

PICマイコンのアーキテクチャ

通常 Microchip社の PICマイコンというと 8bit のマイコンを指すと思います。Microchip社も 16bit、32bit の上位マイコンを出していますが、今回は 8bit の PICについて話をしようと思います。

今回使用する PIC12F635 は 語長14bit です。PIC16シリーズも 語長14bit です。で、その上に PIC18シリーズというのが 有ります。PIC18 は 語長16bit です。

それとは別に、秋月電子のPICマイコンの商品ページで、百円を切る 45円～65円の 安い PIC10Fというシリーズがあるのに 今回、気付きました。これは、語長12bit です。RAMの容量が、異様に少ないです。16byteと 23byte でした。

後閑さんの PIC18の本を 読んで分かりましたが PICには、3つのシリーズが、あるそうです。

- ① **ベースラインシリーズ:** (PIC10F)
12bit命令幅を持つ最初に開発されたマイクロコントローラで、入出力と、タイマ機能だけを持った単機能のシリーズです。今でも使われていますが、PICの世代としては古くなってしまいました。
- ② **ミッドレンジシリーズ:** (PIC12F、PIC16F)
14bit命令幅のマイクロコントローラで、最もよく使われているシリーズです。A/D変換機能やシリアルポート機能など多くの機能を内蔵する物もあって種類も豊富です。
- ③ **ハイエンドシリーズ:** (PIC18F)
16bit命令幅のマイクロコントローラで。文字通り高機能なシリーズです。

特にPIC18Fシリーズは、これまでのPICでやや使い難かった部分を改良して使いやすくなっています。

ちょっと余談になりますが、今回、久々に後閑さんの「PIC18本格活用ガイド」を見ました、充実した内容の本です。但し、アセンブラで使用する事を前提に書かれています。C言語を使う方からすると時代遅れな本と、本のレビューに書いてあるのを見ると ちょっと悲しくなりましたね。

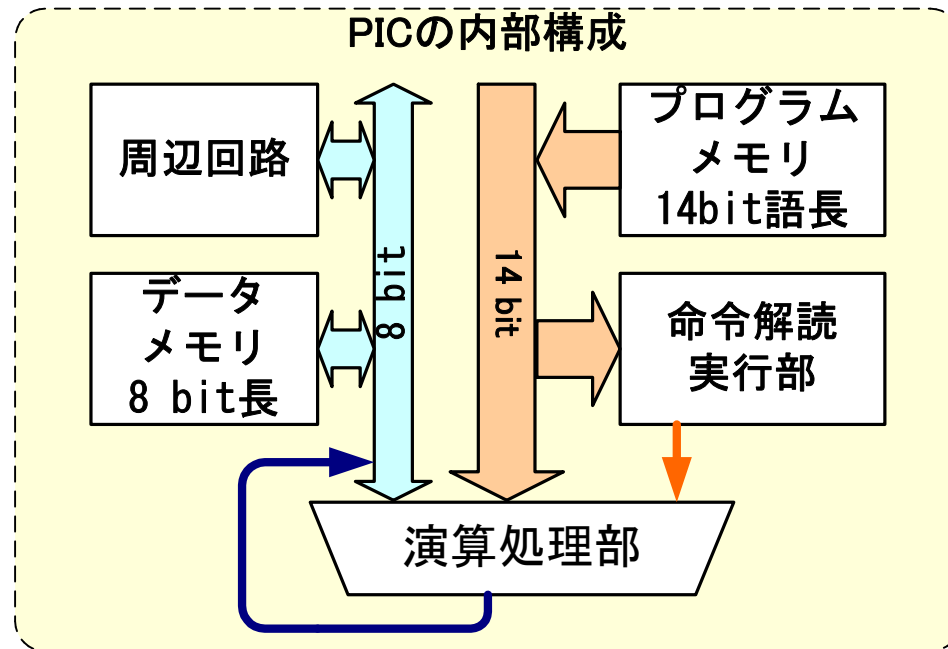
それとは別に、自分で言っておきながら、今回マイコンのアーキテクチャの説明をする事に、どれほどの価値があるのだろうと、疑問を感じ出した部分もあります。
少なくとも 通常パソコン上で、C、C++ や その他の言語でプログラムを作成する時、パソコンのCPUの事は、全く意識しません。

まあ、意識するとしたら OSとのインタフェースとなる、API関数ぐらいでしょうか。
パソコンの場合は、アプリと ハードウェアの間にOSが、あるので、直接 I/Oを アクセスする事は出来ません。またパソコンは、計測制御用途のI/Oも 持っていません。リアルタイム性能も 保障されていません。よって計測制御用途、リアルタイム用途で使うのが、組み込み用ワンチップマイコン という事だ と思います。

実は、このような住み分けは 遥か昔のメインフレームとミニコンとの間でも あったようです。時代は、繰り返しているのかもしれないね。

今回は、3つのCPUの比較レビューなので、アーキテクチャに関しては、深掘りすると時間が全く足りなくなるので、出来るだけ浅くやる事にします。ごめんなさい。

ハーバード アーキテクチャ



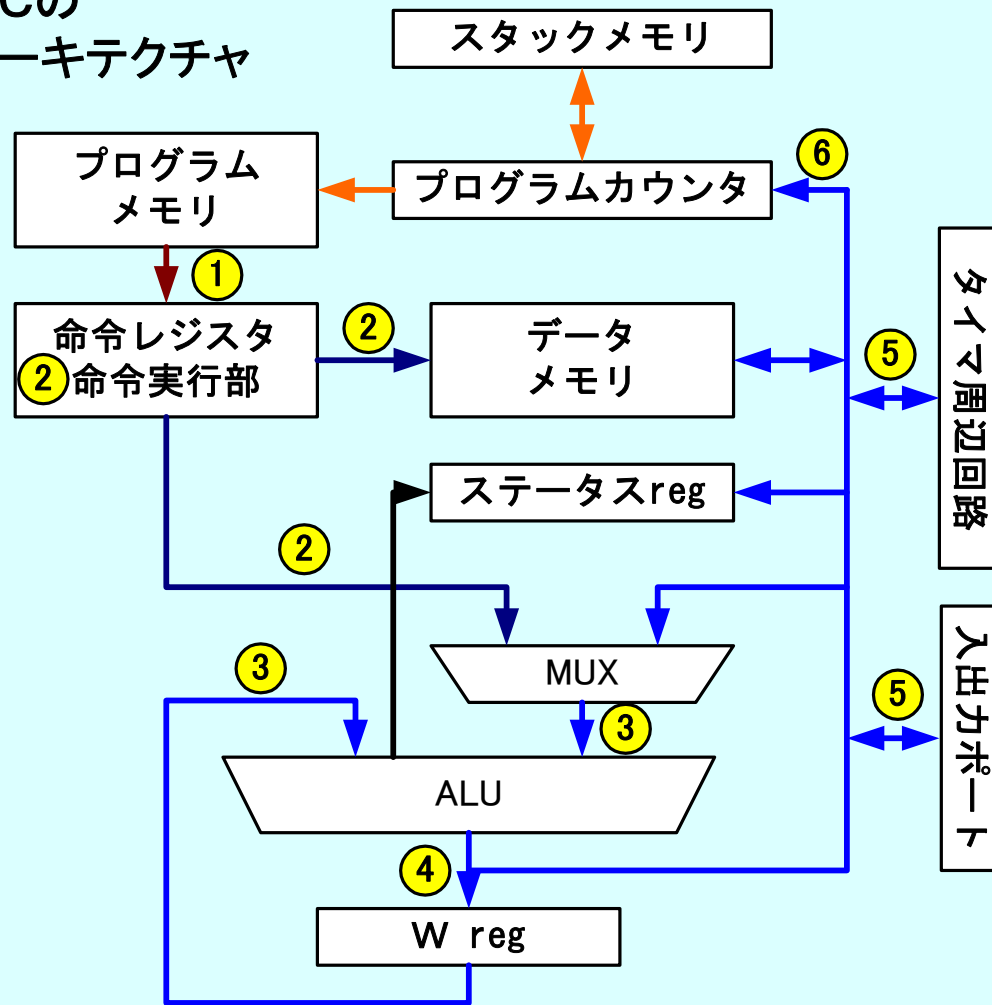
PICのハーバードアーキテクチャは、上の図のように、データ用のメモリと、プログラム用のメモリが別になっており、演算処理部とプログラムメモリ、演算処理部とデータメモリとの間が、それぞれ別々のデータバスで接続されています。

PICアーキテクチャのメリット、デメリット：

このアーキテクチャを採用すると、プログラムメモリが、独立しているので命令のビット長を 任意にする事が出来、全ての命令を1ワードで構成する事が出来ます。こうすると内部構成が簡単になり、小型のマイクロコンピュータでもパイプライン構成などが比較的容易に可能となるため、結果として安いICとする事が出来ます。

このようにメリットが多いPICのアーキテクチャですが、欠点もあります。それは、限定された使い方を前提としていて 全てを1チップ内に納めたため、メモリ規模や命令機能に制限があることです。 小規模の限られた機能の範囲内で使う時には、非常にコストパフォーマンスが良いPICですが、規模が大きくなるに従い、この制限事項のために やや使い難くなってしまいう部分があります。

PICの アーキテクチャ



後関さんの本の一部を引用しました。

- ① 命令のフェッチ
- ② 命令の実行
- ③ 演算データの転送
- ④ 結果の転送、格納
- ⑤ 周辺回路の制御
- ⑥ 次の命令へ

次のページで、
左図の 各ブロックの説明を
行います。

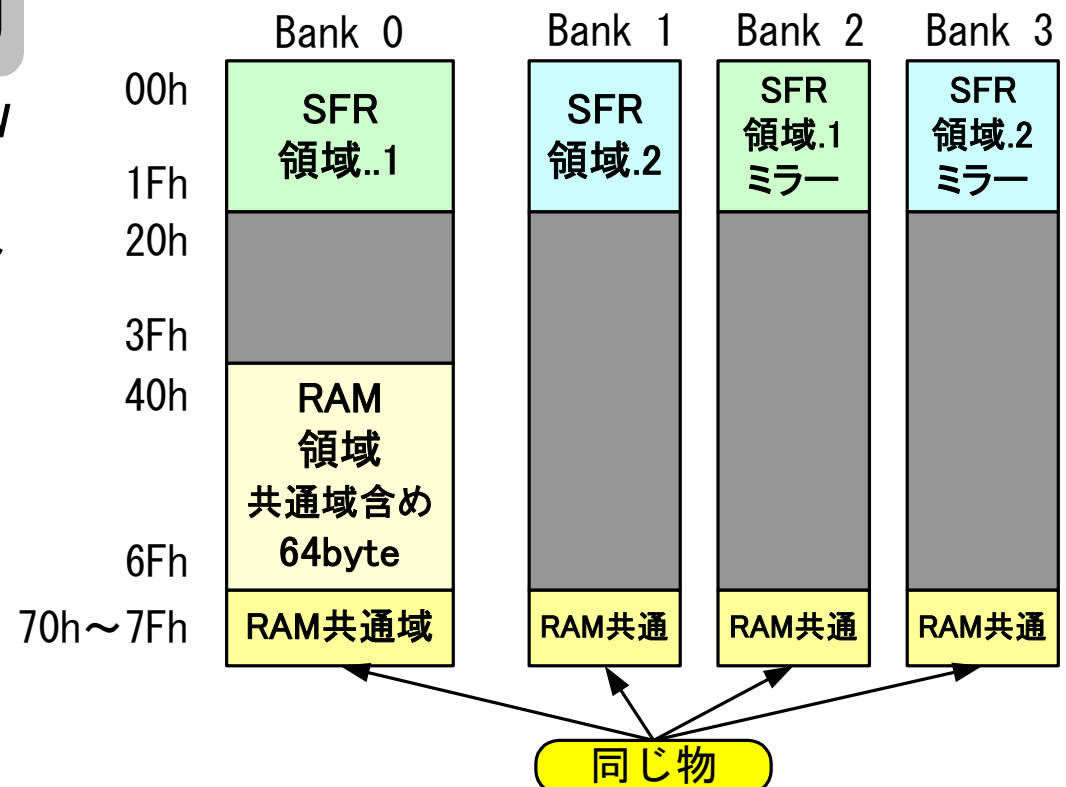
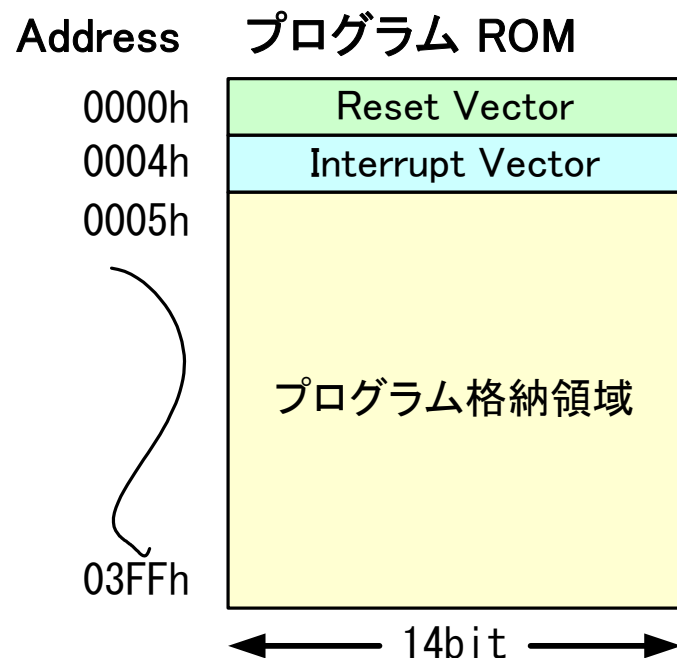
PICの内部ブロックの機能説明

名 称	機能内容 / 動作内容
プログラムメモリ PIC12、PIC14では、14bit語長	プログラムそのものの命令を格納する場所。ここにプログラムを書き込むためには「PICプログラマ(PICライターとも呼ばれる)」という専用の道具が必要となる。
スタックメモリ	サブルーチンや割り込みの戻り番地を格納しておくメモリで、命令では読み書き出来ない。PIC12F、PIC16Fの14bit語長PICでは、8階層までしか積み上げできない。
プログラムカウンタ(PC) 13bit	プログラムの実行を制御するカウンタで、このカウンタの内容がアドレスとなり、そのアドレスで指定されたプログラムメモリにある命令が、次に実行される命令となる。
データメモリ 8bit長	PIC独特のブロックで、2つの領域に分かれている。1つは、汎用のデータ格納領域で、プログラム内で使う変数領域として使う。もう一つは特別なレジスタ領域でSFR(Special Function Register)と呼ばれ、内部周辺回路の動作を決める色々な条件を設定したり、動作状態を知る事が出来る。また入出力ポートもSFRの1つとして定義されている。
STATUSレジスタ	演算結果の状態、Zero、Carryなどを保持するレジスタで、条件分岐などのフラグとして使う。
命令レジスタと 命令実行部	プログラムカウンタが挿すプログラムメモリ内の命令が読み出され、命令レジスタにセットされる。ここで命令の種類の解釈と、それぞれに従った制御指示がなされる。命令ごとに異なる各種の制御や、ALUに演算指示をしたりする事で命令が実行される。

名 称	機能内容 / 動作内容
MUXと ALU	各命令の指示に従ってデータメモリと Wreg の内容との演算がなされるところで、いわゆるコンピュータの中の 計算機に相当する。演算結果は、再度 Wregや データメモリに格納されたり、入出力ポートやタイマ、プログラムカウンタなどの周辺モジュール制御レジスタ内に格納される。
ワーキングレジスタ (Wreg)	演算をするとき必要なデータの一時保管に使うレジスタで、演算の時は中心となって働く。 PIC に 1個だけ存在する。(俗にいう アキュムレータです。)
データバス	命令実行に関係するデータを選ぶための通信路。 8ビットのデータを同時に運ぶ事が出来る。(8本の線で接続されている。)
入出力ポート	コンピュータ内部のデータを外部に出すためのポートで、これが直接PIC IC のピンに 接続されている。

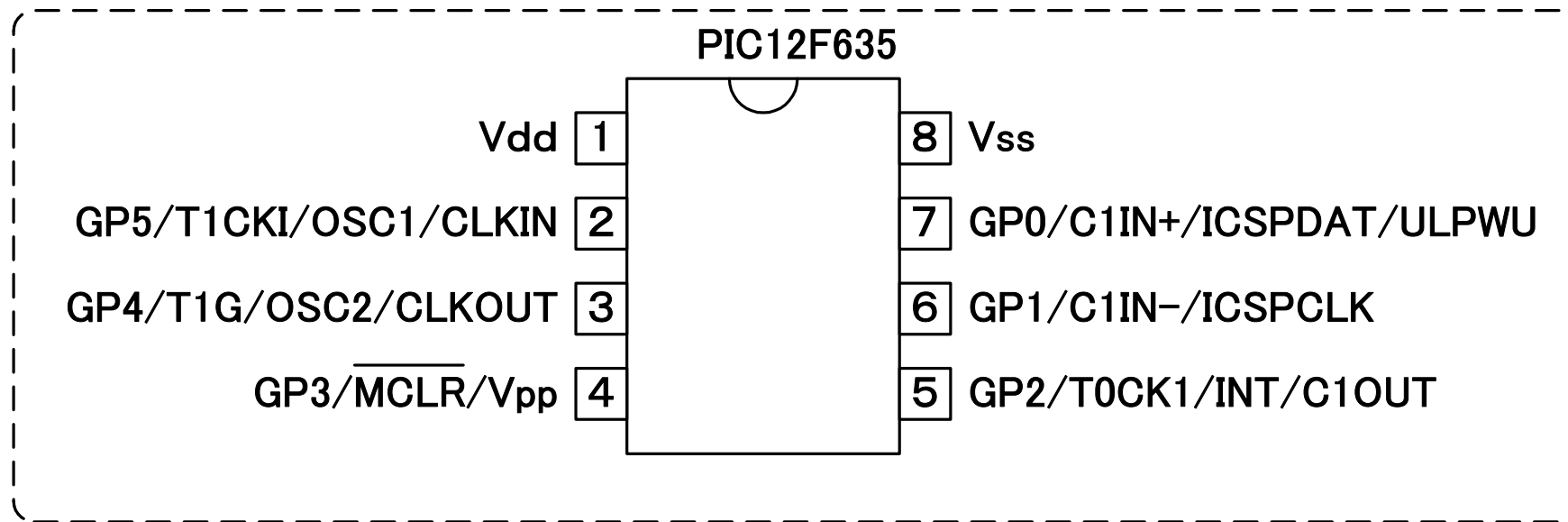
PICの内部メモリの説明

PIC12F635は、プログラム格納ROMが、1KWです。データシートには、General Purpose Register 64 byte と書いてあるので一瞬悩みましたが、通常の RAM の 事です。



PIC12F635は、外部には 20MHzの発振子を接続できますが、8ピンという事を考えると、内部発振器で動かす事になると思います。その内部発信器は、8MHzです。更にデフォルト1/2のプリスケアラが、入っているので CPUクロックは、何もしないで使用すると、4MHzになります。OSCCONの設定を変えれば 8Mhz になります。

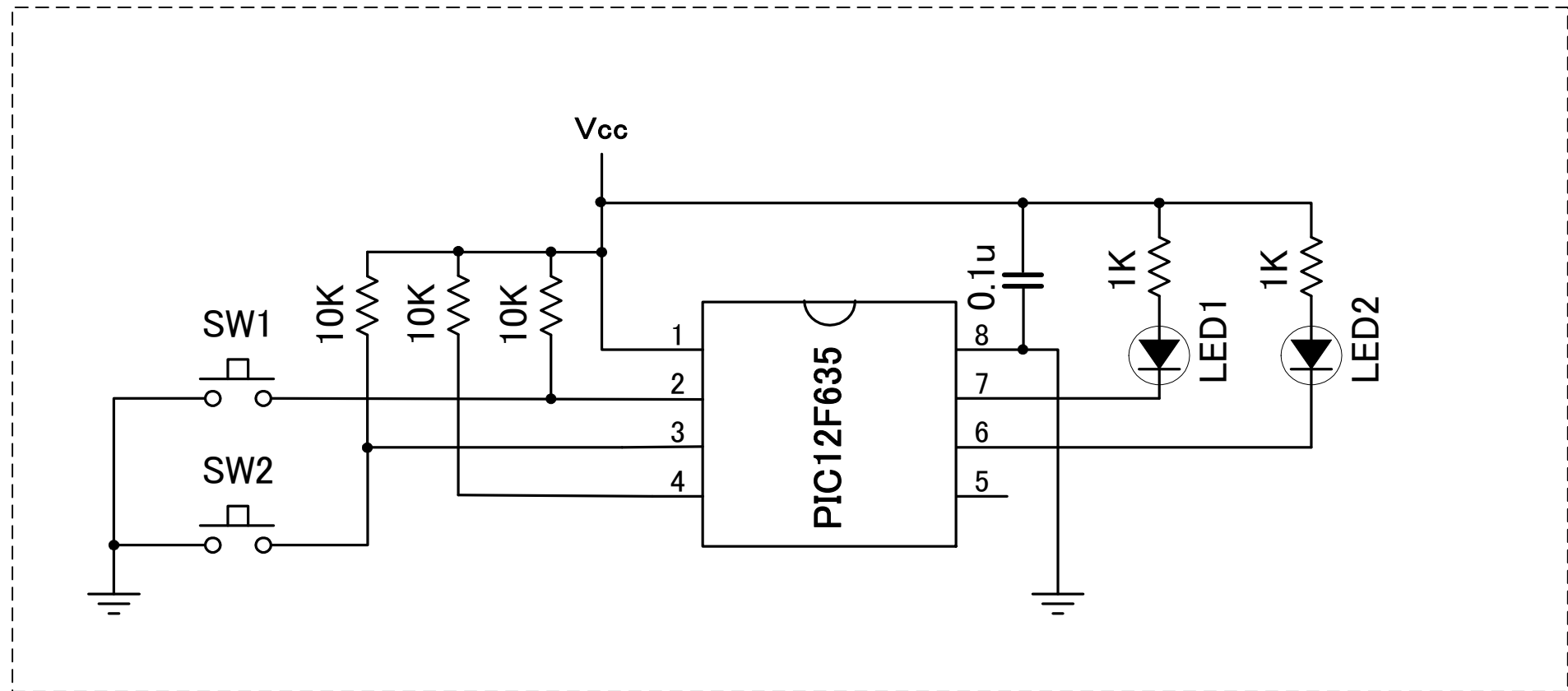
PIC12F635-E/P 足ピン信号



PICマイコンの、地味な特徴を 1つ思い出しました。
出力ポートは、通常のマイコンより電流を多く、流す事が出来ます。通常は、多くても10mAぐらいが限度ですが、PICは、20 ~ 25mA ぐらい流す事が出来るそうです。高速のフォトカプラのドライブするときには良さそうですね。

PIC12F635-E/P テスト回路

入力は 押しボタンスイッチ 2つと、出力は LED 2つの シンプルな構成です。



AVRマイコンのアーキテクチャ

大雑把にいうと、16bitの固定語長で、PIC18シリーズと同じ語長ですが、異なるのは、8bitの汎用レジスタを、何と32本も持っています。

RISC CPUの要件の、固定語調と、多数の汎用レジスタを持ち合わせています。

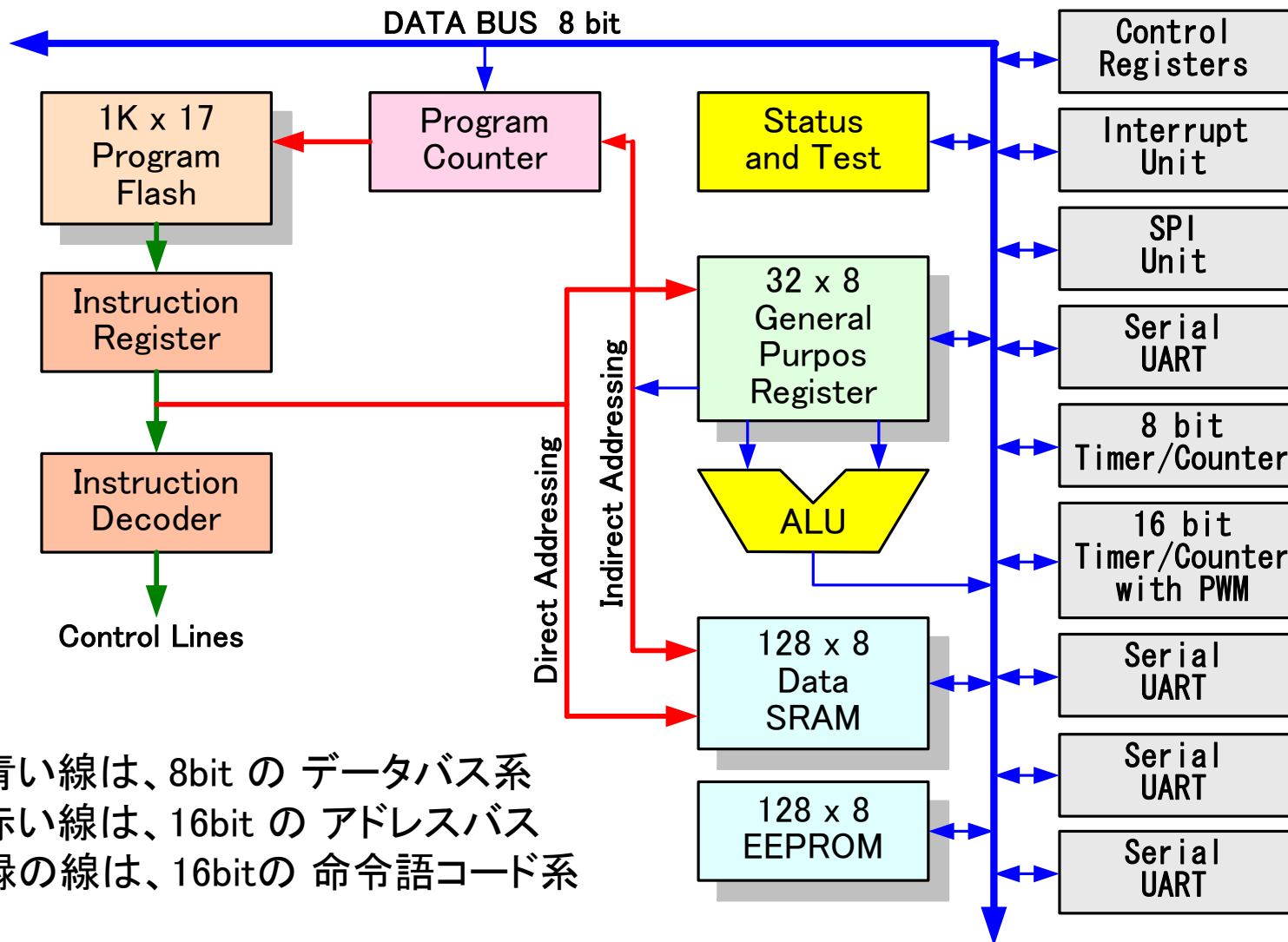
それとは、別にアトメル社のAT90S2313のデータシートを見ていてあれっと思ったのがSRAMの容量が128byteと書いてあります。秋月電子の商品ページでは、RAM 64byteと書いてありましたが、どちらが本当なのでしょう。多分、アトメル社のデータシートが正解でしょう。それと、AT90S2313は、外部発振子は、最高10MHzが接続出来ますが、内部発振器は、8MHzです。で、PICの時と同様でプリスケアラで、1/8の設定でCPUクロックは

1MHzで、出力されるとの事です。この大元のクロック分周の設定をどこでやっているのかは、周辺回路のレジスタをだいぶ探して無いなと、思っていたら、ヒューズローバイトの設定にありました。PICの場合も同様の設定がありますが、PICの場合は、アセンブラソースの先頭に記述します。

それに対してAVRマイコンの場合は、AVRライターの画面上で設定するようです。各項目のチェックを、付けたり外したりする事で設定するようです。

AVRマイコンのアーキテクチャから、逸れた話しになりすみません。

プログラムを作られる方にとっては、このような話も必要と思い書きました。



青い線は、8bit の データバス系
 赤い線は、16bit の アドレスバス
 緑の線は、16bitの 命令語コード系

32個の 8bit汎用レジスタの 先頭 R0 から R25までは、データレジスタとして機能し、**R27-R26(X)**と、**R29-28(Y)**と、**R31-R30(Z)**は、16bitのポインタレジスタとして機能する。特に **Z レジスタ**は、**Program領域**をアクセスするポインタとして機能する。

R0	
R1	
R2	
...	
R27	R26 (X)
R29	R28 (Y)
R31	R30 (Z)

AVRマイコンの RAM領域は、PICの様なバンクアクセス方式ではなく、16bitのポインタレジスタを使える事から、リニアアドレスと思われます。

命令語のアドレス指定の説明を見ると、データ直接アドレス指定では、16bit語長 2語命令で 1語目が、オペコードと 送り先レジスタ指定で 2語目の 16bitが、RAMメモリのアドレスとなるようです。 もう一つ、間接アドレス指定があり X、Y または Z ポインタで メモリをアクセスする事が出来ます。 また、X、Y、Z ポインタを デクリメントしてから、データをアクセスしたり、逆に データをアクセスした後に インクリメントする命令もあります。

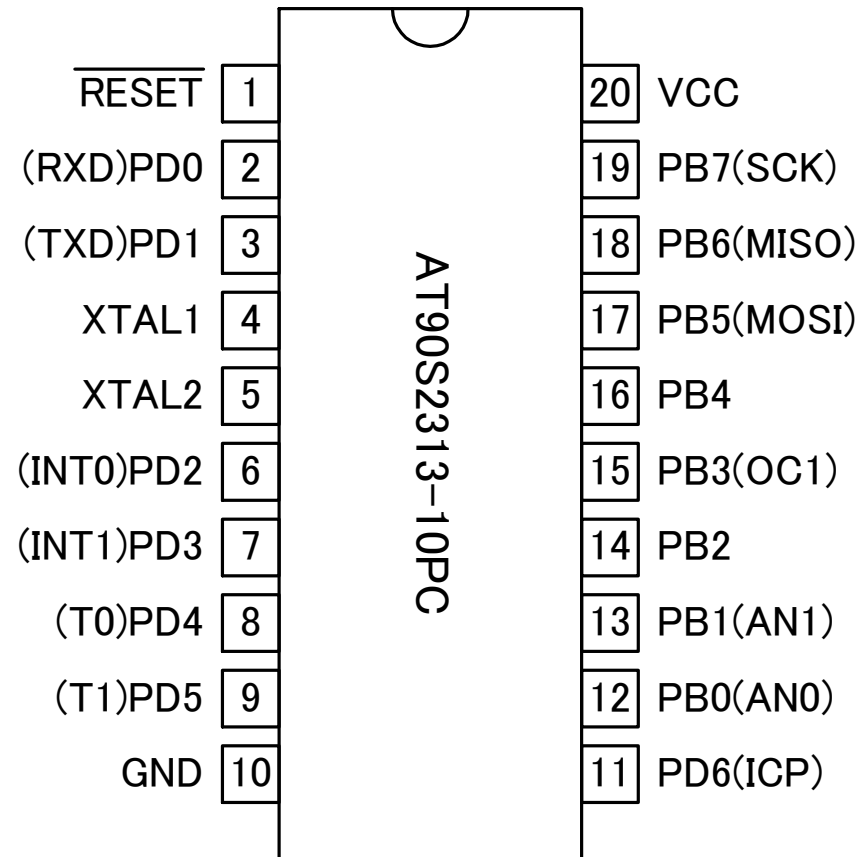
RISC CPUの割には、命令数が、やや多いですね。 オペコードの数は 126 個 でした。
14bit語長の PICは、命令数は 35だったと思います。

AVRマイコンの高性能は、汎用レジスタが、32個と多数ある事を 説明しておられる方が多いですが、それ以外に 地味な事ではあります。 メモリの リニアアドレスと、命令体系を見たとき、アドレッシングモードの、考え方がしっかりしていると思います。

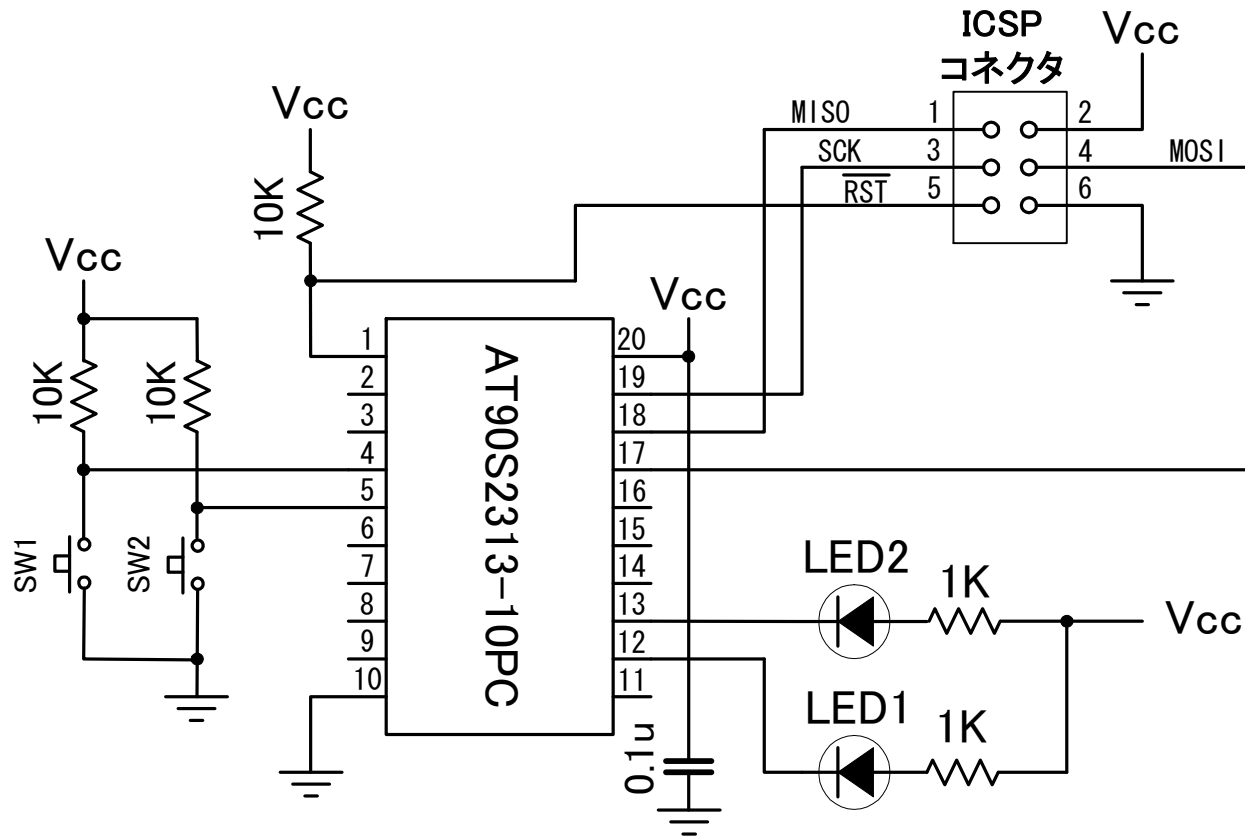
これは、C言語の Object Code を AVRマイコンに乗せる時、載せやすいというか、プラスに働くと思います。

Arduinoなどで、高度なメカコントロールを行うスケッチが、整然と動くのを見ると、AVRマイコンの Cコンパイラは、バグが 殆どない。といえる状況なのかな。 と思います。

AT90S2313-10PC ピンアサイン



AT90S2313-10PC テスト回路



このテスト回路も、PICと同様、押しボタン2つと、LED表示2の シンプルな回路構成です。

PICの回路と異なるのは6pinの ICSPコネクタを 付けている事です。

R8Cマイコンのアーキテクチャ

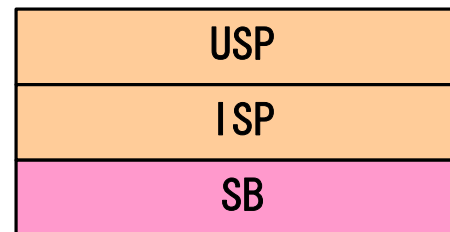
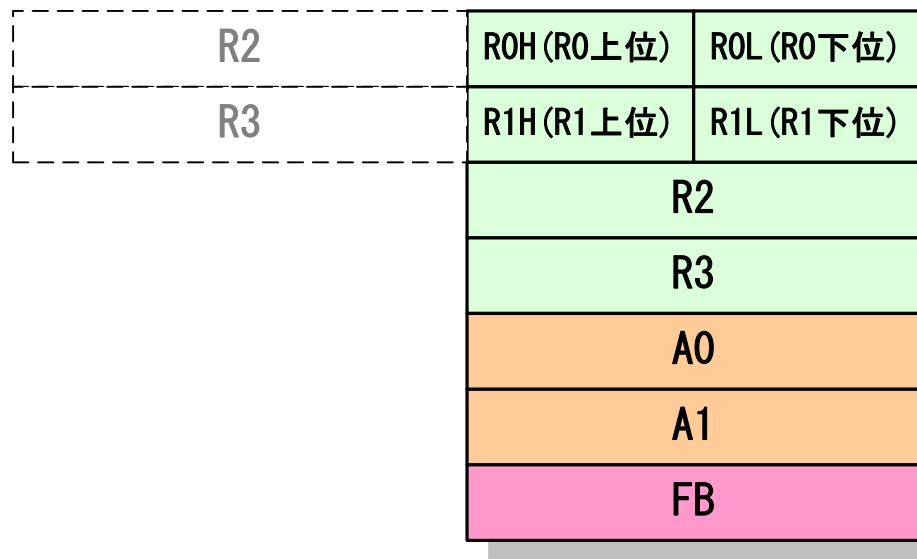
次は、R8Cマイコンです。M120AとM110Aは足ピン本数以外は、全く同じ仕様なので、R8Cマイコンとして説明します。他の2つのマイコンと異なるのは、16ビットコアのCISC CPUです。よって命令体系はインテルのi8086系と同じバイト単位の可変長命令です。ROM、RAM、周辺回路と接続されるデータバスは、8bit幅です。16bit整数のメモリ格納順序は、下位バイト、上位バイトの順に格納するリトルエンディアンです。レジスタは、データレジスタがR0、R1、R2、R3の4本の16bitレジスタを持ちます。アドレスレジスタがA0、A1、FBの3本があります。R0はR0HとR0L、R1もR1HとR1Lと2本のバイトレジスタとして分けて使う事も出来ます。

それとアドレスレジスタのA0、A1は通常のポインタとして使います。FBは、フレームベースレジスタで、多分C言語のスタックに形成するAuto変数のベースレジスタとして使うレジスタと思います。そして、これら7本1組の16bitレジスタは、裏レジスタとして、もう1組あります。2組、同時には使えません。

これは、割り込み処理にて、通常、レジスタの内容を割り込み処理で壊さないように、必要なレジスタの値を全てスタックに積み上げて、割り込み処理を行い、割り込み処理が終わったら、スタックに積み上げているレジスタの値を、レジスタに戻します。が、裏レジスタを使うと、1命令で（FLGレジスタのBフラグを操作する）瞬時にレジスタセットが切り替わるので、高速な割り込み応答が可能になります。但しこの場合、多重割り込みには、対応出来ません。

それと、R2:R0 と、R3:R1 の 2本の 32bitレジスタとしても使えます。

R8C CPUコアの レジスタ構成です。



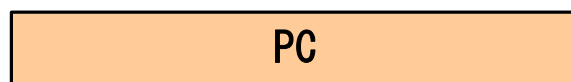
ユーザスタックポインタ
割り込みスタックポインタ
スタティックベースレジスタ

データレジスタ

影が、裏レジスタの範囲です

アドレスレジスタ

フレームベースレジスタ



プログラムカウンタ



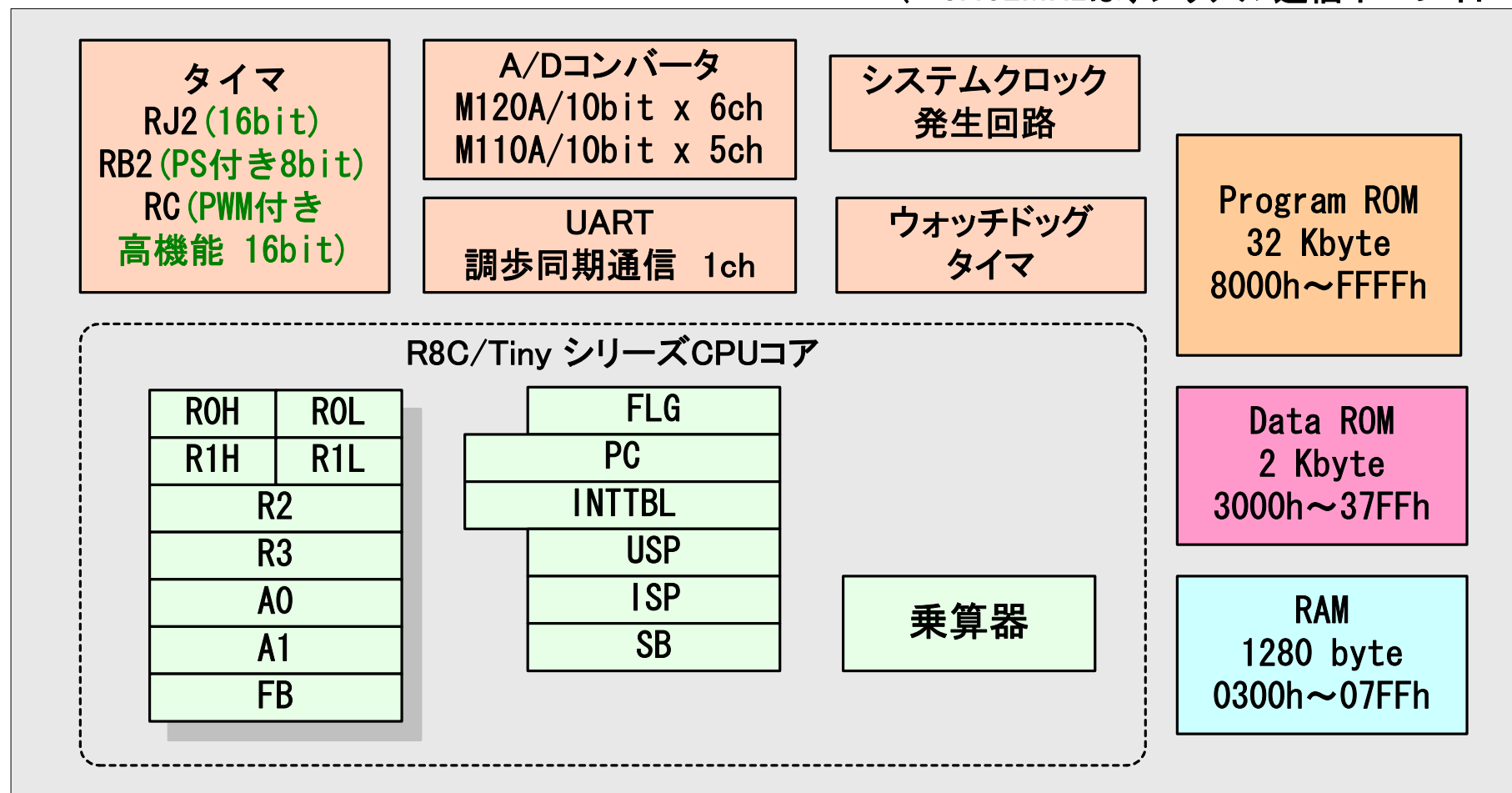
フラグレジスタ



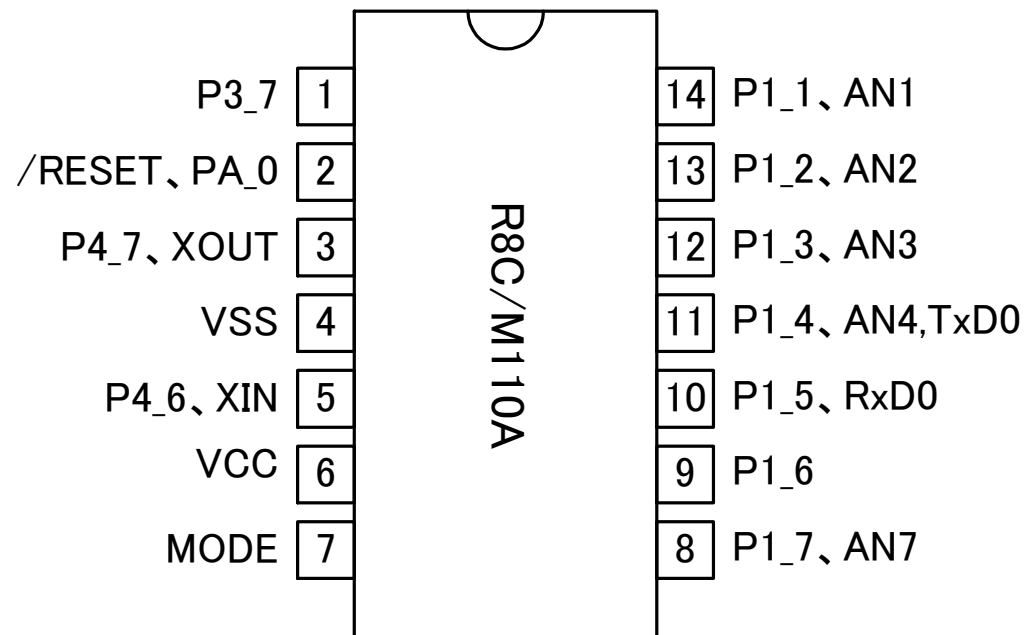
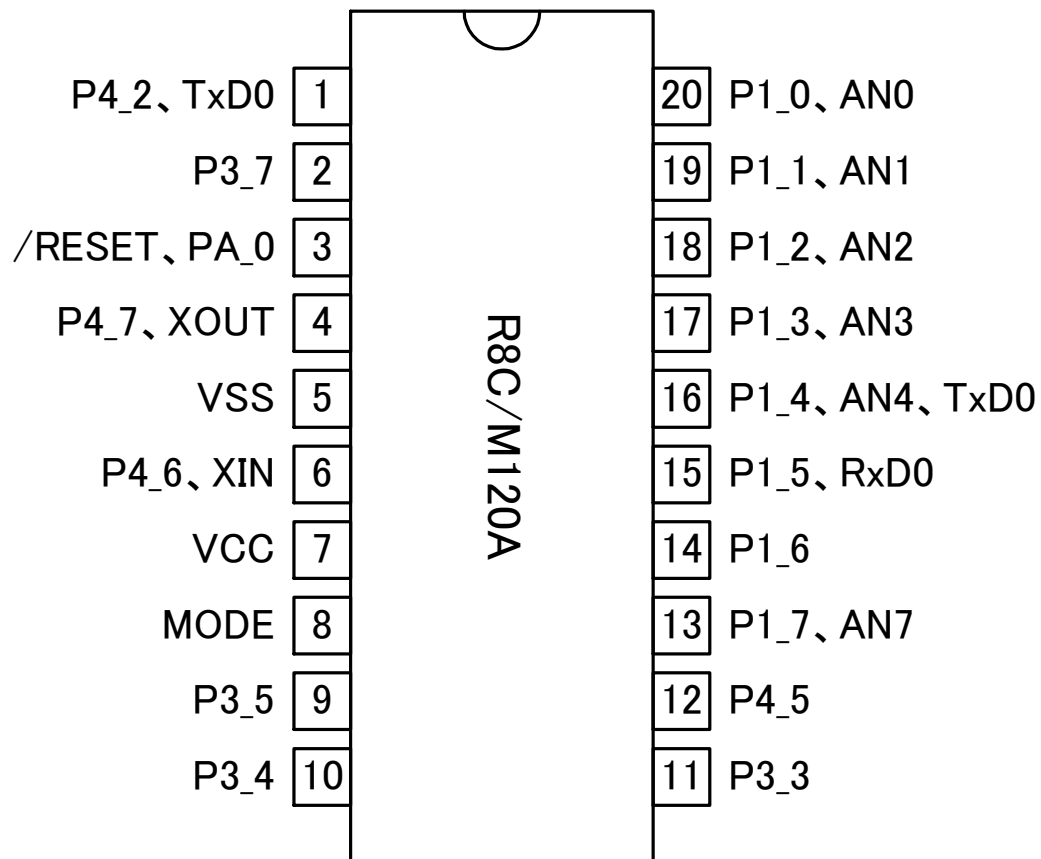
割り込みテーブルレジスタ

R8C/M1シリーズマイコン ブロック図

内部発信器は、デフォルト 125KHz、高速発振器は、20MHzか、18.432MHz を選択可能。
(18.432MHzは、シリアル通信ボーレートの倍数)

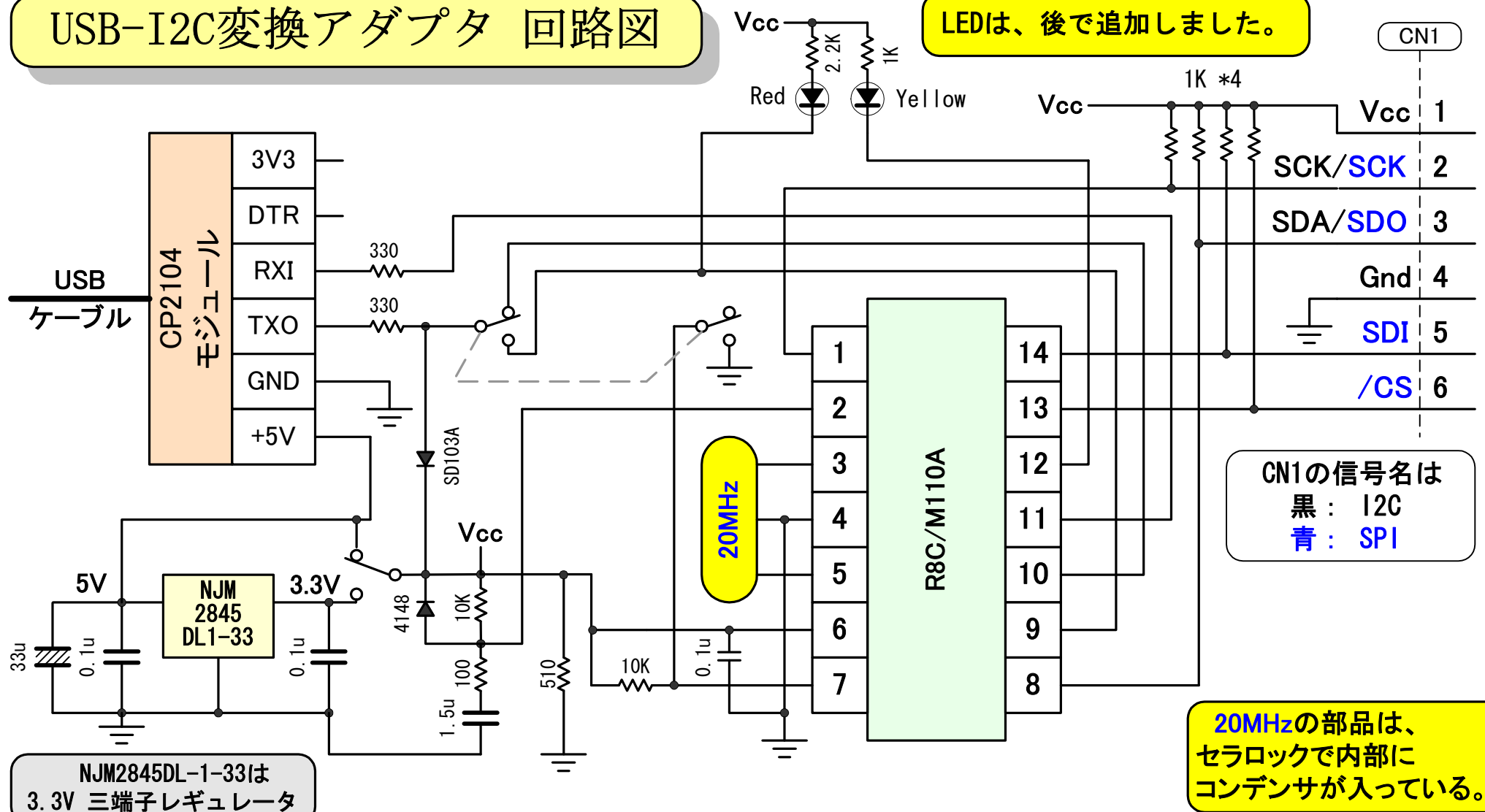


R8C/M120A、M110Aのピンアサイン



ピンの機能表示は、代表的な一部の機能名称だけ表示しております。
よって、まだ機能はあります。

USB-I2C変換アダプタ 回路図



USB-I2C変換アダプタ基板 完成画像

