

制御用マイコンPIC等を使ったマイクロコンピュータ実験・実習

中 尾 三 徳*

A Study on microcomputer teaching using PIC for control

Mitsunori NAKAO*

The Z80 microcomputer has been used for microcomputer teaching. The PIC microcomputer using a breadboard is low price, and highly efficient as compared with the Z80 microcomputer. This paper describes a result of research concerning an improvement by having altered into the PIC microcomputer from the Z80 microcomputer as teaching materials. Based on this research, since students could bring the PIC microcomputer another room, home and so on, they became possible learning still more deeply.

Key word : PIC, Student Experiment, Microcomputer

1. はじめに

現在のコンピュータの進歩に従い、パソコンは価格が安価になり、個人が手軽に所持することが出来るようになった。パソコンソフトウェアもインターネットの普及で、フリーのものが無料で手軽に手に入るようになった。使用方法もソフトウェアと同様に手軽に入手できる。しかし、コントロール用のマイコンは、電子素子やマイコン自体の仕様や使い方、配線の方法、各マイコン用のプログラム言語の学習とパソコンに比較すると学習にたいする障壁は高いものであり、価格的にもデバイスの購入、回路製作用道具の購入等々、費用がかかり、マイコンの制御技術を学んだものでなければ手のつけようがなかった。このような中で、大学・高等専門学校等の電子制御工学系の学科では、8ビットZ80マイコンを使ったマイクロコンピュータ実験・実習がおこなわれている。マイクロコンピュータの実験・実習ではハードウェアとソフトウェアの2つが揃わないと学習ができない。このためハードウェアを準備している実験室に行かなければ学習ができない。また特殊なマイコン用アセンブラソフトウェアの言語学習には時間がかかる。Z80ボードコンピュータは、ハードウェアの費用が一式10万円程度かかり、実験装置自体が組み立てられたものであり、移動持ち運び等も難しく、回路変更追加等ができにくい。そこで実験システム自体に安価なブレッドボードを使用して電子部品やマイコンを自由に配置配線して実験・実習課題に取り組むことは出来ないかと考えた。

そのような中で、近年、制御用マイコンは、Fig.1のPIC(Peripheral Interface Controller)等を使用する事が多くなっている。PIC等は数百円程度からマイコンCPU自体が手に入り、乾電池駆動ができ、基板その他を含めてもわずかな電子部品でマイコンシ



Fig.1 PIC microcomputer

ステムが構築できる。PIC等は時代の流れに沿っており、学生が個々に携帯でき、コストがかからない、即実用できるという利点があり、Z80CPUボードを使った既存の実験実習をこの制御マイコンPIC等を使って変更または追加したいと考えた。

既存のZ80を使ったマイクロコンピュータ実験・実習は、8ビットLEDの点滅制御、7セグメントLEDの表示制御、DCモータの回転制御、ステッピングモータの回転制御、割り込み等をおこなっている。これをPIC等のマイコンを使って実験・実習できるようにする。制御対象(DCモータ、ステッピングモータ、LED)は、使用可能なものは既設のZ80システムの制御対象を使い、制御マイコンとしてPIC等を使う。その上、学生が自宅に帰ってから再学習可能な様に実験・実習システムを乾電池駆動のPICマイコンと移動可能な小型ブレッドボード並びに小型のPICライター(自作)とアセンブラ言語(フリーソフト)、デスクトップPCを使って構築した。このシステムにより従来ではできなかったマイコンの学習が在宅でも可能となった。こ

原稿受付 平成18年8月31日

*教育研究支援センター第1技術班

これらの実験・実習システムについて報告する。

2. マイクロコンピュータ実験・実習

2. 1 マイクロコンピュータ実験の現状

現在、大学・高等専門学校の工学系の学科ではまだ、8ビットマイコンを使った制御用のマイクロコンピュータ実験・実習が行われている。代表的なも



Fig.2 Experiment equipment of Z80 microcomputer

のは Z80 マイコンである。Z80 は 1976 年ごろに開発され以来現在まで制御用の 8 ビットマイコンとして長期に使用され続けている。Z80 は CISC 型 (Complex Instruction Set Computer) の単体のコンピュータチップだけのものから現在では周辺回路を内蔵した TMPZ84C015 や最新の ASIC 技術で開発された KC80 など同じクロック周波数で従来の Z80 に比較して約 4 倍の処理能力の CPU も登場している。これらはワンチップマイコンになっており、ピン数が約 100 本程度あり、簡単に配線するわけにはいかない。

Z80 以外では PIC が 1980 年ごろから GE (General Instrument) 社により開発されこれが広範囲な用途に有用性が認められたため、1989 年に GI 社から独立した Microchip Technology 社が現在鋭意開発を続けている。PIC は他のマイコンのアーキテクチャがノイマン型アーキテクチャ (プログラムとデータが同じメモリにある) に対して、ハーバードアーキテクチャ (プログラムを格納するメモリとデータを格納するメモリが別々にある。) を採用しており、ノイマン型の欠点である CPU とメモリをつなぐ転送路 (BUS) においてプログラムとデータが競合するフォンノイマンのボトルネックを回避するように設計されている。そのほか日立ルネサス (株) の H8 やモトローラ社の MC6809 等のマイコンがある。

2. 2 津山高専のマイコン実験 (電子制御工学科)

電子制御工学科では以下の Table1 の日程で Z80 マイクロコンピュータ実験を行っている。プログラ

ムの入力、16 進キーボードから入力し、それぞれのプログラムリストの穴埋めを行って、課題を理解するようになっている。実験テキストをもとに学生がハンドアセンブルし、入力は 16 進マシン語コ

Table1 Schedule of Z80 microcomputer experiment

マイクロコンピュータ実験(電子制御工学科)の実験日程	
日程	実験内容
1週目	7セグメントLEDに"8"を表示
	"8"を左端とその他の隣の7セグメントLEDの2箇所に表示させる。
	左隣の7セグメントLEDに"8"が適当な時間経過で点灯するようにせよ!
	7セグメントLEDに"8"を表示セグメントを使った課題を処理する
2週目	8255PPのポートAの8ビットが回のように動作するプログラムを作れ
	8255PPのポートAのLEDが回のように点灯ローテーションするプログラムを作れ
	スイッチSWOを押すとポートAのLEDが全部点灯するようにせよ!
	スイッチをポートBのPB4に接続し、スイッチを回す時とポートAのLEDが全部ON
3週目	ディップ・ロータリースwitchのコードをポートAに出力する。
	ディップ・ロータリースwitchのコードをポートAのLEDでカウンタとして数える。
	スイッチを押すと値が読み取れ、ポートAのLEDが全部点灯する。
	スタートはSWOでCTCを用いて1秒タイマを作り、ポートAをバイナリカウンタとする
4週目	DCモータを回転させない
	DCモータのスピードコントロールを行うプログラムを作成せよ
	1相動でステップモータを動かすプログラムを作成せよ
	ステップモータを1相、2相、1-2相動で動かすプログラムを作成せよ
5週目	ステップモータを1回転させて停止させるプログラムを作れ
	前週まで、作成したプログラムをマイコンのROMに書きこみ実行する。

ードを 16 進キーボードよりメモリに入力し、Z80 マイコンを実行するようになっている。Fig.2 のマイクロコンピュータ実験装置は、日本システムレーション (株) 製 NEXUS-80 を使用している。

2. 3 PIC マイクロコンピュータ実験

今回開発した PIC を使用したマイクロコンピュータ実験システムではプログラムは PIC 用アセンブラ「MPLAB IDE Ver7.2」(フリー)を使っている。PIC は、RISC (Reduce Instruction Set Computer) コンピュータなので命令は全部で 35 個程度しかない。Z80 では 158 近くある。この命令でプログラミングする。PIC マイクロコンピュータ実験システム

ではブレッドボード、電源、各電子素子を接続するケーブルが必要となる。これは秋月電子(株)の EIC-108J ブレッドボードを使用した。ケーブルは 30 本ほど入っている秋月電子(株)のブレッドボード・ジャンパーワイヤー EIC-J-L を使用したが、これは線が硬くて配線しづらいので、今回は Fig.3 の 10BASE-T ケーブルの芯線を使用した。10BASE-T

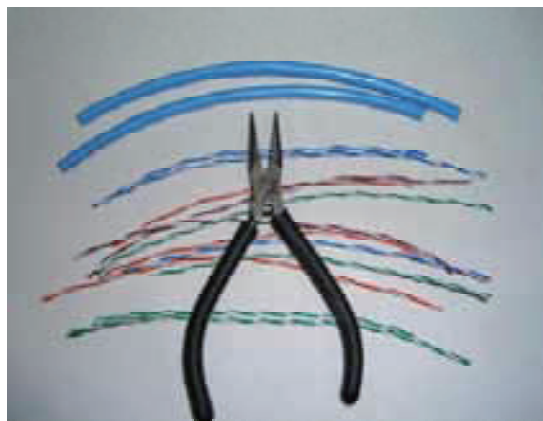


Fig.3 10base-t cable

ケーブルは、1 ケーブルあたり 8 本のカラー芯線から構成されており、ブレッドボードの配線には丁度良い太さと軟らかさ、価格であった。Fig.4 の PIC マイクロコンピュータ実験システムでは、ブレッド

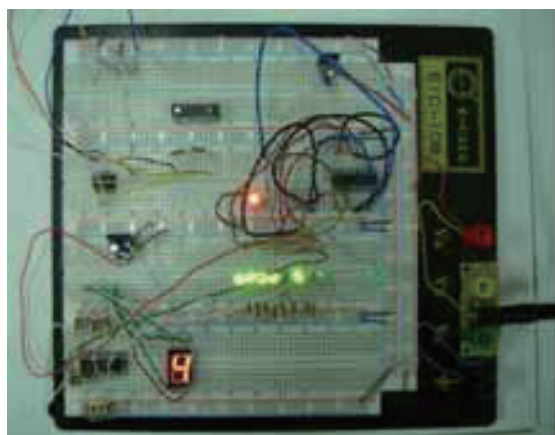


Fig.4 PIC microcomputer experiment

ボードを使用しているため、回路や各素子の配置を学生が自由に組むことが出来る。しかし、始めて回路を組む学生には、大変な障壁になるので、あらかじめ、こちらで基本となる回路素子配置を実験テキストとして示しておく。PIC マイコン用プログラム開発は、Fig.5 の Microchip Technology 社の統合型開発環境ソフト MPLAB という純正の統合環境アセンブラシステムが用意されている。このほか、有償ではあるが C 言語による開発環境もある。この統合環境では、各開発用言語で制御プログラムを PIC 実行用の 16 進のコードに変換し、このコードを PIC マイコンに書きこむための PIC ライターユーティ

リティプログラム IC-PROG, PICProg4U (フリーソフト) を使用して書き込む。今回使用した PIC ライターのハードウェアは Fig.6 の上方がシリアルポート (RS232C) インターフェイス接続の秋月電

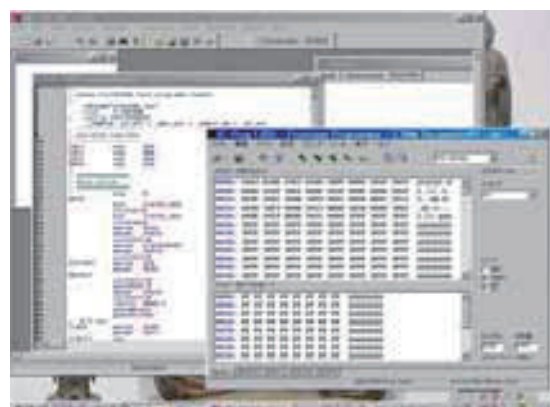


Fig.5 Integrated development software MPLAB

子通商(株)の AKI-PIC プログラマー Ver3.5 (Ver4.0) と下方は、USB インターフェイス接続の(株) IPI の PDE-XP を使用した。これ以外にも Microchip Technology 社の純正のシリアルポート接続の



Fig.6 PIC writer equipment

PIC-START-PULUS も使用した。

この実験では、PIC マイコンや各電子素子、IC の仕様書とともに回路配置図等の独自の実験・実習テキストも作成している。

この PIC マイクロコンピュータ実験・実習で講習可能な学生人数はブレッドボードと PC の数によ

って決まり、プログラム書き込み用のロムライターは共通で最低1つあればよく、PIC マイコンをロムライターに持っていき、そこで HEX ファイルに変換されたプログラムをFD(フロッピー)か又はUSBメモリ、LAN上の共有ファイルから受け取ってPICに書きこむ処理をすればよいので、1人に1台ロムライターが無くとも良い。ブレッドボードとPCさえあれば小人数から講習会等の多人数まで実験・実習を行うことが出来る。

8ビットマイコン Z80 は歴史が古いため利用価値のある制御プログラムシステムが多くあるが、PIC等は、マイコンの小型パッケージにすべての機能を内蔵しており、パワーアップタイム、ウォッチドッグタイム、割り込み、スリープモード、AD変換コンバータ等が使える。消費電力が少ない。命令数がわずか35個。取扱いが簡単で、安価であり、高速な処理が出来る等の長所がある。又、回路自体を小さくすることが出来るという長所もある。

2. 4 PICマイコン実験に必要な部品と装置

Fig.7のLED発光、7セグメント実験回路では、ブレッドボードに秋月電子(株)の型名：EIC-108Jを使い、電源としてスイッチングACアダプター(12V1.0A)型名：NP12-1S1210、12Vから5Vへの電圧変換は、3端子レギュレータ(低ドロップタイプ5V1.0A)は(株)東芝の型名：TA4805S、PICマイクロコンピュータはPIC16F84A、表示用高輝度LED赤色5mmは型名：L-513LE1T、7セグメントLED超高輝度赤色1文字(カソードコモン)型名：C-551SRDを使用した。

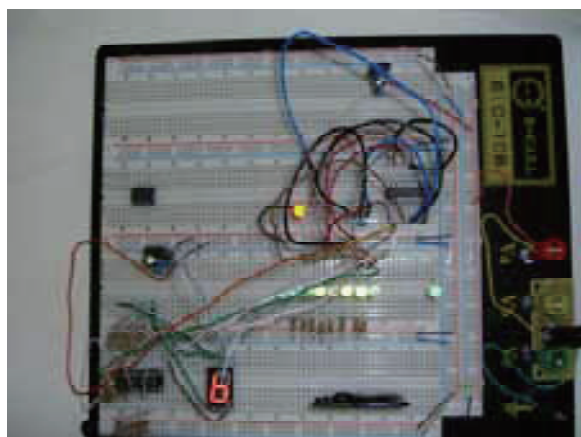


Fig.7 Experiment circuit of LED, seven segments

Fig.8のDCモータ実験回路では、ブレッドボード、電源、レギュレータ、LEDには前記と同じものを使い、モータの動作切り替え用スイッチは、基板用トグルスイッチ3P型名：P-00300、DCモータ用ドライバーは(株)東芝製の型名：TA7291P、DCモ

ータは、DCモータコントロールキット型名：2PK2400を使用した。

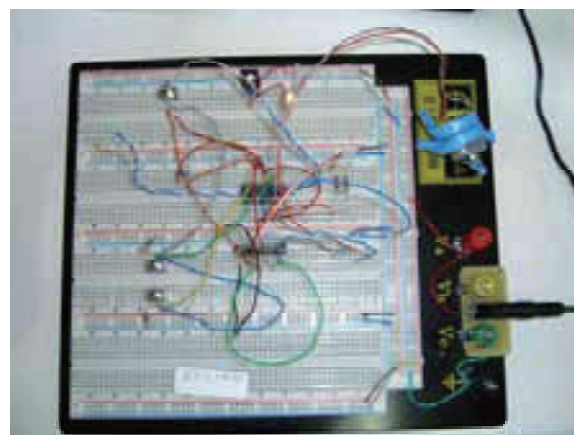


Fig.8 Experiment circuit of DC motor

Fig.9のステッピングモータ実験回路では、ブレッドボード、電源、レギュレータ、LEDには前記までと同じものを使い、ステッピングモータ駆動用ドライバーは、PICステッピングモータドライバーキット秋月電子(株)の型名：K-00154、ステッピングモータは、2相ユニポーラステッピングモータ(高トルクハイブリッド型200ステップ)秋月電子(株)の型名：TS3103N124を使った。

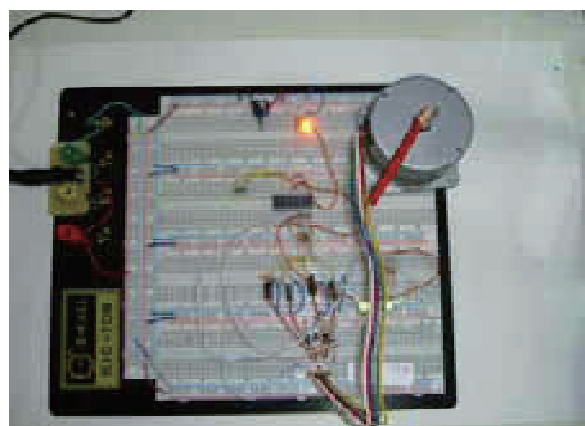


Fig.9 Experiment circuit of Stepping motor

2. 5 既存実験と新実験の比較

既存のZ80マイクロコンピュータ実験と新PICマイクロコンピュータ実験を比較した場合以下のようなになる。Z80マイクロコンピュータ実験とPICマイクロコンピュータ実験を比較すると新実験の方が長所が多いが、学生が実験前の座学の学習で、Z80マイクロコンピュータのニーモニックを使用しているため、この8ビットのニーモニックとPICのニーモニックの相互の関連づけが必要だと思われる。

ここで既存のZ80マイクロコンピュータシステムと新PICマイクロコンピュータ実験システムの

費用について比較してみると Z80 マイクロコンピュータでは一式が 10 万円程度掛かり，これに対して，PIC マイクロコンピュータ実験システムは，ブレッドボード+ PIC マイクロコンピュータ+各種ドライバ IC，電子素子，電源，ケーブルで約 4000 円程度で一式が構築出来る。

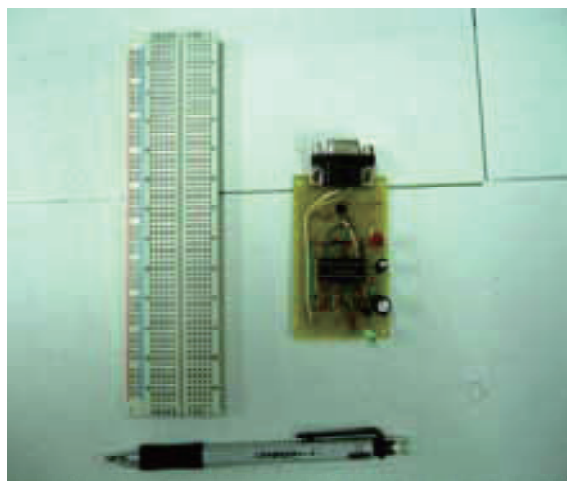


Fig.10 Portable PIC microcomputer system

2. 6 PICマイコン可搬式実験システム

以上は実験室における PIC マイクロコンピュータシステムであるが，この PIC マイクロコンピュータシステムを学生が自宅に帰ってからも学習出来るように Fig.10, Fig.11 のように小型ブレッドボー

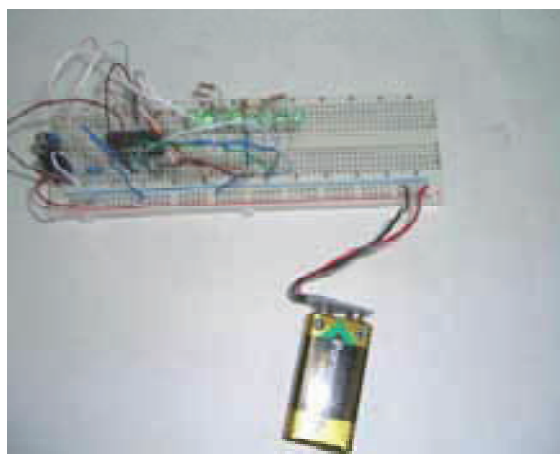


Fig.11 Portable PIC microcomputer system (After wiring)

ド，小型 PIC ライター，実験用各種 IC，電子素子，持ち運び用小型 BOX を組み合わせ，9V 乾電池で移動用の PIC マイクロコンピュータ実験・実習システムが構築出来る。Fig.12 のように，この小型 PIC ライターは，抵抗とコンデンサとツェナーダイオードから出来ておりデスクトップ PC の 9 ピンのシリアルポートに直結して使用する。このとき，接続する PC のシリアルポートの電気的特性によっては電力不足になり，書きこみできないこともある。又，

PIC の種類によっては書きこみできないものもある。今回は PIC マイクロコンピュータに 8 ピンの PIC12F629 と 18 ピンの PIC16F84A を使用しており，PC のシリアルポートが適合していれば書き込める。PIC ライターソフトとしては IC-Prog というフリーソフトを使用し PIC の純正の MPLAB アセンブラ統合ソフトとともに使用すればフリーのマイクロコンピュータ実験・実習システムが出来る。PIC には AD 変換，割り込み，ウォッチドッグタイマ等のいろいろな単機能をもった PIC が豊富に用意されている。これを使ってロボットの手足制御や AD 変換やコントロールユニット等に簡単に応用することが出来る。

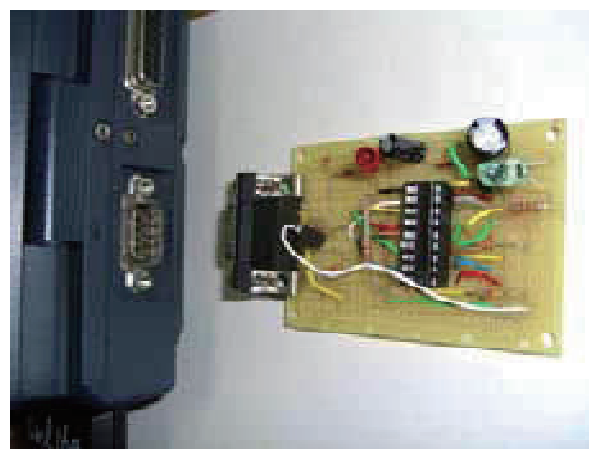


Fig.12 A small PIC writer and Serial IO device

3. 考 察

現在，各大学・高等専門学校のマイクロコンピュータ教育で，制御用のコントロールマイコンに何が使われているか詳しくは把握していないが，学校等の教育機材として使用されたコントロールマイコンがこれを学習した学生によって，卒業後に産業界で使われるようになり，それが産業界に普及していくのではないと思われる。Z80 より PIC の方がローコストでコストパフォーマンスが良く，簡単な機器の制御ならすぐでき，周辺の IC が不用で外部素子との接続がすぐ出来るのがポイントになっている。大学・高等専門学校の工学系の学科でも実験に使用される割合が多くなっている。^{1) 2) 3) 4) 5) 6)}

今回作製した PIC による 4 つの実験の日程は，実験回路の配線ならびに PIC のプログラミングと LED の発光制御実験 (1 週目)，7 セグメント LED 表示制御実験 (2 週目)，DC モータ回転制御実験 (3 週目)，ステッピングモータ回転制御実験 (4 週目) を 1 週あたり 3 時間で計 12 時間で履修させようと考えており，実験の対象学生としては工業高等専門

学校の制御工学系学科または電気電子工学系学科または情報工学系学科の第4学年以上を考えている。実験は週を追うごとに前回作製した回路の基本部分はそのままで新規の部分だけ追加変更するため、前述の時間配分で充分だと思われる。

既存の実験装置では電子回路が完成されているため CPU の動作はニーモニックにより理解可能だが周辺の IC やドライバーの動作については理解し難い。新マイクロコンピュータ実験・実習のようにブレッドボードに自由に直接配線を行うことが出来るので電子素子の動作や接続方法について理解が深まる。既存の実験より新実験は移動可能なため学生の学習する機会が多く取れる。設備(実験装置)保守のコストが新実験のほうが安価に出来る。マイクロコンピュータの授業等では、Z80 アセンブラ(ニーモニック)を使用して学習しているため、実験でこの PIC 系の実験・実習を組み込む場合、授業等でも PIC 系のアセンブラを対応させる必要が生じてくる。

4. 結 言

- 1) 現在おこなっている Z80 マイクロコンピュータ実験・実習をブレッドボードと PIC マイコン等を使って置き換える事ができた。
- 2) RS232C シリアルポートを持つパソコンがあれば、自宅でも再学習出来るような可搬可能なマイクロコンピュータ実験・実習システムが、移動可能な小型 PIC ライターとアセンブラ、PIC ライターソフト、小型ブレッドボードを使って構築できた。

- 3) 既存の Z80 マイクロコンピュータ実験・実習にはなかった A/D 変換実験等も追加することができる。

謝 辞

本研究は、平成 17 年度科学研究費補助金(奨励研究)課題番号 17918028 の援助を受けた。本システムの構築にあたり、いろいろと便宜をはかってくださった本校教育研究支援センター鷺田廣行技術長、徳方孝行技術専門職員、小坂睦雄技術専門職員、大谷賢二班長、永禮康恵技術補佐員並びに電子制御工学科の教員の皆様に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 堀 桂太郎：図解 PIC マイコン実習ーゼロからわかる電子制御ー，森北出版株式会社，(2003)
- 2) 後閑哲也：たのしくできる PIC 電子工作，東京電機大学出版局，(1999)
- 3) 清水 当：PIC マイコン活用ハンドブック，CQ 出版株式会社，(2001)
- 4) 清水 当：ECB(Electro & Computer for Beginners) No.4 PIC マイコンを使おう，CQ 出版株式会社，(2000)
- 5) 小川 晃：First-PIC ガイドブック，(株)マイクロアプリケーションラボラトリー，(1999)
- 6) 井上和勇，西 彰矩：高専ハードウェア実験・実習の調査と情報工学科の取り組み状況，津山工業高等専門学校紀要，47(2005) 119-124