

ITIS GALILEO GALILEI ROMA

Via Conte Verde 51 00185 Roma (RM)
Segreteria didattica: 06/77071943/5
Segreteria del personale: 06/77071947
E-mail istituto: rmtf090003@istruzione.it
Codice Meccanografico Istituto: RMTF090003

GENERATORE DI FUNZIONI CON CONVERTITORE DIGITALE- ANALOGICO E MICROCONTROLLORE

Indice:

- **Introduzione**
 - Ragioni, motivazioni e scopi
 - Perché un generatore di segnali digitale?
 - Direct Digital Synthesis tecniche digitali di generazioni di segnali
 - Perché due microcontrollori?
 - Costi
- **Schemi**
 - Schema a blocchi e legenda
 - Schema elettrico
- **Convertitori Digitali-Analogico**
 - Tipologie e progettazione
 - Vantaggi e svantaggi
- **Filtri**
 - Filtro Butterworth del sesto ordine
 - Filtro RC del primo ordine
- **Condizionamento del segnale con amplificatori operazionali**
 - Offset e amplificazione
 - Condizionamento del range di valori
- **Problemi attuali e possibilità di espansione**
 - Problemi attuali
 - Possibilità di espansione e miglioramenti futuri
- **Fonti**
- **Fotografie**

Ragioni e motivazioni dietro lo sviluppo di questo progetto

Ragioni, motivazioni e scopi

Nel marzo 2020, come misura preventiva del contagio da Covid-19, le scuole sono state chiuse fino a fine anno scolastico. Anche durante l'anno corrente, le lezioni in presenza sono state rare e repentinamente interrotte per il ritorno alla didattica a distanza. Quest'ultima è indubbiamente stata un tratto caratteristico nelle vite degli studenti e studentesse nell'ultimo anno e mezzo.

Frequentando un istituto tecnico, maggior parte delle ore delle materie di indirizzo sono dedicate ai laboratori pratici. Con l'avvento della didattica a distanza questa possibilità è venuta meno. Anche con il ritorno in presenza, seppur parziale, l'accesso ai laboratori è stato comunque raro e complicato.

Ho così deciso di fare alcune esperienze di laboratorio da solo, a casa, aggiungendolo al normale svolgimento dei compiti. Ho personalmente la fortuna di essere riuscito a prendere in prestito da mio padre parte dei suoi strumenti da laboratorio, come multimetri, saldatori, oscilloscopio e alimentatore stabilizzato. Quello che mancava era un generatore di segnali. Parlando con amici e professori, ho scoperto l'esistenza di generatori di segnali basati su microcontrollori. Ho subito pensato potesse essere un'idea interessante, anche in vista dell'Esame di Stato, progettare e costruire da me un generatore di funzioni digitale. Ho parlato della mia idea ai professori, che l'hanno accettata e condivisa.

Anche la commissione d'esame ha poi gentilmente accettato la mia idea come argomento per questo elaborato.

Il progetto è dunque da considerarsi come un semplice studio di fattibilità, che ha senza subbio avuto esito positivo. Le possibilità di miglioramento e di espansione dello strumento sono enormi, a partire dall'incremento della frequenza massima di uscita e l'introduzione di un controllo completamente digitale della ampiezza e dell'offset dell'onda in uscita.

Lo scopo del progetto è primariamente quello di fornire a me stesso uno strumento di laboratorio precedentemente mancante nella mia dotazione. Questo ha insito in se stesso un più ampio scopo didattico. Il generatore di segnali è composto di una serie di elementi che sintetizzano l'esperienza didattica di tutto il triennio del nostro corso di studi: in primis i convertitori digitali-analogici, i filtri attivi e passivi del primo e di ordini superiori, l'uso e la programmazione dei microcontrollori, il condizionamento dei segnali e l'uso, dal più semplice al più complicato, di componenti a semiconduttori, primariamente amplificatori operazionali. A questo si aggiungono le tecniche digitali per la generazione di segnali, che in parte sfuggono alla programmazione del corso di automazione ma sicuramente espandono l'ambito di quanto imparato in questi tre anni.

Perché un generatore di segnali digitale?

L'avvento negli ultimi anni dei microcontrollori ha indubbiamente aperto le frontiere per una rivoluzione nel mondo dell'elettronica. Il microcontrollore è un elemento le cui azioni possono essere comandate attraverso un programma, scritto in diversi linguaggi di programmazione, compilato e caricato. Questo li rende componenti di una flessibilità incredibile, adattabili virtualmente a ogni situazione. Non si ha più un circuito che esegue una sola azione, come in passato, ma un circuito che, riprogrammando il microcontrollore, può eseguire diverse azioni, senza cambiare la configurazione hardware.

Questo è vero anche per i generatori di segnali. Un singolo microcontrollore, opportunamente programmato, collegato ad un DAC (Digital-Analog Converter / Convertitore Digitale-Analogico) può rimpiazzare e miniaturizzare quelli che prima erano una serie di circuiti distinti, che occupavano più spazio e costano di più. Ma il fattore principale in realtà è un altro. I generatori di segnali digitali (Generatori DDS in breve) hanno enormi vantaggi nell'ambito della frequenza: in primo luogo non soffrono la deriva di frequenza tipica dei generatori di segnali analogici, fenomeno che aumenta con l'utilizzo e il surriscaldarsi dei componenti passivi all'interno. L'usura e l'invecchiamento dei componenti passivi nei generatori analogici, più presenti che in quelli digitali, portano anche alla distorsione dell'onda in uscita fino anche alla rottura dello strumento. In secondo luogo i generatori DDS impiegano un tempo infinitesimi a passare da un segnale di una determinata frequenza ad uno di una frequenza totalmente diversa rispetto ad un generatore di segnali analogico. I generatori DDS riducono inoltre la quantità di componenti, soprattutto quelli passivi, necessari alla realizzazione degli oscillatori, rimpiazzandoli con componenti a logica sequenziale o con un microcontrollore, entrambi seguiti da un DAC.

Perché due microcontrollori?

Agli albori dello sviluppo della tecnologia dei generatori DDS, il convertitore fase-tensione era implementato con componenti in logica sequenziale. Col tempo la logica sequenziale è stata sostituita dall'utilizzo di microcontrollori. Questo riduce l'ingombro di spazio e la quantità di componenti utilizzati, rimpiazzando la logica sequenziale con un programma caricato sulla memoria del microcontrollore. Inoltre sostituire la memoria statica che mantiene le informazioni sulla forma d'onda da generare con un array nella memoria del microcontrollore permette di cambiare programmaticamente la forma d'onda che si vuole generare e la sua risoluzione.

Per questi motivi è stato scelto di usare dei microcontrollori invece della logica sequenziale.

Il Teensy 3.5 è un potente microcontrollore Arduino-compatibile con frequenza di clock a 120 MHz, overclockabile fino a 168 MHz, con vari "ottimizzatori" applicabili durante la compilazione del codice per incrementare la velocità di esecuzione del programma. Ogni ciclo di clock (che dura solo nove nanosecondi) di questo microcontrollore è dedicato esclusivamente alla generazione delle onde. Interrompere il ciclo della generazione di onde con altre azioni (come aggiornare il display LCD, oppure leggere i dati in input da altre fonti come l'encoder) porterebbe inevitabilmente all'instabilità della frequenza dell'onda in uscita e talvolta alla deformazione della stessa.

Per evitare questo problema Teensy 3.5 viene affiancato da un Atmega 32u4, che si occupa esclusivamente dell'interfacciamento con l'utente (attraverso l'encoder), della lettura delle informazioni (dopo il condizionamento) sulla forma d'onda e mostrare il tutto sul display LCD. Questo toglie carico computazionale al Teensy 3.5, permettendo l'effettiva stabilità in frequenza dell'onda generata, evitando deformazioni.

La scelta di questa coppia di microcontrollori deriva da una mia vasta esperienza nel loro utilizzo nell'ambito del laboratorio di robotica. Inoltre, all'interno del laboratorio di TPSEE, ogni studente della classe ha sviluppato una scheda microcontrollore "general purpose" basata su Atmega 32u4.

Il Teensy 3.5 non è tuttavia il microcontrollore più adatto per questo lavoro, ma ad un modico prezzo offre ben due DAC e un'elevata frequenza di clock. Il circuito stampato è stato comunque progettato ed assemblato per poter sostituire facilmente il Teensy 3.5 con un altro microcontrollore, con DAC integrato o esterno, previa progettazione di una scheda di adattamento che si colleghi ai pin di

alimentazioni e interfacciamento con gli altri elementi (azzeramento offset e filtri, collegamento seriale con l'Atmega 32u4) già presenti sulla scheda, a cui normalmente è collegato il Teensy.