

# Sistemas Empotrados y de Tiempo Real

## Arduino

---

Grado en Ingeniería de Robótica Software

Teoría de la Señal y las Comunicaciones y  
Sistemas Telemáticos y Computación

Roberto Calvo Palomino  
[roberto.calvo@urjc.es](mailto:roberto.calvo@urjc.es)

# Arduino

- Arduino es una compañía de software y hardware libre.
- Desarrollo de placas hardware de bajo coste para construir dispositivos digitales que interaccionan con el mundo real.
- Focalizado en acercar y facilitar el uso de dispositivos electrónicos y programación en sistemas empuotrados.
- Tiene una gran comunidad de desarrolladores alrededor.
- La funcionalidad de las placas arduino pueden extenderse gracias a los 'shields' o 'hats'



# Historia

- El proyecto **Arduino** comenzó en 2005, como un proyecto enfocado a estudiantes (Instituto IVREA Italia).
- El objetivo del proyecto era reducir costes de las placas usadas en asignaturas para crear proyectos digitales.
- Ya existía un proyecto denominado **Wiring**, que permitía a través de un IDE programar de una manera sencilla una placa basada en ATmega168.
- Massimo Banzi, David Cuartielles y David Mellis, dieron soporte a Wiring para el micro ATmega8 (mucho más barato).
- Crearon el proyecto Arduino, que tiene su origen en el bar donde se reunían "Bar di Re Arduino"
- En el año 2017, Massimo Banzi anunció la creación de la «Fundación Arduino»

# Software/Hardware Libre

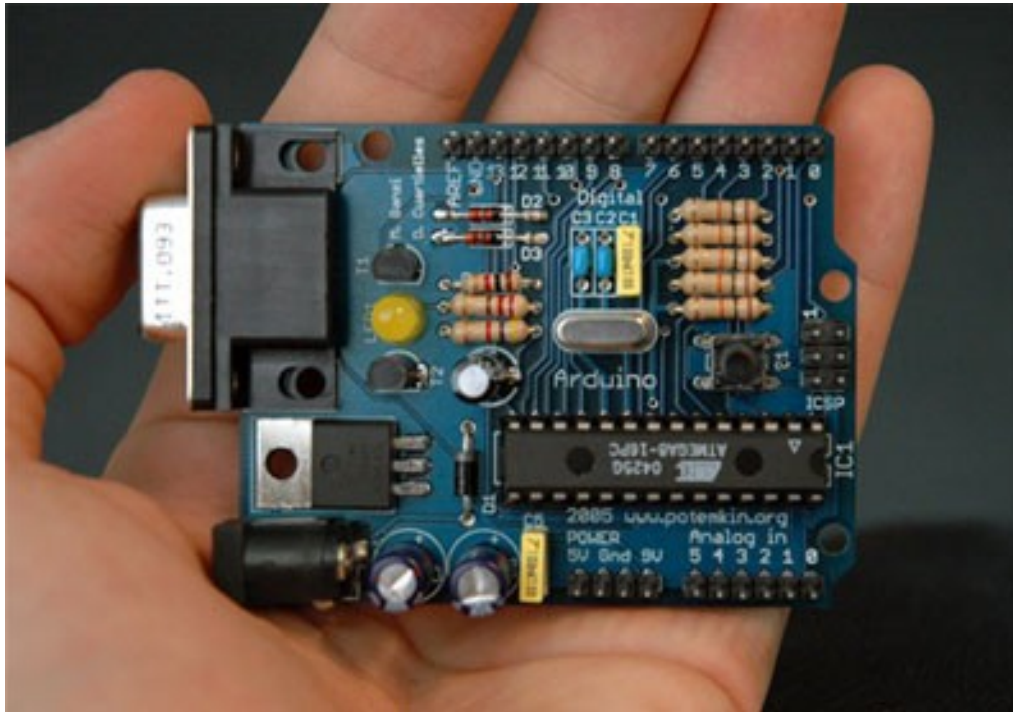
- Los diseños de referencia de hardware se distribuyen bajo licencia Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 y están disponibles en el sitio web de Arduino

¿Implicaciones de software/hardware libre?

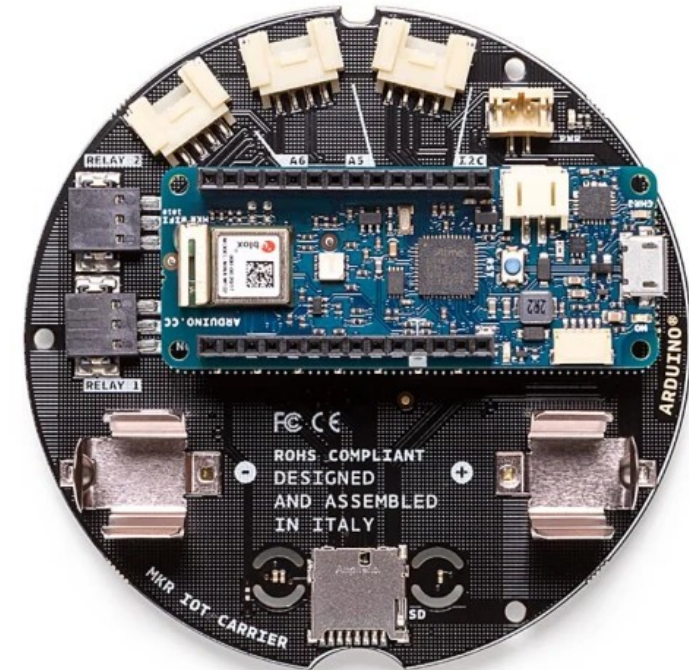
# Evolución

**2006**, primer arduino liberado.  
Conexión serie.

No SMD (Surface Mounting Device)



**2020**, Oplà IoT Kit.  
Conectividad WiFi.

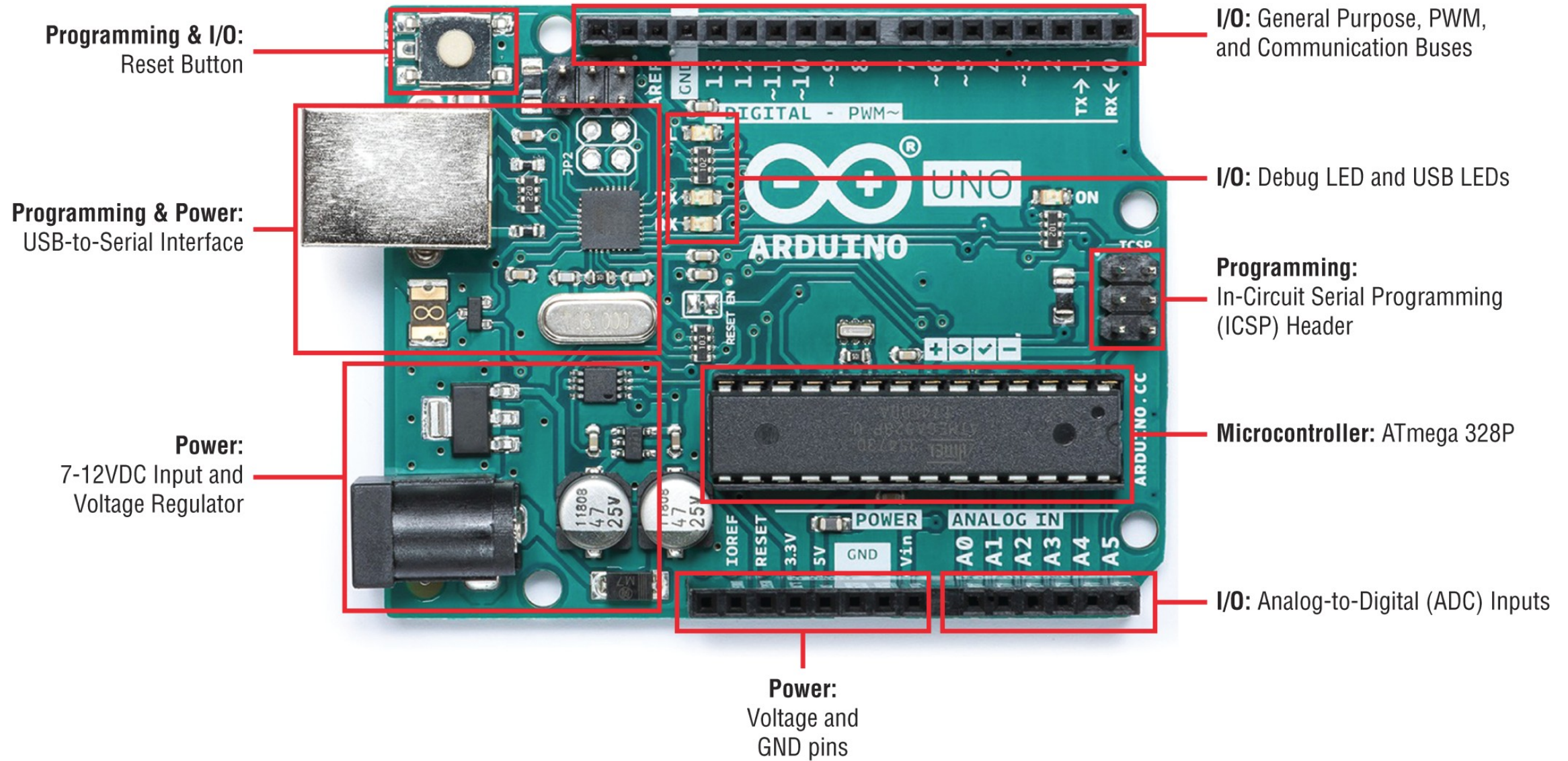


# Características

- Circuitos/placas de bajo coste.
- La mayoría de las placas Arduino se basan en un microcontrolador **AVR Atmel-8 bits** (ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280, ATmega2560),
- Cada microcontrolador consta de diversas cantidades de memoria flash, pines y funciones.
- Las placas arduino además incorporan otros componentes para facilitar el uso y programación (conexión usb, regulador de voltaje, pines analógicos y digitales, etc).



# Características



# Placas Arduino

ARM  
Bajo coste  
WiFi



**ARDUINO NANO**

ATmega2560  
54 pines digitales



**ARDUINO MEGA**



**ARDUINO LEONARDO**

ATmega32u4  
Soporte USB

ATmega328P  
Modelo de referencia



**ARDUINO UNO**



**ARDUINO YUN**

Linux  
USB  
Ethernet

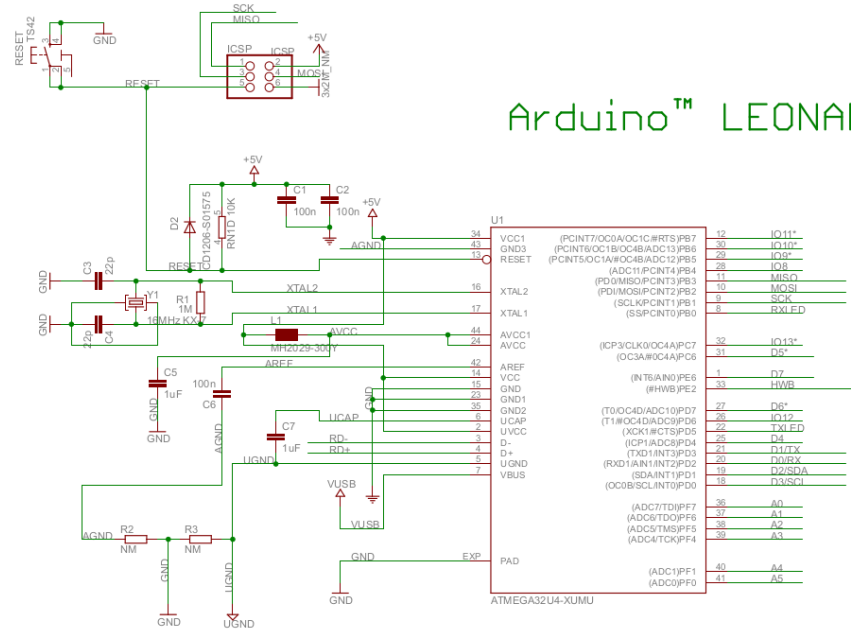


# Arduino Leonardo

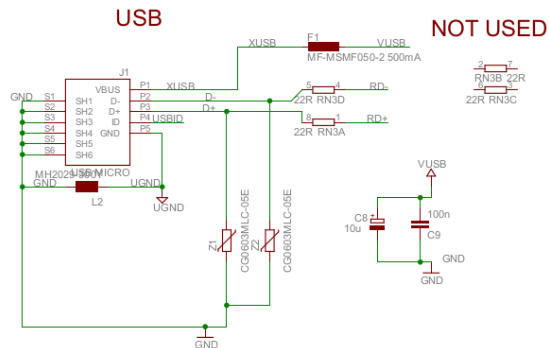
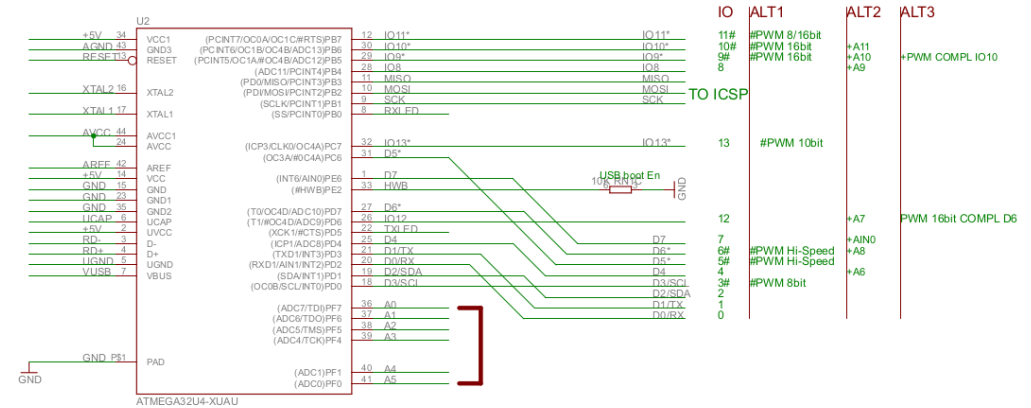
- Los beneficios del hardware libre es que toda la documentación está disponible, pudieron replicar y clonar cualquier placa arduino.
- Datasheet del microcontrolador Atmel ATmega de Arduino Leonardo
  - <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/atmega32u4>
- EAGLE files con esquemas para los makers.
  - [https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/arduino-leonardo-reference-design\\_3b.zip](https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/arduino-leonardo-reference-design_3b.zip)
- Esquemas electrónicos de la placa Arduino UNO.
  - [https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/arduino-leonardo-schematic\\_3b.pdf](https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/arduino-leonardo-schematic_3b.pdf)

# Arduino Leonardo

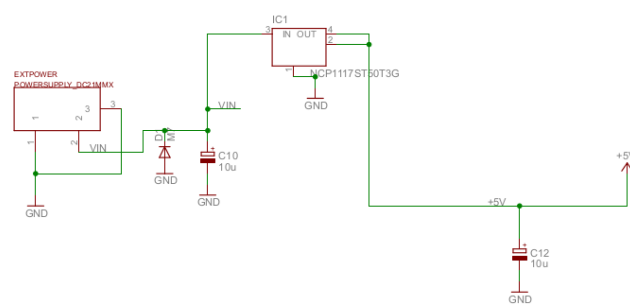
Arduino™ LEONARDO



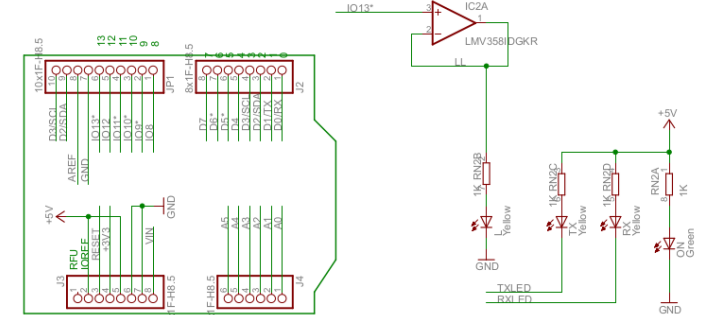
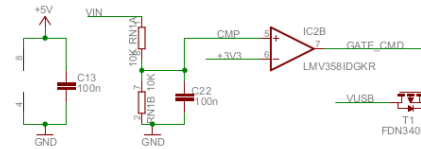
○ ○ ○



NOT USED

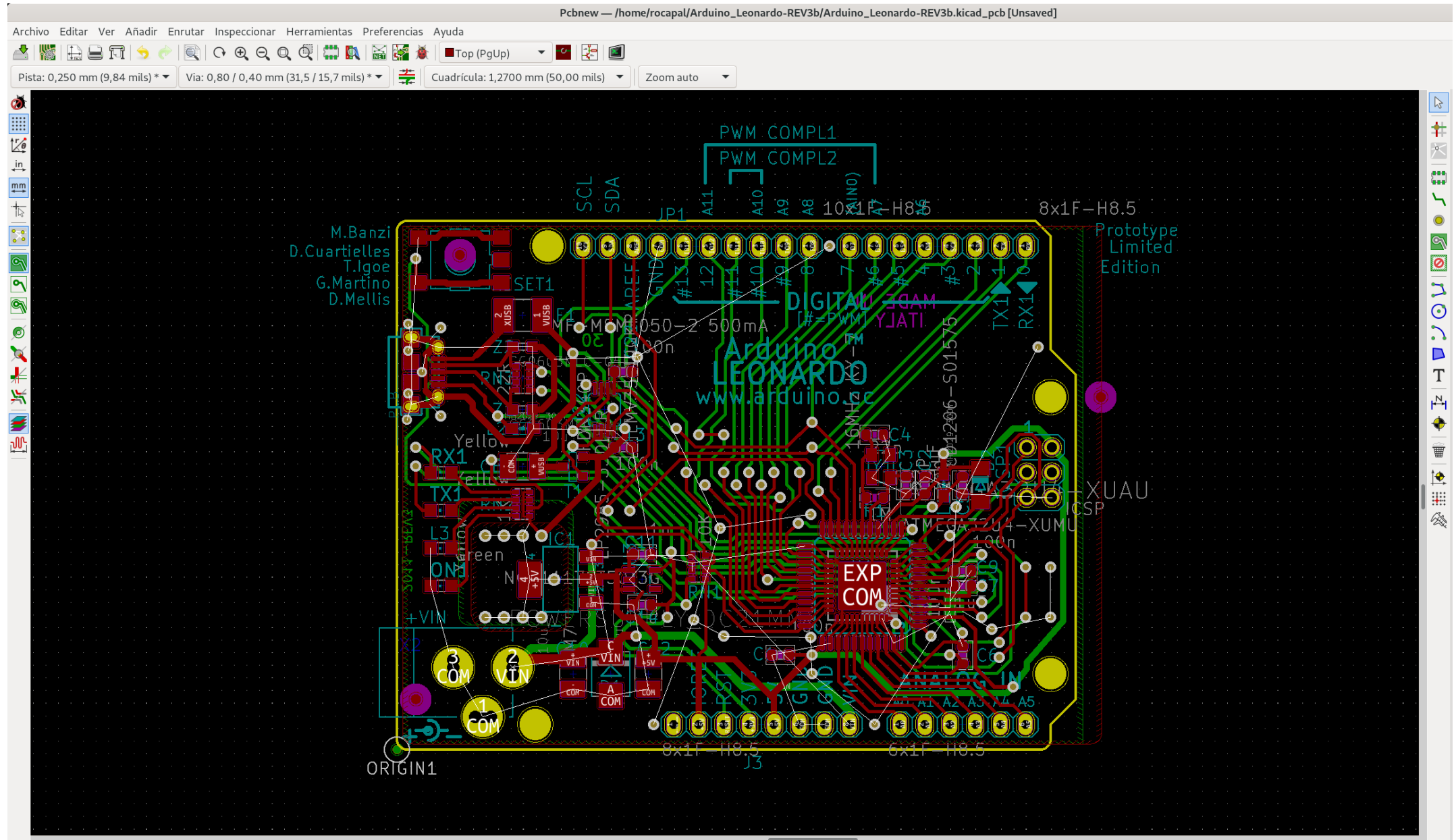


+5V AUTO SELECTOR



ORIGIN

# Arduino Leonardo

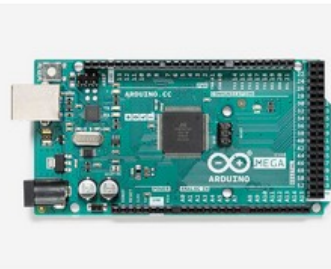


# Ecosistema Arduino

- Familia Clásica



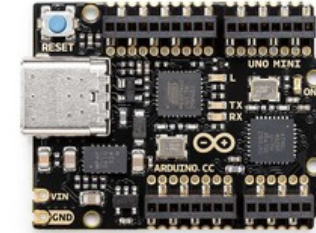
Arduino UNO R3



Arduino Mega  
2560 Rev3



Arduino  
Leonardo



Arduino UNO  
Mini Limited  
Edition



Arduino Due



Arduino Micro



Arduino Zero



Arduino UNO  
WiFi Rev2

# Ecosistema Arduino

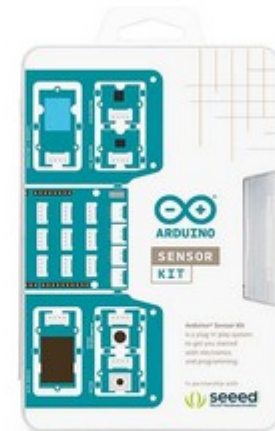
## Kits



Arduino Starter Kit



Arduino Oplà IoT Kit



Arduino Sensor Kit



# Ecosistema Arduino

## Familia Nano

- Compactos
- Bluetooth
- Wifi
- Sensores
- MicroPython
- ML



Arduino Nano 33 IoT



Arduino Nano RP2040  
Connect



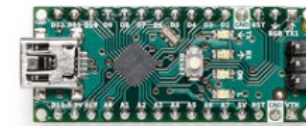
Arduino Nano 33 BLE  
Sense



Arduino Nano  
33 BLE



Arduino Nano  
Every



Arduino Nano



Arduino Nano  
Motor Carrier

- <https://create.arduino.cc/projecthub/projects/tags/tinym1>

# Ecosistema Arduino

## Familia MKR

- WiFi
- Bluetooth
- LoRa
- Sigfox
- NB-IoT
- ARM Cortex-M0 32-bit
  - SAMD21

		
Arduino MKR 1000 WiFi	Arduino MKR WiFi 1010	Arduino MKR FOX 1200
		
Arduino MKR WAN 1300	Arduino MKR WAN 1310	Arduino MKR GSM 1400
		
Arduino MKR NB 1500	Arduino MKR Vidor 4000	Arduino MKR Zero

<https://microchipdeveloper.com/32arm:samd21-mcu-overview>

# Ecosistema Arduino

- Un **shield** es una placa de circuito impreso que se coloca sobre la placa Arduino para extender su funcionalidad.
- Se conecta a ella mediante el acoplamiento de sus pines sin necesidad de alguna otra conexión externa.
- No tienen funcionamiento autónomo.
- Mismo concepto aplicado en RaspberryPi (hats)





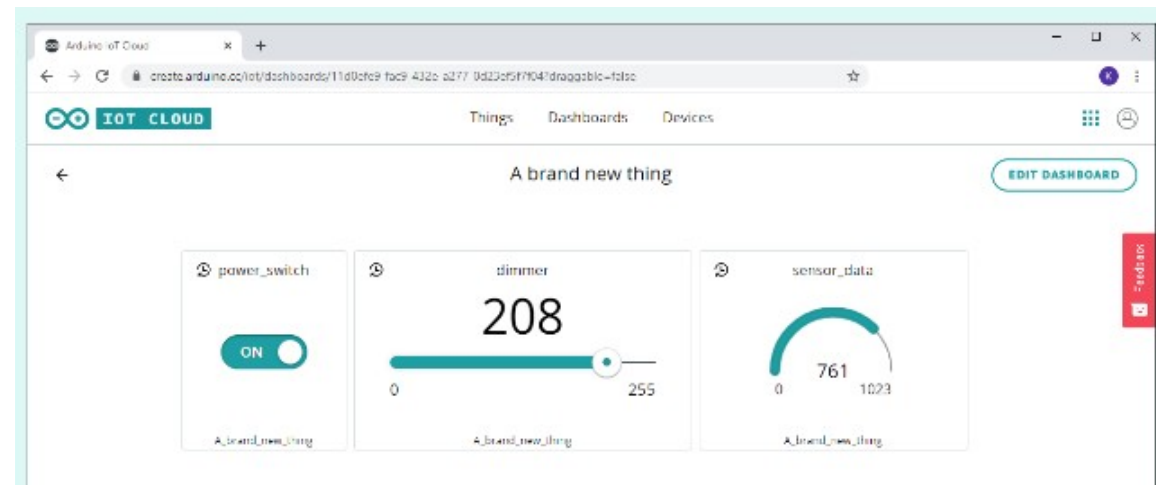
# Arduino Oplà IoT Kit

- Arduino irrumpe con fuerza en IoT (Septiembre 2020)



# Arduino Oplà IoT Kit

- Incorpora el material necesario para montar 8 proyectos IoT sin necesidad de soldar.
  - Control remoto de luces, estación meteorológica personal, alarma de seguridad, jardín inteligente, control termostato, etc.
- Incorpora sensores de temperatura, presión, movimiento, leds, botones táctiles y conectividad WIFI
- Interactúa con Arduino IoT Cloud.

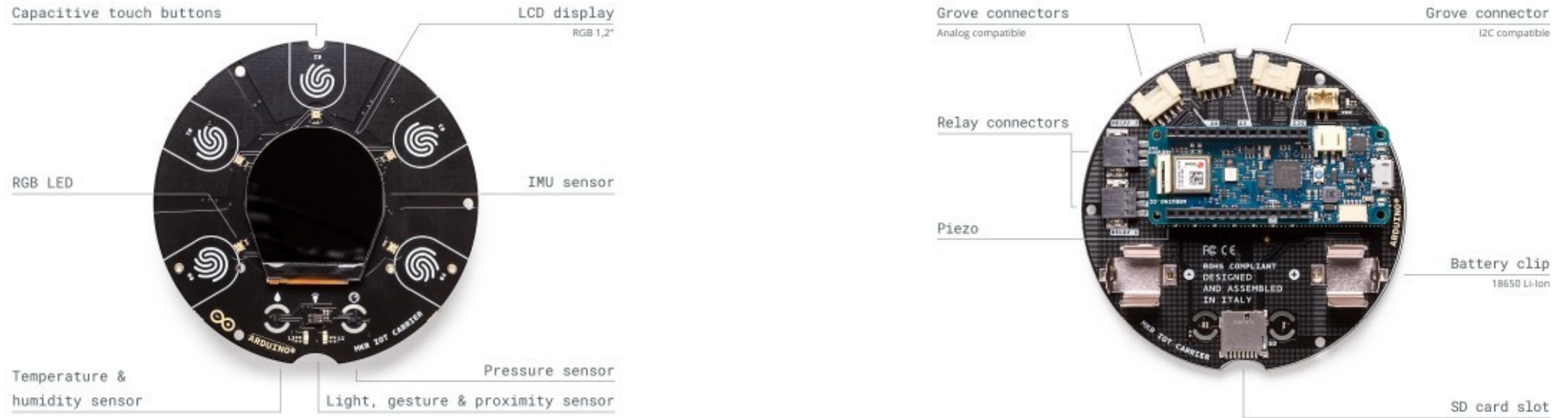




# Arduino Oplà IoT Kit

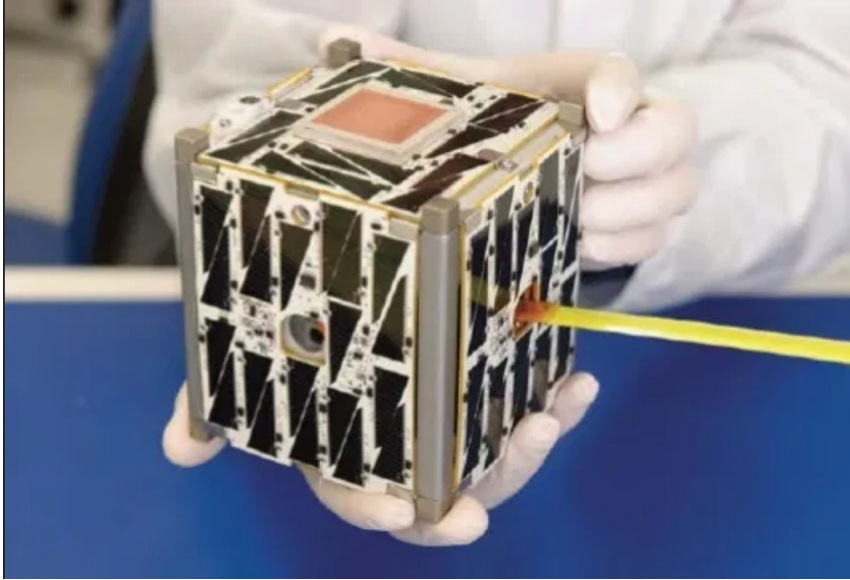


# Arduino Oplà IoT Kit

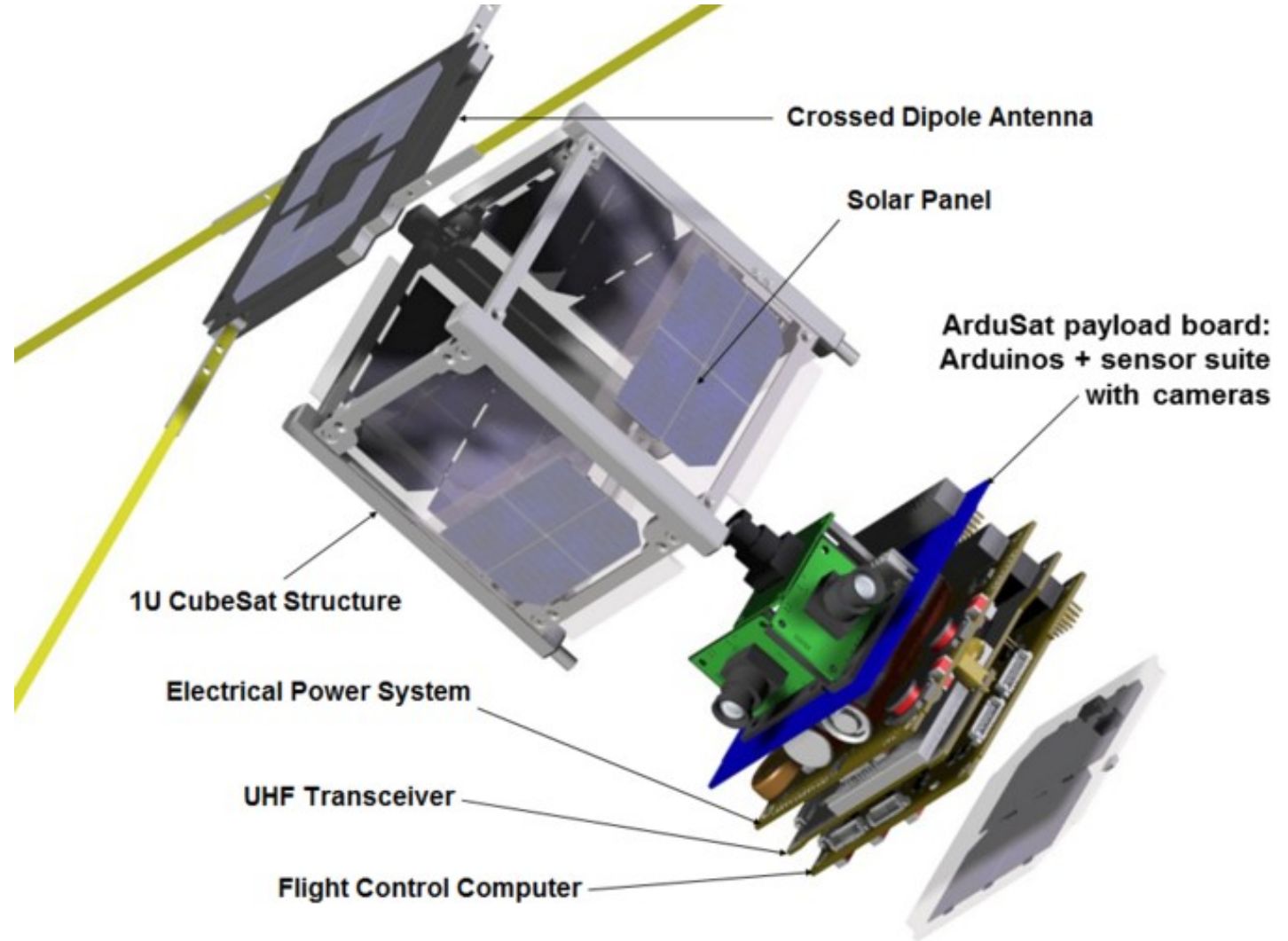


# ArduSat

- **ArduSat** es un satélite en miniatura con software de código abierto, desarrollado por la empresa Arduino , basado en el CubeSat estándar.
- ArduSat es el primer satélite de código abierto que proporciona acceso al público en general al espacio.
- 16 nodos procesadores, ATmega328P, y 1 nodo máster: ATmega2561
- La idea era proporcionar una plataforma experimental para estudiantes interesados en diseñar sus propios experimentos.
- Contiene magnetómetro, giroscopio, acelerómetro, sensor temperatura infrarrojo, sensores luminosidad, contadores geiger, espectrómetro óptico, cámara.
- 2 satélites idénticos ArduSat-1 y ArduSat-X, fueron lanzados el 2 de agosto de 2013, reentrando de nuevo en la atmósfera en Abril 2014.



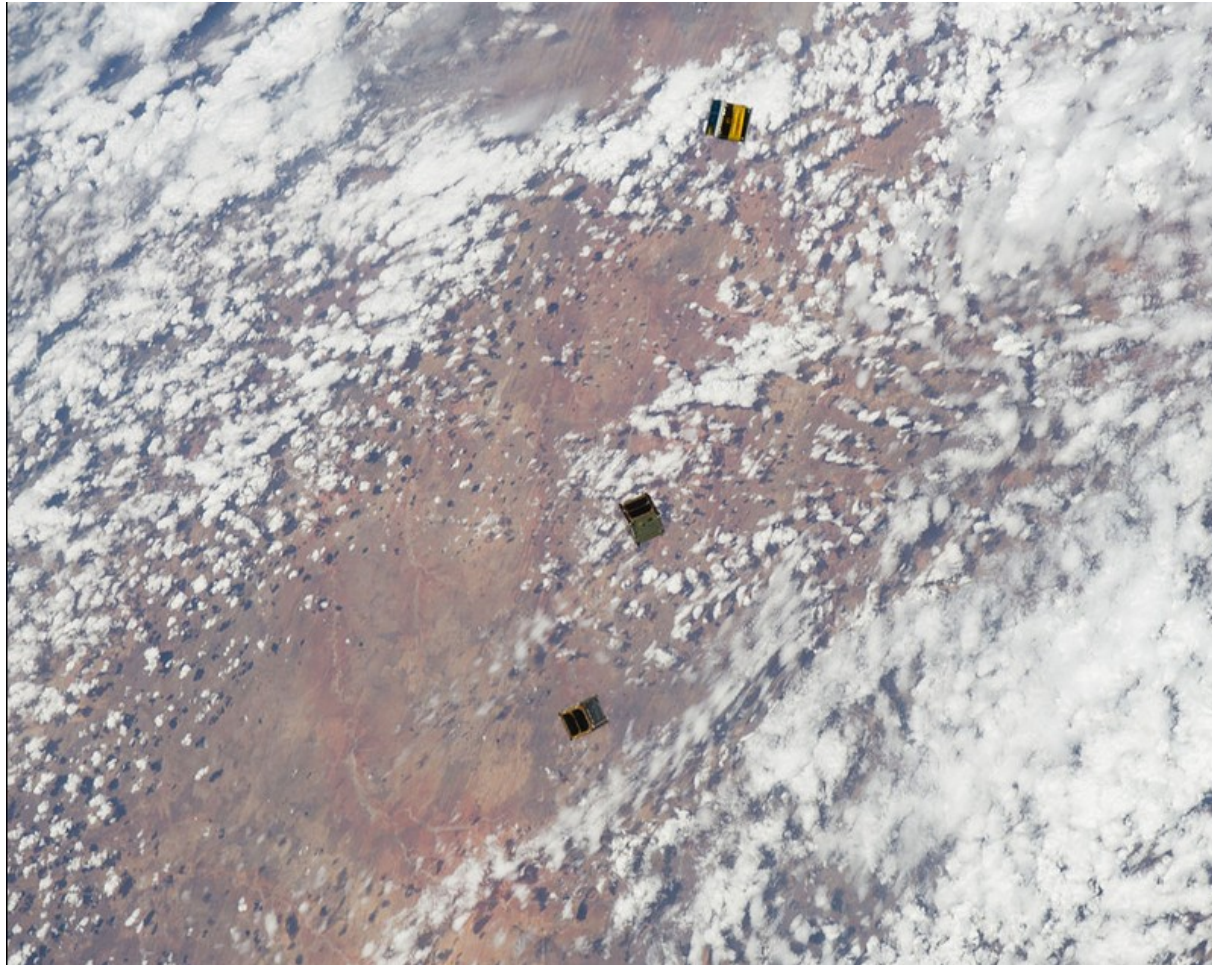
# ArduSat





# ArduSat

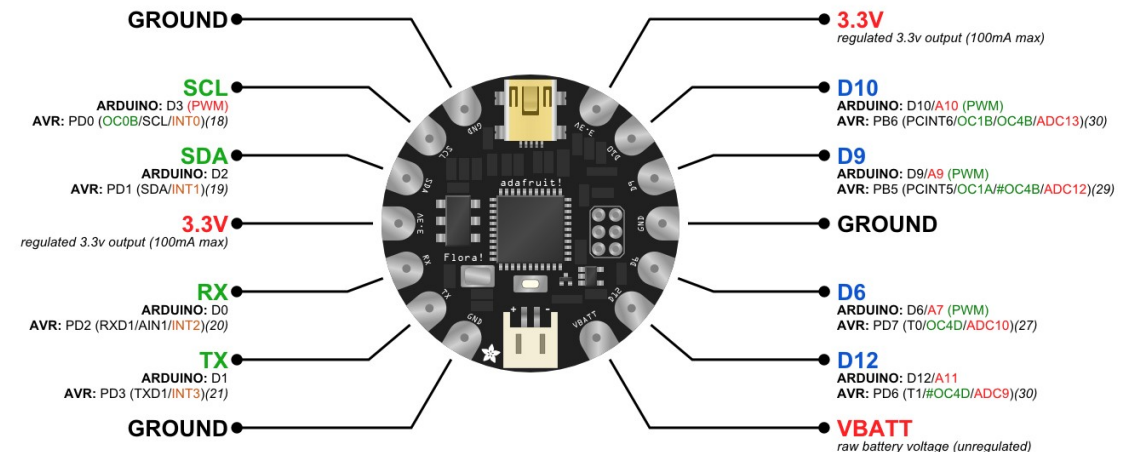
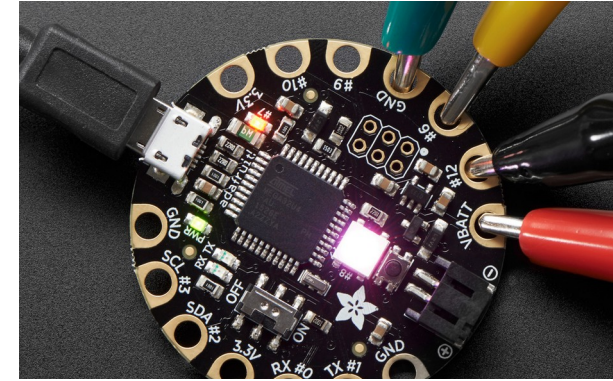
- ArduSat-1, ArduSat-X y Pico Dragon fotografiados desde la estación espacial después de su lanzamiento el 19/11/2013.





# FLORA

- Plataforma electrónica para “wearables” basados y compatibles con Arduino
- Pensado para el mundo textil
- Desarrollado por Adafruit



FLORA Wearable Electronics Platform  
[adafruit.com/products/659](https://adafruit.com/products/659)

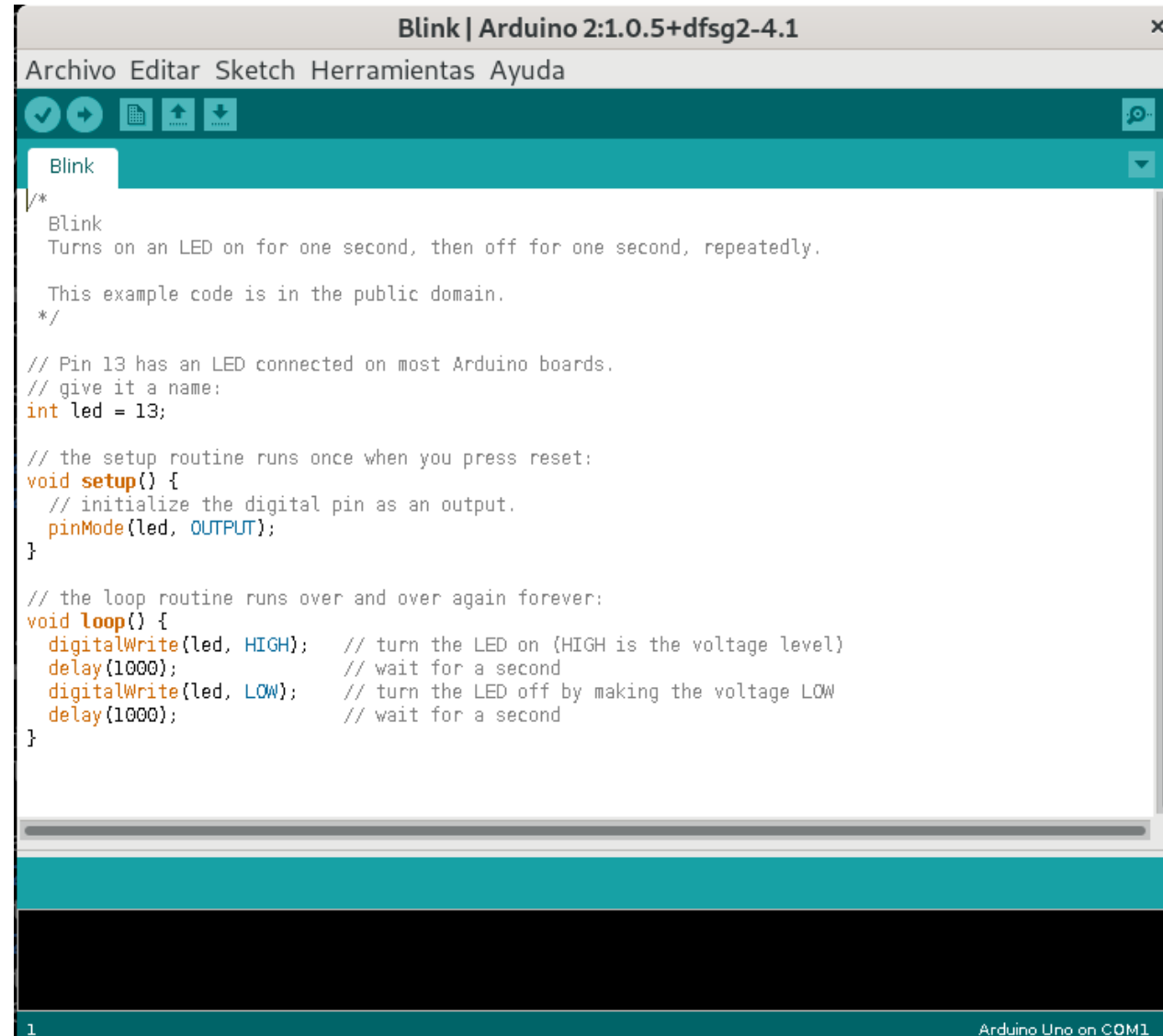
drawing 2012 by J. M. DeCristofaro -- CC-BY-SA 3.0

# Desarrollo en Arduino

# Desarrollo en Arduino

- Para desarrollar en **Arduino** utilizaremos el IDE arduino que a simple vista puede parecer un tipo de C/C++
- Arduino es la conjunción de Processing y Wiring
  - **Processing:** Es un lenguaje de programación y entorno de desarrollo basado en Java, de código abierto y bajo una licencia GNU GPL. Pensado para no programadores, para diseñadores audiovisuales que quieran crear proyectos multimedia
  - **Wiring:** Plataforma de prototipado electrónico enfocada a diseñadores y artistas.
- Los programas escritos con el IDE de Arduino Software, se denominan **sketches** y tienen extensión .ino

# Arduino Software IDE



The screenshot shows the Arduino IDE interface with the 'Blink' sketch loaded. The title bar reads 'Blink | Arduino 2:1.0.5+dfsg2-4.1'. The menu bar includes 'Archivo', 'Editar', 'Sketch', 'Herramientas', and 'Ayuda'. The toolbar contains icons for opening, saving, and running. The sketch name 'Blink' is shown in a dropdown menu. The code editor displays the following C++ code:

```
/*
  Blink
  Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.

  This example code is in the public domain.
  */

// Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards.
// give it a name:
int led = 13;

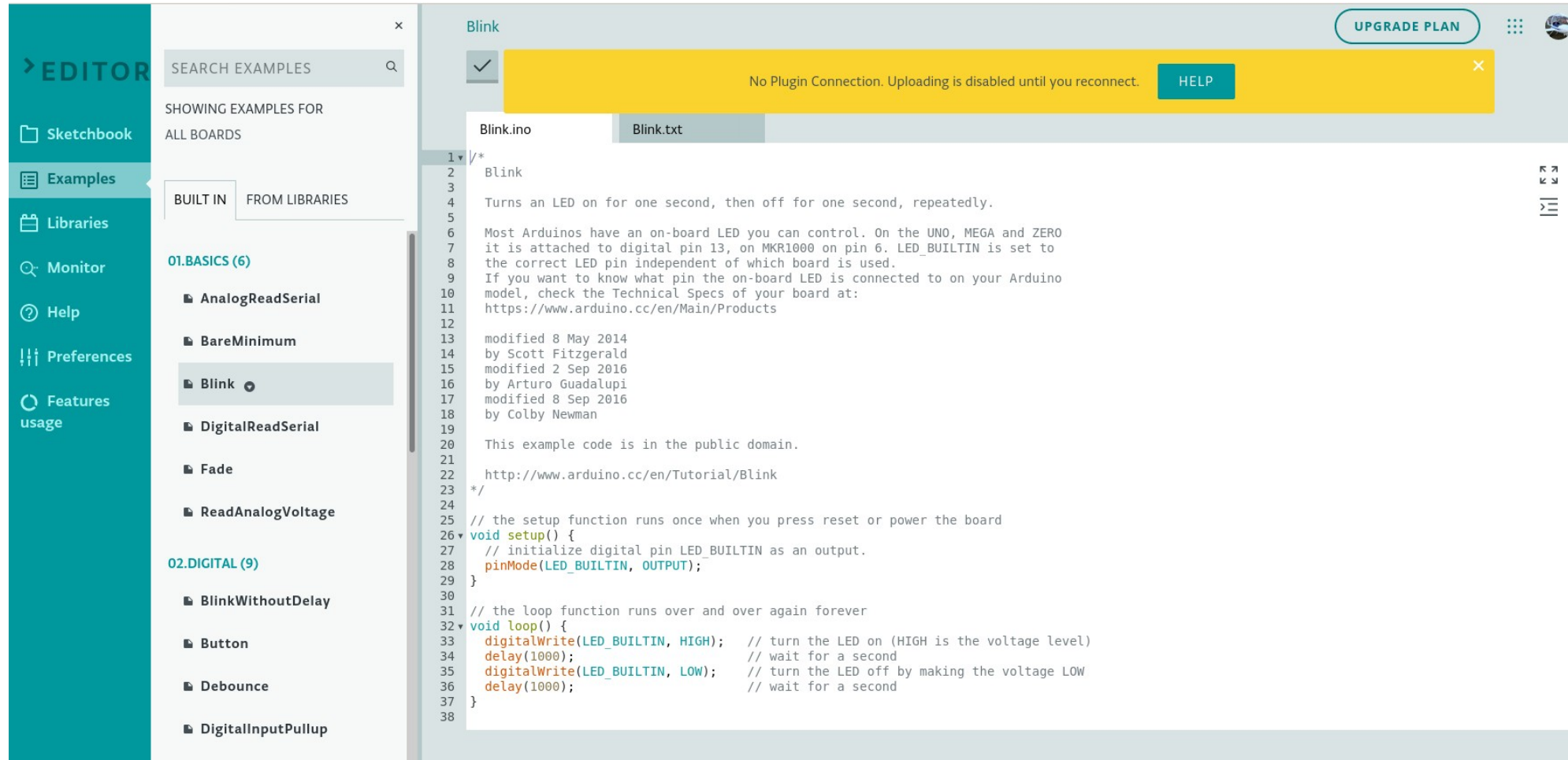
// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);             // wait for a second
  digitalWrite(led, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);             // wait for a second
}
```

The status bar at the bottom shows '1' on the left and 'Arduino Uno on COM1' on the right.

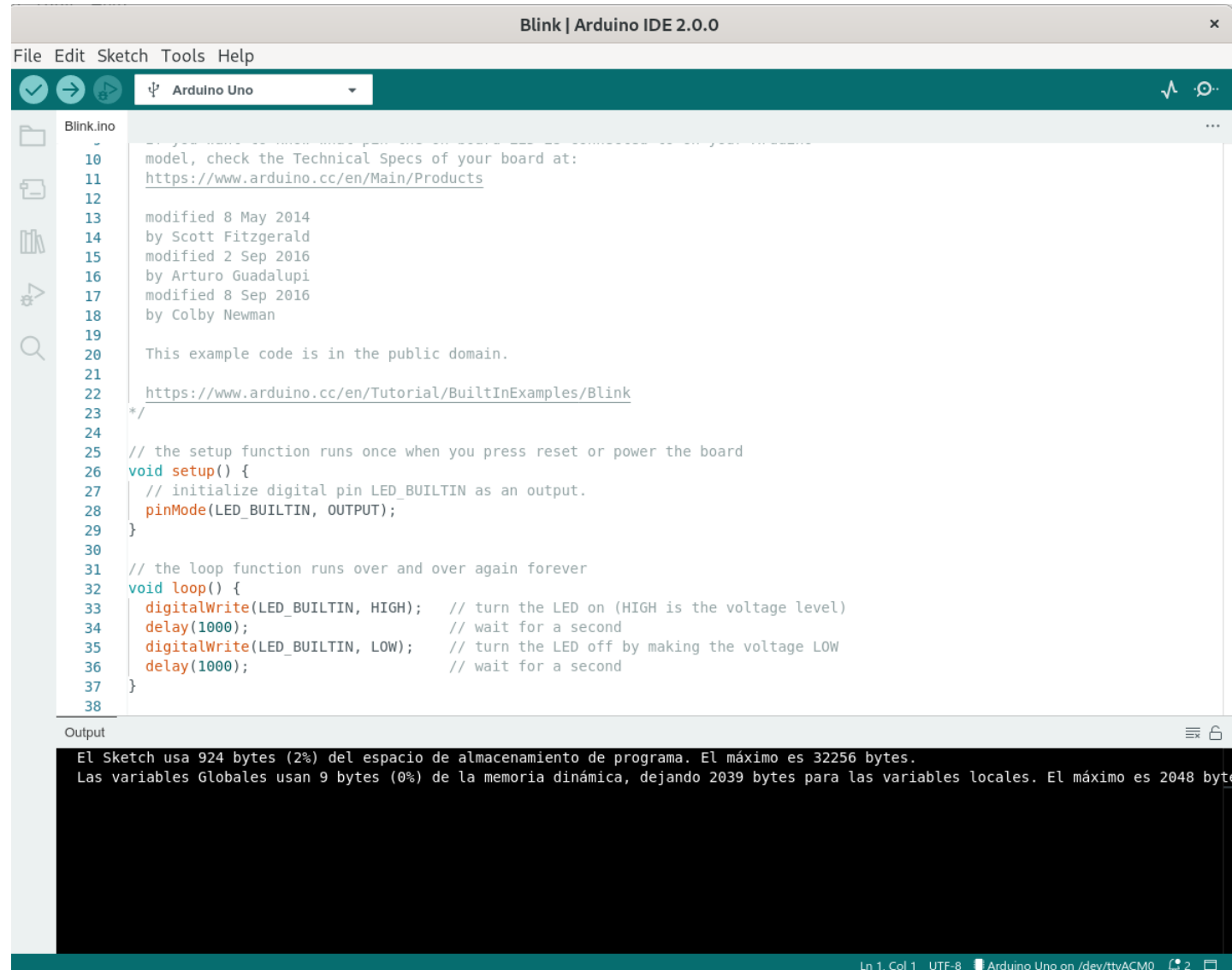
# Otros IDEs

- Arduino Create: <https://create.arduino.cc/>





# Arduino IDE 2.0.0



The screenshot displays the Arduino IDE 2.0.0 window. The title bar reads "Blink | Arduino IDE 2.0.0". The menu bar includes "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with icons for checking, running, and uploading, along with a dropdown menu showing "Arduino Uno". The main editor area shows the "Blink.ino" file with the following code:

```
10 model, check the Technical Specs of your board at:
11 https://www.arduino.cc/en/Main/Products
12
13 modified 8 May 2014
14 by Scott Fitzgerald
15 modified 2 Sep 2016
16 by Arturo Guadalupi
17 modified 8 Sep 2016
18 by Colby Newman
19
20 This example code is in the public domain.
21
22 https://www.arduino.cc/en/Tutorial/BuiltInExamples/Blink
23 */
24
25 // the setup function runs once when you press reset or power the board
26 void setup() {
27   // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
28   pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
29 }
30
31 // the loop function runs over and over again forever
32 void loop() {
33   digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
34   delay(1000); // wait for a second
35   digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW); // turn the LED off by making the voltage LOW
36   delay(1000); // wait for a second
37 }
38
```

The Output window at the bottom shows the following text:

```
El Sketch usa 924 bytes (2%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 32256 bytes.
Las variables Globales usan 9 bytes (0%) de la memoria dinámica, dejando 2039 bytes para las variables locales. El máximo es 2048 bytes.
```

The status bar at the bottom indicates "Ln 1, Col 1 UTF-8" and "Arduino Uno on /dev/ttyACM0".

<https://www.arduino.cc/en/software>



# Esqueleto del sketch

- Todo sketch tendrá 2 funciones obligatorias:
  - **setup()**: Función que se utiliza para inicializar datos o puertos, y que se ejecuta 1 única vez al inicio del programa.
  - **loop()**: El contenido de esta función ejecuta repetidamente mientras la placa arduino siga encendida.



```
// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {

}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {

}
```

# Librerías Oficiales

- Arduino ofrece librerías oficiales de soporte:
  - ArduinoTestSuite
  - EEPROM
  - SD
  - Ethernet
  - Firmata
  - LiquidCrystal
  - Servo
  - Stepper
  - SPI
  - Wire
  - SoftwareSerial

# Ejemplo: Parpadeo de un LED

- Parpadeo intermitente de un LED conectado al pin 13.

```
25 int LED_PIN=13
26
27 // the setup function runs once when you press reset or power the board
28 void setup() {
29     // initialize digital pin LED_BUILTIN as an output.
30     pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
31 }
32
33 // the loop function runs over and over again forever
34 void loop() {
35     digitalWrite(LED_PIN, HIGH);    // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
36     delay(1000);                    // wait for a second
37     digitalWrite(LED_PIN, LOW);     // turn the LED off by making the voltage LOW
38     delay(1000);                    // wait for a second
39 }
40
```

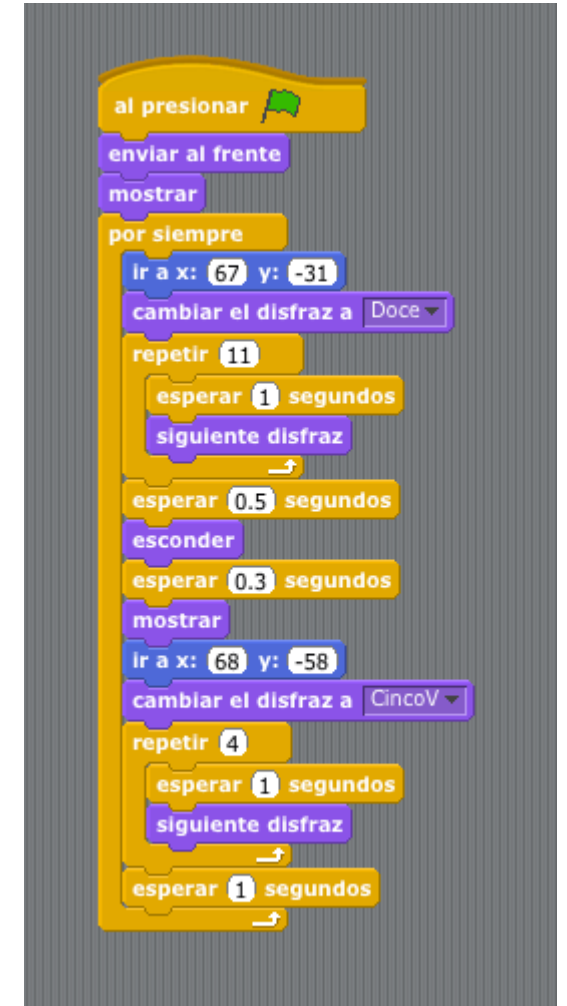
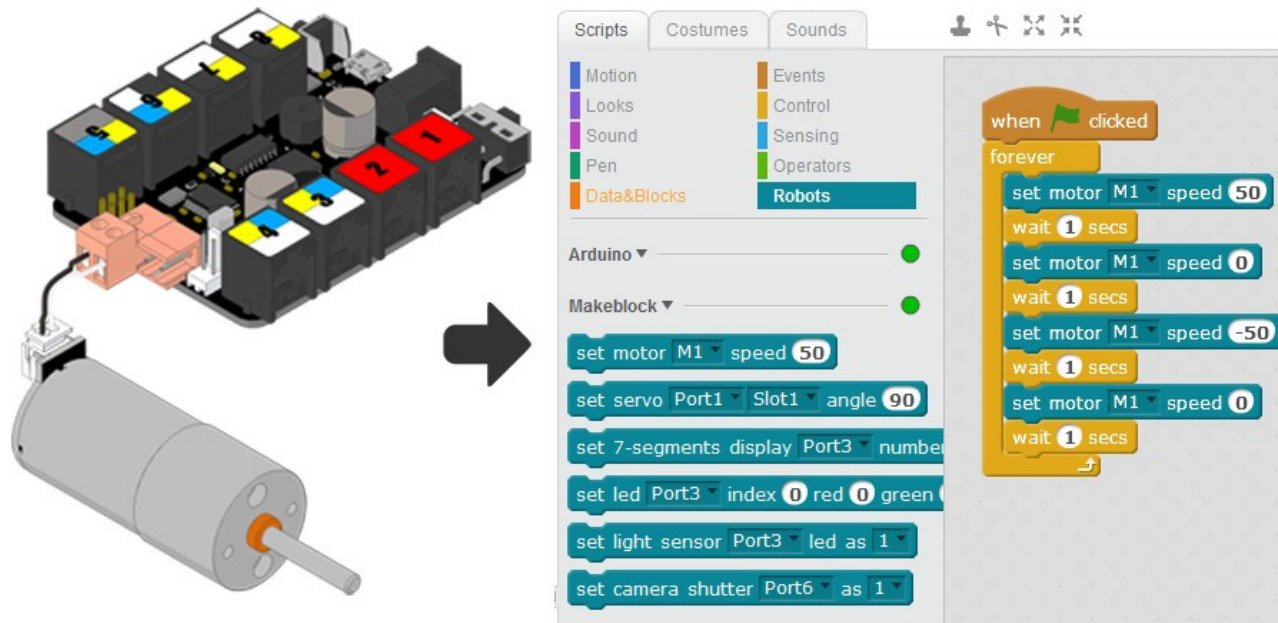


# Bootloader y Firmware

- **Bootloader** es un código que reside en un espacio reservado de la memoria del MCU de Arduino.
- Cuando arranca la placa Arduino, ejecuta el bootloader por un tiempo determinado de tiempo.
- Si durante ese tiempo, la UART del MCU de Arduino recibe el comando de “reprogramación” desde el IDE, entonces graba el programa recibido en la memoria de programa.
- Si no recibe ningún comando, entonces la placa Arduino arranca con el sketch alojado en la memoria de programa.
- 2 consideraciones importantes:
  - Bootloader ocupa espacio en memoria: 2 KB
  - El inicio de tu sketch siempre tendrá un retraso de unos segundos.

# Programación Visual

- Scratch (S4A): <https://scratch.mit.edu/>
- Ardublock: <http://blog.ardublock.com/>
- Visualino: <http://www.visualino.net/>
- mBlock: <http://www.mblock.cc/>



# Simulador Arduino

- Programa gratuito de modelado 3D y circuitos electrónicos.
- Editor y emulador de Arduino
- <https://www.tinkercad.com/>



AUTODESK<sup>®</sup>  
**TINKERCAD<sup>®</sup>**

# Bibliografía

- [Libro] Arduino Cookbook, 3rd Edition, Abril 2020
  - Michael Margolis, Brian Jepson, Nicholas Robert Weldon
- [Libro] Exploring Arduino, 2nd Edition, Septiembre 2019
  - Jeremy Blum
- Arduino: El Documental
  - [https://www.youtube.com/watch?v=mltWc9\\_C9gs](https://www.youtube.com/watch?v=mltWc9_C9gs)
- Getting started with Arduino productos
  - <https://www.arduino.cc/en/Guide>
- A Cross Platform and Open Source Electronics Design Automation Suite
  - <https://kicad.org/>



