

Tecnologia de Discos

Edmar Wellington Oliveira

RA 065819

edmmarwt@gmail.com

RESUMO

Discos rígidos ainda constituem o elemento fundamental de todo e qualquer subsistema de armazenamento. Ao longo dos anos, avanços tecnológicos permitiram que eles armazenassem quantidades cada vez maiores de dados, e que os mesmos fossem acessados em tempos cada vez menores. Tecnologias de disco, comumente, são classificadas em função de sua interface com o sistema. Baseado nisso, este artigo apresenta as principais tecnologias, bem como a evolução destas ao longo dos anos.

Palavras-Chave

Discos, tecnologias, interfaces.

1. INTRODUÇÃO

O desempenho dos sistemas computacionais depende, primordialmente, das propriedades do processador, dispositivos de armazenamento e tecnologias de interconexão. Com relação aos sistemas de armazenamentos baseados em discos magnéticos, tais propriedades se referem às velocidades nas quais os dados, no disco, são armazenados e recuperados. Melhorias nas tecnologias de armazenamento são cruciais para o desempenho de sistemas.

Novas fontes de informação como imagens, sons e vídeos demandam alta capacidade de armazenamento e desempenho dos discos rígidos. Melhorias nas propriedades dos discos também são necessárias para atender às empresas, com cada vez maiores quantidades de informação a armazenar. Tão importante quanto as características físicas do disco é sua conexão com o sistema e o quanto de desempenho é possível obter através desta.

Ao longo dos anos observa-se que, embora inferior a outros dispositivos, a evolução dos discos rígidos e das interfaces destes com os computadores procuram atender à demanda cada vez maior por capacidade de armazenamento e velocidades de transferência de dados.

2. DISCOS - VISÃO GERAL [1,3]

Os discos rígidos são dispositivos de armazenamento não voláteis – não necessitam de energia para conservar os dados neles gravados.

Os dados de um disco rígido estão armazenados em um conjunto de discos formados por um substrato coberto por uma camada magnética extremamente fina. É neste material magnético que se encontra o princípio de armazenamento. Na verdade, quanto mais fina for a camada de gravação, maior será sua sensibilidade e, conseqüentemente, maior será a densidade de gravação permitida por ela. Poderemos, então, armazenar mais dados, criando discos rígidos de maior capacidade. O substrato, não-magnético, é a base desses discos, e geralmente é feito de liga de alumínio ou de uma mistura de vidro e cerâmica, cada vez mais utilizada por permitir a fabricação de discos mais finos e resistentes.

Os discos rígidos possuem, além de controladores responsáveis por comandar operações internas e fazer a comunicação com a interface do barramento, um conjunto de linhas de transmissão compartilhadas que conecta os dispositivos de entrada e saída ao processador e à memória.

A figura 1 ilustra os componentes de um disco rígido moderno, manufaturado em um compartimento selado com a tecnologia *Head Disk Assembly* (HDA), na qual os discos magnéticos estão hermeticamente fechados para evitar contaminações e danos à superfície de armazenamento.

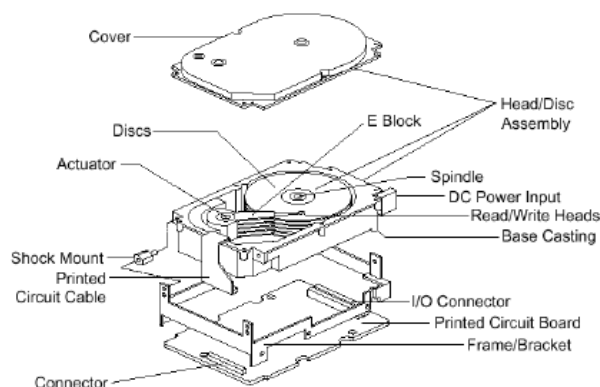


Figura 1 – Componentes do disco rígido.

Conforme mostra a figura 2, os discos magnéticos formam uma pilha suportada por um eixo central cuja rotação os faz girar. Entre eles existem braços mecânicos que movimentam as cabeças responsáveis pela leitura e gravação em cada uma das superfícies. As trilhas - zonas concêntricas de gravação - são divididas em setores. Setores de discos diferentes que estão relativamente na mesma posição podem ser lidos e gravados simultaneamente, formando cilindros.

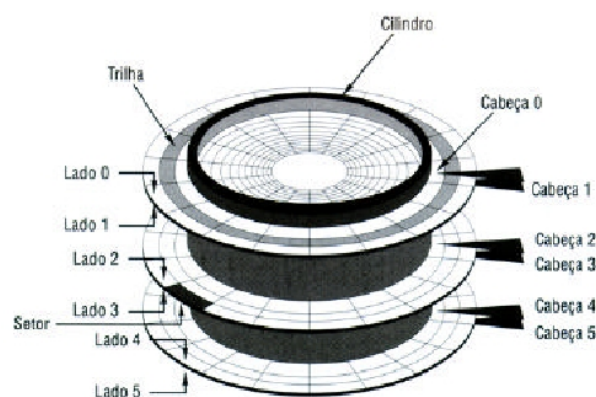


Figura 2 – Geometria de um disco rígido

Dois modos de endereçamento são comuns nos discos rígidos. O mais antigo, denominado *Cylinder-Head-Sector* (CHS), é altamente ligado à configuração espacial ilustrada na figura 2. Nesse modelo, geralmente as operações de leitura e escrita tendem a ser concentradas em localidades próximas, para evitar os *delays* causados pela movimentação dos mecanismos internos do drive.

Os discos rígidos modernos, entretanto, não respeitam essa divisão tradicional, gravando mais dados onde há maior densidade magnética. Juntamente com essa tendência, os discos passam a ser endereçados como um *array* unidimensional de setores pelo *Logical Block Addressing* (LBA). O LBA não garante qualquer proximidade física entre dois endereços vizinhos nesse *array*, ficando a cargo da lógica de controle interna dos discos fazer o mapeamento na mídia.

3. PERSPECTIVA HISTÓRICA [6,10]

O primeiro projeto de unidade de disco foi o IBM 305 RAMAC (*Random Access Method of Accounting and Control*), lançado em 1956. Antes disso, as formas de armazenamento disponíveis eram memória principal, fitas e tambores magnéticos. O armazenamento do IBM 305, que pesava uma tonelada e ocupava cerca de 8,5m³, consistia de uma pilha de 50 discos de 24 polegadas que giravam a 1200rpm e eram capazes de armazenar 5 milhões de caracteres de 7 bits – pouco mais do que 4MB. O acesso à mídia era feito a taxas de até 8,8KB/s através de dois braços mecânicos independentes que se moviam no sentido vertical, para selecionar um dos discos, e no sentido horizontal, para selecionar a trilha de gravação.

O próximo avanço importante no caso dos discos rígidos foi a unidade de disco rígido removível desenvolvida pela IBM em 1962; ela tornou possível compartilhar os dispendiosos componentes eletrônicos das unidades de disco e ajudou os discos a superar as fitas como meio de armazenamento preferencial. O IBM 1211 de 1962 tinha uma densidade de área de 50.000 bits por polegada quadrada e um custo de aproximadamente \$800 por MB.

A segunda inovação importante nos discos foi o projeto denominado *Winchester*, em 1973. Tal disco foi a primeira tecnologia popular de discos rígidos em compartimentos selados com a tecnologia HDA. O primeiro disco hermeticamente fechado comercializado pela IBM tinha dois eixos, cada um com um disco de 30MB; o apelido “30-30” para o disco levou o nome de *Winchester* – o rifle esportivo mais popular da América, o *Winchester 94*, ficou conhecido como “30-30” devido ao calibre de seu cartucho.

O primeiro disco rígido construído para uso específico em microcomputadores foi lançado em 1979 pela *Shugart Associates* – hoje *Seagate Technologies*. O ST-506 era capaz de armazenar até 40MB e alcançar uma taxa de transferência de dados de 645KB/s. A conexão com o controlador era realizada através de um cabo de controle e outro de dados.

Com a introdução dos IBM *Personal Computers* (PCs) no mercado, diversas outras companhias começaram a fabricar discos rígidos que utilizavam os mesmos conectores e sinais utilizados no ST-506. A interface se popularizou, tornando-se um padrão no início da década de 80.

A primeira tentativa de imprimir melhoramentos às interfaces ST-506 surgiu em meados da década de 80 com o padrão *Enhanced Small Device Interface* (ESDI), desenvolvido por um consórcio de empresas lideradas pela *Maxtor Corporation*. Mantendo o cabeamento utilizado pelo ST-506, a interface ESDI moveu algumas das funções do controlador para o disco rígido, solucionando problemas de compatibilidade existentes no ST-506 e possibilitando taxas nominais de transferência de até 20MB/s. A interface foi generalizada para permitir a conexão de outros dispositivos como discos removíveis e fitas magnéticas, tendo inclusive tornado-se um padrão do *American National Sciences Institute* (ANSI).

Entretanto, no início da década de 90, o padrão ESDI caiu em desuso devido às complexidades do controlador e do cabeamento e também graças à maturidade dos padrões ATA e SCSI, que ofereciam maior confiabilidade e desempenho.

4. INTERFACE ATA [2,9]

Em 1986, a *Compaq Computer*, a *Western Digital* e uma divisão da *Control Data Corporation* desenvolveram, como precursor da interface *Advanced Technology* (AT), a *Advanced Technology Attachment* (ATA), que recebeu este nome por ter sido primeiramente adotada em computadores PC/AT.

Uma evolução subsequente ocorreu na medida em que todos os computadores passaram a incluir discos rígidos. Os *chipsets* das placas-mãe trazem, desde então, controladores ATA embutidos, e os discos rígidos são, hoje, conectados diretamente ao barramento do PC. A interface ATA tornou-se, a partir de meados da década de 90, o padrão de conexão de discos rígidos mais utilizado em microcomputadores. Sua introdução no mercado proporcionou um novo patamar de desempenho, confiabilidade e compatibilidade.

4.1 Modos de Transferência

Os modos de transferência especificam de que forma e com qual velocidade ocorre a transferência de dados. Como a interface ATA é, essencialmente, um canal de comunicação, os modos de transferência devem ser suportados tanto pelos discos rígidos como pelo *Basic Input/Output System* (BIOS) da placa mãe. O BIOS é o software de mais baixo nível, executado pelo computador tão logo este é ligado, que possibilita o acesso a diversos dispositivos de hardware, inclusive ao controlador ATA.

4.1.1 PIO

O modo PIO (*Programmed I/O*) é uma forma de acesso a disco efetuada com ajuda da CPU. O padrão ATA estabelece cinco modos que diferem nas taxas em que os dados são transferidos. A tabela 1 mostra os cinco modos PIO, com suas respectivas taxas máximas de transferência, tempo de ciclo e o padrão ATA em que foi definido.

Tabela 1. Modos de transferência PIO

Modo	Taxa máxima de Transferência	Ciclo	Padrão
0	3.3MB/s	600ns	ATA
1	5.2MB/s	383ns	ATA
2	8.3MB/s	240ns	ATA
3	11.1MB/s	180ns	ATA-2
4	16.7MB/s	120ns	ATA-2

4.1.2 DMA

O modo DMA (*Direct Memory Access*) transfere dados entre disco e memória sem interferência da CPU, que fica liberada para realizar outras tarefas. O padrão original previa um único modo DMA: DMA 0. mais tarde foram incorporados os modos DMA 1 e DMA 2, os quais diferem apenas quanto às taxas máximas de transferência de dados. Muitos modos DMA foram definidos para a interface IDE/ATA. Tais modos foram agrupados em duas categorias. O primeiro conjunto de modos é denominado DMA *single word* enquanto que o segundo é denominado DMA *multiword*.

4.1.2.1 DMA single word

Quando estes modos são utilizados, cada transferência move apenas uma simples palavra de dados (uma palavra é um termo utilizado para definir dois bytes). Existem três modos DMA *single word*, todos definidos no padrão ATA original.

Tabela 2. Modos de transferência DMA *single word*

Modo	Taxa máxima de Transferência	Ciclo	Padrão
0	2.1MB/s	960ns	ATA
1	4.2MB/s	480ns	ATA
2	8.3MB/s	240ns	ATA

4.1.2.2 DMA multi word

Por questões de eficiência, os modos DMA *single word* foram, rapidamente, substituídos pelos modos denominados DMA *multi word*. A tabela 3 detalha tais modos.

Tabela 3. Modos de endereçamento DMA multi word

Modo	Taxa máxima de Transferência	Ciclo	Padrão
0	4.2MB/s	480ns	ATA
1	13.3MB/s	150ns	ATA-2
2	16.7MB/s	120ns	ATA-2

Como as transferências DMA *multiword* são mais eficientes e possuem maiores taxas máximas, os modos DMA *single word* foram rapidamente abandonados tão logo o padrão ATA-2 foi largamente adotado. Os modos *single word* foram, inclusive, removidos do padrão ATA na definição da especificação ATA-3. Portanto, todos os acessos DMA atuais (incluindo *Ultra DMA*) são *multiword*.

4.1.5 UDMA

Claramente, os discos rígidos estavam ficando cada vez mais rápidos e, obviamente, a taxa máxima do modo DMA *multi word* (16.7MB/s) tornou-se insuficiente para tais discos. Os engenheiros perceberam que a tarefa de elevar a taxa máxima de transferência não era fácil; aumentar a velocidade da interface poderia provocar problemas relacionados à interferência de transmissão. Então, ao invés de tornar a interface mais rápida, uma abordagem diferente foi desenvolvida. O resultado foi a criação de um novo tipo de modo de transferência DMA, chamada de modo Ultra DMA.

A primeira especificação do Ultra DMA foi definida no padrão ATA/ATAPI-4 e incluiu três modos: Ultra DMA 0, 1 e 2. Nos padrões ATA subsequentes foram adicionados novos modos. A tabela 4 resume todos os modos Ultra DMA.

Tabela 4. Modos de endereçamento UDMA.

Modo	Taxa máxima de Transferência	Ciclo	Padrão
0	16.7MB/s	240ns	ATAPI-4
1	25.0MB/s	160ns	ATAPI-4
2	33.3MB/s	120ns	ATAPI-4
3	44.4MB/s	90ns	ATAPI-5
4	66.7MB/s	60ns	ATAPI-5
5	100.0MB/s	40ns	-
6	133.0MB/s	-	ATAPI-6

Na verdade, não existe uma única especificação para interfaces ATA, mas uma família de padrões que evoluíram ao longo do tempo, impulsionados pela necessidade de captar as constantes inovações tecnológicas.

4.2 ATA (ATA-1)

O primeiro documento de definição de interface ATA foi submetido para aprovação do ANSI em 1990, mas sendo aprovado e publicado apenas quatro anos depois no padrão X3.221-1994. Essa interface também é chamada de ATA-1, para distingui-la de suas sucessoras.

ATA-1 especifica três modos de transferência PIO: 0, 1 e 2. Também foram definidos no primeiro padrão ATA os modos DMA *single-word* 0, 1 e 2 e o modo DMA *multi-word* 0.

4.3 ATA-2

A primeira especificação ATA, contudo, mostrou-se inadequada para discos cada vez mais rápidos e que demandavam novas funcionalidades. O resultado foi o desenvolvimento de uma nova

interface, a qual foi publicada em 1996 no padrão ANSI X3.279-1996 *AT Attachment Interface with Extensions* (ATA-2).

ATA-2 introduziu os modos PIO 3 e 4, e os modos DMA *multi-word* 1 e 2. Os termos “*Enhanced IDE*” (EIDE), “*Fast IDE*”, “*Fast ATA*” e “*Fast ATA-2*” são usados no mercado como sinônimos do padrão ATA-2.

4.4 ATA-3

A especificação ATA-3, publicada no padrão ANSI X3.298-1997, é uma revisão dos padrões ATA a ATA-2. ATA-3 acrescenta ao padrão ATA uma tecnologia de auto-deteção de condições adversas e falhas conhecida como *Self-Monitoring Analysis and Reporting Technology* (SMART), e a capacidade de proteger os discos rígidos através de senhas (*Security Feature*).

4.5 ATA/ATAPI-4

A interface ATA foi originalmente concebida exclusivamente para discos-rígidos. Dispositivos como CD-ROMs e drives de fita utilizavam interfaces proprietárias ou interface de disquetes. Criou-se então uma extensão do protocolo ATA com suporte a esses demais periféricos: *AT Attachment Packet Interface* (ATAPI).

Internamente, ATAPI comunica-se com os dispositivos através de pacotes de comandos, fazendo com que eles se comportem como um disco ATA. A extensão ATAPI foi incorporada na quarta geração do padrão ATA, publicada em 1998 no padrão NCITS 317-1998, ou ATA/ATAPI-4.

Além dos modos de transferência especificados pelos padrões ATA anteriores, ATA/ATAPI-4 introduziu os modos UDMA 0, 1 e 2. Os modos UDMA 0 e 1 nunca chegaram a ser implementados pelos fabricantes de discos.

Os discos ATA/ATAPI-4 também são conhecidos no mercado como “Ultra ATA”, “ATA/33”, “Ultra ATA/33” e “Ultra DMA/33”, por causa do *throughput* máximo de 33.3 MB/s. Neste padrão, alguns comandos obsoletos foram retirados e outros mais avançados foram adicionados. Além disso, erros de transmissão passaram a ser checados via código *Cyclical Reduncy Checking* (CRC) – protocolo para verificação de erros comuns, usado para garantir a integridade dos dados.

4.6 ATA/ATAPI-5

Em 2000 foi publicada a especificação ATA/ATAPI-5 no padrão NCITS 340-2000.

ATA/ATAPI-5 suporta os modos UDMA 3 e 4. Também devido às taxas máximas de transferências do modo UDMA 4, discos rígidos ATA/ATAPI-5 são popularmente denominados “ATA/66” ou “Ultra ATA/66”.

Para garantir a confiabilidade de transmissões em frequências mais altas, o padrão ATA/ATAPI-5 tornou obrigatório o uso de um cabo de 80 vias, que nada mais é do que o tradicional cabo de 40 vias no qual para cada via de sinal há uma via de aterramento, impedindo interferências entre as linhas. O uso deste cabo era opcional na especificação ATA/ATAPI-4.

4.7 ATA/ATAPI-6

Publicada em 2001 no padrão NCITS 347-2001, a interface ATA/ATAPI-6, também conhecida como “Ultra ATA/100” e “Ultra ATA/66+”, suporta o modo UDMA 5 e disponibiliza recursos de controle automático de emissão de ruídos no disco rígido (*Hard Disk Noise Reduction*).

4.8 ATA/ATAPI-7

O padrão ATA/ATAPI-7 é a especificação mais recente da interface ATA. Publicada em 2002 no padrão NCITS 361-2002,

ela suporta o modo UDMA 6, sendo também conhecida como “Ultra ATA/133”. ATA/ATAPI-8 está em desenvolvimento.

A despeito das crescentes taxas de transmissão dos modos UDMA introduzidos pelos padrões ATA mais recentes, até o momento não há discos rígidos capazes de sustentar transferências acima de 80 MB/s.

A tabela 5 mostra um resumo das informações a respeito do padrão ATA. Devido à sua retirada do padrão ATA, os modos DMA *single word* não estão representados na tabela.

Tabela 5. Resumo da especificação ATA.

Generation	Standard	Year	Speed	Key features
IDE		1986		Pre-standard
	ATA	1994		PIO modes 0,1,2 multiword DMA 0
EIDE	ATA-2	1996	16 MB/sec	PIO modes 3-4, multiword DMA modes 1-2, LBAs
	ATA-3	1997	16 MB/sec	SMART
	ATA/ATAPI-4	1998	33 MB/sec	Ultra DMA modes 0- 2, CRC, overlap, queuing, 80-wire
Ultra DMA 66	ATA/ATAPI-5	2000	66 MB/sec	Ultra DMA mode 3-4
Ultra DMA 100	ATA/ATAPI-6	2001	100 MB/sec	Ultra DMA mode 5, 48-bit LBA
Ultra DMA 133	ATA/ATAPI-7	2002	133 MB/sec	Ultra DMA mode 6

5. INTERFACE SCSI [2,9]

Small Computer System Interface (SCSI) é um protocolo de nível mais alto que o ATA. Na verdade, apesar de ser comumente referida como uma interface, SCSI é mais do que isso: um barramento de sistema com controladores “inteligentes” no qual os dispositivos trabalham em conjunto para controlar o fluxo de dados no canal de comunicação. Além disso, SCSI não é um padrão concebido unicamente para discos rígidos, podendo ser utilizado como barramento de interconexão de periféricos dos mais diversos tipos. Portanto, ao contrário de ATA, SCSI engloba diversos padrões de cabeamento. Num barramento SCSI os dispositivos competem pelo controle do canal. Além disso, estão disponíveis comandos de alto nível através dos quais operações como rebobinar uma fita magnética ou formatar um disco rígido podem ser iniciadas em um dispositivo sem qualquer intervenção subsequente da CPU, o que representa ganho de desempenho significativo para sistemas multitarefa.

O desenvolvimento do padrão SCSI tem origem em 1979 quando a *Shugart Associates* lançou a *Shugart Associates Systems Interface* (SASI) – uma predecessora rudimentar de SCSI que implementava apenas uma pequena parte das funcionalidades das interfaces modernas, cujos objetivos eram suportar endereçamento LBA ao invés de CHS, realizar transferências paralelas de 8 bits e abolir as linhas exclusivas de controles em favor de comandos genéricos executados nos mesmos canais de transmissão de dados.

As interfaces SCSI eram capazes de transmissões de no máximo 1,5 MB/s. Entretanto, elas representaram uma idéia inovadora por serem a primeira proposta de uma interface inteligente de armazenamento para computadores de pequeno porte.

O padrão conta com 3 nomes comumente utilizados: SCSI-1, SCSI-2 e SCSI-3. Todos vêm sendo modularizados com funcionalidades (que também proporcionam diversos nomes ao SCSI) incluídas ou não pelos fabricantes.

5.1 – SCSI 1

Em 1981, a *Sughart* uniu-se à *NCR Corporation* para padronizar a interface SASI. No ano seguinte, as duas companhias formaram o comitê técnico ANSI X3T9.2. Diversas mudanças foram feitas

na definição SASI para incorporar novas funcionalidades e obter melhorias de desempenho. O resultado deste trabalho resultou com a publicação, em 1986, do padrão ANSI X3.131-1986 – a primeira especificação formal da interface SCSI.

Conhecido como SCSI, esse padrão é a definição básica do barramento SCSI, seu protocolo de sinalização e um conjunto de comandos de 6 e 10 bytes. Ele especifica um barramento de 8 bits (sendo 1 bit de paridade) no qual podem ser conectados até 8 dispositivos. Esse barramento é capaz de transferir até 3.5MB/s em modo assíncrono e até 5MB/s em modo síncrono, e o tamanho máximo dos cabos de conexão é limitado a 6cm.

O suporte nativo ao padrão foi adotado pela maioria dos computadores *Apple Macintosh*, que vinham de fábrica com uma porta SCSI para conexão de dispositivos como drives de disco e impressoras. Muitos dos primeiros discos SCSI eram, na verdade, discos ST-506 ou ESDI com um adaptador SCSI embutido.

O padrão definiu apenas especificações básicas como tamanho de cabo, características da sinalização, comandos e modos de transferência. No entanto, surgiram dificuldades para sua popularização, já que não havia garantias de que dispositivos diferentes poderiam trabalhar em conjunto. Atualmente o padrão está obsoleto, tendo sido, inclusive, removido pela ANSI.

5.2 – SCSI-2

Um ano antes da publicação do padrão SCSI-1, iniciou-se o trabalho da especificação SCSI-2, que foi aprovada em 1994 e publicada como o padrão ANSI X3.131-1994. Na verdade, o padrão foi originalmente liberado em 1990 com X3.131.1990, mas foi recolhido para novas modificações e somente foi aprovado formalmente quatro anos mais tarde.

Para solucionar os problemas de incompatibilidade do padrão anterior, SCSI-2 especifica um subconjunto mínimo de comandos que deve ser implementado por todos os dispositivos, o *Common Command Set* (CCS). Os objetivos mais importantes dessa evolução incluíam aumento do desempenho e confiabilidade e a formalização dos comandos SSI, principalmente após a confusão que surgiu com as implementações não padronizadas do SCSI original.

O padrão SCSI-2 oferece novos comandos para possibilitar o suporte a outros dispositivos, como drives de CD-ROM e *scanners*, estendendo o conjunto inicial de comando que era focado na comunicação com discos rígidos. Outra nova funcionalidade consiste na capacidade de executar múltiplas requisições de entrada e saída entre os dispositivos do barramento de forma simultânea. Com a especificação do padrão SCSI-2, surgiram também as seguintes variantes:

- *Fast SCSI*, que dobrou a taxa máxima de transmissão de dados com a redução do tamanho dos cabos para 3m, alcançando 10MB/s.
- *Wide SCSI*, que dobrou o tamanho do barramento para 16 bits, possibilitando a conexão de até 16 dispositivos.
- *Fast Wide SCSI* que, reunindo as modificações das duas variantes anteriores, ainda viabilizou taxas de transmissão de até 20MB/s.

5.3 – SCSI-3

O trabalho de definição do padrão SCSI-3 começou em 1992, antes mesmo do lançamento oficial de SCSI-2, cuja especificação consumiu cerca de 8 anos de trabalho. Diante das dificuldades de se formalizar um padrão tão abrangente e da proliferação de extensões proprietárias que ocorre no mercado quando inexistem padrões oficiais, optou-se por dividir SCSI-3 em uma coleção de padrões distintos, porém correlatos, que

poderiam ser desenvolvidos mais rapidamente e de forma razoavelmente independente. O relacionamento entre esses padrões é definido pelo SCSI-3 *Architecture Model* (SAM) – documento que organiza e classifica os vários padrões que existem no SCSI-3. A forma mais implementada de SCSI, a qual era anteriormente conhecida apenas como SCSI, tornou-se a SCSI-3 *Parallel Interface* (SPI) no SCSI-3.

Existem, atualmente, várias versões de SPI, cada uma definindo novas características e velocidades de transmissão para dispositivos SCSI convencionais paralelos.

5.3.1 – SPI-1

Com a generalização do padrão SCSI, todas as funcionalidades “tradicionais” do barramento SCSI paralelo para discos rígidos passaram a ser conhecidas como SCSI-3 *Parallel Interface* (SPI), e foram normalizadas num conjunto de documentos de especificação do protocolo de comunicação e das características da camada física.

Do padrão SPI-1 originaram-se duas variantes:

- *Ultra SCSI*, que dobrou a frequência de transmissão *Fast SCSI*, alcançando até 20MB/s
- *Ultra Wide SCSI*, que dobrou a frequência de transmissão de *Fast Wide SCSI*, alcançando até 40MB/s

5.3.2 – SPI-2

A segunda geração da SPI, publicada em 1999, trouxe melhorias de desempenho e novas características eletrônicas que foram consolidadas no mercado através das implementações “Ultra2 SCSI”, que dobrou a frequência de transmissão de *Ultra SCSI*, alcançando até 40MB/s e *Ultra2 Wide SCSI*, que dobrou a frequência de transmissão de *Ultra Wide SCSI*, alcançando até 80MB/s.

5.3.3 – SPI-3

A SPI-3 tornou-se um padrão oficial em 2001. A confiabilidade da comunicação foi melhorada nessa versão da interface com a introdução da checagem de erros de transmissão via CRC. Ganhos de desempenho foram obtidos com recursos como:

- Empacotamento de comandos (*packetization*): reduz o overhead associado com cada transferência de dados
- *Quick Arbitration and Selection* (QAS): representa uma mudança na forma como dispositivos determinam qual deles tem o controle do barramento SCSI.
- Validação de domínio (*domain validation*): aumenta a robustez do processo pelo qual diferentes dispositivos SCSI determinam uma taxa de transferência de dados ótima.

Além disso, a taxa máxima de transmissão foi dobrada novamente, alcançando até 160MB/s. Dessa vez, a frequência do barramento não foi aumentada: os dados passaram a ser transmitidos tanto na borda de subida quanto na borda de descida do *clock*.

Os discos rígidos que implementam a interface SPI-3 foram denominados genericamente pela SCSI *trade Association* como *Ultra3 SCSI*, mas devido ao fato desse termo não os obrigar a terem os mesmos conjuntos de funcionalidades, eles são mais comumente conhecidos no mercado pelas variantes *Ultra160 SCSI* (até 160MB/s) e *Ultra160+SCSI*.

5.3.4 – SPI-4

Publicada em 2002 no padrão NCITS 362-2002, a interface SPI-4 dobra novamente a frequência do barramento, passando a suportar o modo *Ultra320 SCSI* (até 320MB/s).

A figura mostra a diferença de taxas de transmissão entre os 3 padrões SCSI (Incluindo as variantes pertencentes ao padrão SCSI-3).

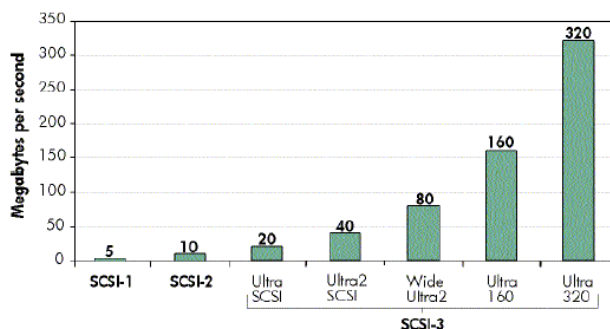


Figura 3 – Diferenças de taxas de transmissão

A tabela resume as informações a respeito da especificação SCSI e de suas variantes.

Tabela 6. Resumo da especificação SCSI.

Interconnect	Standard	Year	Speed	Key features
SASI		1979		Shugart Associates
SCSI-1	SCSI-1	1986	3 MB/sec 5 MB/sec	Asynchronous Synchronous
SCSI-2	SCSI-2	1990	10 MB/sec	CCS
SCSI-3	Split command sets, transport protocols, and physical interfaces into separate standards			
Fast	SPI	1992	20 MB/sec	
Ultra	SPI-1	1995	40 MB/sec	
Ultra 2	SPI-2	1999	80 MB/sec	
Ultra 3	SPI-3	2001	160 MB/sec	Packetized, QAS
Ultra 320	SPI-4	2002	320 MB/sec	

6. INTERFACE SERIAL ATA [1,2,4]

O padrão Serial ATA ou SATA (Serial Advanced Technology Attachment) é uma tecnologia para discos rígidos que surgiu no mercado no ano de 2000 para substituir a tradicional interface PATA (Parallel ATA), também conhecida como ATA ou IDE.

O nome de ambas as tecnologias já indica a principal diferença entre elas. A tecnologia PATA faz transferência de dados de forma paralela, enquanto que no SATA a transmissão é em série.

Nas transmissões paralelas, os dados fluem byte a byte entre o micro e o periférico. Como um byte é formado por oito bits, micro e dispositivo são ligados por cabos com pelo menos oito condutores, uma para cada bit. Já nas portas seriais os dados fluem bit a bit, um após o outro. Na origem, cada byte é desmontado (serializado) e os bits que o formam são transmitidos sequencialmente. No destino, são recebidos e remontados (desserializados) para reconstituir o byte original. Para isso, bastam dois condutores: uma para transportar os bits, outro para funcionar como terra.

A transmissão paralela é, evidentemente, mais rápida, mas possui inconvenientes como necessidade de sincronia na transmissão dos oito bits de um byte, cabos mais pesados e sujeitos a interferências, hardware mais caro e ruído – perda de dados ocasionada por interferência.

Para lidar com o problema de ruído nos discos PATA, os fabricantes utilizam certos mecanismos; um deles é recomendar a utilização de um cabo IDE – cabo que liga o disco rígido à placa-mãe do computador – com 80 vias ao invés dos tradicionais cabos de 40 vias. As vias a mais atuam como uma espécie de blindagem contra ruídos. No caso do padrão SATA, tais ruídos praticamente não existem, mesmo porque seu cabo de conexão ao computador possui apenas 4 vias e também é blindado. Isto acaba trazendo outro ponto de vantagem ao SATA, pois como o

cabo tem dimensão reduzida, o espaço interno do computador é melhor aproveitado, facilitando inclusive a circulação de ar.

Há outra característica interessante no padrão SATA: discos rígidos que utilizam essa tecnologia não precisam de *jumpers* para identificar o disco *master* (mestre ou primário) ou *slave* (escravo ou secundário). Isto ocorre porque cada dispositivo usa um único canal de comunicação (ao contrário do PATA que permite até dois dispositivos por canal), atrelando sua capacidade total a um único disco. No entanto, para não haver incompatibilidade com dispositivos Paralell ATA, é possível instalar esses aparelhos com interfaces seriais através de placas adaptadoras. Muitos fabricantes de placas-mãe oferecem estas com ambas as interfaces.

Outra novidade é a possibilidade de uso da técnica “*hot-swap*”, que torna possível a troca de um dispositivo Serial ATA com o computador ligado. Tal recurso é muito útil em servidores que precisam de manutenção/repairs, mas não podem parar de funcionar.

A primeira versão do padrão SATA trabalha com taxa máxima de transferência de dados de 150MB/s. Essa versão recebeu os seguintes nomes: SATA 150, SATA 1.0, SATA 1,5 Gbps ou simplesmente SATA I.

Não demorou muito para surgir uma versão denominada SATA II, cuja principal característica é a velocidade de transmissão de dados a 300MB/s, o dobro do SATA I.

É necessário fazer uma observação quanto ao aspecto de velocidade de transmissão. Na prática, dificilmente os valores mencionados (150MB/s e 300MB/s) são alcançados. Essas taxas indicam a capacidade máxima de transmissão de dados entro o disco rígido e sua controladora (presente na placa-mãe), mas dificilmente são usadas em sua totalidade, já que isso depende de uma combinação de fatores como conteúdo da memória, processamento, tecnologias aplicadas no disco rígido, etc.

Há outra ressalva importante a ser feita: a entidade que controla o padrão SATA (formada por um grupo de fabricantes e empresas relacionadas) chama-se, atualmente, SATA-IO (SATA International Organization). O problema é que o nome anterior dessa organização era SATA-II, o que gerava certa confusão com a segunda versão do SATA. Aproveitando essa situação, muitos fabricantes inseriram selos da SATA-II em seus discos rígidos SATA I para confundir os usuários, fazendo-os pensar que tais discos eram, na verdade, da segunda geração de discos SATA.

6.1 Tecnologias relacionadas ao SATA

Os fabricantes de discos SATA podem adicionar tecnologias em seus produtos para diferenciá-los no mercado ou para atender a uma determinada demanda, o que significa que certo recurso não é obrigatório em um disco rígido só por este ser SATA.

6.1.1 NCQ

NCQ (*Native Command Queuing*) é tido como obrigatório no SATA II, mas é opcional no padrão SATA I. Trata-se de uma tecnologia que permite ao disco rígido organizar as solicitações de gravação ou leitura de dados numa ordem que faz com que as cabeças se movimentem o mínimo possível, aumentando, pelo menos teoricamente, o desempenho do dispositivo e sua vida útil. Para usufruir dessa tecnologia, não só o disco tem que ser compatível com ela, mas também a placa-mãe, através de uma controladora apropriada.

6.1.2 xSATA

Basicamente, o xSATA é uma tecnologia que permite ao disco rígido utilizar menos energia elétrica. Para isso, o disco rígido pode assumir três estados: ativo, parcialmente ativo ou inativo. Com isso, o disco rígido vai receber energia de acordo com sua utilização no momento.

6.1.3 Staggered spin-up

Esse é um recurso muito útil em sistemas RAID, por exemplo, pois permite ativar ou desativar discos rígidos trabalhando em conjunto sem interferir no funcionamento do grupo de discos. Além disso, a tecnologia SSU também melhora a distribuição de energia entre os discos.

6.1.4 Hot plug

Em sua essência, a tecnologia Hot Plug permite conectar o disco ao computador com o sistema operacional em funcionamento. Este é um recurso muito usado em discos do tipo removível.

6.2 Conectores e cabos

Como dito, os cabos do padrão SATA são diferentes dos cabos do PATA, justamente por utilizar apenas quatro vias. Como consequência, seu conector também é menor, como ilustra a figura.

Além do cabo de dados, o conector do cabo de alimentação também é diferente no padrão SATA. Uma característica importante desse conector é que sua retirada do disco rígido é mais fácil, se comparado ao padrão PATA.

7. INTERFACE SAS [7]

Serial Attached SCSI é um novo padrão SCSI onde a comunicação é feita em série, em vez de em paralela, como no SCSI tradicional.

O trabalho de especificação do SAS teve início no ano 2001 e ficou sob responsabilidade das empresas Compaq/HP, LSI, Logic, Maxtor e Seagate Technologies. A especificação inicial de 2004 definiu uma taxa de transferência de 3Gbps (300MB/s). Posteriormente foram definidas taxas de 6Gbps (600MB/s) e 1.2Gbps (1200MB/s). O padrão SAS permite total compatibilidade com o padrão Serial ATA (SATA). Enquanto o SATA é destinado ao mercado de desktops enquanto que o padrão SAS é destinado ao mercado de servidores.

Sua grande vantagem em relação ao padrão Serial SCSI existente atualmente (Fibre Channel, FC) é que ele permite o uso de discos de várias taxas de transmissão, usando a taxa máxima do dispositivo. O Fibre Channel nivela por baixo, ou seja, se no sistema há um disco lento misturado com outros rápidos, o barramento passa a operar na velocidade do dispositivo mais lento, comprometendo o desempenho do sistema como um todo.

Assim como o padrão SATA, SAS é hot swap, permitindo a troca de discos rígidos mesmo com o micro ligado. Outras características do SAS são:

- Melhoria no desempenho e confiabilidade
- Capacidade de redundância de cabos no mesmo disco
- Interface serial ponto-a-ponto de simples cabeamento
- Possibilidade de aumento de configuração e desempenho
- Capacidade de expansão e atualização
- Possibilidade de clientes e usuários escolherem entre discos SAS de dupla redundância de cabos e alto desempenho ou convencionais discos SATA de alto desempenho e baixo custo no mesmo sistema.

8. INTERFACE SSA [7]

Serial Storage Architecture (SSA) é um protocolo de transmissão serial usado para conectar discos rígidos a servidores capaz de conectar até 192 discos rígidos com taxas de transmissão de até 80MB/s. Ela é tolerante a falhas no sentido de que defeitos em um único cabo não interrompem o acesso aos dados. SSA caiu em desuso com o surgimento do padrão *Fibre Channel*.

9. INTERFACE FIBRE CHANNEL [7]

Fibre Channel é tanto um padrão de comunicação quanto um

protocolo de transporte aberto - conforme definido por normas ANSI (Comitê X3T11) -, implementado em fibras óticas ou fiações de cobre, sendo, portanto, um padrão para meios físicos de comunicação. Este padrão é amplamente utilizado na conectividade física do que é conhecido hoje como “SANs – Storage Area Networks”, ou seja, redes especializadas na interconexão de dispositivos de armazenamento a servidores. A palavra “Fibre” foi criada pelo comitê quando o uso de fiações de cobre foi introduzido no padrão. Originalmente, referia-se somente a fibras óticas.

Fibre Channel Arbitrated Loop ou FC-AL é uma das topologias implementadas pelas normas *Fibre* (sendo as outras a *Point-to-Point* e o *Fibre Channel Switched Fabric*, ou FC-SW). Todas estas topologias são utilizadas para interconectar dispositivos de armazenamento à seus servidores, atendendo a um grande número de dispositivos. Atualmente, a FC-AL é usada na maior parte dos subsistemas de armazenamento para MainFrame.

Uma vez conectados fisicamente, os dispositivos participantes de uma rede FC-AL iniciam o que é chamado de LIP (*Loop Initialization Primitive*), durante o qual os mesmos são identificados. Após o LIP, a rede entra em um estado de gerenciamento, controlado pelo dispositivo de mais baixo endereço físico, o qual foi identificado por uma outra primitiva, chamada LISM (*Loop Initialization Select Master*). No caso dos subsistemas de grande porte, esta função cabe à placa adaptadora.

Após terem sido executadas as primitivas de inicialização, qualquer dispositivo que queira iniciar uma conexão terá, a semelhança do padrão SCSI, que arbitrar. Caso haja mais de um dispositivo tentando a arbitragem ao mesmo tempo, o que tiver o menor endereço físico (AL-PA – *Arbitrated Loop Physical Address*) vence, ganhando controle sobre o loop, e podendo estabelecer uma conexão com outro nó e utilizar, durante este tempo, toda a largura de banda disponível para sua transmissão. A maior parte das implementações FC-AL conta com o Fairness

Algorithm, o que impede que dispositivos de mais alta prioridade (menor AL-PA) possam monopolizar a conexão física.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Anderson, D.; Dykes, J.; Riedel, E. **More Than an Interface – SCSI vs. ATA**. In *Proceedings of the 2nd Annual Conference on File and Storage Technology (FAST)*, March 2003.

[2] Patterson, D., Hennessy, J. **Computer Organization and Design: the hardware/software interface**. Morgan Kaufmann Publishers, 2005.

[3] Bosch, P. *Mixed Media File Systems*. PhD thesis. University of Twente, 1999.

[4] Intel, 2005. **Disk Interface technology – Quick reference Guide**.

[5] Zelenovsky, R.; Mendonça, A. **PC: um guia de Hardware e interfaceamento**. 3. ed. Rio de Janeiro, 2002.

[6] Kozierok, C. *The PC Guide – Hard Disk Drives*. Disponível em <<http://www.pcguides.com/ref/hdd/>>

[7] IDC, 2005. **Evolution in Hard Disk Drive Technology: SAS and SATA, White Paper**. Disponível em <<http://www.idc.com>>

[8] Guia do Hardware, 2005. Disponível em <<http://www.guiadohardware.com.br>>

[9] HP Invent. **Serial Attached SCSI, General Overview**. Disponível em <<http://www.hp.com>>

[10] Hennesy, J. L.; Patterson D. A. *Arquitetura de Computadores, Uma Abordagem Quantitativa*. 3. ed.