

1.0 Introduzione

L'elettronica una cosa che ormai è presente in ogni momento e ogni gesto della nostra vita, non solo nei dispositivi di cui abbiamo esperienza diretta come computer, telefoni, ecc. o in oggetti di uso quotidiano come forni, lavatrici, ecc. È anche indispensabile al funzionamento di tutti i sistemi complessi che utilizziamo ogni giorno come il sistema idrico, elettrico, telefonico e di trasporto.

In un corso della durata di 30 ore non è possibile illustrare tutti gli aspetti dell'elettronica per cui ci limiteremo a dare una visione d'insieme e poi ci concentreremo sull'elettronica digitale ed in particolare sui sistemi a microprocessore. Questo perché il prezzo dei microprocessori si è molto abbassato negli ultimi anni ed essi permettono una maggior flessibilità di utilizzo rispetto a circuiti non programmabili.

Ad esempio, in una automobile moderna di fascia medio-bassa sono presenti quasi mille microprocessori e l'elettronica rappresenta circa il 15-20% del costo finale.

Probabilmente alcuni di voi avranno sentito parlare della piattaforma Arduino, molto diffusa come elemento di base per la realizzazione di piccoli dispositivi elettronici e in ambito didattico. Noi non useremo questa piattaforma in quanto facilitando molto la programmazione non permette di comprendere il reale funzionamento del microprocessore.

Segnali analogici e digitali

Ma qual è esattamente il compito di un sistema elettronico? In generale potremmo dire che un sistema elettronico si occupa di elaborare informazioni rappresentate come segnali elettrici. I segnali generalmente saranno sotto forma di tensione elettrica variabile nel tempo, più raramente sotto forma di corrente.

Distinguiamo due categorie di segnali: i segnali **analogici** e i segnali **digitali**. Normalmente un segnale *analogico* è un segnale continuo, che può assumere un numero infinito di valori, mentre un segnale *digitale* può assumere solo un numero limitato di valori.

Noi adotteremo una distinzione più ristretta di segnale digitale: sarà un segnale che può assumere solo due valori (ad esempio 0V e 5V) e quindi che codifica un segnale binario. Al valore più alto (chiamato HIGH) verrà associato l'1 binario, al valore più basso (normalmente 0V, chiamato LOW) verrà associato lo 0 binario

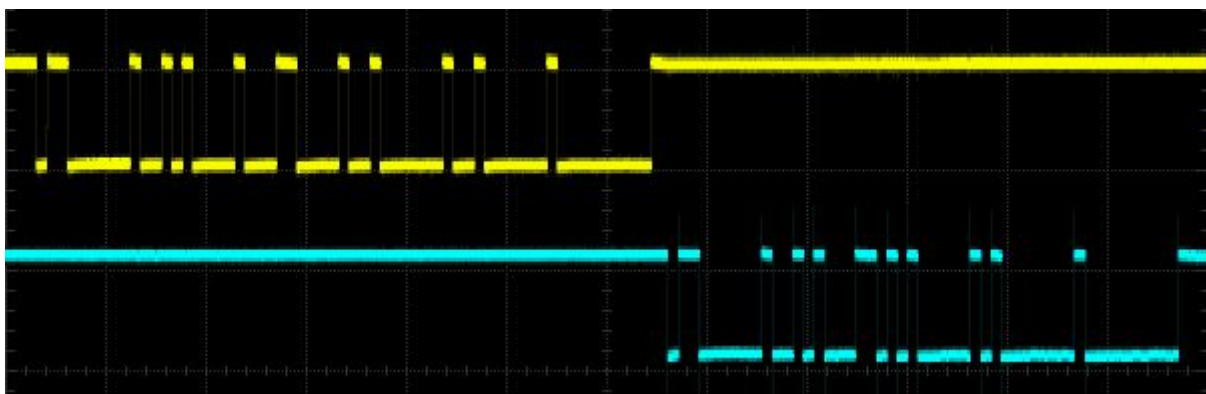


Figura 1: Esempio di segnali digitali: questo è un grafico di tensione sul tempo (V/t) ottenuto con un oscilloscopio

Normalmente si usano delle soglie per distinguere i valori che dipendono dal tipo di circuito utilizzato. Per la famiglia logica TTL (tensione di alimentazione 5V) si hanno le seguenti soglie: qualsiasi valore sotto 0.8V viene considerato come uno 0, qualsiasi valore sopra i 2V viene considerato un 1. Si noti che c'è una regione (da 0.8V a 2V) in cui il comportamento del circuito non è definito (potrebbe essere interpretato sia come uno 0 che come un 1).

Sistemi embedded

Inizieremo ora a vedere gli elementi di un sistema elettronico digitale moderno, chiamato anche *sistema embedded*.

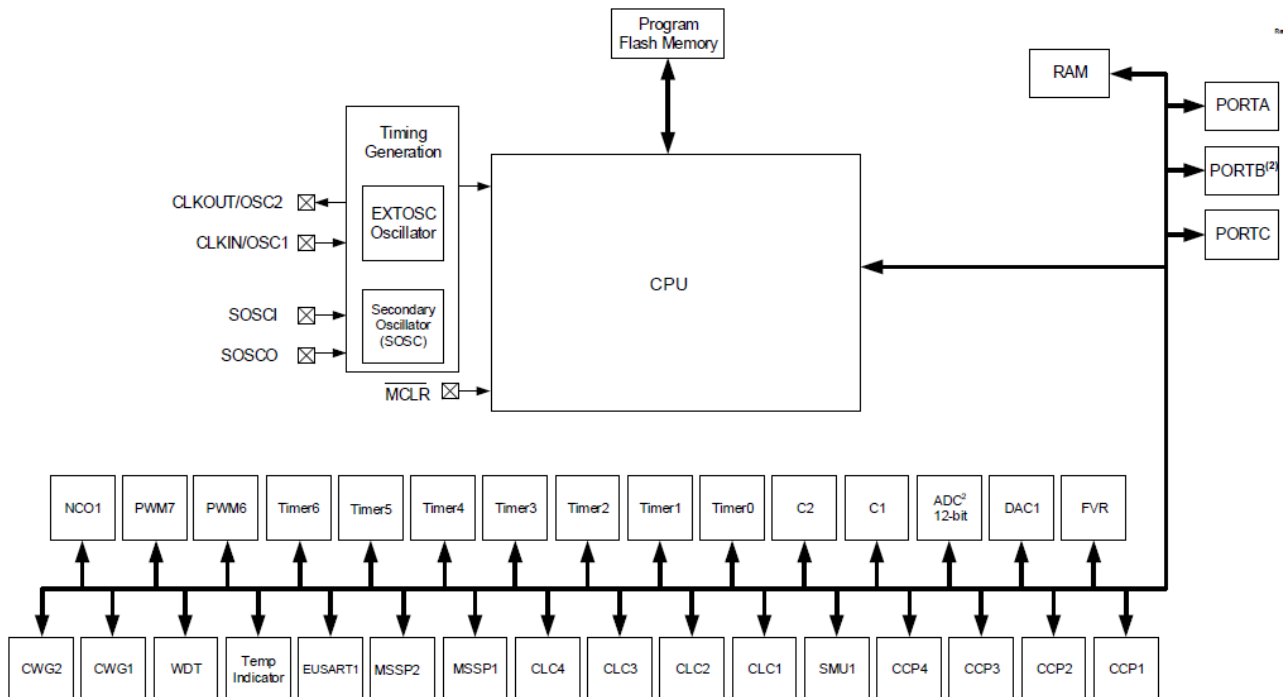


Figura 2: Schema a blocchi di un microcontrollore. Si noti l'ampio numero di periferiche collegate al processore

Al centro di tali sistemi è presente un microcontrollore: si tratta di un piccolo computer integrato in un singolo circuito integrato e dotato di periferiche che permettono di comunicare ed integrare con altri componenti. Le periferiche sono mappate in memoria, ovvero il processore interagisce con esse scrivendo e leggendo in particolari aree di memoria o registri chiamati SFR (Special Function Registers). Elenchiamo ora alcune delle periferiche più comuni:

I/O Ports

Permette al processore di leggere o emettere segnali digitali. I pin sono raggruppati assieme in gruppi generalmente della dimensione del bus dati del sistema (8, 16 o 32 bit)

Timer

Permettono di misurare ed emettere segnali digitali a intervalli di tempo precisi senza impegnare il processore. Un altro uso è quello di generare un interrupt periodico al processore

ADC e DAC

Sono periferiche che permettono di interagire con segnali analogici. Gli ADC (Analog to Digital Converter) convertono un segnale analogico in una rappresentazione digitale (un numero) la cui risoluzione si dà in numero di bit (e quindi 2^n valori). I DAC eseguono la funzione opposta: generano un segnale analogico a partire da un numero.

Periferiche di comunicazione: UART, SPI, I²C

Sono periferiche che permettono di trasmettere e ricevere dati da fonti esterne tramite protocolli di natura seriale. Ogni periferica gestisce un protocollo di tipo diverso con caratteristiche diverse: l'UART è un protocollo asincrono punto-punto, mentre SPI e I²C sono protocolli sincroni master-slave.

PWM: Modulazione di larghezza di impulso

Come vedremo è difficile generare un segnale analogico a da un microcontrollore, specie se è necessario fornire potenza. Quindi vediamo una tecnica che permette di approssimare la generazione di una tensione variabile utilizzando un segnale digitale: la *modulazione a larghezza di impulso* (PWM, Pulse Width Modulation). La tecnica prevede di variare il *duty cycle* di un'onda quadra di una certa frequenza, ovvero per quanto tempo, in rapporto al periodo, il segnale rimane acceso.

50% duty cycle



75% duty cycle



25% duty cycle



Facendo una media della tensione nel tempo si ha che il valore della tensione media è pari a $V_{med} = \frac{duty}{100} * V_{max}$. Questa tecnica è molto più semplice perché non è necessario generare una tensione intermedia ma basta accendere e spegnere il circuito. Questo permette una maggior efficienza, infatti questa tecnica viene utilizzata sempre quando si hanno a che fare con potenze elevate: controllo illuminazione, motori, ecc.