

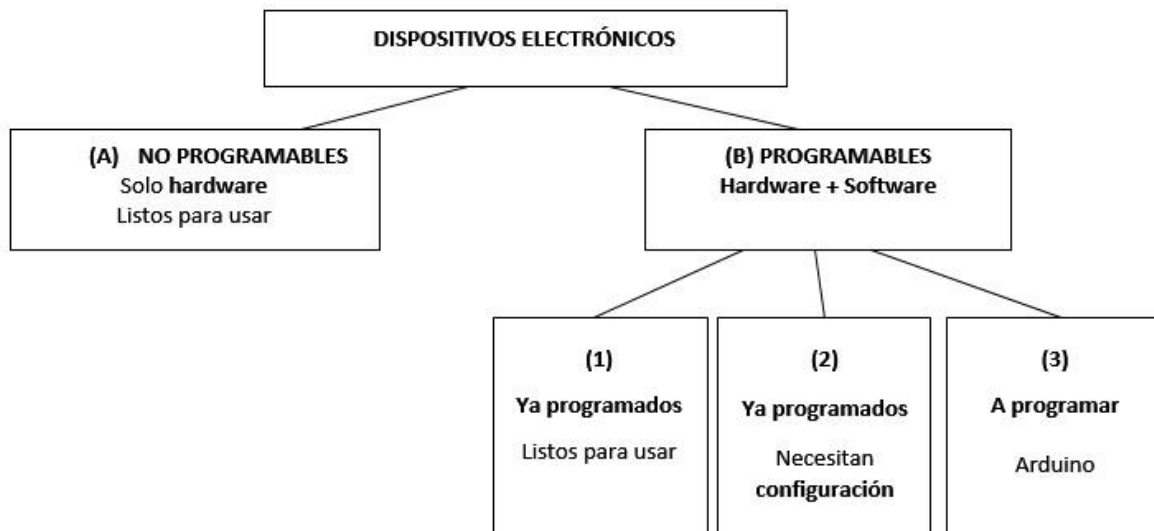
Sistemas con microcontrolador y Arduino

Dispositivos programables y no programables

En electrónica, diferenciamos entre dos grandes grupos de dispositivos: (A) los **dispositivos electrónicos no programables** y (B) los **dispositivos electrónicos programables**. Los **dispositivos electrónicos no programables**, son sólo hardware (el circuito que hay que alimentar). Se construyen, se alimentan y listo: empiezan a funcionar (a lo sumo tendrán alguna regulación sencilla, por ejemplo, con un potenciómetro). En cambio, los **dispositivos electrónicos programables**, tienen un **hardware** y también tienen **software**, ya que funcionan siguiendo un programa (serie de instrucciones).

A su vez, los dispositivos **programables**, los podemos clasificar en tres grupos. (1) Los que tienen **programa fijo**, (2) los que deben **configurarse**, y (3) los que deben **programarse**. Entre (1) y (3) va aumentando la necesidad de programación por parte del usuario (quien compra el circuito, en este caso, los estudiantes).

1. En los que tienen **programa fijo**, mucho no podemos hacer, el programa es siempre el mismo. Por ejemplo, un microondas puede tener un control electrónico con micro, una heladera no Frost tiene un temporizador con micro, un selector de velocidad de motor de campana de cocina, también. Mediante pulsadores y llaves se les indica algunas variaciones básicas (por ejemplo, tiempo de funcionamiento, potencia en un microondas).
2. En cambio, el segundo tipo de dispositivos, deben ser **configurados**, estableciendo ciertos parámetros. En una alarma domiciliaria, hay que configurar zonas, claves, etc. Estos dispositivos (2) permiten flexibilidad, por ejemplo, en una misma placa de alarma podrían conectarse sólo dos sensores, o hasta un máximo de diez, según el caso.
3. El tercer grupo, los dispositivos necesitan que **el usuario escriba el programa** (el listado de instrucciones a seguir). Son los dispositivos más flexibles, y es el caso de las placas Arduino.



Las computadoras tanto de escritorio como las notebooks y los celulares son los dispositivos programables por excelencia que nos acompañan todos los días. Como usuarios nosotros elegimos qué programas y aplicaciones cargar.

Arquitectura del hardware de los sistemas programables

Todos los sistemas programables tienen una arquitectura de *hardware* compuesta mínimamente por **un microprocesador, memorias y circuitos de entradas/salidas** para comunicarse con el exterior.

El *hardware* limita las posibilidades del sistema: cuanto puede procesar el micro, a qué velocidad, cuanta memoria tiene, cuantos canales y tipos de entradas y salidas tiene.

Microcontrolador

El **microcontrolador** es un circuito integrado (chip) que su interior tiene un microprocesador, memorias y circuitos de entradas/salidas.

El **microcontrolador tiene la característica de ser programable**: funciona siguiendo una serie de instrucciones o pasos a seguir llamada "programa". Al ser programable el micro es muy flexible: cambiando el programa, cambia su función.

En las figuras se muestran chips microcontroladores (PIC16F887, Atmel MEGA32U4, un Atmega 328p).



(1) Fuente: Mister rf – Own work, CC BY-SA 4.0, <https://bit.ly/3b84we8> (2) Fuente: Dmi-triy Nosachev – Own work, CC BY-SA 4.0, <https://bit.ly/3zIfuff> (3) Fuente: oomlout – ICIC-DI28-X-K328-01, CC BY-SA 2.0, <https://bit.ly/3zEfXo5>

Internet de las cosas IOT

Internet de las cosas (en inglés, Internet of things) es la interconexión de objetos cotidianos con Internet. Esto permitiría conocer el estado (información) de las “cosas” cotidianas, que estarían equipadas con distintos tipos de sensores y conectores, para poder actuar sobre ellas. Ofrece una gran cantidad de nuevas oportunidades de acceso a datos, servicios específicos en la educación, seguridad, asistencia sanitaria y en el transporte, entre otros campos.

Se habla de “casas inteligentes” (domótica) y de “ciudades inteligentes”, en las cuales se gestionaría eficientemente el tráfico, recolección de basura, estacionamiento, drenajes, etc.

Arduino

Arduino son un conjunto de placas con microcontroladores de gran difusión y facilidad de uso.

En la figura se muestra una placa **Arduino UNO**.



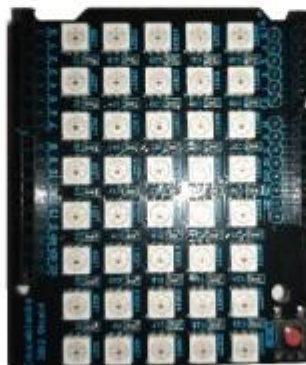
Es una placa muy sencilla de utilizar para el principiante, con la gran ventaja de que existe muchísima información de la misma en Internet. También hay otras placas como Arduino MEGA, NANO y otras.

A la placa Arduino se le pueden conectar otras placas, o bien se puede cablear un circuito provisorio en un protoboard y conectarlo a Arduino. También se pueden encastrar sobre la placa Arduino lo que se denomina “Shield”, algunos ejemplos de ellos se pueden ver a continuación.

(1)



(2)



(3)



Fuente: elaboración propia. (1) Shield Multifunción. (2) Shield NeoPixel Arduino: Es una placa de 40 leds tipo Neopixel colocada sobre una placa Arduino. Se puede controlar individualmente el color de cada uno. (3) Shield CNC + 4 driver para impresora 3D

Existen otras placas mucho más potentes que Arduino UNO, como las que se muestran en las siguientes figuras.



(1)



(2)

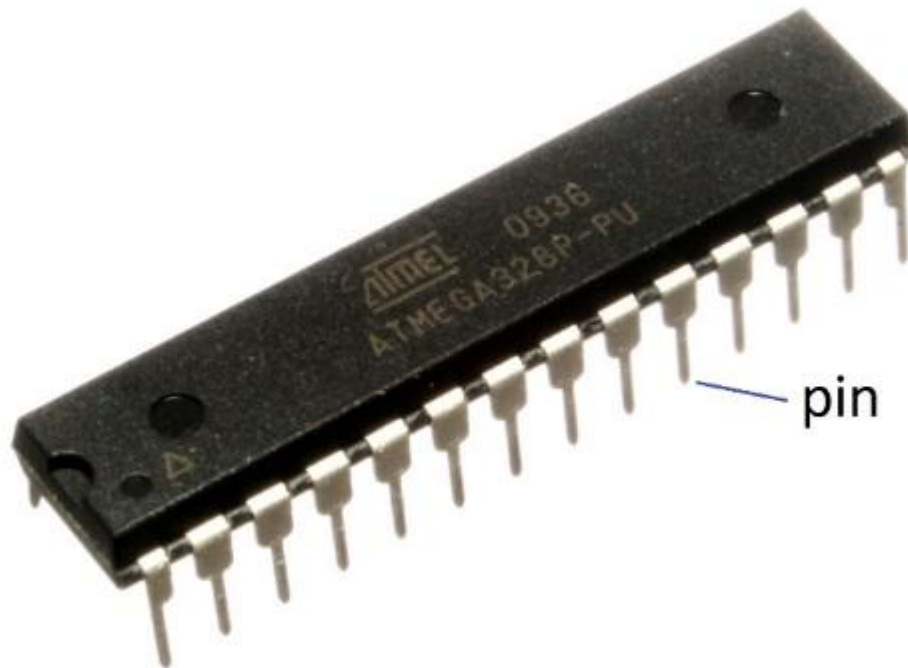


(3)

(1) Módulo Wifi Nodemcu ESP8266. Fuente: Make Magazin DE – Own work, CC BY-SA 4.0, <https://bit.ly/3zW5ynK> (2) Módulo ESP32. Fuente: Ubahnverleih – Own work, CC0, <https://bit.ly/3tWkVsJ> (3) Placa ESP 32 Wemos R32: Esta placa tiene la misma disposición que Arduino Uno, así que puede compartir los mismos shields. Permiten la conexión por WiFi y bluetooth (ver especificaciones de cada placa). Tienen mucha más memoria y velocidad que Arduino UNO. Fuente: Ubahnverleih – Own work, CC0, <https://bit.ly/3zS1sx3>

Entradas y salidas de un microcontrolador

Un micro tiene pines (“patitas”) de conexión. Por lo menos dos pines son para alimentarlo con energía. Casi todo el resto de los pines son para entradas y para salidas.



Fuente: oomlout - Flickr: ATMEGA328 - IC-ATM328-01, CC BY-SA 2.0, <https://bit.ly/3OcR5YN>

Un microcontrolador recibe información del exterior a través de sus pines de entradas y envía información al exterior a través de sus pines de salidas. Como es un aparato electrónico, esa información se materializa en forma de niveles de voltaje.

Un mismo pin potencialmente tiene varias funciones. Luego, por software, se elige una sola función.

Las entradas y salidas juntas se simbolizan con E/S (o en inglés I/O, por input/output).



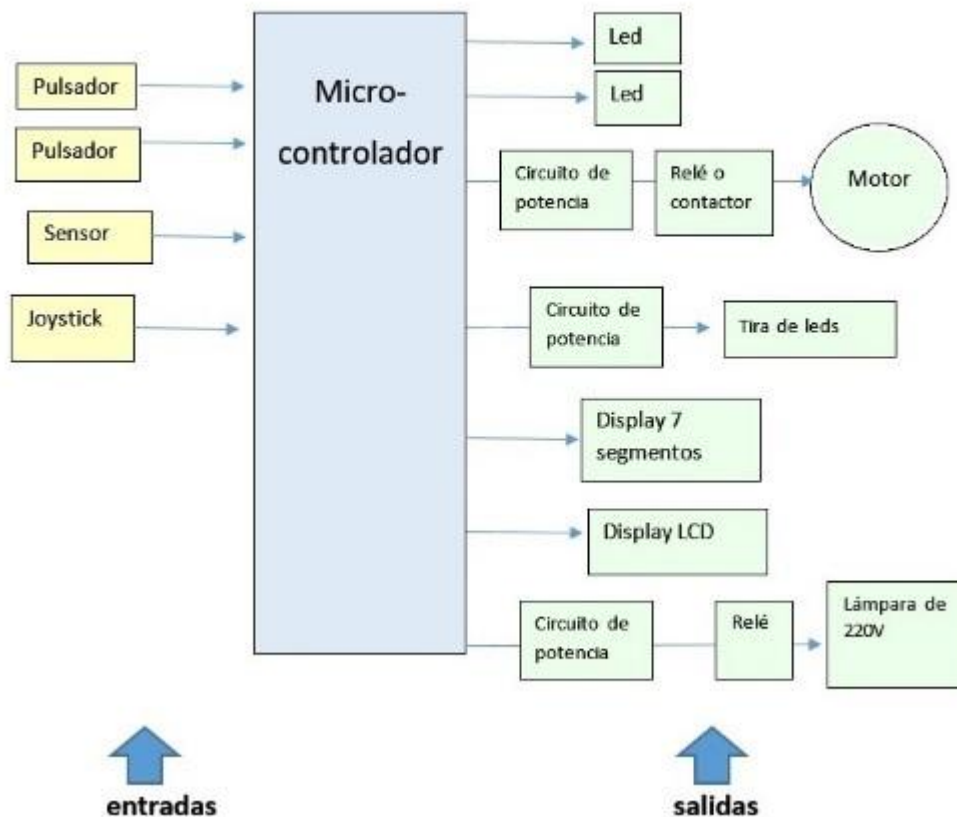
Las entradas permiten que el microcontrolador se entere, por ejemplo, de la activación de un interruptor o pulsador o del valor que le entregue un sensor.

Las salidas permiten al micro controlar otros dispositivos como ser leds, motores, buzzers, displays, etc., y así ejecutar las acciones que le fueron programadas (mostrar números, prender/apagar lámparas, motores, etc.).

Las salidas de un micro pueden comandar una cantidad muy limitada de corriente, y de tensión. Para mayores corrientes y/o voltajes, se le conecta un circuito de potencia, (pueden ser un circuito con transistores). El circuito de potencia es necesario, por ejemplo, para manejar relés, para controlar tiras de leds.

La siguiente figura esquematiza lo dicho (vea la dirección de la flecha, si entra hacia el micro o sale del micro):

Tipos de entradas y de salidas de un microcontrolador



Hay dos tipos de entradas y de salidas: las de tipo digital y las de tipo analógico.

Salida tipo digital: Una salida del tipo digital (binario) solo tiene dos valores de tensión extremos, valor alto o "1" cercano a la alimentación positiva, y valor bajo o "0", cercano a la alimentación negativa. Por ejemplo, un microcontrolador alimentado con 5V, puede tener únicamente cero voltios (LOW, nivel bajo) o cinco voltios (HIGH, nivel alto) aproximadamente en una salida digital.

Entrada tipo digital: a través de ella desde el exterior ingresa una tensión que internamente el micro la interpreta como nivel alto "1" HIGH si la tensión es cercana a la tensión de alimentación, y la interpreta como nivel bajo "0" LOW si la tensión es cercana a cero voltios.

Entrada analógica: Muchos micros tienen entradas analógicas. El micro lee el valor de tensión que hay en la entrada y lo convierte a un número proporcional a esa tensión. Arduino tiene entradas analógicas: la tensión 0 a 5V que hay en cada entrada, se convierte en un número proporcional 0 a 1023.

Veamos las entradas digitales y salidas digitales con más detalle.

Salidas digitales

A través de sus pines de **salidas**, el microcontrolador **saca información** hacia el exterior, y lo hace mediante niveles de tensión.

La tensión en una salida es forzada, es impuesta por el micro. Se dice que el micro “escribe” en las salidas.

Una salida del tipo **digital** tiene solo dos niveles de tensión:

- NIVEL ALTO “1” (cercano a la alimentación positiva)
- NIVEL BAJO “0” (cercano a cero voltios).

Supongamos un micro alimentado con 5V, lo que sucede internamente es:

Salida a nivel alto: cuando el micro pone una de sus salidas a nivel alto, lo que sucede internamente es que el micro conecta esa salida con el terminal de alimentación positiva (a través de un transistor que satura).

Un tester entre la salida y masa (GND) marcará 5V.

Salida a nivel bajo: para poner una salida a nivel bajo, el micro conecta internamente esa salida con el terminal de alimentación negativo GND=ground=tierra=masa (a través de un transistor que satura). Un tester entre la salida y masa marcará 0V.

¿Qué se puede conectar en las salidas del tipo digital?

En una salida digital el micro pone un nivel de tensión bajo o un nivel de tensión alto, y puede absorber o dar una corriente bastante limitada, hasta 25mA o 40mA según el modelo de micro. Una salida puede manejar directamente leds, displays, buzzers, optoacopladores para triac, entradas de otros circuitos digitales.

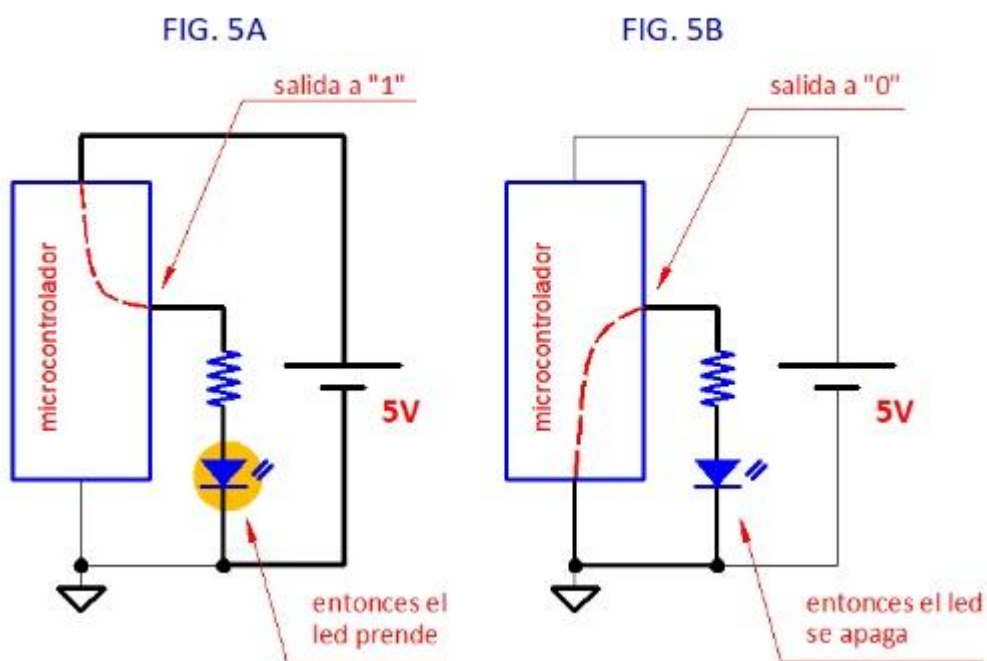
Es necesario agregar un circuito de potencia cuando la salida no tiene suficiente corriente para manejar lo que se conecte. Agregando un transistor al corte/saturación se puede manejar relés, contactores, parlantes, tiras de leds, motores y otros circuitos.

Conexión de un led a una salida de un micro de manera que encienda con nivel alto

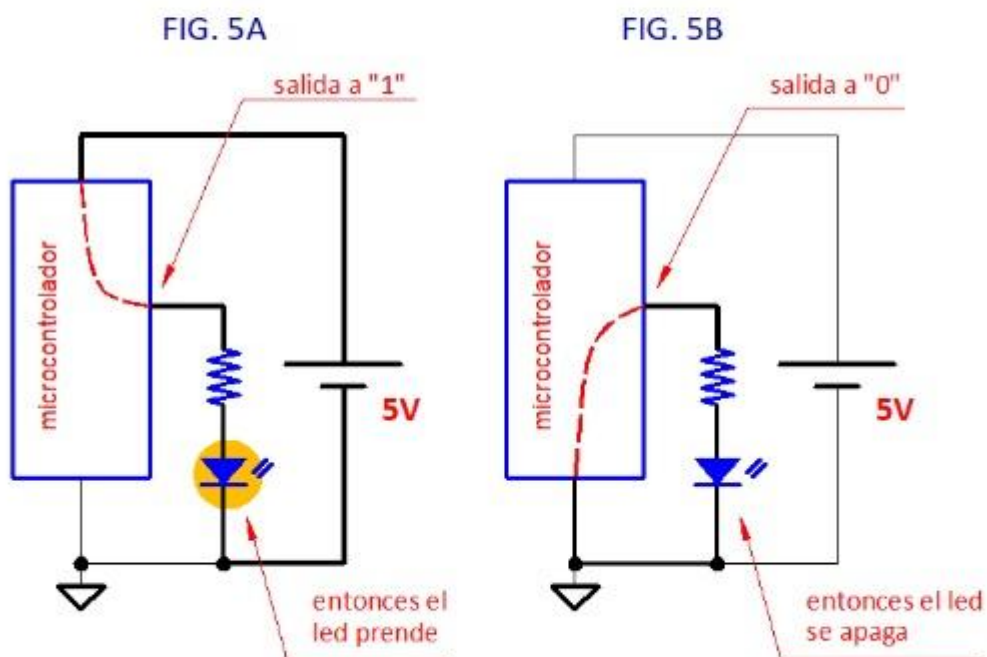
Un led se conecta en serie con una resistencia de valor adecuado a un pin de salida del micro. Lo más común sería conectarlo como se muestra en la figura: entre una salida y masa (GND=ground=negativo de la fuente de alimentación).



De esa manera si a la salida hay un nivel alto (HIGH) de tensión, el led enciende, y si hay un nivel bajo (LOW) el led estará apagado:



CON LA SALIDA A NIVEL ALTO	CON LA SALIDA A NIVEL BAJO
Con un nivel alto en la salida se produce un camino cerrado que tiene una fuente de tensión, entonces circula corriente y el led prende . Otra forma de verlo es que un extremo de la serie resistencia y led recibe 5V y el otro extremo recibe 0V, entonces circula corriente y el led prende.	En la figura se muestra el mismo circuito, ahora con la salida a nivel bajo. Se ve que, si bien se forma un camino cerrado, éste no posee fuente de alimentación, así que no circula corriente y entonces el led no prende.

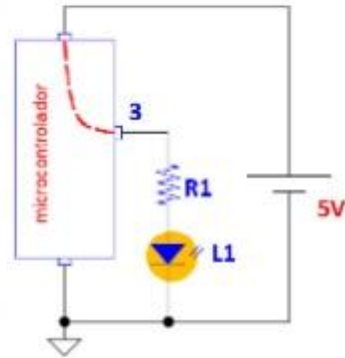


Ejemplo: en el pin 3 del circuito de la figura se tienen 5 voltios (provistos por una salida digital que está a nivel alto), se pide **calcular** R1 para que prenda un led L1 que requiere 2V de tensión con 10mA (diez miliamperes) de corriente.

Solución:

Si se conecta un led directamente a 5V se quema. Para “bajar” la tensión de 5V a los 2V que necesita el led, se conecta en serie al mismo una resistencia en la que tiene que caer los tres voltios que sobran (2da ley de Kirchhoff: la tensión de una fuente se reparte en los elementos conectados en serie $5=3+2$).

Para calcular la resistencia se aplica la Ley de Ohm: $R1=VR1/I$. La corriente por la resistencia es la misma que por el led, o sea, 10mA.



$$R1 = \frac{5-2}{0,01} = \frac{3}{0,01} \frac{V}{A} = 300 \, \Omega \quad \text{elijo } R1 = 330 \, \Omega \, (330 \, \text{ohms})$$

Debemos notar que hay que plantear la tensión en la resistencia (en este caso 3V), no confundir con la tensión del LED (2V en este caso).

El led puede funcionar con hasta 20mA de corriente lo que daría una resistencia de 150 .

Ejercicio 1

Completá en los espacios en blanco, tachá lo que no correspon-da. Cuando haya varias opciones separadas por barras, respon-dé y resolvé.

1. El microcontrolador por ser _____ es capaz de ejecutar una serie de instrucciones.
2. Un microcontrolador recibe información del exterior a través de sus _____
3. Un microcontrolador envía información al exterior a través de sus _____
4. Leds, displays se conectan en las _____ del micro
5. Pulsadores, sensores se conectan en las _____ del micro.
6. Los circuitos de potencia se conectan en las (entradas/salidas) y per-miten: _____
7. Una tira de leds se conecta (directamente/a través de un circuito de potencia) a una (salida/entrada) de un micro.
8. Un led se conecta (directamente/a través de un circuito de potencia) a una (salida/entrada) de un micro.
9. Hay dos tipos de entradas y salidas: _____ y _____
10. La tensión en una (entrada/salida) es forzada por el micro.
11. Cuando el micro pone una salida a nivel alto, la conecta con _____
12. Cuando el micro pone una salida a nivel bajo, la conecta con _____
13. Un led conectado entre una salida y masa a través de una resistencia se prende cuando la salida está a nivel (bajo/alto).
14. Un transistor al corte o saturación conectado a una salida permite
15. A través de una entrada digital (entra/sale) información desde el exterior al micro
16. ¿Cuál es el valor que tiene que tener la resistencia que se conecta en serie con un led de alta luminosidad conectados a la salida de un micro alimentado con 5V, para que el led prenda adecuadamente (3,5V, 20mA)?
17. ¿En qué casos se necesita conectar un circuito de potencia a una sali-da de micro?

Entradas digitales

Como se dijo antes, a través de las **entradas** digitales **ingresa información** digital desde el exterior hacia el microcontrolador. La **tensión en una entrada digital la impone un circuito externo al micro**. Éste se limita a “**leer**” el valor, pero no imponerlo o modificarlo.

Si a la entrada hay una tensión:

- Cercana al valor de la alimentación, el micro la toma como **nivel alto (HIGH)**, “1”
- Cerca de cero voltios, el micro la interpreta como **nivel bajo (LOW)**, “0”.

En una entrada digital se conecta un circuito eléctrico que de un nivel de tensión alto o bajo.

Conexión de un pulsador a una entrada digital



Una información digital que puede entrar en una entrada es el estado de un pulsador, apretado o suelto. O de un interruptor, cerrado o abierto.

El micro entiende solo niveles de tensión, entonces hay que convertir el estado del pulsador en tensión, nivel alto o bajo; hay dos maneras de hacerlo: pulsador a masa o pulsador a tensión positiva.

Fuente de la imagen: By Evan-Amos – Own work, Public Domain, <https://bit.ly/3OETCuV>

Con pulsador a masa y resistencia de pull-up

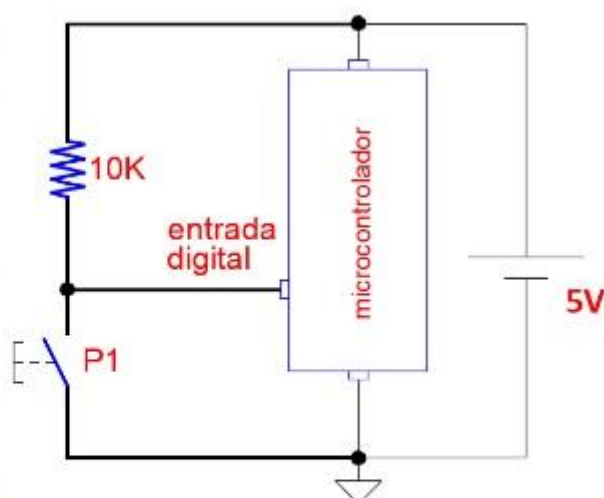
Vea el circuito de la derecha, el pulsador P1 (que es normal abierto) se conecta entre la entrada y masa.

Es la forma preferida. Al apretar el pulsador, en la entrada aparecen cero voltios directamente ya que el pulsador apretado conecta la entrada con masa (Figura 1A, abajo).

Mientras que cuando el pulsador está suelto, en la entrada se reciben 5V a través de la resistencia superior (que se llama resistencia pull-up) (Figura 1B).

Entonces, cuando el micro lee:

- Entrada="0" significa: pulsador apretado
- Entrada="1" significa: pulsador suelto



<p>Figura 1A: con pulsador apretado se reciben cero voltios directamente por un camino de muy baja resistencia</p>	<p>Figura 1B: con pulsador suelto se reciben 5V a través de una resistencia de 10K</p>

La función de la resistencia de pull-up es establecer un nivel de tensión alto cuando el pulsador está suelto. Se llama de pull-up porque “tira para arriba” el nivel de tensión, asegura un nivel alto de tensión cuando el pulsador está suelto.

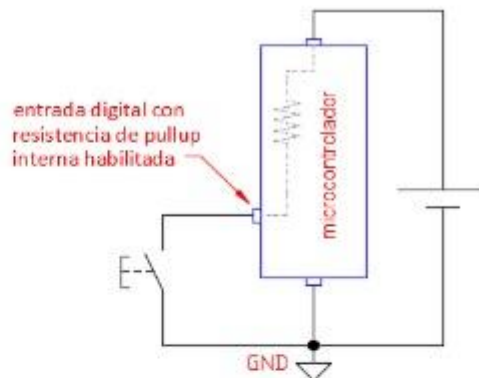
¿Qué sucedería si no se coloca la resistencia de pull-up? Sin resistencia de pull-up, cuando el pulsador está suelto, la entrada queda “al aire” sin conectar a nada, y puede entrar ruido, no se sabe si está a nivel alto o a nivel bajo. Es por eso que hay que agregar una resistencia de pull-up cuando se pone un pulsador a masa. En una entrada digital tiene haber un nivel de tensión bien establecido, a nivel bajo o alto.

Resistencia de pull-up interna

En algunos pines de los microcontroladores se disponen de resistencias de pull-up internas (están adentro del micro) que se pueden habilitar o no por software. De esta manera nos ahorramos agregar resistencias externas.

Entonces, si usamos una entrada con la resistencia pull-up interna, el circuito para tomar la lectura de un pulsador (o interruptor) queda como se muestra en la figura: un simple pulsador entre la entrada y GND, lo cual es muy conveniente.

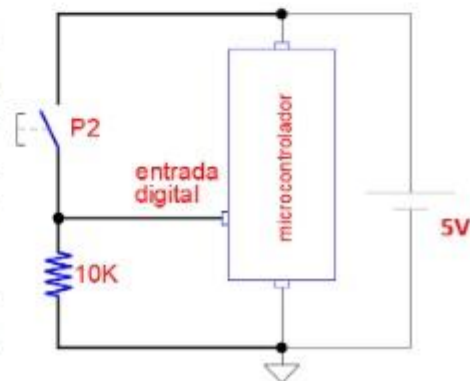
El valor recomendado de resistencia pull-up es 10K o 20K o 4,7K.



Con pulsador a positivo y resistencia de pull-down

Otra forma de leer el estado de un pulsador es como se muestra en la figura. El pulsador se conecta entre la entrada y la alimentación positiva. Se debe agregar una resistencia entre la entrada y masa llamada resistencia pull-down.

Al apretar el pulsador en la entrada aparecen cinco voltios directamente.



Cuando el pulsador está suelto, en la entrada se reciben 0V a través de la resistencia inferior pull-down. Esa es la función de la resistencia de pull-down: "tirar para abajo" la tensión, asegurar cero voltios cuando el pulsador está suelto.

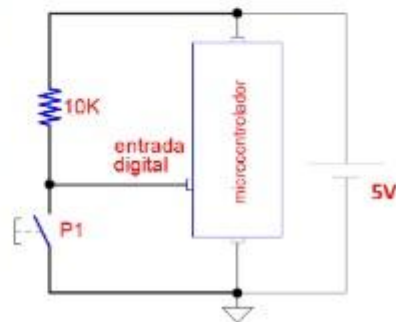
Entonces, cuando el micro lee:

- Entrada="0" significa: pulsador suelto
- Entrada="1" significa: pulsador apretado

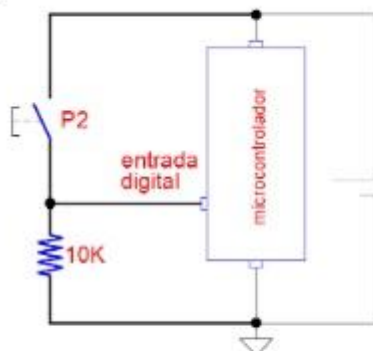
La resistencia pull-down hay que colocarla si o si externamente, así que no es tan conveniente esta forma de conexión cuando se dispone de micro con resistencias de pull-up internas.

Ejercicio 2

1. Si en una entrada hay un nivel de tensión cercano a cero voltios, el micro la interpreta como un nivel _____, o sea, como un (0/1) lógico.
2. Si en una entrada hay un nivel de tensión cercano a la alimentación positiva, el micro la interpreta como un nivel _____, o sea, como un (0/1) lógico.
3. En una entrada digital la tensión la impone_____.
4. En una salida digital la tensión la impone_____.
5. Para saber si un pulsador está apretado o suelto, se lo conecta a una (salida digital/entrada digital / entrada analógica).
6. En el circuito de la figura cuando se aprieta el pulsador P1 se recibe un nivel (alto/bajo) de tensión en la entrada digital. El micro (lee/escrive). La resistencia 10K se llama de (pull-up / pull-down).



7.



En el circuito de la figura cuando se aprieta el pulsador P2 se recibe un nivel (alto/bajo) de tensión en la entrada digital. El micro (lee/escrive). La resistencia 10K se llama de (pull-up / pull-down).

8. Para conectar pulsadores algunos micros _____ tienen _____ internas lo cual es una (ventaja/desventaja) ya que_____.