

組み込み CPU に搭載するリアルタイム音声加工システムの構築

Construction of Real-time voice processing systems by embedded 16 bit-CPUs

1235128 宮本 崇功 (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 背景

近年のプロセッサ産業における高集積化や高周波化は著しい。そうした IC の高性能化によって音楽や音声処理などといった「音」を扱う分野において、フーリエ変換 (以下 FFT) ならびに逆フーリエ変換 (以下 IFFT) などのプロセスを行うことができるようになった。しかしこのような変換作業は、積和演算を多く必要とするため、マイコンなどの組み込みプロセッサでの処理は、パソコンなどの CPU と比べると実装が困難である点が挙げられる。

マイコンにおける信号処理は、FIR や IIR フィルタなどをはじめ関連する書籍や文献などでも多く散見される。しかしながら FFT して信号処理して IFFT する一連の処理をリアルタイムでの実装を行い、さらに RaspberryPi などの通信による信号処理波形のグラフ化という一連のシステムは過去に例がないため、本研究ではそれらの構築を目指した。

2 dsPIC による FFT 変換処理

dsPIC30F2012 を用いた FFT 処理後に IFFT 処理の結果 (図 1) とより高速処理が可能な dsPIC33FJ64GP802 で FFT 処理して IFFT 処理した結果 (図 2) を入出力波形で示す。入力は共に $0.5V_{p-p}$ の 1kHz の sin 波であり、dsPIC の前後に f_c が 5kHz の 2 次バターワース型アナログフィルタ回路を搭載している。FFT のサンプリング周波数 f_s は 16kHz で共通であるが、直流レベルシフトを兼ねたアンプゲインは一致させていない。両者で位相差の違いはあるが、どちらのチップでも時間内に全ての処理が完了している。2 つのグラフを見比べて、今回は dsPIC33F を用いた実装を選択した。

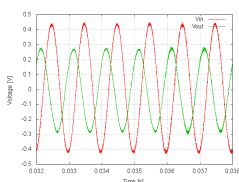


図 1 dsPIC30F

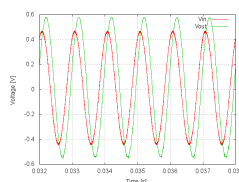


図 2 dsPIC33F

3 FFT とフィルタ処理

最終作品に搭載したフィルタは LPF と HPF であり、各フィルタの f_c は可変抵抗にて自由に変更することができるようにしている。ノイズを減らすために外付け D/A コンバータを用いて信号を出力している。FFT 処理以外にも出力波形のノイズ低減には手こずった。その結果外付けの

D/A コンバータを選択することにした。ここで図 3 に約 3kHz の LPF 特性と図 4 に約 1kHz の HPF 特性を持たせた実測グラフを示す。

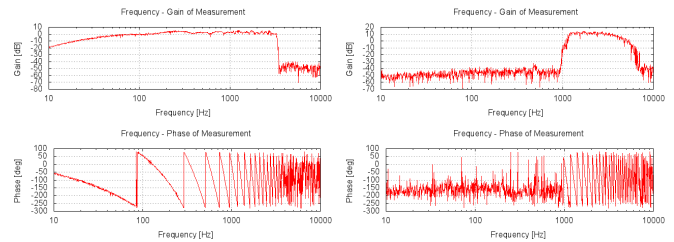


図 3 LPF 特性

図 4 HPF 特性

今回の FFT 点数 N は 64 であり、 f_s との関係から 5kHz までの周波数成分を 250Hz 間隔で自由に加工することができる。

4 Python によるグラフ表示

UART で RaspberryPi と接続し、FFT の振幅スペクトルを matplotlib を用いてリアルタイムグラフ表示した。使用したボーレート値 115200bps では FFT 処理の出力に影響を及ぼすため、一定の間隔でデータを間引きして送信した。ここで 3.2kHz の LPF 特性を持たせたフィルタのグラフ結果を下記に示す。

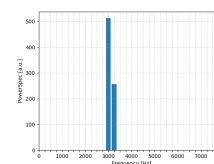


図 5 入力 3kHz

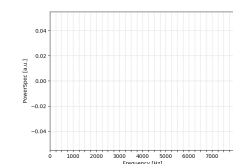


図 6 入力 4kHz

図 3 の周波数特性と比較して、Python のグラフでは 3kHz の振幅スペクトルは表示されたが、4kHz は表示されなかった。このことから周波数特性のとおり振幅スペクトルの表示がされていることがわかる。

5 結論

最終作品において dsPIC33F を使用して FFT と IFFT を実装し、入力信号の加工による周波数特性のリアルタイム変更ならびにその時の振幅スペクトルをリアルタイムグラフ表示するシステムを構築した。このことから DSP 内蔵のマイコンでは専用の関数を使うことにより、理論上 FFT をリアルタイムで実装できることが分かり、今後は f_c を高くした場合や N を増やして周波数をより細かくできるようにすること、合成処理などにおけるマイコンの限界と可能性について調べていくことが課題である。