

PICのデジタル入出力を使えるようになる

ポートを使いこなそう

光永 法明

PIC16F877Aにはいろいろなデバイスが内蔵されています。それらが何をしてくれるかという、デジタル入出力、シリアル通信、タイマ、PWM出力、A-D変換などの機能があります。一番簡単なデジタル入出力も、周辺デバイスに分類されます。

本章では、PIC16F877Aのハードウェアの基本的な部分についてみていき、基本となるデジタル入出力(PORTAからPORTE)の使い方を紹介していきます。

4-1 PICのハードウェアを知る

PIC16F877Aのピン配置

まずPIC16F877Aのハードウェアを知る必要があります。DIPパッケージのPIC16F877Aのピン配置は

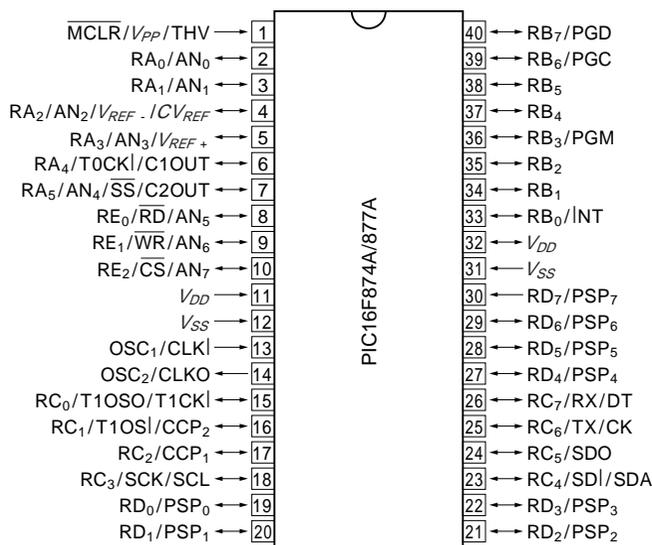


図4-1(1) PIC16F874A/PIC16F877Aのピン配置(DIPパッケージ)

パッケージの1番ピン側に書かれている半円は、PICのパッケージ上にあるくぼみを示している。これで1番ピン側であることがわかる。一つのピンに/で区切られた複数の記号がついている場合には、複数の役割が一つのピンに割り当てられている。同時にそれらの機能を使うことはできない。またPICへ信号/電源を入力するピンにはパッケージへ向かう矢印が、出力するピンにはパッケージから出る矢印が、入出力のどちらにでも変化するピンには両方向の矢印が書かれている。

表4-1⁽²⁾ PIC16F877A の各ピンの役割

表は、左からピンの名前と各パッケージでのピン番号、入力/出力の別、デジタル信号の場合の入力の互換性、ピンの説明になっている。パッケージによってピン番号が違うことに注意する。また電源とグラウンドが2本ずつあるが、両方とも配線すること。

ピンの名称	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	説明
OSC ₁ /CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS ⁽⁴⁾	オシレータ水晶入力 / 外部クロック・ソース入力
OSC ₂ /CLKOUT	14	15	31	O		オシレータ水晶出力。水晶オシレータ・モード時に水晶またはレゾネータに接続。RCモードでは、OSC ₁ の1/4の周波数のCLKOUT(命令サイクル)を出力する
MCLR/V _{PP} /THV	1	2	18	I/P	ST	マスタ・クリア(リセット)入力、プログラム電圧入力または高電圧テスト・モード制御。このピンはデバイスのアクティブ・ロー・リセットになる
RA ₀ /AN ₀	2	3	19	I/O	TTL	PORTA は双方向 I/O ポート。 RA ₀ はアナログ入力として選択可能。 RA ₁ はアナログ入力として選択可能。 RA ₂ はアナログ入力2, 下限アナログ・リファレンス電圧, またはコンパレータV _{REF} 出力として選択可能。 RA ₃ はアナログ入力3, または上限アナログ・リファレンス電圧として選択可能。 RA ₄ は Timer0 タイマ / カウンタへのクロック入力, またはコンパレータ1出力として選択可能。出力はオープン・ドレイン・タイプ。 RA ₅ はアナログ入力4, 同期シリアル・ポート用スレーブ・セレクト, またはコンパレータ2出力として選択可能
RA ₁ /AN ₁	3	4	20	I/O	TTL	
RA ₂ /AN ₂ /V _{REF} - /CV _{REF}	4	5	21	I/O	TTL	
RA ₃ /AN ₃ /V _{REF} +	5	6	22	I/O	TTL	
RA ₄ /T0CK1/C1OUT	6	7	23	I/O	ST	
RA ₅ /SS/AN ₄ /C2OUT	7	8	24	I/O	TTL	
RB ₀ /INT	33	36	8	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB は双方向 I/O ポート。PORTB は全入力で内部弱(ウィーク)プルアップがソフトウェアで選択可能。 RB ₀ は外部割り込みピンとして選択可能。 RB ₃ は低電圧プログラミング入力として選択可能。 ピン変化による割り込み。 ピン変化による割り込み。 ピン変化による割り込み, またはイン・サーキット・デバッグ。シリアル・プログラミング・クロック。 ピン変化による割り込み, またはイン・サーキット・デバッグ。シリアル・プログラミング・データ。
RB ₁	34	37	9	I/O	TTL	
RB ₂	35	38	10	I/O	TTL	
RB ₃ /PGM	36	39	11	I/O	TTL	
RB ₄	37	41	14	I/O	TTL	
RB ₅	38	42	15	I/O	TTL	
RB ₆ /PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB ₇ /PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	

凡例: I = 入力, O = 出力, I/O = 入力 / 出力, P = 電源, = なし, TTL = TTL 入力, ST = シュミット・トリガ入力

注意1: 外部割り込み入力の場合はシュミット・トリガ入力になる。

2: シリアル・プログラミング・モードのときはシュミット・トリガ入力になる。

3: 汎用 I/O のときはシュミット・トリガ入力になり, (マイクロプロセッサ・バスとのインターフェース用) パラレル・スレーブ・ポートのときは TTL 入力になる。

4: RC オシレータ・モードのときはシュミット・トリガ入力になり, それ以外のときは CMOS 入力になる。

図4-1, 各機能は表4-1に示すようになっていきます。多くのピンに複数の役割があり, / で区切られて書かれています。

ピンには,

- (1) 役割が不変なもの
- (2) ライタで書き込むときに使う役割をもつもの
- (3) プログラム実行時に使うピンのうち, 書き込み時に役割が決定されるもの
- (4) プログラム実行時に使うもので, プログラムで役割を決定するもの

の四通りがあります。

(1)には, V_{DD}(電源), V_{SS}(グラウンド)があります。V_{DD}, V_{SS}のピンは2本ずつありますが, 両方を必ず電源につながらないといけません。

(2)には, V_{PP}, PGD, PGC, PGM(PGMはLVP(低電圧)書き込み時のみ)があります。基板上にPIC

表4-1⁽²⁾ PIC16F877Aの各ピンの役割(つづき)

ピンの名称	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	説明
RC ₀ /T1OSO/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	PORTCは双方向I/Oポート。 RC ₀ はタイマ1オシレータ出力、またはタイマ1クロック入力として選択可能。
RC ₁ /T1OSI/CCP ₂	16	18	35	I/O	ST	RC ₁ はタイマ1オシレータ入力、またはキャプチャ2入力/コンペア2出力/PWM2出力として選択可能。
RC ₂ /CCP ₁	17	19	36	I/O	ST	RC ₂ はキャプチャ1入力/コンペア1出力/PWM1出力として選択可能。
RC ₃ /SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	RC ₃ はSPIおよびI ² Cモードでシリアル・クロック入力/出力として選択可能。
RC ₄ /SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	RC ₄ はSPIデータ・イン(SPIモード)、またはデータI/O(I ² Cモード)として選択可能。
RC ₅ /SDO	24	26	43	I/O	ST	RC ₅ はSPIデータ・アウト(SPIモード)として選択可能。
RC ₆ /TX/CK	25	27	44	I/O	ST	RC ₆ はUSART非同期送信、または同期クロックとして選択可能。
RC ₇ /RX/DT	26	29	1	I/O	ST	RC ₇ はUSART非同期受信、または同期データとして選択可能。
RD ₀ /PSP ₀	19	21	38	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTDは双方向I/Oポート。パラレル・スレーブ・ポートにもなる
RD ₁ /PSP ₁	20	22	39	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD ₂ /PSP ₂	21	23	40	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD ₃ /PSP ₃	22	24	41	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD ₄ /PSP ₄	27	30	2	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD ₅ /PSP ₅	28	31	3	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD ₆ /PSP ₆	29	32	4	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD ₇ /PSP ₇	30	33	5	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RE ₀ /RD _{AN} ₅	8	9	25	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTEは双方向I/Oポート。 RE ₀ はパラレル・スレーブ・ポートのリード制御信号、またはアナログ入力5として選択可能。 RE ₁ はパラレル・スレーブ・ポートのライト制御信号、またはアナログ入力6として選択可能。 RE ₂ はパラレル・スレーブ・ポートのセレクト制御信号、またはアナログ入力7として選択可能
RE ₁ /WR/AN ₆	9	10	26	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RE ₂ /CS/AN ₇	10	11	27	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
V _{SS}	12, 31	13, 34	6, 29	P		ロジックおよびI/Oピン用接地基準
V _{DD}	11, 32	12, 35	7, 28	P		ロジックおよびI/Oピン用正極基準
NC		1, 17, 28, 40	12, 13, 33, 34			内部で接続されていないピン。これらのピンは未接続のままにする

凡例：I = 入力，O = 出力，I/O = 入力 / 出力，P = 電源， = なし，TTL = TTL入力，ST = シュミット・トリガ入力

注意1：外部割り込み入力入力のときはシュミット・トリガ入力になる。

2：シリアル・プログラミング・モードのときはシュミット・トリガ入力になる。

3：汎用I/Oのときはシュミット・トリガ入力になり、(マイクロプロセッサ・バスとのインターフェース用)パラレル・スレーブ・ポートのときはTTL入力になる。

4：RCオシレータ・モードのときはシュミット・トリガ入力になり、それ以外のときはCMOS入力になる。

を取り付けたまま書き込むことができるICSP機能^①を使う場合には、これらのピンについて書き込み時についても考慮して回路を設計します。

(3)には、RB₃/PGM、OSC₁/CLKI、OSC₂/CLKOがあります。それ以外のピンは(4)です。

(4)のピン(ほとんどですね)とRB₃は、電源が入ったときには入力に設定されています。そのうち、AN₀からAN₇を選択できるピンはアナログ入力に設定されています。これは、ほかの回路の出力がPICの出力と電源投入時にぶつからないようにし、アナログ入力が(そのデジタル入力は、回路に誤信号がもたらさない)ためです。

電源と発振モード、動作周波数

PIC16F877A の定格電源電圧は、4.0[V]から 5.5[V]です。PIC16LF877A では 2.0[V]から 5.5[V]です。絶対最大定格は 7.5[V]ですから、これを超えてはいけません。

動作周波数は 0 から 20[MHz]までとなっています。ただし LF タイプでは電源電圧により最大動作周波数が変化します。LF でない PIC16F877A でも 4.0[V]以下で動作する場合がありますが、最大動作周波数は LF タイプと同様に電源電圧により変化します。

PIC16F877A の動作周波数を決定する発振子によりモードが異なります。

- (1) 抵抗とコンデンサを組み合わせた RC モード
- (2) 32.768[kHz]の時計用水晶発振子を使用する LP モード
- (3) 4[MHz]までの水晶発振子またはセラミック発振子を使う XT モード
- (4) 4[MHz]から 20[MHz]の水晶発振子またはセラミック発振子を使う HS モード

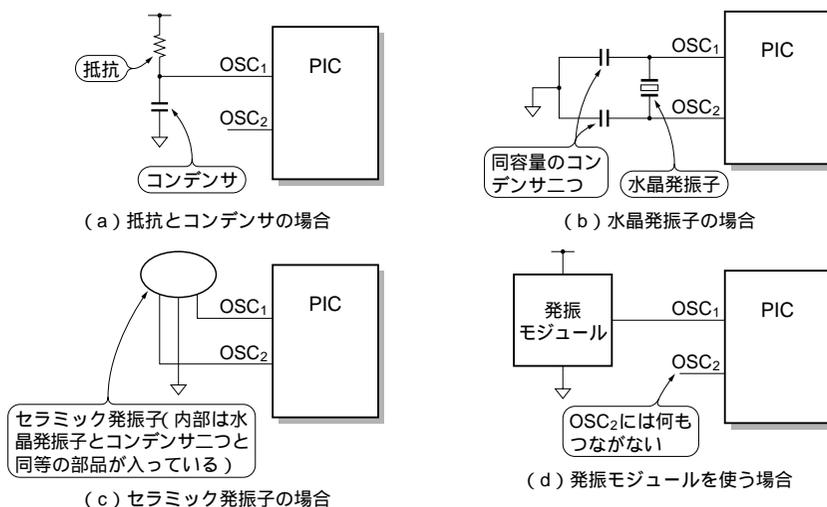


図4-2 PIC と発振子の接続

発振子の接続方法は四通りある。(a)RC 発振と (d)発振モジュールの場合には、OSC₂ ピンには何も接続しないことに注意する。実際に配線する場合には、PIC と発振子の間の配線ができるだけ短くなるようにする。(c)セラミック発振子の場合には、両端の足を PIC へ、中央の足をグラウンドへつなぐ。

表4-2²⁾ 発振モードと発振周波数による外付けコンデンサの値

水晶発振子を使う場合には周波数に応じて、発振モードと外付けコンデンサの容量が変わる。LP と XT, XT と HS で重なっている周波数は、どちらのモードでもよい。

発振モード	発振周波数	外付けコンデンサの容量の範囲
LP	32 kHz	33 pF
	200 kHz	15 pF
XT	200 kHz	47 ~ 68 pF
	1 MHz	15 pF
	4 MHz	15 pF
HS	4 MHz	15 pF
	8 MHz	15 ~ 33 pF
	20 MHz	15 ~ 33 pF

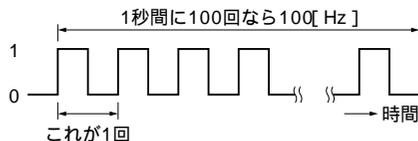


図4-3 周波数の定義

周波数は1秒間の波の数で定義されている。デジタル信号の場合には、1秒間に0と1を何回繰り返すかで決まる。1秒間に、1から0へ1回だけ変化する場合には1[Hz]、100回変化する場合には100[Hz]である。

があります。LP、XT、HSモードでは外部発振子を使うこともできます。

それぞれの場合の発振子とPICの接続は図4-2のようになります。実際に配線するときには、発振にかかわる部品はPICにできるだけ近くに配置し、配線が短くなるように注意します。

水晶発振子を利用する場合の外付けコンデンサの容量は表4-2になります。

1秒間には発振子の周波数の1/4の命令サイクル分の命令を実行することができます。発振子の周波数を以下では F_{osc} と書きます。また、その周期を T_{osc} と書きます。

周波数と周期

デジタル・パルスの周波数は、1秒間に0と1の変化する回数で表します(図4-3)。単位はヘルツ、記号は[Hz]です。たとえば10回なら10[Hz]です。周期は0から1へとなるタイミングの間隔で表します。単位は秒、記号は[s]です。

同じパルスについての周波数 f と周期 T の関係は、式(4-1)で表されます。10[Hz]の場合には周期は $1 \div 10 = 0.1[s]$ です。

$$(\text{周期 } T) = \frac{1}{(\text{周波数 } f)}, (\text{周波数 } f) = \frac{1}{(\text{周期 } T)} \dots\dots\dots(4-1)$$

周波数や周期は比較的大きな値や、小さな値になります。そのため、いくつかの記号を使って数値を表すことが決められています。本書では、1000倍を表すキ口(k)、100万倍を表すメガ(M)、その1000倍を

表4-3 単位の換算と周波数と周期の換算早見表

k(キ口)は1000を、M(メガ)は100万(1000の1000倍)、G(ギガ)は10億(1000の1000倍の1000倍)を表し、m(ミリ)は1/1000を、 μ (マイクロ)は100万分の1を、n(ナノ)は10億分の1を表す。同じ周波数、周期は複数の表記ができる。なお、 μ は全角文字なので、プログラム中のラベルなどではu(小文字)を使っている場合がある。

1[Hz]=	0.001[kHz]=	0.000001[MHz]=	0.000000001[GHz]
1000[Hz]=	1[kHz]=	0.001[MHz]=	0.000001[GHz]
1000000[Hz]=	1000[kHz]=	1[MHz]=	0.001[GHz]
1000000000[Hz]=	1000000[kHz]=	1000[MHz]=	1[GHz]
1[s]	= 1000[ms]	= 1000000[μ s]	= 1000000000[ns]
0.001[s]	= 1[ms]	= 1000[μ s]	= 1000000[ns]
0.000001[s]	= 0.001[ms]	= 1[μ s]	= 1000[ns]
0.000000001[s]=	0.000001[ms]=	0.001[μ s]=	1[ns]
周波数	周期		
1[Hz]	1[s]		
1[kHz]	1[ms]		
1[MHz]	1[μ s]		
1[GHz]	1[ns]		

リスト4-1 コンフィギュレーション・ビットの指定方法

```
list      p=16f877A          ; PIC16F877A用のプログラムであることを宣言
#include  p16f877A.inc      ; PIC16F877A用のヘッダ・ファイルを読み込む
__config _HS_OSC & _PWRTE_ON & _WDT_OFF & _LVP_OFF
```

表4-4 コンフィギュレーション・ビットに指定できるオプション

コンフィギュレーション・ビットに指定できるオプションは9種類ある。1種類につき、一つだけしか指定できないので注意する。毎回書き込み時にライターで指定することもできるが、間違いをなくすためにはソース・ファイルに書いておくことよい。

コード・プロテクトに関するもの	<code>_CP_OFF</code> <code>_CP_ALL</code>	コード・プロテクトしない コード・プロテクトを有効にする(全消去するまでプログラム・メモリをライターから読み出せなくなる)
イン・サーキット・デバuggに関するもの	<code>_DEBUG_OFF</code> <code>_DEBUG_ON</code>	通常動作モードにする イン・サーキット・デバugg・モードにする
プログラム・メモリの動作中の書き換えに関するもの	<code>_WRT_OFF</code> <code>_WRT_256</code> <code>_WRT_1FOURTH</code> <code>_WRT_HALF</code>	プログラム・メモリを書き込み禁止にしない プログラム・メモリの最初の256を書き込み禁止にする プログラム・メモリの最初の1/4を書き込み禁止にする プログラム・メモリの前半を書き込み禁止にする
データEEPROMのプロテクトに関するもの	<code>_CPD_OFF</code> <code>_CPD_ON</code>	プロテクトしない プロテクトする(ライターからは読み出せなくなる)
低電圧書き込み(LVP)に関するもの	<code>_LVP_ON</code> <code>_LVP_OFF</code>	低電圧書き込み(LVP)をオンにする 低電圧書き込み(LVP)をオフにする
ブラウン・アウト・リセットに関するもの	<code>_BODEN_ON</code> <code>_BODEN_OFF</code>	ブラウン・アウト・リセットをする(電源電圧が4V以下になるとリセットする) ブラウン・アウト・リセットをしない
パワーアップ・タイマに関するもの	<code>_PWRTE_OFF</code> <code>_PWRTE_ON</code>	パワーアップ・タイマを使わない パワーアップ・タイマを使う
ウォッチ・ドッグ・タイマ(WDT)に関するもの	<code>_WDT_ON</code> <code>_WDT_OFF</code>	ウォッチ・ドッグ・タイマ(WDT)を使う ウォッチ・ドッグ・タイマ(WDT)を使わない
発振モードに関するもの	<code>_RC_OSC</code> <code>_HS_OSC</code> <code>_XT_OSC</code> <code>_LP_OSC</code>	RC発振モードを使う HS発振モードを使う XT発振モードを使う LP発振モードを使う

表すギガ(G), 1000分の1を表すミリ(m), 100万分の1を表すマイクロ(μ), その1000分の1を表すナノ(n)を使います(表4-3)。

たとえば, 1[MHz]は100万ヘルツに相当し, 周期は1[μ s], 100万分の1秒です。また, k, Mは, 電圧[V], 電流[A]や抵抗値[]にも使います。たとえば1[k]は1000[], 1[M]は100万[]です。

コンフィギュレーション・ビット

PICライターで設定することもできますが, プログラム内で書いておくことで設定ミスを減らすことができます。list, includeの行の次に, リスト4-1のように書きます。

&でオプションを区切って並べます。指定可能なオプションは表4-4のとおりです。指定しなかった場合, 各分類の一番上が選択されたとみなされます。発振モードは忘れずに書いておきます。リスト4-1の場合にはHSモードです。

ブラウン・アウト・リセット(BODEN_ON)とパワーアップ・タイマを指定することで電源を入れた時