

19. A/Dコンバータ(繰り返し掃引モード)(プロジェクト:ad_kurikaeshi_souin)

19.1 概要

本章では、2本の0～5Vの電圧信号をマイコンのA/Dコンバータで読み込む方法を説明します。A/D変換した結果は、マイコンボードのLEDに出力します。今回のA/D変換は、繰り返し掃引モードを使います。今回は2本分ですが、プログラムを替えることにより8本の電圧信号まで読み込むことができます。

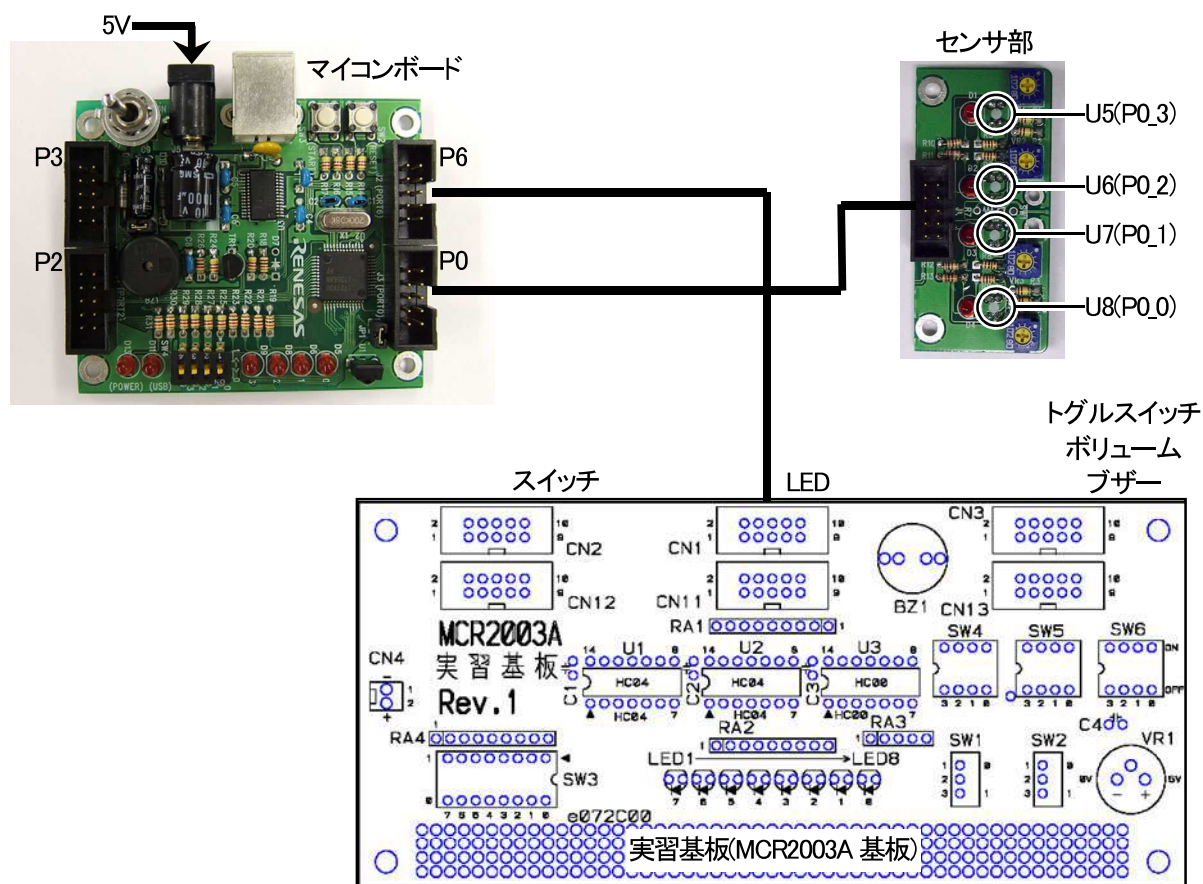
19.2 接続

■使用ポート

マイコンの ポート	接続内容
P0_0、P0_1 (J3)	センサ部を接続します。U8、U7のA/D値を読み込みます。
P1_3、P1_2、 P1_1、P1_0	マイコンボード上のLEDです。
P6 (J2)	実習基板のLED部など、出力機器を接続します。

■接続

マイコンボードのポート0とセンサ部をフラットケーブルで接続します。センサは4個ありますが、今回 LED に出力するのは、U8(P0_0)とU7(P0_1)のセンサです。また、マイコンボードのポート6と実習基板のLED 部を接続します。

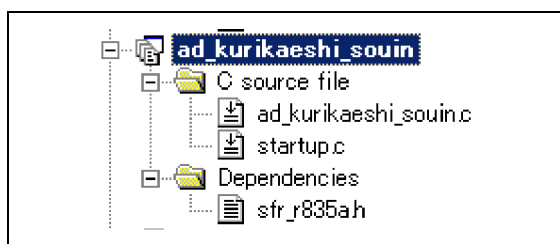


■操作方法

センサ部の U8 の下部を白色や灰色や黒色に近づけます。フォトインタラプタ U8 から出力された 0～5V の電圧をマイコンの P0_0 から読み込み、A/D 変換した値をマイコンボードの LED に出力します。

センサ部の U7 の下部を白色や灰色や黒色に近づけます。フォトインタラプタ U7 から出力された 0～5V の電圧をマイコンの P0_1 から読み込み、A/D 変換した値を実習基板の LED 部に出力します。

19.3 プロジェクトの構成



	ファイル名	内容
1	startup.c	固定割り込みベクタアドレスの設定、スタートアッププログラム、RAM の初期化(初期値のないグローバル変数、初期値のあるグローバル変数の設定)などを行います。このファイルは共通で、どのプロジェクトもこのファイルから実行されます。
2	ad_kurikaeshi_souin.c	実際に制御するプログラムが書かれています。R8C/35A の内蔵周辺機能(SFR)の初期化も行います。
3	sfr_r835a.h	R8C/35A マイコンの内蔵周辺機能を制御するためのレジスタ (Special Function Registers)を定義したファイルです。

19.4 プログラム「ad_kurikaeshi_souin.c」

```

1 :  /******************************************************************/
2 :  /* 対象マイコン  R8C/35A                                         */
3 :  /* ファイル内容   A/D変換(繰り返し掃引モード)                   */
4 :  /* バージョン    Ver. 1. 20                                       */
5 :  /* Date         2010. 04. 19                                       */
6 :  /* Copyright    ルネサスマイコンカーラリー事務局               */
7 :  /*              日立インターメディックス株式会社               */
8 :  /******************************************************************/
9 :  /*
10 :  入力 : AN0 (P0_7)～AN7 (P0_0) 端子
11 :        0～5V (ミニマイコンカーの赤外線フォトインタラプタ (U5, U6, U7, U8))
12 :  出力 : P1_3～P1_0 (マイコンボードのLED)
13 :        P6_7～P6_0 (実習基板のLED部など)
14 :
15 :  AN0 (P0_7)～AN7 (P0_0) 端子の8端子から入力した電圧をA/D変換して、
16 :  デジタル値をマイコンボードのLEDと実習ボードのLED部へ出力します。
17 :  8端子分のA/D変換しますが、入出力設定を出力しているAD端子の値は不定です。
18 :  */
19 :
20 :  /*=====*/
21 :  /* インクルード                                           */
22 :  /*=====*/
23 :  #include "sfr_r835a.h" /* R8C/35A SFRの定義ファイル */
24 :
25 :  /*=====*/
26 :  /* シンボル定義                                           */
27 :  /*=====*/
28 :
29 :  /*=====*/
30 :  /* プロトタイプ宣言                                       */
31 :  /*=====*/
32 :  void init( void );
33 :  void led_out( unsigned char led );
34 :

```

```

35 : /*****
36 : /* メインプログラム */
37 : /*****
38 : void main( void )
39 : {
40 :     int ad7data, ad6data;
41 :
42 :     init();                      /* 初期化 */
43 :
44 :     while( 1 ) {
45 :         // AD7を出力
46 :         ad7data = ad7;          /* AD7取得 */
47 :         ad7data = ad7data >> 6;
48 :         led_out( ad7data );     /* マイコンボードのLEDへ出力 */
49 :
50 :         // AD6を出力
51 :         ad6data = ad6;          /* AD6取得 */
52 :         ad6data = ad6data >> 6;
53 :         p6 = ad6data;           /* P6のbit3~0のLEDへ出力 */
54 :     }
55 : }
56 :
57 : /*****
58 : /* R8C/35A スペシャルファンクションレジスタ (SFR) の初期化 */
59 : /*****
60 : void init( void )
61 : {
62 :     int i;
63 :
64 :     /* クロックをXINクロック (20MHz)に変更 */
65 :     prc0 = 1;                  /* プロテクト解除 */
66 :     cm13 = 1;                  /* P4_6, P4_7をXIN-XOUT端子にする */
67 :     cm05 = 0;                  /* XINクロック発振 */
68 :     for(i=0; i<50; i++ );     /* 安定するまで少し待つ(約10ms) */
69 :     ocd2 = 0;                  /* システムクロックをXINにする */
70 :     prc0 = 0;                  /* プロテクトON */
71 :
72 :     /* ポートの入出力設定 */
73 :     prc2 = 1;                  /* PD0のプロテクト解除 */
74 :     pd0 = 0xe0;                /* 7-5:LED 4:SW 3-0:アナログ電圧 */
75 :     p1 = 0x0f;                 /* 3-0:LEDは消灯 */
76 :     pd1 = 0xdf;                /* 5:RXD0 4:TXD0 3-0:LED */
77 :     pd2 = 0xfe;                /* 0:PushSW */
78 :     pd3 = 0xfb;                /* 4: buzzer 2:IR */
79 :     pd4 = 0x83;                /* 7:XOUT 6:XIN 5-3:DIP SW 2:VREF */
80 :     pd5 = 0x40;                /* 7:DIP SW */
81 :     pd6 = 0xff;                /* LEDなど出力 */
82 :
83 :     /* A/Dコンバータの設定 */
84 :     admod = 0x33;              /* 繰り返し掃引モードに設定 */
85 :     adinsel = 0x30;            /* 入力端子P0の8端子を選択 */
86 :     adcon1 = 0x30;             /* A/D動作可能 */
87 :     asm( " nop " );            /* φADの1サイクルウェイト入れる */
88 :     adcon0 = 0x01;            /* A/D変換スタート */
89 : }
90 :
91 : /*****
92 : /* マイコン部のLED出力 */
93 : /* 引数 スイッチ値 0~15 */
94 : /*****
95 : void led_out( unsigned char led )
96 : {
97 :     unsigned char data;
98 :
99 :     led = ~led;
100 :     led &= 0x0f;
101 :     data = p1 & 0xf0;
102 :     p1 = data | led;
103 : }
104 :
105 : /*****
106 : /* end of file */
107 : /*****

```

19.5 プログラムの解説

19.5.1 init関数(I/Oポートの入出力設定)

ポート 0 にはセンサ部が接続されています。bit7～5 は LED で出力、bit4 はマイクロスイッチで入力、bit3～0 はフォトインタラプタで入力に設定します。

72 :	/* ポートの入出力設定 */	
73 :	prc2 = 1;	/* PD0のプロテクト解除 */
74 :	pd0 = 0xe0;	/* 7-5:LED 4:SW 3-0:アナログ電圧*/
75 :	p1 = 0x0f;	/* 3-0:LEDは消灯 */
76 :	pd1 = 0xdf;	/* 5:RXD0 4:TXD0 3-0:LED */
77 :	pd2 = 0xfe;	/* 0:PushSW */
78 :	pd3 = 0xfb;	/* 4:Buzzer 2:IR */
79 :	pd4 = 0x83;	/* 7:XOUT 6:XIN 5-3:DIP SW 2:VREF*/
80 :	pd5 = 0x40;	/* 7:DIP SW */
81 :	pd6 = 0xff;	/* LEDなど出力 */

19.5.2 init関数(A/Dコンバータの設定)

A/D コンバータを設定するプログラムは、次のようになります。

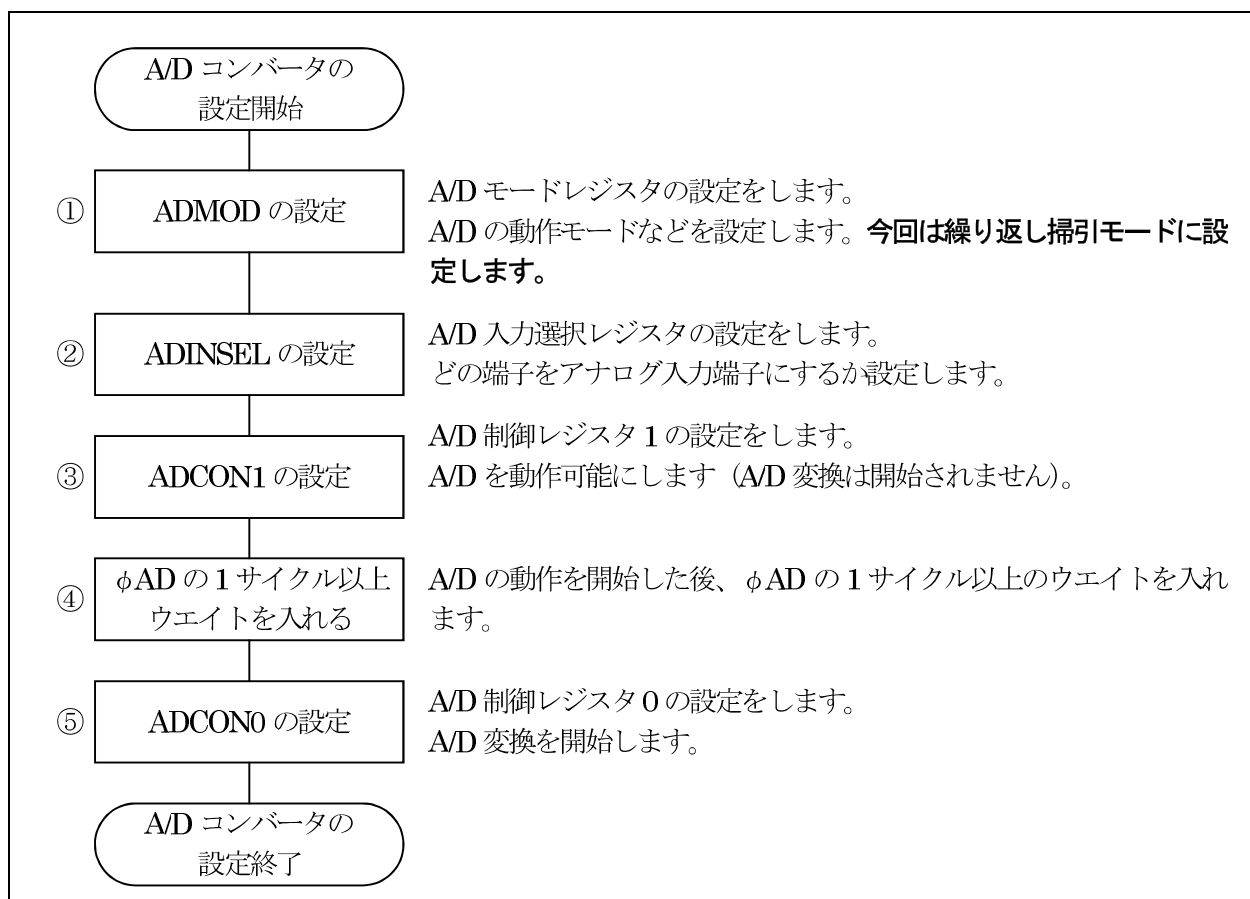
```

83 :      /* A/Dコンバータの設定 */
84 :      admod   = 0x33;                /* 繰り返し掃引モードに設定 */
85 :      adinsel = 0x30;                /* 入力端子P0の8端子を選択 */
86 :      adcon1  = 0x30;                /* A/D動作可能 */
87 :      asm( " nop " );                /* φADの1サイクルウェイト入れる*/
88 :      adcon0  = 0x01;                /* A/D変換スタート */

```

今回は、ポート0の8本の端子からアナログ電圧を読み込み、繰り返しA/D変換する設定(繰り返し掃引モード)にします。ポート0からAD値を読み込めるのは、フォトインタラプタが接続されているP0_0(AN7)～P0_3(AN4)の4端子です。残り4端子は読み込んでも値は不定です。

レジスタの設定手順を下記に示します。



①A/D モードレジスタ (ADMOD:A-D mode register)の設定

設定 bit	上:ビット名 下:シンボル	内容	今回の 内容
bit7,6	A/D 変換トリガ選択ビット bit7: adcap1 bit6: adcap0	00:ソフトウェアトリガ(ADCON0 レジスタの ADST ビット)による A/D 変換開始 01:タイマ RD からの変換トリガによる A/D 変換開始 10:タイマ RC からの変換トリガによる A/D 変換開始 11:外部トリガ(ADTRG)による A/D 変換開始 A/D 変換を開始するきっかけをどれにするか設定します。ソフト的に開始するので、“00”を選択します。	00
bit5~3	A/D 動作モード選択 bit5: md2 bit4: md1 bit3: md0	000:単発モード 001:設定しないでください 010:繰り返しモード 0 011:繰り返しモード 1 100:単掃引モード 101:設定しないでください 110:繰り返し掃引モード 111:設定しないでください 今回は、繰り返し掃引モードを選択します。	110
bit2	クロック源選択ビット cks2	0:f1 (20MHz)を選択 1:fOCO-F(高速オンチップオシレータ)を選択 f1 を選択します。	0
bit1,0	分周選択ビット bit1: cks1 bit0: cks0	00:fAD の 8 分周 (8/20MHz=400ns) 01:fAD の 4 分周 (4/20MHz=200ns) 10:fAD の 2 分周 (2/20MHz=100ns) 11:fAD の 1 分周 (1/20MHz=50ns) fAD とは、bit2 で設定したクロック源のことです。このクロックを何分周で使用するか選択します。遅くする必要はないので、いちばん速い 1 分周で使います。	11

A/D モードレジスタ (ADMOD)の設定値を下記に示します。

bit	7	6	5	4	3	2	1	0
設定値	0	0	1	1	0	0	1	1
16 進数	3				3			

②A/D 入力選択レジスタ (ADINSEL: A-D input select register)

どのアナログ入力端子を A/D 変換するか、設定します。

A/D 入力グループ 選択ビット		A/D 掃引端子数 選択ビット		bit3	bit2	bit1	bit0	アナログ入力端子
bit7	bit6	bit5	bit4					
0	0	0	0	0	0	0	0	AN0(P0_7)～AN1(P0_6)の 2 端子
0	0	0	1	0	0	0	0	AN0(P0_7)～AN3(P0_4)の 4 端子
0	0	1	0	0	0	0	0	AN0(P0_7)～AN5(P0_2)の 6 端子
0	0	1	1	0	0	0	0	AN0(P0_7)～AN7(P0_0)の 8 端子
0	1	0	0	0	0	0	0	AN8(P1_0)～AN9(P1_1)の 2 端子
0	1	0	1	0	0	0	0	AN8(P1_0)～AN11(P1_3)の 4 端子

※それ以外は設定禁止

今回は、AN0(P0_7)～AN7(P0_0)の 8 端子を選択します。A/D 入力選択レジスタ (ADINSEL) の設定値を下記に示します。

bit	7	6	5	4	3	2	1	0
設定値	0	0	1	1	0	0	0	0
16 進数	3				0			

③A/D 制御レジスタ 1 (ADCON1:A-D control register1)

A/D を動作可能にします。

設定 bit	上:ビット名 下:シンボル	内容	今回の 内容
bit7	A/D 断線検出アシスト方式選択ビット(注 4)	0:変換前デイスチャージ 1:変換前プリチャージ A/D 断線検出アシストしませんのでどちらでも構いませんが、今回は“0”にしておきます。	0
bit6	A/D 断線検出アシスト機能許可ビット(注 4)	0:禁止 1:許可 A/D 断線検出アシストは使いません。	0
bit5	A/D スタンバイビット(注 3) adstby	0:A/D 動作停止(スタンバイ) 1:A/D 動作可能 A/D 動作可能にして A/D 変換できるようにします。この bit を“0”から“1”にしたときは、 ϕ A/D の 1 サイクル以上経過した後に A/D 変換を開始します。	1
bit4	8/10 ビットモード選択ビット bits	0:8 ビットモード 1:10 ビットモード A/D 変換を 10bit(0~1023)にするか、8bit(0~255)にするか選択します。今回は、10bit にします。	1
bit3~1		“000”を設定	000
bit0	拡張アナログ入力端子選択ビット(注 1) adex0	0:拡張アナログ入力端子を非選択 1:チップ内蔵基準電圧を選択(注 2) 拡張アナログ入力端子は使いません。	0

注 1. チップ内蔵基準電圧をアナログ入力として使用する場合、ADEX0 ビットを“1”(チップ内蔵基準電圧を選択)にした後に、OCVREFCR レジスタの OCVREFAN ビットを“1”(チップ内蔵基準電圧とアナログ入力を接続)にしてください。また、チップ内蔵基準電圧をアナログ入力として使用しない場合、OCVREFAN ビットを“0”(チップ内蔵基準電圧とアナログ入力を切断)にした後に、ADEX0 ビットを“0”(拡張アナログ入力端子を非選択)にしてください。

注 2. 単掃引モード、繰り返し掃引モードでは設定しないでください。

注 3. ADSTBY ビットを“0”(A/D 動作停止) から“1”(A/D 動作可能) にしたときは、 ϕ AD の 1 サイクル以上経過した後に A/D 変換を開始してください。

注 4. A/D 断線検出アシスト機能を許可するためには、ADDDAEN ビットを“1”(許可)にした後、ADDDAEL ビットで変換開始状態を選択してください。断線時の変換結果は、外付け回路によって変化します。本機能はシステムに合わせた評価を十分に行った上で、使用してください。

A/D 制御レジスタ 1 (ADCON1)の設定値を下記に示します。

bit	7	6	5	4	3	2	1	0
設定値	0	0	1	1	0	0	0	0
16 進数	3				0			

④ ϕ AD の 1 サイクル以上ウェイトを入れる

③の bit5 の A/D スタンバイビットを"1"にした場合、 ϕ A/D の 1 サイクル以上経過した後に A/D 変換を開始しなければいけません。

そのウェイトを入れるため、アセンブリ言語の nop 命令を実行します。「ad.c」内では、アセンブリ言語は実行できないため、asm 命令というアセンブリ言語を実行できる命令を使って nop 命令を実行します。ちなみに、nop は「No Operation (何もしない)」命令で、この命令を実行するのに 1 サイクル分の時間がかかります。

プログラムを下記に示します。

```
asm( " nop " );
```

⑤ A/D 制御レジスタ 0 (ADCON0: A-D control register0)

A/D 変換を開始します。

設定 bit	上:ビット名 下:シンボル	内容	今回の 内容
bit7～1		"0000000"を設定	0000 000
bit0	A/D 変換開始フラグ adst	0:A/D 変換停止 1:A/D 変換開始 A/D 変換を開始させるので"1"を設定します。	1

A/D 制御レジスタ 0 (ADCON0)の設定値を下記に示します。

bit	7	6	5	4	3	2	1	0
設定値	0	0	0	0	0	0	0	1
16 進数	0				1			

19.5.3 main関数

AN7 端子、AN6 端子から A/D 値を取得、マイコンボード上の LED と実習基板の LED へ値を出力します。

```

38 : void main( void )
39 : {
40 :     int ad7data, ad6data;
41 :
42 :     init();                /* 初期化                */
43 :
44 :     while( 1 ) {
45 :         // AD7を出力
46 :         ad7data = ad7;      /* AD7取得                */
47 :         ad7data = ad7data >> 6;
48 :         led_out( ad7data ); /* マイコンボードのLEDへ出力 */
49 :
50 :         // AD6を出力
51 :         ad6data = ad6;      /* AD6取得                */
52 :         ad6data = ad6data >> 6;
53 :         p6 = ad6data;       /* P6のbit3～0のLEDへ出力  */
54 :     }
55 : }
```

46 行	AD7 端子(P0_0)の A/D 変換値を取得し、ad7data 変数に格納します。
47 行	A/D 変換値は、0～1023(2 進数で 11 1111 1111)の値です。右シフトを 6 ビット分行い、下位の 6 桁を捨てます。その結果、A/D 値は 0～15 の値になり、ad7data 変数に代入します。
48 行	0～15 に変換した A/D 値をマイコンボード上の LED に出力します。
50 行	AD6 端子(P0_1)の A/D 変換値を取得し、ad6data 変数に格納します。
51 行	A/D 変換値は、0～1023(2 進数で 11 1111 1111)の値です。右シフトを 6 ビット分行い、下位の 6 桁を捨てます。その結果、A/D 値は 0～15 の値になり、ad6data 変数に代入します。
52 行	0～15 に変換した A/D 値を実習基板の LED に出力します。

※A/D 変換値を取得するレジスタ

A/D 変換された結果は、A/D レジスタ 0～7(AD0～AD7)に格納されます。AD0～AD7 のどのレジスタに格納されるかは、アナログ入力端子によって変わります。アナログ入力端子と A/D レジスタの関係を次に示します。

アナログ入力端子	読み込むレジスタ
AN0(P0_7)	AD0
AN1(P0_6)	AD1
AN2(P0_5)	AD2
AN3(P0_4)	AD3
AN4(P0_3)	AD4
AN5(P0_2)	AD5
AN6(P0_1)	AD6
AN7(P0_0)	AD7
AN8(P1_0)	AD0
AN9(P1_1)	AD1
AN10(P1_2)	AD2
AN11(P1_3)	AD3

19.6 演習

- (1) AN5 の A/D 変換値をマイコンボードの LED へ、AN4 の A/D 変換値を実習基板の LED 部へ出力しなさい。
- (2) マイコンボードのディップスイッチの値 0～7 によって、実習基板の LED 部へ AN0～AN7 の A/D 変換値を出力するようにしなさい。