

Úvod do informačních technologií

přednášky

Jan Outrata

září–prosinec 2009 (aktualizace září–prosinec 2012)

Vnitřní součásti počítače

Přídavné karty

- = obdélníkové plošné spoje s konektorem pro zasunutí do slotu na základní desce
- konektory (na kraji karty) pro připojení displejů a periférií, vyvedené ven ze zadní části skříně
- konektory (na kartě) pro připojení jiných vnitřních součástí počítače: jiné karty, disková zařízení (pevné disky, mechaniky výměnných médií), zdroj
- grafická, zvuková, síťová, multimediální, diskové řadiče, pro periferie a další
- **integrováné na základní desce** – součást čipsetu, dnes běžně zvuková, síťová, diskové řadiče, někdy i grafická (tzv. all-in-one)
- **integrováné do procesoru** – v pouzdře s CPU, dnes grafická, někdy i síťová
- **pro vnější sběrnice** – USB, PCMCIA, ExpressCard aj.

Grafická karta (graphic card)

Obrázek: Grafická karta

- ~ grafický adaptér, videokarta, grafický akcelerátor (dříve zvlášť)
- = zařízení zprostředkávající obrazový výstup počítače na displeji
- součásti (čipy na kartě):
 - **grafické procesory (GPU)** – vytváří obraz ze vstupních dat v grafické paměti, implementuje grafické operace (vykreslení graf. tvaru, vyplnění oblasti barvou, texturou, 3D grafika – **OpenGL**, stínování atd.), dekódování videoformátů (MPEG)
 - **grafická paměť** – pro uložení obrazových a dalších dat pro tvorbu obrazu, může být mapovaná do operační paměti, propojení s graf. procesorem 32–512-bitovou sběrnicí, EDO, VRAM (Video RAM), SGRAM (Synchronous Graphic RAM), SD/DDR RAM, **GDDR** (Graphics DDR)
 - převodník obrazových dat na výstupní videosignál – např. (RAM)DAC (Digital Analog Convertor)
 - další – např. Video BIOS

Grafická karta (graphic card)

- slot/sběrnice dnes PCI Express 16×, popř. AGP
- konektory (ven) pro displeje: VGA = D-SUB, S-Video (analogové), DVI, HDMI, DisplayPort (digitální)
- konektory (na kartě): pro jiné (grafické, multimediální) karty, zdroj aj.
- výrobci: AMD/ATI, Nvidia, Intel, Matrox, VIA Technologies/S3, SiS, a další

Režimy zobrazení

- **textový** – zobrazení (tisknutelných) znaků textu do 2D tabulky, typicky alfanumerických a speciálních (např. interpunkce, grafických) – předdefinované v BIOSu na kartě, obecně libovolných definovaných pomocí znakové 2D matice (mřížky) bodů
- **grafický** – zobrazení libovolného obrazu do 2D mřížky (rastru) obrazových bodů, tzv. **pixelů**

Grafická karta (graphic card)

Režimy zobrazení

- parametry režimu:
 - **rozlišení** – počet znaků/pixelů na řádku výstupu (horizontální) a ve sloupci výstupu (vertikální), např. pro textové 80×25 (výchozí), 80×50 , 40×25 , ..., pro grafické 320×200 , 640×480 (VGA), 800×600 , 1024×768 , 1280×1024 , 1280×800 , 1600×1200 , 1920×1200 , ... (VESA), typicky poměr stran 4 : 3, 16 : 9/10
 - **obnovovací frekvence (refresh frequency/rate)** – frekvence překreslování snímků za jednotku času, 50–160 Hz, (nepřímo) závisí na rozlišení
 - **barevná hloubka (počet barev)** – počet barev, které je možné celkem (ne nutně zároveň) zobrazit, např. pro textové 2 (monochromatický, “černobílý”), 16, pro grafické 16, 256, 64k (high color), 16,7 mil. (true color)
 - další – např. rozměr znakové matice (např. $8/9 \times 14$), podporované barevné modely (např. Red-Green-Blue, Cyan-Magenta-Yellow-black)

Grafická karta (graphic card)

Parametry karty:

- množina režimů zobrazení – většinou se udává maximální grafický, v závislosti na
- frekvence a počet jader grafického procesoru, velikost grafické paměti 256 kB až 1 GB
- parametry výstupů – zejm. analogového (obnovovací frekvence)
- parametry OpenGL – např. počty vestavěných programů na úpravu zobrazované scény (tzv. **shader**, vertex, geometry, pixel aj.)

Typy grafických karet:

- **MDA (Monochrome Display Adapter)** – IBM, 1981, 1. pro PC, jen textový režim 80×25 s ASCII znaky, digitální výstup
- **CGA (Color Graphics Adapter)** – IBM, barevné textové $\times 16$ i grafické režimy $320 \times 200 \times 4/16$, $640 \times 200 \times 2$
- **EGA (Enhanced Graphics Adapter)** – IBM, 1984, 1. všestranně využitelná, až $640 \times 350 \times 16/64$, později výkonnější PGA (Professional GA)

Grafická karta (graphic card)

Typy grafických karet:

- **VGA (Video Graphics Array)** – IBM, 1987, původně pro IBM PS/2, rychle de facto standard, až $640 \times 480 \times 16$ (standardní VGA), analogový výstup (RGB), varianta XGA (eXtended Graphics Adapter, až $1024 \times 768 \times 256$), **VGA BIOS** – součást BIOSu
- **SVGA (Super VGA)** – 1. s grafickým procesorem (grafický akcelerátor), standard **VESA** (Video Electronics Standard Association) pro rozlišení nad $640 \times 480 \times 16$, rozšíření BIOSu **VBE**
- dnes více grafických procesorů **GPU** (až stovky), složitá 3D grafika (operace stínování, textury, mapování, buffering, filtrování, vyhlazování, renderování atd. = výpočet zobrazované scény, jednotky pixel a vrchol (vertex)), obecné paralelní výpočty (**GPGPU** – CUDA, OpenCL)
- integrace do pouzdra s CPU, CPU + GPU = **APU** (Accelerated PU)

Zvuková karta (sound card)

Obrázek: Zvuková karta

- = zařízení zprostředkávající zvukový výstup počítače z reproduktorů a zpracování zvuku na vstupu
- **PC speaker** – malý reproduktor ve skříní připojený k základní desce, typicky pro jednoduché zvuky (např. varovné pípání při chybě), ale i primitivní hudbu
- součásti (čipy na kartě): **AD-DA převodníky** (pro digitalizaci analogového signálu a obráceně), **FM a wave table syntezátory**, paměti pro vzorky tónů nástrojů pro wave table syntézu, **efektový procesor** (pro úpravy zvuku v reálném čase, vytváření efektů, např. prostorového zvuku apod.) a další
- slot/sběrnice dnes PCI, popř. PCI Express, USB

Zvuková karta (sound card)

- konektory (ven, barevně odlišené): reproduktorový výstup (dříve, zesílený pro pasivní reproduktory), linkový vstup a výstup, mikrofonní vstup, výstupy pro středový, LFE/subwoofer, zadní, boční aj.
reproduktory – analogové stereo jack 3,5 mm, S/PDIF digitální linkový výstup (optický), rozhraní MIDI pro elektronické hudební nástroje nebo joystick (**MIDI/Gameport**) – 15-pinový konektor DA15
- konektory (na kartě): CD-Audio pro propojení s optickou mechanikou (pro přehrávání Audio CD), IDE/PATA (dříve), patice pro paměťové moduly pro vzorky tónů nástrojů pro wave table syntézu
- výrobci: Creative Technology, C-Media, VIA Technologies a další

Zvuková karta (sound card)

Digitální záznam analogového signálu zvuku:

- analogový signál – spojitě reprezentované vlnění např. pomocí úrovně napětí
- digitalizace v AD převodníku pomocí **vzorkování (sampling)** = v periodických časových intervalech zaznamenána okamžitá úroveň signálu (vzorek) – PCM (Pulse Code Modulation)
- **Nyquist-Shanonova věta**: signál spojitý v čase je plně určen posloupností vzorků zaznamenaných ve stejných periodických intervalech, je-li jejich frekvence větší než dvojnásobek nejvyšší frekvence signálu
- parametry: **vzorkovací frekvence** (11,025, 22,05, 44,1, 48, 96 kHz), počet rozlišitelných úrovní signálu (8, 16, 24 bitů)
- kvality: telefonní (11 kHz, 8bit, mono), rádiová (22 kHz, 8bit, mono), CD (44 kHz, 16bit, stereo)
- ztrátové komprese – např. MPEG (MP3,4), OGG Vorbis aj.

Zvuková karta (sound card)

MIDI (Musical Instrument Digital Interface)

- = standard pro (digitální) komunikaci, kontrolu a synchronizaci elektronických hudebních nástrojů (včetně počítače)
- ne zvukový signál, ale informace o druhu nástroje, výšce, délce, intenzitě tónu, tempu tónů atd.
- nástroj, např. zvuková karta, musí vytvářet zvukový signál (tóny nástroje):
 - **FM syntéza (frequency modulation)** – složení sinusových vlnění plus aplikování efektů, emulace tónů nástroje, realizovaná FM syntezátorem (čip OPL 2, 3, 4)
 - **wave table syntéza** – úprava digitalizovaných vzorků tónů skutečných nástrojů, uložených v paměti (ROM, RAM)
 - parametry: použitý FM syntezátor, velikost paměti pro vzorky, nahrané vzorky

Síťová karta (network card)

Obrázek: Síťová karta

- = zařízení připojující počítač do (lokální) **počítačové sítě**
- slot/sběrnice dnes PCI, PCI Express, USB, ExpressCard
- konektory (ven): různé pro různá přenosová média (kabely nebo rádiové vlny skrze antény) používané v dané síti (**Ethernet**, **Wi-Fi**, optické, ...), např. BNC, **RJ-45**, optické aj.
- parametry: typ a rychlost sítě, (konfigurační) parametry sítě, hardwarová podpora zpracování síťových dat, probuzení počítače ze sítě (wake on LAN) a Boot ROM
- **Boot ROM** – paměť (EEPROM, Flash) obsahující program pro zavedení operačního systému ze sítě
- výrobci: 3Com, Cisco, Edimax, Intel, Linksys, Atheros a další

Další karty

Rádiové a televizní karty (radio and TV card)

- = zařízení pro příjem, popř. záznam, rádiového a televizního signálu
 - televizní většinou obsahuje i rádiovou, podpora teletextu
 - součásti: AD převodník (u analogových pro digitalizaci analogového signálu), **dekodéry**, **enkodér** pro záznam
 - slot/sběrnice dnes PCI, USB
 - konektory (ven): pro antény (koaxiální), S-Video, HDMI, dálkové ovládání aj.
 - konektory (na kartě): pro propojení s grafickou kartou (dříve, dnes pomocí sběrnice)
 - parametry: typ – analogové (FM rádio), digitální (pozemní, kabelové, satelitní), analogové TV normy (PAL, SECAM), digitální multiplexy, aj.

Obrázek: Televizní karta

Další karty

- multimediální karty pro **zpracování videa** v reálném čase: stříhové, enkódovací, atd.
- **řadiče diskových zařízení a polí (RAID), SSD disky**
- **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
- slot/sběrnice dnes PCI, PCI Express, PCMCIA, ExpressCard

Rozhraní/sběrnice pro disková zařízení

= rozhraní/sběrnice pro komunikaci řadiče diskových zařízení a diskových paměťových (úložných) zařízení

IDE/ATA/ATAPI

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

- řídicí jednotka (řadič) integrován do diskového zařízení – pevného disku
- max. 2 disky, jeden v režimu **master** nebo single, druhý v režimu **slave**, nastavení jumperů na disku
- 40-pinový konektor na základní desce nebo přídavné kartě (i zvukové, včetně konektoru pro floppy disk a paralelního a sériových portů), 40-žilový kabel pro 1 nebo 2 disky
- adresace dat metodou **CHS (Cylinder/Head/Sector)** – max. 1024/256/64, max. kapacita disku 512 MB, po přemapování cylindrů na hlavy až 8 GB (viz pevný disk dále)
- přenosové rychlosti 3,3–8,3 MB/s (**PIO** 0–2, prakticky do 2), 2,1–8,3 MB/s (**DMA** 0–2), 4,2 MB/s (MDMA 0)

Rozhraní/sběrnice pro disková zařízení

IDE/ATA/ATAPI

- **EIDE (Enhanced IDE) / ATA 2–7**

- zpětně kompatibilní s IDE, až 2 rozhraní IDE = až 4 zařízení, autodetekce zařízení i jejich režimů (**cable select**)
- řadič na základní desce nebo přídavné kartě, blokový přenos
- adresace metodou **LBA (Logical Block Addressing)** – logické lineární adresování sektorů pomocí 28-bitové adresy, max. kapacita zařízení 128 GB
- **SMART (Self Monitoring Analysis and Reporting Technology)** – monitorování chyb čtení/zápisu, teploty aj., ATA 3
- **ATA/ATAPI 4 (ATA Packet Interface)** – a.k.a. ATA 33, příkazy SCSI (viz dále) přes ATA, standard pro disková zařízení (mechaniky) s výměnnými médii (CD/DVD, ZIP), 80-žilový kabel (stínění), CRC
- 48-bitové LBA, max. 128 PB – ATAPI 6 a.k.a. ATA 100
- přenosové rychlosti ATA 2, 3: 3,4–16,7 MB/s (PIO 3,4, prakticky 6), 13,3–16,7 (MDMA 1,2), ATA 4: 16,7–33 MB/s (**Ultra DMA 0–2/33**), ATAPI 5: 44,4–66,7 MB/s (UDMA 3,4/66), ATAPI 6: 100 MB/s (UDMA 5/100) a ATAPI 7: 133 MB/s (UDMA 6/133)

Rozhraní/sběrnice pro disková zařízení

IDE/ATA/ATAPI

• **SATA (Serial ATA)**

- sériová sběrnice (až 3 GHz), 7-pinový konektor, 7-žilový kabel pro každý disk
- řadič na základní desce: režimy PATA, RAID, AHCI
- **NCQ (Native Command Queuing)** – optimalizace pořadí operací čtení/zápisu, SATA 2
- připojení/odpojení zařízení za chodu (hot plug/swap)
- přenosová rychlost 150 MB/s (SATA 1), 300 MB/s (SATA 2), 600 MB/s (SATA 3)
- **AHCI (Advanced Host Controller Interface)** – univerzální rozhraní pro detekci, konfiguraci a komunikaci se SATA řadičem
- vnější **eSATA**
- předchozí ATA označováno **PATA (Parallel ATA)**

Rozhraní/sběrnice pro disková zařízení

SCSI (Small Computer System Interface)

- **host adapter** – řadič provozu na datovém kabelu (sběrnici), přídatná karta nebo externí připojené přes paralelní port, 50/68/80-pinový konektor (paralelní SCSI)
- max. 8 zařízení (včetně adapteru, SCSI-1), identifikace číslem ID, sběrnice ukončena terminátorem (na posledním zařízení), 16/32 zařízení (SCSI-2/Fast,Wide, SCSI-3/Ultra2,3)
- paralelní (SPI) i sériové (SSA, FC-AL, **SAS**) sběrnice, logické lineární adresování sektorů
- přenosová rychlost do 5 MB/s (SCSI-1), 20/40/80/160 MB/s (SCSI-2/3,Fast/Wide/Ultra2/3), 320 MB/s (Ultra320 SCSI), 640 MB/s (Ultra640 SCSI)
- vnitřní (pevné disky, mechaniky pro výměnná média) i vnější (tiskárny, skenery) zařízení – konektor pro další zařízení
- i mimo PC, např. Macintosh, Sun, SGI a další
- **iSCSI** – výměna dat síťovým protokolem (nad TCP/IP)

Rozhraní/sběrnice pro disková zařízení

Další (vnější):

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

Pevný disk (hard disk drive, HDD)

Obrázek: Pevný disk

= vnější paměťové zařízení pro dlouhodobé ukládání dat

- **magnetický způsob zápisu/čtení dat**: zmagnetování povrchové vrstvy (aktivní plochy) nemagnetického kotouče (disku) pomocí čtecí/záznamové hlavy – změna magnetického toku = **impuls**, čtení zmagnetováním hlavy
- součásti:
 - rotující soustředěné **keramické kotouče** nad sebou – 1–5, rotují stejnou rychlostí (5,4, 7,2, 10, 15 tis. otáček/min), 2 aktivní plochy (horní a dolní strana kotouče), velikosti 3,5", 2,5" (pro přenosné počítače)
 - čtecí/záznamové **hlavy** vystavované nad akt. plochami – 2× počet kotoučů, vystavování pomocí krokových motorků (dřívě) nebo vystavovacích cívek, vzdálenost v jednotkách μm od kotouče udržována aerodynamickým vztlakem
 - elektronika – pro ovládání vystavování hlav a rotace kotoučů

Pevný disk (hard disk drive, HDD)

- **geometrie:**

- **stopy** = soustředné kružnice na akt. ploše, číslování od 0 od vnějšího okraje
- **sektory** = části stopy, číslování od 1, konstantní datová velikost typicky 512 B nebo 4 kB = jednotka uložení dat, stejný počet pro všechny stopy nebo tzv. zonální zápis (zone bit recording, ZBR, na vnějších stopách více sektorů)
- **cylindry** = množiny stop na akt. plochách nad sebou
- vytvoření tzv. formátováním disku – před prvním použitím

Obrázek: Ilustrace geometrie pevného disku

- **čtení/zápis – přímý přístup:**

- 1 vystavení hlav nad stopy / do cylindru – data zapisována po cylindrech, kvůli paralelnímu čtení/zápisu všemi hlavami
- 2 pootočení kotouče tak, aby byly sektory pod hlavami – sektory logicky za sebou ne fyzicky za sebou, ale prokládaně každý n -tý (**faktor prokládání 1 : n**), kvůli vyšší rychlosti rotaci disku než čtení/zápisu
- 3 vlastní čtení/zápis

Pevný disk (hard disk drive, HDD)

- kapacita – desítky MB až jednotky TB, dána hustotou záznamu a způsobem **kódování binárních dat**:
 - impuls (**I**) = log. **I**? – ne, delší posloupanot **0** = delší místo bez impulsů (**N**) ⇒ ztráta synchronizace čtených dat a řadiče (kolik **0**?)
 - maximalizace využití kapacity – krátká místa bez impulsů vs. málo impulsů (málo časté změny mag. toku)
 - **modulace FM** (**0** = IN, **I** = II, příliš impulsů, nepoužívá se), **MFM** (**0** = IN, jestliže předchází je **0**, jinak NN, **I** = NI, max 3 N za sebou, o 20 % úspornější než FM, dříve a u disket, viz dále), **2,7 RLL** (kódování dvojic až čtveřic bitů, 2–7 N za sebou, o 50 % úspornější než MFM, starší disky), dnes **A/ERLL**
- přenosová rychlost – do stovek MB/s
- přístupová doba – jednotky ms (po roztočení), doba vystavení hlav (**seek time**) + doba pootočení kotoučů (**rotary latency period**)
- **parkování hlav** = umístění hlav nad/za (nejčastěji) nejvnitřnější stopu plochy při zastavování rotace kotoučů a vymizení aerodynamického vztlaku, softwarově (dříve) nebo automaticky
- všechna rozhraní pro disková zařízení

Diskové pole (disk array)

= soustava pevných disků (tvářících se jako jeden) pro **redundantní ukládání dat za účelem zvýšení spolehlivosti uložení dat (chyby, odolnost) nebo výkonu práce s daty**

~ **RAID (Redundant Array of Independent/Inexpensive Disks)**,

1988 – diskový řadič, hardwarový v podobě přídavné karty (příp. integrované, s cache pamětí) nebo i softwarový

- **RAID 0** – zřetězení min. 2 disků do jednoho celku (JBOD) nebo prokládané uložení bloků dat na disky (**stripping**) – zvýšení výkonu (o cca 50 %) paralelním čtením z více disků, ale ne spolehlivosti
- **RAID 1 (zrcadlení)** – kopie dat na 2 disky – zvýšení spolehlivosti opravením z druhého disku, i výkonu čtením z disků zároveň, pomalejší zápis, poloviční kapacita, varianty 0+1, 1+0, 1+0+0
- **RAID 2** – složitější RAID 3, bitové prokládání s Hammingovým samoopravným kódem na dalších discích, pomalé
- **RAID 3** – min. 3 disky, bitové prokládání s **paritou (XOR)** na samostatném disku, chyba lib. jednoho disku opravena z ostatních a paritního, paritní disk úzké místo (nejvyužívanější), varianty 0+3, 3+0

Diskové pole (disk array)

- **RAID 4** – jako RAID 3, ale blokové prokládání, parita po blocích
- **RAID 5** – jako RAID 3, ale paritní data střídavě na všech discích, chyba lib. jednoho disku opravena z ostatních, pomalejší zápis, varianty 5+0, 5+1, 5+3
- **RAID 6** – jako RAID 5, ale dvoje různá paritní data, opravení chyby až dvou disků, varianta 6+0
- **RAID 7** – odvozené od RAID 3 a 4, vyrovnávací paměť, vlastní sběrnice, opravena chyba i více disků (i sudý počet chyb)

Obrázek: Ilustrace polí RAID

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

Obrázek: Disketa a disketová mechanika

- = výměnné paměťové médium pro dlouhodobé ukládání dat
 - 1967, IBM
 - magnetický způsob zápisu podobně jako u pevného disku
- = plastový kotouč v plastovém obale – velikosti 14" (první), 8" (dříve, dnes speciální zařízení), 5,25" (dříve), **3,5"**
 - geometrie: 40/80 stop, 9/15/18 sektorů, hustoty zápisu DD, QD, HD, ED, HiFD
 - kapacity: 160 kB až 1 MB (8"), 160 kB až 1,2 MB (5,25"), 720 kB (3,5" DD), **1,44 MB** (3,5" HD), 2,88 MB (3,5" 2HD)
 - přenosová rychlost max. 125 kB/s (prakticky 30–70 kB/s)
 - mechanika – čtecí/zapisovací hlavy + elektronika, **vlastní rozhraní** (konektor a kabel), mechanicky ovládané vysouvání diskety
 - řadič a konektor na základní desce nebo přídatné kartě pro PATA

ZIP disk + mechanika

Obrázek: ZIP disk a mechanika

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

Další: **LS-120** (kompatibilní s disketou, 120/240 MB, pomalé),
magnetické pásky (pro zálohovací jednotky)

Optické disky + mechaniky

Obrázek: Optický disk a mechanika

- = výměnné paměťové médium pro dlouhodobé ukládání dat
 - **optický způsob zápisu/čtení dat:** vytvoření prohlubní (tvz. **pity**) v povrchové vrstvě (aktivní plochy, zlato) kotouče (disku) lisováním nebo vypálením laserem ze záznamové hlavy, čtení snímáním laseru (přes čočku) odraženého od rovné akt. plochy (bez pitu) čtecí hlavou (fotodioda)
- = rotující **polykarbonátový kotouč** – 500 (vnitřní) až 200 (vnější okraj) otáček/min, 1 (dolní strana kotouče) nebo více aktivních ploch (horní strana a vícevrstvé kotouče – poloprůhledné vrstvy), velikosti **12 a 8 cm** (plus CD seříznutá do tvaru vizitky), tloušťka 1,2 mm

Optické disky + mechaniky

- geometrie:
 - stopy = **spirály** od vnitřního okraje kotouče za sebou na akt. ploše, číslování od 1
 - sektory (tzv. velké rámce) = části stopy, konstantní datová velikost typicky 2048 B (CD/DVD, Mode 1, 2352 Audio) = jednotka uložení dat, rozděleny na tzv. malé rámce (98 pro CD)
- čtení/zápis – přímý/postupný přístup:
 - **lisování** (zápis) – vyražení pitů celého disku podle šablony
 - **vypalování** – laserem ze záznamové hlavy (stovky °C), postupný zápis stop tzv. multisession
- **kódování binárních dat**: střídání pitů a ploch bez pitu = log. I, 1 B dat do 14 bitů včetně samoopravných kódů (Reed-Solomonovy)
- přístupová doba cca 100 ms (po roztočení)
- mechanika – čtecí/zapisovací hlava + elektronika, elektronicky ovládané vysouvání disku, rotace s konstantní úhlovou (CAV) nebo obvodovou (CLV) rychlostí, rychlosti uváděné pro zápis/přepis/čtení
- rozhraní EIDE/ATAPI, SATA, SCSI, USB

Optické disky + mechaniky

CD (Compact Disc)

- 1979, Sony, Philips
- rozestup stop $1,6 \mu\text{m}$, laser o vlnové délce 785 nm
- kapacity: 184–210 MB = 21-24 min. (8 cm), 550 MB = 63 min. (starší), **656 MB = 74 min.** zvuku, **702 MB = 80 min.** aj.
- přenosová rychlost – udávána jako násobek přenosové rychlosti **150 kB/s** pro Audio CD, 1 – 52×
- formáty (standards označovány jako **barevné knihy**):
 - **Audio CD** (červená) – záznam navzorkovaného zvuku v CD kvalitě (CDDA), typicky hudby
 - **CD-ROM** (žlutá) – po zápisu lisováním pouze pro čtení
 - **CD-R** (Recordable, oranžová) – po zápisu pouze pro čtení, **CD-RW** (ReWriteable) – přepisovatelné jako celek nebo tzv. paketový zápis, cca 1000 přepisů, vrstva v amorfnní nebo krystalické struktuře
 - **Video CD** (VCD, bílá) – spec. adresářová struktura (a záznam dat) pro video ve formátu MPEG-1 (rozlišení 352×288 PAL/SECAM) se zvukem ve formátu MP2
 - další: SACD (šarlatová), PhotoCD (běžová), CD-I (Interactive, zelená), Enhanced CD/CD Plus/CD-G (modrá)

Optické disky + mechaniky

DVD (Digital Versatile/Video Disc)

- 1996/7, DVD Fórum (DVD-R(W)), DVD Alliance (DVD+R(W)) – do určité míry kompatibilní, nástupce CD
- jednostranné (DVD-5,9), **oboustranné** (DVD-10,14,18) a **dvouvrstvé** disky (na jedné straně DVD-9,14, na obou stranách DVD-18)
- rozestup stop $0,74 \mu\text{m}$, laser o vlnové délce 660 nm
- kapacity: **4,7/4,4 GB/GiB** (DVD-5, DVD-RW/RAM), **8,5/7,9 GB/GiB** (DVD-9)
- přenosová rychlost – udávána jako násobek **1385 kB/s**, 1 – 24×
- typy:
 - **DVD-Video** – spec. adresářová struktura pro video ve formátu MPEG-2 (rozlišení 720×576 PAL/SECAM) se zvukem ve formátu MP3 nebo Dolby Digital (AC3), 5.1, **interaktivita** (DVD menu, zvukové stopy, kapitoly, pohledy, titulky), **šifrování** CSS a regiony, analogové kódování **Macrovision**
 - **DVD-Audio** – spec. adresářová struktura pro zvuk v CD a lepší kvalitě (AC3, prostorové, DTS, vzorkování až 192 kHz), podobné SACD
 - **DVD-Data** – lib. data

Optické disky + mechaniky

DVD (Digital Versatile/Video Disc)

- média: **DVD-ROM**, **DVD-R/RW** (kompatibilní s DVD-ROM), **DVD+R/RW**, **DVD+R DL (Dual Layer)**, **DVD-RAM** (přímý zápis podobně jako např. pevný disk, desítky až stovky tis. přepisů, verze v pouzdře)
- **EcoDisc** – poloviční toušťka, nekompatibilní se štěrbinovými mechanikami
- mechaniky čtou/zapisují i CD

Optické disky + mechaniky

Blue-ray (BD)

- 2000, Sony, nástupce DVD
- rozestup stop $0,32 \mu m$, laser o vlnové délce 405 nm
- kapacity: BD5,9 **25 GB** (jednovrstvý), 50 GB (dvouvrstvý), BD-XL 100 GB (třívrstvý, XL 3), 128 GB (čtyřvrstvý, XL 4)
- přenosová rychlost – udávána jako násobek **4,5 MB/s**, 1 – 12×
- hybridní DVD/BD (2 vrstvy DVD, 1 BD), IH-BD (vrstvy BD-ROM, BD-R)
- uložení videa ve formátu MPEG-2 nebo MPEG-4 AVC (H.264) (rozlišení 1280×720 nebo $1920 \times 1080 =$ High Definition), zvuk ve formátu Dolby Digital Plus, Dolby TrueHD aj., 7.1, interaktivita **BD-J** (Java VM), šifrování AACS, BD+ a regiony, Blue-ray 3D pro 3D video
- média: **BD-ROM, BD-R/RE**
- mechaniky čtou/zapisují i CD/DVD

Optické disky + mechaniky

Další:

- **Laserdisc (LD)** – první optický, 1970, RCA, velikost 30 cm, oboustranný, pro filmy, **analogový** záznam, nepoužívaný
- **Minidisc (MD)** – **magnetooptický**, původně pro hudbu, 74/80 min., až 1 GB, dnes již nepoužívaný
- **HD DVD** – konkurenční pro Blue-ray, Toshiba, 2008 konec, 15–60 GB
- různé **magnetooptické disky** a další

Flash a SSD disky, paměťové karty + mechaniky

- = výměnné/přenosné paměťové médium pro dlouhodobé ukládání dat
- **elektronický způsob zápisu/čtení dat:** Flash EEPROM paměť

Obrázek: Flash disk

Flash disk

- 2000, IBM, Trek Technology
- = integrovaný obvod (zalitý) v plastovém, gumovém nebo kovovém obalu
- kapacita 8 MB (první) až 256 GB, přenosové rychlosti až 60 MB/s (prakticky 30)
- rozhraní USB, konektor USB-A, zařízení mass-storage, viz dále

Flash a SSD disky, paměťové karty + mechaniky

Obrázek: SSD disk

SSD disk (Solid State Drive)

- = integrované obvody na plošném spoji v plastovém/kovovém obalu → nižší spotřeba než (klasické) pevné disky, nehlukné, odolné, ale omezený max. počet zápisů (Flash EEPROM, Memory Technology Device, MTD)
- kapacita do stovek GB, velikost sektoru 1 kB, přenosové rychlosti stovky MB/s až jednotky GB/s, přístupová doba v μs
- rozhraní (m)SATA, ATA (flash disk **ADM**, **ATA Disk Module**), PCI Express, PCMCIA, ExpressCard, USB (mass-storage) aj.
- **RAM-drive** – varianta s volatílní pamětí SRAM nebo DRAM

Flash a SSD disky, paměťové karty + mechaniky

Obrázek: Paměťové karty

Paměťové karty

- = integrované obvody na plošném spoji na plastové destičce
- kapacity do desítek GB
- nejdříve rozhraní PCMCIA, pak **vlastní různá rozhraní/konektory**
- druhy: **SmartMedia** (SM, první), **CompactFlash** (CF, I, II), **Memory Stick** (MS, Sony, Duo), **Secure Digital** (SD, mini, micro), **Multimedia Card** (MMC), **XD Picture Card** (Olympus) a další
- použití i mimo počítače: PDA, fotoaparáty, kamery, mobilní telefony, audio přehrávače apod.