

パソコンを用いた制御システムの教材開発

北海道ポリテクカレッジ 電子技術科 長谷川 拓宏

1. まえがき

今日のほとんどの電子機器にはコンピュータが組み込まれている。身近なところでは炊飯器や洗濯機などの生活家電、デジカメなどのデジタル家電、自動車にも複数のコンピュータが組み込まれており、見えるところ見えないところでわれわれの生活を支えている。

また最近では、携帯電話にカメラ機能やオーディオ再生機能、DVD/HDDレコーダにイーサネットを搭載し、ほかの機器と連携して機能するなど、組み込み機器は多機能・高機能化が進んでいる。さらに、生活のさらなる利便性・快適性を提供しようと、照明やエアコン、冷蔵庫、電子レンジなどにネットワーク機能を持たせるネットワーク家電の開発に取り組んでおり、これまでマイコンが組み込まれていなかった製品にもマイコンが搭載されようとしている。そして今後も組み込み機器の高機能化は進み、市場規模も大きくなっていくと思われる。

組み込みシステムの規模が大きくなると、イーサネット、メモリーカード、USB、IEEE1394といったインタフェースが使われることが多くなり、従来のプログラムとは違いOSを採用することが不可欠となっている。そこでマイコンにOSを搭載し、システムを構築する手法が考えられるが、マイコンを使った組み込みシステムの開発は、一般にプログラムの開発環境とターゲットシステムが異なるため、まず開発環境の構築が必要となる。開発ツールとしてイン

サーキットエミュレータやリモートモニタ・デバッガなどがあるが、どれも一長一短があり不便さが否めない。

一方、パソコンをコントローラに用いたシステムを構築すると、パソコンのOSを利用することができる。また、プログラムを開発する環境とターゲットシステムが同じであるから、コンパイル・アセンブルしてそのまま実行することができ、開発ツールもプログラム開発に便利な統合環境を容易に手に入れることができる。さらに、パソコンの機能を拡張するための計測・制御ボードが市販されていることから、パソコンを使った計測・制御システムの開発は広く行われている。

電子技術科にとって、組み込みシステムやパソコン制御システムの開発に携わる技術者の育成は重要な柱の1つであり、現在、電子技術科ではこのような分野に対応すべく、標準カリキュラムの科目や総合制作実習において、パソコンやマイコンを使った教育を行っている。

本報告では、組み込みシステムやパソコン制御システムの開発におけるコンピュータ教育の導入として、卒業研究や総合制作実習で実施した課題について報告する。

2. 課題内容の検討

2.1 課題の設定

パソコンをコントローラに用いるに当たり、その利点を活かすため、パソコンの周辺装置を利用する

ことで高度なヒューマン・インタフェースを実現する。また、パソコンと制御対象物とのインタフェースは市販品ではなく製作することとする。

そこで、パソコンでサーボモータを駆動し、その回転の状況をディスプレイに表示するシステムの開発を行うことにした。これにより、回転指令と実際の回転との偏差をグラフィック表示することが可能となり、フィードバック制御のサーボ機構についての理解を深めることができる。

また、この課題は、サーボモータを制御するための機械制御プログラムに加え、回転状況をディスプレイに表示するといったヒューマン・インタフェースのプログラムの開発も必要であるため、プログラム開発に興味を持った学生への対応が可能である。

2.2 システム構成

課題の製作に当たり、システム構成を図1に示す。モータドライバはパルス列入力タイプを用いる。モータの回転指令パルス①は、加速・減速などのパラメータを設定するだけで生成できるようパルスジェネレータICを用いる。回転指令と実際の回転状況を比較するため、回転指令パルス①とロータリーエンコーダの戻りパルス②をそれぞれカウントする。また、カウンタの値を一定間隔で読み込むため、タイマICの出力信号③でラッチさせる。これらの制御をすべてパソコンで行い、カウント値とラッチした時間からサーボモータの回転速度としてディスプレイ

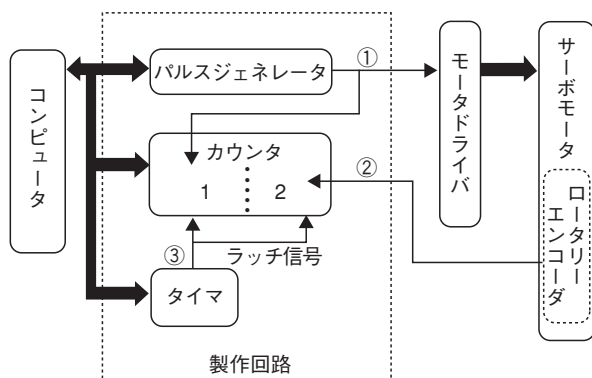


図1 システム構成図

にグラフ表示する。

3. Cバスを使用した課題開発

3.1 Cバスを使用した課題の取り組み

卒業研究として、1997年から1999年にかけて、パソコンとのインタフェースに、PC-9801シリーズパソコンの拡張バスであるCバスを使用して実施した(図2)。

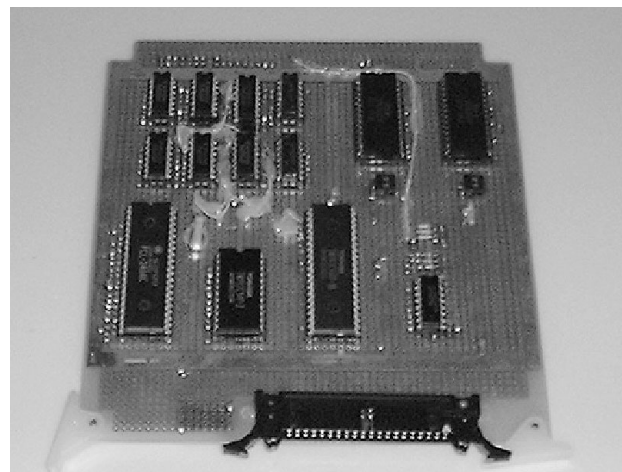


図2 Cバスを用いた基板

プログラム開発言語は、Turbo C++ と N88-Basicを使用した。Cバスを使用するに当たり、当時すでにPC-9801シリーズはほとんど姿を消していたが、Cバス用の拡張基板は市販品も豊富で部品や資料の入手がしやすく、設計も容易であることから教材として適当であった。

図3はサーボモータを台形駆動したときのディスプレイの表示である。縦軸はサーボモータの回転速度で目盛は500[rpm/div.]、横軸は時間で目盛は100[ms/div.]となっている。直線の波形が回転指令、曲線を描く波形が実際の回転速度である。速度ループゲイン、積分時定数、位置ループゲインのパラメータを設定し、回転指令に対する実際の回転を同時に画面上に見ることができる。設定値が低いと応答性が悪い(図3上)。設定値を高くすると応答性が高くなるが、設定値を高くしすぎると発振する(図3

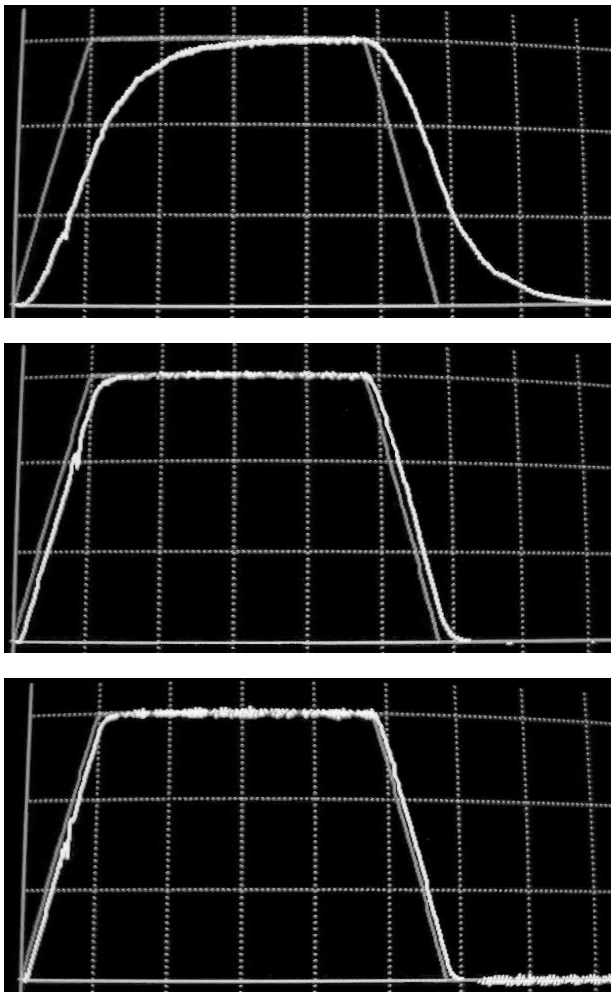


図3 表示画面（1999年度）

下)。画面を見ながらパラメータをバランスよく調整する（図3中）。このような調整を行うことにより、サーボ機構の学習にも利用できる。

3.2 課題の問題とインタフェースの検討

Cバスを使った課題を完成することができたが、これから先もPC-9801を使うとなると問題がある。それは、今の学生はMS-DOSを使ったことがなく、開発環境を構築するまでに相当な時間を要してしまい、パソコンを使うメリットが半減してしまうためである。また、すでにCバス規格自体が消滅した状態となっているためパソコンの入手が難しく、教材として将来性がない点である。そのため、現行のパソコンに開発環境を変更したいと考えていたがインタフ

ェースが問題となった。インタフェースとしてはCバスの代わりにPCIバスがあるが、PCIバスは仕様が複雑で制御が難しく、12単位の総合制作実習で扱うのは適当ではないと考えた。

ちょうどそのころ、使用目的に合うPCIバスインタフェースICが数社から発売されたため、それを使い拡張基板の製作を行うことにした。今回は(株)ジーニックのZEN7201AFを採用し、その評価ボードであるZPCI001を使用した。

ZEN7201AFはPCI, CompactPCIに準拠したPCIバスインタフェースICで、ローカル側は24ビットのアドレスバスと16ビットのデータバスを持ち、ISAバスやCバス同様のシンプルなタイミングで動作するものである。

4. PCIバスを使用した課題開発

4.1 2002年度の取り組み

導入として、評価用ボードの動作確認を行うことにした。評価ボードには平行入出力ポートとパルスカウンタが搭載されており、平行出力ポートでステッピングモータを回転させ、ステッピングモータに接続したロータリーエンコーダの出力をパルスカウンタでカウントする（図4）。

プログラム開発においてはメーカーが提供するドライバ類を使用せずVisual C++のポート入出力命令を使って、PCIバスインタフェースICを直接制御した。

この課題設定は、PCIバスを使用するに当たり、バスの規格について最低限必要な知識を把握することもねらいであったが、PCIバスインタフェースICを直接制御するためには、PCIバスのレジスタに関する知識やISAバスとのかかわりも知る必要があり、予想以上に時間を要した。

結果は、図5に示すように、完成することができた。平行出力であるため、出力パルスの周波数を変化させ、台形駆動するのは難しいことから一定値とした。これを一定時間間隔でカウントし回転速

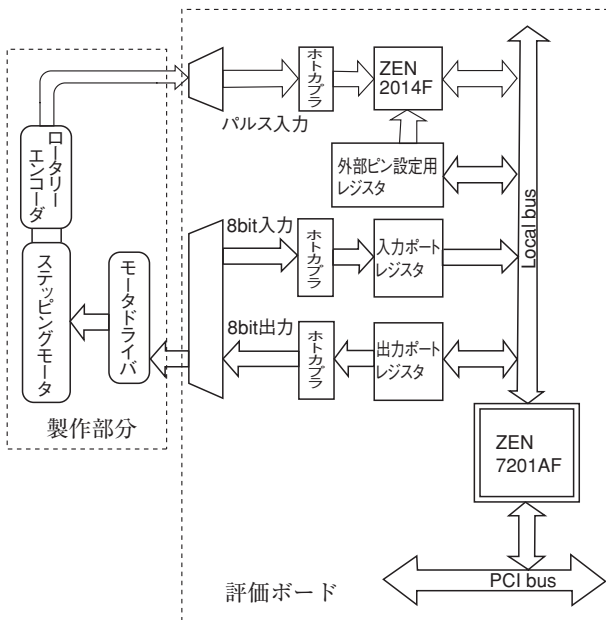


図4 システム構成図 (2002年度)

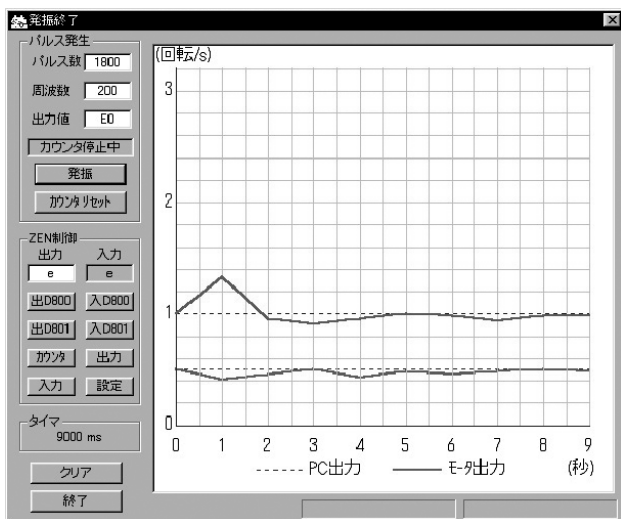


図5 表示画面 (2002年度)

度としてパソコンのディスプレイに表示した。

4.2 2003年度の取り組み

次の段階として、デバイスメーカーが提供するデバイスドライバを使い、その使い勝手を評価することにした。さらに評価用ボード上にA/Dコンバータを搭載し、自作回路の動作確認も行うことにした。

この課題は、最も手軽にPCIバス基板を試作する場合の開発手順を想定して設定したもので、プログ

ラム開発言語はVisual Basicを使用した。図6は、A/Dコンバータに入力された電圧を表示したものである。プログラムではタイマ割り込みを使用しておらず、横軸の時間は不定となっている。

結果としては、ハード/ソフト開発においてPCIバスの規格を意識する必要はなく、Cバスを使っている感覚で製作することができた。この課題は、回路の配線数も少なく短時間で製作できることから、PCIバス基板の開発の導入として利用できると考える。

4.3 2004年度の取り組み

3年目として、過去2年でハード/ソフト共に一通り検証ができたことから、目的であるサーボモータを制御する基板をPCIバス基板で製作することにした。評価ボードZPCI001にはユニバーサルエリアがあるが狭いため、別基板にて作製した (図7)。し

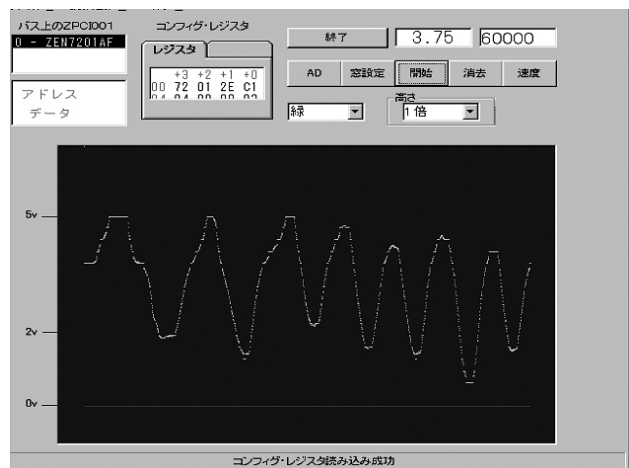


図6 表示画面 (2003年度)

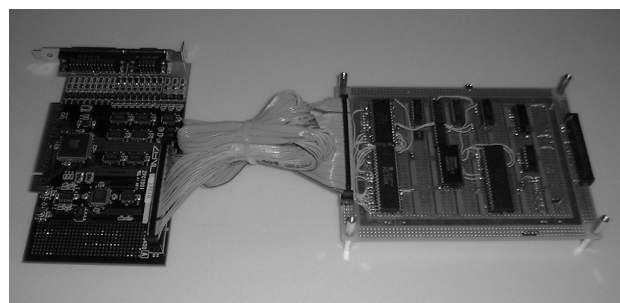


図7 PCIバスを用いた基板

かし、この評価ボードはPCIバスインタフェースICを評価するためのものであることから、外部に回路を拡張するには問題がある。

I/O空間を使用する場合、チップイネーブル信号を8本持っており、アドレスデコーダ回路が不要で便利であるが、評価ボードがすでに4本使っているため使用できるのは残り4本しかない。また、電源やグランドのピン数が少なく、電源の容量が不足するため、あまり大きな回路を製作することはできない。

以上のような問題があったが、カウンタICを2つ使いたいところを1つにし、戻りパルスだけをカウントすることにした。また、電源容量の不足と思われる問題として、最初は回転指令パルスをオープンコレクタ出力でモータドライバに出力していたが、モータを回転させることができなかつたため、ラインドライバICを用いることにより解決した。

このように、以前の回路の置き換えではなく、実際に製作することにより発生した問題に対する原因の究明と対策といった教育効果も得られた。また、課題としても総合制作実習の単位数にちょうどよい分量であった。しかし、今後も評価ボードを使っての課題を展開していくには適当でないと考える。今後は、評価ボードではなく、PCIバス基板すべて自作する必要がある。

5. まとめ

本報告では、Cバスに替わり、PCIインタフェースICを使うことでPCIボードを作製することができ、総合制作実習に適した教材を開発することができたことを述べた。この課題はハードウェアの開発と機

械制御のソフトウェアやWindowsのソフトウェアの開発にも対応できるため、学生の人数や目標に応じた課題設定ができる教材である。

今後の展開については、ハードウェアについては前章で触れたように、評価ボードではなくすべてを製作することとし、このためプリント基板の作製を行う課題を加える必要がある。ソフトウェアについては、Windowsソフトウェア開発として、デバイスドライバ/DLLの開発にも広がっていきたいと考えている。また、パソコンのインタフェースとしては、PCIバスに加え、現在広く利用されているUSBを使った教材開発も行っているところであり、さらに研究を進めていきたいと考えている。

<参考文献>

- 1) 来須川智久, 高島史明, 井倉将実, 山武一朗, 菅原尚伸, 柏野政弘: PCIデバイス設計入門, CQ出版, 2000
- 2) 仁村孝治, 藤田英之: 実践! PCIボードの設計&製作, トランジスタ技術2001年12月号, CQ出版, pp. 144-161, pp. 200-210, 2001

<使用機器等>

コンパイラ: TurboC++4.0J, ボーランド株式会社
N88-日本語BASIC(86)6.2, 日本電気株式会社
Visual Basic6.0, マイクロソフト株式会社
Visual C++6.0, マイクロソフト株式会社
パルスジェネレータ: PCL-240AK, 日本パルスモータ株式会社
パルスカウンタ: ZEN2002AP, 株式会社ジーニック
A/Dコンバータ: AD7820, アナログ・デバイセズ
モータドライバ: R88D-UP10W, オムロン株式会社
サーボモータ: RM88M-U10030WA-S1, オムロン株式会社
PCIバスインタフェース: ZEN7201AF, 株式会社ジーニック
ZPCI001(評価基板), 株式会社ジーニック