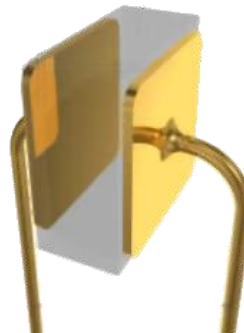
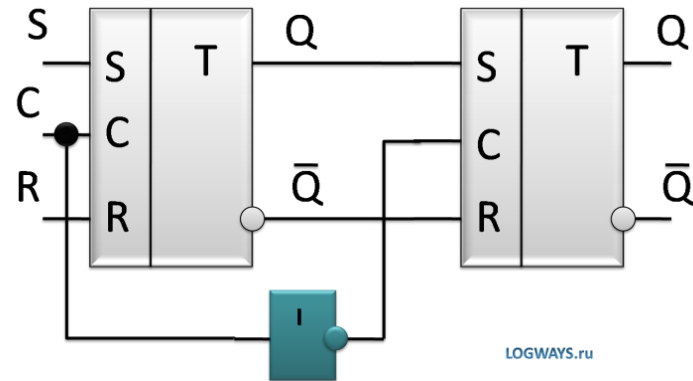


СТАТИЧНА ТА ДИНАМІЧНА ПАМ'ЯТЬ. ОПЕРАТИВНІ ЗАПАМ'ЯТОВУЮЧІ ПРИСТРОЇ.



ОСНОВНА ПАМ'ЯТЬ КОМП'ЮТЕРА

Оперативні ЗП, з яких будується основна пам'ять ЕОМ, в даний час є напівпровідниковими ЗП з довільним доступом **RAM (Random Access Memory)**.

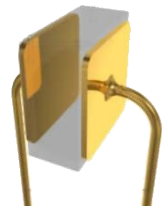
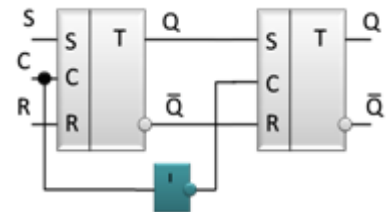
Напівпровідникові ЗП RAM поділяються на :

➤ *статичні ЗП*

(SRAM - Static Random Access Memory)

➤ *динамічні ЗП*

(DRAM - Dynamic Random Access Memory)

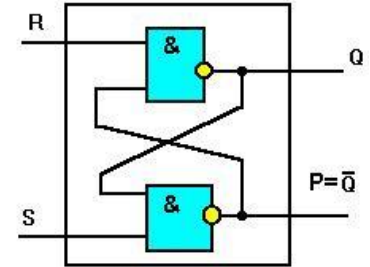


Серед напівпровідникових ЗУ з довільним доступом треба виділити постійні ЗП **(ROM - Read Only Memory)**.



СТАТИЧНІ ЗП

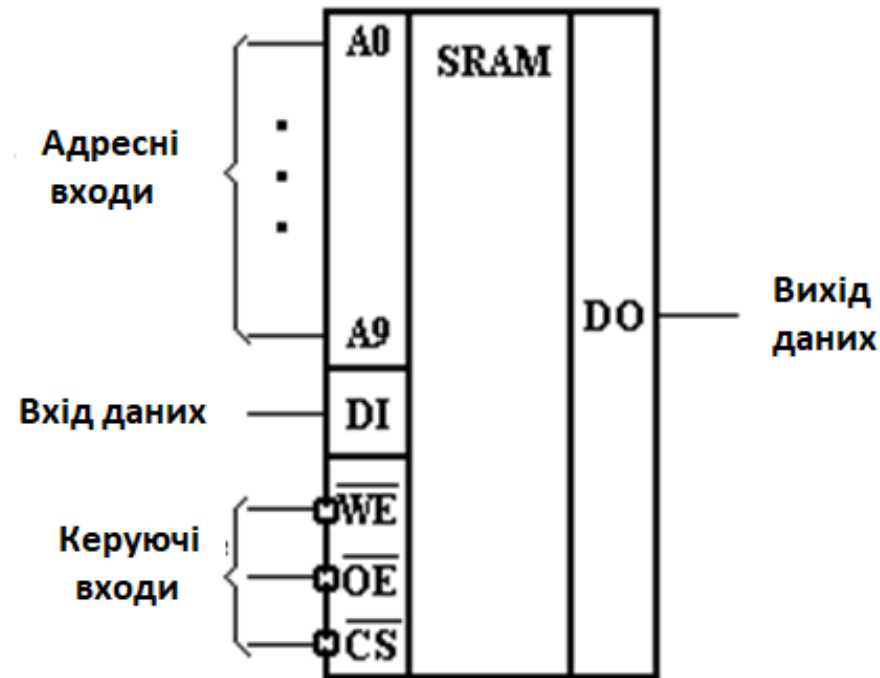
В **статичній ЗП** (Static Random Access Memory – SRAM) в якості елемента пам'яті використовується **тригер**.



До складу сигналів управління ВІС статичного ЗП зазвичай входять :

- **CS (Chip Select)** – сигнал вибору мікросхеми;
- **WE (Write Enable)** – сигнал дозволу запису;
- **OE (Output Enable)** – сигнал включення виходів для видачі даних.

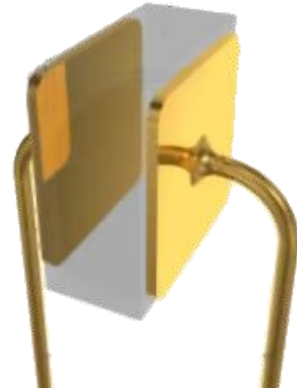
Всі розряди адреси подаються на адресні входи одночасно. Кількість входів даних (**DI - Data Input**) одно розрядності даних, що зберігаються. Кількість виходів даних (**DO - Data Output**) також дорівнює розрядності збережених слів.



Умовне позначення статичного ЗП на функціональній схемі

ДИНАМІЧНІ ЗП

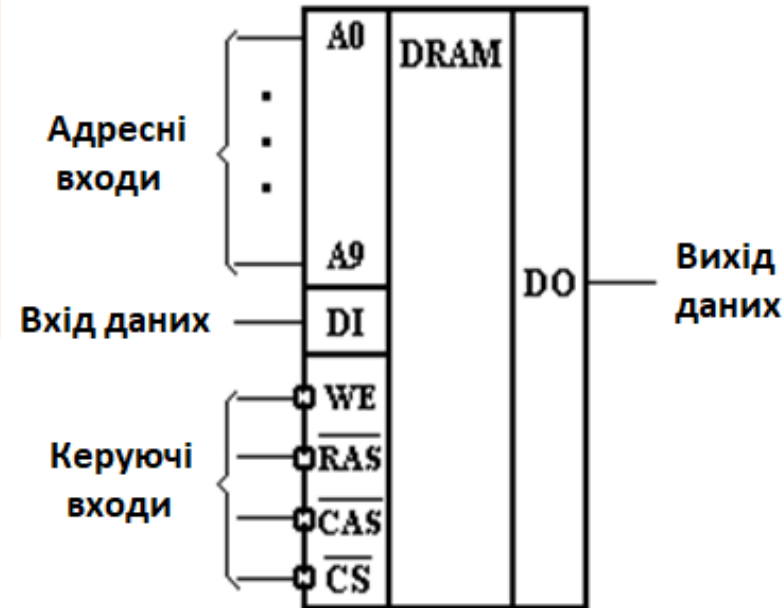
Запам'ятовуючим елементом в динамічних ЗП (*Dynamic Random Access Memory - DRAM*) є конденсатор, який може знаходитися в двох станах - зарядженому і не зарядженому, що відповідає значенням 1 і 0 біта інформації.



Динамічні ЗП характеризуються *мультиплексуванням адресних входів*. Цей спосіб полягає в почерговій подачі на одні і ті ж адресні входи спочатку старшої частини (половини) адреси - адреса рядку (Row Address), а потім - молодшої частини - адреса стовпця (Column Address)

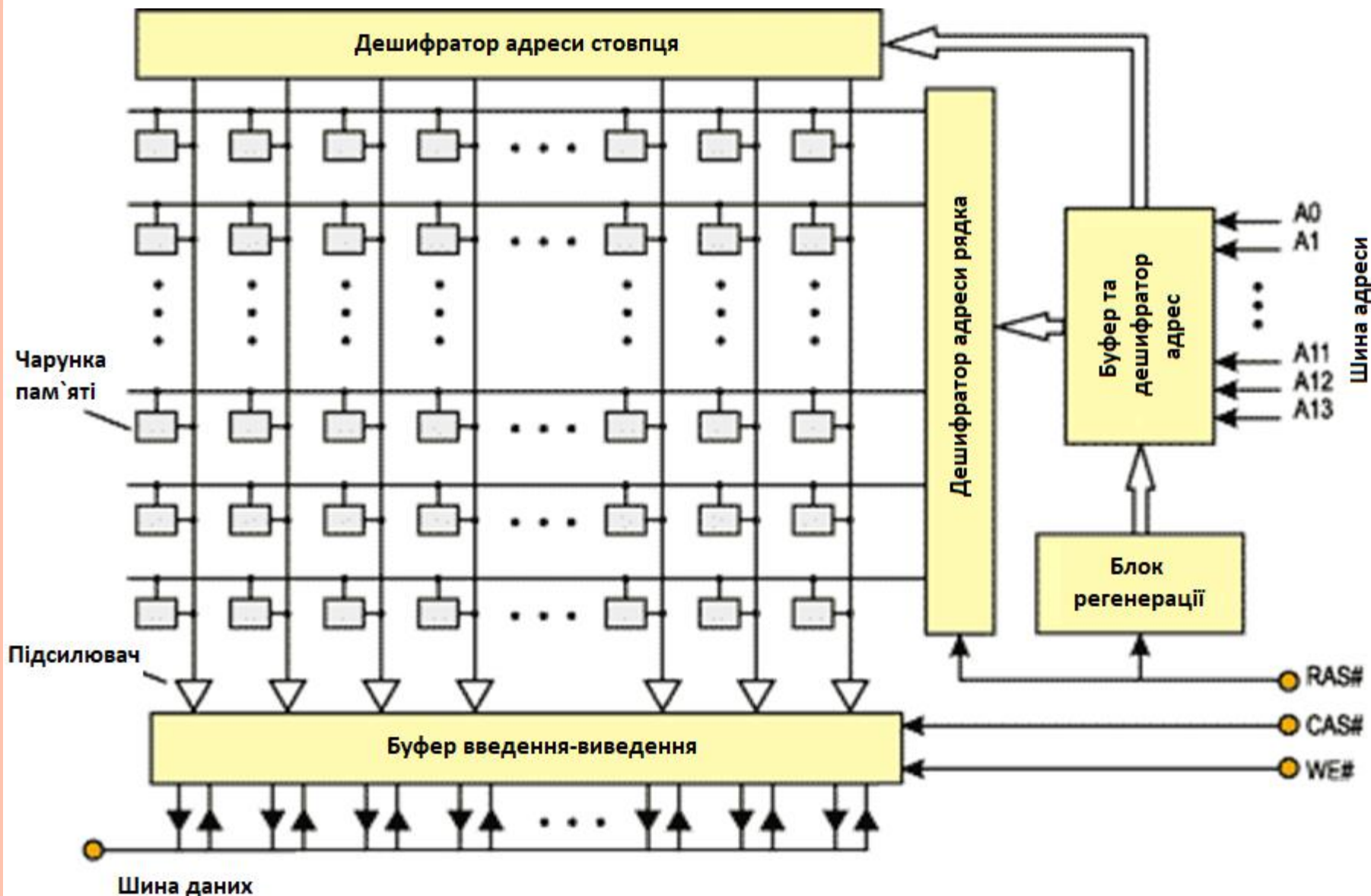
Динамічні ЗП (DRAM) виконують операції читання і запису при отриманні лише керуючого сигналу, зазвичай, сигналу строба адреси.

- *RAS (Row Address Strobe)* - строб адреси рядку;
- *CAS (Column Address Strobe)* - строб адреси стовпця;



Умовне позначення динмічного ЗП на функціональній схемі

СТРУКТУРНА СХЕМА МОДУЛЮ ОСНОВНОЇ ПАМ'ЯТІ

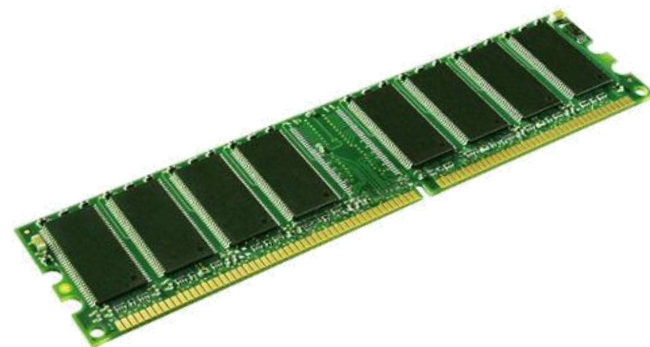


ОПЕРАТИВНИЙ ЗАПАМ'ЯТОВУЮЧИЙ ПРИСТРІЙ

ОЗП (оперативний запам'ятовуючий пристрій) призначений для зберігання інформації, яка безпосередньо бере участь в обчислювальному процесі в поточний інтервал часу.

Модулі пам'яті характеризуються:

- конструктивом
- ємністю
- часом звернення
- надійністю роботи



Одним з напрямків, що підвищують надійність функціонування підсистеми пам'яті, є використання **спеціальних схем контролю та надлишкового контролю інформації**.

Модулі пам'яті бувають:

- з контролем парності (**parity**)
- без контролю парності (**no parity**)
- з автоматичною корекцією помилок (**ЕСС-пам'ять**)



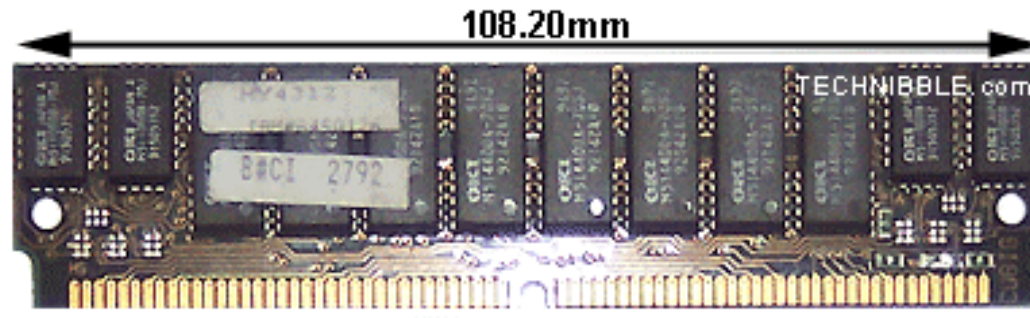
ТИПИ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ

SIMM



SIMM на 30 контактів.

Застосовувалась в персональних комп'ютерах з процесорами від 286 до 486.
Зараз вже є раритетом.



SIMM на 72 контакти.

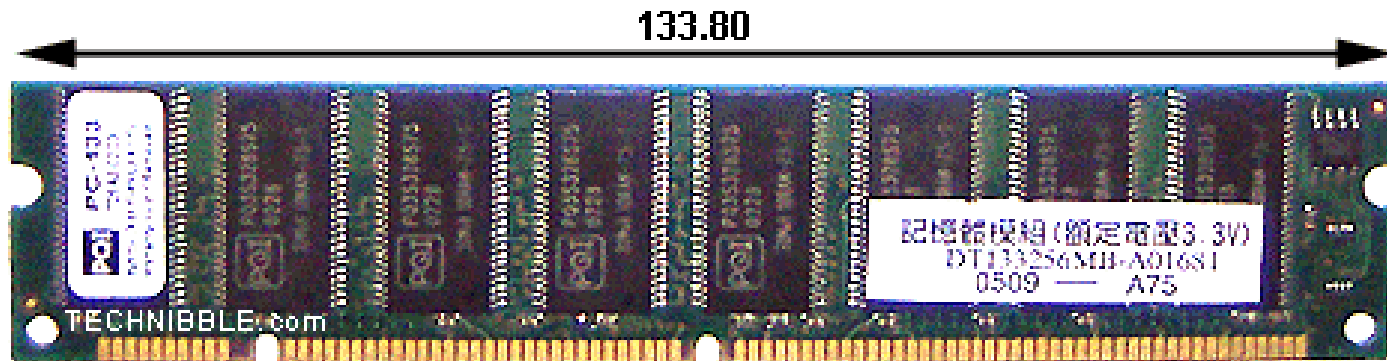
Використовувалась на комп'ютерах з процесорами 486 та в перших Pentium до 1995 року.

На відміну від своїх попередників, починає вибірку наступного блоку пам'яті в той же час, коли відправляє попередній блок до центрального процесора.



ТИПИ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ

DIMM



Так називали тип пам'яті *SDRAM (Synchronous DRAM)*.

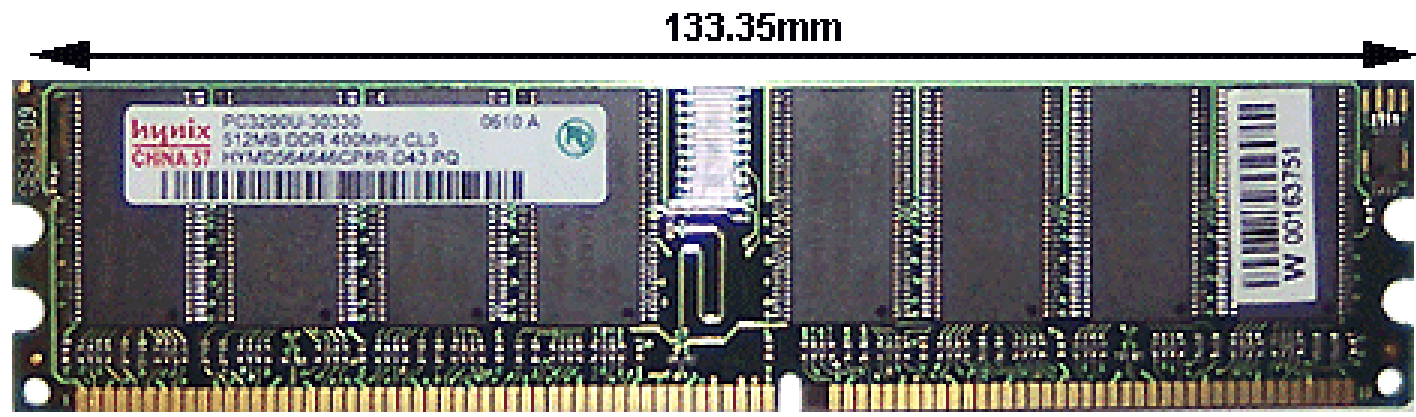
Починаючи з 1996 року більшість чіпсетів Intel стали підтримувати цей вид модулів пам'яті, зробивши його дуже популярним аж до 2001 року. Більшість комп'ютерів з процесорами Pentium і Celeron використовували саме цей вид пам'яті.

Далі пішла ера **DDR**, і пам'ять майже перестали називати **Сіми** або **Діми**. Тепер в ходу назви DDR (DDR2, DDR3, DDR4) модуль або планка.



ТИПИ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ

DDR (Double Data Rate)



Цей вид модулів пам'яті вперше з'явився на ринку в 2001 році.

Основна відмінність між **DDR** та **SDRAM** полягає в тому, що замість подвоєння тактової частоти для прискорення роботи, ці модулі передають дані двічі за один такт.

Кількість контактів - **184**

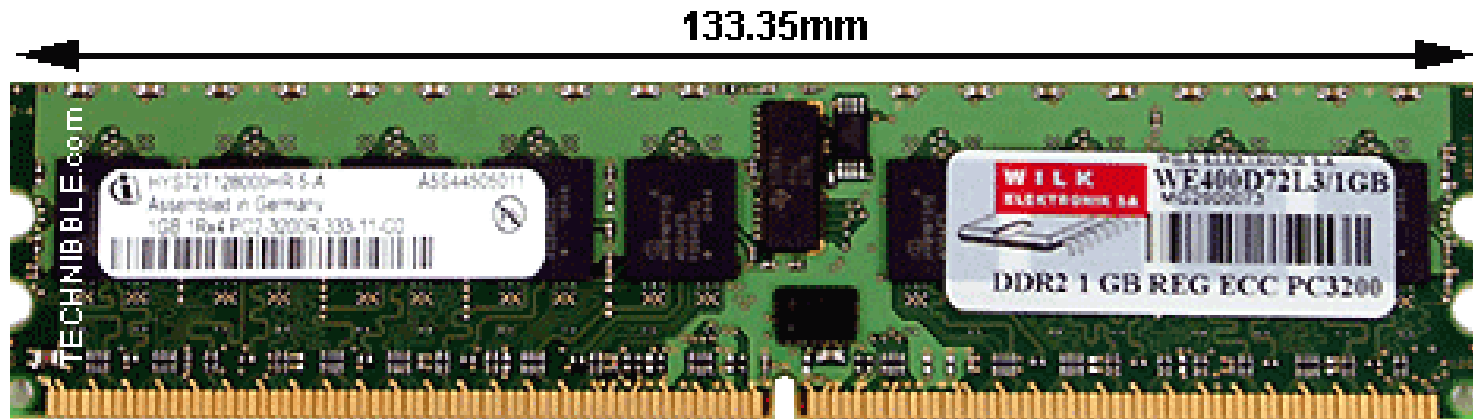
Робочі частоти - **від 100 до 400 Мгц**

Напруга живлення: **2,5-2.9 В**



ТИПИ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ

DDR II



Вперше пам'ять DDR2 з'явилась в 2003 році, а чіпсети, які її підтримували – аж всередині 2004.

Основна відмінність **DDR2** від **DDR** – здатність працювати на значно більшій тактовій частоті, завдяки вдосконаленням в конструкції і робота на зниженій напрузі.

Кількість контактів - 240
Робочі частоти - до 1200 Мгц
Напруга живлення: 1,8 В



ТИПИ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ

DDR III



Модулі пам'яті **DDR3** є електрично не сумісними з **DDR2**, і з цієї причини мають інше розташування «ключа».

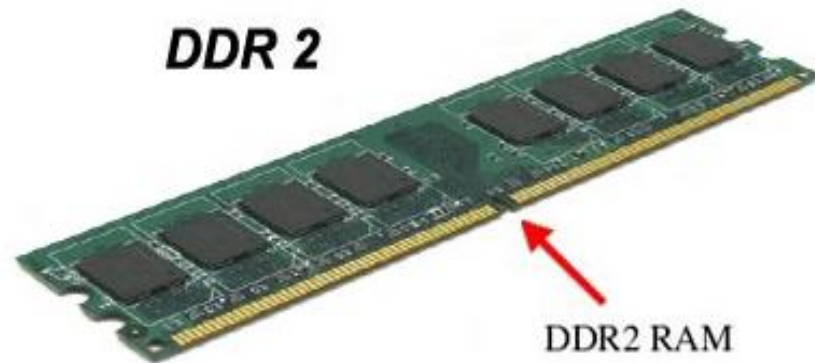
DDR3 розвиває швидкість більше ніж **DDR2**

Кількість контактів - **240**

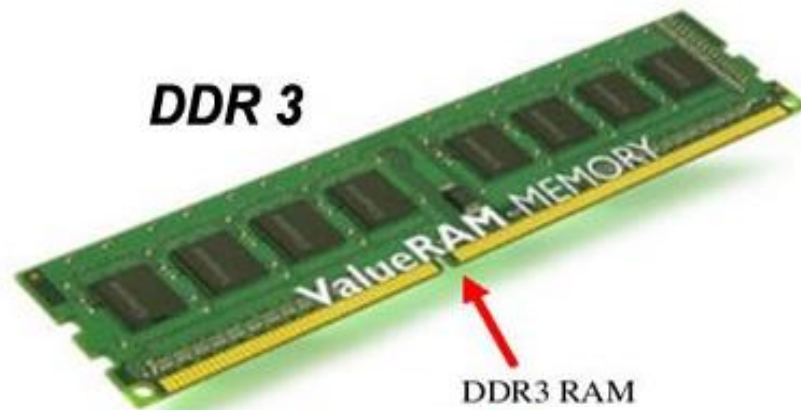
Робочі частоти - **від 800 до 2400 МГц**

Напруга живлення: **1,5 В**

DDR 2



DDR 3



ТИПИ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ

DDR4



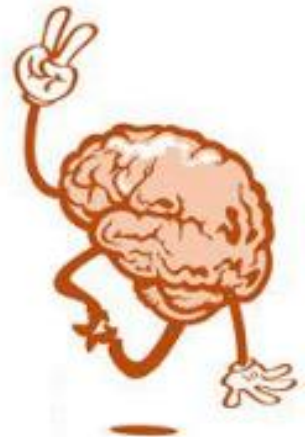
У січні 2011 року, Samsung представив нові модулі пам'яті. Відрізняються вони підвищеними частотними характеристиками і зниженою напругою.

*Підвищено надійність роботи за рахунок введення механізму контролю парності на шинах адреси і команд (**ЕСС модулі**).*

Кількість контактів - 288

Робочі частоти - від 2133 до 4233 МГц

Напруга живлення: 1,2 В



ТИПИ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ

SO DIMM



SO DIMM (Small Outline DIMM) - це спеціальні модулі для портативних комп'ютерів, що відрізняються зменшеним розміром.

Цей тип модулів пам'яті використовується також і в комунікаційному устаткуванні, де їх габарити важливі.

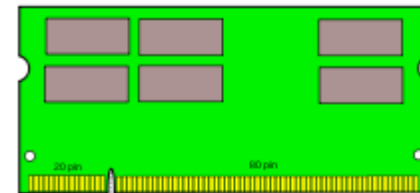
DDR SO DIMM - 200 контактів

DDR2 SO DIMM - 200 контактів

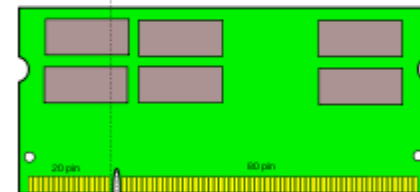
DDR3 SO DIMM - 204 контакти

DDR4 SO DIMM - 260 контактів

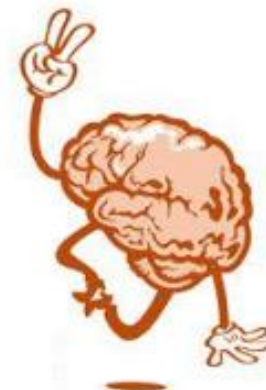
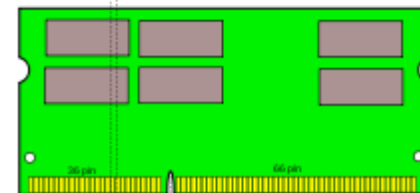
SO-DIMM DDR



SO-DIMM DDR 2



SO-DIMM DDR 3



ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ ПАМ'ЯТІ

Пропускна здатність, виражається як добуток частоти роботи пам'яті на обсяг даних, переданих за один такт.

Сучасна пам'ять має шину шириною 64 біта (або 8 байт)

Наприклад, пропускна здатність пам'яті типу **DDR400**, складає :

400 МГц x 8 Байт = 3200 Мбайт в секунду (або 3.2 Гбайт/с)

Звідси, впливає й інше позначення пам'яті такого типу - **PC3200**.

- Для пам'яті з частотою 2133 МГц (найменша частота для пам'яті DDR4) максимальна пропускна здатність складе

$$2133 * 8 = \mathbf{17\ 064\ Мгабайт/с}$$

- Для пам'яті з частотою 4266 МГц (найбільша частота в стандарті для DDR4) максимальна пропускна здатність складе

$$4233 * 8 = \mathbf{34\ 128\ Мгабайт/с}$$

ТАЙМІНГИ ПАМ'ЯТІ

Між подачею команди на читання довільної чарунки пам'яті та її виконанням завжди буде якась затримка (латентність пам'яті), ось її-то і характеризують таймінги.

Ім'я параметра	Позначення	Визначення
CAS-латентність	CL	Затримка між відправкою в пам'ять адреси стовпця і початком передачі даних. Час, необхідний на читання першого біта з пам'яті, коли потрібний рядок вже відкритий. Одна з найважливіших характеристик будь-якого модуля пам'яті.
RAS to CAS Delay	T_{RCD}	Число тактів між відкриттям рядка і доступом до стовпців в ньому. Час, необхідний на читання першого біта з пам'яті без активного рядка — $T_{RCD} + CL$.
Row Precharge Time	T_{RP}	Число тактів між командою на попередній заряд банку (закриття рядка) і відкриттям наступного рядка. Час, необхідний на читання першого біта з пам'яті, коли активний інший рядок — $T_{RP} + T_{RCD} + CL$.
Row Active Time	T_{RAS}	Число тактів між командою на відкриття банку і командою на попередній заряд. Час на оновлення рядка. Зазвичай приблизно дорівнює сумі трьох попередніх чисел.

Позначення таймінгів: " 9-10-9-28 " або " 2.5-4-4-10 "

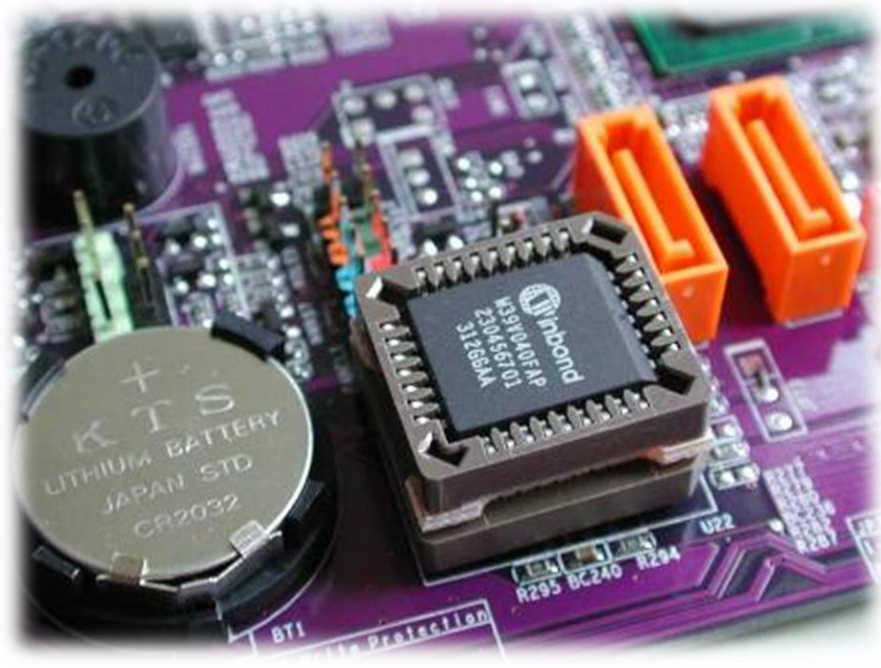
CL- T_{RCD} - T_{RP} - T_{RAS}



ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОПЕРАТИВНОЇ ПАМ'ЯТІ, НА ЯКІ ВАРТО ЗВЕРТАТИ УВАГУ

- 1) **Тактова частота пам'яті.** Чим вище це значення, тим більшу пропускну здатність інформації в секунду вона має.
- 2) **Таймінг.** Зазвичай вказується в подібному параметрі: 9-9-9-24. Чим нижче дане значення, тим менше тимчасова затримка сигналу, відповідно тим продуктивніше ваша оперативна пам'ять.
- 3) **Ємність оперативної пам'яті.** По суті мінімальний обсяг пам'яті при якому буде працювати сучасна операційна система, і базові програми складає 4 Гб.
- 4) Також можна відзначити **наявність/відсутність радіатора** на пам'яті - в принципі не важливе значення, як для офісного використання. Служать для кращого розсіювання тепла, що відводиться від пам'яті.

ПОСТІЙНІ ЗАПАМ'ЯТОВУЮЧІ ПРИСТРОЇ

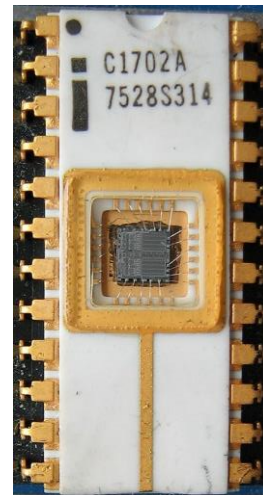


КЛАСИФІКАЦІЯ ПЗП

Постійні запам'ятовуючі пристрої (ПЗП або ROM – *Read Only Memory*) використовуються для зберігання незмінної або рідко змінної інформації: завантажувальних програм, програм тестування пристроїв ПК та деяких драйверів базової системи введення-виведення (BIOS) і т.д.

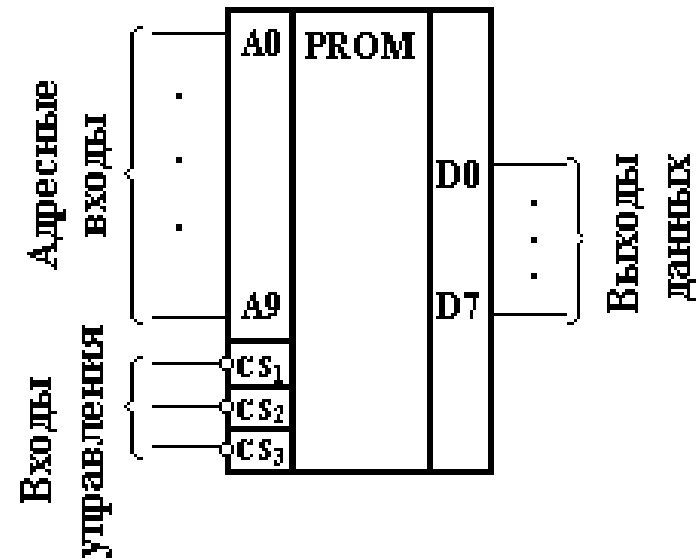
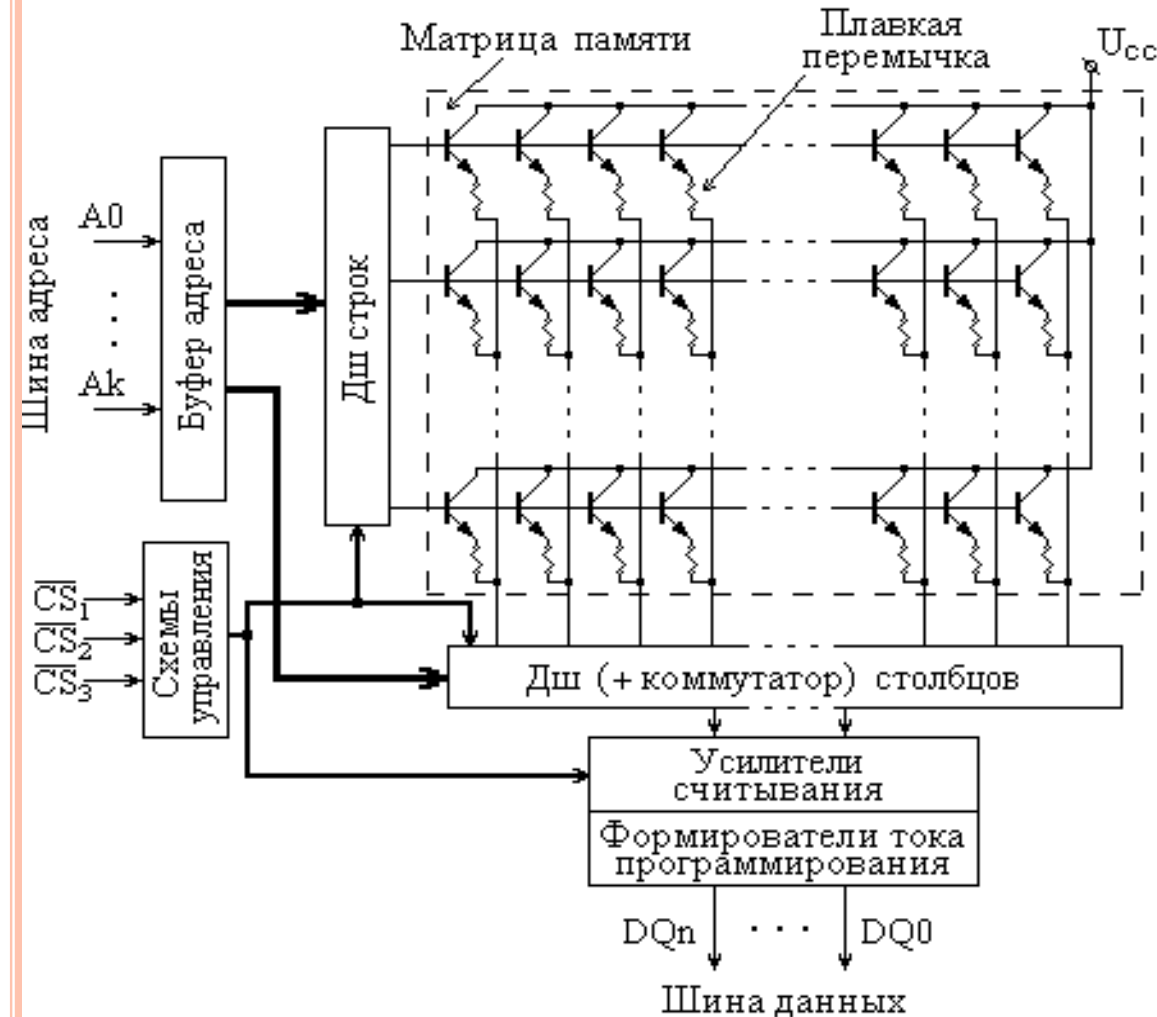
За технологією запису інформації можна виділити ПЗУ наступних типів :

- мікросхеми, програмовані тільки при виготовленні, - **класичні** або **масочні ПЗУ** або **ROM**;
- мікросхеми, програмовані одноразово в лабораторних умовах, - **програмовані ПЗП (ППЗП)**, або **programmable ROM (PROM)**;
- мікросхеми, програмовані багаторазово, - **перепрограмовані ПЗП**, або **erasable PROM (EPROM)**. Серед них слід відзначити електрично перепрограмовані мікросхеми **EEPROM (Electrical Eraseble PROM)**, в тому числі **флеш-пам'ять**.



Запис ПЗП

Процес запису для напівпровідникових постійних ЗП отримав також назву **"пропалювання"** або **програмування**, перше з яких пов'язане зі способом запису, що зводиться до руйнування (розплавлення, пропалення) плавких перемичок в чистому ЗП.



ХАРАКТЕРИСТИКИ МОДУЛІВ ПЗП

ПЗП встановлюються на системну плату ПК у вигляді модулів.

Тип модулів – перепрограмувальні запам'ятовуючі пристрої (флеш-пам'ять);

Ємність модулів – від 128 Кбайт до 32 Мб;

Час зчитування – 0,035-0,2 мкс;

Час запису (1 байт) – 2-10 мкс.



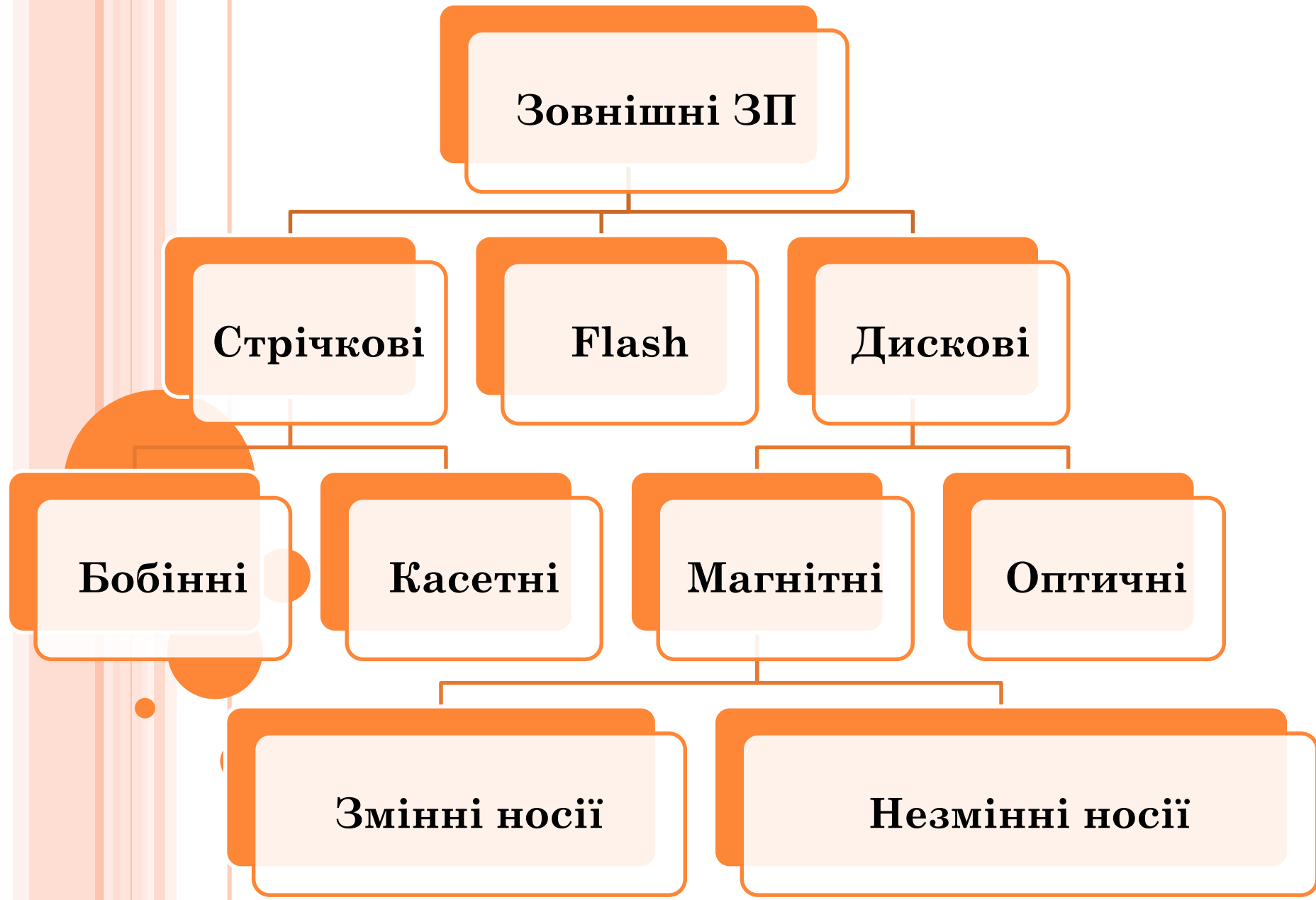
Перепрограмування може виконуватися безпосередньо з зовнішнього диска при наявності спеціального контролера на материнській платі або зовнішнього програматора, що підключається до ПК.



ЗОВНІШНІ ЗАПАМ'ЯТОВУЮЧІ ПРИСТРОЇ



Класифікація зовнішніх ЗП



ЛАЗЕРНІ CD-ДИСКИ



Звукові CD (*compact disk*)

діаметр **12 см**

74-80 хвилин звуку

CD-ROM, CD-R, CD-RW:

650-700 Мбайт

CD-ROM – тільки читання

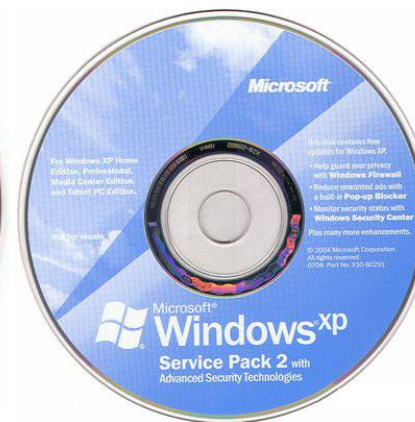
CD-R (болванка) – одноразовий запис



CD-RW – багаторазовий запис

міні-CD (-R, -RW)

діаметр **8 см**

24 хвилин звуку, **210 Мбайт**



-  • надійність, довговічність
- низька вартість
-  • швидкість читання і запису нижче, ніж у вінчестерів

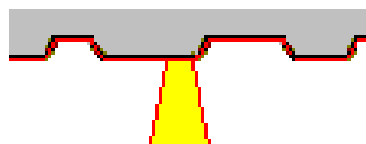
DVD-ДИСКИ

DVD = *Digital Versatile Disk* или *Digital Video Disk*

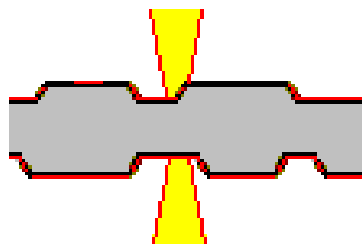
лазер з меншою довжиною хвилі

одношарові

односторонні 4,7 Гбайт

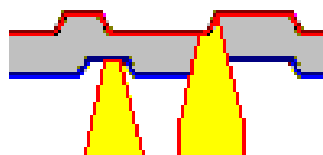


двосторонні 9,4 Гбайт

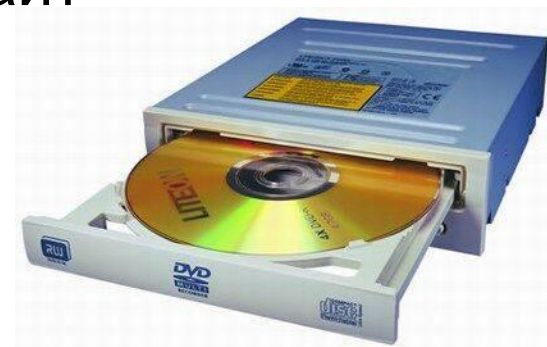
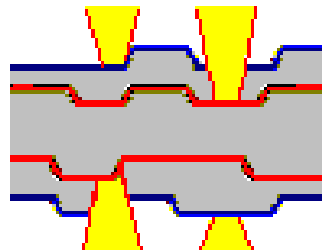


двошарові

односторонні 8,5 Гбайт



двосторонні 17,1 Гбайт



DVD-ROM – тільки читання

DVD-R, DVD+R – одноразовий запис

DVD-RW, DVD+RW – багаторазовий запис (**1000** циклів)

DVD-RAM – багаторазовий запис (**100000** циклів)

BLU-RAY ДИСКИ ВИСОКОЇ ЩІЛЬНОСТІ

Blu-ray Disc = *Blue ray Disc*, *BD*

(*blue ray* – синій промінь лазера)

BD-ROM, BD-R, BD-RE

шарів	ємність, Гбайт
1	23,3 – 33
2	46,6 – 66
3	100
4	128
16	400
20	500



ФЛЕШ-ПАМ'ЯТЬ

Флеш-диски (до 1024 Гб)



Флеш-карти (до 1024 Гб)



- не вимагають **живлення** для зберігання
- висока **швидкість**
- **компактність**



- висока ціна за 1 Гбайт
- зношування при стиранні і запису (**100000** циклів)



- **Фото:** повністю заповнювати, потім все стерати.
- **Не редагуйте файли на флеш-диску!**

СТРИМЕРИ

Стример (*streamer*) – пристрій для резервного копіювання даних з вінчестера на магнітну стрічку.



- ємність до **4 Тбайт**
- **дешева** магнітна стрічка
- **надійність**
- **висока швидкість (до 160 Мб/с)**

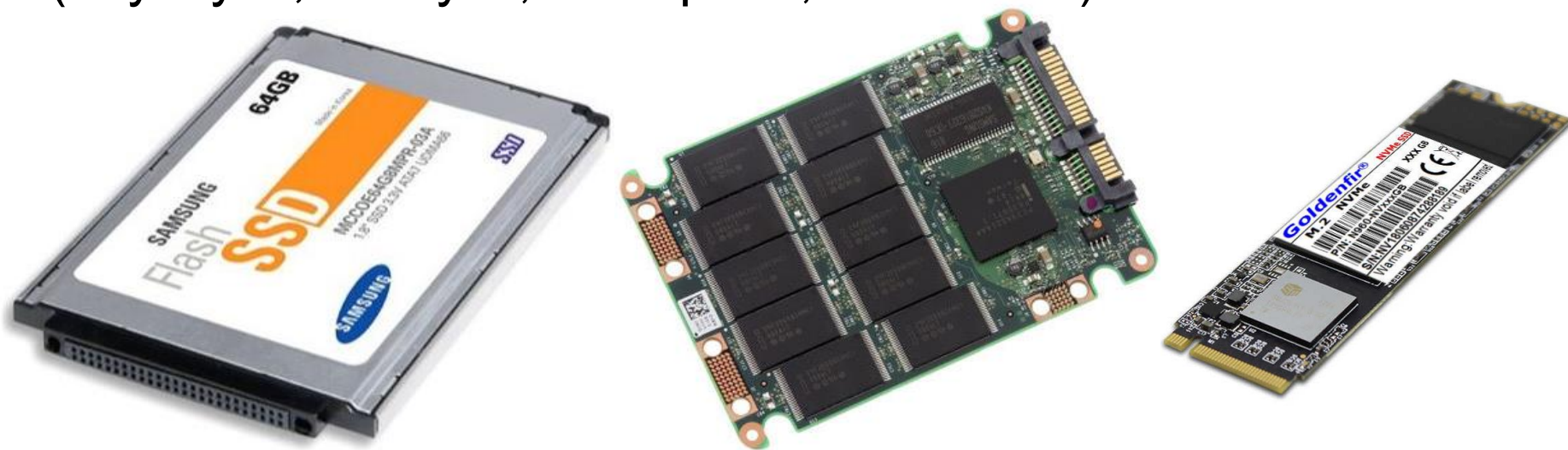


- **послідовний доступ** до даних («перемотувати» в потрібне місце)
- **низька швидкість пошуку**
- тільки для **потoku** даних (весь вінчестер або папка), вкрай складно працювати з окремими файлами

Виробники : Hewlett Packard, Sony, IBM

SSD-ДИСКИ (*SOLID-STATE DRIVE*)

На основі мікросхем пам'яті (до 4 Тб)
(ноутбуки, нетбуки, телефони, планшети)



- не шумлять
- висока **швидкість** читання і запису
- мала чутливість до магнітних полів



- висока ціна за 1 Гбайт
- зношування при стиранні і запису (**100000** циклів)

ВІНЧЕСТЕРИ

ЖМД = жорсткий магнітний диск

HDD = *hard disk drive*

зовнішні вінчестери



Ємність: до 16 Тбайт

Частота обертів: 5400, 7200, 10000 об/мин

Підключення: IDE, SATA

КОНСТРУКЦІЯ HDD



КОНСТРУКЦІЯ HDD



Герметична кришка захищає механізм жорсткого диска від попадання пилу і бруду, проте вакууму, як багато хто думає, всередині HDD немає.

КОНСТРУКЦІЯ HDD

Алюмінієва пластина - серце вінчестера. Саме тут зберігаються всі дані, причому не тільки призначені для користувача, але і службові. Порошинка або відбиток пальця на пластині зроблять вінчестер непридатним.

Блок актуатора складається з безлічі елементів і забезпечує читання даних з магнітної пластини вінчестера. Оскільки пластин дві, то актуатор забезпечений чотирма головками.



Притискна шайба забезпечує точне кріплення пластин на шпинделі. Важлива деталь, якщо врахувати швидкість обертання.

Невелика шайба надівається на шпиндельний двигун і служить прокладкою між пластинами. Всі деталі ретельно підігнані по розмірах, тому шайба максимально точно відповідає діаметру шпинделя.

КОНСТРУКЦІЯ HDD



Магнітний елемент котушки актуатора, що має додаткову функцію парковки головок жорсткого диска.

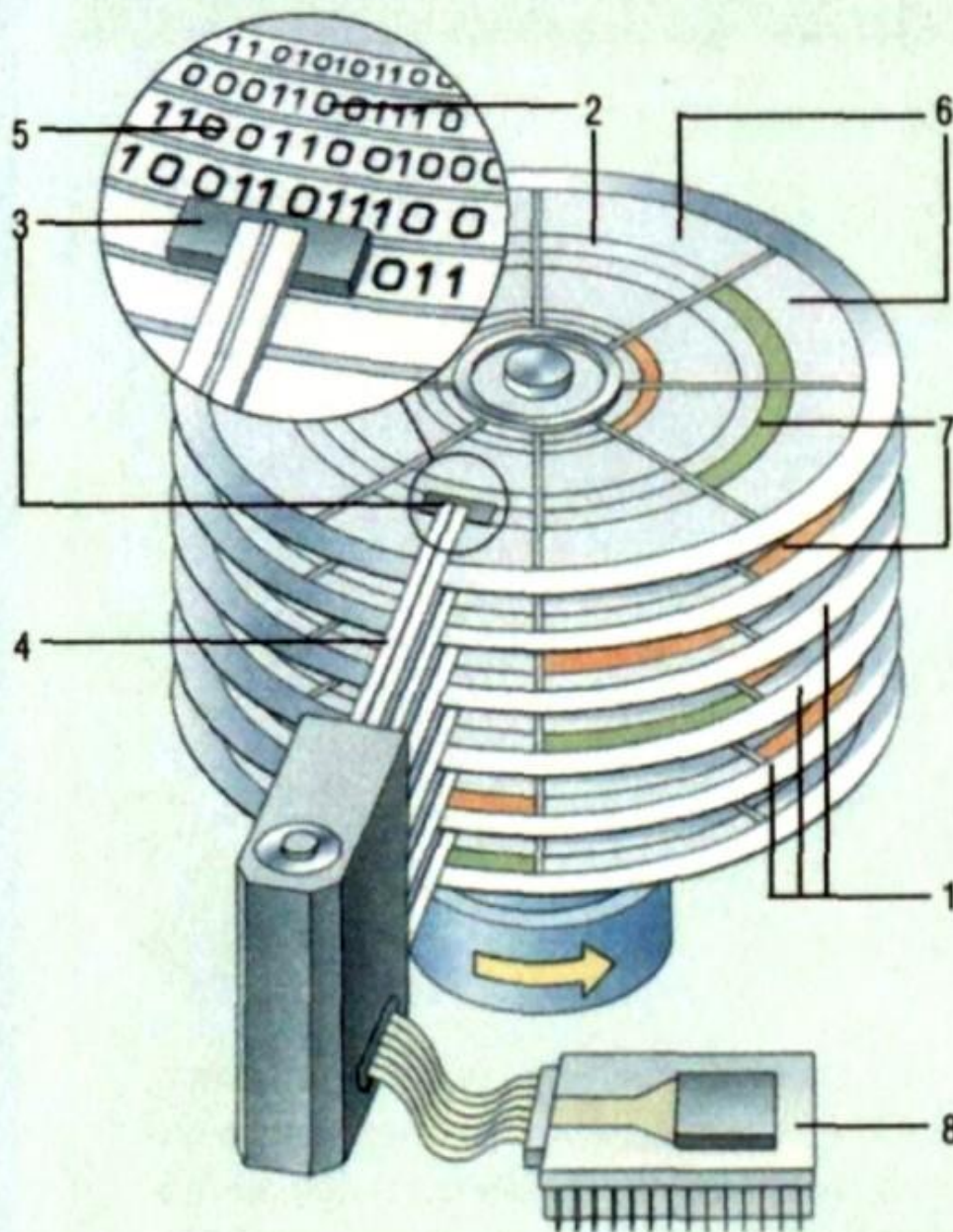
Це двигун HDD, на шпиндель якого кріпляться пластини. Живлення і управління здійснюється через контакти, до них примикає плата, яка знаходиться на корпусі диска з іншого боку.

Невелика поролонова прокладка повторює контури корпусу вінчестера і рятує плату від замикань і пошкоджень. У деяких моделях вона теплопроводна і виконує роль термопасти для чіпів контролера.

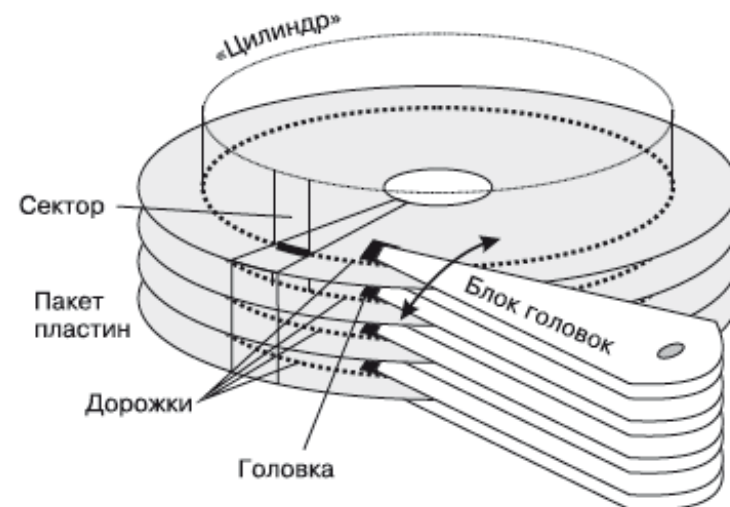
Основа корпусу вінчестера, до якої кріпляться всі комплектуючі.

"Мозок" жорсткого диска розташований саме на цій невеликій платі, яку називають контролером.

АДРЕСАЦІЯ НА HDD



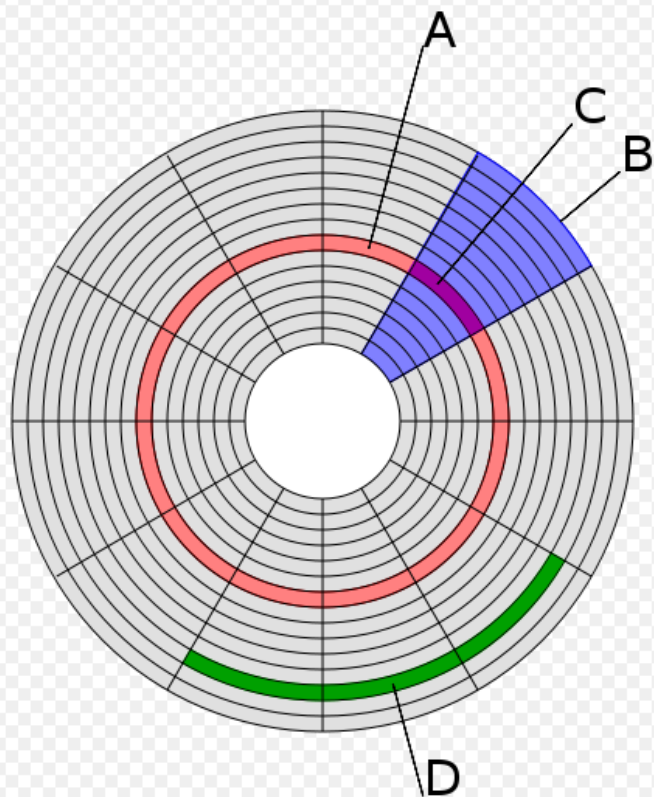
- 1 - пластини
- 2 - магнітні доріжки
- 3 - магнітна головка
- 4 - привід головок
- 5 - дані
- 6,7 - сектора
- 8 - контролер



CHS (Cylinder, Head, Sector -
циліндр, головка, сектор)

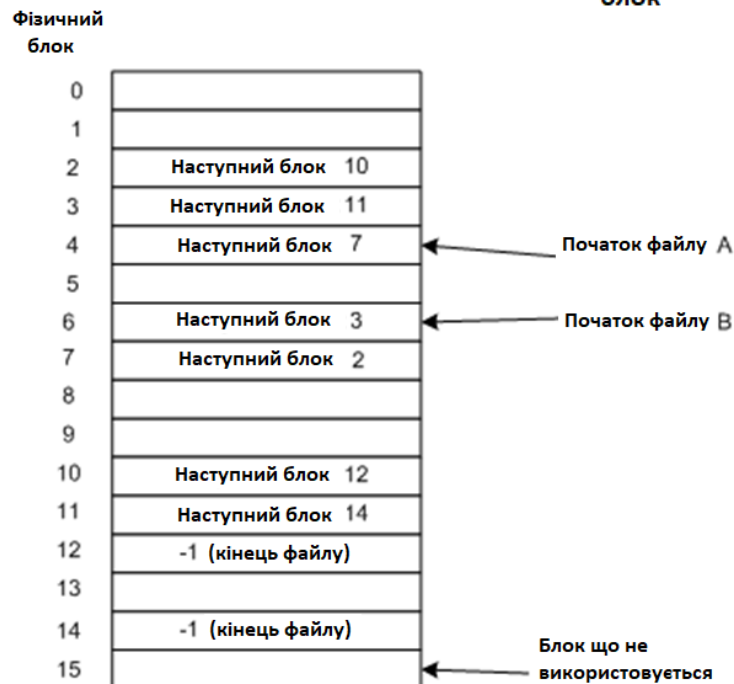
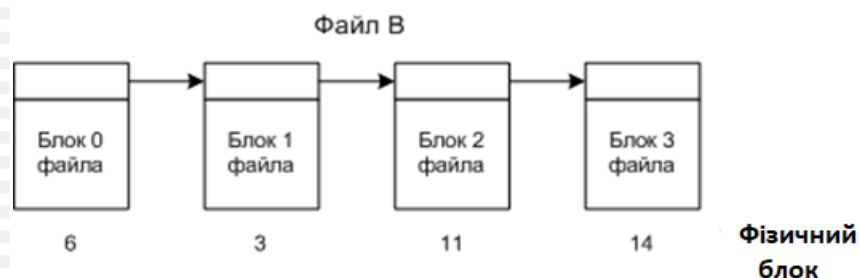
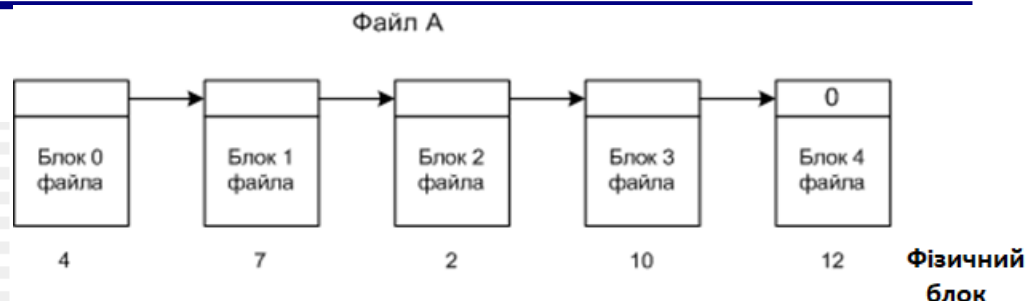
Сектори та кластери

1 сектор = 512 байт



Структура диска:

- (A) доріжка
- (B) геометричний сектор
- (C) сектор
- (D) кластер

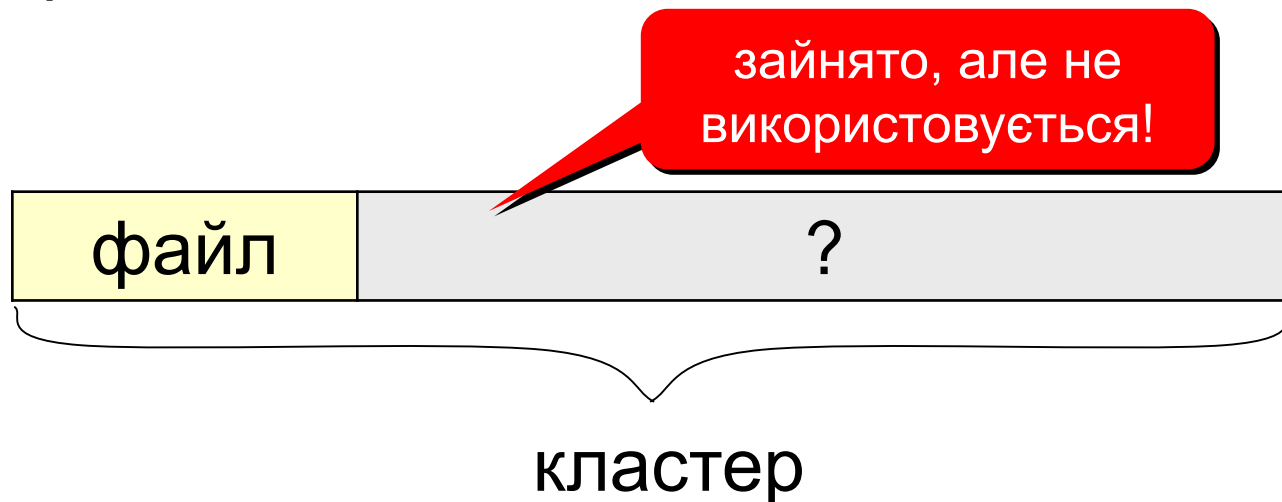


Розміщення файлів на диску



Файлу на диску виділяється ціле число блоків (кластерів)!

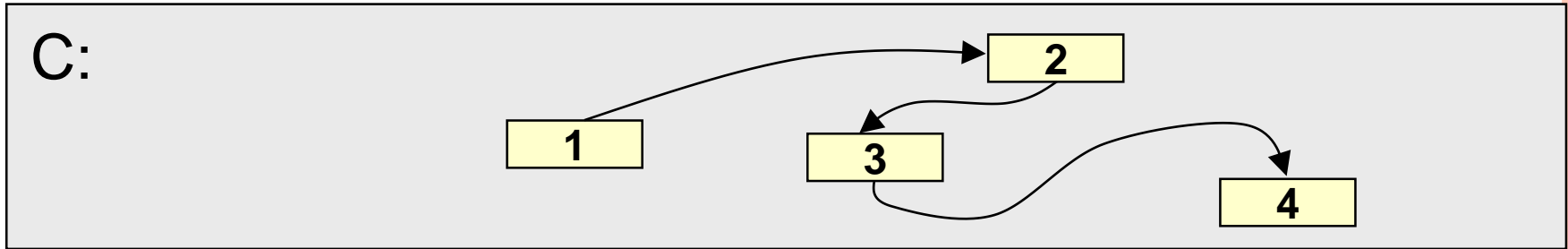
1 кластер = 512 байт, 1 Кб, ..., 32 Кб



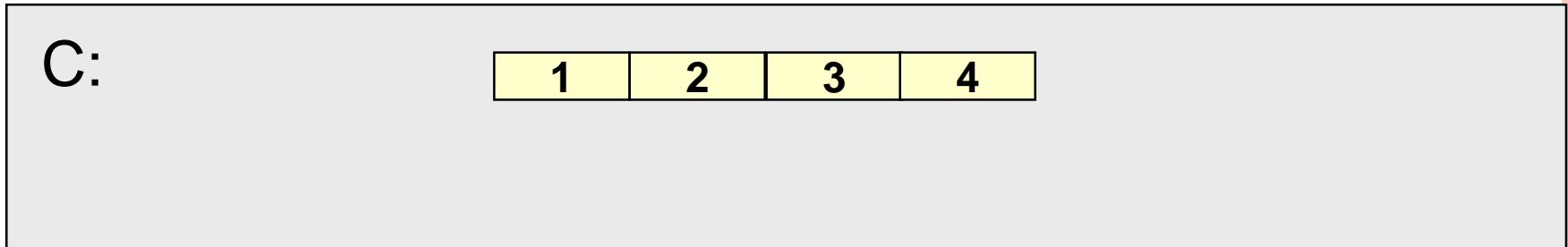
Чим більше кластер, тим більше порожнього зайнятого місця!

Розміщення файлів на диску

Розміщення по частинах



Дефрагментація



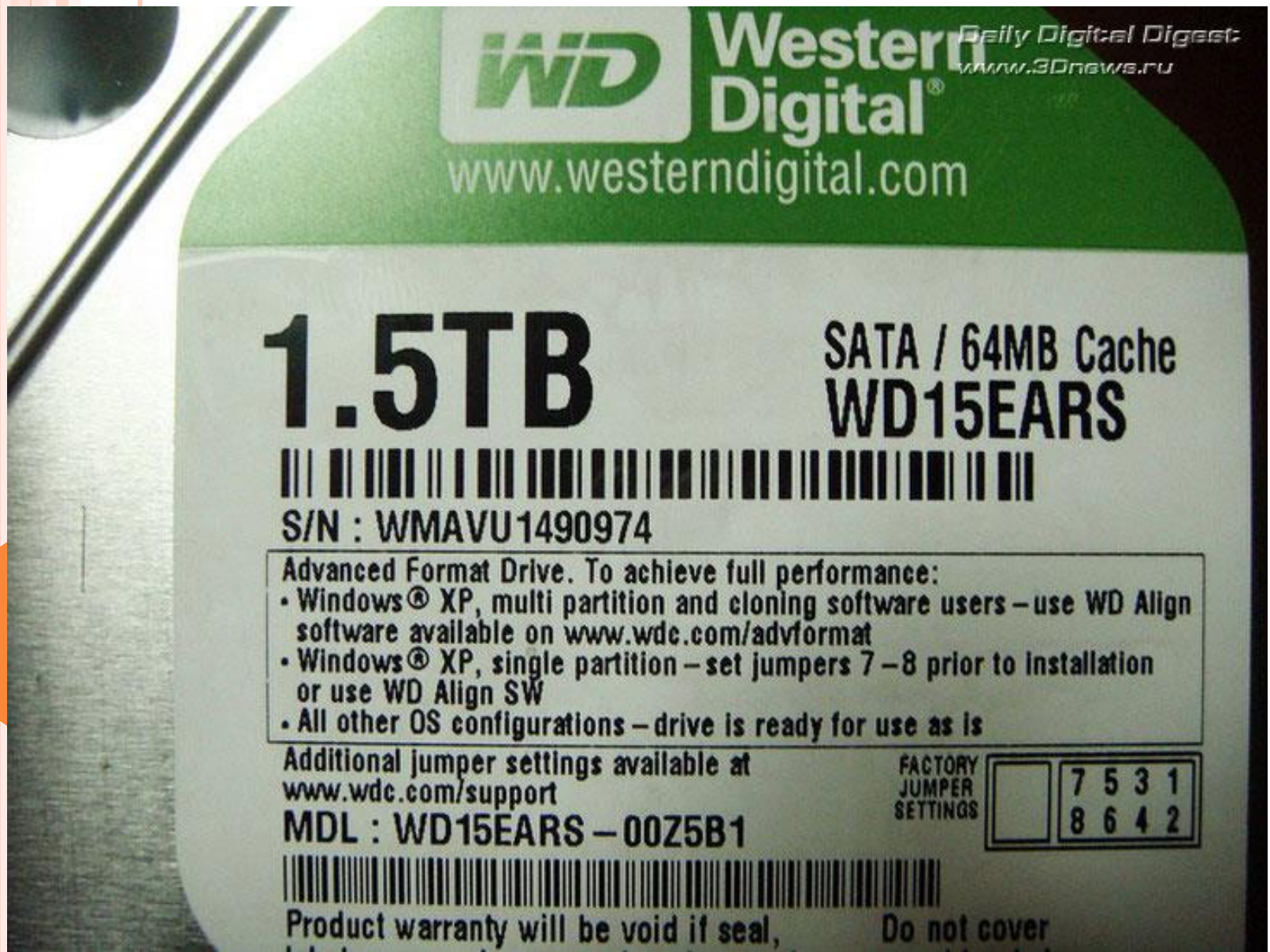
файл швидше читається
(швидше завантажується в пам'ять)

Файлові системи Windows

- **FAT16** (MS DOS, Windows)
 - ❌
 - адрес кластера – 16 біт, ≤ 65536 кластерів
 - для 2 Гб – кластер 32 Кб!
 - логічні диски до 2 Гб (MS DOS)
- **FAT32** (Windows 95/98/2000/XP/Vista)
 - адрес кластера – 32 біта, $\leq 2^{32}$ кластерів
 - логічні диски до 8 Тб
- **NTFS** (Windows NT/2000/XP/Vista/7/8/10)
 - ⊕
 - зазвичай 1 кластер = 4 Кб, диски до 4 Тб
 - «залишки» кластерів близько 2%
 - встановлюються права на доступ
 - квоти для користувачів
 - стиснення
 - ❌
 - складність
 - не підтримується в MS DOS, Win95 / 98 / Me



Високопродуктивний диск WD Raptor зі швидкістю обертання шпинделя 10 000 об. / хв. При ємності 1 Тбайт важить 740 г (масові моделі тієї ж ємності - 400-500 г). Зверніть увагу на розмір магнітів і товщину стінок



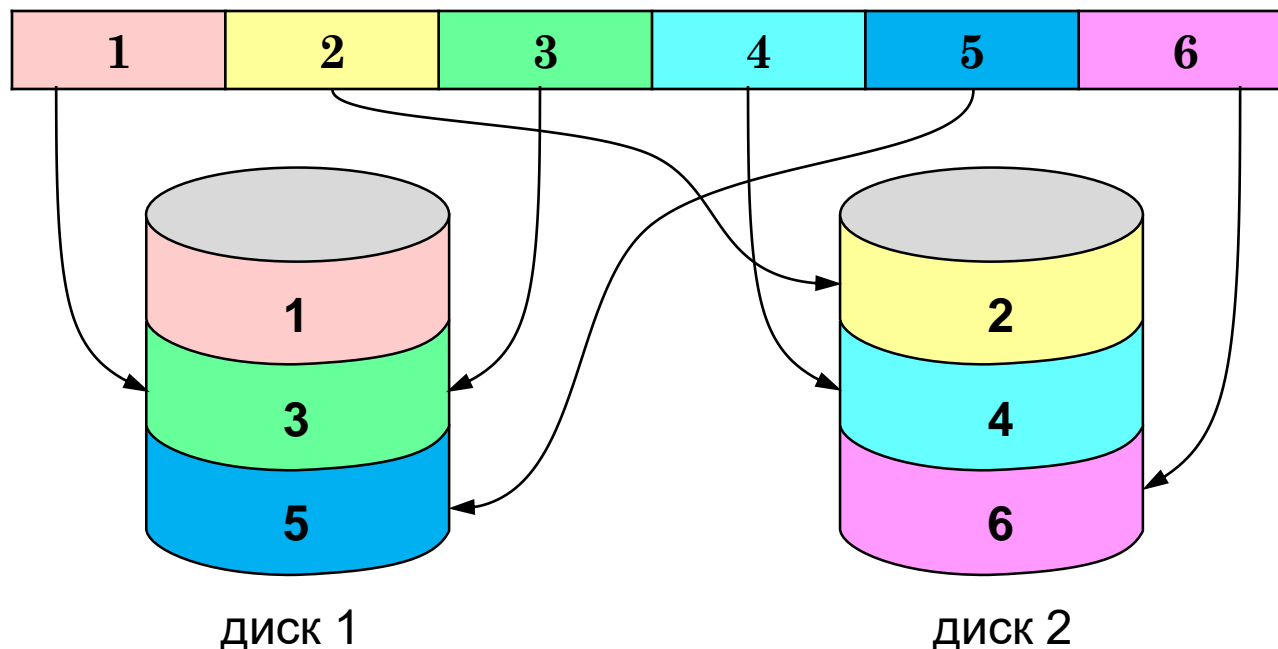
Один з перших дисків 3,5 "з Advanced Format, випущений в 2009 р

МАСИВИ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ (RAID)

Redundant array of independent disks

Задача 1 – прискорити читання і запис.

RAID – 0

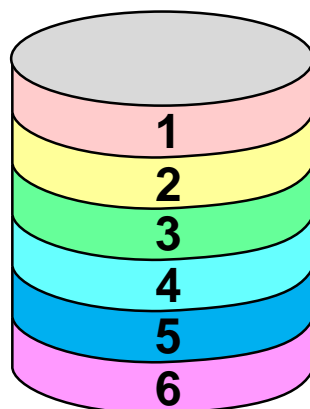


- при відмові одного диска дані можуть бути втрачені

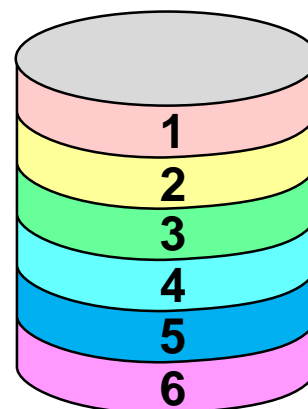
МАСИВИ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ (RAID)

Задача 2 – не втратити дані при відмові диска.

RAID – 1



диск 1



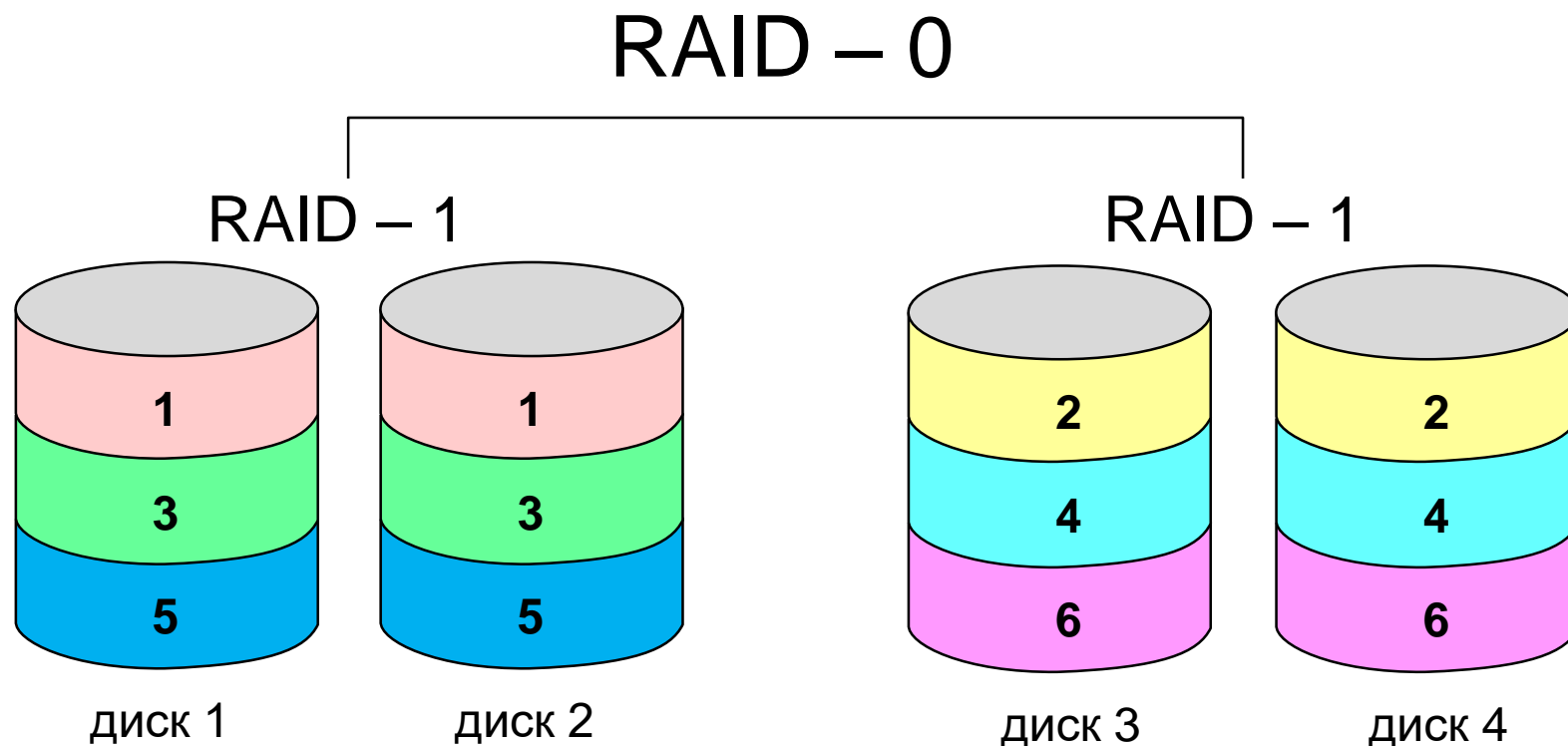
диск 2



- потрібно 2 диска замість одного
- швидкість не збільшується

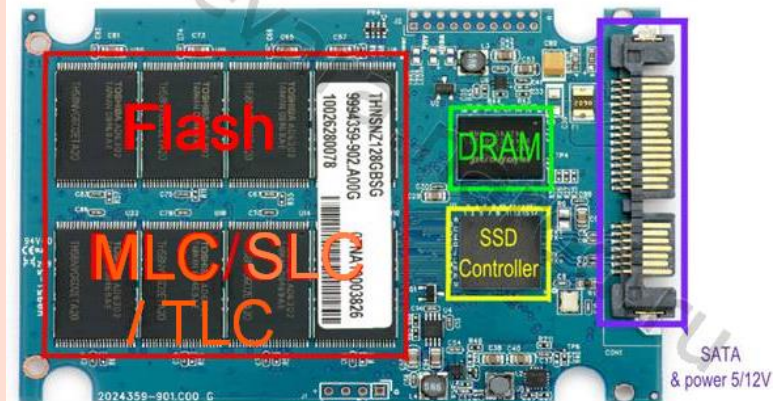
МАСИВЫ ЖОРСТКИХ ДИСКІВ (RAID)

RAID – 10

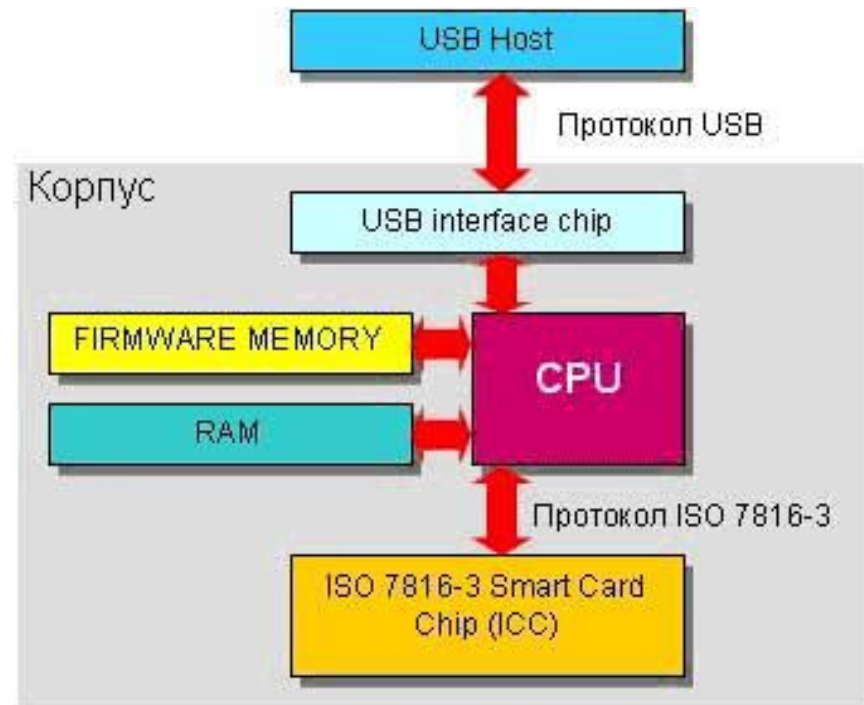


• потрібно 4 диска замість одного

ФЛЕШ-ПАМ`ЯТЬ

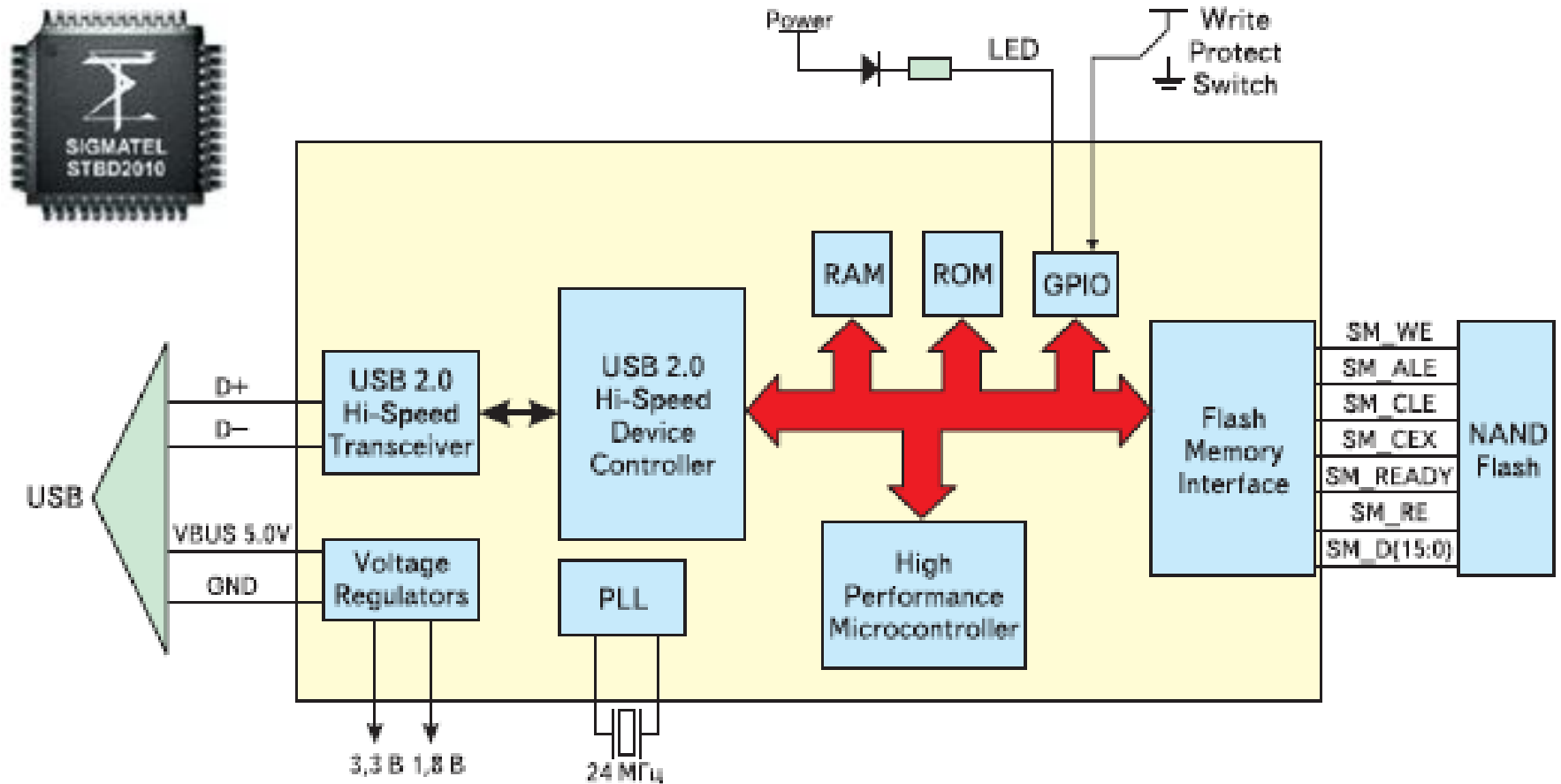


Апаратні компоненти Flash USB



- ✓ мікросхема смарт-карти (1);
- ✓ мікроконтролер (2);
- ✓ роз'єм USB (3);
- ✓ світловий індикатор режимів роботи (4);
- ✓ герметичний пластиковий корпус.

Структурна схема контролера



Приклад структурної схеми USB Flash контролера STBD2010 / 2011

СУЧАСНА ФЛЕШКА КРУПНИМ ПЛАНОМ

Контролер і кварц - єдині активні деталі на платі, не рахуючи чіпа пам'яті (припаяний з іншого боку).



Флешки SanDisk досить складні для зняття даних, оскільки ця компанія сама виробляє і контролери, і чіпи пам'яті, все - нестандартної архітектури

ПРИКЛАД МОНОЛІТНОЇ ФЛЕШКИ

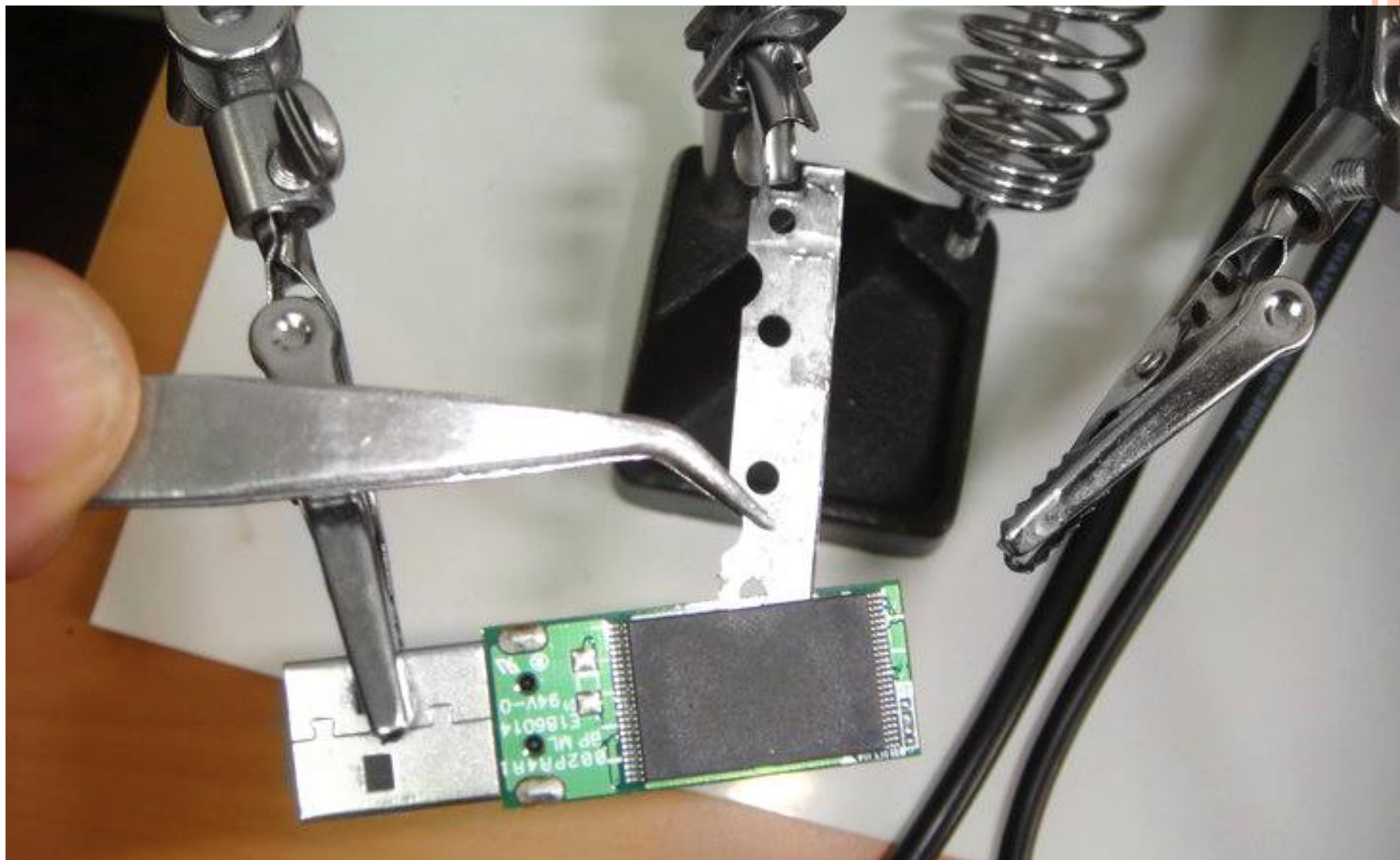


Стандартні мікросхеми в корпусі TSOP-48 сюди фізично не влазять, і виробники застосовують безкорпусні кристали, заливаючи весь монтаж компаундом (технологія збірки COB - Chip від Board).



Подібні конструкції непогано захищені від вологи, пилу і ударів, але, на жаль, вони абсолютно **неремонтоздатні**.

Обладнання для відновлення даних



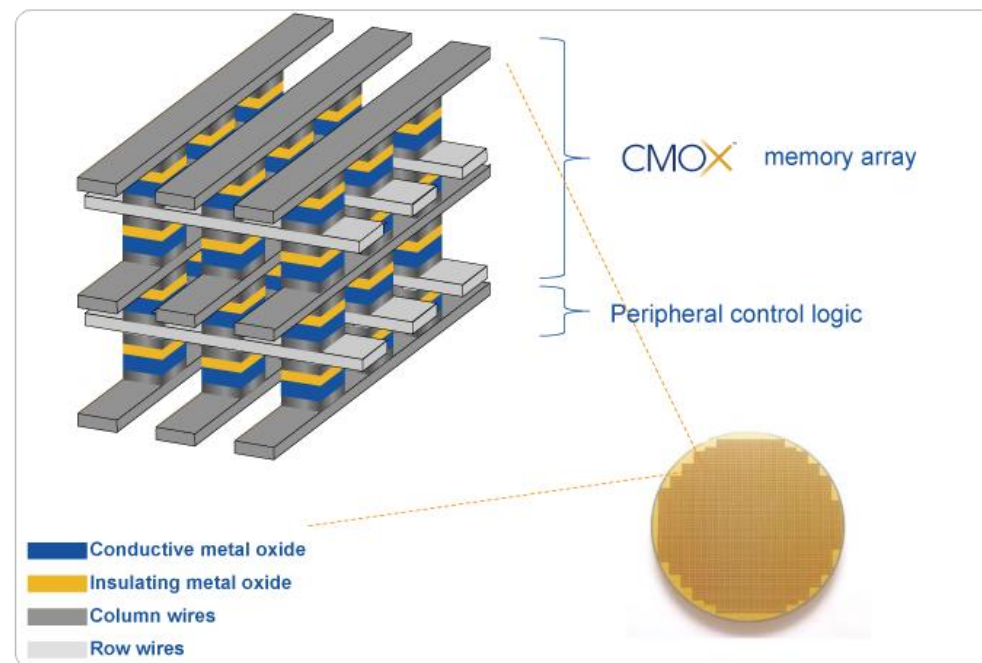
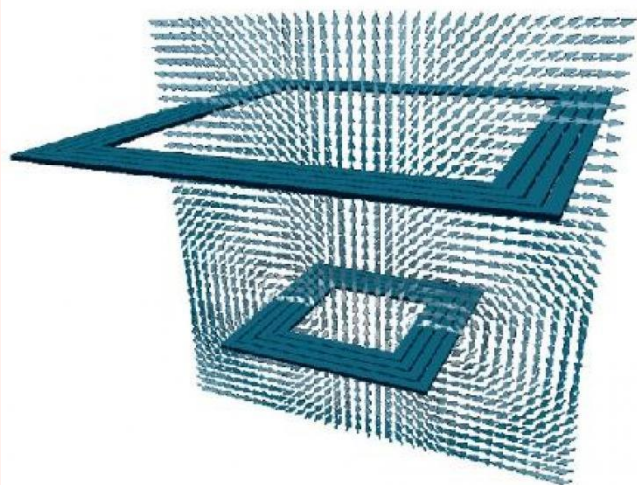
Мікрофеном прогріваються виводи чіпа, після чого він відділяється від плати. При цьому не обійтися без «третьої руки» - шарнірного зажиму

Обладнання для відновлення даних



Програмувач з USB-інтерфейсом. Зажимная панелька призначена для мікросхем в корпусі TSOP-48, найпоширенішому на сьогодні. При необхідності її можна міняти на інші адаптери

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ДАНИХ

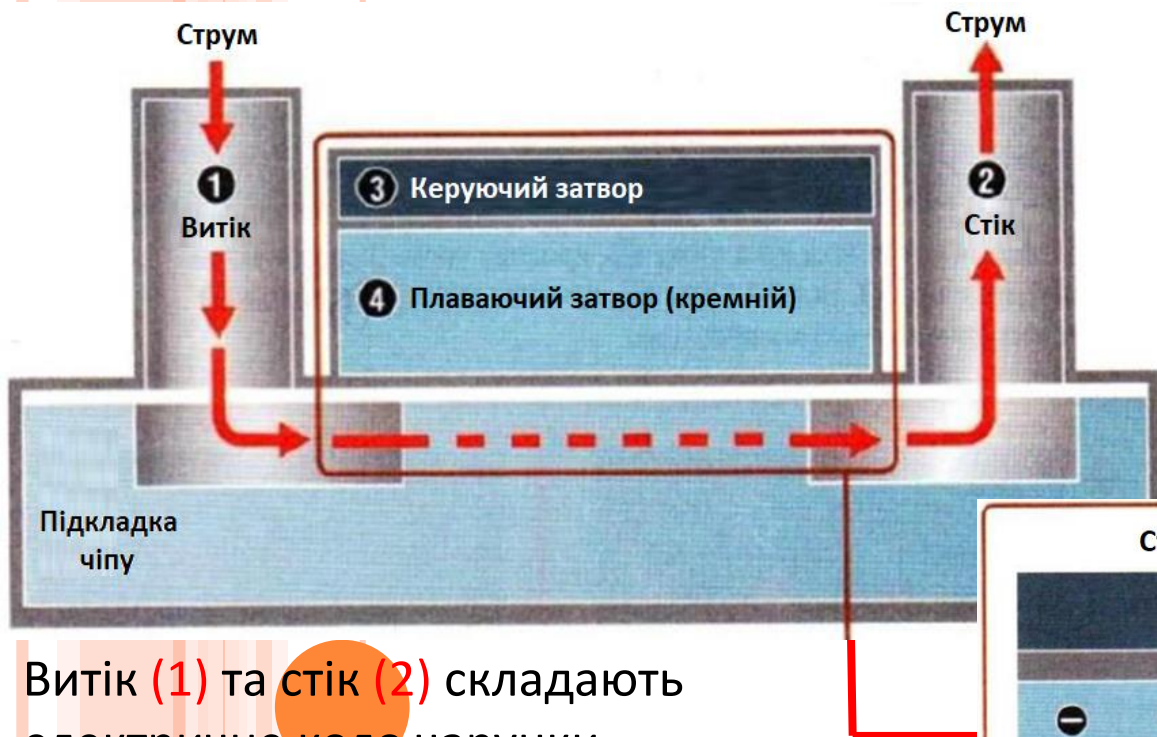


Флеш-пам'ять

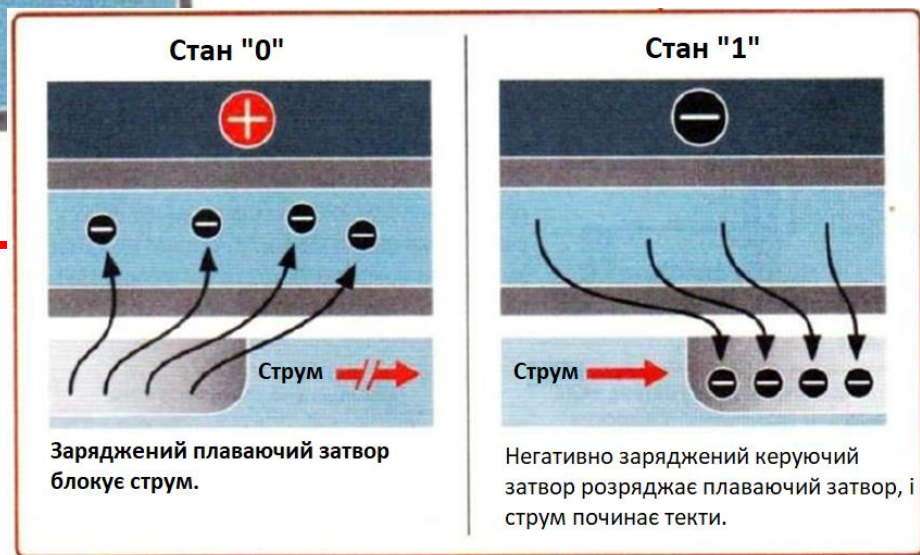
Основою чарунки *флеш-пам'яті* є *плаваючий затвор* - елемент, який ізольований від електричного кола. Однак він може зберігати заряд і з його допомогою впливати на потік електронів, що проходить від витіку до стоку



Така пам'ять використовується в USB-накопичувачах, картах пам'яті і SSD дисках.



Витік (1) та стік (2) складають електричне коло чарунки флеш-пам'яті. Керуючий затвор (3) здатний заповнювати електронами плаваючий затвор (4) – власне запам'ятовуючий елемент.



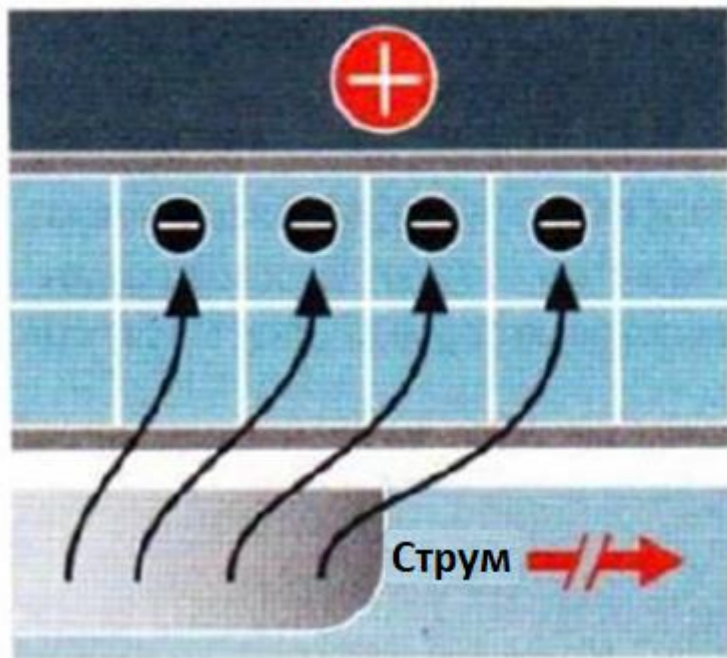
Накопичувач SONOS

Пастка електронів – ключ до високої продуктивності.

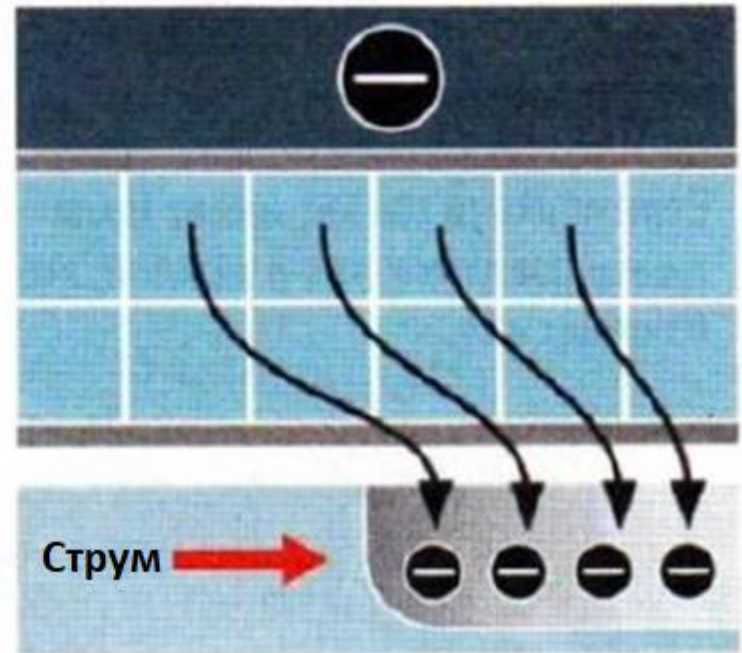
У плаваючому затворі пам'яті SONOS (Silicon Oxide Nitride Oxide Silicon) використовується нітрид кремнію, який здатний ефективно зберігати заряд.



Стан "0"



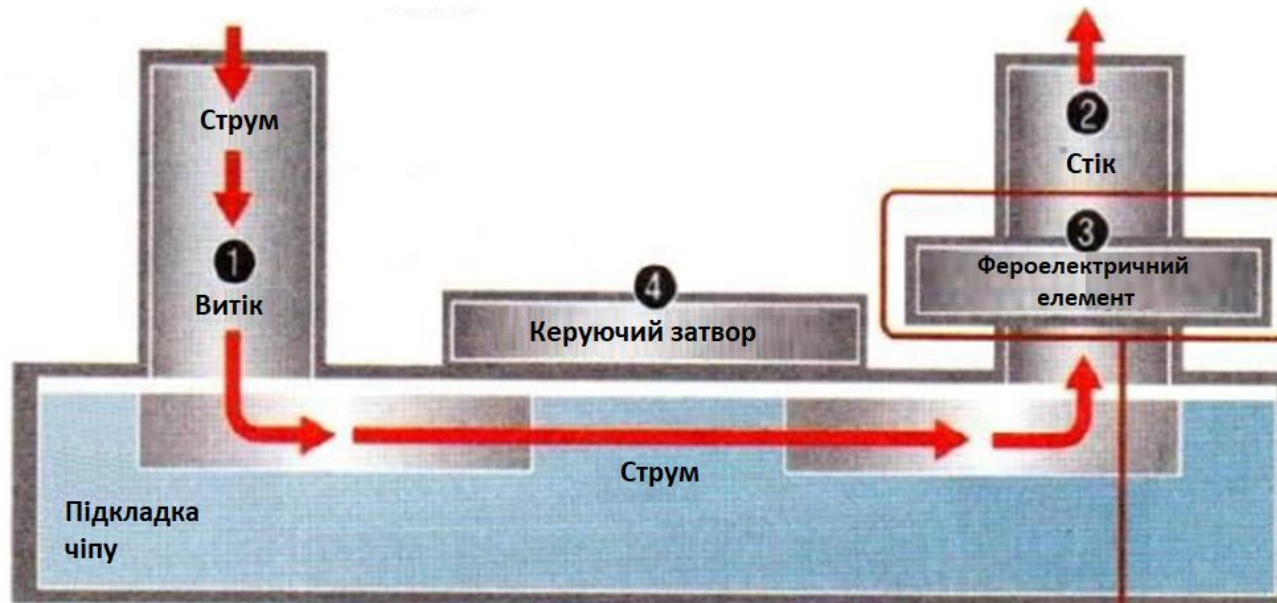
Стан "1"



Пастки електронів в чарунці з нітриду кремнію ефективніше утримують заряд. Завдяки цьому можна використовувати більш тонку ізоляцію і чарунки менших розмірів.

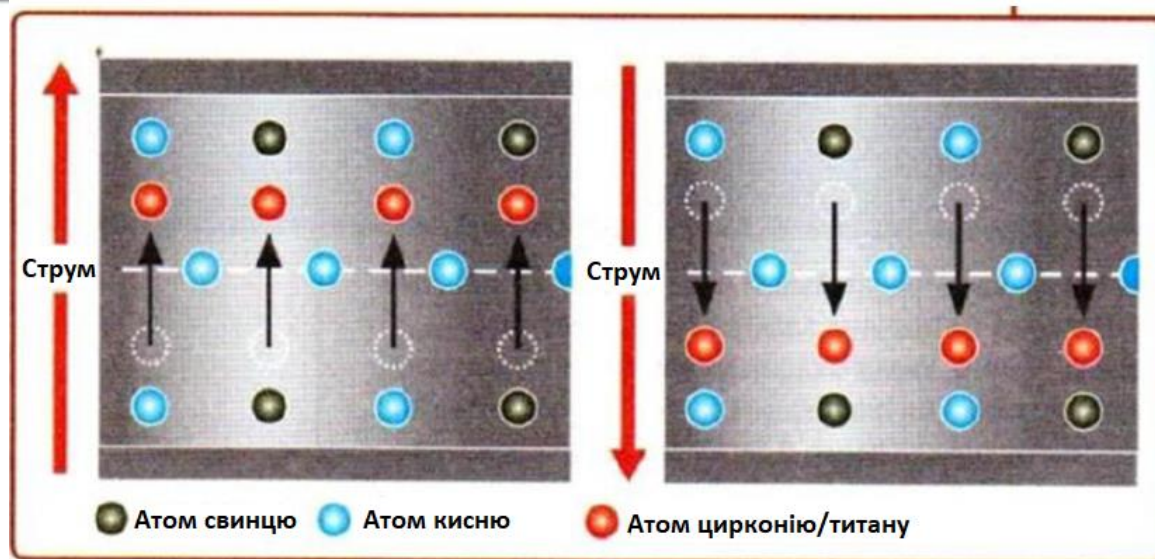
Фероелектрична пам'ять (FeRAM)

FeRAM: перемикаючі молекули продовжують термін служби.



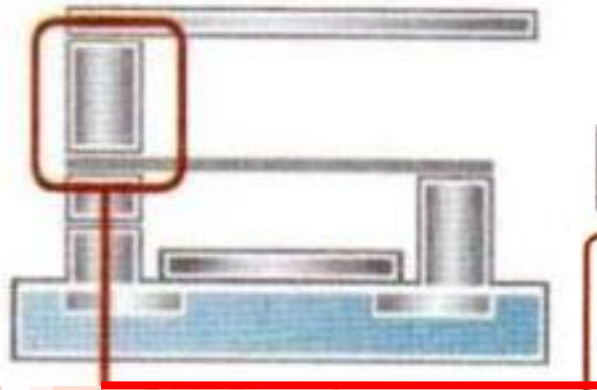
В основі FeRAM лежить можливість змінювати розташування атомів в фероелектричному матеріалі. Така корекція поляризації впливає на провідність елемента.

Струм рухається від витіку (1) до стоку (2), проходячи через фероелектричний елемент (3). Напрямок між керуючим затвором (4) і стоком змінює його поляризацію.

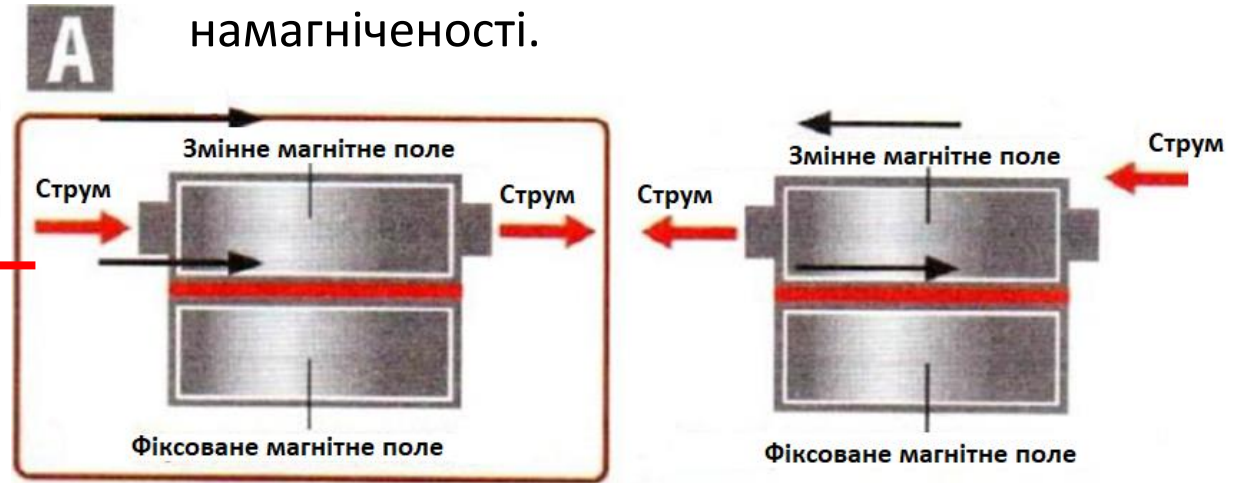


Магніторезистивна пам'ять (MRAM)

MRAM: магніти зберігають інформацію вічно.



MRAM заснована на зміні провідності двох магнітних шарів, яка залежить від напрямку їх намагніченості.



Запис **(A)** в чарунки проводиться шляхом зміни напрямку намагніченості (струм управління), а зчитування інформації **(B)** здійснюється за рахунок зміни електричного опору чарунки (вимірювальний струм).



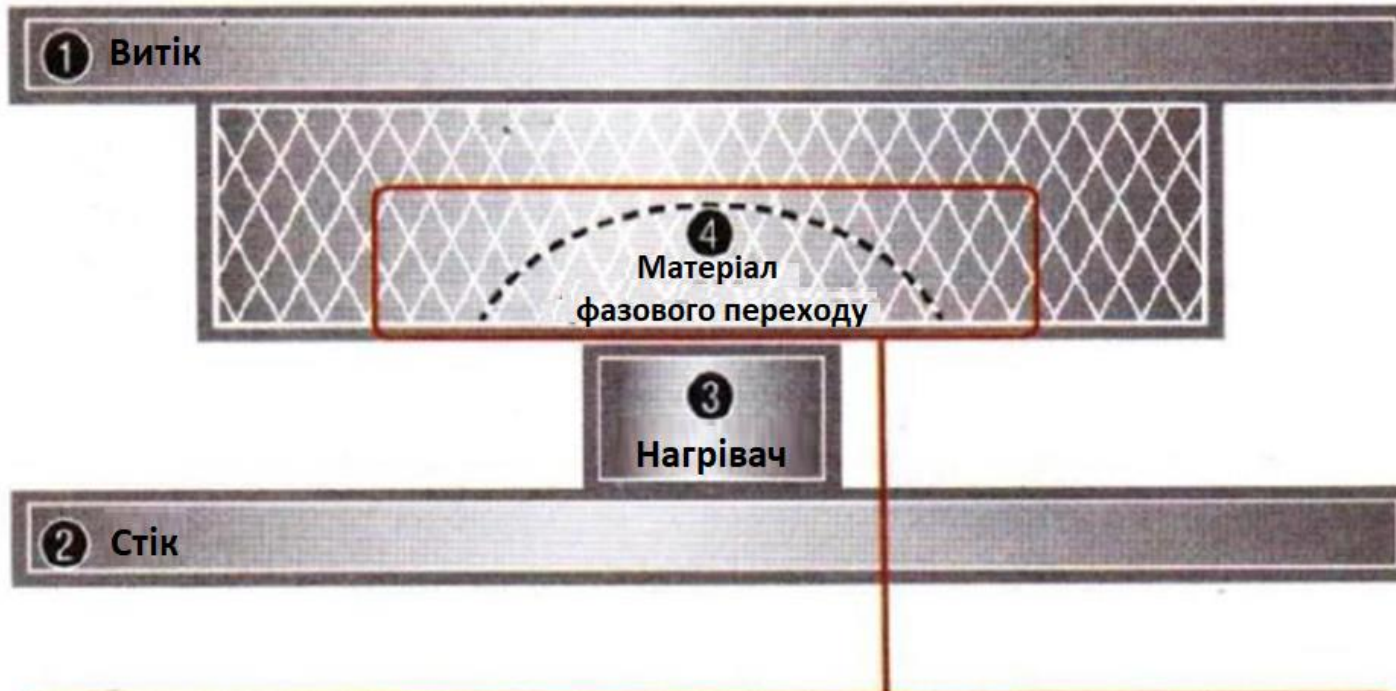
Магніторезистивна пам'ять (MRAM)

Міцна пам'ять **MRAM** зважаючи на свою стійкості до випромінювання використовувалася в японському мікросупутнику **Sprite-Sat**.



Пам'ять на основі фазового переходу

Phase Change Memory: висока швидкість завдяки технології CD-RW



Опір матеріалу фазового переходу (4), що знаходиться між витоком (1) та стоком (2), залежить від того, яку температуру йому передав нагрівач (3).

Слабкий нагрів: матеріал кристалізується. Опір слабкий, чарунка набуває значення "1".



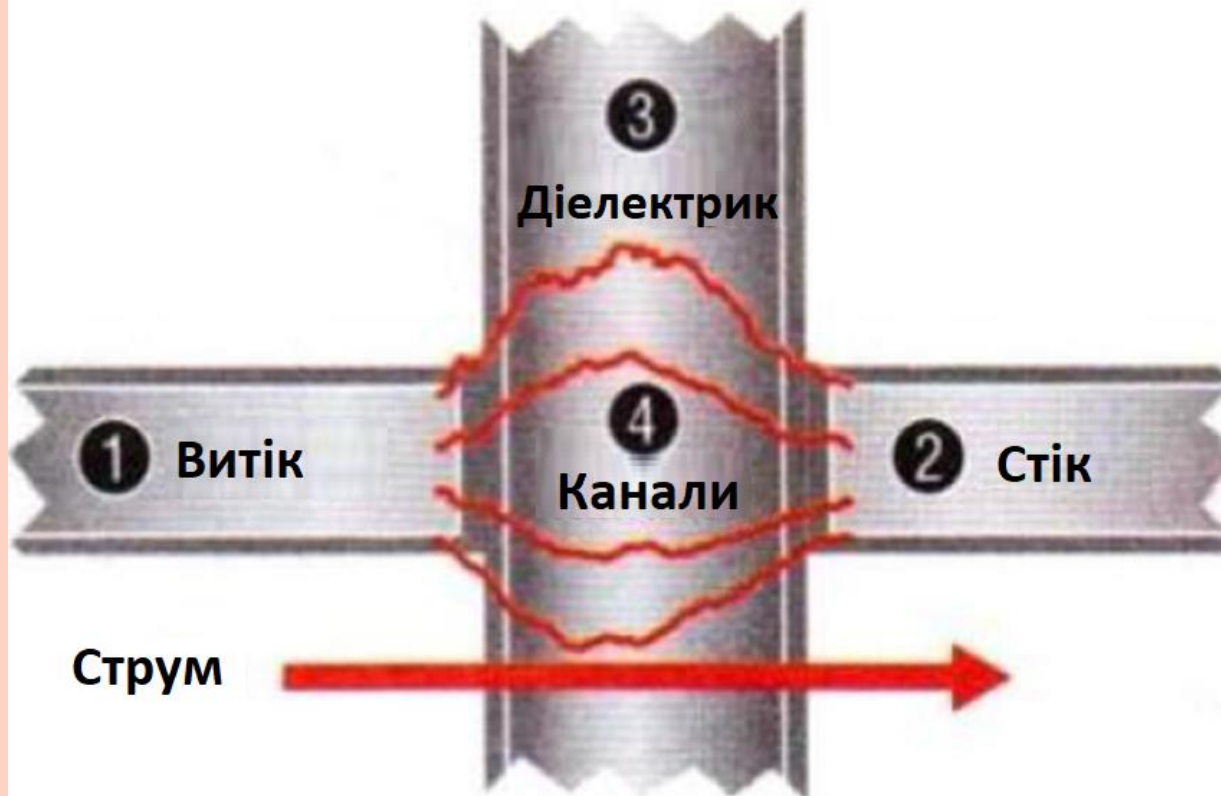
Сильне нагрівання: матеріал переходить в аморфний стан. Опір сильний, чаруєка набуває значення "0".



Резистивна пам'ять (ReRAM)

ReRAM: мініатюризація як козир

Висока напруга створює струмопровідні канали зв'язку в матеріалі, що є, по суті, ізолятором. Зворотна напруга руйнує канали та змушує чарунку перейти в початковий стан.

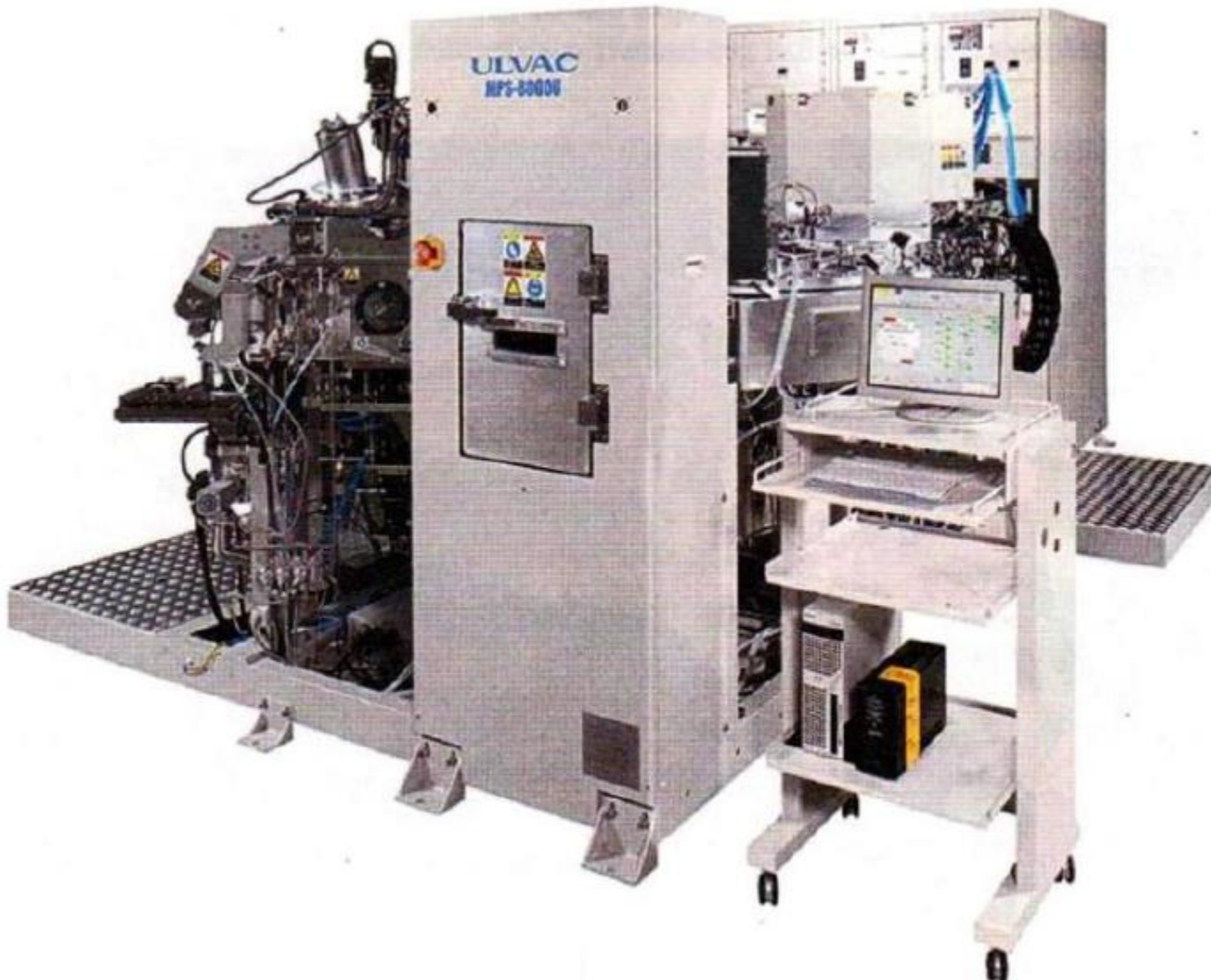


Між витіком (1) та стоком (2) знаходиться ізолюючий матеріал (діелектрик 3).

При подачі високої напруги в ньому утворюються струмопровідні канали (4), що забезпечують можливість проходження струму вимірювання і виведення «1». У початковому стані струм не тече, що відповідає значенню «0».

Резистивна пам'ять (ReRAM)

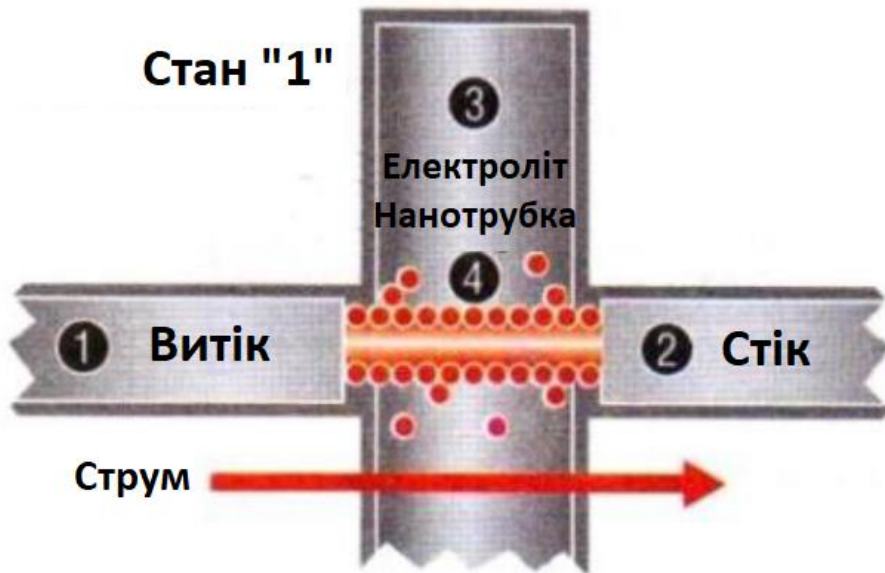
Виробництво *ReRAM*. Даний апарат компанії *ULVAC* створює модулі пам'яті *ReRAM*.



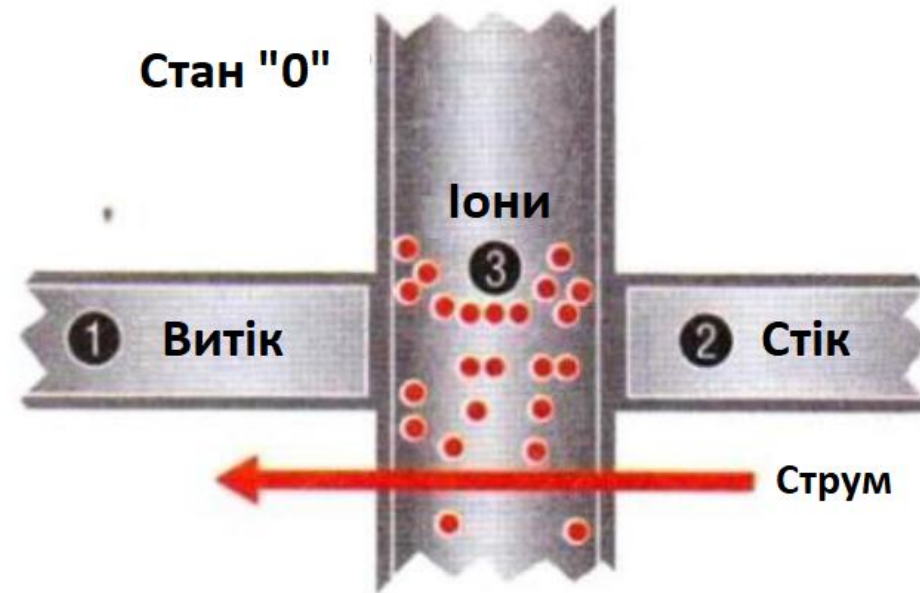
Пам'ять з мостом (CVRAM)

CVRAM: мініатюризація як козир

CVRAM працює також, як і **ReRAM**. Завдяки використанню інших матеріалів замість декількох каналів утворюється струмопровідна нанотрубка, яка знижує опір, що відповідає значенню «1».



Якщо прикласти високу напругу між витоком (1) та стоком (2), з іонів електроліту (3) та електроду стока (2) утворюється нанотрубка (4), яка пропускає струм, тим самим знижуючи опір чарунки.



Для усунення нанотрубки і присвоєння чарунці значення «0» між витоком (1) та стоком (2) подається зворотна напруга. Після цього іони (3) знову переміщуються в електроліт і до електрохімічно активному електроду стоку.

NANO-RAM

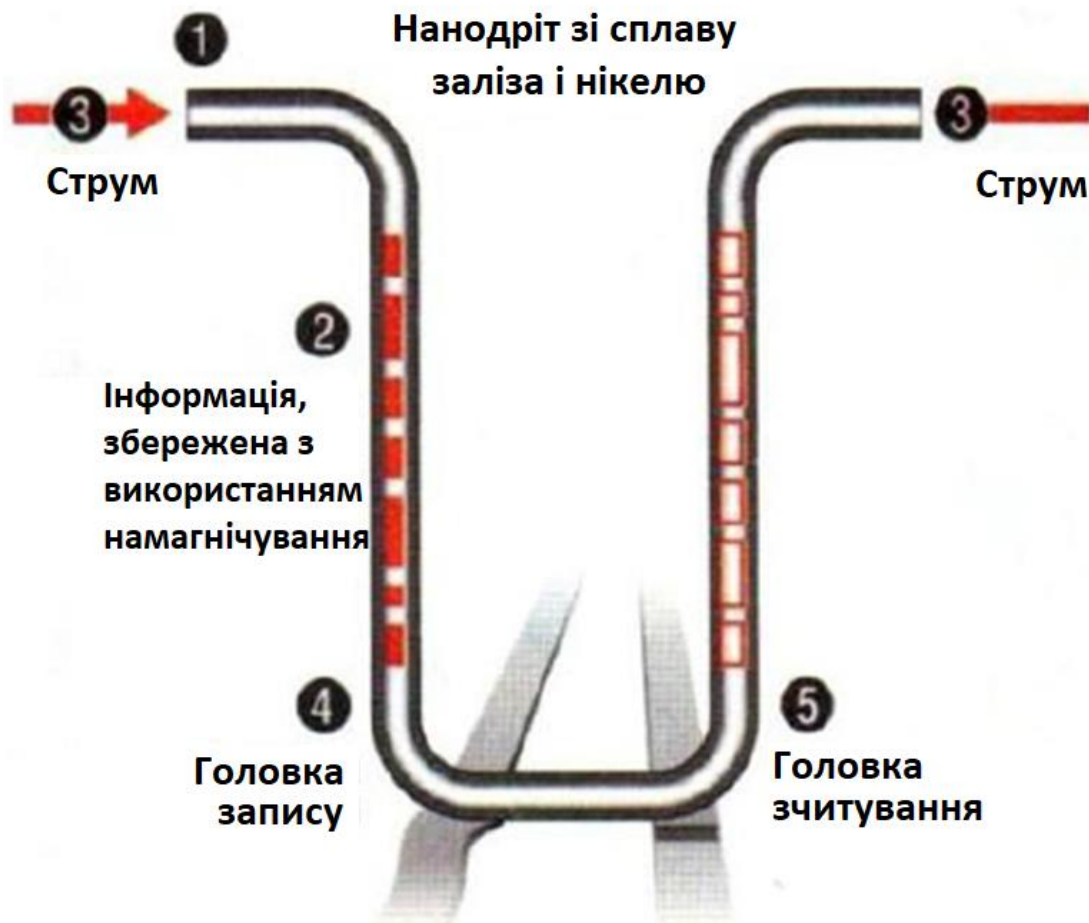
Nano-RAM використовує нанотрубки, які в зігнутому стані мають менший електричний опір, ніж прямому. Перемикання здійснюється за допомогою електрода.



Зв'язок між витоком (1) та стоком (2) забезпечує нанотрубка (3). У зігнутому стані вона має менший електричний опір, ніж в прямому. Електрод (4) в залежності від заряду може притягувати або відштовхувати її, вигинаючи або випрямляючи. Свій поточний стан трубка здатна зберігати і без електрики: пряма форма звичайна для неї, а в зігнутому вигляді за рахунок дії тяжіння Ван-дер-Ваальса вона торкається електрода.

RACETRACK MEMORY

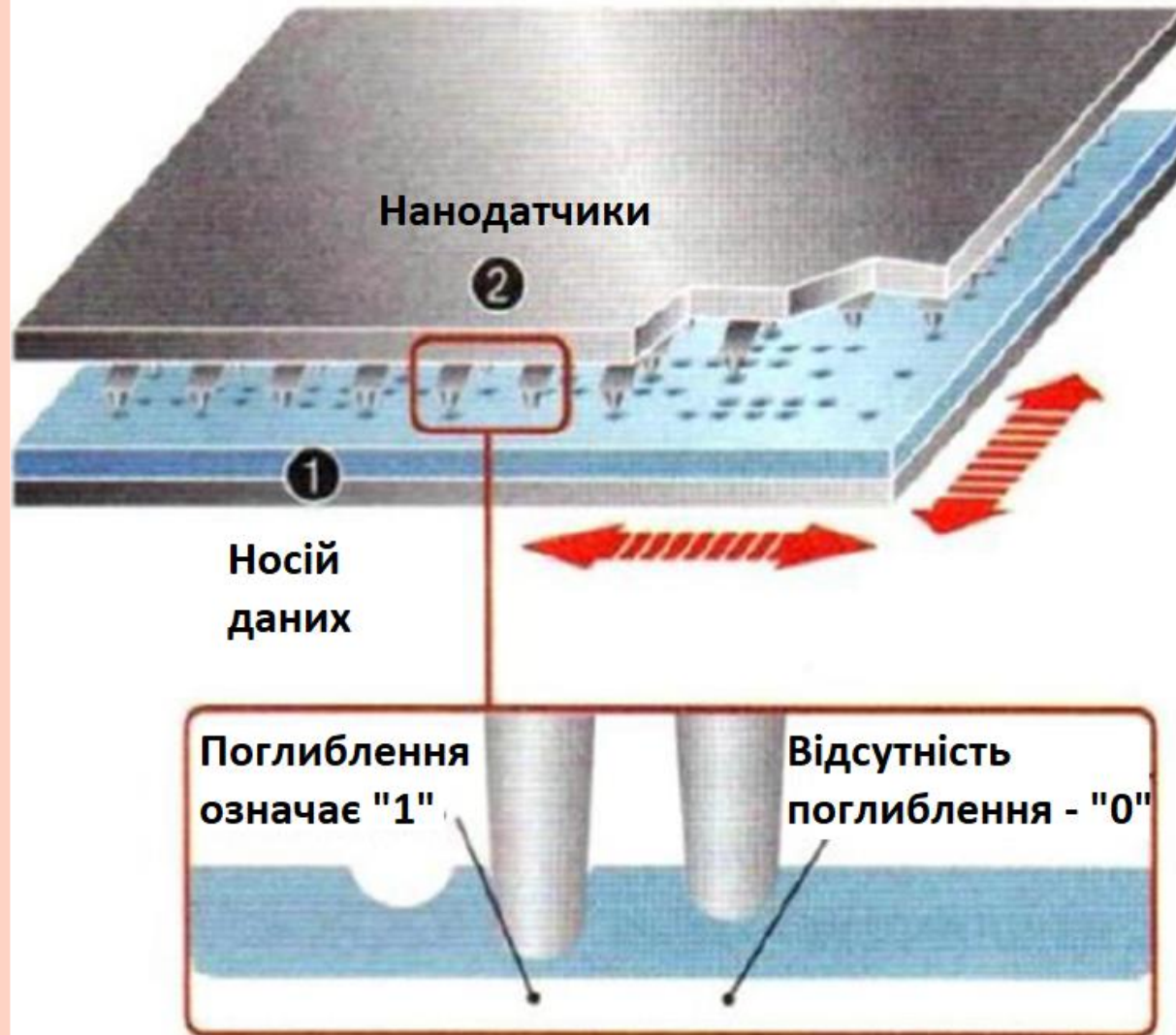
Розроблена компанією IBM технологія **Racetrack Memory** передбачає зберігання інформації на тонкому нанодроті з використанням такого явища, як магнетизм. Для читання і запису магнітні поля переміщуються під впливом електричних імпульсів.



На нанодроті (1) інформація (2) збережена у вигляді послідовності магнітних полів. Дана послідовність під дією струму (3) переміщається то в одному напрямку, то в іншому, проходячи при цьому повз записуючих (4) або зчитувальних (5) головок, які або фіксують нові або відтворюють наявні дані. Швидке переміщення забезпечує високу швидкість доступу.

MILLIPEDE

Як і в перфокартах, в розробленій компанією IBM технології **Millipede** збереження даних здійснюється за рахунок створення поглиблень на поверхні. Подібні «наноперфокарти» забезпечують вкрай високу щільність запису.



Дані зберігаються у вигляді заглиблень на диску (1). Для зчитування даних відповідна область на ньому поміщається під фіксований нанодатчик (2). Поглиблення означає «1», його відсутність - «0».

MILLIPEDE

Компанія **IBM** вже має досвід успішного виготовлення накопичувача **Millipede**, призначеного для випробувальних цілей.

