas) porque se agota mucho antes, pero en cambio, no tiene problemas en aportar 0,001 A durante 1000 horas. Para saber la intensidad de corriente concreta que hace cumplir el valor nominal de Ah de una batería, deberemos consultar la documentación del fabricante (el “datasheet” de la batería). Esta intensidad de corriente “óptima” en el caso de las baterías LiPo se suele llamar “capabilidad”, y viene expresada en unidades C, donde una unidad C se corresponde con el valor de Ah de esa batería dividido por una hora.

Por ejemplo, la unidad C de una batería con carga de 2 Ah será de 2 A, y su capacidad concreta será una cantidad determinada de unidades C, consultable en el datasheet (1C, 2C...). Si tenemos entonces, por ejemplo, una batería de 2 Ah y 0,5 C y otra de 2 Ah y 2C, la primera podrá aportar una corriente estable de hasta 1 A sin agotarse prematuramente, y la segunda podrá aportar una corriente de hasta 4 A. Sabido esto, hay que tener en cuenta por ejemplo que las pilas botón tienen una capacidad muy pequeña (0,01C es un valor habitual), por lo que si son forzadas a aportar mucha intensidad en un momento dado, su vida se reducirá drásticamente.

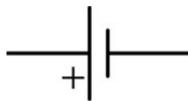
Por otro lado, ya hemos dicho que el que una pila aporte en un determinado momento una intensidad de corriente u otra depende básicamente del consumo eléctrico (medido en amperios, o más normalmente en miliamperios) que realice el conjunto total de dispositivos que estén conectados en ese momento al circuito (y que lógicamente puede ser muy variado según el caso). Es decir: el tiempo de funcionamiento de una batería depende de la demanda del circuito al que está

conectado. De forma más concreta, podemos obtener (de forma muy aproximada) el tiempo de descarga de una pila/batería mediante la expresión: *tiempo de descarga = capacidad batería / consumo eléctrico circuito*.

Por ejemplo, si una batería posee una carga eléctrica de 1000 mAh y un dispositivo consume 20 mA, la batería tardará 50 horas en descargarse; si en cambio el dispositivo consume 100 mA, esa batería tardará solamente 10 horas en descargarse. Todo esto es la teoría, ya que el valor numérico de mAh impreso sobre la batería debe ser tomado solo como una aproximación, y debe tenerse en cuenta solamente en los rangos niveles de consumo (medidos en unidades C) especificados por el fabricante, ya que para altos consumos ya sabemos que este valor no puede ser extrapolado con precisión.

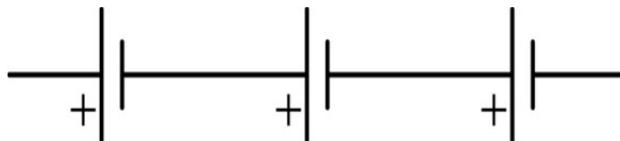
Conexiones de varias pilas/baterías

Ya hemos visto en diagramas anteriores que el símbolo que se suele utilizar en el diseño de circuitos electrónicos para representar una pila o batería es:



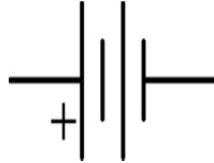
donde la parte más larga (y a veces pintada más gruesa) del dibujo representa el polo positivo de la fuente. A menudo se omite el símbolo "+".

Cuando hablamos de conectar pilas "en serie" queremos decir que conectamos el polo negativo de una con el polo positivo de otra, y así, de tal forma que finalmente tengamos un polo positivo global por un lado y un polo negativo global por otro. En esta figura se puede entender mejor:



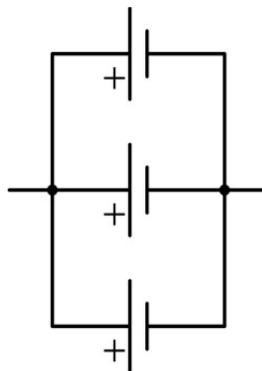
La conexión en serie de baterías es útil cuando necesitamos tener una batería que genere un determinado voltaje relativamente elevado (por ejemplo, 12 V) y solo disponemos de pilas de menor voltaje (por ejemplo, de 1,5 V). En ese caso, podemos conectar dichas unidades de 1,5 V en serie para obtener "a mano" la batería que aporte el voltaje deseado, ya que el voltaje total aportado por baterías conectadas en serie es la suma de sus voltajes individuales. En nuestro ejemplo, para obtener 12 V a

partir de pilas de 1,5 V, necesitaríamos 8 unidades, porque $1,5 \text{ V} \cdot 8 = 12 \text{ V}$. De hecho, las pilas comerciales de 4,5 V y 9 V (y de 6 V y 12 V, que también las hay) suelen fabricarse conectando internamente en serie pilas de 1,5 V. Por eso, muchas veces veremos el siguiente símbolo (en vez del anteriormente mostrado) representando una pila:



No obstante, también hay que tener en cuenta que la capacidad total (es decir, los mAh del conjunto de pilas en serie) no aumenta: seguirá siendo exactamente la misma que la que tenga una batería de ese conjunto de forma individual e independiente. Este hecho es importante porque generalmente los circuitos que necesitan ser alimentados con grandes voltajes tiene un mayor consumo eléctrico, por lo que (en virtud de la fórmula del apartado anterior) el tiempo de funcionamiento de una fuente formada por pilas en serie será bastante reducido.

Otra manera de conectar entre sí diferentes pilas individuales es en paralelo: en esta configuración, todos los polos del mismo signo están unidos entre sí. Es decir: por un lado se conectan los polos negativos de cada pila y por otro lado se conectan todos los polos positivos, siendo estos dos puntos comunes de unión los polos negativo y positivo globales.



Un conjunto de pilas en paralelo ofrece el mismo voltaje que una sola pila individual (es decir, si tenemos por ejemplo cuatro pilas de 1,5 V conectadas en paralelo, este conjunto dará igualmente un voltaje total de 1,5 V). La ventaja que

logramos es que la duración del sistema manteniendo esa tensión es mayor que si usamos una pila única, debido a que la capacidad (los mAh) del conjunto es la suma total de las capacidades de cada una de las pilas individuales.

Es muy importante asegurarse de que las pilas/baterías conectadas en serie o en paralelo sean del mismo tipo (alcalinas, NiMH, etc.), sean de la misma forma (AA, PP3, etc.) y aporten el mismo voltaje. Si no se hace así, el funcionamiento del conjunto puede ser inestable e incluso peligroso: en el caso de las baterías LiPo, pueden llegar hasta explotar si no se sigue esta norma. De hecho, en este tipo de baterías se recomienda adquirir packs (en serie o en paralelo) preensamblados, ya que nos ofrecen la garantía de que sus unidades han sido seleccionadas para tener la misma capacidad, resistencia interna, etc., y no causar problemas.

Compra de pilas/baterías

Cualquier tipo de pila/batería que necesitemos en nuestros proyectos (de diferente voltaje, capacidad, composición química...) lo podremos adquirir a través de cualquiera de los distribuidores listados en el apéndice A del libro: solo hay que utilizar el buscador que ofrecen en sus tiendas online para encontrar el tipo de pila/batería deseado. Por ejemplo, si buscamos baterías LiPo, el distribuidor de componentes electrónicos Sparkfun ofrece, entre otras, el producto nº 341 (a 3,7 V/850 mAh) o el nº 339 (a 3,7V/1Ah), ambas con conector JST de 2 pines. Si buscamos pilas alcalinas o recargables de tipo NiMH, es incluso más sencillo: los modelos más habituales están disponibles en cualquier comercio local.

Si precisamente se van a emplear este tipo de pilas (alcalinas o recargables NiMH), lo más habitual es utilizar en nuestros proyectos algún tipo de portapilas que permita utilizar varias unidades conectadas en serie. Existen muchos modelos; como muestra, tan solo en la página web del distribuidor de componentes electrónicos Adafruit podemos encontrar (escribiendo su número de producto en el buscador integrado del portal), los siguientes productos:

Nº 248: portapilas de 6 unidades AA con clavija de 5,5/2,1 mm.

Nº 875: “ de 8 unidades AA con clavija de 5,5/2,1 mm e interruptor.

Nº 727: “ de 3 unidades AAA con conector tipo JST de 2 pines e interruptor.

Nº 67: “ de 1 unidad PP3 con clavija de 5,5/2,1mm e interruptor.

Nº 80: clip para conectar una 1 unidad PP3 con clavija de 5,5/2,1 mm

Nº 449: portapilas de 8 unidades AA con los cables directos (sin conector). Si se desea, los cables se pueden acoplar fácilmente a una clavija de 2,1 mm adquirida aparte (producto nº 369).

La clavija de 2,1 mm nos puede venir bien para alimentar nuestra placa Arduino ya que esta tiene un conector hembra de ese tipo. Por otro lado, el producto nº 727 está pensado para alimentar con pilas AAA circuitos originalmente diseñados para ser alimentados con baterías LiPo, ya que estas suelen incorporar precisamente un conector de tipo JST de 2 pines.

Compra de cargadores

Otro complemento que nos puede venir bien es un cargador de baterías. Por ejemplo, para las de tipo NiMH nos será suficiente con el ofrecido por ejemplo por Sparkfun con código de producto nº 10052. Este cargador se conecta directamente a un enchufe de pared y puede ser utilizado con baterías AA, AAA o PP3.

En cambio, si queremos recargar baterías LiPo, no vale cualquier cargador, hay que tener la precaución de usar siempre uno que cumpla dos condiciones: que aporte un voltaje igual (lo preferible) o menor que el voltaje máximo proporcionado por esa batería concreta, y que además aporte una intensidad igual o menor (lo preferible) que la capacidad de esa batería concreta.

Si no se cumplen las dos condiciones anteriores, el cargador podría dañar la batería irreversiblemente (e incluso hacerla explotar). Las baterías LiPo son muy delicadas: también se corre el riesgo de explosión cuando se descargan por debajo de un voltaje mínimo (normalmente 3 V), o cuando son obligadas a aportar más corriente de la que pueden ofrecer (normalmente 2C), o cuando son utilizadas en ambientes de temperaturas extremas (normalmente fuera del rango 0 °-50 °C), entre otras causas. Por eso muchas de estas baterías (aunque no todas) incorporan un circuito protector que detecta estas situaciones y desconecta la batería de forma segura. De todas formas, para conocer las características específicas de cada batería (como las tensiones, intensidades y temperaturas seguras) es obligatorio consultar la información que ofrece el fabricante para esa batería en concreto (su datasheet).

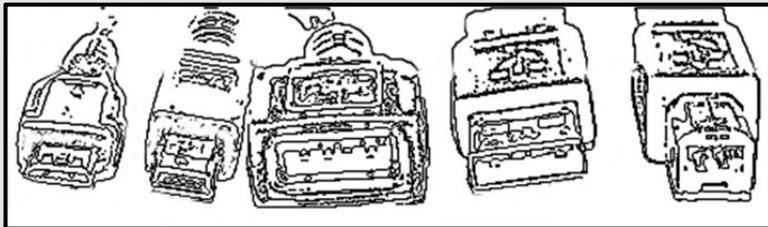
Los cargadores LiPo (y Li-ion) los podemos encontrar en multitud de establecimientos y en múltiples formas. Como ejemplos, tan solo en la página web de Sparkfun podemos encontrar los productos nº 10217, 10401, 11231 o 10161 (entre otros). Todos ellos son básicamente pequeñas plaquitas que disponen por un lado de un zócalo de tipo USB (mini-B o micro-B, según el caso) donde se conecta la alimentación externa y por otro lado de un zócalo JST de 2 pines, donde se conecta la batería LiPo a cargar. Todos ellos están preparados para ser alimentados con una fuente externa de 5 V; este voltaje lo puede ofrecer un cargador USB de pared de cualquier móvil actual o incluso un zócalo USB de nuestro propio computador. Gracias

al chip controlador MCP73831 que estas plaquitas llevan incorporado este voltaje de 5 V es rebajado convenientemente a los 3,7 V estándares que necesitan las pilas LiPo. No obstante, algunos de estos cargadores aportan a la batería una intensidad de 500 mA, otros de 1 A, etc., por lo que hay que conocer la capacidad de nuestra batería para saber qué modelo de cargador es el más adecuado.

Cargadores similares a los descritos en el párrafo anterior los podemos encontrar en los otros distribuidores listados en el apéndice A y muchos más. Por ejemplo, en Adafruit ofrecen su producto nº 259, que es un cargador USB/JST como los anteriores y el producto nº 280, que además del zócalo USB incorpora una clavija hembra de 2,1 mm, permitiendo así obtener también la alimentación eléctrica de una fuente externa operativa entre 5 V y 12 V. En este sentido, el producto nº 8293 de Sparkfun es similar. Otra plaquita que incluso permite cargar baterías LiPo a partir de un panel solar conectable vía JST es el llamado “Lipo Rider” de Seedstudio.

Breve nota sobre los conectores USB:

Cuando estamos hablando de “conector USB”, tenemos que tener claro de qué tipo de conector estamos hablando, porque existen varios modelos. En la imagen siguiente se muestran algunos de los más extendidos; de izquierda a derecha: conector micro-B macho, conector mini-B macho, conector A hembra, conector A macho y conector B macho.



Características de los adaptadores AC/DC

El otro tipo de fuente de alimentación externa, diferente de las pilas/baterías, que más utilizaremos para nuestros circuitos es el adaptador AC/DC. Su función típica es conectarse a una toma de la red eléctrica general para transformar el elevado voltaje alterno ofrecido por ella (en España es de 230 V \pm 5% y 50 Hz \pm 0,3%; si se desea saber el de otros países, se puede consultar <http://kropla.com/electric2.htm>)

en un voltaje continuo, constante y mucho menor, para ofrecer entonces este a los aparatos que se le conecten y así ponerlos en funcionamiento de una forma estable y segura.

Los adaptadores AC/DC básicamente están formados por un circuito transformador, el cual convierte el voltaje AC de entrada en otro voltaje AC mucho menor, y un circuito rectificador, el cual convierte ese voltaje AC ya transformado en un voltaje DC, que será el voltaje final de salida. Todos los adaptadores incorporan una etiqueta impresa que informa tanto del rango de valores en el voltaje AC de entrada con el que son capaces de trabajar (además de la frecuencia de la señal AC admitida) como del valor del voltaje DC y de la intensidad máxima que ofrecen como salida. Por ejemplo, la imagen siguiente corresponde a un adaptador AC/DC que admite voltajes AC de entrada entre 100 V y 240 V a una frecuencia de 50 o 60Hz (por tanto, compatible con la red eléctrica española) y aporta un voltaje DC de salida de 9 V (y una intensidad máxima de 1 A).



Podemos clasificar los adaptadores según si son “regulados” (es decir, si incorporan un regulador de voltaje en su interior) o no. Un regulador de voltaje es un dispositivo (o un conjunto de ellos) que, estando sometido a un determinado voltaje de entrada relativamente fluctuante, es capaz de generar un voltaje de salida normalmente menor, mucho más estable, constante y controlado.

Por tanto, los adaptadores regulados proporcionan un voltaje de salida muy concreto y constante, que es igual al mostrado en su etiqueta. Lo que sí puede variar (hasta un máximo mostrado también en la etiqueta) es la intensidad de corriente ofrecida, ya que esta depende en cada momento de las necesidades del circuito alimentado.

Los adaptadores no regulados, en cambio, no poseen ningún mecanismo de estabilización y proporcionan un voltaje de salida cuyo valor puede llegar a ser diferente en varios voltios al mostrado en la etiqueta. Este tipo de adaptadores ciertamente reducen el voltaje de entrada a un valor de salida menor, pero el valor concreto de este voltaje de salida depende en buena parte del consumo eléctrico (medido en amperios o miliamperios) realizado en ese momento particular por el circuito alimentado.

Explicemos esto: a medida que el circuito consume más intensidad de corriente, el voltaje de salida (inicialmente bastante más elevado que el valor nominal marcado en la etiqueta del adaptador) se va reduciendo cada vez más hasta llegar a su valor nominal solo cuando el circuito consume la máxima intensidad que el adaptador es capaz de ofrecer, (cuyo valor está indicado también en la etiqueta impresa, como ya sabemos). Si el circuito sigue aumentando su consumo y supera esa intensidad máxima, el voltaje ofrecido por el adaptador seguirá disminuyendo y llegará a ser menor que el nominal, circunstancia en la que se corre el riesgo de dañar el adaptador (y de rebote, el circuito alimentado). Este comportamiento es fácil comprobarlo con un multímetro, tal como veremos en un apartado posterior de este mismo capítulo.

La principal razón de la existencia de los adaptadores no regulados es su precio: son más baratos y además están disponibles en una gran variedad de formas y rangos de valores de uso. Generalmente, los adaptadores que se conectan directamente a los enchufes de la red (en forma de “verruga de pared”, o “wall-wart”) suelen ser no regulados. Los que, como los usados en los computadores portátiles, tienen forma de caja rectangular de la que salen el cable para enchufar a la red eléctrica y el cable para conectar el aparato, suelen ser regulados. De todas formas, independientemente del encapsulado del adaptador, una regla que por norma general se suele cumplir es que si el adaptador admite un rango de voltaje de entrada muy amplio (de 100 a 240 V, por ejemplo), entonces seguramente es regulado.

Un adaptador (regulado) que nos puede venir bien para nuestros proyectos de Arduino es por ejemplo el producto nº 63 de Adafruit: es un adaptador compatible con la red eléctrica española, y genera un voltaje de salida de 9 V y una corriente máxima de 1 A, lo que lo hace perfectamente compatible con las placas Arduino (además, su clavija de tipo “jack” es de 5,5 mm/2,1 mm, tal como es el zócalo de dichas placas). También nos podría servir el producto nº 798. Incluso podemos adquirir adaptadores que, en vez de la clavija jack de 5,5 mm/2,1 mm, ofrezcan una conexión de tipo USB: un ejemplo sería el producto con código FIT0197 de DFRobot, el cual proporciona 5 V y una corriente máxima de 1 A.

Si necesitáramos en cambio más voltaje de salida (porque en nuestro circuito tenemos dispositivos que realizan un mayor consumo, como por ejemplo muchos tipos de motores), tendríamos que utilizar un adaptador (regulado) como por ejemplo el producto nº 352 de Adafruit (el cual ofrece un voltaje de salida de 12 V y corriente máxima de 5 A) o el nº 658 (5 V y 10 A). Hay que tener la precaución, no obstante, de no utilizar un adaptador que ofrezca un voltaje o intensidad de salida mayor que el circuito sea capaz de admitir: si conectáramos por ejemplo una placa Arduino a estos dos últimos adaptadores, la placa se quemaría.

COMPONENTES ELÉCTRICOS

Resistencias



Un resistor o resistencia es un componente electrónico utilizado simplemente para añadir, como su nombre indica, una resistencia eléctrica entre dos puntos de un circuito. De esta manera, y gracias a la Ley de Ohm, podremos distribuir según nos convenga diferentes tensiones y corrientes a lo largo de nuestro circuito.

Debido al pequeño tamaño de la mayoría de resistores, normalmente no es posible serigrafiar su valor sobre su encapsulado, por lo que para conocerlo debemos saber interpretar una serie de líneas de colores dispuestas a lo largo de su cuerpo. Normalmente, el número de líneas de colores son cuatro, siendo la última de color dorado o bien plateado (aunque puede ser de otros colores también). Esta línea dorada o plateada indica la tolerancia de la resistencia, es decir: la precisión de fábrica que esta nos aporta. Si es de color dorado indica una tolerancia del $\pm 5\%$ y si es plateada una del $\pm 10\%$ (otros colores –rojo, marrón, etc. – indican otros valores). Por ejemplo, una resistencia de $220\ \Omega$ con una franja plateada de tolerancia, tendría un valor posible entre $198\ \Omega$ y $242\ \Omega$ (es decir, $220\ \Omega \pm 10\%$); obviamente, cuanto menor sea la tolerancia, mayor será el precio de la resistencia.

Las otras tres líneas de colores indican el valor nominal de la resistencia. Para interpretar estas líneas correctamente, debemos colocar a nuestra derecha la línea de tolerancia, y empezar a leer de izquierda a derecha, sabiendo que cada color equivale a un dígito diferente (del 0 al 9). La primera y segunda línea las tomaremos cada una como el dígito tal cual (uno seguido del otro) y la tercera línea representará la cantidad de ceros que se han de añadir a la derecha de los dos dígitos anteriores. La tabla para conocer el significado numérico de los posibles colores de una resistencia es la siguiente:

Color de la banda	Valor equivalente (en la 1ª y 2ª banda)	Multiplicador (valor de la 3ª banda)
Negro	0	$\times 10^0 = 1$
Marrón	1	$\times 10^1 = 10$
Rojo	2	$\times 10^2 = 100$
Naranja	3	$\times 10^3 = 1000$
Amarillo	4	$\times 10^4 = 10000$
Verde	5	$\times 10^5 = 100000$
Azul	6	$\times 10^6 = 1000000$
Violeta	7	$\times 10^7 = 10000000$
Gris	8	$\times 10^8 = 100000000$
Blanco	9	$\times 10^9 = 1000000000$

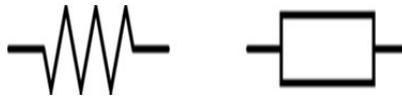
Por ejemplo, si tenemos una resistencia con las líneas de colores “rojo-verde-naranja”, podremos consultar la tabla para deducir que tendremos una resistencia de $25 \cdot 1000 = 25 \text{ K}\Omega$. Otro ejemplo: si tenemos una resistencia con las líneas de colores “marrón-negro-azul”, tendremos entonces una resistencia de $10 \cdot 1000000 = 10 \text{ M}\Omega$.

También nos podemos encontrar con resistencias que tengan cinco líneas impresas: en ese caso, su interpretación es exactamente igual, solo que en vez de dos disponemos de tres líneas para indicar los tres primeros dígitos del valor de la resistencia, siendo la cuarta la que representa el multiplicador y la quinta la tolerancia. Algunas resistencias incluso tienen hasta seis líneas impresas (son las más precisas, pero en nuestros proyectos pocas veces las necesitaremos); en ese caso, lo único que cambia es que aparece una sexta línea a la derecha de la línea de la tolerancia indicando un nuevo dato: el coeficiente de temperatura de la resistencia, el cual nos informa sobre cuánto varía el valor de esa resistencia dependiendo de la temperatura ambiente (medida en ppm/°C, donde $10000 \text{ ppm} = 1\%$). Otras resistencias (especialmente las de reducido tamaño, como las soldadas directamente a la superficie de una placa de circuito impreso) utilizan, en lugar de colores, una secuencia de tres dígitos para indicar las dos primeras cifras del valor de la resistencia y su multiplicador.

Ha de quedar claro que aunque para conocer el orden de las franjas y leer el valor de una resistencia hemos de colocar esta en un sentido determinado, los resistores no tienen polaridad. Esto quiere decir que a la hora de conectarlo en un circuito, es indiferente conectar sus dos terminales en un sentido o del revés.

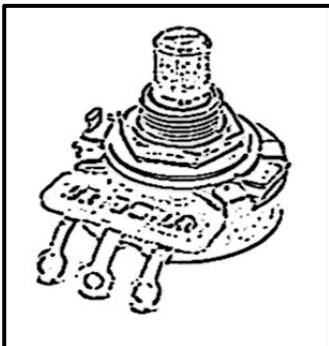
Por otro lado, además de conocer el valor resistivo que aportan estos componentes, también hemos de tener en cuenta la intensidad de corriente que pueden soportar como máximo sin fundirse. Para ello, el fabricante nos deberá proporcionar siempre un dato: la potencia máxima que la resistencia es capaz de disipar en forma de calor, valor que está directamente relacionado con su tamaño. Las resistencias más utilizadas en la electrónica son las de 1/4W, 1/2W y 1W (siendo la de 1/4W es la más pequeña y la de 1W es la más grande de las tres). En este sentido, para conocer qué tipo de resistencia nos interesará utilizar en nuestros circuitos, debemos utilizar la fórmula ya conocida de $P = V \cdot I$ (donde V es la diferencia de potencial presente entre los extremos de la resistencia e I es la corriente que circula por ella), o bien alguna de las fórmulas equivalentes, como $P = I^2 \cdot R$ o $P = V^2/R$ (donde R es el valor de la resistencia propiamente dicha). De cualquiera de estas maneras, obtendremos la potencia que debe ser capaz de disipar nuestra resistencia, con lo que ya tendremos el criterio para elegirla. No es mala idea utilizar una resistencia cuyo poder disipador sea aproximadamente el doble del resultado obtenido para no sufrir posibles sobrecalentamientos.

Los símbolos utilizados en el diseño de los circuitos eléctricos para representar una resistencia pueden ser dos:



donde el de la derecha es el estándar normalizado por la “International Electrotechnical Commission” (IEC), aunque el de la izquierda sigue siendo ampliamente utilizado actualmente.

Potenciómetros



Un potenciómetro es una resistencia de valor variable. Podemos darnos cuenta de su gran utilidad con un ejemplo muy simple: si suponemos que tenemos una fuente de alimentación que genera un determinado voltaje estable, y tenemos presente la Ley de Ohm ($V = I \cdot R$), podemos ver que si aumentamos de valor la resistencia R , a igual voltaje la intensidad de corriente que pasará por el circuito inevitablemente disminuirá. Y al contrario: si disminuimos el valor de R , la corriente I aumentará. Si esta variación de R la podemos controlar nosotros a voluntad, podremos alterar como queramos la corriente que circula por un

circuito. De hecho, un uso muy habitual de los potenciómetros es el de hacer de divisores de tensión progresivos, con lo que podremos, por poner un ejemplo, encender o apagar paulatinamente una luz a medida que vayamos cambiando el valor de R.

Un potenciómetro dispone físicamente de tres patillas: entre las dos de sus extremos existe siempre un valor fijo de resistencia (el máximo, de hecho), y entre cualquiera de esos extremos y la patilla central tenemos una parte de ese valor máximo. Es decir: la resistencia máxima que ofrece el potenciómetro entre sus dos extremos no es más que la suma de las resistencias entre un extremo y la patilla central (llamémosla R1), y entre la patilla central y el otro extremo (llamémosla R2). De aquí se puede pensar que un potenciómetro es equivalente a dos resistencias en serie, pero la gracia está en que en cualquier momento podremos modificar el estado de la patilla central para conseguir aumentar la resistencia de R1 (disminuyendo como consecuencia la resistencia R2, ya que el valor total máximo sí que permanece constante) o bien al contrario, para conseguir disminuir la resistencia de R1 (aumentando por lo tanto la resistencia R2 automáticamente).

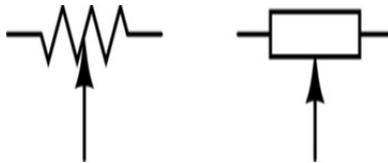
La manera concreta de alterar el estado de la patilla central del potenciómetro puede variar y suele depender de su encapsulamiento físico, pero por lo general suele consistir en el desplazamiento de un cursor manipulable conectado a dicha patilla. Podemos encontrarnos potenciómetros de movimiento rotatorio como los del control de volumen de la mayoría de altavoces, o de movimiento rectilíneo como los que se utilizan en las mesas de mezcla de sonido, entre otros. En la imagen mostrada anteriormente se puede ver uno de movimiento rotatorio.

También existen potenciómetros de tipo digital: estos son chips que constan de diferentes patillas a través de las que se puede controlar mediante pulsos eléctricos los valores extremos de la resistencia y su valor intermedio. Un ejemplo es el componente DS1669 de Maxim.

La clasificación más interesante, no obstante, viene a la hora de distinguir el comportamiento que tiene un potenciómetro en el momento que modificamos el estado de su patilla central (es decir, cuando “es movida”). Si el potenciómetro tiene un comportamiento llamado “lineal”, la alteración del valor de su resistencia es siempre directamente proporcional al recorrido de la patilla central: es decir, si desplazamos por ejemplo la patilla un 30% se aumentará/disminuirá la resistencia un 30% también. Por el contrario, si el potenciómetro tiene un comportamiento “logarítmico”, la alteración del valor de su resistencia será muy leve al principio del recorrido de la patilla (y por tanto, habrá que realizar un gran desplazamiento de esta

para obtener un cambio apreciable de resistencia) pero a medida que se siga realizando más recorrido de la patilla, la alteración de la resistencia cada vez será proporcionalmente mayor y mayor, hasta llegar a un punto donde un leve desplazamiento producirá una gran cambio en la resistencia. Los potenciómetros logarítmicos son empleados normalmente para el audio, ya que el ser humano no oye de manera lineal: para experimentar por ejemplo una sensación acústica de “el doble de fuerte”, es necesario que el volumen físico del sonido sea unas diez veces mayor.

Los símbolos que se pueden utilizar en el diseño de circuitos electrónicos para representar un potenciómetro son los siguientes:



Otras resistencias de valor variable

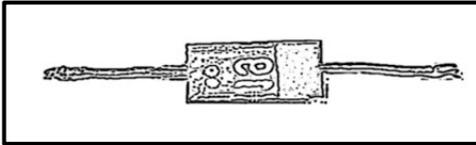
Los potenciómetros son resistencias que cambian su valor según nuestra voluntad. Pero también existen resistencias que cambian su valor según condicionantes ambientales externos.

Por ejemplo, los fotorresistores (también llamados LDRs –del inglés “Light Dependent Resistor” – o también “celdas CdS” –por el material con el que habitualmente están fabricadas: sulfuro de cadmio–) son resistencias que varían según la cantidad de luz que incide sobre ellos, por lo que se pueden utilizar como sensores de luz. Otro ejemplo son los termistores: resistencias que cambian su valor según varíe la temperatura ambiente, por lo que se pueden utilizar como sensores de temperatura. Otro ejemplo son los sensores de fuerza/presión (también llamados FSRs –del inglés “Force-Sensing Resistor” –), que son resistencias cuyo valor depende de la fuerza/presión a la que son sometidas, o los sensores de flexión: resistencias cuyo valor varía según lo que sean dobladas físicamente, etc.

En el capítulo dedicado a los sensores hablaremos más extensamente de las diferentes características de estos componentes y de sus posibles usos prácticos. Si lo que se desea es conocer el símbolo esquemático correspondiente a un tipo concreto de resistencia variable (LDR, termistor, etc.), recomiendo consulta la siguiente página

web, la cual incluye la mayoría de símbolos electrónicos existentes, clasificados y ordenados por categorías: <http://www.simbologia-electronica.com>

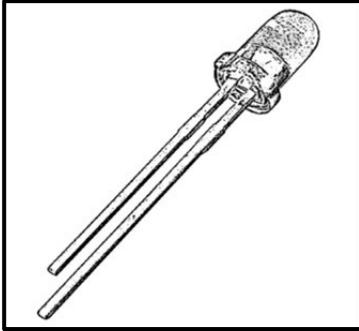
Diodos y LEDs



El diodo es un componente electrónico con dos extremos de conexión (o “terminales”) que permite el paso libre de la corriente eléctrica solamente en un sentido, bloqueándolo si la corriente fluye en el sentido contrario. Este hecho hace que el diodo tenga dos posiciones posibles: a favor de la corriente (llamada “polarización directa”) o en contra (“polarización inversa”). Por tanto, a la hora de utilizarlo en nuestros circuitos, debemos de tener en cuenta que la conexión de sus dos terminales se realice en el sentido deseado. Normalmente, los fabricantes nos indicarán cuál es el terminal que ha de conectarse al polo negativo (suponiendo polarización directa) mediante una marca visible cerca de este pintada en el cuerpo del diodo. En la imagen mostrada, esta marca es la gruesa franja blanca a la derecha del cuerpo del diodo, por lo que el “terminal negativo” será, en este caso, el de la derecha. Técnicamente (siempre suponiendo polarización directa) a ese “terminal negativo” se le llama “cátodo”, y al “terminal positivo” se le llama “ánodo”.

El diodo se puede utilizar para muchos fines: un uso común es el de rectificador (para convertir una corriente alterna en continua), pero en nuestros circuitos lo usaremos sobre todo como un elemento suplementario conectado a algún otro componente para evitar que este se dañe si la alimentación eléctrica se conecta por error con la polaridad al revés.

Es costumbre conectar un divisor de tensión (es decir, una resistencia en serie) a uno de los terminales del diodo (es indiferente si es el ánodo o el cátodo) para evitar que sea este precisamente el que se funda al recibir más tensión de la que pueda soportar. Para calcular el valor de esta resistencia, debemos tener en cuenta la intensidad que debe pasar por el diodo (I), la tensión que existiría entre sus terminales si no pusiéramos ninguna resistencia (V) y la tensión entre sus terminales que queremos conseguir para evitar daños (V_{DIO}); una vez conocido estos valores podemos calcular la resistencia adecuada usando la Ley de Ohm, así: $R = (V - V_{DIO}) / I$. Por otro lado, la potencia disipada por esa resistencia podríamos calcularla mediante la fórmula $P = (V - V_{DIO}) \cdot I$.



Un “Light Emitting Diode” (LED) es, como su nombre indica, un diodo que tiene una característica peculiar: emite luz cuando la corriente eléctrica lo atraviesa. De hecho, lo hace de forma proporcional: a más intensidad de corriente que lo atraviesa, más luz emite.

Ya que no deja de ser un tipo concreto de diodo, también puede ser conectado en polarización directa o inversa, teniendo en cuenta que solo se iluminarán si están conectados en polarización directa. Por ello, cuando diseñemos nuestros circuitos hay que seguir teniendo la precaución de conectar cada terminal del LED en la polaridad adecuada. No obstante, como a un LED no se le puede pintar una marca encima, la manera de distinguir el ánodo (“terminal positivo” en polarización directa) del cátodo (el “terminal negativo” en polarización directa) es observando su longitud: el ánodo es de una longitud más larga que el cátodo.

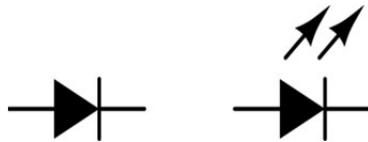
Es igualmente muy recomendable conectar una resistencia en serie a un LED para limitar la intensidad de corriente que lo atraviesa y así mantenerla por debajo del valor máximo más allá del cual el LED puede dañarse. Para calcular qué resistencia debemos colocar, podemos utilizar la fórmula mencionada en un par de párrafos anteriores. Hemos de saber que normalmente la intensidad que suele venir bien para el funcionamiento óptimo de un LED es de unos 15 mA, y que la tensión V_{DIO} apropiada varía según el color del LED: va de 3 V a 3,6 V para el ultravioleta (UV), blanco o azul, de 2,5 V a 3 V para el verde, de 1,9 V a 2,4 V para el rojo, naranja, amarillo o ámbar y de 1 V a 1,5 para el infrarrojo. A partir de aquí, el cálculo es sencillo. No obstante, para mayor seguridad es recomendable consultar siempre las especificaciones que proporciona el fabricante (el “datasheet” del componente) para conocer toda la información necesaria sobre intensidades y tensiones máximas soportadas.

Además de por sus diferentes colores (consecuencia del material de fabricación usado, diferente para cada tipo de LED), podemos clasificar estos componentes según si emiten la luz de forma difusa o clara. Los primeros (que normalmente tienen un tamaño de 3 mm de diámetro) se suelen utilizar para indicar presencia, ya que emiten una luz suave y uniforme que no deslumbra y que puede verse bien desde cualquier ángulo. Los segundos (que normalmente tienen un tamaño de 5 mm de diámetro) sirven para irradiar en una dirección muy concreta con luz directa y potente, por lo que no se ven bien en todos los ángulos pero iluminan mucho más que los otros. En cualquier caso, sea un LED de tipo difuso o claro, para

saber en términos cuantitativos lo “brillante” que es su luz, será necesario conocer la cantidad de milicandelas (mcd) que ese LED concreto es capaz de emitir; este dato lo debe ofrecer el fabricante en el datasheet.

Finalmente, debemos tener en cuenta al menos tres aspectos más a la hora de usar diodos y LEDs en nuestros proyectos: la corriente máxima que puede atravesar el diodo en polarización directa sin que este se funda debido al calor generado por la potencia disipada; el voltaje de ruptura (cuando los diodos están conectados en polarización inversa hemos dicho que no dejan pasar el flujo de la corriente pero dicho comportamiento es así solamente mientras al diodo se le aplique un voltaje menor del llamado “voltaje de ruptura”) y la caída de tensión en polarización directa (como cualquier otro dispositivo electrónico, los diodos poseen una resistencia interna que provoca la existencia de una determinada diferencia de potencial entre sus terminales).

El símbolo que se suele utilizar en el diseño de circuitos electrónicos para representar un diodo estándar es el mostrado a la izquierda en la imagen siguiente, y el de un LED es el de la derecha.



El vértice del triángulo secante con la línea perpendicular de ambos símbolos representa el cátodo. Existen otros símbolos similares que representan diodos más específicos (como los de tipo Zener o Schottky, entre otros) pero no los veremos.

Condensadores

El condensador es un componente cuya función básica es almacenar carga eléctrica en cantidades limitadas, de manera que esta se pueda utilizar en ocasiones muy puntuales a modo de “fuente de alimentación alternativa”.

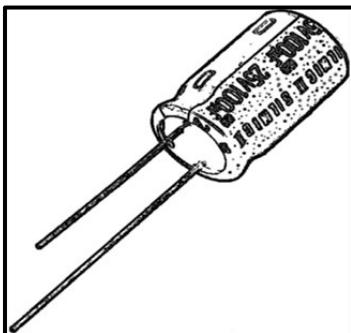
La capacidad (C) de un condensador es su característica más importante y se puede definir como la relación –normalmente de un valor constante– que existe entre la cantidad de carga eléctrica (Q) que almacena en un momento determinado y el voltaje (V) que se le está aplicando en ese mismo momento. Concretamente, se define así: $C = Q/V$.

De la fórmula anterior podemos deducir varias cosas: la primera es que un condensador con mayor capacidad que otro almacenará más carga bajo el mismo potencial. La segunda es que un condensador con una determinada capacidad almacenará más carga cuanto mayor sea el voltaje aplicado (aunque en este sentido hay que tener en cuenta que todo condensador tiene un voltaje de trabajo máximo –que suele venir impreso en el cuerpo del propio condensador– más allá del cual se puede dañar, por lo que siempre se tendrá un máximo de carga almacenable).

La capacidad se mide en faradios (F), aunque la mayoría de condensadores con los que trabajaremos tienen una capacidad mucho menor (del orden de los microfaradios o incluso nanofaradios). Dependiendo del tamaño del condensador, puede ser que el valor de su capacidad no pueda ser serigrafiado tal cual sobre su cuerpo; en esos casos, se suele utilizar una secuencia de tres dígitos para indicar las dos primeras cifras del valor de la capacidad y luego su multiplicador. Por ejemplo, un condensador con el número “403” impreso, querrá decir que tiene una capacidad de $40 \cdot 10^3 = 40 \cdot 1000 = 40000$ F.

Al igual que ocurría con las resistencias, los condensadores pueden ser conectados en serie o en paralelo para conseguir un circuito con una capacidad equivalente. En concreto, si dos condensadores (C1 y C2) se conectan en serie, la capacidad equivalente es $C = (C1 \cdot C2) / (C1 + C2)$; es decir, menor que cualquiera de la de los condensadores individuales. Si los dos condensadores se conectan en paralelo, la capacidad equivalente es $C = C1 + C2$; es decir, obtenemos una capacidad total mayor.

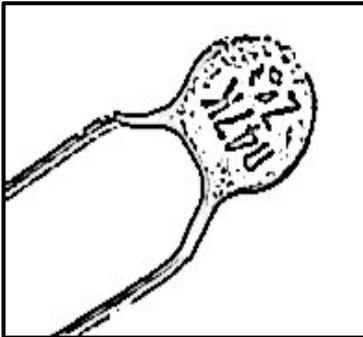
Un condensador completamente cargado, en circuitos de corriente DC, actúa como un interruptor abierto.



Podemos clasificar los tipos de condensadores según si tienen o no polarización. Los condensadores polarizados son los que se han de conectar al circuito respetando el sentido de la corriente. Es decir, tienen un terminal “negativo” que siempre deberá conectarse al polo negativo del circuito, y otro terminal “positivo” que siempre deberá conectarse al polo positivo. Dicho de otra forma: su conexión se ha de realizar siempre en polarización directa. Es por ello que este tipo de condensadores no son válidos

para ser usados en corriente alterna; de hecho, al conectarlos en polarización inversa son destruidos. Para distinguir un terminal del otro, podemos fijarnos en una franja pintada sobre el cuerpo del condensador, la cual indicará siempre el terminal

negativo (de forma similar a lo que ocurría con los diodos). Otra pista que podemos usar para lo mismo es fijarnos en que el terminal negativo es más corto que el positivo (al igual que ocurría con los LEDs). Como características más reseñables, podemos decir que los condensadores polarizados tienen por norma una capacidad bastante elevada (de un valor mayor de 1 microfaradio), y, teniendo en cuenta el modo de fabricación, suelen ser de tipo electrolítico (como el mostrado en la imagen) o de tantalio.



Los condensadores unipolares (no polarizados) pueden conectarse al circuito en ambos sentidos indiferentemente (al igual que las resistencias, por ejemplo). Pueden estar fabricados de muchos materiales, pero los más comunes son los de tipo cerámico (como el mostrado en la imagen). Por lo general, suelen tener una capacidad bastante menor que los condensadores polarizados.

Los condensadores muchas veces se utilizan en los circuitos para proporcionar la llamada “alimentación de desvío” o “desacople” (en inglés, “by-pass” o “decoupling”). Esta alimentación es necesaria cuando un componente que normalmente no requiere de mucha intensidad de corriente para funcionar, ha de realizar de forma puntual un consumo tan elevado de electricidad que la fuente de alimentación ordinaria no es capaz de ofrecerla con la celeridad suficiente. Esto normalmente ocurre cuando dicho componente (un microcontrolador, por ejemplo) pasa de estar en estado desactivado a activado; en ese momento es cuando el condensador proporciona rápidamente la corriente transitoria necesaria al “soltar” la carga eléctrica que mantenía almacenada. Con este sistema de alimentación “alternativa”, se logra dar una rápida respuesta al pico de consumo del componente mientras que la fuente de alimentación puede ir volviendo a cargar otra vez el condensador (a un ritmo menor) de cara al próximo pico. Para utilizar un condensador que realice esta función, uno de sus terminales ha de conectarse lo más cerca posible de la entrada de alimentación del componente a “gestionar” (cuanto más lejos, menor es el efecto) y el otro terminal a la tierra del circuito. Valores típicos de un condensador “by-pass” son 0,1 μF o 0,01 μF .

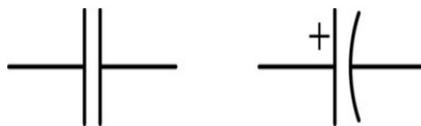
Otro uso muy frecuente de los condensadores es la eliminación del “ruido” de la señal de alimentación DC. Es decir, aunque una fuente sea etiquetada nominalmente como de 9 V, por ejemplo, en la realidad nunca ofrecerá esos 9 V exactos, sino que ese valor irá sufriendo variaciones más o menos amplias y

aleatorias alrededor de su valor nominal. Por tanto, además de una alimentación DC tenemos siempre una pequeña alimentación AC alrededor de aquella. Dependiendo de la magnitud de esta alimentación AC (es decir, de las variaciones alrededor de los 9 V del ejemplo), podríamos llegar a tener un problema en nuestro circuito, porque aparecerían efectos de corrientes de tipo AC que no deseamos. Un condensador es capaz de estabilizar esas variaciones, permitiendo obtener de la fuente un valor de tensión más constante, gracias a que es capaz de regular convenientemente la carga que “suelta” o “acumula” en función del voltaje fluctuante al que es sometido.

Para utilizar un condensador que realice esta función de estabilización de la señal (los cuales se suelen llamar “condensadores de filtro”), uno de sus terminales se ha de conectar al borne positivo de la fuente de alimentación y el otro terminal se ha de conectar al borne negativo. Un valor típico de un condensador de filtro es $0,1 \mu\text{F}$. A mayores frecuencias de corriente AC, se necesitan condensadores de menor capacidad. Incluso se pueden conectar varios condensadores en paralelo de diferente capacidad, para filtrar diferentes frecuencias (pero el cálculo concreto se sale de los objetivos de este libro).

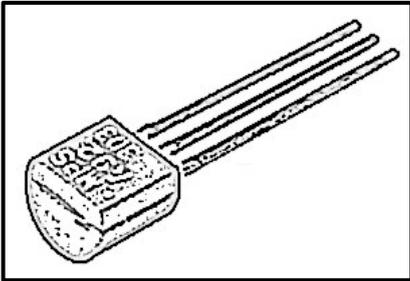
Realmente, los condensadores son usados en multitud de aplicaciones: como baterías y memorias por su cualidad de almacenar carga, para realizar descargas rápidas (como la luz “flash” de una cámara fotográfica), para mantener corrientes estables (como por ejemplo las generadas por un rectificador), para evitar caídas de corriente puntuales en los circuitos (es decir, la función de “by-pass”), para aislar partes de un circuito (cuando están completamente cargados), etc.

Los símbolos utilizados en el diseño de los circuitos eléctricos para representar un condensador pueden ser dos:



La representación de la izquierda es la de un condensador unipolar, y la de la derecha es la de un condensador polarizado. En este último, la línea recta simboliza el polo positivo (a veces el signo “+” se omite y/o la línea recta se pinta más gruesa) y la línea curva simboliza el polo negativo.

Transistores



Un transistor es un dispositivo electrónico que restringe o permite el flujo de corriente eléctrica entre dos contactos según la presencia o ausencia de corriente en un tercero. Puede entenderse como una resistencia variable entre dos puntos, cuyo valor es controlado mediante la aplicación de una determinada corriente sobre un tercer punto.

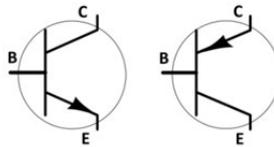
Los transistores se suelen utilizar como amplificadores de corriente, ya que con una pequeña corriente recibida a través de su terminal de control permiten la circulación de una intensidad muy grande (proporcional a aquella, hasta un máximo) entre sus dos terminales de salida. Otro uso muy frecuente es el de ser conmutadores de corriente, ya que si su terminal de control no recibe ninguna intensidad de corriente, por entre los dos terminales de salida no fluye ninguna corriente tampoco y se abre el circuito.

Existen dos grandes categorías de transistores según su tecnología de fabricación y funcionamiento: los transistores de tipo bipolar (llamados comúnmente BJT, del inglés “Bipolar Junction Transistor”) y los transistores de tipo efecto de campo (llamados comúnmente FET, del inglés “Field Effect Transistor”).

Los transistores BJT disponen de tres patillas físicas y cada una tiene un nombre específico: “Colector”, “Base” y “Emisor”. La “Base” hace de “terminal de control” y el “Colector” y el “Emisor” son los “terminales de salida”. De todas maneras, dependiendo de cómo se utilicen y conecten estas tres patillas, podemos clasificar a su vez los transistores BJT en dos tipos, los NPN –los más habituales– y los PNP. En el caso de los NPN, si aplicamos cierta corriente (por lo general muy baja) de la Base al Emisor, el Emisor actuará como una válvula que regulará el paso de corriente desde el Colector hacia el propio Emisor. En el caso de los PNP, si aplicamos cierta corriente (por lo general muy baja) del Emisor a la Base, el Emisor actuará como una “válvula” que regulará el paso de corriente desde el propio Emisor hacia el Colector.

Físicamente, los transistores BJT pueden ser muy diferentes, pero el mostrado en la figura de la página anterior es un encapsulado típico, en el cual las tres patillas se corresponden con el Colector, Base y Emisor (aunque para saber cuál es cuál se

deberá consultar el datasheet del dispositivo). Los símbolos utilizados en el diseño de los circuitos eléctricos para representar los transistores NPN y PNP son:



Cuando el transistor se utiliza como amplificador, la intensidad de corriente que circula del Emisor al Colector (si es PNP) o del Colector al Emisor (si es NPN) puede llegar a ser decenas de veces mayor que la corriente que apliquemos al terminal de entrada Base-Emisor. Este factor de proporcionalidad entre la intensidad que pasa por la Base y la que pasa por el Colector (es decir, el factor de amplificación o ganancia) depende del tipo de transistor y ha de venir descrito en sus especificaciones técnicas (el “datasheet”) con el nombre de β o h_{FE} .

Más en concreto, podemos distinguir tres “modos de funcionamiento” en un transistor típico:

El modo de corte: se produce cuando la corriente que fluye por la Base es próxima a 0. En ese caso, no circula corriente por el interior del transistor, impidiendo así el paso de corriente tanto por el Emisor como por el Colector (es decir, el transistor se comporta como un interruptor abierto).

El modo de saturación: se produce cuando la corriente que fluye por el Colector es prácticamente idéntica a la que fluye por el Emisor (momento en el cual, de hecho, estas se aproximan al valor máximo de corriente que puede soportar el transistor en sí). Es decir, el transistor se comporta como una simple unión de cables, ya que la diferencia de potencial entre Colector y Emisor es muy próxima a cero. Este modo se da cuando la intensidad que circula por la Base supera un cierto umbral.

El modo activo: se produce cuando el transistor no está ni en su modo de corte ni en su modo de saturación (es decir, en un modo intermedio). Es en este modo cuando la corriente que circula por el Colector depende principalmente de la corriente de la Base y de β (la ganancia de corriente). Concretamente, se cumple que $I_c = \beta \cdot I_b$ e $I_e = I_c + I_b$, donde I_c es la corriente que fluye por el Colector, I_b la que fluye por la Base y I_e la que fluye por el Emisor.

Como se puede ver, el modo activo es el interesante para usar el transistor como un amplificador de señal, y los modos de corte y saturación son los interesantes para usar el transistor como un conmutador que represente el estado lógico BAJO y ALTO, respectivamente.

Por su lado, los transistores FET cumplen la misma función que los BJT (amplificador o conmutador de la corriente, entre otras), pero sus tres terminales se denominan (en vez de Base, Emisor y Colector): Puerta (identificado como “G”, del inglés “Gate”), Surtidor (S) y Drenador (D). El terminal G sería el “equivalente” a la Base en los BJT, pero la diferencia está en que el terminal G no absorbe corriente en absoluto (frente a los BJT donde la corriente atraviesa la Base pese a ser pequeña en comparación con la que circula por los otros terminales). El terminal G más bien actúa como un interruptor controlado por tensión, ya que (y aquí está la clave del funcionamiento de este tipo de transistores) será el voltaje existente entre G y S lo que permita que fluya o no corriente entre S y D.

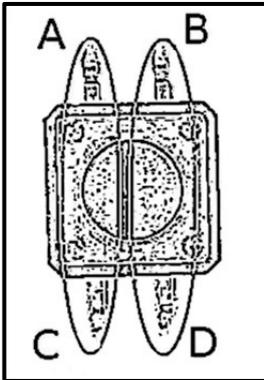
Así como los transistores BJT se dividen en NPN y PNP, los de efecto de campo (FET) son también de dos tipos: los de “canal n” y los de “canal p”, dependiendo de si la aplicación de una tensión positiva en la puerta pone al transistor en estado de conducción o no conducción, respectivamente.

Por otro lado, los transistores FET también se pueden clasificar a su vez dependiendo de su estructura y composición interna. Así tenemos los transistores JFET (Junction FET), los MOS-FET (Metal-Oxide-Semiconductor FET) o MIS-FET (Metal-Insulator-Semiconductor FET), entre otros. Cada uno de estos tipos tiene diferentes características específicas que los harán más o menos interesantes dependiendo de las necesidades del circuito, y cada uno tiene un símbolo esquemático diferente.

En general, los transistores FET se suelen utilizar más que los BJT en circuitos que consumen gran cantidad de potencia.

Pulsadores

Ya sabemos que un interruptor es un dispositivo con dos posiciones físicas: en la posición de “cerrado” se produce la conexión de dos terminales (lo que permite fluir a la corriente a través de él) y en la posición de “abierto” se produce la desconexión de estos dos terminales (y por tanto se corta el flujo de corriente a través de él). En definitiva, que un interruptor no es más que un mecanismo constituido por un par de contactos eléctricos que se unen o separan por medios mecánicos.



Un pulsador (en inglés, “pushbutton”) no es más que un tipo de interruptor en el cual se establece la posición de encendido mediante la pulsación de un botón gracias a la presión que se ejerce sobre una lámina conductora interna. En el momento de cesar la pulsación sobre dicho botón, un muelle hace recobrar a la lámina su posición primitiva, volviendo a la posición de “abierto”.

Existe una gran variedad de pulsadores de muchas formas y tamaños diferentes, pero en los circuitos que realizaremos a lo largo de este libro utilizaremos unos pulsadores muy prácticos y relativamente pequeños (tienen un tamaño de tan solo un 1/4 de pulgada por cada lado) que se pueden adquirir en cualquier distribuidor listado en el apéndice A (por ejemplo, en Sparkfun es el producto nº 97) y que son los que habitualmente vienen en los kits de aprendizaje.

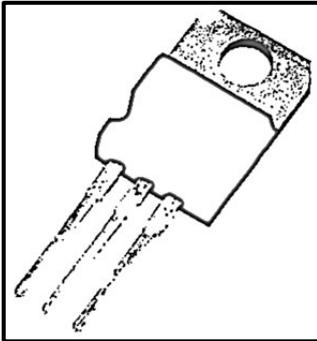
Estos pulsadores, no obstante, tienen una característica que conviene aclarar: tal como se ve en la imagen lateral, tienen cuatro patillas. Ello nos puede hacer pensar que tienen cuatro terminales, pero nada más lejos de la realidad: las dos patillas enfrentadas de cada lado están unidas internamente entre sí, por lo que funcionan como una sola. Es decir, las patillas A y C resaltadas en la imagen representan un solo punto eléctrico, y las patillas B y D representan otro punto eléctrico único. Por tanto, realmente, este pulsador solamente tiene dos terminales: A/C y B/D.

En la imagen siguiente se puede ver el símbolo eléctrico del pulsador en (a la izquierda) estado abierto y (a la derecha) en estado cerrado), indicando además como ejemplo a qué patillas físicas corresponde cada terminal.



Hay que tener en cuenta que este tipo de pulsadores por lo general tienen una cantidad máxima bastante limitada de tensión y corriente que pueden resistir antes de quemarse: si se va a utilizar una alimentación más exigente, se deberán utilizar pulsadores más robustos. Para conocer los valores concretos de tensión, corriente (y presión sobre el botón, entre otras cosas) máximos que puede soportar un pulsador concreto, nos hemos de remitir a la documentación oficial que proporciona el fabricante para ese componente (el “datasheet”).

Reguladores de tensión



Un regulador de tensión es un componente electrónico que protege partes de un circuito (o un circuito entero) de elevados voltajes o de variaciones pronunciadas de este. Su función es proporcionar, a partir de un voltaje recibido fluctuante dentro de un determinado rango (el llamado “voltaje de entrada”), otro voltaje (el llamado “voltaje de salida”) regulado a un valor estable y menor. Esto lo puede conseguir aplicando la Ley de Ohm: gracias a su capacidad de elevar o disminuir (según el caso) la corriente interna que lo está atravesando en

cada momento, pueden elevar o disminuir proporcionalmente su voltaje de salida. Así explicado podría parecer un simple divisor de tensión (y de hecho, su función es la misma), pero su mecanismo de regulación del voltaje de salida es mucho más sofisticado y fiable.

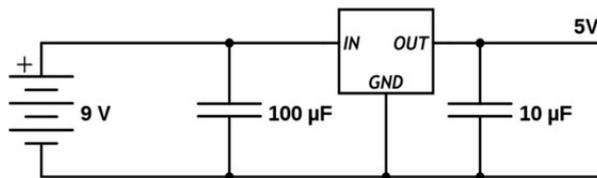
Son un elemento clave para conseguir una alimentación correcta y segura de los distintos componentes electrónicos de nuestros circuitos. Gracias a ellos, componentes que resultarían dañados si son sometidos a un voltaje demasiado elevado, pueden ser combinados en un mismo circuito por otros componentes más capaces y que requieran de una tensión mayor.

Existen muchos tipos y modelos de regulador, pero en nuestros circuitos normalmente utilizaremos pequeños componentes encapsulados llamados genéricamente reguladores LDO (del inglés “low-dropout”). El voltaje “dropout” es la diferencia entre el voltaje de entrada y el de salida. Este voltaje multiplicado por la corriente que lo atraviesa es gastado en forma de calor, por lo que cuanto menor sea el dropout, más eficiente será el regulador en términos de pérdida de energía. Por ejemplo, si tenemos un regulador LM8705 alimentado a 12 V que ofrece una tensión regulada de 5 V y se estima que la máxima corriente que consume nuestro circuito es de 1,2 A, podemos calcular la potencia perdida en forma de calor por este regulador con la fórmula ya conocida de $P = V \cdot I$: $(12\text{ V} - 5\text{ V}) \cdot 1,2^{\text{a}} = 8,4\text{ W}$. El valor obtenido es bastante elevado, pero afortunadamente, es el peor de los casos, ya que hemos considerado la corriente máxima consumida por el circuito; en general los microcontroladores y muchos dispositivos electrónicos consumen pulsos de corriente, por lo que la corriente promedio que suministra el regulador suele ser bastante menor, y por tanto, no se pierde tanta potencia (tanto calor) en el mismo.

Los reguladores LDO suelen tener tres patillas: una para recibir el voltaje de entrada, otra para ofrecer el voltaje de salida (que haría de “terminal positivo” para los componentes sensibles) y una tercera patilla conectada a la tierra común con la fuente de alimentación. Pero el orden y ubicación de cada patilla depende del modelo de regulador particular, así que se recomienda consultar la documentación técnica del fabricante para conocerla.

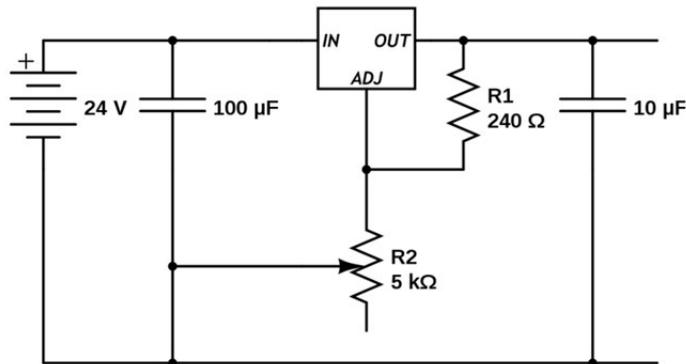
La familia de reguladores LDO más ampliamente utilizada en proyectos de electrónica doméstica es la LM78XX, donde “XX” indica el voltaje de salida. Así pues, muchas veces el modelo concreto que nos interesará es el LM7805, el cual puede recibir hasta entre 7 V y 35 V de entrada y puede generar una intensidad de salida máxima de 1 A. Otro modelo similar es el LM2940. Si queremos obtener una intensidad máxima de 0,1 A, debemos utilizar entonces el modelo LM78L05. Si queremos un voltaje de salida de 3,3, podemos usar el LM7803 o el LD1117V33, entre otros.

Sea cual sea el modelo de regulador, la mayoría de ocasiones veremos conectado a su patilla de entrada –y a tierra– un condensador “by-pass”, y veremos conectado a su patilla de salida –y a tierra– un condensador de filtro. La razón es eliminar las posibles oscilaciones de la señal de entrada (provocadas por ejemplo por el repentino encendido de un elemento de alto consumo de nuestro circuito, como un motor) y las de la salida (optimizando así la tensión obtenida del regulador). Por tanto, el esquema de conexiones más común de un regulador típico (como por ejemplo el LM7805) es similar a este:



En la figura anterior se puede observar que hemos utilizado un condensador “by-pass” de 100 microfaradios y un condensador de filtro de 10 microfaradios. Estos valores suelen venir bien en la mayoría de circunstancias y son bastante “estándares”. Se podrían conectar otros condensadores en paralelo a ambos lados de diferentes capacidades, para responder a mayores variaciones del voltaje de entrada y salida respectivamente, pero por lo general, no nos encontraremos en situaciones donde esto sea necesario.

Otro modelo común de regulador es el LM317, cuya característica más interesante es que es posible ajustar el voltaje de salida al que nosotros deseemos (concretamente entre 1,25 V y 37 V, con una intensidad mínima de salida de 1,5 V), y que es capaz de soportar voltajes de entrada de entre 3 V y 40 V. Para conseguir variar el voltaje de salida, disponemos de un circuito auxiliar conectado al regulador formado por una resistencia fija (R1) y un potenciómetro (R2), de la siguiente manera:



Usando el LM317 y el circuito mostrado en el esquema anterior, obtendremos un voltaje de salida dado por la expresión $V_{salida} = 1,25 \cdot (1 + R2/R1)$. Opcionalmente, al diseño anterior se le puede añadir un diodo para proteger el regulador contra posibles cortocircuitos en su entrada; para ello, deberíamos conectar el ánodo del diodo a la patilla de salida y el cátodo a la patilla de entrada.

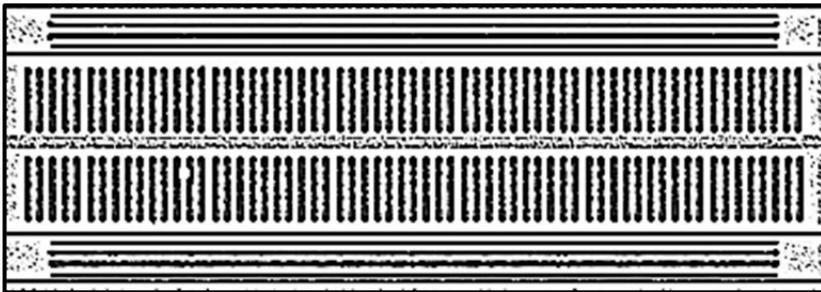
Placas de prototipado

Existen varios tipos de placas de prototipado. En este apartado estudiaremos solamente las llamadas “breadboards” (también conocidas como “protoboards”), las “perfboards” y las “stripboards”.

Una breadboard es una placa perforada con conexiones internas en la que podemos insertar las patas de nuestros componentes electrónicos tantas veces como queramos, realizando así las conexiones de nuestros circuitos sin tener la necesidad de soldar nada. El objetivo es poder montar prototipos rápidos pero completamente funcionales de nuestros diseños y poderlos modificar fácilmente cuando lo necesitemos. La siguiente imagen muestra la apariencia externa de una breadboard típica, que no deja de ser un conjunto de filas con agujeros.



Pero para poder conectar correctamente nuestros componentes a la breadboard, hemos de conocer primero cómo se estructuran sus propias conexiones internas. En este sentido, si observáramos su interior oculto bajo la superficie perforada, podríamos comprobar que está compuesto de muchas tiras de metal (normalmente cobre) dispuestas de la siguiente manera:



En la figura anterior se pueden distinguir básicamente tres zonas:

Buses: los buses se localizan en uno o ambos lados del protoboard. Allí se conectarán (en cualquiera de sus puntos) las fuentes de alimentación externas. Normalmente aparece pintada una línea roja que se suele utilizar para indicar el bus sometido al voltaje de entrada (es decir, donde insertaremos el borne positivo de la fuente) y una línea azul que representa el bus conectado a tierra (es decir, donde normalmente insertaremos el borne negativo). Todos los puntos del bus marcado con la línea roja son equivalentes porque están conectados entre sí y todos los puntos del bus marcado con la línea azul también lo son entre sí, pero ambos buses están aislados eléctricamente uno del otro.

Nodos: en la parte central del protoboard aparecen gran cantidad de agujeros. Su cantidad puede ser mayor o menor dependiendo del modelo (de hecho, el tamaño de la breadboard se indica por el número de filas y de columnas de agujeros que contiene: un tamaño típico es 10x64). Estos agujeros se usan para colocar los componentes y realizar las conexiones entre ellos. Tal como se puede observar en la figura anterior, las conexiones internas entre los agujeros están dispuestas en vertical. Lo más importante es comprender que cualquier agujero es completamente equivalente a otro que pertenezca a la misma conexión interna. Esto significa que al insertar una patilla de algún componente en un agujero, disponemos del resto de agujeros de su misma conexión interna para poder insertar en ellos una patilla de cualquier otro componente que queramos poner en contacto entre sí, tal como si los uniéramos directamente por un cable. A todos esos agujeros equivalentes conectados entre sí se les da el nombre en conjunto de “nodo”. La manera más habitual de conectar dos nodos diferentes es enchufando los extremos de un cable en un agujero de cada nodo a unir.

Canal central: es la región localizada en el medio del protoboard, que separa la zona superior de la inferior. Se suele utilizar para colocar los circuitos integrados (esos componentes con forma de “cucarachas negras con patitas” también llamados “chips” o IC –del inglés “integrated circuits” –) de manera que pongamos la mitad de patitas en un lado del canal y la otra mitad en el otro lado. De esta manera, además de disponer así de varios agujeros de conexión por cada patita, una mitad del chip estará aislada eléctricamente de la otra (tal como debe ser).

También es frecuente el uso de “minibreadboards”, especialmente pensadas para proyectos más compactos, ya que carecen de los buses de alimentación y tierra y sus dimensiones son más reducidas (alojando por tanto menos nodos).

Además del conocimiento de la disposición eléctrica interna de una breadboard, es importante tener en cuenta una serie de consejos útiles para el día a día que nos vendrán bien a la hora de montar nuestros diseños. Para empezar, es recomendable utilizar siempre cable negro para las conexiones a tierra, cable rojo para alimentaciones de 5 V o más y cable verde (o cualquier otro color) para alimentaciones de 3 V (y así evitar dañar algún componente que no admita los 5 voltios). Estos colores son simplemente una convención generalizada (es decir, no son una norma establecida) pero es muy común seguirla por todo el mundo para evitar confusiones.

Otro consejo es observar si nuestra breadboard tiene pintadas las líneas roja y azul de sus buses de forma no continua. Si es el caso, significa que los puntos que forman cada bus no están conectados eléctricamente todos entre sí sino que hay un salto. Para empalmar todos los puntos de cada bus y así conseguir un único bus de alimentación y un único de bus de tierra (medida aconsejable para ganar claridad y comodidad en la realización de nuestros circuitos), lo que se debe hacer es unir mediante un cable un punto de cada extremo del salto para el bus de alimentación y unir mediante otro cable un punto de cada extremo del salto para el bus de tierra (lo que se llama realizar un “puente”).

Por otro lado, una precaución básica que hay que tener siempre en cuenta a la hora de utilizar el bus de tierra es la de procurar que todas las conexiones a tierra del circuito estén conectadas a su vez entre sí para que todo el circuito tenga la misma referencia (lo que a veces se llama “compartir las masas”). Es decir, que solamente exista una única tierra para todos los componentes. Esto es fundamental para que nuestros circuitos funcionen correctamente.

En el caso de protoboards que dispongan de los buses de alimentación y tierra en ambos lados (ya que existen breadboards con los buses disponibles solo en uno solo) podemos unir el bus de alimentación de un lado y del otro mediante un cable y el bus de tierra de un lado y de otro mediante otro cable. Esto nos servirá para que ambos pares de buses conduzcan corriente al conectar una fuente de alimentación, siendo así más fácil y ordenada la manipulación del circuito a montar.

Finalmente, recordar que es muy importante que a la hora de añadir, quitar o cambiar componentes en una breadboard esta no reciba alimentación eléctrica alguna. Si no se hace así, se corre el riesgo de recibir una descarga y/o dañar algún componente. También es importante comprobar que las partes metálicas de los cables (u otros componentes) no contacten entre sí porque esto provocaría un cortocircuito.

Por otro lado, además de las breadboards (protoboards), existen otros tipos diferentes de placas de prototipado, de los cuales las “perfboards” y las “stripboards” son los más importantes:

Perfboards: cumplen la misma función que las breadboards, pero consiguen que el prototipo del circuito sea más sólido. Constan básicamente de una placa rígida y delgada llena de agujeros pre-perforados ubicados en forma de cuadrícula y distanciados entre sí una distancia estándar. En estos agujeros debemos soldar nosotros los componentes de nuestro circuito y las uniones

entre éstos son realizadas con cables que hemos de soldar también a la placa. Más en concreto, los componentes se colocan encima de la cara superior de la placa (por lo que sus patillas atraviesan sus agujeros, siendo soldadas estas a la cara inferior) y los cables se sueldan por la cara inferior (permaneciendo por tanto relativamente ocultos en el montaje final del circuito). La cara inferior de una “perfboard” la podremos identificar fácilmente observando la presencia de anillos de cobre rodeando a los agujeros.

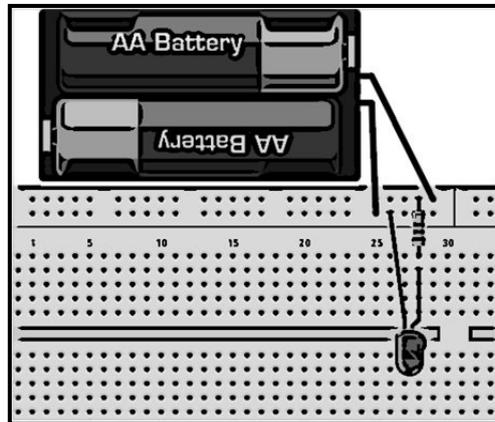
Stripboards: también conocidas con el nombre comercial registrado de “Veroboards”), son muy similares a las perfboards. La mayor diferencia está en que los agujeros de una perfboard están aislados eléctricamente entre sí (y por ello siempre se han de realizar las conexiones “manualmente”) pero los agujeros de una cara de una stripboard están de entrada unidos por líneas de cobre conductor, en forma de filas paralelas independientes. En este sentido, las stripboards son similares a las breadboards, ya que ya vienen con una serie de nodos –conjunto de agujeros conectados entre sí– predefinidos. Las únicas soldaduras que hay que realizar por tanto son las de los propios componentes y las de los cables que conecten diferentes nodos.

Debido a que se requieren conocimientos de soldar (aunque sean mínimos) en los proyectos de este libro no usaremos ni perfboards ni stripboards. No obstante, si se quiere aprender a utilizar una “perfboard”, un buen tutorial para ello es <http://itp.nyu.edu/physcomp/Tutorials/SolderingAPerfBoard> . Si se quiere aprender a utilizar una “stripboard”, podemos consultar un buen tutorial en la dirección <http://www.kpsec.freeuk.com/striabd.htm>.

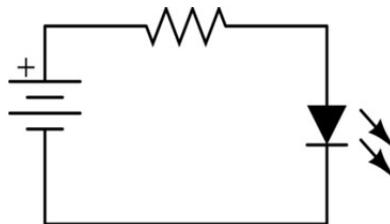
USO DE UNA PLACA DE PROTOTIPADO

En este apartado aparecen recopilados algunos ejemplos que muestran diferentes maneras de conectar dispositivos mediante una “breadboard”.

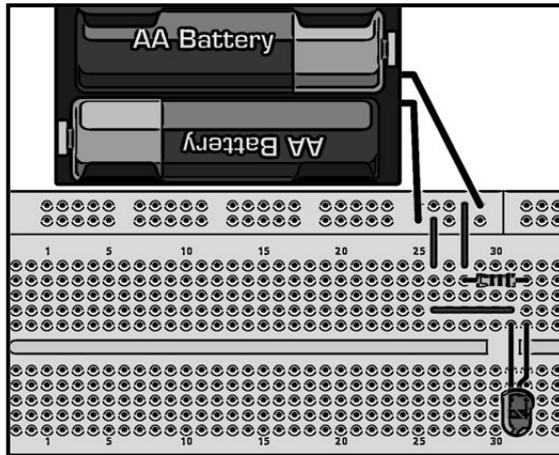
Ejemplo nº 1: en el siguiente diagrama se puede ver cómo se realiza un circuito donde una resistencia y un LED se conectan en serie.



En el dibujo anterior el polo positivo de la fuente de alimentación se conecta al bus más exterior. Esto hará que cualquier elemento conectado a algún agujero de ese bus reciba directamente de allí la alimentación eléctrica. Eso es lo que le pasa precisamente a la resistencia de nuestro circuito: su terminal superior está enchufado en ese bus. El otro terminal está colocado en un nodo de la breadboard, nodo donde precisamente se conecta también el terminal positivo del LED (en el diagrama, es el que aparece con una pequeña hendidura en su raíz) . Esto quiere decir que estos dos componentes están directamente conectados. Finalmente, el terminal negativo del LED está enchufado en el bus más interior de la breadboard, bus en el cual se conecta también el polo negativo de la fuente, por lo que el LED está directamente conectado a él, cerrando el círculo. El circuito anterior tiene un esquema como este:

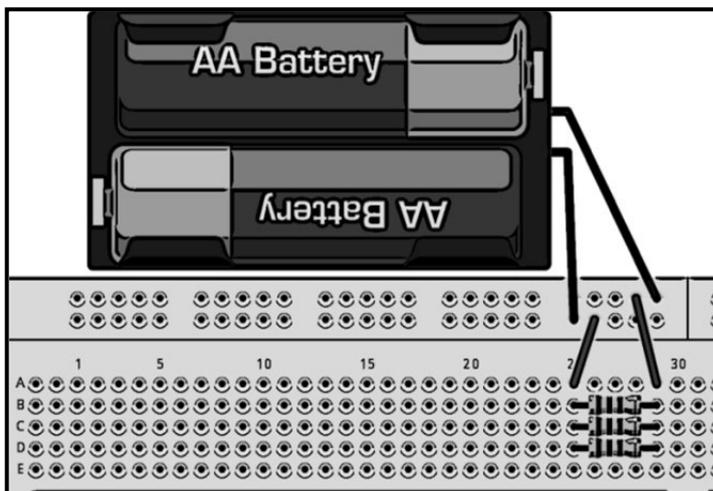


También se podría haber hecho el mismo circuito llevando el cable de alimentación y el de tierra a la zona de nodos:

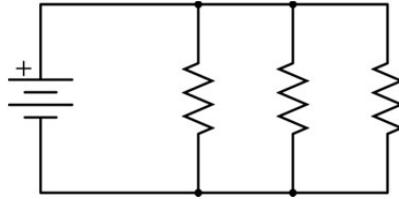


Es importante tener en cuenta que todos los agujeros de un mismo nodo representan un único punto de conexión (un error muy común al principio es conectar ambos terminales de un dispositivo en un mismo nodo, cosa que no tiene sentido). Sabiendo esto, es fácil ver en la ilustración anterior que el terminal izquierdo de la resistencia está conectado a un cable que a su vez está conectado a la alimentación, y que el terminal derecho de la resistencia está conectado al terminal positivo del LED mientras que su terminal negativo está conectado a un cable que a su vez está conectado a otro, el cual va a parar finalmente a tierra.

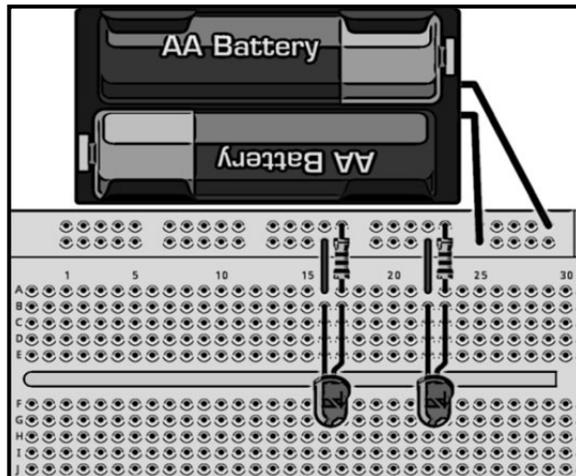
Ejemplo nº 2: La siguiente ilustración muestra la conexión de tres dispositivos en paralelo (concretamente, tres resistencias):



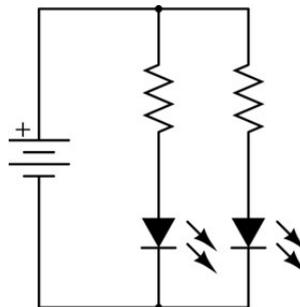
Su esquema equivalente sería:



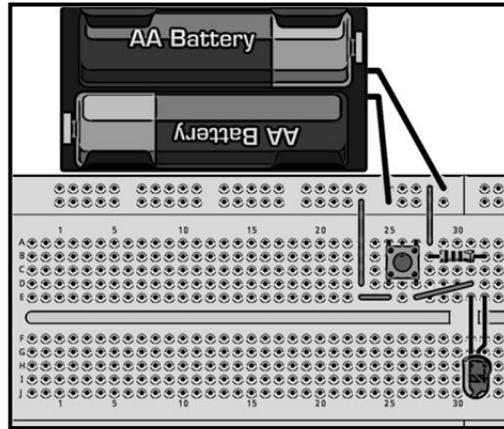
Ejemplo nº 3: El siguiente esquema muestra la conexión en serie de una resistencia y un LED, y la conexión en paralelo de ambos a otra resistencia y LED. Si probamos este circuito en la realidad, veremos que dependiendo del valor de cada resistencia, el LED correspondiente se iluminará más o menos.



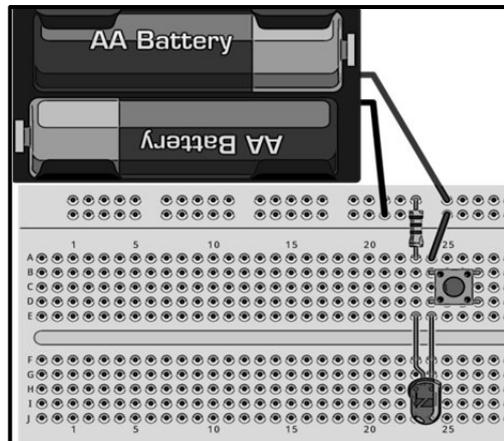
El circuito anterior tiene un esquema como este:



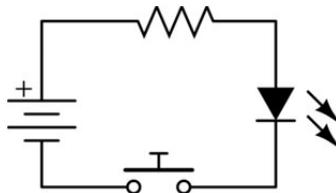
Ejemplo nº 4: El siguiente dibujo muestra la conexión de tres dispositivos en serie: un LED, una resistencia y un pulsador:



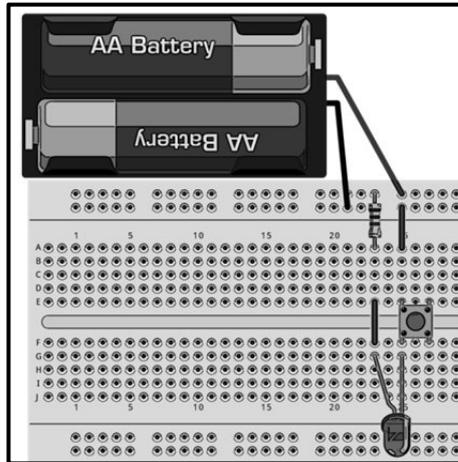
También se podría haber realizado el mismo circuito sin tanto cable:



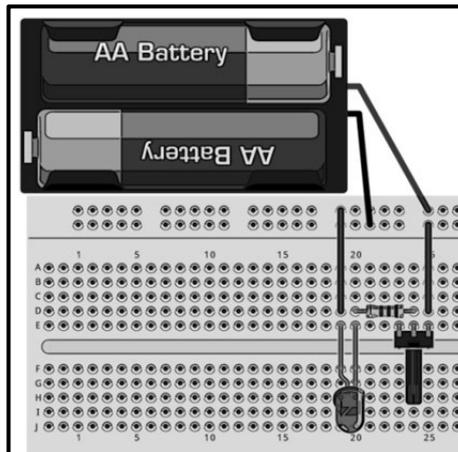
En cualquier caso, el esquema equivalente del circuito anterior sería:



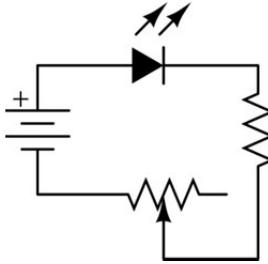
Atención: fijarse en las figuras anteriores cómo están ubicadas las patillas del pulsador. Si en el último circuito hubiéramos colocado el pulsador de la manera que se muestra en la siguiente figura, el LED estaría encendido siempre porque, independientemente del estado del pulsador, las dos patillas enfrentadas siempre están unidas internamente (ya que en realidad, representan un único punto de conexión, tal como ya hemos estudiado).



Ejemplo nº 5: El siguiente esquema muestra la conexión de tres dispositivos en serie: un LED, una resistencia y un potenciómetro:



Su esquema correspondiente es este (donde podemos ver claramente que se conecta la patilla central del potenciómetro y uno de sus extremos, pero no el otro):



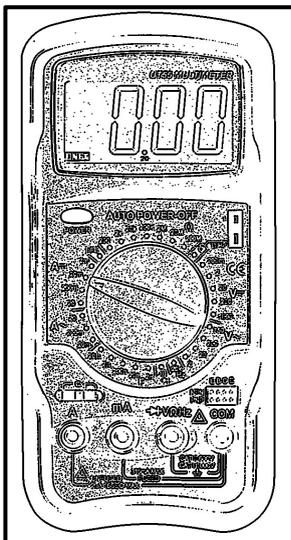
Tenemos que imaginar que la flecha central del símbolo del potenciómetro se moverá desde un extremo hasta el otro de ese símbolo según giremos la rosca del potenciómetro. Tal como está dibujado el esquema anterior, si la flecha se “sitúa” en el extremo derecho del símbolo, el potenciómetro funcionará con su valor de resistencia máximo; si la flecha se “sitúa” en el extremo izquierdo, el potenciómetro no ofrecerá resistencia alguna.

Este último hecho es la causa de haber añadido una resistencia entre el LED y el potenciómetro: si en algún momento ajustáramos el potenciómetro a cero, ¡no habría ninguna resistencia en el circuito!, y esto dañaría irreversiblemente el LED porque recibiría demasiada intensidad de corriente. Por tanto, la resistencia adicional mantiene un valor mínimo que no es rebajado nunca.

Finalmente, y por otro lado, si se desea alimentar un circuito montado sobre una breadboard mediante un adaptador AC/DC en vez de con pilas/baterías (tal como se ha mostrado en los ejemplos anteriores), podemos hacer uso de unas pequeñas plaquitas especialmente pensadas para ser conectadas por un lado a la clavija de 5,5/2,1 mm de dicho adaptador (gracias al zócalo pertinente que incorporan) y por otro a la breadboard. Además, estas plaquitas contienen un regulador de voltaje propio que permite adaptar la tensión recibida del adaptador a tensiones rebajadas y estables (generalmente de 5 V o 3,3 V), más adecuadas para el tipo de circuitos que generalmente se montan en una breadboard. Ejemplos de estas plaquitas (de entre muchas otras disponibles en los distintos distribuidores mencionados en el apéndice A) son el producto nº 184 de Adafruit, el nº 114 (o también el nº 10804) de Sparkfun, el llamado “5 V/3,3 V Breadboard DC-DC Power Supply” (y también el “5V Breadboard USB Power Supply”, el cual incluye además un zócalo USB mini-B para recibir alimentación también por allí) de Akafugu o el “Breadboard Power Supply Module” de IteadStudio (también con zócalo USB mini-B). En todo caso, se recomienda consultar la documentación oficial de cada producto para conocer de forma exhaustiva sus funcionalidades y limitaciones.

USO DE UN MULTÍMETRO DIGITAL

El multímetro digital es un instrumento que sirve para medir alguna de las tres magnitudes relacionadas por la Ley de Ohm: o bien el voltaje existente entre dos puntos de un circuito, o bien la intensidad de corriente que fluye a través de él, o bien la resistencia que ofrece cierto componente. Dependiendo del modelo, también hay multímetros que pueden medir otras magnitudes como la capacidad de los condensadores, y más. Es decir, es una herramienta que nos permite comprobar el correcto funcionamiento de los componentes y circuitos electrónicos, por lo que es fundamental tenerla a mano cuando realicemos nuestros proyectos.



Existen muchos modelos diferentes de multímetros digitales, por lo que es importante leer el manual de instrucciones del fabricante para asegurar el buen funcionamiento del instrumento. Un ejemplo puede ser el producto nº 9141 de Sparkfun. De todas formas, aunque dependiendo del modelo puedan cambiar la posición de sus elementos y la cantidad de funciones, en general podemos identificar las partes y funciones estándar de un multímetro genérico como las siguientes:

Botón de “power” (apagado-encendido): la mayoría de multímetros son alimentados mediante pilas.

Display: pantalla de cristal líquido en donde se mostrarán los resultados de las mediciones.

Llave selectora: sirve para elegir el tipo de magnitud a medir y el rango de medición. Los símbolos que la rodean indican el tipo de magnitud a medir, y los más comunes son el voltaje directo (V-) y alterno (V~), la corriente directa (A-) y alterna (A~), la resistencia (Ω), la capacidad (F) o la frecuencia (Hz). Los números que rodean la llave indican el rango de medición. Para entender esto último, supongamos que los números posibles para el voltaje continuo son por ejemplo “200 mV”, “2 V”, “20 V” y “200 V”; esto querrá decir que en la posición “200 mV” se podrán medir voltajes desde 0 hasta este valor como máximo; en la posición “2 V” se podrán medir voltajes superiores a 200mV pero inferiores a 2 V; en la posición “20 V” se podrán medir voltajes superiores a 2 V pero inferiores 20 V, y así, mostrándose en el display los valores numéricos medidos de acuerdo a la escala elegida.

Cables rojo y negro con punta: el cable negro siempre se conectará al zócalo negro del multímetro (solo existe uno, y generalmente está señalado con la palabra "COM" –de "referencia COMún" –), mientras que el cable rojo se conectará al zócalo rojo adecuado según la magnitud que se quiera medir (ya que hay varios): si se quiere medir voltaje, resistencia o frecuencia (tanto en continua como en alterna), se deberá conectar el cable rojo al zócalo rojo marcado normalmente con el símbolo "+VΩHz" ; si se quiere medir intensidad de corriente (tanto en continua como en alterna), se deberá conectar el cable rojo al zócalo rojo marcado con el símbolo "mA" o bien "A", dependiendo del rango a medir.

Una vez conocidas las partes funcionales de esta herramienta, la podemos utilizar para realizar diferentes medidas:

Para medir el voltaje (continuo) existente entre dos puntos de un circuito alimentado, deberemos conectar los cables convenientemente al multímetro para colocar seguidamente la punta del cable negro en un punto del circuito y la del cable rojo en el otro (de tal forma que en realidad estemos realizando una conexión en paralelo con dicho circuito). Seguidamente, moveremos la llave selectora al símbolo V- y elegiremos el rango de medición adecuado. Si este lo desconocemos, lo que podemos hacer es empezar por el rango más elevado e ir bajando paso a paso para obtener finalmente la precisión deseada. Si bajamos más de la cuenta (es decir, si el valor a medir es mayor que el rango elegido), lo sabremos porque a la izquierda del display se mostrará el valor especial "1".

También podemos utilizar la posibilidad ofrecida por el multímetro de medir voltaje continuo para conocer la diferencia de potencial generada por una determinada fuente de alimentación (y así saber en el caso de una pila, por ejemplo, si está gastada o no). En este caso, deberíamos colocar la punta del cable rojo en el borne positivo de la pila y el negro en el negativo y proceder de la misma manera, seleccionando la magnitud y rango a medir.

Para medir la resistencia de un componente, debemos mantener desconectado dicho componente para que no reciba corriente de ningún circuito. El procedimiento para medir una resistencia es bastante similar al de medir tensiones: basta con conectar cada terminal del componente a los cables del multímetro (si el componente tiene polaridad, como es el caso de los diodos y de algunos condensadores, el cable rojo se ha de conectar al terminal positivo del componente y el negro al negativo; si el componente no

tiene polaridad, esto es indiferente) y colocar el selector en la posición de ohmios y en la escala apropiada al tamaño de la resistencia que se desea medir. Si no sabemos aproximadamente el rango de la resistencia a medir, empezaremos colocando la ruleta en la escala más grande, e iremos reduciendo la escala hasta que encontremos la que más precisión nos dé sin salirnos de rango. Igualmente, si la escala elegida resulta ser menor que el valor a medir, el display indicará "1" a su izquierda; en ese caso, por tanto, habrá que ir subiendo de rango hasta encontrar el correcto.

Para medir la intensidad que fluye por un circuito, hay que conectar el multímetro en serie con el circuito en cuestión. Por eso, para medir intensidades tendremos que abrir el circuito para intercalar el multímetro en medio, con el propósito de que la intensidad circule por su interior. Concretamente, el proceso a seguir es: insertar el cable rojo en el zócalo adecuado (mA o A según la cantidad de corriente a medir) y el cable negro en el zócalo negro, empalmar cada cable del multímetro en cada uno de los dos extremos del circuito abierto que tengamos (cerrándolo así, por lo tanto) y ajustar el selector a la magnitud y rango adecuados.

Idealmente, el multímetro funcionando como medidor de corriente tiene una resistencia nula al paso de la corriente a través de él (precisamente para evitar alteraciones en la medida del valor de la intensidad real), por lo que está relativamente desprotegido de intensidades muy elevadas y pueda dañarse con facilidad. Hay que tener siempre en cuenta por tanto el máximo de corriente que puede soportar, el cual lo ha de indicar el fabricante (además del tiempo máximo que puede estar funcionando en este modo).

Para medir la capacidad de un condensador, también podemos utilizar la mayoría de multímetros digitales del mercado. Tan solo tendremos que conectar las patillas del condensador a unos zócalos especiales para ello, marcados con la marca "CX". Los condensadores deben estar descargados antes de conectarlos a dichos zócalos. Para los condensadores que tengan polaridad habrá que identificar el zócalo correspondiente a cada polo en el manual del fabricante.

Para medir continuidad (es decir para comprobar si dos puntos de un circuito están eléctricamente conectados), simplemente se debe ajustar el selector en la posición marcada con el signo de una "onda de audio" y conectar los dos cables a cada punto a medir (no importa la polaridad). Atención: este modo solo se puede utilizar cuando el circuito a medir no está recibiendo

alimentación eléctrica. Si hay continuidad, el multímetro emitirá un sonido (gracias a un zumbador que lleva incorporado); si no, no se escuchará nada. También se puede observar lo que muestra el display según el caso, pero el mensaje concreto depende del modelo, así que se recomienda consultar las instrucciones de cada aparato en particular.

Una aplicación práctica del multímetro funcionando como medidor de continuidad es la comprobación de qué agujeros de una breadboard pertenecientes al mismo nodo mantienen su conectividad, ya que después de un uso continuado es relativamente fácil que esta se estropee.