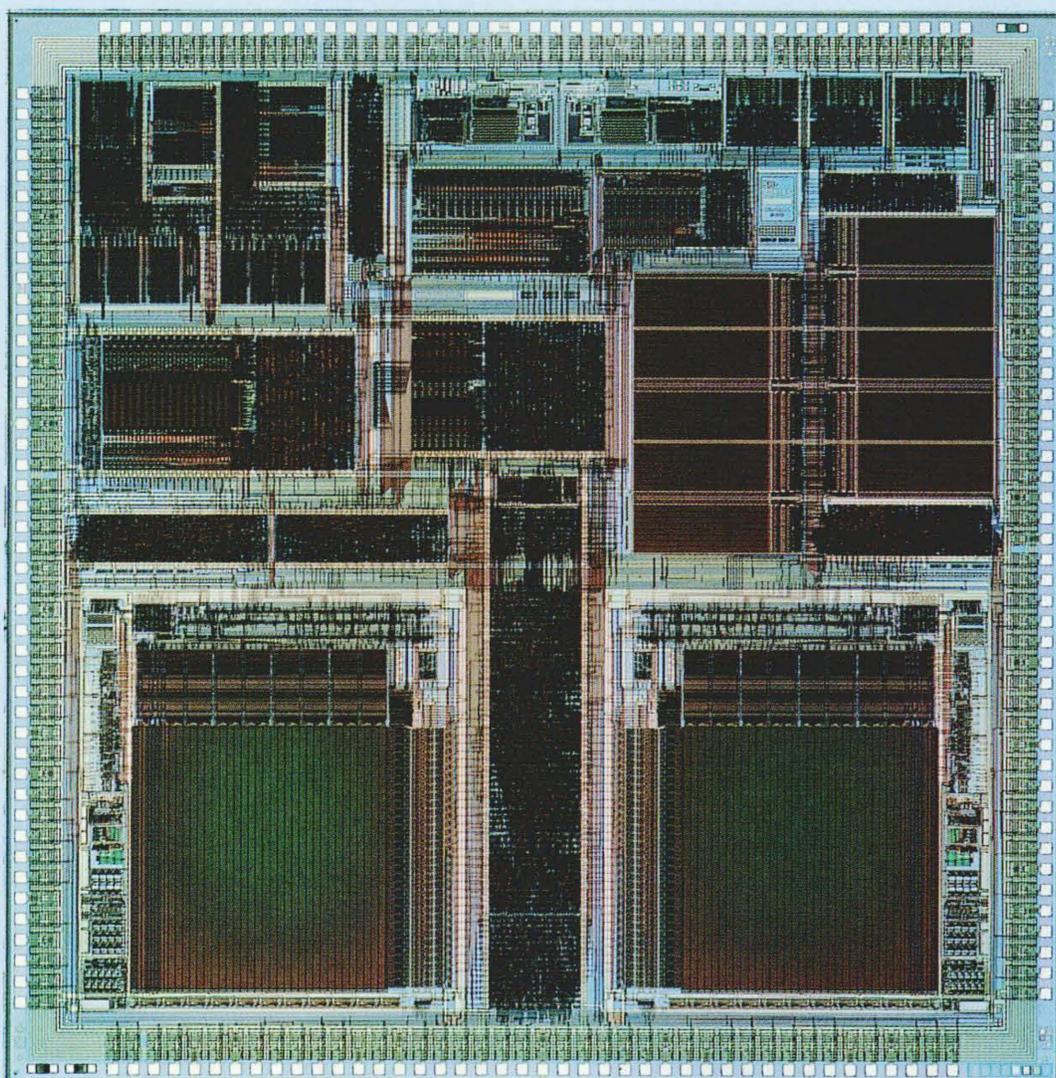


フィールドプログラマブル大容量フラッシュ メモリ内蔵マイコンとその応用

Field Programmable Microcomputers and Their Applications

岩下裕之 *Hiroyuki Iwashita* 渡辺照一 *Terukazu Watanabe*
松原 清 *Kiyoshi Matsubara*



SuperH RISC engineファミリーの“SH7051F”マイクロコンピュータ

高性能な32ビットRISCマイコン(マイクロコンピュータ)に256kバイトの大容量単一電源フラッシュメモリを内蔵した。周辺機能として16チャンネルのA/Dコンバータ、高機能タイマなどを持ち、自動車のエンジン制御に適している。

電子機器の高機能、高性能化とともに、マイコンの応用分野が急速に広がっている。応用の広がりにより、マイコンに対する要求も、高性能、ローパワーといった従来のニーズに加え、最近では適切なタイミングで新製品の市場投入を実現するフィールドプログラマビリティが強く要求されている。フィールドプログラマビリティとは、製品開発期間の短縮や機器仕様の改善などのため、開発から試作、生産立ち上げ、量産の各工程で、マイコンプログラムの書き換えやデータの修正・調整を容易に実現することである。

このようなニーズにこたえて、フラッシュメモリを内蔵したF-ZTAT(Flexible Zero Turnaround Time)マイコンを製品化した。F-ZTATマイコンは、不揮発性で電氣的に書き換え・消去が可能なフラッシュメモリを内蔵している。F-ZTATマイコンを使用した場合、基板実装後でもプログラムやデータの内容を、基板上で100回以上変更する(オンボード書込み)ことができる。F-ZTATマイコンにより、マイコン応用システムの開発段階から量産まで、状況に応じた迅速な対応が可能になる。

1. はじめに

電子機器の高性能、高機能化とともに、マイコンの応用分野が急速に広がっている。応用の広がりにより、マイコンに対する要求も、高性能、ローパワーといった従来のニーズに加え、最近では適切なタイミングで新製品の市場投入を実現するフィールドプログラマビリティが強く要求されている。フィールドプログラマビリティとは、製品開発期間の短縮や機器仕様の改善などのため、開発から試作、生産立ち上げ、量産の各工程で、マイコンプログラムの書き換えやデータの修正・調整を容易に実現することである。

マイコン応用システムの開発段階から量産まで、状況に応じたフレキシブルな対応を可能とするのがF-ZTATマイコンである。

ここでは、F-ZTATマイコンの特徴とその応用について述べる。

2. F-ZTATマイコン開発の背景

フィールドプログラマブルマイコンの構成と工程の比較を図1に示す。プログラム用のメモリを内蔵することによってマイコン応用システムの小型化、高性能化を

実現するシングルチップマイコンは、その歴史がマスクROM内蔵品から始まった。マスクROM内蔵品の場合、ユーザーシステムのソフトウェア(プログラム)開発が完了した時点で、ユーザーは半導体メーカーにROMを発注する(開発したプログラムをマスクROM化する)。その後、半導体メーカーがマスクを製作してサンプルをユーザーに納入し、このサンプルでユーザーが実機テストを行い、問題が無ければ、初めて半導体メーカーから量産品納入が開始される。この場合、ユーザーが半導体メーカーへROMを発注してから量産が可能となるまでには、最短でも約1か月の時間が必要となる。量産品を納入後、ソフトウェアの変更が再度必要となった場合には、ユーザーはその変更のために、さらに数か月単位の時間を費やすことになり、製品投入タイミングを逸してしまうケースも起こりうる。

製品開発サイクルを短縮する一つの方法として、ユーザーの手もとでプログラミングできるEPROMを内蔵したOTP(One Type Programmable)タイプのシングルチップマイコンが開発された。1985年に日立製作所は、このEPROM内蔵マイコンをZTAT(Zero Turnaround Time)マイコンと称し、他社に先駆けて積極的な製品展開を進めてきた。ZTATマイコンの場合、開発したプログラムをユーザー自身が汎用のPROM(Programmable ROM)ライターを用いて簡単にマイコンへ書き込むことができる。ユーザーは、従来のマスクROM内蔵タイプのマイコンで必要だった半導体メーカーが準備するサンプルを待つ必要がなくなり、システムの評価期間は大幅に短縮される。加えて、ZTATマイコンを使用すれば、システムの少量多品種対応や仕様変更時の量産への短期対応などに大きな威力を発揮する。現在、日立製作所は、このZTATマイコンを、4ビットの「H400シリーズ」から32ビットの高性能RISC(Reduced Instruction Set Computer)マイコン「SuperH RISC engineファミリー」まで幅広く品ぞろえしている。

しかし、従来のEPROM内蔵マイコンでは、ユーザーの手もとで1回しか書込みができないという制約があった。このため、デバッグ時にプログラムやデータを変更する場合や、市場出荷後に仕様変更を実施する場合には、あらかじめマイコンをソケット上に実装するといった対応が必要となる。小型携帯機器システムでは基板にソケットを実装するスペースを確保することも難しく、基板自身を交換するなどの対応が必要となる。

こういった問題を解決するために、ZTATマイコンの

	マスクROMマイコン	ZTATマイコン	F-ZTATマイコン
マイコンの構成			
量産までの工程			

注1: □ (メーカー), □ (ユーザー)

注2: 略語説明

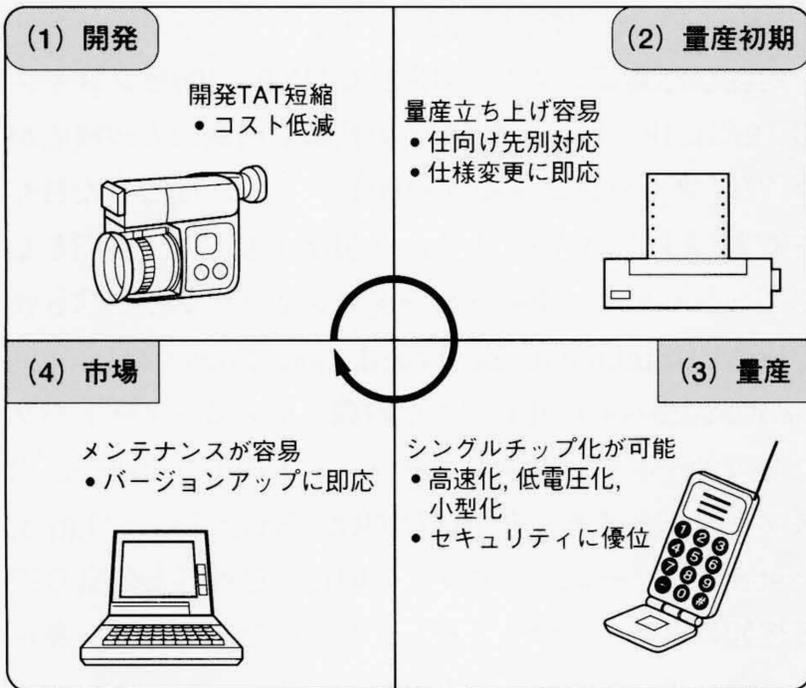
ROM (Read-Only Memory)

CPU (Central Processing Unit)

EPROM (Erasable Programmable ROM)

図1 フィールドプログラマブルマイコンの構成と工程

フラッシュメモリを内蔵したF-ZTATマイコンでは、ユーザー自身によるプログラムの書込みに加えて、プログラムの書き換えも可能となり、開発から量産までの工程に要する時間を大幅に短縮することができる。



注：略語説明 TAT (Turnaround Time)

図2 システム開発から量産までのフローでのF-ZTATマイコンの使用例

開発TAT短縮, 市場でのバージョンアップなど, F-ZTATマイコン使用により, さらにフレキシブルな対応が可能となる。

フィールドプログラマビリティをさらに進めた製品がF-ZTATマイコンである。F-ZTATマイコンは, 不揮発性で電氣的に書き換え・消去が可能なフラッシュメモリを内蔵している。システムの開発から量産までのフローでのF-ZTATマイコンの使用方法を図2に示す。F-ZTATマイコンを使用した場合, 基板実装後でもプログラムやデータの内容を, 基板上で100回以上変更(オンボード書き込み)することができる。

3. F-ZTATマイコンの特徴

3.1 低電圧, 高速動作

フラッシュメモリをマイコンに内蔵することにより, システムの小型化に加えて, 従来外部で使用していた単体フラッシュメモリでは実現が難しかった, システムの低電圧化(3V動作)と高速化を実現することができる。内蔵フラッシュメモリのアクセスに要するサイクルタイムは約35 ns(5V 28 MHz動作時)と, 単体フラッシュメモリに比べて2倍以上の高速アクセスを実現している。

3.2 ブロック分割機能

効率のよいオンボード書き込みを実現するために, フラッシュメモリは複数ブロックで構成している。製品によって違いはあるが, 各製品とも数百バイト単位の小ブロックと数十キロバイトの大ブロックを複数個内蔵している。データの書き換え・消去は任意のブロック単位で実行が可能であり, 用途に応じた最適な書き込みが選択で

きる。

3.3 RAMによるフラッシュメモリのエミュレーション機能

フラッシュメモリの一部と内蔵RAM(Random Access Memory)を重ね合わせてエミュレートできるモードを持っている。プログラムの開発時に頻繁に書き換えが必要なパラメータデータをRAM上でエミュレートできるため, フラッシュメモリに対する書き換え時間や書き換え回数の大幅な低減を図ることができる。

3.4 F-ZTATマイコンへの書き込み方法

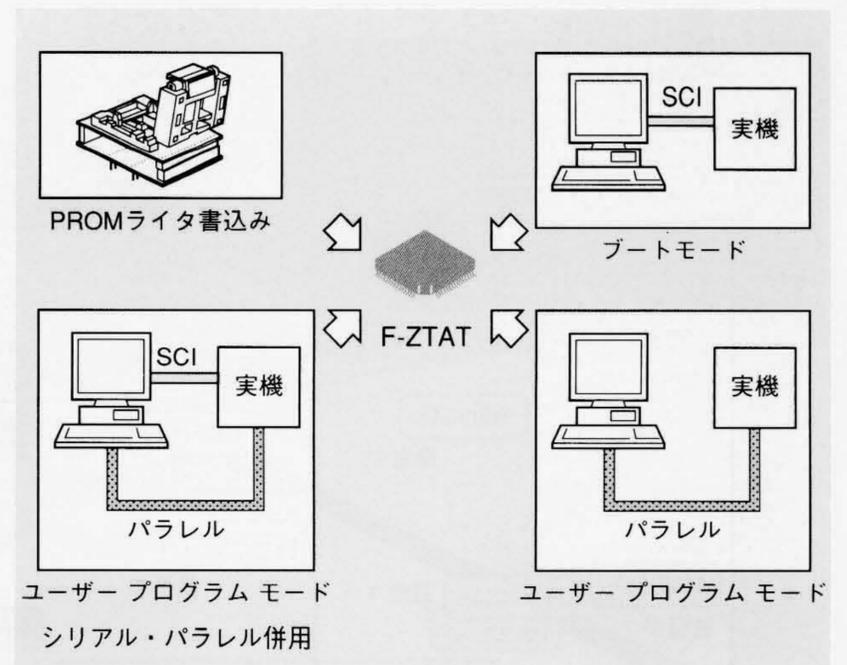
F-ZTATマイコンへの書き込み手法を図3に示す。F-ZTATマイコンに内蔵されているフラッシュメモリへの書き込みは, 汎用PROMライターでの書き込みと基板実装後のオンボード書き込み(ブートモードとユーザープログラムモード)の2タイプがある。

3.4.1 汎用PROMライターでの書き込み

専用のソケットアダプタを用いることで, ピン配置をHN28F101のような標準のフラッシュメモリと同一ピン配置に変換し, その後は標準のフラッシュメモリと同一の書き込み仕様で書き込みが可能となる(ただし, 一部製品では仕様が異なる)。

3.4.2 オンボード書き込み

日立製作所が提案する標準的なオンボード書き込み手法であるブートモードと, 高速書き込みなどを実現するためにユーザー自身が特別に準備した, 独自の書き込みプログラムを実行することができるユーザープログラムモード



注：略語説明 SCI (Serial Communication Interface)

図3 F-ZTATマイコンの書き込み手法

汎用PROMライターでの書き込みと, 基板実装後のオンボード書き込みの2タイプがある。

ドがある。

(1) ブートモード

初期書込みに最適なモードで、内蔵フラッシュメモリを一括で消去し、その後、書込みを実行する。まず、F-ZTATマイコンにあらかじめ内蔵してあるブートプログラムを起動し、外部のパソコンなどからF-ZTATマイコン内蔵のSCI(Serial Communication Interface)を通して書込み制御プログラムを内蔵RAMへ格納する。次に、この書込み制御プログラムを実行することで、オンボード書込みを実現する。

(2) ユーザープログラムモード

ブロックごとに消去・書込みができるため、例えば、システムの量産ラインで小ブロックにあるパラメータデータのチューニングなどに使用する。

汎用のPROMライターやブートモードにより、内蔵のフラッシュメモリにあらかじめ書き込んでおいた書込み・消去用プログラムを実行することで、オンボード書込みを実現する。

4. F-ZTATマイコンの品ぞろえ

4.1 充実のラインアップ

F-ZTATマイコンの製品展開計画を図4に、各製品の応用分野を表1にそれぞれ示す。1993年に16ビットマイコン「H8/500シリーズ」の第一弾製品「H8/538F」を発表して以来、現在では8ビットマイコン「H8/300シリーズ」、16ビットマイコン「H8/300Hシリーズ」を加え、計7製品が本格量産中にある。

H8/300シリーズでは、32 kバイトのフラッシュメモリを内蔵した80ピンタイプのH8/3334YF、100ピンタイプのH8/3434F、ピン互換(端子の仕様と内蔵の周辺機能が互換)でフラッシュメモリを60 kバイトに拡張したH8/3337YFとH8/3437Fがある。各製品とも、周辺機能としてノートパソコンのキーボードコントローラで要求されるIKAP(Intelligent Keyboard and Power Management Processor)やI²Cバスを内蔵している。ノートパソコンのキーボードコントローラとして使用した場合、内蔵フラッシュメモリを用いたBIOS(Basic Input-Output System)のバージョンアップへの迅速な対応と豊富な周辺機能により、スマートバッテリー制御を含めたフレキシブルなパワーマネジメントを可能とする。

H8/300Hシリーズには、128 kバイトのフラッシュメモリを内蔵した100ピンタイプのH8/3048Fがある。H8/300H CPUは、H8/300 CPUと上位互換性を持ち、8・16・32ビットデータの高速度演算と、16 Mバイトのリニアアドレス空間を特徴としている。周辺機能として大容量データの高速度転送を実現するDMA(Direct Memory Access Controller)やモータ制御に向けた高機能タイマを内蔵し、各種のローパワーモードを持つH8/3048Fは、デジタルビデオカメラなどの携帯情報機器に適している。

H8/500シリーズでは、112ピンのピン互換で60 kバイトのフラッシュメモリを内蔵したH8/538Fと、128 kバイトを内蔵したH8/539Fがある。

制御機器向けのH8/500高速CPUと、周辺機能として

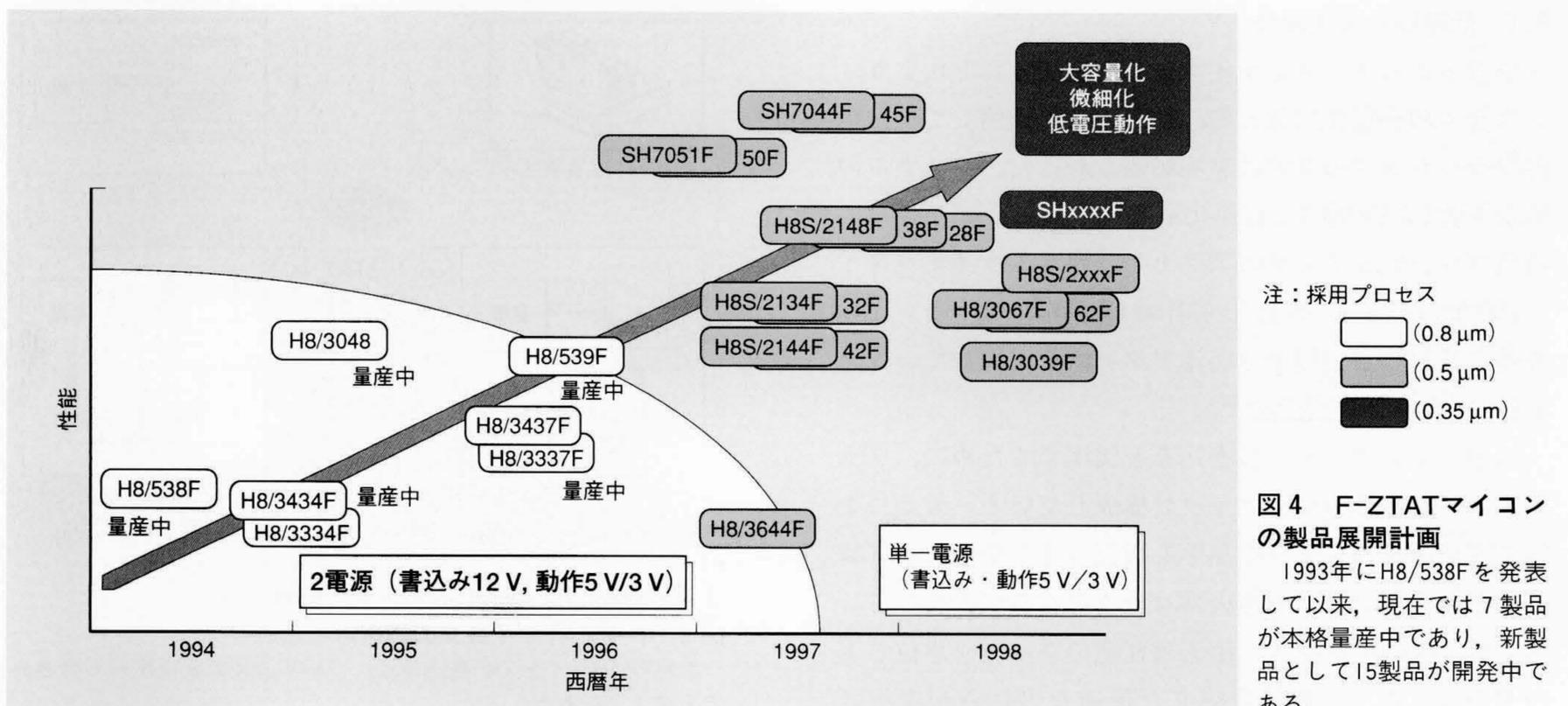


図4 F-ZTATマイコンの製品展開計画

1993年にH8/538Fを発表して以来、現在では7製品が本格量産中であり、新製品として15製品が開発中である。

表1 F-ZTATマイコンの品ぞろえと応用分野

8ビットから32ビットRISCマイコンまで幅広い品ぞろえで、さまざまな応用に対応している。512kバイトのフラッシュメモリ内蔵版も製品化を計画中である。

コ ア		32 kバイト	64 kバイト	128 kバイト	256 kバイト	512 kバイト	主な応用分野
8ビット	H8/300L	H8/3644F	(計画中)	—	—	—	●車載電装品 ●エアコン ●白物家電 ●OA機器 ●コンピュータ周辺装置
	H8/300	H8/3334YF H8/3434F	H8/3337YF H8/3437F	—	—	—	
16ビット	H8/300H	—	—	H8/3048F H8/3039F H8/3067, 62F	—	—	●車載電装品 ●携帯電話 ●PHS ●カメラ ●カードリーダー ●DVD ●パチンコ ●エンジンコントロール ●機械工作機
	H8S	—	H8S/2132F H8S/2142F	H8S/2134, 38F H8S/2144, 48F H8S/2128F	(計画中)	(計画中)	
	H8/500	—	H8/538F	H8/539F	—	—	
32ビット	SH-2	—	—	SH7050F	SH7044F SH7045F SH7051F	(計画中)	●エンジンコントロール ●カーナビゲーション ●デジタル民生機器

注：略語説明 PHS(Personal Handyphone System), DVD(Digital Video Disc)

強力なタイマ、A-D変換器を内蔵しているH8/538FやH8/539Fは、自動車のエンジン制御や各種産業機器制御に適している。

4.2 強力な新製品

さらに新製品として、32 kHzの発振器を内蔵し、時計用クロックでも動作が可能な民生分野向け8ビットマイコンH8/300LシリーズのH8/3644F、H8/300Hシリーズでは80ピンタイプのH8/3039Fと100ピンタイプのH8/3062F・H8/3067F、16ビットマイコンとしては世界最高レベルのCPU性能を持つH8SシリーズのH8S/2134FとH8S/2144Fほか5製品、SuperH RISC engineファミリーではSH7044F、SH7045F、SH7050F、SH7051Fの計15製品を追加した。H8/3644Fを除いて、新製品はすべて単一電源フラッシュメモリを内蔵し、0.5 μmアルミ2層配線CMOS(Complementary Metal-Oxide Semiconductor)プロセスを採用している。

64ピンのH8/3644Fは、扱いやすいDIP(Dual In-line Package)も準備し、エアコンや、白物家電などの民生品に向けた製品である

SH7044F、SH7045F、SH7051Fは、256 kバイトの大容量単一電源フラッシュメモリを内蔵し、大規模、高性能システムでも、高速処理を必要とするプログラムの大部分を内蔵のフラッシュメモリに収めることができる。

また、SH7044F、SH7045Fは最高動作周波数28.7 MHzで28.7 MIPS(Million Instructions per Second)、3.3 V動作時にも16.7 MIPSを実現し、今後、33 MHz版

も準備する予定である。画像・音声など膨大な複合データの処理を必要とするカーナビゲーションやデジタルスチルカメラといったマルチメディア機器に適した製品である。

5. F-ZTATマイコンの応用例

H8/3337YFを搭載したCD-ROMドライブのデモンストレーションシステムを図5に示す。パソコンにほぼ標準装備となったCD-ROMでは、データの読み出し速度の

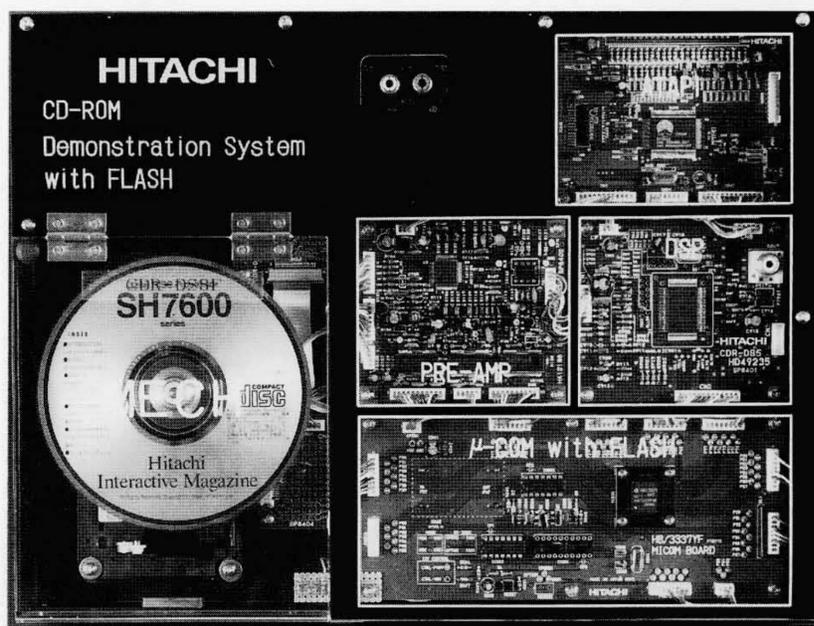


図5 H8/3337YFを搭載したCD-ROMドライブのデモンストレーションシステム

パソコンと外部記憶装置間の標準インターフェースであるATAPIバスを介し、F-ZTATマイコン内蔵のフラッシュメモリに対して高速書込みを実現している。

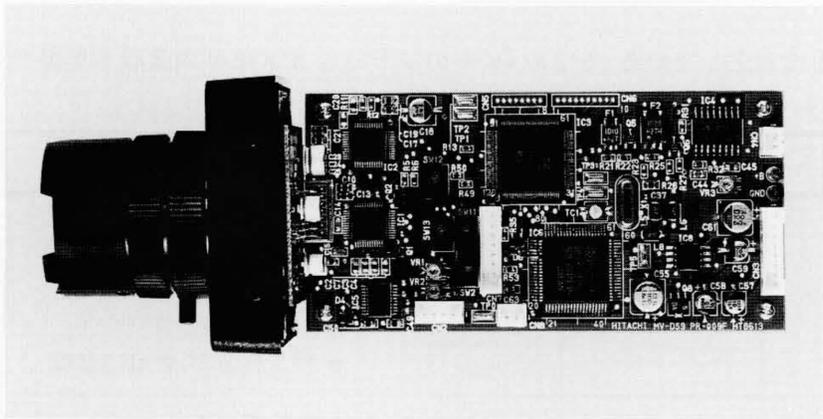


図6 H8/3334YFを搭載したデジタルカメラのデモンストレーションシステム

量産ラインでの各種調整データをF-ZTATマイコンに格納している。カメラシステムで要求される小型化と低電圧・高速動作を実現している。

高速化が急激に進むため、製品開発期間の短縮とエンドユーザー・仕様別の生産管理が各ドライブメーカーにとっては最重要の課題となっている。短期間の大量生産に対応するために、パソコンと外部記憶装置との標準インタフェースであるATAPI(Advanced Technology Attachment Bus Packet Interface)バスを介して、F-ZTATマイコン内蔵のフラッシュメモリに対して高速書込みを実現している(内蔵フラッシュメモリ64kバイトをすべて書き換えた場合も、書き換え時間は10秒以下)。特別な外付け部品を必要とせず、パソコン内蔵の標準インタフェースでプログラムの書き換えができるため、例えば、パソコン内蔵CD-ROMとして市場出荷後にプログラムの書き換えが必要となった場合も、インターネットなどを介して最新のプログラムをエンドユーザーのパソコンに転送することで、書き換えを実行することができる。

H8/3334YFを搭載したデジタルカメラのデモンストレーションシステムを図6に示す。デジタルカメラは、スチルカメラやパソコン搭載カメラなどへの応用が急速に進んでいる。デジタルカメラでは、出荷前の最終調整として、CCD(Charge Coupled Device)センサの特性ばらつきなどの画質調整が必要となる。従来は外付けのICで実現していた各種調整データの格納を、F-ZTATマイコン内蔵のフラッシュメモリで実現している。部品点数の低減により、カメラシステムで要求される小型化への対応と、フラッシュメモリ内蔵化による低電圧・高速動作を実現している。また、仕向け先別にプログラムを変更することで、基板の標準化による少量多品種への対応も可能となる。

6. おわりに

ここでは、F-ZTATマイコンの特徴とその応用について述べた。

フィールドプログラマビリティに優れたシングルチップマイコンという、ユーザーニーズにこたえるF-ZTATマイコンは、現在すでに7製品を量産中であり、新製品として15製品を開発中である。すでに1,000件に迫る採用を得ており、今後さらに、さまざまな分野で、開発、試作から量産まで幅広く使用されることが期待できる。これからも、ユーザーのシステム開発のフローまでも変えるF-ZTATマイコンの積極的な製品展開を進めていく考えである。

参考文献

- 1) ATAPIを使用したフラッシュメモリ内蔵マイコンのオンボード書き込みの実現, Hitachi Electronic Component News "GAIN", 1996年7月号
- 2) フラッシュメモリ内蔵マイコンによるデジタルカメラアプリケーション, Hitachi Electronic Component News "GAIN", 1997年1月号

執筆者紹介



岩下裕之

1979年日立製作所入社, 半導体事業部 マイコン・ASIC本部
マイコン製品技術部 所属
現在, F-ZTATマイコンのマーケティング・製品技術サポートに従事



松原 清

1975年日立製作所入社, 半導体事業部 マイコン・ASIC本部
マイコン設計部 所属
現在, F-ZTATマイコンの設計・開発に従事



渡辺照一

1980年株式会社日立マイコンシステム入社, 応用技術部
所属
現在, F-ZTATマイコンのマーケティング・製品技術サポートに従事