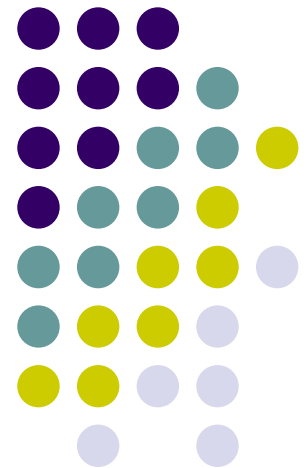
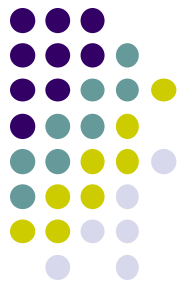
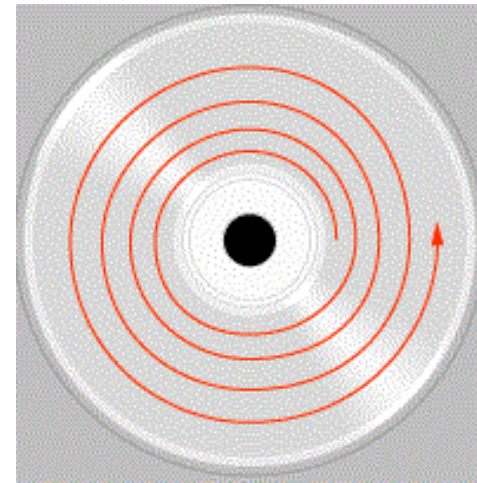


Optický záznam dat

CD, DVD, Blu-Ray



CD

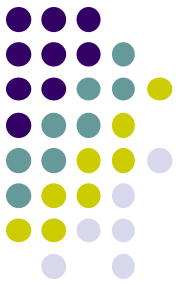


- **Compact disk** – kompaktní disk (*1982)
- Vznikl původně jako **digitální zvukový nosič**
- Standardní průměr **12 cm**, tloušťka **1,2 mm**
- Menší varianta o průměru **8 cm** (používaná např. pro reklamní prezentace)
- Na rozdíl od většiny diskových zařízení nejsou data ukládána do soustředných kružnic, ale do **jedné dlouhé spirály** podobně jako na gramofonové desce
- Spirála začíná u středu média a rozvíjí se postupně až k jeho okraji
- Spirála má na plném disku o průměru 12cm asi 20 000 závitů a při jejím rozvinutí by měla délku přes 5km
- Není-li kapacita disku plně využita, volné místo se nachází na okraji, záznam dat uprostřed
- Na CD nelze mluvit o stopách či cylindrech
- **jedna jediná spirálová stopa** je rozdělena na sektory
- Sektory jsou očíslovány, používá se LBA adresace
- Nalezení požadovaného sektoru na spirálové stopě může trvat i několik sekund, přístupová doba je velmi dlouhá – na spirálové stopě nelze na první pokus přesně „trefit“ polohu a vzdálenost sektoru od středu

CD sektory

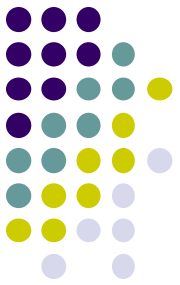


- Na datovém CD je v každém **sektoru** je **2352B**, z čehož je **2048B** dat a doplňujících **304B** zabezpečovacích informací
- Datové CD musí být důkladněji zabezpečeno než AudioCD, protože chyba v jediném bitu by učinila bezcenný celý soubor
- Na AudioCD se využívá všech 2352B v sektoru k uložení digitálního zvuku
- V případě chyb ve zvukovém záznamu nejde o závažný problém
- Chyby na audio discích mohou být kompenzovány interpolací dvou sousedních hodnot, nebo ztlumením zvuku v místě krátké poruchy
- Při záznamu **zvuku** se jedna sekunda zapíše do 75 sektorů
- Na audio-cd má 1 sekunda $75 \times 2352 \text{ B} = \mathbf{176\,400 \text{ B}}$
- Jedna sekunda zvuku je uložena jako **44100 vzorků** s šířkou **16 bitů** (a to celé dvakrát – pro levý a pravý stereo kanál)



CD – kódování

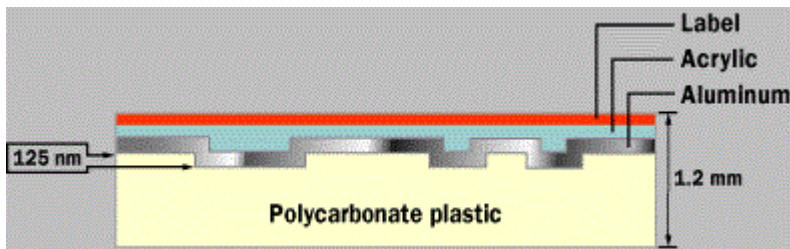
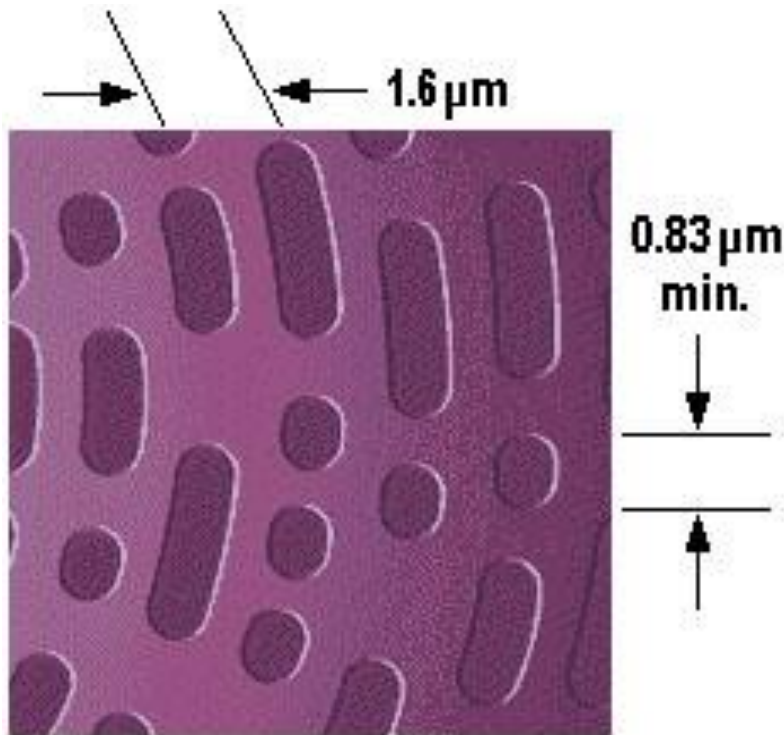
- Blok bajtů se zakóduje speciálním kódem **CIRC (Cross-Interleaved Reed Solomon Code)**, který má za úkol zabezpečit CD proti poruchám
- Velikost bloku bajtů se tímto kódováním několikrát zvětší – přidá se řada kontrolních součtů
- Původně za sebou ležící bajty jsou dále přeházeny - **prostorové prokládání bajtů** – zvyšuje se tak odolnost vůči shluku chyb
- Tento kód umí samočinně korigovat poruchy v délce 3,5 tisíce bitů (tj. výpadek asi 2,4 mm stopy)
- Pokud by byla porucha delší až do 12000 bitů, nahradí se u Audio-cd chybějící signál matematickým odhadem (interpolace) (u datového CD to nejde, proto používá další opravné bajty v sektoru)
- Výsledný zakódovaný signál se doplní dalšími informacemi (pro sledování stopy a synchronizaci toku informací)
- U audio-cd se dále přidají identifikační signály, které umožní přehrávání jednotlivých skladeb



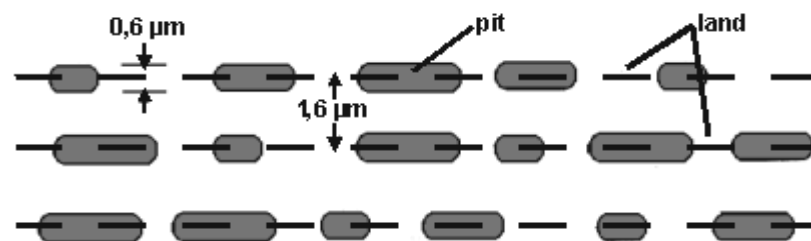
CD - kódování

- Nakonec se ještě každý bajt znovu zakóduje kódem **EFM**
- **EFM** – eight-to-fourteen modulation (8b14b)
- Každý bajt (**8bitů**) je překódován na **14 bitů**
- Každých 14 jedniček a nul na CD tak tvoří 1B, což částečně umožňuje detekci chyb na nejnižší úrovni
- EFM kód vytváří pouze takové kombinace, kde mezi dvěma jedničkami jsou vždy 1 až 3 nuly
- Díky několikanásobnému kódování dat (bajty EFM kódem + bloky dat CIRC kódem + prokládání dat + zabezpečení celého sektoru 304 B bajtovým kontrolním kódem) je CD dobře odolné vůči chybám při čtení – část CD můžete klidně přelepit samolepkou a o zakrytá data při tom nepřijdete, dají se dopočítat

CD - pity



- Záznam je vytvořen v podobě mikroskopických **prohlubní** konstantní šířky ale různé délky – **pitů**
- Hloubka **pitů** je 100nm
- délka pitu je cca 1-3 mikrometru
- Princip čtení spočívá ve **sledování změn odrazivosti reflexního povrchu média**
- Stopu sleduje **laserový paprsek**, který je zaostřen v místě dopadu (odrazu) na průměr 780nm
- V místě **prohlubně (pitu)** se paprsek odráží velmi **slabě** a naopak tam, kde pit není (**land**), se paprsek odráží téměř dokonale
- Jedničky a nuly nejsou zaznamenány pomocí jednotlivých pitů, ale pomocí **změn**
- **Jednička** = změna (tzn. začátek nebo konec pitu)
- **Nula** = žádná změna (tzn. pokračování pitu nebo stopy bez prohlubně)
- EFM kód vytváří pouze kombinace, kde mezi dvěma jedničkami jsou vždy 1 až 3 nuly – tedy pit nebo mezera má délku 1 až 3 „kroky“



CD píť ($0,5 \times 2 \mu\text{m}$)

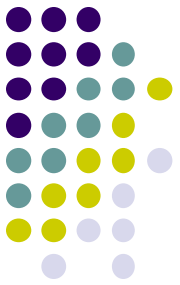
prach ($40 \mu\text{m}$)

lidský vlas ($74 \mu\text{m}$)

bavlněná nit ($150 \mu\text{m}$)

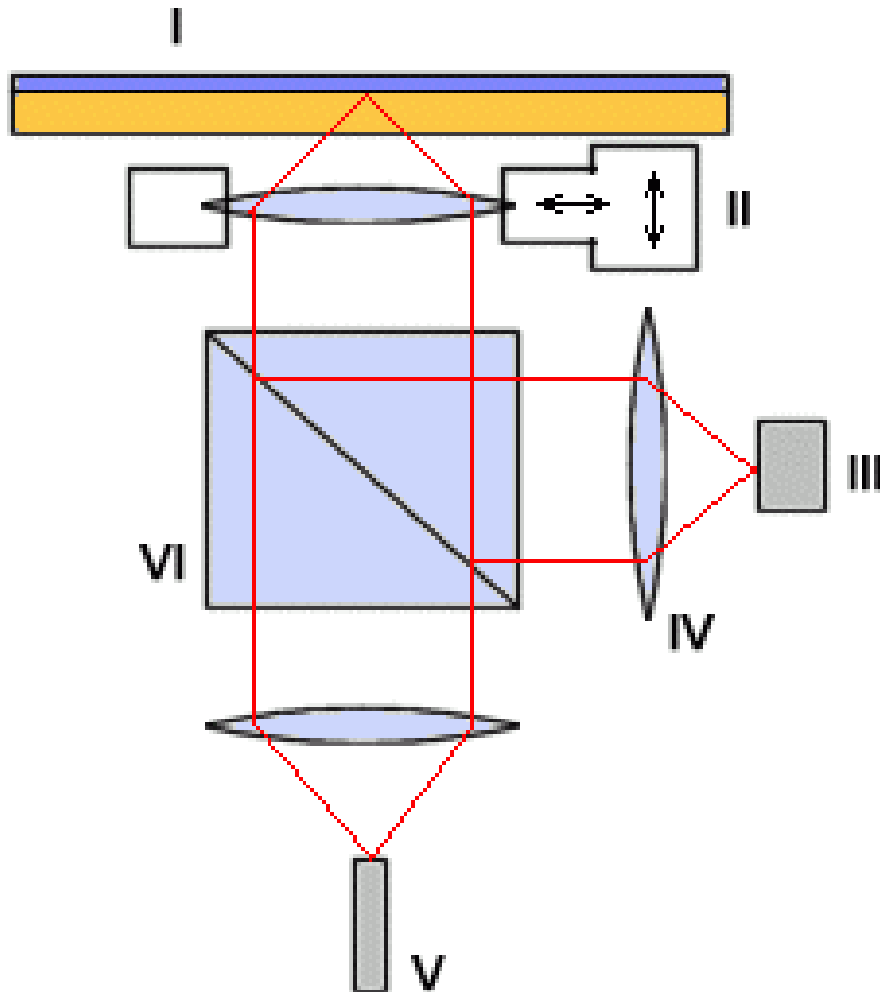
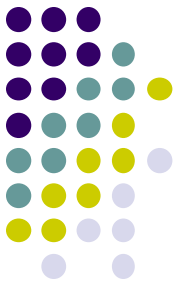


vlnová délka zeleného světla

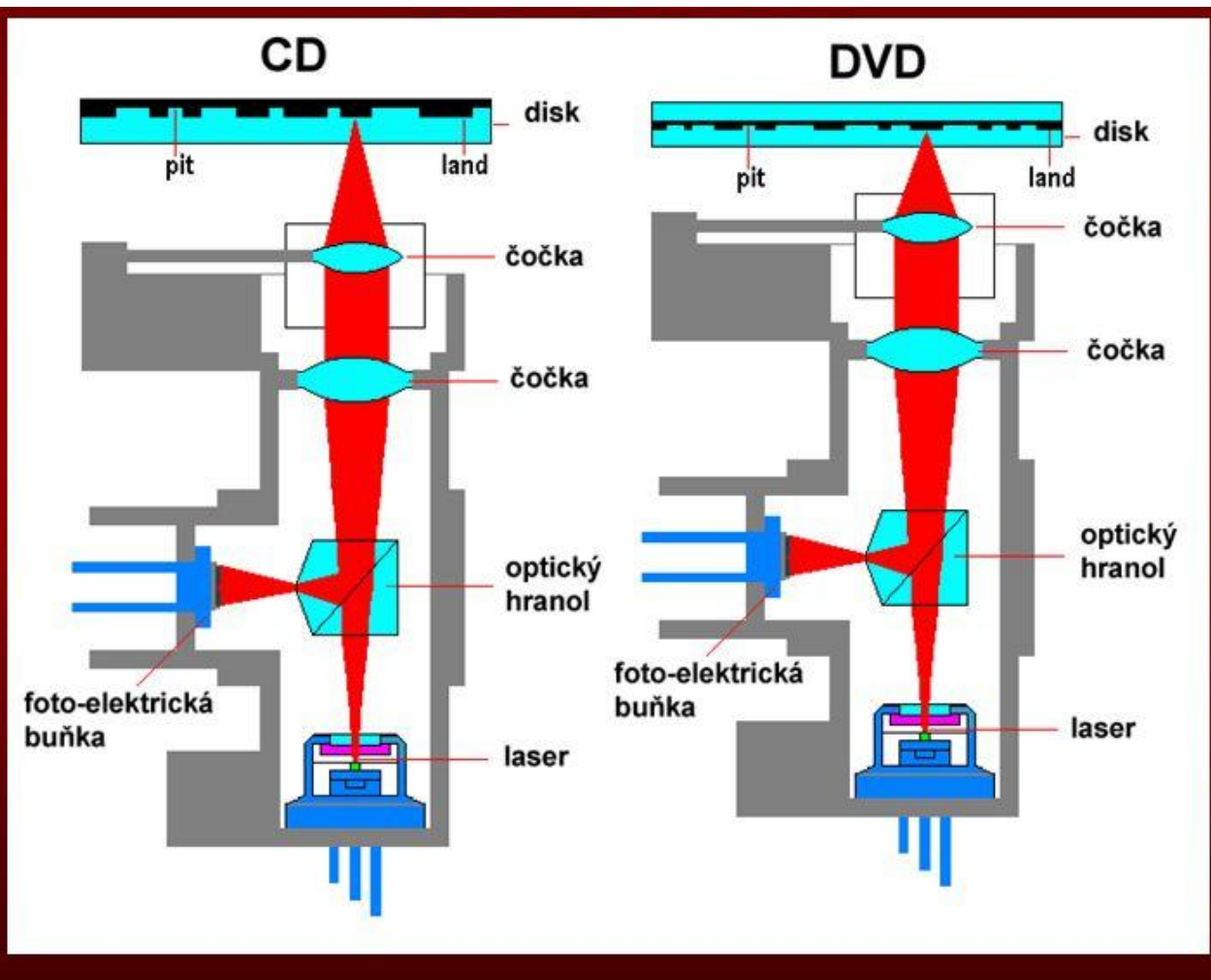


CD - snímání

- Používá se k tomu **optická** snímací hlava
- Čtení CD je **bezkontaktní**, nedestruktivní, nedochází k žádnému opotřebení CD čtením (tím bylo CD v době svého vzniku převratné)
- Čtecí hlava obsahuje polovodičový **laser** o výkonu cca **0,5mW**
- Laser je zdrojem infračerveného světla s vlnovou délkou **800 nm**
- Toto světlo prochází hranolem do zaostřovací optiky, která paprsek soustředí do ohniska dopadu o průměru 780 nm
- Systém se usměrňuje pomocí **servomotorů**
 - Jeden servosystém sleduje spirálovou stopu
 - Druhý servosystém jemně pohybuje čočkou a ovládá zaostření paprsku a to z toho důvodu, aby se vyloučily nerovnoměrnosti disku
- Pro udržení laseru na stopě je obvykle použit tzv. roztrojený paprsek.
- Mechanika vysílá tři paralelní světelné svazky, vzniklé rozdělením laserového paprsku přes mřížku
- Zatímco dva paprsky, které nesledují stopu jsou odraženy mimo, třetí, jenž přenáší datovou informaci, se vrací k fotocitlivému snímači
- Servo se bude snažit docílit u dvou krajních paprsků konstantního signálu, čímž bude vlastně udržovat laser stále ve stopě.



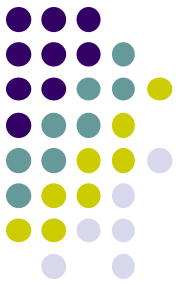
- I disk CD
- II fokusační systém
- III fotodioda
- IV kolimátor
- V laser
- VI hranol s polopropustným zrcadlem



CD - otáčky



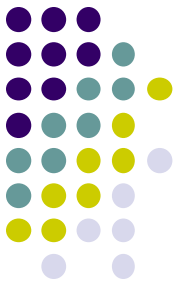
- **Hustota** uložených dat je **konstantní** v každém místě disku
- Audio CD se neotáčí konstantními otáčkami, ale tak, aby **obvodová rychlost pod hlavou byla stejná**
- Proto se u klasického audio CD během přehrávání plynule **mění rychlost otáček**
- **Každou sekundu je třeba přečíst 75 sektorů, ve kterých je uloženo 176400 B zvukových dat**
- **CLV** = constant length velocity
- Rychlost čtení dat je konstantní, délka stopy přečtená za 1 sekundu je stále stejná
- Při čtení u středu (přehrávání první písničky) jsou otáčky asi 2,8x vyšší než při čtení na obvodovém vnějším okraji (přehrávání poslední písničky) – pohybují se zhruba v rozmezí 200 až 550 RPM



CD - otáčky

- Při čtení datového CD nemusíme číst každou sekundu 75 sektorů
- Datové CD můžeme číst vyšší rychlostí než audio-CD
- Při čtení datového CD nám na rozdíl od AudioCD nebude vadit ani když každou sekundu přečteme jiný počet sektorů a datový tok bude proměnlivý
- Se zvyšující se rychlostí datových CD-mechanik nebylo již možné zabezpečit delší trvanlivost pohonu CLV mechaniky z důvodu **nadměrného opotřebení**, které vznikalo častým **střídáním rychlostí otáček**
- **Pro datové mechaniky není výhodné používat CLV**
- Při čtení náhodných datových souborů byl CLV pohon často nucen změnit mnohokrát velmi rychle otáčky nahoru i zpět, podle vzdálenosti dat od středu disku
- Problém nízké životnosti namáhané mechaniky byl vyřešen **konstantní rychlostí otáček – CAV** (constant angle velocity)

CAV mechaniky



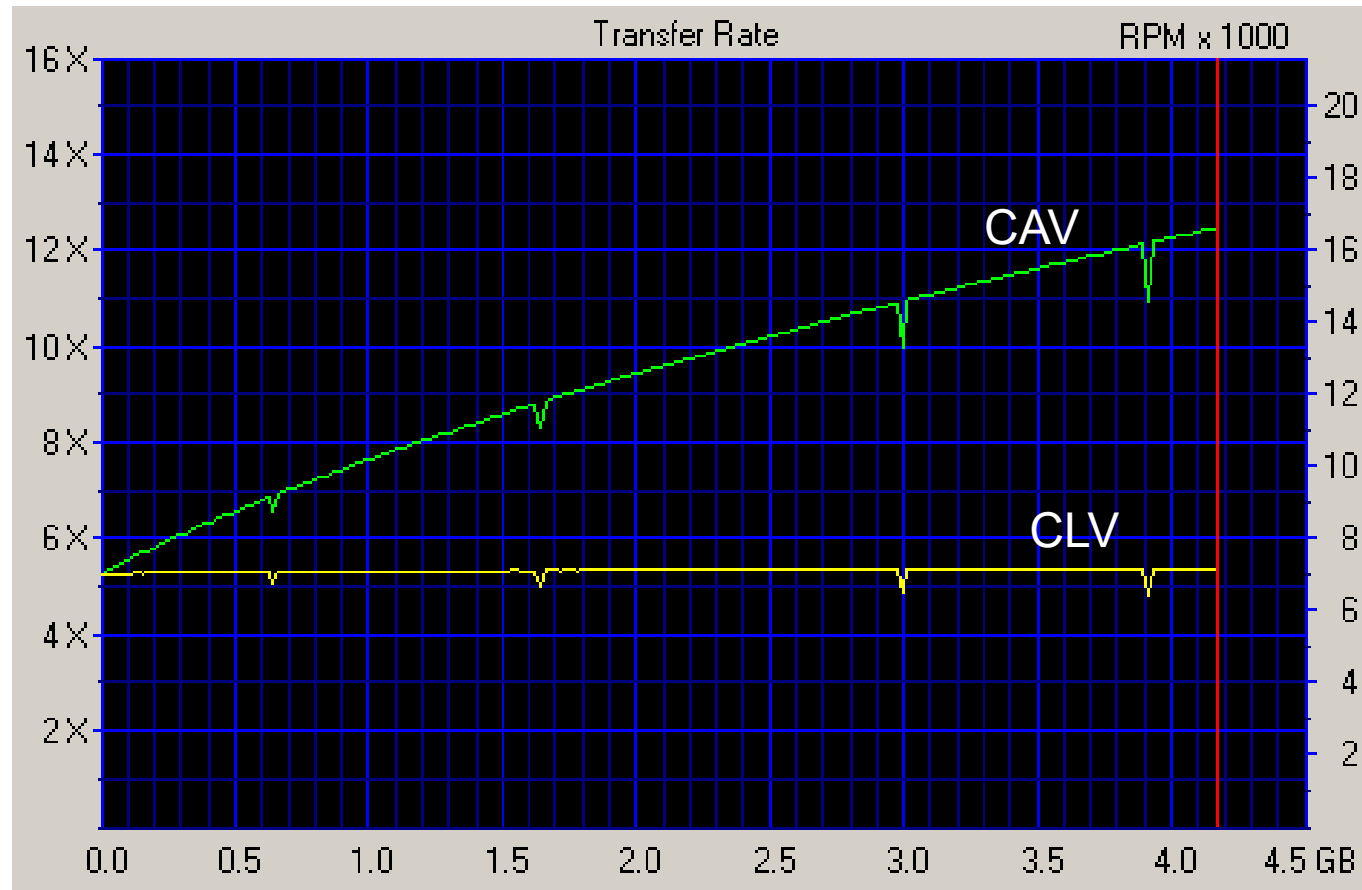
- Datová mechanika s CAV má stále stejné otáčky, ale čte data různou rychlostí dle jejich vzdálenosti od středu (podobný efekt jako u ZBR pevných disků)
- CD-ROM označený jako 48x speed, tak může číst uprostřed média až o 2,8x pomaleji než z vnějšího okraje (nejvyšší rychlost čtení je dosažena na konci spirálové stopy u vnějšího okraje disku, kde během jedné otáčky přečteme nejdelší okruh spirály)
- Někteří výrobci řeší velký rozdíl v rychlosti čtení na počátku a konci disku skokovým zrychlováním otáčení v závislosti na vzdálenosti od středu disku (např. existují dvě různé rychlosti otáček – na začátku disku se použijí vysoké otáčky, pro čtení druhé poloviny disku nižší otáčky – dvoustupňové CAV)



CD – otáčky a rychlosti

- Klasický **audio-CD** přehrávač potřebuje přečíst **vždy** právě **75 sektorů za sekundu**
- Pokud je hlava u vnějšího okraje disku (na konci spirály) má disk rychlost otáčení 200 otáček za minutu, snímá-li hlava data u středu disku, je rychlost otáčení 550 otáček za minutu
- **Datový tok** je stále **176400 B/s** – to je **základní rychlost čtení, kterou musí umět jakákoliv mechanika z jakéhokoliv místa na disku**
- Jako **jednorychlostní** nazveme CD-ROM mechaniku, která má stejnou rychlost čtení, jaká se používá pro klasické audio-CD
- Protože **datová CD** mají v sektoru pouze užitečných 2048 bajtů dat, vychází zde základní datový tok $75 \times 2048 \text{ B/s} = 150 \text{ kB/s}$
- Max. dosažitelná rychlost čtení datové CD-ROM mechaniky se pak udává jako **násobek** tohoto datového toku
- Např. CD-ROM **48x** umí přečíst $48 \times 150 \text{ kB/s} = 7200 \text{ kB/s}$
- Této rychlosti ovšem moderní CD-ROM s CAV dosahují jen na konci disku (nejdále od středu)

Rychlost čtení



Opti Drive Control 1.70

File Start test Extra Help

Drive (O:) ATAPI iHBS112 2 CL04

Speed 16 X

Disc

Type DVD-R

MID MCC 03RG20

Length 4.38 GB

Contents data

Label ODC_DVD

Transfer rate

Create test disc

Verify test disc

Drive info

Disc info

Disc quality

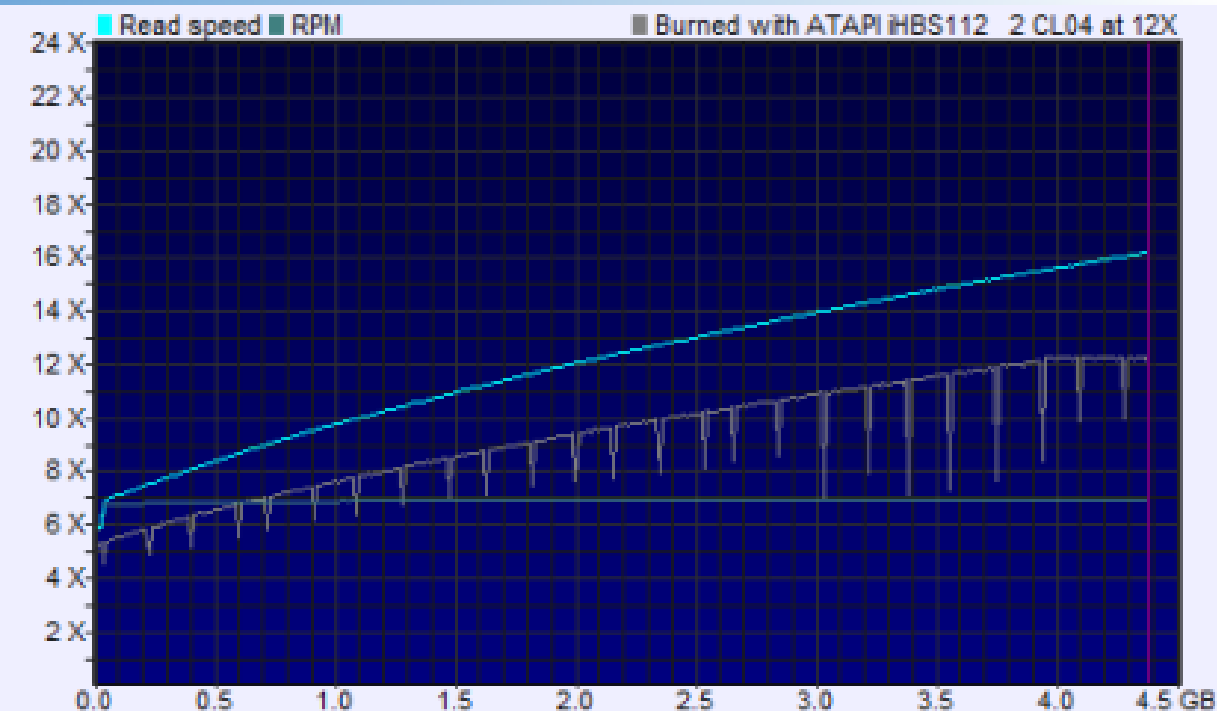
CD Bler

FE / TE

Extra tests

Status window >>

Transfer rate



☒ Read speed

☒ Access times

☒ Burst rate 38.8 MB/s

Average 11.40 X

Random 120 ms

CPU usage 0 %

Start 5.80 X

1/3 stroke 131 ms

Start full

End 16.11 X

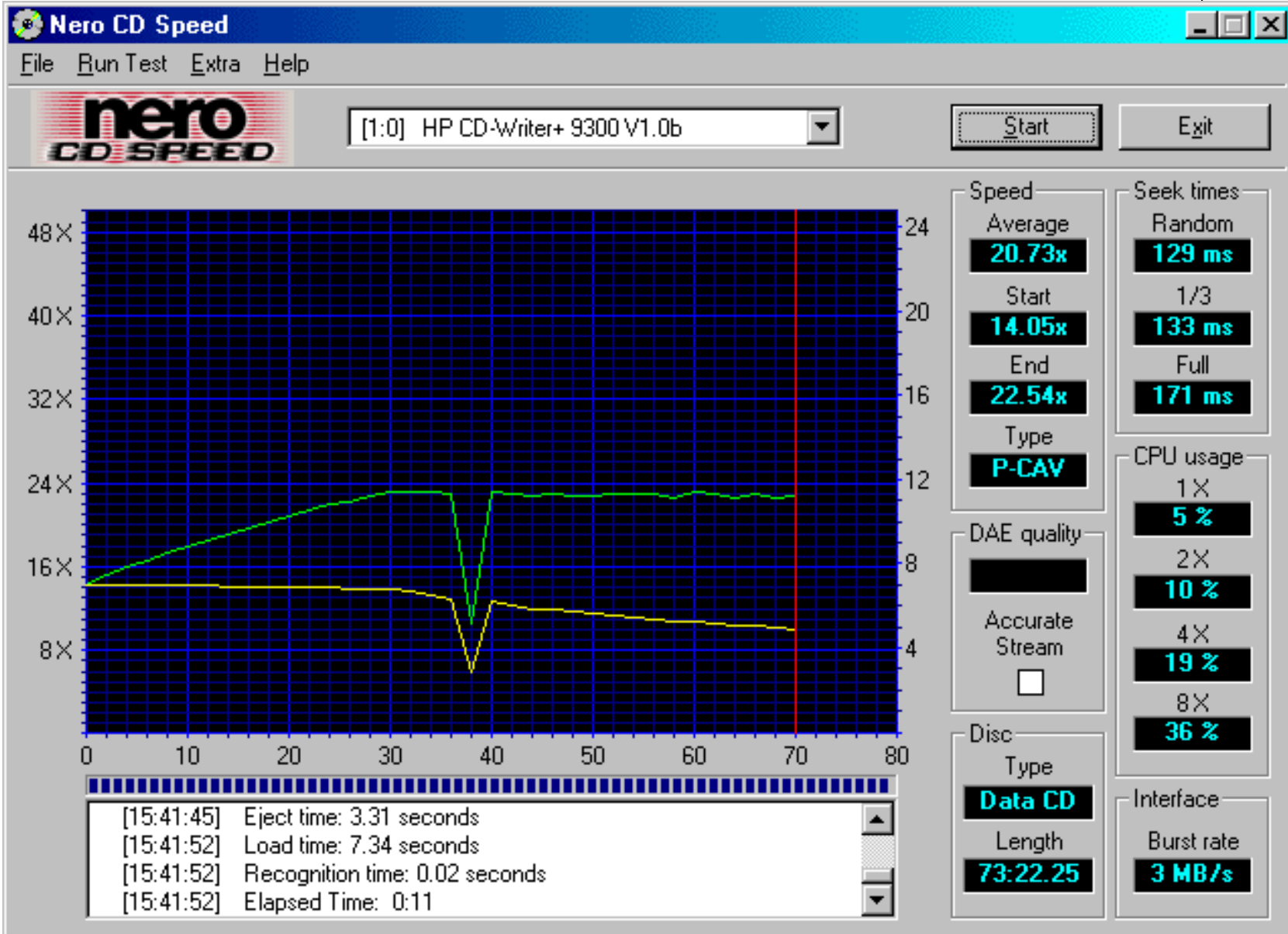
Full stroke 238 ms

Start part

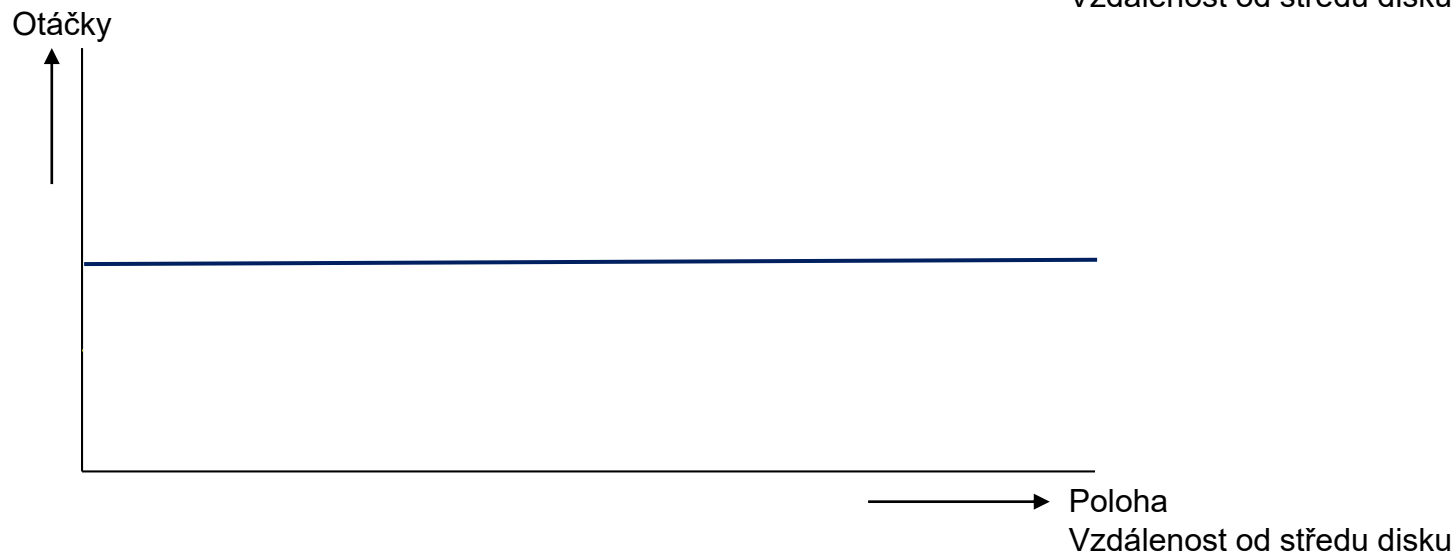
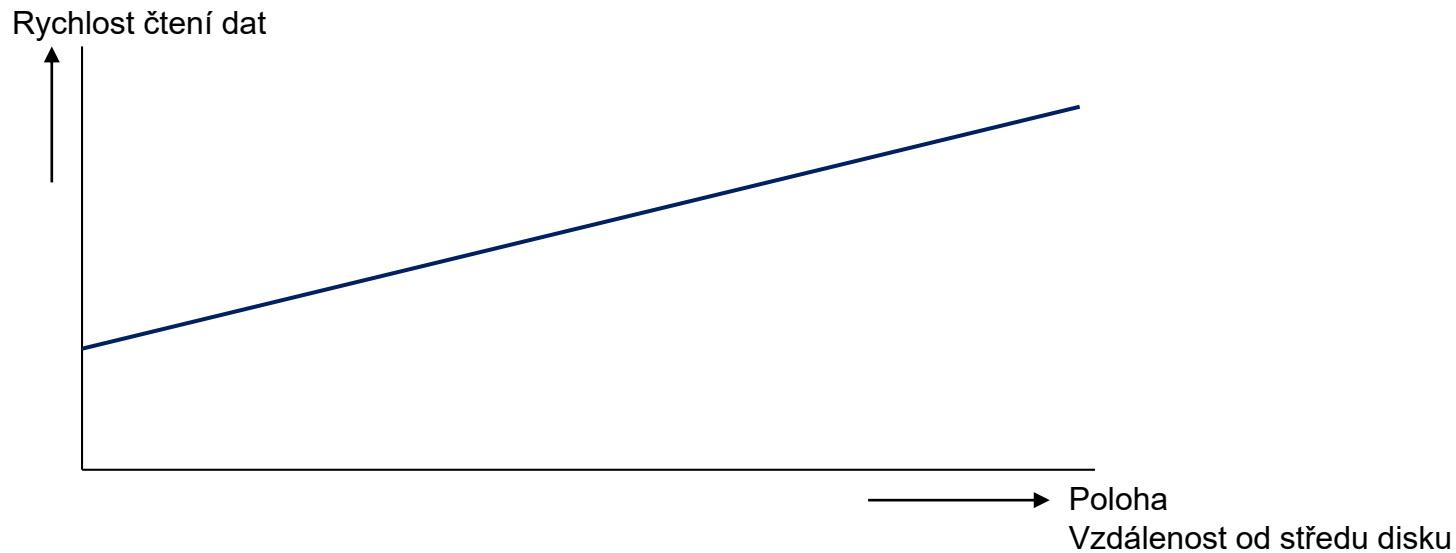
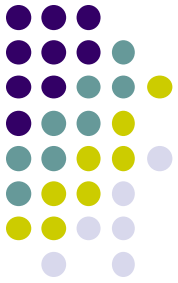
Test completed

100.0%

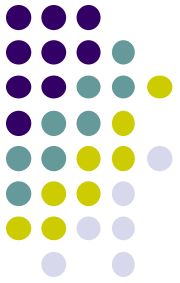
00:03



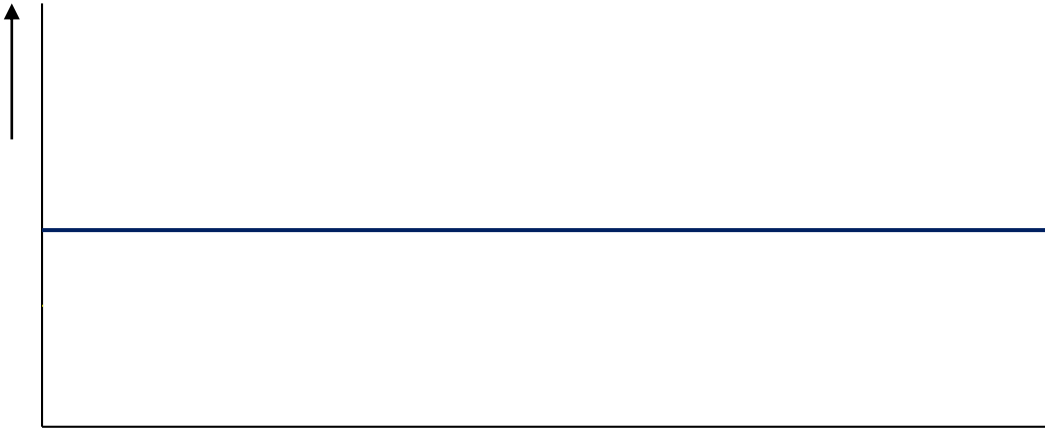
CAV mechanika



CLV mechanika

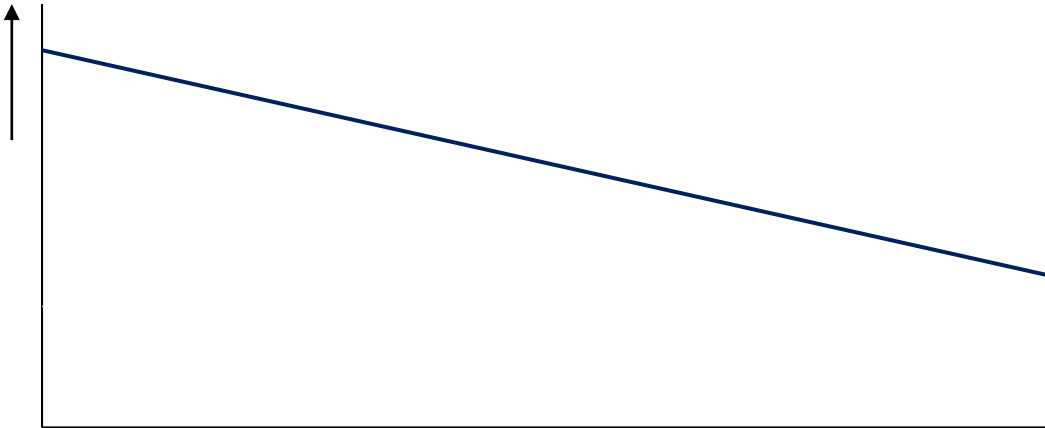


Rychlost čtení dat

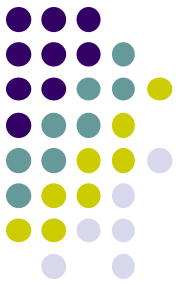


Poloha
Vzdálenost od středu disku

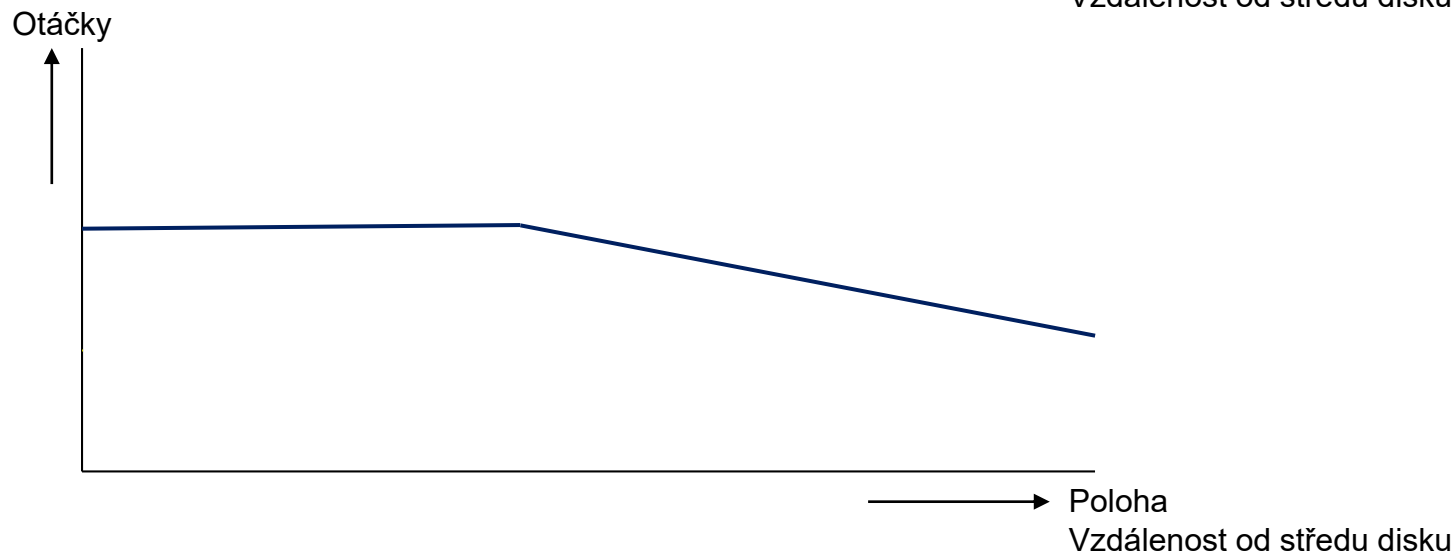
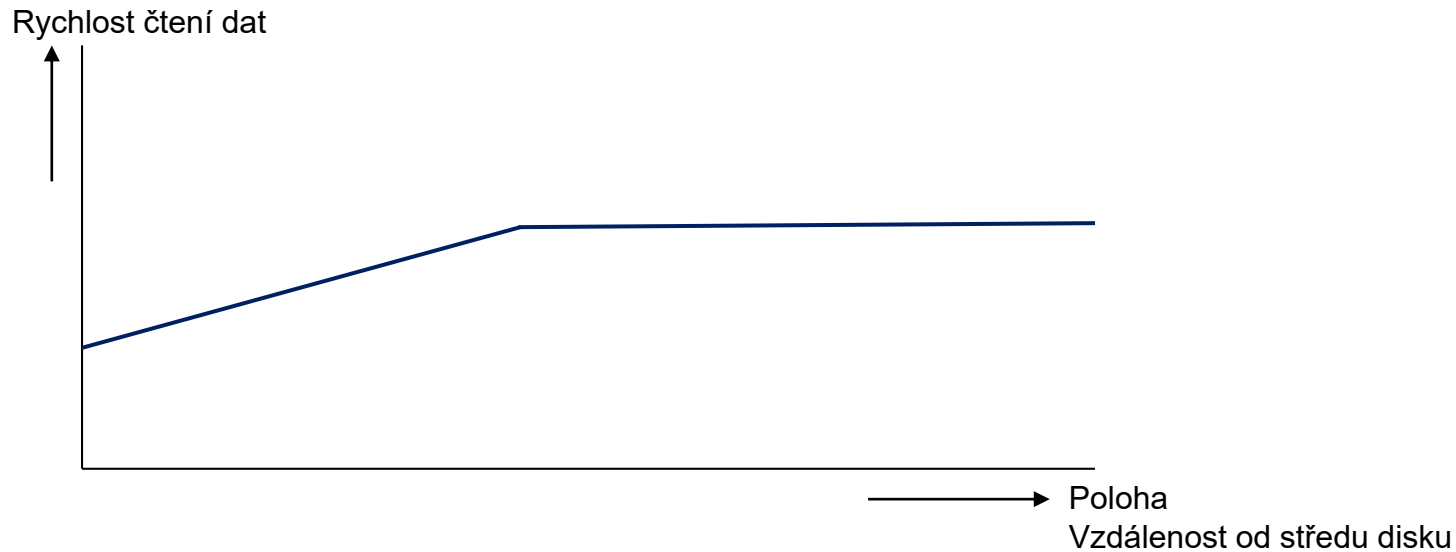
Otáčky



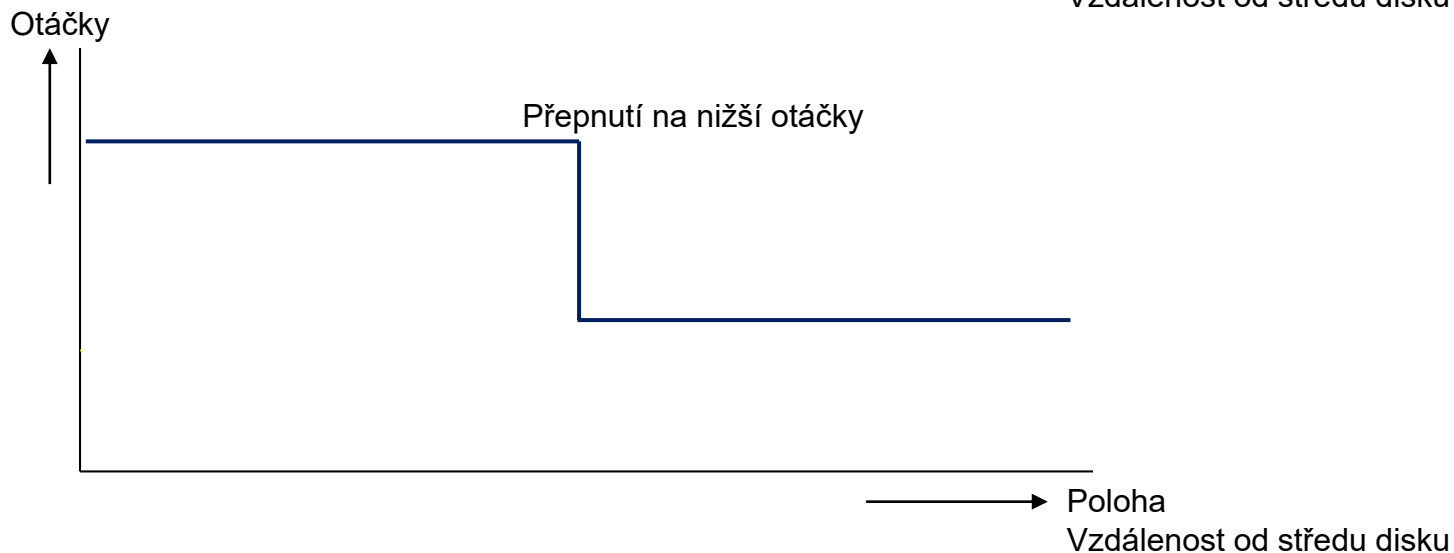
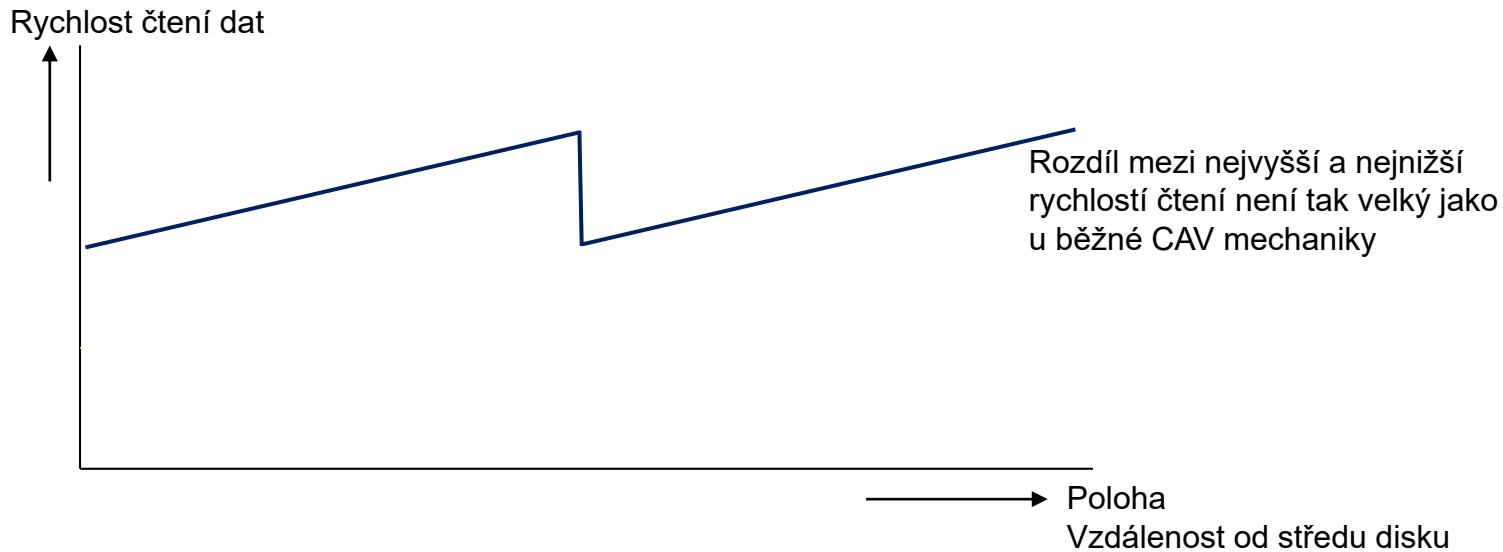
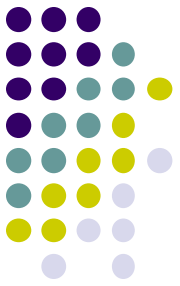
Poloha
Vzdálenost od středu disku

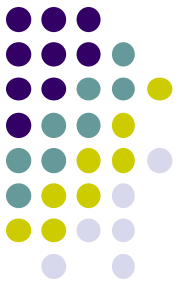


P-CAV mechanika



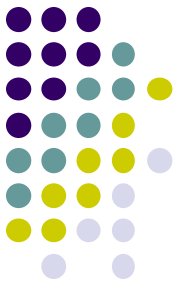
CAV mechanika se dvěma rychlostními stupňi





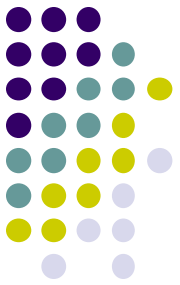
CD multibeam

- **Multibeam** – čtecí hlava čte více (až sedm) „stop“ (okruhů spirály) najednou
- Laserový paprsek je difrakční mřížkou rozdělen na několik paralelních paprsků mířících do „sousedních stop“
- Tak je možné zvýšit rychlost čtení, bez nutnosti zvyšování otáček
- **P-CAV** - Partial Constant Angular Velocity. Bliže ke středu se používá CAV a v druhé půlce disku pak CLV. Rozdíl mezi otáčkami u vnějšího okraje a místem, kde se přejde na CAV otáčení je poměrně malý



CD - lisování

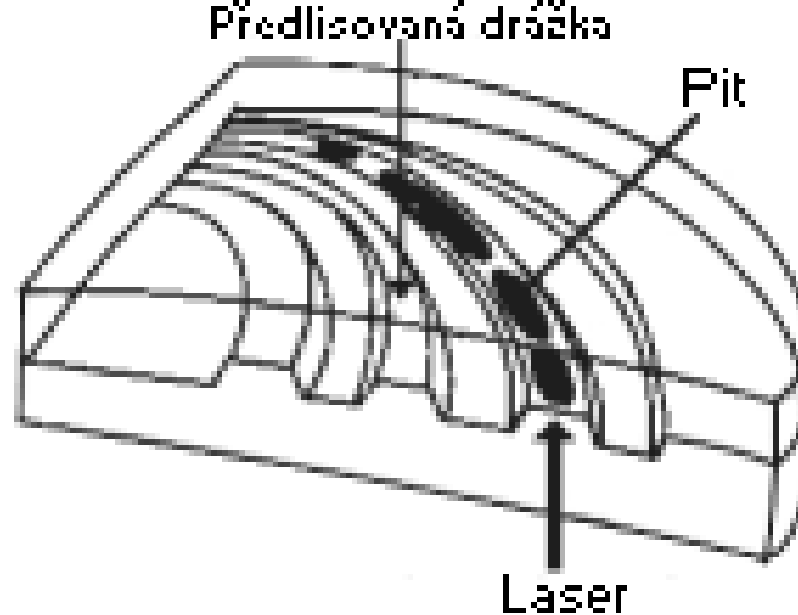
- Disky se lisují z plastické hmoty (polykarbonátu) a pokovují se vrstvou hliníku
- Základem CD disku je **plastový kotouč** na němž je nanесena **vysoce reflexní vrstva** (hliník), která je zalita pevným a čirým **polykarbonátem** (ten tvoří většinu celkové hmoty disku)
- Pity se do roztaveného polykarbonátu vylisují **matricí**
- Prvotní záznam se pomocí záznamového laserového stroje provede na skleněnou desku, na které je nanесena fotocitlivá vrstva
- Po vyvolání se tato deska postříbří a galvanoplasticky ponikluje - získá se tzv. **patrice**
Pro hromadnou výrobu se z těchto patric vyrobí **matrice**, která funguje jako lisovací nástroj
- Proti poškození se ještě nanese ochranná vrstva z průhledného materiálu. Nakonec se deska musí opatřit přesným kruhovým otvorem s průměrem 15mm
- <https://www.televizeznam.cz/video/jak-se-co-dela/jak-se-co-dela-cedecka-25347>



CD - kapacita

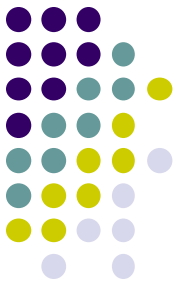
- Kapacita standardního lisovaného CD je 333000 sektorů
- To umožňuje uložení 74 minut hudby nebo 650 MB dat
- Díky toleranci normy mohou mít dnes disky kapacitu až **700 MB** nebo **80 min.** zvuku (360000 sektorů)
- Disky s větší kapacitou jsou přípustné, ale nestandardní a nemusí je přehrát každý každá mechanika
- 1 MB je zde chápán jako **2^{20} B** – 1048576 B

CD - R



- CD – recordable – **zapisovatelné** CD
- Disk je vyroben z polykarbonátového pružného výlisku, na který je nanesena světloodrazivá vrstva ze zlata nebo stříbra
- V polykarbonátové (spodní) vrstvě CD-R média je již ve výrobě vytvořena **spirálová drážka**, sloužící jako vodítko pro laser CD-R mechaniky, čímž je umožněno velmi přesné nahrání dat na disk
- Zápis dat na **CD-R** je prováděn opět laserovým paprskem
- Použitý laser musí mít mnohem vyšší výkon (až 0,5W) než čtecí laser

CD-R



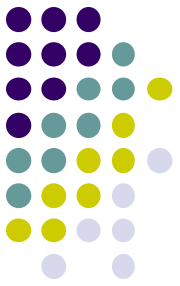
- Při zápisu se pomocí laserového paprsku zahřeje místo, kde má vzniknout pit, během pár nanosekund na teplotu přesahující 300 °C
- Dojde k nevratné změně barviva a toto místo (pit) odráží hůře laserový paprsek
- Nedochozí ale k vypálení pitu jako „důlku“ – jde o tepelně-chemický proces
- Rozdíl mezi odrazivým a neodrazivým místem je nižší než u lisovaných médií, kde se rozdíl v odrazivosti dosahuje pomocí prohlubní – zde jde jen o „spálení“ barviva
- Záznam na CD-R je tedy hůře čitelný a méně odolný vůči chybám
- Zápis na CD-R je nevratný, CD-R lze vypálit pouze jednou

CD - R



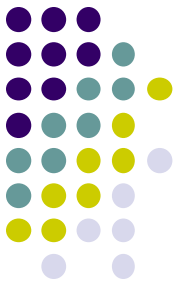
- Schopnost CD-ROM mechaniky číst CD-R je do značné míry závislá na kvalitě nejen média, ale i samotné vypalovačky – je třeba správně sladit výkon laseru při dané rychlosti záznamu pro konkrétní médium
- Nahrávací mechanika může totiž pro nahrávání používat příliš nízký, nebo naopak vysoký výkon laseru, nebo dokonce může výkon laseru oscilovat
- Nízký výkon bude znamenat nevýrazné pity (nečitelné)
- Velký výkon bude naopak způsobovat slévání pitů dohromady (příliš zkreslená informace)

Vypalování



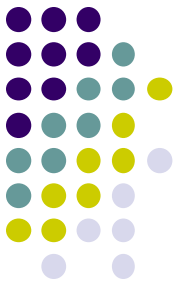
- Vypalovací mechaniky pro používají vyrovnávací paměť - buffer
- do bufferu se ukládají data k zápisu, před tím, než jsou vypálena
- Vypalování musí probíhat bez přerušení se zajištěním neustálého přísunu dat.
- Nebezpečí opožděného přísunu dat do vyrovnávací paměti řeší většina výrobců hlídáním momentálního stavu vyrovnávací paměti (kolik z jejího obsahu již bylo použito a jak rychle se doplňuje)
- Při poklesu pod stanovenou hranici zajistí korektní přerušení vypalování, opětovné naplnění bufferu a správné navázání následného vypalování.

CD-RW



- **RW** – rewriteable – **přepisovatelné disky**
- Jako nosné médium je použit drážkovaný polykarbonátový substrát, na kterém je naneseno několik vrstev, z nichž ta nejdůležitější je **slitina Ag-In-Sb-Te**
- Zde se využívá **různé propustnosti světla** materiálem dle jeho struktury
- Použitá slitina při běžné teplotě může setrvávat ve dvou stavech - **amorfním** nebo **krystalickém**
- Při čtení míst s **krystalickou fází** laser snadno prostoupí až k reflexní vrstvě a odrazí se, zatímco v místech s **amorfní fází** se rozptýlí a **neodrazí** se
- Na **prázdném disku** se nachází všude slitina v **krystalické fázi** a propouští světlo
- Zápis na CD-RW se provádí laserovým paprskem, který v místě, kde má vzniknout píť, ohřeje slitinu aktivní vrstvy na **teplotu tání** (500 - 700 stupňů Celsia)
- Zahřátí místa dopadu paprsku na takto vysokou teplotu trvá trochu déle, proto je zápis RW disků pomalejší
- Slitina se velmi rychle roztaví a při následném okamžitém ochlazení dojde k fázové přeměně **do amorfního stavu**.
- Mazání média se provádí zahřátím slitiny **pod teplotu tání** avšak nad **krystalizační teplotu** (200 stupňů Celsia) po dostatečně dlouhou dobu.
- Po ochlazení se fáze slitiny navrátí zpět z amorfní do základní krystalické, a médium se chová jako prázdné

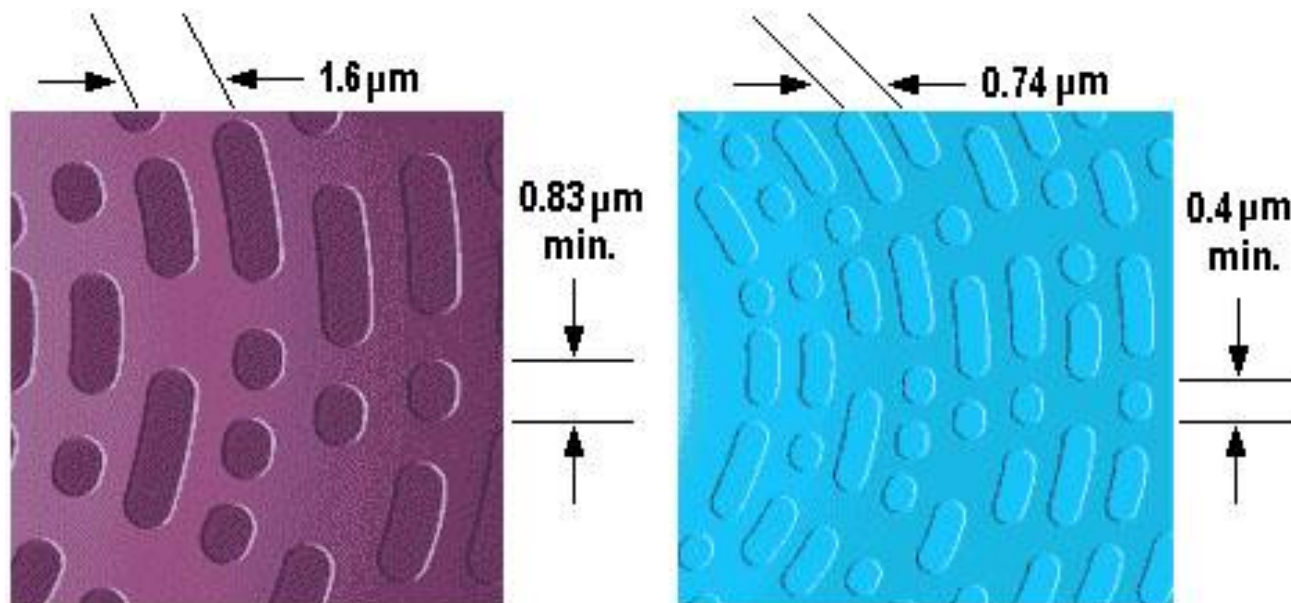
CD - RW



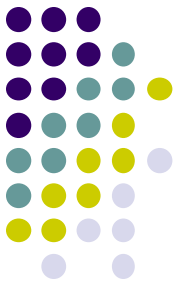
- Před vypálením nového záznamu, je nejprve nutné disk celý smazat (obvykle to určitou nemalou dobu trvá).
- Mazání je naštěstí rychlejší než zápis dat – zahříváme pouze na krystalizační teplotu, která je třikrát nižší než teplota pro vytvoření amorfní struktury
- Životnost disku je omezena počtem mazacích/zápisových cyklů
- Málokteré disky se podaří přepsat více než 500x (rozumná hodnota je 100x)
- Podpora čtení CD-RW v některých mechanikách nemusí být zaručena (změny odrazivosti jsou zde zcela jiné než na CD nebo CD-R)
- V současné době se již CD-RW média nevyrábějí – paměti flash dnes nabízejí levnější a rychlejší uložení většího objemu dat než je kapacita CD

DVD

- Digital Video Disc / Digital Versatile Disc
- DVD bylo uvedeno na trh v Japonsku roku 1996
- Na první pohled je disk DVD stejný jako disk CD.
- Stejně jako na CD jsou data uložena ve formě prohlubní ve spirálové stopě
- Až sedminásobné kapacity oproti CD bylo dosaženo zmenšením pitů a zkrácením vzdálenosti mezi jednotlivými okruhy spirály

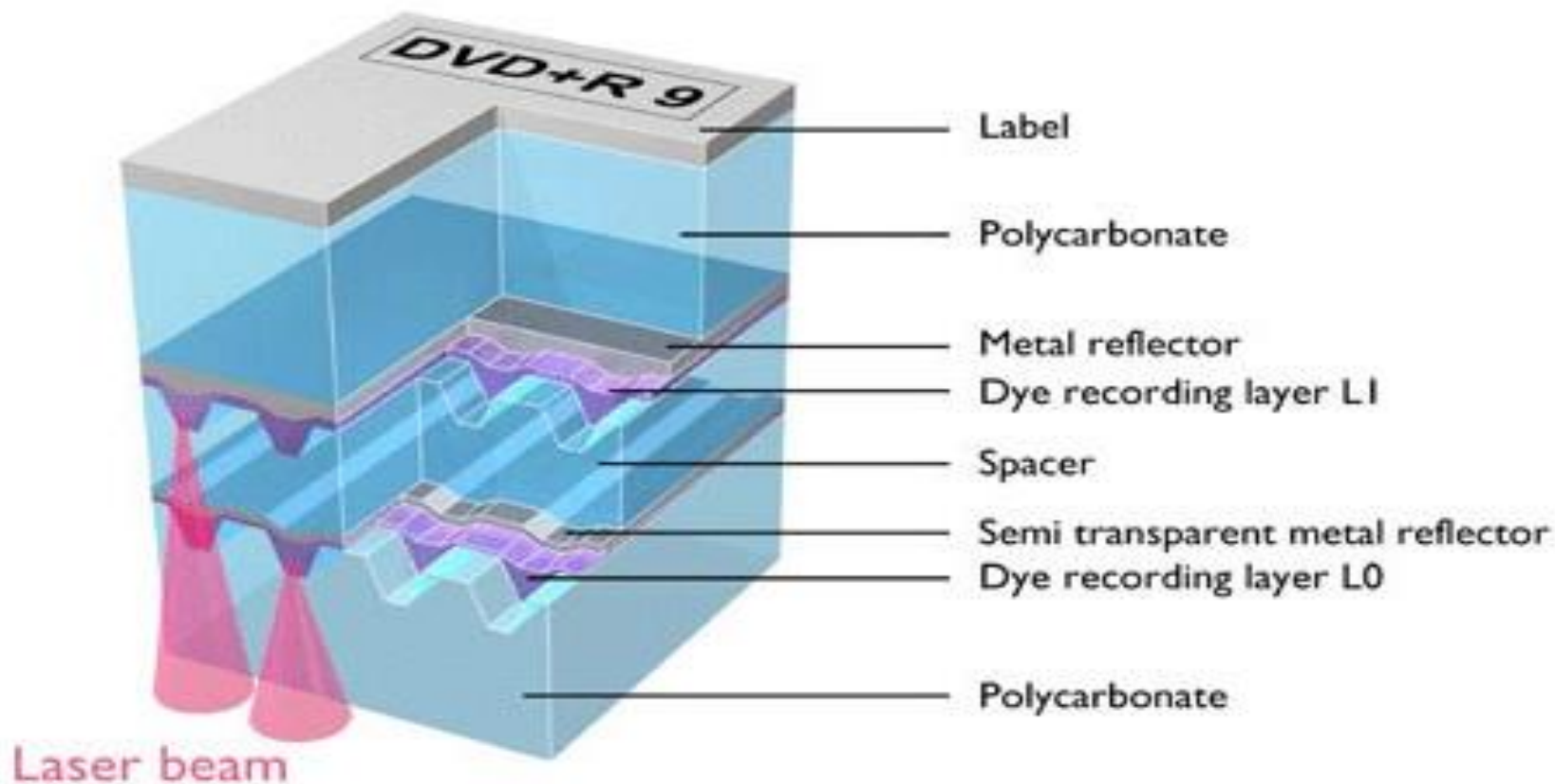
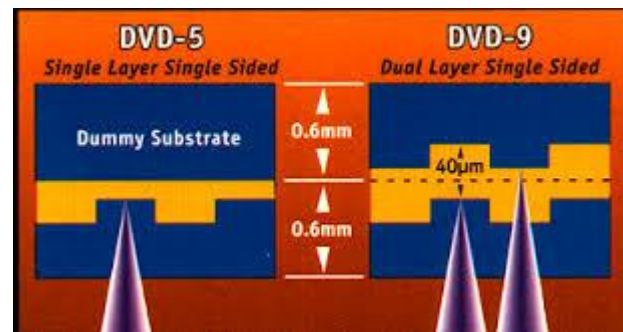


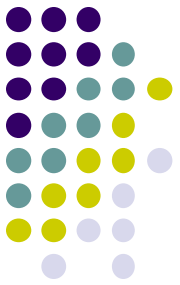
DVD - vývoj



- Došlo k úpravě **vlnové délky laseru** čtecí hlavy z infračerveného pásma (780 nm) do **červené barvy (635 – 650 nm)**
- Aby laser nemusel „cestovat“ tak dlouhou cestu skrz disk, došlo u prvních prototypů k zúžení disku - výsledkem byl disk s **tloušťkou 0,6 mm**
- Vystala myšlenka, jak dále zvýšit kapacitu - a sice použít obě strany média – DVD se slepilo ze dvou 0,6 mm tlustých disků a bylo oboustranné, kapacita byla dvojnásobná
- Toto jednoduché řešení by mělo jednu nevýhodu - médium se muselo manuálně obracet
- Výhodnější se ukázalo použití **vícevrstevného záznamu**.
- **Dvouvrstvé** DVD má **poloreflexivní** a **reflexivní** vrstvu
- Obě dvě vrstvy se nacházejí těsně nad sebou
- Nelze zde uložit dvojnásobný počet dat, protože na druhé vrstvě nejsou data uložena tak hustě, ale i tak se kapacita zvýší z 4,7 na 8,5 GB

Dvouvrstvé DVD





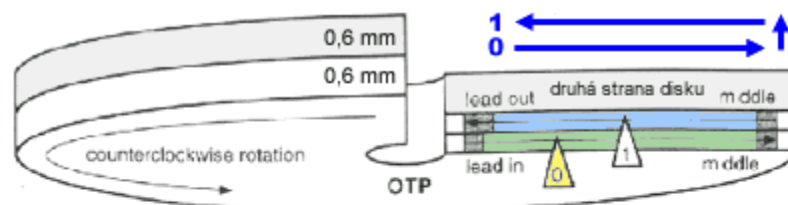
Kapacita DVD

- Pro **jednovrstvé** lisované dvd je zavedena zkratka **DVD5**
- Pro **dvouvrstvé** lisované dvd zkratka **DVD9**
- Kapacita DVD není uvedena v Giga 2^{30} , ale v Giga 10^9
- **DVD5 - 4,7 GB** DVD = 4 700 000 000 Bajtů
- Takže **4,7 GB** pojme obsah **4,34 GB (GiB)** (dle výrobců pamětí)
- **DVD9 – 8,5 GB** = 8 500 000 000 B = **7,92 GiB**
- **Jednovrstvé DVD** obsahuje 2,298,496 sektorů
- **Dvouvrstvé DVD** obsahuje 4,171,712 sektorů
- Stejně jako u CD, i zde sektor obsahuje **2kB** dat
- Pozor, výrobci **CD** chápou Megabajty stejně jako výrobci pamětí – kapacita CD 700 MB je tedy $700 \cdot 1024 \cdot 1024$ B (tedy jde o Mebibajty)

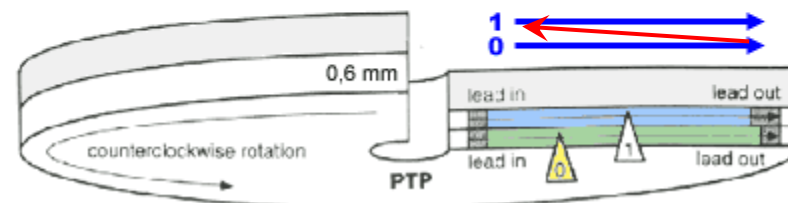
DVD – dvě vrstvy



- Existují dvě možné orientace stopy na dvouvrstvě DVD
- PTP** – Parallel track path – Na obou vrstvách začíná záznam uprostřed a pokračuje směrem k vnějšímu okraji – používá se u datových DVD
- OTP** – Opposite track path – Stopa na druhém povrchu začíná na vnějším okraji a čte se směrem ke středu (spirála se tedy čte v opačném směru než na prvním povrchu) – běžné pro video DVD9
- Při přehrávání videa na dvouvrstvě DVD může při přechodu čtení z jedné vrstvy na druhou dojít k prodlevě (obraz se na chvíli zastaví – není to chyba disku ani mechaniky)



Opposite Track Path (typický DVD-Video)

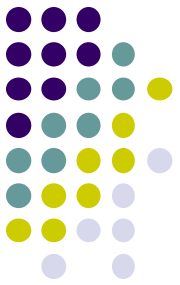


Parallel Track Path (typický DVD-ROM)

DVD Video



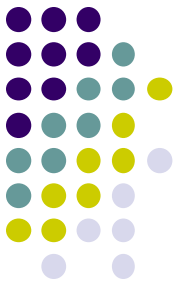
- Jako obrazový formát byl zvolen již dříve existující standard pro digitální záznam obrazu **MPEG2**
- MPEG2 se používal také digitální televizi (DVB)
- V současné době ho považujeme za zastaralý kodek
- Daleko vyšší efektivitu a kvalitu nabízí novější kodeky MPEG4 (h.264, divx)
- Pro nový standard digitálního televizního vysílání se používá ještě lepší kodek HEVC (poměr kvalitu:datový tok je zde nesrovnatelná oproti MPEG2)
- Používat dnes ještě DVD pro ukládání videa nedává příliš smysl
- Aby video DVD bylo atraktivnější, video data byla obohacena o možnosti menu, titulky, různé úhly záběru, více zvukových stop – vznikl soubor formátu **VOB**, který obsahuje vše dohromady (multiplex obrazových, zvukových a dalších dat, aby to šlo číst vše naráz průběžně z jednoho souboru)



DVD – Rychlost a kapacita

- Rychlost mechaniky typu **DVD** se udává jako **násobek 1350 kiB/s**
- Tzn. například, že mechanika s rychlostí **16×** umožňuje přenosovou rychlost $16 \times 1350 \text{ KiB/s} = 21600 \text{ kiB/s}$ (neboli 21,09 MiB/s)
- Zde již rychlost nemůže být odvozena od nějaké „základní rychlosti“ čtení videa, jako tomu bylo u zvukového CD, protože každé video může být zaznamenáno s jiným datový tokem
- Datový tok může být dokonce v čase proměnný (tedy každá sekundu video záznamu je reprezentována nestejným objemem dat)
- Maximální přípustný datový tok videa na standardním DVD je 10000 kb/s, tj. 1250 kB/s. Přičteme-li k tomu datový tok zvukového kanálu dostaneme 1350 kB/s, což by měla umět přehrát každá mechanika z libovolného místa na disku při přehrávání videa uloženého v maximální možné kvalitě

DVD-R



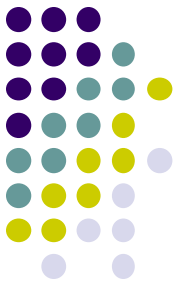
- Firma **Pioneer** v roce 1997 přichází s prvním **zapisovatelným** DVD
- Disk je jednovrstvý a má kapacitu 4,7 GB
- Na výrobu disku byl využit podobný materiál jako u CD-R, kvůli odlišné vlnové délce laserového světla při čtení a zápisu DVD, se použijí nepatrně odlišná organická barviva
- DVD-R bylo možné přehrát i v optických mechanikách a přehrávačích, které byly určeny pro DVD a vyrobeny v době, kdy žádná technologie zapisovatelných DVD ani neexistovala
- Na DVD-R je již při výrobě vytvořena **spirálová stopa** opatřená takzvanými **pre-pity**, které slouží k navádění laserového paprsku při zápisu dat

DVD - RW

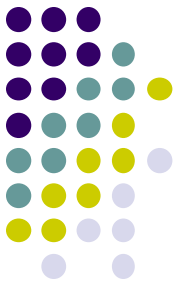


- Opakovaně **přepisovatelné** DVD
- Technologii DVD-RW vytvořila v roce 1999 opět firma Pioneer (v konsorciu s dalšími výrobci)
- Podobně jako u přepisovatelných kompaktních disků CD-RW, je i u DVD-RW použit zápis dat, jehož princip je založen na **změně fáze** materiálu datové vrstvy (*krystalická propustná – amorfni méně propustná*)
- Při každém zápisu dat dochází ke kumulujícím se **degradacím** datové vrstvy, především vlivem skokové změny teploty a následným pnutím ve vrstvě, vznikem mikrotrhlinek
- DVD-RW zvládne přibližně **500 záznamových cyklů**

DVD+...



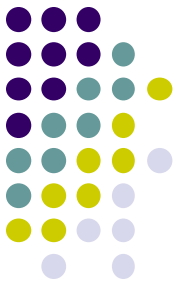
- Za vývojem této technologie je konsorcium firem **Sony, Philips, Hewlett-Packard, Ricoh, Yamaha a Mitsubishi**
- původní licence na **DVD-R** a **DVD-RW** byly pro výrobce přehrávačů a mechanik poměrně nákladné, nehledě na to, že se muselo platit přímým konkurentům (firmě Pioneer)
- Právě z tohoto důvodu vznikla **DVD+ aliance** výše zmíněných firem, které vytvořily konkurenční technologii **DVD+RW** a **DVD+R**
- **DVD +** disky jsou záměrně trochu jiné než DVD -, aby nespadaly pod patent, který drží Pioneer
- V prvních letech vývoje zapisovatelných DVD nebyly plus a minus formáty vzájemně kompatibilní – mechanika podporovala buď + nebo - variantu
- Dodnes jsou používány všechny čtyři typy zapisovatelných a přepisovatelných optických médií
- Nedošlo ani k tomu, že by jeden typ médií výrazně převažoval nad dalšími typy
- Moderní zařízení jsou sice konstruována tak, aby pracovala se všemi prozatím vyjmenovanými typy médií
- Některé velmi staré DVD přehrávače mohou mít problémy s *DVD+R* a *DVD+RW*, kterou jsou více odlišné od lisovaných disků než DVD-R a DVD-RW



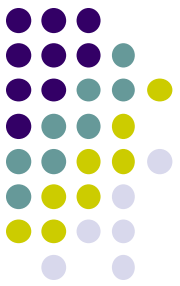
DVD+RW

- Vývoj technologie DVD s **plusem** v názvu přesně opačný, než jak bychom očekávali
- Nejdříve totiž bylo vyvinuto přepisovatelné médium **DVD+RW** a až potom **DVD+R**
- První výrobky se na trhu objevily teprve koncem roku **2001**
- Ačkoliv je tento formát po technologické stránce velmi podobný DVD-RW, používá některé speciální techniky umožňující nepatrně lepší čitelnost obsahu DVD+RW disků v běžných mechanikách a přehrávačích

DVD+R

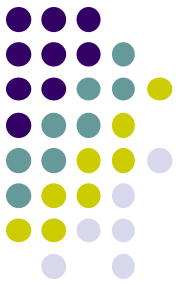


- První DVD+R disky a vypalovačky byly vyrobeny až v roce **2002**
- Na rozdíl od DVD-R je použit jiný systém ochrany proti chybám a jiná synchronizace při zápisu (předlisovaná stopa a předlisované pity)
- DVD+R zpravidla obsahuje o 3000 datových sektorů méně než DVD-R



DVD-RAM

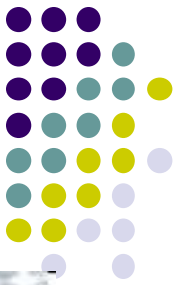
- Přepisovatelný disk
- Nejméně kompatibilní formát ze všech, který to však vynahrazuje unikátními vlastnostmi, jež ostatní nemají
- Chová se stejně jako pevný disk a také používá stejný způsob záznamu
- Zatímco ostatní DVD formáty ukládají data do spirály stejně jako klasické CD, zde se data ukládají do sektorů umístěných v soustředných kružnicích - stopách
- Pokud je nějaká část záznamu vymazána, volné místo je okamžitě dostupné pro další nahrávku (to DVD±RW neumí)
- Vzhledem k tomu, že DVD-RAM má mnohem lépe vyřešenou detekci a korekci chyb, umožňuje provést mnohem více přepisů než ostatní dvě technologie (sto tisíc přepisů)
- oboustranná optická média *DVD-RAM* ve verzi 2.0 mají kapacitu 9,4 GB oproti 8,5 GB u dvouvrstvých *DVD-RW* či *DVD+RW* médií
- V současné době se prakticky nepoužívá. Smysl měl v době, kdy neexistovaly flash disky
- Cena je cca 60 Kč za jednostranný disk, tedy asi 13 Kč/GB



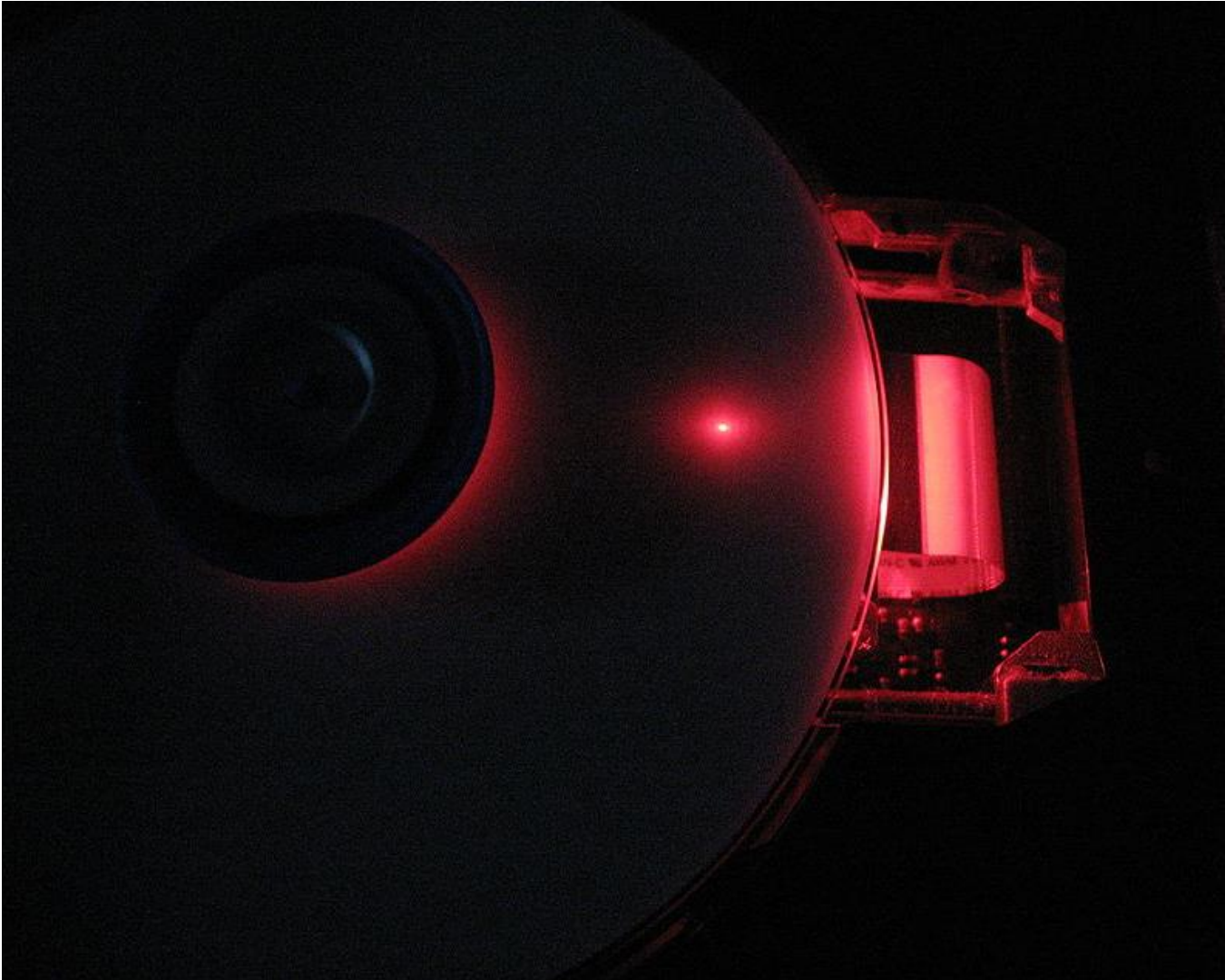
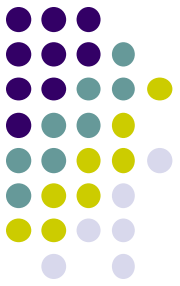
DVD+-R DL – DVD9

- Technologie dvouvrstvých zapisovatelných DVD disků
- DL = Dual layer / Double layer
- **DVD-R DL** má 4,171,712 sektorů - 8,54 GB
- **DVD+R DL** má 4,173,824 sektorů - 8,54 GB
- Prázdná média jsou cca 2,5x dražší než jednovrstvá (přitom kapacita je jen necelý dvojnásobek) a jejich vypalování a čtení je problematičtější
- 8 GB fotografií je výhodnější (levnější i bezpečnější) vypálit na dva jednovrstvé disky, než na dvouvrstvý disk DL
- Vyplatí se snad jen pokud chcete zálohovat film, který se nevejde na jedno DVD a nechcete ho mít rozdělený

DVD mechanika



Odkrytá mechanika během vypalování

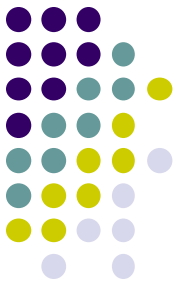


Blu Ray



- Zatímco u CD se používá vlnová délka **780 nm** (infračervené světlo), je u DVD použito světlo z červené oblasti viditelného spektra, konkrétně **650 nm**
- Čím má paprsek kratší vlnovou délku, tím lépe jde zaostřit (proto se například používají elektronové mikroskopy, kde vlnová délka elektronu záleží na jeho urychlení a pohybuje se v řádu pikometrů)
- **Kratší vlnová délka** dovoluje použití **menších pitů** i zúžení a přiblížení datové stopy a tím pádem i **zvýšení hustoty** a kapacity
- Dlouhou dobu nebyla k dispozici technologie pro výrobu modrých laserových diod s potřebnou vlnovou délkou
- BluRay používá laserové světlo s vlnovou délkou **405 nm**
- Philips, Sony a Pioneer – konsorcium, které pracovalo na *DVR Blue* (právě tento projekt vyústil k dnešnímu **Blu-ray**)
- Toshiba s firmou NEC navrhla standard **HD DVD**
- Válka formátů po několika letech skončila, protože HD DVD již není aktivně vyvíjeno, zvítězil formát Blu-ray

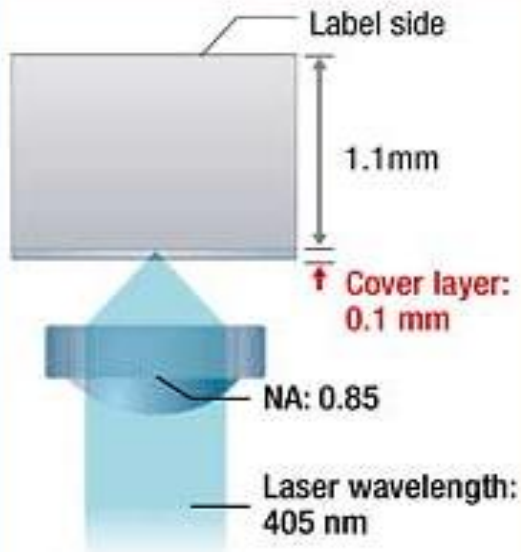
Blu-ray



- disk o průměru **12 cm**
- kapacita jedné vrstvy **25 GB**
- ve dvouvrstvé technologii pak lze dosáhnout až **50 GB**
- musela se zmenšit tloušťka polykarbonátového disku na čtecí straně, aby nedocházelo k disperzi úzkého laserového paprsku, což má ovšem za následek **menší odolnost vůči škrábancům**
- **Jednorychlostní** mechaniky zvládne datový tok cca **4,5 MB/s** za sekundu
- U mechaniky 12-rychlostní (to je v současnosti nejvyšší komerčně dostupná rychlost) je dosažitelný datový tok 54 MB/s
- Při přehrávání videa je datový tok proměnný (v závislosti na kompresi videa a jeho datovém toku)
- Pro **HDTV** rozlišení (1920x1080) se používal buď zastaralý kodek **MPEG-2** (stejně jako u *DVD*) nebo novější **H.264**

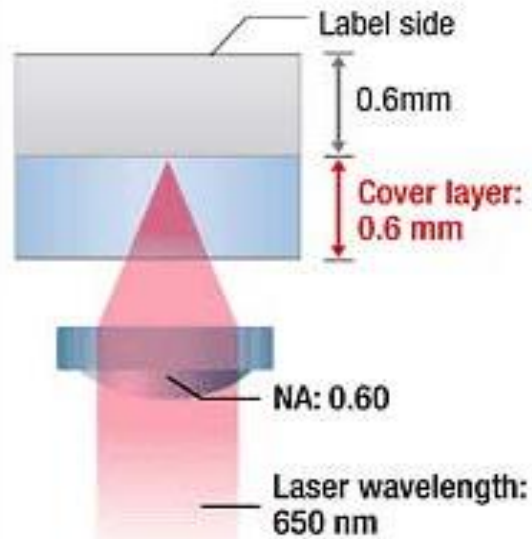


Blu-ray Disc



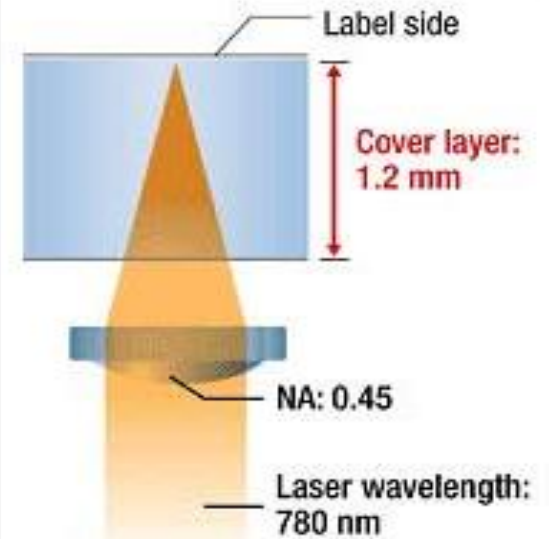
Capacity: **25GB**

DVD

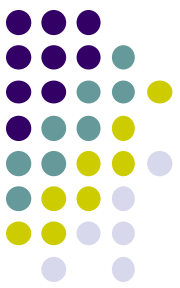


Capacity: **4.7GB**

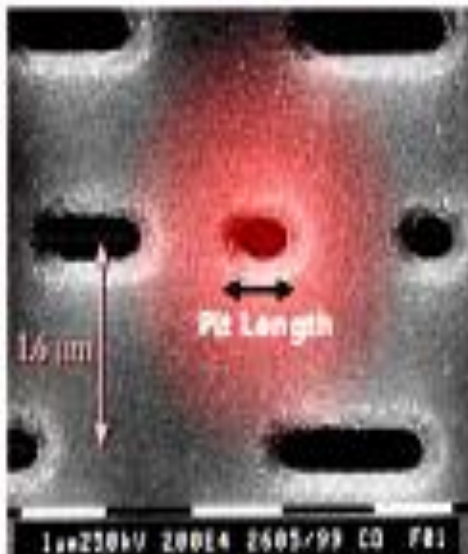
CD



Capacity: **700MB**

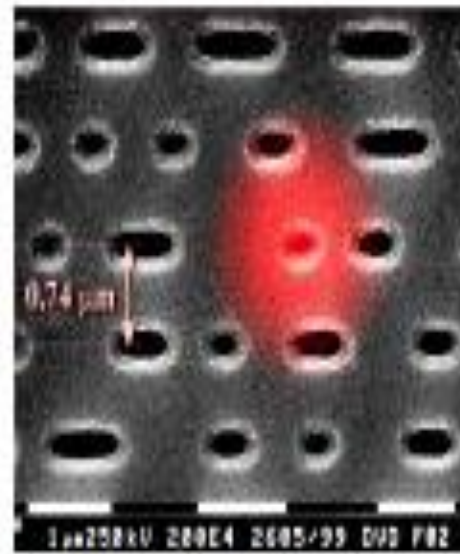


CD 0.7 GB



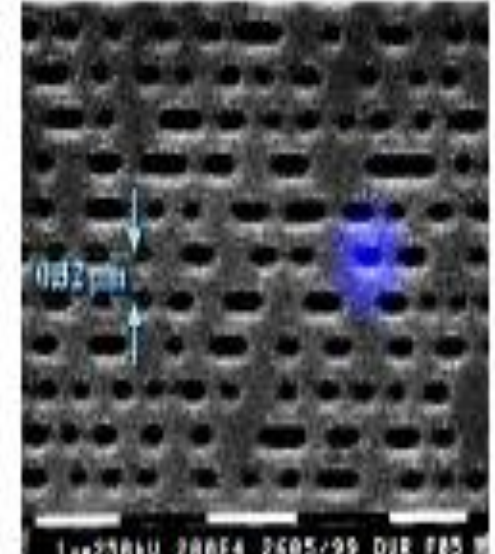
Track Pitch: 1,6 μm
Minimum Pit Length: 0,8 μm
Storage Density: 0,41Gb/in²

DVD 4.7GB

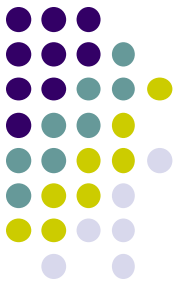


Track Pitch: 0,74 μm
Minimum Pit Length: 0,4 μm
Storage Density: 2,77Gb/in²

Blu-ray Disc 25GB



Track Pitch: 0,32 μm
Minimum Pit Length: 0,15 μm
Storage Density: 14,73Gb/in²



Používané zkratky

- BD-ROM – disk pouze pro čtení
- BD-R – disk k jednorázovému zápisu
- BD-RE – přepisovatelný disk
- Klesající cena flash pamětí a pevných disků způsobuje stále nižší prodej a využívání optických medií a zejména BD disků
- Budoucnost této technologie je nejistá
- Do technologie budoucnosti **HVD** se firmám nechce investovat a její vývoj zamrzl

HVD



- **Holographic Versatile Disc**
- Využívá technologie známou jako kolineární **holografie**, kdy **dva lasery**, jeden červený a jeden modrozelený spolu interferují
- běžné medium má zapis "plochý" (CD, DVD, HD-DVD, BLU-RAY)
- na HVD se zapisuje trojrozměrně - záznam probíhá nejen na ploše záznamové vrstvy, ale i v její hloubce
- Současné technologie umožňují záznam 500 GB na jeden disk
- Do budoucna se předpokládá a kapacitou okolo 4 TB

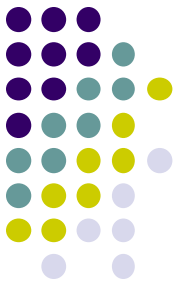


Životnost CD, DVD



- Skutečnou životnost lisovaných CD zatím nikdo nezná – první CD vyrobená před třiceti lety stále bez problémů fungují
- Pokusy v extrémních laboratorních zátěžových testech naznačují životnost přes 200 let
- Životnost disku ovlivňuje především zacházení s ním
- I lisované CD se může při nevhodném zacházení po několika měsících stát nečitelné
- Životnost lisovaného CD nejvíce ovlivňuje teplo a vlhkost (může způsobit korozi), ohýbání (mikroskopické praskliny reflexivní vrstvy) a podélné škrábance (ztráta velmi dlouhého úseku dat)
- Nejzranitelnější je disk z rubové strany (ze strany „nahore“ při vkládání do mechaniky), protože zde není tlustý ochranný lak
- Lisovaná DVD jsou o něco málo méně odolnější než CD (důvodem je nižší tloušťka plastová průhledné ochranné vrstvy na spodní straně disku a tím nižší odolnost proti poškrábání a vyšší hustota záznamu)

Životnost CD-R, DVD-R

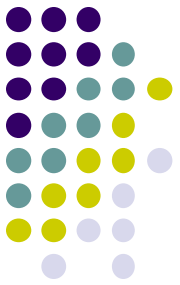


- Životnost vypalovaných disků je odhadována na 30-100 let
- Velký vliv na životnost má zacházení s diskem, teplota a vlhkost při skladování a zejména ochrana před světlem a UV zářením
- UV záření dokáže narušit barvivo reflexní vrstvy a snížit kontrast mezi vypálenými píty
- Běžná CD-R, DVD±R přežijí na přímém slunečním světle maximálně půl roku
- U nekvalitních disků může být problémem vnitřní koroze – chemická reakce mezi jednotlivými vrstvami „sendviče“, kterým je disk tvořen
- Pamatuje: Každým dotekem disku, nepatrným ohnutím, vyjmutím z krabičky, vložením do přehrazače, se nevratně stávají nečitelnými stovku píťů

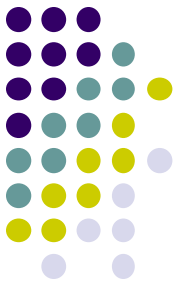
Životnost RW disků (CD-RW, DVD±RW)



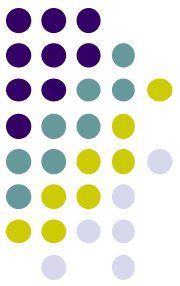
- RW disky jsou odolnější vůči působení UV záření (v podstatě jim nevadí, pily zde nejsou zaznamenány jako rozdíl reflexivity barviva, ale jako změna fáze krystalická-amorfní)
- Jsou ale méně odolné proti poškrábání, protože obecně již po vypálení obsahují více chyb (médium stárne, v materiálu vznikají opakovaným zahříváním při vypalování nevratné trhlinky a defekty)
- RW disky jsou vyrobeny z méně stabilních materiálu – tzn. degenerují více bez vnější příčiny pouze působením času
- U těchto disků se nepředpokládá jejich použití pro dlouhodobou archivaci dat, ale spíše pro krátkodobé opakované uložení různých dat



- **Je pro životnost média směrodatné, jaká data jsou na něm uložena (hudba, datové soubory apod.)?**
- U DVD nosičů, z principu, ne, jelikož zápis zde probíhá vždy v témže formátu, s jednotnou technologií pro opravu chyb
-
- V případě CD-R existuje větší množství formátů zápisu, které se liší úrovní chybové korekce. Například při čtení dat z média, které je zapsáno jako datové, probíhají procedury pro detekci a opravy chyb, zatímco u hudebního CD nikoliv



- **Jaká je nejčastější příčina poškození dat na optických nosičích?**
 1. **Poškození způsobené uživatelem**, jako jsou škrábance, otisky prstů a další vady způsobené fyzickou manipulací s médiem
 2. **Nevhodné skladování** - například v autě, kde je horko, nebo na místě vystaveném přímému slunečnímu svitu - tím dochází k rozkladu záznamové vrstvy
 3. **Kvalita vypálení** bývá často nedostatečná, a to jak z důvodu vadných vypalovaček, příliš vysokých rychlostí zápisu, tak i tím, že ne všechna média jsou výrobcem té které vypalovačky otestována
 4. **Chyby v médiích**, které vznikly již při samotné výrobě, sehrávají taktéž svou roli. Typické je například špatné těsnění jednotlivých vrstev, které způsobí, že kyslík z ovzduší se dostane do záznamové či reflektivní vrstvy a ta následkem toho koroduje



Kontrolní otázky

- Kolik stop obsahuje CD ? **jednu**
- Na poloprázdném CD disku se záznam nachází blíže ke středu nebo blíže k obvodu ? **Ke středu**
- Jaký průměr a tloušťku má CD, DVD, BluRay ? **12 cm, 1.2 mm**
- Jakou barvu má laser, který čte data z CD ? **infračervený**
- Jakou barvu má laser, který čte data z DVD ? **červený**
- Jakou barvu má laser, který čte data z Blu-Ray ? **modrý**
- Kolik užitečných bajtů je uloženo v jednom sektoru datového CD disku ? **2048 B**
- Kolik užitečných bajtů nesoucích informaci o zvuku je uloženo v jednom sektoru CD disku ? **2352 B**
- Kolik užitečných bajtů je uloženo v jednom sektoru datového DVD disku ? **2048 B**
- Kolik užitečných bajtů je uloženo v jednom sektoru video DVD disku ? **2048 B**
- Jak byla stanovena základní 1x rychlost pro čtení CD disku ? **Musí umět z libovolného místa přečíst 75 sektorů, 150 KB**
- Jak byla stanovena základní 1x rychlost pro čtení DVD disku ? **Maximální datový tok na 1 sekundu (10 000 Kb/s + 1000 Kb/s = 1350 KB/s.)**
- Jaký nejvyšší datový tok je dosažitelný při čtení datového CD disku 52-rychlostní mechanikou ? **52*75*2KB = 7800 KB/s**
- Umí 48x rychlostní CD mechanika číst data z disku touto rychlostí v kterémkoliv místě ? Vysvětlete situaci. **Bude používat CAV a tedy nejvyšší rychlost čtení bude na konci stopy**
- Jak je uložena na CD jedna sekunda zvuku ? **176400 bajtů**
- Co je to CIRC ? **Samoopravný kód s prokládáním**
- Co je to EFM ? **8b14b**
- Co je to pit a land a jak je lze laserem detekovat ? - **pit – vylišovaný důlek či vylišované barvivo či změněná slitina zahřátím, land – místo, kde není pit**
- Co je to matrice a patrice lisovaného disku ? – **matrice slouží k lisování, patrice je to, z čeho odleju matrici**
- Co je to CLV a CAV ? – **Constant length velocity – stejná rychlost čtení, různá rychlost otáček; constant angle velocity – není stejná rychlost čtení, ale stejná rychlost otáček**

Kontrolní otázky



- Porovnejte kapacitu CD, jednovrstvého DVD a dvouvrstvého DVD. Uveďte kapacitu v obou možných interpretacích významu předpon Mega- a Giga-
 - **CD – 700 MB (1024)**
 - **DVD – 4.7 GB (1000)**
 - **DVD (DL) – 8.5 GB (1000)**
 - **Blu-ray – 25 GB (1000)**
 - **Blu-ray (DL) – 50 GB (1000)**
- Co je to OTP a PTP DVD9 ? **DVD9 – lisované dvouvrstvé DVD, OTP - první vrstva začíná u středu, druhá na kraji, PTP – začíná vždy ve středu**
- Co vzniklo dříve, DVD+R nebo DVD-R a proč ? **DVD-R**
- Který typ disků je nejvíce citlivý na škodlivé UV záření ? **Jednorázově vypálená média (DVD+R, DVD-R, CD-R)**
- V čem se liší DVD-RAM od DVD-RW ? – **DVD-RAM má kruhové stopy, vypadá podobně jako disk, lze přepisovat po souborech**
- Jakým způsobem je dosaženo změn odrazivosti pitu a landu na RW discích ? – **v místě pitu v amorfním stavu, v místě landu a krystalickém stavu. Přes krystalický stav prochází lépe.**
- Kolik přepisů je možné provést na RW discích ? **Z jakého důvodu není počet přepisů neomezený ? – 500-1000x, reálně spíše 100x, při opakovaném zahřívání se vytváří trhliny a degradace**
- Jaký výkon používá laser při čtení a jaký při vypalování disku (přibližně) ? **Při čtení 0.001 W, při vypalování 0.5 W až jednotky**