

# ARCHITEKTURA POČÍTAČŮ

KI/APC

**Pavel Kuba**



**Ústí nad Labem 2016**

<b>Kurz:</b>	Architektura počítačů
<b>Obor:</b>	Informační systémy, Informatika (dvouoborové), Informatika se zaměřením na vzdělávání.
<b>Klíčová slova:</b>	Počítač, komponenty, procesor, paměť, disk, sběrnice, základní deska, rozšiřující karty, rozhraní.
<b>Anotace:</b>	Studijní materiál představuje základní pojmy architektury počítače, zejména osobního. Materiál se kromě popisu hardwarových modelů zaměřuje na obecné kvalitativní vlastnosti a použitelnost technických komponent.

Jazyková korektura nebyla provedena, za jazykovou stránku odpovídá autor.

© Katedra informatiky, PŘF, UJEP v Ústí nad Labem, 2016  
 Autor: Pavel Kuba

# OBSAH

## Obsah

OBSAH.....	3
Úvodní slovo .....	10
Vysvětlivky k používaným symbolům .....	10
1 Vývoj PC, hlavní stavební prvky.....	11
1.1 Počítač .....	11
1.1.1 Charakteristika počítače .....	11
1.1.2 Princip činnosti počítače.....	11
1.1.3 Součásti počítače .....	11
1.2 Historie .....	11
1.2.2 Nultá generace.....	13
1.2.3 První generace (1945 až 1951) .....	14
1.2.4 Druhá generace (1951 až 1965).....	14
1.2.5 Třetí generace (1965 až 1980) .....	14
1.2.6 Čtvrtá generace (od roku 1981).....	15
1.3 Hlavní stavební prvky počítačů .....	16
1.3.1 Bipolární tranzistory .....	16
1.3.2 Unipolární tranzistory.....	16
1.3.3 Tranzistory MOS.....	17
1.3.4 Systémy TTL .....	18
1.3.5 Integrovaný obvod .....	18
1.3.6 Pouzdra integrovaných obvodů .....	19
2 Architektura číslicových počítačů.....	21
2.1 Von Neumannova architektura.....	21
2.1.1 Popis architektury .....	21
2.1.2 Základní principy.....	21
2.2 Harvardská architektura .....	22
2.2.1 Použití .....	22
2.3 Modifikovaná Harvardská architektura .....	22
2.4 Současný stav.....	22
2.5 Rozdělení počítačů.....	23
2.6 Osobní počítače .....	23
2.6.1 Stolní počítače .....	23
2.6.2 Notebooky (laptopy).....	23
2.6.3 Kapesní počítače (PDA).....	23

2.6.4	Chytré telefony (Smartphone) .....	24
2.6.5	Tablety .....	24
2.6.6	Další zařízení .....	24
2.7	Hardware .....	24
2.8	Skříně počítačů .....	24
2.9	Napájecí zdroje .....	25
2.9.1	Zdroje AT .....	25
2.9.2	Zdroje ATX.....	25
2.9.3	Konektory zdroje.....	25
2.9.4	Notebookové zdroje .....	26
2.10	Chlazení počítače .....	27
2.10.1	Zdroje tepla.....	27
2.10.2	Typy chlazení.....	27
2.11	Ergonomie.....	28
3	Základní deska a sběrnice architektura .....	29
3.1	Základní deska .....	29
3.2	Systémová sběrnice .....	29
3.2.1	Uspořádání se severním mostem .....	30
3.2.2	FSB (Front Side Bus).....	31
3.2.3	Uspořádání AMD HyperTransport (K8).....	31
3.2.4	Uspořádání Intel QuickPath .....	33
3.2.5	Poslední vývoj .....	33
3.3	BIOS .....	33
3.3.1	Setup.....	34
3.3.2	Služby BIOSu .....	34
3.4	UEFI.....	34
3.4.1	Secure boot.....	35
3.4.2	Grafické funkce .....	35
4	Periferní sběrnice .....	36
4.1	Sběrnice (bus) .....	36
4.2	Sběrnice pro PC.....	36
4.2.1	Sběrnice PC bus .....	36
4.2.2	Sběrnice ISA (AT bus) .....	37
4.2.3	Sběrnice MCA (MicroChannel) .....	39
4.2.4	Sběrnice EISA .....	39
4.2.5	Sběrnice VL bus.....	40

4.2.6	Sběrnice PCI .....	40
4.2.7	Sběrnice AGP .....	42
4.2.8	Sběrnice PCI Express .....	43
5	Procesor .....	47
5.1	Centrální procesorová jednotka .....	47
5.1.1	Stavba procesoru .....	47
5.1.2	Výkon procesoru .....	48
5.2	Mikroprocesor .....	48
5.2.1	Druhy mikroprocesorů .....	49
5.2.2	Rozdělení CPU .....	49
5.3	Aritmeticko-logická jednotka .....	51
5.4	Řadič .....	51
5.5	Registr příznaků .....	52
5.6	Patice procesoru .....	52
6	Mikroarchitektura procesorů .....	54
6.1	Instrukce .....	54
6.1.1	Mnemonika .....	54
6.1.2	Operand .....	54
6.1.3	Příklady instrukcí .....	54
6.1.4	Přesunové instrukce .....	55
6.1.5	Aritmeticko-logické instrukce .....	55
6.1.6	Instrukce a příznakové registry .....	55
6.1.7	Řídící instrukce .....	55
6.1.8	Kódování instrukcí .....	56
6.2	Mikroarchitektura .....	56
6.2.1	Koncepty mikroarchitektury .....	56
6.2.2	Prvky mikroarchitektury .....	57
6.3	Instrukční sada .....	58
6.4	Architektury procesorů (RISC, CISC) .....	59
6.4.1	Vnitřní architektura .....	59
6.4.2	Nejdůležitější architektury procesorů .....	60
6.5	x86 .....	65
6.5.1	IBM PC .....	65
6.5.2	Registry x86 .....	65
6.5.3	Režimy procesoru .....	66
6.6	IA-32 .....	67
6.6.1	Omezení adresního prostoru .....	67

6.6.2	Kompatibilní procesory.....	67
6.6.3	Registry i386 .....	68
6.7	x86-64 .....	68
6.7.1	Vývoj .....	69
6.7.2	Základní rozšíření .....	69
7	Paměti .....	71
7.1	Počítačová paměť .....	71
7.1.1	Historie .....	71
7.1.2	Přehled.....	72
7.1.3	Energeticky závislá paměť.....	75
7.1.4	Energeticky nezávislá paměť.....	75
7.2	Správa paměti .....	75
7.2.1	Úkoly správy FAP .....	76
7.2.2	Historie .....	76
7.2.3	Metody přidělování paměti .....	76
7.2.4	Chyby při správě paměti .....	78
7.2.5	První počítačové systémy.....	79
7.2.6	Virtuální paměť.....	79
7.2.7	Chráněná paměť .....	79
7.3	Cache .....	79
7.3.1	Softwarová cache.....	80
7.3.2	Hardwarová cache .....	80
7.3.3	Příklady cache .....	80
7.3.4	Rozdíl mezi vyrovnávací pamětí a cache.....	81
7.4	Typy vnitřních pamětí .....	81
7.4.1	Nevolatilní paměti .....	82
7.4.2	Volatilní paměti.....	87
8	Fyzická struktura pevných disků.....	92
8.1	Pevný disk .....	92
8.1.1	Technologie.....	92
8.1.2	Diskové plotny .....	93
8.1.3	Hlavy .....	94
8.1.4	Organizace dat .....	94
8.1.5	Zacházení .....	95
8.1.6	Rozhraní pevných disků .....	95
8.2	SSD .....	99

8.2.1	Výhody .....	99
8.2.2	Nevýhody .....	99
8.2.3	TRIM .....	99
8.2.4	Typy buněk .....	99
8.3	Virtuální disky .....	100
8.3.1	VHD .....	100
9	Logická struktura pevných disků .....	101
9.1	Metody adresace disku .....	101
9.1.1	Cluster .....	101
9.1.2	CHS .....	103
9.1.3	LBA .....	104
9.2	Souborový systém .....	105
9.2.1	Organizace dat na disku .....	105
9.3	Souborové systémy Microsoft Windows .....	105
9.3.1	FAT .....	105
9.3.2	NTFS .....	107
9.3.3	exFAT .....	107
9.4	Základní pojmy .....	107
9.4.1	Diskový oddíl (partition) .....	107
9.4.2	Boot sektor .....	108
9.4.3	Master Boot Record .....	109
9.4.4	Volume Boot sektor (VBR, spouštěcí záznam svazku) .....	110
9.4.5	GUID Partition Table (GPT) .....	110
9.5	Struktura FAT .....	111
9.5.1	Boot sektor .....	112
9.5.2	Alokační tabulka souborů (FAT) .....	112
9.5.3	Kořenový adresář .....	112
9.5.4	Datový prostor .....	112
9.6	Struktura NTFS .....	112
9.6.1	Struktura NTFS .....	112
9.6.2	Limity NTFS .....	114
9.7	Další pojmy .....	114
9.7.1	Formátování disku .....	114
9.7.2	Fragmentace .....	115
9.7.3	S.M.A.R.T. .....	115
9.7.4	Metody zabezpečení proti selhání .....	115
10	Optické disky .....	121

10.1	Optické disky.....	121
10.1.1	CD.....	121
10.1.2	DVD.....	123
10.1.3	Blu-ray.....	125
10.2	Formáty optických disků.....	126
10.2.1	ISO 9660.....	126
10.2.2	UDF.....	126
10.3	Magnetooptické disky.....	127
11	Zobrazovací jednotky a grafický podsystém.....	128
11.1	Grafická karta.....	128
11.1.1	GPU.....	128
11.1.2	Stavba grafického procesoru .....	129
11.2	Monitor.....	129
11.2.1	Obrazovka CRT.....	130
11.2.2	LCD.....	131
11.2.3	Plazmová obrazovka .....	132
11.2.4	OLED .....	133
12	Zvukový podsystém.....	135
12.1	Zvuková karta.....	135
12.1.1	Historie .....	135
12.1.2	Profesionální zvukové karty .....	136
12.1.3	Syntéza zvuku.....	137
13	Periferní zařízení .....	138
13.1	Klávesnice .....	138
13.2	Myš .....	138
13.2.1	Mechanická myš .....	138
13.2.2	Optická myš .....	139
13.3	Alternativy myši .....	139
13.3.1	Tablet .....	139
13.3.2	Trackball.....	139
13.3.3	Trackpoint .....	140
13.3.4	Touchpad .....	140
13.4	Tiskárny.....	140
13.4.1	Běžně používané typy .....	140
13.5	Skenery .....	141
13.5.1	Čtečky čárových kódů .....	141

13.5.2	Ruční (hand-held) .....	142
13.5.3	Stolní (flatbed) .....	142
13.5.4	Bubnové (drum).....	142
13.5.5	Filmové .....	142
13.5.6	3D.....	142
14	Rozhraní pro komunikaci s okolím .....	143
14.1	Typy přenosu .....	143
14.1.1	Paralelní komunikace.....	143
14.1.2	Sériová komunikace .....	143
14.1.3	Srovnání paralelního se sériovým přenosem.....	143
14.2	Rozhraní pro komunikaci s okolím .....	144
14.2.1	USB.....	144
14.2.2	FireWire .....	148
14.2.3	eSATA .....	150
14.2.4	Další rozhraní .....	151
15	Literatura.....	159









## ÚVODNÍ SLOVO

Studijní opora Architektura počítačů vznikla jako učební materiál pro studenty katedry informatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Jana Evangelisty Purkyně. Je určena studentům předmětu Architektura počítačů s cílem porozumět základním pojmům v oblasti architektury zejména osobního počítače a pojmům z oblasti hardwaru. Absolvent by po úspěšném zakončení kurzu měl být schopen rozumět procesům, na nichž je osobní počítač založen a komponentům, ze kterých se skládá. Současně dává předpoklady k úspěšnému absolvování praktických činností a schopnosti navrhnout, sestavit a zprovoznit optimální konfiguraci osobního počítače.

Tento předmět je uceleným kurzem počítačového hardwaru ve studiu. Studenti se seznámí s principy a technologiemi jednotlivých konstrukčních prvků počítačů architektury IBM PC. Budou probrány jednotlivé subsystémy počítače se zaměřením na moderní trendy, základní i rozšiřující komponenty počítače včetně V/V zařízeních s ohledem na očekávaný vývoj problematiky. Kurz je postaven tak, aby posluchači měli po teoretické přednášce možnost prakticky se seznámit na seminářích s jednotlivými komponentami PC s cílem samostatné práce v laboratorních úlohách.

Zkouška je kombinovaná, písemná část vždy předchází ústní části zkoušky. Podmínky budou upřesněny na úvodním semináři.

## VYSVĚTLIVKY K POUŽÍVANÝM SYMBOLŮM

	<b>Cíle kapitoly</b>
	<b>Klíčová slova</b> nebo <b>Slovníček pojmů</b>
	<b>Kontrolní otázky a úkoly</b> prověřují, do jaké míry studující text a problematiku pochopil, zapamatoval si podstatné a důležité informace a zda je dokáže aplikovat při řešení problémů
	<b>Úkoly k textu</b> je potřeba je splnit neprodleně, neboť pomáhají k dobrému zvládnutí následující látky.
	<b>Otázky k zamyšlení</b>
	<b>Místo pro vaše poznámky</b>
	<b>Odkazy na literaturu</b> a další zdroje
	<b>Shrnutí opory</b>

# 1 VÝVOJ PC, HLAVNÍ STAVEBNÍ PRVKY



## CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete mít přehled o vývoji počítačů, jejich rozdělení, základních charakteristikách, typech a hlavních stavebních prvcích.



## KLÍČOVÁ SLOVA

generace počítačů, základní technické charakteristiky, hlavní představitelé, hlavní stavební prvky, typy počítačů podle různých hledisek, V/V zařízení.

### 1.1 Počítač

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Počítač>

Počítač je zařízení a výpočetní technika, která zpracovává data pomocí předem vytvořeného programu. V současné době se setkáme výhradně s počítači elektronickými. Skládají se z hardwaru, který představuje fyzické části počítače (mikroprocesor, klávesnice, monitor atd.) a ze softwaru (operační systém a programy). Počítač je zpravidla ovládán uživatelem, který poskytuje počítači data ke zpracování prostřednictvím jeho vstupních zařízení a počítač výsledky prezentuje pomocí výstupních zařízení.

#### 1.1.1 Charakteristika počítače

Nejběžnější představa počítače je tzv. osobní počítač. S počítačem se však setkáváme i jako s řídicí jednotkou nejrůznějších zařízení a nacházejí se prakticky ve všech oborech lidské činnosti – v průmyslových robotech, automobilech, letadlech, mobilních telefonech, digitálních fotoaparátech, CD a DVD přehrávačích, televizorech, automatických pračkách, mikrovlnných troubách, sanitární technice, dveřích, v dětských hračkách ap.

#### 1.1.2 Princip činnosti počítače

Pod pojmem počítač si dnes představíme tzv. číslicový počítač, pracující s digitálními daty. Analogové počítače bývají úzce specializované obvykle na jednu úlohu nebo pouze na jednu třídu úloh. Oproti tomu číslicové počítače lze snadno zkonstruovat coby univerzální. Podle Church-Turingovy teze je jakýkoliv číslicový počítač s určitými minimálními schopnostmi schopen provést v principu totéž jako libovolný jiný počítač.

#### 1.1.3 Součásti počítače

Počítače se skládají ze dvou základních druhů komponentů:

- Hardware – technické vybavení počítače, tedy fyzické části (slangově železo). Zahrnujeme do něj všechny fyzické součásti počítače.
- Software – programové vybavení počítače, tedy řada instrukcí, které jsou počítačem postupně provedeny. Zahrnuje nejen operační systém, pomocné programy a aplikační software, ale i programy, které jsou uloženy v počítači napevno (například v BIOSu nebo v některých vstupně-výstupních zařízeních). Software je nezbytný pro provoz počítače a řeší konkrétní úlohy ve spolupráci s uživatelem. Program vzniká při programování jako zápis algoritmu v nějakém programovacím jazyku. Spuštěný program označujeme jako proces.

### 1.2 Historie

Dějiny počítačů zahrnují vývoj jak samotného hardware, tak jeho architektury a mají přímý vliv na vývoj softwaru. První číslicové počítače byly vyrobeny ve 30. letech 20. století, avšak za jejich vynálezce je přesto považován Charles Babbage, který již v 19. století vymyslel základní principy fungování stroje pro řešení složitých výpočtů. Za prvního přímého předchůdce současných elektronických počítačů lze považovat elektronkový ENIAC.

[https://cs.wikipedia.org/wiki/D%C4%9Bjiny\\_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%C5%AF](https://cs.wikipedia.org/wiki/D%C4%9Bjiny_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%C5%AF)

První zařízení, která můžeme považovat za předchůdce počítačů, byla velmi jednoduchá a byla založena na mechanických principech. Až do poloviny 20. století probíhal vývoj ve dvou větvích: Analogové počítače modelovaly problém převedením do jeho mechanické nebo elektrické analogie, číslicové pak jeho převedením na číselné hodnoty a jejich numerickým zpracováním. S vývojem číslicové techniky během 2. poloviny 20. století analogové počítače prakticky zanikly.

#### **1.2.1.1 Předchůdci**

Prvním známým nástrojem, který usnadňoval počítání s čísly, je 5000 let starý babylonský abakus. Původně šlo jen o zaprášený kámen (starohebrejské abaq znamená „prach“). V antice se pak používala dřevěná nebo hliněná destička, do které se vkládaly kamínky („calculi“).

Po objevení možnosti realizovat násobení a dělení jako sčítání a odčítání logaritmu (1614, John Napier) byly v Anglii sestaveny první logaritmické tabulky a po nich logaritmické pravítka. To se používalo dalších 200 let (dokonce i v rámci programu Apollo).

#### **1.2.1.2 Mechanické kalkulátory**

První mechanické zařízení, které patrně sloužilo k výpočtům (výpočtu kalendáře, resp. polohy Slunce, Měsíce a planet), je Mechanismus z Antikythéry, vzniklý někdy mezi roky 150 a 100 př. n. l. Mechanismus se skládal z více než třiceti ozubených koleček seřazených v rovnostranných trojúhelnících. Zajímavé je, že mechanismus je nejspíš založen na heliocentrickém principu.

Tzv. „počítací hodiny“ navrhl roku 1623 Wilhelm Schickard z ozubených koleček z hodinových strojů. Uměl sčítat a odčítat šesticiferná čísla a údajně ho při astronomických výpočtech používal i Kepler. Další počítací stroj vyrobil v roce 1642 tehdy devatenáctiletý Blaise Pascal jako pomůcku pro svého otce, daňového úředníka. Tehdejší mechanické kalkulátory pracovaly v desítkové soustavě, která je pro člověka obvyklá. Výhody binární soustavy pochopil až Gottfried Wilhelm Leibnitz a použil ji pro svůj stroj z roku 1671. Ten se stal inspirací pro první úspěšný sériově vyráběný kalkulátor – Thomasův Arithmometr, schopný sčítat, odčítat, násobit a dělit (kolem 1820). Technologie mechanických počítacích strojů se udržela až do 70. let 20. století.

#### **1.2.1.3 Programovatelnost strojů**

První pokusy s programováním strojů byly učiněny na tkalcovském stavu pomocí děrovaného papíru (1725 Basile Bouchon, Jean-Baptiste Falcon). Za milník v programovatelnosti strojů lze považovat rok 1801, kdy francouzský vynálezce Joseph Marie Jacquard použil v tkalcovském stavu děrné štítky, které bylo možné vyměnit beze změny v mechanice stavu.

Nápad použít děrné štítky k programování mechanického kalkulátoru uplatnil v roce 1835 Charles Babbage. K uchovávání dat a jejich pozdějšímu dalšímu využití použil poprvé děrné štítky Herman Hollerith při sčítání lidu v USA. Jeho firma se později stala základem slavné počítačové společnosti IBM a tento charakter zpracování dat se udržel dalších 100 let.

Technologie děrných štítků o něco později umožnila návrhy prvních programovatelných strojů. Tehdejší metoda programování spočívala v tom, že programátor předal své děrné štítky ke zpracování do výpočetního střediska a čekal, jestli získá výsledky nebo výpis chybových hlášení.

#### **1.2.1.4 První programovatelné výpočetní stroje**

Nejstarší výpočetní stroje měly programy pevně zabudované v hardwaru a jejich změna často znamenala úplnou změnu hardwaru stroje. Tento model používají některá jednodušší zařízení dodnes (například nejjednodušší kalkulačky). Tento přístup k počítačům změnily teprve objevy strojů s uloženým programem.

V roce 1833 navrhl Charles Babbage „Analytical engine“, který se stal prvním univerzálním Turingovsky úplným počítačem (dokáže emulovat jiné stroje pouhou změnou programu bez nutnosti fyzické přestavby). Jeho cílem bylo postavit univerzální programovatelný počítač používající jako vstupní médium děrné štítky. Struktura stroje obsahovala „sklad“ (paměť) a „mlýnici“ (procesor), což mu umožňovalo aplikovat podmínky a cykly. Jeho počítač měl pracovat s 50místnými čísly s pevnou desetinnou čárkou. Uvažovaný pohon měl obstat

parní stroj. Pokus o sestavení stroje skončil neúspěšně zejména kvůli nedostatečnému financování. Babbage zjistil, že pro svůj stroj bude potřebovat programátora. Najal tedy mladou ženu se jménem Ada Lovelace (dceru básníka Lorda Byrona), která se tak stala prvním programátorem na světě (jako nadaná matematická se aktivně na vývoji stroje a teorie programování podílela) a na její počest byl nazván programovací jazyk Ada.[3]

### 1.2.2 Nultá generace

Za kalkulačky nulté generace jsou považovány elektromechanické počítače využívající většinou relé. Pracovaly obvykle na kmitočtu okolo 100 Hz. Hybnou silou vývoje nulté generace se stala druhá světová válka, kdy došlo k velkému pokroku souběžně v různých částech světa.

#### 1.2.2.1 Z1

První, komu se podařilo sestavit fungující počítač, byl německý inženýr Konrad Zuse. V roce 1934 začal pracovat na konstrukci mechanické výpočetní pomůcky a po řadě různých zdokonalení dokončil v roce 1936 základní návrh stroje pracujícího v dvojkové soustavě s aritmetikou v plovoucí čárce a programem na děrné pásce (jako nosič byl použit kinofilm). Neznalost prací Babbageho a jeho následovníků však měla za následek, že Zuse do svého projektu nezahrnul podmíněné skoky. Přesto však jeho Z1 z roku 1938 můžeme považovat za první počítač. Byl ještě elektromechanický s kolíčkovou pamětí na 16 čísel a byl velmi poruchový, pro praktické použití nevhodný.

#### 1.2.2.2 Z2, Z3

Počítač Z2 již obsahoval asi 200 relé. Paměť však byla stále ještě mechanická, převzatá ze Z1. Potom se Zuse spojil s Helmutem Schreyrem a společně se pustili do vývoje ještě výkonnějšího počítače Z3, který dokončili v roce 1941. Tento první prakticky použitelný počítač na světě obsahoval 2600 elektromagnetických relé a byl užíván též k výpočtům charakteristik balistických raket V-2. Pracoval ve dvojkové soustavě a prováděl až 50 aritmetických operací s čísly v pohyblivé řádové čárce za minutu (ani ne jedna za sekundu). Paměť byla na tehdejší dobu velká, 64 čísel po 22 bitech. Údaje se ručně zadávaly pomocí klávesnice. V roce 1998 Raúl Rojas prokázal, že i přes absenci instrukce podmíněného skoku je turingovsky úplný, i když bylo nutné pomocí smyček vypočítat a následně zahodit všechny nepotřebné výsledky. Počítač byl v roce 1944 zničen při náletu.

#### 1.2.2.3 ABC

V říjnu 1939 sestavil americký profesor John V. Atanasoff elektronický počítač ABC (Atanasoff–Berry computer), který sloužil k řešení lineárních rovnic v oblasti fyziky.

#### 1.2.2.4 Colossus

Anglický inženýr Thomas H. Flowers zkonstruoval roku 1943 počítač k lámání německých šifer používajícího vakuové elektronky. Po prototypu Colossus Mark I následoval o rok později vylepšený Colossus Mark 2.

#### 1.2.2.5 Mark I a II

V letech 1939–1944 pracoval ve Spojených státech na podobném projektu Howard Hathaway Aiken. Celý projekt financovala firma IBM (International Business Machines). Počítač byl dodán v roce 1944 Harvardově univerzitě v Cambridge. Byl poháněn elektromotorem o výkonu 3,7 kW a obsahoval 765 000 elektromechanických prvků. Program nesla děrná páska, pracoval v desítkové soustavě s pevnou čárkou. Paměť měla dvě části - statickou, do které bylo možno před zahájením výpočtu vložit až 60 dvacetičtyřmístných čísel, a dynamickou (operační) paměť tvořenou elektromechanicky ovládanými kolečky. Do této paměti si mohl počítač zaznamenat a zpětně přečíst dalších 72 čísel (23 místných). Zároveň zde probíhaly aritmetické operace sčítání a odčítání. Mark I dovedl sečíst dvě čísla za 0,3 s, vynásobit je za 6 s a sinus vypočítal během jedné minuty. Americké námořnictvo ho využívalo k výpočtu balistických tabulek. Zařízení Mark II z roku 1947 bylo již čistě reléové. Aritmetika pracovala v plovoucí čárce s desítkovými číslicemi, které byly dvojkově kódovány pomocí čtyř relé. Operační paměť počítače mohla pojmout až 100 čísel s deseti platnými číslicemi. Sčítání již trvalo pouze 0,125 s a násobení průměrně 0,25 s. Celý počítač obsahoval přibližně 13 000 relé.

### 1.2.2.6 SAPO

Prvním počítačem vyrobeným v Československu byl SAPO (SAmočinný POčítač), který byl uveden do provozu v roce 1957. Obsahoval 7000 relé a 400 elektronek. Měl magnetickou bubnovou paměť o kapacitě 1024 dvaatřicetibitových slov. Pracoval ve dvojkové soustavě s pohyblivou řádovou čárkou. Tento počítač měl dvě zvláštnosti: první bylo, že byl pětiadresový, neboli součástí každé instrukce bylo 5 adres (2 operandy, výsledek a adresy skoků v případě kladného a záporného výsledku) a druhou bylo, že se vlastně jednalo o tři shodné procesory, které pracovaly paralelně. Výsledky každé operace z jednotlivých procesorů se mezi sebou porovnaly a o správnosti se rozhodovalo hlasováním. Pokud byl shodný alespoň ve dvou případech, byl považován za správný. Pokud se ve všech třech případech lišil, operace se opakovala.

### 1.2.3 První generace (1945 až 1951)

První generace je charakteristická použitím elektronek (tzv. elektronika) a v menší míře též ještě relé (elektromechanika). Počítače byly poměrně neefektivní, velmi drahé, měly vysoký příkon, velkou poruchovost a velmi nízkou výpočetní rychlost. Zpočátku byl program vytvářen na propojovacích deskách, později byly využity děrné štítky a děrné pásky, které též sloužily spolu s řádkovými tiskárnami k uchování výsledků. V té době neexistovaly operační systémy, programovací jazyky ani assembly. Počítač se ovládal ze systémové konzole. Jeden tým lidí pracoval jako konstruktéři, operátoři i technici, jejichž úspěchem bylo ukončit výpočet bez poruchy počítače.

#### 1.2.3.1 ENIAC a MANIAC

V roce 1944 byl na univerzitě v Pensylvánii uveden do provozu elektronkový počítač ENIAC, který byl prvním počítačem, který pracoval podobně jako dnešní počítače. Na rozdíl od Z3 umožňoval vytvoření smyčky i podmíněné skoky a byl turingovsky úplný. Prováděl až 5000 součtů za sekundu, ale byl energeticky velmi náročný, poruchový a jeho provoz byl drahý. Jeho provoz byl ukončen v roce 1955.

ENIAC byl přímou inspirací pro počítač MANIAC (Mathematical Analyser Numerical Integrator And Computer), který byl sestaven roku 1945 a uveden do provozu John von Neumannem. V laboratořích Los Alamos National Laboratory byl použit k matematickým výpočtům popisujícím fyzikální děje a byl využit i k vývoji jaderné bomby.

### 1.2.4 Druhá generace (1951 až 1965)

Počítače druhé generace charakterizuje použití tranzistorů, které dovolily zlepšit všechny parametry (zmenšení rozměrů, zvýšení rychlosti a spolehlivosti, snížení energetických nároků). Díky počátku obchodu s počítači byla snaha o co nejlepší využití počítače, proto vznikají první dávkové systémy, které byly zaváděny do počítače pomocí děrné pásky, štítků nebo magnetické pásky a které se využívaly při prodeji strojového času počítače (pronájem počítače po dobu vykonání programu). Počátek využívání operačních systémů, jazyka symbolických adres, první programovací jazyky (COBOL, FORTRAN, ALGOL).

#### 1.2.4.1 UNIVAC

UNIVAC (elektronkový) byl v roce 1951 prvním sériově vyráběným komerčním počítačem a byl zkonstruován tvůrci počítače ENIAC.

#### 1.2.4.2 EPOS

Roku 1960 byl u nás spuštěn elektronický počítač EPOS 1 a v roce 1962 upravený typ EPOS 2, osazený tranzistory. Počítač pracoval v desítkové aritmetice, v kódu, který umožňoval automatickou opravu jedné chyby (délka slova 12 číslic), vykonával přes 30 tisíc op./s a měl feritovou paměť s kapacitou 40 tisíc slov. Zvláštností počítače bylo hardwarové zařízení pro sdílení času mezi až pěti nezávislými programy. V 60. a 70. letech se vyráběl jako ZPA 600 a ZPA 601 i v mobilní verzi a byl vybaven poměrně bohatým software (operační systém, assembler, překladače).

### 1.2.5 Třetí generace (1965 až 1980)

Třetí generace je charakteristická použitím integrovaných obvodů. S postupem času roste počet tranzistorů v integrovaném obvodu (zvyšuje se integrace). V této době byl výkon počítače úměrný druhé mocnině jeho

ceny, takže se vyplatilo koupit co nejvýkonnější počítač a poté prodávat jeho strojový čas. Majitelé požadovali maximalizaci využití počítače, proto se objevilo multiprogramování – zatímco jeden program čeká na dokončení I/O operace, je procesorem zpracovávána druhá úloha. S tím úzce souvisí zavedení pojmu proces, který označuje prováděný program a zahrnuje kromě něj i dynamicky se měnící data. Objevuje se první podpora multitaskingu, kdy se programy vykonávané procesorem střídají, takže jsou zdánlivě zpracovávány najednou. Tento pokrok umožňuje zavedení interaktivních systémů (počítač v reálném čase reaguje na požadavky uživatele). Kromě velkých střediskových počítačů (mainframe, tzv. sálový počítač) se objevují i první minipočítače a mikropočítače.

#### 1.2.5.1 Cray

V roce 1976 začala firma Cray prodávat tehdy nejvýkonnější počítač na světě Cray-1, který byl velmi známým a úspěšným superpočítačem. S nástupem paralelních výpočtů v 80. letech 20. století superpočítače ustoupily a tato původně velmi úspěšná firma v roce 1995 zkrachovala.

#### 1.2.5.2 IBM System 360

Nejznámějšími počítači třetí generace byla řada počítačů IBM 360 (1965) s různým výkonem, od modelu 360/20 až po největší model 360/90, které měly téměř shodný soubor instrukcí, takže mohly používat shodný software. Počítače mohly pracovat jak s pevnou, tak také proměnnou délkou operandů (dat). Znamenaly skutečný průlom počítačů do praktického a komerčního využití a vyráběly se v tisícových sériích. Řadu 360 napodobila i řada jiných výrobců, v komunistických zemích se od roku 1969 vyráběly pod označením EC resp. JSEP, československého počítače EC 1021, vyvinutého ve VÚMS, se vyrobilo téměř 400 kusů.

#### 1.2.6 Čtvrtá generace (od roku 1981)

Čtvrtá generace je charakteristická mikroprocesory a osobními počítači. Mikroprocesory v jednom pouzdře obsahují celý procesor (dřívější procesory se skládaly z více obvodů) a jsou to integrované obvody s vysokou integrací, které umožnily snížit počet obvodů na základní desce počítače, zvýšila se spolehlivost, zmenšily rozměry, zvýšila rychlost a kapacita pamětí. Nastává ústup střediskových počítačů (mainframe) ve prospěch pracovních stanic a v roce 1981 uvedeného osobního počítače IBM PC. Počítač shodné konstrukce vyrábějí i jiní výrobci jako tzv. IBM PC kompatibilní počítače. Přichází éra systémů DOS a vznikají grafická uživatelská rozhraní. Poměr cena/výkon je nejlepší u nejvíce prodávaných počítačů, vyšší výkon je vykoupen exponenciálním růstem ceny, proto se již nevyplatí koupit nejvýkonnější počítač na trhu a z mnoha běžných a laciných počítačů vznikají clustery. S rozvojem počítačových sítí vzniká Internet, distribuované systémy. Výkon počítačů se zvyšuje použitím několika procesorů (multiprocesory).

<http://www.historiepcitacu.cz/obecny-prehled-generaci-pocitacu.html>

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/HISTOR.HTML>

Přehled generací počítačů a jejich charakteristických vlastností						
Generace	Rok	Stavební prvky logických obvodů	Programové vybavení	Konfigurace	Operační rychlost op./s	Vnitřní paměť
0.	1940	elektromagnetická relé	strojový kód	velký počet skříní	do 10 (jednotky)	kolem 100 B
1.	1950	elektronky	strojový kód assembler autokód	desítky skříní	$10^2$ - $10^4$ (stovky)	1-2 KB
2.	1958	tranzistory	vyšší programovací jazyky FORTRAN, ALGOL, COBOL	do deseti skříní	$10^4$ - $10^5$ (tisíce)	16-32 KB
3.	1964	integrované obvody SSI	operační systémy a modernější programovací jazyky	do pěti skříní	$10^5$ až $5 \cdot 10^6$ (desetitisíce)	0,5-2 MB

			PASCAL, LIPS			
3,5	1972	integrované obvody MSI nebo LSI	rozšiřitelné operační systémy a modernější programovací jazyky	Jedna až pět skříní	kolem $10^6$ (statisíce)	1-16 MB
4.	1981	integrované obvody VLSI	operační systémy a jazyky přizpůsobené uživatelům	jedna skříň	$10^6$ - $3 \cdot 10^7$ (desítky milionů)	od 1 MB

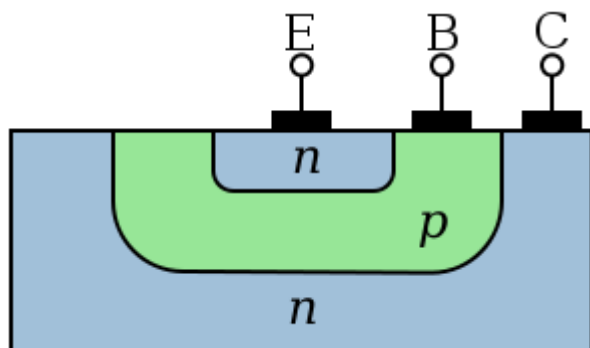
## 1.3 Hlavní stavební prvky počítačů

Integrované obvody je možné vyrábět pomocí různých technologií, z nichž každá má svůj základní stavební prvek a díky němu poskytuje specifické vlastnosti.

### 1.3.1 Bipolární tranzistory

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Bipol%C3%A1rn%C3%AD\\_tranzistor](https://cs.wikipedia.org/wiki/Bipol%C3%A1rn%C3%AD_tranzistor)

Bipolární tranzistor je elektronická součástka tvořená třemi oblastmi polovodiče s různým typem vodivosti v uspořádání NPN nebo PNP, které vytvářejí dvojici přechodů PN. Prostřední oblast se nazývá báze (B), krajní emitor (E) a kolektor (C, výjimečně K). Ke každé z oblastí je zapojen vývod. Při vhodném zapojení je velikost elektrického proudu tekoucího mezi emitorem a kolektorem řízena malými změnami proudu tekoucího mezi bází a emitorem. Bipolární tranzistory se používají jako zesilovače, spínače a invertory. Vyrábějí se jako samostatné součástky nebo jako prvky integrovaných obvodů. Ve složitých integrovaných obvodech však převládá používání unipolárních tranzistorů.



Bipolární tranzistor se skládá z různě dotovaných oblastí. Emitor je o několik řádů více dotován než báze, má mnohem více volných nosičů náboje (v případě NPN elektronů), a ty zaplaví tenkou oblast báze. Uvažujme tranzistor typu NPN v zapojení se společným emitorem. Zvyšováním kladného napětí mezi bází a emitorem (tj. kladný pól zdroje na bázi a záporný na emitoru) se ztenčuje oblast bez volných nosičů na rozhraní báze a emitoru. Okolo napětí 0,6 V až 0,7 V pro křemík (Si) a 0,2 V až 0,3 V pro germanium (Ge) začíná PN přechod báze-emitor vést elektrický proud. Tato část tranzistoru se chová jako klasická polovodičová dioda.

Přivedením kladného napětí mezi kolektor a emitor začnou být přebytečné elektrony odsávány z báze směrem ke kolektoru. Přechod báze-kolektor je polarizován v závěrném směru. Přebytek elektronů je následně posbírán ve vyprázdněné oblasti přechodu kolektor-báze.

### 1.3.2 Unipolární tranzistory

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Unipol%C3%A1rn%C3%AD\\_tranzistor](https://cs.wikipedia.org/wiki/Unipol%C3%A1rn%C3%AD_tranzistor)

Unipolární tranzistor je polovodičový prvek, ve kterém je (na rozdíl od bipolárního tranzistoru) přenos náboje uskutečňován pouze majoritními nosiči náboje. Menšinové nosiče náboje jsou pro funkci součástky parazitního charakteru. Skládá se z polovodičů typu N a P, přičemž výrazně převládá jeden z nich.

Pro velký vstupní odpor se těmto tranzistorům také říká tranzistory řízené elektrickým polem (FET, Field-Effect Transistors). Velký vstupní odpor je velkou výhodou unipolárních tranzistorů oproti bipolárním, jejichž malý vstupní odpor se nepříznivě projevuje při zesilování signálů ze zdrojů s velkým vnitřním odporem. Vstupním obvodem unipolárního tranzistoru tak neteče proud, a je řízen napětím. Řídící elektrodou teče buď jen malý proud ekvivalentní proudu diody v závěrném směru, nebo jí neteče prakticky žádný proud.

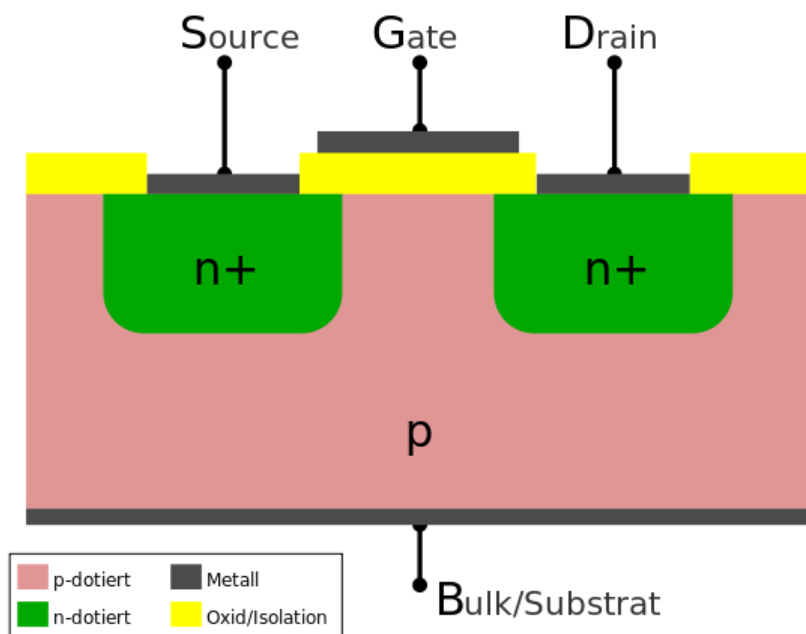
Další výhodou tohoto tranzistoru je, že v I. kvadrantu je jeho VA charakteristika téměř lineární, proto jej často používáme v analogovém režimu (nejčastěji jako zesilovač), kde způsobuje velmi malé nelineární zkreslení.

Tyto výhody umožňují využívat unipolární tranzistor v obvodech s vysokou hustotou integrace. Z principu funkce bipolárního tranzistoru totiž vzniká Jouleovo teplo, které není schopný miniaturní čip odvést. Nevýhodou (danou právě vysokou vstupní impedancí) je možnost snadného poškození unipolárních tranzistorů statickým nábojem, zvláště při manipulaci před zapojením do obvodů.

### 1.3.3 Tranzistory MOS

Tranzistor MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) je polem řízený unipolární tranzistor, kde je vodivost kanálu mezi elektrodami Source a Drain ovládána elektrickým polem vytvářeným ve struktuře kov (M)-oxid (O)-polovodič (S) napětím přiloženým mezi hradlo (Gate) a Source. Hradlo je odděleno od polovodiče vrstvou oxidu křemíku.

Oxid nejčastěji tvoří  $\text{SiO}_2$  (oxid křemičitý) z důvodu jeho relativně snadné přípravy na povrchu křemíku. Elektroda hradla může být tvořena hliníkem. V technologii integrovaných obvodů je dnes velmi rozšířeno použití dotovaného polykrystalického křemíku, protože umožňuje výrobu tranzistorů s větší hustotou integrace a menšími parazitními kapacitami.



Tranzistory MOSFET jsou základním aktivním prvkem většiny současné elektroniky, ve většině oblastí vytlačily klasické bipolární tranzistory. Používají se nejen v signálových digitálních a analogových obvodech, ale také ve výkonové elektronice, kde bylo jejich využití donedávna limitováno díky křemíkové technologii napětím zhruba 600V. V současnosti se již podařilo vyrobit tranzistory MOSFET i na bázi SiC (silikon-karbid) a GaAs (galium arsenid), což umožnilo rozšířit aplikační oblast do vyšších napětí a frekvencí.

#### 1.3.3.1 Rozdělení

Dle typu vodivého kanálu

- s vodivým kanálem: Do povrchu slabě dotované základní destičky z křemíku, která má vodivost P, jsou difúzí vhodné příměsi vytvořeny 2 rovnoběžné příkopy se silnou koncentrací příměsí (N+), které tvoří drain (D, analogický k tranzistorovému kolektoru) a source (S, analogický k tranzistorovému emitoru). Mezi nimi je tenčí méně dotovaná vrstva N tvořící kanál. Nad ním je izolantem oddělené hradlo (G,

gate). Přiložíme-li na hradlo záporné napětí proti source  $U_{GS} < 0$ , odpor kanálu se zvětší a při zvětšování  $U_{DS}$  stoupá proud  $I_D$  mírněji než při 0 předpětí hradla – tranzistor pracuje v režimu ochuzení (ochuzení kanálu o volné nosiče náboje). Při závěrném předpětí  $U_{GSz}$  vytlačí elektrické pole z kanálu všechny volné elektrony a proud  $I_D$  klesne na nulu. Bude-li předpětí hradla proti source kladné, přitáhne naopak elektrické pole do prostoru kanálu volné elektrony (minoritní nosiče) ze základní destičky. Tím se zvětší vodivost kanálu a proud  $I_D$  vzroste. Za této situace pracuje tranzistor v režimu obohacení. Tento typ MOSFETů vyniká vyšším zesílením (větší strmost výstupní charakteristiky).

- s indukovaným kanálem: Mezi difundovanými příkopy tvořícími source a drain není vytvořen vodivý kanál a proto při  $U_{GS} = 0$  neprochází drain a source žádný proud. Kanál vznikne vyloučením děr z procesu mezi drain a source a přitažených volných elektronů ze základní destičky při přiložení kladného napětí na hradlo G. Pod G převládne počet elektronů nad dírami a vznikne nová vrstva, která se chová podobně jako vodivý kanál s vodivostí typu N – to platí pouze při kladném napětí hradla  $U_{GS} > 0$ .

Dle typu polovodiče hradla

- PMOS (Positive Metal Oxid Semiconductor): Technologie používající unipolární tranzistor MOS s pozitivním vodivostním kanálem. Základní destička je vyrobena z křemíkového polovodiče typu N, nanášejí se tedy obohacený křemík typu P. Díky tomu, že MOS tranzistory jsou řízeny elektrickým polem a nikoliv elektrickým proudem jako u technologie TTL, redukuje nároky na spotřebu elektrické energie. Jedná se však o pomalou a dnes nepoužívanou technologii.
- NMOS (Negative Metal Oxid Semiconductor): Technologie, která využívá jako základní stavební prvek unipolární tranzistor MOS s negativním vodivostním kanálem. Základní destička je vyrobena z křemíkového polovodiče typu P, nanášejí se tedy obohacený křemík typu N. Tato technologie se používala zhruba do začátku 80. let. Jedná se o levnější a efektivnější technologii než TTL a rychlejší než PMOS.
- CMOS (Complementary Metal Oxid Semiconductor): Technologie spojující v jednom návrhu prvky tranzistorů PMOS i NMOS. Propouští vždy jen jeden z tranzistorů, druhým neprotéká téměř žádný proud. Tyto obvody mají malou spotřebu a tato technologie je používána pro výrobu velké části dnešních moderních integrovaných obvodů.
- BiCMOS (Bipolar Complementary Metal Oxid Semiconductor): nová technologie spojující na jednom čipu prvky bipolární technologie i technologie CMOS. Používána zejména firmou Intel k výrobě mikroprocesorů.

### 1.3.4 Systémy TTL

[http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/elektronika/kap6/6\\_2\\_4.html](http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/elektronika/kap6/6_2_4.html)

Integrované logické systémy TTL (Transistor-Transistor-Logic) – rychlá, ale drahá technologie. Jejím základním stavebním prvkem je bipolární tranzistor. Nevýhodou je velká spotřeba elektrické energie a z toho vyplývající velké zahřívání se takovýchto obvodů. V dnešní době jsou nahrazovány systémy STTL, MOS a CMOS, které mají nižší spotřebu a srovnatelnou rychlost. Zachovala se definice logických úrovní; pokud má moderní logický systém stejně definované napěťové úrovně logické nuly a jedničky, nazývá se kompatibilní s TTL na logických úrovních (logic level TTL compatible).

### 1.3.5 Integrovaný obvod

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/HISTOR.HTML>

Integrovaný obvod je elektronická součástka realizující určité množství obvodových prvků neoddělitelně spojených na povrchu nebo uvnitř určitého spojitého tělesa, aby se dosáhlo ucelené funkce elektronického obvodu.

S postupným vývojem integrovaných obvodů se neustále zvyšuje stupeň integrace (počet integrovaných členů

na čipu integrovaného obvodu). Podle počtu takto integrovaných součástek je možné rozlišit následující stupně integrace:

Označení	Anglický název	Český název	Počet logických členů
<b>SSI</b>	<u>S</u> mall <u>S</u> cale <u>I</u> ntegration	Malá integrace	10
<b>MSI</b>	<u>M</u> iddle <u>S</u> clae <u>I</u> ntegration	Střední integrace	10 - 100
<b>LSI</b>	<u>L</u> arge <u>S</u> cale <u>I</u> ntegration	Vysoká integrace	1000 - 10000
<b>VLSI</b>	<u>V</u> ery <u>L</u> arge <u>S</u> cale <u>I</u> ntegration	Velmi vysoká integrace	10000 a více

### 1.3.6 Pouzdra integrovaných obvodů

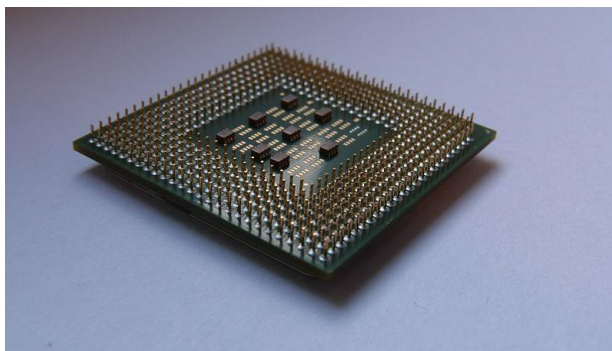
Každý integrovaný obvod je při výrobě zapouzdřen do určitého typu pouzdra. Existuje několik základních typů pouzder. Příklady některých názorně ilustrují obrázky.



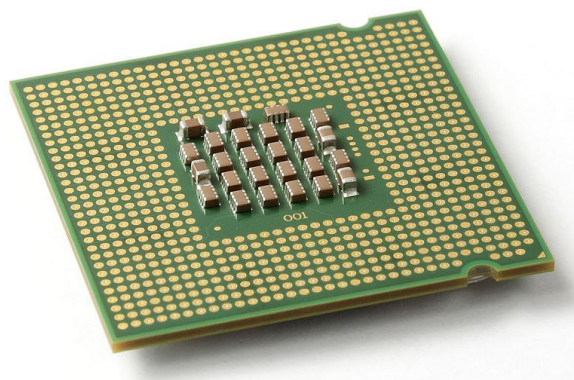
Single in-line (pin) package (SIP or SIPP)



Dual in-line (pin) package (DIP, DIPP, DIL)



Pin grid array (PGA)



Land grid array (LGA)



## ODKAZ NA LITERATURU

Horák J. Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Meyer M. Osobní počítač. Computer Press, Praha, 2006. ISBN 9788025108345.

Winkler P. Velký počítačový lexikon. Computer Press, Praha, 2005. EAN 9788025123317..

Broža P. Instalujeme a konfigurujeme počítač. CP Books. 2005.

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D>

[https://cs.wikipedia.org/wiki/D%C4%9Bjiny\\_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%C5%AF](https://cs.wikipedia.org/wiki/D%C4%9Bjiny_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%C5%AF)

<http://www.historiepocitacu.cz/obecny-prehled-generaci-pocitacu.html>

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/HISTOR.HTML>

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Bipol%C3%A1rn%C3%AD\\_tranzistor](https://cs.wikipedia.org/wiki/Bipol%C3%A1rn%C3%AD_tranzistor)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Unipol%C3%A1rn%C3%AD\\_tranzistor](https://cs.wikipedia.org/wiki/Unipol%C3%A1rn%C3%AD_tranzistor)

[http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/elektronika/kap6/6\\_2\\_4.html](http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/elektronika/kap6/6_2_4.html)

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/HISTOR.HTML>

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/HISTOR.HTML>

## 2 ARCHITEKTURA ČÍSLICOVÝCH POČÍTAČŮ



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- popsat vonneumannovskou i nevonneumannovskou architekturu počítače
- klasifikovat základní typy hardwaru
- vysvětlit rozdíly mezi jednotlivými počítačovými skříněmi a zdroji
- vybrat správný typ skříně a zdroje



### KLÍČOVÁ SLOVA

druhy a význam architektur, použití, principy. Konstrukce současných číslicových počítačů -, skříně počítačů (CASE), hlučnost a chlazení počítačů, ergonomie.

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Architektura\\_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8De](https://cs.wikipedia.org/wiki/Architektura_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8De)

Architektura počítačů je technický obor zaměřený na návrh a konstrukci zařízení na zpracování dat. Zahrnuje stanovení vnitřní reprezentace dat, operací, které se s nimi budou provádět, specifikaci funkčních bloků počítače a jejich propojení, formát strojových instrukcí. Přitom se zabývá především způsobem, jak pracuje CPU a jakým způsobem přistupuje k paměti.

Architektura počítače je tedy konkrétní způsob realizace počítače. Existují dvě základní koncepce konstrukce počítače:

- John von Neumannovo schéma počítače – Neumannovo používá jednu elektronickou paměť pro program i pro data
- Harvardská architektura – používá oddělenou paměť pro data a pro program

### 2.1 Von Neumannova architektura

Název podle maďarského-židovského matematika Jánose Lajose Neumanna žijícího ve Spojených státech, kde vystupoval pod jménem John von Neumann. Přednášku o návrhu počítačového stroje s uloženým programem přednesl v červnu roku 1945. Nicméně stejná koncepce se objevila v některých amerických patentech již od roku 1936.

#### 2.1.1 Popis architektury

Von Neumannova architektura je jednoduché schéma programovatelného počítače, které používá jednu sběrnici, na kterou jsou připojeny všechny aktivní prvky (procesor, paměť, vstupy a výstupy).

Podle von Neumannova schématu se počítač skládá z řadiče, aritmeticko-logické jednotky, (vnitřní) paměti, vstupních a výstupních zařízení a vnější paměti. Ve vnitřní paměti jsou uložena data i program. Program se skládá z jednotlivých strojových instrukcí. Činnost von Neumannova počítače je přísně sekvenční (oproti harvardské) a je řízena řadičem. Řadič načítá jednu instrukci po druhé, dekoduje je a postupně je provádí. Každou instrukci lze rozdělit na jednodušší operace. Způsob, jak je instrukční sada implementována, nazýváme mikroarchitektura.

Procesor počítače se skládá z řídicí a výkonné (aritmeticko-logické) jednotky. Řídicí jednotka zpracovává jednotlivé instrukce uložené v paměti, přičemž jejich vlastní provádění nad daty má na starosti aritmeticko-logická jednotka (může obsahovat pouze obvody pro sčítání čísel, ostatní operace se dají převést na sčítání). Vstup a výstup dat zajišťují vstupní a výstupní jednotky.

#### 2.1.2 Základní principy

1. Pět funkčních jednotek – řídicí jednotka, aritmeticko-logická jednotka, paměť, vstupní zařízení, výstupní zařízení

2. Struktura je nezávislá na zpracovávaných problémech, na řešení problému se musí zvenčí zavést návod na zpracování (program) a musí se uložit do paměti, bez tohoto programu není stroj schopen práce
3. Programy, data, mezivýsledky a konečné výsledky se ukládají do téže paměti (operační paměť)
4. Paměť je rozdělená na stejně velké buňky, které jsou průběžně očíslované, přes číslo buňky (adresu) se dá přečíst nebo změnit obsah buňky (přímé adresování)
5. Po sobě jdoucí instrukce programu se uloží do paměťových buněk jdoucích po sobě, přístup k následující instrukci se uskuteční z řídicí jednotky zvýšením instrukční adresy o 1
6. Instrukcemi skoku se dá odklonit od zpracování instrukcí v uloženém pořadí
7. Existují alespoň - aritmetické instrukce (sčítání, násobení, ukládání konstant,...), logické instrukce (porovnání, not, and, or,...), instrukce přenosu (z paměti do řídicí jednotky a na vstup/výstup), podmíněné skoky, ostatní (posunutí, přerušení, čekání,...)
8. Všechna data (instrukce, adresy,...) jsou binárně kódovaná, správné dekodování zabezpečují vhodné logické obvody v řídicí jednotce.

Shodný přístup k programům i k datům umožnil univerzalitu počítače, bezproblémové zavedení cyklů a podmíněného větvení. Pro optimální funkci rychlost vnitřní paměti srovnatelná s rychlostí výpočetní jednotky.

## 2.2 Harvardská architektura

Název pochází z počítače Harvard Mark I, který byl postaven na této architektuře. Tento počítač měl strojové instrukce uloženy na děrované pásce (šířka 24 bit) a data na elektro-mechanických deskách (23 číslic široké).

Harvardská architektura používá oddělenou paměť pro program a pro data. Tím se jednak odstraní úzké místo, které tvoří přístup procesoru k paměti, jednak zabrání přepsání a přečtení programu. Paměti pro program a pro data mohou být naprosto odlišné, mohou mít různou délku slova, časování, technologii a způsob adresování. V některých systémech se pro paměť programu používá typ paměti ROM (read only memory), což může významně přispět k bezpečnosti systému.

Oproti počítačům s von Neumannovou architekturou může procesor zároveň používat (pro čtení i zápis) paměť programu i paměť dat najednou (díky odděleným propojovacím obvodům a separátní paměti programu a dat). Díky tomuto paralelnímu přístupu k oběma pamětím se zvyšuje rychlost zpracování.

### 2.2.1 Použití

Harvardské schéma s oddělenou pamětí pro program a data se často používá u jednočipových počítačů a dalších malých vestavěných systémů (PDA, mobilní telefony a podobně) a především u signálových procesorů (DSP) u nichž dovoluje dosáhnout velké rychlosti zpracování dat. Výhoda rozdělené paměti spočívá v možnosti použití různých typů pamětí, především různé bitové šířky obou pamětí.

## 2.3 Modifikovaná Harvardská architektura

Modifikovaná Harvardská architektura kombinuje funkce Harvardské architektury a von Neumannovy architektury. Byla sice oddělena paměť dat a paměť programu, využívají však společná data a adresovou sběrnici. Architektura tak umožňuje snadný přenos dat mezi rozdělenými pamětmi. Umožňuje zacházet s instrukcemi jako s daty, tj. přenést část kódu do paměti dat. Příkladem použití této architektury je rodina jednočipů Intel 8051 a jemu podobných, používají se u signálových procesorů, lze se s těmito procesory rovněž setkat na profesionálních audio/video stanicích.

## 2.4 Současný stav

V posledních letech se rychlost procesorů zněkolikanásobila v poměru k rychlosti přístupové doby hlavní paměti. Komunikace s pamětí se tak stává nejslabším článkem řetězu ve von Neumannově architektuře. Je tedy tendence zredukovat počet přístupů do hlavní paměti. Další zrychlování procesoru by v případě časté komunikace s pamětí nemělo vliv na celkový výkon. Zrychlení paměti je značně finančně náročné. Tuto nevýhodu částečně řeší paměť známá jako cache, což jsou rychlé mezipaměti, do kterých se potřebná data a instrukce z pomalejší hlavní paměti načítají dříve, než jsou při zpracování potřeba.

Současné počítače nejsou konstruovány důsledně ani podle jednoho z těchto dvou základních schémat. Univerzální osobní počítače obsahují jen jednu paměť, do které se umísťují programy i zpracovávaná data, avšak mikroprocesor umožňuje paměť obsahující program označit jen pro čtení a naopak část paměti, která obsahuje data označit tak, že nelze vykonávat strojové instrukce, které jsou v ní uloženy.

Rychlé moderní procesory spojují tedy obě architektury. Uvnitř procesoru je použita Harvardská architektura, kde se paměť cache dělí na paměť instrukcí a paměť pro data. Ovšem procesor jako celek se chová jako procesor s architekturou von Neumannovou, protože načítá data i program z hlavní paměti najednou.

Pro velmi rychlé zpracování velkého toku dat se čím dál více používají počítače s paralelním zpracováním, tedy postavené na harvardské architektuře.

Pro zvýšení výkonu počítače se používají počítače s více procesory. Může se jednat o univerzální (CPU) nebo specializované procesory (např. numerický procesor, vstupně/výstupní procesor, grafický procesor apod.).

## 2.5 Rozdělení počítačů

Pod pojmem počítač si mnoho lidí představí notebook nebo PC, tedy osobní počítač. Ve skutečnosti je tento pojem daleko širší.

- Osobní počítače – určené pro použití jednotlivcem
- Servery – počítač, který poskytuje nějaké služby (model klient-server). Služby jsou nabízeny obvykle více počítačům pomocí počítačové sítě (například sdílení disků, tiskáren nebo autentizace, nabídka webových stránek, DNS, e-mail atd.). Server vyhrazený pro speciální účely nazýváme dedikovaný. Od uživatelských stanic se server nemusí odlišovat architekturou nebo výkonem, ale zejména spolehlivostí. Tomu napomáhá redundance komponent či vyšší schopnost monitorování.
- Sálové počítače (střediskové počítače, mainframe) jsou používány převážně velkými firmami pro kritické aplikace, často zahrnující zpracovávání velkých objemů dat. Většinou se jedná o sálové počítače enormních rozměrů. Tyto počítače patří mezi nejvýkonnější dostupnou univerzální výpočetní techniku.
- Další, obvykle jednoúčelové počítače – nacházejí se všude kolem nás – v automobilech, výrobních linkách, mobilních telefonech, kalkulačkách, pračkách, troubách, digitálních fotoaparátech, přehrávačích, ale i klikách od dveří, záchodových splachovadlech nebo v dětských hračkách. Tyto počítače obvykle provádějí omezený počet úkolů.

## 2.6 Osobní počítače

<http://windows.microsoft.com/cs-cz/windows/introduction-to-computers#1TC=windows-7>

Osobní počítač (PC) je navržen tak, aby ho v daný okamžik využívala jediná osoba.

### 2.6.1 Stolní počítače

Stolní počítače jsou vytvořeny pro užívání na pracovním stole. Obvykle jsou větší a výkonnější než jiné typy osobních počítačů. Stolní počítače jsou sestaveny z jednotlivých součástí. Hlavní součástí je systémová jednotka. Další součásti, jako je monitor, myš a klávesnice, se připojují k systémové jednotce.

### 2.6.2 Notebooky (laptopy)

Přenosné počítače jsou lehké mobilní osobní počítače s plochou obrazovkou a možností napájet z baterií. Na rozdíl od stolních počítačů přenosné počítače obsahují procesor, obrazovku i klávesnici v jediném pevném obalu. Zabudované komponenty poskytují srovnatelné funkce jako komponenty stolních počítačů; komponenty notebooků a desktopů však nejsou zaměnitelné.

Notebook používá vlastní typy vnitřních portů, vnější porty jsou stejné jako u stolních počítačů. Komponenty v notebookech jsou miniaturizované a optimalizované z hlediska příkonu, fyzických rozměrů a hmotnosti.

Netbooky jsou malé přenosné počítače za rozumnou cenu, které slouží k provádění omezeného počtu úloh.

### 2.6.3 Kapesní počítače (PDA)

Bateriemi napájené počítače miniaturních rozměrů s obvykle dotykovou obrazovkou, předchůdce dnešních

smartphonů. Hodily se pro plánování schůzek, ukládání adres a telefonních čísel, případně jako navigační řešení (GPS). PDA s integrovanou telefonní jednotkou se nazývalo komunikátor (MDA).

#### 2.6.4 Chytré telefony (Smartphone)

Pojem smartphone byl původně používán pouze pro zařízení, která měla tvar mobilního telefonu (včetně hardwarové numerické klávesnice) a mělo schopnosti PDA. Později se pojem smartphone začal používat i pro dotyková zařízení postrádající HW klávesnici. Smartphony využívají pokročilý mobilní operační systém a aplikační rozhraní, jež umožní instalaci nebo úpravy programů.

#### 2.6.5 Tablety

Mobilní osobní počítače tvaru desky s integrovanou dotykovou obrazovkou a obvykle bez klávesnice, které kombinují prvky přenosných a kapesních počítačů.

#### 2.6.6 Další zařízení

Mezi osobní počítače se dají zařadit i někteří další zástupci nositelné elektroniky (wearables), např. chytré hodinky, ale i fitness náramky a další.

### 2.7 Hardware

Běžný počítač se skládá z těchto součástí:

- počítačová skříň – skříň z plechu (nebo jiných materiálů), může být též součástí monitoru (iMac)
- základní deska – obsahuje většinu elektronických částí počítače
- mikroprocesor – vykonává strojové instrukce, ze kterých jsou složeny programy
- operační paměť – za běhu počítače uchovává programy a data (viz elektronická paměť)
- sběrnice – propojuje vstupně-výstupní zařízení s procesorem, umožňuje připojení rozšiřujících karet
  - grafická karta – umožňuje vytvořit v paměti obraz, který zobrazí na monitoru
  - zvuková karta – vytváří signál, který se v reproduktoru mění na zvuk
  - síťová karta – zprostředkovává připojení k počítačové síti
  - a další rozšiřující zařízení
- pevný disk – uchovává programy i data i po vypnutí počítače
- elektrický zdroj – mění síťové střídavé napětí 230 V na nižší stejnosměrné napětí (obvykle 12, 5 a 3,3 V), vhodné pro napájení komponent počítače
- monitor – zobrazuje informace uživateli, je připojen ke grafické kartě
- počítačová klávesnice – zprostředkovává alfanumerický vstup od uživatele
- počítačová myš – umožňuje pohybovat kurzorem myši a vyvolávat události stiskem tlačítka
- a další vstupní-výstupní zařízení (počítačová tiskárna, scanner, ...)

### 2.8 Skříně počítačů

Obecně na čelní stěně ovládací tlačítka a dvířka mechanik, na zadní propojovací konektory. Vodorovně umístěnou základní desku využívají skříně typu desktop, svisle umístěnou tower. Výhodou desktopu je svislé umístění rozšiřujících karet (přirozené chlazení). Výhodou typu tower je menší požadavek na pracovní místo. Rozměry skříní respektují rozměry základních desek. Čím větší skříň, tím více místa pro komponenty a větší počet pozic pro různá zařízení: 3,5" pozice pro disky, čtečky karet či disketové mechaniky, 5,25" pro DVD mechaniky, zálohovací zařízení či další komponenty.

Běžné typy skříní:

- Desktop – položení na pracovní plochu, dimenzována pro udržení monitoru.
  - Slimline (slim) – nižší provedení, rozšiřující karty obvykle rovnoběžné se základní deskou.
- Tower – dostatek místa pro komponenty, dostatečné chlazení, obvykle používáno pro servery. Prostor pro až pět 5,25" pozic a tři 3,5" pozice (5 + 3)
- Miditytower (Middle Tower) – rozměry odpovídají desktopu, pozice obvykle 3 + 2

- Minitower (Micro Tower) – postačující pro běžné komponenty, pozice obvykle 2 + 2

## 2.9 Napájecí zdroje

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Nap%C3%A1jec%C3%AD\\_zdroj\\_%28po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%29](https://cs.wikipedia.org/wiki/Nap%C3%A1jec%C3%AD_zdroj_%28po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%29)

Napájecí zdroj počítače (PSU - Power Supply Unit) je zařízení, sloužící ke zpracování střídavého napětí dodávaného ze sítě (100-127 V v Severní Americe, Jižní Americe, Japonsku a Tchaj-wanu, 220-240V ve zbytku světa, v Česku 230V/50Hz) na nízké napětí, potřebné k napájení komponent počítače. Některé zdroje mají přepínač pro změnu vstupního napětí mezi 230V a 115V, ostatní se automaticky přizpůsobí jakémukoli napětí v tomto rozsahu.

Napájení používá nucené chlazení, obvykle pomocí ventilátoru (dnes nejčastěji s průměrem 120 mm). Jeho prostřednictvím proudí i horký vzduch z vnitřku počítačové skříně ven, proto se používá ventilátor s vyšší účinností, než které je třeba pro udržení stále teploty ve zdroji. Ventilátor je hlavním zdrojem nepříjemného hluku.

Napájecí zdroje jsou hodnoceny na základě maximálního výkonu. Typické výkonové rozsahy pro domácí a kancelářské aplikace jsou v rozmezí od 300 W do 500 W. U výkonných výpočetních stanic či u serverů může hodnota přesahovat 2 kW.

<https://cs.wikipedia.org/wiki/ATX>

### 2.9.1 Zdroje AT

Sloužily pro napájení počítačů se základní deskou AT. Zdroj nedovoľoval elektronické ovládání, vypnutí počítače muselo být realizováno pomocí mechanického vypínače. Ten byl napojen přímo do silové části napájecího zdroje pomocí 4žilového kabelu a uzemnění kovové kostry skříně. Byl to klasický dvoupólový vypínač spínající fázi a střední pracovní vodič napájecího napětí. Připojení k základní desce pomocí dvou podobných konektorů (černé vodiče nutno umístit k sobě, jinak může dojít ke zničení desky). Poskytované napětí: 5 V, 12 V.

### 2.9.2 Zdroje ATX

Poskytované napětí: 3,3 V, 5 V, 12 V.

U počítačové skříně formátu ATX není zdroj spojen přímo se zapínacím tlačítkem. To umožňuje zapínání počítače i jinými způsoby (Wake on LAN, klávesnicí nebo myší). Přesto má mnoho napájecích zdrojů ATX na své zadní straně klasický vypínač. Tím se počítač skutečně vypne a softwarové zapnutí pak není možné. Pokud je tento vypínač zapnutý, počítač stále spotřebovává energii, i když vypadá jako vypnutý. Tento režim se nazývá „soft-off“ nebo „stand-by“ a slouží pro vzdálené zapnutí přes Wake on RING nebo Wake on LAN. Běžně se ale počítač zapíná tlačítkem umístěným na přední stěně skříně.

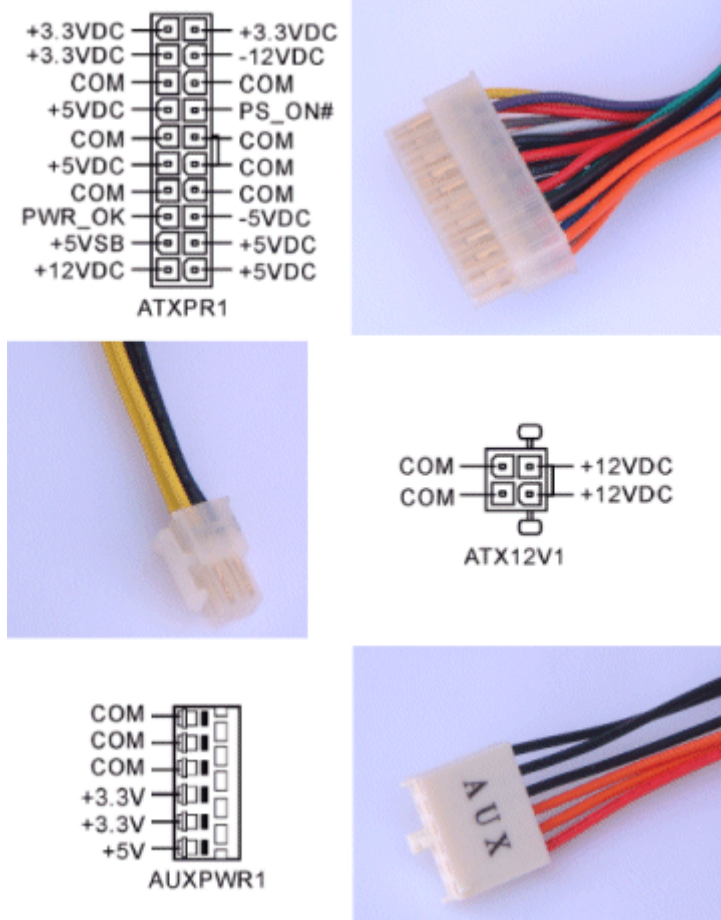
ATX používá jeden dlouhý konektor, takže je instalace snadnější. Kromě 5 a 12 V poskytuje i napětí 3,3 V, takže si toto napětí nemusí základní deska stabilizovat sama. S nástupem procesoru Pentium 4 byl přidán pomocný dvanáctivoltový 4pinový konektor (dva žluté vodiče a dva černé vodiče). Později ho začaly používat i základní desky s procesory Athlon XP a Athlon 64. Některé počítačové systémy vyšší kategorie používají ještě další konektory pro větší výkon. Některé velmi výkonné grafické karty vyžadují extra napájení; to bývalo řešeno 4pinovým konektorem MOLEX (jako pro napájení pevných disků). Moderní grafické karty na sběrnici PCI Express využívají jeden nebo více 6pinových konektorů pro dostatečné napájení.

<http://www.svethardware.cz/specifikace-zdroju-atx12v/9807-2>

### 2.9.3 Konektory zdroje

- Hlavní napájecí konektor (Main Power, obvykle značený P1): jedná se o největší konektor a slouží k připojení napájení k základní desce. Na starších AT zdrojích byl tento konektor dvanáctipinový a byl rozdělen na dvě části: P8 a P9. V původní specifikaci ATX míval 20 pinů. Jeden z nich patří vodiči PS-ON (obvykle zelený, zapíná všechny paměťové okruhy). Později byl konektor rozšířen na 24 pinů, z důvodů zpětné kompatibility byly některé zdroje dodávány s dvěma konektory (jeden s 20 piny a druhý se 4 piny), které dohromady tvoří jeden 24pinový konektor.

- ATX12V - 4pinový napájecí konektor (někdy nazývaný P4), druhý, který po připojení k základní desce (kromě hlavního 24pinového) poskytuje zvláštní napájení pro procesor. U starších zdrojů se s tímto konektorem nesetkáme, u novějších naopak s osmipinovou podobou: ATX12V 2X4
- AUX Power pro systémy s velkou zátěží (většina základních desek AUX Power nevyužívá)



- 4pinový periferní (známý jako Molex, dle svého výrobce) – dříve klasický konektor pro napájení pevných disků v počítači. Obsahuje čtyři vodiče: dva černé (zem), jeden červený (+5 V) a jeden žlutý (+12 V). Dříve používán i jako napájení pro 8" a 5,25" disketové jednotky. V některých případech jsou využívány jako dodatečné napájení pro různé karty.
- 4pinový Berg (též Mini-konektor nebo mini-Molex): malý napájecí konektor pro 3,5" disketové jednotky. V některých případech může být použit jako pomocný konektor pro grafické karty AGP.
- pomocné napájecí konektory: existuje několik typů pomocných konektorů, určených pro dodatečné napájení, pokud jsou k zapotřebí
- SATA Power - 15pinový konektor pro komponenty, které používají SATA napájecí zásuvky. Tento konektor dodává napětí ve třech různých hodnotách: +3.3, +5 a +12 Voltů.
- 6pinové - většina moderních počítačů dodává energii pomocí 6pinových konektorů, které obvykle využívají PCI grafické karty Express. Každý tento konektor může mít na výstupu maximálně 75W.
- 6+2 piny - pro účely zpětné kompatibility jsou některé PCI grafické karty Express určeny pro tento druh pinové konfigurace. To umožňuje mít buď 6pinové nebo 8pinové karty, které mají být připojeny pomocí dvou samostatných modulů kabelového připojení do stejné zdířky: jeden s 6 kolíky a další se dvěma.
- C14 IEC konektor s vhodným C13 kabelem se používá k napájení místní rozvodné sítě

#### 2.9.4 Notebookové zdroje

Většina přenosných počítačů má zdroje, které poskytují na výstupu výkon od 25 do 100 W. Obvykle to jsou

zdroje externí, které konvertují AC napětí na jedno stejnosměrné (nejčastěji 19V), K další DC-DC konverzi dále dochází v NTB, aby poskytl různá stejnosměrná napětí požadovaný různými složkami počítače.

## 2.10 Chlazení počítače

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Chlazen%C3%AD\\_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%C5%AF](https://cs.wikipedia.org/wiki/Chlazen%C3%AD_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%C5%AF)

Chlazení počítačů má za úkol odvést z vnitřku počítače ztrátové teplo, vznikající činností aktivních elektrotechnických součástek. Odvod tepla je realizován pomocí chladiče zhotoveného z materiálu odvádějícího teplo (obvykle hliník nebo měď) s co největším povrchem. Chladič může být pasivní, případně doplněn ventilátorem (aktivní chladič).

Dalším způsobem chlazení je použití kapaliny (nejčastěji destilovaná voda nebo případně voda upravená tak, aby se nestala elektricky vodivá) v oběhu nebo kapaliny pod bodem mrazu (tekutým dusíkem nebo oxidem uhličitým).

V dobách prvních elektronkových počítačů bylo nutno k účinnému chlazení vyměňovat značný objem vzduchu, což bylo zajišťováno leteckými vrtulemi; ve speciálních případech i zkapalněným dusíkem nebo oxidem uhličitým. Dnešní sálivé počítače se chladí klimatizací celé místnosti nebo jako běžné stolní PC mikropočítače, to znamená za použití kovové základny a ventilátoru

### 2.10.1 Zdroje tepla

- Procesor - nejvíce odpadního tepla zde vzniká při přepínání stavů tranzistorů během provádění početních operací.
- Grafická karta - nejvíce tepla produkuje GPU, pak napájecí obvody, paměti, rezistory a další.
- Zdroj - odpadní teplo zde vzniká především v transformátoru, usměrňovači a tranzistorech.
- Základní deska - největší podíl mají napájecí obvody, které jsou složeny z tranzistorů, poté čipset, přídatné čipy (zvukový, síťový a další), rezistory ap.
- Pevný disk - elektromotorek.
- Operační paměť - vyzařuje obvykle méně tepla než ostatní součásti, přesto díky ploše a umístění se obtížně chladí, a tak mnohdy dosahují teploty 60-70 °C a více.
- Další rozšiřující karty.

### 2.10.2 Typy chlazení

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Chlazen%C3%AD\\_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%C5%AF](https://cs.wikipedia.org/wiki/Chlazen%C3%AD_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%C5%AF)

Dnes nejpoužívanější způsob chlazení skříní PC je nasávání vzduchu otvory na přední straně skříně (buďto celá nebo přes HDD), poté vzduch proudí kolem grafické karty směrem k procesoru a zdrojem ven.

#### 2.10.2.1 Pasivní chladiče

kovová nepohyblivá součástka, která má na sobě navařená žebra pro zajištění co největší plochy z důvodu lepšího předávání tepla okolnímu vzduchu. U menších verzí chladičů může jít o výrobek zhotovený z jednoho kusu kovu. Jedná se o součástku vyrobenou frézováním, upravenou laserem nebo jinak. Pasivní chladiče jsou až na výjimky (zakázkové a výroční chladiče) vyrobeny buďto z mědi (dražší) nebo z hliníku (levnější), případně kombinace obou. Často se kombinuje měď jako základna a hliník na žebra.

Mezi chlazenou součástí a chladičem je obvykle nutné vložit teplovodivou pastu pro lepší vzájemný kontakt obou částí. Vyplní vzduchové mezery, které by jinak fungovaly jako tepelný izolant. Nedoporučuje se použití lepidel jako sekundové lepidlo, která působí jako izolant.

#### 2.10.2.2 Tepelné trubice (heatpipe)

Jedná se o hermeticky uzavřenou trubici, ve které je pracovní látka (voda, alkohol, propanbutan, freon apod.). Budeme-li jeden konec ohřívat a na druhý umístíme chladič, začne se pracovní médium odpařovat. Na chlazeném konci páry kondenzují a předávají tak teplo, které bylo spotřebováno k odpaření. Kondenzát teče nebo vzlíná zpět a vše se opakuje.

Heatpipes se používají jako podpůrný prostředek k jiným typům chladičů pro rovnoměrný rozvod tepla, a to

zejména u grafických karet, procesorů či čipsetů základní desky.

### 2.10.2.3 Aktivní chlazení

Aktivní chlazení je prováděno proudícím vzduchem. Proud vzduchu je obvykle vytvářen ventilátorem. Nejvíce používané ventilátory v počítačích mívají rozměry o průměru 80 až 120 mm a 550-4000 otáčkách za minutu, dnes jsou preferovány pomaluotáčkové ventilátory 700-1500 RPM a větší velikosti (menší hlučnost). Aktivní chlazení je použito zejména pro chlazení procesoru, grafické karty, zdroje nebo pevných disků, nejčastěji jakožto kombinované chlazení spolu s pasivním chladičem.

### 2.10.2.4 Vodní chlazení

Vodní chlazení je uzavřená soustava, ve které probíhá chladicí médium – kterým je voda (nejlépe destilovaná).

Okruh sestává z čerpadla, chladičů na jednotlivé chlazené komponenty (CPU, GPU, HDD, paměti RAM atd.), velkého pasivního chladiče (tzv. „radiátor“), který může obsahovat i chladiče aktivní a případně může být v obvodu i expanzní nádoba, díky níž se dá lépe kontrolovat a doplňovat voda. Prodávají se jak kompletní sestavy, tak jednotlivé díly pro vlastní sestavení vodního okruhu; jedná se o nejdražší běžný způsob chlazení.

### 2.10.2.5 Další způsoby

Pro extrémní chlazení komponent lze použít chlazení pomocí zkapalněných plynů (dusík, oxid uhličitý), případně olejová lázeň.

## 2.11 Ergonomie

Ergonomie je vědní obor, který komplexně a systémově řeší systém člověk – technika – prostředí s cílem optimalizovat psychicko-fyzickou zátěž člověka a zajistit rozvoj jeho osobnosti při maximální efektivitě jeho činnosti. Více viz <http://marlib.cmsps.cz/ergonomie/ergonomie.html>.



## ODKAZ NA LITERATURU

Horák J. Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Meyer M. Osobní počítač. Computer Press, Praha, 2006. ISBN 9788025108345.

Winkler P. Velký počítačový lexikon. Computer Press, Praha, 2005. EAN 9788025123317..

Dembowski K. Mistrovství v Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Messmer H.P., Dembowski K. Velká kniha hardware. Computer Press, Brno, 2005. 1224 s.

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Architektura\\_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8De](https://cs.wikipedia.org/wiki/Architektura_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8De)

<http://windows.microsoft.com/cs-cz/windows/introduction-to-computers#1TC=windows-7>

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Nap%C3%A1jec%C3%AD\\_zdroj\\_%28po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%29](https://cs.wikipedia.org/wiki/Nap%C3%A1jec%C3%AD_zdroj_%28po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%29)

<https://cs.wikipedia.org/wiki/ATX>

<http://www.svethardware.cz/specifikace-zdroju-atx12v/9807-2>

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Chlazen%C3%AD\\_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%C5%AF](https://cs.wikipedia.org/wiki/Chlazen%C3%AD_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%C5%AF)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Chlazen%C3%AD\\_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%C5%AF](https://cs.wikipedia.org/wiki/Chlazen%C3%AD_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%C5%AF)

<http://marlib.cmsps.cz/ergonomie/ergonomie.html>

## 3 ZÁKLADNÍ DESKA A SBĚRNICOVÁ ARCHITEKTURA



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- popsat komponenty základní desky
- rozumět funkci čipsetů základní desky
- chápat funkci systémové sběrnice
- klasifikovat základní typy systémových sběrnic
- vybrat správný typ základní desky



### KLÍČOVÁ SLOVA

komponenty základní desky, architektura čipsetů a řadičů (Northbridge, Southbridge). BIOS (Setup), UEFI.

### 3.1 Základní deska

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1kladn%C3%AD\\_deska](https://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1kladn%C3%AD_deska)

Základní deska (anglicky mainboard či motherboard) představuje základní hardware většiny počítačů. Hlavním účelem základní desky je propojit jednotlivé součástky počítače do fungujícího celku a poskytnout jim elektrické napájení. Postupem času se funkce základní desky rozšiřovala v tom, že sama začínala obsahovat některé součástky počítače, které se do ní dříve musely zapojovat zvlášť.

Typická základní deska umožňuje zapojení procesoru a operační paměti. Další komponenty (např. grafické karty, zvukové karty, pevné disky, mechaniky) se připojují pomocí rozšiřujících slotů nebo kabelů, které se zastrkávají do příslušných konektorů. Na základní desce je dále umístěna energeticky nezávislá paměť ROM, ve které je uložen systém BIOS, který slouží k oživení počítače hned po spuštění.

Základem komunikační struktury počítače je sběrnice. Její rychlost ovlivňuje výkon celého systému. Pod pojmem sběrnice obecně rozumíme soustavu vodičů, která umožňuje přenos signálů mezi jednotlivými částmi počítače. Pomocí těchto vodičů mezi sebou jednotlivé části počítače komunikují a přenášejí data.

Na základní desce můžeme rozlišit dva typy sběrnic:

1. systémová sběrnice (CPU bus) – propojuje procesor s obvody na základní desce. Realizováno pomocí FSB – Front Side Bus, příp. QPI – QuickPath Interconnect
2. rozšiřovací (periferní) sběrnice – spojuje procesor (resp. jeho systémovou sběrnici) s okolním světem, je zakončena konektory (sloty).

### 3.2 Systémová sběrnice

Systémová sběrnice je připojená k procesoru, je jím řízena a propojuje procesor s obvody na základní desce. Zařízení, která jsou jí propojena, jsou kromě procesoru koprocesor, cache paměť, operační paměť, řadič cache paměti a operační paměti, příp. některá další zařízení. Konstrukce je závislá na výrobci základní desky. Aby bylo možné zachovat kompatibilitu s procesorem, jsou ke každému novému procesoru navrženy specifické čipové sady (chipsets), nejdůležitější integrované obvody pro komunikaci s konkrétním typem procesoru. Fyzicky může jít buď jenom o jeden čip, nebo dva (v tom případě se označují jako northbridge a southbridge). Čipová sada rozhoduje, jaký procesor a operační paměť je možné k základní desce připojit. V dnešní době northbridge a southbridge výrobce někdy implementuje do jednoho čipu – funkci obou zastupuje jeden celistvý čip; výrobci takovýchto čipových sad jsou často nezávislí na výrobcích základních desek.

Dnes se používají dva základní komunikační modely. U klasického modelu komunikace probíhá prostřednictvím severního a jižního mostu. V souvislosti s nástupem osmé generace procesorů AMD byl severní most nahrazen integrovaným paměťovým řadičem a sběrnici HyperTransport.

### 3.2.1 Uspořádání se severním mostem

#### 3.2.1.1 Northbridge

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Northbridge>

Northbridge (Severní můstek) je také znám jako systémový řadič. Severní most zajišťuje komunikaci mezi CPU, pamětí RAM (řadič paměti), AGP portem nebo PCI Express sběrnici a také zajišťuje spojení s jižním mostem. Některé severní můstky obsahují integrované grafické karty. Protože různé procesory a paměti vyžadují rozdílnou signalizaci, pracuje severní můstek pouze s jedním nebo se dvěma typy procesorů a zpravidla pouze s jedním typem paměti RAM. Existují čipsety, které podporují dva druhy paměti RAM, které jsou v dané době dostupné při přechodu na nový standard.

Severní můstek je na základních deskách základním prvkem, který určuje rychlost, druh procesorů, jejich množství a druh paměti RAM, který bude použit. Ostatní faktory, jako jsou regulace napětí a počet konektorů, také hrají roli. Prakticky všechny čipsety podporují pouze jednu procesorovou sadu s maximálním množstvím paměti RAM, měnícím se podle druhu procesoru a typu základní desky. Éra prvních Pentii měla často omezení na 128 MB. Architektura procesoru Pentium Pro umožňovala adresovat více než 4 GB paměti (36 bitů, což umožňuje adresovat až 64 GB paměti), avšak základní desky takové množství fyzické paměti RAM obvykle nepodporovaly.

Severní můstek je obvykle schopen propojení s jedním nebo se dvěma různými jižními můstkem, což ovlivňuje výsledné možnosti a nabízené technologie základní desky.

Severní můstek hraje důležitou roli v tom, jak dalece mohou být počítače (pře)taktovány. Jejich frekvence je stanovena pro procesor jako základní, od níž se jeho vlastní frekvence odvíjí (pomocí násobičů). Vzhledem k vysoké integraci vyžaduje severní můstek obvykle samostatné aktivní chlazení

#### 3.2.1.2 Southbridge

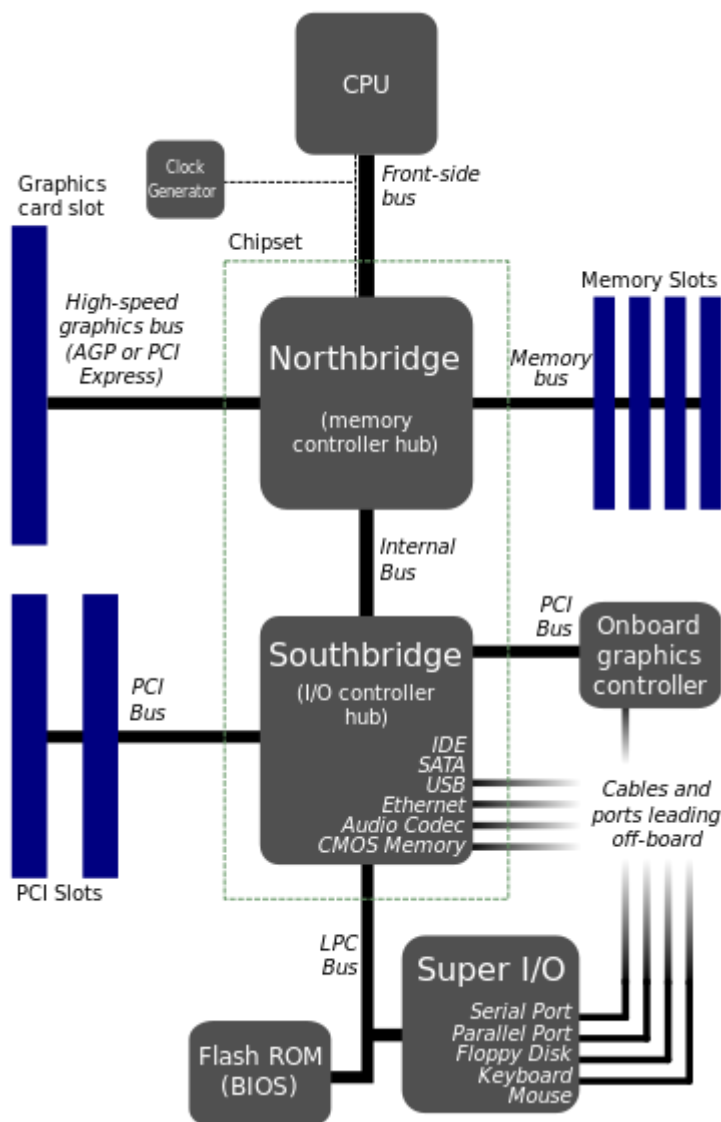
Southbridge (jižní můstek) je také znám jako vstupně-výstupní řadič (I/O Controller Hub). Čip realizuje pomalejší funkce základní desky v počítačové architektuře se severním a jižním můstkem. Jižní můstek odlišíme od severního snadno tak, že není přímo spojen s procesorem. Severní můstek realizuje spojení jižního můstku a procesoru.

Protože jižní můstek je z hlediska architektury více vzdálen od procesoru, má v typickém počítači na starosti obsluhu pomalejších zařízení. Jižní můstek je obvykle schopen spolupracovat s několika různými severními můstkem, avšak oba čipy musí být pro vzájemnou kompatibilitu navrženy. Průmyslový standard pro komunikaci mezi severním a jižním můstkem neexistuje. Tradičně byla pro komunikaci mezi severním a jižním můstkem využívána PCI sběrnice, protože však toto řešení vytvářelo z hlediska výkonu úzké místo, většina současných čipsetů využívá pro vzájemnou komunikaci vlastní proprietární rozhraní s vyšším výkonem. U Via se používá spojení u nových čipsetů pod jménem V-Link, běžící na vyšší frekvenci než má PCI. Propustnost je: 266 MB/s (4x), 533 MB/s (8x) a 1066 MB/s (Ultra Link).

- PCI sběrnice podporuje tradiční specifikaci PCI, ale může zahrnovat podporu pro PCI-X a PCI-Express
- podpora ISA (Industry Standard Architecture) je zřídka využita, avšak přesto zůstala integrovanou součástí jižního můstku
- LPC (Low Pin Count) sběrnice poskytuje spojení se Super I/O (poskytuje připojení pro klávesnici, myš, paralelní port, sériový a infračervený port) a BIOS ROM (flash)
- DMA kanál dovoluje ISA nebo LPC zařízením přímý přístup do hlavní paměti bez pomoci procesoru
- IDE (PATA) rozhraní umožňuje přímé připojení pevných disků. Současné jižní můstky (2008) již toto rozhraní nepodporují, pro jeho použití je na základní desky přidáván další čip. Její propustnost byla teoreticky 133MB/s.
- SATA je moderní náhrada za PATA/IDE, dnes je ve verzi SATA III a už existují specifikace další verze.

Volitelně může jižní můstek zahrnovat podporu pro Ethernet, RAID, USB, SATA a zvukovou kartu a FireWire. Ačkoli by jižní můstek mohl zahrnovat i podporu pro připojení klávesnice, myši a sériových portů, jsou tato

zařízení obvykle připojena pomocí tzv. Super I/O.



### 3.2.2 FSB (Front Side Bus)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Front\\_Side\\_Bus](https://cs.wikipedia.org/wiki/Front_Side_Bus)

FSB (Front Side Bus) nebo System Bus je fyzická obousměrná datová sběrnice, která přenáší veškeré informace mezi procesorem (CPU) a severním můstkem (northbridge).

Některé procesory mají L2 nebo L3 vyrovnávací paměti, které jsou k procesoru připojeny přes Back Side Bus. Tato sběrnice a vyrovnávací paměť se připojují rychleji než přístup do paměti přes FSB.

Maximální teoretická šířka pásma FSB sběrnice je určena z výsledku šířky frekvence a množství dat přenesených za časový úsek. Např: 32-bit (4-byte) šířka pásma FSB sběrnice s frekvencí 100 MHz a čtyřcestným přenosem má maximální šířku pásma 1 600 MB/s. Množství dat přenesených za časový úsek je závislé na použité technologii - GTL+ nabízí dvoucestný přenos, EV6 čtyřcestný přenos a AGTL+ osmicestný

### 3.2.3 Uspořádání AMD HyperTransport (K8)

Řadič paměti RAM, který byl standardně umístěn v severním můstku, byl u architektury AMD64 přesunut přímo do procesoru. Ostatní výrobci, jako je Intel a IBM, také začlenili tuto změnu do svých nových procesorů.

<http://www.svethardware.cz/technologie-hypertransport-ruku-v-ruce-s-athlonem-64/8607>

V roce 1997 AMD začalo vyvíjet technologii HyperTransport, která byla popsána jako řešení s vysokou propustností pro interní komunikace "chip-to-chip", jenž je zaměřené na serverové stanice, sítě,

telekomunikace a integrované systémy. HyperTransport má tedy nezbytnou vlastnost, a sice tu, že zasahuje do několika odvětví počítačového průmyslu naráz, což by mu mělo zajistit široké uplatnění a v důsledku přijatelně nízkou cenu. Právě toto jsou podmínky, na které se jako mouchy slétli další renomovaní výrobci hardware a v červenci roku 2001 tak vytvořili konsorcium, které vzalo HyperTransport (dále jen HT) pod svá křídla. Mezi zmíněné výrobce patří AMD, API Networks, Apple Computer, Cisco Systems, Sun Microsystems, ATi, nVidia, VIA, Transmeta, National Semiconductor a další. Společně se dohodli na cílech, kterých mají společně dosáhnout:

- Zvětšit dosavadní propustnost interních I/O zařízení
- Zajistit možnost dodatečného zvyšování výkonu
- Potřeba jen minimum softwarové podpory
- Přímý a jednoduchý fyzický a elektronický design
- Zmenšit spotřebu elektrické energie na minimum

Možná vás napadne, jak že se tedy HT liší od sběrnice PCI Express, nebudou si přímo konkurovat? Tyto dvě technologie mají řadu společných vlastností - obě jsou založeny na principu Point-to-Point (tzn. každý bod je propojen s právě jedním dalším bodem), obě budou mít na starosti interní I/O zařízení ve stejných segmentech trhu (servery, výkonné pracovní stanice, sítě atp) a také. Avšak přímá konkurence mezi nimi neexistuje. I když jejich zaměření je podobné, pokud se podíváme více zblízka, uvidíme, že HT je zaměřen primárně pro platformu AMD, kdežto PCI Express je spíše generační záležitost, která se bude pohybovat v mainstreamu.

Jaké jsou tedy důvody pro vývoj technologie HT? Výkon zařízení, která ke komunikaci s procesorem počítače využívají spojení southbridge-northbridge (dnes tedy snad všechny mimo AGP a hlavní paměťové sběrnice), neustále roste a propustnost k northbridgi začíná tvořit pověstné úzké hrdlo. HT je zaměřen právě na posílení této části datového toku, kde poskytuje svojí propustnost až 51.2Gbps v obou směrech a nízkou latenci. Zmíněný průtok dat je maximum, co se zatím dá z HT získat a je výsledkem frekvence 800MHz a datové šířky 32bit v obou směrech. Fyzická frekvence sběrnice je sice 800 MHz, ovšem díky použití DDR "signálování" pamětí, kde se data přenášejí po vzestupné i sestupné hraně signálu, se frekvence zefektivňuje na dvojnásobek. Prostým výpočtem datová šířka \* frekvence dojdeme k přenosu dat o rychlosti teoretických 51.2Gbps. A aby to nebylo tak jednoduché, maximální rychlost ještě vynásobíme 2x, protože data se přenášejí po dvou pinech, kde mají oba na starosti jeden směr komunikace, takže se nakonec dostaneme na velmi slušných 12800MB/s v obou směrech komunikace.

### 3.2.3.1 HyperTransport a jeho topologie

Topologie HT je řetězová (daisy chain), kde jednotlivé prvky jsou tvořeny tunely, koncovými zařízeními, I/O huby, mosty a switchy. Nejmenší řetěz může být tvořen hostem a koncovým zařízením. Největší řetěz je možné vytvořit z hostu a 31 zařízení, protože maximum pro HT je celkových 32 prvků na sběrnici. Prvky v HT sběrnici jsou tedy tyto:

- HT Host - zdroj informací a signálů pro ostatní HT čipy včetně mostů, tunelů a koncových zařízení - obvykle zabudován v řadiči, tedy v procesorech a northbridge čípech.
- HT End (Cave) device - koncové zařízení (např. I/O hub, enbo i tunel), tvoří konec HT řetězu.
- HT Tunnel - zařízení s dvěma HT spojeními - upstream a downstream linky, mezi nimiž je samotné zařízení. Dá se říci, že tunely jsou základní stavební kameny HT řetězu. Logické spojení mezi tunely funguje podobně jako na sběrnice lokální síti. Zařízení se podívá do hlavičky packetu, který mu po downstream linku přijde a v případě, že je pro něj, packet si ponechá. V případě, že pro něj packet určen není, přepoše ho dalšímu tunelu po upstream lince.
- HT I/O Hub - klasický southbridge, který ovládá ATA rozhraní, sériové/paralelní porty, USB, FireWire, atd. HT I/O Hub je například southbridge MCP (Media and Communications Processor) od nVidie.
- HT Switch - stará se o spojení mezi více HT I/O datovými toky a zajišťuje komunikaci mezi HT I/O zařízeními. Dokáže řídit množství nezávislých HT linků. HT Host komunikuje přímo s HT Switchem, který se zase na oplátku stará o zařízení na něj připojená, takže Hostu šetří práci a navíc optimalizuje tok dat v HT sběrnici, protože jako správný switch posílá data (el. signály) jen tam, kam má.

- HT Bridge - most, který dokáže do řetězu přidat další větev, tvoříce tak stromovou strukturu. Každý most může mít rozdílné přijímací a vysílací datové šířky, takže dovoluje další optimalizace v systému

### 3.2.4 Uspořádání Intel QuickPath

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Nehalem>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Intel\\_QuickPath\\_Interconnect](https://en.wikipedia.org/wiki/Intel_QuickPath_Interconnect)

Jedna z největších revolucí x86 architektury od doby vydání Pentia Pro v roce 1995 bylo uvedení mikroarchitektury Nehalem v roce 2008.

Jednou z mnoha změn oproti předcházejícím architektuám Intelu byl paměťový řadič, který je již umístěn v procesoru. Dříve byl umístěn v severním můstku, takže když procesor potřeboval přistupovat k RAM paměti, musel jít přes severní můstek. To, že se řadič pamětí přemístil do procesoru, má za následek značné zrychlení přístupu k RAM paměti (snížení latence).

Novinkou byla také QPI (QuickPath Interconnect) sběrnice (přesněji dvoubodové propojení) nahrazující starou FSB sběrnici. Jedná se o konkurenční řešení k Hypertransport a skládá se ze dvou 20-pinových spojů (full duplex), to znamená 20 pro příchozí komunikaci a 20 pro odchozí. Z těchto 20 spojů je jich 16 určeno pro komunikaci a 4 zbývající pro řízení provozu a detekci chyb.

QPI sběrnice pracuje na frekvencích 2,4 GHz, 2,93 GHz nebo 3,2 GHz. Její celková maximální propustnost je 12,8 GB/s v jednom směru, takže v obou směrech může propouštět až 25,6 GB/s. Hlavní použití je především v propojení procesoru a chipsetu nebo pro propojení procesorů mezi sebou, což je uplatňováno u serverů.

### 3.2.5 Poslední vývoj

Výhledem do budoucnosti je SOC (System On Chip), což dále sníží počet komponent na základní desce. Větší čipy však omezují univerzálnost řešení, mají větší počet pinů a jsou složitější. Současné vysokorychlostní sběrnice jsou sériové (PCIe, SATA), což naopak složitost snižuje. V budoucnu můžeme očekávat návrat ke standardnímu připojení ostatních obvodů přes sběrnici (nejspíše PCI Express), které by navíc mohly být sloučeny do jediného Super I/O kontroléru. Ušetřené vývody mohou být také použity pro další integrovaná rozhraní, jako SATA, USB, IDE, SDIO čtečky karet a řadiče PCI.

## 3.3 BIOS

BIOS (anglicky Basic Input-Output System) implementuje základní vstupně–výstupní funkce pro počítače IBM PC kompatibilní a představuje vlastně firmware pro osobní počítače. V současné době se BIOS používá hlavně při startu počítače pro inicializaci a konfiguraci připojených hardwarových zařízení a následnému spuštění operačního systému, kterému je pak předáno další řízení počítače.

Programový kód BIOSu je uložen na základní desce v nevolatilní (stálé) paměti typu ROM, EEPROM nebo modernější flash paměti s možností jednoduché aktualizace (anglicky update).

První IBM PC bylo uvedeno 12. srpna 1981 a v červnu 1982 byl uveden první IBM PC kompatibilní klon firmou Columbia Data Products. Aby na klonech mohly být provozován stejný software, musela být zajištěna kompatibilita nejen na hardwarové úrovni, ale i na úrovni BIOSu.

Klon původního IBM BIOSu mohl být dodáván díky legálně provedenému reverznímu inženýrství (anglicky clean room design). Na trh se tak dostaly počítače, které byly schopny provozovat stejný operační systém a další programy.

Původní IBM PC BIOS byl uložen v paměti ROM (pouze pro čtení), která byla zasunuta do soketu v základní desce a oprava BIOSu byla možná pouze výměnou ROM čipu. Protože to bylo nepraktické, začala se používat pro BIOS paměť EEPROM, kterou bylo možné přeprogramovat (změnit její obsah) tak, že byla vyjmuta z patice a přeprogramována ve speciálním zařízení. Kolem roku 1995 se začaly používat flash paměti, které lze přeprogramovat bez vyjmutí ze základní desky. Důvodem změn BIOSu byly zejména změny v hardwaru (nové procesory). S příchodem IBM AT se přidaly hardwarové hodiny, které byly nastavovány přes BIOS. Flash čipy byly připojovány na sběrnici ISA, které po nějaké době začaly nahrazovat autobasy LPC, měli funkčně nahradit sběrnici ISA, která bylo známa pro nové rozhraní jako "rozbočovač firmware". V roce 2006 začaly systémy podporovat Serial Peripheral Interface a flashová paměť BIOSU se znovu stěhovala, dnešní BIOS má velikost

až 16MB. Některé moderní základní desky mají ještě větší NAND flash paměť, s kterou jsou schopné uchovávat celé kompaktní operační systémy, například u některých Linuxových aplikací. Několik základních desek od firmy ASUS mají součástí Splashtop Linux, který je uložen do jejich NAND obvodů. Další typ firmware čipu byl nalezen v IBM PC a brzy se stal kompatibilním a jeho řízení bylo prováděno pomocí mikrokontroloru s vlastní programovatelnou pamětí

### 3.3.1 Setup

K některým starším a proprietárním počítačům (např. IBM PS/2, Compaq a další) se dodávaly speciální programy, které umožňovaly měnit jejich nastavení. Později se tzv. setup stal součástí BIOSu a dá se vyvolat stiskem specifické klávesy při startu počítače (klávesa F2, Delete a podobně). Nastavení se ukládá do nevolatilní BIOS paměti o velikosti 512 bajtů a je použito při startu počítače pro nastavení čipsetu. Historicky se uvádí jako CMOS paměť (původně zálohovaná 3 voltovou baterií), i když v současné době se používá spíše EEPROM nebo flash paměť.

Nastavení v SETUPu

- nastavení taktu procesoru a operační paměti, napájecí napětí procesoru
- nastavení cache
- detekce harddisků, CD-ROM, DVD-ROM
- nastavení periférií (integr. zvuková, síťová karta, modem)
- bootovací sekvence (HDD, CD-ROM, USB, LAN, FDD)
- hardware monitor - zobrazuje informace o teplotě procesoru, napětí zdroje, otáčky ventilátorů
- power management - nastavení možností napájení
- další služby - u notebooků např. kalibrace baterií

### 3.3.2 Služby BIOSu

Pro starší operační systémy poskytuje BIOS základní vstupně–výstupní funkce, například:

- služby obsluhy klávesnice
- služby obsluhy řadiče disků (disketa, pevný disk)
- základní služby obsluhy grafické karty (většinou jen pro textový režim)
- výstup na tiskárnu
- řízení komunikačních portů

## 3.4 UEFI

Unified Extensible Firmware Interface (UEFI, v překladu jednotné rozšiřitelné firmwarové rozhraní) je specifikace, která definuje softwarové rozhraní mezi operačním systémem a firmwarem použitého hardwaru. UEFI je určeno jako významně vylepšená náhrada zastaralého firmwarového rozhraní BIOS, které se používalo během celé historie IBM PC kompatibilních osobních počítačů.[1] Specifikace UEFI je spravována aliancí Unified EFI Forum, avšak původně byla vyvinuta společností Intel pod kratším názvem EFI.

UEFI je nový standard, který je oficiálně zaváděn z několika důvodů. Prvním a nejdůležitějším důvodem je podpora Secure boot (viz dále). Druhým důvodem je využití schopností nových procesorů a ukončení zpětné kompatibility s 16bitovými procesory 8086, které byly v prvních IBM PC kompatibilních počítačích. Třetím důvodem pak je podpora GPT, která umožňuje zavést operační systém z diskových oddílů (resp. pevných disků) větších než 2 TiB (což je limit původního MBR).

Druhý a třetí výše uvedený důvod nemá reálný základ, protože již delší dobu existují varianty BIOSu, které tyto důvody řeší bez nutnosti zavádět zcela nekompatibilní UEFI standard (existuje 32bitový BIOS a existují BIOSy, které umí systém zavést z disků obsahujících GPT tabulku). Faktickým důvodem tak zřejmě je snaha prosadit Secure boot a omezit tak alternativní operační systémy (viz níže) a zavést do startu počítače podporu binárních ovladačů, kdy výrobce hardware nemusí nikomu sdělovat podrobnosti ovládání a nastavení hardware, což umožňuje lépe vynucovat DRM (Digital rights management) kvůli ochraně autorsky chráněného obsahu proti kopírování (písničky, filmy).

EFI je někdy kritizováno kvůli tomu, že zavádí do systému větší komplikovanost, aniž by přineslo významné výhody[16] a staví se zcela proti open-source náhradám BIOSu jako OpenBIOS a Coreboot.[17]

### 3.4.1 Secure boot

Secure boot je metoda, která umožňuje zajistit start počítače tak, že jsou použity jen „certifikované softwarové komponenty“. Fakticky jde o to, že při startu počítače jsou při zavádění do paměti kontrolovány elektronické podpisy (veřejný klíč musí být uložen v čipu UEFI nebo TPM), kterými musí být podepsán zavaděč, jádro systému, jaderné softwarové moduly a podobně (v Linuxu musí být například podobně chráněna i funkce kexec). V řadě Windows NT byla zavedena podpora secure bootu u Windows 8.

Počítače, které jsou chráněny secure bootem, mohou zavést jen „certifikovaný“ operační systém, což působí problémy zejména alternativním systémům, jako je Linux. Proto Linux Foundation vytvořila vlastní UEFI Secure Boot system, který secure boot obchází.[2]

### 3.4.2 Grafické funkce

EFI podporuje grafická menu a funkce. Pro grafický výstup jsou v EFI specifikovány dva protokoly. První z nich je UGA, Universal Graphic Adapters. Druhý je GOP, Graphic Output Protocol. Tyto protokoly jsou si podobné. UGA je podporován pouze v EFI verze 1.1 a starší. EFI nedefinuje, jak má systém vypadat. To zcela závisí na implementaci jednotlivých výrobců. Zatím má většina strojů používajících EFI uživatelské rozhraní podobné klasickému BIOSu, výjimku tvoří počítače Macintosh.



## ODKAZ NA LITERATURU

Horák J. Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Meyer M. Osobní počítač. Computer Press, Praha, 2006. ISBN 9788025108345.

Winkler P. Velký počítačový lexikon. Computer Press, Praha, 2005. EAN 9788025123317..

Horák J. BIOS a Setup. Computer Press, Praha, 2010.

Dembowski K. Mistrovství v Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Messmer H.P., Dembowski K. Velká kniha hardware. Computer Press, Brno, 2005. 1224 s.

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1kladn%C3%AD\\_deska](https://cs.wikipedia.org/wiki/Z%C3%A1kladn%C3%AD_deska)

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Northbridge>

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Front\\_Side\\_Bus](https://cs.wikipedia.org/wiki/Front_Side_Bus)

<http://www.svethardware.cz/technologie-hypertransport-ruku-v-ruce-s-athlonem-64/8607>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Nehalem>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Intel\\_QuickPath\\_Interconnect](https://en.wikipedia.org/wiki/Intel_QuickPath_Interconnect)

## 4 PERIFERNÍ SBĚRNICE



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- popsat funkci rozšiřovací sběrnice
- klasifikovat základní typy sběrnic
- vybrat správný typ rozšiřujících karet



### KLÍČOVÁ SLOVA

Typy a vývoj periferních sběrnic (ISA - PCIE), přenosy dat v počítačovém systému - základní dělení, standardy, charakteristiky, využití, srovnání.

#### 4.1 Sběrnice (bus)

Rozšiřovací (periferní) sběrnice (někdy pouze sběrnice) – spojuje procesor (resp. jeho systémovou sběrnici) s okolním světem, je zakončena konektory (sloty). To umožňuje snadné rozšiřování o další zařízení (zvukové karty, síťové karty, řadiče disků apod.). Tato rozšiřující sběrnice a zapojovaná zařízení musí splňovat určitá pravidla. Pojem sběrnice je často chápán jako standard, dohoda o tom, jak vyrobit zařízení (rozšiřující karty), která mohou pracovat ve standardním počítači.

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/BUS.HTML>

Podle způsobu práce a zapojení rozlišujeme několik základních typů sběrnic:

- synchronní sběrnice: sběrnice pracující synchronně s procesorem počítače. Platnost údajů na sběrnici jednoznačně určuje hodinový signál. Tímto způsobem dnes pracuje převážná většina všech sběrnic.
- pseudosynchronní sběrnice: dovoluje zpoždit přenos údajů o určitý počet hodinových period.
- multimaster sběrnice: dovoluje tzv. busmastering, jedná se o sběrnici, která může být řízena několika zařízeními, nejen procesorem.
- lokální sběrnice: spočívá ve vytvoření technické podpory toho, že se náročné operace s daty realizují rychlou systémovou sběrnici. Tato systémová sběrnice se prodlouží a umožní se tak přístup na ni i ze zásuvných modulů dalších zařízení. O rozvoj lokálních sběrnic se nejvýrazněji zasloužili výrobci videokaret, pro něž byly dosavadní sběrnice pomalé. Nevýhodou lokálních sběrnic je o něco vyšší cena samotné základní desky s lokální sběrnici a také zařízení pro ni určených.

Mezi základní parametry každé sběrnice patří:

Parametr	Význam	Jednotka
Šířka přenosu	Počet bitů, které lze zároveň po sběrnici přenést	bit
Frekvence	Maximální frekvence, se kterou může sběrnice pracovat	Hz
Rychlost (propustnost)	Počet bytes přenesených za jednotku času	B/s

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/BUSPC.HTML>

#### 4.2 Sběrnice pro PC

##### 4.2.1 Sběrnice PC bus

Sběrnice PC bus byla navržena a vyrobena firmou IBM pro první počítače IBM PC a IBM PC/XT založené na procesoru 8088. Tento procesor byl vnitřně 16bitový a měl 8bitovou datovou sběrnici. PC bus byla navržena

tak, aby využívala jeho možností. Tato sběrnice poskytuje 62 linek, z nichž 8 slouží pro přenos dat. To znamená, že má šířku přenosu dat 8 bitů. Na PC busu jsou potom paralelně zapojeny jednotlivé konektory, tzv. sloty, do kterých se zapojují jednotlivé přídatné karty. Protože šířka přenosu je 8 bitů, jsou tyto sloty také označovány jako osmibitové sloty. Podobně i rozšiřující karty pro PC bus jsou označovány jako osmibitové karty. Pro přenos adresy je na sběrnici PC bus vymezeno 20 vodičů, což odpovídá 20bitové adresové sběrnici procesoru 8088 (8086). Sběrnice PC bus dále obsahuje vodiče pro:

- určení, zda přenášená adresa je adresou paměti nebo nějakého jiného vstup/výstupního zařízení
- určení, zda data na sběrnici byla přečtena nebo mají být zapsána
- napájení (+5 V, -5 V, +12V) a elektrickou zem
- řídicí signály (Reset, hodinové signály, signály pro refresh paměti)
- přerušení (IRQ) určené pro přídatné desky, které potřebují někdy pro svou správnou činnost vyžádat okamžité obsluhu procesorem. Těchto linek je na sběrnici PC bus 6 a jsou označeny jako IRQ2 - IRQ7 (IRQ - Interrupt Request).
- Poznámka: Existují i IRQ0 a IRQ1, ale ty nejsou dostupné na sběrnici
- přímý přístup do paměti (DMA) určené pro přídatné desky, jež potřebují rychle přenášet data do (z) operační paměti. K těmto účelům jsou na sběrnici PC bus vymezeny tzv. DMA kanály (DMA - Direct Memory Access), které jsou 3 a mají označení DMA1 - DMA3.

Poznámka: existuje i DMA0, který však podobně jako IRQ0 a IRQ1 není na PC busu dostupný.

Vzhledem k tomu, že sloty sběrnice PC bus jsou zapojeny paralelně, jsou naprosto ekvivalentní a je jedno, do kterého slotu se daná deska zapojí. Maximální rychlost sběrnice PC bus je 8 MHz (plně dostačovalo procesoru 8088).

#### 4.2.2 Sběrnice ISA (AT bus)

S postupujícím vývojem počítačů bylo zřejmé, že sběrnice PC bus již svými možnostmi nedostačuje a může degradovat výkon celého počítače. S příchodem procesoru 80286 se tedy objevuje nový typ sběrnice označovaný jako ISA (Industry Standard Architecture). Tento typ rozšiřující sběrnice je vyroben s 16bitovou datovou sběrnici a 24bitovou adresovou sběrnici.

Sběrnice ISA je podobně jako PC bus navržena tak, aby plně odpovídala možnostem procesoru 80286. ISA dodržuje plnou zpětnou kompatibilitu s předešlou sběrnici PC bus. To znamená, že uživatel může používat přídatných karet určených pro PC bus i v počítači se sběrnici ISA. Kompatibilita je dosažena tak, že stará 62 vodičová sběrnice se rozšířila o dalších 36 vodičů a odpovídající slot se rozšířil o další konektor umístěný v jedné řadě hned za starším 8bitovým slotem pro PC bus. Takto vznikl nový 16bitový slot, který je umístěn na sběrnici ISA. Sběrnice ISA má:

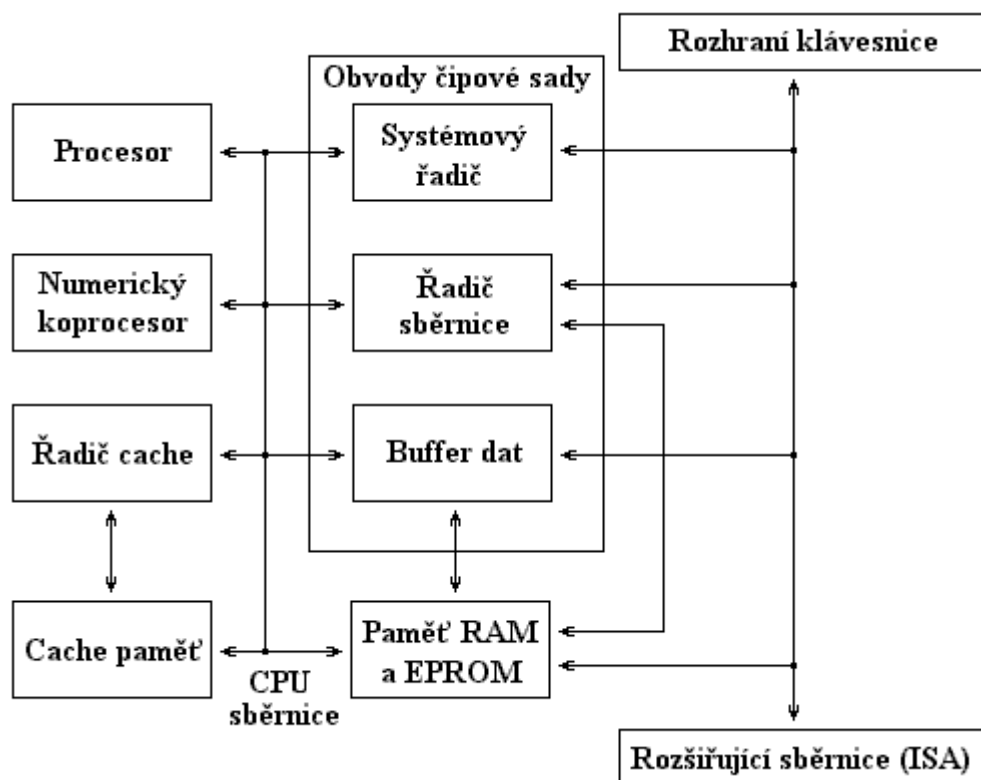
- šířku přenosu 16 bitů, tj. během jedné operace je možné po sběrnici přenášet nejvýše 16bitovou informaci.
- pro přenos adresy vymezeno 24 vodičů odpovídajících 24bitové adresové sběrnici procesoru 80286.
- další 4 DMA kanály (DMA4 - DMA7)
- dalších 5 vodičů pro úrovně přerušení IRQ (IRQ10 - IRQ12, IRQ14 a IRQ15). Zbývající úrovně IRQ nepotřebují svou linku na sběrnici, protože jsou zapojeny následovně:
  - IRQ8 je spojeno přímo s se systémovými hodinami / kalendářem
  - IRQ9 je propojeno s IRQ2
  - IRQ13 je určeno pro numerický koprocesor

Protože 16bitové sloty jsou vlastně rozšířením 8bitových slotů sběrnice PC bus, pracují 8 bitové karty i v 16 bitových slotech. Je tedy možné, aby počítač měl na základní desce osazené pouze 16bitové sloty pro sběrnici ISA. Většina počítačů s procesory (80286 a 80386) však má na základní desce i sloty 8bitové. Důvodem není elektronická nekompatibilita, ale nekompatibilita mechanická. Některé 8bitové karty jsou konstruovány s tzv. lemem, díky kterému není možné je do 16bitových slotů zasunout. Sběrnice ISA pracuje podobně jako PC bus s frekvencí 8 MHz synchronně s procesorem. Protože sběrnice ISA i PC bus jsou velmi náchylné na šum, není možné dále zvyšovat jejich frekvenci.



GN0	B	01	A	1	VO CH CK
RESET DRV	B	02	A	2	DATA 7
+5V	B	03	A	3	DATA 6
IRQ0	B	04	A	4	DATA 5
8V	B	05	A	5	DATA 4
DRQ2	B	06	A	6	DATA 3
-12V	B	07	A	7	DATA 2
Reserved_NC	B	08	A	8	DATA 1
+12V	B	09	A	9	DATA 0
GN0	B	10	A	10	VO CH RDY
NEW0	B	11	A	11	ASIN
NEW1	B	12	A	12	Addr 19
ICW	B	13	A	13	Addr 18
IOR	B	14	A	14	Addr 17
DACK3	B	15	A	15	Addr 16
DRQ3	B	16	A	16	Addr 15
DACK1	B	17	A	17	Addr 14
DRQ1	B	18	A	18	Addr 13
REFRESH1	B	19	A	19	Addr 12
CLK	B	20	A	20	Addr 11
IRQ 7	B	21	A	21	Addr 10
IRQ 6	B	22	A	22	Addr 09
IRQ 5	B	23	A	23	Addr 08
IRQ 4	B	24	A	24	Addr 07
IRQ 3	B	25	A	25	Addr 06
DACK2	B	26	A	26	Addr 05
TTC	B	27	A	27	Addr 04
ALE	B	28	A	28	Addr 03
+5V	B	29	A	29	Addr 02
CSC	B	30	A	30	Addr 01
GN0	B	31	A	31	Addr 00

Sběrnice ISA byla používána u většiny počítačů s procesorem 80286, 80386 a u starších počítačů s procesorem 80486. Vzhledem k velkému množství přídatných karet, které jsou vyrobeny pro tuto sběrnici, je ISA používána společně s jiným typem sběrnice i v dnešních nejmodernějších počítačích. Protože procesory 80286 a vyšší byly a jsou vyráběny s frekvencemi vyššími než 8 MHz, je nutné provádět vzájemné přizpůsobování rychlosti. Toto přizpůsobování má na starosti generátor čekacích taktů (wait-states generator), který bývá součástí některého z obvodů čipové sady.



Blokové schéma základní desky se sběrnici ISA

### 4.2.3 Sběrnice MCA (MicroChannel)

Sběrnice MCA (MicroChannel Architecture) je typem sběrnice, který byl vyvinutý pro řadu počítačů firmy IBM s označením IBM PS/2. Hlavním cílem IBM bylo zrychlit přenos dat uvnitř počítače a snížit hladinu šumu na sběrnici.

Obrovskou nevýhodou a patrně i důvodem, proč se sběrnice MCA nerozšířila, je její nekompatibilita s ISA a to, že počítače PS/2 neměly osazenu pro zpětnou kompatibilitu i sběrnici ISA. Sběrnice MCA dovoluje běh s frekvencí 10 MHz a dovoluje přenášet data po 16 i 32 bitech. Jedná se tedy o rychlejší sběrnici s šířkou přenosu 32 bitů. Kromě toho má MCA i tzv. proudový režim, ve kterém dokáže současně přenášet 64 bitů. Šířka adresové části je v závislosti na procesoru počítače 24 bitů (pro 80286) nebo 32 bitů (pro 80386).

Další výhodou MCA oproti ISA je možnost softwarové konfigurace přídavných desek, takže při rekonfiguraci některé z nich stačí pouze spustit konfigurační program a není nutné otevírat počítač. Tato technika se u desek pro sběrnici ISA začala využívat až později. Sběrnice MCA dovoluje i tzv. busmastering, tj. sdílené řízení sběrnice.

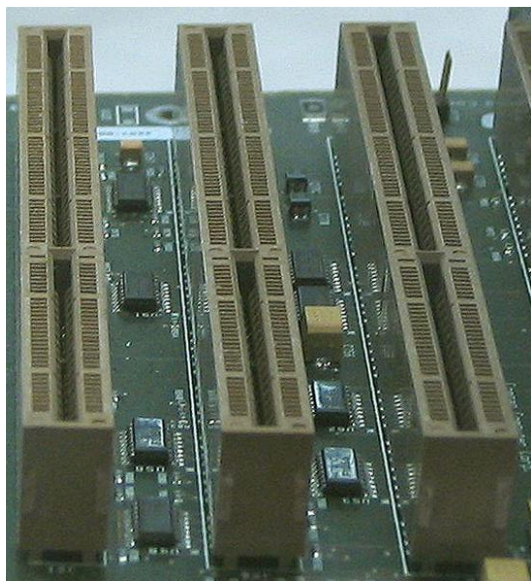
Konektor (slot) sběrnice MCA má v 16bitové verzi 2x58 kontaktů a může být prodloužen o tzv. video rozšíření s dalšími 2x10 kontakty. Slot 32 bitové verze je ještě rozšířen o 2x31 kontaktů.

### 4.2.4 Sběrnice EISA

Sběrnice EISA (Extended Industry Standard Architecture) byla vyrobena 9 firmami (AST Research, Compaq, Epson, NEC, Olivetti, Tandy, Wyse a Zenith) jako odpověď na sběrnici MCA. Záměrem bylo poskytnout sběrnici s vyšším výkonem, ale takovou, která by byla kompatibilní se sběrnici ISA. EISA byla uvedena na trh v roce 1989 a její základní vlastnosti jsou:

- šířka toku dat je 32 bitů
- šířka adresy je 32 bitů
- dovoluje programové nastavování přídavných desek
- pracuje s frekvencí 8 MHz (z důvodů kompatibility s ISA)
- dovoluje busmastering

Slot sběrnice EISA má stejnou velikost jako slot ISA a obsahuje stejné vývody (62+36). Kromě těchto vývodů má ještě 59 nových vývodů umístěných mezi starými vývody sběrnice ISA. Tyto nové vývody zůstanou v případě zasunutí karty pro ISA sběrnici nezapojeny, čímž se dosahuje zpětné kompatibility EISA s ISA.



Sběrnice EISA byla používána zejména u počítačů s procesory 80386 a 80486, na které byla kladena větší zátěž (např. síťové servery). Vzhledem k příchodu modernějších typů sběrnic se dnes již nepoužívá.

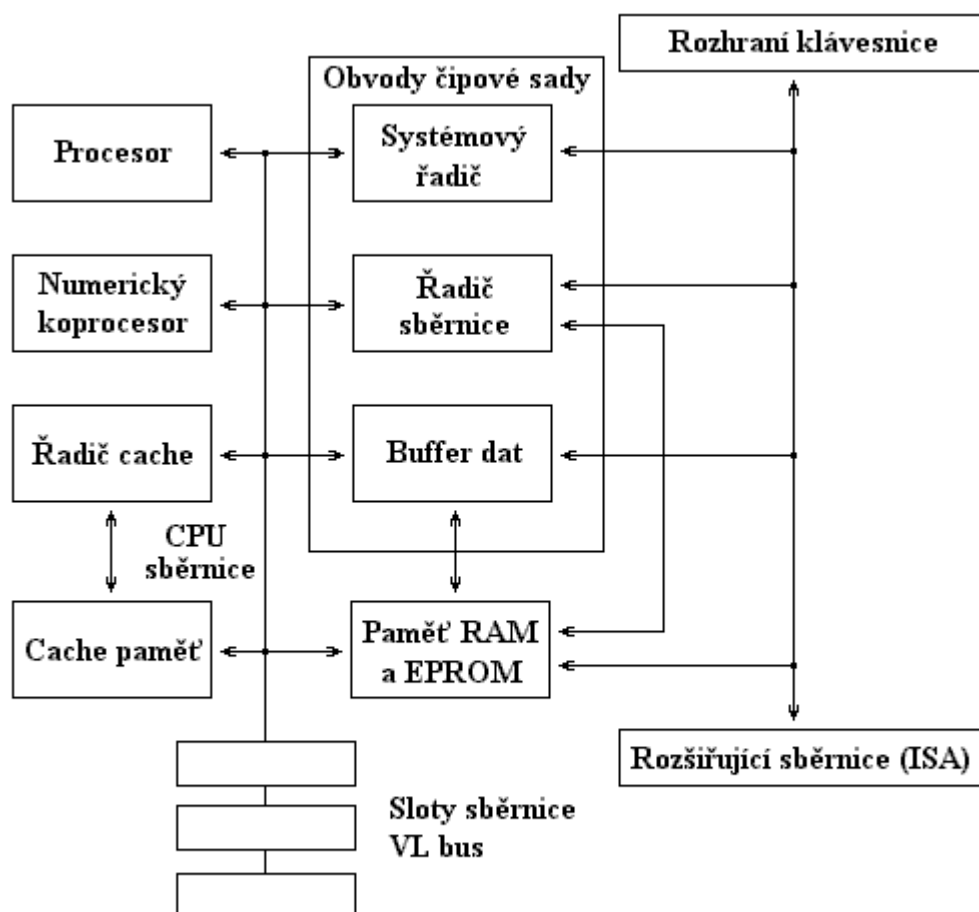
#### 4.2.5 Sběrnice VL bus

Sběrnice VL bus (VESA Local Bus) byla navržena v roce 1992 konsorciem VESA (Video Electronic Standards Association) a jedná se o klasickou lokální sběrnici. Šířka přenosu dat i adresy je 32 bitů. VL bus podporuje maximálně 3 přídavné sloty. Čím vyšší je počet karet zasunutých na sběrnici VL bus, tím nižší je maximální frekvence, se kterou může sběrnice pracovat. Teoretická mez VL busu je 50 MHz. Prakticky je možné, aby pracovala s frekvencí 33 MHz při třech osazených přídavných kartách.

Nejvyšší výkon má sběrnice VL bus v tzv. burst (souvislém) režimu, kdy se vyššího výkonu dosahuje redukcí přenášených položek (např. adres). Adresa se v burst režimu vysílá pouze v prvním ze 4 bezprostředně následujících sběrniceových cyklů a v následujících třech se přenášejí jen data. Burst režim lze tedy použít pouze tehdy, když se čte (zapisuje) do bezprostředně za sebou následujících paměťových míst.

Mezi nevýhody VL busu (oproti PCI) patří silná procesorová závislost způsobená přímým zapojením slotů VL busu na systémovou sběrnici. Tato závislost nedovoluje prakticky použít VL bus v jiném počítači, než je počítač s procesorem Intel nebo kompatibilním. Další nevýhodou je její práce s úrovněmi logiky TTL (5 V), zatímco nové procesory pracují s napětím 3,3 V a nižším. Sběrnice VL je vyráběna na základní desce vždy spolu se sběrnici ISA, protože při své práci využívá některých jejích signálů. Touto skutečností je zajištěna její kompatibilita s ISA, ale i její neoddělitelnost od sběrnice ISA.

Konektor VL busu se nachází v jedné řadě za 16bitovým konektorem ISA a má 2x58 vývodů. Sběrnice VL bus byla používána zejména u počítačů s procesorem 80486 a prvních počítačů s procesorem Pentium.



Blokové schéma základní desky se sběrnici VL-Bus

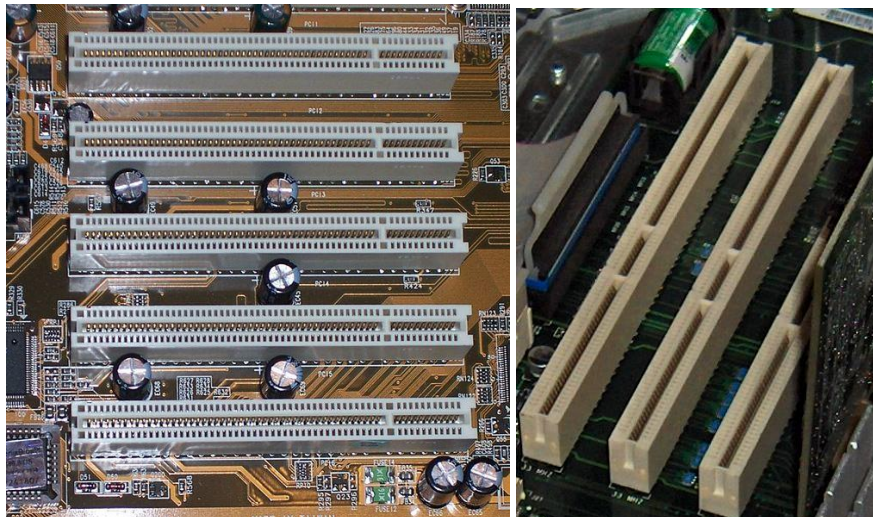
#### 4.2.6 Sběrnice PCI

Sběrnice PCI (Peripheral Component Interconnect) je zatím posledním typem sběrnice pro počítače PC. Jedná

se o rychlou sběrnici vyrobenou firmou Intel pro počítače s procesory Pentium.

PCI již není klasickou lokální sběrnici jako VL bus, ale je k systémové sběrnici připojena přes tzv. mezisběrníkový můstek. Toto řešení s sebou nese následující výhody:

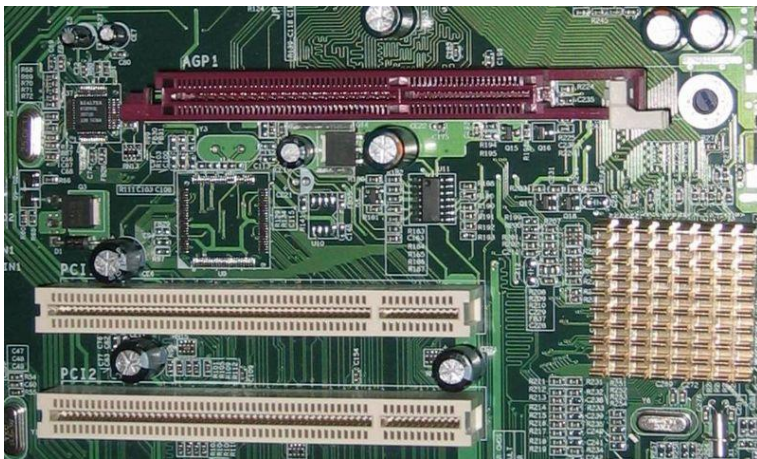
- možnost použití sběrnice PCI i v jiných počítačích než jsou PC (např. Macintosh, DEC)
- můstek dovoluje provádět přizpůsobování napěťových úrovní



Sběrnice PCI je první sběrnici s šířkou přenosu 64 bitů a využívá tak plně 64bitové datové sběrnice Pentia. Dovoluje však i přenos o šířce 32 bitů pro použití v počítačích s procesorem 80486. Maximální frekvence, se kterou může tato sběrnice pracovat, je 33 MHz, čímž je zajištěna propustnost sběrnice 132 MB/s (32 bitů) nebo 264 MB/s (64 bitů). Dále podobně jako VL bus i PCI umožňuje burst režim, ale na rozdíl od VL busu není shora omezen počtem 4 taktů. Sběrnice PCI je nezávislá na sběrnici ISA, tzn. že nevyužívá žádných jejích signálů jako VL bus. Pro dodržení zpětné kompatibility jsou počítače se sběrnici PCI osazovány i sběrnici ISA popř. EISA a jejími 16bitovými (ISA) nebo 32bitivými (EISA) sloty.

Podobně jako MCA a EISA a narozdíl od VL busu podporuje PCI busmastering, což dovoluje vyšší výkon počítače, protože přenosy řízené CPU vyžadují spoustu času. PCI dále podporuje standard Plug and Play vyvinutý výrobcí hardwaru v roce 1992, který dovoluje velmi snadnou konfiguraci desek pro PCI, popř. jejich automatickou konfiguraci bez zásahu uživatele. Sběrnice PCI je používána u počítačů s procesorem 80486 a u počítačů s procesory Pentium a vyššími.





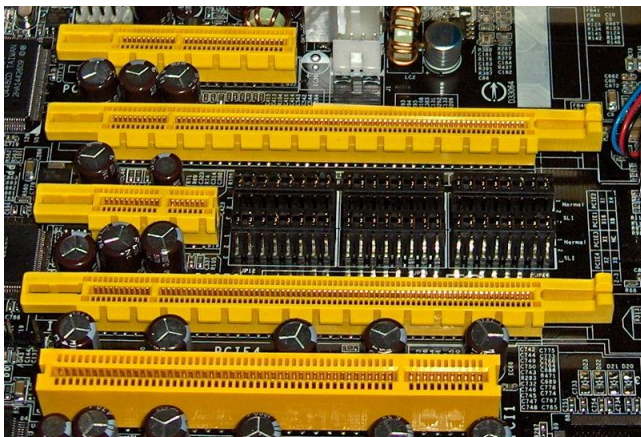
S příchodem grafických uživatelských rozhraní a multimédií byla velmi rychle vyčerpána kapacita sběrnice PCI. AGP se ujala snadněji, než rychlejší varianty PCI sběrnice (PCI-X), protože poskytovala rychleji dostupné a levnější řešení, což ještě dále působilo na rozvoj AGP. Pro potřeby moderních grafických adaptérů je AGP lepší, než PCI sběrnice, protože poskytuje rychlý vyhrazený kanál mezi slotem a procesorem, proti sdílené PCI sběrnici. AGP také využívá sideband addressing, který využívá dalších 8 adresových vodičů. Pomocí sidebandu je možné realizovat jinou techniku adresování, než umožňovala sběrnice PCI. K dispozici je však rovněž 32 hlavních adresových vodičů. Grafické karty na PCI musí načítat texturey ze systémové RAM do grafické paměti (framebuffer). AGP karty jsou schopné číst texturey přímo z operační paměti pomocí GARTB (anglicky Graphics Adresa Remapping Table), ve kterém jsou vedeny informace o uložení a funkci stránek paměti. Jedna stránka má konstantní velikost 4 kiB. V případě, že jsou data z nějaké stránky vyžadována pro vykreslování a stránka je uložena v operační paměti, je proveden přenos příslušné 4 kiB stránky do paměti grafického akcelérátoru, a následně se provede úprava záznamu v GART. Vzhledem k poměrně malé velikosti stránek tak nedochází k jednorázovému zatížení systému, protože se zátěž v čase rozloží.

#### 4.2.8 Sběrnice PCI Express

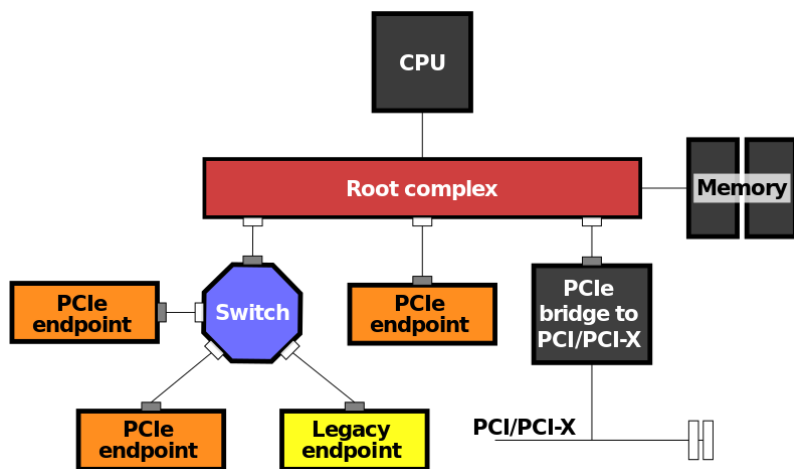
<https://cs.wikipedia.org/wiki/PCI-Express>

PCI-Express (též PCIe, PCI-E nebo 3GIO = 3rd Generation I/O) je standard systémové sběrnice, který byl vytvořen jako náhrada za starší standardy PCI, PCI-X a AGP. Označení sběrnice není zcela správné, protože se jedná o dvoubodové spoje, na kterých jsou data přenášena bez potřeby adresy (adresace zařízení). Používá existující komunikační standardy - je však založena na mnohem rychlejší sériové komunikaci (na rozdíl od svých předchůdců). To přináší proti paralelnímu přenosu některé výhody, zejména možnost dále zvyšovat frekvenci, na které sběrnice pracuje (a tím i přenosovou rychlost), protože u paralelní komunikace začalo při vysokých frekvencích docházet k nežádoucímu vzájemnému ovlivňování vodičů a vyvstaly problémy se synchronizací (clock skew).

PCI-Express (PCI-E) je určena pro použití jako lokální sběrnice. Protože je založena na původním PCI systému, rozšiřující karty a systémy mohou být převedeny na PCI-E pouze změnou fyzické vrstvy. Rychlost PCI-E sběrnice předčí současnou interní sběrnice jako např. AGP. Existují i návrhy, kdy by jediný řadič PCI-E komunikující s externími zařízeními nahradil v současnosti na základních deskách využívané řešení s northbridge a southbridge.



Sloty sběrnice PCI-Express (shora: 4x, 16x, 1x, 16x), nejnižší pak PCI



<http://www.svethardware.cz/forum/showthread.php/25128-PCI-Express-zakladni-odliseni-slotu-rychlost-tipy-pri-koupi>

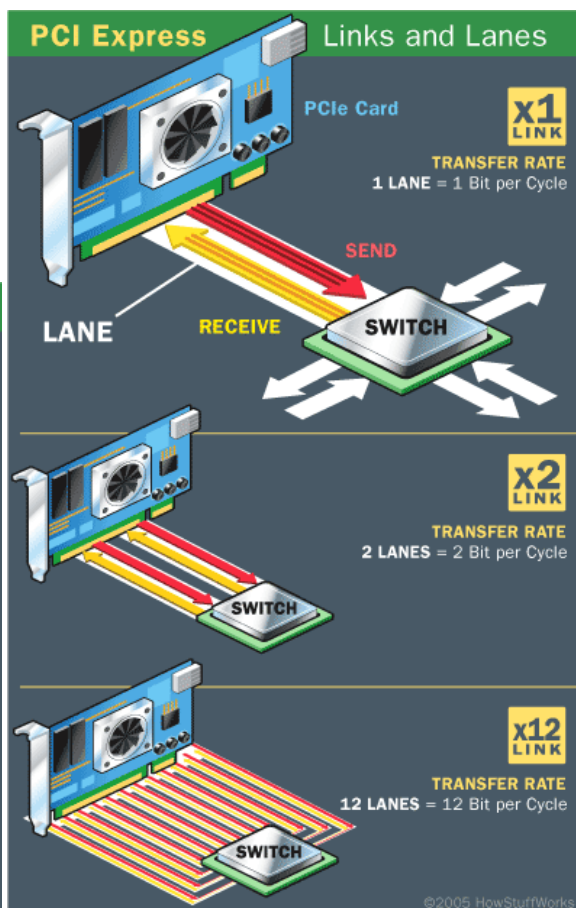
<http://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/pci-express-obecny-popis.html>

PCI-Express nabízí možnost škálování pomocí tzv. linek s přenosovou rychlostí 250 MB/s u každé z nich. Ty je možné spojit, a proto se na základních deskách můžeme setkat s PCI-Express sloty s 1, 4, 8 či 16 linkami. Rychlost ×1 je použitelná např. pro tunery, ×4 pro řadiče, ×8 a ×16 je vhodné pro grafickou kartu.

PCI Express Example Connectors	
<b>x1</b>	<b>BANDWIDTH</b> Single direction: 2.5 Gbps/200 MBps Dual Directions: 5 Gbps/400 MBps
<b>x4</b>	<b>BANDWIDTH</b> Single direction: 10 Gbps/800 MBps Dual Directions: 20 Gbps/1.6 GBps
<b>x8</b>	<b>BANDWIDTH</b> Single direction: 20 Gbps/1.6 GBps Dual Directions: 40 Gbps/3.2 GBps
<b>x16</b>	<b>BANDWIDTH</b> Single direction: 40 Gbps/3.2 GBps Dual Directions: 80 Gbps/6.4 GBps

Source: IBM

©2005 HowStuffWorks



©2005 HowStuffWorks

Srovnání výkonu:

V tabulce je uvedena jednosměrná propustnost v GB/s. Obousměrná je pak teoreticky dvojnásobná. Připomeňme, že hodnota pro PCI sběrnici je 133 MB/s.

Typ/verze	1.x	2.0	3.0	4.0 <sup>1</sup>
x1	0.25	0.5	1	2
x4	1	2	4	8
x8	2	4	8	16
x16	4	8	16	32



## ODKAZ NA LITERATURU

Horák J. Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Meyer M. Osobní počítač. Computer Press, Praha, 2006. ISBN 9788025108345.

Winkler P. Velký počítačový lexikon. Computer Press, Praha, 2005. EAN 9788025123317..

Dembowski K. Mistrovství v Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

<sup>1</sup> předpokládaná, očekává se v 2016/17

Messmer H.P., Dembowski K. Velká kniha hardware. Computer Press, Brno, 2005. 1224 s.

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/BUS.HTML>

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/BUSPC.HTML>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/AGP>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/PCI-Express>

<http://www.svethardware.cz/forum/showthread.php/25128-PCI-Express-zakladni-odliseni-slotu-rychlost-tipy-pri-koupi>

<http://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/pci-express-obecny-popis.html>

## 5 PROCESOR



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- popsat základní funkce procesoru
- rozumět funkci procesoru
- klasifikovat základní typy procesorů
- vybrat správný typ procesoru



### KLÍČOVÁ SLOVA

Základní pojmy z procesorové techniky, struktura mikroprocesoru, patice, architektury procesorů (RISC, CISC), dělení a charakteristiky. Aritmeticko-logická jednotka, řadič, příznakový registr, pokročilé architektury.

### 5.1 Centrální procesorová jednotka

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Centr%C3%A1ln%C3%AD\\_procesorov%C3%A1\\_jednotka](https://cs.wikipedia.org/wiki/Centr%C3%A1ln%C3%AD_procesorov%C3%A1_jednotka)

Centrální procesorová jednotka (zkratka CPU, anglicky central processing unit)[1] je základní elektronické součástí v počítači, která umí vykonávat strojové instrukce, ze kterých je tvořen počítačový program a obsluhovat jeho vstupy a výstupy. Historicky byl CPU složen z velmi mnoha elektronických součástek, avšak kolem roku 1970 byly všechny potřebné obvody sloučeny do jednoho integrovaného obvodu, který je označován jako mikroprocesor.

Procesor, který by vykonával program zapsaný ve vyšším programovacím jazyku, by byl příliš složitý, a především omezený zaměřením daného jazyka. Proto jsou i moderní procesory stále založeny na zpracování strojového kódu, to jest nevelké sady strojových instrukcí, které více odpovídají způsobu práce procesoru (např. přesun čísla z registru do registru) než způsobu práce programátora. Každá architektura procesorů definuje svůj vlastní strojový jazyk. Například procesory x86 od firmy Intel používají jiný strojový kód, než architektura ARM. Programy psané ve vyšších jazycích se obvykle překládají do strojového kódu dané architektury – ať už předem (pomocí tzv. překladače) nebo až za běhu programu (pomocí interpretu).

Centrální procesorová jednotka (CPU) provádí strojové instrukce. Mezi hlavní součásti procesoru patří aritmeticko-logická jednotka, registry a řadič, který řídí činnost procesoru (načítání strojových instrukcí z paměti, jejich dekódování, provedení a uložení výsledků). V současných počítačích je obvykle několik dalších procesorových jednotek, které s hlavní procesorovou jednotkou spolupracují (zajišťují například vstup/výstup, příjem GPS signálu, komunikaci s bezdrátovou sítí Wi-Fi atd.). Má-li obvod v sobě více procesorových jednotek, je označována jako vícejádrový procesor.

Ve stolních počítačích IBM PC kompatibilních se prosadily složité CISC procesory architektury x86. V přenosných počítačích naopak jednodušší RISC procesory architektury ARM, které jsou méně energeticky náročné. V malých zařízeních jako jsou kardiostimulátory nebo IoT jsou používány jednoduché procesory s vysokou integrací (system on a chip), případně jsou používány jednoúčelové procesory navržené pro konkrétní použití (např. digitální hodinky).

#### 5.1.1 Stavba procesoru

Současné procesory zachovávají tradiční vnitřní uspořádání procesoru, které bylo rozpoznatelné i u prvních procesorů. Procesory obsahují:

- Řadič nebo řídicí jednotka, která zajišťuje součinnost jednotlivých částí procesoru dle prováděných strojových instrukcí (jejich dekódování, načítání operandů instrukcí z operační paměti a ukládání výsledků zpracování instrukcí).
- Sada registrů pro uchování operandů a mezivýsledků. Přístup k registrům je mnohem rychlejší než přístup do operační paměti připojené k procesoru pomocí sběrnice. Registry dělíme na obecné

(pracovní, univerzální) a řídící (např. čítač instrukcí, stavové registry, registr vrcholu zásobníku, indexregistry). Bitová šířka pracovních registrů je jednou ze základních charakteristik procesoru.

- Jedna nebo více aritmeticko-logických jednotek (ALU, anglicky Arithmetic-Logic Unit), které provádí nad daty aritmetické a logické operace.
- Současné CPU obsahují také matematický koprocessor (FPU, anglicky Floating Point Unit), který provádí operace s desetinnými čísly.
- Současné CPU většinou obsahují také vektorovou jednotku, která je v podstatě matematickým koprocessorem optimalizovaným pro operace s vektory desetinných čísel.

### 5.1.2 Výkon procesoru

Nejčastěji používaným vyjádřením rychlosti procesoru je takt procesoru (taktovací frekvence). V jednom taktu jsou uvnitř procesoru provedeny přesně definované operace. Kvůli různým technikám zvýšení výkonu však již dnes není frekvence rozhodujícím faktorem a nelze ji využít jako srovnání ani mezi kompatibilními procesory.

Skutečnou rychlost procesu je kombinace taktovací frekvence a dalších jeho vlastností. V procesorech typu RISC trvala každá strojová instrukce právě jeden takt, avšak instrukce byly velmi jednoduché (např. jen sečtení dvou registrů nebo přesun z registru do paměti). Naproti tomu v procesorech typu CISC trvala každá strojová instrukce různý počet taktů (jeden až řádově desítky taktů), ale instrukce byly složitější (např. vyzvednutí operandu z paměti, sečtení s obsahem registru a uložení zpět do paměti). Proto nelze tyto dvě různé rodiny procesorů přímo porovnávat na základě taktovací frekvence.

Dnes se však rozdíly mezi oběma architekturami stírají, takže díky superskalární architektuře může CISC procesor za jeden takt vykonat i několik složitých instrukcí, avšak RISC procesory mohou vykonat za takt až kolem dvanácti jednoduchých instrukcí.

Pokud je v procesoru implementován pipelining, je v procesoru najednou v různém stupni rozpracování více strojových instrukcí. Je-li současně k dispozici i superskalarita, mohou být strojové instrukce prováděny mimo pořadí (anglicky out-of-order execution), kdy je pořadí provedení strojových instrukcí změněno (při zachování správnosti výsledků) pro maximalizaci využití všech částí procesoru a tím i pro zvýšení výkonu.

Rychlost procesoru ovlivňuje též přítomnost procesorové cache, která urychluje přístupy do operační paměti typu RAM. Pokud cache není přítomna, musí procesor při čtení nebo zápisu do paměti čekat na dokončení této operace, což je typicky několik taktů sběrnice, která paměť spojuje s procesorem. Rychlost této sběrnice je typicky nižší, než takt procesoru (ve většině současných procesorů je dokonce interní takt procesoru násobkem této frekvence), a proto je toto zdržení velmi významné. Vřazení rychlé cache mezi procesor a paměť může tyto čekací stavy omezit nebo dokonce úplně eliminovat, což závisí na úspěšnosti cache v predikci následujících operací s pamětí a také na celkové velikosti cache. Proto mají současné procesory integrovanu cache ve velikosti řádově jednotek MiB. Cache může být několikastupňová (L1, L2, L3 – čím nižší číslo, tím blíže k procesoru) a může být umístěna i na základní desce počítače. Na výkonnost cache má též vliv optimalizace programu.

Rychlost procesoru je jen jedním z faktorů, které ovlivňují celkovou rychlost počítače. Mezi další faktory patří velikost dostupné operační paměti RAM, rychlost pevného disku, propustnost propojujících sběrnic, ale i rychlost dalších vstupně/výstupních součástí počítače (pro hraní her například grafická karta) a v neposlední řadě režie operačního systému.

## 5.2 Mikroprocesor

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Mikroprocesor>

Mikroprocesor (zkráceně  $\mu P$  či  $uP$ ) je označení pro centrální procesorovou jednotku (CPU), která je jako celek integrována do pouzdra jediného integrovaného obvodu[1] nebo nejvýše několika mála integrovaných obvodů.[2] Mikroprocesor je víceúčelové, programovatelné zařízení, které na vstupu akceptuje digitální data, zpracuje je pomocí instrukcí uložených v paměti a jako výstup zobrazí výsledek. Mikroprocesor představuje příklad sekvenčního logického obvodu, který pro uložení dat používá dvojkovou soustavu.

Mikroprocesor bývá součástí mnoha elektronických zařízení. Vzhledem k tomu, že softwarem je možné

jednoduše realizovat i velmi složité požadavky a vzhledem k neustále klesající ceně a rostoucím možnostem mikroprocesorů, se používají téměř v každém složitějším elektronickém zařízení (rádia, počítače, tiskárny, pračky, chladničky, televizory a pod.).

### 5.2.1 Druhy mikroprocesorů

- CPU (Central Processing Unit) - hlavní (mikro)procesor počítače (v minulosti však CPU neměl vždy podobu mikroprocesoru)
- GPU (grafický procesor) – hlavní mikroprocesor grafické karty
- APU (Accelerated Processing Unit) - CPU a GPU v jednom pouzdře
- matematický procesor (FPU), označovaný také jako matematický koprocessor, dnes je většinou integrovaný s CPU v jednom pouzdře.
- zvukový procesor
- signálový procesor (DSP procesor)
- jiné specializované procesory

Před vynálezem mikroprocesorů byly elektronické CPU vyrobené z oddělených TTL integrovaných obvodů; předtím z jednotlivých tranzistorů; a ještě dříve založené na elektronkách. Existovaly návrhy jednoduchých počítacích strojů založených na mechanických součástkách jako ozubené kola, hřídele, páky atd. Leonardo da Vinci navrhl jeden z nich, bohužel ho nebylo možné sestavit výrobními postupy jeho doby.

Vývoj mikroprocesorů dosud sleduje Mooreův zákon týkající se stálého zvyšování výkonu v čase. Tento zákon nám říká, že se „komplexnost integrovaného obvodu s ohledem na minimální cenu komponent zdvojnásobí každých přibližně 18 měsíců“, což se ve všeobecnosti i překvapivě dělo od začátku 70. let. Od samotných začátků jako mozek kalkulaček viděl zvyšující se výkon k dominanci mikroprocesorů v každé jiné formě počítače; každý systém od největšího mainframe (sálový počítač) po nejmenší handheld dnes v jádře používá mikroprocesor.

### 5.2.2 Rozdělení CPU

#### 5.2.2.1 Podle instrukční sady

CPU se v současné době dělí podle podporované instrukční sady jsou (podle doby zrodu) CISC, RISC, VLIW a EPIC.

Mezi představitele CPU s instrukční sadou CISC patří v současnosti zejména mikroprocesory řady x86-64. Mezi představitele CPU s instrukční sadou RISC patří zejména mikroprocesory ARM, MIPS, PowerPC a Alpha. Mezi představitele VLIW patří zejména mikroprocesory Tilera a některé GPU firmy AMD. Nakonec, představitelé instrukční sady typu EPIC jsou mikroprocesory IA-64 a ev. mikroprocesory Elbrus.

#### 5.2.2.2 Podle šířky slova (v bitech)

CPU v prvních mikroprocesorech byly 4bitové, což bylo dáno tím, že často počítaly přímo s čísly v desítkové soustavě. Brzy přišly 8bitové procesory, u nichž se zjednodušeně se dá říci, že umí přímo počítat s čísly od 0 do 255, zatímco 16bitový procesor s čísly od 0 do 65535 (tj. 0 až  $2^{16}-1$ ) atd. Operace s většími čísly pak musí být rozděleny do několika kroků. Procesory se slovem 32bitů byly dlouho dostačující, ale protože kvůli návrhu dokázaly přímo adresovat jen 4 GB operační paměti, byly nahrazeny procesory 64bitovými.

Existovaly i procesory, které měly exotické šířky slova, například 10 nebo 24 bitů (například DSP z řady Motorola 56000). V počítačích se však prosadily procesory s šířkou slova danou mocninou 2 (kvůli jednodušší manipulaci a vzájemné zaměnitelnosti jednotlivých operandů).

#### 5.2.2.3 Podle architektury procesoru

Procesory RISC s redukovanou sadou strojových instrukcí a CISC procesory s velkým počtem strojových instrukcí. Jako výhodnější se ukazují instrukční sady typu RISC, avšak některé architektury z důvodu zachování zpětné kompatibility pracují i se strojovým kódem typu CISC (Intel x86). Procesory RISC jsou velmi úspěšné např. v mobilních telefonech nebo v superpočítačích, protože jednodušší architektura se projevuje nižší spotřebou energie.[3]

#### 5.2.2.4 Podle podpory operačního systému

Pro jednoduché aplikace nemusí procesor integrovat jednotku pro správu a ochranu paměti (MMU, anglicky memory management unit), případně podporovat ochranu paměti nebo privilegovaný režim. Pro provoz plnohodnotných operačních systémů (například Windows NT a vyšší tj. XP, 7, 8 ..., Linux, Mac OS X atd.) je jednotka správy a ochrany paměti nezbytná. Bez zmíněné podpory v procesoru je nemožný preemptivní multitasking, současná práce více uživatelů na jednom počítači nebo virtualizace.

#### 5.2.2.5 Podle počtu jader

V současnosti jde vývoj směrem k integraci více jader, tedy více procesorů do jediného čipu. Tento trend můžeme pozorovat u procesorů pro osobní počítače. Procesory se tedy dělí na jednojádrové a vícejádrové. Zvyšování počtu jader je v podstatě vynuceno fyzikálními omezeními (např. rychlostí světla a tím i maximální hodinovou frekvencí). Integraci většího počtu jednodušších jader je teoreticky možné dosáhnout při stejné výrobní technologii na stejné ploše křemíku mnohem vyšší výpočetní výkon, než použitím jediného složitějšího jádra.

#### 5.2.2.6 Podle stupně integrace

Jednočipový mikropočítač nebo také mikrokontrolér (MCU) obsahuje kromě procesoru i další obvody, jako jsou časovače (timery a watchdog timery), nevolatilní paměť (EEPROM, FLASH nebo ROM) a volatilní paměť (typicky SRAM), dále vstupně výstupní obvody, takže je schopen samostatné funkce. Za průkopníky v této kategorii můžeme považovat 8bitový procesor Intel i8051, který poprvé integroval všechny základní periferie (jádro procesoru, paměť RAM, EEPROM, čítače a časovače) na jediném čipu a 16bitový technologický procesor Siemens SAB 80C166, který poprvé integroval A/D převodníky, komunikační linky a masivní systém čítačů/časovačů/přerušení. Následníky řady 80166 dnes vyrábí Infineon (řada C167 a C166 SV2) a SGS Thomson (řada ST10). V současnosti v oblasti jednočipových mikropočítačů a mikrokontrolérů převažují obvody založené na architektuře ARM.

#### 5.2.2.7 Podle specializace

Digitální signálový procesor (DSP) je zaměřen na zpracování signálu. DSP jsou optimalizovány na co nejrychlejší opakování jednoduchých matematických algoritmů, zaměřených na zpracování signálu. Typickou aplikací DSP je filtrace signálu pomocí filtrů FIR a IIR nebo Fourierova analýza. DSP se dnes používají především ve spotřební elektronice a v telekomunikační technice. Současné DSP obsahují proti svým předchůdcům navíc také rychlé komunikační linky, aby bylo možné přenášet velký datový tok, protékající těmito procesory. Můžeme rovněž pozorovat snahy o spojení výhod DSP a mikroprocesorů, ať už je to cestou rozšiřování DSP o periferie nebo rozšiřováním mikrokontrolérů o DSP jednotky.

#### 5.2.2.8 Podle implementace

Mikroprocesor může být vytvořen jako jednoúčelový obvod určený přímo k velkosériové výrobě, ale může být implementován také jako firmware běžící v programovatelném hradlovém poli. Jádro jednoduchých 8bitových mikroprocesorů se skládá z 5 až 10 tisíc hradel.

#### 5.2.2.9 Základní parametry mikroprocesoru

Díky složitosti procesorů není možné stanovit několik jednoduše srozumitelných obecných parametrů, které by umožnily objektivní srovnání různých procesorů. Následující tabulka umožňuje zhruba srovnat hlavní rysy současných procesorů.

Parametr	Popis	Jednotka	běžný rozsah
Rychlost jádra	Počet operací provedených za jednu sekundu	MIPS (milionů instrukcí za sekundu)	0 – 10000 MIPS (v budoucnu i více)
Řada	Oficiální označení velikosti tranzistorů	nm	10000 nm (roku 1971), 1500 nm (1982), 600 nm

			(1994), 90 nm (2004), 14 nm (2014)
<b>Výrobní proces</b>	Skutečná velikost hradla tranzistorů	nm	45 nm (2004), 25 nm (2014)
<b>Šířka slova</b>	Maximální bitová šířka operandů instrukcí	bit	4 – 64 (nebo FP vektory až 8x64bit)
<b>Počet jader</b>	Počet a typ jader integrovaných v procesoru	číslo	běžně 1 – 16 jader
<b>Efektivita strojového kódu</b>	Počet instrukcí potřebných pro provádění běžných operací	např. počet Dhrystone na MIPS	?
<b>Výkon FPU</b>	Přítomnost FPU/počet základních operací v jednoduché nebo dvojnásobné přesnosti, které zvládne provést jednotka FPU	MFLOPS (megaflops)	až jednotky TFLOPS (teraflops), podle architektury a počtu FPU
<b>Šířka externí datové sběrnice</b>	Maximální počet bitů, které je možné během jedné operace přenést z/do čipu	bit	8 – 128
<b>Frekvence externí datové sběrnice (FSB)</b>	Maximální frekvence přístupu do externí paměti RAM	Hz	stovky MHz
<b>Interní paměť cache</b>	Kapacita rychlé interní vyrovnávací paměti integrované přímo na čipu procesoru	Byte	i několik MiB (většinou 4-12MiB)
<b>Velikost adresovatelné paměti</b>	Velikost externí paměti, kterou je procesor schopen přímo používat	Byte	u 32bitových CPU řádově 4 GiB i více

### 5.3 Aritmeticko-logická jednotka

Aritmeticko-logická jednotka (ALU podle anglického arithmetic logic unit) je jedna ze základních komponent počítačového procesoru (tou druhou je řadič), ve které se provádějí všechny aritmetické (např. sčítání, násobení, bitový posuv, ...) a logické (logický součin, negace, ...) výpočty.

V mnoha dnešních procesorech je na jednom procesoru více než jedna ALU, obvykle rozdělené na jednotky pro práci s celočíselnými operandy a jednotky pro práci s operandy v plovoucí řádové čárce (ty se někdy neoznačují jako ALU, ale jako FPU, floating-point unit). Jednotlivé ALU pracují relativně nezávisle, takže procesor může v jednom hodinovém taktu provést více instrukcí ve více jednotkách současně.

Jednotlivé operace v aritmeticko-logické jednotce jsou prováděny nad operandy s pevně daným rozsahem závislým na architektuře. Výpočty s libovolnou přesností je tak zapotřebí provádět pomocí softwarových knihoven

### 5.4 Řadič

<https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%98adi%C4%8D>

Řadič je elektronická řídicí jednotka, realizovaná sekvenčním obvodem, která řídí činnost všech částí počítače.

Toto řízení je prováděno pomocí řídicích signálů, které jsou zasílány jednotlivým modulům (dílčím částem počítače). Reakce na řídicí signály - stavy jednotlivých modulů - jsou naopak zasílány zpět řadiči pomocí stavových hlášení. Dílčí částí počítače je např. hlavní paměť, která rovněž obsahuje řadič, který je podřízen hlavnímu řadiči počítače, jenž je součástí CPU.

## 5.5 Registr příznaků

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Registr\\_p%C5%99%C3%ADznak%C5%AF](https://cs.wikipedia.org/wiki/Registr_p%C5%99%C3%ADznak%C5%AF)

Registr příznaků je jeden z procesorových registrů. Na rozdíl od většiny ostatních není interpretován jako číslo, ale každý z jeho bitů má zvláštní význam, jedná se o soubor příznaků procesoru. Provedení některých instrukcí může měnit hodnotu některých příznaků. Nastavení jednotlivých příznaků je pak buď možno přímo číst, nebo je nepřímo využíváno tak, že ovlivňuje chování některých instrukcí. Typickým příkladem jsou instrukce podmíněných skoků, které provedou skok v závislosti na stavu konkrétních příznaků – tedy v závislosti na výsledku předchozích instrukcí.

Velikost registru příznaků, počet, pozice i význam jednotlivých bitů závisí na typu procesoru, respektive na jeho architektuře. Například v rámci architektury x86 byl původně registr příznaku 16bitový a u procesorů typu 8086 byly ještě některé bity nevyužívané, ale od procesorů 80386 výš už byl 32bitový.[1]

Příznaky lze dělit na aritmetické-logické a na řídicí. Příklady aritmeticko-logických příznaků jsou:

- příznak přenosu: Je nastavován například operacemi sčítání a odčítání, dojde-li k výpůjčce nebo k přenosu z nejvýznamnějšího bitu. Také jej mohou nastavovat bitové operace.
- příznak vynulování: Je nastavován, je-li výsledkem operace nula.
- příznak znaménka: Je nastavován, má-li výsledek operace nastaven nejvýznamnější bit (tedy znaménkový bit), tedy je-li při interpretaci jako číslo v dvojkovém doplňku záporný
- příznak přetečení: Je nastavován, pokud se výsledek operace nevejde do registru při počítání ve dvojkovém doplňku.
- příznak parity: Je nastavován podle toho, je-li počet nastavených bitů výsledku poslední operace sudý či lichý.

a příklady řídicích příznaků jsou:

- příznak krokování: Je-li nastaven, je po každé instrukci zavoláno přerušení.
- příznak povolení přerušení: Je-li nastaven, jsou povolena maskovatelná přerušení

## 5.6 Patice procesoru

Patice neboli Socket či Slot je konektor na základní desce určený pro připojení procesorů. V roce 2007 patřila většina procesorů serverových a desktopových počítačů k těm určeným do socketu, obzvláště procesory architektury x86.

Většina dnešních patic jsou založeny na tzv. pin grid array (PGA) (krátké piny procesoru jsou uspořádány do čtvercového pole tak, aby souhlasily s otvory v patici).

Od roku 2007 se zvyšuje popularita tzv. land grid array (LGA). Zde se pracuje s dotykem kontaktních plošek.

V pozdních 90. letech se využívaly častěji sloty než sockety. Procesorové sloty jsou podobné klasickým rozšiřujícím kartám, tzn. podlouhlá deska s plošnými spoji. Tyto sloty ostatně připomínají vzhledem například AGP. Řešení se sloty mělo některé výhody, umožňovalo doinstalování další L2 Cache na desku slotu a často bývala instalace slotu jednodušší než v případě socketu. Nicméně slot vyžaduje delší trasu od čipsetu k procesoru a to znemožňuje použití s procesory o vyšších takttech. S příchodem Socketu A a Socketu 370 byly sloty definitivně zapomenuty.

Více viz např. [https://cs.wikipedia.org/wiki/Patice\\_procesoru](https://cs.wikipedia.org/wiki/Patice_procesoru).



## ODKAZ NA LITERATURU

Horák J. Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Meyer M. Osobní počítač. Computer Press, Praha, 2006. ISBN 9788025108345.

Winkler P. Velký počítačový lexikon. Computer Press, Praha, 2005. EAN 9788025123317..

Dembowski K. Mistrovství v Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Messmer H.P., Dembowski K. Velká kniha hardware. Computer Press, Brno, 2005. 1224 s.

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Centr%C3%A1ln%C3%AD\\_procesorov%C3%A1\\_jednotka](https://cs.wikipedia.org/wiki/Centr%C3%A1ln%C3%AD_procesorov%C3%A1_jednotka)

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Mikroprocesor>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%98adi%C4%8D>

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Registr\\_p%C5%99%C3%ADznak%C5%AF](https://cs.wikipedia.org/wiki/Registr_p%C5%99%C3%ADznak%C5%AF)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Patice\\_procesoru](https://cs.wikipedia.org/wiki/Patice_procesoru)

## 6 MIKROARCHITEKTURA PROCESORŮ



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- popsat mikroarchitekturu procesoru
- rozumět vnitřním funkcím procesoru
- klasifikovat instrukční sady
- klasifikovat typy procesorů



### KLÍČOVÁ SLOVA

Vnitřní stavba mikroprocesorů, struktura instrukce počítače. Instrukční soubor, strojový cyklus (zřetězení instrukcí, superskalární architektura). Adresy a způsoby adresování v reálném a chráněném režimu.

#### 6.1 Instrukce

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Strojov%C3%A1\\_instrukce](https://cs.wikipedia.org/wiki/Strojov%C3%A1_instrukce)

Strojová instrukce je označení kódovaného příkazu pro provedení elementární operace procesoru, kterou je procesor schopen přímo vykonat (procesor je základní součástí počítače). Posloupnost strojových instrukcí je označována jako strojový kód. Různé procesory mají různé sady strojových instrukcí. Některé procesory podporují více sad strojových instrukcí (např. současné procesory pro počítače IBM PC kompatibilní podporují sadu x86-16, IA-32 a x86-64, které se celkově označují jako x86).

Funkce strojové instrukce se pojmenovává tzv. mnemonikou. Za mnemonikou mohou (ale nemusí) následovat operandy, neboli parametry dané strojové instrukce.

##### 6.1.1 Mnemonika

Mnemoniky se většinou skládají z několika písmen zkratkovitě v angličtině naznačujících funkci dané strojové instrukce. Například mnemonika SUB (z anglického SUBtract - odečti) se může použít pro operaci odečítání, mnemonika CMP (CoMPare) může být použita pro označení strojové instrukce pro porovnání dvou čísel. Pro zápis ani pro implementaci instrukcí neexistují jednotná pravidla, každá rodina procesorů (nebo také architektura) má vlastní instrukční sadu s vlastními mnemonikami, kterou vytváří výrobce procesoru.

##### 6.1.2 Operand

Jestliže mnemonika označuje, co daná strojová instrukce dělá, její operandy určují s čím. Jinými slovy, operand určuje zdrojová nebo cílová data, nad kterými daná strojová instrukce pracuje. Operand bývá buď konstantou, nebo adresou v některém z paměťových prostorů počítače. Typicky jsou to adresový prostor registrů a operační paměti.

Adresa může být určena buď přímo (tzv. přímé adresování) - jako konstanta určující index buňky v operační paměti počítače. Druhou základní možností je nepřímé adresování, kdy je operandem registr, jehož obsah je interpretován jako index buňky v operační paměti počítače.

##### 6.1.3 Příklady instrukcí

Následující jsou uvedeny v instrukčním kódu procesoru Siemens SAB 80C166. Z hlediska výkladu je vhodný, protože jde o jednoduchý 16 bitový procesor s poměrně čistou, nijak extrémní архитектурou.

- add r0, r2; – sčítání - přičte do registru r0 hodnotu uloženou v registru r2
- addc r1, r3; – sčítání s přenosem - přičte do registru r0 hodnotu registru r1 a příznaku přenosu C
- mov 1234h, r0; – přesun - uloží do paměti na adresu 1234h hodnotu z registru r0
- mov 1236h, r1; – přesun - uloží do paměti na adresu 1236h hodnotu z registru r1
- mov [r7], r0; – přesun - uloží na adresu určenou registrem r7 hodnotu z registru r0

- `cmp r4, r5`; – porovnání - porovná hodnoty registrů r4 a r5
- `jmp r cc_UGT, 8100h`; – podmíněný skok - pokud byla hodnota registru r4 vyšší, pokračuje program na adrese 8100h

Strojové instrukce se dělí podle svého určení na přesunové, aritmeticko-logické a řídicí instrukce. Výrobci většinou používají mnohem jemnější rozdělení (např. přesuny, aritmetické, logické, rotace, násobení a dělení, skoky, zásobníkové, systémové instrukce).

U některých architektur není situace tak jasná. Například přesunová strojová instrukce, která změní hodnotu v systémovém registru procesoru, de-facto přebírá funkci systémové instrukce.

#### 6.1.4 Přesunové instrukce

Přesunové slouží ke kopírování dat v paměti. Tyto instrukce mají typicky mnemoniku MOV (z angl. move - přesun), případně LD nebo ST (load, store). Prakticky vždy mají dva operandy - zdrojový a cílový, kdy hodnota uložená ve zdrojovém operandu je uložena do cílového operandu.

#### 6.1.5 Aritmeticko-logické instrukce

Aritmeticko-logické instrukce slouží k vykonávání aritmetických nebo logických operací. V podstatě jde o to, že se zdrojovými operandy se provede určitá matematická operace, jejíž výsledek je uložen do cílového operandu. Velmi častý je případ, kdy jeden ze zdrojových operandů slouží současně jako cílový. To znamená, že např. instrukce `add r0, r1` nejprve sečte hodnoty registrů r0 a r1, přičemž výsledek uloží do registru r0.

Typickými funkcemi aritmeticko-logických instrukcí jsou sčítání (ADD), odečítání (SUB), porovnávání (CMP), bitové logické součty (OR) a logické součiny (AND), bitové posuny a rotace.

Aritmetické nebo logické nemusí být vždy dvouoperandové, instrukce realizující např. absolutní hodnotu, násobení mínus jedničkou, nebo dvojkový doplněk mají pouze jeden operand.

Podle možností daného procesoru se liší šířka operandů (8/16/32 bitů) a jejich typ. Některé procesory (např. PIC) mají pouze instrukce pro jednoduché operace s malými celými čísly (viz byte), jiné mohou přímo pracovat s čísly v plovoucí řádové čárce (např. dle standardu IEEE 754).

#### 6.1.6 Instrukce a příznakové registry

Záměrným vedlejším efektem provedení instrukce obvykle bývá určité nastavení příznakových bitů v procesoru, který za tímto účelem obsahuje takzvaný registr příznaků. Registr příznaků využívají především podmíněné skoky a instrukce pro přičítání nebo odečítání s přenosem. Způsob nastavování příznaků bývá obvykle pro určitou skupinu instrukcí stejný. Zvláštní funkci z tohoto hlediska zastávají instrukce pro porovnávání, protože nemění hodnotu svých operandů, ale pouze nastavují příznakové bity (anglicky flags).

Téměř vždy jsou přítomny příznakové bity

- N - negative - nastavuje se, když je výsledkem operace záporné číslo
- Z - zero - nastavuje se, když je výsledkem operace nula
- C nebo CY - carry - nastavuje se, když došlo při sčítání k přenosu. Při odčítání nebo porovnávání se nastavuje jako výpůjčka, nebo jako negace výpůjčky, to závisí na architektuře CPU
- V nebo OV - overflow - nastavuje se, pokud došlo při operaci k přetečení

#### 6.1.7 Řídicí instrukce

Tyto instrukce mění buď tok programu, nebo způsob, jakým procesor funguje. Základní řídicí instrukcí je instrukce skoku (typicky má mnemoniku JMP), která říká, že vykonávání programu nepokračuje následující instrukcí, ale instrukcí která je uložena na adrese definované operandem instrukce JMP.

Podobnou funkci má instrukce podmíněného skoku, která se používá v kombinaci s instrukcemi nastavujícími příznakové bity k větvení programu. Ke skoku dojde pouze za předpokladu, že jsou určitým způsobem nastaveny příznakové bity procesoru. Následující instrukce podmíněného skoku (např. `JMP r CC_NZ, 1234h` - skoč, když není nastaven příznak Z - zero) může například "přehodit výhybku programu", pokud výsledkem kontrolního součtu nebyla nula.

Opakovaně využívané sekvence kódu je možné vyvolat pomocí instrukce volání podprogramu (typicky

"CALL"), konec podprogramu označuje instrukce návratu z podprogramu (typicky "RET" nebo "RETURN").

Kromě toho mohou některé instrukce měnit způsob chodu procesoru, extrémním případem může být procesor ARM, který může být přepínán mezi dvěma různými soubory instrukcí - mezi "ARM" módem a "thumb" módem. Přičemž instrukční soubor ARM je optimalizovaný na rychlost, zatímco instrukční soubor "thumb" je optimalizovaný na velikost kódu.

### 6.1.8 Kódování instrukcí

Aby mohly být instrukce vykonávány procesorem, je nutno je uložit do polovodičové paměti, jako sekvence několikaciferných dvojkových čísel. Tato sekvence se nazývá strojový kód. Výrobce procesoru proto pro každou instrukci definuje, jakým způsobem má být zakódována do paměti počítače.

Abychom si to ozřejmili, výrobce procesoru může například stanovit, že každá instrukce je zakódována pomocí 16 bitů (neboli dvojkových cifer). Přitom do prvních šesti bitů se zakóduje mnemonika instrukce (šestibitové číslo nám dovolí implementovat 64 typů instrukcí - mnemonik), do druhých pěti bitů zakódujeme první operand, do posledních pěti bitů druhý operand. Ve skutečnosti bývá kódování instrukcí mnohem složitější, avšak princip je stejný.

## 6.2 Mikroarchitektura

Mikroarchitektura představuje způsob, jakým je v procesoru implementována daná instrukční sada. Pro jednu instrukční sadu může existovat více mikroarchitektur, které ji implementují. Mikroarchitekturami i návrhem instrukčních sad se zabývá obor architektura počítačů.

Mikroarchitektura je obvykle reprezentována (více či méně detailními) diagramy, které obsahují jednotlivé (logické i fyzické) části procesoru; ty jsou pak spojeny vazbami, vztahy, signály či jinými způsoby komunikace mezi nimi (u těchto spojnic se pak většinou rozlišuje mezi cestou dat a způsobem, kterým jsou zpracovávána a řízena).

Mezi základní věci, které mikroarchitektura procesoru definuje a řeší, patří model vykonávání programu (exekuční model), registry, adresování paměti, softwarová a hardwarová přerušení, datové formáty a další

### 6.2.1 Koncepty mikroarchitektury

Nejčastějším návrhem procesoru současnosti je datový a instrukční pipelining. Tato technika je použita ve většině dnešních procesorů, mikrokontrolerů a datových signálových procesorů (DSP). Svým způsobem připomíná sériovou výrobu v továrně, kde místo výrobků jsou instrukce a místo dílů jednotlivé fáze jejich zpracování. Ty zahrnují načtení instrukce z programové paměti, dekodování instrukce, provedení a případné zapsání výsledku. Některé instrukce mohou vyžadovat přístup k paměti (adresování), ke vstupním/výstupním portům, skoky v programu, a další prostředky.

Bez pipelingu by se každá fáze vykonání instrukce zabírala čas, který by procesor nevyužil na nic jiného (analogií k sériové výrobě – např. automobilů – by byl případ, ve kterém by žádný autodíl nesměl vstoupit na běžící pás dřív než by právě zpracovávané auto sjelo kompletní z výrobní linky).

Dobrý návrh pipelingu je stěžejním bodem mikroarchitektury. Volba počtu fází zpracování instrukce, jejich samotné implementační řešení, zpoždění v jejich zpracování a konkrétně volba velikosti a typu cacheování a předpovídání větvení programu jsou prvky, které určují výkon celého procesoru. Často tato řešení narážejí na limity (popřípadě jejich kombinace, kdy zvyšování jednoho aspektu začíná omezovat druhé) a rozhodnutí, které z různých přibližně stejně dobrých alternativ dát přednost. Mezi takové konstrukční aspekty mikroarchitektury patří:

- cena
- velikost, tvar, počet vrstev, prostorové řešení čipu
- komplexnost
- spotřeba energie
- ztrátové teplo, ztrátový výkon
- kompatibilita, použitelnost v existujících systémech

- spolehlivost při vyšších frekvencích, spolupráce s jinými součástmi počítače
- odolnost, náročnost na provozní prostředí
- snadnost vývoje/testování/vychytání chyb, nároky spojené s výrobou

## 6.2.2 Prvky mikroarchitektury

### 6.2.2.1 CISC versus RISC

CISC a RISC jsou dva vzájemně soupeřící a doplňující koncepty instrukčních sad. Jejich hlavní rozdíl je v komplexitě instrukcí – zatímco CISC jde cestou implementace i velmi komplexních a složitých instrukcí, u procesorů RISC je instrukční sada redukována a složitější instrukce se musejí implementovat jako sekvence těch existujících. Navíc všechny instrukce RISC zabírají v paměti stejný počet bitů (binární kód je pak o něco delší, zato nemůže dojít k desinterpretaci kódu vlivem chyby s čítačem instrukcí). Výhodou architektury RISC je zachování jednoduchosti (s kterou souvisejí i výrobní náklady a cena), lepší odolnost a spolehlivost při vyšších frekvencích. To, které RISCové instrukce budou v „základní sestavě“ a které se budou muset emulovat, je určeno po pečlivé analýze využití instrukcí podle typu (většina komplexních instrukcí se využívá jen velmi zřídka, což obhájí to, aby byly emulovány).

Přestože nejzastoupenější architektury pro osobní počítače, x86 a x86-64, jsou CISCové, je v posledních letech znát jistý odklon k RISCové technologii, například představením architektur IA-32 a IA-64.

Příklady dalších architektur (podle jiných hledisek než jen komplexnosti instrukční sady) jsou např. VLIW (Very Long Instruction Word) a EPIC (Explicitly Parallel Instruction Computing), které se snaží zvládnout datový paralelismus, včetně SIMD a vektorů.

### 6.2.2.2 Exekuční jednotka

Hlavním prvkem mikroarchitektury je exekuční jednotka, která se stará o vykonávání instrukcí. Jejími komponentami většinou jsou aritmetickologická jednotka (ALU), jednotka pro počty s pohyblivou řádovou čárkou (FPU), jednotky implementující adresování a čtení/zápis z/do paměti, předpovídání větvení a SIMD.

### 6.2.2.3 Instrukční pipelining

Instrukční pipelining je prvek mikroarchitektury, který má největší vliv na celkovou rychlost procesoru, neboť určuje, jak rychle budou instrukce (při dané taktovací frekvenci) zpracovávány. Někdejší návrhy MIPS a SPARC měly často 10 i vícekrát vyšší výkon oproti soudobým CISCovým procesorům při stejné frekvenci a ceně. Pipelining je využíván jak v RISCových tak CISCových procesorech (např. CISCový procesor VAX 8800 z roku 1986 měl již tehdy komplexní pipelining a dokonce i předpovídání skoků). Nyní se pipelining používá v drtivě většině procesorů (včetně embedded řešení) a vyšší složitost spojená s jeho implementací nějak zásadně do jejich ceny nepromlouvá. Nebývá jen u hardwarově specifických procesorů podporujících mikroinstrukce.

### 6.2.2.4 Cache

Vyrovňovací paměť zařazená mezi dva subsystémy s různou rychlostí a vyrovnává tak rychlost přístupu k informacím.

### 6.2.2.5 Předpovídání skoků

Předpovídání skoků (branch prediction) je technika mikroarchitektury, která se snaží předpovídat skoky v programu (binárním kódu), jenž má být vykonán. Vykonává se v procesorech s pipeliningem po fázi načtení a dekodování instrukcí, které zatím čekají ve frontě na vykonání. U procesorů s branch prediction je implementována logika, která se u načtených instrukcí (podmíněných) skoků pokouší předpovědět, zdali nastanou či ne, a na základě toho začne spekulativně načítat kód za cílovou adresou tohoto skoku. Pokud je podmínka pro skok do jiné části paměti splněna, začátek kódu na cílové adrese je již k dispozici, načtený do ad hoc paměti přímo v čipu. Ušetří se tak několik drahocenných okamžiků, které by jinak byly spotřebovány na zahazení dosavadního kódu, přesunutí programového čítače na cílovou adresu skoku a začátek načítání do pipeliningu odtamtud.

Ještě dál než předpovídání skoků jde spekulativní vykonávání kódu (speculative execution), které dokonce vykonává kód na cíli skoku. Pokud se předpověď skoku vyplní, vyústí to ve větší urychlení času, pokud nikoli, výsledkem je naopak zpomalení oproti situaci bez spekulativního vykonávání, protože všechny spekulativní

kód se musí pečlivě vrátit do původního stavu.

#### 6.2.2.6 Superskalární architektura

U této techniky si procesor sám (bez ohledu na binární kód) určí pořadí vykonávaných instrukcí, tím, že je zpřehází tak, aby optimalizoval jejich vykonání. Některé instrukce jsou kratší a manipulují pouze s daty v registrech, jiné vyžadují přístup k paměti (která buď je nebo není v cache), portům, atd. a vyžadují více času na provedení. Procesor pak v takovém případě může buďto čekat na výsledek nebo v mezičase vykonávat instrukce, které nejsou takto časově náročné a jejich vykonání v tomto přehozeném pořadí v žádném případě neovlivní chod programu. Zde je důležité pečlivě hlídat závislosti hodnot různých registrů na sobě, použití příznaků, které vytvoří, apod. (nelze například prohodit pořadí po sobě jdoucích instrukcí, které operují se stejným registrem, neboť by program došel k různým výsledkům). Analýza a implementace vykonávání instrukcí mimo pořadí patří v architektuře počítačů mezi ty náročnější.

Mezistupněm do tohoto stádia je použití kompilátoru pro daný procesor (z assembleru i vyššího programovacího jazyku), který pořadí instrukcí optimalizuje za procesor. Jedny z prvních takových byly kompilátory jazyka C pro procesory P6 a později kompilátory pro C#.

#### 6.2.2.7 Přejmenovávání registrů

S určitou paralelou k vykonávání instrukcí mimo pořadí i zde procesor mění binární kód, jež má vykonávat, tentokrát tím, že si přejmenovává registry a to tak, aby odstranil nepotřebné serializované vykonávání programu, vynucené opětovným používáním stejných registrů. Opět, i tato technika je náročná na implementaci, protože musí být transparentní vůči vykonávání původního kódu v nezměněné podobě (logika přejmenovávání registrů nesmí například přepisovat registry, které by byly v této fázi čteny).

#### 6.2.2.8 Multiprocessing a multithreading

Tyto dvě technologie implementují paralelismus vykonávaného programu. Multiprocessing pomocí zapojení a využití více procesorů v počítači, kdy každý procesor si bere na starosti různé agendy programu (nebo operačního systému a v něm běžícího programu). Multithreading v rozdělení programu do tzv. vláken (threadů), přinejmenším pro odstranění modálnosti aplikace (tedy její netečnosti do dokončení nějakého jejího vykonávaného procesu, např. ukládání, nahrávání, konvertování, ...) až po simultánní multithreading, který umožňuje superskalárním procesorům vykonávat instrukce z různých programů simultánně ve stejný okamžik

### 6.3 Instrukční sada

Instrukční sada (tzv. ISA - Instruction Set Architecture), někdy nepřesně architektura procesoru, je obecný popis organizačních, funkčních a provozních principů procesoru, z pohledu programátora je to seznam dostupných mechanismů pro programování. Programový model procesoru se může skládat například z následujících prvků:

- seznamu instrukcí procesoru
- datových typů
- dostupných režimů, jež jsou k dispozici
- seznamu registrů
- pravidel pro manipulaci s výjimkami a přerušeními

Procesory mající stejný programovací model jsou inter-kompatibilní, což znamená, že mohou vykonávat stejné programy stejným způsobem (funkčně). V rané historii model programování procesoru závisel na fyzickém provedení procesoru. V současné době se tento trend obrátil, a používají se velmi odlišné fyzikální implementace (mikroarchitektury), pocházející od různých výrobců, a zároveň disponují shodnou ISA. Příklady takových architektur a jejich implementací:

- Architektura IA-32 a procesory:
  - 386,
  - 486,

- Pentium,
- D6,
- Crusoe - implementace CISC IA-32 (vnitřně VLIW)
- Architektura x86-64 a procesory:
  - Athlon - implementace 64bit CISC x86-64
- Architektura IA-64 a procesory:
  - Itanium - implementace EPIC
- Architektura SPARC a procesory:
  - UltraSPARC,
  - SPARC64
- Architektura ARM a procesory:
  - LPC21xx - implementace jako uC
  - StrongARM
  - AT91xxx
  - Intel X-Scale

## 6.4 Architektury procesorů (RISC, CISC)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Architektura\\_procesoru](https://cs.wikipedia.org/wiki/Architektura_procesoru)

Procesor (CPU – Central Processing Unit) jakožto elektronický obvod (složený z velkého množství součástek – převážně tranzistorů) je umístěn na křemíkové destičce – CPU je vlastně složitý integrovaný obvod. Jeho popularita vzrostla hlavně díky výpočetní technice (počítače, notebooky, ale i chytré mobilní telefony), dnes se s nimi však můžeme setkat třeba i v pračce či ledničce.

Procesor zpracovává informace (instrukce) v podobě strojového kódu a procesory s obdobnou strukturou jádra, které zároveň zpracovávají shodný strojový kód, mají stejnou architekturu.

### 6.4.1 Vnitřní architektura

Podle vnitřního uspořádání dělíme procesory na RISC a CISC lišící se počtem instrukcí, které procesor umí vykonávat. Současné procesory Intel, nebo ty, které jsou s nimi kompatibilní, jsou vnitřně RISC, ač uvnitř vlastně probíhají složité CISC instrukce. Dále dovedou měnit, resp. aktualizovat, svůj řídicí mikrokód.

Architektura jde ruku v ruce s instrukční sadou a její délkou, jež díky překotnému vývoji roste. Jednodušší procesory dodnes používané jsou 8bitové[1] a naopak na vrcholu jsou dnes 64bitové, používané hlavně ve výkonnějších výpočetních strojích a serverech.

#### 6.4.1.1 RISC

<https://cs.wikipedia.org/wiki/RISC>

RISC (anglicky Reduced Instruction Set Computing, výslovnost risk) označuje jednu z architektur mikroprocesorů. RISC označuje procesory s redukovanou instrukční sadou, jejichž návrh je zaměřen na jednoduchou, vysoce optimalizovanou sadu strojových instrukcí, která je v protikladu s množstvím specializovaných instrukcí ostatních architektur[1]. Přesná definice označení RISC není jasná, avšak často se používá popisnější název architektura load-store, který lépe vyjadřuje fakt, že celkový počet instrukcí RISC procesoru může být paradoxně vyšší, než u jiných architektur.[zdroj?] Mezi zástupce RISC procesorů patří ARM, MIPS, AMD Am29000, ARC, Atmel AVR, PA-RISC, POWER (včetně PowerPC), SuperH, SPARC, DEC Alpha.

Protichůdnou architekturou jsou CISC procesory (anglicky Complex Instruction Set Computers, s komplexní instrukční sadou). Další alternativou jsou VLIW (Very Large Instruction Word) a EPIC (Explicitly parallel instruction computing) procesory. VLIW a EPIC procesory vznikly vývojem z RISC. VLIW se používají například ve starších GPU firmy AMD. Architekturu EPIC používají například procesory Itanium a Itanium 2

##### 6.4.1.1.1 Typické rysy architektury RISC

- procesor komunikuje s pamětí po sběrnici
- redukovány jsou pouze typy strojových instrukcí (tj. "práce uvnitř", operace s pamětí a řídicí instrukce)

- délka provádění jedné instrukce je vždy jeden cyklus (tj. délka v bitech všech instrukcí je stejná)
- mikroinstrukce jsou hardwarově implementovány na procesoru, čímž je velmi výrazně zvýšena rychlost jejich provádění
- registry jsou pouze víceúčelové (nezáleží, který z nich instrukce využije, což zjednodušuje návrh překladačů)
- využívají řetězení instrukcí (pipelining)

#### 6.4.1.1.2 Historie

Během 70. let 20. století vědci (např. Seymour Cray) ukázali, že většina programů prováděných na tehdejších počítačích využívala pouze malou část (jen asi 30 %) ze všech dostupných strojových instrukcí procesoru.[zdroj?] Bylo tomu tak proto, že tehdejší překladače nedokázaly efektivněji využít všech instrukcí. Také složitý přístup do paměti zpomaloval provádění operací. Započalo se proto s návrhem jednoduchých RISC procesorů s redukovanou instrukční sadou, které mohly s výhodou využívat mikroprocesorové ortogonalitu, kdy pro každou operaci existuje v procesoru jen jediná instrukce. Jedním z prvních RISCových strojů byl Superpočítač CDC 6600 navržený v roce 1964. Jeho CPU měla 74 operačních kódů (tj. různých instrukcí), v porovnání se 400 u 8086. Mezi současné zástupce plně ortogonálních procesorů patří procesory ARMv6.

RISC procesory jsou jednoduché, a proto jsou jejich výrobní náklady nižší a mají nižší spotřebu, než procesory CISC.

#### 6.4.1.1.3 Mikrokód

Ke konci 90. let 20. století, kdy se produkce procesorů CISC eskalovala k technickým limitům (zvýšování frekvence a zvětšování čipu versus konečná rychlost šíření elektromagnetického pole), byla navržena implementace mnoha komplexních (a méně využívaných) CISCových instrukcí pomocí interních jednoduchých mikroinstrukcí. CISC procesory se tak interně staly RISC procesory, které mohly pomocí mikrokódu interpretovat složité a komplexní CISC instrukce.

#### 6.4.1.1.4 Zastoupení RISC procesorů

Mezi nejznámější výrobce procesorů RISC patří IBM (např. řada PowerPC), Intel (většina jeho procesorů je ale řazena mezi CISC, nebo označována jako tzv. „post-RISC“) a Sun Microsystems (např. řada Sparc). V 32bitových RISC procesorech zabírají 75% podíl procesory ARM

### 6.4.2 Nejdůležitější architektury procesorů

Tyto architektury lze rozdělit do několika skupin – podle použití a s tím související složitostí architektury.

1/ Malé architektury – nejstarší

- PDP-11
- VAX (který ovšem je zdokonalený předchozí)
- AP-101 (tato architektura byla použita pro řízení raketoplánu)
- UNIVAC I, UNIVAC II
- Super H (vyvíjen stejnojmennou firmou)

2/ Mikročipová architektura

- Intel 8051
- AVR
- PIC
- ARM Cortex M
- Zilog Z8
- MIPS M4K, M14K

3/ PC architektura

- Power PC
- x86 (používající 32bitovou instrukci)
- x64 (používající 64bitovou instrukci)
- Zilog Z80
- Motorola: 6800, 6809 a 68000
- MOS Technology 6502
- Loonsong (vyvíjený na univerzitě v Číně, Instrukční sada MIPS)

#### 4/ Architektura serverů a někdy i PC

- LEON
- SPARC
- MIPS
- PA-RISC (vyvíjen firmou Hewlett Packard)
- Advanced RISC
- Alpha (vyvíjen firmou DEC)
- Acron
- S ARM

#### 6.4.2.1 CISC

<https://cs.wikipedia.org/wiki/CISC>

CISC (anglicky Complex Instruction Set Computing) označuje skupinu procesorů vyznačujících se podobným návrhem sady strojových instrukcí. Označení complex vyjadřuje skutečnost, že strojové instrukce pokrývají velmi široký okruh funkcí, které by jinak šly naprogramovat pomocí jednodušších již obsažených strojových instrukcí (například násobení je možné nahradit sčítáním a bitovými posuny). Opakem procesorů CISC jsou procesory RISC, které obsahují redukovanou instrukční sadu.

##### 6.4.2.1.1 Charakteristika

Procesory CISC jsou charakteristické velmi košatou instrukční sadou strojových instrukcí, instrukce mají proměnlivou délku i dobu vykonání a procesor obsahuje relativně nízký počet registrů. Paradoxně se tak může stát, že operace provedená složenou instrukcí (například násobení) může být nahrazena sledem jednodušších strojových instrukcí (sčítání a bitové posuvy), které mohou být ve výsledku vykonány rychleji, než hardwarově implementovaná složená varianta.

Označení CISC bylo zavedeno jako protiklad až poté, co se prosadily procesory RISC, které mají instrukční sadu naopak maximálně redukovanou (pouze jednoduché operace, tj. žádné složené, jsou stejně dlouhé a jejich vykonání trvá stejnou dobu).[zdroj?]

Obvyklou chybou je domněnka, že procesory CISC mají více strojových instrukcí, než procesory RISC. Ve skutečnosti nejde o absolutní počet, ale o počet různých druhů operací, které procesor sám přímo umí vykonat na hardwarové úrovni (tj. již z výroby). Procesor CISC tak může například paradoxně obsahovat pouze jednu strojovou instrukci pro danou operaci (např. logická operace), zatímco procesor RISC může tuto operaci obsahovat jako několik strojových instrukcí, které stejnou operaci umí provést nad různými registry.

##### 6.4.2.1.2 Historický kontext

Předtím než se v procesorech prosadila architektura RISC, se designéři počítačů snažili o překonání tzv. sémantické mezery – navrhnout sady instrukcí tak, aby přímo podporovaly konstrukce vysokoúrovňových jazyků, např.: volání procedury, kontrola smyček. Tyto nové instrukce umožňovaly kombinovat data a přístupy k poli. Nové a kompaktní instrukce usnadnily tvorbu menších programů a zmenšení počtu přístupů do hlavní paměti, které byly značně pomalé. Zejména v 60. letech se užitím těchto instrukcí zrychlilo vykonávání operací a došlo i k šetření výdajů na počítačové paměti a disková úložiště. Kompaktnost nových instrukcí značně zvýšila produktivitu programování v jazyce symbolických adres i ve vysokoúrovňových jazycích (Fortran, nebo Algol).

V 70. letech 20. století se analýzou vysokoúrovňových jazyků ukázala nutnost implementovat některé části

strojového kódu – cílem bylo vytvořit nové instrukce, které zlepší výpočetní výkon. Byly vytvořeny a přidány některé instrukce, které nebyly pro jazyk symbolických adres původně zamýšleny, ale které velmi dobře pracovaly s vysokoúrovňovými jazyky. Kompilátory byly aktualizovány pro použití těchto nových instrukcí. Výhody sémanticky košatých instrukcí s kompaktním kódováním jsou využity v moderních procesorech, zejména v jejich cache, protože jejich kód je kratší a snadněji se do cache vejde.

#### **6.4.2.1.3 Stránka designu**

Některé návrhy se vyznačují vysokou programovou propustností, nízkou cenou a také tím, že umožňují vyjádření vysokoúrovňových konstrukcí menším počtem instrukcí - tento přístup však není vždy vhodný. Jako ilustraci lze uvést užití nenáročné verze architektury, která je charakteristická malým množstvím hardwaru. U této architektury bylo možné dostat se do situace, kdy se výkon dal zvýšit použitím sekvence jednodušších instrukcí. Takový přístup však měl jeden hlavní nedostatek - návrháři navrhli některé instrukce jazyka symbolických adres tak, že jejich funkce nebylo možné implementovat na základním hardwaru, který byl k tomu k dispozici. Příkladem bylo provedení nastavení registru, nebo místa v paměti, jenž bylo zřídka užíváno, přes vnitřní, nebo vnější sběrnici. Takováto činnost by vždy vyžadovala zvláštní cykly navíc.

I ve vyvážených high-performance návrzích s vysokoúrovňovými instrukcemi je komplikované dekodování a efektivní vykonávání v omezeném souboru tranzistorů. Takové architektury tedy vyžadují velké množství práce v návrhu procesoru zejména v případě, že nejde užit jednodušší, ale také typicky pomalejší řešení založené na dekodovací tabulce, nebo mikrokódu.

V moderním kontextu se pro komplikované, ale proveditelné sestavení superskalární implementace CISC programovacího modelu (Pentium, nebo Cyrix 6x86) užívá kódování s proměnnou délkou instrukcí. Úroveň paralelismu instrukcí, jenž jsou vytěžovány z kódu, může být limitována častými přístupy do paměti pro operandy, přestože je to prováděno rychlou cache. Zásadou "kompaktních" a sémanticky bohatých instrukcí je průměrný počet operací vykonaných na kódovou jednotku (na byte, nebo bit) pro CISC vyšší, než RISC procesor, což může být značnou výhodou v implementaci založené na moderní cache.

Tranzistory logiky a mikrokódu jsou nyní běžně dostupné, pouze velké a rychlé cache paměti jsou limitovány maximálním počtem tranzistorů. Počet tranzistorů CISC dekodérů neroste exponenciálně jako počet tranzistorů na procesoru. Vyrůstající počet tranzistorů spolu s novými nástroji a technologiemi, vedou k implementaci návrhů s proměnnou délkou bez omezení load-store (mají ho RISC procesory). Těmito prostředky je na jedné straně umožněna opětovná aplikace starších architektur (například všudypřítomný x86), na druhé straně užití nových návrhů mikrokontrolerů pro embedded systémy. Superskalár je v případě moderní x86 řešení dynamicky vydávanými a bufferovanými mikrooperacemi (Pentium Pro a AMD K5).

#### **6.4.2.1.4 Označení CISC a RISC**

Označení CISC a RISC přestalo mít význam s pokračujícím vývojem obou typů procesorů. První implementací typu x86 s vysokým pipeliningem byl 486 od Intelu, AMD, Cyrixu a IBM, který podporoval každou instrukci, jenž podporoval jeho preprocesor. Maximální výkonnosti dosahoval pouze s velmi jednoduchým x86 subsetem, který byl jen o něco více než typická RISC instrukční sada (bez typických RISC load-store omezení). Generace procesorů Intel P5 Pentium byla superskalární verzí založenou na těchto principech. Moderní x86 procesory dekodují a rozdělují instrukce do dynamických sekvencí mikrooperací, které nejen pomáhají vykonávat větší skupiny instrukcí metodou pipelingu, ale také podporují pokročilejší paralelismus kódového streamu, pro ještě větší výkon.

#### **6.4.2.1.5 Rozdíl CISC a RISC**

Široká instrukční sada procesorů CISC usnadňuje jejich programování, protože není některé operace nutné rozepisovat (například násobení), avšak ve strojovém kódu (nebo v jazyce symbolických adres) se dnes programuje jen minimálně. Složitost CISC procesorů vede k problémům při výrobě (velká spotřeba materiálu, větší pravděpodobnost vady, komplikovaný návrh, problémy s vysokými frekvencemi, pipelining, cache atd).

Typickými zástupci koncepce CISC jsou procesory rodiny Motorola 68000 a procesory postavené na architektuře Intel x86.

#### 6.4.2.1.6 CISC s mikrokódem

V současné době jsou některé CISC procesory konstruovány interně jako procesor RISC (jehož hardwarová výroba je jednodušší, snadněji se implementuje pipelining atd.). Tento interní mikroprocesor operuje s tzv. mikroinstrukcemi, pomocí nichž jsou interpretovány běžné strojové CISC instrukce (tzv. mikrokód). Jedna CISC instrukce je tak provedena jako několik elementárních RISC mikroinstrukcí. Takové CISC procesory jsou tak vlastně malé počítače řízené vlastním programem.

Mikrokód je u procesorů Intel (Pentium Pro a novějších) možné nahrazovat, čehož využívají výrobci procesorů k opravě chyb. Nový mikrokód se musí po každém zapnutí nahrávat znovu, protože je uložen ve volatilní paměti a mikroprocesor se po vypnutí vrací ke svému původnímu mikrokódu. K aktualizaci mikrokódu může být použit BIOS (v rámci POST testů po zapnutí počítače) nebo je možné ho nahradit i později (ovladač CPU v Microsoft Windows, nástroj microcode\_ctl v Linuxu[1]).

#### 6.4.2.2 PA-RISC

PA-RISC je mikroprocesorová architektura vyvinutá společností Hewlett-Packard pro použití v serverech a integrovaných kancelářských systémech. Používá technologii RISC (Reduced Instruction Set Computing), PA v názvu označuje zkratku Precision Architecture („přesná architektura“). PA-RISC je také znám pod názvem HP/PA (Hewlett Packard Precision Architecture).

Koncem 80. let 20. století sestavila firma HP čtyři řady počítačů pracujících na různých CISC procesorech. Série HP VECTRA, vyráběná od roku 1986, byla osazena procesory Intel i286. Všechny ostatní modely využívaly CPU jiného výrobce. Mezi nimi byly modely HP Série 200 (1981) a HP 9000 Série 300 (1985) založené na procesoru Motorola 68000. (Po převzetí Apollo Computer v roce 1989 byla sestavena další série založená na M68000 označena HP Apollo 9000 Série 400 (1990)).

Nejbližší samostatná konstrukční řada byla série HP 300 (1978), integrovaný multiuživatelský počítač, který byl založen na Silicon on sapphire (SoS, „křemík na safíru“) a operačnímu systému Amigo/300. Také první konstrukční řada HP série 3000 (1972) se zakládala na SoS a operačním systému MPE. Konečná verze byl model HP 9000 Série 500 (1982), který byl použit u minipočítačů, který využíval (16 a 32 - bitový) FOCUS CPU vlastní výroby. Všechny HP systémy nepodporující procesory Intel byly díky novému PA-RISC-Procesoru v roce 1988 sjednoceny na stejný design.

První PA-RISC procesory byly 32-bitové. Poprvé byly použity koncem 80. let v nových řadách HP 3000. Tyto stroje byly běžně známy pod názvem Spektrum, který dostaly ve vývojových laboratořích. Používaly operační systém MPE/iX. Počítače HP 9000 byly také upraveny na procesory PA-RISC a byl na nich použit HP-UX, verze operačního systému UNIX.

Mezi další operační systémy podporující procesory PA-RISC patří Linux, OpenBSD, NetBSD, NeXTSTEP a nevydaná verze Windows NT.

V roce 1996 došlo k dalšímu vylepšení návrhu, nová architektura PA-RISC 2.0 byla již plně 64-bitová. Další změnou bylo rozdělení cache pro instrukce na části podle toho, zda jednotlivé instrukce požadují dlouhé nebo krátké časy na dokončení úlohy.

#### 6.4.2.3 ARM

<https://cs.wikipedia.org/wiki/ARM>

ARM je označení architektury procesorů používaných díky své nízké spotřebě elektrické energie zejména v mobilních zařízeních (mobilní telefony, tablety). Globálně je v roce 2013 ARM nejpočetněji zastoupenou architekturou mikroprocesorů,[1][2][3] přičemž 60 % mobilních zařízení na světě obsahuje ARM čip. V roce 2013 bylo vyrobeno 10 miliard ARM procesorů, v roce 2014 už 50 miliard.[4] Vývoj ARM architektury započal v Británii ve firmě ARM Holdings v 80. letech 20. století.

##### 6.4.2.3.1 Historie

Firma ARM Holdings (dříve ARM Limited) používala dříve pro ARM architekturu obchodní název Advanced RISC Machine, původně pak Acorn RISC Machine. ARM architektura způsobila v několika směrech revoluci v informačních technologiích. Její návrh se řídí filosofií RISC, neméně pozoruhodné je, že první procesory ARM byly založeny na GaAs polovodičích, které dovolily na tehdejší dobu velmi vysoké taktovací frekvence. Rovněž

použitá 32bitová šířka slova nebyla v době vzniku ARMu samozřejmostí. První mikroprocesor s architekturou ARM byl navržen firmou ARM Limited v roce 1984.

Firma ARM Holdings časem ustoupila od výroby procesorů a místo toho se soustředila pouze na jejich vývoj. Schéma procesorů ARM je tedy "intelektuálním vlastnictvím" firmy ARM, která od výrobců hardware vybírá licence za jeho použití. Procesory ARM je dnes možné najít ve všech odvětvích spotřební elektroniky od PDA, mobilních telefonů, multimediálních přehrávačů, přenosných herních konzolí, kalkulaček až po počítačové periferie (pevné disky, routery). Procesory ARM mají ve svém výrobním programu desítky výrobců, ve spotřební elektronice se často používají např. procesory XScale od firmy Marvell, nebo OMAP od firmy Texas Instruments.

V roce 2007 byla architektura ARM zastoupena v 98 % z více než jedné miliardy každoročně prodaných mobilů [5]

Rostoucí význam architektury ARM, jejíž nejvýkonnější zástupci[6] dnes již mají dostatečný výkon i pro použití v jednodušších osobních počítačích byl pravděpodobně jedním z impulsů, které přiměly firmu Intel k vývoji "nízkopříkonových" procesorů Intel Atom. Podle jiných zdrojů byl Intel Atom odpovědí na úsporné mikroprocesory AMD Geode.

#### **6.4.2.3.2 Charakteristika**

Architektura ARM se nejvýrazněji uplatňuje v mobilních zařízeních (mobilní telefony, tablety) a ve vestavěných systémech (pevný disk, USB flash disk, Wi-Fi čipy, routery apod.). Nízká spotřeba energie při vysokém výpočetním výkonu má zásadní význam hlavně v zařízeních napájených bateriemi, avšak je velkou výhodou také u zařízení pracujících v náročných tepelných podmínkách. Nízkopříkonové procesory totiž nepotřebují složité a přitom relativně nespolehlivé chlazení.

#### **6.4.2.3.3 Charakteristika architektury ARM**

- přístup do paměti pouze instrukcemi Load/Store
- částečné překrývání vnitřních registrů
- možnost podmíněného vykonání instrukcí
- jednoduchý a výkonný instrukční soubor, jednoduše využitelné kompilátory vyšších programovacích jazyků

Procesory ARM podporují dva adresové módy. Můžeme adresovat buď prostřednictvím čítače instrukcí, nebo pomocí báze adresy uložené v jednom z vnitřních registrů. Do paměti lze přistupovat pouze instrukcemi Load/Store (Load-Store Architecture) výrazně zjednodušuje výkonnou jednotku (Execution Unit) procesoru, protože pouze několik instrukcí pracuje přímo s pamětí. Většina instrukcí pracuje s vnitřními registry.

ARM procesory podporují dvě úrovně priority přerušení s dvěma zaměnitelnými bankami registrů. Nejkratší doba provedení požadavku na přerušení je poskytována režimem rychlého přerušení FIQ (Fast Interrupt Request). Druhý typ přerušení je IRQ (Interrupt Request), který se používá pro obsluhu přerušení nevyžadujících extrémně krátké doby odezvy nebo v případě, že vlastní obsluha přerušení je oproti době reakce procesoru mnohonásobně delší.

#### **6.4.2.3.4 Architektura procesoru ARM**

Procesor ARM obsahuje 44 základních instrukcí s jednotnou šířkou 32 bitů. V jednom taktu se vykonávají pouze instrukce pracující s aritmeticko-logickou jednotkou (ALU), s registry nebo s přímými operandy.

Procesor pracuje ve čtyřech základních režimech:

- uživatelský režim USR
- privilegovaný režim supervizora SUP
- privilegovaný režim přerušení IRQ
- privilegovaný režim rychlého přerušení FIQ

V procesoru je obsaženo 25 částečně se překrývajících 32bitových registrů (15 registrů je univerzálních a

zbývajících 10 má speciální funkce), z toho 16 registrů je v každém režimu činnosti programově přístupných.

#### 6.4.2.3.5 Specifika procesoru ARM

Jak bylo uvedeno, procesor obsahuje množinu částečně se překrývajících registrů, takže v případě přerušení nemusí být proveden kompletní úklid registrů. V případě režimu rychlého přerušení FIQ je zkrácení doby odezvy procesoru dosaženo použitím čtyř lokálních univerzálních registrů a jednoho registru s návratovou adresou. Tyto registry mohou obsahovat všechny ukazatele a různé čítače používané v jednoduchých procedurách obsluhy vstupů a výstupů, takže lze dobře dosáhnout velmi rychlého opakovaného přepínání procesoru mezi uživatelským režimem a režimem „rychlého přerušení“.

Procesor je dále schopen obsloužit následující přerušení:

- chyba v adresování (Address Exception Trap)
- chyba při čtení, nebo zápisu dat do vnější paměti (Data Fetch Cycle Aborts)
- chyba při čtení instrukce z vnější paměti (Instruction Fetch Cycle Aborts)
- přerušení programovými prostředky (instrukce SWI)
- nedefinovaný kód instrukcí (Undefined Instruction Traps)
- reset procesoru

Procesor poskytuje 26bitovou adresu lineární operační paměti, což umožňuje adresovat 64 MiB fyzické paměti. Odkaz na data mimo rozsah způsobí přerušení chyby adresování (Address Exception Trap).

## 6.5 x86

<https://cs.wikipedia.org/wiki/X86>

x86 je označení několika rodin instrukčních sad pro procesory navazující na 16bitový procesor Intel 8086. Označení x86 též definuje hardwarovou počítačovou platformu (architekturu) označovanou jako IBM PC kompatibilní. Protože byl termín „x86“ zaveden až po uvedení procesoru Intel 80386, typicky se při použití označení „x86“ předpokládá, že daný procesor je alespoň 32bitový (tj. 80386 nebo novější, protože tyto procesory jsou schopné zpracovávat strojové instrukce původního 16bitového režimu pro zajištění zpětné kompatibility). Aby byla tato skutečnost zdůrazněna, používá se též označení x86-32 (resp. IA-32) a pro současné 64bitové procesory pak x86-64 (též „x64“). V současné době proto „x86“ označuje tři architektury s třemi různými sadami strojových instrukcí, přičemž novější procesory jsou schopné pracovat v režimech, které za jistých podmínek dovolují zpracovávat strojový kód předchozích архитектур.

### 6.5.1 IBM PC

Architektura IBM PC byla použita v osobních počítačích od firmy IBM, které doznaly širokého rozšíření. Politika IBM v době, kdy uvažovalo o použití této architektury (konkrétně procesoru 8088) v IBM PC, vyžadovala alespoň dva zdroje čipů, proto v roce 1982 AMD podepsalo kontrakt s Intelem a stalo se licencovaným druhým výrobcem procesorů 8086 a 8088. Později pod stejným kontraktem vyrábělo 80286. Intel ovšem smlouvu v roce 1986 vypověděl a odmítl předat AMD technické detaily 80386.

Pahýl Tato část článku je příliš stručná nebo neobsahuje všechny důležité informace. Pomozte Wikipedii tím, že ji vhodně rozšíříte.

### 6.5.2 Registry x86

Architektura x86 se vyznačuje až extrémní asymetrií architektury: z jeho osmi aritmetických registrů nejsou žádné dva zcela zaměnitelné.

- aritmetické
  - AX – akumulátor (řada instrukcí ho má jako implicitní operand)
  - BX – bázeový registr (tj. určený pro adresaci)
  - CX – čítač (tj. určený pro počítání cyklů)
  - DX – rozšíření akumulátoru (někdy nazýván data register)
  - SI – source index – index pro zdroj (tj. pro čtení)
  - DI – destination index – index pro cíl (tj. pro zápis)

- BP – base pointer – určen jako ukazatel na záznam aktivní procedury na zásobníku (tím, že se implicitně spojoval s SS)
- SP – stack pointer – ukazatel vrcholu zásobníku
- segmentové
  - CS – segment kódu
  - DS – datový segment
  - ES – extra segment
  - SS – zásobníkový (stack) segment
- registr IP (instrukční pointer neboli čítač instrukcí), vždy odkazovaný implicitně
- registr FLAGS (příznaky)

Všechny registry mají šířku 16 bitů. Kromě toho šlo přistupovat k registrům AX-DX po částech, tj. jen k dolním (AL-DL) a horním (AH-DH) osmi bitům. Architektura x86 má i skupinu instrukcí pro práci s řetězcí, kde jednotlivé instrukce zahrnují čtení nebo zápis z/do dohodnutých dvojic registrů (segmentu a indexu) – čtení většinou z DS:SI a zápis do ES:DI.

### 6.5.3 Režimy procesoru

#### 6.5.3.1 Reálný režim

Reálný režim (někdy také nazývaný jako režim reálných adres) je používán u procesorů 8086 a pozdějších x86 kompatibilních procesorů. Ty jsou v tomto režimu s procesory 8086 plně kompatibilní. V tomto režimu je pro tvorbu adresy používáno 20 bitů. Maximálně tak lze adresovat paměť o velikosti 1 MiB. Paměťový prostor není přístupný jako jeden blok, ale je rozčleněn na čtyři segmenty: CS (code segment) pro paměť programu, DS (data segment) pro paměť dat, SS (stack segment) pro data zásobníku a vyhrazený ES (extra segment). Přístup ke všem částem operační paměti a perifériím je neomezený. Reálný režim neposkytuje hardwarovou podporu pro ochranu paměti či multitasking. Všechny procesory od 80286 výše používají reálný režim při startu počítače. Starší typy procesorů používají pouze jeden režim, který je s reálným režimem novějších procesorů prakticky identický.

#### 6.5.3.2 Chráněný režim

Chráněný režim poprvé zavádí procesor 80286 a rozšiřuje velikost adresy na 24 bitů, což umožňuje adresovat až 16 MiB paměti. Od procesoru 80386 je velikost šířky adresní sběrnice 32 bitů a je tak možné adresovat až 4 GiB. Hlavním rysem chráněného režimu je ochrana paměti, která procesům zabraňuje ovlivňování jim nepříslušejících částí paměti, což je řešeno pomocí segmentace paměti. Adresa je rozdělena na segment a offset. Segment je však pouze odkazem do tabulky selektorů. V té je každému segmentu přidělena báze adresy (24 bitů), úroveň oprávnění (8 bitů) a maximální velikost segmentů (16 bitů).

Pro přístup do paměti je u procesorů 80386 a vyšších ještě navíc v tomto režimu dostupné stránkování. Pomocí tohoto procesu je lineární adresa získaná po segmentaci ještě dále převáděna na fyzickou adresu (viz obrázek).

##### 6.5.3.2.1 Virtuální 8086 režim

Podrežimem chráněného 32bitového režimu je virtuální 8086 režim. Jedná se o hybridní režim, který umožňuje spouštět programy, které jsou určeny pro běh v reálném režimu při zachování výhod chráněného režimu (zejména ochrany paměti před ostatními procesy). Virtuální 8086 režim neexistuje pro 16bitový chráněný režim ani pro režim long. Paměť je přístupná pomocí segmentace, stejně jako v případě reálného režimu.

#### 6.5.3.3 64bitové režimy

Od roku 2002 je totiž zřejmé, že 32bitový adresní prostor architektury x86 omezuje výkon aplikací, které vyžadují přenos či zpracování velkých datových souborů. 32bitový adresní prostor totiž umožňuje adresovat přímo pouze 4 GiB dat (pro data procesu na platformě Windows NT to reálně znamená kvůli dalším omezením a designovým rozhodnutím pouze necelý 1 GiB prostoru), což aplikace pro zpracování obrazu či databázové systémy dnes hravě překonají. Při použití 64bitové adresy, je možné přímo obsloužit 16 777 216 TiB (nebo

také 16 000 000 000 GiB) dat, i když většina 64bitových systémů neumožňuje přístup do celého 64bitového adresního prostoru (například AMD64 podporuje aktuálně pouze 48 bitů, navíc rozdělených do čtyř úrovní).

Společnost AMD proto vyvinula novou 64bitovou instrukční sadu jako rozšíření stávající 32bitové (tj. x86) architektury. Původní označení bylo AMD64, později bylo označení kvůli neutrálnosti přejmenováno na x86-64 (instrukční sadu převzala i forma Intel). Tuto 64bitovou architekturu používaly rodiny procesorů Opteron, Athlon 64, Turion 64 a později i Sempron. Úspěch procesorů řady AMD64 společně s neúspěchem firmy Intel prosadit architekturu IA-64 přiměl firmu Intel k tomu, aby převzal instrukční sadu AMD64 (x86-64) do svých vlastních procesorů.

#### **6.5.3.3.1 64bitový režim long**

Režim long rozšiřuje šířku adresní sběrnice na 64 bitů. V tomto režimu běží jádro 64bitového operačního systému.

#### **6.5.3.3.2 64bitový režim kompability**

Pro zpětnou kompatibilitu s 32bitovými systémy disponují moderní 64bitové procesory ještě takzvaným 64bitovým kompatibilním režimem. V tomto režimu je pod 64bitovým operačním systémem možné spouštět programy vytvořené pro 32bitový procesor. Ne všechny programy mají totiž svou 64bitovou verzi a bez tohoto režimu by je nebylo možné v 64bitovém operačním systému vůbec spouštět. V tomto režimu však už nelze spouštět 16bitové programy v reálném režimu či režimu virtuální 8086, ty pod 64bitovým operačním systémem nelze spouštět přímo, v případě potřeby je nutné využít virtualizaci.

#### **6.5.3.3.3 Legacy mode**

64bitové procesory mohou také běžet ve zcela zpětně kompatibilním režimu, kdy na procesoru běží 32bitový nebo 16bitový operační systém a 32bitové či 16bitové programy. V takovém případě však nelze spouštět 64bitové programy.

## **6.6 IA-32**

<https://cs.wikipedia.org/wiki/IA-32>

IA-32 (zkratka z Intel Architecture, 32bit) je označení architektury 32bitových CISC procesorů, které se používají zejména v počítačích PC/AT kompatibilních. Prvním procesorem architektury IA-32 byl Intel 80386 a následovalo mnoho kompatibilních procesorů jiných firem. Předchůdcem architektury IA-32 byla 16bitová architektura (Intel 8086) a nástupcem 64bitová architektura x86-64

Firma Intel začala označení IA-32 používat až při přípravě architektury IA-64, dříve se používalo označení i386 (podle Intel 80386). Architekturu IA-32 je možné brát jako podmnožinu předchozí architektury x86, ale rozšíření, která procesor 80386 přinesl (především stránkování paměti, ochrana paměti, privilegovaný režim, 32bitové registry), byla natolik významná, že ji označujeme za další architekturu.

Nejprve byly procesory pojmenovávány prostě svými čísly v produkční řadě. Taková jména ovšem není možné chránit copyrightem, proto se Intel rozhodl pro překlad do řečtiny a pojmenoval další procesor Pentium.

### **6.6.1 Omezení adresního prostoru**

Procesory architektury IA-32 mají adresní registr délky 32 bitů, takže mohou najednou adresovat až 4 GiB paměti RAM. Velmi brzo se ukázalo, že adresní prostor je silně omezen, a proto firma Intel v roce 1995 v procesoru Pentium Pro uvedla rozšíření PAE (Physical Address Extension), které umožňuje adresovat až 64 GiB RAM s tím, že z důvodu zpětné kompatibility je adresní registr stále 32bitový, avšak je možné si vybrat, jaká část paměti je zpřístupněna

### **6.6.2 Kompatibilní procesory**

Po úspěchu procesorů architektury x86 a tohoto procesoru se do výroby kompatibilních procesorů pustily i další firmy. V průběhu vývoje AMD koupilo NexGen (procesor AMD K6 navazoval spíše na NexGen Nx586 než na AMD K5) a později i Cyrix, aby rozšířilo svoji řadu x86 procesorů.

S potřebou vyššího výkonu se začaly projevovat nevýhody komplikovanosti této architektury. Protože přejít na jinou architekturu nebyla reálná možnost, byly pozdější procesory stavěny vlastně ze dvou částí: jedné, která překódovávala instrukce i386 do jiné, RISCové architektury, a druhé, která instrukce této RISCové

architektury zpracovávala s využitím instrukčního paralelismu, spekulativního vyhodnocování a dalších pokročilých metod.

### 6.6.3 Registry i386

Procesor 8086 měl pouze 16bitové registry, tzn. neměl jejich 32bitová rozšíření charakterizovaná předponou E. Tato 32bitová rozšíření se objevila až u procesorů 80386.

Registry procesorů i386 se dají rozdělit mnoha způsoby, zde najdete jedno z nejpoužívanějších

#### 6.6.3.1 Univerzální

Tyto registry jsou 32bitové s možností přístupu buď k celému registru, nebo k jeho spodním 16 bitům, nebo k vyššímu a nižšímu bajtu spodních šestnácti bitů. K horním 16 bitům registru přistupovat nejde.

Například k registru EAX lze přistupovat 32bitově (přístup k celému registru), nebo 16bitově k jeho spodní polovině (tato část se nazývá registr AX). Vyšších 8 bitů registru AX se nazývá registr AH (chová se jako osmibitový registr), jeho nižších 8 bitů se nazývá AL. Obdobně se chovají všechny ostatní univerzální registry (EBX – BX – BH – BL, ...).

Univerzální registry může programátor využít jakkoli, zároveň má každý z nich nějakou zvláštní funkci:

- EAX – akumulátor (řada instrukcí ho má jako implicitní operand)
- EBX – bazový registr (tj. dá se využít pro adresaci)
- ECX – čítač (tj. určený pro počítání cyklů)
- EDX – rozšíření akumulátoru

#### 6.6.3.2 Indexové

Tyto registry slouží primárně pro adresaci v paměti. Jsou 32bitové, lze však samostatně přistupovat k jejich spodním 16 bitům (ty tvoří 16bitové registry). Např. spodních 16 bitů registru ESI se nazývá registr SI.

- ESI – source index – index pro zdroj (tj. pro čtení)
- EDI – destination index – index pro cíl (tj. pro zápis)
- EBP – určen jako ukazatel na záznam aktivní procedury na zásobníku (tím, že se implicitně spojoval s SS)
- ESP – ukazatel vrcholu zásobníku
- EIP – ukazatel kódu následující instrukce. Nelze k němu přímo přistupovat (jen pomocí instrukcí skoků)

#### 6.6.3.3 Segmentové

Slouží k ukládání adresy segmentu – pomocí nich se adresuje paměť. Jejich viditelná (přístupná) část je pouze 16bitová.

- CS – segment kódu
- DS – datový segment
- ES – extra segment
- SS – zásobníkový (stack) segment
- FS a GS – přibýly u novějších procesorů. Nemají zvláštní název (písmena byla vybrána podle abecedy pro doplnění řady CS, DS, ES, FS, GS)

#### 6.6.3.4 EFLAGS

Registr příznaků, je 32bitový, jeho spodních 16 bitů se nazývá FLAGS. Ukládají se do něj informace o stavu procesoru, úspěšnosti provedených instrukcí, atd.

## 6.7 x86-64

<https://cs.wikipedia.org/wiki/X86-64>

x86-64 (též AMD64, EM64T, IA-32E) je označení generace 64bitových procesorů pro počítače IBM PC kompatibilní. Procesor je zpětně kompatibilní s 32bitovou (viz IA-32) a 16bitovou architekturou (viz x86), a proto se na IBM PC prosadil. Hlavní výhodou nastupujícího 64bitového režimu je odstranění limitu přímé dostupnosti paměti nad 4 GiB operační paměti RAM, ale i podpora NX bitu a vyšší rychlost 64bitových aplikací. Procesory jsou obdobně jako předchozí generace realizovány interně jako RISCová architektura emulující pomocí mikrokódu architekturu CISC.

V novém 64bitovém režimu jsou použity strojové instrukce, které pracují se 64bitovou adresou, takže je teoreticky možné využívat až 264 Bajtů operační paměti RAM, avšak reálně procesor podporuje 248 Bajtů = 256 TB.

### 6.7.1 Vývoj

Architektura AMD64 byla vyvinuta společností AMD jako alternativa k radikálně odlišné architektuře IA-64, kterou se snažila prosadit dvojice Intel a Hewlett-Packard.[1] AMD64 byl evoluční krok CISC architektury podobný nástupu 32bitové architektury IA-32 na rozdíl od architektury IA-64 (procesor Itanium), která byla pokusem o prosazení nové zpětně nekompatibilní 64bitové architektury typu RISC. Jako první bylo na novou architekturu adaptováno jádro Linuxu v roce 2001 (ještě před fyzickou dostupností procesorů).[2][3] Jako první byl s podporou x86-64 v roce 2003 na trh uveden procesor Opteron. Původní označení x86-64 bylo společností AMD změněno na AMD64,[4] zatímco Intel používá u svých procesorů označení EM64T a IA-32E[5] a VIA „64-bit processors in VIA's x86 platform“.[6] Microsoft technologii nazývá „64-bit extended systems“ nebo x64.[5]

### 6.7.2 Základní rozšíření

Kvůli zpětné kompatibilitě je rozšíření realizováno jako další módy procesoru. K reálnému, chráněnému a V86 módu i386, nyní zvanými 'Legacy' (zděděné) módy, přibýly dva 'Long' (dlouhé) módy: '64bitový' a 'kompatibilní'. Procesor je možné provozovat buď s 32bitovým jádrem operačního systému (kterým může být i systém určený pro i386) v Legacy módech, nebo s 64bitovým jádrem v Long módech – jádro potom běží v 64bitovém módu a aplikace v 64bitovém nebo v kompatibilním.

Většina vylepšení architektury se týká pouze 64bitového módu, menšina i kompatibilního. Legacy módy nemají žádné vylepšení (na rozdíl od i386, kde byl vylepšen i starý reálný mód).

- Plná podpora 64bitových celých čísel – veškeré aritmetické i logické operace se provádí v 64 bitech.
- Rozšíření registrů – registry byly rozšířeny na 64 bitů (stále je přístupná 32bitová, 16bitová a 8bitová část).
- Rozšíření počtu registrů – k původní sadě 8 'general-purpose' registrů přibýlo dalších 8. To umožňuje držet více lokálních proměnných v registrech a tedy významně zrychluje aplikace. 16 registrů je ovšem stále málo v porovnání s RISCovými stroji. Zdvojnásoben z 8 na 16 byl i počet XMM registrů.
- Rozšíření virtuálního adresového prostoru – současné implementace AMD64 mohou adresovat 256 terabyte (248), v budoucnu bude možné to rozšířit na 16 exabyte (264). Pointerová aritmetika běží v 64 bitech, omezení je dáno metodou překladu virtuálních adres na fyzické.
- Rozšíření fyzického adresového prostoru – současné implementace AMD64 mohou adresovat 1 terabyte (240) RAM, architektura povoluje rozšíření na 4 petabyte (252). V legacy módech je podporováno PAE (rozšíření fyzických adres), stejně jako na moderních procesorech architektury i386, umožňující přístup k 64 GiB.
- Adresace relativní k ukazateli instrukce – adresace relativní k RIP zvyšuje efektivitu kódu nezávislého na pozici používaného ve sdílených knihovnách.
- SSE instrukce – součástí architektury je povinná implementace rozšíření procesorů i386 SSE a SSE2 pro výpočty v pohyblivé řádové čárce. Podpora SSE3 byla přidána dodatečně.
- Bit No-eXecute (nespustitelné) – stránku paměti je bitem NX možné označit jako obsahující pouze data a zabránit tak spuštění kódu z dané stránky. Tato vlastnost umožňuje chránit systém před většinou buffer overrun (přetečení bufferu) chyb, které se často zneužívají k útoku.
- Odstranění starších vlastností – v Long módech procesor nepodporuje některé méně používané vlastnosti i386, jako je segmentace paměti (částečně stále fungují registry FS a GS), TSS nebo v86

Režim procesoru		Potřebný operační systém	Nutno znovu přeložit stávající programy	Výchozí velikost adresy	Výchozí velikost operandu	Je k dispozici 64bitové rozšíření registrů	Typická šířka registru
Nové režimy	64bitový Long	64bitový OS	ano	64	32	ano	64
	Režim kompatibility		ne	32	32	ne	32
				16	16		16
Dosavadní režimy	Chráněný režim	Klasický 16 nebo 32bitový OS	ne	32	32	ne	32
				16	16		16
	Virtuální 8086 režim			16	16		16
	Reálný režim	Klasický 16bitový OS					



## ODKAZ NA LITERATURU

Horák J. Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Meyer M. Osobní počítač. Computer Press, Praha, 2006. ISBN 9788025108345.

Winkler P. Velký počítačový lexikon. Computer Press, Praha, 2005. EAN 9788025123317..

Dembowski K. Mistrovství v Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Messmer H.P., Dembowski K. Velká kniha hardware. Computer Press, Brno, 2005. 1224 s.

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Strojov%C3%A1\\_instrukce](https://cs.wikipedia.org/wiki/Strojov%C3%A1_instrukce)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Architektura\\_procesoru](https://cs.wikipedia.org/wiki/Architektura_procesoru)

<https://cs.wikipedia.org/wiki/RISC>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/CISC>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/ARM>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/X86>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/IA-32>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/X86-64>

## 7 PAMĚTI



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- rozumět funkci paměti
- klasifikovat typy pamětí
- popsat správu paměti
- rozumět funkci cache



### KLÍČOVÁ SLOVA

Paměti, obecné rozdělení pamětí, typy pamětí v počítači, obecné parametry pamětí. Polovodičové paměti typu ROM/RWM: typy, charakteristické parametry, princip fungování, využití. Moduly operační paměti: typy a vývoj. Rychlé vyrovnávací paměti: využití, principy činnosti. SSD - výrobní technologie, princip činnosti.

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Počítačová\\_paměť](https://cs.wikipedia.org/wiki/Počítačová_paměť)

## 7.1 Počítačová paměť

Pojmem paměť se ve výpočetní technice označují fyzická zařízení, používaná k ukládání programů (posloupností instrukcí) nebo dat (např. informací o stavu programu) pro okamžitou nebo trvalou potřebu v počítači nebo jiném digitálním elektronickém zařízení. Termín vnitřní paměť nebo také primární paměť se používá pro informace uložené ve fyzických zařízeních, fungujících ve vysokých rychlostech (tj. RAM). Naproti tomu vnější paměť nebo také sekundární paměť označuje taková fyzická zařízení pro ukládání programů a dat, která mají pomalou přístupovou dobu, ale nabízejí vyšší paměťovou kapacitu. Vnitřní paměť uložená ve vnější paměti se nazývá "virtuální paměť". Starší synonymum pro paměť je úložiště.[1]

Termínem "paměť" ve smyslu vnitřní paměti se často označuje adresovatelná polovodičová paměť (tj. integrované obvody složené z křemíkových tranzistorů), která má mimo vnitřních pamětí i další využití v počítačích a jiných digitálních elektronických zařízeních. Polovodičová paměť se dělí na dva hlavní typy: energeticky závislou a energeticky nezávislou. Příklady energeticky nezávislé paměti jsou flash paměť (někdy využívaná jako vnější, někdy jako vnitřní počítačová paměť) a paměť ROM/PROM/EPROM/EEPROM (používaná pro firmware, například zaváděcí programy). Příklady energeticky závislé paměti jsou vnitřní paměť (typicky dynamická RAM neboli DRAM) a rychlá vyrovnávací paměť procesoru (typicky statická RAM neboli SRAM, která je sice rychlá, ale spotřebuje více energie a nabízí nižší paměťovou kapacitu na jednotku plochy než DRAM).

Většina polovodičových pamětí je uspořádána do paměťových buněk, tvořených bistabilními klopnými obvody, z nichž každý uchovává jeden bit (hodnotu 0 nebo 1). Flash paměti mohou být uspořádány do paměťových buněk s jedním bitem na buňku, nebo s několika bity v jedné buňce (tzv. víceúrovňová buňka). Paměťové buňky se seskupují do slov s pevnou délkou, například 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 nebo 128 bitů. Ke každému slovu se lze dostat pomocí binární adresy o délce N bitů, takže lze v paměti uložit celkem  $2^N$  slov. To znamená, že registry procesoru se běžně nepovažují za paměť, protože dokáží uložit pouze jedno slovo a nemají žádný adresovací mechanismus.

Termín paměťové médium se často používá k popisu vnějších pamětí, jako jsou pásky, magnetické disky a optické disky (CD-ROM a DVD-ROM).

### 7.1.1 Historie

Na začátku 40. let 20. století umožňovaly paměťové technologie většinou jen kapacitu několika bajtů. První elektronický programovatelný digitální počítač ENIAC používal několik tisíc osmikolíkových elektronek a dokázal provádět jednoduché výpočty se 20 desetimístními čísly, uloženými v elektronkových střadačích.

Další významný pokrok v oblasti počítačových pamětí nastal s příchodem pamětí s akustickou zpožďovací linkou, vyvinutých J. Presperem Eckertem na začátku 40. let 20. století. Pomocí skleněné trubice naplněné

rtutí a opatřené na obou koncích piezoelektrickým krystalem dokázaly zpožďovací linky zapisovat bity informací pomocí krystalu tak, že je přenášely zvukovými vlnami, šířícími se ve rtuti. Aby mohla spolehlivě fungovat, měla paměť se zpožďovací linkou omezenou kapacitu v řádu několika set tisíc bitů.

V roce 1946 se objevily dvě alternativní řešení zpožďovacích linek, Williamsova trubice a Selectron, které obě využívaly pro ukládání dat elektronový paprsek ve skleněné trubici. Williamsova trubice využívala katodovou obrazkovou trubici a byla první pamětí s přímým přístupem.

Na konci 40. let 20. století začaly snahy o vývoj energeticky nezávislých pamětí. Jay Forrester, Jan A. Rajchman a An Wang vyvinuli feritovou paměť, která umožňovala obnovení obsahu paměti po ztrátě napájení. Feritové paměti se staly hlavním typem používané paměti až do vynálezu paměti na bázi tranzistorů koncem 60. let.

Vývoj technologie a masová výroba umožnily nástup takzvaných "počítačů s velmi velkou pamětí".[2]

Termín "paměť" v oboru počítačů obvykle označuje paměť s přímým přístupem neboli RAM.

### 7.1.2 Přehled

Základní jednotkou ukládané informace je jeden bit (zkratka z binary digit), jedna dvojková číslice. Tato číslice může nabývat dvou hodnot, které nazýváme logická nula a logická jednička. Logická hodnota bitu může být reprezentována různými fyzikálními veličinami:

- přítomnost nebo velikost elektrického náboje
- stav elektrického obvodu, zejména polovodičového, např. v otevřeném tranzistoru
- směr nebo přítomnost magnetického toku (pro kódování informace do magnetického toku se častěji používají složitější modulační), např. v magnetické vrstvě na disku nebo pásce
- různá propustnost nebo odrazivost světla, např. v CD-ROMu nebo v děrném štítku.

Pro správnou funkci paměti je třeba řešit kromě vlastního principu uchování informace také lokalizaci uložených dat. Mluvíme o adrese paměťového místa, kde adresa je obvykle opět číselně vyjádřena.

Paměti lze dělit z několika hledisek:

1. energetická závislost
  - a. paměti vyžadující pro zachování informace přísun energie - zejména paměti typu RAM,
  - b. paměti nevyžadující pro zachování informace přísun energie, např. HDD, FDD, optické disky nebo EEPROM,
2. režim práce s informací
  - a. paměti umožňující pouze čtení informace, např. paměti ROM, CD, DVD nebo BluRay,
  - b. paměti umožňující opakované čtení informace ale pouze jedno zapsání informace, např. paměti PROM, CD-R, DVD+-R,
  - c. paměti umožňující opakované čtení i zápis informace, např. paměti EPROM, HDD, FDD, CD-RW nebo DVD-RW
3. fyzikálního principu
  - a. retence náboje, zejména v polovodičové paměti založené na tranzistorech,
  - b. změna orientace remanentní magnetické indukce, např. v HDD, FDD, ZIP a v JAZ,
  - c. vychýlení laserového svazku, jako u CD, DVD nebo BluRay,
  - d. rozklad materiálu - typicky optické disky umožňující jeden zápis, jako CD+-R a DVD+-R
  - e. fázová transformace materiálu, jako v přepisovatelných optických discích typů CD-RW, DVD-RW, DVD-RAM, P-RAM/C-RAM/PC-RAM
  - f. spintronika
4. přítomnosti pohyblivých segmentů
  - a. statická media - "polovodičové paměti"
  - b. rotující media, např. HDD, FDD, optické disky,
5. "provedení"

- a. autonomní paměť, zpravidla "polovodičové paměti",
  - b. mechanika se vkladacím médiem, např. optické disky)
- 6. odolnosti vůči:
  - a. mechanickým šokům (vibrace)
  - b. teplotě
  - c. elektro-magnetickým polím
  - d. energetickému záření
- 7. praktických parametrů
  - a. rychlost
  - b. kapacita
  - c. cena za bit
  - d. spolehlivost
  - e. doba opotřebení, počet cyklů R/W

Podle materiálu a fyzikálních principů

- magnetická paměť – založené na magnetických vlastnostech materiálu, informaci uchovává směr magnetizace.
- polovodičová paměť – využívá vlastností polovodičových tranzistorů, buď se realizují klopnými obvody (technologie TTL), nebo obnovováním elektrického náboje (CMOS)
- optická paměť – využívá optických vlastností materiálu, např. odraz světla.
- magnetooptická paměť – využívá změny orientace remanentní magnetické indukce po ohřevu materiálu
- feritová paměť – jako nosič jednoho bitu je používáno feritové jádro o rozměru cca 0,8 mm, magnetická orientace se překlápí proudovým impulsem (zastaralé)
- paměť se zpožďovací linkou – využívá pomalejšího průchodu vlny speciálním prostředím

Režim činnosti polovodičových pamětí

- dynamické – informace se musí periodicky obnovovat cyklem čtení, náročnější na řídicí logiku
- statické – informace zůstává uchována i bez obnovování, mají vyšší cenu za bit

Podle závislosti na napájení

- napěťově závislé (volatilní) – pro uchování a přístup k informacím potřebuje paměť napájecí napětí, při odpojení se informace ztrácí
- napěťově nezávislé (nevolatilní) – potřebuje napájení pro činnost (čtení, zápis), ale při odpojení napájení se informace uchová

Podle přístupu

- RAM (Random Access Memory) – s libovolným přístupem, doba přístupu k obsahu není závislá na umístění (adrese). Počítačové disky jsou považovány za paměti typu RAM, i když to není přesné.
- sekvenční – doba přístupu k obsahu je závislá na umístění, například páska
- asociativní – adresovaná obsahem, adresou je klíčová hodnota ukládaná s informací
- sériový – například fronta FIFO (to sem asi nepatří)

Podle schopnosti zápisu

- RWM (Read Write Memory) – Paměť pro zápis i čtení (Termín RAM obvykle označuje tento typ paměti - název RWM se neuchytil).
- ROM (Read Only Memory) – Paměť pouze pro čtení. Informace je do paměti uložena jednorázově při výrobním procesu.
- PROM (Programmable Read Only Memory) – Paměť se vyrobí bez informace a pomocí speciálního zařízení (programátor) si ji naprogramuje uživatel.

- EPROM (Eraseable Programmable Read Only Memory) – Paměť je možné vymazat speciálním způsobem (např. ultrafialovým zářením) a znovu přeprogramovat.
- WMM (Write Mostly Memory), někdy uváděna jako WOM (Write Only Memory) – Při provozu je používána jen pro zápis, informace je čtena jednorázově na konci provozního cyklu. Mívá speciální využití (černá skříňka).
- WOM (Write Only Memory) – Nerealizované nesmyslné zařízení, jež se stalo součástí inženýrského folklóru.
- EEPROM (E2PROM) (Electric Erasable PROM) – Obdoba EPROM, mazání však probíhá pomocí elektrického „impulsu“, maže se buňka po buňce. Počet zápisů je omezen – cca 1000 přepisů.
- Flash EPROM (Paměť EPROM s rychlým mazáním) – Obdoba EEPROM, mazání však probíhá po blocích buněk. Lze ji smazat pouze celou (1ms) nebo po částech – ne po jednotlivých buňkách. Počet zápisů je přibližně 100 000.

Všechny paměti xROM jsou statické a nevolatilní – jednou zapsaná informace zůstává trvale uložena. Volatilita je schopnost paměťové buňky udržet si informaci i bez napájení.

Podle určení (podle toho, jestli je součástí přístroje anebo se k němu připojuje - kabelem, konektorem)

#### 1. Vnitřní paměť (primární)

- Akumulátor
  - registr v procesoru o velikosti délky slova CPU (8, 16, 32, 64 bitů)
  - může být rychlejší než ostatní registry (kratší kód instrukcí)
  - s akumulátorem pracuje většina instrukcí (aritmetické a logické operace)
- Registry procesoru
  - několik (až desítky) registrů
  - součást procesoru
  - ukládání operandů a výsledků aritmetických a logických operací
  - nejrychlejší paměť připojená k procesoru (stejně rychlá, jako procesor)
- Cache
  - pro urychlení komunikace s pamětí
  - rychlá statická paměť
  - u novějších procesorů velikost stovky kB až MB
  - více úrovní, přičemž číslo určuje vzdálenost od procesoru
    - L1 – typicky přímo na procesoru
    - L2 – například na destičce s procesorem (tzv. boxované procesory)
    - L3 – na základní desce
  - write through – data se zapisují ihned (čeká se na dokončení zápisu)
  - write back – data se zapisují později (na dokončení zápisu se nečeká)
- Operační paměť RAM
  - pomalejší než procesor, rychlejší než vnější paměti
  - velikost desítky až stovky MB (až GB)
  - ve von Neumannově architektuře počítače použita pro program i pro data
  - typicky dynamická paměť

#### 2. Vnější paměť

- Sekundární paměti
  - Pevný disk
  - je na nich systém souborů (struktura adresářů)
  - obsahuje obvykle statickou nebo dynamickou cache pro urychlení čtení/zápisu
- Terciární paměti
  - zařízení k zálohování dat

- CD a DVD, Optické disky, ...

Podle provedení (tvaru)

1. pásková paměť
2. disková paměť
  - a. disketa
  - b. pevný disk
3. CD-ROM, DVD
4. polovodičová součástka
  - a. flash paměť,
  - b. SIMM, DIMM.

### 7.1.3 Energeticky závislá paměť

Energeticky závislá nebo také volatilní paměť je počítačová paměť, která k udržení informace vyžaduje neustálé napájení. Většina moderních polovodičových energeticky závislých pamětí je buď statická RAM (viz SRAM), nebo dynamická RAM (viz DRAM). SRAM udrží svůj obsah, dokud je připojené napájení, je jednoduchá na obsluhu, ale používá šest tranzistorů na jeden bit. Dynamická RAM je náročnější na obsluhu a řízení a potřebuje pravidelné obnovovací cykly, aby neztratila svůj obsah. DRAM ovšem používá pouze jeden tranzistor a jeden kondenzátor na jeden bit, což umožňuje dosáhnout vyšších hustot, a díky vyššímu počtu bitů na paměťovém čipu také mnohem nižší cenu za bit. SRAM se nevyplatí používat pro systémovou paměť osobních počítačů, kde dominuje DRAM, ale využívá se ve vyrovnávacích pamětech. SRAM se běžně používá v malých vestavěných systémech, které obvykle potřebují jen pár desítek kilobajtů paměti nebo méně. Mezi nastupující technologie energeticky závislých pamětí, které by mohly SRAM a DRAM nahradit nebo s nimi soupeřit, patří Z-RAM, TTRAM, A-RAM a ETA RAM.

### 7.1.4 Energeticky nezávislá paměť

Energeticky nezávislá nebo také nevolatilní paměť je počítačová paměť, která dokáže uchovat uloženou informaci, i když není napájena. Mezi příklady nevolatilní paměti patří paměť pouze pro čtení (viz ROM), flash paměť, většina typů magnetických počítačových paměťových zařízení (např. pevný disk, disketa a magnetická páska), optické disky i první metody ukládání počítačových dat jako třeba děrná páska a děrný štítek. Mezi nastupující technologie energeticky nezávislých pamětí patří FRAM, CBRAM, PRAM, SONOS, RRAM, NRAM a paměti racetrack a millipede.

## 7.2 Správa paměti

Správa paměti (anglicky memory management) je soubor metod, které operační systém používá při přidělování operační paměti jednotlivým procesům, které jsou v počítači spuštěny. Může zajišťovat i následné uvolňování paměti (když už proces paměť nepotřebuje), nastavovat ochranu paměti a eventuálně i správu adresace paměti. Všechny tyto činnosti v operačním systému zajišťuje modul správy paměti. Pro některé z výše uvedených úkolů je obvykle nutná hardwarová podpora uvnitř procesoru.[1]

Garbage collection je automatizovaná správa paměti, která je součástí programu nebo jeho běhového prostředí a umožňuje automaticky uvolňovat již nepoužívanou paměť (na rozdíl od „ruční“ správy paměti, čímž se myslí volání příslušné funkce v programu).

Je-li operační paměť reprezentována pamětí s přímým přístupem, označujeme adresový prostor jako fyzický adresový prostor (FAP). Velikost tohoto prostoru je omezena buď fyzickou velikostí paměťových modulů nebo velikostí adresy, tj. adresa o velikosti  $n$  bitů umožňuje adresovat  $2^n$  na  $n$ -tou paměťových míst.

Jednodušší procesory umožňují adresovat pouze paměť s přímým přístupem, tedy adresovat pouze fyzický adresový prostor. V dnešní době většina procesorů umožňuje adresovat i tzv. logické adresové prostory. Jedná se o tzv. virtuální paměť. Jde v podstatě o speciální správu paměti, která umožňuje programům a aplikacím, přistupovat k místu na pevném disku stejně jako k operační paměti RAM, což umožňuje (na úkor snížení výkonu) snadno rozšířit kapacitu paměti počítače.

### 7.2.1 Úkoly správy FAP

- přidělování paměťových regionů na požádání procesů
- uvolňování paměťových regionů na požádání procesů
- udržování informací o obsazení adresového prostoru
- zabezpečení ochrany paměti – zabránění přístupu procesu k paměti mimo jeho přidělený region
- u víceúlohových systémů musí podporovat střídavý běh více procesů či v minimálním případě mu nesmí bránit

### 7.2.2 Historie

Počítače do 70. let minulého století disponovaly velmi malým množstvím paměti. Proto ani nároky na správu paměti nebyly vysoké, takže vlastně v podstatě ani žádná neexistovala. Později paměť přibývala a bylo v zájmu majitelů počítačů, aby byla co nejlépe využita. To vedlo ke snaze umisťovat do paměti počítače více programů a k následnému požadavku na oddělení jednotlivých částí paměti, aby si jednotlivé procesy ať už záměrně nebo omylem neškodily. V tomto okamžiku můžeme sledovat nástup skutečných operačních systémů a postupně i čím dál kvalitnější správy paměti, která byla podporována hardwarovou podporou uvnitř procesorů.

### 7.2.3 Metody přidělování paměti

Každý proces potřebuje ke svému běhu přidělení určité části operační paměti. Proto má každý operační systém modul správy paměti, který zajišťuje přidělování a ochranu paměti. Podle implementace modulu správy paměti rozlišujeme:

1. přidělování veškeré volné paměti
2. přidělování bloků paměti pevné velikosti
3. přidělování bloků paměti proměnné velikosti

#### 7.2.3.1 Přidělování veškeré volné paměti [*monolitická aplikační paměť*]

##### 7.2.3.1.1 Rozdělení paměti

Při přidělování veškeré volné paměti[1] je paměť rozdělena na dva bloky tj. na dvě souvislé části jež jsou určeny počáteční adresou. První blok je přidělen rutinám jádra operačního systému a jeho datovým strukturám – tzv. paměť jádra z anglického Kernel memory. Druhý je pak přidělován na požádání ostatním procesům – tzv. aplikační paměť z anglického Application memory. Paměť jádra sdílí všechny procesy, protože rutiny jádra včetně jeho datových struktur jsou využívány veškerými procesy při vykonávání služeb operačního systému. Aplikační paměť je soukromého charakteru, tedy přístup k ní má pouze vlastník.

##### 7.2.3.1.2 Princip činnosti

Je-li paměť volná, tzn. není alokována, je přidělena procesu celá bez ohledu na požadovanou velikost, přičemž nesmí přesáhnout velikost bloku. V případě obsazené paměti jiným procesem je požadavek na přidělení odmítnut. Toto zamítnutí může mít fatální důsledky pro proces žádající o paměť. K alokování paměti vlastně dochází jen při spuštění procesu a proces ji využívá po celou dobu svého životního cyklu. K uvolnění dojde po ukončení života procesu.

##### 7.2.3.1.3 Ochrana paměti

Ochrana paměti je zde realizována pouze v případě ochrany paměti jádra pomocí tzv. bazového registru. V praxi jde o znemožnění použití nižších adres než je báze. V registru je uložena báze bloku aplikační paměti a paměť jádra leží tedy před tímto blokem. Proces tedy ani nemůže adresovat paměť jádra. Registr se nastavuje pomocí privilegované instrukce, která se může volat pouze v režimu jádra.

##### 7.2.3.1.4 Využití

Tato strategie správy paměti se jeden čas používala ve víceúlohových systémech. Kdy byl tento princip jediného bloku v paměti rozšířen o možnost odkládání paměťového regionu do sekundární neboli odkládací paměti, např. pevný disk. Avšak obnova procesu z pevného disku je velice pomalá a proto je tato strategie v

dnešních systémech téměř nepoužitelná. Jak je asi pochopitelné, vzniká zde problém s nedostatečným využitím aplikační paměti. V praxi to znamená, že proces s malou velikostí zabere celou aplikační paměť.

- operační paměť ISIS-2
  - nejdříve OS, pak proměnné a buffery a pak program
- operační paměť CP/M
  - prvních 100h pro OS, pak paměť pro program a pak proměnné a buffery

### **7.2.3.2 Přídělování bloků paměti pevné velikosti [statická aplikační paměť] (Stránkování)**

OS MFT (Multitasking with Fixed number of Tasks). Aplikační paměť je při startu OS rozdělena na bloky, které lze alokovat samostatně. OS přidělí programu blok, jehož délka je větší nebo rovna nárokům tohoto programu. V paměti se může nacházet několik procesů současně. Jeden proces může zabírat i více nesouvislých bloků (bloky oddělené jiným blokem). Oproti tomu dochází k fragmentaci (špatné využití paměti), je potřeba znát nároky programu předem a u procesu, který má větší nároky než je velikost největšího bloku paměti nedojde k odstartování. Velikost s počtem bloků vycházejí z druhu aplikací, které mají být na daném operačním systému provozovány.

#### **7.2.3.2.1 Adresování**

Nelze předem stanovit, kde (na jaké adrese) bude program uložen → program musí být relokabilní.

- použití relokační tabulky
- použití básování a relativních skoků

#### **7.2.3.2.2 Adresový prostor procesu**

Většinou se skládá ze tří regionů: kódového, datového a zásobníkového regionu. Kódový region většinou obsahuje kód programu. Datový region nese statické data programu. Vyžaduje jak zápis, tak čtení, a v některých systémech může změnit svoji velikost. Zásobníkový region má charakter LIFO a jsou zde obsaženy lokální datové proměnné a návratové adresy funkcí.

#### **7.2.3.2.3 Ochrana paměti**

- Metoda mezních registrů – užití dvou mezních registrů (nastavuje OS), které uvádějí nejnižší a nejvyšší dostupnou adresu. V limitním registru procesoru je uložena hodnota aktuálního paměťového regionu. Hodnota lokální adresy se porovnává s hodnotou limitního registru. Pokud je tato hodnota větší, následuje vyvolání výjimky – proces se pokouší zapsat mimo region.
- Mechanismus zámků a klíčů – rozdělení paměti na stránky o pevné velikosti. Každé je přidělen zámek (celé číslo). Ve speciálním registru procesoru je klíč. Ty stránky, které mají stejnou hodnotu zámků jako je hodnota klíče, může proces používat.

### **7.2.3.3 Přídělování bloků paměti proměnné velikosti [dynamická aplikační paměť] (Segmentace)**

Paměť není rozdělena na pevné bloky, ale programu je při jeho startu přidělena paměť podle nároků. Neboli se přidělí celý volný blok a to, co nepotřebuje, program vrátí. Při alokaci se vyhledá opět první přípustný blok, pokud je jeho velikost rovna či blízká požadavku je blok použit celý. Když dochází k uvolnění bloků, je nutné provádět tzv. zcelování volných bloků. Vznikne-li souvislá řada 2 či 3 bloků jsou spojeny do jednoho.

#### **7.2.3.3.1 Metody výběru bloku**

- First fit – vybere se první blok kde je délka větší nebo rovna chtěné velikosti
- Last fit – přidělí se poslední vyhovující
- Worst fit – přidělí největší volný blok
- (exact- or) worst-fit

Vybere buď blok o stejné velikosti, nebo pokud takový neexistuje, největší existující

- first-fit

První z řady. Projíždíš pro každé číslo celou řadu a hledáš první hodnotu, do které se vejde

- best-fit

Vybere buď blok o stejné velikosti, nebo nejlépe padnoucí (s nejmenší možnou velikostí)

#### 7.2.3.3.2 Obsazení paměti

Je v tomto případě realizováno na počátku každého bloku, informace zde tvoří jakousi hlavičku.

#### 7.2.3.3.3 Ochrana paměti

- Metoda mezních registrů
  - paměť je rozdělena na bloky různých velikostí (segmenty)
  - každému programu je přiřazena bazová adresa (privilegovanou operací)
  - program pracuje s tzv. logickou adresou (offset)
  - program nesmí adresou offsetu přesáhnout jemu přidělený adresovatelný limit
  - při porušení ochrany → vnitřní přerušení (zařídí OS)
  - metoda mezních registrů se běžně používá v architektuře x86
- Stránkování
  - podporuje virtualizaci paměti, multitasking a sdílení paměti mezi procesy
  - proces pracuje s virtuální pamětí, jejíž velikost je rovna maximální možné adresovatelné hodnotě daného systému
  - paměť je rozdělena na bloky stejných velikostí (vyspělejší architektury ovšem podporují různé, avšak předem definované velikosti bloků; např. ARM)
  - každý proces dostane přidělenou tabulku (tzv. primární tabulku), ve které pevně daný počet položek definuje:
    - překlad každé virtuální adresy na fyzickou adresu, nebo odkaz na tabulku vyšší úrovně – existuje-li překlad takové stránky pro proces, je tato část povinná
    - příznak existence stránky (stránka může být uložena na externím úložišti, nebo pro proces neexistuje (výpadek stránky) → zařídí OS)
    - přístupové práva (čtení, zápis, stránka obsahující spustitelný kód)
    - příznak umožňující položky ze stránky ukládat do mezipaměti procesoru
    - a další...
- Mechanismus zámků a klíčů
  - paměť je rozdělena na bloky stejné velikosti (např. 4 KiB)
  - každému programu přidělíme zámek (celé číslo)
  - bloky patřící danému programu označujeme stejným číslem (zámek)
  - v CPU je speciální registr s číslem běžícího procesu programu (klíč)
  - CPU povolí jen typ operace s pamětí, kde zámek=klíč
  - při porušení ochrany → vnitřní přerušení (zařídí OS)
  - speciální klíč 0 slouží OS (bez ochrany)
  - nastavení registru s klíčem je privilegovanou instrukcí
  - zámkové jsou uloženy v operační paměti jako pole
  - metoda zámků a klíčů se používá dodnes

#### 7.2.4 Chyby při správě paměti

Nevhodná správa paměti je častou příčinou chyb.

- Při aritmetickém přetečení je výsledkem operace vyšší číslo, než jaké povoluje alokovaná paměť. Například 8-bitové celé číslo se znaménkem umožňuje uložit čísla od -128 do +127. Pokud máme hodnotu 127 a instrukci přičíst jedničku, počítač nemůže výsledné číslo 128 uložit do přiděleného

prostoru. V takovém případě dojde k nežádoucí operaci, například ke změně hodnoty čísla na -128 namísto správných +128.

- Únik paměti nastane, když si program vyžádá paměť od operačního systému, a po ukončení operace s pamětí už ji nevrátí zpátky. Program s touto chybou bude postupně vyžadovat více a více paměti, dokud neseleže z důvodu nedostatku paměti.
- K porušení ochrany paměti dochází, když se program snaží přistupovat k paměti, ke které nemá přístup povolen. Takový program bývá obvykle ukončen operačním systémem.
- Přetečení vyrovnávací paměti znamená, že program zapisuje data na konec svého alokovaného prostoru, a pak pokračuje v zápisu dat stále dál, do paměti, která už patří jiným programům. To může mít za následek chybové chování programu, včetně chyb přístupu do paměti, nesprávných výsledků, pádu programu nebo narušení bezpečnosti systému. Je tedy základem mnoha softwarových zranitelností a může být zneužito ke zlým úmyslům.

### 7.2.5 První počítačové systémy

V prvních počítačových systémech programy obvykle uvedly místo, kam chtějí zapisovat a jaká data chtějí zapsat. Místem se rozumělo fyzické umístění přímo v paměťovém hardwaru. Slabý výkon těchto počítačů nedovolovat složité systémy správy paměti, jaké se používají dnes. Protože většina takových počítačů byla jednoúlohová, složité systémy správy paměti nebyly ani tolik zapotřebí.

Tento přístup má svá úskalí. Pokud je určené umístění nesprávné, počítač zapíše data do jiné části programu. Následky takové chyby jsou nepředvídatelné. V některých případech mohou nesprávná data přepsat paměť používanou operačním systémem. Toho mohou využívat počítačové crackeři k tvorbě virů a škodlivého softwaru.

### 7.2.6 Virtuální paměť

Virtuální paměť znamená systém, ve kterém je všechna fyzická paměť řízena operačním systémem. Když program potřebuje paměť, vyžádá si ji od operačního systému. Operační systém pak rozhodne, na jakém fyzickém místě se bude přidělená paměť nacházet.

To má několik výhod. Počítačové programátoři se už nemusí starat o to, kde se paměť ve skutečnosti nachází, nebo zda bude mít uživatelův počítač dostatek paměti. Dovoluje to také používat více typů paměti. Část paměti může být například umístěna v RAM čípech, zatímco zbytek je uložen na pevném disku. Tím se výrazně zvýší množství paměti, které je programům k dispozici. Operační systém umístí aktivně používanou paměť do fyzické RAM, která je mnohem rychlejší než pevný disk. Když množství RAM nestačí pro všechny aktuálně spuštěné programy, může nastat situace, kdy počítač tráví více času přesouváním obsahu paměti z RAM na disk a zpět než plněním úkolů programu. Tomuto jevu se říká hluché stránkování.

### 7.2.7 Chráněná paměť

Chráněná paměť znamená systém, ve kterém má každý program přidělen k používání svou oblast paměti a nesmí se pohybovat mimo tento rozsah. Používání chráněné paměti významně zvyšuje jak spolehlivost, tak bezpečnost počítačového systému.

Bez ochrany paměti se může stát, že chyba v jednom programu pozmění obsah paměti používané jiným programem. Kvůli tomu pak tento jiný program používá data z poškozené paměti, což může mít nepředvídatelné následky. Pokud je poškozena paměť operačního systému, může havarovat celý počítačový systém a je nutné ho restartovat. Někdy programy pozmění obsah paměti používané jiným programem záměrně. Takto se chovají viry a škodlivý software, aby získaly kontrolu nad počítačem.

Systém ochrany paměti přiděluje programům jejich vlastní oblasti paměti. Když operační systém zjistí, že se program pokusil změnit paměť, která mu nepatří, je tento program ukončen. Tímto postupem zhavaruje pouze program, který chybu způsobil, a ostatní programy nejsou chybou zasaženy.

Systémy ochrany paměti téměř vždy obsahují i virtuální paměť

## 7.3 Cache

Cache (výslovnost: /kæʃ/ IPA,[1] počestěle /keš/ IPA[2]), česky mezipaměť, je označení pro vyrovnávací paměť

používanou ve výpočetní technice. Je zařazena mezi dva subsystémy s různou rychlostí a vyrovnává tak rychlost přístupu k informacím. Účelem cache je urychlit přístup k často používaným datům na „pomalých“ médiích jejich překopírováním na média rychlá. Příkladem „pomalého“ a rychlého média může být pevný disk a paměťový modul, kde rozdíl v rychlosti může činit až tři řády. Jindy může být pevný disk tím „rychlým“ médiem. „Pomalým“ médiem pak může být například obsah získávaný ze sítě. Cache byla vynalezena v první polovině 60. let 20. století.

### 7.3.1 Softwarová cache

Softwarová cache je vytvořená programově, vymezením určité části operační paměti pro potřeby vyrovnávací paměti (např. disková cache v operačním systému).

Obecně se používá jako vyrovnávací paměť pro pomalé (vzhledem k rychlosti operační paměti a procesoru) vnější paměti, typickým takovým zařízením je pevný disk počítače. Operační systém se snaží informace, se kterými pracuje častěji, uchovávat v rychlé operační paměti a v případě zápisu tyto na disk ukládat v co nejvýhodnějším pořadí. Nemusí tak provádět zbytečné čtecí a zápisové operace na disku, které jsou o několik řádů pomalejší (je nutné přemístit hlavy a počkat, až se disk natočí požadovaným místem pod hlavy).

Moderní systémy přidělují cache paměť pro disky dynamicky, podle množství volné paměti a potřeb systému. Algoritmy pro obsluhu diskové cache mají podstatný vliv na rychlost a výkon celého systému.

Nevýhodou používání cache je riziko spojené s neočekávaným výpadkem napájení - stav datových souborů na disku není vždy aktuální a musí se synchronizovat s obsahem cache. Z tohoto důvodu vyžadují operační systémy před vypnutím počítače provést tzv. „shutdown“, to znamená korektní ukončení práce systému, při kterém se (mimo jiné) uloží obsah diskové cache do souborů na disku. Ze stejných důvodů je nutné některá vyměnitelná média v unixových systémech před vyjmutím „odmountovat“. Tím se dává najevo systému, že se s médiem už nebude dále pracovat a systém provede synchronizaci cache se soubory. Odpojení je nutné i například u Windows XP, a to „zelenou ikonkou vpravo dole“, jinak může dojít k poškození souborového systému na výměnném médiu a to hlavně pokud se s médiem zrovna pracuje (kopírování, editace,...). Případné problémy s nečekaným výpadkem napájení se snaží moderní systémy alespoň částečně eliminovat pomocí žurnálu

### 7.3.2 Hardwarová cache

Paměť cache realizovaná specializovanými paměťovými obvody se používá v některých řídicích jednotkách vnějších pamětí a v procesorech a jejich podpůrných obvodech.

Cache v řídicích jednotkách vyrovnává rozdíl mezi nepravidelným předáváním/přebíráním dat počítačem (sběrnici) a pravidelným tokem dat do/z magnetických hlav, jehož rytmus je dán rychlostí otáčení disku.

U počítačů je cache elektronický obvod, tvořený z tranzistorů (ty tvoří bistabilní klopné obvody) a její funkce je vyrovnávat rozdílnou rychlost mezi procesorem a operační pamětí. Vyšší rychlosti je dosaženo použitím kvalitnějších tranzistorů (vyšší frekvence) než u operační paměti a cache je také blíže k procesoru než operační paměť. Tudiž je možno použít opět vyšší frekvenci, protože po cestě nejsou tak velké parazitní kapacity

### 7.3.3 Příklady cache

#### 7.3.3.1 Cache v HDD

Cache v pevném disku je vlastně vyrovnávací paměť, která odděluje velmi rychlý procesor od řádově pomalejšího pevného disku. Umožňuje uchovat data určená k zápisu do doby, než je mechanická část pevného disku zpracuje a naopak uchovává přečtená data do doby, než je obsluha přerušena přesune do operační paměti. Může sloužit i k interní reorganizaci požadavků kvůli zvýšení výkonu (NCQ). Její velikost se pohybuje od několika kB do 64 MiB (u současných 3.5" disků). Interní cache používají také SSD disky.

#### 7.3.3.2 Cache v procesoru

Cache paměť v procesoru ukládá kopie dat přečtených z adresy v operační paměti. Pokud při čtení obsahu slova z adresy v paměti je tato položka nalezena v cache paměti, je její obsah přečten z cache paměti, a ne z operační paměti (angl. cache hit). Mezi procesorem a cache pamětí se přenáší jednotlivá slova, mezi cache

paměti a operační paměti se přenáší rámce slov o velikosti několikanásobku velikosti slova procesoru. Protože asi 90% operací procesoru je čtení paměti, většinou sekvenční, je tímto způsobem dosaženo větší propustnosti dat z operační paměti do procesoru, tím i vyššího výpočetního výkonu.

Vyrovňovací paměť procesoru bývá dvojestupňová. Část paměti o malé kapacitě je přímo součástí procesoru a je stejně rychlá, jako vlastní procesor (značí se L1). Další paměť, pomalejší, ale s větší kapacitou, je mezi procesorem a operační pamětí, dnes se již umísťuje do pouzdra s procesorem (značí se L2). Protože cena paměti stoupá s její rychlostí (a samozřejmě s kapacitou), je možné tímto uspořádáním najít kompromis mezi cenou a rychlostí. Na přelomu roku 2008 a 2009 se začíná používat L3 cache i v běžných procesorech (Intel Core i7, AMD Phenom), která je pro všechna jádra společná a většinou má velikost několik megabajtů.

Velikost paměti cache, její rychlost a algoritmus řízení paměti cache se liší u jednotlivých výrobců a typů procesorů a je to jeden z parametrů, který podstatně ovlivňuje výkon a cenu počítače.

### 7.3.3.3 Další cache

Webová cache slouží k ukládání předchozích odpovědí od webových serverů jako jsou webové stránky nebo obrázky. Informace uložené v cache mohou být znovu využity a tím je možné snížit vytížení přenosových cest počítačových sítí a též zátěž webových serverů.

Některé velmi zatížené webové servery používají reverzní proxy cache, která je záměrně postavena přímo před webový server.

Jinou podobou cache je P2P ukládání, kde soubory nejvíce vyhledávané peer-to-peer aplikacemi jsou uloženy v ISP cache pro zrychlení P2P přenosů. Podobně existují i decentralizované ekvivalenty, které dovolují komunitám provádět stejné úlohy pro P2P přenos, například Corelli.

Doménový DNS server BIND ukládá do své cache mapování doménových jmen na IP adresy. Trvanlivost záznamu v cache určuje správce daného doménového záznamu.

Dalším typem cache je ukládání vypočítaných výsledků, u kterých je pravděpodobné, že budou znovu potřeba, což se také nazývá memoizace.

Ukládání databáze do cache může podstatně zlepšit výkonnost databázových aplikací, například při zpracovávání indexů, datových repositářů a často používaných sub-sad dat.

Distribuované ukládání používá cache rozšířenou na počítače propojené sítí, například Corelli.

### 7.3.4 Rozdíl mezi vyrovnávací pamětí a cache

Dva pojmy „buffer“ (vyrovňovací paměť) a „cache“ označují vzájemně se nevylučující funkce. Ty se však mohou i vzájemně prolínat. V jejich významech je však rozdíl.

Vyrovňovací paměť je určena pro dočasné uchování dat před jejich přesunem na jiné místo. Typicky jsou do vyrovnávací paměti kopírována data, která přicházejí ze vstupního zařízení (klávesnice, optické mechaniky), nebo do ní jsou umísťována data, která jsou určena pro výstupní zařízení (tiskárnu, pevný disk). Je nasazována pro vyrovnání rozdílu mezi rychlostí přijímání dat a rychlostí jejich zpracovávání, nebo v případě, že jsou tyto rychlosti variabilní. Vyrovnávací paměť může být použita i při komunikaci mezi procesy. Implementována může být pomocí hardware, nebo softwarově (jako dočasný úsek operační paměti).

Cache pracuje na předpokladu, že z ní budou stejná data čtena několikrát, že zapsaná data budou brzy přečtena a že je vysoká šance na spojení zapisovaných nebo čtených dat do jednoho většího bloku. Její jediný účel je redukovat počet přístupů do pomalejšího zařízení. Cache je také obvykle abstraktní vrstva, která je navržena jako neviditelná. Disková a souborová cache si udržují statistiky o obsažených datech a ukládají data během dob nečinnosti ve zpětně zapisujícím režimu. Buffer nic z toho nedělá.

Buffer se v první řadě používá pro vstup, výstup a někdy i na dočasné uložení dat, která jsou buď předávána dalším médiím, nebo dat, která jsou modifikována nesekvenčním způsobem před zapsáním (nebo čtením) sekvenčním způsobem.

## 7.4 Typy vnitřních pamětí

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Polovodi%C4%8Dov%C3%A1\\_pam%C4%9B%C5%A5](https://cs.wikipedia.org/wiki/Polovodi%C4%8Dov%C3%A1_pam%C4%9B%C5%A5)

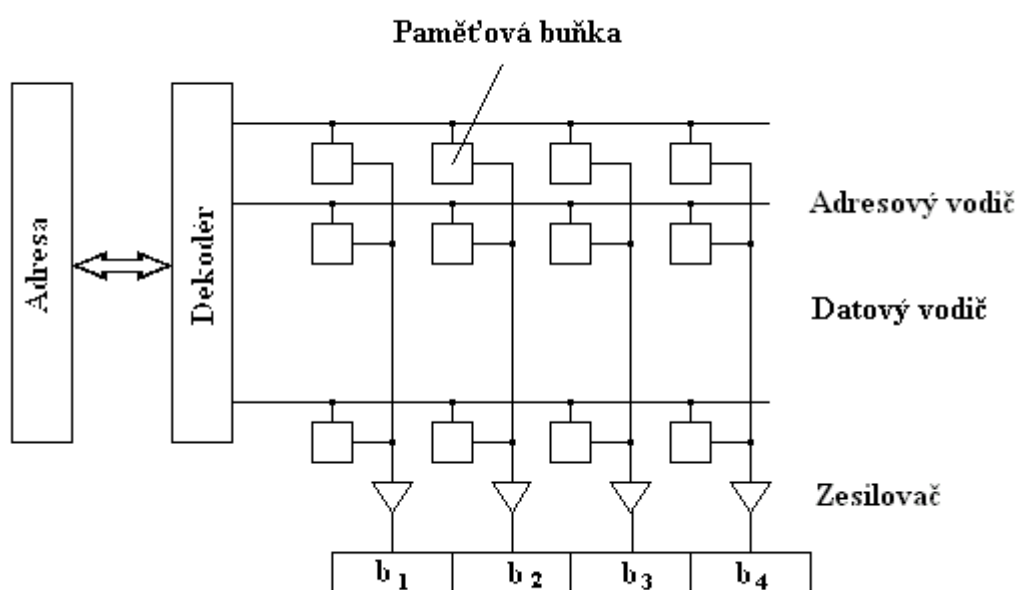
<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/INTPAM.HTML>

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronick%C3%A1\\_pam%C4%9B%C5%A5](https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronick%C3%A1_pam%C4%9B%C5%A5)

V této kapitole se budeme zabývat pouze vnitřní pamětí. Vnitřní paměť je označení pro elektronickou paměť, ke které má procesor přímý přístup. Vnitřní paměť je zpravidla volatilní (nestálá) a po vypnutí počítače se její obsah ztrácí. Vnitřní paměť se v architektuře počítače označuje paměť určená pro uložení strojového kódu běžících procesů a pro data těmito procesy právě zpracovávaná. Srovnej s vnější pamětí.

O správu obsahu vnitřní paměti, alokace paměti pro jednotlivé procesy se zpravidla stará operační systém, pro přístup do ostatních pamětí (video paměť, konfigurační registry apod.) jsou zpravidla použity ovladače zařízení.

Interní paměti jsou zapojeny jako matice paměťových buněk. Každá buňka má kapacitu jeden bit.



Při přístupu do paměti (čtení nebo zápis) je vždy udána adresa paměťového místa, se kterým se bude pracovat. Tato adresa je přivedena na vstup dekodéru. Dekodér pak podle zadané adresy vybere jeden z adresových vodičů a nastaví na něm hodnotu logická 1. Podle toho, jak jsou zapojeny jednotlivé paměťové buňky na příslušném řádku, který byl vybrán dekodérem, projde resp. neprojde hodnota logické jedničky na datové vodiče. Informace je dále na koncích datových vodičů zesílena zesilovačem. V případě, že hodnota logická jedna projde přes paměťovou buňku, obdržíme na výstupu hodnotu bitu 1. V opačném případě je na výstupu hodnota bitu 0.

Zcela analogický je postup i při zápisu hodnoty do paměti. Opět je nejdříve nutné uvést adresu paměťového místa, do kterého se bude zapisovat. Dekodér vybere adresový vodič příslušný zadané adrese a nastaví na něj hodnotu logická 1. Dále se nastaví hodnoty bitů b<sub>1</sub> až b<sub>4</sub> na hodnoty, které se budou do paměti ukládat. Tyto hodnoty jsou potom uloženy do paměťových buněk na řádku odpovídajícím vybranému adresovému vodiči.

## 7.4.1 Nevolatilní paměti

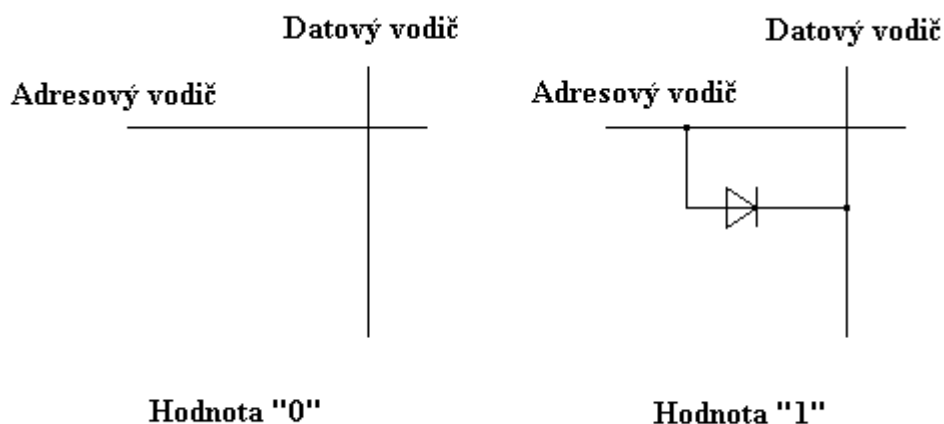
### 7.4.1.1 ROM

ROM (Read-Only Memory) je typ elektronické paměti, jejíž obsah je dán při výrobě, není závislý na napájení (je tzv. nevolatilní). Používá se pro uložení firmwaru v elektronických přístrojích, dříve také ve starších počítačích (BIOS, firmware různých zařízení). Dnes už se u PC setkáme s typem ROM velmi ojediněle z důvodu nemožnosti aktualizace.

Jedná se tedy o statickou, energeticky nezávislou paměť určenou pouze ke čtení. Při výrobě tohoto typu paměti se používá nejčastěji některé z následujících realizací paměťových buněk.

#### 7.4.1.1.1 Realizace ROM pomocí diody

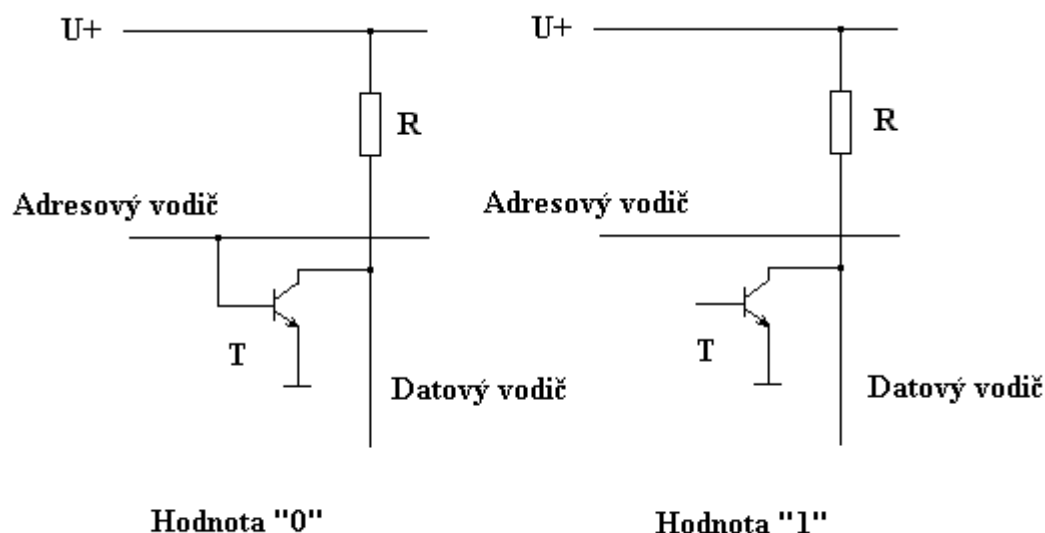
Paměťová buňka paměti ROM může být realizována jako dvojice nespojených vodičů a vodičů propojených přes polovodičovou diodu.



V prvním případě nemůže žádným způsobem hodnota logická jedna přejít z adresového vodiče na vodič datový. Jedná se tedy o buňku, ve které je permanentně uložena hodnota 0. V případě druhém hodnota logická 1 přejde z adresového vodiče přes polovodičovou diodu na vodič datový. Toto zapojení představuje tedy paměťovou buňku s hodnotou 1. Dioda je zapojena tak, aby hodnota logická 1 mohla přejít z adresového vodiče na datový, ale nikoliv v opačném směru, což by vedlo k jejímu šíření po velké části paměti

#### 7.4.1.1.2 Realizace ROM pomocí tranzistoru

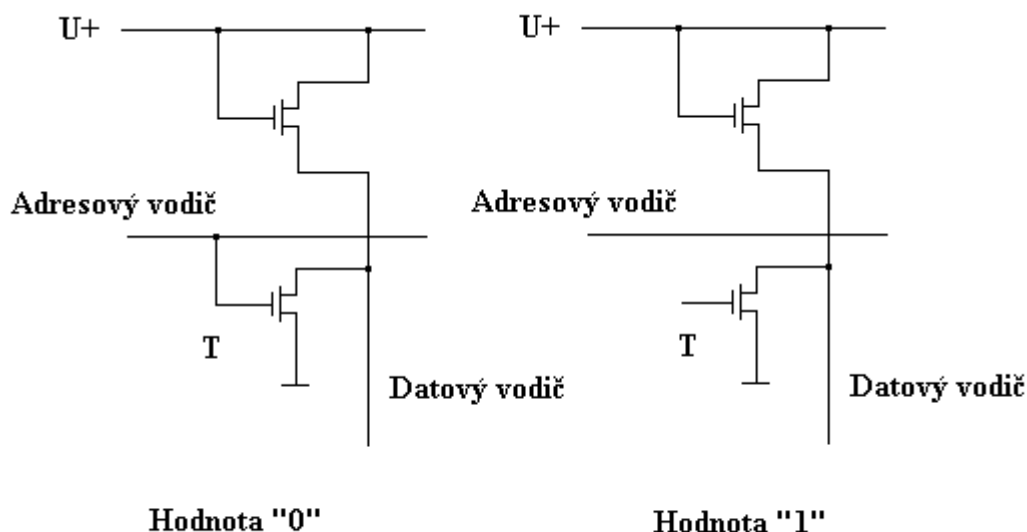
Jednotlivé buňky paměti ROM je také možné realizovat pomocí tranzistorů, a to jak v technologii TTL, tak v technologiích MOS. Její realizace v technologii TTL je uvedena na následujícím obrázku.



V tomto případě je na datový vodič neustále přiváděna hodnota logická 1. Pokud dojde k vybrání adresového vodiče a tím k umístění hodnoty logická jedna na tento vodič, tak v případě, že je tranzistor T spojen s tímto adresovým vodičem, dojde k jeho otevření a tím k propojení datového vodiče se zemí. Na takto propojeném datové vodiči se potom objeví hodnota logická 0 a tato buňka představuje uložení hodnoty bitu 0. U buněk,

jejichž tranzistor není spojen s adresovým vodičem, nemůže nikdy dojít k otevření tohoto tranzistoru a tím ani ke spojení datového vodiče se zemí. V této buňce je tedy neustále uložena hodnota 1.

Zcela analogicky pracuje i buňka paměti ROM zapojená pomocí tranzistorů v některé z technologií MOS

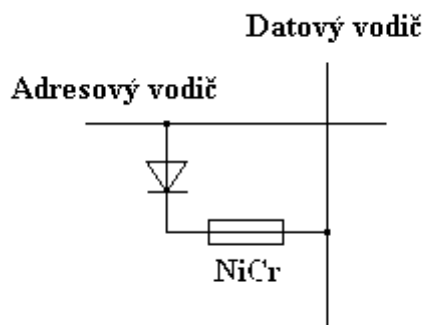


Tranzistory připojené k napájecímu vodiči plní pouze úlohu rezistorů podobně jako u buňky v předešlém případě. Samotná buňka pracuje na stejném principu, který byl popsán u buňky v technologii TTL.

#### 7.4.1.2 PROM

PROM (Programmable Read Only Memory) nebo také OTP (One Time Programmable) je elektricky "jednorázově" programovatelná permanentní paměť. Každý bit PROM je při programování možné přepsat z 1 na hodnotu 0, avšak tato změna je nevratná. Dnes je vzhledem k nízké ceně mazatelných pamětí použití tohoto typu paměti vzácné. Paměť se vyráběla jen v malých kapacitách paměti (cca. 32byte až několik kilobyte) jako levná varianta paměti proti (tehdejší) cenám mazatelných pamětí EPROM/EEPROM.

Buňku paměti je možné realizovat podobně jako u paměti ROM. Při výrobě byla vyrobena matice obsahující spojené adresové vodiče s datovými vodiči přes polovodičovou diodu a tavnou pojistku z niklu a chromu (NiCr). Takto vyrobená paměť obsahovala na začátku samé hodnoty 1.



Zápis informace se prováděl vyšší hodnotou elektrického proudu (cca 10 mA), která způsobila přepálení tavné pojistky, a tím i definitivně zápis hodnoty 0 do příslušné paměťové buňky. U realizace pomocí tranzistoru jsou tavné pojistky v emitorech tranzistorů.

Novější PROM jsou technologicky vlastně EPROM/EEPROM bez části dovolující mazání. U nových zařízení se

spíše než termín PROM používá označení OTP. Dnes je jejich cena oproti EEPROM/Flash jen nepatrně nižší, zatímco nevýhody výrazné.

PROM/OTP se někdy záměrně používá pro speciální účely, kdy je nevratnost přeprogramování výhodou (záznam sériového čísla, servisní záznamy atp.).

### 7.4.1.3 EPROM

EPROM je angl. zkratka pro Erasable Programmable Read-Only Memory. Jedná se o semipermanentní typ paměti typu ROM-RAM, jejíž obsah je mazatelný ultrafialovým zářením (UV), proto se někdy označuje také jako UV-EPROM. Před novým naprogramováním je nutné paměť smazat. K programování se používá většinou několikanásobně vyšší napětí než ke čtení (typ. 12 V nebo 25 V proti 5 V napájecího napětí).

Paměť se používá k uložení dat (např. firmware), často u malosériové výroby, kde se nevyplatí použití maskou programovaných pamětí typu ROM nebo dražší paměti flash a kde není vyžadována možnost měnit obsah paměti v již zabudovaném zařízení (např. číslicově řízená mikrovlnná trouba)

Tyto paměti jsou realizovány pomocí speciálních unipolárních tranzistorů, které jsou schopny na svém přechodu udržet elektrický náboj po dobu až několika let. Čip je charakteristický okénkem na pouzdře. Při práci bývá tento otvor většinou přelepen ochranným štítkem, aby nedocházelo ke ztrátám informace vlivem UV záření v ovzduší.

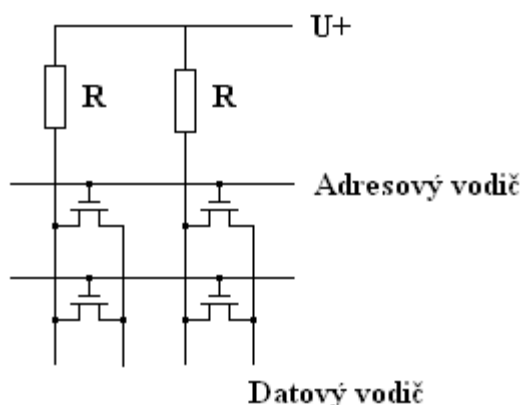
### 7.4.1.4 EEPROM

EEPROM (též E2PROM) je anglická zkratka pro Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory. Jedná se o elektricky mazatelnou semipermanentní (nevolatilní) paměť typu ROM-RAM. Paměť má typickou životnost 1 milion zápisů, což je řádově více než paměť typu flash, další výhodou pamětí EEPROM je vyšší životnost dat v nich uložených, Typická hodnota Data Retention je > 200let, což je opět řádově více než u pamětí typu flash. Hlavní nevýhodou je vyšší složitost paměťové buňky a s tím související nižší hustota a vyšší cena. Využití této paměti je jako úložiště (např. nastavení hlasitosti u TV) a obecně dat, která se mění častěji, než je životnost paměti flash.

Slouží ke čtení i zápisu a mazání programu je u nich mnohonásobně rychlejší, než u paměti EPROM. Mazání se provádí pomocí elektronických impulzů. Flash EEPROM je vylepšená verze EEPROM, u ní je doba zápisu i čtení velmi krátká.

#### 7.4.1.4.1 Technologie

Při výrobě pamětí EEPROM se používá speciálních tranzistorů vyrobených technologií MNOS (Metal Nitrid Oxide Semiconductor). Jedná se o tranzistory, na jejichž řídicí elektrodě je nanесena vrstva nitridu křemíku ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) a pod ní je umístěna tenká vrstva oxidu křemičitého ( $\text{SiO}_2$ ).



Vlastní buňka paměti EEPROM pak pracuje na principu tunelování (vkládání) elektrického náboje na přechod těchto dvou vrstev. Při zápisu dat se přivede na příslušný adresový vodič záporné napětí  $-U$  a datový vodič buněk, do nichž se má zaznamenat hodnota 1, se uzemní. Tranzistor se otevře a vznikne v něm náboj, který

vytvoří velké prahové napětí. Při čtení se přivede na adresový vodič záporný impuls. Tranzistor s malým prahovým napětím se otevře a vede elektrický proud do datového vodiče, zatímco tranzistor s velkým prahovým napětím zůstane uzavřen.

Vymazání paměti se provádí kladným napětím  $+U$ , které se přivede na adresové vodiče. Tunelovaný náboj se tím zmenší a prahové napětí poklesne, čímž je paměť vymazána

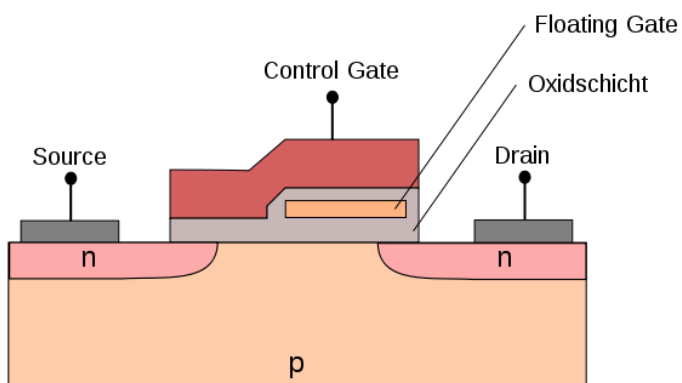
#### 7.4.1.5 Flash paměť

Flashová paměť (nebo jen flash) je nevolatilní (semipermanentní) elektricky programovatelná (tj. zapisovatelná) paměť s libovolným přístupem. Paměť je vnitřně organizována po blocích a na rozdíl od pamětí typu EEPROM lze plnit informacemi (programovat) každý blok samostatně (obsah ostatních bloků je zachován). Paměť se používá jako paměť typu ROM např. pro uložení firmware (např. ve vestavěných zařízeních). Výhodou této paměti je, že ji lze znovu naprogramovat, měnit její obsah (např. přeprogramování novější verzí firmware) bez vyjmutí ze zařízení s použitím minima pomocných obvodů. Proto se používá nově zejména jako základ kapacitních paměťových médií - karet, např. formátu SD, miniSD a microSD.

Flash paměť se používá jako výměnné (přenosné) datové médium (vnější paměť) ve formě paměťových karet (CompactFlash, Memory Stick, Secure Digital, xD-Picture Card, MultiMediaCard, SmartMedia Card) a v USB flash discích. Flash paměť se používá i v discích Solid State SSD jako vestavěná paměť, kde ji označujeme jako paměťové technologické zařízení Memory Technology Device (MTD).

##### 7.4.1.5.1 Princip zápisu a čtení

Data jsou ukládána v poli unipolárních tranzistorů s plovoucími hradly, zvaných „buňky“, každá z nich obvykle uchovává 1 bit (SLC) nebo dnes 3 bity informace a více (MLC). Oba typy se stále používají. SLC čipy nabízejí větší stabilitu informací a rychlost zápisu, kdežto MLC zase větší hustotu informací a nižší cenu.[1][2][3]



Jedno hradlo je ovládací (CG – control gate), druhé je plovoucí (FG – floating gate), izolované od okolí vrstvou oxidu. Protože je FG izolované, všechny elektrony na něj přivedené jsou zde „uvězněny“. Tím je uložena informace.

Když jsou na FG elektrony, modifikují (částečně ruší) elektrické pole přicházející z CG, což modifikuje prahové napětí ( $U_t$ ) buňky. Buňka je čtena umístěním určitého elektrického napětí na CG, elektrický proud tranzistorem pak buď teče, nebo neteče, a to v závislosti na  $U_t$  buňky, které je závislé na počtu elektronů na FG. Tato přítomnost nebo nepřítomnost elektrického proudu je přeložena na 1 a 0, představující uložená data.

Flash buňka je naprogramovaná (nastavená na specifickou hodnotu) spuštěním toku elektronů ze zdroje do odvodu. Přivedení velkého napětí na CG pak poskytne dostatečně silné elektrické pole pro jejich vysátí na FG. Pro vymazání flash buňky je velký napěťový rozdíl přiveden mezi CG a zdroj, což odvede elektrony pryč skrz kvantový tunel. Současné flash paměti jsou rozdělené do vymazatelných částí nazývaných buď bloky, nebo sektory. Všechny paměťové buňky v rámci jednoho bloku musí být vymazány současně.

#### 7.4.1.5.2 Flash Translation Layer

Flash Translation Layer (FTL) je mezivrstva, která slouží k rozkládání zápisu na celé flash médium. Mezivrstvu implementuje hardwarový obvod, který je součástí flash paměti. Příkladem je TrueFFS od firmy M-Systems nebo ExtremeFFS od firmy SanDisk. Pokud by FTL neexistovala, došlo by velmi rychle k znehodnocení flash paměti opakovanými zápisy do jednoho místa, zatímco zbytek flash paměti by zůstal neopotřebován. Většina výrobců podrobnosti o FTL nezveřejňuje.[4] Raw flash paměti bez FTL nejsou běžně dostupné, používají se hlavně ve vestavěných systémech, kde je možné FTL řešit softwarově a spolehnout se na její funkčnost.

Důvodem existence FTL je skutečnost, že současné operační systémy zatím nepřizpůsobily své souborové systémy tomu, jak flash paměť funguje (například NTFS a FAT u systémů řady Windows NT). V Linuxu existují přizpůsobené souborové systémy, které umožňují práci s raw flash pamětí tím, že samy zápisy rozkládají (tzv. logové souborové systémy, anglicky log filesystem), například jffs2 a logfs, ale v Linuxu existuje i souborový systém f2fs, který naopak s mezivrstvou FTL počítá.

#### 7.4.2 Volatilní paměti

...

Paměti RAM jsou určeny pro zápis i pro čtení dat. Jedná se o paměti, které jsou energeticky závislé. RAM paměti (s libovolným přístupem) jsou charakterizovány tím, že jednotlivá místa paměti se liší jen adresou, kterou lze volit náhodně, nezávisle na adresách použitých předtím nebo poté.

Podle toho, zda jsou dynamické nebo statické, jsou dále rozdělovány na:

- SRAM - Statické RAM
- DRAM - Dynamické RAM

##### 7.4.2.1 SRAM

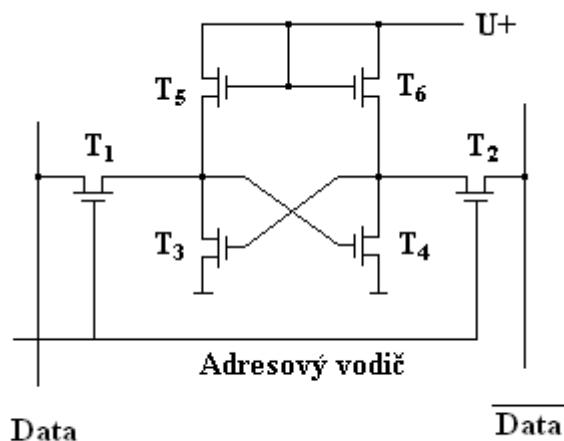
<https://cs.wikipedia.org/wiki/SRAM>

SRAM (statická paměť z anglického Static Random Access Memory) je označení pro polovodičovou paměť RAM, která k uchování svých dat nepotřebuje jejich periodickou obnovu (na rozdíl od dynamické paměti DRAM). Termínem SRAM obvykle označujeme volatilní paměť (to znamená, že po vypnutí napájení zapomene svůj obsah). Paměť SRAM má v klidovém stavu velmi nízkou spotřebu, takže pokud potřebujeme nevolatilní RAM, můžeme toho dosáhnout malou pomocnou baterií, která napájí RAM po odpojení počítače od zdroje. Nevýhodou je, že baterii bývá nutné po několika letech vyměnit, zatímco životnost SRAM je mnohem delší. V současnosti již existují technologie pro nevolatilní RAM, ale zatím nejsou příliš rozšířené.

Statická paměť RAM (SRAM) je bipolární a jeho buňka je realizována jako bistabilní klopný obvod, tj. obvod, který se může nacházet vždy v jednom ze dvou stavů, které určují, zda v paměti je uložena 1 nebo 0. Pro uchování svého stavu nepotřebuje obnovu jako DRAM.

- Oproti pamětem typu DRAM je technologie SRAM podstatně složitější. Proto mají paměti SRAM při stejné hustotě integrace mnohem menší kapacitu (pro 1 bit informace je zapotřebí 6 tranzistorů, pro DRAM stačí jediný).
- Paměť SRAM je rychlejší než DRAM, přístupová doba se pohybuje kolem 15 – 20 ns. a v klidovém stavu má SRAM menší spotřebu. V současné době jsou paměti SRAM používány především pro realizaci pamětí typu cache, jejichž kapacita je ve srovnání s operační pamětí několikanásobně nižší.

#### 7.4.2.1.1 Princip

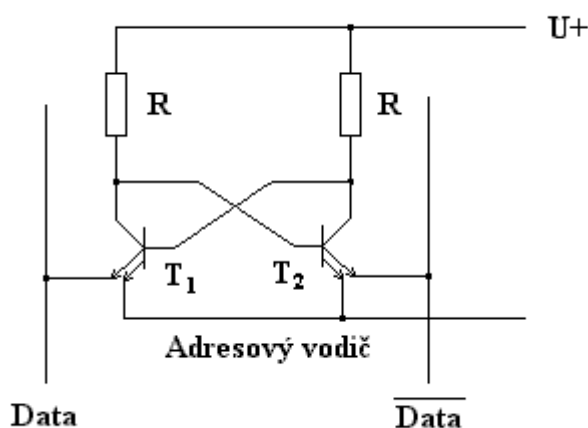


U SRAM paměti se používá dvou datových vodičů. Vodič Data je určený k zápisu do paměti. Vodič označený jako  $\overline{\text{Data}}$  se používá ke čtení. Hodnota na tomto vodiči je vždy opačná než hodnota uložená v paměti. Takže na konci je nutno ji ještě negovat. Při zápisu se na adresový vodič umístí hodnota logická 1. Tranzistory T1 a T2 se otevřou. Na vodič Data se přivede zapisovaná hodnota (např. 1). Tranzistor T1 je otevřen, takže jednička na vodiči Data otevře tranzistor T4 a tímto dojde k uzavření tranzistoru T3. Tento stav obvodu představuje uložení hodnoty 0 do paměti. Zcela analogicky tato buňka pracuje i při zápisu hodnoty 1. Rozdíl je pouze v tom, že tranzistor T4 zůstane uzavřen a to způsobí otevření tranzistoru T3.

Při čtení je opět na adresový vodič přivedena hodnota logická 1, což opět způsobí otevření tranzistorů T1 a T2. Jestliže byla v paměti zapsána hodnota 1, je tranzistor T4 otevřen (tj. na jeho výstupu je hodnota 0). Tuto hodnotu obdržíme na vodiči  $\overline{\text{Data}}$ . Opět zcela analogicky v případě uložené hodnoty 0, kdy tranzistor T4 je uzavřen (tj. na jeho výstupu je hodnota 1).

Poznámka: Tranzistory T5 a T6 plní pouze funkci rezistorů.

Paměti SRAM je možné uskutečnit i v technologii TTL. Buňka takovéto paměti pracuje na podobném principu jako buňka v technologii MOS.



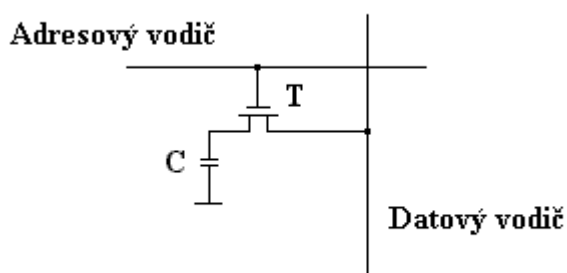
#### 7.4.2.2 DRAM

DRAM (Dynamic Random Access Memory) je druh počítačové paměti, která uchovává data v podobě elektrického náboje v kondenzátoru, který odpovídá parazitní kapacitě řídicí elektrody (Gate) tranzistoru typu MOS. Tento tranzistor současně slouží i jako čítací prvek paměťové buňky - bitu.

- Přivedený náboj má tendenci se vybití i v době, kdy je paměť připojena ke zdroji elektrického napájení. Aby nedošlo k tomuto vybití, a tím i ke ztrátě uložené informace, je nutné periodicky provádět tzv. refresh, tj. ožívování paměťové buňky. Tuto funkci plní některý z obvodů čipové sady.
- Paměť typu DRAM je destruktivní při čtení. To znamená, že při každém přečtení se data z paměti vymažou. Avšak data se ihned po přečtení uloží do vyrovnávací paměti, odkud se okamžitě zase obnoví. Uživatel tedy samozřejmě o svá data nepřijde.
- Dynamické paměti se vyznačují šestinásobně větší hustotou zaznamenané informace oproti statickým pamětím SRAM, což má za následek nižší cenu při vyšší kapacitě.
- Na rozdíl od SRAM mají kvůli potřebě stálého obnovování nezanedbatelnou spotřebu energie, i když se k nim nepřistupuje (nedochází k zápisu ani ke čtení).
- Paměť má ve srovnání s SRAM delší přístupový čas.

#### 7.4.2.2.1 Princip

Dynamická paměť RAM (DRAM) je založena na fyzikálním principu nabíjení kondenzátoru. Takto vzniklý potenciál, který je ekvivalentní napětí, odpovídá logické 0 nebo 1. Jelikož vlivem svodů je tento potenciál vybíjen, je nutno tuto operaci v paměťové buňce obnovovat (refresh). Obnova probíhá tak, že jsou paralelně sejmuty obsahy paměťových buněk na řádku, v budiči zesíleny a opět zapsány na původní místo. Rychlost obnovy paměťových míst je několiksetkrát za sekundu.



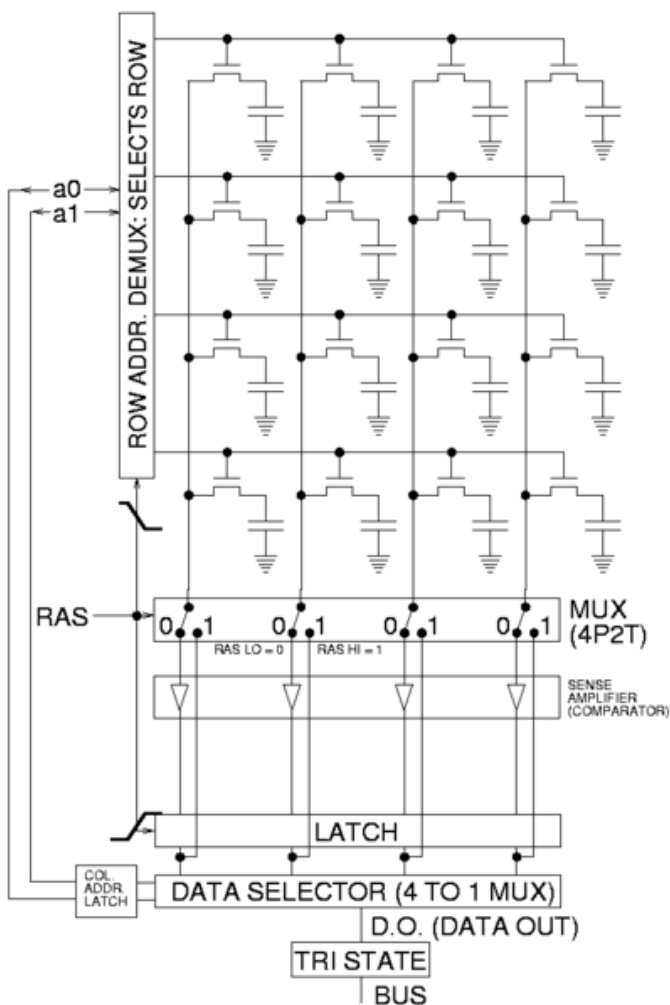
Při zápisu se na adresový vodič přivede hodnota logická 1. Tím se tranzistor T otevře. Na datovém vodiči je umístěna zapisovaná hodnota (např. 1). Tato hodnota projde přes otevřený tranzistor a nabije kondenzátor. V případě zápisu nuly dojde pouze k případnému vybití kondenzátoru (pokud byla dříve v paměti uložena hodnota 1).

Při čtení je na adresový vodič přivedena hodnota logická 1, která způsobí otevření tranzistoru T. Jestliže byl kondenzátor nabitý, zapsaná hodnota přejde na datový vodič. Tímto čtením však dojde k vybití kondenzátoru a zničení uložené informace. Jedná se tedy o buňku, která je destruktivní při čtení a přečtenou hodnotu je nutné opět do paměti zapsat.

Při čtení z řady paměťových buněk je nutné přečíst celý řádek. Z technologických důvodů se čtení z paměti skládá ze dvou operací - "dílčí čtení" a "dílčí zápis". Při dílčím čtení se přečte celý řádek paměťové matice a uloží se do vyrovnávací paměti. Při tom dochází k vymazání dat. Přečtený řádek se poté obnoví tzv. dílčím zápisem, při kterém se informace uloží na své původní místo.

I zápis do paměti se skládá ze stejných dvou operací jako čtení. Nejprve se provede dílčí čtení, při kterém se přečte celý řádek paměťové matice a uloží se do vyrovnávací paměti. Poté se ve vyrovnávací paměti změní požadované bity, které se mají do paměti zapsat, a následně se při dílčím zápisu celý řádek z vyrovnávací paměti obnoví na původní adresu.

Paměti DRAM jsou levnější než statické. Výhoda spočívá v její konstrukční jednoduchosti: pouze jeden tranzistor a jeden kondenzátor pro jeden bit, namísto čtyř až šesti tranzistorů u SRAM. To umožňuje DRAM dosáhnout vysoké hustoty – na jeden paměťový čip se jich vejdu miliardy. DRAM je většinou uspořádána do obdélníkové řady paměťových buněk. Obrázek ukazuje jednoduchý příklad matice se 4 buňkami na výšku a 4 na šířku, moderní matice jich však mají tisíce.



V praxi byly běžné typy DRAM později nahrazeny modernějšími synchronními typy SDRAM a DDR SDRAM. Vyšší přístupová doba byla (60-70 ns) je způsobená nutností provádět refresh a časem potřebným k nabití a vybití kondenzátoru.

#### 7.4.2.3 SDRAM

[https://cs.wikipedia.org/wiki/SDR\\_SDRAM](https://cs.wikipedia.org/wiki/SDR_SDRAM)

SDRAM je zkratka z anglického Synchronous Dynamic Random Access Memory, označující paměť typu DRAM se synchronním způsobem přenosu dat. Používá se jako operační paměť v osobních počítačích. Předchůdci SDRAM, například EDO DRAM nebo FPM DRAM, používaly asynchronní přenos dat.

SDRAM je principiálně označení pro jakoukoli synchronní DRAM, tedy i její nástupce DDR, DDR2 a další, jež jsou také synchronní DRAM paměti. V praxi se však pod pojmem SDRAM nejčastěji myslí první verze používaná jako operační paměť PC, někdy také označovaná jako SDR SDRAM (SDR z anglického "Single Data Rate" - protiklad DDR "Double Data Rate")

#### 7.4.2.4 DDR SDRAM

DDR SDRAM (zkratka pro double-data-rate synchronous dynamic random access memory) dosahuje vyššího výkonu než předchozí typ SDRAM tím, že k přenosu dat dochází při každé změně hodinového signálu, tedy při jeho nástupné i sestupné hraně. Tento přístup zvyšuje efektivní výkon téměř dvakrát bez nutnosti zvyšování frekvence sběrnice. DDR paměti na 100 MHz jsou tedy přibližně stejně rychlé jako SDR paměti na 200 MHz.

S pokračujícím vývojem byly vyvinuty další typy, označované jako DDR2, DDR3, GDDR3, GDDR4, GDDR5. Původní DDR SDRAM se proto někdy retrospektivně označuje jako DDR1. Paměti typu DDRx jsou nejčastěji používány jako operační paměť osobních počítačů. Typy GDDRx (G z anglického slova "Graphics") jsou naopak používány jako paměť pro grafické karty.



## ODKAZ NA LITERATURU

Horák J. Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Meyer M. Osobní počítač. Computer Press, Praha, 2006. ISBN 9788025108345.

Winkler P. Velký počítačový lexikon. Computer Press, Praha, 2005. EAN 9788025123317..

Dembowski K. Mistrovství v Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Messmer H.P., Dembowski K. Velká kniha hardware. Computer Press, Brno, 2005. 1224 s.

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%A1\\_pam%C4%9B%C5%A5](https://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C4%8D%C3%ADta%C4%8Dov%C3%A1_pam%C4%9B%C5%A5)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Polovodi%C4%8Dov%C3%A1\\_pam%C4%9B%C5%A5](https://cs.wikipedia.org/wiki/Polovodi%C4%8Dov%C3%A1_pam%C4%9B%C5%A5)

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/INTPAM.HTML>

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronick%C3%A1\\_pam%C4%9B%C5%A5](https://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronick%C3%A1_pam%C4%9B%C5%A5)

<https://cs.wikipedia.org/wiki/SRAM>

[https://cs.wikipedia.org/wiki/SDR\\_SDRAM](https://cs.wikipedia.org/wiki/SDR_SDRAM)

h

## 8 FYZICKÁ STRUKTURA PEVNÝCH DISKŮ



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- rozumět fyzické struktuře disku
- klasifikovat typy disků
- popsat organizaci dat
- určit výhody a nevýhody jednotlivých typů
- vybrat vhodný typ disku



### KLÍČOVÁ SLOVA

Fyzická struktura pevných disků - základní konstrukce, parametry, fyzikální princip čtení a zápisu kódování dat. Adresování diskových bloků. Rozhraní pro komunikaci s okolím, rozhraní pro připojování pevných disků. RAID pole - typy, realizace, výhody.

### 8.1 Pevný disk

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Pevn%C3%BD\\_disk](https://cs.wikipedia.org/wiki/Pevn%C3%BD_disk)

Pevný disk (zkratka HDD, anglicky Hard Disk Drive) je zařízení, které se používá v počítačích a ve spotřební elektronice (např. videorekordéry) k dočasnému nebo trvalému uchovávání většího množství dat pomocí magnetické indukce. První komerční pevné disky se objevily v roce 1956, nejprve pro sálové počítače. Předchůdcem pevných disků je magnetická páska a magnetický buben. Jejich současnými největšími konkurenty jsou SSD a USB flash disk, které využívají nevolatilní (stálé) flash paměti.

Označení „pevný disk“ se v češtině uchytilo jako obecný pojem a obsahuje i SSD úložiště a další typy nemagnetických pamětí.

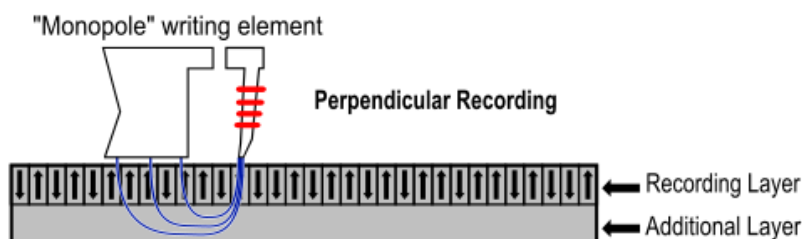
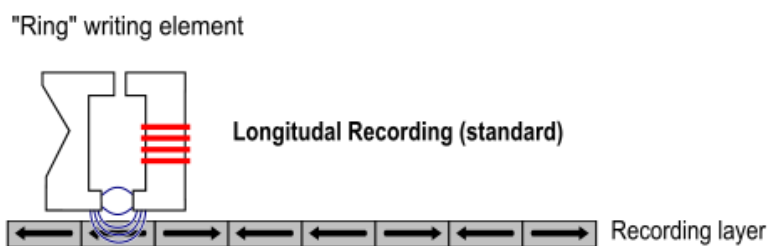
Hlavním důvodem velkého rozšíření pevných disků je velmi výhodný poměr kapacity a ceny disku doprovázený dostatečnou rychlostí čtení a zápisu dat. Hlavní nevýhodou je mechanické řešení, které má vysokou spotřebu elektrické energie, je náchylné na poškození při nešetrném zacházení (otřesy nebo náraz při zápisu/čtení dat; v offline stavu je odolný do 350 G) a vyšší hmotnost.

#### 8.1.1 Technologie

Data jsou na disku uložena pomocí zmagnetizování míst na magneticky měkkém materiálu[1], které se provádí pomocí cívky a elektrického proudu, přičemž se používají různé technologie záznamu a kódování uložených dat. Čtení je realizováno také pomocí hlavy, ve které se při pohybu nad různě orientovanými zmagnetizovanými místy indukuje elektrický proud. Zaznamenaná data jsou v magnetické vrstvě uchována i při odpojení disku od zdroje elektrického proudu.

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Technologie\\_z%C3%A1pisu\\_na\\_HDD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Technologie_z%C3%A1pisu_na_HDD)

Magnetický zápis – již od prvopočátku pevných disků jsou data v nich ukládána technologií založené na magnetickém poli. K uložení informace zpracovatelné v počítačích je tedy zapotřebí interpretovat 1 a 0 pomocí magnetismu. V praxi se k tomu využívá orientace vektoru magnetické indukce.



podélný a kolmý zápis

#### 8.1.1.1 Podélný zápis (Longitudinal Magnetic Recording – LMR)

Jednotlivé bity, interpretované jako malá opačně orientovaná magnetická pole, jsou uchovávány vodorovně s plotnou disku. Tímto způsobem lze však dosáhnout hustoty zápisu jen kolem 150 gigabitů na čtverečný palec. Při vyšších hustotách dochází vlivem paramagnetismu k samovolné ztrátě uložených dat. Při takto vysokém počtu jednotlivých magnetických polí, bitů, u sebe se již nedaří udržet jednotlivá pole izolovaná. Ty pak vzájemně interagují a dochází ke ztrátě uložené informace. Superparamagnetismus je přirozený fyzikální jev, nejedná se tedy o konstrukční nedokonalost disku či technickou bariéru.

#### 8.1.1.2 Kolmý zápis (Perpendicular Magnetic Recording – PMR)

V roce 2005 uvedla Toshiba na trh první pevný disk využívající technologii kolmého zápisu. Vektory magnetické indukce jednotlivých bitů zde nejsou orientovány podélně s plotnou, nýbrž kolmo na ni. Tímto je možné zvýšit kapacitu pevných disků až desetinásobně a přiblížit se hranici hustoty 1 terabit na čtverečný palec. V současné době se v laboratořích dosáhlo hustot mezi 800 a 900 gigabity na čtverečný palec.[1] S novou technologií však přichází i jistá negativa a to v technologické náročnosti řešení. Pro potřeby kolmého zápisu bylo nutné vyvinout novou diskovou hlavu pro zápis a přidat pod datovou vrstvu ještě vrstvu z magneticky měkkého materiálu. Obě tyto novinky pomáhají optimalizovat magnetické pole indukované hlavou disku a tím umožnit přesnější zaostření a následný zápis na konkrétní místo disku.

### 8.1.2 Diskové plotny

Data jsou na pevném disku uložena pomocí magnetického záznamu. Disk obsahuje kovové nebo keramické desky – tzv. plotny, pokryté tenkou magneticky měkkou vrstvou (viz hysterezní křivka). Hustota datového záznamu se udává jako počet bitů na měrnou jednotku plochy disku (bitů/palec<sup>2</sup>, bitů/mm<sup>2</sup>). Plotny jsou neohebné (odtud pevný disk), na rozdíl od ohebných ploten v disketách (anglicky floppy disk). Ploten bývá v dnešních discích obvykle několik (nejčastěji 1 až 5, ale i 12). Disk se otáčí na tzv. vřetenu poháněném elektromotorem. Standardní 3,5" disky mají až 4 plotny a 8 hlav pro čtení a zapisování dat (po jedné hlavě z obou stran plotny). Disky s nejmenší kapacitou mají obvykle pouze jednu plotnu, která je navíc použita jen z jedné strany.

Plotny se rychle otáčejí (udává se počet otáček za minutu). V běžných discích plotny rotují rychlostí 7 200 ot./min, vyšší třída disků do pracovních stanic se točí rychlostí 10 000 ot./min a u některých serverových disků i 15 000 ot./min. Opačnou stranou jsou takzvané „zelené disky“ otáčející se rychlostí jen 5 400 ot./min. Jejich využití se nalézá tam, kde je přednější nižší spotřeba, nižší teplota a nižší hluk na úkor nižšího výkonu (např. HTPC). Disky v noteboocích mají nejčastěji 5 400 ot./min, existují ovšem i notebookové modely otáčející se rychlostí 7 200 ot./min, jakožto modely používající pouze 4 200 ot./min, to jsou buď staré disky, nebo moderní se specializovaným použitím (např. ve videokamerách s fyzickými rozměry menšími než klasické notebookové

disky).

Při 7 200 ot./min je obvodová rychlost plotny přes 100 km/h (pro 3,5 palcový disk). Otáčky disku společně s hustotou záznamu a rychlostí vystavovacího mechanismu určují celkový výkon disku. Čím rychleji se plotny otáčí, tím víc na ně působí odstředivá síla, a proto se někteří výrobci u disků s 10 000 – 15 000 ot./min uchylují k 2,5" verzím, kde je síla menší, a tak jsou materiály méně namáhány. Průměry ploten u 3,5" HDD jsou standardně 9,5 cm; ale mohou být i jiné, např. u serverových disků. Plotny se liší i svojí silou (výškou), od cca 0,4 mm po 2,0 mm.

První disky sálových počítačů měly průměr 14 palců. V současné době mají standardně disky ve stolních PC plotny o průměru 3,5 palce (tj. 8,9 cm nebo u některých disků 9,5 cm), v noteboocích jsou menší varianty 2,5", které mají otáčky podle použití notebooku a používají se hlavně kvůli velikosti a spotřebě (díky menším plotnám je potřeba motor, který spotřebuje méně proudu). Malý disk Microdrive vyvinutý firmou IBM a používaný ve spotřební elektronice využívá 1" plotny. Ve starších typech počítačů PC XT byly disky s plotnami o průměru 5,25".

### 8.1.3 Hlavy

Čtení a zápis dat na magnetickou vrstvu zajišťuje čtecí a zápisová hlava (vpravo). Dříve se na čtení používaly magnetodynamické hlavy, nyní se používá krystal měnící vodivost podle mag. pole. Na jednu plotnu jsou dvě hlavy, protože jsou data z obou stran, strana plotny, na které je magnetický záznam, se nazývá povrch. Hlava „plave“ na vzduchovém polštáři těsně nad povrchem, ve vzdálenosti řádově mikrometrů (10–6m).

Zařízení, které vystavuje čtecí hlavy na správnou pozici nad povrchem, se nazývá vystavovací mechanismus. Ve starších discích (viz fotografie) byl pro vystavování hlav použit přesný krokový motor. Ten se „odvaluje“ za pomoci ocelového pásku po „patce“, která je spojena s hlavami. V novějších discích se používá rychlejšího lineárního motoru (elektromagnetu), hlavy se vystavují v závislosti na el. proudu, který protéká elektromagnetem s nimi spojeným a uloženým v silném magnetickém poli jiného permanentního magnetu. Princip pohybu je u tohoto uspořádání stejný jako u membrány reproduktoru. Navíc dochází k samočinnému zaparkování do klidové polohy po přerušení napájení. Z pevných disků se tedy dají demontovat velmi silné a křehké magnety ze slitin neodymu (Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B), gadolinia aj.

Operace nutné pro čtení nebo zápisu dat:

1. vystavit čtecí hlavu na správnou pozici,
2. vyčkat na utlumení rozkmitu způsobeném setrvačností hlav (vystavení trvá řádově milisekundy [ms]),
3. vyčkat na pootočení disku na místo od kterého začne čtení nebo zápis (tzv. latence).

Průměrný (střední) čas, za který je disk připraven číst nebo zapisovat data, se označuje jako přístupová doba. V současné době je okolo 8,5 ms, u disků s 15 000 ot./min je to pod 4 ms.

Při vystavení hlav na požadovanou pozici je možné číst a zapisovat data na všech površích bez pohybu hlav (pro vyšší výkon disku jsou také data takto organizována, viz kapitola Organizace dat)

### 8.1.4 Organizace dat

Data jsou na povrchu pevného disku organizována do soustředných kružnic zvaných stopy, každá stopa obsahuje pevný anebo proměnný počet sektorů z důvodu efektivnějšího využití povrchu - povrch je většinou rozdělen do několika zón, každá zóna má různý počet sektorů na stopu. Sektor je nejmenší adresovatelnou jednotkou disku, má pevnou délku (dříve 512 byte na sektor, nyní by se již po domluvě výrobců měly vyrábět disky s 4 KB na sektor). Pokud disk obsahuje více povrchů, všechny stopy, které jsou přístupné bez pohybu čtecí hlavičky se nazývají cylinder (válec). Uspořádání stop, povrchů a sektorů se nazývá geometrie disku.

Adresa fyzického sektoru na disku se skládá z čísla stopy (cylindru), čísla povrchu a čísla sektoru.

Pro přístup k datům disku se používá starší metoda adresace disku Cylinder-Hlava-Sektor (zkráceně CHS), která disk adresuje podle jeho geometrie – odtud název CHS - Cylinder (cylindr), Head (hlava), Sector (sektor). Hlavní nevýhodou je u osobních počítačů IBM PC omezená kapacita takto adresovaného disku (8GB) a nutnost

znát geometrii disku. U disků vyšších kapacit na rozhraní ATA, již neodpovídá zdánlivá geometrie disku skutečné fyzické implementaci.

Novější metoda pro adresaci disku se u rozhraní ATA označuje jako LBA (anglicky Logical Block Addressing), sektory se číslovají lineárně. Není třeba znát geometrii disku, max. kapacita disku je až 144 PB (144 miliónů GB). Rozhraní SCSI používá lineární číslování sektorů disku již od své první verze. Ostatní novější rozhraní již převážně metodu jako je LBA používají.

Pevný disk může být rozdělen na diskové oddíly, takže je logicky rozčleněn na více menších částí, se kterými operační systém pracuje tak, jakoby to byly samostatné disky. Alternativou k diskovým oddílům je LVM.

Pro zvýšení bezpečnosti uložených dat se zejména v serverech používá technologie RAID (dříve Redundant Array of Inexpensive Disks, dnes spíše Redundant Array of Independent Disks - pole nezávislých disků s redundancí). RAID umožňuje spojit několik fyzických disků v jeden logický disk, kde je jeden nebo více disků redundantních a data jsou stále dostupná i v případě, že jeden z disků v poli selže. Existuje více typů RAIDu od zvýšení rychlosti a odezvy (spojení více HDD do jednoho) až k bezpečnosti/záloze dat (zrcadlení disků nebo prokládání či rozprostření uložených dat)

### 8.1.5 Zacházení

Protože pevné disky obsahují pohyblivé mechanické součásti, jsou náchylnější k poruchám než jiné součásti počítače. Zvláště s běžícími disky je třeba zacházet velmi opatrně. Při mechanickém rázu (impulsu síly) se může čtecí hlava dotknout povrchu plotny, jejíž záznamová vrstva je velice citlivá na mechanické poškození a proto se poškozená oblast stane nečitelnou a data či celý disk jsou zničena.

Částečnou ochranou proti nárazu hlaviček do povrchu disku je tzv. parkování čtecích hlav. Při vypnutí disku se automaticky uloží hlavy mimo datovou oblast. Dnes se hlavy parkují na plastové ližiny a tak díky tomu nedochází ke kontaktu s plotnou. Hlavně 2,5" disky umějí zjistit, jestli nedošlo k rychlému pohybu (přes pohybové čidlo) a tak se snaží rychle posunout čtecí hlavy do parkovací polohy.

### 8.1.6 Rozhraní pevných disků

Pro připojení pevných disků k počítači jsou používána různá rozhraní. Rozhraní pevných disků jsou zařízení, která zprostředkovávají komunikaci mezi pevným diskem a ostatními částmi počítače. Rozhraní pevného disku určuje způsob komunikace a tím typ disku, který je možné k němu připojit.

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/ROZHRHD.HTML>

#### 8.1.6.1 Rozhraní ST506

První ve větší míře používané rozhraní pevných disků pro počítače PC. Pevné disky pracující s tímto rozhraním posílají kompletně modulovaný signál včetně synchronizačních impulsů, které je nutné potom oddělit od datových bitů. Toto rozhraní bylo určeno pro 5 mil. impulsů za sekundu. To při kódování MFM znamená 5 Mb/s a u 2,7 RLL 7,5 Mb/s.

Toto rozhraní dokázalo pracovat s disky, které měly maximálně 16 hlav, a bylo možné k němu připojit maximálně dva disky. Rozhraní ST506 nebylo konstruováno pro připojování jiných zařízení než pevné disky (CD ROM, Páskové mechaniky apod.). Jednalo se o rozhraní, které bylo poměrně náchylné na rušení a vyžadovalo tedy co možná nejkratší a kvalitní kabeláž. ST506 bylo s disky spojeno dvěma kabely:

- 20 žilový kabel pro přenos dat (pro každý disk zvláštní kabel)
- 34 žilový kabel pro přenos řídicích informací (společný pro oba disky)

Další nevýhodou tohoto rozhraní je jeho poměrně komplikovaná komunikace s diskem. Rozhraní totiž neumí přikázat disku, aby vystavil hlavy na nějaký konkrétní cylindr. Je možné vysílat pouze příkazy pro přesunutí hlav na následující popř. předcházející cylindr. U rozhraní ST506 také není možné programově zjistit informace o geometrii připojených pevných disků.

Informace o tom, který z disků je první (a zavádí se z něj OS), a který disk je zapojen jako druhý, byla nastavena pomocí propojek na rozhraní ST506. Rozhraní ST506 bylo nejčastěji používáno pro disky s kódováním MFM a odtud pochází také jeho nesprávný název - rozhraní MFM.

### 8.1.6.2 Rozhraní ESDI

Rozhraní ESDI (Enhanced Small Device Interface) vzniká začátkem 80. let jako snaha o standardní rozhraní pro připojování periférií, které by nahradilo rozhraní ST506. Jedná se o výrazně zlepšené rozhraní ST506, u kterého jsou data přenášena sériově a řídicí informace paralelně. Mezi hlavní zlepšení oproti svému předchůdci patří:

- podpora disků, které mohou mít až 256 hlav
- dovoluje podstatně vyšší přenosovou rychlost dat (až 24 Mb/s)
- disková jednotka může zasílat informace o své konfiguraci a je možné programově zjistit informace o geometrii pevného disku
- dekódování informací je prováděno přímo na desce pevného disku, což snižuje náchylnost na rušení a dovoluje použití delších propojovacích kabelů.
- teoreticky dovoluje připojit i jiná zařízení, než jsou pevné disky. Tato zařízení se však nikdy ve větší míře nevyráběla.

Rozhraní ESDI zachovává stejnou kabeláž jako rozhraní ST506 a dovoluje také připojit maximálně dvě zařízení.

### 8.1.6.3 IDE/ATA (PATA)

<https://cs.wikipedia.org/wiki/ATA>

V osobních počítačích bývalo nejrozšířenějším rozhraní ATA (Advanced Technology Attachment, což je dnes v podstatě synonymum názvu IDE (Integrated Drive Electronics, značilo původně integrovanou elektroniku disku), a pro lepší odlišení se dnes označuje též jako PATA). Označení ATAPI je rozšířením ATA protokolu, které po ATA sběrnici umožňuje přenášet SCSI příkazy používané pro připojení optických mechanik (CD-ROM, DVD) nebo vysokokapacitních disketových mechanik.

ATA rozhraní je relativně jednoduché a tedy i levné. Bylo vytvořeno v roce 1986 firmou Western Digital. Má maximální teoretickou přenosovou rychlost okolo 1 Gb/s = 133 MB/s (prakticky zhruba poloviční). Při připojení jednoho disku je rychlost dostačující, protože pevný disk dokáže pracovat s datovým tokem až 640 Mb/s = 80 MB/s. Na jeden ATA kabel je ovšem možné připojit dva disky, takže se rychlost ATA rozhraní rozděluje.

Propojovací kabel byl původně čtyřicetizilový. Později byl kvůli navýšení přenosové rychlosti používán osmdesátizilový kabel, avšak zůstal zachován původní čtyřicetipinový konektor (vodiče navíc byly používány pro stínění).

#### 8.1.6.3.1 Přehled variant IDE/ATA

Tabulka poskytuje rychlý přehled různých variant IDE/ATA rozhraní

[https://en.wikipedia.org/wiki/Parallel\\_ATA](https://en.wikipedia.org/wiki/Parallel_ATA)

Standard	Další názvy	Nové režimy komunikace	Max. velikost disku (sektor 512 B)	Další nové vlastnosti
IDE (pre-ATA)	IDE	PIO 0	2 GiB (2.1 GB)	22-bit LBA
ATA-1	ATA, IDE	PIO 0, 1, 2 Single-word DMA 0, 1, 2 Multi-word DMA 0	128 GiB (137 GB)	28-bit LBA
ATA-2	EIDE, Fast ATA, Fast IDE, Ultra ATA	PIO 3, 4 Multi-word DMA 1, 2		Konektor PCMCIA, příkaz identifikace disku

ATA-3	EIDE	Single-word DMA modes dropped		S.M.A.R.T., bezpečnost, konektor 44 pin pro 2.5" disk
ATA/ATAPI-4	ATA-4, Ultra ATA/33	Ultra DMA 0, 1, 2, (také UDMA/33)		AT Attachment Packet Interface (ATAPI) (podpora CD-ROM ap.), příkazy overlapped and queued, Host Protected Area (HPA), CompactFlash Association (CFA)
ATA/ATAPI-5	ATA-5, Ultra ATA/66	Ultra DMA 3, 4, (také UDMA/66)		80žilový kabel; konektor CompactFlash
ATA/ATAPI-6	ATA-6, Ultra ATA/100	UDMA 5, (také UDMA/100)	128 PiB (144 PB)	48-bit LBA, Device Configuration Overlay (DCO), Aut. Acoustic Management (AAM)
ATA/ATAPI-7	ATA-7, Ultra ATA/133	UDMA 6, (také UDMA/133) SATA/150		SATA 1.0, Streaming, long logical/physical sector for non-packet devices)
ATA/ATAPI-8	ATA-8	—		Možnost nevolatilní cache
ATA/ATAPI-8	ACS-2	—		Data Set Management, Extended Power Conditions, CFast, další statistiky ap.

#### 8.1.6.3.2 Režimy komunikace ATA rozhraní

- PIO (Programmed Input Output) je režim přenosů dat po sběrnici v počítači mezi periferiemi (CD-ROM, pevný disk, síťová karta apod.) a operační pamětí. Data jsou přenášena za účasti procesoru. Procesor je tedy plně zaměstnán přenosem a nemůže vykonávat jinou práci. PIO režim je rozdělen do několika módů dle přenosové rychlosti. Všechny režimy jsou z hlediska elektrických signálů stejné. U rychlejších módů dochází pouze k redukci doby mezi jednotlivými cykly a tím i zvýšení přenosové rychlosti.
- DMA (anglicky Direct Memory Access, tj. přímý přístup do paměti) je způsob přímého přenosu dat mezi operační pamětí a vstupně/výstupními zařízeními. Data neprocházejí skrze procesor a lze tak dosáhnout vyššího výkonu (během přenosu dat může procesor zpracovávat jiné strojové instrukce). DMA se používá pro přenos větších objemů dat (například řadič pevných disků, grafická karta, síťová karta, zvuková karta a podobně). DMA je odchylkou od Von Neumannovy architektury počítače.

#### 8.1.6.4 SATA

Sériové rozhraní SATA (Serial ATA) je nástupcem klasického rozhraní ATA (retroaktivně přejmenované na PATA). Po řadiči ATA zdědil modul PIO a DMA. Dosahuje vyšších rychlostí oproti řadiči ATA, protože přenos probíhá sériově na vysoké frekvenci (až 6000 MHz). Disky se připojují přímým a samostatným kabelem k řadiči, a tím pádem se nemusejí rozlišovat na Master, Slave a Cable Select. Oproti sběrnici ATA podporuje navíc odpojování a připojování zařízení za chodu počítače (Hot Plug) a také technologii NCQ pro optimalizaci datových přenosů. Díky sériové komunikaci není jako u IDE (PATA) potřeba 40/80 žilový kabel, ale používá se kabel podstatně menších rozměrů (7 vodičů). Z hlediska operačního systému je řízení disků pomocí tohoto rozhraní shodné s paralelní ATA.

Od roku 2009 nahradilo postupně rozhraní SATA zastaralé PATA ve všech prodáváných počítačích. Rozhraní PATA však stále přetrvává v průmyslových a vestavěných zařízeních, která jsou závislá na datových úložištích CompactFlash i přesto, že nový standard datových úložišť CFast bude založený právě na rozhraní SATA.

Skutečnou podporu pokročilejších funkcí, jako je Hot Plug nebo NCQ, umožňují pouze zařízení fungující v nativním režimu a ne v emulaci IDE, což vyžaduje mít v BIOSu nastaven režim AHCI (Advanced Host Controller Interface). Některé z prvních řadičů SATA a starší operační systémy (např. Windows XP) přímo nepodporují režim AHCI, vyžadují instalaci proprietárních ovladačů.

#### 8.1.6.4.1 eSATA

Rozhraní eSATA se používá pro připojení vnějších datových zařízení, nabízí stejnou rychlost a podporu technologií jako SATA. Její výhodou je vyšší přenosová rychlost, než nabízí běžnější sběrnice USB, ovšem nemá od výrobců základních desek a externích datových médií takovou podporu, protože konektor neobsahuje vodiče s napájením.

Základní vlastnosti eSATA:

- založeno bylo o něco později než klasická SATA, v roce 2004
- konektory jsou robustní – pro časté odpojování
- maximální délka kabelu je 2 metry
- rychlost podle SATA řadiče v PC
- procesor zatěžuje méně než například sběrnice USB

#### 8.1.6.5 SCSI

SCSI (čti [skazi], Small Computer System Interface) je standardní rozhraní a sada příkazů pro výměnu dat mezi externími nebo interními počítačovými zařízeními a počítačovou sběrnicí. Na jedno rozhraní (resp. kabel) je možné připojit více periférií, a to různých typů. Kromě pevných disků nebo magnetopáskových jednotek lze pomocí SCSI připojit i jiná zařízení, např. skenery, jednotky CD-ROM nebo DVD. Maximální délka propojujícího kabelu je u SCSI obecně větší než u standardu ATA/IDE. SCSI rozhraní je mnohem sofistikovanější než ATA/IDE, což samozřejmě znamená vyšší cenu jak řadičů v počítači, tak i samotných pevných disků, a proto je používáno zejména u serverů a pracovních stanic. Servery využívající RAID mají téměř vždy disky připojené pomocí SCSI. Osobní počítače nebo notebooky používají SCSI pouze výjimečně (dlouhou dobu je používala společnost Apple); používají především ATA/IDE nebo novější SATA. Eterní zařízení se dnes připojují nejčastěji pomocí rozhraní USB nebo FireWire.

Výhodou SCSI byla možnost připojení většího počtu pevných disků (nebo jiných periférií) než u rozhraní ATA/IDE, sběrnice SCSI měla zpravidla i větší přenosovou rychlost a reálný výkon i díky protokolu přenosu. SCSI disky měly a mají zpravidla větší otáčky ploten, kratší přístupovou rychlost a díky zaměření i větší životnost.

Pro SCSI existuje několik druhů rozhraní. Prvním z nich, nejčastěji používané, je paralelní SCSI (označované jako SPI). Jeho sběrnice je navržena jako paralelní. Z paralelní sběrnice se později vyvinulo SAS (Serial Attached SCSI) používající sériovou sběrnici. Používá point-to-point design, nicméně dodržuje ostatní aspekty SCSI. S rozšiřováním SAS a SATA jednotek přestali výrobci základních desek přidávat podporu pro SCSI.

#### 8.1.6.6 Sériové SCSI, SAS

Z paralelního SCSI se odštěpily tři větve sériového SCSI: SCSI—SSA, FC-AL, a Serial Attached SCSI (SAS). Hlavní odlišností je, že komunikace a přenos dat probíhá sériovým protokolem. Sériové SCSI má oproti paralelnímu několik výhod, především vyšší přenosové rychlosti, hot plugging (ačkoliv některé implementace paralelního SCSI je také podporují) a vylepšenou odolnost proti selhání. Hlavní důvod pro posun k sériovému rozhraní byly problémy se synchronizovaným časováním u vyšších rychlostí paralelního SCSI a s tím spojené požadavky na kvalitu kabeláže a terminátorů.

Serial Attached SCSI (SAS) je sériová sběrnice, která nahrazuje paralelní sběrnici SCSI. Slouží k připojení pevných disků a páskových jednotek. Poprvé byla představena v 80. letech 20. století. Pro komunikaci používá standardní příkazy SCSI. Zpočátku byla o něco pomalejší než aktuální standard SCSI, avšak v roce 2009 byla její rychlost zdvojnásobena – na 6 Gbit/s. Je zpětně kompatibilní se SATA 2.0, takže disky se 3.0 Gbit/s SATA lze připojit na rozhraní SAS, avšak disky SAS k rozhraní SATA připojit nelze.

#### 8.1.6.7 Další rozhraní

Kromě SCSI se používalo též rozhraní Fibre Channel, který používá pro propojení počítačovou sítí. Pro externí disky (umístěné mimo skříň počítače) se používají rozhraní USB (Universal Serial Bus) či FireWire (IEEE 1394) a od roku 2004 i eSATA.

## 8.2 SSD

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Solid-state\\_drive](https://cs.wikipedia.org/wiki/Solid-state_drive)

Solid-state drive (zkratka SSD) je typ datového média, který ukládá data na flash paměť. Na rozdíl od klasických pevných disků neobsahuje pohyblivé mechanické části a má mnohem nižší spotřebu elektrické energie (příkon). SSD emuluje rozhraní používané pro pevné disky (typicky SATA nebo ATA), aby je mohl snadno nahradit. SSD mají výrazně nižší latenci, a tím snadno dosahují vyšších rychlostí při čtení, než nabízejí pevné disky. Nevýhodou ovšem je výrazně vyšší cena v přepočtu vůči kapacitě.

Pro uložení dat je nejčastěji použita nevolatilní flash paměť (SSD jednotka, která používá volatilní paměť typu SRAM nebo DRAM, je někdy nazývána RAM-drive).

### 8.2.1 Výhody

Díky tomu, že SSD nemají mechanické pohyblivé části, vykazují nižší spotřebu, mají nižší čas na alokaci dat (u klasických disků spotřebovaný na přesunutí čtecích/zápisových hlaviček), dosahují vyšších přenosových rychlostí a nevydávají hluk atd. Taktéž jsou znatelně lehčí, což je s nižší spotřebou (typicky 2 Watty při plném provozu a zhruba 1/10 ve standby režimu) předurčuje k použití do notebooků, netbooků, PDA a podobných zařízení, kde spotřeba hraje velkou roli. Kromě toho nejsou tak náchylné na nárazy a otřesy jako mechanické disky.

Rozdíly v času potřebném pro vybavení dat (mikrosekundy v porovnání s milisekundami u pevných disků)[2] a rychlostmi čtení (OCZ Z-DRIVE e84 – 800 MB/s; Fusion-io – 1,5 GB/s)[3][4] jsou proti pevným diskům výrazné, takže se SSD jednotky používají i pro specifické zvýšení výkonu počítačového systému, ale odpovídá tomu i pořizovací cena, která je přibližně 10× větší než u běžného HDD (zhruba 10Kč/GB, ceny se často mění).

### 8.2.2 Nevýhody

SSD jednotky však trpí i mnoha problémy, které jsou dány jejich konstrukcí. Flash paměti mají omezenou životnost maximálním počtem zápisů do stejného místa, který je výrazně nižší, než u klasických pevných disků (udáváno kolem 100 000 zápisů).[5] Podle typu použitých čipů (SLC, MLC) se dosahuje vyšší ceny i životnosti nebo nižší ceny a kratší životnosti. Podle některých zdrojů je životnost SSD jednotek naopak vyšší, protože i když je počet přepisů jedné buňky relativně malý, rozkládá se u některých SSD zápis automaticky postupně na celou dostupnou paměť.[6]

Některé operační systémy k SSD obvykle přistupují jako k normálním pevným diskům a tak dochází k degradaci jejich výkonu[7] (například v Microsoft Windows,[8] kde však jistý nárůst výkonu poskytuje implementace příkazu TRIM v systému Windows 7). Také optimalizace zabudované v ovladačích operačního systému, které počítají se sekvenčním zápisem na pevné disky, působí u SSD jednotek na jejich výkon negativně. Snížení výkonu se projevuje zejména při operacích zápisu, kdy kvůli jednomu zápisu musí proběhnout několik čtení a následně ještě mazání. Jiné operační systémy (například Linux), jsou na tom mnohem lépe, pro tento typ paměti mají speciální souborové systémy (Log-structured file systems), [9] které mohou tyto nedostatky odstranit, avšak pak je nutné hardwarové emulační rozhraní vypínat. Do budoucna se předpokládá vznik objektově orientovaných souborových systémů, které odstraní problémy s emulační vrstvou. Mezi další nevýhody oproti klasickým pevným diskům lze zařadit zatím znatelně vyšší cenu za GB a celkově nižší kapacity.

### 8.2.3 TRIM

Příkaz TRIM umožňuje, aby operační systém informoval SSD jednotku o tom, které datové bloky jsou volné a nejsou dále využívány. Označují se tak nejtypičtěji datové bloky smazaného souboru (data nejsou nulována, místo je k dispozici pro přepsání jinými daty). Příkaz TRIM slouží k tomu, aby SSD jednotka mohla správně alokovat rozložení zápisů a docházelo tak k rovnoměrnému opotřebení datových buněk v SSD jednotce.

### 8.2.4 Typy buněk

- SLC – dražší varianta, buňka obsahuje 1 stav, počet zápisů a rychlosti jsou vyšší než u MLC
- MLC – levnější varianta, buňka obsahuje 2 stavy, počet zápisů a rychlosti jsou nižší než u SLC
- eMLC – vychází z MLC, ale má vyšší počet zápisů do buňky
- TLC – nejlevnější varianta, buňka obsahuje 3 stavy, počet zápisů a rychlosti jsou nižší než u MLC

## 8.3 Virtuální disky

Virtual Hard Disk je soubor s vnitřní strukturou identickou jako má fyzický pevný disk. Typické je jeho užití v podobě virtualizačních řešeních a balíčcích (Virtual appliance).

### 8.3.1 VHD

Formát souboru vytvořila původně společnost Connectix, kterou kvůli Virtual PC Microsoft koupil. Od června 2005 je specifikace VHD k dispozici na stránkách díky iniciativě Microsoft Open Specification Promise. Soubor VHD využívají zejména virtualizační nástroje společnosti Microsoft Virtual PC, Virtual Server 2005 a Hyper-V.

Od uvedení systému Windows Vista a Windows Server 2008 je formát VHD používán nativně jako součást řešení zálohování těchto systémů. Nástroj Windows Backup (včetně zálohy Complete PC Backup) v systémech od Windows Vista používá pro ukládání záloh soubor VHD.

Windows 7 (verze Enterprise a Ultimate) a Windows Server 2008 R2 umožňuje použít VHD soubor jako virtuální pevný disk pro instalaci systému Windows do tohoto disku. Uživatel může tak mít několik virtuálních disků VHD s více nezávislými systémy.



### ODKAZ NA LITERATURU

Horák J. Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Meyer M. Osobní počítač. Computer Press, Praha, 2006. ISBN 9788025108345.

Winkler P. Velký počítačový lexikon. Computer Press, Praha, 2005. EAN 9788025123317..

Dembowski K. Mistrovství v Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Messmer H.P., Dembowski K. Velká kniha hardware. Computer Press, Brno, 2005. 1224 s.

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Pevn%C3%BD\\_disk](https://cs.wikipedia.org/wiki/Pevn%C3%BD_disk)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Technologie\\_z%C3%A1pisu\\_na\\_HDD](https://cs.wikipedia.org/wiki/Technologie_z%C3%A1pisu_na_HDD)

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/ROZHRHD.HTML>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/ATA>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Parallel\\_ATA](https://en.wikipedia.org/wiki/Parallel_ATA)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Solid-state\\_drive](https://cs.wikipedia.org/wiki/Solid-state_drive)

## 9 LOGICKÁ STRUKTURA PEVNÝCH DISKŮ



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- popsat metody adresace disku
- rozumět logické struktuře disku
- klasifikovat typy souborových systémů
- popsat strukturu souborových systémů
- vysvětlit funkci oddílů
- vhodně používat souborové systémy



### KLÍČOVÁ SLOVA

Logická struktura pevných disků: MBR, diskový oddíl, souborový systém FAT a NTFS: princip činnosti, výhody a nevýhody. Srovnání NTFS a FAT.

### 9.1 Metody adresace disku

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Kategorie:Magnetick%C3%A9\\_disky](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kategorie:Magnetick%C3%A9_disky)

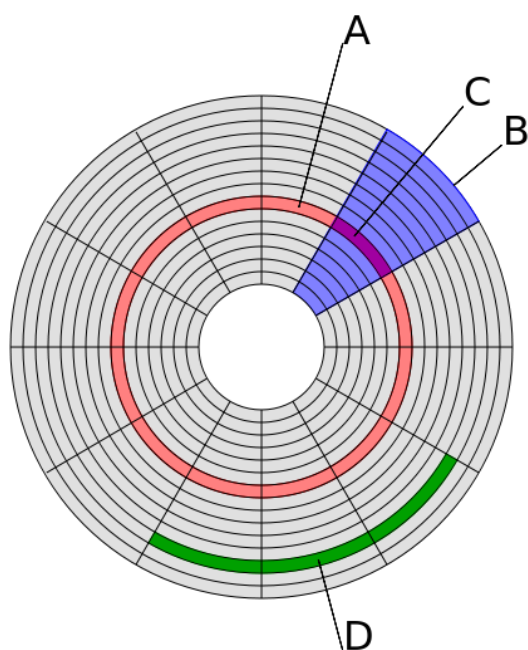
#### 9.1.1 Cluster

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Cluster\\_%28pevn%C3%BD\\_disk%29](https://cs.wikipedia.org/wiki/Cluster_%28pevn%C3%BD_disk%29)

Cluster (též alokační blok, alokační jednotka) je v počítači logická jednotka, do které se ukládají soubory a adresáře v souborovém systému. Sloučením několika bloků do větší alokační jednotky se snižuje režie komunikace počítače s úložným zařízením, snižuje se fragmentace a zvyšuje se tak rychlost a efektivita přenosu dat. Úložným zařízením může být jakékoliv blokové zařízení (pevný disk, CD, DVD, flash paměť, pásková jednotka a podobně).

##### 9.1.1.1 Popis

Úložná zařízení pracují už od doby páskových jednotek s bloky dat. Blok je typicky alespoň 512 bajtů souvislý úsek dat, se kterým zařízení pracuje jako s nejmenším možným celkem (avšak například CD a DVD používá 2048 bajtů, flash paměti 32 až 128 kiB). Aby bylo možné bloky snadno adresovat, jsou lineárně očíslovány (tzv. LBA, dříve se používala trojice Cylindr-Hlava-Sektor). Použití bloků tak umožňuje výrazně snížit režii při adresaci a evidenci uložených dat (tzv. metadata).



*Struktura disku (Cylindr-Hlava-Sektor):*

*(A) cylindr (stopa, kružnice, válec)*

*(B) sektor (úhlová výseč)*

*(C) blok (nejmenší fyzicky zpracovatelná část dat)*

*(D) klastr (nejmenší logická část souborového systému)*

Spolu s růstem velikosti úložného prostoru však začala být velikost bloku malá, protože neúměrně zvyšovala režii pro ukládání metadat, zvyšovala fragmentaci dat a zpomalovala tak rychlost přenosu dat. Proto bylo přistoupeno ke slučování bloků do větších logických celků na úrovni systému souborů, které označujeme jako alokační blok (cluster, alokační jednotka). Jeden alokační blok je vždy  $2^n$  násobkem bloků na úložném médiu (1, 2, 4, ..., 32, 64, ...).

Operační systém tedy při komunikaci se zařízením pracuje s menšími bloky, než prezentuje při práci se souborovým systémem.

### 9.1.1.2 Efektivita

Při čtení jediného bajtu (nebo bitu) je proto vždy přečten celý blok dat a stejně tak i při zápisu. Při změně je nutné nejprve celý blok načíst do paměti, informaci změnit a celý blok následně zapsat. Na první pohled se tak dramaticky zvýší režie. Přečtená data se však ukládají do cache (obvykle část operační paměti počítače) a pro následující čtení blízkých dat tak není nutné číst data ze zařízení, ale jsou použita data z cache. Při zápisu se naopak změněná data uloží jen do cache a k vlastnímu zaznamenání dat na úložné zařízení dojde až později (tj. více změn najednou).

V současné době se obvykle nepoužívají alokační bloky menší, než 4 kiB, což je stejně jako obvyklá velikost stránky paměti. Větší alokační jednotky (8, 16, 32 nebo 64 kiB) snižují režii a fragmentaci u větších souborů. Při ukládání malých souborů může při příliš velkém alokačním bloku dojít naopak ke zvýšení režie z důvodu vnitřní fragmentace (fragmentace uvnitř alokovaných oblastí – souborový systém vyhradí pro uložení souboru větší prostor, než je velikost souboru; v posledním uloženém bloku souboru je poté volné místo, které nelze využít).

Bloky dat (sektory), které patří jednomu alokačnímu bloku, nemusí být přesně vedle sebe. Starší disky

používaly prokládání sektorů (anglicky interleave), při kterém z důvodu optimalizace přístupu na disk (při sekvenčním čtení a zápisu) byly sektory přeházené (např. ob jeden sektor). Prokládání sektorů proto není možné zaměňovat s fragmentací

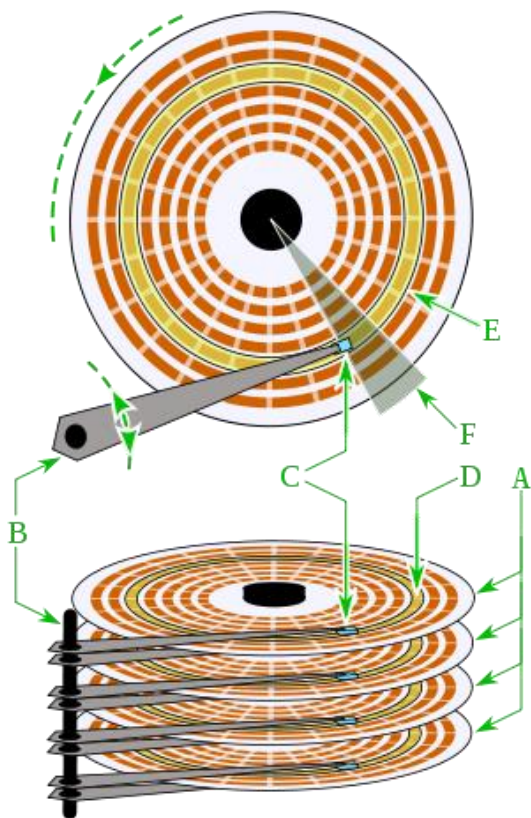
Volume Size	FAT16 Cluster Size	FAT32 Cluster Size	NTFS Cluster Size
7 MB–16 MB	2 KB	Not supported	512 bytes
17 MB–32 MB	512 bytes	Not supported	512 bytes
33 MB–64 MB	1 KB	512 bytes	512 bytes
65 MB–128 MB	2 KB	1 KB	512 bytes
129 MB–256 MB	4 KB	2 KB	512 bytes
257 MB–512 MB	8 KB	4 KB	512 bytes
513 MB–1024 MB	16 KB	4 KB	1 KB
1025 MB–2 GB	32 KB	4 KB	2 KB
2 GB–4 GB	64 KB	4 KB	4 KB
4 GB–8 GB	Not supported	4 KB	4 KB
8 GB–16 GB	Not supported	8 KB	4 KB
16 GB–32 GB	Not supported	16 KB	4 KB
32 GB–2 terabytes	Not supported	Not supported*	4 KB

<https://technet.microsoft.com/en-us/library/bb457112.aspx>

### 9.1.2 CHS

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Cylindr-Hlava-Sektor>

Cylindr-Hlava-Sektor, (zkratka CHS, anglicky Cylinder-Head-Sector, česky stopa-hlava-sektor nebo válec-povrch-výseč) je starší způsob adresování sektorů pro přístup k pevným diskům počítačů. U nejstarších disků do kapacity cca 100MB odpovídala geometrie disku (počet válců, hlav a sektorů na stopu) adresaci pomocí CHS. Protože se u disků vyšších kapacit již nepoužívá konstantní počet sektorů na stopu, aby se lépe využila plocha disku, geometrie CHS ztrácí svůj původní význam.



*Struktura disku:*

*A – plotny (kotouče s magnetickou vrstvou)*

*B – otočné raménko nesoucí všechny hlavy*

*C – záznamová a čtecí hlava (head)*

*D, E – cylindr (stopa, prochází všemi plotnami, tj. válec)*

*F – sektor (úhlová výseč se stopami)*

Záznam je prováděn do jednotlivých stop, což jsou soustředné kružnice. Protože jsou čtecí a záznamové hlavy pevně spojené, jsou vždy všechny nastaveny na stejnou stopu. Proto se stopa někdy označuje jako válec (procházející skrz všechny plotny). Na každé stopě je několik sektorů (obvykle po 512 bajtech), přičemž starší disky mají stejný počet sektorů na obvodu i na vnitřní stopě, z čehož vyplývá, že hustota záznamu je u středu plotny větší. Proto se u disků s vyššími kapacitami používá různý počet sektorů na každé stopě, aby byla zachována hustota záznamu dat.

### 9.1.3 LBA

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Logical\\_Block\\_Addressing](https://cs.wikipedia.org/wiki/Logical_Block_Addressing)

Logical Block Addressing (LBA) je metoda, při které se ve vnější paměti jednotlivé logické bloky s daty číslovají lineárně (postupně) od 0 (nuly). Jeden logický blok (někdy též sektor) má v pevných discích velikost 512 bajtů, avšak SSD disky jej mají 1024 bajtů a optická média 2048 bajtů (CD-ROM, DVD). Metoda adresace logických bloků pomocí LBA je nástupcem metody Cylindr-Hlava-Sektor (CHS), která byla používána dříve.

První logický blok na disku má adresu 0 (nula), další 1 atd. V základní variantě LBA je délka adresy 28 bitů, je tedy možné adresovat až 228 sektorů, což při velikosti logického bloku 512 bajtů znamená maximální kapacitu disku 128 GiB. Pro větší pevné disky je používán nový standard ATA (konkrétně ATA-6, resp. ATA 100), který zavádí 48bitovou LBA adresu, takže je možné adresovat až 128 PiB (128 milionů GB pro logické bloky velikosti 512 bajtů).

## 9.2 Souborový systém

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Souborov%C3%BD\\_syst%C3%A9m](https://cs.wikipedia.org/wiki/Souborov%C3%BD_syst%C3%A9m)

Souborový systém (file system) je označení pro způsob organizace dat ve formě souborů (a většinou i adresářů) tak, aby k nim bylo možné snadno přistupovat. Souborové systémy jsou uloženy na vhodném typu elektronické paměti, která je umístěna přímo v počítači (pevný disk nebo CD,...) nebo může být zpřístupněna pomocí počítačové sítě. Datová struktura souborového systému se tvoří během procesu formátování.

Údaje v elektronické paměti jsou přístupné v podstatě jako vektor dvojkových čísel. Přitom různé oblasti tohoto vektoru mohou být v závislosti na typu a okamžitém stavu paměti různě rychle dostupné. Například harddisk nebo CD-mechanika potřebuje určitý čas na přesun hlavičky na jinou stopu a než se pod hlavičku dostane oblast s požadovanými daty.

Souborový systém zajišťuje ukládání a čtení dat paměťového média tak, aby s nimi uživatelé mohli pracovat ve formě souborů a adresářů. Základní ideou souborového systému je tedy zpřístupnění a ukládání dat pomocí hierarchicky organizovaného systému adresářů a souborů. Základním pravidlem každého souborového systému je, že data musí být jednoznačně určena svým jménem. Z toho vyplývá, že dva soubory nebo podadresáře umístěné ve stejném adresáři nesmí mít stejné jméno.

Jednoúčelová zařízení jako jsou mp3 přehrávače nebo digitální fotoaparáty mohou podporovat pouze omezenou podmnožinu funkcí souborového systému. Avšak s plnohodnotnými hierarchickými souborovými systémy se setkáváme stále častěji (například v mobilních telefonech).

Souborový systém zaznamenává kromě jména souboru a jeho umístění v hierarchii adresářů další informace sloužící pro správu souborů. Především jsou to časové známky (nejdůležitější je čas poslední změny). Dále může souborový systém vést informace o vlastnících souborů a přístupových právech, což je důležité ve víceuživatelských systémech, nebo při zpřístupňování dat na disku pomocí počítačové sítě.

### 9.2.1 Organizace dat na disku

Pevné disky jsou obvykle logicky rozděleny na oddíly (partition), takže souborový systém se rozkládá jen na konkrétním oddílu a ne na celém disku. To umožňuje mít na pevném disku více nezávislých souborových systémů, které mohou být různého typu.

Informace uložené v systému souborů dělíme na metadata a data. Metadata popisují strukturu systému souborů a nesou další služební a doplňující informace, jako je velikost souboru, čas poslední změny souboru, čas posledního přístupu k souboru, vlastník souboru, oprávnění v systému souborů, seznam bloků dat, které tvoří vlastní soubor atd. Pojmem data pak míníme vlastní obsah souboru, který můžeme přečíst, když soubor otevřeme.

Software, který realizuje souborový systém, bývá obvykle součástí operačního systému. Většina operačních systémů podporuje několik různých souborových systémů. Např. v Microsoft Windows nalezneme podporu pro souborové systémy FAT a NTFS a ISO 9660 pro ukládání souborů na CD a DVD.

## 9.3 Souborové systémy Microsoft Windows

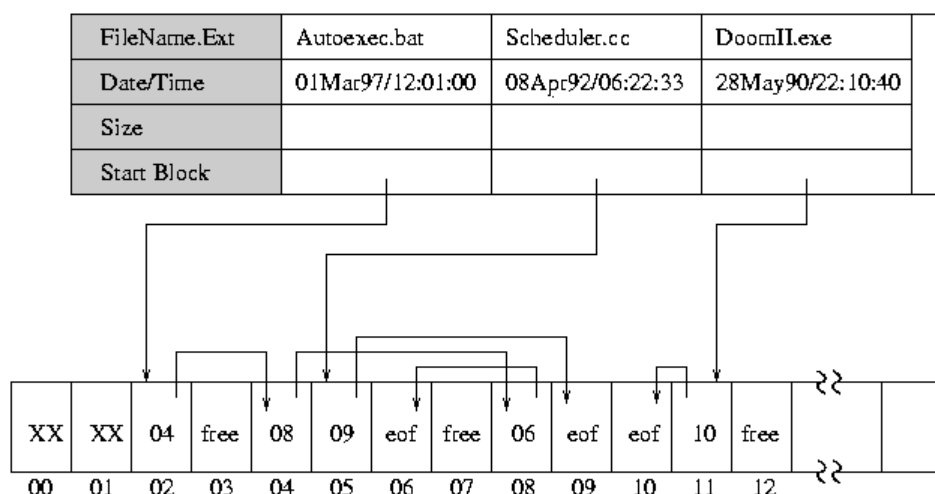
Řada systémů Windows NT používá souborové systémy FAT, NTFS, exFAT, Live File System a ReFS (poslední z nich je podporován až Windows Server 2012 R2, ale Windows z nich nemůže nabootovat). Windows používá u každého souborového systému pro označení jeho kořene další písmeno abecedy. Například cesta C:\Windows představuje adresář Windows na disku pojmenovaném C. Označení C: je nejčastěji používáno jako označení primárního oddílu, na kterém bývá operační systém nejčastěji nainstalován.

### 9.3.1 FAT

FAT je zkratka anglického názvu File Allocation Table. Jedná se o tabulku obsahující informace o obsazení disku v souborovém systému vytvořeném pro DOS. Zároveň se tak označuje zmíněný souborový systém. Rodina souborových systémů FAT je podporována téměř všemi operačními systémy. Je to univerzální formát použitelný mezi počítači a zařízeními většiny typů a věku. Během let se tento souborový systém vyvíjel z FAT12 na FAT16 a nakonec FAT32. Byly do něj přidány funkce navíc, například podsložky a dlouhé názvy souborů. FAT12 a FAT16 měly limit pro počet položek v kořenovém adresáři a limit maximální velikosti. Standardní FAT12, FAT16 a FAT32 mají pro název souboru limit 8+3 znaky (osm znaků pro název souboru a tři znaky pro

příponu, například .EXE).

MS/DOS Directory Entries



File Access Table (FAT)

[<http://pages.cs.wisc.edu/~bart/537/lecturenotes/s23.html>]

FAT16	FAT32	Explanation
0x0000	0x?0000000	Free cluster
0x0001	0x?0000001	Reserved cluster
0x0002–0xEEEF	0x?0000002–0x?FFFFFFEF	Allocated cluster
0xFFFF0–0xFFFF6	0x?FFFFFFF0–0x?FFFFFFF6	Reserved cluster
0xFFFF7	0x?FFFFFFF7	Bad cluster
0xFFFF8–0xFFFFF	0x?FFFFFFF8–0x?FFFFFFF	End of cluster

[[http://central.oak.go.kr/journallist/journaldetail.do?article\\_seq=11856&tabname=abst&resource\\_seq=-1&keywords=null](http://central.oak.go.kr/journallist/journaldetail.do?article_seq=11856&tabname=abst&resource_seq=-1&keywords=null)]

### 9.3.1.1 FAT12

Souborový systém FAT byl vytvořen v srpnu 1980 s první verzí QDOSu, předchůdce MS-DOSu. Používala 12 bitů pro adresaci sektoru (což omezovalo velikost disku na 2 MiB), první verze neuměla podadresáře.

### 9.3.1.2 FAT16

V roce 1983 Microsoft vydal další verzi používající 16 bitů na adresaci clusteru. Cluster mohl být tvořen jedním nebo více sektory (pouze mocniny dvou), maximálně ovšem 64 (velikost 32 KB). Při jednosektorovém clusteru tak byla maximální možná velikost logického disku 32 MB, při maximálním 2 GB (Dodatečné rozšíření u Windows NT/2000/XP a EDR-DOSu: 64 KB velikost clusteru, logického disku až 4 GB). Tato verze se obvykle nazývá FAT16 s tím, že verzi s 12 bity (ovšem s doplněnou podporou podadresářů) se říká FAT12.

### 9.3.1.3 VFAT

V roce 1995 vyšlo s Windows 95 další rozšíření pro FAT12 a FAT16, nazývané VFAT. Novinkou byla podpora dlouhých jmen souborů (delších než původních 8 znaků jména a 3 znaky přípony). Požadovaného efektu bylo dosaženo tak, že každý soubor s dlouhým názvem obsahuje v seznamu adresářových položek (v seznamu souborů v adresáři) více záznamů umístěných bezprostředně za sebou, přičemž až poslední záznam je standardním záznamem typu FAT. Předchozí záznamy mají příznaky souboru nastavené tak, aby byly staršími operačními systémy ignorovány (proto tyto zobrazují (většinou) pouze krátký název souboru 8+3 uložený v posledním záznamu).

### 9.3.1.4 FAT32

V roce 1997 vyšla verze nazývaná FAT32. Přináší 32bitové adresy clusterů, kde číslo alokační jednotky využívá 28 bitů. Tím se zvyšuje limit velikosti diskového oddílu na 8 TiB pro 32 kiB cluster (228×32 kiB) a velikost souborů na 4 GB (přesně 232–1 bajtů), takže není vhodný pro ukládání velkých souborů, jako jsou obrazy DVD, velké soubory s videem a podobně.

Limitem jsou však i další omezení, která je nutno vzít v úvahu. Systém DOS využívá pro čtení disku BIOS, takže jejich limitem je adresace CHS s hranicí 32 GB (uplatňuje se v prostředí DOSu nebo při startu Windows 95 a 98). Omezení LBA adresace je až do specifikace ATA 66 omezeno hranicí 128 GB (tj. možností komunikace přes starší verzi IDE rozhraní s PATA kabelem).

Nativní podpora pro 32bitové systémy je obsažena ve Windows 2000 a novějších, které tak umožňují číst a zapisovat na libovolně velký oddíl s FAT32. Záměrně však obsahují nástroj, který umožňuje naformátovat pouze oddíl s maximální velikostí 32 GB (stejný limit uplatňuje také instalační program), protože Microsoft považuje tak velké souborové systémy FAT za pomalé a neefektivní.[1][5] Větší existující oddíly však mohou být bez problému naformátovány jinými programy.[6]

### 9.3.1.5 FAT+

V roce 2006 bylo nezávislými programátory publikováno kompatibilní rozšíření FAT+ (FATplus), zvyšující maximální velikost souboru ze 4 GB na 256 GB. Je implementováno např. v systému Enhanced-DR-DOS.

### 9.3.1.6 exFAT

V roce 2007 Microsoft uvedl patentovanou exFAT. Nový souborový systém jednodušší než NTFS a podobný FAT, ale nebyl zcela kompatibilní. Podpora nastoupila s Windows 7 v roce 2009. Systém exFAT se využívá u SDXC karet.

## 9.3.2 NTFS

Souborový systém NTFS byl představen s operačním systémem Windows NT v roce 1993.

### 9.3.3 exFAT

ExFAT je patenty zatížený souborový systém, který není kompatibilní s FAT. Je podporován v nových operačních systémech Windows NT (Windows Vista, Windows Server 2008, Windows 7, Windows 8 a podpora může být dodána do Windows XP. ExFAT je podporován v OS X od verze 10.6.5 (Snow Leopard). Podpora v dalších operačních systémech je malá, protože Microsoft nepublikoval specifikace souborového systému. ExFAT je jediný souborový systém který je plně podporován na operačních systémech Windows a OS X a dokáže pracovat se soubory většími než 4 GB.

## 9.4 Základní pojmy

### 9.4.1 Diskový oddíl (partition)

Diskové oddíly (partition) slouží k rozdělení fyzického disku na oddíly (fyzické nebo logické), se kterými je možné nezávisle manipulovat. Laicky řečeno, po rozdělení pevného disku se pak tento z pohledu souborů jeví jako několik samostatných disků, které mohou být různě naformátovány (tj. mít odlišnou logickou strukturu) a dokonce mohou obsahovat i různé operační systémy.

Rozdělení fyzického disku na logické diskové oddíly bývá uvedeno v tzv. Partition Table (tabulka rozdělení disku), která se nachází na úplně prvním sektoru disku (tzv. Master boot record, hlavní spouštěcí záznam). Nejčastější verze této tabulky umožňuje pouze čtyři záznamy (primary partitions), ale v případě většího počtu diskových oddílů na jednom médiu je možné v hlavní (primární) tabulce odkázat na takzvaný rozšířený diskový oddíl (extendend partition), na jehož začátku se opět nachází MBR s další tabulkou, ve které je uvedeno rozdělení extended partition na další oddíly.

#### 9.4.1.1 Primární oddíly disku

PC BIOS umožňuje definovat v MBR umístěném v prvním sektoru disku čtyři primární oddíly. U primárního disku by právě jeden z těchto oddílů měl být označen jako bootovací (tedy jako ten, ze kterého lze nahrávat operační systém). V MS-DOS a dřívějších verzích Microsoft Windows bylo nutné, aby byl operační systém

nainstalován na primární oddíl, který byl po naboťování označen jako disk C:.

Modernější operační systémy mohou obsahovat zavaděče schopné překonat toto omezení, ale pokud má z disku startovat více operačních systémů, rozdělení na primární oddíly může být jediné, na kterém se „shodnou“.

#### 9.4.1.2 Rozšířené oddíly disku

Kromě primárních oddílů MS-DOS zavedl rozšířené oddíly. Ty jsou implementovány jako jeden oddíl rozdělený na větší počet logických disků. Na disku může být pouze jeden rozšířený oddíl.

Příklad: Disk s jedním primárním a jedním rozšířeným oddílem se dvěma logickými disky ukáže tři jednotky, C:, D:, a E:.

#### 9.4.1.3 Výhody a nevýhody vícediskových oddílů

Vytvoření více než jednoho oddílu má následující výhody:

- Možnost mít na jednom počítači více operačních systémů. Někdy je sice možné nainstalovat dva operační systémy na stejný logický oddíl, bývá to ale těžší a omezuje to výkonost nebo vlastnosti jednoho z těchto systémů.
- Oddělení operačního systému (OS) a programových souborů od uživatelských souborů.
- Možnost mít oddělené místo pro stránkování paměti.
- Možnost oddělit softwarovou cache od ostatních souborů. Ta může dynamicky zvětšovat svou velikost a eventuálně zaplnit souborový systém.
- Ochrana izolací souborů. Logická poškození disku zasahují oddíly tak, že poškodí jeden oddíl a ostatní zůstanou nepoškozeny.
- Celkové zvýšení výkonu počítače v systémech, kde jsou menší souborové systémy efektivnější (například i u NTFS rozsáhlejší MFT tabulka způsobuje, že přístup k souborům na jednom velkém oddílu je pomalejší než na dvou menších).

Vytvořením více než jednoho oddílu na pevném disku má následující nevýhody:

- Snižuje se celkové místo dostupné pro ukládání uživatelských dat na disk. Operační systém totiž musí vytvořit na každém oddílu speciální oblast pro správu konkrétního souborového systému.
- Snižuje se celkový výkon disku v systémech, kde je často k datům přistupováno paralelně na více oddílech, jelikož čtecí a zápisová hlava disku je tak nucena hýbat se sem a tam, aby mohla přistupovat k datům na každém oddílu. (netýká se SSD disků).
- Horší schopnost uložit velké soubory při zaplnění disku.
- Zpomalí se přesun dat mezi různými diskovými oddíly jednoho pevného disku.

#### 9.4.2 Boot sektor

Boot sector (někdy zvaný Bootblock) je vyhrazená oblast v pevném disku, diskety nebo jiného podobného zařízení, obsahující krátký a pro běžné uživatele nepřístupný program pro zavedení operačního systému. Zpřístupní se pouze po zavedení do počítače jako bootovací mechanismus. Dále obsahuje tzv. blok parametrů disku. Ten obsahuje specifické informace o svazku, jako např. verze, počet sektorů na cluster, počet rezervovaných sektorů před první FAT, počet FAT, počet sektorů kořenového adresáře, celkový počet sektorů na disku, počet sektorů v jedné FAT, název svazku (volume label).

Na PC kompatibilních s IBM, BIOS nerozlišuje mezi VBR a MBR. Firmware načte a spustí první sektor na úložném zařízení. U disket to je VBR, u pevných disků je to MBR. V MBR je uvedeno rozdělení disku a MBR se postará o načtení a spuštění VBR aktivního oddílu. VBR načte druhořadý bootloader z jiného umístění na disku.

Aby byl boot sektor platný, musí být zakončen dvoubajtovým hexadecimálním číslem 0xAA55 (tzv. Boot sektor Signatura). Pokud není nalezeno, BIOS nebo MBR ohlásí chybu a zastaví načítání Operačního systému.

Zaváděcí program lze nahradit propracovanějším zavaděčem, nebo dokonce multifunkčním správcem zavádění (programy uloženými jinde na disku, které lze spustit bez operačního systému).

Boot sektor obsahuje v bloku parametrů disku specifické informace o svazku, jako např. verze, počet sektorů na cluster, počet rezervovaných sektorů před první FAT, počet FAT, počet sektorů kořenového adresáře, celkový počet sektorů na disku, počet sektorů v jedné FAT, název svazku.

#### 9.4.2.1 Typy bootovacích sektorů

Na pevných discích kompatibilních s IBM PC, disketách a podobných úložných zařízeních se můžeme setkat s několika hlavními druhy bootsektorů:

- Master Boot Record (MBR) je první sektor úložného zařízení, které bylo rozděleno na Diskové oddíly. MBR může obsahovat kód pro nalezení aktivního oddílu a vyvolání jeho VBR.
- Volume Boot Record (VBR) je první sektor úložného zařízení, které nebylo rozděleno na diskové oddíly, nebo první sektor jednotlivých diskových oddílů. Obsahuje kód pro nahrání a spuštění operačního systému (nebo jiného samostatného programu) nainstalovaného na tomto zařízení nebo v diskovém oddílu.
- CD-ROMy mají svou vlastní strukturu boot sektoru, u PC kompatibilních s IBM je popsána ve specifikaci El Torito.
- PC nekompatibilní s IBM mají na svých discích jiný formát boot sektoru.
- Někdy je pojmem boot sektor označen sektor s pamětí NOR Flash ROM, který je určen pro uložení počátečních zaváděcích programů (obvykle bootblock nebo bootloader). Tato paměť je, na rozdíl od běžného uložení na discích, navíc vybavena ochranou proti náhodnému smazání a přepsání dat.

#### 9.4.3 Master Boot Record

Master Boot Record (zkratka MBR) je hlavní spouštěcí záznam (obdoba boot sektoru), který je v IBM PC kompatibilních počítačích (FAT i NTFS) umístěn v prvním sektoru pevného disku (nebo obdobného média), tj. na jeho úplném začátku (podle Cylindr-Hlava-Sektor = 0-0-1, podle LBA v sektoru 0). Jeho velikost je 512 bajtů a je v něm umístěn:

- zavaděč operačního systému, kterému BIOS předává při startu počítače řízení
- tabulka rozdělení disku (anglicky partition table) na logické části (oddíly)
- číselný identifikátor disku

MBR dokáže adresovat maximálně 2 TB disky. Jeho nástupcem je GPT, což je součást UEFI standardu

##### 9.4.3.1 Hlavní tabulka rozdělení disku (MPT)

Anglicky Master Partition Table. Obsahuje seznam logických oddílů na daném fyzickém disku a informace o umístění zaváděcích sektorů (boot sektorů) jednotlivých disků. Tato tabulka může obsahovat maximálně 4 záznamy. Je-li potřeba rozdělit jeden disk na více logických oblastí, potom některý ze 4 záznamů odkazuje na tzv. Extended partition table (rozšířená tabulka rozdělení disku), která opět může obsahovat až 4 záznamy. Disk se dělí na primární oddíly (primary partition), jeden oddíl z nich může být označený jako rozšířený oddíl (extended partition). V rozšířeném oddíle lze vytvořit „libovolný“ počet logických oddílů (omezený pouze velikostí disku či možnostmi operačního systému). V novějších operačních systémech (Windows 2000 a novějších, novějších jádrech Linuxu a dalších systémech dnešní doby) byla zavedena možnost používat tzv. Dynamické svazky. Ty nabízejí více funkcí než běžné diskové oddíly, například možnost vytvoření svazků odolných proti chybám (v serverových operačních systémech řady Microsoft® Windows®, verzí 2000 počínaje), či bez nutnosti restartu je rozšířit (kromě systémových a spouštěcích svazků), zrcadlit a přidávat nové.

##### 9.4.3.2 Hlavní spouštěcí kód – kód zavaděče

Jedná se o krátký úsek kódu, který je při startu počítače zaveden BIOSem do paměti počítače a následně je spuštěn. Jeho úkolem je načíst do paměti zaváděcí (boot) sektor z oddílu, který je v tabulce označen jako aktivní (t.j. oddíl, ze kterého má být zaveden operační systém) a spustit ho. Od tohoto okamžiku je už start

operačního systému stejný, jako při zavedení z diskety. Zaváděcí sektor (boot sector) je již závislý na konkrétním operačním systému, aby ho uměl zavést do paměti a předat mu řízení počítače.

Hlavní spouštěcí kód může být kromě zneužití virem (viz níže) využit i pro rozšíření možností starších verzí BIOSu, které neuměly pracovat s velkými disky. V takovém případě je do prvního (resp. nultého) sektoru disku umístěn speciální ovladač a celý zbytek disku je pak o 1 sektor posunut. Ovladač na sebe přesměruje i obsluhu volání BIOSu a tak s velkými disky mohou následně pracovat i systémy DOS. Tento mechanismus není funkční u plně 32bitových systémů, které pro obsluhu disků nepoužívají BIOS, ale vlastní ovladače.

#### 9.4.3.3 Zneužití viry

Starší počítačové viry (například pro operační systém DOS) s výhodou infikovaly MBR, takže se při startu počítače aktivovaly dříve, než samotný operační systém. Tímto způsobem se mohl virus před operačním systémem snadno skrýt nebo pozměnit jeho základní funkce (a stát se tak „neviditelným“). Tato metoda je neúčinná pro 32bitové operační systémy (např. řada Windows NT, Linux atp.), které při svém startu kompletně přebudují mapu paměti (viz stránkování paměti), avšak může být dnes opět zneužita pomocí využití virtualizace.[2][3]

#### 9.4.4 Volume Boot sektor (VBR, spouštěcí záznam svazku)

První sektor logické oblasti disku (označované také jako diskový oddíl, logický oddíl, svazek nebo partition) obsahující souborový systém FAT se skládá ze dvou částí: blok parametrů disku a spouštěcí kód svazku.

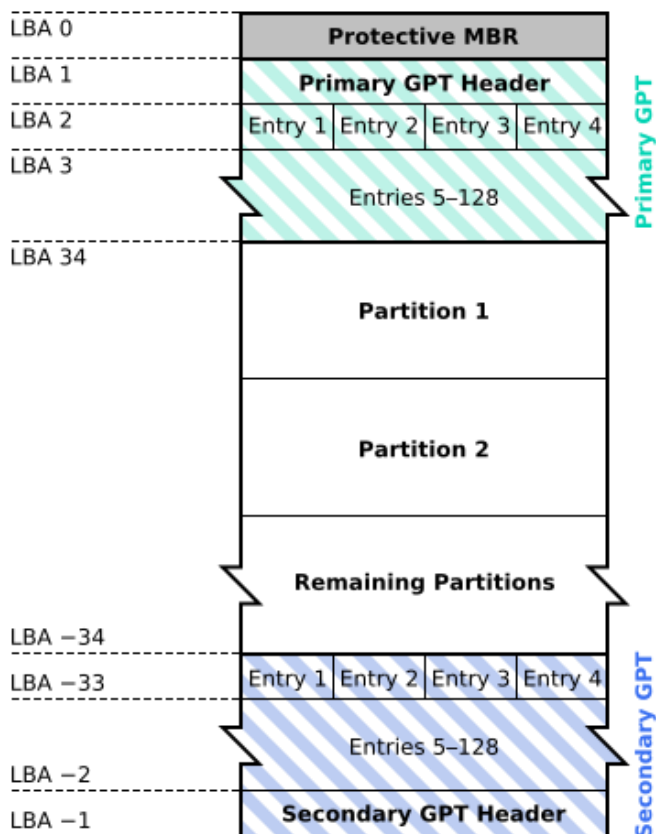
Drobné upozornění: Boot sektor není totéž co Master boot record (hlavní spouštěcí záznam), který je úplně prvním sektorem na fyzickém disku a obsahuje tabulku rozdělení disku (Partition table) a hlavní spouštěcí kód. Nicméně boot sektor i master boot record jsou oblíbeným místem počítačových virů, neboť kód uložený v těchto sektorech bývá vykonán dříve než samotný operační systém.

#### 9.4.5 GUID Partition Table (GPT)

GUID Partition Table (GPT) je standard pro popis členění pevného disku na oddíly. Nahrazuje starší tabulku MBR, která neumožňuje použít disk větší, než 2 TiB. GPT je součástí standardu UEFI od firmy Intel, který by měl nahradit v IBM PC kompatibilních počítačích klasický BIOS.

Konverze disku s MBR na GPT je snadná, pokud první oddíl nezačíná hned na LBA 1, ale došlo při formátování disku k zarovnání prvního oddílu (od Windows Vista je zarovnání na 1 MiB). V takovém případě je na začátku disku dostatek místa pro umístění GPT.

## GUID Partition Table Scheme

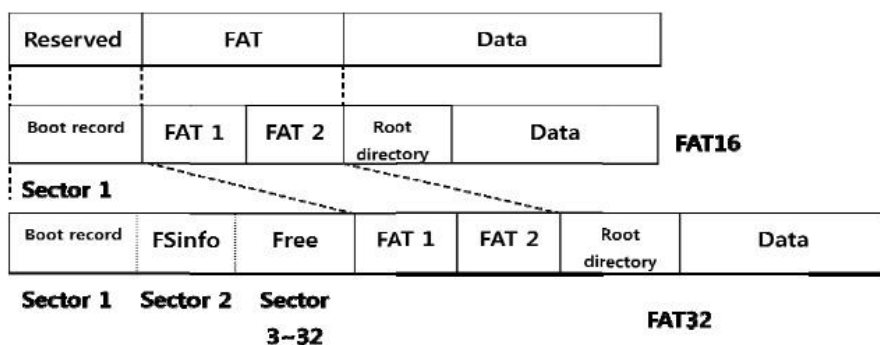


### 9.4.5.1 Hlavní rozdíly oproti MBR

- zcela opouští dělení disku na cylindry, hlavy a sektory, pracuje pouze s LBA
- umožňuje pracovat s velkými pevnými disky (teoretická maximální velikost oddílu  $9,4 \times 10^{21}$  bytů = 9,4 ZB = 8 ZiB, má-li LBA sektory 512 kB - tuto velikost obvykle neumí využít OS, například Microsoft podporuje maximální velikost 18 EB), MBR umožní pracovat pouze s oddíly do velikosti 2,20 TB = 2 TiB ( $2^{32} \times 512$  bytů)
- umožňuje vytvořit více oddílů - Microsoft implementuje 128, z toho 4 jsou vyhrazené, tedy 124 uživatelsky dostupných (MBR pouze 4 oddíly + v extended oddílu další logické)
- záložní kopii tabulky ukládá na konci disku
- velikost GPT je na disku s 512 B sektory  $34 \times 512$  B = 16 KiB (první oddíl začíná na LBA 34)

## 9.5 Struktura FAT

obr 154



[[http://central.oak.go.kr/journallist/journaldetail.do?article\\_seq=11856&tabname=abst&resource\\_seq=-1&keywords=null](http://central.oak.go.kr/journallist/journaldetail.do?article_seq=11856&tabname=abst&resource_seq=-1&keywords=null)]

### 9.5.1 Boot sektor

### 9.5.2 Alokační tabulka souborů (FAT)

Tato tabulka popisuje přiřazení každého clusteru v oddílu (1 záznam odpovídá 1 clusteru). Obvykle existují 2 kopie (obě jsou uloženy bezprostředně za sebou) – ta druhá je použita v momentě, kdy se první stane nečitelnou.

Přiřazení clusteru může nabývat různých specifických hodnot jako např. volný (0x0000), vadný (0xFFFE), cluster indikující konec souboru (0xFFFF), nebo obsahuje číslo následujícího clusteru souboru.

### 9.5.3 Kořenový adresář

V původní verzi obsahoval jednoduchou databázi obsahující veškeré informace o všech souborech, které jsou známy operačnímu systému, v příslušném oddílu. Se zavedením podadresářů (tedy dalších adresářů kromě tohoto) se stal kořenem stromové hierarchie adresářů: záznam o podadresáři v něm uložený neobsahuje žádné informace o souborech uložených v tomto podadresáři (ani součet velikostí), pouze informace o podadresáři. Pokud bychom tedy chtěli pracovat s databází souborů, museli bychom přecházet všechny adresáře (pro běžnou práci se svazkem to ovšem není nutné).

U FAT12 a FAT16 byla jeho velikost stanovena napevno při vytváření souborového systému, od verze FAT32 může být uložen kdekoliv a jeho velikost může libovolně narůstat.

### 9.5.4 Datový prostor

rozdělený na clustery

## 9.6 Struktura NTFS

<https://cs.wikipedia.org/wiki/NTFS>

NTFS (New Technology File System) je označení pro souborový systém, který vyvinula firma Microsoft pro svoje operační systémy řady Windows NT. Souborový systém NTFS byl navržen jako rozšiřitelný souborový systém, který je možné přizpůsobit novým požadavkům. Microsoft při vývoji NTFS využil poznatky z vývoje HPFS, na kterém spolupracoval s firmou IBM.

NTFS byl navržen jako nativní souborový systém pro Windows NT a (zejména oproti zastaralému filesystému FAT) obsahoval spoustu novinek:

- žurnálování – všechny zápisy na disk se zároveň zaznamenávají do speciálního souboru, tzv. žurnálu. Pokud uprostřed zápisu systém havaruje, je následně možné podle záznamů všechny rozpracované operace dokončit nebo anulovat a tím systém souborů opět uvést do konzistentního stavu.
- access control list – podpora pro přidělování práv k souborům
- komprese na úrovni souborového systému
- šifrování (EFS - Encrypting File System) umožňuje chránit data uživatele na úrovni souborového systému a je transparentní.
- diskové kvóty umožňují nastavit maximálně využitelné místo na diskovém oddíle, pro konkrétního uživatele. Do diskové kvóty se nezapočítávají komprimované soubory, ale jejich reálná velikost.
- dlouhá jména souborů (ve FAT původně nebyla a ve Windows 95 je bylo třeba doplňovat značně komplikovaným způsobem)
- pevné a symbolické linky – odkazy na soubory na úrovni filesystémů, známé z operačních systémů UNIX. Windows pro editaci tohoto typu odkazů nemají standardní uživatelské rozhraní, ale umí je interpretovat a také je používají (Distribuovaný systém souborů na Windows server 2003 apod.).

### 9.6.1 Struktura NTFS

NTFS používá 64-bitové adresy clusterů, takže diskový oddíl může být větší než u FAT (která ve své poslední

verzi používala efektivně 28bitové adresování) a to konkrétně až 16 EB (což odpovídá přibližně  $17 \times 10^6$  TB). NTFS podporuje všechny velikosti clusterů od 512 B do 64 kB, standardem jsou 4 kB (pro delší soubory je vhodnější delší cluster). Celý systém je řešen jako obří databáze, jejíž jeden záznam odpovídá souboru.

Pro vnitřní potřebu systému je určeno 16 záznamů, jejich kopie je kvůli spolehlivosti umístěna ještě uprostřed disku. Základ tvoří 11 systémových souborů, tzv. metadat, které vznikají bezprostředně po naformátování svazku.

- \$MFT (Master File Table) je tabulka obsahující záznamy o všech souborech, adresářích a metadatech (jelikož \$MFT je soubor, je i informace o něm v této tabulce); Nachází se hned za boot sektorem; jelikož se jedná o soubor, lze jej teoreticky fragmentovat (prakticky je tomu zamezeno), avšak aby se tomu předešlo, systém kolem něj udržuje zónu volného místa. Uložení informací v těchto záznamech umožňuje, aby MFT mohla růst nebo zmenšovat se. NTFS vnitřně určuje soubory a adresáře podle pozice jejich záznamů v MFT, které označují začátek jejich metadat. Soubory metadat v tabulce 2 mají určené první záznamy v MFT. Velikost záznamu je obvykle 1kB, ale může být i větší.
- \$MFTMirr je soubor, zajišťující bezpečnost dat; nachází se uprostřed disku, obsahuje prvních 16 záznamů \$MFT; pokud je \$MFT z nějakého důvodu poškozená, použije se tato kopie. Bootovací záznam NTFS disku obsahuje pozici MFT i její kopie. Rychlost přístupu do MFT hraje rozhodující roli v celkovém výkonu NTFS, proto se NTFS snaží tento přístup maximálně zrychlit. Protože MFT je soubor, který může růst a zmenšovat se, může být fragmentovaný (rozdělený do více částí). Tato fragmentace vzniká, protože NTFS nemůže přidělit souvislý prostor pro MFT, protože velikost MFT nelze dopředu určit.
- \$LogFile je již výše zmíněné žurnálování;
- \$Volume obsahuje sériové číslo svazku, čas vytvoření;
- . (kořenový adresář disku);
- \$AttrDef – definice atributů souborů. Soubory mohou mít mnoho atributů. V různých verzích se atributy liší, teoreticky je dokonce možné přidávat si vlastní. Klasický soubor má mj. tyto atributy:
  - \$FILE\_NAME – struktura pro jméno souboru. Kromě něj obsahuje i velikost, reference na nadřazený adresář a různé příznaky.
  - \$SECURITY\_DESCRIPTOR – přístupová práva k souboru
  - \$DATA – vlastní obsah souboru
- \$Bitmap je jednorozměrné pole bitů, které slouží ke sledování volného místa; když je bit 0, je volný a v opačném případě použitý;
- \$Boot – boot record jednotky;
- \$Badclust drží seznam známých vadných clusterů, které znovu nebudou použity; pokud nastane chyba při čtení dat, systém označí cluster za špatný a \$Badclust se aktualizuje;
- \$Quota obsahuje informace o uživatelských kvótách;
- \$Upcase – přidělení velkých znaků k malým.

NTFS je flexibilní – všechny jeho soubory (včetně speciálních, s výjimkou boot sektoru) se dají přesunout.

Adresáře jsou v NTFS pojaty jako speciální druh souborů; používají jiné druhy atributů. Na disk jsou vkládány binárně jako B-stromy (což zrychluje vyhledávání) se jmény souborů a odkazy na jejich záznamy v MFT. Všechny záznamy jsou setříděny abecedně, hledání začíná uprostřed. To zrychluje procházení adresářů, protože není potřeba číst MFT záznamy souborů v adresáři.

Záznam v MFT obecně obsahuje malou hlavičku, ve které jsou základní údaje o tomto záznamu. Za hlavičkou následuje jeden nebo více atributů, které popisují data nebo typ souboru či adresáře odpovídajícímu záznamu. Hlavička obsahuje čísla, která NTFS používá pro ověření integrity, ukazatel na první atribut v záznamu, ukazatel na první volný bajt v záznamu a číslo prvního (hlavního) záznamu v MFT, jestliže záznam není první.

## 9.6.2 Limity NTFS

### 9.6.2.1 Názyvy adresářů a souborů

Maximální délka je 255 znaků v kódování Unicode (UTF-16). V Posixovém namespace lze použít jakýkoliv UTF-16 znak (case sensitive) kromě znaku NULL a lomítko (/). Ve Win32 namespace lze použít jakýkoliv UTF-16 znak (case insensitive) kromě znaku NUL, lomítko (/), zpětné lomítko (\), dvojtečka (:), hvězdička (\*), otazník (?), uvozovky ("), menší než (<) větší než (>) a svislá čára (|)[4]. Nelze použít jména, která se používají pro jména speciálních souborů na každém svazku: \$MFT, \$MFTMirr, \$LogFile, \$Volume, \$AttrDef, . (tečka), \$Bitmap, \$Boot, \$BadClus, \$Secure, \$Upcase, a \$Extend[5] (tečka a \$Extend jsou adresáře, zbytek soubory).

### 9.6.2.2 Maximální velikost svazku

Teoreticky je maximální velikost NTFS svazku  $2^{64}-1$  alokačních jednotek, avšak podle implementace ve Windows XP je to jen  $2^{32}-1$  alokačních jednotek. Při použití 64 KiB je to 256 TiB minus 64 KiB, při použití implicitní velikosti 4 KiB to je 16 TiB minus 4 KiB. Protože je velikost klasického oddílu (MBR) limitována velikostí 2 TiB, musí být pro větší oddíly použit dynamický disk nebo GPT.

### 9.6.2.3 Maximální velikost souboru

Teoreticky: 16 EiB minus 1 KiB ( $2^{64} - 2^{10}$  bajtů). Implementováno je 16 TiB minus 64 KiB ( $2^{44} - 2^{16}$  bajtů)

### 9.6.2.4 Maximální délka cesty

Absolutní délka cesty až 32 767 znaků[6]; relativní délka cesty je limitována na 255 znaků.

### 9.6.2.5 Rozlišení času

NTFS používá pro rozlišení času stejnou metodu, jako Windows NT, tj. 64bitové číslo s rozsahem od 1. ledna 1601 do 26. května 60056 s rozlišením 10 milionů tiků na sekundu ( $10^{-7}$ , tj. desetina mikrosekundy).

### 9.6.2.6 Alternativní datové proudy

Systémová volání Windows mohou, avšak nemusí podporovat datové proudy[5] v závislosti na operačním systému, nástrojích a vzdáleném systému souborů. Přenos souboru může tiše přerušit datový proud[5], proto je bezpečný způsob pro kopírování a přesun souborů pouze použití systémových volání BackupRead a BackupWrite, které umožňují sledovat datový proud a zjistit tak, zda přenos do cíle proběhl v pořádku a eventuálně přeskočit přerušené proudy.[5]

## 9.7 Další pojmy

### 9.7.1 Formátování disku

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Form%C3%A1tov%C3%A1n%C3%AD\\_disku](https://cs.wikipedia.org/wiki/Form%C3%A1tov%C3%A1n%C3%AD_disku)

Formátování disku je postup, při kterém je tato vnější paměť inicializována tak, aby byla připravena k prvnímu použití. Formátování zapisuje na disk metadata popisující prázdné médium ve tvaru zvoleného souborového systému. Proto obvykle nedojde k úplnému odstranění původně uložených dat, avšak je ztracena informace, jak tato původní data přechít. Formátování je tedy proces, který na disku vytváří datovou strukturu souborového systému.

K disku nepřistupuje uživatel ani počítačový program přímo, ale využívá služby operačního systému (systémová volání, knihovní funkce nebo jiné rozhraní, např. Windows API). Formátování zapisuje na pevný disk (resp. na zvolený diskový oddíl) metadata, která popisují prázdný souborový systém. Od této chvíle je operační systém do tohoto prostoru schopen zapisovat další data.

Formátováním nejsou obvykle dotčena původní uložená data, takže vhodným obnovením metadat lze původní data opět zpřístupnit. Mnohdy však ne úplně a pouze za pomoci specializovaných nástrojů. Možnost obnovení původních dat je také závislá na tom, jestli byla po formátování na disk zapsána nová data, která mohou původní data přepsat.

### 9.7.1.1 Vysokoúrovňové formátování

Vysokoúrovňové formátování (anglicky High Level Format) je proces, při kterém jsou na disk zapsány informace o rozdělení disku na oddíly a o souborových systémech (viz výše). Mluvíme-li o formátování (bez upřesnění), máme obvykle na mysli právě tuto činnost.

### 9.7.1.2 Nízkoúrovňové formátování

Nízkoúrovňové formátování (anglicky Low Level Format, zkratka LLF) je základní formátování, které provádí výrobce pevného disku ihned po jeho fyzickém vytvoření. Nejprve jsou vytvořeny značky na začátku a konci stopy, následně jsou označeny začátky sektorů, je označen konec sektoru, jsou nahrána zkušební data a nakonec jsou všechna data na pevném disku zkontrolována testovacím programem. Starší BIOSy obvykle umožňovaly LLF provést, avšak jeho použití není vhodné, protože jsou smazána data a protože nově zapsané informace nejsou tak přesně umístěny, může být disk nevratně poškozen.

### 9.7.2 Fragmentace

Fragmentace, nežádoucí proces, vyskytující se ve všech rozšířených souborových systémech, je obvykle spojována se skutečností, že bloky souboru nebo adresáře nejsou přesně za sebou. Obecně však můžeme rozlišit dva druhy fragmentace – vnitřní a vnější.

- Vnitřní fragmentace vzniká tehdy, zůstávají-li nevyužity větší části alokačních bloků (clusterů). To nastává buď u souborů menší než velikost clusteru, nebo u jakýchkoliv souborů u jejich posledního clusteru.
- Vnější fragmentace vzniká tehdy, je-li jeden soubor rozdělen na více fragmentů a ty jsou rozmístěny na více místech disku, na sebe nenavazujících.

Fragmentace, zejména vnější, je nežádoucím jevem. Pokud jsou jednotlivé fragmenty na více cylindrech, musí hlavičky přeskakovat mezi stopami, a tím se zpomaluje rychlost čtení a zápisu. Pro odstranění vnější fragmentace se používá proces defragmentace.

### 9.7.3 S.M.A.R.T.

<https://cs.wikipedia.org/wiki/S.M.A.R.T.>

Self-Monitoring, Analysis, and Reporting Technology (S.M.A.R.T.) je monitorovací systém pro pevné disky. Firmware sleduje uvnitř pevného disku během provozu různé parametry, které je možné přenést do počítače. Pomocí zjištěných údajů může správce systému včas předvídat selhání disku a uložená data zálohovat. Systém S.M.A.R.T. definuje hlavně způsob komunikace disku s počítačem, takže jednotlivé implementace se u různých výrobců liší.

### 9.7.4 Metody zabezpečení proti selhání

<https://cs.wikipedia.org/wiki/RAID>

RAID (anglicky Redundant Array of Inexpensive/Independent Disks – vícenásobné diskové pole laciných/nezávislých disků) je metoda zabezpečení dat proti selhání pevného disku. Zabezpečení je realizováno specifickým ukládáním dat na více nezávislých disků, kdy jsou uložená data zachována i při selhání některého z nich. Úroveň zabezpečení se liší podle zvoleného typu RAID, které je označováno čísly (nejčastěji RAID 0, RAID 1, RAID 5 či nověji RAID 6). RAID je často používán na serverech, avšak je nutné si uvědomit, že RAID nenahrazuje zálohování dat.

Odlišné způsoby ukládání dat jsou realizovány buď softwarově nebo hardwarově. V softwarovém řešení obsluhuje zápis do pole RAID operační systém (resp. speciální meziprvstva nebo přímo ovladač zařízení), a proto se jedná o nejlevnější řešení, které však trpí některými nedostatky (snížení rychlosti). Hardwarové řešení tyto nedostatky odstraňuje pomocí speciálního zařízení (řadič), který obstarává obsluhu RAID sám a hlavní procesor počítače tak není zatěžován. Problémem je, že většina lacinějších RAID řadičů na trhu je ve skutečnosti softwarově řízena, takže se o hardwarové řešení nejedná.[1]

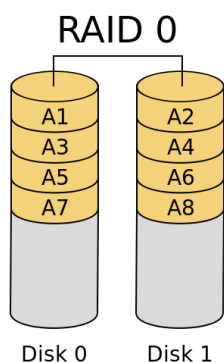
Pokud dojde při provozu RAID pole k výpadku některého disku (resp. členu pole), dostane se pole do tak zvaného degradovaného stavu, ve kterém je jeho výkon typicky nižší, avšak stále jsou všechna uložená data k

dispozici. Správce počítače vymění havarovaný disk za nový a ten začlení zpět do pole (anglicky hot add), čímž začne tak zvaná rekonstrukce pole, při které jsou dopočítány chybějící údaje a zapsány na nový disk. Data jsou typicky během rekonstrukce stále přístupná. Po dokončení rekonstrukce je RAID pole opět tak zvaně synchronizováno. Někdy je v poli trvale k dispozici rezervní disk (anglicky spare), takže rekonstrukce pole může být zahájena zcela automaticky.

RAID pole vytváří logický (virtuální) úložný prostor, se kterým se dá typicky pracovat stejným způsobem, jako by to byl jediný pevný disk. Jednotlivé disky v poli nazýváme členy pole. Implementace RAID pole je typicky taková, že data na degradovaném nebo právě rekonstruovaném poli jsou stále k dispozici, i když obvykle se sníženým výkonem (rychlostí čtení a zápisu).

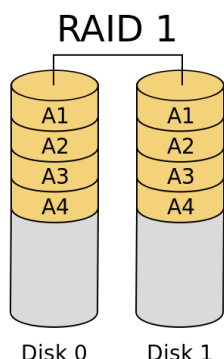
#### 9.7.4.1 RAID 0

Pole RAID 0 není vlastně skutečný RAID, protože neobsahuje žádné redundantní informace a tedy neposkytuje uloženým datům žádnou ochranu (porucha členu znamená ztrátu dat). Jednotlivá zařízení jsou jen spojena do logického celku a vytváří tak kapacitu součtu všech členů. Spojení může být realizováno dvěma způsoby: jako zřetězení (tj. lineárně, anglicky linear), anebo prokládání (anglicky striping)



#### 9.7.4.2 RAID 1

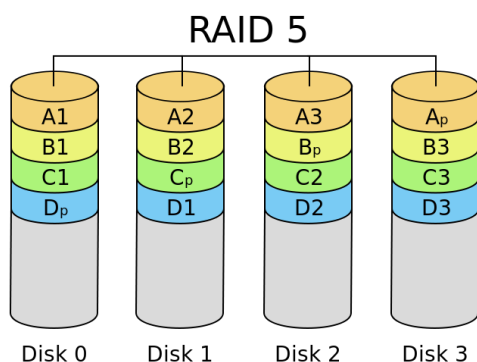
Nejjednodušší, ale poměrně efektivní ochrana dat. Provádí se zrcadlení (mirroring) obsahu disků. Obsah se současně zaznamenává na dva disky. V případě výpadku jednoho disku se pracuje s kopií, která je ihned k dispozici. Podobná technika může být uplatněna o úroveň výše, kdy jsou použity dva samostatné řadiče. Tato technika se nazývá duplexing a je odolná i proti výpadku řadiče. Teoreticky se může výrazně zvýšit rychlost čtení a o něco snížit odezva, avšak záleží na konkrétním řadiči (softwarové řadiče většinou možnost čtení z obou disků nevyužijí vůbec). Zato zápis může být pomalejší, protože se ukládají stejná data na dva disky. Technika výrazně zvyšuje bezpečnost dat proti ztrátě způsobené poruchou hardware. Nevýhodou je potřeba dvojnásobné diskové kapacity.



#### 9.7.4.3 RAID 5

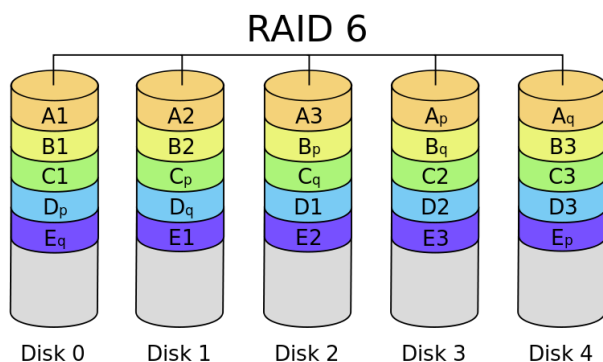
RAID 5 vyžaduje alespoň 3 členy, přičemž kapacitu jednoho členu zabírají samoopravné kódy, které jsou uloženy na členech střídavě (a ne pouze na jednom, čímž byla odstraněna nevýhoda RAID 4). Výhodou je, že lze využít paralelního přístupu k datům, protože delší úsek dat je rozprostřen mezi více disků, takže čtení je

rychlejší. Nevýhodou je pomalejší zápis (nutnost výpočtu samoopravného kódu). Je odolný vůči výpadku jednoho disku.



#### 9.7.4.4 RAID 6

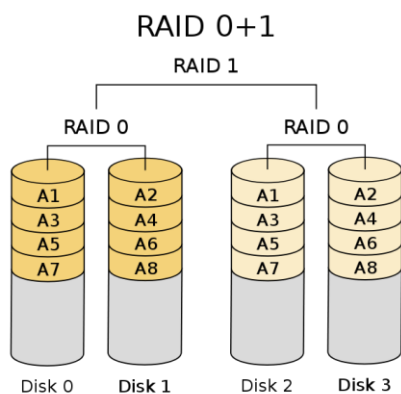
Obdoba RAID 5, používá dva paritní disky, přičemž na každém z nich je Samoopravný kód vypočten jiným způsobem. Opět kvůli přetížení paritních disků jsou paritní data uložena střídavě na všech discích. Výhodou je odolnost proti výpadku dvou disků. Rychlost čtení je srovnatelná s RAID 5, ale zápis je pomalejší než u RAID 5, právě kvůli výpočtu dvou sad paritních informací. RAID 6 je možno sestavit z minimálně čtyř disků (pokud bychom neuvažovali rozptřeni paritních informací na všechny disky, pak by se dalo zjednodušeně říci, že dva jsou datové a dva paritní). V této minimální konfiguraci se však s ohledem na výslednou kapacitu příliš nepoužívá, neboť kapacita pole je poloviční, tedy stejná jako v konfiguraci zrcadlení (RAID 1) dvou párů disků. Při zrcadlení navíc není třeba počítat dvě sady paritních informací, je tedy mnohem rychlejší při zápisu a nepotřebuje vysoký výpočetní výkon. RAID 6 je tedy výhodné při použití pěti a více disků.



#### 9.7.4.5 RAID 01 (RAID 0+1)

Jedná se o dvouúrovňové pole. Někdy bývá také označováno jako RAID 01. Data uložíme prokládaně (stripováním) na dva disky (A, B), poté totéž uděláme s dalšími dvěma disky (C, D). Získáme tak dva logické disky AB, CD, které mají zrcadlený obsah. (Máme-li soubor, který se při stripování rozdělí na dvě poloviny, první část souboru máme na disku A a C, druhou na disku B a D) RAID 0+1 je odolný proti výpadku všech disků jednoho podpole, popřípadě x disků s rozdílnými daty, když x je počet RAID 0 podpolí (v popisovaném příkladě disky A a D nebo B a C) Výhodou tohoto způsobu je, že nejen rozkládáme zátěž mezi více disků při čtení a zápisu, ale data jsou také uložena zrcadleně, takže se dají po chybě snadno obnovit. Mezi nevýhody patří využití pouze 50 % celkové diskové kapacity, a při výpadku jednoho ze čtyř disků ztrácíme redundanci dat. Celková využitelná kapacita se vypočítá následovně ( $c$  = kapacita nejmenšího použitého disku;  $n$  = celkový počet disků v diskovém poli):

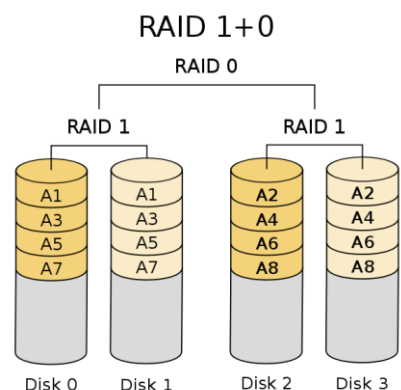
$$velikost = n \cdot c / 2$$



#### 9.7.4.6 RAID 10 (RAID 1+0)

Pole RAID 1+0 (stripování) je opět kombinací RAID 0 a RAID 1, ale postupujeme obráceně. Nejdříve uložíme stejná data na disk A, B, poté na disk C, D. Získáme tak dva logické disky AB, CD, na nichž jsou data uložena stripovaně. (Máme-li soubor, který se při stripování rozdělí na dvě poloviny, první část souboru je na disku A a B, druhá část je na disku C a D, na rozdíl od RAID 0+1) RAID 1+0 je odolný proti výpadku jednoho disku v každém podpoli. Výhody jsou podobné RAID 0+1, navíc je obnova dat po chybě oproti RAID 0+1 mnohem rychlejší. Díky stripování dat a faktu že se nemusí dopočítávat paritní data toto pole dosahuje velkých přenosových rychlostí, proto se často používá pro hodně vytížené databázové aplikace. Nevýhodou je opět využití pouze 50 % kapacity, využitelná kapacita se vypočítá následovně ( $c$  = kapacita nejmenšího použitého disku;  $n$  = celkový počet disků v diskovém poli):

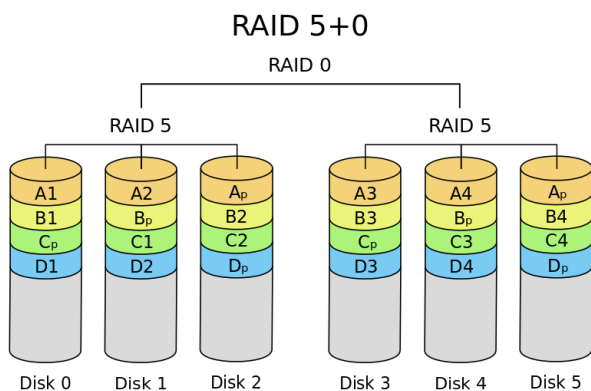
$$velikost = n \cdot c / 2$$



#### 9.7.4.7 RAID 50 (RAID 5+0)

RAID 50 je dvouúrovňové pole, vytvořené prokládáním několika RAID 5 polí. Prokládání zvyšuje rychlost oproti jednoúrovňovému RAID 5, ovšem v každém podpoli je potřeba jeden disk navíc na paritní data, to znamená, že pole je odolné proti selhání jednoho disku každého podpole (oproti RAID 60, které je odolné proti selhání dvou disků v každém podpoli). Celková velikost se vypočítá podle následujícího vzorce, kde  $n$  = počet disků v podřazeném poli RAID 5;  $c$  = kapacita disku;  $p$  = počet podřazených polí.

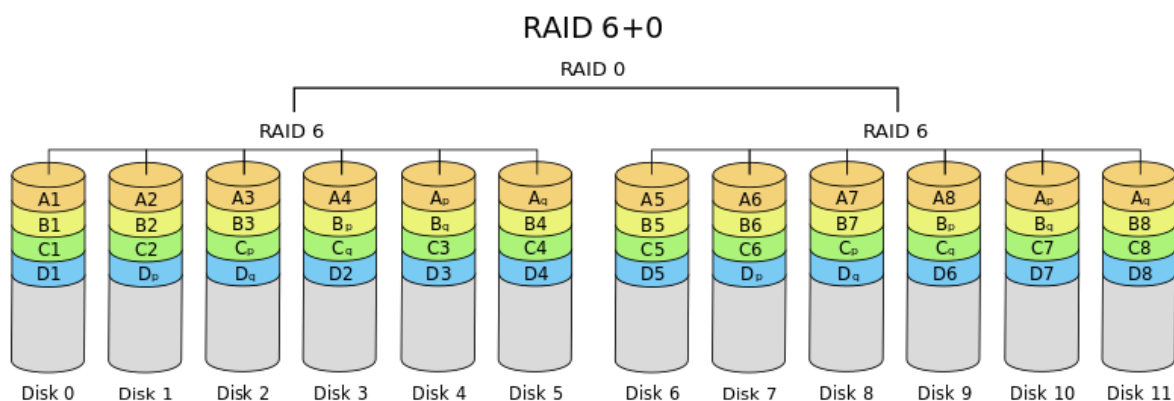
$$velikost = (n - 1) \cdot c \cdot p$$



#### 9.7.4.8 RAID 60 (RAID 6+0)

Jedná se o dvouúrovňové pole, vytvořené prokládáním (stripingem) několika polí typu RAID 6. Ty poskytují vyšší zabezpečení než RAID 5, zatímco RAID 0 nad nimi pomůže k vysoké přenosové rychlosti. Minimální počet disků je 8, ovšem při použití pouze osmi disků je efektivnější vytvoření RAID 100 (které má při osmi použitých discích stejnou kapacitu a větší rychlost, protože nemusí dopočítávat paritní data). V současné době se jedná o jedno z nejbezpečnějších řešení pro vysoké výkony. Zároveň je zde možnost vysoké efektivity využití kapacity, pokud se použije větší množství disků. Velikost se spočítá stejně jako u pole RAID 50, pouze odečítáme dvojku (RAID 6 má dva disky s paritními daty, oproti RAID 5, který má pouze jeden)

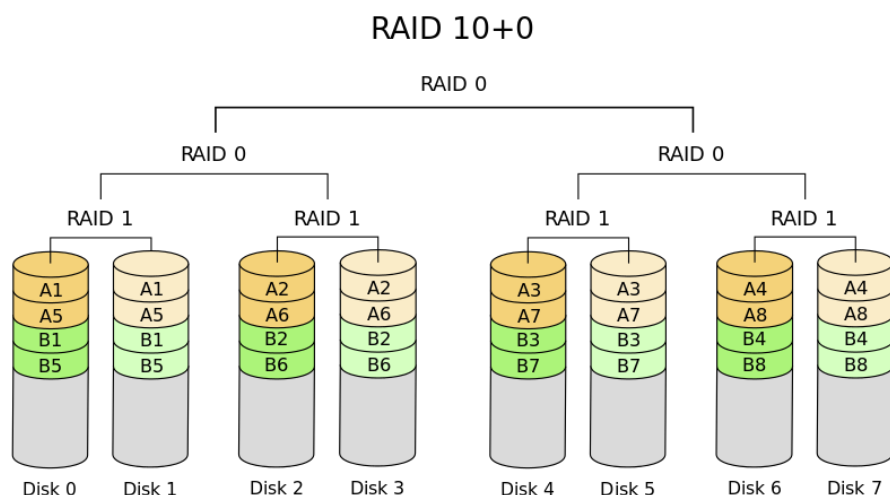
$$velikost = (n - 2) \cdot c \cdot p$$



#### 9.7.4.9 RAID 100 (RAID 10+0)

RAID 10+0 nebo RAID 100 je tříúrovňové pole, vytvořené dvouúrovňovým prokládáním dat na zrcadlené podpole (RAID 1). K vytvoření takového diskového pole je potřeba minimálně 8 disků. Mezi výhody patří větší přenosové rychlosti díky prokládání a odolnost proti výpadku jednoho disku v každém podpoli. Nevýhodou je využití pouze 50 % kapacity, využitelná kapacita se spočítá následovně ( $c$  = kapacita nejmenšího použitého disku;  $n$  = celkový počet disků v diskovém poli):

$$velikost = n \cdot c / 2$$



## ODKAZ NA LITERATURU

Horák J. Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Meyer M. Osobní počítač. Computer Press, Praha, 2006. ISBN 9788025108345.

Winkler P. Velký počítačový lexikon. Computer Press, Praha, 2005. EAN 9788025123317..

Dembowski K. Mistrovství v Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Messmer H.P., Dembowski K. Velká kniha hardware. Computer Press, Brno, 2005. 1224 s.

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Kategorie:Magnetick%C3%A9\\_disky](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kategorie:Magnetick%C3%A9_disky)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Cluster\\_%28pevn%C3%BD\\_disk%29](https://cs.wikipedia.org/wiki/Cluster_%28pevn%C3%BD_disk%29)

<https://technet.microsoft.com/en-us/library/bb457112.aspx>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Cylindr-Hlava-Sektor>

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Logical\\_Block\\_Addressing](https://cs.wikipedia.org/wiki/Logical_Block_Addressing)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Souborov%C3%BD\\_syst%C3%A9m](https://cs.wikipedia.org/wiki/Souborov%C3%BD_syst%C3%A9m)

<http://pages.cs.wisc.edu/~bart/537/lecturenotes/s23.html>

[http://central.oak.go.kr/journalist/journaldetail.do?article\\_seq=11856&tabname=abst&resource\\_seq=-1&keywords=null](http://central.oak.go.kr/journalist/journaldetail.do?article_seq=11856&tabname=abst&resource_seq=-1&keywords=null)

<https://cs.wikipedia.org/wiki/NTFS>

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Form%C3%A1tov%C3%A1n%C3%AD\\_disku](https://cs.wikipedia.org/wiki/Form%C3%A1tov%C3%A1n%C3%AD_disku)

<https://cs.wikipedia.org/wiki/S.M.A.R.T.>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/RAID>

## 10 OPTICKÉ DISKY



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- popsat funkci optických disků
- klasifikovat typy optických disků
- popsat formáty optických disků
- popsat funkci a výhody magnetooptických disků



### KLÍČOVÁ SLOVA

Optické disky: konstrukce CD/ DVD/BD mechaniky (schéma), fyzikální princip čtení a zápisu, CD/DVD/BD média. Kódování dat a souborové systémy, rozdíly formátů. Magnetooptické disky: konstrukce mechaniky, fyzikální princip čtení a zápisu, výhody a nevýhody. Další paměťové systémy: typy, konstrukce, principy zápisu a čtení dat, média.

### 10.1 Optické disky

Optický disk je paměťové médium diskového tvaru, které k záznamu nebo adresaci používá světelný paprsek laseru.

Optický disk (OD) je plochý, kruhový disk na který se zaznamenávají binární data ve formě prohlubní (binárně 0) a výstupků (binárně 1) na speciální materiál (často hliník)[1]. Materiál pro kódování je typicky na usazen vrstvě tlustšího substrátu (obvykle polykarbonátu) který tvoří většinu disku a tvoří protiprachovou vrstvu. Zápis a čtení následuje nepřerušovanou spirálu zaplňující celý povrch disku, směrem zevnitř disku ven. Data se ukládají na disk pomocí laseru nebo lisovacího stroje a lze je přečíst, pokud je stopa dat osvětlena laserovou diodou v optické mechanice, kde je disk roztočen na rychlosti kolem 4000 otáček za minutu a více, dle mechaniky, formátu disku a vzdálenosti čtecí hlavy od centra disku (vnitřní stopy jsou čteny vyšší rychlostí). Prohlubně nebo výstupky deformují odražené světlo laseru, proto většina optických disků má charakteristický duhový vzhled, tvořený odrazy drážek v odrazové vrstvě (výjimkou jsou černé disky původní konzole PlayStation). Zadní strana disku má obvykle vytištěný štítek, občas z papíru, ale je většinou vytištěný nebo vylisovaný přímo na disk. Tato strana disku obsahuje samotná data a je typicky potažená transparentním materiálem, často lakem. Na rozdíl od 3½ palcových disket většina optických disků nemá integrovaný ochranný kryt a proto jsou náchylné na poškození jako škrábance, otisky prstů, a dalších povětrnostních problémů.

Optické disky mají průměr většinou mezi 7,6 a 30 cm, 12 cm je nejčastější velikost. Typický disk má tloušťku 1,2 mm a rozteč stop (vzdálenost středu jedné stopy ke středu druhé) je typicky 1,6  $\mu\text{m}$ .

Optický disk je navržen tak, aby podporoval jeden ze tří typů záznamu: Pouze čtení (read only, například CD-ROM), pro záznam (recordable, např. CD-R) a přepisovatelné (Rewritable, CD-RW).

Disky pro jeden záznam mají vrstvu pro záznam z organického barviva mezi substrátem a odrazovou vrstvou. Přepisovatelné disky typicky mají záznamovou vrstvu ze slitiny složené z phase-change materiálu, nejčastěji slitiny stříbra, india, antimonu a telluru: AgInSbTe.[2]

Optické disky se nejčastěji používají k ukládání hudby (např. pro použití v CD přehrávačích), videa (Blu-Ray disky) nebo dat (v PC). Optical Storage Technology Association (OSTA) propaguje standardizované formáty pro ukládání dat. Ačkoli optické disky jsou odolnější než dřívější audiovizuální záznamová média a formáty, jsou náchylné k poškození způsobené každodenním užíváním. Knihovny a archivy zavádějí pravidla pro prodloužení životnosti a zajištění trvalé použitelnosti optických disků.

#### 10.1.1 CD

Kompaktní disk (obvykle nazývaný hovorově cédečko podle zkratky anglického názvu compact disc; zřídka také podle anglického hláskování jako sídý) je optický disk určený pro ukládání digitálních dat. Data jsou

uložena ve stopě na jedné dlouhé spirále začínající ve středu média, která se postupně rozvíjí až k jeho okraji. Stopa může obsahovat digitální zvukovou nahrávku (tzv. audio CD) nebo (počítačem čitelná) data (CD-ROM). Příčný odstup stopy ve spirále je 1,6  $\mu\text{m}$ . Pro čtení kompaktních disků se používá laserové světlo s vlnovou délkou 785 nm.

Na rozdíl od většiny diskových zařízení (pružné disky, pevné disky, ZIP disky, magnetooptické disky apod.) nejsou data ukládána do soustředných kružnic, ale do jedné dlouhé spirály podobně jako na gramofonové desce. Spirála začíná u středu média a rozvíjí se postupně až k jeho okraji. Záznam (spirála dat) je přístupný pouze ze spodní strany disku, tj. záznam na CD je jednostranný. Délka celé spirály je zhruba 6 km a hustota dat v ní uložených je konstantní. Existují ale výjimky, například herní konzole Nintendo GameCube nečte disky (tedy MiniDVD o velikosti 8cm) od středu jako u normálních disků, ale od vnějšího kraje - tím chtělo Nintendo ztížit práci pirátům.

Běžné CD má průměr 12 cm, existuje ale i menší varianta o průměru 8 cm (občas se vyskytují i verze seříznuté na formát vizitky). Disk má tloušťku 1,2 mm. Avšak na disk se zapisuje pouze od 23 mm do 58 mm poloměru.

Pro data na médiu se obvykle používá souborový systém ISO 9660. V případě CD-RW medií s přímým zápisem (packet writing) se může použít i novější formát UDF.

Médium, ze kterého je možno naboťovat nejen jádro, ale celý operační systém včetně aplikací (a které tedy nevyžaduje, aby byl zmíněný operační systém na daném počítači nainstalován), se nazývá Live CD.

#### 10.1.1.1 Audio CD

Audio CD je nejstarším formátem CD. Pro záznam zvuku na audio CD se používá vzorkovací frekvence 44,1 kHz a 16bitový stereofonní záznam bez komprese (viz PCM). V této podobě zabere jedna minuta holého zvukového záznamu  $44100 \times 16 \times 2 \times 60 : 8 = 10\,584\,000$  bajtů. Tato data jsou totiž navíc zabezpečena protichybovým kódováním FEC (Forward Error Correction), díky kterému je přehrávač schopen určitě množství chyb, způsobených např. poškozeným CD, opravit. Tento systém je označován jako COMPACT DISC DIGITAL AUDIO (CDDA)

#### 10.1.1.2 CD-ROM

CD-ROM (tzv. Cédéčko) (anglická zkratka pro Compact Disc Read-Only Memory) je nepřepisovatelné optické záznamové médium fyzicky totožné jako audio CD, formát uložení informací je však přizpůsoben uchování a čtení počítačových dat. Na tomto disku jsou data "vylisována" od výroby a nejde je tak měnit. Kapacita média může být 650 až 900 MB.

Na rozdíl od diskových zařízení (disketa, pevné disky, ZIP disky, magnetooptické disky apod.) nejsou data ukládána do soustředných kružnic, ale do jedné dlouhé spirály podobně jako na gramofonové desce. Záznam na CD-ROM disku je jednostranný, délka celé spirály je zhruba 6 km a hustota dat v ní uložených je konstantní.

Data se zaznamenávají do sektorů, které mají velikost 2352 B. Data mohou být zaznamenána třemi způsoby:

- Mode 1, má 2048 užitečných B/sektor (standard) - MSCDEX podporuje jen 2048B
- Mode 2, 2336 B/sektor
- Audio, 2352 B/sektor

Sektor se skládá z 98 rámců. Každý rámec začíná 24 synchronizačními bity a pak následují 2 bloky s 12 uživatelskými byty a 4 byty CIRC- korekce. Každý bajt začíná trojicí spojovacích nulových bitů a 14bitovým kódem bajtu. Při zakódování nesmí být dvě jedničky vedle sebe. Aby toto nenastalo při spojování bajtů, jsou proloženy 3 spojovacími nulovými bity. Každá sekunda záznamu obsahuje 75 sektorů.

Historie CD-ROM sahá do roku 1970 k firmě RCA, která vyvinula oboustranný video disk o průměru 30,5 cm se způsobem zápisu a čtení založeném na optice a odrazu laseru. Vzhledem k vysoké ceně a malé odolnosti se však tento disk mezi veřejností příliš neuchytil. Řada firem ale vyvíjela podobná řešení, situace se změnila až v roce 1980, kdy firmy Philips a Sony uzavřely dohodu o společném standardu. První CD bylo vyrobeno v srpnu roku 1982 v Hannoveru v první továrně na výrobu lisovaných CD, byla na něm vylisována Alpská symfonie Richarda Strausse. Masová výroba pak byla zahájena 17. srpna 1982. Použití pro uložení dat rychle

následovalo, rychlost mechanik se označovala násobkem rychlosti původních audio CD (u pozdějších modelů obvykle 52x a více).

V dnešní době jsou tyto datové nosiče téměř vytlačeny modernějšími médii a technologiemi přenosu dat.

#### 10.1.1.3 CD-R

CD-R je zkratka označující kompaktní disk s možností zápisu (Compact Disk - Recordable).

Jedná se o standardní disk ve tvaru kotouče o průměru 12 cm, méně často o průměru 8 cm. Médium může mít libovolný tvar, avšak musí mít standardizovaný středový otvor a musí mít těžiště ve středu tohoto otvoru (z důvodu stabilní rotace). Nejčastějším nediskovým tvarem je obdélník, který má zbroušené rohy, aby se dal snadno použít v mechanikách jako 8 cm disk. V tomto tvaru se používá zejména jako reklamní materiál, např. jako vizitka. Kapacita 12 cm disku je stejná jako u běžného disku CD-ROM, tzn. 74 minut audia ve formátu CD-DA nebo 650 MB dat. V současnosti se díky toleranci normy můžeme již setkat pouze s disky o kapacitě 700 MB (80 min), což je maximum, co norma umožňuje. Větší média již nemusí být čitelná ve všech přehrávačích.

Data jsou uložena ve spirálovité stopě začínající u středu disku. Disk je vyroben z polykarbonátového pružného výlisku, na který je nanášena světloodrazivá vrstva s obsahem zlata či stříbra a ochranný lak.

Princip záznamu spočívá ve změnách odrazivosti reflexního média. Záznam se provádí v mechanikách umožňujících zápis v tzv. vypalovačkách - dnes již standardní součást PC. Při zápisu se pomocí laserového paprsku zahřeje místo na teplotu přesahující 300 °C. Dojde k nevratné změně barvy a toto místo (pit) již neodráží laserový paprsek. Rozdíl mezi tmavým a světlým místem je však nižší než u lisovaných médií, kde se rozdíl v odrazivosti dosahuje pomocí prohlubní. Z tohoto důvodu nemusí některé starší CD mechaniky čist pálená média - jedná se zejména o hudební věže či starší mechaniky u PC. CD obsahuje tzv. "Pit" - vroubek. Vytvořená odrazivá a neodrazivá místa však nejsou přímo jedničkami a nulami. Jedničku ve skutečnosti tvoří přechod mezi odrazivým a neodrazivým místem (jak ve směru z odrazivého na neodrazivé tak ve směru opačném). Nulu potom tvoří přechod mezi stejnými pity (odrazivý-odrazivý a neodrazivý-neodrazivý). Kde pit končí, není na disku fyzicky viditelné, ale je to dáno normou, díky tomu též mechanika pozná, kolik za sebou následuje nul. Tyto jedničky a nuly se poté převádí pomocí EFM (Eight-to-Fourteen Modulation) na skutečné bity. Každých 14 jedniček a nul na CD tak tvoří 1 B, což částečně umožňuje detekci chyb.

#### 10.1.1.4 CD-RW

Média CD-RW (Compact Disk ReWritable) mají všechny vlastnosti jako CD-R, navíc však umožňují smazání jejich obsahu a nahrání nového. Počet takových přepisů (rewrite) se uvádí kolem 1000. Na rozdíl od CD a CD-R má toto médium v sobě chemickou vrstvu, která může být v amorfní nebo krystalické struktuře; tyto fáze se liší odrazivostí (reflektivitou).

Detekce probíhá na základě rozdílné odrazivosti krystalické a amorfní vrstvy (odrazivost krystalické vrstvy je přibližně o 10% vyšší než u amorfní vrstvy). Potřebný výkon laseru pro úspěšnou detekci se pohybuje v řádech desetin mW.

Zápis je realizován krátkým pulsem o vysokém výkonu (řádově desítky mW) kdy dojde k ohřátí záznamové vrstvy nad teplotu tání a následnému rychlému chladnutí záznamové vrstvy za vzniku amorfní struktury.

Mazání z těchto médií je realizováno delším pulsem o nižším výkonu (řádově jednotky mW) než u zápisu. Tak dochází pouze k zahřátí nad teplotu krystalizace, při níž dochází k rekrystalizaci vrstvy a smazání záznamu.

#### 10.1.2 DVD

DVD je formát digitálního optického datového nosiče, který může obsahovat filmy ve vysoké obrazové a zvukové kvalitě nebo jiná data. Při vývoji DVD byl kladen důraz na zpětnou kompatibilitu s CD, takže se mu DVD disk velmi podobá.

DVD bylo uvedeno na trh v Japonsku roku 1996, ve zbytku světa o rok později. Oficiální standard zapisovatelných/přepisovatelných disků DVD-R(W) vytvořilo DVD Fórum, které bylo založeno v dubnu roku 1997. Ceny licencí na tuto technologii však byly tak vysoké, že vznikla jiná skupina – DVD+RW Alliance, která vytvořila standard DVD+R(W), jehož licence byly levnější.[1]

Před dokončením specifikace DVD byl návrháři neoficiálně používán název Digital Video Disc (česky digitální

videodisk). V roce 1995, když byla dokončována specifikace formátu, však bylo rozhodnuto, že z důvodu jeho daleko širších možností využití bude oficiálně znít Digital Versatile Disc (česky digitální víceúčelový disk). Hollywood při distribuci a propagaci svých filmů na DVD používá původní neoficiální název, který je tak rozšířenější.

#### 10.1.2.1 Princip

DVD média jsou plastové disky, navenek stejná jako média CD. Disky DVD mají průměr 120 mm a jsou 1,2 mm silná. Data se ukládají pod povrch do jedné nebo dvou vrstev ve stopě tvaru spirály (jako CD). Pro čtení dat se používá laserové světlo s vlnovou délkou 660 nm, tedy kratší než v případě CD; to také umožňuje jejich vyšší kapacitu. Stejně tak příčný odstup stop je menší – 0,74  $\mu\text{m}$  oproti 1,6  $\mu\text{m}$  u CD.

DVD oproti CD poskytuje:

- efektivnější korekci chyb
- vyšší kapacitu záznamu (asi 4,7 GB/4,4 GiB oproti 0,7 GB)
- odlišný souborový systém Universal Disk Format, který není zpětně kompatibilní s ISO 9660, který se používá na CD-ROM.

Rychlost mechaniky typu DVD se udává jako násobek 1350 kB/s, což znamená, že mechanika s rychlostí 16 $\times$  umožňuje přenosovou rychlost  $16 \times 1350 = 21600$  kB/s (nebo 21,09 MB/s).

Médium umožňuje zápis na jednu nebo obě dvě strany, v jedné nebo dvou vrstvách na každou stranu. Na počtu stran a vrstev závisí kapacita média.

- DVD-5: jedna strana, jedna vrstva, kapacita 4,7 GB (4,38 GiB)
- DVD-9: jedna strana, dvě vrstvy, 8,5 GB (7,92 GiB)
- DVD-10: dvě strany, jedna vrstva na každé straně, 9,4 GB (8,75 GiB)
- DVD-14: dvě strany, dvě vrstvy na jedné straně, jedna vrstva na druhé, 13,2 GB (12,3 GiB)
- DVD-18: dvě strany, dvě vrstvy na každé straně, 17,1 GB (15,9 GiB)

Uživatel může vytvořit DVD-nosiče těchto typů:

- DVD-Video (obsahuje filmy (obraz a zvuk))
- DVD-Audio (obsahuje zvuk v kvalitě CD a lepší)
- DVD Data (obsahuje soubory)

Označení „+“ (plus) a „-“ (mínus) představuje dva různé technické standardy, které jsou do určité míry kompatibilní.

Existují tři typy zapisovatelných a přepisovatelných DVD disků: DVD-R/RW, DVD+R/RW (plus), DVD-RAM.

#### 10.1.2.2 DVD-ROM

DVD-ROM (Read Only Memory, paměť jen pro čtení, vyrábí se lisováním) je pomyslný nástupce formátu CD-ROM, tedy víceúčelový formát pro přehrávání počítačových dat a multimediálních aplikací. Data jsou na disku uložena pomocí rozšířených formátů UDF (Universal data format) nebo ISO 9660 (Industrial Standard Organization).

#### 10.1.2.3 DVD-R/RW

Formát DVD-R vychází z technologie klasického kompaktního disku, existuje tedy ve dvou verzích – verze R, na kterou lze pouze zapisovat, a verze RW, kterou lze přepisovat. Tento formát byl navržen tak, aby byl co nejkompatibilnější s lisovanými disky DVD (DVD-ROM). Z toho plyne výhoda tohoto formátu, kterou je kompatibilita se staršími mechanikami a přehrávači, které vznikly dříve, než se dalo na DVD zapisovat. Tato výhoda se však v dnešní době ztrácí, protože téměř všechny vyráběné přehrávače a mechaniky dokáží přehrávat jak DVD-R, tak DVD+R formáty.

- DVD-R/RW (R = Recordable, jen pro jeden zápis, RW = ReWritable, na přepisování)

- DVD-R DL (R = Recordable, jen pro jeden zápis, DL = DualLayer, dvě vrstvy) – je rozšířením předešlé technologie DVD-R o druhou vrstvu pro záznam na téměř dvojnásobek kapacity (běžně se uvádí 8,55GB).

#### 10.1.2.4 DVD+R/RW

- DVD+R/RW (R = Recordable, jen pro jeden zápis, RW = ReWritable, pro přepisování)
- Formát DVD+R je mezi široce rozšířenými formáty nejmladší, dokonce mladší než formát DVD+RW. Disky DVD+R lze v současnosti běžně zapisovat osminásobnou rychlostí oproti standardní rychlosti DVD, tedy 10 800 kB za sekundu. Touto rychlostí trvá zápis na disk přibližně 10 minut. DVD+RW je přepisovatelná verze formátu DVD+. Standardní rychlost pro zápis na toto médium je čtyřnásobná oproti základní rychlosti čtení DVD.
- DVD+R DL (R = Recordable, jen pro jeden zápis, DL = DualLayer, dvě vrstvy)

#### 10.1.2.5 DVD-RAM

- DVD-RAM – Random Access Memory, libovolně přepisovatelné médium – dá se s ním pracovat stejným způsobem jako s pevným diskem.
- DVD-RAM WO – Random Access Memory write once, verze DVD-RAM určená pouze k jedinému zápisu. Tento formát se oproti klasickému DVD-RAM neujal.

### 10.1.3 Blu-ray

Blu-ray disk (běžně zkracováno na BD, někdy používané BR není přesné - složenina Blu-ray je považována za jedno slovo, zatímco celý název formátu zní "Blu-ray disk", odtud zkratka BD) patří k třetí generaci optických disků, určených pro ukládání digitálních dat. Data se ukládají ve stopě tvaru spirály 0,1 mm pod povrch disku, příčný odstup stop je 0,35  $\mu\text{m}$ . Pro čtení disků Blu-ray se používá laserové světlo s vlnovou délkou 405 nm. Technologii vyvinula japonská firma Sony ve spolupráci s firmou Philips, které následně se skupinou výrobců spotřební elektroniky založily organizaci Blu-ray Disc Association (BDA), která převzala dohled nad rozvojem a licencováním samotného formátu. Název disku pochází z anglického Blue ray, tj. modrý paprsek, označení související s barvou světla používaného ke čtení (písmeno "e" bylo z názvu vypuštěno, aby jej bylo možné zaregistrovat jako ochrannou známku).

Tak jako CD, má i blu-ray disk průměr 12 cm (v menší variantě 8 cm) a tloušťku 1,2 mm. Disky umožňují záznam dat s celkovou kapacitou až 25 GB u jednovrstvého disku, 50 GB u dvouvrstvého disku až po 100 GB u oboustranné dvouvrstvé varianty. Díky umístění záznamu 0,1 mm pod povrch je možné vyrobít hybridní disk s DVD i Blu-ray záznamem na jedné straně disku. Čtecí zařízení pro disky blu-ray jsou vyvíjena s ohledem na kompatibilitu s CD a DVD, tj. mají umožňovat čtení všech tří typů disků.

Jeho konkurenčním formátem byl jiný nově vyvíjený typ optického média - HD DVD. V rámci snahy o co největší kompatibilitu byly vyvinuty také hybridní mechaniky schopné číst jak HD DVD, tak Blu-ray. V únoru 2008 (19. února 2008) však firma Toshiba oznámila zastavení vývoje formátu HD DVD, čímž se Blu-ray stal de facto nástupnickým standardem nahrazujícím DVD.

Blu-ray umožňuje uložit obraz a zvuk v lepší kvalitě než DVD, což se projeví zejména při zobrazení na plazmových a LCD - LED televizorech (rozdíl je zřetelnější při větší úhlopříčce).

Technicky vzato na DVD je obraz uložen jako série snímků s rozlišením 720×576 bodů ve standardu PAL, resp. 720×480 bodů ve standardu NTSC, avšak na Blu-ray mohou být jednotlivé snímky filmu uloženy buď v rozlišení 1280×720 bodů nebo 1920×1080 bodů, standardy PAL a NTSC už zde nefigurují. Tyto video módy se označují jako 720p a 1080i/p (interlace / progressive). Rozlišení se označuje jako HD (high definition). Samotný obraz je zpracován ve formátu MPEG-2, který byl použit již u DVD (především zpočátku uváděné filmy), nebo modernějších standardů MPEG-4 AVC a VC-1, které ve srovnání s MPEG-2 nabízejí úsporu datového prostoru při srovnatelné kvalitě obrazu (převážná většina nově uváděných filmů).

Zatímco na DVD je standardem šestikanálový zvuk (5.1), Blu-ray nabízí kanálů až osm (7.1), umožňuje použití bezztrátového formátu PCM, speciálně pro účely Blu-ray vylepšených kompresních formátů Dolby Digital Plus a DTS-HD High Resolution Audio a rovněž jejich bezztrátových variant Dolby TrueHD a DTS-HD Master

Audio . Pro sedmikanálový zvuk a zejména plné využití Dolby TrueHD a DTS-HD je zapotřebí samozřejmě i příslušně vybavený receiver a sada reproduktorů.

Veškeré audiovizuální klipy jsou na Blu-Ray disku uloženy v souborech ve formátu BDAV MPEG-2 Transport Stream.

Nabídka filmů na blu-ray se rozšiřuje, byť ještě nedosahuje šíře nabídky DVD. Vzhledem k pomalému poklesu cen Blu-ray vypalovaček a současně dlouhodobě nízkým cenám HDD a Flashdisků není pravděpodobné, že v budoucnu Blu-ray plně nahradí formát DVD tak, jako se to stalo v případě generační obměny VHS za DVD. Výsadou Blu-ray disků je také nabídka trojrozměrných filmů (3D).

### 10.1.3.1 Typy Blu-ray

- BD-ROM – disk pouze pro čtení
- BD-R – disk k jednorázovému zápisu
- BD-RE – přepisovatelný disk
- BD-XL – disk se zvýšenou paměťovou kapacitou
- BD 3D – disk s 3D obsahem
- Mini-BD – disk pro použití v přenosných zařízeních (videokamery apod.)

## 10.2 Formáty optických disků

### 10.2.1 ISO 9660

ISO 9660 je standard popisující způsob uložení souborů na CD nebo DVD. Rovněž se tak nazývá souborový systém, který vznikne uložení souborů podle této normy (přesněji, nazývá se iso9660). Od většiny ostatních souborových systémů se liší tím, že do něj nelze přidávat soubory - musí se vytvořit rovnou se všemi soubory co v něm jsou. Vzhledem k tomu, že na CD-R lze zapisovat jen jednou a ani CD-RW nemá rádo příliš mnoho přepisů, nevadí to.

Pro DVD-RAM, které lze už přepisovat dostatečně často, lze kromě ISO 9660 použít i souborový systém UDF, který přidávání umožňuje a je pro specifika DVD-RAM optimalizován; případně jakýkoli jiný souborový systém určený pro pevné disky (FAT, Ext2/3, XFS, ...).

Původní ISO 9660 má mnoho omezení, například délka jména souboru je omezena na 31 znaků. Oficiálně těmito znaky mohou být pouze velká písmena, číslice a podtržítka; většina operačních systémů ovšem přečte téměř komplet ASCII.

Windows implementují rozšíření zvané Joliet, umožňující delší jména v unicode. Linux kromě podpory Joliet podporuje také složitější rozšíření zvané Rock Ridge, případně HFS. Tato rozšíření kromě delších jmen souborů podporují i práva, symbolické linky a další speciální typy souborů (zařízení, socket, pipe). V jednom souborovém systému může být více těchto rozšíření současně (soubory jsou pochopitelně sdíleny), operační systém si může zvolit dle svých možností, které z nich použije. Navíc každé rozšíření může obsahovat jiné odkazy na původní názvy v ISO 9660. Tímto jednoduchým trikem je možné skrýt soubory, které jsou pro daný operační systém nepodstatné nebo nežádoucí.

Dalším rozšířením je El Torito, které umožňuje z CD bootovat.

### 10.2.2 UDF

Universal Disk Format (UDF) je otevřený formát souborového systému založeného na standardu ECMA-167/ISO 13346. Byl navržen jako náhrada za ISO 9660. Má zajistit možnost výměny dat mezi různými operačními systémy a snížit množství omezení, kterými ISO 9660 trpí. Tento formát vyvíjí a udržuje OSTA (Optical Storage Technology Association). V současnosti má několik verzí z nichž nejpoužívanější je verze 1.02, jež je použita u formátu DVD-Video. UDF může být použito pro téměř všechna známá média – CD-ROM, CD-R, CD-RW, DVD-ROM, DVD-R, DVD±RW, DVD-RAM, Blu-ray, HD-DVD atd.

- otevřený standard podporovaný mnohými OS
- velikost oddílu - 2 TB pro 512 B bloky, 8 TB pro 2 kB bloky

- podpora dlouhých jmen - maximálně 254 bajtů, název může obsahovat jakýkoliv znak (Unicode)
- souborové linky (pevné, symbolické)
- správa chyb
- metadata

## 10.3 Magnetooptické disky

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Magnetooptick%C3%BD\\_disk](https://cs.wikipedia.org/wiki/Magnetooptick%C3%BD_disk)

Magnetooptické disky jsou vyrobeny ze silně magnetických materiálů. Orientaci magnetických částic nelze u těchto disků za normálního stavu ovlivnit. Čteny jsou pomocí magnetooptických mechanik. Jedním z výrobců těchto disků jsou firmy 3M a SONY. Jedním z principů použitých v prototypu je využití rozdílu magnetických vlastností některých materiálů (např. slitiny ferma, železa a kobaltu) za různých teplot - kritický je tzv. Currieho bod 240 °C. V čtecí a zápisové hlavě je kromě optického systému také malá cívka vytvářející slabé magnetické pole. Při zápisu informace se využívá toho, že lokální zmagnetování vrstvy se provede jen v těch místech, která jsou laserem ohřata na Curieho bod. Čtení je založeno na tom, že odrazivost zmagnetovaných a nezmagnetovaných míst na povrchu disku, se liší.

Zdrojem a nosičem magnetického pole je tenká vrstva zmagnetované feromagnetické látky. K zápisu informace se využívá nejčastěji místního zahřátí zmagnetovaného materiálu na Currieovu teplotu (např. krystaly MnSi, EuO, PtCO), při které dochází ke změně struktury látky a při které je citlivá i na malá magnetická pole.

Zápis probíhá tak, že se magnetická hlava přepne do stavu logické nuly, laser se nastaví na vyšší výkon, ohřeje blok datových bitů na teplotu Currieho bodu a magnetická hlava zapíše logické nuly. Následuje druhá fáze - v dotýčném bloku se ohřejí místa budoucích logických jedniček a magnetická hlava zapíše logické jedničky. Ohřáté lokace se velmi rychle ochlazují a magnetické domény pak zůstávají doslova zmrazeny v tenké feromagnetické vrstvě.

Čtení probíhá laserovým paprskem malého výkonu. Využívá se zde tzv. Kerrova efektu. U světelného svazku, který dopadne na zmagnetizovanou doménu dochází ke stáčení polarizační roviny odraženého světla buď na jednu nebo druhou stranu podle toho, jak je doména polarizována. Citlivé polarizační filtry ve čtecí hlavě pak poznají, zda byl zaznamenán bit 0 nebo bit 1.



## ODKAZ NA LITERATURU

Horák J. Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Meyer M. Osobní počítač. Computer Press, Praha, 2006. ISBN 9788025108345.

Winkler P. Velký počítačový lexikon. Computer Press, Praha, 2005. EAN 9788025123317..

Dembowski K. Mistrovství v Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Messmer H.P., Dembowski K. Velká kniha hardware. Computer Press, Brno, 2005. 1224 s.

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Magnetooptick%C3%BD\\_disk](https://cs.wikipedia.org/wiki/Magnetooptick%C3%BD_disk)

## 11 ZOBRAZOVACÍ JEDNOTKY A GRAFICKÝ PODSYSTÉM



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- popsat funkci grafické karty
- klasifikovat typy monitorů
- vysvětlit funkci monitoru
- porovnat vlastnosti jednotlivých typů



### KLÍČOVÁ SLOVA

fyzikální princip CRT, schéma CRT, druhy CRT, rozlišení a obnovovací frekvence, parametry CRT. Fyzikální princip LCD, schéma buňky LCD, druhy LCD (DSTN, TFT), parametry LCD. Plazmové a 3D technologie. Grafický podsystém - adaptéry, monitory - fyzikální principy, charakteristiky.

#### 11.1 Grafická karta

Grafická karta je v současné době volitelnou součástí počítače. Jejím úkolem je přijímat úkoly od CPU nebo APU, zpracovávat je a vytvářet grafický výstup na monitoru, nebo též ve spolupráci s CPU provádět obecné výpočty (GPGPU) atd. Dříve byla připojena přes AGP slot, zatímco dnes je většinou připojena přes PCI-Express slot.

Grafická karta se stará o grafický výstup na monitor, TV obrazovku či jinou zobrazovací jednotku. V případě, že grafická karta obsahuje tzv. VIVO (video - in a video-out), umožňuje naopak i analogový vstup videosignálu např. při ukládání videosouborů z videokamery, videopřehrávačů apod.

Součásti grafické karty

- GPU - grafický procesor.
- Paměť - zde jsou ukládány informace potřebné pro činnost GPU.
- Firmware (=BIOS) - základní programové vybavení grafické karty, které je na vlastním paměťovém čipu. Jsou v něm uloženy informace o modelu grafické karty, GPU, taktovací frekvenci GPU a grafické paměti, napětí GPU a další informace.
- RAMDAC - převodník digitálního signálu, se kterým pracuje grafická karta, na analogový, kterému rozumí zobrazovací zařízení (monitor).
- Výstupy:
  - VGA - analogový grafický výstup (používán starými monitory CRT a kompatibilními zařízeními). Možno převést redukci z digitálního výstupu DVI.
  - DVI - digitální grafický výstup (používaný většinou LCD panelů, projektory a novějšími zobrazovacími zařízeními).
  - S-Video
  - Component video - analogový výstup, používá 3 RCA konektory (Y, CB, CR), konektory jsou na některých projektorech, TV, DVD přehrávačích a dalších.
  - Composite Video - analogový výstup s malým rozlišením, používá RCA konektor
  - HDMI - výstup na zobrazovací zařízení (nejčastěji televizor) s vysokým rozlišením.
  - DisplayPort - digitální grafický výstup ve vysokém nekomprimovaném rozlišení. S konektory DVI ani HDMI není kompatibilní.
  - DB13W3 - analogový výstup používaný v systémech Sun Microsystems, SGI a IBM.

##### 11.1.1 GPU

GPU (grafický procesor, anglicky graphic processing unit) je specializovaný procesor umístěný na základní

desce nebo grafické kartě uvnitř počítače, který zajišťuje grafické výpočty nutné pro vykreslování dat uložených v operační paměti na zobrazovacím zařízení (monitor, projektor, braillovský řádek a podobně). Moderní grafické procesory se v současné době využívají i k jiným výpočtům, než jsou výpočty nutné pro zobrazování dat.

Jeho konstrukce je závislá na konkrétních potřebách a požadovaném výkonu. Starší počítače (např. Didaktik) obsahovaly místo GPU jen speciální zákaznický integrovaný obvod. Současné grafické karty mají GPU ve specifických výpočtech výkonnější, než je hlavní procesor počítače (CPU). Vysoce výkonná GPU obsahují stovky milionů tranzistorů, vyžaduje intenzivní chlazení a výkonný elektrický zdroj. Přesto jsou numerické výpočty prováděné pomocí GPU ve většině případů efektivnější, než stejné výpočty pomocí CPU.

V osobním počítači je GPU buď v grafické kartě, nebo je integrována na základní desce počítače v podobě IGP (integrovaný grafický procesor), nebo je spolu s CPU na jednom čipu (APU).[1] V současné době již počítače s IGP tvoří zlomek všech vyrobených počítačů, ve prospěch APU, případně grafických karet.

### 11.1.2 Stavba grafického procesoru

Grafický procesor zpracovává 3D geometrii na 2D obraz, zobrazitelný na zobrazovacím zařízení. Obsahuje řadič pamětí, unifikované shadery, TMU jednotky, ROP jednotky a další. Některé dražší procesory jsou vybaveny ochranným kovovým rámem proti poškození. Už od dob GeForce 2 (a u některých výrobců i dřív) se grafický procesor chová plně jako paralelní procesor při výpočtech. Díky tomu má mnohdy podstatně vyšší výkon, než CPU v některých výpočtech. Grafický procesor se integruje buď do severního můstku (na základní desce), nebo na vlastní PCB (grafickou kartu). Grafický procesor je určený pro výpočty operací s pohyblivou desetinnou čárkou. Ve výpočtech grafických scén, operací a atd je specializovaným procesorem. Obsahuje řadu obvodů pro co nejrychlejší počítání výpočtů:

- unifikované shadery – moderní náhrada pixel shadery a vertex shadery, každá firma má svoji vlastní architekturu shaderů. Jsou programovatelné a díky tomu nemusí počítat pouze zobrazitelná data, ale i výpočty pro vědu a další (GPGPU, viz například OpenCL, DirectCompute, CUDA). V současné době jde v podstatě o RISC procesory.
  - AMD donedávna používalo superskalární (VLIW5) jednotky unifikovaných shaderů. To znamenalo 5 jednodušších jednotek jako celek. Nedávno došlo k přechodu na VLIW4 a tedy 4 jednodušší jednotky jako celek (AMD Radeon 69\*\*). U novějších GPU GCN (počínaje AMD Radeon 7xxx), je místo architektury VLIW použita efektivnější RISC pipeline za použití čtyřcestného multithreadingu. Shadery se dále dělí na skalární (celočíslnou) a vektorovou část (pohyblivou řádovou čárku). Frekvence shaderů je stejná jako zbytku GPU.
  - NVIDIA používá skalární jednotky unifikovaných shaderů. Každá jednotka je plnohodnotná do série 400, vyšší série využívají stejný princip jako AMD. Frekvence shaderů je vyšší než zbytku GPU, většinou v násobiči 2× až 3×.
  - Intel má u nejnovějších GPU už také vlastní unifikované shadery.
- řadič pamětí - stará se o komunikaci mezi grafickou pamětí a GPU. NVIDIA i AMD podporují až GDDR5.
- jednotka TMU (Texture mapping unit) - nanáší textury na objekty.
- jednotka ROP (Render Output unit) - stará se o konečný výstup dat z grafické karty.

## 11.2 Monitor

Monitor je základní výstupní elektronické zařízení sloužící k zobrazování textových a grafických informací. Je-li připojen k počítači, je propojen s grafickou kartou, avšak může být připojen i k dalším zařízením nebo do nich přímo integrován (PDA), monitor je přímo připojen k videokartě zasílající patřičné informace, které budou na monitoru (jeho obrazovce) zobrazeny. Monitor může být také součástí samostatného počítačového terminálu.

Při práci barevné CRT obrazovky jsou ze tří katod emitovány elektronové svazky, které jsou pomocí jednotlivých mřížek až na stínítko obrazovky. Na zadní stěně stínítka obrazovky jsou nanášeny vrstvy tzv. luminoforů (luminofor = látka přeměňující kinetickou energii na energii světelnou). Red (červená), Green (zelená), Blue (modrá) pro aditivní model skládání barev. Vlastní elektronové svazky jsou bezbarvé, ale po dopadu na příslušné luminofory dojde k rozsvícení bodu odpovídající barvy. Těsně před stínítkem obrazovky

se nachází maska obrazovky. Je to v podstatě mříž, která má za úkol propustit jen úzký svazek elektronů. Maska obrazovky musí být vyrobena z materiálu, který co nejméně podléhá tepelné roztažnosti a působení magnetického pole. Oba dva tyto jevy by totiž způsobily, že elektronové svazky nedopadnou přesně na svůj luminofor, což by se projevilo nečistotou barev. Elektronové svazky jsou vychylovány pomocí vychylovacích cívek tak, aby postupně opisovaly zleva doprava a shora dolů jednotlivé řádky obrazovky.

Na rozdíl od televizoru není obvykle vybaven vysokofrekvenčním vstupním obvodem (tunerem), takže k němu nelze připojit anténu. Signál je do monitoru přenášen analogově nebo digitálně.

### 11.2.1 Obrazovka CRT

Obrazovka (anglicky cathode ray tube, zkratka CRT) je v češtině označení pro speciální elektronku (katodovou trubici), která na přední části (tj. na stínítku) vytváří obraz pomocí proudu elektronů. Uvnitř skleněné obrazovky je vakuum a na stínítku je uvnitř nanесena vrstva luminoforu, která po dopadu elektronů vytváří viditelné světlo (zářící body).

Obrazovka (katodová trubice) je z fyzikálního hlediska urychlovač elektronů, který vynalezl v roce 1897 německý fyzik Karl Ferdinand Braun. Sloužila dlouhou dobu jako zobrazovací zařízení pro domácí televizory, počítačové monitory a osciloskopy. Pro televizory se používá obrazovka s elektromagnetickým vychylováním paprsku a pro osciloskopy s elektrostatickým vychylováním paprsku. Jako luminofovy se nejčastěji používají sloučeniny přechodných kovů a vzácných zemin.[1]

Zásadní slabinou klasických (CRT) obrazovek je velká hloubka (zobrazovací zařízení je velmi rozměrné) a zastarávání. Výhodou je velice příjemné podání barev a velký sledovací úhel.

Zatímco černobílé obrazovky používají jediný paprsek elektronů, barevné obrazovky používají tři paprsky, které pomocí sčítáním barev v RGB modelu vytvoří na stínítku prakticky jakoukoliv barvu. Uspořádání masky na stínítku může být:

- delta
- in-line (štěrbinová)
- Trinitron

#### 11.2.1.1 Princip

Obrazovka je speciální velmi rozměrná elektronka, uvnitř které je vakuum. Ve štíhlé části zvané hrdlo, je uložen systém elektrod obrazovky, na konci hrdla je patice k napojení na elektroniku přístroje. Čelní stěna obrazovky, kulatá nebo obdélná, je zevnitř pokryta luminiscenční vrstvou, která tvoří stínítko. Na luminofor je směřován elektronový paprsek, jehož zdrojem je elektronová tryska. Vnitřní strana kuželovité části baňky je pokryta vodivým povlakem, dříve výhradně grafitovým, nověji oxidem železa, spojeným elektricky s poslední urychlovací anodou elektronové trysky. Principiální uspořádání CRT obrazovky je na obrázku.

Podobně jako u všech vakuových elektronek, uzavírá se obrazovkou tok elektronů, který vystupuje ze žhavé katody. Mřížka a soustava anod zajišťuje usměrnění elektronů do úzkého svazku. Tato soustava se nazývá elektronovou tryskou. Po výstupu z trysky prochází proud elektronů vychylovacím zařízením, které usměrní proud elektronů do požadovaného místa na stínítku. Elektrony jsou po opuštění trysky urychlovány vysokým kladným napětím řádu kV, a vysokou rychlostí dopadají na stínítko, kde způsobí sekundární emisi, jež se projeví rozsvícením bodu. Elektrony sekundární emise jsou přitahovány sběrnou grafitovou anodou. Kdyby nebyly tyto elektrony odsávány, dopadly by zpět na stínítko, nabily by ho záporně a znemožnily by dopad elektronového svazku na luminofor a tím i vzniku stopy. Odsáváním sekundárně emitovaných elektronů se po krátké době nabije povrch stínítka na plné anodové napětí, a na něm se sekundární emisi automaticky stabilizuje.

V elektronové trysce jsou elektrony, emitované žhavou katodou, odpuzovány Wehneltovým válcem se záporným potenciálem, který působí jako řídicí mřížka. Tak se elektrony soustředí do úzkého osového svazku, jenž prochází dalšími válci s kladným potenciálem, které urychlují elektrony a dále zdokonalují fokusaci od mřížky. Řídicí mřížka má ještě jednu funkci. Změnou napětí na této elektrodě, které bývá mezi -10 až +10 V (proti žhavé katodě), lze měnit množství elektronů ve svazku dopadajícím na stínítko a tím nastavovat jas

fluorescence.

Podle účelu obrazovky je volena i doba dosvitu a barva luminoforu. Nejkratší dobu dosvitu, řádově v desítkách mikrosekund s bílou barvu luminoforu, mají černobílé televizní obrazovky. Osciloskopické obrazovky mají zpravidla barvu stopy zelenožlutou, s dobou dosvitu 25 až 50 milisekund. Velmi dlouhou dobu dosvitu mají obrazovky radiolokátorů, od několika sekund až do 190 sekund (oranžové).

K vychylování elektronového paprsku jsou využívány čtyři cívky navinuty na obrazovce (2 vertikální, 2 horizontální). Průchodem proudu cívkou se vytváří elektromagnetické pole, které způsobí vychýlení paprsku v horizontálním nebo vertikálním směru. Tato technika vychylování umožňuje (díky většímu úhlu vychylování) menší hloubkový rozměr obrazovky, avšak není možné ji využít pro vysoké frekvence zobrazování. To, spolu s vyšší citlivostí na elektromagnetické rušení, snižuje možnosti jejich použití v osciloskopech.

### 11.2.2 LCD

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Displej\\_z\\_tekut%C3%BDch\\_krystal%C5%AF](https://cs.wikipedia.org/wiki/Displej_z_tekut%C3%BDch_krystal%C5%AF)

Displej z tekutých krystalů (anglicky liquid crystal display, zkratkou LCD) je tenké a ploché zobrazovací zařízení skládající se z omezeného (velikostí monitoru) počtu barevných nebo monochromatických pixelů seřazených před zdrojem světla nebo reflektorem. Vyžaduje poměrně malé množství elektrické energie; je proto vhodné pro použití v přístrojích běžících na baterie. LCD monitory nemají žádný negativní vliv na zrak člověka. Každý pixel LCD se skládá z molekul tekutých krystalů uložených mezi dvěma průhlednými elektrodami a mezi dvěma polarizačními filtry, přičemž osy polarizace jsou na sebe kolmé. Bez krystalů mezi filtry by bylo světlo procházející jedním filtrem blokováno filtrem druhým. Molekuly tekutých krystalů jsou bez vnějšího elektrického pole ovlivněny mikroskopickými drážkami na elektrodách. Drážky na elektrodách jsou vzájemně kolmé, takže molekuly jsou srovnány do spirálové struktury a stáčí polarizaci procházejícího světla o 90 stupňů, což mu umožňuje projít i druhým filtrem. Polovina světla je absorbována prvním polarizačním filtrem, kromě toho je ale celá sestava průhledná.

V okamžiku vzniku pole jsou molekuly tekutých krystalů taženy rovnoběžně s elektrickým polem, což snižuje rotaci vstupujícího světla. Pokud nejsou tekuté krystaly vůbec stočené, procházející světlo bude polarizováno kolmo k druhému filtru, a tudíž bude úplně blokováno a pixel se bude jevit jako nerozsvícený. Pomocí ovlivnění stočení krystalů v pixelu lze kontrolovat množství procházejícího světla, a tudíž i celkovou svítivost pixelu.

Je obvyklé srovnat polarizační filtry tak, že bez přívodu elektrické energie jsou pixely průhledné a až při průchodu elektrického proudu se stanou neprůhlednými. Někdy je ovšem pro dosažení speciálních efektů uspořádání opačné.

Elektrické pole potřebné pro rychlé srovnání molekul tekutých krystalů je ale také dostatečné pro jejich úplné „vystrčení“ z pozice, což poškozuje displej. Tento problém je vyřešen použitím střídavého proudu.

Pro finanční úsporu v elektronice jsou LCD často multiplexovány. V multiplexovaném displeji jsou elektrody na jedné straně displeje seskupeny (typicky po sloupcích) a každá skupina má svůj zdroj napětí. Na druhé straně jsou elektrody také seskupeny (typicky po řádcích), přičemž každá tato skupina má svůj spotřebič napětí. Skupiny jsou navrženy tak, aby každý pixel měl unikátní kombinaci zdroje a spotřebiče. Elektronika pak řídí zapínání zdrojů a spotřebičů.

#### 11.2.2.1 Výroba LCD

Pro výrobu LCD je potřeba začít u dvou kusů polarizovaného skla. Poté se na nepolarizovanou stranu skla nanese speciální polymer, který vytváří na povrchu mikroskopické drážky. Směr těchto drážek musí být ve stejném směru jako polarizační film. Poté se nanese na jeden z filmů povlak z nematických tekutých krystalů. Polymerové drážky způsobí, že se první vrstva molekul vyrovná v souladu s orientací filtru. Následně je nutné přidat další sklo s polarizačním filtrem, ovšem tento filtr svírá s předchozím úhel 90° (naležato). Každá další vrstva molekul se přidává a otáčí a to až do okamžiku, kdy je mezi nejvyšší vrstvou a dnem úhel 90°, což odpovídá filtrům z polarizovaného skla.

Jakmile dopadne světlo na první filtr, dojde k jeho polarizaci. Molekuly každé vrstvy vedou přijaté světlo směrem k další vrstvě. Když prochází světlo těmito vrstvami tekutých krystalů, molekuly také mění rovinu kmitání světla, a to tak, aby odpovídala jejich vlastnímu úhlu. Jakmile tedy světlo dorazí ke vzdálené části

hmoty tekutých krystalů, kmitá pod stejným úhlem jako poslední vrstva molekul. Pokud je poslední vrstva sesouhlasena s polarizačním filtrem - světlo prochází. V opačném případě vidíte na obrazovce tmou. Pokud molekuly tekutých krystalů vystavíte elektrickému náboji, změni svůj směr. Po opětovném srovnání, začnou měnit úhel světla, které jimi prochází, a tento úhel nebude již odpovídat úhlu vrchního polarizačního filtru. Takovou oblast displeje nemůže procházet žádné světlo, a proto bude tmavé.

Mezi polarizační filtry se ještě přidává matice - aktivní nebo pasivní:

- Pasivní matice je jednodušší. Tvoří ji dva substráty skla, přičemž jeden tvoří sloupce a druhý řady. Tyto jsou napojeny na integrované obvody, které přivádějí elektrický náboj k určitému bodu v určité řadě a sloupci.
- Aktivní displeje mají matici složitější, jelikož je tvořena tenkovrstvými tranzistory (TFT metoda). Pomocí této metody lze přesně ovládat velikost napětí na krystalech a tím i ovládat jas displeje.

U LCD se spotřeba energie liší v závislosti na jasu.[1]

V barevných LCD je každý pixel rozdělený do tří subpixelů, a to červeného, zeleného a modrého (tedy RGB). Svítivost každého pixelu je možné kontrolovat nezávisle na ostatních, díky tranzistorům; jejich kombinací lze pak dosáhnout milionů barev. Starší CRT monitory používaly podobnou metodu.

Barevné složky (subpixely) je možné sestavit v různých geometriích, v závislosti na použití monitoru. V případě, že software zná geometrii monitoru, je možné zvýšit viditelné rozlišení pomocí metody subpixel rendering. Tato metoda je obzvláště praktická pro vyhlazování písma.

LCD rozdělujeme na pasivní STN (Supertwist Nematic) a aktivní TFT (Thin-Film Transistors).

Aktivní displeje TFT rozdělujeme na:

- TN+Film (Twisted nematic)
- IPS (In-Plane Switching)
- MVA (Multi-domain Vertical Alignment)
- PVA (Patterned Vertical Alignment)
- S-PVA (Super-PVA)
- S-IPS (Super-IPS)

### 11.2.3 Plazmová obrazovka

Plazmová obrazovka nebo také plazmový displej je typ plochého zobrazovacího zařízení používaná pro televizory s velkou úhlopříčkou (minimálně 80 cm). Název plazmová je odvozen od použité technologie využívající malé buňky s elektricky nabitými částicemi ionizovaného plynu.

Do obou zobrazovacích elektrod je pouštěno střídavé napětí. Když je napětí iniciováno, je indukován výboj, který začne ionizovat plyn a vytvářet plazma. Dielektrikum a oxid hořčnatý sice ihned výboj zastaví, ale po změně polarity (jde o střídavý proud) ionizace pokračuje a je tak dosaženo stálého výboje. Napětí na elektrodách je udržováno těsně pod hladinou, kdy začne vznikat plazma a k ionizaci pak dojde i při velmi nízkém zvýšení napětí na adresovací elektrodě.

Po vzniku plazmatu získají nabitě částice díky elektrickému poli kinetickou energii a začnou do sebe narážet. Neon a xenon jsou přivedeny do excitovaného stavu a po návratu elektronu do svého orbitalu uvolní ultrafialové záření. Díky tomuto záření pak excitují atomy luminoforu a ty uvolní viditelné světlo. V každém pixelu jsou tři různě barevné luminofoxy, jejichž kombinací vzniká výsledná barva.

Červený, zelený a modrý luminofor musí být ovládány zvlášť a navíc v mnoha úrovních intenzity, abychom dostali co největší škálu zobrazovaných barev. U CRT monitorů je princip jednoduchý, reguluje se elektronový paprsek, který na bod dopadá. U plazma displejů funguje ovládání intenzity na principu modulace pulsního kódu (Pulse Code Modulation – PCM). Tato modulace slouží k převedení analogového signálu s nekonečným rozsahem na binární slovo s pevně danou délkou. Proto jsou PDP obrazovky plně digitální.

Intenzita každého subpixelu je určována počtem a šířkou napěťových pulsů, které dostává buňka během

každého snímku. Toho je dosaženo tak, že trvání každého snímku je rozděleno na několik kratších částí, podsímků. Během této periody jsou pixely, které mají svítit, přednabity na určité napětí (pomocí zobrazovacích elektrod) a během zobrazovací fáze je pak napětí aplikováno na celý displej (adresovací elektroda). Ovšem to znamená, že rozsvítí jen ony přednabité subpixely a jejich intenzita je dána právě úrovní nabití.

Standardní metoda určuje 256 úrovní nabití pro každý subpixel, protože každý snímek je rozdělen na 8 podsímků ovládaných 8bitovým slovem (viz PCM). Celá tato technologie se nazývá ADS (Address/Display Separated) a byla vyvinuta v roce 1984 společností Fujitsu.

#### 11.2.3.1 Výhody a nevýhody PDP

Protože plazma displeje samy o sobě emitují světlo, mají vynikající pozorovací úhly kolem 160–170 °, takže jsou vhodné pro prezentační účely. Další nespornou výhodou je zmiňovaná úspora místa při velkých úhlopříčkách.

Plazma displeje ne zrovna nejvyšší kvality mají problémy s kontrastem. Důvodem je, že napětí mezi zobrazovacími elektrodami je udržováno stále pod prahem ionizace, aby měla obrazovka dostatečně rychlou odezvu. Negativním účinkem ale je to, že k minimální ionizaci dochází i bez napětí na adresovací elektrodě, což omezuje schopnost zobrazit nejtmaší odstíny a tím snižuje kontrast. Jinými slovy, plazma vzniká i v „pohotovostním stavu“, když je adresovací elektroda vypnutá. Na konci 90. let ale přišlo Fujitsu s technologií zvyšující kontrast ze 70:1 až na 400:1, později dokonce 500:1.

S kontrastem souvisel i další problém – neschopnost zobrazovat dokonale stupnici šedi. V tmavých scénách se totiž barvy blízké černé slévají v jednu a přechody nejsou zdaleka plynulé. Ovšem moderní PDP displeje již tímto neduhem netrpí a škála zobrazovaných odstínů je širší.

Přestože výroba PDP není tak náročná na prostředí jako např. LCD, jsou stále plazma displeje velmi drahé. Životnost plazmových obrazovek je kolem 100 tisíc hodin, což je srovnatelné s životností LCD.

A nevhodnost plazma displejů pro použití s počítači bychom vyčetli ještě z jedné hodnoty – rozteč bodů se zatím nedostala pod 0,3 mm, naopak bývá mnohem vyšší. Proto je stále nejlepší využití těchto obrazovek jako HDTV (High Definition TV) a pro prezentační účely větších společností. V loňském roce se vyrobilo kolem 360 tisíc PDP a toto číslo neustále vzrůstá.

#### 11.2.4 OLED

<https://cs.wikipedia.org/wiki/OLED>

OLED - (zkratka anglického Organic light-emitting diode) je typ displeje využívající technologii organických elektroluminiscenčních diod. Technologie pochází z roku 1987, kdy ji vyvinula firma Eastman Kodak. Nyní se používají především v přístrojích jako mobilní telefony nebo MP3 přehrávače.

Mezi průhlednou anodou a kovovou katodou je několik vrstev organické látky. Jsou to vrstvy vypuzující díry, přenášející díry, vyzařovací vrstva a vrstva přenášející elektrony. V momentě, když je do některého políčka přivedeno napětí, jsou vyvolány kladné a záporné náboje, které se spojují ve vyzařovací vrstvě, a tím produkují světelné záření. Struktura a použité elektrody jsou uzpůsobeny, aby docházelo k maximálnímu střetávání nábojů ve vyzařovací vrstvě. Proto má světlo dostatečnou intenzitu.

Existují dva základní druhy, displeje s pasivní maticí (PMOLED - Passive Matrix Organic Light Emitting Diode) a displeje s aktivní maticí (AMOLED - Active Matrix Organic Light Emitting Diode)

Přestože by se dalo říci, že OLED mají samé výhody (odolnost, pracovní teplota, subtilnost, zobrazovací úhel, citlivost, rozlišení a výrobní náklady) a není tedy vlastně důvod používat LCD, mají i některé nevýhody. Mezi nejzásadnější patří životnost, která není ani stejná pro všechny barvy. Modrá barva začne ztrácet na intenzitě již za 1 000 hodin, životnost zelené je asi 10 000 hodin a červené přibližně 30 000 hodin.

##### 11.2.4.1 Struktura

- Dolní nebo horní vyzařování – zařízení s dolním vyzařováním tvoří průhledná nebo poloprůhledná spodní elektroda, která prostřednictvím průhledného podkladu vytváří podsvícení. Zařízení s horním vyzařováním používají průhlednou nebo poloprůhlednou horní elektrodu, neboť světlo vyzařuje

přímo. OLED s horním vyzařováním[1] jsou vhodnější pro aktivní maticové aplikace, neboť mohou být jednodušeji integrovány na neprůhlednou nosnou plochu tvořenou tranzistorem.

- Průhledné OLED displeje používají průhledné nebo poloprůhledné kontakty na obou stranách zařízení. Kontakty tvoří displej, který může mít horní nebo dolní průhledné vyzařování. Technologie TOLED umí výrazně zvýšit kontrast a zlepšit tak čitelnost displeje na přímém slunci. Tato technologie najde uplatnění například v Head-up displeji nebo inteligentním okně.
- Stupeň heterogenity – stupňovaný heterogenní OLED postupně snižuje poměr elektronových děr, pro elektron přepravující chemikálie.[2] Výsledkem je téměř dvojnásobná účinnost stávajících OLED.
- Skládání OLED používá pixelovou architekturu, skládající se z RGB pixelů poskládaných na sebe. Výrazně se tím zmenší mezera mezi jednotlivými pixely a dojde tak k podstatnému zvýšení barevné stupnice a hloubky. Druhá zobrazovací technologie používá RGB (a RGBW) pixely mapované vedle sebe, čímž klesá potenciální rozlišení displeje.
- Inverzní OLED – na rozdíl od běžného OLED, ve kterém je anoda umístěna na podkladu, inverzní OLED používá spodní katodu, která může být připojena na n-kanál křemíku TFT, který tvoří nosnou plochu. Při výrobě AMOLED displejů je pro nízké náklady používán amorfnní křemík TFT.[3]

#### 11.2.4.2 Rastrová technologie

Zařízení, která používají rastrovou technologii, využívají světla nebo tepla k aktivaci elektroaktivní vrstvy. V této vrstvě je obsažen skrytý materiál (PEDOT-TMA), aktivací se materiál stává vysoce účinnou děrovanou injekční vrstvou. Pomocí tohoto postupu může být vyrobeno zařízení s libovolným světlo emitujícím rastrem.[4]

Barva rastru může být dosažena prostřednictvím laseru, nebo zářením vyvolávající sublimaci (RIST).[5]

Pro tisk vícevrstvých rastrů (Organic vapour jet printing) se používá interní nosný plyn (např.: Argon nebo Dusík), slouží k přepravě odpařených organických molekul (stejně jako v organické fázi, při depozici z plynné fáze). Plyn je vyloučen přes trysku velikosti mikronu nebo přes celé pole trysek v blízkosti podkladu. To umožňuje tisk libovolných vícevrstvých rastrů bez použití rozpouštědel.

Běžné OLED displeje vznikají tepelným odpařováním páry (VTE) a podle stínové masky vznikne rastr. Mechanická maska má otvory, skrz které pára projde na požadované místo.

#### 11.2.4.3 Technologie podkladu

Pro displej s vysokým rozlišením, jako je TV nebo TFT plocha, je nezbytně nutné správné řízení pixelů. V současnosti je nízkoteplotní polykrystalický křemík LTPS-TFT používán pro komerční AMOLED displeje. Displej s LTPS-TFT má v sobě zahrnutou změnu výkonu a různé kompenzační obvody.[6] Vzhledem k omezení velikosti excimerového laseru použitého pro LTPS, byla omezena velikost AMOLED.[7]



### ODKAZ NA LITERATURU

Horák J. Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Meyer M. Osobní počítač. Computer Press, Praha, 2006. ISBN 9788025108345.

Winkler P. Velký počítačový lexikon. Computer Press, Praha, 2005. EAN 9788025123317..

Dembowski K. Mistrovství v Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Messmer H.P., Dembowski K. Velká kniha hardware. Computer Press, Brno, 2005. 1224 s.

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Displej\\_z\\_tekut%C3%BDch\\_krystal%C5%AF](https://cs.wikipedia.org/wiki/Displej_z_tekut%C3%BDch_krystal%C5%AF)

<https://cs.wikipedia.org/wiki/OLED>

## 12 ZVUKOVÝ PODSYSTÉM



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- popsat funkci zvukové karty
- vysvětlit funkci syntézy zvuku



### KLÍČOVÁ SLOVA

Zvukový podsystem: záznam zvuku, digitalizace, kvalita záznamu. Rozhraní. Přehrávání zvuku, FM syntéza, wave table syntéza, V/V rozhraní. Typy souborů.

### 12.1 Zvuková karta

Zvuková karta je rozšiřující karta počítače pro vstup a výstup zvukového signálu, ovládaná softwarově.

Typická zvuková karta obsahuje zvukový čip, který provádí digitálně-analogový převod nahraného nebo vygenerovaného digitálního záznamu. Tento signál je přiveden na výstup zvukové karty (většinou 3,5mm jack-sluchátkový).

Zvuková karta také má „line in“ konektor, do kterého je možné připojit např. kazetový přehrávač nebo podobný zdroj zvukového signálu. Zvuková karta tento signál digitalizuje a uloží (pomocí příslušného počítačového programu) na úložiště dat. Digitalizace se provádí pomocí vzorkování. V každém časovém intervalu se zjistí a zaznamená aktuální stav signálu neboli vzorek. Čím kratší je interval mezi vzorkováním, tím vyšší je vzorkovací frekvence, tím více vzorků bude pořízeno a tím bude výsledný záznam kvalitnější. Druhý faktor, který určuje kvalitu digitálního signálu, je počet použitých úrovní v každém ze vzorků. Nejčastěji používané vzorkovací frekvence: 11025 Hz (telefonní kvalita), 22050 Hz (rádio kvalita), 44100 Hz (CD kvalita), 48000 Hz, 96000 Hz. Počet bitů na jeden vzorek je většinou 8, 16 nebo 24.

Třetí konektor, který většina zvukových karet má, se používá k přímému připojení mikrofону. Signál z něj je možné také nahrávat na úložiště dat nebo ho jinak zpracovat (např. software na rozpoznávání hlasu nebo VoIP).

Většina zvukových karet má také MIDI a GamePort konektor. Konektor MIDI slouží k připojení např. elektronického klávesového nástroje nebo jiného zdroje digitálního MIDI signálu. Pokud nahráváme z MIDI, tak nemusíme provádět vzorkování. Do počítače se uloží informace o tom, který nástroj hraje, výška tónu, délka tónu, dynamika úhozu na klávesu, atd. Rozhraní GamePort slouží k připojení joysticku nebo jiného herního zařízení.

Starší zvukové karty také měly IDE rozhraní. To sloužilo k připojení CD-ROM mechaniky, ale v dnešní době již nemá opodstatnění, protože moderní počítače jsou vybaveny EIDE, SATA nebo SCSI rozhraním, které umožňuje připojit více zařízení. Pokud je v počítači zvuková karta i CD-ROM mechanika, mohou se propojit pomocí tzv. audio kabelu, ten je však v dnešní době již zbytečný, jelikož většina zvukových přehrávačů se obejde bez něj. Toto spojení umožňuje přenášet analogový nebo digitální zvukový signál z CD-ROM mechaniky do zvukové karty a tak je možné poslouchat hudební CD ze stejných reproduktorů jako zvuk z počítače.

#### 12.1.1 Historie

V době, kdy vznikaly první osobní počítače, nikoho ani nenapadlo nějak je spojovat se zvukem nebo hudbou. Tyto počítače primárně sloužily k zrychlení a ulehčení práce člověka a ne k zábavě. Mnozí se na počítač dívali pouze jako na "počítací stroj".

První pokusy o zvukový výstup z počítače byly realizovány většinou pomocí telefonního sluchátka nebo podobného zařízení s příslušným jednoduchým obvodem. Příkladem je počítač Sinclair ZX Spectrum nebo tzv. PC speaker PC-kompatibilních počítačů.

Následovalo období, kdy součástí desky uvnitř počítače byl speciální čip, který se staral výhradně o zvuk a

jehož výstup byl veden do televizoru, monitoru nebo externího zesilovače. Příkladem jsou počítače Sinclair ZX Spectrum 128, Commodore 64 nebo Commodore Amiga.

O zvukové kartě se mluví od chvíle, kdy se obvody a čipy, které se starají o zvuk, začaly umísťovat na samostatný plošný spoj, tzv. kartu, která se zasouvá do základní desky (motherboardu) počítače.

Jeden z prvních výrobců zvukových karet pro IBM PC byl AdLib, který vyráběl zvukové karty založené na zvukovém čipu Yamaha YM3812, neboli OPL2. Toto byl v podstatě standard, až do doby než Creative Labs vyrobila zvukovou kartu Sound Blaster, která měla čip YM3812 a zvukový koprocessor (pravděpodobně Intel mikrokontrolér), který Creative nazýval „DSP“, což byl první procesor na digitální signál. Několik roků uplynulo, než Creative vytvořil kartu, která uměla zároveň nahrávat a také přehrávat zvuk. Díky Sound Blasteru, první levné CD-ROM mechanice a vývoji video technologie začala nová éra počítačových multimédií. Uživatel si mohl spustit hudební CD, nahrávat dialogy do počítačových her nebo přehrávat filmy (zatím pouze krátké klipy a ve velmi špatné kvalitě, nesrovnatelné s moderním digitálním videem).

Starší zvukové karty neuměly nahrávat a přehrávat současně. Většina dnešních zvukových karet je plně duplexní.

Určitým "protimluvem" jsou tzv. integrované zvukové karty, které jsou např. z důvodu úspory místa nebo peněz přímo součástí základní desky. První karty tohoto typu se objevily koncem 90. let 20. století. Jedná se většinou o čip Intel AC97. Někteří výrobci využili levný ACR slot. Většina z nich umožňuje pouze 16-bitový zvuk a max. frekvenci 48000 Hz - v podstatě něco málo přes normu klasického zvukového kompaktního disku CD (44,1 kHz frekvence vzorků / 16 bitová hloubka ), ale objevují se i takzvané HD ( high definitions - vysoké rozlišení ) zvukové čipy na základních deskách např. Intel HDA zvládající až 24 bitů a frekvenci vzorkování do 192 kHz ve stereu, resp. 96kHz u vícekanálového zvuku.

### 12.1.2 Profesionální zvukové karty

Profesionální zvukové karty jsou speciální zvukové karty optimalizované pro nízkoodezvvé multikanálové zvukové nahrávání a přehrávání, na úrovni výsledků získaných ve studiu. Jejich ovladače obvykle následují Audio Stream Input Output (ASIO) protokol pro práci s profesionální zvukovou technikou a hudebním softwarem, ačkoliv ASIO ovladače jsou dostupné i pro úroveň karet pro běžné spotřebitele.

Profesionální zvukové karty jsou běžně popisovány jako „zvuková rozhraní“ a někdy jsou v provedení pro montáž (rack jednotek) využívající USB, FireWire nebo optického rozhraní, k poskytnutí dostatečného přenosu datových toků. Důraz těchto produktů je v základu kladen na použití většího množství vstupních a výstupních konektorů, přímou hardwarovou podporu pro více vstupně-výstupních zvukových kanálů a vysokou vzorkovací frekvenci. Role těchto karet a jejich zamýšlené užití je pro specializované vícekanálové nahrávání zvuku a zvukové úpravy v reálném čase, které nejsou limitovány, jako je tomu u běžných uživatelských zvukových karet.

Na druhou stranu, určité vlastnosti konzumních zvukových karet, jako například podpora pro Environmental Audio Extensions (EAX), optimalizace pro hardwarovou akceleraci v počítačových hrách nebo prostorové efekty v reálném čase jsou vedlejší, neexistující, a někdy i nechtěné u profesionálních karet, a jako zvuková rozhraní proto nejsou pro běžné uživatele doporučeny.

Typická „uživatelská“ zvuková karta je určena pro domácnosti, kanceláře a pro zábavné účely s důrazem na přehrávání a běžné užívání, než na zajišťování potřeb pro profesionály. Reakcí na toto Steinberg (výrobci zvukového a sekvenčního softwaru, Cubase and Nuendo) vyvinuli protokol, který specifikuje zacházení s více zvukovými vstupy a výstupy.

Obecně, zvukové karty pro běžné uživatele obsahují některá omezení a komplikace, která mohou být nepříjemná pro zvukové profesionály. Jeden z moderních zvukových účelů je zprostředkovávat AD/DA převodník z analogového do digitálního signálu. Nicméně, v profesionálních užitích jsou zde potřeby pro vylepšené nahrávání a konverzi zvuku.

Jedna z omezení konzumních zvukových karet je poměrně velká vzorkovací odezva; to je čas, který je potřeba, aby AD převodník dokončil konverzi zvukového vzorku a přesunul jej do hlavní paměti v počítači.

Uživatelské zvukové karty jsou taktéž limitovány v efektivnosti vzorkovací frekvence a bitové hloubky, kterou dokáží zvládnout a mají menší množství méně přizpůsobivých vstupních kanálů: profesionální nahrávání ve studiu typicky požaduje více než dva kanály, které běžné uživatelské karty poskytují a více dostupných konektorů, na rozdíl od náhodných druhů vnitřních a někdy i vnějších konektorů, která jsou u běžných uživatelských zvukových karet.

Běžný počítač se zvukovou kartou a vhodným softwarem lze použít jako digitální osciloskop a spektrální analyzátor. Vstupní signály se přivádí přes mikrofonní nebo linkový vstup. Je-li karta stereofonní, jsou k dispozici pro měření současně dva kanály. Z principu zvukové karty plyne omezení, kterým je vstupní kmitočtový rozsah cca 20 Hz až 20 kHz. Pro základní nízkofrekvenční měření nebo pro výukové demonstrační účely však vyhoví.

### 12.1.3 Syntéza zvuku

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/ZVUK.HTML>

Pro vlastní vytvoření zvuku se využívá dvou rozličných mechanismů:

- FM syntéza: realizovaná tzv. FM syntetizátorem (obvod OPL 2, OPL 3 nebo OPL 4). Tato metoda vychází z faktu, že každé vlnění lze sestavit složením vybrané série sinusových kmitů o patřičné frekvenci a amplitudě. FM syntéza tedy vychází z popisu příslušného hudebního nástroje na základě Fourierova rozvoje, s jehož pomocí se potom zvuk těchto nástrojů emuluje jako superpozice několika sinusových signálů. Takto získaný signál se může ještě dále upravit různými efekty. Jedná se o levnější realizaci, která se svými výsledky zvukům reálných nástrojů pouze blíží a nikdy jich nemůže dosáhnout. Zvukové karty, které používají pouze tento způsob pro vytváření zvuků, jsou vhodné jen pro amatérské použití (ozvučení her apod.).
- Wave Table syntéza: používaná u dražších zvukových karet. Tato metoda používá přímo navzorkovaný signál skutečného nástroje uložený ve své vlastní paměti (ROM nebo RAM). Protože je nemožné, aby v paměti byly uchovány vzorky všech výšek tónů od všech nástrojů, je v paměti vždy uložen jeden tón od každého nástroje. Různých výšek tohoto tónu se pak dosahuje různou rychlostí přehrání tohoto vzorku.

Kromě uvedených vlastností bývaly ještě zvukové karty vybaveny pozicemi pro paměťové moduly RAM, do kterých si uživatel může ukládat vlastní vzorky různých nástrojů vytvořené buď elektronickým syntetizátorem, nebo vzniklé nějakou úpravou již existujících vzorků. Dále je možné na zvukových kartách vidět i různé specializované obvody pro vytváření různých efektů v reálném čase (např. prostorový zvuk apod.).



## ODKAZ NA LITERATURU

Horák J. Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Meyer M. Osobní počítač. Computer Press, Praha, 2006. ISBN 9788025108345.

Winkler P. Velký počítačový lexikon. Computer Press, Praha, 2005. EAN 9788025123317..

Dembowski K. Mistrovství v Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Messmer H.P., Dembowski K. Velká kniha hardware. Computer Press, Brno, 2005. 1224 s

## 13 PERIFERNÍ ZAŘÍZENÍ



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- klasifikovat typy periferních zařízení
- popsat funkci periferních zařízení
- porovnat vlastnosti jednotlivých typů



### KLÍČOVÁ SLOVA

Periferní zařízení. V/V zařízení: klávesnice, myš, tiskárny (druhy, principy činnosti), scanner, touchpad.

#### 13.1 Klávesnice

Počítačová klávesnice je klávesnice odvozená od klávesnice psacího stroje či dálnopisu. Je určena ke vkládání znaků a ovládání počítače. Standardní počítačové klávesnice jsou napájeny z počítače a komunikují s ním po sériové lince.

Ve většině případů stisk klávesy způsobí odeslání jednoho povelu, např. znaku. Některé klávesy slouží jen jako předvolba. Odeslání některých povelů (např. pro symboly) pak vyžaduje stisk (úhoz) a současně držení jiné klávesy nebo dvou kláves současně nebo postupně.

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/KEYBM.HTML>

Podle realizace funkce jednotlivých kláves je možné rozdělit klávesnice na:

- pracující na principu spínačů: používá pro každou klávesu mikrospínač
- kapacitní: stisknutí klávesy vyvolá úhoz na kapacitní modul, jenž vysílá patřičné signály, které jsou potom interpretovány procesorem 8048 umístěným přímo v klávesnici, a jejich kódy jsou pak vysílány do počítače.

V dřívějších letech se klávesnice připojovala k počítači konektorem DIN-5, který byl později nahrazen poněkud menším konektorem Mini-DIN, častěji nazývaným PS/2, přičemž způsob komunikace klávesnice s počítačem zůstal zachován.

Mezi další způsoby připojení v současnosti patří USB, dnes nejrozšířenější. V takovém případě se již jedná o výrazně komplikovanější způsob komunikace umožňující například připojit ke klávesnici různá další zařízení (myš, USB flash paměť atd.), která pak přes ni komunikují s počítačem. V případě připojení přes USB port se může jednat o dvě varianty, a to: Přímé propojení kabelem, nebo bezdrátové propojení, kdy je fyzicky v USB portu přítomen pouze vysílač (který je i zároveň přijímač, anglicky transceiver), který komunikuje s klávesnicí. Další variantou bezdrátové komunikace klávesnice s počítačem je připojení přes bluetooth.

#### 13.2 Myš

Počítačová myš je malé polohovací zařízení používané pro ovládání grafického uživatelského rozhraní; informace o svém pohybu po ploše (např. desce stolu) předává do počítače, který je převádí na pohyb kurzoru po displeji. Nachází se na ní jedno či více tlačítek a může obsahovat jedno nebo více koleček používaných pro scrollování, zoomování nebo pohyb v dokumentu. Na spodní straně myši je umístěn snímač pohybu, který je buď mechanický nebo optický.

##### 13.2.1 Mechanická myš

První myši měly ke snímání pohybu dvě kolečka navzájem kolmé. Kolečka byla potom nahrazena kuličkou, která umožnila pohyb myši v jakémkoliv směru. Pohyb kuličky snímají dvě navzájem kolmé hřídele, které se kuličky dotýkají. Kulička obě hřídele při svém pohybu roztáčí a přenáší pohyb na otočnou clonku ve tvaru kruhu s okénky. Na obou hřídelkách je po jedné clonce. Světlo senzoru prosvěcuje clonku a přerušovaný

paprsek je snímán optoelektronickým čidlem, které jej mění na elektrické impulzy. Směr otáčení je rozpoznán pomocí Grayova kódu: Myš totiž obsahuje na každé clonce dva snímače, přičemž ty jsou umístěny tak, aby jejich pulzy byly úhlově posunuty. V jeden okamžik může být osvětlen jeden, oba, nebo i žádný snímač. Impulzy pohybu celé myši pak tvoří dva a dva sledy bitů, ty jsou detekovány v počítači. Ovladač myši v počítači signály dekoduje a načítává, a převádí je na pohyb kurzoru na obrazovce monitoru (v osách X a Y). Rekonstruuje tak rychlost i směr pohybu myši. Nový design zahrnuje jednu kuličku z hrubé gumy a tři tlačítka. Prostřední tlačítko bylo nahrazeno rolovacím kolečkem po roce 1990.[4]

### 13.2.2 Optická myš

Optická myš využívá LED jako zdroj světla, které je snímáno fotodiodami nebo dokonalejším optickým snímačem (CCD či CMOS prvek s maticí o velikosti několik desítek bodů). První optické myši využívaly pro snímání pohybu speciálně potištěný podklad (podložku pod myš).

Moderní optické myši periodicky snímají obraz podkladu osvětlený pomocí LED nebo laserové diody a vyhodnocují posuv obrazu vůči předchozímu snímku. Využívají k tomu speciální čipy pro zpracování obrazu v reálném čase a převodu pohybu do osy X a Y. Například optická myš Avago Technologies ADNS-2610 zpracovává 1512 snímků za sekundu (FPS) o velikosti 18×18 bodů, přičemž každý vyhodnocuje 64 různých úrovní šedi.[5]

Zdrojem obvykle bývá LED dioda svítící červenou barvou. Její světlo je na podložku soustředěno malým zrcátkem, popřípadě optickým hranolkem. Červená barva se používá díky své velké svítivosti použitých LED diod, nízké výrobní ceně a tím, že zvyšuje kontrastnost povrchu.

Světlo, které se odrazí od vhodné podložky je optickým prvkem přivedeno do senzoru tvořeného čipem CCD nebo CMOS s maticí fotoelektricky citlivých prvků. Vznikne elektronický obraz podložky, který je zaznamenáván rychlostí řádově miliony pixelů za sekundu. Změnou polohy myši se vyhodnocuje její pohyb pomocí výkonného mikroprocesoru, která se projeví pohybem kurzoru na monitoru.

Optické myši mohou používat jako běžnou podložku desku stolu, problémy mohou samozřejmě nastat při snímání průhledné skleněné podložky, podložky s velkou odrazivostí, lesklé povrchy nebo v případě červeného světla myši i podložky s hladkým červeným povrchem.

Pro osvětlení podkladu se tradičně využívají červené LED, protože v době vzniku optických myší byly nejlevnější. Na barvě osvětlení nezáleží, avšak při použití člověku neviditelného infračerveného světla může být dosaženo vyšší přesnosti snímání a nižší spotřeby elektrické energie. Optická myš pracuje spolehlivě na strukturovaném povrchu, kde je možné snadno rozpoznat pohyb podkladu. Z tohoto důvodu je nevhodným podkladem sklo, zrcadlo nebo jiný povrch, který způsobuje vznik falešných odrazů. Kvalitnější myši zpracovávají za sekundu více snímků, aby byl pohyb myši přesnější a správně reagoval i na rychlé pohyby.

I přes články o možném poškození lidského zraku optickou myší[6] není žádný důvod se obávat,[7] protože se jedná o laserové zařízení třídy I, které má tak malý výkon, že žádné poškození nemůže způsobit.

## 13.3 Alternativy myši

### 13.3.1 Tablet

Tablet je polohovací zařízení skládající se z pevné podložky s aktivní, zpravidla obdélníkovou plochou a z pohyblivého snímacího zařízení v podobě bezdrátového pera nebo takzvaného puku (obdoba myši s nitkovým křížem a tlačítka). Tato počítačová vstupní periferie umožňuje ovládat počítač podobným způsobem jako počítačová myš (ovládání kurzoru), v případě pera je použitelná i ke kreslení volnou rukou, s pukem pak může sloužit i k digitalizaci výkresové předlohy. Používá se zejména v CADu či grafických programech. Moderní tablety jsou citlivé i na tlak a je možné měnit tloušťku a charakter čáry v závislosti na tlaku na hrot pera.

### 13.3.2 Trackball

Trackball je vstupní počítačové zařízení podobné myši. Na rozdíl od ní je kulička umístěná v podložce, jíž se dá pohybem dotýkajících se prstů nebo dlaně pohybovat. Snímání pohybu je ale principiálně totožné. Bývá buď samostatně - obdobně jako myš - nebo zabudován ve větším zařízení, např. v klávesnici nebo v notebooku.

Trackball je nasazován v případě, kdy standardní myš není vhodná (průmyslové použití, veřejné informační

stánky), nebo pro odvětví, kde je potřeba velmi přesné polohování kurzoru. Například pro použití v počítačové grafice, aplikacích typu CAD, nebo DTP. Naopak se příliš nehodí pro rychlý pohyb s vysokou přesností, který je požadován například v počítačových hrách, kde jej nahradil především joystick.

### 13.3.3 Trackpoint

polohovací zařízení přenosných počítačů (alternativa k touchpadu). V podstatě se jedná o malý joystick, který je na klasické QWERTY klávesnici umístěn mezi klávesami "G", "H" a "B". Samotný trackpoint nemá funkci tlačítek. Ta jsou tři a jsou umístěna zvlášť, dole pod mezerníkem.

### 13.3.4 Touchpad

Touchpad (též trackpad) je vstupní zařízení běžně používané u notebooků. Jeho účelem je pohybovat kurzorem po obrazovce podle pohybů uživatelského prstu. Jde o náhradu za počítačovou myš. Touchpady se vyrábějí v různých velikostech, ale jen zřídka větší než 50 cm<sup>2</sup>.

Touchpady většinou pracují na principu snímání elektrické kapacity prstu nebo kapacity mezi senzory. Kapacitní senzory obvykle leží podél horizontální a vertikální osy touchpadu. Poloha prstu je pak zjištěna ze vzorků kapacity z těchto senzorů. To je důvod, proč touchpad nereaguje na špičku tužky nebo dokonce na prst s rukavicí. Také vlhký prst může být pro touchpad problematický, protože se nelze spolehnout na výsledky měření ze snímačů.

U touchpadu se obvykle nacházejí tlačítka podobně jako na počítačové myši. U některých touchpadů (v závislosti na modelu a ovladači) je možné také kliknout klepnutím prstu na touchpad a přesouvat objekty stejně jako kurzor myši plynulým pohybem, pokud toto posouvání následuje ihned po klepnutí.

Některé touchpady také mají „hotspoty“, tedy místa, která mohou mít jiný účel než kliknutí. Například posouvání podél pravého okraje může ovládat svislý posuvník neboli vertikálně rolovat aktivní okno. Pohyb v dolní části touchpadu pak může rolovat okno horizontálně. Některé touchpady také mohou emulovat více tlačítek myši klikáním do rohů nebo klikáním více prsty naráz.

## 13.4 Tiskárny

Tiskárna je periferní výstupní zařízení, které slouží k přenosu dat uložených v elektronické podobě na papír nebo jiné médium (fotopapír, kompaktní disk apod.). Tiskárnu připojujeme k počítači, ale může fungovat i samostatně (přímý tisk přes USB nebo Bluetooth, síťová tiskárna apod.) nebo být součástí multifunkčních zařízení (pokladna v obchodě, lékařské přístroje apod.).

Některé spotřebitelské a komerční tiskárny jsou přizpůsobeny rychlému a snadnému tisku (téměř bez nutnosti nastavení). Jsou také přizpůsobeny tomu, aby při tisku nevytvářely zbytečný hluk.

Tiskárny jsou obecně pomalá zařízení, 30 stran za minutu je považováno za rychlé a většina spotřebních tiskáren pracuje mnohem pomaleji. Náklady na stránku jsou stále poměrně vysoké, je to však kompenzováno dostupností a pohodlím, jež tyto tiskárny poskytují.

Virtuální tiskárna je software, jehož uživatelské rozhraní a API se podobá ovladači tiskárny, ale není fyzicky spojena s tiskárnou.

### 13.4.1 Běžně používané typy

- jehličková (anglicky dot-matrix printer, needle printer, wire printer) – Řada 8, 9 nebo 24 jehliček je umístěna v tiskové hlavě, která projíždí nad papírem kolmo na směr jeho posunu. Jehličky propisují přes barvicí pásku na papír jemné body, z kterých se skládají písmena a obrázky. Tyto tiskárny mají velmi nízké náklady na tisk a mohou vytvářet kopii průpisem (přes kopírák). Mohou se tak například tisknout mzdové lístky ve speciálních zalepených obálkách. Další výhodou je, že tisková páska se opotřebovává postupně a nedojde najednou. Stejně tak je často používán "nekonečný" papír s boční perforací, který může být tenčí (a tím i levnější) a jeho vedení tiskárnou je spolehlivější. Nevýhodou je větší hlučnost, horší kvalita tisku a u levnějších modelů nízká rychlost tisku.
- termální (tepelné) – tiskne se pomocí tepla

- přímý tisk – tisková hlava je tvořena malými odpory s malou tepelnou setrvačností – výhodou je, že jediný spotřební materiál je papír, nevýhodou je vyšší cena papíru a malá stabilita tisku, často se používají v supermarketech, rychle a potichu tisknou. Tato metoda tisku se používala ve faxech (dnes obvykle nahrazeno inkoustovým nebo laserovým tiskem).
- termotransferové – jedná se vlastně o sublimační tisk, princip je stejný jako u přímého termálního tisku, jen je mezi hlavou a papírem speciální termotransferová fólie, ze které se barva teplem přenese na potiskované medium, kterým může být běžný papír. Jedno- i vícebarevný tisk se používá v tiskárnách na potisk štítků (Dymo), plastových karet nebo při tisku fotografií ve vysoké kvalitě.
- inkoustové (anglicky ink-jet printer) – tisková hlava tryská z několika desítek mikroskopických trysek na papír miniaturní kapičky inkoustu
  - termické (anglicky bubble jet) – tisková hlava pracuje s tepelnými tělísky, které zahřívají inkoust. Při zahřátí vznikne v trysce bublina, která vymrští inkoustovou kapku na papír.
  - piezoelektrické – tisková hlava pracuje s piezoelektrickými krystaly. Krystal je destička, která je schopna měnit svůj tvar. Funguje tedy jako mikroskopická pumpička, která je schopna vystřelit kapku na papír.
  - voskové (tuhý inkoust) – princip se velmi blíží klasické inkoustové tiskárně, ale místo tekutého inkoustu se používá speciální vosk, který se po natavení vystřikuje mikrotryskami na papír. Tyto tiskárny jsou specifické tím, že dokáží namíchat barvu bodu i bez překryvných rastrů. Mají velmi živé podání barev a vyznačují se vysokou kvalitou výtisku.
- laserové (anglicky laser printer) – pracují na stejném principu jako kopírky: laserový paprsek vykresluje obrázek na fotocitlivý a polovodivý, obvykle selenový válec. Po nabití a osvětlení dojde ke změně odporu a vybití osvětlených míst. Na povrch se poté nanáší toner nabitý stejným nábojem; toner se uchytlí jen na osvětlených místech, obtiskne se na papír a na závěr je k papíru tepelně fixován (zažehlen teplem cca 180 °C a tlakem).
- LED tiskárny (anglicky LED printer) – funguje na podobném principu jako laserová tiskárna: řada LED diod vykresluje obraz na fotocitlivý, tiskový válec (obvykle selenový), na jehož povrch se poté nanese toner, uchytlí se na osvětlených místech, obtiskne se na papír a na závěr je k papíru tepelně fixován
- řádkové (anglicky line printer) – tisknou celý řádek najednou a jsou velmi rychlé, v některých aplikacích stále nenahraditelné, rychlost až 2000 řádků / min.

## 13.5 Skenery

Scanner, skener (anglicky scanner, výslovnost [skenr], někdy též [skener]; doslovný překlad snímač) je hardwarové vstupní zařízení umožňující převedení fyzické 2D nebo 3D předlohy do digitální podoby pro další využití, většinou pomocí počítače.

Obvykle podporuje dva typy předloh: Odrážné a průhledné (transparentní).

Princip skeneru: Předloha se osvítí, světlejší bod předlohy odráží více světla, světlo zachytí řádkové světlocitlivé prvky (CCD, CIS, PMT). Zdrojem světla může být tzv. „chladná“ katodová lampa (zářivka), příp. LED.

Tříprůchodové barevné skenery snímají předlohu jednou s osvětlením červeným, pak zeleným a modrým nebo používají barevné filtry, aby na senzory dopadla při každém průběhu jen potřebná část barevného spektra.

Jednoprůchodové skenování při jednom průchodu jsou skenovány všechny tři barvy. Využívají jednu řadu CCD nebo tři řady CCD s rozšířením o zrcadla, hranoly a čočky projektující na různé řádky CCD. Využívá se také nahrazení hranolů a zrcadel fotodetektory

Snímače OCR převádějí znaky textu přímo do ASCII kódu.

### 13.5.1 Čtečky čárových kódů

Dělí se na 1D a 2D podle typu čárového kódu. Využívají paprsku laseru nebo laserové diody. Mohou být ruční

(tzv. „pistole“), nebo zabudované (např. v pokladnách).

### 13.5.2 Ruční (hand-held)

Tímto scannerem je nutno ručně přejíždět po snímané předloze. Nevýhodou je malá kvalita nasnímaného obrazu způsobená jak nízkým rozlišením snímače, tak nutností přesného ovládání ze strany uživatele. Používá se tam, kde je třeba rychle snímat malé plochy, případně při nemožnosti umístění předlohy do stolního scanneru. Dnes téměř vymizel vzhledem k masivnímu rozšíření stolního typu.

### 13.5.3 Stolní (flatbed)

Předloha se pokládá na sklo, pod níž projíždí strojově ovládané snímací rameno, princip je tedy podobný jako u kopírovacího stroje. Dnes jsou už velmi levné (od cca 1000 Kč) a proto se staly naprosto běžnou součástí všech domácností. Nevýhodou je zejména možnost snímání jen relativně tenkých předloh. Velkoformátové scannery jsou schopné snímat předlohu po sloupcích. Dražší modely často snímají pomocí přídatných nástavců také diapozitivy a negativy.

### 13.5.4 Bubnové (drum)

Předloha je nalepena na rotujícím válci a je snímána paprskem. Pro sejmutí obrázku postačí jedna fotodioda, která snímá jeden bod. Nejprve se přečte jeden „sloupec“ (tj. jedna otáčka bubnu), pak se fotodioda posune o jeden sloupec vedle, až je postupně sejmut celý povrch bubnu. Nevýhodou bubnového scanneru je vysoká cena, a proto jsou využívány zejména pro snímání velmi velkých předloh, případně tam, kde je potřeba velice vysoká kvalita výsledku (např. z předlohy – diapozitivu je potřeba vytisknout plakát rozměru A2). Tato technologie je zároveň nejstarší.

### 13.5.5 Filmové

Slouží pro snímání jednotlivých políček filmu. Vzhledem ke svému specifickému účelu jsou vesměs používány pouze profesionálně. Např. systém Flextight a High-End skener Hasselblad Flextight X5.

### 13.5.6 3D

Nová technologie umožňující pomocí laserových paprsků nasnímat i trojrozměrný objekt. Velice nákladná technologie pouze pro profesionální využití.



## ODKAZ NA LITERATURU

Horák J. Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Meyer M. Osobní počítač. Computer Press, Praha, 2006. ISBN 9788025108345.

Winkler P. Velký počítačový lexikon. Computer Press, Praha, 2005. EAN 9788025123317..

Dembowski K. Mistrovství v Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Messmer H.P., Dembowski K. Velká kniha hardware. Computer Press, Brno, 2005. 1224 s.

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/ZVUK.HTML>

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/KEYBM.HTML>

## 14 ROZHRANÍ PRO KOMUNIKACI S OKOLÍM



### CÍLE KAPITOLY

Po prostudování této kapitoly budete umět:

- popsat typy přenosu
- klasifikovat typy rozhraní
- popsat funkci periferních zařízení
- porovnat vlastnosti jednotlivých typů



### KLÍČOVÁ SLOVA

Rozhraní pro komunikaci s okolím: paralelní x sériová rozhraní, typy rozhraní, popis rozhraní, srovnání rozhraní (USB, FireWire, PS/2, DVI apod.).

## 14.1 Typy přenosu

### 14.1.1 Paralelní komunikace

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Paraleln%C3%AD\\_komunikace](https://cs.wikipedia.org/wiki/Paraleln%C3%AD_komunikace)

Paralelní komunikace nebo paralelní přenos je v telekomunikacích a informatice proces přenosu dat, kdy je několik bitů posíláno najednou (tj. několik zároveň) pomocí komunikačního kanálu nebo sběrnice. Je v přímém protikladu se sériovou komunikací, kde jsou jednotlivé bity odesílány postupně (sekvenčně).

Paralelní komunikační rozhraní obsahuje několik vodičů. Osmibitový paralelní kanál vysílá osm bitů (neboli jeden bajt) současně, zatímco sériový kanál posílá bity jeden za druhým. Pokud by byly oba kanály provozovány na stejné frekvenci, paralelní kanál by byl osmkrát rychlejší než sériový. Paralelní kanál obsahuje typicky další řídicí signály, jako jsou hodiny, které ukazují, že data jsou platná, případně i další signály pro řízení toku a směrové řízení přenosu dat.

### 14.1.2 Sériová komunikace

Sériová komunikace nebo sériový přenos je v telekomunikacích a informatice proces přenosu dat postupně po jednotlivých bitech (tj. sekvenčně) pomocí komunikačního kanálu nebo sběrnice. Je v přímém protikladu s paralelní komunikací, kde je několik bitů posíláno najednou (linkou obsahující několik paralelních přenosových kanálů).

Sériová komunikace se používá na dálkových linkách a většině počítačových sítí, kde činí cena kabelu a synchronizační potíže paralelní komunikaci nepraktickou. Na krátké vzdálenosti se sériová komunikace v počítačových sběrnicích v poslední době prosazuje čím dál více, protože odstraňuje problémy, na které narazila paralelní komunikace (parazitní kapacity, přeslechy, problém synchronizace hodin mezi vodiči – anglicky clock skew) a vyplatí se složitější zařízení (serializer a deserializer, tzv. SerDes). Vylepšená technologie učinila sériovou komunikaci konkurenceschopnou (například přechod od PCI sběrnice na PCI-Express).

Sériová sběrnice používá pro přenos dat a řízení sběrnice jeden vodič (resp. dvojici signál-nulový vodič) nebo více vodičů. Po fyzikální stránce se datová informace přenáší buď pomocí změny elektrického napětí, nebo změny elektrického proudu. Realizace pomocí změny napětí je jednodušší, pomocí změny proudu je složitější, ale má větší odolnost proti elektromagnetickému rušení. Data jsou většinou přenášena v sériové posloupnosti pomocí jednoho signálu. Řízení sběrnice je buď realizováno pomocí samostatných signálových vodičů, nebo je společně s daty přenášeno pomocí jednoho signálu.

Jaký je formát přenášených dat, časování přenosu, řízení přenosu atd., popisuje protokol sběrnice. Standard sběrnice popisuje také elektrické a mechanické parametry sběrnice.

### 14.1.3 Srovnání paralelního se sériovým přenosem

Ještě před vysokorychlostními sériovými technologiemi byla volba paralelního propojení přes sériové linky

ovlivňována těmito faktory:

- Rychlost – na první pohled je rychlost paralelního datového spojení rovna počtu bitů zaslaných najednou krát přenosová rychlost každé jednotlivé linky. Zdvojnásobení počtu bitů odeslaných najednou zdvojnásobuje rychlost přenosu dat. V praxi hodiny snižují rychlost každé linky podle nejpomalejší z nich.
- Délka kabelu – omezení paralelního přenosu je dáno vzdáleností, protože kterékoli zpoždění na některém z drátů znamená nesrozumitelný znak při příjmu. To klade horní limit na délku paralelního datového spojení, které je obvykle kratší než sériové připojení.
- Složitost – paralelní datová spojení, jsou snadno realizovány v hardwaru, což je logickou volbou. Vytvoření paralelního portu v počítačovém systému je poměrně jednoduché, vyžaduje pouze klopný obvod na kopírování dat na datovou sběrnici. V kontrastu, musí být většina sériové komunikace nejprve převedena zpět do paralelní podoby univerzální pomocí asynchronního přijímače/vysílače (USART), před tím, než může být připojen přímo k datové sběrnici.

## 14.2 Rozhraní pro komunikaci s okolím

### 14.2.1 USB

USB (Universal Serial Bus) je univerzální sériová sběrnice, moderní způsob připojení periférií k počítači. Nahrazuje dříve používané způsoby připojení (sériový a paralelní port, PS/2, Gameport apod.) pro běžné druhy periférií – tiskárny, myši, klávesnice, joysticky, fotoaparáty, modemy atd., ale i pro přenos dat z videokamer, čteček paměťových karet, MP3 přehrávačů, externích pevných disků a externích optických mechanik. Tvoří ji 2 diferenciální datové vodiče + 2 napájecí vodiče 5 V/500 mA. Dvojice datových vodičů (DATA+ a DATA-) je kroucená, vodiče VCC (+5 V) a GND nikoli. Celý kabel je potom stíněný hliníkovou fólií.

#### 14.2.1.1 Plug and Play

Výhodou je možnost připojování Plug & Play bez nutnosti restartování počítače nebo ručního instalování ovladačů. Zařízení lze připojit za chodu k počítači a během několika sekund je přístupné. Při připojení nového zařízení nejprve hub podle zdvižené datové linky pozná, že se objevilo nové zařízení. Pak proběhnou následující kroky:

1. Hub informuje hostitelský počítač o tom, že bylo připojeno nové zařízení.
2. Hostitelský počítač se dotáže hubu, na který port bylo zařízení připojeno.
3. Po doručení odpovědi vydá počítač příkaz tento port zapnout a provést vynulování (reset) sběrnice.
4. Hub vyrobí nulovací signál (reset) o délce 10 ms. Uvolní pro zařízení napájecí proud 100 mA. Zařízení je nyní připraveno a odpovídá na implicitní (default) adresu.
5. Než zařízení USB obdrží svou vlastní adresu sběrnice, je možno se na ně obracet přes implicitní adresu 0. Hostitel si přečte první bajty popisovači zařízení, aby stanovil, jakou délku mohou mít datové pakety.
6. Hostitel přiřadí zařízení jeho adresu na sběrnici.
7. Hostitel si ze zařízení pod novou sběrniceovou adresou načte všechny konfigurační informace.
8. Hostitel přiřadí zařízení jednu z možných konfigurací. Zařízení nyní může odebírat tolik proudu, kolik je uvedeno v jeho popisovači. Tím je připraveno k použití. Hostitel přiřadí zařízení jeho adresu na sběrnici

#### 14.2.1.2 Napájení

Rozlišuje se mezi zařízeními s vlastním napájecím zdrojem a zařízeními, která jsou napájena přes sběrnici USB. V mnoha případech je možno volit oba způsoby. Zařízení pak má například konektor pro napájecí zdroj, který je možno volitelně propojit s externím napájecím zdrojem. Podle specifikace USB je proudový odběr ze sběrnice automaticky omezen. Je-li tudíž odebírán větší proud než přípustný, napájení by mělo být odpojeno. Připojeným zařízením USB poskytuje i stejnosměrné napájecí napětí 5 V. Připojené zařízení tak může po sběrnici odebírat proud až 100 mA, v případě potřeby může zařízení požádat o větší proud, maximálně však o

500 mA. U osobních počítačů občas bývají napájecí vodiče sběrnice vyvedeny přímo ze zdroje počítače a USB zařízení připojené k počítači tak může odebírat i mnohem vyšší proud. Tohoto triku zneužívají například některé externí USB pevné disky, jejichž odběr je vyšší než požadovaných 500 mA a které po připojení k některému počítači nemusí fungovat.

### 14.2.1.3 Princip

USB je sběrnice jen s jedním zařízením typu Master, tj. všechny aktivity vycházejí z PC. Data se vysílají v krátkých paketech o 8 bajtech a delších paketech o délce až 256 bajtů. PC může požadovat data od zařízení, naopak žádné zařízení nemůže vysílat data samo od sebe.

Veškerý přenos dat se uskutečňuje v tzv. rámcích, které trvají přesně 1 milisekundu. Uvnitř jednoho rámce mohou být postupně zpracovávány pakety pro několik zařízení. Přitom se mohou spolu vyskytovat pomalé (low-speed) i rychlé (full-speed) pakety. Obrací-li se PC na více zařízení, zajišťuje jejich rozdělení jako rozdělovač sběrnice (hub). Zabraňuje také, aby signály s plnou rychlostí (full-speed) byly vedeny na pomalá zařízení. Časový průběh přenosu informace je předepisován výhradně masterem. Zařízení typu slave se musí synchronizovat s datovým tokem.

Jednotlivé bity jsou kódovány metodou Non Return to Zero Inverted (NRZI). Nuly v datech vedou ke změně úrovně, jedničky nechávají úroveň beze změny. Kódování a dekódování signálů je čistě hardwarovou záležitostí. Příjímáč musí být schopen získat signál, přijmout a dekódovat data. Speciální prostředky zajišťují, aby nedocházelo ke ztrátě synchronizace.

Obsahuje-li původní datový tok šest po sobě jdoucích jedniček, přidá vysílač automaticky jednu nulu (vkládání bitů – bit-stuffing), aby se tím vynutila změna úrovně. Příjímáč tuto nulu z datového toku opět odstraní. Každý datový paket má za účelem synchronizace speciální zaváděcí bajt (00000001b). Příjímáč v důsledku kódování NRZI a vsouvání bitů vidí osm střídajících se bitových stavů, na které se může synchronizovat. Během následujícího přenosu musí synchronizace zůstat zachována. Všechny tyto procesy se odehrávají pouze v odpovídajících hardwarových součástkách. Příjímáč a vysílač jsou realizovány vždy společně v jedné součástce.

Zařízení USB obsahuje jednotku zvanou Serial Interface Engine (SIE), která přebírá vlastní práci. K výměně dat mezi SIE a zbytkem zařízení slouží buffery FIFO. FIFO jsou paměti, které mohou postupně přijímat a vydávat data podobně jako posuvné registry. Připojený mikrořadič tedy potřebuje jen přečíst data z FIFO a jiná data do FIFO zapsat. Ve většině případů je SIE součástí mikrořadiče USB. Zařízení USB má obecně několik pamětí FIFO, jejichž prostřednictvím je možno přenášet data.

Například myš, která je připojena přes USB, má vždy koncovou endpoint 0 a endpoint 1. Endpoint 0 se používá při inicializaci. Vlastní uživatelská data se z mikrořadiče v určitých časových odstupech zapisují do endpointu 1 a odtud si je vybírá PC. USB software tvoří tzv. trubice (pipes) k jednotlivým endpointům (koncovým adresám). Jedna pipe je logický kanál k jednomu endpointu v jednom zařízení. Pipe si můžeme představit jako datový kanál tvořený jediným vodičem. Ve skutečnosti však jsou data v pipe přenášena jako datové pakety v milisekundových rámcích a hardwarem rozdělována na reálné paměti podle jejich koncové (endpoint) adresy. Jedno zařízení může současně používat několik trubic (pipes), takže přenosová rychlost celkově vzroste.

#### 14.2.1.4 Základní vlastnosti

- Maximální délka kabelu mezi sousedními zařízeními je 5 m, jedná se o délku, která je garantovaná. Delší kabel může být, ale nemusí už správně fungovat přenos dat. Kabel obsahuje 4 vodiče. Dva jsou pro napájení (5 V a zemnění). Druhý pár je kroucený a slouží pro přenos dat.
- I ta nejnižší přenosová rychlost mnohonásobně překračuje možnosti sériového portu. (Při porovnání obou portů je však třeba brát v úvahu i to, že jedno zařízení si nikdy nemůže nárokovat celou šířku pásma.)
- Sběrnice USB přináší tu výhodu, že při připojení přídatného rozdělovače sběrnice (hub) jsou k dispozici tři nové porty.
- Celkem je možno na USB připojit až 127 zařízení.
- Nevýhodou pro amatérského vývojáře je velká složitost USB. Na straně přístroje je třeba použít buďto převodník na USB nebo softwarovou knihovnu. Knihovna komunikuje obvykle jako HID zařízení, která zabere část výpočetního výkonu a řádově kB programové paměti; dále komunikace vyžaduje poměrně

rychlé taktování mikrokontroleru. Na straně PC je nutný ovladač. Pro zprovoznění bytí jednoduché komunikace je tedy třeba využívat USB knihovny na obou stranách.

- Kdo se chce vážně zabývat vývojem, stojí ještě před další překážkou: každé zařízení USB má interní číslo dodavatele (vendorID), které je oficiálně udělováno organizací USB. Zařízení je možno dodávat na trh jen s platným VID.

#### 14.2.1.5 Historie

USB vzniklo za spolupráce firem Compaq, Hewlett-Packard, Intel, Lucent, NEC, Microsoft a Philips. Nahrazuje rozsáhle používaný sériový port RS-232. Univerzální sériová sběrnice ulehčuje obecně práci uživateli a má větší šířku pásma než sériový port RS-232. První specifikace USB byla navržena v roce 1995, jako levné univerzální rozhraní pro externí zařízení, která vystačí s nižší průchodností dat. Jeho účelem bylo sjednotit způsob připojování těchto periférií.

Skutečného rozšíření se dočkalo až v roce 1998, a to pravděpodobně díky dvěma faktům. Jednak byl na trh uvedený revoluční počítač iMac firmy Apple. Tento barevný poloprůhledný počítač byl jako první na světě vybaven pouze porty USB a podnítil výrobce k většímu zájmu o výrobu USB periférií a příslušenství. Počítačů iMac se prodalo za celou dobu produkce několik milionů kusů a mimo své úlohy na rozšíření USB znamenal také návrat firmy Apple na stoly běžných spotřebitelů. Druhým podnětem pro zahájení hromadné výroby USB periférií bylo uvedení operačního systému Microsoft Windows 98 (25 milionů prodaných licencí za rok 1998). Do té doby používané Windows 95 totiž podporovaly USB pouze od verze OEM Service Release 2.1 bez možnosti doinstalování do starších verzí, koncové verze Windows 95 (tzv. "krabicové") USB nepodporovaly vůbec.

#### 14.2.1.6 Verze

##### 14.2.1.6.1 USB 1.1

Ve verzi USB 1.1 existují pomalá (Low-Speed) zařízení s přenosovou rychlostí 1,5 Mbit/s (187,5 kB/s) a rychlá zařízení (Full-Speed) s rychlostí 12 Mbit/s (1,5 MB/s). USB 1.1 však nebylo schopno konkurovat vysokorychlostním rozhraním, např. FireWire (IEEE 1394) od firmy Apple (400 Mbit/s; až 63 zařízení).

##### 14.2.1.6.2 USB 2.0

V roce 1999 se začalo uvažovat o druhé generaci USB, která by byla použitelná i pro náročnější zařízení (např. digitální kamery). Tato nová verze, označovaná jako USB 2.0, přišla v roce 2000 a nabídla maximální rychlost 480 Mbit/s (60 MB/s) v režimu Hi-Speed, avšak zachovala zpětnou kompatibilitu s USB 1.1 (režimy Low-Speed a Full-Speed).

##### 14.2.1.6.3 USB 3.0

Třetí verze (označovaná také jako Superspeed USB) byla hotová již 17. listopadu 2008, ale pravděpodobně kvůli finanční krizi[1] se její masové rozšíření opozdilo a rozvíjet se začíná až roku 2010. USB 3.0 disponuje více než 10× větší rychlostí, přenosová rychlost je 5 Gbit/s (625 MB/s). Nová technologie má 8 vodičů namísto původních 4 (datové vodiče jsou již 4), přesto zpětně podporuje USB 2.0 a slibuje možnou nižší spotřebu energie (díky Power managementu). Díky tomu je možné používat libovolnou kombinaci zařízení a portů USB 2.0 a USB 3.0.

##### 14.2.1.6.4 USB 3.1

Verze 3.1, též pod názvem USB SuperSpeed+ 3.1, byla představena 31. července 2013.[3]. Hlavní avizovanou vlastností byla zpětná kompatibilita a plánovaná rychlost 10 Gb/s,[4] čímž se vyrovná konkurenčnímu Thunderboltu první verzi (možná neaktuální).

##### 14.2.1.6.5 USB-C (USB-Type C)

V roce 2013 byl zveřejněn návrh standardu[5] a konektoru (nazývaného typ C). Ten se rozměry blíží variantě microUSB, svými vlastnostmi konektoru Lightning od Applu. Stejně jako on půjde typ C[6] USB 3.1 zasunout oběma směry. První zařízení s novým USB-C se začala objevovat v polovině roku 2014.[7] (Nový MacBook). Nový konektor nebude disponovat pouze datovou prostupností 10Gb/s, ale může být použit i k napájení.

Maximem je 5A při 20V, tedy 100W (v porovnání se starší verzí je to až 400x více), což bude dostačovat i pro napájení většiny notebooků. Tento konektor je kompatibilní s: Linux, Windows 10, Windows 8.1, OS X, Android 6 a Chrome OS. USB typu C má na obou stranách stejný konektor skládající se z 24 kontaktů (12 shora, 12 zespoda). Díky již zmíněným zajímavostem bude USB-C používáno téměř ve všech zařízeních.

Příklady využití: nabíjení zařízení, jako datový kabel, pro připojení k internetu, k přenosu obrazu (jako HDMI).

#### **14.2.1.6.6 Budoucnost**

V roce 2009 byla představena technologie Wireless USB. Má velmi dobré vyhlídky do budoucna – výrobci by rádi navázali na úspěch USB, které je dnes standardem prakticky v každém osobním počítači. Zatím předpokládané rychlosti jsou od 110 Mbit/s na vzdálenost 10 metrů až po 480 Mbit/s na vzdálenost 3 metrů. Připojit půjde až 127 zařízení sdílejících tuto sběrnici – nový standard by také měl přinést zjednodušenou správu a sdílení zařízení mezi více PC.

Očekávána je také rozšířená verze USB nazývaná také jako "PowerUSB", nebo "SuperPower USB", která má univerzálnost konektoru a sběrnice ještě rozšířit. V současné době stále standard USB zaručuje napětí 5V a protékající proud pouze 500 mA (celkem tedy 2,5 W), což stačí pouze pro napájení jednoduchých zařízení. Již se však objevují zejména stolní počítače s maximálním proudem i 1,5A. Nová rozšířená specifikace by však měla jít mnohem dále. Zaručovat bude jak různá napětí (zřejmě 5, 9, 12, 18 a 24V), tak daleko větší možnou proudovou propustnost. Celkové výkony by se údajně měly pohybovat až ke 100 W. Konektor by tak sloužil i například pro napájení notebooků

#### **14.2.1.6.7 Wireless USB**

Wireless USB (WUSB, Certified Wireless USB) je technologie, která umožňuje bezdrátové spojení dvou zařízení stejně, jako pomocí rozhraní USB. V roce 2005 byla dokončena specifikace a v roce 2007 přišly na trh první výrobky.

WUSB je koncipováno jako náhrada klasického drátového USB. Typickými připojovanými zařízeními jsou klávesnice, myš, fotoaparát, kamera, tiskárna, bezdrátové obrazovky, externí disky atd. WUSB je také používáno k jednoduchému sdílení tiskáren, které již nemusí mít klasické síťové rozhraní nebo být připojeny k tiskovému serveru. Tiskárna se s WUSB chová stejně, jako by byla připojena přes klasické USB přímo k PC. WUSB není určeno k vytváření počítačových sítí (i když je to teoreticky možné).

Parametry přenosu jsou shodné s parametry standardní USB verze 2.0, ale datová propustnost závisí na vzdálenostech mezi komunikujícími zařízeními. Do 3 metrů rychlost dosahuje stejných přenosových rychlostí jako klasické USB, tedy teoreticky 480 Mbit/s (60 MB/s). Při vzdálenosti do 10 metrů potom pouze 110 Mbit/s (v optimálním prostředí). WUSB je navrženo, aby fungovalo ve frekvenčním rozsahu od 3,1 GHz do 10,6 GHz. Pomocí modulace OFDM se docílí vysokých přenosových rychlostí na krátkou vzdálenost, která se dá považovat za výhodu, protože tak velmi ztěžuje případné odposlouchávání přenášených dat. Přenos je zabezpečen pomocí šifrování AES-128/CCM. Stejně jako u WPA/PSK ve WiFi je zde možná autentizace pomocí před sdíleného klíče.

WUSB nabízí stejný model komunikace jako standardní USB. Jeden bod funguje jako master (host, server, řídicí zařízení), druhý jako klient. Master vždy řídí celou komunikaci a klient pouze odpovídá na požadavky. Jako master vystupuje počítač, klientem je připojovaná periferie.

Architektura WUSB umožňuje přímé připojení k masteru až pro 127 zařízení. Protože nejsou potřeba žádné dráty nebo porty, nejsou již dále třeba ani rozbočovací huby, což najde využití hlavně v malých kancelářích nebo domácnostech. Pro usnadnění přechodu z pevné do bezdrátové technologie představilo WUSB novou třídu – Device Wire Adapter (DWA), někdy označovanou jako „WUSB hub“. DWA umožňuje připojit stávající USB 2.0 zařízení k bezdrátovému WUSB pomocí klientské WUSB.

WUSB hostitelské schopnosti mohou být přidány do stávajících počítačů pomocí Wire Host Adapter (HWA). HWA je USB 2.0 zařízení, které se připojí externě na stolní PC nebo notebook pomocí USB portu nebo interně k notebooku rozhraním MiniCard. WUSB podporuje dual-role zařízení (DRDs), který navíc k tomu, že je WUSB, může fungovat jako master s omezenými schopnostmi. Například, digitální fotoaparát se bude chovat při připojení k PC jako USB disk a při připojení k tiskárně bude možnost fotografie přímo vytisknout.

Po stránce ovladačů se nemění nic, ty zůstávají stejné. Liší se pouze fyzický přenos dat. Systém tak nerozpozná,

zda jde o zařízení připojené přes klasické USB nebo přes WUSB.

### 14.2.2 FireWire

FireWire (označované jako i.Link nebo IEEE 1394) je standardní sériová sběrnice pro připojení periférií k počítači. Díky své technické jednoduchosti a pořizovací ceně nahrazuje dříve používané způsoby připojení, především SCSI.

V současné době jsou k dispozici dvě verze FireWire – původní s šestipinovým kabelem označovaná dnes jako FireWire 400 neboli IEEE 1394a s rychlostí 400 Mbit/s a FireWire 800 neboli IEEE 1394b s rychlostí až 800 Mbit/s a devítipinovým kabelem. Nyní se schvaluje nový standard IEEE 1394c s rychlostí až 3200 Mbit/s. FireWire na rozdíl od USB není ale prozatím tak rozšířen a patrně už nikdy nebude. Dnes se používání tohoto rozhraní pro běžné uživatele zúžilo zejména k připojení digitálních videokamer, v profesionální sféře se používá k rychlému připojení externích disků a optických mechanik, čteček paměťových karet atd.[1]

#### 14.2.2.1 Historie a vývoj

FireWire je označení společnosti Apple pro IEEE 1394 vysokorychlostní sériovou sběrnici. Práce byly zahájeny společností Apple v roce 1986. Vývoj byl zajištěn pracovní skupinou IEEE P1394, do které velmi přispíval Apple, ale také inženýři ze společností Texas Instruments, Sony, Digital Equipment Corporation, IBM a INMOS/SGS Thomson (dnes STMicroelectronics).

IEEE 1394 je architektura sériové sběrnice pro vysokorychlostní přenos dat. FireWire je sériová sběrnice, což znamená, že informace se přenáší po jednotlivých bitech. Paralelní sběrnice využívají řadu různých fyzických propojení, a jako takové jsou obvykle méně efektivní, dražší a většinou těžší. FireWire plně podporuje jak isochronní, tak i asynchronní aplikace.

Apple zamýšlel vytvořit FireWire jako sériovou náhradu za paralelní SCSI sběrnici a zároveň, aby poskytoval připojení pro digitální audio a video zařízení. Vývoj Applu začal koncem roku 1980 a později byl předložen IEEE. Dokončen byl v roce 1995. Od roku 2007 se IEEE 1394 skládá ze čtyř dokumentů: původního standardu IEEE Std. 1394-1995 a dodatků IEEE Std. 1394a-2000, IEEE Std. 1394b-2002 a IEEE Std. 1394c-2006. Dne 12. června 2008 byly všechny tyto dodatky, stejně jako opravy a některé technické aktualizace, začleněny do nahrazujícího standardu IEEE Std. 1394-2008.

Interní dlouholeté kódové označení Applu pro FireWire bylo „Chefcats“. Začalo to v roce 1988, když tým Applu seděl u konferenčního stolu a přemýšlel, jak tento projekt nazvat. Nápad vzešel z pohledu na hrnek s kávou Michaela Johase Teenera, na kterém byla slavná kresba od B. Klibana. To byl ten moment vyjadřující cíle nového propojení. Při nízké ceně a maximální jednoduchosti předložit uživateli propojení nahrazující a sjednocující všechny ostatní PC propojení a na těchto základech vytvořit propojení umožňující maximální miniaturizaci elektroniky. Koncept této elektroniky, který se stal všudypřítomným standardem LVDS (z anglického Low-voltage differential signaling), dostal v roce 1992 kódové označení „Greyhound“.

Sony implementovalo IEEE 1394 pod názvem „i.Link“ a používá menší konektor pouze se čtyřmi signálními kontaktními piny místo obvyklých šesti. Dva vypuštěné piny slouží k napájení zařízení, tedy zařízení používající čtyřpinové konektory musí disponovat samostatným konektorem pro napájení. Tato varianta byla později přidána do dodatku 1394a. Tento port je také někdy označován jako „S100“ nebo „S400“ podle přenosové rychlosti v Mbit/s.

Systém se běžně používá na připojování datových úložišť, jako jsou externí pevné disky, videokamery, ale také pro připojení průmyslových video systémů a profesionálních audio systémů. Výhodou použití FireWire oproti běžnějšímu připojení prostřednictvím USB je vyšší efektivní rychlost FireWire (i když nominální rychlost USB 2.0 je mírně vyšší, v praxi je téměř nedosažitelná) a výrazně lepší rozvod napájení. Co je však pravděpodobně nejdůležitější, FireWire naplno využívá potenciálu SCSI a na rozdíl od vysokorychlostního USB 2.0 dosahuje vyššího trvalého, nepřerušovaného datového toku, což je kriticky důležité pro aplikace pro střih zvuku a obrazu. Testovací programy ukazují, že trvalé přenosové rychlosti dat jsou vyšší u FireWire než u USB 2.0, ale nižší než u USB 3.0. Výsledky jsou zřetelné zejména u Apple Mac OS X. U Microsoft Windows jsou výsledky různorodé.

Skutečnost, že pro implementování FireWire byl potřeba drahý hardware (1 až 2 dolary), zabránila FireWire, aby nahradil USB v nižší třídě masově prodávaných počítačových periférií, kde je cena produktu hlavním měřítkem.

#### **14.2.2.2 Technická specifikace**

FireWire může spojit až 63 zařízení ve stromové nebo daisy chain topologii (na rozdíl od sběrnice topologie paralelního SCSI). To umožňuje komunikaci zařízení na principu peer-to-peer, například mezi skenerem a tiskárnou, bez potřeby využití systémové paměti nebo procesoru počítače. FireWire také podporuje více hostitelských zařízení na jedné sběrnici. USB potřebuje na stejnou funkci speciální čipset, což v praxi znamená, že potřebuje speciální (a drahý) kabel, přičemž FireWire postačuje běžný kabel se správným počtem pinů (standardně šest). FireWire podporuje technologie plug-and-play a hot swapping. Měděný kabel, který je použit nejčastěji, může mít délku až 4,5 metru a je flexibilnější než většina kabelů pro paralelní SCSI. Kabel se šesti nebo devíti piny dokáže napájet port až 45 wattů a 30 voltů, což umožňuje energeticky středně náročným zařízením pracovat bez samostatného napájecího zdroje. Zařízení Sony i.Link obvykle využívají jen čtyřpinové připojení, což značí, že napájení musí být zajištěno samostatným napájecím adaptérem

#### **14.2.2.3 Standardy a verze**

##### **14.2.2.3.1 FireWire 400 (IEEE 1394-1995)**

Původní verze IEEE 1394-1995, dnes známá jako FireWire 400, přenáší data v half-duplexu mezi zařízeními rychlostmi 100, 200 nebo 400 Mbit/s (přesně je to 98,304, 196,608, nebo 393,216 Mbit/s, což je 12,2888, 24,576 a 49,152 MByte/s). Běžně jsou tyto rychlosti označovány jako S100, S200 a S400. Přestože je USB 2.0 teoreticky schopné přenosu až 480 Mbit/s, v praxi je připojení přes FireWire rychlejší.

Délka kabelu je omezena na 4,5 metru, ale je možné spojit až 16 kabelů s využitím aktivních opakovaců; externí nebo interní huby jsou častým vybavením pro FireWire. Nicméně u standardu S400 je při jakékoliv konfiguraci maximální délka kabelu 72 metrů. 6pinový konektor se běžně vyskytuje na stolních počítačích a připojená zařízení může napájet.

Napájený 6pinový konektor, dnes označovaný jako alfa konektor, dodává energii pro podporu externích zařízení. Typicky si zařízení bere z portu kolem 7 až 8 wattů. Napětí se však výrazně mění podle použitého zařízení. Napětí je specifikováno jako neregulované a mělo by nominálně dosahovat asi 25 voltů (v rozmezí od 24 do 30 V). Provedení od Applu pro notebooky je obvykle podřízeno baterii a tak může být i jen 9 voltů.

##### **14.2.2.3.2 Vylepšení (IEEE 1394a-2000)**

Dodatek IEEE 1394a, vydaný v roce 2000, upřesnil a vylepšil původní specifikaci. Přidal podporu pro asynchronní streaming, rychlejší rekonfiguraci sběrnice, spojování paketů a úsporný režim spánku.

IEEE 1394a nabízí několik výhod oproti IEEE 1394. 1394a je schopen rozhodčích zrychlení, což sběrnici umožňuje urychlit rozhodčí řízení cyklů, což vede ke zlepšení efektivity. To také umožňuje řídit krátký restart sběrnice, při kterém mohou být přidány nebo odebrány uzly, aniž by došlo k velkému poklesu v isochronním přenosu.

1394a také standardizoval 4pinový alfa konektor vyvinutý společností Sony pod ochrannou známkou „i.Link“, který byl již široce používán na spotřební elektronice, jako jsou videokamery, většina notebooků, řada stolních počítačů a další malá FireWire zařízení. 4pinový konektor je plně kompatibilní s 6pinovým alfa rozhraním, ale chybí mu napájecí piny.

##### **14.2.2.3.3 FireWire 800 (IEEE 1394b-2002)**

IEEE 1394b-2002 zavedl FireWire 800 (pojmenování Applu pro 9pinovou verzi standardu IEEE 1394b). Tato specifikace a odpovídající produkty umožňují přenosovou rychlost 786,432 Mbit/s full-duplex prostřednictvím nového kódovacího systému zvaného beta režim. FireWire 800 je zpětně kompatibilní s nižšími rychlostmi a 6pinovým alfa konektorem FireWire 400. Nicméně, zatímco standardy IEEE 1394a a 1394b IEEE jsou kompatibilní, konektor FireWire 800, označovaný jako beta konektor, se od alfa konektoru FireWire 400 liší, takže starší kabely jsou pak nekompatibilní. Speciální kabel umožňuje připojení starších zařízení k novějšímu portu. V roce 2003 byl Apple první, kdo zavedl komerční produkty s novým konektorem.

Plná specifikace IEEE 1394b podporuje přenosové rychlosti až 3200Mbit/s (tedy 400 MBajtů/s) přes beta

režim nebo optické připojení a to do vzdálenosti až 100 metrů. Standardní nestíněný kabel kategorie 5e podporuje 100 metrů při rychlosti 100 Mbit/s (S100). Původní 1394 a 1394a standardy používají data/strobe (D/S) kódování (přejmenované na režim alfa), zatímco 1394b přidává systém kódování dat nazývaný 8B10B a označovaný jako beta režim.

#### **14.2.2.3.4 FireWire S1600 a S3200**

V prosinci 2007, 1394 Trade Association oznámila, že produkty používající módy S1600 a S3200 budou k dispozici do konce roku 2008. Tyto módy byly z velké části již definovány v 1394b a dále byly upřesněny ve standardu IEEE Std. 1394-2008. Zařízení s 1,6 Gbit/s a 3,2 Gb/s používají stejné 9pinové beta konektory jako existující FireWire 800 a jsou plně kompatibilní se stávajícími zařízeními S400 a S800. A měly by konkurovat USB 3.0.

Byly vyrobeny vývojové verze S1600 (Symwave) a S3200 (DapTechnology), nicméně z důvodu použití technologie FPGA se DapTechnology nejprve zaměřila na implementaci S1600 a proto S3200 nebude komerčně dostupná minimálně do roku 2012.

#### **14.2.2.3.5 FireWire S800T (IEEE 1394c-2006)**

IEEE 1394c-2006 byl zveřejněn dne 8. 6. 2007.

FireWire S800T poskytl významné technické vylepšení, jmenovitě specifikaci nového portu, který poskytuje 800 Mbit/s přes stejné konektory 8P8C (Ethernet) a kabely kategorie 5e, které jsou specifikovány v bodu 40 normy IEEE 802.3 (gigabitový Ethernet přes měděnou kroucenou dvojlinku). Což spolu s odpovídajícím automatickým nastavením přenosových parametrů umožňuje použít stejný port pro připojení k zařízením IEEE Std. 1394 (Firewire) a IEEE 802.3 (Ethernet).

Ačkoliv je potenciál kombinovaného Ethernet a FireWire portu zajímavý, tak od listopadu 2008 ještě nejsou k dispozici žádné produkty nebo čipsety poskytující tuto funkci.

#### **14.2.2.3.6 Budoucí vylepšení (včetně P1394d)**

Projekt s názvem IEEE P1394d byl vytvořen organizací IEEE 9. března 2009, aby přidal jednovidové optické vlákno jako další transportní médium pro FireWire.

Očekává se, že budoucí verze FireWire navýší přenosovou rychlost na 6,4 Gbit/s a přinese další konektory jako je například malé multimediální rozhraní.

### **14.2.2.4 Srovnání s USB**

Zatímco obě technologie poskytují podobné koncové výsledky, mezi USB a FireWire existují zásadní rozdíly. USB vyžaduje přítomnost masteru sběrnice, obvykle PC, který se spojuje point to point s USB slavem. To umožňuje použití jednodušších (a levnějších) periférií, ovšem za cenu snížené funkčnosti sběrnice. Inteligentní huby jsou nutné pro připojení více USB zařízení k jednomu USB masteru sběrnice. Naproti tomu FireWire je v podstatě peer-to-peer síť (kde každé zařízení může sloužit jako host nebo klient), což umožňuje připojení více zařízení na jednu sběrnici.

Hostitelské rozhraní FireWire podporuje DMA a zařízení s mapováním paměti, což umožňuje datové přenosy bez zatížení procesoru hostitele operacemi přerušení a kopírování do vyrovnávací paměti. Navíc, FireWire má dvě datové sběrnice pro každý segment sběrnice sítě, zatímco do uvedení USB 3.0, USB obsahovalo pouze jednu. To znamená, že FireWire může komunikovat oběma směry současně (full-duplex), kdežto USB, před verzí 3.0, může komunikovat pouze jedním směrem v jednom okamžiku (half-duplex).

Zatímco USB 2.0 expandovalo do plně zpětně kompatibilního USB 3.0 a 3.1 (použitím stejného typu hlavního konektoru), FireWire používá rozdílné konektory pro verzi 400 a pro verzi 800.

### **14.2.3 eSATA**

Rozhraní eSATA se používá pro připojení vnějších datových zařízení, nabízí stejnou rychlost a podporu technologií jako SATA. Její výhodou je vyšší přenosová rychlost, než nabízí běžnější sběrnice USB, ovšem nemá od výrobců základních desek a externích datových médií takovou podporu, protože konektor neobsahuje

vodiče s napájením.

Základní vlastnosti:

- založeno bylo o něco později než klasická SATA, v roce 2004
- konektory jsou robustní - pro časté odpojování
- maximální délka kabelu je 2 metry
- rychlost podle SATA řadiče v PC
- procesor zatěžuje méně než například sběrnice USB

#### 14.2.3.1 eSATAp (napájená eSATA)

- eSATAp je eSATA s integrovaným napájením (označováno jako eSATA power nebo power over eSATA)
- eSATAp vzniklo díky notebookům, u kterých výrobci kombinují porty USB a eSATA, díky přítomnosti USB je v portu dostupné i napájení, takže při použití správného kabelu a zařízení s podporou eSATAp není potřeba dalšího napájení

### 14.2.4 Další rozhraní

#### 14.2.4.1 RS-232

Standard RS-232, resp. jeho poslední varianta RS-232C z roku 1969, (také sériový port nebo sériová linka) se používá jako komunikační rozhraní osobních počítačů a další elektroniky. RS-232 umožňuje propojení a vzájemnou sériovou komunikaci dvou zařízení, tzn., že jednotlivé bity přenášených dat jsou vysílány postupně za sebou (v sérii) po jednom páru vodičů v každém směru. Na rozdíl od síťové technologie Ethernet nebo rozhraní USB se tedy jedná o zcela bezkolizní fyzickou vrstvu.

V současné době (2010) se v oblasti osobních počítačů od používání sériového rozhraní RS-232 již téměř definitivně ustoupilo a to bylo nahrazeno výkonnějším Univerzálním sériovým rozhraním (USB). Nicméně v průmyslu je tento standard, především jeho modifikace – standardy RS-422 a RS-485, velice rozšířen a pro své specifické rysy tomu tak bude i nadále. Na rozdíl od komplexnějšího USB, standard RS-232 pouze definuje, jak přenést určitou sekvenci bitů a nezabývá se už vyššími vrstvami komunikace. V referenčním modelu ISO/OSI tak představuje pouze fyzickou vrstvu.

Na počítači bývá linka RS-232 vyvedena pomocí konektoru D-Sub typu DE-9 M (samec), zařízení se tedy připojuje šňůrou s konektorem DE-9 F (samice). U starších počítačů byla druhá linka vyvedena na konektor DB-25 M (ten doporučuje původní norma), používal se například pro připojení modemu. Elektricky jsou oba konektory shodné (u velkého je jen mnoho pinů nevyužitých), takže se mohla případně použít jednoduchá pasivní redukce na DE-9 M a teoreticky i naopak. Pro připojení zařízení používajících RS-232 k současným počítačům se používají buď rozšiřující desky, nebo převodníky USB/RS-232. Převodníky USB/RS-232 mají proti originální "skutečné" lince RS232 výrazně delší dobu odezvy, což může v některých aplikacích způsobovat značné problémy až nefunkčnost. Ačkoliv moderní základní desky většinou nemají sériový port na zadním panelu, mohou ho některé mít vyveden na 10-pinový konektor na jiném místě na desce (podobně jako "interní" USB).

##### 14.2.4.1.1 Základní technický popis

Standard definuje asynchronní sériovou komunikaci pro přenos dat. Pořadí přenosu datových bitů je od nejméně významného bitu (LSB) po bit nejvýznamnější (MSB). Počet datových bitů je volitelný, obvykle se používá 8 bitů, lze se také setkat se 7 nebo 9 bity. Logický stav „0“/„1“ přenášených dat je reprezentován pomocí dvou možných úrovní napětí, které jsou bipolární a dle zařízení mohou nabývat hodnot  $\pm 5$  V,  $\pm 10$  V,  $\pm 12$  V nebo  $\pm 15$  V. Nejčastěji se používá varianta při které logické hodnotě 1 odpovídá napětí  $-12$  V a logické hodnotě 0 pak  $+12$  V. Základní tři vodiče rozhraní (příjem RxD, vysílání TxD a společná zem GND) jsou doplněny ještě dalšími vodiči sloužícími k řízení přenosu (vstupy DCD, DSR, CTS, RI, výstupy DTR, RTS). Ty mohou a nemusí být používány (zapojeny), nebo mohou být použity pro napájení elektronických obvodů v zařízení, jako je například počítačová myš. Výstupní elektronika je vybavena ochranou proti zkratu, kdy po překročení proudu 20 mA proud již dále neroste.

#### 14.2.4.1.2 Asynchronní komunikace

I když komunikující zařízení znají rychlost, jakou se data přenášejí, musí přijímač začít přijímat ve správný okamžik, tedy musí proběhnout synchronizace. V případě synchronní komunikace souběžně s datovým vodičem existuje i synchronizační vodič, na kterém vysílač oznamuje přijímači „ted' jsem poslal data“, viz LPT a signál STROBE. Naopak u asynchronní komunikace se synchronizační vodič nepoužívá, pouze vysílač pošle nějaká definovaná data po datovém vodiči, po jejichž přijetí se přijímač zasynchronizuje. V případě RS232 každé sekvenci datových bitů předchází jeden start bit, kterým se logická hodnota na lince přepne (původně v klidovém stavu) do opačného stavu. Po datových bitech následuje paritní bit a za ním jeden nebo více stop bitů, během kterých je linka opět v klidovém stavu. Je tak možné pro komunikaci použít méně vodičů na úkor určitého snížení rychlosti způsobeného synchronizací. K podobné synchronizaci dochází i u Ethernetu, kde na začátku každého rámce vyšle vysílač několik bajtů, ve kterých se střídají bity 0 a 1.

#### 14.2.4.2 Paralelní port

Paralelní port je obecně název pro rozhraní, které umožňuje přenášet několik bitů (obvykle 8) současně, na rozdíl od sériového portu, kdy je vždy informace vysílána po jednotlivých bitech. V minulosti byla hlavní výhodou paralelního portu oproti sériovému vyšší přenosová rychlost. V dnešní době je problém poněkud složitější, neboť se používají vysoké přenosové rychlosti a při nich se při paralelním přenosu významněji projevují některé parazitní efekty, takže v určitých případech může být při stejné technologické úrovni sériový přenos rychlejší než paralelní. Nevýhodou paralelního přenosu oproti sériovému je ve všech případech nutnost používat podstatně větší počet vodičů.

V minulosti se pro paralelní port používaly různé normy. Největšího rozšíření dosáhlo rozhraní označované jako Centronics. Dalším rozšířeným standardem byla norma IRPR, kdysi používaná v zemích RVHP. Tyto dva standardy byly nekompatibilní kvůli rozdílnému významu, časování a polaritě jednotlivých signálů.

Na počítačích kompatibilních s počítači IBM PC se paralelní port označoval jako LPT – Line Printer Terminal a odpovídal již zmíněnému standardu Centronics. Byl určen zejména pro komunikaci s tiskárnou, která užívá 8bitovou prodlouženou ASCII sadu znaků. Název odvozený od řádkové tiskárny byl běžný všeobecný termín pro různé druhy tiskáren. Grafické tiskárny se spoustou jiných zařízení byly navrženy pro práci se systémem. V podstatě se jednalo o průmyslový standard po dlouhou dobu, až byl roku 1990 konečně normován jako IEEE 1284. Dnes je používání paralelního portu v útlumu a to příchodem USB (Universal serial bus) a FireWire (IEEE 1394).

Většina počítačů v 80. a 90. letech měla jeden nebo dva porty.

- LPT1 : I/O port 0x378, IRQ 7
- LPT2 : I/O port 0x278, IRQ 5

Některé systémy měly port LPT3, ale ten se nevyskytoval tak často. Ve skutečnosti neměla většina počítačů více než jeden port.

Řada dalších zařízení byla navržena k připojení k paralelním portu. Nejvíce bylo jednosměrných zařízení, přijímajících pouze informace posílané z počítače. Nicméně některá zařízení jako Zip byla schopna pracovat v obousměrném režimu. Tiskárny také časem začaly pracovat v obousměrném režimu dovolujícím posílat různé stavové informace.

LPT port má 8bitovou paralelní datovou sběrnici + 4 piny pro ovládání výstupu (Strobe, Linefeed, Initialize, and Select In) a 5 pinů pro ovládání vstupu (ACK, Busy, Select, Error a Paper Out). Přenosová rychlost je 12000 kbit/s.

Původní význam „LPT“ byl „Line Print Terminal“. Podobně znějící název se domluvil pro užívání na systémech ITS, DEC a CP/M.

Paralelní port je druh zásuvky, který se nachází v osobních počítačích pro propojení s různými periferiemi. Je také známý jako port tiskárny nebo Centronics port. Standard IEEE 1284 určuje, že jde o obousměrný tok dat, označovaný někdy jako Bitronix (od slova Bidirectional, tedy Obousměrný).

Ve většině případů nahrazuje paralelní port USB rozhraní. Nejnovější tiskárny jsou propojeny přes USB a nemívají paralelní port. Na spoustě nových počítačů je paralelní port vynechán kvůli úspoře nákladů a protože jsou považovány za zastaralé. V laptotech je paralelní port obvykle dostupný kvůli rozšiřujícím stanicím.

V počátcích, před příchodem NT architektury, byl paralelní port hojně využíván začínajícími programátory, protože umožňoval velmi jednoduše, leckdy pouhým přímým připojením koncových tranzistorů, řídit například pohon krokových motorů a konstruovat tak velmi jednoduché, souřadnicové zapisovače, plottery či jednoduchá vozítka. Se změnou čipové sady, kdy již bylo možno programově nastavit směr toku dat u jednotlivých bran rozhraní Centronics (Bitronix) se naskytla možnost načítat data do počítače a to vedlo zejména k rozvoji paralelních A/D převodníků a aplikací, zaměřených na měření a regulaci. Po příchodu NT architektury již nebylo tak jednoduché přistupovat přímo k portu, ale tato skutečnost se dala obejít pomocí volně šiřitelných DLL modulů (např. Dllportio.DLL), které prováděly komunikaci s API rozhraním a tím umožňovaly korektní přístup k jádru systému.

#### 14.2.4.3 PS/2

Konektor PS/2 je označení šestikolíkových konektorů mini-DIN, jimiž se k počítači (zpravidla zezadu) připojuje klávesnice a polohovací zařízení (myš, trackball apod.) nebo jiné speciální periferie (např. čtečka čárových kódů). Konektor byl původně představen společností IBM v rámci řady počítačů IBM Personal System/2 neboli PS/2, odkud rovněž pochází dnes používaný název pro toto rozhraní. Postupem času se tento konektor stal de-facto standardem pro připojení klávesnice, kde nahradil starší elektricky kompatibilní konektor DIN, a polohovacích zařízení, kde soupeřil s jinými rozhraním (např. sériovým portem). V současné době je rozhraní PS/2 téměř vytlačeno universální sběrnicí USB.

Konektory pro připojení klávesnice a myši jsou mechanicky i elektricky kompatibilní, avšak každý z nich využívá mírně odlišný komunikační protokol. Protože nejsou navzájem mechanicky odlišeny (klíčovány) je možné zapojit tato zařízení obráceně, což sice nezpůsobí poškození žádného z nich, ale takto zapojené periferie nebudou fungovat. Aby se takovým omylům předešlo byly konektory (zdířky i zástrčky) v rámci standardu PC-97 barevně odlišeny: modrofialová barva byla přiřazena konektoru a zástrčce pro klávesnici, zelená barva přísluší polohovacím zařízením. U některých základních desek lze najít jeden fialovozelený konektor určený pro připojení redukce, která disponuje již samostatnými konektory pro myš a klávesnici. Toto řešení bylo používáno z prostorových důvodů a to zejména u přenosných systémů (před nástupem rozhraní USB).

PS/2 zařízení pro výpočty polohy a předávání informací systému využívá svůj vlastní obvod, který sám provádí výpočty a předává již pouze kompletní data, díky tomu jsou PS/2 zařízení "výkonnější" a tolik nezatěžují CPU než například USB. Také nemá problém s BIOSem, protože je ovladač jednočipu (takzvaný multi I/O) pro obsluhu FDD, dvou sériových portů, jednoho LPT portu a právě zde zmíněné PS/2 integrován přímo v BIOSu počítače.[2] Některé super I/O obvody mají integrované i další součásti jako je infra port, obsluhu usínání PC (šetřící režimy na úrovni BIOS) nebo kontrolu otáček větráčku na základní desce.[3] Kombinací těchto možností a množstvím výrobců vzniká nepřehledná změť multi I/O obvodů, které ale mají jedno společné, mají podporu v BIOSu a mají tedy standardní rozhraní pro komunikaci s operačním systémem počítače.

Vzhledem k tomu, že jde dnes již o zastaralé rozhraní, lze se s ním setkat spíše u starších počítačů nebo u hardwaru pro speciální použití. Nové základní desky ve stolních počítačích i notebookách již obvykle disponují obvodem multi I/O bez podpory PS/2 a dalších rozhraní, protože jejich konektory uvolnily místo konektorům pro USB.

#### 14.2.4.4 HDMI

HDMI je zkratka anglického označení High-Definition Multi-media Interface nekomprimovaného obrazového a zvukového signálu v digitálním formátu. Může propojovat zařízení jako například satelitní televizní přijímač, DVD přehrávač nebo A/V receiver s kompatibilním výstupním zařízením, jako například televizor s plazmovou obrazovkou.

HDMI podporuje přenos videa ve standardní, rozšířené nebo high-definition kvalitě, a až 8kanálový digitální zvuk. Rozhraní nezávisí na různých televizních a satelitních standardech, protože přenáší nekomprimovaná video data.

Konektor HDMI typu A má 19 pinů, novější, málo rozšířená verze s označením B má 29 pinů pro přenos videa

s větším rozlišením. Konektor typu A je zpětně kompatibilní s rozhraním Single-link DVI, používaném v osobních počítačích. Zařízení s DVI výstupem tak může poskytovat video signál pro HDMI zobrazovací zařízení, zvuk se ale musí přenášet jinou cestou. Konektor typu B je pak zpětně kompatibilní s Dual-link DVI.

#### 14.2.4.4.1 Délka kabelu

HDMI nedefinuje maximální délku kabelu. Jediným omezením je útlum signálu. Délka tudíž závisí na konstrukci a kvalitě materiálů, které byly použity.

Běžný kabel HDMI může dosáhnout délky 12 až 15 metrů. U kabelů do 5 metrů může kabel kategorie 1 dosáhnout kvality kategorie 2. Delší kabel může způsobit nestabilitu a blikání na obrazovce. Existují i převodníky a nástavce, které jsou schopné pomocí kabelu Cat5 prodloužit HDMI až na 50 metrů a nástavce HDMI založené na optických vláknech lze použít i přes 100 metrů.

#### 14.2.4.4.2 Kompatibilita s DVI

Signál DVI je kompatibilní s rozhraním HDMI, a to bez ztráty kvality obrazu (výstup DVI, vstup HDMI). Neumožňuje ale samozřejmě přenos zvuku nebo signálů z dálkového ovládání. Tento problém musí být řešen adaptéry či přídatnými kabely.

Opačně ale kompatibilita již fungovat vždy nemusí (výstup HDMI, vstup DVI). Audio data se totiž přenášejí po stejných kabelech jako obraz (nikoliv odděleně). Je tedy možné, že zařízení se vstupem DVI si se zvukovými daty neporadí (neodfiltruje je) a ve výsledku bude zařízení natolik zmateno, že nedokáže obraz zobrazit.

#### 14.2.4.4.3 Výhody a nevýhody

- Přenos nekomprimovaných dat.
- Potřeba jen jednoho kabelu pro přenos obrazu i zvuku.
- Obraz v maximálním rozlišení (HD) je celkově 2× až 5× podrobnější než obraz ve standardním rozlišení, mezery mezi řádky jsou menší nebo nepostřehnutelné. Jeho větší podrobnost umožňuje pohodlné sledování na větších úhlopříčkách.
- Možnost přenosu až 8kanálového nekomprimovaného digitálního zvuku.
- Pro použití vstupu a výstupu zároveň je nutné použít dva samostatné kabely. Jedním kabelem není možný obousměrný přenos dat.

#### 14.2.4.5 DVI

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Visual\\_Interface](https://cs.wikipedia.org/wiki/Digital_Visual_Interface)

Digital Visual Interface (zkratka DVI) je rozhraní (tzv. dedikovaný spoj) pro propojení videozařízení s počítačem. Standard byl vytvořen za účelem bezproblémové komunikace mezi zobrazovacími zařízeními jako např. LCD nebo datový projektor a grafickou kartou počítače. Byl vyvinut skupinou firem seskupených pod názvem Digital Display Working Group (DDWG). Primárně je určen k přenosu nekomprimovaných digitálních video dat. Je částečně kompatibilní s rozhraním HDMI.

DVI datový formát je založen na sériovém formátu PanelLink, který byl navržen výrobcem polovodičů Silicon Image Inc. Zde je použitý Transition Minimized Differential Signaling (TMDS). Single DVI link se skládá ze čtyř párů kroucené dvoulinky (červený, zelený, modrý a informaci o obnovitelné frekvenci (Clock rate)), přenos je 24 bitů na pixel. Časování signálu se téměř přesně shoduje s analogovým video signálem (VGA). Obraz je přenášen řádek po řádku s intervaly mezi každým řádkem a každým snímkem a bez paketizace. Není použita komprese a neexistuje podpora pro přenos pouze změněné části obrázku.

Nejvyšší rozlišení pro single DVI link je možné při 60 Hz, a je 2,75 megapixelů. Maximální rozlišení (při 60 Hz) je 1915 x 1436 pixelů (standardní poměr 4:3), 1854 x 1483 pixelů (s poměrem stran 5:4) nebo 2098 x 1311 (širokoúhlý 16:10 poměr stran monitoru). Proto má DVI konektor rezervu v další lince, ta obsahuje další kroucené páry červené, zelené a modré. Při požadavku na větší šířku pásma, než je možné s jednou linkou je aktivizována druhá linka a alternativní pixely mohou být předány na každé lince, což umožňuje rozlišení až 4 MegaPixelů při 60 Hz. Specifikace DVI má pro single link pevně nastavenou obnovitelnou frekvenci na 165 MHz, přičemž všechny režimy zobrazení, které vyžadují méně než těchto 165 MHz musí používat pouze single

link režim. Ty ostatní, které vyžadují vyšší frekvenci musí přepnout do režimu dual link. Když jsou obě linky v provozu může frekvence přesáhnout 165 MHz. Druhá linka může být také použita pokud je potřeba více než 24 bitů na pixel, v takovém případě nese nejméně významný bit. Binární data jsou nesena desetinásobkem obnovovací frekvence. Pro frekvenci 165 MHz je tedy přenosová rychlost 1,65 Gbit/s X 3 kroucené páry pro single DVI link.

Stejně jako analogový konektor VGA má i DVI konektor piny pro display data channel (DDC). DDC2 (novější verze DDC) umožňuje grafickému adaptéru aby přečetl extended display identification data (EDID) přímo z monitoru. Jestliže displej podporuje jak analogové tak digitální signály v jednom vstupu, může mít každý vstup odlišný EDID. Pokud jsou oba přijímače aktivní, je použit analogový EDID.

Maximální délka DVI kabelů není součástí specifikace, neboť je odvislá od požadavků na šířku pásma (rozlišení přenášeného obrazu). Obecně platí, že délka kabelu do 4,5 m bude pracovat pro zobrazení v rozlišení 1920 x 1200. Toto zobrazení bude fungovat až do 10 m, za předpokladu, že bude použit speciální kabel. Kabel o délce do 15 m je možné použít v kombinaci s rozlišením maximálně 1280 x 1024. Pro větší vzdálenosti je nutno použít zesilovač DVI signálu, aby se zmírnila degradace signálu. DVI zesilovače mohou použít i externí napájení z elektrické sítě.

#### 14.2.4.6 PCMCIA

PC Card, původně PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association), je rozhraní (slot) vyskytující se zejména u notebooků. PCMCIA karty podporují funkce Plug-and-play a Hot swapping. Nástupcem PCMCIA je rozhraní ExpressCard

#### 14.2.4.7 ExpressCard

ExpressCard je rozhraní umožňující připojení periferních zařízení k počítači, obvykle k notebooku. Dříve nazývaný NEWCARD, dnes ExpressCard standard stanovuje konstrukci drážek, které jsou vestavěné v počítači a na kartě, kterou lze vložit do slotu ExpressCard. Karty obsahují elektronické obvody a konektory pro externí zařízení, která lze připojit. Norma ExpressCard nahrazuje normu PC Card známou též jako PCMCIA.

Hardware, který lze připojit do počítače zahrnuje připojení karty, FireWire 800 (1394B), USB 3. 0, Ethernet (také gigabitový Ethernet), externí disky s rozhraním Serial ATA, solid-state disky, externí PCI Express grafické karty, bezdrátové síťové karty (NIC) a mnoho dalších zařízení pomocí čipů, které se připojí k počítači pomocí USB nebo PCIe.

Hlavní výhodou ExpressCard je větší šířka pásma, protože mají přímé napojení na systémové sběrnice přes PCI Express, USB 2. 0 a CardBus karty užívají pouze rozhraní PCI. ExpressCard má maximální propustnost dat 2,5 Gbit/s přes PCI Express a 480 Mbit/s přes USB 2. 0 zatímco všechna zařízení CardBus připojená k počítači sdílejí celkovou šířku pásma 1,06 Gbit/s. Norma ExpressCard má specifikované napětí buď 1,5V nebo 3,3V. U CardBus slotů je možno použít buď 3,3V nebo 5. 0V.

#### 14.2.4.8 DisplayPort

DisplayPort je digitální konektor sloužící k přenosu nekomprimovaného digitálního obsahu s podporou až 8kanálového zvuku a ochrany DPCP (DisplayPort Content Protection) využívající 128bitové šifrování AES. Podporuje rychlost přenosu 10,8 Gbit/s, na vzdálenost do tří metrů zvládá rozlišení WQXGA (2560×1600 pixelů), na vzdálenost až 15 metrů zobrazí rozlišení 1920×1080 pixelů. Byl navržen organizací VESA (Video Electronics Standards Association) a je široce podporován firmami jako Intel, AMD, Dell, Nvidia, Philips atd.

S konektory typu DVI a HDMI je jen omezeně zpětně kompatibilní. DisplayPort dokáže emitovat DVI nebo HDMI signál, takže následně ke konverzi postačí pasivní adaptér.[1] Prakticky tedy lze počítač vybavený pouze DisplayPortem připojit k televizi vybavené konektorem HDMI, přenesen bude obraz i zvuk. Ovšem zpětně konverze nefunguje, takže počítač vybavený pouze HDMI zatím nelze k monitoru vybavenému DisplayPortem připojit, bez aktivního adaptéru.

Je navržen tak, aby nahradil digitální (DVI) i analogové (VGA) konektory v monitorech počítačů stejně jako v grafických kartách. Má všechny funkce HDMI, ale nepředpokládá se, že by měl HDMI nahradit v oblasti domácí spotřební elektroniky,[2] protože je určen spíše pro kancelářské a IT využití.

DisplayPort je první zobrazovací rozhraní, které spoléhá na paketový přenos dat, který je používán u

technologií, jako je Ethernet, USB a PCI Express. Podporuje vnitřní i vnější zobrazovací spojení a na rozdíl od starších norem, kde jsou diferenciální páry spjaté s přenosem hodinového signálu s každým výstupem, DisplayPort protokol je založený na malých datových paketech známých jako mikro pakety, které mohou vložit hodinový signál v rámci datového toku. Výhodou je nižší počet pinů k dosažení vyššího rozlišení.[3] Použití datových paketů také umožňuje DisplayPortu aby byl rozšiřitelný, takže další funkce mohou být přidány v průběhu doby bez podstatných změn v rozhraní samotném.[4]

DisplayPort je možné použít pro přenos zvuku a videa současně, ale každý z nich je volitelný a může být přenášen bez druhého. Cesta video signálu podporuje 6 až 16 bitů na barevný kanál a cesta zvuku podporuje až 8 kanálů (24 bit, 192 kHz) nekomprimovaného zvuku PCM, které mohou zapouzdřit komprimované audio formáty do zvukového toku.[5] Obousměrný, polovičně duplexní pomocný kanál provádí správu zařízení a kontrolu dat zařízení na hlavním lince, jako VESA EDID, MCC a DPMS standardy. Navíc je rozhraní schopné pojmout obousměrné USB signály.[6]

Signál DisplayPortu není kompatibilní s DVI nebo HDMI. Nicméně, duální DisplayPorty (označené DP++ logem) jsou určeny k přenosu jednolinkového DVI nebo HDMI signálu přes rozhraní prostřednictvím použití externího pasivního adaptéru, který vybere požadovaný signál. VGA a dvojlinka DVI na druhou stranu vyžadují aktivní adaptéry pro převod signálu na požadovaný výstup a nevyžadují duální DisplayPort. VGA adaptéry jsou napájeny z DisplayPortu, zatímco dvojlinka DVI spoléhá na externí zdroj.

DisplayPort podporuje 1, 2, nebo 4 rozdílné datové páry (linky) v hlavní lince, každý s přímým datovým tokem 1,62, 2,7 nebo 5,4 Gbit/s na dráze s vlastními hodinami běžícími na 162, 270 nebo 540 MHz. Data jsou zakódována 8b/10b, kde se každých 8 bitů informace zakóduje s 10bitovým symbolem. Takže efektivní rychlost přenosu dat po dekódování je 1,296, 2,16 a 4,32 Gbit/s na cestu (nebo 80 % z celku).

#### 14.2.4.8.1 Technické specifikace

- Dopředný linkový kanál s 1 až 4 trasami; efektivní přenosová rychlost 1,296, 2,16 nebo 4,32 Gbit/s na trasu (celkem 5,184, 8,64 nebo 17,28 Gbit/s pro čtyřcestnou linku).
- 8b/10b kódování poskytuje DC-balancing a vestavěné hodiny v sériovém kanálu (10 bitů pro symboly, 20% kódovací režie)
- Podporuje RGB (nespecifikováno) a YCbCr (ITU-R BT.601-5 a BT.709-4) barevné prostory, 4:4:4 a 4:2:2 chroma Subsampling
- sRGB, Adobe RGB 1998, DCI-P3, RGB XR, scRGB, xvYCC, Y-only, jednoduchý barevný profil (verze 1.2)[12]
- Podporuje barevné hloubky 6, 8, 10, 12 a 16 bitů na barevnou složku
- Volitelný 8kanálový zvuk se vzorkovací frekvencí až 24 bitů 192 kHz, podporující zapouzdření zvukových kompresních formátů
- Obousměrný poloduplexní AUX kanál, 1 Mbit/s (v1.0) nebo volitelně 720 Mbit/s (v1.2)
- Podporuje stereoskopické 3D formáty: rámově sekvenční (V1.1a), pole sekvenční, stranu po straně, shora dolů, prokládané řádky, prokládané pixely a dvojité rozhraní (v1.2)[12]
- Volitelně dvoumodová podpora generování TMDS a hodin pro jednolinkové DVI/HDMI signalizaci s jednoduchou linkovou konverzí.
- Podpora až 63 audio a video streamů s časově divizní dopraví multiplexní a hot-plug alokací šířky pásma (od verze 1.2)
- 128bitový AES „DisplayPort Content Protection“ (DPCP) podporu a podporu pro 40bitový „High-bandwidth Digital Content Protection“ (HDCP) od verze 1.1 a dále.

#### 14.2.4.9 Thunderbolt

Thunderbolt je rychlé hardwarové rozhraní, které umožňuje připojit k počítači zařízení (periferie) přes rozšiřující sběrnici. Thunderbolt byl vyvinut společností Intel pod projektovým označením Light Peak a přiveden na trh s technickou spoluprací firmy Apple. Komerčně byl představen v rámci inovace řady Apple MacBook Pro dne 24. února 2011, používá stejný port a konektor jako Mini DisplayPort. Thunderbolt byl

registrovanou značkou firmy Apple, všechna práva však byla převedena na společnost Intel.

Thunderbolt spojuje PCI-Express a DisplayPort do sériového datového rozhraní, které může být provedeno za použití delších a levnějších kabelů. Řídící čipy Thunderboltu slučují data z těchto dvou zdrojů dohromady a rozdělují je zase zpátky ke zpracování v rámci zařízení, které tato data obdrží. Tento systém je zpětně kompatibilní s existujícím hardware DisplayPortu.

Rozhraní bylo původně určeno k tomu, aby běželo na fyzické optické vrstvě využívající komponenty a flexibilní optické kabely vyvinuté partnery společnosti Intel a v Intel's Silicon Photonics Lab. Tato technologie Intelu byla v té době na trhu pod názvem Light Peak, dnes (2011) označována jako Silicon Photonics Link. Nicméně se ukázalo, že konvenční měděné vodiče mohou poskytovat požadovaný výkon přenosu 10 Gbit/s pásma Thunderbolt na jeden kanál za nižší cenu. Pozdější verze Thunderboltu jsou stále plánovány k představení jakožto fyzická optická vrstva založená na technologii Intel Silicon Photonics.

Intel-Apple'ská realizace portu adaptéru integrující PCI Express data a data DisplayPortu umožňuje jejich přenos po stejném kabelu současně. Jeden port Thunderbolt umožňuje připojení hubů nebo sériové zapojení až sedmi zařízení Thunderbolt, přičemž až dvě z těchto zařízení mohou být displeje ve vysokém rozlišení používající DisplayPort.

Firma Apple prodává stávající adaptéry DisplayPort pro DVI, dual-link DVI, HDMI a VGA výstup z portu Thunderbolt, což ukazuje na širokou kompatibilitu.

#### **14.2.4.9.1 Historie**

Původně koncipovaný jako optická technologie, Thunderbolt přešel k elektrickému připojení kvůli snížení nákladů a napájení až 10W pro připojená zařízení.

V roce 2009 Intel oficiálně sdělil, že společnost pracovala na sdružení optického vlákna s měděným drátem tak, aby Light Peak mohl být použit k napájení zařízení připojených k PC. V roce 2010 Intel uvedl, že původním záměrem bylo mít jedinou spojovací technologii, která by umožnila elektrické USB 3.0 a kombinované USB 3.0 nebo 4.0 při použití stejnosměrného proudu.

V lednu 2011 řekl ComputerWorldu David Perlmutter z Intelu, že první implementace rozhraní Thunderbolt by měla být založena na měděných drátech. „S mědí nám to vyšlo velmi dobře, až překvapivě lépe, než jsme doufali“, řekl.

Intel a průmysloví partneři stále vyvíjejí optickou variantu hardwaru Thunderboltu a kabelů. Optické kabely mohou dosahovat délky až desítek metrů, ale nebude dostupné napájení, alespoň ne z počátku. K dispozici jsou dva 62,8 mikronů široká vlákna pro přenos infračerveného signálu až na vzdálenost 100 metrů. Převod elektrického signálu na optický bude zabudován přímo do samotného kabelu, který umožňuje současně DisplayPort socket pro budoucí kompatibilitu, ale Intel nakonec doufá v čistě optický transceiver nainstalovaný přímo do PC.

#### **14.2.4.9.2 Popis**

Thunderbolt je založen na konektoru Mini DisplayPortu vyvinutém společností Apple. Po elektrické stránce je shodný s "normálními" DisplayPort konektory, ale používá menší konektor, který je vhodný pro použití u laptopů a dalších spotřebních zařízení. U tohoto použití Thunderbolt konektoru se očekává většího přijetí. Protože sběrnice PCIe nepřenáší video data, je nejasné zda samotná PCIe karta bude moci nabídnout Thunderbolt port.

Instrukce od Intelu, týkající se technologie Thunderboltu, nedávají jednoznačnou odpověď. Intel zveřejnil dokumentaci, kde je video stream odeslán dual-Thunderbolt řadiči s video streamem, který je poslán pouze do jednoho z Thunderbolt portů, což dává předpoklad k tomu, že při Thunderbolt implementaci není video stream nutný.

Thunderbolt může být implementován do PCIe grafických karet, které mají přístup k datům DisplayPortu a mají PCI express nebo na základní desce nových zařízení jako je MacBook Pro.

Thunderbolt řadiče hostitelských zařízení a periférií provedou multiplex dat z PCIe a DisplayPortu do paketů pro transportní vrstvu a v místě určení provedou zpět demultiplex dat.

Thunderbolt je interoperabilní se zařízeními, které jsou kompatibilní s DisplayPortem 1.2. Když jsou připojeny zařízení kompatibilní s DisplayPortem, Thunderbolt port může poskytnout nativní DisplayPort signál se čtyřmi cestami výstupu dat, ne více jak 5,4 Gbit/s na jednu takovou cestu. Když je připojen k Thunderbolt zařízení, přenosová rychlost každé cesty bude 10 Gbit/s, čtyři cesty jsou nastaveny jako dva obousměrné kanály, každý s rychlostí 10 Gbit/s složený z jedné cesty pro vstup a jedné pro výstup.

#### 14.2.4.9.3 Zabezpečení

Vzhledem k tomu, že Thunderbolt rozšiřuje PCI Express sběrnici, což je hlavní rozšiřující sběrnice v současných systémech, umožňuje nízkourovňový přístup k systému. PCI zařízení potřebuje mít neomezený přístup do paměti a tak může být ohroženo zabezpečení. Tento problém existuje u mnoha vysokorychlostních rozšiřujících sběrnic, včetně PC Card, ExpressCard a IEEE 1394.



## ODKAZ NA LITERATURU

Horák J. Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Meyer M. Osobní počítač. Computer Press, Praha, 2006. ISBN 9788025108345.

Winkler P. Velký počítačový lexikon. Computer Press, Praha, 2005. EAN 9788025123317..

Dembowski K. Mistrovství v Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Messmer H.P., Dembowski K. Velká kniha hardware. Computer Press, Brno, 2005. 1224 s.

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Paraleln%C3%AD\\_komunikace](https://cs.wikipedia.org/wiki/Paraleln%C3%AD_komunikace)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/S%C3%A9riov%C3%A1\\_komunikace](https://cs.wikipedia.org/wiki/S%C3%A9riov%C3%A1_komunikace)

[https://cs.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Visual\\_Interface](https://cs.wikipedia.org/wiki/Digital_Visual_Interface)

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Thunderbolt>

## 15 LITERATURA

Horák J. Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Meyer M. Osobní počítač. Computer Press, Praha, 2006. ISBN 9788025108345.

Winkler P. Velký počítačový lexikon. Computer Press, Praha, 2005. EAN 9788025123317..

Horák J. BIOS a Setup. Computer Press, Praha, 2010.

Broža P. Instalujeme a konfiguruje počítač. CP Books. 2005.

Dembowski K. Mistrovství v Hardware. Computer Press, Praha, 2009.

Messmer H.P., Dembowski K. Velká kniha hardware. Computer Press, Brno, 2005. 1224 s.

<https://en.wikipedia.org>

<https://cs.wikipedia.org>

<http://www.historiepocitacu.cz>

<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan>

<http://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/elektronika>

<http://windows.microsoft.com/cs-cz/windows>

<http://www.svethardware.cz>

<http://marlib.cmsps.cz/ergonomie>

<http://vyvoj.hw.cz>

<https://technet.microsoft.com>

<http://pages.cs.wisc.edu/~bart>

<http://central.oak.go.kr/journallist>

<http://artemis.osu.cz/polpo>



## MÍSTO PRO VAŠE POZNÁMKY

[illegible]



## SHRNUTÍ STUDIJNÍ OPORY

Studijní opora Architektura počítačů vznikla jako učební materiál pro studenty katedry informatiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Jana Evangelisty Purkyně. Je určena studentům předmětu Architektura počítačů s cílem porozumět základním pojmům v oblasti architektury zejména osobního počítače a pojmům z oblasti hardwaru. Absolvent by po úspěšném zakončení kurzu měl být schopen rozumět procesům, na nichž je osobní počítač založen a komponentům, ze kterých se skládá. Současně dává předpoklady k úspěšnému absolvování praktických činností a schopnosti navrhnout, sestavit a zprovoznit optimální konfiguraci osobního počítače.