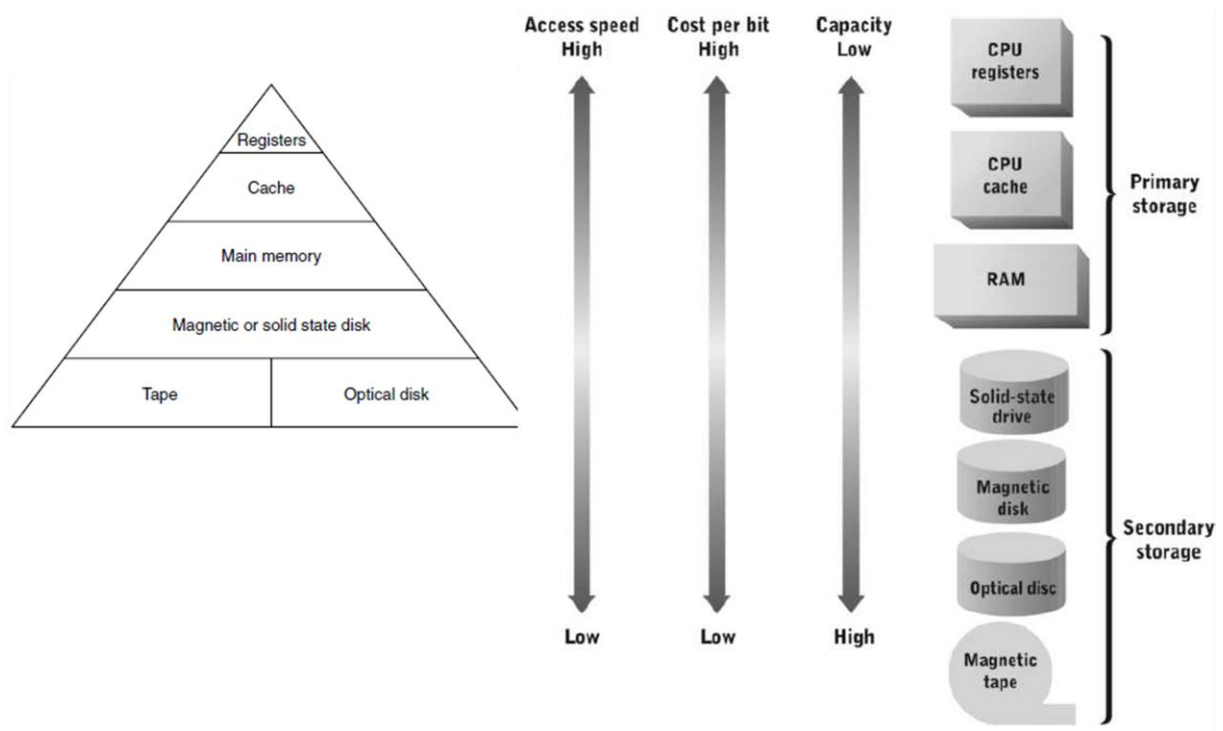


Hierarchiczny system pamięci

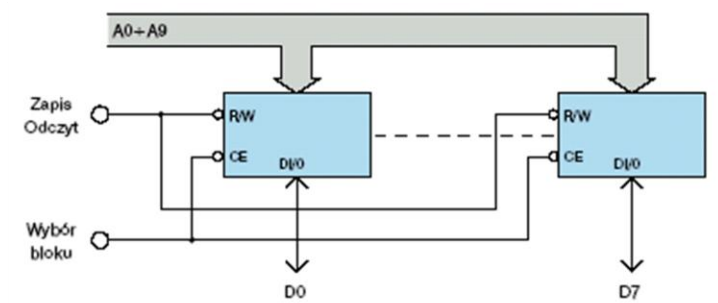
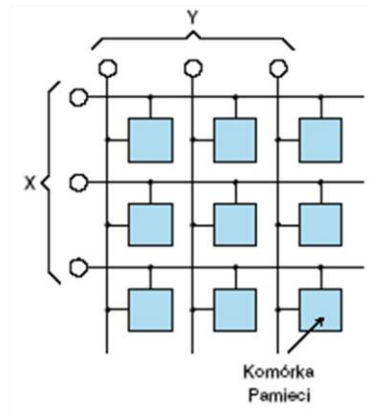
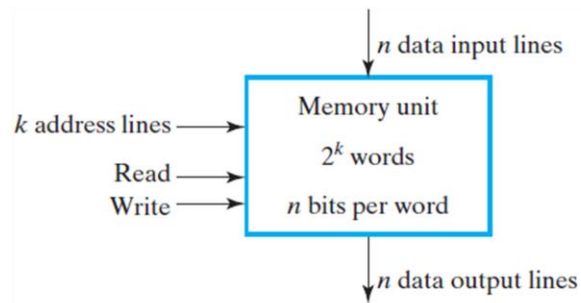
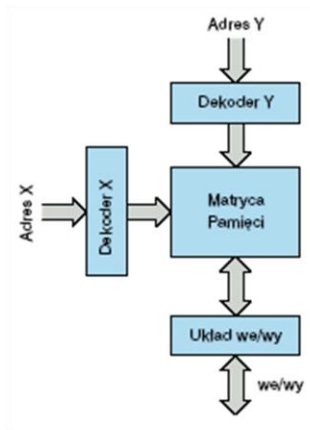


Pamięci w technice mikroprocesorowej - rodzaje, charakterystyka, zastosowania

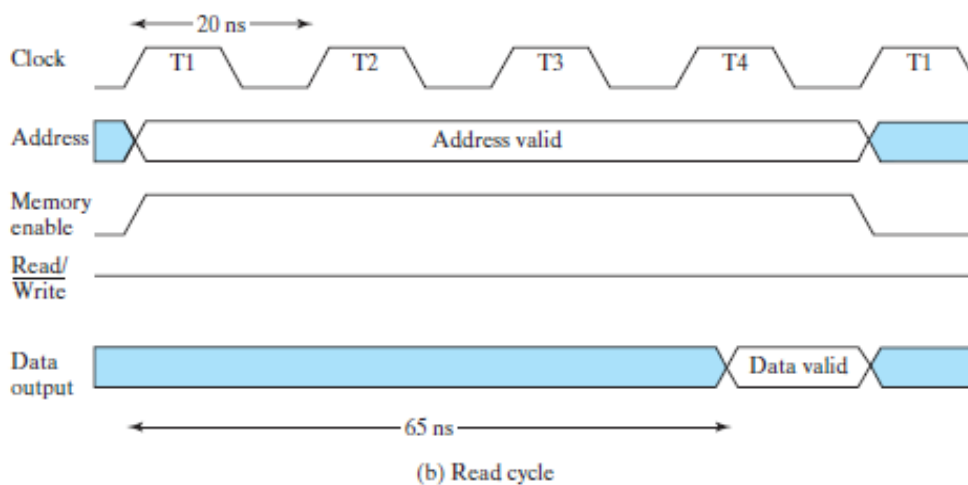
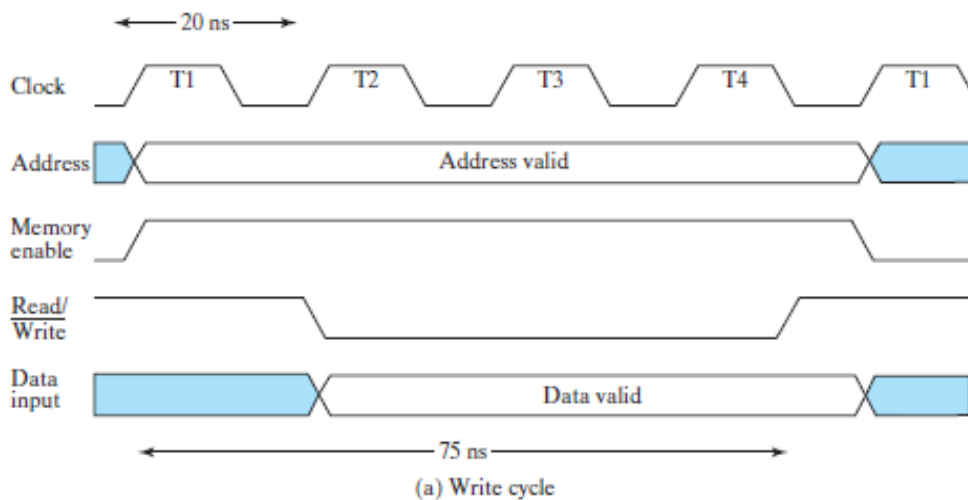
Typy pamięci, podział ze względu na:

- Ulotność,
 - statyczna RAM, ROM,
 - dynamiczna RAM,
- Miejsce w konstrukcji komputera,
 - pamięć robocza – RAM,
 - pamięć podręczna – cache,
 - pamięć zewnętrzna – masowa,
- Zapis / Odczyt,
 - tylko do odczytu,
 - jednokrotnego zapisu,
 - wielokrotnego zapisu,
- Rodzaj dostępu,
 - pamięć o dostępie swobodnym,
 - pamięć o dostępie szeregowym (sekwencyjnym),
 - pamięć o dostępie cyklicznym,

Pamięci



Blok pamięci o organizacji 8-bitowej



Pamięć RAM

Pamięć o swobodnym dostępie RAM pozwala odczytywać i zapisywać dane na dowolnym obszarze ich przechowywania, w przeciwieństwie do pamięci o dostępie sekwencyjnym. Chociaż określenie Random Access Memory wskazuje na różnego typu nośniki i pamięci z bezpośrednim dostępem do danych, skrót RAM zwykle się stosować do określania pamięci operacyjnej komputera. Pamięć operacyjna (DRAM) jest przestrzenią roboczą mikroprocesora przechowującą otwarte pliki systemu operacyjnego, uruchomione programy oraz efekty ich działania. Wymianą informacji między mikroprocesorem a pamięcią operacyjną steruje kontroler pamięci, który do niedawna był częścią chipsetu płyty głównej, a obecnie jest zintegrowany z CPU. Główną cechą pamięci RAM jest zdolność do przechowywania informacji tylko wtedy, gdy podłączone jest zasilanie. W momencie zaniku napięcia zawartość pamięci ulega skasowaniu — jest to zatem pamięć ulotna.

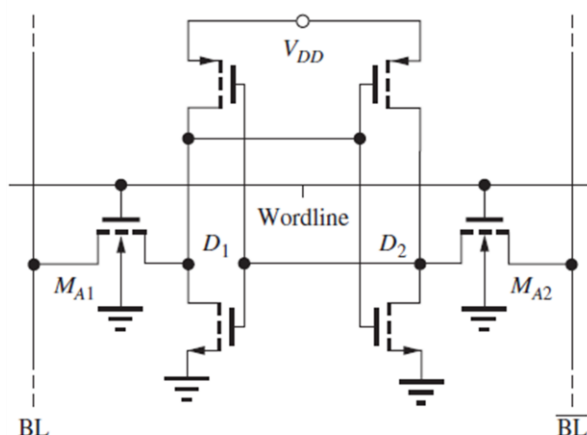
W zależności od budowy można wyróżnić dwa typy pamięci RAM: DRAM i SRAM.

Pamięć SRAM

SRAM (ang. Static RAM — statyczna pamięć RAM) jest pamięcią zbudowaną na bazie przerzutników i tranzystorów. Jedna komórka pamięci to jeden przerzutnik RS i dwa tranzystory sterujące. W przeciwieństwie do DRAM pamięć SRAM nie wymaga odświeżania (jest statyczna) dzięki czemu pozwala na znacznie szybszy dostęp do danych. Większa złożoność przekłada się na wyższe koszty produkcji i nie pozwala na budowanie pamięci dużych pojemnościach, a to wyklucza zastosowanie SRAM jako pamięci operacyjnej komputera. Pamięć SRAM wykorzystuje się najczęściej jako pamięć podręczną Cache, gdzie istotniejsza jest wydajność niż pojemność.

Pamięci statyczne SRAM (Static Random Access Memory)

- przechowywanie informacji w układzie zbudowanym z tranzystorów,
- cykl działania (odczyt, zapis) krótszy niż pamięci dynamiczne DRAM,
- po dostępie gotowość natychmiastowa do realizacji kolejnych cykli dostępu,
- wykorzystywane jako szybkie pamięci podręczne procesora.



Podstawowa komórka pamięci SRAM
zbudowana z 6 tranzystorów MOSFET

To rodzaj ulotnej pamięci RAM, nie wymagającej ciągłego odświeżania przez procesor. Jest szybka, przechowuje dane do momentu odcięcia zasilania, ale ich budowa jest złożona. Jest to jednak pamięć mniej pojemna, ale zwiększa szybkość dostępu komputera do przechowywanych w pamięci operacyjnej informacji. Układy tej pamięci są zazwyczaj używane jako pamięć podręczna procesora i przechowują swoją zawartość aż do momentu wyłączenia zasilania lub zresetowania komputera. Są dwa rodzaje układów SRAM: asynchroniczne i synchroniczne, które dostosowują się do częstotliwości zegara procesora, są znacznie szybsze niż asynchroniczne i mogą wykonywać operacje taktowane równorzędnie z zegarem systemowym komputera.

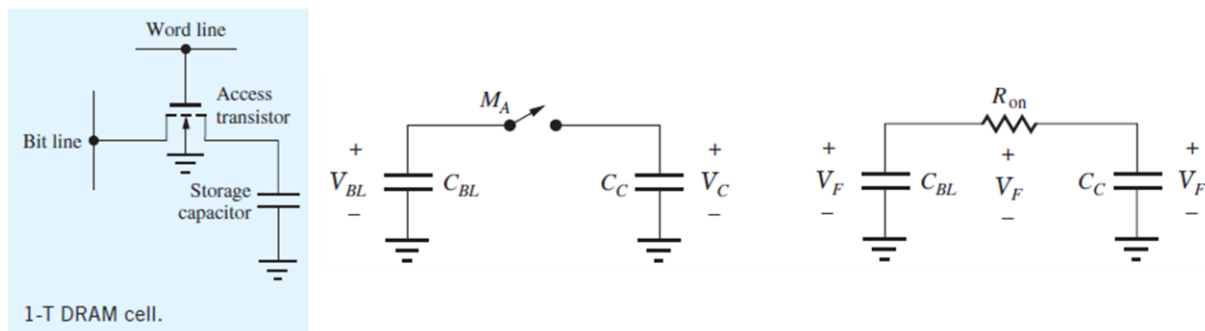
Pamięć DRAM

DRAM (ang. Dynamic RAM — dynamiczna pamięć RAM) jest odmianą półprzewodnikowej pamięci RAM zbudowaną na bazie tranzystorów i kondensatorów. Pojedyncza komórka pamięci składa się z kondensatora i tranzystora sterującego procesem kondensacji. Jeśli kondensator jest naładowany, przechowuje bitową jedynkę, jeśli jest rozładowany, mamy bitowe zero. Pamięć ma budowę matrycową, a w celu odwołania się do konkretnej komórki należy podać adres wiersza i kolumny.

Pamięci dynamiczne DRAM (Dynamic Random Access Memory)

- przechowywanie informacji w kondensatorze,
- odczyt niszczy zapisaną informację i konieczne jest jej ponowne zapisanie ,
- przed odczytem należy zapisaną informację zregenerować – uzupełnić ładunek zanikający ze względu na upływność kondensatora,
- cykliczna regeneracja ładunku - odświeżanie zawartości pamięci,
- dłuższe dla DRAM niż w przypadku SRAM cykle działania pamięci,
- powierzchnia krzemu $\frac{1}{4}$ powierzchni pamięci statycznej ok. 4 x tańsza,
- wykorzystywane jako duże pamięci operacyjne systemu komputerowego.

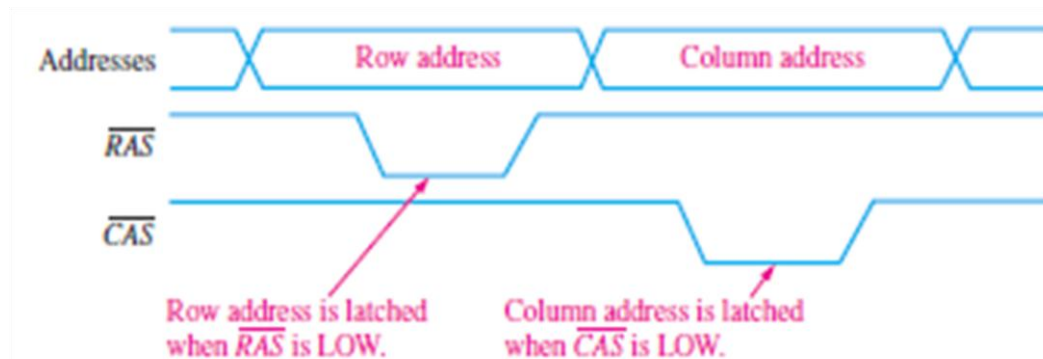
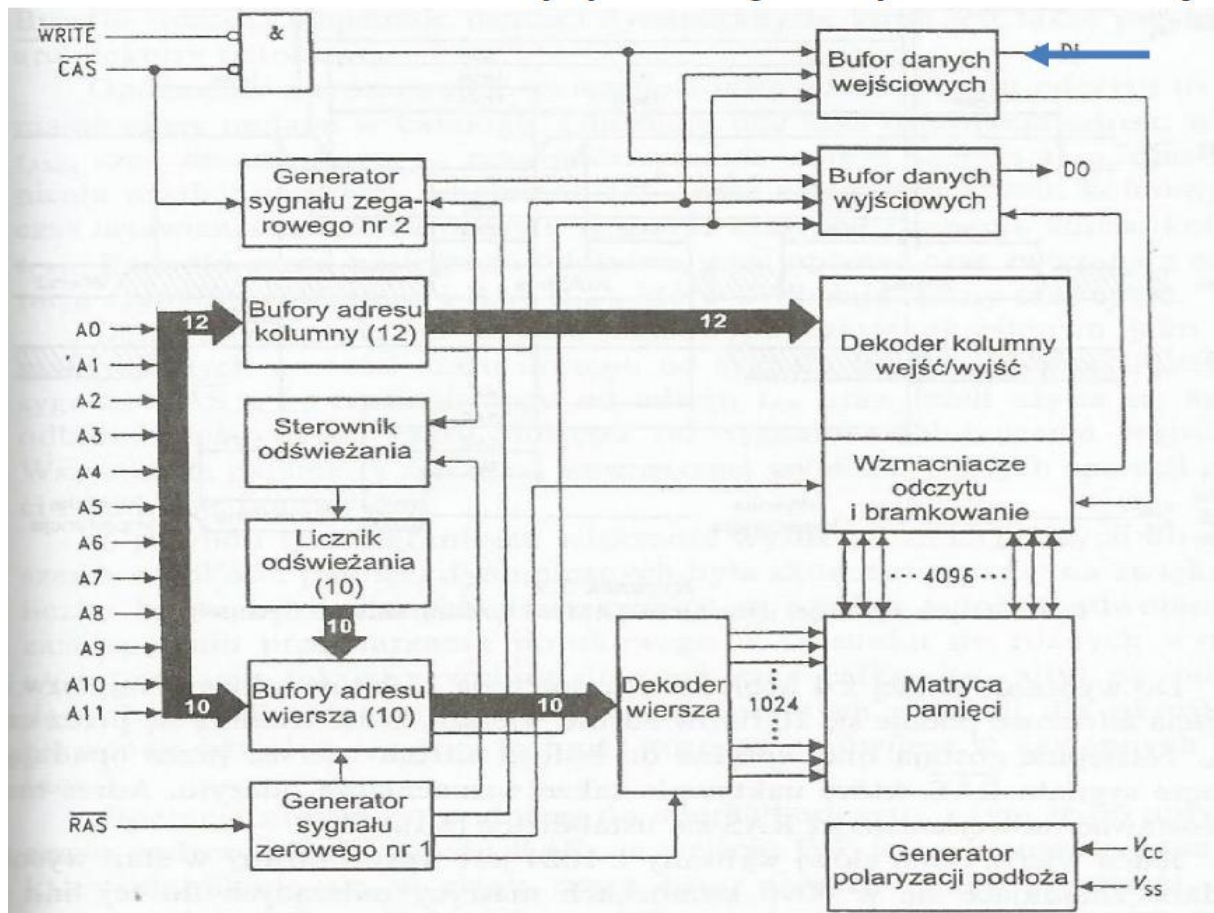
To rodzaj pamięci RAM, przechowująca informacje przy wykorzystaniu kondensatorów magazynujących ładunki elektryczne, wymaga odświeżania regularnego, jest więc wolniejsza od SRAM i wykorzystuje więcej energii. Kondensatory te po pewnym czasie tracą swój ładunek, mikroukłady DRAM muszą regularnie je ładować (odświeżać) za pomocą impulsu elektrycznego. Polega to na cyklicznym odczytywaniu i ponownym zapisywaniu zawartości wszystkich komórek. Posiada jednak dużą pojemność i nieskomplikowaną budowę. Pamięci tego typu stosowane są w komputerach jako główna pamięć operacyjna.



Pamięć DRAM, podobnie jak procesory, wytwarzana jest w procesie fotolitografii, podczas którego wewnątrz półprzewodnika tworzone są tranzystory, kondensatory i ścieżki. Niewielka złożoność pojedynczej komórki (tylko jeden kondensator i tranzystor) pozwala budować pamięci o dużej gęstości (512 MB DRAM to 512 milionów kondensatorów i tranzystorów), niewielkich rozmiarach i dobrym stosunku ceny do pojemności. Duża pojemność i niska cena sprawiają, że pamięć DRAM idealnie nadaje się do roli pamięci operacyjnej komputera.

Główną wadą pamięci DRAM jest potrzeba odświeżania jej zawartości spowodowana zjawiskiem upływności kondensatorów, czyli uciekania ładunków. W efekcie kondensatory co jakiś czas trzeba doładować (stąd nazwa „pamięć dynamiczna”). Podczas procesu odświeżania nie można dokonywać zapisu ani odczytu danych, co powoduje ogólne spowolnienie pracy pamięci.

Schemat blokowy pamięci dynamicznej



Multipleksowanie adresu

W specyfikacjach poszczególnych typów pamięci DRAM można spotkać się z kilkoma parametrami określającymi wydajność (prefiks „t” pochodzi od angielskiego „time”):

- t_{CL} (G4S Latency) — określa liczbę cykli zegarowych pomiędzy wysłaniem przez kontroler pamięci zapotrzebowania na dane a ich dostarczeniem.
- t_{RCD} (RAS to CAS Delay) — określa liczbę cykli zegarowych pomiędzy podaniem adresu wiersza a wysłaniem adresu kolumny.
- t_{RP} (RAS Precharge) — określa liczbę cykli zegarowych pomiędzy kolejnym adresowaniem wierszy pamięci.
- t_{RAS} (Row Active Time) — określa liczbę cykli zegarowych pomiędzy aktywacją i dezaktywacją wierszy.
- t_{CR} (Command Rate) — określa liczbę cykli zegarowych pomiędzy adresowaniem dwóch komórek pamięci.

Im mniejsze są powyższe wartości, tym szybszy dostęp do komórek pamięci.

Typy pamięci DRAM

Głównym czynnikiem rozwoju pamięci DRAM jest potrzeba dostosowania jej wydajności do wymogów stawianych przez magistralę pamięci na płycie głównej. Od czasu wprowadzenia pierwszej pamięci DRAM powstało kilka nowszych wariantów:

- FPM DRAM,
- EDO/BEDO DRAM,
- SDRAM,
- DDR, DDR2, DDR3, DDR4 SDRAM,
- RDRAM.

FPM DRAM

Pierwszą ewolucją DRAM była pamięć FPM (ang. Fast Page Mode), w której zastosowano technikę stronicowania (ang. paging) umożliwiającą szybsze odwoływanie się do danych zapisanych w jednym wierszu. Seryjny tryb dostępu pozwalał na odczyt danych w układzie 5-3-3-3. Oznacza to, że na dostęp do pierwszej komórki potrzeba 5 cykli zegarowych, a na dostęp do pozostałych trzech komórek — tylko 3 cykle. Pamięć FPM była popularna w czasach procesorów 486 i pierwszych Pentium.

EDO/BEDO DRAM

EDO DRAM (ang. Extended Data Out) jest rozszerzeniem pamięci FPM. Pamięć ta podczas przetwarzania danych bieżącej komórki może pobierać instrukcję adresującą kolejną komórkę. Dzięki takiemu rozwiązaniu skrócono odczyt w trybie seryjnym do 5-2-2-2, teoretycznie zwiększając wydajność o ponad 20%, choć faktyczny wzrost wynosił tylko 5%.

BEDO DRAM (ang. Burst EDO) jest ewolucją pamięci EDO, w której jeszcze bardziej skrócono odczyt w trybie seryjnym do 5-1-1-1 — przez dodanie do kontrolera pamięci specjalnego licznika adresów. Dodatkowo wprowadzono funkcję przeplatania (ang. interleaving) dwóch banków pamięci. Po przyznaniu dostępu do jednego banku kontroler może przystąpić do określenia adresu w drugim banku.

Pamięć BEDO RAM była przez pewien czas tańszą alternatywą dla drogich pamięci synchronicznych.

SDRAM

Kiedy pojawiły się procesory pracujące z prędkościami powyżej 66 MHz, stało się jasne, że nadszedł kres tradycyjnych pamięci asynchronicznych (FMP, EDO), ponieważ ich możliwości odbiegały od możliwości magistrali procesora. Opracowano nowy typ pamięci DRAM określany skrótem SDRAM (ang. Synchronous DRAM — synchroniczna pamięć DRAM). Istotą tego rozwiązania było **zsynchronizowanie pamięci z magistralą systemową**, co wpłynęło na zmniejszenie strat czasowych podczas przesyłu rozkazów i danych do/z procesora. Podobnie jak układy BEDO DRAM, pamięć SDRAM umożliwia pracę w trybie seryjnym 5-1-1-1.

Opracowano trzy wersje pamięci SDRAM:

- PC-66 — pracującą z częstotliwością 66 MHz,
- PC-100 — pracującą z częstotliwością 100 MHz,
- PC-133 — pracującą z częstotliwością 133 MHz.

DDR, DDR2, DDR3, DDR4 SDRAM

DDR SDRAM (ang. Double Data Rate SDRAM — podwójne tempo przesyłu danych pamięci SDRAM) jest ewolucją pamięci SDRAM. Zastosowano tu technikę przesyłania danych na narastającym i opadającym zboczu sygnału zegarowego. Taki sposób transmisji pozwolił na podwojenie ilości przesyłanych informacji bez potrzeby zwiększania częstotliwości zegara magistrali. Dodatkowo wyposażono pamięć w dwubitowy bufor (ang. prefetch bufor) gromadzący dane przed wysłaniem. Kości zasilane są napięciem 2,5 V, co wpływa na zmniejszenie poboru energii w stosunku do tradycyjnych SDRAM 3,3 V. Pamięci DDR SDRAM nie są kompatybilne wstecznie z pamięcią SDRAM — nazywaną również SDR SDRAM (ang. Single Data Rate SDRAM).

Powstało kilka odmian pamięci DDR SDRAM:

- PC-1600 — o częstotliwości zegara 100 MHz i przepustowości 1,6 GB/s,
- PC-2100 — o częstotliwości zegara 133 MHz i przepustowości 2,1 GB/s,
- PC-2700 — o częstotliwości zegara 166 MHz i przepustowości 2,7 GB/s,
- PC-3200 — o częstotliwości zegara 200 MHz i przepustowości 3,2 GB/s.

DDR2 SDRAM jest nowszą i szybszą odmianą pamięci DDR SDRAM, gdzie oprócz techniki podwójnego tempa przesyłu danych (DDR) zastosowano specjalny 4-bitowy bufor, który umożliwia w ciągu jednego cyklu wysłanie większej ilości danych, oraz podwojono mnożnik zegarowy magistrali. Dzięki temu DDR2 przy częstotliwości 100 MHz może uzyskać przepustowość 3,2 GB/s (dla porównania: SDRAM przy 100 MHz umożliwiał transfer rzędu 800 MB/s, a DDR — 1,6 GB/s). DDR2 nie jest kompatybilna z DDR i SDRAM, wymaga zasilania 1,8 V.

Dostępne są następujące wersje pamięci DDR2:

- PC2-3200 — o częstotliwości zegara 100 MHz i przepustowości 3,2 GB/s,
- PC2-4200 — o częstotliwości zegara 133 MHz i przepustowości 4,3 GB/s,
- PC2-5300 — o częstotliwości zegara 166 MHz i przepustowości 5,3 GB/s,
- PC2-6400 — o częstotliwości zegara 200 MHz i przepustowości 6,4 GB/s,
- PC2-8500 — o częstotliwości zegara 266 MHz i przepustowości 8,5 GB/s.

DDR3 SDRAM jest rozwinięciem standardów DDR i DDR2, ale bez kompatybilności wstecznej. Zasilanie zredukowano do 1,5 V, co wpłynęło na zmniejszenie poboru energii w stosunku do poprzednich standardów. DDR3 ma bufor 8-bitowy. Mnożnik częstotliwości magistrali zwiększony został do 4, co umożliwiło transfer z prędkością 6,4 GB/s przy częstotliwości zegara 100 MHz.

Dostępne są między innymi następujące wersje pamięci DDR3:

- PC3-6400 — o częstotliwości zegara 100 MHz i przepustowości 6,4 GB/s,
- PC3-10600 — o częstotliwości zegara 133 MHz i przepustowości 10,6 GB/s,
- PC3-12800 — o częstotliwości zegara 166 MHz i przepustowości 12,7 GB/s,
- PC3-16000 — o częstotliwości zegara 200 MHz i przepustowości 16 GB/s.

DDR4 SDRAM



DDR4 SDRAM (ang. Double Data Rate Synchronous Dynamic Random Access Memory (version 4)) – standard pamięci RAM typu SDRAM, będący rozwinięciem pamięci DDR, DDR2 i DDR3, stosowanych w komputerach jako pamięć operacyjna.

Pamięć DDR4 umożliwia zastosowanie napięcia 1,2 V w porównaniu z 1,5 V dla DDR3, 1,8 V dla DDR2 i 2,5 V dla DDR. Dzięki temu pamięć DDR4 charakteryzuje się zmniejszonym poborem mocy o około 20% w stosunku do pamięci DDR3 oraz większą przepustowością w porównaniu do DDR3, DDR2 i DDR. Pamięci DDR4 nie są kompatybilne wstecz, tzn. nie współpracują z chipsetami obsługującymi DDR, DDR2 i DDR3.

Obsługa pamięci DDR4 przez procesory została wprowadzona w 2014 roku w chipsetach płyt głównych. W przypadku produktów firmy Intel, pamięci DDR4 są obsługiwane wyłącznie przez płyty główne z chipsetem Intel X99 i gniazdem LGA 2011v3, jak również LGA 1151, niezależnie od chipsetu. W przypadku produktów firmy AMD, pamięci DDR4 są obsługiwane przez wszystkie płyty główne oparte na gnieździe AM4, TR4 oraz SP3.

DDR4 VS. DDR3

Something You Should Know About DDR4

	DDR3	DDR4
Pin count	240 pin	288 pin
Dimension (mm)	133.35 x 30	133.35 x 31.25
Key notch		Incompatible for foolproof

DDR4 Module is not Compatible with DDR3 Slot

RDRAM, XDR i XDR2 RDRAM

Pamięci **RDRAM** (ang. Rambus DRAM), opracowane przez firmę Rambus, pojawiły się na rynku w roku 1999. Dedykowana magistrala pamięci RDRAM ma szerokość tylko 16 bitów, ale pracuje z dużą prędkością, przesyłając informacje na rosnącym i opadającym zboczu sygnałowym (DDR). Pierwsze pamięci RDRAM pozwalały na przesyłanie informacji z prędkością magistrali 400 MHz i przepustowością rzędu 1,6 GB/s, gdzie PC-133 taktowane były zegarem 133 MHz i umożliwiały transfer 1064 MHz. Dwa 16-bitowe moduły można było montować w trybie dual channel.

Dostępne są między innymi następujące wersje pamięci RDRAM:

- PC-600 — o częstotliwości zegara 300 MHz i przepustowości 1,2 GB/s,
- PC-700 — o częstotliwości zegara 355 MHz i przepustowości 1,4 GB/s,
- PC-800 — o częstotliwości zegara 400 MHz i przepustowości 1,6 GB/s,
- PC-1066 — o częstotliwości zegara 533 MHz i przepustowości 2,1 GB/s,
- PC-1200 — o częstotliwości zegara 600 MHz i przepustowości 2,4 GB/s.

Następcą RDRAM jest pamięć oznaczona jako **XDR RDRAM** umożliwiająca pracę z częstotliwością magistrali do 1066 MHz i przepustowość przeszło 29 GB/s. Nowszą wersją jest **XDR2 RDRAM** umożliwiająca transfer do 38,4 GB/s, a w przyszłości nawet do 51 GB/s. Pamięci XDR stosowane są głównie w konsolach do gier, wydajnych kartach graficznych i serwerach. Tego typu pamięć wykorzystwała firma Sony w konsoli do gier Play Station 3. Głównym czynnikiem wpływającym na małą popularność pamięci RDRAM w systemach klasy PC jest jej stosunkowo wysoka cena, zwłaszcza w porównaniu z ceną pamięci DDR

MODUŁY PAMIĘCI RAM

Pamięć RAM fizycznie przyjmuje postać układu scalonego. Pierwsze pamięci DRAM montowane były bezpośrednio na płycie głównej bez możliwości rozbudowy. Później kości pamięci zaczęto umieszczać w specjalnych podstawkach, co pozwalało na rozbudowę, lecz z czasem pod wpływem temperatury pojawiały się problemy ze stykami elektrycznymi. Rozwiązaniem tych problemów okazała się koncepcja modułów, czyli drukowanych płytek z przylutowanymi na stałe chipami pamięci DRAM, które montowane są w specjalnych gniazdach na płycie głównej.

Opracowano trzy odmiany modułów:

- SIMM,
- DIMM,
- RIMM.

Moduły SIMM (ang. Single Inline Memory Module) powstały dla pamięci asynchronicznych typu DRAM, FPM i EDO DRAM. Opracowano dwie odmiany modułów SIMM:

- SIMM 30-końcówkowy (mniejszy) — obsługiwał 8-bitową magistralę pamięci;
- SIMM 72-końcówkowy — przeznaczony dla pamięci 32-bitowych.

Moduły DIMM (SO-DIMM) Nowa odmiana pamięci synchronicznych SDRAM wymusiła na producentach opracowanie nowych, bardziej odpowiednich modułów oznaczonych symbolem DIMM (ang. Dual Inline Memory Module). DIMM od wcześniejszego SIMM różni się pod każdym względem: ma inne wymiary, inny sposób montażu, inną liczbę pinów. Każdy nowy rodzaj pamięci SDRAM, z powodu braku kompatybilności wstecznej, wydawany jest na innym typie modułu DIMM, co uniemożliwia uszkodzenie pamięci.

Opracowano następujące typy modułów DIMM:

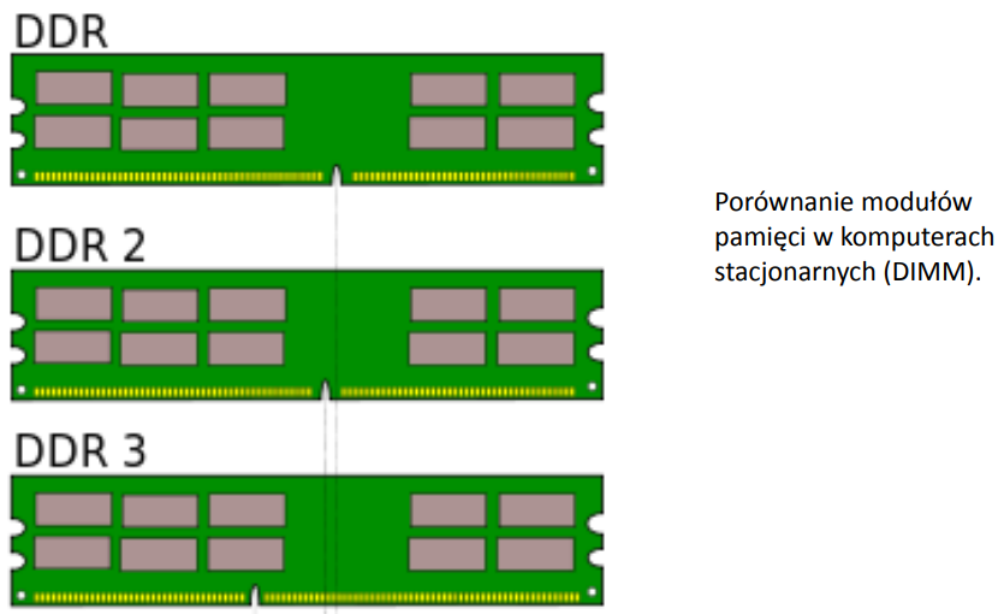
1 . SO-DIMM — przeznaczone dla komputerów przenośnych;

- SO-DIMM 72-końcówkowy — używany w FPM DRAM i EDO DRAM;
- SO-DIMM 144-końcówkowy — wykorzystywany w SDR SDRAM;
- SO-DIMM 200-końcówkowy — wykorzystywany w DDR SDRAM i DDR2 SDRAM;
- SO-DIMM 204-końcówkowy — wykorzystywany w DDR3 SDRAM.

2 . DIMM — przeznaczone dla komputerów stacjonarnych:

- DIMM 168-końcówkowy — wykorzystywany w SDR SDRAM;
- DIMM 184-końcówkowy — wykorzystywany w DDR SDRAM;
- DIMM 240-końcówkowy — wykorzystywany w pamięci DDR2 SDRAM;
- FB-DIMM 240-końcówkowy — wykorzystywany w pamięci DDR2 DRAM dla serwerów;
- DIMM 240-końcówkowy — wykorzystywany do pamięci DDR3 SDRAM.

Kolejne moduły DIMM mają specjalne wcięcia na płycie i przetłoczenia w gnieździe, co uniemożliwia montaż w slotcie przeznaczonym dla innej wersji. Po zamontowaniu pamięci w gnieździe nie ma potrzeby konfigurowania jej w programie BIOS Setup płyty głównej, ponieważ moduły DIMM są wyposażone w małą pamięć ROM, w której przechowują informacje o swoich parametrach.



Moduły RIMM (ang. Rambus Inline Memory Module) opracowane zostały przez firmę Rambus dla produkowanych przez siebie kości pamięci RDRAM. Wielkością moduły RIMM przypominają DIMM, jednak nie są kompatybilne sprzętowo, a płyta główna musi mieć odpowiednie gniazda pamięci. Opracowano następujące typy- modułów RIMM:

- RIMM 16-bitowe: • RIMM 184-końcówkowy — przeznaczony dla pamięci RIMM 1600 i 2100.
RIMM 32-bitowe: • RIMM 232-końcówkowy — przeznaczony dla pamięci RIMM 3200 i 4267.
RIMM 64-bitowe: • RIMM 326-końcówkowy — przeznaczony dla pamięci RIMM 6400 i 8532.

PAMIĘCI MASOWE

Pamięci masowe – techniki i urządzenia umożliwiające trwałe przechowywanie dużych ilości danych. Urządzenia do zapisywania i odczytywania to napędy, dane przechowywane są na nośnikach.

Do pamięci masowych możemy zaliczyć m.in.:

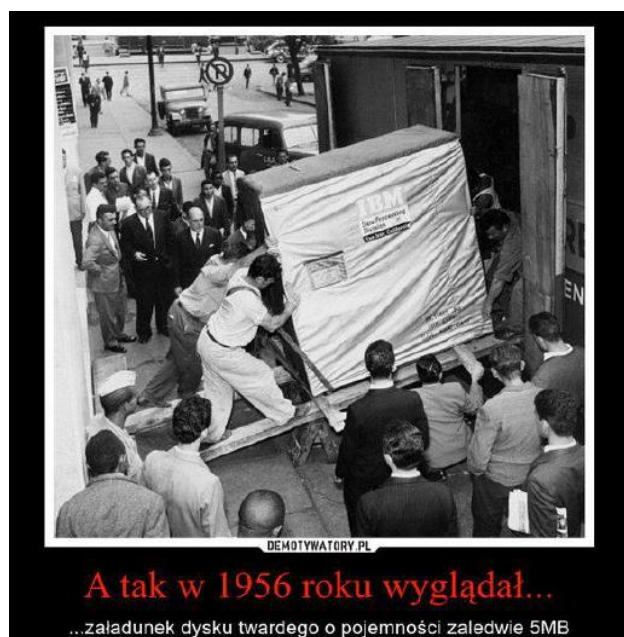
- Dyski twarde
- Dyskietki
- Płyty CD/DVD/BD
- Pamięci półprzewodnikowe (pendrive, karta pamięci, dysk SSD)

Dysk twardy - HDD

Dyski twarde – popularne, pojemne, stosunkowo niedrogie. Ich działanie opiera się na zjawisku elektromagnetycznym. Twardy talerz jest pokryty warstwą ferromagnetyczną, którą można miejscowo namagnesować w określony sposób, przez co zostają na niej „zakodowane” dane, później dane te można odczytać. Talerz wiruje wokół własnej osi, głowice ustawiane w odpowiedniej pozycji umożliwiając zapis i odczyt informacji z danego obszaru talerza.

13 września 1956 roku

- Pierwszy w historii twardy dysk pojawił się 13 września 1956r.
- Był to RAMAC 350 (*Random Access Method of Accounting and Control*) firmy IBM.
- Parametry
 - Mieścił 5 milionów znaków (czyli ok. 5 MB), na pięćdziesięciu 24-calowych talerzach.
 - Gęstość powierzchniowa zapisu wynosiła 2 kb/cal kwadratowy
 - Szybkość odczytu 8800 bajtów na sekundę.
 - Czas dostępu 600 ms



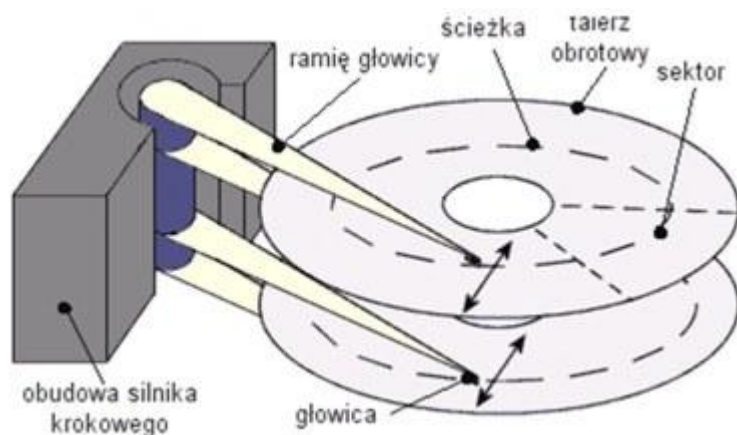
A tak w 1956 roku wyglądał...

...załadunek dysku twardego o pojemności zaledwie 5MB



Elementy składowe dysku twardego:

- Talerze – aluminiowe lub ceramiczne krążki pokryte nośnikiem ferromagnetycznym, w dysku twardym zwykle jest ich od 1 do 5
- Głowice zapisująco-odczytujące – po jednej na każdą stronę talerza, umocowane na ramionach, w czasie pracy nie dotykają jego powierzchni
- Pozycjoner – ustawia głowice w odpowiednim położeniu
- Silnik – powoduje obrót talerzy
- Układy elektroniczne – sterują działaniem dysku i przesyłaniem danych
- Filtr, obudowa – chronią dysk przed zanieczyszczeniami i uszkodzeniem



Powierzchnia dysku jest podzielona na ścieżki (koncentryczne okręgi), które są podzielone na sektory (zwykle o rozmiarze 512 bajtów). Sektory łączą się w większe jednostki – klastry, których rozmiar zależy od użytego systemu plików i wielkości partycji.

Ważniejsze parametry dysku twardego:

- Pojemność – zwykle od ok. 100 GB do 2 TB
- Prędkość przesyłu danych – zwykle kilkadziesiąt MB/s
- Średni czas dostępu – czas dotarcia głowicy do odpowiedniego sektora, zwykle kilka ms
- Prędkość obrotowa – zwykle 5400 lub 7200 obr./min.
- Rozmiar talerzy – zwykle 2,5 lub 3,5 cala
- Rozmiar bufora (cache) – kilka-kilkadziesiąt MB
- Typ interfejsu – najczęściej ATA lub SATA

Przed pierwszym użyciem dysk musi być sformatowany

Formatowanie polega na podziale dysku na ścieżki i sektory.

- Wiąże się ze stratą danych

Może być:

- Fizyczne - formatowanie niskiego poziomu realizowane przez kontroler twardego dysku
- Logiczne – realizowane przez system



Cylinder – Head - Sector – CHS

Metoda adresowania danych na dysku twardym, tworząca matrycę adresową:

cylinder – głowica - sektor.

- Dysk twardy ma głowice znajdujące się po obu stronach talerza.
- Każdy talerz podzielony jest na ścieżki.
- Wartość cylindrów to liczba ścieżek znajdujących się po każdej ze stron talerza.
- Wartość sektorów określa liczbę sektorów w każdym cylindrze. W CHS każdy cylinder ma równą liczbę sektorów (wartości CHS odpowiadają fizycznej budowie dysku).

Zone Bit Recording - ZBR.

Technika podziału miejsca na dyskach, gdzie liczba sektorów na ścieżkę nie jest wartością stałą – zależy od położenia ścieżki.

- Ścieżki zewnętrzne dzielone są na większą liczbę sektorów (np. 300 sektorów); mogą pomieścić większą ilość informacji (są po prostu dłuższe),
- Ścieżki leżące bliżej środka dysku zawierają mniej sektorów (np. 200).

Interfejsy dysków twardych

- **ATA (IDE)** – lata 1990-2004, obecnie rzadziej stosowany, transmisja równoległa (32-bitowa). Do podłączenia dysku używa się taśmy 40- lub 80-żyłowej. Płyta główna posiadała z reguły 2 kanały IDE, do każdego można było podłączyć 2 dyski. W danym kanale jeden dysk był nadrzędny (master), drugi – podrzędny (slave), wyboru dokonywało się za pomocą zworek na obudowie dysku lub korzystając z taśmy z różnymi kolorami złącz. Przepustowość – do 133 MB/s.

Generacje IDE

Generacja	Przepustowość interfejsu	Wielkość twardego dysku	Dodatkowe opcje
IDE (ATA 0)	3,3 MB/s	2 GB	22-bitowa adresacja
ATA 1	8,33 MB/s	137 GB	28-bitowa adresacja
ATA 2	16,6 MB/s		Złącze PCMCIA
ATA 3	25 MB/s		S.M.A.R.T, dyski 2,5"
ATA 4, Ultra ATA/33	33 MB/s		ATAPI
ATA 5, Ultra ATA/66	66 MB/s		80-pinowy przewód
ATA 6, Ultra ATA/100	100 MB/s	128 PB	48-bitowa adresacja
ATA 7, Ultra ATA/133, SATA/150	133 MB/s		SATA 1
ATA 8			optymalizacja zapisu i odczytu na dysku twardym i wsparcie dysków hybrydowych 66

- **SATA (Serial ATA)** – standard stosowany obecnie, transmisja szeregową, połączenie point-to-point (jeden kanał – jeden dysk, nie potrzeba zworek). Kabel węższy niż w ATA – 7-żyłowy.

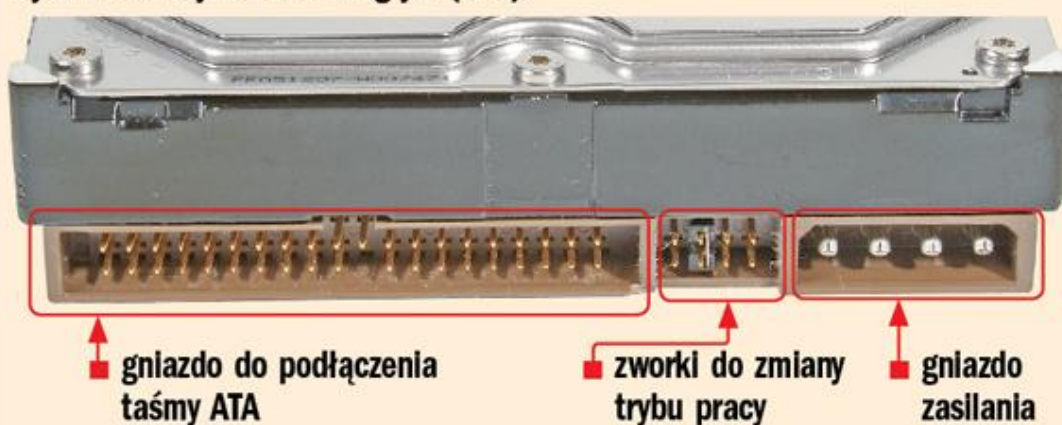
Przepustowość: 150 MB/s (SATA 1); 300 MB/s (SATA 2); 600 MB/s (SATA 3)

Odmiany SATA

SATA 1	Umożliwia przepustowość 1,5 Gbit/s (ok. 180 MB/s)
SATA 2	Oferuje przepustowość 3,0 Gbit/s (ok. 375 MB/s).
SATA 3	Udostępnia przepustowość 6,0 Gbit/s (ok. 750 MB/s).
3.1	Zmniejszenie poboru energii przez urządzenia Większa wydajność dysków SSD Wykorzystanie złącza mSATA
3.2	Mniejsze wymiary dysków twardych SSD Wyższa wydajność dysków SSD Wykorzystanie złącza SATA Express i M2.
3.3	Technologia gontowego zapisu danych (<i>Shingled magnetic recording</i>) na HDD Większa wydajność dysków SSD Wykorzystanie złącza U2

Różnice między dyskami ATA i SATA

Dysk z Interfejsem równoległym (ATA):



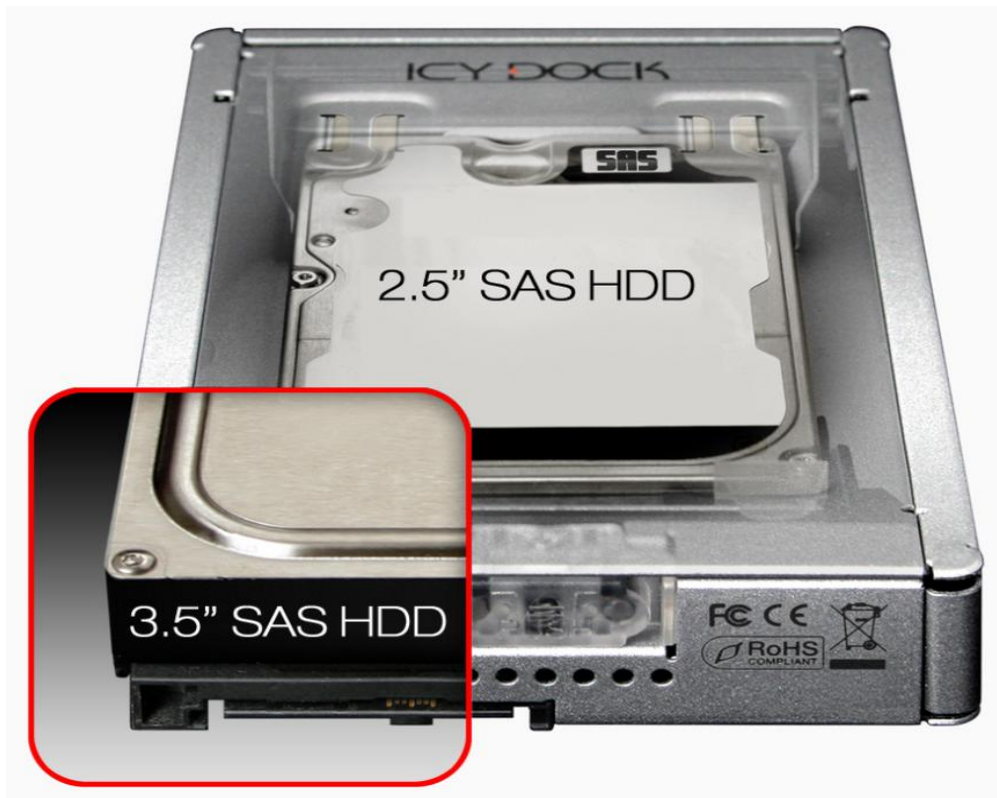
Dysk z Interfejsem szeregowym (SATA)



- **SCSI** – standard stosowany częściej w serwerach, transmisja równoległa, maksymalna przepustowość – do 640 MB/s. Można podłączać wiele urządzeń jednocześnie, oprócz dysków obsługuje też np. drukarki i skanery. Występuje w różnych odmianach, z różnymi rodzajami złącz.



- **SAS** – szeregowo odmiana SCSI, przepustowość do 600 MB/s.



- **RAID** – macierz dyskowa, wiele dysków połączonych w celu zwiększenia wydajności i/lub niezawodności. Występuje w odmianach (poziomach) od 0 do 6.

Stacja dyskiety



Dyskietka – rozwiązanie podobne do dysku twardego.

Różnice:

- Napęd i nośnik to niezależne urządzenia
- Nośnik to elastyczny, plastikowy krążek w sztywnej obudowie (średnica – 3,5 lub 5,25 cala)
- Mniejsza pojemność – od 360 KB do ok. 3 MB, zwykle 1,44 MB
- Mniejsza prędkość obrotowa, głowica dotyka nośnika
- Mniejsza prędkość zapisu/odczytu i niezawodność

Płyty CD/DVD/BD

Płyty CD/DVD/BD – stosowany jest zapis/odczyt optyczny (promień lasera o określonej mocy i długości fali świetlnej). Na plastikowym krążku, najczęściej o średnicy 12 cm, jest jedna spiralnie ułożona ścieżka. Składa się ona z obszarów płaskich (land) i wgłębień (pit). Podczas odczytu promień lasera odbija się tylko od obszarów typu land. Dzięki temu można odczytać zapisane na płycie dane.

W zależności od pojemności wyróżniamy płyty:

- CD – ok. 700 MB
- DVD – 4,7 GB lub 8,5 GB (płyta dwuwarstwowa)
- BD (Blu-ray Disc) – 25 GB, 50 GB lub więcej (w zależności od liczby warstw)

W zależności od możliwości zapisu wyróżniamy płyty:

- **CD/DVD/BD-ROM** – płyty wytłoczone w procesie produkcji prasą, można je tylko odczytywać
- **CD/DVD/BD-R** – płyty z warstwą organiczną, która może wypalona w nagrywarce (zapis jednokrotny)
- **CD/DVD-RW, BD-RE** – płyty z warstwą polimorficzną, która może być wypalona, ale również skasowana (zapis wielokrotny)

Napęd optyczny – elementy składowe:

1. Układ optyczny:

- Dioda laserowa (wysyła światło)
- Fotodetektor (odbiera światło)
- Lustro półprzezroczyste i pryzmat (rozdzielają światło padające i odbite od płyty)
- Soczewka (skupia światło)

2. Silnik główny (obraca płytę)

3. Silnik krokowy (porusza układ optyczny)

4. Mechanizm ładujący (najczęściej taca)

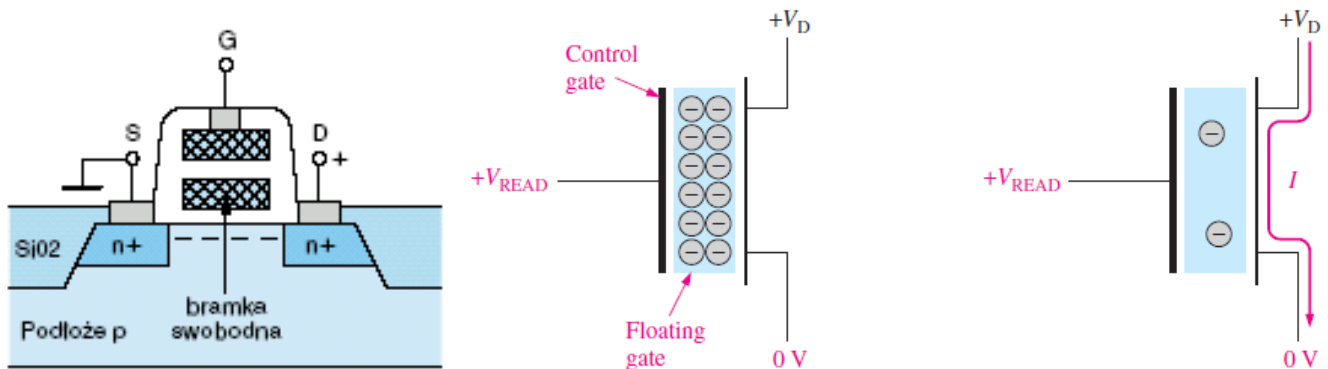
5. Układy elektroniczne (sterują pracą napędu)

Podstawowa prędkość (x1) zapisu/odczytu płyt wynosi:

- Dla płyt CD – ok. 150 KB/s
- Dla płyt DVD – ok. 1350 KB/s
- Dla płyt BD – ok. 5 MB/s

Pamięci półprzewodnikowe

Pamięci półprzewodnikowe – urządzenia zbudowane w oparciu o nieulotne pamięci typu EEPROM Flash, jest to obecnie najnowocześniejszy typ pamięci masowych.



Zasada działania komórki pamięci EEPROM

Zalety:

- Brak elementów mechanicznych – większa wytrzymałość i niezawodność przy pracy w trudnych warunkach (udary, wibracje, wysoka/niska temperatura)
- Duża prędkość zapisu/odczytu
- Niewielkie gabaryty i waga
- Niewielki pobór energii

Rodzaje pamięci półprzewodnikowych:

- **Pendrive** (dysk USB) – przenośne urządzenie podłączane do gniazda USB, o pojemności zwykle od kilkuset MB do kilkudziesięciu GB (najczęściej 2-128 GB)
- **Karta pamięci** – wykorzystywana głównie w aparatach cyfrowych i telefonach komórkowych, pojemność – zwykle od 1 do 128 GB
- **Dysk SSD** – zastępuje „tradycyjny”, magnetyczny dysk twardy, pojemność – zwykle kilkadziesiąt -kilkaset GB

Wybrane typy kart pamięci:

- SD – najpopularniejsza (także wersja zminiaturyzowana – Micro SD)
- CF
- MS
- XD

Odmiany kart SD:

- SD (do 2 GB)
- SD-HC (4-32 GB)
- SD-XC (powyżej 32 GB)

DYSKI SSD



Dysk półprzewodnikowy, SSD (z ang. solid-state drive) jest urządzeniem pamięci masowej opartym o pamięć flash. Podczas gdy elektromechaniczne dyski twarde (HDD) wciąż powiększały swoją pojemność, technologia ta nie zapewnia czasu dostępu czy prędkości transferu danych wymaganego przez wymagające aplikacje biznesowe, czy też samego konsumenta elektroniki użytkowej roku 2019. Dyski półprzewodnikowe oferują znacznie szybszy czas dostępu swobodnego do danych i szybszą prędkość przesyłu. Co więcej, pojemność dzisiejszych SSD dotarła do momentu, gdzie dyski te mogą służyć jako lepsza alternatywa dla dysków opartych o nośnik magnetyczny. W wielu zastosowaniach jednak, wąskim gardłem wydajności pozostaje interfejs pomiędzy hostem a dyskiem. SSD ze starszymi interfejsami, takimi jak SAS czy SATA, są użyteczne, aczkolwiek SSD z interfejsem PCI-Express (PCIe) jeszcze bardziej zwiększają wydajność dzięki bezpośredniemu połączeniu do procesora.

Z racji tego, że w przeciwieństwie do HDD dyski półprzewodnikowe nie zawierają żadnych podzespołów mechanicznych ruchomych, są one cichsze, odporne na wstrząsy, wytrzymalsze oraz szybsze. Charakteryzują się ponadto niską temperaturą pracy jak i niskim zużyciem prądu. Szacuje się, że odłączony od zasilania, utrzyma zawartość przez co najmniej 10 lat.

Odmiany dysków SSD:

- **SLC** (ang. Single Level Cell) - technika najwydajniejsza, najtrwalsza, a zarazem najdroższa, polega na tym, że każda komórka pamięci może przechowywać tylko jeden bit informacji; mniejsza gęstość zapisu.
- **TLC** (ang. Triple Level Cell) - najmniej trwała i najtańsza technika ze stosunkowo szybkim odczytem i zapisem danych, pozwala zapisywać do trzech bitów informacji w każdej komórce;
- **MLC** (ang. Multi Level Cell) - połączenie SLC i TLC, dzięki czemu uzyskano pośrednią i zadowalającą technikę zapisu danych, polegającą na zapisie w pojedynczej komórce dwóch bitów danych; większa gęstość zapisu, tańsze, ale wolniejsze i mniej trwałe (10-krotnie)

Zasady działania

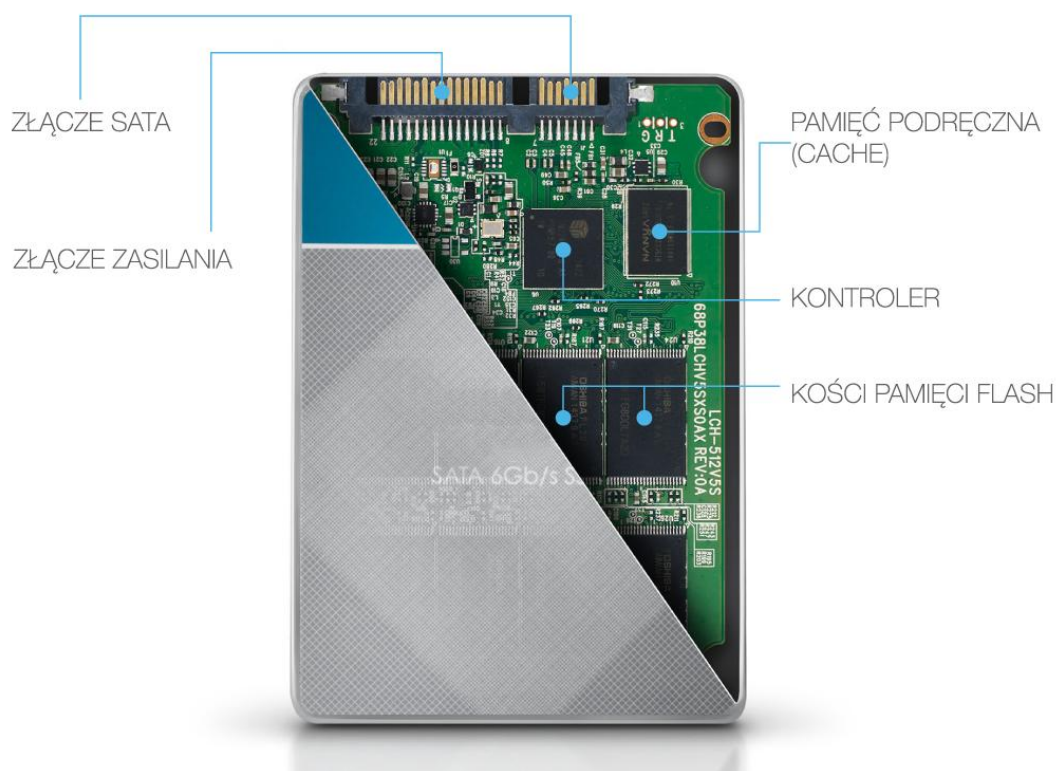
Działanie dysku SSD opiera się na układach półprzewodnikowych, w których komórkach przechowywane są dane. W komórce wyróżniamy dwa rodzaje tranzystorów zwanych bramkami pływającą i sterującą. Bramka pływająca, będąc pokrytą warstwą tlenku krzemu, wylapuje i przetrzymuje elektrony dzięki tzw. efektowi tunelowemu. Złapane przez bramkę elektrony oddziałują na przewodność komórki Flash. Napięcie inicjujące proces przewodzenia w pamięci wzrasta razem z ładunkiem bramki pływającej, tym samym odróżniając komórkę pustą od zapełnionej.

Ze względu na rodzaj bramki logicznej realizowanej przez komórkę wyróżniamy dwa rodzaje pamięci flash: NOR, gdzie komórki pamięci łączone są równolegle i NAND, posiadająca komórki łączone szeregowo. W przypadku pamięci NAND komórki mogą być odczytywane porcjami (stronami). Czyni to ten rodzaj pamięci znacznie szybszym. Jeśli chodzi o pamięć NOR, zagwarantowany jest bezpośredni dostęp do każdej komórki. Jest to przydatne w zastosowaniach z wymaganym swobodnym dostępem do pamięci. Jednakże proces zapisu i kasowania danych w komórkach przebiega znacznie wolniej niż w NAND. Z tego powodu pamięć typu NOR jest stosowana tam, gdzie dane zapisywane są rzadko lub wcale, np. przy przechowywaniu firmware lub BIOSu płyty głównej.

Pamięć NAND oferuje większą gęstość (60% mniejsze komórki), krótsze czasy dostępu, trwałość (10-krotnie większa liczba cykli kasowania niż w przypadku NOR) oraz niższy koszt produkcji w przeliczeniu na jednostkę pojemności nośnika. Z tych powodów większość spotykanych na rynku pamięci jest rodzaju NAND. Jest to jednak pamięć o dostępie sekwencyjnym, co powoduje, że nie sprawdza się w innych zastosowaniach poza pamięcią masową. Pamięci tego typu składają się ze stron i bloków – strony mają określoną liczbę bajtów i łączą się w bloki, a o wielkości tych parametrów decydują producenci. Pamięci NAND zapisują wyłącznie zera i tylko na poziomie całej strony. Modyfikacja danych polega na dodaniu nowego zera, a gdy nie jest to możliwe, nowej strony w nowym miejscu – poprzednia strona zostaje odznaczona do wykasowania. Kasowanie przebiega na poziomie bloku. Gdy wszystkie strony bloku zostaną przeznaczone do kasowania, cały blok zostanie zapisany jedynekami. Strony takie mogą być jednak grupowane w bloki specjalne, z przeznaczeniem do usunięcia, bez konieczności czekania na wyczerpanie zapasu stron w danym bloku, co znacznie usprawnia proces obsługi komórek pamięci.

Żywotność pamięci jest związana ze sposobem jej funkcjonowania: każdą czynność zapisu danych poprzedza konieczność skasowania dotychczasowej zawartości komórki. Wpływa to na ich stopniowe zużycie – w cienkiej warstwie izolatora między bramkami pływającą i sterującą mogą gromadzić się ładunki i powstawać defekty. Zatem każda komórka pamięci ma przypisany pewien limit cykli zapisu/kasowania, a po jego osiągnięciu bezbłędny zapis danych nie jest już gwarantowany. Aby usunąć mankament przedwczesnego zużycia komórek, stosuje się specjalne oprogramowanie równoważące wykorzystanie ich – zapis nie rozpoczyna się od pierwszej komórki i nie posuwa systematycznie do następnych, ale jest rozłożony na wszystkie komórki. Jest to tzw. wear levelling. Proces ten zapewnia równomierne i optymalne zużycie wszystkich komórek, dzięki temu wydłuża żywotność pamięci. Daje także pewną szansę na odzyskanie utraconych danych – nigdy nie ma pewności, że dane pliki zostały bezpowrotnie nadpisane.

BUDOWA



Budowa typowego SSD ogranicza się do kilku elementów. Podstawowym a zarazem najważniejszym są kości pamięci flash. Ich pracą zarządza kontroler, który współpracuje z pamięcią podręczną dysku (cache). Poza tymi elementami na wspólnej płycie PCB zamontowane jest złącze komunikacyjne, które pozwala na podłączenie dysku do komputera, a także złącze zasilania.

Najpopularniejszymi stosowanymi w SSD kośćmi pamięci są pamięci NAND flash. Cechują się wysoką wydajnością i długą żywotnością. Służą przechowywaniu danych. Opracowano je na początku lat 80, jednak rynkowy sukces odniosły dopiero w ostatniej dekadzie. Wcześniej były zbyt drogie, oferując zbyt małą pojemność, by mogły stać się popularnym nośnikiem danych. W dysku półprzewodnikowym pamięci pogrupowane są w kości umieszczone na płycie PCB. Miniaturyzacja układów prowadzi do tego, że w perspektywie kilku lat możemy się spodziewać SSD dorównujących pojemnością tradycyjnym dyskom twardym. Obecnie najchętniej kupowanym wariantem pojemnościowym jest 240-256 GB, chociaż już teraz (styczeń 2019 roku) można zakupić SSD o pojemności 960 GB za jedyne 500 zł, co jest ogromną obniżką ceny względem lat poprzednich. Pamięć NAND wykorzystuje funktor dysjunkcji logicznej (NAND). Zastosowanie logiki NAND ma istotną przewagę nad teoretycznie bardziej precyzyjnymi pamięciami korzystającymi z logiki NOR – są one zdecydowanie mniej skomplikowane co przekłada się na niższe koszty ich produkcji. Pamięć NAND montowaną w nośnikach SSD możemy podzielić ze względu na technikę zapisywania danych: SLC, TLC i MLC. Skróty te oznaczają sposób, w jaki informacje przechowywane są w modułach półprzewodnikowej pamięci masowej. W przypadku SLC każda komórka może przechować pojedynczy bit informacji, stąd nazwa (ang. Single Level Cell). Jest to rozwiązanie najwydajniejsze i najtrwalsze, ale również najdroższe. Z tego powodu nośniki SSD z pamięcią SLC wykorzystywane są głównie w serwerach. TLC (Triple Level Cell) pozwala zapisywać do trzech bitów. Umożliwia to zwiększenie pojemności kości przy jednoczesnym zachowaniu ich rozmiarów. Jest najtańszą

techniką stosowaną w SSD, zapewniającą zadowalającą prędkość odczytu i zapisu danych, jednakże kości tego typu ze względu na sposób przechowywania danych są mniej trwałe. MLC (Multi Level Cell) stanowi połączenie wcześniejszych dwóch technik, pozwala na zapisanie w pojedynczej komórce dwóch bitów. Zastosowanie takiego rozwiązania oferuje wysokie prędkości zapisywania oraz odczytywania informacji, a także trwałość znacznie większą od pamięci TLC. Typowe kości pamięci NAND (SLC, TLC, MLC) są zbudowane w ten sposób, że wszystkie komórki przechowujące dane leżą w jednej płaszczyźnie. Moduły 3D-NAND i V-NAND rozwiązują problem gęstości rozmieszczenia komórek. W nich komórki pamięci mogą być układane warstwami. Technika ta pozwala zwiększyć pojemność dysków, ale również wpływa korzystnie na ich wydajność, a do tego nie wpływa negatywnie na koszt produkcji.

Kontroler zarządzający działaniem całej pamięci masowej oraz odpowiedzialny za komunikowanie się dysku z płytą główną i obsługującym go interfejsem stanowi jeden z najważniejszych komponentów SSD. Realizuje wszystkie zadania związane z odczytem, zapisem i kolejkowaniem danych. To kontroler decyduje, do których komórek pamięci zapisywane są dane, co pozwala na wydłużenie żywotności dysku, czyli gwarancję jego bezawaryjnej pracy przez wiele lat.

SSD osiągają transfery na poziomie 450-500 MB/s, a modele z wyższej półki potrafią zbliżyć się do granic przepustowości SATA III 6 Gb/s (ok. 570 MB/s). Obejściem wąskiego gardła jakie stanowi interfejs SATA, jest sięgnięcie przez producentów po interfejs PCI Express. Mimo to, nadal najczęściej stosowanym rozwiązaniem jest złącze SATA III, ponieważ dzięki niemu wymiana dysku twardego na półprzewodnikowy jest praktycznie „bezbolesna”.

Pamięć kontrolera jest związana z pamięcią podręczną (cache). Jest to dodatkowy moduł DRAM umieszczony na płycie PCB. Ułatwia ona kontrolerowi kolejkovanie zadań.

Złącze w standardzie SATA III cieszy się doskonałą kompatybilnością z płytami głównymi w komputerach stacjonarnych i notebookach. Jedynym wyjątkiem są Ultrabooki, które ze względu na minimalną grubość, nie mogą ich w środku zmieścić.

Należy zaznaczyć, że istnieją również dyski na złączach takich jak PCIe, M.2 SATA, czy też M.2 NVMe

Zastosowanie

- Superkomputery – w 2012 roku na Uniwersytecie Kalifornijskim zadebiutował superkomputer Gordon, na który Amerykański Narodowy Fundusz Nauki wydał 20 milionów dolarów. Gordon charakteryzował się unikalnym systemem pamięci masowej. W miejsce tradycyjnych dysków twardych wykorzystywał dyski półprzewodnikowe. Posiadał 1024 SSD, dające mu pojemność na poziomie 300 TB. Moc obliczeniowa Gordona wynosi 280 teraflopów, a liczba operacji I/O na sekundę to ponad 36 milionów.
- Serwery – Serwery posiadające ogromne bazy danych do przetwarzania zdecydowanie zyskują na zastosowaniu dysków półprzewodnikowych.
- Magazyny danych

- **Wojskowość** – Z racji wysokiej odporności na wstrząsy, upadki, ale również szybkość i zaawansowane funkcje bezpieczeństwa, SSD znalazły zastosowanie w wojsku. Dyski przeznaczone dlań stosują zaawansowane techniki szyfrujące oraz mechanizmy szybkiego usuwania danych.
- **Lotnictwo** – Obecnie razem z tradycyjnymi czarnymi skrzynkami na pokładach samolotów montowane są urządzenia Solid State QAR, czyli rejestratory szybkiego dostępu. Dane z nich mogą być odczytane w dowolnym momencie, m.in. w celu poprawy bezpieczeństwa i parametrów lotu.
- **Masowy konsument** – SSD coraz liczniej zdomowiają się w domowych komputerach i stają się standardem w sferze ultrabooków, gdzie najpopularniejsze pojemności to 128 GB i 256 GB. Ultrabooki klasy premium mogą posiadać dyski półprzewodnikowe nawet o pojemności 512 GB.

Zalety i wady SSD

Zalety:

1. Brak ruchomych części
2. Niska waga
3. Niska temperatura pracy
4. Niskie zużycie energii
5. Praca bezgłośnie
6. Duża odporność mechaniczna na urazy
7. Szybkość odczytu i zapisu danych
8. Szybkość czasu dostępu

Wady:

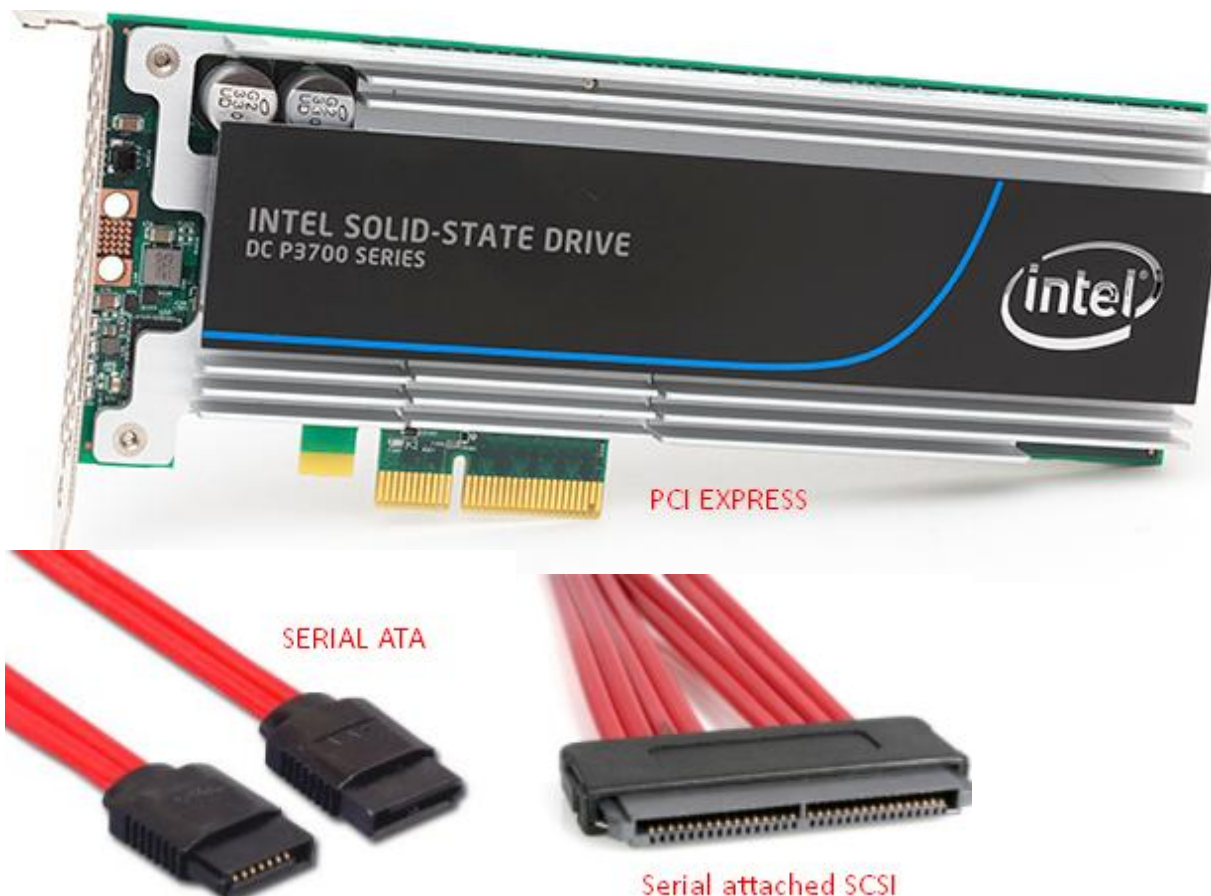
1. Wyższa cena od HDD
2. Ograniczona liczba cykli zapisów, a więc żywotność
3. Niższa pojemność od HDD

Prace nad technologią SSD postępują, spodziewać się możemy zminimalizowania, bądź wręcz eliminację wyżej wymienionych wad, a z czasem dyski półprzewodnikowe staną się standardem stosowanym w opisanych dziedzinach, a przede wszystkim dla konsumenta masowego.

Interfejs

Dyski SSD obsługują różne interfejsy urządzeń logicznych, takie jak oryginalny interfejs ATAPI, interfejs Advanced Host Controller Interface (AHCI), NVMe Express i inne zastrzeżone interfejsy. Logiczne interfejsy urządzeń definiują zestawy poleceń używane przez systemy operacyjne do komunikacji z dyskami SSD i adapterami magistrali hosta. Najczęściej spotykane interfejsy to:

- Serial ATA (SATA, 6.0 Gbit / s)
- PCI Express (PCIe, 31,5 Gbit / s)- USB (10 Gbit / s)
- Serial attached SCSI (SAS, 12,0 Gbit / s) - zazwyczaj znajduje się na serwerach
- Fibre Channel (128 Gbit / s) - prawie wyłącznie na serwerach



Interfejs ATA

Interfejs ATA (ang. Advanced Technology Attachment), nazywany także IDE (ang. Integrated Drive Electronics), został zaprojektowany w 1986 r. przez przedsiębiorstwa Western Digital i Compaq do 16-bitowego komputera IBM AT. Z początku interfejs ATA pozwalał na 16-bitową wymianę danych między napędem a gniazdem ATA na płycie głównej. Od momentu wprowadzenia normy PCI IDE Bus Master i ujednolicenia interfejsu ATA z magistralą PCI umożliwia 32-bitową transmisję danych.

Specyfikacja równoległego interfejsu ATA wymusza stosowanie określonych złączy i okablowania. Złącze jest 40-pinowym gniazdem z wyciętym otworkiem. Usunięto w nim dwudziesty pin, aby uniemożliwić błędne zamontowanie taśmy. Gniazda są montowane na płycie głównej oraz w tylnej ścianie napędu, a połączenia dokonujemy za pomocą taśmy 40- lub 80-żyłowej, gdzie dwudziesty pin najczęściej jest zaślepiiony.

Rozwój interfejsu przyniósł wiele przydatnych rozwiązań i technologii.

- ATAPI (ang. AT Attachment Packet Interface) - rozszerzony interfejs pozwalający na obsługiwanie urządzeń takich jak CD-ROM, CD-RW, napędy dyskietek, napędy ZIP czy napędy taśm.
- S.M.A.R.T. (ang. Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology) - technologia umożliwiająca przewidywanie i wykrywanie awarii napędu.
- Identify Drive (z ang. identyfikacja napędu) - specjalne polecenie umożliwiające oprogramowaniu płyty głównej (BIOS) identyfikację i sprawdzenie parametrów napędów.
- PIO (ang. Programmed Input/Output - programowalne wejście-wyjście) - pierwsza metoda wymiany danych w interfejsie ATA umożliwiająca transfer danych między płytą a napędem. Jest kontrolowana programowo przez procesor, co powoduje jego znaczne obciążenie. Pozwala na pracę w pięciu trybach różniących się maksymalną prędkością transferu.
- DMA (ang. Direct Memory Access - bezpośredni dostęp do pamięci) - specjalny tryb umożliwiający napędom podłączonym 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) - technologia wykorzystująca 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.

Interfejs SCSI

Small Computer System Interface to rozwiązanie rozwijane równolegle do standardu ATA. Technologicznie SCSI był bardziej zaawansowany od swojego konkurenta. Częściej wykorzystywano go w systemach wymagających dużej wydajności, takich jak serwery. Wyróżniał się obsługą dodatkowych urządzeń takich jak skanery czy napędy taśm. Dodatkowo istnieje możliwość jednoczesnego podłączenia kilkunastu urządzeń.

Kontrolery SCSI przyjmują formę karty rozszerzeń nazywanej adapterem hosta.

Interfejs udostępnia kilka metod przesyłania sygnałów elektrycznych:

SE (ang. Single Ended), sygnalizacja niezrównoważona – każdy sygnał przesyłany jest przez parę skręconych przewodów. Jeden przewód jest uziemiony, drugi przenosi zmiany napięcia. Tego typu sygnalizacja jest mało odporna na zewnętrzne zakłócenia, które nasilają się podczas stosowania długiego okablowania.

HVD (ang. High Voltage Differential), sygnalizacja różnicowa wysokonapięciowa – jeden przewód przenosi zmiany napięcia, drugim płynie sygnał o odwrotnym potencjale. Komunikacja opiera się na wykrywaniu różnicy potencjałów między przewodami. Wadą tego rozwiązania jest wykorzystanie dużych napięć, co znacznie zmniejsza możliwości projektowania małych i oszczędnych układów. Dodatkowo pomyłkowe podłączenie urządzenia SE do HDV zakończy się awarią tego pierwszego.

LVD (ang. Low Voltage Differential), sygnalizacja różnicowa niskonapięciowa – standard wykorzystujący niskie napięcia. Umożliwiał produkcję tanich i oszczędnych układów oraz pozwalał na używanie dłuższego okablowania. Dodatkowo omyłkowe podłączenie urządzenia SE do LDV nie kończyło się uszkodzeniem tego pierwszego.

Okablowanie wykorzystane w standardach SCSI dzieli się na zewnętrzne i wewnętrzne. Dla okablowania zewnętrznego, za pomocą którego podłączamy urządzenia znajdujące się poza obudową komputera, opracowano następujące wersje złączy:

- D-Shell (D-Sub, DD) – 50-pinowe typu D
- Centronix – 50-pinowe w 8 bitowych SCSI-1
- Centronix Alternative 2
- High-Density (HD) Alternative 3 – 69-pinowe
- Very High Density Cable Interconnected (VHDCI) Alternative 4

Dla okablowania wewnętrznego, za pomocą którego montuje się sprzęt wewnątrz obudowy komputera, opracowano następujące wersje złączy:

- Regular Density - prostokątny łącznik z dwoma rzędami po 25 pinów
- High Density - opracowane dla SCSI-2 wąskie 50-pinowe złącze wysokiej gęstości, nieekranowane
- Single Connector Attachment (SCA) - nieekranowane złącze używane do bezpiecznego wewnętrznego montażu/demontażu na gorąco (ang. hot swap), bez potrzeby wyłączenia komputera.

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 zwerek lub przełącznika, a im mniejszy numer ID, tym większy priorytet podłączonego sprzętu.

Interfejs SCSI jest magistralą wymagającą specjalnych terminatorów na obydwu jej końcach. W zależności od zastosowanego typu interfejsu SCSI terminator może przyjąć formę pasywnego rezystora terminującego lub aktywnego urządzenia z regulatorem napięcia.

Interfejs SAS

W 2003 r. organizacja Technical Committee T10 rozwijająca standardy SCSI opublikowała specyfikację szeregowego SCSI SAS. Celem twórców standardu SAS był tani interfejs zbliżony możliwościami do optycznego szeregowego interfejsu Fibre Channel³. 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, a zewnętrzne nawet do 10 m. SAS jest kompatybilny z SCSI programowo, nie sprzętowo. Interfejs SAS występuje w czterech odmianach różniących się prędkościami przesyłania danych, mianowicie:

- SAS-1: 3.0 Gb/s - ze względu na niewielkie prędkości w zasadzie nieużywany;
- SAS-2: 6.0 Gb/s;
- SAS-3: 12.0 Gb/s - jeden z popularniejszych obecnie interfejsów dysków serwerowych;
- SAS-4: 22.5 Gb/s - obecnie powoli pojawia się na rynku.

Do podłączania dysków twardych do kontrolerów stosuje się różnorodne złącza w zależności od potrzeb. Tak samo jak w przypadku SCSI możliwe jest podłączanie zarówno urządzeń wewnętrznych, jak i zewnętrznych.

Używając odpowiedniego złącza, np. SFF 8087, SFF 8088 (zewnętrzny), SFF 8470 (zewnętrzny), SFF 8643, SFF 8680 możliwe jest podłączenie w wybranej konfiguracji. Na uwagę zasługuje także fakt, iż interfejs SAS jest częściowo kompatybilny z SATA.

Dyski twarde oraz napędy SATA prawidłowo współpracują z kontrolerami SAS (nie trzeba instalować w serwerach dodatkowych kontrolerów SATA do obsługi napędów DVD), jednak należy pamiętać, że dyski SAS nie mogą być używane z magistralą SATA.

SAS wprowadza nową klasę urządzeń zwane ekspanderami. To rodzaj przełącznika 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 ponad 16 000 różnego rodzaju napędów. Znormalizowane strefowanie ekspanderów oraz ich autowykrywanie zapewnia bardziej efektywną i bezpieczną skalowalność podczas wdrażania ogromnej i stale rosnącej liczby dysków w wysokiej klasy macierzach używanych w przedsiębiorstwach.

Intefejs SATA

Wersja ATA-7 zakończyła rozwój ATA równoległego. Nowszy szeregowy interfejs SATA (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. Na poziomie sprzętowym nie ma zgodności i nie można łączyć napędów różnych standardów.

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.

Jedna z wersji interfejsu SATA, eSATA (ang. external SATA – zewnętrzne SATA), umożliwia stosowanie okablowania 2-metrowego do podłączania urządzeń znajdujących się poza obudową komputera.

Na płycie głównej znajdują się gniazda SATA o takiej samej budowie jak złącza montowane w napędach. Interfejs SATA korzysta z połączenia point-to-point (punkt-punkt). Pojedynczy kanał obsługuje tylko jeden napęd, który nie wymaga konfiguracji za pomocą zworek. Większość urządzeń SATA2 podłączonych do interfejsu SATA1 potrzebuje przekonfigurowania, aby możliwe było dostosowanie ich prędkości do starszego standardu. Wraz z pojawieniem się na płytach głównych czterech, sześciu czy ośmiu kanałów SATA zrezygnowano z dodatkowego kanału równoległego ATA (został jeden kanał IDE lub nie pozostał żaden).

Większość dysków twardych podłącza się za pomocą interfejsu SATA. Z kanału IDE korzystają starsze napędy CD/DVD, lecz obecnie w zasadzie są nieużywane.

Druga generacja SATA ma kilka nowości:

- transfer do 3 Gb/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.

Trzecia generacja SATA wprowadza kolejne usprawnienia:

- transfer do 6 Gb/s
- interfejs SATA USM (ang. Universal Storage Module) - pozwala na szybkie podłączanie zewnętrznych pamięci masowych bez użycia okablowania;
- złącze mSATA (ang. mini-SATA) - bazujący na miniPCI Express konektor umożliwiający podłączanie niewielkich napędów SSD oraz pamięci flash
- Zero-Power Optical Disk Drive - tryb pozwalający na 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 do dysków SSD, mająca na celu oczyszczenie dysków z usuniętych już plików i zwiększenie ich żywotności
- Hardware Control Features - technologia umożliwiająca identyfikację urządzeń SATA w celu podniesienia ich wydajności zależnie od ich indywidualnych cech. Szybkie dyski SSD wymusiły stworzenie interfejsu, który zapewni jak najwyższą przepustowość. Obecnie w nowoczesnych płytach głównych można znaleźć nowe złącza SATA Express oraz M.2.

Porównanie SAS i SATA

- SATA kierowany jest najczęściej do zwykłych konsumentów, gdzie rzadszy i droższy standard SAS używany jest głównie w przypadku rozwiązań serwerowych.
- SAS wykrywa i raportuje błędy przy pomocy komend SCSI, które mają zwiększoną funkcjonalność niż komendy ATA SMART używane przez urządzenia SATA.
- SAS używa wyższych napięć sygnałowych (800–1,600 mV dla wysyłania i 275–1,600 mV dla odbierania) niż SATA (400–600 mV dla wysyłania i 325–600 mV dla odbierania).

- Z powodu wyższych napięć sygnałowych, SAS pozwala na użycie kabli do 10 metrów długości, gdzie limit SATA to 1 metr lub 2 metry w przypadku eSATA.
- SAS sprzętowo pozwala na wielościeżkowe wejście/wyjście do urządzeń, podczas gdy SATA do wersji 2.0 nie posiada takiej opcji.
- SAS działa w trybie pełnego duplexu, gdzie SATA używa półduplexu. Warstwa transportowa SAS pozwala transmitować dane z pełną prędkością połączenia w obydwu kierunkach jednocześnie.

DYSK SSD 2.5" - SATA



DYSK SSD M.2 - PCI Express

