

# 小形ハードディスクドライブ装置用LSI

## LSI Series for Small Hard Disk Drive Sets

OA機器の小形化・多機能化に伴い、外部記憶装置として小形HDD(Hard Disk Drive)の普及が著しい。

このHDDの大容量化、信号処理スピードの高速化および小形・薄形化を同時に実現するには、専用LSIによる高集積化、高速・低電力化が不可欠となる。

日立製作所では、このような市場ニーズにこたえるため、今回業界初のゾーンビット記録に対応できる1, 7 ENDEC(Encorder Decoder)をはじめとして5V単一電源で動作する小形HDD用LSIシリーズを4系列7品種開発した。いずれも小形面付けパッケージを採用し、装置基板の大幅な縮小と性能向上に寄与できるものである。

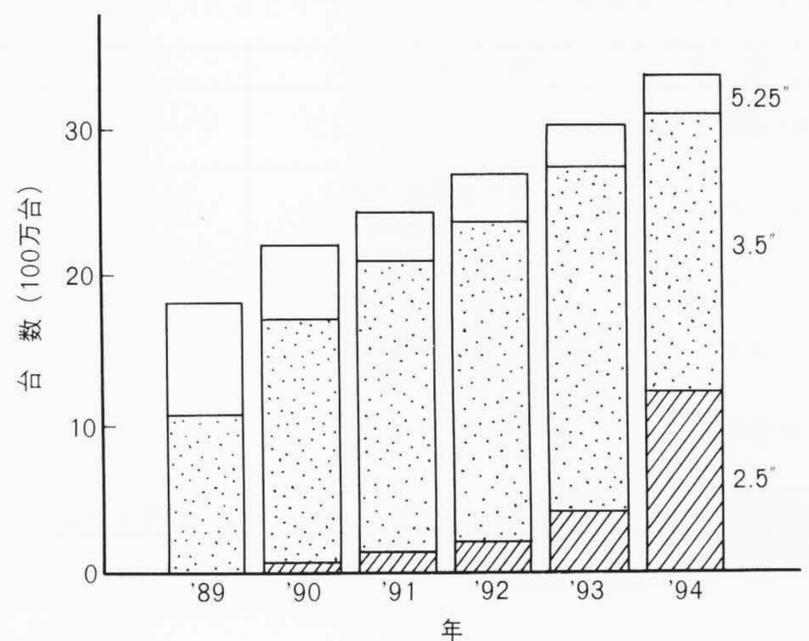
児島伸一\* *Shin'ichi Kojima*  
 宮沢章一\*\* *Shōichi Miyazawa*  
 吉田寿文\*\*\* *Toshifumi Yoshida*  
 佐藤講一\* *Kōichi Satō*

### 1 緒言

パーソナルコンピュータ(以下、パソコンと略す。)に代表されるOA機器の外部記憶装置として、小形・大容量で、アクセス時間の短いHDD(Hard Disk Drive)の需要が増大している。HDDは半導体メモリと同様に、低価格化と装置自体の小形化が急速に進んでおり、ディスクサイズは現在、3.5インチのものが主流となっているが、最近では、2.5インチのものも製品化されてきた。このHDDのサイズ別出荷台数の動向を図1に示す。このような背景から、HDDの技術動向は小形・大容量化と信号処理スピードの高速化が中心となっている。今後、大容量化に関しては100 Mバイトを超える容量のものが増えると予想される。ディスクの直径が小さくなる一方で記憶容量を大きくしていくには、トラック密度、線記録密度を上げる必要がある。このためには、特に信号処理部の高速・高精度化が不可欠である。また、ラップトップパソコンやノートパソコンといった5V電源タイプ装置への小形HDDの装着を考えた場合、そこに使用されるLSIは、設計段階から徹底した省電力が図られたものでなければならない。日立製作所では、このたびバイポーラ、CMOS、BiCMOS(Bipolar CMOS)の各種プロセスの特長を生かして、上記ニーズに対応した5V単一電源で動作する小形HDDシステム用LSIシリーズを開発した。本稿では、そのシステム構成と各LSIの特長および今後のHDD技術動向とLSI化展望について述べる。

### 2 小形HDDシステムの概要

5V単一電源で動作する小形HDDシステムのブロックダイヤグラムを図2に示す。HDDシステムは、大別して(1)信号処理部、(2)コントローラ部、(3)モータドライバ部の三つで構成



注: 出典(データクエスト)

図1 全世界のHDDサイズ別出荷台数予測 HDD(Hard Disk Drive)は、5.25インチから3.5インチに小形化が進行している。2.5インチサイズの本格的な立上りは1994年ごろと見られている。

される。このうち信号処理部は、ディスクからの読出し、書込みを行うリード・ライトアンプと、読出し信号をアナログからデジタルに変換し符号化するデータ再生、およびVFO(Variable Frequency Oscillator)を内蔵した1, 7 ENDEC(Encorder Decoder)から成る。コントローラ部は、SCSI(Small Computer System Interface)バスを制御するSCSIコントローラと、ディスクのフォーマットやエラー訂正などを行うハードディスクコントローラから成る。後者はマイクロコンピュータ(以下、マイコンと略す。)とゲートアレーなどのロジックで構成される場合が多い。モータドライバ部はヘッ

\* 日立製作所 半導体設計開発センター \*\* 日立製作所 マイクロエレクトロニクス機器開発研究所 \*\*\* 株式会社日立マイコンシステム

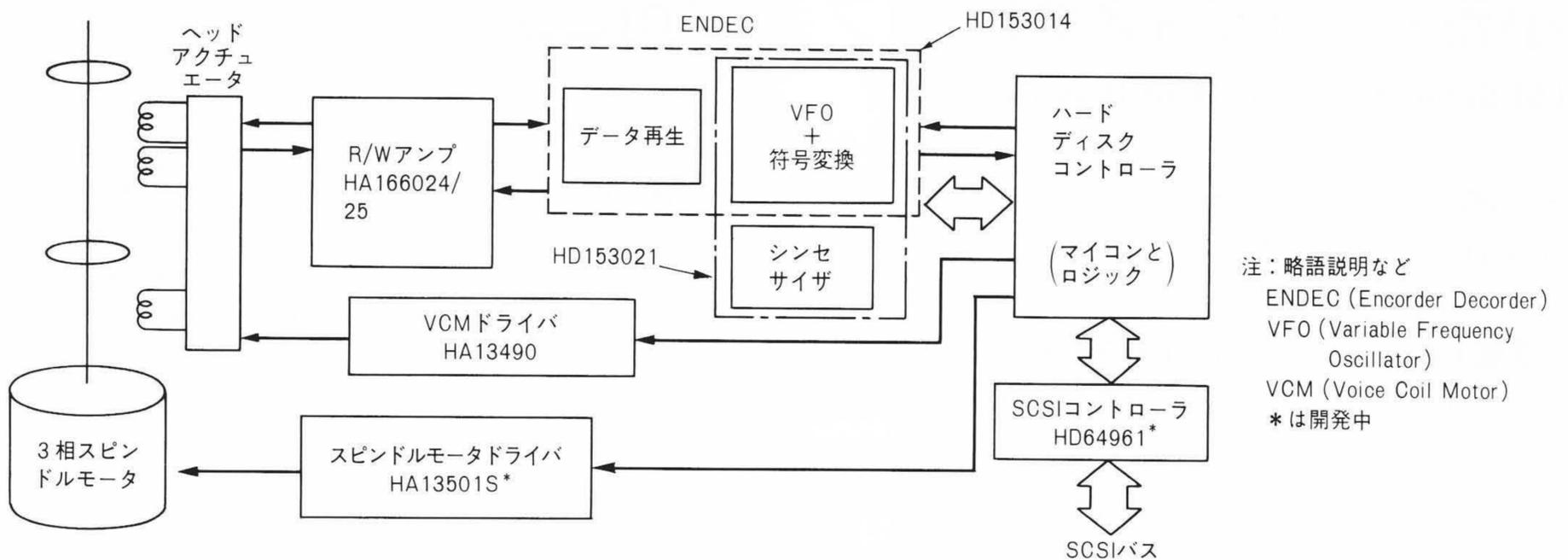


図2 小形HDDシステムのブロックダイアグラム インタフェースはSCSIでVCMの制御をMPU(Micro Processor Unit)が行うシステムである。5V単一電源で動作するチップセットを示している。

表1 5V駆動小形HDDシステム用LSI一覧 本製品ラインアップはすべて小形面実装パッケージを採用している。ENDECについては、データ再生を内蔵する高集積タイプとZBRをサポートするタイプが選択できる。

形名	機能名	集積内容	外形
HA166024/25	リード・ライトアンプ	リードプリアンプ, 差動ライト電流ドライバ, ライト異常検出回路	FP-16 FP-20DT
HD153014	データ再生内蔵 1, 7 ENDEC	リードデータ再生, データセパレータ用VFO, 1, 7 ENDEC	QFP-80
HD153021	ZBR対応 1, 7 ENDEC	データセパレータ用VFO, 書き込み周波数シンセサイザ, 1, 7 ENDEC	QFP-80
HD64961	SCSIコントローラ	アービトレーションコントロール回路, トランスファコントロール回路	QFP-80
HA13490	VCMドライバ	ブリッジ出力アンプ, 電流センスアンプ, リトラクト回路	DP-16 MP-18 FP-16
HA13501S	スピンドルモータドライバ	逆起電圧検出回路, 速度制御回路, カレントリミッタ	MP-26DT

注: 略語説明 ZBR(Zone Bit Recording)

ドアクチュエータを駆動するVCM(Voice Coil Motor)ドライバとディスクの回転制御を行うスピンドルモータドライバから成る。

以上述べた各ブロックの代表的LSIを表1にまとめて示す。いずれも5V単一電源仕様で、最先端技術を用いたチップセットである。

### 3 小形HDD用LSIシリーズ

信号処理ブロックに用いられるLSIから順に、以下、各LSIのシステムでの役割と特長を中心に述べる。

#### 3.1 リード・ライトIC(HA166024/25)

HDD用リード・ライトICは、図3に示すように各ヘッドに対応した書き込み用電流ドライバと読出し用プリアンプ対が主要ブロックであり、ディスク枚数に応じて2ヘッド、4ヘッド用のものがある。その他ライトデータ信号を1/2分周する回路、ライト電流を設定する定電流源回路、ライト動作時の異常を検出するライト異常検出回路、ヘッドにバイアス電圧を与えるセンタタップドライバ回路を1チップに搭載した。

電流ドライバに要求される性能としては、(1)差動回路での高速スイッチング特性、(2)遅延時間、駆動電流などの対称性、(3)電流駆動能力、が重要である。一方、プリアンプに関しては、(1)低雑音、(2)広帯域であることが最も重要であり、その他(3)電圧増幅率が大いこと、(4)入力インピーダンスが高いこと、が必要とされる。

リード・ライトICは従来12V、5Vの2電源仕様が主流であったが、バッテリー駆動の必要性から5V単一電源仕様の要求が高くなっている。5V単一電源仕様化に際しては徹底した省電力化が必要であり、省電力モードの設定が不可欠である。

5V単一電源仕様リード・ライトIC HA166024/25の主な仕様を表2に示す。HA166024/25は、2ヘッド、4ヘッド(ディスク1枚および2枚)用ICであり、省電力モードによって5.5mW typ.まで低消費電力化が可能である。また、プリアンプは200倍の差動電圧利得を持ち、入力換算雑音電圧 $\leq 1 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ の低雑音の設計とした。

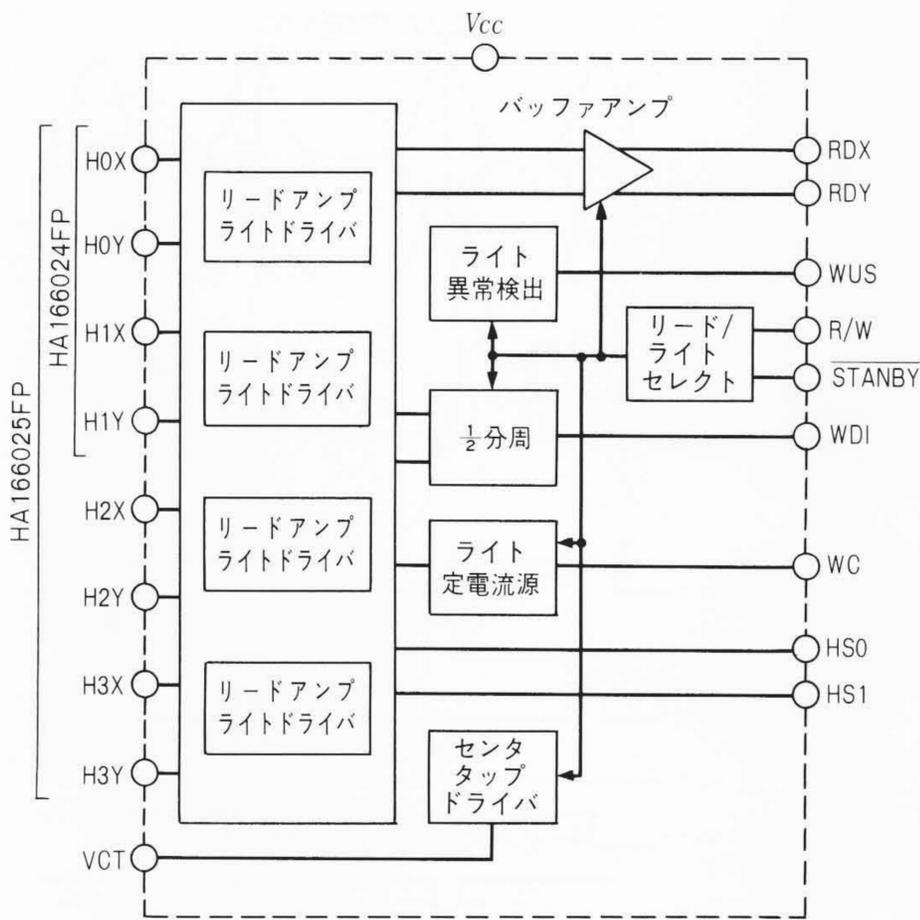


図3 リード・ライトICブロック図 HA166024は2ヘッド用IC, HA166025は4ヘッド用ICである。

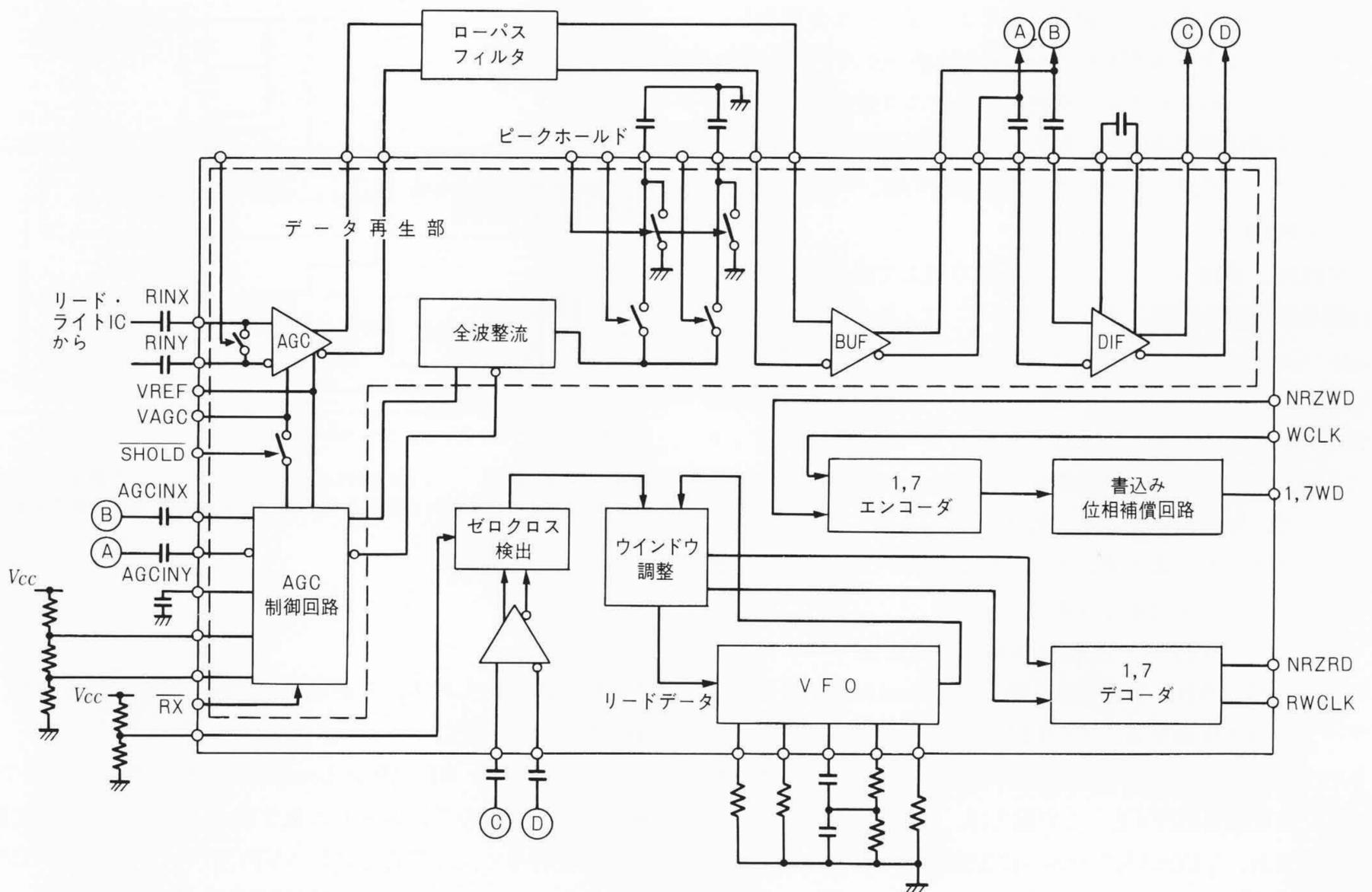
表2 リード・ライトICの仕様 5V単一電源で省電力モード設定が可能である。

項目	仕様
電源電圧	+5V単一電源
消費電力 (省電力モード時)	5.5 mW typ.
ライト電流設定範囲	50 mA Max.
差動電圧利得	200倍 typ.
バンド幅 (-3 dB)	40 MHz Min.
入力換算雑音電圧	1 nV/√Hz Max.
チャンネル分離度	55 dB Min.
差動入力インピーダンス	1.3 kΩ typ. (f = 5 MHz)

### 3.2 信号変換処理LSI (HD153014/21)

#### 3.2.1 データ再生内蔵ENDEC (HD153014)

HD153014は、図4に示すようにデータ再生、VFO、1, 7エンコーダ・デコーダ機能を1チップ化したもの(以下、ENDECと言う。)で24 Mビット/sの転送速度まで対応できる。主な仕様を表3に示す。従来、2~3チップ構成のものを1チップ化したもので、高集積・高速・低電力の特長をBiCMOS技術によって実現した。



注：略語説明 AGC (Auto Gain Control), BUF (Buffer Amp.), DIF (Differentiator)

図4 HD153014の内部ブロック図 点線内がデータ再生部である。ピークホールド機能も内蔵し、高集積1チップVFO・ENDECを実現している。

表3 HD153014の仕様 BiCMOSプロセスにより、高性能・高集積・低消費電力化を実現している。

項目	仕様	
転送速度	24 Mビット/s Max.	
リードデータ再生	波形再生方式	ゲートゼネレート方式
	サーボ対応機能	ゲインホールド内蔵
VFO	PLL方式	2モードPLL
	位相引き込み時間	6バイト以内
	ウインドウセンター調整	デジタル調整機能内蔵
エンコーダデコーダ	符号・復号化方式	1, 7 RLL符号対応
	書き込み補償	テーブル、ディレイライン内蔵(ディレイ量プログラマブル)
消費電力	450 mW typ.	
電源	5V単一	
パッケージ	QFP-80ピン	

注：略語説明 PLL(Phase Locked Loop), RLL(Run Length Limited)

(1) リードデータ再生部

再生時入力信号がAGC (Auto Gain Control)回路で一定振幅に増幅された後、微分とゼロクロス検出によって入力信号のピークを検出し、ピーク位置に対応したパルスを出力する。しかし、1, 7符号のように磁化反転間隔の長いパターンがある場合、微分出力から図5に示すようなサドルが発生し、サドルがゼロクロスするとパルス出力は誤パルスを出力する。これを防ぐためゼロクロス検出では、パルス検出をマスクする信号を磁化反転の極性に対応して個別に生成し、この二つの信号によって誤パルスの出力を防いでいる。

(2) VFO部

VFOは、図6に示すように2系統のPLLで構成した。一つは周波数位相比較器、チャージポンプ、フィルタ、VCO (Voltage Controlled Oscillator)から成るPLL (Phase Locked Loop)で、リードデータが'100'のパターンが繰り返す同期領域で作動する。このPLLは、リードデータとVCOクロックの1/3分周クロックとの周波数位相比較器と高利得でのチャージポンプ、フィルタにより、高速にVCOクロックを入力データに同期させる。本方式により、同期パターンの高次周波数への誤引き込みを防止できる。

もう一方のPLLは、位相比較器、T-I変換、フィルタ、VCOから構成され、同期領域に続くID (Identification)領域やデータ領域で作動する。このPLLは、パルスが入力されるときだけ位相比較を行い、T-I変換で位相差を積分し位相差に対応した定電流を出力する。この出力は、フィルタを介してVCOに入力され、VCOが入力パルスに安定追従する。また、位相比較器とT-I変換の利得は、入力パルスのパルス間隔に依存せず一定なため、安定度の高いPLLが実現できる。

このような2系統のPLLを内蔵することにより、入力パル

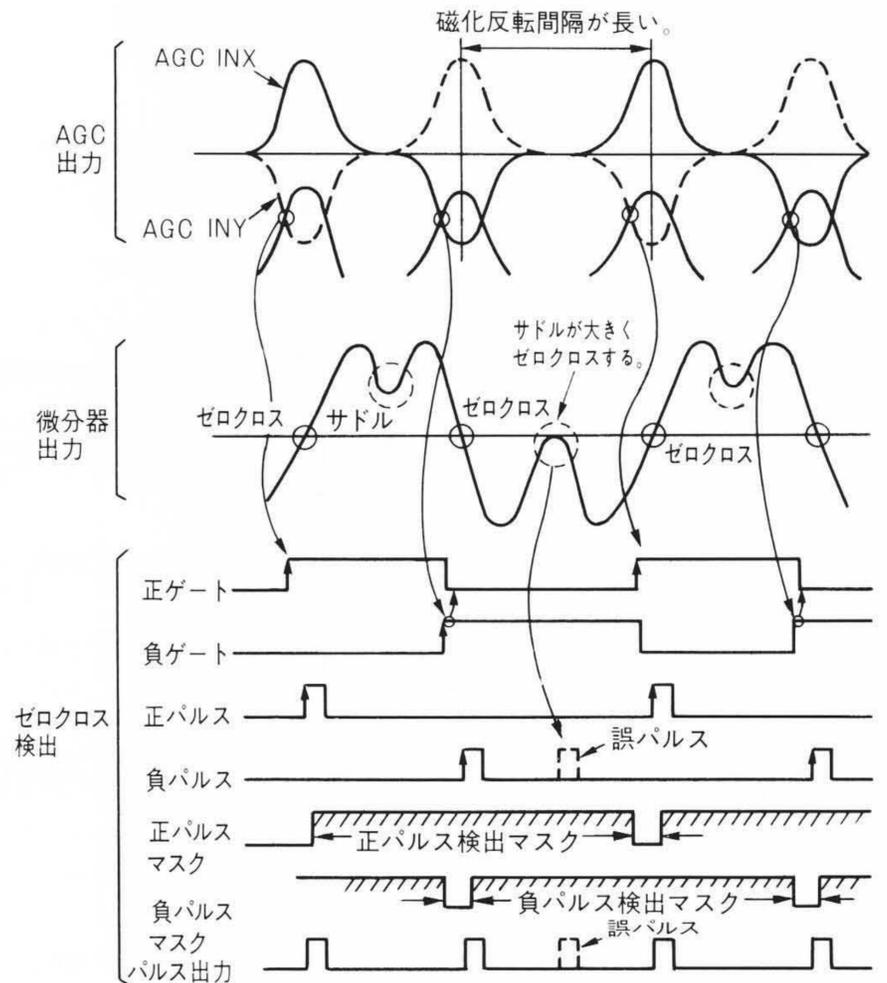
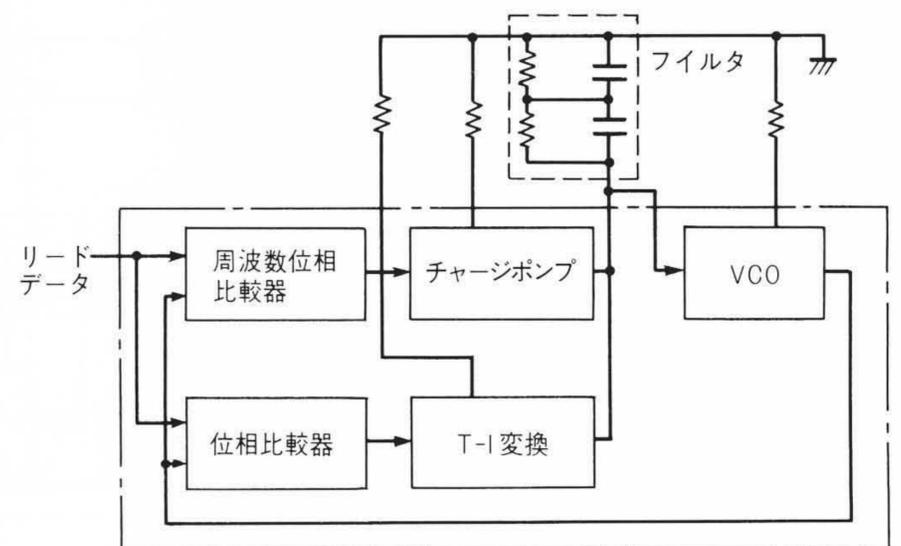


図5 リードパルス発生器動作タイミングチャート 磁化反転間隔の長いパターンがある場合の誤パルスを防止する様子を示す。



注：略語説明 VCO (Voltage Controlled Oscillator)

図6 VFOの構成 2系統のPLL (Phase Locked Loop)で構成され、入力パルスに対する高速引き込みと安定追従の両機能を両立させている。

スに対する高速引き込みと安定追従の両機能を両立させた。

(3) 1, 7 ENDEC

1, 7符号は、RLL (Run Length Limited)符号の一種で、隣り合う1と1の間に入る0の数が最小1個、最大7個に制限される符号で、2, 7符号に比べVFOのウインドウ幅が33%増える。エンコーダは、記録時NRZ (Non Return to Zero)データを1, 7符号に変換し、リード・ライトICに出力する。デコーダは再生時VFOからの同期クロックと同期した1, 7

符号データから、NRZデータを生成する。

### 3.2.2 ZBR対応ENDEC (HD153021)

HD153021は、大容量化のための新記録方式であるZBR (Zone Bit Recording)をサポートし、32 Mビット/sまでの高速転送に対応したVFO内蔵1, 7 ENDECである。主な仕様を表4に示す。

#### (1) ZBR

従来の記録方式は、一定の転送速度で記録再生を行っているため、図7に示すようにディスクの外周側の線記録密度が、最内周に比べて余裕があった。

ZBRでは、外周の転送速度を速くし線記録密度を最内周と同程度にすることにより、外周の記録容量を増大させる手法である。

#### (2) 内部構成

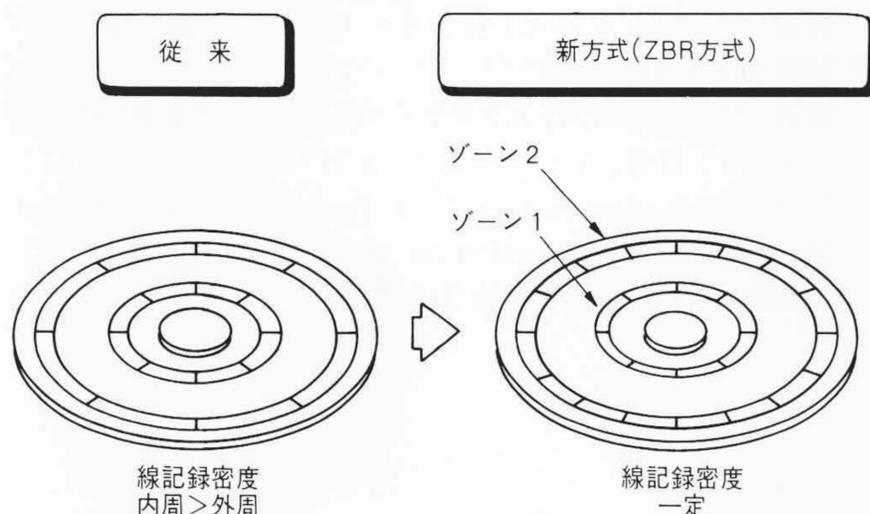
HD153021はZBRに対応するため、図8に示すように、記録時の書き込みクロック生成PLLと再生時のデコードクロック生成PLLを備えた。

両PLLの中心周波数は、内部の5ビットのレジスタによっ

表4 HD153021の仕様 業界初のZBR記録対応VFO・ENDECで、最大32段階に転送速度を変えることができる。

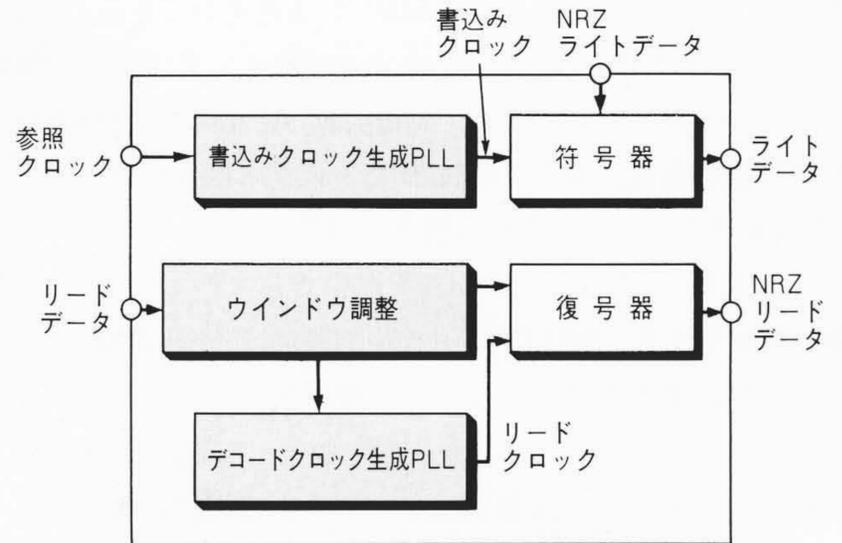
項目	仕様
転送速度	32 Mビット/s
ZBR	32段階
ウインドウセンタ調整	デジタル調整 アナログ微調整 } 内蔵
書き込みクロック	記録用PLL内蔵
符号・復号化方式	1, 7 RLL符号対応
書き込み補償	ディレイライン内蔵 (ディレイ量プログラマブル)
消費電力 (スタンバイ時)	600 mW typ.以下 (40 mW typ.以下)
電源	5 V単一
パッケージ	QFP-80ピン

注：略語説明 ZBR (Zone Bit Recording)  
QFP (Quad Flat Package)



注：□ セクタ

図7 ZBR方式 外周(ゾーン2)の転送速度を速くして、内周(ゾーン1)と同程度の線記録密度に引き上げる。



注：略語説明 NRZ (Non Return to Zero), PLL (Phase Locked Loop)

図8 HD153021内部ブロック図 同一チップ内に、デコードクロック生成PLLとZBRをサポートする書き込みクロック生成PLLを内蔵する。

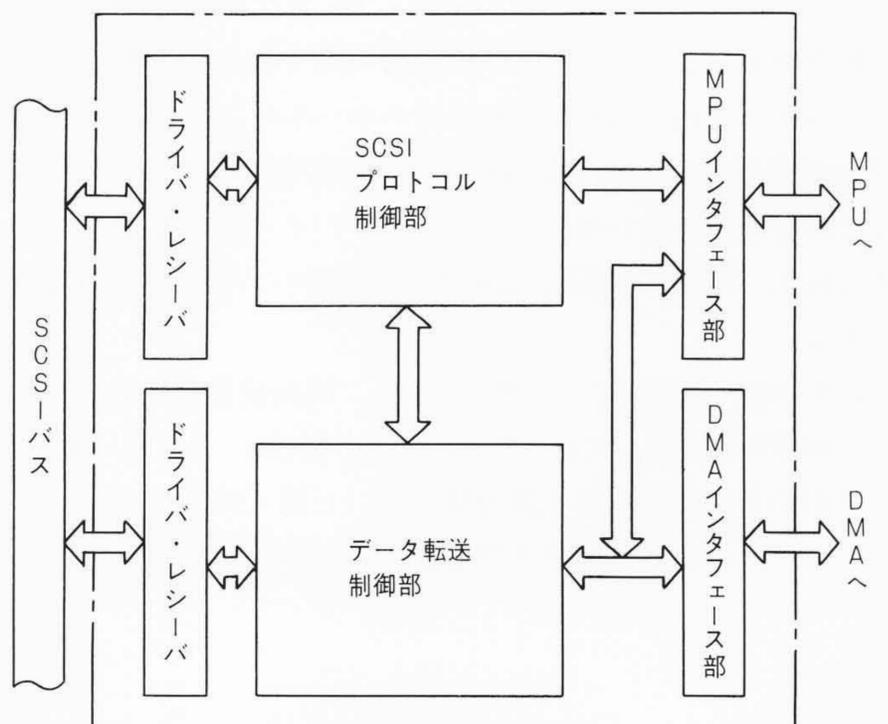
て32段階切換が可能である。

また、デコードクロック生成PLLは、ループ特性の最適化のためループゲインとフィルタ定数切換機能を持つ。

さらに、32 Mビット/sの高速転送の実現のため、ウインドウ調整機能と低消費電力化のスタンバイ機能も備えた。

### 3.3 SCSIコントローラ(HD64961)

SCSIコントロールIC HD64961の内部構成を図9に示す。MPU (Micro Processing Unit) インタフェース部は、H8シリーズなどの8ビットデータバスを持つマイコンをはじめ、68



注：略語説明 DMA (Direct Memory Access)  
MPU (Micro Processing Unit)

図9 HD64961内部構成 24ビットトランスファカウンタ、16×9ビットFIFO (First In First Out Memory)、タイムアウトカウンタ、SCSIバスドライバおよびレシーバを内蔵している。

系, 80系の8/16ビットデータバスを持つマイコンと直結を可能にし, SCSIのデータ転送をMPUが高速実行できるようにしている。DMA(Direct Memory Access)インタフェース部は, 68系, 80系のDMAC(Direct Memory Access Controller)と直結可能である。また, 本ICのデータバスは16ビットあり, DMA転送を8ビットで行う場合, 残りの8ビットをマイコンに直結することにより, DMA転送中でもマイコンによって制御が可能である。SCSIプロトコル制御部は, 全SCSIプロトコルを自動制御するマクロコマンド機能を持ち, タイムアウト検出カウンタ, パリティエラー検出など, SCSIで規定する異常検出回路をすべて内蔵させた。データ転送制御部は16ビット×9ビットFIFO(First In First Out)メモリと24ビットトランスファカウンタを内蔵しており, 一度に最大16 Mバイトまでのデータ転送を行う。また, 外付け部品削減のため, SCSI規定のドライバ(48 mAシンク)とレシーバも内蔵させた。

### 3.4 モータドライバ

#### 3.4.1 VCMドライバ(HA13490)

VCMドライバは, ヘッドを目標トラックまで移動させるヘッドアクチュエータに使用されるボイス コイル モータを駆動するICである。

HA13490は5 V単一電源で使用でき, 出力電流が1.2 A(瞬時出力電流)のVCMドライバである。本ICはリトラクト用のモードセレクト回路と電流検出用の電流センス増幅器を内蔵する。また, チップイネーブル端子を持っており, 非選択時の消費電力を2 mWと動作時の $\frac{1}{40}$ に削減できる。パッケージはHDDの小形化要求に対応できるMP-18, FP-16Tを採用している。

#### 3.4.2 スピンドル モータ ドライバ(HA13501S)

スピンドル モータ ドライバは, ディスクを一定回転数で回転させるスピンドルモータ駆動用のICである。従来, スピンドルモータは, 回転位置検出用のホールセンサを持つタイプが主流であったが, 最近HDDの小形化要求から, このホールセンサを持たないセンサレスタイプのモータが市場に出始めており, HA13501Sは, このタイプのモータを駆動できるICである。

HA13501Sは図10に示す構成であり, 回転位置検出をモータの逆起電圧を利用して行っている。また本ICは, 5 V単一電源で使用でき, 消費電力も50 mW(typ.)と低く抑えている。パッケージは小形面実装タイプのMP-26DTを採用している。

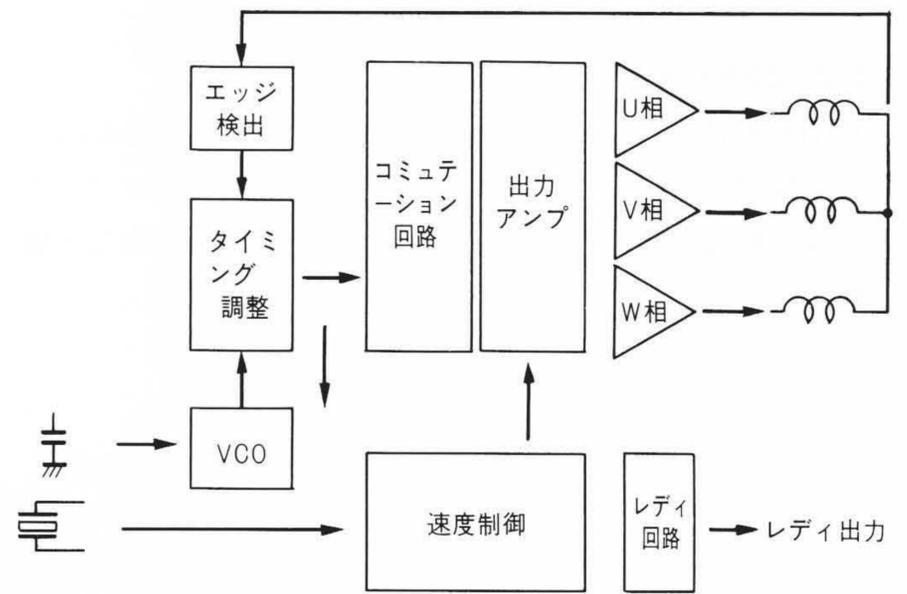


図10 5Vセンサレススピンドルモータドライバの構成 ホールセンサを使用せず, スピンドルモータの逆起電圧を検出して, 回転位置制御を行う。

## 4 結 言

現在のHDD市場は主流が5.25インチから3.5インチへと移行し, 外形的には薄形化と今後2.5インチの伸びが予想される。今回論述したLSIシリーズは, このような小形HDDのニーズに十分対応可能な小形面付けパッケージを中心とした5 V電源動作仕様のものであり, 回路基板の大幅な小形化と性能向上を可能にするものである。

HDDの技術動向は小形・大容量化・低消費電力化と信号処理速度の高速化を中心に, とどまるところを知らない感がある。この技術課題を解決していくためには, LSIキットのいっそうの高集積化, 高性能化および低消費電力化が必要となる。今後このようなニーズにこたえ, さらにシリーズの拡充と展開を図っていく予定である。

### 参考文献

- 1) 久保, 外: BiCMOS技術, 社団法人電子情報通信学会, 172~181(1990-9)
- 2) 佐藤, 外: ファイル系LSIシリーズ, 日立評論, 70, 12, 1269~1274(昭63-12)
- 3) 渡辺, 外: ハードディスクドライブ用高速データ転送LSI, 日立マイコン技報, Vol.3, No.2, p.21~27(1989-10)
- 4) P.H.Siegel: Application of a Peak Detection Channel Model, IEEE Transaction on Magnetics, Vol.Mag 18, No.6, p.1250~1252(1982-11)