

Šárka Vavrečková

Skripta do předmětu

Technické vybavení osobních počítačů

Ústav informatiky
Filozoficko-přírodovědecká fakulta v Opavě
Slezská univerzita v Opavě

Opava
16. prosince 2015

Anotace: Tato skripta jsou určena pro studenty předmětu Technické vybavení osobních počítačů. Během studia se seznámíme se strukturou počítače, vlastnostmi a funkcemi jednotlivých komponent, jejich diagnostikou a údržbou. Důraz je kladen na co nejnovější informace, studenti se také seznámí s možnostmi udržování aktuálnosti svých znalostí.

Technické vybavení osobních počítačů

RNDr. Šárka Vavrečková, Ph.D.

Dostupné na: <http://elearning.fpf.slu.cz/>, <http://vavreckova.zam.slu.cz/hw.html>

Ústav informatiky
Filozoficko-přírodovědecká fakulta v Opavě
Slezská univerzita v Opavě
Bezručovo nám. 13, Opava

Sázeno v systému L^AT_EX

Tato inovace předmětu *Technické vybavení osobních počítačů* je spolufinancována Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR, projekt číslo CZ.1.07/2.2.00/28.0014, „Interdisciplinární vzdělávání v ICT s jazykovou kompetencí“.

Předmluva

Co najdeme v těchto skriptech

Tato skripta jsou určena pro studenty inženýrských oborů na Ústavu informatiky Slezské univerzity v Opavě. Obsahují látku vyučovanou v předmětu *Technické vybavení počítačů*, ve kterém se zabýváme především hardwarem osobních počítačů (okrajově také notebooků a serverů či jiných zařízení).

V předmětu jsou sice jen přednášky, ale z důvodu praktického zaměření předmětu jsou tyto přednášky prokládány praktickým využitím a ukázkami konkrétních komponent (základní deska, různé druhy paměťových modulů, vnější paměťová média, kabely s konektory, atd.). Předmět je ukončen ústní zkouškou, na které se tyto komponenty také mohou objevit, proto je „velmi vhodné“ se přednášek účastnit.

Některé oblasti jsou také „navíc“ (jsou označeny ikonami fialové barvy), ty nejsou probírány a ani se neobjeví na zkoušce – jejich úkolem je motivovat k dalšímu samostatnému studiu nebo pomáhat v budoucnu při získávání dalších informací dle potřeby v zaměstnání. Pokud je fialová ikona před názvem kapitoly (sekce), platí pro vše, co se v dané kapitole či sekci nachází.

Značení

Ve skriptech se používají následující barevné ikony:

-  Nové *pojmy*, vysvětlení významu některých postupů a značení, používané symboly, postupy, nástroje, apod. jsou značeny modrým symbolem, který vidíme také zde vpravo.
-  Některé části textu jsou označeny fialovou ikonou, což znamená, že jde o *nepovinné úseky*, které nejsou probírány (většinou; studenti si je mohou podle zájmu vyžádat nebo sami prostudovat). Jejich účelem je dobrovolné rozšíření znalostí studentů o pokročilá témata, na která obvykle při výuce nezbývá moc času.
-  Žlutou ikonou jsou označeny odkazy, na kterých lze získat *další informace* o tématu. Nejčastěji u této ikony najdeme webové odkazy na stránky, kde se dané tématice jejich autoři věnují podrobněji.
- Červená  je ikona pro *upozornění* a poznámky.

Každý semestr se probere odlišné množství látky, proto se při rozlišování „povinného“ a „nepovinného“ řiďte především seznamem otázek, který taktéž najdete na mém webu.

Opticky jsou odlišeny také řešené příklady a neřešené úlohy. Příklady jsou číslovány, čísla slouží k jednoduchému odkazování na tyto příklady.



Příklad 0.1

Takto vypadá prostředí s příkladem, například nějakého postupu. Příklady jsou číslované, na jejich čísla se v textu může odkazovat.



Úkol

Otázky a úkoly, náměty na vyzkoušení, které se doporučuje při procvičování učiva provádět, jsou uzavřeny v tomto prostředí. Pokud je v prostředí více úkolů, jsou číslovány.



Obsah

1	Historie	1
1.1	Pravěk	1
1.1.1	Učíme se počítat	1
1.1.2	Mechanické pomůcky	2
1.1.3	První stroje	2
1.2	Výpočetní technika	3
1.2.1	Nultá generace	3
1.2.2	První generace	5
1.2.3	Druhá generace	6
1.2.4	Třetí generace	7
1.2.5	Čtvrtá generace	8
1.3	Analogové počítače	8
2	Struktura počítače	10
2.1	Základní typy počítačových architektur	10
2.1.1	Von Neumannovo schéma	10
2.1.2	Harvardská architektura	12
2.1.3	Data-flow	12
2.2	Instrukční a datové proudy – Flynnova taxonomie	13
3	BIOS a zapnutí počítače	14
3.1	BIOS	14
3.2	Zapnutí počítače	15
3.3	EFI	17
3.3.1	Zařízení	18
3.3.2	Ovládání EFI	19
3.3.3	Operační systémy	19
3.4	Upgrade firmwaru (BIOSu)	20
4	Rozhraní a konektory	23
4.1	Univerzální rozhraní	23
4.1.1	USB	23
4.1.2	FireWire	30
4.1.3	Thunderbolt	31

4.2	Paralelní a sériové porty, PS/2	32
4.3	Datové rozhraní pevných a optických disků	34
4.3.1	PATA a SATA	34
4.3.2	SCSI a SAS	38
4.4	Konektory na grafických kartách	40
4.4.1	D-SUB	40
4.4.2	DVI	41
4.4.3	HDMI, DisplayPort	42
4.4.4	Další analogová rozhraní	44
4.5	Další rozhraní	45
4.6	Komunikace se zařízeními	46
4.6.1	IRQ	47
4.6.2	DMA	49
4.6.3	I/O porty	50
4.6.4	Adresa paměti pro zařízení	50
4.7	Plug & Play a HotPlug	51
4.8	Hodiny reálného času	52
5	Case a základní deska	54
5.1	Skříň počítače	54
5.2	Co je to základní deska	55
5.2.1	PCB	56
5.2.2	Form factor	57
5.3	Sběrnice	59
5.3.1	ISA, EISA	60
5.3.2	PCI a PCI-X	60
5.3.3	PCI Express	60
5.3.4	AGP	62
5.4	Chipset	62
5.4.1	North-South bridge design	63
5.4.2	One Chip design	65
5.4.3	Současné chipsety	65
5.4.4	SoC čipy	67
5.5	Integrovaná zařízení	68
5.6	Přepínače, propojky	69
5.7	Rozvržení komponent na základní desce	70
6	Procesory	72
6.1	Co je to procesor	72
6.1.1	Technologie výroby	72
6.1.2	Matematický koprocessor	73
6.1.3	Rozdělení procesorů	74
6.2	Logická struktura procesoru	76
6.3	Registry	78
6.3.1	Registry procesorů Intel	78
6.4	Cache paměť	81
6.5	Instrukční sada	83
6.6	Režimy procesoru	84

6.7	Vlastnosti procesorů	86
6.7.1	Základní vlastnosti	86
6.7.2	Pipelining a ... skalární architektury	87
6.7.3	Out-of-Order Execution	87
6.7.4	Register Renaming a předběžné vyhodnocování	88
6.7.5	HyperThreading, více jader, více procesorů	88
6.7.6	Podpora virtualizace	89
6.7.7	Energetická náročnost a správa energie	90
6.7.8	Little a Big Endian	92
6.7.9	Vícevláknové aplikace	93
6.8	Moorův zákon	95
6.9	Sloty, sockety	96
6.10	Přehled procesorů	97
6.10.1	Mikroarchitektura procesoru	97
6.10.2	Starší procesory Intel	97
6.10.3	Novější procesory Intel	100
6.10.4	Starší procesory AMD	107
6.10.5	Novější procesory AMD	109
6.10.6	PowerPC	113
6.10.7	Motorola	114
6.10.8	VIA	115
6.10.9	Procesory ARM	115
6.11	Přetaktování a podtaktování procesoru	117
7	Vnitřní paměti	119
7.1	Druhy a vlastnosti vnitřních pamětí	119
7.2	Vlastnosti vnitřních pamětí	120
7.2.1	Obvyklá struktura	120
7.2.2	ROM paměti	121
7.2.3	RAM paměti	123
7.3	Provedení, paměti v pouzdrech	126
7.4	Jak fungují moduly DIMM	129
7.4.1	Komunikační kanály	130
7.4.2	Operace a časování DIMM	130
7.4.3	Přetaktování pamětí	132
7.4.4	Další vlastnosti DIMM	133
7.5	Testování pamětí	134
7.6	Cache paměti	137
8	Vnější paměti	139
8.1	Základní pojmy	139
8.2	Magnetické disky	140
8.2.1	Bubnové paměti	140
8.2.2	Diskové paměti	140
8.2.3	Fyzická struktura a geometrie disku	141
8.2.4	Modulace při zápisu	144
8.2.5	Čtení a zápis	145
8.2.6	Technologie	148

8.2.7	Největší a nejmenší	151
8.2.8	Sledování pevných disků	152
8.2.9	Vybíráme pevný disk	154
8.3	RAID	156
8.3.1	Typy RAID	156
8.3.2	Nastavení RAID pole	158
8.3.3	Dynamické/virtuální svazky	158
8.4	NAS	160
8.5	Magnetooptické disky	161
8.6	Optické paměti	162
8.6.1	CD	162
8.6.2	DVD	164
8.6.3	Struktura přepisovatelného disku	166
8.6.4	Blu-Ray	168
8.6.5	Životnost a údržba optických médií	169
8.6.6	Technologie přímého popisku	170
8.7	Flash paměti	171
8.7.1	USB flash disk	171
8.7.2	SSD	172
8.7.3	Hybridní disky	175
8.7.4	Paměťové karty	176
8.8	Zálohování a archivace	177
8.8.1	Magnetická páska	177
8.8.2	Pásy momentálně používané pro zálohování	178
8.9	Co se chystá u pevných disků	180
9	Rozšiřující karty	182
9.1	Co je to rozšiřující karta	182
9.2	Grafická karta	182
9.2.1	Základní typy zobrazení a obsah videopaměti	183
9.2.2	Vývoj grafických karet	185
9.2.3	Struktura grafické karty	186
9.2.4	Grafické API	189
9.2.5	Napájení karty	191
9.2.6	TV tuner	192
9.2.7	Paralelní zapojení karet	192
9.3	Zvuková karta	193
9.3.1	Princip	193
9.3.2	Vzorkovací frekvence	194
9.3.3	Syntéza zvuku	195
9.3.4	Rozhraní	195
9.4	Síťová karta	196
9.4.1	Princip	196
9.4.2	Související technologie	197
10	Vstupní a výstupní zařízení	198
10.1	Vstupy a výstupy	198
10.2	Klávesnice	198

10.3	Ukazovací zařízení	202
10.3.1	Myš	202
10.3.2	Trackball, Trackpoint, Touchpad, Tablet	203
10.3.3	Dotykové obrazovky	204
10.3.4	Další	205
10.3.5	Netradiční ovládání PC	205
10.4	Vnímání barev	207
10.4.1	Lidské oko vnímá barvy	207
10.4.2	Počítač zpracovává barvy	207
10.4.3	CIE	208
10.4.4	Pojmy z grafiky	210
10.5	Scannery	210
10.5.1	Snímací technologie	210
10.5.2	Optické rozpoznávání znaků	212
10.6	Monitory	212
10.6.1	Parametry monitoru	212
10.6.2	CRT monitory	213
10.6.3	LCD panely	215
10.6.4	Další technologie podobné LCD	219
10.7	Tisk	221
11	Napájení a chlazení počítače	225
11.1	Napájení	225
11.1.1	Jak zdroj funguje	225
11.1.2	Standardy	226
11.1.3	Vlastnosti zdroje	227
11.1.4	Akumulátor notebooku	228
11.2	Chlazení	230
11.2.1	Princip chlazení počítače	230
11.2.2	Typy chladičů	232
11.2.3	Sledování teploty	233
11.3	Power Management	234
11.3.1	APM	234
11.3.2	ACPI	234

Kapitola 1

Historie

V této kapitole se seznámíme s historií výpočetní techniky. Je to pouze stručný náhled, který nám pomůže orientovat se ve vývoji v této oblasti.

1.1 Pravěk

1.1.1 Učíme se počítat

Vznik číselných soustav Základem výpočetní techniky jsou samotné výpočty. Lidé začali počítat takto:

- desítková soustava – prsty na ruce
- dvanáctková soustava – používaly se všechny prsty kromě palce, počítaly se klouby na prstech (tři klouby na každém ze čtyř prstů = 12), na druhé ruce počítali tucty, známé například ze starého Sumeru, podobný systém používali také Egypťané
- 3000 př. n. l. – v Číně objevena dvojková soustava

Složitější použití rukou: V Řecku vznikl systém kombinací pozic prstů, každá kombinace znamenala určitý počet. Počítali v pětkové soustavě.

Předměty Do dřevěné hůlky či kosti se dělaly zářezy, které mohly být sdružené do skupin.

- Před 37 tisíci lety v jižní Africe někdo do kosti paviána vyryl 29 pravidelných značek, zaznamenal si množství, které nedokázal slovně pojmenovat.
- Před 30 tisíci lety v oblasti Dolních Věstonic někdo do vlčí kosti vyryl dvě dlouhé podélné čáry a od nich na obě strany hodně menších zářezů – na jedné straně 25, na druhé 30. Kost pravděpodobně sloužila jako pomůcka při výměnném obchodu.
- Ještě nedávno se v horských oblastech světa používala tzv. vrubovka, tj. kost s vroubkou, na které se zaznamenávaly počty čehokoliv.

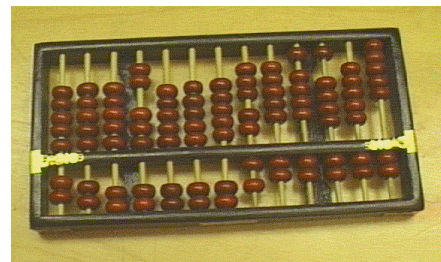
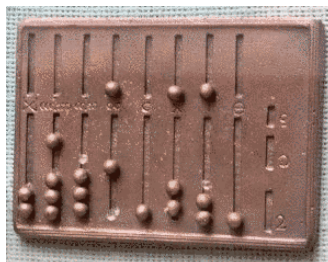
Používaly se také desky kamenné, později dřevěné, pokryté pískem nebo prachem.

1.1.2 Mechanické pomůcky

 **Mechanická počítadla** se používala v různých částech světa.

Nejznámější jsou

- abakus (Evropa)
- suan-pchan (Čína, 500 př. n. l.)
- sčot (Rusko), používá se dodnes
- saroban (Japonsko)
- suan-pchan (Čína)
- současné jednoduché počítadlo



Nejčastěji se setkáváme právě s názvem abakus. První zmínky o podobných počítadlech jsou staré 3000 let z Číny a Indie.

Obrázek 1.1: Římský abakus a japonský saroban¹

 **Logaritmy a logaritmická pravítka** znamenaly velké zrychlení výpočtů. Co je logaritmus?

- použitím logaritmu se násobení převádí na sčítání a odčítání
- zjednodušily násobení a dělení velmi velkých čísel a čísel s dlouhým desetinným rozvojem

John Napier vynalezl logaritmy, William Oughtred vynalezl logaritmické pravítko (1622).

1.1.3 První stroje

 **Antikythérský mechanismus** je 2000 let starý početní stroj, který byl nalezen v potopené starořecké lodi. Mechanika je řešena ozubenými kolečky, je vyroben z bronzu. Není jisté, k jakému účelu se používal, pravděpodobně k astronomickým výpočtům.



Obrázek 1.2: Antikythérský mechanismus a Pascalina²

 **Mechanické kalkulačky** byly ručně poháněné. Z nejznámějších:

- *Pascalina* – Blaise Pascal sestrojil funkční mechanickou kalkulačku z ozubených koleček pro sčítání a odčítání (pro svého otce, daňového úředníka)

¹Zdroje: <http://abakus.navajo.cz/>, <http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/xdavidov.html>.

²Zdroje: <http://wbdno.wordpress.com/2010/02/06/the-antikythera-mechanism-research-project/>, <http://michele.nireblog.com/file/237571>.

- *Kroková kalkulačka* – *Gottfried Wilhelm Leibnitz* sestrojil mechanickou kalkulačku založenou na dvojkové soustavě, uměla navíc násobit, dělit a počítat druhou mocninu

Později vznikaly kalkulačky na elektřinu, a to

- elektromechanické – ozubená kolečka poháněná elektřinou
- elektronické – elektronické obvody, existovaly i programovatelné modely

 **Programovatelné přístroje** jsou další generací výpočetních strojů. Ovšem programovatelnost byla jen na omezené úrovni, v podstatě šlo o možnost práce s variabilními daty uloženými na něčem, co se v principu podobalo pozdějším děrným štítkům. Z nejznámějších:

- *Joseph Marie Jacquard* sestrojil tkalcovský stav s tkaným vzorem uloženým na děrném štítku (je po něm pojmenován vzor „žakár“ (jacquard))
- *Herman Hollerith* – stroj na zpracování údajů při sčítání obyvatelstva, taktéž pomocí děrných štítků

1.2 Výpočetní technika

V tabulce 1.1 je stručný přehled vývoje výpočetní techniky.

Generace	Roky	Součástky
0	19.–20. století 40. léta	Ozubená kola Elektromagnetická relé
1	50. léta	Elektronky
2	50.–60. léta	Tranzistory
3	konec 60. let	Integrované obvody
3½	1972 (70. léta)	Integrované obvody (vysoká integrace)
4	od roku 1981 do současnosti	Integrované obvody (velmi vysoká integrace)

Tabulka 1.1: Souhrn historie výpočetní techniky

1.2.1 Nultá generace

Charles Babbage byl jedním z prvních geniálních vynálezců v oblasti výpočetní techniky. Dva z jeho strojů jsou dodnes známé a slouží dokonce jako inspirace při vývoji nových technologií. Jedná se zatím o čistě mechanické stroje.

 *Diferenciální stroj* (Difference Machine, 1822)

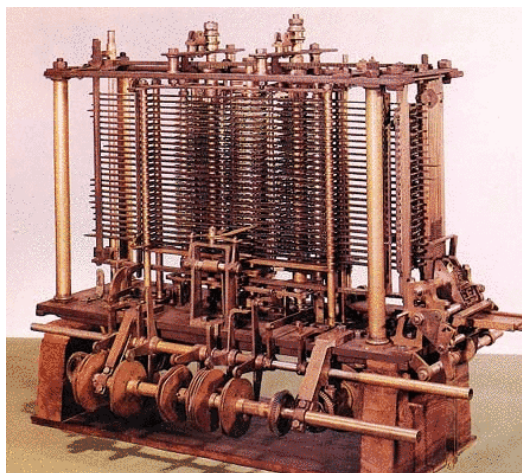
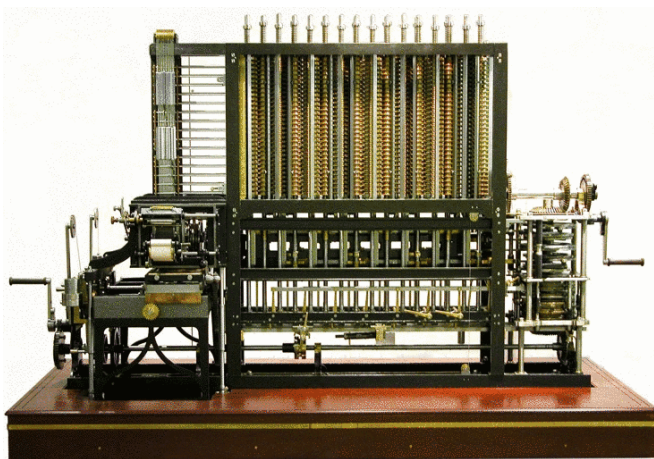
- výpočet hodnot kvadratických polynomů
- mechanický, ozubená kola

 *Analytický stroj* (Analytical Machine)

- pouze vytvořil návrh s přesnými skicami, ve 20. století byl návrh realizován

- programově řízený mechanický číslicový počítač (poháněný párou), měl vlastní procesor, dva registry, uměl i podmíněné skoky
- kromě aritmetických operací také řešení algebraických a numerických rovnic, dokázal zhodnotit výsledky a přizpůsobit jim průběh dalšího výpočtu

Analytický stroj „předběhl svou dobu“. Charles Babbage nebyl schopen ho dokončit, protože v té době nebylo možné vyrobit tak přesné součástky, jak bylo zapotřebí. Po realizaci ve 20. století se zjistilo, že jeho návrh byl přesto zcela bezchybný a stroj opravdu fungoval podle předpokladů. Analytický stroj je považován za první skutečný počítač světa.



Obrázek 1.3: Diferenciální a analytický stroj³



Poznámka:

Analytický stroj nese ještě jedno prvenství – právě pro něj byly napsány první programy na světě. Prvním programátorem byla žena – *Augusta Ada King, hraběnka z Lovelace* (také hraběnka Ada Lovelace) rozená *Augusta Ada Byron* (byla dcerou známého anglického básníka lorda G. G. Byrona).

Po hraběnce Adě byl pojmenován *programovací jazyk Ada*, což byl jazyk trochu podobný Pascalu, ale s výraznými bezpečnostními mechanismy (tento jazyk vznikl za podpory americké armády).



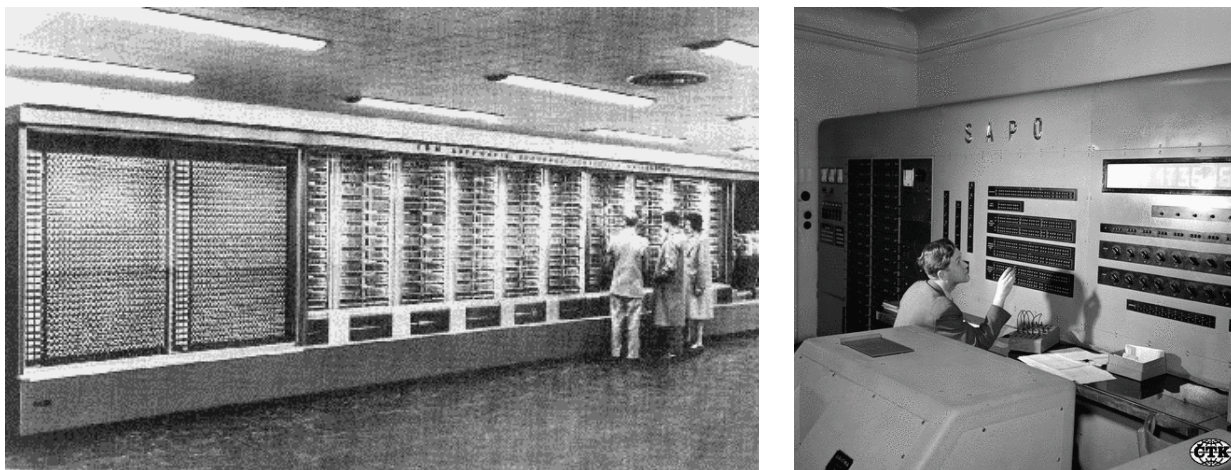
Velkým krokem vpřed byl vynález *elektromagnetického relé*. K počítačům nulté generace sestrojeným za použití relé, patřily například počítače německého vynálezce *Konráda Zuseho*, který vynalezl v 30.–40. letech 20. století postupně počítače Z1, Z2, Z3 a Z4, od Z2 používal také relé.

Z nich byl nejprůmyslnější především Z3 z roku 1941, který jako první fungoval vcelku tak jak měl. Byl to první elektronický číslicový (digitální) programovatelný počítač složený z přibližně 2000 relé vážící 1 tunu. Jeho úkolem bylo pomáhat při projektování německých bomb, paradoxně jeho konec byl způsoben bombou (ale ne německou).

³Zdroje: <http://io9.com/381601/the-victorian-era-supercomputer-and-the-genius-who-created-it>,
<http://www.chronarion.org/ada/>.

 Z dalších jmenujme například americký počítač MARK I od Howarda Aikena (rok 1943, vážil 35 tun), a nebo SAPO (SAmočinný POčítač), první československý počítač z roku 1957. Vidíme je na obrázku 1.4.

SAPO byl postaven z přibližně 7000 elektromagnetických relé a 400 elektronek (nebyl složen pouze z elektronek, proto ho neřadíme do první generace počítačů). Vznikl v laboratoři matematických strojů Ústředního ústavu matematického, do provozu byl uveden roku 1958 (uvedení do provozu nebylo zrovna okamžité, především z důvodů značné poruchovosti tohoto stroje). První funkční československý počítač by možná vznikl mnohem dřív, ale v padesátých letech (hlavně v jejich první polovině) se tomuto oboru moc nepřálo, kybernetika byla dokonce označována za „buržoazní pavědu“.



Obrázek 1.4: Počítače MARK 1 a SAPO⁴

1.2.2 První generace

Počítače první generace měly tyto vlastnosti:

- jako svůj základ používaly elektrony
- žádný operační systém, žádné vyšší prog. jazyky, každý stroj měl svůj assembler
- počítač zpracovával vždy jedinou úlohu, kterou zadával (živý) operátor

Pořád šlo v podstatě o velké soustavy skříní zabírající hodně místa. Potřebovaly sice celou místnost, ale narozdíl od svých reléových předchůdců se do té místnosti vešlo taky něco jiného (stoly zaměstnanců, apod.).

 *Elektronka* (anglicky vacuum tube, vakuová trubice) se skládá z katody (žhavicí vlákno), anody (plíšek) a vodivých drátů, to vše je uzavřeno ve skleněné trubici s vyčerpaným vzduchem (tj. ve vakuu). Když je katoda nahřata, dojde k emisi elektronů, které jsou přitahovány k anodě a tedy prochází proud.

Obvyklá velikost elektronky však byla několik centimetrů, a tedy sestavit celý počítač znamenalo především mít dostatek místa, počítat s vysokou spotřebou elektřiny a taky důkladně chladit (elektronky hodně „topily“). Vzhledem k vysoké provozní teplotě a celkové složitosti byly počítače první generace velmi poruchové.

⁴Zdroj: <http://www.columbia.edu/acis/history/mark1.html>, http://www.ceskenoviny.cz/tema/index_img.php?id=68769.

 Mezi prvními elektronickými počítači byly

- *Colossus* (1943) – britský počítač, vypomáhal v druhé světové válce (dešifroval zachycené německé depeše)
- *ENIAC* (1946) – první zcela elektronkový stroj (asi 17 500 elektronek), vážil 27 tun
- *EDVAC* (1951) – narozdíl od ENIACu byl binární, s univerzálnějším použitím

Prvním komerčně úspěšným počítačem první generace byl *UNIVAC* (UNIVersal Automatic Computer, 1951), stroj přímo navržený pro použití v administrativě a obchodu. Byl potomkem ENIACu (sestavili ho titíž lidé). *UNIVAC* původně nebyl vybaven zařízením pro práci s děrnými štítky, což byl ze začátku jeho velký handicap. Postupně byl tento problém vyřešen a také s *UNIVACem* bylo toto zařízení dodáváno.

Prvním zákazníkem byl Úřad pro sčítání lidu v USA, další zákazníci byli především z okruhu americké armády (letectvo, kartografie, námořnictvo apod.), ale také velké americké firmy (Remington Rand, General Electric, U.S. Steel, atd.). Cena byla pohyblivá (spíše stoupala), postupně překročila milion USD.

 *UNIVAC* obsahoval přibližně 5200 elektronek, vážil 13 tun. Pracoval na frekvenci 2,25 MHz. Pracoval s čísly v dekadickém (desítkovém) zápisu, používal také znaménko. Paměť pracovala na principu *zpožďovací linky* na bázi rtuti (tj. značně neekologický výrobek).

 V Československu byl roku 1963 dokončen elektronický počítač *Epos 1* (stejný ústav a téměř stejný tým jako u počítače SAPO). Skládal se z 8000 elektronek. Do sériové výroby se nedostal, protože byl velmi poruchový, ale jeho přínos spočíval především v ozkoušení některých originálních postupů.

1.2.3 Druhá generace

Druhá generace je datována do 50. a částečně 60. let 20. století. Ve výpočetní technice je to přelomové období, protože právě tehdy se začaly objevovat první opravdu stolní počítače, které se dostávaly i k „obyčejným“ lidem (i když v žádném případě ještě nešlo o stolní či dokonce domácí počítače).

 Počítače druhé generace byly založeny na *tranzistorech*. Podíváme se na pár pojmů:

Polovodič je pevná látka, jejíž elektrická vodivost závisí na vnitřních nebo vnějších podmínkách, tj. není stálá a dá se ovlivňovat.

 *Tranzistor*: tranzistorový efekt byl objeven roku 1947 v Bellových laboratořích. Za tento objev jim byla roku 1956 udělena Nobelova cena za fyziku. Tranzistor je polovodičová součástka, používají se polovodiče typu P a N

- P: do čtyřmocného křemíku je přidán některý pětímocný prvek,
- N: do čtyřmocného křemíku je přidán některý trojmocný prvek, liší se kromě jiného směrem pohybu elektronů při zahřátí

Má (nejméně) tři elektrody – kolektor, báze a emitor (u bipolárních tranzistorů). podle uspořádání použitých polovodičů rozlišujeme tranzistory PNP a NPN (prostřední je báze), na bázi je připojen proud, jeho velikost ovládá proud mezi emitorem a kolektorem.

 Kromě používání tranzistorů měly počítače druhé generace také tyto vlastnosti:

- *dávkový systém práce* – programy s daty pro zpracování jsou operátorem naskládány za sebe, když je dokončen jeden program, automaticky se začne zpracovávat další program z dávky
- kromě assembleru další *programovací jazyky* (například FORTRAN, COBOL)

Jedním z prvních tranzistorových počítačů druhé generace byl *PDP-1* firmy DEC. Měl přibližně rozměry skříně a byl určen pro větší firmy (prodalo se celkem 55 kusů, byl to komerčně velmi úspěšný stroj).

Prvním komerčně dostupným československým tranzistorovým počítačem byl *MSP* (Malý Stolní Počítač, 1965), dále pro hromadné zpracování dat byl vyvinut počítač *DP 100*, taktéž komerčně úspěšný. Další čs. počítač, *Epos 2*, pokračovatel počítače *Epos 1* z první generace, byl také složen z polovodičových součástek (diod a tranzistorů), jeho sériová výroba začala roku 1969.

1.2.4 Třetí generace

Počítače třetí generace jsou založeny na integrovaných obvodech.

 *Integrovaný obvod* je elektronická součástka integrující drobnější součástky (tranzistory, rezistory, kondenzátory, apod.) na jedné polovodičové destičce (obvykle křemíkové), v plastovém pouzdře či jinak chráněná. Byl vynalezen ve firmě Texas Instruments v roce 1958.

Možnosti použití: televize, rádia, dálková ovládání, kalkulačky, digitální hodinky, počítače, videa, mobilní telefony, GPS, automobily, atd.

Další vlastnosti počítačů třetí generace:

- první operační systémy (CP/M apod.)
- vyšší programovací jazyky (například ALGOL, LISP, Pascal, BASIC)
- disketová mechanika (8" od IBM, rok 1971)
- možnost paralelního zpracování dat



Obrázek 1.5: Počítač IBM 360⁵

Hlavními zástupci této generace jsou IBM System 360, Siemens, Tesla 200 a 300.

 Především z důvodu poměrně rychlého technického rozvoje rozlišujeme také *tříapůltou generaci*. Má tyto vlastnosti:

- používají se integrované obvody vysoké integrace
- mikroprocesory, minipočítače, terminály, obrazovka
- první mikroprocesory firem Intel a Motorola

První mikroprocesor byl *Intel 4004* (vývoj začal roku 1971). Tento 4bitový mikroprocesor původně vznikl na zakázku japonské firmy *Busicom* a byl určen do kalkulatoru. Později si firma Intel uvědomila možnosti tohoto svého výrobku a pokračovala v jeho vývoji.

Ryze československé počítače už v té době nevznikaly, bohužel byla státem uplatňována politika povinného dovozu počítačů a komponentů z východního bloku, především ze Sovětského svazu (*JSEP* – Jednotný systém elektronických počítačů) a pokud se vyvíjelo něco nového, tak pod taktovkou Sovětského svazu. To znamenalo konec samostatného vývoje na dlouhou dobu. Přesto u nás byly počítače vyráběny (například *Tesla 200* z roku 1969).

U tříapůlté generace šlo o projekt *JSEP2*, u nás byly v rámci tohoto projektu vyvinuty počítače *EC1025*, *EC1026* a *EC1065*. Další společný projekt východního bloku států byl *SMEP* (Systém malých elektronických počítačů), kam lze zařadit první české klony počítačů IBM PC.

⁵Zdroj: http://www.plyojump.com/classes/mainframe_era.html.

1.2.5 Čtvrtá generace

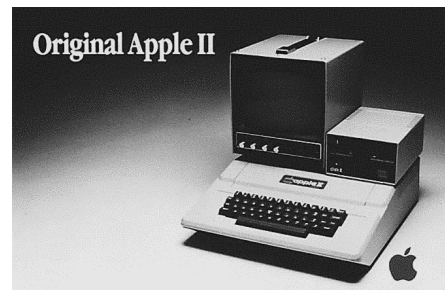
Čtvrtá generace trvá prakticky dodnes. Hlavním rysem je používání *integrovaných obvodů velmi vysoké integrace*. Objevila se první CD-ROM (rok 1984).

Dostupné osobní počítače jsou nejdřív 8bitové (Altair, IBM, Apple, Commodore, Atari, ZX Sinclair), později 16bitové (IBM, Apple, ...).

Objevila se také první norma pro napájení počítače – AT (Advanced Technology). První osobní počítač, který tuto normu splňoval, byl IBM PC AT.

 *Altair 8800* (rok 1975) byl prvním komerčně úspěšným počítačem určeným pro domácnosti. Neprodával se však „vcelku“, zákazník dostal komponenty a návod a tento počítač si vlastnoručně poskládal. Další revoluci v domácích počítačích znamenal výše zmíněný (a zobrazený na obr. 1.6) *Apple II*. Pro následující vývoj je také důležitý příchod IBM *PC 5150* (rok 1981) dodávaný s operačním systémem MS-DOS. Roku 1982 se objevil předchůdce přenosných počítačů (notebooků), *GRiD Compass 1100* (vážil 5 kg, byl vybaven modemem a plochou obrazovkou, ale neměl disk).

V Československu se do škol dostaly české stroje *PMD* (od roku 1985), *IQ-151* (rok 1984, měl procesor Tesla MHB 8080 a 32 KB operační paměti), *Didaktik* (kompatibilní s Sinclair ZX Spectrum) a *Tesla Ondra*. Především počítač *IQ-151*, tzv. „ikvéčko“, využívaný na školách při výuce programování se vryl do paměti svých uživatelů, kromě jiného taky velmi špatnou klávesnicí (klávesy se obtížně mačkaly) a tím, jak moc „topil“. Z dovozových strojů byly oblíbené především *Atari ST* (16bitový počítač s velmi zajímavým a inovativním grafickým rozhraním a myší) a *Amiga 500* (taktéž grafické rozhraní s multitaskingem).



Obrázek 1.6: Počítač Apple II⁶

1.3 Analogové počítače

Počítače dělíme na *digitální* (také číslicové) a *analogové*. U osobních počítačů postupně převládly digitální, ale v historii tomu vždy tak nebylo a dodnes existují oblasti použití, kde je analogové zpracování výhodou.

Digitální počítač: digitální signál nabývá hodnot 0 a 1, nic mezi tím, digitální (číslicové) počítače zpracovávají digitální hodnoty, jsou univerzálnější.

Analogový počítač: analogový signál je spojitý, může probíhat celou škálou mezi 0 a 1, analogové počítače zpracovávají analogový signál (nejen elektrický), používají se především v souvislosti s fyzikálními pochody.

Jaký je tedy rozdíl mezi digitálním a analogovým zpracováním dat?

- u digitálního počítače při převodu analogové hodnoty (třeba fyzikální veličiny) dochází k zaokrouhlovacím chybám, výpočet je nepřesný (omezení datového typu)
- u analogového počítače hodnota proudu nebo napětí určuje momentální hodnotu dané fyzikální veličiny, modelování fyzikálních dějů je mnohem přesnější

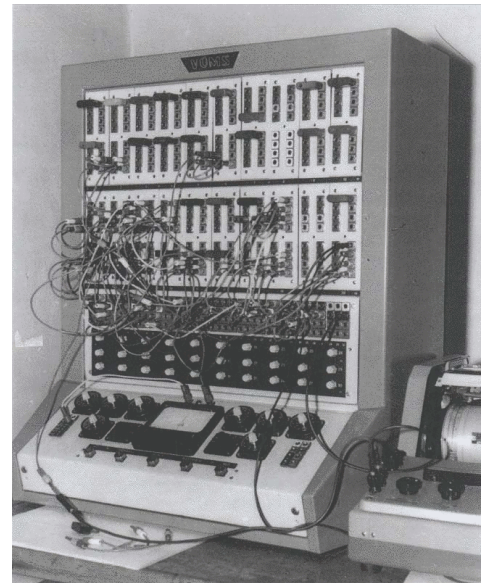
⁶Zdroj: <http://www.edwardsamuels.com/illustratedstory/isc4.htm>.

- v jiných typech výpočtů je naopak přesnost analogového počítače horší, zejména pokud jde o abstraktní matematické výpočty přímo neodvoditelné z použitelných fyzikálních veličin
- analogové počítače pracují v reálném čase, zpoždění je téměř nulové (informace defacto „protéká“ systémem)

Tedy tam, kde nehrozí zaokrouhlovací chyby způsobené převodem z použitelné fyzikální veličiny a kde spíše provádíme abstraktní matematické výpočty, vítězí digitální počítače.

Známí zástupci analogových počítačů:

- Antikythérský mechanismus
- logaritmické pravítko
- vojenství, především námořnictvo, pro řízení zaměřování (Argo, HACS, Dreyerův zaměřovací tabulátor, Nordenův zaměřovač) – mechanické, elektro-mechanické
- Direct Analog Computer (1949) – první elektrický analogový počítač
- MONIAC (1950) – hydraulický počítač simulující ekonomiku Spojeného království
- ELWAT – Polský analogový počítač
- MEDA – analogový počítač vyrobený ve Výzkumném ústavu matematických strojů



Obrázek 1.7: Československý analogový počítač MEDA⁸



Další informace:

Koho zaujala historie výpočetní techniky, zajímavou „výstavku“ najde na adrese <http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/vystavka/>.



⁸Zdroj: http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/vystavka/xprocha1_index.html.

Struktura počítače

V této kapitole se budeme zabývat (abstraktní) strukturou počítače. Probereme postupně několik modelů – Von Neumannovo schéma, Harvardské schéma a Data-flow, včetně jejich vztahu k současným výpočetním architekturám.

2.1 Základní typy počítačových architektur

2.1.1 Von Neumannovo schéma



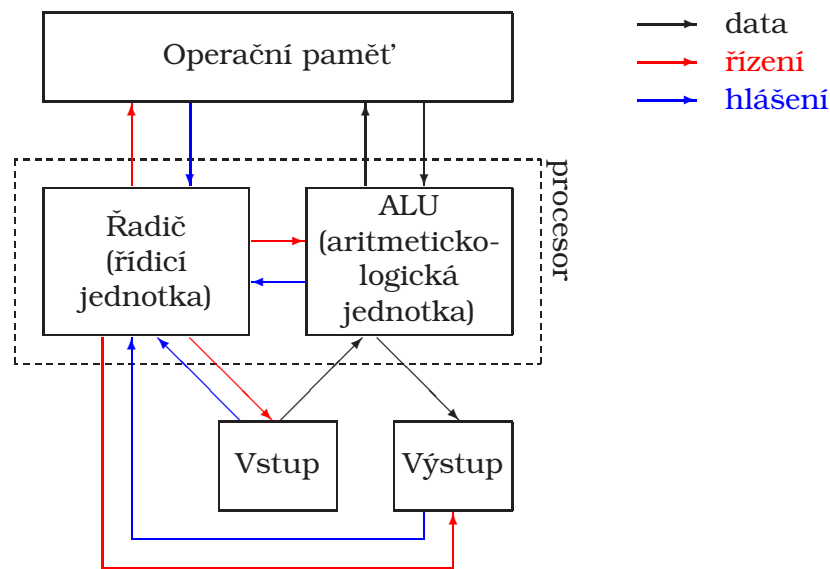
John von Neumann, celým jménem John Ludwig von Neumann, resp. János Neumann, byl americký matematik židovského původu narozený v Maďarsku. Od dětství projevoval známky geniality, měl výbornou paměť, ke které přidával velmi dobrou schopnost logického myšlení.

V 17 letech publikoval svou první vědeckou práci, ve 22 letech již byl asistujícím profesorem na Berlínské univerzitě (odpovídá titulu docenta).

Čím například byl von Neumann významný pro výpočetní techniku:

- spolutvůrce *Teorie her* (použití: ekonomika a jakékoliv další obory s projevy chaosu)
- podílel se na konstrukci několika nejznámějších počítačů (například ENIAC)
- tvůrce *operační teorie kvantové mechaniky* (Von Neumannova algebra)
- jaderná fyzika, spolupodílel se na konstrukci první jaderné bomby
- r. 1949 vytvořena *von Neumannova matematická pravidla pro konstrukci robotů*, kteří se budou sami zdokonalovat a reprodukovat; možnosti využití nastávají až nyní, NASA je chce využít pro konstrukci robotů pro vesmír.

Roku 1945 navrhl schéma samočinného počítače, po něm nazvané *von Neumannovo schéma*, jehož nákres vidíme na obrázku 2.1.



Obrázek 2.1: Von Neumannovo schéma

 K jednotlivým částem schématu:

1. *Operační paměť* – uchovávání programu, dat, mezivýsledků, výsledků výpočtu
2. *Řadič* (řídící jednotka) – řídí činnost všech částí počítače pomocí řídicích signálů
3. *ALU* (aritmeticko-logická jednotka) – provádí veškeré aritmetické výpočty a logické operace
4. *Vstup* (vstupní zařízení) – zařízení pro vstup programů a dat
5. *Výstup* (výstupní zařízení) – zařízení pro výstup programů a dat

 Hlavní myšlenkou von Neumanna, která je do určité míry používána i dnes, je *umístění programu a dat do téže paměti* (tj. do operační paměti). Program spustíme, pak je podle tohoto programu vytvořen proces, který celý pracuje v operační paměti (načte se tam jeho programový kód, globální proměnné, případně dynamické knihovny, atd.). Když tento program (vlastně proces, abychom byli přesnější) otevře některý soubor, tento soubor se přenes (mapuje) opět do operační paměti. U starších počítačů tato vlastnost nebyla splněna, obvykle jsme měli program na některém vnějším paměťovém médiu, ze kterého se také spouštěl, a data na jiném médiu (například děrných štítcích).

Další důležité vlastnosti:

- existuje instrukční sada počítače, ve které je psán program, tato instrukční sada je samozřejmě známa programátorům,
- protože je program uložen v paměti, je možné ho za běhu modifikovat nebo jinak využívat, s instrukcemi lze zacházet jako s daty (myšlenkou bylo umožnit „samoprogramování“ počítačů, běžně využíváno při ladění programů nebo v překladačích),
- instrukce jsou zpracovávány *sekvenčně*,
- je zpracováván pouze jeden program, nikoliv více zároveň.

Vlastnost sekvenčního zpracovávání instrukcí je dnes porušována některými technologiemi, se kterými se seznámíme v kapitole o procesorech.

 *Použití v současnosti:*

- Assembler – podle von Neumannovy architektury, data mohou být volně smíchána s instrukcemi,
- překladač programovacího jazyka – jeho výstupní data jsou vlastně instrukcemi jiného programu,
- většina dnešních počítačů *téměř* odpovídá von Neumannově architektuře,
- problém: hůře se implementuje paralelismus a vícerozměrná data (používá se jen 2D paměť).

 *Odlišnosti současných počítačů od von Neumanna:*

- v jednom počítači může být více než jeden procesor, případně procesor s více jádry,
- v jednom okamžiku může být spuštěno více programů, dokonce jich může více běžet najednou (multitasking, multiprocessing),
- existují I/O zařízení, která jsou vstupně-výstupní (dotykové obrazovky, multifunkční zařízení, atd.),
- není nutné mít program v operační paměti celý, je možné zavést do paměti jen potřebnou část,
- virtuální paměť.

2.1.2 Harvardská architektura

Další architekturou, která má vztah k dnes běžným počítačovým architekturám, je Harvardské schéma. Název odvozen od počítače *Harvard MARK 1*, celý název IBM Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC), reléového počítače nulté generace na Harvardské univerzitě. MARK 1 přijímal program na děrné pásce a data na elektromechanickém médiu.

Rozdíl oproti von Neumannově architektuře:

- oddělení instrukcí programu od dat (separované paměti), tj. v různých paměťových prostorech s oddělenou adresací a oddělenými cestami na sběrnici do CPU
- nemožnost modifikovat instrukce

Harvardský koncept přináší mnohé výhody. Kromě větší bezpečnosti to taky znamená, že procesor může zároveň načítat data i instrukce, protože pro ně používá různé komunikační kanály.

 Od Harvardského schématu odvozujeme *Modifikovanou Harvardskou architekturu*. Oproti původní je přidána možnost zacházet s instrukcemi jako s údaji, tj. přenést část kódu do paměti určené pro data.

V současné době se Harvardská architektura (spíše v modifikované podobě) využívá například u profesionálních stanic pro zpracování audia/video.

2.1.3 Data-flow

V současné době existují i další koncepce, často orientované na specializované zpracování dat. Z nich můžeme jmenovat například Data-flow. O co jde?

- o následující instrukci rozhoduje nikoliv posloupnost instrukcí v programu, ale stav připravenosti dat k vykonání dané instrukce

- změna dat na jednom místě iniciuje změnu dat na dalších místech, často řetězcovou (závislosti buněk tabulky nebo závislosti paměťových míst)
- snadná implementace paralelismu

Architektura Data-flow se dnes využívá například v databázových systémech.

2.2 Instrukční a datové proudy – Flynnova taxonomie

Instrukční proud je proud instrukcí, který je přijímán výpočetní jednotkou (procesorem). *Datový proud* neobsahuje instrukce, ale data, jde tedy o proud dat.

 V souvislosti s počítačovými architekturami můžeme počítače rozdělit podle počtu instrukčních a datových proudů do čtyř skupin:

1. *SISD* (single instruction, single data) – jednoprocesorové
2. *SIMD* (single instruction, multiple data) – jedna instrukce se provádí na více datech zároveň (vektoru dat), vektorové počítače, zde patří některé superpočítače
3. *MISD* (multiple instruction, single data) – více instrukcí na stejných datech, řetězené procesory (pipeline processors)
4. *MIMD* (multiple instruction, multiple data) – víceprocesorové systémy:
 - multiprocessors – procesory (nebo jádra) sdílejí paměť, nutno řešit současné přístupy do paměti
 - multicomputers – procesory nesdílejí paměť, spolupracují jiným způsobem (například zasíláním zpráv), typický příklad jsou distribuované systémy

S těmito zkratkami se setkáme také u procesorů, když budeme probírat instrukční sady. Multimediální instrukční sady současných procesorů jsou typu SIMD, tedy jedna instrukce zpracovává celý vektor dat.

BIOS a zapnutí počítače

V této kapitole se podíváme na základní software každého osobního počítače – BIOS, a na proces zapnutí počítače.

3.1 BIOS

 **Firmware** je vlastní základní software (téměř) každého zařízení (základní deska, rozšiřující karty, pevný disk, tiskárna, apod.). Zařízení je firmwarem vybaveno již od výrobce, nachází se většinou na paměťovém čipu (ROM, EPROM, flash nebo podobném typu). V některých typech zařízení se firmwaru říká BIOS.

Firmware slouží k identifikaci zařízení a umožňuje toto zařízení správně používat. Je nutný ke zjištění správných ovladačů, které je třeba instalovat, s firmwarem pracují také nástroje na diagnostiku hardwaru.

Chyby ve firmwaru mohou způsobit chybovost zařízení, nedostupnost některých funkcí nebo mohou například zařízení zpomalit či zhoršit jeho komunikaci s jinými zařízeními v počítači.

 **BIOS** (Basic Input/Output System) základní desky je systém, který zajišťuje základní funkce počítače, obvykle ve vztahu ke komunikaci s perifériemi. Jedná se o základní firmware počítače (resp. rozhraní k firmwaru jednotlivých zařízení), jednoduché softwarové rozhraní k hardwaru počítače. Firmwaru jiných komponent se také někdy říká BIOS, můžeme například slyšet pojem „BIOS grafické karty“.

BIOS je uložen v paměti (na čipu) typu ROM, EEPROM nebo flash PROM. Pokud se jedná o BIOS základní desky (tj. její firmware), čip s ním najdeme na základní desce. Pracuje s konfigurací počítače uloženou v CMOS RAM paměti napájené z baterie (čip i baterie jsou na základní desce) nebo flash PROM.

BIOS základní desky je dnes obvykle používán při startu počítače a inicializaci zařízení, pak je odstaven operačním systémem, protože jeho schopnosti přístupu k novějším zařízením jsou nedostačující. Má zastaralou architekturu, setkáváme se s problémy u přístupu k zařízením (například kapacita), problémy s distribuovanými HW prostředím, a navíc se těžko rozšiřuje.

Nejznámější výrobci BIOSu:

- AMI (American Megatrends) – AMI BIOS
- Award-Phoenix – Award BIOS a Phoenix BIOS

Ovladače komponent
Konfigurace základní desky (CMOS)
„Holý“ BIOS, základní konfigurace

Obrázek 3.1: Struktura BIOSu

- další – Insyde, General Software
- Open BIOS – volně šiřitelný včetně zdrojového kódu (pod GNU GPL), lze volně upravovat

 **BIOS Setup** je speciální program na nastavení voleb související s funkcemi BIOSu, který je možné spustit v krátkém časovém okamžiku mezi testováním hardwarových komponent po zapnutí počítače a spuštěním operačního systému. V tomto okamžiku se dole na obrazovce objeví výzva („Press DEL to enter Setup“, případně jiná klávesa – F2, F1, CTRL+ALT+ESC, CTRL+ESC, atd.). Pracujeme v textovém, pseudografickém režimu, používáme anglickou klávesnici.

Možnosti nastavení jsou různé pro různé BIOSy, například:

- nastavení data a času, zobrazení informací o připojeném hardwaru,
- nastavení posloupnosti bootování zařízení, nastavení některých vlastností zařízení včetně procesoru,
- režim ACPI (menu se nejčastěji jmenuje „Power Management Setup“)
- zapnutí komunikačních portů (COM, LPT, USB), podpora RAID, IR, nastavení hesla, a další

 **SMBIOS** (System Management BIOS) je specifikace pro datové struktury a přístupové metody k nim, týkající se údajů o počítači. Jde o implementaci možnosti softwarového přístupu aplikací k těmto informacím.

3.2 Zapnutí počítače

Popíšeme si, co se děje při zapnutí počítače. Nejdřív je spuštěn BIOS:

1. vynuluje registry procesoru
2. nastaví registr programový čítač na adresu, na které se nachází BIOS (pro IBM kompatibilní je to obvykle adresa v segmentu začínajícím na adrese F000h)
3. takto se spustí BIOS

BIOS spustí test *POST* (Power-On Self-Test), který postupně kontroluje fyzický stav a připojení jednotlivých hardwarových komponent k základní desce.

1. nejdřív je zkontrolován procesor, protože hraje velkou roli v dalších testech (tyto testy jsou složeny z instrukcí, které provádí procesor)
2. pak je prověřen samotný test POST
3. přes sběrnici POST kontroluje veškeré obvody a zjišťuje, zda jsou provozuschopné
4. kontrola časovače (timeru)

5. kontrola videopaměti, pak je videopaměť připojena do paměťového fondu a adresována, začíná fungovat obrazovka a na ni se vypisují hlášení o všech následujících testech
6. kontrola paměťových modulů
7. kontrola klávesnice, začínají fungovat klávesy a je možné se například dostat do BIOS Setup (klávesa se liší podle typu BIOSu)
8. kontrola dalších zařízení (ATA, SATA, USB, atd.); pokud zařízení obsahuje vlastní BIOS (třeba karty řadičů disků), je tento BIOS začleněn do hlavního BIOSu

Po testu POST je již zjištěna hardwarová konfigurace systému. V BIOSu (CMOS paměti) je jako součást konfigurace uložena posloupnost paměťových médií, ze kterých je povoleno zavést operační systém (pevný disk, CD, DVD, disketa, flash disk, apod.). První médium ze seznamu, na kterém je funkční operační systém, je použito pro zavedení operačního systému (ovšem nemusí jít zrovna o zavaděč operačního systému, ale třeba jen o *boot managera*, který umožní uživateli rozhodnout se mezi několika operačními systémy). Postup je následující:

1. BIOS spustí základní zaváděcí program „bootstrap loader“
2. bootstrap loader postupně prověřuje paměťová média z této posloupnosti a zvolí první, ze kterého lze zavést systém
3. bootstrap loader najde *zaváděcí záznam* na tomto médiu a předá mu řízení (ntfs loader, LILO, GRUB, atd.)
4. dále již pracuje zaváděcí záznam příslušného operačního systému instalovaného na paměťovém zařízení

 Systém může nastartovat dvěma způsoby:

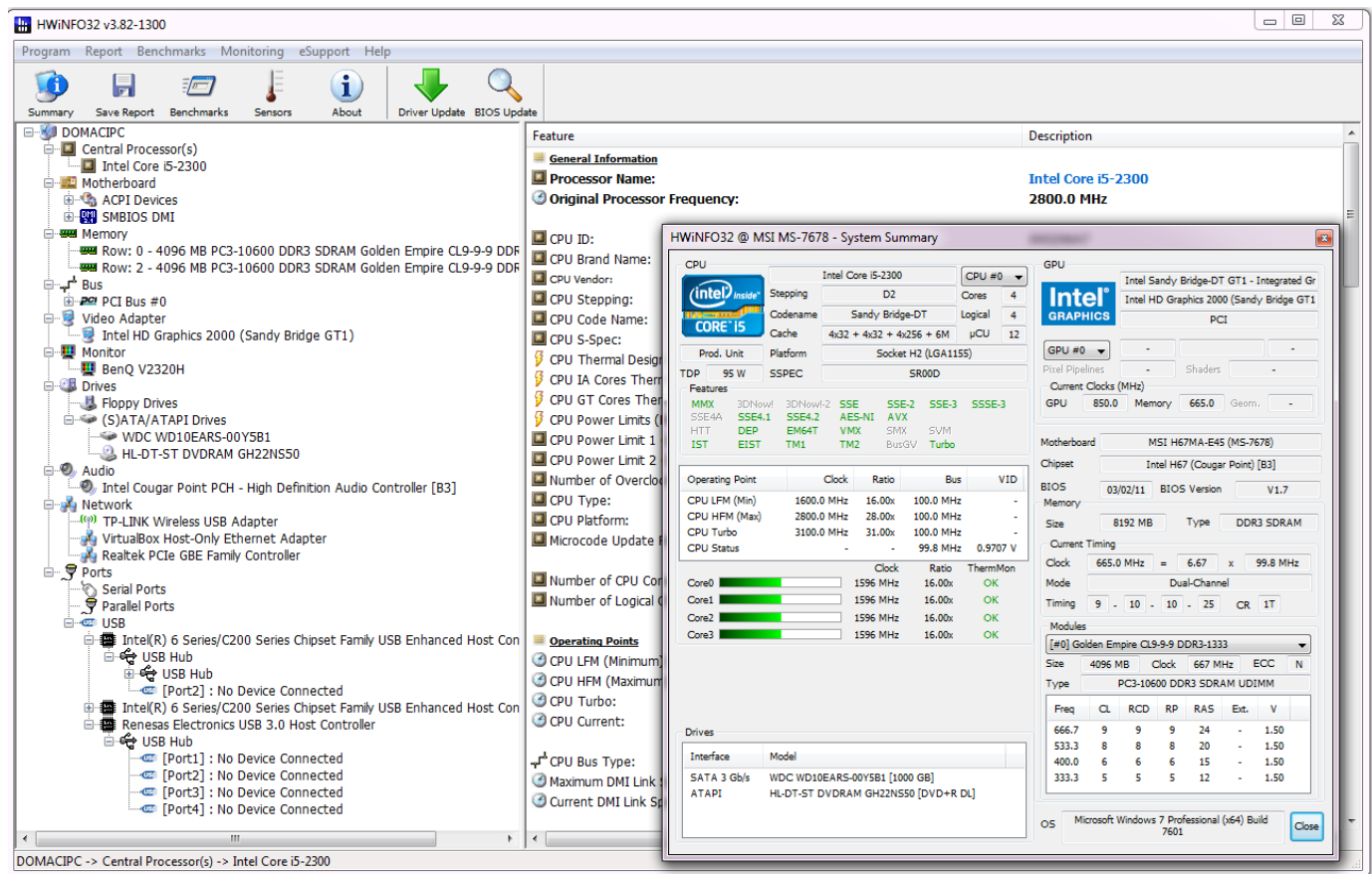
1. *Studený start* – po připojení počítače k elektrické síti (resp. po přivedení napětí k počítači), platí vše výše uvedené
2. *Teplý start* – po stisknutí CTRL+ALT+DEL a potvrzení restartu (správněji resetu); šetrnější ke komponentám počítače, POST neproběhne



Další informace:

To, které komponenty počítače byly zjištěny a rozpoznány, je možné zjistit celkem jednoduše pomocí různých nástrojů. Přímou ve Windows máme *Systémové informace* (můžeme spustit příkazem `msinfo32`, a nebo se k nim doklikat přes tlačítko Start). Lepší jsou však nástroje třetích stran, například velmi oblíbený program HWInfo32 nebo HWInfo64 (podle naší hardwarové platformy) zdarma dostupný na webu <http://www.hwinfo.com/>.





Obrázek 3.2: Zjištění informací o komponentách v HWInfo32

3.3 EFI

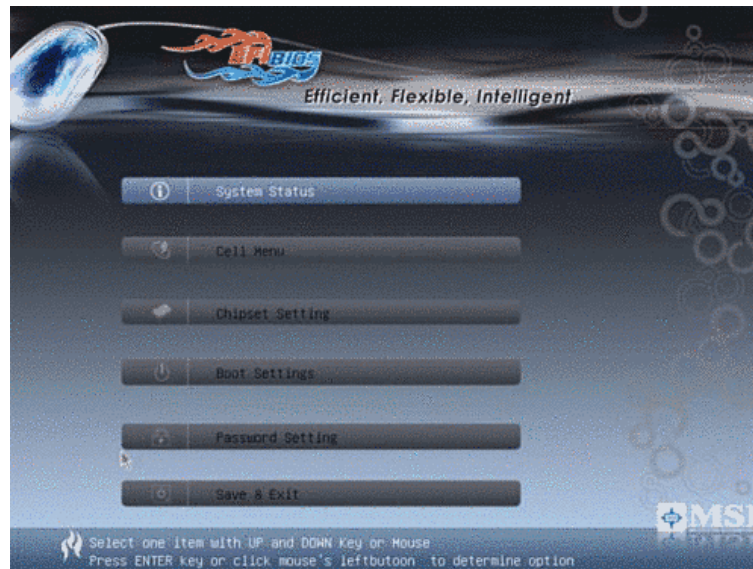
EFI (Extensible Firmware Interface) je následovník BIOSu s otevřeným kódem. Z nejdůležitějších vlastností:

- podpora 64bitových systémů (vznikl původně pro Itanium)
- jednoduchý, snadno konfigurovatelný, grafické rozhraní, snadné přetaktování
- starší, již dávno existující EFI, má textové rozhraní ve formě shellu (EFI shell), používalo se už u prvních Itanií a v historii u některých sálových počítačů a serverů
- vlastní koncepce ovladačů
- v novější specifikaci obsahuje podporu šifrování a autentifikace po síti
- nevýhoda: psán v C, proto je velikost kódu EFI mnohem větší než u BIOSu, na základní desce musí být flash o větší kapacitě

 Existuje více variant EFI. Nejznámější jsou

- EFI (firmy MSI, Intel a další), funguje například na intelovských počítačích s MacOS X

- UEFI (Unified Extensible Firmware Interface) – novější varianta EFI, na vývoji spolupracuje konsorcium firem (Intel, AMD, Apple, ARM, Phoenix, AML, atd.), dnes se setkáme většinou právě s UEFI
- Aptio (od American Megatrends, výrobce AMI BIOSu)

Obrázek 3.3: EFI od MSI¹

 Firma Asustek dodává s mnoha svými notebooky Asus (se základní deskou podporující technologii SplashTop) obdobu EFI, *Express Gate*. Ve skutečnosti jde o nástavbu BIOSu (tj. starý textový BIOS existuje) založenou na Linuxu, do Express Gate se dostaneme stisknutím speciálního tlačítka (na notebooku většinou na opačné straně než kde je tlačítko na běžné zapnutí notebooku). Fyzicky je Express Gate uložen ve flash paměti na základní desce (bývá napevno připájen) a je možné ho aktualizovat z Windows nebo přímo z Express Gate, komunikuje přes USB rozhraní.

Narozdíl od načítání celého systému můžeme pracovat přibližně za 8 sekund po stisknutí příslušného tlačítka. Je k dispozici přístup na výměnná zařízení (například USB flash disk), v omezené míře na pevný disk, internetový prohlížeč, prohlížeč obrázků a videa, atd.

3.3.1 Zařízení

Ovladače zařízení existují už ve vrstvě EFI, důsledkem je lepší přístup k zařízení bez asistence operačního systému. Kromě binárního kódu procesoru se počítá s platformně nezávislou kompilací ovladačů na způsob byte code u Javy (EFI Byte Code – EBC), díky které je možné psát ovladače ve vyšších programovacích jazycích (nejen v Assembleru). Důsledkem je také možnost zabudovat do EFI vzdálenou správu zařízení (kvůli zásahům do konfigurace zařízení a některým dalším aktivitám není nutné vzdáleně spouštět operační systém).

¹Zdroj: <http://www.hexus.net/content/item.php?item=11285>.

Disky – EFI pracuje s rozdělením disku typu *GUID Partition Table* (GPT) místo zastaralého MBR. Důsledkem je nemožnost používat EFI na dnes nejběžnějších typech počítačů, ale na druhou stranu odpadají problémy, které měl BIOS s většími disky (jako je problém 1024 cylindrů), používá se 64bitové adresování.

3.3.2 Ovládání EFI

EFI má grafické rozhraní podobné Windows, tlačítka, ovládání myši. Sítové rozhraní je dostupné už v rámci EFI, proto je možné přímo z rozhraní provádět po síti aktualizace.

 Mnoho operací lze provádět v *EFI shellu* – mj. práce se soubory a adresáři, přístup na síť, používání .nsh skriptů.

 *Pre-boot aplikace*

- = drobné aplikace spustitelné přímo z EFI, nainstalované na základní desce nebo na skrytém oddílu pevného disku
- diagnostické programy, zálohování, konfigurace BIOSu, zavedení OS, u některých výrobců se počítá i s drobnějšími multimediálními programy (prohlížení obrázků, přehrávání hudby, omezená práce s protokolem POP3, apod.)

3.3.3 Operační systémy

Aby na počítači mohl být používán EFI, musí být podporován také operačním systémem.

- Windows – pro desktop od Vista SP1, některé varianty Windows 2000 Server, novější verze Windows Server (2003, 2008), Windows XP 64bit
- Linux – verze asi od roku 2000, záleží na jádře (u jader 2.6.x obvykle není problém)
- MacOS X – od přechodu na Intel
- ostatní unixové systémy – různě, většinou podpora začíná v letech 2002–2005

 **Využití EFI při instalaci systému** je praktické při častých reinstalacích (kteréhokoliv) operačního systému, například v počítačových učebnách nebo na firemních počítačích:

- bez EFI: lze využít BootROM (na síťové kartě) nebo předinstalovaný některý malý unixový systém, také je tak možné u prodejce ověřit, že je hardware v pořádku
- s EFI: stažení ovladačů a přeinstalování není problém včetně vzdáleného ovládání a automatizace tohoto procesu



Další informace:

- http://en.wikipedia.org/wiki/Extensible_Firmware_Interface
- <http://www.uefi.org>
- <http://www.intel.com/technology/efi>
- <http://www.ami.com/apio/>
- <http://www.virtualization.info/2007/10/bios-leader-phoenix-working-on-its-own.html>
- <http://support.microsoft.com/kb/930061> (Unified Extended Firmware Interface Support in Windows Vista)



3.4 Upgrade firmwaru (BIOSu)

Může se stát, že BIOS (obecně firmware) je potřeba aktualizovat (provést upgrade). Důvody mohou být různé – v lepším případě chceme vylepšit komunikaci systému s příslušným kusem hardwaru (třeba přidat nové funkce tiskárny², přidat podporu pro jiný operační systém (nebo novou verzi) nebo zrychlit komunikaci se zařízením), v horším případě je třeba odstranit chyby firmwaru.

Některé chyby firmwaru mohou naštvat, jiné dokonce znamenají velké problémy. Notoricky se chyby objevují například ve firmwaru síťových zařízení (třeba ADSL routerů). Zapojíme a nakonfigurujeme zařízení a pak zjistíme, že zrovna s naší konfigurací operačního systému nekomunikuje, že firewall reaguje v některých případech naprosto nečekaně a nedá se to změnit, že router vydává velmi nepříjemný zvuk či se hodně zahřívá, že lze použít jen WEP šifrování a WPA či dokonce WPA2 není dostupné, atd. U tiskárny se dvěma zásobníky papíru můžeme například zjistit, že jeden z nich funguje jen tehdy, když druhý není prázdný, u tiskárny se taky může stát, že když dojde papír v zásobníku, tiskárna pořád odmítá tisknout i po doplnění papíru i po restartu tiskárny (tady obvykle pomůže restart celého počítače), apod.

Nebezpečná chyba se objevila například ve firmwaru hybridních automobilů Toyota Prius (v letech 2004–05, v moderních automobilech totiž taky tepe počítačové srdce). Při běhu na benzinový motor se občas stalo, že se motor náhle zastavil při rychlosti něco mezi 50 a 100 km/h. U automobilu BMW 745i (u některých kusů) docházelo k „násilnému“ zastavení vozidla, pokud bylo v nádrži méně než třetina objemu pohonných hmot.

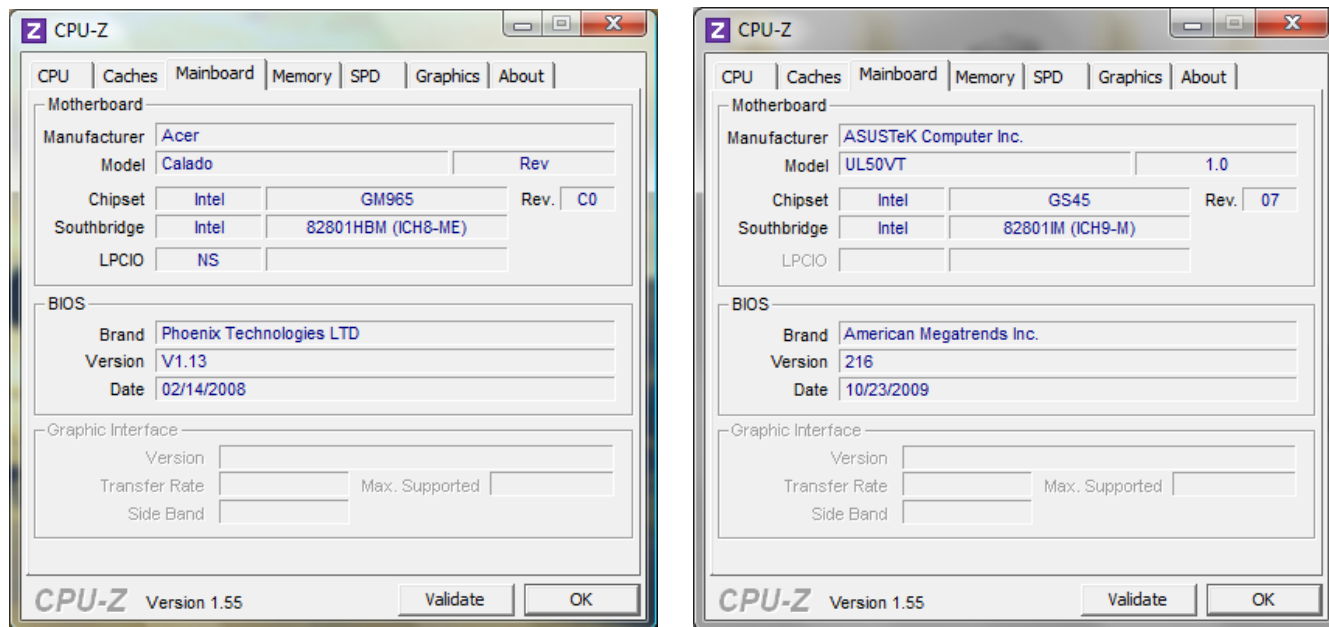
Na začátku roku 2009 doporučila firma Seagate svým zákazníkům (pevný disk Seagate Barracuda 7200.11), aby provedli upgrade firmwaru tohoto disku. Bohužel tento upgrade obsahoval chybu, která způsobila trvalé zablokování přístupu k disku. Pro firmu Seagate byla tato chyba poměrně drahá (všem postiženým uživatelům zaplatila odškodné).

Někdy je třeba upgradovat firmware (BIOS), ale měli bychom vědět, že tato operace s sebou nese jisté nebezpečí. Při upgradu může dojít k poškození dat, operačního systému, ale v nejhorším případě i k poškození zařízení (jak jsme četli o odstavci výše). Tedy postup je takový (předpokládáme upgrade BIOSu základní desky):

- zálohujeme vše, co je nám drahé (hlavně data),
- zjistíme přesný typ základní desky (ideálně některým nástrojem, který dokáže dobře zjistit podrobnosti o našem hardwaru, třeba CPU-Z od firmy CPUID³ (vidíme na obrázku 3.4),
- najdeme stránky výrobce základní desky a tam zadáme takto zjištěný typ desky,
- na stránkách výrobce si najdeme přesný postup upgradu, tento postup se u různých výrobců (a taky desek) může lišit, postup je dobré si někde poznamenat nebo lépe vytisknout (tento postup taky obvykle najdeme v dokumentaci k základní desce),

²Můžeme se setkat se zařízeními, která již fyzicky podporují některou novou funkci, ale protože si výrobce ještě není jist skutečným dopadem této funkce nebo ji ještě nemá zahrnutu ve firmwaru zařízení, uživatel se k dané funkci nedostane. Proto upgrade firmwaru může někdy znamenat zpřístupnění nových funkcí zařízení – tato funkce je v zařízení fyzicky implementována, upgrade k ní jen otevře přístup.

³CPU-Z získáme například na <http://www.cpubid.com/>. Dejte pozor během instalace, budete přesvědčováni k přesměrování domovské stránky v prohlížeči a k instalaci další lišty do prohlížeče – obojí odmítněte (jsou to celkem 3 zaškrťovací políčka).



Obrázek 3.4: Zjistění typu základní desky v nástroji CPU-Z, na 2 různých strojích

- dále většinou následuje stáhnutí souboru s aktualizací (často mívá příponu .ROM), uložení na USB flash disk a pak dle pokynů výrobce jeho instalace.



Příklad 3.1

Na obrázku 3.4 vidíme údaje o základní desce a BIOSu na třech různých počítačích s různými verzemi Windows. V prvním a třetím případě jde o AMI BIOS, v druhém případě Phoenix.

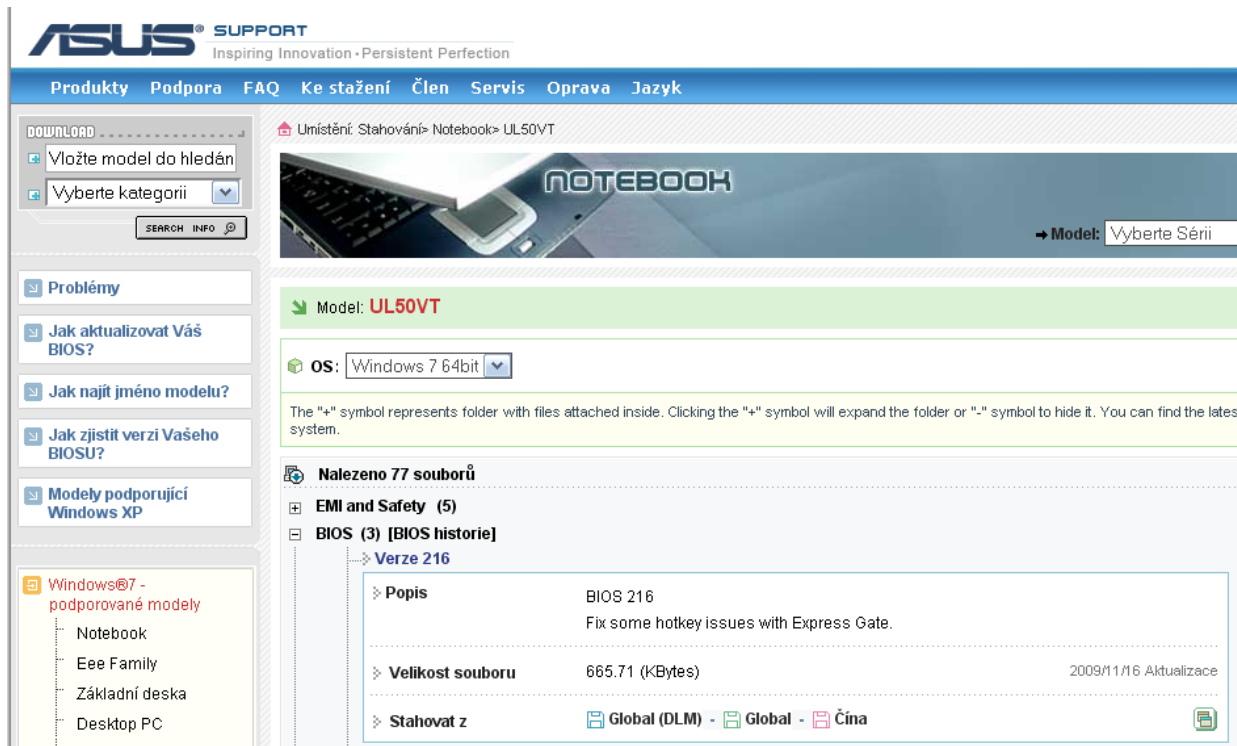
V prvním případě (starý levný počítač s Windows XP) bychom o upgradu BIOSu rozhodně neměli uvažovat (těžko říct, jestli by to vůbec šlo), už proto, že jde o „noname“, neznáme výrobce.

V druhém případě jde o notebook od výrobce Acer, v třetím od výrobce Asustek (značka Asus). Podíváme se na upgrade BIOSu pro notebook Asus. Na <http://support.asus.com> zadáme do vyhledávacího pole nalezený typ desky (UL50VT, ale taky můžeme postupovat výběrem v rozbalovacích menu). Jsme dotázáni na operační systém (zadáme například Windows 7 64bit), pak získáme seznam všech možných upgradů pro tento model základní desky. Vybereme to, co potřebujeme, stáhneme. Na obrázku 3.5 vidíme stránku s aktuálním upgradem.

Všimněte si položky *Jak aktualizovat váš BIOS?* – tam najdeme veškeré potřebné návody. Je možné, že mezi návody nenajdeme návod pro naši základní desku. Pak zbývá podívat se po dokumentaci, kterou jsme dostali zároveň se základní deskou (resp. s počítačem), tam postup většinou najdeme taky.



Existují základní desky, které kromě jednoho čipu s BIOSem mají ještě záložní BIOS (na vedlejším čipu). Takové desky jsou velmi praktické pro člověka, který často upgraduje BIOS, a samozřejmě jsou přiměřeně dražší.



Obrázek 3.5: Stažení upgrade BIOSu na notebooku Asus

**Další informace:**

- Praktické rady o upgradu AMI a Award BIOSu
<http://biosman.com/biosrecovery.html>
- Seriál o BIOSu na SvětHardware
http://www.svethardware.cz/theme_doc-E0134E73EE970A4BC125747100209659.html



Rozhraní a konektory

V této kapitole se podíváme na rozhraní, se kterými se můžeme v počítači setkat. Rozhraní mohou být sériová nebo paralelní – sériové rozhraní přijímá data sekvenčně (jeden bit za druhým), paralelní rozhraní přijímá vždy určitý blok dat o stanovené velikosti najednou (podle šířky komunikační cesty). Při jinak stejné technologii jsou sériová rozhraní pomalejší, ale univerzálnější, snadněji rozšiřitelná a dobře programovatelná, proto se v mnoha oblastech přechází od paralelních k sériovým rozhráním.

4.1 Univerzální rozhraní

4.1.1 USB

USB (Universal Serial Bus) je univerzální *sériové* rozhraní určené pro připojení externích komponent k základní desce. Obvykle je realizováno pomocí integrovaného řadiče na základní desce.

Existuje v několika verzích, které se odlišují podle přenosové rychlosti (tabulka 4.1 na straně 24).

Další (zatím očekávaná) je verze 3.1, kompatibilní zařízení by se měla objevit v průběhu roku 2014.

 Rozhraní USB má tyto vlastnosti:

- velmi nízká cena řadičů
- závislost přenosové rychlosti na rychlosti a vytížení procesorové jednotky
- vysoká kompatibilita zařízení (obvykle není problém s ovladači USB zařízení)
- připojovaná zařízení se zapojují stylem Plug and Play
- kapacita až 127 zařízení (ovšem včetně rozbočovačů)

Topologie USB je založena na *USB rozbočovačích* (HUB), které zároveň pracují jako opakováče (repeater – zesiluje signál). V počítači je dnes obvykle více USB rozbočovačů, aby bylo možné vyvést více USB konektorů (host controller).

 Rychlost je závislá nejen na limitech technologie, ale také na množství rozbočovačů na cestě, délce kabelu a také na konstrukci samotného zařízení.

¹Zdroj: <http://www.l-com.com/Content/FAQ.aspx?Type=FAQ&ID=4889>



Ozn.	Verze 1.1		Verze 2.0		Verze 3.0		Verze 3.1	
	<i>propustnost</i>	<i>rychlost</i>	<i>propustnost</i>	<i>rychlost</i>	<i>propustnost</i>	<i>rychlost</i>	<i>propustnost</i>	<i>rychlost</i>
Low speed	1.5 Mbit/s (0.2 MB/s)	0.18 MB/s	1.5 Mbit/s (0.2 MB/s)	0.18 MB/s				
Full speed	12 Mbit/s (1.5 MB/s)	1.1 MB/s	12 Mbit/s (1.5 MB/s)	1.1 MB/s				
High speed			480 Mbit/s (60 MB/s)	30 MB/s				
Super speed					4.8 Gbit/s (600 MB/s)	300 MB/s		
Super speed+							10 Gbit/s (1200 MB/s)	?

Tabulka 4.1: Verze USB – teoretická propustnost a reálná rychlost

U specifikace USB 3.0 se původně počítalo s propustností až 5 Gbit/s, ale v praxi se této propustnosti nedaří dosahovat, bylo dosaženo rychlosti sotva poloviční. USB ve verzi 3.1 má mít teoretickou propustnost až 10 Gbit/s.

 Napájení i data jsou vedena *společným kabelem* (samozřejmě zvlášť v různých vodičích), uvnitř jde o kroucené dvojlinky (pro redukci přeslechů), délka kabelu max. 5 m. Datové vodiče jsou u USB 2.0 dva, společně pro všechny rychlosti (i s napájecími tedy celkem 4 vodiče).

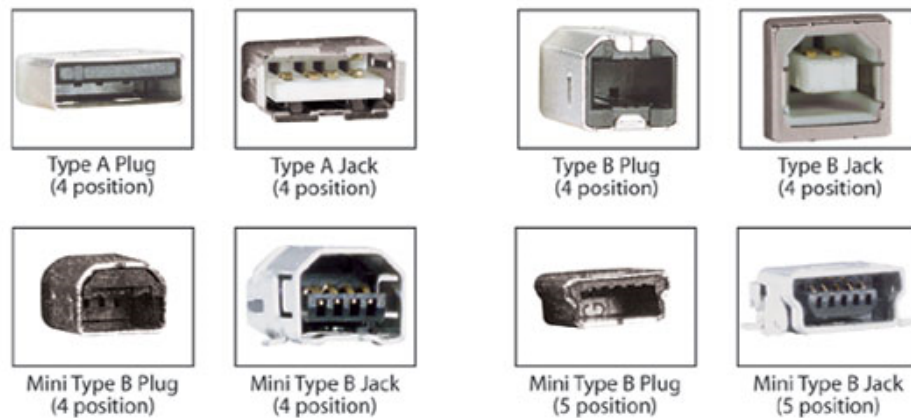
U specifikace USB 3.0 je počet datových vodičů navýšen – z důvodu zpětné kompatibility zůstávají dva pro nižší rychlosti, pro rychlost SuperSpeed byly přidány další čtyři (takže 6 datových a 2 napájecí).

 Zařízení s nižšími nároky (fotoaparát, modem apod. – do 100 mA, u novějších počítačů až 500 mA, USB 3.0 až 900 mA) jsou napájena přímo z USB kabelu, zařízení s vyššími nároky (scanner) mají vlastní napájení. Zařízení napájená z USB kabelu však nemusejí být správně rozpoznána, pokud jsou zcela vybitá (např. fotoaparát) – platí pro USB do verze 2.0 včetně. Od verze 3.0 by měl být tento problém vyřešen.

 Pro USB konektory existuje více různých *standardů*, viz obr. 4.1. Dále se můžeme setkat s proprietárními řešeními, která jsou nekompatibilní s ostatními – zřejmě jde o snahu výrobců nepouštět tu část trhu, kterou dříve získali. Existují odlišnosti mezi konektory pro různé verze USB, ale je kladen důraz na zpětnou kompatibilitu, proto do novějšího rozhraní (třeba 3.0) bez problémů zasuneme starší zařízení (podle USB 2.0).

Nejobvyklejší je standard A. Setkáváme se s ním u USB pamětí a především tam, kde jde o to spíše tahat data ze zařízení do počítače nebo oběma směry (typicky je konektor A na počítačích nebo některých síťových prvcích). Standard B bývá použit u zařízení, kde se spíše počítá s přesunem dat směrem z počítače

²Zdroje: <http://thecoolgadgets.com/usb-3-0-peripheral-dev-kit/>,
<http://www.legitreviews.com/article/1150/1/>,
<http://www.slashgear.com/ces-2008-usb-30-superspeed-connectors-revealed-099539/>

Obrázek 4.1: Různé typy USB konektorů¹Obrázek 4.2: Konektory USB 3.0 typu A a B, zásuvka USB 3.0²

do zařízení, třeba u USB tiskáren. Mini a mikro varianty standardů jsou běžné u PDA, mobilních telefonů a některých digitálních kamer.

 *USB mass storage* je standard pro paměťová zařízení připojovaná k USB definovaný sdružením USB Implementers Forum. V operačním systému, který tento standard podporuje, lze USB zařízení připojit jako diskovou jednotku (diskový oddíl). Jde obvykle o USB flash disky, externí disky s USB rozhraním nebo některé digitální fotoaparáty. Reálně jde o sadu komunikačních protokolů, které jsou v daném operačním systému podporovány.

Problematika USB mass storage souvisí také s možností *bootovatelnosti USB zařízení* (tj. máme USB flash disk s operačním systémem a chceme, aby při startu počítače najel OS z tohoto flash disku místo z pevného disku v počítači). Aby mohlo být USB zařízení použito tímto způsobem, musí být příslušný standard podporován také BIOSem, resp. základní deskou. Podporu poznáme snadno v BIOS Setup, podle seznamu možných paměťových zařízení pro zavedení systému. Problém bývá především s USB 3.0, BIOS zatím (alespoň u většiny základních desek) nepodporuje bootování přes rozhraní USB 3.0.

 *Rozdíl* mezi verzemi 1.1 a 2.0 je především v rychlosti (konektory jsou stejné), ale rozdílů mezi verzemi 2.0 a 3.0 je výrazně více. Kromě rychlosti (správněji propustnosti) na první pohled vidíme také odlišnost

Zásuvka	Konektor							
	2.0				3.0			
	Std A	Std B	Micro A	Micro B	Std A	Std B	Micro A	Micro B
2.0 Std A	✓				✓			
2.0 Std B		✓						
2.0 Micro AB			✓	✓				
2.0 Micro B				✓				
3.0 Std A	✓				✓			
3.0 Std B		✓				✓		
3.0 Micro AB			✓	✓			✓	✓
3.0 Micro B				✓				✓

Tabulka 4.2: Kompatibilita verzí USB

v konstrukci konektorů (viz obrázek 4.2). Obvykle platí, že konektor zařízení USB 2.0 lze zasunout do zásuvky 3.0, ale samozřejmě nemůžeme očekávat propustnost v hodnotách SuperSpeed. Naopak už to nemusí platit (především konektor 3.0 typu B do zásuvky 2.0 nevměstáme). Pro verzi 3.0 se obvykle používá modrá barva, ale bohužel se někdy setkáme s deskami, kde je více modrých USB zásuvek, ale ne všechny zvládají SuperSpeed (to zjistíme v dokumentaci základní desky).

Existují i další rozdíly. Především řadič USB 3.0 již dokáže komunikovat se zařízeními jednotlivě (řadič 2.0 nedokázal rozlišit jednotlivá připojená zařízení), což znamená vylepšení správy napájení připojených zařízení (nekomunikující zařízení lze dokonce automaticky odpojit, aby neodebíralo žádný proud) a dokonce existují tři *úsporné režimy*. V USB 2.0 se data přenášejí v tzv. polovičním duplexu (tj. v jeden okamžik lze přenášet jen jedním směrem), v USB 3.0 již v plném duplexu (lze komunikovat v obou směrech současně).

**Poznámka:**

Pokud chceme využívat zařízení s konektorem USB 3.0 v rychlosti SuperSpeed, ale náš počítač toto rozhraní nepodporuje, máme několik možností. Existují například rozšiřující karty do slotu PCIe, to je zřejmě nejlepší řešení (jsme sice omezeni rychlostí rozhraní PCIe, ale rozdíl není tak velký). Dále je možné sehnat PCI karty, ale tam je degradace rychlosti taková, že to ani nemá cenu. Pro notebooky je možné pořídit ExpressCard kartu s rozhraním USB, kde je degradace rychlosti v uspokojivých mezích. V tabulce 4.2 najdeme informace o kompatibilitě mezi USB zásuvkami (v počítači apod. – řádky) a USB konektory (sloupce) různých verzí.



 Nyní k verzi 3.1. Zatímco na verzi 3.0 jsme čekali neúměrně dlouho (byla představena roku 2008, základní desky s čipem implementujícím 3.0 se však objevily až roku 2011, dodnes se nedá říct, že by tato verze byla dostatečně rozšířená), u verze 3.1 by se to stát nemělo.

Zatímco u verze 3.0 jsme se setkali s označením *SuperSpeed*, u 3.1 to je *SuperSpeed+*. Propustnost je dvojnásobná z důvodu zvýšení přenosové frekvence z 5 GHz na 10 GHz, mění se také kódování na fyzické

vrstvě. Počet vodičů v kabelu zůstává stejný, ale požadavky na provedení kabelu jsou přísnější (útlum, stínění vodičů apod.), přesto je kvalita signálu garantována jen do délky 1 m (bez opakovače). *Standard USB-AV* definuje přenos multimediálních dat (hudba, video), což byl logický krok, protože propustnost zařízení se blíží HDMI 1.4 (ale DisplayPort je na tom mírně lépe).

Rozhraní	Teor. propustnost	Max. počet zařízení	Max. délka kabelu na zařízení
USB 2.0	až 60 MB/s	127	5 m
USB 3.0	až 600 MB/s	127	3 m
USB 3.1	až 1200 MB/s	127	1 m
FireWire 800	až 100 MB/s	63	4,5 m
eSATA	až 300 MB/s	1	1 m
Thunderbolt	až 1200 MB/s	7	3 m
Thunderbolt 2	až 2400 MB/s	7	3 m
Gbit Ethernet	až 125 MB/s	1	100 m

Tabulka 4.3: Srovnání některých parametrů univerzálních rozhraní (Zdroj: Chip 02/2014)

 Změny jsou také ve správě napájení. Narozdíl od předchozích verzí existuje 5 různých profilů:

- USB 2.0 – napětí 5 V, proud do 0.5 A, výkon 2.5 W
- USB 3.0 – napětí 5 V, proud do 0.9 A, výkon 4.5 W
- USB 3.1 – více profilů, jejich seznam vidíme v tabulce 4.4.

USB 3.1 Profil	Napětí	Proud	Výkon	Určení
Profil 1	5 V	2.0 A	10 W	Smartphony
Profil 2	5 V	2.0 A	10 W	Tablety
	12 V	1.5 A	18 W	
Profil 3	5 V	2.0 A	10 W	Ultrabooky
	12 V	3 A	36 W	
Profil 4	5 V	2.0 A	10 W	Notebooky, hub
	12 V	3.0 A	36 W	
	20 V	3.0 A	60 W	
Profil 5	5 V	2.0 A	10 W	Počítače, dokovací stanice
	12 V	5.0 A	60 W	
	20 V	5.0 A	100 W	

Tabulka 4.4: Profily napájení v USB 3.1



Další informace:

Vcelku podrobný článek najdeme v časopise Chip 02/2014 od strany 112 (Mandau, Marcus. *USB 3.1 přinese ještě větší rychlost*), a dále na internetu.



 Rozhraní USB má vlastnost *hot-plug* (tj. může se připojovat za běhu počítače), přitom je napájeno ze stejného kabelu, kterým se vedou data (jen jinými vodiči v tomto kabelu) a zároveň piny vodičů v konektoru (to jsou ty pozlacené podlouhlé plošky) jsou poměrně blízko u sebe. Důsledkem je, že bychom si měli dávat pozor při odpojování zařízení. Nejdřív je třeba zařízení odpojit softwarově (všechny operační systémy nabízejí možnost „bezpečného odpojení“, dokonce i Windows) a pak teprve hardwarově (vysunout).



Poznámka:

Jaké mohou být důsledky, pokud USB flash disk vytáhneme bez softwarového odpojení?

- Aby nedocházelo ke zbytečnému opotřebovávání flash čipu (viz kap. 8.7 o Flash pamětech, str. 171), používá se *cache paměť* (mezipaměť). To, co chceme uložit na flash disk, se nejdřív „kompletuje“ v cache paměti a až po určité době je fyzicky zapsáno na flash disk. Pokud flash disk vysuneme před dokončením finálního zápisu, přijdeme o data. V nejhorším případě mohou být data zapsána jen částečně, paměť by byla v nekonzistentním stavu.
- V USB konektoru jsou piny napájecích a datových vodičů velmi blízko u sebe (USB 2.0 konektor typu A má celkem 4 piny – krajní dva pro napájení, kde levý je pod napětím 5 V, pravý je uzemnění, prostřední vedou data). Pokud vysouváme flash disk, který je ještě pod proudem (protože jsme ho softwarově neodpojili), může dojít ke zkratu mezi napájecím a datovým vodičem a hrozí „usmažení“ flash čipu. Pravděpodobnost něčeho takového je sice malá, ale nikoliv nulová.

Z toho vyplývá, že možnost softwarového bezpečného odebrání flash zařízení bychom rozhodně měli používat.



Poznámka:

Ve Windows Vista/7/Server 2008 a novějších je ještě jedna zrada, která se týká právě problému s napájením. Tyto verze Windows totiž bývají často konfigurovány tak, že při softwarovém odpojení nedojde k odpojení napájení. Flash disk sice pak není viditelný ani přístupný, ale neustále zůstává pod proudem. Důvodem je údajně rychlejší znovupřipojení paměti, ale stojí za úvahu, zda je něco takového nutné (když něco odpojujeme, zřejmě to v nejbližších minutách nebudeme znovu připojovat). To můžeme upravit úpravou v registru (ale pozor, každou úpravu v registru bychom si měli dvakrát rozmyslet a vždy postupovat s největší opatrností). Najdeme klíč `HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\services\usbhub\hubg`, klepneme pravým tlačítkem myši v pravém podokně, vytvoříme novou hodnotu typu `DWORD` (32bit), nazveme `DisableOnSoftRemove` a nastavíme na „1“.



 **USB OTG** (USB On-The-Go) je pojem v poslední době hodně zmiňovaný především u mobilních zařízení. Oficiálně se jedná o dodatek ke standardu USB přidávající možnost peer-to-peer komunikace mezi periferními zařízeními přes rozhraní USB bez nutnosti intervence počítače či jiného výpočetního systému (Fire-Wire to umožňuje v základu, ale USB to ve specifikaci přímo nemá). Ve skutečnosti se nejedná přímo

o peer-to-peer komunikaci, ale umožňuje dotyčnému zařízení chovat se jako Master nebo Slave podle potřeby (jinak bývá Masterem počítač s plnohodnotným USB řadičem) – Master iniciuje a řídí komunikaci, má hlavní řídicí roli a např. také poskytuje napájení.

V čem je přínos OTG pro běžného uživatele, proč je dobré tuto vlastnost vyžadovat? Běžná malá mobilní zařízení (smartphony, tablety, MP3 přehrávače, navigace apod.) bývají většinou osazena levným malým USB mikrořadičem (USB microcontroller) místo plnohodnotného (který máme ve větších zařízeních), a mikrořadiče bez OTG nedokážou pracovat v režimu Master, mohou být jen Slave. V praxi to znamená, že sice není problém připojit mobil k počítači (mobil je Slave, počítač je Master), ale zato je problém připojit externí disk (příp. s konektorovou redukcí na Mini USB) k mobilu – externí disk je vždy Slave, a pokud mobil dokáže být jen Slave, kdo bude Master? Proto pokud máme mobilní zařízení, které podporuje OTG, můžeme k němu připojit periferie (které jsou vždy Slave). Například k mobilu či tabletu s podporou OTG připojíme externí disk (samozřejmě pokud to jde „fyzicky“), fotoaparát propojíme s tiskárnou, apod.

 Při použití OTG by teoreticky mohl nastat jeden problém – pokud jako Master dokážou pracovat obě propojovaná zařízení (například počítač a mobil s OTG), musejí se dohodnout, kdo bude Master, protože tím může být jen jeden. Řeší se to jednoduše na „fyzické“ úrovni: musí být použit „asymetrický“ kabel, na jednom konci je konektor Mini-A, na druhém Mini-B, přičemž obě zařízení mají plug Mini-AB (který je kompatibilní s oba konektory). $\Rightarrow$ Master je na začátku ten, na jehož straně je konektor Mini-A. Ale to neznamená, že bude Masterem po celou dobu připojení, to se dohodne pomocí protokolu HNP – Host Negotiation Protocol.



Další informace:

- <http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/co-se-skryva-pod-komunikaci-oznacenu-jako-usb-otg.html>
- <http://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/1822>



Poznámka:

Jak je to vlastně s tím *maximálním počtem zařízení*? Víme, že USB huby tvoří strom, v jehož kořeni je hlavní řadič (USB Host Controller). Ke každému rozbočovači mohou být obvykle připojena dvě zařízení, z toho jedno může být opět rozbočovač. Každé zařízení, resp. jeho řadič (včetně rozbočovačů) potřebuje adresu, a adresa zabírá 7 bitů $\Rightarrow 2^7 = 128$ adres (z toho jedna pro hlavní řadič, takže zbývá 127 adres).

Rozbočovač se dvěma „výstupy“ potřebuje dva řadiče, pro každý jednu adresu. Tím vypotřebujeme poměrně hodně adres (pro celý strom rozbočovačů), a dále každé koncové zařízení potřebuje *minimálně* jednu adresu. Pokud má koncové zařízení více funkcí, pro každou funkci potřebuje jednu adresu, navíc i zde máme rozbočovače. Například:

- multifunkční zařízení: rozbočovač + tiskárna + skener + fax
- monitor s kamerou a reproduktory: rozbočovač + webkamera + reproduktory + grafika

Je třeba brát v úvahu i to, že mnohá zařízení jsou napájena přes USB, a také rozbočovače je nutné napájet.



USB je dnes hodně používáno hlavně díky své univerzálnosti, dobré ceně, možnosti napájení a celkem slušné rychlosti, a to pro nejrůznější periferní zařízení (především tiskárny) a vnější paměti (USB flash disk, externí disky, atd.). USB rozhraní tedy najdeme i u externích disků, ale vzhledem k tomu, že (do verze 2.0) zařízení může posílat data až po vyzvání řadičem (důsledkem jsou časté prodlevy snižující rychlost), bývá u tohoto typu zařízení spíše méně výhodné. Externí disky menších rozměrů (2.5") je obvykle možné napájet přímo přes USB rozhraní, větší disky (3.5") potřebují vlastní napájení.



Další informace:

- <http://hw.cz/teorie-a-praxe/art2569-vysla-specifikace-usb-30.html>
- <http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART327-USB—Universal-Serial-Bus—Popis-rozhрани.html>
- <http://www.l-com.com/Content/FAQ.aspx?Type=FAQ&ID=4889>



4.1.2 FireWire

FireWire (I.Link, Lynx, IEEE 1394) je univerzální sériové rozhraní určené pro připojení externích komponent k základní desce, přímá konkurence USB. Pochází od firmy Apple, asi proto čekalo toto rozhraní velmi dlouho na podporu ve Windows, to je zřejmě jeden z důvodů jeho menší rozšířenosti.



Slouží k připojení až 63 zařízení, délka kabelu je nejvýše 4,5 m. FireWire používá několik typů konektorů, které se liší především počtem signálních okruhů (4, 6 nebo 9) a následně rozměry. Na obrázku 4.3 vidíme první dva typy a také část rozšiřující karty s 6-okruhovými konektory.



Obrázek 4.3: FireWire se 4 a 6 signálními okruhy³

Vlastnosti:

- vyšší cena než USB, ale považováno za spolehlivější
- ⇒ vybráno sdružením HANA (High Definition Audio-Video Network Alliance) jako standard pro AV přenosy, zvítězilo jako systémová sběrnice v mnoha vojenských zařízeních (stíhačky F-22 Raptor či F-35 Lightning II) a v automobilovém průmyslu (Customer Convenience Port)
- různé přenosové rychlosti – podle specifikace S400 dosahuje propustnosti 393 Mbit/s, specifikace S800 až 786 Mbit/s (doporučení IEEE 1394b), nejnovější specifikace S3200 propustnosti 3144 Mbit/s v délce kabelu až 100 m

³Zdroj: <http://en.wikipedia.org/wiki/FireWire>

Ve specifikaci FireWire je možnost napájení zařízení s odběrem do 45 mA podobně jako u USB, spotřeba do 15 W.

 Konektor FireWire je vizuálně odlišitelný od USB konektoru (typu A) především svým tvarem (USB 2.0 je „hubenější“, tloušťka USB 3.0 je sice podobná, ale seřiznutí a vnitřní struktura jsou jiné). Jednotlivé specifikace jsou zpětně kompatibilní, ale konektory nemusejí zcela odpovídat, někdy je nutné použít redukci.



Poznámka:

FireWire se kromě uvedeného využití ve vojenském letectví používá pro multimediální přenosy (digitální kamery, tiskárny, scanery), protože je spolehlivé, se spojitým tokem dat a dostatečně rychlé. Najdeme je také u některých externích disků. Implementace FireWire se objevují také v některých síťových zařízeních.



4.1.3 Thunderbolt

V únoru 2011 představila společnost Intel nové univerzální rozhraní s názvem *Thunderbolt*. Toto rozhraní bylo vyvíjeno pod původním názvem *Light Peak* (představeno v roce 2008, v experimentální podobě) coby optické rozhraní, ale Thunderbolt momentálně existuje pouze v podobě pro metalické (měděné) kabely a optika je zatím jen v plánu.



 Princip je následující: data jsou napojena na sběrnici PCI Express 4×, je použit konektor Mini DisplayPort. Typická architektura je sběrnice (tj. zařízení se zapojují za sebe na jedné „lince“, ale strukturu lze i větvit), maximálně lze zapojit 7 zařízení za sebou na jeden port. Zřejmě je zde inspirace strukturou v SCSI. Komunikuje se v plném duplexu a zařízení s menšími energetickými nároky lze přes konektor také napájet (do 10 W, což je víc než USB a méně než FireWire).

Teoretická propustnost je až 10 Gb/s, po odečtení servisních a synchronizačních signálů pak cca 6,25 Gb/s (800 MB/s), rychlost je garantována do vzdálenosti 3 metrů na metalickém kabelu, na optice to bude více.

Oproti dříve probíraným univerzálním rozhraním (USB, FireWire) je Thunderbolt rychlejší. Podobně jako u USB je výhodou i cena, protože Intel nevyžaduje placení licenčních poplatků, které by prodražovaly implementaci.

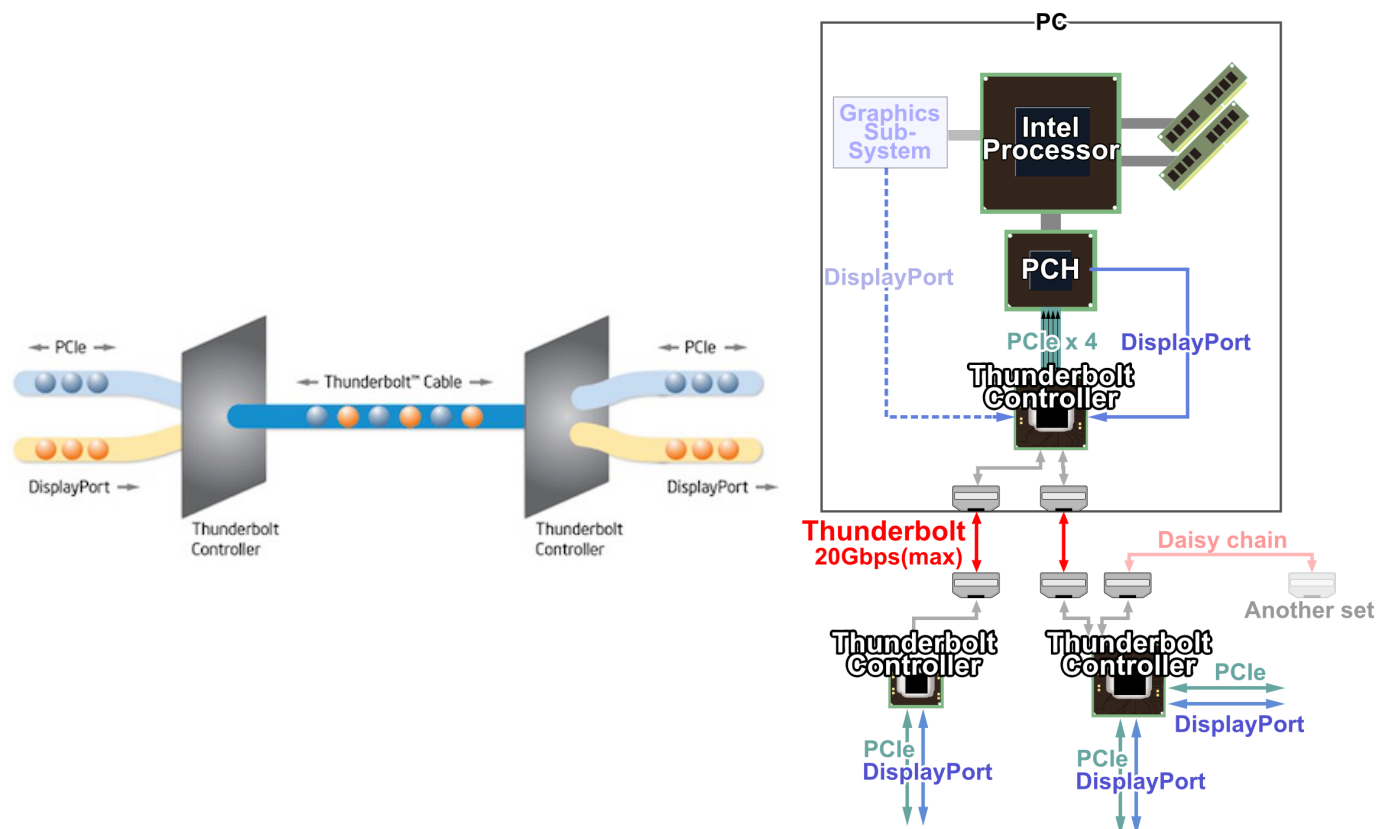
Na vývoji tohoto rozhraní spolupracovala společnost Apple (ostatně, použitý konektor Mini DisplayPort byl již v minulosti vyvinut Apple), a jako součást podílu si vymínila výhradní práva na Thunderbolt po dobu dvou let. Tedy po tuto dobu jsme se s Thunderboltem setkávali jen na počítačích značky Apple. Po uplynutí dvou let se toto rozhraní již začalo objevovat především na ultraboocích různých výrobců.



Další informace:

- <http://www.macrumors.com/2011/02/24/thunderbolt-details-emerge-bus-power-mini-displayport-and-more/>
- <http://www.intel.com/content/www/us/en/io/thunderbolt/thunderbolt-technology-developer.html>
- <http://www.zive.cz/clanky/thunderbolt-jeden-port-ktery-chce-vladnout-vsem/sc-3-a-156032/default.aspx>



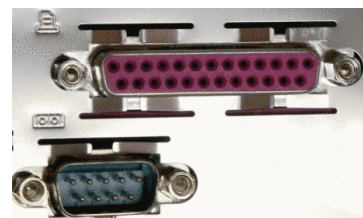
Obrázek 4.4: Architektura rozhraní Thunderbolt⁴

4.2 Paralelní a sériové porty, PS/2

Paralelní rozhraní (LPT) se dnes již téměř nepoužívá, u novějších počítačů je často ani nenajdeme. Původně bylo určeno pro paralelní jednosměrnou komunikaci s tiskárnami, později byly přidány další možnosti včetně obousměrné komunikace (bi-directional).

Paralelní rozhraní se dodnes používá pro připojení hodně starých tiskáren (novější se připojují přes USB), ale lze je také využít pro připojení paměťových médií či zálohovacích jednotek, rychlost je pro tento případ zcela dostačující – ovšem dnes jen málokterý počítač je tímto rozhraním vybaven, tedy se jedná spíše o historii.

 Pokud na počítači máme paralelní port, máme možnost v BIOS Setup určit, v jakém módu bude fungovat. Obvyklé hodnoty jsou EPP (Enhanced Parallel Port, pro paměťová zařízení) nebo ECP (Extended Capabilities Port, pro tiskárny a scanery). Především je nutné, aby dané zařízení zvolený mód podporovalo.



Obrázek 4.5: Paralelní a sériové rozhraní

⁴Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/Thunderbolt_%28interface%29, <http://www.macrumors.com/2011/02/24/thunderbolt-details-emerge-bus-power-mini-displayport-and-more/>

 **Sériový port** (COM, RS-232, V.24, služební port) se vyskytuje ve dvou velikostech (menší má 9 pinů, větší 25 stejně jako paralelní).

Dříve se používal pro připojení myši a modemu, v současné době se s ním setkáme spíše v průmyslu a obchodu (tiskárny etiket a čárových kódů, měřicí systémy, kontrolní mechanismy) a u některých dalších (většinou síťových) zařízení, především z důvodu velmi snadného naprogramování. Ve skutečnosti jde obvykle o varianty RS-232, a to RS-422 (pro spolehlivé přenosy i na větší vzdálenosti v zaručeném prostředí) a RS-485 (v průmyslu).

U síťových zařízení, resp. serverů, se používá jako služební rozhraní. Tato zařízení obvykle nemají klávesnici a obrazovku, ale zato mají 9pinový port RS-232. Používáme takto: máme notebook (nebo jiné podobné zařízení), připojíme přes kabel, na jehož jednom konci je RS-232 a na druhém typicky RJ-45 (Ethernet) – obrázek 4.6.



Obrázek 4.6: Console cable – RS-232 na RJ-45



Poznámka:

25pinové sériové rozhraní je velmi podobné paralelnímu. Rozeznáme je od sebe podle orientace – na straně počítače má sériové rozhraní „kolíky“, kdežto paralelní má „dírký“, jak vidíme na obrázku 4.5. Další možnost záměny je s rozhraním D-Sub (uvidíme dále).



Obrázek 4.7: Redukce PS/2 na USB



Rozhraní PS/2 bylo původně určeno pro počítače firmy IBM, ale rozšířilo se i u dalších výrobců. U počítačů se ještě nedávno používalo pro připojení myši a klávesnice (na starších je ještě najdeme). Pro počítače bez PS/2 portu, kde chceme použít PS/2 zařízení, jsou k sehnání redukce PS/2⇒USB (vidíme na obrázku 4.7).

Rozhraní je typu Mini-DIN (DIN rozhraní je kulaté s piny), má 6 pinů a na desktopu je najdeme velmi snadno – barevně je vyznačeno rozhraní pro klávesnici (fialové) a myš (zelené), příp. plug, který je napůl fialový a napůl zelený.



Další informace:

- http://www.allpinouts.org/index.php/Category:Serial_Connectors
- <http://hw.cz/rs-232>
- http://www.geoinformatics.upol.cz/app/prostredkygis/hardware/HW/vnejsi/_konek_typy_popis.htm
- <http://web.pcplus.cz/konektory.asp>



Poznámka:

V dalším textu budeme nadále používat pojmy paralelní rozhraní (paralelní přenos) a sériové rozhraní (sériový přenos) v obecnějším slova smyslu.

 Pod pojmem *paralelní rozhraní* budeme chápat takové rozhraní, přes které jsou přenášena data paralelně (v jednom okamžiku víc bitů najednou). To se může zdát jako výhodnější a rychlejší, nicméně je třeba si uvědomit, že při paralelním přenosu je třeba neustále provádět synchronizaci přenášených dat. Data jsou přenášena po dávkách (celá dávka bitů najednou), je třeba důsledně od sebe jednotlivé dávky oddělovat a vždy celou dávku a následně posloupnost dávek seskládat do výsledného proudu dat.

 *Sériové rozhraní* přenáší data víceméně ve streamu (proudu), jednotlivé bity (samozřejmě vhodně kódované) následují jeden za druhým. To však neznamená, že by v takovém kabelu byl pouze jeden vodič – najdeme vodiče nejen datové, ale i servisní, zem apod.

Jak dále uvidíme, většina takových rozhraní, která dříve existovala v paralelní formě, byla vystřídána sériovou variantou. To platí například u rozhraní pro pevné disky (PATA → SATA, SCSI → SAS), ale třeba i u typů sběrnic na základní desce a síťových rozhraní. Sériová rozhraní totiž mají jednu důležitou výhodu: není třeba neustále provádět synchronizaci přenášených dat. Zrychlovat přenos se dá například takto:

- volbou jiného materiálu pro vodiče, konektor apod.,
- změnou kódování (tj. způsobu mapování bitů na přenášený signál),
- změnou vysílací frekvence, apod.

V každém případě u paralelních rozhraní narážíme na hranici danou potřebou neustálé synchronizace. Především při zvýšení frekvence odesílání a příjmu dat začne docházet k přenosovým chybám, změny v kódování mohou zvýšit složitost synchronizace a tím paradoxně přenos zpomalit, atd.



4.3 Datové rozhraní pevných a optických disků

4.3.1 PATA a SATA

Rozhraní určuje, jakým způsobem disk komunikuje, jaký typ kabelů se používá, atd.

 U disků na prvních osobních počítačích se pro pevné disky používala datová rozhraní *ST506* (náchylné na rušení, kapacita v desítkách MB) nebo *ESDI* (obsluha více hlav, umožňuje zjistit geometrii disku, řadič je přímo na pouzdře disku).

 *ATA* (zkratka z *AT Attachment*, kde *AT* znamená *Advanced Technology* – pro počítače *PC AT*) je standard pro připojení paměťových zařízení. Po zveřejnění standardu *SATA* (*Serial ATA*) byl původní standard *ATA* přejmenován na *PATA* (*Parallel ATA*, kolem roku 2003). V dnes vyráběných počítačích najdeme spíše jen *SATA*, sériový přenos dat se u tohoto typu komunikace více osvědčil; u starších počítačů je použit *PATA*.

Pro starý standard *ATA-1* (1986) se vžilo označení rozhraní *IDE* (*Integrated Drive Electronics*), což je poněkud nepřesný název.

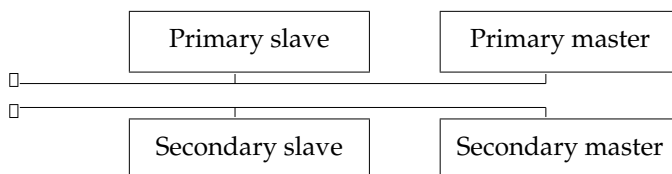
 Oproti předchozím řešením byl řadič umístěn přímo k pevnému disku na desku tištěných spojů (do té doby byl řadič na rozšiřující kartě v jednom ze slotů základní desky), což platí dodnes. Datové rozhraní (v té době 40žilový kabel) tedy sloužilo pouze k propojení zařízení se sběrnicí, nikoliv s řadičem. *ATA-1* obsahoval jednoduchou množinu příkazů, data jsou organizována po 512B blocích. Tento standard byl oficiálně určen pouze pro pevné disky.

**Poznámka:**

Co je to vlastně *IDE* (Integrated Drive Electronics – v oblasti hardwaru)? Tak se původně jmenovalo rozhraní vyvinuté společností Western Digital a jejími partnery (Control Data Corporation a Compaq), později bylo standardizováno jako ATA. IDE má už v názvu jednu důležitou vlastnost, kterou se lišilo od předchozích řešení (ST06, ESDI) – řadič disku byl integrován na desce umístěné přímo na pouzdře disku. U předchozích řešení se nacházel na rozšiřující desce určené do slotu ISA, k této desce byl pak speciálním kabelem připojen samotný disk. Tedy „IDE kabel“ propojuje řadič disku se základní deskou, dříve příslušný kabel propojoval disk s řadičem a ISA slot propojoval řadič se základní deskou.



V případě PATA mohou být na jednom kabelu maximálně dva disky, na nich musí být *propojky* nastaveny tak, aby jeden z nich byl *master* a druhý *slave*. Pokud je připojen jen jeden disk, musí být propojkami označen jako *single* (na mnoha discích však tento stav sám o sobě neexistoval, disk se nastavoval jako master). Na obrázku 4.8 je naznačen způsob připojení více disků.



Obrázek 4.8: Připojení PATA disků



Vylepšením je ATA-2, také nazývané *EIDE* (Enhanced IDE) nebo Fast IDE, které je rychlejší, přineslo podporu adresování LBA (viz dále) a navíc lze připojit i jiná periferní zařízení než jen pevné disky (například CD mechaniky). Na jednom kabelu mohou být až 4 zařízení různého typu, ale větší množství zařízení na jednom kabelu znamená zpomalení komunikace na tomto kabelu.



Zařízení komunikují v režimu PIO (Programmed Input/Output, veškerou komunikaci řídí procesor) stejně jako starší řešení, anebo v režimu DMA (Direct Memory Access). DMA (Direct Memory Access) je novější způsob komunikace, při kterém je procesor využíván pouze na začátku, zadá příkaz k práci s daty a zbytek komunikace (samotný přenos) zajišťuje řadič pevného disku. O DMA kanálech se budeme bavit v podkapitole 4.6.2 na straně 49.

Další generace standardu ATA vždy nějakou vlastnost přidávají (ATA-3 zavádí monitorovací technologii S.M.A.R.T., ATA/ATAPI-4 přichází se standardem ATAPI).



Standard *ATAPI* (ATA Packet Interface) je rozhraní k ATA na vyšší úrovni; běží nad ATA, přidává nové vlastnosti, usnadňuje přístup k zařízení. ATAPI přineslo podporu mechanik pro práci s paměťovými médii (dříve to bylo řešeno emulací mechanik jako pevných disků), a také například standardizaci logických přenosových metod (DMA, Ultra DMA), S.M.A.R.T., karet (compact flash).

**Poznámka:**

V současné době se s rozhraním PATA setkáváme spíše u starších počítačů (včetně notebooků). Protože není kompatibilní s novějším SATA, měli bychom si dát pozor například tehdy, když do staršího počítače kupujeme nový disk.



 PATA v nejnovějších verzích má datovou propustnost jen 1064 Mbit/s (rychlost max. 133 MB/s), což je méně než nejstarší SATA, při délce kabelu méně než půl metru.

SATA (Serial ATA) je sériové rozhraní k pamětovým zařízením (pevným diskům, CD/DVD mechanikám a dalším mass storage zařízením). Narozdíl od PATA umožňuje připojení pouze jednoho zařízení na jedno rozhraní (nelze připojit zařízení „na sběrnici“), proto obvykle máme v počítači více SATA rozhraní a není třeba rozlišovat single/master/slave disky.



Kabel a konektor SATA je na první pohled rozeznatelný od PATA. Je užší (protože komunikace není paralelní, ale sériová), obsahuje jen 7 vodičů (z toho 4 datové, přenos je plně duplexní – obousměrný), a konektory na kabelu jsou jen na koncích (jeden kabel = jedno zařízení). Rozdíl vidíme na obrázku 4.10. Komunikuje se přes PIO nebo DMA (resp. rychlejší Ultra DMA).

 SATA je vybaveno mnoha pokročilými technologiemi, které musí být podporovány řadičem umístěným v chipsetu – AHCI (Advanced Host Controller Interface – pokročilý režim práce řadiče), NCQ (technologie optimalizace dráhy hlavičky pevného disku pro dosažení nižších přístupových časů a tím vyššího výkonu), Hot Plug (možnost připojení zařízení za chodu).



Poznámka:

Některé operační systémy (konkrétně Windows do verze XP včetně) neobsahují ovladače pro disky SATA. Některé BIOS Setupy obsahují podporu režimu, ve kterém se SATA disk jeví operačnímu systému jako EIDE (tj. řešením může být nastavit v BIOSu řadič SATA disku do režimu „legacy PATA“, výchozí je režim standardní AHCI nebo některý typ RAID, a pak vyhledání vhodných ovladačů na Internetu). Pokud však máme BIOS Setup bez této možnosti, musíme předem (před instalací) sehnat ovladač, uložit na disketu a tuto disketu pak použít během instalace. Ovladač obvykle seženeme buď na pamětových médiích dodávaných s počítačem, a nebo na internetu na stránkách výrobce disku.



 V současné době existuje více verzí SATA:

- původní specifikace (SATA 1) znamená datovou propustnost téměř 1.5 Gb/s (pozor, bity) s rychlostí přenosu dat cca 150 MB/s,
- SATA II by mělo mít propustnost dvojnásobnou (3 Gb/s, rychlost přenosu dat cca 300 MB/s),
- další generace (SATA 3.0) znamená propustnost až 6 Gb/s, rychlost přenosu dat 600 MB/s.

V obchodech obvykle narazíme přímo na údaj o rychlosti (SATA 3 Gb/s nebo SATA 6 Gb/s). Předpokládá se kabel o délce max. 1 m a rozhraní podporuje hot-plugging (přidávání za chodu, díky tomu funguje používání externích disků s rozhraním eSATA).

 Příslušnou specifikaci musí podporovat jak disk, tak i základní deska (na ni se připojuje datový kabel od disku), ale i když máme „správný“ disk i desku, není řečeno, že budou komunikovat danou rychlostí. První problém může být s rychlostí přenosu mezi plotnami disku a jeho vyrovnávací pamětí (obojí je v pouzdře disku, propojené vnitřním datovým kabelem), která může být limitující. Další problém nastává tehdy, když je disk z výroby nakonfigurován pro použití nižší rychlosti. To se obvykle dá vyřešit přepojením či odstraněním

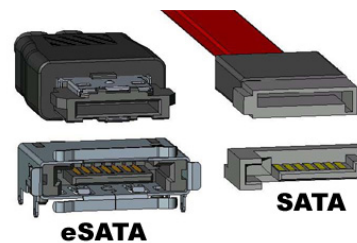
jedné propojky vedle datového konektoru na disku, informace najdeme vždy v dokumentaci nebo na štítku disku.

 *eSATA* je speciální verze SATA, je to modifikace či rozšíření specifikace pro připojení externích disků. Samotné *eSATA* je považováno za rychlejší než USB 2.0, datová propustnost a rychlost odpovídá SATA II.

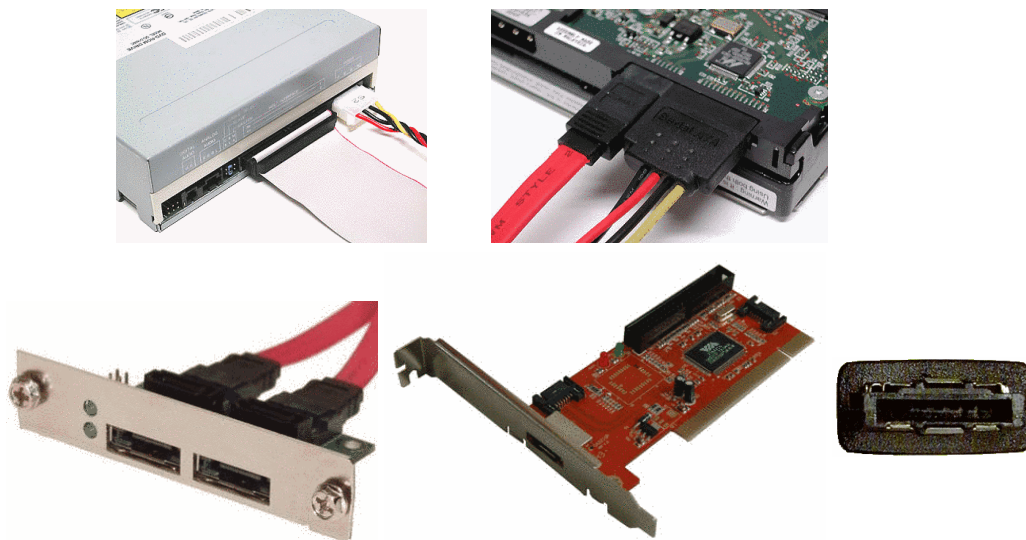
Externí disky opatřené rozhraním *eSATA* jsou obvykle dražší než ty, které lze připojit jen přes USB, a taky ne každý počítač toto rozhraní má (disky s *eSATA* obvykle mají i USB konektor).

 Specifikace *eSATAp* umožňuje také napájet zařízení s malou spotřebou energie, podobně jako USB (ovšem *eSATAp* musí být podporováno oběma stranami).

 Můžeme se setkat se dvěma provedeními. *Plnohodnotné eSATA* je realizováno buď jako rozšiřující deska (obrázek 4.10 dole uprostřed) nebo integrovaně, ale existuje i levnější (*neplnohodnotná*) varianta, kdy SATA kabel je vyveden ven a napojen na konektor *eSATA* (tentýž obrázek dole vlevo). Pokud máme možnost vidět „za záslepku“, rozdíl poznáme (k *neplnohodnotnému* rozhraní vedou přímo SATA kabely). V každém případě je lepší mít plnohodnotné řešení.



Obrázek 4.9: Rozdíl mezi SATA a *eSATA*⁶



Obrázek 4.10: PATA, SATA a *eSATA*⁷

 Další rozhraní, jehož základem je SATA, je *mSATA* (mini-SATA). *mSATA* se vyznačuje především vysokou propustností (rychlostí), proto bývá typicky využíváno SSD zařízeními. Vypadá podobně jako Mini PCI Express, ale používá zcela jinou signalizaci, proto je třeba *mSATA* zařízení zapojit opravdu do *mSATA* portu; abychom mohli toto rozhraní používat, musí být předně na samotném zařízení, na základní desce musíme mít příslušný port a někdy může být potřeba *mSATA* aktivovat v BIOSu.

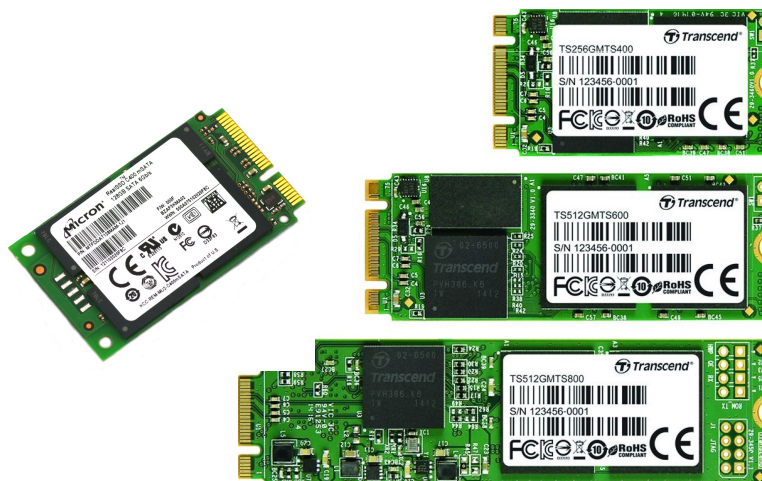
 Rozhraní M.2 je novější než *mSATA*, ale v současné době je běžnější. Vizually je velmi podobné (až na

⁶Zdroj: <http://www.homestead.co.uk>

⁷Zdroj: <http://www.cubeternet.com>

klíčování – umístění zářezů a plastových můstků), funkčně a dalšími vlastnostmi také, je napojeno na PCI Express.

Na obrázku 4.11 je několik SSD – jeden s mSATA rozhraním a tři různých velikostí s rozhraním M.2. Všimněte si rozdílu v klíčování a uspořádání pinů.



Obrázek 4.11: Rozhraní mSATA (vlevo) a M.2 (tři různé velikosti)⁸



Další informace:

- http://www.lostcircuits.com/mambo//index.php?option=com_content&task=view&id=50&Itemid=46&limit=1&limitstart=0
- <http://www.hardwaresecrets.com/article/27>
- <http://www.sata-io.org/documents/External%20SATA%20WP%2011-09.pdf>
- http://www.serialata.org/documents/SATA_illus_guide_final.pdf
- http://pctuning.tyden.cz/hardware/disky-cd-dvd-br/10999-gigabajty_na_cestach-vyzkouste_esata_reseni



4.3.2 SCSI a SAS

SCSI (Small Computer System Interface) je další rozhraní pevných disků (1986), je však používané i jinými typy zařízení (například SCSI scanery). Je tedy univerzálnější než ATA.

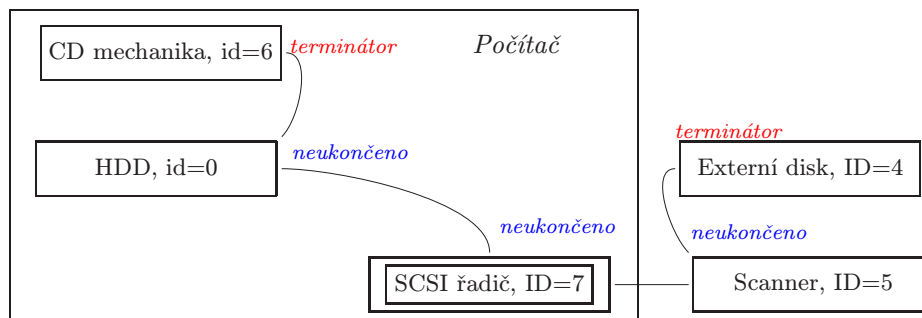
 Dnes existuje více standardů lišících se šířkou přenášených dat, přenosovou frekvencí, rychlostí a propustností, postupně se rozšiřovala množina SCSI příkazů. Z původního paralelního SCSI je nejnovější Ultra-640 SCSI přenášející 16bitová slova, propustnost 640 MB/s (5120 Mbit/s).

 Lze připojit až 8 nebo až 16 zařízení, z toho jedno je řadič (každé zařízení má svou jednoznačnou číselnou adresu v rozsahu 0–7 nebo 0–15, nejvyšší adresu má řadič). Zařízení mohou být jak interní, tak externí

⁸Zdroj: ,

<http://german.alibaba.com/product-free-img/msata-to-sata-adapter-109775658.html>





Obrázek 4.12: Sít' rozhraní SCSI

(obvykle vede od řadiče jedna sběrnice dovnitř a jedna ven). Používá se 50vodičový kabel, u novějších 68žilový (také konektory jsou různé). Sběrnice musí být na „hraničních“ zařízeních ukončena *terminátory* (zakončovacími odpory), jak vidíme na obrázku 4.12.

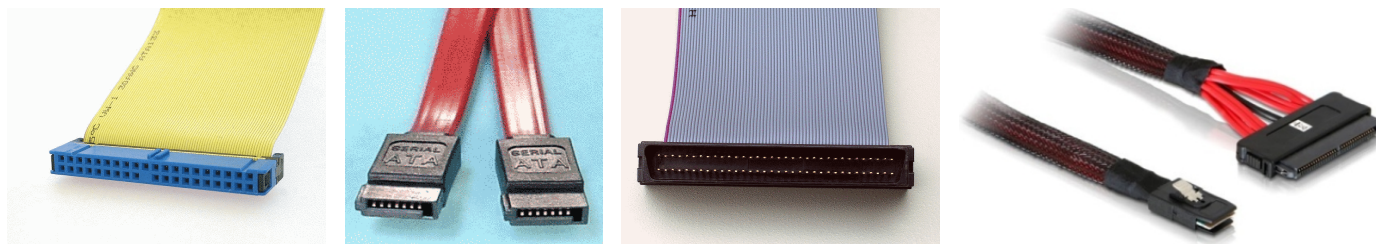
Výhodou je vysoká přenosová rychlost, zapojení více zařízení rychlost neovlivní. Nevýhodou je vyšší cena (nejen rozhraní, také zařízení), a menší rozšířenost.

SAS (Serial Attached SCSI) je sériové rozhraní typu point-to-point, které je považováno za nástupce původního paralelního SCSI. Používá stejnou komunikační sadu jako SCSI (SCSI příkazy). Díky sériové formě přenosu je rychlejší (v různých verzích 3 Gb/s a 6 Gb/s jako SATA). Pro signály se používá vyšší napětí než u SATA, proto kabely mohou být delší (až 10 m).



Kabely, konektory a plugy jsou různé – podle toho, zda mají být interní nebo externí, taky existuje mini varianta. Na obrázku 4.13 zcela vpravo vidíme dva interní SAS konektory, z nichž první je Mini SAS 36pinový, druhý plný SAS 32pinový.

SAS především ve verzi 2.0 najdeme především u serverových pevných disků, protože je považováno za sice stejně rychlé jako SATA, ale spolehlivější. Důležitou předností je také možnost „exportu“ rozhraní ven, také do sítě, a zajištění „vysoké dostupnosti“.



Obrázek 4.13: Konektory IDE, SATA, SCSI (rozdíl mezi IDE/SCSI: dírky/kolíčky), Mini SAS a SAS (interní)

**Poznámka:**

Všimněte si – i zde je posun od paralelního přenosu k přenosu sériovému (SCSI → SAS).



**Další informace:**

- http://www.datapro.net/techinfo/scsi_doc.html
- <http://www.vahal.cz/cz/podpora/technicke-okenko/rozhrani-sas.html>
- <http://www.tomshardware.co.uk/sas-6gb-hdd,review-31665.html>
- <http://www.lsi.com/solutions/Pages/SAS.aspx>
- <http://www.storagesearch.com/sas-art2.html>



<i>Rozhraní</i>	<i>Teor. propustnost</i>	<i>Rychlost</i>	<i>Kabel</i>
Thunderbolt 2	20 Gbit/s	2.44 GB/s	3 m (měď), 100 m (optika)
SATA 3.2	16 Gbit/s	1.97 GB/s	1 m
SAS-3	12 Gbit/s	1.2 GB/s	10 m
10G Fibre Channel	10.52 Gbit/s	1.195 GB/s	2 m–50 km
Thunderbolt 1	10 Gbit/s	1.22 GB/s	3 m (měď), 100 m (optika)
USB 3.1	10 Gbit/s	1.21 GB/s	3 m
SAS-2	6 Gbit/s	600 MB/s	10 m
SATA 3.0	6 Gbit/s	600 MB/s	1 m
USB 3.0	5 Gbit/s	400 MB/s	3 m
FireWire 3200	3.144 Gbit/s	393 MB/s	100 m+
SAS 2.0	3 Gbit/s	300 MB/s	10 m
SATA 2.0	3 Gbit/s	300 MB/s	1 m
USB 2.0	480 Mbit/s	35 MB/s	5 m

Tabulka 4.5: Srovnání rozhraní pro mass storage

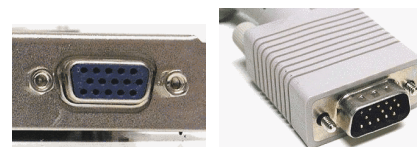
4.4 Konektory na grafických kartách

Na grafických kartách bývají především rozhraní D-SUB (také VGA, DE-15) a DVI. Dále se setkáme s čistě digitálními rozhraními HDMI a DisplayPort, výjimečně ještě s dalšími.

4.4.1 D-SUB

D-SUB (resp. VGA) je plně *analogový*. Písmeno „D“ v názvu pochází od typického „děčkového“ tvaru konektoru.

Rozhraní D-SUB vidíme na obrázku 4.14. Svými rozměry a uspořádáním se může zdát zaměnitelné se sériovým rozhraním RS-232, ale jak vidíme, D-SUB na straně počítače je opatřeno „dírkami“, kdežto RS-232 má „kolíky“ – viz obrázek 4.5 na straně 32 (na straně kabelu je to samozřejmě naopak, aby bylo možné kabel připojit). Další rozdíl je v uspořádání kolíků/dírek – zatímco RS-232 má dvě řady, D-SUB tři.



Obrázek 4.14: Rozhraní D-SUB

**Poznámka:**

Konektor či plug (zásuvka) může mít „dírký“ nebo „kolíky“. První možnost se běžně označuje *female* (samice, čteme [fi:meil]), druhá možnost *male* (samec, čteme [meil]). O konektoru D-SUB tedy mluvíme jako o male (samec) konektoru, D-SUB plug je female (samice). U RS-232 je to naopak – konektor je female a plug male.



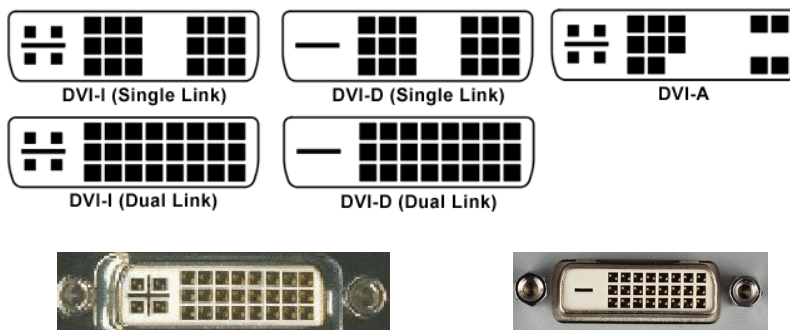
D-SUB je určen především pro CRT monitory (ty pracují na analogovém principu), ale toto rozhraní někdy najdeme i na (digitálních) LCD monitorech. U zobrazovacích zařízení (například monitorů) zpracovávajících digitální obraz, typicky LCD obrazovek, je obvykle možné použít i analogový D-SUB, ale pak dochází ke zbytečné konverzi

digitální (grafická karta) → analogový (D-SUB) → digitální (LCD)

Důsledkem bývá horší obraz, než jakého lze dosáhnout s digitálním rozhraním (konverzí se ztrácí část informace), navíc může dojít ke zhoršení odezvy. U kancelářských aplikací je to celkem jedno, důsledky se projevují například při hraní rychlejších her.

4.4.2 DVI

DVI (Digital Visual Interface) je rozhraní chápáné spíše jako digitální, ale ve skutečnosti některé jeho typy jsou kombinované (dokážou přenášet analogový signál bez konverze, tj. kombinace digitálního a analogového rozhraní).



Obrázek 4.15: Rozhraní DVI⁹



Existuje více typů DVI konektorů:

- DVI-A – pouze analogový, používají se piny C1–C5 (R, G, B, synchronizace, země), pro CRT monitory a některé TV karty, provádí se konverze D/A na analogový výstup,
- DVI-D – používá pouze digitální piny (1–24), ve dvou verzích:
 1. dual (používá všechny digitální piny),
 2. single (některé piny nejsou použity),
- DVI-I (Integrated D/A) – digitální i analogové piny jsou přítomny a funkční, také existují varianty single a dual.

⁹Zdroj: <http://www.deltapage.com/>

Dual DVI se označuje jako DVI-DL. Jeho propustnost je vyšší (Single má 4,9 Gb/s, Dual 9,9 Gb/s) a je určeno pro monitory s vysokým rozlišením a vysokou obnovovací frekvencí, pro kancelářské použití nepřináší žádné výhody.



Další informace:

- [http://www.hardwarebook.info/Digital_Visual_Interface_\(DVI\)](http://www.hardwarebook.info/Digital_Visual_Interface_(DVI))
 - http://www.datapro.net/techinfo/dvi_info.html
-



4.4.3 HDMI, DisplayPort

HDMI a DisplayPort jsou narozdíl od předchozích plně digitální rozhraní.

HDMI (High-Definition Multimedia Interface) předestavuje rozhraní pro přenos digitálního nekomprimovaného obrazu a zvuku (narozdíl od DVI, které přenáší jen obraz). Výhodou je, že HDMI používá stejnou specifikaci pro signál s obrazem jako DVI (jen přidává zvuk), tedy redukce mezi těmito dvěma rozhraními jsou velmi jednoduché.



 Existuje několik typů konektorů – A (single-link podobně jako u DVI), B (dual-link, vysoké rozlišení), C (videokamery apod.), setkáme se hlavně s typy A a C (vidíme na obrázku 4.16). Konektor a celé rozhraní je menší než DVI, což je výhoda v současné době miniaturizace základních desek a zadních panelů počítačů a televizorů, ovšem je považován za křehčí a méně odolný. Doporučuje se používat max. 5metrový kabel, ale za určitých okolností je použitelný i delší (kvalitní silné vysílače signálu v rozhraních zařízení).

HDMI je určeno především pro televize (včetně přenosu HD) a některou další spotřební elektroniku, a dále pro LCD monitory a další zařízení. Jeho propustnost je 10,2 Gb/s.



Poznámka:

Proč je důležité, že HDMI (a DisplayPort) přednáší *nekomprimovaný* multimediální signál? Protože komprimace sice na jednu stranu snižuje množství dat, které je nutno přes rozhraní přenést, ale na druhou stranu je zbytečně časově náročná. Tato rozhraní tedy poskytují vysokou propustnost, při které není komprimace nutná, důsledkem jsou dostačující rychlosti (přenášený obraz a zvuk lze v reálném čase přehrávat).



DisplayPort je digitální rozhraní pocházející (především) od Applu určené pro LCD monitory a jiné zobrazovací periferie. Přenáší nekomprimovaný digitální obsah s podporou ochrany se 128bitovým šifrováním AES, a 8kanálového zvuku. Od HDMI se mimo jiné odlišuje volnější licencí (a samozřejmě také tvarem portu – má jeden roh „seříznutý“ a trochu jiné rozměry i vnitřní uspořádání).



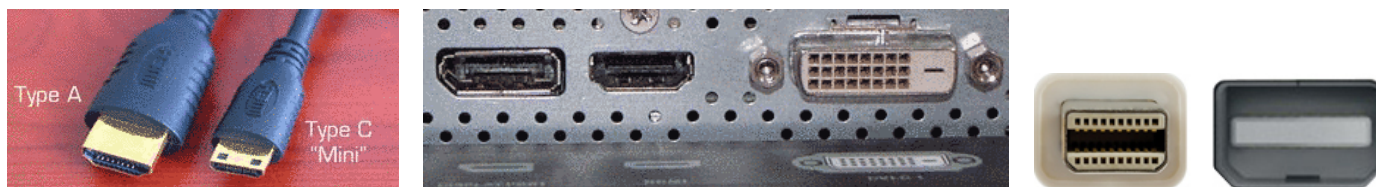
**Poznámka:**

DisplayPort zachází se signálem jinak než DVI a HDMI (VGA, DVI a HDMI přenášejí zvlášť v různých drátech jednotlivé základní barvy, v dalších drátech synchronizační informaci apod., jednotlivé části jsou přenášeny prakticky ve streamu). Přenos u DisplayPortu je podobnější tomu, co funguje v počítačových sítích, nazývá se mikro-paketový přenos. Znamená to, že vše je přenášeno v malých datových jednotkách (barva se nedělí do drátů podle základních barev) bez nutnosti použití zvláštního vodiče pro hodinový signál kvůli synchronizaci (časový údaj je součástí paketu).



Maximální propustnost je 10,8 Gb/s, což je o něco více než dual-link DVI a mírně více než HDMI. Kabel může být dlouhý až 15 metrů s tím, že kratší délka kabelu znamená možnost přenášet vyšší rozlišení obrazu (tj. do 3 metrů rozlišení 2560 × 1600, u delšího kabelu o něco méně).

DisplayPort má konektor přibližně stejně velký jako HDMI, ale působí poněkud pevnějším a odolnějším dojmem. Na obrázku 4.16 uprostřed (strana 43) vidíme plugy tří rozhraní – postupně DisplayPort, HDMI a DVI-D. Často narazíme na zmenšenou variantu – Mini DisplayPort; kromě jiného proto, že se používá jako fyzické rozhraní pro Thunderbolt (informace o Thunderboltu je na straně 31). Na obrázku 4.16 vpravo je konektor a plug Mini DisplayPort.



Obrázek 4.16: HDMI konektory A a C, dále Display Port a jeho porovnání s HDMI a DVI, vpravo DisplayPort a MiniDisplayPort¹¹

Existují samozřejmě redukce DisplayPortu na DVI a HDMI (ale opačný směr je značně problematický), i přes rozdílný způsob přenosu signálu zpětná kompatibilita jedním směrem existuje, ale především proto, že některá zařízení mohou být označena jako *Dual-mode* (příslušné logo vidíme vpravo). Jedná se o zařízení schopná komunikovat přes DisplayPort signálem jak pro DisplayPort, tak i HDMI, případně DVI (jinými slovy, přes DisplayPort dokážou posílat DVI nebo HDMI signál). Při zapojení takové zařízení (například grafická karta) detekuje rozhraní použité na druhé straně (přes redukci DisplayPort/HDMI nebo DisplayPort/DVI) a podle tohoto zjištění přizpůsobí vysílaný signál.

 Jednoduché redukce mezi D-SUB a DisplayPort neexistují, je potřeba využít elektricky napájený konverter. Podobně u konverzí s DVI a HDMI signálem, pokud naše zařízení nespádají do kategorie popsané v předchozím odstavci.

**Další informace:**

- http://www.datapro.net/techinfo/hdmi_info.html

¹¹Zdroj: <http://pcworld.cz/hardware/displayport-zabijak-dvi-3290>

- <http://www.displayport.org/>
- <http://notebook.cz/clanky/technologie/2008/0518-technologie-displayport>
- http://www.datapro.net/techinfo/displayport_info.html



4.4.4 Další analogová rozhraní

 Na grafických kartách (případně na back panelu, pokud je grafika integrovaná) můžeme najít i další (analogová) rozhraní. Liší se samozřejmě způsobem přenosu informace, ale také kvalitou přenášených dat, čímž je dáno typické využití.

S-Video (Separate Video) přenáší odděleně jas a barvu. Má několik variant:

- MiniDIN-4 – 4pinový, pro spotřební elektroniku (DVD, VCR, TV)
- MiniDIN-7 – 7pinový, pro počítače (často se takto připojují projektory)
- další – 3kolíkový, 9kolíkový atd.

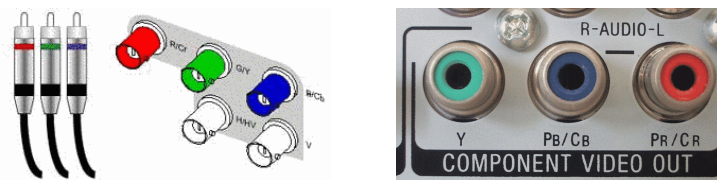
Signál není nijak zvlášť kvalitní (žádné HD).

Composite Video je určeno pro TV, bezpečnostní kamery, některé monitory. Kvalita signálu je hodně špatná. Používá se obvykle buď konektor typu jack (přesněji RCA jack), případně u televizí to může být SCART.

Component Video přenáší zvlášť signály pro základní barvy R, G, B (zvlášť tři kabely). Narozdíl od předchozího je signál poměrně kvalitní, dodnes se používá například ve spotřební elektronice.



Obrázek 4.17: 7pinový S-Video a Composite Video jack¹²



Obrázek 4.18: Component Video¹³

Z těchto analogových rozhraní se asi nejčastěji setkáme se 7pinovým S-Video, kterým můžeme připojit počítač k projektoru (projektory také lze připojit přes D-SUB, který je na nich také označován jako VGA – záleží, jaký máme kabel a jaké rozhraní je k dispozici na obou přístrojích).

¹²http://www.weethet.nl/english/video.connect_pc2tv.php

¹³Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/Component_video

Na některých grafických kartách se také setkáme s rozhraními *TV OUT* a někdy i *TV IN*. Přes *TV OUT* jde výstup televizního signálu do televize, videa nebo projektoru, přes *TV IN* vedeme do počítače vstup z videa, videokamery nebo digitálního fotoaparátu (i když u toho fotoaparátu bývá častější *USB*).

4.5 Další rozhraní

 **Síťová rozhraní:** *RJ-45* a *RJ-11* (příp. *RJ-12*) jsou rozhraní umístěná na základních deskách s integrovanou síťovou kartou či analogovým modemem. *RJ* je zkratka z „Registered Jack“. Tento typ rozhraní si zřejmě ani nemusíme představovat, známe z počítačových sítí.

 **Zvuk:** Na zvukové kartě obvykle najdeme především „analogové“ konektory typu *stereo cinch* nebo *3,5mm stereo jack*. Oba typy konektorů jsou opticky podobné (se středovým vodičem/kolíkem). *Cinch* konektory se používají obvykle v sadě pro reproduktory (až 6, pokud chceme prostorový zvuk) a jsou barevně odlišeny, *jack* konektor slouží většinou pro připojení mikrofону nebo sluchátek.

Pro výstup zvuku je možné použít místo sady analogových *cinch* konektorů také jediný digitální *SPDIF* (Sony-Philips Digital Interface), který může být napojen na metalický nebo optický kabel.

 **Wireless USB (WUSB):** Samotné rozhraní *USB* je „drátové“, ale existuje také jeho bezdrátová varianta – *WUSB*. Je určeno k připojení stejných typů zařízení jako klasické *USB* (klávesnice, myš, tiskárna, externí disk, digitální fotoaparát, apod.), ale bezdrátově. Parametry odpovídají parametrům *USB 2.0*, do vzdálenosti cca 3 m se to týká také rychlosti (přenos je možný i na větší vzdálenost – do 10 m, ale s nižší rychlostí), tedy propustnost je na krátkou vzdálenost 480 Mbit/s (pro srovnání – *Wi-fi IEEE 802.11g* je rychlé 54 Mbit/s, *IEEE 802.11n* teoreticky až 600 Mbit/s, prakticky to může klesnout i na polovinu).



Na straně připojovaných zařízení (klientů) je buď *WUSB* přímo podporováno, nebo lze využít *DWA* (Device Wire Adapter), který je na jedné straně bezdrátově spojen s masterem a na druhé straně klasickým drátovým *USB* propojen s klienty (ke klientům se chová jako *USB* rozbočovač).

 Architektura vychází z původní *USB* architektury, tedy uzly komunikují v režimu klient–server. Server (master) řídí komunikaci, klient odpovídá, posílá a přijímá data, apod. Bez kabelů není třeba řešit problém větvení pomocí rozbočovačů s řadiči pro každou klientskou větev, struktura sítě je tedy mnohem jednodušší a není třeba „plýtvat“ adresami na řadiče v rozbočovačích (je k dispozici 127 adres stejně jako u drátového *USB*). Serverový prvek je představován zařízením *WUSB Host* (tj. *WUSB* hostitel, pozor na angličtinu). Pokud není podpora *WUSB* vestavěna přímo v některém čipu na základní desce (což v současné době nebývá), plní roli *WUSB* hostitele (mastera) modul *HWA* (Host Wire Adapter) připojený buď interně formou karty nebo externě přes drátové *USB*.

 *WUSB* vysílá podobným způsobem jako třeba *WiMAX*, tedy využívá modulaci *OFDM*, a to na frekvencích 3,1 GHz až 10,6 GHz. U bezdrátových technologií je důležitým parametrem přenosu zabezpečení. U *WUSB* se na zabezpečení podílí už samotná malá provozní vzdálenost mezi uzly (zařízení nelze na dálku odposlouchávat), a dále je použito šifrování *AES*.

 **Další nová bezdrátová rozhraní:** V posledních letech se objevují také bezdrátová rozhraní pro vedení signálu s daty. Kromě již běžného *IEEE 802.11n* (Wi-Fi) a dalších dříve používaných (Bluetooth) existuje například

- *WirelessHD* – za tímto standardem stojí víc než 40 firem převážně z oblasti spotřební elektroniky, jedná se o bezdrátový přenos dat (u méně energeticky náročných zařízení také energie) na frekvenci kolem 60 GHz, je použitelný i pro přenos HD videa do vzdálenosti až 10 m.
- *UWB* (Ultra-Wide Band) je specifikace fyz. vrstvy pro rádiový přenos na frekvenci 3.1–10.6 GHz, dosah je vyšší než *WirelessHD* (až 50 m), ale přenosové rychlosti nižší, tuto technologii využívají například *IEEE 802.15* (Wireless PAN – Personal Area Network) nebo *WirelessUSB*.
- *Intel WiDi* (Wireless Display) je technologie firmy Intel dostupná na některých procesorech této firmy. Jde o obdobu *WirelessHD*, ale pouze od jedné firmy a dostupnou jen na určitých procesorech (čipových sadách), s mírně nižší propustností.

Pokud jde o propojení dvou či více zařízení s využitím výše zmíněných bezdrátových technologií a o přenos HD videa, obvykle jde o to mít v zařízení vestavěnou podporu dané technologie nebo mít speciální vysílač/přijímač připojený k zařízení obvykle přes HDMI.



Poznámka:

Intel WiDi je čím dál rozšířenější (díky tomu, že hodně procesorů, zejména mobilních, *WiDi* podporuje), zdá se, že v segmentu výše uvedených vítězí. Pokud máme například v notebooku procesor podporující *WiDi*, ale naše televize tento standard nepodporuje, lze pořídit *WiDi* konvertor, který k televizi připojíme přes rozhraní HDMI, čímž podporu tohoto standardu dodáme.



Další informace:

- <http://www.pcplus.cz:8080/konektory.asp>
- http://www.svethardware.cz/art_doc-6833BBB427ADEB69C12575C500323EF3.html
- <http://www.harmanshop.cz/ako-na-kable>
- <http://hw.cz/teorie-praxe/art2004-wireless-usb-bezdratove-usb.html>
- <http://www.usb.org/developers/wusb/>



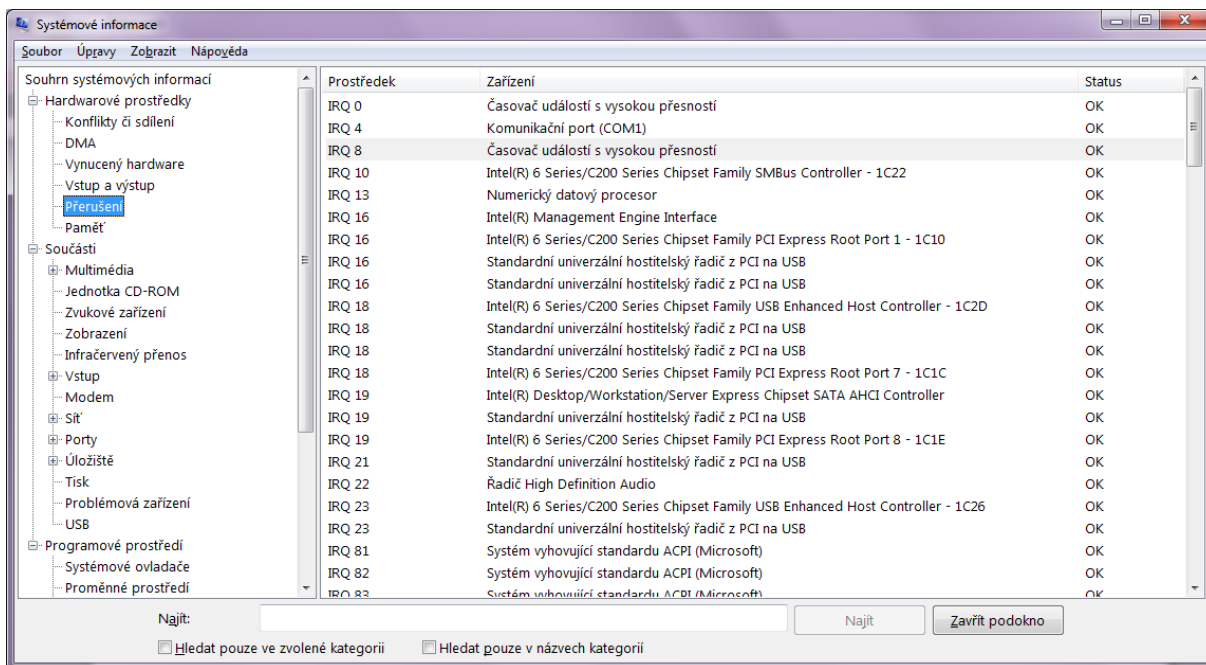
4.6 Komunikace se zařízeními

Zařízení může komunikovat s procesorem nebo s jinou komponentou pomocí těchto zdrojů:

1. IRQ
2. DMA
3. sdílené I/O porty
4. sdílené adresy v paměti ROM/RAM

4.6.1 IRQ

IRQ (Interrupt Request Line nebo Level) je požadavek přerušení, který vysílá zařízení v případě, že je třeba ošetřit událost se zařízením související. Je určen procesoru, který po obdržení IRQ přeruší svou činnost, aby mohl požadavek obsloužit. Účelem je co nejúspornějším způsobem (defacto předáním určitého čísla na určité místo) informovat procesor, že „se stalo něco, co vyžaduje pozornost“.



Obrázek 4.19: Seznam IRQ ve Windows 7

Například pokud stiskneme klávesu na klávesnici, pohneme myší, při zpracovávání instrukce se provede dělení nulou, apod., příslušná komponenta *vygeneruje přerušení* s určitým IRQ – o všem tom musí být informován procesor a také musí patřičně reagovat (tj. musí být spuštěna *obslužná rutina přerušení*).

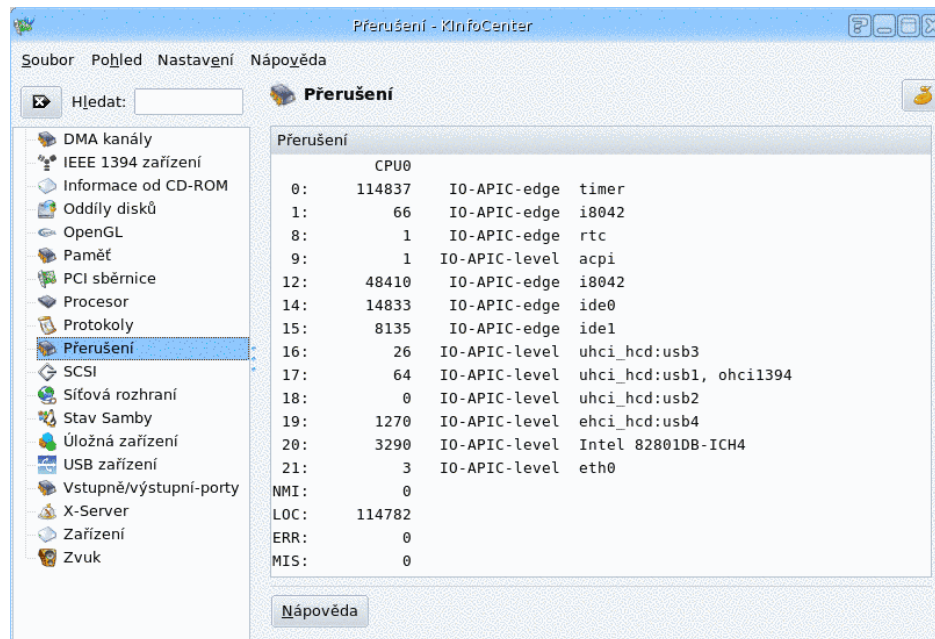
Zařízení, které chce využívat IRQ k informování procesoru, se předně musí *registrovat* k určitému číslu IRQ a v rámci registrace sděluje adresu obslužné rutiny přerušení, tedy jaký kód se má provést, pokud procesor dostane IRQ s daným číslem.



Poznámka:

Je samozřejmě možné (a naprosto běžné), že k témuž číslu IRQ se registruje více komponent. Pak hovoříme o *sdílení IRQ*. Zatímco v jednodušším případě procesor při příchodu IRQ požadavku jednoduše přejde na obslužnou rutinu, která byla k danému číslu IRQ registrována, při sdílení je třeba nejdřív určit, která rutina vlastně má být provedena (tj. od které komponenty sdílející totéž IRQ vlastně požadavek přišel). Například na obrázku 4.19 vidíme, že přerušení číslo 16 je sdíleno čtyřmi zařízeními.

Za určitých okolností dochází místo sdílení ke *kolizi v IRQ*. Tento případ nastane, pokud totéž IRQ registruje více zařízení, ale některé z nich s tím „nepočítá“. Důsledkem je, že systém reaguje poněkud



Obrázek 4.20: Seznam IRQ v Linuxu (KInfoCenter)

neočekávaně – zařízení s tímto IRQ se chovají jinak než by měla, protože reagují na signály, které jsou určeny jinému zařízení.



 Co se děje, když je vyvoláno přerušení (například po stisku klávesy):

- IRQ je po vygenerování komponentou nejdřív posláno do *řadiče přerušení*, který tato přerušení eviduje
- po provedení každé instrukce procesor kontroluje, zda během jejího zpracování nebylo vygenerováno některé IRQ ⇒ nelze přerušit procesor během zpracovávání některé instrukce
- procesor si vyzvedne záznam o přerušení, zjistí, o jaké přerušení jde, jaká obslužná rutina je na ně navázána
- spustí obslužnou rutinu daného přerušení

Řadič přerušení má omezenou kapacitu paměti, do které ukládá záznamy o přerušení. Proto pokud procesor dostatečně rychle „neodebírám“ tyto záznamy, novější přerušení přepisují ta dříve uložená. Důsledkem je ztráta přerušení (uživatel má pak dojem, že je „ignorován“). Ovšem ne vždy se přerušení opravdu ztrácejí, jejich odebrání může být pouze zpomalené.

 Většinu přerušení lze „maskovat“, tedy v době maskování přerušení procesor tato přerušení ignoruje. Například v době, kdy procesor zpracovává jedno přerušení, by nemělo nastat další, příp. pokud je zpracováván nějaký „citlivý“ kód jádra (například synchronizační úlohy), opět bývá použito maskování přerušení. Přerušení jsou maskována tehdy, když procesor z nějakého důvodu „nechce být rušen“. Některá přerušení nelze maskovat (např. dělení nulou).

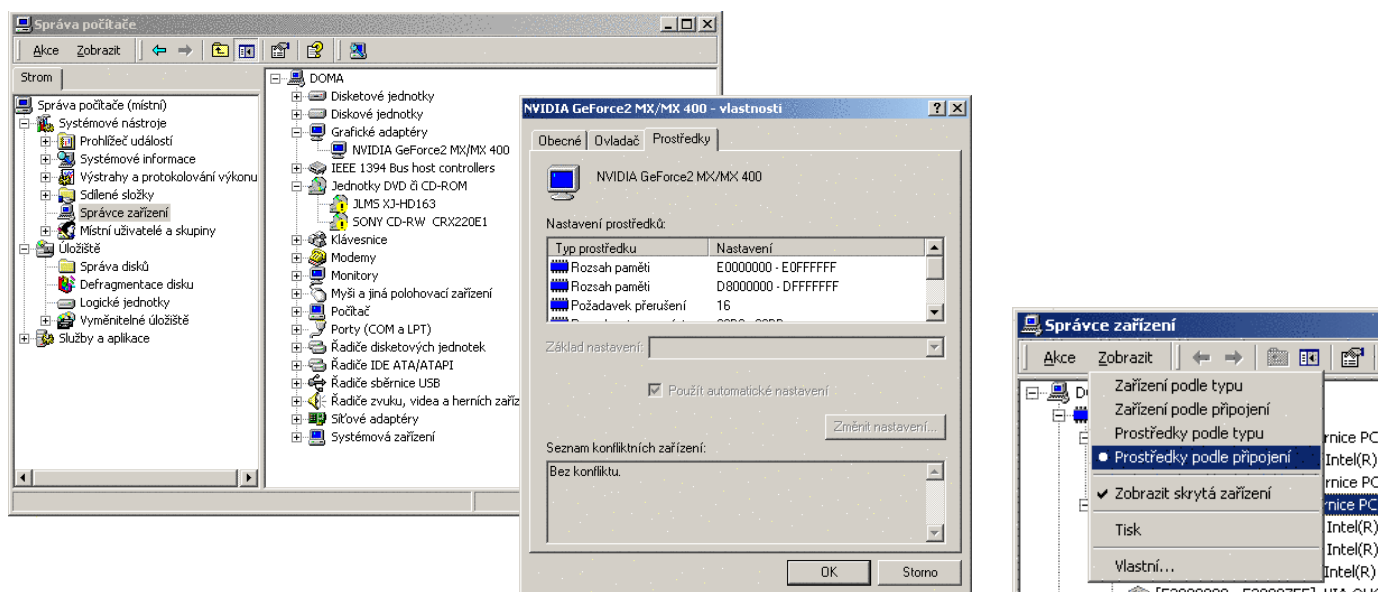
**Poznámka:**

Kód, který je obslužnou rutinou přerušeni nebo vyžaduje maskování přerušeni, by měl být co nejkratší, protože při jeho vyhodnocování systém nereaguje na žádná IRQ.



K přerušením se dostaneme ve Windows v nástroji *Systémové informace* (spustíme příkazem `msinfo32`, případně najdeme v *Systémových nástrojích*). Je zde také část *Konflikty či sdílení*, kde můžeme odhalit případný problém s konflikty v IRQ. V unixových systémech obvykle najdeme nějaký nástroj přímo v grafickém prostředí, případně si v textovém režimu vypíšeme obsah souboru `/proc/interrupts`.

Pokud chceme ve Windows najít (všechny) zdroje příslušející konkrétnímu zařízení, najdeme je přes *Správce zařízení*, v něm vybereme dotyčné zařízení, zobrazíme jeho vlastnosti, přejdeme na kartu *Prostředky*. Jestliže dané zařízení v seznamu nenajdeme, zapneme (v menu okna) zobrazování skrytých zařízení.



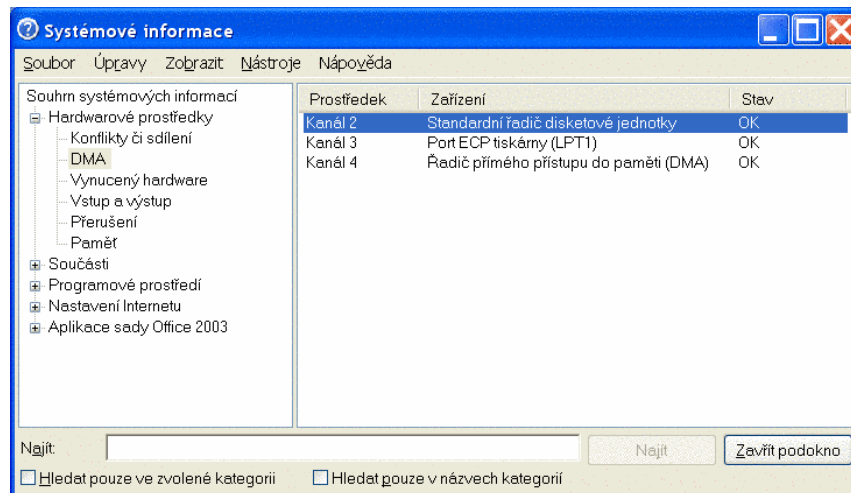
Obrázek 4.21: Kde najdeme obecně zdroje ve Windows

4.6.2 DMA

DMA (Direct Memory Access) – jedná se o kanály přímého přístupu do paměti. Je to sada dvojic signálních linek napojených na tentýž kanál:

1. DRQ (DMA Request) – DMA žádost
2. DACK (DMA Acknowledgement) – DMA potvrzení

Výměna dat s pamětí je přímá, téměř bez zásahu procesoru (obvykle pro multimediální karty nebo paměťová média). Spojení přes DMA je navázáno s asistencí procesoru, ale samotný přenos dat je plně v režii zařízení. Účelem je odlehčit procesoru od rutinních přesunů dat.



Obrázek 4.22: Seznam DMA kanálů ve Windows XP

Obvyklý počet DMA kanálů je 4 nebo 8, číslované od 0. DMA 2 bývá rezervován pro disketovou mechaniku, ostatní lze volně přidělovat. DMA 0 je u starších počítačů interně přiřazen základní desce pro obnovu paměti.

 Přiřazení DMA kanálů najdeme ve Windows opět v Systémových informacích, v unixových systémech v příslušném nástroji s GUI nebo v souboru `/proc/dma`.

```
[sarka@localhost ~]$ cd /proc
[sarka@localhost proc]$ cat dma
4: cascade
```

Obrázek 4.23: Výpis se seznamem DMA kanálů v Linuxu (konzola)

4.6.3 I/O porty

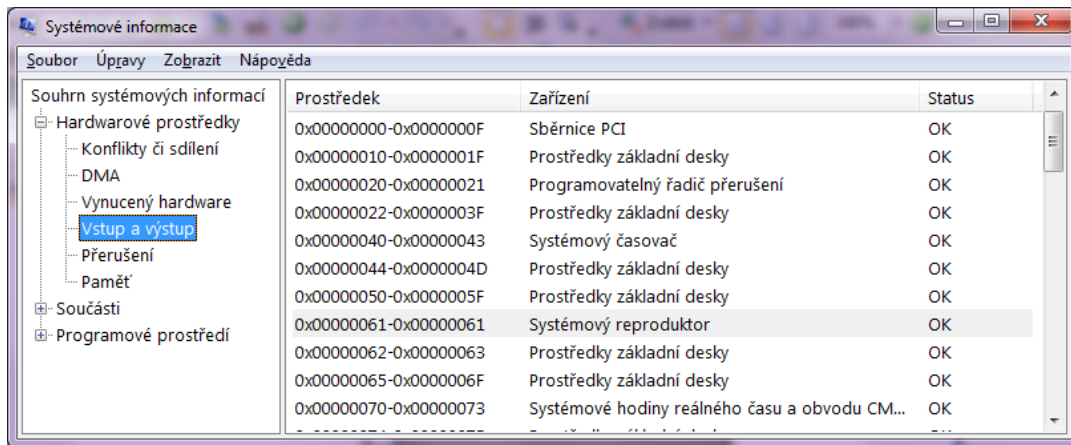
I/O porty (I/O adresy) jsou číselné reprezentace skutečných umístění v paměti, která jsou používána pro nízkourovňovou komunikaci s různými zařízeními. Určují adresu, na kterou lze zapsat data určená pro dané zařízení (resp. číst data odeslaná daným zařízením) včetně řídicích signálů. Obvyklá velikost těchto bloků paměti je 16, 32, ... kB, ale ne vždy. Jedno zařízení může mít i více takových adresových bloků, nemusí nutně následovat za sebou.

Velice často tuto možnost používá grafická karta, zvuková karta, operační paměť, reproduktory, časovač, hodiny reálného času (pozor, to není totéž), sběrnice USB, různé další sběrnice a zařízení na ně připojená, mechanismus DMA, atd.

 Seznam I/O portů (I/O adres) najdeme na podobných místech jako IRQ a DMA, v textovém rozhraní unixových systémů jde o soubor `/proc/iomem`.

4.6.4 Adresa paměti pro zařízení

Adresa paměti zařízení (resp. rozsah adres) je paměť fyzicky se nacházející jinde než na modulech operačních pamětí (například paměťové čipy pevných disků, grafických a jiných rozšiřujících karet, apod.) namapovaná do adresového prostoru.



Obrázek 4.24: Seznam I/O portů ve Windows 7

```
[sarka@localhost ~]$ cd /proc
[sarka@localhost proc]$ cat ioports
0000-001f : dma1
0020-0021 : pic1
0040-0043 : timer0
0050-0053 : timer1
0060-006f : keyboard
0070-0077 : rtc
0080-008f : dma page reg
00a0-00a1 : pic2
...

[sarka@localhost ~]$ cd /proc
[sarka@localhost proc]$ cat iomem
00000000-0009fbff : System RAM
00000000-00000000 : Crash Kernel
0009fc00-0009ffff : reserved
000a0000-000bffff : Video RAM area
000c0000-000ccbff : Video ROM
000f0000-000fffff : System ROM
...
d8000000-dfffffff : PCI Bus #1
...
```

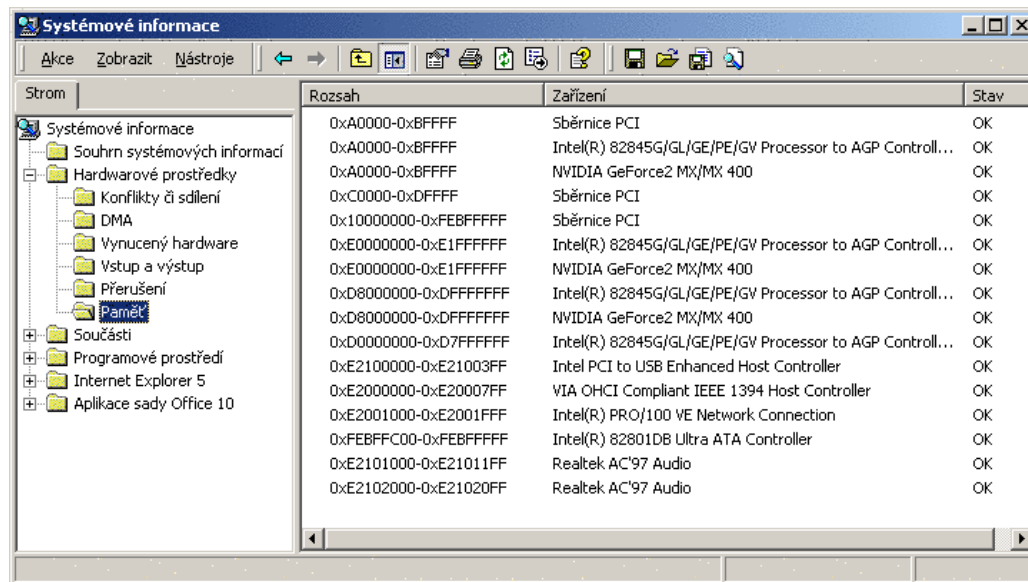
Obrázek 4.25: Seznam I/O portů a seznam adres zařízení v Linuxu (konzola, část výpisů)

Mnoho zařízení má vlastní BIOS, který také musí být přístupný v rámci společného adresového prostoru. K zařízením existují další obvody včetně paměťových, které jsou také mapovány do adresového prostoru. Fyzicky jsou tato paměťová místa na čipech (ROM, EEPROM, Flash PROM apod.), které nemusí být na základní desce (tj. jsou na rozšiřujících kartách).

4.7 Plug & Play a HotPlug

 Technologie Plug & Play (autoři: společnosti Intel, Microsoft, Compaq) představuje možnost zjednodušeného rozpoznání a konfigurace zařízení *při prvním zapojení* tohoto zařízení. Výrobce přidá k rozšiřující kartě zařízení (k řadiči apod.) obvody, které provedou automatickou konfiguraci a ve spolupráci s operačním systémem umožní vybrání vhodných zdrojů (IRQ, DMA, I/O porty, adresy BIOSu).

Účelem je usnadnit uživateli instalaci nového zařízení a redukovat fyzické zásahy do hardwaru (přepínače, propojky apod.), případná uživatelská konfigurace, pokud je nutná, probíhá softwarově a co nejjednodušejí.



Obrázek 4.26: Adresy zařízení ve Windows

 HotPlug je něco trochu jiného – zařízení s podporou HotPlug je možné připojit a nechat správně rozpoznat *za běhu systému*. Tato funkce se využívá při každém, nejen prvním použití. V praxi to znamená, že například HotPlug monitor nemusíme zapínat ještě před zapnutím počítače, ale i kdykoliv později, podobně HotPlug USB flash disk lze připojit kdykoliv *za běhu systému*.

Takové zařízení, které není HotPlug, musí být připojováno pouze do vypnutého počítače nebo je nutné počítač po jeho připojení restartovat – to je typické například pro většinu rozšiřujících karet.

Mnohá zařízení mají obě tyto vlastnosti (například zmíněný USB flash disk), některá jen jednu z nich. U některých zařízení jsou tyto vlastnosti natolik praktické, až si často ani nedokážeme představit, že by nebyly podporovány, ať už na straně zařízení, nebo na straně počítače či operačního systému. Například Windows NT v prvních verzích (3.x) nepodporovaly vlastnost Plug & Play u žádného zařízení.

4.8 Hodiny reálného času

Hodiny reálného času (RTC) jsou obvod umístěný na základní desce nebo integrovaný do jižního mostu v chipsetu, který udržuje reálný čas. Narozdíl od timeru hardwarového, který řídí časování hardwaru, hodiny reálného času počítají v „lidských“ jednotkách. Hodiny reálného času najdeme nejen v klasických počítačích, ale prakticky v jakékoliv elektronice včetně té „obývací“.



Poznámka:

Jedná se o CMOS čip, který vyžaduje neustálé napájení, tedy musí být připojen k baterii na základní desce stejně jako čip s kódem BIOSu.



Mnohé (ne všechny) RTC čipy vyrábí firma Dallas Semiconductor, proto je často poznáme podle nápisu Dallas.

**Další informace:**

- <http://www.extrahardware.cz/forum/viewtopic.php?f=9&t=2070&sid=0bd6562974f925f955a295abc80158c1>
- <http://hw.cz/novinky/maxim/dallas/art3701-nove-rtc-s-presnosti-5-ppm-aneb-co-budete-delat-v-roce-2100.html>



Case a základní deska

Celá kapitola je věnována nejdůležitější součásti počítače, základní desce (motherboardu). Probereme fyzickou strukturu základní desky, nejdůležitější součásti, rozhraní, integrovaná zařízení, chlazení a problémy, které souvisejí s rozvržením komponent na základní desce.

5.1 Skříň počítače

Skříň počítače (case, chassi) není jen estetickou záležitostí. Na materiálu, ze kterého je vyrobena, velikosti, tvaru a vnitřním uspořádání závisí funkčnost počítače (schopnost uchlazení – cirkulace vzduchu, možnosti osazení komponentami včetně výběru základní desky, atd.). Pokud jsou stěny skříně příliš tenké nebo z nevhodného materiálu, mohou také přenášet vibrace (z větráčků, z roztočeného pevného disku či používané optické mechaniky) a tím se podílet na zesilování zvuku vydávaného počítačem. Rozlišujeme různé typy skříní:

- desktop, tower, minitower, big tower, small form factor – pro desktopové počítače
- notebookové šasi (správně chassi, množné číslo chassis) – „skříň“ pro notebook
- skříně pro servery
 - tower – obvykle pro menší firmy, nenáročné použití
 - server v racku¹ (serverové skříně, „rack-mount“) – do racku se umísťuje obvykle více serverových jednotek s unifikovanou velikostí, viz dále
 - blade server
 - mainframe (sálový)
- skříně pro HTPC (Home Theatre PC, malé domácí servery sloužící obvykle jako sklad filmů, fotek a jiných rodinných souborů) – malý rozměr, předpokládá se tichý chod, tedy důraz na cirkulaci vzduchu i v malém prostoru
- embedded, menší formáty

¹Rack – čti [ræk], s otevřeným „e“. V angličtině to znamená stojan, regál či polici.

 **Rack (serverová skříň)** obsahuje tzv. *nody* („uzly“ – servery, switche, routery, hardwarové firewally, apod.) s výškou v násobcích 1,75 in = 4,45 cm (označuje se 1U, 2U, . . . , podle násobku uvedené výšky), maximální výška celého racku je 42U (ale obvykle se setkáme se spíše menšími skříněmi).

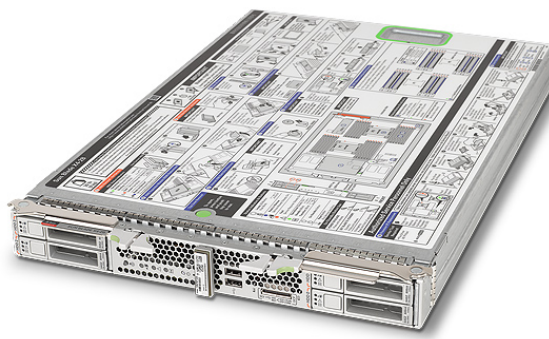
Každý node obsahuje základní desku, procesory, paměti, atd., jedná se o samostatný systém. Rack všechny nody navzájem propojuje, zajišťuje správu napájení, chlazení a komunikačních rozhraní. To znamená, že když instalujeme node do racku, připojujeme jej k napájecímu a chladicímu systému racku a samozřejmě také k síťovým rozhraním. Aby bylo především chlazení dostatečně účinné, měli bychom jednotlivé nody rozmístit tak, aby ve skříni mohl vzduch dobře proudit, tj. „nekumulovat“ je jen v jedné oblasti skříně.

Některé towers se také dají zapojit do racku.



Obrázek 5.1: Rack (serverová skříň)³

 **Systém Blade** představuje další stupeň integrace. Celý systém je integrován na jedné (základní) desce uzavřené v pouzdře, uvnitř nejsou žádné kabely, více takových desek bývá umístěno v jednom blade chassis, což je často node do racku, anebo tower. Typickou vlastností bladů je nekompatibilita: pokud máme blade chassis od konkrétního výrobce, musíme nakupovat blady od téhož výrobce. Naopak výhodou je určitá kompaktnost a také obvykle jednodušší zprovoznění a správa, nižší spotřeba energie.



Obrázek 5.2: Blade server – blade v racku (vlevo) a deska se systémem (vpravo)⁴

5.2 Co je to základní deska

Základní deska je základní komponenta osobního počítače. Poskytuje univerzální datová a napájecí rozhraní a fyzické uložení pro jednotlivé komponenty počítače. Fyzicky je realizovaná pomocí několikavrstvé desky tištěných spojů osazené mnoha elektronickými obvody a konektory.

Nejznámější výrobci základních desek jsou Gigabyte, Intel, MSI, Asus, ECS.

³Zdroj: <http://www.shaktigroupindia.net/etsi-telecom-server-racks.html>

⁴Zdroj: <http://www.supermicro.com/servers/blade/>, <http://www.oracle.com/us/products/servers-storage/servers/blades/overview/index.html>

5.2.1 PCB

PCB (Printed Circuit Board, deska tištěných spojů) je základní součástí každé základní desky. Na PCB se umísťují další elektronické součástky a konektory. Podobnou strukturu mají také rozšiřující desky (adaptéry), například grafická karta.



Další informace:

Ukázka schématu PCB je například na http://www.hans-w.com/modular_cnc.htm (případně můžeme na Google hledat obrázky podle klíčových slov „PCB schema motherboard“).



PCB má tyto funkce:

1. mechanická – udržuje všechny komponenty fyzicky pohromadě
2. elektronická – poskytuje komunikační spojení mezi jednotlivými komponentami na nejnižší fyzické úrovni
3. tepelná – slouží k základnímu chlazení komponent

Povrchová ochranná vrstva
Signálová vrstva 1
Izolační vrstva
Napájecí-zemnicí vrstva 1
Nosné jádro
Napájecí-zemnicí vrstva 2
Izolační vrstva
Signálová vrstva 2
Povrchová ochranná vrstva

Obrázek 5.3: Struktura PCB základní desky



Obvyklá struktura PCB je nastíněna na obrázku 5.3. PCB tedy členíme do vrstev, z nichž některé se ve struktuře objevují vícekrát. Na množství vrstev, jejichž pořadí je patrné z obrázku, závisí tloušťka desky. Význam jednotlivých vrstev je následující:

- *Povrchová ochranná vrstva* – chrání desku před vnějšími vlivy, ochranný film, nástřík
- *Signálová vrstva* – zajišťuje logickou komunikaci, tvořena tenkou vrstvou vodivého materiálu, většinou mědi
- *Izolační vrstva* – odděluje signálovou a zemnicí vrstvu, většinou z Preprogu (sklo-uhlíková výztuž prosycená polymerní matricí)
- *Napájecí-zemnicí vrstva* – zajišťuje zemnění, napájení a odvod tepla, převážně z mědi
- *Nosné jádro* – zajišťuje mechanické vlastnosti desky

5.2.2 Form factor

V současné době se používá mnoho různých typů základních desek, odlišnosti jsou zejména v těchto vlastnostech:

- rozměry desky
- rozměry, způsob uchycení a typ napájecích konektorů
- výrobce
- vybavenost rozhraními, patičkami apod., tj. také jaké procesory podporuje, jakou má čipovou sadu, kolik karet lze připojit, atd.
- možnosti přetaktování (souvisí také s vybavením BIOSu základní desky) a způsob chlazení komponent

 Nejobvyklejší typy základních desek (*Form Factor*) najdeme v tabulce 5.1. Liší se především rozměry, způsobem chlazení (směrem proudění vzduchu), a dále uspořádáním, rozměry a způsobem uchycení napájecích konektorů, patič, čipsetů, apod. Nejpoužívanější:

- *ATX* (Intel, 1995, od 1999 standard) – ještě před několika lety nejpobulárnější, vzduch ve skřini cirkuluje
- *micro-ATX* – zmenšená asi o 25 %, méně slotů
- *BTX* (Intel, 2004) – jiný rozměr, jinak chlazené komponenty (změna způsobu cirkulace vzduchu), neujal se
- *ITX* (VIA, 2001) – menší rozměr, komponenty spíše na výšku, ale přímo se základním formátem se dnes nesetkáváme
- *mini-ITX* často používána v netboocích a malých desktopech různých výrobců (rozhodně nezůstalo jen u původce – VIA), procesor bývá přiletován na základní desce

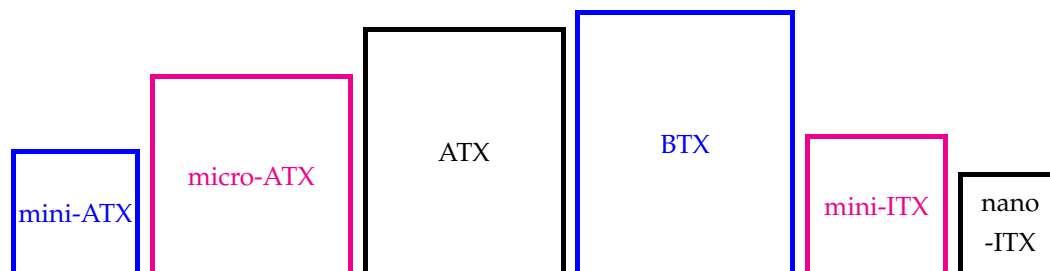
V současné době najdeme v počítačích obvykle desky s form factorem ATX nebo micro-ATX. V noteboocích však často bývají mírně upravené proprietární formáty (na míru).

<i>Standard</i>	<i>Rozměr (mm)</i>	<i>Standard</i>	<i>Rozměr (mm)</i>
ATX (Intel)	305×244	mini-ITX (VIA)	170×170
micro-ATX	244×244	nano-ITX	120×120
flex-ATX	229×191	pico-ITX	100×72
mini-ATX	150×150	mobile-ITX	75×45
BTX (Intel)	325×266	DTX (AMD)	244×203
micro-BTX	264×267	mini-DTX	203×170

Tabulka 5.1: Nejpoužívanější formáty základních desek (Form Factor)

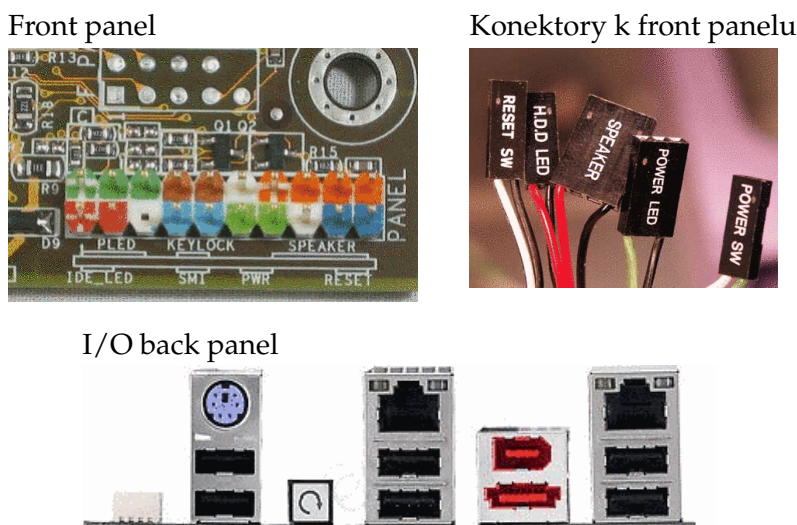
 Pro *embedded zařízení* (smartphony, set-top-boxy, různá spotřební elektronika, routery a další síťová zařízení, bankomaty, počítače v automobilech, apod.) se používají buď některé z výše zmíněných desek (například odvozené od ITX – spíše pro větší embedded), nebo form factory speciálně navržené pro tyto účely – ETX (95×114), COM Express (několik variant, varianta Compact má rozměr 95×95), PCI/104 (opět několik variant) a další.

U *serverů* se můžeme setkat například s formátem EATX (Extended ATX – 305×330) pro servery do racku nebo WTX (355.6×425.4) určeným pro tower servery. Obsahují více patič pro procesory, SATA portů a slotů pro paměti, naopak často se nesetkáme se sběrnicemi, které se obvykle používají pro grafické karty.



Obrázek 5.4: Srovnání některých běžných form factorů

 **Rozhraní** (interfaces) mají rozšiřovat funkce a/nebo výkon základních desek o další možnosti (standardizované konektory připájené na PCB). Účelem je jednoznačně definovat způsob přenosu dat a způsob napájení mezi základní deskou a rozšiřující kartou. Jako součást rozhraní můžeme také brát možnost připojení externích zařízení například přes I/O back panel či front panel (obrázek 5.5).



Obrázek 5.5: Front panel a I/O back panel⁵



Další informace:

- <http://www.formfactors.org/formfactor.asp>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_form_factor (zajímavé srovnání rozměrů)
- <http://www.tomshardware.com/reviews/best-motherboard-guide,2546-4.html>
- <http://www.tomshardware.com/reviews/sneak-preview,764-2.html>
- <http://www.anandtech.com/show/1157/2>

⁵Zdroj: <http://infoarchena.blogspot.com/2011/04/front-panel-ii.html>

- <http://www.tomshardware.com/reviews/atx-btx-cases,1187-19.html>
- <http://www.tomshardware.com/reviews/ups-rescue,1669.html>

**Poznámka:**

Pojem form factor se ve skutečnosti používá i v jiných významech. Například u pevných disků se takto rozlišují různé rozměry – HDD Form Factor 3.5" apod.



5.3 Sběrnice

Důležitou součástí základní desky jsou sběrnice. Jde o *komunikační linky*, fyzicky realizované tištěnými spoji a příslušnými napojeními. Na sběrnice se pomocí *slotů* („zásuvek“) napojují rozšiřující karty, ale další sběrnice také slouží ke komunikaci mezi procesorem a chipsetem, pamětí (paměťová sběrnice) apod., sběrnice jsou také uvnitř procesoru.

 Sběrnice mají obvykle tyto části:

- řídicí – zde se posílají řídicí signály,
- adresová – pro přenos adres,
- datová – přímo přenáší data.

Důležitá je jejich šířka (samozřejmě i zvláště pro výše zmíněné části) – obvykle 32 bitů, 64 bitů apod.

 U sběrnic rozlišujeme i *okruhy*:

1. Lokální okruh – spojuje CPU a paměť
2. Vnější okruh – spojuje CPU s rozšiřujícími kartami (starší sběrnice, včetně ISA: pouze vnější okruh)

Sběrnice dělíme do dvou typů:

- *systémová sběrnice* (CPU bus) – propojuje procesor, koprocessor, cache paměť, operační paměť, řadič cache paměti a operační paměti a některá další zařízení
- *rozšiřující sběrnice* – umožňuje připojovat rozšiřující karty

Podle způsobu práce a zapojení rozlišujeme:

- *synchronní sběrnice* – pracuje synchronně s procesorem počítače (zhruba stejná frekvence). Tímto způsobem dnes pracuje většina sběrnic.
- *pseudosynchronní sběrnice* – dovoluje zpoždit přenos údajů o určitý počet hodinových period.
- *lokální sběrnice* – náročné operace s daty se provádějí přes rychlou systémovou sběrnici (místo rozšiřující). O vznik a rozvoj lokálních sběrnic se zasloužili výrobci videokaret. Jsou dražší, ale rychlejší.

Již jsme se seznámili se sběrnicemi sloužícími přímo ke komunikaci mezi čipy chipsetu nebo mezi chipsetem a procesorem. Jde o systémové lokální sběrnice.

5.3.1 ISA, EISA

ISA (Industry Standard Architecture, od IBM) je již spíše historická záležitost, třebaže ji ještě na některých funkčních základních deskách najdeme. Sloužila pro připojení interních rozšiřujících karet, a to v rozmezí let 1981 a 1993. Je to 8 nebo 16bitová sběrnice (jde o její šířku – kolik bitů lze zároveň přenést) s obnovovací frekvencí 8 MHz a paralelním způsobem přenosu dat. Rychlost přenosu je 8 nebo 16 MB/s podle šířky sběrnice.

EISA (Extended ISA) je potomek sběrnice ISA, v současné době také historický. Je to 32bitová sběrnice, která umožnila přenosy teoretickou rychlostí 33 MB/s, ale reálná přenosová rychlost se blížila spíše 20 MB/s.

5.3.2 PCI a PCI-X

 PCI (Peripheral Component Interconnect) je modernější rozhraní uvedené v roce 1993, které v modifikované podobě přetrvalo dodnes. Existuje také zmenšená verze pro přenosné počítače.

Konektory na kartách jsou fyzicky modifikovány tak, aby se omezila možnost poškození rozšiřujících karet při užití nesprávného slotu (tzv. *klíčování*). PCI jako první sběrnice také přišla s podporou technologie Plug & Play.

 Další vlastnosti:

- 32/64bitová šířka sběrnice, 33/66 Mhz obnovovací frekvence s paralelním způsobem přenosu dat
- teoretická přenosová rychlost 133 (32bit, 33 Mhz), nebo 266 (64bit, 33 Mhz), nebo 533 (64bit, 66 Mhz) MB/s
- napájecí napětí se pohybuje v rozmezí 3,3–5 V, vyšší verze PCI pracuje s nižším napětím
- DMA kanály prakticky nejsou používány

PCI má vlastnosti lokální sběrnice, ale k systémové sběrnici je připojena přes mezisběrnicový můstek – výhody:

1. možnost použití PCI i v jiných počítačích než IBM kompatibilních
2. můstek umožňuje přizpůsobování napětíových úrovní

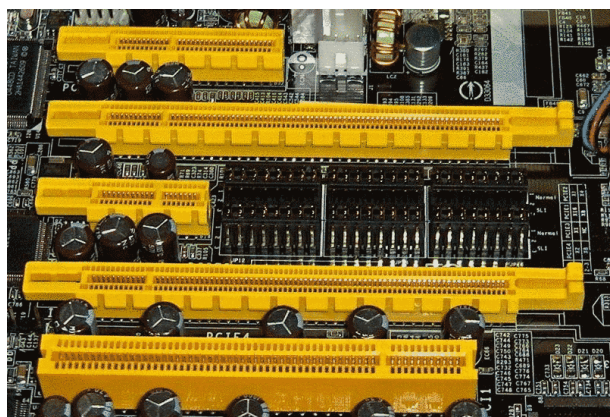
Se sběrnici PCI se na základních deskách můžeme dodnes setkat (je levná), a také existují PCI rozšiřující karty, které lze do této sběrnice zasunout (typicky zvukové a síťové karty), ale používanější jsou spíše modifikace sběrnice PCI – PCI-X a PCI Express (značí se PCI-E nebo PCIe).

 **PCI-X** vznikla v roce 2004 jako modernizace základní specifikace PCI, došlo k dramatickému zvýšení frekvence na 133, 266 a následně 533 Mhz $\Rightarrow$ dosáhlo se prostupnosti 1, 2 respektive 4 GB/s. V současné době toto rozhraní najdeme spíše u serverových komponent, například serverových síťových karet.

Rozhraní PCI-X je částečně zpětně kompatibilní. Karty PCI-X lze zasunout do PCI slotu, pokud je na desce podporováno napětí 3,3 V. Naopak PCI karty podporující napájení 3,3 V (PCI verze 2.1) lze provozovat v PCI-X slotu. Ale pozor, pokud takto kombinujeme PCI kartu a PCI-X slot, všechny PCI-X karty budou pracovat na „pomalé“ frekvenci PCI karty.

5.3.3 PCI Express

PCI Express (PCI-E, PCIe; rok 2004) je momentálně nejpoužívanějším sběrnicovým rozhraním pro rozšiřující karty.



Obrázek 5.6: Shora PCIe×4, PCIe×16, PCIe×1, PCIe×16, PCI

se nedělí mezi více kanálů a není nutno je synchronizovat na úrovni rozhraní).

Propustnost ve slotu je 250 MB/s na jednu linku, všechna zařízení sdílejí jednu obousměrnou sběrnici s celkovou prostupností 32 respektive 64 bit. Maximální prostupnost plnohodnotné PCIe×16 je cca 4 nebo 8 GB/s (PCIe verze 1.1 a verze 2.0). PCIe×32 verze 2.0 může dosahovat až rychlosti 16 GB/s, s tou se však v desktopech ani noteboocích nesetkáme.

PCIe sloty s různým počtem linek mají *odlišnou délku*, obvykle zasazujeme kartu do slotu o takové délce, kterou potřebujeme. Nicméně lze kartu zasadit i do „delšího“ slotu, pak jsou aktivovány pouze ty linky, které karta využije, ke kterým je připojena.

Teoreticky by to mohlo jít i naopak (delší kartu zapojíme do kratšího slotu) – to však jde pouze tehdy, pokud je krátký slot upraven (na konci má rýhu, aby bylo možné delší kartu fyzicky zasunout, pak se aktivuje jen ta část pinů, která je ve slotu připojena. Tento princip funguje i na logické úrovni: některé sloty ×16 mají ve skutečnosti místo 16 aktivních pouze 8 linek, tedy pokud do takového slotu zasuneme kartu PCIe×16 (což samozřejmě jde), komunikuje se pouze po 8 linkách a karta pracuje pomaleji než v plnohodnotném slotu PCIe×16.

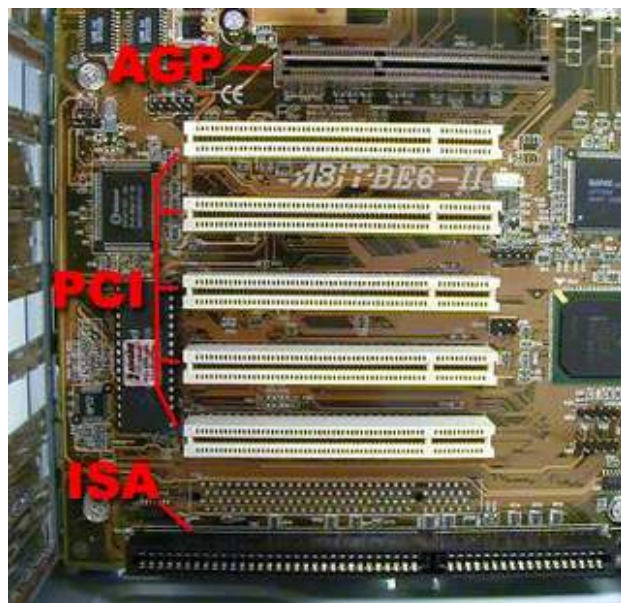
Díky flexibilitě je PCIe rozšířenější než PCI-X, najdeme ji dnes prakticky v každém počítači. Na obrázku 5.6 vidíme jednotlivé PCIe a PCI sloty.

⁷Zdroj: <https://ist94.wikispaces.com/Motherboards>

Základní myšlenkou je přechod od paralelního přenosu celého slova (jak je to v PCI, slovo o délce 32 nebo 64 vodičů) k sériové komunikaci (všimněte si, přechod k sériové komunikaci je patrný u většiny typů rozhraní).

Komunikační pásmo je rozděleno do několika kanálů, které označujeme *linky* (PCI Express Lines). Fyzické rozhraní tak může mít k dispozici 1, 4, 8, 16, 32 linek, hovoříme pak o rozhraní rychlosti ×1, ×4, atd. Nejběžnější jsou ×1 určená zejména pro zvukové karty, a ×16 pro grafické karty.

Jeden kanál (linka) je tvořen celkem čtyřmi vodiči, dvěma pro každý směr. V rámci kanálu/linky se komunikuje pouze sériově, pokud je kanálů více, každý z nich přenáší nezávisle samostatnou komunikaci (přenášené slovo



Obrázek 5.7: Porovnání sběrnic ISA, PCI a AGP⁷

5.3.4 AGP

Sběrnice AGP (Advanced Graphics Port či Accelerated Graphics Port) vznikla roku 1997 jako rozhraní, které mělo nahradit nedostatky PCI pro grafické karty (specializovaná modifikace PCI). Problémem byla existence více variant rozhraní a tedy i slotů AGP, které se lišily kromě jiného i klíčováním (tj. na kartách byly výřezy a ve slotech můstky u různých variant na různých místech). Uživatel kupující si novou kartu vždy musel vědět, do jakého typu AGP slotu ji chce použít.

 Pro AGP je charakteristické použití stejné technologie jako PCI pro rozpoznání možných napájecích napětí. Pro energeticky nejnáročnější grafické karty bylo vyvinuto rozšíření *AGP Pro*.

Základní frekvence AGP portu je 66 MHz. Ta byla následně zvyšována: 2×, 4× a 8×. Od ní se také odvozuje celkový index rychlosti sběrnice. Celková šířka sběrnice je 32 bitů, čímž AGP 8× dosahuje rychlosti 2 GB/s.

Mnoho vývojářů se snažilo toto rozhraní ještě oživit, přesto s příchodem PCIe dochází k útlumu podpory výrobců a najdeme je pouze ve starších počítačích.

Na obrázku 5.7 vidíme porovnání sběrnic ISA, PCI a AGP.

5.4 Chipset

Chipset (čipová sada) je sada integrovaných obvodů, které zajišťují především komunikaci mezi jednotlivými komponentami (procesor, paměti, rozšiřující karty, BIOS, nejrůznější rozhraní a konektory), jedná se o vlastně o jakési komunikační centrum. Také obsahují některé řadiče, například mohou (nemusejí) obsahovat řadiče paměťových modulů.

Chipset určuje, jakým způsobem budou jednotlivé komponenty mezi sebou logicky a následně i fyzicky propojeny. Na kvalitě chipsetu do značné míry závisí kvalita samotné základní desky, protože právě tudy vedou hlavní komunikační cesty komponent.

 Logická struktura chipsetů (tj. struktura z hlediska funkcí) je následující:

- *systémový řadič* – obvod, který řídí spolupráci jednotlivých obvodů základní desky a realizuje následující funkce:
 - generuje hodinové signály
 - vytváří adresy pro paměti RAM a generuje řídicí signály pro paměťový subsystém
 - zajišťuje RESET systému po připojení elektrického napájení nebo stisku RESET
- *řadič sběrnice* – zabezpečuje komunikaci mezi systémovou sběrnicí a rozšiřující sběrnicí, dále obsahuje rozhraní reproduktoru a rozhraní paměti EPROM
- *buffer dat* – obvod, který slouží k zachycování dat a jejich přepínání mezi jednotlivými datovými sběrnicemi

 Nejznámější výrobci chipsetů jsou Intel, VIA, SiS, nVidia (chipsety nForce) a ATI (teď už AMD). Tyto chipsety jsou pak používány tak jak jsou různými výrobci základních desek.

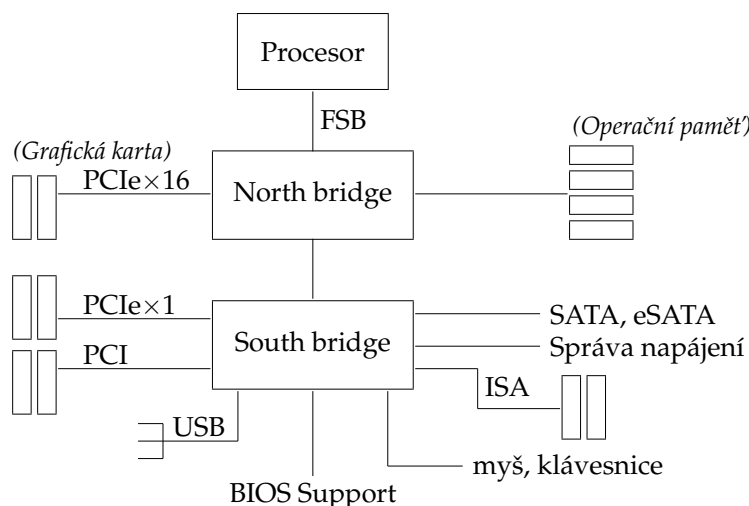
Dnes se používají dvě základní koncepce – North-South bridge design a One chip design. Rozdíl mezi nimi je v počtu čipů, které tvoří chipset.

5.4.1 North-South bridge design

Chipset bývá rozdělen do dvou čipů, které označujeme North Bridge a South bridge (severní a jižní most, také můstek).

- *North bridge* obstarává vysokorychlostní komunikaci s grafickou kartou, operační pamětí a procesorem, je blíže k procesoru.
- *South bridge* obstarává komunikaci s relativně pomalými rozšiřujícími kartami, disky, řadiči externích rozhraní a rozličnými mechanikami a zprostředkovává služby BIOSu. Určuje maximální přenosovou rychlost disků, USB, atd. Bývá umístěn blíže slotům pro rozšiřující karty.

 Pro jižní most se také používá název I/O Controller Hub (nepřesně česky vstupně-výstupní řadič).



Obrázek 5.8: Obecné schéma chipsetu se sběrnici FSB

Koncepce North-South bridge design se dnes používá u většiny osobních počítačů, laptopů a serverů. Obecné schéma chipsetu se sběrnici FSB je na obrázku 5.8, na obrázku 5.9 je již konkrétní chipset od firmy Intel pro procesor Core 2 Extreme, na obrázku 5.10 je schéma chipsetu pro základní desky s procesory do patice AM3 (od AMD).

 Pokud je do severního mostu integrována grafika (přesněji grafická jádra), pak bývá chipset označován také zkratkou *IGP* (Integrated Graphics Processor – integrovaný grafický procesor).

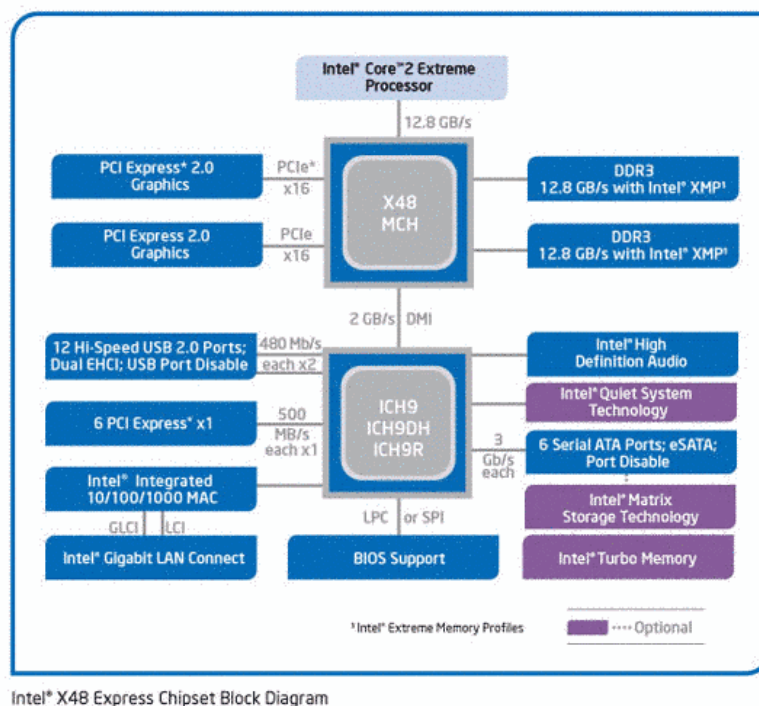
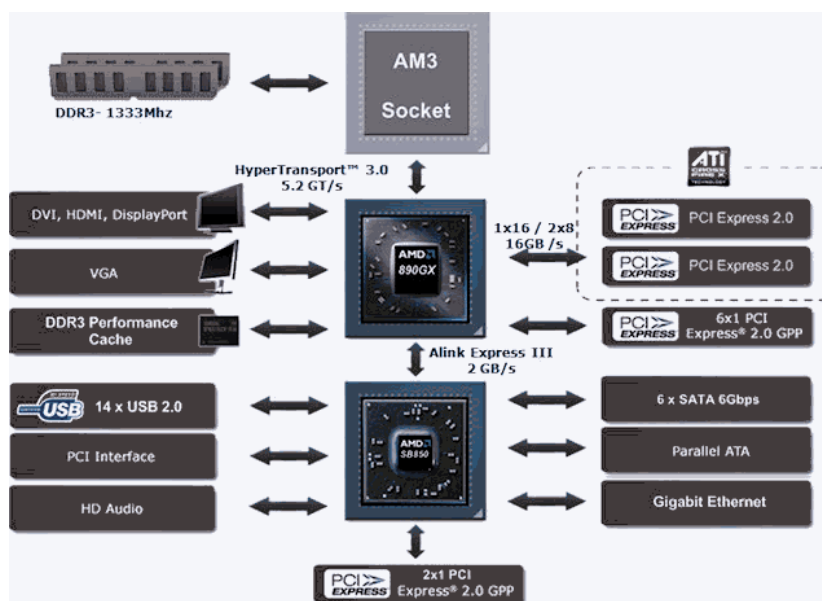
 Funkce *paměťového řadiče* (tj. komponenty, která zprostředkovává komunikaci procesoru s moduly operační paměti), která dříve běžně bývala v severním mostě, se postupně stěhuje do pouzdra procesoru. S tímto trendem začala firma AMD u 64bitových procesorů, po několika letech se k tomuto trendu připojila také firma Intel.



Poznámka:

V současnosti se tedy tento koncept sice používá, ale postupně se proměňuje. O podobě konceptu severního a jižního mostu je více psáno o několik stránek dále, v kapitole 5.4.3 na straně 65.



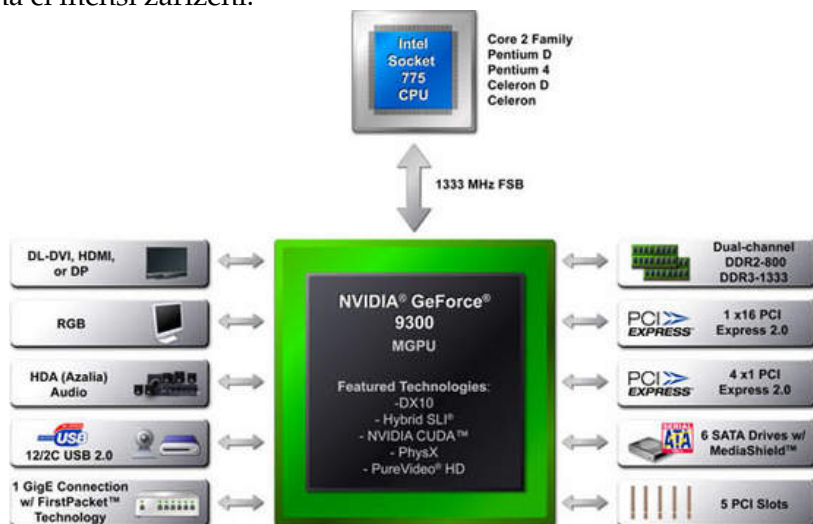
Obrázek 5.9: Schéma chipsetu X48 Express pro procesor Core 2 Extreme⁸Obrázek 5.10: Schéma chipsetu firmy AMD pro procesory do patice AM3⁹

⁸Zdroj: <http://ixbtlabs.com/articles3/mainboard/nvidia-nforce-790i-intel-x48-chipsets-p2.html>, zajímavý popis najdeme na <http://techreport.com/articles.x/14316>

⁹Zdroj: <http://www.abclinuxu.cz/blog/virtualizace/2010/8/hardware-3-vyber-chipsetu-a-zakladni-desky>

5.4.2 One Chip design

V konceptu One Chip design jsou oba mosty integrovány do jednoho čipu (nebo je severní most integrován do pouzdra procesoru). Jde o řešení, které se snaží minimalizovat náklady na výrobu zařízení a je tedy určeno spíše pro levná či menší zařízení.



Obrázek 5.11: Chipset NVidia GForce 9300 – OneChip design¹⁰

Výhody:

- relativně malé rozměry,
- cena i více než o polovinu nižší než u běžnějšího North-South bridge návrhu,
- výrazně nižší spotřeba, atd.

Nevýhody: omezená modularita a obvykle nižší výkon.

Lze jej využít v malých osobních počítačích (netbook, PDA, apod.) nebo specializovaných počítačích (routery, print servery, atd.). Mohou být použity například na základních deskách s procesorem Atom.



Další informace:

Zajímavou recenzi základní desky s jednočipovou sadou NVidia MCP7A (FormFactor Mini-ITX, s integrovanou grafikou a procesorem Atom 330 se dvěma jádry) najdeme na adrese

<http://www.thinkcomputers.org/asrock-a330ion-nvidia-mcp7a-ion-mini-itx-motherboard-review/>.



5.4.3 Současné chipsety

Poslední dobou jsou tendence integrovat některé funkce severního mostu, a nebo dokonce celý severní most do čipu procesoru, především z důvodu urychlení komunikace s operační pamětí a lokálními sběrnici, úspory místa na základní desce a snadnějšího chlazení.

¹⁰ Zdroj: <http://www.tomshardware.com/reviews/g45-geforce-9400,2263-4.html>

Přesto se nejedná o One Chip Design, protože severní a jižní most jsou rozděleny. Tendence jsou tedy následující:

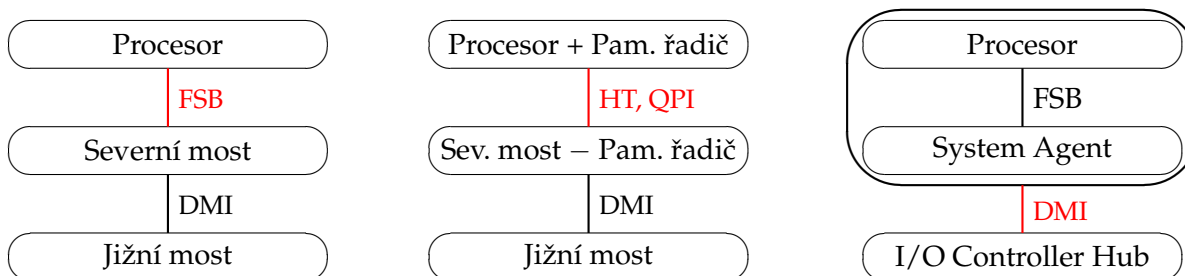
1. integrace paměťového řadiče z North bridge do samotného procesoru,
2. navyšování rychlosti komunikačních sběrnic mezi procesorem a North bridgem,
3. integrace celého severního mostu do pouzdra procesoru – tam se modul plnící roli severního mostu nazývá *System Agent* (u Intelu).

 Mezi severním a jižním mostem existuje spojení s vyšší rychlostí přenosu. U intelovských architektur se tato sběrnice označuje DMI (Direct Media Interface) a obvykle jde o modifikaci sběrnice PCIe×4, případně zde přímo najdeme PCIe×4. Obdobně u základních desek AMD se označuje ALink Express (založena na PCIe×4) nebo opět přímo PCIe.

 Velmi důležitá je sběrnice zajišťující komunikaci mezi severním mostem a procesorem. Její rychlost má zásadní vliv na rychlost celého systému. Mezi chipsetem a procesorem se můžeme setkat především s těmito sběrnicemi:

- FSB (Front Side Bus) je původní označení této sběrnice v klasické formě,
- HT (HyperTransport) – sběrnice na architekturách AMD (od architektury K8), řadič paměti byl přenesen ze severního mostu do procesoru, což znamená zvýšení propustnosti této sběrnice (a tím i rychlosti) jednoduše tím, že je po ní přenášeno méně dat,
- QPI (QuickPath Interconnect, starší název CSI) je intelovská sběrnice pro výkonnější varianty architektury Nehalem, řadič paměti byl přenesen procesoru (tj. obdoba AMD HT),
- DMI – u Intelu v případě, že je severní most integrován do procesoru.

Ve všech případech se však označuje jako FSB, jde totiž také o základní označení sběrnice propojující chipset a procesor. Na obrázku 5.13 na straně 66 je vývoj této sběrnice (včetně přesouvání příslušných funkcionalit) názorně zachycen.



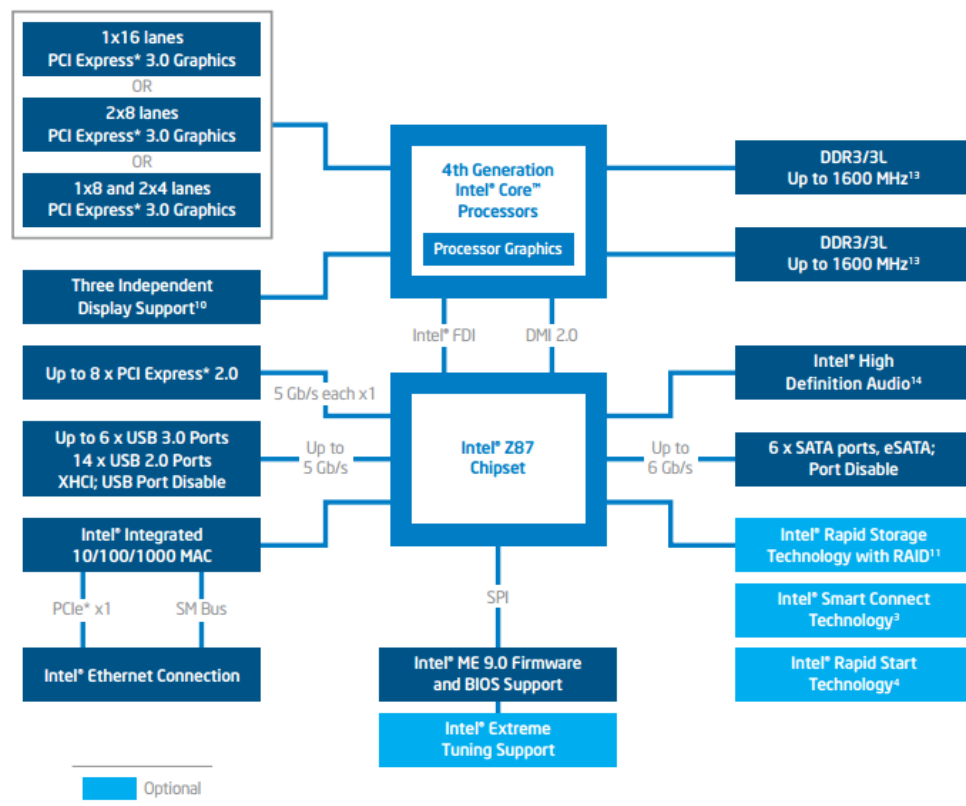
Obrázek 5.13: Sběrnice mezi severním mostem (resp. chipsetem) a procesorem

 **Vlastnosti chipsetu.** Při výběru základní desky bereme v úvahu například tyto vlastnosti související s chipsetem:

- označení severního a jižního mostu
- podporované procesory, podporované technologie a výrobní metriky procesorů (65, 45, 32, ... nm),
- podporované patice

¹¹Zdroj: <http://www.bit-tech.net/hardware/2013/06/01/intel-core-i7-4770k-cpu-review/2>

Intel® Z87 Chipset Block Diagram

Obrázek 5.14: North South bridge se severním mostem v procesoru – architektura Haswell¹¹

- podporované typy FSB a jejich frekvence
- podporované paměti a jejich max. velikost, pokud je v chipsetu integrován řadič paměti
- integrované komponenty (grafika apod.), verze USB a počet portů
- podpora virtualizace, kontroly přenosů od paměťových modulů (parity, ECC), atd.

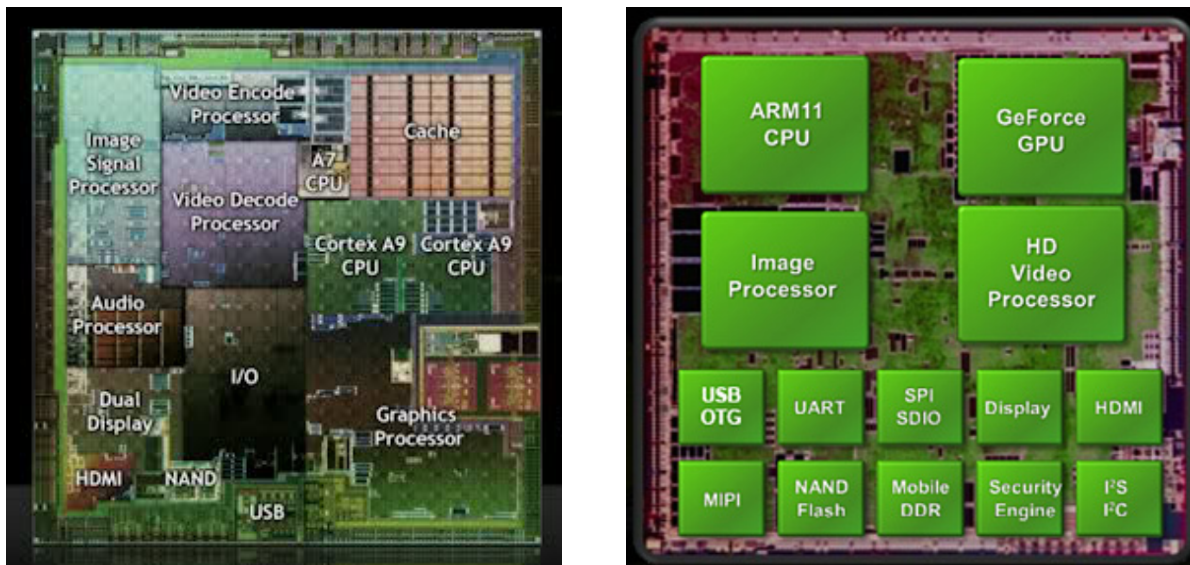
5.4.4 SoC čipy

SoC (System on Chip) je další koncept, který už dříve začal u embedded zařízení, ale postupně se dostává i do levnějších běžných zařízení.

V jednom pouzdře čipu je procesor, chipset, případně paměti, generátor časových impulsů, časovače, implementace komunikačních rozhraní (USB, Ethernet, apod.), grafika, apod., tedy jak původní chipset, tak i další moduly, které bychom jinak našli v samostatných čipech na základní desce. Tento koncept je, jak bylo výše uvedeno, typický především pro embedded zařízení a vestavěný procesor bývá obvykle typu RISC.

SoC dřív vyráběly především firmy Qualcomm (Snapdragon), Apple (pro svá mobilní zařízení), Broadcom, Samsung, Transmeta, nVidia (procesory Tegra), Atmel, v současné době už existují také SoC procesory

¹²Zdroje: <http://i48.tinypic.com/o7t3y9.jpg>, http://www.xbitlabs.com/news/mobile/display/20080603141353_Nvidia_Unleashes_Tegra_System_on_Chip_for_Handheld_Devices.html



Obrázek 5.15: SoC procesor ARM Cortex A9 a SoC procesor NVidia Tegra s procesorem ARM 11¹²

firem AMD (AMD Geode) a Intel.



Poznámka:

Většina SoC čipů je typu ARM (z výše uvedených opravdu téměř všechny). Co to znamená? Firma ARM Holdings přímo tyto procesory nevyrábí, pouze je vyvíjí, a následně poskytuje v licenci svým partnerům specifikaci k jejich výrobě. Tedy například procesory Snapdragon, mobilní Apple, nVidia Tegra apod. jsou všechny postaveny na architektuře ARM.



5.5 Integrovaná zařízení

Integrovaná zařízení jsou komponenty obvykle umístěné na PCB, za účelem rozšíření funkcionality či zvýšení výkonu. Integrují se buď do samostatného čipu (nebo více čipů) nebo do chipsetu. Proč se používají integrovaná zařízení:

1. cena komponenty nesmí výrazně prodražit základní desku
2. komponenta musí být užitečná pro většinu uživatelů, pro které je daná deska určena
3. jedná se o technologii, která může být zdrojem konkurenčních výhod

Z toho vyplývají vlastnosti:

- nižší výkon než neintegrovaná řešení,
- uspokojí co největší počet uživatelů s nejnižšími náklady.



Jak už jsme zjistili v kapitole o chipsetu (str. 63), často je integrována grafická karta a paměťový řadič, z dalších například zvuková a síťová karta a řadič RAID (pro disková pole).

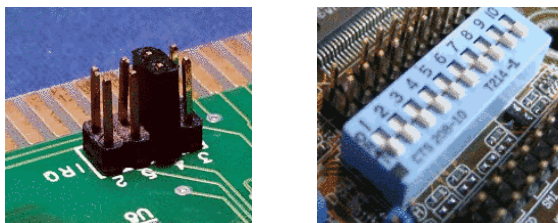
Mezi nejčastější výrobce *grafických jader* pro integraci patří AMD (resp. původně firma ATI, která je dnes součástí AMD), Intel, nVidia, VIA a SiS.

Co se týče integrovaných *zvukových čipů*, setkáváme se často s výrobky firem Realtek a C-Media.

RAID controller Je specializovaný diskový řadič na základní desce, který využívá několika disků k zajištění vyššího výkonu, nebo zálohování uložených dat. Na dražších deskách bývá kromě integrovaného RAID umístěn ještě jeden RAID řadič navíc. O RAID je více v kapitole 8.3 o vnějších pamětech, strana 156.

5.6 Přepínače, propojky

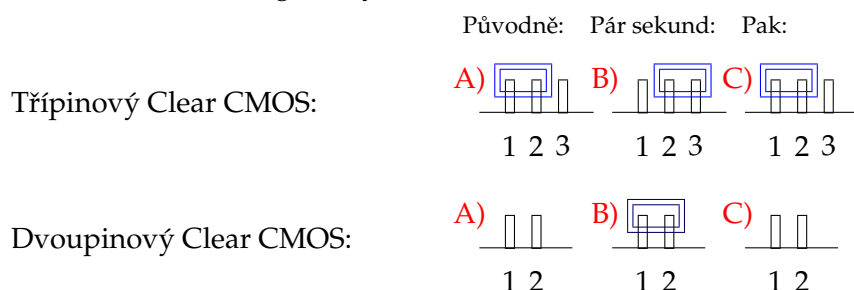
 *Přepínače* (switche) na základní desce mají dvě polohy – zapnuto (on) a vypnuto (off). Slouží k hardwarové konfiguraci takových vlastností základní desky, které mají dva stavy. Přepínač se vyskytuje ve více různých formách – jednu z forem můžeme vidět na obrázku 5.16 vpravo.



Obrázek 5.16: Propojky a přepínače¹³

 *Propojky* (jumpers) narozdíl od přepínačů mohou mít více různých stavů. Obvykle jde o blok kolíků (pinů) uspořádaných do matice, na které je možné nasunout propojovací klobouček s vodivým můstkem. Klobouček je obvykle na dva sousední kolíky, a podle toho, které dva kolíky z bloku jsou takto propojeny, je zapnutá jedna konkrétní z možných voleb.

Přepínače a jumpery slouží na základních deskách k důležitým nastavením, která se obvykle za provozu počítače nemění. Dnes, v době mechanismu Plug and Play, jsou nahrazovány daleko pohodlnějšími nastaveními BIOSu a auto-detekčními algoritmy.



Obrázek 5.17: Reset BIOSu pomocí propojek

 Přepínačem nebo propojkou může být také specializovaný *clear CMOS* (také se vyskytuje ve formě

¹³Zdroj: http://www.infopackets.com/news/hardware/2004/20041228_install_sound_card_to_computer_with_onboard_integrated_sound.htm

tlačítka). Má za úkol vymazat uživatelská nastavení BIOSu a uvést jej do továrního nastavení (reset BIOSu). Tedy stejný efekt jako vytažení záložní baterie udržující nastavení BIOSu. U většiny základních desek jde o třípinovou propojku, kterou vidíme na obrázku 5.17. Standardně je propojka nastavena na piny 1,2. Po zapojení na 2,3 (při vypnutém počítači) se CMOS vymaže, pak bychom neměli zapomenout vrátit propojku na piny 1,2. Postup se může lišit u různých základních desek, konkrétní postup najdeme v dokumentaci k základní desce.

5.7 Rozvržení komponent na základní desce

Určité problémy mohou vzniknout špatným rozvržením prvků na základní desce:

- chlazení – k socketům, konektorům, atd. na základní desce se připojují různé komponenty, které při nevhodném rozmístění příslušných připojovacích prvků mohou překážet proudění vzduchu
- špatné osazení napájecích obvodů (teplo), nevhodné chlazení čipových sad (nevhodný materiál, chladič materiál špatně přilnul na čipy, atd.), umístění datových a napájecích kabelů (hlavně datových, hodně překážejí proudění vzduchu)
- připojované komponenty si mohou navzájem překážet – například socket pro procesor a patice pro paměťové moduly: některé procesory s chladičem po osazení „tlačí“ na paměťové moduly, někdy je problém s umístěním rozšiřujících karet a různých konektorů



Další informace:

- Okomentovaný nákres základní desky na PCHelpForum, YouGamers, LaptopParts101 (všimněte si tvaru desky), HotHardware, YouCanBuildYourOwnComputer, Technet.Idnes:
 - <http://www.pchelpforum.com/hardware-tutorials/17740-whats-my-mainboard.html>
 - <http://www.yougamers.com/forum/showthread.php?t=24153>
 - <http://www.laptopparts101.com/system-board-motherboard-mainboard/>
 - <http://hothardware.com/Tags/itx.aspx>
 - <http://www.youcanbuildyourowncomputer.com/installmotherboard.html>
 - http://technet.idnes.cz/ktera-zakladni-deska-je-pro-vase-pc-nejlepsi-s-nami-to-poznate-pt1-/hardware.asp?c=A080409_101120_hardware_mbo
- Základní desky na ExtraHardware
<http://extrahardware.cnews.cz/zakladni-desky>
- Jak vybírat základní desku na Svět Hardware
http://www.svethardware.cz/art_doc-670D52C33DF691CFC1256E83004CC0B9.html?lotus=1&Highlight=0,jak,vyb%C3%ADrat,z%C3%A1kladn%C3%AD,desku
- Apple Power Mac G5
<http://www.apple.cz/cze/apple/hardware/powermacg5/architecture.html>
- Různé konektory
<http://www.tomshardware.com/reviews/pc-interfaces-101,1177-2.html>





Úkoly

1. Zjistěte informace o základní desce Asus P5N7A-VM. Můžete použít například tyto zdroje (jde o recenze této desky):
 - některý obchod s počítačovými komponentami, stránky výrobce základní desky,
 - http://www.svethardware.cz/art_doc-9EA41992B43428D5C1257509000248A2.html
 - <http://extrahardware.cnews.cz/asus-p5n7a-vm-s-nejrychlejsi-grafikou>

Všimněte si především Form Factoru, patice procesoru, patic na sběrnicích (paměti, PCIe, PCI, SATA, atd.), čipu BIOSu, apod.

2. Podobně zjistěte informace o základních deskách Gigabyte D425TUD a MSI 890GXM-G65. Zjistěte také obvyklé ceny těchto základních desek.
3. P55 (od Intelu) je typickým příkladem chipsetu s jediným čipem, používá se hodně na základních deskách s Core i5 a některými Core i7. Najděte na webu schéma tohoto chipsetu (můžete použít třeba klíčový výraz „P55 schema“, hledejte mezi obrázky). Všimněte si, jak tento chipset komunikuje s procesorem, jaké jsou rychlosti připojených linek a co vše lze připojit.
4. Podobně najděte schéma chipsetu X58. Všimněte si, že jde o chipset se dvěma čipy – podívejte se na jejich názvy. Zjistěte, jaká sběrnice je mezi severním a jižním mostem, jaká vede k procesoru, jaké další sběrnice jsou podporovány, s jakou propustností a také co vše lze připojit.



Kapitola 6

Procesory

Budeme se zabývat nejdůležitější komponentou ze základní desky, procesorem. Podíváme se na strukturu procesorů, jejich typy, části a jejich funkce, projdeme také nejdůležitější vlastnosti moderních procesorů.

6.1 Co je to procesor

Procesor (CPU, Central Processing Unit) je složitý integrovaný obvod (miliony tranzistorů), je to křemíková destička, do které jsou v několika vrstvách vryty spoje obvodů fotoelektrickým procesem.

Mikroprocesor je procesor integrovaný do jediného obvodu na jediné křemíkové destičce; dále pod pojmem procesor budeme rozumět mikroprocesor.

 Fyzická struktura procesorů a vlastně každého čipu se blíží fyzické struktuře základních desek, kterou jsme popsali výše. Základem je křemíkový *wafer* („oplatek“), který se vyrobí nařezáním křemíkových ingotů na velmi tenké destičky, které se musí dokonale vyleštit. Současné procesory obvykle mají až několik desítek vrstev. Následně se *fotoelektrickým procesem* nanesou obvody:

- pro každou vrstvu se připraví *fotolitografická maska* coby šablona schématu obvodů, masky se vytvářejí ve specializovaných CAD systémech
- na wafer se nanesou potřebné vodivé a izolační materiály
- maska se přiloží a celek se vystaví ultrafialovému záření, čímž oblasti nezakryté maskou změkknou
- použije se chemické rozpouštědlo, které naleptá pouze změkklé oblasti
- totéž se provádí pro další vrstvy obvodů

6.1.1 Technologie výroby

 *Technologie výroby* (manufacturing process) znamená, jak vlastně jsou tranzistory a jiné součástky k waferu připevněny, jaké materiály jsou použity, jaká vlnová délka UV záření je použita a jaká je *velikost tranzistorů*. Na konkrétní vlnové délce ultrafialového záření závisí, jaké materiály mohou být použity, jak „hustá“ může být maska a tedy jak moc mohou být vytvářené obvody stěsnány, ale například také na jak vysoké frekvenci může výsledný procesor pracovat.

**Poznámka:**

Velikost tranzistorů se neustále snižuje. Například

- pro „prehistorický“ procesor i4004 je 10 μm (mikrometrů),
- pro Core 2 je to 65 nebo 45 nm (nanometrů),
- procesory Core i7, i5 a i3 první a druhé generace a také novější procesory AMD jsou vyráběny 32nm nebo 45nm technologií,
- procesory Core i7, i5 a i3 třetí a čtvrté generace jsou vyráběny 22nm technologií,
- experimentuje se s 16nm a 11nm technologií.

U procesorů vyráběných 45nm technologií jsou masky osvicovány UV zářením o vlnové délce 193 nm, pro procesory vyráběné 22nm technologií se používá vlnová délka 13,5 nm.

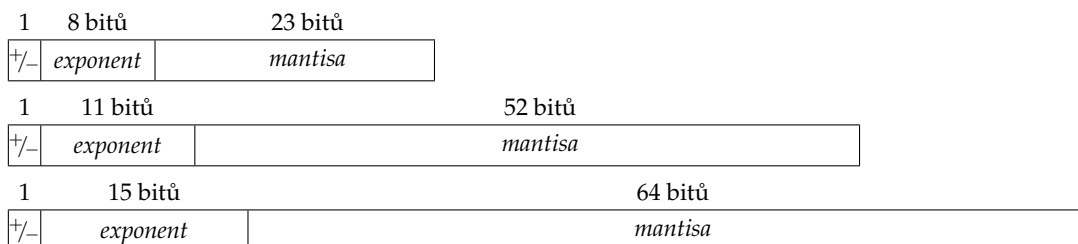
**Další informace:**

- Výroba procesorů u Intelu: <http://www.intel.com/technology/manufacturing/index.htm>
- Výroba procesorů u AMD (video, animace): <http://www.youtube.com/watch?v=qLG AoGhoOhU>
- Přehled některých technologií najdeme například na <http://www.svethardware.cz/art-doc-0153C5141A320803C12571EF003F6BAF.html> (článek je z roku 2006, tedy již ne zrovna nejaktuálnější).
- Vlastnosti procesorů Intelu včetně použité technologie najdeme na http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_Intel_processors.



6.1.2 Matematický koprocessor

Matematický koprocessor (FPU, floating point unit) je pomocný procesor určený pro vykonávání operací s čísly s plovoucí desetinnou čárkou. Může to být samostatná jednotka nebo součást CPU (dnes běžné) a nebo emulován softwarově jako mikroprogram.



Obrázek 6.1: Číslo v plovoucí řádové čárce o délce 32, 64 a 80 bitů



Matematický koprocessor pracuje s těmito čísly:

- *normalizované číslo* – ve tvaru $\pm 1.\text{mant} \cdot 2^{\text{exp}}$, ukládáme číslo mant (ne jedničku před des. tečkou); pro všechna čísla kromě nuly a maximální hodnoty
- *denormalizované číslo* – exponent je nula, mantisa jakákoliv kromě nuly, ukládáme i číslici před des. tečkou; pro velmi malá čísla
- *nula* – exponent i mantisa jsou nulové
- *nekonečno* – nejvyšší možný exponent a nulová mantisa; vznikne jako výsledek dělení nulou
- *nečíselná hodnota* – nejvyšší možný exponent a nenulová mantisa; vznikne například při dělení nuly nulou

typ čísla	exponent	mantisa v paměti	význam mantisy
normalizované	0 . . 255	m je libovolná	desetinná část skutečné mantisy (tvar 1,m)
denormalizované	0	libovolná nenulová	skutečná mantisa s pevnou desetinnou čárkou za nejvyšším bitem
nula	0	0	0
nekonečno	255	0	–
nečíselná hodnota	255	libolná nenulová	–

Tabulka 6.1: Typy čísel u matematického koprocessoru

6.1.3 Rozdělení procesorů

Rozdělení podle stupně univerzálnosti.

- MCU (Micro Controller Unit) – použití široké, ale vyrábějí se pro určitou konkrétní činnost (specializované), nízká cena, malé rozměry, nízká spotřeba, malá výkonnost, malá možnost rozšíření; použití: jednoduchá elektronika
- CPU (Central Processor Unit) – univerzální, větší rozměry, spotřeba i výkon, lepší rozšiřitelnost
- APU (Accelerated Processing Unit) – v jednom pouzdře je integrován CPU a GPU (grafický procesor), tedy grafická karta již není integrována do čipsetu (původní autor: AMD), u Intelu se můžeme setkat s označením IGP (Integrated Processing Unit), což je vlastně totéž
- DSP (Digital Signal Processor) – něco mezi MCU a CPU, dobré hlavně ve zpracování matematických funkcí na velkých objemech dat, součástí bývají také digitálně-analogové a analogově digitální převodníky; použití: pomocné procesory, například u zvukových karet

Poznámka:

Takže v počítačích vlastně obvykle máme více procesorů – hlavní CPU a pak určitě ještě několik DSP nebo MCU (zvuková karta, případně grafická a další, jednoduchý procesor je třeba také v klávesnici). A kam vlastně můžeme zařadit řadiče (pevných disků, RAID, operačních pamětí, atd.)?



 **Rozdělení podle instrukční sady.** Délka zpracování programu přibližně odpovídá tomuto vzorci:

$$\boxed{\begin{array}{c} \text{délka zpracování} \\ \text{programu} \end{array}} \approx \boxed{\begin{array}{c} \text{délka cyklu} \\ \text{procesoru} \end{array}} \times \boxed{\begin{array}{c} \text{počet cyklů na} \\ \text{instrukci} \end{array}} \times \boxed{\begin{array}{c} \text{počet instrukcí} \\ \text{programu} \end{array}}$$



Poznámka:

Následující dělení má vliv především na parametry *počet cyklů na instrukci* a *počet instrukcí programu*.

Dále sice budeme hovořit o CISC a RISC procesorech, ale přesnější by bylo hovořit o CISC a RISC instrukčních sadách. V současné době totiž procesory běžně mají více různých instrukčních sad. Tato moduluární strategie je výhodná – umožňuje do dalších generací procesorů adaptivně implementovat další sady instrukcí podle potřeby.



1. CISC (Complete Instruction Set Computing)

CISC procesory se vyznačují rozsáhou instrukční sadou, pro mnoho nejběžnějších úloh je stanovena vlastní instrukce. Vlastnosti:

- řadič pracuje s velmi rychlou řídicí pamětí, ve které jsou uloženy *mikroprogramy* pro každou instrukci sady
- proměnlivá délka instrukcí (kdybychom trvali na statické délce reprezentace instrukcí, bylo by potřeba vyhradit pro uložení jedné instrukce zbytečně mnoho bitů), více různých adresových módů
- výhoda: redukce velikosti kódu programů
- nevýhoda: samotná instrukce zabere více místa v paměti a její vyhodnocení trvá typicky více cyklů

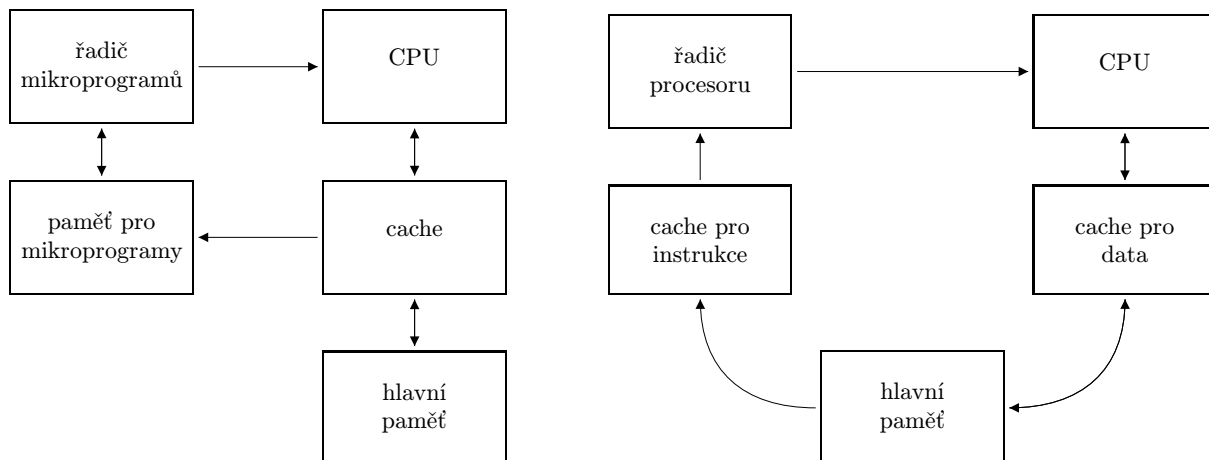
CISC sady bývaly dříve nejpoužívanější u běžných desktopů (486, Pentium).

2. RISC (Reduced Instruction Set Computing)

Instrukční sady typu RISC obsahují jen základní instrukce (kolem 30, obecně několik desítek), které jsou velmi malé (důležitější než malý počet je jednoduchost struktury instrukcí) a téměř všechny stejně dlouhé (výjimkou obvykle bývají instrukce přístupu do paměti). Vlastnosti:

- zpracování jedné instrukce je rychlé, trvá většinou jeden strojový cyklus (výjimkou jsou instrukce pro práci s operační pamětí)
- místo mikroprogramů jen reprezentace v obvodech, které nezaberou tolik místa a jejich procházení je pro procesor rychlejší
- počet registrů bývá vyšší (není třeba „plýtvat“ tranzistory na mikroprogramy instrukcí)
- v programu je třeba použít mnohem více instrukcí než ve stejném pro procesory CISC, i když kratších, proto programy pro RISC architektury bývají delší

RISC sady se objevily v procesorech řady PowerPC, dále u některých serverových platform, dnes jsou především čistě RISC procesory v embedded a malých mobilních zařízeních (procesory ARM).



Obrázek 6.2: CISC a RISC procesory

3. Kombinace RISC a CISC

Dnes již mnohé původně CISC procesory nesou rysy RISC procesorů, resp. jejich jádro se blíží typu RISC. Instrukce typu CISC se dekodují a vnitřně převádějí na instrukce blízké sadě RISC pomocí modulu *Decode unit*. Výhodou je, že takto zpracované instrukce mají všechny stejnou délku a zaberou většinou jeden strojový cyklus.

Pořád je považováno za důležité, aby procesory byly zpětně kompatibilní. Proto i když bývá jádro hodně blízké typu RISC, dokáže v emulaci zpracovávat i CISC instrukce, které používaly starší procesory.

O RISC a CISC procesorech a instrukčních sadách se budeme bavit u konkrétních procesorů (kap. 6.10).

6.2 Logická struktura procesoru

Procesor se po logické stránce skládá z následujících součástí:

- *řadič* (řídící jednotka) – řízení činnosti procesoru (načítání instrukcí, jejich dekodování, načítání operandů instrukcí, ukládání výsledků zpracování)
- *dekodér instrukcí* – převádí číslo ze strojového kódu na instrukci, které rozumí procesor
- *ALU* (aritmeticko-logická jednotka) – jedna nebo více
- *FPU* (matematický koprocessor, jednotka pro operace v plovoucí řádové čárce) – jedna nebo více
- *vnitřní sběrnice* – součásti procesoru mezi sebou komunikují
- *registry* – paměti pro operandy instrukcí a mezivýsledky
- *MPX/DMX* (multiplexor/demultiplexor) – zajišťuje připojení registrů na sběrnici
- *MMU* (Memory Management Unit – řadič paměti), integrovaná grafika, atd.

Jednotlivé části mohou být buď ve stejném čipu, anebo ve více čipech uvnitř jediného pouzdra procesoru. Tak je tomu například u procesoru Intel Core i5-661, kde v pouzdře procesoru jsou dva čipy – jeden je samotný CPU vyrobený 32nm procesem, druhý čip vyráběný 45nm procesem obsahuje integrovanou grafiku, řadič PCIe a řadič paměti (obrázky a další informace najdete na internetu).

 **Řadič v CPU** je sekvenční obvod, který řídí (skoro) všechny části počítače, a to pomocí řídicích signálů (vysílá) a stavových hlášení (přijímá). Řídí také činnost ostatních řadičů v počítači (řadič paměti, řadič disku, atd.). Setkali jsme se s ním také v popisu von Neumannovy architektury.

Činnost: instrukci interpretuje – převede na posloupnost řídicích signálů, které pošle postupně různým částem procesoru, po odeslání a vyhodnocení všech signálů je instrukce vykonána.

Rozeznáváme dva typy řadičů:

1. *mikroprogramový* – řízený mikroprogramem, je to sekvenční obvod realizovaný pomocí paměti (CISC procesory)
2. *klasický* – žádné mikroprogramy, je to klasický sekvenční obvod podle stavového automatu (RISC procesory)

 **Aritmeticko-logická jednotka** provádí aritmetické a logické operace s daty. Má nejméně tyto tři části:

- část pro aritmetické operace (pro instrukce ADD, SUB, MUL, DIV), v jednodušším případě sčítačka s negací
- část pro logické operace (OR, AND, XOR, apod.)
- barrel-shifter (válcový posouvač) – bitové posuny vpravo a vlevo (SHR, SHL)

 **FSB** (Front Side Bus, System Bus, systémová sběrnice)

je fyzická datová obousměrná sběrnice, která propojuje CPU a North Bridge. Pomalá FSB může zpomalovat činnost procesoru.

Před časem AMD nahradila klasickou FSB jinou sběrnici, *HyperTransport* (HT). Hlavní rozdíl mezi FSB a HyperTransport je v tom, že při použití HyperTransport je řadič paměti převeden ze severního mostu do procesoru. Důsledkem je zrychlení přístupu do paměti a také menší zatížení systémové sběrnice, která se taktéž zrychlí. Intel jde také touto cestou, místo FSB se už můžeme setkat s *QuickPath Interconnection* (QPI), která je založena na podobném principu jako HyperTransport.

Pokud je severní most integrován do procesoru, pak je FSB nebo její obdoba (HT, QPI) umístěna samozřejmě také v procesoru, i když v trochu jiné podobě.

 **Vztah rychlosti FSB a procesoru:** Multiplexer (násobič) procesoru je nastaven na určitou hodnotu (například 4, 5.5). Procesor pak pracuje rychlostí

$$\boxed{\text{frekvence procesoru}} = \boxed{\text{hodnota násobiče}} \times \boxed{\text{frekvence FSB}}$$



Poznámka:

Frekvenci procesoru lze tedy zvýšit dvěma způsoby – buď navýšením hodnoty násobiče, a nebo zvýšením frekvence FSB (resp. jejich novějších variant HT a QPI). Záleží také na propustnosti FSB – pokud v jednom taktu přes ni procházejí 4 bity, pak například při (vnější) frekvenci FSB 475,1 MHz je výsledná (vnitřní) frekvence procesoru čtyřnásobná, tedy 1900,4 MHz. Procesor pracuje rychleji než sběrnice, přes kterou komunikuje s okolím.



 Všechny potřebné údaje – tedy rychlost procesoru (každého jádra), hodnotu multiplexeru (anglicky multiplier), frekvenci FSB a rychlost této sběrnice můžeme zjistit například pomocí nástroje CPU-Z, se kterým jsme se už setkali v kapitole o upgrade BIOSu. Přetaktování a podtaktování procesoru se věnujeme v kapitole 6.11 na straně 117.

6.3 Registry

Registry jsou malá velmi rychlá paměťová místa nacházející se v procesoru, slouží obvykle k uložení adres, mezivýsledků výpočtu a operandů instrukcí. Dělíme na *viditelné* (softwarově přístupné) a *neviditelné* (softwarově nepřístupné), mohou být také částečně viditelné. Velikost registrů je násobek velikosti slova procesoru, obvykle 16, 32, 64, 128, příp. 256 bitů.

 Rozdělení registrů podle jejich určení:

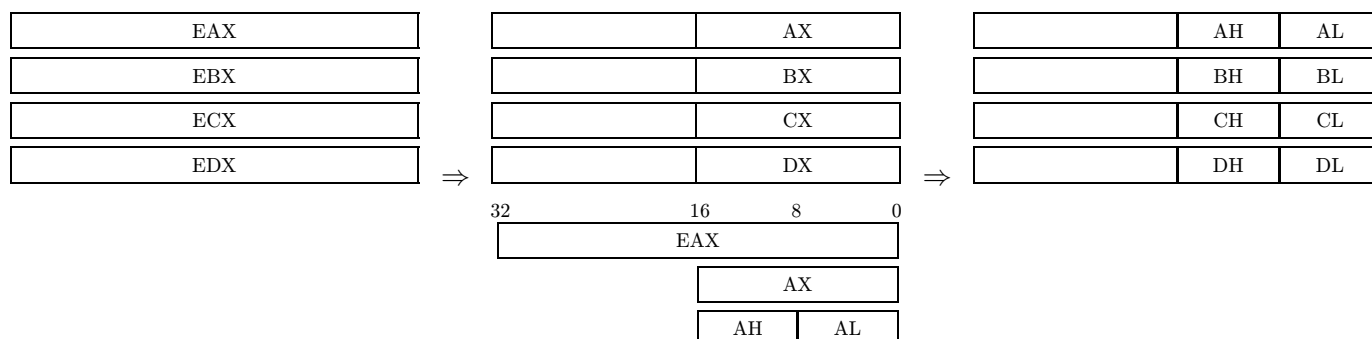
- *datové* – pro data, například číslo, které má být násobeno, u Intelu spíše brány jako obecné
- *adresové* – pro adresy nebo indexy polí
- *řídící* – obsahují řídící (stavové) informace (například stavový registr FLAGS)

6.3.1 Registry procesorů Intel

 Obecné registry procesorů Intel jsou

- RAX, EAX, AX, AH, AL – používá se pro násobení a dělení, a také pro I/O operace (akumulátor)
- RBX, EBX, BX, BH, BL – používá se pro nepřímou adresaci paměti (k proměnným) (base)
- RCX, ECX, CX, CH, CL – používá se jako čítač při cyklech, posuvech a rotacích (counter)
- RDX, EDX, DX, DH, DL – používá se pro nepřímou adresaci I/O (data)

Dají se chápat jako datové registry, ale některé lze použít i pro jiné účely včetně ukládání adres, proto je nazýváme spíše obecné.



Obrázek 6.3: Vztah mezi registry Intelu o různých šířkách

Význam označení je na obrázku 6.3 (kromě nejširších forem začínajících písmenem R). Nejstarší intelovské procesory měly pouze registry s dvoupísmenným označením. Poslední písmeno označení je buď L (Lower, nižší byte), H (Higher, vyšší byte) nebo X (zahrnuje nižší byte vpravo i vyšší byte vlevo). Předposlední písmeno (A, B, C, D) udává konkrétní typ registru. Tyto registry měly tedy jen dva Byte (16 bitů), z nichž

nižší Byte byl přístupný přes označení končící písmenem L, vyšší Byte pak přes označení končící písmenem H, a pokud programátor chtěl využívat 16bitový datový prostor, použil označení končící písmenem X.

16 bitů však brzy přestalo stačit, tak byly registry rozšířeny nejdřív na dvojnásobek (32 bitů, tříznakové označení, na začátku E), později znovu na dvojnásobek (64 bitů, na začátku R) s tím, že původní označení lze dále používat pro přístup k nižším oblastem téhož registru.

 *Adresové registry* procesorů Intel se používají k uložení adres. Na těchto adresách mohou být například proměnné (tedy data), ale také může jít o adresy instrukcí nebo speciálních datových struktur (typicky zásobník).

 Již několik desítek let se při správě paměti používají tzv. *segmenty*. Každý proces má k dispozici několik segmentů paměti, každý z nich k určitému konkrétnímu účelu. Obvykle je jeden segment pro kód programu (tam se načte obsah spustitelného souboru, ze kterého proces vznikl), dále jeden nebo dva segmenty pro globální data, jeden či dva segmenty pro zásobník (tam se ukládají lokální proměnné a cokoliv, co souvisí se spouštěnými funkcemi).

Výhodou je, že když je známa adresa začátku segmentu, můžeme pro adresu konkrétního místa v daném segmentu (třeba adresu právě zpracovávané instrukce, která je rozhodně v segmentu s kódem a nikde jinde) používat kratší lokální (relativní) adresu (tzv. offset) – tyto adresy začínají číslem 0 na začátku segmentu a pro jejich uložení stačí méně bitů, než kdybychom je ukládali jako absolutní adresy (začínající na samotném začátku celého paměťového prostoru). Podrobnější informace najdeme v kapitole 6.6 na straně 84.

Ke každému segmentu je třeba si zapamatovat adresu jeho začátku, k tomu slouží *segmentové registry*. 16bitové segmentové registry:

- CS – segment s kódem programu (Code Segment)
- DS – první segment pro data (Data Segment)
- ES – pomocný segment pro data (Extended Data Segment)
- SS – segment pro zásobník programu
- FS, GS – novější segmentové registry

Další adresové registry (v pořadí 16bitové, 32bitové a 64bitové) jsou následující:

- IP, EIP, RIP – čítač instrukcí (Instruction Pointer), ukazuje na instrukci v kódu, která je právě zpracovávána
- BP, EBP, RBP – bazový registr (lokální proměnné)
- SP, ESP, RSP – ukazatel vrcholu zásobníku (Stack Pointer)
- SI, ESI, RSI – index v poli použitém jako zdroj dat (Source Index)
- DI, EDI, RDI – index v poli použitém jako cíl dat (Destination Index)



Příklad 6.1

 Podíváme se na několik příkladů pro obsah a používání registrů. Tyto příklady jsou vesměs použitelné při programování v Assembleru.

- CS:IP – plná adresa instrukce v kódu, která je momentálně vykonávána
- SS:SP – plná adresa vrcholu zásobníku

- ES:[\$15A0] – adresa v segmentu ES
- DS:[BX][20D8] – adresa v segmentu DS, relativní je obsah BX plus číslo
- MOV AX, [BX][SI] – adresu pole jsme předem načetli do BX, do registru AX načteme daný prvek pole
- DS:SI – tato absolutní adresa se použije, když využíváme registr SI v řetězcových instrukcích
- ES:DI – tato absolutní adresa se použije, když využíváme registr DI v řetězcových instrukcích



 *Registr eFlags* (také registr příznaků) je speciální typ registru, ve kterém narozdíl od ostatních máme přístup k jeho jednotlivým bitům (tzv. *příznakům*). Každý významový bit má své vlastní označení. Příznaky nám většinou indikují stav ukončení právě zpracované instrukce. Například u aritmetické instrukce (sčítání, násobení apod.) můžeme zjistit, zda její výsledek je či není nula, jestli je výsledek kladné nebo záporné číslo, apod.

Příznaky se používají především u porovnávání hodnot. Procesorové instrukce pro porovnávání obvykle pracují tak, že dvě porovnávaná čísla (nebo indexy znaků v ASCII tabulce) od sebe odečtou a podle toho, zda je výsledek odčítání nulový, kladný nebo záporný, je možné poznat, která hodnota byla větší.

 V režimu se zapnutou ochranou paměti jsou v registru příznaků k dispozici tyto příznaky:

- ZF (Zero Flag) – nastaven na 1, pokud je výsledek operace nula
- SF (Sign Flag) – nastaven na 1, pokud je výsledek záporný
- OF (Overflow Flag) – nastaven na 1, jestliže došlo k přetečení výsledku
- CF (Carry Flag) – nastaven na 1, pokud při právě dokončené operaci došlo k přenosu 1 do vyššího řádu
- IF (Interrupt Flag) – procesor smí vykonávat přerušení
- DF (Direction Flag) – řídí směr zpracování při řetězcových operacích
- PF (Parity Flag) – nastaven na 1, pokud dolních 8 bitů výsledku obsahuje sudý počet jedniček
- AF (Auxiliary CF) – nastaven na 1 při přenosu 1 ze spodní poloviny nižší slabiky (1 B) do vyšší
- VM (Virtual 8086 Mode) – pokud je v chráněném režimu nastaven na 1, proces běží v režimu V86 (virtualizace)
- IOPL (IO Priority Level) – dvoubitové pole, udává prioritu potřebnou k provádění I/O. Pokud je priorita programu vyšší (tj. s nižším číslem) než obsah tohoto pole, operace I/O se neprovede a vyvolá se výjimka GPF (General Protection Fault)

Novější intelovské procesory mají ještě další příznaky:

- řídicí 32bitový registr příznaků CR0, funkce jako eFlags – důležité příznaky:
 - PG – nastaven na 1, když je zapnuto stránkování
 - PE – nastaven na 1, když je zapnut chráněný mód
- registry CR2 a CR3 pro správu stránkování
- ladicí registry DR0, DR1, DR2, DR3, DR6, DR7 jsou používány při ladění (debugging) programů
- registry tabulek deskriptorů GDTR (adresa globální tabulky deskriptorů), LDTR (lokální), IDTR (deskriptory přerušení), o deskriptorech se budeme učit v předmětu Operační systémy při správě paměti

- registr úlohy TR
- registry pro testování TR3, TR4, TR5, TR6, TR7



Příklad 6.2



Následuje krátký kód assembleru vložený do pascalovského souboru:

```
...
asm
  mov ax,[x1]      { do registru AX načteme hodnotu proměnné x1 }
  mov bx,[x2]      { do registru BX načteme hodnotu proměnné x2 }
  add bx,255       { k tomu, co je v registru BX, přičteme číslo 255 }
  cmp ax,bx        { porovnáme obsah registrů AX a BX, výsledek je v eFlags }
  jnz @neni_nula   { pracujeme s příznakem ZF, Jump if not zero }
  jmp @je_nula     { když se nerovnájí, odskočíme (jump) na návěští @je_nula }
  ...
@neni_nula:       { na toto návěští jsme odskočili, pokud ax není rovno bx }
  sub bx,ax        { odečteme BX = BX - AX }
  mov ax,[prom]    { do registru AX načteme hodnotu proměnné prom }
  div bx           { dělíme AX = AX / BX }
  mul ax           { násobíme AX = AX * AX }
  jo @preteceeni   { jestliže došlo k přetečení dostupného paměťového místa při }
  ...             { předchozí operaci, odskočíme na @preteceeni (jump if odd, }
end;              { příznak OF) }
```



Poznámka:

U zkoušky není třeba umět odříkat názvy všech registrů, stačí mít představu, jaké typy registrů existují, vysvětlit, k čemu slouží, umět jmenovat pár registrů ke každému typu (resp. příznaků u řídicích registrů) a stručně jmenované charakterizovat.



6.4 Cache paměť

Cache [keš] je vyrovnávací paměť. Obecně slouží jako „mezisklad“ při komunikaci mezi dvěma různě rychlými komponentami, v případě procesorové cache jde o (rychlý) procesor a (pomalou) operační paměť. Do cache se přednačítají data a instrukce z operační paměti, o kterých se předpokládá, že je procesor bude v následujících krocích potřebovat.

Cache paměti jsou výrazně rychlejší než běžné moduly pro operační paměti, a to především z důvodu použité technologie a vnitřní struktury. Jsou bohužel také výrazně dražší, proto velikost cache má velký vliv na cenu procesoru a logicky z finančních důvodů bude cache paměti mnohem méně než operační paměti.

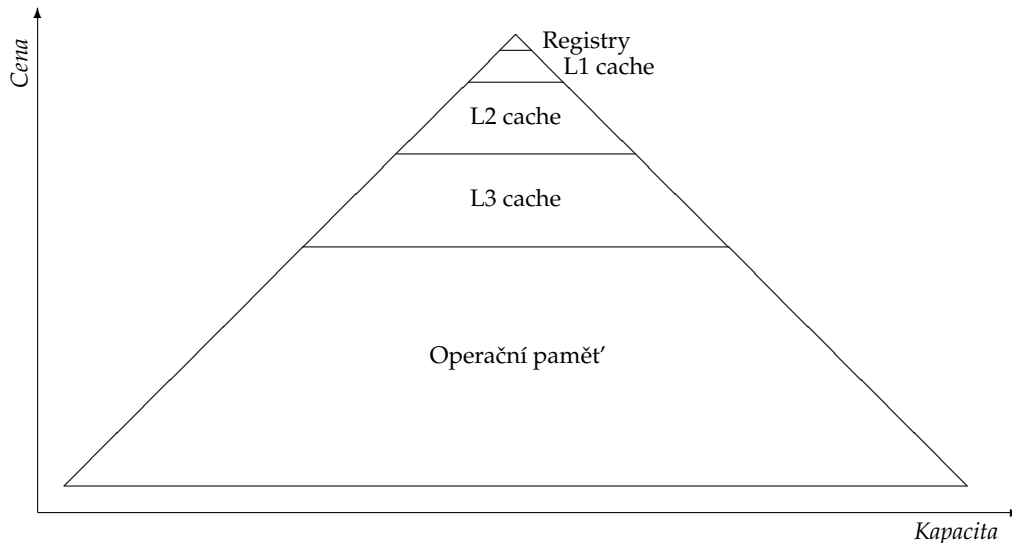
Rozlišujeme L1 (level 1), L2 (level 2) a L3 (level 3) cache, pak mluvíme o cache úrovni 1, 2 nebo 3. První a případně i druhá úroveň cache obvykle bývají rozděleny na dvě části – cache pro data (D-cache) a cache pro instrukce (I-cache), pak se také kapacita obou částí může zapisovat zvlášť.

 **L1 cache** je umístěna přímo v procesoru, ve vícejádrových procesorech má každé jádro svou vlastní L1 cache. Je nejrychlejší a má (logicky) nejmenší kapacitu ze všech tří úrovní cache (u desktopů většinou v desítkách kB). L1 cache obsahuje data a instrukce, které procesor potřebuje okamžitě. Svůj obsah načítá obvykle z L2 cache. Není přístupná v uživatelském režimu.

 **L2 cache** je také v pouzdře procesoru, může být společná pro všechna jádra (taky typicky bývá). Je prostředník mezi L1 cache a operační pamětí (nebo L3 cache, pokud ji procesor má) a právě její velikost je velmi důležitá pro rychlost celého systému. Bývá větší než L1, obvyklá velikost je ve stovkách až tisících kB (pokud se nepoužívá L3 cache, pak v jednotkách MB), ale bývá o něco pomalejší než L1 (zvláště pokud L2 získává data přímo z operační paměti, bývá taktována na frekvenci sběrnice sloužící ke komunikaci s pamětmi).

 **L3 cache** se dříve objevovala jen sporadicky (v některých Applech a některých serverových řešeních), dnes se s ní setkáme běžněji. Bývá společná pro všechna jádra (resp. u vícejádrových procesorů může být společná pro všechny procesory), kapacita v jednotkách MB. Obecně platí, že do L3 může zapisovat v jeden okamžik jen jeden procesor (jádro), ale číst jich může více zároveň.

Další podrobnosti o organizaci cache pamětí se dovíme v kapitole o vnitřních pamětech.



Obrázek 6.4: Paměťová pyramida – dražší paměti mají menší kapacitu



Poznámka:

Velikost cache nejvyšší použité úrovně má velký dopad na rychlost celého systému. Zvláště u úsporných procesorů bychom si na velikost L2 (nebo L3) cache měli dávat velký pozor. Na obrázku 6.4 je znázorněna tzv. paměťová pyramida, kde vidíme, že čím dražší paměť, tím je jí méně (a tím blíže bývá jádrům procesoru).



**Další informace:**

- <http://www.tomshardware.com/reviews/cache-size-matter,1709.html>
- <http://www.root.cz/clanky/vyrovnavaci-pameti-cache/>



6.5 Instrukční sada

Instrukční sada je sada instrukcí procesoru. *Instrukce* je číslo složené z těchto informací:

- identifikace instrukce (operační znak)
- typ operandů (určení jejich délky)
- další informace, například který implicitní registr se má použít
- samotné operandy

 Například pro assemblerovou instrukci `MOV AX, 0x1234` je příslušná strojová instrukce na 32bitovém systému `0xB8 0x34 0x12`, binárně `1011 1 000 110100 10010`.

 *Strojový kód* je posloupnost instrukcí v číselné formě. Strojový kód je samozřejmě charakteristický pro daný procesor (resp. hardwarovou architekturu), ale pokud máme v operačním systému spustitelný soubor (třeba `.exe` ve Windows), nejedná se čistě o strojový kód – je tam i spousta informací určených operačnímu systému. Operační systém zde vlastně funguje jako interpretační překladač, který postupně načítá údaje ze spustitelného souboru, a to, co je přímo strojovým kódem procesoru, posílá samotnému procesoru.

Procesor zpracuje během jediného taktu určité množství instrukcí. Toto množství nezávisí pouze na typu procesoru, ale na konkrétním typu těch instrukcí, které v daném taktu zpracovává (některé instrukce jsou náročnější, jiné se hůře kombinují). Například starý Intel Pentium 4 pracující na frekvenci 2,4 GHz na FSB 800 MHz zpracoval průměrně 4 instrukce za takt, Intel Core i7 Extreme 965 pracující na frekvenci 3,2 GHz zpracuje průměrně 23,9 instrukcí za takt.

 **Přídavné instrukční sady.** Procesory podporují více různých instrukčních sad, například

- *interní sada instrukcí* typu RISC a externí typu CISC, může být emulovaná (AMD používá sadu AMD64, Intel taktéž sadu 64bitových instrukcí EM64T).
- MMX (MultiMedia Extension, 1995) – multimediální sada podle principu SIMD (57 instrukcí, 4 nové datové typy), poprvé byla použita u Pentii. Implementuje celočíselné 64bitové registry MM0..MM7, které se fyzicky kryjí s registry pro čísla v plovoucí řádové čárce ST0..ST7; pracuje s celými čísly.
- 3DNow! – konkurenční multimediální technologie od firmy AMD (1998), pracuje také s čísly v plovoucí řádové čárce, později byla zveřejněna nová varianta – Enhanced 3DNow!.
- SSE (Streaming SIMD Extensions, 1999, pro Pentium III) – původně se označovala jako MMX2, jde o vylepšení MMX, byly přidány nové instrukce (70) a další 128bitové registry XMM0..XMM7, z nichž každý obsahoval čtyři 32bitové registry pro čísla v plovoucí desetinné čárce.
- 3DNow! Professional – opět odpověď AMD, a to pro jádra Palomino. Obsahovala sadu 3DNow! a intelovskou SSE.

- SSE2 (Pentium 4 s jádrem Northwood), SSE3 (Pentium 4 s jádrem Prescott), SSE4 (Core 2 Duo s jádrem Conroe).
- SSE5 (2007) – představena firmou AMD pro 64bitový procesor Bulldozer (2009).
- AVX (Advanced Vector Extensions, vznik 2008/09, nasazení 2010–2011).
- AVX 2.0 – druhá verze, dnes již běžná.

Multimediální instrukční sady jsou typicky SIMD (Single Instruction Multiple Data, vektorové sady).

 Nejnovější z těchto instrukčních sad, AVX od Intelu, je určena pro operace na vektorech dat (šířka až 256 bitů), která mj. zavádí nový prvek – nedestruktivní výpočty (při pokusu o přepis registru použitého při výpočtu se výsledek ve skutečnosti uloží jinde a nepřepíše tento registr). Účelem je akcelerace výpočtů s multimédií, 3D modelování, finanční výpočty, vědecké simulace apod., tyto instrukce provádí FPU (matematický koprocessor).

6.6 Režimy procesoru

Současné procesory mohou pracovat minimálně v těchto dvou režimech:

1. *reálný* – procesor se chová jako i8086, používá jen 20 bitů na adresové sběrnici (1 MB), nelze použít ochranu paměti a tedy ani multitasking, většinou existuje podpora segmentace paměti
2. *chráněný* (privilegovaný) – procesor používá celý rozsah adresové sběrnice, využívá podpůrné obvody pro tento režim včetně dalších registrů (přístupných jen v chráněném režimu), implementace ochrany paměti, předpoklad multitaskingu, dovoluje přepínat mezi režimem jádra (privilegovaným) a uživatelským režimem

 **Reálný režim procesoru** Omezení adresace na 1 MB paměti se obchází takto:

- spuštěný proces (program) má přiděleny segmenty paměti pro konkrétní účely (například u Intelu kód, data, další data, zásobník, halda)
- absolutní adresy začátku segmentů začínají vždy na adrese, která je dvojkově zaokrouhlená nejméně na 4 bity (tj. adresa v binární podobě končí nejméně čtyřmi nulami)
- v segmentových registrech se ukládá upravená absolutní adresa začátku segmentu posunutá o 4 bity doprava

	<i>binárně</i>	<i>hex.</i>
absolutní adresa segmentu:	1001101100100000	9B20
v segmentovém registru:	100110110010	9B2

- používáme relativní adresy uvnitř segmentu (offset), ty se ukládají do ostatních adresových a univerzálních registrů

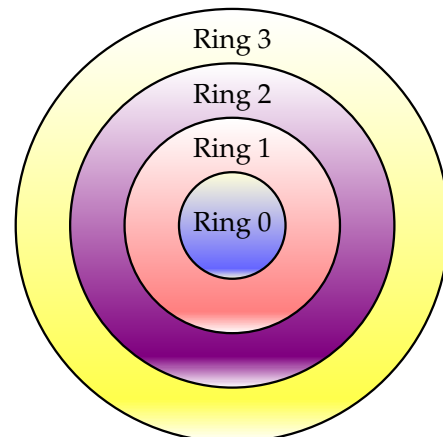
Současné operační systémy tento režim přímo nevyužívají, setkáme se s ním v BIOSu, v některých diagnostických bootovacích programech apod.

 **Chráněný (privilegovaný) režim** znamená především možnost (ne nutnost) hardwarové ochrany paměti. Od předchozího se liší přidáním některých součástí (jsou přidány některé registry a příznaky) a odlišným zpracováním adres.

Na procesorech rodiny x86 existují pro chráněný režim celkem čtyři *okruhy* (ring) – Ring 0, Ring 1, Ring 2 a Ring 3. První z nich (Ring 0) je nejlépe zabezpečený, v něm obvykle běží jádro operačního systému, kdežto procesy běžící v jiných okruzích nemají do tohoto okruhu přímý přístup. Obvykle platí, že v Ring 3 běží vše kromě jádra (tj. běžné procesy).

 Ring 1 a Ring 2 většinou nejsou používány. Přesto je lze využít pro další rozškálování přístupových oprávnění a například s Ring 1 se setkáme u některých virtualizačních technik, zejména na serverech.

Adresace probíhá odlišně v privilegovaném režimu (Ring 0) a v uživatelském režimu (Ring 3). V privilegovaném režimu jsou v segmentových registrech přímo adresy segmentů, kdežto v uživatelském režimu najdeme v těchto registrech selektory.



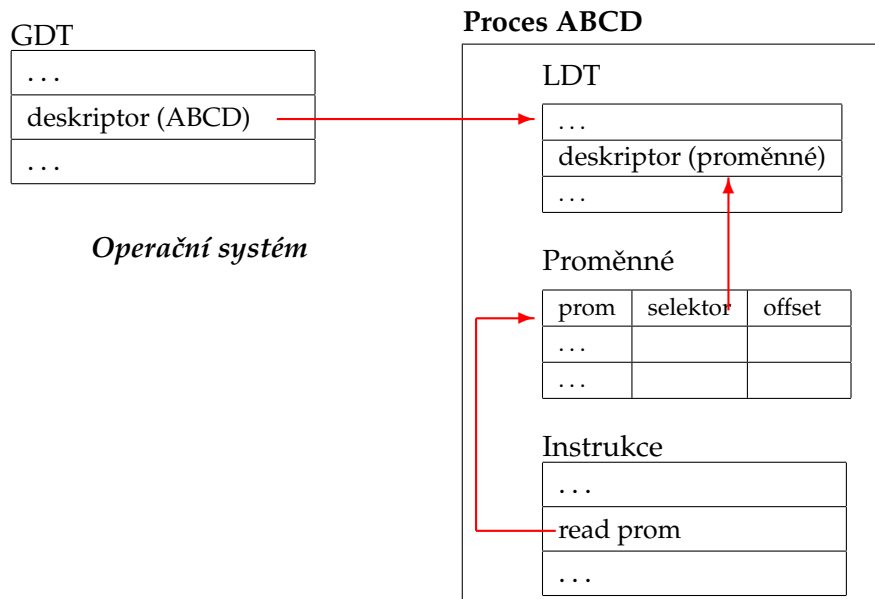
Obrázek 6.5: Hardwarová ochrana prostředků – okruhy



Příklad 6.3

 Adresace ve Windows v chráněném režimu funguje takto:

- pro různé objekty včetně bloků (segmentů) paměti se používají *deskriptory* (popisovače), každý deskriptor obsahuje



Obrázek 6.6: Tabulky deskriptorů ve Windows

- data související s používáním objektu (např. u segmentu paměti umístění, velikost, typ, apod., u zařízení jeho identifikaci, popis, požadavky na zdroje, atd.)
- přístupová oprávnění (SID s jejich případnými oprávněními)
- místo přímých adres segmentů se používají selektory; selektor je ukazatel na deskriptor (popisovač)

- každý proces (včetně systémových) má svou vlastní LDT (Local Descriptor Table) s deskriptory vlastních objektů
- existuje tabulka GDT (Global Descriptor Table) vedená systémem, ve které jsou deskriptory tabulek LDT všech procesů
- *selektor* je ukazatel do tabulky deskriptorů, obsahuje
 - index řádku v dané tabulce LDT nebo GDT (u paměti jde o deskriptor daného segmentu),
 - informaci, zda jde o index v GDT (bit je nastaven na hodnotu 0) nebo LDT (nastaven na 1),
 - dva bity pro úroveň oprávnění (u Windows je to 00 pro ring0 nebo 11 pro ring3)
- v uživatelském režimu jsou v segmentových registrech selektory, tj. adresujeme dvojicí *selektor:offset*
- segmenty jsou dále děleny na stránky, tj. překlad virtuální adresy ve tvaru *selektor:offset* na fyzickou je víceúrovňový



 U novějších procesorů se objevila ochrana proti spouštění kódu na paměťových stránkách s daty. U procesorů AMD jde o *NX bit* (Non-Executive), u Intelu *XD bit* (Execute Disable). Pokud má stránka nastaven tento bit na 1, je považována za datovou a při pokusu o zacházení s obsahem stránky jako s kódem (spuštění instrukcí zde uložených) je vyvolána výjimka, která většinou končí ukončením procesu, který se o to pokusil. Účelem je zabránit útokům typu přetečení paměti.

6.7 Vlastnosti procesorů

6.7.1 Základní vlastnosti

U procesorů nás zajímají tyto vlastnosti:

- pracovní frekvence (MHz, GHz) – kolik instrukčních cyklů procesor vykoná za vteřinu
 - vnitřní – jak rychle pracuje procesor
 - vnější – jak rychle komunikuje se svým okolím
- MIPS (milion integer operations per second, celočíselných operací za sekundu) – není příliš vypovídající, protože procesory s různými typy instrukčních sad jsou takto nesrovnatelné
- MFLOPS (milion floating-point operations per second) – totéž, ale pro čísla v plovoucí řádové čárce
- ekologie – materiály, výroba, recyklace
- technologie výroby
- počet jader, velikost cache, podporované instrukce, jak ho lze uchladiť, apod.
- vlastnosti související s kompatibilitou – patice, do které patří, se kterými čipovými sadami spolupracuje, atd.

6.7.2 Pipelining a ... skalární architektury

Pipelining (zřetěžené zpracování, překrývání instrukcí) je rozdělení zpracování jedné instrukce mezi různé části procesoru, zpracovává se více instrukcí najednou. Může vypadat takto:

1. načtení a dekódování instrukce
2. provedení instrukce a uložení výsledku

1. načtení instrukce
2. dekódování a načtení obsahu registrů
3. vyhodnocení instrukce
4. přístup do paměti
5. uložení výsledku do registrů

⇒ procesor je složen z nejméně dvou spolupracujících součástí (*skalární architektura*)

⇒ čím více částí (řetěz, pipeline), tím více instrukcí je zpracováváno najednou, lze provést více než jednu instrukci za jeden cyklus procesoru (ovšem všechno má své meze, i efektivita zvyšování počtu pipelines)

 Rozlišujeme:

- *Skalární* (pipelining) – jednu instrukci zpracovávají postupně různé části procesoru, které jsou navzájem zřetězeny (fronta)
- *Superskalární* – takových zřetězení existuje více než jedno (více front)
- *Hyperskalární* – prodlužování front

6.7.3 Out-of-Order Execution

Out-of-Order Execution (vyhodnocování mimo pořadí) znamená provádění instrukcí mimo pořadí, tj. instrukce mohou být vyhodnocovány v jiném pořadí, než v jakém přicházejí do procesoru (řadí si je přeuspořádává). Výrobci procesorů zde byli inspirováni architekturou data-flow. Nelze-li některou instrukci provést (potřebuje data, která ještě nebyla načtena), odloží ji a provádí jinou, pokud to logika programu dovoluje.

První pokusy s prováděním instrukcí mimo pořadí byly již v roce 1964, první mikroprocesor používající Out-of-Order byl Power1 od IBM (pouze pro operace s čísly v pohyblivé řádové čárce), později se tento mechanismus stává běžným.



Poznámka:

Procesory Intel Atom od začátku nebyly vybaveny podporou Out-of-Order. Důsledkem byly špatné výsledky ve výkonnostních testech (a obecně špatný výkon) i při poměrně vysokém taktování a více jádrech. Tato funkce tedy dost ovlivňuje výkon procesoru. V Atomech nebyla implementována, protože vyžaduje místo pro umístění příslušných integrovaných obvodů (Atomy mají být co nejmenší) a procesor se více zahřívá (což by taky vadilo).



6.7.4 Register Renaming a předběžné vyhodnocování

 **Register Renaming** (přejmenovávání registrů): Procesor má více fyzických než logických registrů, a proto může použít tentýž logický název pro dva fyzické registry. Ty registry, které jsou „navíc“, jsou softwarově neviditelné.

 **Speculative Execution** (spekulativní vyhodnocování) znamená spekulativní vyhodnocování toho kódu, který formálně není nutné vyhodnocovat, ale v blízké budoucnosti by to mohlo být užitečné. Používá se často při predikci skoků u větvení v kódu (*Branch Prediction*), které jsou problémem zvláště při používání pipeliningu.

 **Branch Prediction** je predikce skoků při větvení v kódu (odhad, kterou větví se bude pokračovat), branch = větev. Modul procesoru, který provádí Branch Prediction, se nazývá BPU (Branch Prediction Unit). BPU může působit drobné problémy zejména při kombinaci s pipeliningem.

 **Loop Stream Detector (LSD)** detekuje, kdy procesor provádí smyčku (loop). Pokud zjistí, že se procesor opakovaně vrací v kódu, vypne predikci smyček. To znamená úsporu energie při často se opakujících úlohách (predikce větvení také spotřebovává energii).

6.7.5 HyperThreading, více jader, více procesorů

 **HyperThreading:** Jeden fyzický procesor se hlásí systému jako dva logické se sdílenými prostředky. Logické procesory mají většinu prostředků společných, ale některé vlastní – například řadiče přerušení. Účelem je vyřešit propast mezi frekvencí procesoru a frekvencemi pamětí, nárůst výkonu je udáván především u vícevláknových aplikací v desítkách procent.

V reálu jde o současný běh dvou „jader“ uvnitř jediného – ALU pro celočíselné operace a FPU pro operace v plovoucí řádové čárce.

Pokud daný procesor podporuje HyperThreading, operační systém „vidí“ virtuální procesory stejně jako reálné, tedy hlásí dvojnásobný počet než ve skutečnosti. Je třeba upozornit, že tato technologie je pouze na procesorech Intelu.

 **Více jader:** Jádro procesoru je tvořeno především ALU, FPU, řadičem, registry a dalšími důležitými podpůrnými součástmi. Vícejádrový procesor je procesor, který obsahuje více jader integrovaných v jediném čipu a dále logiku určenou k jejich propojení.

Využívá se toho, že více jednoduchých jader má vyšší výpočetní výkon s nižšími náklady na stejné ploše křemíkové destičky než jedno složité na téže ploše se stejnou výrobní technologií.



Poznámka:

Současné procesory bývají běžně vícejádrové. Obvykle se jedná o počty jader, které jsou mocninou čísla 2 (2, 4, 8 apod.), ale můžeme se setkat dokonce i s lichým počtem (především u procesorů firmy AMD), například 3 (AMD Phenom II X3). Původně šlo o procesory s některým jádrem (jádry) vadným a tedy deaktivovaným

(například 3jádrový procesor byl vlastně 4jádrový procesor s jedním jádrem deaktivovaným), oficiálně se u AMD počítá s výrobou „na zakázku“ – zákazník bude mít tolik jader, kolik bude chtít.



 U procesorů se 4 nebo více jádry se také můžeme setkat se „skládáním“ ménějádrových procesorů do jednoho vícejádrového. Například čtyřjádrový Core 2 Quad byl v prvních edicích složením dvou dvoujádrových procesorů Core 2 Duo. Oba „podprocesory“ jsou na jednom čipu, ale mají oddělenou L2 cache.

 Další věc, se kterou se dnes často setkáváme u vícejádrových procesorů Intel, je kombinace s funkcí HyperThreading. Proto například 2jádrový procesor podporující tuto technologii se může jevit jako 4jádrový.

 **Více procesorů:** Multiprocessing znamená více procesorů v jednom systému. Více procesorů na jedné základní desce je obvyklých spíše u serverových platforem, na desktopech se setkáváme s jedním vícejádrovým procesorem.

Více procesorů (a vlastně také jader) by mělo být podporováno operačním systémem, aby vůbec mohly být využity:

- *jednoprocesorové* (monoprocesorové) – Windows s DOS jádrem (verze 9x, ME),
- *víceprocesorové* (multiprocesorové) – unixové systémy včetně Linuxu, Windows s NT jádrem (NT, 2000, XP, Vista), dokážou rozplánovat alespoň některé úlohy tak, aby mohly být zpracovávány na více procesorech zároveň.

Rozlišujeme dva typy multiprocessingu podle toho, zda jednotlivé procesory jsou/nejsou využívány univerzálně kterýmkoliv procesem:

- asymetrický (ASMP) – jeden procesor je vyhrazen pro procesy systému a uživatelské procesy běží na ostatních procesorech,
- symetrický (SMP) – kterýkoliv proces může běžet na kterémkoliv procesoru, dnes běžná forma.

6.7.6 Podpora virtualizace

Virtuální stroj je součástí systému, která má přidělenou část zdrojů systému (paměť, čas procesoru apod.), slouží k izolování procesů od systému (proces běžící ve virtuálním stroji vidí jen tento virtuální stroj a nic jiného včetně skutečného systému).

Virtualizace si postupně našla cestu i k procesorům. Pokud procesor podporuje virtualizaci, pak virtuální stroj běží mnohem efektivněji a bezpečněji, rychlost běhu virtualizovaného systému se prakticky rovná rychlosti běhu nativních nevirtualizovaných procesů (instrukce virtualizovaného systému nejsou pouze simulovány, ale vyhodnocuje je přímo procesor).

 Podpora v procesorech:

- AMD: technologie Pacifica (AMD-V), dostupné v AMD Athlon 64, Athlon 64 X2, Turion 64 X2, Opteron 2. a 3. generace, Phenom
- Intel: technologie Vanderpool (Intel VT), dostupné v Core, některých Core 2 Duo, Core Solo a novějších, ale v žádných variantách Celeronu nebo Pentium M
- VIA: podporu virtualizace najdeme v procesoru VIA Nano

Kromě základní hardwarové virtualizace mohou procesory podporovat přídavné virtualizační funkce, například k intelovské technologii VT (u desktopů často označované jako VT-x, pro severové procesory Itanium VT-i) se u dražších modelů přidává VT-d, což je virtualizace komunikace s I/O zařízeními.



Poznámka:

Kromě procesoru musí hardwarovou virtualizaci podporovat BIOS (tj. základní deska) a chipset. V BIOSu je virtualizace mnohdy vypnuta, protože ji zneužíval rootkit Blue Pill.



Aby mohla hardwarová virtualizace fungovat, musí být podporována také u softwarových virtualizačních nástrojů (jinak tyto nástroje sice fungují, ale pomaleji), podporuje například VMWare, KVM, Xen.

Funkční hardwarovou virtualizaci (u procesoru, BIOSu, základní desky a chipsetu) vyžaduje také technologie *XP mode* v dražších variantách Windows 7, určená pro bezproblémový běh starších aplikací.



Další informace:

Pod Windows potřebujeme pro zjištění virtualizace například CPU-Z nebo jiný podobný nástroj, v Linuxu se obvykle stačí podívat do některých souborů. Souhrn o detekci hardwarové virtualizace v Linuxu je na <http://www.cyberciti.biz/faq/linux-xen-vmware-kvm-intel-vt-amd-v-support/>



6.7.7 Energetická náročnost a správa energie

V současné době je jedním z nejdůležitějších parametrů množství spotřebované energie a prakticky všichni výrobci procesorů nabízejí ekologické varianty svých procesorů s nízkou spotřebou.

 Hodnota, podle které se posuzuje energetická náročnost procesoru, se označuje *TDP* (Thermal Design Power) – u Intelu, resp. *Wattage* – u AMD. Udává se ve Watech. Uvedená hodnota je důležitá nejen pro odhad energetické spotřeby procesoru, ale především pro určení vhodné úrovně chlazení (protože se vzrůstající spotřebou roste množství produkovaného tepla, které je nutno od procesoru odvést), takže je tím určeno, jaký chladič vlastně potřebujeme. U obou firem je tím míněno něco podobného, ale každá firma „svůj“ pojem definuje trochu jinak (zjednodušeně):

- Intel: TDP odpovídá množství energie vyzářené ve formě tepla, které je nutno odvést chlazením. Skutečná definice se liší pro různé generace počítačů Intel.
- AMD: Wattage je maximální množství energie, které procesor odebírá ve výchozím nastavení.



Poznámka:

Vzhledem k tomu, že Intel a AMD tento pojem definují odlišně, nelze podle tohoto parametru jejich produkty srovnávat. Navíc takové procesory mívají různě implementovány i technologie řízení spotřeby, tedy spotřeba a vyzařování tepla za běžného provozu (kdy procesor není neustále plně vytěžován) bude odlišná.



Ovšem abychom to příliš nekomplikovali, budeme u obou výrobců používat souhrnně pojem „TDP“, třebaže to není zcela správně.

Zatímco běžné procesory mají TDP běžně v desítkách W (i přes 100), tak například u procesorů Atom či jiných určených pro netbooky (VIA Nano) to je obvykle kolem 10 W nebo v jednotkách Wattů. Procesory označené jako ULV (Ultra Low Voltage) mají také TDP nízké, jsou určeny do notebooků, které mají dlouho vydržet při běhu na baterii.



Příklad 6.4

Jak zjistit TDP a další vlastnosti procesoru:

A) *Procesory Intel:*

1. najdeme stránky <http://ark.intel.com/>
2. zadáme typ procesoru, který nás zajímá (nebo ho najdeme v seznamu)

Například pro Intel Core i7-4770K získáme kromě jiného tyto údaje:

- TDP je 84 W,
- 64bitový procesor se 4 fyzickými jádry podporující Hyperthreading, na frekvenci až 3,9 GHz, vyroben 22nm technologií,
- L3 cache je 8 MB (je zde nazývána Smart Cache), socket LGA 1150,
- podporuje virtualizaci, XD bit a monitorování teploty procesoru.

Dále vyzkoušíme Atom D2550:

- TDP je 10 W,
- je to dvoujádrový procesor, ale protože podporuje HyperThreading, jeví se systému jako čtyřjádrový,
- je 64bitový, ale má pouze 32bitovou adresovou sběrnici (tj. adresuje max. 4 GB paměti), je vyroben 32nm technologií, L2 cache je pouze 1 MB,
- množina podporovaných funkcí je poměrně malá (ani virtualizace).

B) *Procesory AMD:*

1. najdeme stránky <http://products.amd.com/en-us>
2. vybereme procesor, který nás zajímá

Například pro AMD FX-8350 získáme kromě jiného tyto informace:

- TDP (Wattage) je 125 W,
- 64bitový procesor vyrobený 32nm technologií, pro socket AM3+,
- frekvence 4 GHz, 8 jader, L2 cache je 1024 kB, každé jádro má vlastní L2 cache, velikost L3 cache je neznámá,
- podpora virtualizace.

Najdeme ještě informace o procesoru A10-7850K:

- TDP je pouze 25 W,
- 64bitový procesor vyrobený 32nm technologií, pro socket FP2 (je notebookový, takže tato informace není až tak důležitá),
- 4jádrový, frekvence 2 GHz.



Jak bylo výše zmíněno, existují různé technologie správy energie. Na nejdůležitější se nyní podíváme.

 **Intel SpeedStep, AMD PowerNow!** jsou technologie správy energie určené *pro notebooky*. Jsou založeny na principu dynamické změny taktovací frekvence procesoru podle momentálního vytížení jader. Za normálních okolností procesor pracuje na nízké frekvenci (nízká spotřeba energie), ale při nárůstu zátěže se postupně zvýší frekvence.

 **AMD Cool'n'Quiet** je adaptace PowerNow! na desktopech a serverech, funguje podobně (také při zvýšení zátěže navyšuje frekvenci), také provádí dynamické změny napětí procesoru (o významu změn napětí najdete informace v sekci o přetaktování, strana 117).

 **Intel Turbo Boost, AMD Turbo Core** jsou určeny *pro desktopy*. Představují možnost *krátkodobého* (cca 25 s) několikanásobného navýšení frekvence jader při zátěži. Narozdíl od předchozích se jedná o výraznější, ale zato krátkodobé navýšení frekvence. Frekvence nesmí být vysoká moc dlouho, protože procesor začne vyzařovat více tepla a při překročení hranice stanovené hodnotou TDP by nebylo možné procesor uchladit (důsledkem by byla nestabilita ve výpočtech, pád systému, v horším případě „uvaření“ procesoru), proto se po krátkodobém navýšení frekvence postupně snižuje tak, aby chlazení pořád zůstalo pod hranicí danou TDP (teplota roste postupně, tedy i frekvence klesá „synchronizovaně“).

Tato technologie je přínosná také tehdy, když je jedno jádro vytíženo více než ostatní jádra (je zvýšena jeho frekvence) – technologii lze uplatňovat zvláště na jednotlivá jádra.



Úkoly

1. Na stránce <http://www.intel.com/pressroom/kits/quickreffam.htm> si vyberte kterýkoliv procesor firmy Intel a zjistěte jeho vlastnosti včetně hodnoty TDP a podpory technologií správy energie. Pak najdete další informace o tomto procesoru podle návodu v příkladu 6.7.7 (začíná na straně 91).
2. Vyberte si kterýkoliv procesor firmy AMD a podle návodu v příkladu 6.7.7 zjistěte jeho vlastnosti včetně hodnoty TDP a podpory technologií správy energie.
3. Adresy <http://ark.intel.com/> a <http://products.amd.com/en-us> si velmi dobře zapamatujte, právě tam najdete informace o procesorech těchto firem. Nicméně, firma AMD zjevně do údržby svých stránek mnoho času neinvestuje.



6.7.8 Little a Big Endian

Předpokládejme, že ukládáme velké číslo (více B) do paměti. V jakém pořadí se jednotlivé Byty celého datového typu ukládají? Existují tyto tři základní postupy:

- *Little Endian* – nejnižší Byte se zapisuje na nižší adresu (procesory Intel, DEC Alpha)
- *Big Endian* – nejvyšší Byte se zapisuje na nižší adresu (procesory Motorola, SPARC)
- *Mixed Endian* – pomíchaně (procesor PDP)

Power PC od IBM dokáže pracovat oběma postupy. Rozlišuje dva módy: big a little, mezi nimi se přepíná podle momentálního nastavení.



Příklad 6.5

Na adresu 400 (hexadecimálně) uložíme hexadecimální číslo 1234ABCDh:

```
mov EAX, 1234ABCDh
```

```
mov [400h], EAX ; EAX je 32-bitový
```

Little Endian:

- adresa 400h = CDh
- adresa 401h = ABh
- adresa 402h = 34h
- adresa 403h = 12h

	400	401	402	403	
...	CD	AB	34	12	...

Big Endian:

- adresa 400h = 12h
- adresa 401h = 34h
- adresa 402h = ABh
- adresa 403h = CDh

	400	401	402	403	
...	12	34	AB	CD	...



Problémy s endians mohou nastat při komunikaci s jiným počítačem v síti, který používá jiné pořadí, a nebo při komunikaci se zařízením, které používá jiné pořadí (ovladače).

Řešení v unixových systémech:

- „ruční“ konverze,
- většina zařízení je Little Endian, I/O funkce operačních systémů s tím počítají a Big Endian systém automaticky provádí konverze,
- v unixových systémech existují Big Endian varianty I/O funkcí pro případ komunikace s takovými zařízeními.

6.7.9 Vícevláknové aplikace



Vlákno je vlastně podproces. Ve vícevláknových systémech se každý proces skládá nejméně z jednoho vlákna. Každé vlákno má svůj vlastní programový kód a další prostředky, vlákna téhož procesu jsou navzájem téměř nezávislá. Podle typu operačního systému se obvykle procesor přiděluje jednotlivým vláknům, nikoliv procesům. Rozlišujeme vlákna aplikační, systémová a hardwarová.

1. *Aplikační vlákna* jsou vlákna běžící v uživatelském režimu

- každý proces má nejméně jedno takové vlákno (hlavní vlákno) a pak případně další
- každé vlákno má své identifikační údaje, kód, programové zásobníky a datový prostor

2. *Systémová vlákna* jsou vlákna operačního systému (jádra)

- jádro může mít vlastní vlákna pro svou potřebu, a dále vlákna využívaná aplikačními vlákny při systémových voláních (aplikační vlákno se napojí na systémové vlákno a přes ně využívá služby operačního systému)

3. *Hardwarová vlákna* jsou vlákna vykonávaná některým jádrem procesoru

- každé výpočetní jádro procesoru může zpracovávat kód nezávisle na ostatních
- hardwarová vlákna odpovídají počtu jader procesoru (včetně virtualizovaných pomocí technologie HyperThreading)
- OS plánuje (přiděluje) hardwarová vlákna jednotlivým systémovým a aplikačním vláknům

Jak programovat vícevláknové aplikace. Při programování vícevláknových aplikací dodržujeme tato pravidla:

- je třeba co nejvíce snížit vzájemnou závislost mezi kódy různých vláken; příklad závislosti:
vlákno 1 počítá hodnotu proměnné X
vlákno 2 využívá hodnotu proměnné X pro výpočet proměnné Y
vlákno 3 vypisuje hodnotu proměnné Y
- program není pouhou sekvencí příkazů, ale sadou úloh, které lze provádět relativně nezávisle
- špatně navržený vícevláknový program se na vícejádrovém systému chová stejně jako na jednojádrovém systému

Možnosti programování více vláken:

- využíváme prostředky, které nabízejí operační systémy, programovací jazyky nebo vývojová prostředí, sami určujeme, co bude v jednotlivých vláknech:
 - v každém běžném OS jsou API funkce pro programování vláken (Windows řady NT, Linux, MacOS, jiné Unixy), většinou jde o funkce pro vytvoření, správu, synchronizaci a ukončení vláken
 - některé programovací jazyky obsahují vlastní podporu vláken, která je buď napojena na příslušné API funkce nebo jde o vlastní řešení (varianty C++ a C#, Delphi, Java, Ruby, Lua)
- speciální API pro podporu paralelizace od třetích stran – OpenMP, Microsoft Parallel Extensions, RapidMind, Intel Parallelism Exploration Compiler)



Další informace:

- <http://www.fi.muni.cz/~xbarnat/IB109/2007-jaro/>
- <http://openmp.org>
- <http://software.intel.com/en-us/articles/intel-c-parallelism-exploration-compiler-prototype-edition>
- <http://connect.microsoft.com/site/sitehome.aspx?SiteID=516>
- <http://blogs.techrepublic.com.com/programming-and-development/?p=657>
- <http://www.rapidmind.net/>
- http://www.ki.fpv.ukf.sk/materialy_public/Principy%20vystavby%20operacnich%20systemu/08%20-%20Vlakna
- <http://www.linuxzone.cz/index.phtml?idc=1012&ids=2>

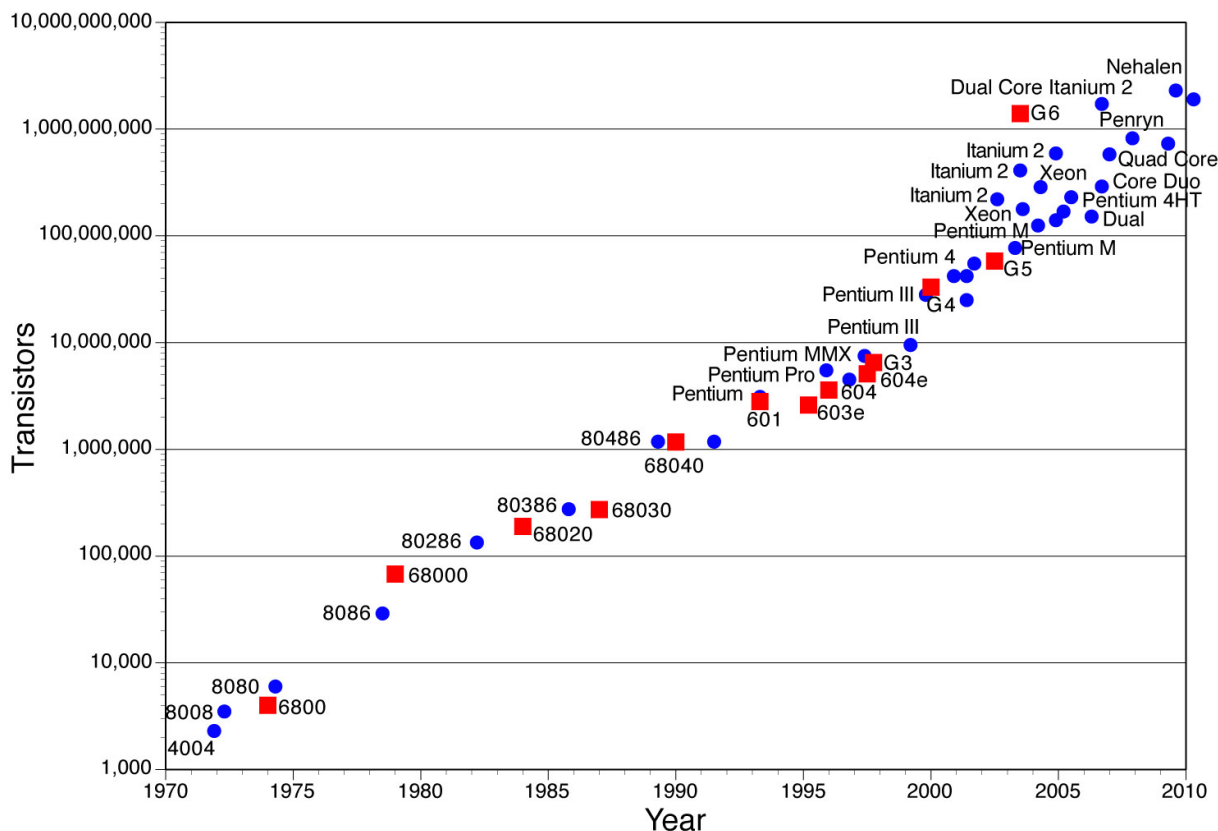


6.8 Moorův zákon

Moorův zákon (Moore's Law): Každé dva roky se počet tranzistorů v procesorech zdvojnásobí a cena klesne na polovinu.

(Gordon E. Moore, 1965, revize 1975)

Grafické znázornění Moorova zákona vidíme na obrázku 6.7.

Obrázek 6.7: Moorův zákon¹

Poznámka:

Moorův zákon neříká nic o výpočetním výkonu, není řečeno, že když se zdvojnásobí počet tranzistorů, tak se zdvojnásobí výkon. Ve skutečnosti se výkon zvyšuje rychleji:

- Intel i80286 (rok 1982, 134 tis. tranzistorů, frekvence 6–12 MHz) měl výkon cca 2 MIPS při vyšší frekvenci
- Intel Core i7-2600K (rok 2011, 995 mil. tranzistorů, frekvence 3,4 GHz na jádro) má výkon 128 300 MIPS

(kdyby se výkon zdvojnásobil co dva roky, byly by v r. 2011 procesory s výkonem $2^{15} = 32\,768$ MIPS).



¹Zdroj: http://mrsec.wisc.edu/Edetc/SlideShow/slides/computer/Moores_Law.html

6.9 Sloty, sockety

Sloty a sockety jsou prvky na desce (ať už základní nebo rozšiřující) určené pro zasunutí čipů nebo jejich bloků. Zatímco sloty jsou podlouhlé (dnes se používají na bloky operačních pamětí, a jako plugy ke sběrnicím, dříve také na procesory), sockety jsou obvykle čtvercové nebo obdélníkové s maticí pinů.

 U socektů se můžeme setkat se těmito typy provedení:

1. *PGA* (Pin Grid Array) – piny na procesoru jsou uspořádány v matici, jim odpovídají prohlubně na socketu; existuje více variant: *PPGA* (Plastic pin grid array), *FCPGA* (flip-chip pin grid array), *CPGA* (Ceramic pin grid array), *OPGA* (Organic pin grid array).
2. *ZIF* (Zero Insertion Force) – socket je opatřen páčkou, která slouží k připevnění čipu procesoru, účelem je minimalizovat škody působené zasouváním a vyndáváním čipů ze socketu; v některých provedeních jsou piny sice v mřížce, ale otočené o 45 stupňů, příp. jsou kombinována dvě různá natočení.
3. *BGA* (Ball Grid Array) – místo pinů jsou na procesoru napájené „kuličky“, prohlubně (spíše měděné plošky) na socketu jsou rozmístěny v matici podle kuliček na procesoru, výhodou je lepší odvod tepla, vyšší hustota „kuliček“, menší el. odpor; nevýhody jsou spíše mechanického rázu a souvisejí s nutností důkladnějšího připevnění procesoru.
4. *LGA* (Land Grid Array) – na procesoru jsou plošky (napájená měď, obvykle pozlacená), na socketu jsou piny. AMD toto řešení použila u Socketu F.

 *Desktopové procesory* (výhradně LGA) *vyráběné Intelem* patří do těchto patic:

- LGA 775 – pro procesory Core 2, dnes se s nimi setkáme jen na starých základních deskách.
- LGA 1156 (Core i první generace), LGA 1155 (Core i druhé a třetí generace, tedy Sandy Bridge a Ivy Bridge) – dnes poměrně běžné.
- LGA 1150 – pro procesory Core i čtvrté generace (Haswell), a páté (Broadwell).
- LGA 1151 – pro procesory Core i šesté generace (Skylake).
- LGA 1366, LGA 2011, LGA 2011-v3 – patice pro extended procesory (vyšší třída, výkonnostní špička pro danou generaci), z toho LGA 1366 je pro první generaci Core i, LGA 2011 pro další generace (vpodstatě obdoba LGA 1156, 1155, 1150 a 1151 určená pro vyšší třídu procesorů).

Můžeme tedy rozlišit dvě základní třídy procesorů Intel: procesory nižší a střední třídy (do patic LGA 1151, 1150, 1155, 1156) a špičkové procesory – high end (do patic LGA 2011 a 1366).

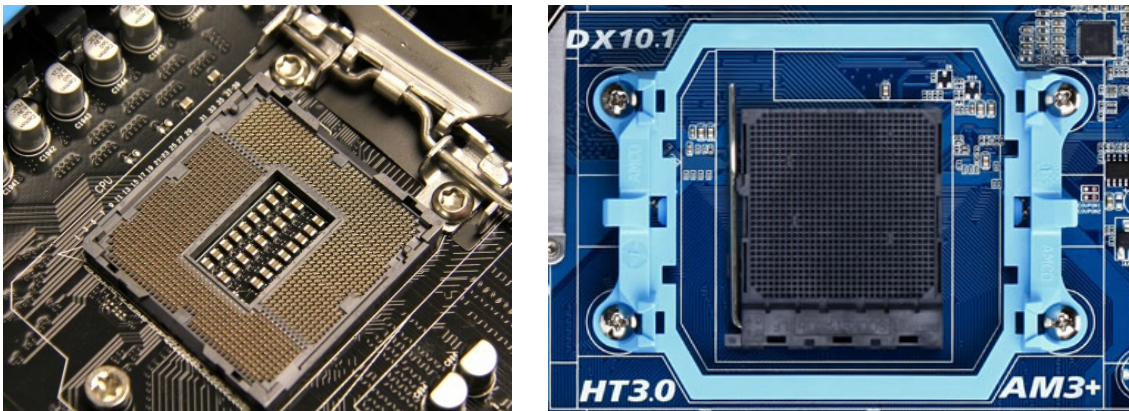
 *Desktopové procesory* (typ PGA-ZIF) *vyráběné firmou AMD* patří do těchto patic:

- AM2, AM2+, AM3, AM3+ – do těchto patic patří procesory bez integrované grafiky (FX a Athlony),
- FM1, FM2, FM2+ – pro procesory s integrovanou grafikou, řady „A“.

AM2+ je do určité míry zpětně kompatibilní s AM2, podobně AM3+ s AM3.

 **Montáž procesoru.** Montáž procesoru do slotu nebo socketu probíhá následovně:

1. patice typu *Slot* – dnes se už prakticky nepoužívají (Celeron, Pentium III), mají tvar podobný jako sloty pro rozšiřující karty s vývody v jedné řadě



Obrázek 6.8: Sockety Intel LGA 1150 a AMD AM3+

Montáž: pokud není připojen chladič, nejdřív ho připojíme (na zadní straně procesoru má být držák chladiče, na přední straně samotný chladič) a pak teprve zastrčíme procesor do patice a potom připojíme napájecí kabel k základní desce.

2. patice typu *Socket* – dnes běžné, obvykle čtvercového nebo obdélníkového tvaru; instalace:

- na patici je upevňovací páčka, kterou odklopíme (kolmo k desce)
- procesor zasuneme do patice (správně natočený) a páčku zaklapneme
- procesor nebo chladič můžeme potřít silikonovou teplovodivou pastou (vyrovná nerovnosti, lépe je odváděno teplo) stačí kapka doprostřed procesoru, po přiložení chladiče se rovnoměrně rozprostře (příliš mnoho pasty může mít přesně opačný efekt)
- připevníme chladič a konektor napájení větráčku připojíme k základní desce

U některých základních desek je nutné provést nastavení propojek a přepínačů (to si ověříme v manuálu základní desky).

6.10 Přehled procesorů

6.10.1 Mikroarchitektura procesoru

 Mikroarchitektura procesoru je dána těmito parametry:

- architektura: co a na kterých místech je v procesoru zahrnuto (komponenty), jak co s čím komunikuje (návrh interních datových, adresových a řídicích sběrnic), koncept ALU a FPU, struktura jader, pipelines, registry, adresování paměti, přístup do cache, správa napájení, instrukční sady, skalární architektury, podpora dalších technologií
- výrobní proces (64nm, 45nm, 32nm, 22nm, atd.)

6.10.2 Starší procesory Intel

První etapa intelovských procesorů začala jednoduchými 4bitovými „kalkulačkovými“ procesory a skončila 16bitovými procesory:

- i4004 – rok 1971, 4bitový, dokázal adresovat 4 kB paměti
- i8008 – 16 kB paměti
- i8080 – rok 1974, 8bitový, 64 kB paměti, 5 000 tranzistorů
- i8086 – rok 1978, 16bitový, adresoval až 1 MB paměti, 29 000 tranzistorů, první procesor série x86
- i8088 – stejný jako i8086, ale externě 8bitový z důvodu zpětné kompatibility se staršími deskami
- iAPX-432 – 1981, špičkový 32bitový procesor, který se však neujal, ale stal se základem pro pozdější 32bitové procesory
- i80186 – rok 1982, 16bitový, zrychlené operace s adresami, několik nových instrukcí, vhodný spíše pro jednodušší zařízení než osobní počítače

i80286 (iAPX-286, rok 1982) byl 16bitový procesor. Jako první intelovský procesor podporoval *chráněný režim* (s problémy při přechodu z chráněného do reálného režimu, provádělo se resetem procesoru), tento režim však ještě nebyl v plně použitelném stavu. Pracoval na frekvenci 6–25 MHz, adresová sběrnice byla 24bitová (adresace 16 MB, virtuálně mnohem více, ale operační systémy to nepodporovaly), datová sběrnice 16bitová.

i80386 (nebo také i80386DX, rok 1985) byl 32bitový procesor. Kromě reálného a chráněného režimu také podporoval virtualizaci (V86) pro simulaci HW prostředí i8086, v chráněném režimu existovaly okruhy Ring 0, 1, 2, 3, chráněný režim je již plně použitelný. Další vlastnosti:

- adresová sběrnice 32bitová, datová dto., adresoval až 4 GB reálné paměti a 64 TB virtuální paměti, frekvence až 33 MHz, 275 000 tranzistorů
- při správě paměti se používá kombinace segmentování a stránkování (první Intel se stránkováním)
- doplněn matematickým koprocem i80387

Procesor i80386 měl také odlehčenou variantu i80386SX s nižší frekvencí (do 20 MHz). Jeho datová sběrnice byla pouze 16bitová a adresová 24bitová z důvodu zpětné kompatibility se staršími deskami. Tento procesor byl také levnější než plnohodnotný i80386DX.

i80486 (i80486DX, rok 1989) byl pokračovatelem i80386DX, navíc měl integrován matematický koprocem a optimalizovanou přenosovou rychlost mezi procesorem a ostatními komponentami. Používal *3stupňovou pipeline*, tedy počátky skalární architektury. Další vlastnosti:

- 1,3 miliónu tranzistorů
- několik variant s různými frekvencemi, až 100 MHz
- L1 cache 8 kB

Intel opět přišel s odlehčenou levnější variantou i80486SX. Tento procesor měl oproti plnohodnotnému i80486DX kromě jiného zneaktivněný matematický koprocem.

Intel Pentium (název z řeckého „pente“ – pět) – rok 1993. Šlo o první procesor s nečíselným názvem, aby bylo možné tento název patentovat, pak používán v logu „Pentium inside“.

Pentia přišla se *superskalární architekturou* – dva kanály pro instrukce (jeden pro jakékoliv, druhý pro jednodušší typy instrukcí). Zcela nová je také instrukční sada, která se již blíží typu RISC, je odlišná od předchozích, ale z důvodů zpětné kompatibility dokáže emulovat instrukční sady předchozích intelovských procesorů. Další vlastnosti:

- 64bitová datová sběrnice (ale datové registry zůstávají 32bitové)
- *Pentium Overdrive* (P24T) – rok 1995, mezistupeň určený pro patice na základních deskách navržené pro i80486 (upravené výrobcem pro tento účel), umožňující na těchto upravených deskách používat Pentium, neúspěšný
- model P5 (pozor, to není Pentium 5) – 60 nebo 66 MHz, 3,1 miliónu tranzistorů, chyba v FPU (matematickém koprocetoru), proto se neujal
- P54C – úspěšné až od Pentium 75 MHz (dále 90, 100, 120)
- P54CS – 133–200 MHz, 3,3 miliónu tranzistorů, L1 cache 16 kB (polovina pro data a polovina pro instrukce), datová sběrnice má šířku 64 bitů, adresová 32 bitů
- Pentium MMX (P55C) – rok 1995–1997, přidána sada instrukcí MMX pro zvýšení výkonu multimediálních aplikací, frekvence až 233 MHz, zdvojnásobena L1 cache (32 kB), přidáno 8 registrů pro MMX instrukce (MM0..MM7)
- Tillamook Pentium Mobile MMX – rok 1997

Intel Pentium Pro přišlo s cache druhé úrovně (L2 cache), která je v tomto typu procesoru zatím na samostatném čipu, i když uvnitř pouzdra procesoru. Novinkou byla také podpora instrukcí mimo pořadí (Out-of-Order Execution). Další vlastnosti:

- označení P6, rok 1995
- podporuje symetrický multiprocessing s maximálně 4 procesory
- jádro je typu RISC, optimalizace pro 32bitové aplikace (rychlost vyšší asi o 30 % než starší Pentia o stejné frekvenci), u 16bitových aplikací je nárůst menší (asi 20 %)
- 5,5 miliónu tranzistorů, L1 cache 8+8 kB (tj. 8 pro data, 8 pro instrukce)
- adresová sběrnice je 32bitová, externí datová sběrnice 64bitová

Intel Pentium II (rok 1997) znamenal vylepšení dříve používaných technologií a přidal něco nového. Setkáváme se s 12úrovňovým pipeliningem, superskalární architekturou, instrukcemi mimo pořadí, předvídáním instrukcí kolem 90 %, přejmenováním registrů. Další vlastnosti:

= Pentium Pro + MMX instrukce, L1 cache 16+16 kB, 7,5 miliónu tranzistorů

- různé varianty včetně mobilních, podle variant L2 cache je buď externí nebo později integrovaná, frekvence 233–500 MHz

Pentium II bylo dostupné také v low-endové (levnější) verzi Celeron a high-endové verzi Xeon (pro servery).

Intel Pentium III (rok 1999) bylo obohaceno o instrukční sady MMX a SSE. Existovaly různé varianty s různými pracovními frekvencemi v rozmezí 450–1400 MHz.

Opět se prodávaly jeho low-endové a high-endové varianty Celeron a Xeon. Celerony se používaly také pro mobilní počítače. Xeony byly navrženy pro symetrický multiprocessing s až 8 procesory. Jedním z nejznámějších pokračovatelů tohoto procesoru je Intel Pentium M pro mobilní počítače.

Intel Pentium M (rok 2003) vzniklo úpravou Pentia III varianty Tualatin, obvyklá frekvence je 1,6 GHz. Byl primárně určen pro mobilní zařízení (notebooky), proto má menší spotřebu energie a méně se zahřívá než jiné běžné procesory té doby.

Pentium M existovalo ve stejné době jako Pentium 4, ale oproti němu dosahovalo srovnatelného výkonu při nižší frekvenci.

Intel Pentium 4 se vyznačovalo kompletně změněnou architekturou nazvanou *NetBurst*. Tato architektura byla optimalizována k dosahování vyšších frekvencí (což ale neznamenal nutně vyšší výkon, často právě naopak), podporovala Out-of-Order Execution, předvídání instrukcí, hyperskalární architekturu, sadu instrukcí SSE2, FPU měla 128bitové registry, atd. V pozdějších variantách se objevil HyperThreading. Hlavní nevýhodou tohoto procesoru bylo velké množství zbytkového tepla (hodně se zahříval).

Existovalo více variant s různými jádry: Willamette (2000), Northwood (2001), Gallatin (2004), Prescott (2004), Cedar Mill (2006, oproti předchozím již byla lépe zvládnutá teplota). Opět se objevily varianty Celeron 4 (varianty Celeron E1xxx jsou dvoujádrové) a Xeon 4.

Pentium 4 Prescott (2004) představoval velkou změnu architektury oproti předchozím jádrům ze skupiny Pentium 4. používal XD bit, 31úrovňovou pipeline, bohužel se hodně zahříval a jeho TDP bylo hodně vysoké. Na trhu se objevily dvě varianty:

- E-series (lepší) – včetně hyperthreadingu (tj. označení série začínalo písmenem „E“)
- A-series (levnější) – hyperthreading deaktivován, méně výkonný

Další Pentia

- Pentium E2180, Pentium E2200 – varianty Pentia 4 s jádrem Conroe-L, dvě jádra
- nové Celerony – odlehčená Pentia, totéž jádro, jedno nebo dvě, menší L2 cache, nižší frekvence
- procesory pro notebooky Core Duo (ne 2 Duo!), Core Solo jsou upravené Pentium M
- Pentium D, Pentium Dual-Core, Celeron Dual-Core – dvoujádrové

 V současné době se z výše uvedených setkáváme také s procesory *Pentium Dual-Core* (P2D). Přestože patří do řady Pentium, je postaven na technologii Intel Core a je považován za nižší třídu Core.



Poznámka:

IA-64 je narozdíl od dřívější (zpětně označované jako IA-32) plně 64bitová platforma (64bitové instrukce EM64T), ale pozor, nejde o obecné označení 64bitových procesorů Intelu. Je vyvíjena na základě procesorů Pentium 4 Prescott, revize E, novější již na základě nástupnických technologií. Do rodiny IA-64 patří serverové procesory *Itanium* (Itania byla vyvinuta ve spolupráci s firmou Hewlett-Packard).



6.10.3 Novější procesory Intel

U Intelu se v posledních letech prosazuje systém „Tick-Tock“: stejná architektura se nejdříve implementuje pomocí „ověřené“ technologie, pak pomocí nové technologie výroby; na této nové technologii výroby, která

Core		Nehalem		Sandy Bridge		Haswell		Skylake			
65 nm		45 nm		32 nm		22 nm		14 nm		10 nm	
Tick	Tock	Tick	Tock	Tick	Tock	Tick	Tock	Tick	Tock	Tick	Tock
NetBurst	Merom	Penryn	Nehalem	Westmere	Sandy Bridge	Ivy Bridge	Haswell	Broadwell	Skylake	Cannonlake	?
2005–2006		2007–2008		2009–2010		2011–2012		2014–2015		2017–2018	

Tabulka 6.2: Tick-Tock u procesorů Intel (shora architektura, výrobní proces, mikroarchitektura)

se tak stane ověřenou, se potom postaví nová architektura, atd. Postup pro architektury používané od roku 2005 je v tabulce 6.2.

Názvy uvedené v tabulce – Penryn, Nehalem, atd. jsou *mikroarchitektury*. Například mikroarchitektury Nehalem a Westmere patří k architektuře Nehalem, následující dvě mikroarchitektury patří k architektuře Sandy Bridge.

 **Intel Core** (rok 2006) je architektura procesorů (a zároveň mikroarchitektura) postavená na Pentiu M. Oproti architektuře NetBurst z Pentia 4 je výrazně kratší instrukční pipeline, ale přesto je dosaženo vyššího výkonu. Pracují na nižší frekvenci, mají nižší spotřebu, méně se zahřívají, mají vyšší kapacitu cache, instrukce jsou zpracovávány efektivněji. Kódové jméno jádra je Yonah, 65nm výrobní technologie. Zástupci:

- Core Duo – dvoujádrové
- Core Solo – jednojádrové

 **Intel Core 2** je další mikroarchitekturou procesorů Core (Core druhé generace, také se můžeme setkat s označením Penryn podle jednoho z jader této mikroarchitektury). Pipeline dokáže zpracovat až 4 instrukce na jeden cyklus procesoru (původní Core jen 3), projevuje se především u procesů s velkým počtem SSE instrukcí (video apod.). Objevily se nové zabezpečovací mechanismy (LaGrande – zabezpečení běžících programů, Trusted Execution Technology, podpora virtualizace, atd.). Další vlastnosti:

- XD bit – znemožňuje spuštění kódu v části paměti s povoleným zápisem
- SpeedStep – dynamická změna taktu procesoru
- frekvence se mohou pohybovat až k 3200 MHz, u notebooků k 2800 MHz

Desktopové Core 2 patřily většinou do patice LGA 775.

Varianty:

- Core 2 Duo – dvoujádrové,
- Core 2 Quad – čtyřjádrové,
- Core 2 Extreme – dvou- (modelové označení začíná X) nebo čtyřjádrové (modelové označení začíná QX), mají otevřený násobič (multiplexer) a je tedy možné je tímto způsobem přetaktovávat.

 První používaná jádra pro Core 2 nesla označení Conroe (do roku 2006) a Kentsfield (do roku 2007), levnější varianty jádro Conroe-L (u procesorů Pentium Dual-Core, Celeron), v současné době se setkáme

s jádru Wolfdale (u desktopových procesorů Core 2 Duo), Yorkfield (desktopové Core 2 Quad a Extreme) nebo úspornějšími Penryn (notebookové).

Hodnota TDP je obvykle na 65–95 W na desktopech, 10–45 W na notebookcích (podle pracovní frekvence a počtu jader).



Další informace:

Pěkný článek o přetaktování Core 2 Duo: <http://pctuning.tyden.cz/component/content/7412?task=view&start=3>.



 **Nehalem** – tato architektura je podobná architektuře Core, ale je kladen důraz na škálovatelnost (možnosti snadného rozšíření nebo naopak „osekání“). Je možné určovat nejen vybavenost komponentami (jádry), ale také lze snadno řídit výkon a tím i spotřebu procesoru (je možné dynamicky zvyšovat frekvenci jednotlivých jader podle potřeby – Turbo Boost). Nehalem je postaven na 45nm technologii. Jádra obsahují L1 a L2 cache, komunikují přes sdílenou L3 cache. Procesor obsahuje řadič paměti.



Další informace:

Zajímavý článek o Nehalemu: http://www.svethardware.cz/art_doc-65AD83200555825EC12574CB0057B038.html.



 Mikroarchitektura Nehalem, 45nm výrobní technologie:

- Core i7 nebo i5 pro desktopy s jádru *Lynnfield* vyráběné 45nm technologií patří ke střednímu proudu, patice LGA 1156, sběrnice DMI.
- Core i7, i5 a i3 pro notebooky používají jádra *Clarkfield*, sběrnice DMI.
- Core i7 pro desktopy s jádru *Bloomfield* jsou vyráběny 45nm technologií, patří k nejvýkonnějším (High-endové procesory) s touto mikroarchitekturou, patice LGA 1366 (sběrnice QPI). TDP je obvykle na hodnotě 130 W.

 **Westmere** je varianta (mikroarchitektura) Nehalemu vyráběná 32nm technologií. Obsahuje v podstatě tytéž technologie jako původní Nehalem (Turbo Boost pro zvýšení výkonu, což je to výše zmíněné dynamické vypínání jader, HyperThreading, integrovaný paměťový řadič, atd.), jen technologie je jiná. Součástí, která řídí spotřebu jader (vypíná, zapíná, apod.), se označuje PCU (Power Controller Unit).

Desktopové procesory řady Nehalem a Westmere patřily do patice LGA 1156 (nižší a střední proud) nebo LGA 1366 (vyšší třída).

 Je zajímavé, že v procesoru s technologií Westmere, kde jádra procesoru jsou vyrobená 32nm technologií, je integrováno grafické jádro (tj. IGP, integrovaná grafika) vyrobené 45nm technologií. PCU může ovlivňovat výkon IGP pouze v notebookových procesorech.

 Mikroarchitektura Westmere, 32nm výrobní technologie:

- Core i5 nebo i3 pro desktopy s jádru *Clarkdale* patří k levnějším, patří do patice LGA 1156, sběrnice DMI.

- Core i7, i5 a i3 pro notebooky používají jádra *Arrandale*, sběrnice DMI.
- Core i7 pro desktopy s jádry *Gulftown* (6 jader) jsou high-endové procesory vyráběné 32nm technologií, jsou v patici LGA 1366 a komunikují s čipovou sadou X58 přes sběrnici QPI.

 **Sandy Bridge** je nástupce Westmere. Je vyráběn také 32nm technologií, ale funkčnost byla značně vylepšena. Jádra opět komunikují přes sdílenou L3 cache, je zde integrováno grafické jádro (IGP) vyráběné 32nm technologií, je také připojeno k L3 cache. U předchozí mikroarchitektury bylo sice grafické jádro integrováno do pouzdra procesoru, ale nacházelo se na samostatném čipu vyráběném odlišnou technologií (45nm). Na schématu² je vidět také oblast čipu označená „Sandy Bridge System Agent“ – v podstatě jde o integrovaný severní most čipsetu.

Inovace se týká především jader, jejichž výkon byl zvýšen (vyšší frekvence). Integrované grafické jádro má také velmi slušný výkon. Zatímco u dřívějších architektur existovalo vždy několik verzí jádra (například u mikroarchitektury Westmere existovala jádra Clarkdale, Arrandale a Gulftown s rozdílnými vlastnostmi i cenou), v této mikroarchitektuře existuje už jen jádro přímo nazývané Sandy Bridge.

 Mikroarchitektura *Sandy Bridge* (Core i 2nd generation), 32nm výrobní technologie:

- Jádro pro Core i7, i5 a i3 patřící do této mikroarchitektury je zjednodušené, používá se unifikované označení jádra Sandy Bridge. U desktopů patří do patice LGA 1155. Komunikuje přes sběrnici DMI, celý severní most je tedy integrován v procesoru.
- Pro high-end sektor je určen procesor Core i7 E-Series do patice LGA 2011, přichází později než Sandy Bridge nižších cenových hladin.

 **Ivy Bridge** je mikroarchitektura nastupující po Sandy Bridge. Oproti Sandy Bridge se změnil výrobní proces (na 22 nm). Protože původní koncepce tranzistorů přestává být použitelná (součásti tranzistoru začínají být tak tenké, že se elektrony začínají dostávat i tam, kde nemají co dělat), bylo nutno ve výrobní technologii provést i jiné úpravy než jen změnu vlnové délky a zmenšení matrice pro tranzistory. Intel přichází s tzv. *3D tranzistory*, ve kterých je brána vyzdvižena nad původní „rovinu“ (proto 3D) – nazývá se *tri-gate*.

Desktopové procesory Sandy Bridge a Ivy Bridge patří do patice LGA 1155, resp. LGA 2011 pro vyšší třídu.



Další informace:

Výroba těchto procesorů je naznačena na videu <http://www.youtube.com/watch?v=d9SWNLZvA8g>.



 Mikroarchitektura *Ivy Bridge* (Core i 3rd generation), 22nm výrobní technologie:

- Architektura čipu je téměř stejná jako u Sandy Bridge, mění se především výrobní technologie. Důsledkem je snížení spotřeby při stejném výkonu, resp. zvýšení výkonu při stejné spotřebě. Patří do těžké patice jako Ivy Bridge (tj. LGA 1055 pro běžné procesory, LGA 2011 pro high-end procesory). S přechodem na 22nm výrobní technologii měl Intel velké problémy, bylo třeba vymyslet nový koncept tranzistorů, tzv. Tri-Gate.

²Viz například <http://techreport.com/articles.x/20188>

 **Haswell** je další mikroarchitekturou, od předchozí se odlišuje změnou architektury (výrobní proces je stejný, 22nm). Tyto procesory jsou v prodeji od roku 2013. U Haswellů je zajímavé především snížení TDP při stejném výkonu oproti předchozí mikroarchitektuře, resp. vyšším výkonem při stejném TDP. Kromě jiného se objevily nové úsporné režimy, při kterých se zapínají a vypínají různé části procesoru podle potřeby. Lepší je také integrovaná grafika.

Haswell patří do patice LGA 1150, resp. LGA 2011.

 Mikroarchitektura *Haswell* (Core i 4nd generation), 22nm výrobní technologie:

- Výrobní proces zůstává, ale zcela se mění vnitřní architektura (uspořádání) jednotlivých komponent procesoru. Je zajímavé, že důsledkem této změny (snížení TDP při téže spotřebě) se obvykle dosahuje spíše změnou výrobní technologie, zde stačila změna architektury.

 **Broadwell** používá víceméně stejnou architekturu jako Haswell, ale přechází se na 14nm výrobní proces. Navíc byly přidány některé nové instrukce (například instrukce vylepšující mechanismus generování náhodných čísel pro účely šifrování).

 **Skylake** zůstaly na 14nm výrobním procesu, ale přicházejí s novou архитектурou. Hlavní změnou je optimalizace řízení napájení. Důsledkem je, že tyto procesory mají při stejném výkonu nižší spotřebu. Byla přidána plná podpora paměti DDR4 (sice se objevila už u některých Haswellů, ale pouze novějších nejvyšší třídy), dokonce je kombinovaná podpora DDR3L a DDR4.

Dosud jsme se bavili o mikroarchitekturách, dále se podíváme na konkrétní typy produktů, ve kterých se tyto mikroarchitektury vyskytují.

 **Core i** je nejběžnější současný typ procesorů Intel. Rozlišujeme Core i3 (nejnižší třída), Core i5 (střední třída) a Core i7 (vyšší třída a high end). Core i3, i5 a některé i7 patří na desktopu do patic LGA 1156, 1155, 1150 nebo 1151 a mají obvykle integrovanou grafiku, highendové Core i7 pak do patic LGA 1366, 2011 nebo 2011-v3 a nemají integrovanou grafiku.

<i>Generace</i>	<i>Mikroarchitektura</i>	<i>Litografie</i>	<i>Patice na desktopu</i>
1. generace	Nehalem Westmere	45 nm 32 nm	LGA 1156, LGA 1366
2. generace	Sandy Bridge	32 nm	LGA 1155, LGA 2011
3. generace	Ivy Bridge	22 nm	LGA 1155, LGA 2011, LGA 2011-1
4. generace	Haswell	22 nm	LGA 1150, LGA 2011-v3
5. generace	Broadwell	14 nm	LGA 1150, LGA 2011-v3
6. generace	Skylake	14 nm	LGA 1151

Tabulka 6.3: Generace Core i

Jako jádra se v Core i používají výše zmíněné mikroarchitektury, a podle toho určujeme generaci – podle tabulky 6.3. Zatímco do první generace řadíme dvě mikroarchitektury, dále se vždy s novou mikroarchitekturou navyšovala i generace.

Patice LGA 1156, 1156, 1150, 1151 jsou určeny pro procesory, které mají integrovaný severní most (jako System Agent), tedy s okolím komunikují přes sběrnici DMI. Procesory v těchto paticích mají obvykle integrován i grafický čip a jde o typy Core i3, i5 a některé i7.

Patice LGA 1366, 2011, 2011-v3 mají ze severního mostu integrován pouze paměťový řadič, tedy s okolím komunikují přes sběrnici QPI. Jde o high-endové procesory Core i7, které nemají integrované grafické jádro (předpokládá se, že si uživatel koupí dedikovanou grafickou kartu, když už investoval do drahého procesoru).



Příklad 6.6

Například:

- Intel Core i5-655K má jádro Clarkdale, je vyroben 32nm technologií, ale Sandy Bridge to není, protože v označení vidíme pouze tři číslice (mikroarchitektura Westmere). Písmeno „K“ na konci znamená, že má odemčený násobič, a tedy je určen pro pokročilejší přetaktování.
- Intel Core i7-920 má jádro Bloomfield, jde o high-end s mikroarchitekturou Nehalem, opět pouze tři číslice (tj. první generace Core i).
- Intel Core i7-990X XE (XE na konci znamená Extreme Edition, jde opět o high-end procesor) – tři číslice, 32nm výrobní proces, mikroarchitektura Westmere (tj. první generace).
- Intel Core i5-2400 obsahuje čtyři číslice, tedy mikroarchitektura Sandy Bridge (a samozřejmě 32nm technologie). Nemá odemčený násobič, jde o procesor střední třídy.
- Intel Core i7-2600 patří do mikroarchitektury Sandy Bridge (druhá generace Core i, to poznáme podle číslice za pomlčkou), před nástupem high-end procesorů Sandy Bridge je téměř nejrychlejší z desktopových procesorů Intelu (Core i7-990X XE je o něco rychlejší, ale zato několikrát dražší).
- Core i7-3770 patří do třetí generace (tj. mikroarchitektura Ivy Bridge, 22nm výrobní proces).
- Core i7-4770 již patří do čtvrté generace, mikroarchitektura Haswell. Specifikace je téměř stejná jako u předchozího, ale tento procesor má výkonnější grafiku a je v něm zabudována podpora některých technologií, které v předchozím nenajdeme. Proto není jeho TDP nižší, naopak mírně vyšší.



Příklad 6.7

Pokud chceme vcelku dobrý procesor pro desktopy, volíme Core i5 s tou mikroarchitekturou, která je právě nejnovější, ale vybíráme pečlivě – ne všechny i5 jsou stejné. Například Core i5-3570 je slušný procesor se 4 jádry, který sice nepodporuje HyperThreading, ale se 4 jádry to vůbec nevadí. Je slušně taktován (navíc podporuje Turbo Boost verze 2.0), velikost L3 cache je 6 MB (taky důležité pro výkon), má dostatečnou integrovanou grafickou kartu, podporuje hardwarovou virtualizaci, TDP je 77 W.

Naproti tomu i5-3570S a i5-3570T mají prakticky stejné parametry kromě dvou – frekvence a TDP. Jde o podtaktované procesory (vnitřní i vnější pracovní frekvence je snížena), čímž se snížilo i TDP. Cena je prakticky stejná jako u původního.

Když se podíváme na „druhou stranu“, najdeme i5-3570K. Tady jsou však trochu jiné odlišnosti. Frekvence je stejná, TDP taky, ale varianta „K“ má mnohem lepší grafické jádro (HD Graphics 4000 místo HD Graphics 2500), pouze základní podporu virtualizace a chybí dodatečné bezpečnostní technologie (Intel V-Pro, Intel Trusted Execution).

Podívejme se však na notebookové (mobilní) procesory. Ze sféry i5 tady máme Core i5-3427U a Core i5-3360M. Všechny Core i5 pro notebooky mají pouze 2 jádra. Sice podporují HyperThreading, ale 4 logická jádra jsou pořád méně než 4 fyzická, která máme u desktopů. Další rozdíly? O dost nižší pracovní frekvence a tím i TDP, poloviční L3 cache (což je špatné), naproti tomu lepší grafika, podpora bezdrátových sítí (Wi-Fi a WiMAX), ovšem vyšší cena.



Poznámka:

Co z toho vyplývá? Pokud u počítače/notebooku vidíme, že má procesor Core i3/i5/i7, moc jsme se nedověděli. Měli bychom si zjistit podrobnější informace.



Další informace:

- <http://swfan.com/reviews/processors/inside-nehalem-intels-new-core-i7-micro-architecture?aid=608>
- <http://www.pcstats.com/articleview.cfm?articleID=2370>
- <http://extrahardware.cnews.cz/westmere-32nm-dvoujadra-pro-kazdeho>
- <http://extrahardware.cnews.cz/westmere-h57-clarkdale-ii-architektura-novinky>
- <http://extrahardware.cnews.cz/sandy-bridge-llano-od-intelu-32nm-igp-2011>
- <http://extrahardware.cnews.cz/sandy-bridge-32nm-ctyrjadro-s-igp-v-roce-2011>
- <http://www.intel.com/products/embedded/processors/corei7/desktop/overview.htm> (Core i7 pro desktopy)
- <http://www.intel.com/cd/products/services/emea/eng/desktop/319976.htm> (přehled všech Core i7 pro desktopy)



Core M se poprvé objevují simultánně s pátou generací Core i, tedy u mikroarchitektury Broadwell. Účelem bylo vyrobit velmi úsporné, malé, tiché a přitom vcelku výkonné procesory do mobilních zařízení (jsou určeny pro notebooky a tablety). Jejich TDP je na 4,5 W, jejich výbava je zhruba odpovídající Core i (ostatně – jedná se o tatáž jádra, jen jinak nakonfigurovaná), běží na nižší frekvenci a napětí, měla by být uchlazitelná pasivně (bez větráčku).

Od šesté generace (Skylake) se také podle výkonu rozlišují Core M3, M5 a M7.

Atom (od roku 2008) je konstruován pro velmi nízký odběr energie (subnotebooky, PDA, smartphony, apod.), má velmi malé rozměry, nenáročný na základní desky. Sice používá HyperThreading, ale nepodporuje další moderní technologie (Out-of-Order, Speculative Execution ani přejmenování registrů), což velmi snižuje výkon.

Atomy jsou vyráběny 45nm nebo 32nm technologií, přesto mají velmi nízké TDP, a tedy jejich spotřeba je velmi pozoruhodná – obvykle do 10 W (mobilní ještě méně), zatímco Celeron ULV (Ultra Low Voltage) kolem 30 W, Core 2 Duo 8200 má TDP 65 W. Z toho důvodu je procesor Atom hromadně nasazován v netboocích (levných noteboocích s nízkou spotřebou) a nettopech (totéž, ale pro desktopy). Vzpomeňme si, co znamená hodnota TDP.

Nejbližší konkurence je VIA nano (obvykle také na stejném typu desky – miniITX).



Poznámka:

Procesory Atom jsou 64bitové, ale většina z nich podporuje pouze 32bitovou adresaci, tj. lze přistupovat pouze k 4 GB operační paměti.



Další informace:

- http://www.svethardware.cz/art_doc-D40FCC727CF84FE9C12574B100601A99.html
 - <http://extrahardware.cnews.cz/intel-moorestown-s-atomem-do-boje-proti-arm>
 - <http://extrahardware.cnews.cz/intel-pine-trail-nova-generace-atomu-je-tady>
 - <http://ark.intel.com/ProductCollection.aspx?familyID=29035>
 - <http://www.intel.com/design/intarch/atom/specifications.htm>
 - <http://www.intel.com/cd/products/services/emea/eng/processors/atom/specifications/418312.htm>
-



 Další současné levné procesory jsou procesory řady *Pentium* a *Celeron*. Jejich vývoj v podstatě kopíruje vývoj generací Core i, jen běží na nižší frekvenci, mají méně jader, méně cache paměti, nepodporují některé technologie. Typické nasazení těchto procesorů je do kanceláří nebo do úsporných domácích počítačů (jejich TDP je nízké, výkon ovšem také).

 **Intel Centrino** (nověji Centrino Wireless) není procesor, ale hardwarová mobilní architektura. Zahrnuje mobilní procesor + čipset + integrovaná zařízení (Wi-fi síťová karta a grafická karta). Poskytuje možnost přepínat mezi integrovanou grafikou a kartou, podporuje technologie WiFi a WiMAX.

Původně byla tato platforma založena na procesoru Pentium M, později byly využívány procesory Core 2, v současné době se setkáváme s Centrino platformami založenými na Core i (i3, i5 nebo i7, platforma Calpella) nebo Atom (platforma Menlow).

6.10.4 Starší procesory AMD

Firma AMD vyrábí kromě jiného procesory x86 kompatibilní, tj. kompatibilní s Intelem. Roku 1982 firmy Intel a AMD uzavřely smlouvu o poskytnutí licencí na procesory, zejména i8086 a i8088. Firma Intel byla k této smlouvě víceméně dotlačena svým odběratelem, firmou IBM, která chtěla mít pro své počítače alespoň dva ekonomicky nezávislé dodavatele procesorů.

AMD však pokračovala ve své řadě procesorů i za původně očekávané i808x. Poté, co AMD vydala svůj procesor AM286, který byl klonem intelovského i80286, se Intel pokusil smlouvu zrušit, ale neúspěšně. Následovaly další klony, jejichž podobnost s intelovskými procesory se postupně snižovala s tím, jak AMD postupně přidávala své vlastní technologie při zachování kompatibility. Postupně bylo zavedeno označení *PR Rating* (označující ekvivalentnost k procesorům Intelu na základě zátěžových testů (například AM5x86 odpovídal zhruba Pentiu 75, proto byl označen AM5x86-P75).

- AM386 – klon i80386 (1991), dále AM486, nadále AMD nevyžadoval specifikaci procesorů od Intelu, ale z velké části používal zpětné inženýrství (reverse engineering) pro zjišťování technických údajů.
- AM5x86 (1995) odstartoval popularitu AMD coby výrobce levnější alternativy intelovských procesorů.
- AMD K5 – první procesor zcela vlastní výroby (1996, K od „Kryptonite“ ze Supermana, narážka na „supermanovské“ chování Intelu), RISC architektura s rozhraním pro x86, pipelining, speculative execution, atd., konkurent Pentii.
- AMD K6 (1997) – konkurent Pentia II, zakoupena nová architektura NexGen (RISC architektura interpretující x86, ale nebyla klonem): superskalární architektura, Out-of-Order zpracování instrukcí, MMX (3DNow!), instrukce x86 překládal na své RISC instrukce.

V 64bitových procesorech se již používal NX bit.

AMD K7 je generace procesorů, ve které vznikaly mnohé současné technologie. *AMD Athlon* je řada populárních procesorů z rodiny K7 pro desktopy. Už první verze Athlonu podporovaly superskalární architekturu, Out-of-Order Execution, Enhanced 3DNow! (kompatibilita s MMX a další nové instrukce). Je hlavním zástupcem AMD K7 (1999), vedoucím vývojového týmu byl jeden z vývojářů DEC Alpha.

Athlony jsou procesory s hlavní instrukční sadou typu RISC. Zpětná kompatibilita je velmi důležitá, proto dokážou zpracovávat i instrukce x86 (dekodují je do interních RISC instrukcí).

- první varianta, Athlon Classic, byla výkonově srovnatelná s Pentiem III, ale levnější, měla velký úspěch, následující varianta, Thunderbird, dto. (2000)
- Athlon XP (Palomino, eXtreme Performance) – frekvence 1333–1533 MHz, sady 3DNow! a SSE, varianty Mobile Athlon (notebooky) a Athlon MP (dual processing)

Důležitou vlastností je technologie úspory energie *PowerNow!* (Cool'n'Quiet), která se poprvé objevila v procesorech Athlon XP.

Další AMD K7 jsou

- Duron (2000) – konkurence prvních Pentii 4, jde o slabší verzi Athlonu (obdoba Celeronů od Intelu)
- Mobile Duron (2002)
- Sempron (2004), Mobile Sempron (2005)

AMD K8 přišla s 64bitovou architekturou a sběrnici *HyperTransport*. Zástupci:

- Opteron (2003) – servery
- Athlon 64 (2004) – konkurence Pentia 4 Gallatin,
- Mobile Athlon 64 (2004)

- Turion 64 (2005) – porovnatelné s Intel Pentium M a Core 2 procesory, technologie PowerNow!, Enhanced 3DNow!, MMX, SSE, atd.

AMD K9 se vyznačovala integrací severního mostu chipsetu do procesoru (včetně řadiče paměti), proto například paměti komunikují přímo s CPU po paměťové sběrnici (Memory Bus). Nejznámější zástupci jsou Athlon 64 X2 a Phenom X4 (4 jádra).



Další informace:

Zajímavosti najdeme na <http://www.hardwaresecrets.com/article/324>.



6.10.5 Novější procesory AMD

AMD postupně přechází na obdobu toho, co u Intelu známe jako princip Tick-Tock, jen tento princip tak důsledně nedodrжуje. Po (mikro)architektuře K10 přichází mikroarchitektura K10.5, která se mimo jiné liší především výrobním procesem (přechod z 65 nm na 45 nm). Nejnovější procesory AMD jsou již vyráběny 32nm výrobní technologií.

 **AMD K10** přišla se zcela novým konceptem procesoru, prvním zástupcem byl procesor s kódovým názvem Barcelona. Používá výrobní proces na 65 nm. Tato generace přišla s poměrně mnoha novinkami, například obsahuje dva navzájem nezávislé řadiče paměti, každý z nich má vlastní fyzický adresový prostor.

Barcelona (rok 2007) byl čtyřjádrový procesor (ve skutečnosti dvě spojená dvoujádra) se sdílenou L3 cache, a to pro rodinu Opteron (to jsou serverové procesory). Podporoval instrukce MMX, Extended 3DNow!, SSE, SSE2, SSE3, AMD64 (x86-64), SSSE3. Bohužel se objevily chyby při zpracování, například chyba v TLB (Translation Lookaside Buffer), která způsobuje občasné zamrznutí (pro Linux se objevila záplata, která důsledky této chyby obchází a víceméně řeší, ale pro jistý majoritní operační systém nic takového nevzniklo, tedy výrobce tyto produkty musel stáhnout).

Nástupcem Barcelony pro Opterony byly procesory *Budapest*, taktéž v architektuře K10 (oproti Barceloně se zasazovaly do patice AM2, vnitřní struktura byla přepracovaná).

 K10 přišla, jako obvykle, s několika různými typy procesorů:

- Opteron – pro servery,
- Phenom – pro high-end desktopy, patice AM2+,
- Athlon, Athlon X2 (první je jednojádrový, druhý dvoujádrový) – pro méně náročné desktopy,
- Sempron – pro nenáročné použití, typicky v kanceláři.

K10 Phenom je postaven na architektuře K8 se změnami v instrukční sadě – přidáno několik instrukcí do základní sady a dále nová sada SSE4a (SSE4 rozšířená o další instrukce). Obsahuje čtyři samostatná jádra, jde o první skutečný čtyřjádrový procesor od AMD.

 Mezi nadšenci je známa varianta (nejen) Phenomu *Black Edition*, která má odemčený násobič a tedy je možné tento procesor volně přetaktovávat.

 Další vlastnosti Phenomu:

- vylepšená správa napájení včetně Enhanced PowerNow!, Cool'n'Quiet (vylepšené chlazení)
- některé varianty dovolují softwarově řídit napájení procesoru a další funkce (nástroj AMD OverDrive)
- L3 cache nejméně 2 MB sdílená všemi čtyřmi jádry, každé jádro má vlastní L1 a L2
- technologie *Dual Dynamic Power Management* – integrované řadiče paměti a jádra CPU jsou napájena samostatně, tj. výkon paměti je zachován i tehdy, když jádra CPU jsou v režimu se sníženým výkonem
- AMD Digital Media Express 2.0 – technologie pro živější 3D grafiku

**Poznámka:**

Tak trochu údiv vyvolalo uvedení 3jádrových procesorů Phenom X3, který však opadl po zjištění, že jde vlastně o 4jádrové procesory s jedním jádrem zneaktivněným („recyklace“ čtyřjádrových procesorů, kde došlo k výrobní vadě na jednom jádře).



 **AMD K10.5** je mikroarchitektura, která vznikla z K10 změnou výrobního procesu – procesory K10.5 jsou vyráběny 45nm technologií a přechází se k patci AM3. Je zřejmé, že AMD se pomalu kloní k období Tick-Tock principu, který známe od Intelu – v jednom kroku změna architektury, v druhém kroku implementace existující ověřené architektury do nového výrobního procesu, v následujícím kroku použití tohoto výrobního procesu na zcela novou architekturu, atd.

K10.5 je myšlena jako konkurence procesorů Intel architektury Nehalem. Najdeme zde obvyklé *rodiny* procesorů – oproti K10 se označují Phenom II (velmi výkonné), Athlon II (střední třída), Sempron (kancelářské), Turion II (pro notebooky), protože jde vlastně o druhou generaci K10. Novinkou je rodina Llano, která se od ostatních výrazně liší.

 V generaci K10.5 se setkáme s těmito jádry:

- u výkonných Phenomů pro desktop najdeme jádra Thuban (6jádrové procesory – Phenom II X6) a Deneb (4 jádra, Phenom II X4), hodnota TDP může jít i přes 100 W (65–125 W),
- u (méně výkonných levnějších) Athlonů pro desktop to jsou jádra Propus (4 jádra do procesoru, Athlon II X4), Rana (3 jádra, Athlon II X3) a Regor (2 jádra, Athlon II X2), TDP je 45–125 W,
- u (nejlevnějších) Sempronů pro desktop se setkáme s jádrem Sargas (pouze jedno jádro), TDP je mezi 45 a 62 W,
- u výkonnějších Phenomů pro notebooky se setkáme s jádrem Danube (3 nebo 4 jádra, Phenom II X3 nebo X4), TDP je obvykle 25 nebo 35 W,
- procesory Turion nebo Athlon pro notebooky s jádry Griffin (obvykle 2 jádra), TDP je obvykle 35 W,
- AMD Athlon II Neo jsou procesory s jedním nebo dvěma jádry s nízkou hodnotou TDP (pod 20 W).

**Poznámka:**

Jak bylo výše uvedeno, novinkou v této generaci je rodina Llano. Zatímco předchozí jsou vyráběny 45nm technologií, u Llana je experimentálně použita 32nm technologie. Další odlišností je integrace grafického jádra, takže se jedná o APU.



 Většina procesorů generace K10.5 patří do patice AM3+ (ale je možné použít i starší AM3). Llano patří do nové patice FM1.

AMD – globální rozdělení

- Opteron – především pro servery
- Phenom – pro výkonnější osobní počítače
- Athlon – pro osobní počítače nebo levnější servery
- Turion – pro notebooky
- Sempron – náhrada Duronů, pro kancelářské počítače

 **Současné architektury:** AMD přestává používat číselné označení a přechází na 32nm (a někde 40nm) technologii výroby. Existují dvě základní výrobní řady, které se „táhnou“ přes různé generace – AMD FX a A-Series (a pak další odvozené), je to obdoba intelovského členění na Core i7, i5, i3 apod.

AMD FX jsou výkonné (high-end) procesory, které by měly konkurovat procesorům Core i střední a vyšší třídy, jsou vyrobeny 32nm výrobním procesem. Tyto procesory se vyznačují modulární strukturou, kdy výsledný procesor se skládá z modulů obsahujících vždy dvojici jader pro celočíselné výpočty a jednu sdílenou FPU pro výpočty v pohyblivé řádové čárce, každé jádro má vlastní L1 cache, jádra v rámci jednoho modulu sdílejí společnou L2 cache a dále existuje L3 cache sdílená jádry přes všechny moduly procesoru. Jádra v jednom modulu sdílejí také dekodér instrukcí.

Odlehčenou variantou AMD FX jsou procesory *Athlon*, které si svůj význam zachovaly z předchozích generací (tj. nižší střední třída). Patří také do stejné patice jako FX.

Procesory řady A-Series jsou potomky rodiny Llano. V současné době obsahují slabší variantu jader v modulech prakticky stejné architektury jako u AMD FX (nižší frekvence, méně cache paměti, apod.). Oproti FX mají jednu velkou výhodu – celkem kvalitní integrované grafické jádro Radeon (hlavně v dražších modelech). AMD tyto procesory nazývá APU (což je kombinace výpočetního jádra CPU a grafického jádra).

 AMD FX používají architekturu Bulldozer (starší, jádra se nazývají Zambezi a Interlagos) nebo Piledriver (novější, jádra se nazývají Vishera, Delhi, Trinity, Richland). V případě APU řady A-Series to je architektura Steamroller (starší, jádra Kaveri a Berlin) a Excavator (novější, jádro Carrizo).

 Procesory AMD FX patří do patice AM3+ (ale je možné použít i AM3), APU A-Series patří do patice FM2 nebo FM2+ (podle konkrétní rodiny).



Další informace:

- <http://www.amd.com/US/PRODUCTS/Pages/products.aspx>
- <http://products.amd.com/en-us/>
- <http://www.notebookcheck.net/>
- <http://extrahardware.cnews.cz/bulldozer-bobcat-dve-nove-architektury-amd>
- <http://extrahardware.cnews.cz/nvidia-ion-nova-generace-se-predstavuje>
- <http://extrahardware.cnews.cz/amd-llano-32nm-ctyrjadro-s-igp-v-roce-2011>



 **AMD Mobile Platform** je konkurent Centrina. Podobně jako u Centrina, i zde jde o kombinaci procesoru, chipsetu včetně integrované grafiky a síťového řešení. Zde AMD využívá akvizice s firmou ATI.

 O této architektuře se začalo mluvit především s uvedením mobilní platformy Puma (2008), i když zde patřil už její předchůdce Kite. Následovníci Pumpy se (stejně jako v případě Intel Centrino) odlišují použitými procesory, grafickými procesory, čipovými sadami a bezdrátovými řešeními. V roce 2009 to byla postupně platforma Yukon, Congo a Tigris, v roce 2010 se objevily platformy Danube a Nile.

 Mobilní platformy od AMD podporují technologii *PowerExpress* – možnost vypínat externí grafiku bez restartu počítače (tj. přepínání mezi integrovanou grafikou a kartou). Při napájení ze sítě mohou obě grafiky běžet propojené (Cross Fire, podrobněji v kapitole o grafických kartách).

 **AMD Fusion** je kombinace CPU a GPU (od ATI) v jednom pouzdře. Opět existuje více různých platform, které se liší použitými komponentami, výkonem, určením, a samozřejmě také časem zveřejnění, hodnota TDP těchto sad by měla být spíše nízká. Právě v souvislosti s AMD Fusion přišla firma AMD s pojmem *APU* (Accelerated Processing Unit) a postupně se posunula k další metě – SoC čipu.

 Nyní si shrňme, jaké patice se používají pro desktopové procesory AMD:

- AM2 (rok 2006), AM2+ (rok 2007) – Phenom, Athlon
- AM3 (rok 2009) – Athlon II, Phenom II, Sempron
- AM3+ (rok 2011) – procesory FX a Athlon, patice je kompatibilní s AM3
- FM1 (rok 2011) – AMD Fusion, Llano
- FM2 (rok 2012), FM2+ (rok 2013) – APU A-Series

Patice FM1, FM2, FM2+ jsou určeny pro APU, tedy procesory integrující grafické jádro.



Příklad 6.8

Na <http://amd.com/us/products> si u desktopových procesorů všimněte, že se rozlišují „Desktop processors“ a „Desktop APUs“. APU je taky procesor, ale má integrované jádro.

- *AMD FX* jsou momentálně nejvýkonnější procesory pro desktopy od AMD určené do patice AM3+. Jsou vyráběny 32nm výrobním procesem, TDP je kolem 100 W, pracují na vyšších frekvencích a velikost L2 a L3 je více než dostačující (ale pozor, mezi jednotlivými modely jsou rozdíly). AMD3+ se napojuje sběrnici HT.

Příklad: AMD FX 6200 (6 fyzických jader, tj. 3 Bulldozer modules, TDP 125 W, Turbo Core, 6 MB L2 cache – 2 MB pro každé dvoujádro, 8 MB L3 cache)

- *AMD A-Series* jsou APU (tj. mají integrované grafické jádro AMD Radeon) mají 2 nebo 4 výpočetní jádra a kvalitní integrovaný grafický čip. TDP je mezi 65 a 100 W, cache pouze druhé úrovně (1 nebo 4 MB L2 cache). Samotný procesor je spíše méně výkonný, ale tyto procesory jsou výhodné v případě, že potřebujeme především grafický výkon (video, úpravy obrázků, prohlížení webu, apod.). A-Series se momentálně vyskytují ve dvou generacích – první generace (Llano) patří do patice FM1, druhá generace (Trinity) patří do patice FM2.

Příklad: AMD A8-5500 (Trinity, patice FM2, 4 jádra, 4 MB L2 cache, TDP 65 W, 32nm výrobní proces)

AMD A8-3850 (Llano, patice FM1, 4 jádra, 4 MB L2 cache, TDP 100 W, 32nm výrobní proces)

- *AMD E-Series* jsou málo výkonné APU, které byly plánovány zejména do All-in-one počítačů. Mají jen 2 jádra, pouze 1 MB L2 cache, slabší grafiku než A-Series a velmi nízké TDP. Samostatně se neprodávají.

Příklad: AMD E2-1800: 32nm litography, 2 cores, TDP 18 W,

- *AMD Phenom II* je vyráběn 45nm technologií. Je poměrně vysoce taktován, L2 a L3 cache jsou dostatečně velké, TDP kolem 100 W. Tyto procesory patří do patice AM3. Neobsahují grafické jádro.

Příklad: AMD Phenom II X4 965 (4 jádra – poznáme podle „X4“, 2 MB L2 cache, 6 MB L3 cache, TDP 125 W)

- *AMD Athlon II* je vyráběn 45nm nebo 32nm technologií. Procesory vyráběné 45nm technologií se osazují do patice FM3, procesory vyráběné 32nm technologií dáváme do patice FM1 nebo FM2 (Athlon II Trinity patří do FM2). Mají pouze cache 2. úrovně, obvykle 1,5 až 4 MB L2 cache. TDP je mezi 45 a 100 W. Žádná grafika.

Příklad: AMD Trinity Athlon II X4 740 (4 jádra, do patice FM2, 32nm výrobní proces, 4 MB L2 cache, TDP 65 W).

- *AMD Sempron* jsou slabé procesory bez grafického čipu (obdoba Intel Celeron). Momentálně se vyrábějí 45nm technologií, pracují na nízké frekvenci a mají pouze 1 MB L2 cache. Patří do patice AM3.

Příklad: AMD Sempron X2 190 (dvě jádra, do patice AM3, 1 MB L2 cache, TDP 45 W).

FX jsou sice velmi výkonné, ale nelze je srovnávat se stejně taktovanými procesory od Intelu. Vlastně se na AMD snesla vlna kritiky za návrh těchto procesorů, protože jádra jsou až moc jednoduchá a příliš mnoho součástí je sdílených,³ takže reálný výkon je nižší než byl očekáván.



Další informace:

- <http://extrahardware.cnews.cz/amd-fx-8150-6100-bulldozer-zambezi-recenze-test>
- <http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/24112-taktujeme-bulldozer-navod-a-praxe-pro-hodnoty-nad-5-ghz>
- <http://wccfttech.com/amd-kaveri-apus-compatible-socket-fm2-roadmap-confirms-launch-late-2013/>



6.10.6 PowerPC

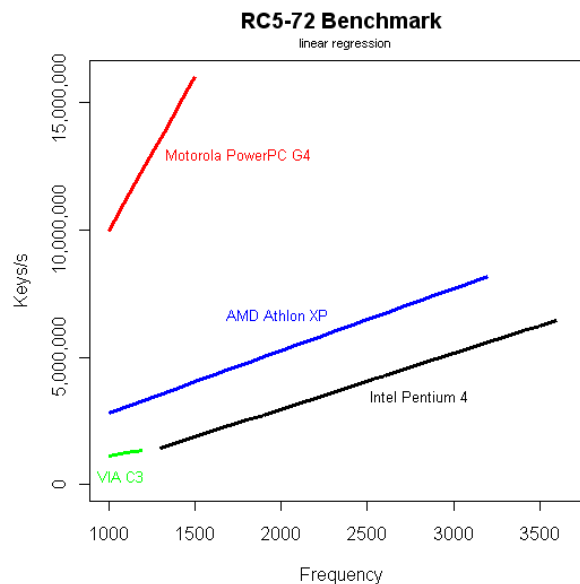
Vlastnosti:

- 1991, založen na starším IBM POWER
- Architektura typu RISC vytvořená ve spolupráci Apple + IBM + Motorola, vlastní instrukční sada PowerPC

³AMD skládá procesory řady FX z „dvoujádér“. Každé takové dvoujádro (tzv. module) má sice dvě ALU (pro každé jednoduché jádro jednu), ale zato jediný dekodér instrukcí, jediný prediktor větvení kódu a skoků, jedinou FPU a společnou L2 cache. Je zřejmé, že jádro, které musí sdílet takovéto základní věci, není srovnatelné s plnohodnotným jádrem procesorů Intel.

- AltiVec – SIMD instrukční sada zejména pro multimédia
- použití: především v počítačích Apple v letech 1994–2006 a v platformě Pegasos (dnes volně šiřitelná platforma), určena původně pro desktopy, ale existují také varianty pro malá mobilní zařízení
- kratší pipeline, postaveno na filozofii, že když jsou pipelines příliš dlouhé, pak kvůli závislostem instrukcí (zejména datovým) vznikají při zpracování příliš velké „bubliny“ – prázdné fáze v pipeline, ve kterých procesor nemá co zpracovávat (pak vzniká paradox ve vztahu frekvence×výkon)

Na následujícím obrázku je srovnání výkonu 32bitových procesorů se SIMD instrukcemi (AltiVec u PowerPC, MMX/SSE kompatibilních u ostatních) při použití programu pro dešifrování zprávy zakódované 72bitovým klíčem (tj. při paralelním zpracování dat, typická úloha pro SIMD instrukce), na výsledky je aplikována lineární regrese.



Obrázek 6.9: Procesor se SIMD instrukcemi, srovnání

6.10.7 Motorola

Procesory Motorola byly dlouho používány v počítačích Apple Macintosh, pak i v prvních počítačích NeXT. Jejich instrukční sada je typu CISC. Procesory byly už od začátku navrhovány tak, aby byly snadno rozšiřitelné. V současné době se s těmito procesory setkáváme hlavně v menších mobilních zařízeních.

Nejznámější zástupci:

- po 8bitovém Motorola 6800 (jako první procesor vybaven vektorovým systémem přerušení) přišel 16bitový Motorola 68000 (1981, vnitřně 32bitový)
- 68020 již plně 32bitový, L1 cache, možnost použití L2, dále 68030 (navíc integrována jednotka řízení paměti)
- 68040 – integrovaný koprocessor, použitelný i ve víceprocesorových systémech
- 68060 (1994) – dvě celočíselné pipelines, velmi výkonná FPU

6.10.8 VIA

Tato firma je známá nejen jako výrobce chipsetů, ale také jako výrobce poměrně energeticky úsporných procesorů. V současné době se setkáváme především s procesory VIA C7 a jejich odnožemi a potomky. Jedná se o procesory kompatibilní s x86, se superskalární architekturou, instrukčními sadami SSE, SSE2, SSE3, MMX, AltiVec, je používán NX bit, atd.

Zajímavou technologií je *PadLock*. Jde o velmi silnou podporu šifrování AES přímo v procesoru založenou na kvalitním generátoru pseudonáhodných čísel. Díky tomu je šifrování velmi rychlé a efektivní. Tyto procesory jsou určeny do zařízení, která se primárně zabývají šifrováním, a nebo do běžných počítačů, kde šifrování také využijeme (například bezdrátová komunikace je obvykle šifrována).

Mobilní variantou procesoru VIA C7 je VIA C7-M. Jeho nástupcem je pak dnes již velmi známý procesor VIA Nano, který je vážnou konkurencí procesoru Intel Atom.

VIA Nano je plně 64bitový procesor s podporou Out-of-Order Execution, multimediálními instrukcemi (SSE3) a podporou virtualizace. Vzhledem ke svým předchůdcům také obsahuje šifrovací jednotku. V testech podává VIA Nano obvykle vyšší výkon než Intel Atom, překvapivě i v multimediálních aplikacích, ale má (v průměru) mírně vyšší spotřebu. Je to zejména proto, že Atomy jsou vyráběny 45nm technologií, kdežto VIA Nano 65nm technologií.

Můžeme se setkat například s procesorem VIA Nano U2250 s jádrem Isiah (jedno jádro), jehož TDP je 5 W. Oproti srovnatelnému jednojádrovému Atomu N450 s jádrem Pineview je o něco dražší, TDP jsou přibližně stejné (N450 má TDP 5.5 W) a má vyšší L2 cache (VIA má 1024 kB, Atom pouze poloviční). Oproti tomu jiný model, Atom N270, má TDP pouze 2.5 W a naproti tomu o dost horší výsledky v testech výkonnosti než VIA Nano U2250.



Další informace:

- <http://www.via.com.tw/en/products/processors/nano/>
- <http://arstechnica.com/hardware/reviews/2008/07/atom-nano-review.ars>
- <http://extrahardware.cnews.cz/forum/viewtopic.php?f=38&t=5912>
- <http://ixbtlabs.com/articles3/cpu/via-nano-cpuid-fake-p1.html>



 **Výdrž procesoru na baterii:** V souvislosti s hodnotami TDP a výdrží notebooku při běhu na baterii se setkáváme se zkratkou *ULV* (Ultra Low Voltage) nebo *CULV* (to je u Intelu, „C“ na začátku je označení hlavní architektury „Core“). Pokud vybíráme notebook a chceme, aby měl vysokou výdrž na baterii, volíme právě takto označené procesory. Jejich TDP je obvykle na hodnotě kolem 10 W nebo u notebooků ještě níže.

6.10.9 Procesory ARM

Instrukční sada procesorů ARM je typická RISC sada. Instrukce mají pevnou délku (32 nebo 64 bitů), v jádrech jsou krátké pipelines. Tyto procesory mají především velmi nízkou spotřebu, proto je dnes najdeme především v mobilních a jiných embedded zařízeních.

Je zajímavé, že pro ARM procesory není jen jediný výrobce, ale licence na jednotlivé generace ARM (v současné době ARM7, ARM9, ARM11, ARM Cortex A9, ARM Cortex A15) byly prodány více různým výrobcům. Tedy vývojem se zabývá společnost ARM Holdings, výrobou pak jiné společnosti.

 **nVidia Tegra** jsou procesory vyráběné společností nVidia. Jedná se především o SoC čipy do smartphonů, multimediálních zařízení apod. Původně se používal 40nm výrobní proces, v novějších již 28nm technologie. Většinou se jedná o upravený ARM Cortex-A9, v generaci Tegra 9 najdeme ARM Cortex-A15.

 **Qualcomm Snapdragon** jsou další známé procesory ARM, vyráběné tentokrát společností Qualcomm. Opět je najdeme ve smartphonech a tabletech.

 **Broadcom** vyrábí ARM procesory určené zejména pro síťová zařízení.

 **Atmel** kromě vlastních řešení vyrábí procesory založené na ARM (zejm. Cortex), často ve formě MCU či SoC do embedded zařízení.

 **Marvel** opět vyrábí SoC založené na ARM, ve smartphonech a embedded systémech, často se jedná o síťová zařízení. Je zajímavé, že první licenci na ARM procesory koupil Marvel od Microsoftu.



Další informace:

- RISC procesory of firmy ATMEL: <http://avr.hw.cz/index2.html>
- <http://notebook.cz/clanky/technologie/2010/arm-architektura>
- <http://notebook.cz/clanky/technologie/2010/tegra-next-generation>



Další výrobci procesorů (nejen ARM): Transmeta, IBM PowerPC, Motorola, MIPS, Alpha, Cyrix, SPARC, UltraSPARC, DEC (Digital Equipment Corporation), NEC (Nippon Electronic Company), atd.



Další informace:

Odkazy na další stránky o procesorech:

- <http://www.root.cz/serialy/co-se-deje-v-pocitaci/>
- Šimková, D.: Hardware pro začátečníky (Google Books):
http://books.google.cz/books?id=JxWPzriNJ9cC&printsec=frontcover&source=gbs_summary_r&cad=0
- Procesory s desítkami jader, výzkumné centrum Intelu:
<http://old.chip.cz/cs/earchiv/vydani/r-2010/chip-03-2010/procesory-10jader.html>
- Článek o procesoru Intel Core i7-980X „Gulftown“:
<http://www.chip.cz/novinky/hardware/2010/03/nejrychlejsi-desktopovy-procesor-ma-sest-jader>
- Svět hardware, Přehled desktopových procesorů
http://www.svethardware.cz/art_doc-D7DC723F2D235629C12573F40046AD49.html





Úkol

Na stránce <http://earchiv.chip.cz/cs/earchiv/vydani/r-2010/processor-02-10.html> se podívejte, jak vzniká procesor (na stránce je odkaz na PDF s celým článkem).



6.11 Přetaktování a podtaktování procesoru

Procesor přetaktováváme, pokud ho chceme zrychlit (ale musíme počítat s tím, že se zvýší jeho spotřeba a bude se víc zahřívat), naopak ho podtaktováváme, když chceme, aby se tolik nezahříval a spotřeboval méně energie.

Přetaktování či podtaktování lze provádět některým z těchto způsobů:

1. změna frekvence FSB
2. změna hodnoty násobiče, ale pouze u procesorů s odemčeným násobičem
 - Intel: edice „K Series“, například Core i7 875K
 - AMD: edice „Black Edition“, například AMD Phenom II X6 **Black**
3. změna napětí (voltáž) jader procesoru

Jako první z výše uvedených výrobců přišla s procesory s odemčeným násobičem firma AMD. Intel dlouho tuto možnost odmítal, především z bezpečnostních důvodů (hrátky s násobičem mohou mít za následek zničení procesoru), ale po úspěchu u konkurence se přece jen objevily procesory edice „K Series“.

Někdy je třeba provést i další úpravy, např. frekvenci pamětí, protože pokud mezi frekvencí procesoru a frekvencí pamětí není vhodná úměrnost (rovnají se nebo jsou jedna násobkem druhé), dochází ke zbytečným prodlevám v komunikaci s pamětmi a případně i k nestabilitám v přenosu dat.

Měli bychom mít na paměti, že pokud opravdu chceme provést přetaktování či podtaktování procesoru, příslušné hodnoty měníme po malých krocích (ať už frekvenci, násobič nebo voltáž), a po každém kroku otestujeme. Procesor přetaktovaný na příliš vysoké hodnoty se přehřívá, stává se nestabilním (objevují se chyby ve výpočtu, obvykle náhodné, tedy těžko detekovatelné) a snižuje se jeho životnost. Je velmi důležité si předem vyřešit dobré chlazení a také bychom měli mít kvalitní zdroj.

Přetaktování se obvykle provádí v BIOS Setup, ale někteří výrobci (například Asus) dávají k dispozici programy, které umožňují přetaktovávat i z prostředí operačního systému. Také existují „obecné“ nástroje, které lze použít, když nemáme k dispozici nic jiného, například určité možnosti máme v CrystalCPUID⁴ nebo v RightMark CPU Clock Utility.⁵

Pokud tedy máme procesor, který lze námi zvolenou metodou přetaktovat, při použití BIOS Setup postupujeme takto:

1. Ověříme si údaje o momentálním nastavení procesoru v některém vhodném nástroji, například CPU-Z nebo CrystalCPUID – hodnotu násobiče a momentální nominální pracovní frekvenci (vynásobením těchto údajů získáme frekvenci procesoru).

⁴<http://crystalmark.info/software/CrystalCPUID/index-e.html>

⁵<http://cpu.rightmark.org/download.shtml>, ale není moc často aktualizován.

2. V BIOS Setup nebo v EFI (viz kapitolu 3.1 o BIOSu) si najdeme místo, kde jsou nastavení týkající se přetaktování.
3. Pokud je nastavena funkce Turbo Boost (Intel) nebo Turbo Core (AMD), vypneme ji (to lze obvykle na totéž místě v BIOS Setup, kde se provádí přetaktování).
4. Provedeme drobnou změnu (postupujeme po malých krocích, například u frekvence po 10 či 20 MHz).
5. Otestujeme, zda procesor pracuje stabilně – můžeme použít například Prime95 (Windows, MacOS X) nebo MPrime (Linux, FreeBSD)⁶ v tzv. „Torture“ režimu po dobu několika hodin (doporučuje se cca 6 hodin).
6. Pokud se objevují mírné nestability v běhu procesoru, může pomoci zvýšení napětí jader procesoru. Při nízkém napětí se totiž může stát, že se tranzistory v jádrech „nestíhají“ přepínat takovou rychlostí, jaká je určená zvýšenou frekvencí, což vede k nestabilitě jader.
7. Můžeme se vrátit k bodu 4.

Případně bude nutné přetaktovat také paměti (opět v BIOSu).

Při podtaktování nepracujeme jen s nominální frekvencí, ale především s napětím jader – platí, že spotřeba jádra je exponenciálně závislá na jeho napětí, tj. například při snížení napětí o 20 % se spotřeba sníží o cca 36 % (údaj z článku na chip.cz, viz odkazy na další informace níže).



Další informace:

- <http://earchiv.chip.cz/cs/earchiv/vydani/r-2011/chip-09-11/cpu-takt.html> (na konci stránky je odkaz na PDF obsahující kromě textu i obrázky)
- <http://pretaktovani.cz/>
- <http://extrahardware.cnews.cz/pretaktovani-procesoru-pro-zacatecniky>



⁶Prime95 a MPrime je na <http://cpu.rightmark.org/download.shtml>

Vnitřní paměti

V této kapitole se budeme zabývat vnitřními pamětmi – jejich typy a vlastnostmi. Zaměříme se na mechanismus, na kterém pracují, různá provedení (pouzdra), se kterými se můžeme setkat, možnosti jejich testování a ovlivnění jejich vlastností.

7.1 Druhy a vlastnosti vnitřních pamětí

U vnitřních pamětí platí

- čím vyšší přístupové rychlosti (udáváno v MHz), tím dražší
 - čím dražší, tím menší množství (kapacita)
- ⇒ nejrychlejší paměti se používají pro registry v procesoru (je jich použito nejméně, navíc jsou nejspolehlivější), trochu méně rychlé pro cache paměti a ještě pomalejší pro běžnou operační paměť.

 Základní charakteristiky, které nás mohou zajímat:

- *kapacita* – kolik dat je možné do paměti uložit
- *přístupová doba* (latence, časování) – doba čekání na splnění požadavku (rozlišujeme pro čtení/zápis)
- *přenosová rychlost* – kolik dat je možné přečíst (zapsat) za danou časovou jednotku
- *spolehlivost* – střední doba mezi dvěma poruchami
- *cena/bit*, případně *cena/byte*

 K uloženým datům lze přistupovat dvěma způsoby:

- *sekvenční přístup* – data v paměti jsou zpřístupňována lineárně, nelze je „přeskakovat“, typické pro některé vnější paměti
- *přímý přístup* – data lze číst přímo z dané adresy bez ohledu na předchozí, např. polovodičové paměti



Poznámka:

Sekvenčně tedy čteme například ze zálohovacích pásek a určitá forma sekvenčnosti je také u klasických pevných disků (obojí jsou vnější paměti), i když u pevných disků převládají vlastnosti přímého přístupu

do této paměti. Proč? Čtecí hlava se sice může volně pohybovat poměrně rychle a téměř přímo (po určité dráze) mezi různými místy na plotně disku, ale rychlost, s jakou se dostane na zadané místo, je ovlivněna jejím původním umístěním. Používají se techniky, které mají pohyb čtecích/zápisových hlav optimalizovat, kromě jiného i přeuspořádáním dat, která jsou čtena (pokud má být přečtena zadaná sekvence dat, hlava je nechte v daném pořadí, ale v tom pořadí, jaké má „po cestě“ – NCQ).



 Paměti také členíme podle energetické závislosti:

- *energeticky nezávislé* (nevolatilní) – obsah paměti se uchovává i po odpojení od zdroje
- *energeticky závislé* (volatilní) – obsah paměti se po odpojení od zdroje energie ztratí, dále členíme podle doby uchování dat:
 - statické – data jsou v paměti uchovávána po celou dobu připojení ke zdroji, není třeba je obnovovat
 - dynamické – uložená data se ztrácejí i v době, kdy je paměť připojena ke zdroji, je nutné je periodicky obnovovat

Typický příklad energeticky závislých pamětí jsou moduly operačních pamětí, cache, registry. Většina vnitřních pamětí je energeticky závislá. Výjimkou jsou například flash paměti dnes běžně používané pro BIOS.

 Zajímá nás také destruktivnost při čtení:

- nedestruktivní při čtení
- destruktivní při čtení – proces čtení dat způsobí smazání těchto dat, tedy přečtená data musí být znovu zapsána

Paměti destruktivní při čtení najdeme jak u starších typů vnitřních pamětí (bublínkové paměti), tak i u novějších typů (DRAM a její potomci, což dnes znamená operační paměti).

7.2 Vlastnosti vnitřních pamětí

7.2.1 Obvyklá struktura

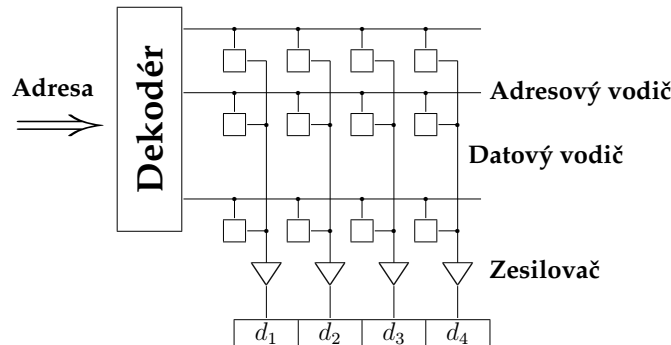
 Vnitřní paměti se skládají z pamětových buněk. *Pamětová buňka* je místo pro uložení jednoho bitu, tedy uchovává hodnotu 0 nebo 1.

Dále obsahují *dekodér*, který provádí překlad mezi adresou v paměti (tu zná operační systém) a fyzickým umístěním dat z této adresy v pamětových modulech, tedy určuje, se kterými pamětovými buňkami se vlastně má pracovat.

Mezi dekodérem a pamětovými buňkami vedou vodiče pro adresy a data. *Adresové vodiče* určují, se kterými pamětovými buňkami se pracuje (na tom, který má být použit při dané operaci čtení/zápis, je nastavena 1), *datové vodiče* slouží k přenosu dat:

- *čtení z paměti*: k datovým vodičům jde signál od adresového vodiče přes pamětové buňky; pokud 1 projde k datovému vodiči, je na výstupu 1 a naopak
- *zápis do paměti*: nastaví se bity b_x na hodnoty, které mají být uloženy, pak přes ně jde/nejde signál po datových vodičích k pamětovým buňkám

Schéma vidíme na obrázku 7.1.



Obrázek 7.1: Schéma vnitřních pamětí

7.2.2 ROM paměti

Zkratka ROM sice znamená Read Only Memory (pouze pro čtení), ale ve skutečnosti se z původních nezapisovatelných druhů časem vyvinuly paměti podobných vlastností a struktury, ale již zapisovatelné. Velmi důležitou vlastností ROM pamětí je *energetická nezávislost* – pokud je přerušeno napájení (vypneme počítač, dojde ke zkratu nebo výpadku proudu apod.), obsah paměti není smazán.

Všechny zde popsané paměti jsou energeticky nezávislé (nevolatilní).

ROM (Read Only Memory) je nejstarší z pamětí uvedených v této sekci. Je určena pouze pro čtení (permanentní), data jsou zapsána přímo při výrobě a nelze je změnit. Jedná se o kolmou síť vodivých cest (ve více vrstvách) propojených obvykle pojistkami či tranzistory. Tranzistor je buď otevřen (logická 1, „přepálená“ pojistka) nebo uzavřen (logická 0).

ROM paměti se používaly jako permanentní paměť v nejrůznějších zařízeních, například pro uložení BIOSu. Jejich výhodou je velmi nízká cena a vysoká hustota zapsaných dat (díky tomu, že nemohou být přepisována a zapisují se již při výrobě čipu).

PROM (Programmable ROM) je další generace ROM pamětí. Jak název napovídá, je programovatelná, tedy jednou je možné provést zápis (ve speciálním zařízení – tedy neprovádí se při výrobě v továrně), pak již jen čtení, tedy po prvním zápisu funguje jako ROM paměť.

Při výrobě jsou všechny paměťové buňky nastaveny na 1, oproti ROM je mezi diodou a datovým vodičem pojistka, která je při zápisu hodnoty 0 přepálí, čímž je zajištěna možnost odlišení hodnot 0 a 1. Stejně jako ROM, i PROM uchovává data neomezeně dlouho.

EPROM (Eraseable PROM) lze kdykoliv vymazat (čip je obvykle nutné vyjmout z desky) a znovu zapsat. Je realizována pomocí unipolárních tranzistorů a dokáže uchovat data i několik desítek let (udává se 10 až 20 let).

Vymazání provádíme *UV zářením* (asi půl hodiny přes malé okénko v pouzdře obvodu, pro ochranu před náhodným vymazáním bývá přelepeno), v slunečním dni někdy stačí vystavit čip na dostatečně dlouhou dobu přímému slunci. Mazání lze provádět i opakovaně, ale tím se zhoršují vlastnosti těchto pamětí.

Po vymazání jsou všechny paměťové buňky vybité (to zde znamená logickou hodnotu 1) a lze zapisovat (měnit jejich hodnotu na 0) pomocí silnějšího elektrického impulsu.

 **EEPROM (Electrically Erasable PROM)** narušil od předchozí je smazatelná elektrickým impulsem (navíc téměř okamžitě). Je realizovaná pomocí tranzistorů, na jejichž řídicí elektrodě je nanese vrstva nitridu křemíku (Si_3N_4) a pod ní tenká vrstva oxidu křemičitého (SiO_2) → technologie MNOS (Metal Nitrid Oxid Semiconductor). U starších čipů bylo nutné při mazání použít vyšší napětí, později byl čip vybaven nábojovou pumpou, tedy dokázal sám napětí zvýšit.

 **Flash PROM** (mžiková paměť) je vylepšená EEPROM. Má podobné vlastnosti jako RAM paměti, ale je energeticky nezávislá. Rozdíl oproti jejímu předchůdci – EEPROM – je v tom, že mazání i následný zápis se provádějí *po blocích*, to je důvod velkého zrychlení. Mazáním a zápisem se paměťové buňky bohužel postupně ničí (navíc je vždy takto ovlivněn celý blok paměťových buněk najednou), proto je množství těchto operací limitováno, u kvalitnějších čipů jde o desítky až stovky tisíc zápisů a mazání (u méně kvalitních kolem tisíce mazání).

S flash technologií se setkáváme jak u vnitřních (flash PROM), tak i u vnějších pamětí (například USB flash disk nebo SSD). Zatímco u vnitřních pamětí je obvykle použita technologie NOR, u vnějších pamětí technologie NAND.



Poznámka:

Flash PROM čipy se dnes používají například pro čipy s kódem BIOSu. Je to především z toho důvodu, aby bylo možné provádět upgrade BIOSu, je tedy výhodné, když je kód BIOSu v zapisovatelné permanentní paměti.



 **Magnetická bublinková paměť** byla vynalezena v roce 1966. Na křemíkové destičce je nanese tenká granátová vrstva, zmagnetizované místo („bublinka“) odpovídá logické 1, nezmagnetizované místo odpovídá logické 0. Působením magnetického pole je možno bublinky velmi rychle přesouvat nebo zdvojovat a takto pracovat s informacemi.

Stejně jako předchozí paměti, i tento typ paměti je nevolatilní (při odpojení od zdroje se informace nesmaže), ale narušil od předchozích je *destruktivní při čtení*; proto je bublinka před čtením vždy zdvojená, čímž zůstává přečtená informace zachována.

Velkou výhodou jsou velmi malé rozměry a díky unikátní technologii velká rychlost čtení i zápisu. Přesto byla postupně nahrazena RAM čipy vyráběnými CMOS technologií, které mají podobné vlastnosti.

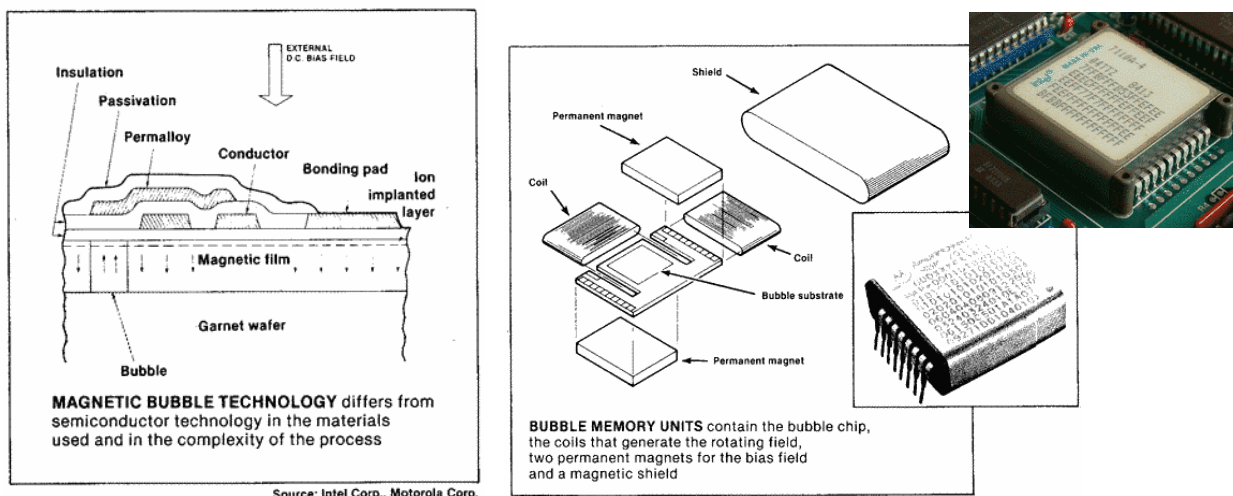


Další informace:

Podrobnosti o nevolatilních pamětech (celý seriál o pamětech) najdeme například na webu <http://www.root.cz/clanky/nevolatilni-pameti/>.



¹Zdroj: http://www.gitam.edu/eresource/Engg_Phys/semester_2/magnetic/magbubble.htm

Obrázek 7.2: Magnetická bublinková paměť¹

7.2.3 RAM paměti

RAM je zkratka z Random Access Memory, tedy „Paměť s náhodným přístupem“. Většinou se jedná o energeticky závislé paměti (statické nebo dynamické) umožňující čtení i zápis.

 **RAM (Random Access Memory)** – tak je označována obecně tato skupina pamětí a také nejstarší paměťové čipy používané pro operační paměti. Postupně se vyvinuly různé formy.

 **SRAM (Static Random Access Memory)** je statická volatilní paměť. Data se uchovávají po celou dobu připojení k napájení bez nutnosti obnovy (proto statická), ale po odpojení napájení se vymaže (proto volatilní).

Výhodou je především velká rychlost (velmi nízké přístupové doby – do 20 ns), složitější výrobní postup a proto dražší, obvykle je používána pro *cache* (vyrovnávací paměti). Při použití výrobní technologie CMOS má velmi malý příkon, používá se proto také pro uložení konfigurace PC (tj. do tohoto čipu si BIOS ukládá konfiguraci především základní desky), přičemž je napájena z baterie umístěné na základní desce – viz níže.

 Je realizována pomocí bistabilních klopných obvodů (tj. obvod, který se nachází vždy v jednom ze dvou určených stavů – dva spojené tranzistory), stavy jsou interpretovány jako 0 nebo 1. Používají se dva datové vodiče – jeden pro zápis a jeden pro čtení (na tom je výstup opačný než v paměťových buňkách, musí se negovat).

 **DRAM (Dynamic Random Access Memory)** je dynamická obdoba předchozího typu. Je realizována pomocí elektrického náboje na kondenzátoru, který má tendenci se vybíjet i pokud je paměť připojena ke zdroji (dynamická). Proto se periodicky provádí *refresh* (obnovení, oživení paměťových buněk), aby se obsažená data nesmazala. Refresh je prováděn řadičem paměti (tedy obvykle ze severního mostu, pokud je použita sběrnice FSB, nebo z příslušného modulu v pouzdře procesoru při použití QPI či HT). Při čtení dat je vždy vybit příslušný kondenzátor, tj. jde o *destruktivní čtení*.

Paměťové buňky jsou velmi jednoduché (výrazně jednodušší než paměťové buňky SRAM), umožňují

vysokou integraci a tyto obvody jsou proto levné. Oproti SRAM je horší přístupová doba. Obvykle se využívá (spíše využívala) jako operační paměť.

CMOS RAM (Complementary Metal Oxide Silicon RAM) je vyrobena technologií CMOS, která především znamená velmi malou spotřebu. Stejně jako jiné RAM je volatilní, a tedy pro zachování svého obsahu vyžaduje neustálý přísun energie, ovšem jen malý, proto vystačí napájení z baterie (na několik let až několik desítek let).

Obvykle se používá pro uložení konfigurace počítače (k ní se dostaneme přes BIOS Setup) a pro obvod hodin reálného času. Proto tyto čipy většinou najdeme na základní desce v blízkosti baterie.

FPM RAM (Fast Page Mode RAM) je nástupce DRAM, kde buňky jsou v matici (page), adresuje se zvlášť řádek (signál RAS) a sloupec (signál CAS). Taktéž se jedná o dynamickou volatilní paměť.

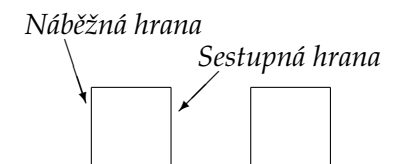
Přístupové doby jsou nižší, obvykle 60–70 ns. Využívá se předpokladu, že následující data se budou číst na stejném řádku, tedy jedna z adres se mění s menší pravděpodobností.

FPM RAM se sama o sobě již dnes nepoužívá, ale pro nás důležitá především proto, že se s ní objevily technologie a metody, které se u pamětí používají dodnes (například způsob adresace).

EDO RAM (Extended Data Output RAM) je vylepšená FPM RAM s rychlejším obnovováním dat – každé 2 hodinové cykly (u FPM 3 cykly). Umožňuje delší přidržení dat na výstupu, tedy je lepší možnost synchronizace s procesorem a je možné překrývání čtecích impulsů (tj. během čtení obsahu jedné adresy se připravuje další adresa). Důsledkem těchto změn je zrychlení přístupu až o 20 %. Ve variantě *BEDO RAM* (*Burst EDO RAM*) jsou navíc data čtena po dávkách.

SDRAM (Synchronous Dynamic RAM, SDR) je již předzvěstí dnes používaných pamětí. Je to dynamická volatilní paměť, a synchronní se nazývá proto, že pracuje synchronizovaně se systémovými hodinami (stejný takt jako paměťová sběrnice, během jednoho taktu provede právě jednu operaci). Přenáší data pouze po náběžné hraně řídicího signálu systémového časovače.

Přístupové doby závisejí na rychlosti sběrnice, mohou být i pod 10 ns (obvykle 8, 10 nebo 12 ns).



Obrázek 7.3: Náběžná a sestupná hrana řídicího signálu



Poznámka:

Poprvé se objevuje značení podle organizace JEDEC (Join Electron Device Engineering Council): PCxxx, kde xxx je *frekvence* v MHz (například PC100, PC133).



Od frekvence se samozřejmě odvíjí také přenosová rychlost. Ta se vypočítá podle vzorce

$$\text{rychlost} = \text{frekvence} \times \text{šířka sběrnice}$$

Např. při frekvenci 133 MHz a šířce sběrnice 32 bitů je $133 \times 32 = 4\,256 \text{ Mb/s} = 532 \text{ MB/s}$.

SDRAM dnes najdeme jen na starých počítačích, zvláště u základních desek pro procesory AMD byla velmi brzy nahrazena následujícím typem pamětí.

 **DDR SDRAM (Double Data Rating SDRAM)** je konstrukčně podobná SDRAM, ale naruší od ní je schopná přenášet data na náběžné i sestupné hraně signálu generovaného systémovým časovačem, čímž zdvojnásobuje datovou propustnost (pouze data, nikoliv ostatní signály), během jednoho taktu sběrnice provede dvě operace.

Rychlosti a označení jsou opět standardizovány mezinárodní organizací JEDEC.

Tyto paměti se označují PCyyyy, kde yyyy je *přenosová rychlost* v MB/s (například PC2100, PC3200, apod.). Také se běžně používá označení DDRxxx, kde xxx je dvojnásobek frekvence (např. DDR400 jede na frekvenci 200 MHz).

Například: PC1600 (DDR200), PC2700 (DDR266), PC3200 (DDR400).

 **DDR2** jsou novější generace s vyšší frekvencí, dnes jsou tyto paměti nejpoužívanější. Oproti DDR SDRAM mají vnitřní frekvenci poloviční oproti vnější vedoucí ke sběrnici (neboli vnější sběrnice je taktována na dvojnásobnou frekvenci než vnitřní) při nižším napětí, tj. při stejné frekvenci jako DDR se méně zahřívají. Dvojnásobná rychlost zmíněná u DDR platí nejen data, ale také pro všechny signály.

Podle konsorcia JEDEC používáme označení PC2-yyyy, kde yyyy je *přenosová rychlost* v MB/s (propustnost) stejně jako u původních DDR. Setkáváme se také s označením DDR2-xxx, kde xxx je dvojnásobek taktu sběrnice.

Například: PC2-4200 (DDR2-533), PC2-6400 (DDR2-800), PC2-8500 (DDR2-1066).

 **DDR3** je momentálně nejnovější generace, musí být podporována čipsetem (tj. základní deskou) a procesorem. Má vlastnosti podobné jako DDR2, navíc potřebuje ještě nižší napětí pro stejné frekvence (napětí pod 1,8 V, obvykle 1,5 V).

Označují se PC3-yyyy, kde yyyy je *přenosová rychlost* v MB/s, resp. DDR3-xxx.

Například: PC3-6400 (DDR3-800), PC3-8500 (DDR3-1066), PC3-10600 (DDR3-1333).

 **DDR4** už jsou dlouho slibovány, ale v praxi je zbrzdila především chybějící podpora v čipových sadách, na trhu by se měly objevit v roce 2014. U DDR4 pamětí se mění výrobní proces (na 20nm litografii), snížilo se provozní napětí (na max. 1,2 V), zvýšily se pracovní frekvence a tím i přenosové rychlosti, negativní změnou je zvýšení časování na CL12 (budeme probírat později). Je zajímavé, že díky těmto změnám se snížila spotřeba energie až o 40 %.

 **RD RAM (Rambus DRAM)** jsou moduly od firmy Rambus. Podobně jako předchozí se data přenášejí po náběžné i sestupné hraně signálu, ale šířka sběrnice je pouze 16 bitů. Technické řešení je jiné než u předchozích pamětí a také z důvodu jiné šířky sběrnice je RD RAM s nimi nekompatibilní (paměti musí být samozřejmě podporovány základní deskou a především řadičem pamětí).

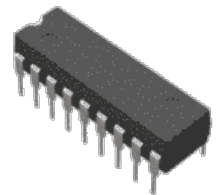
Výhodou je (díky úzké sběrnici) možnost umístit více komunikačních kanálů a tím zvýšit datovou propustnost. Nevýhodou je vyšší cena, což kromě jiného zapříčinilo jen malé rozšíření těchto paměťových modulů.

7.3 Provedení, paměti v pouzdech

 **Paměti v DIP pouzdře** – DIP (Dual In-Line Package) je běžný integrovaný obvod SRAM nebo DRAM pamětí v DIP pouzdře, šířka přenosu 1 nebo 4 bity.

Kapacita je většinou 256 kb nebo 256 knibbles (1 nibble = 4 bity, předpona „k“ znamená „kilo“), obvykle pro 8bitové nebo 16bitové datové sběrnice, od toho se odvíjí množství těchto čipů na základní desce (např. pro 8bitovou sběrnici je 8 čipů po 256 kb nebo 2 čipy po 256 knibbles). Přístupová doba je 120–250 ns.

Dnes se s nimi už prakticky nesetkáváme, používaly se u počítačů do i286. Hlavní nevýhodou bylo množství místa na základní desce, které tyto čipy zabíraly – takovou desku poznáme na první pohled podle „matice černých hrobečků“.



Obrázek 7.4: Paměť v DIP pouzdře



Další informace:

Zajímavé obrázky z historie najdeme na <http://redhill.net.au/b/b-92.html>.



 **SIPP** (Single Inline Pin Package) obsahuje paměťové obvody (typu FPM RAM), ale narozdíl od DIP pouzdra jsou všechny integrované na jedinou desku, která se zasouvá do slotu na základní desce. Ovšem vývody (piny) jsou stejné jako u DIP – úzké tenké plíšky, které se často ohýbaly a lámaly.

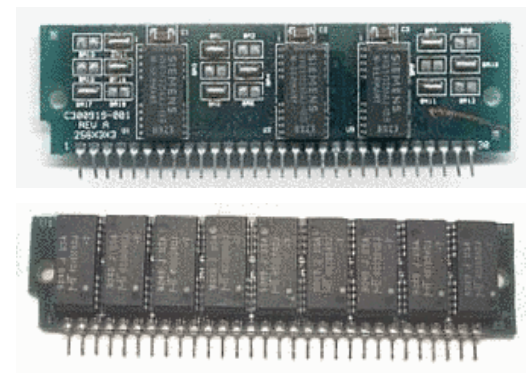
Přínosem byla tedy integrace na jednu desku (paměťový modul), ale vzhledem k výše uvedené nevýhodě se moc nepoužívaly.

 **SIMM** (Single Inline Memory Module) zachovaly koncepci paměťového modulu zasouvaného do slotu (podobně jako SIPP), ale již praktičtější kontakty (plošky na části modulu zasouvané do slotu), kterážto základní koncepce se používá dodnes.

SIMM moduly byly ve dvou délkách – 30pinové nebo 72pinové. 30pinové obsahovaly obvody FPM RAM, 72pinové pak obvody EDO RAM. Šířka přenosu je 8/32 bitů (případně paritní bity), kapacita 256 kB–4 MB (30pinové) nebo 4–32 MB (72pinové).

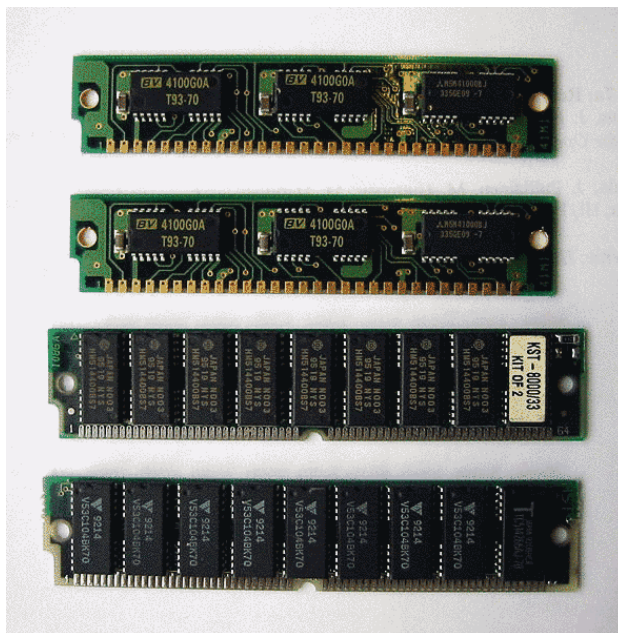
72pinové SIMM mohly být až do i486 používány jednotlivě (jeden modul na základní desce, případně více), ale u Pentii jen v páru (používala se širší sběrnice) – 2 nebo 4 moduly na základní desce. Se SIMM moduly se setkáme u starších počítačů s procesory řady Pentium.

 **DIMM** (Dual In-line Memory Module) jsou dnes běžně používány. Bývají osazeny pamětmi EDO RAM, SDRAM, DDR SDRAM, DDR2 SDRAM, DDR3 SDRAM, atd. Podle toho také mohou být moduly označeny, například DDR II DIMM, DDR III DIMM. Na jednom modulu mohou být buď 4 čipy (nejlevnější), nebo 8 čipů a nebo dokonce 16 čipů (v tom případě jsou na obou stranách modulu, na každé straně 8).

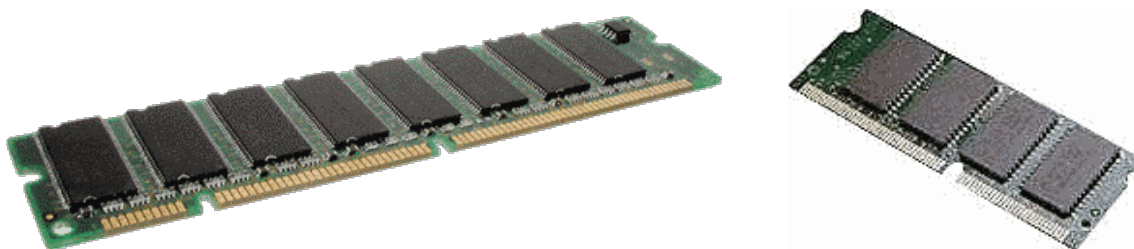


Obrázek 7.5: SIPP pouzdra²

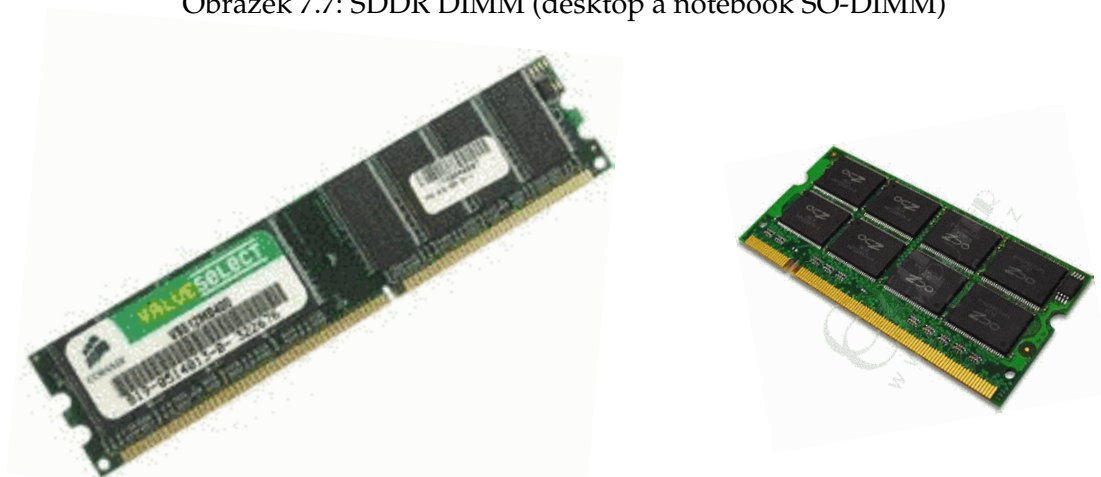
²Zdroj: <http://www.hd.cz/rady/jak-vybirat-operacni-pamet.php>



Obrázek 7.6: SIMM moduly (nahore 30pinové, dole 72pinové)



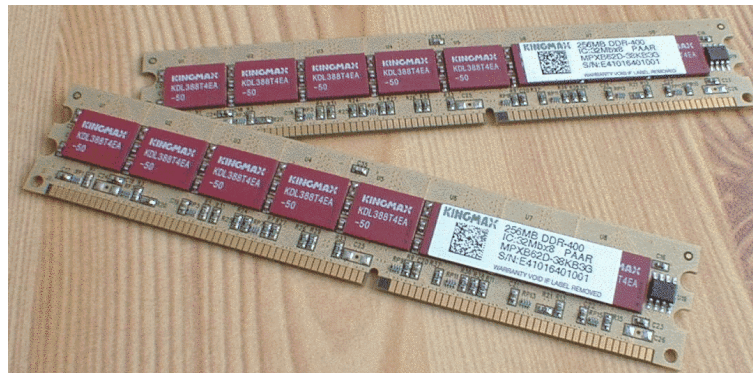
Obrázek 7.7: SDDR DIMM (desktop a notebook SO-DIMM)



Obrázek 7.8: DDR DIMM (desktop a notebook)

DIMM moduly s různými typy paměti se samozřejmě neliší jen označením, ale také dalšími vlastnostmi. Především mají různý počet pinů (DDR DIMM má 184 pinů, DDR II DIMM má 240 pinů), jinou šířku a také

odlišné klíčování (výřezy na spodní části modulu, která se zasouvá do slotu) a tedy obvykle není možné zasunout modul do slotu, do kterého nepatří. Další odlišnost je v napájecím napětí (DDR DIMM používá 2,5 V, DDR II DIMM 1,8 V).



Obrázek 7.9: DDR II DIMM



Obrázek 7.10: DDR III DIMM (desktop a notebook)

 Existují také odlišné varianty pro notebooky (notebookové moduly – SO-DIMM, Small Outline DIMM – jsou výrazně kratší). Notebookové moduly mohou být zasunuty do slotu podobně jako u desktopů, ale můžeme se setkat také s napevno připájenými moduly z důvodu ušetření místa.

Když kupujeme paměťový modul, musíme si zjistit, který typ podporuje základní deska.

Struktura DIMM modulu je následující:

- deska, piny
- paměťové čipy (obvykle 8 nebo 16)
- SPD čip

 *SPD čip* (Serial Presence Detect) obsahuje informace o paměti uložené výrobcem (výrobce, datum výroby, pracovní frekvence, časování, pracovní napětí, latence pro určitou pracovní frekvenci paměti, atd.) o délce 128 B. Tyto položky obvykle lze nastavit v BIOSu, ale nastavení od výrobce obvykle znamená optimální volbu pro většinu počítačů.

SPD čip je obvykle permanentní zapisovatelná paměť (EEPROM) zasazená v paměťovém modulu. Jedná se o jeden ze standardů JEDEC.

 **EPP** (Enhanced Performance Profiles) je rozšíření SPD o čtyři další profily (nastavení frekvence, časování a napětí), s touto technologií přišla jako první nVidia. EPP se používají pro snadnější přetaktování pamětí, stačí zvolit jeden z předdefinovaných profilů.

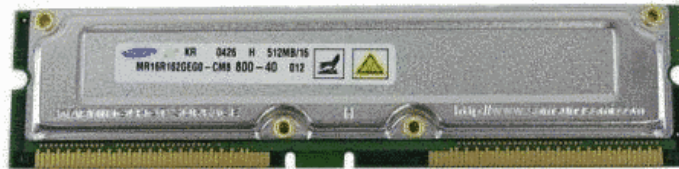
XMP (eXtreme Memory Profile) je totéž jako EPP, ale od Intelu (od DDR3).

 Na DIMM modulu je tedy více paměťových čipů. Jejich vzájemné propojení se liší u různých generací použitých pamětí. Zatímco u DDR a DDR2 je víceméně zachována větvená struktura, u DDR3 jsou čipy uspořádány na jediné komunikační sběrnici přes celý modul.

DIMM moduly bývají často opatřovány pasivním chlazením (hliníkový chladič překrývající čipy).

 **RIMM** (Rambus In-line Memory Module) jsou vzhledově podobné modulům DIMM, ale najdeme na nich RD RAM čipy. Mají stejný počet pinů (a tedy i šířku) jako DDR DIMM, liší se však klíčováním (proto nehrozí, že se povede zasunout RIMM modul do DIMM slotu).

Narozdíl od DIMM musí být neobsazené sloty opatřeny pomocnými propojovacími moduly, aby se signál mohl dostat až do posledního slotu se zakončovacím odpory (princip je stejný jako například u starého koaxiálního ethernetu – na konci cesty (sběrnice) musí být odpor, aby se komunikace „neztrácela“).



Obrázek 7.11: RIMM modul

7.4 Jak fungují moduly DIMM

 Slot pro DIMM moduly bývá opatřen záklopkami (zámky) pro upevnění modulu. Každý slot je připojen na *paměťovou sběrnici* (Memory Bus) vedoucí k řadiči pamětí. Frekvence paměťové sběrnice nám zároveň dává limit pro frekvenci, na které budou pracovat paměťové moduly.

 **Bank** je souhrn paměťových slotů, které jsou společně hardwarově adresovány (2D adresa ve smyslu řádek a sloupec), například 4 sloty mohou být ve 2 bankách. Některý z banků obsahujících paměťový modul na stejné sběrnici je *aktivní*, tj. lze s ním právě pracovat.

Jak bylo výše uvedeno, paměť v DIMM modulech je organizována v mřížce adresových vodičů (u původních RAM byla struktura jednodušší, adresové vodiče nebyly v mřížce), v průsečících řádků a sloupců mřížky jsou paměťové buňky.

7.4.1 Komunikační kanály

 Můžeme se setkat s pojmem *Dual channel*, *Triple channel*, případně *Quad channel* – dvoukanálový, tříkanálový či čtyřkanálový řadič paměti. Znamená to, že řadič paměti (v severním mostě nebo procesoru) dokáže komunikovat dvěma pamětovými sběrnicemi najednou (resp. se třemi nebo čtyřmi), tedy šířka pamětové sběrnice na straně řadiče je dvojnásobná (trojnásobná, čtyřnásobná). Jednakanálový řadič paměti se označuje *Single channel*.

Na každou pamětovou sběrnici (resp. na každou z jejích dvou částí) s podporou *Dual channel* je napojen jeden bank, takže například pokud máme u *Dual Channel* celkem čtyři sloty na základní desce, jsou v každém banku dva sloty a s každou dvojicí slotů může pamětový řadič komunikovat zvlášť. Na základní desce bývá většinou barevně vyznačeno, které banky jsou na stejné sběrnici, ale způsob značení musíme vyhledat v dokumentaci – někteří výrobci označují stejnou barvou banky na stejné sběrnici, jiní zase stejnou barvou banky na odlišných sběrnicích.



Poznámka:

Proč je to důležité? Pokud chceme využít dva DIMM moduly, měli bychom je zasunout do slotů na různých sběrnicích, aby byly v různých bankách. Kdybychom měli oba moduly na stejné pamětové sběrnici, nebylo by možné číst z obou modulů zároveň (situace by byla podobná jako v případě jediného dvojnásobně velkého modulu v jednom slotu), paměti by měly horší latenci (odezvu, o té se více dozvíme dále).

Také je nutné, aby oba takto použité moduly byly stejného typu (identické včetně frekvence) a opravdu musí být jen pár nebo dva páry (když použijeme lichý počet nebo jinak nedodržíme stanovené podmínky, nebude *dual channel* funkční). Abychom mohli plně využít vlastnosti *Quad channel*, museli bychom samozřejmě mít čtyři identické a stejně nakonfigurované moduly.



Nejllepší je pro *dual/triple/quad channel* nakupovat paměti v kitu (sadě) – například místo jednoho modulu o kapacitě 4 GB lze sehnat kit 2×2 GB.

7.4.2 Operace a časování DIMM

Funkčnost modulu je dána dobou potřebnou pro jednotlivé dílčí operace, které je nutno provést při čtení/zápisu. Tyto operace jsou především určení banku s příslušným modulem, stanovení řádku a sloupce pro danou pamětovou buňku, obnovení obsahu buňky po čtení (jde o destruktivní čtení), apod. Každá z operací trvá určitou dobu odvozenou z frekvence paměti/pamětové sběrnice, tedy například údaj 2 nebo 2T znamená trvání operace po dva hodinové cykly.



Příkazy pro moduly DIMM

- RRD (Row Active to Row Active Delay) – vybere se bank, se kterým se pracuje, předpokladem je, že vybíraný bank je aktivní (řadič udržuje vždy několik banků aktivních, ostatní jsou vypnuté a je třeba je zaktivnit)
- RAS (Row Address Strobe) – najdi řádek

- RCD (RAS to CAS Delay) – rozmezí mezi hledáním řádku a sloupce
- CAS (Column ...) – najdi sloupec na řádku
- operace read nebo write na dané adrese
- RP (Row Precharge) – obnovení dat v buňkách

Pokud se čte ve stejném banku na tomtéž řádku, není nutné znovu provádět RRD, RAS ani RCD.

Doba provedení jednotlivých příkazů

- tRAS – jak dlouho trvá nalezení řádku
- tRCD (RAS to CAS Delay) – jak dlouho trvá, než je po vyhledání řádku spuštěno hledání sloupce
- tCL (Column Address Strobe Latency, CAS Latency) – jak dlouho trvá, než je nalezen sloupec na řádku
- tRP – doba obnovení dat v buňkách
- RFC (Row Refresh Cycle Time) – během obnovování obsahu (Refresh) musí být modul označen jako neaktivní a až po obnovení je označen jako aktivní; tRFC je doba od tREF do zaktivnění modulu
- REF (Refresh) se provádí pravidelně postupně u všech pamětových modulů v intervalech o délce mikrosekund, jde o pravidelné obnovování obsahu (použité kondenzátory se vybíjejí a bez této operace by neudržely uložená data), údaj označujeme tREF

Pokud se čte ve stejném banku na tomtéž řádku (a to je velmi častý případ), není nutné znovu provádět RAS ani RCD. Vzhledem k tomu, že obě tyto operace trvají déle než dva cykly, jsou pro rychlost modulu určující spíše ostatní operace, především operace CL (výběr sloupce na řádku).

Uvedené hodnoty se používají při značení modulů. Najdeme je někdy už v katalogu (včetně internetových obchodů), ale určitě by měly být uvedeny na balení nebo samotném modulu. Zde hodně záleží na výrobci, které informace uvolní pro prodejce v elektronické formě.

 Nejdůležitější údaj je *latence* (časování) – CL (tCL), například CL4. Jestliže jsou uvedeny i další údaje, najdeme je ve formě řetězce tCL-tRCD-tRP-tRAS/CM_RATE.



Příklad 7.1

Následují tři možné řetězce údajů:

tCL-tRCD-tRP-tRAS / CM_RATE					
3	–	3	–	2	– 6 / 1T
8	–	7	–	6	– 19 / 2T
5	–	5	–	5	– 16 / 2T

1. tCL – od okamžiku vyslání signálu CAS k okamžiku, kdy jsou data přístupná, u dat na stejném řádku matice se blíží celkové době zpřístupnění těchto dat
2. tRCD – od aktivace řádku do vyslání signálu CAS
3. tRP – od deaktivace předchozího řádku po aktivaci nového
4. tRAS – od okamžiku vyslání RAS signálu k okamžiku aktivace řádku; nemá velký význam, ale pokud se špatně nastaví, způsobuje nestabilitu paměti

5. CM_RATE (Command Rate) – od vybrání signálu k vyslání a čipu, kterému je určen (CS – Chip Select) po jeho předání paměťovému čipu (obvykle 1 nebo 2), takto je stanovena prodleva pro komunikaci mezi řadičem paměti a modulem (tento údaj nebývá obvykle u modulů uveden)



S vývojem pamětí pro DIMM moduly se tCL (latence) postupně zvyšuje. Zatímco u DDR byl mezi 2 a 3, u DDR2 se zvyšuje na hodnoty mezi 3 a 6 a DDR3 to je obvykle někde mezi 5–10 (často 9). Jak vidíme, se zvyšujícími se frekvencemi se zhoršuje odezva.



Poznámka:

Ovšem už dlouho se vedou spory o skutečném významu co nejnížší latence. Předpokládá se, že potřeba nízké latence je důležitá hlavně ve spolupráci s procesorem s nižší velikostí L2 cache, kdežto u procesoru s velkou L2 cache nemá moc význam.



Obecně platí, že při výběru paměťových modulů se vyplácí nejen vybírat podle CL (latence), ale také tak, aby frekvence pamětí a procesoru byly synchronizovány (tj. stejné nebo násobek), v tom případě také záleží, kde je paměťový řadič a tedy zda bude procesor komunikovat s pamětmi přes severní most.



Další informace:

Zajímavé porovnání DDR, DDR2 a DDR3 (stránka 4 z celkových 9) najdeme na http://www.bit-tech.net/hardware/memory/2007/11/15/the_secrets_of_pc_memory_part_1/4.



7.4.3 Přetaktování pamětí

Přetaktování se provádí v BIOSU, v podstatě měníme nastavení stanovená výrobcem v SPD čipu. V BIOSU najdeme potřebné hodnoty buď v samostatné sekci *Memory Timing Setting* nebo v *Advanced Settings* (každý BIOS je trochu jiný).

Každý BIOS také nabízí různé množství údajů, které lze konfigurovat. Většinou určitě najdeme tCL (CAS Latency) – když nastavíme příliš nízkou hodnotu, tak sice zlepšíme odezvu pamětí, ale zvýší se pravděpodobnost chyb (obsah paměťových buněk se „nestihne“ přenést v příliš krátkém časovém okamžiku).

Dále se obvykle setkáme s položkami odpovídajícími zbytku řetězce – tRCD (RAS to CAS Delay), tRP (RAS Precharge), tRAS (RAS, Active to Precharge). U některých BIOSů můžeme také narazit na možnost nastavení *agresivního* nebo *konzervativního* časování.

Položka CM_RATE (také jako CMD) ovlivňuje celkovou rychlost pamětí. Obvykle bývá 1T nebo 2T. Když hodnotu snížíme z 2T na 1T, rychlost pamětí se hodně zvýší, ale mohou se stát nestabilními. Obvykle platí, že pokud máme jen jeden modul, tak hodnota 1T je akceptovatelná, u více modulů na základní desce (zvláště dual/triple/quad channel) je lepší nechat tuto hodnotu na 2T.

**Další informace:**

Zajímavý článek o časování najdeme na <http://pctuning.tyden.cz/navody/upravy-pretaktovani/15013-jak-na-pretaktovani-uvod-a-vysvetleni-zakladnich-pojmu?start=6>.

**7.4.4 Další vlastnosti DIMM**

DIMM moduly mohou mít vlastnost označovanou jako ECC (Error Checking and Correcting). Je obvyklejší spíše u modulů pro servery a znamená, že modul používá samoopravitelný kód, který dokáže zjistit a opravit jednobitovou nebo u některých typů i dvoubitovou chybu v paměti (pomocí kontrolních součtů). Abychom mohli DIMM modul s ECC používat, musí být podporován také základní deskou. U parametrů modulu najdeme řetězec ECC nebo non-ECC.

Další vlastností, se kterou se můžeme setkat, je *Registered* (také *Buffered*). Tyto moduly obsahují navíc speciální vstupně/výstupní buffery (registry), přes které jdou čtená/zapisovaná data. Účelem je zvýšení spolehlivosti přenosu dat, ale na druhou stranu je tCL o něco větší. Opět platí, že moduly s touto vlastností musí podporovat základní deska. Moduly, které nemají vlastnost *Registered*, bývají označeny jako *Unbuffered*.

Obě uvedené vlastnosti (ECC a *Registered*) se u novějších modulů vyskytují vždy zároveň, ale nemusí to platit o základních deskách – tedy když chceme koupit modul ECC *Registered*, musíme si u základní desky ověřit podporu obou těchto vlastností.

Některé moduly mohou být také označeny jako *Fully-Buffered* (FB-DIMM). Tyto paměti obsahují čip *AMB* (Advanced Memory Buffer), vylepšení obvodů pro *buffered* paměti, který je jakýmsi bezpečnostním a stabilizačním rozhraním. Mezi *AMB* a pamětmi na modulu se data přenášejí sériově, kdežto mezi *AMB* a pamětovou sběrnicí paralelně. FM-DIMM moduly jsou mnohem dražší než moduly bez této vlastnosti, a navíc jsou nekompatibilní s běžně prodávanými základními deskami do desktopů a notebooků (jsou určeny pro servery).

**Příklad 7.2**

1. ECC *Registered* DIMM modul s pamětmi DDR o velikosti 1 GB, frekvenci 333 MHz, hodnota CL je 2.5, napájení 2.5 V, 184 pinů, od firmy Kingston (napájení i počet pinů odpovídají DDR pamětem):
1GB 333MHz DDR ECC Registered CL2.5 DIMM Dual Rank, x8, Standard 128M X 72 ECC 333MHz 184-pin Registered DIMM (SDRAM-DDR, 2.5V, CL2.5, Double-Sided, Gold)
2. Non-ECC *Unbuffered* (to znamená neregistrový) DIMM modul s pamětmi DDR2 o velikosti 512 MB, frekvenci 667 MHz, označení PC2-5300, časování CL5, od stejné firmy (napájení i počet pinů opět odpovídají specifikaci DDR2):
512MB 667MHz DDR2 PC2-5300 Non-ECC DIMM, Standard 64M X 64 Non-ECC 667MHz 240-pin Unbuffered DIMM (SDRAM-DDR2, 1.8V, CL5)
3. ECC paměť, zřejmě *Registered*, o kapacitě 2 GB (na jednom modulu) typu DDR3, frekvence 1333 MHz, od firmy Hewlett Packard:
HP 2GB(1x2GB)DDR3-1333 ECC Memory

4. Označení SO-DIMM znamená notebookový modul, a to o kapacitě 2 GB, jde o DDR2 paměti o frekvenci 533 MHz s latencí CL4, od firmy Kingston, u notebook; se ani nepředpokládá podpora ECC ani bufferů: *2GB 533MHz DDR2 Non-ECC CL4 SODIMM, Standard 256M X 64 Non-ECC 533MHz 200-pin Unbuffered SODIMM (SDRAM-DDR2, 1.8V, CL4)*



7.5 Testování paměti

Pokud chceme jen zjistit, jak si stojí naše paměťové moduly z hlediska rychlosti, latence a dalších vlastností, můžeme použít v jednodušším případě nástroje dodávané s operačním systémem (když nám stačí informace o velikosti paměti), ale samozřejmě existují mnohem lepší nástroje. Většinou najdeme jejich volně šiřitelné verze na portálech <http://www.slunecnice.cz>, <http://www.instaluj.cz> apod.

 K nejznámějším patří

- *SiSoftware Sandra Lite* (<http://www.sisoftware.net/>, existují varianty volně ke stažení),
- *Everest Ultimate* (<http://www.lavalys.com>) coby pokračovatel velmi známého programu AIDA32 už bohužel není freeware, ale trial verze se dá opět stáhnout z mnoha serverů, původní program AIDA32 je volně ke stažení, ale bohužel již dlouho není aktualizován,
- CPU-Z (<http://www.cpubid.org> je freeware zjišťující informace o procesoru a pamětech,
- HWInfo (<http://www.hwinfo.com>) je velmi zajímavý freeware s podrobnými výpisy, také existuje jeho portable (přenosná) verze (dá se spustit například z USB Flash disku).

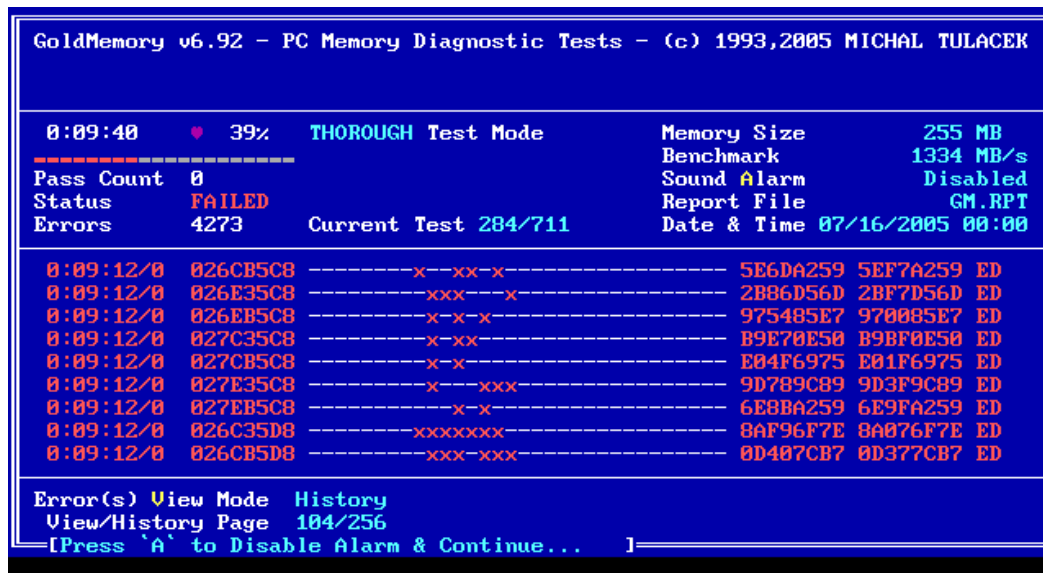
Pro bezpečnostní testování paměti (jejich funkčnosti, ne výkonu) se používají především tyto programy:

- MemTest86+ (freeware, <http://www.memtest86.com>)
- GoldMemory (shareware, <http://www.goldmemory.cz>)
- Windows Memory Diagnostic (<http://oca.microsoft.com/en/windiag.asp>)

 **Způsob testování** Chybovost paměti můžeme testovat buď přímo v operačním systému (spustíme aplikaci například ve Windows), ale tento postup není moc přínosný, protože data jdou přes operační systém a nelze testovat celou paměť. Lepší možností je bootování z CD/diskety, kde máme nainstalovaný testovací program (stáhneme a vypálíme ISO/uložíme disketu a nabootujeme, dnes je spíše typičtější používání ISO obrazů CD). Například program MemTest je dostupný ve dvou formách – odlehčená varianta běží ve Windows, varianta MemTest86+ je bootovací.

Některé operační systémy (typicky Linux) nám v tomto ulehčují práci; v startovací nabídce systému se kromě jednotlivých operačních systémů také obvykle objeví položka MemTest86+ (nebo podobná), po jejím vybrání se provede test paměti bez startu operačního systému.

Pokud některý z výše uvedených programů nahlásí chybu, měli bychom zjistit, co konkrétně chybu způsobuje. Na vině může být vadný hardware (paměťový modul, slot, řadič paměti, případně základní deska či procesor), ale také může jít o špatné nastavení časování paměti, které způsobuje nestabilitu, nebo



Obrázek 7.12: GoldMemory

nedostatečné napájení (zdroj nestačí). Jestliže tedy je hlášena chyba a máme víc než jeden paměťový modul, přehodíme moduly navzájem, případně můžeme vyzkoušet jiný slot, a spustíme test znovu.

Typy chyb:

- chyba se objevuje náhodně (v čase i místě) – obvykle je problém v základní desce nebo procesoru, je málo výkonný zdroj, moduly jsou navzájem nekompatibilní nebo je modul nekompatibilní s deskou
- chyba se po přehození modulů objevuje u stejného modulu – vadný je tento modul
- chyba se po přehození modulů objevuje na stále stejné adrese – moduly jsou OK, ale slot je vadný nebo zaprášený



Příklad 7.3

Předpokládejme, že sháníme paměťové moduly pro základní desku *GIGABYTE X58A-UD3R*.

Najdeme si specifikaci na internetu (to by neměl být problém, umíme přece používat Google, ten nás nasměruje na příslušné stránky výrobce Gigabyte).

V základní specifikaci desky se dozvíme hodně užitečných věcí – kromě patice procesoru (LGA 1366) především zjistíme, že deska podporuje paměti DDR3, a to dual nebo triple channel (tj. podporuje dvou- nebo tříkanálový paměťový řadič).

Na desce je celkem 6 slotů pro tyto paměťové moduly, napětí 1.5 V. Důležitý je řetězec „DDR3 2200/1333/1066/800 MHz“, který nám říká, jaké frekvence pamětí jsou podporovány.

 Dále si můžeme všimnout údaje non-ECC (ten taky známe), a také „support for XMP modules“. XMP (Extreme Memory Profile) je intelovská specifikace pro DDR3, kde v hlavičce specifikace JEDEC pro SPD čip na modulu jsou některé bity vyhrazeny pro dodatečné informace využívané při přetaktování pamětí k vyššímu výkonu.



```

Memtest86+ v1.55 | Pass 0%
Athlon 64 (0.13) 2701 Mhz | Test 68% #####
L1 Cache: 128K 22136MB/s | Test #2 [Moving inversions, ones & zeros]
L2 Cache: 512K 5274MB/s | Testing: 112K - 1024M 1024M
Memory : 1024M 2455MB/s | Pattern: ffffffff
Chipset : nVidia nForce4 (ECC : Disabled)
Settings: RAM : 192 MHz (DDR385) / CAS : 2.5-3-3-8 / Dual Channel (128 bits)

WallTime  Cached  RsvdMem  MemMap  Cache  ECC  Test  Pass  Errors ECC Errs
-----
0:00:05  1024M    276M  e820-Std  on  off  Std    0      1      0

Tst  Pass  Failing Address          Good      Bad      Err-Bits  Count Chan
-----
2    0  0001a3effa8 - 419.9MB  ffffffff ffffffe9 00000016    1

```

(ESC)Reboot (c)configuration (SP)scroll_lock (CR)scroll_unlock

Obrázek 7.13: Memtest86+

**Poznámka:**

Výběr konkrétních pamětí pro danou základní desku bývá někdy dost ošidná věc, občas nastávají problémy s *kompatibilitou*. Nestačí totiž vybrat konkrétní typ pamětí (DDR2 nebo DDR3) s vhodnou frekvencí. O kompatibilitě daného modulu s deskou se někdy těžké najít informaci.

Pokud měníme paměti, pak je vhodné po výměně spustit testování (například Memtest). Důsledky nekompatibility mohou být různé například se počítač může rozjet a zdánlivě bezproblémově fungovat, ale sem tam „spadne“ operační systém (u Windows známá modrá obrazovka – BSOD), a to zdánlivě bez souvislosti s nedávnou výměnou pamětí.

**Úkol**

Zjistěte vlastnosti paměťového kitu *KINGSTON 4GB KIT DDR3 1333MHz HyperX* – počet modulů v kitu, typ (včetně počtu pinů), max. pracovní frekvence, napětí, latence, případně možnosti přetaktování v BIOSu. Podobně zpracujte modul *PATRIOT 2GB SO-DIMM DDR2 667 MHz CL5*.



7.6 Cache paměti

Cache paměti jsou vyrovnávací paměti (už jsme se o nich učili u procesorů), obvykle jde o dražší typy operačních pamětí s menší kapacitou, většinou statické.

Hlavním důvodem jejich používání je urychlení transferu dat mezi rychlejším a pomalejším zařízením (například procesor × operační paměť, cache také bývá u pevných disků, kdy naopak tím rychlejším zařízením je operační paměť). Data jsou do cache přednačítána podle určitého algoritmu preempce (předvídání).

Druhy cache pamětí:

- rychlé cache typu SRAM u procesorů (mezi CPU a operační pamětí) už známe, pro připomenutí:
 - L1 (Level 1) – primární cache, interní cache procesoru; první u i486, vždy integrovaná v pouzdře procesoru
 - L2 (Level 2) – sekundární cache, externí; první u i386
 - L3 (Level 3) – terciální cache
- cache pro různá zařízení, zejména pevný disk

Účel cache pro operační paměť: instrukce jsou hledány nejdřív v L1, když tam nejsou, tak v L2, potom v L3, a teprve když nejsou nalezeny v cache, hledá se v pomalé operační paměti.

Jak určit, co bude/nebude v cache? Algoritmus „hledání oběti“ se používá, když je nutné do cache něco uložit, ale není dostatek místa, tedy určujeme, co z původního obsahu cache bude přepsáno (smazáno).

Postupů je více, nejběžnější jsou

- LRU (Last Recently Used) – nejdéle nepoužívané položky jsou z cache odstraněny, každá položka má určitou formu *časového razítka* (to se obnovuje vždy, když je položka použita)
- další algoritmy založené na podobném principu, hodně se používá pseudo-LRU (zjednodušená forma LRU, není třeba uchovávat poměrně dlouhý a složitý údaj časového razítka)

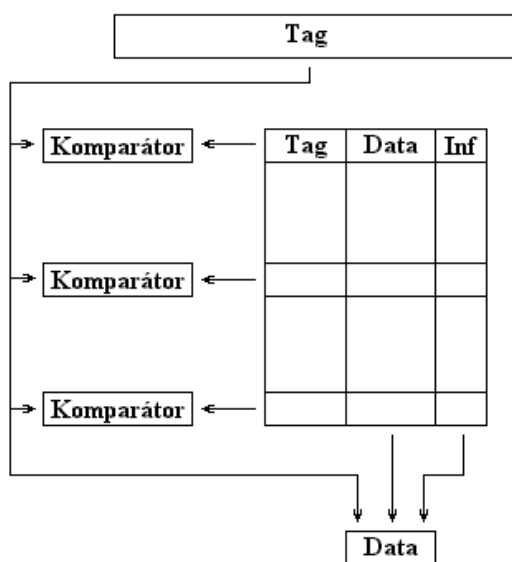
Paměti dělíme podle způsobu přístupu k datům (reprezentace místa v paměti) na

1. *adresovatelné* – data jsou určena jejich číselnou nebo slovní adresou, používá se u operační paměti a registrů
2. *asociativní* – používá se u cache, data jsou přístupná přes klíče (tagy), nikoliv pouze adresy (tag je součástí adresy), v paměti je uloženo:
 - seznam tagů (klíčů)
 - ke každému tagu související data
 - ke každému tagu další potřebné informace (související s LRU algoritmem, informace o platnosti dat, synchronizační informace pro případ, že je více cache stejné úrovně – protokol MESI, atd.)

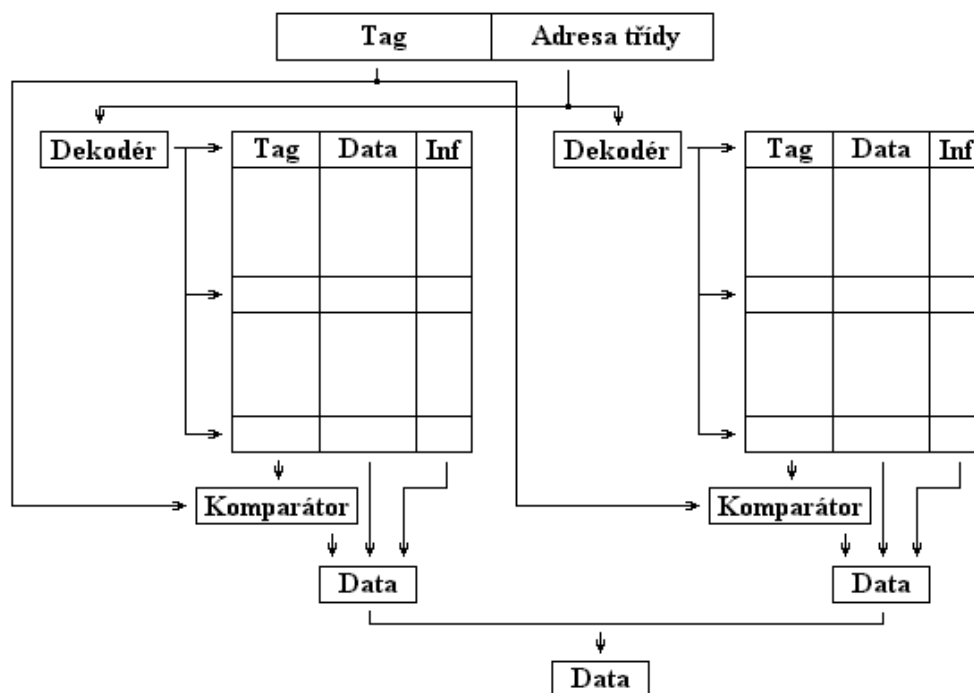
Existuje více typů asociativních pamětí. Základní dělení je na plně asociativní a *n*-cestně asociativní.

Plně asociativní paměti: Celá adresa je považována za tag. Schéma plně asociativní paměti vidíme na obrázku 7.14.

***n*-cestně asociativní paměti:** Adresa se skládá ze dvou částí – tagu a adresy třídy. Adresa třídy je přivedena na *n* dekodérů, každý z nich podle svého vstupu vybere jeden adresový vodič (odpovídá řádku tabulky), tagy z *n* vybraných řádků se porovnají se zadaným tagem. V současné době se setkáme především s tímto typem cache pamětí. Ukázka dvoucestně asociativní paměti je na obrázku 7.15.



Obrázek 7.14: Plně asociativní paměti

Obrázek 7.15: n-cestně asociativní paměti (pro $n = 2$)

Vnější paměti

Podíváme se na vnější paměti. Budeme se zabývat především pevnými disky, ale také ostatními magnetickými paměťovými médii, magnetooptickými, optickými a flash médii. Součástí kapitoly jsou sekce o zálohování a archivaci, RAID polích a NAS discích.

8.1 Základní pojmy

Paměťové médium (nebo také vnější paměť) je periferní zařízení sloužící k ukládání dat. Pokud lze paměťové médium zasunout a vyjmout při běhu systému, hovoříme o výměnném paměťovém médiu.

Úložiště je hardwarové rozhraní, přes které je paměťové médium připojeno k počítači. V případě disků a pásek (pevných disků, CD, disket, zálohovacích pásek, apod.) je to mechanika tohoto disku či pásky, pro USB flash disky je to USB rozhraní (konkrétně implementace USB Mass Storage), své úložiště mají také paměťové karty.

Podle stálosti připojení rozlišujeme paměťová média

- *rezidentní* – z úložiště je běžným způsobem nelze vyjmout a úložiště je uvnitř skříně počítače (například běžný pevný disk)
- *vyměnitelná* – úložiště tohoto média se připojuje vně skříně počítače nebo je sice uvnitř, ale médium lze snadno vyjmout (například CD mechanika).

Podle způsobu přístupu k médiu rozlišujeme paměťová média

- *sekvenční* – přístup je prováděn sekvenčně (abychom mohli přečíst konkrétní data, musíme přečíst všechna data předcházející), typické pro zálohovací média (pásky)
- *s přímým přístupem* – podle adresy, adresa může být
 - *lineární* – jednoduchá lineární adresa, většinou číselná, počítáme obvykle od nuly
 - *vícerozměrná* – adresa je složena z více částí (podobně jako řádek a sloupec tabulky)

Podle principu čtení/zápisu rozlišujeme

- *papírová média* (děrné štítky, děrné pásky), dnes už nejsou moc používána
- *magnetická a magnetooptická média* – na principu magnetismu (pevný disk, disketa, magnetooptický disk, magnetická páska)
- *optická média* – využívají obvykle vlastností světla s určitou vlnovou délkou (CD, DVD, Blue-ray, HD DVD)
- *elektronická média* – obsahují elektrické obvody, obvykle energeticky nezávislá vnější elektronická paměť (USB flash disky, karty apod.)



Další informace:

Pěkné články o historii a současnosti paměťových médií najdeme na

- http://www.svethardware.cz/art_doc-1353E9CA90DE55D4C125748A00258FD4.html
- <http://www.root.cz/clanky/pametova-media-pouzivana-u-osmibitovych-mikropocitacu/>



8.2 Magnetické disky

8.2.1 Bubnové paměti

Bubnové paměti jsou jedny z nejstarších magnetických pamětí. Základem je „buben“ z nevodivého materiálu potažený feromagnetickou vrstvou. Na jednom bubnu obvykle tolik stop, jaká byla šířka slova na daném počítači, každá stopa měla vlastní čtecí/zápisovou hlavu. Hlavy se nepohybovaly, každá byla určena jen pro jednu stopu.

Výhodou bylo, že všechny hlavy četly paralelně, nevýhodou byla především omezená kapacita.

8.2.2 Diskové paměti

Základem magnetických diskových pamětí je pevný (hard) nebo pružný (floppy) disk, na který je nanášena magnetická vrstva, ve které jsou kromě magnetických částic další složky (ovlivňují také fyzikální vlastnosti disku).

Disk není sekvenční (i když logická adresace bývá sekvenční), umožňuje přímý přístup do paměti, data jsou organizována na soustředných kružnicích nebo spirále.

 Magnetické diskové paměti (jak pevné disky, tak i diskety a další) mají obvykle některý z *průměrů*, které najdeme v tabulce 8.1. Tyto hodnoty jsou poměrně univerzální a často platí i pro další komponenty, například optické mechaniky do desktopových počítačů obvykle mívají stejný rozměr jako pouzdra $5\frac{1}{4}$ disků.

 Každá paměť potřebuje *řadič* (týká se to i vnitřních pamětí), tedy součástku, která fyzicky zajišťuje přístup k paměti a komunikaci mezi pamětí a procesorem nebo čipsetem (podle toho, kam je připojena).

palce	mm	Použití
8	203	u starších pevných disků a velmi starých disket
$5\frac{1}{4}$	133	dto.
$3\frac{1}{2}$	88	dnes pro pevné disky, diskety, ZIP apod.
$2\frac{1}{2}$		některé pevné disky, především do notebooků

Tabulka 8.1: Typické průměry (form factor) magnetických diskových pamětí

**Poznámka:**

Z magnetických diskových pamětí se dnes setkáváme prakticky výhradně s pevnými disky (Hard Disk, celá mechanika včetně pouzdra se značí HDD – Hard Disk Drive), proto následující text v této podkapitole se bude týkat prakticky výhradně pevných disků.

**8.2.3 Fyzická struktura a geometrie disku**

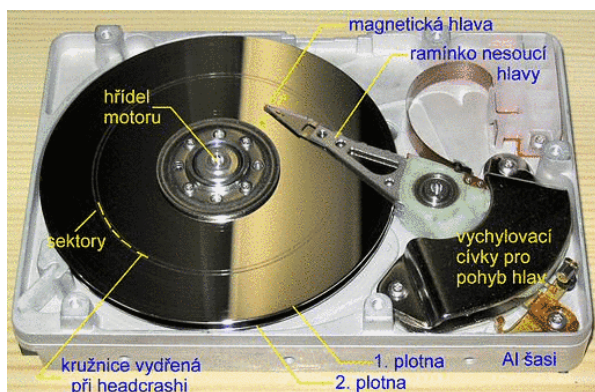
Nosná část disku je obvykle vyrobena z materiálu, který není magnetický (kombinace keramiky, skla, plastu apod.). Starší disky měly tento nemagnetický základ potažený vrstvou oxidu železa, novější mají složitější strukturu.

Na vrstvě pro data je vrstvička uhlíku s některými vlastnostmi diamantu (velmi tvrdá). Na uhlíkové vrstvě je měkká hladká vrstva chránící hlavu při dopadu. Fyzickou strukturu pevného disku vidíme na obrázku 8.1.

Především je důležité, aby disk byl dostatečně tvrdý pro odolnost proti chybám, ale zároveň měkký, aby při pádu hlavy tuto hlavu nepoškodil. Tepelná roztažnost sousedících vrstev se nesmí příliš lišit.

Ochranná měkká vrstva
Ochranná uhlíková vrstva
Magnetická datová vrstva
Pomocné vrstvy
Nosná část

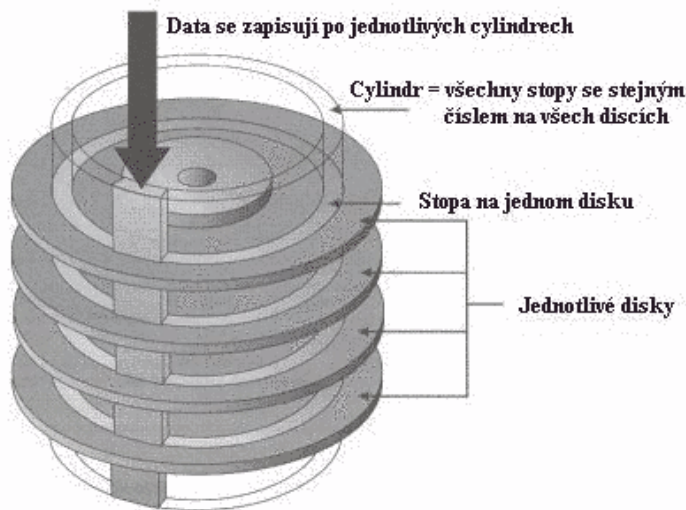
Obrázek 8.1: Povrch pevného disku

Obrázek 8.2: Vnitřek pevného disku¹**Složení pevného disku:**

- plotny, každá má dva povrchy, jsou na společné ose,
- čtecí/zápisové hlavy na společném rameni,
- mechanika pro pohyb hlav,
- elektromotor pro roztáčení ploten,
- deska s tištěnými spoji, řadič, vyrovnávací paměť (buffer),
- úzký datový kabel propojující řadič s mechanismem řízení hlav,
- konektory (napájecí, datový), příp. přepínače a propojky.

¹Zdroj: <http://rayner.ic.cz/hardware/hddtech.htm>

 Důležitou součástí je *elektromotor*, který roztáčí plotny disku. Rychlost elektromotoru se udává v RPM (Revolutions Per Minute nebo Rotations per Minute), počtu otáček za minutu. U větších pevných disků pro desktopy to bývá 7200 rpm (až 10 000 rpm), u notebookových s menším průměrem pak 5400 rpm. Rychlejší (15 000 rpm), obvykle s rozhraním SAS, jsou určeny pro servery.



Obrázek 8.3: Geometrie pevného disku²

Geometrie disku. Pevný disk se skládá z několika *kotoučů*, každý má dva *povrchy* (plotny). Data jsou na plotně ukládána ve stopách a sektorech:

- *stopa* = soustředná kružnice na povrchu
- *sektor* = výsek na této kružnici, 1 sektor obvykle obsahuje 512 B dat (tj. $\frac{1}{2}$ kB), nejmenší jednotka na disku, se kterou dokáže disk pracovat
- *cylindr* = souhrn všech stop se stejným průměrem přes všechny povrchy, „dutý“ válec zahrnující stopy se stejným průměrem přes všechny povrchy
- *cluster* (ve Windows), *blok* (v Linuxu) = nejmenší jednotka na pevném disku, se kterou dokáže pracovat operační systém (několik sektorů, typicky mocnina dvou, většinou 8, 16 nebo 32)



Poznámka:

Řadič disku dokáže pracovat vždy s celými sektory, kdežto operační systém dokáže pracovat vždy s celými clustery (v Linuxu bloky). Jeden cluster/blok je obvykle 8, 16 nebo 32 sektorů (mocniny čísla 2).



 Jak bylo výše řečeno, jeden sektor obsahuje obvykle 512 B dat. Ale to neplatí o všech discích. Disky označené „*Advanced Format*“ (standard z roku 2010) mají ve svých sektorech vždy 4 KB dat (tj. 4096 B). Účelem je především navýšit množství dat, které se vejde na jednu plotnu.

²Zdroj: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/GEOMHD.HTML>

Disk typu „Advanced Format“ lze používat pouze na počítači s operačním systémem, který tento typ podporuje. Řadiče těchto disků pracují v jednom ze dvou možných režimů – emulace 512e nebo nativní 4K; první možnost je podporována ve většině současných operačních systémů (Windows od verze Vista, Linux, MacOS X, ostatní unixové systémy), tato emulace spočívá v tom, že dlouhý 4KB sektor se „tváří“ jako osm krátkých 512B sektorů. Není to na závadu funkčnosti, protože operační systémy stejně nepřístupují k sektorům jednotlivě, ale podle nastavení souborového systému většinou k 8 nebo 16 sektorům jako celku.

 Každý používaný povrch má svou vlastní čtecí/zápisovou hlavu. Proto pokud jsou všechny povrchy používány, najdeme v disku dvojnásobný počet hlav, než kolik je kotoučů.

Ne každý povrch musí nutně být používán – je možné, aby „krajní“ povrchy nebyly používány, například horní povrch nejvrchnější plotny.

Původně byl na všech stopách stejný počet sektorů (tj. výseků na stopě), ale se zvyšující se kapacitou disku a počtem stop na povrchu se projevila velký rozdíl mezi délkou sektorů na vnějších a vnitřních stopách (stopy blíže středu disku jsou logicky výrazně kratší než stopy blíže okraji disku), přičemž počet bitů uložených v jednom sektoru musel být stejný. V sektorech u okraje disku se plýtvalo místem, v sektorech u středu disku zase při vyšší hustotě signálů hrozilo riziko chybného čtení.

 V současné době se tento problém řeší především dvěma vylepšeními (oběma najednou) – *prekompenzací zápisu* (počítá se s případnými chybami zápisu na „hustém“ vnitřním sektoru) a *zónovým záznamem* (na různých stopách je různý počet sektorů), přičemž všechny sektory i nadále nesou stejné množství dat. Obě technologie jsou popsány dále.

Způsoby adresování stanoví, jak se určuje fyzické umístění konkrétních dat na disku.

 *Cylinder–Head–Sector (CHS)* je starší způsob adresace používaný u starých IDE disků. Jeho výhodou je zohlednění geometrie disku. Umístění dat je určeno třemi údaji (tedy jde o nelineární, víceúrovňové adresování), a to cylindrem (válcem), hlavou (ta určuje povrch, na kterém se bude zapisovat, průnik se zadaným válcem je stopa) a sektorem. Nejkrajnější cylindr (a tedy i stopa) má číslo 0.

 Hlavní nevýhodou této metody jsou především omezení vyplývající z počtu bitů, které řadiče, BIOSy, kabely atd. používají pro uložení těchto tří údajů, to jest 512 MB na disk. EIDE tyto hodnoty rozšířilo, ale BIOSem nastavený strop zůstal (10 bitů na cylindr, tedy $2^{10} = 1024$ cylindrů), proto citelné omezení kapacity disků se sice zmírnilo, ale zůstalo (těsně pod 8 GB). Proto se u současných disků CHS nepoužívá.

Co se BIOSu týče, u disků s větším počtem cylindrů problém řeší tak, že hlásí nižší počet cylindrů než ve skutečnosti (tolik, jaká je jeho vlastní hranice), ale naopak větší počet ploten než ve skutečnosti.



Příklad 8.1

 BIOS používal pro uložení hodnoty cylindru 10 bitů, pro adresu hlavy 8 bitů a 6 pro adresu sektoru, samotné rozhraní IDE pro tyto údaje rezervovalo 16/4/8. Je samozřejmě třeba, aby se tyto strany domluvily, proto je nutné ve všech třech případech vybrat tu nižší hodnotu.

Dostáváme 10 bitů pro cylindr, 4 bity pro hlavu a 6 bitů pro sektor: $2^{10} \times 2^4 \times 2^6 = 1048576$ možných adres; při 512 B na sektor dostaneme $1048576 \times 512 = 536870912$ B, což je 512 MB. K této hodnotě jsme dospěli tak, že jsme číslo dvakrát vydělili číslem $2^{10} = 1024$.



 **Logical Block Addressing (LBA)** je druhý způsob adresování, který se používá dodnes. LBA bylo původně určeno pro SCSI disky, později je převzal standard ATAPI v novějších verzích. LBA je lineární adresování na logické úrovni, geometrii disku nezohledňuje. Sektory jsou číslovány od 0, začíná se na prvním (vnějším) cylindru, přes všechny povrchy, pak druhý cylindr, atd.



Poznámka:

To znamená, že data jsou ukládána po cylindrech, nikoliv po površích.



Pro adresy jsou opět stanoveny limity – původně to bylo 28 bitů na adresu, později byl určen vyšší limit, 48 bitů na adresu, který je zcela dostačující i pro současné terrabytové disky.

 **Parkování hlav** je vhodné umístění hlav, které má zabránit poškození disku při náhodném nárazu. Při vypnutí napájení disku nebo při nárazu dojde ke „spadnutí“ hlav na disky (vzduchový polštář přestane existovat), čímž se mohou poškodit data.

Autopark (automatické zaparkování hlav po vypnutí počítače) je založen na tom, že po vypnutí se disk chvíli otáčí setrvačností, tím se vyrobí dostatek energie pro přemístění hlav do parkovací oblasti (využívá se princip rekuperace).

U starších disků byl vyhrazen sektor, nad který se před vypnutím disku přesunuly hlavy (obvykle některý vnitřní sektor disku). U novějších disků s lineárním motorem umístění parkovací oblasti pro hlavy závisí *na rozhodnutí výrobce* (může to být některý sektor, a nebo místo mimo povrchy disku, některé disky dokonce parkují kdekoli na povrchu). Z bezpečnostních důvodů (pro případ poruchy či otřesu) jsou plotny pokryty tenkou měkkou ochrannou vrstvou, která má zmírnit následky nečekaného dopadu.

Zvláště u notebooků se parkování provádí velmi často (i několikrát za minutu, jsou vybaveny pohybovým čidlem), což snižuje životnost disku.

8.2.4 Modulace při zápisu

Modulace dat při zápisu na magnetická média je proces, který zajišťuje technicky bezpečný zápis a následné čtení dat. Data jsou na disk ukládána pomocí změn magnetického toku, každá změna se při čtení projeví jako impuls, tyto impulsy zároveň slouží k synchronizaci procesu čtení dat s řadičem.

Pokud označíme P = impuls, N = mezeru, pak signál P (impuls) představuje změnu magnetizace, signál N změnu magnetizace nezpůsobí. Bez modulace získáme například z řetězce bitů 110010 řetězec signálů PPNNPN.

Delší posloupnost nul by tvořila velmi dlouhou mezeru, mohlo by dojít ke ztrátě synchronizace řadiče disku, proto je nutné data kódovat jiným způsobem.

Hlavním problémem jsou dlouhé sekvence signálů „N“, účelem modulace je zajistit, aby se především nevyskytovaly dlouhé řetězce signálů „N“. Existuje více řešení (typů modulací).

FM (Frequency Modulation, frekvenční modulace) je nejjednodušší, každý bit kóduje do dvou signálů:

0		PN
1		PP

Například řetězec bitů 110010 je zakódován jako P P P P P N P N P P P N. Délka řetězce (počtu signálů) je dvojnásobkem počtu bitů, počet impulsů (signálů „P“) je ovšem poměrně vysoký, je jich 9.

Kromě toho, že každý bit je reprezentován příslušným signálem, ještě navíc jsou tyto signály odděleny signálem „P“ (slouží jako reprezentace „1“ a jako oddělovač bitů).

MFM (*Modified Frequency Modulation*) má navíc snížit počet impulsů:

0 v řetězci 00 (před ní je 0): PN

..... v řetězci 10 (před ní je 1): NN

1 NP

Například řetězec bitů 110010 (tentýž jako u předchozí modulace) je zakódován jako posloupnost impulsů N P N P N N P N N P N N. Počet signálů je stejný, ale impulsů máme méně, jen 4, přičemž dlouhé sekvence signálů „N“ nehrozí.

Modulace MFM byla používána pouze u starších disků, dnes se s ní setkáme jen u disket. Hlavní nevýhodou je omezení kapacity disku na pouhých 136MB (1024 stop, 16 hlav, 17 sektorů na stopu) a také omezení přenosové rychlosti (je závislá na časovači).

RLL (*Run Length Limited*) ve formě 2,7 nekóduje jednotlivé bity, ale jejich skupiny (dvojice až čtveřice) podle daného schématu (tabulky lze najít na internetu). Předpis (kódovací tabulka) je formulován tak, aby mezi dvěma impulsy byly nejméně dvě a nejvíce sedm mezer.

RLL je výrazně úspornější než MFM, neomezuje kapacitu disku ani přenosové rychlosti. Dodnes se variace RLL používají pro pevné disky.

PRML (*Partial Response Maximum Likelihood*) umožňuje zvýšit hustotu zápisu. Signály jsou při čtení zpracovány pomocným procesorem typu DSP (viz kapitolu 6.1.3, str. 74). Zvýšení hustoty zápisu s sebou přináší mnohé těžkosti včetně zhoršeného rozpoznávání jednotlivých bitů. DSP však dokáže podle vzorů rozpoznat správné posloupnosti signálů určující bity a případně opravit drobné chyby způsobené nepřesným čtením hustě uložených dat.

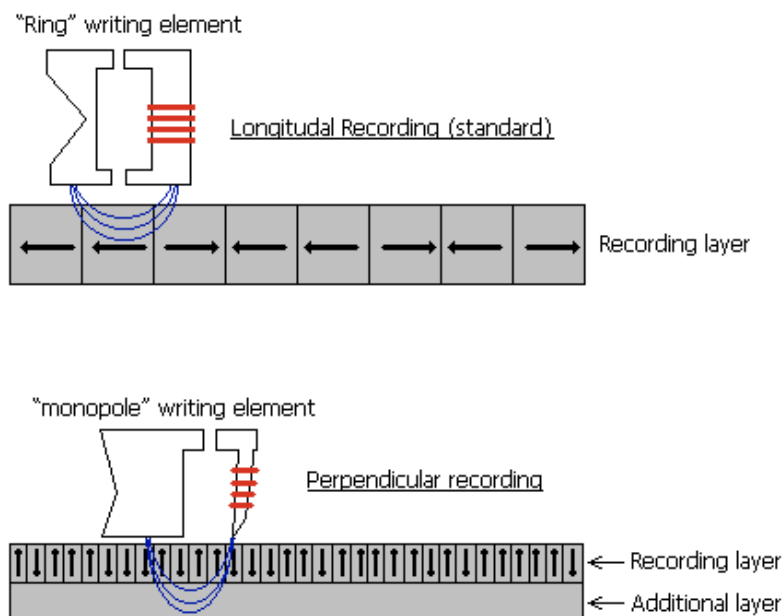
8.2.5 Čtení a zápis

Typy zápisu: u starších disků se používal podélný zápis, u nových kolmý zápis.

 *Podélný zápis* (*Longitudinal Magnetic Recording – LMR*) znamená, že bity (opačně orientovaná magnetická pole) jsou zapisovány vodorovně s povrchem disku. Možná hustota zápisu jen asi do 150 GB/inch², protože při vyšší hustotě dochází k jevu zvanému paramagnetismus, jehož důsledkem je samovolná ztráta uložených dat (magnetická pole pro různé bity se navzájem ovlivňují).

 *Kolmý zápis* (*Perpendicular Magnetic Recording – PMR*) se komerčně používá od roku 2005 (firma Toshiba). Vektory matematické indukce nejsou orientovány podélně s povrchem, ale kolmo na něj a disková hlava pro zápis má jinou konstrukci, aby dokázala takto orientovaná magnetická pole přechýst. Metoda je založena na přidání nové vrstvy pod vrstvu s uloženými daty, nová vrstva je z magnetického materiálu.

³Zdroj: <http://notebook.cz/clanky/technologie/2006/kolmy-zapis>

Obrázek 8.4: Porovnání podélného a kolmého zápisu³

 **Vrstvený zápis (Shingle Magnetic Recording – SMR)** je momentálně nejnovějším počinem firmy Seagate („a shingle“ je v překladu „šindel“), jedná se o vylepšení technologie kolmého zápisu. Vylepšení spočívá v tom, že zatímco dřív se zvyšovala hustota zapisovaných bitů na stopě, teď se zvyšuje hustota stop. Jednotlivé stopy na povrchu se posunuly k sobě a dokonce se „šindelovou“ metodou překrývají (nejdřív je zapsána stopa blíže okraje kotouče, pak stopa o něco dál směrem ke středu tak, že tu předchází částečně překrývá, následuje další, atd.).

**Poznámka:**

Uvědomme si, co to znamená, když jedna stopa částečně překrývá sousední stopu – z toho vyplývá, že pokud chceme provést zápis do některé stopy, nutně přepíšeme i obsah sousední stopy, která je blíže středu. To znamená, že *v základu* je tato metoda určena spíše pro sekvenční zápis, kdy zapisujeme jednotlivé stopy ve směru od okraje kotouče směrem doprostřed.



Aby bylo možné zapisovat i jinak než sekvenčně, budou stopy sdruženy do tzv. zón. Stopy v rámci téže zóny se (částečně) překrývají, stopy na rozhraní mezi zónami se nepřekrývají. Tím byl požadavek používat sekvenční zápis zmírněn a omezen na zápisy uvnitř téže zóny. V každé zóně je definován zápisový ukazatel (kurzor), který určuje, kde byl naposledy ukončen zápis a tedy od kterého místa je povoleno zapisovat. Tedy od řadiče se vyžaduje poněkud více inteligence než u technologie PMR.

Další modifikace: na disku existují zóny se SMR zápisem a zóny s PMR zápisem, SMR zóny jsou určeny pro sekvenční zápis velkých souborů, PMR pro běžné použití. Případně se SMR zónami se dá zacházet podobně jako u SSD – v bufferu se zkompletuje obsah celé zóny, ta se pak (sekvenčně) z tohoto bufferu

zkopíruje na disk. Hlavním účelem této technologie je zvýšit celkovou hustotu záznamu, třeba i na úkor propustnosti datového rozhraní (tj. počítá se s tím, že zápis asi bude pomalejší).



Další informace:

- <http://www.seagate.com/tech-insights/breaking-areal-density-barriers-with-seagate-smr-master-ti/> (na stránce je i odkaz na video demonstrující SMR záznam)
- <http://www.networkcomputing.com/tapes-and-disks/shingled-magnetic-recording-part-1-how-s/240165231> (první ze dvou dílů o SMR)
- <http://www.networkcomputing.com/tapes-and-disks/shingled-magnetic-recording-part-2-using/240165307>



Čtecí a zápisová hlava jsou sice dvě různé komponenty, ale najdeme je na jediném rameni a proto spíše hovoříme o čtecí/zápisové hlavě. Každý povrch, který je používán pro záznam, má vlastní hlavu. Jde o *cívky* navinuté na jádrech.

Pevný disk neustále rotuje a hlava je nadnášena ve výšce menší než 1 μm nad povrchem (vzduchový polštář). Čím menší je vzdálenost hlavy a povrchu, tím hustěji lze zapisovat.

Zápis probíhá následovně:

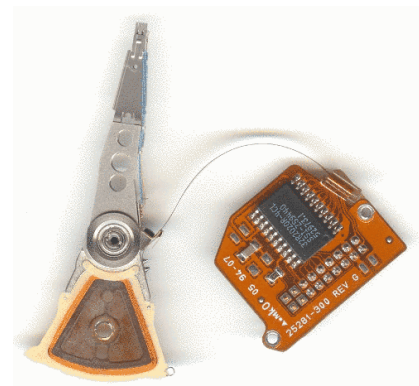
- pokud hlavou prochází el. proud, vytvoří se magnetický tok, který se uzavírá v mezeře mezi hlavou a povrchem disku, čímž ovlivňuje magnetickou vrstvu na disku,
- podle toho, kterým směrem v cívce teče proud, se vytvářejí různě zmagnetizovaná místa na povrchu,
- vznikají *magnetické reverzace* (místa změny magnetizace).

Čtení je víceméně opačný proces – hlavy reagují na magnetické reverzace, které vyvolají v jádru cívky magnetický tok magnetický tok je zpracován jako el. impuls.

Vystavování hlav: vystavovací mechanismus je zařízení, které vystavuje čtecí/zápisové hlavy na správné místo nad povrchem disku. Starší disky používaly krokový motor, novější disky využívají *lineární motor* používající elektromagnet – hlavy se vystavují podle elektrického proudu protékajícího elektromagnetem s ním spojeným, tento elektromagnet je uložen v silném magnetickém poli jiného permanentního magnetu.

Mechanismus hlav Čtecí a zápisové hlavy musejí fungovat rychle a přesně. Můžeme se setkat s těmito *mechanismy konstrukce hlav* – magnetorezistentními hlavami a obří magnetorezistencí.

Magnetorezistentní hlavy (MR): magnetorezistence je závislost elektrického odporu materiálu na směru a intenzitě vnějšího magnetického pole. Pokud má vodič magnetické vlastnosti, může směr a intenzita

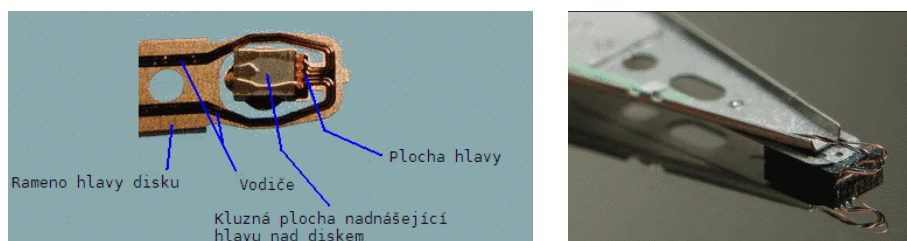


Obrázek 8.5: Rameno s čtecí a zápisovou hlavou disku⁵

⁵Zdroj: <http://notebook.cz/clanky/technologie/2007/HDD-technologie>

magnetického pole ovlivnit jeho el. odpor, který je měřitelný (resp. velikost proudu protékajícího hlavou). Také AMR (Anisotropic MR).

Jestliže je orientace magnetického pole na povrchu souběžná se směrem toku elektronů v hlavě, je vyšší pravděpodobnost kolize elektronů s atomy vodiče a roste elektrický odpor magnetorezistentního materiálu, ale pokud se magnetické pole natočí o 90°, odpor se naopak sníží.



Obrázek 8.6: Magnetorezistentní hlavy⁶

Obří magnetorezistence – Giant Magnetoresistive (GMR) byla objevena roku 1997. Podobnost s předchozí metodou je pouze v názvu; inspirace byla spíše na poli kvantové teorie, je to jedna z prvních aplikací spinové elektroniky.

Metoda pracuje s orientací spinu elektronu. Spočívá v ovlivnění elektrického odporu materiálu interakcí spinu elektronu s magnetizací. Výhodou je podstatně menší chybovost.



Další informace:

- <http://www.root.cz/clanky/soucasnost-a-budoucnost-pevnych-disku/>
- <http://www.tretipol.cz/800-spintronika-a%C2%A0magneticke-pameti-ram>
- <http://www.wdc.com/en/library/other/2579-850121.pdf>



8.2.6 Technologie

 **AHCI** (Advanced Host Controller Interface) je rozhraní pro komunikaci s SATA řadičem, a to nezávislé na hardwaru (tj. lze takto komunikovat s řadičem disků různých výrobců podporujících AHCI).

Aby bylo možné AHCI používat, musí být podporován:

- koncovým pamětovým zařízením (většinou pevným diskem),
- čipsetem (resp. základní deskou),
- operačním systémem, případně i dalším softwarem podle potřeby.

K čemu může být zapnutí AHCI dobré:

- podpora NCQ (viz dále),
- podpora Hot Plug (možnost připojovat a odpojovat SATA zařízení za běhu),

⁶Zdroj: <http://www.root.cz/clanky/soucasnost-a-budoucnost-pevnych-disku/>

- eSATA (souvisí i s předchozí možností),
- podpora SATA II (rychlost až 3 Gb/s),
- vylepšená správa napájení, možnost slučování příkazů do shluků a tím snižování režie vykonávání příkazů, atd.

Tato specifikace byla vytvořena firmou Intel a v současné době je podporována ve všech nejnovějších verzích běžných operačních systémů.

AHCI podporují všechna novější jádra Linuxu od 2.6.19, FreeBSD a také komerčních unixových systémů. V případě Windows je situace značně složitější, podpora je vestavěna až od Windows Vista a Server 2008, v případě Visty je možné, že AHCI mód bude po instalaci vypnutý. U starších verzí (včetně Windows XP) je potřeba před jejich instalací v BIOSu nastavit tzv. *Legacy* režim místo plného AHCI/SATA (také se nazývá *Emulated IDE*), což však samo o sobě nebude stačit.

 Pokud chceme AHCI (také SATA a další novější technologie) opravdu používat i ve Windows XP, musíme během instalace systému dodat ovladač. Tedy je třeba předem najít na stránce výrobce počítače, notebooku apod. (jde většinou o jižní most čipsetu) příslušný ovladač (hledejte s řetězcem AHCI), uložit na disketu (!!!) a tuto disketu použít během instalace Windows XP (během instalace se objeví upozornění, že pokud chceme přidat ještě další ovladače, máme stisknout , tudíž vložíme disketu a stiskneme ).

Problém nastává tehdy, když počítač (hlavně notebook) nemá disketovou mechaniku. Řešení najdeme obvykle v diskusích na webu, spočívá v instalování v Legacy módu (emulace IDE) a instalaci ovladačů AHCI/SATA až po instalaci.

Přesun do AHCI módu se nemusí povést. V tom případě ale stačí v BIOSu přepnout zpět na emulaci IDE a systém by měl fungovat.



Další informace:

- <http://forum.notebookreview.com/windows-os-software/217456-how-enable-ahci-after-xp-installation-guide.html>
- <http://forum.notebookreview.com/acer/186471-enabling-sata-mode-ahci-after-xp-install-applicable-most-laptops-systems.html>
- http://answers.microsoft.com/en-us/windows/forum/windows_xp-system/xp-pro-sp3-recovery-console-ahci/03e8995d-ab19-4972-9d2e-ea75ef799aca



 Pokud instalujeme Windows Vista/7 na disk SATA, který má v BIOSu nastaven režim emulace IDE (například tehdy, když chceme mít na disku zároveň XP i novější systém), tak je ovladač AHCI automaticky zakázán. Když pak v BIOSu chceme přehodit režim na AHCI nebo jiný, je nutné postupovat takto:

- Ručně povolíme ovladač AHCI: v registru (spustíme příkazem `regedit`) najdeme větev příslušného ovladače `HKEY_LOCAL_MACHINE\System\CurrentControlSet\services\msahci` a tam najdeme záznam `Start`. Je nastaven na hodnotu 3, což znamená „zakázáno“. Poklepeme, nastavíme na 0 (tj. „povoleno“). Zavřeme `regedit`.
- Restartujeme počítač a přejdeme do BIOSu. V BIOSu přepneme režim z emulace IDE na AHCI.
- Zavedeme operační systém. Teď už by měl využívat AHCI.

Zatímco v režimu emulace IDE je používán ovladač `pciide.sys`, v režimu AHCI je používán ovladač `msahci.sys`.

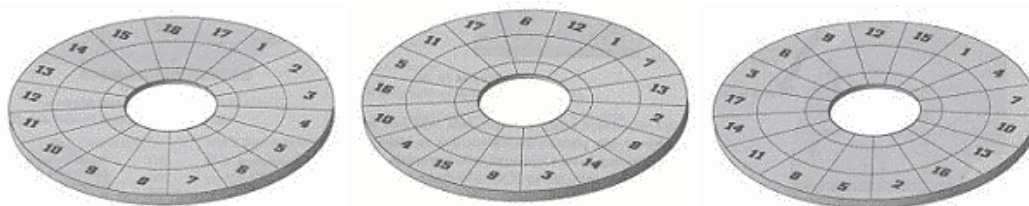


Poznámka:

Pokud používáme místo klasického pevného disku SSD (ať už přes jakékoliv datové rozhraní – SATA, M.2, PCIe), většinou se pro komunikaci využívá také komunikační rozhraní AHCI. Úzkým hrdlem (tedy tím, co zpomaluje) bývá SATA (je pomalejší než M.2 nebo PCIe), ale bohužel také AHCI. Proto se u datových rozhraní M.2 a PCIe pomalu začíná prosazovat jeho nástupce, který již „počítá“ s něčím tak rychlým jako SSD – NVMe.



Prokládání (interleave factor): disk se otáčí velmi rychle, proto pokud data následují fyzicky hned za sebou, dostane se k následujícím až po další otočce. To by při zvyšování hodnoty RPM (otáček za minutu) fakticky znamenalo zpomalení místo zrychlení.

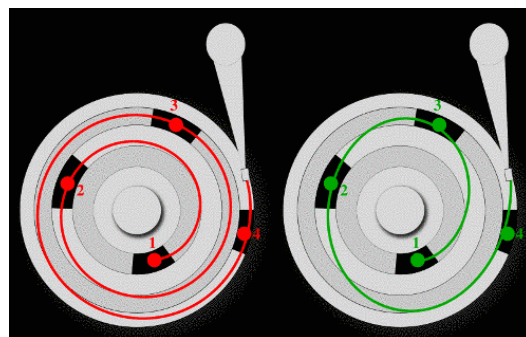


Obrázek 8.7: Prokládání 1:1, 1:3, 1:6⁷

Při využití prokládání data nejsou zapisována do sektorů přímo za sebou, ale do každého n -tého sektoru – potom je faktor prokládání 1: n .

NCQ (Native Command Queuing) je přirozené řazení příkazů ke čtení/zápisu dat. Jedná se o vylepšení technologie prokládání, kdy jsou příkazy k práci s jednotlivými oblastmi na disku seřazeny tak, aby lépe odpovídaly skutečné dráze hlav nad diskem a je možné provést i více příkazů během jediné otočky disku. Fronta má délku max. 32 položek.

Prekompensace zápisu (Write Precompensation) počítá s tím, že při velmi hustém zápisu se jednotlivé dipóly (zmagnetizovaná místa, miniaturní magnetické částice) mohou vzájemně ovlivňovat, protože jsou moc blízko sebe. Při prekompensaci se tedy dipóly záměrně umístí posunutě (šikmo) a počítá se se vzájemným ovlivněním dipólů, které se tak samy posunou do správné pozice.



Obrázek 8.8: Disk bez NCQ a s NCQ⁸

⁷Zdroj: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/GEOMHD.HTML>

⁸Zdroj: <http://expertester.wordpress.com/2008/07/19/how-to-enable-ahci-without-reformatting/>

Prekompenzace se provádí jen na stopách (cylindrech) blíže ose disku, stopa, od které se má začít, je nastavena v BIOSu. Najdeme ji obvykle pod zkratkou CPZ.

 **Zone Bit Recording** (ZBR) řeší problém různé délky sektorů na stopách různě vzdálených od osy disku. Při ZBR je disk rozdělen do zón podle vzdálenosti cylindrů od středu disku. V zónách blíže středu je méně sektorů, v zónách blíže okraji disku je více sektorů.

 **Teplotní kalibrace** (Thermal Calibration, TCAL) je technologie přizpůsobení činnosti disku momentálnímu ohřevu disku. Při velké hustotě stop je nutné zachovat přesnost vystavení hlavy nad stopu, což je právě při ohřívání disku problém. Proto je pravidelně kontrolována přesnost polohy hlavy nad stopou a korigují se případné odchylky způsobené zvýšením provozní teploty. TCAL se provádí nejen u pevných disků, ale také například u optických médií.

U starších disků se během kalibrace na chvíli přeruší čtení/zápis, což může znamenat selhání zápisu například na CD. Novější mechaniky (obecně, nejen u optických médií) již zvládají kalibraci za běhu.

 **IntelliSeek** (inteligentní vystavování hlav) znamená, že pohyb ramene hlavy je řízen tak, aby se hlava dostala na následující cílový sektor právě ve chvíli, kdy má číst další informaci, místo toho, aby se co nejrychleji přesunula na stopu a pak čekala na natočení ke správnému sektoru. Jde v podstatě o vylepšení vlastnosti NCQ a důsledkem je především snížení spotřeby (když se rameno hlavy pohybuje už během vyhledávání stopy, nemusí se pohybovat tak rychle).

 **AFC** (Antiferromagnetically Coupled) je vylepšení technologie kolmého zápisu. Na povrchu disku jsou tři vrstvy, z nichž dvě jsou feromagnetické, vrstva mezi nimi je z ruthenia. Tato prostřední vrstva způsobuje vzájemné ovlivňování krajních magnetických vrstev v opačném směru magnetizace, tím je umožněn zápis „do hloubky“ $\Rightarrow$ vyšší hustota záznamu.

 **Stable Trac** znamená upevnění hřídele motoru na obou koncích, což snižuje vibrace a zvyšuje stabilitu.

U specifikací disků se setkáme i s dalšími technologiemi, namátkou SilentSeek pro co největší ztišení pohybu hlaviček nad povrchy, a dalších.

8.2.7 Největší a nejmenší

RAMAC 305 byl v r. 1956 vyroben firmou IBM, vážil asi 1 tunu a měl kapacitu 5 MB. Šlo o skříň s 50 disky průměru automobilového kola. Magnetická záznamová vrstva byla tvořena oxidem železa rozprášeným v plastu, výsledná barva byla stejná jako u Golden Gate. Jeho rychlost byla poměrně vysoká – 1200 RPM.

První Winchester byl vyroben firmou IBM jako model IBM 3340 v roce 1970 pro počítač System 370.

Skládal se ze dvou částí – pevný disk bez možnosti výměny (30 MB) a na stejné ose výměnný pevný disk (také 30 MB). Výsledná kapacita se proto zapisovala dvěma údaji, 30-30 (tento zápis je podobný Winchestrovce kalibru 30 označované 30-30, od té doby se pevné disky označují názvem Winchester).

¹⁰ Zdroj: http://www.pcworld.com/article/127105/timeline_50_years_of_hard_drives.html

IBM Microdrive je pro změnu miniaturní produkt firmy IBM z roku 1998. Jeho rozměry jsou pouze $1,4 \times 1,7 \times 0,2$ palce, kapacita až 340 MB při použití obou povrchů disku.



Obrázek 8.9: IBM Microdrive¹⁰

8.2.8 Sledování pevných disků

 U disků se hovoří o vlastnosti *Střední doba mezi chybami* (MTBF – Mean Time Between Failures). Jedná se o statistický údaj, který naznačuje, jak je to se spolehlivostí daného disku.

Poznámka:

K poškození pevného disku může dojít různými způsoby, například opotřebením, náraz hlavy na povrch disku, časté výkyvy teplot, zadřená ložiska, nefunkční motorky, poškozená elektronika, atd., narušená integrita. Některé typy poškození se dají opravit (narušená integrita, drobné poškození povrchu, jehož důsledkem je poškození dat na tomto místě zapsaných), jiné ne, ale obvykle bývá možné alespoň zachránit data (ne vždy).

 Uživatelé se nejčastěji setkávají s *vadnými sektory*. Ty se většinou projeví spíše při čtení, bohužel se stává, že zápis se bez chybových hlášení provede do vadného sektoru.

Občas je třeba zkontrolovat disk vhodným programem (scandisk, chkdsk a spol., případně MHDD¹¹ a další specializované programy, nejlépe nezávislé na operačním systému). Nalezený vadný sektor je „přemostěn“ – program se pokusí z něj zachránit data a poté jej označí jako vadný (aby již nemohl být používán). Přemostování vadných sektorů je sice užitečné, ale když je hlášeno mnoho chyb, pak je lepší uvažovat o novém disku, i když starší ještě funguje.

 **S.M.A.R.T.** (Self Monitoring Analysis and Reporting Technology) je mechanismus pro monitorování, analyzování a hlášení chyb pevného disku nezávisle na operačním systémem. Tento mechanismus je integrován v novějších discích (asi tak od druhé poloviny 90. let).

Různé disky poskytují různý počet informací (čím novější disk, tím více informací). Řadič disku neustále sleduje stanovené hodnoty (počet chybných čtení, počet chyb při zápisu, změny rychlosti roztočení disku, počet přemapovaných sektorů, počet „odpracovaných“ hodin, teplota disku, atd.) a zapisuje je na stanovené místo, odkud si tyto hodnoty dokáže vytáhnout specializovaný program a případně „vyvolat poplach“. Některé obvyklé parametry (je jich mnohem více):

- Raw_Read_Error_Rate – počet chyb při čtení,
- Spin_Up_Time – doba, po kterou trvá roztočení ploten do potřebné rychlosti, pokud není OK, znamená to obvykle poškozený motorek,
- Reallocated_Sector_Count – při nalezení poškozeného sektoru se provede jeho přemapování, nahrazení rezervním sektorem; tato hodnota ukazuje množství takovýchto přemapování, když roste, disk brzy doslouží (tj. sledujeme četnost změn),

¹¹MHDD se dá stáhnout například na <http://www.softpedia.com/get/System/Hard-Disk-Utils/MHDD.shtml>.

- `Seek_Error_Rate` – počet chybných vystavení hlaviček, narůstající chyby znamenají, že mechanismus posunu hlaviček není úplně vpořádku,
- `Spin_Retry_Count` – počet nepovedených startů motorku pro roztočení ploten, při chybách bychom měli zálohovat a pořídit nový disk,
- `Temperature_Celsius` – teplota disku, je to spíše informační údaj (obvykle by neměla překročit cca 60 °C).

Kromě konkrétní hodnoty (*raw value*) získáme odpovídající „index rizika“ – *value*, což je hodnota v rozmezí 0–100 (číslo 0 obvykle znamená maximální riziko, 100 je OK), a k tomu také hodnotu *thresh* (taktéž 0–100) představující hranici mezi rizikem a dobrým stavem. Tedy čím nižší hodnota *value*, tím hůře!

V příslušných nástrojích lze obvykle získat všechny tyto hodnoty v tabulce, jejíž řádek může vypadat například takto:

ID#	Attribute	Flag	Value	Worst	Thresh	...
3	Spin_Up_Time	0x0007	079	079	011	...
7	Seek_Error_Rate	0x000f	061	058	051	...
194	Temperature_Celsius	0x0022	074	067	000	...

...	Type	Updated	When_failed	Raw_Value
...	Pre-fail	Always	–	6260
...	Pre-fail	Always	–	7863642
...	Old_age	Always	–	28 (Lifetime)

Tabulka 8.2: Ukázka tabulky s parametry S.M.A.R.T., vybrané tři řádky

V tabulce 8.2 vidíme, že testovaný disk má zatím dobrou dobu roztočení ploten, ale počet chybných vystavení hlaviček nebezpečně narůstá a blíží se (shora) k hodnotě *thresh*, teplota je ucházející.

 K nastavení S.M.A.R.T. se částečně dostaneme v BIOSu, ale jde pouze o základní nastavení (především povolení samotného mechanismu). Abychom mohli s tímto mechanismem lépe pracovat, potřebujeme k tomu specializovanou aplikaci:

- ve Windows: HDDScan, CrystalDiskInfo, SpeedFan, HDD Health, SiS Sandra, atd., výrobci disků také často poskytují vlastní nástroje
- v Linuxu: balíček smartmontools, k nalezení ve všech repozitářích, obvykle je již nainstalován

Nástroje pro údržbu a sledování disků často najdeme i u jejich výrobců (stačí hledat na stránkách výrobců, například pro Seagate, Samsung, Western Digital, Hitachi). V těchto případech samozřejmě používáme dotýčný nástroj pouze u disku od daného výrobce.

Existuje určitá možnost, že S.M.A.R.T. nefunguje, i když by teoreticky měl, pak bychom měli v BIOSu zkontrolovat, jestli náhodou není zakázán.



Další informace:

Podrobněji o S.M.A.R.T. na http://www.svethardware.cz/art_doc-550EF2B6631B2E21C1256F60006766C8.html.





Úkol

Vyberte si některý z programů pro čtení S.M.A.R.T. údajů (například pro Windows existují volně šiřitelné nástroje HDDHealth, HDDScan, CrystalDiskInfo) – některé z nich jsme viděli na přednášce. Vyzkoušejte, zjistíte s jejich pomocí tyto údaje:

- rozhraní disku, podporované technologie, teplotu disku
- počet zapnutí (pokud jej dokáže vybraný nástroj zjistit)
- S.M.A.R.T. hodnoty pro počet chyb čtení, počet přemapovaných sektorů, počet opakovaných pokusů o roztočení disku, počet chyb při zápisu sektorů



8.2.9 Vybíráme pevný disk

Důležité vlastnosti pevných disků:

- rozměry, podpora novějších technologií,
- *doba vystavení* (seek time, track-to-track seek) – čas nutný k vystavení hlavy, tj. k jejímu přesunutí na žádané místo s daty, určena jako jedna třetina času potřebného pro pohyb přes celý poloměr disku, obvykle několik ms.

Výrobci se dobu vystavení snaží co nejvíc minimalizovat, proto zápis dat obvykle probíhá po cylindrech (s využitím vhodného řetězení instrukcí)

- *doba čekání* (rotary latency period) – když se hlava dostane nad správnou stopu, musí počkat, až bude nad správným sektorem, určuje se většinou jako doba poloviny otáčky disku
- *přístupová doba* (access time) – rychlost vyhledávání dat na disku (doba vystavení + doba čekání), obvykle kolem 10 ms
- *rychlost otáčení disku* (RPM) – dnes běžně 4200, 5400, 7200 otáček/min, od 10 000 otáček/min je nutné disk chladit přídavným chladičem a stroj s tímto diskem by měl být za chodu stabilně usazen (tyto disky jsou většinou určeny pro servery nebo pro velmi výkonné pracovní stanice).

Disk mívá obvykle jednu až čtyři plotny, a odpovídající počet hlaviček (pro každý zapisovatelný povrch jednu). Tyto údaje se ne vždy při koupi dovíme, zvláště u značky Western Digital je problém se jich dopátrat. Často se k podobným údajům dostaneme na stránkách výrobce v souborech s technickými specifikacemi disků. U Western Digital se setkáme s pojmem IntelliPower, který bývá mylně interpretován jako možnost řídit otáčky disku podle vyžadované spotřeby, ale ve skutečnosti jsou tyto otáčky nastaveny již z výroby a nelze je modifikovat.

 Platí, že čím méně je ploten, tím je disk tišší a tím méně tepla produkuje. To bychom měli zvážit zvláště tehdy, když potřebujeme co nejtíšší počítač (například HTPC).



Poznámka:

V současné době se můžeme běžně setkat s *hybridními disky* (obvykle se označují SSHD), které v jednom pouzdře kombinují klasický pevný disk s plotnami a dále flash čip. Jedná se o dobrou koupi, protože

výkonností, spotřebou i dalšími vlastnostmi (i cenou) jsou tyto komponenty někde mezi klasickými pevnými disky a SSD (budeme probírat v části této kapitoly o flash pamětech), tj. vyšší propustnost včetně rychlosti čtení a zápisu, dobrá životnost, vysoká kapacita, apod.



 U některých typů disků (konkrétně Seagate Barracuda LP s kapacitou 1.5 TB) se setkáváme se zajímavým způsobem zvýšení přístupových dob. Tento disk by si kapacitně vystačil se třemi plotnami po 500 GB, ale ve skutečnosti má čtyři plotny, které se využívají pouze ze tří čtvrtin. Využívá se tedy fakt, že přístupové doby k cylindrům blízko středu disku jsou výrazně vyšší než k ostatním, a tedy „pomalé“ cylindry se prostě nepoužívají. Toto vylepšení je pouze u zmíněné kapacity, disky o kapacitě 1 TB a 2 TB již využívají své plotny plně.



Další informace:

- <http://www.tomshardware.com/reviews/msata-ssd-flash,2948-3.html>
- http://www.svethardware.cz/art_doc-D35E78C6C3B894FFC125727F005BE243.html
- <http://assembler.cz/carch/rok2004-2005/lekce14.pdf>
- <http://pctuning.tyden.cz/hardware/disky-cd-dvd-br/18863-definitivni-pruvodce-optimalizaci-diskoveho-prostoru>
- <http://www.fccps.cz/download/adv/frf/hdd/hdd.html>



Úkoly

1. Zjistěte informace o disku *Samsung SpinPoint F3*. Zajímá nás datové rozhraní, kapacita (je možné, že je dostupný ve více různých kapacitách), otáčky, vyrovnávací paměť (buffer nebo cache), rozměry ploten (v palcích), zda je interní či externí, případně další – zda podporuje technologii NCQ, jaká je průměrná vyhledávací doba, kolik má ploten a hlaviček, hlučnost, spotřeba, apod.
2. Podobné údaje zjistěte o disku *Hitachi Travelstar 7K500*.
3. K některému z disků z předchozích úkolů se pokuste najít nějakou recenzi či srovnávací test.
4. Vyberte si jakýkoliv větší internetový obchod s počítačovými komponentami a vyhledejte jakýkoliv pevný disk splňující tyto parametry:
 - interní 3,5 palce, rozhraní SATA II (Serial ATA II),
 - kapacita alespoň 500 GB,
 - rychlost otáčení ploten 7200 rpm,
 - nejméně 16 MB cache,
 - podpora NCQ.

Prostudujte parametry vybraného disku a poohlédněte se na webu po recenzích či srovnávacích testech tohoto disku.



8.3 RAID

RAID (Redundant Array of Independent Disks) znamená využití pole disků (tj. více než jeden disk). Jde tedy o rozdělení dat na více disků. Účelem je zvýšení zabezpečení dat (proti ztrátě) a případně rychlosti (zejména čtení).

Rozlišujeme několik typů RAID podle způsobu využívání jednotlivých disků. Mezi těmito typy jsou rozdíly také v minimálním počtu vyžadovaných disků.

8.3.1 Typy RAID

 **RAID 0** je rozdělení dat mezi dva nebo více disků, každá informace je uložena jen na jednom místě. Rozlišujeme dva typy:

- *zřetězení* (nepoužívá se) – po zaplnění prvního disku se použije druhý, po jeho zaplnění třetí, atd., zřetězujeme disky a stíráme fyzické hranice mezi nimi,
- *prokládání* (stripping) – data se při zápisu rozdělí a jednotlivé části jsou uloženy na různé disky (může se rozdělit i jeden soubor na více disků), dovoluje paralelní práci více procesů (vláken) s tímto souborem (na částech uložených na různých fyz. discích).

Výhodou je, že máme sice dva menší disky, ale logicky jeden velký, dále rychlost paralelní práce se souborem bývá vyšší (u druhého typu).

Nevýhodou RAID 0 je absence odolnosti proti chybám, data nejsou redundantní, při poruše vždy část (ale často vše) ztratíme. Také může nastat problém s případnou obnovou poškozených dat.

 **JBOD** (Just a Bunch of Disks) se podobá RAID 0 v podobě zřetězení. Pokud máme více disků zapojených do JBOD, nejdříve se zaplňuje první, když je zaplněn, přijde na řadu druhý, atd.

 **RAID 1** je implementace *zrcadlení* (mirroring). Zapisovaná data se zaznamenávají na oba disky zároveň, každá informace je uložena na obou (resp. všech) discích zároveň.

Oproti předchozímu typu je hlavní výhodou bezpečnost – v případě výpadku jednoho disku máme data zálohovaná na druhém, další výhodou je zvýšení rychlosti čtení (čte se paralelně z obou disků).

Nevýhodou je nutnost dvojnásobné diskové kapacity oproti skutečné potřebě (předpokládáme, že oba disky mají stejnou kapacitu). Zápis je pomalejší, je třeba data zapsat na oba disky v RAIDu.

RAID 0		RAID 1	
disk A	disk B	disk A	disk B
1	2	1	1
3	4	2	2
5	6	3	3
7	8	4	4
⋮	⋮	⋮	⋮

Obrázek 8.10: RAID 0 a 1

 **Kombinace RAID 0 a 1** je dvoustupňový RAID, metoda se nazývá *stripování* („proužkování“). Rozlišujeme dva typy stripování podle způsobu kombinace typu 0 a 1:

1. RAID 0+1 (také RAID 01) – data ukládáme prokládaně na dva disky – A, B, oba pak zrcadlíme na další dva disky – C, D (tj. 4 disky A, B, C, D, při zápisu nejdřív data dělíme a pak zrcadlíme)
2. RAID 1+0 (také RAID 10) – první část uložíme zároveň na disky A, B, druhou na disky C, D, třetí na A, B, atd. (tj. taky 4 disky, ale zrcadlení provádíme před dělením, resp. v rámci dělení)

RAID 01				RAID 10			
disk A	disk B	disk C	disk D	disk A	disk B	disk C	disk D
1	2	1	2	1	1	2	2
3	4	3	4	3	3	4	4
5	6	5	6	5	5	6	6
7	8	7	8	7	7	8	8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Obrázek 8.11: RAID 01 a 10

 **RAID 3** využívá paritní disk. Použijeme $N + 1$ stejných disků, z nichž N je určeno pro ukládání dat, na poslední (paritní) disk je uložen kontrolní součet XOR těchto dat.

Pokud vypadne paritní disk, data zůstanou netknutá. Jestliže vypadne některý z datových disků, je možné jeho obsah zrekonstruovat (podle stejných pozic všech ostatních disků včetně paritního).

Bezpečnost dat je poměrně velká. „Úzkým hrdlem“ je však paritní disk – na něj se zapisuje při každém zápisu na kterýkoliv jiný disk, čímž je zápis zpomalován, a navíc se tím snižuje jeho životnost. Selhání paritního disku je statisticky výrazně pravděpodobnější než selhání ostatních disků.

 **Varianty RAID 3** jsou RAID 2 a RAID 4:

- RAID 2 – oproti RAID 3 se navíc na N disků data stripují (dělí) mezi jednotlivé disky a dále místo prosté parity jsou data chráněna Hammingovým kódem
- RAID 4 – oproti RAID 3 se parita na paritní disk vytváří po blocích a provádí se stripování mezi disky

 **RAID 5** je funkčně podobný RAIDu 4, ale jde o pokus eliminace zvýšeného zatížení jednoho paritního disku. Bloky dat se stripují na různé disky a některý z $N + 1$ disků je použit jako paritní, ale u každé $(N + 1)$ tice bloků jde o jiný disk.

RAID 3				RAID 5			
disk A	disk B	disk C	disk D	disk A	disk B	disk C	disk D
1	2	3	P(1–3)	1	2	3	P(1–3)
4	5	6	P(4–6)	4	5	P(4–6)	6
7	8	9	P(7–9)	7	P(7–9)	8	9
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Obrázek 8.12: RAID 3 a 5

8.3.2 Nastavení RAID pole

 **Řadič RAID** (fyzicky to je čip na základní desce nebo je integrován do čipsetu) se musí aktivovat v BIOSu. Dále je pole obsluhováno buď na straně operačního systému (softwarově) a nebo řadičem disku.

Pokud máme základní desku s podporou RAID a samozřejmě více fyzických disků k ní připojených (pokud možno se stejnými parametry), musíme nejdřív *aktivovat diskové pole*. Typ RAID závisí na základní desce a případně operačním systému, rozhodně není běžné, abychom si mohli vybírat kterýkoliv z výše uvedených. Obvykle je k dispozici několik z RAID 0, 1, 10, JBOD, 3 a 5.

Začneme v *BIOS Setup*. Aktivace řadiče RAID se provádí obvykle v části *Advanced*, položka *OnBoard Device Configuration* (ovšem v každém BIOSu může být jinde, záleží na jeho výrobci, také to může být *Integrated Peripherals*, položka *OnBoard SATA/IDE Ctrl Mode*). Najdeme položku pro RAID (opět se může jmenovat různě, podle výrobce). Vždy je třeba nastavit mód podle typu disků a případně také nastavit položku *Enabled*.

Dále je nutné nakonfigurovat samotný *řadič RAID* (zatím jsme ho jenom aktivovali). Jeho konfigurace se provádí specializovaným programem, který již není součástí BIOS Setupu. Do ovládacího programu se dostaneme podobně jako do BIOS Setupu během startu počítače po provedení testu POST stisknutím určité klávesové zkratky. Ta se liší podle výrobce, například Ctrl+I (Intel), Tab (VIA), F10 (nVidia), Ctrl+A (Adaptec), Ctrl+F4 (Silicon), Ctrl+F (Promise), atd. V tomto programu (s podobným rozhraním jako má BIOS Setup) vytvoříme RAID pole (určíme, které disky do něj mají patřit), určíme jeho typ a potřebné parametry.



Poznámka:

Vytvoření diskového pole je nejjednodušší, pokud jsou příslušné disky prázdné (budou teprve formátovány). Ovládací programy pro ten případ nabízejí automatizované vytvoření pole. Za určitých okolností je možné vytvořit RAID 1 (zrcadlení) na jednom disku s daty a druhém prázdném, pak jsou data během vytvoření pole zkopírována na druhý disk. I přesto je vytvoření RAIDu z disku s daty poněkud riskantní a u jiných typů polí jsou data ztracena.



Další informace:

- <http://forums.pcper.com/showthread.php?t=444831> (o konfiguraci RAID včetně nastavení ve Windows)



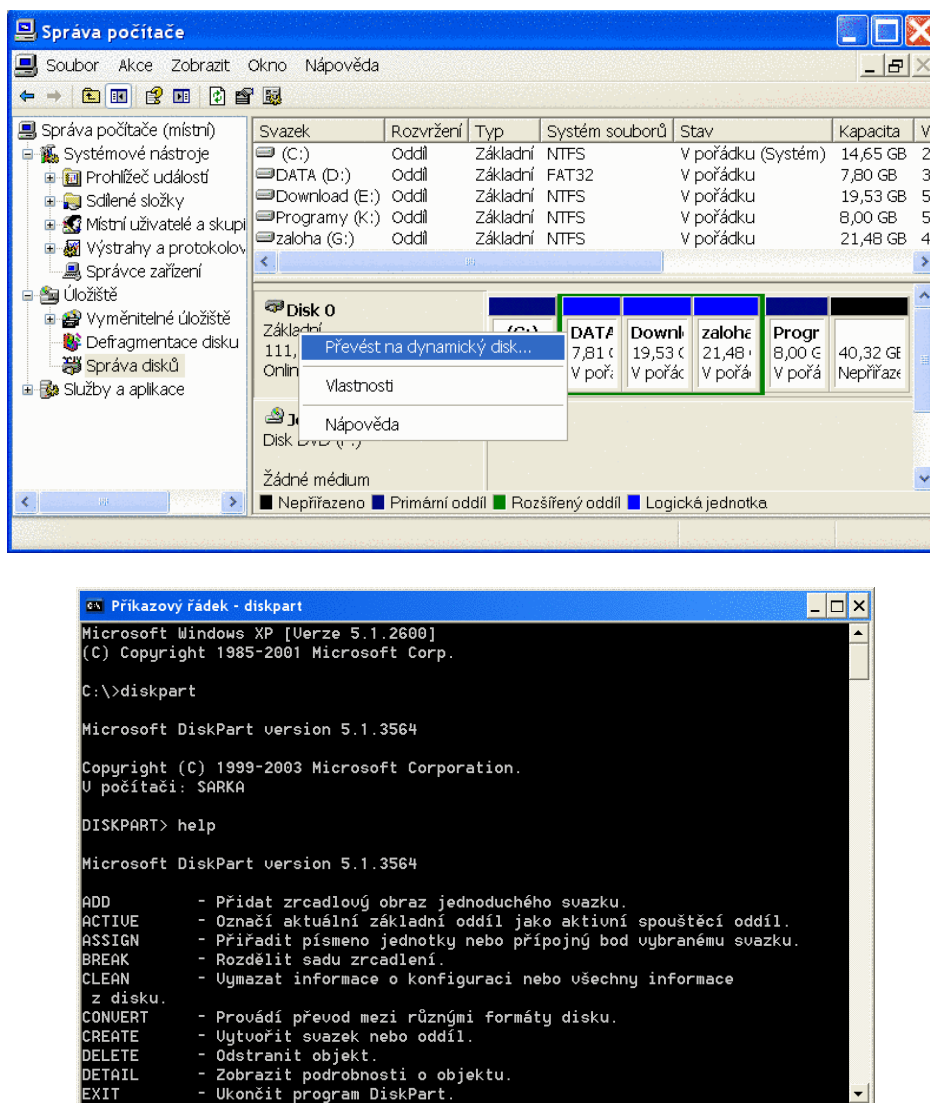
8.3.3 Dynamické/virtuální svazky

Dynamické svazky ve Windows umožňují na softwarové úrovni pracovat s RAID polem nebo prostě na logické úrovni spojit více oddílů jednoho disku. Nastavení se provádí v konzole *Správa počítače*, položka *Správa disků*¹². Zvolíme disk, se kterým chceme pracovat, vyvoláme kontextové menu na záhlaví tohoto disku

¹²Vyvoláme kontextové menu ikony *Tento počítač*, zvolíme *Spravovat*, pak *Správa disků*. Případně můžeme spustit ze souboru `diskmgmt.msc` (pozor, je nutné uvést včetně přípony).

a zvolíme *Převést na dynamický disk*. Ve spuštěném průvodci pak zadáváme potřebné informace. Postup je ukázán na obrázku 8.13 nahoře.

Další možností pro nastavení dynamického svazku je program `diskpart` pracující na Příkazovém řádku. Po spuštění programu použijeme příkaz `list disk`, vybereme číslo disku, se kterým chceme pracovat, pak příkaz `select disk` a `convert dynamic`. S programem `diskpart` se setkáme v předmětu Operační systémy.



Obrázek 8.13: Dynamické svazky ve Windows

LVM (Logical Volume Manager) v Linuxu je podobnou možností používanou v operačním systému Linux. Používá se většinou s RAID 0 nebo 1.

LVM je správce virtuálních svazků; v jednom virtuálním svazku bývá více logických jednotek (oddílů, physical volume). Jedná se o jakési rozhraní mezi disky a procesy, procesy „vidí“ virtuální svazky, ne skutečné oddíly. Velikost virtuálního svazku je možné libovolně měnit (tj. přidávat další oddíly).

**Další informace:**

- Dynamické disky a svazky ve Windows: <http://technet2.microsoft.com/windowsserver/cs/library/354e5163-f388-4354-984c-ea4e4206694c1029.mspx?mfr=true>
- Úvod do LVM v Linuxu: <http://www.root.cz/clanky/uvod-do-lvm/>
- LVM v Linuxu – praktické ukázky: <http://www.root.cz/clanky/lvm-prakticke-ukazky/>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Logical_Volume_Manager_\(Linux\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Logical_Volume_Manager_(Linux))



8.4 NAS

NAS (Network Access Storage) jsou síťové disky. Vlastně jde o jakési malé servery, které mají především sloužit jako úložiště dat. Narozdíl od „obyčejných“ externích disků mají operační systém a přistupuje se k nim pomocí SFTP (většinou) nebo SHTTP (podporuje jen málo NAS disků), konfigurace se provádí přes webové rozhraní. Obvyklým rozhraním je Ethernet (RJ-45, většinou alespoň dva konektory), USB, případně eSATA nebo jiné. NAS se obvykle zapojují přes síťové rozhraní k některému síťovému prvku, jako je například router či switch.

 V operačním systému na zařízení NAS (často jde o Linux a souborový systém ext3fs) jsou nainstalovány různé (softwarové) servery. Nutností je *souborový server* s podporou protokolu SMB, ale mohou být i další. Dokonce existují NAS s tiskovým rozhraním s nainstalovaným *print serverem*, tedy můžeme k nim připojit síťovou tiskárnu (ne vždy to funguje).

NAS většinou při koupi neobsahuje pevné disky (ale může), tedy dokupujeme jeden nebo více pevných disků podle vlastních potřeb. Více disků v NAS může spolupracovat v RAID, často je používáno zrcadlení.

 NAS bývají (například v internetových obchodech) řazeny buď do kategorie pevných disků nebo do kategorie síťových zařízení. Podle čeho vybíráme:

- *vnější síťové rozhraní* – ethernet RJ-45 (zde také záleží na rychlosti, i pro domácnost se hodí 1Gb porty, označuje se také jako LAN nebo GLAN),
- případná *vnější síťová bezdrátová rozhraní* – Wi-fi podle některého vhodného standardu, ale i další, například pro spolupráci se spotřební elektronikou (jako je DLNA),
- *vnější lokální rozhraní* pro připojení externích disků či jiných pamětí, a také tiskáren, pokud NAS má fungovat jako tiskový server (USB konkrétní verze, eSATA, apod.),
- *vnitřní rozhraní* pro připojení interních disků – obvykle SATA konkrétní verze,
- další komponenty – vnitřní paměť, procesor, atd.,
- *formát interních disků* – 3.5 palce nebo 2.5 palce, větší disky mají větší kapacitu a rychlost, menší disky jsou tišší a mají menší spotřebu,
- *jsou/nejsou interní disky v ceně* – často je třeba disky koupit zvlášť,
- *podporované funkce* – kromě funkce souborového (file) serveru může být podporována funkce FTP server, databázový (DB) server, tiskový (print) server, web server, obvyklá je podpora RAID, také lze někdy použít pro napojení bezpečnostního systému (IP kamer),

- podporované *přenosové techniky* – obvykle FTP a HTTP, dále je velmi vhodná podpora šifrování a zabezpečeného přenosu,
- operační systém, možnosti konfigurace, vybavenost a přehlednost *konfiguračního rozhraní*.

Ceny NAS začínají někde mezi 1 a 2 tisíci, nejdražší stojí několik desítek tisíc korun.



Další informace:

Zajímavý článek o NAS najdeme například na

<http://www.svethardware.cz/art.doc-38BF655343D6BDB5C125734B002D5401.html>.



Úkol

Najděte informace o těchto zařízeních:

- D-Link DNS-313
- QNAP TS-559 Pro

Porovnejte je podle výše jmenovaných parametrů (pokud seženete potřebné informace).



8.5 Magnetooptické disky

U magnetickooptického disku (MO) se kombinuje využití magnetismu a laseru. Informace jsou zaznamenány formou magnetizace, ale zápis a čtení dat jsou prováděny laserovým paprskem. Základem je průhledný polykarbonát, na něm jsou nanесeny ostatní vrstvy. V polykarbonátové vrstvě jsou drážky sloužící k navádění hlavy.

 Čtení a zápis probíhají následovně:

- *při zápisu* laser slouží ke zvýšení teploty nad tzv. *Courierův bod*, při této teplotě se z feromagnetického povrchu stává paramagnetický a pro zápis již není třeba tak silné magnetické pole,
- *při čtení* se využívá jevu, kdy laserový paprsek je vlivem magnetizace při dopadu pootočen doprava nebo doleva (úhel je velmi malý, menší než jeden stupeň, ale detekovatelný), laser je použit s výrazně slabším výkonem než při zápisu, magnetická hlava se nepoužívá.



Obrázek 8.14: Magneto-optické disky

Určitou nevýhodou je cena těchto datových nosičů a fakt, že je třeba mít kompatibilní mechaniku.

Na trhu seženeme obvykle výrobky firem Sony, HP a Verbatim, s form factorem 5,25".



Poznámka:

Magnetooptické disky se vyznačují velkou mírou spolehlivosti. Vydrží bez vad běžně několik desítek let

(dokonce existují i MO se zárukou 100 let), proto se dodnes používají například k archivaci. Nicméně, tato média jsou z trhu postupně vytlačována jinými archivačními technologiemi, včetně využívání cloudu.

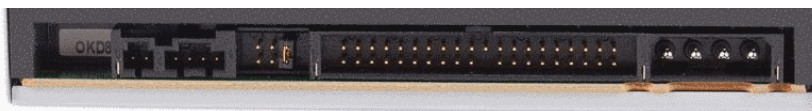


8.6 Optické paměti

8.6.1 CD

CD (Compact Disc) je optické médium (tj. pro čtení a záznam se používá laser), jednostranné (záznam na spodní straně disku). Průměr je většinou 12 cm, ale existuje i menší varianta (8 cm). Otvor pro osu je vždy stejný, 15 mm. CD (stejně jako jednovrstvá DVD) vkládáme do mechaniky potištěnou stranou nahoru.

CD mechanika má přibližně rozměry velkého pevného disku. Stejně jako pevný disk, i na CD (DVD) mechaniku je nutné připojit napájecí kabel a datový kabel (IDE 40žilový nebo stíněný 80žilový, a nebo SATA, podle typu mechaniky), ale navíc je nutné propojit CD/DVD mechaniku se zvukovou kartou. Zadní strana IDE mechaniky s konektory je na obrázku 8.15. Ve směru zleva vidíme konektory ke zvukové kartě (digitální a analogový), pak blok propojek (u IDE mechaniky je nutné určit, zda je master, slave nebo single), následuje konektor pro datový kabel a konektor napájení.



Obrázek 8.15: Zadní strana IDE CD mechaniky s konektory

 Narozdíl od magnetických médií jsou zde data uložena na spirále, nikoliv na soustředných stopách (začátek je u středu disku, což je také rozdíl oproti magnetickým médiím). Záznam je proveden pomocí různých dlouhých prohlubní (*pits*) oddělených mezerami (*lands*). Přejít prohlubeň/mezera nebo mezera/prohlubeň je logická 1, dlouhá mezera nebo prohlubeň je logická 0, díky použitému kódování (8 bitů na 14, obdoba RLL) nikdy nenásledují dvě jedničky za sebou.

 **Standardy pro CD:** pod tímto pojmem můžeme chápat různé formy CD nosičů.

- *červená kniha* (red book) – Audio CD (CD DA – Digital Audio); první CD norma, zaměřena na záznam zvuku
- *žlutá kniha* (yellow book) – CD-ROM, pouze pro čtení, narozdíl od červené knihy se zaměřila na data, byla přidána možnost korekce chyb
- *zelená kniha* (green book) – CD-I, interaktivní CD, přidána podpora interaktivních operací, lze použít i pro filmy
- *oranžová kniha* (orange book) – CD-R (jeden zápis) a CD-RW (opakovaný zápis)
- *bílá kniha* (white book) – Video CD, použitelné pro filmy
- *modrá kniha* (blue book) – Enhanced CD, CD plus a CD-G

- béžová kniha (beige book) – PhotoCD od firmy Kodak, pro evidenci a prohlížení fotografií
- šarlatová kniha (scarlet book) – SACD

Přenosové rychlosti se udávají jako násobek rychlosti 150 kB/s (ta je typická pro červenou knihu – Audio CD), například $16\times$ znamená šestnáctinásobek této rychlosti.

 **CD-ROM** (podle žluté knihy) je pouze pro čtení. Jeho fyzická struktura je následující:

- základem je disk ze směsi polykarbonátu a polymethylmetakrylátu, ve kterém je vytlačena spirála s prohlubněmi
- následující vrstva je reflexní, dobře odráží světlo laseru (vlnová délka 780 nm)
- třetí vrstva je ochranná, může být vyrobena z laku opatřeného potiskem

Čtení probíhá pomocí prvku citlivého na světlo (fotodioda, fototranzistor apod.), který detekuje odražený laserový paprsek. Reflexní vrstva na datovém médiu odráží laserový paprsek v plné intenzitě, ale v místě prohlubně v reflexní vrstvě je odraženo méně energie. Změna intenzity laseru je interpretována jako logická 1.

Rychlost otáčení disku při čtení může být buď konstantní pro všechny pozice čtecí hlavy a nebo se může měnit se vzdáleností čtecí hlavy od osy disku, případně lze oba postupy kombinovat. Z tohoto hlediska rozlišujeme několik metod pro konstrukci CD mechanik:

- CLV (Constant Linear Velocity) – při čtení jsou otáčky průběžně (plynule) měněny podle vzdálenosti od středu (u středu pomaleji, u okraje rychleji), aby byl datový tok konstantní – tato metoda je ideální pro záznam zvuku, tedy CD DA a starší CD-ROM
- CAV (Constant Angular Velocity) – tato metoda již zohledňuje čtení dat. U hudebních souborů je využita metoda CLV, ale *při čtení dat* se disk otáčí konstantní rychlostí, konstantnost datového toku je zajišťována logikou podle vzdálenosti od středu, tyto mechaniky jsou tišší a déle vydrží
- P-CAV (Partial Constant Angular Velocity) – kombinace obou předchozích, blíže středu se použije CAV a dále od středu CLV
- Multibeam – čtecí hlava čte sedm stop najednou; kolem hlavního laserového paprsku jsou po obou stranách ještě další tři, které snímají okolní stopy, účelem je zvýšit přenosovou rychlost bez nutnosti zvyšování otáček

CD-ROM se vyrábějí lisováním podle předem vytvořené matrice (ta stanovuje pozice pitů), vylisovaný disk se zalije do ochranného plastu. Proto nelze na CD-ROM zapisovat v běžné mechanice, museli bychom mít matrici a specializované zařízení. Výhodou tohoto postupu je poměrně nízká cena, zvláště při hromadné výrobě, a také vysoká odolnost média.

 **CD-R (CD Recordable)** umožňuje jednorázový zápis a po něm pouze čtení. Má stejné rozměry jako CD-ROM, ale mírně odlišnou vnitřní strukturu včetně použitých materiálů.

Na disku je vrstva organického barviva, do které se provádí záznam, tato vrstva je překryta ochrannou (odrazovou) vrstvou ze stříbra, slitiny stříbra s jiným kovem nebo zlata a krycí vrstvou z polykarbonátu.

 Ve výrobě se do disku vylisuje spirála, která slouží jako vodičko zapisovací hlavy při zápisu. Na spirále jsou značky *ATIP* (Absolute Time in Pregroove) sloužící k synchronizaci zápisu dat konstantní rychlostí.

Dále jsou z výroby na disku obsaženy informace o kapacitě disku, výrobci, požadavcích na zápis (výkon laseru), atd. ATIP značky zůstávají i po zápisu, slouží také k detekci typu disku.

Při *zápisu* hlava s laserovou diodou sleduje spirálu s orientací podle ATIP značek. V místě, kde má být prohlubeň, se zvýší intenzita laseru a tím i jeho teplota, změní se chemické (optické) vlastnosti ve vrstvě organického barviva. Ve skutečnosti se samozřejmě nic nepálí, jde o chemický proces.

Čtení probíhá stejně jako u CD-ROM, jen místo vylišovaných prohlubní máme světlá a tmavá místa.

Mechaniky pro CD-R (obecně všechny vypalovací mechaniky) používají *vyrovnávací paměť* (buffer), do které ukládají data k zápisu. Tato vyrovnávací paměť je důležitá především proto, že vypalování by správně mělo probíhat bez přerušení se zajištěním neustálého přísunu dat.

 Nebezpečí „opožděného“ přísunu dat do vyrovnávací paměti řeší většina výrobců svými vlastními algoritmy (BurnProof u firmy Sanyo, JustLink u firmy Ricoh apod.). Všechny tyto algoritmy zajišťují hlídání momentálního stavu vyrovnávací paměti (kolik z jejího obsahu již bylo použito) a při poklesu pod stanovenou hranici zajistí korektní přerušení vypalování, opětovné naplnění vyrovnávací paměti a správné navázání následného vypalování.

 **CD-RW (CD Re-Writeable)** dovolují zapisovat i opakovaně po smazání. Datová vrstva, do které se provádí záznam, je ze slitiny, která při určité teplotě krystalizuje a při jiné teplotě získává amorfni (nekrystalickou) strukturu. Místa s krystalickou strukturou odrážejí více světla a z toho vychází princip čtení dat z média (krystalická struktura je obdobou landu a amorfni struktura obdobou pitu).

Mazání disku se provádí převodem z amorfni na krystalickou strukturu – mazané místo je zahřáto na teplotu nižší než je bod tání materiálu, dojde ke krystalizaci. Následný zápis probíhá tak, že místo, které má méně odrážet světlo (analogie prohlubně u CD-R), je zahřáto na teplotu převyšující bod tání materiálu a mění se na amorfni.

Změna mezi amorfni a krystalickou strukturou je částečně destruktivní, proto mazání s následným zápisem je možné opakovat asi 1000×.



Poznámka:

Odráživost různých typů médií se velmi liší. u CD-ROM je to 80 %, u CD-RW pouze 25 %, CD-R jsou někde mezi. Kvalita vypálení závisí na kvalitě média, vypalovací mechaniky a také rychlosti při vypalování. Obecně platí, že vyšší rychlosti znamenají vyšší pravděpodobnost výskytu chyb (laser pracuje s vyšším výkonem, aby při vyšší rychlosti dokázal zahřát místa na disku na stanovenou teplotu).



8.6.2 DVD

DVD (Digital Versatile Disc nebo Digital Video Disc) má mnohem větší kapacitu než CD. Kromě toho se používají menší pitu a odstup stop je mnohem menší (to vše je hlavním důvodem navýšení kapacity), přičemž samotná spirála je stejně dlouhá a stejně široká jako u CD. Další navýšení kapacity je možné ukládáním dat do dvou vrstev a také využitím obou povrchů média.

Rozměry DVD jsou z důvodu kompatibility stejné jako u CD, ale odlišná je vnitřní struktura. Nosná

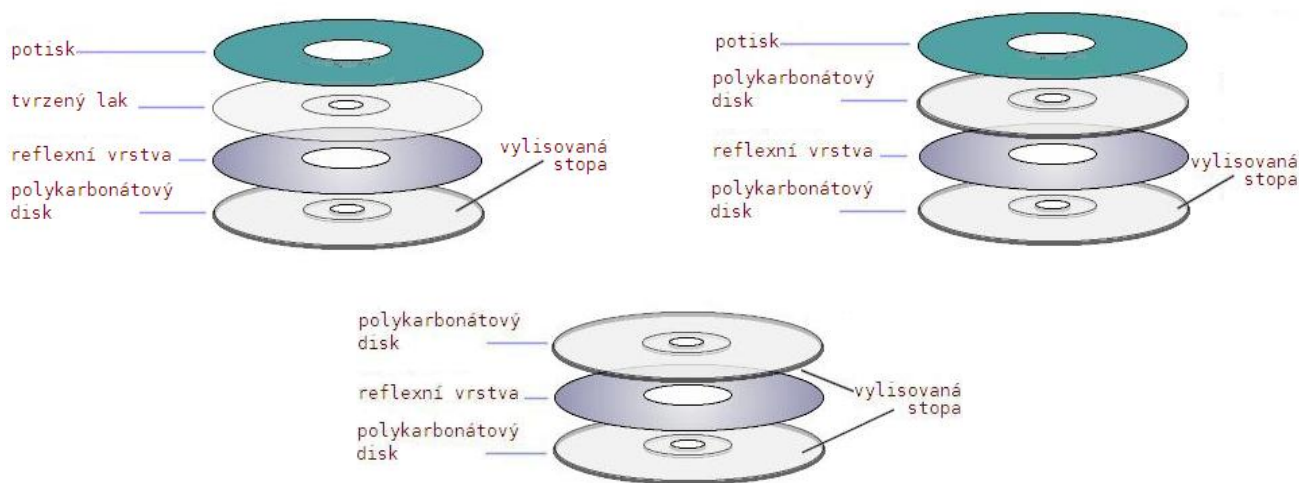
vrstva je poloviční, obvykle jsou ve skutečnosti dvě (aby se zachovala tloušťka média), mezi nimi jedna nebo dvě datové vrstvy a jednostranná nebo oboustranná reflexní vrstva.

Při čtení se používá laserový paprsek s kratší vlnovou délkou než u CD (660 nm – červené světlo), jiná je i vzdálenost, na kterou se tento paprsek ostří. Srovnání vidíme na obrázku 8.16.

 **Standardy** jsou rozděleny do dvou skupin se vzájemnou nekompatibilitou. První skupina standardů byla vydána uskupením *DVD Forum* (minusové standardy). Tyto standardy se setkaly s kritikou některých firem zejména z důvodu nevyhovujících licenčních podmínek a ceny, proto byly další (plusové) standardy vydány uskupením *DVD+RW Alliance*.

- DVD-ROM
- DVD-R, DVD-RW
- DVD-RAM – místo spirály má spoustředné stopy, princip (ne technologie) podobný MO diskům, lepší detekce a korekce chyb
- DVD+R, DVD+RW (+RW je starší než +R)

Liší se použitými materiály, chybovostí (+ jsou mírně lepší, ale mají mírně menší kapacitu), původní cenou licence. Současné DVD mechaniky obvykle podporují standardy z obou skupin (většinou s výjimkou DVD-RAM). Dvouvrstvá média se také označují přidáním písmen „DL“, například DVD+R DL je dvouvrstvé DVD+R. DVD+/-RW lze použít i pro paketový zápis podobně jako CD, což je výhodné zvláště při ukládání dat na počítači.



Obrázek 8.16: Srovnání – CD, jednovrstvé DVD, dvouvrstvé DVD¹³

V případě DVD-RW rozlišujeme dva typy – formátované jako VR (Video Recording) určené spíše pro ukládání filmů (také podporují indexy, ale nepodporují paketový zápis) a VF (Video Format) určené spíše pro práci s daty na počítači.

¹³Zdroj: <http://www.root.cz/clanky/nasledovnici-kompaktnich-disku-dvd/>

 **Varianty DVD** najdeme v tabulce 8.3 včetně rozměrů, počtu stran a vrstev, a kapacity. Nejčastěji se setkáváme s DVD-5 a DVD-9.

Označení	Průměr	Stran	Vrstev/str	Kapacita
DVD-1	8 cm	1	1	1,46 GB
DVD-2	8 cm	1	2	2,66 GB
DVD-3	8 cm	2	1	2,92 GB (2×1,46)
DVD-4	8 cm	2	2	5,32 GB (2×2,66)
DVD-5	12 cm	1	1	4,70 GB
DVD-9	12 cm	1	2	8,54 GB
DVD-10	12 cm	2	1	9,40 GB (2×4,70)
DVD-14	12 cm	2	2/1	13,24 GB
DVD-18	12 cm	2	2	17,08 GB (2×8,54)

Tabulka 8.3: Varianty DVD

 Vlastnosti DVD se odvozují především od požadavků filmového průmyslu. Je možné použít *DRM* (Digital Rights Management) pro zamezení kopírování média, na disk lze uložit copyright, který se při kopírování nepřenáší a podle toho se rozpoznávají nelegální kopie.

Použitelnost DVD lze určit pro jeden nebo několik *regionů*. Těchto regionů je stanoveno celkem 8, z toho 6 pro oblasti na Zemi (například Evropa je v regionu číslo 2, USA a Kanada mají region číslo 1), region 7 není stanoven a 8 je určen pro pohybující se oblasti (letadla, lodě apod.). DVD určené tímto způsobem pro některý region lze přehrávat pouze na přehrávači s tímto regionem nastaveným.

Přenosové rychlosti se stejně jako u CD udávají jako násobek základní rychlosti, tato základní rychlost je však odlišná. Označení 1× odpovídá u DVD rychlosti 1350 kB/s, což je rychlost 9× pro CD.

8.6.3 Struktura přepisovatelného disku

Struktura přepisovatelného disku (včetně CD/DVD-R) je dána použitou technologií vypalování. Obvykle tam najdeme několik *typů zón*:

- *vnitřní zóna* většinou obsahuje tabulku obsahu disku (TOC), administrační informace (například počet stop a umístění jejich začátku a konce), testovací a kalibrační informace,
- *Lead-In* – bezpečnostní a administrační zóna pro kontrolní data, identifikátor apod., je to zóna s informacemi o uložených souborech,
- *Lead-Out* – upozornění na konec disku,
- *vnější zóna* – administrační, testovací a kalibrační informace.

Kalibrační informace slouží ke kalibraci laseru pro zápis.



Další informace:

V časopisu Chip 09/2009 (článek „Obnova vašich dat z mobilních médií“ na str. 44–47) je stručně a názorně popsána ochrana proti ztrátě dat na CD a DVD včetně struktury bloků pro korekci chyb. Článek je dostupný

na adrese http://earchiv.chip.cz/cs/earchiv/vydani/r-2009/chip-09-2009/obnova-dat/_files/09-09-044-obnova-pdf.pdf.



Metody vypalování CD a DVD:

1. *DAO* (Disc-at-Once) – celý disk se vypálí najednou bez průběžného vypínání laseru, používá se například u hudebních CD. Disk je rozdělen na pět zón:

vnitřní zóna	Lead-in	data	Lead-out	vnější zóna
--------------	---------	------	----------	-------------

2. *TAO* (Track-at-Once) – najednou se vypálí jedna stopa, pak je laser vypnut, je možné kdykoliv přidat další stopy. Disk má strukturu podobnou předchozí, ale za Lead-out následuje prázdný prostor pro zápis dalších stop (každá stopa určená pro data obsahuje zóny Lead-in, data a Lead-out).

	vnitřní zóna		
1. stopa:	Lead-in	data první stopy	Lead-out
2. stopa:	Lead-in	data druhé stopy	Lead-out
atd.		⋮	
	vnější zóna		

3. *MultiSession* – Není nutné zapisovat najednou celý disk, najednou se zapisuje jen jediná session (relace) na jednu nebo více stop. Zóna Lead-in je jen jedna (vytvoří se při prvním vypalování), zóna Lead-out také jen jedna (vytvoří se při posledním vypalování). TOC je vytvořen až při posledním vypalování zároveň s Lead-out.

Při ukončení vypálení takové session, která ještě nemá být na disku poslední, se místo Lead-out vloží za data *blok uzavření*, na začátku vypalování následující session se začíná vložením *bloku otevření* a až pak následují data. Za daty poslední vypálené session se již místo bloku uzavření vloží zóna Lead-out. Níže vidíme strukturu disku vypáleného v režimu MultiSession (již celý zaplněný, včetně závěrečných sekcí). Zapisované úseky dat mohou mít samozřejmě různou délku.

vnitřní zóna		
Lead-in	data ₁	blok uzavření
blok otevření	data ₂	blok uzavření
blok otevření	data ₃	blok uzavření
	⋮	
blok otevření	data _n	Lead-out
vnější zóna		

4. *Incremental Recording* (u DVD) – podobné jako MultiSession, ale bez uzavíracích a otevíracích zón. Na začátku prvního zápisu se vytvoří zóna Lead-in, pak se disk postupně zaplňuje a na konci posledního zápisu se vytvoří zóna Lead-out. Dokud není tato poslední oblast vytvořena, není disk čitelný v mechanikách nepodporujících tuto metodu, po jejím vytvoření je struktura disku podobná disku s metodou DAO.

5.  *Sequential Recording* – podobné jako Incremental Recording, ale z důvodu lepší kompatibility s jinými mechanikami se za každým zápisem dat vytvoří dočasná zóna Lead-out, při dalším zápisu na disk se tato zóna přepíše daty (a vytvoří se nová dočasná zóna Lead-out).
6.  *Mount Rainier* (také paketový zápis) – není kompatibilní s ostatními způsoby zápisu, tyto disky lze zapisovat pouze ve vypalovačce označené „Easy Write“. Číst je lze sice i v nekompatibilních mechanikách, ale jen pomocí přídatného softwaru (například EasyWrite Reader).

Mount Rainier je implementací paketového zápisu, to znamená, že data jsou vypalovačce posílána v paketech o velikosti 2 kB. Další důležitou vlastností je zavedení řízení chyb. Součástí disku je kromě jiného také oblast DMA (Deffect Managed Area). Pokud je nalezen vadný sektor, je přemapován sektorem z DMA.

7.  *Random Recording* – jedná se o metodu velmi podobnou metodám pro pevné disky, data mohou být zapisována kdykoliv a kamkoliv.

 **Pojmenování a organizace souborů:** Při vypalování bychom také měli nastavit normu pro pojmenování souborů a adresářů. Nejstarší používaná norma pro CD je *ISO 9660*, která stanoví osm znaků pro název a tři znaky pro příponu souboru. Protože se dnes běžně používají dlouhé názvy souborů a také diakritika, tuto normu obvykle nevolíme.

Hodně používaná je *ISO 9660 Level 2* (taktéž pro CD), která rozšiřuje prostor pro názvy souborů na 30. Dále se setkáme s normami *Joliet* a *Romeo* (v překladu Julie a Romeo). Joliet ukládá názvy souborů ve dvou tvarech najednou – dlouhý název převzatý z operačního systému a pak ještě zkrácený název čitelný v MS DOSu. Romeo ukládá pouze dlouhý název (128 znaků).

Při vypalování DVD se používají jiné normy (souborové systémy). Nejpopulárnější je *UDF* (používá se pro DVD, ale lze jej využít i pro CD). Podporuje dlouhé názvy souborů. V unixových systémech včetně Linuxu je běžně čitelný, ve Windows od verze 2000.

Na DVD je také možné používat souborový systém *MRW*. Je novější než UDF a má několik nových vlastností, z nichž asi nejzajímavější je vylepšená správa chyb.

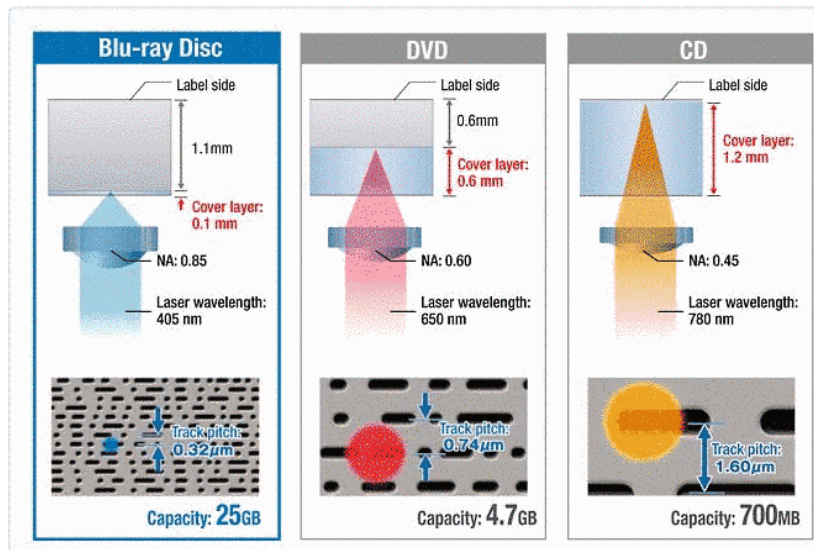
8.6.4 Blu-Ray

Blu-Ray disky mají opět z důvodu zpětné kompatibility stejné rozměry jako CD/DVD včetně tloušťky 1,2 mm. Data se ukládají na spirále, laserový paprsek má vlnovou délku 405 nm (modré světlo, i když fyzikálně se jedná spíše o fialové). Díky této vlnové délce a menší vzdálenosti hlavy od povrchu bylo možné opět zvýšit kapacitu disku – jednovrstvé Blu-Ray o průměru 12 cm má kapacitu 25 GB, dvouvrstvé až 50 GB.

 Varianty Blu-Ray:

- BD-ROM – pouze pro čtení, lisovaný ve výrobě
- BD-R – jednorázový zápis
- BD-RE – přepisovatelný
- BD-AV – pro domácí amatérská videa

¹⁴Zdroj: <http://www.root.cz/clanky/vyvoj-optickych-pameti-od-dvd-k-blu-ray/>

Obrázek 8.17: Srovnání CD, DVD, Blu-Ray¹⁴

- BDMV (Blu-Ray Disk Movie) – pro profesionální video jako varianta BD-ROM
- BD-J (Java) – interaktivní Blu-Ray využívající Javu
- Mini-BD – menší rozměr (8 cm)

Přidáním „DL“ se označuje dvouvrstvé médium, přidání BD+ (pro BD-ROM) znamená využití níže popsané hardwarové ochrany.

Video může být kódováno několika různými algoritmy: MPEG-2 (ten zvládlo i DVD), H.264/ MPEG AVC, VC-1.

 Pro ochranu obsahu (DRM) se u Blu-Ray (a také u HD DVD) původně využíval systém AACS (Advanced Access Content System), který však byl prolomen. Proto byla přidána nová hardwarová ochrana *BD+ klíč* od firmy Cryptography Research, jedná se o součástku, která musí být výrobcem přidána do mechaniky (příp. stolního přehrávače).

Tento typ disku měl původně konkurenci v HD DVD, ale tato konkurence odpadla. Svými vlastnostmi jsou oba typy disků poměrně podobné.

8.6.5 Životnost a údržba optických médií

Co škodí?

- světlo, UV záření
- vyšší teploty (ideální je kolem 25 °C nebo nižší)
- velká vlhkost (oxidace reflexní vrstvy), může se dovnitř dostat z boční části
- ohýbání, lámání, atd.
- kouř (také z cigaret)

Další vlivy: použitý materiál reflexní vrstvy (nejlepší je zlato), použité organické barvivo, způsob výroby nosné vrstvy, přesnost tvaru disku (středová část), kvalita vypalovačky a jejího firmwaru, vhodná rychlost zápisu.

Po určité době (zvláště v rizikovějším – například prašném či zakouřeném – prostředí) se optická mechanika zaneše. Projevuje se to chybami při čtení a zápisu, nemožností přečíst některá CD či DVD apod.

 Pokud se setkáme s těmito příznaky, pak bychom měli mechaniku co nejdříve vyčistit. Sice se prodávají čistící sady, ale jejich účinnost není zrovna nejlepší. Proto je vhodnější použít tento postup:

- mechaniku vymontujeme z počítače, odpojíme všechny kabely,
- rozšroubujeme, najdeme čočku (je malá, má průměr menší než centimetr),
- *opatrně* vyčistíme čočku vatou namotanou na špejli (nebo lépe využijeme vatové tyčinky) namočenou v *izopropylalkoholu* (dá se koupit v drogeriích),
- necháme odpařit, zašroubujeme, připojíme, vyzkoušíme.



Poznámka:

Rozhodně nepoužíváme přípravky na čištění oken! Tak bychom čočku mohli poškodit, přinejlepším by na ní ulpěla vrstva, která by zkreslovala čtení i zápis. Pokud nemáme izopropylalkohol, použijeme jen suchou vatu, ale to funguje jen proti lehkému naprášení. Při čištění je třeba dávat velký pozor, nesmíme přitlačit, čočka je obklopena jemnými součástkami, které by se mohly poškodit.



Další informace:

Postupy čištění optické mechaniky a seřízení optiky najdeme například na <http://www.bastleni.eu/vypocetni-technika/51-opticka-mechanika>.



8.6.6 Technologie přímého popisku

Existuje několik technologií přímého popisu DVD v mechanice. V současné době najdeme mechaniky podporující technologie LightScribe a LabelFlash.

LightScribe (2004, Hewlett-Packard) je technologie pro vytváření popisků optických disků CD-R a DVD+/-R přímo v mechanice, bez destrukce datového obsahu. Nejdříve jsou vypálena data na jednu datovou stranu, pak je třeba disk v mechanice otočit a pak se na druhou stranu vypálí popisek. Vypálený popisek je v odstínech jediné barvy.

LightScribe vyžaduje speciální CD/DVD (když je kupujeme, díváme se, jestli podporuje LightScribe). Toto médium obsahuje vrstvu barviva, které po ozáření IR laserem změní barvu. Stejně jako při zápisu dat, i zde laser postupuje po spirále.

Abychom mohli LightScribe využívat, musíme mít kromě správného CD/DVD také podporovanou optickou mechaniku (včetně ovladačů) a vypalovací software, který tuto technologii podporuje.

LabelFlash (2005, firma NEC) je konkurentem LightScribe. Je založena na starší technologii (DiscT@2 od firmy Yamaha z roku 2002), NEC získala licenci na DiscT@2 a rozvinula na vlastní technologii.

Zatímco LightScribe vypaluje na opačnou stranu než je datová a DiscT@2 vypalovala na datovou stranu, LabelFlash dokáže vypálit popisek na obě strany média (ale to je také záležitost vypalovačky, mnohé podporují jen vypalování na jednu stranu, datovou).

Potřebujeme optickou mechaniku podporující LabelFlash (seženeme vesměs jen od NEC), speciální optické médium potřebujeme v případě, že chceme vypalovat na obě strany (pokud chceme popisek jen na jedné – datové – straně, tak stačí většina dnes prodávaných datových médií, i když ne pro všechna to platí, a taky vypalovačka, která umí popisek vypálit do datové vrstvy), a dále opět software, který dokáže s LabelFlash pracovat.

Obecně platí, že LightScribe vytváří o něco lépe vypadající popisky, zatímco popisky LabelFlash mívají delší životnost.



Další informace:

- Průvodce vypalováním – LightScribe:
http://www.svethardware.cz/art_doc-372C1CEFE8DA56D4C125716D00354CB2.html
- Průvodce vypalováním – LabelFlash:
http://www.svethardware.cz/art_doc-84918F0943505B29C12571410065393E.html



8.7 Flash paměti

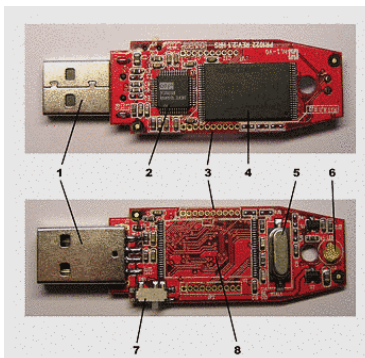
Flash paměti se v počítačích ve skutečnosti využívají již velmi dlouho, a to jak u vnitřních, tak i u vnějších pamětí. U vnitřních jsme se setkali například s využitím pro uložení kódu BIOSu.

Jde o čistě elektronické řešení (čtení a zápis probíhají elektronicky, nepoužíváme laser ani magnetismus). Zatímco u vnitřních flash pamětí jde většinou o čipy s obvody typu NOR, u vnějších pamětí se typicky používají obvody typu NAND. Oba typy jsou vlastně paměti typu RAM, ale jejich obsah vydrží i po odpojení od zdroje napětí.

8.7.1 USB flash disk

USB flash disk je v podstatě klíčenka vybavená pamětí typu flash s rozhraním USB. Toto řešení je komerčně dostupné od roku 2000. USB flash disk se skládá z

1. paměťového čipu NAND
2. Mass Storage Controller – čip pro komunikaci s počítačem



1. USB konektor
2. Mass storage controller
3. Testovací kontakty
4. Flash paměť
5. Krystalový oscilátor
6. LED
7. Zámek
8. Místo pro druhou flash

¹⁵Zdroj: http://cs.wikipedia.org/wiki/USB_flash_disk

3. konektor USB (USB-A male)
4. krystalový oscilátor pro hodinový signál
5. další – LED dioda, obal, krytka, příp. zámek pro blokaci zápisu

Pro USB flash disky je typické to, co známe i od jiných typů pamětí – zápis probíhá *v blocích* a je částečně destruktivní (počet přepisů paměťové buňky je omezen).



Poznámka:

Jak bylo výše uvedeno, flash paměti mají omezený počet zápisů do paměťových buněk. Z toho důvodu není vhodné na tomto typu média používat souborový systém NTFS, který je optimalizovaný spíše pro klasické pevné disky (má vysokou režii, ukládá velmi mnoho informací a navíc hodně často). Proto se na USB flash discích setkáváme spíše se souborovými systémy, které jsou v tomto směru šetrnější – FAT32, exFAT a na Linuxu ext2fs.



8.7.2 SSD

SSD (Solid State Drive) je alternativa k běžnému pevnému disku. Třebaže se o SSD často mluví jako o „disku“, ve skutečnosti uvnitř neobsahuje prakticky nic, co by mělo diskovitý tvar.

Oproti klasickým pevným diskům se vyznačuje (relativně) nižší spotřebou energie (záleží na způsobu využívání), nízkou hmotností, malými rozměry, tichým chodem, vysokou spolehlivostí (žádné pohyblivé části, nic se mechanicky neopotřebovává).

Vzhledem k poměrně vysoké ceně flash čipů se v noteboocích setkáváme s SSD disky s obecně nižší kapacitou než u klasických disků. Také je horší poměr cena/kapacita.



Další informace:

Srovnávacími testy je internet téměř zahlcen, zajímavý test najdeme například na

<http://www.tomshardware.com/reviews/ssd-hard-drive,1968.html>,

<http://earchiv.chip.cz/cs/earchiv/vydani/r-2010/souboj-disku.html>.



Z mnoha testů vyplývá, že SSD disky mají nižší spotřebu než HD. Ovšem tuto spotřebu si udržují po celou dobu, i když zrovna nejsou používány, kdežto HD spotřebovávají energii jen v době, kdy rotují (mnoho uživatelů na desktopu má nastaveno automatické zastavování disků při delší době nečinnosti). Proto se spotřeba SSD a HD špatně srovnává, záleží na skutečném využívání disku.

Z důvodu kompatibility fyzických rozhraní mívají SSD disky stejné rozměry a rozhraní jako běžné disky (ne vždy, SSD lze získat i ve formě rozšiřující karty). Programové rozhraní by také mělo být stejné, tj. operační systém (obvykle) nerozlišuje mezi SSD a HD diskem. U nejnovějších operačních systémů se předpokládá schopnost detekce typu disku (Windows 7 už dokážou detekovat SSD a pro nejnovější jádra Linuxu to také není problém).

 Paměťová buňka v SSD může být jednoho ze těchto typů:

- *SLC* (Single Level Cell) – rozpoznává 2 úrovně napětí, které jsou interpretovány jako 0 nebo 1, do SLC buňky lze tedy uložit 1 bit,
- *MLC* (Multi Level Cell) – rozpoznává 4 úrovně napětí, tedy je možné do ní uložit dva bity (hodnoty 00, 01, 10, 11),
- *TLC* (Triple Level Cell) – rozpozná 9 úrovní napětí, do paměťové buňky ukládáme tři bity.



Poznámka:

SSD se SLC buňkami jsou dražší (horší poměr cena/kapacita), ale pomaleji se opotřebovávají, déle vydrží. Zatímco SLC buňky fyzicky přežijí asi 100 000 zápisů, MLC buňky pro dva bity cca 2000 zápisů, TLC cca 1000 zápisů. Ovšem pozor, nejedná se o tak výrazné omezení, jak by se z těchto čísel mohlo zdát. K tomuto tématu se vrátíme o něco dále.



 Paměťové buňky (flash) jsou organizovány *v blocích*, každý blok obsahuje stanovené množství stránek (o velikosti několika kB, obvykle 4 kB); operační systém obvykle pracuje s jednotlivými stránkami, ale flash paměť dokáže pracovat jen s celým blokem najednou (to platí obecně pro všechny flash paměti, obvyklá velikost je 128–512 kB).

Mechanismus zápisu: Narozdíl od HD má řadič disku SSD mnohem více práce. Jedním z jeho úkolů je co nejvíce eliminovat škody způsobené mnohočetným zapisováním do paměťových buněk. Zápis probíhá takto:

- jak bylo výše napsáno, pracuje se s celými bloky, proto si řadič vypomáhá vyrovnávací pamětí (bufferem), jehož velikost odpovídá velikosti bloku,
- řadič do bufferu přenesení data, která mají být uložena (jednu nebo několik stránek), tak i ten zbytek bloku, který nemá být po zápisu změněn, tedy v bufferu se utvoří blok v tom tvaru, v jakém má být po ukončení zápisu,
- blok, do kterého se má obsah bufferu uložit, se celý smaže (flash paměť dokáže zapisovat jen do takového bloku, který byl smazán),
- pak teprve dojde k zápisu bloku (vcelku) na místo.

Mazání není nutné, pokud daný blok ještě nebyl používán. Proto SSD disk ze začátku vykazuje celkem slušné rychlosti zápisu, ale postupem času (jak se zaplňuje) se zápis stává pomalejší (operace mazání bloku je časově poměrně náročná).

 Proti tomuto zpomalení se dá bojovat dvěma způsoby:

1. SSD disk je ve skutečnosti vybaven větším množstvím paměti než dává na vědomí při detekci, místo navíc je používáno kromě jiného i k nastavení počtu smazaných bloků (to moc nefunguje).
2. Firmware SSD disku může podporovat (a dnes také obvykle podporuje) příkaz *ATA TRIM*, kterým operační systém informuje řadič disku, že určité bloky v paměti mají být smazány, operace mazání se

tedy může provést nezávisle na zápisu nových dat. Ovšem tento ATA příkaz musí být podporován i na straně operačního systému.

U HD disků není nutné používat příkaz TRIM, protože současné souborové systémy provádějí jen „lehké“ mazání, které při smazání souboru pouze smaže odkaz na tento soubor a skutečné místo na disku, které soubor zabíral, zůstává nedotčeno. U SSD se však jedná o důležitou vlastnost, která může zabránit zbytečnému zpomalování zápisu.



Poznámka:

Příkaz TRIM je podporován ve Windows až od verze 7, v Linuxu se podpora TRIM objevila už v první polovině roku 2009. Ne všechny SSD ve svém firmwaru tento příkaz obsahují, ale v budoucnu se to má změnit a většina výrobců také chystá update starších firmwarů s dodáním tohoto příkazu. Proto bychom se při koupi SSD měli zajímat o to, jestli řadič podporuje TRIM.



 **Životnost SSD.** Již výše bylo uvedeno, že paměťové buňky typu SLC mají životnost cca 100 000 zápisových operací, MLC jen 3000 zápisů a TLC pouze 1000 zápisů. Což by znamenalo, že například SSD s flash čipem obsahujícím MLC buňky lze 3000× přepsat (kompletně celý, takže vynásobte kapacitou SSD), než budou všechny buňky nepoužitelné. Problém postupného opotřebování paměťových buněk (respektive celých bloků) při zápisu se řeší takto:

1. Je třeba dát navědomí operačnímu systému, že jde o SSD a nikoliv o klasický pevný disk, operační systém pak provede určitá nastavení, kterými se sníží počet zápisů.
2. Oproti udané kapacitě SSD je skutečná kapacita flash čipu větší. Paměťové oblasti, které jsou „navíc“, slouží kromě jiného k postupnému nahrazování těch používaných bloků, které se již přiblížily hranici své životnosti.
3. Aby byly paměťové buňky využívány co nejrovnoměrněji, firmware SSD používá souhrn algoritmů nazývaných *Wear Levelling*.

Nejdřív se podíváme na metodu *Wear Levelling* (v překladu něco jako „vyrovnání opotřebení“). Tato metoda spočívá v tom, že u každého paměťového bloku se zaznamenává počet zápisů:

- bloky s menším počtem zápisů jsou preferovány při dalších operacích zápisu (*dynamický Wear Levelling*, porovnávání probíhá při každém zápisu),
- bloky obsahující často aktualizovaná data (například log soubory) se čas od času přesunou na jiné místo na disku do dosud méně frekventovaných oblastí, případně se vymění s bloky, do kterých není moc zapisováno (*statický Wear Levelling*).

Opotřebení může redukovat i operační systém, pokud v tomto smyslu dokáže zacházet s SSD diskem. Z hlediska operačního systému (a také procesů) jsou pro SSD nebezpečné některé jinak běžné a užitečné operace:

- defragmentace nejenže nemá u SSD smysl (logické řazení buněk je zcela jiné než fyzické), ale naopak nadbytečné stěhování dat SSD škodí,

- Ready Boost (nastavení vyrovnávací paměti disku flash pamětí) nemá smysl, protože SSD je flash paměť, zrychlení je nulové a dokonce zbytečné kopírování na přídatnou flash paměť může systém mírně zpomalit,
- Prefetch a Superfetch jsou opět zbytečné,
- Volume Shadow Copy slouží k urychlení zálohování systémových dat (ukládá na disk do zvláštní oblasti systémové soubory, aby mohly být zálohovány bez nebezpečí ztráty integrity na straně originálních souborů), ale pokud tato data soustavně nezalohujeme, je tato služba bez významu (navíc zbytečně zabírá místo na disku),
- aplikace pro úplné mazání dat (likvidaci všech stop) fungují tak, že mazané místo mnohokrát přepisují náhodnými daty; jenže na SSD se ve skutečnosti nezapíše opakovaně na totéž místo, takže jen zbytečně snižujeme životnost disku,
- ukládá se mnoho dat do log souborů, používají se dočasné soubory, cookies, atd., také u mnoha aplikací včetně internetových prohlížečů.



Poznámka:

Starší operační systémy nedokážou detekovat SSD (poznají, že jde o paměťové médium, ale ne, že jde o SSD), a proto s tímto typem disku zacházejí stejně jako s běžným magnetickým diskem. Proto bychom měli potřebná nastavení provést sami, například vypnout službu defragmentace, Prefetch, Superfetch, Ready Boost, Volume Shadow Copy, a také omezit používání dočasných souborů a dalších podobných dat.



Další informace:

Rady jak zacházet s SSD diskem najdeme na internetu, zajímavé jsou například tipy na <http://tombuntu.com/index.php/2008/09/04/four-tweaks-for-using-linux-with-solid-state-drives/>.

Další informace o SSD:

- <http://www.chip.cz/clanky/trendy/2009/11/optimalizace-windows-pro-ssd-disky>
- http://www.svethardware.cz/art_doc-90BC248F94714B88C12575B4003F5730.html



 Také u SSD se používá technologie NCQ, ale funguje trochu jinak. Také se používá fronta 32 (odložených požadavků (přenášená data, ale také potvrzení po vyplnění požadavku na data), a to oficiálně pro vyrovnání latencí mezi SSD a systémem (vyrovnání rozdílů v rychlosti komunikace). Ve výkonnostních testech se však přínos NCQ u SSD moc neprojevuje.

8.7.3 Hybridní disky

Hybridní disk (SSHD) kombinuje v jednom pouzdře plotny běžného pevného disku a flash paměť používanou v SSD. Účelem je zachovat vysokou kapacitu běžných disků a rychlost SSD. Ve flash čipu jsou uložena

nejčastěji používaná data (ale pozor, záleží na firmwaru, jak konkrétně bude flash čip využíván), na plotnách pevného disku jsou uložena všechna data (tj. flash paměť zde funguje jako obdoba rychlé vyrovnávací paměti, i když vyrovnávací paměť je zde také). Na trhu existuje také varianta, kdy flash čip je v systému viditelný jako samostatný oddíl (tj. celý SSHD je vidět jako disk se dvěma oddíly). Pak má smysl nainstalovat na „flash oddíl“ systém a oddíl z pevného disku používat na data.

Flash čip mívá jen malou kapacitu (obvykle několik GB), proto nárůst ceny proti běžným pevným diskům není velký. Oproti samotným SSD je pravděpodobnější, že se u hybridních disků setkáme s kvalitnějšími SLC buňkami.

Obvyklé datové rozhraní u hybridních disků je SATA II nebo SATA III, stejně jako u SSD.

8.7.4 Paměťové karty

Paměťové karty jsou také flash paměti. První karty (PCMCIA karty) používaly obvody NOR, současné flash paměti včetně karet již využívají NAND obvody, stejně jako USB flash disky a SSD.

Flash paměť je uzavřena v tenkém pouzdře. Kontakty nejsou zakryté, což negativně ovlivňuje životnost (kontakty se postupně opotřebovávají a navíc jsou vystaveny vnějším vlivům). Paměťových karet existuje více druhů. Jsou navzájem nekompatibilní a liší se i svými rozměry. Nekompatibilitu se dají vyřešit koupením redukce.

Paměťové karty se většinou používají v přenosných zařízeních (smartphony, PDA, notebooky, digitální fotoaparáty, videokamery, apod.), ale lze koupit i čtečku pro desktop.

SD (Secure Digital) měla kapacitu původně omezenou na 2 GB. Novější forma, *SDHC* (také SD 2.0), má již vyšší kapacitu (několik desítek GB, do 32 GB), jen ji nelze používat ve starších čtečkách pro SD. V současné době se můžeme setkat i s další generací – *SDXC* (Secure Digital eXtended Capacity) má horní hranici 2 TB. Opět je třeba mít čtečku podporující tento formát.

Existují také rozměrově menší varianty microSD (často slouží k rozšíření paměti smartphonů) a miniSD.

 Co se rychlosti týče, pro SD karty existuje několik *rychlostních tříd*:

- Class 2 představuje minimální rychlost zápisu 2 MB/s,
- Class 4 znamená minimálně 4 MB/s,
- Class 6 znamená minimálně 6 MB/s,
- Class 10 znamená minimálně 10 MB/s.

Rychlostní třída by měla být uvedena na kartě pod logem. Obvykle s dodržením těchto rychlostí nebývá problém, SD karty mívají v reálu dokonce vyšší než udávanou rychlost.

 U některých karet se také můžeme setkat s označením Speed-Rating. Jedná se o násobnost rychlosti původní CD mechaniky podle červené knihy (tj. násobek 150 kB/s). Například označení 40× znamená rychlost zápisu $40 \times 150 \text{ kB/s}$, tj. 6 MB/s, tedy odpovídá označení Class 6.

Další typy paměťových karet: Compact Flash, Memory Stick, MultiMedia Card, atd.



Další informace:

Detailní porovnání různých paměťových karet:

http://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_memory_cards



8.8 Zálohování a archivace

 **Zálohování (backup)** je uchovávání dat, informací a vědomostí (obvykle pravidelné – denní, týdenní, měsíční) za účelem jejich obnovy v případě poškození dat na původním umístění. Provádí se na přepisovatelné médium (páska, magnetooptický disk, optický disk). Cílem je co nejrychlejší záchrana dat po havárii, ochrana provozuschopnosti informační soustavy, apod. Typy záloh:

1. *výchozí záloha systému* – slouží k rychlé obnově stavu systému v případě jeho poškození, zálohuje se *hned po instalaci* systému a programového vybavení
2. *úplná záloha* – podobně jako výchozí, ale provádí se pravidelně a zálohuje se vše stanovené
3. *inkrementální* – jednou se provede úplná záloha, pak se pravidelně provádějí inkrementální zálohy obsahující pouze ty soubory, které byly změněny od posledního zálohování (úplného nebo inkrementálního); když obnovujeme z inkrementální zálohy, musíme projít všechny zálohy od začátku (prvotní úplnou a pak aplikujeme jednotlivé inkrementální)
4. *rozdílová* – také je jednou provedena úplná záloha, a dále je pravidelně vytvářena rozdílová záloha vzhledem k té úplné, tj. v rozdílové jsou všechny soubory, které byly vytvořeny nebo změněny od doby, kdy byla vytvořena úplná záloha (jedna rozdílová obsahuje vše, co by jinak bylo v celém souhrnu inkrementálních záloh); obnova dat z rozdílové zálohy je rychlejší, bereme nejdřív úplnou zálohu a pak poslední provedenou rozdílovou

 **Archivace** je uchování dat na obvykle velmi dlouhou dobu (příp. stanovená zákonná lhůta) za účelem jejich případného dalšího využití (například mobilní operátoři musí uchovávat základní informace o hovorech svých klientů). Provádí se na přepisovatelné nebo nepřepisovatelné médium, obvykle se nepočítá s jejich aktualizací. Cílem je dlouhodobá úschova dat, uvolnění prostředků pro jiné účely, atd.

8.8.1 Magnetická páska

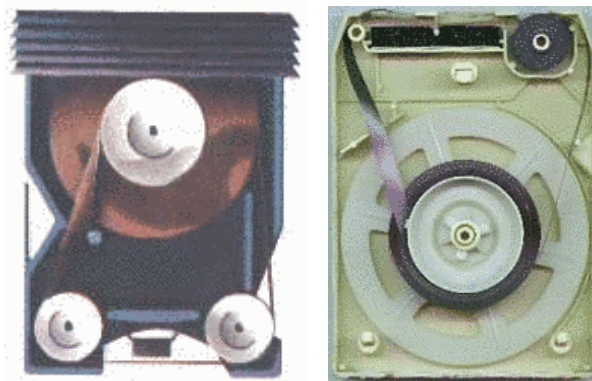
Základem magnetické pásky je pásek z fólie (polyesterová nebo z podobného materiálu s chemicky výhodnějšími vlastnostmi) dlouhá desítky až stovky metrů, na ni (z jedné nebo obou stran) je nanášena tenká magnetická vrstva (o tloušťce v mikrometrech). Páska je navinuta na cívku, může být zároveň s druhou cívku uzavřena v kazetě.

Narozdíl od většiny ostatních paměťových médií se při čtení/zápisu pohybuje páska, nikoliv hlavy. Výhodou je velmi příznivý poměr cena/výkon a dlouhá životnost, nevýhodou sekvenční přístup.

¹⁷ Zdroj: <http://www.root.cz/clanky/pametova-media-pouzivana-u-osmibitovych-mikropocitacu/>

Dříve byly magnetické pásky běžné u sálových počítačů, dnes se používají jako zálohovací médium (vysoká kapacita, při simultánním záznamu vysoká rychlost). U zálohovacích pásek se používají pásky *vícestopé* (8 stop nebo násobek 8, případně plus paritní stopy).

Sinclair ZX Microdrive je považována za přechodnou formu mezi kazetami s páskami a disketami. Páska je navinuta *na jediné cívce*, její konce byly spojeny (Möbiova smyčka). Díky spojení konců nebylo nutné implementovat zpětné převíjení, což zvýšilo životnost pásky a zkrátilo průměrnou přístupovou dobu k datům. Tento princip (vylepšený) se později používal i v dalších médiích, dodnes se využívá v audiovizuální technice.



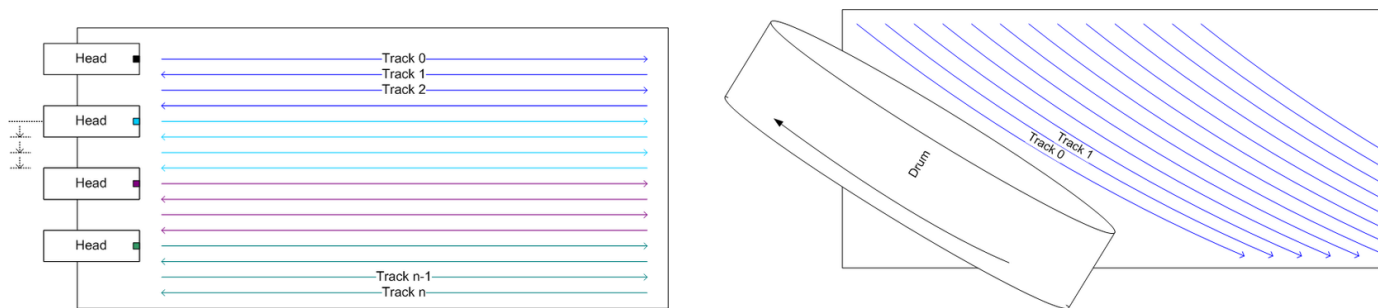
Obrázek 8.19: Möbiova smyčka v ZX Microdrive a v novějším AV zařízení¹⁷

8.8.2 Pásky momentálně používané pro zálohování

Nosnou vrstvou pásky je pružný plast, na kterém je nanesena magnetická vrstva. Obvyklé datové rozhraní je SCSI, SAS, někdy RJ-45, SATA nebo USB. V současné době se setkáváme s páskami využívajícími jeden z těchto způsobů záznamu:

1. lineární serpentinový zápis
2. spirálový záznam (Helical)

Srovnání základního principu těchto způsobů záznamu včetně role čtecích/zápisových hlav vidíme na obrázku 8.20.



Obrázek 8.20: Srovnání lineárního serpentinového (vlevo) a spirálového (vpravo) záznamu

Narozdíl od optických médií se magnetické pásky vyznačují velmi dobrou životností – podle konkrétního materiálu, provedení a technologie záznamu i v desítkách let. Kapacita se u jednotlivých technologií značně liší, i levnější typy mívají běžně kapacitu v desítkách GB. U kvalitnějších pásek bývá běžná hardwarová komprese.

DAT pásky jsou levné (v přepočtu na jednotku uložené informace). Materiál je podobný tomu, co dřív bylo používáno u video- a zvukových kazet, princip zápisu také (používá spirálový záznam). Formát odpovídá

starým zvukovým kazetám.

V současné době se DAT pásky dostanou v několika variantách – DDS2, ..., DDS6. Můžeme se také setkat s označením DAT 72, DAT 160, apod. podle kapacity (například DAT 72 má kapacitu 72 GB). Datová propustnost novějších verzí je kolem 10 MB/s.



Obrázek 8.21: DAT mechanika a kazeta

DLT (Digital Linear Tape) jsou o něco dražší, ale obvykle mívají vyšší kapacitu a rychlost zápisu. Používá lineární serpentinový záznam. Novější verze – **SDLT** – využívá k synchronizaci čtecích/zápisových hlav laser.

 **LTO, Ultrium** (Linear Tape Open) využívá lineární vícekanálový serpentinový zápis na půlpalcové pásce a hardwarovou kompresi dat.

Dnes se u LTO pásek setkáváme především s variantou Ultrium s 384 podélnými stopami při délce pásky 600 m. Pro urychlení čtení dat lze v jednom okamžiku číst 8 sousedních stop (u novějších dokonce ještě více). Typická kapacita je ve stovkách GB až jednotkách TB.



AIT (Advance Intelligent Tape) využívá spirálový záznam dat na 8mm pásce (existují verze s půlpalcovou páskou).



Obrázek 8.23: DLT kazeta, kazeta LTO Ultrium a kazeta AIT

8.9 Co se chystá u pevných disků

SSD zatím nejsou tolik rozšířeny, kromě jiného z důvodu jejich vysoké ceny (také poměru cena/kapacita). Předpokládá se pokles cen nejen SSD, ale obecně všech NAND flash pamětí.

Podobně jako u procesorů, také u NAND pamětí se hovoří o xx-nanometrové technologii výroby (momentálně většinou 34nm nebo 50nm). Probíhá postupný přechod na novou 25nm technologii. Se změnou technologie přicházejí i další změny – zatímco u 34nm a 50nm SSD je velikost stránky 4 kB, u 25nm SSD je velikost stránky 8 kB.

HAMR diský (Heat-Assisted Magnetic Recording) je technologie, která vychází z původního magnetického záznamu na klasických pevných discích a přidává jednu důležitou vlastnost, která zpřesňuje zápis (jeden bit, vlastně impuls, je možné zapsat do mnohem menšího místa) – umožňuje vyšší hustotu zápisu.

Během zápisu dochází k zahřátí povrchu plotny nad Curieův bod pomocí laseru, čímž se změní fyzikální vlastnosti povrchu a je možné umístit impuls přesněji. Vpodstatě se jedná o princip velmi podobný tomu, na kterém fungují magnetooptické disky.

HAMR disk už byl vyvinut firmou Seagate, očekává se jeho uvedení na trh.

HRD. Už celá léta probíhá výzkum technologie, která má být pokračováním klasických pevných disků a konkurencí novějších SSD. Jedná se o HRD (Hard Rectangular Drive). Dá se říct, že tato technologie kombinuje výhody klasických pevných disků (HDD), SSD a taky starobylých bubnových pamětí. Princip je následující:

- data jsou uložena na obdélníkové plotně (rectangular), která nahrazuje původní kotouče z HDD, záznam je oboustranný,
- na obou stranách plotny jsou obdélníkové sektory,
- každý sektor má vlastní čtecí/zápisovou hlavu, hlavy jsou nanесeny litografickou cestou na povrchy obklopující datovou plotnu,
- celkem je 64 hlav, které mohou pracovat paralelně (víc zatím firmware prototypu nezvládne),
- hlavy se nepohybují, naopak se pohybuje (kmitá, osciluje) plotna s daty (maximální rozsah pohybu odpovídá rozměrům jednoho sektoru).

Zveřejněný prototyp o kapacitě 36 GB pracuje s rychlostí 160 000 iops (vstupně/výstupních operací za sekundu), což odpovídá klasickému HDD pracujícímu na 96 000 rpm. Teoretická přenosová rychlost je 500 MB/s, což je dokonce výrazně více než u SSD (SSD mívají rychlost čtení něco nad 200 MB/s, HDD jen v desítkách MB/s). Podobně jako SSD, také HRD mají nízkou spotřebu energie, vyšší odolnost (není tam klasický motorek roztáčející plotny) a navíc, protože se jedná o magnetické médium, nehrozí opotřebení paměťových buněk, se kterým se setkáváme u SSD.

HRD je vyvíjen společností DataSlide ve spolupráci s některými univerzitami.



Další informace:

- <http://pctuning.tyden.cz/hardware/disky-cd-dvd-br/18914?start=5>

-
- http://www.theregister.co.uk/2009/06/15/dataslide_berkeleydb/
-



Rozšiřující karty

V této kapitole se věnujeme rozšiřujícím kartám, zejména grafické, zvukové a síťové kartě.

9.1 Co je to rozšiřující karta

Rozšiřující karta (adaptér, přídatná karta) je modul, kterým se rozšiřuje funkčnost základní desky. Je vyrobena z podobného materiálu jako základní deska a má hodně podobnou strukturu. Připojuje se k základní desce (a tím i k procesoru) zasunutím do slotů na sběrnici.

Pokud má karta vnější konektory, jsou umístěny na jedné straně (hraně), která je dostupná vně skříně.

Karty rozlišujeme především podle určení (funkce) – grafická, síťová, zvuková, atd.

Podle rozhraní:

- typ slotu (sběrnice) na základní desce – IDE, PCI, AGP, PCIe×1, PCIe×16, ExpressCard
- připojení periférií na kartu – vnější a vnitřní konektory

9.2 Grafická karta

Grafická karta (videokarta) slouží k ovládání grafiky zobrazené většinou na monitoru. Jejím úkolem je zpracovat a transformovat grafická data do podoby, které rozumí monitor či jiná zařízení ke kartě připojená. Dnes bývá často integrovaná na základní desce, u notebooků je to prakticky pravidlem. V této době jsou nejběžnější grafické karty firem ATI a nVidia.

 U integrovaných grafik se vlastně nejedná o karty jako takové, proto spíše mluvíme o grafických čipech (pokud se jedná o samostatný čip na základní desce) a nebo spíše o grafických jádrech (integrovaných v čipsetu nebo procesoru). Integrované grafiky mají tyto vlastnosti:

- pro kancelářské použití dostačující
- levnější (ušetříme několik tisíc korun)
- paměť si bere z operační paměti, tedy spolupráce grafiky s pamětí je pomalejší, zatěžuje základní desku
- volí se spíše slabší grafická jádra, aby základní deska nebyla tak zatěžovaná

 Grafické karty (*dedikované*, tj. ne integrované) připojujeme do slotu těchto sběrnic:

- AGP – starší karty
- PCIe×16

9.2.1 Základní typy zobrazení a obsah videopaměti

Textový režim umožňuje zobrazovat jen text (v barvách, případně blikající). Setkáme se s ním obvykle při startu systému, v BIOSu (ne v jeho pokračovateli) a v textových konzolách (také Příkazový řádek Windows pracuje v textovém režimu, třebaže emulovaném), dříve byl běžný na terminálech.

Textový režim lze provozovat v několika různých *rozlišeních* (počet řádků a sloupců na zobrazitelné znaky), například 80 × 25 znamená 80 sloupců a 25 řádků, na obrazovku se vejde celkem $80 \times 25 = 2000$ znaků.

 V *kódové tabulce* (tabulce znaků) jsou specifikace pro jednotlivé znaky. Tyto tabulky můžeme brát jako pole znaků, každý znak má v tomto poli svůj index (pořadí), tedy číslo, které (zároveň s informací o tom, se kterou tabulkou právě pracujeme) jednoznačně tento znak určuje.

Takových kódových tabulek existuje více. Hlavní odlišnost je v počtu bitů (nebo Bytů), do kterých je index (kód) uložen, a samozřejmě v tom, jaké znaky v tabulce jsou. Od počtu bitů na znak se odvíjí také rozsah tabulky a tím i množství znaků, které v se v tabulce nacházejí.

U nás se v MS-DOSu používala tabulka *Latin2*, ve Windows už mnoho let přetrvávala tabulka *Windows 1250*, na obrázku 9.2 je jejich porovnání. Obě tyto tabulky kódují znaky do 8 bitů, a tedy lze podle nich reprezentovat maximálně 256 znaků (2^8).

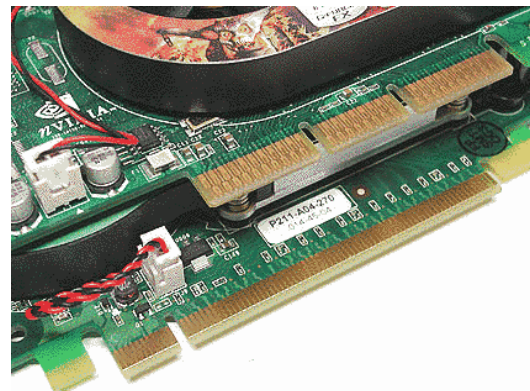
V současné době to rozhodně nestačí (zvláště u východních jazyků, kde jeden znak nepředstavuje hlásku, ale obvykle slabiku nebo celé slovo), proto se často používají některé tabulky s kódem *Unicode*, nejčastěji ve formě označované jako UTF-8. V Linuxu i v jiných unixových systémech se už velmi dlouho používá kódování UTF-8 (pro všechny jazyky), ve Windows od verze 2000 konečně také.

 Existuje několik variant Unicode – UTF-32 (všechny znaky kóduje do 32 bitů), UTF-16 (některé znaky na 16 bitech, jiné na páru dvou 16bitových čísel) a UTF-8 (jeden znak je kódován 8, 16, 24 nebo 32 bity). Nevýhodou proměnlivé délky kódů znaků je složitější zpracování, výhodou je (oproti „pevné šířce“) poměrně úsporná velikost souborů s tímto kódem při zachování velkého množství znaků, které lze reprezentovat.



Další informace:

UTF-8 si můžeme prohlédnout například na <http://www.fttrain.com/unicode/> (nad tabulkou je několik posuvníků, kterými určujeme zobrazované kódy).



Obrázek 9.1: Spodní hrana grafických karet AGP (nahore) a PCIe×16²

²Zdroj: <http://www.tomshardware.com/reviews/pc-interfaces-101,1177-16.html>



	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10											30	!	"	#	\$	%	&	'			
20											40	(	)	*	+	,	-	.	/	0	1
30											50	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;
40											60	<	=	>	?	@	A	B	C	D	E
50											70	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
60											80	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
70											90	Z	[	\	]	^	_	`	a	b	c
80											100	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m
90											110	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w
100											120	x	y	z	{		}	~			
110											130										
120											140	Š	š	Ž	ž	Č	č	Š	š	Ž	ž
130											150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
140											160										
150											170	Š	š	Ž	ž	Č	č	Š	š	Ž	ž
160											180										
170											190	Š	š	Ž	ž	Č	č	Š	š	Ž	ž
180											200	Š	š	Ž	ž	Č	č	Š	š	Ž	ž
190											210	Š	š	Ž	ž	Č	č	Š	š	Ž	ž
200											220	Š	š	Ž	ž	Č	č	Š	š	Ž	ž
210											230	Š	š	Ž	ž	Č	č	Š	š	Ž	ž
220											240	Š	š	Ž	ž	Č	č	Š	š	Ž	ž
230											250	Š	š	Ž	ž	Č	č	Š	š	Ž	ž
240																					
250																					

Obrázek 9.2: ASCII tabulky Latin2 a Windows 1250

 V textovém režimu je obrazovka rozdělena na *rastr* (mřížku) z buněk pro znaky uspořádaných do určitého počtu řádků a sloupců. Obsah těchto buněk je uložen ve videopaměti, což je paměťový prostor pro udržování aktuálního stavu obrazovky, můžeme si ho představit jako 2D pole. Pro každou buňku jsou zde uloženy dvě informace – ASCII kód znaku, který má být zobrazen, a dále jeho atribut. Každá z těchto informací zabírá jeden Byte, pro každou buňku tedy máme ve videopaměti 2 B. Fyzicky jsou ve videopaměti buňky uloženy „po řádcích“ za sebou, tj. nejdřív první řádek, pak druhý, atd.

Atribut znaku určuje především barvu. V nejběžnějším textovém režimu máme tedy pro atribut k dispozici 8 bitů, z nichž horní 4 se používají pro barvu samotného znaku ($2^4 = 16$ různých barev), další 3 bity pro barvu pozadí znaku ($2^3 = 8$ různých barev) a zbývající bit (v pozici mezi zmíněnými 4 a 3 bity) určuje, zda má znak blikat.



Příklad 9.1

Například na obrazovce je zobrazen tento barevný text:

a b c

pokud jsou ve videopaměti tyto údaje:

1 B	1 B	1 B	1 B	1 B	1 B
Znak	Atribut	Znak	Atribut	Znak	Atribut
'a'	0000 1111	'b'	0001 1110	'c'	0000 0100
					...

Atribut se skládá z osmi bitů, které určují barvu pozadí, textu a fakt, zda má znak blikat. Význam jednotlivých bitů je následující:

1 bit	3 bity	4 bity
blink	barva pozadí	barva textu



 **Stránky v textovém režimu:** stránka je paměťový blok ve videopaměti obsahující zobrazitelná data, na jednu stránku se vejde obsah obrazovky (ve skutečnosti se na ni vejde ještě o něco více, velikosti stránek jsou zarovnány obvykle na násobky kB). V grafickém režimu velikost stránky přibližně odpovídá rozlišení a barevné hloubce, v textovém režimu je velikost dvojnásobek počtu zobrazitelných znaků (ASCII kód a atribut) zaokrouhlený nahoru na mocninu dvou.

Většina karet v textovém (někdy i grafickém) režimu umožňuje používat stránky, se kterými lze pracovat i „offline“ – pro jedinou obrazovku existuje více stránek, z nichž jen jedna je právě vykreslena, ale lze ukládat data na kteroukoliv ze stránek a pak jen „přepnout“ zobrazení na tuto stránku. Výhodou je rychlejší vykreslování, protože při provádění změn na zobrazené stránce se po každé změně vykreslí celá obrazovka (třeba změna jediného znaku nebo jeho barvy), ale změny na stránce, která není zrovna zobrazená, se vykreslují, až se stránka zaktivní.

 **Grafický režim** umožňuje zobrazovat matici pixelů (zobrazitelných bodů). Každý pixel je určen pouze svou barvou z dané palety barev. Ve videopaměti (Frame Bufferu) je uložena informace o každém pixelu zvlášť a tedy pracujeme s jednotlivými pixely nebo stanovenými skupinami pixelů (například na úsečce, křivce). Množství potřebné paměti se odvíjí od rozlišení obrazovky a barevné hloubky (velikosti palety, množství barev, které lze zobrazit), opět jsou ve videopaměti údaje „po řádcích“, jen místo buněk se znakem a atributem tam máme uloženu barvu, kterou má daný pixel zobrazovat. Množství zabrané paměti je tedy ovlivněno těmito parametry:

- čím větší rozlišení je použito, tím více pixelů je třeba uložit,
- čím větší je barevná hloubka (čím více barev), tím víc bitů zabírá jeden pixel,
- další parametry mohou souviset s funkcemi podporovanými kartou.

V grafickém režimu je mezi procesem a videopamětí vždy rozhraní, které zápis jednotlivých objektů (například úseček, křivek, kružnic nebo i složitějších 3D objektů) překládá na práci s pixely.

 **Pseudografika** nabízí možnosti práce s (hrubými) grafickými objekty v textovém režimu. Obrázky nebo různé prvky rozhraní (menu, tlačítka, tabulky apod.) vytváříme pomocí speciálních znaků (různě velké obdélníky, intenzita je dána maskou rastru obdélníka), a to monochromatické nebo barevné (co nabízí textový režim).

Například v Latin2 lze použít znaky s ASCII kódem 176, 177, 178, 219, 220, 224, dále jednoduché a dvojité „tabulkové“ čáry, ale i běžná písmena. S pseudografickým rozhraním se setkáváme v BIOS Setup, ale i v mnoha dalších aplikacích. Vpravo je ukázka jednoduchého vystínovaného tlačítka vytvořeného z pseudografických znaků.



9.2.2 Vývoj grafických karet

 **Historie**

- CGA (Color Graphics Adapter) – kompatibilita s televizemi, 4 barvy
- MDA (Monochrome Display Adapter) – 2 barvy
- Hercules –oproti MDA zvládá také monochromatický grafický režim

- EGA (Enhanced Graphics Adapter) – 16 barev z palety 64 možných
- VGA (Video Graphics Array) – 16 barev, ale mnohem širší základní paleta pro výběr (2^{18} barev), používala rozlišení 640×480 pixelů
- SVGA – začaly se používat grafické akcelerátory, ze začátku jen možnost vykreslení nejčastěji používaných základních tvarů (úsečky, hardwarový kurzor, vyplňování oblasti apod.) – grafický čip

Vývoj grafických karet šel od úložných prostorů pro videopaměť přes 3D akcelerátory až k dnešním GPU.

3D akcelerátory byly vlastně grafický čipset, který měl vlastní jednoduché grafické API (aplikační programové rozhraní, tedy sadu funkcí, kterými ho bylo možné ovládat) a prováděl typicky zpracování objektové 3D reprezentace obrazu do 2D pole pixelů ve videopaměti. Akcelerátor se mu říká, protože urychluje zobrazování (výpočty nemusí provádět procesor, navíc 3D akcelerátor je na ně specializován).

 GPU (grafický procesor, Graphic Processing Unit) je další generací, svou funkčností trochu připomíná CPU (běžný procesor). GPU mají své API (v současné době často některou verzi DirectX, OpenGL a další API). S GPU tedy proces může přímo komunikovat pomocí příkazů příslušného API, bez zapojování hlavního procesoru.

 V současné době se setkáváme především s grafickými kartami těchto výrobců:

- nejznámější jsou *nVidia* a *AMD* (původně šlo o firmu ATI, která však nyní patří firmě AMD, proto dnes mluvíme o grafikách značky AMD),
- *VIA Technologies* (hodně v integrovaných řešeních),
- *Intel* produkuje pouze integrované grafiky, a to obvykle pro základní desky s patičí pro intelovské procesory či pro GPU v procesorech,
-  další výrobci se specializují jen na určité části trhu (například firma Matrox se specializuje na využití grafiky při CAD systémech a zpracování videa),
- mnoho výrobců grafických karet ve skutečnosti na těchto kartách používá grafické čipy od jiných (výše zmíněných) firem, například Asus, Gigabyte, MSI či Zotac, většinou jsou používány čipy od ATI nebo nVidia.

9.2.3 Struktura grafické karty

Grafická karta se obvykle skládá z těchto komponent:

- grafický procesor (GPU),
- paměť,
- RAMDAC (D/A převodník), používá se pouze tehdy, když k (digitální) grafice připojujeme zobrazovací zařízení přes analogový konektor, třeba D-SUB (pokud u LCD použijeme rozhraní DVI-D nebo DVI-I, případně HDMI nebo podobné, RAMDAC nepotřebujeme),
- chlazení (vzduchové, ale i vodní), slabším kartám stačí pasivní chlazení,
- VIVO (Video-in, Video-out) je obvod, který umožňuje také přijímat signál z televize nebo některého videozařízení, zároveň s ním najdeme i rozhraní TV-IN; tato funkce není u grafických karet zcela běžná,
- atd.

 **Paměť** grafické karty (coby paměťové čipy) slouží k uložení těchto informací:

- BIOS karty (firmware)
- vlastní *videopaměť* s obsahem obrazovky (*Frame Buffer* – zobrazované „rámce“)
- L1 a L2 cache

 Provedení paměti pro grafické karty může být různé:

- DRAM, EDO RAM, SDRAM – starší, levné, ale méně výkonné
- VRAM (VideoRAM, dvouportová, dvoubranová) – lepší řešení, výkonnější, dražší, je možné zároveň číst a zapisovat
- další starší varianty – SGRAM (Synchronous Graphic RAM) dovolující blokové operace, WRAM (Window RAM) dvouportová s blokovými operacemi
- GDDR paměti (Graphics Double Data Rate) – paměti určené přímo pro grafické karty, dnes buď starší GDDR3 nebo novější GDDR5 (mají zhruba dvojnásobnou propustnost a čtvrtinovou spotřebu oproti GDDR3)
- HBM (High Bandwidth Memory) – standardizováno r. 2013, nejnovější paměti od AMD a Hynixu, vyšší propustnost než GDDR

Na současných lepších grafických kartách najdeme obvykle GDDR paměti, na levnějších kartách jsou většinou paměti DDR3 nebo DDR2. V obchodech někdy můžeme narazit na specifikaci paměti DDR5, ale taková, jak víme, zatím neexistuje, tedy zřejmě půjde o GDDR5.

 **Grafický procesor (GPU)** vypočítává postupně všechny potřebné parametry obrazu a určí konkrétní hodnoty pixelů na různých pozicích ve videopaměti. GPU běžně používají skalární architekturu, tedy *pipeline* se nazývá cesta pro zpracování instrukcí, dnešní GPU mají více pipelines pracujících paralelně.

GPU tedy běžně zpracovává data paralelně. To sice umí i současné procesory (CPU), ale jsou zde jisté odlišnosti. Předně grafický procesor obsahuje mnohem více jader (nazývají se *stream procesory*, je jich několik desítek až stovek) a také více paměti (porovnáváme cache paměť procesoru a (G)DDR paměť grafického procesoru).

Poznámka:

Slabinou grafických procesorů je zacházení se stream procesory – tyto jednotky bývají sdruženy do skupin (*clusterů*), na jednom výpočetním vlákne vždy spolupracuje celý jeden cluster. V rámci jednoho clusteru však může být prováděn jen jeden typ operace, tedy narozdíl od běžného procesoru zde masivní paralelismus urychluje výpočet jen v případě, že zpracováváme velké množství dat stejného typu (uplatňují se na ně stejné operace).

Proto GPU mohou být pro určité typy úloh rychlejší než hlavní procesor, ale pouze tehdy, pokud jde o potřebu paralelně a opakovaně provádět podobný typ výpočtů. Využívá se toho samozřejmě při zpracování grafiky a multimédií, ale existují aplikace pro využití GPU pro vědecké výpočty, a nebo pro šifrování či naopak prolamování bezpečnostních mechanismů (typicky metodou hrubé síly, kdy se zkoušejí různé kombinace znaků či čísel).



 **Stream procesor (shader).** Stream procesory bývají také nazývány *shadery* (každý výrobce má svůj „pojem“). GPU má na vstupu strukturovanou informaci o objektech (kostra daná polynomem, textura, atd.), plánovač výpočetních vláken (Thread Sheduler) podle tohoto vstupu rozděluje úkoly jednotlivým shaderům. Rozlišujeme

- *geometry shader* dokáže také generovat nové jednoduché objekty nebo dotvářet existující, může například přidat či ubrat body polygonu, upravit kostru apod., toho se využívá při generování změn obrazu v reálném čase (například zarůstání trávou)
- *vertex shader* (vertex je vrchol 3D polygonu) podle instrukcí vytváří a zpracovává 3D scénu, určuje viditelnost objektů (vzájemné překrývání), spolupracuje na převodu z 3D do 2D prostoru
- *pixel shader* pracuje s barvou a průhledností objektů, provádí povrchové úpravy, pracuje s texturami, určuje vzhled povrchu objektů

Výstupem je 2D pole pixelů ve videopaměti, kde si je při určité „obnovovací“ frekvenci vyzvedává zobrazovací zařízení.

 DirectX 10 přineslo ještě jednu podstatnou změnu. Grafické karty, které podporují toto API, používají místo zcela samostatných a oddělených vertex, pixel a geometry shaderů *unifikované shadery*, které dokážou plnit úkoly všech tří typů shaderů podle momentální potřeby, jejich funkce jsou zaměnitelné (fungují jako geometry/vertex/pixel shadery podle potřeby). Důsledkem je navýšení výkonu karty, protože při vytížení lze zaměstnávat všechny shadery.

 V GPU jsou stream procesory sdruženy do *TPC* (Thread Processing Cluster, Vector Unit). Dále zde najdeme cache paměti, ROP jednotky (Raster Operation Processor, Element Render Back-End) provádějící rasterizaci (převod na pixely), texturovací jednotky (zpracovávají texturu – povrch objektů, pracují s tzv. texely), kontrolní jednotky a další součásti.

 **Pipeline – postupné zpracování.** Grafické instrukce jsou zpracovávány následovně:

1. přípravný procesor (Setup Engine, Input Assembler) – rozřídí data podle typu a určí, jak se mají dále zpracovat
2. následuje
 - vertex shader – pokud jsou data informace o 3D struktuře
 - pixel shader – jde o informace o pixelech na objektech
 - texturovací jednotka – informace o textuře (jak má být povrch zpracován)
3. vertex shader:
 - kontrola, zda objekt má být viditelný, když ne, je odstraněn (frustum culling – pohledové ořezávání), taktéž jsou zpracovány všechny objekty, které jsou příliš daleko (clipping)
 - nasvícení scény – scéna se nasvítí „virtuálními svítilny“
4. převod do 2D (screening, rendering) – pixel shader:
 - stínování – vypočte barvu, průhlednost, odrazivost jednotlivých pixelů
 - každý pixel získává základní informace o barvě
5. textury – obrázky a schémata se nanesou na objekty s aplikací informací pixel shaderu, jeden bod textury se nazývá *texel*

6. ROP – rasterizace obrazu
7. anti-aliasing – vyhlazení „schodů“ na hranách
8. hotový obraz je uložen do frame bufferu a je připraven k zobrazení

 Rychlost grafických karet závisí na více kritériích. Propustnost závisí na typu a rychlosti paměti (taktování) a šířce paměťové sběrnice. Další kritérium pro rychlost je počet stream procesorů a dalších součástí pipeline, ale unifikované a neunifikované shadery nejsou porovnatelné (toto srovnávací kritérium můžeme použít pouze pro strukturálně příbuzné karty), navíc jsou těžko porovnatelné i karty různých výrobců (protože například AMD, nVidia a VIA používají různou koncepci shaderů – AMD má superskalární jednotky unifikovaných shaderů, nVidia skalární jednotky unifikovaných shaderů, VIA má také vlastní koncepci).

Na poli GPU (grafických procesorů) je neustále sváděn lýtý boj. Největšími protivníky jsou tradičně firmy ATI (vlastně AMD) a nVidia, ale objevují se i řešení od jiných firem.



Další informace:

Na webu můžeme najít zajímavé informace:

- O technologii nVidia ION (druhé generaci) v kombinaci s intelovskou technologií Optimus se dočteme v článku z března 2010: <http://extrahardware.cnews.cz/nvidia-ion-nova-generace-se-predstavuje>
- O GPU Larrabee od Intelu je článek ze srpna 2008 na <http://extrahardware.cnews.cz/larrabee-revolucni-gpu-od-intelu>
- Poněkud pesimisticky z května 2010: <http://www.anandtech.com/show/3738/intel-kills-larrabee-gpu-will-not-bring-a-discrete-graphics-product-to-market>
- Článek z června 2010: http://bonusweb.idnes.cz/hardware/hw-news-larrabee-neni-mrtve-pro-hrace-ale-nebude-frv-/clanek.A100602_121934_bw-hardware_jha.idn
- O architektuře nVidia Fermi, která podle spekulací měla být odpovědí na intelovský Larrabee, se dočteme v článku ze září 2009 na <http://extrahardware.cnews.cz/z-grafik-se-stavaji-procesory-nvidia-gf100-fermi>
- Také o Fermi, tentokrát z října 2009: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/graficke-karty/15131-nvidia-fermi-analyza-nove-generace-gpu>
- Z ledna 2010: http://www.svethardware.cz/art_doc-BBD5F2AFB02438E0C12576A50032EC39.html
- Další článek o Fermi, srpen 2010: <http://extrahardware.cnews.cz/nvidia-chce-hrace-zpet-recenze-geforce-gtx-460>
- Ze stránek nVidia: http://www.nvidia.com/object/fermi_architecture.html



9.2.4 Grafické API

Grafická API slouží k hardwarové akceleraci grafického výstupu, jde o sadu příkazů a objektů uložených v knihovnách, které jsou interpretovány softwarem na grafické kartě. Nejznámější grafická API jsou DirectX a OpenGL.

Používají se v graficky náročných aplikacích (hry, CAD/CAM systémy, virtuální realita, vědeckotechnické vizualizace, apod.).

DirectX

- API určené spíše pro Windows a Xbox
- skládá se z více částí – Direct3D, DirectDraw, DirectMusic, DirectPlay, DirectSound, atd. s různým určením,
- verze DirectX 10 (pro Windows Vista) je velmi pozměněná, zavádí *unifikovaný shader*.



Další informace:

Zajímavý článek o porovnání implementace DirectX 11 u karet od ATI a nVidie najdeme na <http://earchiv.chip.cz/cs/earchiv/vydani/r-2010/dirextx11.html>



OpenGL (Open Graphics Library)

- přenositelné API pro různé operační systémy
- volně šiřitelná specifikace, narozdíl od DirectX je zpětně kompatibilní
- nové verze znamenají především přidávání nových funkcí

Zpracování velkého množství dat stejného typu je typické právě pro úlohy z grafiky, ale potenciál grafického procesoru se dá využít i jinak. Existují způsoby, jak využít grafický procesor jako „nástavbu“ procesoru při zpracovávání úloh, při nichž lze právě využít masivní paralelismus na velké množství dat stejného typu – vědecké výpočty a zpracování multimédií (v této oblasti je známá například firma CyberLink). V oblasti vědeckých výpočtů je to například Folding@Home, což je celosvětový projekt v molekulárním výzkumu vývoje nemocí. V oblasti zpracování multimédií je zastoupení poměrně početné, především u produktů od firmy CyberLink (například CyberLink PowerDVD pro převod filmů do HD rozlišení), z dalších například Badaboom od firmy Elemental Technologies pro převod videa prostřednictvím kodeku H.264 nebo Adobe Photoshop CS4, který využívá GPU kromě jiného při zvětšování snímků v plném rozlišení v reálném čase.

Pokud programujeme aplikaci, u které předpokládáme možnost běhu mnoha vláken, a to i na GPU, máme k dispozici více zajímavých technologií – nVidia CUDA (Compute Unified Device Architecture), ATI Stream, OpenCL, apod. Jsou to vesměs technologie umožňující využít výkon grafických karet pro paralelní výpočty (například v oblasti fyziky, dešifrování či multimédií), které by na běžném procesoru byly velmi výpočetně náročné. Technologie vycházejí z toho, že současné grafické karty disponují velkým množstvím výpočetních jader, která narozdíl od (několika málo) jader běžných CPU (procesorů) sice mohou paralelně pracovat jen na stejném typu úlohy, ale vzhledem k jejich množství mimořádně efektivně.



Další informace:

- ZAORÁLEK, L. *Úvod do technologie CUDA*. Článek na Root.cz, 2009.
URL: <http://www.root.cz/clanky/uvod-do-technologie-cuda/>
- *Oficiální stránky nVidia CUDA*. URL: http://www.nvidia.com/object/cuda_home_new.html

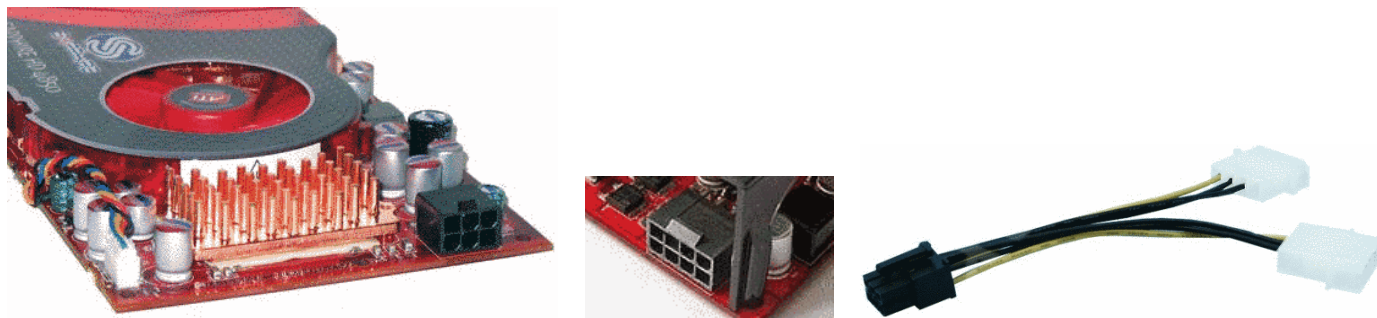
- *Oficiální stránky pro vývojáře nVidia*. URL: <http://developer.nvidia.com/page/home.html> (v části Tools najdete odkaz na vývojové nástroje a dokumentaci pro vývojáře)
- ABI-CHAHLA, F. *NVidia's CUDA: The End of the CPU?* Článek na Tom's Hardware, 2008. URL: <http://www.tomshardware.com/reviews/nvidia-cuda-gpu,1954.html>
- *CUDA od nVidie má konkurenci: ATI Stream*. Článek na Gamepark.cz, 2009. URL: http://www.gamepark.cz/cuda_od_nvidie_ma_konkurenci_ati_stream_190816.htm
- KOZÁK, M. *Návod: Jak přehrát H264 pomocí CUDA*. Článek na Snedl.net, 2009. URL: <http://woko.snedl.net/navod-jak-prehravat-h264-pomoci-cuda/>
- *CUDA na Wikipedii*. URL: <http://en.wikipedia.org/wiki/CUDA> (najdete zde také mnoho odkazů na další zdroje)
- VÁGNER, A. *NVidia: Fyzika na všech grafikách s podporou CUDA*. Článek na Živě.cz, 2008. URL: <http://www.zive.cz/Titulni-strana/Nvidia-fyzika-na-vsech-grafikach-s-podporou-CUDA/sc-21-sr-1-a-140339/default.aspx>
- *Oficiální stránky ATI Stream*. URL: <http://www.amd.com/US/PRODUCTS/TECHNOLOGIES/STREAM-TECHNOLOGY/Pages/stream-technology.aspx>
- *AMD hodlá zpřístupnit ATI Stream pro běžné uživatele*. Článek na DiIT.cz, 2008. URL: <http://www.diit.cz/clanek/amd-hodla-zpristupnit-ati-stream-pro-bezne-uzivatele/25765/>
- *Oficiální stránky pro vývojáře AMD (ATI Stream)*. URL: <http://developer.amd.com/gpu/atistreamsdk/pages/default.aspx>
- *Fakta o AMD ATI Stream*. Článek na Federmann.cz, 2008. URL: <http://www.federmann.cz/index.php/amd/80-amd-buldozer/217-fakta-o-amd-ati-stream>
- VAN WINKLE, V. *ATI Stream: Finally, CUDA Has Competition*. Článek na Tom's Hardware, 2009. URL: <http://www.tomshardware.com/reviews/amd-stream-gpgpu,2335.html>
- GREVER, S. *ATI Stream vs. NVIDIA CUDA – GPGPU Computing Battle Royale*. Článek na PC Perspective, 2009. URL: <http://www.pcper.com/article.php?aid=745>
- *Oficiální stránky sdružení Khronos Group o OpenCL*. URL: <http://www.khronos.org/opencv/>
- ŠTEFEK, P. *OpenCL – konkurent pro DirectX?* Článek na Svět Hardware, 2009. URL: http://www.svethardware.cz/art_doc-B9ED46E97608F292C125754C00729F2E.html
- *OpenCL na stránkách nVidia CUDA*. URL: http://www.nvidia.com/object/cuda_opengl_new.html



9.2.5 Napájení karty

Slabší karty jsou napájeny přes sběrnici, ale výkonnější karty vyžadují *přídavné napájení*. Pokud není zajištěno, pracují v „úsporném režimu“, který výkonem odpovídá dokonce jen integrovaným kartám. Používá se 4 až 8pinový kabel pro PCIe karty, obvykle 6pinový (připojí se ke kartě a základní desce). Pokud na základní desce není příslušný konektor, použije se redukce na dva 4pinové Molex konektory. Zdroj by měl být výkonnější (400–500 W, při použití více karet ještě víc, také záleží na výkonu karty a účinnosti zdroje – viz kapitolu 11).

³Zdroj: <http://www.legitreviews.com/article/730/1/>

Obrázek 9.3: Napájecí konektor karty – 6pinový, 8pinový, redukce³

9.2.6 TV tuner

TV tuner slouží obvykle k příjmu televizního signálu. Lze ho získat buď jako součást grafické karty, a nebo ve formě samostatné karty (buď do PCI či PCI×1 slotu nebo externí připojovaný přes USB). Také existují notebookové TV tunery k připojení do ExpressCard slotu.

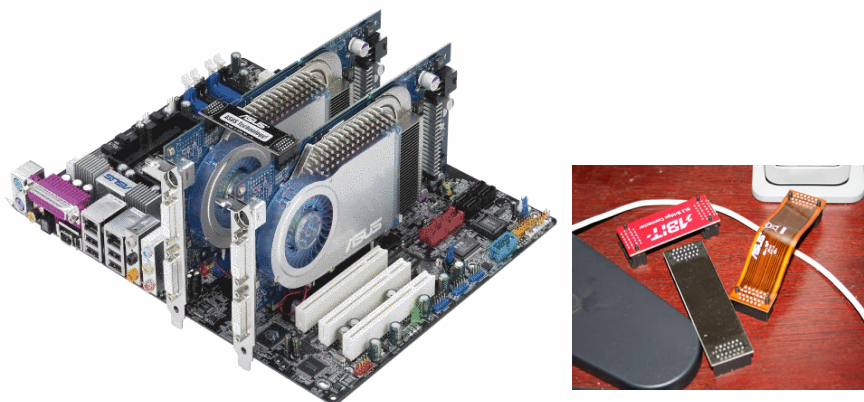
Jaké vlastnosti nás mohou u TV tuneru zajímat:

- analogový (signály PAL, SECAM, NTSC) či digitální (DVB-T, DVB-S apod.),
- vstupy – video vstup (S-VIDEO, composite), vstup z antény přes koaxiál,
- PIP (Picture in Picture) – umožňuje zobrazovat živý přenos „v okně“, zároveň může běžet jiný video signál (třeba uložený na PC), apod.

TV tuner je často nutné propojit se zvukovou kartou.

9.2.7 Paralelní zapojení karet

Pokud potřebujeme vyšší grafický výkon, než jaký nabízí jediná grafická karta, existuje možnost propojení více karet. Výkon paralelního zapojení více karet se může rovnat až součtu výkonů všech zapojených karet (obvykle je o něco nižší než pouhý součet). V současnosti existují dvě řešení – od firem nVidia a ATI.

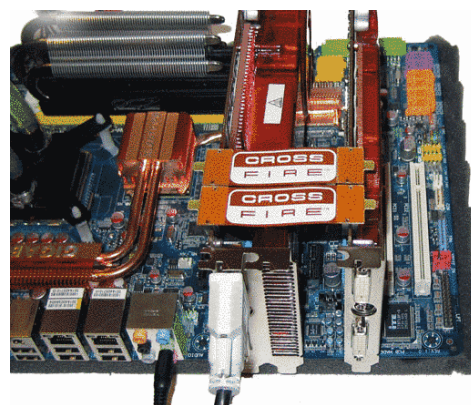


Obrázek 9.4: NVidia SLI a detail SLI můstků

nVidia SLI (Scalable Link Interface) je standard od firmy nVidia. Karty ve slotu PCIe×16 jsou spojeny SLI můstkem. Lze použít dvě až čtyři karty (3-way SLI, Quad SLI), existuje také řešení Hybrid SLI (spolupráce integrované karty a PCIe karty). SLI musí podporovat základní deska (čipset SLI) a samozřejmě také použité karty (také by měly být stejného typu). Při instalaci SLI je nutné na základní desce přepnout přepínač do pozice pro dvě karty (nebo více) a provést konfiguraci v BIOSu.

Obraz je rozdělen na části, každá část je přidělena jedné kartě (například u dvou karet jedna karta počítá horní polovinu obrázku, druhá počítá spodní polovinu). Při použití SLI na dvě karty se udává navýšení výkonu až o 90 % oproti jediné kartě.

ATI CrossFire je řešení od firmy ATI. Lze propojit až čtyři karty (Quad, ale pouze pro Vistu nebo novější verze Windows). U starších verzí se karty propojily vně počítače kabely, novější verze CrossFire používá vnitřní můstky jako SLI. Základní deska a karty musí tento režim podporovat, ale narozdíl od řešení firmy nVidia nemusí být stejného typu. Není nutné nastavovat přepínač na základní desce, konfigurace se provádí pouze v BIOSu.



Obrázek 9.5: ATI CrossFire



Další informace:

- <http://www.root.cz/serialy/graficke-karty-a-graficke-akceleratory/>
- <http://notebook.cz/clanky/technologie/2009/graficka-karta>
- <http://notebook.cz/clanky/technologie/2010/graficke-pameti>



9.3 Zvuková karta

9.3.1 Princip

Zvuková karta je zařízení, které provádí převod mezi analogovým (mikrofon) a digitálním (CD, DVD, soubor apod.) signálem, vyrábí zvuky z digitálních dat, odesílá do reproduktorů. Tvoří rozhraní k multimediálním přístrojům/nástrojům včetně případných hudebních.

Může být v interním, externím nebo integrovaném provedení. U interních se setkáme s rozhraním PCI nebo PCIe×1, externí se obvykle připojují přes USB nebo do ExpressCard slotu.



Struktura zvukové karty:

1. *Digitální část* (převodník A/D, D/A) – umožňuje digitální nahrávání (také digitalizaci analogového zvuku během nahrávání) a reprodukci zvuků (při reprodukci analogovým zařízením provádí převod na analogový zvuk),
2. *Syntéza* – generuje zvuky, používá se také k napodobování zvuku hudebních nástrojů, interpretaci souborů MIDI nebo k vytváření „hudby“ doprovázející činnost některých procesů, především her,

3. Rozhraní MIDI (Musical Instrument Digital Interface) – hardwarové rozhraní pro digitální hudební nástroje

 **3D zvuk** je důležitý u některých her, filmů a někdy při fyzikálním modelování. Docílí se ho dvěma možnými způsoby:

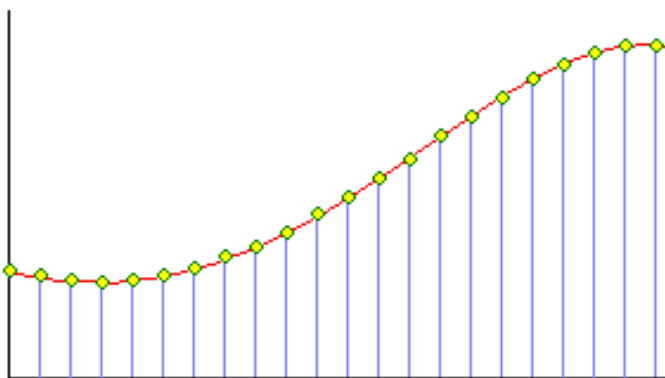
1. pravý – Dolby Surround nebo jiný podobný standard, používá se pět reproduktorů vhodně rozmístěných
2. emulovaný – čip DSP na zvukové kartě nebo v reproduktoru upravuje zvuk tak, aby působil 3D dojmem

Z neznámějších výrobců zvukových karet: Creative Labs, Asus, Genius, Sweex, Realtek (obvykle integrovaná).

Pokud máme integrovanou zvukovou kartu a chceme připojit jinou (interní či externí), měli bychom tu integrovanou vypnout v BIOSu.

9.3.2 Vzorkovací frekvence

Zvuky (především hudba) jsou tvořeny ze *vzorků* (samplů) hudebních nástrojů. Při *vzorkování* (samplerování), tj. převodu analogového zvuku (obecně signálu) na digitální data, se vždy určitá část informace ztrácí. Princip vidíme na obrázku 9.6.



Obrázek 9.6: Vzorkování analogového zvuku

 *Vzorkovací frekvence* je frekvence, s jakou se zjišťují vzorky (momentální hodnoty) analogového zvuku, tyto hodnoty jsou pak digitální data. Čím vyšší frekvence (častější snímání), tím věrnější zvuk po digitalizaci (například pro zvuková CD to bývá přes 44 kHz, tedy 44 000 vzorků za sekundu). Vychází se z toho, že lidské ucho dokáže vnímat v průměru rozmezí 18 Hz až 18 kHz.

 Se vzorkovací frekvencí souvisí také pojem *záznamová hloubka*. Je to počet bitů, který je použit pro uložení jednoho vzorku. Vyšší záznamová hloubka (více bitů) znamená jemnější dělení intervalu (na obrázku 9.6 by tento interval byl zakreslen vertikálně). Obvyklá záznamová hloubka je 8 nebo 16 bitů.

9.3.3 Syntéza zvuku

Syntéza zvuku je vlastně proces opačný k vzorkování. Digitální data převádíme na zvuk. Existuje více možností, jak z dat generovat zvuk, liší se především kvalitou výsledného zvuku a náročností procesoru převodu.

1. FM syntéza je jednoduchá, levná, ale nepříliš kvalitní. Nepoužívají se žádné tabulky vzorků, zvuky nástrojů jsou generovány speciálním čipem (syntetizátor FM), a to složením výsledného zvuku (což je vlastně vlnění) ze sinusových kmitů o určité amplitudě a frekvenci.

2. WaveTable syntéza je dražší, ale obvykle značně kvalitnější. Zvuk se může přiblížit profesionální úrovni. Jednotlivé vzorky jsou uloženy v paměti na kartě nebo na pevném disku (přístup přes ovladač), v horším případě v operační paměti. Kvalita metody závisí na kvalitě vzorků.

3. MIDI (Musical Instrument Digital Interface) umožňuje (levné) kartě s FM syntézou pracovat s tabulkou samplů, ta je dodána většinou jako přídatný modul. Toto rozhraní slouží především ke komunikaci s elektronickými hudebními nástroji podporujícími MIDI.

4. Syntéza fyzikálním modelováním spočívá v softwarové emulaci zvuku (například hudebního nástroje) na fyzikálních principech. Metoda má vysoké nároky na výkon procesoru, ale výsledek je na velmi vysoké úrovni.

9.3.4 Rozhraní

Zvukovou kartu je třeba jako všechny ostatní karty propojit se základní deskou, a dále obvykle s CD/DVD mechanikou (datový-audio kabel, stejně jako u disků), a pak pomocí externích konektorů s dalšími zařízeními, například reproduktory, rádiem, hudebními nástroji.

 **Sběrnice** pro připojení zvukové karty byla dříve ISA nebo PCI, dnes se interní zvukové karty připojují přes PCI nebo PCIe⁴. Externí karty připojujeme většinou přes sběrnici USB nebo ExpressCard (u notebooků vybavených tímto externím slotem).

 **Externí konektory** na zvukových kartách:

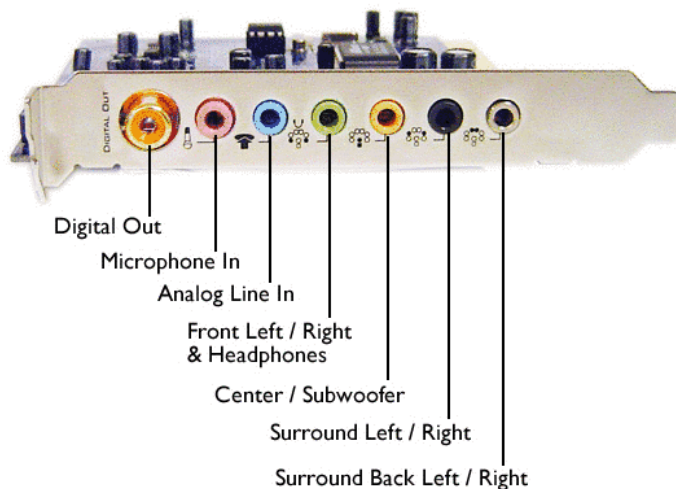
- Line-In (linkový vstupní) – hudební věž, rádio, magnetofon, označen modrou ■
- Line-Out (linkový výstupní) – analogový výstup pro reproduktory (případně přední reproduktory), označen zelenou ■
- Mic-In – vstup pro mikrofón (analogový), označen růžovou ■
- další barvy – šedá (zadní reproduktory), černá (boční reproduktor), žlutá nebo oranžová (basový reproduktor)
- SPK (Speaker-Out) – Speaker (sluchátka, pasivní reproduktory)
- MIDI – pro elektronické hudební nástroje
- GamePort, Joystick – připojení joysticku nebo jiného podobného nástroje

⁴Zdroj: <http://koalazereeuukalpt.wordpress.com/>

Zvukové karty, především ty starší, také mohou mít jako interní konektor *Audio*, kterým se ke zvukové kartě připojuje CD/DVD mechanika (je 4pinový). Kabel k tomuto konektoru bývá většinou dodáván s CD/DVD mechanikou. Pokud je zvuková karta integrovaná, konektor najdeme samozřejmě na základní desce. Jeho poloha je odlišná u různých výrobců, obvykle ji najdeme v dokumentaci k základní desce pod názvem Internal Audio Connector. Pokud máme optickou mechaniku připojenu přes datové rozhraní SATA, tento konektor není zapotřebí.

Kvalitnější karty, které podporují vícekanálový zvuk, mají více různě barevně označených vývodů. Například 6kanálové mají modrý Line-In, růžový Mic-In, dále zelený pro přední reproduktor (Front Speaker Out), šedý pro zadní reproduktor (Rear Speaker Out), žlutooranžový (yellow orange) pro střední nebo basový (Center/Subwoofer). 8kanálový má navíc černé konektory pro boční reproduktory (Side Speaker Out).

Můžeme se setkat také s digitálním výstupem, konektor je označen S/P-DIF (zkratka z názvu Sony/Philips Digital Interconnect Format), tento konektor vidíme na obrázku 9.7 zcela vlevo.



Obrázek 9.7: Konektory na zvukové kartě⁴

9.4 Síťová karta

9.4.1 Princip

Síťové karty spadají spíše do oblasti počítačových sítí a fyzicky pro ně platí mnohé z toho, co jsme se učili o jiných typech karet, proto se zde na ně podíváme jen krátce.

Síťová karta je zařízení umožňující připojit počítač k síti (obvykle myšleno LAN – lokální síť). Nejčastěji se setkáme s některou formou ethernetové karty s konektorem RJ-45 (prakticky ve všech počítačích i notebookách vyrobených v několika posledních letech), zvláště u notebooků najdeme také síťovou kartu pro bezdrátové připojení (Wi-Fi kartu).

Interní síťová karta se připojuje na sběrnici PCIe×1 nebo PCI. Pokud jde o síťovou kartu integrovanou na základní desce (běžný případ, hlavně u notebooků), o sběrnici se samozřejmě nemusíme starat.

Existují také *externí síťové karty* (většinou bezdrátové), které se k počítači připojují většinou přes USB nebo ExpressCard. Některé Wi-Fi karty mají také vlastní anténu.

U síťových karet nás zajímá především jejich rychlost. Ethernetové karty pro osobní počítače již běžně bývají gigabitové (Gigabit Ethernet), to pro lokální síť bohatě postačí.

 U Wi-Fi karet existuje několik standardů, které mají zásadní vliv na rychlost a také určují frekvenci, na které se pracuje. To samozřejmě není všechno, na rychlost mají vliv i další parametry karet (zejména

u standardu IEEE 802.11n), ale to už se týká spíše počítačových sítí.

- IEEE 802.11b – frekvence 2,4 GHz, rychlost až 11 Mb/s
- IEEE 802.11a – frekvence 5 GHz, rychlost až 54 Mb/s
- IEEE 802.11g – frekvence 2,4 GHz, rychlost až 54 Mb/s
- IEEE 802.11n – standard byl zveřejněn na podzim roku 2009, frekvence 2,4 nebo 5 GHz, rychlost ve stovkách Mb/s
- IEEE 802.11ac – frekvence výhradně 5 GHz, momentálně nejnovější a nejrychlejší řešení; ovšem pořád ještě není výběr v zařízeních podporujících tento standard, takže musíme myslet na to, zda při koupi takového zařízení bude mít toto zařízení s čím komunikovat

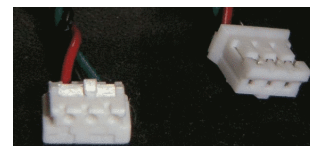
Výrobci síťových karet je velmi mnoho, z nejznámějších: Intel, D-Link, Zyxel, Netgear, Asus, TP-Link, Belkin, Edimax, Linksys (řada výrobce Cisco).

9.4.2 Související technologie

 **Wake-On** (také Wake-On-LAN) je technologie pro vzdálené buzení počítače (tj. zapnutí na dálku). Počítač s touto síťovou kartou je možné zapnout vzdáleně po síti (například z důvodu automatické údržby systému), kromě podpory u karty je nutné mít zdroj ATX a podporu u základní desky.

Abychom mohli tuto technologii použít, v případě starší síťové karty musíme propojit Wake-On (WOL) konektor na síťové kartě s podobně označeným na základní desce. U karet pro sběrnici PCI a PCIe×1 to již není nutné, budicí signál včetně napájení jde přes sběrnici.

 Síťová karta s podporou Wake-On, která je takto připojená, naslouchá na síti a čeká na signál Wake-On (Magic Packet) se svou MAC adresou. Tento signál lze generovat na jiném počítači (většinou serveru) speciálním programem nebo skriptem. Počítač, který je zdrojem Magic Packetu, obvykle bývá v lokální síti, ale existují možnosti (například přes virtuální síť, tunel apod.), jak tento signál dostat do LAN zvenčí. Formu Magic Packetu a také skripty pro řízení Wake-On lze najít na internetu.



Obrázek 9.8: WOL konektor

 **Vzdálené bootování** je možnost bootovat systém ze serveru na síti. Síťová karta musí být vybavena čipem Boot ROM (nebo variantou ROM paměti), ve kterém je uložen program inicializující bootování přes síť. Pokud počítač (pracovní stanice) takto nabootuje ze serveru, operační systém a aplikace běží na serveru a tedy na serveru probíhá veškeré vyhodnocování (výpočty). Samotná pracovní stanice pak funguje jako terminál (textový nebo s grafickým rozhraním) pro přístup k prostředkům serveru.

 Takto řešená síť se používá především pro tenké (thin) klienty (tj. bezdiskové stanice). Není vhodná pro Windows (aplikace pro Windows jsou velmi objemné, síť by se zahltila), ale pro unixové systémy je to dostačující. Také je možné toto řešení použít pro spouštění diagnostických a administračních programů, které ke svému provozu nepotřebují lokální operační systém, zajímavé může být řešení ve spojení s EFI.

Vstupní a výstupní zařízení

Tématem kapitoly jsou vstupní, výstupní a vstupně/výstupní zařízení. Nejdříve všechna tato zařízení rozdělíme podle několika kritérií a potom se postupně soustředíme na konkrétní typy.

10.1 Vstupy a výstupy

Nejdříve si všechna zařízení, která lze zahrnout do této kapitoly, rozdělíme podle směru toku dat a podle velikosti dávky zpracovávaných dat.

Podle směru toku dat

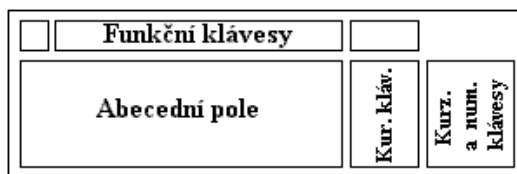
- vstupní – slouží ke vstupu dat do počítače (klávesnice, myš a další ukazovací zařízení, scanner a další digitalizační zařízení, mikrofon, kamera, atd.)
- výstupní – slouží k výstupu dat z počítače (monitor, tiskárna, plotter, reproduktory, apod.)
- vstupně/výstupní – obojí (dotyková obrazovka, multifunkční zařízení, atd.)

Podle velikosti dávky zpracovávaných dat

- znaková – malá šířka přenosu, několik znaků (myš, klávesnice)
- bloková – větší šířka přenosu, blok dat přenášený do určité míry paralelně (paměťová zařízení, tiskárna)
- speciální – jeden typ dat s velmi malou šířkou přenosu (jeden nebo několik bitů), například časovač

10.2 Klávesnice

Klávesnice je znakové vstupní zařízení. Obsahuje různý počet kláves, a to 101 (US standard), 102 (EU standard), 104 (pro Start nabídku a lokální menu), s multimediálními klávesami, a nebo může jít o malou numerickou klávesnici, kterou se dají rozšířit možnosti notebookových klávesnic. Notebookové klávesnice jsou speciální případ, počet kláves není jednotný a obvykle souvisí s šířkou prostoru, který je na klávesnici vymezen.



Obrázek 10.1: Schéma klávesnice

Typy klávesnic:

- klasické, notebookové, ergonomické, podsvícené
- bezpečnostní (se zabezpečovacími prvky)
- ohebné – jsou prachutěsné a vodotěsné
- virtuální (na obrazovce nebo promítané na stůl)
- pro zrakově postižené (obdoba psacích strojů pro Braillovo písmo)

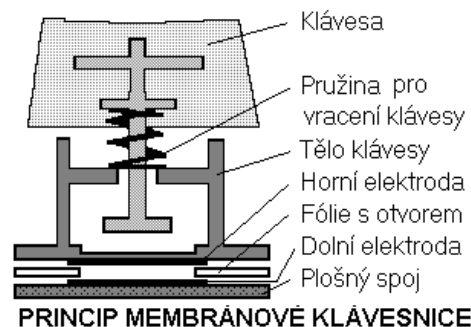
Zabezpečovací prvky na klávesnicích bývají už nejen obyčejné zámky, ale často také snímače otisků prstů.

Princip činnosti klávesnic. Klávesnice mohou fungovat na různých principech. Nejpoužívanější technologie jsou následující:

Membránová klávesnice – elektronická membrána složená ze tří fólií. Horní fólie je zespoda potištěna vodivými cestami, spodní fólie je naopak shora potištěna vodivými cestami (cesty z horní a spodní fólie se navzájem kříží, tvoří mřížku), oddělovací vrstva s kruhovými otvory v místech křížení vodivých cest na okolních fóliích pouze odděluje tyto dvě fólie, když zrovna klávesa není stisknuta. Při stisknutí klávesy dojde k sepnutí vodivých cest pod klávesou, na jedné fólii je zachycen „řádek“, na druhé „sloupec“ v matici kláves.

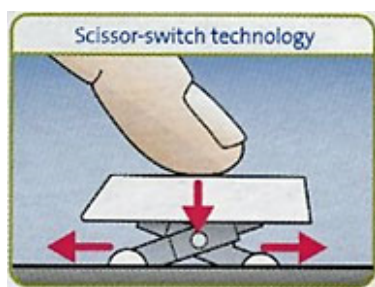
Membránová klávesnice může být překryta ještě jednou – povrchovou – souvislou vrstvou. Pak je klávesnice pokryta souvislou vrstvou bez mezer a tudíž je odolná proti prachu, tekutinám, zapadání drobečků apod. S takovými klávesnicemi se setkáváme například u mikrovlnných trub, venkovních klávesnic (často číselných) nebo v rizikových provozech. Nevýhodou takového řešení je o něco nižší citlivost než u jiných technologií.

Klávesnice na principu spínačů (mechanické, Chicony) se vyznačují charakteristickým klapavým zvukem při stisknutí klávesy, a taky velmi dobrou odolností a výdrží. Pod každou klávesou je mikrosplínač – stisknutím klávesy stlačíme pružinku, která se následně zároveň podílí na „návratu“ klávesy do výchozí polohy. Stlačená pružinka způsobí přiblížení pístu ke dvěma podložkám, tyto podložky se navzájem nedotýkají a mají každá jiné napětí (+/-), tvoří kondenzátor, píst po dosednutí na podložky způsobí snížení napětí, což je detekováno.

Obrázek 10.2: Klávesa na klávesnici s membránovou technologií²

²Zdroj: <http://www.ewa.cz/pages1/710.htm>

Membránové klávesnice se spínači (Dome-Switch, s gumovou membránou) jsou vlastně kombinací předchozích dvou – membránových a spínačových (mechanických). Podobně jako u membránových klávesnic, i zde máme tři fólie, z nichž prostřední s kruhovými otvory odděluje obě okolní. Navíc, podobně jako u mechanických klávesnic, zde máme spínací mechanismus: hned pod klávesami (nad fóliemi) je *gumová membrána*, ve které jsou vylišovány „kopule“ pod každou klávesou (směrem ke klávese). Při stisku klávesy se ta kopule, která je pod ní, obrátí dolů a způsobí okamžité sepnutí kontaktů na fóliích s vodivými cestami (dále to funguje stejně jako u membránových). Po uvolnění klávesy se kopule vrátí do původní polohy a způsobí zpětné vymrštění (návrat) klávesy. S tímto typem klávesnic se u desktopů dosud běžně setkáváme. Jejich citlivost je lepší než u membránových klávesnic.



Obrázek 10.3: Klávesa s „nůžkovou“ technologií⁴

„Nůžková“ technologie (Scissor-Switch) se dnes hodně používá především u notebookových klávesnic. princip vidíme na obrázku 10.3. Pod klávesou je nůžkový mechanismus složený ze dvou obvykle plastových dílů. Pod tímto mechanismem bývá obvykle sada fólií podobně jako u membránové klávesnice. Oproti Dome-Switch klávesnicím má tento typ klávesnic výhodu v „menším profilu“, klávesy nejsou tak vysoké (což je u přenosných zařízení ideální). Odolnost a výdrž jsou také na dobré úrovni.

Kapacitní klávesnice se vyznačuje tím, že uživatel obvykle ani necítí „klapnutí“ při stisknutí klávesy. Při stisku klávesy se proti sobě pohybují dvě plošky (jedna na klávese, druhá na podložce), čímž se mění hodnota odporu mezi těmito dvěma ploškami – měří se kapacitní odpor. Plošky se při stisku nemusí dotknout, stačí, když odpor naroste nad určitou hodnotu.

Co se děje dál? Po detekování klávesy, která byla stisknuta (některým z výše uvedených mechanismů), je zjištěná pozice překódována na číslo klávesy neboli *scan kód* (to zajistí jednoduchý pomocný procesor, který je dnes v klávesnicích zcela běžně) a toto číslo je odesláno do počítače, kde je zpracováno běžným způsobem (obvykle je vyvoláno přerušení klávesnice).

Připojení klávesnice k počítači:

- DIN – 5 vodičů, využívají se 4 (ale to je už historická záležitost)
- PS/2 (MiniDIN6) – dnes často u desktopů, ale tyto klávesnice jsou pomalu vytlačovány USB klávesnicemi
- USB – také pro notebooky; pokud pracujeme se systémem, který „nerozumí“ USB (např. MS-DOS), je nutné v BIOSu aktivovat podporu USB klávesnice
- bezdrátová – komunikační prvek se připojí přes PS/2 nebo USB k počítači a se samotnou klávesnicí komunikuje IR nebo rádiovým přenosem (BlueTooth),

Pokud počítač nepodporuje konektor, kterým lze připojit klávesnici, můžeme použít redukci. Dnes jsou obvyklé především redukce mezi PS/2 a USB.

Když kupujeme klávesnici, měli bychom si všimnout několika věcí:

- jaké je rozložení kláves – nejde jen o to, jak jsou klávesy označeny štítky (čeština apod.), ale také kde konkrétně jsou některé klávesy, které budeme potřebovat (kurzorové klávesy, zpětné lomítko apod.), jak velká je klávesa Enter, atd.,

⁴Zdroj: <http://lowendmac.com/misc/mr07/1210.html>

- jak se na klávesnici píše (to je výhoda kamenných obchodů, můžeme vyzkoušet) – jak citlivé jsou klávesy, jak jsou velké, oddělené, také „milimetry“ v jejich pozici a velikosti mohou hrát roli, jak se vrací do výchozí pozice (včetně případného „klapnutí“),
- ergonomická – pokud na ní budeme běžně psát delší dobu bez přerušení a neumíme „všemi 10“,
- rozhraní (PS/2, USB, bezdrátová),
- přídatné klávesy, pokud nás spíše neobtěžují, například pro spuštění internetového prohlížeče, mail klienta apod., klávesnice může být také vybavena tlačítky pro vypnutí/uspání počítače (to může být velmi zrádné, bývají tam, kde se snadno omylem zavadí),
- má blok numerických kláves?

Nejznámější výrobci jsou Logitech, Chicony, Genius, Microsoft, Hama.

Čištění a údržba klávesnice. Klávesnici je potřeba také udržovat, především čistit a chránit před větším znečištěním. Hlavním nepřítelem klávesnic (pokud se nejedná o extrémně odolné klávesnice se souvislým povrchem) jsou sladké nápoje, protože cukr je velmi agresivní korozní činitel (umělými sladidly si moc nepolepšíme). Pokud se nám podaří polít klávesnici limonádou (včetně „dospělých“ kofeinových limonád), je třeba klávesnici *okamžitě odpojit* (příp. vyndat baterie, pokud je bezdrátová) a strčit pod proud vody (voda je menší zlo než cukr), je dobré ji alespoň částečně rozebrat. Pak necháme klávesnici důkladně proschnout. Ani po důkladné očištění a vysušení však není jisté, že trvalé následky nenastanou.

Voda je samozřejmě také korozní činitel, i když ne tak agresivní jako sladké nápoje. Pokud klávesnici polijeme vodou, je třeba ji alespoň částečně rozebrat a usušit. Jestliže ji polijeme čajem nebo čímkoliv jiným, měli bychom ji nejdříve vyčistit.



Poznámka:

Běžná údržba klávesnice spočívá v občasném pročištění (obvykle ani není třeba ji rozebírat). K dostání jsou sice kompletní čistící sady na klávesnice (dobrý dárek), ale celkem si vystačíme s tím, co má každý doma. Drobečky se dají vyklepat (opatrně, ani klávesnice nevydrží moc prudké rány, stačí protřepat), můžeme použít i vysavač nebo balónek na foukání proudu vzduchu či „konzervu“ se stlačeným vzduchem.

Nános přetrvávající špíny vyčistíme buď špejlí s namotanou vatou nebo (lépe) vatovou tyčinkou, kterou namočíme ve velmi slabém roztoku vody se saponátem (saponátu jen kapičku), tak se dostaneme i do škvír. Větší plochy vyčistíme hadříkem namočeným v tomtéž roztoku, dobře vyždímaným. Opět bychom měli klávesnici předem odpojit a nechat odpojenou až do úplného uschnutí.



Pokud z nějakého důvodu potřebujeme klávesnici rozebrat, potřebujeme šroubovák (obvykle křížový). Na spodní straně klávesnice je hodně šroubků, které musíme odšroubovat. Dbáme velké opatrnosti, protože pokud se nám klávesy rozsypou (po otevření to opravdu hrozí!), dá hodně práce je poskládat do původní sestavy (doporučuje se předem si klávesnici vyfotit nebo alespoň překreslit). I při rozebírání bychom měli mít klávesnici odpojenou.



Další informace:

- http://www.worldingo.com/ma/enwiki/en/Keyboard_technology
- <http://www.ewa.cz/pages1/710.htm>
- http://news.cnet.com/Behold-the-customizable-keyboard/2100-1043_3-5761554.html?tag=nefd.top
- http://www.ergocanada.com/ergo/keyboards/mechanical_vs_membrane_keyswitches.html
- <http://www.weiwong.com/post/keyboards-and-water-do-not-mix.aspx>



10.3 Ukazovací zařízení

Myši jsou prvním a nejobvyklejším ze zástupců tzv. „ukazovacích“ zařízení. Ukazovací zařízení jsou taková zařízení, která umožní svým posouváním, posouváním, otáčením nebo jiným typem pohybu některé své části nebo jiným způsobem zadávat souřadnice na zobrazovacím zařízení (třeba obrazovce), a nebo jejich změny.

10.3.1 Myš

Myš je vstupní ukazovací zařízení, kde vstupem (tedy výstupem myši) jsou souřadnice, přesněji jejich změna. Kromě souřadnic myš předává počítači informace o stisknutí tlačítka (myši s jedním, dvěma, třemi tlačítky) a pohybu koleček (scroll).

Starší myši se připojovaly přes sériové rozhraní (COM port), v současnosti se setkáváme s konektory PS/2, USB nebo bezdrátovými myšmi (IR nebo rádiové vlny). Bezdrátové myši jsou napájeny z baterií, příp. akumulátorů (NiMH AA).

Existují také 3D myši pro použití v 6 směrech, ale moc se neujaly.

Mechanické myši můžeme podle mechanismu rozdělit do dvou skupin:

- optomechanické – pogumovaná kulička, dva válečky s kotoučky (v kotoučkách jsou na obvodu dírky), LED a fotosenzory
- čistě mechanické – místo dírek v kotoučkách a fotosenzorů se také používaly kovové plošky (kontakty), nad nimi na plášti párové kontakty, po dotyku el. signál



Obrázek 10.4: Princip mechanické myši

Optické a laserové myši fungují na principu detekce odrazu světla od povrchu (třeba stolu). Zatímco běžné optické myši používají světlo z LED diody, laserové myši osvětlují podložku IR laserem (oku člověka prakticky nesvítí).

Osvětlení (z LED diody nebo laseru) se pomocí zrcátka odrazí na povrch pod myší, optický snímač (CCD, CMOS prvek) snímá odraz a zjišťuje změny. Výhodou (oproti mechanickým myším) je dobrá funkčnost i na prašném povrchu, nevýhodou zhoršená funkčnost na lesklém povrchu (hůře se detekují změny v odrazivosti podložky).

BlueTrack je varianta optické myši. LED emitor vyzařuje široký paprsek modrého světla, snímaná plocha je asi 4× větší než u laserové myši. Oproti optickým a laserovým myším zvládá lépe lesklé povrchy (až na sklo, to se i zde špatně detekuje).

Firma Apple přišla s hybridem myši a dotykové obrazovky (nebo možná touchpadu) – myš Apple Magic Mouse má dotykový povrch (technologie MultiTouch), který nahrazuje tlačítka i rolovací kolečka.

Myš vynalezl Douglas Engelbart ze Stanfordského výzkumného institutu roku 1963, poprvé byla použita až roku 1968. Princip mechanické myši s kuličkou vznikl ve vývojovém centru firmy Xerox PARC (William English). „Myšový boom“ nastal především s počítači Apple roku 1982.

V současné době se setkáváme především s optickými a laserovými myšmi, upřednostňovaný tvar směřuje k větší ergonomii (kdysi byl obvyklý tvar krabičky), typickou výbavou je také scroolovací (posouvací) kolečko. U notebookových (často rozměrově menších) myši se také můžeme setkat s navinovacím mechanismem kabelu.



Obrázek 10.5: BlueTrack, 3D myš⁵

Nejznámější výrobci současných myši se celkem kryjí s výrobcí klávesnic (ostatně často se setkáme se setem myš plus klávesnice), tedy Logitech, Genius, Microsoft apod.

10.3.2 Trackball, Trackpoint, Touchpad, Tablet

Trackball je kulový ovladač, kulička vestavěná v ploše, ale může být samostatné zařízení. Jde o „mechanickou myš naruby“, také bývají poblíž obdoby tlačítek. S trackballem se dnes už moc často nesetkáme. Dříve býval u notebooků jako náhrada myši, ale postupně byl nahrazen touchpadem. Velkou nevýhodou bylo především zanášení kuličky špínou z uživatelových prstů, což způsobovalo nepřesnost (poskakování kurzoru), kuličku a snímací válečky bylo třeba často čistit.

Trackpoint je kolík na klávesnici (nebo jiném povrchu), na kloubu, funguje podobně jako joystick. Jsou jím vybaveny některé notebookové klávesnice (mezi klávesami označenými G, H, B, tedy uprostřed klávesnice). Pohyb trackpointu se přenáší do číselné podoby podobně jako u myši.

Touchpad je dotyková destička, obvyklá u notebooků. Používá se už od roku 1988 (experimentálně), masového nasazení se dočkal roku 1994 na notebookech Apple PowerBook 500. Lehký pohyb prstu na

⁵Zdroj: <http://www.microsoft.com>, <http://www.anarkikangels.co.uk/3DMouse.aspx>

destičce je dekódován a přenášen do počítače, vhodné ovladače umožňují i operaci scrool (rolování) – scrolling je tedy záležitostí ovladačů, samotný touchpad nic takového neumí.



Další informace:

V současné době existují dvě základní technologie, na kterých je touchpad založen. Obě jsou popsány například na <http://notebook.cz/clanky/technologie/2009/ovladani-notebooku>.

Zajímavý článek o dotykovém ovládání najdeme také na <http://www.chip.cz/clanky/trendy/2010/04/dotknete-se-bitu>



Obrázek 10.6: Trackball, trackpoint, touchpad, tablet

Tablet se skládá z pevné podložky a speciálního pera. Pero může být *aktivní* (snímá svůj pohyb) nebo *pasivní* (pohyb pera snímá podložka), aktivní pero vyžaduje napájení a je obvykle napájeno elektromagnetickou indukcí.

U tabletu se kromě změn souřadnic (podobně jako u myši) také rozlišují různé přitlaky. Na kvalitě tabletu pak závisí celkové množství přitlaků, které lze rozlišit. Reakcí na změnu přitlaku může být například změna tloušťky kreslené čáry.



Poznámka:

Z tabletu ve výše naznačeném smyslu se během posledních let stalo samostatné zařízení s vlastním operačním systémem.



10.3.3 Dotykové obrazovky

Obrazovkám samotným se budeme věnovat později. V případě obrazovek s možností vstupu (dotykových obrazovek) se používá pero stejně jako u tabletů, generuje elektromagnetické pole. Jinou možností jsou dotykové obrazovky, kterých se můžeme dotýkat prsty, ty však fungují na podobném principu.

Na začátku 70. let 20. století se nezávisle na sobě objevilo několik různých řešení dotykových obrazovek, všechny byly tzv. „single-touch“, tedy v jeden okamžik dokázaly zpracovat pouze jeden dotyk (jedním prstem). Vícedytkové ovládání (multi-touch) se objevilo až v 21. století, a to v produktech Apple iPhone a MS Surface (dotykový stůl).

Existuje více různých technologií dotykových obrazovek. Nejpoužívanější jsou

- 4vodičová odporová (rezistivní) dotyková technologie – možnost ovládání jakýmkoliv předmětem, poměrně odolná proti vnějším vlivům, ale při poškození svrchní vrstvy zcela přestane fungovat, vysoká přesnost, nízká spotřeba energie, průzračnost přibližně 80 %
- 5vodičová odporová dotyková technologie – výhody podobně jako u předchozí, navíc je celkově odolnější, vhodná i do rizikovějších a prašných provozů
- kapacitní dotyková technologie – přesná a odolná technologie, ale lze ovládat pouze prstem
- akustická dotyková technologie – pouze prstem nebo koženým ukazovátkem, světelná propustnost je lepší (90 %), vysoká odolnost i proti mnohým chemikáliím
- IR dotyková technologie (založená na světelné emitaci) – lze je ovládat prakticky čímkoliv, hodně se používá u medicínských zařízení, poměrně drahé
- EMR digitizér – lze ovládat pouze speciálním perem (stylusem), který je nabíjen z obrazovky pomocí el. indukce, používá se hodně u tabletů
- optická technologie FTIR (Frustrated Total Internal Reflection) – kamera detekuje změny odrazu světla způsobené dotykem prstu, je použitelné i pro velké displeje



Další informace:

- http://www.vekobs.cz/cz_technologie.htm
- <http://www.chip.cz/clanky/trendy/2009/6/revoluce-v-oblasti-displeju-nove-dotykove-obrazovky>
- <http://notebook.cz/clanky/technologie/2009/ovladani-notebooku>



10.3.4 Další

Zařízení pro virtuální realitu:

- helma nebo brýle, na každé oko je přiváděn trochu jiný obraz (posunutý)
- haptická rukavice – snímá pohyb zápěstí a prstů, kvalitnější dokážou simulovat dotyky (tj. vstupně/výstupní)
- další 3D zařízení (3D myši, 3D joysticky apod.)

Dále například webová kamera, mikrofon, reproduktory, světelné pero použitelné na obrazovku, mousepad – podložka myši „bez myši“, herní zařízení – joystick, volant, gamepad.

10.3.5 Netradiční ovládání PC

Počítač lze ovládat i jinak než výše popsányi prostředky. Kromě zařízení, která jsou považována za evoluci běžně používaných periferních zařízení, se můžeme setkat s ovládáním počítače hlasem, pohyby očí nebo třeba myšlenkou.

⁶Zdroj: <http://gadgeteer.org.uk/2008/06/05/asus-eee-pictures/>

Ovladač jako potomek myši – tak je nazýváno zařízení EEE Stick. Funguje na principu převodu fyzického pohybu rukou na odpovídající pohyby na obrazovce.

Ovládání PC hlasem dnes vyžaduje kvalitní mikrofon a zvukovou kartu. Dále je třeba, aby buď příslušnou podporu nabízel operační systém, a nebo musíme disponovat příslušnou aplikací.

Rozpoznávání hlasu podporují Windows od verze Vista (Ovládací panely → Možnosti rozpoznávání řeči). Z aplikací pro Windows nebo Linux můžeme jmenovat například MyVoice, MyDictate, IBM ViaVoice, FreeSpeech, KVoiceControl, GVoice, atd.



Obrázek 10.7: EEE Stick⁶



Obrázek 10.8: I4Control⁷

Snímání pohybu očí umožňuje řídit počítač i člověku, jehož ruce jsou ochrnuté nebo jinak postižené. Používá se kamera buď na monitoru (starší řešení) nebo na obrubě brýlí, a dále potřebujeme software pro rozpoznání obrazu. Takových aplikací existuje několik, k nejlepším patří český produkt I4Control.

Snímání mozkové aktivity představuje možnost řízení počítače „myšlenkou“. Snímání mozkové aktivity se provádí přístrojem na čelence (další část přístroje je připojena kabelem), princip je podobný EEG.

Existuje několik různých řešení (z nejznámějších Neural Impulse Actuator od firmy OCZ a EPOC od firmy Emotiv). Ovšem v každém případě se musíme připravit na poměrně dlouhé „ladění“, metoda funguje relativně správně až po nacvičení.

Existují také způsoby ovládání, které jsou zcela běžné například pro zrakově postižené, ale běžní uživatelé se s nimi nesetkají (například Braillov řádek, který může sloužit jako náhrada obrazovky, nebo programy, které dokážou přečíst textovou informaci z obrazovky).



Obrázek 10.9: Zařízení NIA a EPOC⁸

⁷Zdroj: http://www.petit-os.cz/poloh_zariz.php

⁸Zdroj: <http://extrahardware.cnews.cz/ovladejte-hry-mozkem-ocz-neural-impulse-actuator>,

10.4 Vnímání barev

10.4.1 Lidské oko vnímá barvy

Lidské oko vnímá barvy pomocí dvou typů *fotoreceptorů*:

- tyčinky – pro nízkou intenzitu světla
- čípky – pro vysokou intenzitu světla

Nás zajímají především čípky, protože je třeba generovat dobře čitelné (rozpoznatelné) výstupy. Existují tyto druhy:

- S-typ (short) – rozpoznání modré barvy (krátká vlnová délka světla)
- M-typ (medium) – rozpoznání zelené barvy
- L-typ (long) – rozpoznání červené barvy (dlouhá vlnová délka)

10.4.2 Počítač zpracovává barvy

Počítač umí zpracovávat pouze čísla, proto i barvy musíme převést na čísla. Každé číslo má svůj horní limit. Barev je z lidského hlediska nekonečný počet, ale počítače nekonečno nezvládají, proto musel být vymyšlen způsob, kterým reprezentujeme dostatečně široké spektrum barev pomocí konečných čísel. Metoda reprezentace barev v počítači vychází z těchto zásad:

- každá barva vzniká kombinací *základních barev*
- jsou určeny tyto základní barvy a metoda jejich kombinace

 Způsob vnímání barev lidským okem je důležitý pro pochopení principu zobrazovacích zařízení, je na něm založen samotný mechanismus zobrazování. Ovšem je třeba rozlišit tato zařízení do dvou typů:

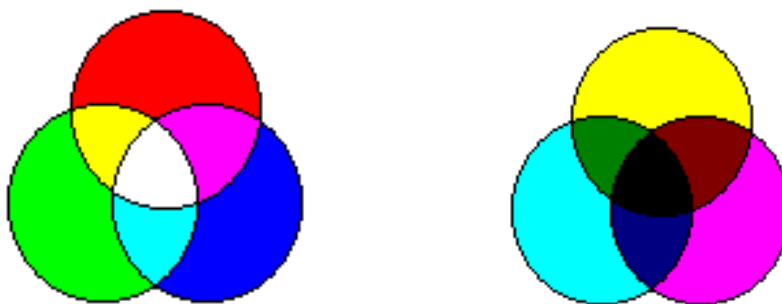
1. zařízení, která zobrazují generováním světla o určitých vlnových délkách (monitory, generují vlastní světlo – obraz je podsvícen)
2. zařízení, která vytvářejí „neelektronické“ výstupy tisknuté na papír, fólii nebo jiný podobný materiál (tiskárny apod.), a tedy barvy jsou vnímány odrazem světla od povrchu a vlastní světlo negenerují.

První typ zařízení používá aditivní (přičítací) model skládání barev, druhý typ zařízení používá subtraktivní (odečítací) model.

 **Aditivní model** je určen pro zařízení, která barvy aktivně zobrazují vyzařováním (monitor, projektor). Základní barvy jsou červená, zelená a modrá (**RGB**, konkrétně model sRGB). Smícháním všech základních barev v plné intenzitě vznikne bílá.

 **Subtraktivní model** je určen pro zařízení, která zobrazují pasivně (ne vyzařováním), například tiskárny. Základní barvy jsou cyan (modrozelená), magenta (červenofialová) a žlutá (**CMY**). Smícháním všech barev v plné intenzitě vznikne černá (šedočerná).

 **CMYK** (Cyan-Magenta-Yellow-Key – black) je typickým příkladem subtraktivního modelu, který se běžně používá v tiskárnách. Jedná se obohacení výše popsaného modelu CMY o černou barvu. Důvodů



Obrázek 10.10: Aditivní a subtraktivní model skládání barev

je více – jeden z nich je finanční (samostatná barva vyjde levněji než její míchání, když černá je při tisku nejpoužívanější) a také smícháním CMY se z technických důvodů nedá získat naprosto čistá černá (získali bychom „špinavou“ tmavě šedou barvu).

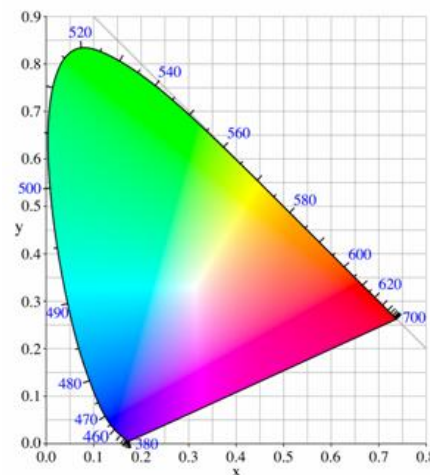
 **RGB** (Red-Green-Blue) je zase typickým příkladem aditivního modelu. V několika podobách se používá především u monitorů a projektorů.

Ve skutečnosti existují i jiné aditivní modely než RGB, ostatní jsou na RGB převeditelné a obvykle s nimi pracujeme v rozsáhlejších a kvalitnějších grafických editorech. Jejich účelem je zjednodušení nastavení některých vlastností souvisejících s barvami (například světlosti obrazu). My se jimi zabývat nebudeme, jsou záležitostí předmětů zabývajících se zpracováním grafiky.

10.4.3 CIE

Normovací systém CIE vznikl za účelem sjednocení standardů pro RGB s tím, aby co nejvíce korespondovaly se systémem CMYK. Důvodem byly zejména četné problémy s rozdíly mezi zobrazením obrázku (zejm. fotografie) na monitoru a následným vytisknutím tohoto obrázku. Má tyto vlastnosti:

- „podkova“ zachycující světlo různých vlnových délek v závislosti na červené a zelené, vidíme ji na obrázku 10.11,
- uvnitř této podkovy se stanoví body pro základní barvy (tolik bodů, kolik základních barev).
- konvexní n-úhelník vzniklý spojením těchto bodů určuje barevný prostor daného modelu.

Obrázek 10.11: Normovací systém CIE¹⁰

 **sRGB** je starší implementací normovacího systému CIE (roku 1996) původně pro CRT monitory. Tento standard najdeme u většiny dnešních monitorů, spíše levnějších. Souřadnice červené, zelené, modré a bílé obdržely v systému CIE hodnoty blízké vyjádření CMY. Účelem bylo přiblížení vzhledu obrázku na monitoru jeho vytisknutému ekvivalentu.

¹⁰ Zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/CIE_1931_color_space

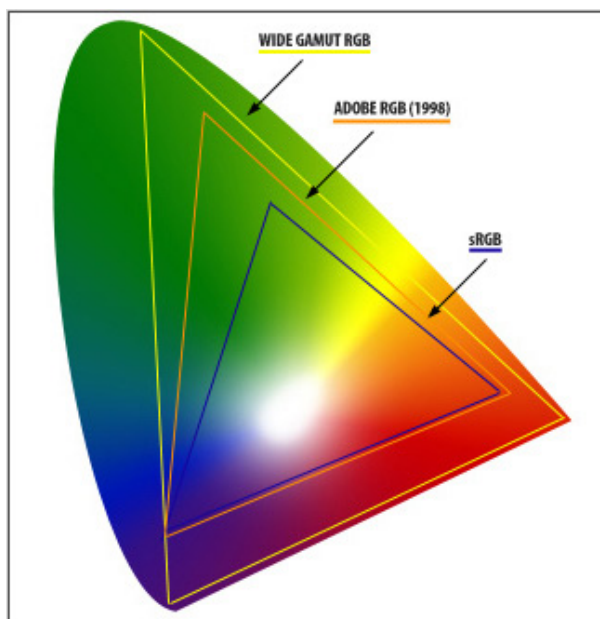
¹¹ Zdroj: <http://a.img-dpreview.com/reviews/nikond100/page11.asp>

Model sRGB používá většina českých fotosběren, proto když posíláme fotografie do fotosběrny a nejsou v tomto barevném modelu, je vhodné předem provést převod (i když to obvykle není potřeba, digitální fotoaparáty a většina programů pro zpracování grafiky pracuje v sRGB).

Adobe RGB vznikl z potřeby zvětšit barevný prostor a také proto, že v barevném prostoru sRGB některé barvy nevypadaly moc přirozeně (především v oblasti zelené barvy, například tráva).

V normovacím systému CIE má trojúhelník pro Adobe RGB větší obsah než sRGB především směrem k zelené. Fotografie z přírody mají při zobrazení na Adobe RGB monitoru přirozenější barvy.

Adobe RGB podporují některé monitory (většinou dražší), ale existují mezistupně (například o něco levnější monitory, které dokážou „téměř“ Adobe RGB, třeba 95 %).



Obrázek 10.12: Srovnání sRGB a Adobe RGB¹¹



Poznámka:

Adobe RGB používáme obvykle tehdy, když máme kvalitní fototiskárnu (nebo profesionální tiskárnu), protože při tisku přes fotosběrnu je stejně (většinou) nutné provést převod do sRGB. Pozor, nemá smysl používat monitor podporující Adobe RGB, pokud vytváříme elektronické výstupy (například webovou grafiku, kterou nemíníme tisknout) a nebo když navrhujeme rozhraní aplikace – v obou případech budou našimi zákazníky lidé s „obyčejnými“ monitory, a tedy co se nám na kvalitním monitoru zdá naprosto úchvatné, může na běžném monitoru vypadat mnohem méně esteticky.



Další informace:

- http://en.wikipedia.org/wiki/Adobe_RGB_color_space
- http://en.wikipedia.org/wiki/SRGB_color_space
- http://en.wikipedia.org/wiki/RGB_color_space
- <http://en.wikipedia.org/wiki/CMYK>
- <http://web.forret.com/tools/color.asp>
- http://dx.sheridan.com/advisor/cmyk_color.html
- http://en.wikipedia.org/wiki/Color_theory



10.4.4 Pojmy z grafiky

 **Pixel** je zkratka z picture element, je to jeden zobrazitelný bod.

Rastrový obrázek je obvykle chápán jako mřížka pixelů. U tohoto typu obrázku (s příponou bmp, png, jpg, gif, . . .) je tedy důležité, jaké barevné hodnoty jsou přiřazeny jednotlivým pixelům, i když nemusejí být vždy uloženy ve formě seznamu barevných hodnot (často se používá některá forma komprese, aby obrázek nezabíral moc místa).

Vektorové obrázky naproti tomu nejsou definovány jako mřížka pixelů, ale jako posloupnost operací (například operace pro vykreslení úsečky, křivky, apod.), převod na mřížku pixelů se provádí jen při výstupu obrázku na zobrazovací zařízení.

 **Barevná hloubka** je množství paměti potřebné k reprezentaci jednoho barevného bodu – pixelu (v bi-tech), obvykle zvlášť pro každou základní barvu (8+8+8, 16+16+16 apod.). U zobrazovacích zařízení může být část barevné hloubky vyhrazena pro alfa-kanál (stupeň průhlednosti).

 **Rozlišení** je počet bodů na jednotku délky, většinou palec. Obvykle se udává v *dpi* (Dots per Inch). Při porovnávání kvality výstupu na monitor a tiskárnu se setkáváme s rozlišením dpi pro tiskárnu a ppi (pixels per inch) pro obrázek na monitoru (nebo uložený na disku).

 **Denzita** je schopnost rozlišovat (příp. odrážet nebo zpracovávat) různé vlnové délky světla. Jedná se o záporný logaritmus poměru dopadajícího a propuštěného (nebo odraženého) světla. Dokonale propustný materiál má denzitu 0, materiál, který není průsvitný, má vysokou denzitu.

10.5 Scannery

Scanner je zařízení pro snímání předlohy do počítače pracující na principu digitalizace odstínu barvy, a to v modelu RGB. Rozlišujeme tyto typy scannerů:

- stolní
- ruční, včetně scannerů čárových kódů
- archivové (průchodové) – skenovaný objekt prochází přístrojem
- tužkové – na řádek textu
- 3D
- bubnové – na skenovaný objekt je nanesen speciální olej (během skenování vyprchá), který umožní objektu přesně přilnout k bubnu, buben se otáčí, od objektu se odráží světlo, které je zachycováno (používá se zejména pro filmy)

10.5.1 Snímací technologie

Snímací technologie scannerů je založena na osvětlení předlohy, sejmutí světlocitnými prvky a následném zpracování výstupu těchto prvků. Princip je hodně podobný tomu, co se děje v digitálních fotoaparátech, a vlastně se můžeme setkat i se stejnými snímacími prvky.

CCD (Charged Coupled Device) je technologie, kdy je předloha osvětlena bílou zářivkou doplněnou o optický systém, který zajišťuje stejnoměrné osvětlení. Zářivka je umístěna na snímací hlavě. Snímání probíhá takto:

- hlava se pohybuje pod skleněnou deskou, na které je předloha
- pomocí soustavy zrcadel je obraz odražen do snímacího prvku s třemi řadami CCD prvků (každý pro jednu základní barvu), snímá se vždy celá šířka najednou (pixely na stejném řádku)

Zářivka („lampa“) se musí nejdříve nahřát, což znamená časovou ztrátu. Nejčastějším problémem u scannerů s CCD prvky bývá nízká životnost lampy.

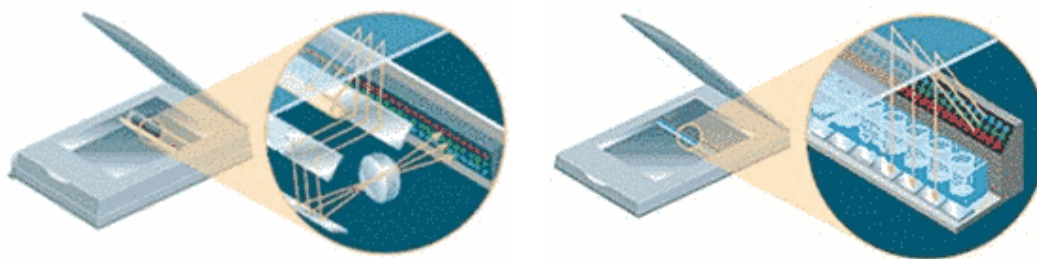
Možnosti sejmutí obrazu:

1. předloha je snímána třikrát, pokaždé s jiným filtrem, z těchto tří výsledků se poskládá finální obraz
2. předloha se snímá pouze jednou, ale každý řádek bodů je osvětlen postupně přes tři různé filtry, je to rychlejší
3. rozklad světla odraženého od předlohy se provádí přes optický hranol, výsledné tři paprsky se vedou k třem řádkovým CCD snímačům

CIS (Contact Image Sensor) osvětluje snímáný objekt LED diodami. Na snímací hlavě jsou *tři řady LED diod* (každá svítí jednou ze základních barev), diody musí být co nejbliž předloze.

Výhody CIS technologie jsou možnost použití nižšího napětí (proto USB scannery bez dalšího napájení bývají vybaveny CIS), vyšší životnost, možné rozměry snímače, spolehlivost, cena.

Naopak nevýhodou je, že snímací hlava musí být blízko snímánek objektu (LED diody mají mnohem nižší výkon než zářivka), proto u „plastických“ předloh jsou výsledky horší, taktéž se moc nehodí pro snímání částečně průsvitných předloh (negativy, diapozitivy apod.).



Obrázek 10.13: CCD a CIS technologie

CCD s bílými LED jsou v poslední době čím dál častější. Tyto scannery fungují na stejném principu jako výše popsaný CCD, ale místo zářivky se jako zdroj světla používají bílé LED diody. Výhodou je především menší spotřeba energie a tím i možnost napájení přes USB, a výrazně kratší doba nahřívání oproti zářivkám.



Další informace:

Informace o CCD a CIS technologii najdeme například na

<http://www.stanleyadamsgroup.com/Technologies/Pdf/Does%20wide-format%20Scanning%20Technology%20Matter%20ver2.pdf>



10.5.2 Optické rozpoznávání znaků

Optické rozpoznávání znaků (OCR – Optical Character Recognition) úzce souvisí s používáním scannerů. Velmi často skenujeme text, který bychom chtěli buď přímo v upravitelné podobě, nebo alespoň ve vektorových fontech.

Kdybychom nepoužívali OCR, výsledek by byl vždy rastrový. U samotných obrázků to tolik nevadí (i když se tím připravujeme o možnosti téměř neomezeného zvyšování rozlišení při zvětšování obrázku), ale u textu může jít o velký problém, protože při změně rozlišení nebo třeba tisku písmen se může zhoršit čitelnost.

Jak OCR funguje?

- metoda se v naskenovaném obrázku pokouší rozpoznat znaky, účelem je převést obrázek do formy dokumentu s vektorovými fonty, případně upravitelného dokumentu
- předloha musí mít dostačující kvalitu
- OCR pracuje nejen s možnými tvary znaků, ale používá databázi nejpoužívanějších slov jazyka

Pro OCR se používají různé alternativní metody (neuronové sítě, expertní systémy, fuzzy apod.).

Další varianty OCR:

- ICR (Intelligent Character Recognition) – rozpoznání ručně psaného textu
- BCR (Bar Code Reading) – převod čárového kódu na číslce a písmena
- OMR (Optical Mark Reading) – digitální zpracování formulářů, např. rozpoznání zaškrtnutých míst

10.6 Monitory

Monitor je základní výstupní elektronické zařízení sloužící k zobrazování textových a grafických informací. Bývá propojen s grafickou kartou nebo s jinými zařízeními (reproduktory), může být integrován do zařízení.

Monitory mívají různou úhlopříčku (udává se v palcích) – například 14", 15", 19", 21". Poměr stran je obvykle 4:3 (klasický) nebo 16:9 (širokoúhlý), příp. 16:10 nebo jiný.

10.6.1 Parametry monitoru

Když kupujeme monitor, zajímáme se o jeho parametry. Co nás má (zatím obecně bez určení typu) zajímat?

 **Rozlišení** je počet pixelů (zobrazitelných bodů) na šířku a výšku. Obvyklé hodnoty jsou

640 × 480 (VGA),	1280 × 800 (WXGA),	1366 × 768 (HD Ready),
800 × 600 (SVGA),	1280 × 1024 (SXGA),	1920 × 1080 (Full HD, 1080p),
1024 × 768 (XGA),	1600 × 1200 (UXGA),	4096 × 2160 (4K),...

Často se používají slovní názvy:

- HD: 1280 × 720, také 720p
- Full HD (FHD): 1920 × 1080 také 1080p

- Quad HD (QHD): 2560×1440 , 4× obrazovka HD
- Ultra HD (UHD): 3840×2160
- 4K: 4096×2160 atd.

Použitelný výběr závisí na tom, zda jde o klasický nebo širokoúhlý monitor. Horní mez závisí na použité obnovovací frekvenci.

 **Doba odezvy** je doba, za kterou pixel změni barvu z černé na bílou a zpět. Parametr „rise“ znamená dobu potřebnou pro rozsvícení bodu na bílou, „fall“ dobu pro zhasnutí do černé.

Ovšem více vypovídající je parametr „grey to grey“ – změna z tmavě šedé do světle šedé a zpět.



Poznámka:

Hodnoty udávané výrobcem musíme v každém případě brát s rezervou, protože jde o údaje naměřené v ideálních laboratorních podmínkách, kterých v běžném prostředí při zobrazování běžných obsahů obrazovky dosáhneme jen výjimečně. Navíc může nastat problém při přenosu obrazu – přeslechy v kabelu, problém na straně grafické karty, apod.

**Další parametry**

- spotřeba v pracovním režimu/režimu spánku
- rozteč pixelů
- pozorovací úhly (při sledování obrazovky z větších úhlů se deformuje především zobrazení barev)
- rozměry (především hloubka), hmotnost, atd.
- použitá technologie – CRT, LCD (TN, IPS, VA, apod.), OLED, FED, SED, atd.

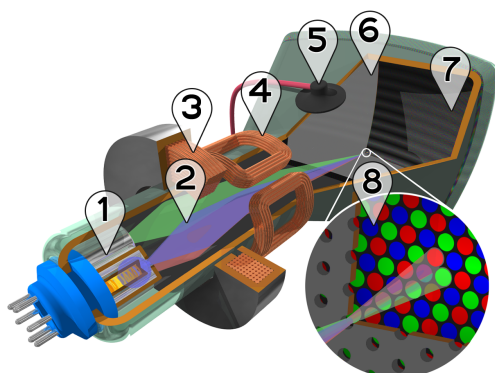
Konektory na monitorech (D-Sub, DVI, HDMI, Display Port) jsou v kapitole 4 Rozhraní a konektory od strany 23, zde je už nebudeme rozebírat.

10.6.2 CRT monitory

CRT (Cathode Ray Tube) monitory ještě donedávna byly jediným typem monitorů pro osobní počítače. Jejich základem (objevujícím se i v názvu) je *katodová trubice*.

Obvykle jde o skleněnou trubici, uvnitř ní bývá vakuum nebo velmi řídký plyn. V trubici jsou elektrody (anoda a katoda), mezi nimiž po připojení k elektrickému napětí prochází elektrický proud. Katoda tvoří „elektronové dělo“, které emituje elektrony, ty jsou v trubici urychlovány směrem k anodě a vychylovacími cívkami nasměrovány na stínítko. Stínítko ve fluorescenční vrstvě obsahuje luminofoxy, které po dopadu elektronů svítí. Intenzita proudu elektronů znamená intenzitu svícení bodu, u černého bodu je intenzita nulová (žádné elektrony).

Barevné monitory (RGB) mají tři elektronová děla, pro každou základní barvu jedno, před stínítkem je maska filtrující pro jednotlivé základní barvy.



1. elektronická děla
2. svazky elektronů
3. zaostřovací cívkou
4. vychylovací cívkou pro jednotlivé barvy
5. anoda
6. maska oddělující barvy
7. fosforová vrstva s R, G, B zónami
8. detail vnitřní části obrazovky

Obrázek 10.14: Princip CRT monitoru¹²

Obnovovací frekvence je rychlost obnovování obrazu. V jednom okamžiku je vysvícen jen jeden pixel. Proud elektronů ze všech tří děl je synchronně vychylován po řádcích, po celém průchodu jsou postupně vysvíceny všechny body obrazovky. Pixel však svítí jen po určité omezenou dobu; aby obraz neblíkal, musí být proud elektronů vychylován dostatečně rychle.

Vychylování je zajištěno vychylovacími cívkami horizontálními a vertikálními. Rozlišujeme horizontální frekvenci (frekvence vysvícení jednotlivých řádků) a celkovou obnovovací frekvenci (pro celou obrazovku, přes všechny řádky).

Obnovovací frekvence nám tedy říká, kolikrát za sekundu se vykreslí všechny řádky obrazovky (vertikální frekvence). Nesmí být moc nízká, aby obraz neblíkal (bolely by z toho oči, udává se nejméně 70 Hz), ale ani moc vysoká (zvláště při vysokém rozlišení by mohly vzniknout problémy s neostrým obrazem).

Jeden pixel na barevném monitoru se skládá ze tří *subpixelů* – červeného, zeleného a modrého (podle modelu RGB). Tyto tři subpixely mohou být uvnitř pixelu uspořádány několika různými způsoby:

1. delta – na vrcholech trojúhelníka
2. trinitron – vedle sebe
3. inline – posunuté

Ukázku vidíme na obrázku 10.15.

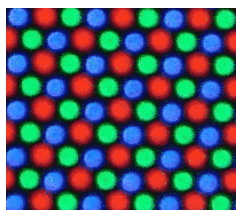
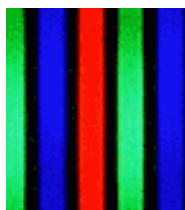
CRT monitory se typicky zapojují přes rozhraní D-Sub (analogové).

Výhody a nevýhody CRT monitorů: Velkou nevýhodou, která je pro mnohé zřejmě nejdůležitější, jsou rozměry CRT monitorů – na stole zabírají velmi mnoho místa. Další nevýhodou oproti jiným typům je o něco vyšší spotřeba energie. Některým lidem také vadí „blikání“ při obnovování obrazu, to se dá celkem řešit vhodným nastavením obnovovací frekvence.

Naopak výhodou je lepší kontrast, podání barev, pozorovací úhly a reakční doba (doba odezvy – response time), zvláště v porovnání s v současné době nejpoužívanějšími typy LCD panelů. Udává se, že také životnost CRT monitorů je o něco vyšší než životnost LCD.

¹²Zdroj: http://www.absoluteastronomy.com/topics/Cathode_ray_tube

¹³Zdroj: <http://telefon.unas.cz/pc.hw/pc10.htm>

na vrcholech trojúhelníka
(delta)vedle sebe
(trinitron)posunutě
(inline)Obrázek 10.15: Uspořádání subpixelů v pixelu¹³

10.6.3 LCD panely

LCD (Liquid Crystal Display) je nazvána podle tekutých krystalů. Tekutý krystal je materiál, který při průchodu elektrického proudu mění svou molekulární strukturu. LCD jsou založeny na základě propouštění a blokování světla (z vnějšího zdroje nebo světla ze zadního či bočního podsvícení).

 **Podsvícení.** Pro *podsvícení* se používají dvě základní technologie:

1. CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp) – studené katodové zářivky, a to buď několik horizontálně nad sebou nebo je zářivka umístěna na straně panelu a její světlo je vedeno přes celý panel pomocí světlovodu a reflexní vrstvy (často více reflexních vrstev)
2. LED – světlo je generováno LED diodami, je to mladší, dražší a kvalitnější technologie, rozlišujeme
 - RGB LED (firma Sony) – LED diody jsou v matici po celé ploše panelu, každý pixel má čtyři LED diody (červenou, modrou a dvě zelené)
 - Direct LED (televizory LG) – podobné, ale LED diody jsou bílé
 - Edge LED (Sony, Samsung, LG a další) – LED diody jsou na boku panelu, jejich světlo je rozváděno po celém panelu světlovody a odrazovými prvky

Na panelu používajícím CCFL prakticky nelze zobrazit čistě černou barvu, vždy se na pixel odráží trochu světla. Dále CCFL je důležité, jak kvalitně je světlo zářivky rozvedeno po celém panelu (tento parametr se nazývá *homogenita podsvícení*).



Další informace:

K CCFL existují alternativy – firma Sony zavedla pojem HCFL, a dále se setkáváme s pojmem EEFL:

http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20090123/164483/?ST=english_PRINT

<http://automatizace.hw.cz/clanek/2007062301>



LED technologie se pro podsvícení používá teprve několik let. Výhodou RGB LED je mimořádně široké zobrazitelné barevné spektrum (ale záleží také na konkrétní technologii), a také to, že kteroukoliv LED

diodu lze kdykoliv zhasnout, proto je možné zobrazit i čistě černou barvu. Direct LED je na tom podobně s tím rozdílem, že zobrazitelné spektrum je o něco menší.

Edge LED postrádá výhodu možnosti zobrazení čistě černé barvy, ale má jinou výhodu – takto osvětlované panely mohou být velmi tenké, což je výhodné zvláště u notebookových panelů. Edge LED má ještě jednu výhodu: nižší cenu. Původně byly LED diody na dvou protilehlých stranách obrazovky, ale dnes se setkáváme spíše s umístěním jen na jednu stranu, čímž výrobci snižují cenu na úkor rovnoměrnosti podsvícení.

Také se můžeme setkat s pojmem WLED (White LED), což je prakticky totéž (bílé LED diody jsou použity jako podsvícení, barva je tvořena jinak, například barevným filtrem u subpixelu).



Poznámka:

Také u LCD se nastavuje *obnovovací frekvence*. Podobně jako u CRT monitorů, i zde je obraz v pravidelných intervalech (podle obnovovací frekvence) obnovován podle obsahu videopaměti, jen místo „řádkování“ by se při nižší frekvenci mohl projevovat spíše jako pravidelné snižování a opětovné zvyšování jasu.

Tedy i u LCD panelů bychom měli mít nastavenou vhodnou obnovovací frekvenci. Příliš nízká unavuje oči, příliš vysoká znamená zbytečně zvýšenou spotřebu energie.



Aktivní a pasivní LCD. Rozlišujeme dva základní typy LCD displejů – aktivní a pasivní.

TFT (Thin-Film Transistors) jsou „aktivní“ LCD, dnes nejběžnější. Pod jednotlivými pixely jsou tranzistory, některé technologie mají i dva tranzistory na každou základní barvu, tj. 6 na pixel. Je vyžadováno aktivní podsvícení CCFL trubicemi (obvykle více než jednou) nebo LED diodami.

Pasivní LCD fungují trochu jinak. Každý řádek má jeden tranzistor, každý sloupec má jeden tranzistor. Tento typ LCD má pomalejší reakce, méně barev, vyskytuje se rušení mezi vodiči, ale zato je levnější a má menší spotřebu energie.

Dále se budeme věnovat většinou TFT (aktivním) LCD.

TFT se dělí do podskupin podle použité technologie – funkčnosti vrstvy tekutých krystalů. Základní druhy jsou TN, IPS a VA, druhý a třetí typ se opět vyskytují v několika variantách. Odlišnosti jsou především v principu zacházení s tekutými krystaly, následně v kvalitě zobrazení barev, pozorovacích úhlech, době odezvy, atd.

Základní princip. Tekutý krystal je materiál, který při průchodu elektrického proudu mění svou molekulární strukturu. LCD funguje na principu *propouštění a blokování světla* (z vnějšího zdroje nebo světla ze zadního či bočního podsvícení), blokování či naopak propouštění světla provádějí právě tekuté krystaly změnami své molekulární struktury do propustné nebo nepropustné formy (nebo něco mezi tím). Molekuly tekutých krystalů se při průchodu elektrického proudu srovnávají s mikroskopickými drážkami na elektrodách do spirálové či jiné pravidelné struktury (tak vytvoří krystal).

Barva jednoho pixelu (resp. subpixelu pro základní barvu) je ovlivněna následující posloupností:

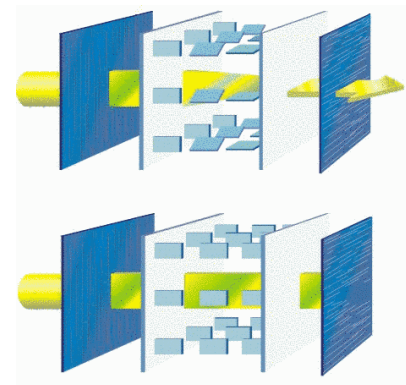


Natočení krystalů se u TFT řídí pomocí tranzistorů pod pixely. Subpixely bývají obvykle umístěny vedle sebe (podobně jako jsme u CRT viděli na obrázku 10.15 na straně 215).

TN (Twisted Nematic), B-TN Nejstarší, vyznačuje se horšími pozorovacími úhly, což je způsobeno šroubovitým uspořádáním molekul tekutých krystalů.

Podle výše uvedené posloupnosti ovlivňující barvu pixelu platí u TN následující:

- pokud je (maximální) napětí mezi elektrodami: světlo přicházející od prvního filtru je tekutým krystalem odraženo, druhým filtrem projde bez zachycení,
- neprochází proud: krystaly jsou v „chaotickém stavu“, světlo od prvního filtru je zachyceno druhým filtrem (protože filtry jsou na sebe kolmé, frekvence, které prošly prvním, neprojdou druhým).



Z toho vyplývá, že při snížení napětí projde více světla. Mezi elektrickým napětím a jasnem je *nepřímá úměrnost*, tedy se zvyšujícím se napětím klesá světlost bodu (bez napětí = bílá). Vadné pixely svítí bílou barvou, což je poměrně nepříjemné.

Pro TN je typické horší podání barev – gammut Adobe RGB ani náhodou (s tím souvisí menší barevná hloubka, obvykle jen 6 nebo přinejlepším 8 bitů na barvu/kanál).

TN+Film V současnosti se setkáváme s vylepšením této technologie, *TN+Film*: na TN panel je nanášena tenká vrstva, která zlepšuje pozorovací úhly, ale ostatní nevýhody v podstatě zůstávají. Oproti následujícím popisovaným technologiím je výroba *TN+Film* pořád výrazně levnější.

TN panely zřejmě ještě dlouho zůstanou nejoblíbenější variantou TFT-LCD, především díky nízké ceně. Typicky se s nimi setkáme i u notebooků.

IPS (In-Plane Switching) vyvinutá firmou Hitachi je také nazývána Super-TFT. Oproti TN nejsou molekuly při zobrazení bílé uspořádány šroubovitě, ale podélně – důsledkem jsou lepší pozorovací úhly (až kolem 170 stupňů, ale při úhlech blížících se této hranici se zabarvení postupně mění do fialova), ale na druhou stranu kontrast lepší nebývá (dokonce i naopak) a doba odezvy je u (původní) IPS obecně nízká.

Podání barev je lepší než u TN. Pro každý barevný kanál je vyhrazeno 8 bitů, tedy barevná hloubka je taktéž obecně vyšší než u TN. Vadný pixel je černý. Technologie výroby je náročnější, proto (kromě jiného) bývají IPS panely dražší. Typické využití je v DTP (práce s grafikou, spíše statictějšího charakteru).

Technologie IPS má několik variant, například:

- *S-IPS* (Super-IPS) – oproti původní IPS byla vylepšena doba odezvy, pro každý subpixel jsou použity dva tranzistory (tj. 6 na pixel), dnes je to nejběžnější IPS technologie,
- *H-IPS* (Horizontal-IPS) díky vyšší propustnosti světla nevyžaduje tak silné podsvícení jako předchozí a má lepší kontrast

Existuje více dalších IPS technologií, jejich popis (a také popis výše uvedených) najdeme ve zdrojích ze seznamu na konci této sekce.

¹⁵ Zdroj: <http://pctuning.tyden.cz/component/content/4110?task=view>

Obrázek 10.16: Princip LCD, zvýšení napětí znamená nižší intenzitu svícení¹⁵

 **VA (Vertical Align)** je dílem firmy Fujitsu. Narozdíl od TN a IPS jsou molekuly (krystaly) uspořádány do „stromečků“, které se při průchodu proudem mírně „rozšiřují“. Původní VA technologie se vyznačovala špatnými pozorovacími úhly, což se hodně zlepšilo u nových variant – MVA a PVA. Je typické, že u VA technologií jsou vertikální a horizontální pozorovací úhly stejné. Výhodou oproti TN je vyšší kontrast, vadný pixel je tmavý, barvy jsou o něco lepší než u TN (záleží na variantě, některé varianty VA jsou dokonce srovnatelné s IPS).

MVA (Multidomain Vertical Alignment) technologie především rozšířila pozorovací úhly až téměř k hodnotám typickým pro IPS. Obvykle platí, že klasické MVA jsou ve svých vlastnostech někde mezi TN a IPS (i včetně ceny).

P-MVA (Premium MVA) je v současné době nejvíce využívaná MVA technologie. Barevné podání je jen o něco lepší než TN, ostatní vlastnosti vcelku odpovídají tomu, co bylo psáno o VA a MVA. S-MVA je obdobou P-MVA, ale od jiného výrobce. A-MVA má o něco lepší barevné podání a pozorovací úhly než jiné varianty MVA.

PVA (Patterned Vertical Alignment) od firem Samsung a Sony mají podobné vlastnosti jako MVA, ale obecně mají vyšší kontrast. Varianta S-PVA (Super-PVA) je v současné době považována za špičku v LCD technologiích, často mívá barevnou hloubku 10 bitů na kanál.



Další informace:

- <http://notebook.cz/clanky/technologie/2010/obrazovky-notebooku-cast1>
- <http://notebook.cz/clanky/technologie/2010/obrazovky-notebooku-cast2>
- http://www.svethardware.cz/art_doc-3D24A72749EDC38BC1256CE700447D5B.html
- <http://icons.cz/95-jak-vybrat-lcd-monitor-a-jejich-technologie.html>
- <http://extrahardware.cnews.cz/nec-multisync-pa271w-10bitovy-vladce-modernich-27-recenze-lcd>
- http://pctuning.tyden.cz/hardware/monitory-lcd-panely/4596-3x_lcd-technologie_tn_s-ips_a_mva_v_praxi
- http://www.tftcentral.co.uk/articles/panel_technologies.htm
- http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/Vikuiti1/BrandProducts/secondary/optics101/
- http://www.tvfreak.cz/art_doc-91B9080AC6B15B98C12575030031F089.html



 Čeho si všítat u LCD panelů:

- použitá technologie
- úhlopříčka, poměr stran obrazovky a rozlišení
- odezva v ms (lepší pod 10 ms)
- pozorovací úhly, kontrast, jas, počet zobrazovaných barev (barevná hloubka), atd.
- spotřeba v provozu a v pohotovostním režimu
- vestavěné reproduktory, polohovatelnost stojanu, atd. další přídavné funkce



Poznámka:

LCD panely jsou digitální, proto je lepší je připojovat přes digitální rozhraní (DVI, HDMI, DisplayPort).

Pokud jsou připojeny přes analogové rozhraní (D-Sub), dochází ke zbytečným konverzím: D–A–D, což může mít vliv na kvalitu výstupu (ovšem v kanceláři a často ani doma to celkem nevadí).



Údržba LCD panelu: Rozhodně nepoužíváme prostředky na čištění oken ani papírové ubrousky! Postupujeme následovně:

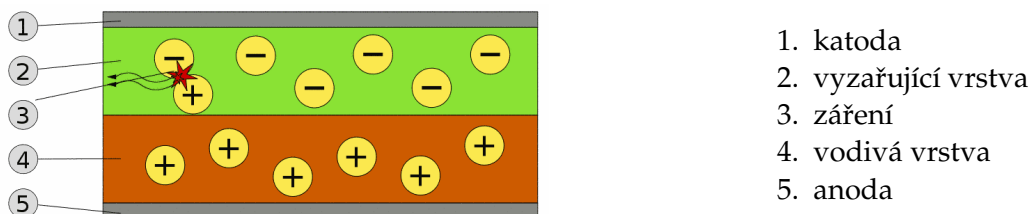
- panel vypneme a necháme *zcela vychladnout* (kdybychom to neudělali, získali bychom „dekorativní“ šmouhy)
- čistíme buď speciálním vlhčeným čisticím ubrouskem určeným pro LCD panely, a nebo použijeme kvalitní jemnou utěrku z mikrovlákna (kvalitní, hlavně pozor na obšití hrubou nití, mohlo by poškrábat povrch), kterou buď namočíme ve vlažné vodě a důkladně vyždímáme, a nebo použijeme sprej určený k těmto účelům,
- necháme proschnout, pak teprve můžeme používat.

Pokud povrch panelu není skleněný (především u notebooků se používá částečně pružný plast), neměli bychom moc tláčit, větší tlak může poškodit krystaly.

CRT monitory lze čistit podobně, včetně vychladnutí.

10.6.4 Další technologie podobné LCD

OLED (Organic Light-Emitting Diode, organické LED) využívají technologii organických elektroluminiscenčních diod. Organický proto, že tato technologie je založena na organickém materiálu, uhlíku. Obrazovka je tvořena diodami, které po zavedení elektrického proudu vyzařují světlo, tedy *není nutné podsvícení*.



Obrázek 10.17: Princip OLED¹⁶

Tato technologie se vyznačuje velmi dobrou odezvou, širokými pozorovacími úhly, velmi dobrou reprodukcí barev, kontrastem i světlostí, OLED displeje jsou tenčí a energeticky úspornější než LCD, ale má jednu nevýhodu – vysokou cenu.

Základní členění je na pasivní a aktivní podle způsobu řízení pixelů (překřížené vodiče nebo samostatné tranzistory), existují další varianty podle způsobu převádění energie na světlo, použitého nosného materiálu, oboustranné (TOLED), atd.

V současné době se s OLED setkáváme spíše v podobě malých obrazovek na mobilech, digitálních fotoaparátech apod.

¹⁶ Zdroj: <http://nanoogmania.blog.mobilmania.cz/2009/05/>

U kvalitnějších smartphonů se používá varianta *AMOLED* (Active Matrice OLED, tedy OLED s aktivní maticí), je tedy typu TFT (každý pixel má vlastní tranzistory). Narozdíl od pasivních variant má AMOLED kratší reakční dobu a spotřebovává méně energie, také má obecně lepší kontrast (černá by měla být opravdu černá, nesvítit). Ale na druhou stranu jsou AMOLED displeje na slunečním světle hodně špatně čitelné.



Další informace:

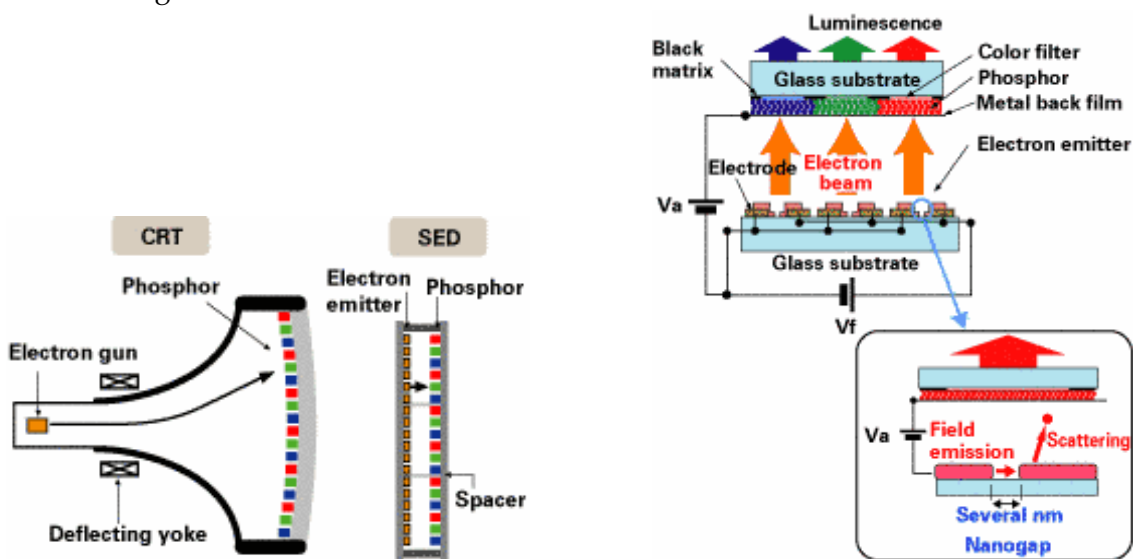
Velmi pěkně zpracované informace o OLED (včetně struktury a typů) najdeme na <http://www.oled-display.net/how-works-the-oled-technology>.



FED (Field Emission Display) kombinují princip CRT a LCD. Jsou tenké jako LCD, ale princip zobrazování pixelů je převzat z CRT. Stejně jako u CRT, elektrony dopadají na luminofor, který vyzařuje světlo v bodě dopadu. Místo elektronového děla se používá velké množství tenkých kovových hrotů nebo uhlíkových nanotrubiček.

Výhodou FED je, že displeje *neblíkají* (narozdíl od CRT). FED mají výborné pozorovací úhly, rychlou odezvu, jsou méně energeticky náročné.

Nevýhodou je, že nanotrubičky musí být ve vakuu řidším než je u katodových trubíc v CRT obrazovkách, proto je tato technologie dražší.



Obrázek 10.18: Schéma SED¹⁷

SED (Surface-Conduction Electron-Emitter Display) pracují na podobném principu jako FED (podobně jako CRT), ale každý pixel má pro každou svou základní barvu vlastní emitor záření. SED displeje jsou velmi tenké, mají výbornou odezvu, kontrast, barvy, a nízkou spotřebu. Cena je ovšem o dost vyšší.

¹⁷ Zdroj: http://www.hottvnews.com/blog_23.shtml

10.7 Tisk

Tiskárny patří k zobrazovacím zařízením stejně jako monitory, ale narozdíl od nich zobrazují (tj. tisknou) výhradně v barevném modelu CMYK nebo některém odvozeném modelu. Na trhu existuje mnoho druhů tiskáren, které se navzájem liší především technologií použitou při tisku.

 **Mechanické tiskárny** pracují na podobném principu jako psací stroje. *Typy* (znaky) se přetiskují přes barvicí pásku (i vícebarevná – různé barvy na stopách). Rozlišujeme

- jehličkové (dot-matrix) – bod je tisknut určitým počtem jehliček (9 nebo 24)
- znakové – pouze znaky, používány typy stejně jako u psacího stroje

Znakové tiskárny měly jednu obrovskou nevýhodu – mohly tisknout pouze ty znaky, které měly ve své počáteční výbavě, nic jiného. Tento nedostatek odstranily jehličkové tiskárny, kde z jehliček bylo možné utvořit nejrůznější znaky podle potřeby (včetně tisku pseudografiky).

Mechanické tiskárny jsou velmi levné, ale hlučné, kvalita tisku je horší. V současné době je najdeme spíše v technických provozech.

 **Inkoustové tiskárny** vytvářejí tisknuté objekty z malých kapiček inkoustu vystřikovaného na papír. Rozlišujeme dva typy:

- *piezoelektrické tiskárny* (InkJet) – v tiskové hlavě je trubička nebo destička z materiálu, který při průchodu elektrického proudu mění tvar; kapka inkoustu, která dopadne na prudce se vypouknuvší trubičku nebo destičku, je vymrštěna na papír
- *tryskové* (BubbleJet) – inkoust je v trysce nahříván, čímž se jeho část odpaří (plyn se rychle roztahuje), zbytek inkoustu je vymrštěn na papír

Inkoust je v tiskové náplni – *cartridge*, barvy C (cyan, modrozelená), M (magenta, červenofialová), Y (yellow, žlutá) a K (black, černá). Obvykle jsou základní barvy odděleně, nebo alespoň černá je zvlášť.

Inkoustové tiskárny se často vyskytují ve formě *plotrů* pro velkoformátový tisk.

Výhodou inkoustových tiskáren je tichý a kvalitní tisk (i fotografií), nevýhodou je občasné zanášení trysek (každá inkoustová tiskárna má mechanismus čištění trysek, který je startován obvykle stisknutím určité kombinace tlačítek nebo softwarově, rychlé čištění trysek se také provádí při zapnutí tiskárny).



Poznámka:

U inkoustových tiskáren hrozí nebezpečí *vyschnutí inkoustu*, zvláště v tiskových hlavách. Proto je důležité občasné čištění trysek (od nánosu zaschlého inkoustu), a z toho důvodu také inkoustové tiskárny nejsou vhodné tam, kde se tiskne například jen jednou za půl roku (i když netisknutí po delší odstavce lze často vyřešit několikanásobným spuštěním čistícího mechanismu).

Většina tiskáren při svém vypnutí „parkuje“ tiskovou hlavu do takové polohy, ve které je riziko vyschnutí minimální. Pokud je inkoustová tiskárna vypnuta příliš náhle (například výpadkem proudu nebo použitím centrálního vypínače), může se stát, že tiskárna nestihne hlavu zaparkovat. Pak může opravdu dojít k poměrně rychlému zatuhnutí inkoustu v tryskách a je třeba je vyčistit. Proto bychom měli mít na paměti, že před použitím centrálního vypínače je nutné tiskárnu skutečně vypnout.



 **Cartridge** do inkoustové tiskárny může být *originální* (od výrobce tiskárny) nebo *neoriginální* (od jiného výrobce). O originálních náplních se všeobecně ví, že určitě nepoškodí tiskárnu, ale na druhou stranu bývají drahé. O neoriginálních náplních se tvrdí, že existuje určité riziko poškození tiskárny (většinou to není pravda, ale výjimka potvrzuje pravidlo), ale cena bývá značně nižší. Když tedy chceme koupit neoriginální náplň, měli bychom si třeba na internetu ověřit, zda s výrobky příslušného výrobce náplně nebyly problémy.

Měli bychom si uvědomit, že mnozí výrobci do dokumentace tiskárny připisují (více či méně zřetelně), že použití jiných než originálních náplní bude mít za následek ztrátu záruky.



Poznámka:

Bohužel se setkáváme také s jiným problémem – obsahem cartridge. Výrobce náplně udává určitý obsah, ale může se jednat o nepravdivou informaci. Zvláště když je obal neprůhledný, nelze si pohledem ověřit, kolik barvy je v náplni ve skutečnosti.



Další informace:

Některé „triky“, jejichž účelem je ošidit zákazníky, jsou popsány v článku <http://www.chip.cz/clanky/hardware/2010/11/nakladne-inkousty-klamou-maskuji-zvelicuji>



Poznámka:

U inkoustových tiskáren jsou dnes hodně skloňovaným tématem jejich *tiskové náklady*. Vždy, když kupujeme novou tiskárnu, bychom se kromě dalších parametrů (včetně ceny tiskárny) měli zajímat o tiskové náklady, zvláště když budeme tisknout hodně. Může totiž nastat situace, kdy náhradní náplně do tiskárny stojí stejně nebo dokonce více než samotná (obvykle velmi levná) tiskárna.



 **Tepelné tiskárny s přímým tiskem** (termotiskárny) používají speciální papír, který působením tepla zčerná. Princip:

- u černobílých (nebo prostě jednobarevných) se jehličky v tiskové hlavě nahřejí a úderem na papír se vytvoří tisknutý symbol
- u barevných se používají fólie s barevným voskem (pro různé základní barvy), které se zároveň s papírem postupně protahují kolem tiskové hlavy, vosk se pak teplem přenesení na papír

V současné době se tento typ tiskáren používá v monochromatické podobě především ve faxech, supermarketech nebo automatech pro „potvrzenky“.

Nevýhodou tohoto typu tisku je malá stabilita tisku (postupně bledne), výhodou je, že jediné, co musíme doplňovat, je papír (obvykle v kotoučích, případně kotouč se samolepícími štítky). Papír ovšem musí být speciální, s vrstvou citlivou na světlo.

 **Tepelné tiskárny termosublimační** slouží především k tisku fotografií. K zobrazení se také používá teplo, ale kromě papíru (což obvykle bývá fotopapír) potřebujeme také fólie s barevnou vrstvou. K jednomu papíru se vždy spotřebuje jedna fólie, tedy moc ekonomický tisk to není.

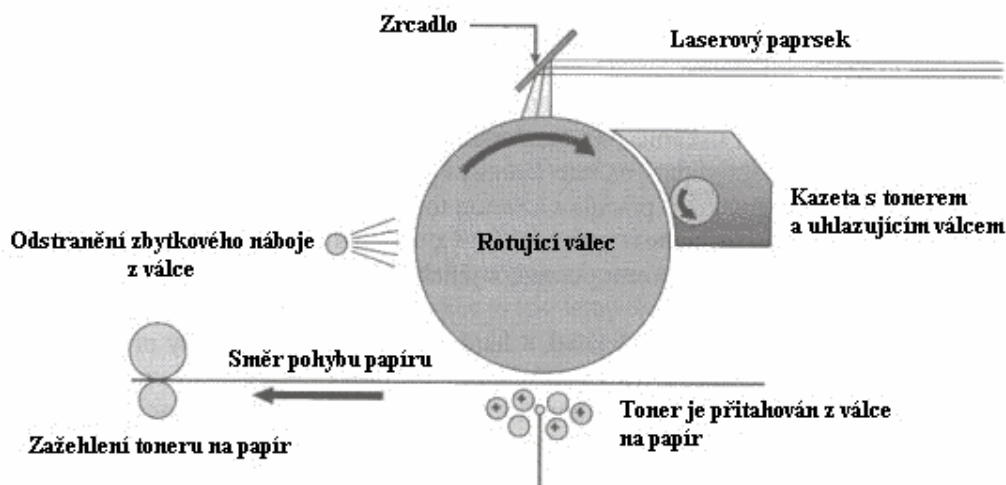
Fotografie vytisknuté termosublimační tiskárnou jsou téměř tak kvalitní jako od nejkvalitnějších inkoustových tiskáren (detaily nebývají tak dobře zvládnuté, ale fotografie působí celkově přirozeněji), navíc je fotografie opatřena ochrannou povrchovou vrstvou, která zajišťuje delší životnost a chrání proti důsledkům otisků prstů. Nevýhodou je větší cenová náročnost tisku.

S termosublimačními tiskárnami se dnes setkáváme především ve fotokioscích (pro samoobslužné fotčení). Lze pořídit také termosublimační tiskárnu na domácí použití, v současné době vesměs jen od výrobců Canon a Sony.

 **Laserové tiskárny** používají pro podporu zápisu laser (ten ale rozhodně nemíří na papír, došlo by ke vznícení). Tisk probíhá takto:

- laserový paprsek dopadne na válec potažený fotocitnou vrstvou, na místě dopadu se změní elektrický náboj
- na místech se změněným elektrickým nábojem ulpívá *toner* (barvivo ve formě jemných zrněk, prášek)
- válec s barvou na „ozářených“ místech se obtiskuje na papír, na něm ulpí barvivo
- barvivo se na papíru zafixuje zahřátím (používá se zahřátý válec)

Laserové tiskárny jsou tiché, rychlé a tisk je obvykle celkem kvalitní, alespoň co se týče textu a jednoduché grafiky. Nevýhodou může být nízká životnost fotocitlivého válce (to je ovšem relativní, záleží na vytíženosti tiskárny).



Obrázek 10.19: Schéma laserové tiskárny¹⁸

Laserové tiskárny (ani barevné) obecně nejsou vnímány jako tiskárny pro tisk fotografií (fotografie lze tisknout, ale pouze u nejkvalitnějších modelů jsou opravdu pěkné), především fotografie nevypadají moc přirozeně. Odolnost tisku (zvláště ve vlhkém prostředí) není vysoká.

¹⁸Zdroj: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/TISK2.HTML>

 **LED tiskárny** pracují na podobném principu jako laserové, ale místo laseru je použita řada LED diod (pro každý bod na řádku jedna, typicky několik tisíc na řádek) se zaostřovacím mechanismem. Válec je fotocitlivý, tedy světlo o příslušné vlnové délce stačí na změnu elektrického náboje, teplo není generováno.

Oproti laserovým tiskárnám mají LED tiskárny výhodu ve vyšší spolehlivosti (méně pohyblivých prvků), menších rozměrech a nižší spotřebě energie.

 **Multifunkční zařízení** jsou vlastně kombinace tiskárny a scanneru, spojením těchto dvou funkcí je lze použít i ke kopírování z papírové předlohy na jiný papír (text se nejdříve naskenuje do vyrovnávací paměti zařízení, a pak vytiskne). Další obvyklou doprovodnou funkcí je fax. Existují multifunkce založené na inkoustových nebo laserových tiskárnách, v různých cenových a kvalitativních relacích.

 **Vlastnosti tiskáren.** Co nás u tiskáren zajímá:

- hustota tisku (DPI – dots per inch)
- rychlost tisku (PPM – pages per minute)
- tiskové náklady (cost per page) – náklady na tisknutí jedné stránky)
- tisk fotografií – speciální papír, barvy
- podavač papíru
- rozhraní – většinou USB, SCSI, LPT (už moc ne), případně síťové rozhraní

Tiskárny lze často použít i jako síťové (obvykle se připojují k routeru). Některé tiskárny také dokážou tisknout přímo, bez toho, aby byl zároveň spuštěn počítač. K tomu je potřeba, aby měly příslušné hardwarové rozhraní pro získání obrázků (například USB konektor pro USB flash disk nebo slot pro SD kartu), alespoň malý displej a samozřejmě příslušnou funkční výbavu včetně softwaru.

Napájení a chlazení počítače

V této kapitole se věnujeme především napájení a chlazení počítače, tedy tomu, jak funguje zdroj, jaké jsou jeho obvyklé parametry, jak fungují akumulátory („baterie“) notebooků, co je důležité při chlazení komponent počítače.

11.1 Napájení

Každý počítač má *zdroj*, který energii nevyrábí, ale *transformuje* ze střídavého proudu (AC, z elektrické zásuvky) na stejnosměrný proud (DC, ten potřebuje počítač).

Důležitou funkcí zdroje je také řešení občasných *energetických výkyvů* (hlavně přepětí, které by mohlo poškodit komponenty v počítači, ale také podpětí, které je vlastně obdobou výpadku proudu). Pokud zdroj dokáže ustát i delší výpadek proudu, označuje se jako UPS (nepřerušitelný zdroj napájení). Ovšem ani UPS nedokážou „táhnout“ napájení věčně, ale určitá doba zajištění napájení při výpadku je garantována.

Zdroje se nacházejí v několika různých provedeních. Kromě běžného zdroje do desktopu (ATX) existují nižší varianty (TFX), u notebooků a některých All-In-One počítačů najdeme externí zdroj (to je ta „krabička“ na připojeném kabelu).

11.1.1 Jak zdroj funguje

Z energetické sítě zdroj odebírá střídavé napětí na 230 V, které transformuje na stejnosměrné napětí, kterým se průběžně nabíjí *kondenzátor* (tato součást zdroje uchovává energii pro odběr dalšími komponentami). Napětí v kondenzátoru však stále ještě zůstává hodně velké (několik set V, i přes 400 V), ale integrované obvody, které jsou obvykle v počítači napájeny, vyžadují naopak napětí velmi nízké (několik voltů). Proto za kondenzátorem následují ještě součástky měnící vysoké stejnosměrné napětí na nízké podle požadovaných hodnot.

Ze zdroje jde energie do tzv. *větví*, na které se připojují jednotlivé komponenty. Každá větev je specifická především napětím, které distribuuje. Obvykle existují 3,3V větev, 5V větev (+5V a -5V) a 12V větev (+12V a -12V). U každé z větví je také důležitým údajem možné zatížení, které zvládne. Například větev 3,3V obvykle unesou zátěž někde mezi 20 a 30 A.

Vedle větví je důležitá také kabeláž, resp. konektory. U kabeláže je důležitým parametrem délka kabelů (kam až „dosáhnou“), minimální vyžadovaná délka ze specifikace je 26–28 cm, což na desktopu opravdu nedostačuje (ideálně 45–50 cm, u bigtower více). Konektory bývají většinou typu *molex*, tedy sdružení sudého počtu „kostiček“. Kabely se skládají z více žil, do každého pinu v molexu vede jedna žíla. Žíly jsou barevně odlišeny (černé je uzemění, ostatní barvy pak podle větví).

Hlavní napájecí kabel pro základní desku má obvykle 20pinový nebo 24pinový konektor (nebo lze použít dohromady dva – 20+4pinový). Dále potřebujeme dostatek 4pinových, 6pinových nebo 8pinových (nebo 4+4) konektorů 12V větve (procesor, PCIe karty, apod.) a další. Napájet je třeba také pevné disky, optické mechaniky a cokoliv dalšího v počítačové skříni. Mnohé dedikované grafické karty vyžadují dodatečné napájení (6pinové nebo 8pinové molexy). Čipová sada je obvykle napájena z 3,3V větve, větev 5V je určena především pro PCI karty a staré procesory (novější využívají 12V větev).

11.1.2 Standardy

 V současné době se setkáme především se zdroji podle specifikace ATX (dřív se používaly zdroje podle specifikace AT) – jak vidíme, standardizace zdrojů je ve svých počátcích úzce provázána s form factory základních desek (a taky s nimi funkčně souvisí).

Ovšem standard ATX pro zdroje existuje ve více různých verzích. Nejčastěji se setkáme s verzemi ATX v2.x (místo „x“ číslo podverze) a ATX 12V x.y (opět místo „x“ a „y“ konkrétní čísla). Jednotlivé verze se liší minimálními požadovanými hodnotami pro možné zatížení větví, minimální požadovanou účinností, poskytovanými konektory, požadavky na ochranu před přepětím zkratem, přetížením přehřátím apod. Seženeme také zdroje podle jiných specifikací, například do hodně nízkých skříní (například Mini-ITX) existují zdroje TFX.

 Existují také *certifikace zdrojů*. Setkáváme se s několika certifikacemi lišícími se především požadovanou účinností zdroje při konkrétním zatížení. Hlavní vlastnosti certifikovaných zdrojů jsou naznačeny v tabulce 11.1, nejnověji existuje také certifikace 80 Plus Titanium určená pro tzv. redundantní zdroje¹ s účinností ještě vyšší než 80 Plus Platinum.

	80 Plus	80 Plus Bronze	80 Plus Silver	80 Plus Gold	80 Plus Platinum
	Účinnost při daném zatížení				
Zatížení 20 %	80 %	82 %	85 %	87 %	90 %
Zatížení 50 %	80 %	85 %	88 %	90 %	92 %
Zatížení 100 %	80 %	82 %	85 %	87 %	89 %

Tabulka 11.1: Srovnání účinnosti certifikovaných zdrojů při různých zatíženích

 Pokud má zdroj vysokou *účinnost*, znamená to nejen, že stačí na svou práci a neodebírá zbytečně mnoho energie, ale také, že se méně zahřívá a tudíž větrák na něm se nemusí tak rychle otáčet (což má také vliv na hluchost). Tedy účinnost můžeme chápat jako obrácené a normované (na procenta) číslo k množství energetických ztrát na jednotlivých součástkách zdroje (čím větší jsou energetické ztráty, které se mění v teplo, tím menší je účinnost zdroje).

¹Redundantní zdroj je přídavný zdroj, který se používá pro napájení z druhého přívodu energie nezávislého na prvním, a nebo pro napájení z centrálního záložního akumulátoru, není to totéž jako UPS.

Jak zjistit, zda a kterou certifikaci má vybraný zdroj? Kromě toho, že výrobce se touto informací celkem „chlubí“, to také můžeme zjistit na stránkách <http://80plus.org/>.

 **PFC (Power Factor Correction)** je část zdroje, jejímž úkolem je „uhlazovat“ křivku odebíraného proudu do tvaru sinusoidy (tj. křivka se sinusovým průběhem, funkci „sin“ určitě každý z nás zná). PFC není ani tak důležitý pro komponenty počítače, ale naopak pro okolní síť důležitý je. V odběru proudu se totiž vyskytují špičky (typicky při zapnutí počítače odběr najednou poskočí hodně nahoru), vzniklá deformace sinusového napětí v rozvodné síti může způsobit rušení v této síti.

PFC jsou tedy důležité hlavně tam, kde se v jeden okamžik zapíná (nebo zvyšuje svůj odběr) více zařízení najednou. Pokud například zapneme v jeden okamžik (plus mínus) více počítačů bez PFC, může dojít i k vyhození jističů.

V současné době prakticky všechny prodávané zdroje jsou PFC vybaveny, protože podle norem (norma EMC o elektromagnetické kompatibilitě) sice nepředepisuje povinnost mít PFC, ale požadavky na splnění některých parametrů a prahových hodnot se bez PFC jen těžko dají splnit.

Ve zdrojích najdeme buď pasivní nebo aktivní PFC (tento údaj je u zdroje vždy uveden). Pasivní jsou spíše v levnějších zdrojích, kdežto aktivní PFC jsou typické pro téměř všechny kvalitní zdroje. Oba typy dělají prakticky totéž, ale zatímco pasivní PFC je sestaven z pouze průchodových součástek bez vlastního odběru (obvykle tlumivka na vstupu zdroje), aktivní PFC obsahuje také aktivní součástky s vlastním odběrem (tranzistor v kombinaci s cívkou apod.). Aktivní PFC je účinnější než pasivní.

11.1.3 Vlastnosti zdroje

 **Výkon zdroje.** Jak víme, důležitým parametrem je účinnost při daném zatížení (účinnost bývá často označena právě výše uvedenými certifikacemi).

Další důležitý parametr, o kterém rozhodujeme podle způsobu a intenzity používání počítače, je výkon. Jak jsme výše viděli, účinnost zdroje závisí na momentálním vytížení, a vytížení je zase do určité míry závislé na výkonu zdroje.

Výkon zdroje se udává ve Watech a je to jeden z nejdůležitějších parametrů, o které bychom se měli zajímat. Pro nenáročné využití stačí 300W zdroj (hodně záleží na použitých komponentách a jejich energetické náročnosti). Pokud však máme výkonnější procesor s vyšší hodnotou TDP, pak volíme zdroj s výkonem kolem 400–500 W, a jestliže máme špičkovou (například herní) sestavu s výkonnou dedikovanou grafickou kartou nebo dokonce více grafikami, pak je třeba použít zdroj ještě výkonnější (700–800 W). Záleží také na počtu připojených pevných disků (například RAID má logicky vyšší spotřebu než jediný disk), optických mechanik a dalších.



Poznámka:

To, že provozování počítače se blíží hranicím výkonu našeho zdroje, poznáme podle různých indikátorů, například zamrzání počítače v některých situacích (například při hraní graficky a výpočetně náročných her), občasné samovolné restartování disků, apod.



Mohlo by se zdát, že je lepší pořídit si raději zdroj s velmi vysokým výkonem, abychom měli co největší prostor pro další rozšiřování či vylepšování sestavy. Měli bychom však vědět, že zbytečně vysoký výkon obvykle znamená nižší účinnost zdroje (zdroj je jen málo zatěžován, a při zátěži, která je po většinu doby využívání menší než 50 %, je účinnost obvykle nízká), což znamená plýtvání energií.

 **Hlučnost a chlazení.** Každý si určitě všiml, že na zdroji obvykle bývá aktivní chladič. Některé zdroje určené do tichých HTPC strojů mívají pasivní chlazení. Vzhledem k tomu, že zdroj (zvláště při vyšším odběru nebo s menší účinností) vydává hodně tepla, je chlazení hodně důležité, už proto, že má vliv i na celkové klima (teplotu) uvnitř skříně.

O chlazení pojednává následující podkapitola, tedy zde pouze zmíníme, že čím větší ventilátor (průměr u velkého je tak 12 cm), tím lépe, protože ventilátor s velkými lopatkami se při stejné účinnosti chlazení může otáčet pomaleji, a tedy i tišeji.

Vzhledem k nižší hlučnosti bychom si dále měli všimnout mřížky vedoucí zvenku zdroje (i skříně) k ventilátoru. Zvláště u některých starších strojů se vyskytovala „mřížka“ jednoduše vyražená do plechu, tedy s ostrými vnitřními hranami, kdežto dnes se spíše setkáme s drátěnými mřížkami, jejichž hrany jsou oblé. Oblé hrany znamenají lepší proudění vzduchu s menšími turbulencemi, a tedy i nižší hlučnost.



Další informace:

- http://www.svethardware.cz/art_doc-B1EC249457260C28C1256E840045EA74.html
- <http://pctuning.tyden.cz/hardware/skrine-zdroje-chladice/14682-jak-otestovat-pc-zdroj-aneb-uvodem-trocha-teorie?start=3>
- http://www.svethardware.cz/art_doc-40F4362FB0FBF90DC125714E004CADB1.html
- http://www.svethardware.cz/art_doc-8D4AEA4126FB1125C1256E84004449B3.html
- <http://www.zive.cz/clanky/pitva—pocitacovy-zdroj-video/sc-3-a-152984/default.aspx>
- <http://pctuning.tyden.cz/hardware/skrine-zdroje-chladice/15014-enermax-pro-82-525w-pocitacovy-zdroj-jak-ma-byt>



11.1.4 Akumulátor notebooku

Akumulátor (lidově baterie) notebooku slouží k akumulování (uschování) energie, která už prošla zdrojem (tj. stejnosměrné napětí, a to spíše nižších hodnot). V jednom akumulátoru je obvykle několik článků (například může jít o 6článekový akumulátor).

 **Pojmy.** Podíváme se na některé pojmy související s akumulátory.

Článek (galvanický článek) váže elektrickou energii, kterou lze chemickou cestou snadno uvolňovat ve formě elektrického pole (tj. tato energie je využitelná pro napájení el. zařízení). Existují dva základní typy článků – primární (nelze znovu nabít, dokáže pouze uvolňovat energii) a sekundární (lze opakovaně nabíjet a vybíjet).

Baterie se skládá z několika vzájemně propojených galvanických článků. Pokud je baterie tvořena ze sekundárních článků (tedy takových, které lze nabíjet), hovoříme o *akumulátoru*.

Paměťový efekt akumulátoru je jev, se kterým se setkáváme u některých typů akumulátorů (viz dále), pokud je nabíjíme, třebaže nebyly zcela vybity. U těchto typů akumulátorů dochází ke snižování kapacity v důsledku opakovaného nabíjení bez úplného vybití. Ale pozor – moderní akumulátory reagují právě opačně!

Formátování akumulátoru je důležité především u těch typů, které jsou náchylné k paměťovému efektu, u nich dokonce může vést k mírnému napravení snížení kapacity způsobeného paměťovým efektem. Provádí se tak, že několikrát (třikrát) necháme akumulátor zcela vybit a pak ho nabijeme na plnou kapacitu.

U typů akumulátorů, které nejsou náchylné na paměťový efekt, může být za určitých okolností formátování taky užitečné (řekněme tak jednou za rok nebo dva, pokud je akumulátor hodně používán), ale nesmíme články vybit zcela (vždy bychom měli několik procent nechat)!

 **Typy akumulátorů.** Existuje několik typů akumulátorů použitelných pro nejběžnější mobilní zařízení (notebooky, netbooky, mobilní telefony apod.):

- *nikl-kadmiové* (Ni-Cd) – historická záležitost, už se s nimi prakticky nesetkáme,
- *nikl-metalhydridové* (Ni-MH) – také se už moc nepoužívají v mobilních zařízeních, ale můžeme je koupit například ve formě tužkových „nabíjecích baterií“ do spotřební elektroniky,
- *lithium-iontové* (Li-Ion) – v notebookech se s nimi dnes setkáme prakticky výhradně,
- *lithium-polymerové* (Li-Pol) – typicky v mobilních telefonech.

Ni-MH (a také staré Ni-CD) akumulátory trpí nebezpečím paměťového efektu popsaného výše. Proto se u zařízení s tímto akumulátorem doporučovalo nabíjet až po úplném vybití a čas od času provést tzv. formátování (viz zdroje informací níže). Dnes se s nimi setkáme už jen ve formě tužkových baterií, jejichž nabíječky obvykle obsahují funkci úplného vybití před opětovným nabíjením (ostatně, tyto baterie obvykle kupujeme zcela vybité).



Poznámka:

V dnešních počítačích se používají Li-Ion a Li-Pol akumulátory, které *netrpí paměťovým efektem*, tudíž před opětovným nabíjením se nevybíjejí, ba dokonce úplné vybití jim škodí! Pokud například notebookový Li-Ion akumulátor budeme opakovaně zcela natvrdo vybíjet, snížíme jeho životnost, nebo ho dokonce zničíme. Na webu se v diskusních fórech občas objevují rady o regulaci kapacity akumulátoru jeho úplným vybíjením, ale ty jsou u Li-Ion a Li-Pol baterií zcela vedle (platily by pro Ni-MH). Ostatně, to je důvod, proč modernější operační systémy v zařízeních s Li-Ion přecházejí do režimu spánku nebo se úplně vypnou při zjištění nízkého stavu baterie (několik procent).



 **Údržba a používání akumulátoru.** Každý akumulátor postupně ztrácí svou kapacitu, to je zcela normální. Konkrétní typ akumulátoru má přiřazen svůj údaj o maximálním počtu nabíjecích cyklů (tj.

životnosti), ale i před dosažením této hodnoty kapacita postupně klesá. Tento pokles můžeme správným zacházením zpomalit (následující platí pro Li-Ion a Li-Pol baterie):

- Nikdy nenecháme akumulátor zcela vybit. Operační systémy jsou obvykle nastaveny tak, aby se včas před vybitím akumulátoru vypnul nebo uspal počítač, toto nastavení neměníme (nebo pokud tak operační systém není nastaven, provedeme nastavíme ho tak).
- Pokud často pracujeme připojeni k el. síti, nenecháváme akumulátor zbytečně přebíjet a raději ho vyjmeme. Zbytečným přebíjením akumulátor není poškozován, ale je snižována jeho životnost (blížíme se k maximálnímu počtu nabíjecích cyklů, i když to není potřeba).
- Stejně jako u jiných komponent, také u akumulátorů platí, že v určitém rozmezí teplot pracují lépe než v jiném. Nejlépe pracují akumulátory při pokojové teplotě (kolem 20 °C), při vyšších teplotách se jejich účinnost a životnost zhoršuje. Akumulátor by při své činnosti neměl být ničím zakryt (vytváří teplo, to musí být odváděno vzduchem).

Pokud delší dobu akumulátor nepoužíváme (máme zařízení připojeno k el. síti), je třeba ho vhodně *skladovat*. Akumulátory Li-Ion skladujeme spíše v chladu (ale pozor, mráz naopak škodí), v teplotách spíše nižších než pokojových. Přílišná vlhkost moc neprospívá, takže pokud se rozhodneme dát akumulátor do ledničky (ne mrazničky!), musíme ho neprodyšně zabalit.

Před uskladněním bychom měli akumulátor nabít asi tak do kapacity 75 % a přibližně jednou za půl roku (podle celkové kapacity akumulátoru) znovu vybalit a dobít. Akumulátory se postupně samy vybíjejí, proto je u Li-Ion důležité je takto udržovat.



Další informace:

- <http://www.nettech.cz/clanky/35-Jak-na-baterie-v-notebooku.html?cs>
- <http://gamester.avonet.cz/clanek/notebook-a-jeho-akumulator-co-vse-muzeme-zjistit>
- <http://notebook.cz/clanky/technologie/2011/Li-Pol-akumulatory>
- <http://notebook.cz/clanky/technologie/2009/bezdratove-nabijeni>
- <http://www.tomshardware.com/reviews/ups-rescue,1669.html>



11.2 Chlazení

11.2.1 Princip chlazení počítače

Téměř všechny komponenty počítače potřebují ke svému běhu teplotu blízkou spíše pokojové teplotě, ale zároveň mnohé komponenty „topí“ – produkují teplo. Typickými topiči i při využívání chlazení jsou hlavně dedikovaná grafická karta (i přes 60 °C), procesor (s vyšším TDP i přes 50 °C), pevný disk (přibližně 35–50 °C), paměťové moduly a zdroj (přibližně 30–40 °C), a samozřejmě samotná základní deska (na některých místech může být ještě teplejší než procesor). Proto je chlazení počítače velmi důležitým tématem, teplota ve skříni by neměla překračovat 40–45 °C).

Pokud je chlazení nedostatečné, snižuje se životnost komponent počítače, ale také se můžeme setkat s nestabilitami, zasekáváním a „padáním“ (obvykle samovolné restarty komponent či dokonce celého počítače).

 Rozlišujeme aktivní a pasivní chlazení. *Aktivní chlazení* vyžaduje vlastní napájení a má některé aktivní členy (například větráček), kdežto pasivní chlazení nepotřebuje zvlášť napájet. U teplotně náročnějších komponent (například procesoru) se dnes běžně setkáváme s kombinací těchto metod, tedy aktivně-pasivním chlazením.

Dále můžeme rozlišovat různé typy chlazení podle způsobu odvádění tepla (či „nosného média“). Nejběžnější je chlazení vzduchem nebo vodou (nebo jinou kapalinou s vhodnými vlastnostmi).

 Základní opatření:

- Důležité je *umístění počítače*. Kolem počítače by měl pokud možno proudit vzduch, topení by nemělo být hned vedle a sluníčko by také (zvláště v létě) nemělo na počítač svítit. Skříň počítače nepoužíváme jako odkladný prostor pro knihy, papíry a jiné izolační záležitosti. Skříň počítače může být podložena, aby nebyla přímo na podlaze (či dokonce koberci), pod ní by měla být pevná rovná podložka (třeba dřevěná).
- *Prach* je výborný tepelný izolant. Bohužel každé elektronické zařízení prach přímo přitahuje, proto i v dobře uklízené místnosti se dovnitř prach dostane. Proto je dobré občas počítač odprašnit (alespoň konzervou se stlačeným vzduchem – pozor, kam prach odfoukáváme, a nebo vysavačem s nižšími otáčkami). Před odprašením bychom měli počítač vypnout a odpojit od elektřiny.
- Proudění vzduchu uvnitř počítače často překáží *kabely*. Naštěstí se už nepoužívají široké IDE (PATA) kabely, ale i tenčí kabely mohou být překážkou proudění vzduchu či působit turbulence. Proto bychom měli mít kabely uspořádané a ideálně svázané izolovanými drátky.

 Jak odstranit prach zevnitř počítače:

- vysavač nastavený na nízké obrátky; pozor, nesmíme se hubicí dotknout žádného čipu (ideálně vůbec ničeho) – při proudění vzduchu hubicí dochází k tření a vzniká statická elektřina
- vzduchové konzervy se dají koupit v každém obchodě s počítači, případně hypermarketu; jejich výhodou je silný proud vzduchu s tenkou násadou, dobře se „míří“
- foukací balónek



Poznámka:

Pokud při odstraňování prachu z vnitřku skříně počítače použijeme vysavač, měli bychom předem zajistit všechny větráčky proti otáčením (například je oblepíme lepicí páskou), ale pokud to neuděláme, katastrofu to obvykle znamenat nebude. Po vysátí prachu nesmíme zapomenout všechny větráčky zase uvolnit a zkontrolujeme, jestli jsou všechny konektory tam, kde mají být, a že jsou zcela zasunuté.



 Je důležité vědět, jak vlastně vzduch ve skříni proudí. V novějších skříních je obvykle vzduch nasáván bočními nebo čelními otvory (musí být volné!) a netěsnostmi skříně a vyfukován ventilátorem za zdrojem.

Proudění vzduchu by neměly překážet jednotlivé komponenty, kolem kterých vzduch proudí a odebírá teplo, a samozřejmě ani kabely (nebo alespoň v co nejmenší míře). Rozmístění komponent je obvykle alespoň částečně určeno Form Factorem základní desky (viz str. 57). Dedikované grafické karty s vlastním chladičem obvykle vyfukují teplý vzduch ven přes vedlejší slot v zadní stěně skříně.

11.2.2 Typy chladičů

 **Pasivní chladiče** jsou určeny pro tepelně méně náročné komponenty. Jsou obvykle založeny na využití konvekčního proudění vzduchu (teplý vzduch stoupá) nebo využívají jiný způsob nuceného proudění vzduchu (například v kombinaci s aktivním chladičem). Typickou a velmi důležitou vlastností pasivních chladičů je jejich tichý běh (jsou bez aktivních částí, nemají čím vytvářet hluk), poněkud horší vlastností je o něco nižší účinnost než u jiných způsobů chlazení.

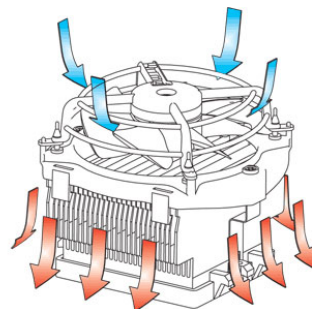
U pasivních chladičů je důležitá velká chladicí plocha. Proto se obvykle jedná o celkem hustě žebrované součástky. Obvykle platí, že čím hustší žebrování, tím lepší chlazení, ale jen do určité míry. Příliš husté žebrování může vadit správnému průchodu vzduchu a působit turbulence.

Pasivní chladiče obvykle doprovázejí aktivní chladiče (viz níže), ale mohou být použity i samostatně (například na chipsetu).

Aktivní a aktivně-pasivní chladiče najdeme

 například u zdroje nebo často u procesoru, někdy i u dalších komponent. Jak bylo výše uvedeno, obvykle se vyskytují v kombinaci s pasivním chlazením.

Na obrázku 11.1 vidíme směr proudění vzduchu kolem kombinovaného chladiče nad procesorem (větráček nasává studený vzduch a fouká ho na procesor, ohřátý vzduch je pasivním chladičem odváděn pryč).



Obrázek 11.1: Aktivní chladič²



Poznámka:

Platí, že čím větší ventilátor (větší lopatky), tím účinnější je chlazení. Proto velké ventilátory mohou pracovat s nižším výkonem (nižší rychlostí). Souvisí to zejména s faktem, že lopatky ventilátoru vytvářejí aerodynamický hluk (rychle proudící vzduch je celkem hlasitý, s extrémem se setkáme například u letadel). Proto platí, že volíme spíše větší ventilátor (120×120 mm), který může pracovat na nižší rychlosti, a tím je i tišší než malé ventilátory (80×80 mm). Navíc menší ventilátory se rychleji zanášejí prachem. Ovšem větší ventilátor si můžeme dopřát jen tehdy, když se na dané místo vejde (tudíž před koupí většího větráku si změříme místo, do kterého ho chceme osadit).



Ventilátor se obvykle umísťuje za zdroj, kde slouží k vyfukování teplého vzduchu ven, a dále bývá často vpředu, kde naopak nasává studený vzduch a vhání ho dovnitř skříně. Dále bývá ventilátor na procesoru a případně i u dedikované grafické karty. Existují také přídatné ventilátory ve formě rozšiřující karty, které se mohou zasunout do PCI slotu, obvykle vedle dedikované grafiky.

²Zdroj: <http://pctuning.tyden.cz/navody/zaklady-stavba-pc/7167-zaklady-pc-chlazení-a-tichý-pocitac>

 **Heatpipe** [hi:tpaip] je hermeticky uzavřená měděná trubička naplněná takovou kapalinou, která dobře vede teplo (voda, ethanol apod.). Vnitřní povrch heatpipe je narušený, má jakousi houbovitou strukturu.

Bod varu kapaliny uvnitř heatpipe musí být spíše nízký (ideálně kolem 50 °C), čehož se dosahuje vhodnou volbou kapaliny (ethanol) nebo natlakováním (u vody). Na zahříváném konci se kapalina odpařuje (a tím odebírá teplo), na chladnějším konci pak kondenzuje a vnitřním „houbovitým“ povrchem se vrací k teplejšímu konci. Díky tomu nezáleží na konkrétní poloze a nasměrování trubiček, vypařování i vztlínání funguje i proti zemské gravitaci.

Heatpipes se vyznačují velmi vysokou účinností, třebaže jde v principu o pasivní chlazení. Setkáváme se s nimi obvykle v kombinaci s aktivním chlazením, ukázku vidíme na obrázku 11.2 (na boku je ventilátor coby aktivní chladič, dále zde najdeme běžný pasivní chladič – žebrovaní, dole jsou ve formě písmene „U“ heatpipes).

Heatpipes pomáhají chladit procesor, často i základní desku a další komponenty. U kvalitnějších paměťových modulů je také najdeme uzavřené v pouzdře kolem desky s čipy s tím, že paměťové moduly se obvykle nacházejí blízko procesoru a tedy jsou často přichlazovány chladičem procesoru.



Obrázek 11.2: Kombinace aktivního chladiče a heatpipes⁴

 **Teplovodivá pasta** se nanáší na plochu mezi chlazenou komponentou a chladičem (nejčastěji u procesorů). Jejím úkolem je ideálně spojit komponentu a chladič, aby mezi nimi nebyl vzduch, čímž se zlepší odvod tepla. Pastu nanášíme jen v tenké vrstvě (obvykle stačí kapka doprostřed procesoru), tak, aby došlo k plnému propojení, příliš velká vrstva může naopak odvod tepla zhoršit.

11.2.3 Sledování teploty

Moderní počítače běžně mívají u „rizikovějších“ komponent teplotní senzory, které lze softwarově sledovat. Sledování lze provádět v různých programech (často specializovaných na konkrétní komponentu). Kromě sledování také často můžeme nastavovat rychlost otáčení ventilátorů (jejich otáčky) – když je ventilátor příliš hlasitý a zároveň nehrozí nebezpečí přehřátí komponenty, můžeme otáčky tohoto ventilátoru mírně snížit.

 Ve Windows můžeme použít například:

- *SpeedFan*⁵ – regulace otáček ventilátorů, taky monitoruje teplotní senzory a přistupuje ke S.M.A.R.T. informacím,
- *CPUID HWMonitor*⁶ – na webu je celá sada nástrojů pro monitorování systému od firmy CPUID,
- *HDD Health, HDDLife* – pro pevný disk,
- *Notebook Hardware Control*⁷ – především pro notebooky, včetně správy napájení,
- *SiSoft Sandra Lite*

⁴Zdroj: http://pctuning.tyden.cz/navody/zaklady-stavba-pc/7167-zaklady_pc-chlazení_a_tichý_pocitac

⁵<http://www.almico.com/speedfan.php>

⁶<http://www.cpubid.com/software.html>

⁷<http://www.pb-us-167.com/>

Typičtí výrobci chladičů jsou Arctic Cooling, Evercool, Nexus, Noctua, Thermalright, Xigmatek, Thermolab, Zalman a další.



Další informace:

Další informace o chlazení:

- http://pctuning.tyden.cz/navody/zaklady-stavba-pc/7167-zaklady_pc-chlazení_a_tichy_pocitac?start=1
- <http://earchiv.chip.cz/cs/earchiv/vydani/r-2009/chip-10-2009/pocitani-chladnou-hlavou.html>
- <http://extrahardware.cnews.cz/miniserial-tiche-pc-zaklady-chlazení-ztiseni>



11.3 Power Management

Power Management (správa napájení) představuje možnosti řízení spotřeby komponent počítače v určitých situacích. Existují dvě možnosti, jak lze správu napájení provádět: *APM* (starší, zcela v režii BIOSu) a *ACPI* (novější, v režii operačního systému).

11.3.1 APM

APM (Advanced Power Management) se konfiguruje v BIOSu v sekci, která je obvykle nazvaná „Power Management Setup“ nebo podobně.

APM definuje několik režimů, ke každému lze určit, jak se jednotlivé řízené komponenty budou chovat.

Tyto režimy jsou:

- Enabled – plný výkon,
- Standby (S1/POS, Power Saving) – komponenty obdrží signál o snížení příkonu, sníží se spotřeba,
- Suspend to RAM (S3/STR) – uspání do paměti,
- Suspend to Disk (STD) – uspání na disk,
- Off – vypnuto.

11.3.2 ACPI

 ACPI (Advanced Configuration and Power Interface) sice také využívá BIOS (pro práci s konfigurací základní desky) a používá hardwarové registry (v chipsetu), ale konfigurace se provádí v operačním systému, například ve Windows to je v ovládacím panelu *Možnosti napájení* (může záležet na konkrétní verzi Windows). S notebookem můžeme dostat (a obvykle také dostaneme) přídatný software od výrobce notebooku (resp. základní desky nebo jiné komponenty), který také může sloužit k podrobnějšímu nastavení řízení spotřeby.

 Komunikace mezi řízenými komponentami, BIOSem a operačním systémem probíhá ve speciálním jazyce *AML* (ACPI Machine Language), který je univerzální pro všechny typy komponent od různých výrobců. Pokud zařízení (komponenta) podporuje ACPI, musí rozumět tomuto jazyku.

Podobně jako APM, také ACPI rozeznává několik režimů činnosti.

- Working (S0) – plný výkon,
- Sleeping S1 (S1/POS) – obdoba Standby a Suspend to RAM z APM, pod proudem zůstává operační paměť a cache procesoru, ostatní komponenty jedou v šetřícím režimu,
- Sleeping S2 – podobně jako Sleeping S1, ale cache procesoru není napájena, obsah operační paměti zůstává zachován,
- Sleeping S3 (Save to RAM) – podobně jako Sleeping S2, ale všechny komponenty kromě operační paměti jsou zcela bez napájení, probouzení je o něco delší než v předchozích uspávacích režimech,
- Save to Disk (S4, Soft-Off) – veškeré komponenty jsou bez proudu, obsah operační paměti je uložen na disk, probouzení je několikrát delší než u S3, operační systém (zde reálně vypnutý, mimo RAM), který tento stav dokáže ošetřit, se po spuštění svého zavaděče dokáže obnovit z odkládacího prostoru na disku,
- Mechanical-Off (S5) – vypnutý systém.