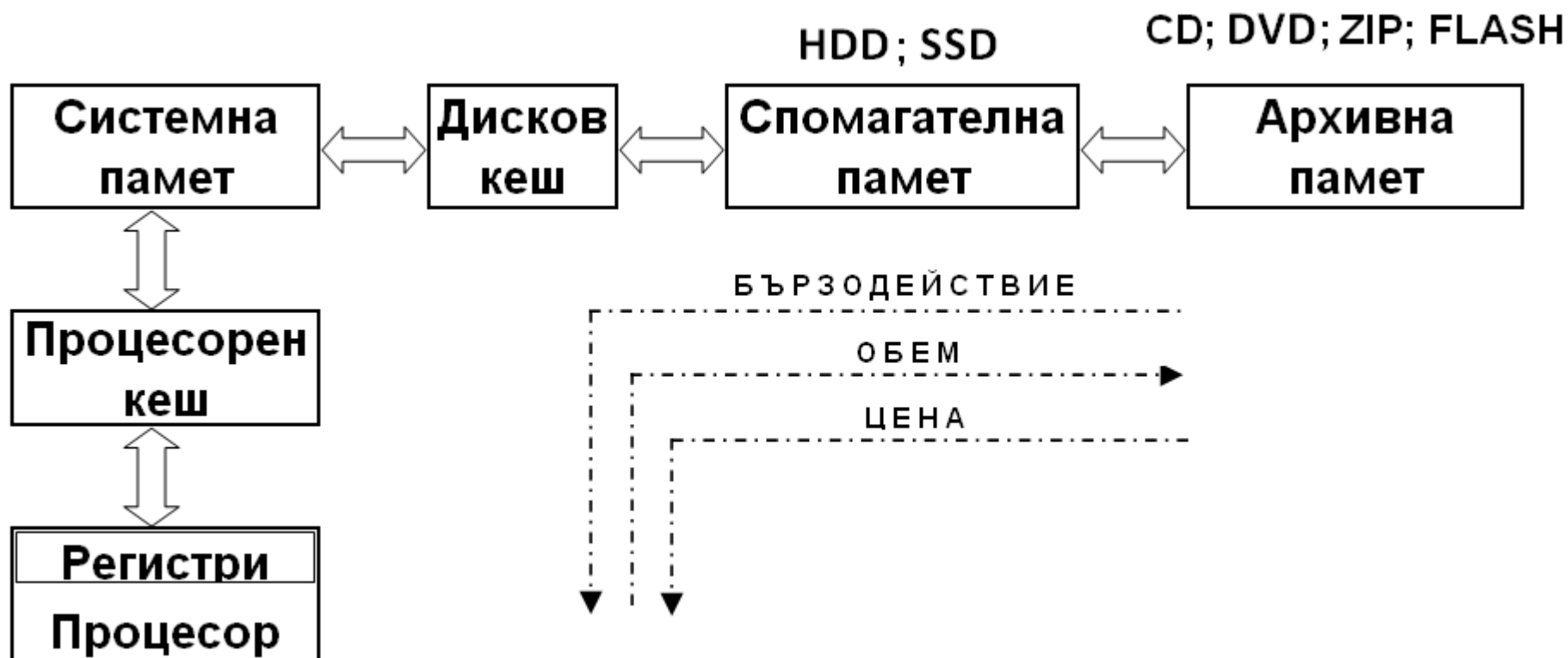


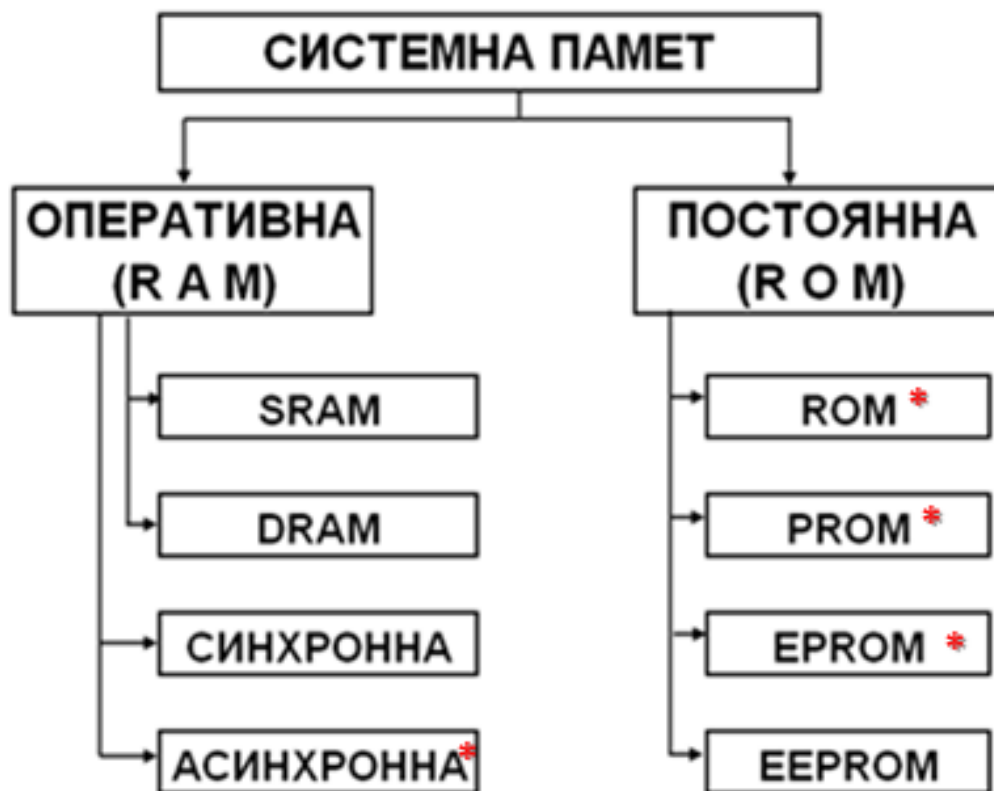
ПОДСИСТЕМА „ПАМЕТ“

ЙЕРАРХИЯ НА ПАМЕТА



Т1. Системна памет

1. Класификация и обща характеристика на класовете



RAM - RANDOM ACCESS MEMORY

SRAM - STATIC RAM

DRAM - DYNAMIC RAM

ROM - READ ONLY MEMORY

PROM - PROGRAMMABLE ROM

EPROM - ERASIBLE PROM

EEPROM - ELECTRICAL EPROM

2. ROM памет

2.1. Видове

2.2. Използване (EEPROM/Флаш ROM)

- ROM BIOS (Basic Input Output System)
- ROM базирани драйвери, вградени на дънната платка, в чипсета, на видеокарти, мрежови карти
- ROM с конфигуриращи данни -> напр. в RAM модулите (SPD чип -> капацитет и др. конфигурационна инф.) и др.

3. RAM памет - класификация

3.1. В зависимост от запомнящия елемент:

- Динамична (DRAM – Dynamic RAM) - същност, недостатъци, предимства
- Статична (SRAM – Static RAM) - същност, недостатъци, предимства.

От гледна точка на отношението „цена/производителност“:

DRAM - за изграждане на оперативната памет

SRAM - за изграждане на процесорния кеш.

3.2. В зависимост от принципа на работа:

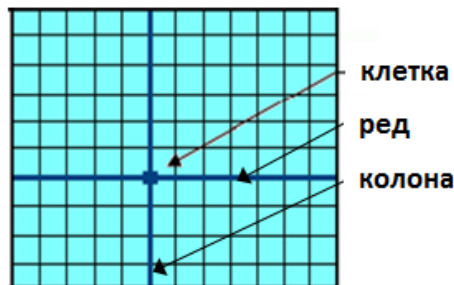
- Асинхронна – същност, недостатъци
- Синхронна - същност, недостатъци, предимства.

От 1996 г. ОП се изгражда на база на синхронна динамична памет (SDRAM - Synchronous Dynamic RAM).

4. Синхронна динамична RAM (SD RAM)

4.1. Основни понятия и принцип на работа

- SD RAM -> чипове памет -> 20 нм техпроцес (2015 г. - Samsung)
- Основни производители на чипове:
 - Samsung – 40%
 - Micron - 24%
 - Hynix - 24 %
- Чип -> ядро + управляваща логика + В/И буфери за обмен с шината на паметта
- Ядро -> матрица от запомнящи елементи (клетки)

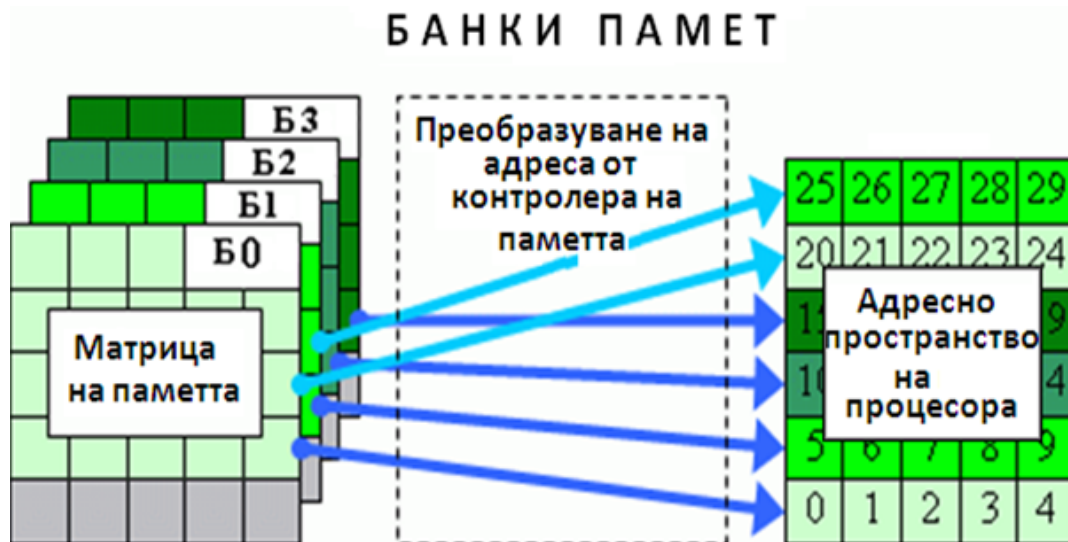


Капацитет на чипа -> от броя на редовете и колоните (бит, байт)

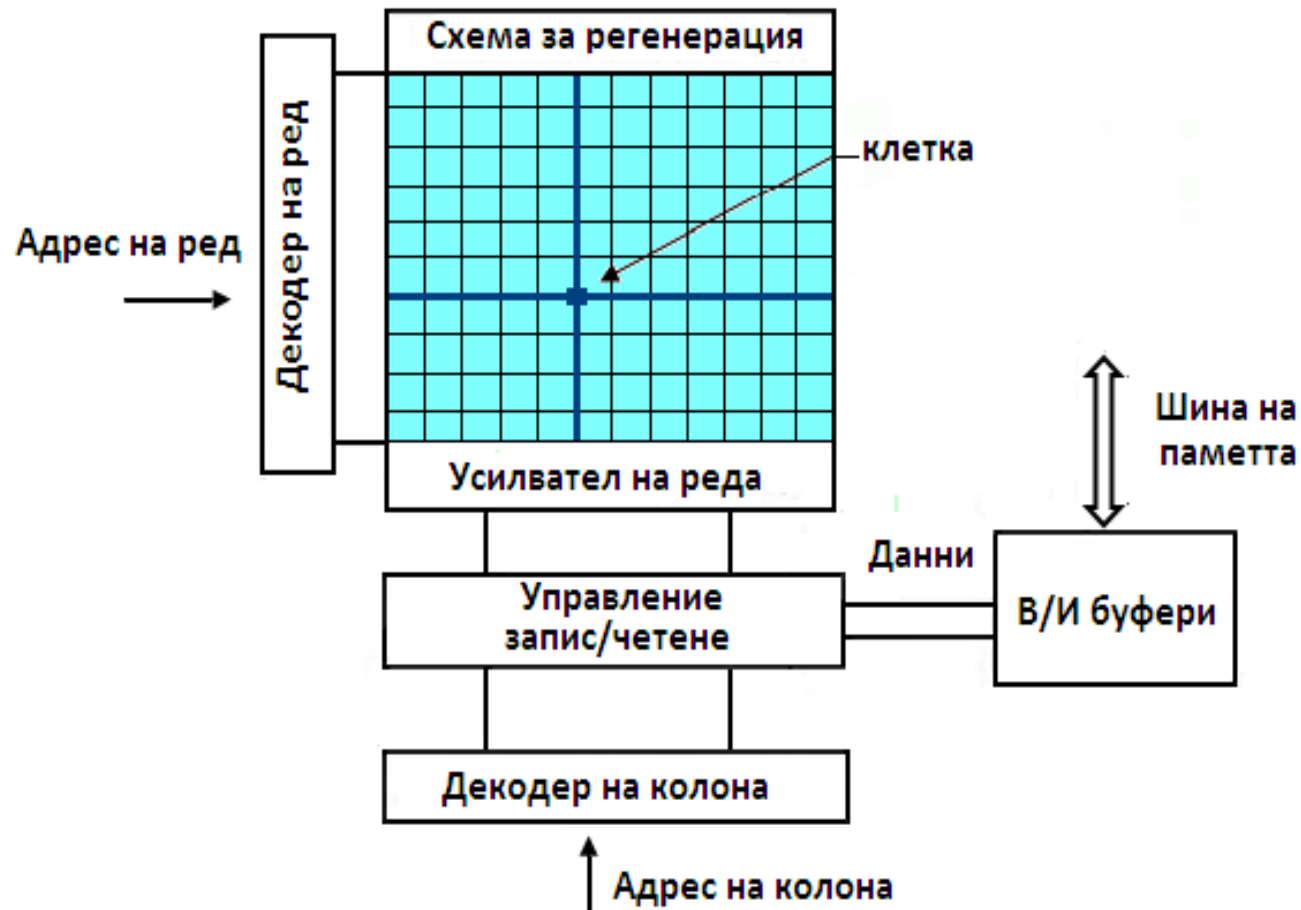
- Банка -> един чип се състои от няколко «логически» банки; всяка банка е отделна матрица със свои собствени редове и колони.

Предимство на многобанковите матрици - банките работят напълно независимо една от друга - докато се чете/записва в една банка, успоредно с това се подготвя четенето или записът в друга банка. По-големият брой банки – по-висока производителност.

Адресиране на клетка: адрес на чип, адрес на банка, адрес на ред, адрес на колона. Преобразуването на адреса на клетката в адреса, използван от процесора, става от контролера на паметта.



Принцип на запис/четене

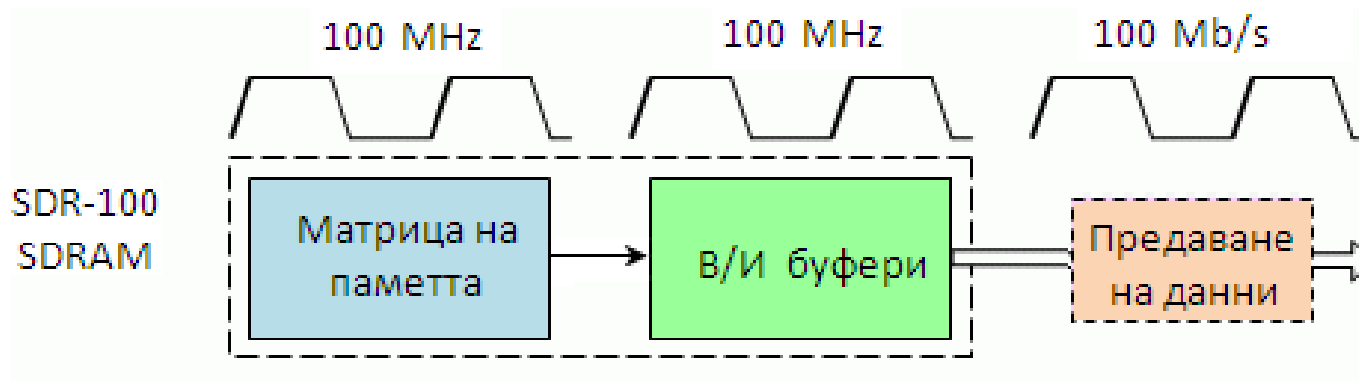


4.2. Основни характеристики на DRAM чиповете

А. Тип (технология) на паметта

- Конвенционална SDRAM (1996 г.)

На всеки такт на работа на ядрото се чете по 1 бит (по предния фронт на тактовия импулс) и се предава към буфера. В/И буфер работи синхронно с честотата на ядрото и предаването на един бит от буфера става на всеки такт на работа на ядрото.

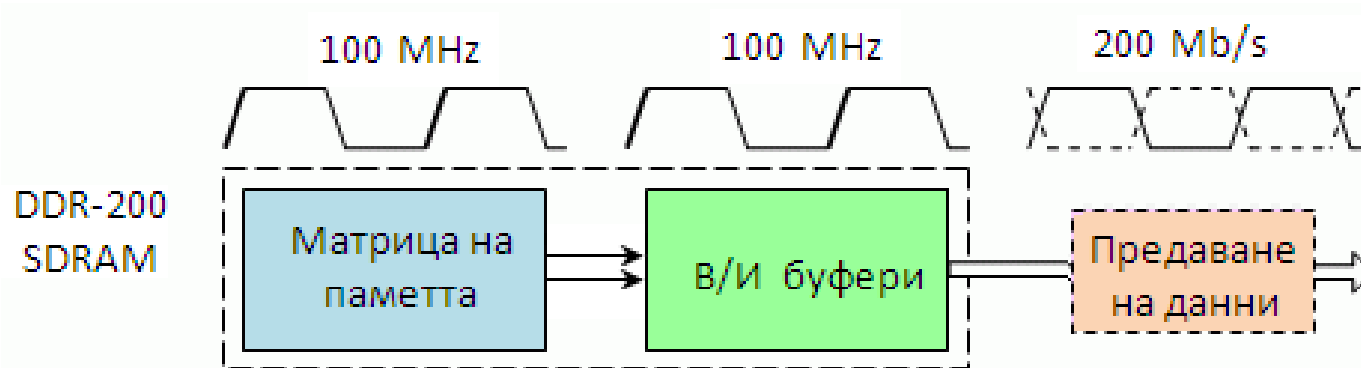


Prefetch - 1 бит

- Double Data Rate - DDR SDRAM (2000 г.)

На всеки такт на работа на ядрото, с една команда за четене се четат 2 бита. Те се предават към В/И буфер по две независими линии. Буферът предава двата бита за един такт -> по предния и задния фронт на тактовия сигнал, т.е. фактически той работи на удвоена тактова честота, оставайки напълно синхронизиран с ядрото.

При една и съща честота на ядрото, пропускателната способност на DDR е **удвоена спрямо тази на SDRAM**.

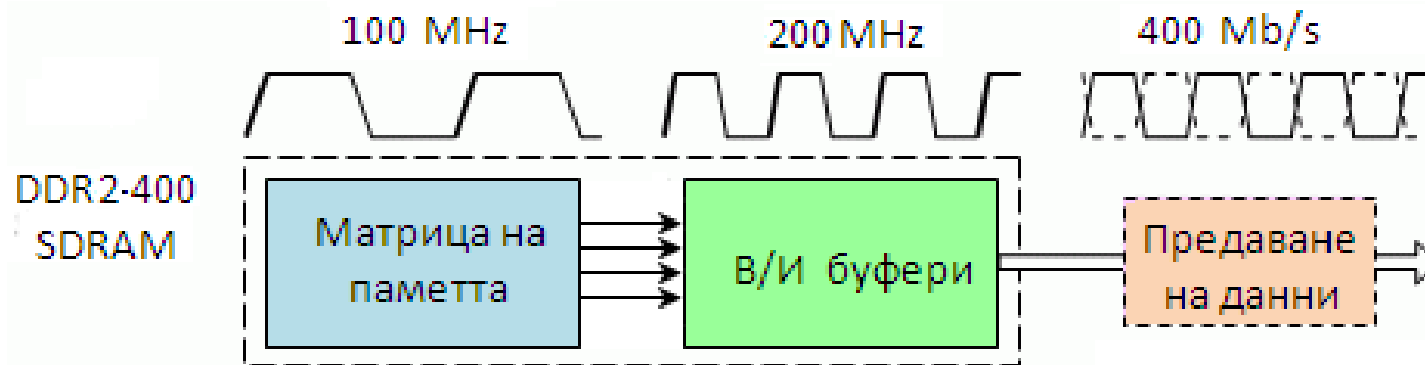


Prefetch - 2 бита

- Double Data Rate2 - DDR2 SDRAM (2004)

На всеки такт на работа на ядрото, с една команда за четене се четат 4 бита, които се предават към В/И буфер по 4 независими линии. Самият буфер работи с удвоената честота на ядрото и предава 4-те бита за един такт -> по предния и задния фронт на тактовия сигнал.

При една и съща честота на ядрото, DDR2 паметта осигурява **двойно** по-висока пропускателна способност **спрямо DDR** и **четворно** – **спрямо SDRAM**.

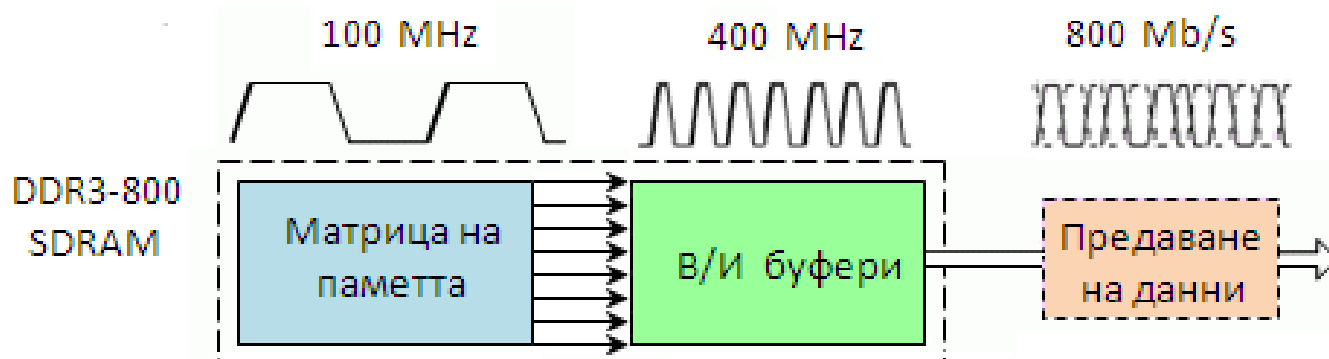


Prefetch - 4 бита

- Double Data Rate3 - DDR3 SDRAM (2007 г.)

На всеки такт на работа на ядрото, с една команда за четене се четат 8 бита, които се предават към В/И буфер по 8 независими линии. Самият буфер работи с учетворената честота на ядрото и предава 8-те бита за един такт -> по предния и задния фронт на тактовия сигнал.

При еднаква честота на ядрото, DDR3 осигурява **два пъти** по-висока пропускателна способност спрямо DDR2, **четири пъти – спрямо DDR** и **8 пъти – спрямо SDRAM**.



Prefetch - 8 бита

Б. Стандарти за честота и означение на чиповете памет (JEDEC)

DDR		DDR2		DDR3	
Означение на чипа	Ядро (MHz)	Означение на чипа	Ядро (MHz)	Означение на чипа	Ядро (MHz)
DDR-200	100	DDR2- 400	100	DDR3- 800	100
DDR-266	133	DDR2- 533	133	DDR3- 1066	133
DDR-333	166	DDR2- 667	166	DDR3- 1333	166
DDR-400	200	DDR2-800	200	DDR3-1600	200
		DDR2-1066	266	DDR3-1866	233
				DDR3-2133	266

В. Тайминги

Задръжката (в брой тактове) при изпълнението на елементарните операции с матрицата на паметта при четене и запис. Основни тайминги – 4.

Например: 15-15-15-35 (DDR4 2400)

Особености:

- ✓ Колкото по-ниски са стойностите -> толкова по-добре.
- ✓ Значението им за оценка бързодействието на паметта намалява, поради все по-рядкото обръщение на процесора към паметта (голям капацитет на L2 и L3). Могат да се използват за сравнение на сходни по бързодействие памети.
- ✓ С повишаване честотата на паметта се увеличават стойностите на таймингите.
- ✓ Най-често отсъстват в описанието на паметта или се дава само първият тайминг – латентност.

Латентност (CAS Latency) - времето в брой тактове между подаването на адреса на стълба (редът в матрицата вече е активен) и началото на предаването на данните.

В. Капацитет (бит или байт) и организация на матрицата.

Например, С -> 256 Мбита; организация на матрицата -> 256М*4 (8, 16,32); 4, 8, 16, 32 – дължината на думата, т.е. едновременно адресираните клетки.

4.3. Конструктивно оформяне на паметта - модули



Модул:

- ✓ чиповете са монтирани посредством машинен монтаж
- ✓ модулите съдържат SPD (Serial presence detect) от тип EEPROM, съдържащ конфигурационна информация от производителя
- ✓ ширина на шината за данни е 64 бита (72 бита с ECC) , т.е. едновременно се четат или записват 8 (9) байта.

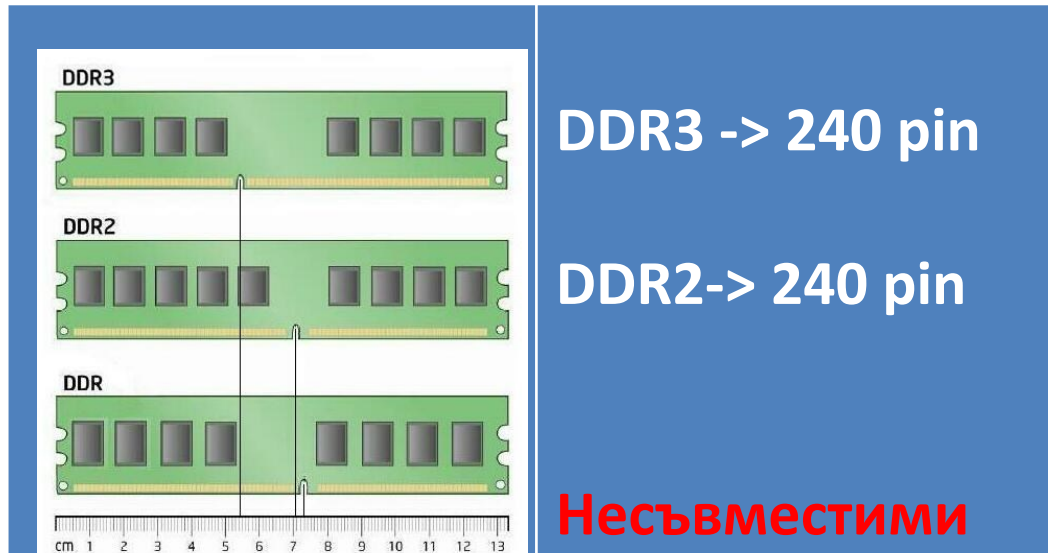
Производители: Kingston, Crucial, A-Data, Corsair, Transcent и др.

А. Основни характеристики

A1. Тип на паметта - **SDRAM, DDR SDRAM, DDR2 SDRAM, DDR3 SDRAM, DDR4 SDRAM**

A2. Форм-фактор

- ✓ **SIMM (Single Inline Memory Module)** – едноредово разпол. на изводите
- ✓ **DIMM (Dual Inline Memory Module)** - с двуредово разпол. на изводите



- ✓ SO DIMM (Small outline DIMM)
 - DDR2 -> 200 pin (несъвместими)
 - DDR3 -> 204 pin

A3. Честота (MHz)

- ✓ на паметта (чип/ядро)
- ✓ на модула (ефективна честота) -> зависи от честотата на паметта и нейния тип (DDR, DDR2, DDR3, DDR4)

A4. Трансферна скорост (MB/s) -> название на модула

JEDEC (Joint Electron Device Engineering) СТАНДАРТИ

ТИП ПАМЕТ	ЧИПОВЕ		МОДУЛИ		
	Стандартно название	Честота на паметта (MHz)	Название на модула	Ефективна честота(MHz)	Трансф. скорост (MB/s)
SDRAM (1996 г.) 8 байта 1 даннов цикъл	-	100	PC-100	100	800
	-	133	PC-133	133	1066
DDR SDRAM (2000 г) 8 байта 2 даннови цикъла	DDR-200	100	PC-1600	200	1600
	DDR-266	133	PC-2100	266	2100
	DDR-333	166	PC-2700	333	2670
	DDR-400	200	PC-3200	400	3200
DDR2 SDRAM 2004 8 байта 2 даннови цикъла	DDR2-400	100	PC2-3200	400	3200
	DDR2-533	133	PC2-4200	533	4200
	DDR2-667	166	PC2-5300	667	5300
	DDR2-800	200	PC2-6400	800	6400
	DDR2-1066	266	PC2-8500	1066	8500
DDR3 SDRAM 8 байта 2 даннови цикъла	DDR3-800	100	PC3-6400	800	6400
	DDR3-1066	133	PC3-8500	1066	8533
	DDR3-1333	166	PC3-10600	1333	10667
	DDR3-1600	200	PC3-12800	1600	12800
	DDR3-1866	233	PC3-14900	1866	14900
	DDR3-2133	266	PC3-17000	2133	17066

Еф. честота на модула:

DDR: Честота на ядрото*2

DDR2: Честота на ядрото*4

DDR3: Честота на ядрото*8

Трансферна скорост:

Честота на модула (MHz) * 64 bit (Mb/s)

Честота на модула (MHz) * 8 Byte (MB/s)

A5. Капацитет (Гбайта)

- Капацитет на паметта
= Брой модули * Капацитет на модулите
- Капацитет на модула
= Брой чипове * Капацитет на чипа
- * Брой чипове -> кратен на 8 (или 9, ако паметта е с контрол)

A6. Възможност за контрол на паметта

- Видове грешки
 - ✓ *Твърди (постоянни) грешки*
 - ✓ *Меки (случайни) грешки*
- Методи за контрол на меките грешки (IBM). Базират се на „информационен излишък“
 - ✓ Контрол по четност . Открива само единични грешки (около 90% от всички грешки). Един байт включва 9 бита - 8 информационни и 1 контролен.
 - ✓ ECC (Error Correction Code). Открива единични, двойни, тройни и четворни грешки и коригира единични грешки.

A7. Други – наличие на буферна памет, охлаждане, възможност за работа в многоканален режим и др.

Б. Пример:

Kingston 8GB DDR3 1600MHz HX316C9SR/8

Капацитет	8 GB
Окомплектоване	1x8GB
Тип памет	DDR3
Скорост	1600 MHz
Multi-Channel комплект	Single-channel
CAS латентност	CL 9
Охл. ребра	Да
Напрежение	1.5 V

Технология на паметта: DDR3 SDRAM

Капацитет: 8 GB

Форм фактор: DIMM 240-pin

Брой модули: 1

Конфигурация на модулите: 512 x 8

Скорост/честота на паметта: 1600MHz (PC3-12800)

CAS латентност: CL9

Макс. работна околна температура: 85 C

Мин. работна околна температура: 0 C

Номинално захр. напрежение: 1.5 V

Максимално захр. напрежение: 1.575 V

Минимално захр. напрежение: 1.425 V

Тип пакет: С опаковка

Метод на охлаждане: Heatsink

Височина: 30 мм

Ширина: 133.4 мм

5. DDR4 SDRAM – представена 2008 г. в Сан Франциско

Форм фактор: DIMM -> 288 pin; SO DIMM ->256 pin

Предимства пред DDR3

1. Увеличен капацитет

- на чиповете – до 16 Gb (DDR3 - 8 Gb)
- на модулите – до 512 GB (DDR3 - 128 GB).

2. Повишена скорост и производителност

- честота на модула - до 3200 MHz (DDR3 – 2133 MHz)
- до 16 банки и възможност за работа в 4-канален режим (DDR – 8 банки, 3-канален режим).

3. Подобрена надеждност – ECC на ниво чип (DDR3 - на ниво модул).

4. Подобрена енергоефективност – над 30% в сравнение с DDR3.

Недостатъци:

1. Висока цена

2. По-големи задръжки (тайминги) при еднакви честоти с DDR3

3. Необходимост от нова системна платка

4. Ограничено приложение в практиката

Прогнози:

- до края на 2016 г. – 90% от пазара на сървъри
- до I тримесечие на 2016 г. - 20% от пазара на настолни компютри
- до II тримесечие на 2016 г. - 50% от пазара на настолни компютри.

Примери:

4x4GB DDR4 2666 Corsair DOMINATOR Platinum



Размер на паметта	16 GB
Окомплектоване	4x4 GB
Тип памет	DDR4
Скорост	2666 MHz
Multi-Channel комплект	Quad-channel
Охладителни ребра	Да
Напрежение	1.2 V

Kingston HyperX Fury 16GB (2x8GB) DDR4 2400MHz

Размер на паметта	16 GB
Окомплектоване	2x8 GB
Тип памет	DDR4
Скорост	2400 MHz
CAS латентност	CL 15
Охладителни ребра	Да
Напрежение	1.2 V



T2. Външна памет

1. Класификация

- **Магнитна**
- **Оптична**
- **Флаш-базирана (EEPROM - Electrical Erasable Programmable Read-Only Memory)**

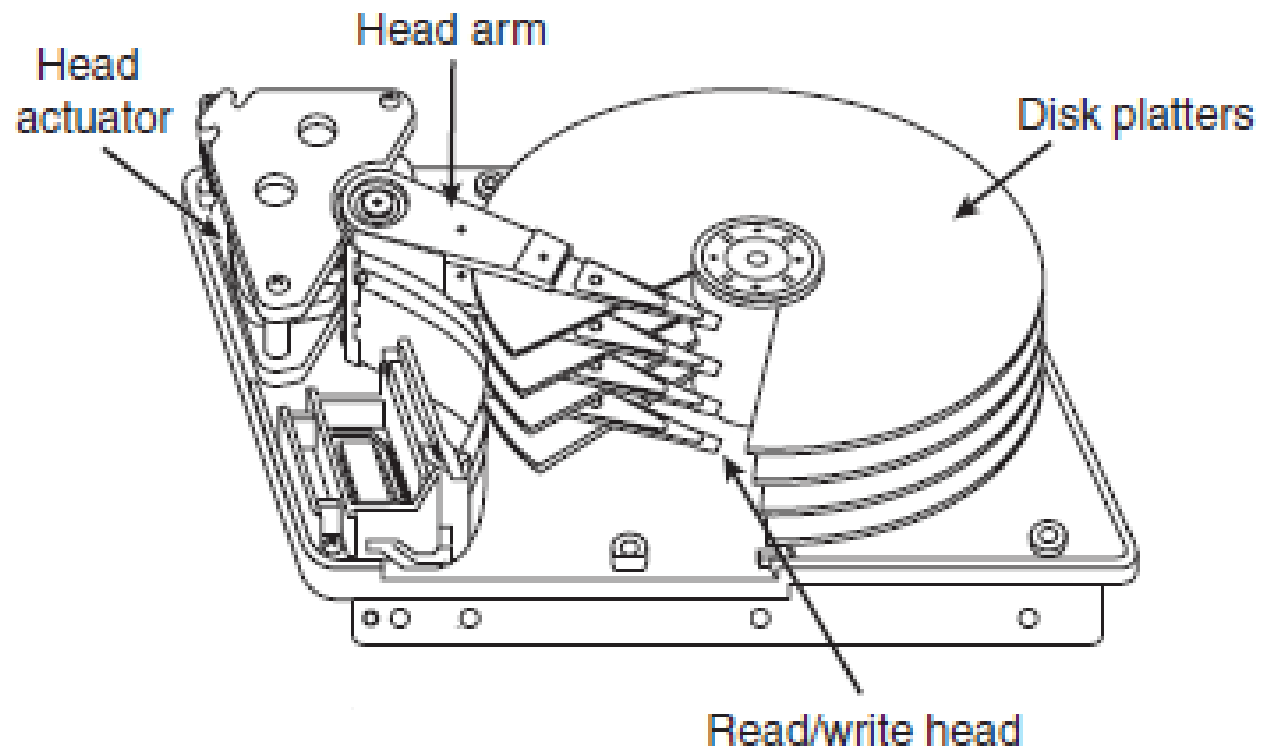
2. HDD (Hard Disk Drive)

2.1. Принцип на магнитния запис

2.2. Базови компоненти, принцип на работа

а) Дисков пакет

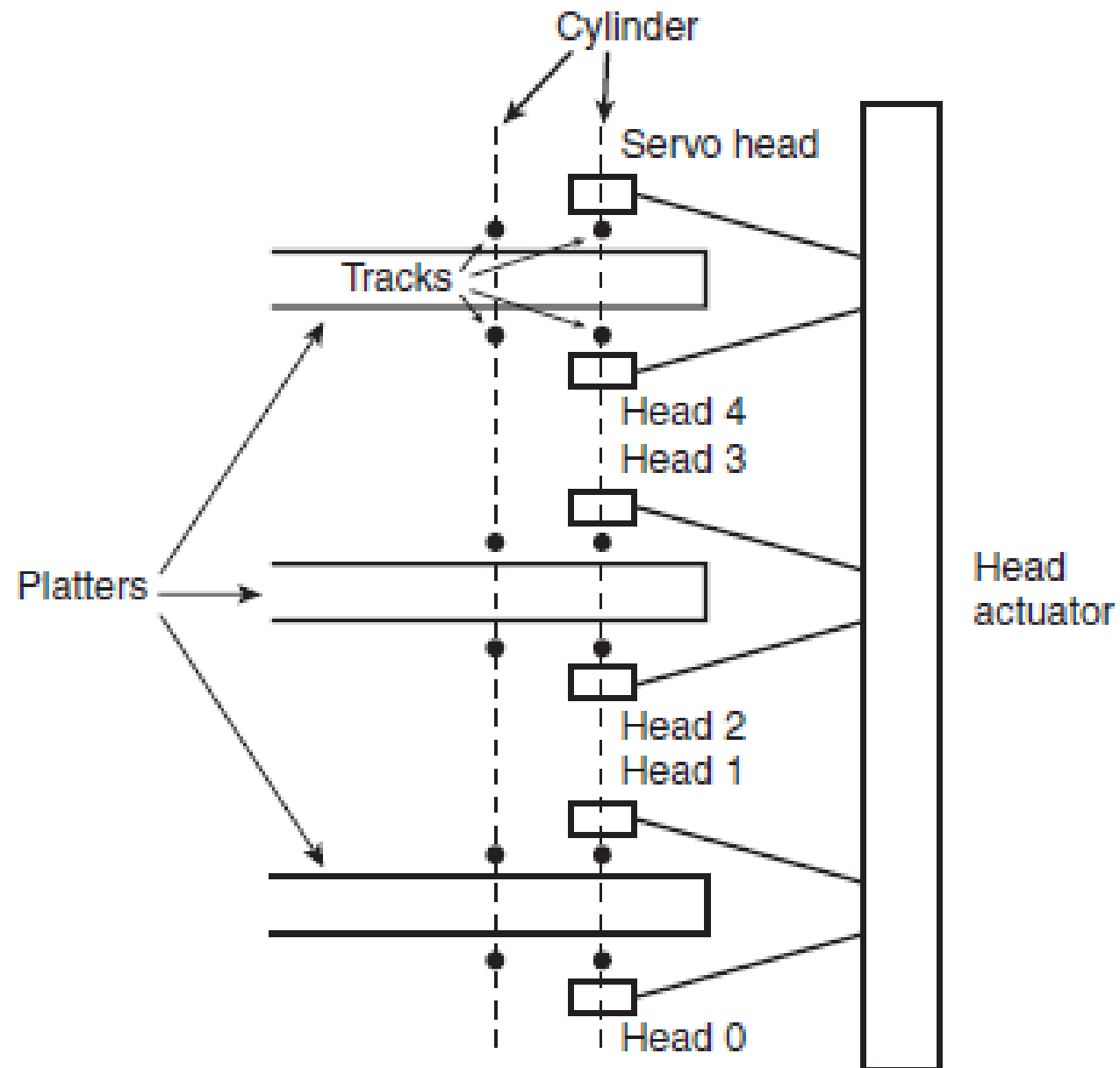
б) Платка



➤ Дисков пакет

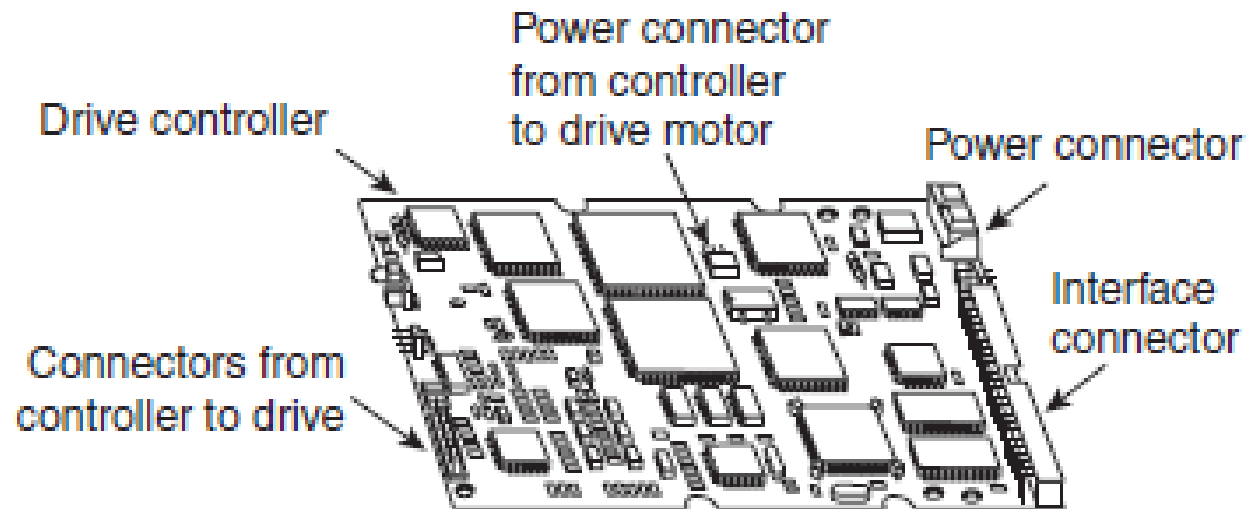
- Дискови повърхности (плочи)
- Двигател, въртящ плочите
- Глави за четене/запис
- Позициониращ механизъм

- **Дискови плочи**
 - ✓ слоеве: предпазващо покритие, феромагн. материал, стъклокерамика, основа
 - ✓ в постоянно въртене
 - ✓ работни повърхнини (страни) -> 0, 1, 2, ...
 - ✓ писти (0, 1, 2, ...), сектори (0, 1, 2, ...)
 - ✓ цилиндри (0, 1, 2, ..)
 - ✓ плътност на записа:
 - линейна: бит/инч (Bits per inch – BPI)
 - напречна: писти/инч (Tracks per inch - TPI)
- **Глави за четене/запис обслужват една повърхност**
 - ✓ комбинирани – запис/четене
 - ✓ плаващи (безконтактен запис)
 - ✓ писта за паркиране (слаби пружини)
- **Позициониращ механизъм**
 - ✓ адресиране – плоча, страна, писта, сектор



➤ Платка

- Електроника, която управлява движението на двигателя и позициониращия механизъм и преобразува цифровите сигнали от контролера на устройството във формат, разбираем за механичната част.
- Буфер за данни – временно съхранява данните, обект на В/И операция (четене/запис), т.е. от и за сектора; може да съхранява данните от цялата писта, независимо дали всички данни се изискват в момента или не
- Конектори





2.3. Основни характеристики

1. **Форм-фактор - в инчове (inch)**

2. **Капацитет – в гига- (10^6) и тера- (10^9) байтове (GB и TB)**

Фактори:

- ✓ брой плочи
- ✓ надлъжна и напречна плътност -> увеличаване – чрез прецизиране на главите, усъвърш. на методите на запис: хоризонтален, вертикален, в дълбочина и др.

3. **Скорост на въртене – в обор./мин (rpm)**

4. **Производителност**

4.1. **Пропускателна способност (Transfer rate)**

Фактори:

- ✓ скорост на въртене
- ✓ линейна плътност (брой сектори за писта).

Съпоставимост : при еднаква скорост -> по-високата скорост на въртене
при еднаква скорост на въртене -> по-голямата плътност

4.2. **Средно време за достъп (*Average seek time*)**

Латентност + Време за търсене

Латентност – времето за достигане на необходимия сектор под главата ;
средна стойност: времето за $\frac{1}{2}$ оборот



Време за търсене – времето за достигане на главата до необходимата писта;
средна стойност: времето за $\frac{1}{2}$ линейно придвижване на главите.

Фактори:

- ✓ скорост на въртене – върху латентността
- ✓ време за придвижване на главите между пистите и време за превключване между отделните плочи.

5. Кеш памет

Влияе върху производителността на диска - избягва се позиционирането на главите, откриването на необх. сектор и прочитането на данните.

Хардуерен кеш -> инсталиран на дисковия контролер -> DDRAM

Софтуерен кеш -> създава се от ОС; заделена част от RAM-а; действа като L2.

6. Интерфейс

Съвременни технологии

- ✓ S.M.A.R.T. (Self-Monitoring, Analysis, and Reporting Technology) – стандарт на IBM, 1992 г. за автоматично наблюдение на някои от параметрите на HDD.



2.4. Диапазон на стойностите

Настолни компютри

1. Форм-фактор → 3.5 инча
2. Капацитет → 500 GB до 3 TB, **над 3 TB**
3. Скорост на въртене → **5400**, 7200, **10000**, **15000** об/мин.
4. Кеш памет → **8**, **16**, **32**, 64, **128** МБайта
5. Интерфейс → **SATA 2**, SATA 3, SAS.

Мобилни компютри

1. Форм-фактор → **1.8**, 2.5 инча
2. Капацитет → стотици GB до 1 TB
3. Скорост на въртене → 5400, 7200, **10000**, **15000** об/мин.
4. Кеш памет → 8, 16, 32, **64** МБайта
5. Интерфейс → SATA 2, SATA 3, SAS.

Примери



1. Toshiba 2TB 64MB 7200rpm 3.5" SATA3 DT01ACA200

Капацитет	2000 GB
Скорост на диска	7200 rpm
Cache памет	64 MB
Вътр. трансфер на данни:	150 MB/s
Външен трансфер на данни	6 Gbit/s
HDD време за достъп	0.5 ms
Интерфейс	SATA 3.0
Размери	
Ширина	101.6 мм
Височина	26.1 мм
Дълбочина	147 мм
Тегло	680 г
Диаметър	3,5"

Форм фактор: 3.5"

Капацитет: 2 TB

Поддържан канал за данни: SATA 3-600

Инсталирана кеш памет: 64 MB

Скорост на въртене: 7200 rpm

Средно време за търсене: 0.6 ms

Външен трансфер на данни: 6 Gbps

Невъзстановими грешки: 1 per 10¹⁴

Х-ки на твърдия диск: S.M.A.R.T.

Входно напрежение (Мин.; Макс.)

Консумирана енергия (Мин.; Макс.)

Удароустойчивост(при работа и съхр.)

Вибрации (при работа и при съхр.)

Ниво на шум при работа

Р-ри (дълбочина, височина, ширина)

Номинално тегло: 0.68 кг



2. Seagate 2TB 64MB 7200rpm 64MB SATA3 ST2000DM001

Форм фактор:	3.5"
Капацитет:	2 TB
Поддържан канал за данни:	SATA 3
Инсталирана кеш памет:	64 MB
Брой плочи:	3
Брой глави:	6

Производителност

Скорост на въртене:	7200 rpm
Поддържан вътр. трансфер на данните:	156 MB/sec
Поддържан външен трансфер на данни:	6 Gbps

Надеждност

Невъзстановими грешки:	1 per 10 ¹⁴
------------------------	------------------------



3. SSD (предлагат се от 2007-2008 г.)

1. Форм-фактор → 2.5, 3.5 инча
2. Капацитет → **стотици GB** - 1 TB
3. Скорост на четене/запис → стотици MB/s
4. Интерфейс → **SATA 2**, SATA 3, **PCI-e**

Примери

1. Flash SSD Kingston V300 2.5", 120GB, 450 MB/s, SATA 3

Производител (Марка)	Kingston
Форм-фактор	2.5"
Капацитет	120 GB
Скорост на четене/запис	~ 450 MB/s
Интерфейс	SATA3

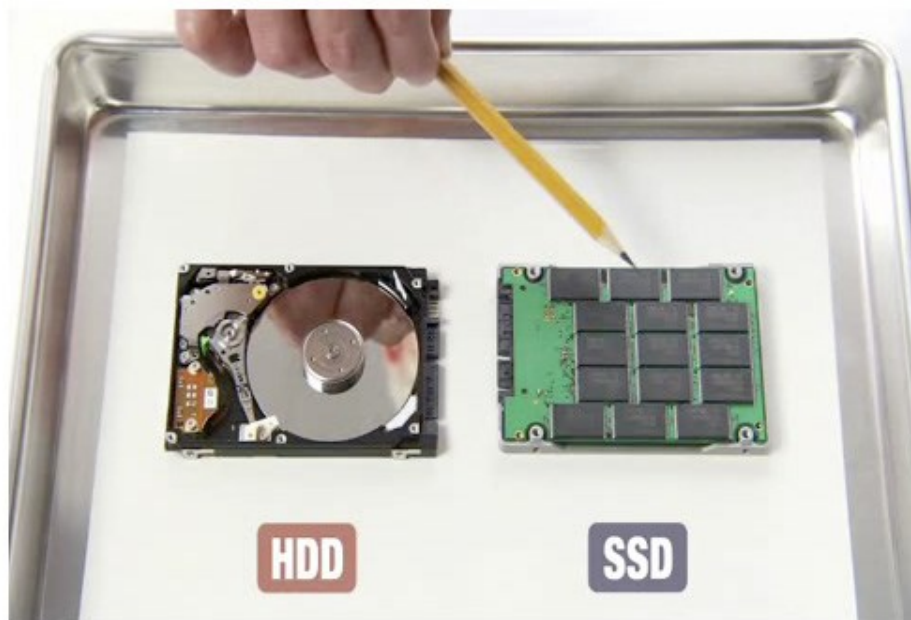
2. Intel SSD P3700 Series (400GB, 2.5 ", PCI-e 3.0, 20 nm), 2700 MB/s, 1080 MB/s), 933079

4. Сравнителна характеристика на HDD и SSD

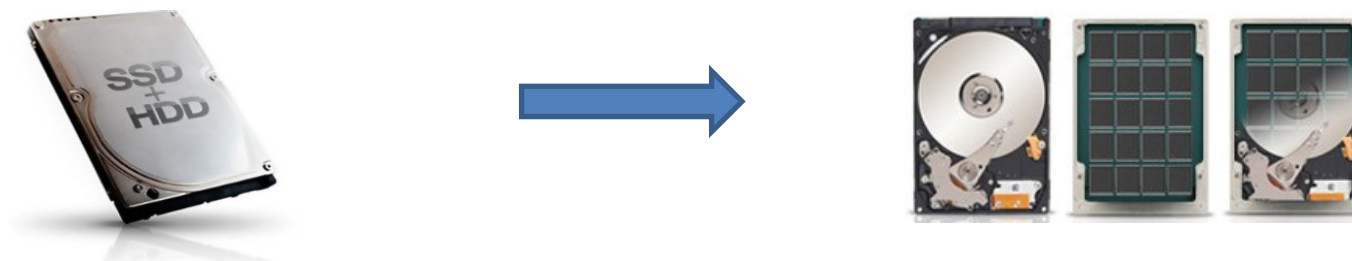


- бързодействие
- надеждност
- консумирана енергия / топлоотдаване / шум
- капацитет
- цена

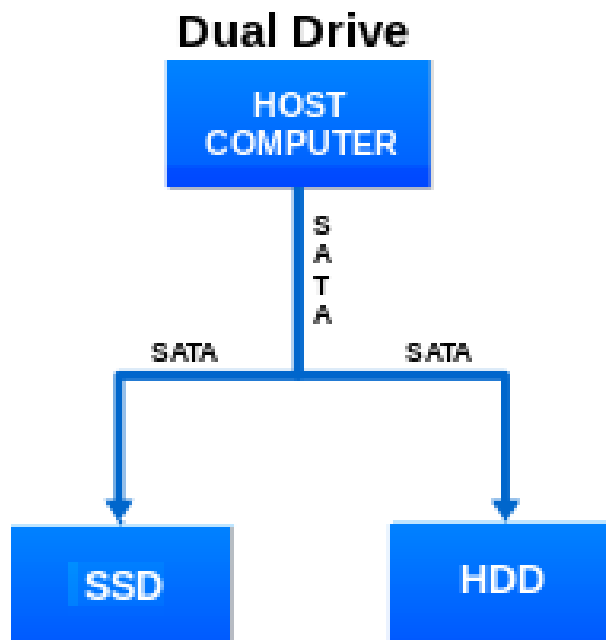
* От 2009 г. производителите на HDD предложиха т. нар. „зелени“ модели HDD -> понижено ниво на шума и топлоотдаването.



5. Хибридна памет (SSD+HDD)



5.1. Dual-диск хибридни системи



- Комбинират използването на отделни SSD и HDD устройства.
- Разпределението на информацията се управлява от:
 - ✓ потребителя -> често използваните файлове, в т.ч. и ОС се съхраняват на SSD;
 - ✓ ОС - SSD действа като кеш на HDD (поддържа копия на най-често използваните данни от твърдия диск).

Пример



Western Digital Black2 2.5" 1TB HDD + 120GB SSD SATA3

WD1001X06XDTL

Производител

Western Digital

Номер

WD1001X06XDTL

Капацитет

1TB HDD + 120GB SSD

Кеш (HDD)

16 MB

Скорост на въртене (HDD)

5400 об./мин.

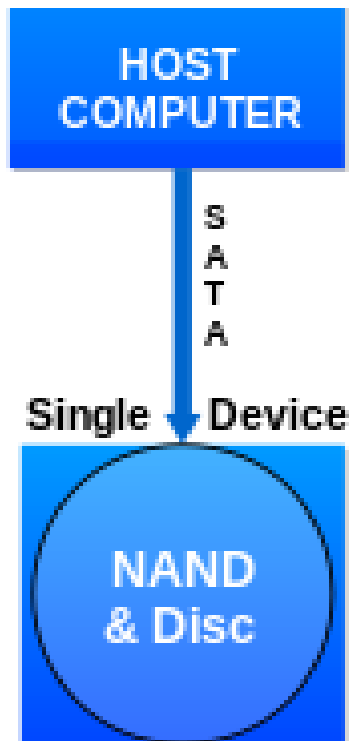
Интерфейс

SATA3



5.2. SSHD хибридни системи

SSHD Drive



Технология Fusion Drive ([Apple Inc.](#), септември 2011 г.)

- логическо обединяване на HDD и SDD в единна памет с общ капацитет;
- динамично преразпределяне на съхранената информация между HDD и SDD -> автоматично от операционната система, базирано на статистиката за текущата използваемост на съхраняваните програми и данни.