

Úvod do informačních technologií

přednášky

Jan Outrata

září–prosinec 2009 (aktualizace září–prosinec 2012)

Součásti počítače

Osobní počítač

Obrázek: Počítač IBM PC (1981)

Personal Computer, PC

- příbuznost a (částečná nebo úplná) kompatibilita s počítači **IBM PC** (1981), procesory **Intel x86** kompatibilní
 - XT (eXTended, 1983) – 8-bitový, procesor Intel 8088, 4,77 MHz, 16–256 kB RAM, operační systém MS DOS
 - AT (Advanced Technology, od 1984) – 16/32/64-bitové, procesory Intel od 80286, (původně) až 16 MB RAM
 - ztráta vlivu na standardizaci po PS/2 (1987), ve prospěch firem Intel (hardware) a Microsoft (software)
- = základní koncepce technického provedení počítače
- dodnes převládající koncepce mikropočítačů (otevřená politika IBM vs. uzavřená jiných firem)

Počítačová sestava

Počítač, počítačová sestava = „stavebnice“ počítače s modulární architekturou ⇒ variabilita, rozšiřitelnost, vyváženost, ...

- **hardware** = technické vybavení počítače, fyzické součásti („železo“), elektronická digitální a elektromechanická zařízení
- **software** = programové vybavení počítače, operační systém a aplikace, **firmware** = programy vestavěné do hardware (např. BIOS)
- neustálý vývoj, posouvání hranic možností, specializace

Obrázek: Počítačová skříň

Skříň (case, chassis)

- provedení (form factor): klasické desktop, (mini/midi/big)tower, rackové, další laptop/notebook/netbook, tablet, atd.
- korespondence s rozměry **základní desky** (otvory pro zdroj, konektory, lišty pro přídatné karty)
- = kovová (plechová) konstrukce s plastovými kryty
- **šachty** pro mechaniky výměnných médií a karet (5, 25", 3, 5", PCMCIA) aj., tlačítka pro zapnutí, popř. reset, signalizace a indikátory (LED aktivit, detekce otevření), konektory pro USB, audio aj.
- výrobci: Antec, AOpen, ASUS, Chieftec, Cooler Master, DFI, Ever Case, Foxconn a další

Obrázek: Zdroj napájení

Zdroj napájení (power supply) nebo Baterie

- zajišťuje el. napájení stejnosměrným proudem všech (vnitřních) součástí počítače
- konektory **PC Main** (P1, 20/24 pinů, do základní desky), **ATX12V** (P4, 4/8 pinů, do základní desky, pro procesor), **4- a 15-pinové** (pro disková zařízení PATA, SATA), **6/8-pinové** (pro PCI-Express), a **C14 IEC** pro elektrickou šňůru
- typicky +3.3, ± 5 , ± 12 V, 250–1000 W pro osobní počítače, 25–100 W pro přenosné s baterií, více zdrojů (redundantních) pro servery a pracovní stanice, efektivita od 75 do 90 %
- korespondence s rozměry základní desky (konektory) a skříně, AT nebo **ATX**
- výrobci: Antec, Enermax, Foxconn a další

Součásti počítače

Obrázek: Ilustrace počítače

Vnitřní součásti: základní deska, procesor, operační paměť, rozšiřující karty (grafická, zvuková, síťová aj.), pevné disky, mechaniky výměnných médií (CD/DVD, floppy, aj.), zdroj, ventilátory

Vnější součásti: displej, klávesnice, myš, touchpad

Periferie: disková zařízení (pro pevné disky i výměnná média), síťová zařízení (přepínače, směrovače, přístupové body, modemy aj.), multimediální zařízení (reproduktory, mikrofon, webová kamera, antény), tiskárna, plotter, skener, tablet, trackball, joystick a další

- některé vnější součásti a periferie mohou být součástí skříně (notebook, tablet, Mac), např. displej, klávesnice, touchpad, síťová a multimediální zařízení aj.

Základní deska (mainboard, motherboard)

Obrázek: Základní deska

- = základní součást, ke které (na kterou) se připojují další zařízení, které propojuje: procesor(y), paměti, přídatné karty, disková zařízení, periferie a další
- = vícevrstvý (obvykle) obdélníkový plošný spoj s obvody propojujícími zařízení pomocí vnitřních **sběrnic**

Základní deska (mainboard, motherboard)

- formáty (form factor):
 - PC/XT (IBM) – první pro osobní počítače
 - **AT** (IBM) – $305 \times 350 \text{ mm}$, varianta Baby
 - **ATX** (Intel, 1995) – $244 \times 305 \text{ mm}$, nejpoužívanější, de facto standard, varianty micro ($244 \times 244 \text{ mm}$), Extended, Flex, Ultra
 - BTX (Intel) – $266 \times 325 \text{ mm}$, lepší chlazení a napájení než ATX, varianty micro, Extended aj., neujal se
 - ETX – $95 \times 114 \text{ mm}$, v embedded počítačích
 - odpovídající skříň, různé konektory pro napájení od zdroje, různé rozmístění konektorů pro periferie
- výrobci: Aopen, ASRock, ASUS, Biostar, EPoX, Foxconn, Gigabyte Technology, Intel, Jetway, Micro-Star, Palit, Soyo, VIA a další

Základní deska (mainboard, motherboard)

Sběrnice (bus)

- = paralelní nebo sériová soustava vodičů propojujících zařízení pro komunikaci a přenos dat (řízeným **protokolem**)
- parametry:
 - **šířka přenosu (bit)** – určuje, kolik bitů lze najednou přenést
 - **frekvence (MHz)** – frekvence hodinového signálu
 - **rychlost/propustnost (MB/s)** – určuje množství dat přenesených za jednotku času, frekvence \times šířka (v bytech)
- vnitřní: na základní desce (součást jejích obvodů), vesměs paralelní
- vnější (rozhraní): k diskovým zařízením a periferiím, kombinované nebo sériové
- **synchronní** – zařízení synchronizována, většina vnitřních
- **multimaster** – může být řízena více zařízeními než jedním (typicky procesorem), tzv. **busmastering**

Základní deska (mainboard, motherboard)

Sběrnice (bus) – části:

- **adresová** – výběr adresy v paměti nebo zařízení na sběrnici, šířka 3 až 64 bitů – určuje, s jak velkou pamětí nebo s kolika zařízeními lze (přímo) pracovat
- **datová** – přenos dat po sběrnici, šířka 1 až 128 bitů, udává “bitovost” sběrnice
- **řídící** – řízení zařízení na sběrnici pomocí řídících a stavových informací, šířka 1 až 8 bitů – určuje počet řídících signálů a stavů

Základní deska (mainboard, motherboard)

Vnitřní sběrnice

procesorová, systémová (CPU, front side bus)

- připojená zařízení: procesor(y), paměti (cache, operační), **severní můstek čipsetu**, příp. řadič kanálů (periferní procesory, u mainframe počítačů)
- 8- až 64-bitová, šířka datové části (většinou) koresponduje s adresní
- frekvence (FSB): 66, 100, 133, 266, 400, 533, 1066, . . . , 1600 MHz
- **patice (socket)** = konektor pro procesor
- **sloty** = konektory pro operační paměti, příp. procesor

Základní deska (mainboard, motherboard)

Vnitřní sběrnice

rozšiřující, lokální (expansion, local bus)

- určuje standard pro připojená zařízení – **přídavné karty**
- **slots** pro karty: grafické, zvukové, síťové, multimediální, diskové řadiče, pro periferie aj.
- integrované karty – součástí základní desky, dnes běžně zvuková, síťová, diskové řadiče, někdy i grafická (tzv. all-in-one)
- **ISA (Industry Standard Architecture)** – nejstarší pro IBM PC, původně pro procesor Intel 80286, 8/16-bitová, frekvence 4,77/8,33 MHz, **manuální konfigurace karet** pomocí tzv. **jumperů** (propojka vodičů) nebo v BIOSu, dnes se u osobních počítačů téměř nevyskytuje, přetrvává v průmyslových počítačích
- **MCA (Microchannel Architecture)** – od IBM pro procesory Intel 80386 jako náhrada za ISA, 16/32-bitová, frekvence 10–25 MHz, umožňuje busmastering, nekompatibilní s ISA, nerozšířila se mimo IBM (PS/2)

Základní deska (mainboard, motherboard)

Vnitřní sběrnice

rozšiřující, lokální (expansion, local bus)

- **EISA (Extended ISA)** – zpětně kompatibilní s ISA, pro procesory Intel 80386, 8/16/32-bitová, frekvence 8,33 MHz umožňuje busmastering, dnes nepoužívaná
- **VLB (VESA Local Bus)** – pro procesory Intel 80486, 32-bitová, závislá na ISA, počet slotů klesá s frekvencí 25–50 MHz (např. 3 při 33 MHz, 1 při 40 MHz), dnes nepoužívaná
- **PCI (Peripheral Component Interconnect)**
 - od Intelu pro procesory Intel Pentium, umožňuje busmastering
 - umožňuje zařízením **přímý přístup do operační paměti**, použití i v jiných počítačích než IBM PC kompatibilních
 - 64-bitová (Pentium), 32-bitové přenosy (pro procesory Intel 80486)
 - frekvence 33, 66, 100, 133 MHz
 - **Plug & Play** (PnP, 1992, Intel, Microsoft, Compaq) – standard pro **automatickou konfiguraci karet**, typu, parametrů a bezkonfliktní přiřazení zdrojů (viz BIOS)
 - univerzální pro všechny typy karet, dnes postupně nahrazována PCI Express

Základní deska (mainboard, motherboard)

Vnitřní sběrnice

rozšiřující, lokální (expansion, local bus)

- **AGP (Accelerated Graphic Port)**

- od Intelu pro procesory Intel Pentium II
- propojení **grafických karet** přímo s procesorem a operační paměti (podobně jako procesorová sběrnice)
- 32-bitová, frekvence základní 66 MHz = AGP 1×, pak AGP 2×, 4×, 8× – různý počet bitů za takt
- dnes nahrazena PCI Express

- **PCI Express (PCI-E)**

- nástupce PCI (a AGP), ne zpětně kompatibilní! (existuje zpětně kompatibilní rozšíření **PCI-X**)
- 1–32-bitová, 1,25 GHz
- 1× (různé karty), 16× (grafické karty), verze 3.0

- další: **InfiniBand**, **HyperTransport**, **RapidIO**, průmyslové (VME), AMR, CNR – pro připojení modemových a zvukových karet, dnes nepoužívané

Základní deska (mainboard, motherboard)

Vnější sběrnice a rozhraní

Na ploše základní desky:

- **rozhraní/sběrnice pevných disků a mechanik výměnných médií** (CD/DVD, pam. karty aj.): IDE/PATA, SATA, SCSI, Fibre Channel
- **patice** pro cache paměti, BIOS
- rozšiřující **konektory**: pro sběrnice USB, FireWire, zvukové konektory
- konektory pro další zařízení: napájení, aktivní chladiče (ventilátory), tlačítka, signalizace a indikátory, reproduktor ve skříni aj.

Konektory na (zadním) panelu základní desky:

- **integrovaných karet**: zvukové (stereo jack, optické), síťové (RJ-45), grafické (VGA = D-SUB, DVI, HDMI, DisplayPort)
- **vnějších sběrnic** USB, FireWire, eSATA, I²C, pro periferie
- **vstupně/výstupních periferií** (čip **Super I/O**): klávesnice, myš (PS/2), paralelního (Centronics, LPT), sériového (RS 232, COM), MIDI, infra rozhraní (porty)
- **pro přídatné karty**: PCMCIA, ExpressCard aj.

Základní deska (mainboard, motherboard)

Obrázek: Blokové schéma základní desky

Čipová sada (chipset)

- = integrované obvody (s pasivním chladičem – žebrovaná měď) na základní desce pro řízení paměti a sběrnic, propojení procesoru, sběrnic a připojení dalších zařízení
- konstruované pro konkrétní typy a počty/množství procesorů a paměti
- **severní můstek, systémový řadič (north bridge, memory controller hub)**
 - propojuje procesorovou sběrnici (procesor, paměti) s vnitřními sběrnicemi (AGP, PCI Express) a **jižním můstkem** (můstky, interní sběrnice)
 - obsahuje, pokud je, **integrovanou grafickou kartu**
 - dříve (dnes součást procesoru) obsahoval např. **řadič operační paměti** a **řadič cache paměti** (= vyrovnávací paměti mezi různě rychlými zařízeními na frekvenci rychlejšího, např. procesorem a operační paměti)

Základní deska (mainboard, motherboard)

Obrázek: Blokové schéma základní desky

Čipová sada (chipset)

- **jižní můstek, vstupně/výstupní řadič (south bridge, I/O controller hub)**
 - propojuje severní můstek a vnitřní sběrnice (PCI, PCI Express) s vnějšími, příp. se sběrnici ISA
 - obsahuje např. **řadič diskových zařízení a polí, řadič DMA** (Direct Memory Access, umožnění přímého přístupu zařízení do operační paměti), **řídící obvody vnějších sběrnic a rozhraní, připojení čipu BIOSu** (sběrnice LPC k čipu Super I/O), další **integrované karty**
- výrobci: Intel, AMD, NVidia, VIA Technologies, SiS a další

Základní deska (mainboard, motherboard)

Obrázek: Hlavní obrazovka BIOSu

BIOS, Basic Input Output System

- = program poskytující **základní nízkourovňové služby**: start počítače, vstupní (obsluha klávesnice, myši), výstupní (text, grafika), dále např. datum a čas, správa napájení, síťové
 - rozhraní mezi hardwarem a operačním systémem
 - umožňuje **základní konfiguraci hardwaru počítače** (tzv. **SETUP**): zapnutí/vypnutí zařízení, základní nastavení zařízení (parametrů, **přiřazení zdrojů** – přerušení, DMA kanály, vstupní/výstupní adresy, přiřazený paměťový rozsah aj.), zařízení pro zavedení operačního systému
- = firmware uložený v paměti ROM (Flash EEPROM) na základní desce
 - konfigurační data v paměti CMOS RAM zálohované baterií
 - výrobci: Award, Phoenix, Ami

Základní deska (mainboard, motherboard)

- nejvíce ovlivňuje kvalitu počítačové sestavy, zvláště vzhledem k dalšímu rozšiřování a modernizaci
- **parametry:** typ patice/slotu pro procesor(y) a použitelné procesory, chipset, počet a typy slotů pro paměti a přídavné karty, integrované karty, rozhraní a konektory pro periferie, rychlosti sběrnic

Procesor (central processing unit, CPU)

Obrázek: Procesor

- = centrální prvek počítače vykonávající sekvenčně (až na skoky) instrukce programu uloženého v operační paměti
- = **mikroprocesor** = integrovaný obvod/čip (velmi vysokého stupně integrace) v patici (socket) nebo slotu na základní desce
 - pasivní (dříve) a aktivní chlazení (ventilátor)
 - “mozek počítače”

Procesor (central processing unit, CPU)

- části:

- **řadič (řídící jednotka, central unit, CU)** – zpracovává instrukce programu nad daty čtenými z registrů, paměti nebo vstupního zařízení, výsledky zapisuje do registrů, paměti nebo výstupního zařízení
- **aritmeticko-logická jednotka (ALU)** – realizuje aritmetické a logické instrukce, celočíselná a v plovoucí řádové čárce
- **registry** – paměťové buňky přímo v procesoru, nejrychleji dostupná paměť procesoru
- **vyrovnávací paměti cache (L1, L2, L3), řadič cache**
- **sběrnice a stránkovací jednotka, řadič operační paměti, . . .**
- dnes navenek von Neumannova koncepce, vnitřně harwardská

- frekvence:

- **vnitřní (taktovací)** – nominální frekvence procesoru, 1 MHz až několik (3) GHz, odvozena od vnější frekvence pomocí **násobitele** nastavovaného jumpery (dříve) nebo v BIOSu, násobky 0,5, rozsah 1,5 až 15 (u nových procesorů), typicky od 3 do 7,5
- **vnější** – frekvence procesorové sběrnice na základní desce, určena severním můstkem chipsetu

Procesor (central processing unit, CPU)

- **patice (socket)**: vývody procesoru ve formě pinů (dříve) nebo plošek (dnes), téměř výhradní, např. Socket 1–3 (169–238 pinů) pro Intel/AMD 80486, Intel Pentium OverDrive, Socket 4,5,7 (273–321 pinů) pro Intel Pentium (MMX), AMD K5, K6, Socket 370 (370 pinů) pro Intel Celeron, Pentium III, **Socket 478** pro Intel Celeron, Pentium 4, Socket A/462 pro AMD Athlon (XP), Duron, **Socket 754** pro AMD Athlon 64, **Socket 940** pro AMD Opteron, **Socket 775** pro Intel Pentium 4/D, Celeron, Core 2, **Socket AM2/3** pro AMD Athlon 64, Opteron, Sempron, Phenom (II), **Socket 1155/1366/2011** pro Intel Core i3/5/7, **Socket FM1/2** pro AMD A4/6/8/10 a další
- **slot**: podobně jako přídavné karty do rozšiřujících sběrnic, vyjíměčně, např. Slot 1 (242 pinů) pro Intel Celeron, Pentium Pro, II a III, Slot 2 (330 pinů) pro Intel II Xeon, Slot A (242 pinů) pro AMD Athlon K7
- výrobci (pro osobní počítače): Intel, AMD, ARM Ltd., VIA Technologies, IBM, Transmeta, Texas Instruments a další specializované

Procesor (central processing unit, CPU)

Instrukční sada

- = množina všech instrukcí procesoru, pevně zabudována (dnes upravitelná/rozšiřitelná, instrukce složeny z tzv. mikroinstrukcí)
- **CISC (Complete Instruction Set Computer)** – tzv. úplná instrukční sada, všechny možné délky trvající instrukce, u osobních počítačů navenek procesoru, např. Intel, AMD
- **RISC (Reduced ISC)** – redukováná instrukční sada, jen několik základních jednoduchých rychlých instrukcí, ostatní složitější jsou složeny ze základních, např. IBM Power PC, u osobních počítačů interně u novějších procesorů Intel, AMD
- instrukce přesunu (mezi registry, operační paměti), aritmetické, logické (log. operace, posuvy, rotace), skoku, vstupně/výstupní (pro práci s periferiemi), ostatní (řídící aj.), a další

Procesor (central processing unit, CPU)

Registry

- = paměťové buňky přímo v procesoru, pro potřeby vykonávání instrukcí
- velikost podle datové části procesorové sběrnice, 8, 16, 32, 64 bitů
- **univerzální (datové)** – pro operandy, mezivýsledky a výsledky instrukcí, např. EAX (RAX), EBX (RBX) atd.
- se stanoveným **významem** – pro řízení vykonávání programu, např. EIP, ESP, EFlags, pro implicitní operandy a výsledky, např. ESI, EDI, pro řízení procesoru, např. CRx aj.
- **matematického koprocessoru** pro operace v plovoucí řádové čárce (**Floating Point Unit, FPU**), např. FPx

Procesor (central processing unit, CPU)

Procesory Intel

- vedoucí výrobce procesorů pro osobní počítače, od 1972 i další (IBM, AMD, ARM) – viz literatura
- **4004** (1971) – první, 4-bitový, 108 kHz, 2 300 tranzistorů
- 8008 (1972), 8080 (1974), 8088 (1979) – 8-bitové, 2–5 MHz, 6–29 tis. tranzistorů
- **8086** (1978) – 1. 16-bitový
- **80286** (1982) – 16-bitový, 24-bitová adresová, až 12 MHz, 130 tis. tranzistorů
 - **reálný režim** – po inicializaci procesoru, podle 8086
 - **chráněný režim** – zapnutí instrukcí z reálného (bez možnosti zpět), **stránkování paměti** (stránky = kusy fyzické paměti) a **virtuální paměť**, adresace až 16 MB fyzické operační paměti a 1 GB virtuální, **4 úrovně ochrany programu** (Ring 0 až 3)

Procesor (central processing unit, CPU)

Procesory Intel

- **80386** (1985) – 1. 32-bitový, vnější 16 MHz, 280 tis. tranzistorů, verze SX (do základních desek pro 16-bitový 80286), DX, **segmentace paměti** (segmenty = oblasti virtuální paměti programu s různými právy), 32-64 kB **L2 cache** na základní desce
- 8087, 80287, 80387SX, 80487SX – **matematické koprocesory**, na základní desce vedle procesoru
- **80486** (1989) – vnější 25 MHz, 1,2 mil. tranzistorů, verze SX (vylepšený 80386, 8 kB **L1 cache**), DX, DX/2 (dvojnásobná vnitřní frekvence), DX/4 (trojnásobná), **integrováný matematický koprocesor**, **pipelining** = více rozpracovaných instrukcí zároveň
- **Pentium** (1993) – 64-bitový (vnitřně 32!), 32-bitová adresová, vnější 60 MHz, 3.1 mil. tranzistorů, 16 kB L1 (8 kB pro instrukce, 8 kB pro data, **harwardská koncepce**), rýsy RISC instrukční sady, **superskalární architektura** = více (2) proudů vykonávání instrukcí, umožňuje provádět více (2) instrukcí současně, 2 ALU, “předvídání” cílové adresy instrukcí podmíněných skoků, klony AMD K5, Cyrix M1

Procesor (central processing unit, CPU)

Procesory Intel

- **Pentium MMX** (MultiMedia eXtension), MMX2 – až 200 MHz, 57 a 70 (**vektorových**) **instrukcí pro zpracování multimediálních dat** (s opakujícími se smyčkami, paralelní vykonávání, s plovoucí řádovou čárkou, využití registrů FPU), **architektura SIMD** (Single Instruction Multiple Data, paralelní zpracování dat – vektorů dat), data zpracovávána po 64 bitech
- **Pentium Pro** (P6, 1995) – 36-bitová adresní část sběrnice, druhý čip v pouzdře pro 256 kB až 1 MB **L2 cache**, **RISC jádro**, 5 **paralelních jednotek** (2 ALU, 2 sběrnicové, 1 FPU)
- **Pentium II** (1997) – od 233 MHz, vnější 100 MHz, 7,5 mil. tranzistorů, nové pouzdro (S.E.C.) do slotu Slot 1, verze **Xeon** pro servery a pracovní stanice (vyšší výkon), **Mobile (M)** pro notebooky (nižší spotřeba)
- **Celeron** – vnější 66 MHz, bez L2 cache → pomalý, od verze 300A 128 kB L2 cache, pouzdro (PPGA) do patice Socket 370 (existuje redukce na Slot 1)

Procesor (central processing unit, CPU)

Procesory Intel

- **Pentium III** (1999) – od 400 MHz, vnější až 133 MHz, 9,5 mil. tranzistorů, dvě výrobní technologie (0,25 a 0,18 μ m – vyšší výkon, nižší spotřeba, 1,6 V místo 2 V), **integrovaná 256kB L2 cache** na čipu, 70 nových **instrukcí SSE** (Streaming SIMD Extensions) pro 3D
- **Pentium 4** (2000) – od 1,3 GHz, vnější 400 a 533 MHz (technologie **DualBus** – dvojice paměťových karet), 42 mil. tranzistorů, nové jádro, **architektura NetBurst** – vyšší frekvence, ale i spotřeba (potřeba zdroje ATX-P4 s přídatným konektorem), **další cache** (např. Execution Trace Cache pro dekódované makroinstrukce), dalších 144 **instrukcí SSE2** pro plovoucí řádovou čárku, verze **HT (HyperThreading)** – zdvojené registry, simulace dvou procesorů
- **Itanium** (2001) – 1. plně 64-bitový, **instrukční sada IA-64 (Itanium)**, pro servery a pracovní stanice
- **Core** (2006) – **vícejádrové, SSE 3/4, VTx/d**, sdílená až 2/6MB L2 cache, verze Solo, Duo (32-bitové), Core 2 (64-bitové), Duo, Quad (2 \times cache), Extreme, **i3/5/7** (až 12 MB L3 cache, různé mikroarchitektury)

Paměti (memory)

= paměťové zařízení pro ukládání (binárních) dat

• parametry:

- **kapacita, přenosová rychlost, přístupová doba** (doba od požadavku do vydání dat), spolehlivost (doba mezi poruchami)
- energetická závislost (neudrží data bez el. napájení, volatilní), způsob přístupu (přímý, sekvenční od začátku paměti), druh (statické/dynamické – obsah potřeba periodicky obnovovat) a další
- cena za bit – v závislosti zejm. na kapacitě (nepřímo) a přenosové rychlosti (přímo)

Paměti (memory)

- **vnitřní** – pro krátkodobé ukládání kódu a dat spuštěných programů, např. registry procesoru, operační a vyrovnávací paměť, přídavné karty, a trvalé uložení firmware a základních konfiguračních dat počítače, např. BIOS, přídavné karty
 - menší kapacity (do desítek GB), vyšší přenosové rychlosti (až desítky TB/s), přístupová doba do desítek ns, spolehlivé, energ. závislé i nezávislé, přímý přístup, statické i dynamické
- **vnější** – pro dlouhodobé ukládání programů a (jiných) dat, např. pevné disky, výměnná média (CD/DVD, paměťové karty, aj.) a jiná disková zařízení
 - větší kapacity (až stovky TB), nižší přenosové rychlosti (do jednotek GB/s), přístupová doba ms (přímý přístup) až min. (sekvenční přístup), méně spolehlivé, energ. nezávislé, statické

Paměti (memory)

Vnitřní paměti

Obrázek: Struktura vnitřní paměti

- zapojeny jako matice **paměťových buněk** s kapacitou 1 bit
- po bytech adresovány hodnotou **adresy** na adresní části sběrnice, dekódované (binárním) dekodérem, který vybere adresový vodič (nastaví log. I)
- na výstupu datové části sběrnice zesilovače
- typy:
 - **pouze pro čtení (ROM, Read Only Memory)** – energ. nezávislé, použití např. firmware (BIOS, karty)
 - **i pro zápis** – např. **RAM (Random Access Memory, s náhodným přístupem)**, energ. závislé, rychlejší než ROM, použití všude jinde než ROM

Paměti (memory)

Paměti ROM

- **ROM** – data trvale a neměnně “zapsána” při výrobě, použité obvody pro buňky určují uloženou hodnotu

Obrázek: Realizace buňky paměti ROM

- **PROM (Programmable ROM)** – z výroby samé log. **1**, jediný zápis pomocí **programátoru PROM** – proudem cca 10 mA se přepálí NiCr pojistka a tím se “zapíše” log. **0**

Obrázek: Realizace buňky paměti PROM

- **EPROM (Erasable PROM)** – uchování log. hodnoty pomocí el. náboje – kondenzátoru s velkým svodovým odporem, zápis pomocí programátoru EPROM, výmaz celé paměti odvedením náboje např. pomocí UV záření

Paměti (memory)

Paměti ROM

- **EEPROM (Electrically EPROM)** – výmaz působením el. impulsů
- **Flash EEPROM** – uchování log. hodnoty pomocí pole tranzistorů, přepisovatelná → RAM, organizace po blocích, omezený max. počet zápisů (cca 100 tis.), dnes používaná i pro vnější paměti (např. paměťové karty, SSD disky aj.)

Paměti (memory)

Statická RAM (SRAM)

- rychlé (přístupová doba jednotky ns, rychlost až desítky TB/s), ale složité → použití: cache paměti
- realizace buňky: **bistabilní klopný obvod**, např. v technologii MOS – 2 datové vodiče: $Data$ pro zápis, \overline{Data} pro čtení (negace uložené hodnoty)

Obrázek: Realizace buňky paměti SRAM v technologii MOS

Paměti (memory)

Dynamická RAM (DRAM)

- uchování log. hodnoty pomocí el. náboje – **kondenzátoru**, který se samovolně i čtením vybíjí \Rightarrow potřeba periodicky obnovovat (čipsetem) = **refresh**
- kondenzátor + refresh = větší přístupová doba (jednotky až desítky ns), menší rychlost (až desítky GB/s), ale jednoduché \rightarrow použití: operační paměti

Obrázek: Realizace buňky paměti DRAM v technologii TTL

Paměti (memory)

Dynamická RAM (DRAM)

- typy:
 - **FPM (Fast Page Mode)** – využívá se toho, že data jsou v souvislé oblasti paměti a přístup je pomocí stránkování paměti, 1. byte plným počtem taktů, následující menším, např. 5-3-3-3 = **časování paměti**, moduly DIP a SIMM
 - **EDO (Extended Data Output)** – částečné překrývání operací přístupu do paměti, časování např. 5-2-2-2, moduly SIMM
 - **SDRAM (Synchronous DRAM)** – synchronní s frekvencí procesorové sběrnice základní desky, časování typicky 5-1-1-1, moduly DIMM
 - **DDR SDRAM (Double Data Rate SDRAM)** – 2 datové přenosy v 1. cyklu (na vzestupné i sestupné hraně taktu), např. DDR 200–400 (100–200 MHz, PC1600–3200), DDR2 400–1066 (200–533 MHz, PC2-3200–8500), DDR3 800–2133 (400–1066 MHz, PC3-6400–17000)
 - **RDRAM (Rambus DRAM)** – speciální paměťová sběrnice (rychlejší – 800 MHz, užší), podpůrné čipy pro komunikaci s řadičem paměti v modulu RIMM, dnes nepoužívané

Paměti (memory)

Dynamická RAM (DRAM)

- moduly:
 - **DIP** – do procesorů Intel 80286, v patici na základní desce
 - **SIMM (Single Inline Memory Module)** – čipy na podélné destičce plošného spoje = karta do slotu/**banky** na základní desce, první 30 pinů, 8/16-bitové, 256 kB až 4 MB, FPM, pro Intel 80286 až 80486, další 70 pinů, 32-bitové, 4–64 MB, EDO
 - **DIMM (Dual IMM)** – 168/184/240 pinů, 64-bitové, 16 MB až 4 GB, SO-DIMM pro notebooky (72/144/200/204 pinů), (DDR) SDRAM
 - **RIMM (Rambus IMM)** – 184 pinů, 64 MB až 1 GB, RDRAM

Obrázek: Modul operační paměti

- výrobci: Transcend, Corsair Memory, Kingmax, Kingston Technology, Samsung Electronics a další

CMOS RAM (Complementary Metal Oxide Silicon)

- nepatrná klidová spotřeba, zálohované baterií na základní desce
- použití: konfigurační data BIOSu

Paměti (memory)

Paměť cache

- = **vyrovnávací paměť** mezi různě rychlými zařízeními (na frekvenci rychlejšího), např. procesorem a operační pamětí, pamětí a diskovým zařízením apod.
- rychlejší zařízení používá paměť cache, do které se načtou data z pomalejšího zařízení, celá oblast/blok obsahující požadovaná data
- v případě operační paměti využití toho, že programy používají (souvislé) oblasti paměti, pro instrukce i data
- **cache hit** = požadovaná data jsou v cache
- **cache miss** = požadovaná data nejsou v cache a musí se načíst z pomalejšího zařízení
- organizace do bloků, při přeplnění vyřadí bloků **algoritmem LRU (Least Recently Used)** – nejdéle nepoužívaný

Paměti (memory)

Paměť cache

= **asociativní paměť** = k datům se přistupuje na základě klíče = celá nebo část adresy

- tabulky se sloupci klíč (tag), data a další informace (platnost dat, pro LRU, synchronizační u více cache pamětí aj.)
- plně asociativní – klíč je celá adresa, jedna tabulka \Rightarrow velký klíč, hodně porovnání (bin. komparátor) \rightarrow nepoužívají se
- n -cestně asociativní – klíč je část adresy, zbytek tzv. třída určující řádek v n tabulkách (bin. dekodér) \Rightarrow menší klíč, méně (n) porovnání \rightarrow nejpoužívanější, např. $n = 4$
- přímo mapovaná – 1-cestně asociativní, pomalejší, moc se nepoužívá

Obrázek: Schéma cache paměti

Paměti (memory)

Paměť cache

- zápis dat přes cache do pomalejšího zařízení:
 - **write-through** – ihned při zápisu do cache
 - **write-back** – až později, např. při přeplnění cache, vyšší výkon

L1 (primární, first level cache)

- mezi procesorem a procesorovou sběrnicí, dnes zvlášť instrukční a datová (Harwardská koncepce)
- 8–32 kB, součást procesoru, od procesoru Intel 80486 (4-cestně asociativní)

L2 (sekundární, second level cache)

- mezi procesorovou sběrnicí a operační pamětí, pro urychlení práce s pamětí
- 32 kB až 6/1 MB (externí/interní), na základní desce (dříve) i jako součást procesoru (pouzdro, čip), od procesoru Intel 80386
- dnes i L3 cache – až 12 MB, součást procesoru, od Intel Core