

WiFi に出力する電池駆動方式の信号処理端末の設計と製作

Design and Fabrication of portable signal-processing devices using battery cells able to WiFi output

1235122 中野雄大 (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 目的

乾電池による電源で動作するデジタル信号処理回路と、測定データを外部へ出力してモニターするシステムを構築することを目指す。信号には音声を扱い、信号処理したデータをスピーカーで出力する。信号処理はリアルタイムにフーリエ変換した周波数成分を加工して逆変換して音の信号に復調する。その際浮動小数点演算でフーリエ変換と逆変換を実施する。同時に信号データを WiFi による無線通信で出力し、遠隔でデータの観測と回路の操作が行えるようにする。このために選んだ組み込みプロセッサは ESP32 である。

2 アナログ回路の設計

デジタル信号処理回路には必ずアンチエイリアシングフィルタと出力段のローパスフィルタが必要であり、それらはアナログ回路で構成されている。そこで乾電池による単電源での動作が可能なサレンキー型の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った。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て設計通りの特性が得られているかを確認した。

3 FFT の実装

ESP32 に浮動小数点演算による FFT (高速フーリエ変換) を実装した。図 1 にプログラム内部で生成した波形に対して FFT と逆変換を行い、元の波形に戻した様子を示す。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。

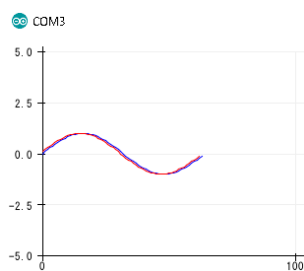


図 1 逆変換後の波形と FFT 前の波形

FFT による周波数領域への変換と逆変換がサンプリング周波数から決まる時間制限に間に合い、動作しているかどうかを確認した。ESP32 に搭載された FPU を利用した結果、高速に演算を実施することができ、実際に処理時間を測定することで余裕があることが確認できた。そこでノイズ軽減のための窓関数をかける処理と、ハーフオーバーラップ処理を実装した。

4 WiFi に出力する表示プログラムの製作

ESP32 を WiFi に接続させてウェブサーバーとして機能させることで、作成したウェブページにローカルエリアネットワーク内の PC からアクセスできるようにした。ESP32 は TTLS に対応していないので直接 KUT の無線 LAN に接続できない。そこで KUT に接続した windows パソコンをモバイルホットスポットにして間接的に KUT に接続した。リアルタイムフーリエ変換・逆変換プロセスとウェブサーバープロセスを通常の ESP32 プログラミングで実現することができなかったため、ウェブサーバーとしての処理はマルチスレッド機能により、信号処理とは別タスクで並列処理させてこの機能を実現した。ESP32 にはデュアルプロセッサ搭載となっていたので、2つのスレッドをそれぞれのコアに担当させるプログラムを記述した。

ウェブページ上では Chart.js を組み込んだプログラムによって棒グラフの形でデータがプロットされる。ESP32 は FFT して得た周波数の強度を WiFi で送り、結果として FFT アナライザのように使うことができる。Webserver 機能ではデータ送信の際の無駄が多いと思われたので、新たに WebSocket 機能を利用することで ESP32 からのデータを継続的に受け取り、プロットはリアルタイムで変化することが可能になった。またウェブページ上のプルダウンメニューからカットしたい周波数を指定することで、ESP32 が FFT と IFFT の間に行っている信号処理を遠隔操作することができる。図 2 に製作したウェブページを示す。

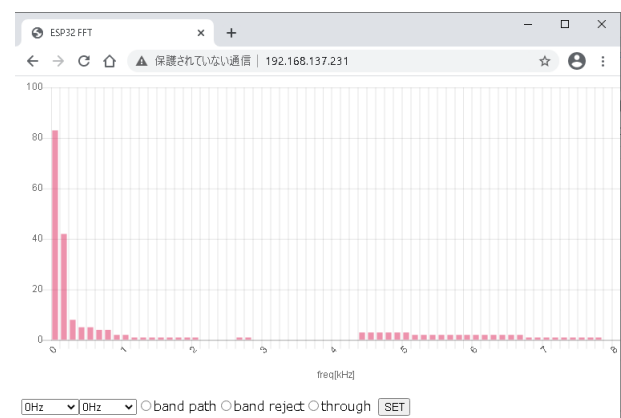


図 2 ページの構成

5 まとめ

FFT の際の浮動小数点演算とデュアルコアの利用、WebSocket 機能とソフト AP を利用した KUT 接続を実現した。