

第15回 ロジックLSI

厚木エレクトロニクス 代表
サクセス インターナショナル 取締役
加藤俊夫

先月までに各種のメモリを見てきました。今回はロジックLSIを、来月にはイメージセンサを勉強しましょう。

ロジックLSI

1. マイコン

マイクロコンピュータ（略してマイコン）は、今や一般の人が知らないうちに、あらゆるところで活躍しています。自動車なども、多い場合は1台につき100個近く使われていると聞いて驚いてしまいます。その基本構成は図1のようになっており、メモリやI/Oからくる情報をCPUが次々にさばきます。CPUは丁度オーケストラの指揮者の役割だと言った人がいますがその通りです。ただし、オーケストラの場合は各楽器の奏者は自分で演奏できますが、マイコンの場合は、メモリやI/Oは、CPUの指示がなければ自分自身では何もできません。従って、CPUは高速で指揮棒を振っていなければなりませんので、大汗をかいて時にはチップ温度が100℃を超えますから、低消費電力化は極めて重要な検討項目です。では、CPUは勝手気ままに指揮棒を振っているかと言えばそ

んなことはなく、メモリに書き込まれたプログラムを読み出しては実行しているわけです。

マイコンの特徴とは、プログラムを変更すれば色々な用途に使えることです。次に出てくるASICが、特定用途向けのICであるのに対して、マイコンはオーディオ、ビデオ、PC、自動車など何にでも使えるわけです。実際には、用途に相応しいマイコンを用意し、同じマイコンが何にでも使えるというわけにはいかないようです。

携帯電話などは半年もすると新機種が発売されますが、その度に新タイプのICを開発していると時間とお金がかかりますから、マイコンならプログラムさえ書き換えれば新しい機種に対応でき、大変重宝なことで大いに活用されています。

マイコンには、表1のようにMPU（Micro Processor Unit）とMCU（Micro Controller Unit）があります。MPUは、古くは70年初頭にIntelから発売された4004に始まり、PCの心臓部となって使われている他、各種の機器に用いられています。一方、MCUは、一般にプログラムROM（Read Only Memory）を内蔵しており、

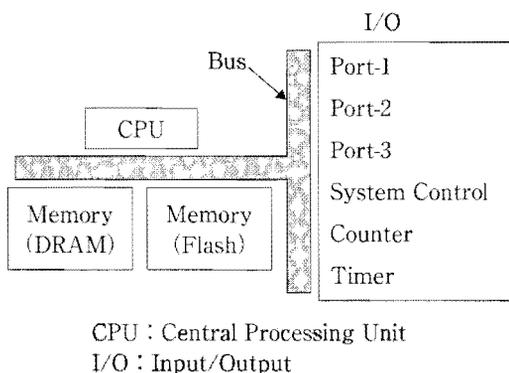


図1 マイクロコンピュータの構成

表1 ロジックLSIの分類

| | |
|---|---|
| マイクロコンピュータ (所望の機能をソフトウェアで実現する) | MPU (Micro Processor Unit) |
| | MCU (Micro Controller Unit) |
| ASIC 所望の機能をハードウェアで実現するLSI (設計で決まる) (FPGAは例外) | ASSP (Application Specific Standard Product) |
| | ASIC (Application Specific Integrated Circuit) |
| | DSP (Digital Signal Processor) |
| | Cell Base IC |
| | Gate Array |
| | FPGA (Field Programmable Gate Array) |
| | System LSI |
| | SoC (System on Chip) SiP (System in Package) |

＜ちょっと脱線1＞マイコンの発明

皆さんはマイコンの発明者をご存知ですか。日本人として是非とも知っておいていただきたい。もう、40年近く前のことですが、電卓が世の中に出てきた頃、ビジコンと言う小さな会社の若い技術者の嶋正利氏が、色々な電卓を開発するのに、プログラムを入れ替えるだけで機能が変わるICのアイデアに気付き、Intelに製作を依頼しました。Intelも優秀な技術者をこれに配して、69年に4004というマイコンの開発に成功しました。その後、嶋氏は8080と呼ばれる有名なマイコンも開発し、今日のPC時代の基礎を築いたのです。TRONの発明者の坂村健氏とともに、優れた業績を残した先人がいたことを誇りに思います。

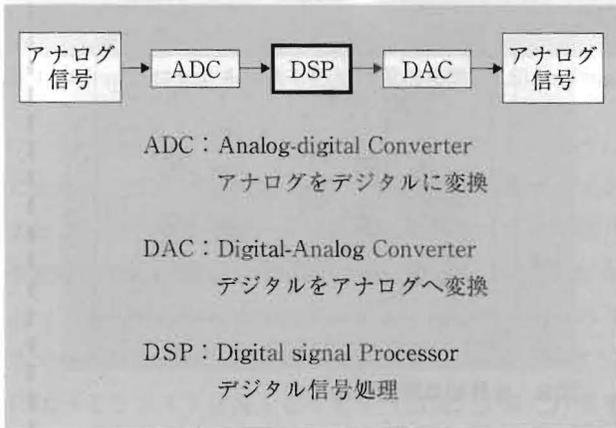


図2 入力のアナログ信号を加工して、必要なアナログ信号を取り出すときに使われることが多いDSP。その流れを示します

家電などの制御用に用いられます。

2. ASIC

ASIC (Application Specific IC) は特定用途向けICと呼ばれますが、広い意味では表1のように多くのLSIの総称として用いられています。すなわち、マイコンがソフトウェアによって色々な機能を発揮するのに対して、ASICは設計段階から特定の機能をハードウェアとして作り込んだLSIです。次に各種のASICを見ていきましょう。

(1) ASSP

ASSP (Application Specific Standard Product) は特定用途向けのLSIですが、特定の顧客向けでなく業界標準として誰でも使えるLSIです。例えば、LCDドライバ、携帯電話信号処理、TVチューナ、TVデジタル信号処理、PCのI/O、電源用などに広く用いられています。

(2) ASIC

狭い意味のASIC (Application Specific IC)とは、ASSPが業界標準的なLSIであるのに対して、特定顧客の特定

表2 各種ASICの開発期間と単価の比較

| | Cell Base IC | Gate Array | FPGA |
|-----------|--------------|------------|------|
| 開発期間 | × | ○ | ◎ |
| 単価 (極く少量) | × | △ | ◎ |
| 単価 (大量産時) | ◎ | ○ | × |

商品に使われるLSIのことを指しています。

(3) DSP

デジタル家電の音声処理、画像処理、携帯電話のベースバンド処理などに用いられるLSIを特にDSP (Digital Signal Processor) と呼んでいます。その機能は、図2に示すようにアナログ信号をデジタルに変換して各種の処理を行い、再びアナログに変換する場合があります。

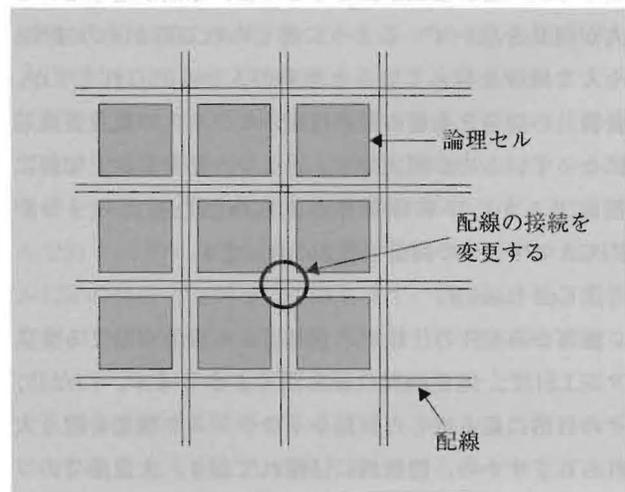
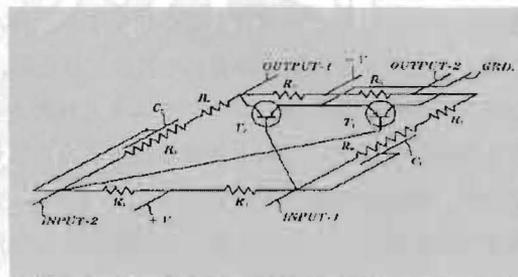


図3 FPGA

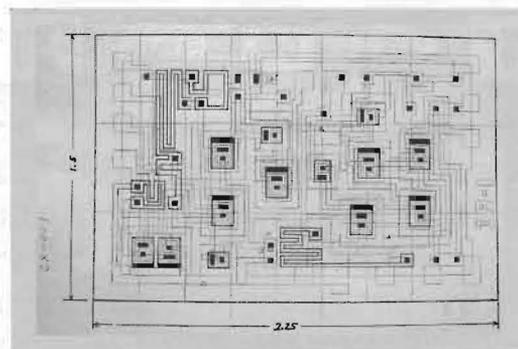
＜ちょっと脱線2＞ICの発明と実用化

ICの発明者は、Texas InstrumentsのJack Kilby氏で、58年に発明し、00年にノーベル物理学賞が贈られました。同氏が最初に出したIC特許は、図Aで説明されており、ゲルマニウムの結晶に2個のトランジスタを並べ、その上に抵抗を配したものでした。これに対して、やや遅れたがFairchild SemiconductorのRobert Noyce氏は、現在のICの原型と言えるSiを利用してトランジスタや他の回路部品を集積したICを発明し、どちらが真の発明者かは、長年議論されましたが、一応両者ともに発明者にしようと言っていることになっているそうです。

初期の頃、ICはアメリカの軍用に用いられていたようで、民生用に初めて用いたのはソニーで、図BのようなバイポーラICで、トランジスタ9個、ダイオード4個、抵抗5個を集積し、マッチ箱ぐらいの超小型ラジオに使われました。筆者もこのICの試作・生産に携わった思い出の商品です。現在では、とても集積度などと呼べるようなものではありませんが、当時は苦勞したものです。



図A Kilby氏が出願した際の説明図



図B 世界初の民生用IC

(4) Cell Base IC, Gate Array, FPGA

皆さんはドッグイヤーという言葉をお聞きになったことがありますか。以前、我が家で飼っていた犬も16年で老衰のため死にましたが、犬の寿命は人間の1/5程度です。エレクトロニクス業界の人間も犬のように短命のつもりで、短期間の内に次々と新しい仕事をするのをドッグイヤーと言うそうです。実際、携帯電話や家電製品で次から次へと新製品が出てくるのは、末期が迫っている人が開発を急いでいるように感じられる時があります。そんな嫌味を言っていると業界の人から叱られますが、新製品の開発・生産の期間短縮がビジネスの最重要課題になっているのが現実です。そこで、開発期間を如何に短縮するか、半導体業界が生み出した答えの一つがFPGAです。その関係を表2に示します。

①Cell Base IC

顧客からLSIの仕様が示されてから設計が始まるカスタムLSIで、開発期間は最も長くかかります。ただし、その目的に最も適した回路やトランジスタ構造を取り入れられますから、性能的には優れており、大量産でのコストも安くなります。一般には、全ての回路を一々設計

しなくても、これまでに使ったことのある特定の機能、例えばCPU、I/O、メモリ、画像圧縮、音声合成などの回路をそのまま流用する方が開発が楽です。これらの機能を持った回路を、IP (Intellectual Property) と呼び、IPを開発し販売する会社もあります。IPとは本来は知的所有権の意味ですが、LSIではこのような回路ブロックのことをIPと呼んでいます。

②Gate Array

トランジスタ、NANDやNORゲート、その他のActive回路などをぎっしり敷き詰めた配線前のマスタスライスと呼ばれるウェーハを用意し、顧客の仕様が決まると配線工程から作り始めるLSIです。途中工程まで注文がくる前に作ってあるため、開発・生産の期間が短くて済むわけです。

③FPGA

FPGA (Field Programmable Gate Array) はGate Arrayの発展形で、顧客がパッケージされたLSIを購入して外から自由に内部の回路を製作できるLSIです。回路を製作するには、図3のように配線の接続を切ったりつないだりします。その方法としては、EEPROM (Elec-



図4 45nmプロセスを採用した松下電器産業のLSI UniPhier

trically Erasable Programmable Read Only Memory), ヒューズ, アンチヒューズなどで配線を行います。アンチヒューズというのは, 製造時には絶縁されていた部分を絶縁破壊して接続する方法です。FPGAは開発期間がゼロと言っても良いので便利ですが, 多くのゲートのうちで使われるのは一部だけで無駄が多く, セルベースICに比べるとコストは高くなります(勿論, 少量だけ必要な場合は, FPGAの方がはるかに安価です)。FPGAの進歩は目を見張るものがあり, 単なるゲートを並べただけでなく多くの重要な回路を事前に組み込んだものもあって, 少量ではなく数万から数十万個という大量の数をセットに使われている場合もあるようです。

FPGAと良く似たPLD(Programmable Logic Device)があり, FPGAもPLDの一種だと分類されることもあるようですが, 一般にはFPGAは大規模なPLDとされているようです。

(5) System LSI

ここでシステムと言っているのは, TV, PC, 携帯電話のような機器のことで, System LSIは1個のLSIでこれらの機器の回路を完成させるものです。実際には1個のLSIというわけにはいかないでしょうが, 主要な回路を1個に入れてしまおうと言うわけです。1個のチップでSystem LSIを完成するのがSoC(System on Chip)で, 2個以上のチップを使いますが, 1個のパッケージに入れてしまって, ユーザーから見れば1個のLSIと考えるのがSiP(System in Package)です。

①SoC

通常, 一つのシステムには, CPUとメモリが入ってい

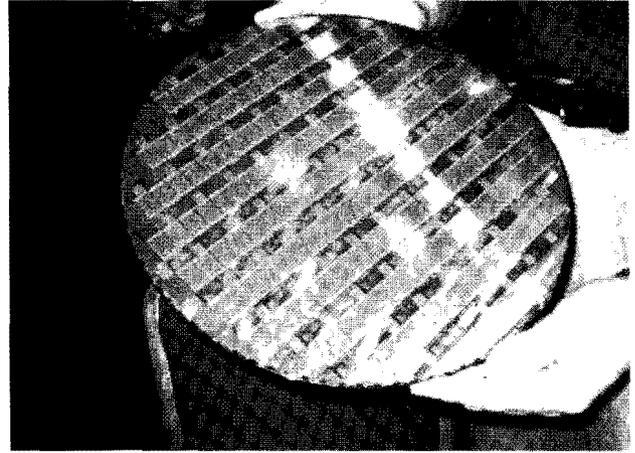


図5 SOIウェーハで試作したCell

ます。これを1個のチップで製作すると, 小型の機器が製作できるとともに, 配線の長さが短くて済みますから高速動作には有利です。ただし, SoCを製作するには, ロジックLSIのプロセスとメモリのプロセスの両方を作りこむ必要があります。通常この両者はかなりプロセスが異なりますから, 同一チップに作りこむにはプロセス数が増えて安価に作るのが困難です。

②SiP

1個のパッケージ基板上に複数個のチップをマウントし, ワイヤボンンドで接続したモジュールは以前から使われていました。最近では, パッケージを超小型にしたり, チップを積層に積んだりしてパッケージ体積を減らしたLSIが, SiPと呼ばれて多用されています。SoCに比べて製作は難しくなく, CMOS LSI以外のチップも同梱できますから, 用途が拡大できます。System LSIは, SoCかSiPかの論争がここ数年されてきましたが, 現状ではSiPが優勢なように感じます。ウェーハ・プロセスの実力が向上してくれば, SoCが有利になることも考えられます。

最後にフルカスタムLSIに触れておきましょう。特定用途で大量の需要がある場合には, 専用のLSIを少々開発費を弾んでも設計します。これをフルカスタムICと呼んでおり, ゲーム用などは典型的な例です。フルカスタムLSIの代表的な例を二つ示します。図4は, 松下電器産業がTV・ビデオなど各種の画像・音声処理に共通なプラットフォームとして開発したUniPhierと言うLSIです。図5は, ソニーのプレイステーション3に使われているCellと言うLSIで, 2億3400万個ものトランジスタを集積しています。