

インターフェース回路を理解する

I/Oポートのしくみと予備知識

見
本

マイコンを使ってリレーやモータを動かそうとする場合、必要になるのがインターフェース回路ですが、その代表であるI/Oポートや、周辺モジュールのA-Dコンバータ、カウンタなどについての動作原理や信号の取り扱いを説明します。

はじめに

PICの機能を説明する前に、一般的な話としてI/Oポートやカウンタなどの概念について簡単に説明します。

I/Oポートとは、プログラムからの指令を外部に伝えたり、外部の状況をプログラム内で知るために使われる信号の出入り口のことです。つまり、ソフトウェアとハードウェアの仲介(インターフェース)部分になります。

I/Oポートには、デジタル信号を入出力するものや、アナログ信号を入出力できるものもあります。たとえば、アナログ入力ポートでは、温度センサを取り付けてプログラム内で温度を電圧値として知ることができます。

2-1 デジタル入出力

デジタル出力ポート

出力ポートとは、プログラムで与えられた指示を、実際の機器が動かせるように電気信号に変換する機構のことです。

図2-1は動作を説明するために、出力ポートをスイッチで置き換えた等価回路です。このスイッチはマイコンのプログラム上で、特定のレジスタ(変数のようなもの)にある値を書き込むことで“H”側、または“L”側に切り替わります。図(a)のように“H”側では出力ポートに5Vの電圧が現れます。また、図(b)のように“L”側にすると0Vとなります。したがって、図のように電球を接続すると、“H”側では電球が点灯し、“L”側では消灯することになります。

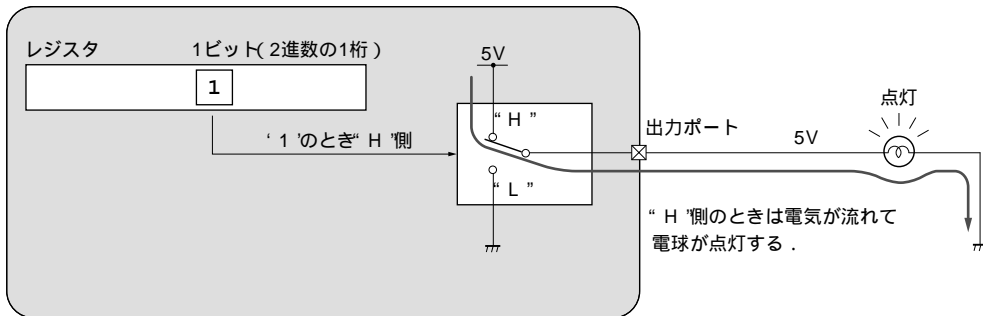
つまり、プログラムでレジスタを設定することにより出力ポートの状態を変え、外部に接続された機器(電球)を制御することができるわけです。

デジタル入力ポート

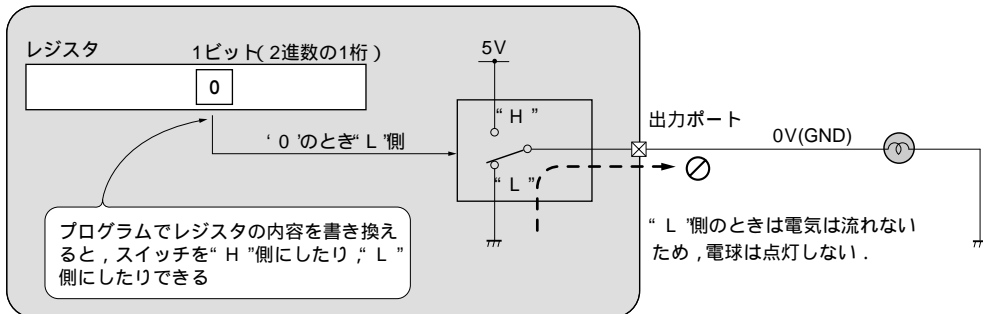
入力ポートとは、外部の電気信号の状態をプログラムで認識するための機構です。

図2-2のように外部にスイッチと電源を接続して手で切り替えるようにすると、入力ポートの状態はスイッチが“H”側のとき5V，“L”側のとき0Vと変えることができます。

マイコン側では、プログラム上で特定のレジスタの値を読むことにより、この入力信号の状態を知ることができます。入力ポートが5V(“H”レベル)のときは入力値は‘1’、入力ポートが0V(“L”レベル)のときは入力値は‘0’というように、読み込んだ入力信号の状態がレジスタに設定されます。



(a) “H”レベル出力



(b) “L”レベル出力

図2-1 デジタル出力ポートのしくみ

デジタル出力ポートをスイッチで例えた等価回路。レジスタの書き換えでスイッチが切り替わり、出力電圧(出力レベル)が変わる。

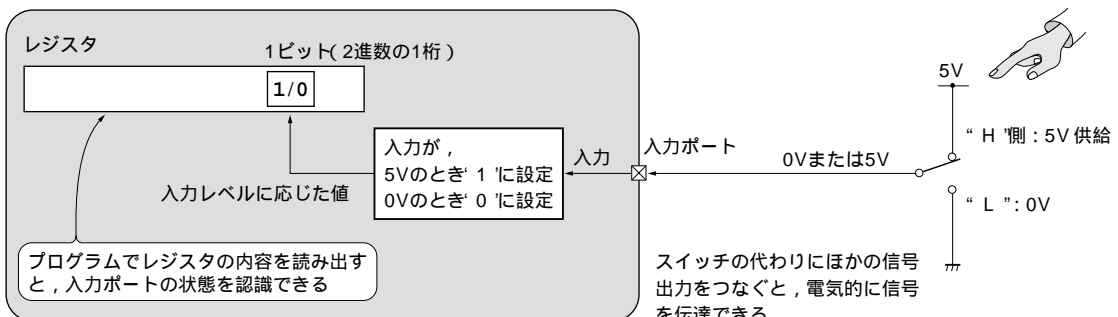


図2-2 デジタル入力ポートのしくみ

入力ポートのレベル(“H”または“L”)に応じてレジスタの1ビットに‘1’または‘0’が設定される。

2-2 アナログ入出力

アナログ入力ポート(A-Dコンバータ)

デジタル入力ポートは5V(“H”レベル)または0V(“L”レベル)の二つの状態しか読み取ることしかできませんでしたが、アナログ入力ポートはその中間の電圧を読み取ることができます。

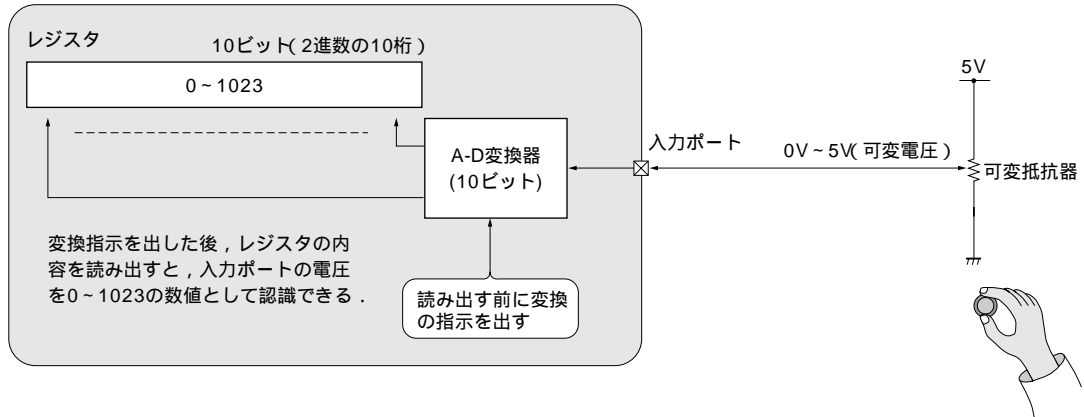
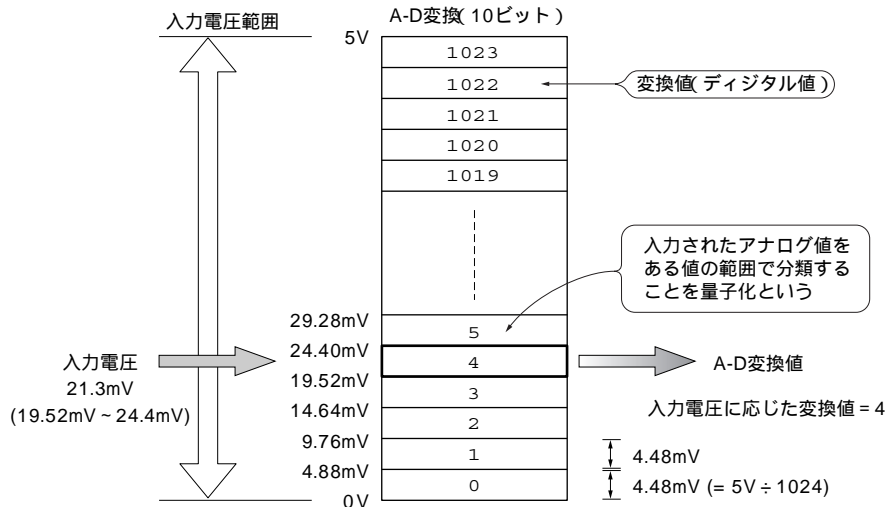


図2-3(a) アナログ入力ポートのしくみ

10ビットのA-Dコンバータ(アナログ-デジタル変換器)を内蔵したアナログ入力ポートのしくみ。入力電圧に応じて0~1023までの変換値が得られる。



フルレンジが5V(リファレンス電圧+5V)の場合、
1ビットの分解能は $5V \div 1024 \approx 約4.48mV$ となる。

図2-3(b) アナログ信号の量子化

この図は、A-Dコンバータでアナログ値がデジタル値に変換される際に起こる量子化の様子を示している。10ビットのA-Dコンバータでアナログ入力ポートに21.3mV(19.52mV~24.4mV)の電圧が入力されたときに変換値の‘4’が得られる例。

アナログ・ポートにはA-Dコンバータと呼ばれるアナログ デジタル変換回路が使われています。デジタル入力ポートと同様にプログラム上から特定のレジスタの値を読むことにより、デジタル値に変換された数値として値を読むことができます〔図2-3(a)〕。

ただ、アナログ信号をデジタル値に変換するには、それなりに時間がかかります。実際の操作はA-D

Column ... 1 信号レベル

デジタル回路では電圧の高い低いや電流の有無で信号を伝えます。一般的には5Vを“H”レベル、0Vを“L”レベルとして表しますが、実際の回路では配線の抵抗成分や半導体の特性などの影響でぴったり5Vや0Vになるわけではありません。そこで“H”レベル、“L”レベルともにある程度の余裕をもたせた電

圧の許容範囲が規格で決められています(図2-A)。

種類の違うICを接続する場合はこの範囲が食い違うことがあるため、プルアップなどの対策をしないと正常に信号が伝わらないことがあります(図2-B)。

なお、CMOSタイプのICは電源電圧に応じて各レベルの電圧範囲が変わります。

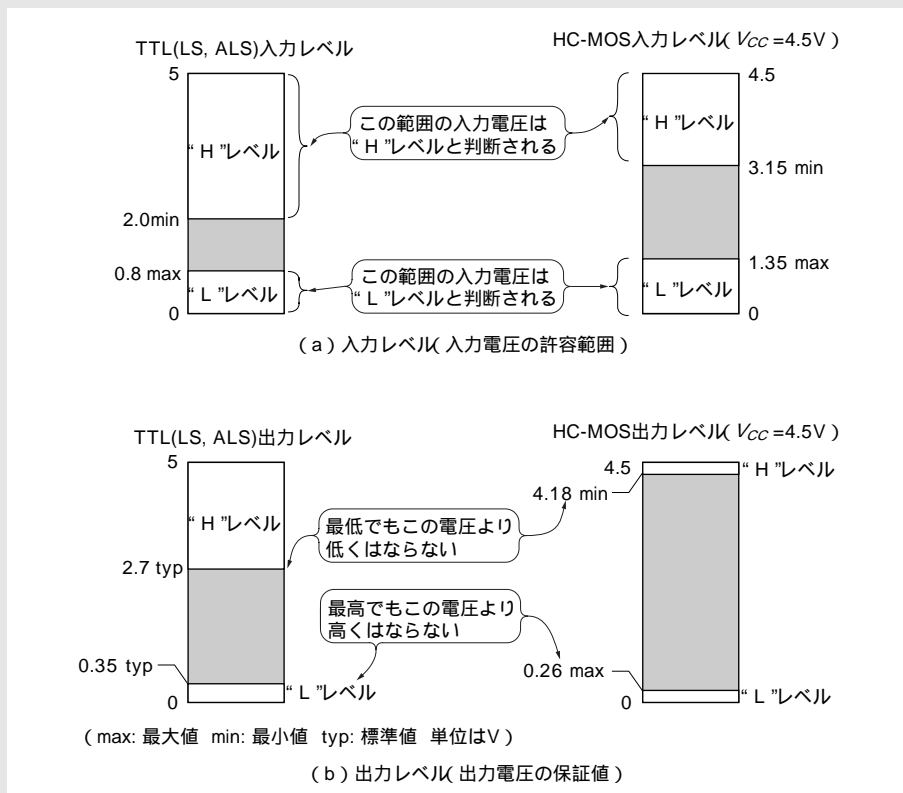


図2-A ロジック・レベル

ICのロジック(論理)レベルを表したもので、電源電圧が同じでもICの種類により有効な電圧範囲が異なることがある。入力レベルは入力される電圧の許容範囲で、出力レベルは出力される電圧の保証範囲を表している。

それぞれの電圧は代表値で、メーカーや測定条件などの違いにより多少変わることがある。

コンバータに変換の指示を出して、変換が終了するのを待ってから値を読み取るという流れになります。

現実には、アナログ値といっても0Vから5Vの間の電圧は無段階、無数にあります。そこで、5Vをある電圧の範囲ごとに刻み、入力されたアナログ電圧がどの範囲に入るかで判断します。このように、アナログ値をある値の範囲で分類することを量子化といいます。また、どれくらいの細かさで刻むかというのを

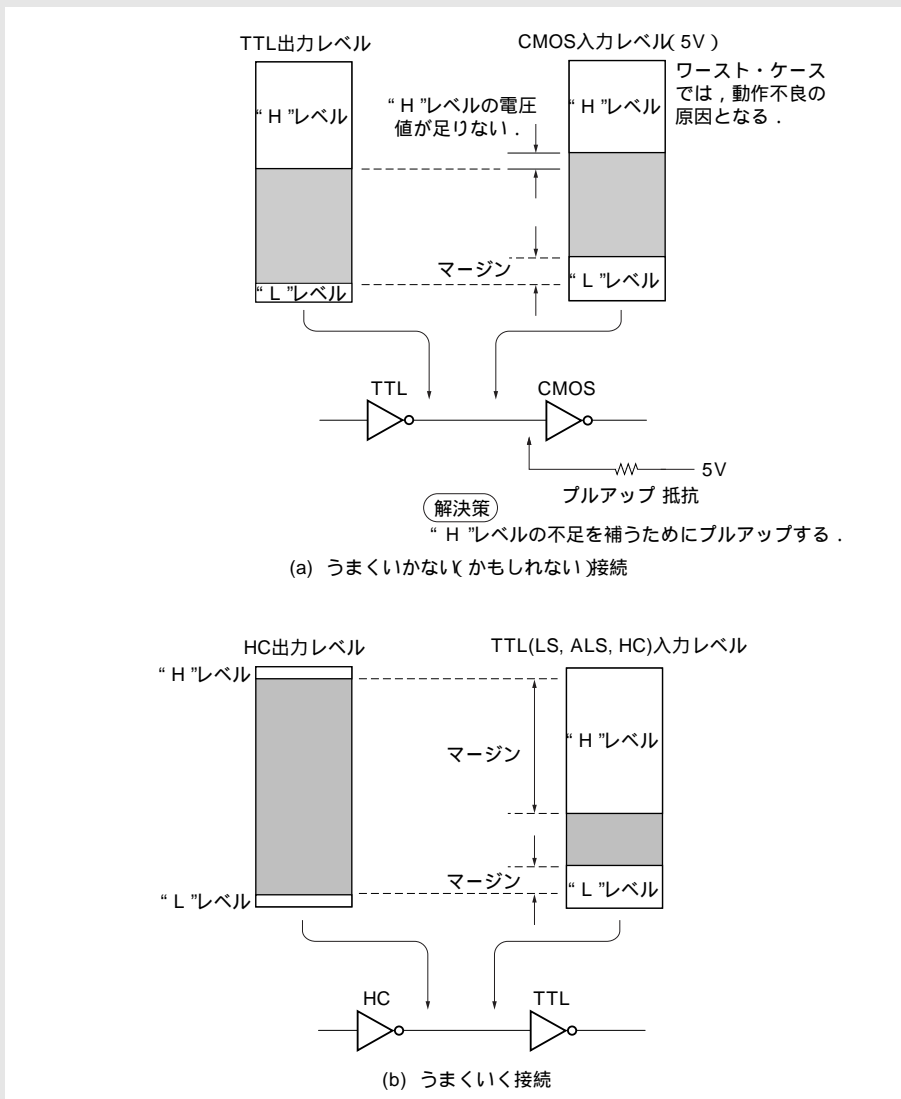


図2-B 違うタイプのICの接続
異種ICを接続した場合のロジック・レベルの比較図。ここでCMOSとあるのはHCタイプではない、4000シリーズなどのノーマル・タイプのもの。

分解能といい、2進数の桁数(ビット数)で表します。PIC18F452の場合は10ビット(2進数で10桁)となっています。10ビットで表現できる数値は2進数で0000000000₍₂₎から1111111111₍₂₎です。つまり5Vを2¹⁰(1024)個に刻めるわけです。入力信号が0Vから5Vまで変化する場合、1ビット当たりの分解能は、

$$\frac{5V}{1024} = \text{約}4.88\text{mV}$$

ということになります。具体的には、アナログ入力ポートの電圧が0V以上4.88mV未満のときはA-D値は'0'、4.88mV以上9.76mV未満のときはA-D値は'1'というようになります(図2-3(b))。

アナログ出力

PIC18F452にはアナログ出力ポートは内蔵されていませんが、A-D変換と対になるものなので簡単に触れておきます。

A-Dコンバータとは逆に、デジタル値をアナログ値に変換する回路をD-Aコンバータと言います。10ビットのD-Aコンバータで最高出力電圧が5Vの場合、デジタル値の'0'は0Vを出力し、デジタル値の'1'は約4.88mVを出力するというようになります。デジタル値を0から1023まで順番に変化させると、出力は約4.88mVごとの階段状に0Vから約5Vまで変化します。デジタル・オーディオではこの原理で音声波形を再生します。

2-3 カウンタ/タイマ

カウンタとは文字通り、数を数えるものですが、具体的にはクロック信号(周期的なパルス信号)や、単発のパルス信号をカウントします。

タイマとはカウンタを拡張したもので、ある回数をカウントし終わったときに何らかの動作をさせるものです。

バイナリ・カウンタ

このアイコンは、章末に用語解説があります

コンピュータで使われるカウンタは2進数で数を数えるため、バイナリ(2進)カウンタと呼ばれています。このバイナリ・カウンタが数えることができる数は最大2ⁿ - 1となります。このnはカウンタのビット数を表し、8ビット・カウンタの場合は2⁸ - 1となり、0から255までの数をカウントできます。

8ビット・カウンタでは0, 1, ..., 254, 255とカウントされ、255の次は0に戻ります。このとき桁あふれ(オーバフロー)が発生していますが、その桁あふれ(桁上り)の回数をさらに別のカウンタで数えることで、カウンタの桁数を増やすことができます。

桁あふれの条件を変えることで10進や8進のカウンタを作ることもできます。たとえば、10進カウンタは9の次でオーバフローして0に戻るようにしたもので、BCDカウンタと呼ばれています。

タイマ

クロック信号(一定周期で発生するパルス)をカウンタで数えさせて、その値が特定の値(T)に達したときに信号が発生するようにしておくと、一定時間の経過を知ることができます。これがタイマの動作です。比較する値(T)を変化させることで、タイマ値(遅延時間)を変えることができます。