

## Tutorial 2A

創造設計第二 TA：征矢紘明

2016 年 10 月 4 日

### 1. はじめに

今回の Tutorial では、既製品のセンサーやモジュールの使い方を学ぶことを目的とする。本日使用するものは、磁気センサ、PSD センサである。本 Tutorial で理解してもらいたいのは以下の 2 点である。

1. A/D 変換によるアナログ信号の計測
2. 外部トリガによる割り込み処理

本 Tutorial の課題は 4 章にある。2 章から 3 章の内容をよく読んだ上で取り組んでほしい。

#### 本 Tutorial で使用する道具

- マイコンボード (VS-WRC003LV)
- 磁気センサ, PSD センサ,  $10k\Omega$  抵抗, Op-Amp(LM358)
- ブレッドボード, ジャンパ線, わにぐちクリップ一式
- 単 3 電池 4 本, 電池ボックス



注意

本 Tutorial では既製品のセンサを扱うことが多いが、各種センサをマイコンに接続する際には、配線が誤っていないかを十分確認せよ。センサの誤接続はセンサ本体に負荷をかけることになり、最悪の場合、センサが使えなくなる。

### 2. PSD センサ

創造設計第二では A 類部品として PSD センサ (GP2D12) が配布されている。PSD センサを利用することで対象との距離を計測することができる。

#### 2.1 PSD センサの概要

PSD はセンサ自体が赤外線を発し、反射光の戻って来る位置を測定することで距離情報を計測する測距センサである。PSD は反射光の強度ではなく位置を測定に用いるため、反射物の色、反射率の影響を受けにくいという特徴がある。また、物体の接近だけでなく、物体への距離を数値的に計測することができる。

Fig.2 を見ればわかるが、GP2D12 の駆動電圧は約 5V であり、本マイコンの電源電圧 (3.3V) では GP2D12 は駆動しない。したがって、GP2D12 を駆動するにあたっては外部から電源を供給する必要がある。本 Tutorial では外部電源として充電式ニッケル水素電池 4 本 ( $1.2V \times 4 = 4.8V$ ) を用いる。

GP2D12 のピン配置は、Fig.2 のようになっている。

#### 2.2 PSD の出力と A/D 変換

PSD センサからの出力はアナログ出力である。今回配布する PSD センサは距離に対応した電圧を出力する。この電圧を A/D 変換してマイコンボードに取り込む。Fig.3 にデータシートを示す。



注意

PSD センサは個々で特性線図が異なるため、精密な測定をする場合は実験をして個々の特性線図を作成する必要がある。

#### 2.3 A/D 変換

本マイコンボードには 10 ビット分解能の A/D 変換器が搭載されており、合計 4 チャンネルの入力が可能となっている。A/D 変換の動作モードには単一モードとスキャンモードの 2 種類があり、レジスタを設定することによって動作

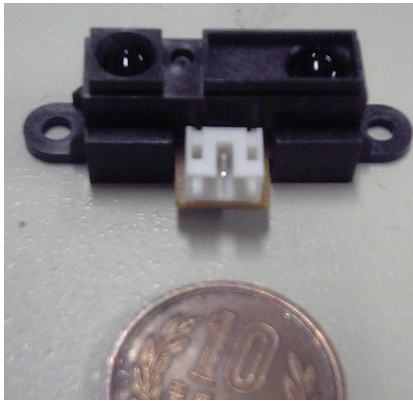
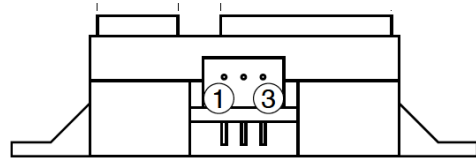


Fig. 1: GP2D12 (PSD センサ)



Terminal connection

- ①  $V_O$  (Signal)
- ② GND
- ③  $V_{CC}$  (5V)

Fig. 2: GP2D12(PSD センサ) のコネクタ

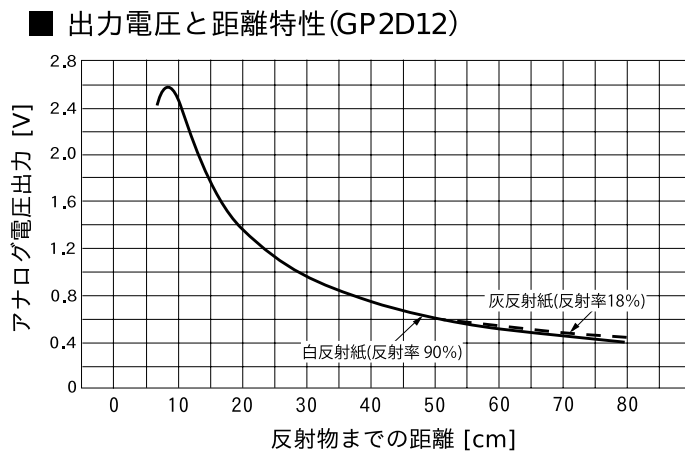


Fig. 3: データシートより

モードを切り替えることができる。単一モードは特定のレジスタが1になったとき A/D 変換を行い待機状態に戻るのに対し、スキャンモードは連続的に A/D 変換を行う。スキャンモードは大変便利であるが、消費電力が大きくなってしまいますので注意が必要である。

**注意**

A/D 変換には H8/36064 ハードウェアマニュアルにおける AN0~3 の合計 4 チャンネルが利用可能である。ただしマイコンボード (VS-WRC003LV) の取扱説明書や基盤上では、これらに 1 を加算した AN1~4 が対応するチャンネルとして記載されているので注意が必要である。

以下に、AN1<sup>\*1</sup>を用いてスキャンモードによる A/D 変換の設定例を示す。ただし、マイコンボードの A/D 変換用のピンの配置については Fig. 4 を参照されたい。

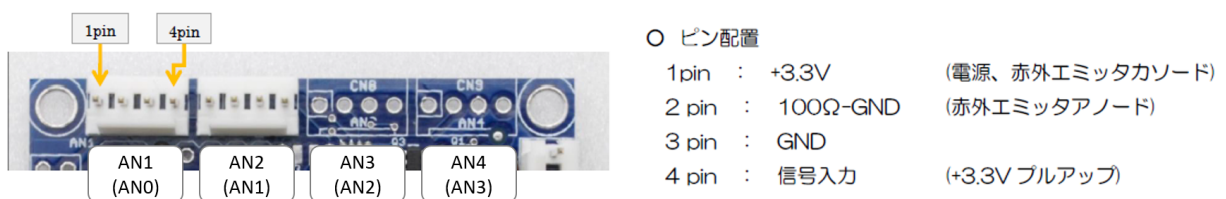


Fig. 4: A/D 変換用のピン配置。() 内はハードウェアマニュアルにおいて対応する端子

<sup>\*1</sup> ハードウェアマニュアルで言うところの AN1 であり、マイコンボードには AN2 と記載されているので注意されたい。

```

float adVoltage; /* AD 変換の結果を格納する */

/** AN1 で AD 変換させる */
AD.ADCSR.BIT.CH = 1; /* チャンネルを 0b001 に設定する */
AD.ADCSR.BIT.ADST = 0; /* クロックセレクト変更のため */
AD.ADCSR.BIT.CKS = 0; /* クロックセレクト変更. この変更は ADST = 0 のもとで行う */
AD.ADCSR.BIT.SCAN = 1; /* SCAN モードにする */
AD.ADCSR.BIT.ADIE = 0; /* 割り込みは入れない */
AD.ADCSR.BIT.ADST = 1; /* AD 変換をスタートさせる */

.....

while (1) {
    adVoltage = 3.3 * (AD.ADDRB >> 6) / 1024.0;
}

```

最後の 1 行について説明を加えておこう．ここで用いた A/D 変換の分解能は 10bit であり，0V から 3.3V までの値を 10bit に離散化した値が `AD.ADDRB` の上位 10bit に格納されるようになっている．すなわち，AD 変換の入力に加えられた電圧を  $V \in \mathbb{R}$ ，`AD.ADDRB` の上位 10bit が表す値を  $k \in \mathbb{Z}^+ \cup \{0\}$  とすると，

$$k = \left\lfloor \frac{2^{10} \cdot V}{3.3} + \frac{1}{2} \right\rfloor$$

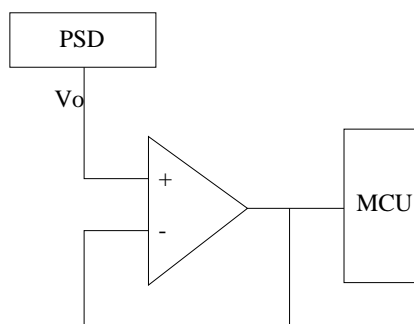
という関係をもつ．ただし  $1/2$  を加えた後の floor は四捨五入を意味している．上式を書き換えると

$$\frac{3.3}{2^{10}} \left( k - \frac{1}{2} \right) \leq V < \frac{3.3}{2^{10}} \left( k + \frac{1}{2} \right)$$

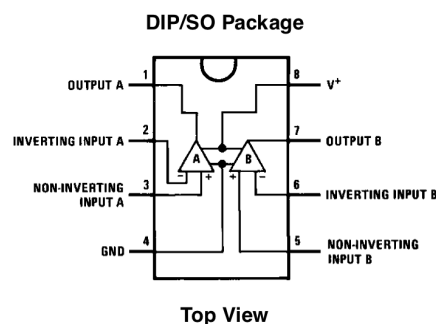
となるが，今は便宜的に  $V \approx 3.3k/2^{10}$  としてしまうことにする．また，16bit 変数である `AD.ADDRB` の上位 10bit を得るためには `AD.ADDRB` を 6 回右シフトすればよく，さらに  $2^{10} = 1024$  であるから，これを C 言語で記述すると最後の 1 行のようになる．

## 2.4 回路例

以下に回路の例を示す．必ずしもこの通りにしなければならないわけではない．**Fig. 5** に出力と MCU ボードの端子台の間に Op-Amp によるバッファをはさんだ回路の例を示す．必ずしもこの通りにしなければならないわけではないことに注意する．また，Op-Amp は LM358（ピン配置は **Fig. 6**）を用いる．Op-Amp の電源電圧は電池の 5V でよい．



**Fig. 5:** バッファ



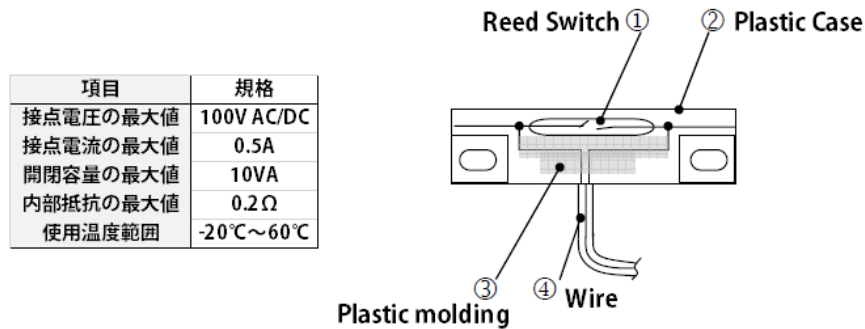
**Fig. 6:** LM358 ピン配置

### 3. 磁気センサ

マグネットなどの磁気を検出するために、本 Tutorial では磁気センサ MC-14AG を用いる。MC-14AG の定格および内部構造図は **Fig. 7** の通りである。

内部構造図をみると、この磁気センサはただのスイッチのようになっていることがわかる。磁石を近づけるとスイッチがオンとなり、遠ざけるとオフとなる。つまり、センサ出力は 2 値的に変化する。そのため、今回は A/D 変換を使わずに IO ポートの外部割り込みを利用してセンサ出力を取得することにする。

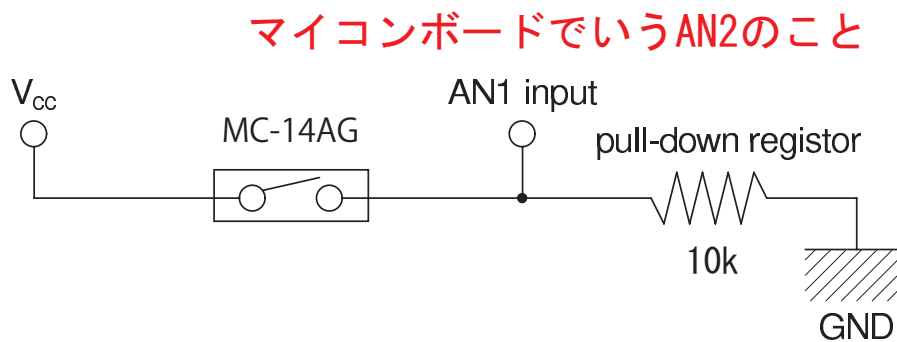
しかし実際には、磁気の強さによって連続的に出力が変化しており、A/D 変換を用いてセンサ出力を監視することもできる。A/D 変換については前節を参照されたい。



**Fig. 7:** MC-14AG の定格

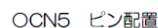
#### 3.1 接続例

ポートの出力を安定化するためにプルアップあるいはプルダウンを必要とする。**Fig. 8** はプルダウンを施した場合の接続例である。



**Fig. 8:** 磁気センサ接続例

ここでは「磁気センサが反応したら割り込み処理を起こす」という動作をマイコンに組み込んでみる。Fig. 8 のようにマイコンとセンサを接続した場合、マイコンの P50 ポート (Fig. 9) は、磁気センサが反応していないときは約 0 V、反応しているときは約 3.3 V になる。P50 を入力ポートに設定し、P50 の電圧が上がったときに割り込み処理が入るようにする。具体的な設定は以下のようになる。



1 pin : PB6/AN6	14 pin : P52/WKP2
2 pin : PB5/AN5	15 pin : P51/WKP1
3 pin : PB4/AN4	16 pin : P50/WKP0
4 pin : P87	17 pin : P37
5 pin : P86	18 pin : P36
6 pin : P85	19 pin : P35
7 pin : P67/FTIOD1	20 pin : P34
8 pin : P66/FTIOC1	21 pin : RES
9 pin : P65/FTIOB1	22 pin : NMI
10 pin : P63/FTIOD0	23 pin : +5V
11 pin : P55/WKP5/ADTRG	24 pin : +Vbat
12 pin : P54/WKP4	25 pin : +3.3V
13 pin : P53/WKP3	26 pin : GND

```

1 pin : P70/SCK3_2
2 pin : P17/IRQ3/TRGV
3 pin : P16/IRQ2
4 pin : P15/IRQ1/TMIB1
5 pin : P14/IRQ0
6 pin : P12
7 pin : P11/PWM
8 pin : P10

```

**Fig.9: VS-WRC003LV の IO ピン配置**

```

/**** P50 の外部トリガで割り込みを発生させる ****/
IENR1.BIT.IENWP = 1; /* WKP 割り込みを利用可能にする */
IO.PMR5.BIT.WKP0 = 1; /* P50 を WKP0 割り込み入力ポートに */
IEGR2.BIT.WPEG0 = 1; /* 立ち上がりを検出 */
IWPR.BIT.IWPF0 = 0; /* 割り込みフラグレジスタ */

.....

/* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
 * INT_WKP : P50 の立ち下がりを検出して割り込みをかける関数
 * */
__interrupt(vect=18) void INT_WKP(void)
{
    /* 次の割り込みのためにフラグを下げておく */
    IWPR.BIT.IWPF0 = 0;

    /* 以下、割り込み関数の内容を記述する */
}

```

## 4. 本 Tutorial の課題

### 4.1 準備

- (1) 講義のホームページ <http://www.sc.ctrl.titech.ac.jp/courses/SS2/ss2web2016/FrontPage.html> から Tutorial2A の資料をダウンロードせよ。課題をこなすにあたっては、フォルダ内にある H8/36064 ハードウェアマニュアル等を適宜参照せよ。
- (2) Tutorial1 回目を参考に、モニタプログラム (/monitor/MONITOR.MOT) をマイコンに書き込め。モニタプログラムを使うことで、printf() と scanf() が使えるようになる。(自作プログラムを ROM に書き込む場合には、printf() 及び scanf() は利用できない。)

まず、Tutorial2A のフォルダ内の ss2shisaku02 のプロジェクトを使う。

### 4.2 PSD センサ

- (1) PSD センサの発光部から赤外線が出ていることを確認せよ。赤外線は人間の目には見えないが、携帯電話に搭載されたカメラなどを通すと確認することができる。



**注意**

PSD センサの電源電圧は、5 [V]。配線を間違えないように。

- (2) モニタプログラムを利用して、AD 変換により PSD センサの値を確認せよ。(Hterm 上で"ss2shisaku02.abs"を Load し Go する。)
- (3) PSD センサとある物体の距離が約 10cm のときのセンサ値を確認し、閾値を決めよ。
- (4) その閾値を使って、物体がセンサから約 10cm の距離にあるときに LED1 が点灯するようにせよ。

### 4.3 磁気センサ

- (1) プルダウンを施した回路を作成し、モニタプログラムを利用して、AD 変換により磁気センサの値を確認せよ。(Hterm 上で"ss2shisaku02.abs"を Load し Go する。)



**注意**

磁気センサの+極に加える電圧は、マイコンから得られる 3.3 [V] でよい。

- (2) 閾値を適当に設定し、磁石がセンサに近づいたときに LED1 が点灯するようにせよ。
- (3) 次に AD 変換ではなく外部割り込み WKP (P50) を使って、磁石がセンサに近づいたときに LED2 が点灯するようにせよ。(AD 変換時の配線はそのままよい。センサの信号線を P50 につなげよ。)

## 参考資料

H8/36064 グループ ハードウェアマニュアル

H8 搭載学習用 CPU ボード VS-WRC003LV 取扱説明書

GP2D12 (PSD センサ) データシート [http://www.sharpsma.com/webfm\\_send/1203](http://www.sharpsma.com/webfm_send/1203)

MC-14AG (磁気センサ) データシート <http://akizukidenshi.com/download/MC-14AG.pdf>