

第4回 名脇役メモリ

主役の CPU の脇役がメモリです。CPU が処理するのはメモリに読み込まれたデータです。処理結果もメモリに書き込みます。CPU にとってメモリはなくてはならない存在です。その大切な仕事をするメモリの構造や種類を説明します。



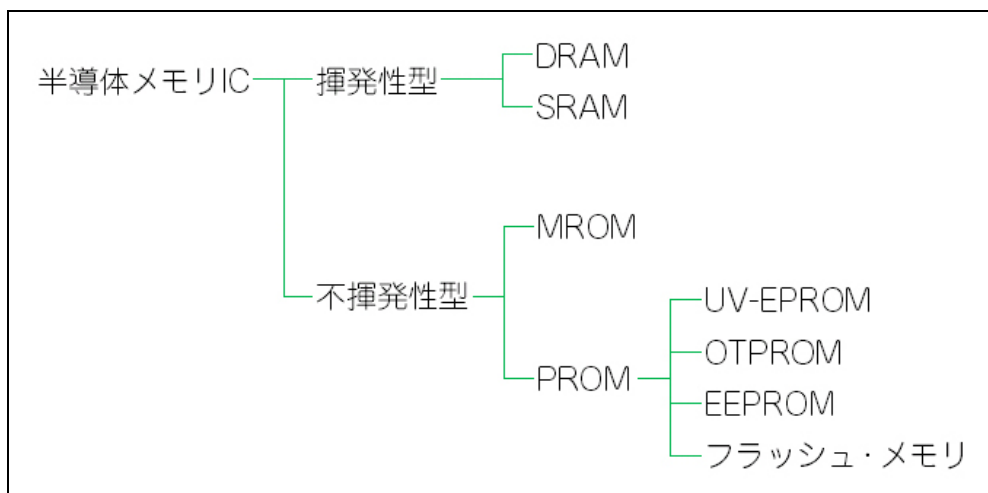
コンピュータは生活のいたるところに使われています。それだけメモリも身近なものになっています。デジタルカメラ、携帯電話、携帯音楽プレーヤーでは、メモリは画像やメール、音楽データを保存するという準主役の働きをします。パソコンの内部でもメモリの働きは重要です。特にメインメモリ（主記憶）は CPU の作業領域となり、その性能が CPU の性能に影響を与えます。今回は CPU と結びつきが強いこのメインメモリのお話しです。

■半導体メモリ

単に「メモリ」と言うと、ほとんどの場合 CPU が直接読み書きできる半導体メモリを意味します。半導体メモリはさまざまな種類があります。

●メモリの種類

大別すると、次のように分類することができます。



電源を切ると記憶も消去されてしまうのが揮発性メモリです。これに対して、電源を切っても記憶し続けるメモリが不揮発性型です。

揮発性メモリは、主として自由に読み書きできる RAM (Random Access Memory) と呼ばれます。メインメモリとして RAM は CPU の一時的な記憶作業領域となります。

RAM は動作特性から DRAM (Dynamic RAM) と SRAM (Static RAM) に分類されます。

RAMの種類	内容
DRAM	メモリセルの性質上、長時間記憶を維持しておけないので一定時間ごとにリフレッシュとよばれる再書込動作を必要とする。常に動的な管理が必要なことから DynamicRAM と呼ばれます。しかし DRAM は、(SRAM ほどではないが) 高速に読み書きができる、集積度が高く大容量化しやすい、ビットあたりの単価が安い、などの長所からコンピュータのメインメモリに使用されている
SRAM	リフレッシュ動作は不要。DRAM よりも高速に動作。しかし、メモリセルの素子構成が複雑で大容量化しにくいことから、容量よりも高速動作が必要なキャッシュメモリなどに利用されている

不揮発性メモリは、読み出し専用メモリ ROM (Read Only Memory) です。

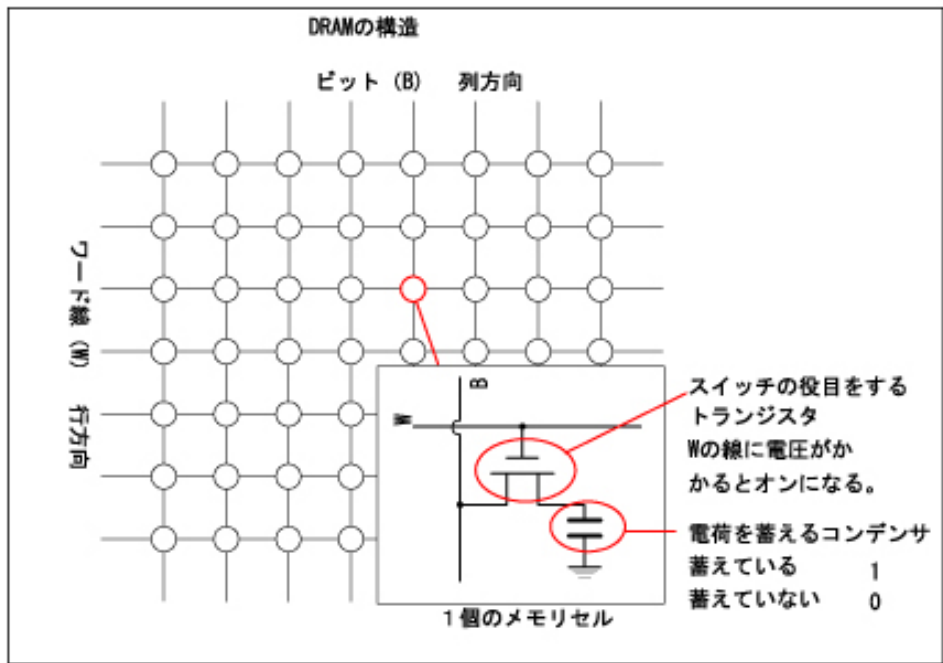
ROM は半永久的な記録領域で、コンピュータの中では BIOS の記憶に利用されています。

ROM は製造工程でデータやプログラムが記録される MROM (Mask ROM) とユーザー (コンピュータメーカーなど) が何らかの方法で記録する PROM (Programmable ROM) に分類されます。

ROMの種類	内容
UV-ERROM (Ultra Violet Erasable Programmable ROM)	紫外線で記録内容を消去できる PROM
OTP ROM (One Time Programable ROM)	一度書き込んだら、再書込できない PROM
EEPROM (Electrically erasable Programmable ROM)	電氣的にデータの消去が可能な PROM。 アップデート可能な BIOS やファームウェアはこの EEPROM か次項のフラッシュメモリが使われている
フラッシュメモリ	現在、一括消去型メモリとして ROM の主流。 コンピュータの BIOS を始め、携帯電話をはじめデジタルカメラの大容量カードメモリや持ち運びに便利な USB フラッシュメモリなどに用いられている

●メモリの記憶のしくみ

メモリは格子状に並んだ記憶素子で構成されています。一つ一つの記憶素子をメモリセルといいます。それぞれのセルは、電荷の有無で1または0を記憶します。セルの記憶のメカニズムを説明します。



メモリセルにデータを書き込む（「1」を記憶させる）

W線に電圧をかけます。するとセルのトランジスタスイッチがオンになります。さらにB線に電圧をかけると、トランジスタスイッチがオンなので、B線の電圧でコンデンサが充電され、電荷が蓄えられます。W線の電圧を切るとトランジスタスイッチはオフになります。逃げ場のない電荷はそのまま蓄えられ、セルに「1」が記憶されます。

メモリセルからデータを読み出す（「1」を読み出す）

W線に電圧をかけます。するとセルのトランジスタスイッチがオンになります。B線には電圧をかけないままにするとコンデンサに蓄えられた電荷が流れ出し、B線に電圧が発生します。これを読み取ります。以上のことから、DRAMは一度読み込みをするとそのセルの内容が失われることが分かります。そのために再書込という動作が必要です。

リフレッシュ

トランジスタスイッチはオフにしてもわずかな電流が漏れます。そのため蓄えられた電荷が少しずつ流れ出し、一定以下になると1か0が分からなくなります。そこで一定時間において、改めて書込を行わなくてはなりません。これをリフレッシュといいます。Dynamic (動的) RAMの名前の由来はこのリフレッシュ動作にあります。

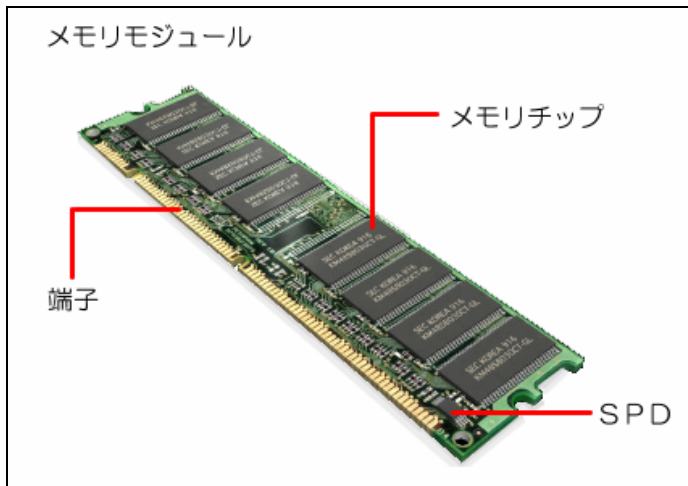
●メモリの形状

メモリは、コンピュータで使用されるときにはモジュールと呼ばれる形状で装着されます。

これまで説明してきたメモリセルは必要な容量分、格子状に配置されて一つの IC パッケージに封入されます。これをメモリチップといいます。

メモリチップは専用の基板に載せられます。このメモリ基板をメモリモジュールといいます。

通常使用するときには、このモジュールと呼ばれる状態で使用することになります。



上の図は DIMM (Dual Inline Memory Module) と呼ばれるメモリモジュールで、現在最も普及しています。メモリチップが8個並んでいます。メモリチップは8の倍数で DIMM に装着されることになっています。

SPD (Serial Presence Detect) は EEPROM です。メモリモジュールの製品仕様が書き込まれており、コンピュータは起動時にこの内容を確認し、自動的にメモリの設定をします。

端子は、DIMM の場合、基板の裏表でそれぞれ別々の信号の入出力を行います。これが Dual の由来です。裏も表も共通の信号を扱う SIMM (Single Inline Memory Module) というものもあります。最近では見かけることが少なくなりました。

■ コンピュータとメモリ

次の表は、パソコンの黎明期から今日に至るまでの代表的なパソコンを年表にしたものです。パソコンに標準搭載されていたメモリの大きさと OS をご覧ください。

年代	メーカーと機種名	RAM	OS/基本ソフト
1976年	NEC TK-80	512B	機械語モニタ
1977年	Apple社 Apple II	4KB	BASIC(ROM)
1978年	シャープ MZ-80K	20KB	BASIC
1979年	NEC PC-8001	16KB	N-BASIC
1981年	IBM PC	64KB	MS-DOS
1981年	富士通 FM-8	64KB	F-BASIC(ROM)
1982年	富士通 FM-7	64KB	F-BASIC(ROM)
1984年	IBM PC/AT	640KB	MS-DOS
1984年	富士通 FM-16β	512KB	日本語 CP/M-86
1987年	富士通 FM-R70	2MB	MS-DOS/日本語 MS OS/2
1989年	富士通 FM TOWNS	2MB	TownsOS
1991年	アップル PowerBook 170	4MB	漢字 Talk6.0.7
1995年	富士通 FMR-280L3 model340C	4MB	Windows3.1/MS-DOS
1995年	富士通 FMV-DESKPOWER T	16MB	Windows95
1996年	富士通 FMV-DESKPOWER SV267	32MB	Windows95
1999年	富士通 FMV-DESKPOWER S/457	64MB	Windows98
2001年	富士通 FMV-DESKPOWER C7/100L	128MB	Windows Me
2002年	富士通 FMV-DESKPOWER C24C/R	256MB	Windows XP
2004年	富士通 FMV-DESKPOWER T90G	512MB	Windows XP

※メモリの説明をするのに、わかりやすい代表的な機種を選択してあります。

パソコンの黎明期、手作りのキットの時代から 30 年でコンピュータに搭載されるメモリの記憶容量は 100 万倍になっています。CPU のクロック周波数の 2MHz から現在の 3GHz 超で、2500 倍になったのと比べても、驚異的な増加です。

CPU が 8 ビットから 32 ビットへ、OS やアプリケーションソフトが複雑・高度化に伴い、CPU の作業領域もより広く大容量化が必要になってきたこと、メモリチップの生産技術の向上で集積度が飛躍的に向上していることなどが理由として上げられます。

大容量化だけでなく、動作速度の向上、安定度の向上のために読み書き方法、モジュールの形状などさまざまな新しいものが登場しています。

●現在の主流は DDR-SDRAM (Double Data Rate- Synchronous DRAM)

DDR は、メモリバスクロック信号での入出力のタイミングを倍にすることで、一定の時間内で通常の SDRAM の 2 倍の入出力動作をするものです。メモリバスクロックが 200MHz に対応する DDR-SDRAM は、クロック 400MHz に対応することができます。

また、SD-RAM は外部クロックに同期して動作する DRAM で、最大データ転送速度などの性能が高くなっているのが特徴です。市販の DDR-SDRAM DIMM は、対応するクロックで表示される場合(表示 1)と最大データ転送幅(表示 2)で表示される場合と両方あります。

同じものなので、計算の仕方を覚えておくとよいでしょう。

表示 1	表記 2	クロック×2 倍×8byte (バス幅 64÷8bit)
DDR200	PC1600	100MHz×2 倍×8byte(バイト) =1600Mbit/秒
DDR266	PC2100	133MHz×2 倍×8byte(バイト) =2128Mbit/秒
DDR333	PC2700	166MHz×2 倍×8byte(バイト) =2656Mbit/秒
DDR400	PC3200	200MHz×2 倍×8byte(バイト) =3200Mbit/秒

DDR-SDRAM DIMM 以外のメモリ (例えば、SD-RAM DIMM) は多くの場合メモリクロックの周波数で表されています。

■これからのメモリ

DDR2 は、DDR をさらに安定・高速化しています。DDR の長所を受け継ぎながら、さらに DRAM 内部の記憶回路に対して外部インターフェースの速度を 4 倍 (DDR は 2 倍) に高めたり、より高いクロックに対応できるように信号の振幅電圧を下げたり、転送プロトコルを簡素化したり、といった細かい工夫がなされています。

現在、DDR2-667、DDR2-533 と DDR2-400 の 3 種類が市場に出回っています。DDR2 の後ろの数字は動作クロック (MHz) を表しています。

DDR2-667、DDR2-533、DDR2-400 を用いた DIMM は、それぞれ PC2-5300、PC2-4300、PC2-3200 と呼ばれています。PC2 の後の数字は、DIMM の最大データ転送速度 (MB/秒) を表しています。

2006 年には DDR3 が登場の予定です。駆動電圧を 1.5V に下げ、DDR で 2 倍、DDR2 で 4 倍になった入出力速度が 8 倍速になります。動作周波数は 1066MHz 相当から登場するでしょう。ただし、DDR3 になるとマザーボードに装着できるモジュールの本数が 1～2 本になるといわれています。これは、現在のメモリの装着方法では DDR3 のような高速なメモリには対応できないからです。そこで注目されているのが FB(Fully Buffered) DIMM です。メモリモジュールにバッファを搭載し、シリアルインターフェースでチップセットと DIMM 上のバッファ、DIMM 上のバッファと別の DIMM のバッファというように 1 本の伝送路で結びます。信号の分岐がなく、信号の反射が抑えられ、安定した動作が得られます。

今後、注目されているのが FeRAM (Ferroelectric RAM), MRAM (Magnetic RAM) といった新しいメモリチップです。

例えば、DRAM や SRAM の長所を持ちながらも、不揮発性という万能選手のようなメモリが提案されています。強誘電体メモリ (FeRAM) と磁性体メモリ (MRAM) です。読出し/書込み共に高速で、書換え可能回数も十分といわれます。コストの問題など、まだこれからの技術ですがすばらしい可能性を秘めています。

メモリは今後も高速・高集積化・大容量化を続けていくものと思われます。コンピュータをはじめとして、生活のあらゆる場面に必要とされます。ユビキタスを支える大切なデバイスです。