

# Prologue CPUも周辺回路もメモリも1チップで実現する SoC時代のシステム設計の現状

熊谷 あき

## 1 電子回路の今昔

### ● 昔の製品と現在の製品を比べると…

昨年末の大掃除のときの話です。押入れの奥から古いビデオデッキが出てきました。試しに電源を入れてみたものの、メカ部分が動かないようで、まったく使いものになりませんでした。こういう業界で仕事をしていることもあり、捨てる前にバラしてみようと思立ちました。

今から20年以上前の家電製品ですが、バラしてみると、何枚もの基板で電子回路が構成されていることがわかりました。しかも使われている部品の一つ一つが、現在と比べると非常に大きいのです。抵抗もコンデンサもチップ部品ではありません。また、ICの類もほとんどがDIP(Dual In-line Package)で、一部にシュリンク DIP(ピン間の狭いDIP)が使われている程度です。ピン間の広いQFP(Quad Flat Package)すら使われていないのです(図1)。

現在の電気製品の基板を見てみると、ほとんどの抵抗やコン

デンサにチップ部品が使われています。またICやLSIのパッケージには、QFPやBGA(Ball Grid Array)などが多用されています。基板も大幅に小型化され、1,2枚の基板で構成されているのが普通です(図2)。

### ● 小型化は低コスト化や低消費電力化にも大きく貢献

このような基板や部品の小型化は、低コスト化、低消費電力化にも大きく貢献しています。しかし、注目すべきはそれだけではありません。抵抗やコンデンサ、ICやコネクタの類が小さくなっただけで、どうして機能的に高度なものが作れるようになったのでしょうか。

その秘密はICの集積度にあります。抵抗やコンデンサは、機能的にはそれほど変わらずに、部品の寸法だけが小型化されました。しかしICの類は寸法は小さくなったにもかかわらず、その中に実装されている回路規模は大きくなっています。より複雑で大規模な回路が一つのデバイスで実現できるようになったのです。

### ● 半導体デバイスの高集積化

コンピュータを例にすると、大昔は真空管をたくさん並べて

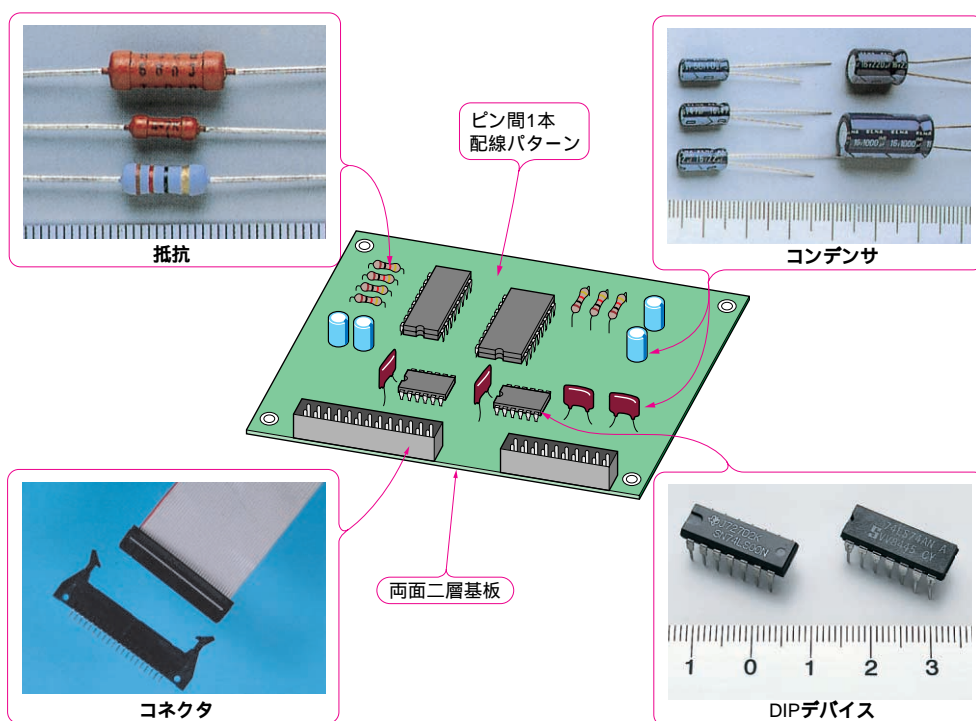


図1 昔の電子回路基板

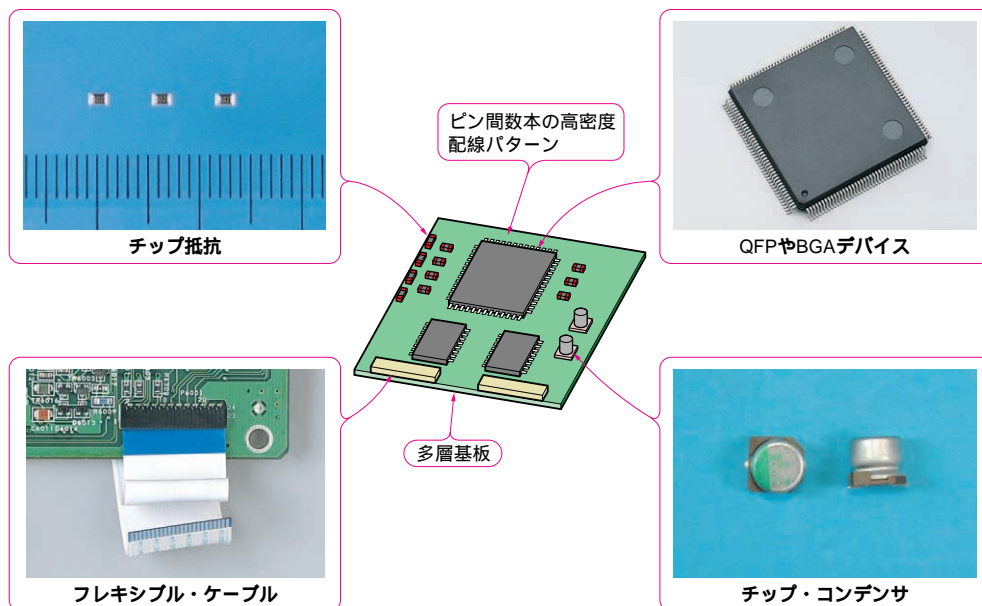


図2 今の電子回路基板

ロジックを組んでCPUの機能を実現していましたが、技術の進歩にともない、一つの半導体部品になりました。また、ここ10～20年でコンピュータの周辺回路も2、3個のチップ(一般的にはノースブリッジやサウスブリッジなどと呼ばれる)に集約され、コンピュータの部品点数は激減しました。そのおかげで、高性能なものが安価に買えるようになりました。コンピュータより簡素な電卓は、すでにCPUと周辺回路がたった一つの部品で実現されています。

### ● CPUも周辺回路もメモリも1チップ!

先月号の特集でも解説したように、現在のシステム設計では、マイコンは欠かせない重要な部品です。しかし、マイコンだけではシステムは成り立ちません。プログラムを格納するメモリや、外部に接続したスイッチ、モータを動かす周辺機能が必要です。一昔前は、CPUはCPU、メモリはROMとRAM、周辺機能はタイマICやパラレルI/O用ICといったように、それぞれが単独のデバイスとして存在していました。

しかし、半導体製造技術の進歩により、メモリを内蔵した1チップ・マイコンが登場し、周辺機能も一つのデバイスに集積されるようになってきました。そして最終的には、CPUもメモリも周辺機能も、たった一つのデバイスに集積することで、1チップでシステムを構成できるようになってきたのです。このようにCPUや周辺回路を取り込んで、1チップでシステムを実現することを、System On a Chip (SoC)と呼びます。

## 2 SoCの進化の具体事例

デバイスが周辺機能やCPU機能まで取り込んでSoC化していく過程を、より具体的な事例で見てみましょう。ここでは、

ZORAN社のMPEGデコーダ/エンコーダ(CODEC)用のデバイスが、DVDプレーヤやDVDレコーダ用チップセットとして高機能化していく事例を紹介します。

### ● DVDプレーヤやDVDレコーダのシステム構成

まず、基本的知識として、DVDプレーヤやDVDレコーダを構成するために必要な機能について説明します。図3にDVDプレーヤのブロック図を、表1に各部の説明を示します。同様に図4にDVDレコーダのブロック図を、表2に各部の説明を示します。DVDレコーダについては、DVDプレーヤの機能に加えて、さらに必要なものを説明しています。

### ● ZORAN社のVaddis/Activaチップの発展

図3や図4を見ると、VaddisやActivaという名前があります。これは次に説明するZORAN社のMPEGデコーダ/エンコーダ・チップの名称です。次にZORAN社のVaddis/Activaチップの発展のようすについて説明します。

図5(p.44)はZORAN社のVaddis/Activaチップのロードマップです。ロードマップを決めるときに大事なことは、世の中が今後どのような方向に向かって進んでいくかを見極めることです。そして、それに向かって計画を立てていきます。まずは、自社の専門分野からスタートするとよいでしょう。ZORAN社の専門分野はデジタル・マルチメディア関連なので、MPEGデコードLSIから開発する計画を立てたようです。MPEGのデコードLSIは、1チップでビデオ/オーディオのデコードを行うのではなく、ビデオとオーディオのLSIを別々に開発し、それぞれを別々にデバッグして完成度を高めます。もちろんビジネス・チャンスを逃さないよう、迅速な開発が望まれます。市場がオーディオ/ビデオの1チップ化を求めることを予測し、予想される時期までに1チップ化をなしとげます。こ

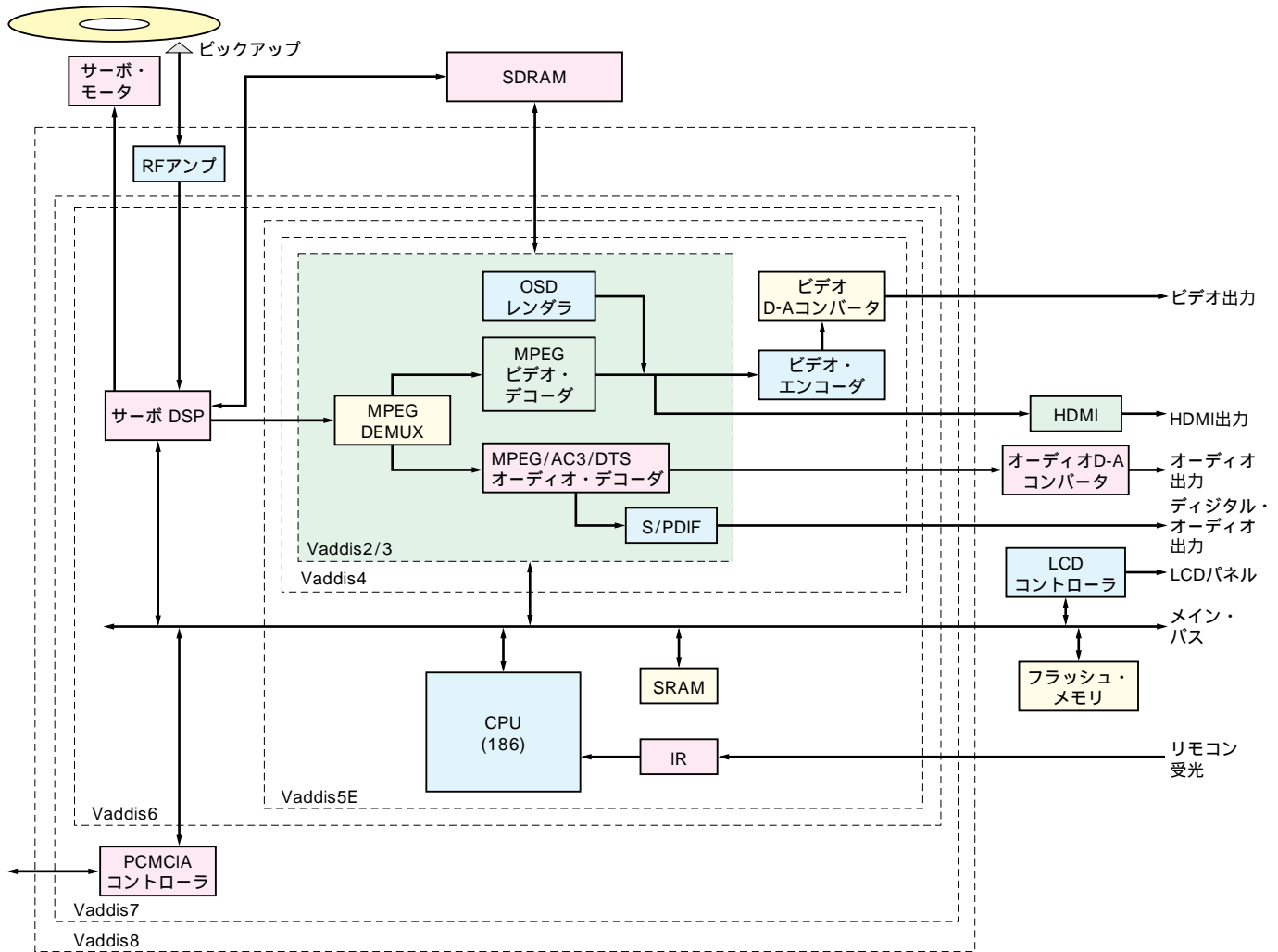


図3 DVD プレーヤーのブロック構成

表1 DVD プレーヤーの各ブロックの説明

電源	システム全体に供給する電源
ドライブ・ユニット(ピックアップ)	メディアを回転させて、読み取りたい部分にレーザー光を当て、その反射光をピックアップが読み取って情報を取得する。書き込む場合は、レーザー光の熱でメディアの反射率を変化させ、情報を記録する
RFアンプ	ピックアップから取得した微弱信号を増幅し、LSIに橋渡しする。書き込む場合はLSIの信号を増幅し、ピックアップに出力する
サーボ・コントロール用DSP	ピックアップから読み込んだ信号をA-D変換し、DSP処理で整形して、変調された信号をデコードする。また、回転むらや傾き、キズなどを検出し、信号のSN比が良くなるように、ドライブに搭載された各種モータやサーボを制御して、つねに適切な位置や回転数となるようフィードバック制御を行う
MPEGのDEMUX(デマルチプレクサ)	MPEG PSストリームはビデオとオーディオが一つのストリームになっているので、これらを分離し、MPEGビデオ・デコーダとオーディオ・デコーダにデータを渡す
MPEGのビデオ・デコーダ	MPEGの画像データを実画像に復元する
MPEG/DTS/AC3のオーディオ・デコーダ	MPEG/DTS/AC3の音声データを実音声に復元する
HDMI	デジタルの画像データとデジタル・オーディオ・データをHDMI規格に変換出力する
S/PDIF	デジタル・オーディオ・データをS/PDIF規格に変換出力する
ビデオ・エンコーダ	デジタルの画像データをコンポジット、S端子などのビデオ信号(NTSC/PAL/SECAM)やRGB, YUV(YCrCb)にエンコードする
ビデオD-Aコンバータ	ビデオ・エンコーダでエンコードしたデジタルのビデオ信号をアナログに変換する
オーディオD-Aコンバータ	デジタル・オーディオ・データをアナログに変換する
OSDレンダラ	オン・スクリーン・ディスプレイの文字やCGをオーバーレイ表示する
CPU	システム全体を制御する
メモリ(RAM/ROM)	プログラムの格納領域、ワーク・エリアなどに使用する
LCD(表示管)とLCDコントローラ	システムの状態や再生位置時間などを表示する
IRレシーバ	変調された赤外線リモコンの信号をデコードする

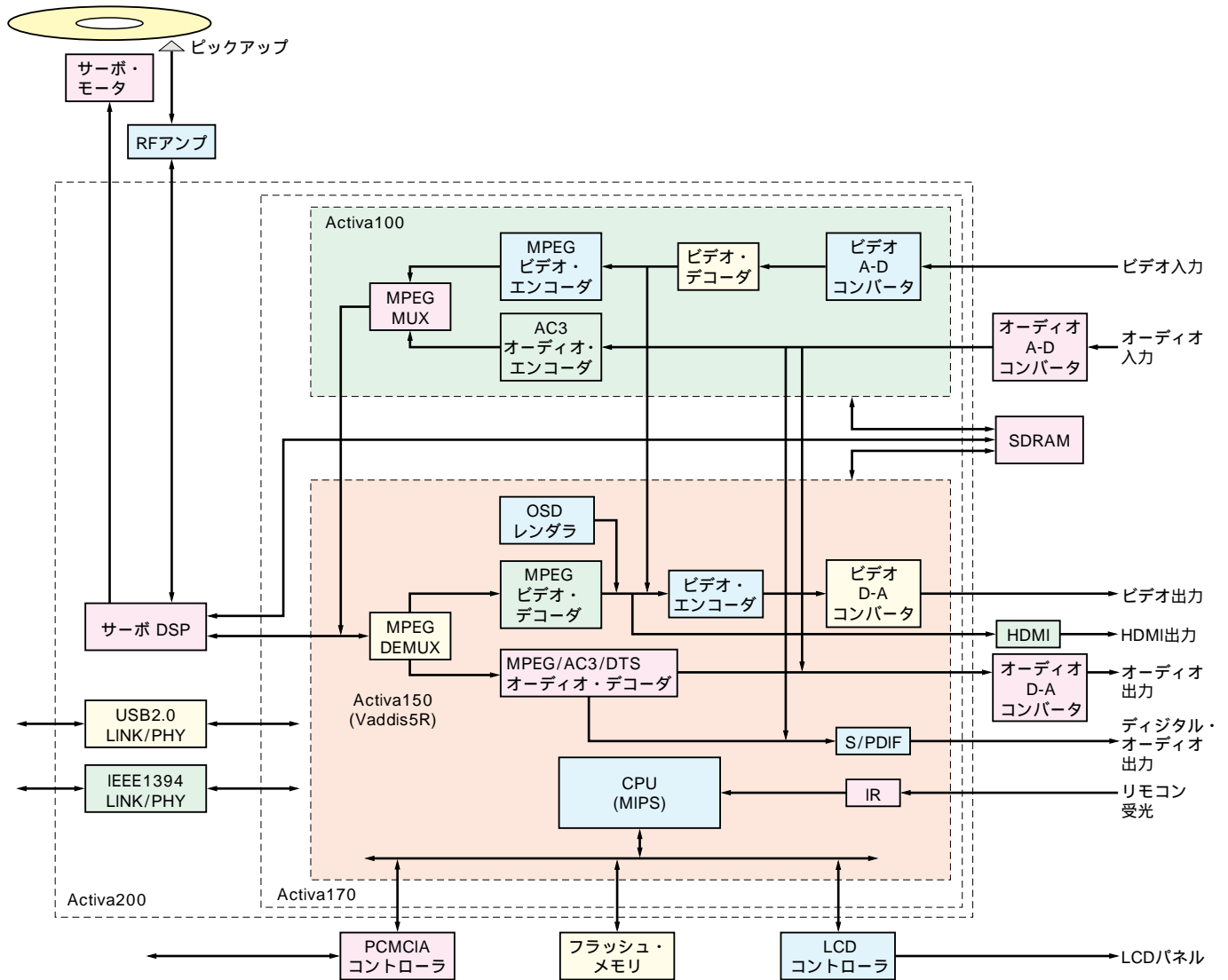


図4 DVDレコーダのブロック構成

うして完成した MPEG デコーダ・チップが Vaddis2/3(写真1)です。もちろん、単なる1チップでは他社との差別化が難しいので、新たな機能を追加します。こうしてビデオ・エンコーダを追加した Vaddis4 が完成しました(写真2)。

この時点で、やっと一つの目標が達成できました。このLSIをベースにして、DVDプレーヤ専用LSIとDVDレコーダ専用LSIとに枝分かれして、それぞれの進化を遂げるように進めます。

次にやるべきことは、CPUコアを内蔵しSoC化することです。しかし、ZORAN社はCPUベンダではないので、外部からCPUを調達して内蔵させます。できることならこの世に存在する最高のパフォーマンスを誇るCPUを内蔵させたいところですが、このMPEGデバイスはあくまで民生機器用途です。Pentium4のようにパフォーマンスはピカイチでも、消費電力や発熱量が大きく、価格も高いものは採用できません。もっと低消費電力で価格もこなれたものの中から、必要な処理能力を

表2 DVDレコーダの各ブロックの説明

オーディオ A-D コンバータ	アナログの音声信号をデジタルに変換する
ビデオ A-D コンバータ	アナログのビデオ信号をデジタルに変換する
ビデオ・デコーダ	ビデオ A-D コンバータでデジタル信号に変換したビデオ信号の変調をデコードし、デジタルの画像データに変換する
MPEG のビデオ・エンコーダ	デジタルの画像データを MPEG データにエンコードする
AC3 のオーディオ・エンコーダ	デジタルの音声データを AC3 データにエンコードする
MPEG MUX (マルチプレクサ)	MPEG のストリームにエンコードしたオーディオ・ビデオ・データを MPEG PS に多重化する

満たせるものを選択します。DVDレコーダ用途の Activa150(写真3)には処理能力が高いRISC系CPUであるMIPS互換CPUを採用し、処理能力があまり必要ないDVDプレーヤ用途のVaddis5には、極限の低コストという要求を満たすようにプ

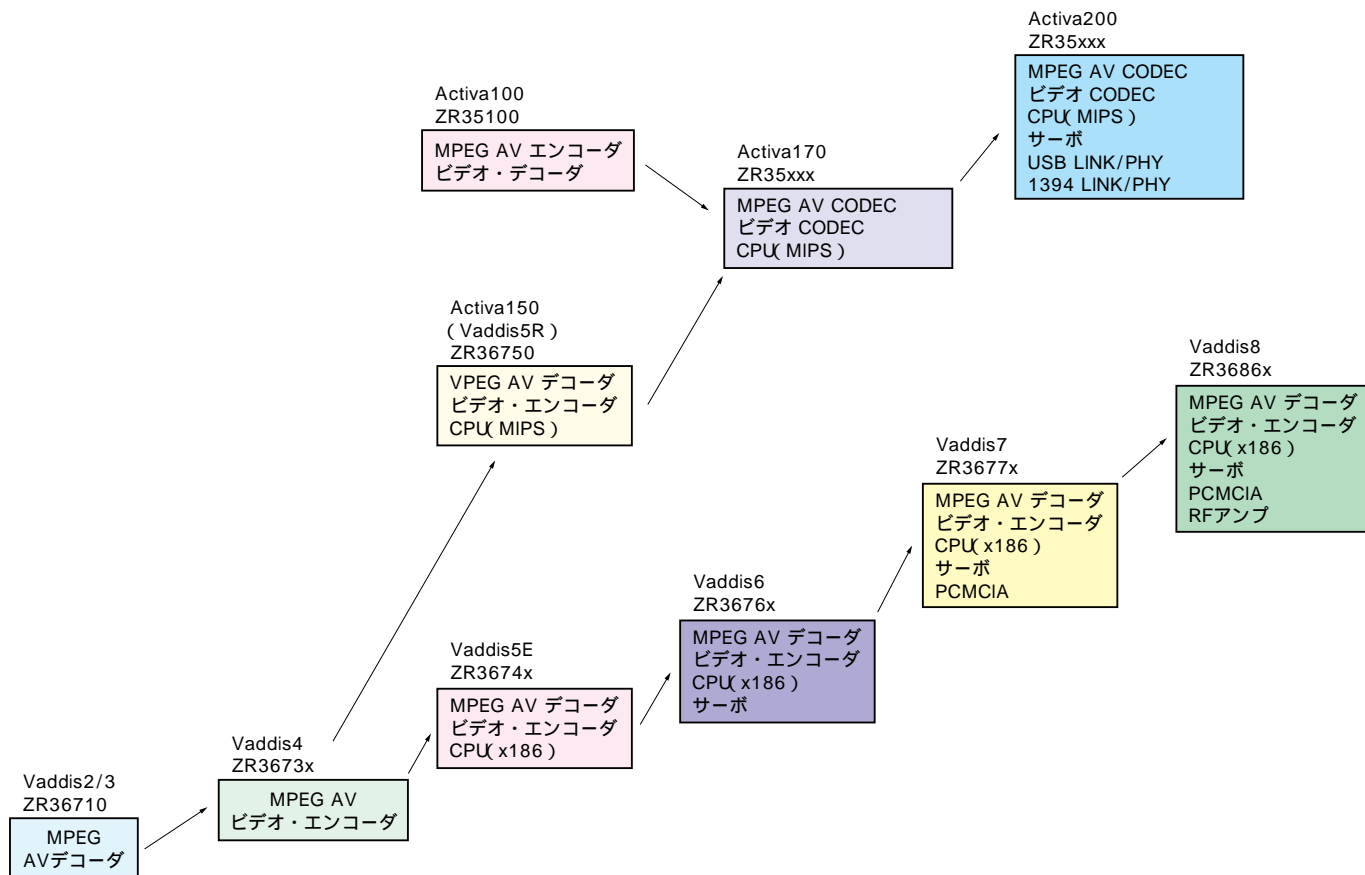


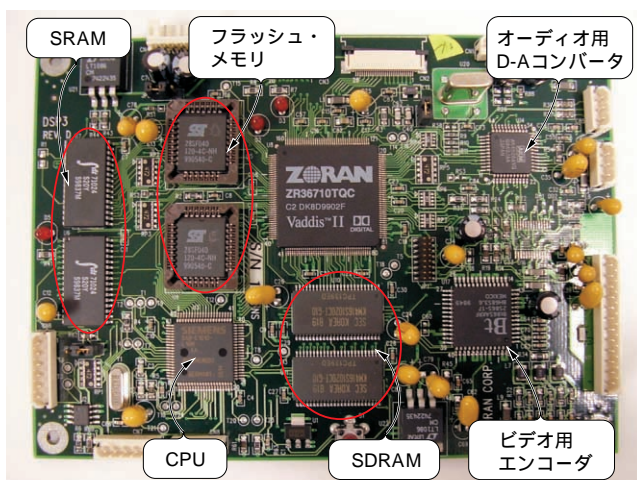
図5 MPEGチップおよび周辺回路の集積化の流れ



(a) Vaddis2



(a) Vaddis4



(b) 評価ボード



(b) 評価ボード

写真1 Vaddis2と評価ボードの外観

写真2 Vaddis4と評価ボードの外観



(a) Activa150

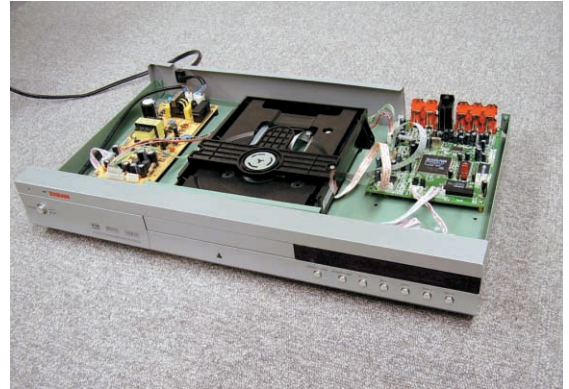


(a) Vaddis8



(b) リファレンス DVD レコーダ

写真3 Activa150 とリファレンス DVD レコーダの外観



(b) リファレンス DVD プレーヤ

写真4 Vaddis8 チップとリファレンス DVD プレーヤの外観

プログラム・メモリ領域を節約できる CISC 系の x186 互換 CPU を採用しました。

これで、このデバイスを採用するユーザの違いで、異なったプラットフォーム(CPU)をサポートする必要がなくなり、同一プラットフォームでの開発になるため、開発サポートがよりスムーズになります。計画を立てる場合、こういったことも念頭に置くといいでしょう。

写真1(b)の Vaddis2 評価ボードでは、外付けにビデオ用エンコーダや CPU が実装されていますが、これが Vaddis4 になるとビデオ用エンコーダが内蔵され、Vaddis5 では CPU も内蔵された形となります。しかし大容量のメモリを内蔵することは難しいので、残念ながら評価ボード上のフラッシュ・メモリや SDRAM は、最新デバイスでも外付けする必要があります。

CPU も内蔵したので、最後のステップとして、それぞれの最終形である、「DVD Recorder on a Chip」と「DVD Player on a Chip」をめざします。「on a Chip」は、「一つのチップで」という意味です。

DVD Recorder on a Chip をめざした Activa200 は、メモリ、RF アンプ以外は、すべて1チップに収められており、それらの部品を外付けするだけで DVD レコーダが構成できます。DVD Player on a Chip をめざした Vaddis8(写真4)も同様です。ちなみにプロセス・ルールも、当初は 0.3 $\mu$ m 程度でしたが、最新デバイスは 0.18 $\mu$ m と微細化しています。

### ● SoC 化のメリット

ほとんどすべての周辺回路を取り込んで SoC 化したことで何が起こったのかについて、ここで補足します。

機器のシステム設計者は、たくさんの部品で複雑な回路を組み上げていきます。それが一つのチップに集約されたことで、簡単に回路構成を組み上げることができるようになったのです。部品点数が減り、回路上の不具合の発生率も激減します。当然、開発期間も短くなり、基板の面積も小さくなります。結果として、部品代と人件費の削減につながり、最終製品の価格が安価に設定できるというメリットがあります。

また、CPU まで内蔵されているという利点を生かして、チップ・ベンダから基本動作に必要なソフトウェアが提供されるので、機器開発に要する時間がさらに短縮できるようになりました。情報家電のモデル・チェンジ・サイクルも PC 並みに速くなってきている現状では、こういった支援は不可欠でしょう。まさに SoC が必須の時代になったと言えます。

### ● アナログ回路を外付けにする理由

デジタル・アナログ混在環境で一つのデバイスを実現する場合、アナログ回路にデジタル回路が隣接し、信号線のクロストークや電源からのノイズの影響を受けやすくなります。SN 比や性能を重視した場合、簡単には一つの LSI にできません。図中の RF アンプをすぐにチップに取り込まないのはそういった理由があるためです。

また、図3や図4を見ると、最新のデバイスでもオーディオ用の A-D/D-A コンバータを内蔵していないことに気づくでしょう。オーディオ用の A-D/D-A コンバータは、一般的に高品位を求められるため、SN 比の観点から簡単に一つの LSI にはできません。また、オーディオの部品はハイエンド・ユーザ向けとローエンド・ユーザ向けとでは、部品にかかるコストや趣向

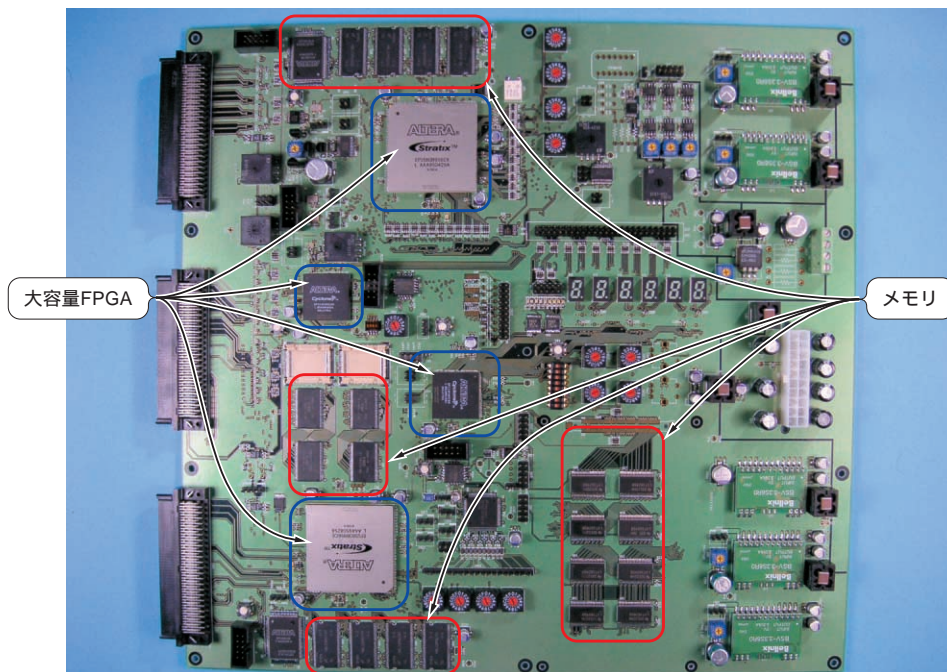


写真5  
ASIC 開発用プロトタイプ  
基板の例

が大きく異なり、そのグレードによって要求はさまざまです。LSIに取り込んでしまうと、そのグレードが固定されてしまうということもあり、あえてLSIの外に付けるようにしています。

また、実はビデオ用のA-D/D-Aコンバータと違い、オーディオ用のA-D/D-Aコンバータは、よりシビアなSN比を要求されます。ビデオ用は七十数dB程度で十分実用になりますが、現在のオーディオはCD音質が求められ、90dB以上を要求されるためです。周波数帯域はビデオ用のものが広いのですが、SN比についてはオーディオ用のほうがより厳しいのです。

### 3 SoC 開発の実際

#### ● SoC 開発の流れ

SoC開発を行う場合、ZORAN社のデバイスのように、すでに別のチップとして開発が完了して市場で使われ、十分にバグが取り切れたもの(または技術が枯れたもの)を取り込む場合と、まったく新規の周辺回路をいきなり取り込む場合とに分けることができます。

前者は、すでにでき上がっている回路を合体させるわけなので、開発におけるリスクは少ないと言えます。しかし、先行してそれぞれのブロックの回路の検証ができていなければなりません。

後者はチップの一部にバグが出たとしても、チップ全体を製造し直すなくてはならない危険性があります。写真1～写真4のようなデバイスは、MPEGデコード/エンコードやDVDプレーヤ/レコーダ専用です。こういった特定用途向けICはASIC (Application Specific Integrated Circuit)と呼ばれています。

ASICの開発は、中の回路はユーザが設計しますが、デバイス自体は半導体製造工場をもったベンダに依頼して製造してもらいます。したがってチップを作り直すには、時間もお金もかかります。

#### ● プログラマブル・デバイスを使った SoC 開発

ASIC新規開発時の失敗のリスクを減らしたい場合は、FPGA (Field Programmable Gate Array, 詳細は第1章以降を参照)などのプログラマブル・デバイスを使ってデバイスの評価を繰り返し、信頼性を高めてからデバイスを製造する方法もあります。FPGAはユーザの手元で回路の開発が可能で、やり直しも容易です。写真5はASIC開発用プロトタイプ基板の例です。大容量FPGAが四つ並んでいます。これを使って回路を検証し、最終的にASICにまとめるわけです。

ASICの開発にはお金がかかるので、数個しか使わないようなデバイスをASICにすると、1個あたりの価格が非常に高くなってしまいます。そのような場合は、FPGAをそのまま完成品に採用する方法もあります。現在のFPGAは、SoCを実現できるレベルまで大容量化してきているので、少量の場合はFPGAを使うというケースが一般化しています。

CPUを内蔵したSoCではなくても、これまで複数チップで実現していた周辺機能を1チップに集積して、基板面積の縮小化や低コスト化を実現できるので、FPGAなどのプログラマブル・デバイスを使ったシステム設計は、どのような分野の開発でも有用な方法だといえるでしょう。

くまがい・あき 半導体デバイス設計エンジニア