



**Икономически университет - Варна**

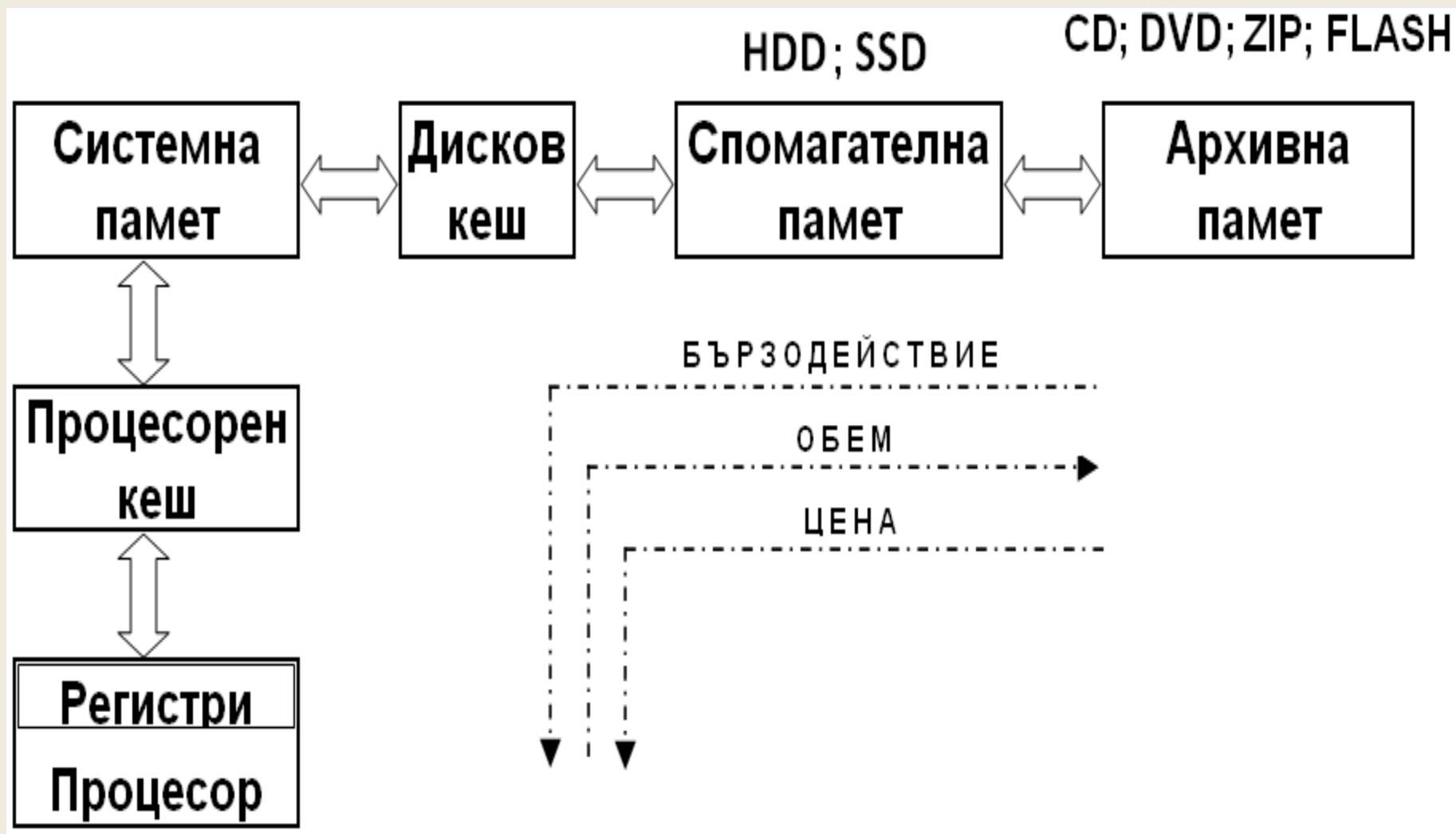
**Катедра „Информатика“**

# **КОМПЮТЪРНИ АРХИТЕКТУРИ**

**Подсистема памет**



# Йерархия на паметта



# Системна памет

- **Оперативна памет (RAM)**
  - място за временно съхраняване на данни и програми, до които има достъп процесорът
  - енергозависима
- **Постоянна памет (ROM)**
  - съдържа инструкции (базови – стартиране на компютъра и операционната система), до които процесорът има пряк достъп
  - енергонезависима
  - firmware – софтуерът, който се съхранява в ROM чип на дънната платка

# Типове постоянна памет

- **ROM (Read Only Memory)** - остарял
  - еднократен запис при самото производство
  - не може да се изтрие или презапише
- **PROM (Programmable ROM)**
  - информацията се записва след производството на чипа като се използва специално устройство - програматор
  - не може да се изтрие или презапише

# Типове постоянна памет

- **EPROM (Erasable PROM)**
  - информацията се записва след производството на чипа
  - многократен електрически запис и оптично изтриване (чрез ултравиолетова светлина)
- **EEPROM (Electrically EPROM)**
  - информацията се записва след производството на чипа
  - многократен електрически запис и електрическо изтриване, без вадене на чипа от КС

# Типове оперативна памет

- **DRAM (Dynamic Random Access Memory)**
  - изградена е от двойки транзистор-кондензатор за бит
  - периодически опресняване чрез електрически импулси, за да запази данните в чипа
    - те се презаписват на всеки няколко милисекунди
  - плътна памет – например в 1 чип – 5 GB
  - чип, който се използва като основна памет

# Типове оперативна памет

- **SRAM (Static Random Access Memory)**
  - изградена е само от транзистори, обикновено 6 транзистора за 1 бит
  - няма нужда от периодично опресняване
  - по-бърза и по-скъпа от DRAM
  - по-малко плътна от DRAM – съхранява по-малко битове – например в 1 чип – 9 MB
  - чип, който най-често се използва за кеш памет

# Типове динамична памет

- **Fast Page Mode DRAM**

- Динамична памет с бърз страничен достъп
- Използва се разделянето на паметта на страници с размери от 512 байта до няколко килобайта с цел подобряване на производителността

- **Extended Data Out RAM**

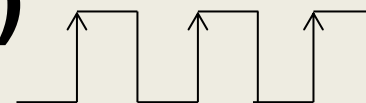
- Модифицирана форма на FPM паметта
- По-добра производителност от FPM паметта



# Типове динамична памет

- **SDRAM (Synchronous DRAM)**

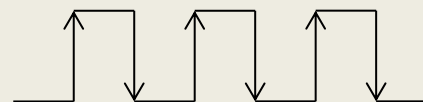
- синхронна DRAM



- памет, която работи в синхрон с шината на паметта (шината между процесора и основната памет)

- **DDR (Double Data Rate SDRAM)**

- предава данните два пъти по-бързо от SDRAM



- производителността се подобрява чрез предаване на данните 2 пъти за един цикъл

# Типове динамична памет

- **DDR2**

- производителността се подобрява спрямо тази на DDR чрез преодоляване на смущенията между сигналите

- **DDR3**

- два пъти по-бърза от DDR2, консумира по-малко енергия и отделя по-малко топлина

- **DDR4**

- увеличава капацитета 4 пъти спрямо DDR3, използва 40% по-малко енергия и има разширени възможности за корекция на грешки

# Методи за проверка на грешки

- **Контрол по четност (parity)**
  - чиповете памет съдържат 8 бита за данни и 1 бит за проверка на грешки
  - открива единични грешки (около 90% от всички грешки)
  - Пример:

Номер на бит:	0	1	2	3	4	5	6	7	Бит за четност
Ст-ст на бит:	1	0	1	1	0	0	1	1	0

# Методи за проверка на грешки

- **Error Correction Code (ECC)**
  - открива единични, двойни, тройни и четворни грешки (в няколко бита)
  - коригира единични грешки
  - прилага се предимно при сървъри и при работни станции, когато цената на потенциалната грешка надвишава цената на допълнителната памет
  - необходима е поддръжка на ECC и от чипсета и процесора

# Типове модули памет

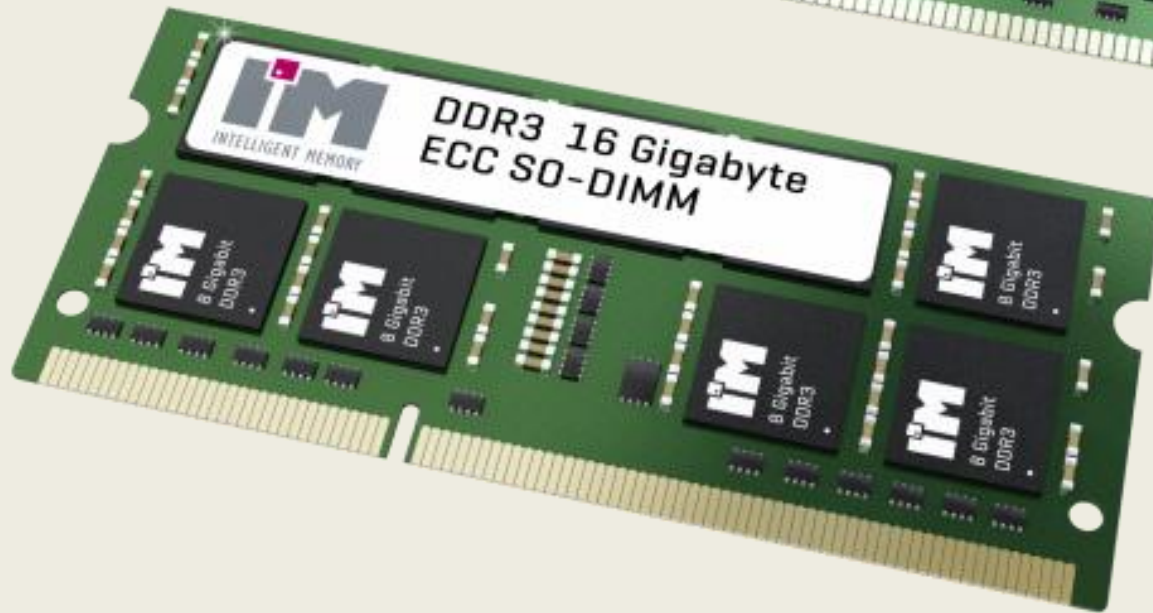
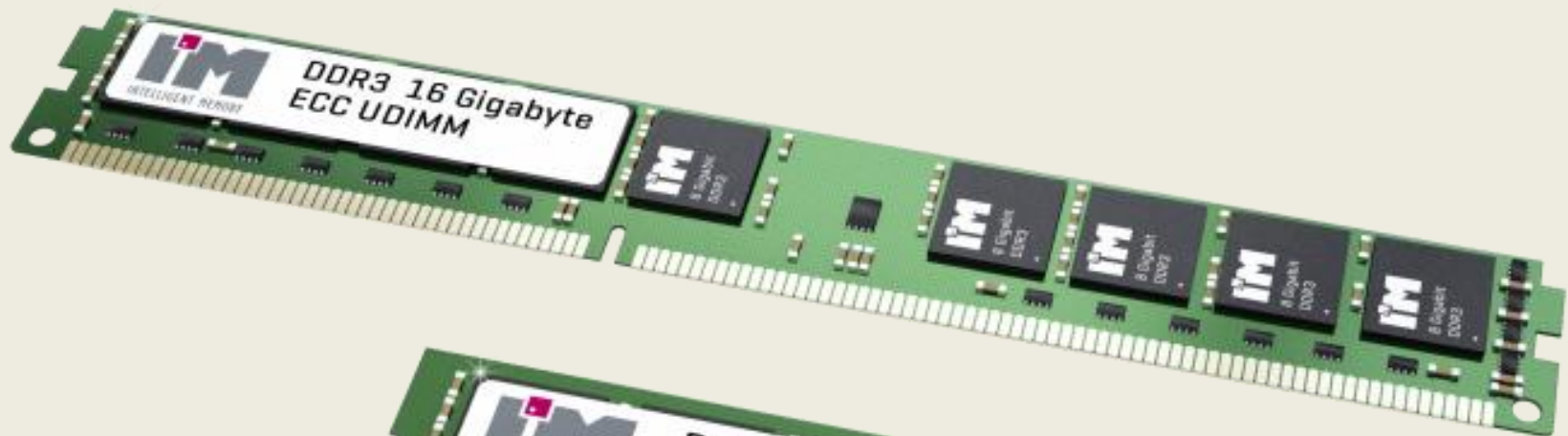
- **DIP (Dual Inline Package)**
  - самостоятелен чип памет
  - притежава два реда пинове, които се използват за закрепяне към дънната платка
  - труден за инсталиране
- **SIMM (Single Inline Memory Module)**
  - малка платка, върху която има разположени няколко чипа
  - два основни вида – 30 пина, 72 пина

# Типове модули памет

- **DIMM (Dual Inline Memory Module)**
  - платка, върху която могат да се разположат SDRAM, DDR, DDR2, DDR3 и DDR 4 чипове
  - 168 пина, 184 пина, 240 пина, 288 пина
- **SODIMM (Small Outline DIMM)**
  - по-малка версия на DIMM предназначена за преносими компютри, принтери и др.
  - 72, 100, 200, 204, 260 пина

# Типове модули памет

- Single-sided vs double-sided



# Капацитет на паметта

- **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 за грешки)
  - Всеки чип памет съхранява информация под формата на байтове
- **Измерва се в GB.**



# Скорост на модулите памет

- **Честота**
  - MHz
  - ефективната честота на предаване на данни от и към модула
  - зависи от вида и честотата на чиповете
- **Пропускателна способност (скорост на трансфер)**
  - максимален обем данни за секунда (MB/s)
  - честота на модула \* 8 байта

# Латентност

- **CAS (Column address strobe) – CL**
- **Броят на циклите на часовника, минаващи между регистрирането на сигнала и получените изходни данни**
- **По-малък брой цикли – по-добра производителност**
- **$t_{RAS}(\text{Row Active time}) = t_{CL} + t_{RCD}(\text{Row Address to Column Address Delay}) + t_{RP}(\text{Row Precharge time})$**

# Стандарт на модулите памет

- Идентифицира вида памет
- Дефинира скоростта на трансфер
- От скоростта на трансфер може да изчислим честотата на модула
- Примери
  - PC 3200
  - PC2 8500
  - PC3 12800
  - PC4 19200

# Работа в многоканален режим

- **Същност**

- осъществяване на едновременно достъп до няколко модула

- **Видове**

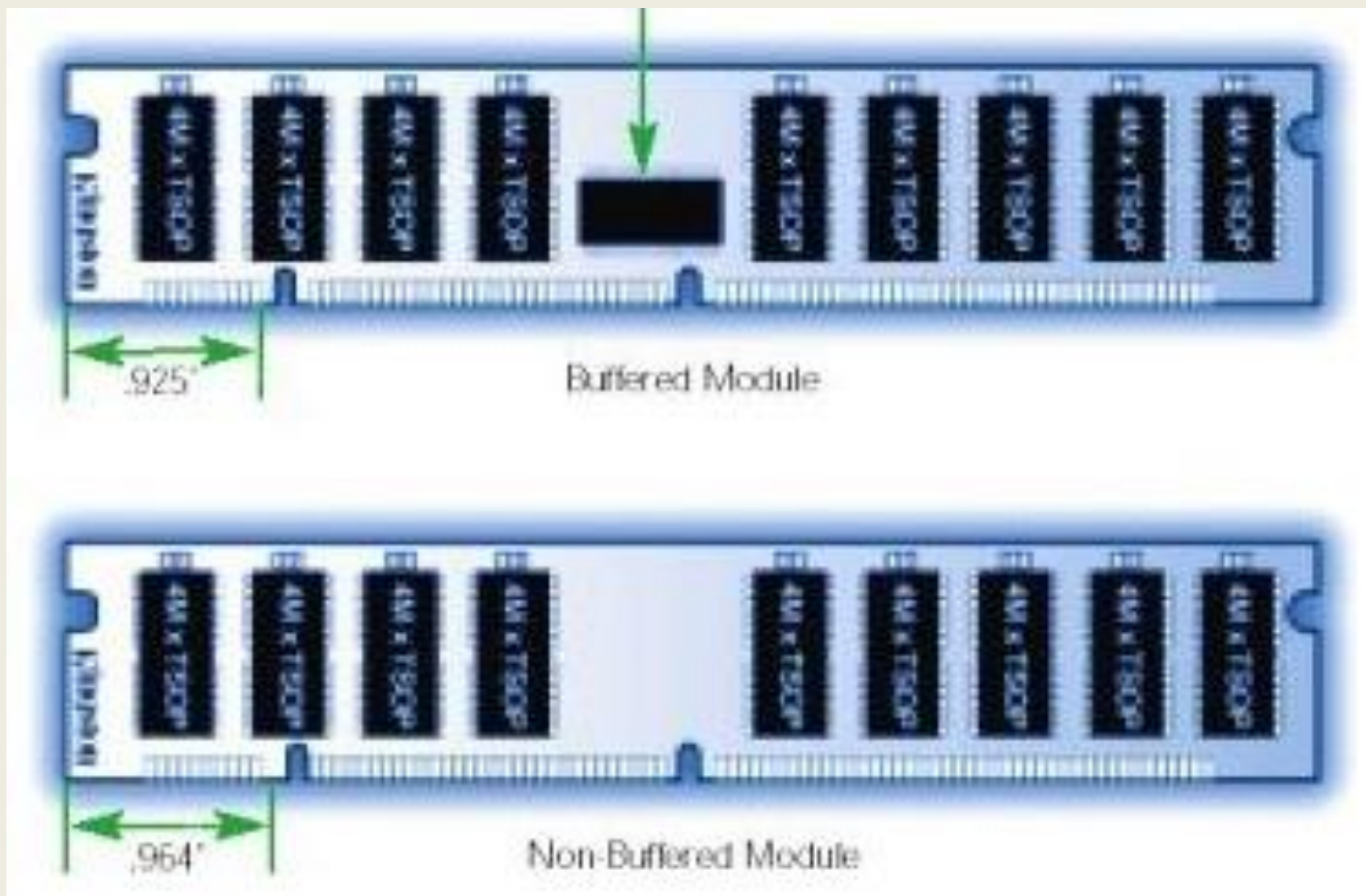
- едно-, дву-, три-, четириканален



# Буфериране на данните

- **Небуферирана памет (Unbuffered )**
  - данните се четат директно от чипа памет
  - по-бърза от регистрираната
  - има ограничение в капацитета памет, която може да бъде инсталирана
- **Регистрирана памет (Buffered)**
  - специализирана памет за сървъри или работни станции, нуждаещи се от памет с голям капацитет
  - притежава чип (регистри), който реализира управлението на паметта

# Буфериране на данните



# Памет - спецификации

Характеристика	CORSAIR Vengeance 8GB (2*4) SO-DIMM DDR4 2400MHz (PC4 -19200)	CORSAIR Vengeance 16 GB (2 * 8GB) DIMM DDR4 3000 MHz (PC4 -24000)
Предназначение	Преносими компютри	Настолни компютри
Производител	Corsair	Corsair
Серия	Vengeance	Vengeance
Вид на паметта	DDR4 SDRAM	DDR4 SDRAM
Капацитет	8GB (2*4) GB (двуканална)	16 (2*8) GB (двуканална)
Форм фактор	SO-DIMM 260-pin	DIMM 288-pin
Бързодействие (MHz)	2400MHz (PC4-19200)	3000 MHz (PC4-24000)
Трансф. скорост (MB/s)	19200	24000
Стандарт	PC4-19200	PC4-24000
Напрежение	1.2 V	1.2 V

# Запомнящи устройства

- **Магнитни**
  - намагнетизиране под влияние на външно електрическо поле
- **Оптични**
  - лазерна технология и участъци с различна отразяваща способност
- **Флаш-базирани (EEPROM)**
  - използват се специален тип транзистори



# Запомнящи устройства



# Hard Disk Drive (HDD)

- **Дисков пакет**
  - дискови плочи - елементи
  - двигател, въртящ плочите
  - глави за четене/запис
  - позициониращ механизъм



# Hard Disk Drive (HDD)

- **Платка**

- електроника, управляваща движението на двигателя и позициониращия механизъм - тя преобразува цифровите сигнали от контролера на диска във формат, разбираем за механичната част
- буфер за данни – временно съхранява данните, обект на 1 В/И операция (четене/запис от и за сектора)
- конектори – за захранване, за интерфейс и др.

# **HDD - характеристики**

- **Форм фактор - 5.25 in., 3.5 in., 2.5 in., 1.8 in.**
- **Капацитет – GB и TB**
- **Скорост на въртене (обор./мин.) – 5400, 7200, 10000 RPM (revolutions per minute)**
- **Скорост на трансфер (Transfer rate) – Gbps**

# HDD - характеристики

- **Средно време за достъп (Average seek time) – ms (милисекунди)**
  - **Латентност** (времето за достигане на необходимия сектор под главата) +
  - **Време за търсене** (времето за достигане на главата до необходимата писта)
- **Кеш памет**
  - хардуерен кеш -> инсталиран на дисковия контролер
  - софтуерен кеш -> създава се от ОС; заделена част от RAM-а; действа като L2

# HDD - характеристики

- **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. Предсказва отказ.
- RAID (Redundant Array of Independent Drives) – групиране и управление на няколко HDD с цел повишаване на сигурността на данните и скоростта на трансфер.

- **Интерфейс** – SATA, USB, Thunderbolt

# RAID

RAID Level	Min # of Drives	Description	Advantages	Disadvantages
0	2	Data striping without redundancy	Highest performance	No data protection, failure of one drive results in all loss of all data
1	2	Disk mirroring	High performance, high data protection because all data is duplicated	High cost of implementation because an additional drive of equal or larger capacity is required
2	2	Error-Correcting Coding	This level is no longer used	Same performance can be achieved at a lower cost using RAID 3
3	3	Byte-level data striping with dedicated parity	For large, sequential data requests	Does not support multiple, simultaneous read and write requests
4	3	Block-level data striping with dedicated parity	Supports multiple read requests, if a disk fails the dedicated parity disk is used to create a replacement disk	Write requests are bottlenecked due to the dedicated parity drive

# RAID

RAID Level	Min # of Drives	Description	Advantages	Disadvantages
5	3	Combination of data striping and parity	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supports multiple simultaneous reads and writes</li> <li>• Data is written across all drives with parity</li> <li>• Data can be rebuilt from information found on the other drives</li> </ul>	Write performance is slower than RAID 0 and 1
6	4	Independent Data Disks with Double Parity	Block-level striping with parity data distributed across all disks, can handle two simultaneous drive failures	Lower performance than RAID 5, not supported on all disk controllers
RAID 0+1	4	Combination of data striping and mirroring	High performance, highest data protection	High cost overhead because duplication of data requires twice the storage capacity
10	4 (must be even number)	Mirrored set in a striped set	Provides fault tolerance and improved performance	High cost overhead because duplication of data requires twice the storage capacity



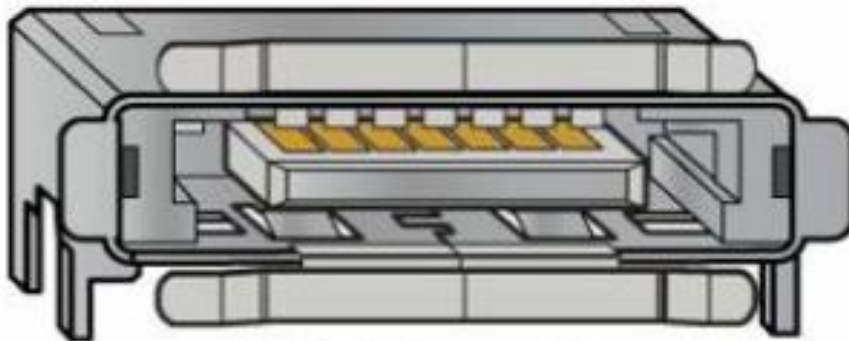
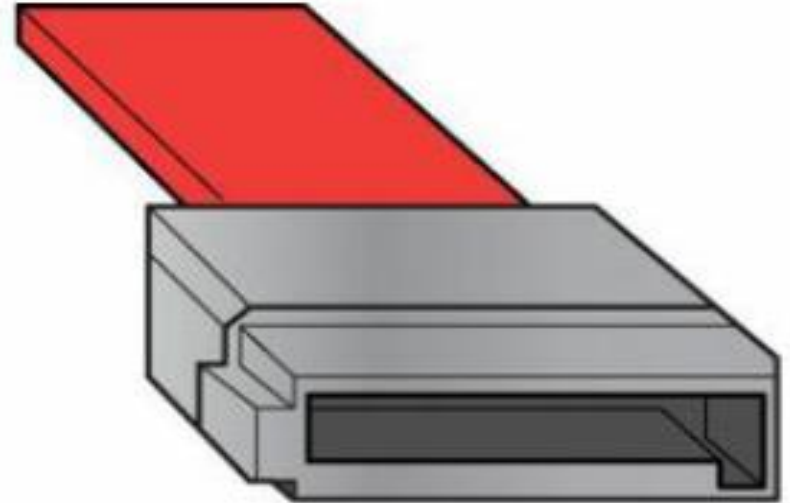
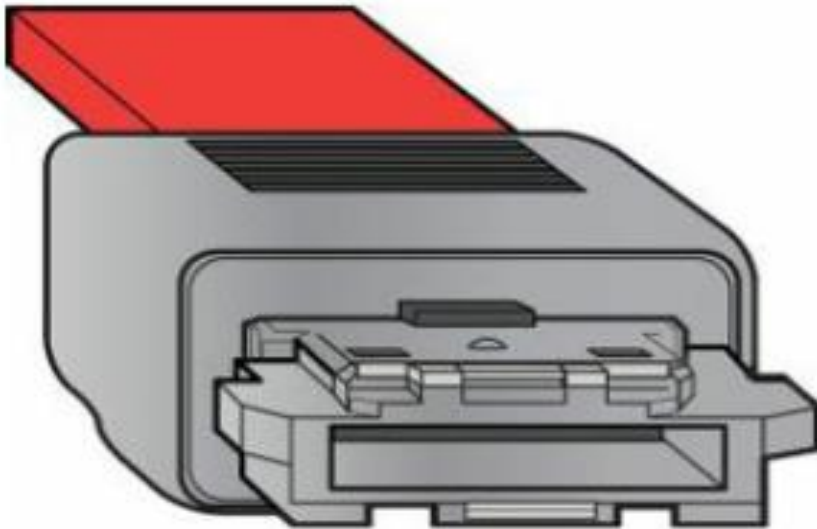
# SATA (Serial AT Attachment)

- **Предназначение**
  - вътрешни HDD, SSD и оптични устройства
- **Версии - SATA1, SATA2, SATA3**
  - еднакви конектори – 7
  - различни скорости – 1.5/3/6 Gb/s
- **Предшественици**
  - Integrated Drive Electronics (IDE)
  - Enhanced Integrated Drive Electronics (EIDE)
  - Parallel ATA

# SATA



# SATA vs eSATA (External)



eSATA Connectors

Internal  
SATA Connectors

# USB (Universal Serial Bus)

- **Предназначение**

- външни запомнящи и входно-изходни устройства

- **Последни версии**

- USB 3.0 и USB 3.1

- **Hot-swappable**

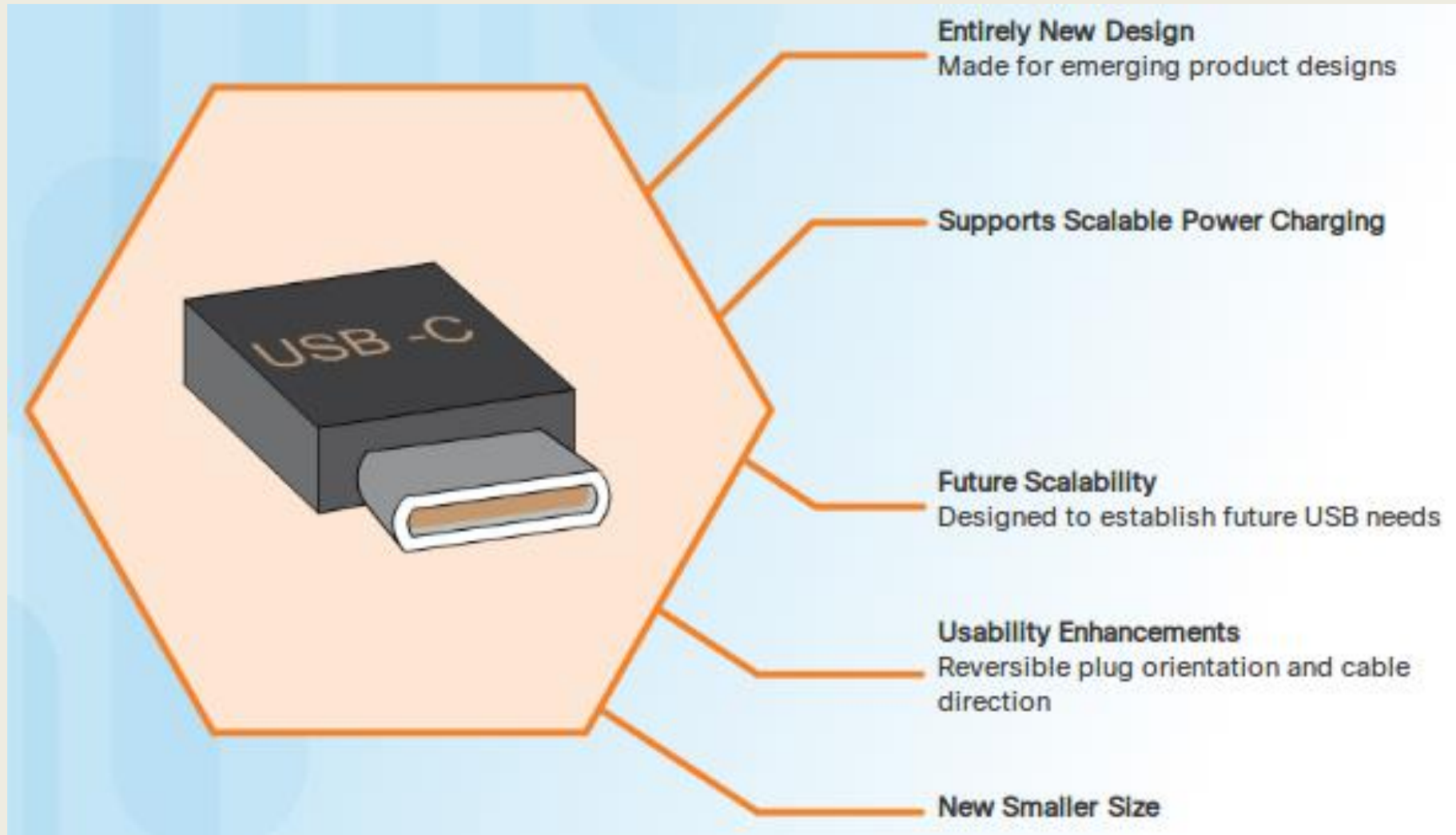
- при добавяне или премахване на устройство няма нужда от рестарт на компютъра

# USB интерфейс

- **Типове USB конектори**
  - Type A, Type B, mini-A, mini-B

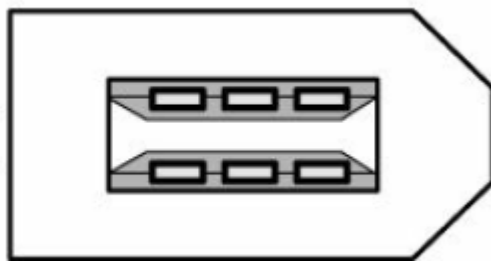


# USB Type-C интерфейс



	<b>IEEE 1394a (FireWire 400)</b>	<b>IEEE 1394b S800 (FireWire 800)</b>	<b>IEEE 1394b S3200 (FireWire 3200)</b>	<b>USB 1.1</b>	<b>USB 2.0</b>	<b>USB 3.0</b>
PC host required	No	No	No	Yes	Yes <sup>1</sup>	Yes <sup>1</sup>
Maximum number of devices	63	63	63	127	127	127
Hot-swappable	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Maximum cable length (between devices)	4.5 meters	4.5 meters	4.5 meters	5 meters	5 meters	3 meters
Power available to devices	7W <sup>2</sup>	7W	7W	2.5W	2.5W	4.5W
Transfer rate	400Mbps (50MBps)	800Mbps (80MBps)	3.2Gbps (320MBps)	12Mbps (1.5MBps)	480Mbps (60MBps)	5Gbps (500MBps)

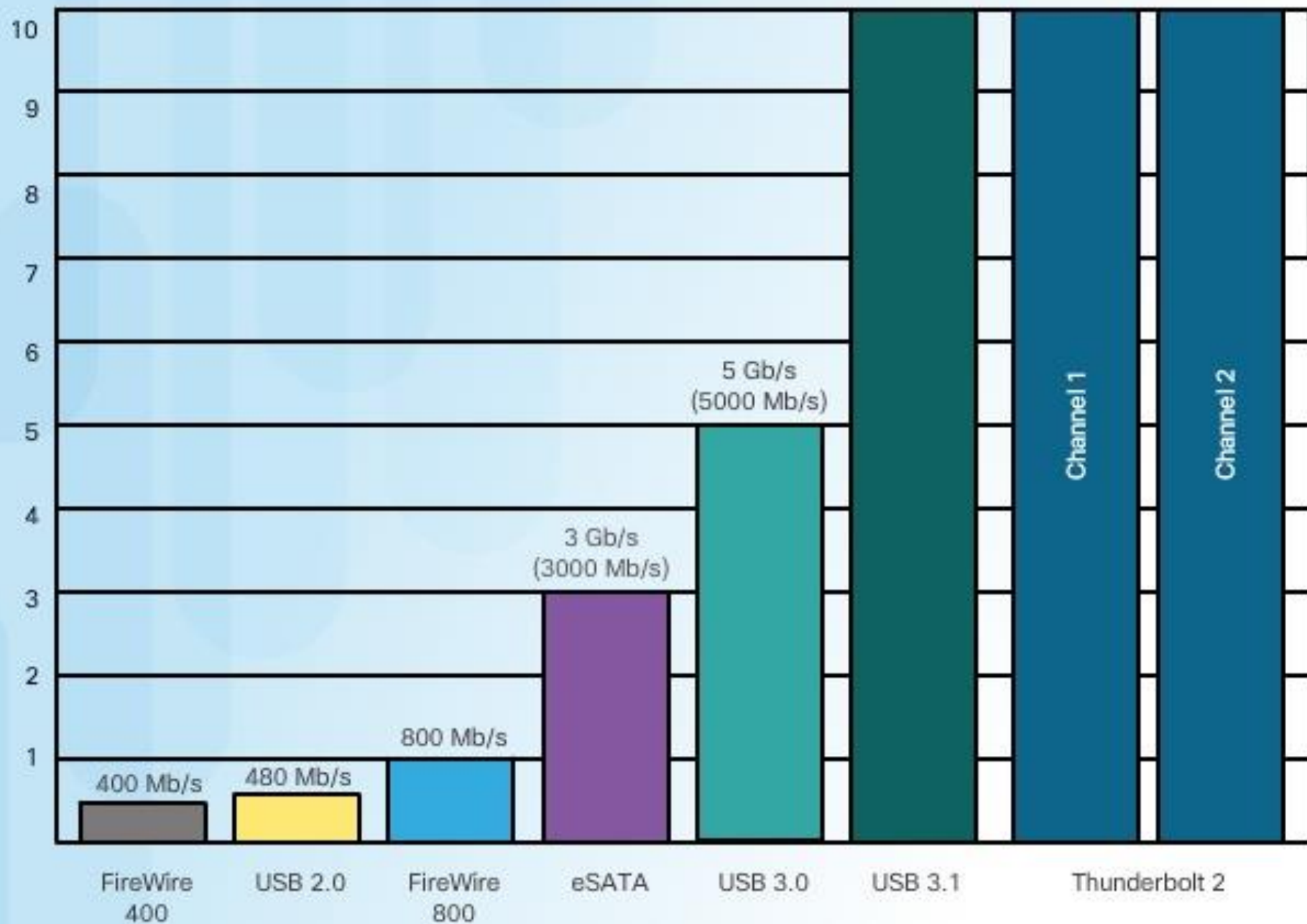
IEEE 1394  
six-pin port



Connection Type	Description	Maximum Bandwidth	Maximum Cable Length
<b>FireWire 400 (IEEE 1394a)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supports hot-swappable drives</li> <li>• Port supports up to 63 devices using hubs</li> <li>• Provides power</li> </ul>	400 Mb/s	4.5 meters (15 ft.)
<b>FireWire 800 (IEEE 1394b)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Backwards compatible with FireWire 400</li> <li>• Can also connect using Ethernet cable</li> </ul>	800 Mb/s	4.5 meters (15 ft.) 100 meters (328 ft.)
<b>eSATA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Connects external SATA drives</li> <li>• External drives require a power cable</li> <li>• Not compatible with SATA</li> </ul>	3 Gb/s	2 meters (6.6 ft.)
<b>USB 2.0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supports hot-swappable drives</li> <li>• Port supports up to 127 devices using hubs</li> <li>• Provides power</li> </ul>	480 Mb/s	5 meters (16.4 ft.)
<b>USB 3.0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Backward compatible with USB 2.0</li> </ul>	5 Gb/s	3 meters (9.8 ft.)
<b>USB 3.1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Backward compatible with USB 2.0 and USB 3.0</li> </ul>	10 Gb/s	3 meters (9.8 ft.)
<b>Thunderbolt</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supports up to 6 daisy-chained devices</li> <li>• Provides power</li> <li>• Thunderbolt 3 uses a USB-C connector</li> </ul>	10Gb/s 20 Gb/s (Thunderbolt 2) 40 Gb/s (Thunderbolt 3)	3 meters (9.8 ft.)



Gigabits / second (Gb/s)

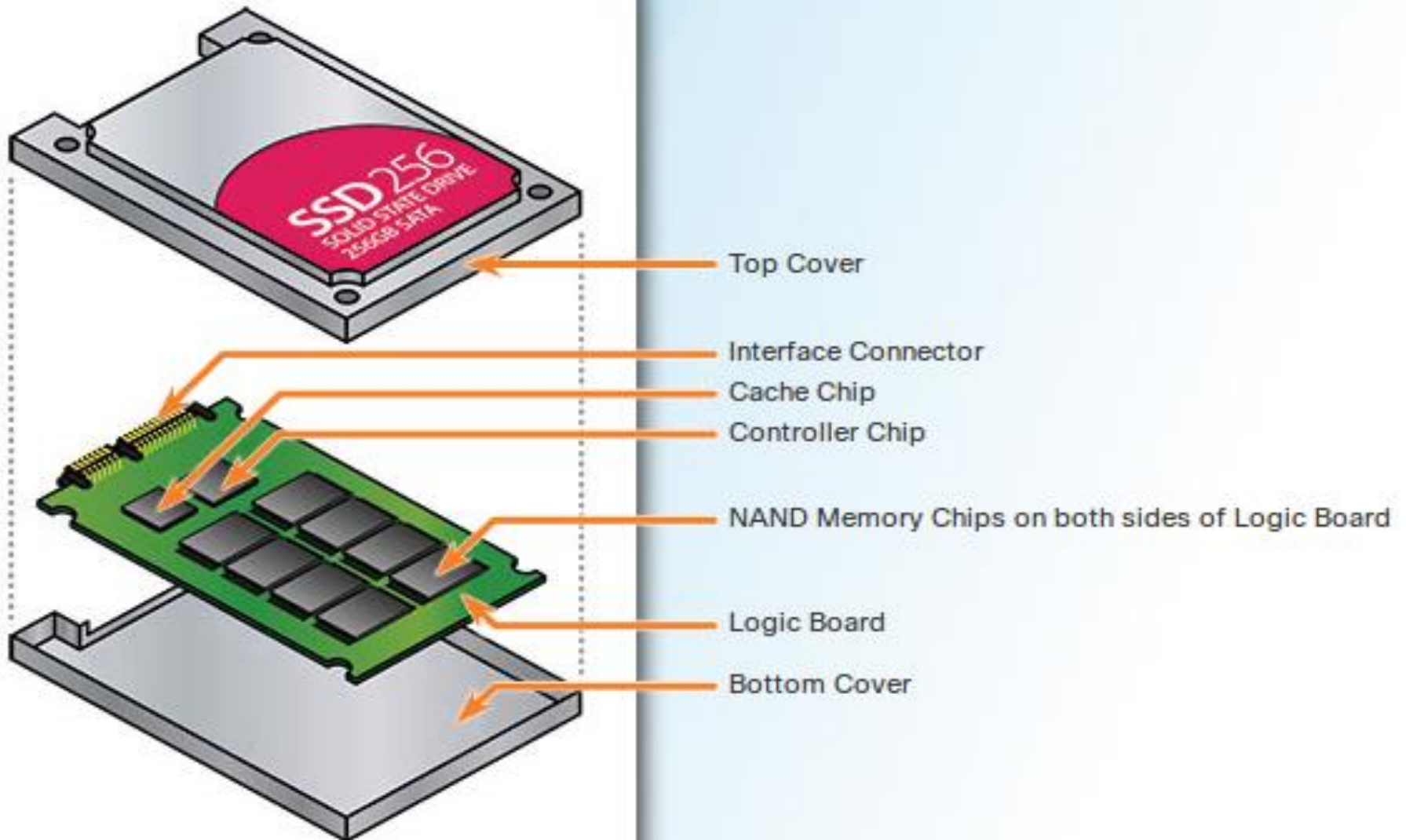


# HDD - спецификации

## Основни характеристики

Марка	Seagate
Модел	ST2000DM001
Форм фактор	3.5"
Капацитет	2 TB
Интерфейс	SATA 3
Инсталирана кеш памет	64 MB
Скорост на въртене	7200 rpm
Трансферна скорост	6 Gbps

# Solid State Drive (SSD)



# Solid State Drive (SSD)

- **Флаш-базирано устройство – NAND – SLC, MLC, TLC**
- **Основни характеристики**
  - **Форм фактор – като HDD**
  - **Капацитет – GB и TB**
  - **Скорост на четене/запис – MB/s**
  - **Интерфейс**
    - **SATA Express**
    - **mSATA**
    - **PCI Express M.2**



# SATA Express

- 2 SATA конектора + 4 пина – 18 пина
- Скорост - 16 Gb/s





# mSATA (Mini-SATA)

- Предназначен за SSD при преносими компютри или таблети



# PCI Express M.2

- Версия на SATA Express, предназначена да замени mSATA
- SATA версия
- PCI Express версия



# Сравнение на HDD и SSD

- бързодействие - SSD
- консумирана енергия - SSD
- топлоотдаване - SSD
- надеждност - SSD
- капацитет – HDD
- шум - SSD
- цена - HDD





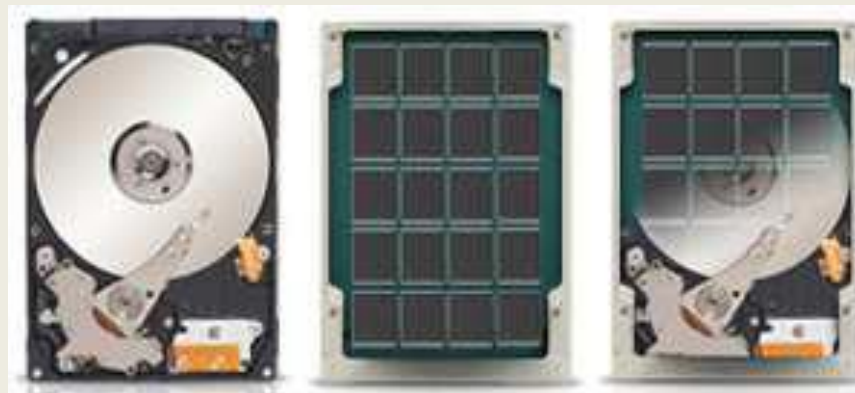
# SSD - спецификации

- **SSD Kingston V300 2.5", 120GB, 450 MB/s, SATA 3**

<b>Характеристика</b>	<b>Стойност</b>
<b>Производител (Марка)</b>	<b>Kingston</b>
<b>Форм-фактор</b>	<b>2.5"</b>
<b>Капацитет</b>	<b>120 GB</b>
<b>Скорост на четене/запис</b>	<b>450 MB/s</b>
<b>Интерфейс</b>	<b>SATA3</b>

# Solid State Hybrid Drive (SSHD)

- По-бързи от HDD, но по-евтини от SSD
- Магнитен HDD с SSD, който служи като кеш памет на HDD
- SSHD автоматично кешира данните, до които по-често се реализира достъп

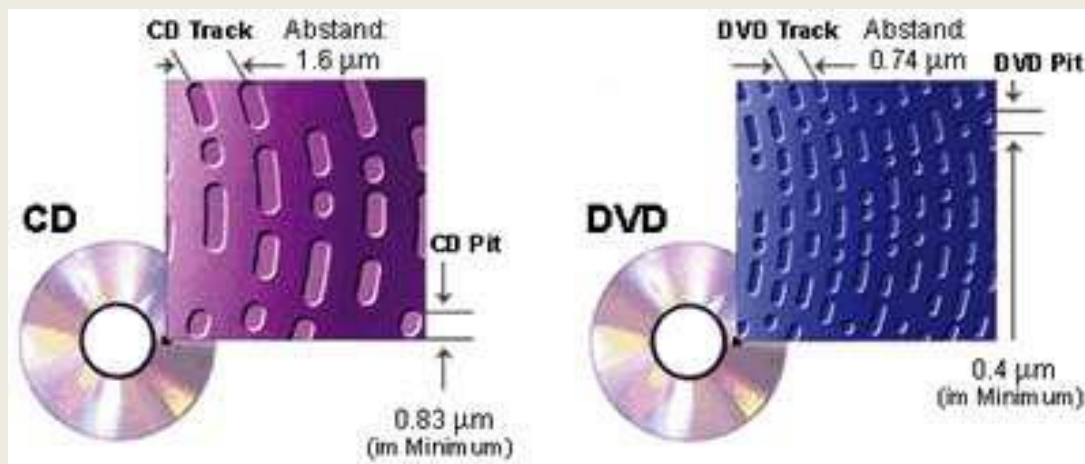


# SSHD - спецификации

Характеристика	Стойност
Производител (Марка)	Seagate
Форм-фактор	3,5"
Капацитет	2 TB + 8 GB NAND
Скорост на четене/запис	210 MB/s
Интерфейс	SATA 3
Инсталирана кеш	64 MB
Скорост на въртене	7200 rpm
Скорост на трансфер	6Gb/s

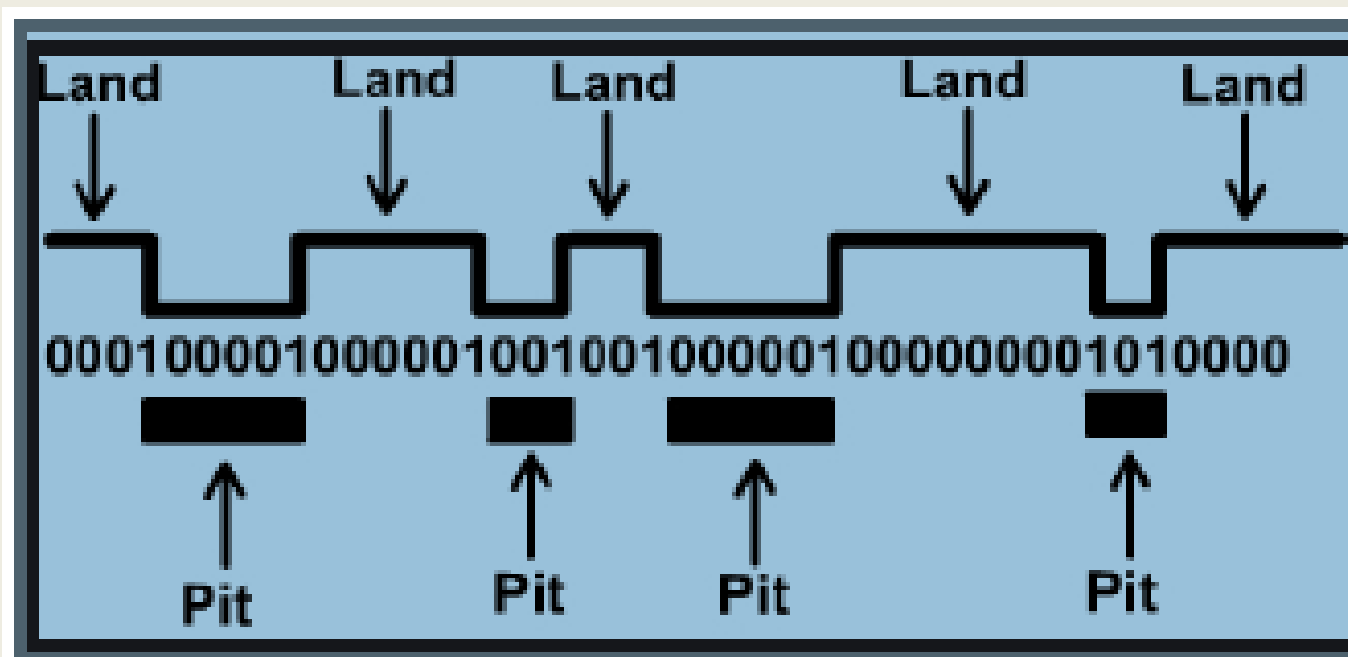
# Оптични устройства

- Запис на информацията:
  - загряване с лазерен лъч -> микроскопични области (pits) с по-ниска отражателна способност
  - пътека -> спирала от центъра към периферията на диска



# Оптични устройства

- Четене на информацията:
  - използва се отразения от диска сигнал
  - отражателната способност на диска умишлено се повишава чрез метален слой.



# **Видове оптични носители**

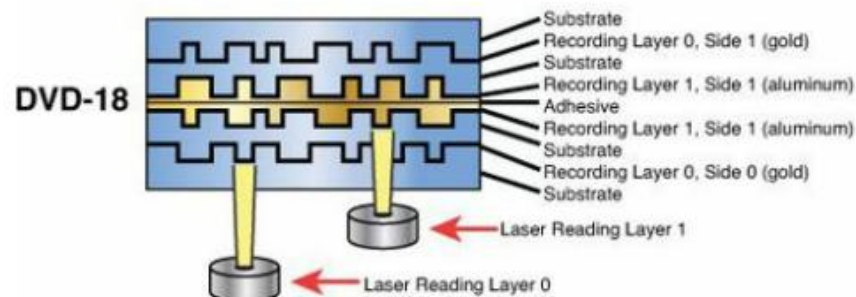
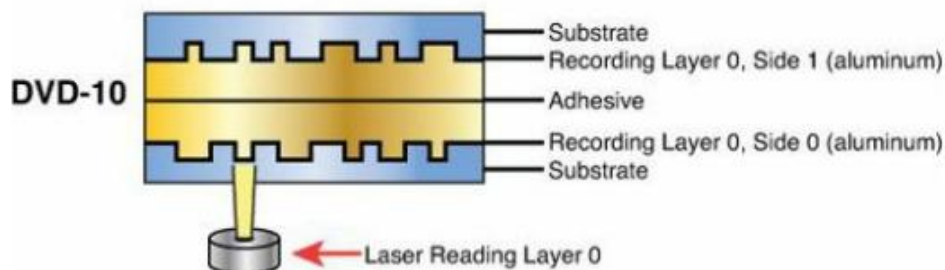
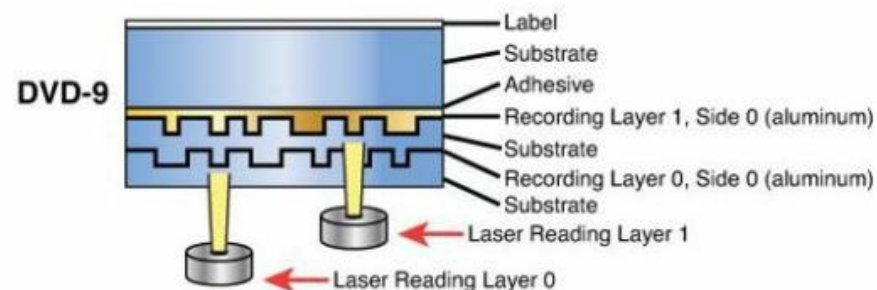
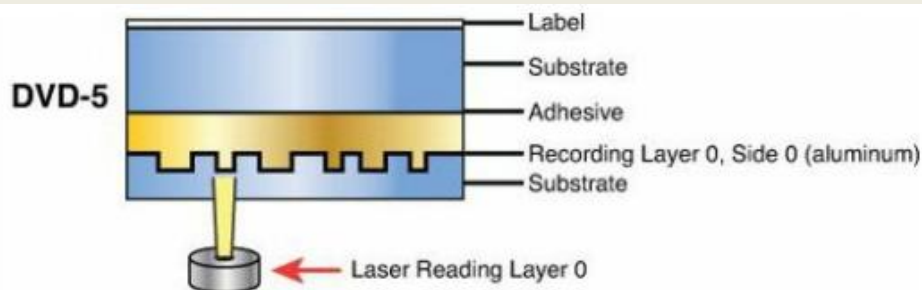
- **според диаметъра**
  - 120/80 mm
- **според капацитета:**
  - compact disc (CD)
  - digital versatile disc (DVD) – SS, DS, DL
  - Blu-ray disc (BD) – XL DL, XL TL, XL QL, XL DS TL, Ultra HD
- **според възможността за запис**
  - Само за четене – ROM (read-only)
  - Еднократен запис – R (recordable)
  - Многократен запис – RW/RE (rewritable)

# Видове оптични носители

Optical Media	Description	Storage Capacity
CD-ROM	CD read-only memory media that is pre-recorded	700 MB
CD-R	CD recordable media that can be recorded one time	
CD-RW	CD rewritable media that can be recorded, erased, and re-recorded	
DVD-ROM	DVD read-only memory media that is pre-recorded	4.7 GB (Single-Layer) 8.5 GB (Dual-Layer)
DVD-RAM	DVD rewritable media that can be recorded, erased, and re-recorded	
DVD+/-R	DVD recordable media that can be recorded one time	
DVD+/-RW	DVD rewritable media that can be recorded, erased, and re-recorded	
BD-ROM	Blu-ray read-only media that is pre-recorded with movies, games, or software	25 GB (Single-Layer) 50 GB (Dual-Layer)
BD-R	Blu-ray recordable media that can be recorded one time	
BD-RE	Blu-ray rewritable media that can be recorded, erased, and re-recorded	

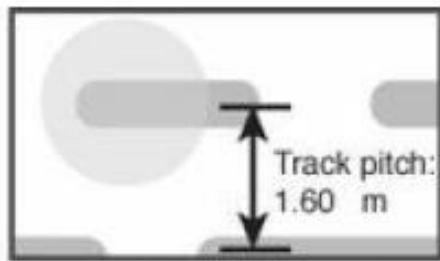
# Видове оптични носители

- Едностранны и двустранны
- Еднослойни и двуслойни



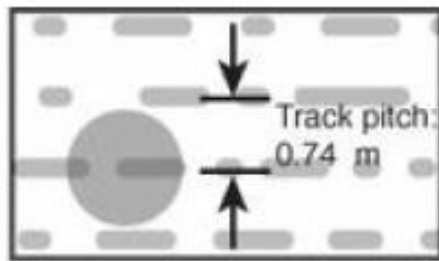
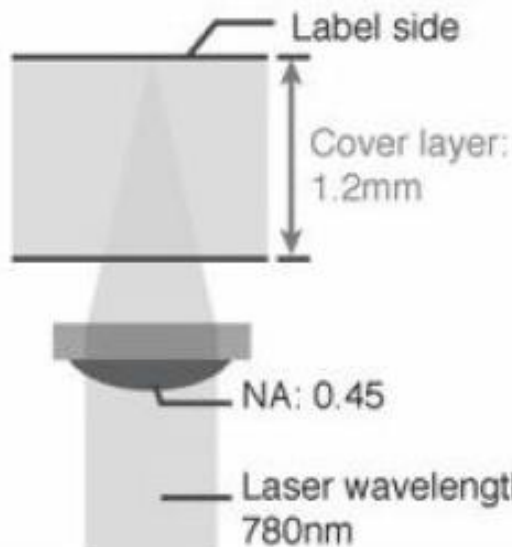


# Видове оптични устройства



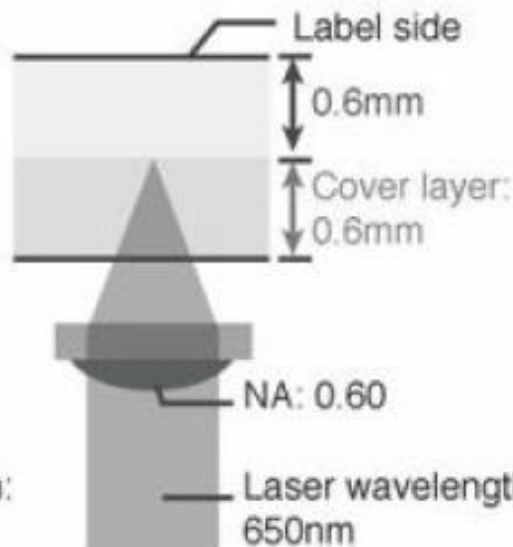
Capacity: 700MB

**CD**



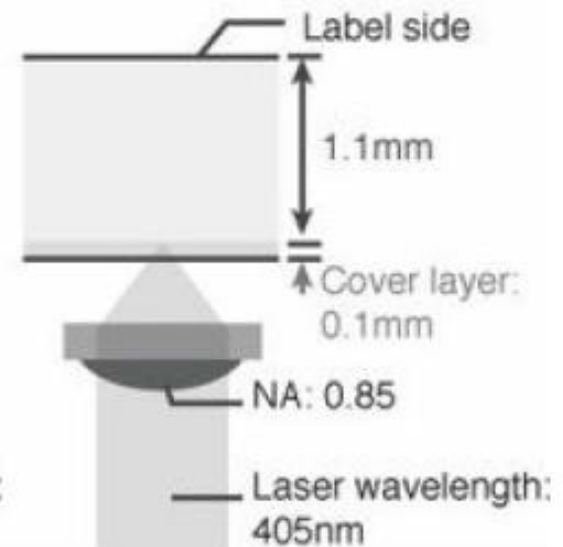
Capacity: 4.7GB

**DVD**



Capacity: 25GB

**BD**



# Видове оптични устройства

- Метод на запис
  - CD - CD-R, CD-RW
  - DVD - DVD-ROM, DVD+-R/RW, DVD+-R DL
  - BD - BD-ROM, BD-R, BD-RE

Optical Device	Read CD	Write CD	Read DVD	Write DVD	Read Blu-ray	Write Blu-ray	Rewrite Blu-ray
CD-ROM	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗
CD-RW	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗
DVD-ROM	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗
DVD-RW	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗
BD-ROM	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗
BD-R	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗
BD-RE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

# Оптични устройства - характеристики

- Инсталирана кеш памет
- Интерфейс - SATA, PATA, USB, FireWire
- Време за достъп
- Скорост
  - четене/запис/презапис
  - според вида на носителя – CD, DVD

Drive Speed	Data Rate	Single-Layer Disc Read/Write Time	Dual-Layer Disc Read/Write Time
1x	4.5MBps	90 minutes	180 minutes
2x	9MBps	45 minutes	90 minutes
4x	18MBps	23 minutes	45 minutes
6x	27MBps	15 minutes	30 minutes
8x	36MBps	12 minutes	23 minutes
12x	54MBps	8 minutes	15 minutes

# Оптични устройства - спецификации

Производител	Samsung
Тип	DVD записващо
Модел	SN-S083F
Кеш	2 MB
Скорост на четене/запис на CD	24x/24x
Скорост на четене/запис на DVD	8x/8x
Интерфейс	SATA

# Media Reader

- Устройство, което чете и записва данни на различни видове карти



# Видове карти

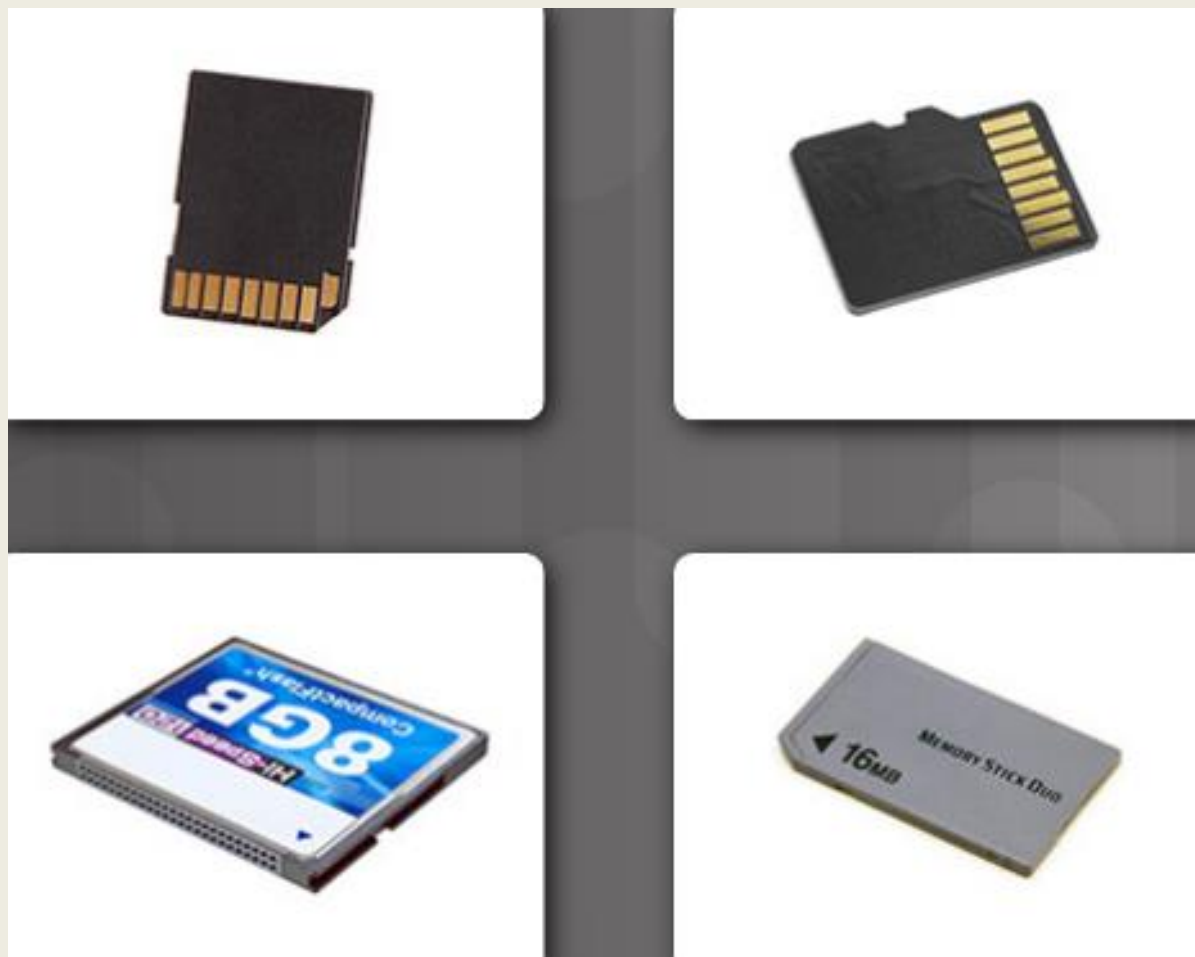
- **Secure digital (SD)**
  - използват се в преносими устройства
  - макс. капацитет 2 GB, SDHC (High Capacity) – 32 GB, SDXC (Extended) – 2 TB
- **Micro SD**
  - по-малка версия на SD
  - смартфони и планшети
- **Mini SD**
  - Междинна версия между SD и microSD

# Видове карти

- **CompactFlash** - остарял формат
  - висока скорост и капацитет до 128 GB
  - поколения: XQD, CFast, CFast 2, XQD 2
  - използва се за фото и видео хардуер
- **Memory Stick**
  - флаш памет, създадена от Sony Co.
  - преносими устройства
- **eMMC (Embedded MultiMediaCrd)**
  - смартфони и таблети

# Видове карти

- xD – Picture Card - цифрови камери





# Други запомнящи устройства

- **Tape Drive**
  - Магнитно устройство, което се използва най-често за архивиране на данни(сървъри)
  - Бавно четене, Капацитет - GB до TB
- **Външно флаш устройство**
  - Най-често използва USB порт
  - Не се нуждае от захранване, за да запомни данните си – MB, GB
- **Floppy Disk Drives**