

Módulo 2: Sistemas Embebidos

Agenda

- ¿Qué son los Sistemas Embebidos?
- Estructura de un Sistema Embebido
- Componentes de un Sistema Embebido
 - Interacción con el mundo físico

Que son los Sistemas Embebidos?

Definición simple: sistemas computacionales que no se parecen a una computadora

- La complejidad está escondida de los usuarios (embebida dentro de los dispositivos)
- Los dispositivos IoT son embebidos
- No tienen acceso a internet necesariamente



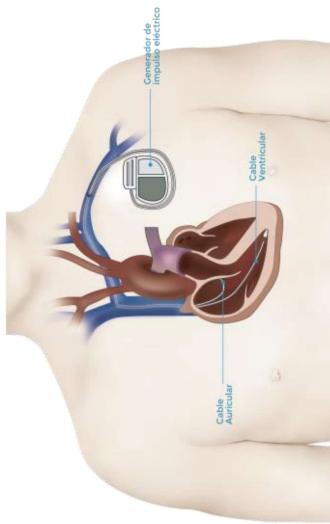
Que son los Sistemas Embebidos?

- Pueden no interactuar directamente con el humano pero con otro dispositivo



Que son los Sistemas Embebidos?

- Eficiencia: Diferencia entre el diseño de SW tradicional y el diseño de Sistemas Embebidos
- Usados en mercados críticos
- Limitaciones estrictas y rigurosas
 - Bajo costo
 - Rendimiento óptimo
 - Bajo consumo energético
 - Costo de Manufactura y diseño
 - Tiempo de entrega

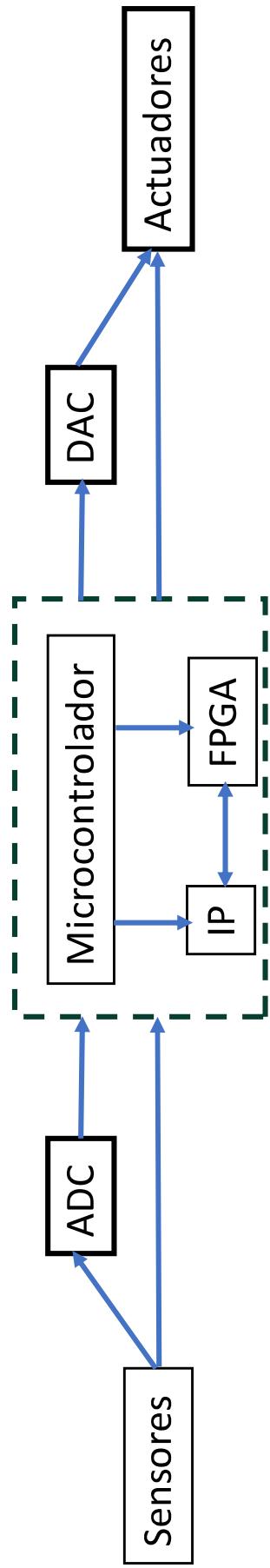


Detalles adicionales

- Sistemas embebidos tienden a ser construidos/diseñados para una sola aplicación específica
 - Ejemplo: audífonos, parlantes, etc.
 - A diferencia de una computadora tradicional que son mayormente 'sobre diseñadas'
- HW y SW van diseñados de la mano
 - A diferencia de las computadoras de propósito general donde se usa HW y SW por separado
 - Ejemplo: una computadora LENOVO corriendo PowerPoint (Microsoft)
- Mas trabajo para diseñadores (HW y SW)



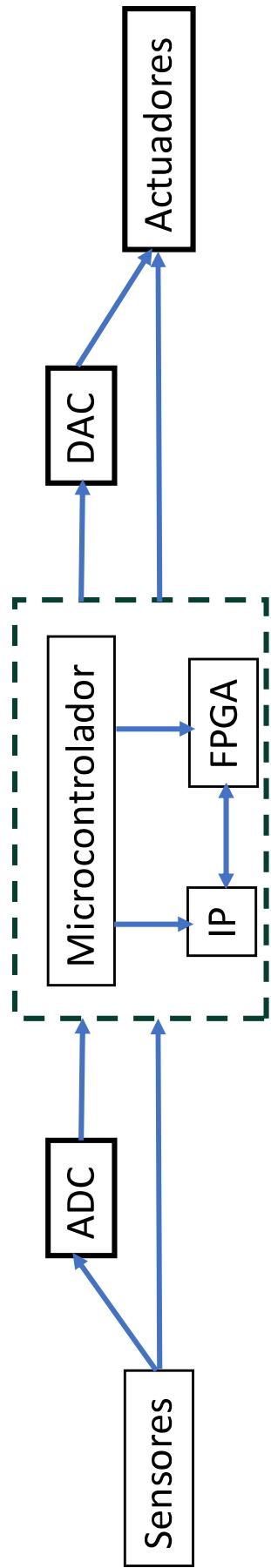
Estructura General



- Sensores reciben datos del mundo exterior
- Actuadores realizan acciones en el mundo exterior
- IP core
 - Chips diseñados para una función (audio, video, internet)
 - Manufacturados en masa
 - Interactúan con el microcontrolador



Estructura General



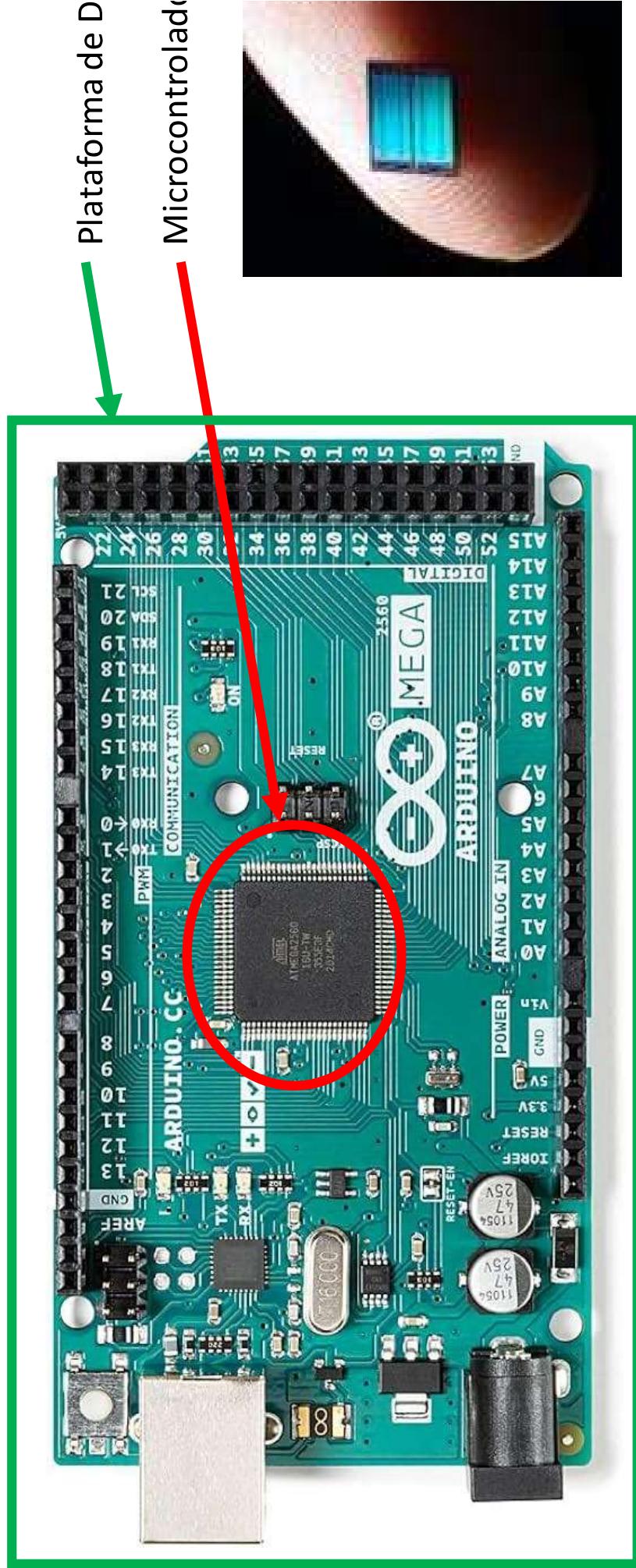
- FPGAs (no estudiados en este curso)

- HW que puede ser reconfigurados/reconectados vía RAM para realizar una tarea diferente
- Mas rápidos que el software tradicional, más lentos que los circuitos integrados



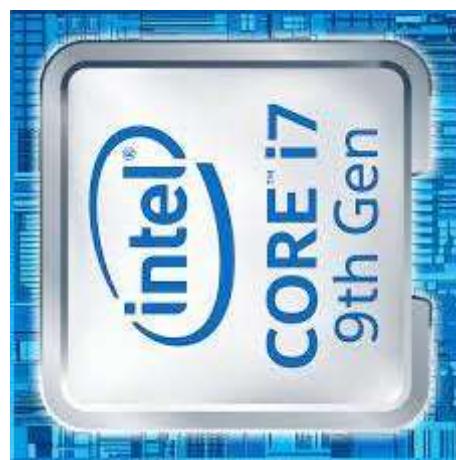
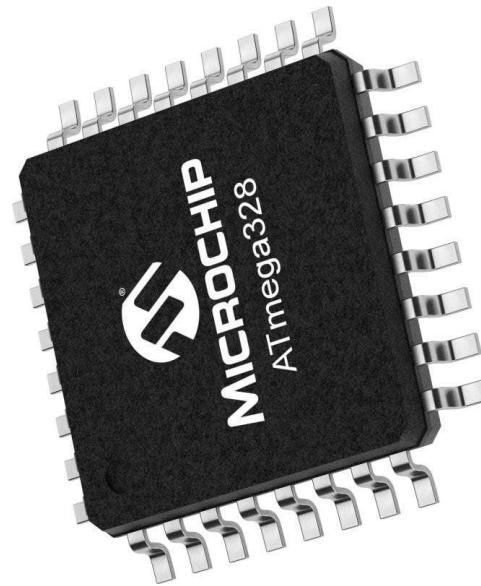
Componentes de un Sistema Embedido

- Microcontrolador: el componente principal de un sistema embedido
- El principal circuito integrado que ejecuta el programa. Ejemplo: Arduino



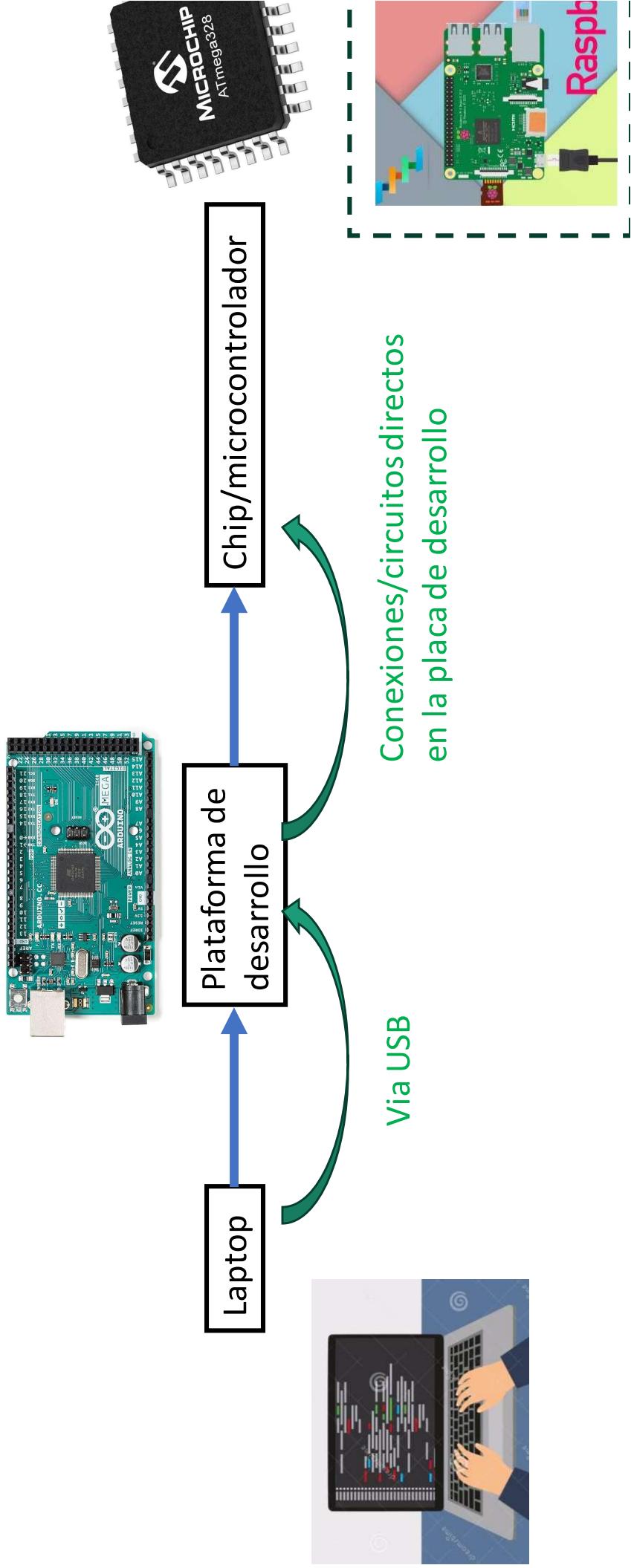
Componentes de un Sistema Embebido

- Microcontrolador vs Microprocesador
 - Microprocesador: lo encuentran en una laptop
 - Microcontrolador: se encuentran en los sistemas embebidos o IoT
 - Más débil, menos memoria, más lento (Desde 16Mhz a 500Mhz)



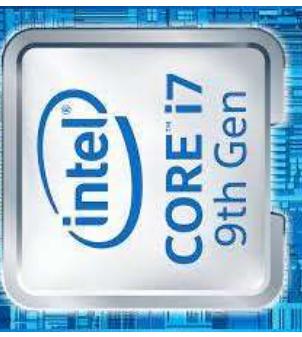
Componentes de un Sistema Embedido

- Microcontrolador: necesitan ser programados, envía comandos, recibe datos
 - C, C++, Python (Raspberry Pi)



Componentes de un Sistema Embebido

Tipos de Procesadores



- Procesadores de propósito general
 - Usados para muchas aplicaciones
 - Incluyen muchas características
 - Caros, sobre diseñados
 - Muy disponibles en el mercado
- Procesadores de procesamiento de señales digitales (DSP)
 - Soporta instrucciones vectoriales
 - Baratos, pero más limitados en el mercado



Componentes de un Sistema Embebido

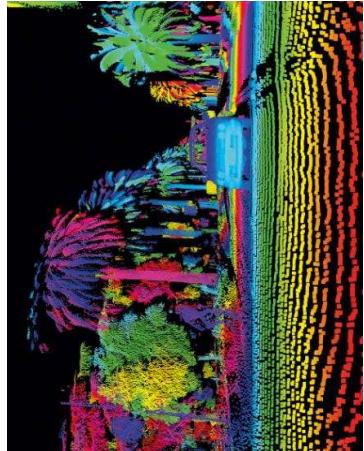
Sensores Simples

- Output: números reales, true, false
 - Luz, temperatura, humedad, etc.



Sensores Complejos

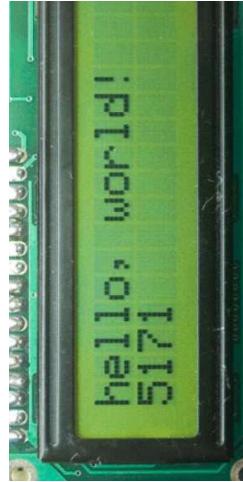
- Output: imágenes, mensajes de comunicación
 - Cámaras, controlador de ethernet



Componentes de un Sistema Embedido

Actuadores Simples

- Realizan acciones en el mundo físico
 - LEDs, LCDs, displays



Actuadores Complejos

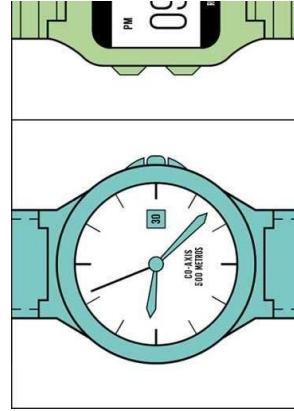
- Realizan acciones más complejas
 - Todo tipo de motores



Interacción con el mundo físico

Conversión de Análogo a Digital (ADC)

- Sensores vs Actuadores: recibir y enviar datos al mundo exterior
- Relación: números reales (0.1,0.01,0.001,0.0001....) vs integrales (1,2,3,4,5.....)



- El fenómeno análogo: el mundo real es análogo

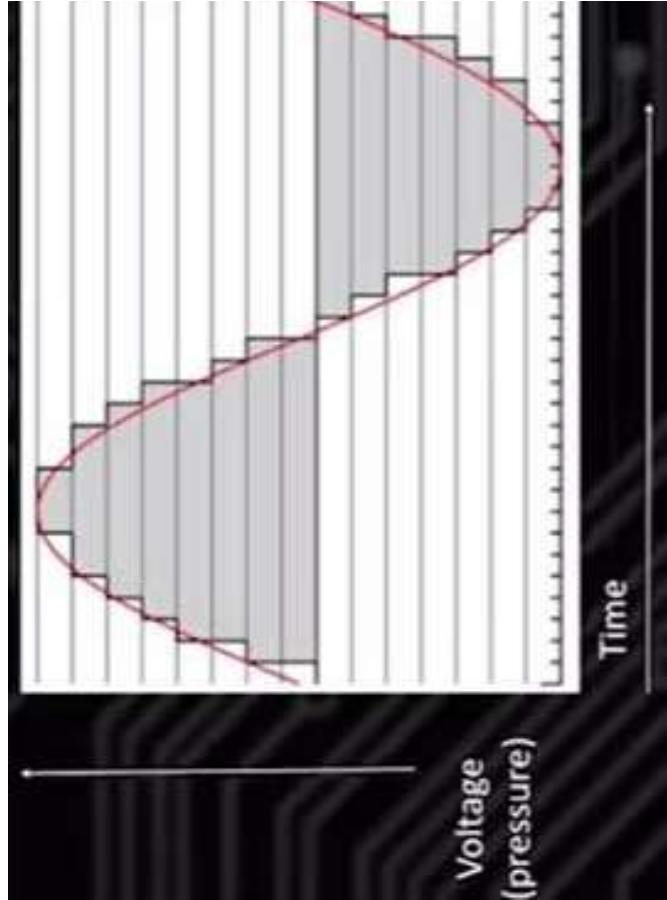
- Luz natural
- Sonido
- Temperatura
- Reloj análogo

- El fenómeno digital: como describimos al mundo análogo

- Bombilla eléctrica--> encendido, apagado
- Volumen del celular--> representado con números del 1 al 100
- Control de temperatura--> representado con sistemas internacionales
- Reloj digital

Interacción con el mundo físico

- Microcontroladores solo entienden señales digitales
 - Usamos ADC por este motivo
 - La conversión es una aproximación
 - Ejemplo: el procesamiento de una onda de sonido
 - El micrófono convierte la presión a voltaje
 - El voltaje es muestreado (discretización)



IoT Laboratorio 2: Electrónica Básica

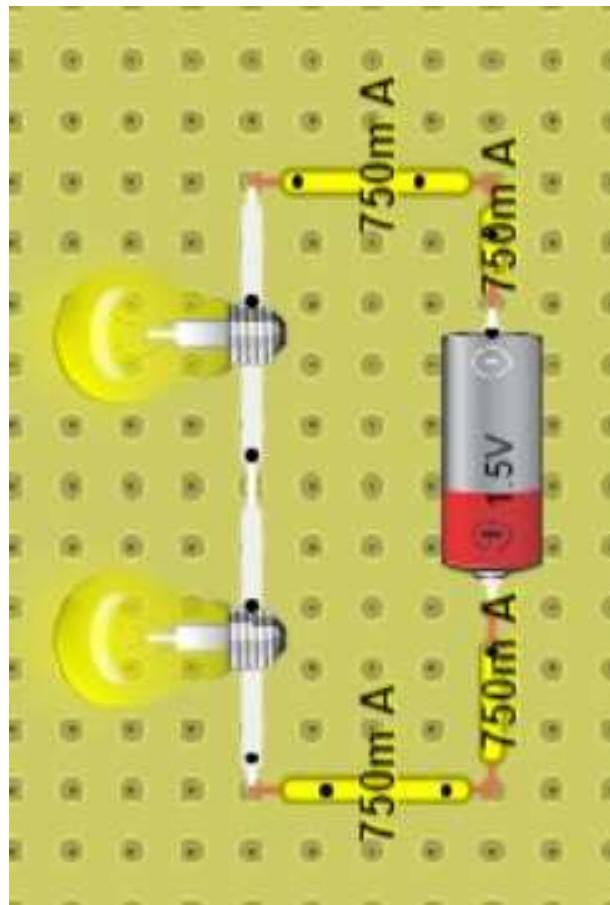
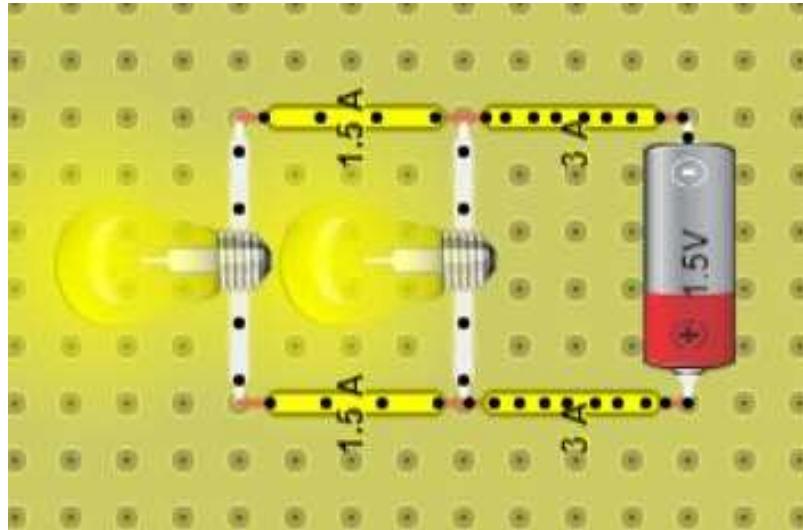
Motivación

- Conocimientos básicos de electrónica son necesarios para seleccionar y utilizar sensores o actuadores en proyectos básicos de IoT.
- Interpretar las señales de voltaje/corrientes provenientes de sensores y convertirlas a la magnitud física o química para la cual están diseñados.
- Saber cómo leer fichas de datos de componentes electrónicos.

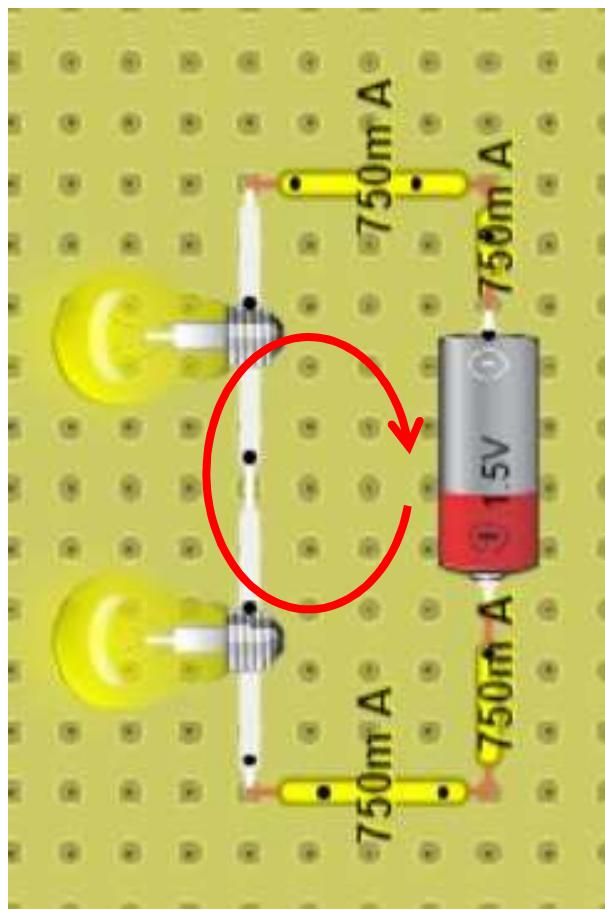
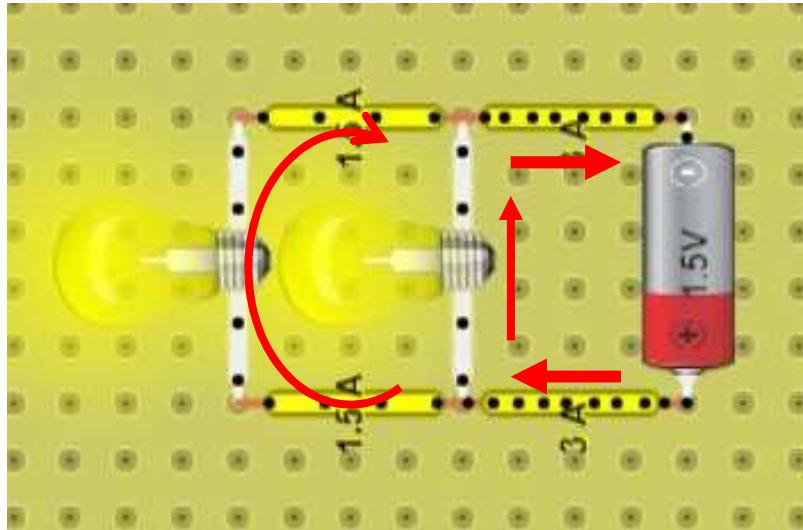
Herramientas de Simulación en línea

- DCANLAB: <https://dcaclab.com/es/lab> (Lab 2)
- Wowki: <https://wokwi.com/> (Lab 3 y 4)
- Otras herramientas:
 - CircuitLab:** permite diseñar, simular y compartir circuitos.www.circuitlab.com.
 - Tinkercad:** simulación de circuitos, 3D y programación.www.tinkercad.com/circuits.
 - Falstad Circuit Simulator:** permite diseñar, simular y compartir circuitos.www.falstad.com/circuit/

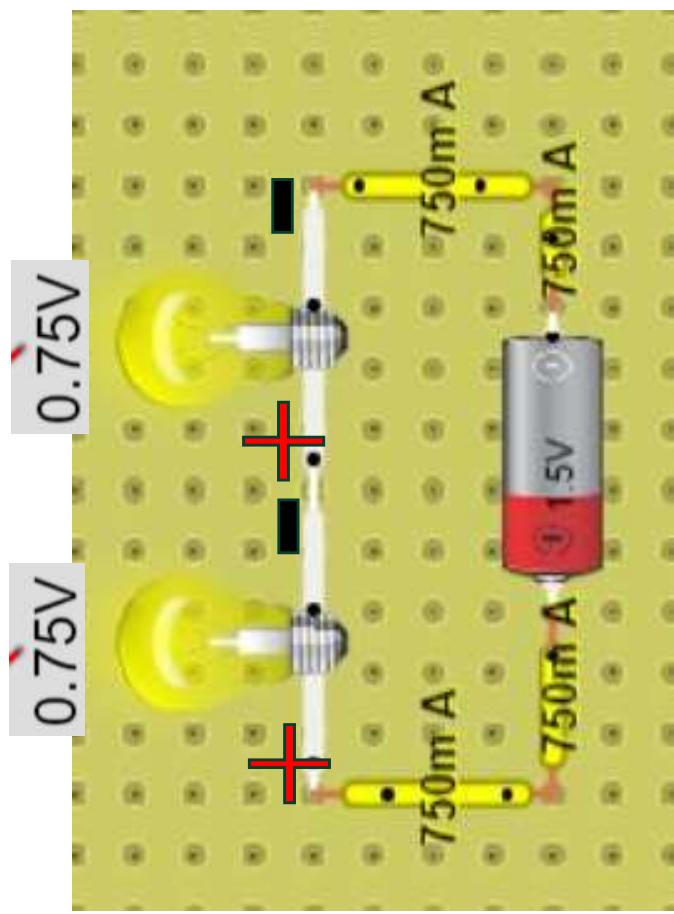
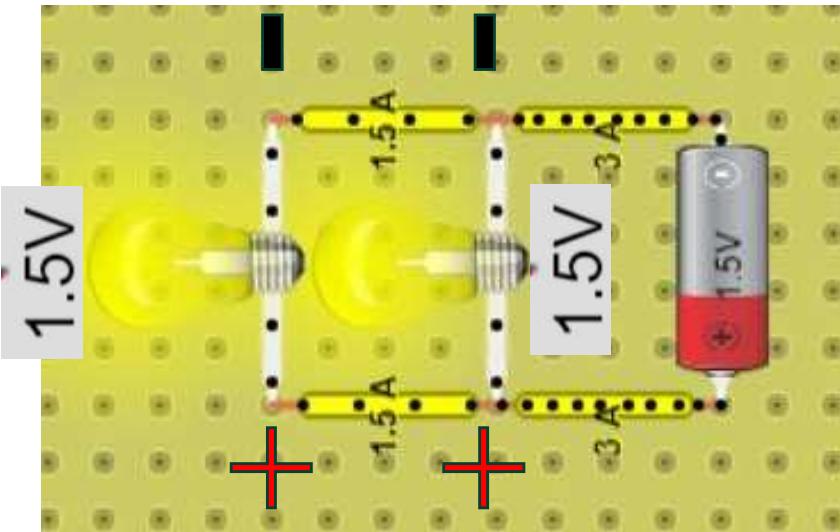
Circuitos en Serie y Paralelo



Circuitos en Serie y Paralelo: Corriente



Circuitos en Serie y Paralelo: Voltage



Ley De Ohm

$$V = I \times R$$

$$I = \frac{V}{R}$$

$$R = \frac{V}{I}$$

$$R_{circuito\ series} = \frac{V}{I} = \frac{1.5\ V}{0.75\ A} = 2\ \Omega$$

$$R_{circuito\ paralelo} = \frac{V}{I} = \frac{1.5\ V}{3\ A} = 0.5\ \Omega$$

Sumar Resistencias en Series y Paralelo

$$R_{circuito\ series} = \frac{V}{I} = \frac{1.5\ V}{0.75\ A} = 2\ \Omega$$

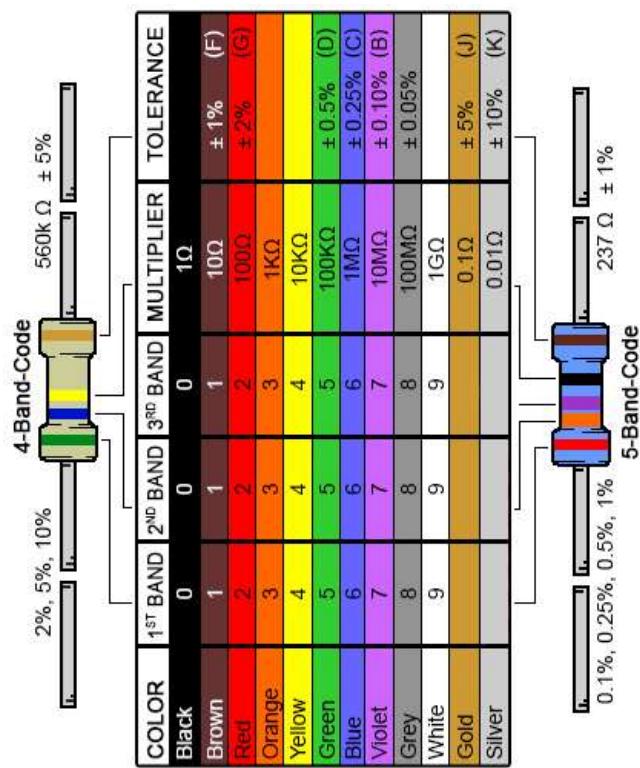
$$R_{Total} = R_1 + R_2, \text{ si } R_1 = R_2 \text{ entonces ; } R_1 = R_2 = 1\ \Omega$$

$$R_{circuito\ paralelo} = \frac{V}{I} = \frac{1.5\ V}{3\ A} = 0.5\ \Omega$$

$$\frac{1}{R_{Total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}, \text{ si } R_1 = R_2 \text{ entonces } \frac{1}{0.5\ \Omega} = \frac{2}{R_1}; R_1 = R_2 = 1\ \Omega$$

Como leer Resistencias

- Herramientas online permiten calcular los valores de resistencias:
<https://www.digikey.com/es/resources/conversion-calculators/conversion-calculator-resistor-color-code>.

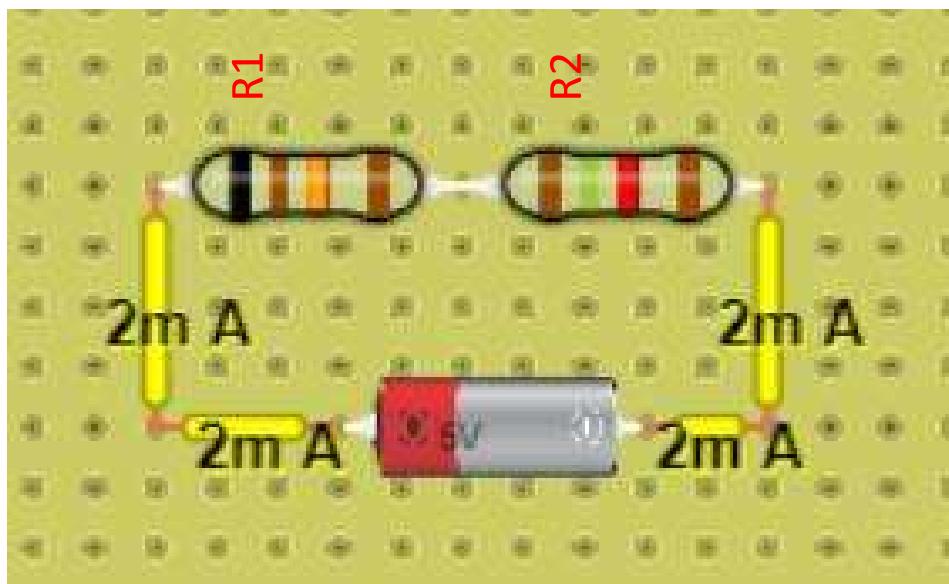


The diagram illustrates two resistor color codes. On the left, a 4-band resistor is shown with bands colored brown, red, black, and gold. It is labeled "2%, 5%, 10%" and "560k Ω ± 5%". On the right, a 5-band resistor is shown with bands colored blue, orange, red, blue, and gold. It is labeled "0.1%, 0.25%, 0.5%, 1%" and "237 Ω ± 1%". Both resistors have their top bands aligned with the first column of the table below.

COLOR	1 ST BAND	2 ND BAND	3 RD BAND	MULTIPLIER	TOLERANCE
Black	0	0	0	1Ω	
Brown	1	1	1	10Ω	± 1% (F)
Red	2	2	2	100Ω	± 2% (G)
Orange	3	3	3	1KΩ	
Yellow	4	4	4	10KΩ	
Green	5	5	5	100KΩ	± 0.5% (D)
Blue	6	6	6	1MΩ	± 0.25% (C)
Violet	7	7	7	10MΩ	± 0.10% (B)
Grey	8	8	8	100MΩ	± 0.05%
White	9	9	9	1GΩ	
Gold				0.1Ω	± 5% (J)
Silver				0.01Ω	± 10% (K)

Division de Voltage

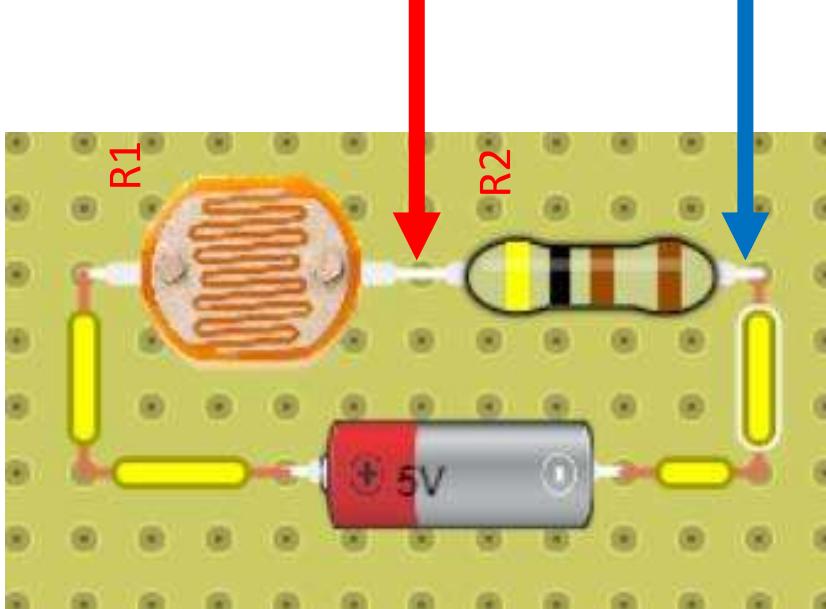
$$V_1 = \frac{R_1 \times V_{Total}}{R_1 + R_2} = \frac{1000\Omega \times 5V}{1000\Omega + 1500\Omega} =$$
$$V_2 = \frac{R_2 \times V_{Total}}{R_1 + R_2} = \frac{1500\Omega \times 5V}{1000\Omega + 1500\Omega} =$$



Como leer señales de voltaje

$$V_2 \text{ con emision de luz} = \frac{R_2 \times V_{Total}}{R_1 + R_2} = \frac{400\Omega \times 5 \text{ V}}{400\Omega + 400\Omega}$$

$$V_2 \text{ sin emision de luz} = \frac{R_2 \times V_{Total}}{R_1 + R_2} = \frac{400\Omega \times 5}{1M\Omega + 400\Omega} = 0.0004 \text{ V}$$

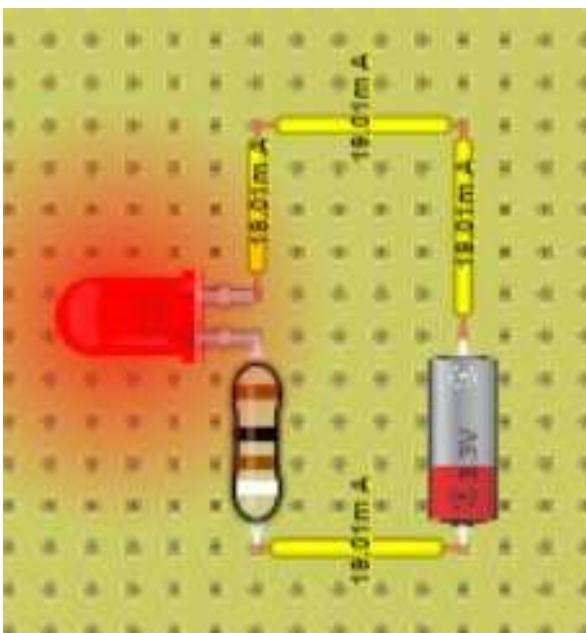


Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Cell resistance	1000 lux	-	400	-	Ω
	10 lux	-	9	-	k Ω
Dark resistance	-	-	1.0	-	M Ω
Dark capacitance	-	-	-	3.5	pF
Rise time 1	1000 lux	-	-	2.8	ms
	10 lux	-	-	18	ms
Fall time 2	1000 lux	-	-	48	ms
	10 lux	-	-	120	ms

1. Dark to 110% R_L

2. To 10 $\times R_L$
 R_L = photocell resistance under given illumination.

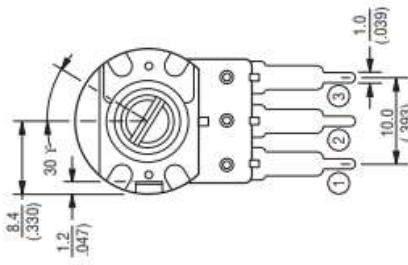
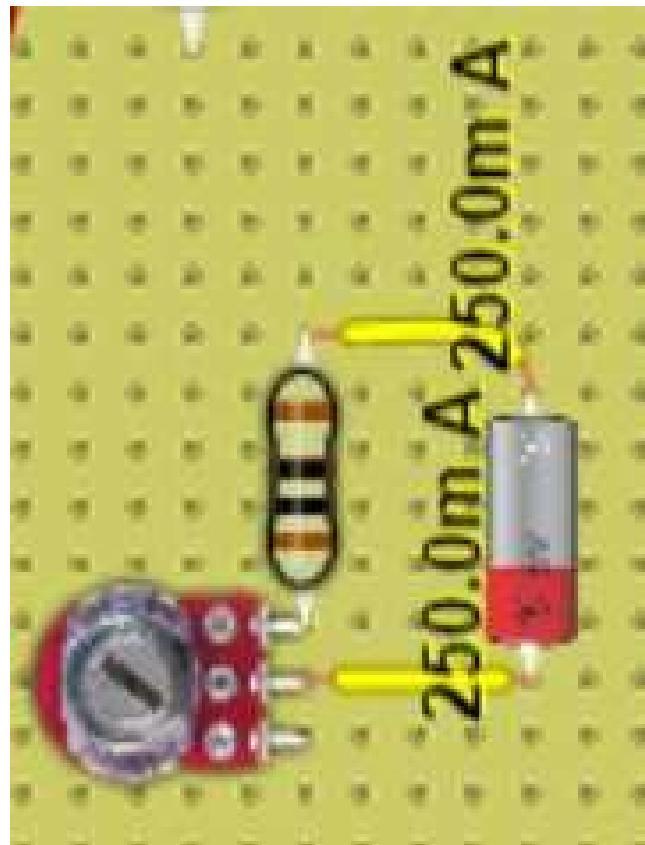
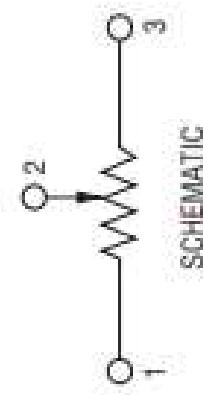
Como encender un LED



$$R = \frac{V_{total} - V_F}{I_F} = \frac{3.3V - 1.5V}{20\text{ mA}} = 90\Omega$$

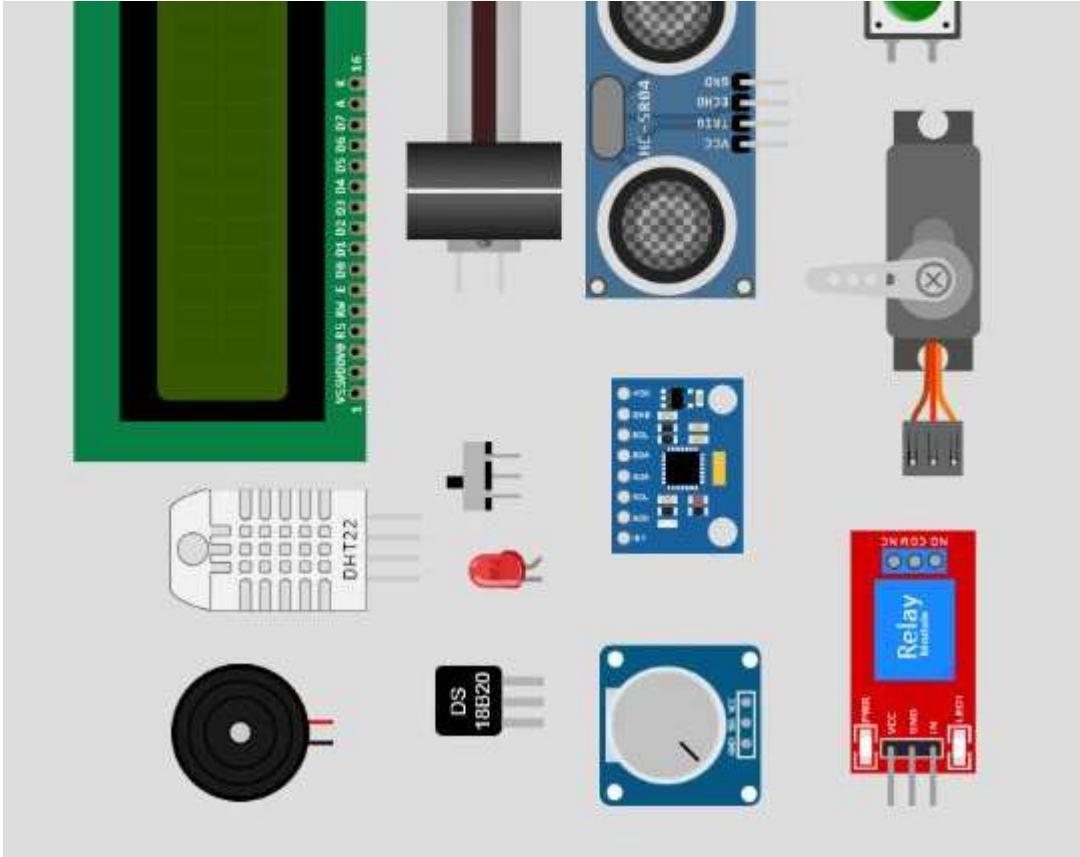
Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Luminous Intensity	I_V	$I_F = 20\text{ mA}$	0.9	3.0	-	n
Peak Wavelength	λ_p	$I_F = 20\text{ mA}$	-	-	660	r
Spectral Line Half Width	$\Delta\lambda$	$I_F = 20\text{ mA}$	-	20	-	r
Forward Voltage	V_F	$I_F = 20\text{ mA}$	-	1.65	2.0	
Reverse Current	I_n	$V_R = 5.0V$	-	-	100	
Reverse Voltage	λ_A	$I_R = 100\text{ }\mu\text{A}$	-	5.0	-	
Capacitance	C	$V = 0$	-	35	-	f
Viewing Angle	201/2	Between 50% Points	-	60	-	deg
Rise Time	t_r	10% - 90% 50Ω	-	50	-	
Fall Time	t_f	90% - 10% 50Ω	-	50	-	

Resistencia Ajustable



SHAFT SHOWN IN CCW POSITION

Otros Sensores



Sensor de Humedad: DHT22

Sensor de Temperatura: DS18B20

Resistencia Ajustable

LED

LCD Display

Motor Paso a Paso

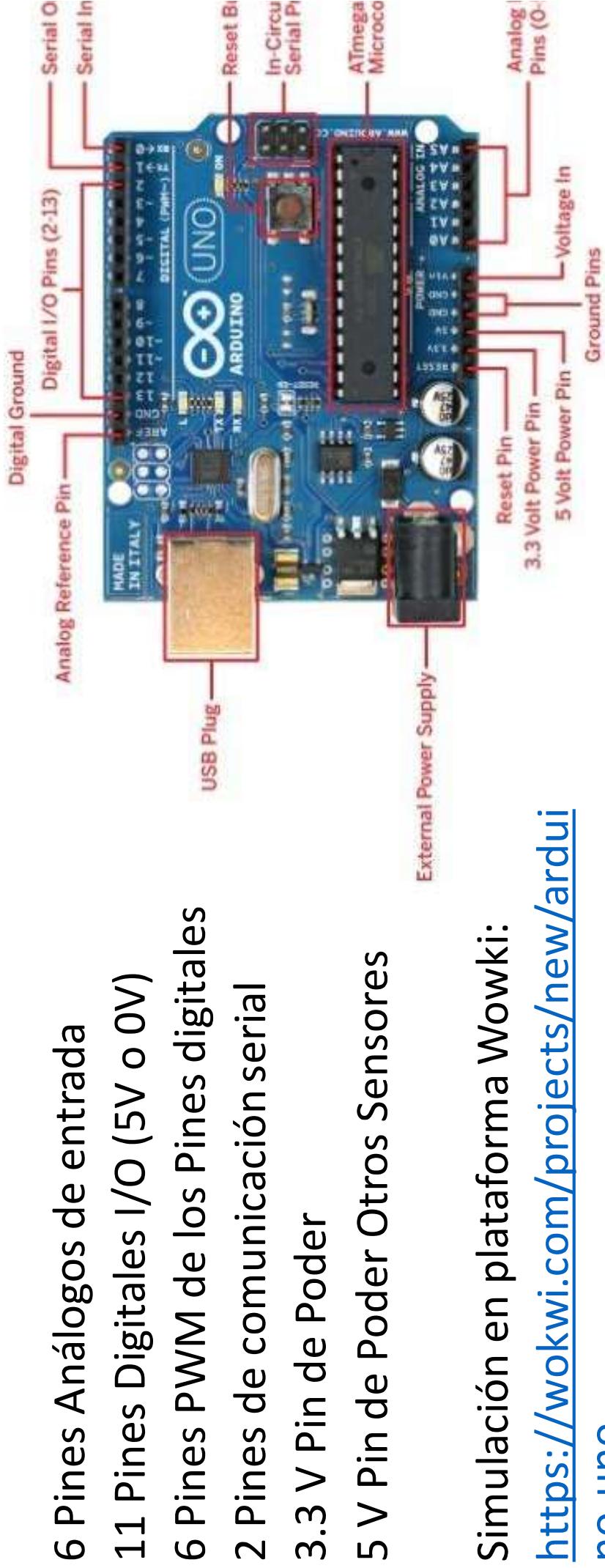
Botones

Sensor Ultrasonico de Distancia

Sensor de aceleración de 6 ejes y Gyroscopio

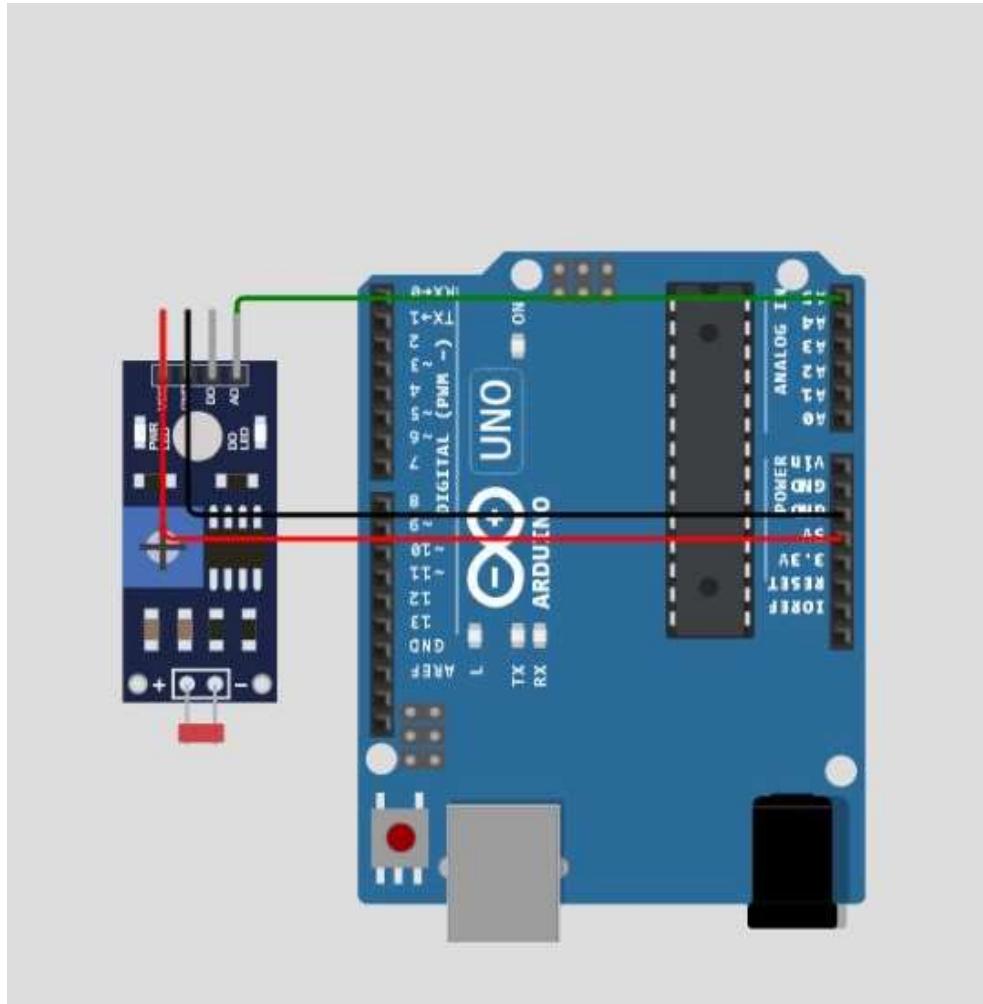
Zumbar

Microcontrolador: Arduino Uno



Simulación en plataforma Wowki:
<https://wokwi.com/projects/new/arduino-uno>

Microcontrolador: Pines Análogos (entradas)



6 Pines Análogos I/O (5V o 0V)

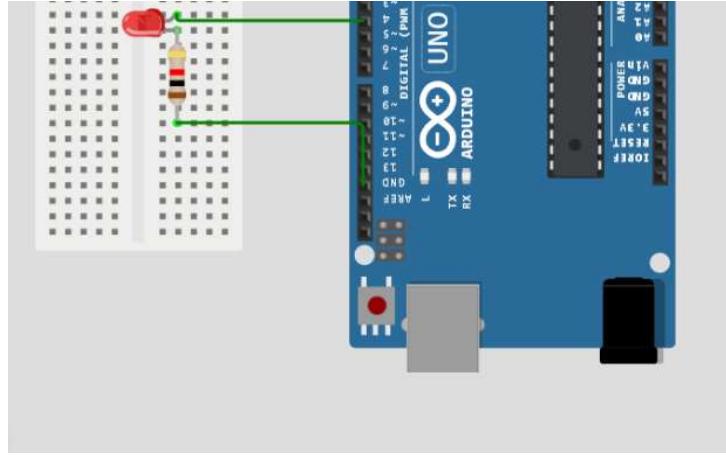
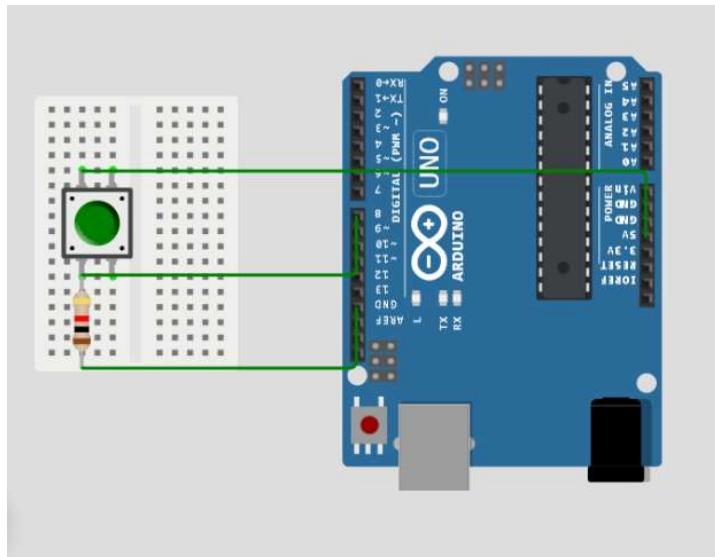
Pines de entrada o salida



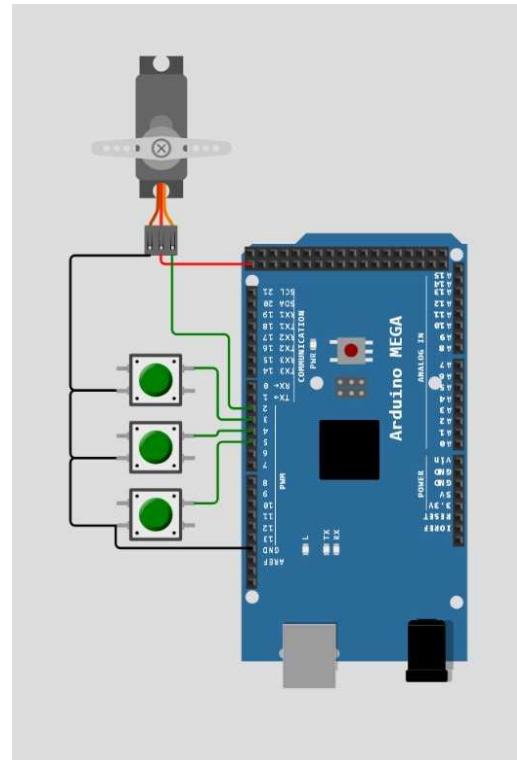
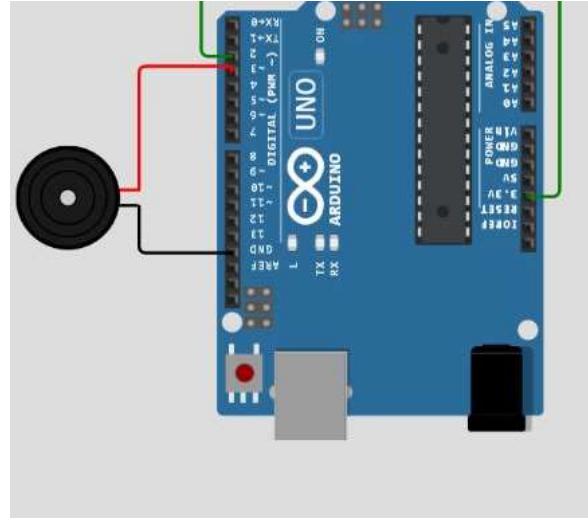
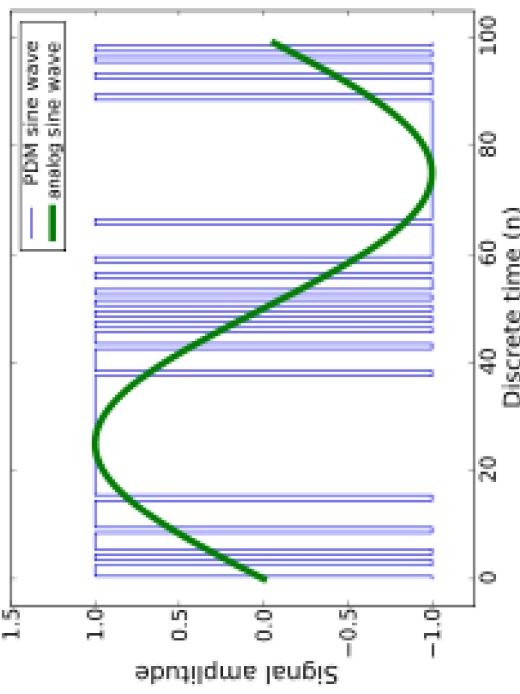
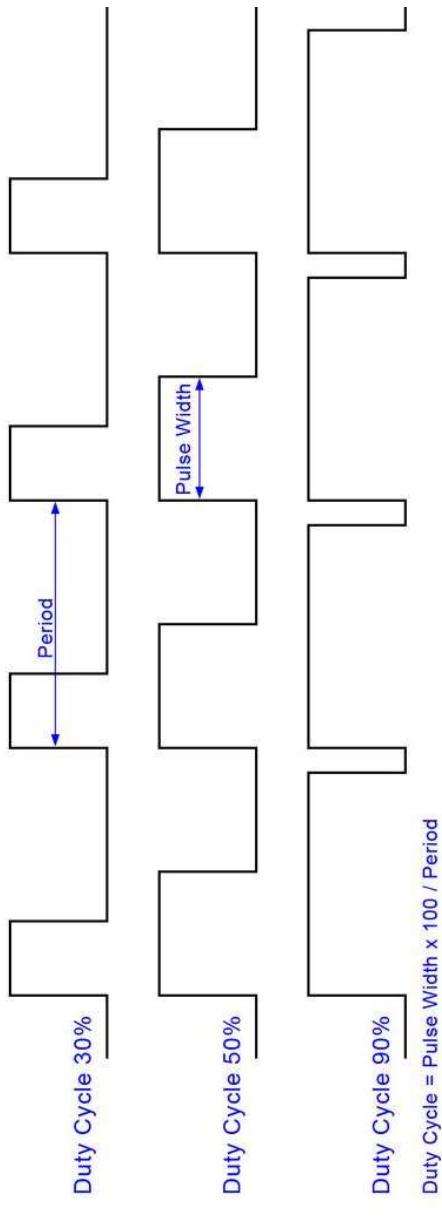
Microcontrolador: Pines Digitales

11 Pines Digitales I/O (5V o 0V)

Pines de entrada o salida



Microcontrolador: Pines PWM (salida)



6 Pines PWM de los Pines digitales

