ZTATマイクロコンピュータ

ZTAT(Zero Turn Around Time) Microcomputers

近年、マイクロコンピュータを利用する分野での技術革新は目覚ましく、応用機器の早期開発、早期量産化がますます望まれている。ZTATマイクロコンピュータは、このような市場背景から開発された新しいタイプのシングルチップマイクロコンピュータである。"ZTAT"とは、応用プログラム開発完了からそれを内蔵ROMに書き込み、量産に至るまでの時間TAT(Turn Around Time)をゼロ(Zero)にするという意味である。ユーザーサイドで書込みができるため、マスクチャージが不要で経済的、汎用PROMライタが使用可能などの特長をもっている。仕様流動性の大きいOA、通信などの分野で、少量とも大量ともいえない数千台程度の生産に最適なシングルチップマイクロコンピュータである。

佐藤恒夫* Tsuneo Satô
屋鋪直樹* Naoki Yashiki
中村英夫** Hideo Nakamura
岩下裕之*** Hiroyuki Iwashita
木原利昌* Toshimasa Kihara

1 緒 言

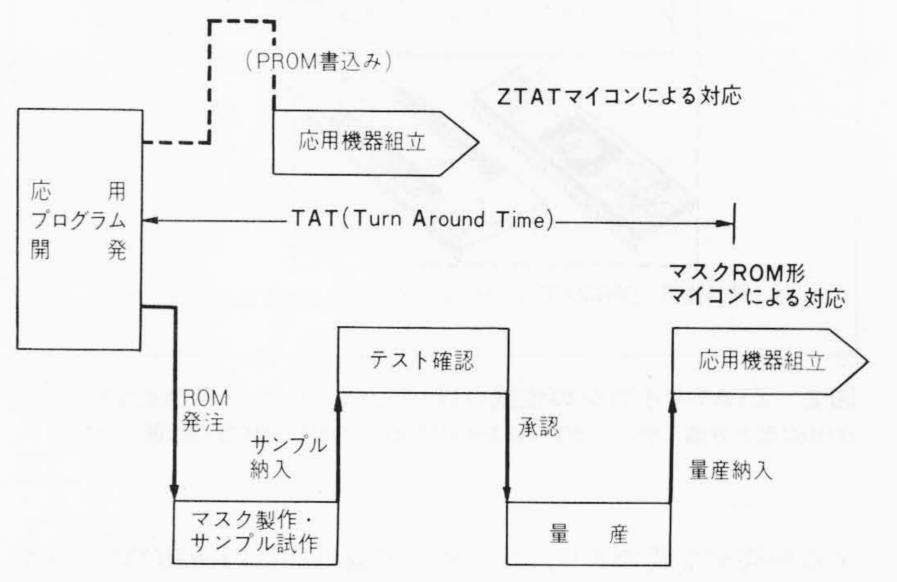
シングルチップマイクロコンピュータLSIは、CPU(Central Processing Unit), ROM(Read Only Memory) ∜RAM (Random Access Memory)などのメモリ,及びタイマ,カウ ンタなどの各種周辺機能というコンピュータの基本要素を, 同一のLSI上に搭載したシステムLSIである。これにより、低 価格のマイクロコンピュータ応用システムが可能になったた め、その応用分野は飛躍的に広がった。最近では、ワードプ ロセッサやオフィスコンピュータなどのOA (Office Automation)機器,ファクシミリや電話機などの通信用機器, プリンタやハードディスク装置,フロッピーディスク装置な どのコンピュータ周辺機器を中心に更に拡大している。しか し,これらの応用分野では技術革新が激しく,多機能化,高 性能化が進むとともに市場ニーズの多様化により、そのライ フサイクルは短くなる傾向にある。したがって、開発から製 品化するまでの期間,特にプログラムを開発してからシング ルチップマイクロコンピュータの内蔵ROMに入れて製品化す るまでの期間を可能な限り短くすることが製品の商品価値を 決める大きなポイントになる。

本稿では、製品化の期間短縮に大きな効果をもたらす8ビットシングルチップマイクロコンピュータ、ZTAT(Zero Turn Around Time)マイクロコンピュータ(以下、ZTATマイコンと呼ぶ。)の特長、製品系列、設計技術、信頼性及び応用について述べる。

2 ZTATマイコンの特長

マイクロコンピュータ応用システムは、プログラムの開発 完了後、その内容をシングルチップマイクロコンピュータの 内蔵ROMに書き込み、実際のシステム動作を確認してから量 産が開始される。一般にこの時間を"TAT"(Turn Around Time)と呼んでいる(図1)。広く普及しているシングルチッ プマイクロコンピュータの内蔵ROMにはマスクROMが用い られ、ROMへの書込みはLSI製造工程で行なわれるため、一 般にTATは2~3箇月と非常に長いものとなっていた。

従来からこのTATを短縮するためにユーザーで書込みのできるEPROM(Erasable and Programmable Read Only Memory)が利用されてきた。シングルチップマイクロコンピ



注:略語説明 ROM(Read Only Memory)

図 I シングルチップマイクロコンピュータのTAT(Turn Around Time) マスクROM形シングルチップマイクロコンピュータは、ROM発注から量産納入まで約3箇月かかる。ZTATマイコンでは、ユーザーの手元でPROMに書き込めば、ただちに応用機器に組み込むことができるので、書込み時間を含めてもTATは約 $\frac{1}{10}$ になる。

ュータでも、パッケージの上に単体のEPROMを載せる構造にしたもの(EPROM搭載形)や同一LSI上にEPROMを内蔵したもの(EPROM内蔵形)があるが、いずれもマスクROM形シングルチップマイクロコンピュータに比べて外形寸法が異なること、価格が高いことなどの理由から、応用システムのデバッグや量産前のプロトタイプ生産などの用途に限られ、大量に用いられることは少なかった。しかし最近では、多様な市場ニーズに対応するための頻繁な仕様改善や機能改良、また早期製品化の要求から、従来マスクROM形が主流であった量産用途にも一部使用され始めている。

このような目的のために、本格的な量産が可能で廉価なプログラマブルシングルチップマイクロコンピュータとしてZTATマイコンがある。「ZTATマイコン」とは「TATをゼロ(Zero)にする量産用シングルチップマイクロコンピュータ」を意味する(図2)。すなわち、マスクROM形シングルチップマイクロコンピュータのように、プログラム完成後LSIを製造

^{*} 日立製作所武蔵工場 ** 日立製作所中央研究所 *** 日立製作所半導体事業部

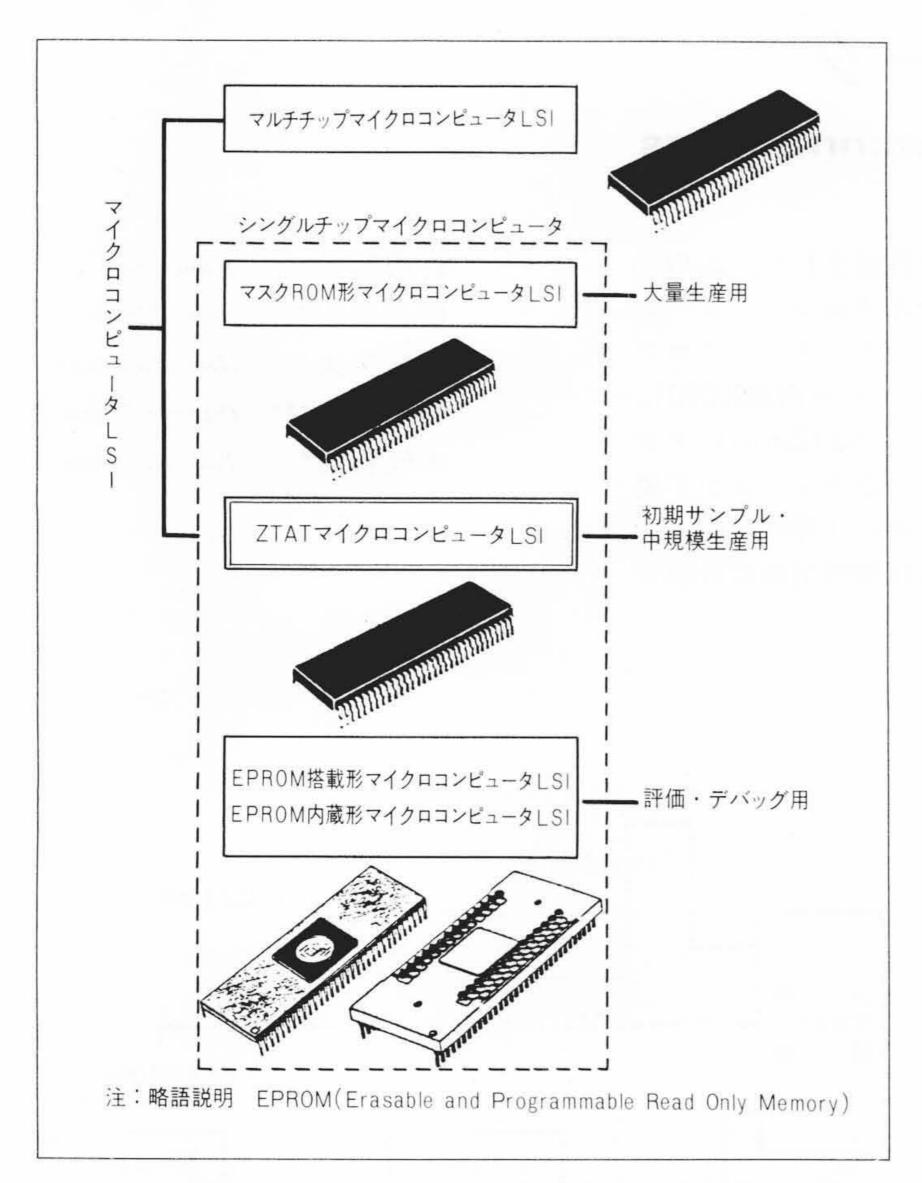


図 2 ZTATマイコンの位置づけ ZTATマイコンは大量生産用のマスクROM形と評価・デバッグ用のEPROM搭載・内蔵形の中間に位置づけられる。

する期間が不要であり、ユーザーで電気的に内蔵ROMへの書込みができるので、応用システムの試作から量産への移行をマスクROM形の約 $\frac{1}{10}$ の短期間で行なうことができる。ZTATマイコンの主な特徴を以下に述べる。

(1) CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) プロセスの採用

ゲート長 2 μmのHi-CMOSプロセスを採用しているため、 消費電力が低く、クロック周波数 2 MHzでの高速動作が可能 である。更にスタンバイ、スリープ、ウエイトなどの低消費 電力モード機能も備えている。

(2) マスクチャージが不要

マスクROM形シングルチップマイクロコンピュータは、内蔵ROMのプログラム書込みを専用のホトマスクを使って行なうため、ホトマスク製作費用(マスクチャージという。)が必要であるが、ZTATマイコンではその必要がない。また、プログラムのバグ発生時や仕様変更時にもホトマスクを新たに製作する必要がないので、仕様流動性の大きいOA機器、通信用機器などの分野では経済的にも時間的にも有利である。

(3) 少量生産からの対応が可能

マスクROM形シングルチップマイクロコンピュータでは、 マスクチャージが必要なため、ある程度の生産数がないとコ ストが高くつくことになるが、ZTATマイコンではホトマス クが不要なので数百から数千単位の少量の生産でも経済的で ある。また、生産中の数量変動にも迅速な対応ができる。

(4) 汎用マイクロコンピュータと同じ扱いが可能

内蔵ROMに書き込まない状態であれば、従来のようにROM コード別の管理は不要になり、標準の汎用マイクロコンピュ ータとして一括してストックすることが可能である。

(5) パッケージの多様性

EPROM搭載形・EPROM内蔵形シングルチップマイクロコンピュータのようにパッケージ外形の制約がなく、DIL(Dual In-Line)パッケージはもちろん、PLCC(Plastic Leaded Chip Carrier)などの表面実装タイプまで様々なパッケージタイプが実現できる。

(6) 汎用PROMライタによる書込みが可能

内蔵ROMへの書込み仕様は単体のEPROMと同様になっているので、多ピンのZTATマイコンからEPROMのピン配置へ変換する簡単なソケットアダプタを介して汎用PROMライタがそのまま使用できる。

ZTATマイコンと従来のシングルチップマイクロコンピュータの比較を**表 1** にまとめて示す。

3 ZTATマイコンの製品系列

ZTATマイコンには高機能・高性能のHD63701系と比較的 小規模なシステム製品に最適なHD63705系の 2 系列がある。 いずれも最新のゲート長 2 μ m CMOSプロセス技術と独自の VLSI指向のアーキテクチャに基づいて設計され、過去開発されてきたマスクROM形のCMOS 8 ビットシングルチップマイクロコンピュータHD6301系、HD6305系とピン互換性を保ちながら機能向上が図られている(図 3)。

ここではHD63701系のHD63701X0P, HD63701V0Pの2品種,及びHD63705系のHD63705V0Pについて概要を説明する。 **表2**に3品種の概要をまとめて示す。

3.1 HD63701X0P

HD63701X0Pは最初のZTATマイコンである。マスクROM 形シングルチップマイクロコンピュータHD6301X0Pと同じく DIL64ピンシュリンクプラスチックパッケージに封入され, ROM容量 4 kバイト, RAM192バイト, 5 種類の16ビット・8 ビットタイマ機能, クロック同期・非同期二つの方式が選択できるシリアルコミュニケーション機能, 53本のI/O(入出力)ポートなど, 豊富で強力な機能を内蔵している。ROMへの書込みは単体の汎用メモリ2732AタイプEPROMと同仕様で, 書込み電圧21V, 書込みパルス幅50msで行なわれる。

3.2 HD63701V0P

HD63701V0PはDIL40ピンプラスチックパッケージの外形をもったZTATマイコンである。ROM容量 4 kバイト,RAM192バイトのほか 2 本の16ビットタイマ機能,クロック非同期シリアルコミュニケーション機能,I/Oポートなどを内蔵している。これはマスクROM形シングルチップマイクロコンピュータHD6301V1Pと同じ基本機能であるが、RAMサイズを128バ

表 I 各種シングルチップマイクロコンピュータの比較 ZTAT マイコンはマスクROM形並みの価格で、様々な要求に対応できる。

項目	ZTATマイコン	EPROM搭載形 EPROM内蔵形	マスクROM形	
価 格	比較的安価	高価	最も安価	
マスクチャージ	不要	不要	要 可 不可	
パッケージ多様化	可	不可		
早期量産化	可	可		
バグ発生時の対応	容易	容易	困難	
仕様変更時の対応	容易	容易	困難	
少量生産への対応	容易	容易	困難	
標準品としてのストック	可	可	不可	

注:EPROM搭載形では,単体のEPROMが必要になる。

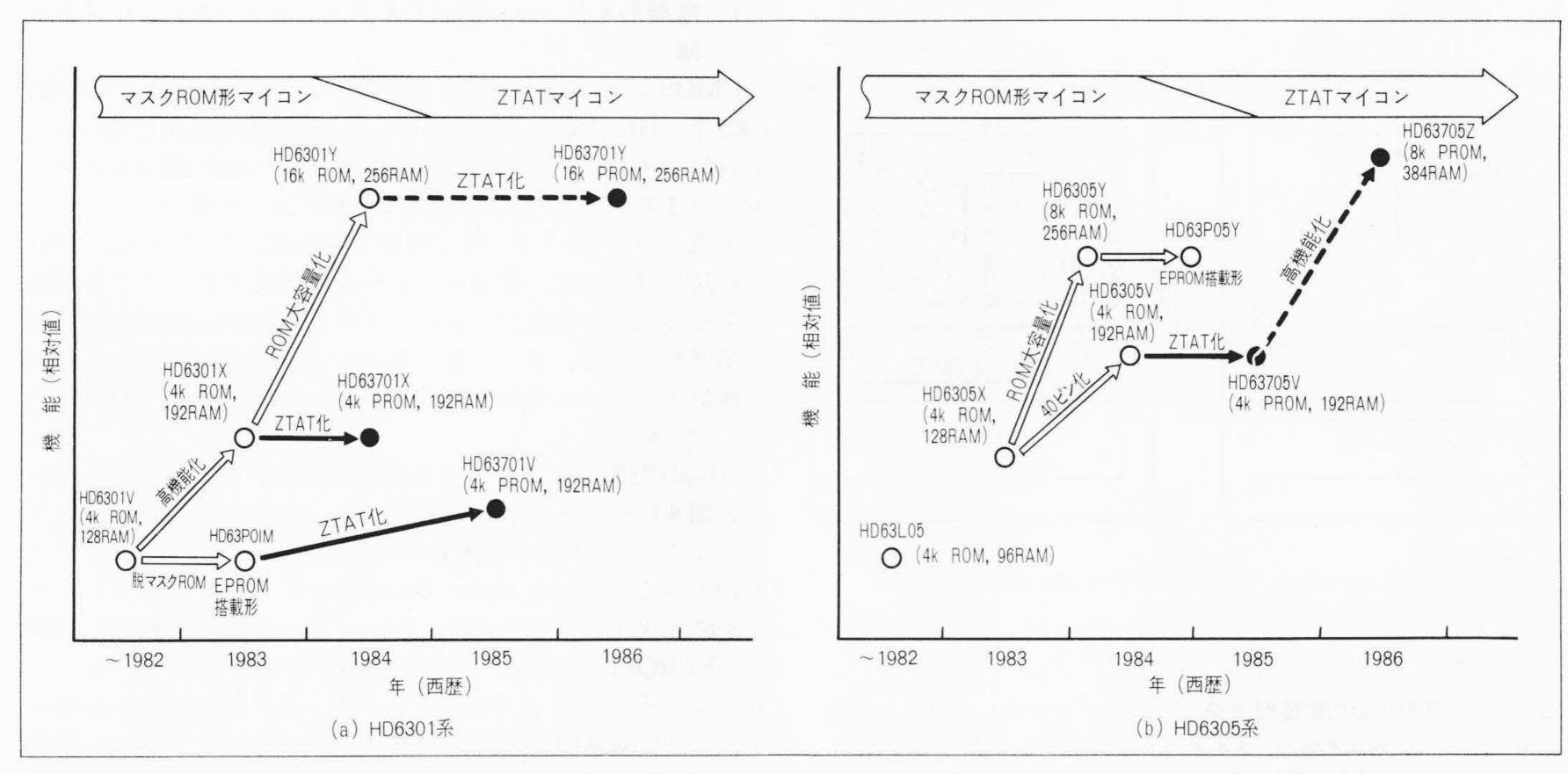


図 3 CMOSシングルチップマイクロコンピュータの機能向上 高機能タイプのHD6301系,小規模システム向きのHD6305系ともに機能追加、メモリ容量増加など機能向上が図られ、ZTATマイコンへと発展してきた。

表 2 ZTATマイコンの機能概要 3品種ともPROM 4 kバイト、RAM 192バイトを内蔵している。機能、性能はHD63701X0が最も高い。

	形名						HD63701X0		HD63701V0		HD63705V0	
	クロック周波数(MHz)					MHz)	1.0, 1.5, 2.0		1.0, 1.5, 2.0		1.0, 1.5, 2.0	
LSI特性	電源電圧(V			(V)	5.0		5.0		5.0			
	パッケージ				-	ジ	DP-64S		DP-40		DP-40	
機能	×	Ŧ	モリ	PROM	И(kバイ	1)	192		4		4	
		L	',	RAM	(バイト)			192		192	
					1/0			24		29	31	31
	ポ	-	1	入		カ	53	8	29	-		_
				出		カ		21		_		_
				外		部	3 2 4		2		2	
	割	-7	2,	ソフ	トウ:	ェア			3		2	
	司	込	07	タ	1	マ						
				シ	リア	ル						
	タ			イマ		16ビット× 3 8ビット× 1		16ピット× 2		8ビット× I 15ビット× I		
	シリ			ア	ル	1/0	UART・クロック同期式		UART		クロック同期式	
	外	部	拡	張 .	メモ	IJ	あり(65kバイト)		あり(65kバイト)			
	7			Ø		他	エラー検出低消費電力モード(スリープ, スタンバイ)スローメモリインタフェース		エラー検出低消費電力モード (スリープ, スタンバイ)		●低消費電力モード (ウェイト,ストップ,スタンバイ)	
プログラ ミング				2732A(V _{PP} = 21V)		27256(VPP=12.5V) 高速書込み方式		27256(V _{PP} = 12.5V) 高速書込み方式				

注:略語説明など RAM(Random Access Memory), 3品種とも消去用窓付きセラミックパッケージタイプもある。

イトから増強するなど機能、性能は改良されている。ROMへの書込みは単体の汎用メモリ27256タイプEPROMと同仕様で、書込み電圧12.5Vでの高速書込み方式で行なわれるが、ROM容量が $\frac{1}{8}$ なので書込みアドレス範囲を\$0000から\$0 FFFに指定する必要がある。

3.3 HD63705V0P

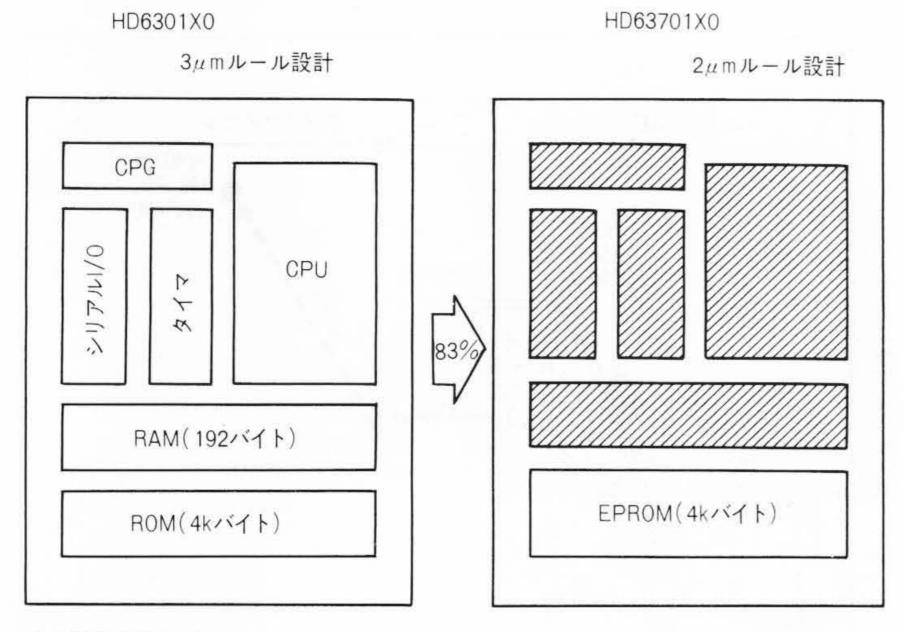
HD63705V0PはHD63705系最初のZTATマイコンである。 DIL40ピンプラスチックパッケージに、ROM容量 4 kバイト、RAM192バイトのほか、8 ビットタイマ機能、クロック同期 式シリアルコミュニケーション機能、I/Oポートを内蔵している。ROMへの書込みはHD63701V0Pと同様の27256タイプ EPROMの高速書込み方式で行なわれ、機能・性能はマスク ROM形シングルチップマイクロコンピュータHD6305V0Pと

同じである。

4 ZTATマイコンの設計技術

ZTATマイコンは、従来のマスクROM形マイクロコンピュータから置換え可能なユーザープログラマブルマイクロコンピュータとして位置づけられる。そのための基礎設計技術として次の三つがある。

- (1) 階層形モジュール構成とモジュールベースシュリンク手 法を用いたLSI設計技術¹⁾
- (2) EPROM内蔵化技術¹⁾
- (3) 高信頼度プラスチックパッケージ技術 ここではそれぞれの技術について、最初のZTATマイコン HD63701X0Pの例を中心に概要を述べる。



注:略語説明など

CPG(Clock Pulse Generator), CPU(Central Processing Unit)

シュリンクしたモジュール

新しく設計したモジュール

図 4 HD63701X0の階層形モジュールベースでのシュリンク設計技術 $^{1)}$ CPU, シリアル 1 OPG, RAMの各モジュールを83%にダイレクトシュリンクし、新しく 2 μ mルールで設計したEPROMと合成している。これにより、チップサイズをマスクROM形の87%にしている。

4.1 階層形モジュール構成とモジュールベースシュリンク手 法

CMOS 8 ビットシングルチップマイクロコンピュータHD 6301系・HD6305系は階層形モジュール構成を採用している。これはマイクロプログラム制御構造をもつ高性能CPUとタイマ、シリアルI/O機能、メモリなどの独立した周辺モジュールを共通のペリフェラルバスで接続する構成になっている。CPU は高速クロックで、周辺モジュールは低速クロックで各々動作させることが可能で、これにより高速動作・低消費電力が実現されている。また、互いにモジュールは独立しているので機能モジュール単位でレイアウトパターンの変更やシュリンクが可能である。

HD63701X0Pはこの利点を最大限に生かして設計されている。図4にその適用結果を示す。 3μ mルールで設計したオリジナルのマスクROM形HD6301X0PのCPU、タイマ、シリアルI/O、CPG(Clock Pulse Generator)、RAMの各モジュールを83%ダイレクトシュリンクし、 2μ mルールで新しく設計したEPROM部、I/Oポート部と共通バスで接続している。これによりチップサイズを増大させず、逆に87%縮小させながら、マスクROM形と機能・性能の互換性をもたせている。HD63701V0P、HD63705V0Pも同様の手法を用いることにより、マスクROM形に比べそれぞれ63%、80%に縮小されている。

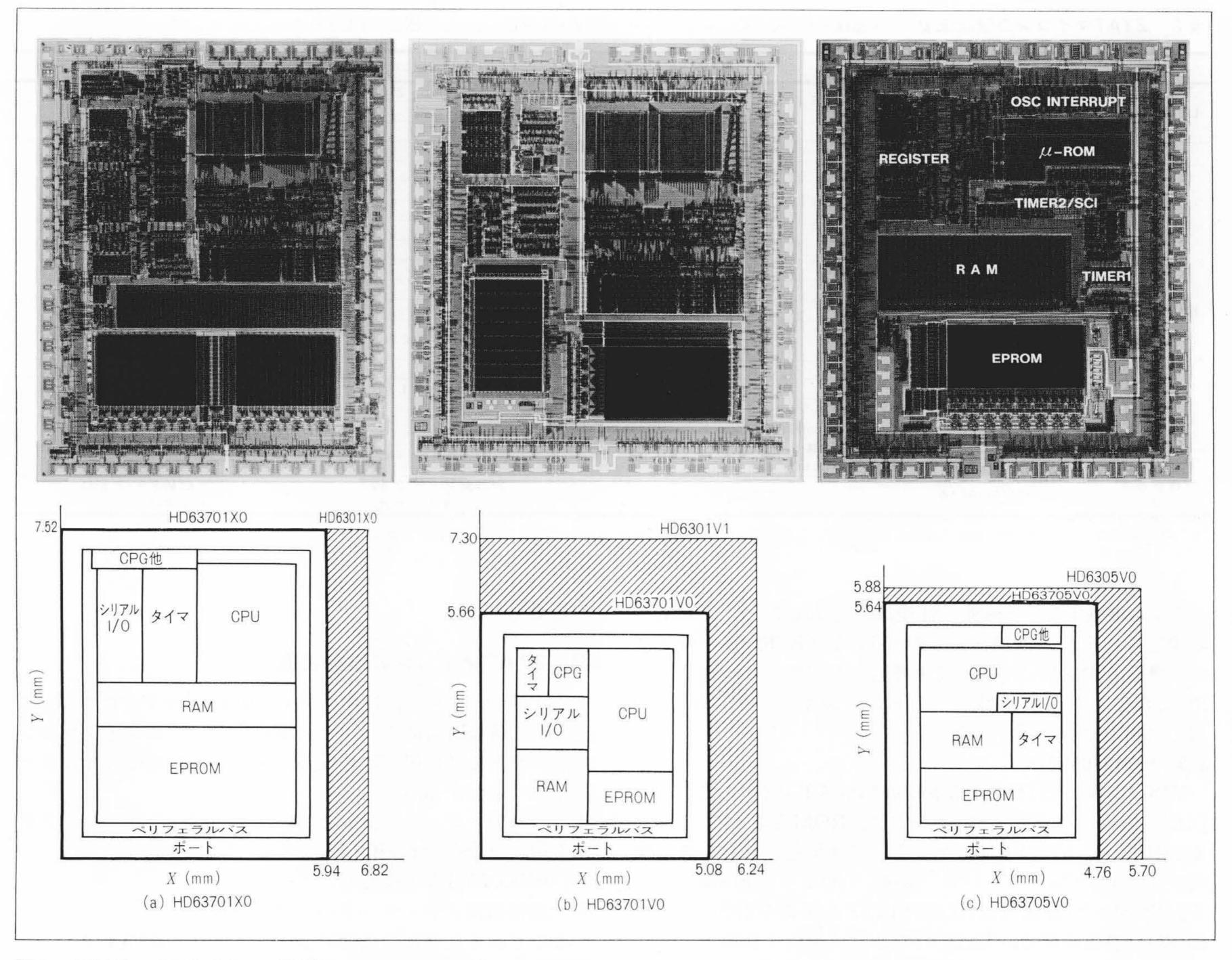


図 5 ZTATマイコンのチップ写真 3品種とも同機能をもつマスクROM形マイクロコンピュータのチップよりも小さくなっている。

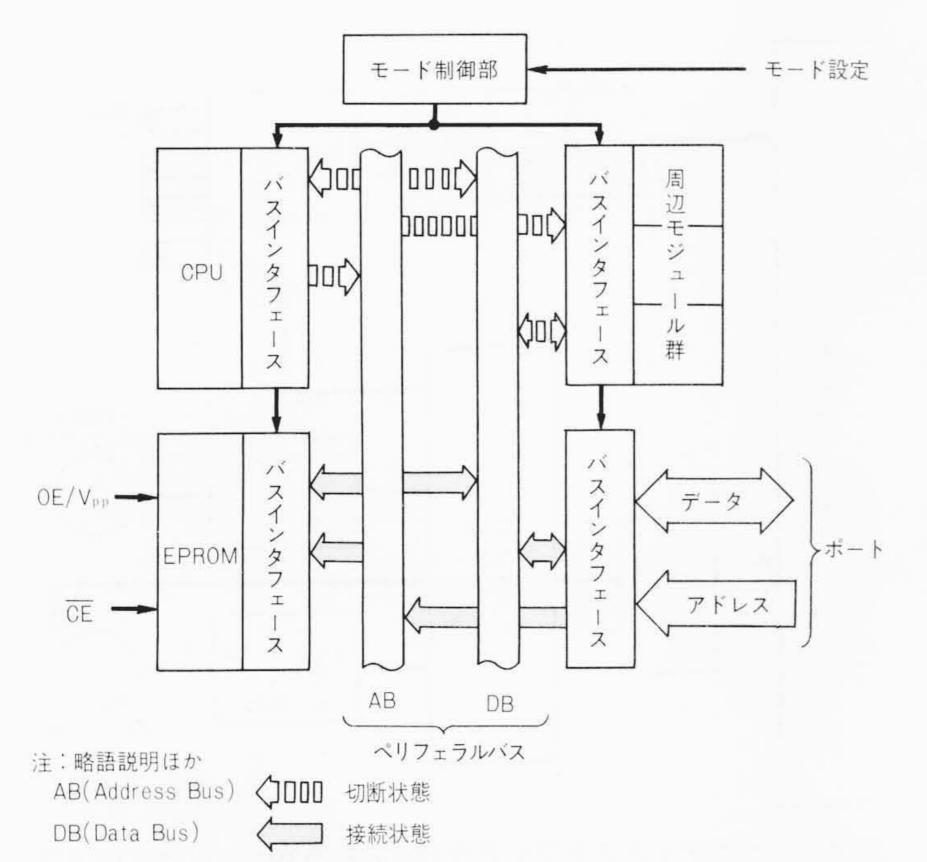


図 6 ZTATマイコンのプログラミングモード²⁾ プログラミングモードでは、CPUや各モジュールは内部ペリフェラルバスから切り離され、EPROM部だけがバスを介して外部ポートと直接接続される。これにより、単体EPROMと同じ書込み仕様を実現している。

各製品のチップ写真と内部構成を図5に示す。

4.2 EPROM内蔵化技術

ZTATマイコンは、通常のマイクロコンピュータ動作とは別にプログラミング動作を行なうPROMモードをもっている。このモードでは内蔵したEPROMは、あたかも 4 kバイトの単体メモリと同様に動作する。これは4.1で述べた階層形モジュール構成によって実現できたものである。すなわち、図 6 に示すようにモード制御部により各モジュールのバスインタフェースをコントロールし、共通ペリフェラルバスに対してEPROM部は接続状態、CPUなど他のモジュールは切断状態にして外部端子から直接内蔵したEPROMをアクセス可能にしている。この結果、プログラミング、ベリファイ仕様を単体のEPROMと同様にでき、汎用のPROMライタが使用できるようになっている。

また、EPROMを内蔵する場合には、LSI全体の消費電力増加を抑える必要がある。このため単体メモリで一般的な差動アンプ式ROM読出し回路に代え、小振幅電流検出形センスアンプを用いて消費電力低減を図っている²⁾。HD63701X0Pでは内蔵ROMの消費電力・遅延時間積を単体メモリの約40%にしている。

4.3 高信頼度プラスチックパッケージ技術

マスクROM形マイクロコンピュータと同様な低コストと大量生産を可能にするためには、プラスチックパッケージ技術が不可欠である。プラスチックパッケージはLSIチップをエポキシ系レジンでモールド成形したパッケージで、DILタイプをはじめ表面実装タイプのPLCCなどユーザーの実装状態に合わせた様々な形状が供給できる。また、その製造工程のほとんどが自動化されており、大量生産に適したパッケージといえる。その反面セラミックパッケージなど気密封止されたものに比べると、耐湿性など信頼性に難点があるとされてきたが、最近のLSIチップパッシベーション膜やレジン材料の改良、組立・封止技術の改善により自動車など産業用途でも問題のな

いレベルになっている3)。

ZTATマイコンはこれら高信頼度パッケージ技術に加え、LSIチップ表面の機械的損傷を防ぐ目的でポリイミド系の膜をコートして信頼度を高めている。特に内蔵EPROMのメモリセルは電子の蓄積するフローティングゲートを薄いシリコン酸化膜で囲んでいる構造であり、外圧に対しぜい弱な面があるが、LSIチップパッシベーション膜を二層にすることにより防護している。

5 ZTATマイコンの信頼性

ZTATマイコンはEPROMと同じ構造のメモリを内蔵している。ここでは内蔵したEPROMを中心にZTATマイコンの信頼性について述べる。

EPROMの書込みは図7に示すように、フローティングゲートに電子を注入蓄積することによって行なわれる。フローティングゲート中の電子はシリコン酸化膜のエネルギー障壁に囲まれて準安定状態にあるが、光や熱によりエネルギー障壁を越えて基板やコントロールゲートに放出されることがある。この電子の安定性、すなわちデータ保持特性はフローティングゲート周囲の酸化膜の質に左右されるが、通常は非常に良好なレベルにある4)。

ZTATマイコンのデータ保持特性が周囲温度に大きな依存性を示すことは、単体のEPROMと同様である。特に、フローティングゲートを包む酸化膜に欠陥があると、高温では短時間でデータの消失が起こる。したがって、逆にROMに書込み後高温放置を実施することによってZTATマイコンの初期不良を除去し、信頼性を向上させることができる。このような手法をスクリーニングという。図8はスクリーニング後の

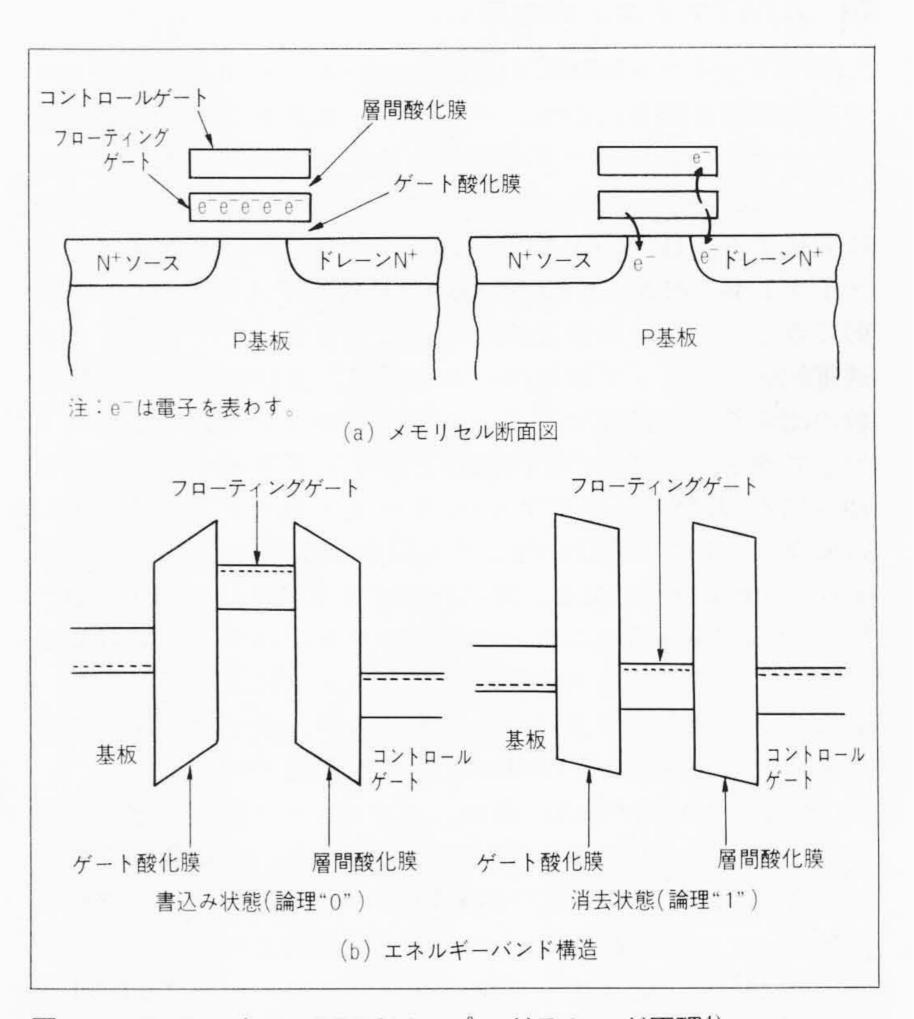


図 7 ZTATマイコンEPROMのプログラミング原理 $^{4)}$ 書込みはコントロールゲートとドレーンに高電圧 (V_{pp}) を印加し、フローティングゲートに電子を注入する。電子はゲート酸化膜と層間酸化膜に挟まれ安定する。消去はフローティングゲート中の電子に光や熱によってエネルギーを与え、励起した電子を基板やコントロールゲートへ放出する。

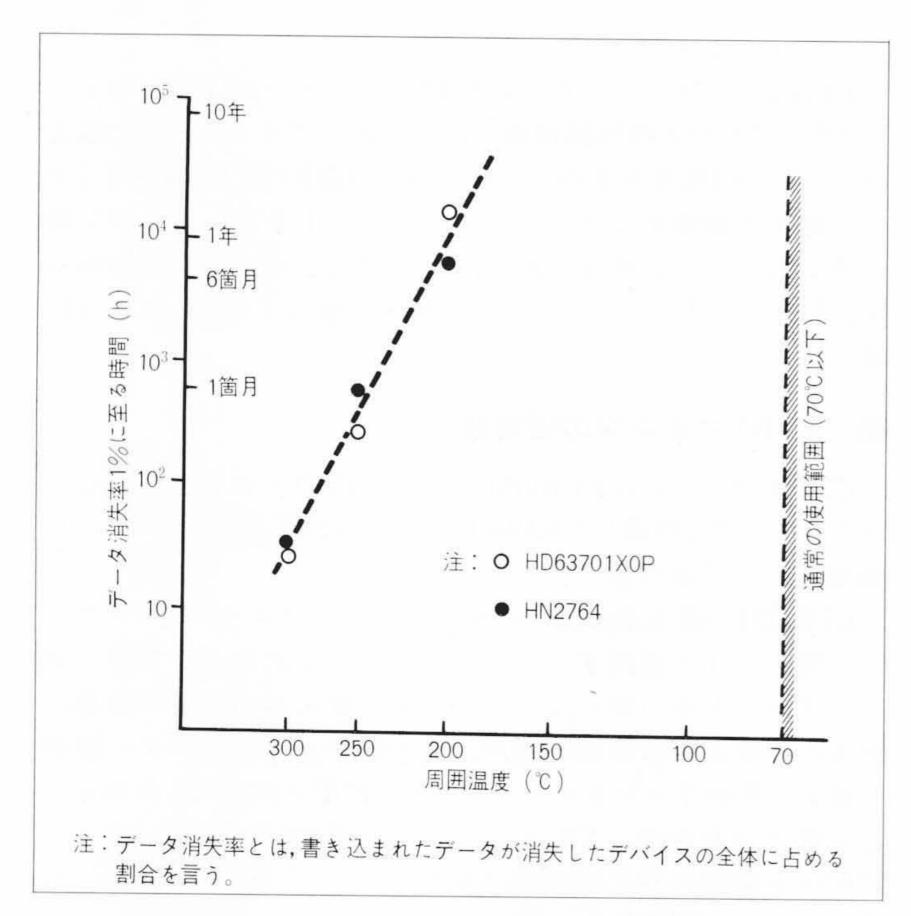


図 8 ZTATマイコンのデータ保持期間の温度依存性 高温になるほどデータ消失までの時間は短くなるが、ZTATマイコンと単体EPROMは同レベルである。通常の使用範囲では全く問題はない。データはスクリーニング後のデバイスによる結果である。

ZTATマイコンと単体EPROMのデータ保持期間の温度依存性を示したものである。この結果から、ZTATマイコンは単体のEPROMと同じ良好な信頼度レベルにあるといえる。

6 ZTATマイコンの応用

ZTATマイコンHD63701X0Pを用いたハードディスクドラ イブの構成を図9に示す。ハードディスクドライブに必要な パーソナルコンピュータなどのホストマシンとのインタフェ ース, 及び複数のモータ制御をマイクロコンピュータが容易 に実現する。HD63701X0Pは16ビットタイマ3本と8ビット タイマ1本を内蔵し、最小0.5µsの分解能で入出力パルスを制 御できる。ヘッドの位置決めを行なうステッピングモータの 通電制御,ステップ信号のパルス計数,及びディスクの回転 数の測定を高い精度で行なえる。またホストマシンとハード ディスクドライブ間のST506などのインタフェースに必要な 10~15本,及びモータドライバ,リード・ライトアンプ制御に 必要な 5~10本のI/Oに対しても53本と多数のI/OをもつHD 63701X0Pは有利である。更に内蔵する4kバイトのPROM, 192バイトのRAMはこれらの制御をシングルチップで可能と する。インタフェース仕様がホストマシンによって異なり, またメカ部の変更の多いハードディスクドライブでは, プロ グラム変更の容易なZTATマイコンが最適である。

このような最近のOA、通信、コンピュータ周辺などの分野では、ユーザーの要求仕様が多岐にわたり、生産数も不安定であるため、従来のマスクROM形シングルチップマイクロコンピュータでは、ROM発注の時期や数量など対応が難しくなっている。シングルチップマイクロコンピュータにZTATマイコンを新しく加えたことにより、応用プログラムの開発、デバッグ用には窓付きEPROM内蔵形やEPROM搭載形、安定した大量生産にはマスクROM形、そして初期サンプルや量産開始時にはZTATマイコンというように各種シングルチップ

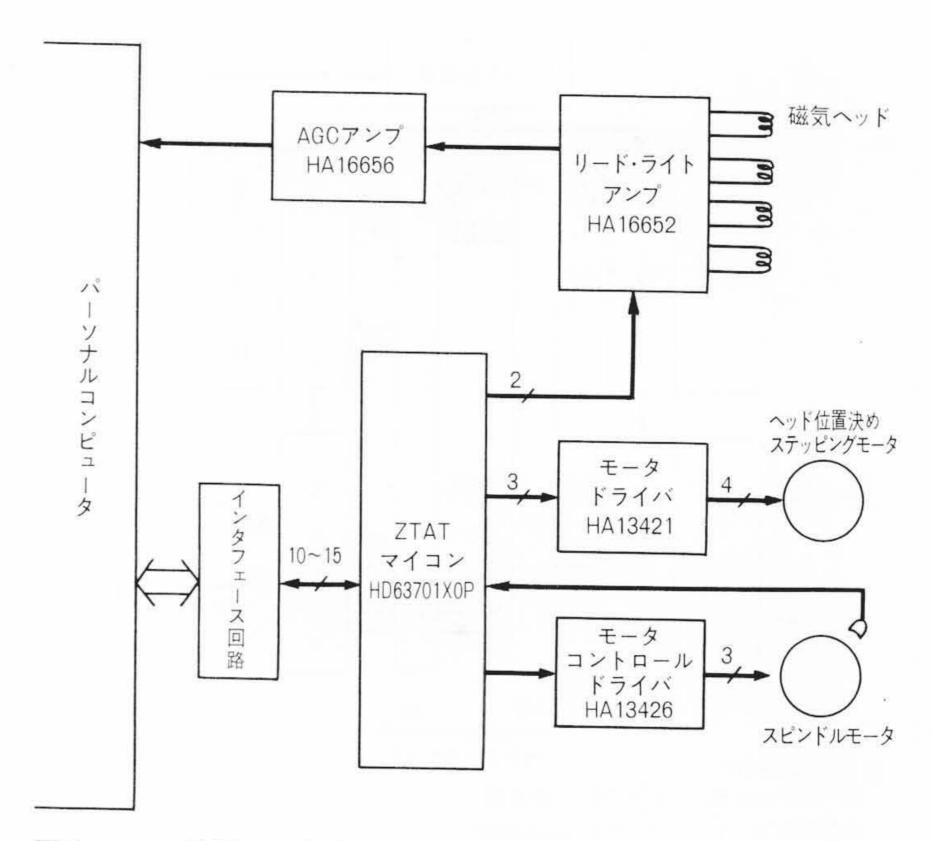


図 9 ハードディスクドライブのシステム構成図 ハードディスクドライブの複数のモータ制御、ホストコンピュータとのインタフェース制御をZTATマイコンHD6370IX0Pは容易に実現し、部品点数の削減ができる。

マイクロコンピュータを使い分けながら,市場動向に即した生産体制が可能になる。

7 結 言

ユーザーサイドでプログラムが書き込めるという大きな特長をもつZTATマイコンは、微細加工CMOSプロセス技術、VLSI指向のアーキテクチャ技術、低消費電力のEPROM回路技術、高信頼度プラスチックパッケージ技術など高度なプロセス技術、設計技術に立脚している。今回紹介したHD63701 X0P、HD63701V0P及びHD63705V0Pの3品種は、その最初の製品群である。従来のマスクROM形シングルチップマイクロコンピュータに代わる新しいユーザープログラマブルマイクロコンピュータとして、今後ROM容量の拡大、内蔵機能の向上、パッケージ系列の展開など市場ニーズに沿ったZTATマイコンを更に充実させていく計画である。

OA機器をはじめとして通信用機器、コンピュータ周辺機器、制御機器などマイクロコンピュータの利用分野は今後も技術革新が続き、その応用機器のライフサイクルはますます短く、かつ多様になってゆくであろう。その中で応用機器の早期開発、早期量産化を実現していくために、ZTATマイコンは欠かすことのできない強力な切札となることと信じている。

参考文献

- 1) 中村,外:4kB EPROM内蔵CMOSシングルチップマイクロコンピュータ,SSD84-60,p.29~34,電気通信学会(1984-9)
- 2) 木原,外:8ビットシングルチップマイクロコンピュータ,日 立評論,66,7,491~496(昭59-7)
- 3) 半導体デバイス信頼性ハンドブック(第3版), p.5-94~95日立 製作所(1985-3)
- Shiner, R. E. et al.: Data Retention in EPROMs, 18th Annual Proceedings, Reliability Physics Symposium, p.238~243 (Apr, '80)