

シリアル・ポート接続の A-D 変換アダプタを使って 表計算ソフト Excel の V B A で計測 & グラフ化

棟田 陽

はじめに

記事の概要

昨年、自作のシリアル・ポート接続タイプの A-D 変換アダプタを DOS 上で作動させる記事⁽¹⁾を紹介させていただきました。

OS が DOS から Windows へと移行し、このアダプタを Windows 上で作動させることができないかと考え、このアダプタを使用した Windows 上での計測に取り組みました。

その結果、NEC PC98 系と PC/AT 互換機の両方で、このアダプタを表計算ソフト Excel95 (Windows95 版) 上で作動させることに成功しました。

本記事では、このアダプタの Excel95 上での作動方法及びこのアダプタを利用した計測例を合わせて報告させていただきます。

A-D 変換アダプタについて

使用した A-D 変換アダプタについて簡単にふれます。最初、このアダプタは、NEC PC98 系の EIA-232 を利用して、DOS 上で作動させる目的で製作しました。

図 1 のように、DOS 上でこのアダプタを作動させるに当たり、EIA-232 インターフェースのアドレスをアセンブラで直接操作して、EIA-232 を単純な入出力の端子として利用しました⁽²⁾。言い換えると、EIA-232 を標準的に利用しませんでした。

こうした理由は、「ノートパソコンで簡単に安く高速にデータ（音声の母音の波形程度）を取り込めないか」と考えたためです。

その結果、DOS 上で 8 ビットのデータを約 0.07 ~ 0.1ms のサンプリング時間で取り込むことができるようになりました。これは、80kbps ~ 100kbps に相当します。

制作の動機

上述しましたように、この A-D 変換アダプタを Windows 上で作動させようと考え、Windows 対応の計測ソフトを C++ で作成していました。しかし、最近、時間の都合が付かず、なかなか完成までに至りませんでした。

た。

アダプタを作動させ計測を行う部分は、C++の組み込みアセンブラ (BASM) を使って、簡単に短時間で作成することができました。ソフトの作成で最も時間のかかった部分が、データをグラフ化・加工するライブラリでした。たとえば、グラフの一部を拡大・縮小し、目盛りの間隔・数値フォント、目盛り線の体裁などをどのようにするかというライブラリを考えると相当な時間がかかります (もっとも、一度いいライブラリを作成しておけばいいのですが、なかなか、私の力不足でできませんでした)。しかし、このようなグラフの体裁は、表計算ソフト Excel では簡単にできます。また、データの加工も簡単にできます。それで、データのグラフ化・加工はすべて Excel にまかせようと考えました。

最初は、計測ソフトを EXE タイプで作成し、データを Excel に転送しようと考えていましたが、何か納得のいかない方法でした。その後、ある関数を DLL (Dynamic Link Library) 化して、Excel の VBA (Visual Basic applications) でその関数を読み込む方法を知り、この方法を応用することにしました。

それで、今回、自作 A-D 変換器アダプタの作動関数を DLL 化し、この作動関数を Excel95 の VBA で読み込み、Excel95 上で計測とデータのグラフ化・加工を行ってみました。

使用したハードウェアとソフトウェア

今回使用したハードウェアとソフトウェアは次の通りです。昨年の記事はアダプタを NEC PC98 系のみで作動させる話でしたが、今回は PC/AT 互換機でも作動させることに成功しました。

(1) ハードウェア

- ・ NEC PC9821Ne (メモリ 14MB, CPU アクセラレータ インテル 486 100MHz)
- ・ NEC PC9821Ne3 (メモリ 8 MB)
- ・ シャープ MebiusPC-A335 (PC/AT 互換機, メモリ 32MB)
- ・ 自作 A-D 変換器アダプタ
- ・ 増幅器付きコンデンサマイク

(2) ソフトウェア

- ・ Windows95 (OS)

- ・ Office95 (Excel95 , Word95)
- ・ Delphi Ver2 Desktop

今回のソフトはすべて Delphi Ver2 で作成しました。

Excel の機能⁽³⁾

V B A について

Excel の強力な機能の一つには , マクロ機能があります。これは , 同じことを繰り返す一連の作業を一つの操作にまとめることができる機能です。このマクロ言語が , V B A です。

しかし , V B A は , 上記のような機能のためだけの言語ではありません。V B A は , Microsoft 社のプログラミング言語 Visual Basic がベースになっていますので , Excel 上で高度なアプリケーションを作成することができます。

V B A では , 今回のような一般的でない I/O ポートアドレスを操作する関数はありませんから , Excel の V B A だけでは今回の A-D 変換アダプタは作動することはできません。このような場合は , I/O ポートアドレスを操作する関数を持っている他の開発ソフト (C++ , Delphi など) で関数を DLL 化して , Excel の V B A で読み込むことにより解決します。

その他の機能

データのグラフ化は , V B A を使用しなくてもワークシートとグラフシートだけで行うことができますので , きわめて簡単です。グラフシートでは , グラフの拡大・縮小・目盛りの体裁など簡単にできます。さらに , 近似曲線の表示ができますので , たとえば , 最小二乗法での近似直線も簡単に引くことができます。

また , Excel は豊富なワークシート関数を持っていますし , さらに , 波形の解析を行う上で必要なフーリエ解析も持っていますので , データの加工も簡単にできます。

ワークシート関数と V B A とを組み合わせることで , Excel 単体で , ほぼすべての分野のアプリケーションが作成することができるのではないかと考えます。

A-D 変換アダプタのハードウェア

A-D 変換アダプタのハードウェア面について次に述べます。詳細は文献 1 をご覧ください。

A-D コンバータについて

A-D 変換アダプタに使用している A-D コンバータは、NS 社の ADC0832(8 ビット)です。最高 $32\mu\text{s}$ で A-D 変換を行うことができます。ピン配置⁽⁴⁾を図 2 に示します。

A-D コンバータの入力端子と EIA-232 の出力端子の接続

この A-D コンバータを作動させるためには、CLK、 $\overline{\text{CS}}$ 、DI 端子に TTL の信号を入力する必要があります。EIA-232 からの出力端子としては、TXD(2)、RTS(4)、DTR(20)があります。これらの出力信号が、H で $+10\sim+15\text{V}$ 、L で $-10\sim-15\text{V}$ であるため、TTL 信号に変換するためのレベル変換回路を三端子レギュレータとトランジスタを用いて作成しました。そして、図 3 のように、TXD - \rightarrow CLK、RTS - \rightarrow $\overline{\text{CS}}$ 、DTR - \rightarrow DI に接続しました。なお、このレベル変換回路は、トランジスタを用いたコンパレータで、また、NOT 回路としています。

A-D コンバータの出力端子と EIA-232 の入力端子の接続

A-D コンバータからデジタル変換された出力信号は、DO 端子から得られます。EIA-232 の入力端子には DSR(6)がありますので、図 3 のように DO - \rightarrow DSR に接続します。

A-D コンバータを作動させるためのソフトウェア

EIA-232 インターフェースの I/O ポートアドレス

表 1 と表 2 に、NEC PC98 系と PC/AT 互換機で今回使用した EIA-232 インターフェースの I/O ポートアドレスを示します。

A-D コンバータの作動とデジタル変換されたデータの取り込み

SBRK、RTS、DTR に与えるデータと EIA-232 の TXD、RTS、DTR のそれぞれの端子に生じる電圧及び A-D コンバータの CLK、 $\overline{\text{CS}}$ 、DI のそれぞれの端子に入力されるデータの関係について、表 3 に示します。レベル変換回路が NOT 回路となっているため、SBRK、RTS、DTR に与えたデータと CLK、 $\overline{\text{CS}}$ 、DI に入力されるデータの関係は NOT となっています。例えば、CLK - \rightarrow 1、 $\overline{\text{CS}}$

- > 0 ,DI - > 0 を与えたい場合 ,NEC PC98 系 ,PC/AT 互換機での出力方法をリスト 1 にそれぞれ示します。

A-D コンバータの DO からのデジタル変換された出力信号は , DSR のデータを調べることで得られます。DO からのデータと DSR のデータの関係は表 4 の通りです。NEC PC98 系 ,PC/AT 互換機での A-D コンバータの DO から出力される 1 ビットのデータの調べ方をリスト 2 にそれぞれ示します。

A-D コンバータ ADC0832 のタイミングチャートを図 4 に示します。このタイミングチャートに従って ,SBRK , RTS ,DTR へのデータの与え方と A-D コンバータの DO からのデータの読み取りの流れを表 5 にまとめてみました。この表 5 に従って ,アセンブラで I/O ポート进行操作すると ,A-D コンバータからデジタル変換された 8 ビットのデータを得ることができます。

A-D 変換アダプタ作動関数の DLL 化について

DLL とは⁽⁵⁾

最初に , プログラムを DLL 化する場合の例を簡単に述べます。

(a) 複数のアプリケーションソフトが同一のサブルーチンを利用する場合 (図 5 - (a))

(b) 1 つのアプリケーションソフトを複数の DLL に分割する場合 (図 5 - (b))

(c) DLL をハードウェアのデバイス・ドライバの役割を持たせる場合 (図 5 - (c))

それぞれの場合のメリットは次の通りです。(a)では , DLL 化することにより , 使用するメモリの無駄をなくすことができます。(b)では , アプリケーションソフトをいくつかの DLL に分割しておけば , バージョンアップが , 一部の DLL を取り替えるだけで簡単にできます。今回作成する DLL は(c)に相当します。今回のように自作の A-D 変換アダプタを異なる機種のパソコンで I/O ポート进行操作して作動させる場合 , パソコンの機種ごとに DLL を作成しておけば , Windows 上でこのハードウェアの互換が可能です。

A-D 変換器アダプタの作動関数の DLL 化

今回の A-D 変換器アダプタの作動関数 (関数名 Keisoku) を表 5 に従って作成しました。これを DLL

化するプログラムをリスト 3 に示します。Delphi の組み込みアセンブラを使って作成しました。adpc98 は NEC PC98 用 , adcdosv は PC/AT 互換機用です。関数 Keisoku の戻り値・各引数についての説明は表 6 で行っています。

シリアル・ポートのオープン関数⁽⁶⁾

DOS 上では , 単純に EIA-232 の I/O ポートアドレスを操作することで , ポートへのデータの入出力が可能でした。しかし , Windows 上では , これだけでは入出力はできません。シリアル・ポートをオープンにして初めて , I/O ポートのアドレスを操作することが可能となります。この部分は , EXE 形式 (ファイル名 : Adon.exe) で作成しました。このプログラムをリスト 4 に示します。

Excel の V B A での作動関数の利用方法と計測例

Excel の V B A での作動関数の利用方法

上で作成した DLL を Excel 上で読み込み , 作動関数 Keisoku を利用して計測を行う場合のプログラムをリスト 5 に示します。最初に , Declaer で , DLL のコードリソース中の外部プロシージャへの参照を宣言します。マクロ名を「計測」としました。このマクロを実行する前に , 上記の Adon.exe を実行してください。なお , このアダプタを使用しないときは Adon を終了させておいてください。

計測例

PC/AT 互換機 (シャープ MebiusPC-A335) で , リスト 5 (1 チャンネル入力の場合) のプログラムを使って計測した例を図 6 に示します。これは , 440Hz (ラの音) の音叉の音の波形です。アダプタに文献 1 で紹介した増幅器付きコンデンサマイクを取り付けてこの実験を行いました。PC/AT 互換機では , 正確な時間測定の方法が不明なので , 音叉の波形より , サンプルング時間を求めると約 70 μ s です。

計測と同時にサンプルング時間を知る方法としては , この A-D コンバータが 2 チャンネルなので , 一方のチャンネルに既知の周波数の波形を入力し , 一方に測定信号を入力する方法が考えられます。しかし , この方法だとサンプルング時間が 2 倍になってしまいます。実際に

この方法でリスト 5 (2 チャンネル入力の場合) のプログラムを使って計測を行った例を図 7 に示します。一方のチャンネルに 500Hz の波形 , 一方のチャンネルに音声の「ア」を入力しました。横軸の時間は , 500Hz の波形より求めました。サンプリング時間は 141 μ s です。

サンプリング時間の測定を含んだ A-D 変換アダプタの作動関数と計測について (PC9821 系のみ)

このアダプタを DOS 上で使用していたときサンプリング時間の測定は 8253 タイマーのカウンタ # 0 を使用して行っていました。しかし , Windows では , このタイマーをシステムが使っているため使用できません。NEC PC9821 系では , 8253 タイマーのほかに , タイムスタンプと呼ばれているタイマーを持っています。このタイムスタンプを使用することでサンプリング時間の測定が可能です。このタイムスタンプのアドレスは 005Ch , 005Eh で , 24 ビットの値を返します⁽⁷⁾。今回は , in ax,005Ch のみを実行することで , 下位 16 ビットの値を読み込み , 時間を測定しました。分解能は , 3.26 μ s です。リスト 6 のように時間測定したい部分の前後で in ax,005Ch を実行し , カウンタの差に 3.26 μ s を乗じるとその部分の経過時間が得られます。ただし , ffffh の次は 0000h となりますので , 注意が必要です。

サンプリング時間の測定が行える A-D 変換アダプタの作動関数 (関数名 : Keisoku_time) のプログラム (DLL 形式) をリスト 7 に示します。また , VBA でこの DLL を読み出し , 関数 Keisoku_time を利用するプログラムをリスト 8 に示します。関数 Keisoku_Time の各引数についての説明は表 7 で行っています。

しかし , このままでは , 途中割り込みが入るようで , データの取りこぼしがありました。それで , あえて , 危険をおかして , 計測前に割り込み禁止 (//asm sti end の部分) , 計測後に割り込み許可 (// asm cli end) を入れてみたところ , 取りこぼしのない非常にきれいなデータが得られました。(割り込み禁止でタイマー割り込みを禁止してしまいますので Windows 上で本来はこのようなことはしてはいけないことと思いますが , 思い切って行ってみました。)。以上のソフトを利用して , 音声「ア」の音波を測定しました (図 8)。パソコンは ,

PC9821Ne を用いました (PC9821Ne3 を利用したところ , なんとサンプリング時間が約 $60 \mu s$ 程度得られました。しかし , 私の持っている PC9821Ne は , シリアル・ポートの LSI8251A の動作が遅いか , ハードウェア的に 8251A への割り込みが多いためでしょうか , 残念ながらサンプリング時間が , 最高 $190 \mu s$ しか得られませんでした。)。Excel には , フーリエ変換の関数が用意されていますので , この音声波形をフーリエ変換した結果を図 9 に示します。データ数は 1024 個で行いました。

成果 , 感想など

今回の方法での利点

今回の以上のような方法で計測を行う場合の利点をあげます。

(1) Excel 上で計測を行った結果 , データの加工 , グラフ化が簡単にできました。

(2) 加工したデータ・作成したグラフなどをそのまま Word などの文書に貼り付けることで , 論文・レポートなどが , 簡単にできます。

(3) ソフトの作成時間が大幅に軽減できます (もっとも , ソフトの作成に楽しみがある方が多いと思いますので利点にはならないかもしれませんが。)。

使用したアプリケーションのまとめ

今回 , この記事を作成するに当たり , 図 10 のような構成で各アプリケーションを作動させました。DLL にハードウェア作動部分を担当させ , DLL を Excel の VBA で読み込み , さらに OLE2 により生データのグラフ , 加工したデータのグラフを Word95 の文書に貼り付けを行いました。

今回 , 紹介したソフトは , とりあえず安全を期して Excel 以外のソフトはすべて閉じて , 必ず , Excel 単体で使用してください (今後マルチタスクでの使用も可能になるようにさらに勉強していきたいと思います)。

最後に

私は高等学校で物理を教えています。現在 , 生徒用のノートパソコンが 20 台ありますが , 物理学の音の項目で , 「生徒一人一人に , 自分の音声の波形 , 自分の声の高さをパソコンで調べさせて , その場で波形をプリントさせたいな」と考えたのが今回の製作の始まりでした。

EIA-232 を標準的に利用していないとお叱りを受けそうですが、ノートパソコンで安く、高速にデータを取り込むためには、仕方ありませんでした。そして、自分でアドレスを操作して外部ハードウェアを作動することに喜び、今回のようなことに取りつかれてしまいました。最初は、DOS 対応の計測ソフトを作成していましたが、時代は Windows へ流れ、ついつい Windows 対応の計測ソフトを作成し始めました。以前は、何もかも「自分でソフトを作ってやろう」意気込んでいたのですが、年を取り、時間もなくなり、「あるソフトは有効に使った方がいいのではないか」と考えが変わってきて、Excel 上で計測を行うようになりました。

Windows95 では、まだ、EIA-232 の I/O ポートアドレスを操作し、データの入出力が可能です。このようなことを行うのはパソコンを原始的？に利用しており、主流の道から外れているとは思いますが、是非とも、これからも、この I/O ポートアドレスを操作できるようにしておいて欲しいものです。

参考・引用*文献

- (1) 棟田 陽介；8/12 ビットの A-D 変換アダプタ，トランジスタ技術，1996 年 6 月号，p.253，CQ 出版(株)。
- (2) 伊藤 康明；手軽にできる AD 変換，物理教育，Vol. 38(No.2)，p.102，1990 年。
- (3)*瀬戸 遥；入門 EXCEL95 VBA，秀和システム(株)。
- (4)*ナショナルセミコンダクター；ADC0832 データシート。
- (5)*宇野 伸作；DLL のプログラミングとその応用，Boot Strap Project. 3 (No.6)，p.4，CQ 出版(株)。
- (6)*Duke；Delphi2 達人テクニック，p.293，ディー・アート(株)。
- (7)*アスキーテックライト編集；PC9800 シリーズ テクニカルデータブック，P89，アスキー(株)。
- (8) 菊本 健二；表計算ソフトを用いた物理計測について，広島県教育実践研究報告書，p.4，平成 7 年。