

Il microcontrollore

- E' un dispositivo elettronico integrato su singolo chip. E' il cuore elettronico di più dell'80% dei dispositivi che usiamo comunemente. Dall'elettrodomestico al cellulare, dal televisore all'orologio, dal termostato di casa al contachilometri dell'automobile
- Viene utilizzato generalmente in sistemi cosiddetti "embedded", cioè per applicazioni specifiche di controllo digitale.
- È progettato per interagire direttamente con il mondo esterno tramite un programma residente nella propria memoria interna e mediante l'uso di pin specializzati o configurabili dal programmatore.
- A seconda della potenza di calcolo necessaria hanno capacità elaborativa a 8 bit, 16 bit, 32 bit o 64 bit.
- Hanno un costo generalmente molto ridotto: si va da pochi centesimi di euro a qualche decina di euro per i sistemi più complessi.
- Per i microcontrollori sono rilasciati sistemi di sviluppo amatoriali e professionali anche in modalità open source.
- A differenza dei microprocessori, il microcontrollore è progettato per avere la massima autosufficienza funzionale ed ottimizzare il rapporto tra il costo e le prestazioni in uno specifico settore di utilizzo.
- Contrariamente ai microprocessori che eseguono i programmi applicativi sfruttando dispositivi di memoria di massa o a memoria volatile, i microcontrollori eseguono il programma applicativo che è solitamente memorizzato sulla memoria ROM interna .
- La velocità del clock è generalmente più bassa rispetto al uP.
- Tutto quello che in un sistema a microprocessore si trovava esterno all'unità centrale, nel microcontroller è "embedded", quindi integrato in un singolo package.

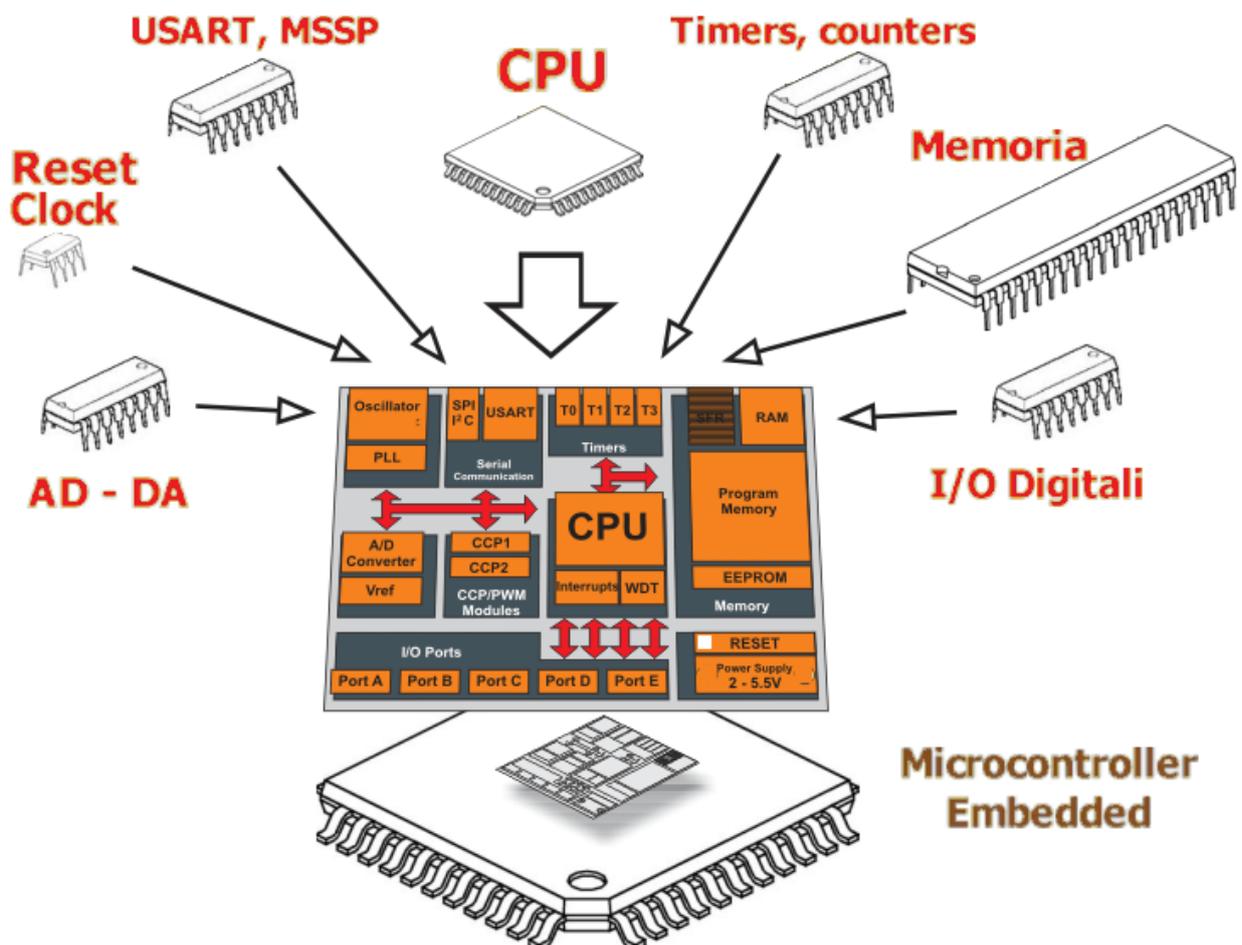
Nel microcontrollore è presente, sul singolo chip di silicio, oltre alla CPU, tutto ciò che in un sistema a microprocessore si trovava all'esterno :

Memorie RAM, Memorie ROM , timer, contatori, interfacce verso le periferiche, convertitori analogico-digitali ,convertitori digitali-analogici, orologi in tempo reale, particolari registri di sicurezza quali Watch dog, pre-fetch , ecc...

Contrariamente ai microprocessori, dove la maggioranza dei piedini di collegamento sono rappresentati dai Bus (indirizzo, dati e controllo) , dal microcontrollore non fuoriescono i segnali dei Bus ma, essenzialmente i collegamenti di ingresso /uscita configurabili .

Altre Caratteristiche dei microcontrollori

- Basso costo (consente di sostituire più circuiti integrati tradizionali a costo nettamente inferiore - dai 30 c€ ai 20 €).
- Ampia scalabilità di prestazioni, di complessità (da 8 pin a 144 pin) e velocità (da 1 MHz a 200 MHz).
- Vasta gamma di dotazioni in periferiche e moduli specializzati.
- Numero di componenti esterni estremamente ridotto
- Facilità di programmazione dovuta anche ai vari tools di sviluppo (spesso open-source) disponibili.
- Ampia (e spesso libera) disponibilità di librerie, codici di esempio e documentazione
- Possibilità e facilità di riprogrammazione (in-field e in-system) e grande flessibilità applicativa .
- Brevi tempi di introduzione sul mercato del prodotto finito.



Principali differenze tra microprocessore e microcontroller

microprocessore	microcontroller
il microprocessore ha bisogno di tutti i numerosi componenti esterni aggiuntivi per poter funzionare (memoria, oscillatore di clock, periferiche di ingresso/uscita ecc), richiedendo una certa superficie per la realizzazione di un sistema anche semplice ed un costo sensibile	Il microcontroller comprende in un solo elemento tutto quello che serve e può virtualmente funzionare praticamente senza elementi esterni; questo richiede il minimo di spazio e di costo
il microprocessore si può espandere sui bus in maniera virtualmente illimitata , permettendo di realizzare sistemi di alta complessità	il microcontroller non ha veri e propri bus esterni per espandersi , in quanto la sua funzione è il controllo di di sistemi relativamente poco complessi
nei sistemi a microprocessore l'espandibilità consente di aggiungere memoria e periferiche a seconda delle necessità del sistema	il microcontroller non prevede, in genere, la possibilità di espandere memoria o periferiche ed il numero degli I/O e delle funzioni di controllo sul mondo esterno è forzatamente limitato al numero dei pin accessibili.

Elementi principali di un microcontrollore :

- Unità di elaborazione: CPU e/o MCU

Un processore può essere pensato come il cervello del dispositivo. Elabora e risponde a varie istruzioni che dirigono la funzione del microcontrollore, gestisce e comanda tutti gli altri elementi presenti sul chip. Ciò comporta l'esecuzione di operazioni di trasferimento dati, operazioni aritmetiche, logiche e di I/O di base.

- Memoria di programma: ROM, FLASH

Memoria a lettura e scrittura non volatile dove viene memorizzato il programma per le esecuzioni delle istruzioni, il cosiddetto firmware .

Generalmente, il codice sorgente di un programma viene creato per mezzo di un software chiamato IDE (ambiente di sviluppo) che contiene un editor di testo per l'inserimento delle istruzioni, un correttore sintattico per rilevare per esempio, eventuali errori di battitura o la mancanza di parentesi , un programma di compilazione, per la traduzione del codice da noi scritto in linguaggio ad alto livello in un codice a basso livello comprensibile dal microcontrollore e di una interfaccia seriale (USB o JTAG) per il caricamento e la programmazione della memoria flash.

- Memoria dati: RAM

Memoria a lettura e scrittura volatile ; vengono memorizzate temporaneamente tutte quelle informazioni che possono variare nel corso dell'esecuzione del programma, per esempio le variabili.

- Porte di I/O e/o GPIO configurabili

Sono tutti i collegamenti verso il mondo esterno. Possono essere collegati sensori e attuatori . Se deve essere collegato un sensore, viene impostata come INPUT, con il collegamento di un attuatore, come OUTPUT.

- Interfacce analogiche o a tecnologia mista: ADC, DAC, PWM

Gli stessi pin di I/O possono essere impostati per acquisire o per inviare sia segnali digitali che analogici, in quest'ultimo caso intervengono i circuiti di interfaccia di Conversione Analogica-Digitale – ADC) o i circuiti DAC (Conversione Digitale Analogica o PWM (Pulse Width Modulation) che permette di ottenere in uscita un segnale analogico generando un treno di onde quadre a duty-cycle variabile.

- Moduli di comunicazione: USART, I2C, SPI, USB, Ethernet, IrDA, CAN, Bluetooth, Wi-Fi

Sono porte di comunicazione dati digitali, di tipo seriale, con collegamenti cablati a fili (USART, I2c,SPI,USB...) o di tipo wireless con trasmissione ottica (IrDA a raggi infrarossi) o radio (WIFI, Bluetooth, LORA...)

- Contatori e timer

Sono circuiti interni al microcontrollore in grado di produrre segnali digitali a frequenze programmabili, servono per generare, per esempio, tempi di attesa (delay) , segnali di clock interni, orologi in tempo reale ...

- Watch dog - Reset Automatico

Il timer watchdog (WDT) è un circuito presente sul chip del microcontrollore ma con funzioni svincolate dalla gestione della MCU. E' un registro contatore ad "auto-decremento" che, indipendentemente dal programma si decrementa di una unità ad ogni ciclo. Quando contiene un valore diverso da 0 è attivo, se il suo contenuto arriva invece a 0, va in una condizione di "timeout", si disattiva e può resettare la MCU .

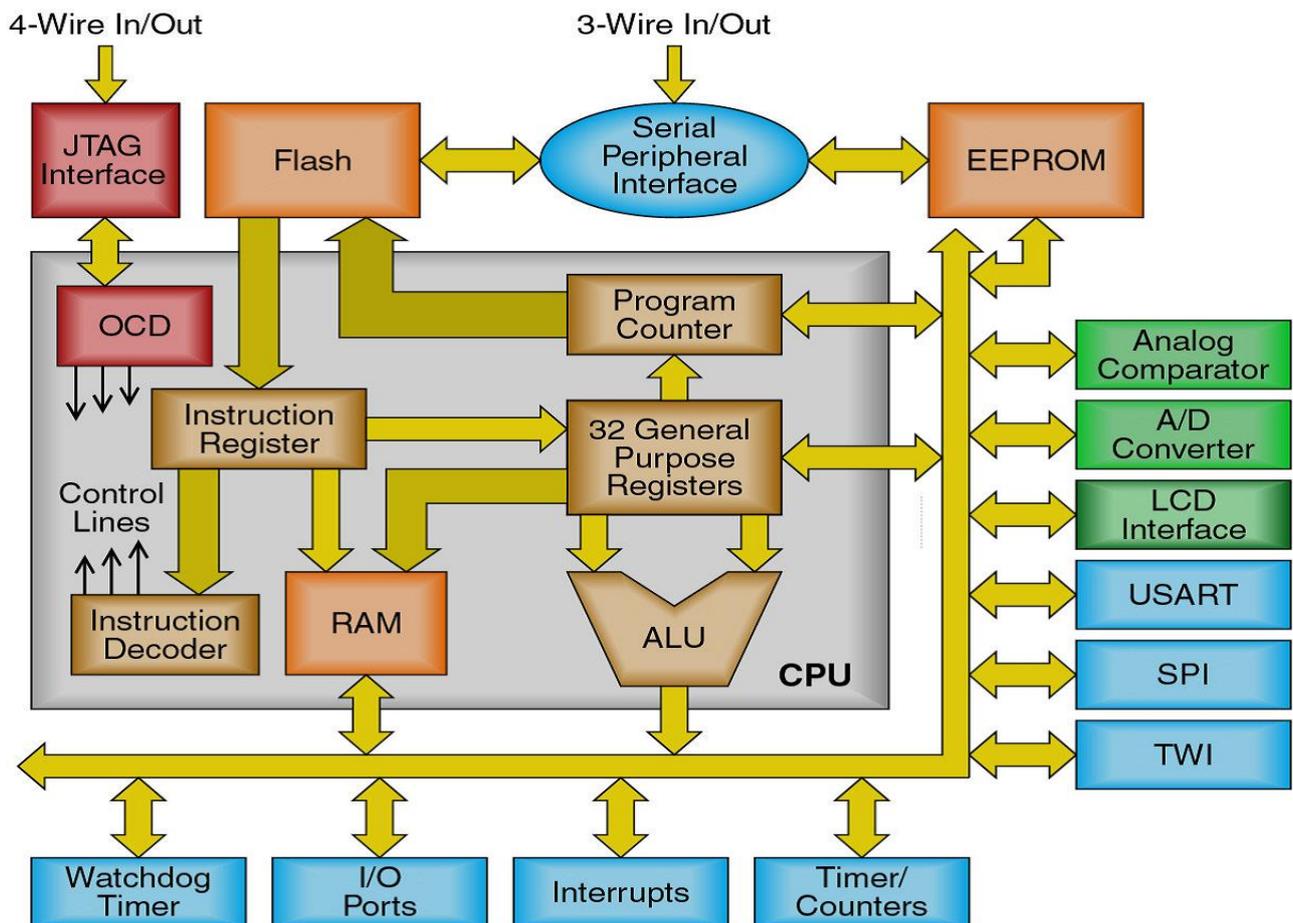
In condizioni di normale funzionamento deve essere sempre ATTIVO, sarà DISATTIVO solo quando c'è stato un problema di esecuzione di istruzioni.

La sua funzione diviene utile quando un programma va in "tilt" o in ciclo infinito e quindi l'esecuzione delle istruzioni è bloccata.

Come una bomba, il timer del watchdog è impostato per il conto alla rovescia. L'MCU effettua il check-in del watchdog a un intervallo prestabilito per verificare che è ancora attivo, se lo è lo ripristina al suo valore massimo ed il conto alla rovescia riparte. In caso contrario , il watchdog resetta la MCU, scaricando i programmi e riavviando il sistema.

- Gestione Interrupt
- Controller DMA
- Interfacce di visualizzazione e controllo: (LCD, Touch screen, audio..)

ESEMPIO DI ARCHITETTURA DI UN MICROCONTROLLORE



ARCHITETTURA del Microcontrollore ATmega 328P presente sulla scheda Arduino UNO

Il microcontrollore ATmega328P è un microcontrollore CMOS a 8 bit a bassa potenza basato sull'architettura RISC avanzata (computer con set di istruzioni ridotto) di AVR®.

Al fine di massimizzare le prestazioni e il parallelismo, l'AVR utilizza l'architettura Harvard - con memorie e bus separati per programma e dati.

Nelle normali applicazioni (Arduino UNO) viene adottato un clock esterno con oscillatore a quarzo esterno da 16 MHz.