

工業科における P I C を用いた やさしい制御教材の開発

後藤 博史

1. はじめに

「手づくりで、音がでる、光る、ものが動く」をメインテーマに据え、工業科、特に、機械科の生徒に制御分野を総合的に学習させることが可能な教材開発を試みた。

2. 教材のねらい

この教材は、メカ部分の製作、電子回路部分の製作、制御プログラムの製作などを段階的に実習できること。また、生徒にわかりやすく、しかも安価な教材であること。機械科の先生でも簡単な制御の知識を活用すれば取り組めること。をねらいとして、各工業高校の機械科の実験・実習や課題研究の授業に導入が可能な教材を検討した。

3. P I C を用いたやさしい制御教材の開発 —メカ・ドッグの製作—

今回、「P I C I C」をターゲットとした、やさしい制御教材の製作を進めることとした。

(1) P I C I C について

P I C (Peripheral Interface controller) とは、マイクロチップテクノロジー社が開発した超小型マイクロコントローラーで、今やワンチップマイコンの代名詞になっている。

ワンチップマイコンとは、1つの I C の中に C P U ・ R O M ・ R A M ・ I / O などのマイコ

ンの動作に必要なすべての素子を内蔵しているものをいう。

また、P I C の最大の特徴として電氣的に書き込み消去ができる F L A S H タイプのプログラムメモリを搭載していることである。

P I C には多くの種類があるが、今回はその中でも安価で使いやすいため最も多く利用されている P I C 1 6 F 8 4 A を使うこととした。

(2) P I C 1 6 F 8 4 A について

P I C 1 6 F 8 4 A は命令長 1 4 ビットのミッド・レンジシリーズに属し、1 8 ピンフラッシュ / E E P R O M 8 ビットマイクロコントローラーとしてよく利用されている。

図 1. 1 は、P I C 1 6 F 8 4 A の概観であり、図 1. 2 にピン配置を示す。

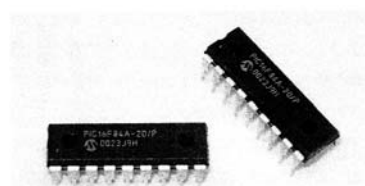


図 1. 1 P I C 1 6 F 8 4 A の概観

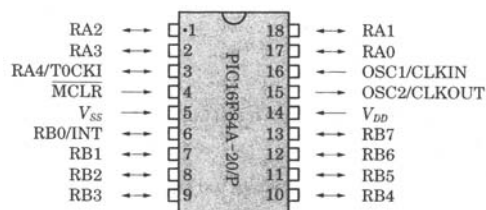


図 1. 2 ピン配置

ア) P I C 1 6 F 8 4 Aの各ピンの主な働き

V_{DD} : 電源端子 5 V

V_{SS} : グランド端子

MCLR : 0 Vにするとリセットがかかる。

動作時は常に 5 Vを加える必要がある。

Aポート : RA0 ~ RA4 入出力端子

(RA4を出力に設定するときプルアップが必要)

Bポート : RB0 ~ RB7 入出力端子

OSC1, OSC2 : 水晶発振子接続端子

イ) P I C 1 6 F 8 4 Aの主な特徴

①フラッシュプログラムメモリ (1 kワード)

搭載なので、何度でも (1000回程度) プログラムを即時消去し、簡単に書き換えができる。

②PICは, RISC (Reduced Instruction Set Computer : 縮小セット命令コンピュータ) という考え方で設計されているため, 命令の単純化により1命令を1マシン・サイクルで高速に処理する。

③命令数は35と少なく, すべての命令は1ワードである。また, 2サイクルのプログラム分岐命令を除いて, すべての1サイクル命令である。

④14ビット幅の命令, 8ビット幅のデータである。

⑤I/Oピン数は13で, ピンごとに入出力設定が可能である。ポートAが0~4 (RA0~RA4) の5ビット, ポートBが0~7 (RB0~RB7) の8ビットである。

⑥動作電圧範囲は, PIC16F84A-20/Pでは4.5~5.5Vであり, 最大動作周期は20MHzである。動作周期が10MHzのとき, 1サイクル命令の時間は0.4μsになる。

⑦1ピンごとの最大シンク電流は25mAのため, 直接LEDを駆動できる。また, 最大ソース電流は20mAである。RA4はオープン・ドレインのため, ソース電流はない。

ウ) PICマイコンを動かすのに最低限必要な回路

①発振回路

マイコン動作に欠かせない, クロック信号を作る回路で水晶発振子かセラミック発振子による発振子を使用すると正確に動作する。

(最近では内蔵型もある。)

今回は, セラロック 10MHz (村田製作所製) を利用した。

②電源回路

電源電圧をマイコンチップに供給する必要がある。

三端子レギュレータを使った低電圧回路がもっとも簡単な方式で, 今回もこの方式を取っている。

エ) プログラム開発環境

①MPLAB

MPLABとは, マイクロチップテクノロジー社が無償提供しているPICマイコン用の総合開発環境ソフトウェアである。

②Cコンパイラ

MPLABにはCCS社のCコンパイラを組み合わせて使うことができる。今回は, PCM (2.5万円) を利用した。

③PICライター (書き込み器)

作成したプログラムのPIC ICへの書き込みに使用するが, 今回は秋月電商 (秋葉原) のPICライターキット品 (6500円程度) を利用した。

(3) メカ・ドッグの制御回路について

次の写真は, 今回製作したタミヤのメカ・ドッグにPIC16F84Aを搭載したメカ・ドッグおよび制御回路基板である。

ア) 仕様

本体 : メカ・ドッグキット (タミヤ製)

駆動部 : DCモータ (マブチ製), ギアボックス (タミヤ製)

センサ : 光電スイッチ (赤外LED&フォトダイオード) → 前方障害物検知



写真1 PIC16F84Aを搭載したメカ・ドッグ

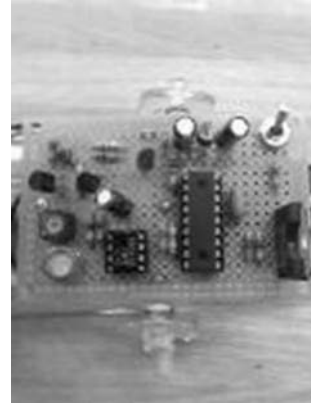


写真2 製作した制御回路基板

マイクロスイッチ→後方障害物検知
CdSセル →停止状態をつくる

イ) メカ・ドッグの動作

- ①電源スイッチONでメカ・ドッグは前進する。
- ②前方5～7cmの所に障害物があると、赤外LEDとフォトダイオードによる光電スイッチが作動し、後進する。
- ③5秒ほど後進すると再び前進する。
- ④後進中に障害物にぶつかると、メカ・ドッグの後ろに設置したマイクロスイッチがONになり、前進に変わる。
- ⑤前進・後進ともに、CdSセルの表面を暗くすると5秒間スリープ状態になり、メカ・ドッグは停止する。
- ⑥5秒間たつと、いままで通り前進あるいは後進を続ける。

ウ) メカ・ドッグの制御回路

図2にメカ・ドッグの制御回路を示す。

この回路は、電源回路、変調投光回路と受光復調回路、CdSセル回路およびDCモータ回路などから構成されている。以下、各回路について説明する。

①電源回路

PIC回路および受光復調回路、CdSセル回路の電源はアルカリ乾電池006P(9V)を三端子レギュレータ78L05の入力とし、定電圧出力5Vを得ている。DCモータのドライブICにはTA7257Pを使用し、そのモータ側の電源として単三形アルカリ乾電池1.5V×2を使用している。単三形アルカリ

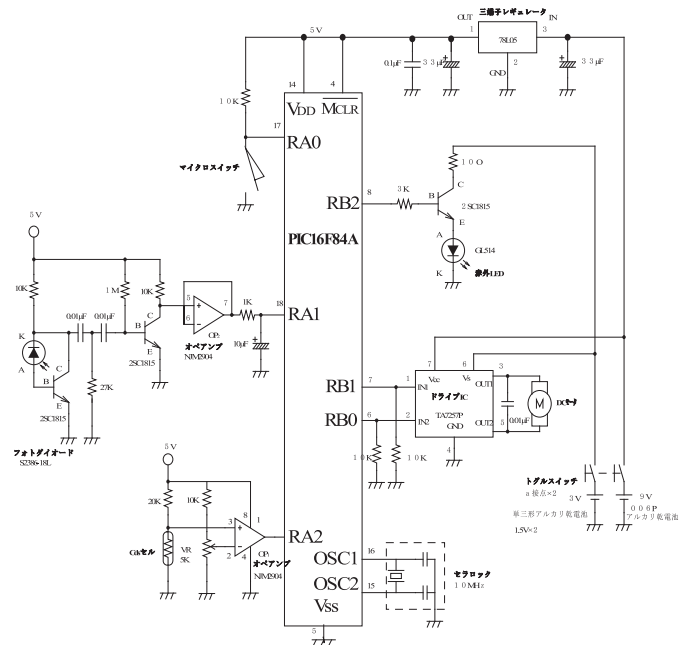


図2 メカ・ドッグの制御回路

乾電池の代わりに、単三形ニッケル水素電池
 $1.2\text{V} \times 2$ でも可能である。

変調投光回路の電源は、パルス状の比較的大きな電流を流すので、単三形アルカリ乾電池
 $1.5\text{V} \times 2$ を使用している。

②変調投光回路と受光復調回路

変調投光回路と受光復調回路は光電スイッチを構成する。

光電スイッチは投光器（光源）と受光器を組み合わせ、光によって物体の有無を知るためのセンサ装置である。

光電スイッチには透過型と反射型があるが、今回は反射形を利用し、検出距離は平均で5～7cm程度である。

変調投光回路と受光復調回路は光電スイッチは投光側光源（赤外LED）を特定周期の交流信号（パルス駆動）で変調し、受光側でパルス信号を復調するため、赤外LEDに直流電流を流す直流方式に比べ検出距離を長くでき、また、受光側は周囲の光、たとえば蛍光灯のような外乱光の影響を受けにくいなどの特徴を持っている。

図3.1および図3.2に今回製作した回路の変調投光回路部分と受光復調回路部分を示す。PICのプログラムによって赤外LEDをパルス駆動させている。受光復調回路は、変調投光回路からのパルス光をフォトダイオードで受光し、パルス光のある、なしを判定するものである。

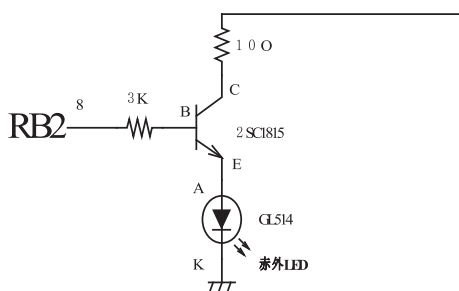


図3.1 変調投光部分の回路

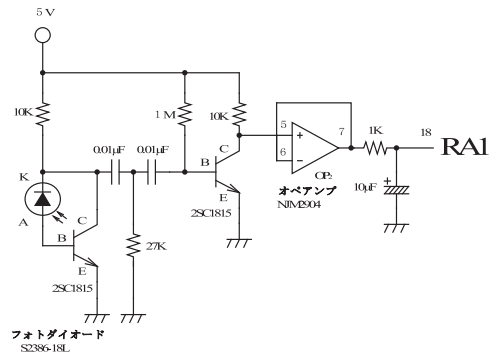


図3.2 受光復調部分の回路

③CdSセル回路

回路図のボリュームVRを調整することにより、コンパレータの比較基準電圧を決めておく、CdSセルの受光面の明暗によって光導電効果により、CdSセルの抵抗値が大小する。それによってコンパレータに入力される電圧が比較基準電圧を超えているか否かで出力信号がHighかLowかを判断する回路である。

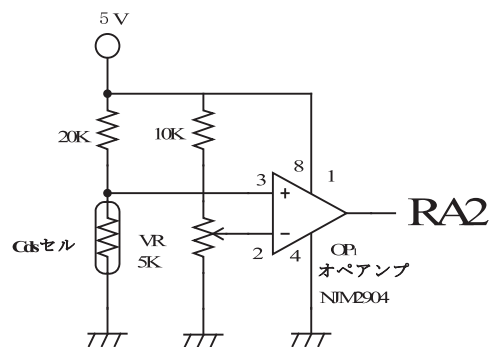


図4 CdSセル回路

④DCモータ回路

図5はドライブIC TA7257PによるDCモータ回路であり、表1にドライブICの真理値表を示す。

電源電圧 $V_{cc} = 9\text{V}$ 、モータ駆動電圧 $V_s = 3\text{V}$ にしている。

図のように回路を組み、表1に示すドライブICの真理値表の入力に従う信号を、ポートB

の P B 1, P B 0 から出力すると真理値表に従って D C モータは動作する。

D C モータと並列に $0.01 \mu F$ のセラミックコンデンサを接続するのは, D C モータの整流子から発生するスパークを吸収し, ノイズを抑制するためである。

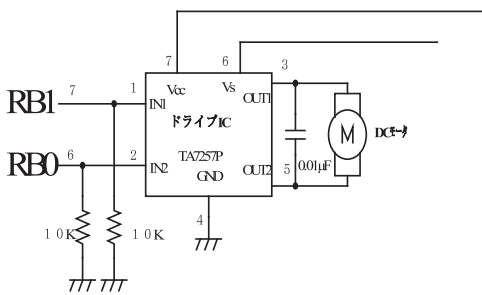


図5 D C モータ回路

表1 ドライブ I C の真理値表

入力		出力		モータの回転
I N 1	I N 2	O U T 1	O U T 2	
0	1	L	H	正／逆転
1	0	H	L	逆／正転
0	0	高インピーダンス		停止
1	1	L	L	ブレーキ

エ) C 言語によるプログラム例

```
#include<16f84a.h>
    ...ヘッダファイルの読み込み

#fuses HS,NOWDT,PUT,NOPROTECT
    ...コンフィグレーション設定
(HS: ハイスピードモード,
NOWDT: ウォッチドッグタイマー使わない
PUT: 7 2ms 動作しないとパワーアップタイマーを使う
NOPROTECT: プロテクトなし)

#use delay(clock=1000000)
    ...クロック 1 0 M H z の指定
```

```
#byte port_a=5 } ... a, b ポート使用宣言
#byte port_b=6 }

main()
{
    int c;
    set_tris_a(0x07); ...
    Aポート R A 0 ~ R A 2 は入力, R A 3 は出力にセット
    set_tris_b(0); ...
    Bポートはすべて出力にセット

    port_b=0; } 電源スイッチONで
    delay_ms(500); } 0.5秒停止

    while(1) ...ループ1
    {
        port_b=0x01; ...前進
        if(input(PIN_A1)==1)
        { ... R A 1 は “1”, フォトダイオードON
            port_b=0x03; ...停止(ブレーキ)
            delay_ms(100);
            c=100;
            while(1) ...ループ2
            {
                port_b=0x02; ...後進
                delay_ms(50);
                if(input(PIN_A2)==1)
                {
                    port_b=0;
                    delay_ms(5000);
                }
            }
            ...後進中に C d S セルが暗くなると, 5秒間停止(スリープ)
        }
        c=c-1; ... C のデクリメント, C = 1 0 0
        とともに後進時間を決めている
        if(c==0) } ... C = 0 になると,
        break; } ループ2 脱出
    else
        if(input(PIN_A0)==0) } マイクロスイッチ
        break; } ONでループ2を脱出
```

```

}
}
else
{
port_b=0x05;
delay_us(400);
port_b=0x01;
delay_us(600);

if(input(PIN_A2)==1)
{
port_b=0;
delay_ms(5000);
}
}

```

前進信号と赤外LEDを
ON—OFFさせるパル
スをつくる

C d S セルが暗
くなると 5 秒間
停止 (スリープ)

オ) 基板製作

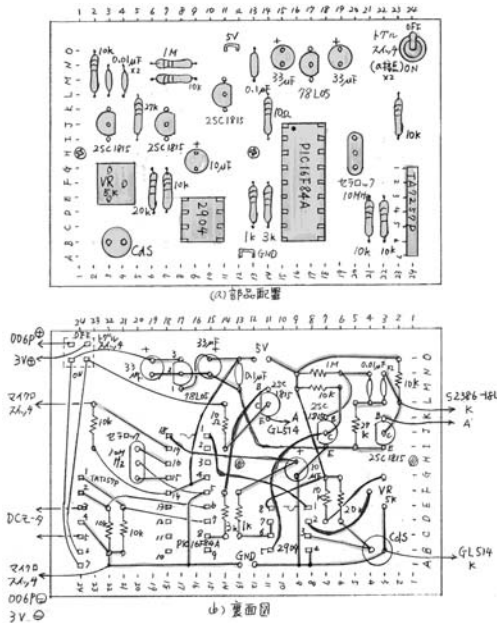


図6 (部品配置図および裏面配線図)

4. まとめ

この教材は、PIC ICを使った制御を初歩から学ぶ人であっても、

- ①PIC ICの使い方を理解する。
- ②PIC ICを用いた入出力制御を理解する。
- ③各種センサとそのセンサ回路 (赤外LED・フォトダイオード、マイクロスイッチ、CdS) を理解する。
- ④PIC ICを制御するC言語のプログラミングを理解する。
- ⑤動くもの (メカ部分と電気電子部分の結合) を製作し、制御することを理解する。

など、製作しながら学んでいけるように考えた。

制御と聞くと難しいと犬猿しがちな生徒でも製作を楽しみながら進められ、完成して上手に動いたときの喜びが実感できる教材にもなると考えている。

生産システム技術や電子機械、電子機械応用などの教科書でも取り上げられているセンサやアクチュエータ制御の内容をこの教材を通して実習や課題研究、教室での座学の授業の中で活用ができると考えている。

5. おわりに

日々生徒によりよい授業、わかりやすい授業を提供していこうと、実験実習や課題研究の教材研究に努力されている先生方は多いと思われる。

教員自身が自分の手で教材を自作することにより、個々の先生方の理解が深まりスキルアップし、実験実習や課題研究の教材研究に生かされていくことを期待したい。

今後とも手づくりで、音がでる、光る、ものが動く、そして生徒が製作して楽しく学べ、達成感を味わえるような教材開発に取り組んでいきたいと考えている。