

Optické disky – rozdělení, vlastnosti, hustota záznamu, PCAV, pit, čtecí a záznamová hlava, záznamový kód, organizace a zabezpečení dat na disku

Optické disky obecně

Optický disk (optické záznamové médium) je disk o standardním průměru 120 mm s unášecím otvorem o průměru 15 mm uprostřed a tloušťkou 1,2 mm. Na rozdíl od HDD plotny nemá soustředné kruhové stopy, ale jedinou spirálovitou stopu začínající u středu disku, na níž jsou stejně dlouhé sektory (jeden sektor má 2 048 B).

Land

Odrazová plocha. Dopadne-li laser na land, je téměř v plné intenzitě odražen zpět přes optickou soustavu a polopropustné zrcadlo (kterým je odražen) na fotodiody, na jejímž výstupu se objeví napěťový impuls.

Pit

Tzv. *rozptylová díra*. Dopadne-li laser na pit, je větší množství energie laseru rozptýleno, přičemž na výstupu fotodiody je téměř nulové napětí.

Rozdělení optických disků

Podle typu záznamového média

- a) CD (Compact Disc)
- b) DVD (Digital Versatile Disc)
- c) BD (Blu-Ray Disc)
- d) HD DVD (High Definition DVD) – v současnosti již není téměř podporován

Podle možnosti zápisu/přepisu informace

- a) **ROM (Read Only Memory)** – paměťové médium je určeno výhradně pro čtení, informace je do média zaznamenána lisováním jednotlivých pitů přímo při výrobě pomocí raznice (matrice) na níž je vytvořen obraz budoucí stopy a pitů
- b) **R (Recordable)** – paměťové médium obsahuje speciální vrstvu barviva, do které lze data jednorázově zapsat vypálením pitu pomocí laseru ve vypalovací mechanice, zapsanou informaci již nelze změnit ani vymazat; disky pro jeden záznam mají vrstvu pro záznam z organického barviva mezi substrátem a odrazovou vrstvou
- c) **RW (Rewritable)** – paměťové médium obsahuje záznamovou vrstvu ze speciální chemické sloučeniny, která mění působením tepelné energie laseru svůj stav z krystalického (vysoce odrazivý) na amorfní (rozptyluje laserový paprsek); zároveň má schopnost působením tepelné energie laseru vrátit se do původního stavu; umožňuje tedy vymazání původní informace a zapsání nových dat (v praxi asi 1 000× přepis); přepisovatelné disky mají záznamovou vrstvu nejčastěji slitiny stříbra, india, antimonu a telluru: AgInSbTe

Kompaktní disky CD (Compact Disc)

Nejstarší typ optické paměti. V roce 1980 přijat standard CD-DA (Digital Audio) určený pro záznam zvuku v digitální podobě. V roce 1985 rozšíření možností CD – možnost záznamu dat – vznikl standard CD-ROM. Původní standard CD-DA hovořil o možnosti uložení max. 74 minut hudby při použití digitálního stereo záznamu se vzorkovací frekvencí 44,1 kHz a 16 bity na každý vzorek. Tento standard byl převzatý do standardu pro účely datových disků CD-ROM. Výsledkem byl disk s maximální kapacitou 650 MB. Nejmenší délka pitu je 0,83 μm , vzdálenost drah 1,6 μm .

Standardy CD

Jsou popsány v tzv. *barevných knihách*. První, tzv. Red Book, byla normou pro záznam zvuku na disk a stanovila rychlost čtení na 150 kB/s. Poslední, tzv. White Book, definuje především disky a mechaniky pro přehrávání filmů.

CD formáty

- a) **CD-DA** – původní formát určený pro záznam zvuku v digitální podobě.
- b) **CD-ROM** – formát určený pro záznam dat

Fyzické formáty

Lisovaná CD-ROM – na disk je vše přímo vylisováno

Zapisovatelná CD-R – laserový impuls naruší vrstvu organického barviva → vznikne neodrazivá prohlubeň (pit); vypálený pit není tak kvalitní, jako lisovaný (je mělčí, nemá pravidelné okraje, některé starší mechaniky mohou proto mít se čtením takových disků problémy); čistý disk má předlisovanou spirálovou stopu; při čtení má laser výkon 4,5 mW, při zápisu se používá výkon 4–8 mW; při vypalování 4× rychleji je třeba 4× silnější laser; teplota dosahuje 250–400 °C; disk se skládá z následujících vrstev:

1. polykarbonát
2. předdefinovaná drážka
3. záznamové barvivo
4. reflexní fólie
5. ochranná laková vrstva (+ potisk)

Přepisovatelná CD-RW – datová vrstva je vytvořena ze slitiny, která při určité teplotě mění svou krystalickou strukturu na amorfní (zápis = změna na amorfní – tavení při 600 °C a chladnutí právě do amorfní struktury); je zapotřebí vysoký výkon laseru (desítky mW, průměrně 125); při odlišné teplotě (200 °C) se může dostat do původního stavu (mazání dat = zpětná krystalizace); ve fázi čtení postačuje výkon 0,5 mW; disk se skládá z následujících vrstev:

1. polykarbonát
2. předdefinovaná drážka
3. dielektrická vrstva
4. záznamový film
5. dielektrická vrstva
6. reflexní fólie
7. ochranná laková vrstva (+ potisk)

DVD (Digital Versatile Disc)

Nástupce kompaktního disku původně určený pro ukládání videa v digitální podobě (kvalitnější záznam oproti VHS), dnes se využívá také k ukládání dat. Rozměry jsou shodné s formátem CD.

Hustota záznamu

Velká kapacita disku je dána právě větší hustotou záznamu. Disk může navíc být oboustranný a dvouvrstvý. Používá se přesnější laser s kratší vlnovou délkou, který rozezná menší píty a landy. Je-li záznam ve dvou vrstvách, laserový paprsek se vždy zaostřuje pouze na jednu z nich. Spodní vrstva musí být polotransparentní.

Nejmenší délka píty je 0,4 μm , vzdálenost drah pak 0,74 μm .

Formáty DVD

- a) **DVD-video** – uložení videozáznamu, komprese standardem MPEG-2, kódování zvukové stopy standardně Dolby Digital (AC-3), někdy kvalitnější zvuk ve formátu DTS
- b) **DVD-audio** – náhrada audio CD disku, výhodou je kromě velké kapacity možnost uložit zvuk s vyšší vzorkovací frekvencí, větší bitovou hloubkou a větším počtem kanálů
- c) **DVD-ROM** – jen pro čtení, píty tvořeny lisováním, víceúčelový formát, nástupce CD-ROM
- d) **DVD-R/RW** – recordable/rewritable (až 1 000× přepis) – navržen pro max. kompatibilitu se starými mechanikami a přehrávači vzniklými dříve, než bylo možné na DVD zapisovat; DVD-R DL = DVD-R DualLayer (dvě záznamové vrstvy)
- e) **DVD+R/RW** – novější standard, nejprve vyvinuto +RW, pak +R; mechaniky mají větší odolnost proti chybám při zápisu; hlavní důvod vzniku = nákladné licence na DVD-R/RW → vznikla DVD+RW Alliance (Sony, Philips, HP, Ricoh, Yamaha, Mitsubishi), která vytvořila konkurenční technologii; současné mechaniky umějí pracovat s oběma standardy
- f) **DVD-RAM** – namísto jedné spirály použit systém kruhových stop rozdělených na sektory (obdobně jako u HDD), několik desítek stop vedle sebe má stejné množství sektorů; přepisovatelné (až 100 000×); uživateli se jeví jako další pevný disk; velmi dobrá detekce a korekce chyb při zápisu; dlouhá životnost záznamu; některé velmi staré OS vyžadují ovladač či pomocný program, aby dokázaly pracovat se souborovým systémem UDF, který je vhodný pro DVD-RAM; na rozdíl od ostatních uložen v ochranném pouzdře – rozděluje se n atypy podle vyjímatelnosti disku z pouzdra, průměru a dvouvrstvosti

DVD mechanika

Zvýšena přesnost vedení čtecí hlavy (dvojnásobná oproti CD); zmenšena vlnová délka laseru ze 780 nm na 650 nm – nelze tedy běžně číst CD-R a CD-RW, proto mechaniky používají dvojí laser a umožňují řízení intenzity laserového paprsku; paprsek je zaostřován na vzdálenost 0,6 mm (u CD mechanik 1,2 mm); DVD mechanika musí přečíst i dvouvrstvá média, ve kterých jsou obě datové strany čtené z jedné strany od sebe vzdálené pouze o desítky nm.

Vrstvy

Jednovrstvé a jednostranné

1. polykarbonát
2. stopa
3. reflexní vrstva
4. polykarbonát
5. potisk

Oboustranné

1. polykarbonát
2. stopa
3. reflexní vrstva
4. stopa
5. polykarbonát

Dvouvrstvé

1. polykarbonát
2. stopa – záznamová vrstva L0
3. polopropustní reflexní vrstva
4. distanční vrstva
5. stopa – záznamová vrstva L1
6. reflexní vrstva
7. polykarbonát
8. potisk

BD (Blu-Ray Disc)

Nástupce DVD disků původně určený pro ukládání videa ve vysoké kvalitě (HD formát) včetně prostorového zvuku. Je využíván také pro ukládání dat. Rozměry jsou shodné s formáty CD a DVD. Velká hustota záznamu je umožněna dalším zmenšením pitů, což zároveň vede ke zmenšení vlnové délky laserového paprsku ze 650 nm (červená barva) (u DVD) až na 405 nm (modrofialová barva).

Základní kapacita jednovrstvého BD média je 25 GB. Došlo také ke zmenšení polykarbonátové vrstvy na čtecí straně (data jsou 0,1 mm pod povrchem), aby nedocházelo k nežádoucímu rozptylu laserového paprsku. To má však za následek menší odolnost vůči škrábancům (nejvíce odolné zůstávají disky CD).

Velká kapacity a vysoká přenosová rychlost předurčuje BD pro přehrávání filmů v rozlišeních HDTV – používá se kompresní standard MPEG-2 stejně jako u DVD nebo novější H.264.

Formáty

- a) **BD-ROM** (Blu-Ray Read Only Memory)
- b) **BD-R** (Blu-Ray Recordable)
- c) **BD-RE** (Blu-Ray REwritable)

HD DVD (High Definition DVD)

Stejná základní struktura jako formát DVD. Hustota záznamu se oproti DVD výrazně zvýšila (vzdálenost drah pitů 400 nm místo 740 nm a nejmenší délka pitu 204 nm místo 400 nm). Princip spočívá ve spojení dvou (resp. až tří) vrstev tak, aby součet jejich tloušťek vyšel opět 1,2 mm.

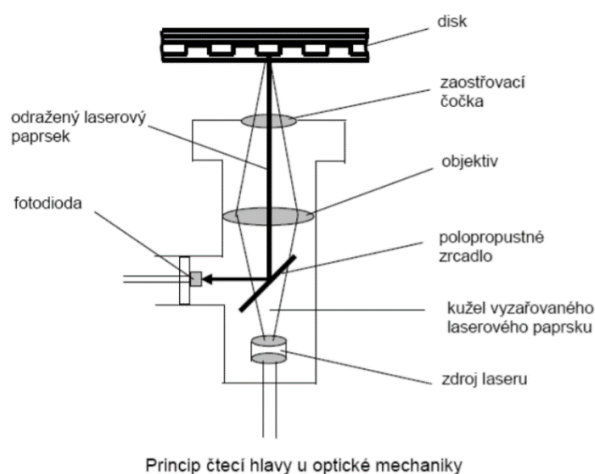
Je použita technologie modrofialového laseru (405 nm jako u Blu-Ray), která zmenšení pitů, a tedy zvýšení kapacity disku umožnila. Jednotlivé vrstvy mohou obsahovat 15 GB, výsledná kapacita jednostranného disku je tedy maximálně 45 GB.

Mechanika optických médií – čtení dat

Nejdůležitější část optické mechaniky je *optická hlava* skládající se z polovodičového laseru, čočky pro usměrnění laserového paprsku, polopropustného zrcadla a fotodiody. Laser pro práci s CD má vlnovou délku 780 nm (červený laser), DVD 650 nm a Blu-Ray s HD DVD 405 nm (modrofialový laser).

Čtení dat je prováděno laserem, který je pomocí vystavovacího mechanismu (typicky krokový motorek) naváděn přesně nad střed stopy.

Samotné jedničky a nuly nejsou reprezentovány landy/pity, ale přechodem¹ mezi nimi (log. 1). Při přechodu mezi pitem a landem se změjí odrazivost další části zápisu – v momentě změny odrazivosti je také změněn proud na výstupu fotodiody (než se narazí na další přechod). Tato změna je obvodem následně interpretována právě jako logická 1.



Záznam a záznamový kód

Data jsou na disk zapisována až po zakódování technikou Eight-to-fourteen (EFM) a přidání *merge bitů*². Aby nevznikla situace, kdy by za sebou následovalo příliš velké množství nul (docházelo by k degradaci sledování pozice), byla vytvořena tabulka pro všechny osmibitové kombinace nul a jedniček. Každé dvě logické hodnoty 1 musí být odděleny minimálně dvěma nulami. Každý bajt je podle této tabulky převeden a následně jsou mezi dva zakódované bajty (celkem tedy 28 bitů) vloženy 3 merge bity podle toho, jak vloženy být mohou³.

Např. binární hodnota 00000000 je dle EFM tabulky převedena na hodnotu 01001000100000. Jakmile je převeden další bajt, jsou mezi tyto dvě hodnoty vloženy merge bity a tato celá hodnota je fyzicky zapsána na disk.

¹ viz první stránka, nadpisy Land a Pit

² merge bity = 3 bity vkládané mezi každé dvě čtrnáctibitové „EFM části“

³ např. mezi EFM končící 1 a EFM začínající 1 může být vloženo jediné „000“, jinak by nebyla splněna podmínka, že mezi jedničkami musí být minimálně dvě nuly

EFM modulace zároveň umožňuje detekci chyb.

P-CAV (Partial Constant Angular Velocity)

Kombinace CAV⁴ a CLV⁵ – disk se určitou dobu otáčí konstantní úhlovou rychlostí (CLV) a v jistém místě přechází na konstantní rychlost obvodovou (CAV). Některé mechaniky se při čtení u kraje média vrací zpět na CLV. Mechaniky pracující s P-CAV jsou schopny zabezpečit větší datový tok než mechaniky čistě CAV se stejnou rychlostí. Jejich výkon se zvyšuje především u středu disku, kde je CLV velmi pomalá. Většina vysokorychlostních jednotek používá právě P-CAV.

Organizace dat na disku – systémy souborů

iso9660

Původní systém souborů vycházející ze standardu ISO 9660. Nelze do něj přidávat soubory – disk se musí vytvořit rovnou se všemi soubory, které má obsahovat. Vzhledem k tomu, že na disky typu -R lze zapsat jen jednou a -RW podporuje jen omezený počet zápisů, nevadí to. Pouze disk vytvořený podle tohoto standardu je plně přenositelný mezi různými operačními systémy.

Původní ISO 9660 (level 1) má mnoho omezení – např. délka názvu souboru byla omezena jen na 8 znaků + 3 znaky pro příponu, délka názvu adresáře pak jen na 8 znaků.

Microsoft standard rozšířil, čímž umožnil mj. zápis dlouhých názvů souborů a použití Unicode, vytvořil dvě rozšíření:

- a) **Joliet** (až 64 znaků v názvu souboru)
- b) **Romeo** (až 128 znaků v názvu souboru)

UDF (Universal Disc Format)

Novější souborový systém vzniklý pro potřeby DVD-RAM, lze ho však použít i na ostatních typech disků. Byl navržen jako náhrada za ISO 9660. Má zajistit možnost výměny dat mezi různými OS společně se snížením množství omezení, kterými trpí systém souborů iso9660.

Tento formát udržuje a vyvíjí OSTA⁶. V současnosti má několik verzí, z nichž nejpoužívanější je verze 1.02, jež je použita u formátu DVD-video.

Formát podporuje dlouhá jména souborů a složek – až 254 bajtů. Název může obsahovat jakýkoliv znak Unicode. Umožňuje také vytváření souborových linků, správu chyb a možnost ukládat k souborům metadata.

⁴ CAV (Constant Linear Velocity) – jednotky mění průběžně otáčky tak, aby byl zajištěn konstantní datový tok (u středu disku se používá 530 rpm a u vnějšího okraje pouze 230 rpm)

⁵ CLV (Constant Angular Velocity) – požadována co nejvyšší přenosová rychlost – při čtení datových tisků jsou otáčky konstantní a řadič čte data na vnějších stopách rychleji

⁶ OSTA – Optical Storage Technology Association

Zabezpečení dat na disku

Éra CD

Nahrávací společnosti a další firmy zabezpečovaly své disky proti nelegálnímu kopírování pomocí ISRC (International Standard Recording Code). Jde o dvanáctimístný alfanumerický kód nahrávky, který tuto nahrávku identifikuje. Obsahuje kód státu, kód výrobce, rok a kód nahrávky.

Ukázka kódu: ISRC US-K40-14-00212.

ISRC = identifikátor kódu; US = kód země; K40 = kód výrobce disku; 14 = poslední dvojčíslí roku vydání nahrávky; 00212 = pořadové číslo disku/nahrávky, nesmí se opakovat v jednom kalendářním roce.

Standard *Red Book* doporučuje na kompaktních discích použití ISRC.

Éra DVD

Filmové a distribuční společnosti se dohodly, že budou disky opatřeny speciálním kódem, který zajistí, že disky určené pro americký trh nebude nikdo nelegálně prodávat v Evropě. Vzniklo tak šest regionů, kde každý dostal svůj kód.

DVD mechanika při vložení disku automaticky detekuje kód země – pokud souhlasí s kódem mechaniky, disk lze přehrát. Většina mechanik má možnost si kód 5× změnit. Po vyčerpání počtu změn zůstává poslední kód natrvalo uložen v mechanice a již jej nelze změnit. Existují také DVD mechaniky, které kódy DVD disků ignorují.

Kód země	Oblast
1	USA, Kanada
2	Evropa, Japonsko, jižní Afrika, střední východ
3	Tchaj-wan, jihovýchodní Asie
4	Austrálie, Nový Zéland
5	Střední a jižní Amerika
6	Čína
0	bez kódu země