

LEDマトリックスで立体的に表現するスペクトラムアナライザの設計と製作

1220073 笹川純一 (プロセッサ回路の設計・制御研究室)

(指導教員 綿森 道夫 准教授)

1 本研究の概要

本作品では、ESP32を用いてリアルタイムでデジタル信号処理を行うスペクトラムアナライザの設計と製作及び、フーリエ変換されたデータをLEDマトリックスに表示するディスプレイ部の設計と製作を目的としている。ESP32とPICはI²C通信によってデータの表示を行い、信号処理のために増幅回路やフィルタを回路に組み込んで最終作品を製作した。

本研究の最大の売りは、乾電池で駆動可能な非力な組み込みプロセッサを利用して、サンプリング周波数16kHzで1024点のFFTとIFFT処理をリアルタイムに実行させたこと及び、立体的な3段LEDマトリックス表示ユニットを組み込んで、オンボード通信で制御したことである。

2 アナログ回路の設計

デジタル信号処理には必ずアンチエイリアシングフィルタと出力段にローパスフィルタが必要であり、それらはアナログ回路によって構成される。本研究ではサレンキー型ローパスフィルタを含むアナログ回路の設計と製作を行い、入力段に1段、出力段に3段のフィルタを構築した。LTSpiceのシミュレーションと実測で得られた周波数特性を比較し設計通りの特性の回路となっていることを確認した。

3 デジタル信号処理の実装

ESP32に浮動小数点演算による高速離散フーリエ変換(FFT)を実装した。FFTを行う際には不連続な波形になるのを避けるために窓関数をかけ、ハーフオーバーラップによって窓関数による波形の減衰を解消している。図3.1に窓関数をかけてFFTを行い、IFFTによって元の信号に戻した様子を示す。一定時間経過後入力信号と出力信号は完全に一致していることがわかる。

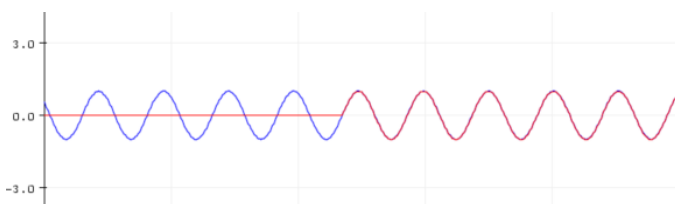


図 3.1 FFT後の波形

4 最終作品の設計と製作

最終作品の外観を図4.1に示す。

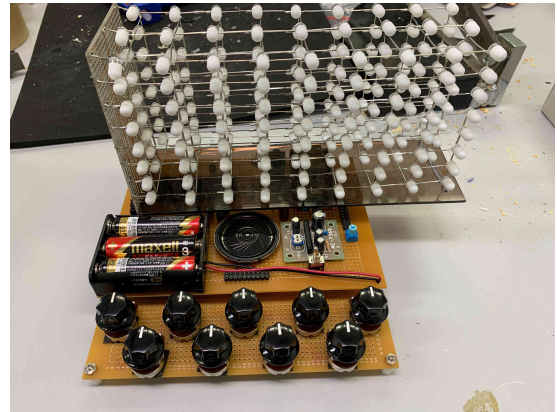


図 4.1 スペクトラムアナライザの外観

PCやマイクからの音声はイヤホンジャックによって入力段のアナログ回路に入力され、ゲイン増幅とローパスフィルタを経由してESP32の内蔵A/Dコンバータに入力される。A/Dコンバータで離散化された信号は1024点のFFT処理を施され、その後ボリュームによって各周波数範囲で増幅又は減衰が行われる。IFFTによって時間領域の信号に戻し、外付けのD/Aコンバータによりアナログ信号に変換され、出力用のアナログ回路でローパスフィルタ処理が行われる。最後に電力増幅用のメインアンプを通してスピーカーを駆動することで、入力音声にイコライザをかけた信号をスピーカーに出力することができる。

一方でESP32のマルチタスク機能を使用し、各周波数スペクトルの強度をI²C通信でPICに送信し、LEDディスプレイに表示している。表示されるものは様々な吟味した結果、手前から入力信号のスペクトル、次にイコライザをかけた信号のスペクトル、一番奥にイコライザのゲインを表すようにすると見た目も良く、動作がわかりやすいと感じた。

5 まとめ

本研究ではESP32によるリアルタイムFFT及びIFFTのデジタル信号処理を行い、そのデータの表示および、イコライザ処理による周波数成分の調整ができるように装置の設計、製作を行った。製作過程でアナログ回路を組み込んだりデジタル信号に対する様々な処理を行う中で回路に対する理解力や製作能力の向上に繋がった。