

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Paměti počítačů**

**vedoucí práce: Ing. Jan Mayer  
autor: Václav Polanka**

**2012**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav POLANKA**  
Osobní číslo: **E09B0181P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**  
Název tématu: **Paměti počítačů**  
Zadávající katedra: **Katedra technologií a měření**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Pojednejte o všech kategoriích počítačových pamětí z hlediska jejich vývoje a možnostech použití.

1. Uveďte historii počítačů s ohledem na používané počítačové paměti.
2. Uveďte používané technologie pro operační paměti počítačů v minulosti i v současnosti.
3. Popište používané vnější paměti se sekvenčním a přímým přístupem.
4. Uveďte nové trendy v oblasti vnějších paměti (SSD).
5. Srovnajte paměti z hlediska rychlosti přístupu , spotřeby.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího  
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

### 1. internetové zdroje

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Mayer**  
Katedra teoretické elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**

Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.  
děkan



Doc. Ing. Vlastimil Škočil, CSc.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 17. října 2011

## **Anotace**

Předložená bakalářská práce je zaměřena na významné paměti používané v číslicových počítačích. V první části jsou popsány tzv. operační paměti a cache. V další části jsou uvedeny vnější paměti, které se dělí na paměti s přímým a sekvenčním přístupem. Dále porovnává točivé pevné disky s disky SSD a uvádí jejich očekávaný vývoj. U jednotlivých pamětí je zmíněna jejich historie, základní princip a důležité parametry.

## **Klíčová slova**

Paměti počítače, pevný disk, paměti flash, vnitřní paměti, vnější paměti, paměti s přímým přístupem, paměti se sekvenčním přístupem, statická paměť, dynamická paměť, vyrovnávací paměť, cache.

## **Abstract**

This undergraduate thesis deals with significant memories used in digital computers. The first section describes the main memory and cache. The next part discusses external memory and their division into random access memory and sequential access memory. This thesis also compares the rotating hard drives with solid state drives and lists their expected development. For each memory is mentioned its history, basic principles and important parameters.

## **Key words**

Computer memory, hard disk, flash memory, internal memory, external memory, random access memory, sequential access memory, static memory, dynamic memory, buffer, cache.

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

V Plzni dne 31.5.2012

Jméno příjmení

.....

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Janovi Mayerovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>7</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>10</b>
<b>1 VÝVOJ POČÍTAČŮ A JEJICH PAMĚTÍ</b> .....	<b>11</b>
<b>2 VNITŘNÍ PAMĚTI – OPERAČNÍ PAMĚTI</b> .....	<b>13</b>
2.1 FERITOVÉ PAMĚTI.....	13
2.2 RAM – RANDOM ACCESS MEMORY .....	15
2.3 SRAM – STATIC RANDOM ACCESS MEMORY .....	15
2.4 DRAM – DYNAMIC RANDOM ACCESS MEMORY .....	16
2.4.1 <i>Asynchronní DRAM</i> .....	17
2.4.2 <i>Adresování asynchronní DRAM v režimu RBC</i> .....	18
2.4.3 <i>Adresování asynchronní DRAM v režimu FPM</i> .....	18
2.4.4 <i>Adresování asynchronní DRAM v režimu EDO</i> .....	19
2.4.5 <i>Synchronní DRAM (SDRAM)</i> .....	19
2.4.6 <i>DDR SDRAM (Double Data Rate SDRAM)</i> .....	20
2.4.7 <i>DDR2, DDR3</i> .....	20
2.4.8 <i>RDRAM (Rambus DRAM)</i> .....	21
2.5 PAMĚŤOVÉ MODULY .....	22
2.5.1 <i>DIP, SIPP (Single Inline Pin Package)</i> .....	22
2.5.2 <i>SIMM, PS/2 SIMM</i> .....	22
2.5.3 <i>DIMM (Double Inline Memory Module)</i> .....	23
2.5.4 <i>DDR DIMM</i> .....	24
2.5.5 <i>DDR2 DIMM, DDR3 DIMM</i> .....	25
2.5.6 <i>SO-DIMM (Small Outline DIMM)</i> .....	25
2.5.7 <i>RIMM – Rambus Inline Memory Module</i> .....	26
<b>3 VNITŘNÍ PAMĚTI – CACHE</b> .....	<b>27</b>
3.1 VYROVNÁVACÍ PAMĚŤ PROCESORU (CACHE) .....	27
<b>4 VNĚJŠÍ PAMĚTI S PŘÍMÝM PŘÍSTUPEM</b> .....	<b>29</b>
4.1 BUBNOVÉ PAMĚTI.....	29
4.2 PEVNÉ DISKY TOČIVÉ.....	29
4.2.1 <i>Historie</i> .....	31
4.2.2 <i>Magnetické hlavy</i> .....	32
4.2.3 <i>Geometrie disku</i> .....	33
4.3 ROZHRANÍ .....	35
4.3.1 <i>ST506/412 a ESDI (Enhanced Small Device Interface)</i> .....	35
4.3.2 <i>IDE (Integrated Device Electronics) / ATA</i> .....	35
4.3.3 <i>EIDE (Enhanced Integrated Device Electronics)</i> .....	36
4.3.4 <i>SCSI (Small Computer Systems Interface)</i> .....	36
4.3.5 <i>SATA (Serial ATA)</i> .....	37
4.4 DISKOVÁ POLE RAID (REDUNDANT ARRAY OF INDEPENDENT DISKS) .....	38
4.4.1 <i>RAID Level 0</i> .....	38
4.4.2 <i>RAID Level 1</i> .....	38
4.4.3 <i>RAID Level 2, 3, 4</i> .....	39
4.4.4 <i>RAID Level 5</i> .....	39
4.4.5 <i>Další disková pole</i> .....	39
4.5 FLASH PAMĚTI .....	40
4.6 USB DISKY .....	41



4.7	PAMĚŤOVÉ KARTY .....	42
4.8	SSD DISKY .....	43
4.9	SROVNÁNÍ HDD A SSD .....	45
4.10	BUDOUCNOST PEVNÝCH DISKŮ .....	47
4.11	INTERNETOVÁ ÚLOŽIŠTĚ - CLOUD COMPUTING .....	47
4.12	HYBRIDNÍ DISKY .....	48
4.13	DISKETY .....	48
4.13.1	<i>Diskety 8"</i> .....	49
4.13.2	<i>Diskety 5,25"</i> .....	49
4.13.3	<i>Diskety 3,5"</i> .....	49
4.14	VELKOKAPACITNÍ DISKETY .....	50
4.14.1	<i>Floptical disk</i> .....	50
4.14.2	<i>LS 120</i> .....	51
4.14.3	<i>ZIP</i> .....	51
4.14.4	<i>JAZ</i> .....	51
4.15	MAGNETOOPTICKÉ DISKY .....	51
4.16	OPTICKÉ DISKY .....	52
4.16.1	<i>CD (Compact Disc)</i> .....	52
4.16.2	<i>DVD (Digital Versatile Disc)</i> .....	53
4.16.3	<i>Blu-ray</i> .....	53
4.16.4	<i>HD DVD</i> .....	54
<b>5</b>	<b>VNĚJŠÍ PAMĚTI SE SEKVENČNÍM PŘÍSTUPEM .....</b>	<b>54</b>
5.1	DĚRNÉ ŠTÍTKY .....	54
5.2	DĚRNÉ PÁSKY .....	55
5.3	MAGNETICKÉ PÁSKY .....	55
5.3.1	<i>QIC, 8 mm, DAT</i> .....	56
5.3.2	<i>DLT (Digital Linear Tape)</i> .....	56
5.3.3	<i>LTO (Linear Tape-Open)</i> .....	57
5.3.4	<i>Páskové knihovny</i> .....	58
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>60</b>
	<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>61</b>

## Úvod

Během posledních desetiletí došlo k obrovskému rozvoji počítačové techniky, především díky novým technologiím, objeveným materiálům a postupům výroby. Došlo k nástupu polovodičových součástek a snižování rozměrů výrobních technologií až na desítky nanometrů. Se zvyšujícím se výkonem počítačů a jejich rozšířením do téměř všech oblastí se zvyšují také nároky na výkony používaných pamětí z hlediska kapacity, rychlosti, spotřeby, spolehlivosti a dalších parametrů.

Popsat všechny paměti, které spatřily světlo světa, by bylo v požadovaném rozsahu práce téměř nemožné. Proto jsou zde uvedeny převážně paměti, které znamenaly pokrok v počítačové technice nebo předvedly zajímavé řešení, které se uplatnilo při dalším vývoji.

Paměti jsou rozdělené podle způsobu použití na vnitřní, ke kterým má procesor přímý přístup a na vnější, které jsou určeny pro trvalý záznam dat. V první části je práce zaměřena převážně na operační paměti, od dříve rozšířených feritových pamětí až po vývoj polovodičových pamětí, které se používají dnes. Zmínka je také o vyrovnávacích pamětech cache, bez kterých se dnešní rychlé procesory neobejdou.

Druhá část práce je věnována vnějším pamětem. Rozděluje paměti podle způsobu přístupu k datům, na paměti s přímým a sekvenčním přístupem. U pamětí s přímým přístupem je hlavní pozornost soustředěna na točivé pevné disky, jejich dlouholetému vývoji a jejich budoucnosti. Jsou porovnány s novější technologií SSD disků se zaměřením na vzájemné výhody, nevýhody a předpokládaný rozvoj.

U vnějších pamětí se sekvenčním přístupem jsou převážně popsány magnetické pásky. Od doby jejich prvního použití v počítačích, přes nahrazení paměťmi s přímým přístupem až po dnešní rozvoj v oblasti archivace a zálohování.

Informace byly čerpány především z internetových zdrojů, jelikož vývoj počítačových pamětí jde neustále kupředu obrovskou rychlostí a novinky se objevují téměř každý den.

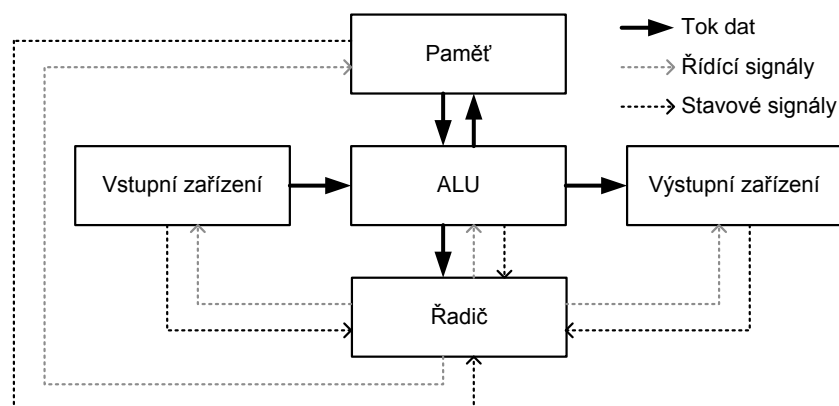
Jedná se převážně o přehled vybraných paměťových médií. Při určitých porovnáváních je snaha předvést klady a zápory jednotlivých pamětí a ukázat, pro které aplikace a použití jsou vybrané paměti vhodné či naopak nevhodné.

## Seznam symbolů a zkratek

ATA .....	Advanced Technology Attachment	Počítačová sběrnice
bpi .....	Bits per inch	Počet bitů na vzdálenost jeden palec
CD .....	Compact Disc	Médium s optickým záznamem
DAT .....	Digital Audio Tape	Magnetická páska
DDR .....	Double Data Rate	Použití obou hran hodinového signálu
DDS .....	Digital Data Storage	Formát pro pásky DAT
DIMM .....	Dual Inline Memory Module	Paměťový modul
DIP .....	Dual Inline Package	Pouzdro integrovaných obvodů
DLT .....	Digital Linear Tape	Magnetická páska pro digitální záznam
DRAM .....	Dynamic RAM	Dynamická paměť s přímým přístupem.
DVD .....	Digital Versatile Disc	Médium s optickým záznamem
FDD .....	Floppy Disk Drive	Disketová mechanika
HD DVD .....	High-Definition/Density DVD	Médium s optickým záznamem
HDD .....	Hard Disk Drive	Pevný disk s pohyblivými částmi
IDE .....	Integrated Device Electronics	Počítačové rozhraní
in .....	Inch [ " ]	Jednotka délky, palec (1" = 0,0254 m)
LTO .....	Linear Tape-Open	Magnetická páska pro digitální záznam
RAID .....	Redundant Array of Independent Disks	Disková pole
RAM .....	Random Access Memory	Paměti s přímým přístupem
RDRAM .....	Rambus DRAM	Dynamická paměť společnosti Rambus
RIMM .....	Rambus Inline Memory Module	Paměťový modul společnosti Rambus
SATA .....	Serial ATA	Počítačová sběrnice
SCSI .....	Small Computer System Interface	Počítačové rozhraní
SDRAM .....	Synchronous Dynamic RAM	Synchronní dynamická paměť RAM
SIMM .....	Single Inline Memory Module	Paměťový modul
SIPP .....	Single Inline Pin Package	Paměťový modul (kolíkové kontakty)
SO-DIMM .....	Small Outline DIMM	Zmenšené paměťové moduly DIMM
SRAM .....	Static RAM	Statická paměť s přímým přístupem
SSD .....	Solid State Drive	Pevný disk s nepohyblivými částmi
tpi .....	Tracks per inch	Počet stop na vzdálenost jeden palec

## 1 Vývoj počítačů a jejich pamětí

V roce 1945 vytvořil John von Neumann schéma modelu počítače, viz *Obr. 1.1*, který položil základ dnešním počítačům. Schéma tvoří aritmetickologická jednotka (ALU), řadič, paměť a vstupní a výstupní zařízení. Paměť je společná pro data i program. Podle počítače Harvard Mark I byla označena Harvardská architektura, která má oproti von Neumannovu schéma oddělenou paměť dat a paměť programu. [16]



*Obr. 1.1 Von Neumannovo schéma [16]*

Jednotka ALU a řadič spolu tvoří procesor. Procesor spolu s pamětí tvoří CPU (Central Processor Unit). V průběhu vývoje počítačů došlo ke zkombinování obou architektur. [16]

Vývoj počítačů se často dělí na jednotlivé generace. Ty jsou charakterizovány parametry počítačů, použitými pamětmi, stavebními prvky a dalšími vlastnostmi. Nultá generace se objevila přibližně v druhé polovině 30. let 20. století a používala převážně elektromechanické prvky. Za první číslicový počítač by se dal považovat stroj Konrada Zuseho označovaný Z1. Dokončen byl v roce 1938 a používal kuličkovou paměť. Program byl uložen na děrné pásce. Poté Zuse zkonstruoval počítač Z2 a v roce 1941 Z3, který obsahoval 2600 relé a paměť pro 64 čísel o 22 bitech. V roce 1944 byl dokončen počítač Harvard Mark I. Program byl uložen také na děrné pásce, která měla délku 24 stop. Paměť byla tvořena elektromechanicky a byla rozdělena na část statickou a dynamickou. Ve statické paměti bylo uloženo až 60 čísel o 24 místech a v dynamické až 72 čísel o 23 místech. Pracoval v desítkové soustavě s pevnou desetinnou čárkou. V roce 1947 jej následoval Mark II s 13000 relé a s pamětí na 100 čísel o 10 znacích v desítkové soustavě s plovoucí čárkou. Čísla byla uložena v dvojkové soustavě pomocí 4 relé. Prvním československým počítačem byl SAPO z roku 1957. Ten používal bubnovou paměť o 1024 slovech. Každé slovo bylo tvořeno 32 bity. [85]

První generace je charakterizována použitím elektronek. Počítače první generace se objevily přibližně v polovině 40. let 20. století. V této době došlo kvůli 2. světové válce k velkému pokroku v mnoha odvětvích. V roce 1944 vznikl počítač ENIAC, který vážil 27 tun a jeho spotřeba byla více než 150 KW. Následoval ho počítač MANIAC z roku 1945. Počítače první generace využívaly například obrazovkové a později feritové paměti. Pro větší množství dat používaly magnetické pásky a bubnové paměti. [75]

Druhá generace se objevila na počátku 50. let 20. století a pokračovala do půlky 60. let. Charakteristickým prvkem je použití tranzistorů. Počítače obsahovaly registry tvořené klopnými obvody z tranzistorů a feritové paměti. Vnější paměti měly již vlastní řídicí jednotky. Prvním komerčně prodávaným počítačem se stal UNIVAC I z roku 1951. Jeho hlavní paměť byla tvořena rtuťovými zpoždovacími linkami o celkové kapacitě 1000 slov. Každé slovo obsahovalo 12 znaků, které byly tvořeny pomocí 7 bitů. Jako vnější paměť byla sestrojena jednotka UNISERVO pro magnetické pásky. K jednomu stroji se dalo připojit až 10 těchto jednotek. Na pásek o šířce 12,7 mm se dalo zapsat 128 znaků na palec. Obsahovala osm stop a dosahovala délky 365 m. Rychlost záznamu byla 7200 znaků za sekundu. [75][86]

U nás byl v roce 1960 spuštěn elektronkový počítač EPOS I. Jeho hlavní paměť byla tvořena feritovými paměťmi s kapacitou 1024 slov po 12 znacích a spotřebou 2 KW. Vybavovací doba činila 10  $\mu$ s. Dále byl osazen bubnovou pamětí o kapacitě také 1024 slov po 12 znacích. Těchto bubnových pamětí se dalo připojit i více. Obsahoval snímače a děrovače děrných štítků a pásků a jednotky pro magnetické pásky. V roce 1962 byl sestrojen tranzistorový počítač EPOS II s feritovou pamětí o kapacitě 5000 slov a bubnovou pamětí o 15000 slovech. [87]

Třetí generace nastoupila v polovině 60. let 20. století a trvala až do konce 70. let. Charakterizována byla použitím integrovaných obvodů. Jako operační paměti se používaly nejčastěji feritové paměti, paměti s tenkou magnetickou vrstvou a polovodičové paměti. Pro vnější paměti se používaly magnetické disky a magnetické pásky. Známymi modely byly například Siemens 4004 nebo IBM 360, které se vyrábělo v několika variantách. [75]

Po třetí generaci nastoupila na přelomu 70. a 80. let 20. století čtvrtá generace. Ta je charakterizována použitím mikroprocesorů, které jsou díky velké integraci uloženy v jednom pouzdře. Při snižování spotřeby a rozměrů se zároveň zvyšuje výkon a kapacita. Místo sálových počítačů se výroba zaměřuje na pracovní stanice. Jako operační paměti se používají polovodičové paměti. Pro vnější paměti se využívají pevné disky s magnetickým záznamem, magnetické pásky, diskety, optická média a rozšiřující se flash paměti. Tato generace ještě neskončila. [75]

Tab. 1.1 Přehled generací počítačů a jejich charakteristických vlastností [75][85]

Generace	Stavební prvky logických obvodů	Konfigurace	Vnitřní paměť
0.	elektromagnetická relé	velký počet skříní	kolem 100 B
1.	elektronky	desítky skříní	1-2 KB
2.	tranzistory	do deseti skříní	16-32 KB
3.	integrované obvody (malá integrace)	do pěti skříní	0,5-2 MB
4.	Integrované obvody (velmi velká integrace)	jedna skříň	1 MB až řády GB

## 2 Vnitřní paměti – operační paměti

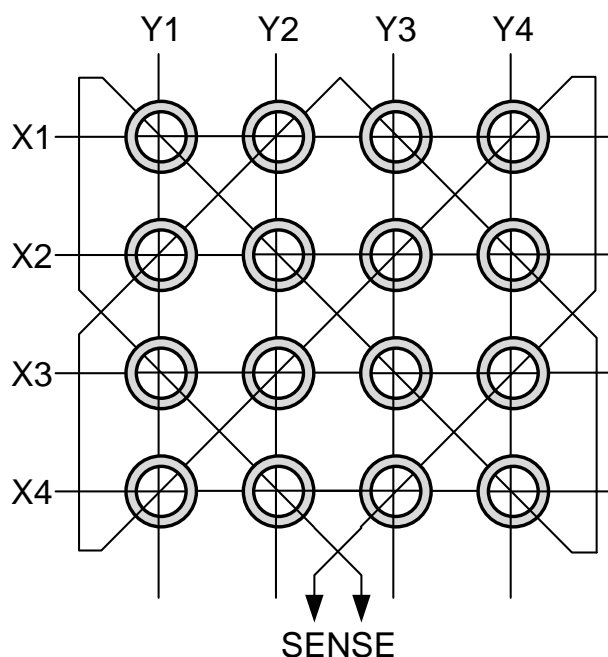
Vnitřní paměti jsou většinou osazeny přímo na základní desce. Uživatel k nim nemá přístup, o jejich řízení se stará řadič a procesor. Většinou se realizují pomocí polovodičových součástek. Nahrávají se do nich data, se kterými počítač v danou chvíli pracuje. [8]

Operační paměť je velice rychlá paměť, do které se nahrávají data, se kterými pracuje procesor. Během práce na počítači je v nich nahrán například operační systém a jiné spuštěné programy. Mezi procesor a operační paměti se vkládají ještě rychlejší vyrovnávací paměti cache. [20]

### 2.1 Feritové paměti

O vynalezení feritové paměti se zasloužil Jay W. Forrester. Feritové paměti byly vedlejším produktem projektu Whirlwind (Vichřice), který odstartoval v roce 1944 a sloužil jako letecký simulátor pro simulování vlivu technických změn na chování letounu. [1]

Jako paměťové buňky se používají feritová jádra ve tvaru toroidu, vyrobená nejčastěji ze sloučenin keramických oxidů, ze kterých převládá  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Velikost jader je v řádech desetin milimetru. Skrze ně jsou nataženy adresové vodiče, které jsou izolované a tvoří mřížku, viz Obr. 2.1. Pro každý řádek mřížky je tažen jeden vodorovný vodič a pro každý sloupec jeden svislý vodič. Podle velikosti této mřížky je dána kapacita paměti. Každé jádro může být zmagnetováno ve dvou stavech, logická „0“ či „1“. Dále je provlečen skrze všechna jádra další vodič, který slouží jako čtecí. [3] Celky se pak vkládají do hermeticky uzavřených skříněk, které chrání paměťové buňky proti magnetickému působení z okolí. [4]



Obr. 2.1 Feritová paměť 4x4 [5]

Mezi kladné vlastnosti feritových pamětí patří jejich nezávislost na připojeném napájení. V případě odpojení od zdroje napětí se informace neztratí. Dále jsou tyto paměti odolné vůči kosmickému a radioaktivnímu záření. [2]

Aby došlo ke zmagnetování feritového jádra, musí se ocitnout v dosahu magnetického pole o dostatečné intenzitě. Toho se docílí přivedením proudového impulsu do adresových vodičů protínajících dané jádro. Každým adresovým vodičem protéká pouze polovina proudu nutného ke zmagnetování jádra. V jádře, ve kterém se vybrané adresové vodiče kříží, se sečtou jejich magnetická působení. Ostatní jádra na adresových vodičích zůstanou bez změny. Podle polaritý proudových impulsů se dá měnit směr intenzity magnetického pole, které určuje orientaci zmagnetování. [5]

Pro čtení se využívá čtecí vodič, který je provlečený skrze všechna jádra. Na adresové vodiče se přivede záporný impuls, a tím dojde k přemagnetování ze stavu „1“ do „0“. Na čtecím vodiči je připojen citlivý komparátor s jednobitovým registrem. V případě, že byl původní stav „1“, došlo k překlopení do „0“. Tím se na vodiči objevil napěťový impuls, který způsobila změna magnetického toku. Změnu vyhodnotí komparátor a zapíše do registru „1“. Pokud byl původní stav „0“, tak komparátor nezaznamená změnu a vyhodnotí stav jako „0“. Z tohoto vyplývá, že čtení je destruktivní a informace se musí po přečtení obnovit. [6]

U zápisu se využívá kladného proudu přivedeného na adresové vodiče. Nastane změna ze stavu „0“ do „1“. Před zápisem je nutné nulování buňky, které se provede jejím čtením, a až

poté dojde k zápisu. Pokud se má do paměťové buňky zapsat „1“, postupuje se daným způsobem a nezáleží na původním stavu. Při zapisování „0“ už je v buňce „0“ z předcházejícího nulování. Při přivedení kladného proudu na adresové vodiče, by se zapsal stav „1“. Tomu se zabrání pomocí čtecího vodiče, na který se přivede poloviční proudový impulz s opačnou polaritou. Magnetické pole se omezí u vybraného jádra na polovinu a nedojde k jeho přemagnetování. Impulz je poloviční, aby neovlivnil ostatní buňky, kterými prochází. Čtení a omezování nemůže být prováděno zároveň. Dříve se pro čtení a omezování používaly samostatné vodiče. [6][7]

Feritové paměti mohou být organizovány po několika deskách. Každá deska může být oboustranně osazena maticí jader o několika tisících kusech. Například při použití 128 svislých a 128 vodorovných adresových vodičích je počet křížení a tedy i jader 16384. Například počítače RODAN 10 měly feritovou paměť o 16384 slovech po 24 bitech. Každá matice (128 x 128) se dělila na 4 části (64 x 64) z důvodů snížení přeslechů. Každá měla vlastní komparátor. Kvůli přeslechům se také jednotlivé ferity otáčely o 90°. [6]

Podle uskupení pamětí se rozlišovaly na koincidenční 3D, lineární 2D a kombinované 2-1/2D. [5]

## 2.2 RAM – Random Access Memory

Název Random Access Memory znamená paměť s přímým přístupem. Jedná se o paměti, ze kterých jde číst i do nich zapisovat. Jsou poměrně rychlé, proto se využívají v počítačích ve spolupráci s mikroprocesory, které pro svou práci potřebují právě velkou rychlost. Mezi jejich nevýhody patří energetická závislost. Při odpojení paměti od zdroje napájení dojde ke ztrátě informace. Takovéto paměti se označují volatilní. [8][9]

## 2.3 SRAM – Static Random Access Memory

Statické RAM mají paměťovou buňku tvořenou pomocí bistabilního klopného obvodu. Bistabilní klopné obvody mohou nabývat dvou stavů. Jeden stav reprezentuje log „1“ a druhý log „0“. [9] Pokud jsou statické paměti připojeny ke zdroji napájení, neztrácí informaci. Není nutno provádět obnovování a při neměnném stavu je spotřeba minimální. Čtení je nedestruktivní, takže ke ztrátě informace dojde až po odpojení od zdroje. [8]

Používají se kvůli nízké přístupové době, která se pohybuje kolem 1 – 20 ns. Avšak kvůli použití klopných obvodů jako paměťových buněk, jsou jejich výrobní náklady vysoké. Z těchto důvodů se používají převážně jen v menších kapacitách. V počítačích je nalezneme jako cache paměti u mikroprocesorů. [8]



Použité klopné obvody mohou být vytvořeny několika technologiemi. Jsou jimi ECL, u které je použito čtyř tranzistorů na jeden klopný obvod, nebo CMOS a NMOS, u nichž je použito na jednu paměťovou buňku tranzistorů šest. Podle počtu tranzistorů se také označují jako 4-T memory cell nebo 6-T memory cell. Pro paměti s větší kapacitou se dnes většinou využívá technologie CMOS a NMOS. [10]

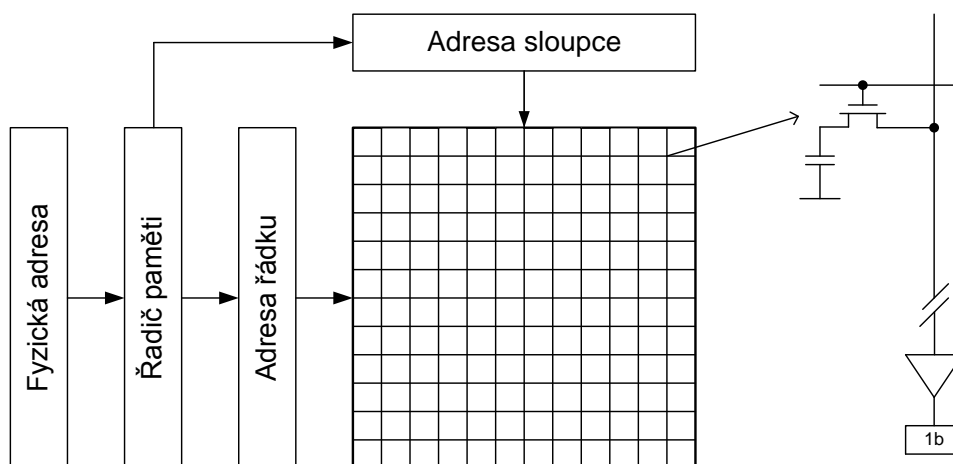
Jednotlivé buňky jsou skládány do matic. Čtení i zápis je možné provádět paralelně v celém řádku. Řádkové i sloupcové vodiče jsou opatřeny zesilovači. Matice buněk se u větších pamětí dělí do bloků s vlastní řídicí jednotkou výběru řádku a sloupce, aby se omezila tvorba parazitních kapacit a zpoždování signálů. [10]

Paměti CMOS mají velice nízkou spotřebu. Během stavu, kdy nedochází ke změnám, je spotřeba téměř nulová. [10]

## 2.4 DRAM – Dynamic Random Access Memory

Dynamické RAM jsou nejčastěji tvořeny kondenzátorem a tranzistorem. Mají opět řadu výhod, ale i nevýhod. Mezi jejich klady patří poměrně jednoduchá paměťová buňka. Dají integrovat na malé ploše a za nízkou cenu za bit. Paměti DRAM se využívají v dnešní době k výrobě operačních pamětí. Jejich nevýhoda oproti statickým RAM je v destruktivním čtení. Navíc paměťová buňka samovolně ztrácí informaci vlivem vybíjení kondenzátoru zapříčiněným nedokonalou izolací a alfa zářením. Proto je nutné provádět obnovování dat (refresh), které se provádí po celých řádcích. Vlivem tohoto obnovování a dobou potřebnou pro nabití a vybití kondenzátoru, je přístupová doba větší, přibližně mezi 25 – 70 ns. [8]

Paměťové buňky, které jsou zobrazeny v pravé části obrázku *Obr. 2.2*, opět tvoří matici. Každá buňka obsahuje jeden tranzistor, nejčastěji MOS s kanálem typu N, a jeden kondenzátor. Každá buňka má svojí adresu, kterou řadič rozdělí na dvě části a přivede do dekodéru pro výběr řádku a do dekodéru pro výběr sloupce. Pokud se má do paměti zapsat „1“, tedy nabít kondenzátor, přivede se „1“ na vybraný adresový vodič a dojde k otevření všech tranzistorů na dané řádce. Přivedením náboje na vybrané datové vodiče se kondenzátor nabije. Náboj v nich vydrží pouze pár milisekund či dokonce mikrosekund, proto se musí provádět již zmíněná obnova. Pro čtení se opět otevřou tranzistory na dané řádce a kondenzátor se vybije. Náboj se dostane do záchytných registrů (latch), sestavených nejčastěji kondenzátorem a zesilovačem. [10]



Obr. 2.2 Rozložení paměťových buněk DRAM [8]

Během dosavadního vývoje DRAM paměti od přelomu 70. a 80. let dochází k exponenciálnímu nárůstu jejich kapacity, cena se však stále snižuje. Jedním z důvodů je větší integrace. [10] Například společnost Samsung otevřela na podzim roku 2011 továrnu na výrobu polovodičových pamětí ve 20 nm třídě, což má kladný vliv na cenu a spotřebu. [12] Samotná kapacita jednotlivých kondenzátorů přitom zůstává přibližně stejná. Stále je potřeba provádět obnovu v podobných intervalech, proto se rychlost čtení a zápisu do jednotlivých paměťových buněk nijak významně nezvyšuje. Paměti DRAM jsou poměrně jednoduché a levné, ale mají mnohem složitější způsob řízení. [10]

Tab. 2.1 Vývoj DRAM paměti [48]

Rok	1987	1995	1997	1998	1999	1999	2000	2004	2007
Paměť	FPM	EDO	SDRAM 66	SDRAM 100	RDRAM	SDRAM 133	DDR	DDR2	DDR3

### 2.4.1 Asynchronní DRAM

Asynchronní DRAM pracují na maximální možné rychlosti. Asynchronní se označují kvůli nepřítomnosti hodinového signálu. Jsou jednodušší a není potřeba tolik řídicích obvodů jako u synchronních. Jsou charakterizovány maximální dobou pro zápis nebo čtení z paměťové buňky podle zadané adresy. U jednodušších zařízení se o dodržení této doby může starat mikroprocesor, ale většinou se používá zvláštní řídicí jednotka. Doba od zadání adresy sloupce až po přečtení informace se u asynchronních pamětí pohybuje v lepších případech kolem 60 ns v závislosti na řízení a typu paměti, viz Tab. 2.2. Řídicí člen, například mikroprocesor, musí během této doby vykonávat jiné procesy nebo i čekat, jelikož není jistota, že požadované informace pro čtení jsou již připravené. [13]

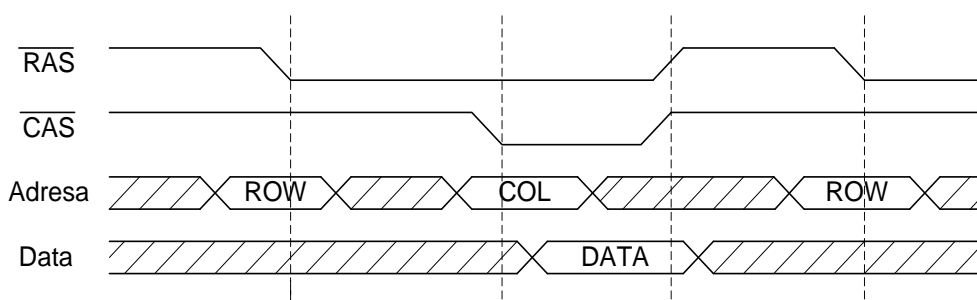
Tab. 2.2 Přístupová doba paměti DRAM v závislosti na frekvenci procesoru [14]

Frekvence procesoru [MHz]	Přístupová doba [ns]
4,7	150
8	120
10 - 12	100
16 - 20	80
25	70
33 a více	60

### 2.4.2 Adresování asynchronní DRAM v režimu RBC

Pro řízení lze u DRAM paměti využít několika způsobů. Mezi základní režimy patří RBC (RAS Before CAS), který je vidět na obrázku *Obr. 2.3*. Nejdříve je adresován řádek (horní polovina adresy) a následně sloupec (dolní polovina adresy). Při čtení se nejdříve načte adresa řádku, tím se otevře celý řádek, který se nahraje do bloku zesilovačů a zpětně se obnoví. Poté se na adresovou sběrnici přivede adresa sloupce.

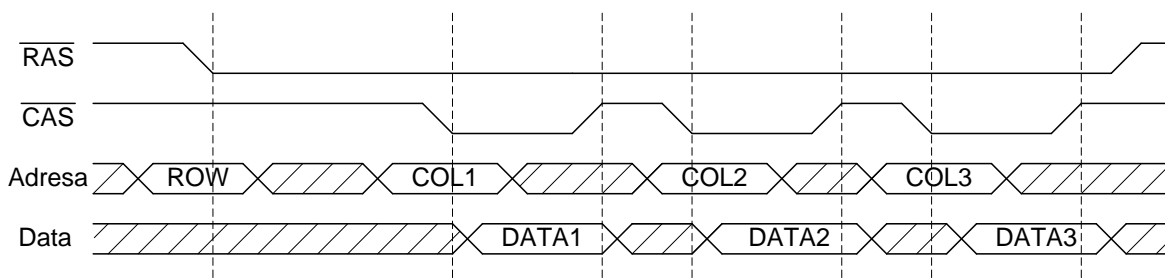
Při zápisu dojde po přivedení adresy k otevření tranzistorů v řádku. Stav jednotlivých buněk se musí změnit ještě před procesem obnovy. Poté se může přivést adresa sloupce a zapsat data ze zesilovače. [13]



Obr. 2.3 Režim RBC (RAS Before CAS) [8]

### 2.4.3 Adresování asynchronní DRAM v režimu FPM

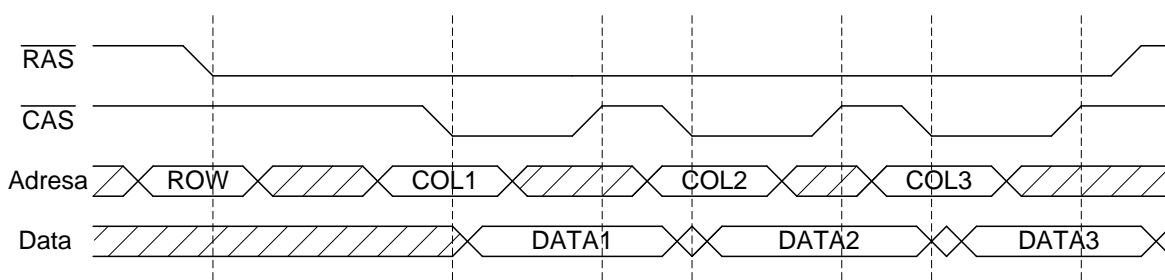
FPM (Fast Page Mode) je oproti RBC rychlejší. Využívá se toho, že požadovaná data jsou často umístěna za sebou na stejném řádku. U režimu RBC se pro každý zápis i čtení musela přivést adresa řádku a sloupce. Po přečtení či zápisu bylo znovu potřeba přivést jak adresu řádku, tak i sloupce. V případě vícenásobného přístupu k datům v jednom řádku se u režimu FPM přivede signál /RAS jen jednou a zůstane. Poté se používají pouze signály /CAS, což je znázorněno na *Obr. 2.4*. Tímto lze zvýšit rychlost až dvojnásobně. [13]



Obr. 2.4 Režim FPM (Fast Page Mode) [8]

#### 2.4.4 Adresování asynchronní DRAM v režimu EDO

EDO (Extended Data Out) je vylepšením režimu FPM. Podporovaly jej již některé čipové sady pro mikroprocesory 486 a většina pro Pentium. Rozdíl je v platnosti dat na datové sběrnici, a to až do doby, kdy /CAS přechází opět do stavu log „0“, pro načítání sloupce jiné paměťové buňky. Díky tomu může mikroprocesor již zasílat novou adresu pro další paměťovou buňku a nemusí čekat, až bude přečtený bit vystaven, viz Obr. 2.5. Zkracuje se přístupová doba, ale rychlost se zvyšuje jen při čtení. [13][14]



Obr. 2.5 Režim EDO (Extended Data Out) [8]

Ještě se vyvinulo několik dalších režimů, jako například BEDO (Burst EDO), který zvyšoval jak rychlost čtení, tak i zápisu. Po přijetí adresy jedné buňky se pracovalo i s buňkami následujícími po blocích. Nebylo tedy nutné adresovat pro každou buňku zvlášť. Režim BEDO byl nahrazen synchronními paměťmi SDRAM. [14]

#### 2.4.5 Synchronní DRAM (SDRAM)

V dnešní době se používají synchronní DRAM místo asynchronních. Jejich vnitřní struktura je stejná, rozdíl je v podpůrných obvodech. SDRAM nepracují při své maximální rychlosti, ale jsou pevně řízené hodinovým signálem. Neuvádí se u nich maximální přístupová doba, ale počet taktů nutných k vybrané operaci. Paměti SDRAM nemusejí být kvůli synchronizaci vždy rychlejší než asynchronní. [13] Stejně jako BEDO využívají paměti SDRAM režimu Burst. [14] Tento režim využívá čtení a zápisu bloků dat, u kterých známe

jejich délku. Stačí adresovat pouze první buňku a díky synchronizaci se v každém dalším taktu čte nebo zapisuje následující paměťová buňka. V tomto ohledu je dosaženo velkého urychlení, ale je třeba přistupovat k datům blokově. Pro zajištění co největší rychlosti se proto využívá cache paměti, které se spolu s operačními paměťmi synchronizují přesuny velkých bloků dat. [13] Paměti SDRAM se v praxi začaly provozovat na základních deskách pro procesory Pentium II. Používají se na frekvencích 66, 100 a 133 MHz. Oproti předchozím EDO RAM jsou prakticky rychlejší až od 100 MHz. Po nástupu DDR SDRAM se označují také jako SDR SDRAM (Single Data Rate SDRAM). [14]

#### 2.4.6 DDR SDRAM (Double Data Rate SDRAM)

Obyčejné synchronní paměti SDRAM reagují pouze na náběžnou nebo sestupnou hranu hodinového signálu. U paměti DDR se využívají hrany obě. Tím dojde k možnému zdvojnásobení počtu operací za stejnou dobu a zdvojnásobení datové propustnosti. [9] Podobného efektu by se dalo docílit při zdvojnásobení frekvence hodinového signálu, což je nevhodné z důvodu vzniku nežádoucích jevů. Může docházet ke zkreslení signálu, vyhlazení hran apod. Navíc při použití vyšších frekvencí by mohlo dojít k ovlivňování běhu okolních obvodů. Oproti SDRAM obsahují navíc multiplexor, vstupní registry a další části. Pro zdvojnásobení rychlosti se načítají dvě paměťové buňky současně. K informacím se postupně přistupuje pomocí multiplexoru a vstupního registru. U paměti DDR je snížena spotřeba energie. [14]

#### 2.4.7 DDR2, DDR3

Paměti DDR2 jsou oproti prvním DDR rozdílné ve frekvenci sběrnice. Ta je dvojnásobná, frekvence samotných paměti je ale stále stejná. Při čtení bloků dat se tedy může dosáhnout až dvojnásobné datové propustnosti. Při přístupu k náhodným paměťovým buňkám nemusí být rychlost větší, jelikož samotné paměťové buňky jsou stále stejné jako u DDR i SDRAM a pracují na stále stejné frekvenci. DDR2 mají nižší spotřebu energie než DDR. [13]

V pamětech DDR byl oproti obyčejným SDRAM přidán multiplexor a vstupní registr. Díky tomu se dalo přistupovat ke dvěma buňkám. U paměti DDR2 je možné přistupovat ke čtyřem paměťovým buňkám, je zde také dvakrát více vstupních registrů. Zhoršuje se ale zpoždění (latence). [14]

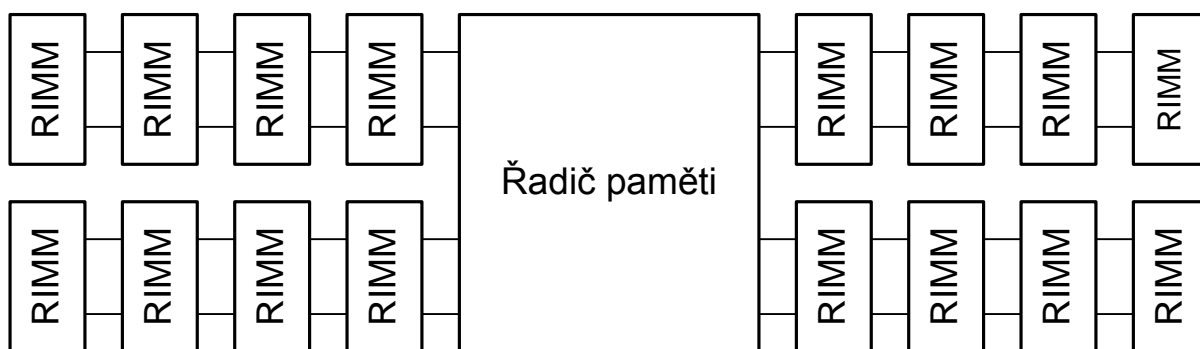
DDR3 byly představeny v roce 2007. Opět je využito zdvojnásobení vnější frekvence a zachování vnitřní. Je možno přistupovat k osmi paměťovým buňkám najednou. Jako i u DDR2 se zvyšuje doba latence a ještě více se snižuje spotřeba energie. [14]

Dalším nástupcem jsou DDR4, které by se měly objevit na trhu v roce 2013. [15]

### 2.4.8 RDRAM (Rambus DRAM)

Paměti RDRAM byly vyvinuty společností Rambus Inc. v 90. letech minulého století. Jako jedno z prvních využití měly u herní konzole Nintendo 64. Mezi počítači se objevily poprvé v roce 1999, kde byly použity u základních desek firmy Intel. [8] Oproti tehdy používaným pamětem SDRAM měly větší datovou propustnost, ale byly také mnohem dražší. Kvůli ceně se příliš neuchytily, zákazníci preferovali levnější SDRAM. [9]

Paměťové buňky jsou opět standardní DRAM. Rozdíl je v použité sběrnici, která má šířku jen 16 bitů oproti 64 bitům SDRAM. U hodinového signálu se využívá sestupné i nástupné hrany, u SDRAM se používala pouze jedna. Při používané frekvenci 400 MHz je celková propustnost paměti 1,6 GB/s. Šířka sběrnice je sice malá, ale dá se připojit více kanálů na řadič paralelně, viz *Obr. 2.6*. Při použití dvou kanálů je propustnost 3,2 GB/s, při čtyřech kanálech je to 6,4 GB/s. [9] I přes vysoké taktovací frekvence se v praxi kvůli nízké šířce sběrnice pohybují přenosové rychlosti přibližně na úrovni SDRAM o frekvenci 133 MHz. Ty mají teoretickou propustnost 1,04 GB/s. [14]



*Obr. 2.6 Čtyřkanálový řadič paměti RDRAM [8]*

Oproti předchozím pamětem mají RDRAM jinou strukturu. Jednotlivé paměťové čipy jsou umístěny za sebou mezi řadičem a terminátorem. Při osazení na základních deskách musí být všechny pozice osazeny, aby nebyla sběrnice od řadiče k terminaci přerušena. K tomuto účelu se používají CRIMM (Continuity RIMM) moduly, což jsou propojky, které se vkládají do neosazených pozic. Tyto propojky nejsou osazeny žádnou elektronikou. [14]

Po neúspěchu RDRAM došlo k vývoji dalších generací. Těmi jsou XDR a XDR2. Tyto paměti mají velkou datovou propustnost a využívají se hlavně v herních konzolách nebo grafických kartách, ve kterých hraje významnou roli právě datová propustnost. [17]

## 2.5 Paměťové moduly

V dnešní době se k připojování operačních pamětí využívají zásuvné paměťové moduly, které umožňují rychlou a snadnou výměnu či doplnění operačních pamětí. Patice pro jejich usazování se nazývají sloty. Jejich základní přehled je zobrazen v tabulce *Tab. 2.3*. Dříve se realizovaly paměti jako samostatné čipy, které se přímo pájely na základní desky. Paměťové moduly se začaly využívat na základních deskách pro procesory 386 a vyšší.

*Tab. 2.3 Přehled vybraných paměťových modulů [8][9][14]*

Označení	Typická kapacita	Počet pinů	Počet výřezů	Paměťové čipy	Efektivní frekvence [MHz]	Šířka sběrnice [bit]
SIPP	256 KB – 4(16) MB	30	-	DRAM	-	8
SIMM	256 KB - 4 MB	30	0	DRAM	-	8
PS/2-SIMM	1 – 32(128) MB	72	1	DRAM, FPM, EDO	-	32
DIMM	32 - 512 MB	168	2	EDO, SDRAM	66 - 133	64
RIMM	64 - 512 MB	184 - 326	2	RDRAM	600 - 1600	16 - 64
DDR-DIMM	až 2 GB	184	1	DDR	200 - 400	64
DDR2-DIMM	až 4 GB	240	1	DDR2	400 - 800	64
DDR3-DIMM	až 8 GB	240	1	DDR3	800 - 1600	64

### 2.5.1 DIP, SIPP (Single Inline Pin Package)

Samostatné paměťové čipy v pouzdrech DIP (Dual Inline Package), které se umísťovaly přímo na základní desku, se používaly do dob 80286. [8]

Paměťové moduly SIPP se používaly na základních deskách pro procesory řady 80286 a některé 80386. K desce se připojovaly pomocí 30 kolíkových kontaktů. Tyto moduly se nejčastěji osazovaly FPM DRAM (Fast Page Mode DRAM) čipy. Jejich nevýhoda byla v náchylnosti na poškození nožiček při manipulaci. Byly nahrazeny pamětmi SIMM. [21]

### 2.5.2 SIMM, PS/2 SIMM

Moduly SIMM (Single Inline Memory Module) byly téměř totožné jako SIPP, ale nožičky se nahradily již dnes používanými kontaktními ploškami. Těch bylo také 30 jako u SIPP. Nejčastěji měly 8bitovou sběrnici, proto se musely kombinovat při připojení k 16 nebo 32 bitové sběrnici. Například pro procesory 80486 bylo zapotřebí více modulů jak je vidět v *Tab. 2.4*. [21]

Tab. 2.4 Počet SIMM modulů v počítači s procesorem 80486 (32 bit) [9]

Počet pinů modulu SIMM	Šířka sběrnice [bit]	Počet modulů v banku
30	8	4
30	16	2
72	32	1

Bank tvoří jeden nebo více slotů pro paměťové moduly, který musí být zcela zaplněn. [9]

Moduly PS/2 SIMM (Personal System 2 SIMM), také označované jako 72-pin SIMM, mají 72 pinů a šířku sběrnice 32 bitů. Při použití spolu s procesory Pentium musely být používány v páru pro 64 bitů. Tyto moduly se používaly i s procesory Pentium II. [21] Standardní kapacity dosahovaly 32 MB, objevily se také 128 MB moduly, které byly podporovány až od roku 1997. Přístupové doby se pohybovaly mezi 60 – 80 ns. [8]

PS/2 SIMM se osazovaly paměťovými čipy většinou jen z jedné strany. Vyráběny byly také moduly označované jako PS/2 DSIMM, které byly osazeny čipy z obou stran. Nebyly ale podporovány všemi základními deskami. [8]

### 2.5.3 DIMM (Double Inline Memory Module)

Počet pinů u DIMM je 168 a modul má na spodní hraně s kontakty 2 výřezy. Šířka sběrnice je 64 bitů, dají se tedy používat samostatně. Pracují synchronně se systémovou sběrnici, jejich frekvence je 66 MHz, 100 MHz nebo 133 MHz. Označovány jsou také jako PC66, PC100, PC133. [8]

Moduly DIMM se osazovaly čipy FPM DRAM, EDO DRAM a později jen SDRAM. Rozdíl při použití EDO DRAM a SDRAM byl v napájení, viz Tab. 2.5. [8]

Dále se paměti DIMM dají dělit na Buffered a Unbuffered. Paměti Buffered mají v sobě oddělovací zesilovač, kvůli snížení elektrického zatížení systémové sběrnice. Často se používají u desek s více sloty pro serverové počítače. [8]

Dnes se vyrábějí ještě FB-DIMM (Fully Buffered DIMM), které vyvinula společnost Intel. Slouží pro serverové stanice a každý modul obsahuje navíc AMB (Advanced Memory Buffers), se kterým komunikuje řadič. Používá se sériová sběrnice a je možné použít více kanálů místo standardních dvou. Oproti obyčejným modulům je zde zvýšena spotřeba o 4 až 6 W. [14]



Tab. 2.5 Přehled vybraných modulů DIMM [8]

Modul DIMM	Osazené paměti	Napájení [V]	Počet výřezů
EDO	EDO DRAM	5	2
SDRAM	SDR SDRAM	3,3	2
DDR	DDR SDRAM	2,5	1
DDR II	DDR II SDRAM	1,8	1
DDR III	DDR III SDRAM	1,5	1

#### 2.5.4 DDR DIMM

DDR DIMM moduly mají 184 pinů a používá se u nich paměť DDR SDRAM. U některých starších základních desek je možné se setkat s podporou DDR i SDRAM modulů. Standardně se používají na frekvencích 200, 266, 333 a 400 MHz efektivních. [8] Napájecí napětí se pohybuje okolo 2,6 V při 400 MHz efektivních. Při vyšších kmitočtech, které některé paměti podporují, je to i více než 3 V. [21]

Paměti se označují například jejich maximální přenosovou rychlostí. V případě použití DDR DIMM paměti na frekvenci 200 MHz (400 MHz efektivních) je přenosová rychlost až 3200 MB/s ( $200 \text{ MHz} * 8 \text{ Byte} * 2 = 3200 \text{ MB/s}$ ). Proto se používá označení rychlostní třídy PC-3200. Od DDR modulů je podporována funkce Dual Channel, při které je nutné zapojit dva nebo čtyři nejlépe identické moduly do jedné desky. Propustnost paměti se může zvýšit až na dvojnásobek, protože řadič může přistupovat k modulům paralelně. [8]

Dále můžeme na paměťových modulech vidět hodnotu časování, která se udává nejčastěji ve formátu tCL-tRCD-tRP-tRAS. Každé číslo reprezentuje počet cyklů nutných k vykonání dané operace a jejich přibližné hodnoty jsou vidět v tabulce Tab. 2.6. [8]

Tab. 2.6 Hodnoty časování používané při značení paměťových modulů [9][27]

Zkratka	Název	Význam
tCL	CAS latency	Doba, za kterou by měla být data připravena na výstupu
tRCD	RAS to CAS delay	Doba načtení celého řádku
tRP	RAS Precharge	Doba přesunu na další řádek
tRAS	tRAS	Minimální doba adresace řádku

Tab. 2.7 Parametry vybraných modulů SDRAM DDR I-III [9][22]

DDR DIMM	Frekvence paměti [MHz]	Doba cyklu [ns]	Rychlostní třída	Propustnost [GB/s]
DDR-200	100	10	PC1600	1,6
DDR-400	200	5	PC3200	3,2
DDR2-400	100	10	PC2-3200	3,2
DDR2-800	200	5	PC2-6400	6,4
DDR3-800	100	10	PC3-6400	6,4
DDR3-1600	200	5	PC3-12800	12,8

Tab. 2.8 Typické hodnoty časování paměti SDRAM DDR I-III [9][22]

DDR DIMM	Frekvence sběrnice [MHz]	tCL	tRCD	tRP	CAS latency [ns]
DDR-200	100	2	2	2	20
DDR-400	200	2 - 3	3	2 - 3	10 - 15
DDR2-400	200	4	4	4	20
DDR2-800	400	5	5	5	12,5
DDR3-800	400	5 - 6	5 - 6	5 - 6	12,5 - 15
DDR3-1600	800	9 - 11	9 - 11	9 - 11	11,25 - 13,75

U synchronních pamětí se neuvádí přístupová doba, ale počet cyklů nutných k adresaci řádku. V lepších případech se tato doba pohybuje kolem 30 ns. [9]

### 2.5.5 DDR2 DIMM, DDR3 DIMM

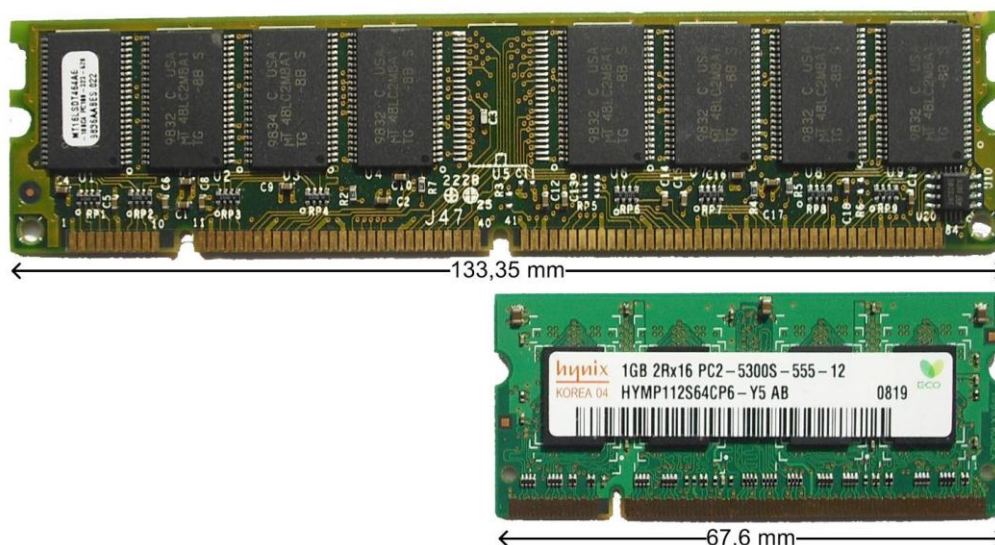
Moduly osazené DDR2 SDRAM pamětmi mají stejné rozměry jako DDR DIMM, ale rozdíl je v počtu pinů a posunutého výřezu. [8] Používají se například pro desky s patičkami Socket478 a LGA 775 pro Intel a Socket AM2 pro AMD. Jejich frekvence se standardně pohybuje na 400, 533, 667 a 800 MHz. [8]

DDR3 DIMM mají 240 pinů jako DDR2, ale výřez je lehce posunut, aby nedošlo k záměně. Pracovní frekvence se typicky pohybují od 800 MHz do 1600 MHz. Pro tuto horní hranici se používá označení PC3-12800. DDR3 paměti na této frekvenci mají propustnost až 12,8 GB/s. Největší kapacity jednotlivých modulů jsou 8 GB. [22]

### 2.5.6 SO-DIMM (Small Outline DIMM)

SO-DIMM jsou speciální paměťové moduly DIMM, viz Tab. 2.9, určené pro použití v notebookech nebo jiných výpočetních zařízeních s malými rozměry. Jejich rozdíl oproti jiným DIMM modulům je v rozměrech a počtu pinů. Kapacita, rychlost, spotřeba a další parametry jsou téměř shodné. [8][23]

Jak se časem vyvíjely moduly DIMM, tak se také vyvíjely jejich zmenšené verze. Moduly SO-DIMM měří 67,6 mm na délku a přibližně 32 mm na výšku. Délka standardních DIMM modulů je 133,35 mm. Jejich srovnání je vidět na Obr. 2.7. [48]



Obr. 2.7 Paměťový modul SDRAM PC100 a SO-DIMM modul DDR2 667 MHz

Tab. 2.9 Rozdělení SO-DIMM modulů [48]

SO-DIMM moduly	Počet pinů	Šířka sběrnice [bit]	Počet výřezů
EDO DRAM	72	32	0
SDRAM	100	32	2
SDRAM	144	64	1
DDR	200	64	1
DDR2	200	64	1
DDR3	204	64	1

### 2.5.7 RIMM – Rambus Inline Memory Module

Pro paměti RDRAM od společnosti Rambus se vyráběly také samostatné paměťové moduly. Jejich přehled je uveden v Tab. 2.10. [14]

Tab. 2.10 Paměťové moduly RIMM [24][48]

RIMM	Šířka sběrnice [bit]	Počet pinů	Šířka [mm]	Výška [mm]	Napětí [V]
jednokanálové	16	168	133,35	31,75	2,5
	16	184	133,35	31,75	2,5
dvoukanálové	32	232	133,35	34,93	2,5
čtyřkanálové	64	326	133,35	34,93	1,8

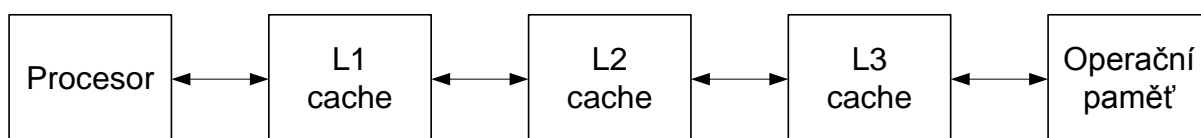
Šestnácti bitové paměti je nutno osazovat v párech, 32 bitové lze osadit i jednotlivě. Do prázdných pozic na základní desce je nutné vložit tzv. CRIMM (Continuity RIMM) moduly. Tyto moduly jsou pouze propojky bez elektroniky. Bez jejich přítomnosti by byla paměťová sběrnice přerušena. [19]

### 3 Vnitřní paměti – cache

Vyrovnávací paměti se využívají v počítačích mezi rychlejšími a pomalejšími částmi. Je možné se s nimi setkat u procesorů, harddisků a dalších komponent, které komunikují s okolím při rozdílných rychlostech. [8]

#### 3.1 Vyrovnávací paměť procesoru (Cache)

Skládají se z rychlých SRAM (Static RAM) pamětí, které jsou tvořeny klopnými obvody (viz SRAM). Kvůli své ceně, která je přibližně desetkrát vyšší než DRAM, se vyrábějí v menších kapacitách. U procesorů se začaly vyrovnávací paměti využívat u 80386. V dnešní době se používají dvou až tří úrovně, viz *Obr. 3.1*. [8][25]



*Obr. 3.1* Struktura cache paměti [8]

První úroveň se označuje jako L1 (Level 1) a slouží pro zrychlení činnosti samotného procesoru a pro komunikaci s pamětí úrovně L2. Označuje se také jako interní nebo primární. Umisťuje se přímo na čip mikroprocesoru. Dříve se ale umisťovala i zvlášť na samostatném čipu. Přidáním na stejný čip se zkracuje vzdálenost, a tedy zvyšuje rychlost. Poprvé se použila u procesoru 80486 s kapacitou 8 KB. Dnes se používají nejčastěji paměti o velikostech 64 KB a 128 KB pro každé jádro. [8][9][25]

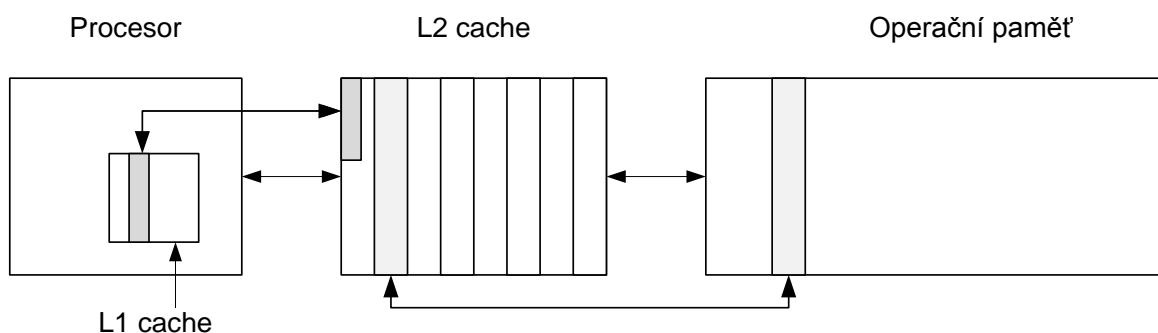
L2 cache paměti, označované také jako sekundární nebo externí, se používají jako vyrovnávací člen mezi procesorem a operační pamětí. Dříve se umisťovaly na základní desku, poté se staly součástí pouzdra procesoru a dnes jsou již integrované na čipu procesoru. [9] Poprvé se používaly už u procesorů 80386 o kapacitách 32 KB a 64 KB. V dnešní době dosahují kapacity i jednotek megabytů pro jedno či více jader procesoru. [8]

U vícejádrových procesorů se začala používat ještě třetí úroveň L3. Ta je mezičlánkem mezi L2 a operační pamětí. Je velice podobná L2, ale má větší kapacitu a je pomalejší. Většinou se používá společná L3 pro všechna jádra procesoru. [26]

L1 bývá nejrychlejší, to ale znamená vyšší cenu, a proto dosahují menší kapacity. L2 a L3 jsou již pomalejší, ale s většími kapacitami. Díky řízení výběru dat, která se nahrají do cache, je kapacita většinou dostačující. Procesor má k dispozici 80-99% požadovaných dat přímo z cache bez nutnosti jejich vyhledávání v operační paměti. Tuto hodnotu udává

tzv. Hit Rate, který je poměrem mezi daty nahranými v cache a všemi daty, která si vyžádá procesor. [9]

Data pro určitý program bývají uložena pohromadě, tzv. princip lokality. Toho využívají vyrovnávací paměti. Pokud procesor požaduje některá data, nejdříve je hledá v L1 cache, pokud tam nejsou, hledá je v L2, popřípadě v L3. Pokud ani v L2 nebo L3 nejsou, načtou se do cache z operační paměti. Spolu s nimi se z paměti nahraje celý blok. Díky principu lokality je tak velká pravděpodobnost, že další potřebná data budou již připravena ve vyrovnávací paměti. Práce s bloky je vidět na obrázku *Obr. 3.2* a vede také ke zrychlení díky přenosu dat po blocích. [8]



*Obr. 3.2 Princip blokového načítání dat [8]*

Pokud je potřeba nahrát nový blok dat a vyrovnávací paměť je zaplněna, využívá se algoritmu LRU (Least Recently Used). Algoritmus LRU odstraňuje z paměti nejdéle nepoužívaný blok a nahrazuje jej novým. [8]

Je možné se setkat se třemi režimy práce s daty. Nejstarším je Write-Through, neboli také přímý zápis. Je nejstarším a nejpomalejším, používal se od procesorů 80486. Data se ukládají rovnou do vyrovnávací i operační paměti. Při čtení si řadič cache porovná adresu požadovaných dat v operační paměti s adresami v cache. Pokud je adresa v cache nalezena, tak se z ní data načtou. [9]

Druhým režimem je Write-Back, tzv. opožděný zápis. Používal se u procesorů Pentium a některých 80486. Oproti předchozímu režimu nahrává data z cache do operační paměti až v okamžiku jejich odstraňování z cache. Pokud se data během práce procesoru mění, do operační paměti se uloží až výsledný stav. V předchozím případě bylo nutné data po každé změně v cache změnit i v operační paměti, což práci zpomalovalo. [9]

Pipelined-Burst je dnes nejvyužívanějším režimem. Je nejrychlejší a přístupová doba se při jeho používání pohybuje mezi 9-15 ns. Po načtení dat z určité adresy začne automaticky načítat data i z následující adresy, protože ve většině případů budou potřebná v následujícím kroku. [9]

## 4 Vnější paměti s přímým přístupem

Vnější paměti jsou většinou určené k dlouhodobému uchování dat a jejich zálohování. Často se jedná o výměnná média. Nejčastěji využívají magnetického a optického záznamu nebo jsou realizovány pomocí flash pamětí. Téměř vždy jsou nevolatilní, po odpojení od zdroje v nich tedy zůstane informace uložena. [8] Dosahují velkých kapacit a nízkých přenosových rychlostí oproti vnitřním pamětem. Počítač je schopen provozu i bez jejich přítomnosti. [60] Přímý přístup znamená, že se k datům dá přistupovat přímo, ať jsou uložena kdekoli na paměti. Druhou možností je sekvenční přístup. [61]

### 4.1 Bubnové paměti

Bubnové paměti se používaly jako operační paměti, i jako vnější paměti. Pracují na principu magnetického záznamu, podobném jako u točivých pevných disků. Vynalezeny byly v roce 1932 a poprvé se v počítači objevily v roce 1941. Plného využití v počítači dosáhly až v roce 1949 u počítače Manchester Mark I. [63][65]

Jednalo se o válec vytvořený z nemagnetického materiálu, často z hliníku. Na válec byla nanášena vrstva feromagnetického materiálu. V řadě se nad povrchem válce umístily magnetické čtecí a zapisovací hlavy, které se nepřesouvaly. Pro každou čtecí a zapisovací hlavu byla určena jedna stopa. Celkově jich bylo i několik desítek. Válec rotoval konstantní rychlostí několika tisíc otáček za minutu. Čtení i zápis probíhal paralelně na všech stopách, jednotlivé bity z každé stopy se skládaly do slov. [20]

Každá adresa, která odpovídala určitému natočení válce, měla své označení. Díky tomu byla stále známá poloha válce a řízení bylo zjednodušeno. Pouze se porovnála požadovaná adresa s adresou na válci. [20]

Jejich kapacita se pohybovala v řádech desítek kilobytů. Použito bylo i několik tisíc slov. [65] Rychlost zápisu a čtení závisela na rychlosti otáčení válce. [20]

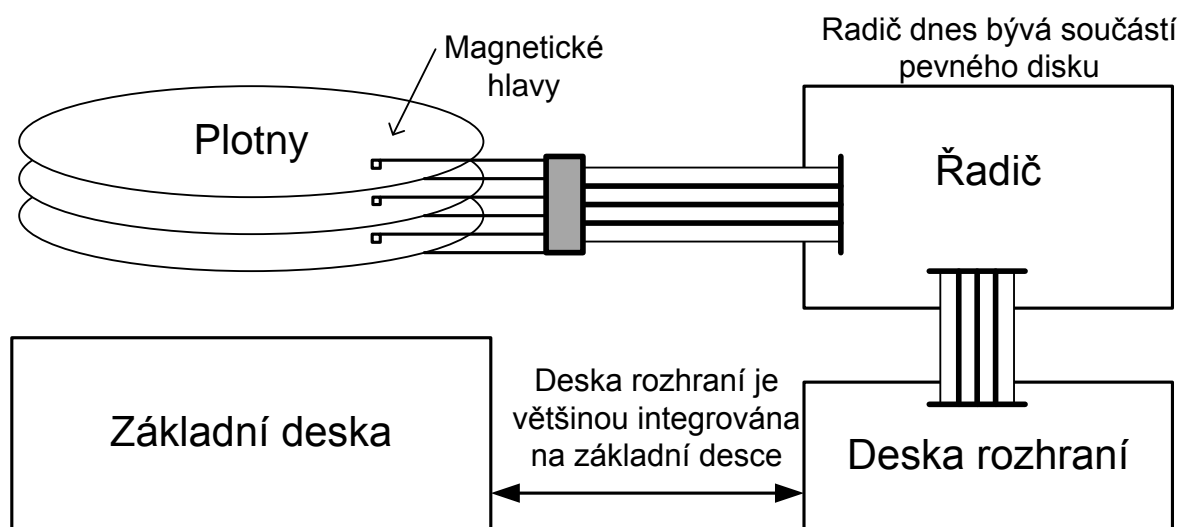
Například bubnová paměť použitá v počítači IBM 650 z roku 1953 byla přes 40 cm dlouhá, obsahovala 40 stop a měla kapacitu 10 KB. Buben se otáčel rychlostí 12500 ot/min a dosahovala tak přístupové doby 2,5 ms. Přístupová doba se zde určuje jako doba nutná pro otočení válce o polovinu. [66]

### 4.2 Pevné disky točivé

Točivé pevné disky jsou nejčastěji používaným velkokapacitním médiem s přímým přístupem. Používá se zkratka HDD (Hard Disk Drive). Po odpojení od zdroje si uchovávají informace. Využívají magnetického záznamu na rotující kotouč podobně jako diskety. Na rozdíl od disket, kde je jeden pružný kotouč vyroben z umělé hmoty, jsou kotouče pevných

disků vyrobeny z hliníku a je jich v jednom zařízení použito více nad sebou. Proto se označují jako pevné disky. Na těchto kotoučích je nanесena vrstva magnetického materiálu. [14]

Výše zmíněné hliníkové kotouče se označují jako plotny. Společnost Hitachi je vyrábí i ze skla. [30] Každá strana plotny má svou vlastní magnetickou hlavu, která je připojena k řadiči pevného disku, jak je vidět na *Obr. 4.1*. V dnešní době jsou řadiče součástí pevných disků, dříve se připojovaly zvlášť. Řadič je řídicí elektronika, je to plošný spoj, který bývá vidět na spodní straně disku, viz *Obr. 4.2*. Od tohoto řadiče je disk připojen k desce rozhraní, která je dnes ve většině případů integrovaná na základní desce. [9]



*Obr. 4.1 Princip zapojení pevného disku [9]*

Plotny disku se otáčejí konstantní rychlostí. Vlivem otáčení jsou magnetické hlavy, díky vztlaku, nadnášeny nad plotnami ve výšce 0,3 až 0,6  $\mu\text{m}$ . [27] Navzájem se nedotýkají. Disky musí být hermeticky uzavřené, jelikož i malé částice prachu nebo jiných nečistot mohou disk poškodit. Po vypnutí disku se hlavy odloží do parkovací oblasti, která bývá na vnitřní stopě. [9]



Obr. 4.2 HDD Seagate 7200.7 3,5", na pravém obrázku je vidět řídicí elektronika

#### 4.2.1 Historie

První pevný disk byl vyroben firmou IBM v roce 1956. Byl součástí systému RAMAC 305 a vážil jednu tunu. Tento disk byl složen z 50 ploten o průměru 24 palců. Dnes se nejčastěji používají disky s jednou až třemi plotnami o průměru 2,5 a 3,5 palce. Jeho kapacita byla 5 MB. Plotny se otáčely rychlostí 1200 ot/min. Tento disk musel být udržován v klimatizované místnosti se vzduchovými filtry. [33]

V roce 1973 přišel na svět disk IBM 3340. Byl již hermeticky uzavřen a používal hlavy o váze pouhých 20 g. Skládal se ze dvou částí. Jednoho fixního pevného disku a jednoho vyměnitelného. Ty mohly mít kapacitu 35 MB nebo 70 MB. Vystavení hlav trvalo přibližně 25 ms a doba čekání činila 10,1 ms. Přenosová rychlost činila 885 KB/s. Označoval se jako 30-30, a to z důvodu spojení dvou disků o přibližné kapacitě 30 MB. Označení 30-30 nesla i puška společnosti Winchester. Proto se disk IBM 3340 označoval jako Winchester. Některé země dokonce název winchester používají pro obecné označení pevných disků. [35]

V roce 1980 vyrobila společnost Seagate první disk velikosti 5,25". Byl označován ST-506 a jeho kapacita byla 5 MB. [29] Rozhraní ST-506 neslo stejné označení a bylo prvním ve větší míře rozšířeným rozhraním. [36] V roce 1983 byl vyroben první 3,5" disk s kapacitou 10 MB, který byl dvakrát vyšší než dnes používané. První 2,5" disk byl vyroben v roce 1988 a měl kapacitu 20 MB. [29]



#### 4.2.2 Magnetické hlavy

Jak bylo řečeno, magnetické hlavy se nadnáší několik desetin mikrometrů nad magnetickou vrstvou plotny. Dříve se používaly pro zápis i čtení hlavy na principu magnetické indukce, označovány jako TFI (Thin Film Inductance). Tento princip se stále využívá pro zápis. Pro čtení se používají magnetorezistivní (MR) hlavy. [30] Některé materiály mění svůj elektrický odpor v závislosti na intenzitě a orientaci vnějšího magnetického pole. Změna magnetizace se pak projeví změnou protékajícího proudu. [34] Kolem roku 1992 se u pevných disků objevily hlavy AMR (Anisotropic Magnetoresistance), viz *Obr. 4.3*. V roce 1997 se začaly používat v pevných discích hlavy GMR (Giant Magnetoresistance). Posledními jsou hlavy TMR (Tunneling Magnetoresistance), které se u pevných disků poprvé objevily v roce 2006. [27]



*Obr. 4.3 Používané čtecí hlavy v časové ose [11]*

U zapisovacích hlav se dříve používal podélný zápis. Ten má ale omezenou hustotu záznamu na 150 gigabitů na čtvereční palec. V roce 2005 firma Toshiba vytvořila první pevný disk s kolmým zápisem. Je nutno použít magneticky tvrdší materiál pro zápis a mít pod ním vrstvu materiálu magneticky měkkého, pro snadnější průchod magnetického toku. Prakticky všechny nové disky jsou již vybaveny hlavami s kolmým zápisem. [38]

Ve vývoji jsou záznamové hlavy HAMR (Heat Assisted Magnetic Recording) osazené laserem, který ohřeje místo určené ke zmagnetování. Vlivem vyšší teploty se dá vybrané místo snáze zmagnetovat. Je tedy možné používat magneticky tvrdší materiály a zvyšovat hustotu záznamu až na 50 terabitů na čtvereční palec. [34]

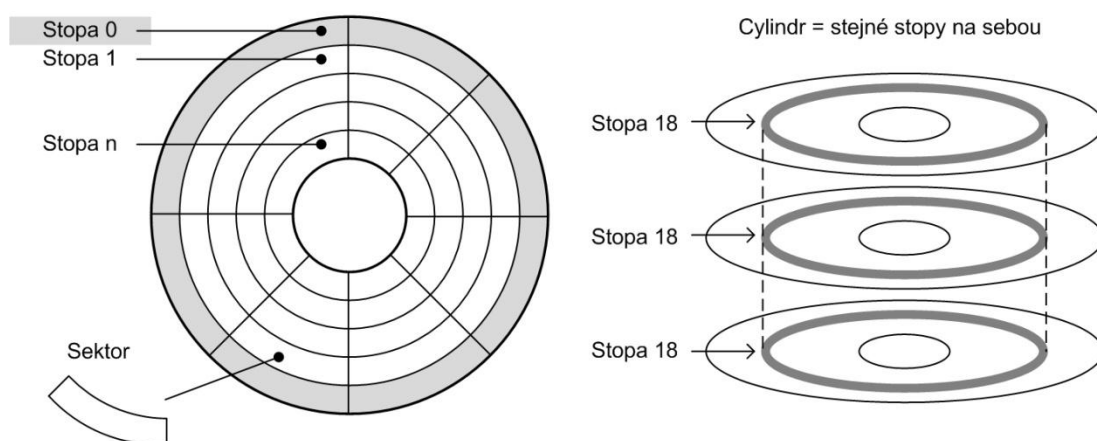
Magnetické hlavy jsou umístěny na společném ramenu. Jejich počet závisí na počtu záznamových ploch. Plotny se využívají oboustranně, na každou tak připadá dvojice čtecích a zapisovacích hlav. V případě krajních ploten, může být u některých disků použita plotna jen jednostranně, a tedy s jednou hlavou. [9] Dříve se pro vystavování hlav využíval posuvný systém, který se používal ještě u disku ST-506 z roku 1980. Hlavy se zasunovaly mezi plotny směrem ke středu pomocí krokového motoru. Poté se začal používat výkyvný systém, který se používá dodnes. Jeho první použití bylo u disku ST-225 z roku 1984. Z počátku se výkyvný mechanismus ovládal pomocí krokového motoru, ten byl ale nahrazen elektromagnetickým vychylováním. [29] Pokud dojde k odpojení od zdroje elektrické energie během činnosti disku, jsou hlavy přitáhnuty permanentním magnetem do parkovací oblasti, než stačí dojít k

poškození. Elektromagnetické vychylování využívá zpětné vazby. Disk zná pozici stopy, nad kterou se pohybuje hlava a podle toho řídí proud protékající cívkou. [30]

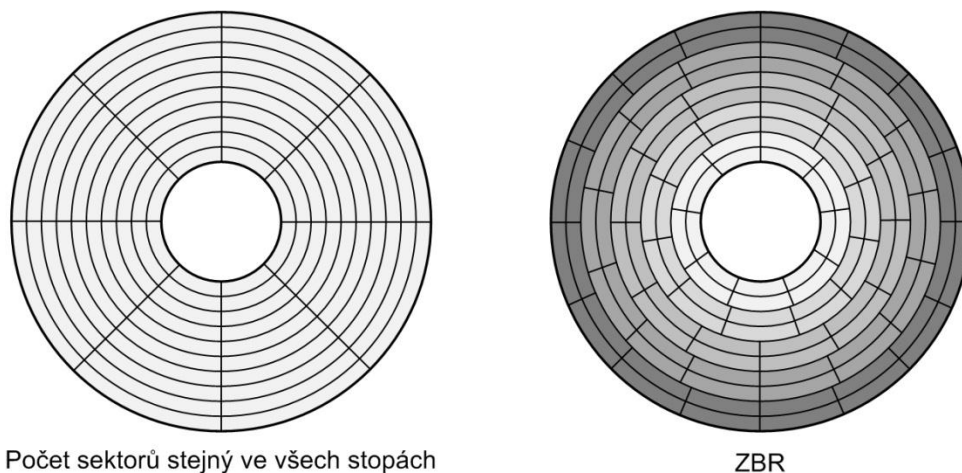
### 4.2.3 Geometrie disku

Počtem a velikostí ploten se mění celkový povrch určený k uložení dat. Dnes se nejčastěji setkáme s disky s jednou až třemi plotnami. Výrobci se snaží jejich počet snižovat a vyrábět plotny s co největší hustotou záznamu. Větší počet ploten znamená vyšší hlučnost, více vibrační a delší dobu roztáčení. Pevné disky pro servery mohou mít ploten i více. Průměry ploten se udávají v palcích. Podle toho je také označován rozměr pevného disku. [30] Dnes se nejčastěji používají velikosti 2,5" pro notebooky a 3,5" pro stolní počítače. Ještě je možné setkat se s disky 1" a 1,8", které se díky malým rozměrům používají u přenosných zařízení jako jsou přehrávače hudby a podobně. Od jejich výroby se už téměř ustoupilo kvůli rozvoji flash paměti. [31]

Jednotlivé plotny jsou rozděleny do stop, viz *Obr. 4.4*, nad kterými se pohybují magnetické hlavy. Stopy se číslují od nuly z vnějšího okraje. Mohou jich být stovky až tisíce. Jednotlivé stopy se stejným číslem ze všech ploten nad sebou se nazývají válec nebo cylindr. Stopy se ještě dělí na sektory. [27] Dříve se nejčastěji používaly sektory o velikosti 512 B. V dnešní době se u velkokapacitních disků používají 4 KB sektory. [32] Podle obrázku *Obr. 4.5* je tedy vidět, že venkovní sektory zabírají větší plochu než sektory na vnitřní straně. Počet sektorů na vnější i vnitřní stopě je stejný. Kvůli tomu se používá metoda ZBR (Zone Bit Recording). Stopy jsou rozděleny do několika zón a v každé zóně obsahují jiný počet sektorů. Vnitřní stopa tak obsahuje například polovinu sektorů oproti vnější. [27]



*Obr. 4.4 Rozdělení disků na stopy, sektory a cylindry [27]*



Počet sektorů stejný ve všech stopách

ZBR

Obr. 4.5 Rozdíl mezi konstantním počtem sektorů a ZBR (Zone Bit Recording) [27]

Nejčastěji se dnes používají rychlosti 5400 a 7200 ot/min. Dále je možné setkat se s 4200 ot/min, 10000 ot/min, 15000 ot/min a dalšími. Vyšší rychlost znamená rychlejší přístupovou dobu, ale také vyšší spotřebu, hlučnost a cenu. [27]

Přístupová doba (access time) je doba potřebná k vyhledání požadovaných dat na disku. Dnes se pohybuje kolem 8 ms. [37] Je to doba orientační a skládá se z doby vystavení hlav (seek time) a doby čekání (rotary latency period). Doba vystavení se udává jako třetina času potřebného k přesunutí hlavy z vnitřní stopy na vnější nebo naopak. U každého výrobce se může lišit. Doba čekání je pak doba, potřebná pro přesunutí sektoru pod hlavu. Udává se jako polovina času potřebná k jedné otáčce disku, viz Tab. 4.1. [9]

Tab. 4.1 Závislost doby čekání na rychlosti otáček[9]

Rychlost otáčení [ot/min]	Doba jedné otáčky [ms]	Doba čekání [ms]
4200	14,29	7,14
5400	11,11	5,56
7200	8,33	4,17
10000	6,00	3,00
15000	4,00	2,00

Kapacity se stále zvyšují díky použití nových technologií, jejichž prostřednictvím se zvyšuje hustota záznamu. Disky velikosti 3,5" dosahují dnes standardně kapacit 1 až 3 TB. Disky 2,5" se pohybují kolem 1 TB. [37]

U pevných disků se používá také vyrovnávací paměť (cache). Na rozdíl od cache používaným u procesorů, které jsou tvořeny SRAM pamětmi, se používají DRAM. Dnes se standardně používají kapacity 16 MB až 64 MB. [27][37]

### 4.3 Rozhraní

Rozhraní jsou součásti, které umožňují připojit pevný disk nebo další zařízení k ostatním částem počítače. Jejich přehled je uveden v *Tab. 4.2*. [36]

*Tab. 4.2 Přehled vybraných rozhraní pevných disků [9][36][28]*

Rozhraní	Max. přenosová rychlost [MB/s]	Max. počet zařízení	Počet kabelů	Počet vodičů	Řadič na disku	Jen pevný disk
ST506	7,5	2	2	20/34	Ne	Ano
ESDI	24	2	2	20/34	Ne	Ano
IDE	64	2	1	40	Ano	Ano
EIDE	133	4	1	40/80	Ano	Ne
SCSI	640	16	1	68	Ano	Ne
SATA (6Gb/s)	600	-	1	7	Ano	Ne

#### 4.3.1 ST506/412 a ESDI (Enhanced Small Device Interface)

Mezi první rozšířené rozhraní patří ST506/412, které se využívalo jen pro připojování pevných disků. Mohly k němu být připojeny maximálně 2 disky. K připojení bylo zapotřebí dvou kabelů. Jeden sloužil pro přenos dat (20 vodičů) a druhý pro přenos řídicích signálů (34 vodičů). [36]

ESDI rozhraní vzniklo na počátku 80. let 20. století. Bylo vylepšením ST506. Teoretická přenosová rychlost byla až 24 Mb/s. [36]

#### 4.3.2 IDE (Integrated Device Electronics) / ATA

Rozhraní IDE bylo vytvořeno v roce 1986 firmami Western Digital a Compaq. Označuje se také jako ATA. Rozhraní ST506 a ESDI měla řadiče umístěné mimo pevný disk. Byly spojeny pomocí kabelu, čím byl delší, tím byly disky náchylnější na okolní rušení a snižovala se přenosová rychlost. U rozhraní IDE, viz *Obr. 4.6*, se řídicí jednotka připojila přímo k disku. Každý disk měl svoji řídicí jednotku, proto bylo nutné pomocí propojek (jumper) označit, který byl hlavní a který vedlejší. Hlavní se označuje jako master, vedlejší jako slave, samostatný disk jako single. Později přibyla možnost cable select. V tom případě se rozhodne podle umístění disků na kabelu. Rozhraní IDE má omezenou maximální kapacitu disku na 512 MB. [36]



Obr. 4.6 Konektory pevného disku s rozhraním IDE

### 4.3.3 EIDE (Enhanced Integrated Device Electronics)

EIDE je vylepšením rozhraní IDE. Dovoluje připojit až 4 zařízení a nemusí se jednat jen o disky. Je možné připojit i optické mechaniky a další. Je rozdělen na primární a sekundární kanál, každý pro dvě zařízení. [36] Využívá pro řízení přenosu dat 2 režimy, PIO (Processor Input Output) a DMA (Direct Memory Access). U PIO je přenos řízen procesorem, což ho zatěžuje a zpomaluje tak celý systém. DMA používá k řízení přenosu dat speciální obvod DMA Controller. Oba tyto režimy mají několik vývojových stupňů, které jsou zobrazeny v Tab. 4.3. [27]

Kabel byl tvořen čtyřiceti vodiči, u notebooků k němu byly připojeny další čtyři vodiče s napájením disku. [27] U vyšších rychlostí se pro přenos 100 MB/s a 133 MB/s používaly kabely s 80 vodiči. Polovina jich sloužila jako stínění. [28]

Tab. 4.3 Srovnání rychlostí jednotlivých standardů u rozhraní EIDE [9][28]

Přenosový režim	Přenosová rychlost [MB/s]	Přenosový režim	Přenosová rychlost [MB/s]	Přenosový režim	Přenosová rychlost [MB/s]
PIO 0	3,3	DMA 0	2,08	UltraDMA 33	33
PIO 1	5,2	DMA 1	4,17	UltraDMA 66	66
PIO 2	8,3	DMA 2	8,33	UltraDMA 100	100
PIO 3	11,1	DMA Multiword 0	4,17	UltraDMA 133	133
PIO 4	16,7	DMA Multiword 1	13,3		
PIO 5	22,2	DMA Multiword 2	22		

### 4.3.4 SCSI (Small Computer Systems Interface)

Zkratka SCSI se čte jako „skazi“. Jeho první verze byla uvedena v roce 1986. Toto rozhraní používalo kabel s 50 vodiči o maximální délce 25 metrů. Sloužilo pro připojení více zařízení, interních i externích. Kromě disků se daly připojit optické mechaniky, tiskárny, skenery a další zařízení. Celkem se na jeden kabel dalo připojit 8 zařízení s označením ID 0-7, z toho jedno muselo být vlastní zařízení SCSI. Na koncích vedení musely být umístěny zakončovací odpory (terminátory), aby nedocházelo k odrazům signálu od konců vedení. [27]

V roce 1994 se objevilo SCSI-2. Mělo dvě verze Fast-SCSI a Wide-SCSI. Fast-SCSI pracovalo na dvojnásobné frekvenci, ale jinak se příliš nelišilo od SCSI-1. Wide-SCSI mělo 68 vodičů a 16bitovou sběrnici. Bylo k němu možno připojit až 16 zařízení, včetně vlastního SCSI zařízení. Další vývojové stupně SCSI jsou uvedeny v *Tab. 4.4.* [27]

Rozhraní SCSI se stále vyvíjí, ale v domácnostech se téměř nepoužívá. Jeho pořizovací náklady jsou poměrně vysoké. Díky možnosti připojení několika zařízení a vysokým rychlostem se využívají u serverových stanic. V jednom počítači může být připojeno více kanálů SCSI. Dnes se nejčastěji používá sériové SCSI, označované SAS. [27]

*Tab. 4.4 Přehled jednotlivých druhů SCSI [28]*

Druh SCSI	Maximální rychlost[MB/s]	Max. počet zařízení
SCSI-1	4	8
Fast SCSI	10	8
Wide SCSI	20	16
Ultra SCSI	20	8
Wide Ultra SCSI	40	16
Ultra2 SCSI	40	8
Wide Ultra2 SCSI	80	16
Ultra3 SCSI	80	8
Wide Ultra3 SCSI	160	16
Ultra-320 SCSI	320	16
Ultra-640 SCSI	640	16

#### 4.3.5 SATA (Serial ATA)

Rozhraní SATA dnes nahradilo EIDE (ATA), označované také jako PATA (Parallel ATA). Specifikace pro rozhraní SATA byly vytvořeny v roce 2001, v roce 2004 přišlo na trh. Pro přenos dat využívá pouze jeden bit, ale na frekvenci 1,5 GHz. Přenosová rychlost je tedy až 1,5 Gb/s. Další verze, se označuje SATA 3Gb/s. Obě tyto verze jsou ve většině případů kompatibilní. V roce 2010 se začala používat SATA 6 Gb/s. [28] Kabel má celkem sedm vodičů a délku maximálně jeden metr. Pro každé zařízení je určen jen jeden kabel. [27] Využívá 10bitového kódování, rozhraní PATA mělo 8bitové. Přenosová rychlost 1,5 Gb/s odpovídá 150 MB/s. [28]

SATA podporuje technologie Hot Swap (někdy také Hot Plugging), díky které je možné zařízení odpojovat a připojovat za běhu. K tomu jsou určena rozhraní eSATA, která jsou vhodná pro externí připojení zařízení. Mají odolnější konektor a kabel může mít až dva metry. Kombinují se s konektory USB, které slouží jako napájení. [28]

Velké přenosové rychlosti mají uplatnění především u nových SSD disků a jiných flash pamětí. [28]

Tab. 4.5 Přenosové rychlosti SATA rozhraní [28]

Přenosový režim	Přenosová rychlost [MB/s]	Standard	Frekvence [GHz]
SATA 1,5 Gb/s	150	SATA/150	1,5
SATA 3 Gb/s	300	SATA/300	3
SATA 6 Gb/s	600	SATA/600	6

#### 4.4 Disková pole RAID (Redundant Array of Independent Disks)

Disková pole označována RAID nebo někdy jako Disk Array, je systém, který využívá kombinaci více pevných disků sloučených do jedné jednotky. Dělí se na několik logických úrovní. Jednotlivé úrovně se označují jako RAID Level. Disky v RAID jsou počítačem vnímány jako jedna logická jednotka. Používají se například ke zvýšení přenosových rychlostí nebo zvýšení bezpečnosti uložených dat. Dříve se RAID využíval převážně u souborových serverů, databází a u dalších systémů, kde bylo zapotřebí zajistit spolehlivost a dostupnost dat. Pro správnou podporu RAID se doporučuje použití podobných disků. Nejlépe stejných od jednoho výrobce. [14]

Disková pole se nejdříve objevila u rozhraní SCSI. [14] U rozhraní EIDE jsou disková pole podporována od standardu UltraATA-66. [28] U těch bylo možné připojit maximálně 4 disky. U rozhraní SATA záleží počet připojitelných disků a verze RAID na kartě řadiče nebo na základní desce. Některé úrovně RAID se dají u vybraných operačních systémů provést softwarově. To ale více zatěžuje systém. V hardwarové podobě jsou buď integrované na základní desce, nebo je možné připojit kartu s řadičem RAID. [14]

##### 4.4.1 RAID Level 0

Označuje se také jako Disk Stripping a je zapotřebí minimálně dvou disků. Data se rozdělí po tzv. pruzích nebo pásech (strip) a střídavě se prokládají na všechny disky současně. Každý disk tak obsahuje část dat. Při uložení 1GB souboru na dva disky se na jeden disk uloží 512 MB a na druhý také 512 MB. Kapacity disků se sčítají a zvyšuje se rychlost přenosu dat. Nevýhoda je, že při poškození jednoho disku dojde ke ztrátě všech dat. Čím více disků, tím větší šance ztráty informací. [14]

##### 4.4.2 RAID Level 1

Označuje se také jako Disk Mirroring, v češtině zrcadlení. Používá se hlavně ke zvýšení spolehlivosti. K jeho zapojení je potřeba dvou disků a adaptéru. Na oba disky se současně zapisují stejná data. V případě poškození jednoho z disků, jsou data uložena na druhém disku.

Rychlost zápisu je stejná jako u použití jednoho disku, ale čtení může probíhat paralelně z obou disků, a tedy rychleji. Nevýhodou je kapacita pouze jednoho disku. Pokud mají disky rozdílnou kapacitu, výsledná jednotka má kapacitu menšího. [14]

#### 4.4.3 RAID Level 2, 3, 4

RAID 2 používá několik disků v závislosti na zapojení. Časté zapojení je z pěti pevných disků, kde dva jsou určené pro data a zbylé tři pro informace k opravě chyb. Zápis se provádí po bitech na všechny disky. Ke každému zapsanému bytu je na kontrolní disky zapsán tzv. Hammingův kód pro opravu chyb. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena a zbytečná složitost, proto se v praxi příliš nevyužívá. [14]

U RAID 3 je potřeba použít alespoň dva disky pro data a k nim připojit jeden disk pro ukládání paritního bitu. Disk pro ukládání paritního bitu je nejslabším místem, jelikož je nejvíce vytěžován. Data se na disky ukládají po bytech. [14][28]

RAID 4 je podobný jako RAID 3. Data se ukládají po sektorech. V praxi se téměř nepoužívá. [14] Je vhodný pro práci s více malými soubory. [28]

#### 4.4.4 RAID Level 5

RAID 5 se v praxi využívá velice často. Dochází zde k ukládání dat po blocích. Jako u předešlých dvou úrovní se ukládají informace o paritě. Neukládají se však na zvláštní disk, ale rovnoměrně mezi jednotlivé bloky dat na všechny disky. Není zde tedy nevýhoda závislosti na vybraném disku. Při poškození jednoho disku lze data obnovit. [14]

#### 4.4.5 Další disková pole

Často se využívá kombinací předešlých úrovní RAID. Jedno z nich je RAID 0+1. Toto pole je rychlejší a zároveň spolehlivější. Nevýhodou je potřeba alespoň čtyř disků. Další možností je RAID 1+0, ten je stejný jako 0+1, ale rozdíl je v zapojení. Nejdříve se disky zrcadlí a až poté se použije Disk Striping. [14]

RAID 6 vychází z RAID 5, ale ukládá informace o několikanásobné paritě. Data se dají zachránit i při poškození dvou disků. Nevýhoda je ve snížení výkonu při zápisu dat. [14]

Další používanou kombinací je například RAID 50, který využívá kombinaci RAID 5 a RAID 0. Nebo dále RAID 51, 53, 60 a další. [14] Můžeme se setkat i se speciálními diskovými poli, která jsou podporována jen určitými výrobci. Například RAID 7 od společnosti Storage Computer Corporation. [28]



Tab. 4.6 Vlastnosti vybraných diskových polí RAID [28]

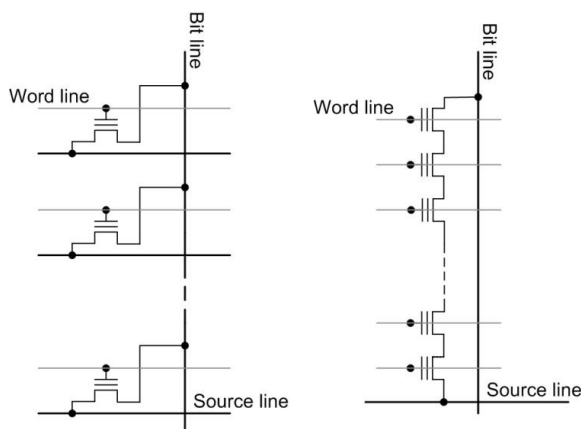
Režim	Spolehlivost	Výkon při čtení	Výkon při zápisu	Minimální počet disků
RAID 0	žádná	velmi dobrý	velmi dobrý	2
RAID 1	vysoká	velmi dobrý	dobry	2
RAID 2	dobrá	velmi dobrý	dobry	-
RAID 3	dobrá	sekvenční dobrý	sekvenční dobrý	3
		transakční velmi slabý	transakční slabý	
RAID 4	dobrá	sekvenční dobrý	sekvenční dobrý	3
		transakční dobrý	transakční slabý	
RAID 5	dobrá	sekvenční dobrý	přijatelný	3
		transakční velmi dobrý		
RAID 6	vysoká	velmi dobrý	slabý	4

U rozhraní SATA je díky funkci Hot Swap výhoda v možnosti okamžitého odpojení poškozeného disku a jeho nahrazení novým za běhu. U diskových polí je stále důležité zálohovat. [28]

## 4.5 Flash paměti

Dnes mezi velmi rozšířené paměti patří paměti flash, označované také jako mžikové nebo bleskové. Flash paměti jsou nevolatilní, to znamená, že po odpojení od zdroje napájení v nich zůstanou informace uloženy. Stále více se používají v přenosných zařízeních, ale i v počítačích jako konkurence pevných disků. Využívají se často jako přenositelná média v podobě paměťových karet, USB disků a dalších. Tyto paměti se dělí na NAND a NOR, v závislosti na zapojení paměťových buněk. [41]

Označení NOR pochází od podobnosti zapojení paměťových buněk s hradly NOR. Paměťová buňka je tvořena jedním unipolárním tranzistorem s izolovaným hradlem, ve kterém se může náboj uchovat i po dobu několika let. Každý tranzistor je samostatně zapojen, jak je vidět na obrázku *Obr. 4.7*. Je tedy možné adresovat po jednotlivých bitech. [41]



Obr. 4.7 Vlevo je zapojení paměti NOR, vpravo NAND [41]

NAND paměti jsou podobné pamětem NOR, ale rozdíl je v zapojení jednotlivých buněk. Další rozdíly jsou uvedeny v *Tab. 4.7*. Zatímco u NOR je každý tranzistor zapojen samostatně, u NAND je vždy určitý počet tranzistorů zapojen společně. Nelze tak adresovat přímo jednotlivé bity, ale zase je lépe využita plocha čipu paměti, a z toho plyne nižší cena. Nejmenší adresovatelná jednotka se označuje jako stránka, někdy označovaná jako sektor. Její velikost je typicky 2 KB nebo dnes častěji 4 KB. Více stránek pohromadě tvoří blok, většinou 512 KB. Zapisuje se a čte se po stránkách, maže po blocích. NAND paměti ještě obsahují pomocný registr. Jejich řízení je poměrně složité, obsluhuje ho řadič umístěný na společném plošném spoji, nebo přímo na čipu paměti. [41]

*Tab. 4.7 Porovnání technologie NAND a NOR [41]*

Technologie	NAND	NOR
Přednosti	rychlý zápis	náhodný přístup
	rychlé čtení	možnost zápisu po bajtech
Zápory	pomalý náhodný přístup	pomalý zápis
	složité zápis po bytech	pomalé mazání
Aplikace	náhrada pevných disků	náhrada PROM, EPROM, EEROM
	záznam zvuku, fotografií, ...	jednoduché připojení k procesoru

Nevýhodou flash pamětí je omezený počet přepisovacích cyklů, který se pohybuje podle konkrétních pamětí kolem sto tisíc přepisů. Pro zvýšení kapacity, při stejném počtu paměťových buněk, se může rozlišovat více stavů než dva. Popisovaná technologie se označuje jako MLC (Multi-Level Cell). Jedna paměťová buňka je reprezentovaná dvěma bity a může nabývat čtyř stavů. Flash paměti s MLC buňkami mají nižší životnost a složitější řízení, ale jsou levnější. Dnes se můžeme setkat i s TLC (Triple-Level Cell), kde v buňce může být rozlišeno osm stavů. [41]

## 4.6 USB disky

USB flash disky využívají jako paměťového média flash paměti NAND. Slouží jako přenosná paměťová média. Obsahují konektor USB, který je dnes přítomen prakticky u všech počítačů. Jejich výhodou je skladnost a vysoká odolnost. Dnes mohou mít prakticky libovolný tvar. Jejich rozměry a vzhled se upravují především z praktického a estetického hlediska. USB disky i paměťové karty již obsahují zabudovaný řadič. [41]

Do několika set korun je možné získat USB disk o kapacitě i 32 GB. Největší USB disky dnes dosahují kapacity až 256 GB. Jejich cena je však několik tisíc korun. Připojují se přes sběrnice USB 2.0 a USB 3.0. U USB 2.0 dosahují flash disky rychlosti zápisu až 30 MB/s. Rychlosti čtení i zápisu u USB 3.0 dosahují u některých modelů i více než 100 MB/s. [37]

## 4.7 Paměťové karty

Paměťové karty se dnes využívají jako vyměnitelná paměťová média do přenosných zařízení. Samotná paměť je tvořena pomocí paměti flash. Na trhu existuje několik druhů paměťových karet o různých kapacitách, rozměrech, rychlostech zápisu a čtení. Naleznou využití například ve fotoaparátech, mobilních telefonech, videokamerách a dalších. [55]

Kapacity dnes dosahují až 128 GB. Rychlosti se označují násobky čísel ve tvaru „133x“. Násobek 1x odpovídá přenosové rychlosti 150 KB/s, viz *Tab. 4.8*. Dále se mohou označovat například „Class 10“, to garantuje rychlosti zápisu a čtení minimálně 10 MB/s. Rychlosti čtení i zápisu se mohou pohybovat v řádech desítek MB/s až 100 MB/s. Vyšší rychlost ale většinou znamená vyšší cenu. [55][37]

*Tab. 4.8 Značení rychlostí u paměťových karet [55]*

Značení rychlosti	Přenosová rychlost [MB/s]
40x	6
66x	9,9
133x	20
266x	39,9
350x	52,5

Prvními paměťovými kartami byly karty s pamětmi flash NOR do slotu PCMCIA. Vznikly na počátku 90. let 20. století a byly určeny především pro notebooky. [41] Dalšími kartami byly CompactFlash (CF) od společnosti SanDisk. V současnosti jsou nejvíce rozšířené karty Secure Digital, které se poprvé objevily v roce 1999. Vyrábí se i ve dvou menších velikostech mini a micro. Dnes se vyrábí vysokokapacitní verze SDHC (SD High Capacity) a SDXC (SD eXtended Capacity). Počet druhů paměťových karet je velký a většina z nich je ještě rozdělena na několik typů. Nejvýznamnější paměťové karty jsou uvedeny v *Tab. 4.9*. [55]

*Tab. 4.9 Přehled vybraných paměťových karet a jejich rozměrů [55]*

Paměťová karta	Původní výrobci	Označení	Rok uvedení	Rozměry [mm]
CompactFlash	SanDisk	CF-I	1994	43 × 36 × 3,3
		CF-II	-	43 × 36 × 5
SmartMedia	Toshiba	SM/SMC	1995	45 × 37 × 0,76
MultiMedia Card	Siemens AG, SanDisk	MMC	1997	24 × 32 × 1,4
		MMCmicro	2005	12 × 14 × 1,1
Secure Digital	Panasonic, Toshiba, SanDisk	SD, SDHC, SDXC	1999 -2009	32 × 24 × 2,1
		microSD, micro SDHC	2005	15 × 11 × 1
Memory Stick	Sony	MS	1998	50 × 21,5 × 2,8
		MS Pro Duo	-	32 × 20 × 1,6
		M2	-	15 × 12,5 × 1,2
xD-Picture Card	Olympus, Fujifilm	xD	2002	25 × 20 × 1,7

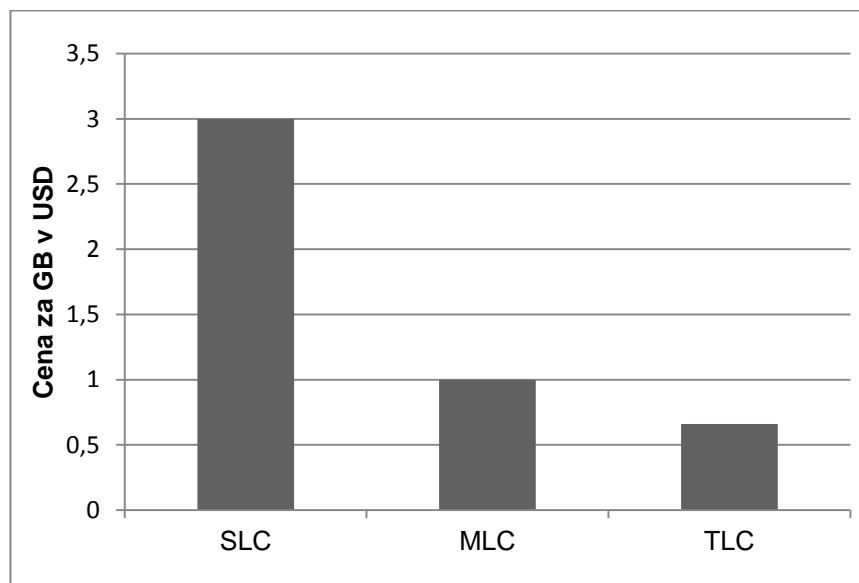
## 4.8 SSD disky

SSD (Solid State Drive) disky jsou velkokapacitní paměťová média s přímým přístupem. Jsou tvořeny z flash pamětí typu NAND. Označují se disky, i když zde není žádný rotující kotouč, ani jiné pohyblivé části. Flash paměti jsou mnohem odolnější proti otřesům, změnám teplot a dalším nevhodným účinkům prostředí, ve kterém se nachází. [41]

První SSD disky s pamětmi flash byly vyrobeny v roce 1995 firmou M-Systems. Kvůli své vysoké odolnosti byly používány jako náhrady pevných disků v leteckém a vojenském průmyslu. [42] V roce 2003 firma M-Systems nabízela disky označované jako FFD (Fast Flash Disk). Tyto disky dosahovali kapacit až 47 GB s rychlostmi čtení 60 MB/s a zápisu 30 MB/s. Stále však byly příliš drahé s cenou přibližně 780 tisíc korun. V roce 2006 představila společnost Samsung SSD disky s kapacitami 16 GB a 32 GB. Cena byla stále vysoká, ale o tyto disky se začaly zajímat další výrobci a následující vývoj znamenal podstatné snižování cen. [43]

SSD disky se vyrábí v odpovídajících velikostech klasickým pevným diskům, jako 1,8", 2,5" nebo 3,5". Využívají i stejná rozhraní jako PATA, SCSI a dnes převážně SATA. Mohou se také připojovat jako samostatné karty do sběrnice PCIe. [37]

Za snižování ceny může zmenšování rozměrů. Dnešní disky jsou vyráběny 22nm technologií. [44] Dalším vývojem, díky kterému je snížena cena, je zapisování více stavů do jedné paměťové buňky. Rozdělují se na SLC (Single-Level Cell), MLC (Multi-Level Cell) a TLC (Triple-Level Cell). U SLC se používá zápisu pomocí jednoho bitu. Paměťová buňka může nabývat dvou stavů. Dnes se ale nejčastěji používá MLC. Jedna buňka může nabývat čtyř stavů. K tomu je potřeba dvou bitů. Díky tomu stačí pro stejnou kapacitu použít méně paměťových buněk než u SLC. Existuje již TLC, která v jedné paměťové buňce rozlišuje osm stavů. [45] Ta se zatím příliš nerozšířila. Problémem je nízký počet prepisovacích cyklů. Udává se pouhých 1000 cyklů, oproti MLC s 10 tisíci cykly a SLC, které dosahují řádově 100 tisíc cyklů. [46] U SLC je také dosahováno větší rychlosti. Výroba TLC má být o 30% levnější než MLC, viz *Obr. 4.8*. U disků s pamětmi TLC se předpokládají standardní kapacity kolem 1 TB při velikosti disku 2,5". [45]



Obr. 4.8 Porovnání cen technologií SLC, MLC a TLC [45]

Paměťová buňka flash paměti má jen omezený počet přepsání. Na konci roku 2009 se začal objevovat u SSD disků příkaz TRIM, který musí podporovat jak disk, tak i operační systém. TRIM pomáhá řadiči rozpoznat volné stránky dříve, než se do nich zapisuje. Celá paměť je tak využívána mnohem rovnoměrněji a zvyšuje se její životnost. [43]

Pomocí TRIM se také může zvýšit výkon disku, nebo spíše zpomalit jeho snižování. To je způsobeno mazáním souborů v souborových systémech. Při mazání se fyzicky soubor z disku nesmaže, ale systém si jen označí, na které adrese jsou data určená ke smazání. Nové soubory se zapisují do prázdných stránek. Ve chvíli, kdy už nejsou žádné volné stránky, je nutno začít přepisovat. To je poněkud složitější, protože se musí načíst celý blok a v něm upravit jen určenou stránku. Na disku se poté tento blok smaže a na jeho místo se zapíše již upravená data. Musí se vykonat více procesů a navíc s celým blokem místo jedné stránky. Výkon pak může klesnout i pod hranici výkonu klasických pevných disků. Příkaz TRIM zajišťuje fyzické mazání bloků, které jsou k tomu určené. Ve chvíli zápisu jsou tyto bloky již prázdné. [49]

Dnešní SSD disky se vyrábějí převážně ve velikostech 2,5", také kvůli tomu, že díky nízké spotřebě a odolnosti jsou vhodné do přenosných zařízení a notebooků. Kapacita dosahuje i více než 1 TB, cena těchto disků je ale i několik desítek tisíc korun. Běžné kapacity disků, použitelných pro běžného uživatele, jsou mezi 30 GB až 240 GB. Ty se dají pořídit v dubnu 2012 i za cenu do šesti tisíc korun. Nejrozšířenějšími rozhraními jsou SATA 3Gb/s a SATA 6Gb/s. Rychlosti čtení a zápisu se běžně pohybují kolem 500 MB/s, s přístupovou dobou pod 1 ms. Většina disků využívá příkazu TRIM a čtyřstavových paměťových buněk

MLC. Životnost se udává jako střední doba chyby MTBF (Mean Time Between Failures) a pohybuje se dnes kolem jednoho až dvou milionů hodin. Jedná se spíše o marketingovou hodnotu, životnost disku závisí hlavně na způsobu a četnosti používání. [37]

## 4.9 Srovnání HDD a SSD

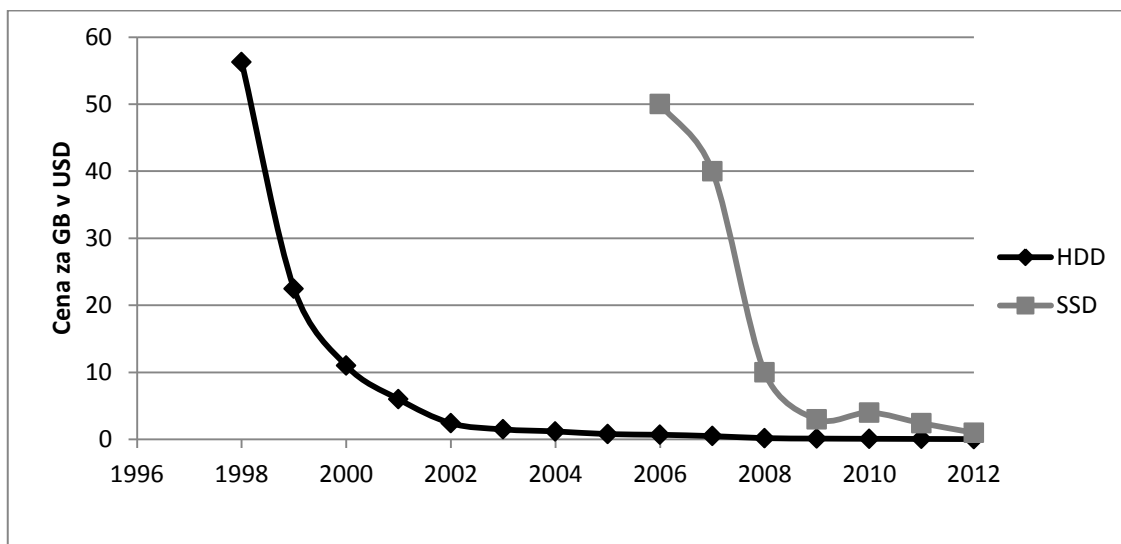
V současné době nemohou SSD disky plně nahradit klasické pevné disky (HDD). Oproti HDD je stále jejich největší nevýhodou vyšší cena, nízká kapacita a kratší životnost, která se ale stále zvyšuje a rozdíly již nejsou takové. Často se SSD disky používají v kombinaci s HDD, kdy je například na rychlejším disku SSD provozován operační systém a na HDD jsou uložena data, jako například filmy, hudba, fotografie a podobně. Nevýhodou HDD zůstávají rotující plotny a pohyb ramena s magnetickými hlavami. Ty způsobují hlavně vyšší hlučnost, větší spotřebu a menší přístupovou dobu. [53]

Tab. 4.10 Srovnání vlastností HDD a SSD [53]

Vlastnosti	HDD	SSD
Kapacita	+	-
Rychlost	-	+
Životnost	+	-
Hmotnost	-	+
Odolnost	-	+
Cena za GB	+	-

V současnosti se neuvažuje tolik o nahrazení jedné technologie druhou, ale o jejich společném využití v jednom systému. SSD disky a jiné flash paměti již téměř nahradily malé pevné disky velikosti 1" a 1,8". [47]

Točivé pevné disky mají mnohem lepší poměr cena/kapacita. Na 2,5" HDD disku je možné dosáhnout za současného stavu s kolmým zápisem kapacity 1 TB s cenou pod 3 tisíce korun. SSD disky mohou této kapacity dosáhnout jen s mnohem vyšší cenou. Cena za GB je u HDD přibližně desetkrát nižší než u SSD disků. Vývoj cen je zobrazen na obrázku *Obr. 4.9*. [37]



Obr. 4.9 Vývoj průměrných cen za GB z prosince 2011 [58]

Z Tab. 4.11 je vidět, že cena za GB u SSD disků je přibližně desetkrát větší. V roce 2006 byla cena za GB u flash paměti přibližně 50 USD, u HDD 0,1 USD. Poměr byl dokonce pětsetkrát větší. Za dobu šesti let se tento poměr snížil padesátkrát. Spotřeba u výkonných SSD disků je přibližně na úrovni 2,5" HDD. Přenosová rychlost závisí na struktuře dat a liší se mezi rychlostí čtení a zápisu. [43]

Tab. 4.11 Porovnání vybraných pevných disků ke 2. 5. 2012 [50][51][52]

Pevný disk	HDD 3,5"	HDD 2,5"	SSD 2,5"
Model	Seagate Barracuda 7200.12	Western Digital 2.5" Scorpio Black	OCZ Vertex 3 Series
Kapacita [GB]	2000	750	120
Počet ploten	3	2	-
Vyrovňovací paměť [MB]	64	16	-
NAND Flash paměť	-	-	25nm MLC
Rychlost otáčení [ot/min]	7200	7200	-
Rozhraní	SATA 6Gb/s	SATA 3Gb/s	SATA 6Gb/s
Hmotnost [g]	622	155	77
Přístupová doba [ms]	8,5	12	0,1
Spotřeba zápis/čtení [W]	8	1,75	3
Spotřeba v klidovém režimu [W]	5,4	0,8	1,65
Spotřeba spánků [W]	0,75	0,2	-
Hluk v provozu [dB]	27	28	-
Odolnost proti otřesům (v / mimo provoz) [G]	65/250	350/1000	-/1500
Přenosová rychlost [MB/s]	156 (210)	180	500/550
Cena s DPH (Alza.cz - 2. 5. 2012) [Kč]	2899	2363	3700
Cena za GB [Kč]	1,45	3,15	30,83

## 4.10 Budoucnost pevných disků

U SSD disků se dnes přibližně používá 22nm výrobní technologie. Předpokládá se, že se brzy výrobci ve snižování rozměrů dostanou na fyzikální hranici. Poté nebude možné zvyšovat kapacitu při stejných rozměrech disků. Jednou z možností je použití zápisu více stavů do jedné paměťové buňky. Dnes se používá až osm stavů, ale životnost těchto pamětí je velice malá. Zatímco HDD mají svou hranici podstatně dále. [53] V minulosti došlo k razantním zvýšením hustoty záznamu u HDD při použití AMR hlav a později GMR hlav. Poté přišel kolmý zápis. Do budoucna se dá předpokládat, že výrobci přijdou s dalším technologickým postupem. [34]

Ve vývoji jsou magnetické hlavy HAMR (Heat Assisted Magnetic Recording). Dnes se používané feromagnetické materiály přibližují svým limitům. Při vysoké hustotě záznamu se mohou sousední datové bity navzájem ovlivňovat, a tím se stát nestabilními. Řešením je použití magneticky tvrdších materiálů. Dnešní hlavy nejsou schopny vytvořit magnetické pole o dostatečné intenzitě pro zmagnetování takovýchto materiálů. Proto se vyvíjí hlavy HAMR, které jsou opatřeny laserem, který dané místo před zapsáním ohřeje. Při zvýšené teplotě ztrácí feromagnetické materiály své vlastnosti. Díky tomu stačí vytvořit magnetické pole o menší intenzitě. Po zapsání ohřáté místo vychladne a stabilizuje se. Hustota záznamu se posouvá až na 50 terabitů na čtvereční palec. [34]

## 4.11 Internetová úložiště - Cloud Computing

Mezi rozšířený způsob ukládání dat poslední dobou patří tzv. cloudy. Jedná se o úložiště, která jsou přístupná přes internet. Jejich hlavní výhodou je přístup k datům prakticky kdekoli a z jakéhokoli zařízení jako notebook, domácí počítač, mobilní telefon a jiné. Využití najde hlavně u firem, ve kterých je potřeba sdílet informace na společném úložišti a mít k nim stálý přístup. Pro tyto firmy je většinou snazší pronajmout si některé úložiště, než spravovat vlastní servery. [57][62]

Cloud computing označuje prakticky všechny služby nebo programy, které nahrazují část vlastního počítače přes internet. Jedná se například i o emailové schránky nebo internetové stránky sloužící pro sdílení dat. [57][62]

Nevýhodou může být nevědomost, kde se data fyzicky nacházejí. Není jistota, že k uloženým datům nemá přístup někdo cizí. Vše závisí na zvoleném poskytovateli. Další problém může nastat při poškození dat. Ve většině případů nemají provozovatelé žádnou právní odpovědnost a šance na náhradu škody je minimální.



Firmy si většinou pronajímají cloud hosting, u kterého je možné pronajmout ke kapacitě disku i počet jader procesoru, paměť RAM, typ a rychlost spojení, které jsou k úložišti přiřazeny k zajištění dostatečného výkonu. Například český poskytovatel Master Internet, s.r.o. nabízí 100 GB úložiště s 1 jádrem CPU a 4 GB RAM za 2110 Kč měsíčně. [64]

Běžnému uživateli většinou stačí obyčejné datové úložiště. Jedním z celosvětových úložišť je Dropbox, kde je možnost výběru mezi placenou a volnou verzí. Ve verzi zdarma je uživateli přiděleno 2 GB paměti s možností navýšení o 0,5 GB při doporučení Dropboxu novým uživatelům. Takto lze dosáhnout až 18 GB zdarma. V placené verzi, viz *Tab. 4.12*, lze získat 50 GB za cenu necelých 200 Kč měsíčně, nebo 100 GB za dvojnásobek. [77]

*Tab. 4.12 Porovnání ceny za GB mezi HDD diskem a internetovým úložištěm [59][77]*

Doba používání	Dropbox 50 GB			HDD WD 3,5" 2 TB
	1 měsíc	1 rok	2 roky	2 roky (záruka)
Celková cena [Kč]	193	2316	4632	2800
Cena za GB [Kč]	3,86	46,32	92,64	1,4

Cena Dropbox 50 GB je \$99/rok (kurz 1 USD = 19,50 CZK k 10.5.2012). [59]

V přepočtu ceny za GB je cena služby Dropbox při užívání 2 let více než 66krát vyšší oproti HDD. Jejich hlavním významem není dosažení velkých kapacit, ale dostupnost dat z více zařízení.

## 4.12 Hybridní disky

Hybridní disky jsou kombinací flash paměti a HDD na jedné paměťové jednotce. Flash paměť slouží podobně jako vyrovnávací paměť. Používá se většinou NAND SLC o kapacitách přibližně 2 až 10 % kapacity točivého pevného disku. K tomu je nutné správné řízení od řídicí jednotky. Základním principem je, že počítač při běžné práci nevyužívá celou kapacitu, ale jen zlomek. Je nutné vybrat ty správná data, která mají být na flash paměť uložena. Flash paměť je rychlejší a má nižší spotřebu. Proto se často hybridní disky používají v noteboocích, které mívají jen jednu interní pozici na pevný disk. Během práce tak nemusí být HDD disk vůbec aktivní, je tedy snížena spotřeba a hlučnost. [34]

## 4.13 Diskety

Diskety se využívaly jako levná přenosná paměťová média. Dnes se používají jen pro práci se staršími počítači nebo například k aktualizacím BIOSu. Řadí se mezi paměti s přímým přístupem a jsou podobné točivým pevným diskům. Disk je rozdělen na stopy, sektory a při oboustranném zápisu na cylindry, stejně jako pevné disky. Data se ukládají pomocí magnetického zápisu na tenkou umělohmotnou folii s nanesenou vrstvou

feromagnetického materiálu. [14] Označují se FD (Floppy Disk), neboli pružný či ohebný disk, protože první diskety byly do určité míry ohebné. První disketa byla představena v roce 1967 společností IBM. Její průměr byl 14 palců a nedala se přepisovat. Byla tvořena pružným diskem, ale neměla žádný obal. Společnost IBM využívala diskety pro rozesílání aktualizací poštou místo větších kazet. [71]

Tab. 4.13 Přehled často používaných zkratk [9][14]

Označení	Název	Význam
SS	Single Sided	jednostranný záznam
DS	Double Sided	oboustranný záznam
DD	Double Density	dvojnásobná hustota záznamu
HD	High Density	vysoká hustota záznamu

#### 4.13.1 Diskety 8"

V roce 1971 přišly na trh diskety s průměrem 8 palců, které byly opatřeny pružným obalem, který byl zevnitř pokryt tkaninou. Obal sloužil k ochraně před nečistotami, prachem a dalším poškozením. O rok později byly uvedeny tyto osmipalcové diskety jako přepisovatelné. První 8" disketa měla kapacitu 80 KB a disk se otáčel rychlostí 360 ot/min. [71]

#### 4.13.2 Diskety 5,25"

Poté následovala disketa velikosti 5,25", která byla vytvořena v roce 1975, ale vyrábět se začala až o rok později. Její výhoda byla v menších rozměrech. První disketa měla kapacitu 110 KB a původně 35 stop. Později se zvýšil počet stop na 40, začalo se využívat oboustranného zápisu a zvýšila se také hustota záznamu. Rychlost se zvýšila z 300 na 360 ot/min a při použití vysoké hustoty záznamu se zvýšila kapacita naformátované diskety až na 1,2 MB. Základní hustota záznamu byla 48 tpi (tracks per inch), u HD 96 tpi. [71]

#### 4.13.3 Diskety 3,5"

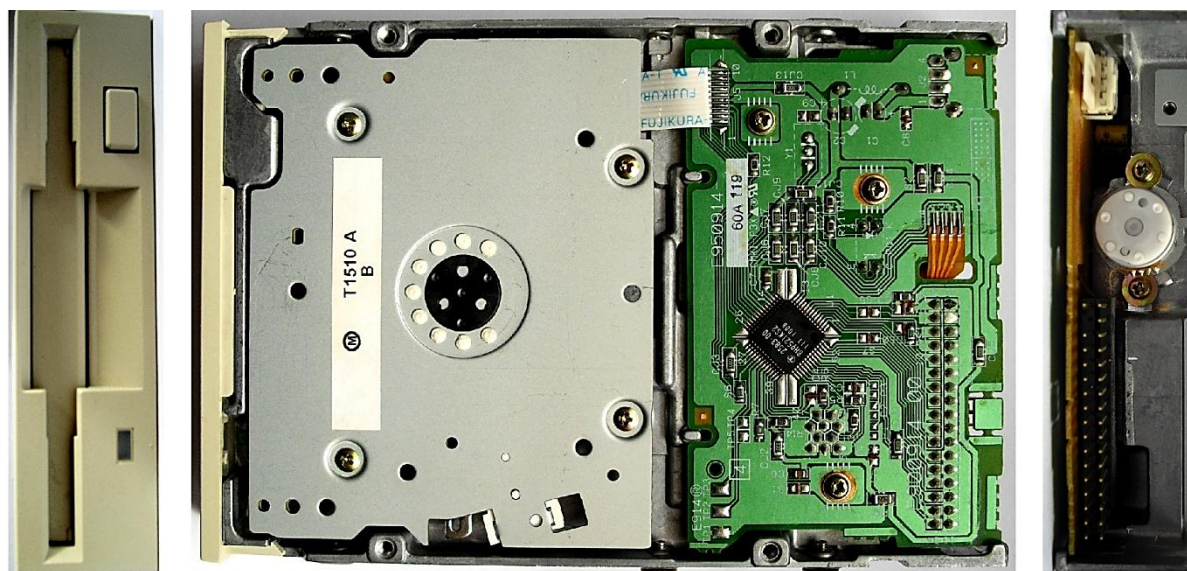
V roce 1980 představila společnost Sony disketu velikosti 3,5". Pouzdro se vyrábělo z pevného plastu a bylo doplněno kovovým krytem, který chránil otvor pro přístup magnetických hlav k disku. Základní hustota záznamu byla 67,5 tpi a rychlost 300 ot/min. U HD byla horizontální hustota záznamu 135 tpi. Maximální kapacity dosahovaly 2,88 MB s použitím dvojnásobného počtu sektorů. Příliš se ale neuchytily a nejvíce rozšířenými se staly diskety 3,5" s kapacitou 1,44 MB. [71] Rychlosti zápisu a čtení se pohybují až kolem 500 KB/s. [72]

Tab. 4.14 Přehled vybraných disket [9][14][71]

Velikost	Počet stran	Hustota záznamu	Počet stop	Počet sektorů	Kapacita
5,25"	DS	DD	40	9	360 KB
5,25"	DS	HD	80	15	1,2 MB
3,5"	DS	DD	80	9	720 KB
3,5"	DS	HD	80	18	1,44 MB
3,5"	DS	HD	80	36	2,88 MB

Dále se objevilo velké množství dalších disket různých rozměrů a vlastností, které se na trhu příliš neprosadily. [71]

Disketové mechaniky, viz *Obr. 4.10*, procházely vývojem spolu s disketami. Většinou byly zpětně kompatibilní s disketami menších kapacit. Připojovaly se pomocí řadiče FDD controller. [9]



Obr. 4.10 Disketová mechanika 3,5"

Společnost Verbatim je dnes jediným výrobcem disket 3,5" s kapacitou 1,44 MB. Cena se pohybuje do deseti korun za kus. To odpovídá přibližně cenám CD a DVD. [37]

## 4.14 Velkokapacitní diskety

Kapacita disket byla stále více nedostačující, proto se vyvíjelo mnoho médií pro jejich náhradu. Většina se příliš neuchytila a později všechny nahradily CD, DVD a flash paměti. Připojovala se většinou pomocí rozhraní IDE nebo SCSI. [14]

### 4.14.1 Floptical disk

Floptical disk byl podobný klasickým disketám 3,5". Jeho mechanika navíc obsahovala laser pro navádění hlavy a hustota záznamu se zvýšila ze 135 tpi na 1250 tpi. Počet stop se

zvýšil na 755 po 27 sektorech a celková kapacita byla až 21 MB. [29] Byly zpětně kompatibilní s klasickými 3,5" disketami. [73]

#### 4.14.2 LS 120

Diskety LS120 byly také kompatibilní s klasickými 3,5" disketami. Jejich kapacita byla v první generaci 120 MB, ve druhé 240 MB. [29] Jedna strana diskety obsahovala informace o stopách, které se snímaly laserovým paprskem. Tyto informace používalo tzv. Laser Servo (LS), které řídilo pohyb magnetických hlav. Disk rotoval rychlostí 720 ot/min. [14] Přístupová doba se pohybovala kolem 60 ms. Hustota záznamu byla 2490 tpi a přenosová rychlost až 1100 KB/s. Daly se připojovat i přes sběrnici USB s přenosovou rychlostí až 750 KB/s. [73]

#### 4.14.3 ZIP

Kapacita ZIP disket byla původně necelých 100 MB, později se zvýšila na 250 MB a poslední typ měl kapacitu 750 MB. Jednalo se o disketu velikosti 3,5", ale oproti klasickým disketám byla vyšší a nebyla s nimi zpětně kompatibilní. Připojovaly se přes rozhraní IDE, SCSI, paralelní port nebo sběrnice USB a FireWire. [9] Disk rotoval rychlostí 3000 ot/min. Mezi daty byly uloženy informace pro určení polohy po každých 3 stupních pootočení. Magnetické hlavy se tak daly přesně řídit. Přístupová doba se pohybovala kolem 30 ms a přenosová rychlost dosahovala až 1 MB/s. [14]

#### 4.14.4 JAZ

JAZ diskety se podobaly točivým pevným diskům. Obsahovaly plovoucí hlavy a připojovaly se nejčastěji přes rozhraní SCSI nebo paralelní port. Jejich provedení bylo interní i externí. [73] Přenosová rychlost dosahovala až 5,5 MB/s s přístupovou dobou 12 ms. Kapacita první verze byla 1 GB, druhé 2 GB. [9]

### 4.15 Magnetooptické disky

U magnetooptických disků se k záznamu využívá vrstva magneticky tvrdého materiálu. Spolu s magnetickou záznamovou hlavou se pro zápis používá laser, který ohřeje vybrané místo přibližně na Curieovu teplotu, která je závislá na materiálu. Nejčastěji se používají materiály s Curieovou teplotou přibližně 150-180 °C. Z feromagnetických materiálů se pak stanou paramagnetické. Poté stačí ke zmagnetování vybraného místa jen působení slabšího magnetického pole. Po ochlazení se dané místo stabilizuje. Záznam je možno provádět z větší vzdálenosti hlavy od disku, protože nedojde k ovlivnění okolních ploch. Tato vzdálenost je až jeden milimetr. [73][77]

Při zápisu je nutné na vybraná místa nejdříve zapsat nuly, a poté do určených míst uložit jedničky. U starších médií bylo navíc potřeba ověřit zapsané informace. Čtení probíhá čistě optickým principem. Využívá se Kerrova jevu, při kterém se světlo odráží pod jiným úhlem, v závislosti na směru zmagnetování. Tento rozdíl je menší než jeden stupeň, ale dá se změřit. [73][77]

Používají se často jako média k archivaci. Životnost uložených dat se udává až 30 let a jsou poměrně odolné proti vnějším vlivům. Při zápisu se používá teplota do 180 °C, která nemá škodlivý vliv na vrstvy disku. Počet přepsání je v řádech milionů a počet čtení není podle výrobců omezen. [77]

Samotné disky se vkládají do ochranných pouzder. Rozměry disků se používají nejčastěji 3,5" a 5,25". Větší verze se používá častěji pro archivace. [77]

Kapacity se pohybují od 128 MB po 9,1 GB. Přenosová rychlost je až 6 MB/s. První disky těchto velikostí byly vyrobeny v roce 1991. Jedním z typů magnetooptických médií je Sony MiniDisc s průměrem 64 mm. Jeho kapacita je 140 MB pro datový záznam a 160 MB pro audio záznam. Dalším médiem je například Sony Hi-MD s kapacitou 1 GB. [77]

## 4.16 Optické disky

U optických médií se čtení provádí pomocí laserového paprsku. Na médiu je několik vrstev a senzor snímá paprsek, který se od nich odrazil. Může snímat intenzitu světla nebo například polarizaci. [56] Jejich nevýhodou je kratší životnost zaznamenaných dat, převážně u vypálených disků. Nehodí se tedy k archivaci, důležité je také prostředí, ve kterém jsou uskladněny. Mechaniky optických médií se dříve připojovaly pomocí rozhraní SCSI, EIDE, ale dnes převážně pomocí SATA nebo sběrnice USB. [14]

### 4.16.1 CD (Compact Disc)

Kompaktní disky CD byly poprvé uvedeny společností Sony a Phillips v roce 1980 jako nosiče hudby. [74] Výroba probíhá lisováním. Vytvoří se spirála (stopa), která má délku kolem 5 km a do té se ukládají informace. Zaznamenávají se pomocí tzv. landů (polí) a pitů (prohlubní). Jako logická jednička se bere změna z landu na pit nebo opačně. Paprsek laseru je zaměřen na landy a při odrazu od pitu je rozostřen, senzor ho tak snímá s menší intenzitou. [9][56]

Průměr disku je 120 mm s výškou 1,2 mm. Otvor ve středu disku má průměr 15 mm. Je možné se setkat s formáty mini, se zmenšeným průměrem 80 mm a kapacitou 220 MB. [9] Základní rychlost čtení byla 150 KB/s dnes označovaná jako 1x, později se standardní

rychlosti zvyšovaly až na 52x, což odpovídá 7,62 MB/s. Kapacita byla u prvních disků 650 MB (74 min), později 700 MB (80 min). [74]

CD má při rotaci různou rychlost otáčení na vnitřní a na vnější straně. Původně se používala metoda CLV (Constant Linear Velocity), při které se rychlost otáček přizpůsobuje poloze dat na disku. U rychlosti 150 KB/s rotuje disk při čtení přibližně mezi 200 až 500 ot/min. Přístupová doba je kvůli regulování rychlosti až 500 ms. Druhou metodou je CAV (Constant Angular Velocity), u které probíhá čtení při konstantní úhlové rychlosti. Často se používá kombinace obou metod. [9][56]

CD-R jsou média určená k zápisu dat. Pomocí vysoké teploty laseru se na vybraných místech spálí vrstva naneseného barviva. V těchto místech se pak při čtení neodráží paprsek. CD-RW jsou přepisovatelná média. Paprskem lze měnit strukturu speciální záznamové vrstvy. Krystalická struktura odráží více světla než amorfni. Přístupové doby se pohybují většinou mezi 100 a 200 ms. [56]

#### 4.16.2 DVD (Digital Versatile Disc)

První DVD se objevila na trhu v roce 1997 a měla kapacitu 3,95 GB. Dnes je kapacita jedné vrstvy 4,7 GB. Fyzické rozměry DVD jsou totožné s CD. DVD ale využívají větší hustoty záznamu a mohou používat dvě záznamové vrstvy (Dual Layer). Používají se také oboustranné DVD (Double Sided). Spirálovitá stopa má tvar sinusoidy a opět se vyrábí lisováním. [14][56]

V roce 2000 přišly na trh dva formáty, DVD-R s vlnovou délkou 650 nm a DVD+R s vlnovou délkou 635 nm. Způsob zápisu na tato média je nekompatibilní, většina zařízení ale umí číst oboje. Dalším formátem je DVD-RAM z roku 1998. Umisťuje se do pouzdra a je možné je přepisovat až 100 tisíckrát. Dalším přepisovatelným formátem je DVD-RW z roku 2001, které vychází z DVD-R. Princip je také založen na změně struktury jako u CD-RW a počet přepisů je kolem jednoho tisíce. Vyvinuto bylo také DVD+RW. Přístupové doby se pohybují kolem 150 ms. Verze mini dosahuje kapacity 1,4 GB. [9][56]

#### 4.16.3 Blu-ray

Fyzický rozměr je opět stejný jako CD a DVD a základní princip je také podobný. Blu-ray využívá laserového paprsku o vlnové délce 405 nm. Vyrábí se i jako dvouvrstvé, přitom na jednu vrstvu lze zapsat až 25 GB dat. Laser je umístěn mnohem blíže k disku než u CD nebo DVD, díky tomu je dosaženo větší přesnosti a větší kapacity, ale je náchylnější k poškození. Přístupové doby se pohybují přibližně mezi 150-250 ms. [14][56]

#### 4.16.4 HD DVD

Blu-ray od společnosti Sony a HD DVD od Toshiba soupeřily jako možní nástupci DVD. HD DVD mělo kapacitu jen 15 GB a dosahovalo nižších přenosových rychlostí, ale jeho výroba byla levnější. Využívalo také laseru s vlnovou délkou 405 nm. Nakonec bylo rozhodnuto pro Blu-ray. [70]

Tab. 4.15 Porovnání optických medií [9][14][56]

	Druh média	Vzdálenost stop [μm]	Vlnová délka [nm]	Kapacita [GB]
CD	SS/SL	1,6	780	0,7
DVD-5	SS/SL	0,74	635/650	4,7
DVD-9	SS/DL	0,74	635/650	8,5
DVD-10	DS/SL	0,74	635/650	9,4
DVD-18	DS/DL	0,74	635/650	17
HD DVD	SS/SL	0,4	405	15
HD DVD DL	SS/DL	0,4	405	30
Blu-ray	SS/SL	0,32	405	25
Blu-ray DL	SS/DL	0,32	405	50

## 5 Vnější paměti se sekvenčním přístupem

Sekvenční přístup má oproti pamětem s přímým přístupem obrovskou nevýhodu. K datům se musí přistupovat postupně a v některých případech může tento postup trvat i několik hodin. U dnešních magnetických pásek se přístupové doby pohybují v řádech desítek sekund. [79]

### 5.1 Děrné štítky

Děrné štítky byly vynalezeny již na počátku 19. století pro zjednodušení řízení tkalcovského stavu. V tomtéž století byly použity pro sčítání lidu. Jednalo se o štítky, ve kterých byly fyzicky proděravěné otvory (perforace). V počítačích se používaly od jejich počátku a vyráběly se většinou z tenkého kartonu. Bylo vytvořeno několik druhů. Například systém Hollerith s 80 sloupci, 12 řádky a obdélníkovými otvory. Nebo systém Powers, který měl 90 sloupců, 12 řádků a kulaté otvory. [66][67]

Data se neukládala binárně, ale jako písmena a číslice, které byly kódované pomocí děr. Nejdříve se používal jeden řádek pro jeden znak. U systému Hollerith byla kapacita 80 znaků na jeden štítek. Později se jeden řádek rozdělil na dvě poloviny po šesti řádcích. Bylo tak možné zapsat na jeden štítek 160 znaků. [68]

Měly velice malou kapacitu, spolehlivost byla ovlivněna podle zacházení a přenosové rychlosti byly také velice malé. U nás se používaly ještě v 70. a 80. letech 20. století. Děrné štítky byly použity při volbách amerického prezidenta v roce 2000. [67][68]

## 5.2 Děrné pásky

Děrné pásky vycházely z děrných štítků. Jejich výhodou byla větší kapacita díky libovolné délce. Jednotlivé znaky se zapisovaly do sloupců. Pásky se používaly pěti až osmistopé. Proděravění se používalo kruhové a mimo otvorů pro znaky se ještě používala jedna stopa s vodící perforací, která byla také kruhová, ale s menším průměrem. [68]

Pásky se vytvářely nejčastěji z papíru o tloušťce 0,08 až 0,10 mm. Šířka závisela na druhu pásky a počtu stop. Podélná hustota záznamu byla přibližně 0,4 znaku na jeden milimetr. [68]

U pětistopé pásky se dalo použít maximálně 32 ( $2^5$ ) znaků a vyživalo se například telegrafní kódování CCITT. Některé znaky se používaly jako přepínací. Jedna kombinace tak mohla znamenat dva znaky, většinou písmeno nebo číslici. Záleželo na vloženém přepínacím znaku. Se šesti stopami se dalo jednoznačně určit 64 znaků. Sedmá stopa se používala pro paritní bit a osmá pro další pomocné povely. [68]

Děrné pásky se používaly ještě v 80. letech 20. století jako paměťová média pro sálové počítače. [69]

## 5.3 Magnetické pásky

Magnetické pásky se používají jako vnější paměti od dob prvních počítačů. Jedná se o paměti se sekvenčním přístupem, proto se v dnešní době využívají převážně pro archivaci velkého množství dat. [76]

Pásky se dříve navíjely na samostatné cívky, poté se přešlo ke kazetám, které většinou obsahovaly jednu nebo dvě cívky. To ulehčilo manipulaci s nimi a zjednodušilo jejich používání. Od padesátých let minulého století se pásky zhotovují převážně z polyesterové folie nebo z materiálů s podobnými vlastnostmi. Na tuto folii je nanášena tenká magnetická vrstva například z oxidu železitého. Délka pásky může dosahovat několik set metrů. [61]

V roce 1898 sestavil dánský telefonní technik Valdemar Poulsen přístroj Telephonograph, který dokázal zaznamenat 30 vteřin telefonní zprávy na ocelový drát pomocí magnetického záznamu. Drát později nahradil ocelovým páskem. [79]

Poprvé byly magnetické pásky použity v počítači v roce 1951. Jednalo se o počítač UNIVAC I se zařízením pro pásky UNISERVO. Použita byla osmistopá páska o délce přibližně 365 m. Šest stop bylo využito jako datové, jedna paritní a jedna časová. Šířka pásky byla 13 mm a přenosová rychlost 7200 znaků za sekundu s hustotou záznamu 128 bpi (bits per inch). Rychlost posuvu pásky byla 100 stop za sekundu. [81]. V roce 1957 se jako nosný materiál začala používat polyesterová folie. [79]



V roce 1983 se u počítače ZX Spectrum použila kazeta s páskou o šířce 1,9 mm a délce přes pět metrů. Páska byla navinuta na jedné cívce a konci spojena dohromady. Odvíjela se z vnitřní strany a navíjela na vnější, vytvořil se tzv. nekonečný pás. Přetočení pásku trvalo přibližně 8 sekund rychlostí 76 cm za sekundu a kapacita dosahovala standardně 85 KB. Také se často využívaly obyčejné magnetofony a audio kazety. [61]

U magnetických pásek se začaly používat pro čtení magnetorezistivní hlavy AMR již v roce 1985, dnes se používají GMR, viz *Obr. 5.1*. [11]



*Obr. 5.1 Vývoj používaných čtecích hlav magnetických pásek [11]*

### 5.3.1 QIC, 8 mm, DAT

Pásky QIC (Quarter-Inch Committee) se poprvé na trhu objevily v roce 1983. Jednalo se o pásky s devíti stopami o délce necelých sto metrů a kapacitou 60 MB. Vyráběly se ve dvou variantách, větší DC a menší MC, která se označovala také jako minipáska. [76] K zápisu se využívalo podélného zápisu s dvěma kanály, pro každý kanál byla určena jedna čtecí a jedna zapisovací hlava. Umožňovaly komprese dat 2:1. [73] Mezi nejznámější patřily pásky QIC-40 a QIC-80. Pásky QIC-40 dosahovaly kapacity bez komprese na 20 stopách až 60 MB. Rychlost přenosu dat se pohybovala mezi 2 až 8 MB/min. Největší kapacitu bez komprese dosahovaly pásky QIC-5010 s 13 GB na 144 stopách. Rychlost přenosu byla až 18 MB/min. Nejčastěji se k připojování používala rozhraní SCSI. [76]

Dalšími rozšířenými kazetami byly 8 mm „Helical“, které dosahovaly kapacit až 20 GB bez komprese s přenosovou rychlostí až 6 MB/s. Využívaly šikmého záznamu pomocí rotujícího bubnu. Délka jedné stopy byla přibližně osmkrát větší než šířka pásky. [73]

Pásky DAT (Digital Audio Tape) formátu DDS (Digital Data Storage) mají šířku 4 mm a také využívají šikmého záznamu. První generace DDS-1 přišla na trh v roce 1989 s kapacitou až 2 GB a přenosovou rychlostí 0,18 MB/s. Zatím poslední sedmá generace z roku 2009 DAT-320 dosahuje kapacity 160 GB bez komprese a přenosové rychlosti až 12 MB/s. [80]

### 5.3.2 DLT (Digital Linear Tape)

Ještě před pár lety byly velmi rozšířené pásky DLT. Jejich předchůdce CompactTape pochází z roku 1984. K zápisu se používá podélný paralelní záznam (linear serpentine) na pásku o šířce 12,7 mm. Poslední model z roku 2007 DLT-S4A dosahoval kapacity 400 GB

bez komprese s přenosovou rychlostí 60 MB/s. K připojování se používalo nejčastěji rozhraní SCSI, u posledních modelů i SATA. V roce 2007 oznámila společnost Quantum, hlavní výrobce pásek DLT, ukončení vývoje z důvodů neúspěchu posledních modelů. [78] Jedním z pokračujících formátů byly nepříliš rozšířené pásky AIT společnosti Sony. Ty svůj vývoj ukončily v roce 2010. [79]

### 5.3.3 LTO (Linear Tape-Open)

Dnes nejrozšířenějšími a nejvíce se rozvíjejícími páskami jsou LTO, viz *Tab. 5.1*. Vystupují pod názvem Ultrium a jejich první verze byla uvedena v roce 2000 s kapacitou 100 GB. Rozměry kazety jsou 102,0 × 105,4 × 21,5 mm. Kazeta LTO je tvořena jednou cívkou s navinutou páskou, která má na svém konci kolík. Za tento kolík je natažena přes čtecí a záznamové hlavy do mechaniky, která je tvořena druhou cívkou. K záznamu se používá podélný paralelní záznam s 8 až 16 čtecími a zapisovacími hlavami podle typu. Ke čtení se používají GMR hlavy. Počet stop byl u první generace LTO-1 384, u dnes poslední páté generace LTO-5 je počet stop 1280 s délkou pásky 864 metrů. Využívají podélného paralelního záznamu (linear serpentine). Hlavy jsou umístěny stacionárně s rozstupem několika stop a při prvním průchodu pásky je zápis proveden každou záznamovou hlavou do jedné stopy. Při zpětném průchodu se hlavy posunou o jednu pozici a zapisují data do dalších stop. U LTO-5 dojde při plném zaplnění kazety k osmdesáti průchodům pásky. Přetočení pásky trvá u LTO-3 přibližně 80 sekund a průměrná přístupová doba je 50 sekund. Většinou se připojují přes sériové rozhraní SCSI, označované jako SAS. [82]

Výrobce udává spolehlivost uložených dat minimálně 30 let. Počet bezproblémových načtení kazety udává 20 tisíc. [39]

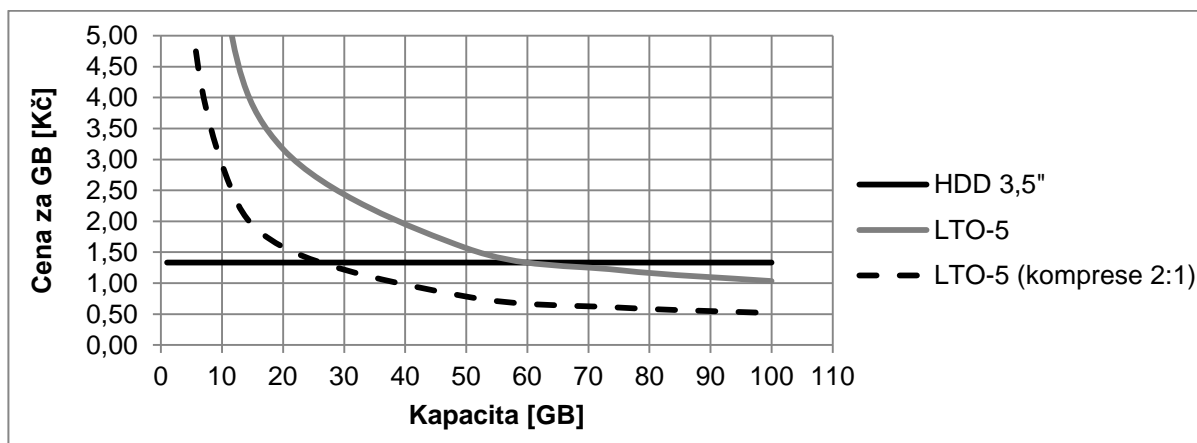
Od třetí generace LTO-3 je k dispozici technologie WORM (Write Once Read Many). Záznam dat je umožněn jen jednou, a poté nelze záznam přemazat. U LTO-5 je navíc možné rozdělit pásku na oddíly. Využívá také technologie LTFS (Linear Tape File System), díky které je s páskou možno pracovat podobně jako s médii s přímým přístupem. [82]

*Tab. 5.1 Přehled parametrů pásek LTO (bez komprese) [82]*

Páska	Rok uvedení	Kapacita [GB]	Přenosová rychlost [MB/s]	Délka pásky [m]	Počet hlav	Počet stop	Počet průchodů
LTO-1	2000	100	20	609	8	384	48
LTO-2	2003	200	40	609	8	512	64
LTO-3	2005	400	80	680	16	704	44
LTO-4	2007	800	120	820	16	896	56
LTO-5	2010	1600	140	846	16	1280	80

Další generace LTO jsou ve vývoji a nejbližší šestá generace LTO-6 by měla vyjít tento rok. Její kapacita by měla dosahovat 3,2 TB bez komprese s přenosovou rychlostí 200 MB/s. [82]

Cena jednotlivých mechanik začíná na několika desítkách tisíc korun. Cena jedné pásky LTO-5 je přes sedm set korun. I přes vyšší cenu mechanik jsou vhodné pro zálohu většího množství dat, viz *Obr. 5.2*. [37]



Obr. 5.2 Porovnání cen za GB mezi HDD a páskami LTO-5 v závislosti na celkové kapacitě [37][40]

HDD s kapacitou 3 TB v hodnotě 4000 Kč, LTO-5 mechanika v hodnotě 80000 Kč, LTO-5 1,5 TB kazeta v ceně 750 Kč. [37][40]

### 5.3.4 Páskové knihovny

Pro zálohovací systémy se používají tzv. páskové knihovny. Jedná se o velká úložiště čítající až několik tisíc paměťových médií. U velkých společností, kde je nutno stále zálohovat velké množství informací, by bylo ruční zálohování po jednotlivých páskách velice náročné. Při použití například pásek LTO-5 mohou kapacity těchto knihoven dosáhnout i desítek petabytů. [83]

Tvořeny jsou jednou či více mechanikami a řadou úložných pozic pro paměťová média, která můžou, nebo nemusí být zaplněna. Dále se používá jeden nebo více robotických accessorů, kteří zajišťují přesun médií mezi jejich pozicemi a mechanikami. Accessor si vybere prázdnou pásku a vloží jí do mechaniky. Poté, co se na ní nahrají požadovaná data, je vyjmuta a vrácena na pozici. Takto může paralelně pracovat několik mechanik. Tyto systémy jsou poměrně drahé, ale plně automatické. Důležitý je řídicí soubor, ve kterém jsou uložena data o rozdělení obsahu knihovny. Možné je kombinovat několik druhů médií, například při přechodu z DLT na LTO je možné pár pozic vyhradit pro staré DLT a zbytek zaplňovat pomocí LTO. Knihovny se dají rozšiřovat podle potřeb. [83][84]

Jedním z příkladů je pásková knihovna IBM TS3500. Je k ní možné připojit všechny typy mechanik LTO a další mechaniky řady TS od IBM. V základu obsahuje jeden rám s dvanácti pozicemi pro mechaniky a je možné připojit dalších 15 přidavných ráků. Ty tvoří dohromady jednu knihovnu s maximální kapacitou více než 20000 kazet. Dohromady lze vytvořit komplex z 15 knihoven s 2700 mechanikami a dispozicí více než 300 tisíc kazet. Při použití kazet LTO-5 s kapacitou 1,5 TB může mít jedna knihovna k dispozici kapacitu až 30 PB a celý komplex až 900 PB. Ceny podobných zařízení se pohybují v základních verzích podle vybavení v řádech sta tisíc až miliónů korun. [54][84]

## Závěr

Počítačové paměti se neustále vyvíjí. Se zvyšujícím se výkonem počítačů a stále větší náročností na úložný prostor je pamětem věnována velká pozornost. V závislosti na zařízení se volí vhodný typ pamětí podle přístupu, rychlosti, kapacity, spotřeby nebo například ceny.

U operačních pamětí došlo k významnému pokroku s nástupem polovodičových pamětí. Přístupové doby se od prvních modelů příliš nezlepšily, ale významných změn se dočkala logika řízení. Kapacity rostou exponenciálně, zatímco ceny stejným tempem klesají. Důležitým parametrem je také spotřeba, která se neustále snižuje.

Trendem posledních let se stala přenosná zařízení, jako jsou notebooky, mobilní telefony, tablety, fotoaparáty a další. Mezi jejich hlavní požadavky na paměti patří nízká spotřeba, vysoká odolnost a dostatečná kapacita při malých rozměrech. Nejvhodnější variantou jsou v tomto případě paměti flash, buď jako integrované čipy, nebo například v podobě paměťových karet. Flash paměti již zcela nahradily miniaturní točivé pevné disky a stále více vytlačují optická média.

Mechanické pohyblivé části disků zvyšují přístupové doby, snižují spolehlivost a odolnost a zvyšují spotřebu elektrické energie. Dříve se uvažovalo o nahrazení harddisků pomocí SSD disků, ale tato varianta v nejbližší době zřejmě nenastane. Nejpravděpodobnějším scénářem je vytvoření počítačových systémů s použitím harddisků i SSD disků souběžně. Toho se dnes využívá především u notebooků, kde je možné se setkat i s hybridními pevnými disky kombinujícími obě technologie. Budoucí vývoj v současné době navíc vypadá příznivěji pro disky s magnetickým záznamem, u kterých se předpokládají stále se zvyšující kapacity díky zvyšování hustoty záznamu.

Poslední dobou se také rychle rozšiřují internetová úložiště, souhrnně označovaná jako cloud computing, která umožňují sdílet data a programy přes internet mezi více zařízeními. Objevují se zde ale také varování, upozorňující na možnosti jednoduchého zneužití informací. Důvodem je nevědomost, co se s daty ve skutečnosti děje, kde jsou uložena a kdo k nim může mít přístup. Dále se řeší právní odpovědnost při ztrátě dat.

Pro účely archivace a zálohování velkého množství dat jsou nejvhodnější magnetické pásky. Pásky LTO-5 mají kapacitu 1,5 TB bez komprese, navíc lze vytvářet páskové knihovny s kapacitami v řádech petabytů. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady mechanik a knihoven, vyplatí se při archivaci většího množství dat, alespoň několik desítek terabytů.

Cílem této práce bylo vytvořit ucelený přehled významných počítačových pamětí.

## Použitá literatura

- [1] Computer Memory. AUDSLEY, A. *THE OLD COMPUTER HUT* [online]. 22-Feb-2002 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.oldcomputers.arcula.co.uk/bhist7.htm>
- [2] Hardware počítače: Operační paměti. Elearning [online]. © 2009 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: [http://www.knihov.ow.cz/m0\\_mikr\\_proc\\_obecne/o50\\_operacni\\_pameti/oper\\_pameti.html](http://www.knihov.ow.cz/m0_mikr_proc_obecne/o50_operacni_pameti/oper_pameti.html)
- [3] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Technologie operačních pamětí. *Root.cz* [online]. 5. 6. 2008 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/technologie-operacnich-pameti/#k04>
- [4] Feritové paměti. KOROUS, Martin. *MARKOnet.cz - WebDesign & Education Studio České Budějovice* [online]. 10.09.2007 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.markonet.cz/pages/vyuka/principy-pocitacu/pameti/feritove-pameti.php>
- [5] Vnitřní paměti používané před dvaceti lety. BOTEK, Michal. *Fakulta informatiky Masarykovy univerzity* [online]. 3.12.1999 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/xbotek.html> [6] Kocman, S.: *Asynchronní stroje*, FEI VŠB-TU, Ostrava 2002.
- [6] KRUCINSKY, Ladislav. Feritová paměť počítače RODAN 10 - MCU-mikroelektronika. *MCU-mikroelektronika* [online]. 30.06.2004 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://mcu.cz/news.php?extend.451.17>
- [7] Core Memory. *School of Psychology - The University of Sydney* [online]. 19.11.2001 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.psych.usyd.edu.au/pdp-11/core.html>
- [8] PELIKÁN, Jaroslav. Paměti. *Fakulta informatiky Masarykovy univerzity* [online]. (c) 2008 [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/PAMETI.HTML>
- [9] HORÁK, Jaroslav. *Hardware: učebnice pro pokročilé*. Vyd. 2. Brno: Computer Press, 2004, 412 s. ISBN 80-722-6553-9.
- [10] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Statické a dynamické paměti - Root.cz. *Root.cz* [online]. 12.6.2008 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/staticke-a-dynamicke-pameti/>
- [11] NIBARGER, John P. Transition from AMR to GMR Heads in Tape Recording. *THIC* [online]. 08/2007 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.thic.org/pdf/August07/sun.Nibarger.pdf>
- [12] Samsung uvádí do provozu největší světovou továrnu na polovodičové paměti. *Samsungblog.cz* [online]. 04.10.2011 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://samsungblog.cz/cz/category/o-samsungu/Samsung-uvadi-do-provozu-nejvetsi-svetovou-tovarnu-na-polovodicove-pameti.html>
- [13] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Práce se synchronními a asynchronními DRAM. *Root.cz* [online]. 19. 6. 2008 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/prace-se-synchronnimi-a-asynchronnimi-dram/>
- [14] DEMBOWSKI, Klaus. *Mistrovství v hardware*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 712 s. ISBN 978-80-251-2310-2.
- [15] DDR4 představeny, dorazí v roce 2013. KRCHŇÁK, Tomáš. *ExtraHardware* [online]. 27.2.2012 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://extrahardware.cnews.cz/ddr4-predstaveny-dorazi-v-roce-2013>
- [16] PELIKÁN, Jaroslav. Von Neumannovo schéma. *Fakulta informatiky Masarykovy univerzity* [online]. (c) 2008 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/VNEUM.HTML>

- [17] Ukázka paměti XDR na 7,2 GHz. JAHODA, Mirek. *ExtraHardware* [online]. 29.6.2009 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://extrahardware.cnews.cz/ukazka-pameti-xdr-na-72-ghz>
- [18] Dějiny počítačů. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/D%C4%9Bjiny\\_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%C5%AF#Nult.C3.A1\\_generace](http://cs.wikipedia.org/wiki/D%C4%9Bjiny_po%C4%8D%C3%ADta%C4%8D%C5%AF#Nult.C3.A1_generace)
- [19] Rambus - XDR™2 Memory Architecture. RAMBUS INC. *Rambus* [online]. ©2012 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://www.rambus.com/us/technology/solutions/xdr2/index.html>
- [20] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Technologie operačních pamětí. *Root.cz* [online]. 5.6.2008 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/technologie-operacnich-pameti/>
- [21] PETŘÍČEK, Lukáš. Svět hardware - Vývoj modulů DRAM a operační paměti - Typy a provedení paměťových modulů. *Svět hardware* [online]. 16.10.2006 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: [http://www.svethardware.cz/art\\_doc-6A0605869C2AC5DFC1257206006DCCFA.html](http://www.svethardware.cz/art_doc-6A0605869C2AC5DFC1257206006DCCFA.html)
- [22] OBERMAIER, Z. Jak na přetaktování - Úvod a vysvětlení základních pojmů. *PCTuning* [online]. 28.9.2009 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/navody/upravy-pretaktovani/15013-jak-na-pretaktovani-uvod-a-vysvetleni-zakladnich-pojmu?start=6>
- [23] SO-DIMM. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, [27 March 2012] [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/SO-DIMM>
- [24] RDRAM. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 29.12.2011 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/RDRAM>
- [25] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Vyrovnávací paměti (cache). *Root.cz* [online]. 3.7.2008 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/vyrovnavaci-pameti-cache/>
- [26] Cache. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 19.2.2012 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Cache>
- [27] PELIKÁN, Jaroslav. Pevné disky (Winchester disky, hard disky). *Fakulta informatiky Masarykovy univerzity* [online]. (c) 2008 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/HARD.HTML>
- [28] VÍTEK, Jan a Petr STRÁNSKÝ. Funkčnost, rozhraní a technologie pevných disků. *Svět hardware* [online]. 20.1.2009 [cit. 2012-04-17]. Dostupné z: [http://www.svethardware.cz/art\\_doc-D35E78C6C3B894FFC125727F005BE243.html](http://www.svethardware.cz/art_doc-D35E78C6C3B894FFC125727F005BE243.html)
- [29] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Magnetické paměti s rotujícím médiem. *Root.cz* [online]. 31.7.2008 [cit. 2012-04-24]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/magneticke-pameti-s-rotujicim-mediem/>
- [30] CHMIEL, Pavel. Hard disk (HDD) - pevný disk. *Výukové materiály* [online]. © 2010 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z: [http://chmiel.chytry.cz/files/ovt\\_epo\\_ps/et/cast2\\_04\\_pmv\\_hdd.pdf](http://chmiel.chytry.cz/files/ovt_epo_ps/et/cast2_04_pmv_hdd.pdf)
- [31] VÍTEK, Jan. Fujitsu a Hitachi věří, že miniaturní pevné disky nemají budoucnost. *Svět hardware* [online]. 3.1.2008 [cit. 2012-04-24]. Dostupné z: [http://www.svethardware.cz/art\\_doc-757013AFFA2D026DC12573C40060E25C.html](http://www.svethardware.cz/art_doc-757013AFFA2D026DC12573C40060E25C.html)
- [32] MALÝ, Martin. Nové disky s 4K sektory přináší zatím spíše problémy. *Root.cz* [online]. 19.4.2010 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/nove-disky-s-4k-sektory-prinaseji-zatim-spise-problemy/>

- [33] PERENSON, Melissa J. The Hard Drive Turns 50. *PCWorld* [online]. Sep 13, 2006 [cit. 2012-04-24]. Dostupné z: [http://www.pcworld.com/article/127104/the\\_hard\\_drive\\_turns\\_50.html](http://www.pcworld.com/article/127104/the_hard_drive_turns_50.html)
- [34] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Současnost a budoucnost pevných disků. *Root.cz* [online]. 7.8.2008 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/soucasnost-a-budoucnost-pevnych-disku/#k06>
- [35] IBM 3340 direct access storage facility. *IBM: United States* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z: [http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/storage/storage\\_3340.html](http://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/storage/storage_3340.html)
- [36] PELIKÁN, Jaroslav. Rozhraní pevných disků. *Fakulta informatiky Masarykovy univerzity* [online]. (c) 2008 [cit. 2012-04-25]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/ROZHRD.HTML>
- [37] *Alza.cz a.s.* [online]. © 2000-2012 [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <http://www.alza.cz/>
- [38] JAN, Šindelář. Kolmý zápis - budoucnost pevných disků?. *Živě.cz* [online]. 18.8.2005 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.zive.cz/clanky/kolmy-zapis---budoucnost-pevnych-disku/sc-3-a-126224/default.aspx>
- [39] LTO-5. *Quantum* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www.quantum.com/Products/TapeDrives/LTOUltraium/LTO-5/Index.aspx>
- [40] LTO-5. *Heureka.cz* [online]. 2000-2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: [http://www.heureka.cz/?h\[fraze\]=drive+LTO-5](http://www.heureka.cz/?h[fraze]=drive+LTO-5)
- [41] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Technologie flash paměti a způsoby jejich využití. *Root.cz* [online]. 25.9.2008 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/technologie-flash-pameti-a-zpusoby-jejich-vyuziti/>
- [42] SSD disky: nastal již jejich čas?. *ExtraNotebook* [online]. 11.5.2010 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: <http://extranotebook.cnews.cz/ssd-disky-nastal-jiz-jejich-cas>
- [43] PFEIFER, René. Vše, co jste chtěli vědět o SSD. *Svět hardware* [online]. 13.10.2010 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: [http://www.svethardware.cz/art\\_doc-36DC5E11B941657DC12575B40044591F.html](http://www.svethardware.cz/art_doc-36DC5E11B941657DC12575B40044591F.html)
- [44] KRČMÁŘ, Petr. Intel představil nové SSD disky pro datová centra. *Root.cz* [online]. 12.4.2012 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.root.cz/zpravicky/intel-predstavil-nove-ssd-disky-pro-datova-centra/>
- [45] HORT, Tomáš. Technologie a zajímavosti z oblasti SSD disků. *PCTuning* [online]. 22.11.2011 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/disky-cd-dvd-br/22588-technologie-a-zajimavosti-z-oblasti-ssd-disku?start=2>
- [46] OCZ to Launch SSDs with TLC NAND, Slashing Price, Durability. *Fastest SSD* [online]. 7.11.2011 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://www.fastestssd.com/articles/ocz-to-launch-ssds-with-tlc-nand-slashing-price-durability/>
- [47] Storage Trends In 2010: An Interview With Hitachi. *Tom's Hardware* [online]. March 20, 2010 [cit. 2012-04-29]. Dostupné z: <http://www.tomshardware.com/reviews/hitachi-interview-hdd-ssd,2586.html>
- [48] Memory. *The Hardware Book* [online]. 2007-07-20 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.hardwarebook.info/Memory>
- [49] KRČMÁŘ, Petr. Proč u SSD disků používáním klesá výkon. *Root.cz* [online]. 16.4.2010 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <http://petrkrcmar.blog.root.cz/2010/04/16/proc-u-ssd-disku-pouzivanim-klesa-vykon/>
- [50] Barracuda | Seagate: The Power of One. *Hard Drives | Seagate* [online]. ©2012 [cit. 2012-04-30]. Dostupné z: <http://www.seagate.com/internal-hard-drives/desktop-hard-drives/barracuda/>
- [51] WD Scorpio Black. *Western Digital Hard Drives* [online]. © 2001 - 2012 [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: [www.wdc.com/en/products/products.aspx?id=130](http://www.wdc.com/en/products/products.aspx?id=130)



- [52] OCZ Vertex 3 SSD Series. *OCZ Technology* [online]. © 2011 [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: [http://www.ocztechnology.com/res/manuals/OCZ\\_Vertex3\\_Product\\_Sheet.pdf](http://www.ocztechnology.com/res/manuals/OCZ_Vertex3_Product_Sheet.pdf)
- [53] KRČMÁŘ, Petr. Nahradí někdy opravdu SSD klasické rotující disky?. *Root.cz* [online]. 28.7.2010 [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <http://www.root.cz/zpravicky/nahradi-nekdy-opravdu-ssd-klasicke-rotujici-disky/>
- [54] STORAGETEK LTO TAPE DRIVES. *Oracle* [online]. © 2008, 2009 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.oracle.com/us/products/servers-storage/storage/tape-storage/033631.pdf>
- [55] VRBACKÝ, Jakub. Není karta, jako karta – paměťové karty od minulosti po současnost (vědecké okénko). *Mobilizujeme.cz* [online]. 15.1.2012 [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: <http://mobilizujeme.cz/clanky/neni-karta-jako-karta-pametove-karty-od-minulosti-po-soucasnost-vedecke-okenko/>
- [56] PELIKÁN, Jaroslav. Prezent. *Fakulta informatiky Masarykovy univerzity* [online]. (c) 2008 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/Vyuka/PV094/Predn13/Prezent.pdf>
- [57] ČÍŽEK, Jakub. Cloud computing: slibná budoucnost nebo marketing?. *Živě.cz* [online]. 13. 11. 2008 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <http://www.zive.cz/Clanky/Cloud-computing-slibna-budoucnost-nebo-marketing/sc-3-a-144443/default.aspx>
- [58] Would you pay \$7,260 for a 3 TB drive? Charting HDD and SSD prices over time. *Pingdom* [online]. December 19th, 2011 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://royal.pingdom.com/2011/12/19/would-you-pay-7260-for-a-3-tb-drive-charting-hdd-and-ssd-prices-over-time/>
- [59] Dropbox: Pricing. *Dropbox* [online]. 2012 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <https://www.dropbox.com/pricing>
- [60] Paměti. *Maturitní otázky* [online]. 6. 3. 2007 [cit. 2012-05-02]. Dostupné z: [http://www.volny.cz/pczekaj/pocit/hard\\_soft/pameti.htm](http://www.volny.cz/pczekaj/pocit/hard_soft/pameti.htm)
- [61] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Magnetické paměti pro trvalý záznam dat. *Root.cz* [online]. 24.7.2008 [cit. 2012-05-03]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/magneticke-pameti-pro-trvaly-zaznam-dat/>
- [62] HRÁČEK, Filip. Cloud: v hlavní roli mobilita. *Lupa.cz* [online]. 28. 7. 2011 [cit. 2012-05-07]. Dostupné z: <http://www.lupa.cz/clanky/cloud-v-hlavni-rol-i-mobilita/>
- [63] BOČEK, Jan. Historie počítačů IV. – poválečná generace. *ExtraHardware* [online]. 3. prosince 2008 [cit. 2012-05-04]. Dostupné z: <http://extrahardware.cnews.cz/historie-pocitacu-iv-povalecna-generace?page=0,2>
- [64] Cloud Hosting. *Master* [online]. © 1996-2012 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.master.cz/cloud-hosting/>
- [65] The Pre Industrial Era. *The History of Computing Project* [online]. 4 October, 2006 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.thocp.net/timeline/1927.htm>
- [66] The history of computer data storage, in pictures. *Pingdom* [online]. April 8th, 2008 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <http://royal.pingdom.com/2008/04/08/the-history-of-computer-data-storage-in-pictures/>
- [67] HOBZA, Otakar. Paměťová média: Děrné štítky. *EMag.cz* [online]. 10. července 2007 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <http://www.emag.cz/pametova-media-derne-stitky/>
- [68] BLATNÝ, Jan a Miroslav LINHART. *Číslicové počítače II: Vstupní a výstupní podsystemy*. první. Praha: SNTL, 1976, 194 s.
- [69] HOBZA, Otakar. Paměťová média: Děrné pásky. *EMag.cz* [online]. 17. července 2007 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <http://www.emag.cz/pametova-media-derne-pasky/>
- [70] HD-DVD. *HDTVBlog.cz* [online]. © 2005-2012 [cit. 2012-05-10]. Dostupné z: <http://www.hdtvblog.cz/tag/hd-dvd>

- [71] HOBZA, Otakar. Paměťová média: Diskety. *EMag.cz* [online]. 31. července 2007 [cit. 2012-05-06]. Dostupné z: <http://www.emag.cz/pametova-media-diskety/>
- [72] Vnější paměťová média. *Ikiho stránky* [online]. © 2007 [cit. 2012-04-23]. Dostupné z: [http://www.iki.ktkadan.cz/soubory/vnejsi\\_pametova\\_media.pdf](http://www.iki.ktkadan.cz/soubory/vnejsi_pametova_media.pdf)
- [73] PELIKÁN, Jaroslav. Typy externích paměťových médií. *Fakulta informatiky Masarykovy univerzity* [online]. (c) 2008 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/TYPEXP.HTML>
- [74] KŘIVOHLÁVEK, Jindřich. Optická média - CD. *EMag.cz* [online]. 20. února 2007 [cit. 2012-05-09]. Dostupné z: <http://www.emag.cz/opticka-media-cd/>
- [75] Obecný přehled generací počítačů. *Historie počítačů* [online]. © 2005–2012 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.historiepocitacu.cz/obecnny-prehled-generaci-pocitacu.html>
- [76] MUELLER, Scott. *Osobní počítač: upgrade, servis a opravy*. Vyd. 1. Překlad Luděk Horčíčka, Tomáš Šimek. Praha: Computer Press, 1999, 1095 s. Hardware (Computer Press). ISBN 80-722-6166-5.
- [77] TIŠNOVSKÝ, Pavel. Magnetooptické disky. *Root.cz* [online]. 14. 8. 2008 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/magnetoopticke-disky/>
- [78] Digital Linear Tape. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Linear\\_Tape](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Linear_Tape)
- [79] HOBZA, Otakar. Paměťová média: Magnetické pásky. *EMag.cz* [online]. 24. července 2007 [cit. 2012-05-14]. Dostupné z: <http://www.emag.cz/pametova-media-magneticke-pasky/tisk/>
- [80] Digital Data Storage. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Data\\_Storage](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Data_Storage)
- [81] The Magnetic Tape of Valdemar Poulsen and Fritz Pfleumer. *History of Computers* [online]. 2012 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://history-computer.com/ModernComputer/Basis/tape.html>
- [82] Linear Tape-Open. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_Tape-Open](http://en.wikipedia.org/wiki/Linear_Tape-Open)
- [83] Páskové knihovny a ochrana investic. *Ekonomické a informační systémy v praxi* [online]. © 2001 - 2012 [cit. 2012-05-23]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/clanky/paskove-knihovny-a-ochrana-investic.htm>
- [84] Pásková knihovna IBM System Storage TS3500. *IBM: Česká republika* [online]. © 2012 [cit. 2012-05-15]. Dostupné z: <http://www-03.ibm.com/systems/cz/storage/tape/ts3500/index.html>
- [85] TŮMA, Jan. *Náš život s počítači*. 1. vyd. Praha: Naše vojsko, 1990, 238 s. ISBN 80-206-0089-2.
- [86] MICHAEL, George. Univac 1 Computer. *Stories of the Development of Large Scale Scientific Computing* [online]. 2001 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://computer-history.info/Page4.dir/pages/Univac.dir/index.html>
- [87] Střední elektronkový počítač EPOS 1. *Historie počítačů* [online]. © 2005–2012 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z: <http://www.historiepocitacu.cz/stredni-elektronkovy-pocitac-epos-1.html>