

# EEPROM内蔵シングルチップマイクロコンピュータ

## EEPROM On-chip Single-chip Microcomputer

シングルチップマイクロコンピュータの応用拡大に伴って、データの不揮発性記憶、機器の特性ばらつきに対応した最適制御、システム組込み状態でのプログラム変更などのニーズが高まっている。これにこたえるため、電氣的に書込み消去可能なEEPROMを内蔵した8ビットシングルチップマイクロコンピュータHD65901、HD40122を開発した。

2製品とも、2 $\mu$ mCMOSプロセス技術、MNOS形EEPROM回路技術、及びVLSI指向のモジュール化設計手法で設計されている。HD65901は、ICカードやデータバンクなど不揮発性データ記憶用途に、HD40122は、VTRチューナ、自動車などの制御用途に最適な応用分野指向のシングルチップマイクロコンピュータである。

松原 清\* *Kiyoshi Matsubara*  
 荒井 保\* *Tamotsu Arai*  
 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は、CPU (Central Processing Unit), ROM (Read Only Memory), RAM (Random Access Memory), タイマ, 入出力ポートなど周辺機能を一つのLSI上に集積したものである。これによりシステムの小型化、低価格化が可能になり、その応用範囲は飛躍的に広がった。シングルチップマイクロコンピュータの内蔵メモリは、従来プログラム用としてマスクROMが、データ用としてRAMが主流であった。これに対して、製品開発期間短縮の目的からユーザーサイドでプログラムの書込みを行ないたいという要求が高まり、プログラムメモリとしてEPROM (Erasable and Programmable ROM) を内蔵したものが増加する傾向にある。更に最近、新しい応用分野の広がりやシステムの高機能化に伴い、データメモリの不揮発性及びシステム組込み状態(オンボード)でのプログラミングといったニーズが出てきている。これは、従来の揮発性RAM内蔵のマイクロコンピュータでは対応できない。また、EPROM内蔵形も、書込み時に高電圧が必要で、消去は紫外線で行なうため、動作状態での書換えには不適である。このニーズにこたえられるのはEEPROM (Electrically Erasable and Programmable ROM) 内蔵マイクロコンピュータだけである。

本稿では、このEEPROM内蔵シングルチップマイクロコンピュータの応用分野、製品系列、設計技術について述べる。

### 2 EEPROM内蔵マイクロコンピュータの応用分野

EEPROMはデータが不揮発性であり、電氣的に書込み消去が行なえることから、オンボードでの書換えが可能であり、しかもバックアップ用電池が不要という特長をもつ(図1)。この特長から、EEPROM内蔵マイクロコンピュータには大別して次の三つの応用分野がある。

#### (1) 不揮発性データの記憶

データの蓄積用途であり、数キロバイト程度のデータを保持する必要がある分野である。代表例としてICカード<sup>1)</sup>やデータバンクがある。

#### (2) 機器特性の補正及び最適制御

機械及び電子機器は、その制御にマイクロコンピュータが使われることが多くなってきている。一方、多くの機器はそ

項目	EPROM	EEPROM	CMOSRAM
情報の書換え	オンボード 書換え不可	オンボード 書換え可	
情報保持		電池不要	(電池要)

注：略語説明

EPROM(Erasable and Programmable Read Only Memory)  
 EEPROM(Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory)  
 CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)  
 RAM(Random Access Memory)

図1 EEPROMの特長 EEPROMはデータが不揮発性であり、電氣的に書換えができるため、オンボードで情報の書換えができ、しかもバックアップ用電池が不要という特長をもつ。

の構成部品の誤差により、完成時点での調整を必要とする。この調整も、従来はスイッチや可変抵抗で行なっていたが、最適制御条件をEEPROMに記憶させることによって、純電子式で行なうことが可能となる。更に、計測機器や精密機械制御の場合、経年変化に対応した補正が必要になる。マイクロコンピュータ自身で内蔵EEPROM内の制御データを書き換えることによって、この経年変化に対応したオートキャリブレーション(一種の学習機能)が可能となる点も、EEPROM内蔵マイクロコンピュータの大きな特長である。

#### (3) オンボードでのプログラム書換え

EEPROMをプログラムメモリとして使用する応用であり、工作機械や計測機器のリモートコントロールが例として挙げられる。この場合、中央制御装置から各機器に必要なプログ

\* 日立製作所武蔵工場

ラムを送り込み、その時点、その機器に最適の動作を行なわせることが可能となる。このようにEEPROM内蔵マイクロコンピュータは、ZTAT(Zero Turn Around Time)マイクロコンピュータ以上の柔軟なシステム設計が可能である。

### 3 EEPROM内蔵マイクロコンピュータ

EEPROM内蔵マイクロコンピュータとしては、前記(1)、(3)項の応用分野向けのHD65901と(2)項の応用分野向けのHD40122の2品種がある。いずれも2 $\mu$ mCMOSプロセスで設計された応用分野指向の8ビットシングルチップマイクロコンピュータである。以下、2製品の概要と代表的応用例について述べる。

#### 3.1 HD65901

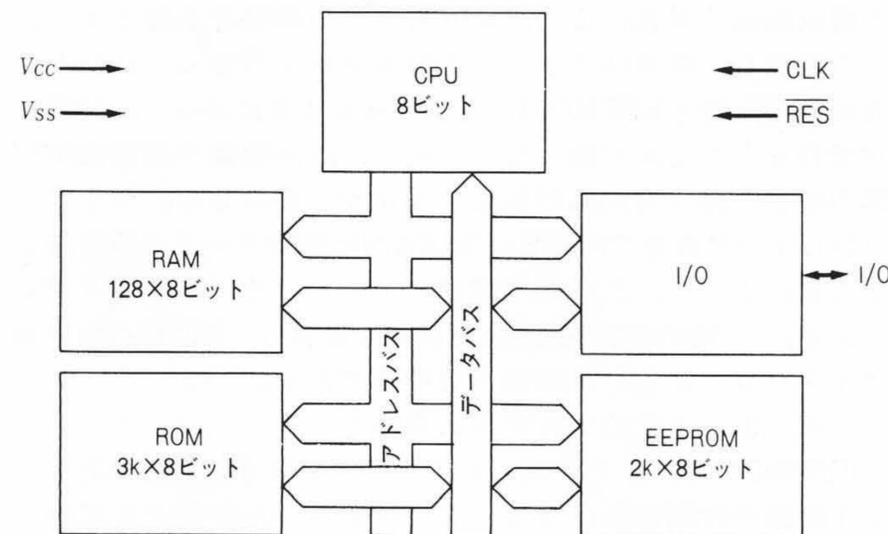
HD65901は、図2に示すようにCPU、3kバイトのROM、128バイトのRAM及び2kバイトのEEPROMを内蔵している。

CPUは、新規設計の8ビットオリジナルCPUである。命令機能を絞って単純化したRISC(Reduced Instruction Set Computer)に近いアーキテクチャを採用している。表1に示すとおり、命令はデータ処理用途指向の27種で複合命令はない。命令長は全命令2バイト固定であり、実行サイクル数も2命令を除き4サイクル(1.6 $\mu$ s)に固定している。また、データレジスタ及びアドレスレジスタとして使用可能な8ビット汎用レジスタを16本と豊富に内蔵しており、効率の良いプログラミングが可能である。

EEPROMは、2kバイトの容量をもちアドレス空間内に配置されている。また、自動消去機能付き書換え方式をとっているため、データの書換えはRAMと同様にストア命令でバイト単位に行なうことができる。ただし、書換えには約10msかかる。

表1 HD65901 CPUの仕様 CPUはRISCに近いアーキテクチャを採用した8ビットオリジナルCPUである。

項目	仕様
命令数	27種
命令長	2バイト
レジスタ	汎用8ビット×16本
命令実行サイクル	4サイクル(1.6 $\mu$ s)
割込み	なし
アドレス空間	16k(64k)バイト
動作周波数	10MHz



注：略語説明 CPU(Central Processing Unit), I/O(Input/Output) ROM(Read Only Memory)

図2 HD65901ブロック図 HD65901は8ビットCPUとROM, RAM, EEPROM及びI/O装置を内蔵する。

るので、この間EEPROMへのアクセスはできなくなる。実際の応用では、一度に数十バイト程度のデータを書き換えることが多いので、HD65901の内蔵EEPROMはページ書換え機能をもっている。この機能により、32バイトを10msで書き換えることができる。内蔵EEPROMは、アドレス空間内に配置されているため、データメモリとしてだけでなく、プログラムメモリとしても使用可能である。

HD65901の代表的応用例として、図3にICカードを示す。ICカードはI/O(入出力)端子を介して、カードリーダー・ライターとシリアルでデータ及びコマンドのやり取りを行ない、内蔵EEPROMに情報を記憶する。HD65901を使用することにより、従来シングルチップマイクロコンピュータとEEPROMの2チップで構成していたICカードを1チップで実現できる。1チップ化により、機械的強度の向上、セキュリティの向上及びコスト低減が可能となる。

HD65901の他の応用例として、図4に不揮発性データバンクを示す。データが不揮発性なので、ポータブルタイプのデータバンクとして活用できる。ホストコンピュータとのインタフェースはシリアルインタフェースとなる。

#### 3.2 HD40122

HD40122は図5に示すように、CPU、2kバイトのROM、32

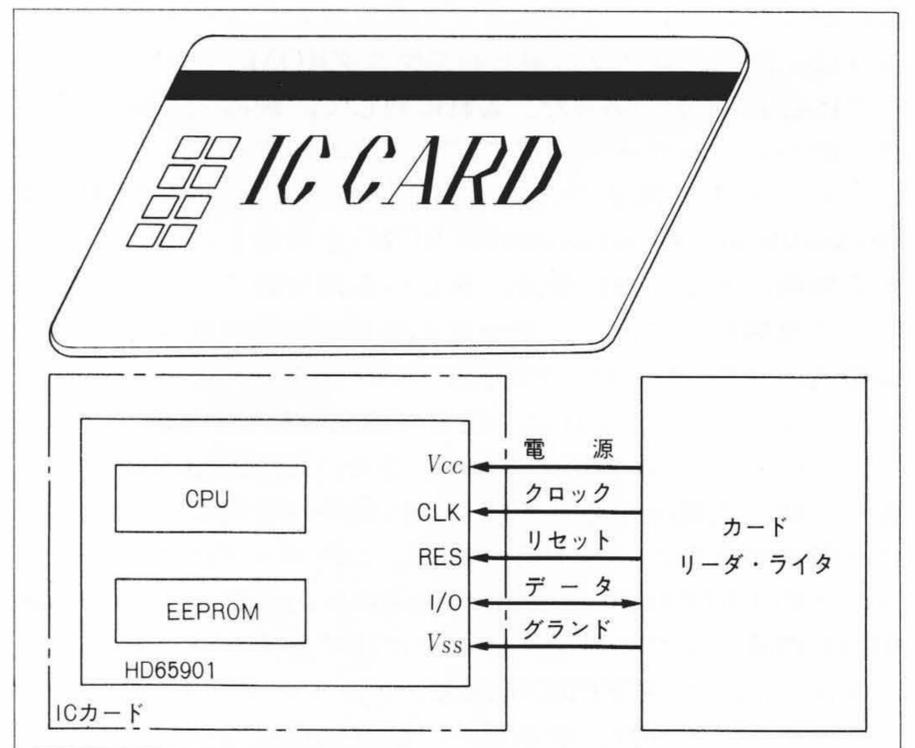


図3 HD65901の応用例(ICカード) HD65901を使うことによって、従来マイクロコンピュータとEEPROMの2チップで構成されていたICカードを1チップで実現できる。

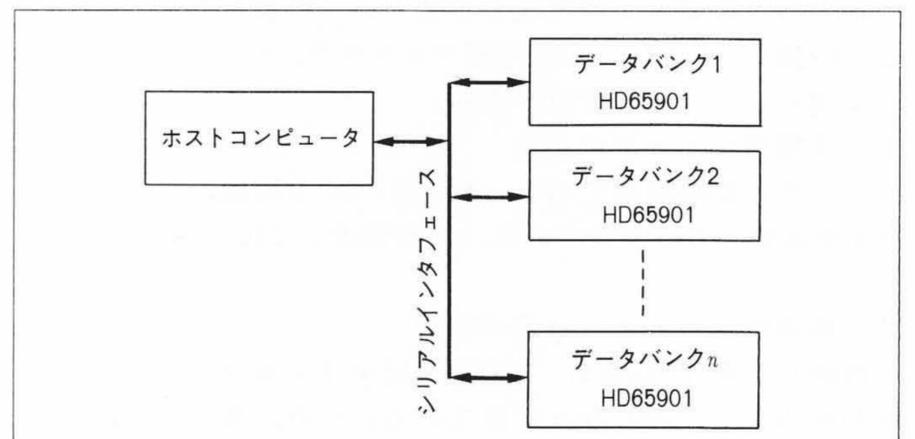


図4 HD65901の応用例(データバンク) データが不揮発性であるため、ポータブルタイプのデータバンクとして活用できる。データの入出力はシリアルで行なわれる。

バイトのRAM, 256バイトのEEPROM及び各種周辺機能を内蔵している。

CPUは制御用途に適したコンパクトな8ビットCPUであり、29種の簡潔な命令体系、強力なビット処理命令を特長とする。命令長は1バイト長及び2バイト長で、最小命令実行時間は2 $\mu$ sである。

周辺機能としては、クロック同期式シリアルインタフェース、14ビットPWM(Pulse Width Modulation)方式D-A(Digital-Analog)変換器、4ビットタイマカウンタ及び20本のI/O端子を内蔵している。

EEPROMは、容量が256バイトと小さくなっているほかは、HD65901の内蔵EEPROMと同等の機能をもっている。すなわち、RAM同様のインタフェース、書換え時間10ms、ページ(8バイト)書換え機能などである。

HD40122の代表的応用例として、図6にVTR(Video Tape Recorder)用チューナを示す。この場合、EEPROMは選局データ、チャンネル情報などの記憶に使われる。また、D-A変換器はチューナ部の周波数制御に、シリアルインタフェースはタイマ用マイクロコンピュータとのインタフェースに使用される。

4 EEPROM内蔵マイクロコンピュータの設計技術

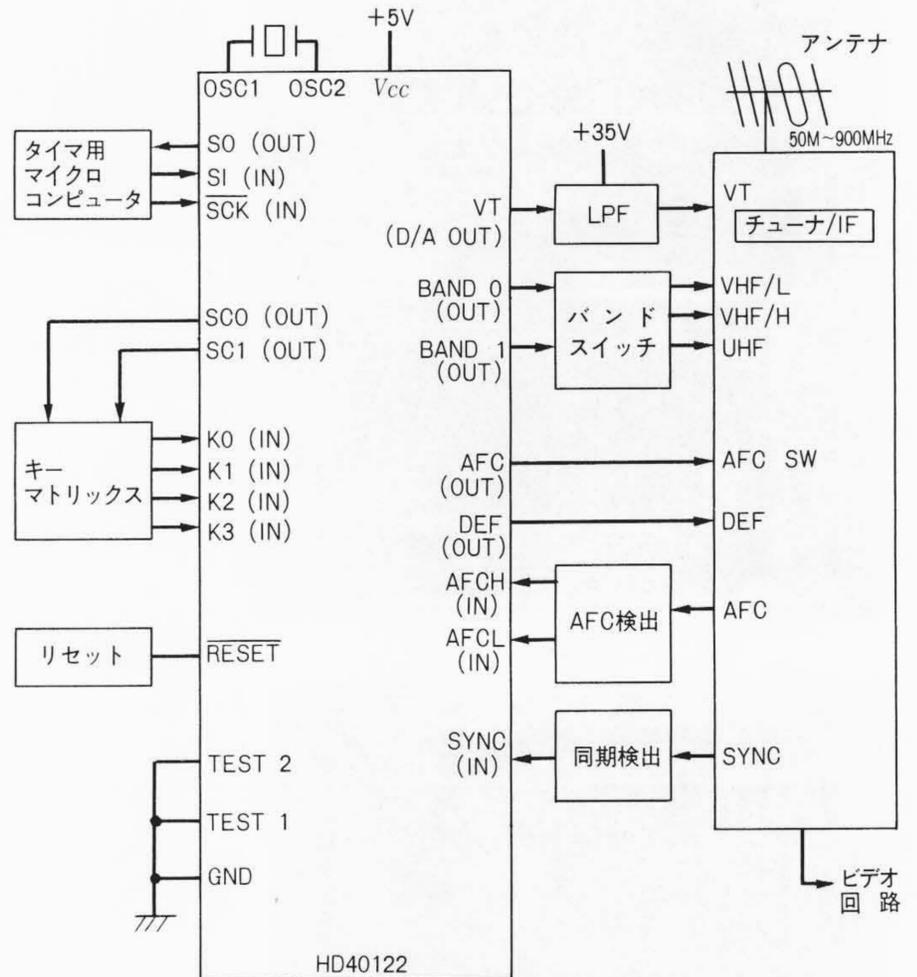
EEPROM内蔵マイクロコンピュータの設計基礎技術として、次の二つがある。

- (1) VLSI指向のモジュール化設計手法
- (2) EEPROM内蔵化技術

ここでは、それぞれについて、HD65901及びHD40122を例にとり概要を説明する。

4.1 モジュール化設計手法

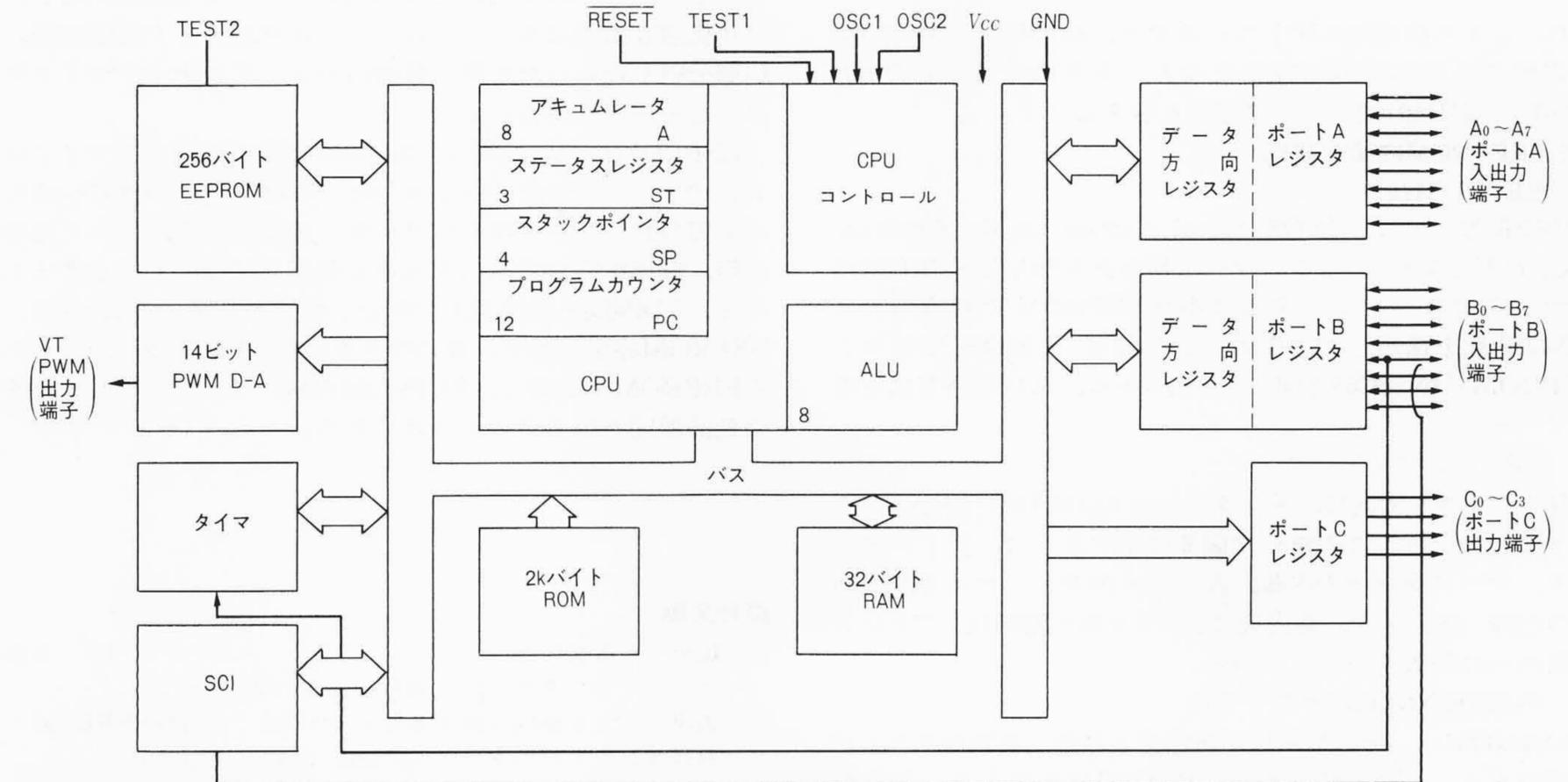
モジュール化設計手法は、VLSI特に各種機能を搭載したシングルチップマイクロコンピュータの設計に有効である。まずLSIをCPU, ROM, RAMなど、機能単位でモジュール化し、モジュール間の標準インタフェース仕様(共通バス、タイミン



注：略語説明 LPF(Low Pass Filter), AFC(Automatic Frequency Control)

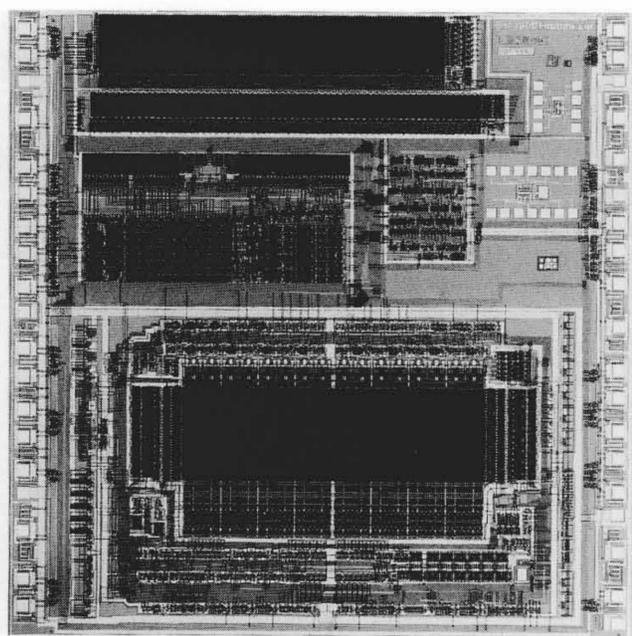
図6 HD40122の応用例(VTRチューナ) EEPROMは、選局データ、チャンネル情報などの記憶用として用いられる。

グ仕様など)を設定する。次に各モジュールをこの仕様に従って個別に設計し、最後に各モジュールを組み合わせることにによってLSIを完成させる。この手法を採用することにより、各モジュールを並行して設計できるため、設計期間の短縮が可能となる。また、各モジュールは、インタフェースが標準化

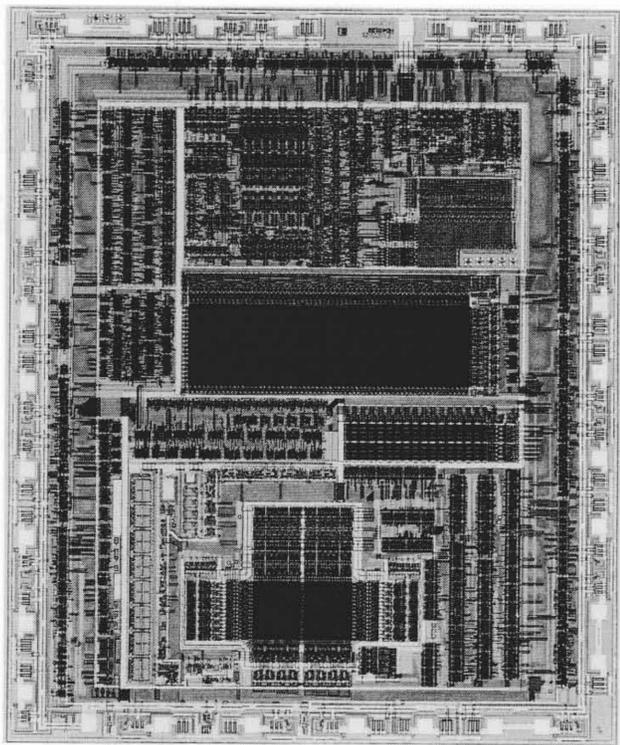


注：略語説明 ALU(Arithmetic Logic Unit), PWM(Pulse Width Modulation), SCI(Serial Communication Interface)

図5 HD40122ブロック図 HD40122は制御用途のマイクロコンピュータであり、CPU、メモリのほかに各種周辺機能を内蔵している。



HD65901



HD40122

図7 HD65901, HD40122チップ写真 2製品ともモジュール化手法で設計されている。チップサイズはHD65901が5.6mm×5.7mm, HD40122が4.24mm×5.1mmである。

され、しかも機能的に閉じているため、他の製品にもそのまま応用でき製品展開が容易になる。本手法で設計したHD65901及びHD40122のチップ写真を図7に示す。

#### 4.2 EEPROM内蔵化技術

##### (1) EEPROM技術

EEPROMには、MNOS (Metal Nitride Oxide Semiconductor) 形とフローティングゲート形がある<sup>2)</sup>が、EEPROM内蔵マイクロコンピュータでは単体EEPROMで実績のあるMNOS<sup>3)</sup>形を採用した。今回の2製品は、CMOS64kビットEEPROM HN58C65と同一のメモリセル、及び回路方式を用いている。

##### (2) CPUインタフェース

使いやすさを考えて、インタフェースはRAMと同様になるようにしている。このために図8に示すように、アドレスラッチ、データラッチの内蔵、書込み・消去シーケンス制御回路の内蔵、高圧発生回路内蔵による5V単一電源化、アドレス空間内への配置を行なっている。

##### (3) 内蔵EEPROMのテスト手法

EEPROMは、その信頼性を確保するため、複雑なテストが必要である。この目的のためにEEPROMテストモードを設けている。テストモードにすることによって外部から直接EEPROMをアクセスできるようになり、単体EEPROMと同

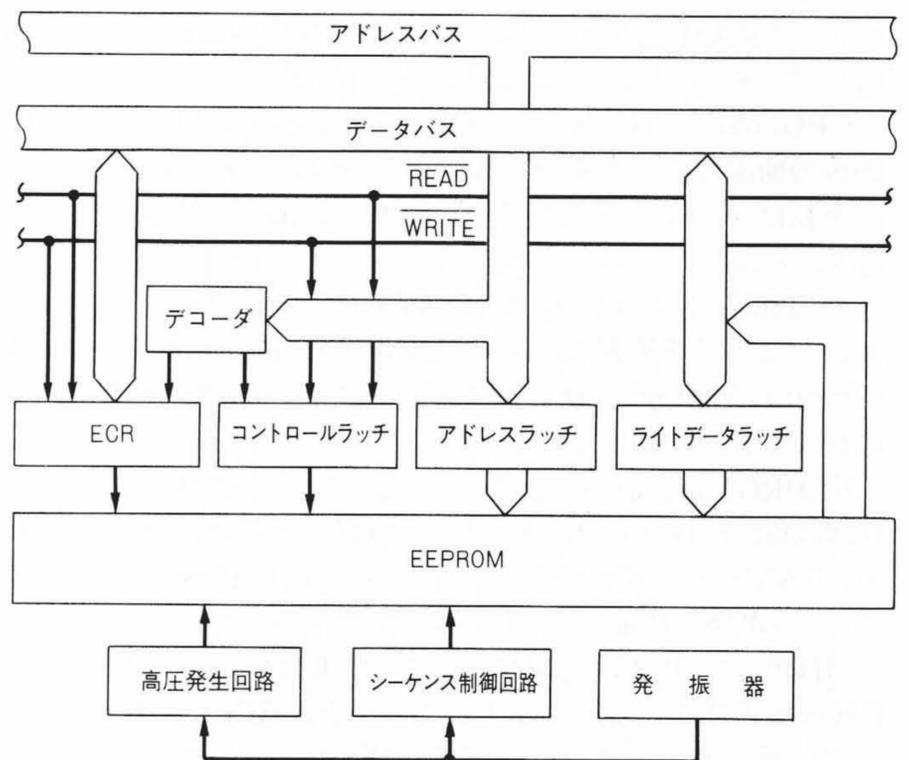


図8 EEPROMブロック図 EEPROMは使いやすさを考慮して、アドレスラッチ、データラッチ、シーケンス制御回路などを内蔵し、RAM同様のインタフェースを実現している。

等のテストが行なえる。更にHD65901の場合は、記憶データの機密保持を考慮して、このテスト経路を遮断する手段を内蔵している。

## 5 結 言

EEPROM内蔵マイクロコンピュータは、データの不揮発性と電氣的に書換えができるというEEPROMの特長を生かし、マイクロコンピュータの新しい応用分野を開くものである。主な応用として、ICカード、データバンクなどデータ記憶分野、VTRチューナ、自動車などの制御分野、リモートコントロールなどオンボードでのプログラム変更を要求される分野がある。今回開発したHD65901, HD40122は共に、2 $\mu$ m CMOSプロセス技術、MNOS形EEPROM技術、VLSI指向のモジュール化設計技術に基づいており、それぞれデータ記憶分野、制御分野をねらった応用分野指向のシングルチップマイクロコンピュータである。

EEPROM内蔵化技術は、従来形のシングルチップマイクロコンピュータで対応できなかった「不揮発性」の世界へ新しい応用分野を開いてゆくためのキー技術であり、データ処理分野、制御分野いずれにも大きく発展してゆくものと考えられる。今回開発した2製品で確立した技術をベースに、今後、EEPROM容量の増大、他のマイクロコンピュータファミリへのEEPROM搭載など、EEPROM内蔵マイクロコンピュータの製品展開を進めてゆく計画である。

## 参考文献

- 1) ICカード市場へなだれ込むエレクトロニクスメーカ(上)：日経エレクトロニクス, No.383, p.275(1985-12)
- 2) 市場の拡大を見込み新規参入メーカ相次ぐ大容量EEPROM：日経エレクトロニクス, No.380, p.127(1985-10)
- 3) Y. Yatsuda, et al. : Hi-MNOSII Technology for a 64-k bit Byte-Erasable 5V Only EEPROM, IEEE ELECTRON DEVICES, Vol. ED-32, No.2, p.224(Feb. 1985)