

El mundo

**GENUINO-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>

El mundo GENUINO-ARDUINO. Curso práctico de formación  
Óscar Torrente Artero

ISBN: 978-84-943450-2-9

EAN: 9788494345029

BIC: TJ

Copyright © 2016 RC Libros

© RC Libros es un sello y marca comercial registrados

### **El mundo Genuino-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](http://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. N-6  
28830 SAN FERNANDO DE HENARES, Madrid

Teléfono: +34 91 677 57 22

Fax: +34 91 677 57 22

Correo electrónico: [info@rclibros.es](mailto:info@rclibros.es)

Internet: [www.rclibros.es](http://www.rclibros.es)

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

Impresión y encuadernación: Prodigitalk

Depósito Legal: M-40290-2015

Impreso en España

19 18 17 16 (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 Genuino/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 Genuino/Arduino para llevar a cabo casi cualquier proyecto que la imaginación proponga.

## EL MUNDO GENUINO-ARDUINO

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 Genuino/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 Genuino/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 Genuino/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 Genuino/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 Genuino/Arduino en la construcción de robots o de impresoras 3D, o las posibilidades de comunicación entre Genuino/Arduino y dispositivos con sistema Android o páginas web, 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.

## INTRODUCCIÓN

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 Genuino/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 Genuino/Arduino y describe su instalación y configuración. El cuarto capítulo repasa la funcionalidad básica del lenguaje de programación Genuino/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 Genuino/Arduino, y aprovecha para profundizar en el manejo del hardware que hace uso de ellas (tarjetas SD, pantallas LCD, motores, etc.). El sexto y último capítulo se centra, finalmente, en el manejo de las entradas y salidas de una placa Genuino/Arduino, tanto analógicas como digitales, y su manipulación a través de pulsadores o potenciómetros, entre otros. Al final de este libro, por tanto, el lector tendrá todos los conocimientos necesarios para afrontar con garantías cualquier proyecto donde esté presente una placa Genuino/Arduino.

### **Nota aclaratoria sobre la distinción entre Genuino y Arduino**

El lector ya se habrá percatado de que en los párrafos anteriores se insiste en llamar "Genuino/Arduino" al universo hasta ahora conocido simplemente como "Arduino". ¿Por qué? Por un problema legal de registro de marca. No deseamos aburrir al lector con temas tan poco atractivos como este, pero es necesario situar las cosas en el contexto adecuado para que uno pueda ubicarse convenientemente; por eso, a continuación, explicaremos brevemente la razón de la existencia del nombre "Genuino" y de su relación con el –más conocido– "Arduino".

## EL MUNDO GENUINO-ARDUINO

Explicada muy brevemente, la historia es así: cuando apareció el proyecto Arduino, sus fundadores (el llamado "Arduino Team", formado inicialmente por cinco personas de las cuales hablaremos más extensamente en el capítulo 2) inicialmente se dedicaron a aspectos diferentes dentro de ese proyecto: uno se especializó más en el desarrollo del software Arduino, otro en la escritura de documentación, otro en el mantenimiento y soporte a la comunidad, otro en propuestas de nuevos diseños de placas... y uno se dedicó a fabricarlas físicamente en una planta de su propiedad bajo el amparo de la empresa italiana Smart Projects SRL. Así fue durante bastantes años, pero llegó el momento en el que el Arduino Team (excepto el fundador-fabricante) quiso externalizar la producción de las placas llegando a acuerdos con otras plantas de fabricación de terceros, las cuales estarían entonces autorizadas a poner el mismo nombre oficial "Arduino" que hasta ahora solamente podían llevar las placas fabricadas en la planta original de Smart Projects SRL. Esto dio lugar a diferentes desencuentros entre el fundador-fabricante y el resto del Arduino Team, los cuales desembocaron en una escisión en 2015.

El problema de dicha escisión es que, actualmente, ambas partes se autoproclaman el "verdadero Arduino", lo cual añade gran confusión al mercado porque actualmente hay dos páginas web y dos líneas de productos divergentes que se autodenominan "Arduino". No obstante, y ciñéndonos a la legalidad, por una cuestión de registro de nombres mercantil, el nombre "Arduino" a nivel internacional (¡excepto en los Estados Unidos!) está en posesión de Smart Projects SRL (actualmente rebautizada como Arduino SRL). Por tanto, ante este hecho el Arduino Team debía elegir un nuevo nombre para poder distribuir (ahora ya como una empresa legalmente llamada "Arduino LLC") sus placas por todo el mundo (excepto en Estados Unidos, donde sí puede seguir usando el nombre "Arduino"). Y ese nombre es "Genuino". Así pues, "Arduino" (entendiendo como el proyecto original del Arduino Team) y "Genuino" es lo mismo, solo que un nombre es utilizado en Estados Unidos y el otro en el resto del mundo; en el primer caso, las placas están fabricadas por la empresa Adafruit Industries y en el segundo caso dependerá de la zona del mundo donde estemos (en Asia el fabricante mayoritario es una empresa china llamada Seeed Studio, en Europa otra alemana llamada Watterott, etc.) pero esto no será relevante para nosotros.

Ya que esta lamentable situación obliga al usuario a elegir, en este libro se ha apostado por el "bando" que mantiene la misma filosofía libre del proyecto original y que está siendo apoyado por la inmensa mayoría de usuarios que ha hecho grande el universo Arduino: el proyecto Genuino. Así pues, este libro se centrará en las posibilidades que ofrecen las placas disponibles en <http://www.arduino.cc> (hogar original del Arduino Team y la comunidad Arduino, desde donde se pueden adquirir o

## INTRODUCCIÓN

bien placas Arduino –si estamos en USA–, o bien las mismas placas pero rebautizadas como Genuino –si estamos fuera de USA–), y se ignorará todo aquello proveniente de <http://www.arduino.org> (hogar de los productos fabricados por Arduino SRL).

A lo largo de este libro se utilizará genéricamente la nomenclatura "Arduino" para referirnos a las placas "Genuino", aunque los productos que pueda adquirir el lector sean seguramente de este último tipo. La razón de ello es, por un lado, reivindicar con el nombre de "Arduino" la historia y los valores del proyecto original y, por otro, enfatizar un aspecto no menos importante: la mayoría de documentación actualmente existente en Internet (en forma de artículos, blogs, etc.) es anterior a la escisión y, por tanto, aún sigue utilizando el nombre "Arduino" para referirse a lo que hoy en día es Genuino.

# 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

## EL MUNDO GENUINO-ARDUINO

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 utiliza 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, si 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 3,3V o de 5V, 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: 9V, 12V o incluso 24V. En todo caso, es importante tener en cuenta que valores más allá de 40V 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 el mismo sentido. Aunque comúnmente se identifica la corriente continua con la corriente constante, estrictamente solo es continua toda corriente que, tal como acabamos de decir, mantenga siempre el mismo sentido, sin importar su magnitud. Este tipo de corriente se produce en aquellos circuitos cuyos polos positivo y negativo (o dicho de otra manera, cuyos extremos de mayor y menor potencial) están conectados a un generador que los mantiene siempre en la misma polaridad.

Llamamos corriente alterna a aquella en la que los electrones cambian el sentido de su circulación de forma periódica. Este tipo de corriente se produce en aquellos circuitos cuyos extremos cambian de polaridad alternativamente a lo largo del tiempo (es decir, cuyo polo positivo se transforma en polo negativo –y viceversa– a un ritmo constante una cantidad indefinida de veces) debido a que dichos extremos están conectados a un generador (también llamado, en este caso, "alternador") responsable de estos cambios. La permuta periódica de polaridad en los polos del circuito provoca que el voltaje existente entre ellos vaya variando también de forma cíclica, adquiriendo repetidamente valores tanto positivos como negativos.

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 que la corriente continua (ya que sufre menos pérdidas de energía). Además, mediante un dispositivo llamado transformador, es posible convertir de una forma mucho más eficaz el voltaje de una corriente alterna (aumentándolo o disminuyéndolo según convenga) que si usáramos una corriente continua.

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 ( $\Omega$ ), y se define como la cantidad de resistencia ofrecida por un elemento electrónico cuando, al estar sometido a un voltaje de 1V, fluye a través de él una corriente de 1A. 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.

## EL MUNDO GENUINO-ARDUINO

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 eléctrica consumida por este en un segundo; dicho consumo provocará siempre la transformación de esta energía en diferentes efectos (como calor, y/o luz, y/o sonido, y/o movimiento, etc.) dependiendo del tipo de componente que esté consumiéndola. Si estamos hablando, en cambio, de una fuente de alimentación, con la palabra potencia nos referiremos entonces a la energía eléctrica aportada por esta al circuito en un segundo.

El párrafo anterior se podría haber escrito de esta otra manera: cuando una fuente de alimentación aporta una determinada potencia (es decir, una determinada cantidad de energía por segundo), 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.

El valor máximo posible de potencia (ya sea consumida o generada) soportado por un determinado componente o generador, respectivamente, depende del propio elemento (es decir, es intrínseco a él). Igualmente, los materiales conductores (los "cables") solo pueden consumir hasta una cantidad máxima de potencia, más allá de la cual se corre el riesgo de sobrecalentarlos y dañarlos. Siempre es buena idea, por tanto, comprobar este dato antes de conectar ningún componente, generador o cable a nuestros circuitos.

La unidad de medida de la potencia es el vatio (W), pero también podemos hablar de milivatios (1 mW= 0,001 W –orden de magnitud habitual en los proyectos donde intervienen placas Arduino–), o kilovatios (1 kW= 1000 W –orden de magnitud habitual en el ámbito del consumo eléctrico doméstico–).

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  $P=V \cdot I$ ; de aquí se puede ver fácilmente que a mayor tensión y/o mayor intensidad recibida, mayor potencia consumirá el componente en cuestión. Por ejemplo, una bombilla sometida a 220V por la que circula 1A consumirá 220W (en forma de luz y calor). 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:  $P=I^2 \cdot R_{int}$  o también  $P=V^2/R_{int}$ .

## ¿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. Concretamente, en los proyectos de este libro solo emplearemos dispositivos

## EL MUNDO GENUINO-ARDUINO

electrónicos que reconocen como estado ALTO bien el valor 3,3V, o bien el valor 5V. En el primer caso la potencia consumida es menor (y, por tanto, hay un ahorro energético bastante atractivo), así que a priori usar 3,3V como valor ALTO sería preferible a usar 5V; no obstante, en la práctica, no todos los dispositivos son capaces de funcionar reconociendo el estado ALTO a 3,3V. De hecho, es bastante habitual que en un mismo circuito no tengamos más remedio que conectar entre sí dispositivos que reconozcan el estado ALTO con niveles de voltaje diferente; en ese caso, es muy importante tener en cuenta que si sometemos un dispositivo a un voltaje demasiado elevado (por ejemplo, si aplicamos 5V como valor ALTO cuando el dispositivo solo admite 3,3V) corremos el riesgo de dañarlo irreversiblemente. Para evitar este inconveniente, podemos recurrir a "divisores de tensión" (circuitos eléctricos estudiados más adelante en este mismo capítulo) o, de una forma más sofisticada, a "convertidores de nivel" (componentes electrónicos estudiados en capítulos siguientes).

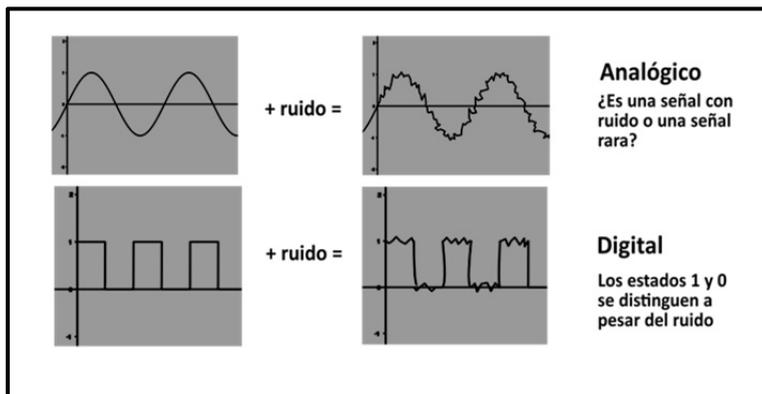
Además de los niveles ALTO y BAJO, en una señal binaria existen las transiciones entre estos niveles (de ALTO a BAJO y de BAJO a ALTO), denominadas flanco de bajada y de subida, respectivamente.

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. De hecho, muchos de los componentes presentes en circuitos eléctricos (como por ejemplo las resistencias, los condensadores, los diodos o los transistores) son de tipo analógico.

No obstante, muchos sistemas electrónicos complejos (como 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). Esto es debido a que sus componentes fundamentales (en su mayoría elementos electrónicos llamados "puertas lógicas") son de tipo binario. Así que, para que estos sistemas electrónicos puedan trabajar con señales analógicas, necesitan disponer de un elemento llamado conversor analógico-digital (comúnmente llamado "ADC") que "traduzca" (mejor dicho, "simule") las señales analógicas del mundo exterior en señales digitales entendibles por dicho sistema electrónico. También necesitarán un conversor digital-analógico (comúnmente llamado "DAC") para poder realizar el proceso inverso: transformar una señal digital interna del computador en una señal analógica y así poderla 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 señales analógicas es porque, además de ser así más sencillos de diseñar y construir, las señales digitales tienen una gran ventaja respecto a las señales analógicas: 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 periodo 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.).

## EL MUNDO GENUINO-ARDUINO

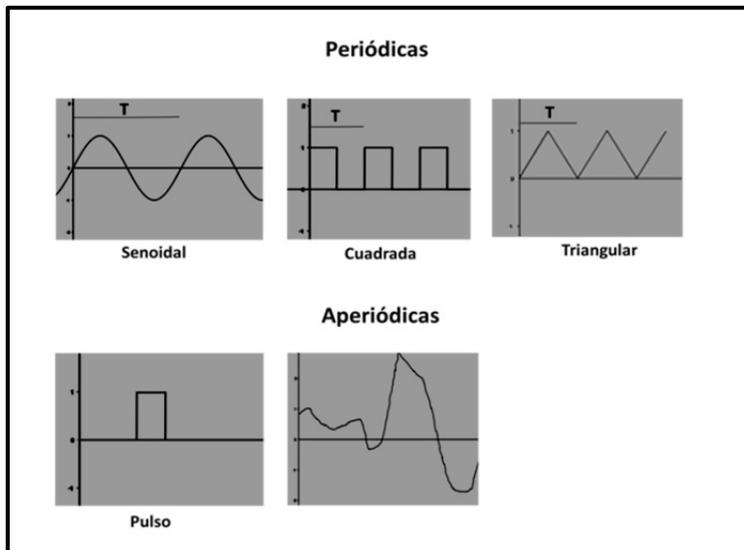
Las señales periódicas (tales como el voltaje AC recibido por las tomas de corriente en hogares y empresas, o las ondas sonoras, por poner dos ejemplos) tienen una serie de características que debemos identificar y definir para poder trabajar con ellas de una forma sencilla:

**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.

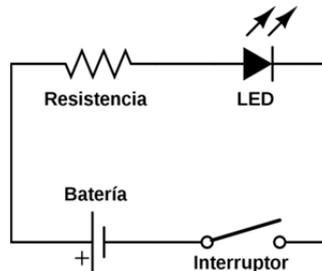
**Valor medio:** es un valor calculado matemáticamente realizando la media de los diferentes valores que ha ido teniendo la señal a lo largo de un tiempo concreto. Algunos componentes electrónicos (por ejemplo, algunos motores) responden no al valor instantáneo sino al valor medio de la señal.



## CIRCUITOS ELÉCTRICOS BÁSICOS

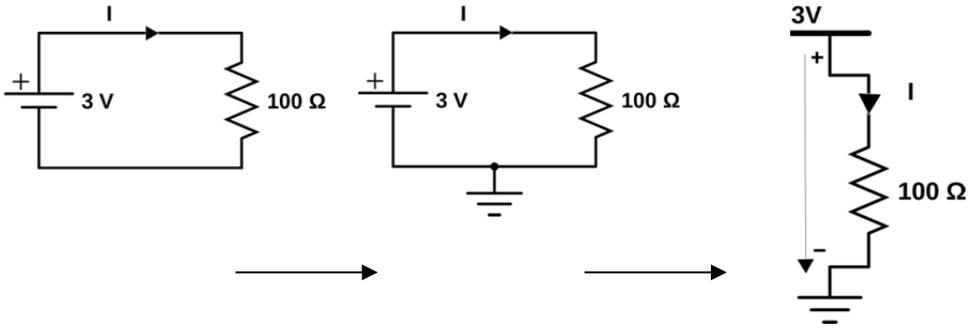
### Representación gráfica de circuitos

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.

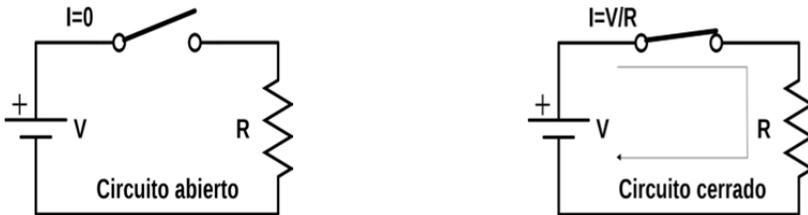
Por otro lado, los circuitos se pueden representar alternativamente de una forma ligeramente diferente a la mostrada anteriormente, utilizando para ello el concepto de "tierra" (también llamado "masa"). La "tierra" ("ground" en inglés) es simplemente un punto del circuito que elegimos arbitrariamente 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 (por simplicidad hemos suprimido el interruptor y el LED del esquema anterior):



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.

### Circuitos abiertos, cerrados y cortocircuitos

Aclaremos ahora lo que significa "cerrar un circuito". Ya sabemos 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:



Es importante tener en cuenta que la presencia de la resistencia R en el circuito del esquema anterior es imprescindible: si construyéramos el mismo circuito sin ella (es decir, solamente usando la batería y el interruptor), al cerrar este provocaríamos lo que se llama un "cortocircuito", con consecuencias muy graves