

ハード&ソフトの設計・製作の考え方や手順に重点を置いて解説

電子工作を始める前の準備

見
本

この本の目標のひとつは、最終的には自分で設計して何かオリジナルなものが作れるようになることです。もうひとつは、C言語を習得してプログラムが作成できるようになることです。

電子工作が初めてでも、C言語を知らなくても、興味と熱意があれば、完成したときの喜びを味わうことができます。はじめての人もぜひ挑戦してみてください。

はじめに

これまで多種多様なPICが開発され、販売されていますが、とくに、ここ数年はチップの価格も急激に下がり、普及してきたことがうかがえます。アマチュアの間でもPICを使った工作は、すでに一般的なものになっています。多数の書籍も出版され、いろいろな装置の製作記事も発表されていますが、この本では、製作課題を例題としながらハードウェアやソフトウェアの設計、製作の考え方や手順などに重点を置いて解説していきます。そして、最終的に読者の方が自分で設計、製作し、それを完成させることができるようになればと願っています。

本書では、図などを見ながらじっくり文章を読めば内容を理解できるような記述を心がけています。理解を促すために同じようなことを表現を変えて説明している場合もあるため、冗長な箇所もあるかと思いますが、ご理解ください。

また、独断的ではありますが、筆者の経験から設計の考え方なども紹介しています。カタカナの用語などは多用しがちですが、ほかの本を読むときにも役立つため、あえてそのまま使っている場合があります。その場合でも極力、用語解説を付けるようにしました。

1-1 PICとは

PICとはPeripheral Interface Controllerの略称で、マイクロチップテクノロジー社のワンチップ・マイクロプロセッサ(マイコン)のことです。名称にペリフェラルとあるので、PICそのものがほかのプロセッサの周辺機器として利用されるような目的で開発されたことがうかがえます。しかし、現在ではどんどん高機能化されていて、PICを主役にすることも多くなっています。

アセンブラなどの開発ツールが無償で公開されているため、利用者が増えています。今では、Cコンパ

このアイコンは、章末に用語解説があります

イラやデバッグなどの開発ツールもいろいろなメーカーから発売されるようになり、プログラム・メモリの大容量化とも相まって、C言語で容易にプログラムを開発できる環境が整ってきています。

PICを動作させるのに必要な回路

PICそのものは非常に少ない部品で動作させることができます。クロック発振に使用するクリスタル(水晶)かセラミックの発振子(またはCR発振用のコンデンサと抵抗)と安定化した直流電源があれば、マイコンとして最低限の機能は果たせます。最近のPICでは、チップにオシレータ(発振器)を内蔵して、発振子すら不要なものまで出現しています(図1-1)。

PICで何ができるか

PICには、デバイスによってA-DコンバータやPWMジェネレータ、タイマ、同期/非同期シリアル通信などのモジュールが内蔵されたものもあります。従来、マイコンを組み込んで制御するにはちょっと大げさかな、と思ったところにも気軽に使うことができるようになりました。ハードウェアでは結構複雑な回路が必要なものでも、PICを使ってソフトウェアで制御することにより、回路をすごく簡単にできる場合もあります。

A-Dコンバータ入力にアナログ信号を接続して電圧値や温度を計ってそれを周期的に記録したり、水位が上昇したことをフロートとスイッチで検出してポンプを自動的に止めるというようなことは朝飯前です。さらに発展させて、水位によってポンプの流量を細かく変化させるというようなコントロールも容易です。何を制御するかは、設計者が何をインターフェースさせるかにより、それぞれ自由自在です(図1-2)。

Column ... 1 昔と今

昔のCPU(1970年代)はROM、RAM、単純なI/Oポートどころか、リセット回路、クロックの発振回路すら内蔵していなくて、マイコンとして動作させるだけでも周辺に十数個のICが必要でした。それだけで小さな基板がいっぱいになっていたものです。パソコンも普及していない時代に、普通の人々がマイコン回路を作ってそれを動作させるとなると、それは大変な費用と努力、根気が必要でした。当時はパソコンをもっている人も少なく、アセンブラも簡単には入手できないので、プログラムは表を見ながらアセンブリ言語を16進数のマシン・コードに変換(ハンド・アSEMBル)して、それをスイッチで1バイトずつ打ち込んだものです。

それに比べて、最近のCPUはロジックICか、それより少し大きいぐらいのパッケージで、I/Oやシリアル・インターフェース、A-DコンバータやPWMジ

ェネレータなど、昔だと個別にICを用意しなければならなかった機能モジュールがすでにチップに内蔵されているため、発振子と電源をつなぐだけで動作します。さらに、新しいタイプのチップでは、比較的正確なオシレータまでもが内蔵されていて、極端な話、電源を接続するだけで動作させることができます。

また、CPUにフラッシュROMが搭載され、容易にプログラムが書き込めるようになったおかげで、高価なROMライタを用意する必要もなくなりました。アセンブラやデバッグも無償で利用できるので、開発環境がこんなに手軽になるとは以前では考えられなかったことです。

プログラムを作成するという手間はかかりますが、趣味でちょっと作るというぐらいの、手軽で身近なものになったと思います。

PICのプログラム方式

私たちが一般に購入できるPICには、プログラムを格納する内蔵ROMの種類、パッケージの違いにより3種類あります。一つはUV-EPROMタイプでプログラム消去用の窓がないタイプ、二つめは同じくUV-EPROMで消去用窓のあるタイプ、三つめはEEPROM（フラッシュ）タイプです。

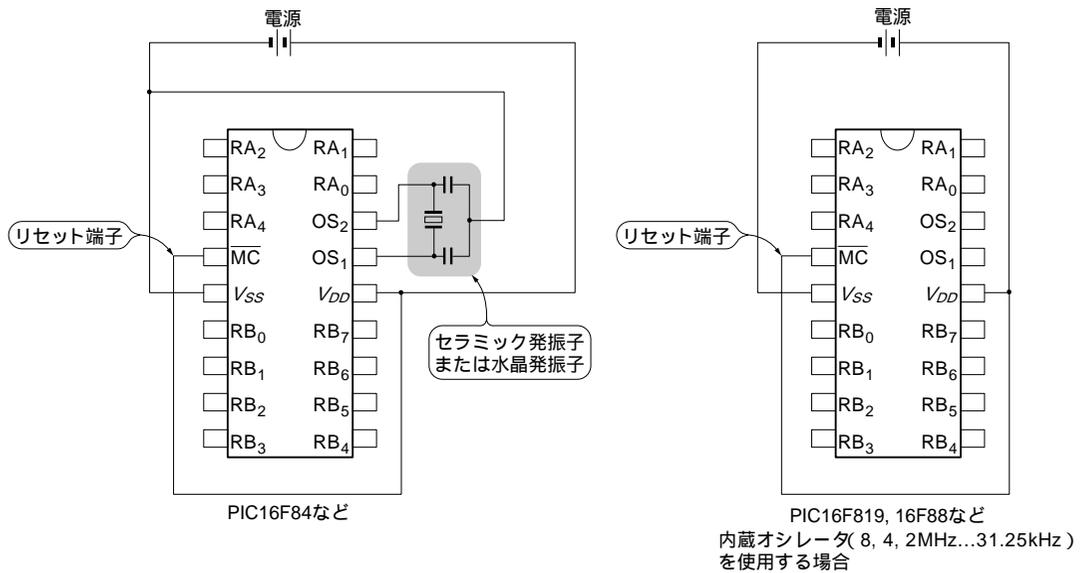


図1-1 最小限の回路

マイコンとして動作させるための最小限の回路構成。新タイプの16F819, 16F88などはオシレータまでも内蔵しているため、外部発振子も省略できる(発振子を使うことも可)。実際の回路では外部とインターフェースするための何らかの配線が必要。

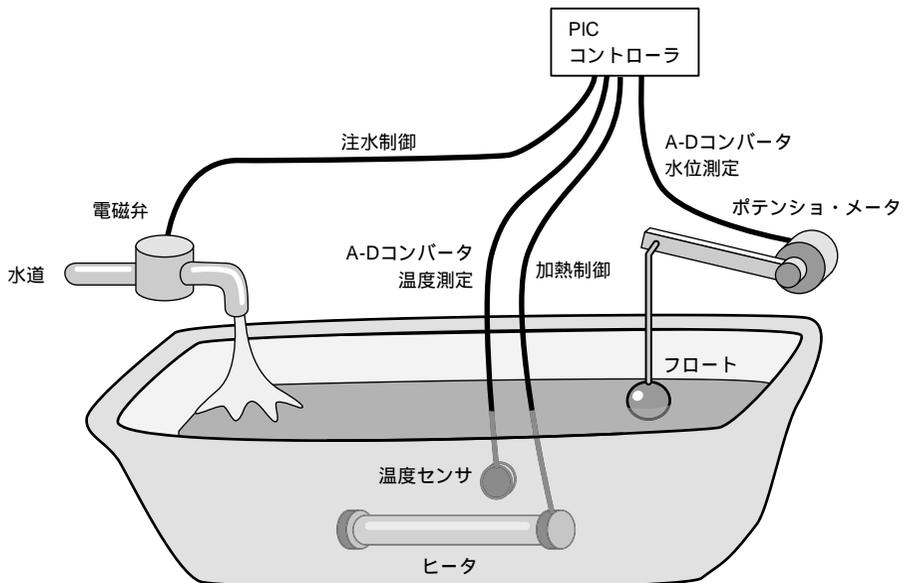


図1-2 たとえば、こんなことも...

PICマイコンを使った自動風呂システム。注水して水位が上がったらヒータで加熱する。規定温度に達したら、後は保温制御に移る。

窓のないUV-EPROMは一度プログラムを書き込むとプログラムを消去することができないので、実質ワンタイムPROM(一度だけ書き込みができるROM)ということになります。

窓のあるUV-EPROMのプログラムを書き換える場合は、前もって紫外線を照射してプログラムを消去してから再書き込みをする必要があります。保証回数の範囲内であれば、何度でも消去、書き換えが繰り返せます。このタイプはセラミック・パッケージに石英ガラスの窓が付いた作りになっているため、チップの価格は比較的高価になります。

EEPROM(フラッシュ)タイプは電氣的に消去できるもので、再プログラムする場合は書き込む前に自動

表1-1 PICの比較

	16F84A	16F628A	16F648A	16F819	16F88
プログラムROM(W)	1024	2048	4096	2048	4096
データRAM	68	224	256	256	368
データEEPROM	64	128	256	256	256
I/Oポート数	13	16	16	16	16
割り込み	4	10	10	9	12
TIMER0					
TIMER1	x				
TIMER2	x				
CCP	x	1	1	1	1
AD(チャンネル数)	x	x	x	5	7
コンパレータ	x	2	2	x	2
USART	x			x	
SPI	x	x	x		
I ² C(スレーブ)	x	x	x		
内蔵オシレータ*	x	4MHz/37kHz	4MHz/37kHz	31.25k ~ 8MHz	31.25k ~ 8MHz
パッケージ(DIP)	18P	18P	18P	18P	18P

* WDT用オシレータは除く

(a) 18ピンPIC比較

	16F873	16F873A	16F876	16F876A	16F877	16F877A	18F452
プログラムROM(W)	4096	4096	8192	4096	8192	8192	16384
データRAM	192	192	368	368	368	368	1536
データEEPROM	128	128	256	256	256	256	256
I/Oポート数	22	22	22	22	33	33	34(RA ₆ 含)
割り込み	14	14	14	14	15	15	18
TIMER0							(8/16bit)
TIMER1							
TIMER2							
TIMER3	x	x	x	x	x	x	
CCP	2	2	2	2	2	2	2
AD(チャンネル数)	5	5	5	5	8	8	8
コンパレータ	x	2	x	2	x	2	x
USART	1	1	1	1	1	1	1
SPI/I ² C	1	1	1	1	1	1	1
PSP	x	x	x	x			
その他	-	-	-	-	-	-	PLL, 乗算器
パッケージ(DIP)	28P	28P	28P	28P	40P	40P	40P

(b) 28ピン/40ピンPIC比較

的に消去が行われるため、とくに、消去を意識する必要はありません。そのため、取り扱いが簡単です。フラッシュ・タイプのパッケージには型番に16Fxxxや18FxxxのようにFの文字が使われています。

私たちは、プラスチック・パッケージで価格も安価な上、取り扱いが簡単で、書き換え保証回数も多いEEPROM(フラッシュ)タイプのチップを使うのがよいでしょう。

PICの選択

PICには多数のラインナップがあります。チップの販売価格などから判断して、現在人気があるのは14ビット版の16F87Xシリーズか16ビット版の18FXXXシリーズと思われます。筆者はこれまで、40ピンの16F877や28ピンの16F873などをよく使っていましたが、プログラム・メモリがあと少しほしいということが何度もありました。そのため内蔵モジュールなどはほとんど同じように使えて、プログラム・メモリの容量がワード換算で16F877の2倍ある18F452は魅力的です。価格も18F877より少し高いだけですから、開発環境が許せばこれを使わない手はありません。また、ピン配置に上位互換性がありますから、プログラム規模などによっては16F877などに差し替えられる場合もあります。

今回製作するアプリケーションはデジタル・クロックですが、ほかの用途に使うことも想定して、I/O数の多い40ピン・タイプを中心に使うことにします。

PICはチップの単価が安価ですが、特定のものを製作する場合、用途に応じて使い分ければ、さらにコスト・パフォーマンスが高くなります。PICプログラムやCコンパイラなど、最初は出費が必要ですが、いろいろなものを手軽に、何個も作っていくにはかえって安上がりかもしれません。数種類のPICデバイスの対比を表1-1に示します。同じ18ピンのチップでも、多様なラインナップがあることがわかります。

1-2 これから作るもの

タイマ機能付きデジタル・クロック

今回はメイン・テーマとして、身近にあり誰もが知っていて、動作が簡単に理解でき、プログラムも比較的簡単に作成できるものということで、16ビット版の18F452を使ってデジタル・クロックを作ります。また、タイマ機能を付け、外部に100V機器のON/OFFができるようにすることで実用性も図ります。こう書くと、がっかりされた方もいらっしゃるかもしれませんが、これは設計やプログラムの考え方を理解するための手段だと思ってください。そのために、あえて身近なものを選んでいきます。このような単純そうなアプリケーションでも、割り込みの使い方やキー入力の方法など、ほかに応用できることがいろいろあるはずで。

この時計はほんの始まりでしかありません。一通り作り終えた後に、読者の方が独自に、オリジナルの機能を追加してみてください。これが本当の設計の始まりです(写真1-1)。

停電検出機能付きバッテリー自動充電器

もうひとつ、18ピン・パッケージの14ビット版PICを使ったコンパクトな回路の製作例を掲載します。PICには比較的新しい16F88を使用します。停電がいつ起こっても対応できるように、常にバッテリーをFULL充電の状態に保つための充電器で、A-Dコンバータでバッテリーの端子電圧を監視し、規定電圧より下がった場合は充電を開始し、規定電圧に達したら充電を停止させるという充電器です。停電検出信号を使えば、停電時に自動的に電灯などを点灯するようにもできます。DC-ACインバータを接続しておけば、

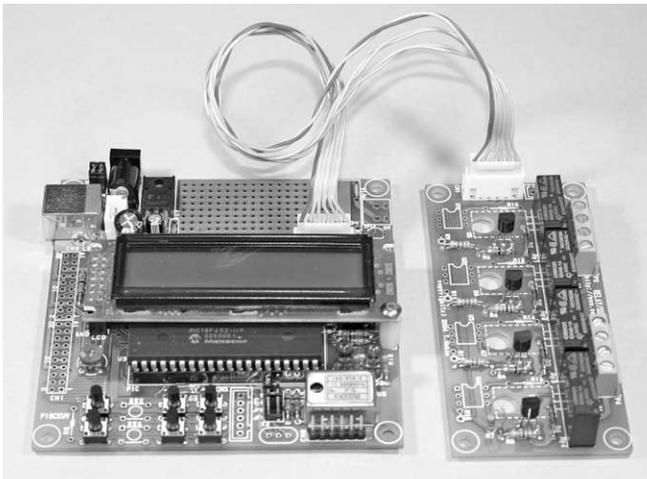


写真1-1 デジタル・クロック
専用基板で製作したデジタル・クロックのメイン・ボード(左)と4チャンネル分のリレーを実装したリレー・ボード(右)の写真。

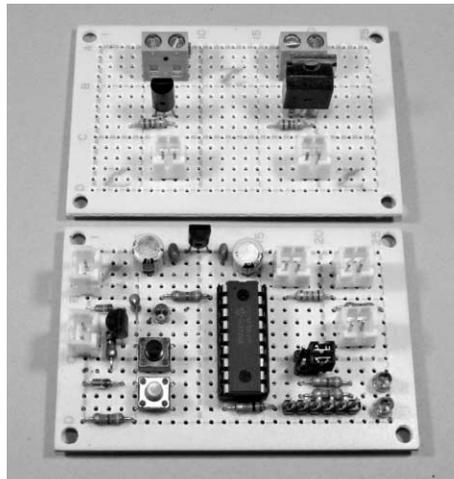


写真1-2 バッテリー自動充電器
ユニバーサル基板で作成した自動充電器。制御部と電力スイッチング部に分かれている。

100Vの蛍光灯なども点灯できます。充電には最近安価に入手できるようになった太陽電池を使ってみます(写真1-2)。

1-3 プログラミングの準備

プログラミングに関しては少し出費が必要ですが、C言語というプログラム言語を使います。費用がかからないことから入門時にアセンブラから入る例が多いと思いますが、本書ではアセンブラは使いません。これはPICのことをあまり知らなくてもPICの詳細な部分にあまり気を取られないでプログラムが書けて、理解が早まるよという考えからです。理解が深まってから、プログラムをチューンナップするためにアセンブリ言語に挑戦しようというスタンスです。筆者もZ80のころは専らアセンブラを使用していましたが、PICではずっとC言語を使っていたので、最近までPICのアセンブリ言語には見向きもしませんでした。どちらの言語にも長所と短所があるので、これをうまく組み合わせられると効率の良いプログラムが作れるようになるでしょう。

ハードウェアの製作には専用のプリント基板を設計しました。読者の方が製作しやすいように、ご希望の方にはこのプリント基板を有料配布する予定です。この基板は読者の方がまったく別のものを作る際のプラットフォームとしても利用できるように、わずかながらユニバーサル・エリアを設けました。また、一部のI/Oがピン・ヘッダで取り出せるようになっているので、ソケットやコネクタでほかの基板に接続して使うこともできます。簡単な回路なので、ユニバーサル基板で作ることも可能でしょう。回路を変更してオリジナルなものを作りたい方は挑戦してみてください。

1-4 開発ツールは

工作に必要な工具

電子工作を経験されている読者の方はすでにお持ちだと思いますが、先細のはんだゴテ、小型のニッパ、