

## USB 内蔵 PIC を用いた携帯型オシロスコープの製作

(環境計測) 山根 優士

### 1. はじめに

現在、あらゆる電子機器、電化製品などを制御するために、超小型のコンピュータ(マイコン)が組み込まれている。その数は膨大で、機能、用途などによって、多種多様に存在する。マイコンにはメモリ、タイマ、演算機能などの周辺モジュールも内蔵されており、数個の部品と電源を接続すれば、立派なコンピュータとして動作し、制御することができる。

本研究では、PIC と呼ばれる米国 Microchip Technology 社が開発したワンチップマイコンを用いて行った。USB 対応モジュールを内蔵した PIC マイコンを用いて、電気信号の時間変化を波形の形で表示する USB 通信機能を持ったオシロスコープの製作を行った。このオシロスコープは対象となる信号を一定の周期で A/D 変換し、そのデータをメモリに保存する。保存したデータをパソコンに USB で送信し、パソコン上で波形を表示するものとなっている。近年、小型ノート PC やネットブックなど持ち運びに便利なパソコンが使われる機会が増えている。そこで、それらの製品と併用するという考えのもとデバイスを携帯型とした。

### 2. 開発環境

Microchip 社から提供されている統合開発環境 MPLAB IDE v7.50 を使用し、プロジェクト管理のもとでコーディング、コンパイル、PIC への書き込みを行った。また USB プロトコルソフトウェアとして USB フレームワーク MCHPFSUSB v1.3 を使用した。MPLAB IDE に統合して使うことができる MPLAB C18 コンパイラを使用し、コンパイルしたプログラムを Microchip 社製 PICSTART Plus で PIC に書き込んだ。パソコン側プログラムには Visual Basic 2005 を使用した。

### 3. 通信システムとプログラム構成

PIC 側のプログラムは、USB フレームワークを組み込んで構成している。RS232C デバイスとして使えるようになる CDC クラスライブラリを用いて、PIC 本体の main プログラム中に PIC にさせたい動作や USB に送受信するプログラムを書き込んだ。パソコン側のプログラムは、COM ポート用 Windows API 関数を用いて、Visual Basic でコマンドや表示機能などを作成した。PIC とパソコンとの接続には CDC クラスの中に一緒に提供されている INF ファイルと Windows 標準内蔵の USB ドライバを用いた。

作成したパソコン上の操作画面を図 1 に示す。波形表示フォームはできるだけアナログ・オシロスコープの雰囲気になるよう

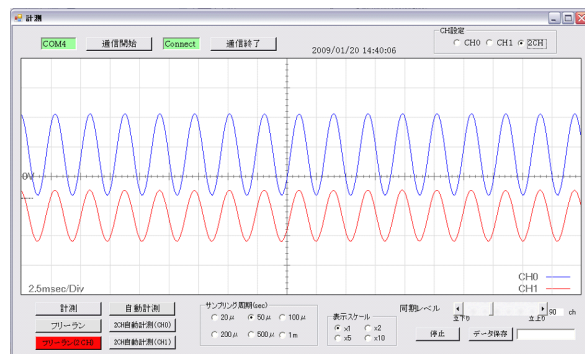


図 1. 作成した波形表示フォーム

に作成した。まず COM ポート番号を指定してから接続を開始させる。2 系統の入力回路とし、チャンネル・サンプリング周期・表示スケールのパラメータを設定するコマンド、計測を開始・停止させるコマンド、および測定したデータを波形表示させるディスプレイを持たせた。また入力波形の同じ場所から計測を開始できるように、A/D 変換値があらかじめ設定した値になった地点からメモリへの保存を開始する同期トリガ機能を持たせた。トリガ電圧を調整できるようにし、その値を波形表示ディスプレイに点線で表示させた。

#### 4. 機器概要

USB モジュールを内蔵した PIC シリーズの中で、プログラムメモリが大きく小型の PIC18F2550 を用いて製作した USB 接続オシロスコープの写真を図 2 に示す。電源は外部電源不要の USB バスパワーとし、A/D コンバータは電源の 5 V を基準に 8 bit (256 ch) 分解能としている。回路構成はオペアンプを用いて非反転増幅回路を組んでいる。オフセット調整用に可変抵抗を取り付け、波形の 0 レベルを調整できるようにした。ゲイン調整用にも可変抵抗を使用した。オペアンプの増幅度をあげすぎると、入力信号の 1 ch あたりの電圧が  $\mu\text{V}$  単位になってノイズを A/D 変換していることになりうるので、増幅度は約 5 倍～15 倍に調整できるようにして 1 ch あたり約 1.2～4 mV の電圧ごとに入力信号を計測するものとしている。クロックには水晶発振子を使用し、PIC は 48 MHz の最高速度で動作させてサンプリング周期ができるだけ短くなるようにしている。

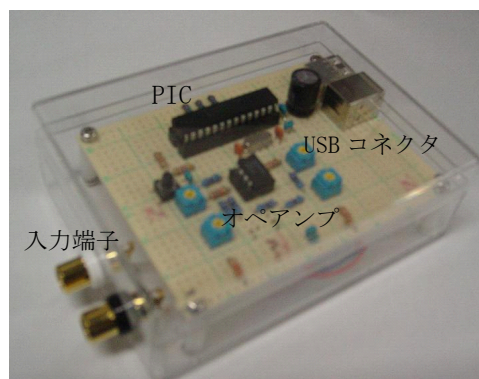


図 2. USB 接続オシロスコープ

#### 5. 性能評価

ファンクションジェネレータを用いて、製作した USB 接続オシロスコープの性能評価テストを行った。今回製作したオシロスコープの最高サンプリング速度は約 30 ksp/s であった。このため、入力信号の 1 周期あたり 10 点サンプリングして計測することのできたサイン波の周波数は約 3 kHz であった。実際、市場に出回っている製品では、～5 万円あれば数十 MHz の周波数を計測できる USB 接続型のオシロスコープが手に入る。よって、実用のオシロスコープとして使用するにはもっと高い周波数を計測できるように、サンプリング周期をもっと短くする必要がある。今回使用した PIC18F2550 の 10 倍のスピードで動作する 16 bit の PIC マイコンと外付けの USB シリアル変換モジュールを使用すれば性能の向上が見込めるが、それでも MHz 単位の周波数計測はできない。ワンチップマイコンとそこに内蔵されている周辺モジュールを用いる方法としては、この程度が限界と考えられる。さらにサンプリング速度を短くして MHz 単位の周波数を計測できるようにするには、外付けの A/D コンバータを使用することなどが考えられる。また、一定電圧の入力を表示した時に、表示電圧の変動が見られた。この原因は、電源の USB バスパワーの電圧に 40～50 mV 程度の変動があるためである。これを改善するには、PIC の A/D 変換用の基準電圧供給に標準電圧 IC を使用して、基準電圧の変動をおさえる必要がある。