

ファイル系LSIシリーズ

LSI Series for Disk File Equipment

OA機器の多機能化に伴いHDD, FDDに代表されるディスクファイルの大容量化ニーズがますます高まっている。一方, 装置自体は小形化が要求されており, 大容量化を実現するためにはLSIによる高集積化, 信号処理スピードの高速化, ヘッド位置決め精度の向上が必要である。このような市場のニーズにこたえるため, アナログ, デジタルの各種プロセスによりディスクファイル用LSIシリーズの開発を行った。

本論文では, FDDに比べて高速, 高性能要求が厳しい小形HDD用LSIの紹介と今後の開発動向について述べる。

佐藤 講一* *Kōichi Satō*
宮沢 章一** *Shōichi Miyazawa*
吉田 寿文*** *Toshifumi Yoshida*
関 邦夫* *Kunio Seki*

1 緒 言

パーソナルコンピュータ, ワードプロセッサ, ワークステーションなどの外部記憶装置としてFDD (Floppy Disk Drive)とともにHDD(Hard Disk Drive)の需要が高まっている。HDDはFDDに比べて記憶容量が大きく, アクセス時間が短いという特徴があり, 最近ますます高まっているOA (Office Automation)機器の多機能・高性能化になくってはならないものとなってきている。

HDDの技術動向はこのような背景から, 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。小形化に関してはディスクサイズが3.5インチのものが主流になりつつあり, 大容量化に関しては今後80 Mバイトあるいは100 Mバイトを超える容量のものが増えると予想される。ディスクサイズ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。このためにはヘ

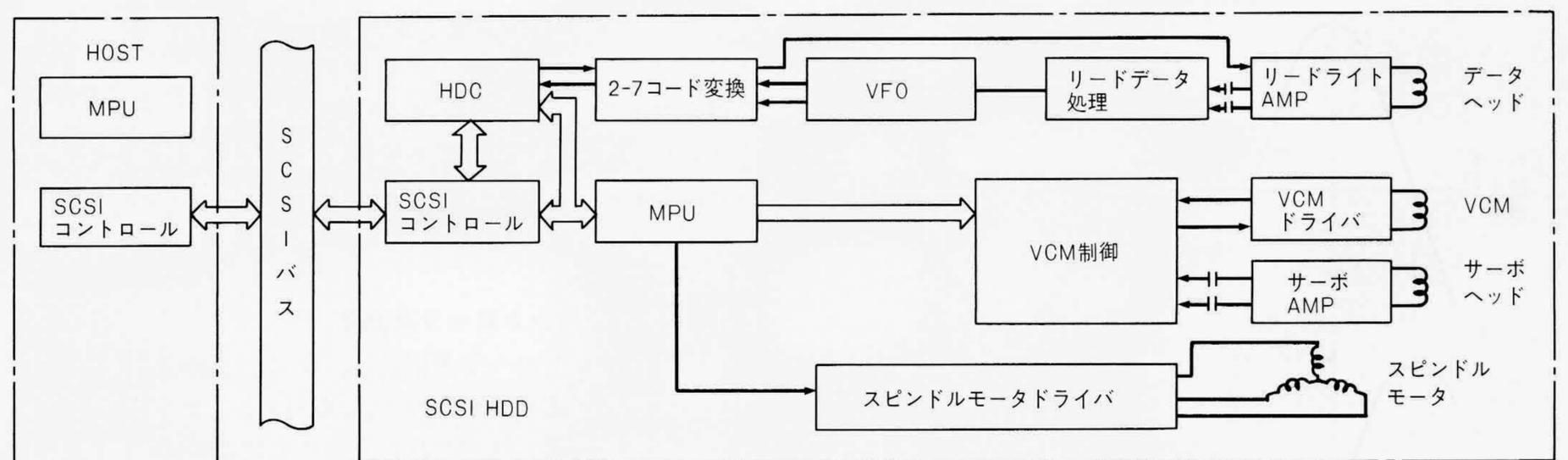
ッドの位置制御, 信号処理共に高精度化が不可欠である。

日立製作所では, リニア微細化プロセス, Bi-CMOS (Bipolar-Complementary Metal Oxide Semiconductor)プロセスなど各種アナログ, デジタル及びパワーIC設計技術を適用し, FDD用ICシリーズに引き続きHDD用ICシリーズを開発した。

本稿ではOAシステムに適したインタフェースとして注目されるSCSI (Small Computer System Interface)に対するキット構成としてまとめた各LSIの特長と, 今後のHDD技術動向及びLSI化展望について述べる。

2 小形HDDシステムの概要

SCSIシステムでの小形HDD周辺の構成を図1に示す。従来のFDD相当インタフェースではVFO (Variable Frequency



注: 略語説明 HDC (Hard Disk Controller), SCSI (Small Computer System Interface), VFO (Variable Frequency Oscillator), MPU (Micro Processing Unit) VCM (Voice Coil Motor), HDD (Hard Disk Drive)

図1 SCSIシステム構成 SCSIシステムの場合, HDC, SCSIコントローラ, VFO, マークコード変換はドライブ側に実装される。

* 日立製作所高崎工場 ** 日立製作所マイクロエレクトロニクス機器開発研究所 *** 日立マイクロコンピュータエンジニアリング株式会社

Oscillator)を含むファイルコントローラ系回路がホストコンピュータ側に実装されていたものが、SCSIシステムではHDD装置側に実装される。したがって、小形HDDの電気回路は信号処理系回路と電動機制御系回路以外にファイルコントローラ系回路が必要となる。

2.1 信号処理系回路

信号処理系回路を構成するのは次の4ブロックである。

(1) リード・ライト

ヘッドコイルに流れる電流をスイッチングし、ディスクへの書き込みを行うライトドライバと、ヘッドコイルにより読み出された微小信号を増幅するプリアンプから成るブロックである。読み出し時にヘッドコイルに誘起される電圧は1 mVp-p以下になり、ノイズに敏感であることから、このブロックは通常ヘッドの間近に実装される。

(2) リードデータ処理

プリアンプによって増幅されたリード信号のピーク位置を検出し、その検出したピーク位置にデータパルスを出力するブロックである。ピーク検出の原理は、リード信号を微分しピーク位置をゼロクロス位置に変換し、コンパレータによってゼロクロス位置を検出し、そのタイミングでパルスを発生することが基本となっている。

しかし、実際にヘッドコイルから読み出された信号を処理する場合には、**図2**に示すようなデータパルス間隔が広いサドル部分でも微分した後の波形がゼロクロスに近い状態となり、誤ってパルスを出力することになる。この対策として上記基本処理のほかにサドル部分での誤パルス発生を防止する回路が必要となる。

(3) VFO

ディスク上に書き込まれた2進データは、あらかじめ定められたパルスの相対位置関係によって表現される。したがって、データ再生では基準となる周期に対する各パルス間隔が問題となる。この基準となる周期を持ったクロックを発生す

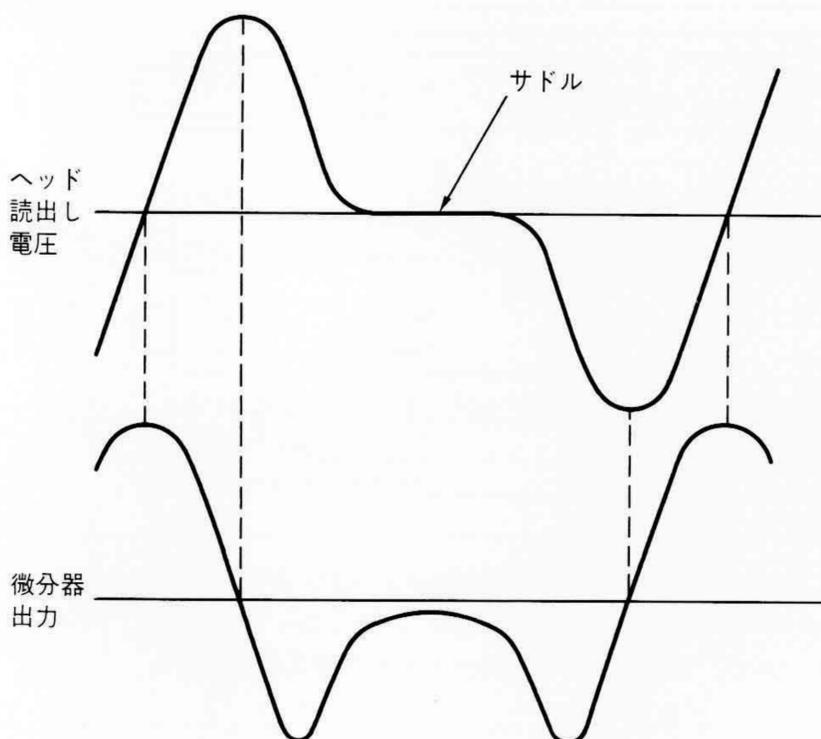


図2 サドル部微分波形 データパルス間隔が広いサドル部分でも、微分した後の波形がゼロクロスに近い状態となる。

るのがVFOである。一般にはPLL(Phase Locked Loop)回路によってデータの先頭に置かれた同期信号を検出し、ロックさせる方法が取られる。

(4) コード変換

限られたトラック長により多くのデータを書き込むには、ビット間隔を狭め単位長さ当たりの密度を上げることが考えられるが、磁界の相互作用によって限界がある。そこで、最小ビット間隔を変えずに記録密度を上げることができるデータコードが幾つか考え出されているが、その中でも小形HDD用としてはRLL(Run Length Limited)コードの一つである2-7コードが使われるケースが増えている。ホストコンピュータ側から送られてくるデータはNRZ(Non Return to Zero)信号であるためHDD装置内部でコード変換が必要となる。

2.2 電動機制御系回路

HDD装置ではヘッド駆動用とディスク回転用に2種類の電動機が使用される。

(1) ヘッドアクチュエータ制御

HDD装置にとって重要な性能であるアクセスタイムを短くするには、ヘッドを目標トラックまで高速に移動させ、なおかつ短時間でトラック上に停止させなくてはならない。一方、記憶容量を大きくするには、トラック密度を上げる必要があることから、ヘッドを目標トラック上に精度よく停止させるのが難しくなる。

こうしたことから、大容量になるに従ってより高精度なサーボ制御システムが必要となる。サーボ方式としては、大別してデータ面サーボとサーボ面サーボに分けられる。サーボ面サーボは、精度がよい反面ディスクの一面がサーボ専用となり、ディスク枚数が多く比較的大容量なHDD装置向きである。電動機としては、ステッピングモータ、直流電動機、ボイスコイルモータなどが使用される。

(2) スピンドルモータ制御

信号処理を高速で精度よく行うためには、ディスクを一定回転数に保つ必要がある。この目的のためスピンドルモータが使用され、サーボシステムによって制御される。電動機起動時にはコイルに1 Aを超える大電流が流れるため、パワートランジスタが必要となる。スピンドルモータの駆動方式としては、コイルを高インピーダンスで駆動する電流駆動方式と低インピーダンスで駆動する電圧駆動方式に分けることができる。各駆動方式の比較を**表1**に示す。発生するノイズの面では電圧駆動方式が有利であるが、効率の面では電流駆動方式が優れている。

2.3 ファイルコントローラ系回路

ファイルコントローラ系回路は、ホストとの新標準インタフェースであるSCSI処理回路と、SCSI~ディスク間のファイルデータ処理回路、及びこれら二つの処理回路を制御する1チップマイクロコンピュータ(HD6301Y)並びに制御ソフトから成る。

(1) SCSI処理回路

SCSI上の装置がバス権を勝ち取るアービトレーション、バス権を勝ち取った装置がコマンドを起動する相手を選択するセレクション(又はリセレクション)などのプロトコル処理、

表1 電流駆動方式と電圧駆動方式の比較 電流駆動方式と電圧駆動方式を比較すると、ノイズでは電圧駆動方式が、効率の点では電流駆動方式が優れている。

No.	比較項目	電流駆動方式	電圧駆動方式
1	トルクリプル	$T_{max}/T_{min}=2/\sqrt{3}$ のリプルを持つ。	電流駆動方式よりも多い。
2	音響騒音	相切換時の di/dt が大きく、騒音大。	電流切換えがないので静かである。
3	EMIノイズ	相切換が急しゅんのため、高次成分が多い。	高次成分はほとんど発生しない。
4	効率	電圧駆動方式よりも20%よい。	電流駆動方式よりも劣る。
5	回路構成	簡単	複雑(出力段素子数が約3倍)

注：略語説明 EMI(Electromagnetic Interference)

コマンド、データ、ステータス、メッセージなどの情報転送制御、そしてドライバ(48 mAシンク)、レシーバ(ヒステリシス付き)が必要である。

(2) ファイルデータ処理回路

ホスト～ディスク間のデータ転送時、一時データをバッファリングするためのデータバッファ(1セクタ以上の容量)及び転送制御と、ライト時はホストからのデータをデータバッファを介してディスクに対応したフォーマットのシリアルデータに変換し、リード時はディスクに対応したフォーマットのシリアルデータの中からデータを抽出し、パラレルデータに再生しデータバッファにセットするデータ処理を行い、ま

たリード時エラーデータを検出し訂正を行うECC(Error Correction Code)機能を持っている。

(3) 制御ソフト(MPU内)

SCSI処理回路とファイルデータ処理回路を起動させ、起動後の終了処理とSCSI規格のコマンド、ステータス、メッセージなど情報の解釈ほかを行う。

3 小形HDD用LSIシリーズ

各小形HDD用LSIキット構成例を図3に示す。また、LSIの持つ機能を表2に示す。

3.1 リード・ライトIC(HA16652及びHA16688/16689)

各ヘッドに対応した書込み用差動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HA16652は4ヘッド、6ヘッド(ディスク2枚、及び3枚)用、HA16688/16689は8ヘッド(同4枚)用である。なおHA16689は、ヘッドとのインピーダンスマッチング用ダンピング抵抗を内蔵している。

各ICとも、リードプリアンプは200倍の差動電圧利得を持ち、ローノイズ設計(HA16652： $\leq 2.1 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 、HA16688/16689： $\leq 1.7 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$)となっている。

3.2 リードデータ処理IC(HA16686)

HA16686では、データ間隔の広い部分で発生する誤パルスを防止するため、入力信号をAGC(Auto Gain Control)回路で一定振幅とし、所定の振幅以下の部分にマスク信号を発生させる方法を採用している。AGC回路のゲイン範囲は0～50 dB以上あり、サーボデータ用にゲインをホールドする機能を備えている。また、ゲイン可変のバッファアンプを内蔵しており、フィルタなどの設置が容易である。

リードデータパルス出力はTTL(Transistor Transistor Logic)コンパチブルであり、パルス幅は内蔵のモノマルチバ

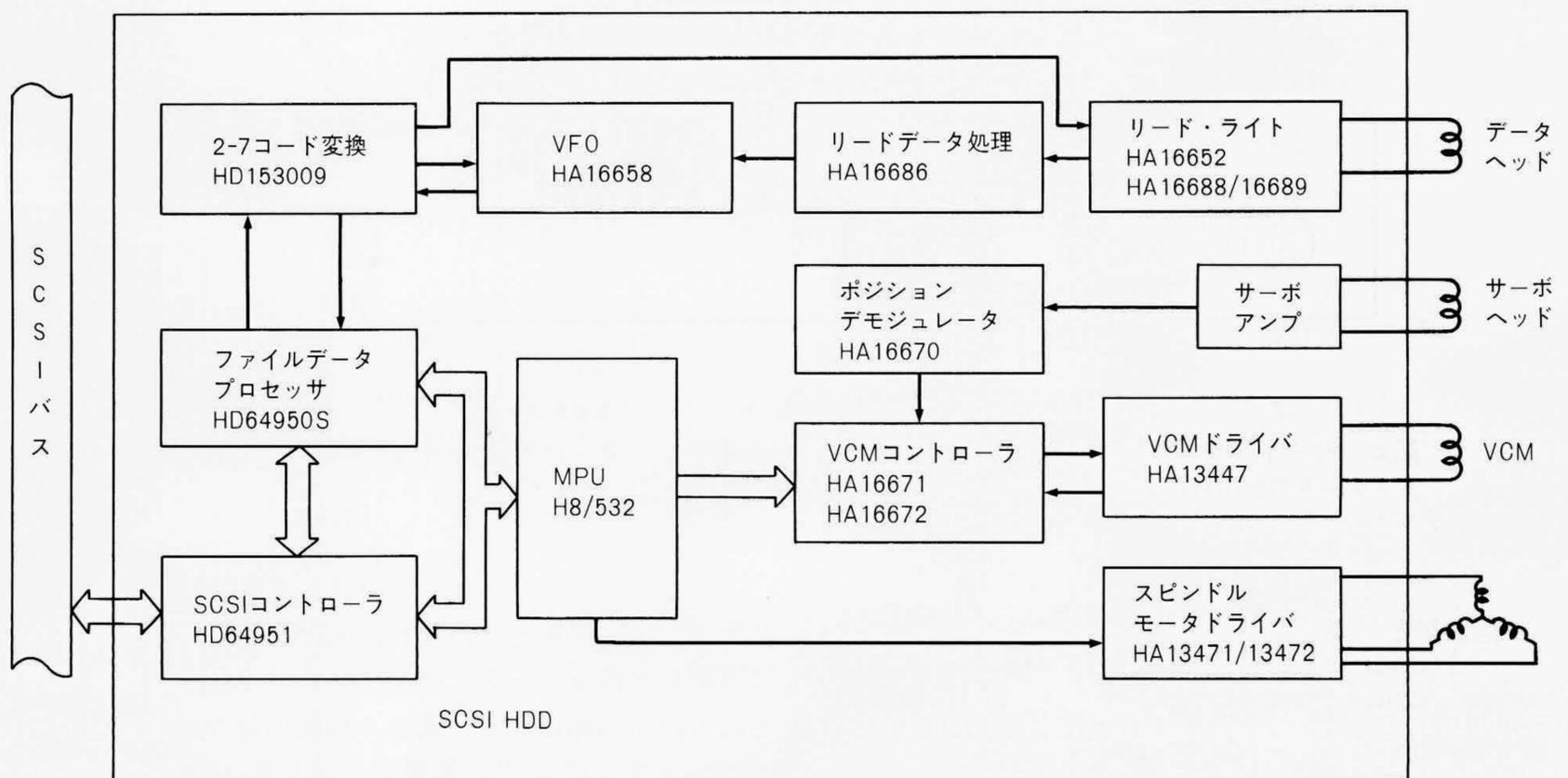
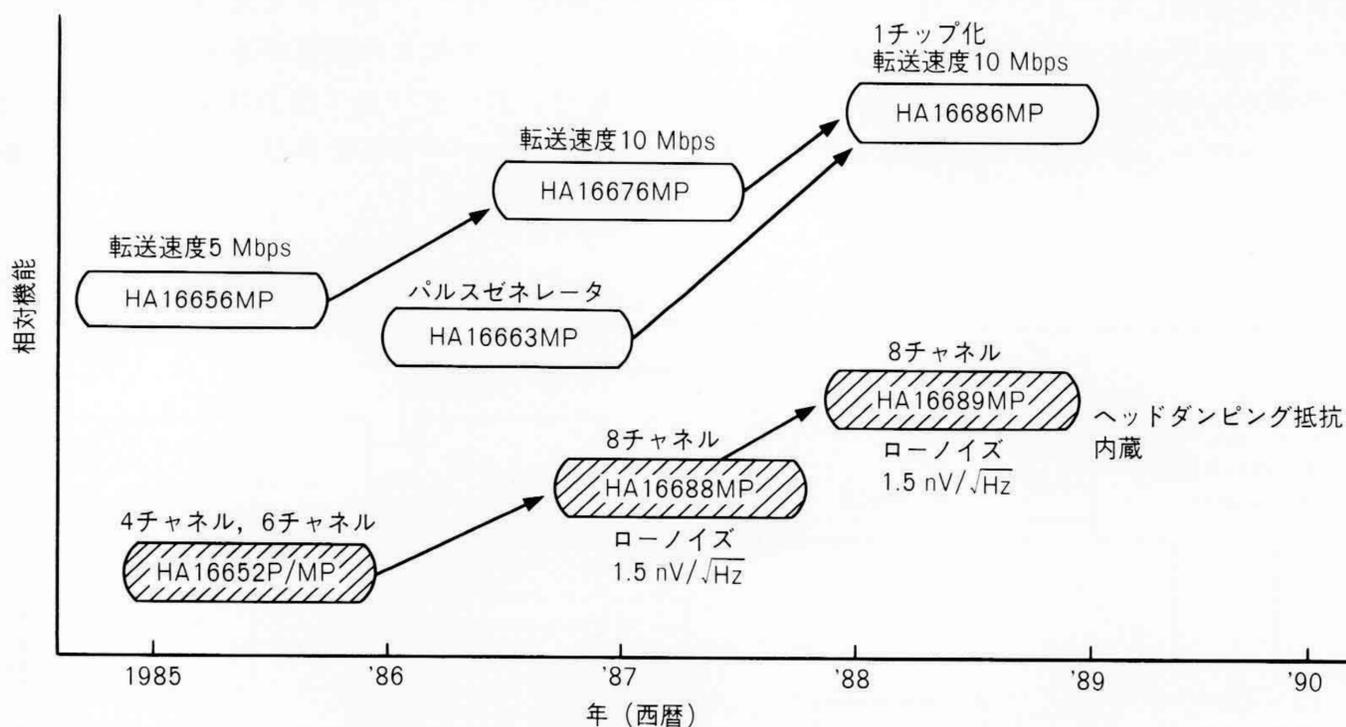


図3 小形HDD用LSIキット構成例 インタフェースはSCSI, VCM面サーボシステムのキット構成例を示す。

表2 小形HDD用LSI一覧表 小形HDD用LSI製品系列を示す。HD153009, HA16671, HA16672及びHD64951は、Bi-CMOS(Bipolar-Complementary Metal Oxide Semiconductor)プロセスを採用している。

形名	機能名	集積機能	外形
HA16652 HA16688/16689	リード・ライト	リードプリアンプ, ライト電流差動ドライバ, ライト異常検出回路	MP-28 MP-44
HA16686	リードデータ処理	AGCアンプ, バッファアンプ, 微分回路, ゲートゼネレータ	MP-44
HA16658	VFO	位相比較器, チャージポンプ, VCO, 基準クロック発生回路	MP-44 MP-44S DP-42S
HD153009	2-7コード変換	2-7コードエンコーダ, デコーダ, ライト書込み補償回路, シンクフィールド検出回路, 位相比較器	MP-44
HA16670	ポジションデモジュレータ	ピークホールド回路, シンクパルス検出回路, オフセット発生回路	MP-44
HA16671 HA16672	VCMコントローラ	速度検出回路, 電流積分回路, ループゲイン調整回路, 位相補償回路, ローパスフィルタ用オペアンプ, ノッチフィルタ用オペアンプ 8ビットD-Aコンバータ, サンプル及びホールド, ファイントラック検出回路, 加速終了検出回路	MP-44 MP-44
HA13447	VCMドライバ	入力アンプ, 電圧リミッタ, ブリッジ出力アンプ, 電流センスアンプ, 低電圧禁止回路, 過温度保護回路	SP-23TA
HA13471/13472	スピンドルモータドライバ	ホールアンプ, マトリックス, 速度ディスクリミネータ, 積分アンプ, カレントリミッタ, 低電圧禁止回路, 過温度保護回路	SP-23TA
HD64951	SCSIコントローラ	SCSIプロトコル制御, MPUインタフェース, DMAインタフェース, ドライバ(48 mAシンク), レシーバ(ヒステリシス付き)	MP-68
HD64950S	ファイルデータプロセッサ	ドライブインタフェース, ファイルマネージャインタフェース, バスLSIインタフェース, データ処理機能, 誤り訂正機能	CP-68
H81532	MPU	32 kバイトのPROM(マスクROM), 1 kバイトのSRAM, 10ビットA-D変換器 8チャンネル, 16ビットタイマ 3チャンネル, 8ビットタイマ 1チャンネル, PWMタイマ 3チャンネル	CG-84 CP-84 QFP-80

注: 略語説明 MP(Mini Square Package) MPU(Micro Processing Unit) SP(Single in line Plastic)
 AGC(Auto Gain Control) DMA(Direct Memory Access) CP(Chip carrier Plastic)
 VCO(Voltage Controlled Oscillator) DILP(Dual In Line Plastic)



注: リードデータ再生ICシリーズ, リード・ライトICシリーズ

図4 リード・ライトIC, リードデータ再生ICシリーズ展開 リード・ライトICはローノイズ化, リードデータ再生ICは転送速度の高速化がポイントである。

イブレータ回路によって設定される。HA16686は転送レート10 Mbpsまで対応可能である(図4)。

3.3 VFO IC(HA16658), 2-7コード変換IC(HD153009)

VFO IC HA16658は、次に続くデータプロセッサが再生データを処理できるように、リードデータ処理ICで波形整形さ

れた再生信号を入力し、これに同期したクロックとクロックに同期した再生データを発生させる。前述の機能を実現するためのPLL回路に加え、書込み補償回路を微細化バイポーラプロセスで1チップに集積し、5V単一電源で無調整に5Mbpsの転送速度に対応可能である。また、次のHD153009と

の併用で10 Mbpsまで対応できる。

2-7コード変換IC HD153009は、従来のMFM(Modified Frequency Modulation)記録に比べ1.5倍高密度記録が可能な2-7コードの符号・復号回路、書込み補償回路及び高速位相比較器を内蔵し、Hi-BiCMOSの採用で15 Mbpsまで対応できる。

3.4 ヘッドアクチュエータ制御IC(HA16670/16671/16672)及び(HA13447)

HA16670は、ディスクから読み出されたサーボパターンからヘッドの速度制御、位置制御に必要なポジション信号を生成するICである。サーボパルス検出に必要な同期信号生成回路、振幅検出を行うピークホールド回路、リトライ用オフセット発生回路などを内蔵している。

HA16671は速度制御、位置制御に必要なロジック、オペアンプを集積したサーボループICである。速度検出回路はモード切換えにより1相、2相ポジション信号に対応可能であり、ポジション信号の非線形領域で速度検出に用いる電流積分回路を内蔵している。位置制御回路はループゲイン調整、位相補償、ローパスフィルタ、ノッチフィルタから成り外付けにオペアンプが不要である。

HA16672は8ビットD-Aコンバータを内蔵しており、マイクロプロセッサからのデータをもとに速度命令を出力する。また、D-Aコンバータの出力にはサンプル及びホールド回路が設置されており、時分割で速度制御、加速度制御、外力補償に使用することも可能である。加速度制御はアクセス時間を短縮するのに効果があり、外力補償はばねの引力をキャンセルするのに有効である。

HA13447はボイスコイルモータ用ドライバICであり、4 A

ピークの電流出力を持つ。HA16672など制御ICからの速度・位置制御信号によってボイスコイルの電流駆動を行う。

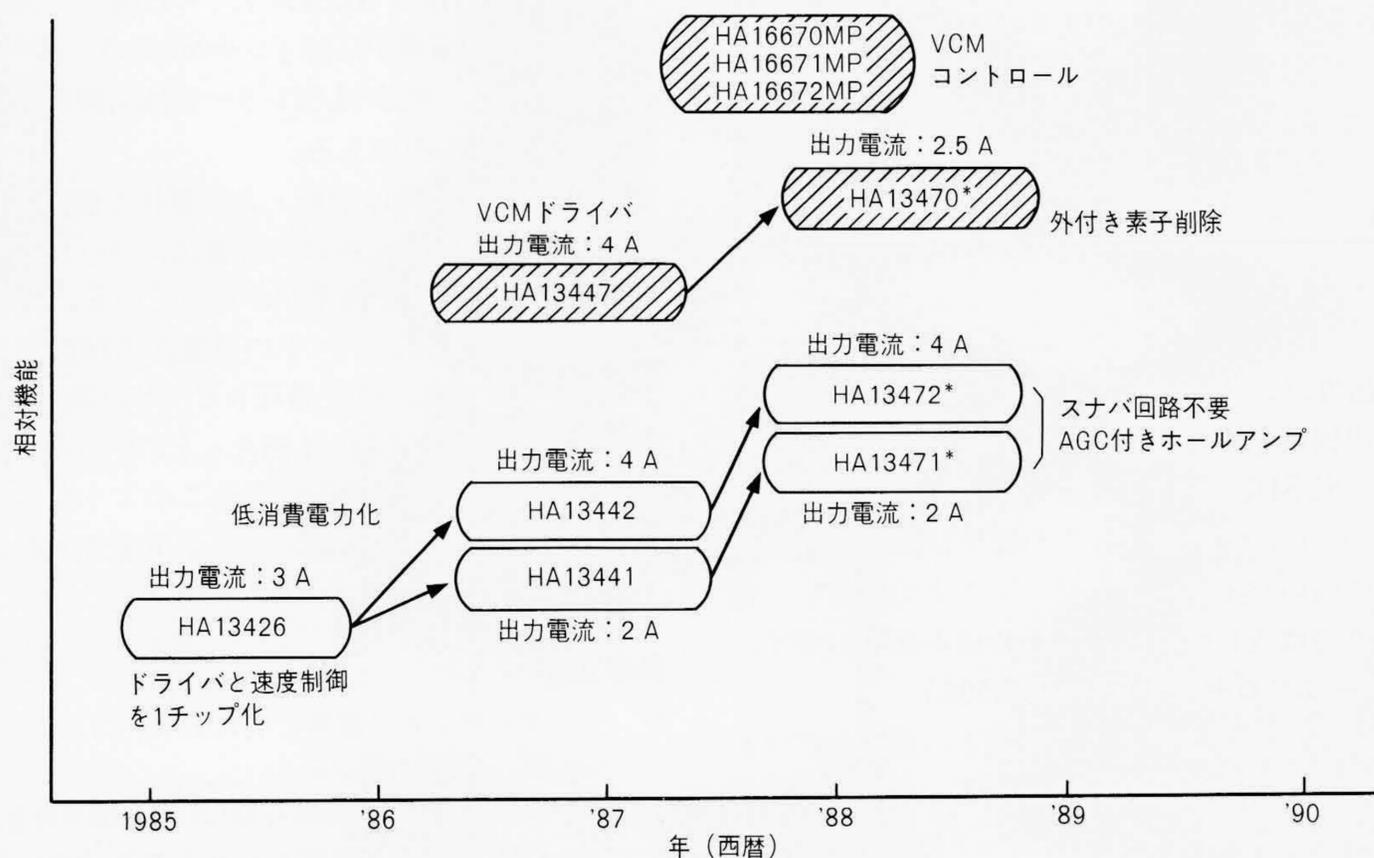
3.5 スピンドルモータ・ドライバIC(HA13471/13472)

HA13471/13472は電流駆動方式の3相ブラシレス直流電動機ドライバICである。同方式で問題となるノイズに関してはソフトスイッチング技法を用いることによって対策し、低騒音、電圧スパイク吸収用スナバ回路不要などの特徴を持つ。ソフトスイッチングを行うためには、ホール素子感度ばらつきによる相切換回路の電圧振幅ばらつきを一定に抑える工夫が必要である。HA13471/13472では、AGC回路を採用すると同時に貫通電流防止対策を行い、ソフトスイッチングを実現している。

なお、HA13471は2 A/相、HA13472は4 A/相の出力電流能力を持ち、各ICともカレントリミッタ回路、過温度保護回路、低電圧禁止回路を内蔵している(図5)。

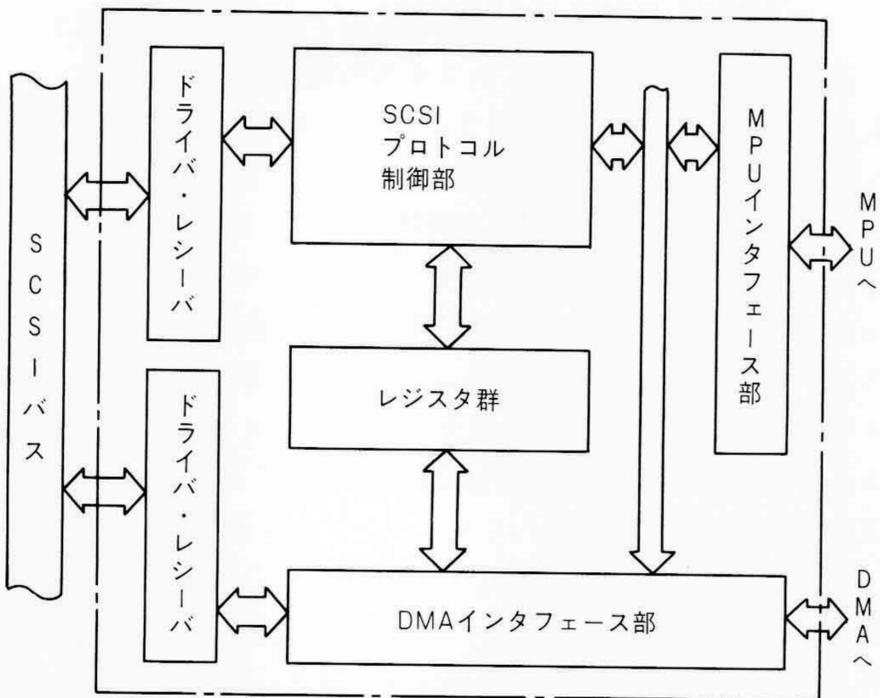
3.6 SCSIコントロールIC(HD64951)

SCSIコントロールIC HD64951の内部構成を図6に示す。MPU(Micro Processing Unit)インタフェース部はHD6301シリーズ、H8シリーズなどの8ビットデータバスを持つマイクロコンピュータや68系、80系の16ビットデータバスを持つマイクロコンピュータと直結可能にし、SCSIのデータ転送をMPUが高速実行できるモードを制御している。DMA(Direct Memory Access)インタフェース部はFDP(File Data Processor)の内蔵DMAや68系、80系のDMAC(Direct Memory Access Controller)と直結可能にする。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ビットは8ビットマイクロコンピュータに直結できる。次に、SCSIプロトコル制御部は、アービトレーションからセレクションまでのプロトコルを自動制御し、更にタ



注： スピンドルモータドライバシリーズ
 VCM(ボイスコイルモータ)ICシリーズ、* 開発中

図5 モータドライバシリーズ展開 HA13471/13472は、低騒音、電圧スパイク吸収用スナバ回路不要などの特徴を持つ。



注：略語説明 DMA (Direct Memory Access)

図6 HD64951内部構成 ドライバ・レシーバ部はラッチアップに強いバイポーラトランジスタで構成している。

表3 SCSIコントロールICの仕様 Bi-CMOSプロセスにより、ドライバ・レシーバ部をラッチアップに強いバイポーラトランジスタで構成している。

項目	仕様	
使用モード	ホスト・周辺装置両用	
SCSI転送方式	非同期転送	
転送速度	最大1.5Mバイト/秒	
転送モード	M P U モード	マニュアル・ストリングモード
	D M A モード	バーストモード
ドライバ・レシーバ	内蔵	
アービトレーション・セレクション	自動	
エラー検出	パリティエラー・IDエラー・タイムオーバ	
M P U データバス	8ビット・16ビット	
プロセス	3μm Bi-CMOS	
パッケージ	MP-68	

イマオーバー検出カウンタ、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している。また、外付き部品削減のため、SCSI規定のドライバ(48 mAシンク)とレシーバ(ヒステリシス付き)を内蔵し、この部分は高信頼化のためラッチアップに強いバイポーラトランジスタで構成し、他をCMOSロジックで構成している。主な仕様を表3に示す。

3.7 ファイルデータプロセッサIC(HD64950S)

FDPはSCSIコントローラとディスク装置との間で、データのシリアル・パラレル変換、エラーチェック、自動訂正及びディスクのフォーマットを行うディスクデータ処理用のLSIである。従来のHDC(Hard Disk Controller)HD63463に比べ、トラックフォーマット、エラー処理、インタフェース仕様に柔軟な対応ができる構成となっており、ユーザー独自のノウ

表4 ファイルデータプロセッサICの仕様 トラックフォーマット、エラー処理、インタフェース仕様に柔軟な対応ができる構成となっている。

項目	機能	
ドライブインタフェース	インタフェース形式	ESDI
	データ形式	NRZ
	シリアルデータ転送速度	4~12 Mbps
	複数セクタアクセス	マルチセクタ、マルチトラック
ディスクフォーマット	データ長	5~1kバイト/セクタ
	セクタ数	1~255セクタ/トラック
SCSIコントローラインタフェース	データバス幅	8ビット・16ビット選択可能
	転送方式 転送速度	DMA転送 4 Mバイト/秒
誤り訂正機能	16ビットCRC(誤り検出) 32・48・56ビットECC (誤り検出・訂正)	
内蔵データバッファ	608バイト×2面(ECCなど含む。)	
パッケージ	CP-68	

注：略語説明 ESDI(Enhanced Small Disk Interface)
NRZ(Non Return to Zero)
DMA(Direct Memory Access)
CRC(Cyclic Redundancy Check)
ECC(Error Correction Code)

ハウを生かしたシステム設計を容易に実現できる。

また、データバッファが608バイト×2面、DMAコントローラ、及び56ビットECCの誤り検出・訂正回路を内蔵しており、HDDの高機能化、大容量化、高速化の要求に対応可能である。主な仕様を表4に示す。

4 結 言

以上、小形HDD用LSIシリーズの概要、特徴について述べた。現在HDD市場が5.25インチから3.5インチに急速に移行しつつある中で、今回のLSIシリーズは回路基板の大幅な小形化を可能とするものである。

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であるが、特に大容量化についてはFDDの高密度・大容量化との関係で拍車がかかっている。大容量化に伴う主な技術課題として、ヘッドの位置決め精度向上、ヘッドアンプのローノイズ化、信号処理スピードの高速化が挙げられる。また小形化に関しては、LSIキットのいっそうの高集積化、低消費電力化が必要である。今後このようなニーズにこたえ、更にシリーズの拡充を図っていく予定である。

参考文献

- 1) ハード・ディスク装置とコントローラ、インタフェース、No.84, p.198(1984-5)
- 2) アナログーデジタル共存型LSIの適用分野を広げるバイポーラCMOS技術：日経エレクトロニクス, No.365, p.209(1985-3)
- 3) 川村, 外：ファイル系LSIファミリー, 日立評論, 69, 7, 643~647(昭62-7)