

# 情報教育のためのマイクロコントローラを用いた 学習材に関する一考察

山本 透・平田 竜美\*・片山 優\*\*・藤澤 正一郎\*\*\*  
(2001年12月18日受理)

## A Consideration on Learning Materials Using a Micro-Controller for Information Education

Toru YAMAMOTO, Tatsumi HIRATA, Masaru KATAYAMA and Shoichiro FUJISAWA

**Abstract.** By a rapid progress of information technologies and information environments, it is necessary to change curriculums and contents of information science and technology education(ISTE) in training systems for teachers in undergraduate schools. One of authors has been already proposed a framework on the ISTE in training systems for teachers. According to this framework, we consider a learning material using a micro-controller, i.e., one chip micro computer for the ISTE in this paper.

### 1. 緒言

平成11年3月29日に、高等学校の新学習指導要領が告示され<sup>1)</sup>、その中で注目すべき点は、普通科に「情報A」、「情報B」、「情報C」の科目が、また専門学科に「情報」教科が新たに設置されたことである。このように高度情報社会の進展に柔軟に適應できる能力の育成を目指して、情報教育の学習内容が飛躍的に拡充された。中等教育における新しい動きに対応して、高等教育機関、とくに教員養成を担う学部等においても、大幅にカリキュラムを改善する必要に迫られている。とくに、高等学校の専門教科「情報」が高度な情報技術者の人材育成をねらいにおいていることを考慮すると、これまで教員養成を担う学部等で行われていたような、単に情報機器の操作法や簡単なプログラミングを中心とした情報技術教育だけでは不十分であり、その基礎となる情報科学的な内容を含んだ情報科学技術教育という視点に立ったカリキュラムの構成が必要となる<sup>2)</sup>。

これを受けて、広島大学教育学部技術・情報系コースでは、高等学校「情報」の課程認定との関

連で、情報科学技術教育の側面から情報教育の内容を見直し、以下のような枠組みに沿ってカリキュラムを構成した。

- ・基礎/基本
- ・ハードウェア
- ・ソフトウェア
- ・情報システム
- ・情報通信ネットワーク
- ・知識システム
- ・情報と社会

ところで、上述のような情報科学技術の内容を考慮したカリキュラムの整備が必要である一方で、個々の内容の理解を一層深めるためには、これらの内容を横断的に、また総合的に捉える演習や実習を効果的に取り入れる必要がある。

そこで本稿では、前述した個々の内容(枠組み)のうち、「ハードウェア」、「ソフトウェア」および「知識システム」を総合して捉える実習のための学習材について考察する。具体的には、マイクロコントローラ(ワンチップマイクロコンピュータ)の一つであるPIC<sup>3),4)</sup>を取り上げ、

\*広島大学教育学部研究生

\*\*広島大学大学院教育学研究科

\*\*\*高松工業高等専門学校

- ・ハードウェア構成の理解
- ・計算機アーキテクチャの理解
- ・入出力インタフェースの理解
- ・アセンブリ言語によるプログラミング
- ・簡単な計測／制御のしくみの理解

のための学習材を開発する<sup>5)</sup>。これまで、教育用としてZ 80, 8080や6800などのワンボードマイクロコンピュータが用いられてきたが、近年、同程度の機能を有するマイクロコントローラが安価に入手できること、プログラム開発等の手続きが簡単であること、計測・制御用に適していることなどの理由から、ここではマイクロコントローラを取り上げた学習材について考察する。

## 2. マイクロコントローラ

### 2.1 マイクロコントローラの仕組み

マイクロコントローラとは、ワンチップマイクロコンピュータのことであり、図1に示すように、マイクロコントローラはCPU (Central Processing Unit：中央処理装置) の動作に必要なデバイスを内蔵しており、外部にはI/O (Input/Output：入出力) ポートなどが並んでいる。つまり、マイクロコントローラはプログラムが書き込まれると、そのプログラムに対応した機能をもった専用のIC (Integrated Circuit：集積回路) となる。一方で、マイクロコントローラは上述のような構造を有していることから、バスやプログラムメモリ等の拡張が行えないために、与えられたマイクロコントローラの機能の範囲内でソフトウェアやハードウェアを実現しなければならない。

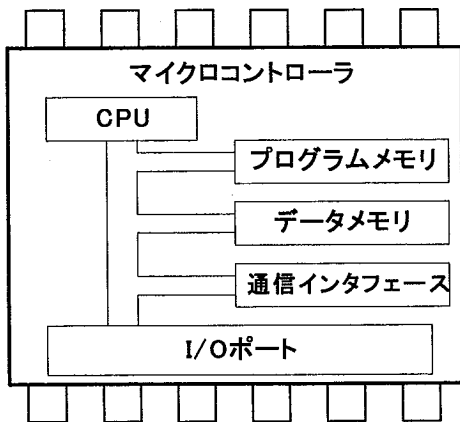


図1 マイクロコントローラ

### 2.2 PIC

PIC (Peripheral Interface Controller) は、米国のマイクロチップテクノロジー社がリリースした8ビットマイクロコントローラの一種である。PICの特徴は以下の通りである<sup>3), 4)</sup>。

#### (1) RISCアーキテクチャによる高速動作

RISCとは、Reduced Instruction Set Computerの略で、命令の単純化 (1ワードで1命令) を図ることで、1命令を1マシン・サイクルで高速処理することが可能となっている。

#### (2) 小型のデバイス

8～40ピンの小型パッケージで構成され、比較的小規模な機器へ内蔵することができる。

#### (3) 低電圧で動作可能

低電圧、低消費電力で駆動させることができるため、駆動源としてバッテリー (例えば電池) を利用することができる。

#### (4) 高出力I/Oポート

一般のマイクロコンピュータ (例えばワンボードマイクロコンピュータなど) では、外部の負荷を駆動させるためにトランジスタを外付けする必要がある。しかし、PICではI/Oポートの出力電流が大きいので、20～25mA程度で駆動する負荷であれば、トランジスタを省略することができるため、部品数を減らすことができる。

#### (5) 高い互換性

PICのバリエーション (種類) はとても多いが、ハードウェアとソフトウェアの双方において互換性が非常に高いため、開発が容易である。

#### (6) 低コスト

PICの中には1ドルマイクロコントローラがあるように、大変コストの低いマイクロコントローラである。

### 2.3 PICのハードウェア

次節で考察する学習材との関連から、ここではPIC16F84というデバイスについて説明する。PIC16F84の概略図を図2に、またその基本的な構成図を図3に示す。

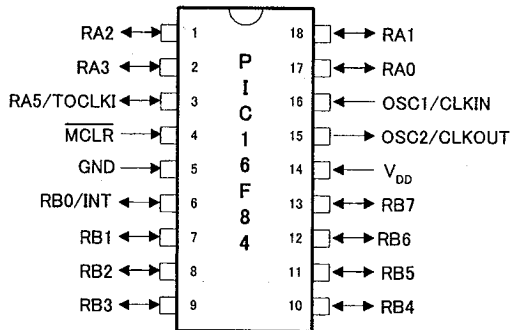


図2 PICの概要図

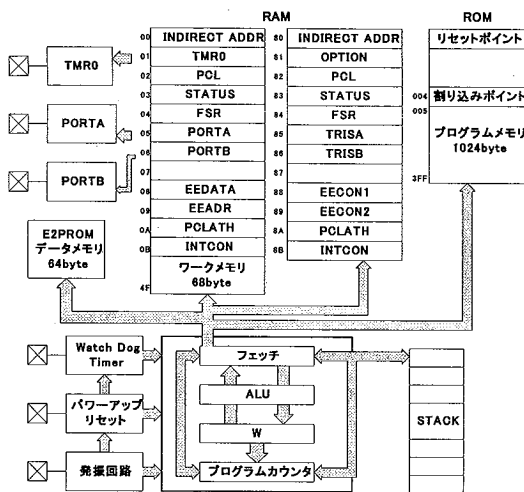


図3 PICの基本的な構成図

ハードウェアにおいて重要となるそれぞれの部位は、以下の通りである。

(1) プログラムメモリ

プログラムメモリは、EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) であり、専用書き込み器を用いてプログラムが書き込まれる。先にも述べたように、PICの命令は1ワード命令であるため、プログラムメモリは12~16bitのビット幅を有している。PIC16F84は14bit幅であり、1 Kbyteの容量をもっている。

(2) データメモリ

データメモリは8 bit幅のRAM (Random Access Memory: 読み書き自在メモリ) であり、下位アドレス (00番地~0B番地) にはシステム

専用のレジスタがあり、0C番地~4F番地の68byte分がワークメモリ (汎用レジスタ) となっている。また、図2に示すように2ページ (第1ページ: 00番地~4F番地, 第2ページ: 80番地~8B番地) 構成となっており、その切り替えは03番地のSTATUS (ステータスレジスタ) により行う。

(3) I/Oポート

PIC16F84には、5 bitのポートAと8 bitのポートBがあり、先に述べたデータメモリ (ポートAが05番地, ポートBが06番地) の中に存在している。I/Oは双方向性を有しており、設定によってビットごとに入力用か出力用かを設定することができる (ただし、ポートAの5 bit目 (RA5) は入力設定のみ)。その設定は、同じデータメモリ内にあるTRISA (85番地) とTRISB (86番地) において行う。なお、電源投入時にはすべて入力に設定されている。

(4) WレジスタとALU

Wレジスタはデータメモリとは独立して存在しており、データを一時待避させるために用いられる。計算結果が一時的に格納されるために用いられる。算術論理演算ユニット (ALU: Arithmetic and Logic Unit) では、四則演算や数の大小比較などの算術演算、ならびに論理演算が行われる。

(5) プログラムカウンタとスタックポインタ

プログラムカウンタはデータメモリの中に存在しているから、プログラムから操作可能である。ただし、操作は下位8 bitに限定されている。一方、スタックポインタは独立したメモリとして存在しているので、その容量は限定されている。深さは2~8ワードしかないので多くのネスティングができない。

2.4 PICの駆動回路

PIC16F84を動作させるために必要となる電源回路、リセット回路、クロック回路について述べる。その駆動回路を図4に示す。

(1) 電源回路

PIC16F84は4~6Vの電源で動作するため、電

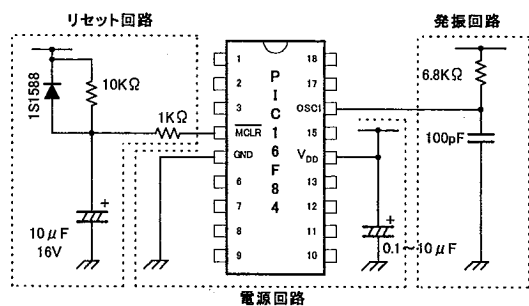


図4 PICのクロック回路(RCタイプ)

池が3～4個あれば動かすことができる。5Vにおける動作電流はクロック周波数によって異なり、4MHz動作時で約4.5mA、10MHz動作時では10mAである。電源端子に流せる最大電流は100mA、GND端子に流せる最大電流は150mAである。また、チップあたりの最大消費電力は800Wである。

## (2) リセット回路

リセットは、電源の投入時にプログラムを正しくスタートさせるための回路である。電源が安定して供給されたことを確認した上で、リセットを解除しPICを起動させるものである。また、電源の変動により回路が不安定になった際にも、この回路によりリセットがかけられる。したがって、リセット回路はPICが安定して立ち上がるために必要不可欠な回路となっている。

## (3) 発振回路

PICの外部クロックは0～20MHzで、標準は4MHzである。内部動作周波数はその1/4であり、1MHzで1命令を実行する。つまり、1サイクルは1μsである。PICは4種類の発振回路を内蔵していて、プログラム書き込み時に発振回路の選択をする。ここでは、RCタイプを用いる。図4に示すように、RCタイプは抵抗とコンデンサが1つつあればクロックを得ることができる。

## (4) I/Oポート

I/Oポートは、PICのピンに直接つながって信号を入出力するPICの手足となる部分である。I/Oポートは電源投入時にはすべて入力に設定され

ている。そのため出力ポートとして利用するときには、はじめに外部回路が誤動作しないようにプルダウン抵抗などを取り付ける必要がある。どのPICも約20mAの電流を入出力することが可能であるので、LED（発光ダイオード）などであれば直接駆動することができる。

## 2.5 PICのソフトウェア

PIC16F84には35個の命令がある。各命令は14bit幅の0、1の数値で表され、これを機械語、またはマシン・コードと呼んでいる。しかし、この機械語は人間には判断しにくいいため、機械語一つ一つに対応した名前が付けられており、これをニモニックと呼ぶ。ニモニック表記の開発言語をアセンブリ言語といい、機械語と1対1の関係にある。命令によって操作されるメモリや数値をオペランドと呼び、ほとんどの命令はニモニック+オペランドの形となっている。命令は必ず半角で書かなければならず、各行は

ラベル ニモニック オペランド ;コメント  
で構成され、「ラベル」は行の先頭から書き、その行、もしくはいくつかの行のまとまりの名前がラベルとなる。「ニモニック」は、ラベルの次に半角で1個以上のスペースを取った上で書かれなければならない。「オペランド」は、ニモニックの次に1個以上のスペースをとった上で書かれる。なお、複数のオペランドがある場合は、カンマ(,)で分離する。「コメント」は、最初にセミコロン(;)を付けて書く。なお、トータルで一行は半角255文字である。

## 2.6 PICのプログラム開発環境

PICの開発環境として、以下のものが必要となる。

### (1) パーソナルコンピュータ

Windows95/98/NTが動作するもので、Pentium75MHz以上が必要となる。

### (2) アセンブラ (MPASM)

ソースプログラムを機械語に変換するソフトウェアとして、マイクロチップ社のMPASMというアセンブラを使用する。実際には、次に示すシミュレータMPLABに組み込まれており、このソフトウェアから呼び出して実行される。

(3) シミュレータ (MPLAB)

パソコンで擬似的にプログラムを動作させて、プログラムの動きを検証するためのアプリケーションソフトウェアである。MPLABはシミュレータとして動作するだけでなく、エディタ機能も付属しているので、プログラムを打ち込み、アセンブラをかけ、デバッグを行うことが同一画面上で行える。

(4) 専用書き込み器 (AKI-PICプログラマ)

アセンブラをかけることで翻訳された機械語のプログラムを、デバイス (PIC16F84) に書き込む機器である。

3. PICを用いた学習材

前節で説明したPICを用いて、数値計算ならびに入出力制御を中心とした以下のような学習材を約5週分 (1.5時間/週) を作成した<sup>5)</sup>。

- ①算術・論理演算のプログラミング
- ②LED (発光ダイオード) の点滅制御
- ③スイッチ入力によるLEDの点滅制御
- ④DCモータの回転制御
- ⑤割り込み処理を用いたプログラミング

紙面の都合上、①と②についてのみ本稿で詳述する。

3.1 算術・論理演算のプログラミング

**【目的】** シミュレータMPLABを用いたPICのプログラム開発手順を理解し、作ったプログラムをシミュレーションすることで、PIC内の命令やデータの流れの理解を通して、簡単な計算機アーキテクチャを学習する。

**【内容】** 28+36を計算するプログラムを組みなさい。

**【方法】** 1) MPLABの仕様マニュアルにしたがい、MPLABをインストールするとともに、初期化ならびに起動を行う。  
2) 以下に示すサンプルプログラムを入力し、MPASMによりアセンブルする。エラーが生じた場合は、MPLABによりデバッグする。うまくアセンブルされると、プログラムメモリ内に機械語がプログラムの流れにしたがって、順に格納されていることを確認する。

	LIST P=16F84	(ア)
W	EQU H'0'	(イ)
STATUS	EQU H'3'	(ウ)
A1	EQU H'10'	(エ)
	ORG 0	(オ)
START	CLRF A1	(カ)
	CLRWF	(キ)
	MOVLW D'28'	(ク)
	MOVWF A1	(ケ)
	MOVLW D'36'	(コ)
	ADDWF A1,0	(サ)
	END	(シ)

3) MPLABにより1ステップずつシミュレーションを行う。その際、Wレジスタならびにデータメモリの内容の変化を確認する。

4) プログラムの実行後、計算結果が間違っていないか確認する。

- 【課題】** (1) 上述のサンプルプログラムの(ア)~(シ)の各行が何を意味しているか書きなさい。  
(2) サンプルプログラムのフローチャート (流れ図) を描きなさい。  
(3) サンプルプログラムをハンドアセンブルし、プログラムメモリの内容と比較しなさい。  
(4) 1ステップずつ実行し、その際のプログラムカウンタ、Wレジスタ、A1レジスタ、およびSTATUSレジスタの内容の変化を調べなさい。  
(5) 以下の計算を行うプログラムを作り、これを上述の手順にしたがって実行しなさい。なお、プログラムの作成に際しては、必ずフローチャートを描きなさい。

- (a)  $12 \times 5$
- (b)  $(17 + 22) \times (11 - 5)$
- (c)  $(10001110)_2$  と  $(01010011)_2$  の排他的論理和を、XORLW命令を用いないで計算する。

3.2 LEDの点滅制御

**【目的】** I/Oポートの入出力設定法、I/Oポートの使用法を学習するとともに、データメモリのページ切り替えを習得する。また、点滅の周期の設定を通して、サブルーチンプログラムの機能について学習する。

【内容】 Bポート下位にLED 4個を取り付け、 $b_0$ 、 $b_2$ が1秒ごとに点滅するプログラムを組みなさい。

【方法】 1) MPLABを用いて下記のサンプルプログラムを打ち、デバッグ等を通して、組んだプログラムをシミュレーションしなさい。意図するプログラムになっているかどうか確認しなさい。

	LIST P=16F84	(7)
W	EQU H'0'	(1)
PORTB	EQU H'6'	(9)
STATUS	EQU H'3'	(2)
TRISB	EQU H'86'	(4)
COUNTER1	EQU H'10'	(5)
COUNTER2	EQU H'11'	(4)
START	ORG 0	(9)
	CLRF PORTB	(9)
	BSF STATUS,5	(3)
	CLRF TRISB	(9)
	BCF STATUS,5	(5)
LOOP	MOVLW B'00000000'	(2)
	MOVWF PORTB	(6)
	CALL DELAY	(9)
	MOVLW B'00000101'	(9)
	MOVWF PORTB	(6)
	CALL DELAY	(9)
	GOTO LOOP	(6)
DELAY	MOVLW D'50'	(1)
	MOVWF COUNTER1	(4)
DLY1	MOVLW D'255'	(2)
	MOVWF COUNTER2	(3)
DLY2	DECFSZ COUNTER2	(4)
	GOTO DLY2	(1)
	DECFSZ COUNTER1	(9)
	GOTO DLY1	(1)
	RETURN	(7)
END		(4)

- 2) PICの駆動回路を、ブレッドボード上に構成しなさい。
- 3) 図5のLED点滅回路をブレッドボード上に構成しなさい。
- 4) 1)のプログラムを専用書き込み器を用いて、PICに書き込みなさい。
- 5) PICを挿入した後、電源を入れ実行し、その動作が意図してものになっているかどうか確認しなさい。

【課題】 (1) 上述のサンプルプログラムの(ア)～(ハ)の各行が何を意味しているか書きなさい。  
 (2) サンプルプログラムのフローチャート(流れ図)を描きなさい。  
 (3) 0.5秒周期で点滅するプログラムを組み、実行させなさい。

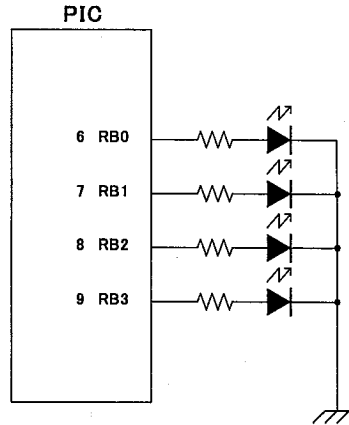


図5 LED点滅回路

- (4) LEDが $b_0 \rightarrow b_1 \rightarrow b_2 \rightarrow b_3$ と1秒ごとに逐次点滅するプログラムを組みなさい。
- (5)  $(10001110)_2$ と $(01010011)_2$ の排他的論理和の計算 (XORLW命令を用いない) 結果を、ポートBに出力するプログラムを組みなさい。なお、プログラムを組む前に、フローチャートを描きなさい。

#### 4. 結言

新学習指導要領において高等学校に新教科「情報」が設置されたことを受け、高等学校「情報」教員の養成に向けてカリキュラムの整備が急がれている。その一方で、情報教育の内容を横断的に、かつ総合的に捉える実習も、学生の理解を深める上で必要であると思われる。このような観点に立ち、本稿ではマイクロコントローラの一つであるPICを取り上げ、これを用いた学習材について検討した。この学習材は、計算機ハードウェアの理解、計算機アーキテクチャの理解、さらにはプログラミングや計測・制御に至るまでの幅広い内容を扱っている。今後は、本稿で考察した学習材の有効性について、実践を通して評価する予定である。

#### 参考文献

- 1) 文部省：高等学校学習指導要領(1999)
- 2) 山本, 菊地, 上田：教員養成における情報科学技術教育の枠組み—「情報」教員養成のための教科課程の構想—, 広島大学大学院教育学研究科紀要, 第二部, 第50号, pp.47-

- 54(2001)
- 3) 小川晃：PICインターフェースハンドブック，  
マイクロアプリケーションラボラトリー(1998)
  - 4) 後閑哲也：電子工作のためのPIC活用ガイド  
ブック，技術評論社(1999)
  - 5) 平田，山本，上田：マイクロコントローラを  
用いた学習材の開発，日本産業技術教育学会  
中国支部第30回大会講演要旨集，広島，  
p.10(2001)