

Pamięci masowe

Mianem **pamięci masowej** (ang. *mass memory, mass storage*) określa się różne techniki i urządzenia pozwalające na trwałe przechowywanie dużych ilości danych cyfrowych (w przeciwieństwie do ulotnej i mało pojemnej pamięci RAM). Urządzenia służące do odczytu i zapisu są nazywane napędami; dane są przechowywane na nośnikach.

Posiadanie wydajnego dysku twardego nie oznacza, że mamy rozwiązany problem przechowywania dużej ilości danych. Urządzenie musi zostać podłączone do wydajnego interfejsu, który pozwoli na szybką wymianę informacji między napędem a pozostałymi komponentami.

ATA (*Advanced Technology Attachments*)

interfejs systemowy w komputerach klasy PC i Amiga przeznaczony do komunikacji z dyskami twardymi zaproponowany w 1983 przez firmę Compaq. Używa się także zamiennie skrótu **IDE** (*Integrated Drive Electronics*), od 2003 roku (kiedy wprowadzono Serial ATA) standard ten jest określany jako **PATA** (od "Parallel ATA").

Standard ATA nie jest już rozwijany w kierunku zwiększania szybkości transmisji. Początkowo stosowano oznaczenia ATA-1, ATA-2 itd., obecnie używa się określeń związanych z przepustowością interfejsu (ATA/33, ATA/66, ATA/100, ATA/133).

Rozwój równoległego interfejsu ATA przyniósł wiele nowych technologii i rozwiązań, które warto przybliżyć:

PIO (ang. *Programmed Input/Output* — programowalne wejście-wyjście) — pierwsza metoda transferu danych w interfejsie ATA umożliwiająca wymianę danych między płytą a napędem. Jest kontrolowana programowo przez procesor, co powoduje jego znaczne obciążenie. Pozwala na pracę w kilku trybach (0 – 4) różniących się maksymalną szybkością transferu.

DMA (ang. *Direct Memory Access* — bezpośredni dostęp do pamięci) — specjalny tryb umożliwiający napędowi podłączonemu do interfejsu komunikację bezpośrednio z pamięcią operacyjną RAM bez udziału procesora. Powstał jako odpowiedź na niedoskonałości PIO. Pozwala na pracę w kilku trybach różniących się maksymalną szybkością transferu.

Ultra DMA (UDMA) — w pewnym momencie okazało się, że PIO i DMA nie są wystarczająco wydajne. Opracowano nową technologię wykorzystującą magistralę PCI, zwaną Bus Mastering DMA, która ostatecznie przyjęła nazwę Ultra DMA. UDMA łączy napęd bezpośrednio z pamięcią RAM i pozwala na transfer (w zależności od trybu) od 16,7 MB/s do 133 MB/s — nie obciążając zbytnio procesora.

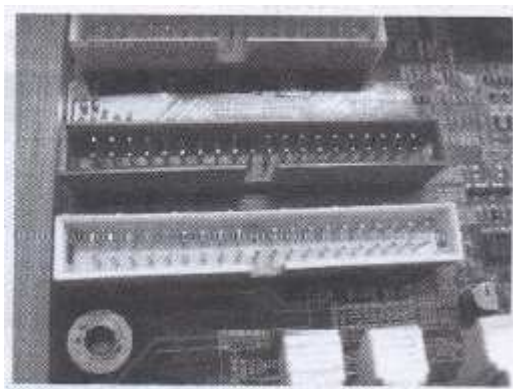
Identify Drive (identyfikacja napędu) — specjalne polecenie umożliwiające oprogramowaniu płyty głównej (BIOS) identyfikację i sprawdzenie parametrów napędów.

S.M.A.R.T. (ang. *Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology*) — technologia umożliwiająca wykrywanie i przewidywanie awarii napędu.

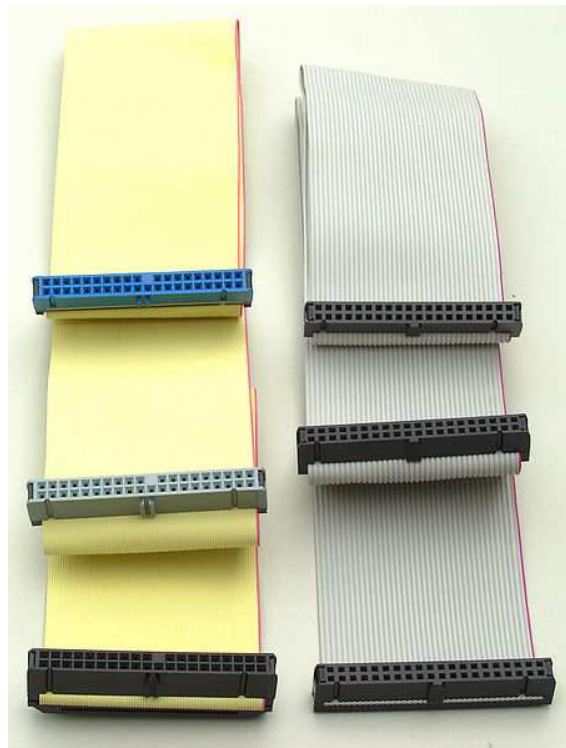
ATAPI (ang. *AT Attachment Packet Interface*) — rozszerzony interfejs umożliwiający obsługę urządzeń typu: CD-ROM, CD-RW, napędy dyskietek LS-120, napędy ZIP, napędy taśm itp.

Security Feature — specjalny tryb bezpieczeństwa umożliwiający chronienie dostępu do napędu za pomocą hasła.

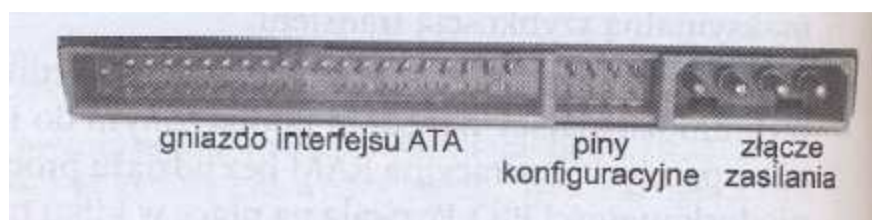
Gniazda i taśmy



Gniazda równoległego IDE
zamontowane na płycie głównej



Taśmy ATA 80 i 40 żyłowe



Złącze interfejsu ATA, pinów konfiguracyjnych oraz złącza zasilania dysku twardego

SCSI (Small Computer Systems Interface)

Równolegle do standardu ATA rozwijał się inny interfejs — SCSI (ang. *Small Computer System Interface* — Interfejs dla małych systemów komputerowych).

Technologicznie SCSI jest bardziej zaawansowany od swojego konkurenta, co oznacza, że częściej jest wybierany jako interfejs komputerów realizujących zadania serwerowe. Przyjęła się zasada stosowania interfejsu ATA tam, gdzie liczą się prostota i niskie koszty. Z kolei SCSI znajduje zastosowanie w systemach wymagających dużej wydajności.

Kontrolery ATA i SATA najczęściej są zintegrowane z chipsetem płyty głównej. W przypadku SCSI kontroler przyjmuje formę karty rozszerzeń nazywanej **adapterem hosta** (ang. *host adapter*) i montowanej w jednym z gniazd magistral I/O.



Kontroler SCSI-2 na karcie rozszerzeń z interfejsem ISA

Budowa magistrali SCSI wymaga zakończenia jej specjalnym terminatorem.

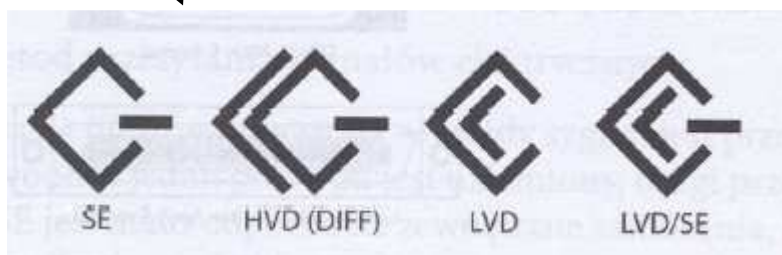


Jedną z ważniejszych cech standardu SCSI odróżniających go od ATA jest obsługa bardziej różnorodnych urządzeń (skanery, dyski twarde, napędy optyczne, napędy taśm). Dodatkowo istnieje możliwość jednoczesnego podłączenia kilkunastu urządzeń (w ATA przy dwóch kanałach można podłączyć tylko cztery). Od 1986 roku, kiedy oficjalnie opublikowano standard, powstało wiele odmian i wariantów interfejsu SCSI

Wszystkie urządzenia podłączone do magistrali są równorzędne, każde z nich może pełnić rolę zarówno inicjatora (rozpoczynać operację), jak i celu (wykonywać operację zleconą przez inicjatora). Niektóre urządzenia potrafią pełnić tylko jedną z ról.

Aby urządzenie SCSI po podłączeniu do interfejsu mogło prawidłowo funkcjonować, musi zostać ustawiony jego identyfikator SCSI ID. Do magistrali 8-bitowej można podłączyć osiem urządzeń numerowanych od 0 do 7, a do 16-bitowej — 16 urządzeń numerowanych od 0 do 15. Urządzenie konfiguruje się za pomocą zworek lub przełącznika, a im mniejszy numer ID, tym większy priorytet podłączonego sprzętu.

Jeżeli chcemy sprawdzić, jakie urządzenia SCSI zostały zamontowane w komputerze, powinniśmy uruchomić menedżer urządzeń i odnaleźć symbol rombu. Wygląd piktogramu zmienia się w zależności od typu zastosowanego kontrolera i sprzętu SCSI



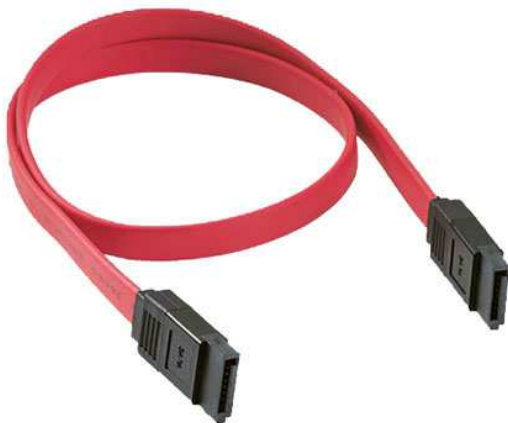
Symbole urządzeń SCSI: SE, LVD, wielofunkcyjne i HVD

Serial ATA (*Serial Advanced Technology Attachment*)

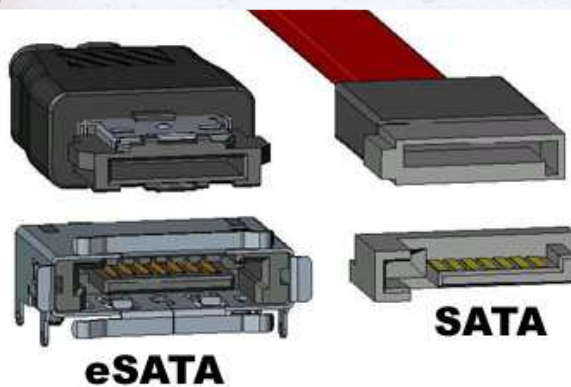
Wersja ATA-7 zakończyła rozwój ATA równoległego. Nowszy szeregowy interfejs SATA (ang. *Serial ATA* — ATA szeregowy) jest kompatybilny z ATA tylko na poziomie programowym, co oznacza, że oprogramowanie zazwyczaj nie będzie miało problemów z obsługą urządzeń podłączonych do SATA (tabela 2.6). Na poziomie sprzętowym nie ma zgodności i nie można łączyć napędów różnych standardów (tabela 2.6).

Typ SATA	Przepustowość (MB/s)
SATA 1 (SATA-150) <i>Serial ATA Revision 1.x</i>	150
SATA 2 (SATA-300) <i>Serial ATA Revision 2.0</i>	300
SATA 2 (SATA 3 Gb/s) <i>Serial ATA Revision 2.6</i>	375
SATA 3 (SATA 6 Gb/s) <i>Serial ATA Revision 3.1</i>	750

Zestawienie standardów SATA



W standardzie SATA wykorzystano metodę transmisji różnicowej. Okablowanie składa się z siedmiu cienkich miedzianych żył zakończonych złączami o szerokości 14 mm. Napędy są zasilane za pomocą 15-żyłowego przewodu zakończonego złączem o szerokości 24 mm. Kabel danych może mieć długość do 1 m i z racji swojej budowy jest tańszy w produkcji niż okablowanie ATA. Jedną z wersji interfejsu SATA, eSATA (ang. *external SATA* — zewnętrzne SATA), umożliwia stosowanie okablowania 2-metrowego do podłączania urządzeń znajdujących się poza obudową komputera.



Wdrożenie specyfikacji *Serial ATA Revision 2.x* zaowocowało wprowadzeniem do standardu nowych elementów, którymi są:

- transfer do 3 Gb/s (375 MB/s);
- kolejkovanie poleceń NCQ (ang. *Native Command Queuing*) — specjalny algorytm obliczający kolejność pobierania pofragmentowanych danych z dysku w celu zwiększenia wydajności odczytu;
- interfejs AHCI (ang. *Advanced Host Controller Interface*) — interfejs (zintegrowany z chipsetem płyty głównej) o dużej wydajności umożliwiający korzystanie ze sterowników i oprogramowania systemu operacyjnego w celu wykorzystania zaawansowanych funkcji SATA;
- zaimplementowany tryb *hot plugging* (*Hot Swap*) — podłączanie/wyłączanie napędów bez podłączania/wyłączania urządzeń;
- powielacze portów (ang. *port multipliers*) — urządzenia umożliwiające przyłączenie do głównego adaptera hosta do 16 urządzeń;
- stopniowanie rozruchu dysków (ang. *staggered spin-up*) — stopniowy rozruch dysków w celu uniknięcia zbyt dużego obciążenia prądowego interfejsu SATA.

Najnowszą odsłoną interfejsu SATA jest *Serial ATA Revision 3.x* (SATA 6 Gb/s), który umożliwia transfer do 750 MB/s. Trzecia generacja SATA wprowadziła kilka nowości:

- interfejs SATA USM (ang. *Universal Storage Module*) — pozwala na szybkie podłączanie zewnętrznych pamięci masowych bez użycia okablowania, umożliwiając transfer do 6 Gb/s;
- złącze mSATA (ang. *micro SATA*) — bazujący na miniPCI Express konektor umożliwiający podłączanie niewielkich napędów SSD oraz pamięci flash;
- *Zero-Power Optical Disk Drive* — tryb umożliwiający oszczędzanie energii podczas współpracy interfejsu SATA z urządzeniami pracującymi w trybie IDLE;
- *Required Link Power Management* — system inteligentnego zarządzania energią dla wszystkich podłączonych napędów SATA zmniejszający pobór energii;
- *Queued Trim Command* — opcja przeznaczona dla dysków SSD mająca na celu zwiększenie ich żywotności;

SAS (Serial Attached SCSI)

W 2003 roku organizacja **Technical Committee T10** rozwijająca standardy SCSI opublikowała specyfikację szeregowego **SCSI SAS** (ang. *Serial Attached SCSI*). Celem twórców standardu SAS był tani interfejs zbliżony możliwościami do optycznego szeregowego interfejsu **Fibre Channel**³.

SAS, podobnie jak SATA, korzysta z połączenia *point-to-point*. Zastosowano to samo okablowanie i ten sam standard złączy. Okablowanie wewnętrzne może mieć długość 1 m, zewnętrzne — nawet do 10 m. SAS jest kompatybilny z SCSI programowo, nie sprzętowo. Pierwsza wersja SAS umożliwia transfer do 300 MB/s, druga — SAS-2 — do 600 MB/s. Na koniec 2012 roku planowany jest debiut SAS-3 z transferem 1,2 GB/s.

SAS wprowadza nową klasę urządzeń — tzw. ekspandery. To rodzaj przełączników (ang. *switch*) między płytą a urządzeniami końcowymi. Główny ekspander *fanout* umożliwia podłączenie i zarządzanie 128 ekspanderami brzegowymi (ang. *edge expander*), z których każdy dopuszcza podłączenie do 128 urządzeń końcowych. Ostatecznie interfejs SAS pozwala na komunikację przeszło 16 000 różnego rodzaju napędów.

Macierze RAID

RAID 0

Polega na połączeniu ze sobą dysków fizycznych tak, aby były widziane jako jeden dysk logiczny. Powstała w ten sposób przestrzeń ma rozmiar taki jak $N \times \text{rozmiar najmniejszego z dysków}$. Dane są przeplecione pomiędzy dyskami. Dzięki temu uzyskuje się znaczne przyspieszenie operacji zapisu i odczytu ze względu na równoległe wykonywanie operacji na wszystkie dyski w macierzy.

Korzyści:

- przestrzeń wszystkich dysków jest widziana jako całość,
- przyspieszenie zapisu i odczytu w porównaniu do pojedynczego dysku.

Wady:

- brak odporności na awarię dysków,
- $N \times \text{rozmiar najmniejszego z dysków}$ (zwykle łączy się jednakowe dyski),
- zwiększenie awaryjności. Awaria pojedynczego dysku powoduje utratę wolumenu, a szansa na awarię jednego z N dysków rośnie wraz z N .

RAID 1

Polega na replikacji pracy dwóch lub więcej dysków fizycznych. Powstała przestrzeń ma rozmiar najmniejszego nośnika. RAID 1 jest zwany również lustrzanym (ang. mirroring). Szybkość zapisu i odczytu zależy od zastosowanej strategii:

- Zapis:
 - o zapis sekwencyjny na kolejne dyski macierzy – czas trwania operacji równy sumie czasów trwania wszystkich operacji
 - o zapis równoległy na wszystkie dyski macierzy – czas trwania równy czasowi trwania operacji na najwolniejszym dysku
- Odczyt:
 - o odczyt sekwencyjny z kolejnych dysków macierzy (ang. *round-robin*) – przy pewnej charakterystyce odczytów możliwe osiągnięcie szybkości takiej jak w RAID 0
 - o odczyt wyłącznie ze wskazanych dysków – stosowane w przypadku znacznej różnicy w szybkościach odczytu z poszczególnych dysków

Korzyści:

- odporność na awarię $N - 1$ dysków przy N -dyskowej macierzy
- możliwe zwiększenie szybkości odczytu
- możliwe zmniejszenie czasu dostępu

Wady:

- możliwa zmniejszona szybkość zapisu
- utrata pojemności (całkowita pojemność jest taka jak pojemność najmniejszego dysku)

RAID 2

Dane na dyskach są paskowane. Zapis następuje po 1 bicie na pasek. Potrzebujemy minimum 8 powierzchni do obsługi danych oraz dodatkowe dyski do przechowywania informacji generowanych za pomocą kodu Hamminga potrzebnych do korekcji błędów. Liczba dysków używanych do przechowywania tych informacji jest proporcjonalna do logarytmu liczby dysków, które są przez nie chronione. Połączone dyski zachowują się jak jeden duży dysk. Dostępna pojemność to suma pojemności dysków przechowujących dane.

Korzyści:

- każdy dowolny dysk (zarówno z danymi jak i z kodem Hamminga) może w razie uszkodzenia zostać odbudowany przez pozostałe dyski

Wady:

- konieczność dokładnej synchronizacji wszystkich dysków zawierających kod Hamminga (w przeciwnym wypadku dezorganizacja i całkowita nieprzydatność tych dysków)
- długotrwałe generowanie kodu Hamminga przekładające się na wolną pracę całego systemu

RAID 3

Dane składowane są na $N-1$ dyskach. Ostatni dysk służy do przechowywania sum kontrolnych. Działa jak striping (RAID 0), ale w macierzy jest dodatkowy dysk, na którym zapisywane są kody parzystości obliczane przez specjalny procesor.

Korzyści:

- odporność na awarię 1 dysku
- zwiększona szybkość odczytu

Wady:

- zmniejszona szybkość zapisu z powodu konieczności kalkulowania sum kontrolnych (eliminowana poprzez zastosowanie sprzętowych kontrolerów RAID)
- w przypadku awarii dysku dostęp do danych jest spowolniony z powodu obliczeń sum kontrolnych
- odbudowa macierzy po wymianie dysku jest operacją kosztowną obliczeniowo i powoduje spowolnienie operacji odczytu i zapisu
- pojedynczy, wydzielony dysk na sumy kontrolne zazwyczaj jest wąskim gardłem w wydajności całej macierzy

RAID 4

RAID 4 jest bardzo zbliżony do RAID 3, z tą różnicą, że dane są dzielone na większe bloki (16, 32, 64 lub 128 kB). Takie pakiety zapisywane są na dyskach podobnie do rozwiązania RAID 0. Dla każdego rzędu zapisywanych danych blok parzystości zapisywany jest na dysku parzystości.

RAID 5

Poziom piąty pracuje bardzo podobnie do poziomu czwartego z tą różnicą, iż bity parzystości nie są zapisywane na specjalnie do tego przeznaczonym dysku, lecz są rozpraszane po całej strukturze macierzy. RAID 5 umożliwia odzyskanie danych w razie awarii jednego z dysków przy wykorzystaniu danych i kodów korekcyjnych zapisanych na pozostałych dyskach. RAID 5 oferuje większą prędkość odczytu niż lustrzany (ang. mirroring) ale przy jego zastosowaniu nieznacznie spada prędkość zapisu. Poziom piąty jest bezpieczny dla danych – w razie awarii system automatycznie odbuduje utracone dane, tak by mogły być odczytywane, zmniejszając jednak bieżącą wydajność macierzy. Spowolnienie ma charakter przejściowy, zaś jego czas zależy od obciążenia macierzy i pojemności dysku. Po zamontowaniu nowego dysku i odbudowaniu zawartości dysku wydajność macierzy wraca do normy.

Macierz składa się z 3 lub więcej dysków. Przy macierzy liczącej N dysków jej objętość wynosi $N - 1$ dysków. Przy łączeniu dysków o różnej pojemności otrzymujemy objętość najmniejszego dysku razy $N - 1$. Sumy kontrolne danych dzielone są na N części, przy czym każda część składowana jest na innym dysku, a wyliczana jest z odpowiedniego fragmentu danych składowanych na pozostałych $N-1$ dyskach.

Korzyści:

- odporność na awarię jednego dysku,

- zwiększona szybkość odczytu – porównywalna do macierzy RAID 0 złożonej z N-1 dysków.

Wady:

- zmniejszona szybkość zapisu z powodu konieczności obliczania sum kontrolnych (eliminowana poprzez zastosowanie sprzętowego kontrolera RAID5),
- w przypadku awarii dysku dostęp do danych jest spowolniony z powodu obliczeń danych na podstawie pozostałych danych i sum kontrolnych,
- odbudowa macierzy po wymianie dysku jest operacją kosztowną zarówno w sensie obliczeniowym jak i I/O, co powoduje spowolnienie operacji odczytu i zapisu. Wraz ze wzrostem pojemności pojedynczego dysku staje się to coraz większym problemem, gdyż rosnący czas odbudowy grupy RAID zwiększa ryzyko utraty danych w wyniku awarii kolejnego dysku w tym czasie.

Dysk twardy

Dysk twardy jest jednym z typów urządzeń pamięci masowej, wykorzystujących nośnik magnetyczny do przechowywania danych. Nazwa dysk twardy (ang. *hard disk*) powstała w celu odróżnienia tego typu urządzeń od tzw. dysków miękkich, czyli dyskietek (ang. *floppy disk*), w których nośnik magnetyczny naniesiono na podłoże elastyczne, a nie jak w dysku twardym na podłoże sztywne.

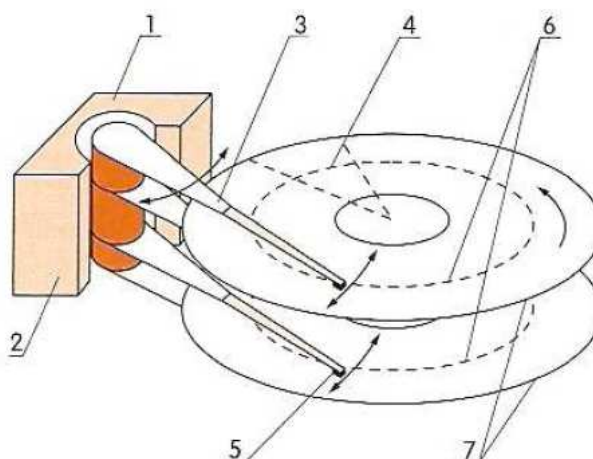
Dysk twardy składa się z zamkniętego w obudowie wirującego talerza lub zespołu talerzy, wykonanych zwykle ze stopów aluminium o wypolerowanej powierzchni pokrytej nośnikiem magnetycznym (grubości kilku mikrometrów) oraz z głowic elektromagnetycznych umożliwiających zapis i odczyt danych. Na każdą powierzchnię talerza dysku przypada po jednej głowicy odczytu i zapisu. Głowice są umieszczone na elastycznych ramionach i w stanie spoczynku stykają się z talerzem blisko osi, w czasie pracy unoszą się, a ich odległość nad talerzem jest stabilizowana dzięki sile aerodynamicznej powstałej w wyniku szybkich obrotów talerza.

Zasada działania dysku twardego

Ramię głowicy dysku ustawia głowice w odpowiedniej odległości od osi obrotu talerza, w celu odczytu lub zapisu danych na odpowiednim cylindrze. Umieszczona w silnym polu magnetycznym cewka porusza się i zajmuje położenie zgodnie z przepływającym przez nią prądem, ustawiając ramię w odpowiedniej pozycji. Dzięki temu czas przejścia między kolejnymi ścieżkami jest nawet krótszy niż 1 ms, a przy większych odległościach nie przekracza kilkudziesięciu milisekund. Układ regulacyjny prądu zmienia natężenie prądu, tak by głowica ustabilizowała jak najszybciej swe położenie w zadanej odległości od środka talerza.

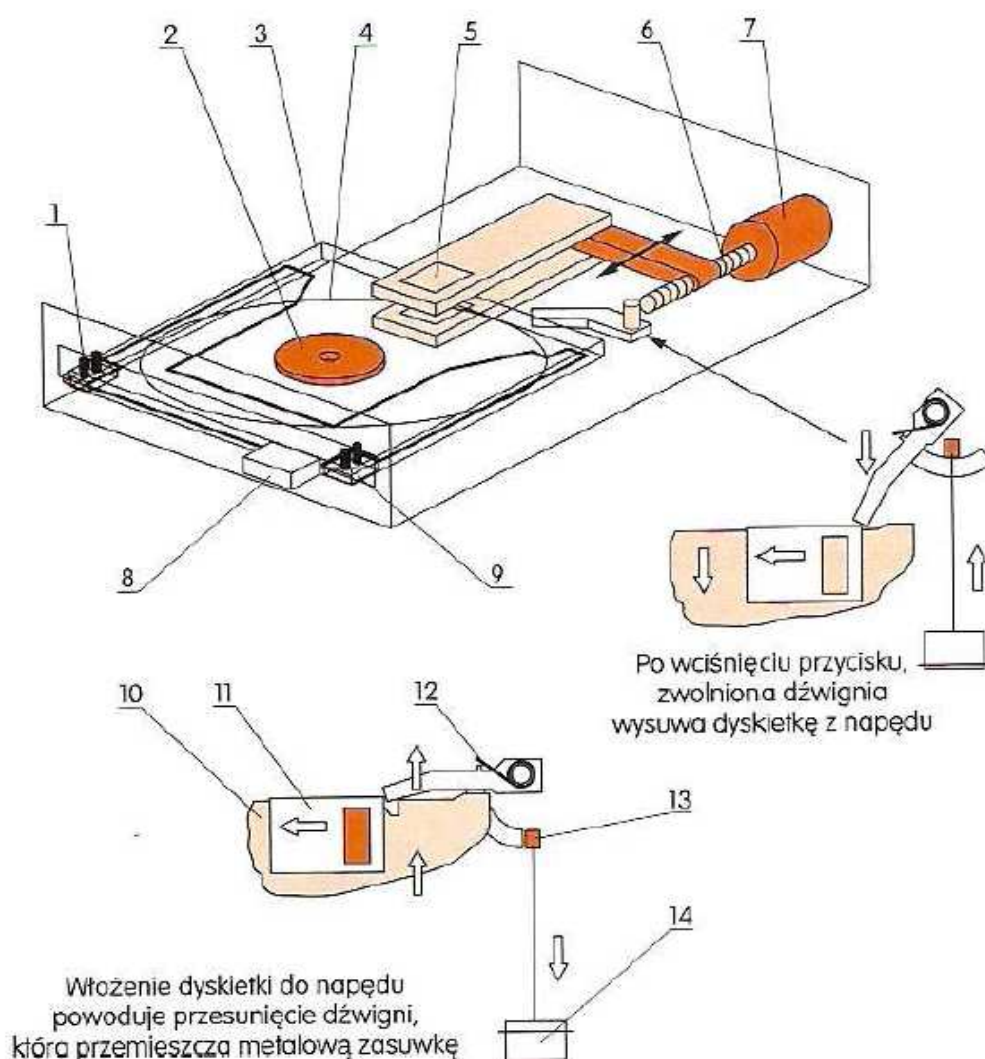
Rys. 6.1. Budowa dysku twardego

1 – silnik liniowy, 2 – mechanizm pozycjonujący, 3 – ramię głowicy, 4 – sektor, 5 – głowica zapisu/odczytu unoszona na „poduszce” powietrznej nad powierzchnią dysku, 6 – ścieżki tworzące cylinder, 7 – dyski wirujące z prędkością 7200 obr/min



Napęd FDD

Dyskietka (ang. *floppy disk*) jest to krążek wykonany z elastycznego tworzywa sztucznego, pokryty warstwą materiału magnetycznego. Grubość krążka jest mniejsza niż 1/10 mm, a grubość warstwy magnetycznej wynosi tylko 0,0025 mm. Zapis danych odbywa się na koncentrycznych ścieżkach, których liczba może być równa 35, 40 lub 80. Zwykle średnice dyskietek to 5,25 lub 3,5 cala. W komputerach osobistych używano dyskietek o pojemnościach 360 KB, 720 KB, 1,2 MB lub 1,44 MB. Kontroler może współpracować z dwoma napędami dysków (360 KB i 1,2 MB – dyski 5,25 cala oraz 720 KB i 1,44 MB – dyski 3,5 cala).



Budowa napędu dyskietek oraz dyskietki

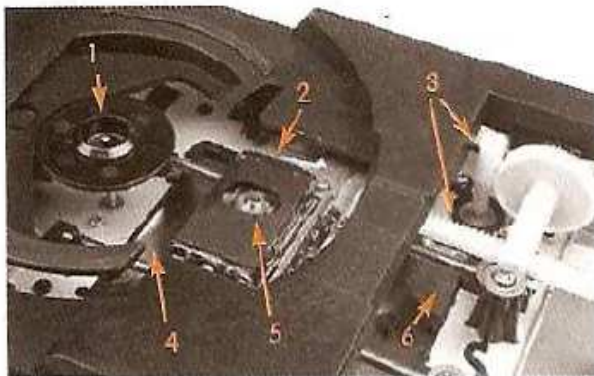
1 – czujnik ochrony zapisu, 2 – silnik napędu dysku, 3 – plastikowa obudowa dyskietki, 4 – dyskietka, 5 – głowice zapisu/odeczytu, 6 – przekładnia ślimakowa, 7 – silnik napędu głowic, 8 – przycisk wysuwu dyskietki, 9 – czujnik rodzaju dyskietki, 10 – fragment dyskietki, 11 – metalowa zasuwka, 12 – sprężyna, 13 – blokada dźwigni, 14 – przycisk wysuwu dyskietki

Obecnie używa się prawie wyłącznie dyskietek o średnicy 3,5 cala i pojemności 1,44 MB. Dyskietka o pojemności 1,44 MB ma po obu stronach po 80 ścieżek podzielonych na 18 sektorów o jednakowej długości – 512 Bajtów.

Napędy FDD są stosowane zarówno w wersji montowanej w obudowie komputera, jak i w postaci zewnętrznej stacji dysków.

Napędy optyczne

Napęd optyczny jest urządzeniem, które za pomocą wiązki lasera odczytuje dane z następujących nośników: CD (-R, -RW), DVD (-R, -RW, +R, +RW) lub najnowszych Blu-ray. Prędkość napędów optycznych podaje się w wielokrotnościach podstawowej prędkości 1x, która odpowiada przepustowości 150 kB/s (napędy CD), 1350 kB/s (napędy DVD) lub 5234 kB/s (napędy Blu-ray).



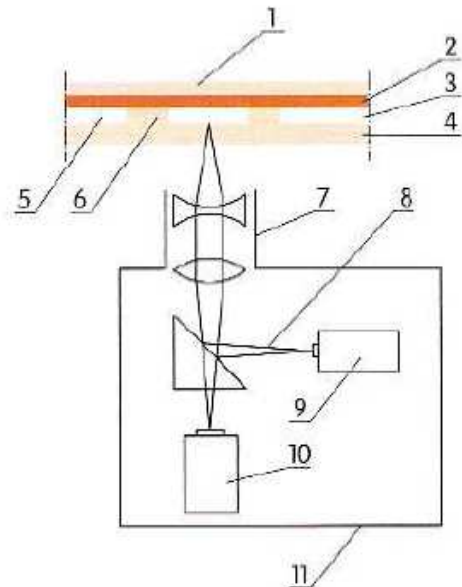
Budowa napędu optycznego

1 – talerz na płytę, 2 – ramię z laserem i soczewką, 3 – mechanizm napędzający ramię, 4 – silnik napędzający płytę, 5 – soczewka, 6 – silnik poruszający ramię

Zasada działania napędu optycznego

Płyta składa się z kilku nałożonych na siebie powierzchni. Na jednej z nich, sprasowanej poliwęglanowej, znajdują się miniaturowe zagłębienia o wielkości zaledwie tysięcznych części milimetra. Zapisane dane tworzą spiralną ścieżkę, która biegnie od środka płyty do jej brzegu i w tym właśnie kierunku jest odczytywana. Odczyt danych następuje w sposób bezkontaktowy za pomocą promienia świetlnego (lasera). Na powierzchnię płyty napyla się cienką warstwę aluminium, która nadaje jej charakterystyczny srebrzysto-tęczowy połysk. Gdy promień laserowy natrafi na gładką powierzchnię dysku (tzw. Land, czyli pole), odbija się od niej jak od lustra i wraca tą samą drogą do lasera. Umieszczony tu mały pryzmat kieruje strumień świetlny do fotodiody, która pochłania tak uzyskaną energię i zamienia ją w prąd elektryczny. Cały proces wygląda inaczej, gdy promień laserowy natrafi na zagłębienie w płycie (tzw. Pit, czyli dół). Zagłębienie to powoduje odbicie strumienia świat-

lnego w innym kierunku, w związku z czym nie trafia do fotodiody i prąd nie płynie. Za zero logiczne odpowiada pit lub land, natomiast za jedynekę logiczną – przejście pit–land lub land–pit.



Zasada działania napędu optycznego

1 – fragment płyty CD, 2 – nadruk, 3 – warstwa z aluminium, 4 – warstwa z tworzywa sztucznego, 5 – land, 6 – pit, 7 – obiektyw, 8 – strumień światła odbity od landu, 9 – dioda fotooptyczna, 10 – laser diodowy, 11 – głowica odczytująca

Standard CD

Płyta CD ma średnicę 120 mm, grubość 1,2 mm i przeciętnie waży ok. 15 g. Długość spirali z zapisanymi danymi na typowej płycie to ok. 5,4 km.

Rodzaje płyt CD:

- 200 MB (21 min), 8 cm;
- 650 MB (74 min), 12 cm;
- 700 MB (80 min), 12 cm;
- 800 MB (90 min), 12 cm;
- 870 MB (99 min), 12 cm.

Standard DVD

Płyta ma średnicę 120 mm i grubość 1,2 mm. Długość spirali z zapisanymi danymi na typowej płycie DVD to ok. 11,6 km.

Rodzaje płyt DVD:

- DVD-5 (video 120 min), pojemność 4,7 GB jednostronna jednowarstwowa;
- DVD-9 (video 240 min), pojemność 8,5 GB jednostronna dwuwarstwowa;
- DVD-10 (video 240 min), pojemność 9,4 GB dwustronna jednowarstwowa;
- DVD-18 (video 435 min), pojemność 17,08 GB dwustronna dwuwarstwowa.

Standard Blu-ray

Płyta Blu-ray Disc (BD) jest nośnikiem zapisu optycznego opracowanego przez powstałe w 2002 r. stowarzyszenie firm Blu-ray Disc Association (BDA). Wyróżnia się większą pojemnością od płyt DVD. Ten nowy typ nośnika pozwala na zapis 25 GB danych na płytach jednowarstwowych. Stosuje się również płyty dwuwarstwowe o pojemności 50 GB. Do zapisywania na tym nośniku jest używany laser niebieski (w nagrywarkach DVD używany jest laser czerwony). Jest to standard zapisu optycznego konkurencyjny do HD DVD.

Podstawową różnicą pomiędzy tymi laserami jest długość fali – promień czerwony ma 650 lub 635 nm, podczas gdy niebieski ma długość fali tylko 405 nm. Mniejsza długość pozwala na zmniejszenie rozmiaru pitów, co pozwala na gęstsze zapisywanie danych na jednostce powierzchni nośnika.

Standard HD-DVD

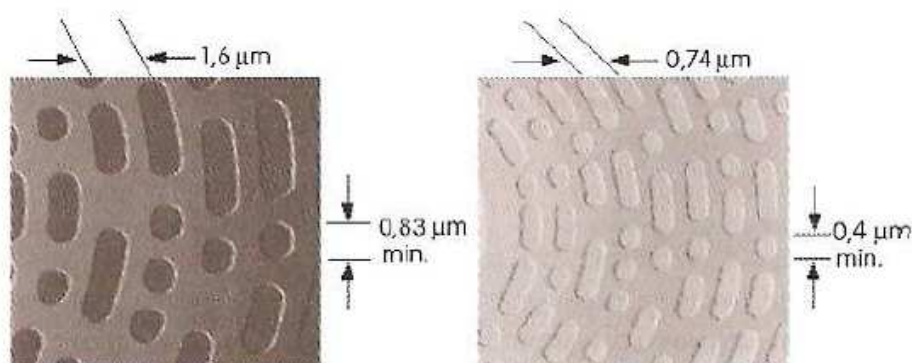
Standard HD DVD (ang. High Definition DVD) jest formatem zapisu optycznego danych, opracowanym przez firmy Toshiba, NEC i Memory-Tech, zrzeszone w organizacji AOSRA. Technologia zapisu jest podobna do płyt DVD, jednak znacznie bardziej pojemna, gdyż dzięki zastosowaniu niebieskiego lasera udało się znacznie powiększyć gęstość upakowania danych. Standard HD DVD jest konkurencyjny do Blu-ray.

Pojemność nośników HD DVD:

- HD DVD-ROM (tylko do odczytu):
 - 15 GB (jednostronny jednowarstwowy);
 - 30 GB (jednostronny dwuwarstwowy);
 - 30 GB (dwustronny jednowarstwowy);
 - 51 GB (jednostronny trójwarstwowy);
 - 60 GB (dwustronny dwuwarstwowy);
- HD DVD-R (jednokrotny zapis):
 - 15 GB (jednostronny jednowarstwowy);
 - 30 GB (dwustronny jednowarstwowy).
- HD DVD-RW (HD DVD-RW wielokrotny zapis):
 - 20 GB (jednostronny jednowarstwowy);
 - 32 GB (jednostronny dwuwarstwowy);
 - 40 GB (dwustronny jednowarstwowy).

Różnica między CD, DVD i BD oraz HD-DVD

Różnica pomiędzy płytami CD, DVD i BD pomimo tej samej wielkości i grubości płyty jest znacząca. Różnica ta wynika ze średnicy zastosowanego lasera. W przypadku CD laser ma długość fali 780 nm oraz średnica 0,8 μm . Dla DVD długość fali wynosi 650 lub 635 nm w zależności od zapisywanej warstwy oraz średnica 0,6 μm . Dla Blu-ray długość fali lasera to 415 nm a jego średnica to 0,48 μm .



Parametry zapisu optycznego na płytach: a) CD, b) DVD

Porównanie prędkości napędów optycznych

Rodzaj dysku Prędkość	CD		DVD		Blu-ray	
	[kB/s]	[MB/s]	[kB/s]	[MB/s]	[kB/s]	[MB/s]
1x	150	0,15	1350	1,32	5234	5,23
2x	300	0,29	2700	2,64	10458	10,46
4x	600	0,59	5400	5,27	20936	20,93
8x	1200	1,17	10800	10,55	41872	41,87
16x	2400	2,34	21600	21,09	83744	83,74
24x*	3600	3,52	32400	31,64	167488	167,48
40x*	6000	5,86	54000	52,73	334976	334,98
42x*	6300	6,15	56700	55,37	669952	669,95
48x*	7200	7,03	64800	63,28	1339904	1339,90
52x*	7800	7,62	70200	68,55	2679808	2678,08

* Teoretyczne prędkości dla napędów DVD i Blu-ray

Porównanie parametrów nośników optycznych

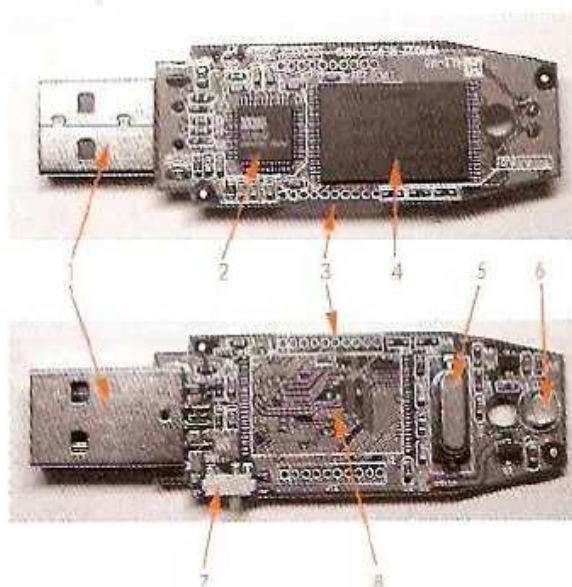
Parametry / Rodzaj dysku	CD	DVD	BD	HD-DVD
Wielkość płyty [cm]	12	12	12	12
Grubość płyty [mm]	1,2	1,2	1,2	1,2
Długość fali lasera [nm]	780	650 lub 635	405	405
Średnica lasera [μm]	0,8	0,6	0,48	0,48
Minimalna wielkość pitu [μm]	0,83	0,4	0,15	0,34
Odległość między ścieżkami [μm]	1,6	0,74	0,32	0,24

Pamięci półprzewodnikowe

Pamięć USB (znana m.in. pod nazwami: PenDrive, USB Flash Drive, Flash Disk, Flash Drive, Finger Disk) jest urządzeniem przenośnym zawierającym pamięć nieulotną typu Flash EEPROM, zaprojektowanym do współpracy z każdym komputerem poprzez port USB i używanym do przenoszenia danych (zapisywanych w plikach) między komputerami. Najnowsze PenDrive'y są coraz bardziej wytrzymałe, odporne na wstrząsy, a nawet na upadek z wysokości kilkudziesięciu metrów. Produkowane są też wersje wodoodporne i ognioodporne.

W przypadku pamięci USB najważniejsze są 3 parametry:

- pojemność, np. 8 GB;
- szybkość odczytu, np. 31 MB/s;
- szybkość zapisu, np. 15 MB/s.



Rys. 6.17. Budowa pamięci USB (PenDrive)

1 – łącze USB, 2 – kontroler pamięci, 3 – styki serwisowe, 4 – kość pamięci flash, 5 – rezonator kwarcowy, 6 – dioda LED, 7 – blokada zapisu, 8 – miejsce na dodatkową kość pamięci

Karty pamięci

Karta pamięci (ang. *memory card*) jest półprzewodnikowym nośnikiem danych. Karty są stosowane w następujących urządzeniach:

- aparaty cyfrowe;
- palm topy;
- telefony komórkowe;
- odtwarzacze MP3;
- kamery cyfrowe;
- odtwarzacze multimedialne;
- komputery.

Rodzaje kart pamięci:

- Secure Digital (SD):
 - mini SD,
 - micro SD,
- CompactFlash (CF):
 - CompactFlash I,
 - CompactFlash II,
- SmartMedia (SM),
- Memory Stick (MS):
 - Memory Stick PRO,
 - Memory Stick Duo,
 - Memory Stick PRO Duo,
- Multimedia Card (MMC),
- xD-Picture Card.

a)



b)



c)



d)



e)



Karty pamięci: a) Secure Digital (SD), b) CompactFlash (CF),
c) Memory Stick (MS), d) Multimedia Card (MMC), e) xD-Picture Card