

Úvod do informačních technologií

přednášky

Jan Outrata

září–prosinec 2009 (aktualizace září–prosinec 2012)

Literatura

<http://phoenix.inf.upol.cz/~outrata/courses/udit/index.html>

Úvod

Co je to počítač?



Počítač je v stroj, který zpracovává data podle předem vytvořeného programu.

(Wikipedie)

Co je to počítač?



Počítač je v stroj, který zpracovává data podle předem vytvořeného programu.

(Wikipedie)

Úvod (1)

Kategorie počítačů (původní, z pohledu hardware):

- **mikropočítač (osobní počítač)** – mikroprocesor na 1 čipu, typy: desktop, workstation, server, laptop/notebook, tablet, embedded, většinou 1 uživatel, všeobecné použití
- **minipočítač (midrange)** – terminálové serverové počítače, větší diskový prostor, více periférií, hotswap hardware, spolehlivé, více uživatelů (I/O zařízení), použití v obchodních systémech, průmyslu, např. DEC PDP, VAX, IBM System i, HP 3000, Sun SPARC Enterprise, v pol. 80 let **nahrazeny sítěmi** serverů a pracovních stanic
- **mainframe (sálový počítač)** – velký diskový prostor, mnoho periférií, paralelní architektury, vysoký výkon, použití pro výpočty (průmysl), zpracování hromadných dat (statistiky, banky), např. IBM System/360, System z10
- **superpočítač** – paralelní a distribuovaná architektury, velmi vysoký výkon, náročné a/nebo rychlé výpočty nad rozsáhlými daty, použití pro výzkum, meteorologii – simulace, vyhledávání na Internetu aj., např. Cray, IBM Blue Gene, Roadrunner

Úvod (2)

Osobní počítač (Personal Computer, PC)

- příbuznost a (částečná nebo úplná) kompatibilita s počítači **IBM PC** (od roku 1981)
- = (dodnes) základní koncepce technického provedení počítače

Historie počítačů (1)

- zjednodušení a zrychlení počítání → automatizace výpočtů
- starověk–středověk – počítadla: **abakus**
- 17. st. – logaritmické pravítko, první **mechanické samočinné počítačí stroje**

Mechanické (počítací) stroje – počítačový “pravěk”

- pol. 17. st. – Pascaline, B. Pascal, desítkové i jiné
- 1671 – stroj zvládající aritmetiku, G. W. Leibnitz, **dvojková číselná soustava**
- 1801 – tkalcovský stav řízený pomocí děrné pásky, M. Jacquard
- 1833 – Analytical/Difference Engine, Ch. Babbage, koncept **programovatelného počítače**
- kon. 18. st. – stroje zpracovávající děrné štítky, H. Hollerith, pro statistiky, banky, pojišťovny, Tabulating Machine Company (1896) → International Business Machine (IBM, 1924)
- (relativně) složité, pomalé, jen aritmetické a řídicí operace

Historie počítačů (2)

Elektromechanické a elektronické počítačí stroje – historie počítačů

Nultá generace (mechanické části, relé, desítky operací/s)

- 1936 – **Turingův stroj** (teoretický model), Alan Turing
- 1937 – dvojková, **digitální elektronika**, Claude Shannon
- 1937 – Atanasoff–Berry Computer, dvojkový, neprogramovatelný (soustavy lineárních rovnic), ne turingovsky úplný
- 1938 – reléový počítačí automat **Z-1**, Konrád Zuse, pomalý, nespolehlivý, Z-3 (1941) programovatelný, 2 600 relé, zničen během náletu na Berlín, dále Z-4, Z-5
- 1943 – **Colossus**, kryptoanalýza Enigma-like kódu (Bletchley Park)
- 1944 – ASCC/**MARK I**, Harward University, Howard Aiken, 5 tun, 3 500 relé, stovky km drátů, tisíce dekadických koleček na elektromotorky, sčítání ve zlomcích sekund, násobení v jednotkách sekund, výpočet konfigurace první atomové bomby (100 hodin), dále MARK II, dvojkový, MARK III, programovatelný
- 1958 – SAPO, reléový, ČSSR

Historie počítačů (3)

První generace (mainframe, elektronky, stovky až tisíce operací/s)

- 1945 – idea **řízení počítače programem uloženým v paměti**, John von Neumann
- 1946 – **ENIAC** (Electronic Numerical Integrator and Computer), University of Pennsylvania, “1. všeobecně použitelný”, 30 tun, 15 m² (bývalá univerzitní tělocvična), 17 460 elektronek, 1 500 relé, 174 kW (chlazení vzduchem od vrtulí dvou leteckých motorů), násobení v řádu ms, dekadický, programovatelný pomocí přepínačů a kabelů, výpočet konfigurace vodíkové bomby, 1955 rozebrán
- 1951 – EDVAC, Bellovy laboratoře, dvojkový, **IAS** (1952, John von Neumann), lépe navržený a univerzálnější než ENIAC – program v paměti spolu s daty, dále UNIVAC, MANIAC, JOHNNIAC, IBM 650, Strela (1953), Ural (1957), Setuň (vyvážená trojková soustava!)
- 1951 – **MESM** (“malý elektronický počítačový stroj”, Lebeděv), “1. programovatelný v Evropě”, 6 000 elektronek, 25 kW, 3 000 operací/min
- paměti: magnetické bubny, dřené štítky a pásy

Historie počítačů (4)

Druhá generace (minipočítače, tranzistory, desítky až stovky tisíc operací/s)

- 1947 – polovodičový **tranzistor**, Bellovy laboratoře, Bardeen-Brattain-Shockley
- 1956 – **TX-0** (“tixo”, MIT, 18-bitová slova), další Univac, IBM 7XXX
- 1963 – **PDP-6** (DEC, jen 23 kusů), time sharing, 36-bitová slova
- paměti: feritové, magnetické disky a pásy
- různý nekompatibilní hardware
- (nižší) programovací jazyky: strojový kód, “assembly”, Fortran, Algol, COBOL
- vývoj superpočítačů, vznik až v 70. letech

Historie počítačů (5a)

Třetí generace (mikropočítače, integrované obvody, miliony operací/s)

- 1959 – **integrovaný obvod** (s více tranzistory na křemíkovém čipu)
- míra integrace v počtu tranzistorů na čipu: SSI (desítky), MSI (stovky, konec 60. let)
- 1964 – **IBM System/360**, počátek rodiny mainframů, 32-bitová slova, **8 bitů = byte**, adresace bytů
- 1968 – **PDP-10**, na univerzitách (MIT, Stanford, Carnegie Mellon), “hackerský”
- 1970 – **mikroprocesor**, Intel 4004 (1971, 4-bit), 8008 (1972, 8-bit), 8080 (1974), **8086** (1978, 16-bit), Motorola 6800 (1974, 8-bit), **68000** (1979, 16/32-bit), Zilog Z80 (1976, 8-bit)
- 1975 – mikropočítače **ALTAIR 8800** a **IMSAI 8080**, další **Apple I** (1976)
- 80. léta – Sinclair ZX 80, Commodore C64, **IBM PC** (1981), ZX Spectrum, Apple Lisa (1983, GUI), IBM PC/XT (1983), **Apple Macintosh** (1984), IBM PC/AT (1984), Atari ST (1985), Commodore Amiga (1985), IBM PS/2 (1987)

Historie počítačů (5b)

- paměti: magnetické disky a pásy, elektronické
- kompatibilní hardware, modulární architektury
- (vyšší) programovací jazyky: Lisp, BASIC, Pascal, C, Smalltalk, ...
- terminální sítě a počítačové sítě
- rozvoj mainframe a superpočítačů

Historie počítačů (6)

Dnes (čtvrtá generace?) (integrované obvody – “čipy”, miliardy operací/s)

- míra integrace: LSI (desetitisíce, 70. léta), VLSI (stovky tisíc až miliardy, od 80. let)
- 90. léta – rozvoj IBM PC, Apple Mac, přenosné mikropočítače, embedded
- 2000 až dodnes – integrace součástí, u mikropočítačů přechod od všeobecného k uživatelsky specifickému použití (tablet)
- paměti: magnetické a optické disky, elektronické (FLASH)
- (víceúčelové) programovací jazyky: Python, Visual Basic, Java, C#
- počítačové clustery – počítač jako (speciální) síť (super)počítačů
- ...

ÚKOL

Přečíst stránky Wikipedie:

- History of computing hardware,
`http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_computing_hardware`
- History of computing hardware (1960s--present),
`http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_computing_hardware_(1960s-present)`
- Computer,
`http://en.wikipedia.org/wiki/Computer`

von Neumannova koncepce počítače (1)

- ~1946, Princeton Institute for Advanced Studies
- = řízení počítače programem uloženým v paměti

Architektura:

- procesor (CPU): řadič (CU) + aritmeticko-logická jednotka (ALU)
 - operační paměť: lineárně organizovaná, rozdělená na stejně velké buňky, přístup pomocí adres
 - vstupně/výstupní (I/O) zařízení
 - propojené sběrnici = soustava vodičů
- prototypový počítač: IAS (1952)

von Neumannova koncepce počítače (2)

- **program** = předpis pro řešení úlohy = posloupnost elementárních kroků, tzv. instrukcí
- **instrukce** = interpretovaná **binární data** se speciálním významem
- (proměnná) **data a program** načtené do **jedné společné operační paměti**
- činnost počítače řídí řadič: s využitím ALU zpracovává instrukce programu nad daty čtenými z paměti nebo vstupního zařízení, výsledná data se zapisují do paměti nebo výstupního zařízení
- **instrukce programu vykonávány sekvenčně**, výjimku tvoří instrukce skoků
- ALU: základní početní operace (sčítání, násobení, logické, bitové posuvy)
- **von Neumann bottleneck**: rychlost zpracování instrukcí vs. rychlost komunikace s pamětí a I/O zařízeními → cache = vyrovnávací paměť

von Neumannova koncepce počítače (3)

Koncepce, až na drobné odlišnosti, používaná dodnes:

- rozšíření o koncepci přerušení od I/O a dalších zařízení – umožňuje efektivně zpracovávat více programů “zároveň” i na jednom CPU (multitasking)
- více než jeden procesor (řadič, ALU), zpracovávání více programů (skutečně) zároveň
- postupné načítání programu do paměti podle potřeby
- více typů a druhů sběrnic (paměťová, I/O)
- integrace některých I/O zařízení do CPU (řadiče sběrnic, grafické, síťové)

Harwardská koncepce počítače

- podle počítače MARK I (program na dřené pásce, data na elektromechanických deskách)

Architektura podobná von Neumannově, až na:

- dvě **oddělené paměti pro program a pro data**
 - paměť programu často jen pro čtení
 - **paralelní přístup do paměti**
-
- **modifikovanou** ji interně používají moderní CPU (instrukční a datová cache)
 - DSP procesory v audio/video technice, jednoúčelové (programovatelné) mikrokontroléry (Atmel AVR), kalkulátory

Binární logika

Číselné soustavy (1)

Počítač = počítaací stroj . . . počítání s čísly

Člověk:

- deset hodnot (deset prstů na rukách), deset symbolů (číslic, **0** až **9**)
- použití **desítkové (dekadické) poziční číselné soustavy**: číslo jako součet mocninné řady o základu (radixu) 10, zápis = posloupnost symbolů pro koeficienty řady, pozice (pořadí) symbolu určuje mocninu (řád)

$$(1024)_{10} = 1 \cdot 10^3 + 0 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 4 \cdot 10^0$$

- jiné číselné soustavy: dvanáctková (hodiny), šedesátková (minuty, sekundy), dvacítková (dřívější platidla) aj.

Číselné soustavy (2)

Věta (O reprezentaci přirozených čísel (včetně 0))

Libovolné přirozené číslo N (včetně 0) lze vyjádřit jako součet mocninné řady o základu $B \geq 2, B \in \mathbb{N}$:

$$N = a_{n-1} \cdot B^{n-1} + a_{n-2} \cdot B^{n-2} + \dots + a_1 \cdot B^1 + a_0 \cdot B^0,$$

kde $0 \leq a_i < B, a_i \in \mathbb{N}$ jsou koeficienty řady.

Číslo N se (v poziční číselné soustavě o základu B) zapisuje jako řetěz symbolů (číslic) S_i pro koeficienty a_i zleva v pořadí pro i od $n - 1$ k 0:

$$(S_{n-1}S_{n-2} \dots S_1S_0)_B$$

Číselné soustavy (2)

Získání (hodnoty) čísla N z jeho zápisu $(S_{n-1}S_{n-2} \dots S_1S_0)_B$ postupným přičítáním:

```
 $N = a_0$   
 $B' = B$   
for  $i = 1$  to  $n - 1$  do  
   $N = N + a_i * B'$   
   $B' = B' * B$ 
```

Získání zápisu $(S_{n-1}S_{n-2} \dots S_1S_0)_B$ čísla N (dané hodnoty) postupným odečítáním:

```
 $B' = i = 1$   
while  $B' * B \leq N$  do  
   $B' = B' * B$   
   $i = i + 1$   
for  $i = i - 1$  to  $0$  do  
   $a_i = N / B'$   
   $N = N - a_i * B'$   
   $B' = B' / B$ 
```

Číselné soustavy (2)

Získání (hodnoty) čísla N z jeho zápisu $(S_{n-1}S_{n-2} \dots S_1S_0)_B$ postupným přičítáním:

```
 $N = a_0$   
 $B' = B$   
for  $i = 1$  to  $n - 1$  do  
   $N = N + a_i * B'$   
   $B' = B' * B$ 
```

Získání zápisu $(S_{n-1}S_{n-2} \dots S_1S_0)_B$ čísla N (dané hodnoty) postupným odečítáním:

```
 $B' = i = 1$   
while  $B' * B \leq N$  do  
   $B' = B' * B$   
   $i = i + 1$   
for  $i = i - 1$  to  $0$  do  
   $a_i = N / B'$   
   $N = N - a_i * B'$   
   $B' = B' / B$ 
```


Číselné soustavy (3)

$$\begin{aligned} N &= a_{n-1} \cdot B^{n-1} + a_{n-2} \cdot B^{n-2} + \dots + a_1 \cdot B + a_0 \\ &= (\dots (a_{n-1} \cdot B + a_{n-2}) \cdot B + \dots + a_1) \cdot B + a_0 \end{aligned}$$

Získání (hodnoty) čísla N z jeho zápisu $(S_{n-1}S_{n-2} \dots S_1S_0)_B$ postupným násobením:

```
 $N = a_{n-1}$   
for  $i = n - 2$  to  $0$  do  
   $N = N * B + a_i$ 
```

Získání zápisu $(S_{n-1}S_{n-2} \dots S_1S_0)_B$ čísla N (dané hodnoty) postupným dělením:

```
 $a_0 = N \bmod B$   
 $i = 1$   
while  $N \geq B$  do  
   $N = N / B$   
   $a_i = N \bmod B$   
   $i = i + 1$ 
```

Číselné soustavy (3)

$$\begin{aligned} N &= a_{n-1} \cdot B^{n-1} + a_{n-2} \cdot B^{n-2} + \dots + a_1 \cdot B + a_0 \\ &= (\dots (a_{n-1} \cdot B + a_{n-2}) \cdot B + \dots + a_1) \cdot B + a_0 \end{aligned}$$

Získání (hodnoty) čísla N z jeho zápisu $(S_{n-1}S_{n-2} \dots S_1S_0)_B$ postupným násobením:

```
 $N = a_{n-1}$   
for  $i = n - 2$  to  $0$  do  
   $N = N * B + a_i$ 
```

Získání zápisu $(S_{n-1}S_{n-2} \dots S_1S_0)_B$ čísla N (dané hodnoty) postupným dělením:

```
 $a_0 = N \bmod B$   
 $i = 1$   
while  $N \geq B$  do  
   $N = N / B$   
   $a_i = N \bmod B$   
   $i = i + 1$ 
```

Číselné soustavy (3)

$$\begin{aligned} N &= a_{n-1} \cdot B^{n-1} + a_{n-2} \cdot B^{n-2} + \dots + a_1 \cdot B + a_0 \\ &= (\dots (a_{n-1} \cdot B + a_{n-2}) \cdot B + \dots + a_1) \cdot B + a_0 \end{aligned}$$

Získání (hodnoty) čísla N z jeho zápisu $(S_{n-1}S_{n-2} \dots S_1S_0)_B$ postupným násobením:

```
 $N = a_{n-1}$   
for  $i = n - 2$  to  $0$  do  
   $N = N * B + a_i$ 
```

Získání zápisu $(S_{n-1}S_{n-2} \dots S_1S_0)_B$ čísla N (dané hodnoty) postupným dělením:

```
 $a_0 = N \bmod B$   
 $i = 1$   
while  $N \geq B$  do  
   $N = N / B$   
   $a_i = N \bmod B$   
   $i = i + 1$ 
```

ÚKOL

- 1 Pro několik čísel zjistěte (hodnotu) čísla ze zápisů ve dvojkové, osmičkové, desítkové a šestnáctkové soustavě.
- 2 Pro několik čísel zjistěte zápis čísla (dané hodnoty) ve dvojkové, osmičkové, desítkové a šestnáctkové soustavě.

Číselné soustavy (4)

Počítač:

- první mechanické počítačí stroje dekadické, tj. používající desítkovou soustavu
- mechanické součásti mající 10 stabilních stavů = deset hodnot
- elektromechanické a elektronické součásti: nejnadhěji realizovatelné **2 stabilní stavy** (relé sepnuto/rozepnuto, elektronkou či tranzistorem proud prochází/neprochází, mezi částmi integrovaného obvodu je/není napětí) = 2 hodnoty, 2 symboly (číslíce, **0** a **1**) → **digitální zařízení**
- použití **dvojkové (binární) poziční číselné soustavy**: číslo jako součet mocninné řady o základu 2, zápis = posloupnost symbolů pro koeficienty, pozice symbolu určuje mocninu

$$(11)_{10} = (1011)_2 = 1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$$

Dlaší typy dat (čísla s řádovou čárkou, znaky), odvozeny od (celých) čísel
→ **binární reprezentace** všech typů dat.

Číselné soustavy (5)

Počítač pro člověka:

- použití pozičních číselných soustav o základu 2^k ($k \in \mathbb{N}$):
 - **osmičkové (oktalové)**: symboly (čísllice) **0** až **7**
 - **šestnáctkové (hexadecimální)**: symboly (čísllice) **0** až **9** a **A** až **F**
- jednoduchý převod mezi soustavami:

Převod zápisu čísla v soustavě o základu B^k ($k \in \mathbb{N}$) na zápis v soustavě o základu B (a naopak):

každý symbol soustavy o základu B^k zapisující nějaké číslo nahradíme k -ticí symbolů soustavy o základu B zapisující stejné číslo (a naopak, k -tice symbolů v zápisu brány zprava, chybějící symboly nahrazeny 0)

Binární logika (1)

Základní operace v počítači = logické operace

- formální základ = **výroková logika** – zkoumá pravdivostní hodnotu výroků (pravda/nepravda, spojky/operátory “neplatí, že” \rightarrow operace negace \neg , “a současně platí” \rightarrow konjunkce \wedge , “nebo platí” \rightarrow disjunkce \vee , “jestliže platí, pak platí” \rightarrow implikace \Rightarrow aj.)
- výroky = **logické výrazy** vyhodnocované na hodnoty pravda/nepravda, 1/0
- matematický aparát pro práci s log. výrazy: **Booleova algebra (binární, dvoustavová, logika)**
- fyzická realizace – **logické elektronické obvody** – základ digitálních zařízení
- binární logika: univerzální, teoreticky zvládnutá, efektivně realizovatelná logickými el. obvody

Binární logika (2)

Logická proměnná x

- veličina nabývající dvou možných diskrétních logických hodnot: $\mathbf{0}$ (nepravda) a $\mathbf{1}$ (pravda)
- definice: $x = \mathbf{1}$ jestliže $x \neq \mathbf{0}$ a $x = \mathbf{0}$ jestliže $x \neq \mathbf{1}$

Logická funkce $f(x_1, \dots, x_n)$

- funkce n logických proměnných x_1, \dots, x_n nabývající dvou možných diskrétních hodnot $\mathbf{0}$ (nepravda) a $\mathbf{1}$ (pravda)
- logická proměnná = logická funkce identity proměnné, skládání funkcí
- základní = **logické operace**

Booleova algebra (binární logika)

- algebra logických proměnných a logických funkcí
- dvouhodnotová algebra, algebra dvou stavů
- relace rovnosti: $f = g$, právě když $(f = \mathbf{1} \wedge g = \mathbf{1}) \vee (f = \mathbf{0} \wedge g = \mathbf{0})$

Logické operace (1)

3 základní:

Negace (inverze)

- pravdivá, když operand nepravdivý, jinak nepravdivá

x	\bar{x}
0	1
1	0

- operátory: \bar{x} , NOT x , $\neg x$ (výrokově negace, algebraicky negace), \bar{X} (množinově doplněk)

Logické operace (2)

Logický součin (konjunkce)

- pravdivá, když oba operandy pravdivé, jinak nepravdivá

x	y	$x \cdot y$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

- operátory: $x \cdot y / xy$ (prázdný), x AND y , $x \wedge y$ (výrokově konjunkce, algebraicky průsek), $X \cap Y$ (množinově průnik)

Logické operace (3)

Logický součet (disjunkce)

- nepravdivá, když oba operandy nepravdivé, jinak pravdivá

x	y	$x + y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

- operátory: $x + y$, $x \text{ OR } y$, $x \vee y$ (výrokově disjunkce, algebraicky spojení), $X \cup Y$ (množinově sjednocení)

Logické operace (4)

Logický výraz

- = korektně vytvořená posloupnost (symbolů) logických proměnných a funkcí (operátorů) spolu se závorkami
- priority sestupně: negace, log. součin, log. součet
- např. $x \cdot \bar{y} + f(x, z) = (x \cdot \bar{y}) + f(x, z)$
- = zápis logické funkce

Logické rovnice

- ekvivalentní úpravy: negace obou stran, logický součin/součet obou stran se stejným výrazem, . . . , log. funkce obou stran se stejnými ostatními operandy funkce
- NEkvivalentní úpravy: “krácení” obou stran o stejný (pod)výraz, např. $x + y = x + z$ není ekvivalentní s $y = z$

Logické operace (5)

Axiomy (Booleovy algebry)

- **komutativita:**

$$x \cdot y = y \cdot x \quad x + y = y + x$$

- **distributivita:**

$$x \cdot (y + z) = x \cdot y + x \cdot z \quad x + y \cdot z = (x + y) \cdot (x + z)$$

- **identita (existence neutrální hodnoty):**

$$1 \cdot x = x \quad 0 + x = x$$

- **komplementárnost:**

$$x \cdot \bar{x} = 0 \quad x + \bar{x} = 1$$

Logické operace (5)

Vlastnosti základních logických operací

- **nula a jednička:**

$$0 \cdot x = 0 \quad 1 + x = 1$$

- **idempotence:**

$$x \cdot x = x \quad x + x = x$$

- **asociativita:**

$$x \cdot (y \cdot z) = (x \cdot y) \cdot z \quad x + (y + z) = (x + y) + z$$

- **involuce (dvojitá negace):**

$$\overline{\overline{x}} = x$$

- **De Morganovy zákony:**

$$\overline{x \cdot y} = \overline{x} + \overline{y} \quad \overline{x + y} = \overline{x} \cdot \overline{y}$$

- **absorpce:**

$$x \cdot (x + y) = x \quad x + x \cdot y = x$$

- a další

Logické operace (6)

Vlastnosti základních logických operací – použití

- důkazy: s využitím axiomů a již dokázaných vlastností, rozбором případů (dosazením všech možných kombinací hodnot **0** a **1** za proměnné)
- ekvivalentní úpravy (pro zjednodušování) logických výrazů
- ...

Logické operace (7)

Další operace

Implikace

- nepravdivá, když první operand pravdivý a druhý nepravdivý, jinak pravdivá

x	y	$x \rightarrow y$
0	0	1
0	1	1
1	0	0
1	1	1

- operátory: $x \rightarrow y$, $x \rightarrow y$ (výrokově i algebraicky implikace), $X \subseteq Y$ (množinově podmnožina)

Logické operace (8)

Ekvivalence

- pravdivá, když operandy mají stejnou hodnotu, jinak nepravdivá

x	y	$x \equiv y$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

- operátory: $x \equiv y$, x XNOR y , $x \equiv y$ (výrokově i algebraicky ekvivalence), $X \equiv Y$ (množinově ekvivalence nebo rovnost)

Logické operace (9)

Nonekvivalence (negace ekvivalence, aritmetický součet modulo 2)

- pravdivá, když operandy mají různou hodnotu, jinak nepravdivá

x	y	$x \oplus y$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

- operátory: $x \oplus y$, x XOR y , $x \not\equiv y$ (výrokově i algebraicky negace ekvivalence), $X \not\equiv Y$ (množinově negace ekvivalence)

Logické operace (10)

Shefferova funkce (negace logického součinu)

- nepravdivá, když oba operandy pravdivé, jinak pravdivá

x	y	$x \uparrow y$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

- operátory: $x \uparrow y$, x NAND y

Logické operace (11)

Piercova funkce (negace logického součtu)

- pravdivá, když oba operandy nepravdivé, jinak nepravdivá

x	y	$x \downarrow y$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

- operátory: $x \downarrow y$, x NOR y

Logické funkce (1)

- zadání **pravdivostní tabulkou**:

- úplně – funkční hodnota $f(x_i)$ definována pro všech 2^n možných přiřazení hodnot proměnným $x_i, 0 \leq i < n$
- neúplně – funkční hodnota pro některá přiřazení není definována (např. log. obvod realizující funkci ji neimplementuje)

- **základní tvary** (výrazu):

- **součinný (úplná konjunktivní normální forma, ÚKNF)** – log. součin log. součtů všech proměnných nebo jejich negací (úplných elementárních disjunkcí, ÚED)

$$(X_0 + \dots + X_{n-1}) \cdot \dots \cdot (X_0 + \dots + X_{n-1}) \quad X_i = x_i \text{ nebo } \bar{x}_i$$

- **součtový (úplná disjunktivní normální forma, ÚDNF)** – log. součet log. součinů všech proměnných nebo jejich negací (úplných elementárních konjunkcí, ÚEK)

$$(X_0 \cdot \dots \cdot X_{n-1}) + \dots + (X_0 \cdot \dots \cdot X_{n-1}) \quad X_i = x_i \text{ nebo } \bar{x}_i$$

Logické funkce (2)

Převod log. funkce $f(x_i)$ na základní tvar (normální formu)

- ekvivalentními úpravami a doplněním chybějících proměnných nebo jejich negací
- **tabulkovou metodou:**
 - 1 pro řádky s $f(x_i) = \mathbf{0(I)}$ sestroj log. součet (součin) všech x_i pro $x_i = \mathbf{0(I)}$ nebo \bar{x}_i pro $x_i = \mathbf{I(0)}$
 - 2 výsledná ÚKNF (ÚDNF) je log. součinem (součtem) těchto log. součtů (součinů)

x	y	z	$f(x, y, z)$	ÚED	ÚEK
0	0	0	0	$x + y + z$	
0	0	1	0	$x + y + \bar{z}$	
0	1	0	0	$x + \bar{y} + z$	
0	1	1	1		$\bar{x} \cdot y \cdot z$
1	0	0	0	$\bar{x} + y + z$	
1	0	1	1		$x \cdot \bar{y} \cdot z$
1	1	0	1		$x \cdot y \cdot \bar{z}$
1	1	1	1		$x \cdot y \cdot z$

$$\text{ÚKNF}(f(x, y, z)): (x + y + z) \cdot (x + y + \bar{z}) \cdot (x + \bar{y} + z) \cdot (\bar{x} + y + z)$$

$$\text{ÚDNF}(f(x, y, z)): \bar{x} \cdot y \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot z + x \cdot y \cdot \bar{z} + x \cdot y \cdot z$$

ÚKOL

Převeďte několik log. funkcí se třemi a více proměnnými do ÚKNF a ÚDNF.

Logické funkce (3)

Věta (O počtu log. funkcí)

Existuje právě $2^{(2^n)}$ logických funkcí s n proměnnými.

Funkce f^1 jedné proměnné

x	f_0	f_1	f_2	f_3
	0	x	\bar{x}	1
0	0	0	1	1
1	0	1	0	1

Funkce f^2 dvou proměnných

x	y	f_0	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}	f_{13}	f_{14}	f_{15}
		0	\cdot		x		y	\oplus	$+$	\downarrow	\equiv	\bar{y}		\bar{x}	\rightarrow	\uparrow	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

Logické funkce (4)

Funkce více než dvou proměnných

pro $n = 3$:

$$f(x, y, z) = x \cdot f(\mathbf{1}, y, z) + \bar{x} \cdot f(\mathbf{0}, y, z)$$

a podobně pro $n > 3$

Věta (O reprezentaci log. funkcí)

Jakoukoliv logickou funkci libovolného počtu proměnných lze vyjádřit pomocí logických funkcí dvou proměnných.

Logické funkce (4)

Funkce více než dvou proměnných

pro $n = 3$:

$$f(x, y, z) = x \cdot f(\mathbf{1}, y, z) + \bar{x} \cdot f(\mathbf{0}, y, z)$$

a podobně pro $n > 3$

Věta (O reprezentaci log. funkcí)

Jakoukoliv logickou funkci libovolného počtu proměnných lze vyjádřit pomocí logických funkcí dvou proměnných.

Logické funkce (5)

Zjednodušení výrazu logické funkce

- = optimalizace za účelem dosažení co nejmenšího počtu operátorů (v kompromisu s min. počtem typů operátorů)
- důvod: méně (typů) log. obvodů realizujících funkci (menší, levnější, nižší spotřeba, ...)

Algebraická minimalizace

$$f = \bar{x} \cdot y \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot z + x \cdot y \cdot \bar{z} + x \cdot y \cdot z$$

// dvakrát přičteme $x \cdot y \cdot z$ (idempotence)

$$f = (\bar{x} \cdot y \cdot z + x \cdot y \cdot z) + (x \cdot \bar{y} \cdot z + x \cdot y \cdot z) + (x \cdot y \cdot \bar{z} + x \cdot y \cdot z)$$

// distributivita

$$f = y \cdot z \cdot (\bar{x} + x) + x \cdot z \cdot (\bar{y} + y) + x \cdot y \cdot (\bar{z} + z) // \text{komplementárnost}$$

$$f = x \cdot y + y \cdot z + x \cdot z$$

- pro složitější výrazy náročná

Logické funkce (5)

Zjednodušení výrazu logické funkce

Karnaughova metoda (Veitch diagram)

- nahrazení algebraických ekvivalentních úprav geometrickými postupy
 - nalezení minimálního výrazu
- 1 k výrazu v základním součtovém tvaru se sestaví tzv. **Karnaughova mapa** = tabulka vyplněná **1** v buňkách reprezentující log. součiny, součiny reprezentované sousedními buňkami se liší v 1 proměnné
 - 2 hledání smyček (minterm) v mapě splňujících jisté podmínky (min. počet, max. obdélníková oblast vyplněná **1**, počet políček mocnina 2, mohou se překrývat, pokrytí všech **1**)
 - 3 smyčky po vyloučení komplementárních proměnných a jejich negací reprezentují log. součiny výsledného součtového tvaru

Logické funkce (6)

Zjednodušení výrazu logické funkce

Karnaughova metoda (Veitch diagram)

$$f = \bar{x} \cdot y \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot z + x \cdot y \cdot \bar{z} + x \cdot y \cdot z$$

	$\bar{x} \cdot \bar{y}$	$\bar{x} \cdot y$	$x \cdot y$	$x \cdot \bar{y}$
\bar{z}			1	
z		1	1	1

Obrázek: Karnaughova mapa

$$f = x \cdot y + y \cdot z + x \cdot z$$

- výpočetně náročná (hledání smyček)

Další algoritmické metody: tabulační (Quine-McCluskey), branch-and-bound (Petrick), Espresso logic minimizer aj.

ÚKOL

Pokuste se minimalizovat log. funkce z přechozího úkolu.

Logické funkce (7)

Úplný systém logických funkcí

- = množina log. funkcí, pomocí kterých je možné vyjádřit jakoukoliv log. funkci (libovolného počtu proměnných)
- množina log. funkcí dvou proměnných (Věta o reprezentaci log. funkcí)
 - (1) negace \bar{x} , log. součin $x \cdot y$ a log. součet $x + y$
 - (2) negace \bar{x} a implikace $x \rightarrow y$
 - a další

Minimální úplný systém logických funkcí

- = úplný systém, ze kterého nelze žádnou funkci vyjmout tak, aby zůstal úplný
- (1) NENÍ: $x \cdot y = \overline{\bar{x} + \bar{y}}$, $x + y = \overline{\bar{x} \cdot \bar{y}}$ (De Morganovy zákony)
- (2) je
- (3) negace \bar{x} a log. součin $x \cdot y$
- (4) negace \bar{x} a log. součet $x + y$
- a další

Logické funkce (7)

Úplný systém logických funkcí

- = množina log. funkcí, pomocí kterých je možné vyjádřit jakoukoliv log. funkci (libovolného počtu proměnných)
- množina log. funkcí dvou proměnných (Věta o reprezentaci log. funkcí)
 - (1) negace \bar{x} , log. součin $x \cdot y$ a log. součet $x + y$
 - (2) negace \bar{x} a implikace $x \rightarrow y$
 - a další

Minimální úplný systém logických funkcí

- = úplný systém, ze kterého nelze žádnou funkci vyjmout tak, aby zůstal úplný
- (1) NENÍ: $x \cdot y = \overline{\bar{x} + \bar{y}}$, $x + y = \overline{\bar{x} \cdot \bar{y}}$ (De Morganovy zákony)
- (2) je
- (3) negace \bar{x} a log. součin $x \cdot y$
- (4) negace \bar{x} a log. součet $x + y$
- a další

Logické funkce (8)

Minimální úplný systém logických funkcí

Jediná funkce:

- **Shefferova** \uparrow (negace log. součinu)
- **Piercova** \downarrow (negace log. součtu)
- důkaz: vyjádření např. negace a log. součinu (součtu)

Vyjádření logické funkce pomocí Shefferovy nebo Piercovy funkce

- 1 vyjádření funkce v základním součtovém tvaru
- 2 zjednodušení výrazu funkce, např. pomocí Karnaughovy metody
- 3 aplikace De Morganových zákonů pro převedení výrazu do tvaru, který obsahuje pouze Shefferovy nebo pouze Piercovy funkce

Logické funkce (8)

Vyjádření logické funkce pomocí Shefferovy nebo Piercovy funkce

$$f = \bar{x} \cdot y \cdot z + x \cdot \bar{y} \cdot z + x \cdot y \cdot \bar{z} + x \cdot y \cdot z$$

$$f = x \cdot y + y \cdot z + x \cdot z$$

$$f = \overline{\overline{x \cdot y \cdot y \cdot z}} + x \cdot z$$

$$f = \overline{\overline{\overline{x \cdot y \cdot y \cdot z} \cdot \overline{x \cdot z}}}$$

$$f = \overline{\overline{\overline{\overline{x \cdot y \cdot y \cdot z} \cdot \overline{x \cdot y \cdot y \cdot z} \cdot \overline{x \cdot z}}}}$$

$$f = (\bar{x} + y + z) \cdot (x + \bar{y} + z) \cdot (x + y + \bar{z}) \cdot (x + y + z)$$

$$f = (x + y) \cdot (y + z) \cdot (x + z)$$

$$f = \overline{\overline{x + y + y + z}} \cdot (x + z)$$

$$f = \overline{\overline{\overline{x + y + y + z} + \overline{x + z}}}$$

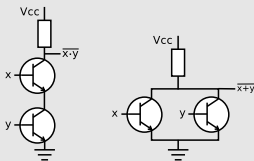
$$f = \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x + y + y + z} + \overline{x + y + y + z} + \overline{x + z}}}}}$$

ÚKOL

Vyjádřete log. operace negace, log. součin, log. součet, implikace, ekvivalence a nonekvivalence pomocí (1) Shefferovy funkce a (2) Piercovy funkce.

Fyzická realizace logických funkcí (1)

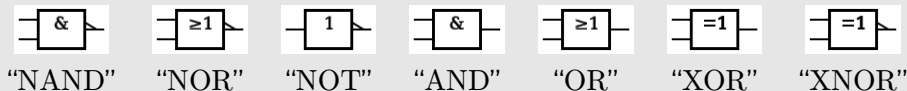
- dříve pomocí **spínacích relé** a **elektronek**
- dnes pomocí **tranzistorů v integrovaných obvodech**



Obrázek: Realizace log. operací NAND a NOR

- realizace log. operací pomocí integrovaných obvodů – **logických členů, hradel**
 - vstupy = reprezentované log. proměnné
 - výstup = výsledek realizované log. operace
 - stavy (signály) na vstupech/výstupu = log. (binární) hodnoty **0/1** = míra informace s jednotkou **1 bit**
- symbolické značky log. členů ve schématech zapojení **logických obvodů** realizujících lib. log. funkci

Fyzická realizace logických funkcí (2)



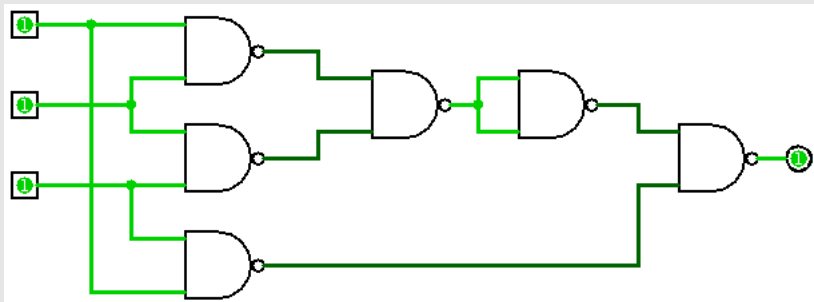
Obrázek: Symbolické značky logických členů (podle normy IEC)



Obrázek: Symbolické značky logických členů (tradiční, ANSI)

Fyzická realizace logických funkcí (3)

$$f = \overline{\overline{\overline{\overline{\overline{x \cdot y \cdot y \cdot z} \cdot \overline{\overline{\overline{\overline{x \cdot y \cdot y \cdot z} \cdot \overline{\overline{\overline{\overline{x \cdot z}}}}}}}}}}}}$$



Obrázek: Schéma zapojení log. obvodu realizujícího log. funkci f pomocí log. členů realizujících log. operaci NAND

ÚKOL

Nakreslete schéma zapojení log. obvodu realizujícího log. operace NOT, AND, OR, implikace, ekvivalence a XOR pomocí log. členů realizujících operaci (1) NAND a (2) NOR.

Logické obvody

- jeden výstup: realizace jedné log. funkce
- více výstupů: realizace více log. funkcí zároveň → realizace **vícebitové log. funkce** f
- n -tice vstupů: reprezentace **vícebitových (n-bitových) log. proměnných** $x =$ **vícebitový log. obvod**
- **kombinační**: stavy na výstupech obvodu (tj. funkční hodnota) závisí pouze na okamžitých stavech na vstupech (tj. hodnotách proměnných)
- **sekvenční**: stavy na výstupech obvodu (tj. funkční hodnota) závisí nejen na okamžitých stavech na vstupech (tj. hodnotách proměnných), ale také na přechozích stavech na vstupech

Kombinační logické obvody (1)

- stavy na výstupech obvodu (tj. funkční hodnota) závisí pouze na okamžitých stavech na vstupech (tj. hodnotách proměnných)
- jedné kombinaci stavů na vstupech odpovídá jediná kombinace stavů na výstupech

Kombinační logické obvody (2)

Komparátor

- provádí srovnání hodnot dvou log. proměnných A a B na vstupu
- tři výstupy udávající pravdivost vztahů: $A < B$, $A > B$ a $A = B$, realizace tříbitové log. funkce

$$Y_{<} = Y(A < B), Y_{>} = Y(A > B), Y_{=} = Y(A = B)$$

- jednobitový:

$$Y_{<} = \bar{A} \cdot B \quad Y_{>} = A \cdot \bar{B} \quad Y_{=} = A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B}$$

$$Y_{<} = \overline{\bar{A} \cdot B} \quad Y_{>} = \overline{A \cdot \bar{B}} \quad Y_{=} = \overline{\bar{A} \cdot B \cdot A \cdot \bar{B}}$$

Kombinační logické obvody (3)

Komparátor

A	B	$Y_{<}$	$Y_{>}$	$Y_{=}$
0	0	0	0	1
0	1	1	0	0
1	0	0	1	0
1	1	0	0	1

Obrázek: Pravdivostní tabulka a schéma zapojení jednobitového komparátoru

- vícebitový: zřetěžené zapojení jednobitových pro každý řád vícebitových proměnných od nejvýznamějšího po nejméně významný

Obrázek: Schéma zapojení vícebitového komparátoru

Kombinační logické obvody (4)

Multiplexor

Obrázek: Symb. značka multiplexoru

- přepíná na výstup Q log. hodnotu na jednom z 2^n datových vstupů D_i vybraném na základě n -bitové hodnoty na adresním vstupu A
- kromě výstupu Q navíc ještě negovaný (invertovaný) výstup \overline{Q}
- např. čtyřvstupý (4 datové vstupy, dvoubitový adresní vstup) realizuje log. funkci

$$Q = \overline{A_0} \cdot \overline{A_1} \cdot D_0 + \overline{A_0} \cdot A_1 \cdot D_1 + A_0 \cdot \overline{A_1} \cdot D_2 + A_0 \cdot A_1 \cdot D_3$$

Kombinační logické obvody (5)

Multiplexor

A_0	A_1	Q
0	0	D_0
0	1	D_1
1	0	D_2
1	1	D_3

Obrázek: Pravdivostní tabulka a schéma zapojení čtyřvstupého multiplexoru

- použití: multiplexování datových vstupů na základě adresy

Kombinační logické obvody (6)

Binární dekodér

- nastaví (na **1**) jeden z 2^n výstupů S_i odpovídající n -bitové hodnotě na adresním vstupu A

A_0	A_1	S_0	S_1	S_2	S_3
0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	1

Obrázek: Pravdivostní tabulka a schéma zapojení bin. dekodéru se čtyřmi výstupy

- použití: dekodér adresy pro výběr místa v paměti

Kombinační logické obvody (7)

Binární sčítačka

- čísla ve dvojkové soustavě = binárně reprezentovaná
- platí stejná pravidla aritmetiky jako v desítkové soustavě, např. (+ je zde aritmetické sčítání!):

$$0 + 0 = 0 \quad 0 + 1 = 1 \quad 1 + 1 = 10$$

- sčítačka sečte binární hodnoty v každém řádu dvou n -bitových proměnných A a B podle pravidel aritmetiky pro sčítání, tj. s přenosem hodnoty do vyššího řádu
- realizuje log. funkce součtu S_i v řádu $0 \leq i < n$ a přenosu r_i z řádu i do vyššího řádu:

$$S_i = A_i \oplus B_i \oplus r_{i-1} \quad r_i = A_i \cdot B_i + (A_i + B_i) \cdot r_{i-1}, \quad r_{-1} = 0$$

Kombinační logické obvody (8)

Binární sčítačka

A_i	B_i	r_{i-1}	S_i	r_i
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Obrázek: Pravdivostní tabulka a schéma zapojení jednobitové sčítačky (pro řád i)

- vícebitová: zřetěžené zapojení jednobitových pro každý řád vícebitových proměnných od nejméně významného po nejvýznamější s přenosem do vyššího
- použití: (aritmetické) sčítání binárně reprezentovaných 8-, 16-, 32-, atd. bitových čísel

Sekvenční logické obvody (1)

- stavy na výstupech obvodu (tj. funkční hodnota) závisí nejen na okamžitých stavech na vstupech (tj. hodnotách proměnných), ale také na přechozích stavech na vstupech
- předchozí stavy na vstupech zachyceny **vnitřním stavem obvodu**
- nutné identifikovat a synchronizovat stavy obvodu v čase
- čas: periodický impulsní signál = “hodiny” (clock), diskrétně určující okamžiky synchronizace obvodu, generovaný krystalem o dané frekvenci

Obrázek: Časový signál “hodin” (clock)

- zpětné vazby z (některých) výstupů na (některé) vstupy

Sekvenční logické obvody (2)

Přenos dat (hodnot vícebitových log. proměnných):

- **sériový**: bity (hodnoty **0/1**) přenášeny postupně v čase za sebou po jednom datovém vodiči

Obrázek: Sériový přenos dat

- **paralelní**: bity přenášeny zároveň v čase po více datových vodičích

Obrázek: Paralelní přenos dat

- úlohy transformace mezi sériovým a paralelním přenosem

Sekvenční logické obvody (3)

Klopné obvody

- nejjednodušší sekvenční obvody

druhy:

- **astabilní**: nemají žádný stabilní stav, periodicky (např. podle hodinových impulsů) překlápí výstupy z jednoho stavu do druhého; použití jako generátory impulsů
- **monostabilní**: jeden stabilní stav na výstupech, po vhodném řídicím signálu je po definovanou dobu ve stabilním stavu; použití k vytváření impulsů dané délky
- **bistabilní**: oba stavy na výstupech stabilní, zůstává v jednom stabilním stavu dokud není vhodným řídicím signálem překlopen do druhého; použití pro realizaci **paměti**

Řízení:

- **asynchronně** signály (**0** nebo **1**) na datových vstupech
- **synchronně** hodinovým signálem
- **hladinou** signálu: horní (**1**) nebo dolní (**0**)
- **hranami** signálu: nástupní (**0** → **1**) nebo sestupní (**1** → **0**)

Sekvenční logické obvody (4)

Klopný obvod (typu) RS

Obrázek: Symb. značka klopného obvodu RS

- nejjednodušší bistabilní, základ ostatních
- **jednobitový paměťový člen**
- asynchronní vstupy R (Reset) pro nulování log. hodnoty na výstupu Q (v čase i) a S (Set) pro nastavení hodnoty
- kromě výstupu Q navíc ještě negovaný (invertovaný) výstup \overline{Q}

Sekvenční logické obvody (5)

Klopný obvod (typu) RS

R	S	Q_i	\overline{Q}_i
0	0	Q_{i-1}	\overline{Q}_{i-1}
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	N/A	N/A

Obrázek: Pravdivostní tabulka a schéma zapojení klopného obvodu RS

- varianta se synchronizačním vstupem C s hodinových signálem

Sekvenční logické obvody (6)

Klopný obvod (typu) D

Obrázek: Symb. značka a schéma zapojení klopného obvodu D

- realizace pomocí klopného obvodu RS, navíc vstupy R a S
- typ Latch: asynchronní řízení stavu vstupu D hladinou signálu na vstupu C
- typ D: synchronní (flip-flop) řízení stavu vstupu D nástupní hranou hodinového signálu na vstupu C
- typ Master-Slave: dvoufázový (master, slave), synchronní řízení stavu vstupu D nástupní i sestupní hranou hodinového signálu na vstupu C , rozšíření = **klopný obvod (typu) JK**

Sekvenční logické obvody (7)

Klopný obvod (typu) D

Obrázek: Symb. značka a schéma zapojení klopného obvodu JK

- implementace ve formě integrovaných obvodů, např. MH 7472, MH 7474, MH 7475

Sekvenční logické obvody (8)

Obvody v počítačích:

- **sériová sčítačka**: (aritmetické) sčítání log. hodnot dodávaných na vstupy v sériovém tvaru po jednotlivých řádech

Obrázek: Schéma zapojení sériové sčítačky

- **paralelní registr (střádač)**: vícebitová paměť pro hodnotu dodanou paralelně na více vstupů

Obrázek: Symb. značka a schéma zapojení paralelního registru

Sekvenční logické obvody (9)

Obvody v počítačích:

- **sériový (posuvný) registr**: vícebitová paměť pro hodnotu dodanou sériově na vstupu, použití pro transformaci sériových dat na paralelní

Obrázek: Symb. značka a schéma zapojení sériového registru

- **čítač**: paměť počtu impulsů na hodinovém vstupu, binárně reprezentovaný počet na vícebitovém výstupu

Obrázek: Symb. značka a schéma zapojení čítače

Reprezentace dat

Kódování dat

- data v počítači: celá čísla, čísla s řádovou čárkou (necelá), znaky různých abeced (pro písmena, cifry, symboly atd.) – **alfanumerické znaky**, speciální a řídicí znaky
- binární reprezentace = **kódování dat do posloupnosti binárních hodnot**
- kód (kódování) = zobrazení čísel a znaků na binární hodnoty, pomocí **kódových schémat a tabulek**
- kód (kódové slovo) = binární hodnota, obecně posloupnost kódových znaků
- dekódování = převod kódového slova na původní číslo nebo znak
- různé kódy pro uložení dat, zpracování dat, zabezpečení (uložení, přenosu) dat proti chybám atd.
- kódující a dekódující log. obvody s pamětí = kodéry, dekodéry

Celá čísla

= **interval** $\langle \text{min. nekladné, max. nezáporné} \rangle$ – hranice závisí na (konečném) počtu n bitů pro reprezentaci a použitém kódu

Nezáporná čísla:

Vážený poziční kód

- = zápis čísla ve dvojkové poziční číselné soustavě
- např. $123 = (123)_{10} = [1111011]_2$
- $\langle 0, 2^n - 1 \rangle$

Dvojkově desítkový kód (BCD, Binary Coded Decimal)

- = zápis desítkových číslic čísla (zapsaného v desítkové soustavě) ve dvojkové soustavě s pevným počtem 4 dvojkových číslic pro každou desítkovou číslici
- např. $123 = [000100100011]_{BCD}$
- $\langle 0, 10^{n/4} - 1 \rangle$, pro $n = 4^k$
- neefektivní, složitější log. obvody, snadno dekódovatelný pro člověka, použití pro zobrazení čísel

Celá čísla

Nezáporná i záporná čísla:

Přímý kód

- = znaménkový bit (**0** pro nezáporná, **1** pro záporná čísla) + (vážený poziční) kód pro absolutní hodnotu čísla – tzv. sign-magnitude
- např. $-123 = [\mathbf{11111011}]_{S_2}$
 - $\langle -2^{n-1} - 1, 2^{n-1} - 1 \rangle$
 - neefektivní (nevyužitý 1 kód), nevhodný pro aritmetiku (testování znaménka, různé postupy sčítání a odčítání)

Aditivní kód

- = vážený poziční kód pro (nezáporné) číslo rovno součtu kódovaného čísla a **zvolené konstanty**
- konstanta obvykle 2^{n-1}
 - např. $123 = [\mathbf{11111011}]_{A(128)}$, $-123 = [\mathbf{101}]_{A(128)}$
 - $\langle -2^{n-1}, 2^{n-1} - 1 \rangle$
 - jinak reprezentovaná nezáporná čísla, složitější násobení, použití pro reprezentaci exponentu u reprezentace čísel s řádovou čárkou

Celá čísla

Inverzní (jedničkový doplňkový) kód

= pro nezáporná čísla vážený poziční kód, pro záporná log. negace všech bitů váženého pozičního kódu absolutní hodnoty, 1. bit má význam znaménka

- např. $-123 = [1 \dots 0000100]_2$
- $\langle -2^{n-1} - 1, 2^{n-1} - 1 \rangle$
- neefektivní (nevyužitý 1 kód), nevhodný pro aritmetiku (různé postupy sčítání a odčítání)

(Dvojkový) doplňkový kód

= pro nezáporná čísla vážený poziční kód, pro záporná log. negace všech bitů váženého pozičního kódu absolutní hodnoty **zmenšené o 1** (ekv. log. negace všech bitů váženého pozičního kódu absolutní hodnoty s **binárním přičtením 1**), 1. bit má význam znaménka

- např. $-123 = [1 \dots 0000101]_2$
- $\langle -2^{n-1}, 2^{n-1} - 1 \rangle$
- efektivní, vhodný pro aritmetiku (odčítání pomocí sčítání se záporným číslem)

ÚKOL

Vytvořte binární reprezentace několika celých čísel pomocí aditivního, inverzního (jedničkově doplňkového) a (dvojkově) doplňkového kódu.

Čísla s řádovou čárkou

= **podmnožina racionálních čísel** – přesnost omezena na počet platných číslic, z důvodu konečné bitové reprezentace

Fixní řádová čárka

- = pevně zvolený max. počet **n platných číslic pro necelou část čísla** (část za čárkou)
- číslo x v číselné soustavě o základu B reprezentováno jako zlomek $\frac{x \cdot B^n}{B^n}$
- uložena pouze celočíselná část $x \cdot B^n \Rightarrow$ přibližná reprezentace
- přesnost (rozlišení čísel) B^{-n} , “přesnost na n platných číslic za čárkou”
- \Rightarrow **celočíselná aritmetika** (se zachováním přesnosti)

Čísla s řádovou čárkou

Fixní řádová čárka

Reprezentace necelé části čísla:

- necelá část F čísla jako součet (případně nekonečné) mocninné řady o základu B :

$$F = a_{-1} \cdot B^{-1} + a_{-2} \cdot B^{-2} + \dots$$

$$(0,625)_{10} = 6 \cdot 10^{-1} + 2 \cdot 10^{-2} + 5 \cdot 10^{-3} =$$

$$(0,101)_2 = 1 \cdot 2^{-1} + 0 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3}$$

- tatáž necelá část čísla může být v poziční soustavě o jednom základu vyjádřena konečnou řadou, zatímco v soustavě o jiném základu nekonečnou řadou, např.

$$(0,4)_{10} = 4 \cdot 10^{-1} =$$

$$(0,0110011\dots)_2 = 0 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2} + 1 \cdot 2^{-3} + 0 \cdot 2^{-4} + 0 \cdot 2^{-5} + 1 \cdot 2^{-6} + 1 \cdot 2^{-7} + \dots$$

- získání zápisu necelé části čísla v dané číselné soustavě a naopak: podobné postupy jako pro celá čísla, jen místo dělení je násobení a naopak

Čísla s řádovou čárkou

Fixní řádová čárka

Získání (případně nekonečného) zápisu $(S_{-1}S_{-2}\dots)_B$ necelé části F čísla (dané hodnoty) postupným násobením:

$$a_{-1} = 0$$

$$i = -1$$

while $F > 0$ **do**

$$F = F * B$$

$$a_i = F \bmod B$$

$$F = F - a_i$$

$$i = i - 1$$

Čísla s řádovou čárkou

Fixní řádová čárka

Získání (případně přibližné hodnoty) necelé části F čísla z jejího (konečného) zápisu $(S_{-1}S_{-2} \dots S_{-n+1}S_{-n})_B$ postupným dělením:

```
 $F = a_{-n}$   
for  $i = -n + 1$  to  $-1$  do  
     $F = F // B + a_i$   
 $F = F // B$ 
```

- $//$ označuje dělení s řádovou čárkou
- převod zápisu necelé části čísla v soustavě o základu B^k na zápis v soustavě o základu B (a naopak) stejný jako u celých čísel

Čísla s řádovou čárkou

Fixní řádová čárka

Binární reprezentace:

- = BCD nebo **doplňkový kód celočíselné části čísla vynásobeného B^n** (ekv. doplňkový kód zřetězení vážených pozičních kódů celé a necelé části čísla)
 - např. pro doplňkový kód $-5, 25 = [1 \dots 01011]_{2'}$ (přesnost na 2 platné číslice za čárkou)
 - interval čísel, hranice závisí na počtu $t = m + n$ bitů pro reprezentaci a použitým kódu pro celou a necelou část čísla
 - např. pro doplňkový kód: $\langle -2^{m-1}, 2^{m-1} - 2^{-n} \rangle$
 - různé formáty binární reprezentace, např. **Qm.n** (Texas Instruments), **fxm.t**
 - použití u zařízení bez jednotky pro výpočty s plovoucí řádovou čárkou, při vyžadování konstantní přesnosti nebo kvůli rychlejší celočíselné aritmetice

Čísla s řádovou čárkou

Plovoucí řádová čárka

- = **pohyblivá pozice čárky mezi platnými číslicemi celé a necelé části čísla** \sim počítačová realizace vědecké notace čísla
- číslo x reprezentováno v **semilogaritmickém tvaru** o základu b :
 $x = s \cdot b^e$
 - (pro $x \neq 0$) $-b < s < 0$ nebo $0 < s < b$, tj. s, e takové, že před čárkou je pouze první nenulová číslice s
 - používaný desítkový ($b = 10$) a dvojkový ($b = 2$) základ
 - např. $123,456 = 1,23456 \cdot 10^2 = 1,929 \cdot 2^6$,
 $-0,123 = -1,23 \cdot 10^{-1} = -1.968 \cdot 2^{-4}$
- uloženy **znaménko** do 1 bitu, **exponent** e (včetně znaménka) do m bitů a **normovaný tvar** s absolutní hodnoty čísla do n bitů (significand, “mantissa”)
 - exponent v aditivním kódu (s konstantou rovnou $2^{m-1} - 1$) – udává rozsah reprezentace, $\langle -b^{b^k}, b^{b^k+1} \rangle$, kde $b^k = 2^{m-1} - 1$
 - normovaný tvar absolutní hodnoty čísla v kódu pro fixní řádovou čárku (u základu 2 se číslice 1 před čárkou neukládá) – udává přesnost reprezentace b^{-n}

Čísla s řádovou čárkou

Plovoucí řádová čárka

Různé formáty s různou přesností (standard **IEEE 754**):

- základ $b = 2$ i $b = 10$, vážený poziční kód pro normovaný tvar
- **single (float, 32 bitů)** – 8 bitů pro exponent, 23 bitů pro normovaný tvar, rozsah $\sim \langle -10^{38}, 10^{38} \rangle$, asi 7 platných desítkových číslic

$$123.456 = [01000010111101101110100101111001]_2$$

$$-0.123 = [1011110111111011110011101101101]_2$$

- **double (64 bitů)** – 11 bitů pro exponent, 52 bitů pro normovaný tvar, rozsah $\sim \langle -10^{308}, 10^{308} \rangle$, asi 16 platných desítkových číslic
- další: half (16 bitů, 5 pro exponent), extended (long double, 80 bitů, 15 pro exponent), quad (128 bitů, 15 pro exponent)
- **speciální “čísla”**: $-\infty$, $+\infty$ (exponent samé 1, normovaný tvar nulový), *NaN* (Not a Number, exponent samé 1), $-0 \neq 0$ (exponent i normovaný tvar nulové)

Čísla s řádovou čárkou

Plovoucí řádová čárka

- **aritmetika s plovoucí řádovou čárkou**
 - použité zaokrouhlovací algoritmy a výjimky (pro nedefinované operace)
 - měřítko výkonnosti počítačů (ve vědeckých výpočtech), jednotka **FLOPS** (FLoating point Operations Per Second)
- mnohem širší množina čísel než u fixní řádové čárky na úkor nižší přesnosti

ÚKOL

Vytvořte binární reprezentace několika racionálních čísel s fixní i plovoucí řádovou čárkou.

Text

- = posloupnost tisknutelných znaků = znaků různých abeced (pro písmena, cifry, symboly atd.) – **alfanumerické znaky**
- + speciální a (netisknutelné) řídicí znaky – jen některé se zahrnují do **plain textu**

ASCII (American Standard Code for Information Interchange, 1963)

- standarní kódová tabulka pro kódování znaků **anglické abecedy**, **cifer**, symbolů (matematických aj.), speciálních (mezera, interpunkce, atd.) a **řídicích znaků** (původně pro ovládání dálnopisu, odřádkování, návrat vozíku, tabulátory, backspace aj.)
- každý znak kódován původně do **7 bitů** = 128 znaků
- přidán nejvyšší 8. bit, tj. tabulka rozšířena o dalších 128 znaků: některé **znaky národních abeced**, další speciální znaky (**grafické**, jednotky aj.)

Text

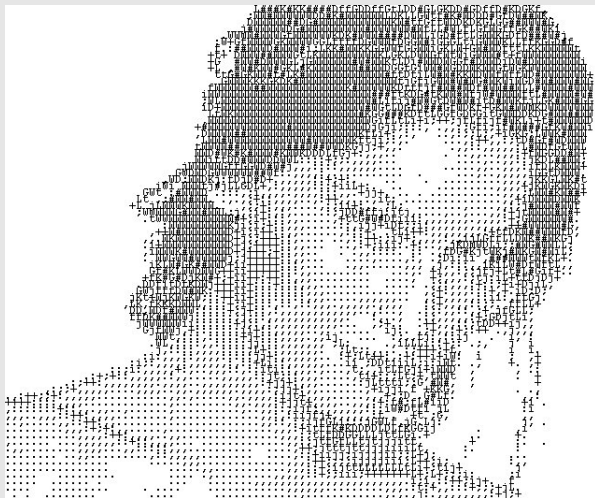
Dec	Hex	Name	Char	Ctrl-char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char	Dec	Hex	Char
0	0	Null	NUL	CTRL-@	32	20	Space	64	40	@	96	60	`
1	1	Start of heading	SOH	CTRL-A	33	21	!	65	41	A	97	61	a
2	2	Start of text	STX	CTRL-B	34	22	"	66	42	B	98	62	b
3	3	End of text	ETX	CTRL-C	35	23	#	67	43	C	99	63	c
4	4	End of xmit	EOT	CTRL-D	36	24	\$	68	44	D	100	64	d
5	5	Enquiry	ENQ	CTRL-E	37	25	%	69	45	E	101	65	e
6	6	Acknowledge	ACK	CTRL-F	38	26	&	70	46	F	102	66	f
7	7	Bell	BEL	CTRL-G	39	27	'	71	47	G	103	67	g
8	8	Backspace	BS	CTRL-H	40	28	(	72	48	H	104	68	h
9	9	Horizontal tab	HT	CTRL-I	41	29	)	73	49	I	105	69	i
10	0A	Line feed	LF	CTRL-J	42	2A	*	74	4A	J	106	6A	j
11	0B	Vertical tab	VT	CTRL-K	43	2B	+	75	4B	K	107	6B	k
12	0C	Form feed	FF	CTRL-L	44	2C	,	76	4C	L	108	6C	l
13	0D	Carriage feed	CR	CTRL-M	45	2D	-	77	4D	M	109	6D	m
14	0E	Shift out	SO	CTRL-N	46	2E	.	78	4E	N	110	6E	n
15	0F	Shift in	SI	CTRL-O	47	2F	/	79	4F	O	111	6F	o
16	10	Data line escape	DLE	CTRL-P	48	30	0	80	50	P	112	70	p
17	11	Device control 1	DC1	CTRL-Q	49	31	1	81	51	Q	113	71	q
18	12	Device control 2	DC2	CTRL-R	50	32	2	82	52	R	114	72	r
19	13	Device control 3	DC3	CTRL-S	51	33	3	83	53	S	115	73	s
20	14	Device control 4	DC4	CTRL-T	52	34	4	84	54	T	116	74	t
21	15	Neg acknowledge	NAK	CTRL-U	53	35	5	85	55	U	117	75	u
22	16	Synchronous idle	SYN	CTRL-V	54	36	6	86	56	V	118	76	v
23	17	End of xmit block	ETB	CTRL-W	55	37	7	87	57	W	119	77	w
24	18	Cancel	CAN	CTRL-X	56	38	8	88	58	X	120	78	x
25	19	End of medium	EM	CTRL-Y	57	39	9	89	59	Y	121	79	y
26	1A	Substitute	SUB	CTRL-Z	58	3A	:	90	5A	Z	122	7A	z
27	1B	Escape	ESC	CTRL-[	59	3B	;	91	5B	[	123	7B	{
28	1C	File separator	FS	CTRL-\	60	3C	<	92	5C	\	124	7C	|
29	1D	Group separator	GS	CTRL-]	61	3D	=	93	5D	]	125	7D	}
30	1E	Record separator	RS	CTRL-^	62	3E	>	94	5E	^	126	7E	~
31	1F	Unit separator	US	CTRL-`	63	3F	?	95	5F	`	127	7F	DEL

Obrázek: ASCII tabulka

Text

ASCII

- několik rozšíření pro různé národní abecedy – různé kódové tabulky rozšířené ASCII, např. **ISO 8859-1**, CP437 (IBM PC, OS MS DOS)
- pro znaky české abecedy (východoevropské/středoevropské jazyky):
 - **ISO 8859-2 (ISO Latin 2)**: standard ISO, používaný v UNIXových operačních systémech (OS)
 - **Windows 1250 (CP1250)**: kód firmy Microsoft, používaný v OS MS Windows, od ISO 8859-2 se liší např. ve znacích š, ť, ž
 - **Mac CE**: kód firmy Apple, používaný v Apple MAC OS
 - CP852 (PC Latin 2): kód firmy IBM, používaný v OS MS DOS
 - další (česko-slovenské): kód Kamenických (další používané v OS MS DOS), KOI8-ČS (kód v rámci RVHP) a další
- **ASCII art** – výtvarné umění kresby obrázků pomocí znaků ASCII v neproporcionálním fontu, např. emotikony (“smajlíky”), použití u textových negrafických systémů



Obrázek: ASCII art

Text

EBCDIC (1964)

- kódování firmy IBM podle kódu pro děrné štítky
- základní osmibitový, rozšířený 16-bitový, různé pro různé národní abecedy
- **nespojité pro znaky latinky**, dnes nepoužívaný

Unicode (1987–1991)

- rozšíření ASCII nestačí a jsou ad-hoc (např. problematické pro východoasijské, arabské, hebrejské aj. znaky)
- = původně 16-bitová tabulka znaků **UCS-2 (Universal Character Set)**
- později oddělení množiny znaků a kódů pro ně (do tzv. kódových bodů a do binární reprezentace)
- = standard **ISO 10646** (definice UCS-4, 31-bitová) + algoritmy pro texty zprava doleva a oboustranné texty
- UCS = **otevřená množina pojmenovaných znaků všech abeced a kombinovaných znaků** (např. diakritických), v současnosti (2012) více než 110 000 znaků (poslední verze 6.2 z roku 2012), znaky jen přidávány, prostor pro více než milion znaků
- znakové sady = kódování podmnožiny znaků do kódových bodů (nezáporných celých čísel, **U+hexčíslo**), např. původní ASCII a její rozšíření, BMP (Basic Multilingual Plane) = prvních 65534 znaků UCS

Způsob kódování (UTF, UCS Transformation Format)

- = kódování kódových bodů do binární reprezentace
- pro jednoznačné kódování celé tabulky Unicode by bylo potřeba 21 bitů (hodnoty 0_{16} až $10FFFF_{16}$)
- **UTF-8**: do posloupnosti 1 až 6 bytů, kompatibilní s ASCII (7bitové, přímo) a ISO 8859-1 (prvních 128 dvoubajtových), nezávislý na “endian” itě systémů, všeobecně používané (zejména v UNIXových OS a na Internetu a WWW), RFC 3629
 - znaky $U + 0$ až $U + 7F$ do 1 bytu 0_{16} až $7F_{16}$ (přímo)
 - další jako posloupnosti bytů, kde každý má nejvyšší bit roven **1**, 1. byte $C0_{16}$ až FD_{16} určuje, kolik bytů posloupnost má (počtem nejvyšších jedničkových bitů následovaných **0**), 5 bitů pro kód znaku, další byty 80_{16} až BF_{16} , 6 bitů pro kód znaku, big-endian
 - BMP jen 1 až 3 byty, české 1 nebo 2 byty (diakritické)
 - byty FE_{16} , FF_{16} nepoužity

Způsob kódování (UTF, UCS Transformation Format)

Tabulka: Kódování UTF-8

$U + 00000000 - U + 0000007F$	0xxxxxxx
$U + 00000080 - U + 000007FF$	110xxxxx 10xxxxxx
$U + 00000800 - U + 0000FFFF$	1110xxxx 10xxxxxx 10xxxxxx
$U + 00010000 - U + 001FFFFF$	11110xxx 10xxxxxx 10xxxxxx 10xxxxxx
$U + 00200000 - U + 03FFFFFF$	111110xx 10xxxxxx 10xxxxxx 10xxxxxx 10xxxxxx
$U + 04000000 - U + 7FFFFFFF$	1111110x 10xxxxxx 10xxxxxx 10xxxxxx 10xxxxxx 10xxxxxx

- např. “Příliš” = $[50C599C3AD6C69C5A1]_{16}$ (“ř” = $U + 159$, “í” = $U + ED$, “š” = $U + 161$)

Způsob kódování (UTF, UCS Transformation Format)

- **UTF-16:** do posloupnosti 1 až 2 slov (2 byte), používané zejména v OS MS Windows a prog. jazyku Java, dříve UCS-2 (pevně 16 bitů)
 - znaky $U + 0$ až $U + FFFF$ do 2 bytů přímo
 - další znaky do 4 bytů, 1. $D8_{16}$ až DB_{16} , 3. DC_{16} až DF_{16} , 2 bity pro kód znaku

Tabulka: Kódování UTF-16

$U + 000000$ – $U + 00FFFF$	xxxxxxxx xxxxxxxx
$U + 010000$ – $U + 10FFFF$	110110xx xxxxxxxx 110111xx xxxxxxxx

- např. “Příliš” = $[0050015900ED006C00690161]_{16}$
- **BOM (Byte-Order Mark, UTF signatura)** = znak $U + FEFF$ (“nedělitelná mezera nulové šířky”) – k rozlišení pořadí ukládání bytů (little/big-endian) v UTF-16 a odlišení UTF-16 od UTF-8, v UTF-16 byty $FE_{16}FF_{16}$ pro big-endian a $FF_{16}FE_{16}$ pro little-endian, v UTF-8 tyto byty neplatné, kód znaku jsou byty $EF_{16}BB_{16}BF_{16}$ (ve standardu explicitně povolené, ale nedoporučované, ale OS MS Windows používají k označení UTF-8)

Způsob kódování (UTF, UCS Transformation Format)

- další: UTF-32/UCS-4 (pevně do 4 byte, příliš nepoužívané), **UTF-7** (do posloupnosti 7-bitových ASCII znaků, pro e-mail), aj.

Text

Kód pro nový řádek

- různý v různých operačních systémech
- **LF (Line Feed, odřádkování, A₁₆)**: v UNIXových OS
- **CR (Carriage Return, návrat vozíku, D₁₆) + LF**: v OS MS DOS a Windows
- **CR**: v OS od firmy Apple

Escape sekvence

- = posloupnosti znaku **ESC (Escape, 1B₁₆)** následovaného jedním nebo více znaky z ASCII
- rozšíření ASCII se speciálním významem sekvencí – pozice kurzoru, barva nebo font textu na obrazovce znakového terminálu, přepnutí módu zařízení aj.

ÚKOL

Vytvořte binární reprezentace několika českých slov s diakritickými znaky pomocí kódování UTF-8 a UTF-16. K dispozici máte Unicode tabulku znaků (UCS).

Detekční a samoopravné kódy

- slouží k **zabezpečení** (binární reprezentace) **dat proti chybám** při jejich přenosu
 - chyba = změna bitu
 - **detekční kódy**: detekují chyby (změněné bity) v datech, při detekované chybě mohou být data znovu vyžádána (nebo i implicitně pomocí potvrzování správně přijatých dat = **pozitivní potvrzování** a časové prodlevy)
 - **samoopravné kódy (error correction code, ECC)**: dále poskytují možnost opravy (jistého množství) chyb a rekonstrukci původních (správných) dat
 - kódy bin. reprezentace pro čísla a znaky samy o sobě nejsou zabezpečeny, tzn. změněné (chybné) bity jsou stejně pravděpodobné jako původní (správné)
- = (většinou) **redundantní doplnění dat o detekční/samoopravný kód dat**
- příjemce také vypočte kód (i s kódem), pokud je jiný než přijatý (nulový), detekuje/opraví chybu

Detekční a samoopravné kódy

Detekční kódy (error detection codes)

Opakování

- data rozdělena do bloků, bloky opakovány = kód
- příjemce porovná původní (první) a opakované bloky, různé = chyba
- jednoduché, neefektivní, nedetekuje stejné chyby ve všech blocích

Parita

- data rozdělena do bloků, **sudá/lichá** = pro lichý/sudý počet **1** v bloku je kód (**paritní bit**) roven **1**, jinak **0**
- příjemce provede totéž a porovná paritní bit, různý = chyba
- výpočet paritního bitu pomocí log. operace XOR, příjemce provede XOR i s paritním bitem, nenulový (sudá)/nejedničkový (lichá) = chyba
- např. pro **11010** je **1** (sudá)/**0** (lichá)
- detekuje pouze lichý počet chyb
- použití pro detekci chyb při přenosu z/do paměti

Detekční a samoopravné kódy

Detekční kódy (error detection codes)

Kontrolní součet (checksum)

- sudá parita = log. operace XOR bloků dat
- modulární součet = blok (dvojkového) **doplňkového kódu aritmetického součtu** čísel reprezentovaných bloky dat ve váženém pozičním kódu
- a jiné
- příjemce provede XOR/součet i s kódem, nenulový = chyba
- např. pro **1100 0101 1010** je **0011** (při XOR)/**0101** (při aritm. součtu)
- detekuje lichý počet chyb na stejných pozicích v blocích
- nedetekuje změnu pořadí bloků nebo přidání/odebrání nulových bloků

Detekční a samoopravné kódy

Detekční kódy (error detection codes)

Cyklický redundantní součet (Cyclic Redundancy Check, CRC)

- založen na **cyklických kódech** (vychází z algebraické teorie konečných polí a polynomů nad nimi)
- teoreticky: bity dat reprezentují koeficienty polynomu, který je vydělen tzv. generujícím polynomem řádu n , kód tvoří koeficienty zbytku
- prakticky: za data se přidá blok nul velikosti n , bin. reprezentace generujícího polynomu (divisor) má $n + 1$ bitů, od 1. nenulového bitu dat se opakovaně provádí XOR s divisorem dokud nejsou všechny bity dat rovny **0**, kód = přidaný blok
- příjemce provede totéž s kódem místo bloku nul, nenulový = chyba
- blok např. byte (CRC-8), 2 byte (CRC-16), 4 byte (**CRC-32**) – použití u počítačových sítí a úložných zařízení
- např. pro **11010011** a divisor **1011** (gen. polynom $x^3 + x + 1$, CRC-3) je **110**
- parita je speciální případ (CRC-1, gen. polynom $x + 1$)

Detekční a samoopravné kódy

Samoopravné kódy (Error Correction Codes, ECC, Forward Error Correction, FEC)

- použití pro úložná zařízení a u bezdrátové komunikace

Opakování

- většinou se vyskytující blok je správný

Multidimenzionální parita

- data organizována po blocích do mřížky a spočítány parity pro řádky i sloupce
- pro chybný bit jsou chybné řádková i sloupcová parita

Obrázek: 2-dimenzionální parita

- n -dimenzionální parita umožňuje opravit $n/2$ chyb

Detekční a samoopravné kódy

Samoopravné kódy (Error Correction Codes, ECC, Forward Error Correction, FEC)

Hammingův kód

- založen na Hammingově vzdálenosti a paritě
- umožňuje detekovat až 2 současné chyby a opravit 1 chybu (Hammingova vzdálenost ≤ 1)
- složitější konstrukce
- použití u operačních pamětí

Další (výkonnější): **Reed-Solomonovy kódy** (CD/DVD, DSL), BCH kódy, konvoluční kódy aj.

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 sběrnicí 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 stránková 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, vyjimečně, 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 koprocesoru** 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

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 periferií, 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
 - součástí: 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)
- „sběrnicové“ (**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 pitů = 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 μm , 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 $0,32 \mu\text{m}$, 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 1920×1080 = 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, nehlučné, 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.

Vnější součásti a periferie počítače

Displej (display, monitor)

- = výstupní zobrazovací zařízení pro zobrazení výstupu počítače od grafické (popř. televizní, multimediální) karty
- zobrazení obrazových bodů od grafické karty (textového nebo grafického režimu) na obrazovce

CRT (Cathode Ray Tube) – “klasický monitor”

Obrázek: CRT monitor

- 1897, K. F. Braun
- obrazové body zobrazovány (s tzv. dosvitem) po řádcích z levého horního do pravého dolního, pak zatemnění, opakování **obnovovací frekvencí (refresh frequency)**

Displej (display, monitor)

CRT (Cathode Ray Tube) – “klasický monitor”

- obrazovka na bázi **katodové trubice (elektronky)**: elektronové svazky emitované katodovou trubicí (1 pro monochromatickou, 3 pro barevnou – složky RGB) zaostřovány a vychylovány pomocí zaostřovacích a vychylovacích elektromagnetických cívek, urychlovány a modulovány pomocí mřížek (anody, jako stěna celé baňky, napětí v řádu kV) a filtrovány **maskou** (u barevných, mřížka pro zaostření svazku, stejně nabitě elektrony se odpuzují = rozostření) na vrstvy luminoforů na zadní straně fosforeskujícího **stínítka** měnících energii elektronů na barvu složky RGB, celé ve vakuové baňce
- typy masek: delta, stěrbinová (in-line), trinitron

Obrázek: Ilustrace principu fungování CRT obrazovky

- rušení mag. polem, elektromagnetické záření

Displej (display, monitor)

LCD (Liquid Crystal Display) – “displej”

Obrázek: LCD displej

- plochá tenká obrazovka na bázi **tekutých krystalů**: buňky/pixely (5–7 μm) s látkou s tekutou krystalickou strukturou otáčející bez el. pole polarizační rovinu procházejícího světla až o 90° (tzv. twisted nematic, **TN effect**), před a za krystaly **elektrody** (přední určující zobrazené tvary, nebo tvořící mřížku, el. pole mezi nimi) a **polarizační filtry** vzájemně otočené o 90° , vše průhledné, vzadu odrazivá plocha nebo zdroj světla; trojice buněk/subpixelů pro barevné složky RGB s barevným filtrem

Obrázek: Ilustrace principu fungování LCD obrazovky

Displej (display, monitor)

LCD (Liquid Crystal Display) – “displej”

- obrazový bod \sim buňka, **nativní rozlišení** – max., určeno počtem elektrod v mřížce (řádky, sloupce), ostatní (menší) rozlišení emulovány (pixel více body/buňkami), subpixel rendering při znalosti organizace subpixelů
- nižší obnovovací frekvence než u CRT (ale “neblinká”), potřeba látka s přesnou dobou (setrvačností) otočení polarizační roviny světla (jinak blikání nebo “duchové” při rychlých změnách obrazu), malý kontrast a jas (u **pasivních displejů, STN**), malý pozorovací úhel \rightarrow kalkulačky, hodinky apod.
- vylepšení: více buněk pro obrazový bod, **podsvícení** – kvůli absorpci světla (buňkami a barevnými filtry) vzadu elektroluminiscenční fólie nebo fluorescenční zářivky (zbarvující světlo), **aktivní displej** – krystaly s nízkou setrvačností v buňce zálohované kondenzátorem (s tranzistorem, podobně jako RAM paměti, **TFT**, Thin Film Transistor), typy TN, IPS, MVA, PVA, S-PVA, S-IPS aj.
- použití: zejména přenosné počítače, tablety, mobilní telefony a jiná zařízení, dnes i periferní displeje místo CRT

Displej (display, monitor)

Další:

- **plazmový displej** – jako LCD, buňka s el. nabitým ionizovaným inertním plynem a luminofory, místo polarizačních filtrů jen sklo, elektrody v dielektriku, velký jas a kontrast, obnovovací frekvence jako u CRT
- **video/datový projektor** – projekce obrazu, CRT, LCD, DLP, LED aj.
- ***LED displeje** – (organické, OLED) elektroluminiscenční diody
- ...

Displej (display, monitor)

Konektory vstupů od grafické karty:

- oddělené **analogové RGB** + synchronizační – dříve, BNC konektory
- **VGA = D-SUB** – analogový (+ synchronizační), 15 pinů DE-15, typy VGA15, Mini-VGA, rozlišení do 2048×1536 (QXGA), kanál **DDC(2)** pro specifikaci displeje (formát dat VESA EDID)
- **DVI (Digital Visual Interface)** – kombinovaný (nekomprimovaný) digitální a analogový, 3 typy: **DVI-D** (jen digitální), **DVI-A** (jen analogový), **DVI-I** (obojí), rozšíření **M1-DA** (obojí + USB), varianty mini/micro-DVI, DDC(2), druhý spoj (link) pro obraz s vysokým rozlišením (více než 1920×1200 , WUXGA), i pro A-V techniku
- **HDMI (High-Definition Multimedia Interface)** – (nekomprimovaný) digitální, obraz, **zvuk** (až 8 kanálů) a signály dálkového ovládání, popř. i síť (Ethernet), volitelně šifrování HDCP, rozlišení do 2560×1600 (WQXGA, single link, standard speed kabel), 3840×2400 (WQUXGA, dual link, high speed kabel), 3 typy: **A**, **B** (zpětně kompatibilní s DVI-D single, dual link) a **C** (mini, redukce na A), **D** (micro), i pro A-V techniku, zpoplatněný

Displej (display, monitor)

Konektory vstupů od graf. karty:

- **DisplayPort** – (nekomprimovaný, paketový) digitální, obraz, zvuk (až 8 kanálů), USB aj., volitelně šifrování DPCP i HDCP, více video a audio streamů, rozlišení až $4 \times$ WQXGA 2560×1600 , typy mDP (mini), MyDP (mobility, microUSB), interní rozhraní eDP, iDP, dual-mode (DisplayPort++) kompatibilní s (single-link) DVI a HDMI (s adaptérem), „zobáčky“ proti vytažení

Obrázek: Konektory pro displej

- další: DiiVA, Thunderbolt

Displej (display, monitor)

Parametry:

- technické: typ (CRT, LDC), konektory vstupů, spotřeba (LCD až 3× méně než CRT), rozměry, váha, atd.
- velikost/**úhlopříčka** – 10" až 40"
- **rozlíšení** textových a grafických režimů – grafické přes 1920 × 1200 (FullHD) neomezeně, poměr stran 4 : 3, 16 : 9/10
- **obnovovací frekvence** – 50–160 Hz (CRT, optimální 85–100), 50–70 Hz (LCD, nepodstatné), udává graf. karta – při vyšší než podporované displejem více obrazů přes sebe (dříve) nebo černá obrazovka s hláškou "frequency out of range"
- **doba odezvy** – čas mezi rozsvícením a zhasnutím bodu/buňky, jednotky ms (LCD), pod ms (CRT)
- **pozorovací úhel** – max. úhel mezi směry, ze kterých je obraz pozorovatelný, změna barvy, jasu, kontrastu atd., širší u CRT než LCD
- max. **jas, kontrast** (CRT až 20 000:1, LCD do 2 000:1), podporované barvy atd. (lepší u CRT než LCD, "černější černá")
- ergonomické normy – MPR (dříve), dnes TCO
- další: OSD (On Screen Display) menu, vestavěné nebo přídavné reproduktory a webová kamera, USB HUB aj.

Klávesnice (keyboard)

Obrázek: Klávesnice

- = (základní) vstupní zařízení pro ovládání počítače zadáváním znaků textu a příkazů
 - odvozena od klávesnice psacího stroje nebo dálnopisu
 - **abecední + ovládací klávesy**: pro znaky anglické/národní abecedy, číslic, interpunkce a některých symbolů + Enter/Return, (horizontální) tabulátor, Backspace, Escape, přepínače (Shift, Ctrl, Alt/Meta, CapsLock, „Win“, „Menu“ aj.)
 - **funkční klávesy**: F1 až F12, význam závisí na programu
 - **kurzorové a numerické klávesy**: šipky, Insert, Delete, Home, End, Page Up/Down a pro znaky číslic, symbolů desetinné tečky/čárky a aritmetických operací (+, −, ×, /), Enter/Return, přepínač NumLock
 - **další klávesy**: PrintScreen/SysRq, ScrollLock, Pause/Break
 - **speciální klávesy** (a klávesnice): multimediální (hlasitost), pro aplikace webový prohlížeč, poštovní klient, kancelářské a další

Klávesnice (keyboard)

- **rozložení kláves:** národnostní – americké (US/QWERTY), české (QWERTY, QWERTZ), aj., specializované (programátorské, účetní, ergonomické atd.), norma ISO/IEC 9995
- **XT** – vestavěný řadič, 83 kláves (abecední + ovládací, funkční F1–F10, kurzorové a numerické), pro IBM PC XT, nekompatibilní s AT
- **AT** – řadič (Super I/O) na základní desce, 101 a více kláves (104, 105)
- **ergonomická** – ergonomické rozložení kláves („rozpůlená“ klávesnice)
- stisk kláves – mikrospínač (dříve), kapacitní snímač, vyhodnocení mikroprocesorem v klávesnici a odeslání kódu
- konektor: **DIN-5** (dříve), **PS/2** (Mini-DIN, fialový), USB (i redukce na PS/2), USB zdířky (obsahuje USB HUB), speciální (servery), bezdrátové (Bluetooth)

Obrázek: Konektory DIN-5 a PS/2

Myš (mouse)

Obrázek: Myš

- = polohovací vstupní zařízení pro udávání pozice kurzoru na výstupu počítače a ovládání počítače (pomocí kurzoru a příkazů)
- 1963, D. Engelbart, Stanford, první 1982 Apple
- **(opto)mechanická** – pohyb snímán odvalováním dvou koleček (dříve) nebo pogumované **kuličky** (“kuličková” myš, 1972, Xerox) se dvěma dotýkajícími se válečky převedeným na rotaci dvou kotoučů (pro dva směry) s vodivou vrstvou pro spínače (dříve) nebo otvory pro dvojice fotodiód
- **optická** (1980) – pohyb snímán odrazem vyslaného **infračerveného paprsku** od desky, vysílače LED nebo laser, snímače fotodiody nebo CCD prvek (jako v dig. fotoaparátu), první potřebovaly speciální **podložku**, vyhodnocení posunu nasmínaných odrazů (v reálném čase, stovky pixelů² a snímků/s)

Myš (mouse)

- **tlačítka**: levé, pravé, prostřední (dříve), kolečko/-a (1990, pro skrolování, stisk místo prostředního), boční, horní aj.
- konektor: sériového rozhraní (dříve), PS/2 (zelený), USB (i redukce na PS/2), bezdrátové (Bluetooth)
- alternativy:
 - **touchpad/trackpad** – destička měřící změny el. kapacity pohybem prstu po ní, tlačítka před a tzv. **tap** = „poklepání“, skrolování na pravém a dolním okraji, u přenosných počítačů
 - **trackpoint** – nakláněcí tyčinka v klávesnici (“malý joystick”), tlačítka před klávesnicí, u přenosných počítačů IBM/Lenovo (HP)
 - **trackball** – rotace kuličkou (“převrácená myš”), u přenosných počítačů (dříve), použití v grafice
 - **tablet** – citlivá deska (příp. včetně displeje) + pero nebo tzv. **puk** (jako myš se zaměřovacím křížem), pro kreslení, použití v grafice

Vnější rozhraní/sběrnice

- pro připojení **vnějších zařízení**: diskových, (mechanik) výměnných médií, rozšiřujících karet v podobě vnějších zařízení (zvukových, síťových, televizních, multimediálních aj.)
- pro připojení (vstupně/výstupních, input/output, I/O) **periferií**: klávesnice, myš, MIDI, tiskárny, skenery atd.
- I/O karta do slotu ISA (dříve) nebo PCI/PCI Express, konektory/porty (příp. na ploše základní desky) vyvedené ze skříně, čip **Super I/O**

Vnější rozhraní/sběrnice

Paralelní rozhraní/port (Centronics, LPT)

- = sběrnice pro (synchronní) poloduplexní **paralelní** přenos dat po **8 bitech**
- 0 až 0,4 V = log. **0**, 2,4 až 5 V = log. **1** (TTL)
- signály **DATA 0–7**, BUSY, ACK, STROBE (synchronizace) aj., možnost tzv. přeslechů – ovlivňování signálů mezi vodiči
- rychlost 12 000 kb/s
- IEEE 1284 – vstup i výstup (dříve jen výstup), režimy (módy) přenosu dat (nastavení v Setupu BIOSu): **Compatible (Centronics)**, Nibble, Byte, **EPP (Enhanced Parallel Port)**, **ECP (Extended Capabilities Port)**
- použití: tiskárna (původně), skener (starší), ZIP mechaniky, SCSI zařízení, propojení dvou počítačů
- 1 port (LPT, PRN), konektor **Cannon 25** pinů

Obrázek: Konektor paralelního rozhraní

Vnější rozhraní/sběrnice

Sériové rozhraní/port (V.24, RS-232(C), COM)

- = sběrnice pro (asynchronní) duplexní **sériový** přenos dat (po dvou datových vodičích) mezi dvěma zařízeními
- 3 až 15 V = log. **0**, -15 až -3 V = log. **1**, v klidu log. **1**, **start bit** a **stop bity** log. **0**, 5–8 datových bitů, paritní bit
- signály datové **TxD**, **RxD**, řídicí RTS, CTS, DSR, DTR aj., bit zaslán až po potvrzení předchozího
- rychlost až 115 200 b/s (Bd, Baud Rate)
- použití: myš (dříve), modem, propojení dvou počítačů (tzv. null modem), I/O a ovládání různých elektronických zařízení počítačem („bastlení“)
- 1 nebo 2 porty (COM1,2), konektor **Cannon 9/25** pinů, kabel max. 25 m
- specializované pro průmysl: RS-422, RS-485

Obrázek: Konektor sériového rozhraní

Vnější rozhraní/sběrnice

USB (Universal Serial Bus)

- 1995, Intel, Compaq, Hewlet-Packard, Microsoft, NEC, Lucent, Philips
- = **univerzální sériová** sběrnice pro připojení různých zařízení s (později i vysokorychlostním) duplexním přenosem dat (po dvou datových vodičích)
- USB 1.0 (1995), **USB 1.1** (1998) – rychlost 1,5 (Low-speed) a 12 Mb/s (Full-speed), **USB 2.0** (2000) – až 480 Mb/s (Hi-speed, efektivně 280 MB/s), zpětně kompatibilní, **USB 3.0** (2007) – až 5 Gb/s (Super-speed, efektivně 3,2 Gb/s), zpětně kompatibilní
- řadič USB (**USB Host Controller**) na základní desce – režie protokolu 10-15 %
- **stromová topologie**: (příp. virtuální) kořenový rozbočovač/HUB, typicky součást řadiče, zařízení se připojují k HUBu, max. 127 zařízení
- třídy zařízení: **mass storage** (uložení dat), **HID** (periferie), video, audio, image, printer, wireless aj.

Vnější rozhraní/sběrnice

USB (Universal Serial Bus)

- **Master/Slave protokol** – Master (= řadič, v případě počítače) vytváří virtuální komunikační kanály (pipes, data v 1ms rámcích), přenosy kontrolní (připojení a konfigurace zařízení), sekvenční (přenos více dat jedním směrem), přerušeni (potvrzení přenosu, menší přenosy), isochronní (pravidelné menší přenosy v reálném čase, např. zvuk), kontrola CRC
- vlastnosti: **Plug & Play**, připojení/odpojení zařízení **za chodu (hotplug)**, **napájení** zařízení 5 V, původně až 100 mA (dočasně max. 500 mA), dnes (při napojení na zdroj počítače) 1.5 A (dočasně max. 5 A)
- použití: vnější součásti a periferie počítače všeho druhu, ostatní digitální elektronika (fotoaparáty, videokamery, mobilní telefony atd.)
- vlastní konektory typu **A**, **B**, **mini-B** a **micro-A/B**, kabel max. 5 m
- **Wireless USB** – v budoucnu, 110–480 Mb/s na 10–3 metry

Obrázek: Konektory sběrnice USB

Vnější rozhraní/sběrnice

FireWire (IEEE 1394, i.Link)

- 1995, Apple
- = **sériová** sběrnice pro vysokorychlostní a real-time plně duplexní přenos dat
- **FireWire 400 (IEEE 1394a)** – rychlost 400 Mb/s, **FireWire 800 (IEEE 1394b)** – 800 Mb/s, **FireWire S800T (IEEE 1394c)** – 3,2 Gb/s, prakticky vyšší než u USB
- řadič (na základní desce) využívá DMA přenosy, až 63 zařízení ve stromové topologii, peer-to-peer komunikace
- vlastnosti: **Plug & Play**, **napájení** zařízení až 60 W (12 V, max. 30 V)
- použití: videokamery, externí pevné disky, (jednoduché) síťové propojení počítačů
- metalické i optické kabely (až 100 m)

Obrázek: Konektory sběrnice FireWire

Vnější rozhraní/sběrnice

Thunderbolt

- 2009, Intel (2011, Apple)
- = **sériová** sběrnice pro plně duplexní (HD) video a vysokorychlostní přenos dat
- **kombinace PCI Express a DisplayPortu** – nízkoúrovňové přímé připojení zařízení, přímé připojení displejů
- rychlost 10 Gb/s (metalický kabel) nebo 20 Gb/s (optický kabel)
- max. 6 zařízení ve stromové topologii
- původně pouze optický kabel („Light Peak“), dnes i metalické s až 10 W napájením, konektor dříve kombinovaný USB, dnes **mDP** (Apple)
- použití: HD video zařízení (displeje), disková zařízení

Operační systémy

Co je to operační systém?



Operační systém je základní softwarové vybavení počítače, které se stará o správu systémových zdrojů.

(autor neznámý)

Co je to operační systém?



Operační systém je základní softwarové vybavení počítače, které se stará o správu systémových zdrojů.

(autor neznámý)

Operační systém (Operating System, OS)

- = základní softwarové vybavení počítače – rozhraní mezi uživatelem a počítačem
- umožňuje programům (aplikacím) běh na/v počítači pomocí programového rozhraní (API) a uživatelům práci s počítačem pomocí svého uživatelského rozhraní (UI) a programů
- cíl: snadné a efektivní využití počítače (pro uživatele i aplikace)
 - víceméně protichůdné požadavky – dříve důraz na efektivitu (a vůbec možnost), nyní spíše snadnost
 - kompromis, závisí na způsobu využití a typu počítače → různé OS
- poskytuje **abstrakci** (funkcí) hardware počítače, odstiňuje uživatele a aplikace od hardware, např. čtení souboru:
 - aplikace: otevření souboru zadaného (úplným) jménem a získání „objektu“ souboru, čtení souboru pomocí „objektu“ po bytech, zavření souboru
 - OS: nalezení režijních informací o souboru na základě jména a vrácení „objektu“ souboru, nalezení (čísel) sektorů disku s daty souboru a čtení sektorů, zrušení „objektu“ souboru

Operační systém (Operating System, OS)

- abstrakce hardwarových zdrojů počítače: procesoru, operační paměti a vstupně/výstupních zařízení (viz von Neumannova koncepce počítače)
 - **dvě rozhraní:** pro komunikaci s hardware a pro umožnění využití hardware aplikacemi (API) a uživatelem (UI) skrze OS
 - **API (Application Programming Interface)** – zpřístupňuje služby OS programům, řešeno tzv. systémovými službami, dnes i virtualizované
 - **UI (User Interface)** – zpřístupňuje služby OS a programů uživatelům, textové příkazové (command line interface, CLI), grafické (GUI), mnohdy vícenásobné
- zajišťuje (bezpečnou a efektivní) **správu systémových (hardwarových) zdrojů** počítače
 - sdíleny běžícími programy v (krátkých) časových úsecích: procesor
 - rozdělovány mezi programy: paměť
 - dočasně programům přidělovány podle jejich potřeby: klávesnice, myš, I/O zařízení
 - virtualizovány pro transparentní sdílení programy: disková zařízení, grafický výstup, zvukový a síťový vstup/výstup aj. I/O zařízení

Úvod

Operační systém (Operating System, OS)

- části:
 - **jádro (kernel)** – vlastní OS, monolitické (jeden program s veškerou funkcionalitou, příp. i s ovladači hardware) nebo tzv. mikrojádro (jen správa procesoru, paměti a komunikace mezi ostatními částmi, tzv. servery, realizujícími ostatní funkcionalitu a ovladače hardware)
 - **základní obslužné programy** – pro práci s OS a zdroji počítače, např. nástroje pro ovládání OS a práci s programy (aplikacemi) – **shell**, administrátorské a diagnostické nástroje pro práci s hardware a poč. sítí, základní nástroje pro manipulaci s daty aj.
 - **uživatelské rozhraní (UI)** – součást jádra OS, shellu nebo programy – záleží na použití a typu OS, neinteraktivní (úlohové/dávkové), interaktivní – textové s interpretem příkazů (shell) nebo grafické s okenním systémem

Úvod

Operační systém (Operating System, OS)

- typy:
 - různé v závislosti na způsobu využití a typu počítače
 - **univerzální** – pro desktopové a přenosné počítače typu **PC**, servery, mainframe apod.
 - **embedded** – specializované pro embedded zařízení, dnes i upravené univerzální (např. Linux, MS Windows CE)
 - **reálného času** – zaručení vyřízení požadavku/odpovědi v pevně daném čase, např. VxWorks, QNX, upravené univerzální (např. RTLinux, MS Windows RT) i HW řešení, např. pro řízení strojů
 - **distribuované** – pro běh současně na více počítačích, simulace např. jedné společné paměti, pro počítačové **klastry (cluster)** = počítače propojené do sítě s možností běhu (typicky výpočetních) programů současně na všech
 - další ...
- dnes nejvíce používané: na desktopových PC MS Windows, Mac OS X, GNU/Linux, na síťových serverech unixové (GNU/Linux, BSD), MS Windows, na embedded zařízeních různé (Linux, MS Windows)

Historie OS

- před 50. léty neinteraktivní ovládání počítače, bez OS, max. 1 program
- **multiprogramování** – od 50. let, více programů (dávek), dávkové OS ⇒ potřeba přidělování paměti programům = správa operační paměti
- **jednoúlohové (single task)** – max. 1 spuštěný program (hlavní úloha), po dokončení nebo pozastavení další (vedlejší/doplňkové)
- **víceúlohové (multi task)** – od 60. let, více běžících úloh střídajících se při čekání na hardware (disk, periferie, obecně I/O) ⇒ potřeba plánování úloh = správa procesoru, samostatná činnost procesoru a ostatních zařízení → koncept přerušení
- **sdílení času (time-sharing)** – od 70. let, úlohám přidělován procesor na krátká časová kvanta → iluze současného běhu úloh ⇒ potřeba (hardwarový) časovač ... dnešní OS
- **víceuživatelské (multi user)** – více uživatelů současně ⇒ potřeba virtualizace uživ. rozhraní

Historie OS

- od 50. let pro mainframe počítače, např. **OS/360** (pro IBM System/360, správa hardware, 50. a 60. léta), SCOPE, MCP (virtuální paměť, 60. léta), GECOS (GE/MIT, úrovně oprávnění programů a uživatelů), **Multics** (víceuživatelský), TOPS (DEC, 70. léta), **Unix**, SunOS/Solaris, z/OS (IBM), **Linux**
- od 70. let pro mikropočítače, první minimalistické v ROM (tzv. monitory), diskové jednoúlohové např. Digital Research CP/M, **MS DOS** (Microsoft, IBM PC, PC DOS), od 80. let víceúlohové pro PC např. VMS, **MS Windows NT** (Microsoft), NEXTSTEP, **Mac OS X** (Apple, 90. léta), **Linux**, se zvyšováním výkonu i OS pro mainframe (Unix, Solaris)

Příklady OS (pro PC)

Unix

- 1965 Multics, konec 60. let, Bellovy laboratoře, verze System V, BSD (Berkeley System Distribution), AIX (IBM), HP-UX (HP), SunOS/Solaris (Sun) aj., volně použitelné i proprietární
- víceúlohový, víceuživatelský
- architektura: jádro + shell + programy (i implementující textové i grafické UI)
- pro různé procesory a počítače
- inspirující a ovlivňující vývoj dalších (novějších) OS

Další: OS/2 (ukončený), Hurd, Plan 9 (experimentální), Chrome (Linux + webový prohlížeč Google Chrome), Android (Google), RTOS1 (real-time), Symbian OS (ukončený?), Minix (výukový) aj.

Příklady OS (pro PC)

DOS

- od 80. let, Microsoft, IBM, Digital Research, různé proprietární verze
- jednoúlohový, jednouživatelský
- architektura: jádro + shell + programy (i implementující textové UI)
- pro procesory Intel 80x86

MS Windows

- od 90. let, Microsoft (od pol. 80 let pouze jako víceúlohová GUI nadstavba na DOSem), proprietární
- víceúlohový, jednouživatelský (řada 9x, dříve), víceuživatelský (řada NT, dnešní)
- architektura: jádro + subsystémy emulující API jiných OS (DOS, starší MS Windows, částečně unixové, OS/2) + shell (implementující GUI) + programy
- pro procesory Intel 80x86, ARM, Alpha (dříve)

Příklady OS (pro PC)

Mac OS X

- 1999, Apple (od 1984 Mac OS), pro počítače Apple Macintosh (Mac), proprietární
- víceúlohový, víceuživatelský, unixový
- architektura: jádro BSD Unix/Mach + shell + GUI? + programy (i implementující GUI?)
- pro procesory Intel 80x86, IBM PowerPC (dříve)

GNU/Linux

- 1991, Linus Torvalds, svobodný (free) software (licence GNU GPL) ve formě distribucí („balení“ s dalšími obslužnými programy ve formě balíčků, i tzv. „živé“)
- víceúlohový, víceuživatelský, unixový
- architektura: jádro Linux + shell (GNU aj.) + programy (i implementující textové i grafické UI)
- pro mnoho procesorů, počítačů (i mimo PC) a jiných zařízení (elektronika)

Správa procesoru

Vykonávání instrukcí

- program = sekvence (binárních) kódů instrukcí, registrů procesoru a dat (čísla, texty, hodnoty adres do operační paměti a vstupně/výstupních zařízení)
- stejná (RISC) nebo proměnná (CISC) délka kódů instrukcí – 1 až 4? byty
- **operandy** = parametry instrukcí, registry a data, specifický počet (obvykle 0 až 2), přípustné kombinace pro každou instrukci
- výsledek instrukce často ukládán do prvního operandu
- vykonávání instrukce
 - trvá určitý počet **taktů/tiků** (na vnitřní frekvenci procesoru), jednotky až stovky
 - až 7 fází: např. načtení, dekódování, načtení operandů, provedení, uložení výsledku
 - **pipelining** – částečně paralelní provádění instrukcí (různých fází), nelze vždy, např. kvůli instrukcím podmíněných skoků (= implementace podmínek a cyklů v programu)

Správa procesoru

Vykonávání instrukcí

- vykonávání instrukce
 - **superskalární architektura** – více duplikovaných částí procesoru, např. ALU, částečně paralelní provádění instrukcí (i stejných fází), použití i na podmíněné skoky (vykonávání obou větví, po skoku i bez skoku, současně, u neplatné se pak ukončí – tzv. speculative execution, nebo předvídání podmínky skoku/správné větve – tzv. branch prediction) → instrukce může ve výsledku v průměru trvat pod 1 takt
 - **vícejádrové procesory a více procesorů** – (plně) paralelní provádění instrukcí, symetrické a nesymetrické architektury (hardware i OS)
- sekvenční pořadí vykonávání instrukcí tak, jak jsou v programu (viz von Neumannova architektura)
 - registr **EIP** – adresa následující instrukce, automatické zvětšování
 - výjimky = jiné změny EIP: instrukce skoků (na adresu), volání podprogramů (funkcí, procedur, metod objektů apod.) a obsluh přerušení + návrat na místo volání/přerušení

Správa procesoru

Jazyk symbolických adres (“assembler”)

= jazyk (textově) pojmenovaných instrukcí, např. MOV, ADD, MUL, AND, CMP, JE, JMP, a registrů procesoru, (zápisů) čísel a textu, hodnot adres, proměnných atd.

MOV eax, promenna1; CMP ebx, promenna2; JE adresa

- překládán do kódů instrukcí
- **přímá a nepřímá adresa do paměti** – adresa vypočítána z hodnot v registrech a zadaných přímo, např. posunutí + báze + index×faktor, použití např. pro přístup do strukturovaných dat, k lokálním proměnným apod.

Vyšší programovací jazyky

- vyšší úroveň abstrakce, např. iterace přes prvky seznamu → cyklus průchodu strukturovanými daty → jména instrukcí → kódy instrukcí
- **překladač** – přeloží (přepíše) program z jednoho (vyššího) prog. jazyka do jiného (nižšího) jazyka, typicky až do kódů instrukcí
- **interpret** – přeloží program z prog. jazyka do příkazů interní formy a tyto vykoná

Správa procesoru

Přerušení (Interrupt)

- původně pro řešení komunikace (rychlého) procesoru s (pomalými) I/O zařízeními, běžícími samostatně:
 - dříve procesor: vyslání požadavku na zařízení, **aktivní čekání** na vyřízení (= smyčka testující stav oznamující vyřízení), pokračování ve výpočtu
 - vyslání požadavku, pokračování ve výpočtu zatímco zařízení zpracovává požadavek, oznámení vyřízení požadavku = **přerušení procesoru**
 - např. procesor vyšle požadavek čtení sektoru z disku (dá požadavek s číslem sektoru na sběrnici) a pokračuje ve výpočtu, disk najde sektor, načte do své cache a vyvolá přerušení, procesor vyšle požadavek zaslání dat, disk pošle, procesor uloží do operační paměti, požadavek na další data atd.
- = pozastavení vykonávání programu, vykonání programu tzv. (**rutiny**) **obsluhy přerušení** implementované OS (např. ovladači zařízení), pokračování vykonávání programu
- během vykonávání obsluhy přerušení další přerušení zakázána nebo systém **priorit přerušení**

Správa procesoru

Přerušení (Interrupt)

- **hardwarová**: přídavné karty (dříve), disková zařízení (dříve), vstupně/výstupní zařízení, HW časovač aj., 256 přerušení u Intel 80x86
- **softwarová** – vyvolána OS pro vlastní potřeby fungování nebo programy při volání služeb OS (tvz. **systemová volání**)

DMA (Direct Memory Access)

- = způsob přenosu dat mezi zařízením a operační paměti přímo, bez řízení procesorem, pro větší množství dat, např. pro disková zařízení
- procesor pouze naprogramuje **řadič DMA** a vyšle prvotní požadavek, zbytek řeší řadič

Mapování paměti

... zařízení do operační paměti, např. přídavné karty

- přímý přístup do paměti zařízení skrze přístup do operační paměti

Správa procesoru

Proces

- = spuštěný program
- vzniká spuštěním programu – přidělení systémových zdrojů (paměť, procesor aj.), načtení kódu do paměti, spuštění
- **životní cyklus** (stavy): vytvořený, připravený (k plánování, ready), naplánovaný (standby), běžící, čekající/spící, ukončený aj.
- vztah rodič-potomek – na některých OS jedna hierarchie, např. unixových

Plánování běhu procesů

- přidělování procesoru procesům (přepínání procesů) na vymezené **časové kvantum** (time-sharing) – různě dlouhé u různých OS a určení OS, nastavitelné, např. 10 ms (MS Windows), 1 ms (Linux)
- řešené situace: přidělování procesoru procesům a procesů na procesory

Správa procesoru

Plánování běhu procesů

- provádí **plánovač OS (scheduler, dispatcher)** – vyvoláván při ukončení/pozastavení běhu procesu: ukončením procesu, čekání (na hardware), volání služby OS, vypršení přiděleného kvanta času
- vypršení kvanta – **přerušování od časovače**, možnost prodloužení (interaktivita)
- **strategie**: cyklická obsluha (round-robin), systém priorit, férové přidělování kvanta aj.
- **systém priorit**: idle, normální, vysoká, realtime, aj., dědění, zvyšování (interaktivita, konec čekání na hardware, synchronizace) atd., např. -20 až 20 (unixové), 0 až 31 (MS Windows)
- **kooperativní** – pouze dobrovolné ukončení běhu procesu ukončením, čekáním, voláním služby OS, dříve (spíše u jednoúlohových)
- **preemptivní** – i “násilné” ukončení běhu procesu ukončením kvanta, přepnutí na proces s vyšší prioritou (preempce), dnes i preempce částí jádra (kernel preemption), např. ovladačů zařízení

Správa procesoru

Plánování běhu procesů

- **režimy běhu procesů**: uživatelský (user) a jaderný (kernel) – jádro OS samotné (dříve u jednoúlohových OS i procesy), procesy během vykonávání systémových služeb (→ přepnutí kontextu), podpora procesoru (reálný a chráněný režim, Ring 0–3, privilegované instrukce aj.)
- **symetrický multiprocessing (SMP)** – plánování na více rovnocenných procesorů, **afinita procesu** = povolení/zakázání běhu procesu na vybraných procesorech

Správa procesoru

Vláknno (Thread)

- ~ vlákno vykonávání (thread of execution)
- = sekvence instrukcí plánovaná procesorem (podobně jako proces)
- typicky v rámci procesu, může jich být v procesu víc → program „dělá víc věcí zároveň“
- realizace: instrukce vlákna = podprogram, **sdílená paměť** a jiné zdroje procesu programu, implementace v programové knihovně a v OS
- plánování:
 - implementace – modely 1:1, 1:N, M:N
 - systém priorit (relativně k procesu), afinita – obvykle nepřesouvat vlákno na jiný procesor (kvůli cache)
 - např. na MS Windows NT plánována pouze vlákna

Správa procesoru

Komunikace a synchronizace

- pro procesy a pro vlákna, ale i pro samotný OS!
 - procesy jsou paměťově oddělené (každý má svoji přidělenou paměť) – komunikace pomocí speciální sdílené paměti a **posíláním zpráv**
 - vlákna sdílejí paměť procesu – komunikace pomocí sdílené paměti
- soupeření (race) o sdílenou paměť a jiné zdroje počítače, zvláště při více procesorech
- **chyba souběhu (race condition)** = chybné pořadí běhu (procesů a vláken) vedoucí k nekonzistentním stavům při konfliktních operacích, např. čtení-zápis – fáze operací (i instrukcí procesoru) např. čtení z paměti, operace, zápis do paměti

Správa procesoru

Komunikace a synchronizace

- potřeba **synchronizace** = určení specifického pořadí běhu (procesů a vláken)
 - **atomické operace** = nedělitelné, nepřerušitelné, sekvenčně prováděné (ty konfliktní), např. nastavení nebo inkrementace atomické proměnné, použití pro implementaci tzv. synchronizačních primitiv
 - **synchronizační primitiva**: zámek (mutex), semafor (počítadlo), kritická sekce, událost, monitor a další
 - hardwarová podpora: atomické instrukce procesoru (test-and-set, fetch-and-add, compare-and-swap aj.), zakázání přerušení (při jednom procesoru), preempce (při více procesorech)
 - softwarové implementace: Dekkerův (1965), Petersonův (1981) algoritmus, vyžadují (pouze) atomické uložení hodnoty do proměnné
 - implementovaná a poskytovaná OS, ale i využívaná v rámci samotného OS!

Správa procesoru

Komunikace a synchronizace

• uváznutí (deadlock)

- = vzájemné čekání na výlučně vlastněné zdroje (např. chráněné zámky) při modelu využívání “požadavek na přivlastnění-používání-uvolnění”
- podmínky vzniku: 1. výlučné vlastnictví, 2. čekání při vlastnictví jiného, 3. vzájemné (cyklické) čekání, 4. nemožnost preempce (násilného odebrání prostředku)
- řešení deadlocku: neřešení (ignorování), detekce a zotavení, prevence (zamezení vzniku, tj. nenaplnění podmínek), vyhýbání se (přidělování prostředků tak, aby nenastaly podmínky)
- dnešní OS neřeší (ignorují)

Správa operační paměti

- = přidělování paměti samotnému OS a procesům a uvolňování, evidence volné a přidělené paměti
- **kooperativní** – dříve u jednoúlohových OS, volitelná programem, program může používat i jinou (celou, cizí, i OS), např. při chybě
- **ochrana přidělené paměti** – procesy “nevidí” do paměti jiného procesu, podpora hardware, kontrolováno OS, např. segmentace, stránkování
- paměť fyzicky adresována lineárně – fyzická adresace neumožňuje relokaci dat (programu) → **logická adresace** paměti programu – na fyzickou adresu přepočítává procesor ve spolupráci s OS (dříve i programem)
- realizace **virtuální paměti**

Správa operační paměti

Přidělování souvislých bloků

- před logickou adresací paměti
- stejně velké → **vnitřní fragmentace** (nevyužité místo v bloku), např. IBM/360
- malé proměnlivé délky → **vnější fragmentace** (po uvolnění nedostatečné místo pro větší blok), např. MS DOS
- algoritmy výběru bloku: first fit, best fit apod.

Správa operační paměti

Segmentace

- **segment** = log. kus paměti programu (pro instrukce, data aj.) určený lineární adresou (**báze**), délkou (64 kB, 4 GB), oprávněními přístupu (DPL, Ring 0–3, 0 pro OS, 3 pro procesy, při porušení přerušeno), aj.
- segmenty se mohou (i úplně) překrývat (pro paměť OS se překrývají)
- logická adresa má dvě složky: báze segmentu a posunutí (**offset**) v segmentu
- lineární adresa = složení báze a offsetu, např. součet
- báze zadaná přímo (reálný režim procesoru) nebo součástí tzv. **deskriptoru segmentu** vybraného v tabulce deskriptorů pomocí **selektoru** (chráněný režim procesoru)
- segmenty a tabulky deskriptorů segmentů spravuje OS, dnes triviálně – programům stačí offset (\sim lineární adresa) = režim flat, např. s přidělenou pamětí 4 GB v/na 32-bitovém OS/procesoru
- výpočet lin. adresy provádí procesor: báze/selektor v k tomu určeném registru (segmentový, např. CS, DS, SS), lineární adresa tabulky deskriptorů ve speciálním registru (GDTR, LDTR)

Správa operační paměti

Stránkování (Paging)

- nezávislé na segmentaci
 - lineární adresový prostor paměti programu disjunktně rozdělen na kousky = **stránky (page)**, délka typicky 4 nebo 8 kB (ale i třeba 1 nebo 4 MB, závisí na procesoru)
- = stránky mapované 1:1 na stejně velké kousky operační paměti = **rámce (frame)** adresované fyzickou adresou – stránky za sebou nemusí být (a nejsou) mapovány na rámce za sebou
- mapování pomocí **hierarchie tabulek (tzv. adresářů)** udržované OS – části lin. adresy pro adresaci tabulek (10 bitů) na různých úrovních (až 4), rámce v tabulce (10 bitů) a offset (12 bitů) v rámci, velikost tabulky = velikost stránky
 - výpočet mapování provádí procesor
 - přístup do paměti = čtení tabulky a pak rámce paměti, zrychlené pomocí **TLB cache** v procesoru – princip lokality (data pohromadě = cache hit)

Správa operační paměti

Stránkování (Paging)

- práva přístupu, zápisu, vykonávání kódu programu (tzv. NX bit) ke stránce, značka neplatnosti aj. – při porušení přerušeni
- umožňuje realizovat virtuální paměť
- **copy-on-write** – sdílení stránek (bloků) paměti se stejným obsahem mezi procesy, nová samostatná až při změně, využití: sdílená paměť mezi procesy např. pro kód sdílených knihoven programů, úspora paměti, realizace: výpadek stránky pouze pro čtení při zápisu, duplikace s povolením zápisu, zápis
- netrpí vnější fragmentací

Správa operační paměti

Virtuální paměť

- = (logická) paměť pro procesy realizovaná pomocí více různých pamětí počítače (RAM, pevný disk atd.), typicky větší než (fyzická) operační paměť
- samotný OS (jádro) pro sebe (typicky) nepoužívá, má vlastní správu paměti
- **swapovací prostor** = část virtuální paměti jinde než v operační paměti (RAM), typicky na pevném disku
- **odstránkování paměti** = přesun stránek paměti z operační paměti do swapovacího prostoru („swapování“), důvod: programy nevyužívají pořad všechen kód a data, při nedostatku místa v operační paměti **algoritmy výběru oběti** FIFO (nejstarší), LFU (nejméně často použitá), (pseudo-)LRU (nejdéle nepoužitá) aj.
- **zamykání paměti** – stránky, které nelze odstránkovat, např. (části) OS, programové obsluhy (HW) přerušení, paměť programu mapovaná z jiných zařízení apod.

Správa operační paměti

Virtuální paměť

- stránkování na žádost (on demand paging):
 - aktuálně vykonávaný kód a používaná data programu musí být v operační paměti, když nejsou → **výpadek stránky (page fault)** = přerušení instrukce, načtení (s případným swapováním při nedostatku místa), opakování instrukce
 - algoritmy alokace minimálního počtu rámců procesu (desítky až stovky), trashing, pracovní množina rámců (v lokalitě programu) atd.
 - v obsluze výpadku stránky kontrola na platnost adresy, tj. existence stránky
- přidělování souvislých bloků stránek – např. **Buddy algoritmus** (spojování uvolněných)

Správa diskového prostoru

Oddíly/particie (volumes/partitions)

- = disjunktní části prostoru, ve kterých se vytváří **souborový systém**
- různé formáty evidence, např. MS DOS tabulka particií (primární, rozšířené, logické), Sun tabulka oddílů aj.
- vytvořené staticky (s pevnou velikostí) nebo dynamicky (s proměnnou velikostí)
- **Logical Volume Management (LVM)** – logické oddíly, dynamicky vytvářené, fyzicky uložené ve statických i na více discích, další vlastnosti RAID

Správa diskového prostoru

Souborový systém (File system)

- data na disková zařízení (do oddílů/particií) ukládána ve formě **souborů** = data + režijní informace souboru, např. umístění na disku (čísla sektorů), velikost, jméno, přístupová práva aj.
- = způsob uložení souborů a jejich dat (rozdělení do bloků uložených do sektorů diskového zařízení)
- pro efektivní a spolehlivý přístup k datům
- **typy souborů**: soubor, adresář, dále např. odkazy, speciální (pro zařízení, roury aj.)
- **souborové operace**: vytvoření, otevření, čtení, zápis, změna aktuální pozice v otevřeném (za konec = zvětšení), zmenšení, uzavření, výmaz
- **přístupová práva**: čtení, zápis aj. (u různých OS, např. spouštění u unixových) pro různé uživatele a jejich skupiny
- **adresářová struktura** = log. (typicky) stromová struktura souborů

Správa diskového prostoru

Souborový systém (File system)

- dříve jeden, limitovaný (celková kapacita, omezení adresářové struktury, délka jména souboru apod.)
- dnes více pro různá zařízení, téměř bez omezení, na unixových OS abstrakce pomocí **virtuálního souborového systému (VFS)** – definuje jednotné API konkrétních
- zabezpečení proti chybám diskového zařízení: rezervace bloků pro vadné sektory zařízení, **žurnálování**, redundance (RAID), snímky (snapshot) atd.
- např. FAT (MS DOS, výměnné disky a přenosná záznamová zařízení), NTFS (MS Windows), HFS (Mac OS), UFS (UNIX, Solaris), ZFS (Solaris), Ext2/3/4, Reiser, JFS, XFS, Btrfs (Linux), ISO 9660 (CD), UDF (DVD), ...

Ovladače zařízení (Device drivers)

- = programy (části OS) pro komunikaci s vstupně/výstupními zařízeními
 - přidavné karty (grafické, zvukové, síťové apod.), disková zařízení (pevné disky, mechaniky výměnných disků aj.), zařízení připojená k vnějším sběrnicím (USB, FireWire) atd.
- integrální (např. Linux) nebo volná součást OS (dodávaná samostatně výrobcí zařízení, např. MS Windows)
- **abstrakce zařízení** pro OS a programy, transparentní použití
- implementují správu paměti zařízení, volání služeb zařízení a obsluhy HW přerušeni od zařízení, dále např. plánování DMA přenosů apod.

Sítování (Networking)

- = podpora komunikace v lokální a rozlehle počítačové síti (Internet)
- = implementace síťových protokolů, na různých úrovních (např. Ethernet, TCP/IP, DNS), tzv. **network stack**
 - využití ovladačů síťových zařízení pro nízkoúrovňové služby
 - **abstrakce síťového připojení** pro programy
 - síťový OS = OS s podporou sítování

Bezpečnost

Vnitřní (lokální)

- důležitá u víceúlohových a víceuživatelských OS
- **operačního systému** – jaderný režim vykonávání služeb OS, privilegované instrukce procesoru, oddělené paměťové prostory programů a jádra OS atd.
- **programů** – výlučné přidělování procesoru, ochrana přidělené paměti, oddělení pamětí programů, synchronizace aj.
- **dat** – zabezpečení uložení (vč. např. redundance), práva přístupu aj.
- **uživatelů** – uživatelské účty + **autentizace**, přidělené zdroje (procesor, paměť, diskový prostor apod.) + **autorizace**, oddělení uživatelů, úrovně oprávnění (obyčejní uživatelé pro práci, správce pro administraci OS)
- u všech typů audit a logování
- úrovně zabezpečení OS

Bezpečnost

Vnější (síťová)

- důležitá u síťových OS
 - zabezpečení proti neoprávněnému přístupu a využití zdrojů HW, OS a programů, primárně dat, ze sítě
 - metody filtrace síťové komunikace a přenosů dat pomocí tzv. firewallu, skrývání (podsítí počítačů) a anonymizace (počítačů, uživatelů) v síti, systémy detekce a prevence proti útoku na bezpečnost ze sítě, autentizace programů, uživatelů, šifrování dat atd.
- počítačové sítě