

# **Sistemas Empotrados y de Tiempo Real**

## **Microcontroladores**

---

Grado en Ingeniería de Robótica Software

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

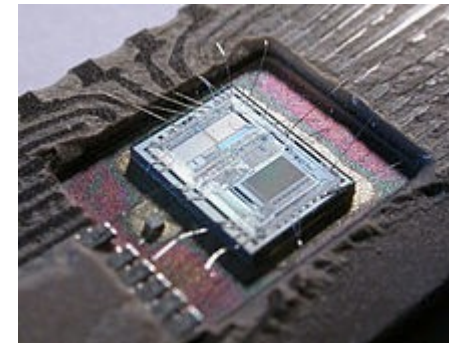
Roberto Calvo Palomino  
[roberto.calvo@urjc.es](mailto:roberto.calvo@urjc.es)

# Microcontrolador vs Microprocesador



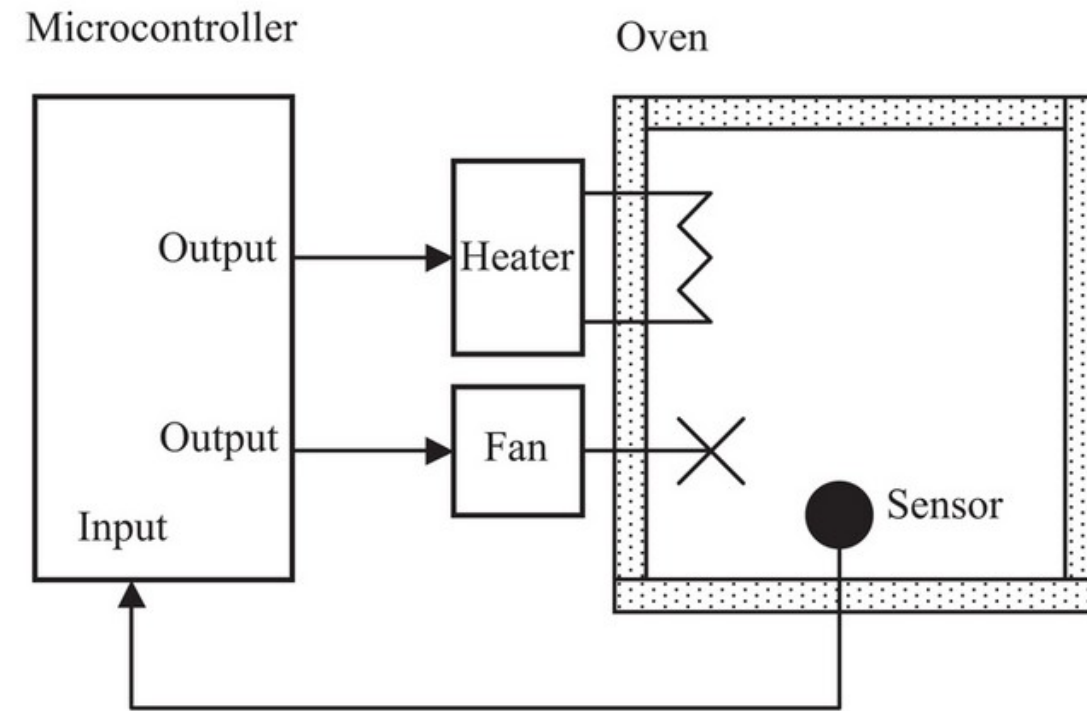
# Microcontroladores

- Definición clásica:
  - Un **microcontrolador** ( $\mu$ C, UC o MCU) es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria.
  - Está compuesto de varios bloques funcionales que cumplen una **tarea específica**
  - Un microcontrolador incluye en su interior las **tres principales unidades funcionales** de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada/salida.



# Microcontroladores

- Aparecieron a principios de los años 70 y supusieron un gran avance para la electrónica de aquel entonces.
- Realizan tareas específicas
- Disminuyen el coste económico de los sistemas
- Reducen el consumo de energía considerablemente
- Arquitectura Harvard y RISC



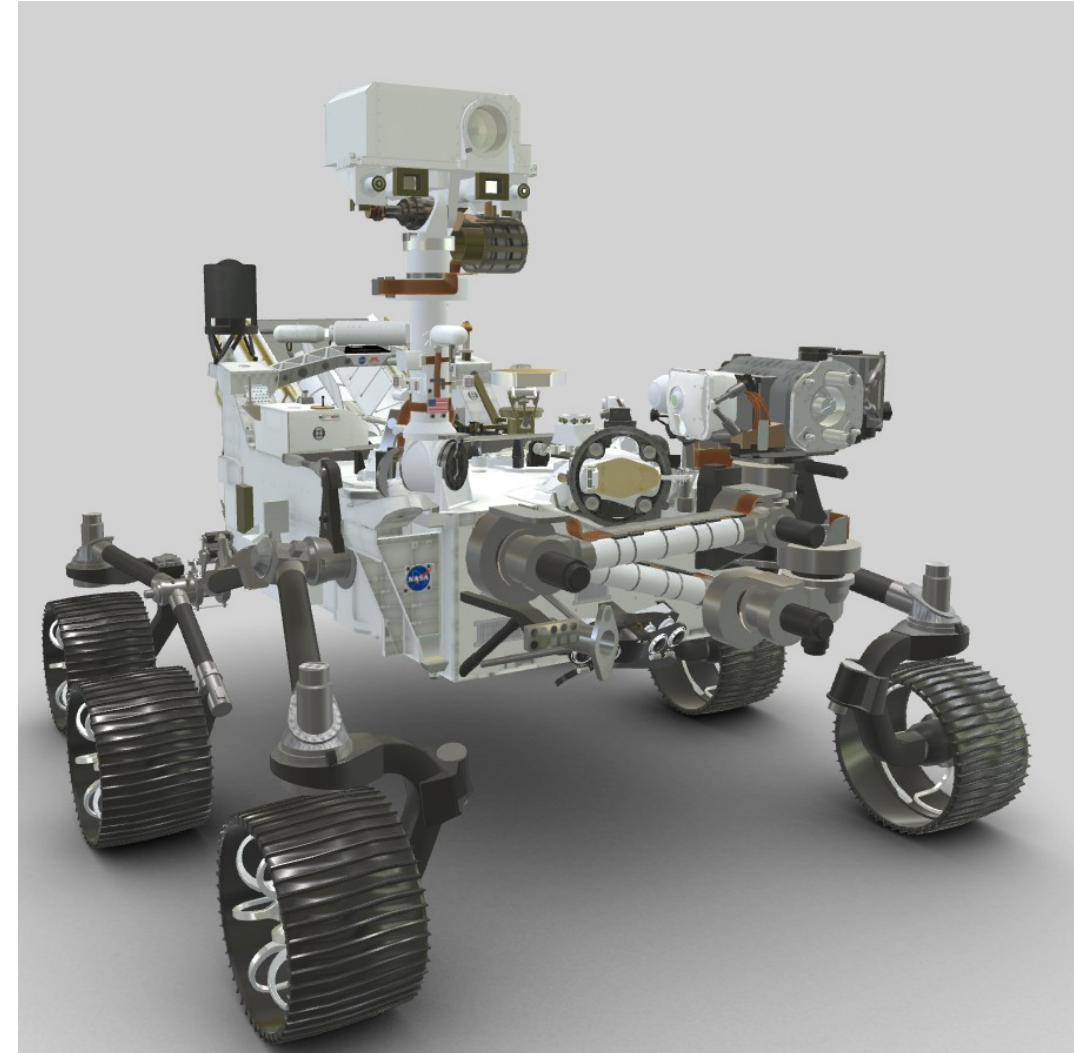


# Microcontroladores

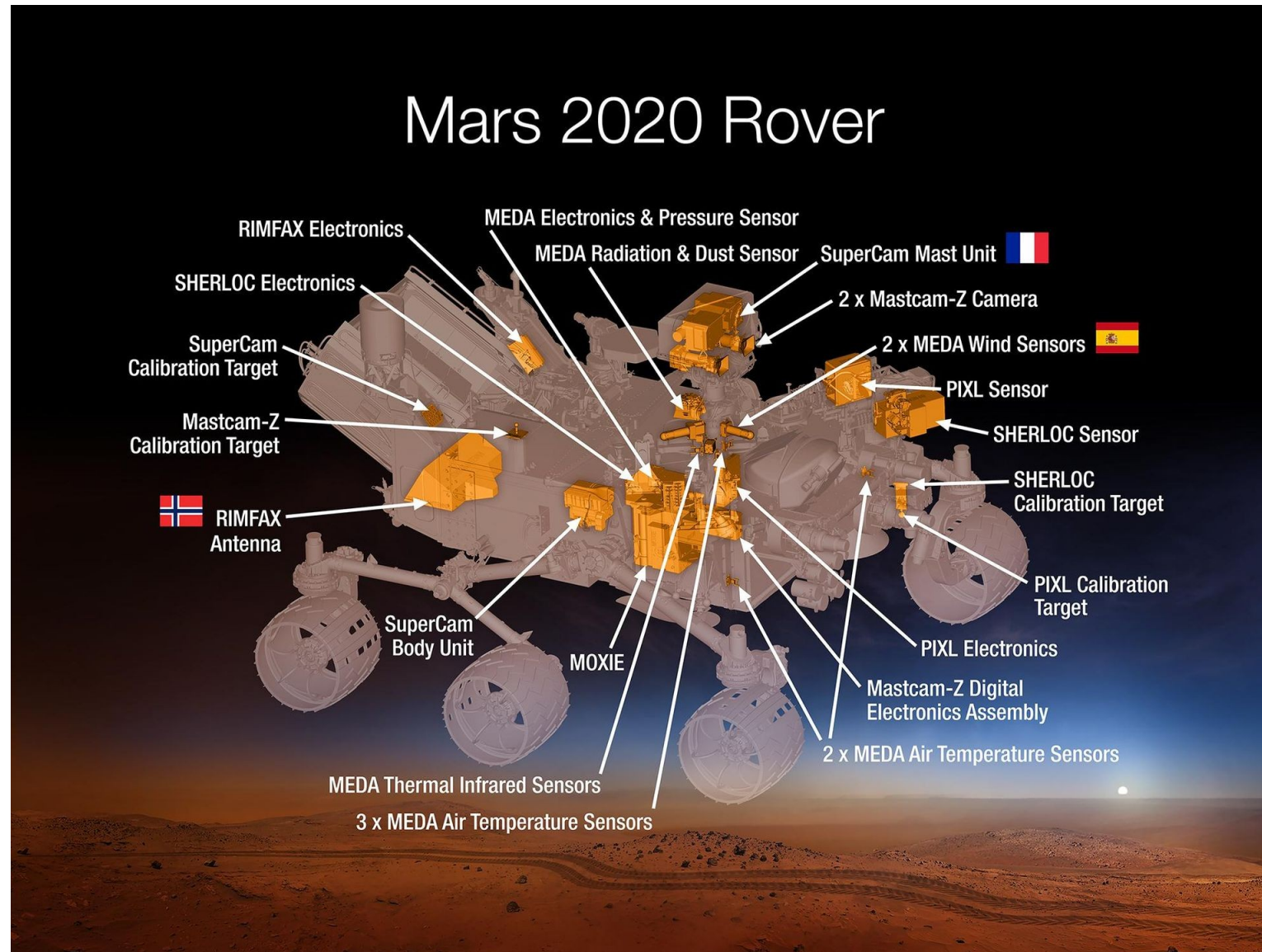


# Mars 2020 – Rover Perseverance

- Su objetivo es encontrar vida microbiótica
- Es parte de una misión mucho más compleja
- Despegó con éxito el 30 de julio de 2020
- Aterrizó con éxito en el cráter Jezero el 18 de febrero de 2021
- [VIDEO](#)



# Mars Environmental Dynamics Analyzer – MEDA





# Microcontroladores

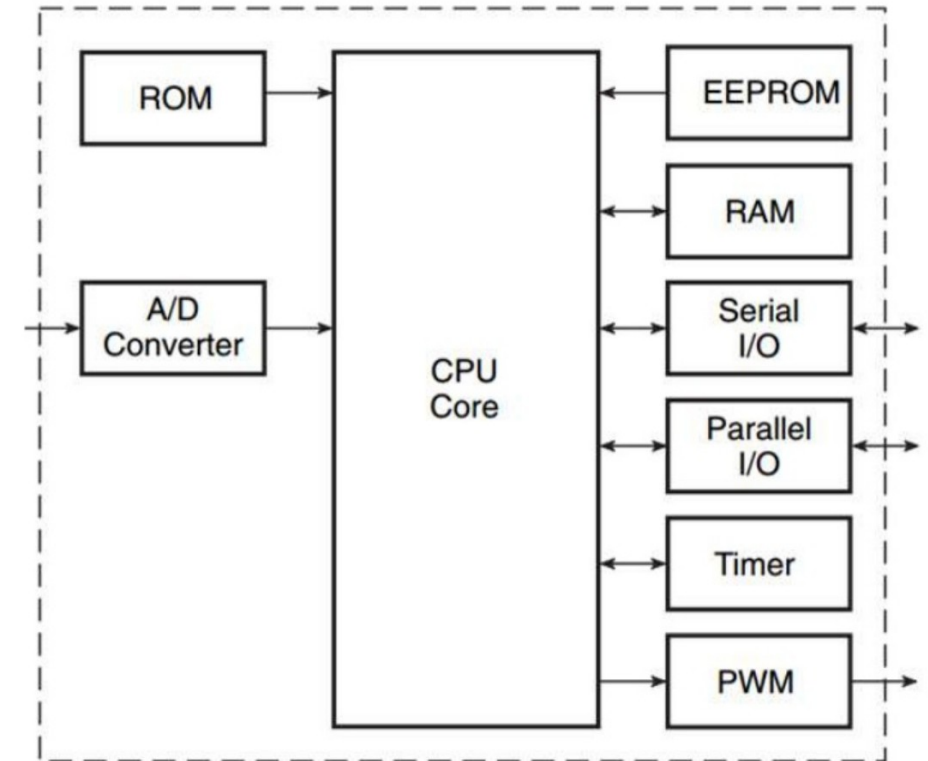
- Típicamente, encontraremos los siguientes componentes dentro de un microcontrolador
  - Unidad de proceso central (CPU)
  - ALU, Registros, Buses
  - Memoria de programa (no volátil)
  - Memoria datos (lectura/escritura)
  - Puertos de entrada/salida
  - Timers y contadores
  - Interrupciones
  - Convertidores analógico/digital
  - Interfaces de comunicación (serial, i2c)



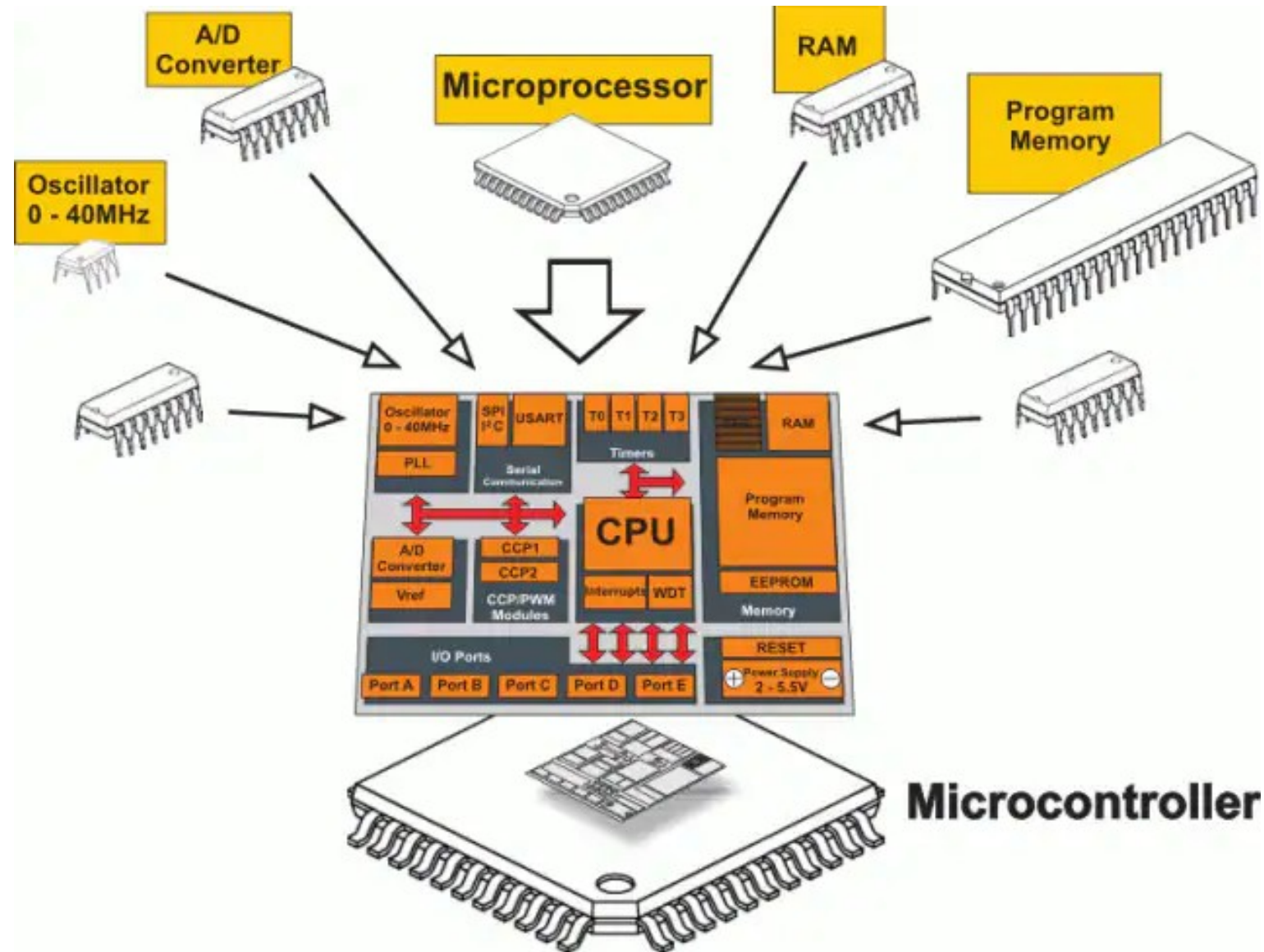


# Microcontroladores

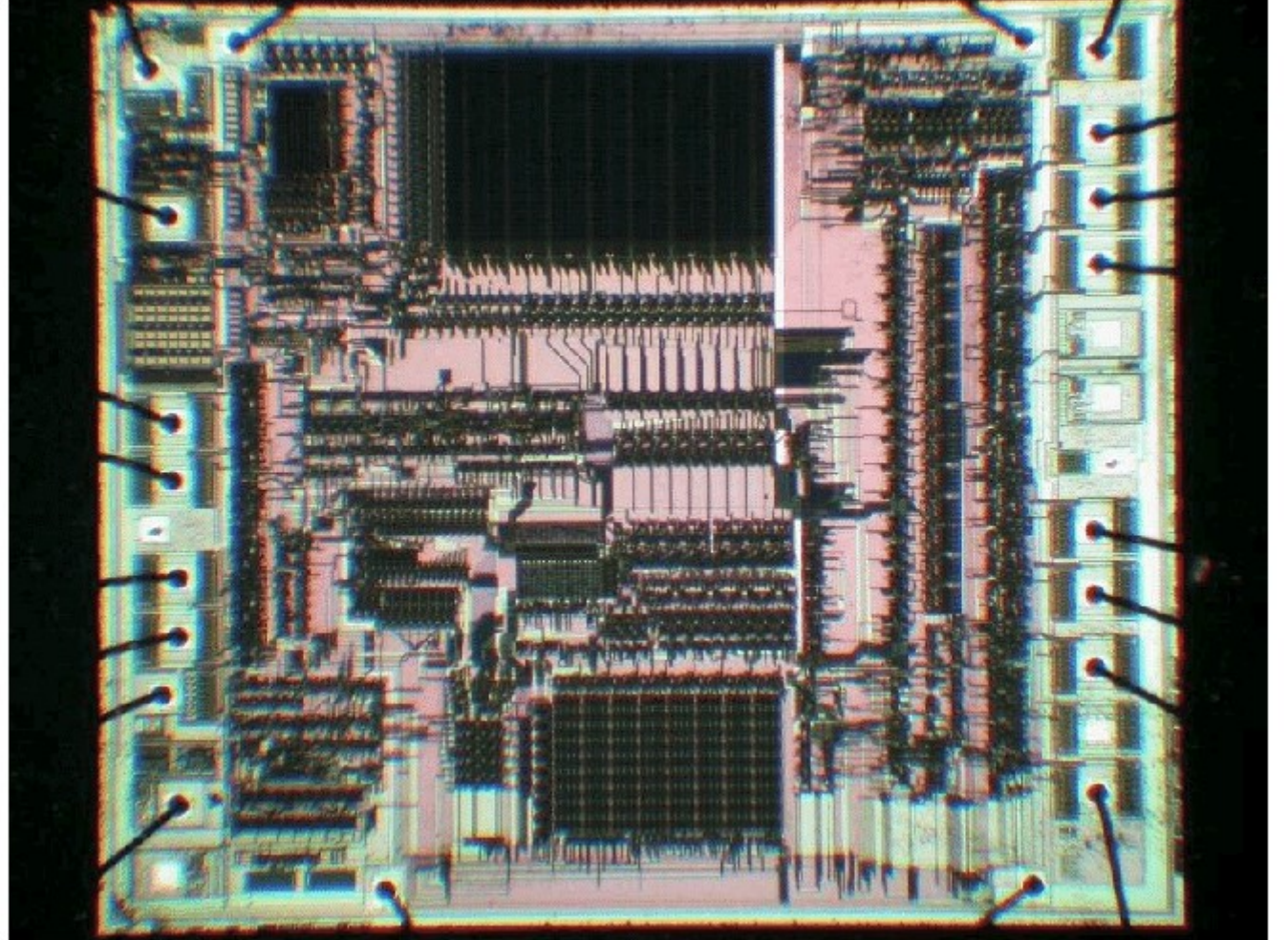
- Algunos recursos auxiliares
  - Circuito de reloj
  - Modulador de ancho de pulsos (PWM)
  - Puestos de comunicación (USB, CANBUS)
  - Sistema de protección
  - Estados de reposo
  - Watchdog



# Microcontroladores



# Microcontroladores



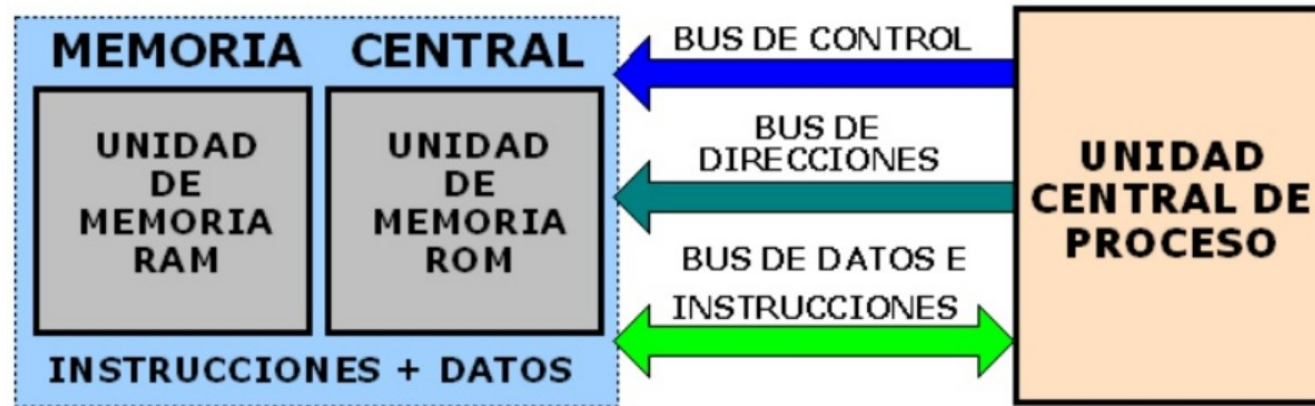
# Microcontroladores

- Arquitectura **Von Neumann**
  - Utilizada en los ordenadores personales.
  - Entre otras cosas, se caracteriza por tener una sola memoria principal donde se almacenan datos e instrucciones.
  - Un único bus de dirección, datos y control.
- Arquitectura **Harvard**
  - Diferencia entre memoria de datos (SRAM) y de programas (ROM, EEPROM, flash)
  - Buses y memoria segregados
  - Conjunto reducido de instrucciones RISC
  - Utilizada en super computadores y microcontroladores.

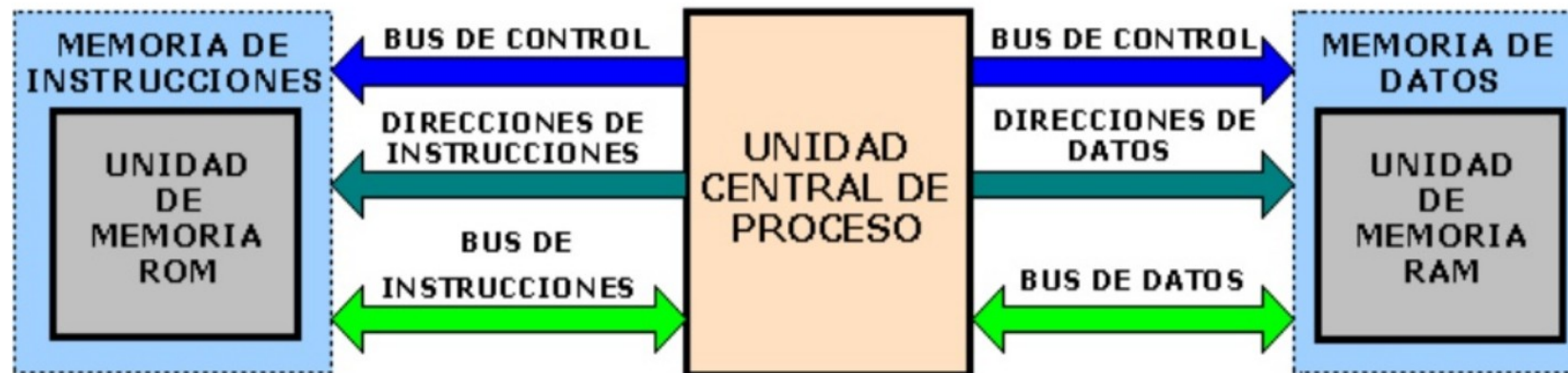


# Microcontroladores

## ARQUITECTURA VON NEUMANN



## ARQUITECTURA HARVARD



# Microcontroladores

- Unidades de cómputo, memoria y procesamiento muy limitado
  - Por ejemplo: 32 KB de flash, y 4 KB memoria EEPROM.
- Se clasifican según el número de **bits** de procesamiento:
  - 4/8 bits: Muy usados en el pasado ... y ahora! (ATmega328P)
    - La tecnología Atmel AVR es una de las arquitecturas de 8 bits líderes en la industria.
  - 16/32 bits: Cuando los diseños exigen mayor potencia de procesamiento, estos chips ofrecen un rendimiento más de diez veces superior del MCU de 8 bits (MIPS32, ARM Cortex,..)
    - Smartphones, etc.

# Microcontroladores

- Memoria:
  - Memoria ROM: El microcontrolador se fábrica con el programa ya grabado en la memoria.
  - Memoria PROM: (Programmable Read-Only Memory). Se pueden programar una sola vez.
  - Memoria EPROM: (Erase Programmable Read-Only Memory). Memoria reprogramable, pero hay que exponerla a una fuente de luz ultravioleta.
  - Memoria EEPROM: (Electrical Erase Programmable Read-Only Memory). Sustituto natural de las EPROM, se pueden borrar eléctricamente.
  - Memoria Flash: Son el último avance tecnológico, basada en impulso eléctricos, y ofrecen mayor velocidad.

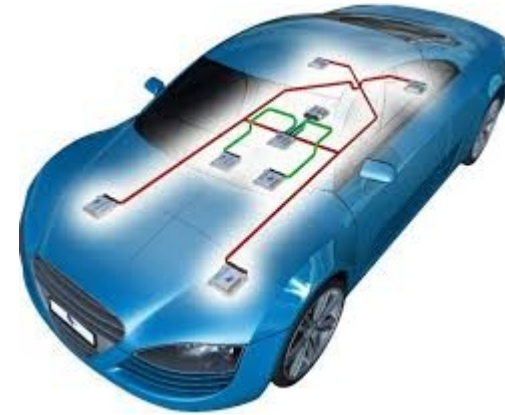
# Microcontroladores

- El alto rendimiento de los microcontroladores se debe a tres técnicas:
  - Arquitectura Harvard
    - Memorias separadas y buses distintos para acceso.
    - Propicia el paralelismo.
  - Arquitectura RISC
    - Instrucciones reducidas y de tamaño fijo
  - Segmentación del procesador (pipelining)
    - Descomposición de la instrucción en varias etapas
    - Ejecutar etapas de varias instrucciones a la vez.



# Áreas de uso

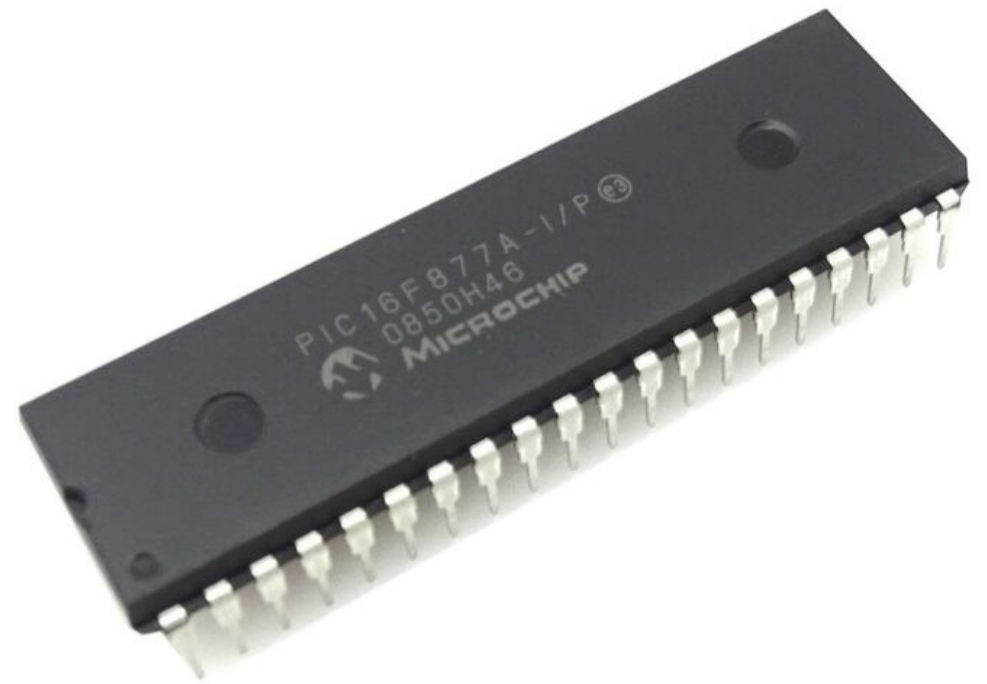
- TV, radio, electrodomésticos, equipos de música
- Sistemas domóticos
- Robots
- Industria del automóvil
- Aviones
- Industria aeroespacial (satélites, rovers, etc)
- Presente en todo el área de IoT



The collage displays a wide variety of microcontroller boards and their applications. It includes several Arduino boards (Uno, Yun, Pro Mini, Nano), a Raspberry Pi, a BeagleBone Black, and various other specialized boards like the Seeeduino, SparkFun Pro Mini, and others. Some boards are shown with additional components like displays, sensors, and cables. A diagram at the bottom right illustrates the connection of a microcontroller board to a display and a cable.

# PIC 16F877A

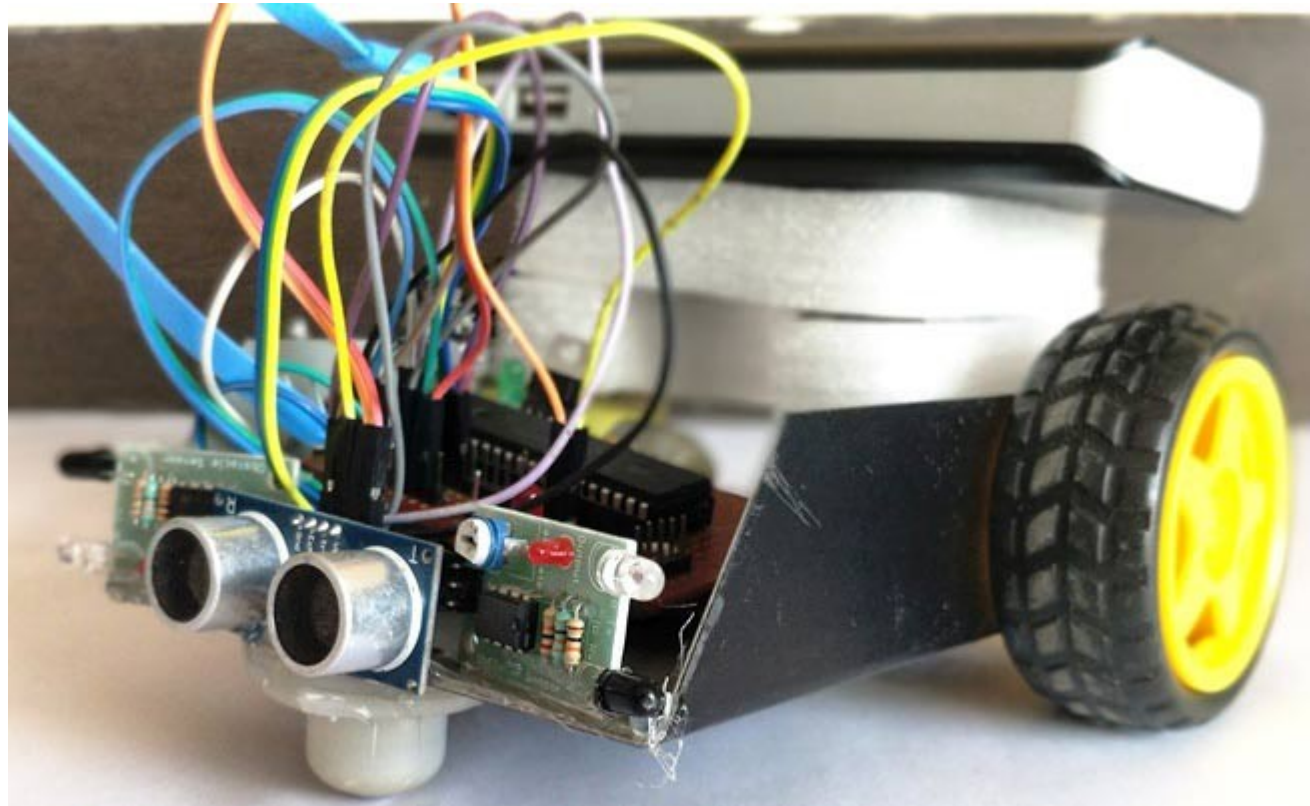
- PIC 16F877A uno de los más populares de la familia PIC. Son fabricados Microchip Technology.
- 8-bit, RISC
- RAM: 368 bytes
- EEPROM: 256 KB
- Velocidad CPU (MIPS): 5
- 33 GPIO
- Coste: 4-5 €





# PIC 16F877A

- Detectar y evitar obstáculos.
- <https://www.youtube.com/watch?v=TIzyRJipfAk>

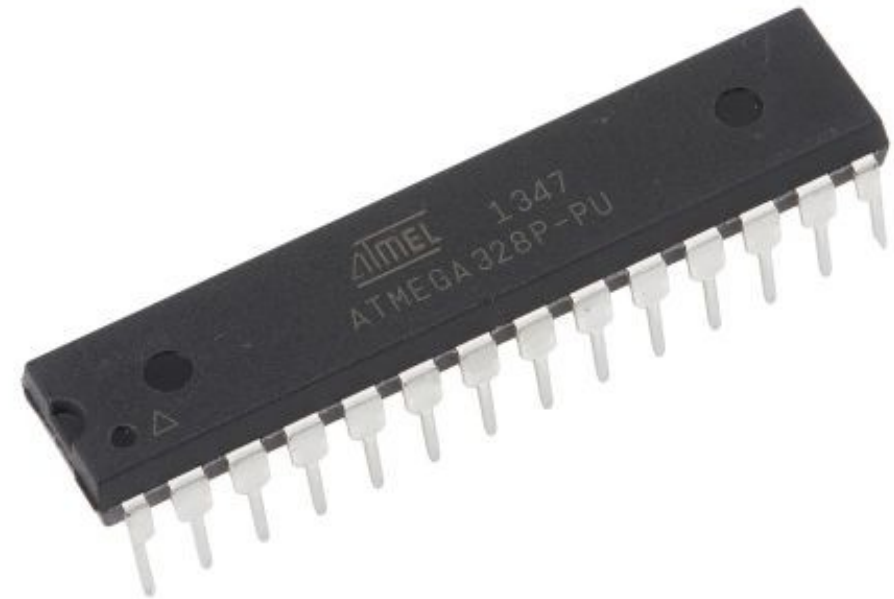




# ATmega328



- Utilizado en las placas arduino
- 8-bit, RISC
- EEPROM: 32 KB
- SRAM: 2 KB
- Velocidad CPU (MIPS): 20 @ 20 MHz.
- 23 GPIO
- Arduino Nano, Uno, pro-mini.
- Coste: 2-3 €



# ATmega328

- Robot self-balancing
- <https://youtu.be/l6z26LVu5y0?t=489>



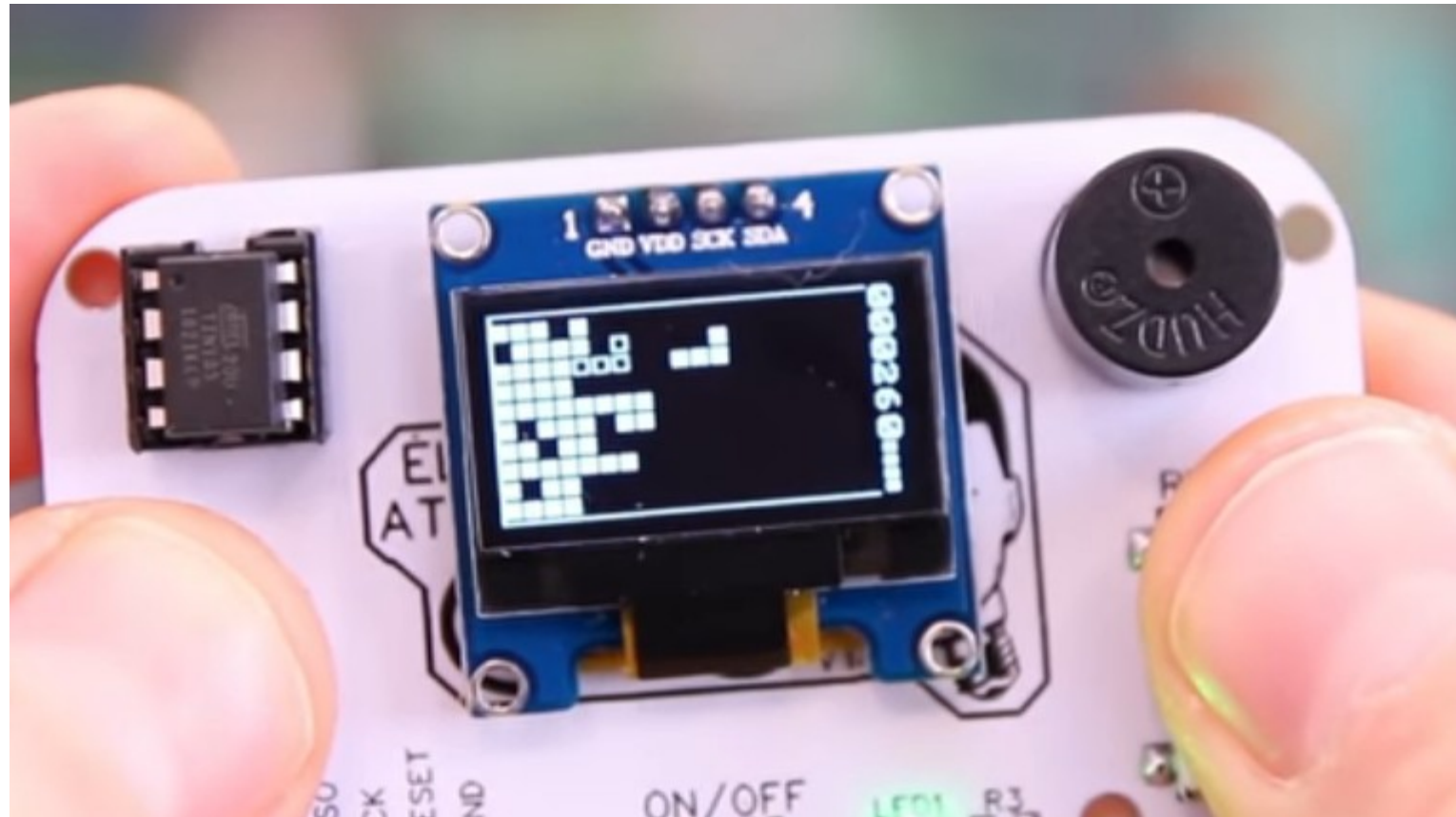
# Attiny85

- Micro de muy pequeño formato.
- 8-bit, RISC
- EEPROM: 512 Bytes
- RAM: 512 Bytes
- Velocidad CPU (MIPS): 20 @ 20 MHz
- 6 GPIO
- Mini ATtiny85 USB, Digispark ATtiny85
- Coste: 2-3 €



# Attiny85

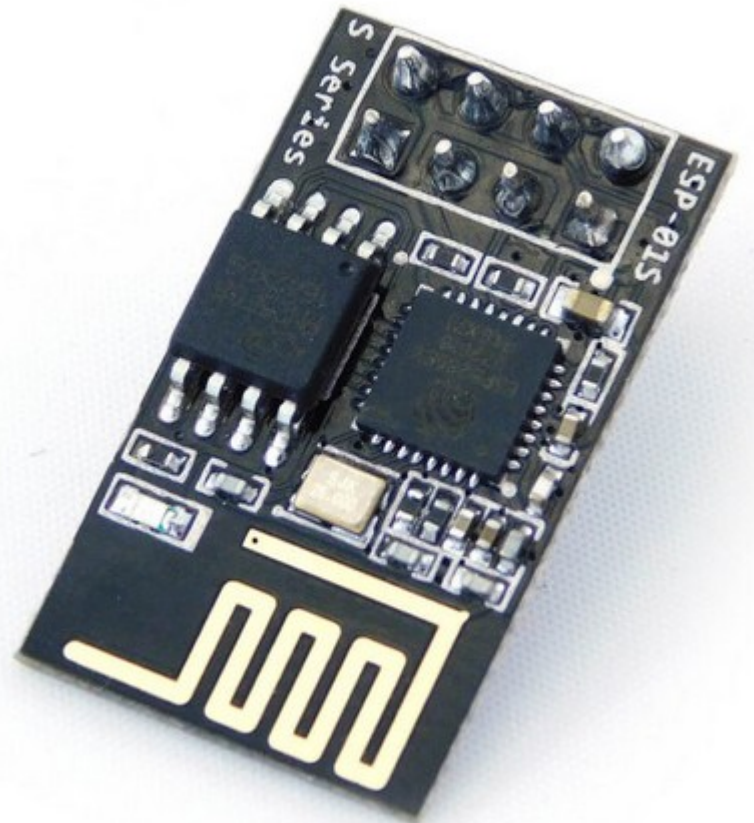
- Consola de Juegos.
- <https://youtu.be/ddHbItTluKU?t=711>





# ESP8266

- Es uno de los microcontroladores más potentes y versátiles en la última década.
- 32-bit, RISC
- EEPROM: 512 KB / 4BM
- RAM: 96 KBytes
- Velocidad CPU (MIPS): 80 MHz
- 16 GPIO
- IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi
- Modo de “deep sleep”
- Coste: 2-5 €



# ESP8266

- Coche teledirigido
- <https://youtu.be/zJnDbdefeCA?t=371>



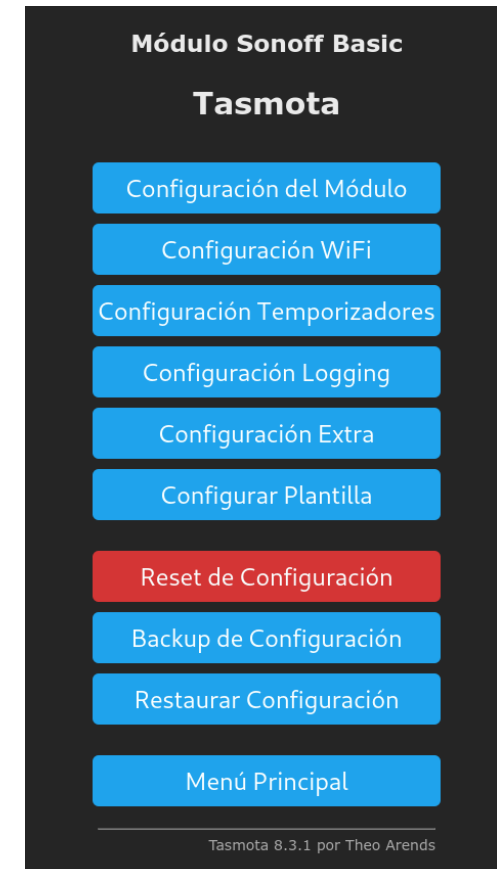
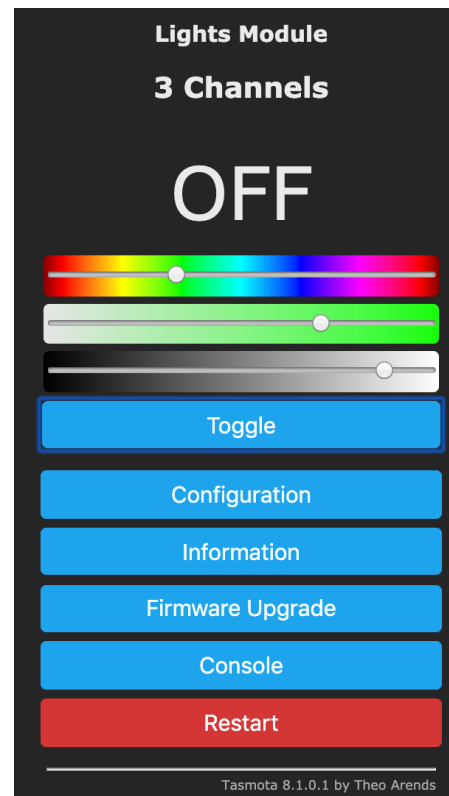
# ESP8266



# ESP8266 (TASMOTA)



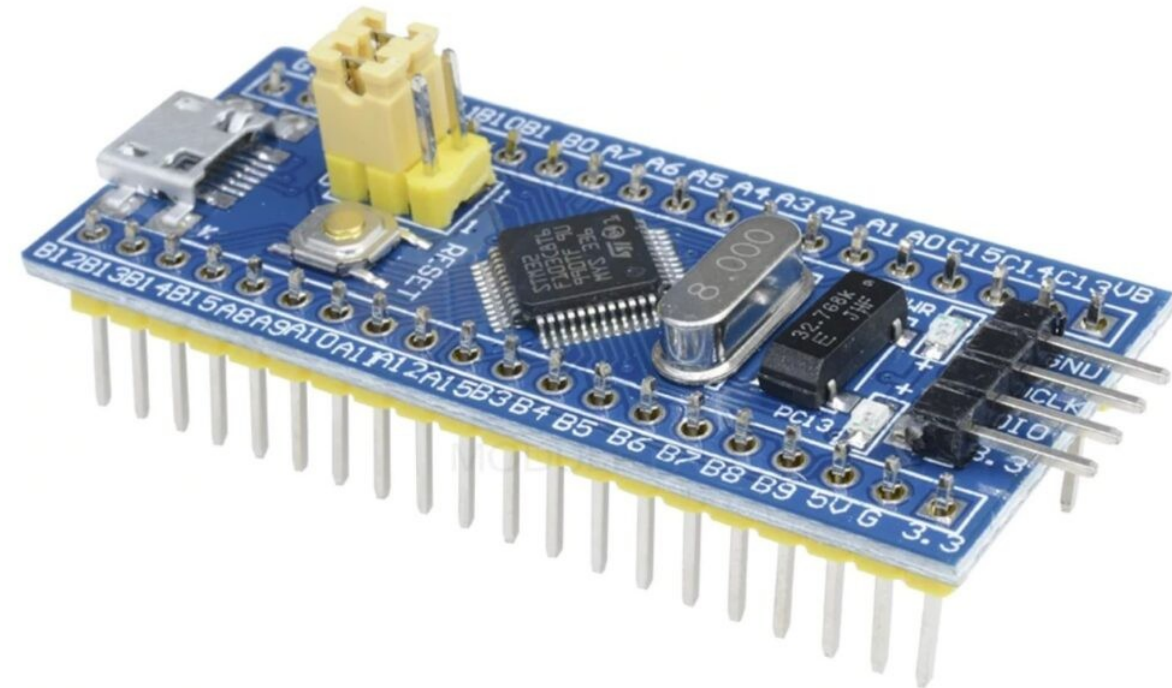
- Open source firmware para dispositivos ESP
- <https://tasmota.github.io/docs/>
- Comunicación basada en MQTT





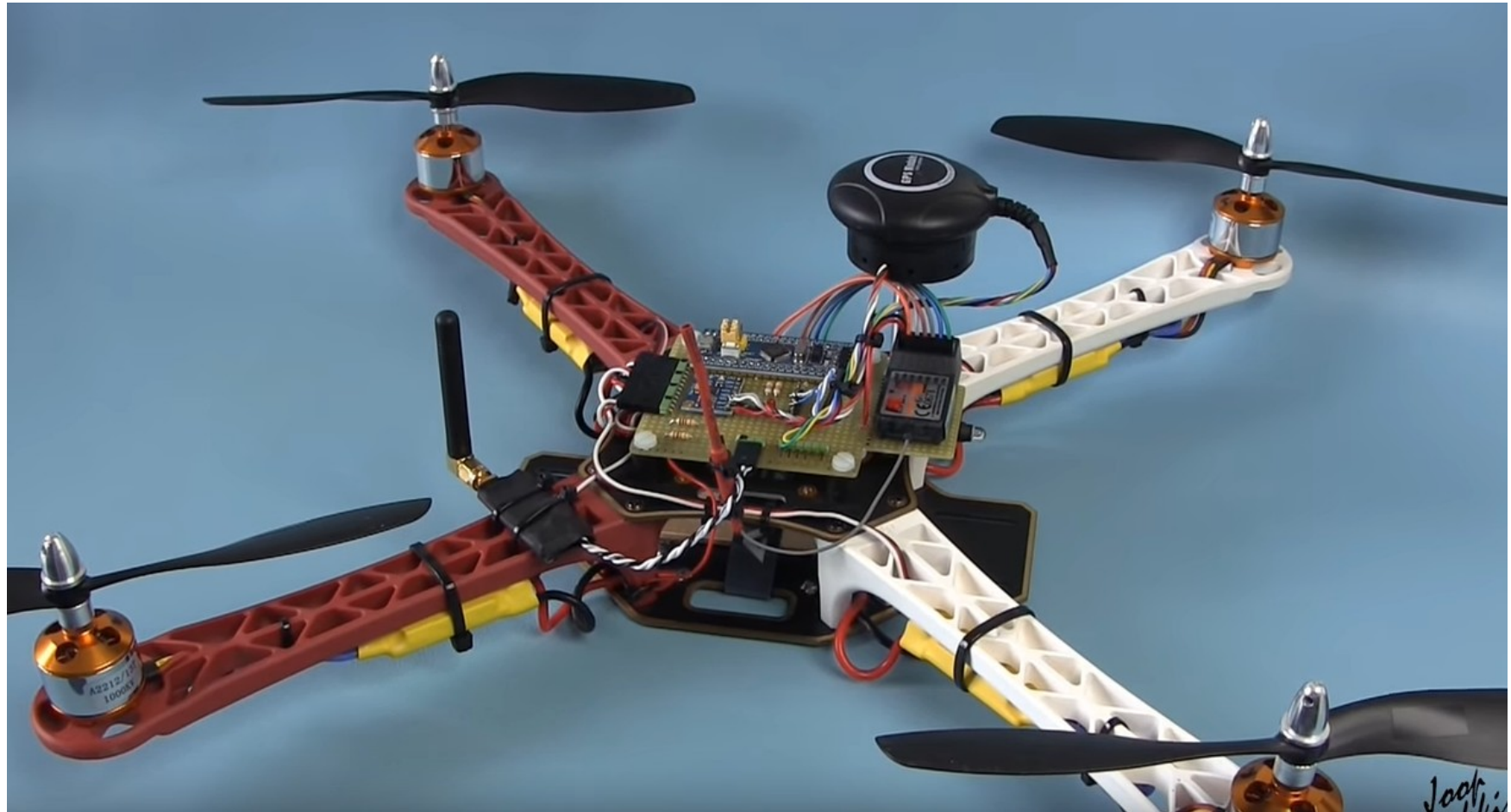
# STM32F103C8T6

- ARM® Cortex® -M3
- 32-bit RISC
- Flash: 64/128 Kbytes
- SRAM: 20 Kbytes
- Reloj a 72 MHz, MIPS=90
- Oscilador 32 kHz (RTC)
- Timers, DMA, i2C
- Coste: 4-8 €



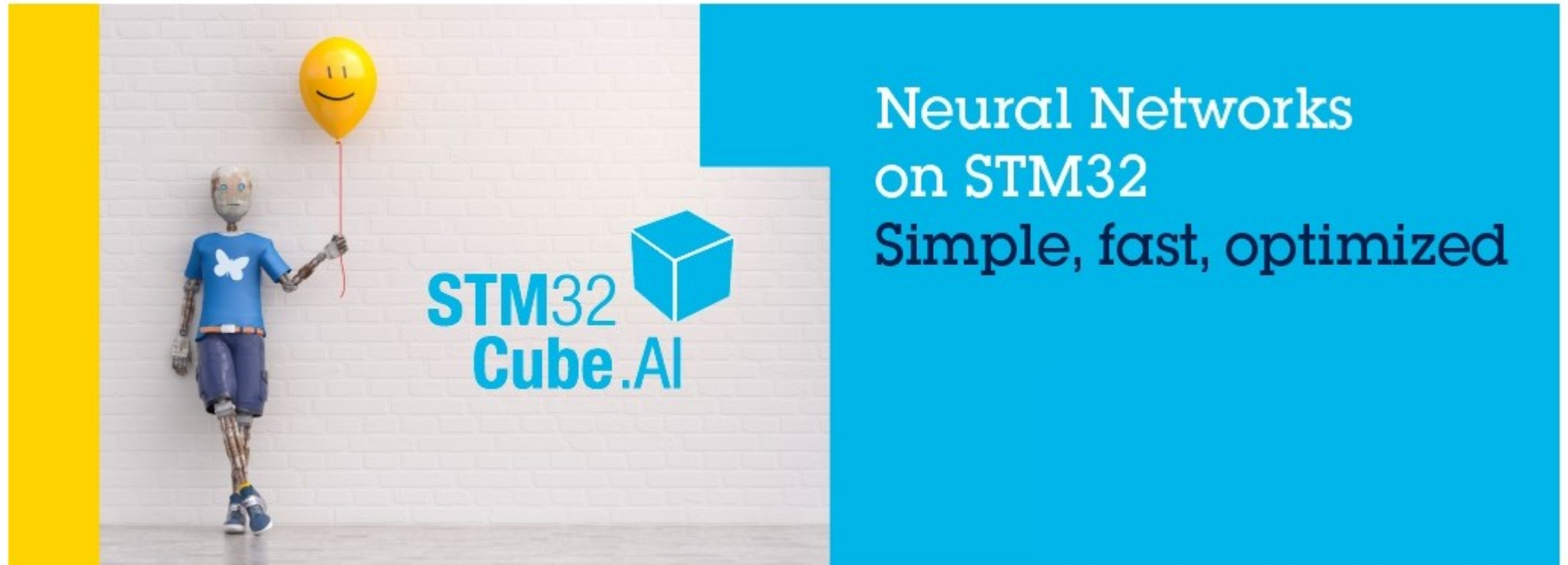
# STM32F103C8T6

- STM32 quadcopter
- <https://www.youtube.com/watch?v=dWnF3sAvONM>



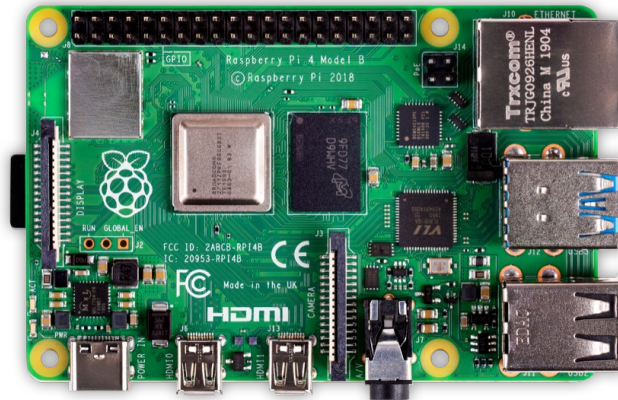
# STM32

- Posibilidad de ejecutar redes pre-entrenadas en el STM32
- Video



# Consumo

	<b>PIC 16F877A</b>	<b>ATmega32 8</b>	<b>Attiny85</b>	<b>ESP8266</b>	<b>STM32F10 3C8T6</b>
Voltaje Operación (V)	2 - 5.5	1.8 - 5.5	1.8 - 5.5	2.5 – 3.3	2.0 - 3.6
Consumo (mA)	0.3-0.6	3-6	5	35	1.19



!!!! 5V – 3A !!!!



# ¡Vamos a construir un Drone!

- Características del sistema
  - 
  - 
  - 
  -
- RT o no RT
- Microcontrolador/(es) / Microprocesador

