

H8-MPUを知る

マイクロコンピュータを知る / H8シリーズ / H8-MPUのバス信号 / H8の割り込み処理 / 入出力ポートの利用

マイクロコンピュータと呼ばれるものがこの世に生まれて30年です。i4004が1971年末に、米インテル社から発表されました。当時卓上電子計算機(電卓)の開発ブームにあり、演算用集積回路の汎用性を高めるための産物でした。

現在、我々の身の回りでは、パーソナル・コンピュータのように、マイクロコンピュータ・チップが顕在的に利用されているものから、テレビ、ビデオ、エアコン等々の制御に利用されているように、目に見えない形での利用が多くなっています。30、40年前には、「家庭内で扇風機、ジュースなど家電製品にモータが何台あるか。10台以上あれば文化的な生活」という冗談もありましたが、今では「家庭内にマイクロコンピュータ・チップが何個」という時代になっています。

この章では、マイクロコンピュータのチップの機能を、日立製作所製H8を例として解説します。

マイクロコンピュータを知る

マイクロコンピュータって何

マイクロ(μ)とは、 10^{-6} 単位の接頭語として利用されます。また顕微鏡は英語でマイクロスコープ(micro-scope)です。ミクロの世界などともいいます。

1960年代の後半には、ミニ・コンピュータと呼ばれるものもありました。我々がミニサイズなどと使うミニで、小さいという意味です。しかしマイクロはもっと小さいのです。極小ともいいたいでしょうか。

世界初のコンピュータ、エニアック(ENIAC: electronic numerical integrator and computer)がペンシルバニア大学で作られたのが1946年といわれています。第二次世界大戦終戦直後でしたが、当時国防省が同大学に開発を依頼した目的は弾道計算だったともいわれています。真空管18,800本を使い、消費電力は140 kW、大きさも全長30 m、総重量30トンもあったということです。

そして、20世紀後半は、半導体の進化・進歩の激しい半世紀でした。トランジスタが生まれ、大きい卓上ラジオが携帯用ラジオに変わりました。さらに最後の四半世紀は、急速に集積回路の時代になりました。今や携帯用ラジオはポケット・ラジオやカード・ラジオです。携帯電話もあれだけの大きさに、これほどまでの機能が、と驚くばかりです。

マイクロコンピュータの話に戻りましょう。エニアックから始まるコンピュータの歴史が、この半導体の進化の歴史と重なっているのです。しかも相乗効果でお互いの進歩を助長しあってきたといっても過言ではないでしょう。

一般にマイクロコンピュータとは、CPU(Central Processing Unit:中央処理装置)やメモリ (memory), I/O(Input and Output:入出力装置)などを、1チップ(chip)から数チップで構成したコンピュータを呼びます。すべてを1チップに収納したものはシングル・チップ・コンピュータとも呼ばれます。後述しますが、H8-MPUはシングル・チップ・コンピュータといえます。そしてCPU機能を含んだ部分はMPU(Micro Processing Unit)とも呼ばれます。

チップ(chip)というのは、「かけら」の意味です。半導体を作る際に、通常は直径数インチの円盤の上に複数個作成し、それを数ミリ角の「かけら」に切って利用することから、この呼び名があります。

マイクロコンピュータが出現する以前においては、このチップがもっている機能は、トランジスタやICで構成されたプリント基板であり、あるいは一つの筐体装置でした。

コンピュータとカリキュレータ

マイクロコンピュータ生誕の目的は卓上電子計算器(calculator)でした。通常電卓などと呼ばれますが、この電卓とコンピュータの違いは何でしょう。電卓でも入力(テンキー)、出力(表示)をもっていますし、メモリをもっているものもあります。

基本的な違いは、ストアド・プログラム(stored program)方式かどうかということです。プログラムというのは「処理の手順」のことですし、ストアドというのは、「すでに格納されている」という意味です。ですからコンピュータと呼ばれる器械は、処理の手順が、処理に先立って予め格納されている器械ということです。一方電卓の方は、最近では高機能で、ある程度の処理を記憶しておけるものもありますが、処理の手順をそのつどキーを押して入力するような器械のことです。前述のエニアックもストアド・プログラム方式の1号機という意味です。ストアド・プログラム方式の器械を、発案者von-Neumannにちなんで、ノイマン型コンピュータなどともいいます。プログラム内蔵式、逐次処理方式のコンピュータを意味しています。

マイクロコンピュータの歴史

1971年に米インテル社からi4004が発表されて以来、半導体の高集積化の進展とともに、マイクロコンピュータも急速に進化しました。もちろん世の中のニーズ(needs:必要性)とマッチしたわけですが、その理由は、小型・少容積で、フレキシブルな機能が実現できたからです。同じマイクロコンピュータのチップを利用して、プログラム、狭い意味でのソフトウェアを変えることによって、別の機能が実現できることです。ソフトウェアによって、機能の論理が構成できることから、ソフトウェア・ロジックなどとも呼ばれています。

マイクロコンピュータの生誕時は、4ビットでした。その後8ビットの時代が長く続きました。しかし利用目的によっては4ビットで充分、あるいは4ビットの方が利用しやすいという分野もあり、4ビット・パスのものも並行して利用されていました。

上位については、16ビット、32ビットとパス幅を広くし、そしてまた動作クロックも高速になってきました。一時の小型コンピュータを遥かに凌ぐ性能になっています。しかし底辺を支える組み込み専用のカスタム・マイクロコンピュータも健在で、応用範囲の広がりと同比例して、機種・機能の幅も広がっています。

そして、ここ数年、往年の8ビット機が続々と姿を消し、代替わりが激しくなってきました。今まで培われてきたマイクロコンピュータの利用技術と、半導体の集積化技術が相乗効果を発揮し、ますますその応用分野を広げ、まわって利用技術そのものをさらに高めている今日です。

H8シリーズ・マイクロコンピュータというのは、(株)日立製作所が発売しているマイクロコンピュータの総称です。8ビット系のH8/300やH8/300L、16ビット系のH8/300H、同じく高性能版のH8S/200シリーズなどがあります。

これらのシリーズは、核となるCPUの部分は同じ機能をもっていて、命令語などは基本的に共通です。利用目的に合わせて、メモリが大容量化できたり、高速化されていたり、逆に小規模な応用に向くように、機能を限定したりと、ファミリがそろっています。H8/3048FはH8/300HシリーズのCPUを搭載した、8ビット/16ビットのCPUです。

本書では最もポピュラーな、H8/3048Fを例としてとりあげます。このMPUは価格も手頃で、キットとしても市販されていますので入手も比較的容易です。入門として実験に利用するには、現在市販されているマイクロコンピュータの中では最適といえます。

H8/3048Fにはフラッシュ・メモリが128 Kバイト、RAMが4 Kバイト内蔵されています。フラッシュ・メモリは書き換え可能なROMです。この内蔵ROMを無効にして、外部に付加したROMで動作させることもできますが、内蔵のROMを利用すれば、小規模なシステムをコンパクトに構成することができます。以下本書ではH8/3048FをたんにH8-MPUなどと略記します。

2.2.1 H8/3048Fの構成

この世代のマイクロプロセッサは集積化が進んでいて、一つのチップの中に、CPU、メモリ、周辺装置まで搭載されています。図2.1(p.50)にH8-MPUの内部のブロック・ダイアグラムを示します。非常に複雑に見えます。以下各部分の機能を簡単に解説します。詳細については、実際の応用例で解説します。

H8/300H CPU

このLSIの中核となる、MPUの部分です。

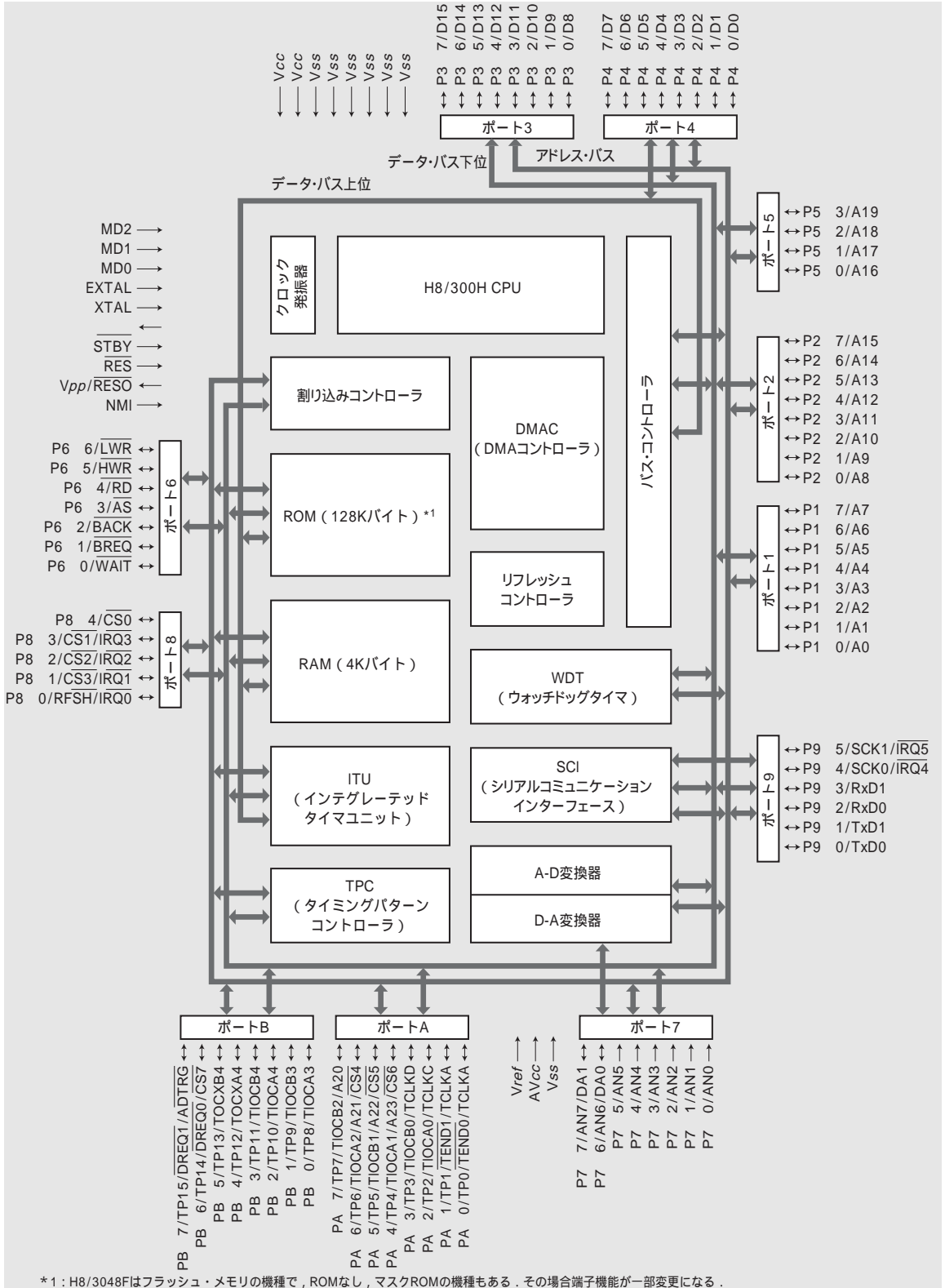
クロック発振器

クロック(clock)は、MPU動作の指揮棒あるいは、心臓鼓動みたいなもので、すべてこのクロックに同期して動作します。外部に水晶振動子を付加することにより、クロック信号を生成することができます。または外部から、クロック・パルスを入力して使用することもできます。しかし、このクロック・パルス発生機構は、自分自身でチップ搭載から行う場合には考慮する必要がありますが、今回はすでにキットに内蔵されていますので、何も手を加える必要はありません。

バス・コントローラ

このLSIから出力あるいは入力される、データ・バス、アドレス・バス、制御線バスなどの信号の調整をする部分です。H8-MPUは8ビット・データ・バス、16ビット・データ・バスのプロセッサとして利用できますが、その制御もここで行っています。またメモリ領域を8個に区分し、そのエリアごとに、バス信号の動作内容を制御する機能も含まれています。

図2.1 H8/3048Fの内部ブロック・ダイアグラム



割り込みコントローラ

以下に解説するように、このLSIの中には周辺機器の機能も含まれています。これらの周辺機器からも割り込みが発生しますし、外部から割り込み信号を入力して、割り込み処理を取り扱うことができます。

割り込み処理には、割り込みの禁止・許可、優先権の処理、ベクタの読み出しと分岐などが必要ですが、これらの処理を行う部分です。

DMAコントローラ

通常の情報転送は、MPU内部のレジスタを経由して行われますが、大量のデータを高速に転送したい場合には追いつかなくなりますし、プログラムが転送に明け暮れ、非常に効率が悪いこととなります。レジスタを経由せずに、メモリからメモリ、あるいはメモリと周辺機器間で、直接転送する手法がDMA(Direct Memory Access)です。

外部からDMAを行おうとする機器はバスの使用権を要求し、それが認知されると命令実行と次の命令実行の間に、ハードウェアの機能でデータを転送することができます。プログラムは初期の起動と、終了処理をするだけで済みますので、プログラムの負担も軽くなります。8.3節でもう少し詳しく解説します。

ROM

ROM(read Only Memory)の部分です。H8/3048Fには、128 Kバイトのフラッシュ・メモリが内蔵されています。マスクROMの機種や、メモリなしの機種もあります。ROMは通常状態では読み出しだけができるメモリです。フラッシュ・メモリは、ある動作条件下では、今まで記憶しておいた内容を一掃し、新たに情報を記憶でき、しかも電源が断になっても記憶を保持するメモリです。結果として書き換えのできるROMということになります。

小規模な応用では、このROMを利用してシステムを構築することもできます。しかし大規模なシステムの場合は、デバッグのしにくさもあります。このROMを無効にして、外部のROMで動作させることもできますので、開発中は外部のROMでデバッグし、完了後内部のROMで動作させるということも可能です。内蔵のROMへの書き込みをするためには、外部にROM書き込み用の回路を増設する必要があります。

RAM

H8-MPUには、4 KバイトのRAM(Random Access Memory)が内蔵されています。RAMは随時読み書き双方ができるメモリです。しかし電源が断になると、記憶内容は消滅します。

このRAMを無効にして、外部に付加したRAMを利用することもできます。また内蔵のRAMは、メモリ間接アドレッシングに便利なので、双方を利用することもできます。メモリ間接アドレッシングについては、第5章で解説します。

リフレッシュ・コントローラ

RAMにはスタティック(static)RAMとダイナミック(dynamic)RAM(DRAMという)があります。スタティックRAMは記憶をする要素がフリップフロップで構成されています。フリップフロップは二つの安定状態をもっていますので、電源が断にならないうえに、そのまま静的に記憶を保持できます。

いっぽうダイナミックRAMの記憶要素は、1個のFET(Field Effect Transistor)です。FETのゲート・インピーダンス(抵抗)が非常に高い特性を利用しています。ゲート端子に与えられた