

A decorative graphic consisting of a light gray circle on the left side, partially overlapping a horizontal bar. The bar has a dark gray gradient on the left and a light gray gradient on the right. Large black square brackets are positioned on the left and right sides of the bar, framing the title text.

Išorinės duomenų saugyklos

HDD, SSD, sąsajos

5 paskaita

Išorinė atmintis

Ilgalaikiam informacijos (programų ir duomenų) saugojimui kompiuteriuose naudojami:

- *standieji diskai;*
- lankstieji diskeliai (FDD);
- optiniai diskai (CD, DVD);
- Keičiami-nešiojami standieji diskai ;
- 'Solid-state' diskai
- Magnetiniai, juostiniai įrenginiai (streamer'iai).

Išorinė atmintis charakteristikos

Prieigos prie duomenų režimai:

- tiesioginė prieiga (HDD, CD,DVD)
- nuosekli prieiga (juostinės kasetės)

Parametrai:

- talpa
- kreipties laikas (uždelsimas)
- duomenų perdavimo sparta (pralaidumas)
- informacijos vieneto laikymo kaina

[Pirmieji kietieji diskai]

Pirmasis kietasis magnetinis diskas 1956 m:

- 24" disko skersmuo,
- talpa 5 MB,
- 50 diskų,
- sukimosi greitis – 1200 aps/min,
- paieškos laikas – apie 1 s.

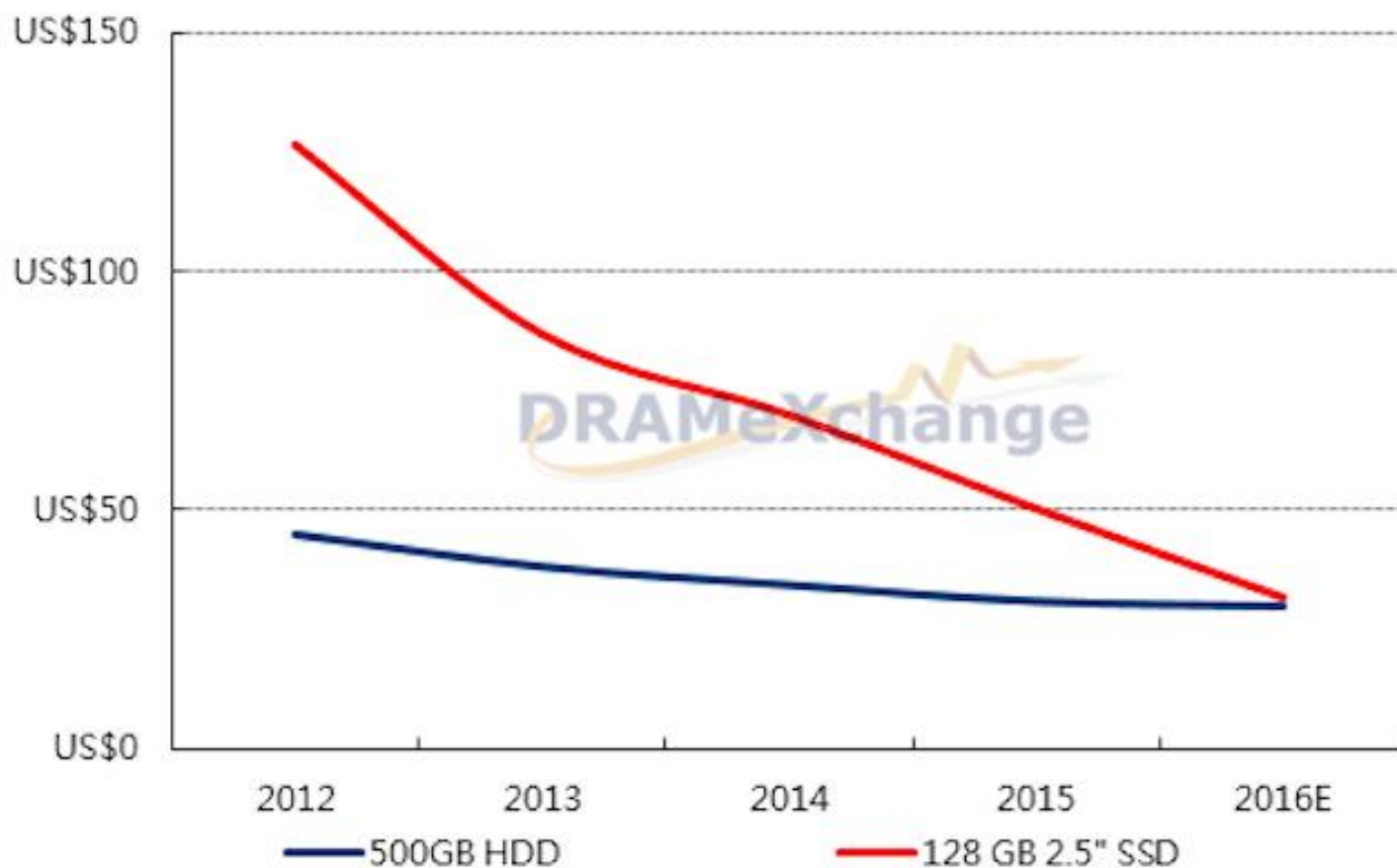
Pirmasis 1 GB diskų įtaisas, 1980 m.

- šaldytuvo dydžio
- svoris 250 kg
- kaina \$40,000.



[HDD ir SSD kainų lyginimas]

Figure: 128GB SSD and 500GB HDD Price Trends, 2012~2016

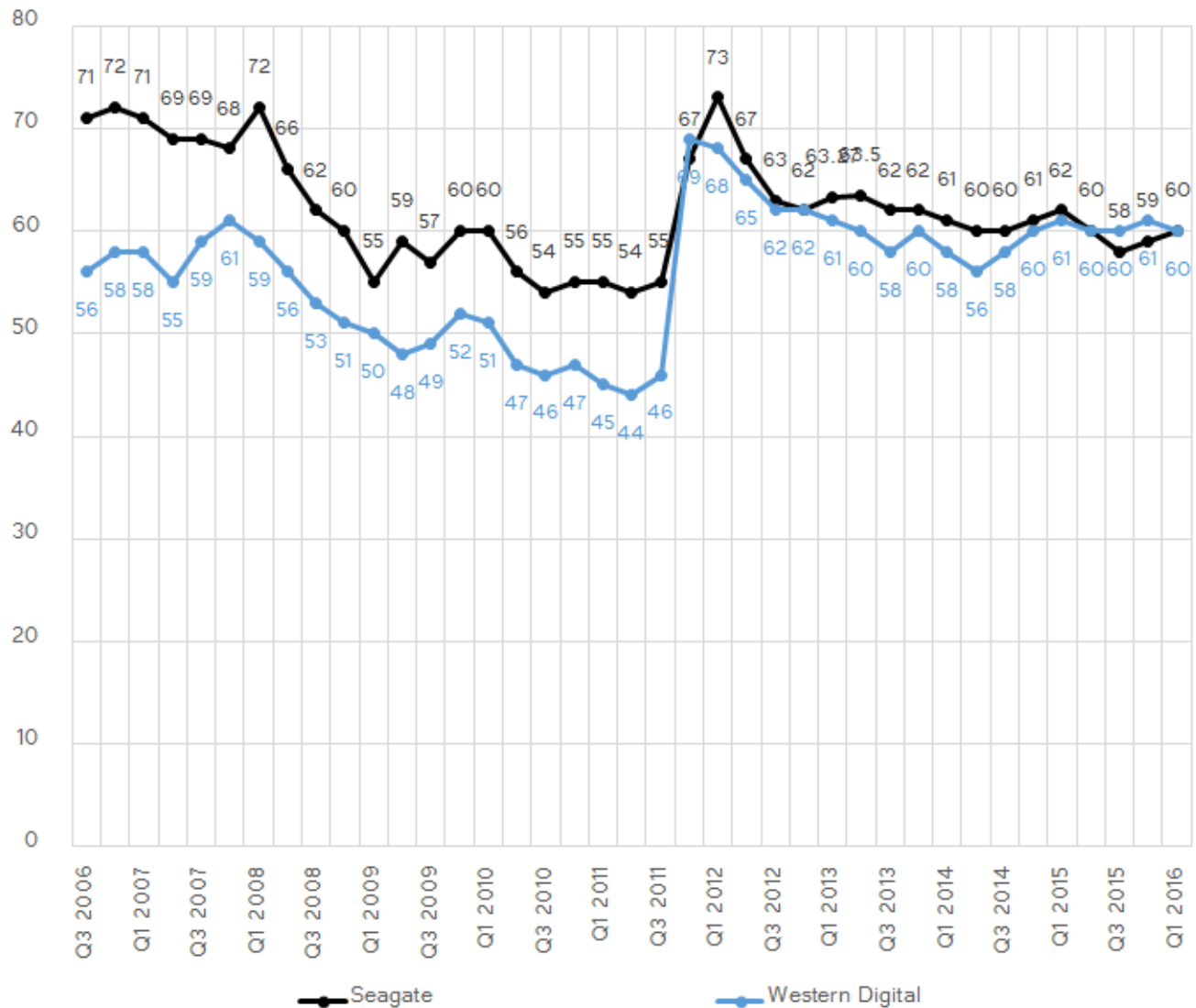


Source : DRAMeXchange, Mar., 2016

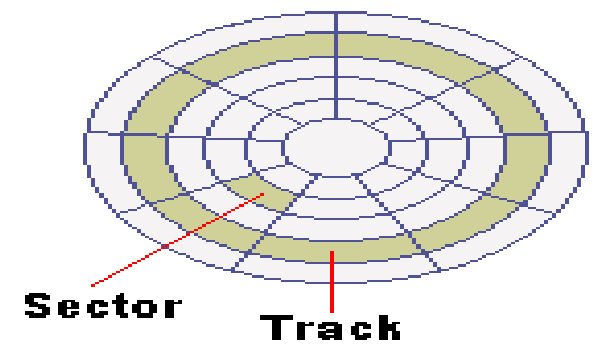
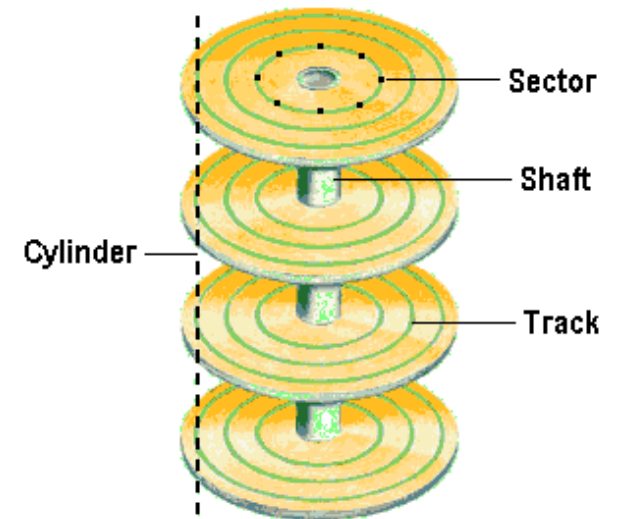
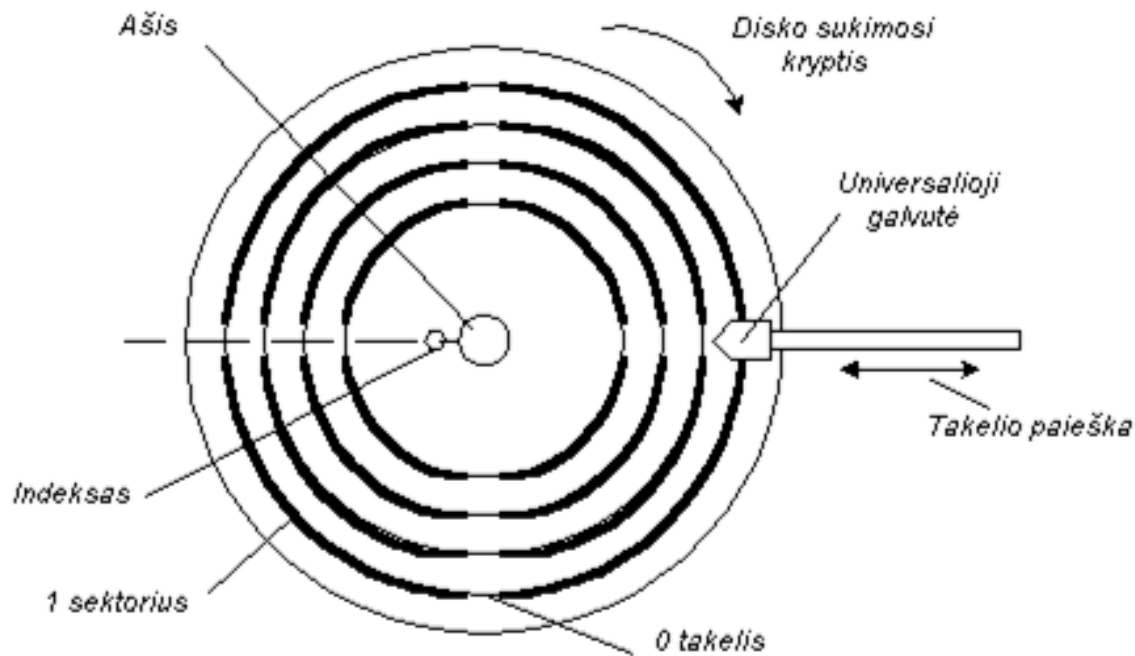
Vidutinės pardavimo kainos

Average Selling Prices of Hard Disk Drives in \$USD

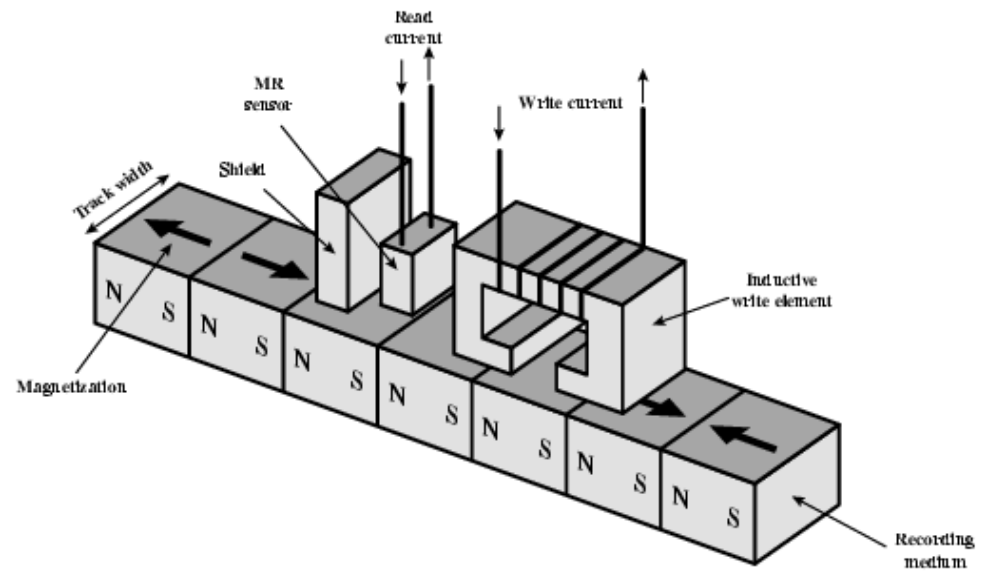
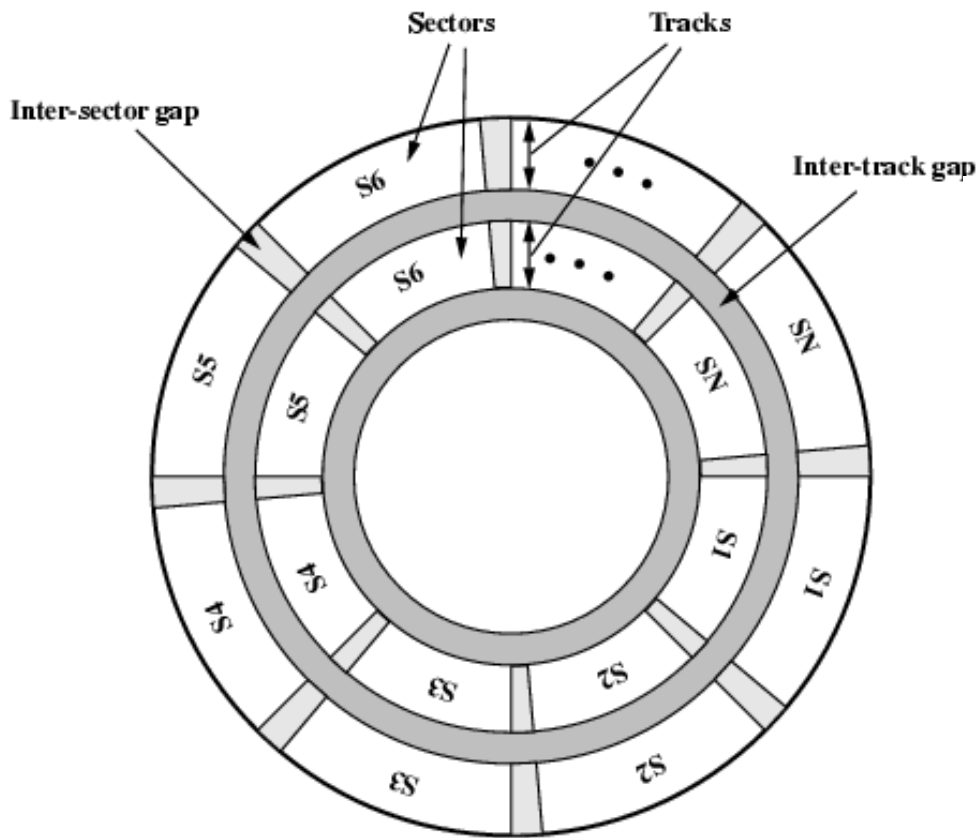
Data from Seagate's and Western Digital's filings with SEC.



[Diskiniai kaupikliai]



[Diskiniai kaupikliai]



[Sąvokos]

Takelis – vienas iš koncentrinių apskritimų. Takeliai numeruojami nuo išorės (pradedant nuo 0) į vidų.

Cilindras – tą patį numerį turinčių takelių visuma.

Sektorius – takelio dalis, dažniausiai **512** baitų.

Klasteris (*clusters, allocation units*) – grupė sektorių, apjungtų į stambesnę junginį failų sistemos darbo efektyvumui padidinti; failas užima tam tikrą klasterių skaičių.

[Magnetiniai diskai]

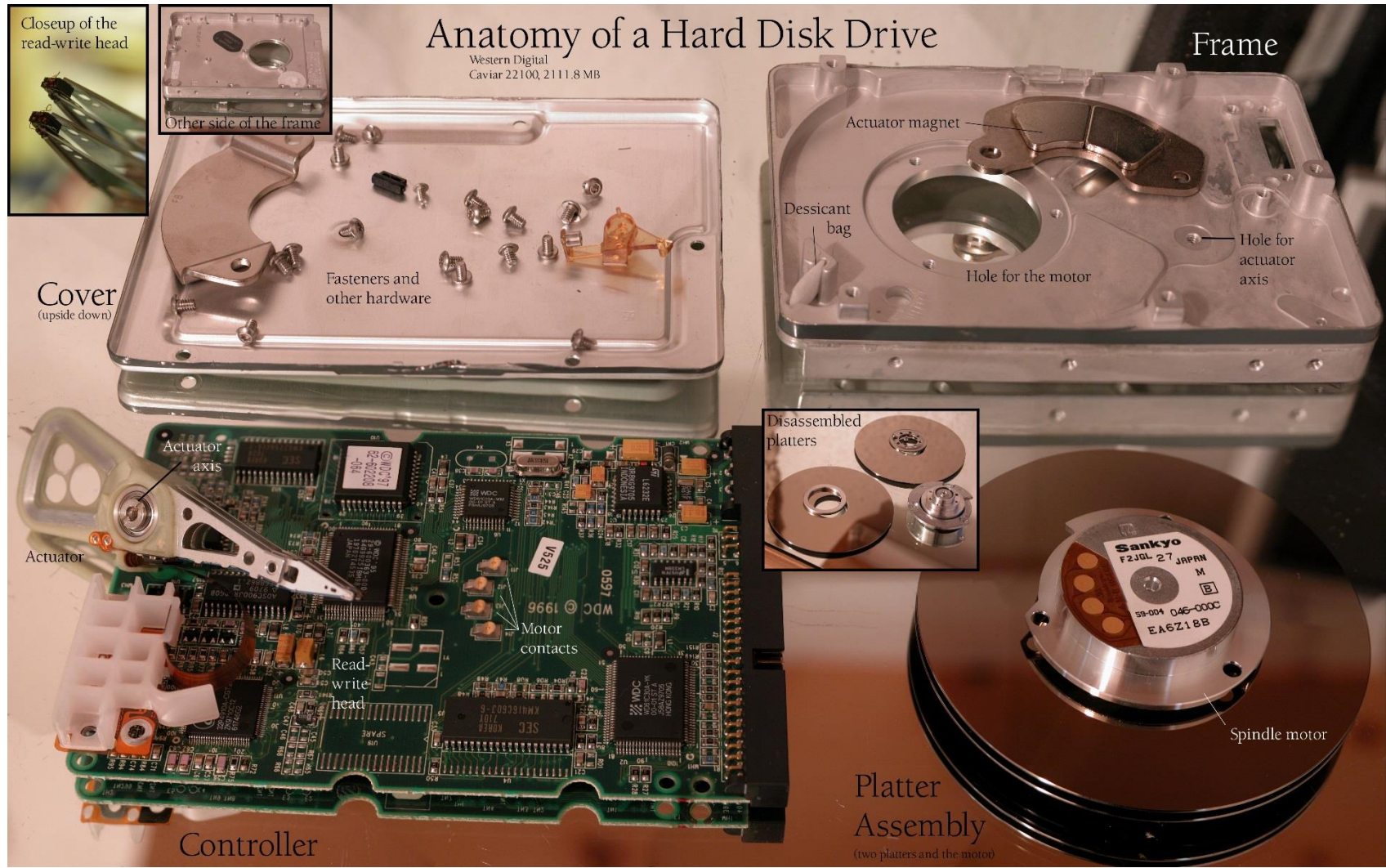


Galvutės valdymo mechanizmas



Bendras HDD vaizdas

Magnetiniai diskai



[Diskiniai kaupikliai (HDD)]

Talpa = cilindrų skaičius × sektorių skaičius/cilindre × sektorius dydis × paviršių skaičius.

Šiuolaikinių diskų talpa siekia iki **10 TB** (HGST Ultrastar He10)

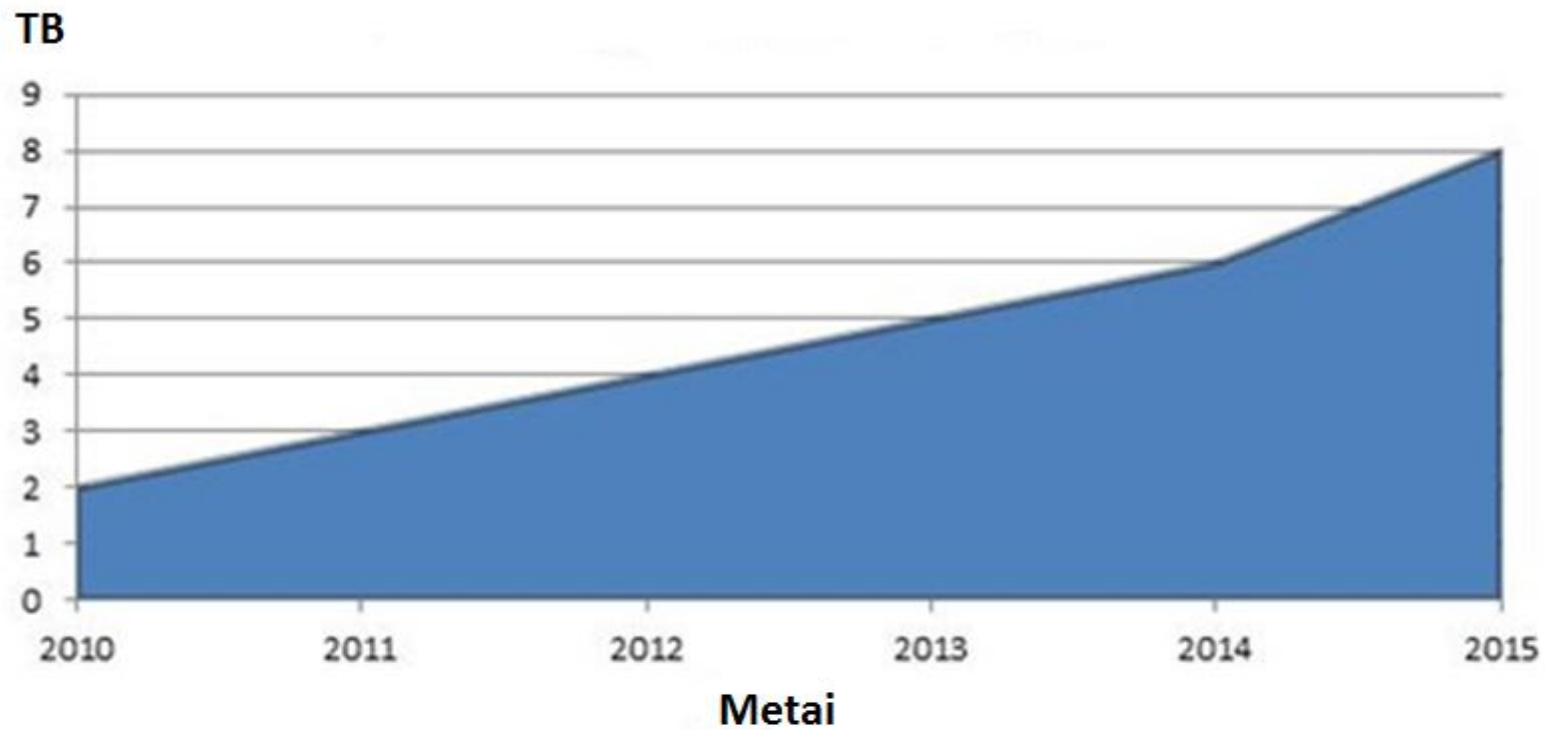
Kreipties laikas priklauso nuo šių parametru:

- cilindro paieškos laiko – t.y. galvutės pozicionavimas ties takeliu
- vėlinimo dėl sukimosi – laikas, kol atsisuks reikiamas sektorius
- informacijos perdavimo laiko

Veleno sukimosi greitis - 5400, 7200, 10 000, 15 000 aps/min.

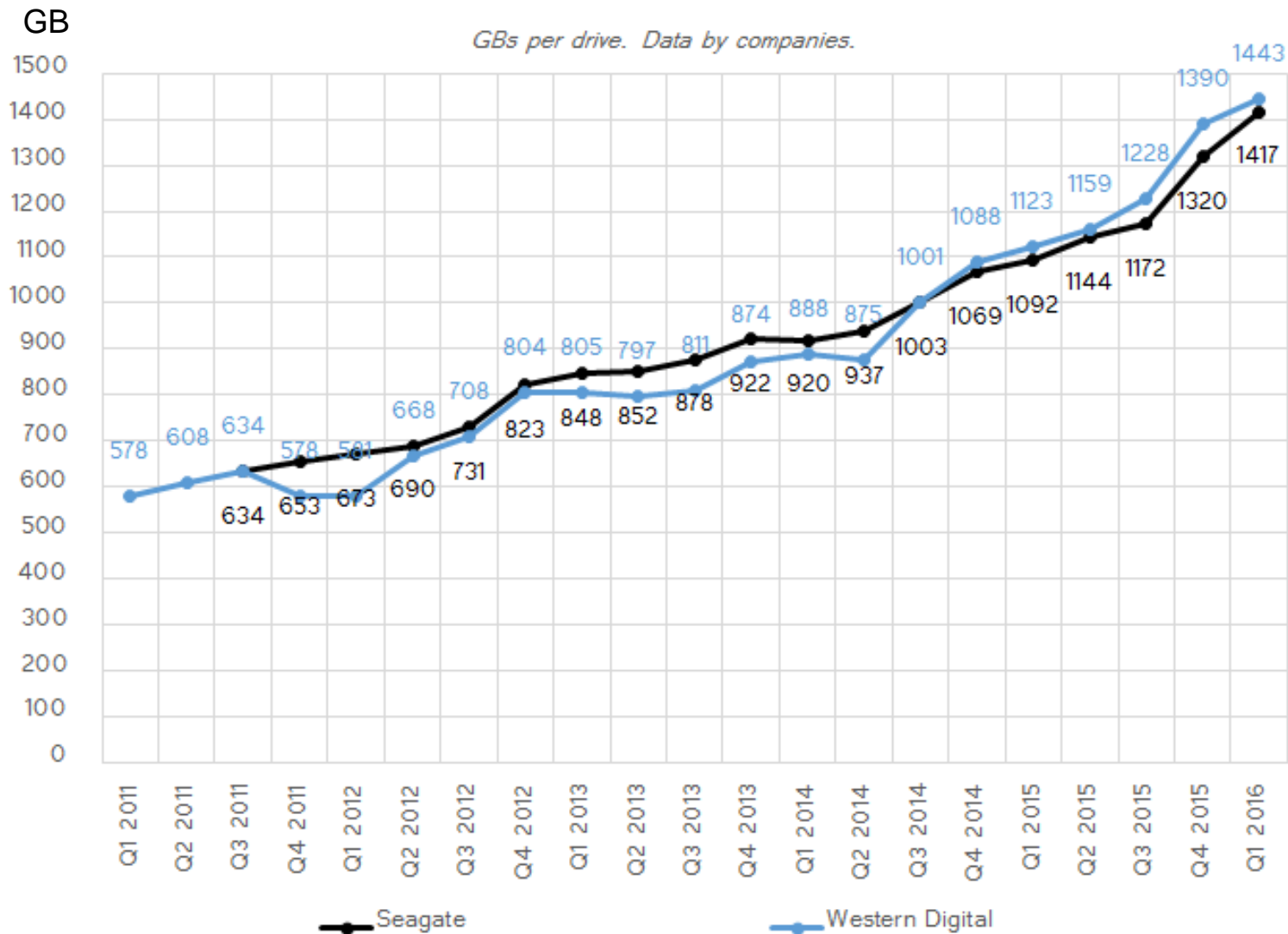
Informacijos perdavimo laikas priklauso nuo: įrašo tankio, disko sukimosi greičio, kontrolerio, magistralės.

[Talpos didėjimo tendencijos]



[HDD vidutinės talpos tendencijos]

Average Capacities of HDDs by Seagate and Western Digital



[HDD talpos limitai]

Adresavimo sistema diskuose

- Senoji - CHS (**C**ylinder, **H**ead, **S**ector)
- Dabartinė LBA (**L**ogical **B**lock **A**ddressing), kai vietoj cilindro, galvutės ir sektoriaus numerių kiekvienam sektoriui suteikiamas unikalus "sektoriaus numeris".

Talpos ribojimai

- ATA sąsajoje adresavimui buvo naudojami 28 bitai (tai palaiko taip pat operacinė sistema, BIOS).
- Max adresų skaičius = 2^{28}
- Max sektorių skaičius = $2^{28} = 268\,435\,456$
- Max HDD talpa = 2^{28} sektorių po $x\,512\text{ B} = 137,4\text{ GB}$

[HDD talpos limitai]

Master Boot Record partijų lentelė (MBR) buvo sukurta apie 1980 m. kurioje buvo skirti 32 bitai sektorių adresavimui t.y. is 2^{32} or 2.2TB.

- Max adresų skaičius = 2^{32}
- Max sektorių skaičius = $2^{32} = 4\,294\,967\,296$
- Max HDD talpa = 2^{32} sektorių po x 512 B = 2,2 TB

1990 m. buvo sukurta **scalable partitioning scheme GUID Partition Table** (GPT), kaip dalis **Unified Extensible Firmware Interface** (UEFI) specifikacijos. GPT sistemoje adresavimui skirta iki 64-bitų

- Max HDD talpa = 2^{64} sektorių po x 512 B = 9.4 ZB

(1 ZB = 1,000,000,000 TB).

Nuo Windows Vista 64-bit jau **yra palaikomas OS užkrovimas iš GPT** partijų naudojant diskų. Tačiau kompiuteris turi turėti UEFI firmware.

Kietųjų diskų HDD charakteristikos

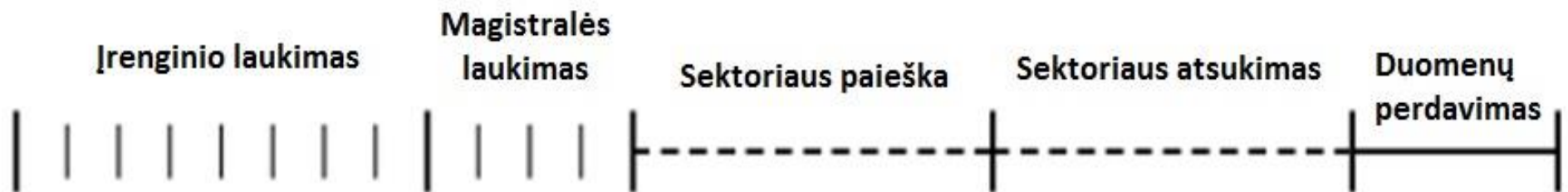
Diametras	Forma	Taikymas
5.12"	5.25"	Senieji diskai (iki ~1995)
3.74"	3.5"	Standartinis daugumos PC diskų dydis
3.0"	3.5"	Našūs 10,000 RPM diskai
2.5"	2.5", 3.5"	Nešiojamų PC diskai (2.5" form factor); 15,000 RPM diskai (3.5" form factor)

[HDD elektros sąnaudos]

Elektros sąnaudos = Diametras² x RPM^{2.8} x plokštelių skaičius

	Capacity (GB)	Price	Platters	RPM	Diameter (inches)	Average seek (ms)	Power (watts)	I/O/sec	Disk BW (MB/sec)	Buffer BW (MB/sec)	Buffer size (MB)	MTTF (hrs)
SATA	500	\$375	4 or 5	7,200	3.7	8-9	12	117	31-65	300	16	0.6M
SAS	37	\$150	1	15,000	2.6	3-4	25	285	85-142	300	8	1.2M

[Diskinio kaupiklio I/O laikai]



Įrenginio laukimo laikas – tai laikas, kuris sugaištamas, laukiant, kol procesorius įvykdo pertraukimo komandą.

Magistralės laukimo laikas naudojamas priėjimui prie sisteminės magistralės.

Sektoriaus paieškos laikas naudojamas nuskaitymo galvutei pozicionuoti į reikiamą cilindrą.

Sektoriaus atsukimo laikas naudojamas takelio atsukimui iki reikiamo sektoriaus.

Duomenų perdavimo laikas naudojamas fiziniam duomenų nuskaitymui iš sektoriaus.

[HDD buferis]

Mainams tarp pagrindinės atminties ir disko paspartinti naudojamas buferis. Buferio paskirtis užtikrinti spartų darbą tarp skirtingu greičiu dirbančių įrenginių, mažinant laukimus ir prastovas.

Lėti mechaniniai procesai, vykstantys HDD darbo metu:

- disko galvutės pozicionavimas (~ 1 ms);
- reikiamo sektoriaus atsukimas ties skaitymo galvute.

Tikslinga diske įtaisyti buferį disko dalies turinio kopijai laikyti, o į patį diską kreiptis tik tuomet, kai buferyje nėra reikiamos informacijos.

Disko buferio talpa siekia 64 MB.

[HDD buferis]

HDD buferis dirba panašiai kaip ir spartinančioji atmintis:

- mainams naudojama *write-through* arba *write-back* strategijos;
- duomenų pakeitimui naudojama *LRU* arba *FIFO* principas;
- duomenų blokų dydis - 512 B (atitinka sektorių);
- užpildant buferį, nuskaitomas ne tik reikiamas blokas, bet ir kiti duomenys (*Read-Ahead*).

[HDD buferis]

Buferyje esančias užklauso statomos į eilę. Dažniausia taikomas FIFO eilės aptarnavimo principas.

Laikas eilėje = užduoties įvykdymo laikas (serveryje) x I/O apkrovimas / (1 - I/O apkrovimas)

Pavyzdys:

CPU siunčia vieno disko I/O sistemai 40 I/O užklausių per sekundę. Viena užklausa įvykdoma per 20 ms. Koks I/O apkrovimas, koks vidutinis laikas eilėje, koks I/O sistemos uždelsimas?

$$\text{I/O apkrovimas} = 40 \times 0.02 = 0.8$$

$$\text{Laikas eilėje} = 20 \times 0.8 / (1 - 0.8) = 80 \text{ ms}$$

$$\text{Uždelsimas} = \text{Laikas eilėje} + \text{užd.įvykdymo laikas} = 80 + 20 = 100 \text{ ms}$$

[Solid state diskai



Solid-state drive (SSD) - tai saugojimo įrenginys, kuriame naudojama kietos būsenos atmintis duomenų saugojimui. Priešingai nei magnetiniai diskai, jis neturi mechaniškai judančių komponentų.

Pirmieji SSD įtaisai pasirodė dar vakuuminių lempų laikais – jie buvo sudaryti iš feritinių žiedų.

1970-1980 metais SSD buvo konstruojami iš puslaidininkinės atminties mikroschemų ir naudojami IBM, Amdahl ir Cray superkompiuteriuose. Tuo metu SSD buvo naudojami kaip kompiuterio pradinio paleidimo diskas, nes HDD buvo gana brangūs ir lėti.

SSD dažnai naudoja HDD sąsajas, todėl galima tam tikrais atvejais pakeisti HDD.

[SSD]

SSD naudojantys SDRAM arba DRAM tipo atmintį dar vadinami RAM-drive.

SSD **flash drives**, naudojantys EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory). Jiems nereikalinga elektros energija informacijai išlaikyti.

Šiuo metu SSD naudojami duomenų saugyklose (kaip vienas iš daugiapakopės saugyklos lygmenų) ir nešiojamuose PC

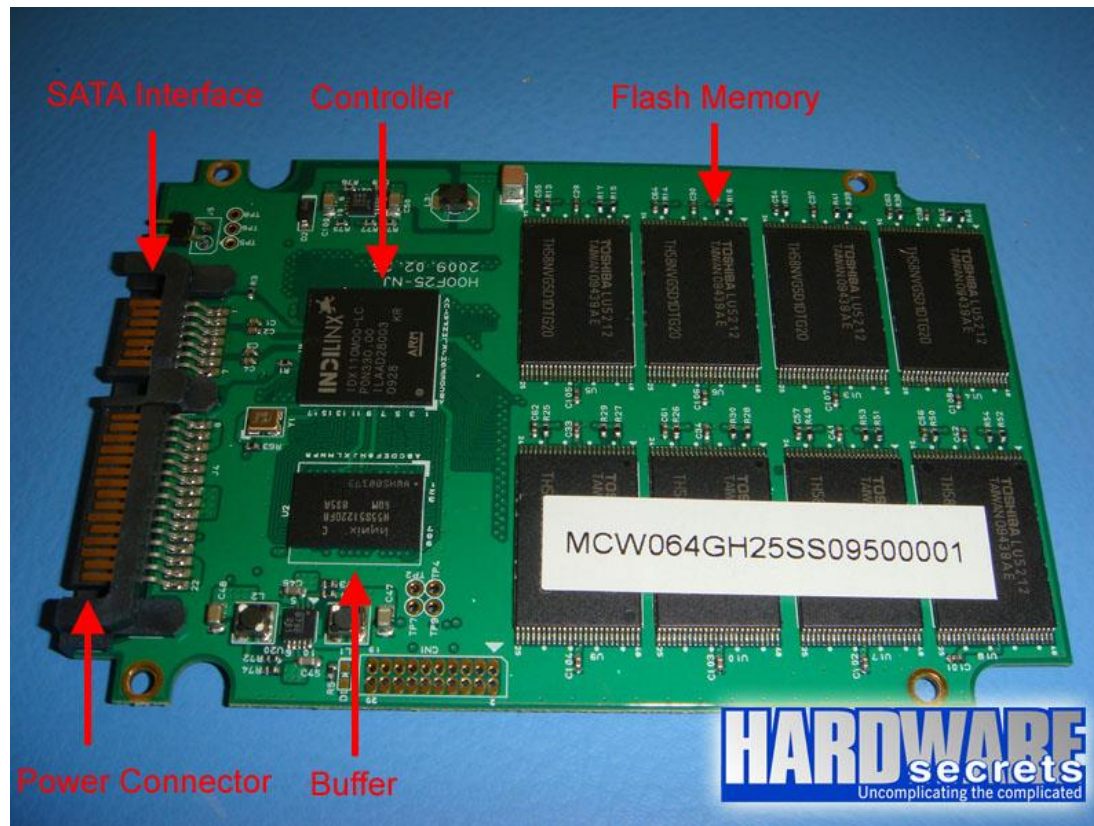
SSD kaina dar vis pakankamai didelė:

\$0,5/GB Flash drive;

\$0,35/GB RAM-based SSD

\$0.05/GB HDD

[Kas yra SSD viduje?]



[SSD pavyzdys]

Samsung SSD 850 EVO 250GB SATA III

- Mainų sparta: 540 MB/s – skaitymas, 520 MB/s – įrašymas
- Dydis: 2,5"
- Sąsaja: SATA III 6,0 Gb/s
- Išrinkimo laikas – 100 μ s
- Talpa: 250 GB
- Svoris: 230 gramų
- Energijos sąnaudos: aktyviam režime – 0,15 W;
Laikas tarp gedimų (MTBF): 1,2 mln val.
- Duomenų saugumas: 256-bit AES, Encrypted Drive(IEEE1667)
- Kaina 90 Eur

[SSD masyvas

SSD masyvas RamSan 6200 (Texas Memory Systems)

- Talpa 100 TB talpa
- Pralaidumuas 60 GB/s sparta (5 mln. įvesties/išvesties operacijų).
- Sunaudojama galia – 6 kW.



[SSD privalumai]

SSD privalumai:

- Sistema greičiau paleidžiama
- Nėra mechaninių besisukančių ar judančių dalių;
- Skaitymo vėlinimas ~65 μ s, rašymo vėlinimas ~85 μ s;
- Didelis duomenų perdavimo greitis
- Mažas energijos suvartojimas;
- Nėra triukšmo;
- Didelis darbo temperatūrų diapazonas;
- Visiškai vienodas failų skaitymo laikas, nepriklausantis nuo jų vietos ar fragmentavimo;
- Nedideli gabaritai ir svoris

[SSD trūkumai]

SSD trūkumai:

- Ribotas informacijos perrašymo ciklų skaičius - (50nm MLC)
MLC atmintis leidžia perrašyti 10 000 kartų,
brangesnė atmintis (SLC) – daugiau nei 100 000.
- Santykinai aukšta 1 GB kaina (su laiku kaina mažėja)
- SSD kaina tiesiai proporcinga jų talpai, tuo tarpu HDD kaina priklauso nuo plokštelių skaičiaus ir lėtai auga didėjant jų talpai.

[MLC ir SLC]

Single-level cell (SLC) flash atminties technologijoje kiekviena celė gali saugoti vieną bitą informacijos t.y. turėti vieną iš dviejų būsenų.

MLC (multi-level cell) – tai flash atminties technologija, kuri naudoja daugiasluoksnę technologiją, leidžiančią saugoti daugiau bitų (2, 3 kartus) naudojanta tą patį tranzistorių skaičių. MLC celės turi 4 arba 8 būsenas ir saugo atitinkamai 2 arba 3 bitus.

Tokia technologija sumažina fizines ribas tarp būsenų saugančių elementų, todėl klaidų tikimybė žymiai didesnė nei SLC.

Siekiant apsaugoti duomenis, naudojami ECC (Hamming code), Bose-Chaudhuri-Hocquenghem (BCH code) algoritmai.¹

[SLC, MLC, TLC]

2014 m. Samsung pristatė SSD diską **840**, kuriame naudojo trijų sluoksnių technologiją.

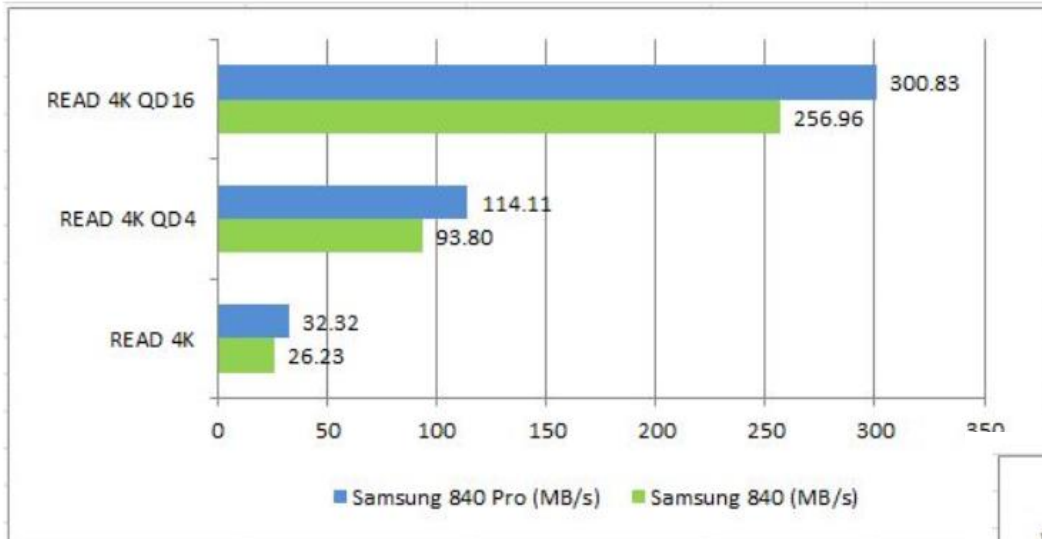
NAND Array		
SLC - 1bit/cell - 2 states	MLC - 2 bits/cell - 4 states	TLC - 3 bits / cell - 8 states
34nm	2x nm	2x nm
100K (P/E) cycles/cell	3K to 5K (P/E) cycles/cell	1K (P/E) cycles/cell
0	00	000
		001
	01	010
		011
1	10	100
		101
	11	110
		111

[Palyginimas]

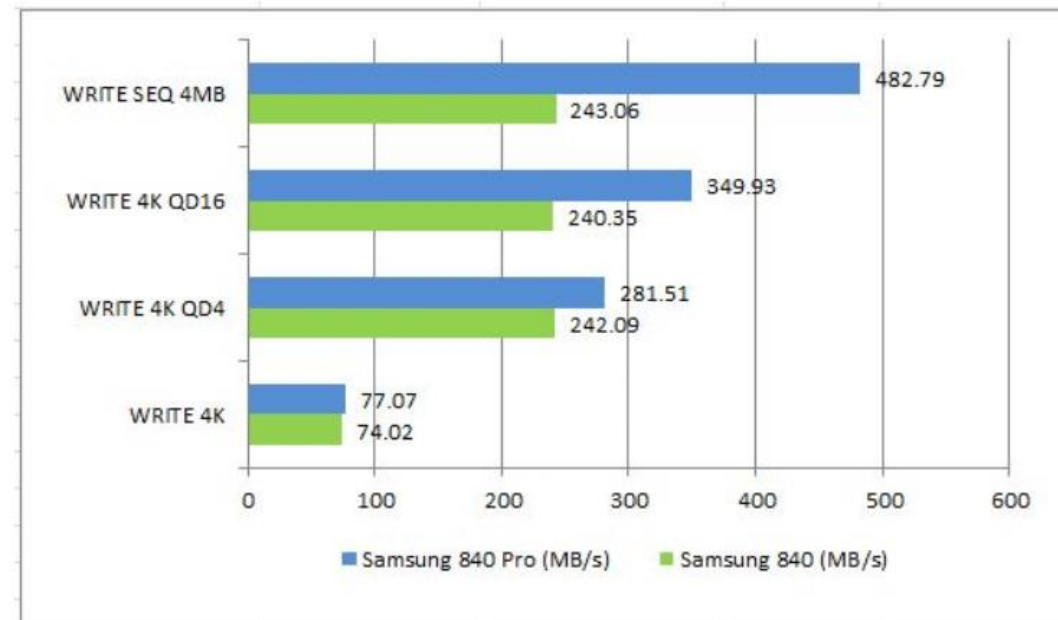
	Samsung 840	Samsung 840 PRO
User Capacity	250	256
NAND Flash (GB)	21-nm DDR2 toggle TLC	21-nm DDR2 toggle MLC
SATA Type	SATA 6 GB/s	SATA 6 GB/s
Controller	3 Core Samsung MDX 300Mhz	3 Core Samsung MDX 300Mhz
Cache	512MB LPDDR2 SDRAM	512MB LPDDR2 SDRAM
Sequential Read	Up to 540MB/s	Up to 540MB/s
Sequential Write	Up to 250MB/s	Up to 520MB/s
Random Read	Up to 95K IOPS	Up to 100K IOPS
Random Write	Up to 62K IOPS	Up to 90K IOPS
Warranty	3 Years	5 Years
Design	2.5" or 7mm	2.5" or 7mm
Samsung.com Price (4/2013)	\$179	\$249
Cost/GB	\$0.72	\$0.97

	Samsung 840 PRO MLC	Samsung 840 TLC
User Capacity (GB)	256	250
Program/Erase (P/E) cycles	3000	1000
Write to Host per Day (GB)	10	10
Write to NAND (GB)	35	35
Write Amplification factor	3.5	3.5
Year(s)	60.12	19.57

[Palyginimas]



READ 4K - QD1 - QD4 - QD16 (Higher is better)



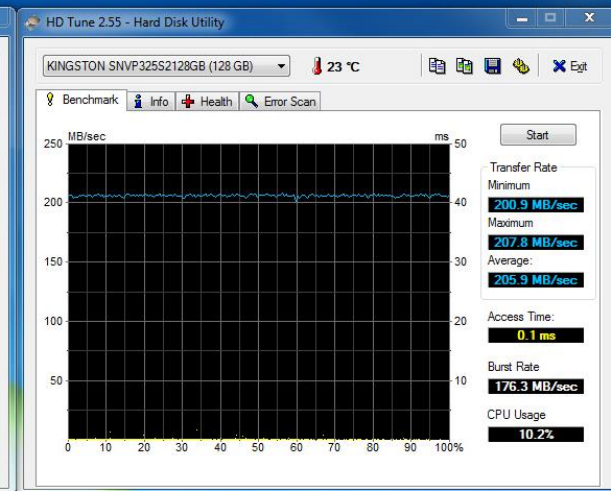
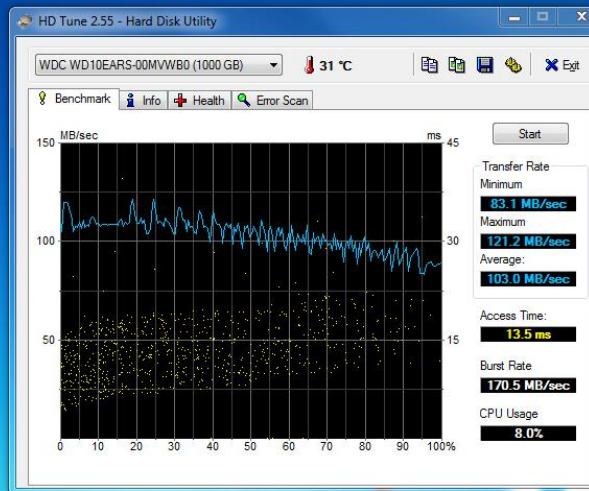
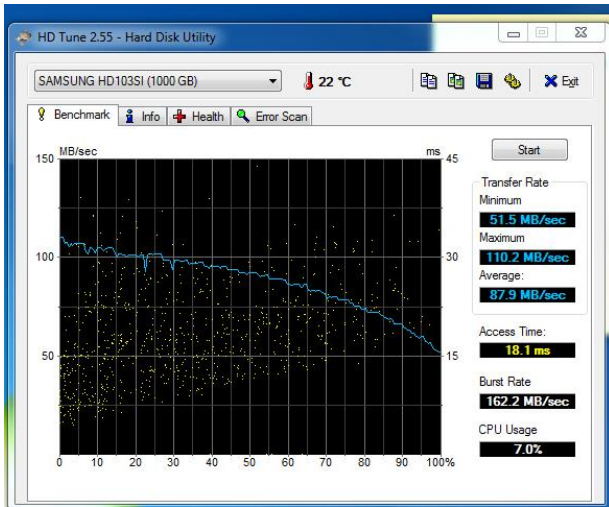
WRITE 4K QD1 - QD4 - QD16 - SEQ 4MB (Higher is better)

SSD ir HDD testavimas

Samsung 1TB HDD, 32 MB cache

Western Digital 1TB HDD 64 MB cache (IntelliPower)

Western Digital 128 GB SSD



Test	Read [MB/s]	Write [MB/s]
All	112.8	112.3
Seq	112.8	112.3
512K	42.02	56.08
4K	0.515	1.073
4K Qb32	0.607	1.041

Test	Read [MB/s]	Write [MB/s]
All	130.0	123.5
Seq	130.0	123.5
512K	45.82	76.91
4K	0.560	0.962
4K Qb32	0.607	1.007

Test	Read [MB/s]	Write [MB/s]
All	217.2	151.8
Seq	217.2	151.8
512K	195.9	102.8
4K	18.33	13.08
4K Qb32	18.33	19.05

[Hibridinis kietasis diskas]

“Samsung” sukūrė sistemą, kuri leidžia į diską įrašyti duomenis jam nesisukant.

Šios technologijos principas – į disko įtaisą įmontuota pvz. 24GB flash atmintis.

Kai reikia rašyti į diską, duomenys pirmiausia įrašomi į flash atmintį. Kai ši užsipildo, diskas “pažadinas”, ir duomenys perkeliama į diską.

Vidutinėse užduotyse per pusvalandį diskas sukasi tik 30-45 sekundes. Tokie kaupikliai eikvoja mažiau energijos, todėl juos verta naudoti nešiojamuose kompiuteriuose.

[Diskų žymėjimai (formatavimas)]

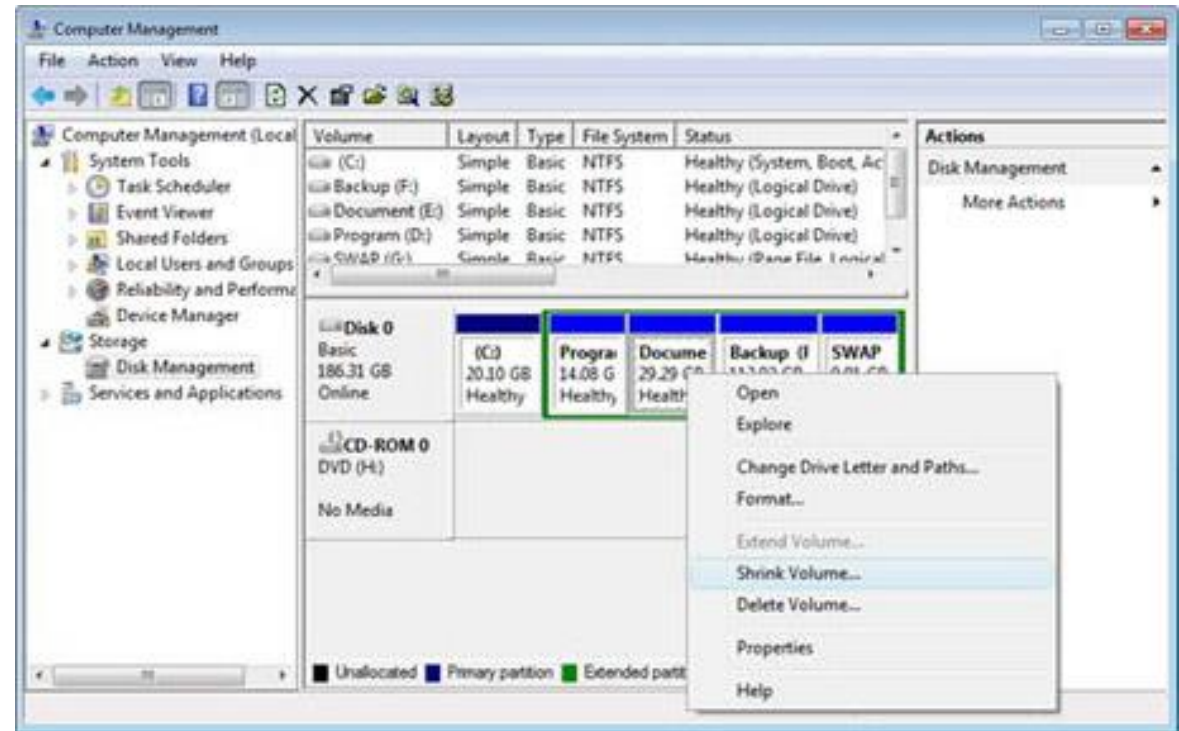
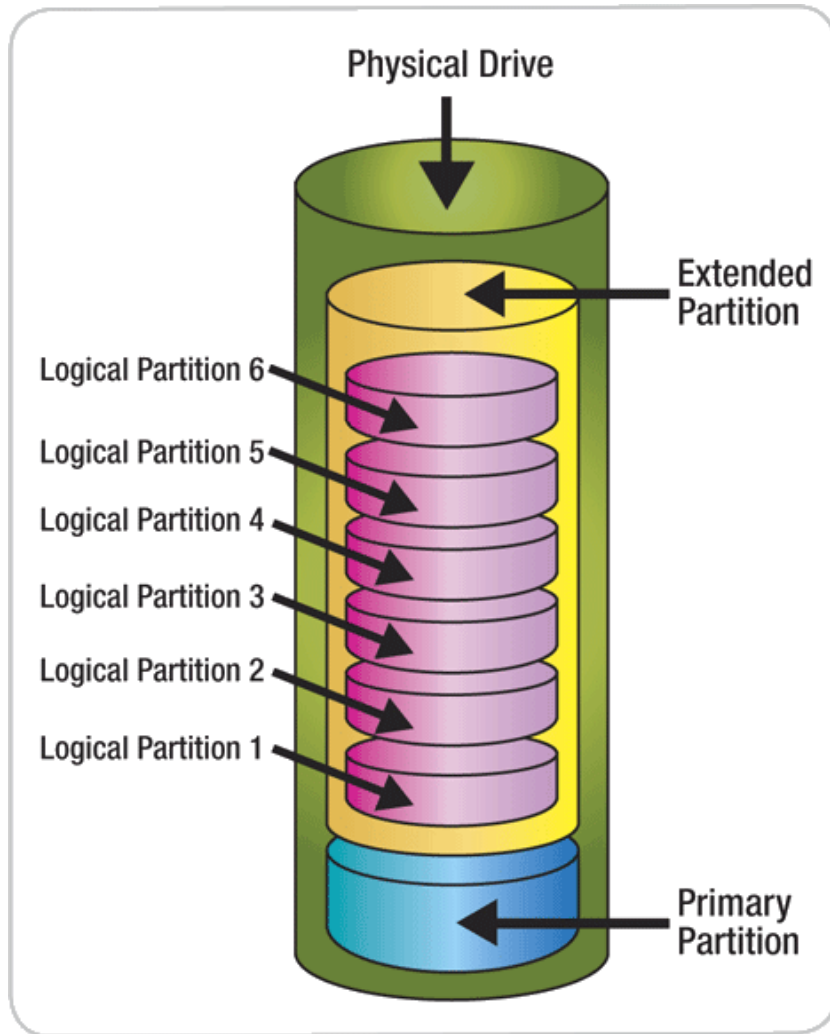
Standžiojo disko sužymėjimą sudaro trys etapai:

1. žemo lygmens sužymėjimas (LLF – Low-Level Formatting),
2. aukšto lygmens sužymėjimas (HLF – High-Level Formatting),
3. disko suskaidymas į loginius skyrius (Partitioning),

Diską sužymint žemu lygmeniu takeliai skaidomi į tam tikrą skaičių sektorių, kuriuose įrašomos antraštės ir pabaigos. Be to, formuojami tarpai tarp sektorių ir tarp takelių. Kiekvieno sektoriaus duomenų sritis užpildoma fiktyviais baitais arba testinėmis sekomis.

Aukšto lygmens žymėjimo metu tikrinamas magnetinių diskų paviršius, į startavimo sektorių įrašomas MBR, sukuriama failų alokacijos lentelė ir šakninis katalogas.

[Loginē struktūra



[Diskų loginė struktūra]

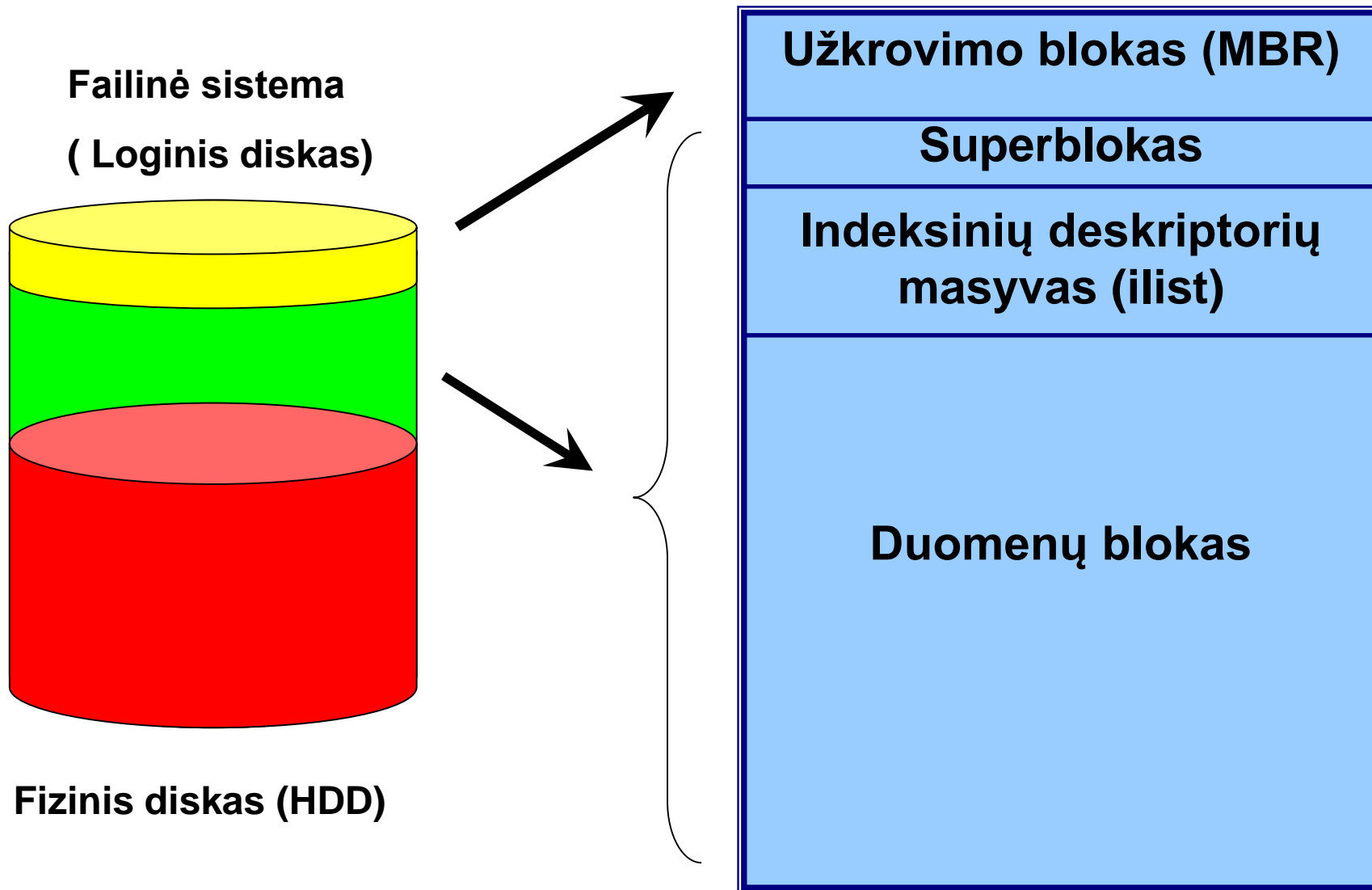
Loginiu formatu vadinama tai, kad diske rezervuojamos specialios sritys tarnybinei informacijai saugoti. Ši informacija būtina operacinės sistemos darbui su šiais įrenginiais užtikrinti. Tokių sričių kūrimo ir užpildymo procesas vadinamas *loginiu sužymėjimu* {logical formatting}.

Disko loginė struktūra kuriama taikant specialias operacinės sistemos programas.

Įkelties sektorius (įrašas) {MBR – Master Boot Record} – tai nuliniame loginiame sektoriuje saugoma informacijos apie diską ir nedidelė įkelties programa.

Failų išdėstymo lentelė {FAT – File Allocation Table} diske išdėstoma iš karto po įkelties įrašo ir yra kintamo dydžio. FAT lentelėje saugomi duomenys apie failų išdėstymą diske.

[HDD loginė struktūra]



MBR

Structure of a Master Boot Record

Address			Description	Size in bytes
Hex	Oct	Dec		
0000	0000	0	Code Area	max. 440
01B8	0670	440	Optional Disk signature	4
01BC	0674	444	Usually Nulls; 0x0000	2
01BE	0676	446	Table of primary partitions (Four 16-byte entries, IBM Partition Table scheme)	64
01FE	0776	510	55h	2
01FF	0777	511	AAh	
MBR, total size: 446 + 64 + 2 =				512

Layout of one 16-byte partition record

Offset	Description
0x00	(1 byte) Status ^[3] (0x80 = bootable, 0x00 = non-bootable, other = malformed ^[4])
0x01	(3 bytes) Cylinder-head-sector address of the first sector in the partition ^[5]
0x04	(1 byte) Partition type ^[5]
0x05	(3 bytes) Cylinder-head-sector address of the last sector in the partition ^[6]
0x08	(4 bytes) Logical block address of the first sector in the partition
0x0C	(4 bytes) Length of the partition, in sectors

[MBR]

Master Boot Record, MBR – tai kompiuterio užkrovimo blokas. Jis yra HDD pagrindinės (bootable) particijos pirmasis sektorius (Nr. 0).

MBR nurodo kompiuteriui:

- Kaip užkrauti operacinę sistemą (bootstrap code area),
- Kaip suskaldytas / padalintas diskas

Particijos iš kurių OS nstartuoja, MBR yra tuščios.

[Standžiųjų diskų kaupiklių sąsajos]

Perduodamų duomenų sparta priklauso nuo išorinės sąsajos t.y. nuo HDD kontrolerio elektronikos darbo spartos, išorinės sąsajos tipo ir mainų režimo.

Galimos standžiųjų diskų sąsajos:

- IDE (Integrated Drive Electronics)
- EIDE (Enhanced Integrated Drive Electronics)
- SATA (Serial ATA)
- SCSI (Small Computer System Interface)
- SAS (Serial Attached SCSI), NL-SAS (near line SAS)
- FC – AL (Fiber Channel Arbitrated Loop)

[IDE sąsaja]

IDE (*Integrated Drive Electronics*) – vienas iš anksčiausiai (1986m.) priimtų svarbių PC aparatūros standartų, apibrėžiančių duomenų perdavimą tarp procesoriaus ir standžiojo disko.

IDE reiškia, kad kontrolerio funkcijos realizuojamos standžiojo disko įtaise, todėl diskas jungiamas tiesiai prie sistemos magistralės.

IDE žinomas ir kitu vardu – **ATA** (*AT Attachment*).

Pagal IDE specifikaciją galima prijungti **ne daugiau kaip du diskus**, kurių kiekvieno talpa siekia 528MB (1986 m. atrodė, kad to pakaks).

[EIDE sąsaja]

EIDE (*Enhanced IDE*) standartas buvo priimtas 1993 metais, siekiant peržengti IDE ribojimus.

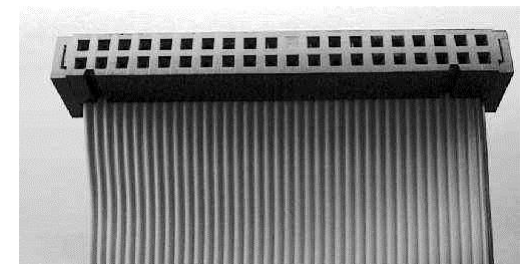
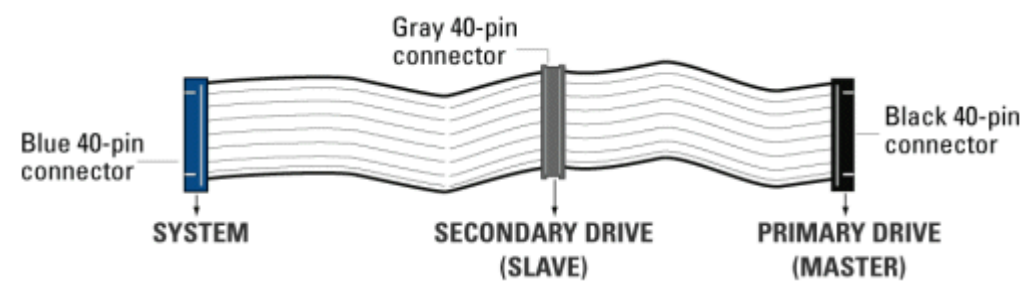
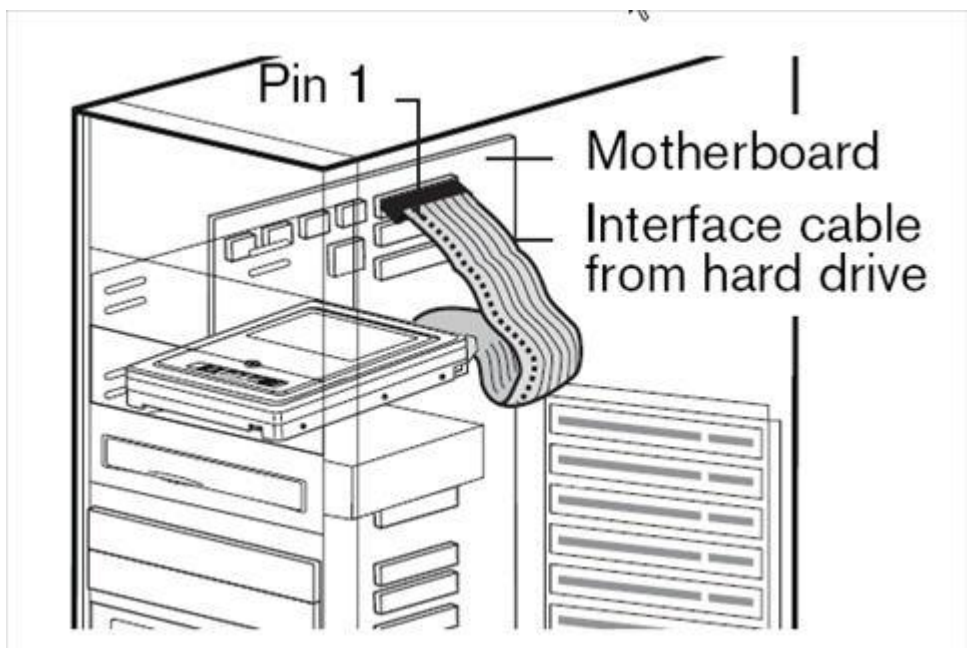
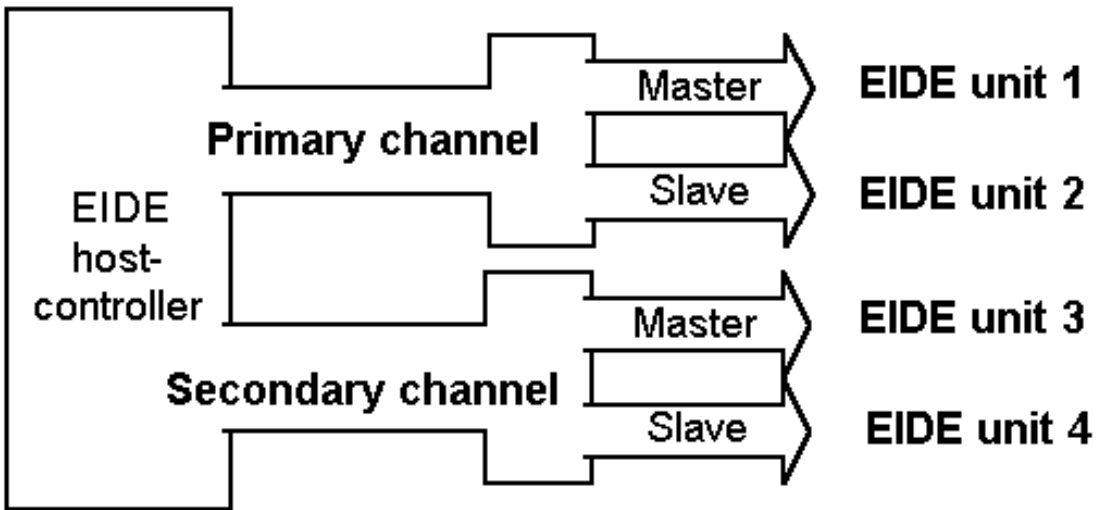
Kiekviename iš 2 kanalų gali dirbti du diskai - vedantysis (*master*) ir vedamasis (*slave*).

EIDE žymiai išplėtė ir disko talpos ribą – iki 8,4 GB, o vėliau – iki 400 GB.

Diskuose imta naudoti **diskų spart. atmintį**, kurie priima ar perduoda duomenis blokais (paprastai 4 KB).

Kad būtų galima prijungti ne tik diskus (ir CD-ROM), įvesta **ATAPI** (*AT Attachment Packet Interface*) specifikacija, kurioje yra specialios komandos, reikalingos CD-ROM.

[EIDE]



ATA variantai

Specifikacija	Ivesta	Galimi režimai	Maks. jungčių	Maks. pralaidumas
ATA	1986	PIO 1	2	4 MB/s
ATA-2	1994	PIO 4 DMA 2	2	16 MB/s
ATA-3	1996	PIO 4 DMA 2	2	16 MB/s
ATA/ ATAPI-4	1997	PIO 4, DMA 2, UDMA 2	2 kiekv. kabelyje	33 MB/s
ATA/ ATAPI-5	1999	PIO 4, DMA 2, UDMA 5	2 kiekv. kabelyje	66 MB/s

[IDE sąsajos variantai]

ATA / ATAPI-4 dar vadinama **Ultra-DMA, ATA-33** ir **DMA-33**

ATA / ATAPI-5 dar vadinama **ATA/66** – Quantum firmos pasiūlyta versija

Pagerinta jos versija vadinama **ATA/100**; jos sparta – 100 MB/s

Maxtor pasiūlė versiją, vadinamą **ATA/133**; jos sparta – 133 MB/s

PIO Mode	Data Transfer Rate (Mbps)	Standard
0	3.3	ATA
1	5.2	ATA
2	8.3	ATA
3	11.1	ATA-2
4	16.6	ATA-2

[Serial ATA sąsaja]

Tai – **nuosekloji** sąsaja.

Kiekvienas SATA diskas turi dedikuotą kabelį.

SATA sparta – 150 MB/s.

Privalumas – ne tik didesnė sparta, bet ir ploni kabeliai (lygiagrečiųjų sąsajų kabeliuose 40 ir senesniuose 80 laidininkų !!!).

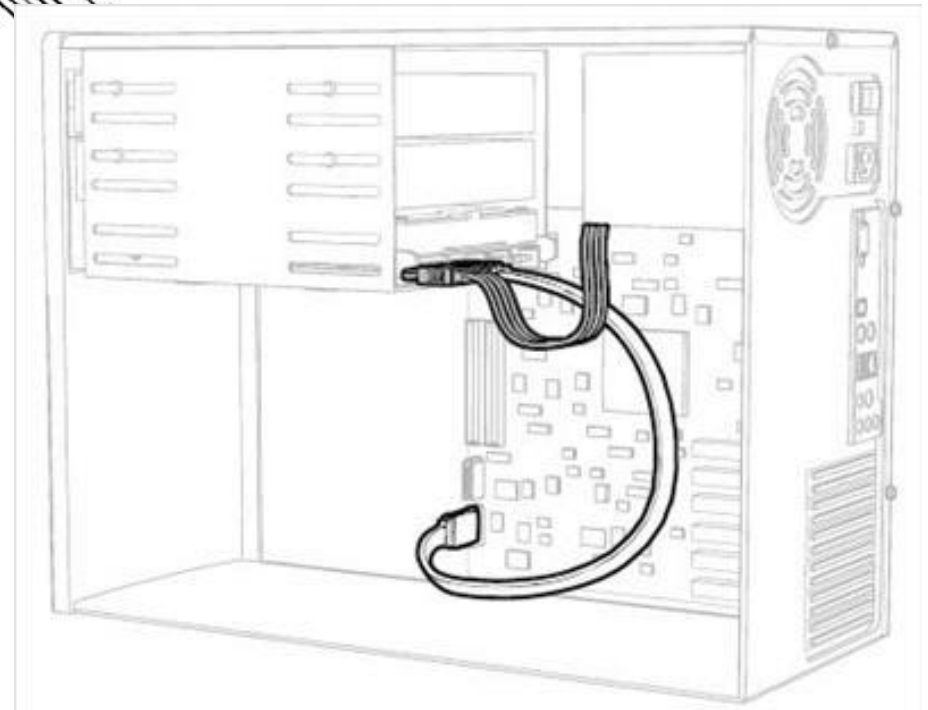
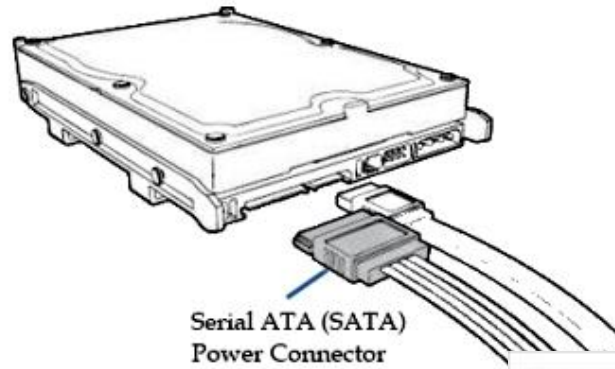
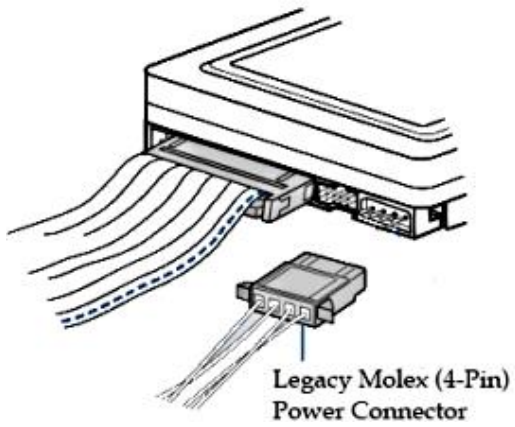
Šių kabelių ilgis gali siekti 1 m, tuo tarpu kai lygiagrečiųjų – iki 40 cm.

SATA-2 – 300MB/s

SATA-3 – 600MB/s

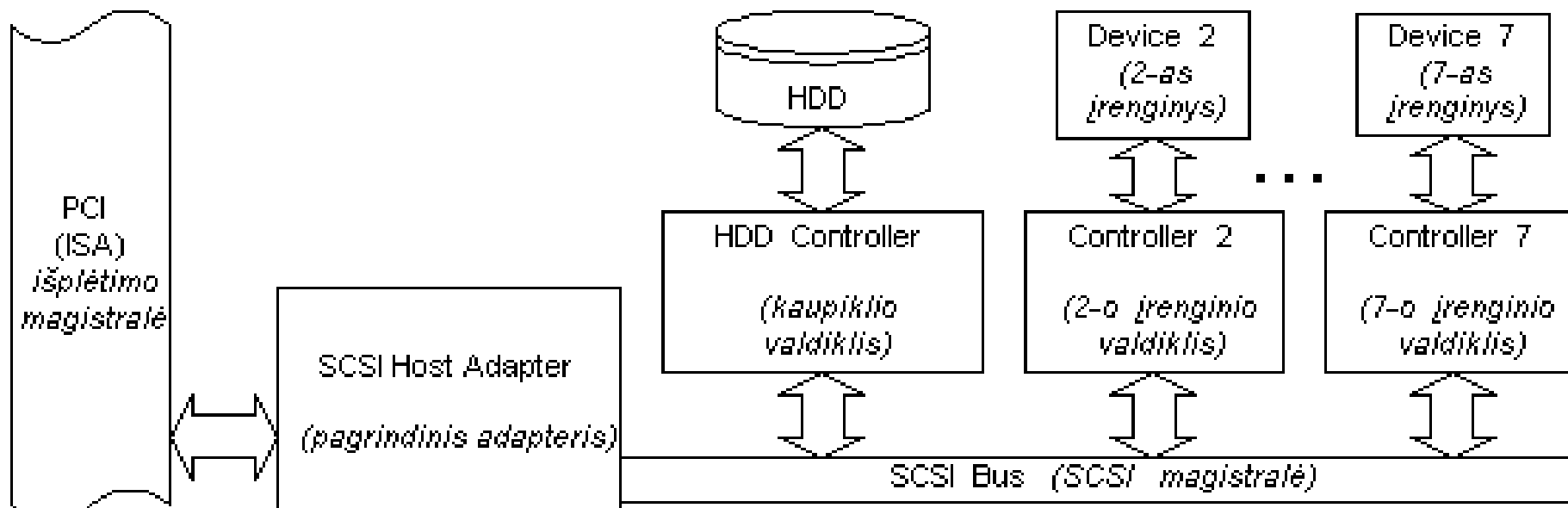
SATA suderinamas su SAS. Galimas diskų karšto keitimo atvejis.

[SATA]



SATA

[SCSI sąsaja ↩



Per SCSI galima prijungti iki 8 įrenginių.

Vienas iš šių įrenginių – adapterio plokštė, įstatyta kompiuteryje; 7 likusieji – periferiniai įrenginiai. Prie vieno adapterio galima prijungti standžiųjų diskų kaupiklius, CD-ROM kaupiklius, skenerius ir kitus įrenginius (iš viso ne daugiau kaip 7).

[SCSI]

SCSI-1 arba paprasčiau SCSI, standartizuotas ANSI 1986 m. Pralaidumas asinchroniame režime 1.5 MB/sec, sinchroniame – 5 MB/sec. 8-bit pločio kanalas, naudojamas 50 adatų jungtis.

SCSI-2 turi tokius pagerinimus, lyginant su SCSI-1: didesnis pralaidumas, platesnė magistralė, didesnis patikimumas, geresnis pariteto skaičiavimas. SCSI-2 duomenų perdavimo greitis nuo 5 MB/sec iki 10 MB/sec. Naudojamas pavadinimas Fast SCSI-2. SCSI-2 kanalo plotis nuo 8 bits iki 16 bitų. Toks pakeitimas pažymimas kaip Wide SCSI. Sujungiant Fast SCSI-2 su Wide SCSI pasiekiamas pralaidumas iki 20 MB/sec.

SCSI-3 pagrindiniai privalumas: didesnis perdavimo greitis, palaikoma iki 32 įrenginių vienoje grandinėje ir taip pat palaiko serial jungtis.

Serial jungimai leidžia SCSI-3 panaudoti tokiose technologijose:

Serial Storage Architecture (SSA), Fibre Channel ir IEEE P1394 (FireWire).

Nuoseklus (serial) perdavimo režimas leidžia gauti didesnę perdavimo greitį, prijungti daugiau įrenginių, supaprastina jungtį, leidžia naudoti ilgesnius kabelius.

[SCSI variantai]

<i>Variantai</i>	<i>Dažnis (MHz)</i>	<i>Pralaidumas, MB/s, Max</i>	<i>Plotis, bitais</i>	<i>Palaiko įtaisų</i>
SCSI-1	5	5	8	8
Wide SCSI	5	10	16	8
Fast SCSI	10	10	8	8
Fast Wide SCSI	10	20	16	16
Ultra SCSI	20	20	8	8
Ultra SCSI	20	20	8	4

[SCSI variantai (tęsinys)]

<i>Variantai</i>	<i>Dažnis (MHz)</i>	<i>Pralaidumas, MB/s, Max</i>	<i>Plotis, bitais</i>	<i>Palaiko įtaisų</i>
Wide Ultra SCSI	20	40	16	16
Wide Ultra SCSI	20	40	16	8
Wide Ultra SCSI	20	40	16	4
Ultra2 SCSI	40	40	8	8
Wide Ultra2 SCSI	40	80	16	16
Ultra3 SCSI (ULTRA 160)	80	160	16	16
Ultra320 SCSI	160	320	16	16

[SCSI nuoseklūs sujungimai]

SCSI nuoseklaus sujungimo technologijos:

- SSA (Serial Storage Architecture)
- SAS (Serial Attached SCSI)
- FC-AL (Fiber Channel)

[SAS]

Serial Attached SCSI (SAS) - tai nauja nuoseklaus tipo komunikacijų protokolų karta, sukurta, kad duomenų perdavimui didesniais nei SCSI greičiais, ir tuo pačiu suderinta su SATA.

SAS naudoja nuoseklios komunikacijos principą vietoj tradicinės lygiagrečios, kurią naudoja SCSI. SAS naudoja SCSI komandas įrenginių valdymui.

SAS palaiko iki **16384** įrenginių SAS grupėje ir užtikrina duomenų perdavimo greitį tarp įrenginių (**point to point**) iki **3 Gbit/s**.

2009 m. pasiektas **6 Gbit/s** greitis, planuojamas 12 Gbit/s.

SAS jungtis yra daug mažesnė nei tradicinė lygiagreti SCSI jungtis, o tai leidžia gaminti 2.5" diskus.

[SAS]

SAS jungtys gali būti 3 tipų:

- SFF 8482 – sumažinta jungtis, suderinta su SATA
- SFF 8484 – didelio tankio vidinė jungtis, leidžianti prijungti iki 4 įrenginių
- SFF 8470 – didelio tankio išorinė jungtis, suderinta su Infiniband ir leidžianti prijungti iki 4 įrenginių.

Jungtis, suderinta su SATA, leidžia prie SAS kontrolerio prijungti ir pigesnius SATA diskus. SAS diskai nėra suderinti su SATA magistrale, ir jų jungtyse yra speciali įpjova, kuri fiziškai neleidžia prijungti SAS disko prie SATA magistralės.

[SAS]

Serial Attached SCSI palaiko tris transporto protokolus:

- Serial SCSI Protocol (SSP) — *SAS diskų palaikymas*
- Serial ATA Tunneling Protocol (STP) — *SATA diskų palaikymui*
- Serial Management Protocol (SMP) — *SAS plėtinių valdymui*

[SAS]

