

# PIC トレーニング環境の整備

一色 弘三\*      豊谷 浩司†      ブアリアン パンマニー‡

## A workbook-based PIC training environment for students

Hiroimi ISSHIKI      Koji TOYOTANI      Boualiane PHANGMANY

### Synopsis

The PIC (Peripheral Interface Controller) processors, which are the most popular family of microcontrollers at present, are well suited to embedded control systems. In order to make students in the department of control engineering have a basic understanding of the PIC controllers and embedded systems, a PIC research project has been carried out for some years. The project created a PIC workbook with a simple I/O board. This workbook, however, was not still estimated through practical experiments. To solve this problem and improve the workbook, experiments with the workbook have been performed. Advantages and disadvantages of the workbook have been investigated and exercises with new target boards have been also created. This has led to the advanced version of the workbook.

## 1 まえがき

PIC (Peripheral Interface Controller) はワンチップマイクロコントローラであり, その性能, 汎用性からエンベデッドシステムに浸透している<sup>1)</sup>。PIC デバイスには, ベースライン, ミッドレンジ, ハイエンド, エンハンスド・ハイエンドの 4 つのファミリがある<sup>2)</sup>。ミッドレンジファミリの PIC は, 低価格で入手もしやすく, 趣味としての電子工作から研究・製品レベルまでの制御用素子として多く用いられている。

従来から教育現場で用いられてきた Z80 のようなマイクロコンピュータに比べて PIC は手軽で扱いやすい。このため, アセンブリ言語による PIC 制御実習を低学年次の授業科目内に導入した例<sup>3)</sup>があるなど, PIC を用いた実習教育が盛んに行われている<sup>4),5)</sup>。本研究室においても, この数年, PIC を用いた研究プロジェクトを進めてきた<sup>6),7)</sup>。これは, 研究室あるいは工学実験で PIC16F84A によ

り PIC 技術の習得を支援する実習環境の開発を目的としていた。PIC16F84A は, ミッドレンジファミリの中でも特に基本的な要素で構成されており, マイコンシステムおよびプログラミングについての基礎を学習する上で, 最も適したデバイスである<sup>1),8)</sup>。

昨年度は基本入出力ボードを用いて PIC トレーニングを行うワークブックの作成を進めた<sup>7)</sup>。しかしながら, このワークブックを用いた実際の実験や評価が課題として残っていた。そこで, 本年度は, ワークブックの長所・短所について検討し, ワークブックをより洗練されたものとする。また, 周辺機能を扱うターゲットボードもいくつか試作し, PIC 技術のトレーニング環境の充実を目指す。

## 2 PIC トレーニング環境

PIC トレーニング環境は, 図 1 のように, パーソナルコンピュータ, 直流安定化電源, PIC ライタおよびターゲットボードから構成される。この環境下で, ワークブックに沿って PIC トレーニングを進めていく。PIC ライタは自作品であり, PIC ライタ駆動用に直流安定化電源を用いる。プログラム

\* 諫間電波工業高等専門学校 電子制御工学科

† 諫間電波工業高等専門学校 専攻科

‡ 千葉大学 工学部 情報画像工学科



図 1 PIC トレーニング環境  
Fig.1 PIC training environment.

開発は、C コンパイラ (CCS 社, PCM) を組み込んだ統合開発環境ソフトウェア MPLAB (マイクロチップ社) 上で C 言語により行う。C 言語は、アセンブリ言語と比較して開発効率と可読性に優れており、また、学生が低学年 2 年次に基礎的なプログラミングを経験している言語である。これらのことから C 言語でのプログラミングを選択した。コンパイル後生成される HEX ファイルの PIC への書き込みは、パラレルポート用のフリーのライタソフト Easy-PIC<sup>(1)</sup> を用いて行った。

### 3 ワークブックの評価

ワークブックは、PIC に関連したハードウェアおよびソフトウェアの技術を習得させることを目的としている。その構成は、図 2 のように従来の実験テキストと同じであるが、独習も可能なように例題や課題に対して解答を示している点に特徴がある。実験は、PIC ライタやターゲットボード (デジタル I/O の基本ボード) を製作し、そのボードを用いてプログラミング課題をこなしていくという手順を

- (1) Objectives
- (2) PIC Microcontroller
- (3) Experimental Setup
- (4) Experiment Descriptions
  - Creating I/O target board
  - PIC16F84A programming
- (5) Exercise
  - Example
  - Problems
  - Solutions

図 2 PIC ワークブックの構成  
Fig.2 Contents of the workbook.

進む。PIC デバイスは、PIC16F84A とした。図 3 に示すように、ターゲットボードは、LED による 8 ビットの出力、スライドスイッチによる 4 ビットの入力、更に、タクトスイッチによる 2 ビットの入力がある。課題のいくつかを次に示す。

- 指定した LED を点灯させる。
- 0.5 s 間隔で 8 つの LED を点滅させる。
- 奇数・偶数ビットの LED を一定時間ごとに交互に点灯させる。
- LED の点灯を右端から左端へと 1 ビットずつ移動させる。
- 4 ビットのスライドスイッチに応じて LED を点灯させる。

このワークブックを評価するため、本研究室に所属する、専攻科 1 年、本科 5 年および 4 年の学生 3 名が実際に実験を行った。実験後、学生および指導者のワークブックに対する意見や感想をまとめると次のようになった。

- C 言語関数について引数などの詳しい記述が欲しい。
- ターゲットボード製作についての説明が少ない。
- PIC ライタの製作は不要である。
- 例題を通じてプログラム開発の手順を示すべきである。
- 解答例 (サンプルプログラム) が読みづらい。
- 各課題にヒントを示して欲しい。

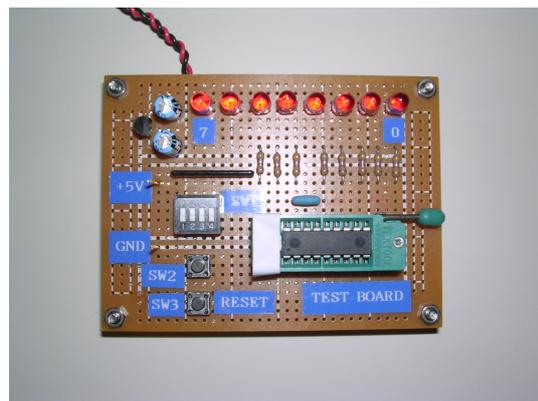


図 3 デジタル I/O ボード  
Fig.3 Digital I/O training board for the PIC16F84A.

- 課題に対しては全てに解答をつけるべきである。
- 周辺機能を用いた課題も必要である。

これらを教材改善の 4 項目<sup>9)</sup>, すなわち, 追加, 削除, 移動, 変更の点から整理し, ワークブックの改良の指針とした。

#### 4 ワークブックの改良および考察

プログラム開発は, CCS 社の C 言語コンパイラ (PCM) を用いる。CCS が有する関数については英文/和文のリファレンスマニュアル<sup>10),11)</sup> で詳細を参照できるが, 主要な関数についてはワークブックで新たに説明することにした。また, ワークブックで示されているプログラムリストの書式を統一した。文字フォント, サイズ, 行間も変更し, 可読性, 読後感の向上を図った。

ワークブックでは PIC ライタおよびターゲットボードの回路図のみが示されていた。この回路図をもとに学生は製作を行い, その後, 指導者の指示でチェックを行った。しかしながら, このスタイルでは学生および指導者の両者に労力を要する。このため, 回路製作の注意点, 回路サンプルの写真, チェック方法をワークブックに追加した。

基本ボードを用いた課題は PIC プログラミングの基礎の学習を目的としていたが, 周辺機能を用いた制御プログラミングについても経験できるよう, RS232C を用いたシリアル通信, LED マトリックス表示など, 更に一步進んだ課題を追加した。これにより, ワークブックの課題の構成が表 1 のように初級, 上級コースの 2 つに分けることができた。同表には, それぞれの課題で用いるターゲットボードと学習ポイントを示している。

PIC16F84A は, ハードウェア的にシリアル通信機能を有していないが, プリプロセッサ #use rs232 を用いることで通信が可能となり, また, 任

意の I/O ピンを送受信端子として指定することもできる。PIC は, 標準入出力にシリアル通信が割り当てられているため, データ出力には printf 文を用いればよい。ターゲットボードをパーソナルコンピュータと接続し, Windows 標準の通信ソフトウェア, ハイパーターミナルを用いて結果の確認を行う。

LED マトリックス (秋月通商, 10x10 ドットマトリックス LED) を用いた課題は, 学生に 8x8 ドットで文字パターンをデザインさせ, そのデザイン通りに文字を表示させるものである。PIC16F84A を用いる場合は, ピン数が不足するため, 図 4 のように 3 入力 8 出力のデコーダ HC138 を用いる。文字表示はダイナミック点灯方式を採用することから, 図 5 のような一行ずつのデータを高速で繰り返し出力することで文字表示を実現できる。

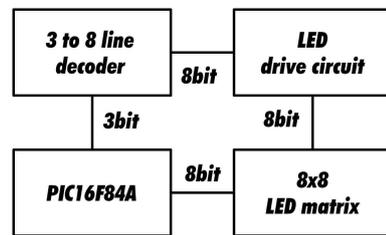


図 4 8x8 LED マトリックス表示回路の構成  
Fig. 4 Block diagram for the 8x8 LED matrix display.

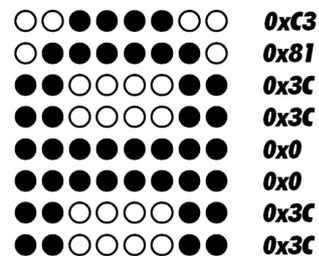


図 5 8x8 マトリックス上の 'A' の文字パターン  
Fig. 5 Character pattern of 'A' on the matrix.

Course	Target Board	Key Learning Point
Basic	PIC16F84A	Digital I/O control
	RS232C	Serial communication
Advanced	LED matrix	Dynamic lighting
	Pulse counter	Interrupt
	PIC16F873	A/D conversion

マイコンシステムにおいて, 割り込み処理は極めて重要である。PIC16F84A が有する割り込み機能の中から, 入力ピン変化によるものを課題とした。これは, 図 6 に示す回路を準備し, スイッチの ON/OFF 操作によって生じるパルスをカウントするものである。プログラム例を図 7 に示す。プ

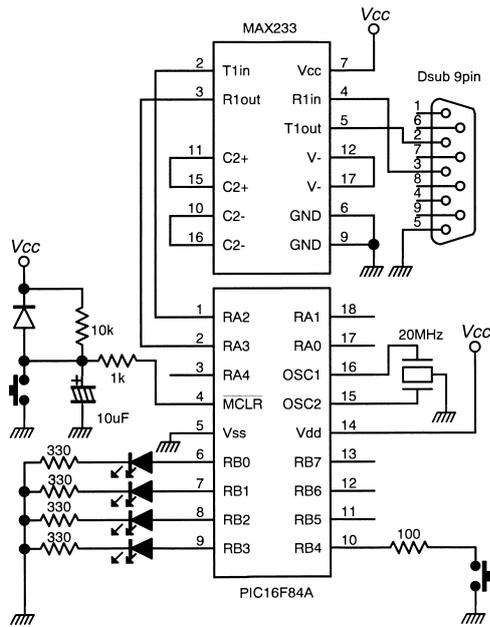


図 6 パルスカウンタの回路図

Fig. 6 Circuit diagram for the pulse counter.

プログラムでは、ポート B の内部プルアップ抵抗を ON に設定している。ポート B の RB4 ピンに入力された信号の状態が変化したときに割り込み処理、すなわち、パルスの数をカウントし、その結果をシリアルおよび 4 ビットの LED で出力する。

最近、PIC デバイスの改良が進み、従来のもより使いやすさが向上している。改良が進んでいる PIC デバイスや 28~40 ピンのミドルレンジ、ハイエンドの PIC デバイスへのプログラムの書き込みは、本ワークブックが PIC16F84A を対象としたものであることから、現環境では行えない。今後の PIC プログラミング環境の展開に備え、多くの PIC デバイスに対応できるように、新たにシリアルポート利用のマルチ型の PIC ライタ<sup>12)</sup>を 図 8 のように製作した。この PIC ライタは、1 つのソケットで 8~40 ピンまでの各種 PIC デバイスに対応できる。また、外部電源が不要なため小型・軽量であり、使用方法も簡単である。ライティングソフトには IC-Prog<sup>13)</sup>を用いる。

PIC16F873 は、表 2 に示すように A/D 変換の機能を有し、PIC16F84A に比較して周辺機能が充実している。PIC16F873 を用いれば簡易な計測装置を構成することが可能である。そこで、PIC を通

```
#include <16f84a.h>
#fuses HS, NOWDT, NOPROTECT, PUT
#use delay( CLOCK = 2000000 )
#use rs232( BAUD = 9600, XMIT = PIN_A3,
           RCV = PIN_A2 )

typedef struct byte_tag{
    byte lower:4;
    byte higher:4;
}Byte_type;
Byte_type rb;
#byte rb = 6

#int_rb
void PulseCount( void )
{
    static int number = 0;

    disable_interrupts( INT_RB );
    delay_ms( 20 );
    if( input( PIN_B4 ) == 0 ){
        printf( "%ld\n\r", ++number );
        rb.lower = number % 16;
    }
    delay_ms( 150 );
    enable_interrupts( INT_RB );
}

void main( void )
{
    set_tris_b( 0xf0 );
    port_b_pullups( TRUE );
    rb.lower = 0x0;
    enable_interrupts( INT_RB );
    enable_interrupts( GLOBAL );

    while( 1 );
}
}
```

図 7 パルスカウンタのプログラム例

Fig. 7 A program for counting pulses using the PIC interrupt feature.

じて計測に関する基礎を学習するためのテストボードを 図 9 のように試作した。これは、2 チャンネルの信号をアンプ (LMC662) で増幅し PIC に入力できる。また、2 ビットのスライドスイッチと LED による入出力、LCD、シリアル出力の機能を有す

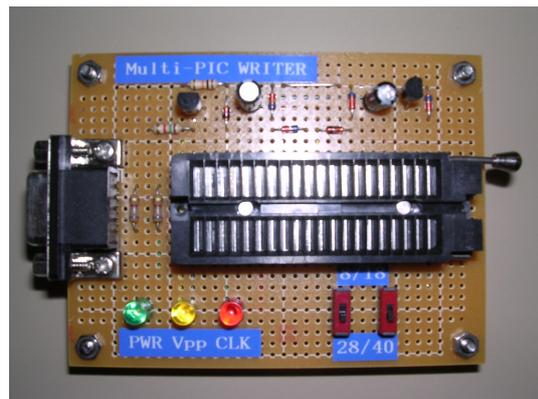


図 8 マルチ PIC ライタ  
Fig. 8 Multi-PIC writer.

表 2 PIC デバイスの比較  
Table 2 Device differences.

Device	Package	Program Flush	Peripheral Feature
PIC16F84A	18 DIP	1k	13 I/O-pins, one timer
PIC16F873	28 DIP	4k	22 I/O-pins, three timers, SPI, five 10-bit ADCs

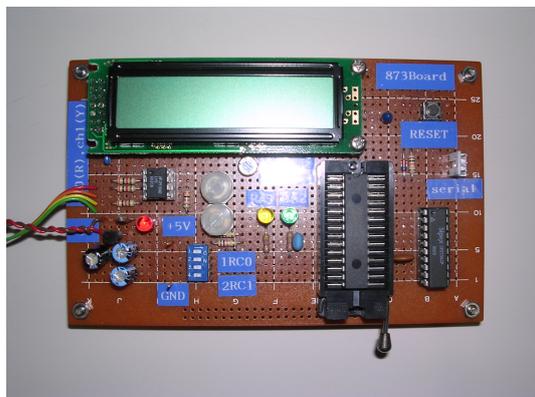


図 9 PIC16F873 トレーニングボード  
Fig. 9 Training board for the PIC16F873.

る。このボードを用いた課題を更に準備したい。

平成 16 年度から本校では専攻科がスタートした。これに伴い、研究室の構成や所帯が現状とは異なってくると考える。新たに研究室へ配属される学生が増加すれば、指導者は研究遂行に必要な基礎技術の指導を学生に対して十分な時間を当てて行うことが難しい。PIC は本来の研究を手助けする道具であり基礎技術と位置づけられることから、学生は可能な限り研究室スタッフからの援助に頼らず自ら PIC 技術の習得を図りたい。また、平成 14 年の学習指導要領の改訂で、小中学校では総合的な学習の時間が新設された。これは、課題を自身で見出し解決していく能力、すなわち、情報収集を行い自主的で自立的に課題を解決していく情報活用能力の育成に重点が置かれた教科である<sup>14)</sup>。このような教科の新設は、一方で、現在の生徒あるいは学生の情報活用能力が十分に養われていないという危機感の表れといえる。従って、独学を支援する教材は、これらの問題を解決する一助となり、効率良く自習を行えるワークブックを開発することの意義は大きいと考える。更に、ワークブックを用いた自習というスタイルは、収集した情報リソースを基に自ら研究

を進めていく能力を養うトレーニングにもなる<sup>9)</sup>。研究室配属後の早い時期にこれを行うことにより、効果が期待できる。

今年度はワークブックの改善を基に PIC トレーニング環境の整備を行った。これにより、基礎的な PIC 技術には対応できると考える。ワークブックを用いた工学実験については、実験期間、スケジュール、指導方針など、その運営方法について、今後、検討する必要がある。

## 5 むすび

本研究では、これまでに作成した PIC ワークブックの評価と改良を行い、PIC 技術を習得するためのトレーニング環境を整備した。実際にワークブックで実験を行った学生からは、いくつかの点で解説が不十分であるという指摘を受けた。このため PIC 初学者が独習でき十分に実験を進めることができるよう、ワークブックの記述および内容を改めた。また、各種周辺機能や上位クラスの PIC を用いた実験課題の提案を行った。これらは、上級編と位置づけることができる。今後、これらについての評価を行い、工学実験への導入に向けてプロジェクト型の実験テーマも検討していきたい。

謝辞 本研究の遂行にあたりご協力を頂いた平成 15 年度電子制御工学科卒業生 小橋可奈恵さんをはじめ研究室の学生諸君に感謝します。なお、本研究は平成 14, 16 年度 詫間電波工業高等専門学校教育研究活性化経費の支援を受けて行われた。

## 文 献

- 1) トランジスタ技術編集部(編), PIC マイコン活用ハンドブック, CQ 出版社, 2001.
- 2) 後閑哲也, C 言語による PIC プログラミング入門, 技術評論社, 2002.
- 3) 山口健二, 後野昭次, 河合光久, “機械工学科の低学年学生を対象とした PIC 制御教育の試み,” 論文集「高専教育」, no.26, pp.381-386, 2003.
- 4) 羽瀧仁恵, 西田鶴代, 加藤真二, “ワンチップマイコンを用いた創成実習とその教育効果,” 論文集「高専教育」, no.27, pp.501-506, 2004.
- 5) 千葉悦弥, 管隆寿, “PIC を用いた創作的製作実習の試み,” 論文集「高専教育」, no.27, pp.519-524,

- 2004.
- 6) 一色弘三, 田嶋眞一, 大畑正樹, 安藤邦浩, 水ト崇文, “PIC を用いたプロジェクト型工学実験の導入シミュレーション,” 詫間電波工業高等専門学校 2002 年度プロジェクト研究報告会講演論文集, pp.35-36, 2003.
  - 7) 小橋可奈恵, PIC ワークブックの作成, 平成 15 年度詫間電波工業高等専門学校電子制御工学科卒業研究報告書, 2004.
  - 8) 高田直人, C による PIC 活用ブック, 東京電機大学出版局, 2003.
  - 9) 鈴木克明, 教材設計マニュアル - 独学を支援するために -, 北大路書房, 2004.
  - 10) PIC C Compiler PCB, PCM, PCH and PCW Reference Manual, Custom Computer Services Inc., 2001.
  - 11) PIC C コンパイラ-日本語リファレンスマニュアル, データダイナミクス, 2003.
  - 12) <http://osaka.cool.ne.jp/feng3/index1.html>
  - 13) <http://www.ic-prog.com/>
  - 14) 永山彦三郎, 現場から見た教育改革, ちくま新書 349, 筑摩書房, 2002.