

マイコン・システムのしくみを基礎から理解する

## 6502 マイコン・ボード製作記

〈第2回〉6502 マイコン・ボードの仕様

桑野 雅彦  
Masahiko Kuwano

### 便利なワンチップ・マイコンの落とし穴

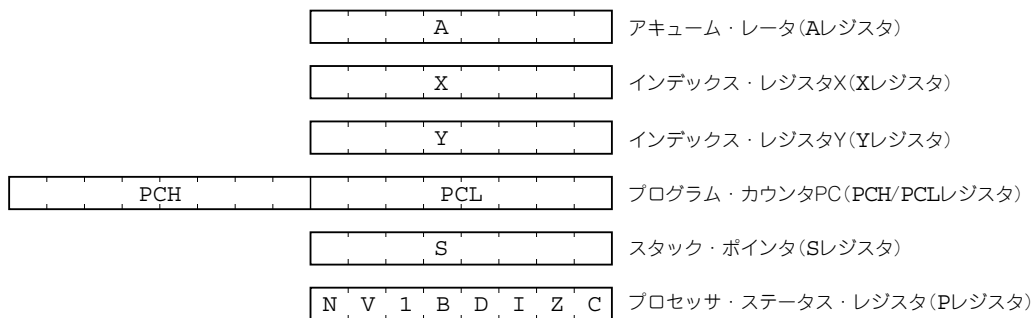
今ではマイコンと言えば、ワンチップ・マイコンを指すことがごく普通になっています。CPU コアにROMとRAM、基本的なI/O類をすべて内蔵させたワンチップ・マイコンは、安価で省スペース、ISSP (In-System Serial Programming) 対応で、ものによってはJTAGを使ったデバッグさえも珍しくありません。

ハードウェア的にも、CPU、ROM、RAM、そしてI/Oという基本部分が動くことはメーカが保証しているので、電源ピンやリセット・ピンなどの処理さえまちがえなければ、書き込んだソフトウェアが確実に動作するというのもありがたいところです。

開発ツール類も、無償版、あるいは比較的安価な統合開発環境、モニタ・プログラムなどが提供されており、ものによっては無償ツールにシミュレータまで添付されているので、実機がなくてもかなり細かい部分までデバッグが行えるなど、まさに至れり尽くせりです。

実用ということを優先するならばこのような進歩は当然のことですが、反面あまりにもお膳立てが整いすぎていることや、マイコン内部がブラックボックス化されていることに物足りなさ、歯がゆさを感じている方も少なくないのではないのでしょうか。

CPUのメモリ空間をどう割り振り、どの程度のROMやRAM、そしてどんな種類のI/Oを接続していくのか、CPUのバスにメモリやI/Oをどのようにして接続するのか、リセットが解除されてからCPU



N: ネガティブ・フラグ(1: 負)  
 V: オーバーフロー(1: 演算オーバーフロー発生)  
 1: '1'に固定  
 B: BRKコマンド(1: BRK命令による割り込み, 0: IRQB端子による割り込み)  
 D: デンマル・モード(1: BCD演算モード, 0: 2進演算モード)  
 I: IRQBディセーブル(1: IRQB端子割り込み禁止, 0: IRQB端子割り込み許可)  
 Z: ゼロ(1: 演算結果がゼロ)  
 C: キャリー(1: キャリー/ボロー発生)

図2-1 6502のレジスタ構成

### Keywords

CPU, ROM, RAM, I/O, モニタ・プログラム, 8ビット, 6502, Western Design Center, WDC, AM29F010, HM628128LP-10, 16550

がハードウェア的にどう動くのか、割り込みが入るとどのように動作するのかなど、ワンチップ・マイコンでは経験したり調べたりすることが不可能な領域があります。

かつてはZ80をはじめ、DIPパッケージのCPUがパーツ・ショップの店頭でも簡単に入手できたものですが、今や見る影もありません。メーカーの製品群を見ても、CPU単体の製品はシリーズのなかでも高性能をうたうものが大半で、パッケージも数百ピンのBGAなどおおよそ個人で気楽に使えるようなものではなくなくなってしまいました。

## DIPパッケージの 8ビットCPU 6502

世の流れでしかたがないのかと何気なくインターネットを検索していたところ、なんとWestern Design Center(WDC)社が、往年の8ビットCPU 6502や16ビット拡張版である65816のDIPパッケージを作っているのを見つけました。

大昔の製品そのものかと思っていたのですが、データシートを見るとなんと更新日付が2004年です。プロセスの進歩の恩恵を受け、電源電圧はなんと1.8Vまで下げられます。

一方、最高動作クロックは+5V動作時に14MHzと、このクラスの単体CPUとしてはずいぶんと高速になっています。スタティックな設計がなされているためクロックを完全に停止させることもできますし、クロックを1MHzまで落として動かせば150μAという低消費電力です。

なにより40ピンのDIPパッケージでユニバーサル基板でも簡単に扱えるというのがうれしいところです。

## 8ビットCPU 6502の歴史

6502は1975年、MOS Technology社(略してモステックとも呼ばれる)で開発された8ビットCPUで、ロックウェル社などにライセンスされ、互換品もリリースされました。

6502の開発を行ったのは、もともとモトローラ社で6800を開発していたグループです。当初6800とコンパチブルな6501と呼ばれる互換CPUを作ったものの、モトローラ社から訴えられたことから互換性を捨て去り、新たに設計されたのが6502です。6502を普及させるために、Chuck Peddleによって設計されたワンボード・コンピュータがKIM-1です。回路図は下記URLで公開されています。

<http://www.6502.org/oldmicro/buildkim/kim.gif>

6502の当初の価格は25ドルで、200ドル弱もした

6800や8008(インテル社の8080の前身となった8ビットCPU)に対して圧倒的に安価であったにもかかわらず、1命令当たりのクロック数は少なく、高速な処理が可能でした。また、ゼロ・ページ・アドレッシングと呼ばれる独特のアーキテクチャの導入によって、シンプルなレジスタ構成からは想像できないほど自由度が高く、テクニックを駆使したプログラミングが可能でした。また、未定義命令が数多く存在したことから、マニア心をくすぐる部分も多いCPUでした。6502のレジスタ構成を図2-1に、内部ブロックを図2-2に示します。

米国では、元祖パーソナル・コンピュータとも言えるApple社のAppleII(“2”をIIと表記していた)をはじめ、Commodore社のPET/CBM(Check Peddle氏の設計)、VICシリーズ、Commodore64、ゲーム関係で有名なAtari社のAtari400/800など、さまざまなパソコンに採用されました。国内では任天堂のファミリーコンピュータに一部の命令を削ったサブセット版が使用されましたが、パソコンではザイログ社が開発したZ80やモトローラ社の6800や6809など、インテル、ザイログ、モトローラ系が主流だったのとは対照的であったと言えるでしょう。

その後投入された6502アーキテクチャをベースに、16ビットに拡張された65816は、AppleIIの上位機であるAppleII/GS(今度は2がIIになった)や任天堂のスーパーファミコンなどに採用されましたが、世の中はすでにZ80から8086へと流れており、大きな動きがあることもなくすっかり話題になることもなくなっていました。

しかし、今回の入手先である米国のWestern Design Center社ではいまだにDIPパッケージのW65C02やW65C816のほか、ペリフェラルを取り込んだマイクロコントローラ、I/OチップであるW65C22などを作り続けていたのです。また、実は国内でもルネサステクノロジの旧三菱電機系M7534ファミリ、M740ファミリ、M7900など、6502や65816のアーキテクチャを踏襲したCPUやマイクロコントローラが存在しています。

同時代に生きた6800や8080、Z80、6809などの単体CPUが次々に姿を消していったなかにあって、6502は「どっこい生きてたCPU」だったのです。

## 6502マイコン・ボードの仕様決め

今回は、6502を使ったマイコン・ボードを実際にして試すことができるということを考え、次のような基本方針を立てました。

- ・ハードウェアを極力単純にする
- ・論理回路にFPGAやCPLDなどは使わず、74