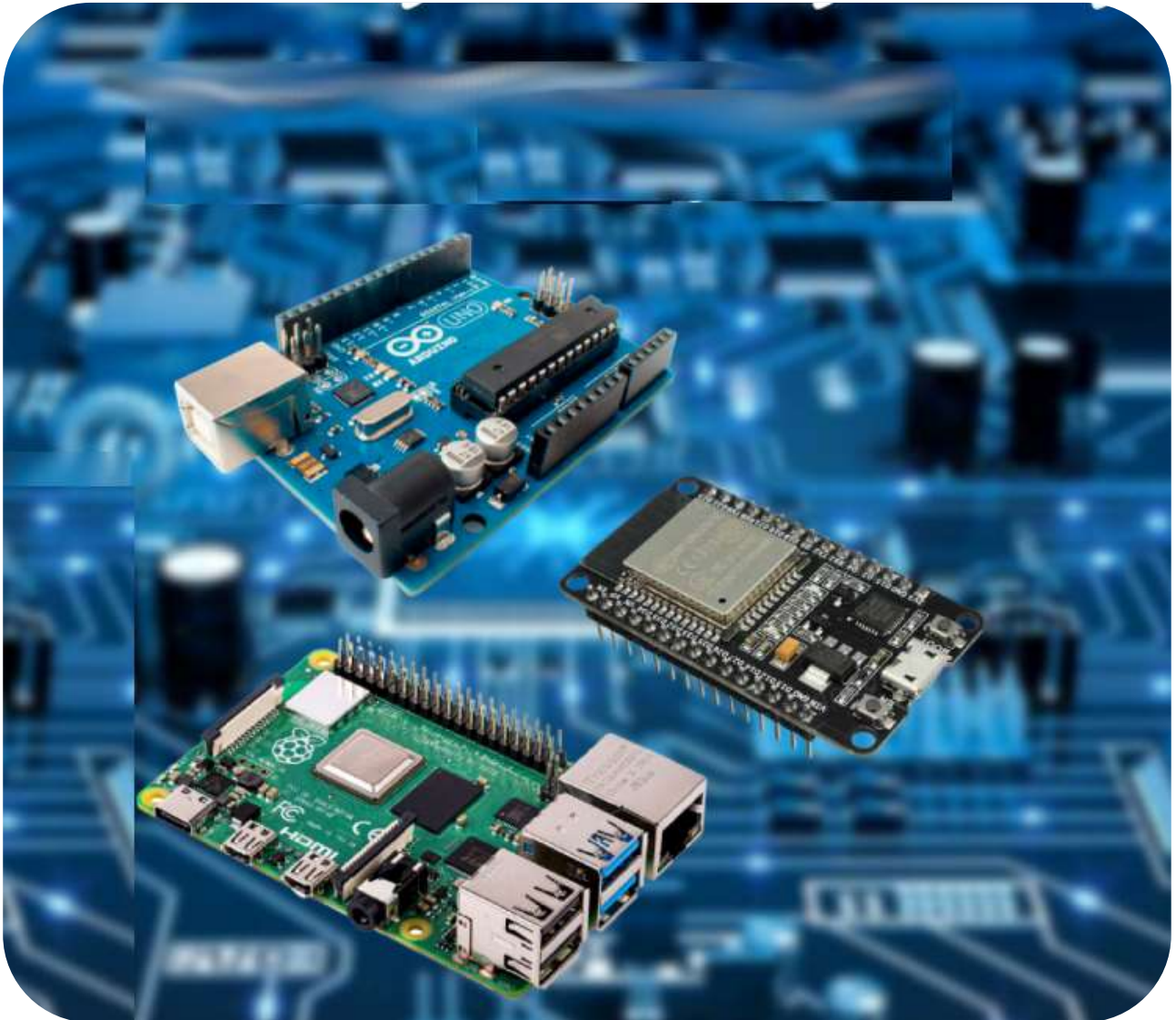


Microcontrollori e schede di sviluppo per prototipazione rapida



Per progettare apparecchiature elettroniche di piccole e medie dimensioni, vengono sempre più di frequente utilizzate schede a microcontrollore che, con l'aggiunta di pochi altri componenti (principalmente sensori e attuatori) permettono di sviluppare velocemente sistemi hardware e software per applicazioni IoT, domotiche e di controllo, anche a livello industriale.

Il costo irrisorio di tali schede (da qualche euro fino a qualche decina di euro) ne hanno permesso un tumultuoso sviluppo

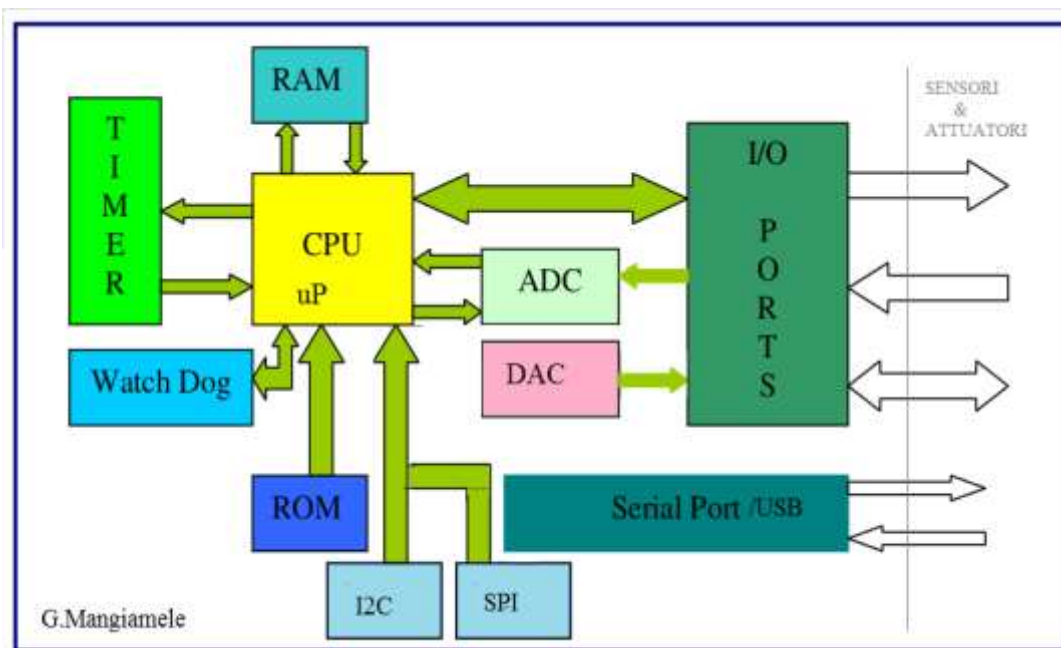


Fig. 1 Schema a blocchi di un microcontrollore

Il microcontrollore è il principale componente di gran parte dei dispositivi elettronici di uso comune.

Troviamo microcontrollori, per esempio, negli Smartphone, nei televisori, negli elettrodomestici, nella domotica, nei distributori automatici, nelle centraline elettroniche delle automobili, nell'automazione industriale basata sui PLC.

Fondamentalmente il microcontrollore contiene quasi tutto il necessario per poter funzionare e gestire processi elettronici in completa autonomia.

Su un unico chip di silicio sono presenti, tra l'altro: il microprocessore, le memorie, i bus, le porte di comunicazione con sensori o attuatori, convertitori Analogico-digitali e Digitali analogici.

Il microcontrollore montato sulla scheda Arduino UNO è l' **ATMEGA328P** della ATMEL , integrato a 28 pins con frequenza di clock massima di 16Mhz , memoria Flash da 32Kbytes e memoria SRAM da 2Kbyte .

L'architettura di produzione è detta di tipo ARM acronimo di Advanced RISC Machine, evoluzione di una famiglia dell'Architettura RISC (reduced instruction set computing).

Un sistema **ARM RISC** richiede un numero di transistor minore rispetto alla tipica architettura CISC (x86) dei personal Computer .

Questo approccio riduce i costi e i consumi ed è pressoché l'unica tecnologia utilizzata nei sistemi mobili, portatili e IoT.

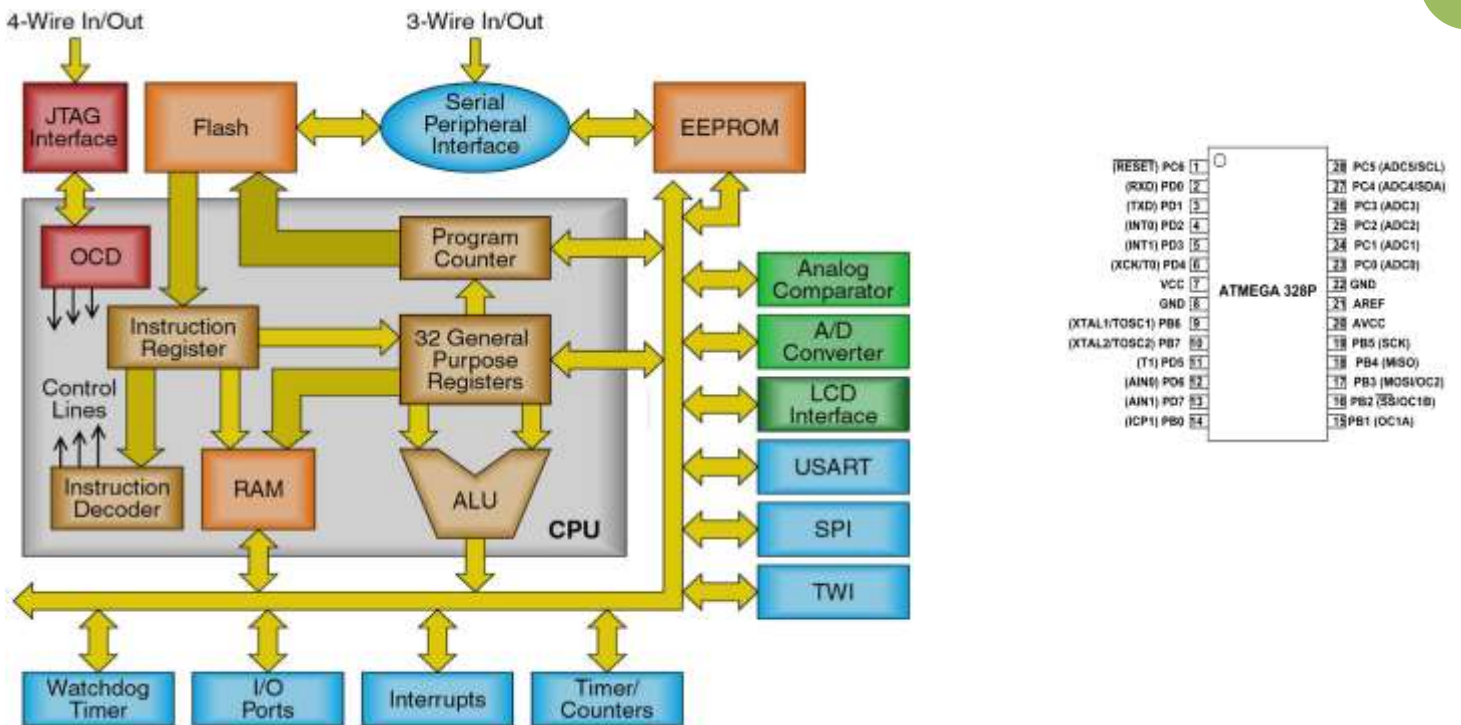


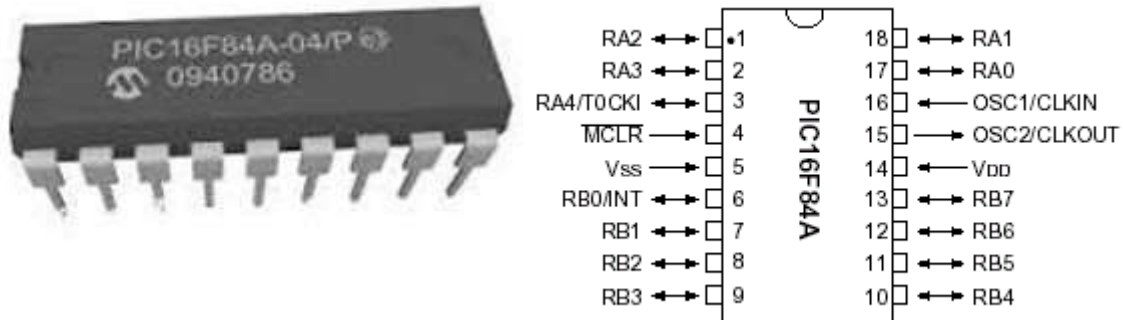
Fig. 3 Architettura interna del microcontrollore ATmega328

[Link Datasheet](#)

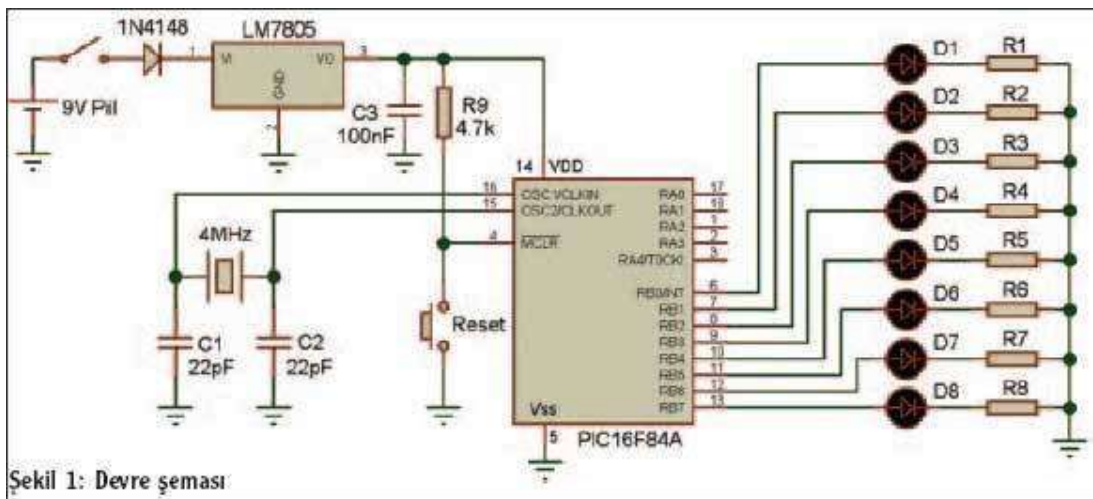
Tipo Microcontrollore	Atmel ATmega328 8 bit AVR di tipo RISC
Tensione di lavoro	5Vdc
Tensione di alimentazione	da 2,7V a 5,5V
Pin digitali	14 configurabili come ingressi o uscite (6 con PWM)
Pin analogici	6 ingressi
Massima corrente per pin digitale	40mA massima
Memoria FlashRom	32KB di cui 0,5 per il bootloader
Memoria SRAM	2KB
Memoria EEPROM	1KB
Velocità di clock del microcontrollore	16MHz
Registro Watchdog	8 bit Con oscillatore on-chip separato
Timer	2 x 16bit
Controllore periferiche	1x SPI, 1x I2C

Microcontrollore PIC16F

Uno dei primi microcontrollori a basso costo, ampiamente utilizzato negli anni '90 fu il **PIC16F** prodotto dall'azienda Microchip . La velocità del processore era di 10Mhz, la memoria era di tipo Flash riprogrammabile da 1Kbytes e memoria RAM di 90 bytes , disponeva di 13 piedini di I/O digitali.



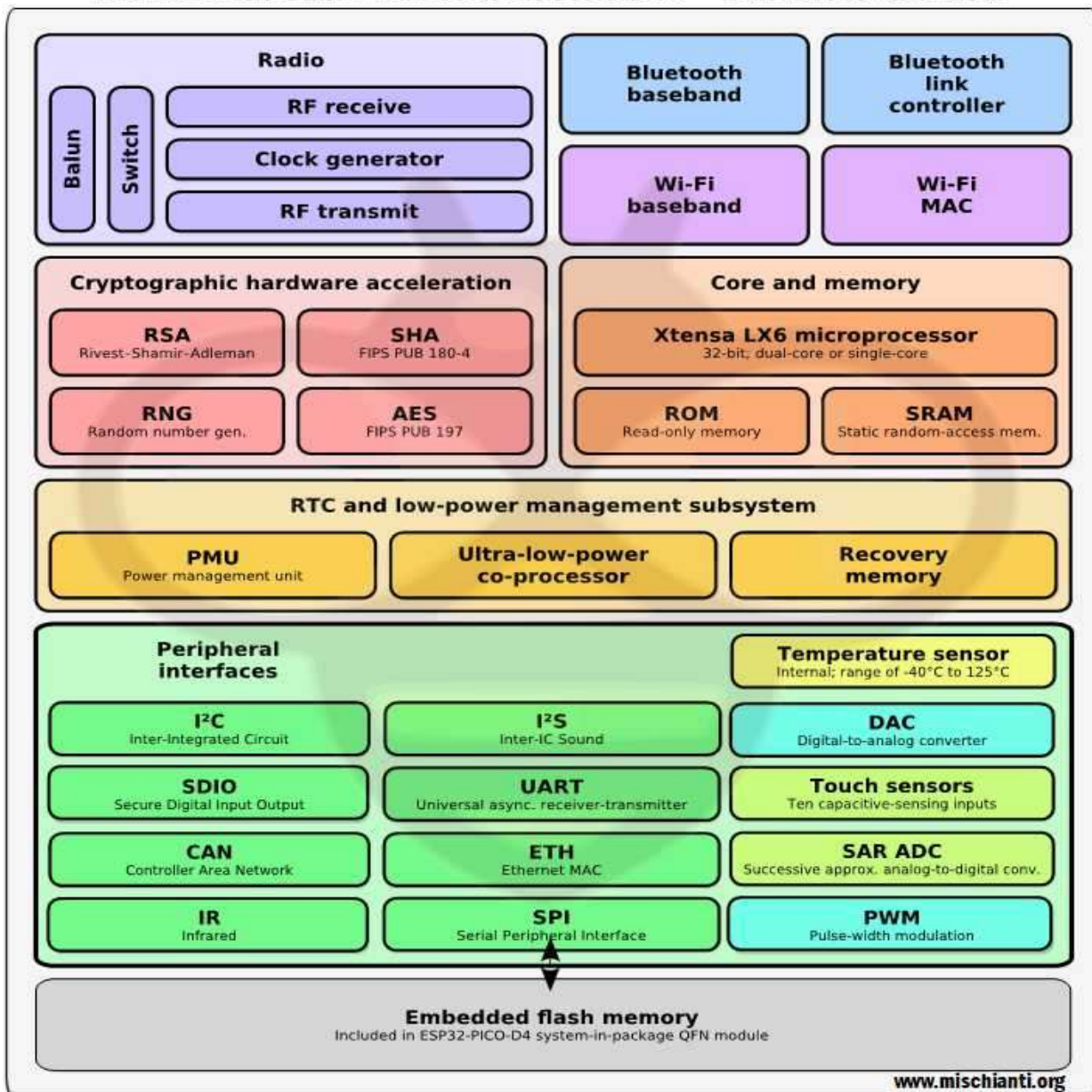
5



Şekil 1: Devre şeması

- Architettura RISC Harvard: con memorie separate per i dati e le istruzioni.
- Memoria FLASH da 1 KB (è possibile inserire fino a 1024 istruzioni)
- Memoria RAM dei dati da 90 bytes, 22 utilizzati per i registri interni di sistema SFR e i restanti 68 come registri utente liberi (GPR = General Purpose Register)
- Frequenza di clock massima: 10MHz
- Memoria EEPROM interna da 64 bytes.
- Timer interno a 8 bit
- Watch-dog interno
- 2 porte di I/O (porta A a 5 bit e porta B a 8 bit) per un totale di 13 piedini di ingresso/uscita. Ogni linea può essere programmata indipendentemente dalle altre come linea di ingresso o linea di uscita.
- 4 diverse possibilità di interrupt Opzione di protezione del codice. Settando questa opzione viene impedito ogni tentativo di lettura della memoria FLASH d programma.

Espressif ESP32 Wi-Fi & Bluetooth Microcontroller – Function Block Diagram



Caratteristiche principali

Processore Tensilica Xtensa Dual-Core 32-bit LX6-LX7 , clock a 160 o 240 MHz

Connettività Wireless

Wi-Fi 802.11b/g/n fino a 150 Mbps 4 interfacce WIFI virtuali Modalità : Station Mode e SoftAP

Bluetooth • Bluetooth v4.2 BR/EDR e Bluetooth LE specifications

Memorie:

- **ROM:** 448 KB (per il booting e le funzioni dei cores)
- **SRAM:** 520 KB (per dati e istruzioni del programma)
- **RTC fast SRAM:** 8 KB (per data storage e main CPU durante il Boot RTC nella modalità deep-sleep)
- **RTC slow SRAM:** 8KB (per l'accesso al co-processore durante il modo deep-sleep)



- **eFuse (OTP):** 1 Kbit (di cui 256 bits usati per la memorizzazione del MAC address and chip configuration e i rimanenti 768 bits riservati a customer applications, compreso la criptazione della memoria Flash e il Chip-ID)
- **Embedded flash:** flash connected internally via IO16, IO17, SD_CMD, SD_CLK, SD_DATA_0 and SD_DATA_1 on ESP32-D2WD and ESP32-PICO-D4.
 - 0 MiB (ESP32-D0WDQ6, ESP32-D0WD, and ESP32-S0WD chips)
 - 2 MiB (ESP32-D2WD chip)
 - 4 MiB (ESP32-PICO-D4 SiP module)
- **Funzionalità Low Power:** assicura l'uso del ADC anche durante la condizione di deep sleep

Periferiche di Input/Output

34 × programmable GPIOs

- 12-bit SAR ADC up to 18 channels
- 2 × 8-bit DAC
- 10 × touch sensors
- 4 × SPI
- 2 × I2S
- 2 × I2C
- 3 × UART
- 1 host (SD/eMMC/SDIO)
- 1 slave (SDIO/SPI)
- Ethernet MAC interface with dedicated DMA and IEEE 1588 support
- TWAI[®], compatible with ISO 11898-1 (CAN Specification 2.0)

Peripherals

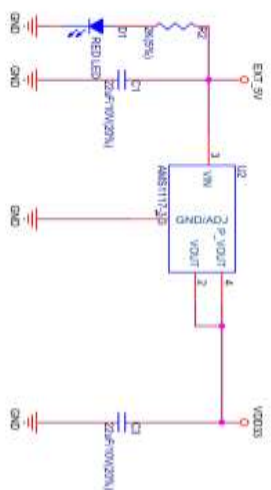
Capacitive touch, ADC (analog to digital converter), DAC (digital to analog converter), I2C (Inter-Integrated Circuit), UART (universal asynchronous receiver/transmitter), CAN 2.0 (Controller Area Network), SPI (Serial Peripheral Interface), I2S (Integrated Inter-IC Sound), RMII (Reduced Media-Independent Interface), PWM (pulse width modulation), and more.

Sicurezza e crittografia : acceleratori hardware per le funzioni di crittografia dei dati di tipo AES e SSL/TLS • Secure boot con Flash encryption

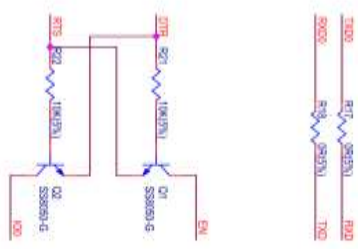
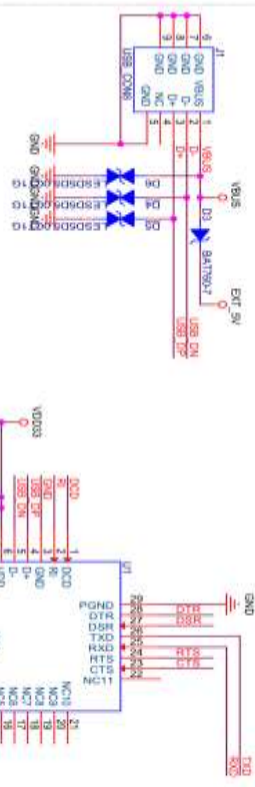
Clocks and Timers

- Internal 8 MHz oscillator with calibration
- Internal RC oscillator with calibration
- External 2 MHz ~ 60 MHz crystal oscillator (40 MHz only for Wi-Fi/Bluetooth functionality)
- External 32 kHz crystal oscillator for RTC with calibration
- Two timer groups, including 2 × 64-bit timers and 1 × main watchdog in each group
- One RTC timer
- RTC watchdog

Power Supply

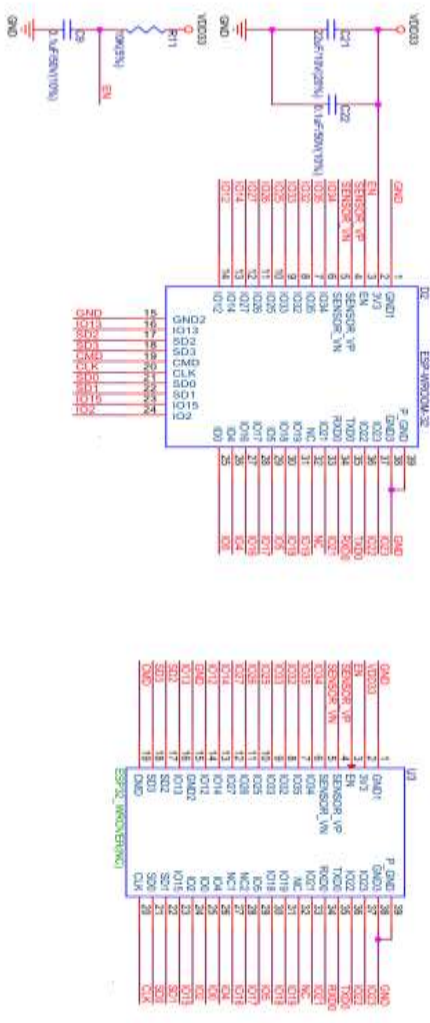


Micro USB SW/USB-UART



Also program
DIR: RTS-SEN IO:
1 0 1 1 1
1 0 0 1 1
0 1 1 1 0

ESP32 Module



SWITCH BUTTON



Connector



Table 3-1. Memory and Peripheral Mapping

Category	Target	Start Address	End Address	Size
Embedded Memory	Internal ROM 0	0x4000_0000	0x4005_FFFF	384 KB
	Internal ROM 1	0x3FF9_0000	0x3FF9_FFFF	64 KB
	Internal SRAM 0	0x4007_0000	0x4009_FFFF	192 KB
	Internal SRAM 1	0x3FFE_0000	0x3FFF_FFFF	128 KB
		0x400A_0000	0x400B_FFFF	
	Internal SRAM 2	0x3FFA_E000	0x3FFD_FFFF	200 KB
	RTC FAST Memory	0x3FF8_0000	0x3FF8_1FFF	8 KB
0x400C_0000		0x400C_1FFF		
RTC SLOW Memory	0x5000_0000	0x5000_1FFF	8 KB	
External Memory	External Flash	0x3F40_0000	0x3F7F_FFFF	4 MB
		0x400C_2000	0x40BF_FFFF	11 MB+248 KB
	External RAM	0x3F80_0000	0x3FBF_FFFF	4 MB
Peripheral	DPort Register	0x3FF0_0000	0x3FF0_OFFF	4 KB
	AES Accelerator	0x3FF0_1000	0x3FF0_1FFF	4 KB
	RSA Accelerator	0x3FF0_2000	0x3FF0_2FFF	4 KB
	SHA Accelerator	0x3FF0_3000	0x3FF0_3FFF	4 KB
	Secure Boot	0x3FF0_4000	0x3FF0_4FFF	4 KB
	Cache MMU Table	0x3FF1_0000	0x3FF1_3FFF	16 KB
	PID Controller	0x3FF1_F000	0x3FF1_FFFF	4 KB
	UART0	0x3FF4_0000	0x3FF4_OFFF	4 KB
	SPI1	0x3FF4_2000	0x3FF4_2FFF	4 KB
	SPIO	0x3FF4_3000	0x3FF4_3FFF	4 KB
	GPIO	0x3FF4_4000	0x3FF4_4FFF	4 KB
	RTC	0x3FF4_8000	0x3FF4_8FFF	4 KB
	IO MUX	0x3FF4_9000	0x3FF4_9FFF	4 KB
	SDIO Slave	0x3FF4_B000	0x3FF4_BFFF	4 KB
	UDMA1	0x3FF4_C000	0x3FF4_CFFF	4 KB
	I2SO	0x3FF4_F000	0x3FF4_FFFF	4 KB
	UART1	0x3FF5_0000	0x3FF5_OFFF	4 KB
	I2CO	0x3FF5_3000	0x3FF5_3FFF	4 KB
	UDMA0	0x3FF5_4000	0x3FF5_4FFF	4 KB
	SDIO Slave	0x3FF5_5000	0x3FF5_5FFF	4 KB
	RMT	0x3FF5_6000	0x3FF5_6FFF	4 KB
	PCNT	0x3FF5_7000	0x3FF5_7FFF	4 KB
	SDIO Slave	0x3FF5_8000	0x3FF5_8FFF	4 KB
	LED PWM	0x3FF5_9000	0x3FF5_9FFF	4 KB
	eFuse Controller	0x3FF5_A000	0x3FF5_AFFF	4 KB
	Flash Encryption	0x3FF5_B000	0x3FF5_BFFF	4 KB
	PWMO	0x3FF5_E000	0x3FF5_EFFF	4 KB
	TIMGO	0x3FF5_F000	0x3FF5_FFFF	4 KB
	TIMG1	0x3FF6_0000	0x3FF6_OFFF	4 KB
	SPI2	0x3FF6_4000	0x3FF6_4FFF	4 KB
	SPI3	0x3FF6_5000	0x3FF6_5FFF	4 KB
	Peripheral	SYSCON	0x3FF6_6000	0x3FF6_6FFF
I2C1		0x3FF6_7000	0x3FF6_7FFF	4 KB
SDMMC		0x3FF6_8000	0x3FF6_8FFF	4 KB
EMAC		0x3FF6_9000	0x3FF6_AFFF	8 KB
TWAI		0x3FF6_B000	0x3FF6_BFFF	4 KB
PWM1		0x3FF6_C000	0x3FF6_CFFF	4 KB
I2S1		0x3FF6_D000	0x3FF6_DFFF	4 KB
UART2		0x3FF6_E000	0x3FF6_EFFF	4 KB
PWM2		0x3FF6_F000	0x3FF6_FFFF	4 KB
PWM3		0x3FF7_0000	0x3FF7_OFFF	4 KB
RNG		0x3FF7_5000	0x3FF7_5FFF	4 KB

ESP8266 vs ESP32 vs ESP32-S2

FEATURES	ESP8266	ESP32	ESP32-S2
Release Year	2014	2016	2019
Microcontroller	Xtensa single-core 32-bit L106	Xtensa single/dual-core 32-bit	Xtensa single-core 32-bit LX7
Clock Frequency	80 MHz	160/240 MHz	240 MHz
Co-processor	✗	ULP	ULP (RISC-V)
SRAM	160KB	520KB	320KB
RTC Memory	✗	16KB	16KB
External SPIRAM	Up to 16MB	Up to 16MB	Up to 128MB
External Flash	✗	✗	Up to 1G
Wi-Fi (802.11 b/g/n)	HT20	HT20	HT20
ESP-MESH	✓	✓	✓
Bluetooth	✗	BT 4.2, BR/EDR, BLE	✗
Ethernet	✗	10/100 Mbps	✗
CAN	✗	2	✗
Time of Flight	✗	✗	✓
GPIO (total)	16	34	43
Touch Sensors	✗	10	14
SPI	2	4	4 (OSPI)
I2C	1 (soft)	2	2
I2S	2	2	1
UART	2 (1.5 actually)	3	2
ADC	1(10-bit)	18 (12-bit)	20 (12-bit)
DAC	✗	2 (8-bit)	2 (8-bit)
PWM (soft)	8	16	8
SDMMC	✗	✓	✗
USB OTG	✗	✗	✓
LCD Interface	✗	✗	✓
Camera Interface	✗	✗	✓
Temperature Sensor	✗	✓	✓
Hall sensor	✗	✓	✗
Security	✗	Secure boot Flash encryption 1024-bit OTP AES, SHA-2, RSA, ECC, RNG	Secure boot Flash encryption 4096-bit OTP AES-128/192/256, SHA-2, RSA, RNG, HMAC, Digital Signature
Crypto	✗		
Low Power Consumption	20uA	10uA deep sleep	5uA in idle mode, 24uA at 1% duty cycle

Confronto tra le schede ESP32 e Arduino Uno

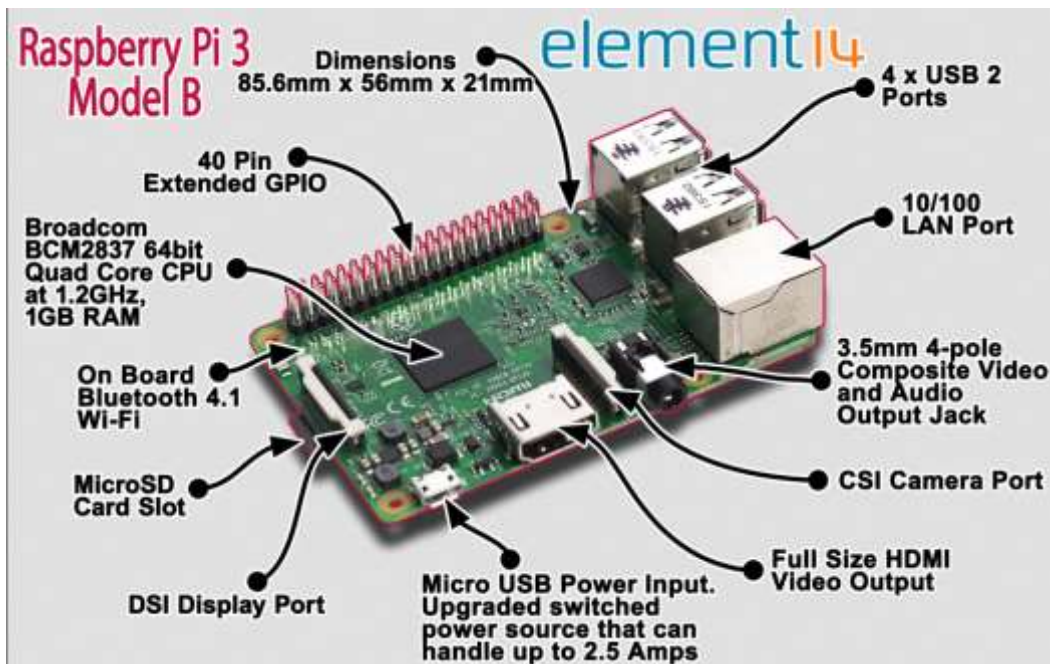
Caratteristiche Principali	ESP32	Arduino UNO Rev3	
Numero di Cores	2	1	
Architettura	32 Bit	8 Bit	
Frequenza di Clock	160 Mhz (fino a 240 Mhz)	16 Mhz	
WIFI	Si	NO	
Bluetooth	BT 4.2+BLE	NO	
RAM	512KB	2KB	
Memoria Flash	4MB (fino a 16Mb)	32KB	
Memoria RTC	16KB	NO	
Porte GPIO	36	14	
Convertitore ADC	18	6	
Convertitore DAC	2	No	
Interfacce	SPI/I2C/UART/I2S/CAN/TOUCH	SPI/I2C/UART	
Sistema operativo	FreeRTOS/ Micropyton	NO	
Costo	4-8 €	10-25€	

RASPBERRY PI

Il RASPERRY è una evoluzione più completa delle schede di sviluppo e di prototipazione rapida.

E' a tutti gli effetti un MINI computer, dotato di connessioni per monitor HDMI, tastiere, telecamere, porte USB, LAN, connessioni WIFI e Bluetooth.

Le ultime versioni, con 26 connettori di ingresso/uscita hanno a bordo un microcontrollore **Broadcom** a 64 bit (Rpi 5) dotato di 4 cores con frequenza di clock a 2,4 GHz , Unità grafica a 800MHz con decoder 4K e memoria fino a 8GB.



Raspberry Pi B+ 40 Pin	3.3V	1	2	5V			
	I2C Data	GPIO 2	3	4	5V		
	I2C Clock	GPIO 3	5	6	Gnd		
	1-WIRE	GPIO 4	7	8	GPIO 14	UART0 TXD	
	Gnd		9	10	GPIO 15	UART0 RXD	
		GPIO 17	11	12	GPIO 18	PWM0	PCM CLK
	SD0 DAT3	GPIO 27	13	14	Gnd		
	SD0 CLK	GPIO 22	15	16	GPIO 23	SD0 CMD	
	3.3V		17	18	GPIO 24	SD0 DAT0	
	SPI0 MOSI	GPIO 10	19	20	Gnd		
	SPI0 MISO	GPIO 9	21	22	GPIO 25	SD0 DAT1	
	SPI0 SCLK	GPIO 11	23	24	GPIO 8	SPI0 CE0	
	Gnd		25	26	GPIO 7	SPI0 CE1	
	EEPROM		27	28	EEPROM		
		GPIO 5	29	30	Gnd		
		GPIO 6	31	32	GPIO 12	PWM0	
	PWM1	GPIO 13	33	34	Gnd		
	PCM FS	GPIO 19	35	36	GPIO 16		
	SD0 DAT2	GPIO 26	37	38	GPIO 20	PCM DIN	
	Gnd		39	40	GPIO 21	PCM DOUT	

La scheda RASPBERRY dispone di un sistema operativo in ambiente LINUX , per cui la programmazione delle applicazioni deve avvenire in un linguaggio di scripting evoluto chiamato Pyton.

Rispetto alle altre schede i costi sono notevolmente più alti, ma il campo di applicazione, per molti versi, è molto diverso.

Raspberry Pi 3 Model B

13

Specifications

Processor	Broadcom BCM2387 chipset. 1.2GHz Quad-Core ARM Cortex-A53 802.11 b/g/n Wireless LAN and Bluetooth 4.1 (Bluetooth Classic and LE)
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor. Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode. Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	1GB LPDDR2
Operating System	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system or Windows 10 IoT
Dimensions	85 x 56 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V1, 2.5A
Connectors:	
Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4) Composite RCA (PAL and NTSC)
Audio Output	Audio Output 3.5mm jack, HDMI USB 4 x USB 2.0 Connector

Caratteristiche principali della scheda Raspberry Pi 3/B