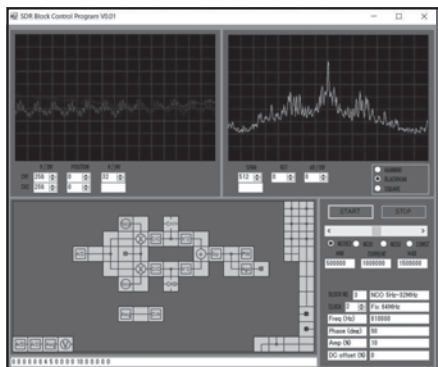


# 連載



## 周波数/波形解析から信号発生まで! エントリ・キットで始めよう フルデジタルRFプロセッサ SDRで作る私の計測器

第6回 FFTスペクトラム・アナライザの製作

加藤 隆志 Takashi Kato

### ● デジタル処理のスペクトラム・アナライザは安価で高性能

前回までに実施したのは、FPGAからUSBを介して送られてくる生のA-Dサンプリング・データをパソコンで受信して、リアルタイムで波形を表示するオシロスコープの製作です。

MAX10に内蔵されている1MSPS A-Dコンバータでも、サンプリング・データにFFT処理を施せば、スペクトラム・アナライザを製作することが可能です。

今回は、このサンプリング・データにFFT演算をかけて、スペクトラム・アナライザにしてみます(図1)。

### デジタル信号の周波数成分を高速演算する「FFT」

#### ● 信号の周波数成分を計算するアルゴリズム

フーリエ変換とは、信号の時間方向の変化(波形)を周波数方向の変化(スペクトラム)に変換する演算です。入力信号をフーリエ変換すれば、その信号のスペクトラムがわかります。これをグラフ化してモニタに映し出せば、スペクトラム・アナライザができあがります。

フーリエ変換を式で表すと、次のようになります。

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)e^{-j2\pi\omega t} dt \dots\dots\dots (1)$$

式(1)からわかるように、完全なフーリエ変換を行うには、 $-\infty$ から $+\infty$ の範囲で、信号をキャプチャします。さらに、キャプチャは、連続した値(アナログ・データ)である必要があるので、周波数 $\infty$ でサンプリングします。実際は、サンプリング周波数は有限値なので、理想的なフーリエ変換は不可能です。このような離散データに対するフーリエ変換処理は、**離散的なフーリエ変換(DFT: Discrete Fourier Transform)**と呼ばれます。

キャプチャ範囲が有限で、サンプリング周波数が有限となるため、信号は、有限個のデータになります。これにより、フーリエ変換に対し、DFTは、周波数分解能が有限なので、スペクトルが幅をもちます。

#### ● DFTを高速化する方法

DFTをそのまま実行すると、[正弦波の発生]-[入力と乗算]-[乗算結果の平均計算]という処理を、周波数を変えて繰り返し計算しなければなりません。サンプル数を大きく(周波数分解能を高く)すると、計算量が膨大になり、実行時間が非常に長くなります。

計算の周期性に着目してアルゴリズムを工夫するこ

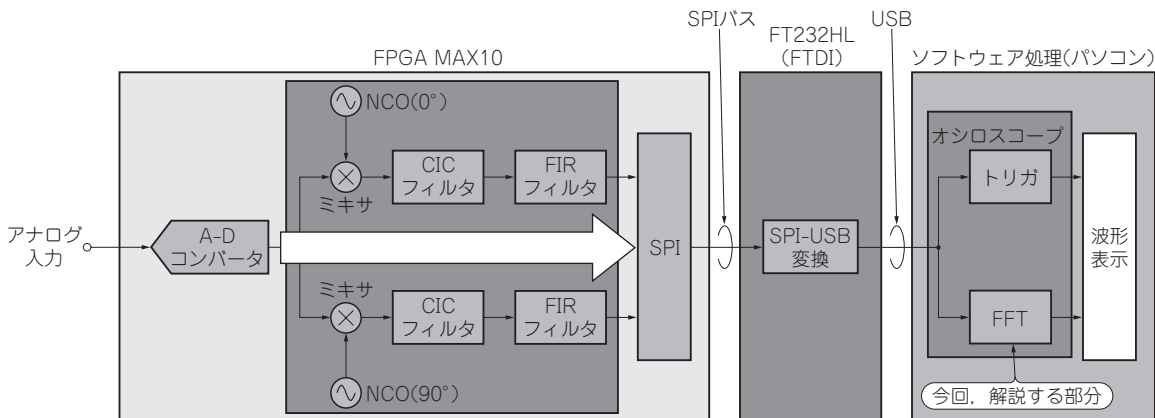


図1 前回製作したソフトウェアにFFT演算を追加してスペクトラム・アナライザに改良する  
今回は、FPGA部分には手を加えず、ソフトウェアを変更する

【セミナー案内】 [ビギナ向け] [実習セミナー] [KIT付き] 実習・GNU Radioで始めるSDR入門 [教材付き]  
—— スペアナ、FMラジオ、TVの自作とキーレスエントリの解析で学ぶ  
【講師】 小林 真氏、8/31(土) 25,000円(税込み) <https://seminar.cqpub.co.jp/>