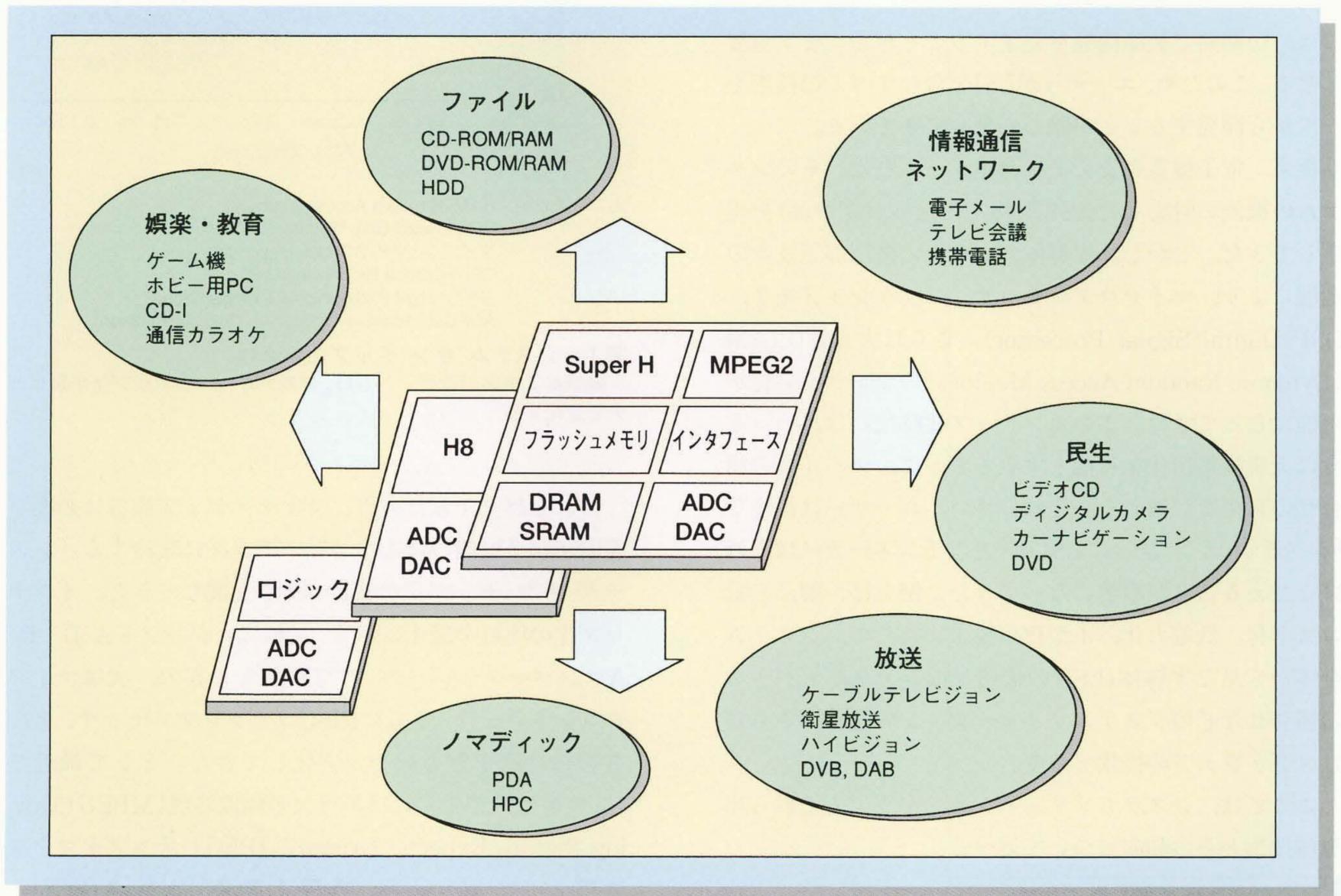


システムソリューション時代の半導体技術

Semiconductor Technologies in the Age of System Solutions

■ 秋武勇夫 Isao Akitake



注：略語説明 ADC (Analog-to-Digital Converter), CD-I (Compact Disc-Interactive Media), CD-RAM (Compact Disc Random Access Memory), CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory), DAB (Digital Audio Broadcasting), DAC (Digital-to-Analog Converter), DRAM (Dynamic RAM), DVB (Digital Video Broadcasting), DVD (Digital Video Disc), HDD (Hard Disk Drive), HPC (Handheld Personal Computer), MPEG (Moving Picture Experts Group), PDA (Personal Digital Assistant), SRAM (Static RAM)

システムソリューション時代の半導体技術

半導体プロセスの微細加工技術の進展により、高性能マイクロプロセッサ、大容量DRAM、フラッシュメモリなどのオンチップ化が可能となった。それは、急速に発展する電子機器の高機能・複合化したシステムをもシリコンチップ上に集積化できる。

マルチメディアが進展する中で、電子機器では、画像・音声処理技術、通信技術などの複合化、高機能化が急速に進み、しかも製品化サイクルが短くなり、低コスト化が要求される。この急速な変動の電子機器市場を支える半導体デバイスでは、そのシステムが要求している最適解を早期に提供することが重要である。

つまり、高性能マイクロプロセッサ、フラッシュメモリ、デジタルシグナルプロセッサの提供、そしてこれらをシステムとして最適に動作させるOS (Operating

System)やミドルウェアの提供である。さらに半導体プロセスの微細加工技術の進展により、システムオンチップ化時代がそこに見えてきた。これら大規模集積化時代に対応した半導体技術を積極的に提供していくことが重要である。それは設計ツールも含んだトータルシステムソリューションの提供である。

ここでは、システムソリューションを支えるこれら半導体技術とその動向について概観した。

1. はじめに

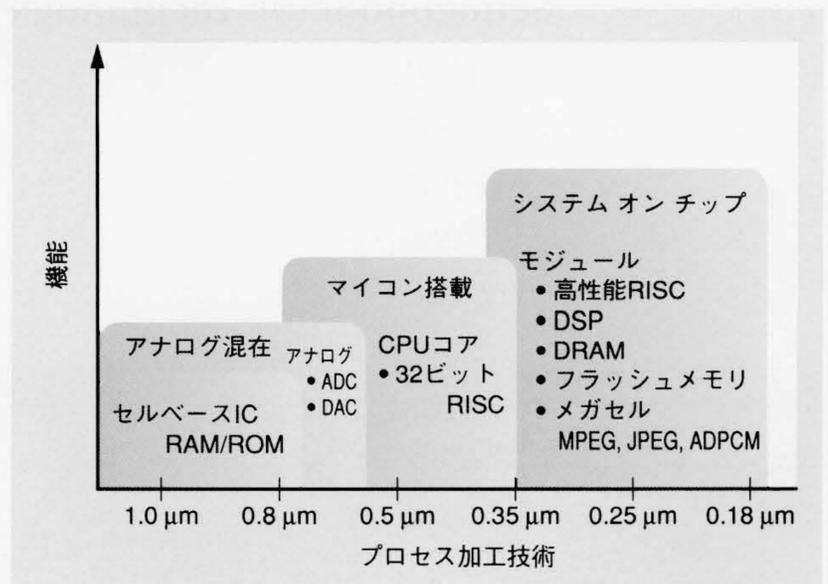
マルチメディアが普及する中で、電子機器では、文字、音声、図形、映像、画像を処理するための画像・音声、データ圧縮・伸張技術、データ通信技術などの複合化、高機能化、高性能化が加速され、しかも製品化サイクルが短くなっている。このような市場競争に対応するためには、短期間で製品開発を完了することがますます重要になる。このため、ユーザーがLSIを含むすべての技術を見ずから開発することが難しくなっている。

従来、電子機器を支える半導体メーカーは、そのシステムの機能に対応したASSP(特定用途向け標準品)を提供してきた。しかし、半導体プロセスの微細加工技術の進展により、マイクロプロセッサ、フラッシュメモリ、DSP(Digital Signal Processor)、さらに大容量DRAM(Dynamic Random Access Memory)のオンチップ化が可能になってきた。このオンチップ化時代には、いっそうの大規模集積化を可能とするとともに、デバイスの組合せの自由度が増える。それに伴い、ユーザーは最適な「システムオンチップLSI」を要求し、メーカーはそれにこたえることが重要になってきた。例えば、製品の低コスト化、低電力化、小型化の要求に対して、システム全体から見た半導体(LSI)の最適な機能分割、デバイスの組合せなどのシステムソリューションの提案、さらにはソフトウェアの提供である。

ここでは、システムソリューションを支えるこれら半導体技術とその動向について述べる

2. システムソリューション

システムが求めている課題に対して、さまざまな解決案を提供することが必要となってきた。例えば、低コスト化の要求でも、新しい1チップ化の提案が必ずしも最適解ではない場合がある。すでに開発されている低価格のASSPを組み合わせて実現する手段が、最適解である場合もある。一方、複数の機能を実現する場合は、それぞれの機能に対応した複数のASSPで構成することは、コストの面、実装面積の面で有利ではない。RISC(Reduced Instruction Set Computer)プロセッサやDSPを使い、ソフトウェアで各機能を実現することが望ましい場合がある。また、画像やデータを扱うマルチメディアの普及によってシステムの大規模かつ高速処理が必要になり、個別部品での構成では、処理速度が遅くなったり、消費電力・電流、コストの面で不利になる。



注：略語説明 RAM(Random Access Memory)
ROM(Read-Only Memory)
マイコン(マイクロコンピュータ)
CPU(Central Processing Unit)
JPEG(Joint Photographic Experts Group)
ADPCM(Adaptive Differential Code Modulation)

図1 システムオンチップ化の流れ

微細加工技術の進展とともに、システムオンチップ化が急ピッチで進化する。

これを解決するために、マルチメディア機器に必要な要素回路、機能のほとんどを1チップに集積する「システムオンチップ」が急ピッチで進展してきた。オンチップ化の流れを図1に示す。最初はロジックとA-D・D-Aコンバータを同一チップで構成したもの、次はマイクロコントローラ、さらにRISCマイクロプロセッサ、またさらにはDSPをオンチップ化してきた。そして最近では、マルチメディアには不可欠の画像処理[MPEG(Moving Picture Experts Group), JPEG]チップをマクロコアとして取り込み、各種インタフェース(SCSI, IEEE1394, USBなど)を取り込んでユーザーの要求にこたえてきている。

今後、さらに大規模なDRAM、フラッシュメモリ、高誘電体メモリを混載したワンチップソリューションが実現されていくものと考えられる。

また、モジュールのオープン化に伴い、セルの標準化が重要である。このため、半導体業界ではVSI(Virtual Socket Interface)アライアンスを設立して、セルの標準化を進めている。また、設計するためにはCAD技術、レイアウト技術が鍵となる。そのため、標準のHDL(ハードウェア記述言語)に対応したEDA(電子回路設計支援)ツールを準備するようになっている。

3. システムソリューションを支える基盤技術

上述した電子機器へのシステムソリューションの提案

を現実のものとするためには、半導体の基盤技術や半導体デバイスの進歩が不可欠である。

3.1 プロセス微細加工, デバイス技術

システム オン チップ化の進展は、プロセス加工技術の微細化と一体である。微細化と、デバイス技術の進歩を図2に示す。従来はDRAMが微細加工技術を牽(けん)引していたが、近年はマイクロプロセッサなどのマルチメディア対応デバイスの高速化、高性能化の要求が、DRAMと同様に、最先端のプロセスを牽引する。このような各種半導体デバイスの要求するプロセス微細加工技術が同一方向化と大規模な集積化(0.35 μmプロセスで百万ゲート以上の集積が可能)を推進し、メモリ、マイクロプロセッサ、ロジック回路、アナログ回路などを同一チップ上に搭載するシステム オン チップ化を可能とした。

システム オン チップ化の主な課題は、(1)低消費電流化技術、(2)微細化による低電圧での性能確保のための回路技術、(3)各モジュール間での相互雑音低減化技術にある。特に、アナログ・デジタル混在LSI回路では、アナログ回路の性能を左右する。

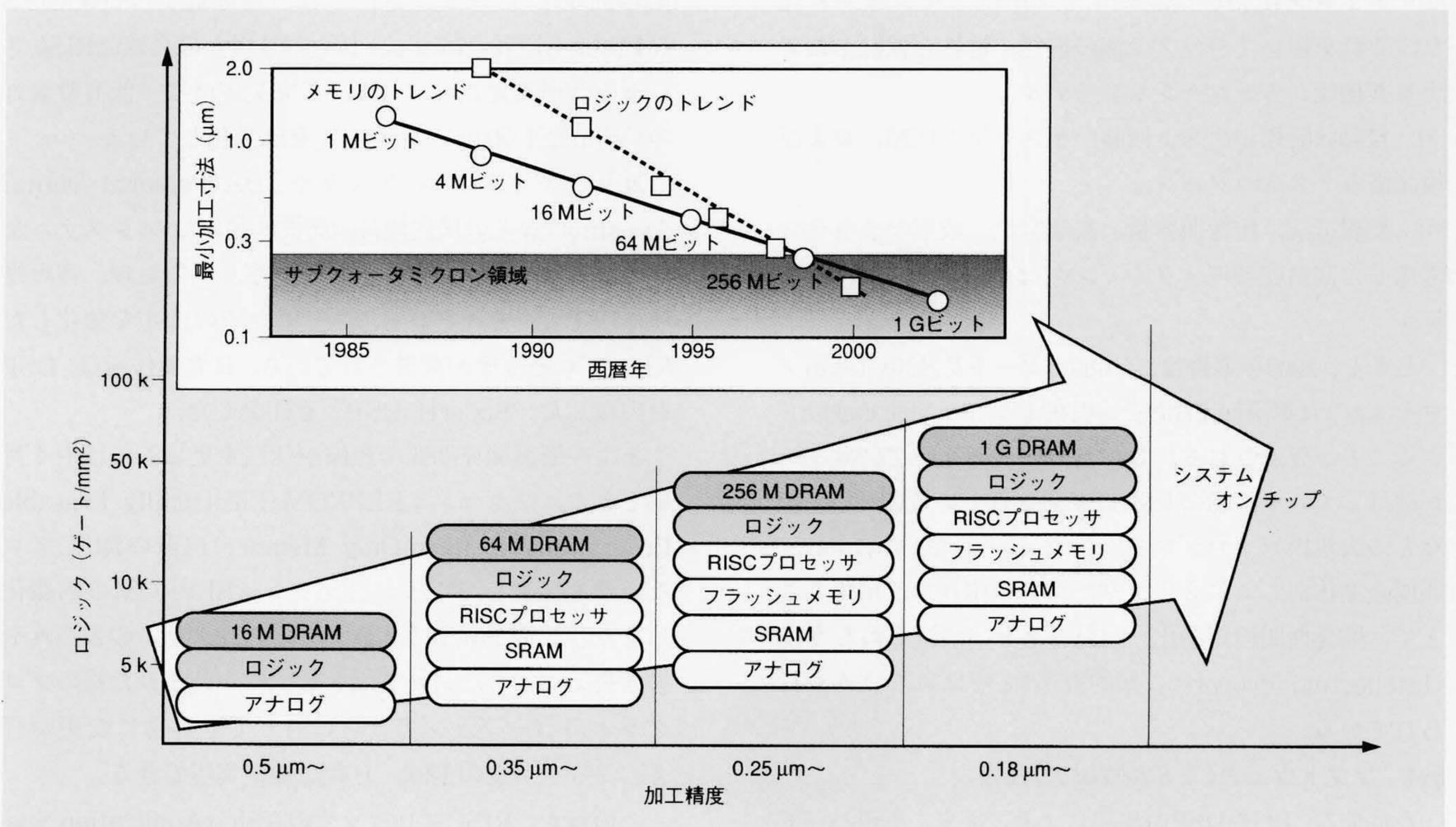
3.2 パッケージ技術

携帯端末機器には、「より小さく、より軽く」、そして機器の高性能化に伴い、「より高速に」が強く要求される。このために、機器の高密度実装技術が急速に進歩している。高密度化の一つの方法としては、LSIチップをパッケージに封止していない状態でそのまま基板に接続する方法、例えばCOB(Chip on Board)実装と、フリップチップ実装(LSIチップと基板の電極どうしをはり合わせる。)があるが、従来のように基板との接続で他の部品とも一括してはんだ付け(リフローはんだ付け)ができる小型パッケージ封止のLSIへの要求が強い。これにこたえるパッケージとして、CSP(Chip Size Package)が開発された。このパッケージは、チップサイズとほぼ同じサイズにすることができる。パッケージの構造は種々考えられている。パッケージの構造例を表1に示す。

CSPへの需要増加が今後ますます期待される。

3.3 設計・レイアウトツール

CPUや各種機能モジュールの搭載を可能とするマイコン オン チップ、さらにはシステム オン チップをユーザー自身で設計することは容易ではない。例えば、



注：略語説明 SRAM(Static RAM)

図2 微細加工とロジック混載大容量DRAMプロセスの流れ

近年、ロジックの開発が早まり、DRAMと同時期にまで追い付いた。微細加工技術は両者で牽引する。メモリと大容量DRAMが混載され、システム オン チップが加速される。

表1 CSPの構造例

CSPの採用により、基板の高密度実層が加速される。

構造	断面構造
ファンイン タイプ (チップサイズ)	
ファンアウト タイプ (チップサイズ +α)	

CPUコアと機能モジュールを接続するにあたって、それぞれの内部論理回路についての知識が必要となるが、チップ設計者には、これを意識しないで設計できる以下のような最適化設計ツールが提供されており、設計・開発期間の短縮化、簡単化を図っている。

- (1) ユーザーが必要とするCPU周辺機能モジュールを取り込み、CPUとの接続を自動化した「マイコンコンパイラ」
- (2) アナログ回路を機能ブロック単位でモジュール化し、これを用いたチップ全体の機能、特性を検証したアナログ機能シミュレーションモデル
- (3) 自動診断用のテスト回路、テスト制御回路、および検証済みテストパターン
- (4) 配線抵抗、配線間容量、接地容量、波形なまりをも考慮した高精度論理・タイミングシミュレーションモデル

しかし、2000年以降は、1,000万ゲート以上(0.18 μ mプロセス)の大規模LSI設計を、現在よりも短時間で設計できることが要求される。このために、新しいアプローチが進行している。現在、個別に開発されているCPU、DSPなどの大規模マクロブロック(モジュール)を標準化し、共同企業体間でこれらのマクロコアを相互に活用することで、開発期間の短縮化、開発コストの削減をねらうIP(Intellectual Property: 知的資産)と呼ばれる試みが行われている。

3.4 ソフトウェア(ミドルウェア)技術

高性能なCPUやDSPの出現により、従来、専用ハードウェアで構成していたカラー動画のような、大量の情報を扱うMPEGやJPEGもソフトウェア化が可能となった。これらのソフトウェア化により、(1)機能の変更また

は新しい機能の拡張が容易にでき、(2)専用LSIなどの部品点数削減によって低コスト、小型化が図れる。これらはユーザーの要求と一致している。そして、電子機器の開発期間の短縮のために、これらのソフトウェア(ミドルウェア)を準備し、提供することは重要である。

日立製作所は、音声処理、音声合成、音声認識、パターン認識、通信機能などのミドルウェアを開発している。さらに、だれとでも情報交換ができるような、翻訳ミドルウェアも開発している。また、PC(Personal Computer)でのWindows^{*)}のようなデファクトスタンダードOS(Operating System)やリアルタイム応答性、ネットワーク性能を重視するOSなどが登場している。これらのOSが使用できる環境も提案している。

4. システムソリューションを支える 半導体デバイス

4.1 CPU

携帯型情報端末やマルチメディア機器では、圧縮画像の伸張やグラフィックス処理などを低消費電力で高速に処理できる能力を持ち、かつ低コストであるRISCプロセッサが主流になっている。CPUの性能は、15年で約1,000倍に向上している。現在では、処理能力が300 MIPS (Million Instructions per Second)以上の高性能RISCプロセッサが開発されている。日立製作所は、低消費電力の「SuperH RISCマイコン」を製品化している。

近年、デジタルカメラやPDA(Personal Digital Assistant)などの民生機器の高機能化のため、システム全体の制御はマイクロコントローラで、画像処理、音声処理はDSPで、それぞれ処理させるためのDSPを強化したRISCプロセッサが開発されている。日立製作所は、DSPを内蔵した“SuperH-DSP”を開発した。

また、製品開発期間の短縮や仕様変更にもすばやく対応できる、フラッシュEEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)内蔵のRISCプロセッサも開発している。フラッシュEEPROMの内蔵化により、製造工程での基板上でのプログラムの書込みや書き換えに加え、最終製品として組み込まれた後のプログラムのバージョンアップに対しても容易に変更が行え、保守コストの削減、日程短縮が実現できる。

このほか、RISCプロセッサのASIC(Application Spe-

*) Windowsは、米国およびその他の国における米国Microsoft Corp.の登録商標である。

cific IC)へのオンチップ化が急速に展開されている。

プロセッサでは、高速での種々の処理をするかたわら、電流を抑えること(パワーマネジメント機能)が同時に強く求められている。これには、単にデバイスレベルだけでなく、こまめに電源を切るシステム技術やこれに伴う低電流化CAD技術、アーキテクチャ技術も重要である。

4.2 半導体メモリ

携帯型PCの高速、高性能、小型化が急速に進む中で、半導体メモリにも画像データの高速転送、大容量が求められる。このために、PCのバス周波数に同期して高速データ転送を可能とする、シンクロナスDRAM(SDRAM)が使用される。

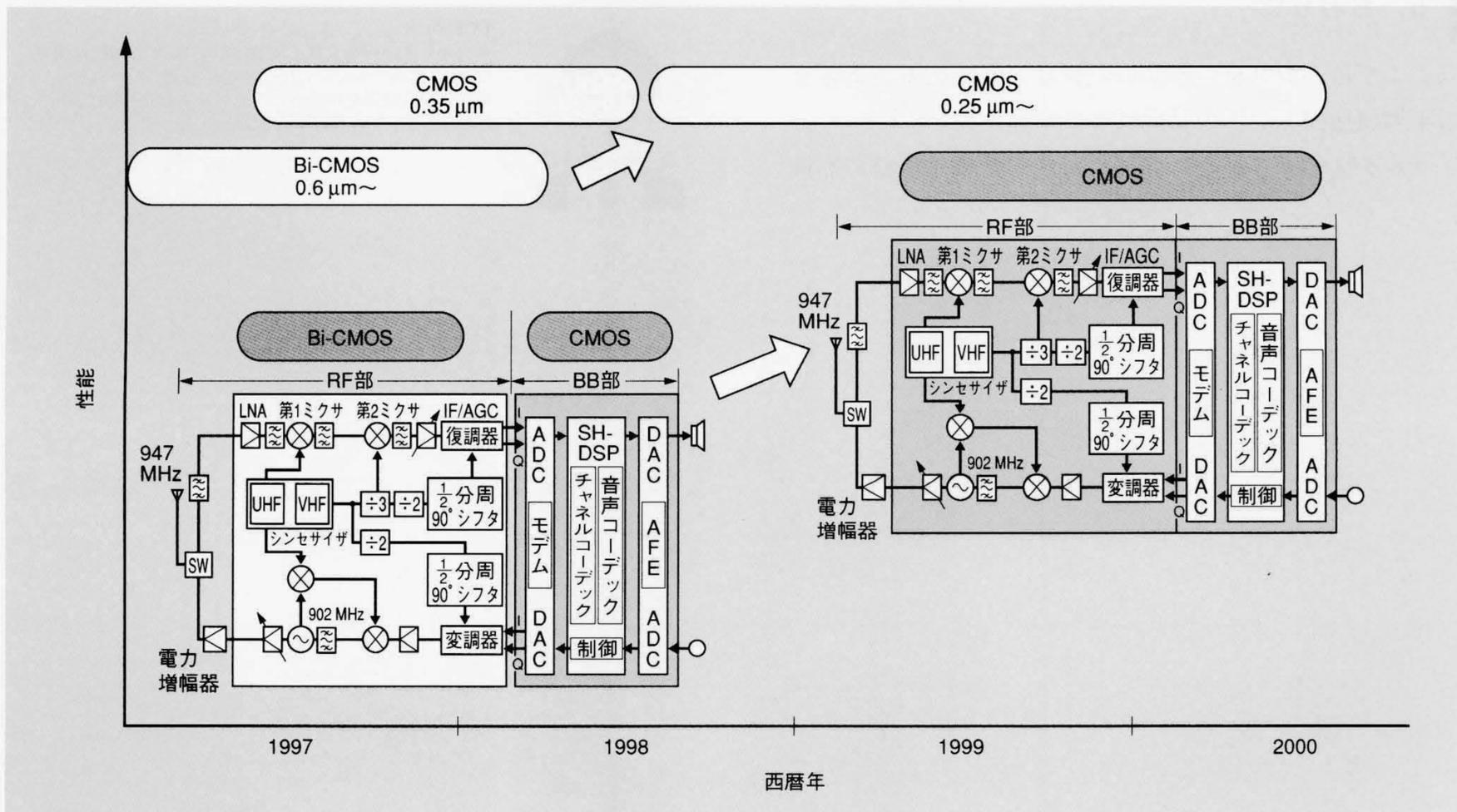
また、携帯型端末機器は一般に電池を使用するため、電池交換が必要になる。このときに記憶している情報が消えないこと、さらに、情報を何度も書き換えることが求められている。これらの要求を満たしてくれる不揮発性メモリとして、フラッシュEEPROMへのニーズが増している。さらに、将来に向けては、フラッシュEEPROMの書き換え時間をさらに短くできる不揮発性

RAMである「強誘電体メモリ」が期待される。

携帯型端末機器(デジタル スチル カメラなど)の外部記憶装置として、「消費電流が小さい」、「小型で軽量」、「衝撃に強い」という必要条件を備えたメモリカードが重要な働きを担っている。このメモリカードには、フラッシュEEPROMが搭載されている。大きさは、一般には、PCMCIA(Personal Computer Memory Card International Association)準拠のPCカードサイズである。携帯型端末機器のサイズをさらに小さくしたいという要求に対して、切手サイズ(PCカードの面積の $\frac{1}{4}$)のフラッシュEEPROM内蔵メモリカードが登場してきた。これらは、半導体技術や信号処理ソフトウェア技術に支えられている。

4.3 高周波、高速アナログ・デジタル混在デバイス

「いつでも、どこでも、だれとでも」の呼び方で今や国内で4人に一人が持つほど普及してきた携帯電話機に代表される無線や移動体通信では、高周波デバイスが重要な技術である。携帯電話機に用いられる半導体デバイスの流れを図3に示す。現在、高周波信号処理部(~ 2 GHz)では、Bi-CMOSプロセスを使用している。しかし、CMOS



注：略語説明 Bi-CMOS (Bipolar Complementary Metal-Oxide Semiconductor), RF (Radio Frequency), IF (Intermediate Frequency) AGC (Automatic Gain Control), LNA (Low Noise Amplifier), SW (Switch), BB (Baseband), ADC (Analog-to-Digital Converter) DAC (Digital-to-Analog Converter), AFE (Analog Front End)

図3 高周波アナログ・デジタル混在システムの流れ

高周波アナログ・デジタル混在デバイスは、現在、Bi-CMOSデバイスが主流である。しかし、CMOSの微細化によって高周波(RF)もCMOSで実現でき、将来は1チップ化も考えられている。

プロセス(以下, CMOSと言う。)が微細化(0.35 μm ~)してきたことで, 高周波でも使えるようになってきた。音声信号処理, 制御を行うベースバンド部には, CMOSがすでに使われている。近い将来には高周波信号処理部がCMOSに置き換わり, ベースバンド部と一体化した1チップ携帯電話用LSIの実現も考えられる。

PCのファイル装置として重要な働きを担っているHDD(Hard-Disk Drive)も, 年々高速化している。現在, そのデータ転送レートでは, 200 Mビット/sが実現している。HDDを構成するリードチャネル信号処理LSIでは, 一般にはBi-CMOSプロセスを用い, A-Dコンバータを含む高速アナログ部では, バイポーラプロセスをそれぞれ使用している。しかし, CMOSプロセスの微細化により, 高速A-Dコンバータ(200 MHz以上)もCMOS化され, リードチャネル信号処理LSIもCMOSに置き換わっていく。将来, HDDでは, 大容量DRAMオンチッププロセスを用いてリードチャネル信号処理部, 制御を受け持つHDC(Hard Disk Controller)部, マイコン, フラッシュメモリ, そしてDRAMなどを取り込んだワンチップ化が実現することと考える。

5. おわりに

ここでは, システムソリューションを支えるさまざまな半導体技術と, その動向について述べた。

マルチメディア社会の発展に対応した電子機器の高機

能化や, 製品サイクルの短縮化が急速に進展している中で, これらにこたえるシステムソリューションが半導体技術へ求められている。これに対しては, 微細加工技術, デバイス技術(RISCマイクロプロセッサ, メモリ, これらを集積化したシステムオンチップなど)やチップの提供だけでなく, システムとして動かすソフトウェア(ミドルウェア)技術, さらに, CAD設計ツール技術など, 半導体トータル技術でこたえる必要がある。さらには, 製品をよく知り尽くし, その製品に最適な半導体デバイスの提案をすることが重要である。

今後も, ユーザーのニーズにこたえるシステム技術と半導体デバイスの開発に力を注いでいく考えである。

参考文献

- 1) 牧本, 外: デジタル革命, 日経BP社(1996)
- 2) K. Irie, et al.: 2.7 V Single-Chip GSM RF Transceiver IC, ISSCC Digest of Technical Papers(1997-2)
- 3) 200 Mビット/秒の信号を処理できるPRML LSIを開発, 日経エレクトロニクス, 1996.10.21, No. 660

執筆者紹介



秋武勇夫

1971年日立製作所入社, 半導体事業部 半導体技術開発センター マルチメディアLSI開発部 所属
現在, 民生機器を中心としたシステムLSI開発に従事
E-mail: i-akitak@crl.hitachi.co.jp