

Disky (HDD)

Vnější úložiště – základní pojmy

- Paměťové médium: zařízení k ukládání dat
- Výměnné paměťové médium: možno zasunout a vyjmout při běhu systému
- Úložiště: hardwarové rozhraní, přes které je paměť. médium připojeno k počítači (mechanika disku, USB rozhraní atd.)

Vnější úložiště – základní pojmy

- Podle stálosti připojení
 - rezidentní: z úložiště je běžným způsobem nelze vyjmout, uvnitř skříně
 - vyměnitelná: připojuje se vně case či je uvnitř, ale médium lze snadno vyjmout (optická mechanika)
- Podle způsobu přístupu k médiu
 - sekvenční: postupný přístup (pro přečtení konkrétních dat musíme přečíst data předcházející), zálohovací pásy
 - asociativní – adresovaná obsahem, adresou je klíčová hodnota ukládaná s informací

Vnější úložiště – základní pojmy

- Podle způsobu přístupu k médiu
 - s přímým přístupem: podle adresy
 - adresa lineární: jednoduchá lin. adresa, např. LBA - Logical Block Addressing
 - adresa vícerozměrná: adresa složená z více částí, např. CHS u HDD (Cylindr-Hlava-Sektor)
- Podle principu čtení/zápis
 - papírová média (pásy, štítky)
 - magnetická a magnetooptická média: na principu magnetismu (pevný disk, disketa, magnetooptický disk)

Magnetooptický disk

- Média, u nichž se záznam provádí zaměřením laserového paprsku za současného působení magnetického pole
- Fyzikální princip záznamu:
 - laserový paprsek zahřeje bod na citlivé vrstvě nad Curiovu teplotu (150 – 180 °C, při níž stačí pouze malá intenzita magnetického pole ke změně jeho magnetických vlastností).
 - magnetickým polem příslušné orientace se změní zmagnetování bodu

Magnetooptický disk

- Kapacita až 10 GB



Vnější úložiště – základní pojmy

Podle principu čtení/zápis

- optická média: využití vlastností světla (CD, DVD, Blu-ray)
- elektronická média: elektronické obvody (USB flash disky, SSD disky)

Magnetické disky – diskové paměti

Základem je pevný (hard) či pružný (floppy) disk s magnetickou vrstvou

- **Není sekvenční (na rozdíl od logické adresace)**
- **Rozměry:**
 - 8 palců - 203 mm - starší disky, diskety
 - 5,25 palce - 133 mm
 - 3,5 palce - 88 mm- pevné disky, diskety, ZIP apod.
 - 2,5 palce - 63,5 mm

HDD – struktura disku

Ochranná měkká vrstva (ochrana hlavy při pádu)
Ochranná uhlíková vrstva (z důvodů odolnosti proti chybám)
Magnetická datová vrstva (magnetický substrát slitiny kobaltu)
Pomocné vrstvy
Nosná část (kombinace skla, keramiky či plastu)

HDD – struktura disku

Složení pevného disku:

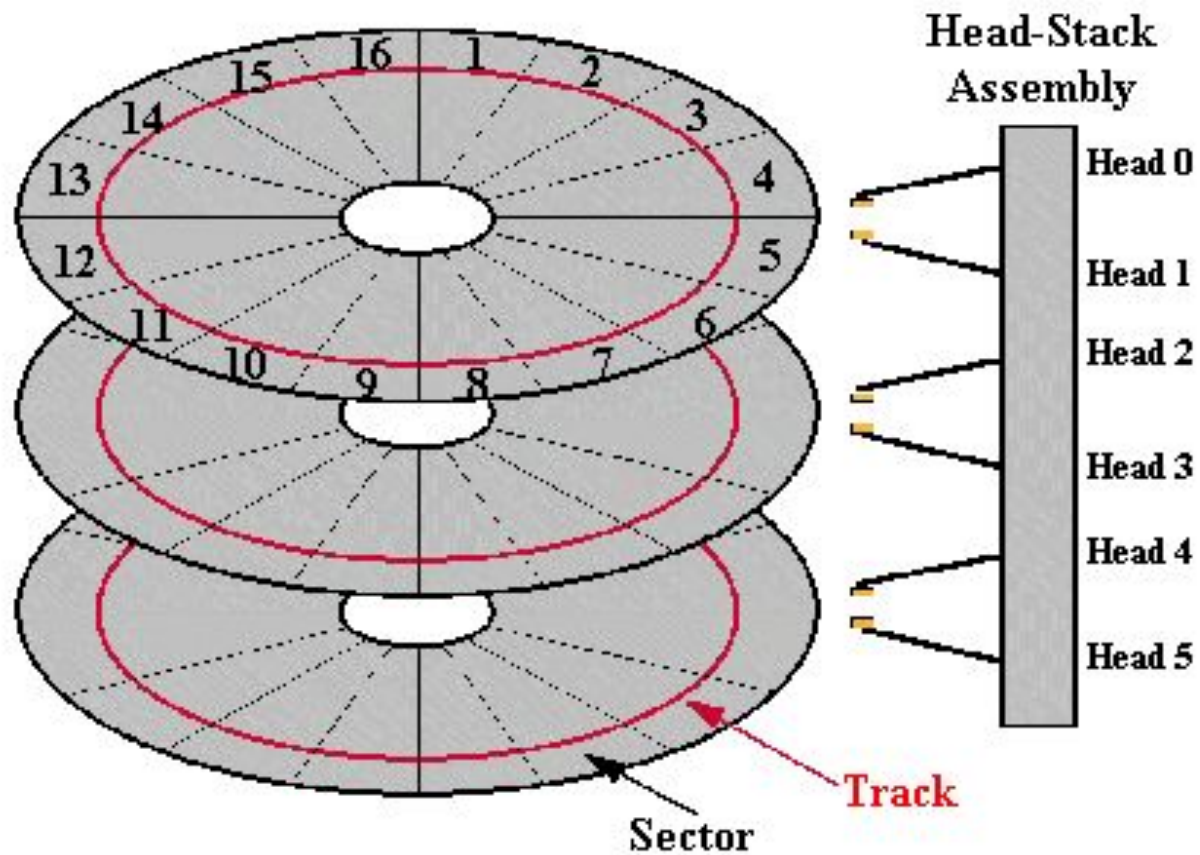
- kotouče, plotny (dva povrchy)
- čtecí/zápisové hlavy na společném rameni
- mechanika pro pohyb hlavy
- elektromotor pro roztáčení ploten
- řadič, buffer
- datový kabel propojující řadič s mechanismem řízení hlav
- konektory

HDD



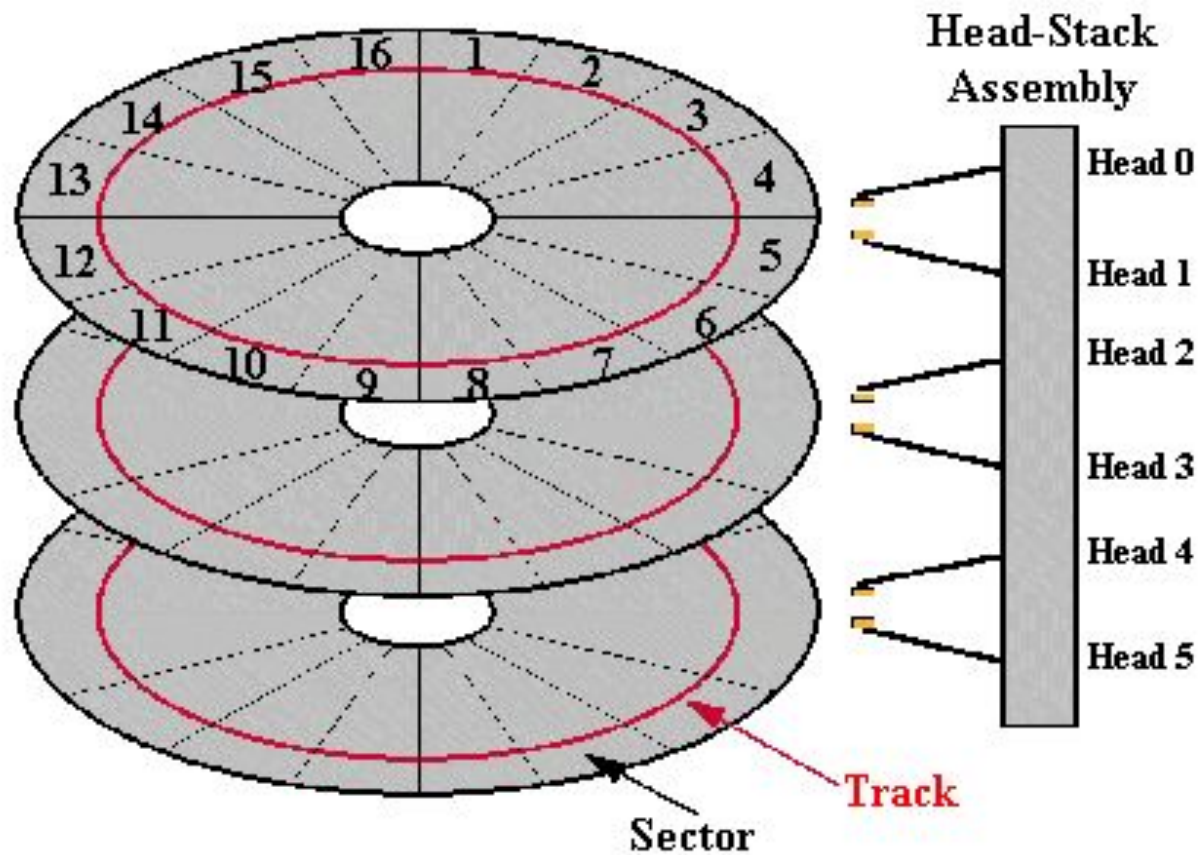
HDD CHS

Drive Physical and Logical Organization



HDD CHS

Drive Physical and Logical Organization



HDD CHS

- Stopa – soustředná kružnice na povrchu
- Sektor – výsek této kružnice,
 - 1 sektor = 4 096 B (2012), nejmenší jednotka s kterou disk pracuje
- Cylindr – souhrn všech stop se stejným průměrem přes všechny povrchy
- Cluster, blok – nejmenší jednotka na HDD, s kterou pracuje OS (1 či více sektorů, 4 KB u NTFS)

HDD - sektor

The image shows a Windows Explorer window on the left and two 'Formatovat Vyměnitelný disk (E:)' dialog boxes on the right. The Explorer window displays the file 'report_2013-11-11_02_42_02' with details such as file type (CSV), size (424 bytes), and creation date (November 11, 2013). The dialog boxes show the process of formatting the disk, with the first showing 'NTFS' as the file system and '4096 bajtů' as the cluster size, and the second showing 'FAT32 (výchozí)' as the file system and '16 kB' as the cluster size. Both dialog boxes have 'Spustit' and 'Zavřít' buttons.

report_2013-11-11_02_42_02 – vlastnosti

Obecné Zabezpečení Podrobnosti Předchozí verze

report_2013-11-11_02_42_02

Typ souboru: Soubor aplikace Microsoft Excel ve formátu CSV (ho
Otevřít v programu: Microsoft Excel Změnit...

Umístění: C:\Users\Vaculik\Downloads

Velikost: 424 bajtů (424 bajtů)

Velikost na disku: 4,00 kB (4 096 bajtů)

Vytvořeno: 11. listopadu 2013, 10:14:56

Změněno: 11. listopadu 2013, 10:14:57

Otevřeno: 11. listopadu 2013, 10:14:56

Atributy: Jen pro čtení Skrytý Upřesnit...

Zabezpečení: Tento soubor pochází z jiného počítače a mohl být zablokován z důvodu ochrany počítače. Odblokovat

OK Storno Použít

Formátovat Vyměnitelný disk (E:)

Kapacita: 3,73 GB

Systém souborů: NTFS

Velikost alokační jednotky: 4096 bajtů

Výchozí velikost alokace: 512 bajtů, 1024 bajtů, 2048 bajtů, 4096 bajtů, 8192 bajtů, 16 kB, 32 kB, 64 kB

Možnosti formátování: Rychlé formátování, Vytvořit spouštěč disketu MS-DOS

Spustit Zavřít

Formátovat Vyměnitelný disk (E:)

Kapacita: 3,73 GB

Systém souborů: FAT32 (výchozí)

Velikost alokační jednotky: 16 kB

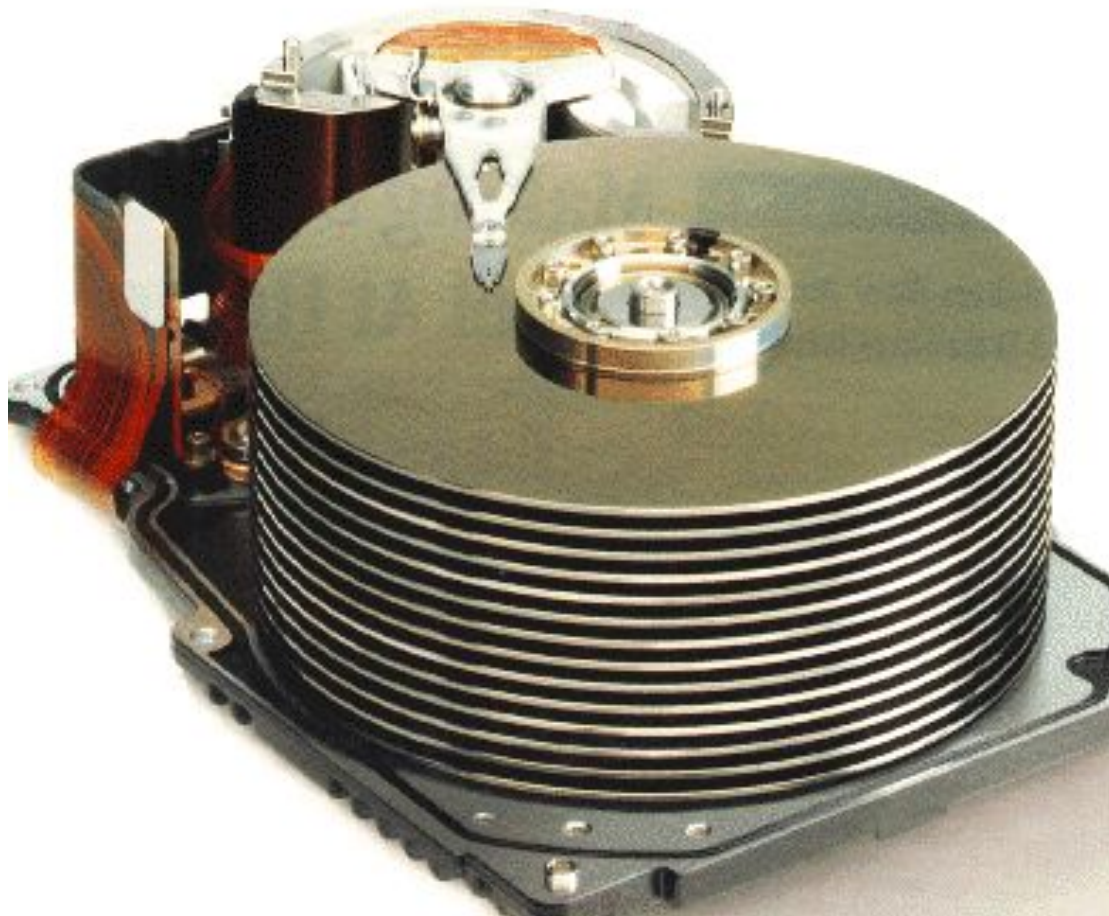
Výchozí velikost alokace: 1024 bajtů, 2048 bajtů, 4096 bajtů, 8192 bajtů, 16 kB, 32 kB

Možnosti formátování: Rychlé formátování, Vytvořit spouštěč disketu MS-DOS

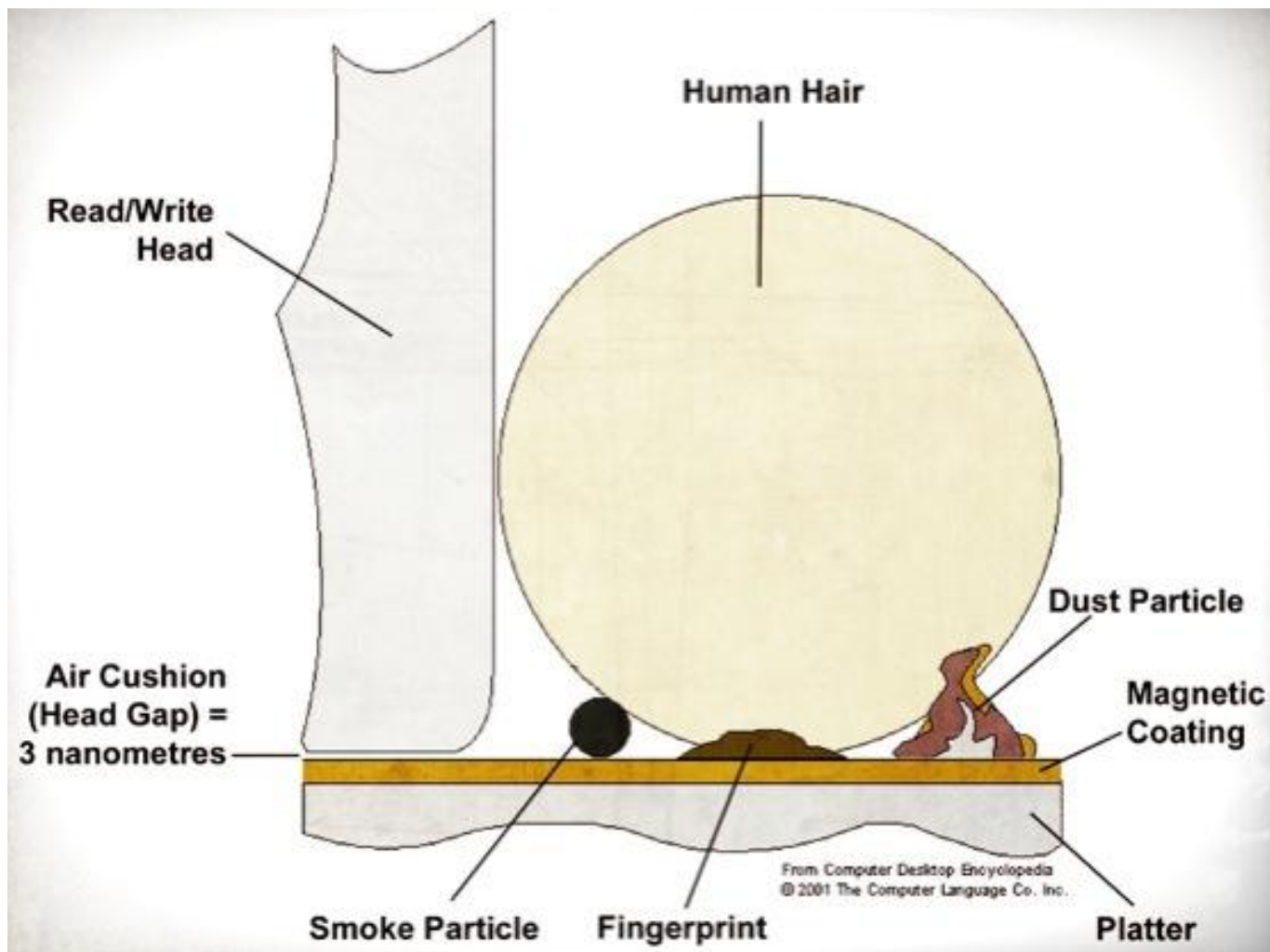
Spustit Zavřít

HDD CHS

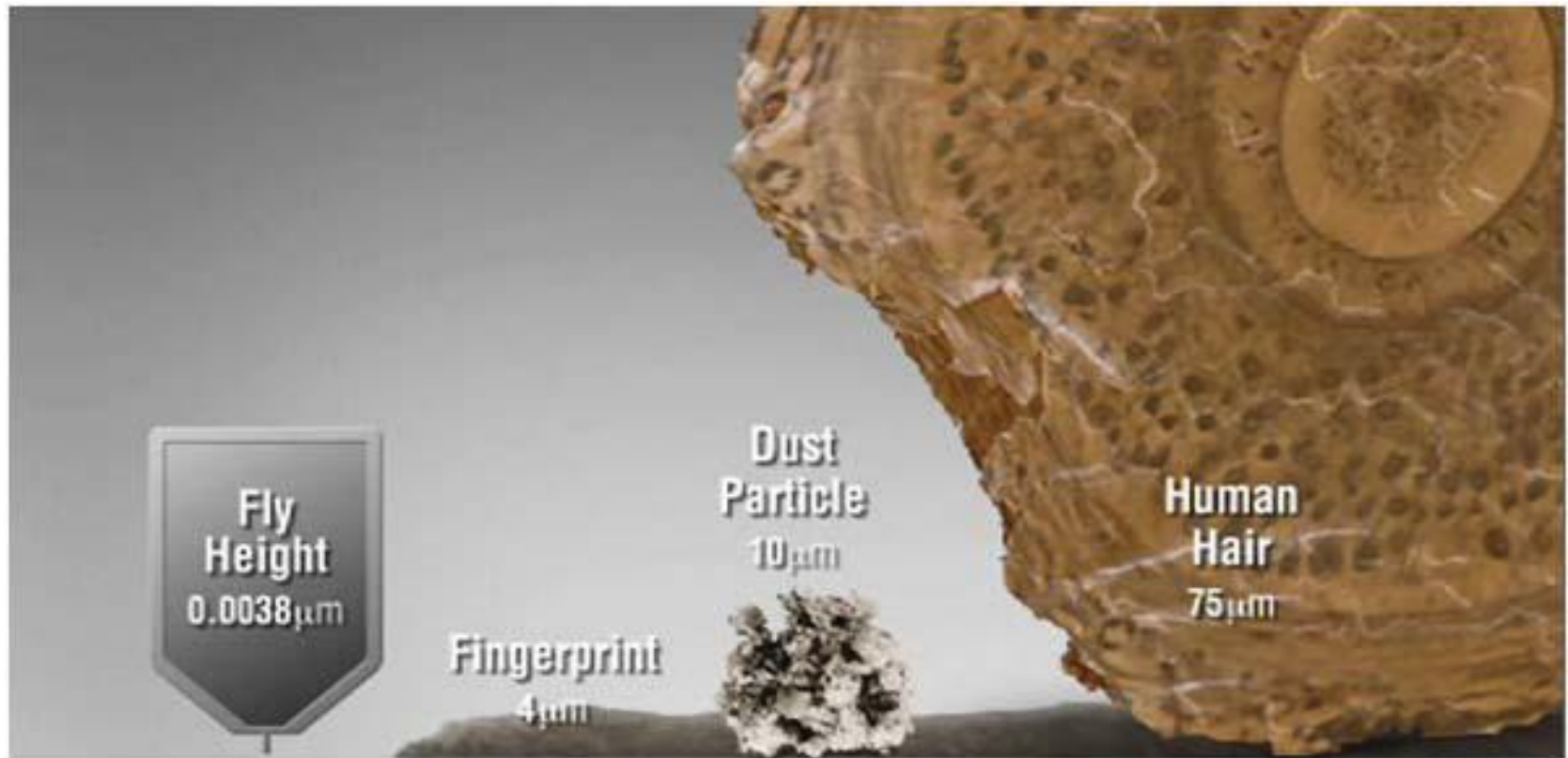
From Computer Desktop Encyclopedia
Reproduced with permission.
© 1997 Singapore Technologies



HDD - problém čtecích hlav



HDD - problém čtecích hlav



HDD - čtení a zápis

- čtecí a zápisová hlava (jedna komponenta)
- cívky navinuté na jádrech, která jsou na nejbližších místech k datové plotně přerušena úzkou štěrbinou
- plotna neustále rotuje a hlava je nadnášena vzduchovým polštářem (méně než 1 μm)

HDD - čtení a zápis

zápis:

- pokud hlavou prochází el. proud, vytvoří se magnetický tok, který se uzavírá v mezeře mezi hlavou a povrchem disku, čímž ovlivňuje magnetickou vrstvu na disku
- podle toho, kterým směrem v cívce teče proud, se vytvářejí různě zmagnetizovaná místa na povrchu
- vznikají magnetické reverzace (místa změny magnetizace)

HDD - typ zápisu

Podélný zápis (starší disky)

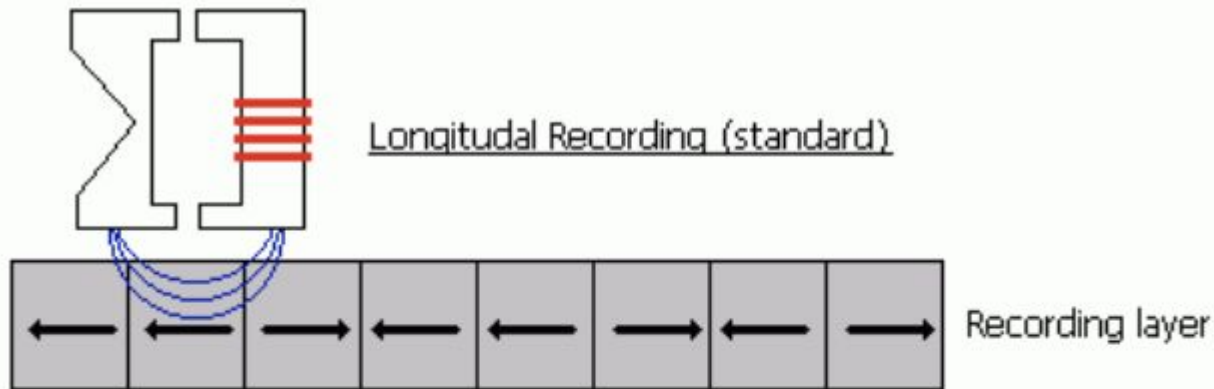
- bity (opačně orientovaná magnetická pole) jsou zapisována vodorovně s povrchem disku při vyšší hustotě dochází k chybám

Kolmý zápis (od 2005)

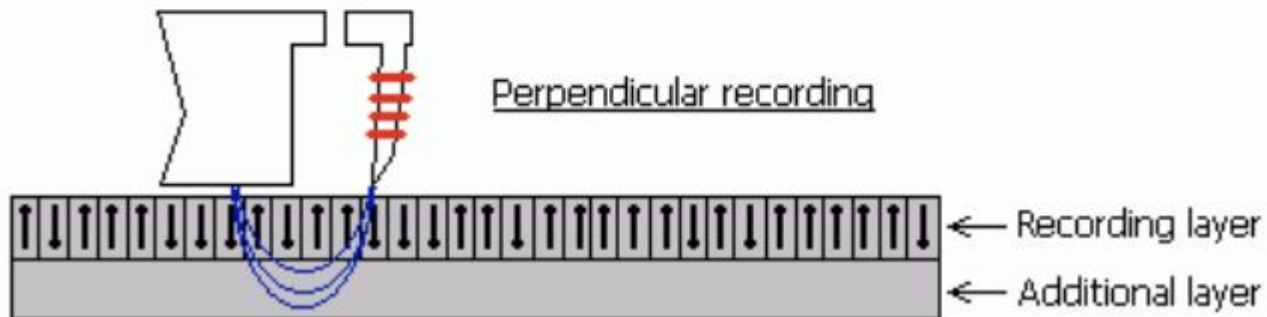
- vektory indukce jsou orientovány kolmo na povrch disku
- přidána nová vrstva pod vrstvu s uloženými daty

HDD - typ zápisu

"Ring" writing element



"monopole" writing element



HDD - typ zápisu

- Každý povrch má svou čtecí/zápisovou hlavu
- Rozdílná fyzická délka sektorů na vnitřních a vnějších stopách
 - prekompenzace zápisu
 - zónový záznam

HDD - typ zápisu

Prekompenzace zápisu (Write Precompensation):

- provádí jen na cylindrech blíže ose disku
- počítá s tím, že při velmi hustém zápisu na vnitřních stopách se jednotlivé dipóly (magnetické částice) ovlivňují, protože jsou blízko sebe
- dipóly se záměrně umístí šikmo
 - vzájemným působením se samy posunou do správné pozice

HDD - typ zápisu

Zónový záznam (Zone Bit Recording):

- v zónách blíže středu je méně sektorů než na okraji

HDD - čtení a zápis

Čtení:

- hlavy reagují na magnetické reverzace, které vyvolávají magnetický tok
- magnetický tok je zpracován jako elektrický impuls

HDD – způsoby adresování

- určuje fyzické umístění dat na disku

Cylinder-Head-Sector (CHS)

- víceúrovňové adresování: cylindrem (válcem), hlavou (ta určuje povrch, na kterém se bude zapisovat, průnik je stopa) a sektorem
- cylindr 0 (nejkrajnější)
- dnes se nepoužívá

HDD – způsoby adresování

příklad:

- BIOS používal pro adresu cylindru 10 bitů, pro adresu hlavy 8 bitů a 6 bitů pro sektor
- PATA (IDE) používalo 16/4/8
- nutné vybrat nižší hodnotu tedy 10/4/6
- možná adresace 512 MB

XCHS (eXtended CHS)

- používalo adresování 10/8/6 > 7,88 GB

HDD – způsoby adresování

Logical Block Addressing (LBA)

- původně určeno pro SCSI disky
- lineární adresování
- sektory jsou číslovány od 0 na prvním (vnějším) cylindru, přes všechny povrchy
- 48 bitová adresa
- Jeden logický blok (někdy též sektor) má v pevných discích velikost 512 bajtů
 - avšak SSD disky jej mají 1024 bajtů
 - optická média 2048 bajtů (CD-ROM, DVD)

Parkování hlav

- umístění hlav, které má zabránit poškození disku při náhodném nárazu
 - porušení vzduchového polštáře
 - u notebooků velmi často (i několikrát za minutu)
- autopark:
 - automatické zaparkování hlav po vypnutí počítače
 - po vypnutí pevného disku se pevný disk ještě chvíli setrvačností otáčí a tím vyrobí dostatek energie nutné pro přemístění hlav do parkovací zóny

<https://www.youtube.com/watch?v=gtAJTb0WFUI>

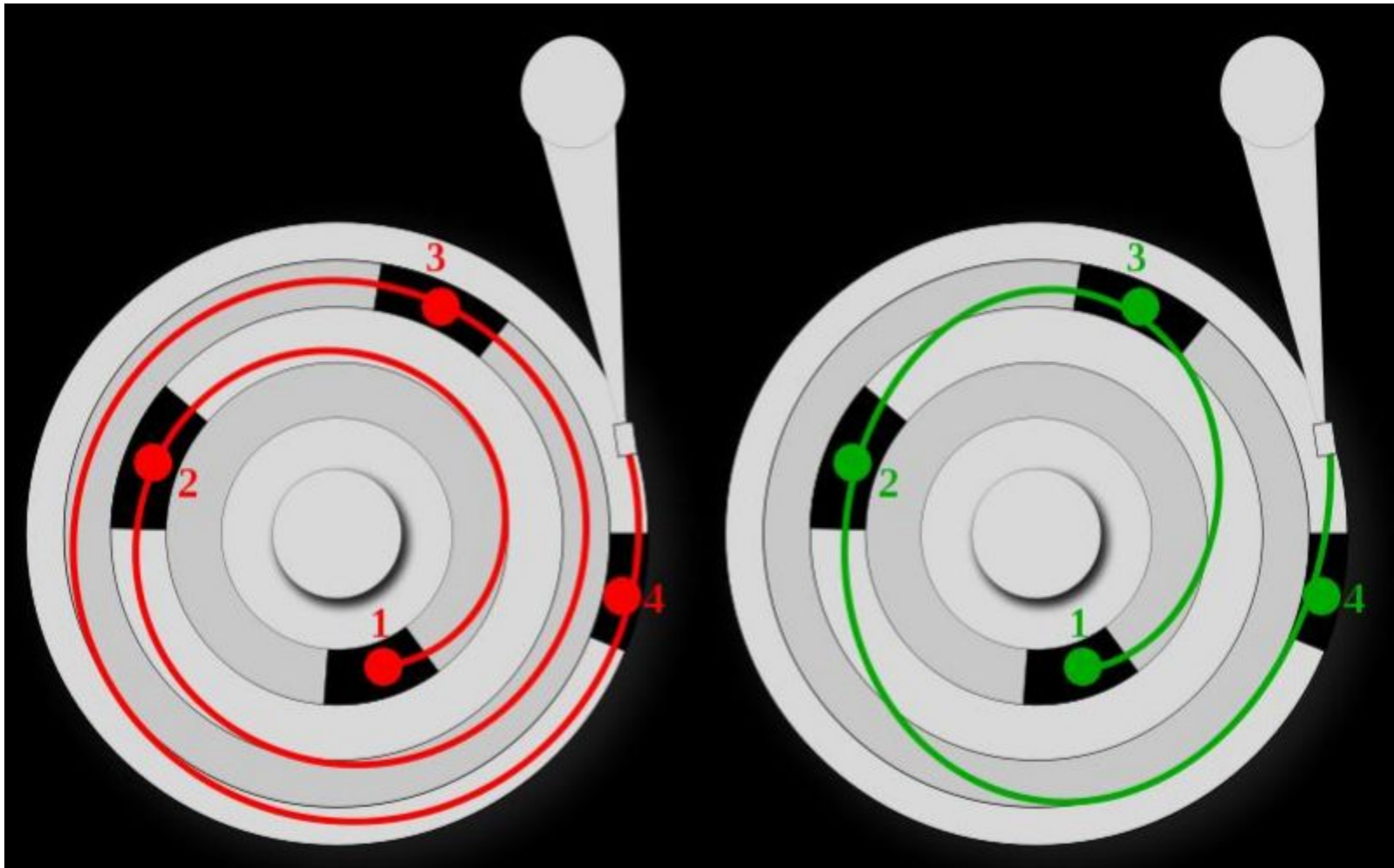


HDD – další technologie

Native Command Queuing (NCQ)

- řadič disku rozhoduje o pořadí čtení dat tak, aby k tomu potřeboval co nejméně otáček a přesunů hlavy
- toto seřazení nějakou dobu trvá > nejedná se vždy o zrychlení

HDD – další technologie



HDD – další technologie

AHCI (Advanced Host Controller Interface)

- Intel, rozhraní pro komunikaci se SATA řadičem, nezávislé na hw
- musí být podporováno:
 - koncovým paměťovým zařízením,
 - čipsetem
 - OS (Windows Vista, Server 2008, Linux od jádra 2.6.19)

HDD – další technologie

některé funkce AHCI:

- **Native Command Queuing (NCQ)**
 - umožňuje přeuspořádat požadavky efektivněji (z pohledu úložného zařízení)
- **Hot Plug Support**
 - umožňuje detekci zařízení bez zapnutí a možnost připojovat i odpojovat zařízení bez předchozího oznámení operačnímu systému
- **Host & Link Initiated Power Management**
 - schopnost hostitelského řadiče požadovat po zařízení přechod do úsporných režimů

HDD – další technologie

některé funkce AHCI:

- **Staggered Spin-Up**
 - umožňuje hostiteli postupně spínat (roztáčet) pevné disky
 - při více jednotkách je díky postupnému zapínání možné snížit nároky na zdroj
- **Command Completion Coalescing**
 - snižuje režii vykonávání příkazů jejich slučováním
- **external SATA**
 - technologie umožňující připojení až dvoumetrovým kabelem

HDD – další technologie

AHCI přináší především:

- NCQ (Native Command Queuing)
- Hot Plug (připojení/odpojení jednotek za běhu)
- Vylepšené řízení spotřeby

HDD – další technologie

Prokládání (interleave factor)

- jelikož se disk otáčí velmi rychle data, která následují fyzicky hned za sebou jsou čtena až po další otočce
- při zvyšování RPM znamená zpomalení, proto data nejsou zapisována do sektorů přímo za sebou, ale do každého n-tého sektoru
- faktor prokládání 1:n

HDD – další technologie

Teplotní kalibrace (Thermal Calibration)

- přizpůsobení činnosti disku jeho momentálnímu ohřevu
- pravidelně kontrolována přesnost hlavy nad stopou a korigují se odchylky způsobené zvýšením provozní teploty

HDD – další technologie

IntelliSeek (inteligentní vystavování hlav)

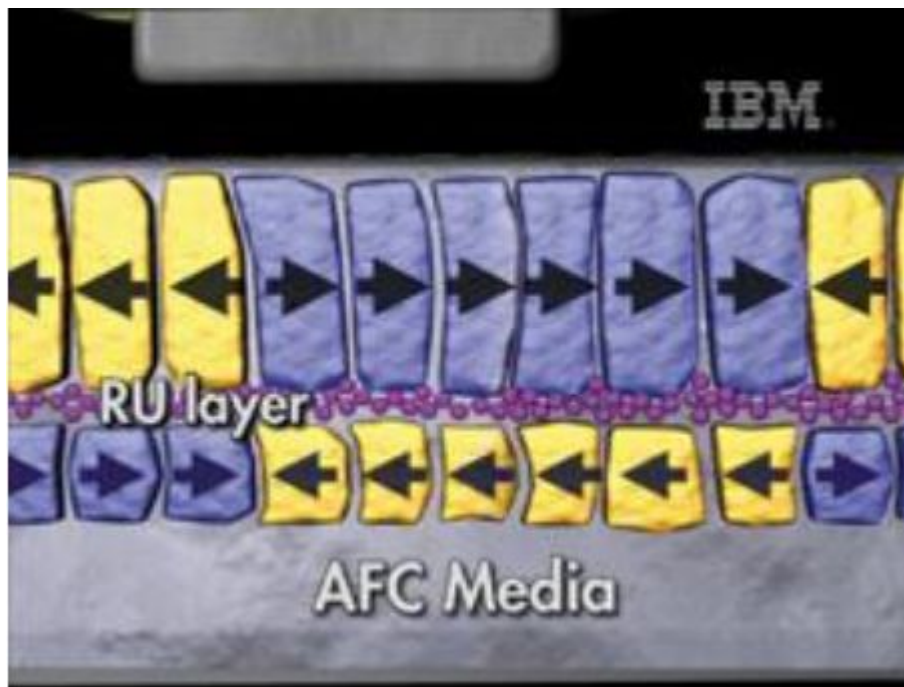
- vylepšení NCQ, pohyb ramene hlavy je řízen tak, aby se hlava dostala na následující cílový sektor „plynuleji“
- místo toho, aby se co nejrychleji přesunula na stopu a čekala na natočení správného sektoru
- snížení spotřeby

<https://www.youtube.com/watch?v=iSnRnqM5s5E>

HDD – další technologie

AFC (Antiferromagnetically Coupled)

- vylepšená technologie kolmého zápisu
- na povrchu jsou 3 vrstvy (2 feromagnetické, vrstva mezi nimi je z ruthenia)
- prostřední vrstva ovlivňuje krajní magnetické vrstvy v opačném směru magnetizace > vyšší hustota záznamu



HDD – další technologie

HAMR

- Heat Assisted Magnetic Recording, Seagate
- stokrát větší objem dat na palec než u technologie AFC
- hustota zápisu až 4 terabity na čtvereční palec.
- laserový ohřev místa zápisu na magnetickém povrchu disku
 - lze zmenšit prostor mezi ukládanými bity a stopami.
 - Zvýší se tím hustota zápisu.

HDD – další technologie

- Čtecím a zápisovým hlavám technologie HAMR navíc asistuje lubrikace založená na nanočásticích
- S její pomocí se hlavy přiblíží mnohem blíže k ploše plotny, což zvýší přesnost čtení i záznamu.
- Do roku 2020 hodlá společnost Seagate vyrábět pevné disky formátu 3,5 palce s kapacitou 20 TB.

HDD – další technologie

SMR

- Shingled Magnetic Recording

<https://www.youtube.com/watch?v=3UFUfv9n420>

Stable Trac

- upevnění hřídele motoru na obou koncích, což snižuje vibrace

Sledování pevných disků

- Střední doba mezi chybami (Mean Time Between Failures)
- Jedná se o střední dobu mezi poruchami a udává se typicky v hodinách provozu.
- Problémem je, že někteří výrobci tento parametr uvádějí, jiní nikoliv.
- Opotřebení, náraz hlavy na povrch disku, časté výkyvy teplot, poškozená elektronika, narušená integrita
- Přemostění vadných sektorů

Sledování pevných disků

- Střední doba mezi chybami (Mean Time Between Failures)
- MTBF(1 000 disků): statistická hodnota (měřeno pro 1 000 disků v režim zrychleného stárnutí)

Sledování pevných disků

- S. M. A. R. T. (Self Monitoring Analysis and Reporting Technology)
- mechanismus nezávislý na OS
- řadič sleduje stanovené hodnoty a zapisuje na stanovené místo, odkud je čte specializovaný program a případně vyvolat poplach

Sledování pevných disků

SMART Failure Predicted on Hard Disk 0: GENERIC

WARNING: Immediately back-up your data and replace your hard disk drive. A failure may be imminent.

Press F2 to Continue

Sledování pevných disků

- To ale neznamená, že disk nemůže selhat i bez varování
- SMARTem odepsaný pevný disk může ještě několik let bez problémů fungovat

S. M. A. R. T.

Spin Up Time

- Čas potřebný k roztočení ploten.
- S časem se zhoršuje, avšak poměrně pomalu
- Náhlá změna značí poškození motoru otáčejícího plotny

S. M. A. R. T.

Raw Read Error Rate

- počet chybných čtení dat z plotny
- Disk běžně má problémy se čtením dat, což koriguje pomocí ECC (error-correcting code) a opakovaného čtení.

S. M. A. R. T.

Start/Stop Count

- Počet startů plotny, hodnota v Raw udává kumulovaný součet.
- Motorek by měl vydržet cca. 50 tisíc startů.

Reallocated Sector Count

- Počet přemapovaných sektorů z původní do záložní oblasti disku. Ideální hodnota je nula.
- Při rychlých nárůstech či vysokých hodnotách zálohujte.

S. M. A. R. T.

- **Seek Error Rate**
 - Počet chybných seeků (přemístování hlavy nad stopu plotny).
- **Seek Time Performance**
 - Rychlost seekování. Neobvyklé změny hodnoty značí problémy se čtecí / zapisovací hlavou.
- **Power On Hours Count**
 - Počet odpracovaných provozních hodin. V Raw je počet uběhnutých časových jednotek.

S. M. A. R. T.

- Spin Retry Count
 - Počet opakovaných pokusů o roztočení ploten. Pokud není rovno nule, zálohujte.
- Temperature
 - Teplota disku (ve Value). Raw má někdy stejnou hodnotu jako Value, jindy neidentifikovatelné číslo.
 - Worst udává nejvyšší kdy dosaženou teplotu

S. M. A. R. T.

UltraATA CRC Error Rate

- Počet chyb v komunikaci s řadičem.
- V Raw je kumulováno počet těchto chyb.
- Pokud není nula, značí to problémy s kabelem (poškození vodičů, přílišné rušení atp.) či problémy řadiče samotného
- například při přetaktování.

S. M. A. R. T.

Value

- aktuální výsledná hodnota (obecně čím menší hodnota, tím hůře)

Worst

- nejhorší výsledná hodnota

S. M. A. R. T.

Warn, Treshold

- výsledná hodnota, při jejímž dosažení či překročení již není doporučeno disk používat

Raw

- aktuální či kumulovaná hodnota sledovaného parametru (obecně čím více, tím hůře)

S. M. A. R. T.

The screenshot shows the 'Active SMART 2.31 - [Unregistered]' window. At the top, a table lists drive information:

Model	Location	Capacity	Temp	Status
ST380021A	Primary/Master	80.0 GB	43 °C	OK

A red arrow points from the text 'znovunačtení stavu disku' to the 'OK' status in the table. Below this is a menu bar with 'Disk info', 'SMART info', 'Preferences', 'Log', and 'About'. The main area is titled 'SMART attributes' and contains a table with columns: ID, Attribute name, T.E.C. date, Threshold, Value, Worst, and Status.


ID	Attribute name	T.E.C. date	Threshold	Value	Worst	Status
01	Raw Read Error Rate		34	78	72	OK
03	Spin Up Time		0	70	70	OK
04	Start/Stop Count		20	100	100	OK
05	Reallocated Sector ...		36	100	100	OK
07	Seek Error Rate		30	75	60	OK
09	Power-on Hours Count		0	99	99	OK
0A	Spin Up Retry Count		97	100	100	OK
0C	Power Cycle Count		20	100	100	OK
C2	Temperature		0	25	50	OK
C3	Unknown attribute		0	78	72	OK

Below the table, a message states: 'No attribute changes were detected. SMART reported good status.' At the bottom, the status bar shows: 'Last check: 29 Jan 2003 13:00:20 - Next check: 29 Jan 2003 22:40:10'.

ID	Current	Worst	Threshold	Data	Status
(01) Raw Read Error Rate	100	100	50	0	ok
(02) Throughput Performance	100	100	50	0	ok
(03) Spin Up Time	100	100	1	1619	ok
(04) Start/Stop Count	100	100	0	2003	ok
(05) Reallocated Sector Count	6	6	50	2036	Failed
(07) Seek Error Rate	100	100	50	0	ok
(08) Seek Time Performance	100	100	50	0	ok
(09) Power On Hours Count	81	81	0	7780	ok
(0A) Spin Retry Count	139	100	30	0	ok
(0C) Power Cycle Count	100	100	0	1842	ok
(BF) G-sense Error Rate	100	100	0	295	ok
(C0) Unsafe Shutdown Count	100	100	0	3997710	ok
(C1) Load Cycle Count	68	68	0	324683	ok
(C2) Temperature	100	100	0	983082	ok
(C4) Reallocated Event Count	100	100	0	248	warning
(C5) Current Pending Sector	100	100	0	0	ok
(C6) Offline Uncorrectable	100	100	0	0	ok
(C7) Ultra DMA CRC Error Count	200	200	0	0	ok
(DC) Disk Shift	100	100	0	8228	ok
(DE) Loaded Hours	88	88	0	5121	ok
(DF) Load/Unload Retry Count	100	100	0	0	ok
(E0) Load Friction	100	100	0	0	ok
(E2) Load-in time	100	100	0	334	ok
(F0) Head Flying Hours	100	100	1	0	ok

Description: **click on an item for a detailed description**

Status: **n/a**

Health status: **warning** Next update:  **0:15**

Jsou předpovědi systému SMART přesné?

- může relativně účinně odhalit zhoršování stavu disku vyplývající np. z postupné degradace
 - povrchu disku či opotřebování ložisek či motorů
- SMART pochopitelně nepředpoví:
 - Náhlé události (asi 40% havárií) jako je katastrofické střetnutí hlaviček s plotnou disku, napěťové špičky, přepětí, přerušení vodiče či poškození elektroniky.

Jsou předpovědi systému SMART přesné?

T.E.C

- Threshold Exceeded Condition)
- kdy by mohlo dojít k překročení prahové meze.
- Hodnota T.E.C je právě onou, tolik diskutovanou a kontroverzní předpovědí selhání disku.

Jsou předpovědi systému SMART přesné?

- Existuje obecná zásada jak interpretovat výsledky poskytované systémem SMART:

Pokud jsou výsledky špatné, ihned zálohujte svá data, pokud jsou dobré, zálohujte svá data!

RAID

- Redundant Array of Inexpensive/Independent Disks
 - vícenásobné diskové pole laciných/nezávislých disků
 - „Záložní pole tvořené z levných disků“
- snaží se seskupovat několik pevných disků do logických jednotek (polí)
- Základní myšlenka: snaha o zpracování dat paralelně
- důvody:
 - zvýšení spolehlivosti
 - rychlosti přístupu k datům

RAID

- RAID se používal výhradně na serverech
 - využití specializovaných řadičů
- Z hlediska operačního systému je takové diskové pole transparentní
 - vypadá jako jeden souvislý velký disk
- RAID
 - hardwarově podpořený - základní deska, řadič atd.
 - softwarově podpořený - u Linuxu podpora v jádře (kernel)

RAID

- zvýšení spolehlivosti – využití redundance (zdvojení disků nebo vygenerování a záznam informace, která umožní opravu).
- Paralelní přístup a detekci poruchy diskové paměti a příp. opravu.

Důvod zavedení RAID: reakce na zvyšující se rychlost procesoru

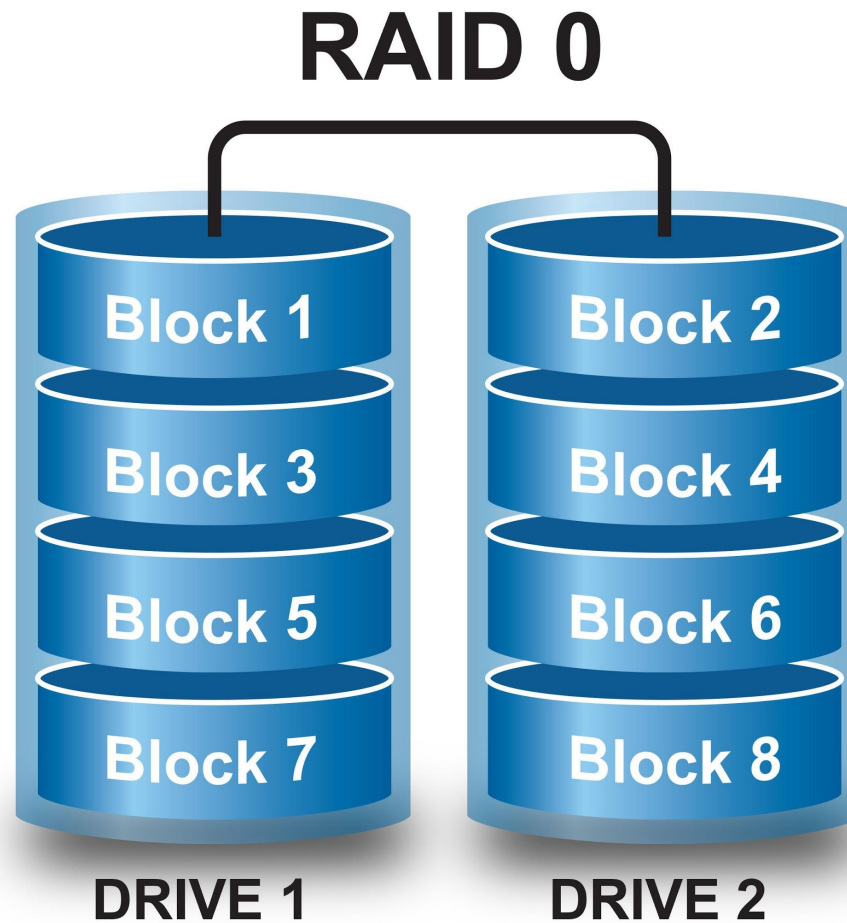
RAID

- 7 úrovní
- Neexistují hierarchické úrovně
- Data jsou distribuována do všech fyzických disků.
- Možnost využití dodatečné kapacity pro uložení informace o paritě.

RAID 0

- Žádná redundance (všechny disky jsou využity pro uložení dat).
- Data rozdělena na všechny disky.
- Zvýšení rychlosti z těchto důvodů:
 - Požadovaná data jsou rozdělena na více disků.
 - Operace „vystavení“ (seek) je prováděna paralelně
 - (současně na všech discích).
 - Všechny operace jsou prováděny paralelně.

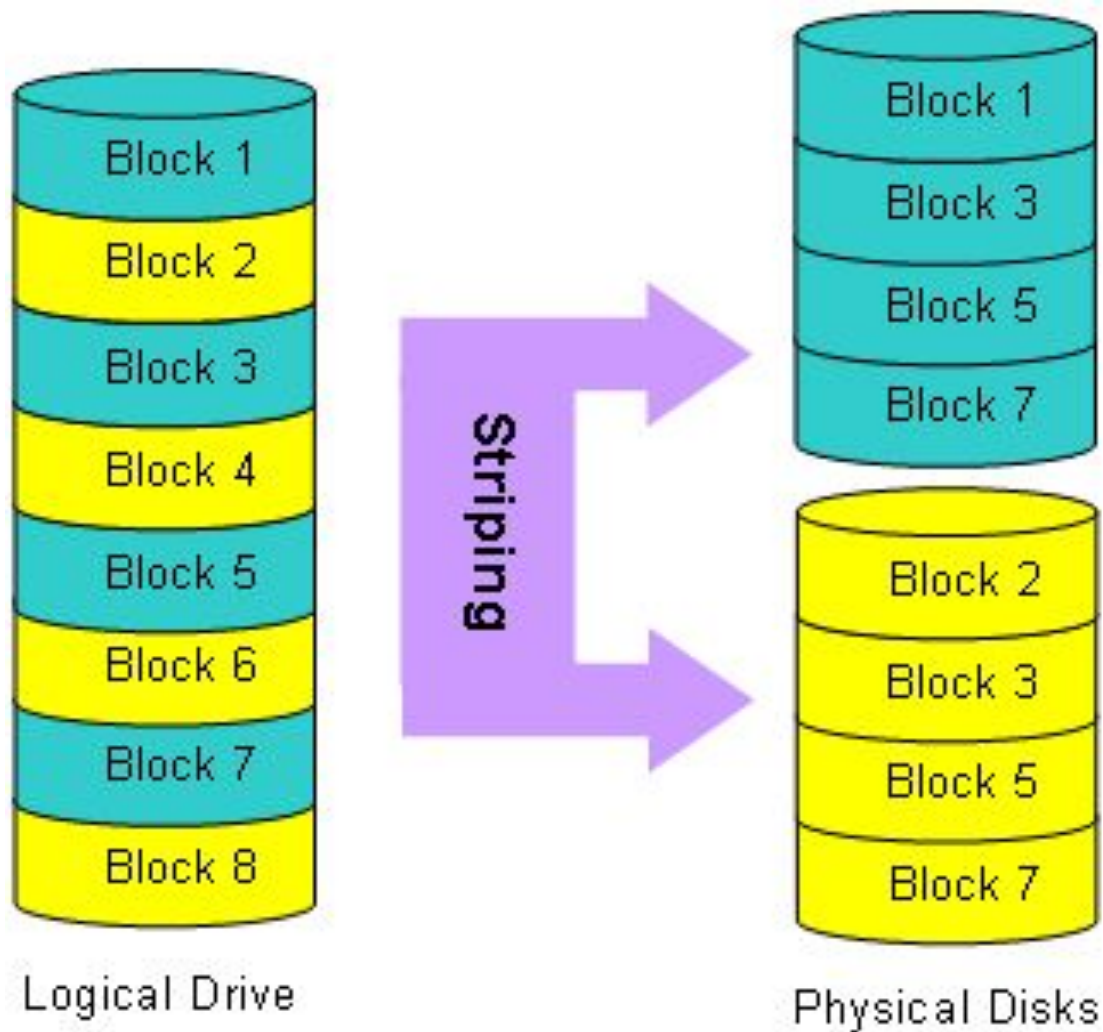
RAID 0



RAID 0

- Data jsou rozdělena na více disků (striped).
- Všechna uživatelská i systémová data jsou z hlediska OS uložena na jednom systémovém disku
- Každý disk je rozdělen na strips.
 - Příklad: pole n disků
 - první strip na všech discích tvoří první stripe.
- Výhoda: současně je možné zpracovávat n prvků typu strip.

RAID 0



RAID 0

- Rychlý řadič diskové paměti – každý disk v diskovém poli má svůj řadič, který autonomně řídí periferní operace.
- Rychlá systémová sběrnice.
- Rychlý procesor.
- Ideální organizace dat
 - data, která spolu souvisejí (např. soubor) by měla být uložena v sousedních strip (v jednom stripe) – pak přenos paralelně.
 - Výsledek – výrazně efektivnější operace související s diskem – hlavně rychlost přenosu

RAID 1

- Zrcadlené disky – snaha o zvýšení spolehlivosti.
- Každý strip je mapován na dva fyzické disky.
- Poznámka: v dalších typech řešeno způsobem, který nepředstavuje řešení typu „hrubá síla“, počítá se k datům parita (nevýhodné – při každé změně dat se musí znova počítat – režie).

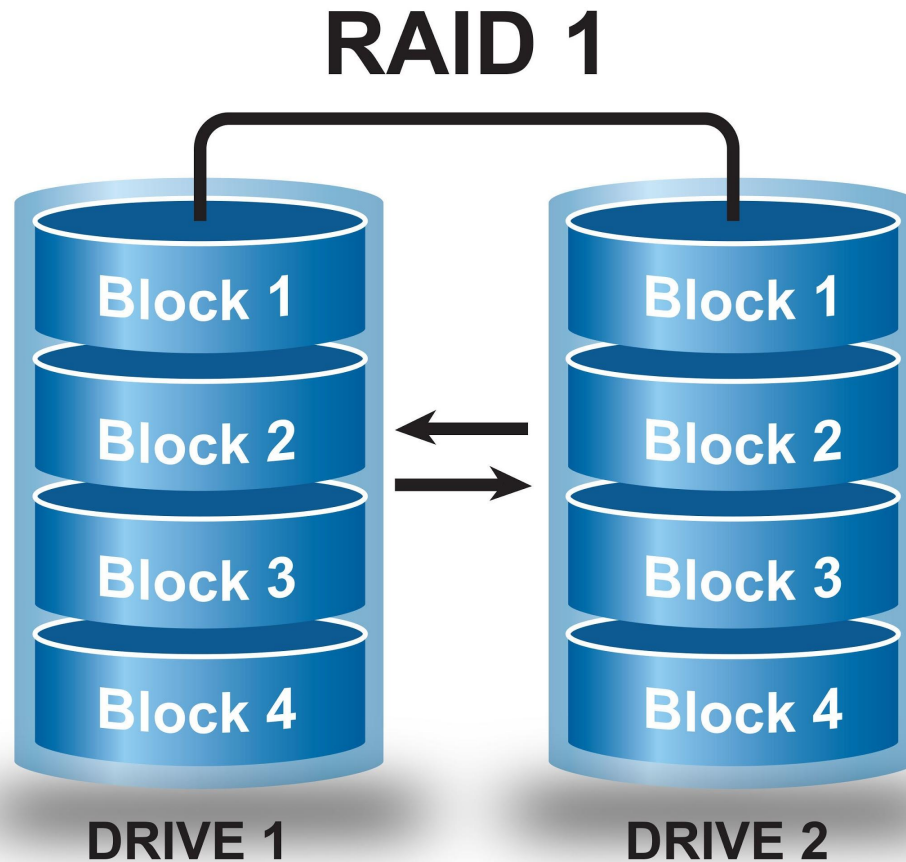
RAID 1

- Výrazná redundance, nejsou však časové nároky na její realizaci – při změně nepočítá informace, kterou jsou data zajištěna
- Jednoduché zotavení při chybě
- Nákladné.

RAID 1

- Čtení dat
 - pouze z jednoho disku (z toho, kde to bude rychlejší – doba vystavení + rotační zpoždění).
- Zápis dat
 - provádí se paralelně na oba disky → výkon při zápise bude ovlivněn tím diskem, na němž to bude trvat déle (delší doba vystavení + rotační zpoždění).
- Zotavení po poruše – data se čtou z disku, který je funkční.
- Nevýhoda – vysoké náklady

RAID 1



Mirrored Data to both Drives

RAID 2

- Disky jsou synchronizovány, takže na všech discích jsou hlavy ve stejné pozici
 - z hlediska otáčení disku a vystavení.
- data po bitech stripována mezi jednotlivé disky
- Paralelní přístup
 - na vyřízení každého V/V požadavku se podílejí všechny paralelně pracující disky.
- Velmi malé stripes - slabika/slovo.
- Informace potřebná pro opravu chyb se počítá z odpovídajících bitů na discích.

RAID 2

- Na paritní disky se ukládají bity vygenerované jako Hammingův kód z odpovídajících datových bitů.
- Velká redundance.
- Nákladná technika.
- Nepoužívá se (?).

RAID 3

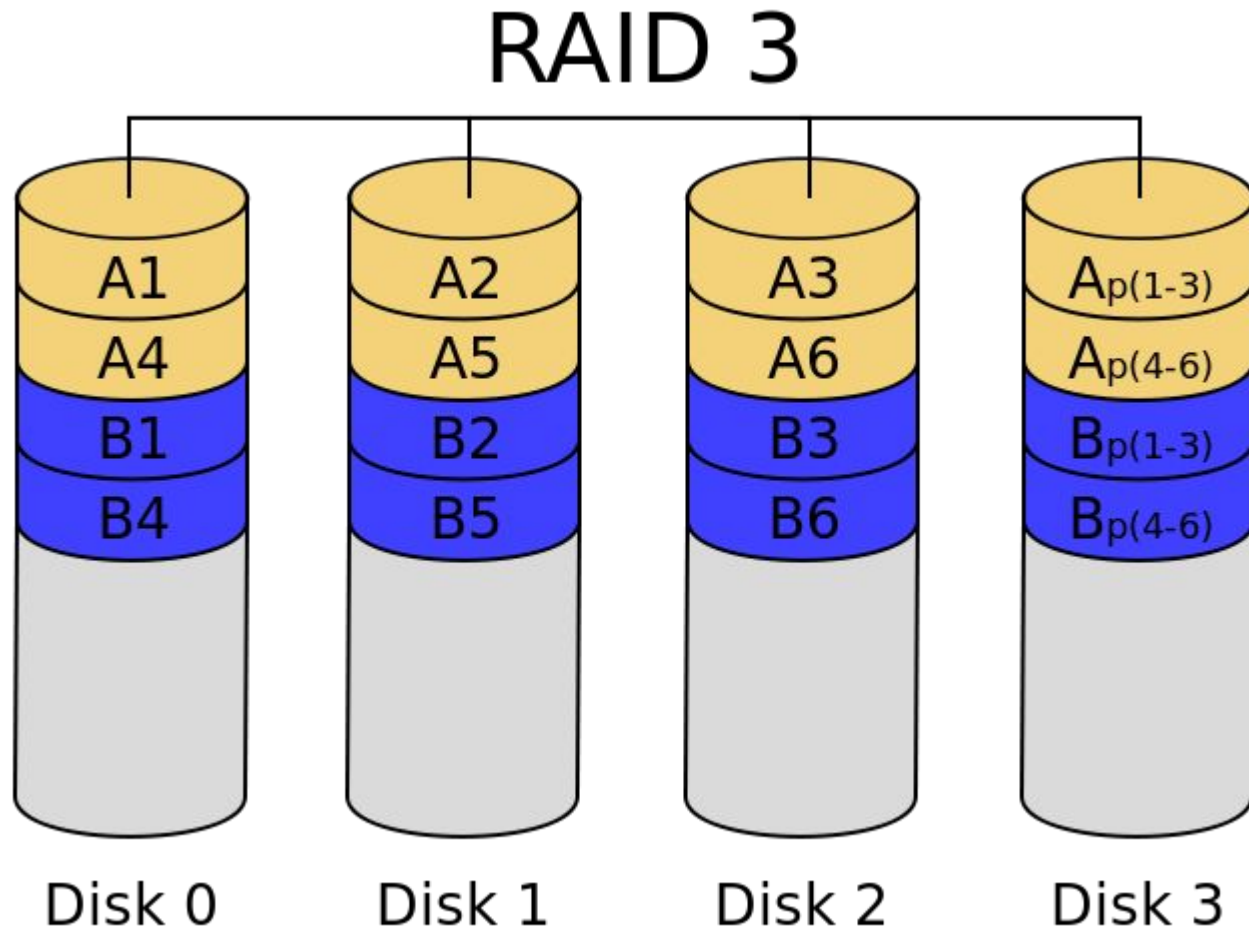
- Organizováno podobně jako RAID 2.
- Pouze jeden redundantní disk bez ohledu na to, jak je rozsáhlé diskové pole.
- Jeden paritní bit pro každou sadu odpovídajících bitů.
- Data na discích, které mají poruchu, mohou být rekonstruována z existujících dat a parity.
- Vysoké rychlosti přenosu

RAID 3

Rekonstrukce dat:

- Uvažujme diskové pole sestávající z pěti disků.
 - X0 – X3 obsahují data
 - X5 – paritní disk
- Schéma tvorby paritního bitu:
 - $X4(i) = X3(i) \text{ xor } X2(i) \text{ xor } X1(i) \text{ xor } X0(i)$
- Nevýhoda > paritní disk > bottle neck
 - problémové místo systému, a je vytížen při zápisu na jakýkoliv jiný disk. Proto lze očekávat i jeho vyšší opotřebení a tím i nižší spolehlivost.

RAID 3



RAID 4

- Disky jsou stripovány po blocích
 - ne po bitech
- parita je na paritním disku opět ukládána po blocích
- Výhody a nevýhody jsou stejné jako u RAID 3.

RAID 5

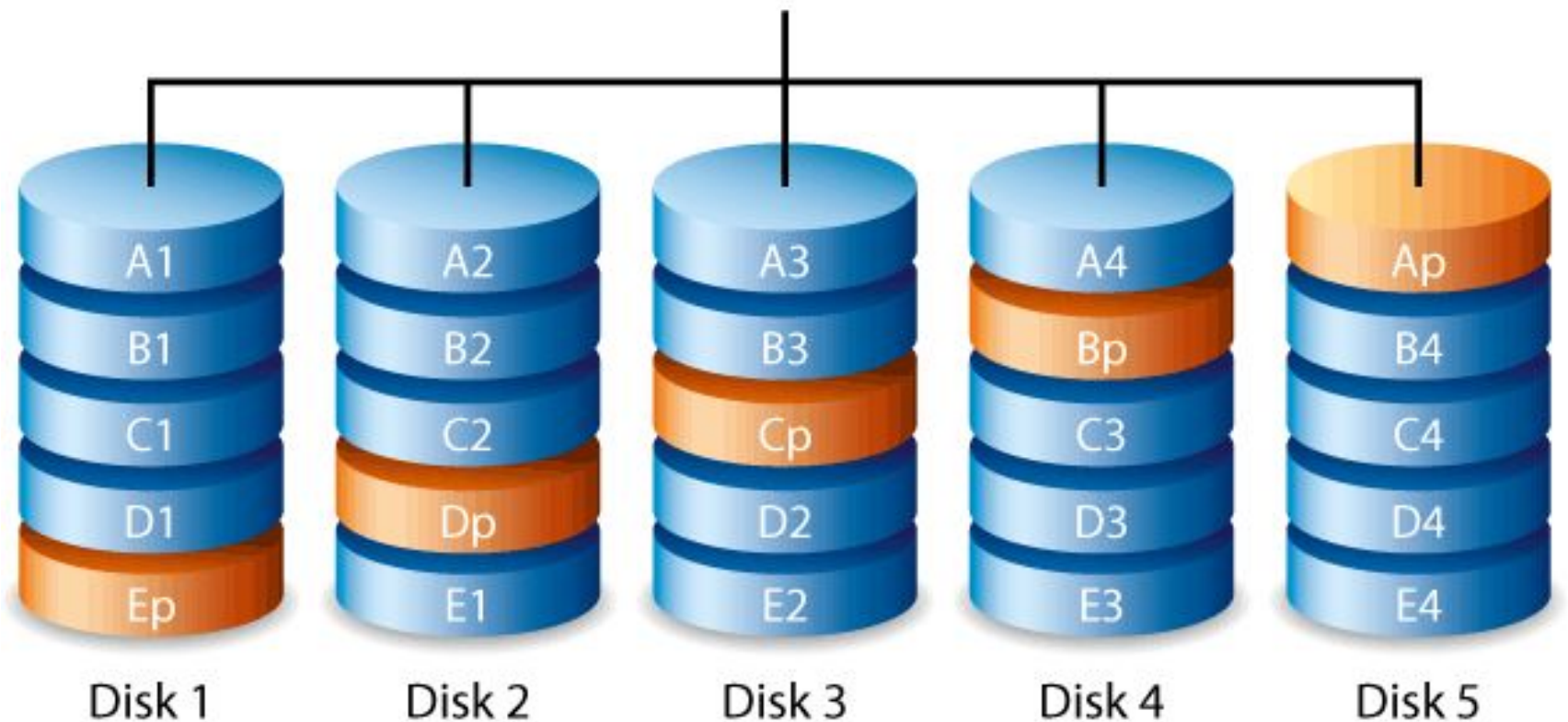
- Podobné s RAID 4
- Parita je uložena na všech discích.
- Všechny dosavadní mechanismy byly schopny napravit problém, pokud nastal na jednom disku.
- Stav, kdy poruchu mělo více disků – neřešitelný.
- RAID 5 vyžaduje alespoň 3 členy
 - přičemž kapacitu jednoho členu zabírají samoopravné kódy

RAID 5

- lze využít paralelního přístupu k datům, protože delší úsek dat je rozprostřen mezi více disků
 - čtení je rychlejší
- Nevýhodou je pomalejší zápis (nutnost výpočtu samoopravného kódu)
- Je odolný vůči výpadku jednoho disku. (?)

RAID 5

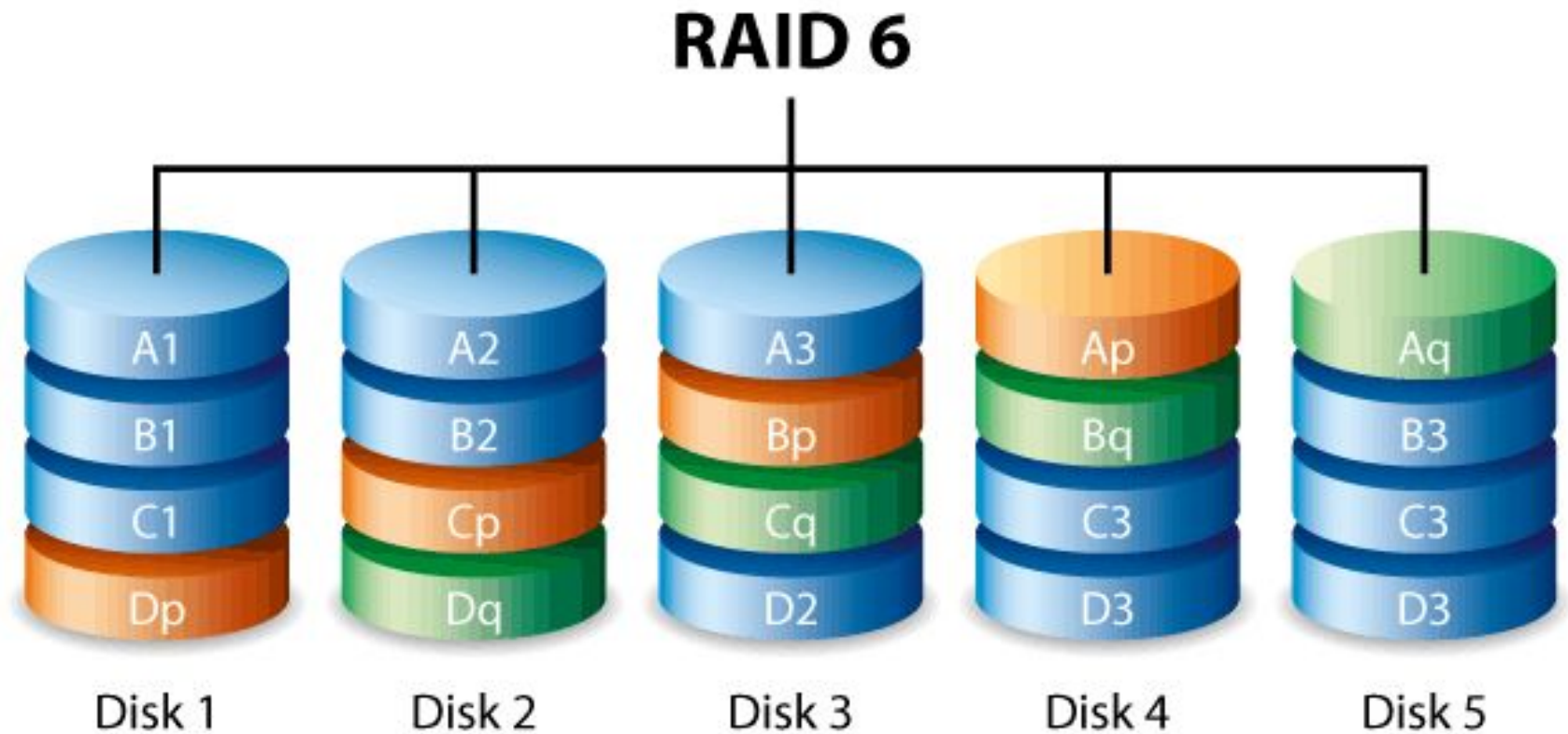
RAID 5



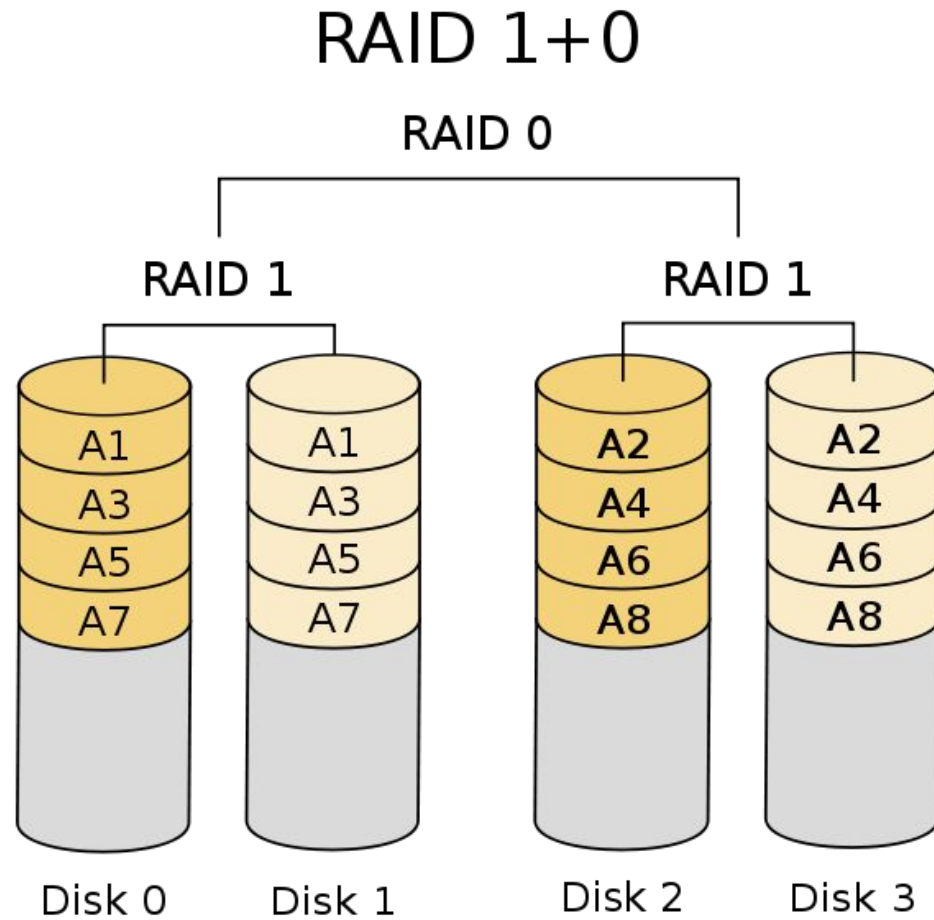
RAID 6

- Počítají se dvě parity.
- Parita se ukládá do samostatných bloků na různých discích.
- Je potřeba další dva disky navíc.
- RAID 6 je možno sestavit z minimálně čtyř disků
 - Porucha dvou disků – je možná náprava dat.
 - Porucha tří disků – neřešitelné.
 - kapacita pole je poloviční
 - RAID 6 je tedy výhodné při použití pěti a více disků.

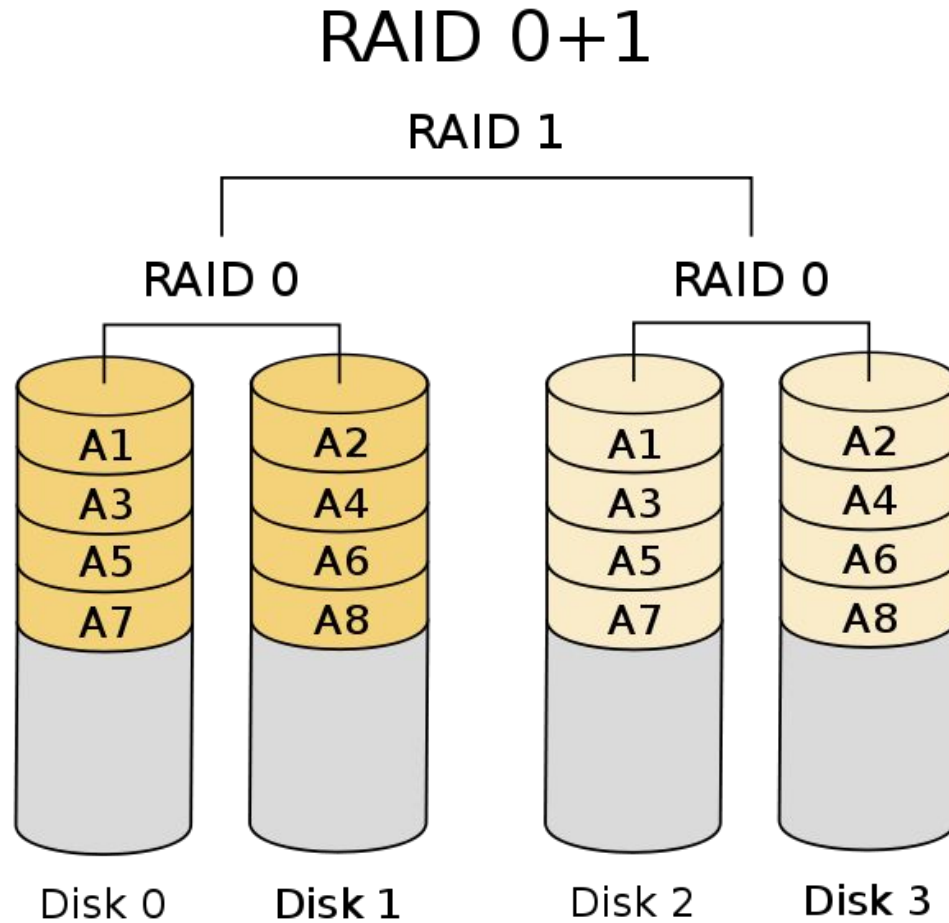
RAID 6



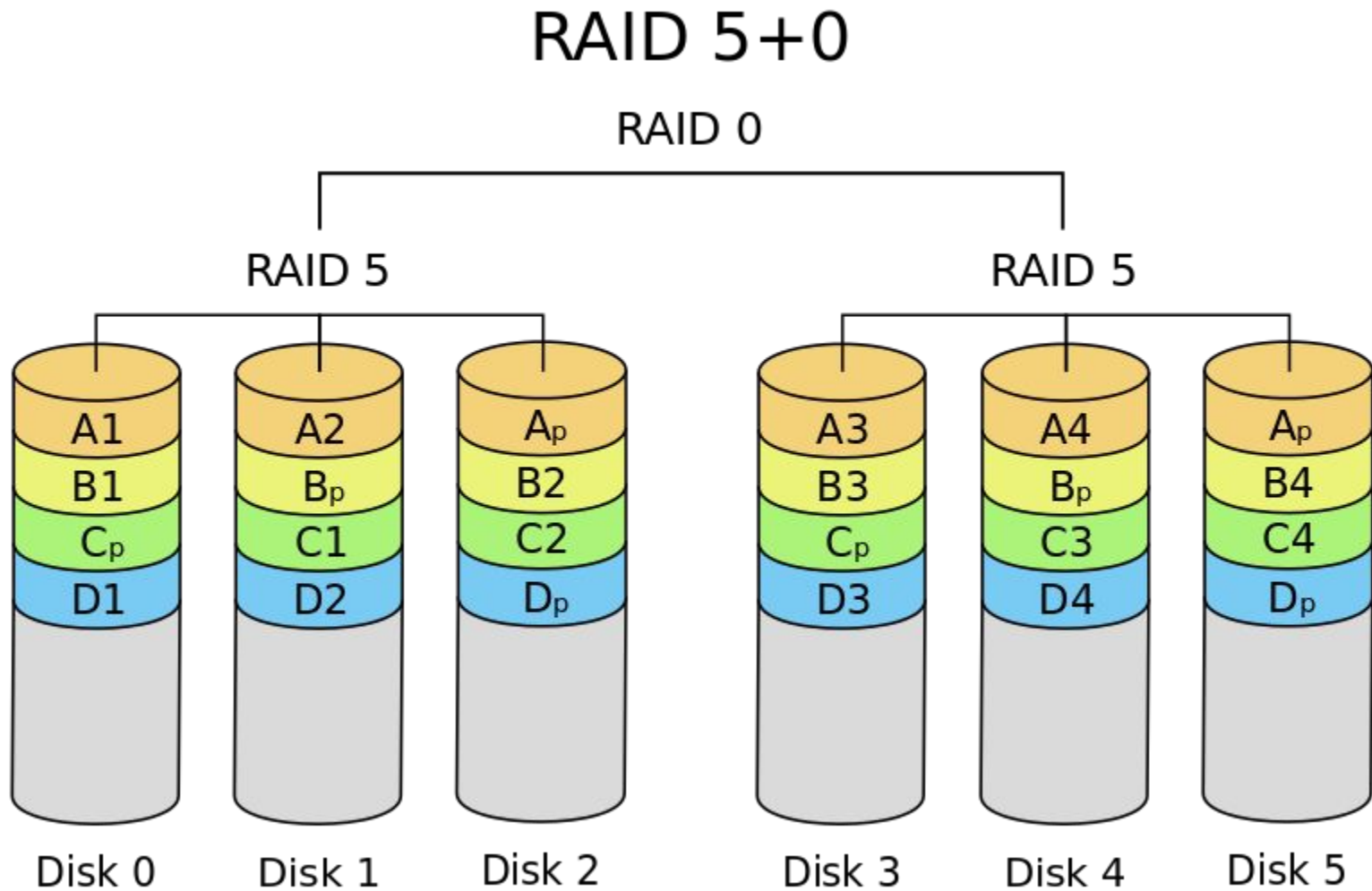
RAID 1+0



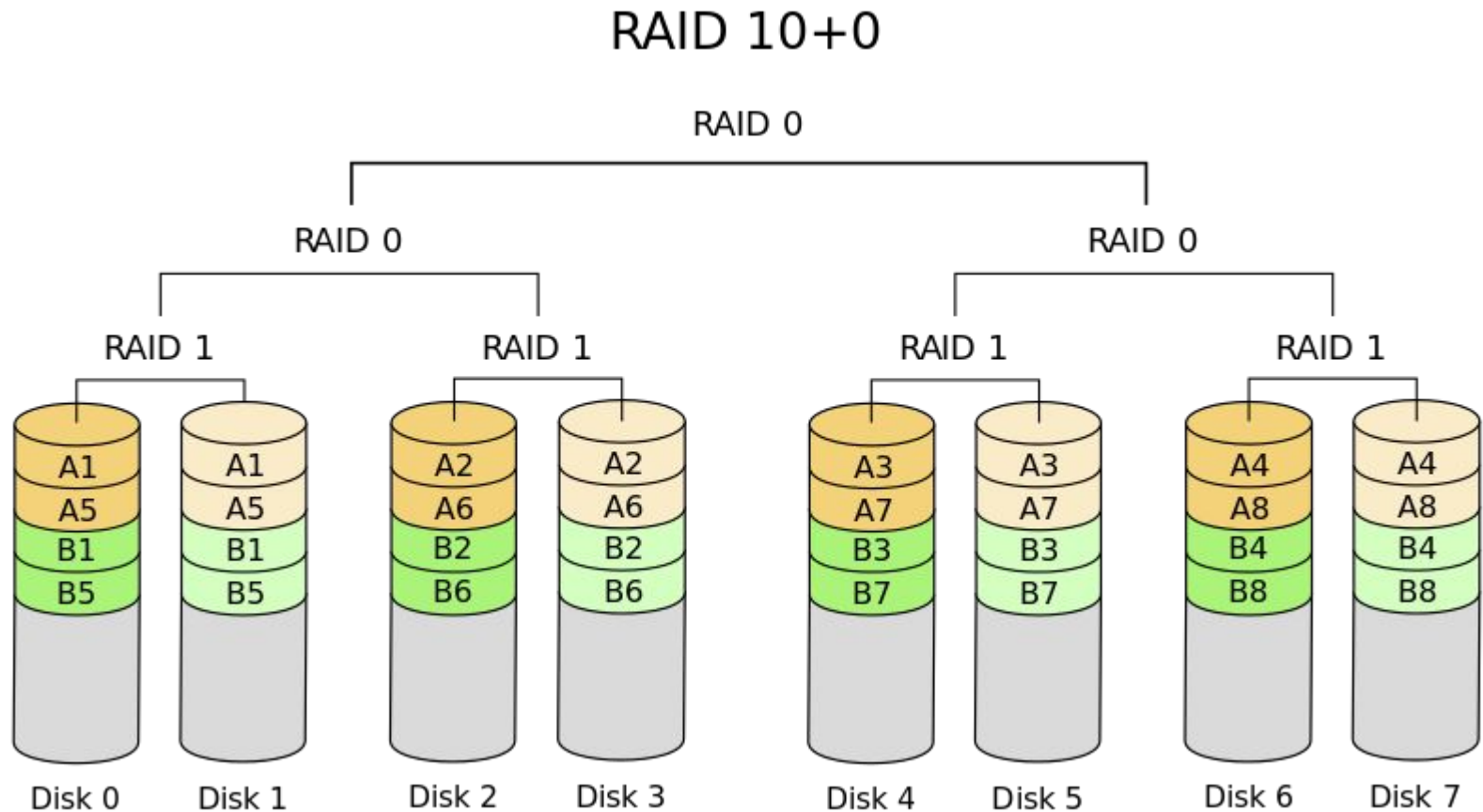
RAID 0+1



RAID 5+0



RAID 100



Důležité vlastnosti disku

- rozměry
- doba vystavení (track to track seek)
 - čas nutný k vystavení hlavy, tj. k jejímu přesunutí na žádané místo s daty (ms)
- doba čekání (rotary latency period)
 - když se hlava dostane nad správnou stopu, musí počkat, až bude nad správným sektorem
- přístupová doba (access time)
 - doba vystavení + doba čekání (kolem 10 ms)

Důležité vlastnosti disku

Rychlost otáčení disku (RPM)

- RPM (Rotations per Minute)

15 000 rpm 2 ms

10 000 rpm 3 ms

7 200 rpm 4.16 ms

5 400 rpm 5.55 ms

4 800 rpm 6.25 ms

Důležité vlastnosti disku

- disk mívá obvykle 1 – 4 plotny
- čím méně, tím je disk tišší

Zásady pro zlepšení spolehlivosti disku

- chladíte disk na teplotu pod 40 stupňů Celsia
- pořídte si online záložní zdroj napájení (UPS vytvářející střídavý proud z baterií)
- disk nepřenášejte a vyhněte se náhlým změnám provozního prostředí
- striktně dodržujte frekvenci řadiče disků (tj. neměňte frekvenci south bridge čipsetu přetaktováním)

Zásady pro zlepšení spolehlivosti disku

- používejte co nejkratší kabely pokud možno se stíněním, kabely ve skříni ved'te co nejdál od napájecích kabelů
- disk nevystavujte silným zdrojům elektromagnetického záření (umístěte ho co nejdál od zdroje)
- poříd'te si kvalitní ATX12V zdroj odpovídající energetické náročnosti počítače

HDD – shrnutí

- Velikost disku – udává se v palcích a značí průměr ploten disku (1", 2.5", 3.5". atp.)
- Kapacita disku – využívá se SI soustava, tedy $1 \text{ MB} = 1.000.000\text{B}$; oproti tomu $1 \text{ MiB} = 2^{20} = 1.048.576\text{B}$
- RPM – Revolutions Per Minute – počet otáček ploten za minutu (4200 – 15000RPM)
- Plotna – disk se skládá z jedné, nebo více ploten, na něž se mohou data zapisovat z obou stran

HDD – shrnutí

- Hlava – čtecí a zapisovací hlavu má každá strana plotny jednu; hlavou pohybuje krokový motor tak, aby pokryla plochu plotny a mohla z ní číst/zapisovat
- Stopa – plocha plotny je logicky rozdělena na stopy – soustředné kružnice na disku
- Sektor – stopy se logicky rozdělují na výseky – sektory
- Cylindr – všechny stopy na plotnách se stejným číslem

HDD – shrnutí

- Seek time – čas, za nějž se hlava přesune na požadované místo – měří se většinou průměrný čas
- Rotational delay – prodleva, za kterou se požadovaná část plotny natočí pod hlavu – maximální je rovna výsledku výpočtu $60/\text{počet RPM}$

HDD – shrnutí

- Burst Transfer - rychlost komunikace mezi diskem a řadičem - v ideálním případě by měla být rovna specifikacím rozhraní, avšak málokdy se k nim disky byt' jen přiblíží
- Prekompenzace - technika řešící problém vysoké hustoty zápisu při středu ploten zápisem bitů na geometricky špatná místa, což mělo za následek srovnání uložených datových bitů do správné podoby

HDD – shrnutí

- Zónový zápis - řešení problémů se zápisem na pevný disk a náhrada zavržené prekompenzace. Sektory rozdělují do skupin a jejich celkový počet v každé z nich je závislý na jejich fyzickém umístění na plotně.

HDD – shrnutí

- Magnetická reverzace - označení místa, v kterém dochází ke změně směru magnetizace
- Parkovací oblast - označení sektoru, které používaly především staré disky s krokovým motorem k parkování svých hlaviček
- Technologie kolmého zápisu - technologie využívající jiné orientace magnetizování povrchu ploten, čímž v podstatě dosahuje zvýšené hustoty zápisu