

ARDUINO

Curso práctico de formación

Óscar Torrente Artero



Los esquemas eléctricos han sido realizados con CircuitLab: <http://www.circuitlab.com>

Los gráficos de circuitos han sido realizados con Fritzing: <http://www.fritzing.org>

Los retoques han sido realizados con Inkscape y Gimp: <http://inkscape.org>, <http://gimp.org>

Las imágenes han sido obtenidas por medios propios o bien descargadas de la Wikipedia ó Ladyada.net (con licencia CC-Share-Alike): <http://es.wikipedia.org>, <http://www.ladyada.net>

ARDUINO. Curso práctico de formación
Óscar Torrente Artero

ISBN: 978-84-940725-0-5

EAN: 9788494072505

BIC: TJ; UY

Copyright © 2013 RC Libros

© RC Libros es un sello y marca comercial registrados

Arduino. Curso práctico de formación

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de este libro incluida la cubierta puede ser reproducida, su contenido está protegido por la Ley vigente que establece penas de prisión y/o multas a quienes intencionadamente reprodujeren o plagiaran, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución en cualquier tipo de soporte existente o de próxima invención, sin autorización previa y por escrito de los titulares de los derechos del copyright. La infracción de los derechos citados puede constituir delito contra la propiedad intelectual. (Art. 270 y siguientes del Código Penal). Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra a través de la web www.conlicencia.com; o por teléfono a: 91 702 19 70 / 93 272 04 47)

RC Libros, el Autor, y cualquier persona o empresa participante en la redacción, edición o producción de este libro, en ningún caso serán responsables de los resultados del uso de su contenido, ni de cualquier violación de patentes o derechos de terceras partes. El objetivo de la obra es proporcionar al lector conocimientos precisos y acreditados sobre el tema tratado pero su venta no supone ninguna forma de asistencia legal, administrativa ni de ningún otro tipo, si se precisase ayuda adicional o experta deberán buscarse los servicios de profesionales competentes. Productos y marcas citados en su contenido estén o no registrados, pertenecen a sus respectivos propietarios.

RC Libros

Calle Mar Mediterráneo, 2. Nave 6
28830 SAN FERNANDO DE HENARES, Madrid

Teléfono: +34 91 677 57 22

Fax: +34 91 677 57 22

Correo electrónico: info@rclibros.es

Internet: www.rclibros.es

Diseño de colección, cubierta y pre-impresión: Grupo RC

Impresión y encuadernación:

Depósito Legal:

Impreso en España

17 16 15 14 13 (1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12)



A mi madre

INTRODUCCIÓN

A quién va dirigido este libro

Construir coches y helicópteros teledirigidos, fabricar diferentes tipos de robots inteligentes, crear sintetizadores de sonidos, montar una completa estación meteorológica (con sensores de temperatura, humedad, presión...), ensamblar una impresora 3D, monitorizar la eficacia de nuestro refrigerador de cervezas desde el jardín, controlar a través de Internet la puesta en marcha de la calefacción y de las luces de nuestra casa cuando estemos lejos de ella, enviar periódicamente los datos de consumo doméstico de agua a nuestra cuenta de Twitter, diseñar ropa que se ilumine ante la presencia de gas, establecer un sistema de secuencia de golpes a modo de contraseña para abrir puertas automáticamente, apagar todos los televisores cercanos de una sola vez, implementar un sistema de riego automático y autorregulado según el estado de humedad detectada en la tierra, elaborar un theremin de rayos de luz, fabricar un reloj-despertador musical, utilizar una cámara de vídeo como radar para recibir alarmas de intrusos en nuestro teléfono móvil, jugar al tres en raya mediante órdenes habladas, etc. Todo lo anterior y muchísimo más se puede conseguir con Arduino.

Este libro está dirigido, pues, a todo aquel que quiera investigar cómo conectar el mundo físico exterior con el mundo de la electrónica y la informática, para lograr así una interacción autónoma y casi “inteligente” entre ambos mundos. Ingenieros, artistas, profesores o simples aficionados podrán conocer las posibilidades que les ofrece el ecosistema Arduino para llevar a cabo casi cualquier proyecto que la imaginación proponga.

Este curso está pensado para usuarios con nulos conocimientos de programación y de electrónica. Se presupone que el lector tiene un nivel básico de informática doméstica (por ejemplo, sabe cómo descomprimir un archivo “zip” o cómo crear un acceso directo) pero no más. Por lo tanto, este texto es ideal para todo aquel que no haya programado nunca ni haya realizado ningún circuito eléctrico. En cierto sentido, gracias a la “excusa” de Arduino, lo que tiene el lector en sus manos es un manual de iniciación tanto a la electrónica como a la programación básica.

El texto se ha escrito facilitando al lector autodidacta una asimilación gradual de los conceptos y procedimientos necesarios para ir avanzando poco a poco y con seguridad a lo largo de los diferentes capítulos, desde el primero hasta el último. Esta estructura hace que el texto también pueda ser utilizado perfectamente como libro de referencia para profesores que impartan cursos de Arduino dentro de diversos ámbitos (educación secundaria, formación profesional, talleres no reglados, etc.). Aderezado con multitud de ejemplos de circuitos y códigos, su lectura permite la comprensión del universo Arduino de una forma práctica y progresiva.

No obstante, aunque muy completo, este curso no es una referencia o compendio exhaustivo de todas las funcionalidades que ofrece el sistema Arduino. Sería imposible abarcarlas todas en un solo volumen. El lector experimentado notará que en las páginas siguientes faltan por mencionar y explicar aspectos avanzados tan interesantes (algunos de los cuales pueden dar lugar a un libro entero por sí mismos) como el papel de Arduino en la construcción de robots o de impresoras 3D, o las posibilidades de comunicación entre Arduino y dispositivos con sistema Android, por ejemplo.

Cómo leer este libro

Este curso se ha escrito teniendo en cuenta varios aspectos. Se ha procurado en la medida de lo posible escribir un manual que sea **autocontenido y progresivo**. Es decir, que no sea necesario recurrir a fuentes de información externas para comprender todo lo que se explica, sino que el propio texto sea autoexplicativo en sí mismo. Y además, que toda la información expuesta sea mostrada de forma ordenada y graduada, sin introducir conceptos o procedimientos no explicados con anterioridad. Por tanto, se recomienda una lectura secuencial, desde el primer capítulo hasta el último, sin saltos.

La metodología utilizada en este texto se basa fundamentalmente en la exposición y explicación pormenorizada de multitud de ejemplos de código **cortos y**

concisos: se ha intentado evitar códigos largos y complejos, que aunque interesantes y vistosos, pueden distraer y desorientar al lector al ser demasiado inabarcables. La idea no es presentar proyectos complejos ya acabados, sino exponer de la forma más simple posible los conceptos básicos. En este sentido, se aportan multitud de enlaces para ampliar los conocimientos que no tienen espacio en el libro: muchos son los temas que se proponen (electricidad, electrónica, algoritmia, mecánica, acústica, electromagnetismo, etc.) para que el lector que tenga iniciativa pueda investigar por su cuenta.

La estructura de los capítulos es la siguiente: el primer capítulo introduce los conceptos básicos de electricidad en circuitos electrónicos, y describe –mediante ejemplos concretos– el comportamiento y la utilidad de los componentes presentes en la mayoría de estos circuitos (como pueden ser las resistencias, condensadores, transistores, placas de prototipado, etc.). El segundo capítulo expone las diferentes placas que forman el ecosistema Arduino, los componentes que las forman y los conceptos más importantes ligados a esta plataforma. El tercer capítulo muestra el entorno de programación oficial de Arduino y describe su instalación y configuración. El cuarto capítulo repasa la funcionalidad básica del lenguaje de programación Arduino, proponiendo múltiples ejemplos donde se pueden observar las distintas estructuras de flujo, funciones, tipos de datos, etc., empleados por este lenguaje. El quinto capítulo muestra la diversidad de librerías oficiales que incorpora el lenguaje Arduino, y aprovecha para profundizar en el manejo del hardware que hace uso de ellas (tarjetas SD, pantallas LCD, motores, etc.). El sexto capítulo se centra en el manejo de las entradas y salidas de la placa Arduino, tanto analógicas como digitales, y su manipulación a través de pulsadores o potenciómetros, entre otros. El séptimo capítulo explica varios tipos de sensores mediante ejemplos de cableado y código; entre los sensores tratados encontramos sensores de luz, infrarrojos, de distancia, de movimiento, de temperatura, de humedad, de presión atmosférica, de fuerza y flexión, de sonido... El octavo y último capítulo analiza la capacidad que tienen las placas Arduino para comunicarse con otros dispositivos (como computadores, teléfonos móviles u otras placas Arduino) mediante redes TCP/IP cableadas o inalámbricas (Wi-Fi), y mediante Bluetooth, además de proponer multitud de ejemplos prácticos de interacción y transmisión de datos a través de la red.

ELECTRÓNICA BÁSICA

1

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 ($1 \mu\text{A} = 0,001 \text{ mA}$), o incluso de nanoamperios ($1 \text{ nA} = 0,001 \mu\text{A}$).

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.

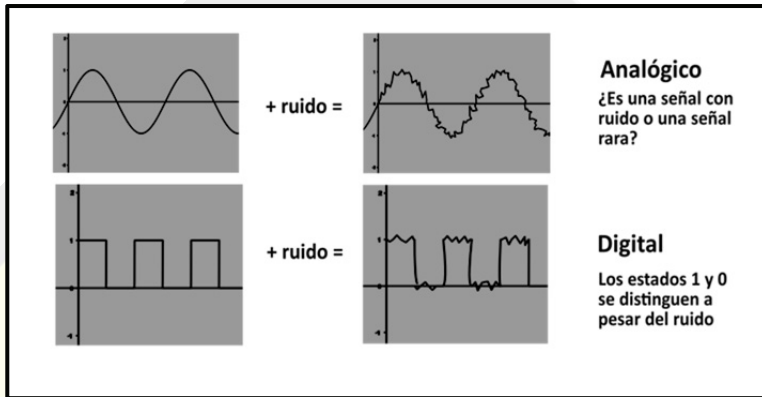
Señal analógica es aquella que tiene infinitos valores posibles dentro de un rango determinado (lo que se suele llamar “tener valores continuos”). La mayoría de

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.

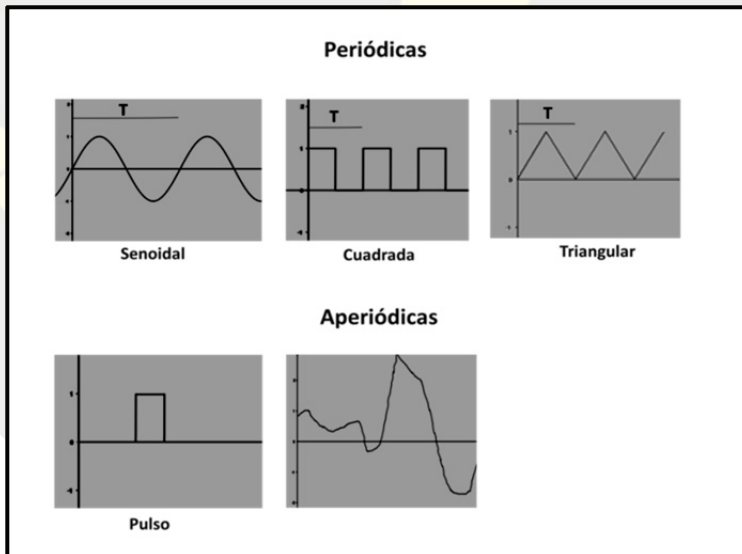
Sobre los métodos utilizados para realizar estas conversiones de señal analógica a digital, y viceversa, ya hablaremos extensamente más adelante, pero lo que debemos saber ya es que, sea cual sea el método utilizado, siempre existirá una pérdida de información (de “calidad”) durante el proceso de conversión 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.

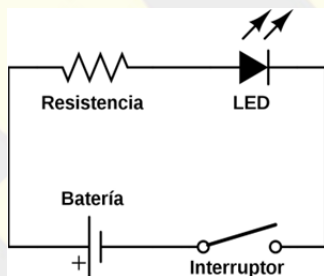
Valor instantáneo: es el valor concreto que toma la señal (voltaje, intensidad, etc.) en cada instante

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

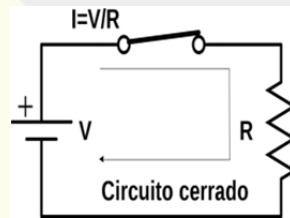
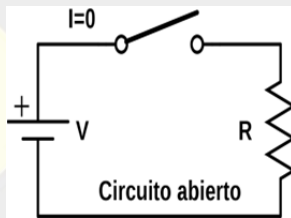
Para describir de una forma sencilla y clara la estructura y la composición de un circuito eléctrico se utilizan esquemas gráficos. En ellos se representa cada dispositivo del circuito mediante un símbolo estandarizado y se dibujan todas las interconexiones existentes entre ellos. Por ejemplo, un circuito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



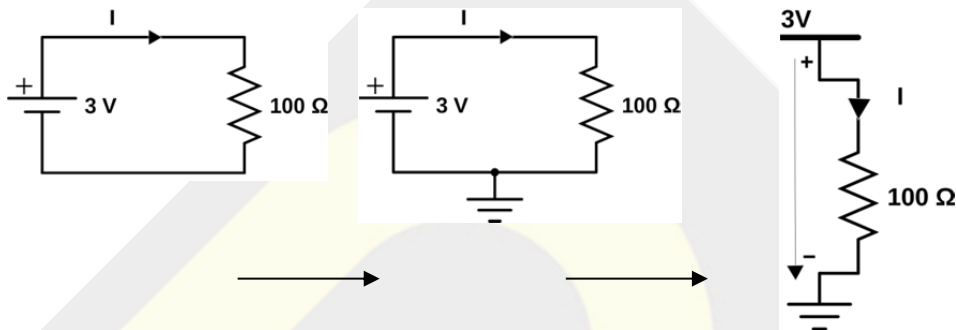
En el esquema anterior podemos apreciar cuatro dispositivos (presentes prácticamente en cualquier circuito) representados por su símbolo convencional: una

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.

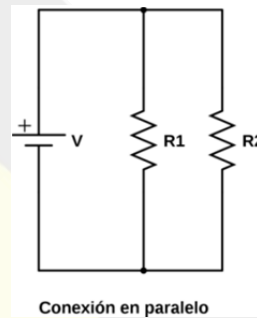
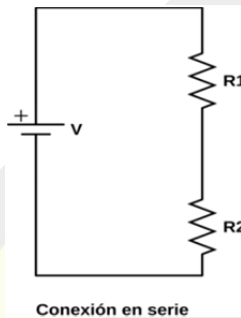
Conexiones en serie y en paralelo

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.

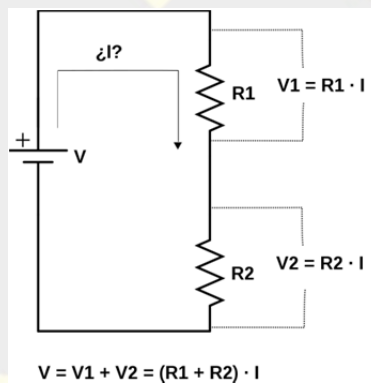
Si la conexión es en serie, la tensión total disponible se repartirá (normalmente, de forma desigual) entre los diferentes componentes, de manera que cada uno trabaje sometido a una parte de la tensión total. Es decir: la tensión total será la suma de las tensiones en cada componente. Por otro lado, 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.



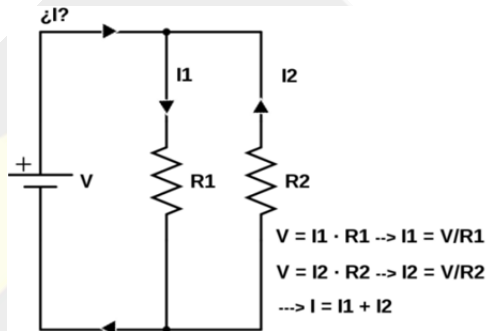
Gracias a la Ley de Ohm podemos obtener el valor de alguna magnitud eléctrica (V , I o R) si conocemos previamente el valor de alguna otra involucrada en el mismo circuito. Para ello, debemos tener en cuenta las particularidades de las conexiones en serie o en paralelo.

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



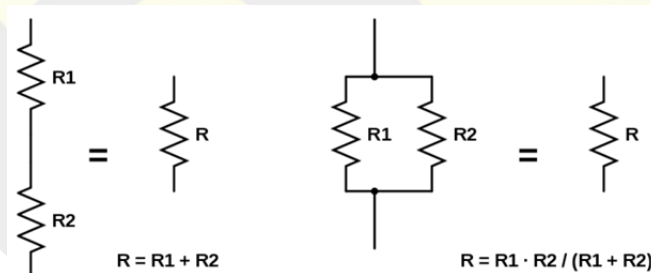
En el esquema anterior V_1 representa el voltaje aplicado a R_1 y V_2 el voltaje aplicado a R_2 . Si tenemos por ejemplo una fuente de alimentación eléctrica (una pila) que aporta un voltaje de 10 V y dos resistencias cuyos valores son $R_1 = 1\ \Omega$ y $R_2 = 4\ \Omega$ respectivamente, para calcular 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.

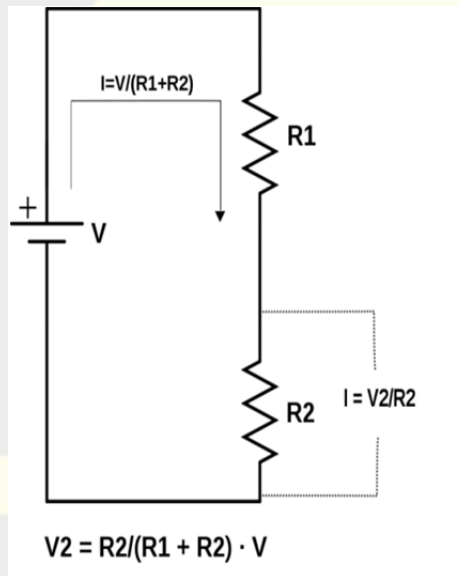


Un dato interesante de tener en cuenta (que se deduce de la propia fórmula) es que cuando se conectan resistencias en paralelo, el valor de R resultante siempre es menor que el menor valor de las resistencias implicadas.

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.



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 $R_1 = 1\ \Omega$ (la cual hará de divisor de tensión) y $R_2 = 4\ \Omega$, 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 V_2 (es decir, el voltaje aplicado a R_2 , el cual ha sido rebajado respecto al aportado por la pila gracias a R_1), nos podemos dar cuenta de que $I = V_2 / R_2$ y que $I = V / (R_1 + R_2)$, por lo que de aquí es fácil obtener que $V_2 = (R_2 \cdot V) / (R_1 + R_2)$. 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.

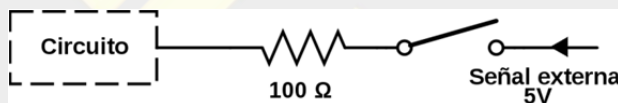
Las resistencias “pull-up” y “pull-down”

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.

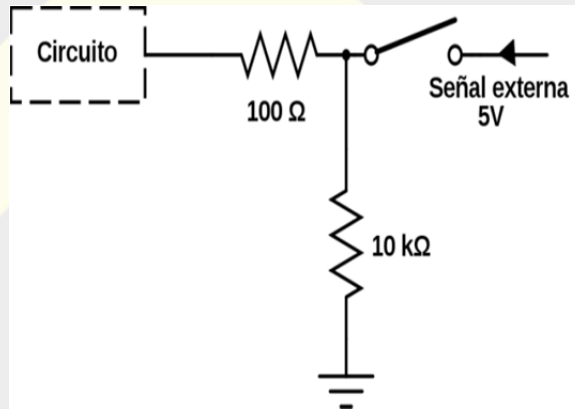
En las resistencias “pull-up” el valor que se asume por defecto cuando no hay ningún dispositivo externo emisor de señal conectado a la entrada es ALTO y en las “pull-down” es el valor BAJO, pero ambas persiguen el mismo objetivo, así que la elección de una resistencia de tipo “pull-up” o “pull-down” 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

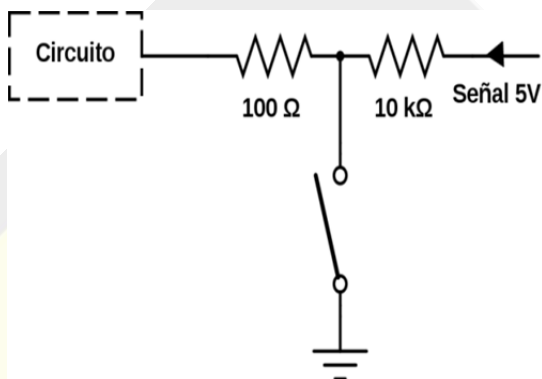
interrupor se deja de pulsar, el circuito se abrirá y la entrada del circuito no estará conectada a nada. Esto implica que habrá una señal de entrada fluctuante (también llamada “flotante” o “inestable”) que no nos interesa. La solución en este caso sería colocar una resistencia “pull-down” así:



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 deje 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 consuma el circuito.

FUENTES DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Tipos de pilas/baterías

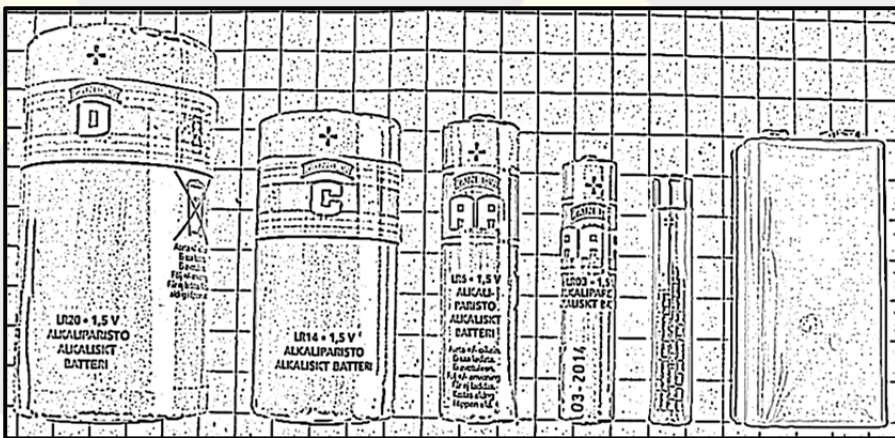
Llamamos fuente de alimentación eléctrica al elemento responsable de generar la diferencia de potencial necesaria para que fluya la corriente eléctrica por un circuito y así puedan funcionar los dispositivos conectados a este. Las fuentes que utilizaremos más a menudo en nuestros proyectos serán de dos 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,

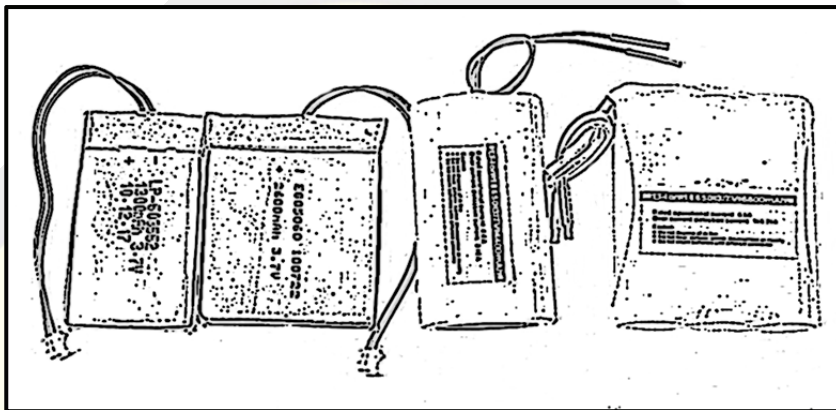
encontraremos que las pilas (“acumuladores no recargables”) más extendidas actualmente en el mercado son las de tipo alcalino, y las baterías (“acumuladores recargables”) más habituales son por un lado las de níquel-cadmio (Ni-Cd) y sobre todo níquel-hidruro metálico (NiMH), y por otro las de ion-litio (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 cuadrículado.



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.