

Struktura počítačů

Jan Outrata



KATEDRA INFORMATIKY
UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI

přednášky



Vnitřní součásti počítače

- = (obvykle) obdélníkové plošné spoje s čipy (= **dedikované**), příp. s chladičem a
 - konektor (na kraji) pro zasunutí do slotu rozšiřující vnitřní sběrnice na základní desce (PCI, PCI Express)
 - konektory (na kraji) pro připojení displejů a periferií, vyvedené ven ze (zadní části) skříně
 - konektory (na kartě, kraji) pro připojení jiných vnitřních součástí: jiné karty, disková zařízení (pevné disky, mechaniky výměnných diskových médií), zdroj (dodatečné napájení) aj.
- grafická, zvuková, síťová, multimediální, diskové řadiče, řadiče vnějších sběrnic (pro periferie) a další
- **integrované/čipy na základní desce** – součást chipsetu, běžně zvuková, síťová, diskové řadiče, někdy i grafická (tzv. all-in-one)
- **integrované s procesorem** – v pouzdře s CPU, grafická, někdy i síťová
- **externí pro vnější sběrnice** – USB (zvuková, síťová), FireWire (diskové řadiče), Thunderbolt (grafická) aj.

- ~ grafický adaptér, videokarta, grafický akcelerátor (dříve zvlášť)
- = zařízení pro (2D) obrazový výstup počítače na displeji (monitoru)
 - rozšiřující sběrnice dnes PCI Express 16×, popř. AGP, dříve PCI, VLB
 - integrovaná v chipsetu, procesoru (Intel Graphics, AMD APU), externí (Thunderbolt)
 - součásti (čipy na kartě):
 - **grafický procesor (GPU)** – vytváří obraz(y) ze vstupních dat v grafické paměti, implementace grafických operací, 3D grafiky, dekódování videoformátů, obecné paralelní výpočty (General Purpose GPU, **GPGPU**) aj.
 - části: tzv. (unifikované) **shadery**/„jádra“ (programovatelné RISC procesory, dříve pixel a vertex), řadič grafické paměti, cache, různé jednotky (např. texturovací, renderovací) aj.
 - pasivní (kovový chladič, heatsink) nebo aktivní chlazení (chladič s ventilátorem, heatpipes)
 - **grafická paměť** – uložení obrazových a dalších dat, u integrovaných „karet“ v operační paměti, propojení s GPU 32–1024-bitovou sběrnicí, **GDDRn** (Graphics DDR), **HBMn**, dříve EDO, VRAM (Video RAM), SGRAM, (DDRn) SDRAM
 - VPU (Video PU), Video BIOS, příp. převodníky videosignálu (např. RAMDAC na analogový výstup, ze vstupu = VIVO), aj.
 - výrobci GPU: Nvidia, AMD (dříve ATI), Intel, Matrox, VIA/S3, ARM, Qualcomm aj.
 - výrobci karet: Asrock, Asus, AMD, Gigabyte, Matrox, Nvidia, MSI, S3, Sapphire aj.

Grafická karta (graphic card)



Grafická karta, zdroj



- konektory pro displeje (ven): VGA = D-SUB, S-Video/kompozitní/komponentní (analogové), DVI, HDMI, DisplayPort (digitální)
- konektory (na kartě, kraji): pro zdroj (PCI-E Power, dodatečné napájení), jiné karty (grafické, multimediální) aj.
- parametry: počet shaderů/ „jader“ a frekvence GPU (až stovky a jednotky GHz), velikost a frekvence grafické paměti (až desítky GB a GHz), **režimy zobrazení** (maximální grafický), API 3D grafiky, GPGPU, dekódované videoformáty atd.

- konektory pro displeje (ven): VGA = D-SUB, S-Video/kompozitní/komponentní (analogové), DVI, HDMI, DisplayPort (digitální)
- konektory (na kartě, kraji): pro zdroj (PCI-E Power, dodatečné napájení), jiné karty (grafické, multimediální) aj.
- parametry: počet shaderů/ „jader“ a frekvence GPU (až stovky a jednotky GHz), velikost a frekvence grafické paměti (až desítky GB a GHz), **režimy zobrazení** (maximální grafický), API 3D grafiky, GPGPU, dekódované videoformáty atd.

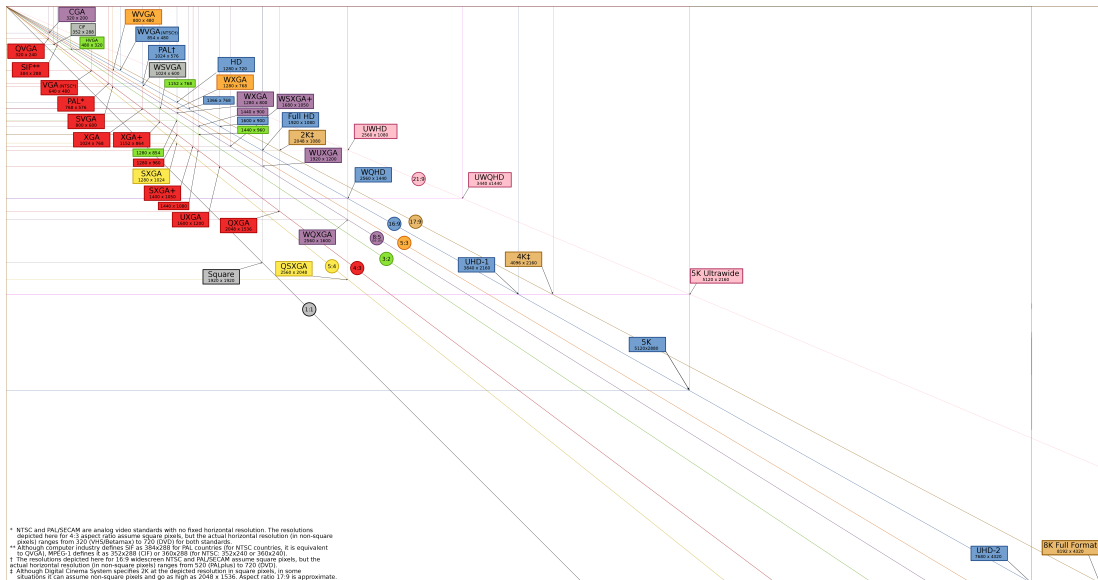
Režimy zobrazení (display modes)

- **textový** – zobrazení (tisknutelných) znaků textu do 2D tabulky – předdefinované znaky ve Video BIOSu, obecně libovolné definované pomocí znakové 2D matice (mřížky) bodů
- **grafický** – zobrazení libovolného obrazu do 2D mřížky (rastru) obrazových bodů, **pixelů**

Parametry režimu zobrazení

- **rozlišení (resolution)** = počet znaků/pixelů na řádku (horizontální) a ve sloupci (vertikální)
 - pro textové režimy např. VGA standardy: 80×25 (výchozí), 40×25 , 80×50 aj.
 - pro grafické režimy standardy VGA, XGA, HD aj.: 640×480 (VGA), 800×600 (SVGA), 1024×768 (XGA), 1280×1024 (SXGA), 1280×800 (WXGA), 1280×720 (HD), 1600×1200 (UXGA), 1920×1080 (full HD), 1920×1200 (WUXGA), 3840×2160 (4k ultra HD), 7680×4320 (8k ultra HD) atd.
 - poměry stran typicky $16 : 9$ (HD), $16 : 10$, $4 : 3$, $3 : 2$, $5 : 4$ aj.
- **obnovovací frekvence (refresh frequency/rate)** = frekvence překreslování obrazu, typicky 50–160 Hz
- **barevná hloubka (color depth)** = počet barev, které je možné celkem (ne nutně zároveň) zobrazit, pro textové např. 2 (monochromatický, „černobílý“), 16, pro grafické např. 16, 256 (VGA), 2^{16} (high color, XGA), 2^{24} (true color), 2^{30} (deep color)
- další, např. rozměr znakové matice (9×16), podporované barevné modely (RGB, CMY(K))

Grafická karta (graphic card)



Standardy (grafických) rozlišení, zdroj

- = zařízení pro zvukový výstup počítače z reproduktorů a zpracování zvuku na vstupu (mikrofon, linkový)
- rozšiřující sběrnice dnes PCI, popř. PCI Express, dříve (E)ISA
- integrovaná v chipsetu (Intel AC97, HD Audio), grafické kartě (HDMI), externí (USB)
- součásti (čipy na kartě):
 - **AD/DA převodníky (zvukový čip)** – digitalizace analogového signálu na vstupu a obráceně (vzorkování a kvantizace, interpolace)
 - **FM a wave table syntezátory** a paměť (EEPROM) pro vzorky zvuků – generování zvuku (tónů hudebních nástrojů)
 - **efektový procesor** – úpravy zvuku v reálném čase, vytváření efektů (např. prostorového zvuku, polyfonie apod.)
- výrobci: Creative Technology, C-Media, Realtek, VIA, ESS Technology a další

Zvuková karta (sound card)

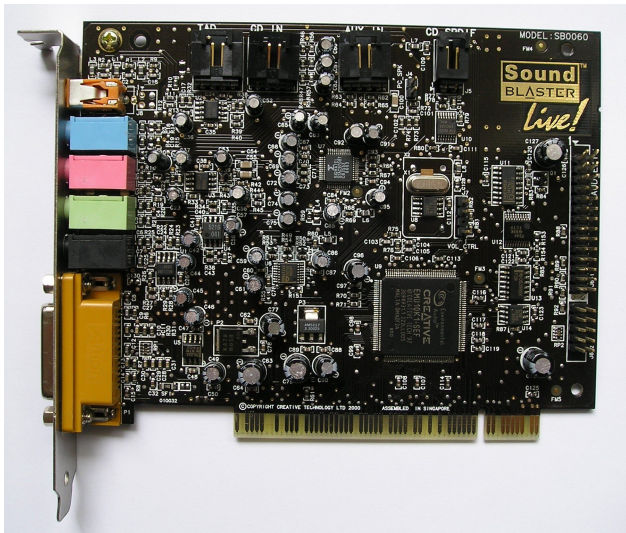


- = zařízení pro zvukový výstup počítače z reproduktorů a zpracování zvuku na vstupu (mikrofon, linkový)
- rozšiřující sběrnice dnes PCI, popř. PCI Express, dříve (E)ISA
- integrovaná v chipsetu (Intel AC97, HD Audio), grafické kartě (HDMI), externí (USB)
- součásti (čipy na kartě):
 - **AD/DA převodníky (zvukový čip)** – digitalizace analogového signálu na vstupu a obráceně (vzorkování a kvantizace, interpolace)
 - **FM a wave table syntezátory** a paměť (EEPROM) pro vzorky zvuků – generování zvuku (tónů hudebních nástrojů)
 - **efektový procesor** – úpravy zvuku v reálném čase, vytváření efektů (např. prostorového zvuku, polyfonie apod.)
- výrobci: Creative Technology, C-Media, Realtek, VIA, ESS Technology a další

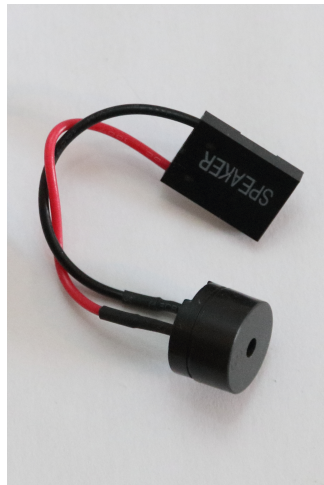
PC speaker

- = malý reproduktor ve skříni připojený k základní desce, typicky pro oznamování chyb hardware (RAM) BIOSem – „pípání“

Zvuková karta (sound card)



Zvuková karta, zdroj



PC speaker, zdroj



- konektory (ven, barevně odlišené): analogový mono/stereo jack 3,5 mm pro mikrofonní a linkový vstup a výstupy linkový/přední/sluchátka (2.0), středový a LFE/subwoofer (2.1), zadní (5.1), boční (7.1) aj. pro reproduktory, (optický) S/PDIF pro digitální linkový výstup, MIDI/Gameport pro elektronické hudební nástroje nebo joystick
- konektory (na kartě): CD-Audio vstup od mechaniky na optická výměnná disková média (pro přehrávání Audio CD/DVD) a jiné vstupy, patice pro paměťové moduly pro vzorky zvuků aj.
- parametry: vzorkovací frekvence, velikost a počet vzorků digitalizace (11/22/44/48/96/192 kHz, 8/16/24 bitů a mono/stereo), syntezátory, velikost paměti pro vzorky zvuků aj.

- konektory (ven, barevně odlišené): analogový mono/stereo jack 3,5 mm pro mikrofonní a linkový vstup a výstupy linkový/přední/sluchátka (2.0), středový a LFE/subwoofer (2.1), zadní (5.1), boční (7.1) aj. pro reproduktory, (optický) S/PDIF pro digitální linkový výstup, MIDI/Gameport pro elektronické hudební nástroje nebo joystick
- konektory (na kartě): CD-Audio vstup od mechaniky na optická výměnná disková média (pro přehrávání Audio CD/DVD) a jiné vstupy, patice pro paměťové moduly pro vzorky zvuků aj.
- parametry: vzorkovací frekvence, velikost a počet vzorků digitalizace (11/22/44/48/96/192 kHz, 8/16/24 bitů a mono/stereo), syntezátory, velikost paměti pro vzorky zvuků aj.

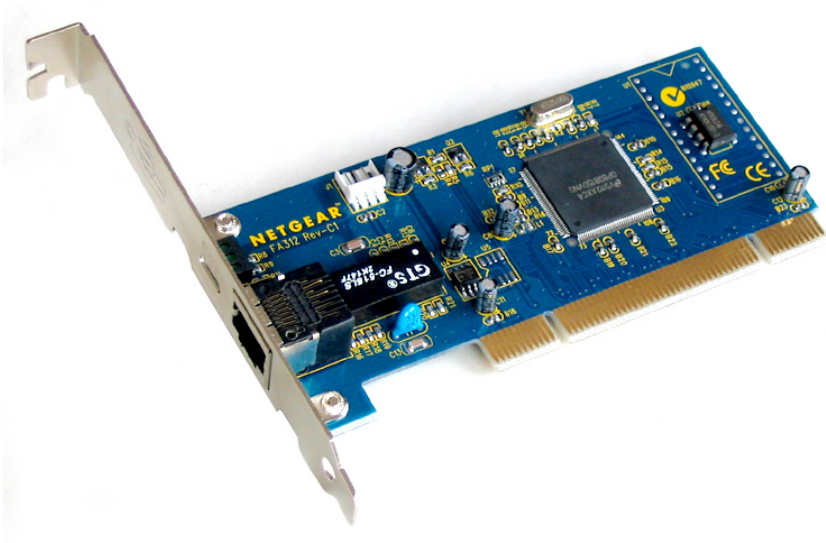
MIDI (Musical Instrument Digital Interface)

= standard pro (digitální) elektronické hudební nástroje, včetně počítače – zvuková karta

- ne zvukový signál, ale info o druhu nástroje, výšce, délce, intenzitě, tempu tónů apod.
- nástroj vytváří zvukový signál (tóny nástroje):
 - **FM syntéza** – emulace frekvenční modulací a efekty, čip OPL 2/3/4
 - **wave table syntéza** – úprava digitalizovaných vzorků tónů skutečných nástrojů uložených v paměti (ROM)

- ~ network interface controller (NIC), network/LAN adapter
- = zařízení pro připojení počítače do (lokální) **počítačové sítě**
 - rozšiřující sběrnice dnes PCI Express, PCI, dříve (E)ISA
 - integrovaná v chipsetu, externí (USB, Thunderbolt)
 - součásti (čipy na kartě): komunikační čip/procesor, Boot ROM = paměť (EEPROM) s programem pro zavedení operačního systému ze sítě
 - konektory (ven): různé pro různá přenosová média (kabely nebo rádiové vlny skrze antény) pro různé síťové technologie (**Ethernet, Wi-Fi, optické** aj.), např. RJ-45, RF anténní (SMA, N, TNC), optické (LC, SC, FC, skrze SFP moduly) aj.
 - parametry: typ a rychlost sítě, (konfigurační) parametry sítě – např. fyzická adresa, hardwarová podpora zpracování síťových dat, možnost probuzení počítače ze sítě (wake on LAN), velikost Boot ROM aj.
 - výrobci: Intel, Realtek, Atheros, 3Com, Cisco, Broadcom, D-Link, TP-Link, Linksys aj.

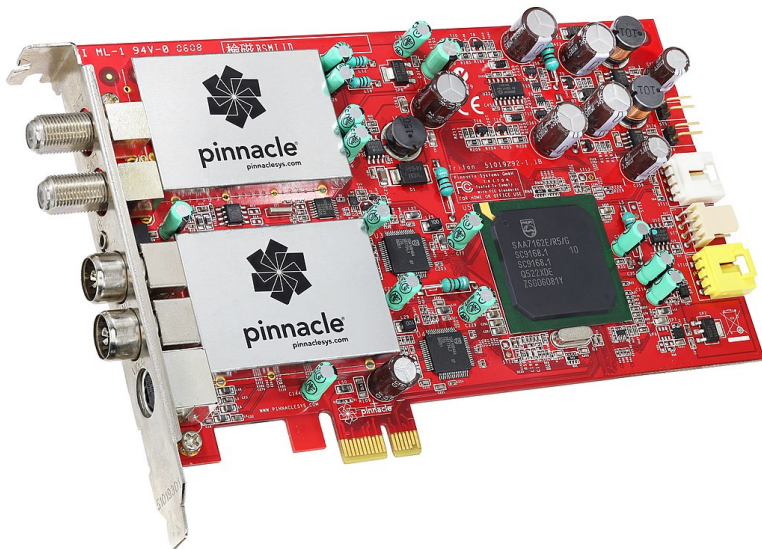
Síťová karta (network card)



Síťová karta, zdroj

Rádiové a televizní karty (radio and TV card)

- = zařízení pro příjem, popř. záznam, rádiového a televizního signálu
 - televizní obsahuje i rádiovou, podpora teletextu, EPG aj. TV služeb
 - rozšiřující sběrnice dnes PCI Express, PCI, dříve (E)ISA, externí (USB)
 - součásti (čipy na kartě): **tunery/dekodéry** signálů, **enkodér** pro záznam, dříve AD převodník (u analogových pro digitalizaci analogového signálu)
 - konektory (ven): pro antény (koaxiální), S-Video, kompozitní audio/video, komponentní video, HDMI, dálkové ovládání aj.
 - konektory (na kartě): vstupy pro zvuk, pro propojení s grafickou kartou (dříve, dnes pomocí sběrnice)
 - parametry: typ – analogové (FM rádio), **digitální** (pozemní, kabelové, satelitní TV, DAB rádio), analogové TV normy (PAL, SECAM), digitální multiplexy, aj.
 - výrobci: AverMedia, Leadtek, Pinnacle, Hauppauge aj.



Televizní karta, zdroj

- multimediální karty pro **zpracování videa** v reálném čase: stříhové, enkódovací apod.
- **řadiče diskových zařízení a polí (RAID), SSD disky** (v podobě karty)
- **modemové** – pro připojení k počítačové síti skrze telefonní síť, slot AMR/CNR (dříve)
- „sběrnice“ (**adaptéry**) – poskytující další sloty vnitřních (např. PCI, PCI Express), i konektory/porty vnějších (např. USB, FireWire, SATA, sériová, paralelní) sběrnic
- a další
- rozšiřující sběrnice dnes PCI Express, PCI, dříve (E)ISA, externí (USB)

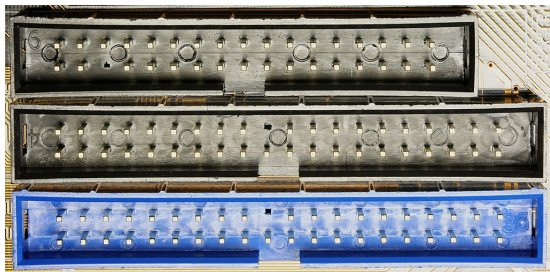


- = rozhraní/sběrnice pro disková paměťová zařízení (vnější paměti): pevné disky (HDD, SSD) a disková pole (RAID), mechaniky pro výměnná disková média (FDD, CD/DVD/BD, paměťové karty) a další
- řízení řadičem na základní desce (v chipsetu) nebo přídavné kartě

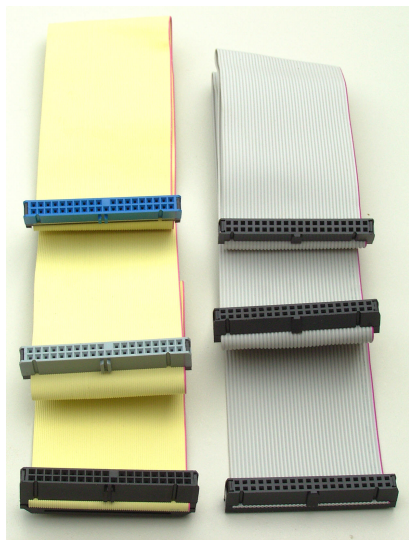
- = rozhraní/sběrnice pro disková paměťová zařízení (vnější paměti): pevné disky (HDD, SSD) a disková pole (RAID), mechaniky pro výměnná disková média (FDD, CD/DVD/BD, paměťové karty) a další
 - řízení řadičem na základní desce (v chipsetu) nebo přídatné kartě

IDE (Integrated Drive Electronics) / ATA 1 (Advanced Technology Attachment)

- paralelní 16-bitové, řadič integrován do diskového zařízení – pevného disku
- až 2 disky, jeden v režimu **master** nebo single, druhý v režimu **slave** – nastavení jumperem na disku
- 40-pinový konektor na základní desce (nebo přídatné kartě), 40-žilový kabel pro až 2 disky
- přenosové rychlosti jednotky MB/s (režimy PIO, (M)DMA), max. kapacita disku 2 GB (8 GB) / 128 GB (512B sektory na disku, viz dále)
- dnes již nepoužívané



IDE/PATA konektor (dva spodní) a konektor pro disketu (FDD, horní), zdroj



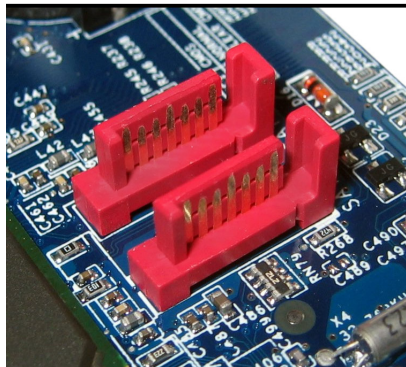
IDE/PATA kabel, 80-žilový (vlevo) a 40-žilový (vpravo), zdroj

EIDE (Enhanced IDE) / (Fast, Ultra) ATA 2–7

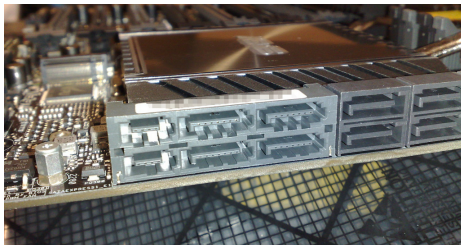
- až 2 rozhraní IDE = až 4 zařízení (nejen pevné disky) – autodetekce (**cache select**), řadič na základní desce nebo přídatná karta
- **SMART** (Self Monitoring Analysis and Reporting Technology) – monitorování chyb čtení/zápisu, teploty aj., od ATA 3
- **ATA/ATAPI 4** (ATA Packet Interface) (ATA 33) – pro mechaniky pro výměnná disková média (např. CD/DVD/BD, ZIP), příkazy SCSI (viz dále) přes ATA
- 80-žilový kabel (od ATAPI 5, stínění, CRC), také 44-pinové a 50-pinové (slimline) konektory a kabely pro menší disky a mechaniky (od ATA 3)
- přenosové rychlosti až 133 MB/s (režimy PIO, MDMA, **Ultra DMA**), max. kapacita zařízení 128 PB (od ATAPI 6)
- dnes označováno **PATA (Parallel ATA)**

SATA (Serial ATA)

- sériové (jednotky GHz), režimy řadiče IDE/PATA, RAID (viz dále), **AHCI** (Advanced Host Controller Interface), **NVMe** (Non-Volatile Memory Express) – připojení paměti Flash (SSD disky) přes sběrnici PCI Express (od SATA 3.2)
- **NCQ** (Native Command Queuing) – optimalizace pořadí operací čtení/zápisu (od SATA 2, AHCI), **TRIM** – vymazání nepoužitých bloků SSD disku (od SATA 3.1)
- 7-pinový konektor na základní desce (nebo přídatné kartě), 7-žilový kabel pro každé zařízení, také mini (slimline), micro a LIF konektory pro menší zařízení, připojení/odpojení zařízení za chodu (hot plug/swap, AHCI)
- sloty Mini SATA (mSATA) a SATA M.2 (dříve NGFF) pro SSD disky a další (síťová) zařízení v podobě karet (PCI Express Mini Card u mSATA, u M.2 dvě verze B a M, od SATA 3.1/2)
- **SATA Express (SATAe)** = kombinace SATA a PCI Express (NVMe), pro SSD disky, NVMe), vlastní konektor a kabel
- přenosové rychlosti stovky MB/s až jednotky GB/s
- vnější **eSATA** a eSATAp (Power eSATA/USB)



SATA konektor a kabel (data), zdroj



SATA Express (SATAe) konektor (dva světle šedé), zdroj

SCSI (Small Computer System Interface)

- více mimo PC – např. servery (disková pole RAID), pracovní stanice, Apple (dříve)
- pro pevné disky i mechaniky pro výměnná disková média, pro PC řadič přídatná karta
- **příkazy** pro detekci a opravu chyb (~ SMART u P/SATA), optimalizaci pořadí operací (~ NCQ), rezervaci bloků (~ TRIM) aj.
- starší paralelní: 8/16-bitové, až 8/16 zařízení (SCSI-1,2/3)
 - přenosové rychlosti až 640 MB/s (**Fast/Wide/Ultra SCSI**)
 - 50/68-pinové (Centronics) a 40/80-pinové (SCA) konektory (SPI), SCA i hot swap
 - vnější: i pro tiskárny, skenery apod.
- novější sériové: SSA (servery, dříve), **SAS (Serial Attached SCSI)**:
 - konektory a kabely SFF 14-pinový modifikovaný SATA, mini (mSAS, HD) aj., i vnější, hot swap, expander pro desítky zařízení
 - další SCSI Express přes PCI-E, FCP přes Fibre Channel, UAS přes USB aj. (ATAPI)
- **iSCSI** – síťový protokol (nad TCP/IP, typicky Ethernet)

SCSI (Small Computer System Interface)

- více mimo PC – např. servery (disková pole RAID), pracovní stanice, Apple (dříve)
- pro pevné disky i mechaniky pro výměnná disková média, pro PC řadič přídatná karta
- **příkazy** pro detekci a opravu chyb (~ SMART u P/SATA), optimalizaci pořadí operací (~ NCQ), rezervaci bloků (~ TRIM) aj.
- starší paralelní: 8/16-bitové, až 8/16 zařízení (SCSI-1,2/3)
 - přenosové rychlosti až 640 MB/s (**Fast/Wide/Ultra SCSI**)
 - 50/68-pinové (Centronics) a 40/80-pinové (SCA) konektory (SPI), SCA i hot swap
 - vnější: i pro tiskárny, skenery apod.
- novější sériové: SSA (servery, dříve), **SAS (Serial Attached SCSI)**:
 - konektory a kabely SFF 14-pinový modifikovaný SATA, mini (mSAS, HD) aj., i vnější, hot swap, expander pro desítky zařízení
 - další SCSI Express přes PCI-E, FCP přes Fibre Channel, UAS přes USB aj. (ATAPI)
- **iSCSI** – síťový protokol (nad TCP/IP, typicky Ethernet)

Další (vnější):

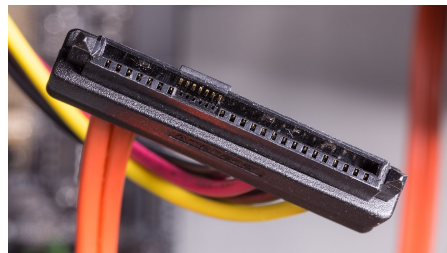
- **Fibre Channel** – optická počítačová síť, jednotky GB/s
- USB, FireWire (IEEE 1394), Thunderbolt – viz dále, typicky redukce



SCSI řadič a kabel (paralelní), zdroj



SAS konektor (SFF-8484), zdroj



SAS konektor (SFF-8482, SATA kompatibilita), zdroj

Pevný disk (hard disk drive, HDD)



= vnější paměťové zařízení pro dlouhodobé ukládání dat

- **magnetický způsob zápisu/čtení dat:** zmagnetování místa povrchové vrstvy plotny disku hlavou = **impuls** / indukce el. proudu v hlavě nad místem
- součásti:
 - soustředěné kruhové **plotny** (kotouče) nad sebou – jednotky, rotují stejnou rychlostí (5,4, 7,2, 10, 15 tis. otáček/min), velikosti 3,5", 2,5" nebo 1,8" (pro přenosné počítače)
 - čtecí/záznamové **hlavy** – 2× počet ploten, vystavované nad povrchy ploten od středu po kraj (vzdálenost v jednotkách μm , aerodynamický vztlak – „parkování“)
 - paměť cache (dnes až stovky MB), ovládací elektronika
- všechna rozhraní/sběrnice pro disková zařízení (IDE/PATA, SATA, SCSI), externí box USB, síťové NAS
- výrobci: Western Digital, Seagate, Toshiba, dříve IBM, Hitachi, Maxtor, Fujitsu aj.

= vnější paměťové zařízení pro dlouhodobé ukládání dat

- **magnetický způsob zápisu/čtení dat:** zmagnetování místa povrchové vrstvy plotny disku hlavou = **impuls** / indukce el. proudu v hlavě nad místem
- součásti:
 - soustředěné kruhové **plotny** (kotouče) nad sebou – jednotky, rotují stejnou rychlostí (5,4, 7,2, 10, 15 tis. otáček/min), velikosti 3,5", 2,5" nebo 1,8" (pro přenosné počítače)
 - čtecí/záznamové **hlavy** – 2× počet ploten, vystavované nad povrchy ploten od středu po kraj (vzdálenost v jednotkách μm , aerodynamický vztlak – „parkování“)
 - paměť cache (dnes až stovky MB), ovládací elektronika
- všechna rozhraní/sběrnicе pro disková zařízení (IDE/PATA, SATA, SCSI), externí box USB, síťové NAS
- výrobci: Western Digital, Seagate, Toshiba, dříve IBM, Hitachi, Maxtor, Fujitsu aj.
- fyzická **geometrie:**
 - **stopy** = soustředné kružnice na povrchu plotny, na plotnách nad sebou = **cylindr**
 - **sektory** = části stopy, konstantní datová velikost typicky 512 B (dříve) nebo 4 kB = jednotka uložení (bloku) dat, vytvořené nízkourovňovým formátováním disku (při výrobě)
 - adresace sektorů fyzická (dříve, CHS) nebo logická (LBA, lineární) – překlad diskem

Pevný disk (hard disk drive, HDD)



Pevný disk (HDD, 3,5"), bez krytu, [zdroj](#)



Pevný disk (HDD, 3,5"), [zdroj](#)

- čtení/zápis:

- 1 vystavení hlav nad stopy / do cylindru – pohyb všech hlav stejný, současné čtení/zápis sektorů všech stop v cylindru
- 2 dotočení ploten pro sektory pod hlavami – sektory logicky za sebou fyzicky každý n -tý (faktor prokládání $1 : n$, vyšší rychlosti rotace ploten než čtení/zápisu)
- 3 vlastní čtení/zápis

■ čtení/zápis:

- 1 vystavení hlav nad stopy / do cylindru – pohyb všech hlav stejný, současně čtení/zápis sektorů všech stop v cylindru
- 2 dotočení ploten pro sektory pod hlavami – sektory logicky za sebou fyzicky každý n -tý (faktor prokládání $1 : n$, vyšší rychlosti rotace ploten než čtení/zápisu)
- 3 vlastní čtení/zápis

Parametry:

- kapacita – až desítky TB, dána hustotou záznamu a **kódováním (binárních) dat**:
 - ne impuls (I) = bit **I** – delší posloupnost **0** → desynchronizace čtení/zápisu a rotace (kolik **0**??)
 - krátká místa bez impulsů (N) vs. málo impulsů – maximalizace využití kapacity
 - **modulace** bitů do impulsů: varianty RLL (Run-length limited) kódování, např. (2,7) RLL (2–4 bity do $2 \times$ impulsů, 2–7 N za sebou, starší disky)
- přenosová rychlost – do stovek MB/s
- přístupová doba – jednotky ms (po roztočení ploten), doba vystavení hlav (seek time) + doba dotočení ploten (rotary latency period)

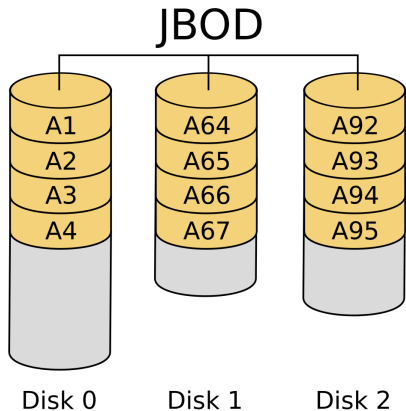


- = **soustava pevných disků** (jako jeden) pro **redundantní ukládání dat** za účelem zvýšení spolehlivosti jejich uložení (zabezpečení proti chybám disků) nebo výkonu práce s nimi – nenahrazuje zálohu dat!
- ~ **RAID (Redundant Array of Independent/Inexpensive Disks)** – řadič pole:
hardwarový přídatná karta nebo integrovaný na základní desce (v chipsetu), softwarový v operačním systému – i nestandardní

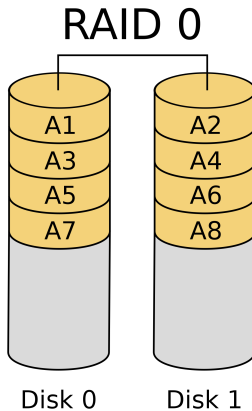
- = **soustava pevných disků** (jako jeden) pro **redundantní ukládání dat** za účelem zvýšení spolehlivosti jejich uložení (zabezpečení proti chybám disků) nebo výkonu práce s nimi – nenahrazuje zálohu dat!
- ~ **RAID (Redundant Array of Independent/Inexpensive Disks)** – řadič pole: hardwarový přídatná karta nebo integrovaný na základní desce (v chipsetu), softwarový v operačním systému – i nestandardní
- **RAID 0**: zřetězení min. 2 disků do jednoho celku (**JBOD**) nebo bloky dat prokládané na disky (**stripping**) – zvýšení výkonu čtením/zápisem z/na více disků současně (o cca 50 %), ale ne spolehlivosti, kapacita součet (JBOD) nebo n -krát nejmenšího

- = **soustava pevných disků** (jako jeden) pro **redundantní ukládání dat** za účelem zvýšení spolehlivosti jejich uložení (zabezpečení proti chybám disků) nebo výkonu práce s nimi – nenahrazuje zálohu dat!
- ~ **RAID (Redundant Array of Independent/Inexpensive Disks)** – řadič pole: hardwarový přídatná karta nebo integrovaný na základní desce (v chipsetu), softwarový v operačním systému – i nestandardní
 - **RAID 0:** zřetězení min. 2 disků do jednoho celku (**JBOD**) nebo bloky dat prokládané na disky (**stripping**) – zvýšení výkonu čtením/zápisem z/na více disků současně (o cca 50 %), ale ne spolehlivosti, kapacita součet (JBOD) nebo n -krát nejmenšího
 - **RAID 1 (zrcadlení):** kopie dat na min. 2 disky – zvýšení spolehlivosti i výkonu čtením z více disků současně, pomalejší zápis (na více disků), kapacita nejmenšího, víceúrovňové (nested) varianty $0+1$, **$1+0$** , $1+0+0$ \Rightarrow výhody obou

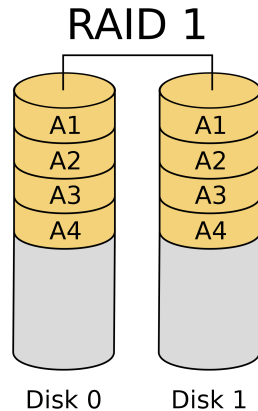
- = **soustava pevných disků** (jako jeden) pro **redundantní ukládání dat** za účelem zvýšení spolehlivosti jejich uložení (zabezpečení proti chybám disků) nebo výkonu práce s nimi – nenahrazuje zálohu dat!
- ~ **RAID (Redundant Array of Independent/Inexpensive Disks)** – řadič pole: hardwarový přídatná karta nebo integrovaný na základní desce (v chipsetu), softwarový v operačním systému – i nestandardní
 - **RAID 0:** zřetězení min. 2 disků do jednoho celku (**JBOD**) nebo bloky dat prokládané na disky (**stripping**) – zvýšení výkonu čtením/zápisem z/na více disků současně (o cca 50 %), ale ne spolehlivosti, kapacita součet (JBOD) nebo n -krát nejmenšího
 - **RAID 1 (zrcadlení):** kopie dat na min. 2 disky – zvýšení spolehlivosti i výkonu čtením z více disků současně, pomalejší zápis (na více disků), kapacita nejmenšího, víceúrovňové (nested) varianty 0+1, **1+0**, 1+0+0 \Rightarrow výhody obou
 - **RAID 3:** min. 3 disky, bytové prokládání s **paritou (XOR)** na samostatném disku, chyba lib. jednoho disku opravena z ostatních a paritního, zvýšení i výkonu čtení, pomalejší zápis, paritní disk úzké místo (nejvyužívanější), varianty 0+3, 3+0



JBOD, zdroj

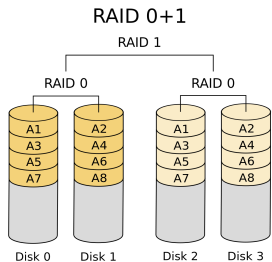


RAID 0, zdroj

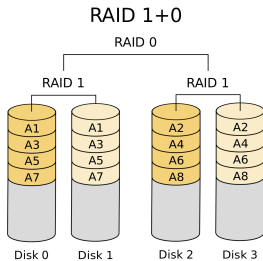


RAID 1, zdroj

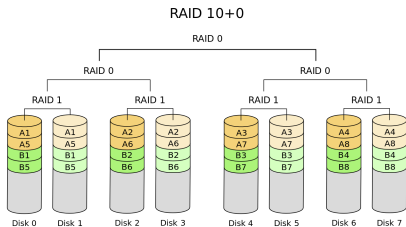
Diskové pole (disk array)



RAID 0+1, zdroj



RAID 1+0, zdroj



RAID 1+0+0, zdroj



- **RAID 2:** jako RAID 3, bitové prokládání s Hammingovým samoopravným kódem na více dalších discích, výpočetně náročný



- **RAID 2:** jako RAID 3, bitové prokládání s Hammingovým samoopravným kódem na více dalších discích, výpočetně náročný
- **RAID 4:** jako RAID 3, ale blokové prokládání, parita po blocích



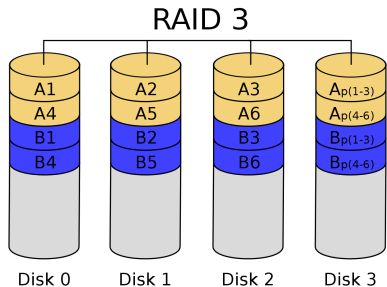
- **RAID 2:** jako RAID 3, bitové prokládání s Hammingovým samoopravným kódem na více dalších discích, výpočetně náročný
- **RAID 4:** jako RAID 3, ale blokové prokládání, parita po blocích
- **RAID 5:** jako RAID 4, ale paritna střídavě na všech discích, chyba lib. jednoho disku opravena z ostatních, kapacita $(n - 1)$ -krát nejmenšího, varianty 5+0, 5+1, 5+3



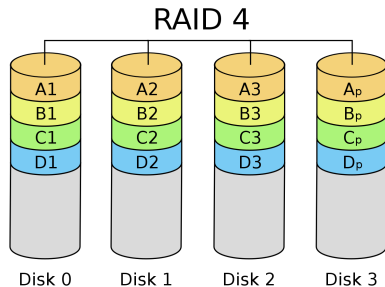
- **RAID 2:** jako RAID 3, bitové prokládání s Hammingovým samoopravným kódem na více dalších discích, výpočetně náročný
- **RAID 4:** jako RAID 3, ale blokové prokládání, parita po blocích
- **RAID 5:** jako RAID 4, ale parita střídavě na všech discích, chyba lib. jednoho disku opravena z ostatních, kapacita $(n - 1)$ -krát nejmenšího, varianty 5+0, 5+1, 5+3
- **RAID 6:** min. 4 disky, jako RAID 5, ale dvě různé parity (XOR a XOR z rotovaných bloků), opravení chyby až dvou lib. disků, pomalejší zápis, kapacita $(n - 2)$ -krát nejmenšího, varianta 6+0

- **RAID 2:** jako RAID 3, bitové prokládání s Hammingovým samoopravným kódem na více dalších discích, výpočetně náročný
- **RAID 4:** jako RAID 3, ale blokové prokládání, parita po blocích
- **RAID 5:** jako RAID 4, ale parita střídavě na všech discích, chyba lib. jednoho disku opravena z ostatních, kapacita $(n - 1)$ -krát nejmenšího, varianty 5+0, 5+1, 5+3
- **RAID 6:** min. 4 disky, jako RAID 5, ale dvě různé parity (XOR a XOR z rotovaných bloků), opravení chyby až dvou lib. disků, pomalejší zápis, kapacita $(n - 2)$ -krát nejmenšího, varianta 6+0
- další (RAID 7 aj.) nestandardní, vlastní rozhraní/sběrnice a řadiče, cache, opravení chyb i více disků apod.

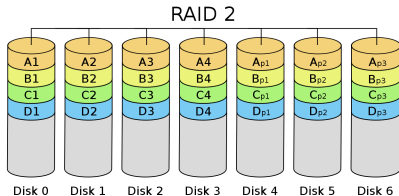
Diskové pole (disk array)



RAID 3, zdroj



RAID 4, zdroj

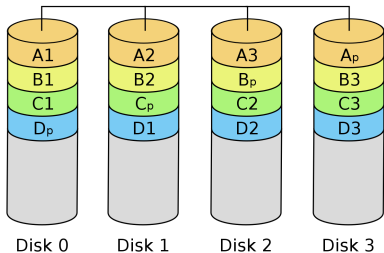


RAID 2, zdroj

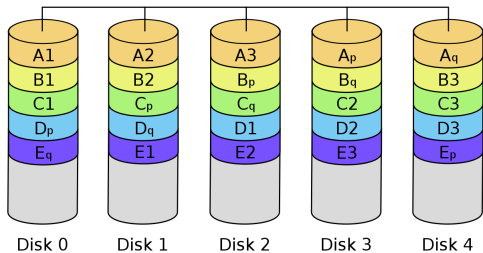
Diskové pole (disk array)



RAID 5



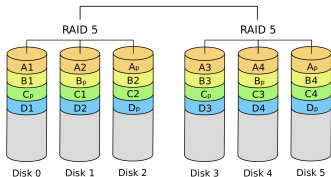
RAID 6



RAID 5, zdroj

RAID 5+0

RAID 0

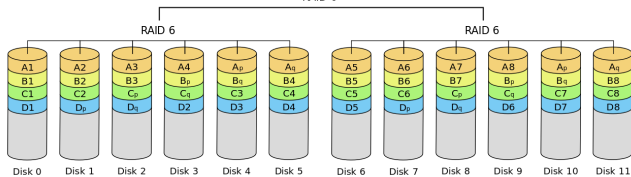


RAID 5+0, zdroj

RAID 6, zdroj

RAID 6+0

RAID 0



RAID 6+0, zdroj

Disketa (floppy disk) + mechanika (drive, FDD)

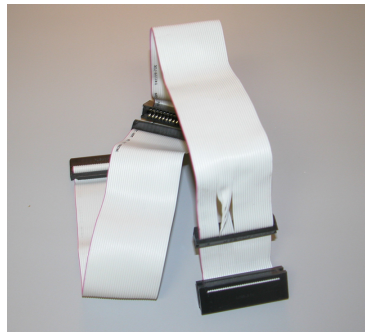
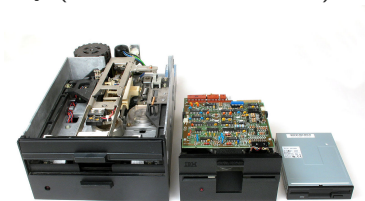


- = výměnné diskové médium a mechanika pro dlouhodobé ukládání dat
 - magnetický způsob zápisu/čtení dat podobně jako u pevného disku (HDD)
- = rotující **plastový kotouč** v plastovém obale – velikosti 14" (první), 8" (dříve), 5,25" (dříve), **3,5"**
 - mechanika: čtecí/zapisovací hlavy (2) + elektronika, mechanicky ovládané vysouvání
 - **vlastní rozhraní/sběrnice**: řadič na základní desce nebo přídatná karta, konektor a kabel, dnes i HW emulace (USB)
 - kapacita: stovky kB, např. 1,2 MB (5,25"), **1,44 MB** (3,5" HD)
 - přenosová rychlost desítky kB/s
 - dnes používané výjimečně, ikona pro uložení

Disketa (floppy disk) + mechanika (drive, FDD)



Diskety (FDD, 8", 5,25", 3,5"), zdroj



FDD kabel, zdroj

Disketové mechaniky (FDD, 8", 5,25", 3,5"), zdroj



= výměnné diskové médium a mechanika pro dlouhodobé ukládání dat

- podobné 3,5" disketě (tlustší obal), 1994, Iomega
- mechanika: rozhraní/sběrnice PATA (ATAPI), SCSI, externí paralelní port, USB, elektronicky ovládané vysouvání
- kapacity: 100, 250 a 750 MB
- přenosová rychlost 1 MB/s
- dnes již nepoužívané

= výměnné diskové médium a mechanika pro dlouhodobé ukládání dat

- podobné 3,5" disketě (tlustší obal), 1994, Iomega
- mechanika: rozhraní/sběrnice PATA (ATAPI), SCSI, externí paralelní port, USB, elektronicky ovládané vysouvání
- kapacity: 100, 250 a 750 MB
- přenosová rychlost 1 MB/s
- dnes již nepoužívané

Další: **LS-120** (kompatibilní s disketou, 120/240 MB, pomalé), **magnetické pásky (kazety)** – pro zálohovací jednotky, až desítky TB, sekvenční přístup, aj.



ZIP disk, [zdroj](#)



ZIP mechanika (interní), [zdroj](#)



ZIP mechanika (externí), [zdroj](#)

- = výměnné diskové médium a mechanika pro dlouhodobé ukládání dat
 - **optický způsob zápisu/čtení dat**: vytvoření prohlubní = **pitů** v záznamové vrstvě disku lisováním nebo vypálením laserem / snímání laseru různě (pit, bez pitu) odraženého od odrazové vrstvy disku
- = v mechanice rotující **polykarbonátový kotouč** (záznamová vrstva, odrazová kov) – 1 nebo více vrstev pro záznam (oboustranné a vícevrstvé disky), velikosti **12 a 8 cm** (Mini), tloušťka 1,2 mm
 - rotace s konstantní obvodovou rychlostí (CLV, CD/DVD, 200 až 8400 otáček/min) nebo konstantní úhlovou rychlostí (CAV, DVD/BD, 800 až 14 tisíc otáček/min)
 - mechanika: vysílač a snímač laseru (plus čočky a optický hranol) + elektronika, elektronicky ovládané vysouvání (nouzově mechanicky)
 - rozhraní/sběrnic PATA (ATAPI), SATA, SCSI, externí USB
 - výrobci: Asus, LG, Lite-On, Pioneer, Sony, TEAC, Toshiba aj.

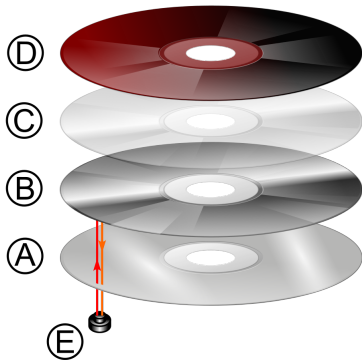
- = výměnné diskové médium a mechanika pro dlouhodobé ukládání dat
 - **optický způsob zápisu/čtení dat**: vytvoření prohlubní = **pitů** v záznamové vrstvě disku lisováním nebo vypálením laserem / snímání laseru různě (pit, bez pitu) odraženého od odrazové vrstvy disku
- = v mechanice rotující **polykarbonátový kotouč** (záznamová vrstva, odrazová kov) – 1 nebo více vrstev pro záznam (oboustranné a vícevrstvé disky), velikosti **12 a 8 cm** (Mini), tloušťka 1,2 mm
 - rotace s konstantní obvodovou rychlostí (CLV, CD/DVD, 200 až 8400 otáček/min) nebo konstantní úhlovou rychlostí (CAV, DVD/BD, 800 až 14 tisíc otáček/min)
 - mechanika: vysílač a snímač laseru (plus čočky a optický hranol) + elektronika, elektronicky ovládané vysouvání (nouzově mechanicky)
 - rozhraní/sběrnice PATA (ATAPI), SATA, SCSI, externí USB
 - výrobci: Asus, LG, Lite-On, Pioneer, Sony, TEAC, Toshiba aj.
 - geometrie:
 - stopy = navazující spirály od vnitřního okraje kotouče k vnějšímu
 - sektory (tzv. velké rámce) = části stopy, konstantní datová velikost typicky 2048 B (CD/DVD) = jednotka uložení dat, rozděleny na tzv. malé rámce



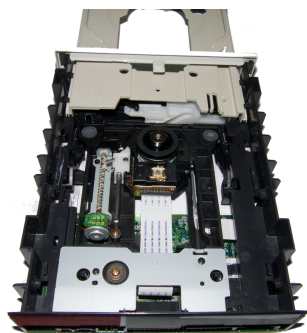
Optický disk (CD, spodní strana), zdroj



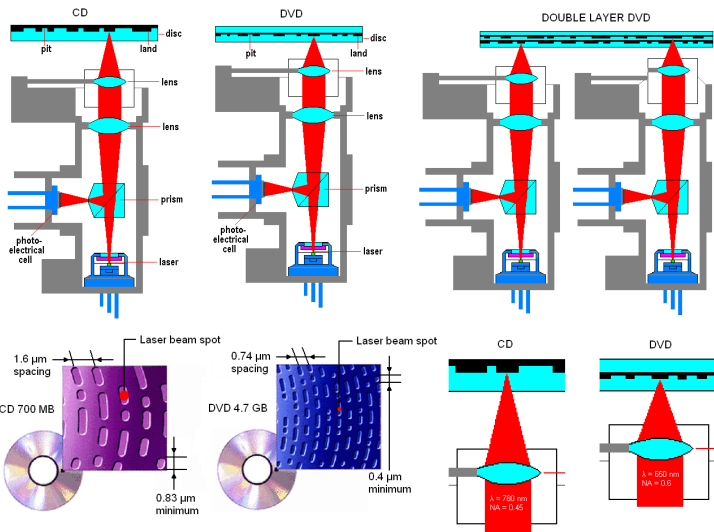
Optická mechanika (DVD), zdroj



Vrstvy CD, zdroj



CD mechanika, zdroj



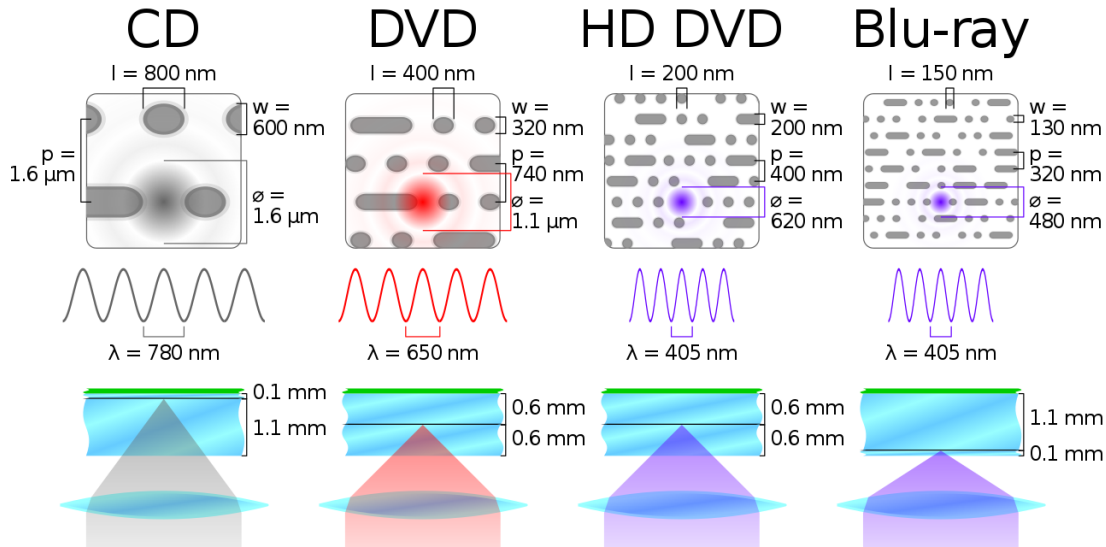
Čtení/zápis CD a DVD, zdroj



- čtení přímo, zápis přímo i postupně (tzv. multisession)
- **kódování (binárních) dat**: střídání pitů a míst bez pitu = log. **I**, nestřídání = log. **0**, 1 B dat do 14 bitů včetně samoopravných kódů (Reed-Solomonovy)
- přístupová doba cca 100 ms (po roztočení disku)

- 1979, Sony, Philips, 1. generace optických disků
- rozestup stop 1,6 μm , laser o vlnové délce 780 nm
- kapacity: 184–210 MB = 21-24 min. (Mini), 550 MB = 63 min. (starší), **656 MB = 74 min. zvuku, 702 MB = 80 min. aj.**
- přenosová rychlost: 1 – 52× 150 kB/s (pro Audio CD), uváděná pro zápis/přepis/čtení
- formáty (standardy **barevné knihy**):
 - **Audio CD** (červená) – zvuk v CD kvalitě (CDDA), typicky hudba
 - **CD-ROM** (žlutá) – po zápisu lisováním pouze pro čtení
 - **CD-R** (Recordable, oranžová) – po zápisu vypálením pouze pro čtení, **CD-RW** (ReWriteable) – přepisovatelné jako celek nebo tzv. paketový zápis (stovky přepisů)
 - **Video CD** (VCD, bílá) – video ve formátu MPEG-1 (rozlišení 352 × 288, zvuk MP2)
 - další: Super Audio CD (šarlatová), Super Video CD, PhotoCD (béžová), CD-i (Interactive, zelená), CD+ (Enhanced, modrá) aj.

CD (Compact Disc)



Záznam CD/DVD/Blue-ray, zdroj

- 1996/7, + Panasonic, Toshiba → DVD Forum (DVD-*), DVD+RW Alliance (DVD+*) – R(W) do určité míry kompatibilní, nástupce CD, 2. generace
- rozestup stop 0,74 μm , laser o vlnové délce 650 nm
- média:
 - **DVD-ROM/DVD-X** po zápisu lisováním pouze pro čtení, **DVD \pm R** po zápisu vypálením pouze pro čtení, **DVD \pm RW** přepisovatelné jako celek/paketově, **DVD-RAM** přímý zápis (tisíce přepisů)
 - jednostranné (SS) a **oboustranné** (DS, ne DVD \pm R(W)), jednovrstvé (SL) a **dvouvrstvé** (DL, ne DVD-RAM)
- kapacity: 1,46–5,31 GB (Mini, DVD-1–4, DVD-RAM), **4,7/4,38 GB/GiB** (SS SL), **8,54/7,95 GB** (SS DL), 9,4 GB (DS SL), 17 GB (DS DL)
- přenosová rychlost: 1 – 24 \times 1385 kB/s
- typy:
 - **DVD-Video** – video ve formátu MPEG-2 (rozlišení 720 \times 576), zvuk MP3 nebo AC3, 5.1, interaktivita (DVD menu – zvukové stopy, kapitoly, titulky), šifrování CSS a regiony
 - **DVD-Audio** – zvuk v CD a lepší kvalitě (AC3, DTS, 5+.1, až 192 kHz), podobné SACD
 - **DVD-Data** – libovolná data
- mechaniky čtou/zapisují i CD

- 2000, Sony → Blu-ray Disc Association (BDA), nástupce DVD, 3. generace
- rozestup stop $0,32 \mu\text{m}$, laser o vlnové délce 405 nm
- média:
 - **BD-ROM** po zápisu lisováním pouze pro čtení, **BD-R** po zápisu vypálením pouze pro čtení, **BD-RE** prepisovatelné jako celek/paketově
 - jednovrstvé (SL), dvouvrstvé (DL), **BDXL** třívrstvé (XL 3) a čtyřvrstvé (XL 4), IH-BD (vrstvy BD-ROM a BD-RE)
- kapacity: 7,8/15,6 GB (Mini, SL/DL), **25 GB** (SL), **50 GB** (DL), 100 GB (XL 3), 128 GB (XL 4)
- přenosová rychlost: 1 – $16\times$ 4,5 MB/s
- určení:
 - video ve formátu MPEG-2 nebo MPEG-4 AVC (H.264) (rozlišení až $1920 \times 1080 = \text{Full HD}$), zvuk Dolby Digital Plus/TrueHD, DTS-HD, 7.1, interaktivita (BD-J – Java VM, menu, hry), šifrování AACS, BD+ a regiony, Ultra HD Blue-ray pro 4K video (MPEG-4 HEVC/H.265), Blue-ray 3D pro 3D video
 - hry pro platformy Sony PlayStation a MS Xbox
- mechaniky čtou/zapisují i CD/DVD

Další:

- 1. generace:
 - **LaserDisc (LD)** (Philips) – první optický, 1978, 30 cm, analogový záznam 64/36 min. (~ 300 MB), oboustranný, pro filmy, dnes už nepoužívaný
 - **magnetooptické disky (MOD)** – optické čtení ze zmagnetovaného povrchu, např. **MiniDisc (MD)** (Sony) až 1 GB na hudbu
- 2. generace: DualDisc – kombinace CD a DVD (dvě strany), na hudbu, Hi-MD – nástupce MiniDiscu, aj.
- 3. generace: **HD DVD** (Toshiba) – konkurenční pro Blue-ray, 2008 konec, 15–60 GB, oboustranné i dvouvrstvé
- 4. generace: **Archival Disc (AD)** (Sony, Panasonic) – 2016, 300 GB až 1 TB, oboustranné a vícevrstvé
- a jiné



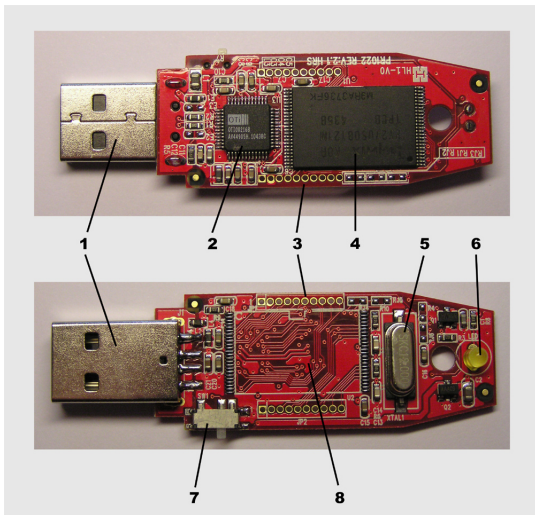
- = výměnné/přenosné (flash, karty) paměťové médium/zařízení (SDD) pro dlouhodobé ukládání dat
- **elektronický způsob zápisu/čtení dat:** nevolatilní přepisovatelná paměť **Flash EEPROM** (NAND skupiny buněk)
 - výrobci: Micron, SK hynix, Kioxia (Toshiba), Samsung

- = výměnné/přenosné (flash, karty) paměťové médium/zařízení (SDD) pro dlouhodobé ukládání dat
- **elektronický způsob zápisu/čtení dat**: nevolatilní přepisovatelná paměť **Flash EEPROM** (NAND skupiny buněk)
 - výrobci: Micron, SK hynix, Kioxia (Toshiba), Samsung

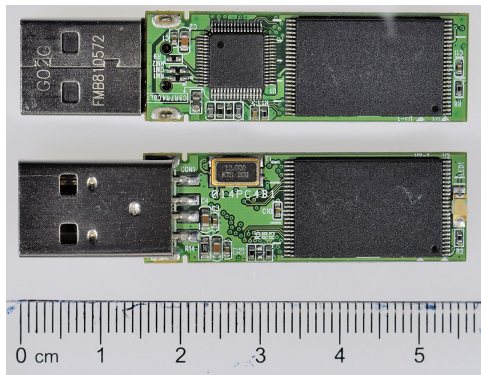
(USB) Flash disk

- 2000, IBM, Trek Technology
- = integrovaný obvod/čip v plastovém, gumovém nebo kovovém obalu
- kapacita až jednotky TB, přenosové rychlosti až stovky MB/s
- vnější rozhraní/sběrnice **USB** (konektor USB-A/C, zařízení mass-storage), viz dále
- výrobci: ADATA, Corsair, Crucial, Kingston, Samsung, SanDisk, Transcend aj.

Flash a SSD disky a paměťové karty



Flash disk (USB 2), zdroj



Flash disk (USB 3), zdroj

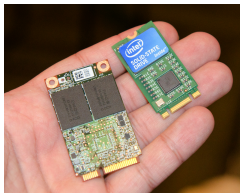
SSD (Solid State Drive) disk

- = integrované obvody/čipy na plošném spoji v plastovém/kovovém obalu – provedení stejné jako u pevných disků (HDD) nebo karta do slotu
- bezhlučnost, nižší spotřeba, ale i výdrž, vyšší rychlost než pevné disky (HDD), ...
 - kapacita až stovky TB (sektory 1/4 kB), přenosové rychlosti stovky MB/s až jednotky GB/s, přístupová doba desítky ns
 - rozhraní/sběrnice pro disková zařízení PATA (ATA Disk Module), (m)SATA, M.2, SATA Express (NVMe), SAS, PCI Express, vnější USB (mass-storage), Thunderbolt aj.
 - **TRIM** (vymazání nepoužitých bloků)
 - výrobci: ADATA, Crucial, Dell, Kingston, OCZ, Samsung, Seagate, Western Digital aj.
 - RAM-drive – s volatílní pamětí SRAM nebo DRAM

Flash a SSD disky a paměťové karty



HDD vs. SSD disk, [zdroj](#)



SSD disk/karta (mSATA, M.2), [zdroj](#)

Paměťové karty

- = integrovaný obvod/čip v plastové destičce
 - kapacity desítky až stovky GB, přenosové rychlosti až stovky MB/s
 - vnější rozhraní/sběrnici USB (mass-storage) – čtečky, vlastní různé sloty
 - druhy: **Secure Digital** (SD, mini, micro, HC, XC), Memory Stick (MS, Duo, Pro, micro, Sony), CompactFlash (CF, I, II, první, SanDisk), CFexpress (CFA/B/C), MultiMedia Card (MMC, micro, SanDisk), xD Picture Card (Olympus), SmartMedia (SM, Toshiba) a další
 - použití i mimo počítače – spotřební elektronika: mobily (i SIM), kamery, fotoaparáty, audio přehrávače apod.



Čtečka paměťových karet (USB), zdroj

Paměťové karty (SD, CF, MMC, xD), zdroj