

# 試作テストボードによる創造的 PIC プログラミング実験の検討

岡崎 朋広\* 櫛田 直規\*\*

## The Examination for Matching Manufacture of The Test Board with The Creative Programming Experiment Using PIC.

Tomohiro OKAZAKI and Naoki KUSHIDA

### Abstract

For the education of creativity, it is important to respect the free idea. We are carrying out the experiment which used PIC to raise the creativity of students since 2001.

In this study, in order to raise students' creativity further, the test board (LED x 4, Buzzer x 1, Sw x 2) of PIC was manufactured. And it examined whether it could be matched with the experiment. Evaluation of the students to the experiment which does a series of programming operation was very good.

**Key words:** creative programming experiment, manufacture of test board, PIC

### 1. はじめに

わが国の経済はバブル崩壊以降、混沌とした状態で低迷を続けている。企業戦略は大量生産、大量消費という流れから、豊かな個性を尊重した他にまねのできない、独創的なものづくりや創造性をもった人材の育成へ、シフトしていきつつある。高専における教育においても、工場における大量生産のような教育システムから脱却し、創造性あふれる人材の育成が求められている。

創造性教育の前提として、個性や自由な発想を尊重することが重要である。また、必要な知識を単に知っているだけではなく十分に理解し体得するレベルに高めるとともに、経験を蓄積することが創造性を発揮するための必須条件である。

創造性教育と実験・実習の関係は密接であるが、実験内容が難解で興味をもてないため、本来主体であるべき学生が受身になり、実験の意味がない場合がある。電子機械工学科制御システム実験室では、3年程前から4年生を対象に創造性教育を意識してPICを用いた実験を実施している。具体的にはスイッチ、LED、ブザーを利用して自由にプログラムを作成させ、PIC用テストボードで検証を行う。自由課題を与えることで学生の創造性を高める実験内容に変更している。

従来は汎用基板を流用した、煩雑なテストボードを検証に使用していたが、基板をパターン図から作成することで、一からのものづくりの経験が創造性をさらに高めることを期待し、実験内容に導入できるかどうか検討を行った。

### 2. PICのテストボードの製作

PICとは、マイクロチップテクノロジー社が供給するワンチップマイコンのことで、フラッシュメモリのプログラムROMを内蔵した型名なら、何回でもプログラムを電氣的に書き換えることができる。

実験に使用するPICの型名は16F84A、ピン数は18ピン、I/Oポートは13ピン、電源電圧が2.0～5.5[V]、最大クロックが20[MHz]、最大消費電流は30[ $\mu$ A]～2[mA]で電池でも長時間駆動できる仕様となっている。プログラムメモリについては、14ビット単位の命令を1023個記憶する容量が内蔵されており、消去/書き込みの可能回数は1000回程度である。また、消去/書き込み回数が10万回程度のEEPROMも64バイト内蔵している。

テストボードの入力は、2つのスライドスイッチを設け、状態によって4種類の入力モードを設定できるようにする。各モードに対する出力が設計通りかどうかを4つのLEDとブザーによって検証する

ることができる。

### 2.1 テストボードを構成するパーツと回路図

表2. 1 にテストボードのパーツリストと図2. 1 にテストボードの回路図を示す。パーツの価格の合計は約 3000 円であるが、創造性教育の実施にかかる費用としては非常に安価である。すなわち、創造性豊かな学生が育つ可能性のある実験への検討の意義は極めて大きいといえる。

表2. 1 テストボードのパーツリスト

記号	品名	値・型名	数量	単価 (円)
U <sub>1</sub>	IC	78L05	1	150
U <sub>2</sub>	IC	PIC16F84-10P	1	600
Y <sub>1</sub>	クリスタル 振動子	10MHz, HC49US	1	200
R <sub>1</sub> , R <sub>2</sub>	抵抗	5.1kΩ 1/4W	2	10
R <sub>3</sub>	抵抗	200Ω 1/4W	1	10
C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>	セラミックコンデンサ	20pF	2	10
C <sub>3</sub> , C <sub>4</sub>	電解 コンデンサ	47μF 16V	2	25
D <sub>1</sub> ~D <sub>4</sub>	発光 ダイオード	TLR113	4	25
S <sub>1</sub> , S <sub>2</sub>	スライドスイッチ		2	150
BAT <sub>1</sub>	電池	006P 9V	1	150
BZ <sub>1</sub>	圧電 ブザー	FUJI EB80	1	150
	IC ソケット	18ピン DIP	1	100
	ポジ 感光基盤	サンハヤト	1	400
	電池 スナップ		1	30
	スペーサ		4	50
合計				約 3,000 円

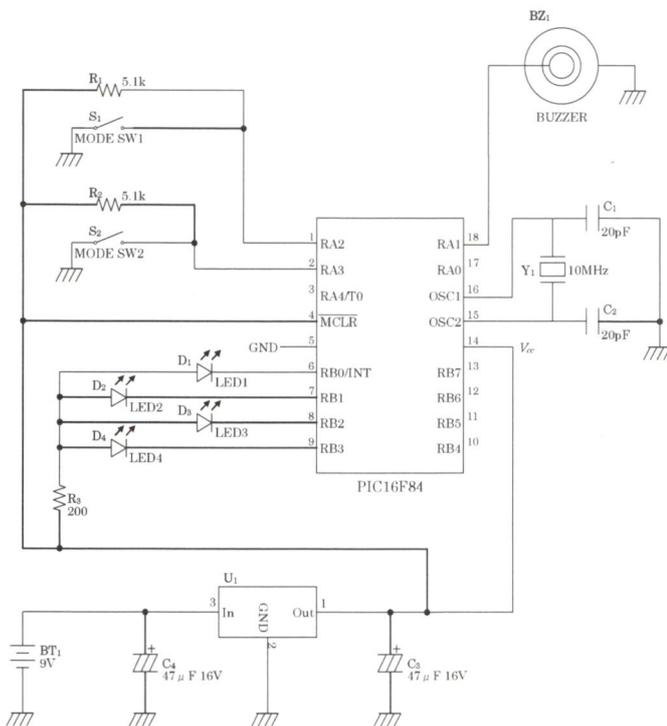


図2. 1 テストボードの回路図

### 2.2 プリント基板の設計

PIC などの IC や、配置する部品が多くなると、従来の汎用基板では配線が困難になり、半田付けも煩雑で銅線が外れる場合が多々ある。そこで、部品の配置の位置をあらかじめ決め、銅線による配線をできるだけ少なくするために、パターン図によって配線を行い、簡単で煩雑でない自作プリント基板を製作した。プリント基板の設計について以下の工程順に作業を行なった。

- (1)パターン設計
- (2)感光基板へのパターンの焼付け
- (3)現像
- (4)エッチング
- (5)穴あけ
- (6)フラックス塗布

#### 2.2.1 パターン設計

パターンを図2. 1の回路図を参照して作成するため、今回はプリント基板パターン図作成ツールとしてフリーソフトのPCBEを使用した。パターン作成画面を図2. 2に、OHPシートへの版下出力を図2. 3に示す。

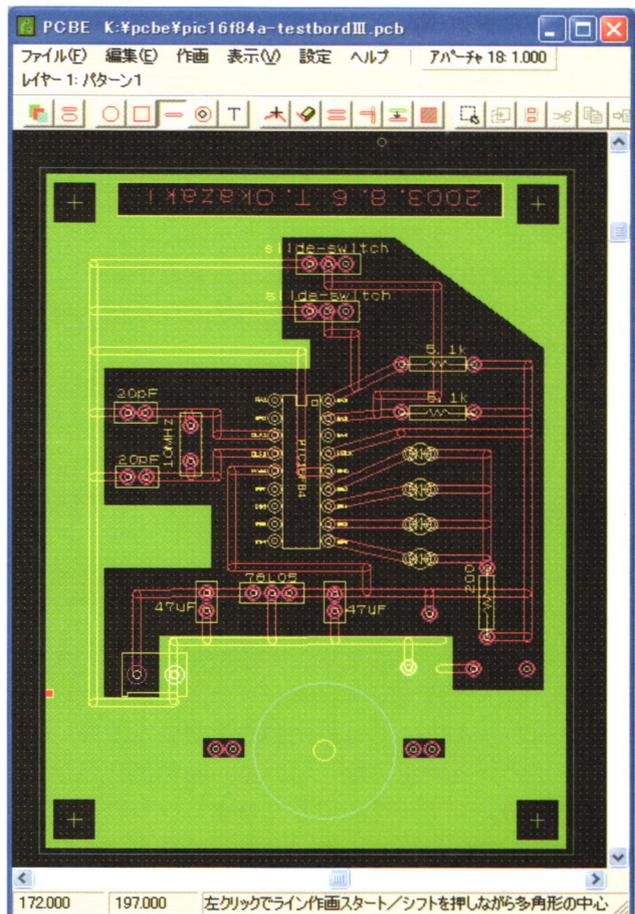


図2. 2 パターン作成画面

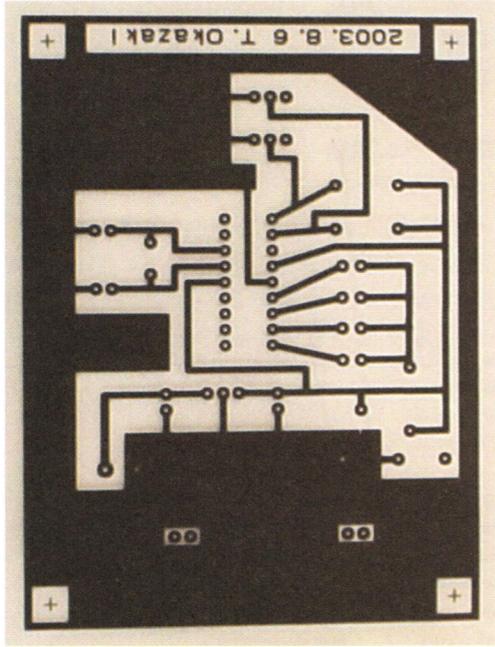


図 2. 3 パターンの版下出力 (OHP)

### 2. 2. 2 感光基板へのパターンの焼付け

版下出力したOHPシートと感光基板を真空ポンプで密着後、ライトボックスで紫外線露光 (約3分) を行なった。パターンの黒以外の部分に光があたり、現像とエッチングによってその部分の銅箔を溶解させる。

なお、焼付けに使用した機器は、中型ライトボックス BOX-W9B (サンハヤト製) である。図 2. 4 にライトボックスによる露光の状態を示す。



図 2. 4 ライトボックスによる露光

### 2. 2. 3 現像

現像剤 (サンハヤト製ポジ感光基盤用現像剤 DP-50) をぬるま湯に溶かし、30°C にサーモヒーターで温め、露光を行なった基板を溶液に浸す。1 分ほどで現像はほぼ完了し、青い感光剤が溶解し、銅箔

面がきれいに見える状態になれば水洗いする。図 2. 5 に現像中の基板の状態を示す。

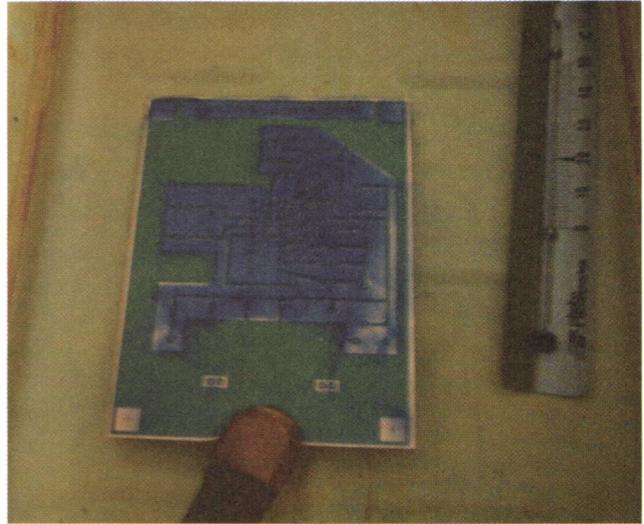


図 2. 5 基板の現像

### 2. 2. 4 エッチング

現像によって感光剤が溶解した銅箔部分をエッチングによってさらに溶解させる。エッチング液 (サンハヤト製 H-1000A 塩化第二鉄液) を卓上エッチング装置 (サンハヤト製 ES-10) にいれ、サーモヒーター (サンハヤト製 KTS-130) で 45°C に温める。エッチング液内に基板をいれ、5 分をめぐりときどき状態を確認し、銅が完全に溶け、基板のプラスチック面が現れた状態になれば取り出して水洗いする。図 2. 6 にエッチング中の基板の状態を示す。

エッチングが完了した後、残りの感光剤を除去するため、再度ライトボックスに基盤そのままを露光し、現像する。

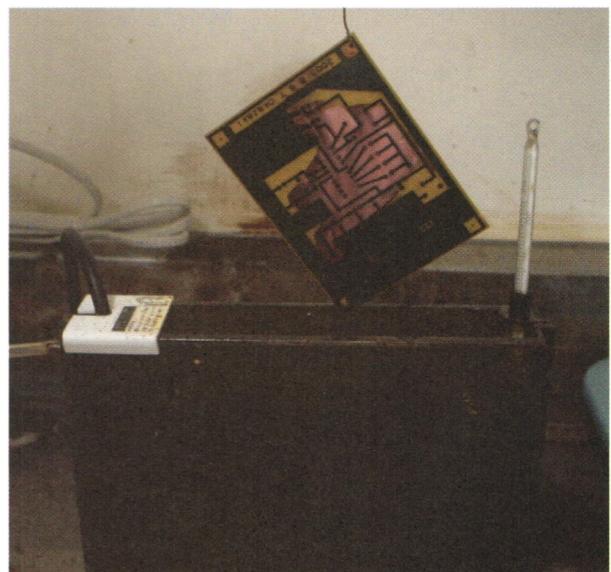


図 2. 6 エッチング

2. 2. 5 穴あけ

感光剤をすべて除いた銅箔面の部品の半田付け部にドリルで穴を開ける。ICや抵抗などは0.8mmΦ、基板コネクタや大型抵抗などは1.0mmΦ、大型のコネクタなどは1.2mmΦの超硬ドリルで穴を開ける。

2. 2. 6 フラックス塗布

最後に基板にフラックス (サンハヤト製 基盤用フラックス) を塗布して仕上げる。フラックスによって銅箔表面の酸化を防止し、半田のつきもよくなるという利点がある。完成した基板を図2. 7に示す。

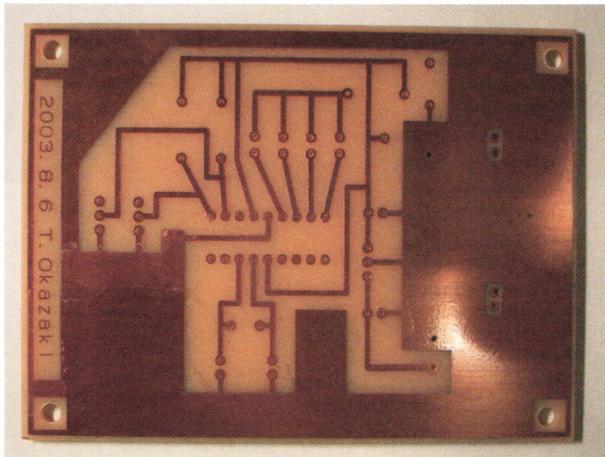


図2. 7 フラックス塗布後の基板

2. 3 PIC テストボードの製作

完成した基板に各部品を半田付けしてPICテストボードを完成させた。テストボードの外観を図2. 8に示す。

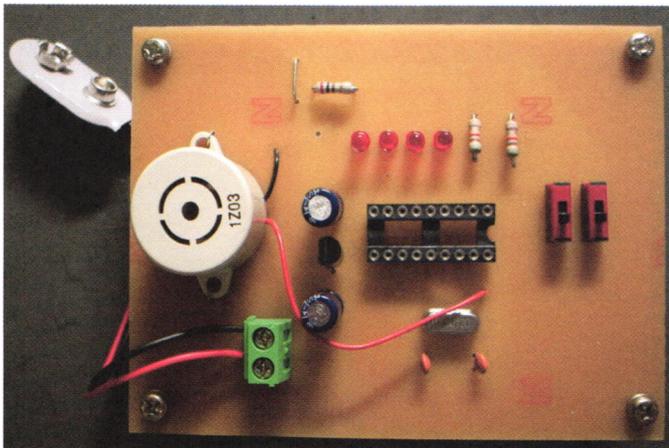


図2. 8 テストボードの外観

3. プログラミング実験

PIC用のプログラムを作成するために、使用言語は比較的理解しやすいBasic言語を基本としたMicrotechnica製Pic Basic Pro Compiler 2.33を使用した。開発環境はMicrochip社製PICマイコン統合開発環境MPLABを利用し、PICライター (PICW

-30A) 経由でPIC-16F84Aにプログラムを書き込み、設計通りプログラムが出来ているか、テストボードで検証する。

3. 1 プログラム課題

実験の初めにサンプルプログラムについて説明を行い、それを参考に各班2人組に分かれて、スイッチとLEDとブザーを組み合わせて、自由に入出力を行うオリジナルプログラムを設計させる。図3. 1にサンプルプログラムを示す。

```
'2002.6.1 test for IO
'sample40 2002.mar.8 PGM by okazaki & kushida
define osc 10      'PBP default=2.5M ---->
                  ' test PIC16F84A ,f=10MHz

i var byte        'hensu i
start1:
for i=1 to 20
low portb.0      'low=hikaru portb.0
pause 1000      'teishi
high portb.0     'high=kieru portb.1
low portb.1
pause 1000
high portb.1
low portb.2
pause 1000
high portb.2
low portb.3
pause 1000
high portb.3
'.....

if porta.2=1 && porta.3=0 then j1 'RA2=1,RA3=0--> mode1 j1
if porta.2=0 && porta.3=1 then j2 'RA2=0,RA3=1--> mode2 j2
if porta.2=1 && porta.3=1 then j3 'RA2=1,RA3=1--> mode3 j3
'.....

next i
j1:
low portb.0
pause 5000
goto start1
j2:
low portb.0
low portb.1
low portb.2
low portb.3
pause 3000
high portb.0
high portb.1
high portb.2
high portb.3
goto start1
j3:
high portb.0
high portb.1
high portb.2
high portb.3
pause 10000

goto start1

end
```

図3. 1 サンプルプログラム

サンプルプログラムの主要部分は次の通りである。

- (a) コメント文  
一行の始めにアポストロフィ[']をつけることでその一行すべてがコメント文となる。
- (b) 発振子の周波数の設定  
define osc 10 (発振子の周波数を 10[MHz]に設定する)
- (c) 変数の宣言  
i var byte (変数 i を 1 バイトとして宣言)
- (d) ラベル  
start1: (ラベル名 : でラベルの宣言をする。Goto 文でラベルの位置に処理をもどすことができる)
- (e) ポート出力  
high portb.0 (ポート b の 0 ビット目に +5[v] を出力する)  
low portb.0 (ポート b の 0 ビット目に 0[v] を出力する)  
図 2. 1 の回路図より、LED は low によって点灯し、high によって消灯する。
- (f) ポーズ  
pause 1000 (プログラムの処理を 1000[ms]一時停止する)

### 3.2 統合開発環境 MPLAB によるプログラム作成

MPLAB を使用して、ソースプログラム[.bas]を作成する。プログラム作成画面を図 3. 2 に示す。

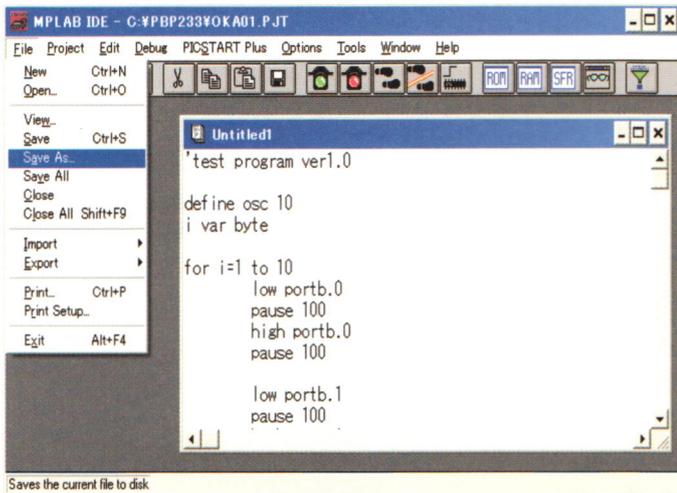


図 3. 2 MPLAB によるプログラム作成画面

### 3.3 PICライターによる書き込み

作成したプログラムをコンパイルし、エラーがないことを確認した後、実行プログラム[.hex]を PIC に書き込む。要する時間は約 1 分ほどで書き込みは完了する。使用した PIC ライター (PICW-30A) を図 3. 3 に示す。

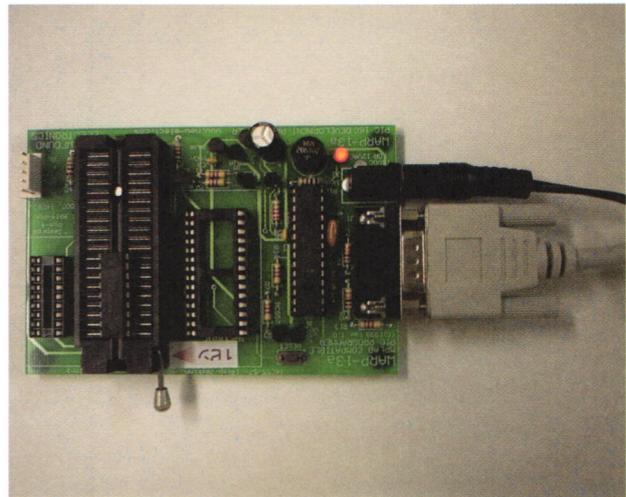


図 3. 3 PICライター PICW - 30A

### 3.4 テストボードによるプログラムの動作検証

自作したテストボードの IC ソケットに PIC を差し込み、9 [v] の積層電池を接続して動作確認を行なう。動作が設計通りでない場合、MPLAB によって再度プログラムの修正を行い、再度書き込み、検証を行なう。図 3. 4 に動作検証の様子を示す。

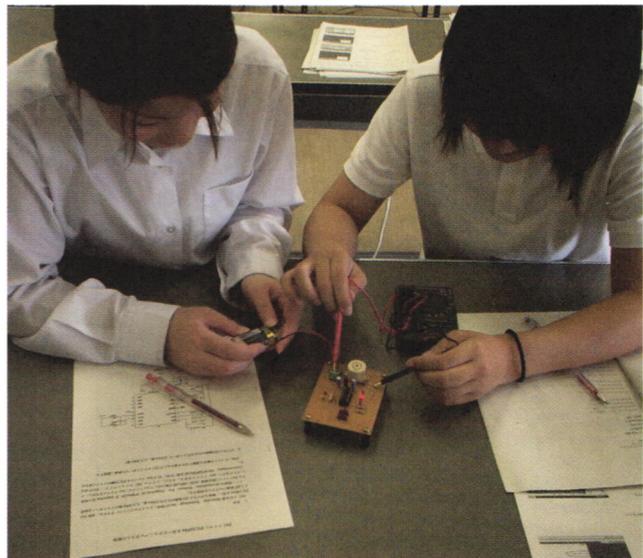


図 3. 4 テストボードによる動作検証

### 3.6 実験で得られた学生創作プログラム

PIC をはじめてさわる学生でも、実験時間 (3 時間) 内にオリジナルプログラムを設計し、熱心に改良している。図 3. 5 に学生が作成したプログラムのリストを示す。

```

define osc 10
i var byte
j var byte

start:

for i=1 to 10

low portb.0
pause i*100
high portb.0
low portb.1
pause i*100
high portb.1
low portb.2
pause i*100
high portb.2
low portb.3
pause i*100
high portb.3

if porta.2=1 &&porta.3=0 then j10
if porta.2=0 &&porta.3=1 then j01
if porta.2=1 &&porta.3=1 then j11

j10:
low portb.0
pause 200
low portb.1
pause 200
low portb.2
pause 200
low portb.3
pause 200
high portb.0
pause 200
high portb.1
pause 200
high portb.2
pause 200
high portb.3
pause 200
goto start

```

```

j01:
for j=1 to 3
low portb.0
low portb.1
low portb.2
low portb.3
pause 300
high portb.0
high portb.1
high portb.2
high portb.3
pause 300
next j
goto start

j11:
high porta.1
pause 500
low porta.1
goto start

end

```

図 3. 5 学生が作成したプログラム

図 3. 5 において、学生の創造的発想の効果がプログラムに反映されていると考えられるのは、7 行目の

```
pause i*100
```

の部分である。通常固定値である一時停止時間をループの変数によって段階的に増加させることで、LED が徐々に遅く点滅する。この他にも、LED の点滅のパターンを変え、花火のようなパターンを設計したり、ブザー音を音楽的に組み合わせる学生もいた。

#### 4 まとめ

学生の実験に対する評価は非常に良好で、一連のプログラミング作業にも興味をもって取り組んでいた。例えば、1つの LED を点灯させることが理解できると、得た知識を応用して、4つの LED の点滅になるようプログラムを改良するなど、創造性を発揮するためには基礎的な知識が不可欠であることが認識できた。

学生が実際に取り組む内容は、MPLAB による創造的プログラミングの実験のみとなっている。もの

づくり教育の一環としても、是非テストボードのプリント基板からの製作を実行したいところである。PIC 実験に、一からのプリント基板製作を導入する試みは、創造性を発揮するための基礎的な知識と経験の蓄積という観点からは、大変価値があると考えられるが、いくつかの問題点がある。今後の課題としては、

- (1) エッチング液や現像液の取り扱いには十分注意を要するため、学生には薬品管理上やや危険である。
- (2) 現在の設備では、一度に一人のみしか作業することができないので、大変時間がかかる。
- (3) 基板の設計からテストボードの製作までの作業に、初心者で一日は十分かかるため、通常の実験制限時間内では完了することができない。
- (4) プリント基板の自作において、最も時間を要するのが、パターン作成であるが、その作成用の CAD ソフトの学習にかなり時間がかかる。

などが挙げられる。

高専本来の教育目的である実践的技術者の育成には、このような基板製作から検討する創造教育が必

要不可欠と思われる。したがって、今後、以上の課題を解決することが必要である。本制御システム実験室では、実験および実習の学年・時間配当も考慮したうえで、卒研究生や創造演習生らに対し、製作プロセスを総合的に教授していく方向で検討中である。

#### 謝辞

本研究を遂行するにあたり、プリント基板の作成についてご指導いただいた、山口県立田布施工業高等学校教諭、寺本公思先生に謝意を表す。

#### 参考文献

- [1] 川原篤生・近藤信幸：PIC マイコンによるシーケンス制御、CQ 出版社、2002
- [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、2001
- [3] 後閑哲也：だれにでも手軽にできる電子工作入門、技術評論者、2001
- [4] 神奈川新聞報道部：匠の新世紀 ものづくり考、(株)日本評論社、2000

