

Univerzita Hradec Králové
Filozofická fakulta
Katedra pomocných věd historických a archivnictví

SSD disky a jejich užití v dlouhodobém uchovávání dat

Bakalářská práce

Autor: Jakub Skála
Studijní program: B3928 Technická podpora humanitních věd
Studijní obor: Počítačová podpora v archivnictví
Forma studia: Kombinovaná
Vedoucí práce: doc. RNDr. Štěpán Hubálovský, Ph.D.

Hradec Králové, 2019

Zadání bakalářské práce

Autor: Jakub Skála
Studium: F16BK0033
Studijní program: B3928 Technická podpora humanitních věd
Studijní obor: Počítačová podpora v archivnictví

Název bakalářské práce: SSD disky a jejich užití v dlouhodobém uchovávání dat

Název bakalářské práce AJ: SSD drives and their use in long-term data storage

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Bakalářská práce se dělí na dvě části - teoretickou a praktickou část. V teoretické části je seznámení s teoretickou stránkou o pevných discích obecně, historii ukládání dat a dále zaměření na popis disku typu SSD, jeho vlastnostem a druhům. V poslední době čím dál využívanější technologie pevných disků pro ukládání dat, která je z technického hlediska odlišná a má i velmi pozitivní vlastnosti proti již dlouhodobě využívaným klasickým pevným diskům HDD. Zaměření práce má v cíl přijít na to, zda jsou vhodné či nevhodné na využití pro dlouhodobé uchovávání dat. Ohledně historické zmínky a části v této kvalifikační práci je i historie vývinu ukládání paměti. Kde samozřejmě jako nezbytná součást musí být uvedení a historie ukládání paměti i jako součást pochopení, k čemu daná oblast tématu je. A fyzická úložiště a fyzické předměty sloužící k automatizaci a ukládání paměti nám sahá až do přelomu 18 a 19 století, které budou též uvedené a popsány. Tím jsou například "děrné štítky" které byly součástí například i tkalcovských strojů. Historicky přelom století 18 a 19. První papírové paměťové materiály. Aneb popis historie od nejstaršího typu ukládání paměti až do současné k uvedení nové technologie a vším co jí předcházelo. A nebyla to vždy čistě elektrotechnická záležitost a v praktické části se zaměříme na jejich nasazení v dlouhodobém uchovávání dat nebo využití jako disky pro zálohování dat, kde můžou být například archivní data, která chceme dlouhodobě uchovat. Aneb SSD disky mají určité vlastnosti výrazně lepší, než dlouholetě zažité klasické pevné disky typu HDD. Tudíž tím pádem bude srovnání s klasickými pevnými disky pro ujasnění, zda mají SSD disky opravdu smysl či ne v dlouhodobém uchování dat neboli zálohách. Pro tuto část budou předvedeny srovnávací grafy či srovnání různých dat a informací. Toto téma by mohlo být značným přínosem toho, jestli použitá technologie existující již přes čtyřicet let má stále smysl dominovat a neměla by být inovována. Jde o činnost, kterou archivy využívají nejvíce - dlouhodobé uložení digitálních dat. Stále se používá zastaralé médium, které není nějak značně vylepšeno posledních deset let. A chci touto prací zjistit a udělat rozbor, zda by se nová technologie vyplatila a měla smysl. Protože tyto nové disky výrazně klesají postupem let na ceně.

Bible hardwaru - Martin Kuchař, Mirek Jahoda, Petr Broža a kolektiv - Extra PC - Extra Publishing
Bible vypalování a zálohování - David Budai, Stanislav Janů, Dominik Dědiček - Extra PC - Extra Publishing
Jelikož se jedná o velmi moderní téma digitální doby v oboru IT, budou zdroje odkazované výhradně z online zdrojů a informací jako odborné články, rozbor, články magazínů a další. Jelikož se jedná o IT segment, není k němu téměř žádná fyzická literatura, pouze elektronická. Případně bude další literatura uvedena během zpracovávání bakalářské práce.

Garantující pracoviště: Katedra pomocných věd historických a archivnictví,
Filozofická fakulta
Vedoucí práce: doc. RNDr. Štěpán Hubálovský, Ph.D.
Oponent: Ing. Monika Borkovcová, Ph.D.
Datum zadání závěrečné práce: 17.1.2019

PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval pod vedením vedoucího bakalářské práce doc. RNDr. Štěpána Hubálovského, Ph.D. samostatně a uvedl jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne 13. prosince 2019

JAKUB SKÁLA

Anotace:

SKÁLA, Jakub. SSD disky a jejich užití v dlouhodobém uchovávání dat. Hradec Králové: Filozofická fakulta Univerzity Hradec Králové, 2019, 59 str. Bakalářská práce.

Bakalářská práce se zabývá problematikou využití SSD disků k dlouhodobému uchovávání dat v archivnictví.

Bakalářská práce se dělí na dvě části – teoretickou a praktickou část.

V teoretické části jsou shromážděny poznatky o pevných discích typu SSD, jsou zde popsány vlastnosti, parametry a druhy. Současně jsou popsány fyzikálně-technické principy fungování pevných disků, které jsou odlišné oproti klasickým pevným diskům HDD.

V praktické části je zaměřena na využití SSD disků v dlouhodobém či krátkodobém uchovávání dat, nebo využití jako disky pro zálohování dat nebo vedení databáze. Dále je v rámci praktické části práce provedeno porovnání vlastností SSD a HDD disků, zejména vlastností ovlivňujících dlouhodobé uchovávání dat.

Klíčová slova:

Data v archivu, SSD, dlouhodobé ukládání dat, úschova dat, pevný disk SSD, archiv SSD

Annotation:

SKÁLA, Jakub. SSDs and their use in long-term data storage. Hradec Králové: Faculty of Arts, University of Hradec Králové, 2019, 59 pages. Bachelor thesis.

The bachelor thesis is divided into two parts - theoretical and practical part

The theoretical part introduces the theoretical side about hard drives type SSDs, their description, features and types. In present time, the increasingly used technology of hard disk drives for data storage, which is technically different and has very positive characteristics over the long-term used traditional HDD.

And in the practical part we will focus on their use in long-term or short-term data storage or use as disks for data backup or database management.

Furthermore, compared to conventional hard drives to clarify whether SSDs really make sense or not in individual applications in archives. Comparative charts or comparisons of different data and information will be presented for this section. Language: Czech

Keywords:

Data in archive, SSD, long-term data storage, data storage, SSD hard disk, SSD archive

PODĚKOVÁNÍ

Je mojí milou povinností zde poděkovat vedoucímu bakalářské práce doc. RNDr. Štěpánovi Hubálovskému, Ph.D. za jeho vstřícnost, flexibilitu a ochotu. Velké díky patří také PhDr. Jaroslavu Šulcovi, řediteli Státního oblastního archivu Praha-západ se sídlem v Dobřichovicích, za poskytnuté informace v oblasti archivnictví v praxi a detailnějším seznámením s technologiemi archivu, které mě nejen inspirovalo k tématu a obsahu této bakalářské práce, ale velmi mi pomohlo rozvinout si vzdělání v této oblasti a získat hodně informací pro zpracování této bakalářské práce.

V neposlední řadě patří mé díky mým blízkým, kteří při mně stáli a podporovali mě po dobu celého mého studia na Univerzitě Hradec Králové.

Obsah

1 Úvod.....	8
Teoretická část.....	9
2. Historie ukládání dat.....	9
2.1 Současnost ukládání dat.....	20
2.1.1 Kompaktní disk.....	21
2.1.2 DVD a Blu-ray.....	22
2.1.3 Jednotka pevného disku HDD	23
2.1.4 SSD	25
Praktická část	29
3 SSD disky a jejich užití v dlouhodobém uchovávání dat	29
3.1 Selhání SSD	32
3.2 Porovnání SSD a HDD	34
3.3 Uchování dat SSD.....	36
3.4 Jak dlouho pevné disky skutečně vydrží? Znamé studie	40
3.5 Shrnutí výhod a nevýhod SSD.....	43
3.6 Shrnutí.....	44
4 Závěr.....	48
5 Seznam zdrojů	49
5.1 Literatura.....	49
5.2 Online zdroje.....	51
5.3 Seznám obrázků:.....	56
5.4 Seznam tabulek	56

1 Úvod

V současnosti se klade poměrně velký důraz nejen na zálohování, ale také na ukládání dat. Avšak lidé nevědí, jakými způsoby lze data ukládat. Mnoho lidí věří, že ukládání dat na externí disk jim stačí, ale tato pojistka v podobě fyzického disku, který nebyl nijak jinak zajištěn, selhala také. Může jít jen o obyčejné opotřebení disku, které může způsobit ztrátu dat. Nemluvě o krádeži, fyzickému pádu, bezpečnostním incidentu nebo požáru. Toto vše nás může připravit o části našich vzpomínek, nebo ve společnostech o podstatná či kritická data. Je důležité si uvědomit, co pro nás jednotlivá data znamenají, a podle toho je i ochránit.

Ve větších společnostech je už situace o něco lepší, než v malých podnicích a u domácích uživatelů. Ve velkých organizacích se vytvářejí zálohovací strategie, které by měly zachovat jejich data v bezpečí a zároveň v případě potřeby mít možnost jejich celek obnovit. Malé organizace mají povědomí o této problematice, ale není zde tak velký trend ve strategii zálohování. Zálohování však nemusí být náročný proces, který vyžaduje velké množství finančních zdrojů, jak to bývalo za dob děrných štítků a pásků. Díky novodobým technologiím to může být jednoduchý, automatizovaný proces, který může zachránit data, jejichž znovunabytí by jinak stálo mnohem více.

Práce je rozdělená na teoretickou a praktickou část. V první části práce se autor zaměřuje na historii ukládání dat. Kapitoly jdou postupně, od první možnosti ukládání dat, až po dnešní SSD a HDD. Největší důraz v práci je kladen na SSD a HDD, a to z důvodu, že právě s těmito možnostmi ukládání dat pracuji i v druhé části své práce. Druhá část práce se zaměřuje již na dlouhodobé ukládání dat na SSD jednotku. Každá kapitola se od začátku, až do konce, zaměřuje na něco jiného. V druhé části jsou k dokazování i různé výzkumy tak, aby pomohly najít jasnější odpověď na otázku: *Mají SSD disky smysl pro dlouhodobé ukládání dat?*

Cílem praktické části je přijít na zjištění, zda mají SSD disky smysl pro dlouhodobé ukládání dat. Ať už při zápisu 1 GB denně, nebo 10 GB denně a více. Například – jak dlouho by daný disk při denních zápisech vydržel v horizontu měsíců a let. A dále, zda mají smysl oproti pevným klasickým diskům HDD, z hlediska dlouhodobého skladování dat (desítky let).

Teoretická část

2. Historie ukládání dat

Od pravěku hledali lidé způsob, jakým uchovat informace. Dokud informací nebylo mnoho, vystačili si s ústním podáním. Tento typ však nebyl vyhovující, protože často docházelo k pozměnění obsahu informace. Proto se snažili najít způsob, jakým co nejpřesněji zobrazit skutečnost. První formou zápisu informací se staly nástěnné malby, na jeskynních stěnách. Vývoj společnosti však později vyžadoval zapsání abstraktních pojmů, jako je Bůh, nebezpečí atd., což pomocí maleb nebylo možné¹.

Pokud se podíváte na jeskynní malbu, nevíte, co tím chtěl autor říci. Jestli chtěl naznačit velikost stáda, nebo si chtěl jen vyzdobit jeskyni. Tento problém částečně odpadl, když začala vznikat první písmena. Tím se výrazně zkrátil a upřesnil zápis, ale na druhé straně se na dekódování takové informace vyžadovala minimální gramotnost, což byl, až na několik zasvěcených, velký problém². Psalo se na kameny, hliněné desky a papyrus, a špelo to k tomu, že se stejné množství informací časem vešlo na menší a menší "médium".

Hlavním parametrem, podle kterého se vývoj řídil, bylo soustředit co nejvíce informací na co nejmenší prostor. Trvalo mnoho staletí, než se podařilo soustředit velké množství informací na malé médium, jako je například kniha. V 20. století se však už stalo standardem a nutností umět číst, psát a počítat (pro většinu civilizace). Informace v psané podobě se staly přístupné pro většinu civilizace, a protože jich bylo stále víc a víc, stávalo se bádání v archivech čím dál více komplikovanější³. S nástupem počítačů se začal hledat způsob, jak si přístup k hledaným textům usnadnit, právě pomocí počítačů. Což se podařilo. Písmo se začalo kódovat ve dvojkové soustavě, v níž dokázal počítač s informacemi pracovat. Ve světě, co se týče ukládání dat, došlo k četným průlomům, které nikam nevedly. Formáty ukládání dat přicházeli a odcházeli, ale jedním konzistentním faktorem je Moorův zákon.

Tento zákon je známý svým pozorováním. Díky tomuto zákonu bylo zjištěno, že v průběhu historie výpočetní techniky se technologie zmenšuje a výkon se zdvojnásobuje

¹ FREED, Les. The history of computers. Emerville (California): Ziff-DavisPress. 1995. s. 13.

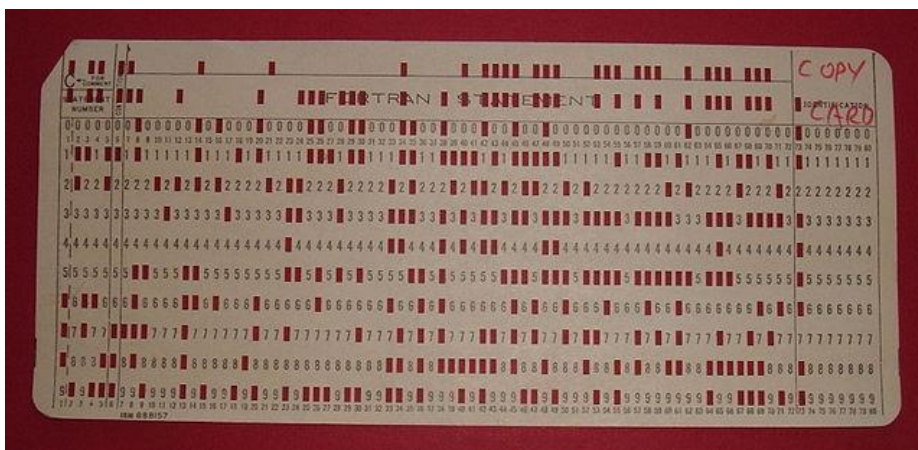
²FOLTA, J. Vývoj výpočetní techniky. 1. vyd., 2005, s. 45.

³ HORÁK, Jaroslav. Hardware: učebnice pro pokročilé. Vyd. 2., 2004, s. 82.

a to přibližně každé dva roky. Původní znění tohoto zákona je následující: „Počet tranzistorů, které mohou být umístěny na integrovaný obvod, se při zachování stejné ceny zhruba každých 18 měsíců zdvojnásobí.“⁴

I když se dostáváme do fáze, která se blíží k Moorůvu zákonu, nemusíme nutně zdvojnásobit výpočetní výkon téměř tak rychle, jak to bylo před deseti nebo dvěma lety. V dnešní době už tento teoretický zákon není tak úplně platný. Protože přibližně každých 18 až 24 měsíců se již nezdvoujnásobuje výkon. A tím hlavním důvodem je, že nyní výroba a technologie naráží na fyzikální limity, kdy není fyzicky možné zdvojnásobit předchozí technologii tak, jak tomu bylo desítky let. Buď je to velmi náročné, nebo se minimálně finančně vyplatí. Technologicky to tedy zřejmě možné bude, ale z komerčního hlediska se to vůbec nevyplatí a bylo by to velmi nákladné. Jako nejstarší médium pro uchování dat se dají jednoznačně označit děrné štítky a děrné pásy.

Děrované karty - i tak se říká děrným štítkům. Děrné štítky jsou papírové kartičky se základním vzorem mřížky⁵. Podle tohoto vzoru jsou specifické šterbiny „děrovány“, což umožňuje snadné skenování (počítačem nebo čtečkou karet) pro projekty a úkoly, které jsou náročné na data.



Obrázek 1 Děrný štítek, zdroj:⁶

⁴TAYLOR, Jim, Mark R. JOHNSON a Charles G. CRAWFORD. Velký průvodce DVD: jedinečný zdroj všech dostupných informací o DVD na profesionální úrovni, 2007, s. 55.

⁵DATA RECOVERY GROUP. Data storage history and future. Data Recovery Group [online]. 2011 [cit. 2019]. Dostupné z: <http://www.datarecoverygroup.com/articles/data-storage-history-and-future>

⁶File:IBM1130CopyCard.agr.jpg - Tarjeta perforada, Wikipedia, la enciclopedia libre [online]. Dostupné z: https://es.wikipedia.org/wiki/IBM_1130#/media/Archivo:IBM1130CopyCard.agr.jpg

První myšlenka o děrném štítku vznikla v roce 1700 a s touto myšlenkou přišli Jean – Baptise Falcon a Basile Buchon.

Tato myšlenka u nich vznikla z důvodu řízení textilního stavu v 18. století ve Francii⁷. Historie pokračovala dále a potomek Němců – emigrantů Herman Hollerith po studiích na univerzitě (Columbia University) nastoupil v roce 1879 jako asistent do amerického úřadu pro sčítání lidu. Census se v USA konal každých deset let. Hollerith asistoval při sčítání údajů z roku 1880⁸. Úmorná a chybová práce (zpracování výsledků sčítání trvalo i deset let) přímo volala po mechanizaci⁹.

Herman Hollerith dostal podnět k vytvoření systému, který by umožnil rychlejší a levnější zpracování získaných dat. Nejdříve dělal pokusy s papírovou páskou, ale zanedlouho předsedal na děrné štítky, které se využívaly při tkaní na vytváření vzorů (použití děrných štítků pro řízení tkalcovských stavů se pojí se jmény francouzských tkalců Falcon, Vaucanson, Jacquard v 18. století). Tak se stalo, že zařízení určené v konečném důsledku pro vrtochy módy, bylo základem pro počítačový průmysl. Děrné štítky přesných rozměrů se seříznutým rohem panovaly celá století¹⁰.

Systém měl zjednodušit manuální zpracování anketních odpovědí. V roce 1884 Hollerithovi udělili první patent na elektronický systém třídění kódovaných dat, který využíval soustavu kulatých otvorů na štítku z nevodivého materiálu. Štítek měl 45 sloupců¹¹. Svůj systém si Hollerith ověřil v roce 1887 při zpracování statistik mortality v Baltimore a v dalších amerických velkoměstech. V roce 1889 získal další patenty a rok nato zvítězil v konkurzu na zpracování výsledků sčítání obyvatelstva USA.

Nový systém byl opravdu nezbytný, protože hrozilo, že výsledky sčítání z roku 1890 nebudou zpracovány do dalšího sčítání obyvatel (v roce 1900)¹².

⁷BRADÁČ, Richard. Zálohování a obnova dat – část 2. Technická příloha časopisu LOGIN. 2009, 4., č.1. str. 1

⁸HOBZA, Otakar. EMag [online]. 10.7.2007 [cit. 2019-08-04]. EMag. Dostupné z WWW: <http://www.emag.cz/pametova-media-derne-stitky/>

⁹EHLEMAN, Jan. Stroje na děrné štítky. Praha: Práce, 1967, s. 5.

¹⁰COMPUTER HOPE. Punch card. Computer Hope [online]. 2017 [cit. 2019]. Dostupné z: <http://www.computerhope.com/jargon/p/punccard.htm>

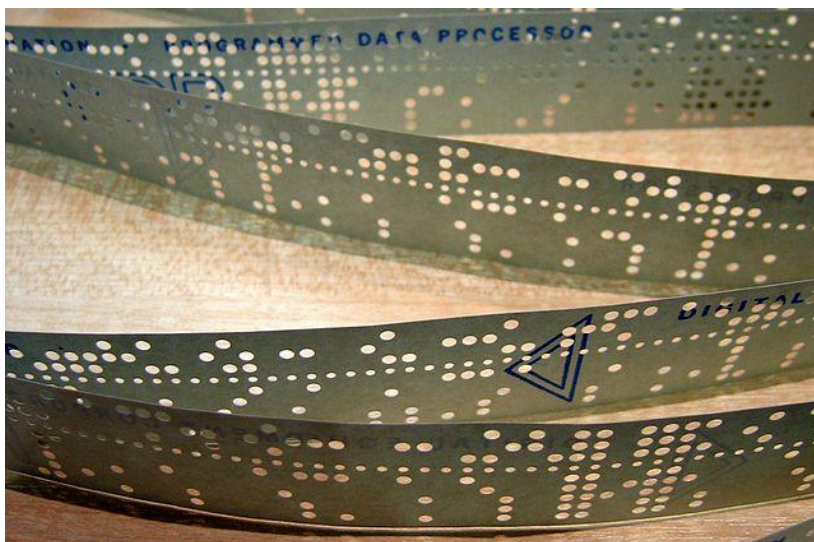
¹¹EHLEMAN, J., Mechanizace administrativy stroji na děrné štítky, 1963, s. 5.

¹²KOLÁČEK, Michal. OXY Online s.r.o [online]. 01.8.2008 [cit. 2019-08-04]. Svět Hardware. Dostupné z WWW: http://www.svethardware.cz/art_doc-1353E9CA90DE55D4C125748A00258FD4.html?lotus=1&Highlight=0,historie,a,sou%C4%8Dasnost,datov%C3%BDch,%C3%BAlo%C5%BEi%C5%A1%C5%A5.. ISSN 1213-0818.

Hollerithovy stroje zázračně zredukovaly desetileté zpracování anketních dotazníků na tři měsíce (různé zdroje uvádějí různá čísla od šesti týdnů po tři roky), přestože se množství ruční práce zachovalo. Daňovým poplatníkům ušetřily 5 milionů dolarů a Hollerithovi vynesly i doktorský titul na Columbia University. Děrovací a třídící stroje byly použity při sčítání i v Rusku, Rakousku, Kanadě, Francii, Norsku, Portoriku, na Kubě a Filipínách a opět v USA v roce 1900.

Hollerithova firma Tabulating Machine Company (1896) se v roce 1911 sloučila s několika podobnými a takto vzniklá společnost Computing-Tabulating-Recording Company (CTR) která změnila v roce 1924 název na International Business Machines Corporation (IBM).

Děrné štítky znamenaly vylepšení v technologii až do poloviny 60. let, než začaly být vyřazovány moderními počítači, které byly levnější, rychlejší a ekonomičtější, než bylo využití technologie děrných pásků. Zatímco v 70. letech byly téměř úplně vyřazovány, děrné štítky byly stále používány pro celou řadu úkolů, včetně záznamníků dat pro hlasovací automaty¹³. Jedno z posledních významných využití děrných štítků bylo v roce 2000, (volby prezidenta USA, soupeři George W. Bush a Al Gore) pro spory ohledně výsledků, které vznikly z nepřesného vyznačování děr na štítcích.



Obrázek 2 Punched card paper, zdroj:¹⁴

¹³EHLEMAN, Jan. *Mechanizace administrativy stroji na děrné štítky*. Praha: Práce, 1963, s. 8.

¹⁴ Fil: Papertape3.jpg - Wikipedia, den frie encyklopædi. [online]. Dostupné z: <https://da.m.wikipedia.org/wiki/Fil: Papertape3.jpg>

Od děrných pásků a děrných štítků se přesouváme do roku 1946, kde je možné najít další historii ukládání dat – Selectronová trubka.

Pokud jde o skladování dat pomocí trubek, byli zde pouze dva hlavní hráči: Williams-Kilburn a Selectron. Oba stroje byly známy jako paměť s náhodným přístupem a pro ukládání dat používaly elektrostatické zobrazovací trubice¹⁵.

Tyto dvě technologie se mírně lišily, ale nejjednodušší implementace použila to, co bylo známo jako koncept držáku paprsku. Přídržný paprsek používá tři elektronové zbraně (pro psaní, čtení a udržování vzoru), aby se vytvořily jemné odchylky napětí, ve kterých se uloží obraz (nikoli fotografie)¹⁶. Pro přečtení dat použili operátoři čtecí pistoli, která snímala skladovací prostor a hledala odchylky v nastaveném napětí. Tyto změny napětí jsou způsob, jakým byla zpráva dešifrována.

První z těchto trubek byla Selectronova trubka, která byla poprvé vyvinuta v roce 1946 společností Radio Corporation of America (RCA) a měla počáteční plánovaný výrobní cyklus 200 kusů¹⁷.

Problémy s touto první sérií vedly ke zpoždění v roce 1948. Zatímco RCA ještě neměla životaschopný produkt, který by prodal svému primárnímu zákazníkovi¹⁸, Von Neumann zamýšlel použít Selectronovu trubku pro svůj IAS počítač, který byl prvním plně elektronickým počítačem postaveným v Institutu pro pokročilé studium v Princetonu v New Jersey. Primární pro von Neumanna byl výběr RCA trubky spíše než Williams-Kilburn modelu, který kvůli originálu Selectron měl paměť na ukládání 4096 bitů oproti Williams-Kilburn a jeho 1024bitové kapacitě¹⁹.

Nakonec John von Neumann přešel k Williams-Kilburn modelu pro svůj IAS počítač po četných výrobních problémech, což přimělo RCA vzdát se 4096bitové koncepce a místo toho přejít k poněkud neuspokojivé 256bitové verzi.

¹⁵Metropolis N, Rajchman, JA (1980) Early Research on Computers at RCA A History of Computing in the Twentieth Century pp 465.

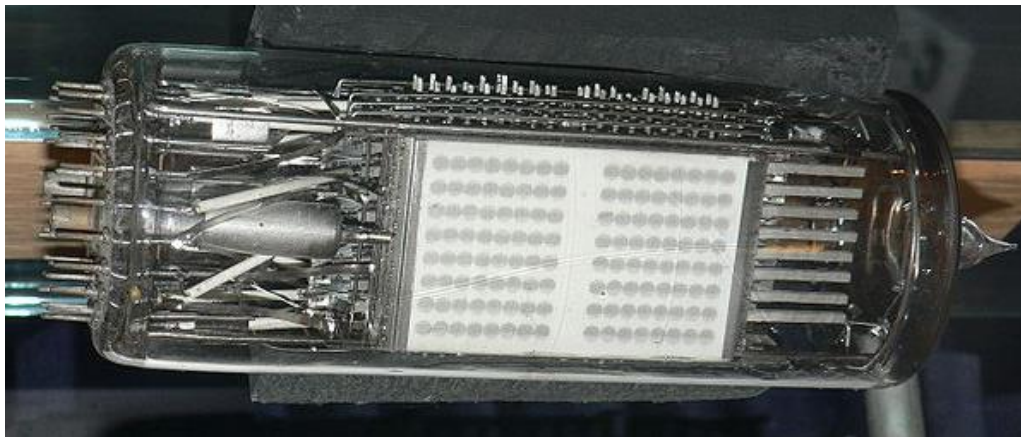
¹⁶ Tamtéž, s. 466.

¹⁷Knoll, Max; Kazan, B. (1952). Storage Tubes and Their Basic Principles, s. 1.

¹⁸Eckert Jr., J. Presper (1953). "A Survey of Digital Computer Memory Systems", s. 19.

¹⁹ Tamtéž, s. 18.

I když je tento princip stále používán v řadě strojů souvisejících s IAS, technologie byla nakonec opuštěna v 50. letech, protože paměť magnetického jádra se stala populárnější a levnější²⁰.



Obrázek 3 Selectron Tube, zdroj:²¹

Další vývoj v oblasti ukládání dat na 10 let stagnoval. Po 10 letech bylo možné nalézt již „paměť magnetického jádra“, tato paměť se snažila nahradit technologií děrných pásků a děrných štítků²².

Paměť magnetického jádra, často označovaná jako „jádrová“ paměť, se stala zlatým standardem technologie pro ukládání dat a během této éry se stala dominantní technologií v oblasti výpočetní techniky, která byla používána přibližně 20 let, zejména společností IBM²³.

Paměť jádra používá magnety, aby vytvořila mřížku s každým průsečíkem osy X a Y, která je nezávislým místem odpovědným za ukládání informací. Po připojení k elektrickému proudu se tyto mřížkované sekce otočí ve směru hodinových ručiček, nebo proti směru hodinových ručiček, aby se uložila hodnota 0 nebo 1²⁴.

²⁰ Tamtéž, s. 21.

²¹ Teknik Informatika: Perkembangan Storage Device . Teknik Informatika [online]. Dostupné z: <http://blacky575.blogspot.com/2015/11/perkembangan-storage-device.html>

²² Evans, Christopher (1983). "Jay W. Forrester Interview". *Annals of the History of Computing*. vol 5 (3): 297.

²³ IBM. Icons of Progress: Magnetic Tape Storage. IBM100 [online]. 2011 [cit. 2019]. Dostupné z: <http://www-03.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/tapestorage/>

²⁴ COMPUTER HOPE. Hard drive. Computer Hope [online]. 2017 [cit. 2019]. Dostupné z: <http://www.computerhope.com/jargon/h/harddriv.htm>

Pro čtení dat proces pracuje opačně, a pokud je umístění sítě nedotčeno, bit se přečte jako 0, pokud se mřížka přesune na opačnou polaritu, je čtena jako 1²⁵.

Jádro bylo prvním populárním typem paměti dostupným ve spotřebitelských zařízeních, která používají technologii náhodného přístupu, kterou nyní známe jako RAM. Technologie umožnila uživateli přistupovat k libovolnému paměťovému místu ve stejném čase²⁶. Tato technologie později pokročilá zavedením polovodičové paměti, která vedla k RAM čipům, používáme v našich zařízeních dnes.

Paměť magnetického jádra byla poprvé patentována v roce 1947 amatérským vynálezcem Frederickem Viehem. Další patenty podané fyzikem An Wangem (1949), RCA Jan Rajchman (1950) a MIT's Jay Forrester (1951) pro podobnou technologii jsou vody trochu zakalené, když se snaží zjistit, kdo byl skutečný vynálezce. Všechny patenty byly poněkud odlišné, ale každý byl podán během několika let.

V roce 1964, po letech legálních bitev, IBM zaplatila 13 milionů USD za práva na užívání patentu Forrester z roku 1951. V té době to bylo dosud největší případ související s patenty²⁷.

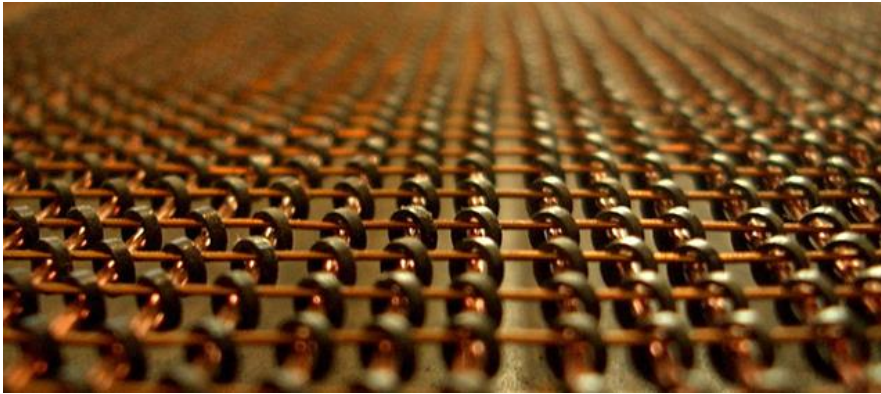
Paměť magnetického jádra reprezentuje jeden bit informací v každém jádru. Jádra byla pak magnetizována buď ve směru hodinových ručiček nebo proti směru hodinových ručiček. Což umožnilo, aby každý bit byl uložen nezávisle uspořádáním vodičů kolem desky způsobem, který dovolil jádru, aby bylo nastaveno buď na "jedna", nebo "nula" v závislosti na magnetické polaritě²⁸. Když byl změněn elektrický proud napájející desky, bylo možné změnit způsob, jakým byly uloženy a načteny číslice 1 a 0.

²⁵Bashe, Charles J.; Johnson, Lyle R.; Palmer, John H. (1986). *IBM's Early Computers*. Cambridge, MA: MIT Press. s. 268.

²⁶Pugh, Emerson W.; Johnson, Lyle R.; Palmer, John H. (1991). *IBM's 360 and Early 370 Systems*. US: MIT Press. s. 32.

²⁷HORÁK, J. Hardware: učebnice pro pokročilé. 4.vyd. Brno, Computer Press, 2007, s. 120.

²⁸DEMBOWSKI, K. Mistrovství v hardware. 1.vyd. Brno, Computer Press, 2009, s. 45.



Obrázek 4 Paměť magnetického jádra, zdroj:²⁹

Zatímco tato technologie v 70. letech většinou vymřela, přinesla základy moderních výpočetních řešení a řešení s náhodným přístupem – konkrétně řešení vnitřní paměti. Vnitřní paměť je myšlená další technologií na ukládání dat „kompaktní kazeta“³⁰. Kompaktní kazeta používá magnetickou pásku omotanou kolem dvou cívek, které jsou chráněny uvnitř tvrdé plastové nádoby. Když se tyto cívky točí, specializované zapisovače zapisují data manipulací s magnetickou polarizací do trojúhelníkových, nebo kruhových vzorů na povrchu pásky. Při přehrávání pomocí magnetofonu dvě hlavy posouvající pásku standardní rychlostí (1,875 palce za sekundu) elektromagnet začal načítat variace v páskových datech, aby vytvořil zvuk³¹.

Podobně jako paměť s magnetickým jádrem, je kompaktní kazeta také magnetizovaným úložným řešením. Avšak kromě toho, že jsou oba magnetické, liší se téměř všemi možnými způsoby³².

Kompaktní kazeta například nevyužívá technologii paměti s náhodným přístupem. Místo toho kompaktní kazety – nebo jen kazety, jak jsou obecně známy, využívají sekvenční paměť. To znamená, že informace jsou uloženy v pořadí za sebou a přístup k jednotlivým kusům paměti trvá déle v závislosti na tom, kde jsou umístěny na pásce³³.

Kompaktní kazeta vylepšila další technologii – magnetickou pásku, která byla použita v 50. letech 20. století pro záznam zvuku a filmu (založená na technologii papírové pásky)

²⁹Memory & Storage – How To Speak Machine. How To Speak Machine – by John Maeda [online]. Dostupné z: <https://howtospeakmachine.com/2018/11/23/memory-storage/>

³⁰ KUCHAR, M. a kol. Bible hardware. 1.vyd. Brno, Extra Publishing, 2008, s. 84.

³¹ Tamtéž, s. 86.

³² Tamtéž, s. 88.

³³ DEMBOWSKI, K. Mistrovství v hardware. 1.vyd. Brno, Computer Press, 2009, s. 60.

a v některých případech se stále používá pro záznam zvuku nebo filmu. Hlavní vylepšení magnetické pásky je v tom, že významně snížila velikost, což usnadňuje přenosnost a životaschopnost spotřebních zařízení.



Obrázek 5 Kompaktní kazeta, zdroj:³⁴

Zatímco první kompaktní zvuková kazeta byla představena Phillipsem v roce 1963. V roce 1979, kdy společnost Sony představila Walkman, se formát zvýšil na obrovskou popularitu a zůstal tam déle než deset let, než se začalo objevovat CD, tedy až do poloviny 90. let³⁵.

Je důležité si uvědomit, že technologie reprezentovaná magnetickou páskou, a to zejména kazeta, byla také zodpovědná za další paměťové médium, které začalo v tomto časovém rámci získávat široké přijetí ze strany spotřebitelů – kazeta VHS³⁶. Zatímco magnetická páska nebo kazety se používají pouze ve specializovaných aplikacích, vydláždily cestu pro přenosnější, rychlejší a kvalitnější média pro ukládání dat. Z kompaktních kazet se přesouváme, ale ne moc daleko, k disketám do 60. let.

³⁴Des cartes perforées aux hologrammes - Un bref historique du stockage de données - tipsandtrics.com. Tips and TriCs - tipsandtrics.com [online]. Copyright © [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://fr.tipsandtrics.com/from-punch-cards-holograms-short-history-data-storage-767807>

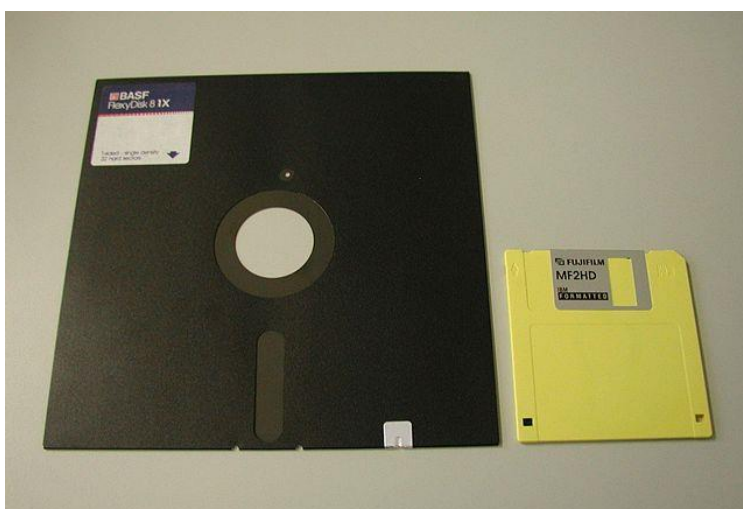
³⁵David Morton, Sound recording: the life story of a technology. Greenwood Publishing Group, 2004, s.161.

³⁶John Shepherd, Continuum encyclopedia of popular music of the world. Continuum International Publishing Group, 2003, s.506

Podobně jako kazetová páska, používá disketa pro zaznamenávání dat povrchovou manipulaci s vnitřním magnetickým diskem³⁷. Když je umístěn do diskové jednotky, elektromagnet hledá změny na povrchu disku, aby získal informace obsažené v disku.

První diskety byly přesně takové, jak napovídá jejich jméno, disketa. Samotný disk byl kusem tenkého a ohebného plastu navrženého tak, aby uvnitř držel magnetický materiál³⁸. Zpočátku byly tyto disky 8palcové, než byly navržené 5 ¼ palcové verze, a pak oba ustoupily mnohem menší tvrdé plastové 3 ½ palcové disketě³⁹.

Nejstarší verze technologie se začala objevovat na konci šedesátých let a poté, co se začátkem 70. let stala počítačovou oporou. Diskety se spoléhaly na FDD (disketová jednotka), aby mohly číst data uložená na magnetickém vnitřním disku. Po více než dvě desetiletí byla disketa používána jako primární úložné zařízení pro osobní počítače, do kterého šlo i zapisovat⁴⁰.



Obrázek 6 Disketa, zdroj:⁴¹

³⁷ COMPUTER HOPE. Floppydisk. Computer Hope [online]. 2017 [cit. 2019]. Dostupné z: <https://www.computerhope.com/jargon/f/floppydi.htm>

³⁸Englisch, Lothar; Szczepanowski, Norbert (1984). The Anatomy of the 1541 Disk Drive. Grand Rapids, Michigan, USA, Abacus Software (translated from the original 1983 German edition, Düsseldorf, Data Becker GmbH).

³⁹KOLÁČEK, Michal. Historie a současnost datových úložišť. Svět hardware [online]. [cit. 2019-08-04]. Dostupná z WWW: <http://www.svethardware.cz/historie-a-soucasnost-datovych-ulozist/23935>

⁴⁰ MESSMER, Hans-Peter; DEMBOWSKI, Klaus. Velká kniha hardware. Brno: CP Books, 2005, s. 868 – 891.

⁴¹ Informační nosič disket. Informační kapacita diskety. Play-Azlab.com - užitečný článek o všem [online]. Copyright © Copyright [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://cs.play-azlab.com/komputery/58286-informacionny-nositel-disketa-informacionnaya-vmkost-diskety.html>

Zatímco omezení této technologie začalo být zřejmé na počátku 90. let, diskety byly stále široce používány ve spojení s kompaktními diskovými jednotkami k poskytování další vrstvy podpory v případech, kdy byly vyžadovány zálohy nebo ukládání dat. I když na trh vstupovala technologie CD a technologie přemostění jako je ZIP mechanika, byla poměrně běžná technologie pro zápis na CD, která byla pro spotřebitele ještě několik let volná (a docela drahá)⁴².

To vedlo k tomu, že osobní počítače byly stavěny a dodávány s disketovými jednotkami. V roce 1988 Apple představil iMac, což byl první komerční úspěch na trhu osobních počítačů, který nezahrnoval disketovou jednotku. Navzdory úspěchu iMac se disketová jednotka z osobních počítačů spotřebitelů až do roku 2002 úplně neztratila. Jako poslední z historie ukládání dat bych rad představil Laserdisc z roku 1978.



Obrázek 7 LaserDisc, zdroj:⁴³

Ačkoli to vypadá podobně jako DVD nebo CD (i když o něco větší), LaserDisc (LD) byl ve skutečnosti docela odlišný. LD uložil zvuk a video do jam a přístál (držáky) na povrchu disku prostřednictvím procesu zvaného modifikace šířky pulsu. Přehrávání bylo

⁴²TIŠNOVSKÝ P. Magnetické paměti pro trvalý záznam dat. Root [online]. 2008 [cit. 2019-08-04]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/magneticke-pameti-pro-trvaly-zaznam-dat/>

⁴³Fil:LDDVDComparison-mod.png - Wikipedia, den frie encyklopædi. [online]. Dostupné z: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ab/LDDVDComparison-mod.png>

provedeno pomocí LD přehrávače pomocí laserové trubice helium – neon, ve které byly načteny a dekodovány uložené informace⁴⁴.

LaserDisc byl krátko-trvajícím formát, který nikdy nebyl lidmi tak dobře přijat, vlastně skoro vůbec. Je to však důležité zahrnutí kvůli základům, které byly položeny pro populárnější formáty optických disků, jako jsou CD, DVD a později Blu-ray. Je však důležité si uvědomit, že LaserDisc, i když podobný výše uvedeným technologiím, nebyl digitální technologií. To však jistě nabízí analogový obraz a zvuk doposud kvalitní⁴⁵.

Samotný formát byl používán pouze pro ukládání zvuku a videa, ačkoli měl praktické aplikace, které by se mohly, pokud jsou využívány, rozšířit na výpočetní a jiná média pro ukládání dat. Zatímco videokazety VHS a Betamax ji v 80. letech trhaly kvůli podílu na trhu, LaserDisc se v roce 1978 tiše objevil bez větších fanfár⁴⁶.

Přestože LD byla poněkud těžkopádná, nabídla kvalitu zvuku a videa, která byla v té době bezkonkurenční. Byl to první formát svého druhu, který uživatelům umožnil pozastavit obrázky, nebo používat funkce zpomaleného pohybu bez znatelných ztrát v kvalitě videa. LaserDisc však nebyl bez vad. Jednou z hlavních nevýhod bylo, že každých 30 nebo 60 minut (v závislosti na typu disku) bylo nutné otočit masivní disk, časem se staly populární ještě dražší přehrávače, které otáčely optický snímač na druhou stranu disku. Kdyby nebyly přehrávače tak objemné a drahé, stejně jako náklady na samotný disk, LD by mohl být docela oblíbeným formátem pro ukládání zvuku a videa⁴⁷.

Formát získal mírné přijetí v Japonsku, neboť přibližně 10 procent všech japonských domácností vlastnilo LaserDisc (vyrovnal se 2 procentům v USA).

2.1 Současnost ukládání dat

Na začátek místo HDD by mělo být zmíněno o ukládání dat na kompaktní disk. HDD a SSD se ponechá až na konec, neboť to jsou důležité části v této práci. Na dnešním trhu je z čeho vybírat. Neboť na dnešním trhu se nabízí velká škála médií, která můžeme použít

⁴⁴ HORÁK, Jaroslav. Hardware: učebnice pro pokročilé. 4., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2007, s. 237 – 248.

⁴⁵ Jordan Isailovic, Videodisc and Optical Memory Systems. Vol. 1, Boston: Prentice Hall, 1984.

⁴⁶ Lenk, John D. Complete Guide to Laser/VideoDisc Player Troubleshooting and Repair. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1985.

⁴⁷ Jordan Isailovic, Videodisc and Optical Memory Systems. Vol. 1, Boston: Prentice Hall, 1984.

k dosažení co největší spokojenosti vzhledem k nárokům, která na záznamová média klademe.

2.1.1 Kompaktní disk

Jako na první ukládání dat v současnosti bude zaměřeno na CD. CD používá podobnou technologii jako LaserDisc, pouze v digitálním formátu. Podobně jako u LD jsou informace uloženy v jamkách uvnitř disku. Místo analogových dat jsou tato data zapsána v sérii jedniček a nul. Aby bylo možné číst data v jamkách disku, laser přečte kódovanou informaci změření velikosti a vzdálenosti mezi bity⁴⁸.

Termín „kompaktní disk“ (nebo CD) byl vytvořen společností Phillips, který spolupracoval se společností Sony na vytvoření formátu, který by mohl nakonec nahradit kazetovou pásku pro další generaci technologií ukládání a přehrávání zvuku v roce 1979. Formát se nakonec stal mezinárodním standardem v roce 1987, ačkoli spotřebitelské použití CD nebylo populární až do časných devadesátých let.

CD se nejdříve používalo jako zvukové úložiště a později bylo přizpůsobeno k ukládání dat (CD-ROM), stejně jako videí, obrázků nebo dokonce celých počítačových nebo konzolových her prostřednictvím široké škály typů disků. V polovině 90. let bylo CD nejoblíbenějším prostředkem pro ukládání dat na světě a do roku 2000 překonalo kazetovou pásku, jako nejpůvodnější způsob ukládání zvukových souborů.

Také je to jedna z prvních moderních technologií od té doby, co audiokazeta umožňovala uživatelům nejen přístup ke čtení, ale také možnost zapisovat na disk s relativně levnými a spotřebitelsky zaměřenými zapisovatelnými jednotkami.

I když se disky CD často nepoužívají pro ukládání dat, her nebo videí kvůli pokrokům v paměti flash, pevných discích a lepších optických formátů, jako jsou DVD a Blu-ray, CD je stále docela populární jako úložné řešení pro hudbu a je číslo dvě pro MP3, pokud jde o celkové využití pro tento účel⁴⁹.

⁴⁸ROUSE, Margaret. Compact Disc (CD). Tech Targer [online]. b.r. [cit. 2019]. Dostupné z: <https://whatis.techtarget.com/reference/Fast-Guide-to-CD-DVD>

⁴⁹TAYLOR, Jim, Mark R. JOHNSON a Charles G. CRAWFORD. Velký průvodce DVD: jedinečný zdroj všech dostupných informací o DVD na profesionální úrovni, 2007, s. 56.

2.1.2 DVD a Blu-ray

DVD a Blu-ray používají stejný druh technologie jako CD, přičemž významný rozdíl spočívá v množství úložného prostoru na disku⁵⁰. Kromě toho se metoda u obou disků liší, protože každá ze dvou technologií používá k načtení informací obsažených na disku jiný laser.

DVD, nebo digitální univerzální disk, je další optická technologie, podobně jako LaserDisc nebo CD. CD a DVD se sice liší svým vzhledem, ale liší se také velikostí úložného prostoru na každém z nich⁵¹.

Zatímco CD dokáže přijmout pouhých 700 MB dat, DVD na druhé straně může pojmout až 4,7 GB na standardním disku a 17,08 GB dat na dvouvrstevném oboustranném disku⁵².

DVD nebylo vyrobeno jako technologie, která by měla nahradit CD, nýbrž bylo vyrobeno, aby obsahovalo větší množství dat, kromě standardizovaného formátu pro video⁵³. CD bylo naopak představováno hlavně jako datové nebo zvukové paměťové médium. Oba tyto typy disků jsou schopné zpracovat zvuk, video a další typy ukládání dat, DVD je ve skutečnosti lepší volbou pro video díky adopci společností Phillips, Sony, Toshiba a Panasonic.

DVD se stále používá, ale jeho užitečnost pro ukládání dat byla odstraněna kvůli uložení typu flash, jako jsou vysokokapacitní SD karty nebo flash disky. Filmy jsou naproti tomu stále vyráběny na DVD, i když Blu-ray je současným standardem. DVD mají maximální rozlišení 480i, zatímco Blu-ray má křišťálově čistý 1080p, což v kombinaci s klesajícími náklady na Blu-ray přehrávače vedlo k novějšímu formátu⁵⁴. To znamená, že v roce 2019 se na DVD stále prodávají filmy na Blu-ray, což znamená, že DVD nejsou ještě úplně neoblíbené.

⁵⁰ Tamtéž, s. 61.

⁵¹ PECINOVSKÝ, Jan a Josef PECINOVSKÝ. Vypalujeme DVD na počítači. 2., aktualiz. vyd.2009, s. 10.

⁵² TAYLOR, Jim, Mark R. JOHNSON a Charles G. CRAWFORD. Velký průvodce DVD: jedinečný zdroj všech dostupných informací o DVD na profesionální úrovni, 2007, s. 62.

⁵³ PECINOVSKÝ, Jan a Josef PECINOVSKÝ. Vypalujeme DVD na počítači. 2., aktualiz. vyd.2009, s. 12.

⁵⁴ Tamtéž, s. 14.

2.1.3 Jednotka pevného disku HDD

HDD zaznamenává data na tenký feromagnetický materiál na povrchu rotujícího disku. Data se zapisují rychlou změnou sekvenčních binárních bitů na povrchu talíře. Data jsou pak čtena z disku detekováním těchto přechodů v povrchové magnetizaci ve formě jedniček a nul.⁵⁵



Obrázek 8 HDD, zdroj:⁵⁶

Jednotky HDD, které společnost IBM představila v roce 1956, začínaly, jako zařízení o velikosti pračky s menším úložným prostorem, než by odpovídalo třem 3,5palcovým disketám (3,75 megabajtů celkového úložiště vs. 4,32 megabajtů na třech disketách)⁵⁷. Netřeba dodávat, že to pro většinu praktických účelů nebyla skutečně schůdná možnost, a ve smyslu moderních výpočtů jsme HDD neviděli v počítačích pro spotřebitele až do konce 80. let. I když byla technologie na počátku 80. let dostatečně malá, aby se do moderních počítačů vešla, pro většinu spotřebitelů byly náklady stále příliš vysoké.

⁵⁵CHMIEL, Pavel. Pevný disk [online]. [cit. 2019-08-04]. Dostupné z: http://chmiel.chytry.cz/files/ovt_epo_ps/me/cast1_14_pmv_hdd.pdf

⁵⁶Fra stempelkort til hologrammer - En kort historie med datalagring - tipsandtrics.com. Tips and TriCs - tipsandtrics.com [online]. Copyright © [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://no.tipsandtrics.com/from-punch-cards-holograms-short-history-data-storage-767807>

⁵⁷ DATA RECOVERY GROUP. Data storage history and future. Data Recovery Group [online]. 2011 [cit. 2019]. Dostupné z: <http://www.datarecoverygroup.com/articles/data-storage-history-and-future>

O pár let později v roce 1973 Firma IBM spustila projekt „Winchester“, jehož cílem bylo vyvinout rotující paměťové zařízení v pevném obalu. Podle návrhu se při spuštění a zastavení zařízení měly čtecí a zapisovací hlavy položit na paměťový nosič. Pokud by se to podařilo, rapidně by se tím zkrátil čas načítání a zápisu dat.

V roce 1979 proběhlo první představení prvního 8-palcového disku vytvořeného podle projektu Winchester. Tento disk však byl příliš velký, těžký a drahý (5 MB úložného prostoru by dnes v přepočtu stálo více než 5 000 Kč); přesto však neustále stoupala poptávka po těchto discích. O rok později Firma Seagate Technology začala prodávat první 5,25palcový disk, vyrobený podle projektu. Disk nesl označení ST506 (měl kapacitu 6 megabajtů)⁵⁸. Jelikož tento disk měl zcela nové rozhraní pro propojení s počítačem, zanedlouho toto rozhraní přebrali i ostatní firmy a stalo se tak standardem v oblasti PC⁵⁹.

Ve stejnou dobu přišel na trh první počítač standardu PC od firmy IBM. Do té doby byly na trhu zastoupeny jen mikropočítače Apple. Jelikož nový pevný disk byl v porovnání s jeho předchůdci velmi kompaktní, poptávka zákazníků začala razantně stoupat. O šest let později se vytvořila a následně zavedla specifikace SCSI, jednoho z prvních standardizovaných protokolů pro rozhraní pevného disku.

Až v roce 1997 v praxi byla při výrobě pevného disku poprvé použita technologie gigantického magnetického odporu (anglický název je Giant Magnetoresistive Effect - GMR), čímž se radikálně zvýšila možná kapacita zařízení. Jedním z prvních pevných disků, které obsahovaly tuto technologii, byl IBM Deskstar 16G (listopad 1997) s kapacitou 16,8 GB. Od roku 2004 až do roku 2012 se postupně zvyšovala velikost pevného disku od kapacity 400 GB od firmy Hitachi až po velikost 4 TB od firmy Western Digital.

⁵⁸Vítek, Jan & Stránský, Petr. Funkčnost, rozhraní a technologie pevných disků. [online]. c2008. [cit. 2019-08-04]. Dostupný z WWW:

http://www.svethardware.cz/art_docD35E78C6C3B894FFC125727F005BE243.html

⁵⁹MINASI, Mark. Pevné disky od A do Z. Překlad Jana Valíčková. Praha: Grada, 1992, s. 58

Při popsání krátké historie SSD se chci alespoň krátce zaměřit na samostatnou jednotku HDD a na její fungování. Jednotka HDD samostatně pracuje pomocí plochého válcového zařízení, které vypadá podobně jako CD.

Zařízení nazývané „talíř“ uchovává zaznamenaná data zápisem na disk pomocí sekvenčních změn ve směru magnetizace, aby bylo možné ukládat data jako binární bity na tenkou vrstvu feromagnetického materiálu zakrývajícího vnější část talíře⁶⁰. Tyto bity jsou čteny otáčením talíře a čtením přechodů v magnetizaci, aby se vytvořil jasný obraz toho, co je uloženo na disku.

HDD jsou dalším příkladem paměti s náhodným přístupem, protože jsou schopny vyvolat data zapsaná kdekoli na proužku feromagnetického materiálu (na horní části talíře) v přibližně stejném čase bez ohledu na to, kde jsou umístěny⁶¹. V průběhu let se technologie zlepšila, což umožňovalo, aby se talíř otáčel rychleji, čímž se rychleji čte a zapisuje informace. Počáteční spotřebitelské disky nabízely rychlost 1 200 otáček za minutu, zatímco standardní rychlost na moderních pevných discích jsou obvykle 5 400 nebo 7 200 otáček za minutu. Jednotky pevných disků se mohou na nejvýkonnějších serverech točit až 15 000 otáček za minutu, i když je to stále poměrně vzácné.

Moderní disky se vzdalují od technologie založené na talířích ve prospěch paměti flash. Flash paměť nebo SSD jsou rychlejší, spolehlivější než tradiční HDD a spotřebovávají méně energie. HDD však stále dominují na trhu kvůli nižší cenové hladině⁶².

2.1.4 SSD

Jednotka SSD je dědicem zřejmým pro standardní HDD kvůli rychlejším časům čtení a zápisu, zlepšené spolehlivosti ale také je energeticky účinnější, díky absenci rotace talířů při 5400 nebo 7200 otáček za minutu. SSD je ve skutečnosti poměrně stará technologie, která má kořeny v dříve diskutované kapitole o paměti RAM a paměti

⁶⁰ Tamtéž, s. 60

⁶¹ COMPUTER HOPE. Floppy disk. Computer Hope [online]. 2017 [cit. 2019]. Dostupné z: <https://www.computerhope.com/jargon/f/floppydi.htm>

⁶² KAY, Russel. Flash Memory. Computer World [online]. 2010 [cit. 2019]. Dostupné z: <http://www.computerworld.com/article/2550624/data-center/flashmemory.html>

s magnetickým jádrem⁶³. Původně byly SSD založeny na RAM, což znamenalo, že pro provoz nepotřebovaly pohyblivé části jako HDD.

Jedinou významnou nevýhodou SSD založených na RAM však byla jeho nestálá povaha, která vyžadovala konstantní zdroje energie, aby se zabránilo ztrátě dat. Jednotky SSD, jak název napovídá, nemají pohyblivé části nebo rotující disky. Používají vzájemně propojené oblasti flash paměti, které jsou spravovány řadičem SSD, aby poskytovaly data rychlostí daleko nad rámec toho, co může HDD nabídnout.



Obrázek 9 MSATA SSD s vnějším krytem, zdroj:⁶⁴

Když se zaměřím na historii SSD tak bych se nejdříve chtěl věnovat SSD a RAM a podobné technologii. První polovodičové úložné zařízení kompatibilní s rozhraním pevného disku byl disk z roku 1978 StorageTek STC 4305.

S743 byla náhrada kompatibilní s konektorem pro jednotku pevného disku IBM 2305, původně používaná zařízení s nabíjením pro skladování, ale následně bylo ohlášeno, že je sedmkrát rychlejší než produkt IBM za přibližně poloviční cenu (9 279 Kč za kapacitu 45 MB). Později přešel na DRAM. Před SSD StorageTek bylo mnoho alternativ k HDD a jádru (např. DATARAM BULK Core, 1976), které se prodávaly jako alternativy HDD, ale tyto produkty obvykle měly jiná paměťová rozhraní a nebyly definovány jako SSD⁶⁵.

⁶³ PFEINER R. Vše, co jste chtěli vědět o SSD. Svět hardware [online]. 2010 [cit. 2019- 08-04]. Dostupné z: <http://www.svethardware.cz/vse-co-jste-chteli-vedet-o-ssd/26524>

⁶⁴ Solid-state drive Facts for Kids. Kids encyclopedia facts [online]. Copyright © 2019 Kiddle.co [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: https://kids.kiddle.co/Solid-state_drive

⁶⁵ Kerekes, Zsolt. StorageSearch.com. Charting the Rise of the Solid State Disk Market. [Online] 2014. <http://www.storagesearch.com/chartingtheriseofssds.html>

V tuto chvíli je ale potřeba se zaměřit také na SSD flash disky. Základ pro flash disky SSD je flash paměť, kterou vynalezl Fujio Masuoka v Toshiba v roce 1980 a komercializovala ji Toshiba v roce 1987. Zakladatelé SanDisk Corporation (poté SunDisk) Eli Harari a Sanjay Mehrotra, spolu s Robertem D.

Od počátku viděli potenciál flash paměti jako alternativy k pevnému disku, a proto v roce 1989 podali patent na flash disk SSD. První komerční flash disk SSD byl společností SunDisk dodán v roce 1991.

O pár let později v roce 1995 představila společnost M-Systems pevné disky SSD typu flash⁶⁶ jako náhrady HDD pro vojenský a kosmický průmysl, jakož i pro další kritické aplikace. Tyto aplikace vyžadují schopnost SSD odolat extrémním rozsahům nárazů, vibrací a teploty.

O 4 roky později společnost BiTMICRO vydala řadu oznámení o flash discích SSD včetně 3,5 GB SSD o velikosti 18 GB. V roce 2007 společnost Fusion-io oznámila novinku o pevném disku založeném na PCIe se 100 000 vstupními/výstupními operacemi za sekundu (IOPS) výkonu na jedné kartě s kapacitou až 320 gigabajtů⁶⁷. Historie ale dále pokračuje do roku 2009 kdy na veletrhu CeBIT společnost OCZ Technology předvedla 1terabajtový (TB) flash SSD pomocí rozhraní PCI Express x8. Čímž dosáhla maximální rychlosti zápisu 654 megabajtů za sekundu (MB/s) a maximální rychlosti čtení 712 MB/s. V roce 2016 společnost Seagate předvedla přenosové rychlosti 10 GB/S z 16pruhového PCIe SSD a také ukázala 60TB SSD ve formátu 3,5 palce. Společnost Samsung rovněž uvedla na trh SSD 15,36 TB s cenovkou 10 000 USD za použití rozhraní SAS, používajícího tvarový faktor 2,5 palce, ale s tloušťkou 3,5palcových disků. Toto bylo poprvé, kdy komerčně dostupný SSD měl větší kapacitu než největší v současnosti dostupný HDD⁶⁸.

⁶⁶Odagiri, Hiroyuki; Goto, Akira; Sunami, Atsushi; Nelson, Richard R. (2010). Práva k duševnímu vlastnictví, vývoj a dobytí: Mezinárodní srovnávací studie. str. 224

⁶⁷Wayback Machine [online]. Copyright ©B [cit. 04.08.2019]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20100509034736/http://www.fusionio.com/load/media-docsPress/fbdzz/Pressrelease_SANinhand.pdf

⁶⁸The Apollo guidance computer: Hardware. [book auth.] James G. Williams Allen Kent. Computers in Spaceflight: The NASA Experience. s.l. : NASA Contract NASW-37 14.

V roce 2018 uvedla společnost Samsung i Toshiba na trh 30,72 TB SSD s použitím stejného 2,5palcového tvarového faktoru, ale s tloušťkou 3,5 palce s rozhraním SAS. Společnost Nimbus Data oznámila a údajně dodala 100TB disky s rozhraním SATA, kapacita pevných disků by se neměla dosáhnout až do roku 2025.

Společnost Samsung představila SSD M.2 NVMe s rychlostmi čtení 3500 MB/s a zápisu rychlostí 3300 MB/s.⁶⁹

Ale i přes jejich výkonové výhody, které jsem uvedl, mají SSD ve srovnání s HDD pouze 10% podíl na trhu, a to z několika důvodů. V první řadě jsou pro spotřebitele drahé. Náklady pro HDD dnes činí v průměru kolem 112 Kč na GB, ve srovnání s 844 Kč pro SSD. Například 1TB interní HDD stojí kolem 927 Kč, zatímco srovnatelné SSD stojí kolem 5 500 Kč. Druhým důvodem je to, že SSD jsou nepředvídatelná malá zařízení, která se používáním opotřebují. Flash buňky nakonec dosáhnou stavu, ve kterém již nemohou dokončit operace zápisu⁷⁰.

Výrobci SSD vytvořili chytré řešení, včetně něčeho, co se nazývá sběr odpadu, aby se tento problém zmírnil, a prodejci SSD vám řeknou, že dnešní zařízení mají spolehlivost a životnost stejnou jako pevné disky. Ale vnímání přetrvává. Celkově se trendová linie pro SSD jistě ukazuje nahoru⁷¹. Co se týče spotřebitelů, výrobci začínají používat SSD jako standardní vybavení na svých stolních počítačích a laptotech. Výhodou rychlosti je, že SSD jsou žádaní v cloudových a podnikových scénářích, kde je výkon prvořadý. Gartner předpovídá, že do roku 2021 bude 50 % datových center používat polovodičová pole pro vysoce výkonné výpočty a velké zatížení dat, a to z dnešních méně než 10 %⁷².

⁶⁹ Battery-Powered Mass Storage System Offered. Waurzyniak, Patrick. s.l. : InfoWorld Media Group, Inc., 8 September 1986, s. 54

⁷⁰ Rent, Thomas M. storagereview.com. Origin of Solid State Drives. [Online] March 20, 2010. http://www.storagereview.com/origin_solid_state_drives

⁷¹ The Sharp PC-5000; a desktop computer in a portable package. Ahl., David H. s.l. : CREATIVE COMPUTING, Januray 1984, Vols. VOL. 10, NO. 1 s. 55

⁷² LYNN, Samara. PC Mag. RAID Levels Explained [online]. 2014 [cit. 2019]. Dostupné z: <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2370235,00.asp>

Praktická část

3 SSD disky a jejich užití v dlouhodobém uchování dat

Na internetu se dá najít mnoho diskuzí, ale také článků o dlouhodobém ukládání dat do SSD.

Když se na spotřebitelský trh poprvé dostala velkokapacitní paměť typu flash jako alternativa k běžným pevným diskům, největší starostí (kromě ceny) byla dlouhověkost. O té spotřebitelé měli docela dobrou představu u obecné spolehlivosti pevných disků, ale SSD byly stále něco jako divoká karta.

Jedním z největších problémů s úložištěm SSD je bezpochyby to, že se zařízení v průběhu času opotřebuje. Pokaždé, když jsou data zapsána do buňky NAND, je buňka mírně degradována. Při určitém opakovaném zápisu může buňka NAND nakonec selhat. S tím bylo řečeno, neexistuje všeobecný konsenzus o tom, kdy SSD pravděpodobně selže. Zkoumání reálné délky života úložiště SSD pomůže organizacím určit, kdy formát úložiště dává či nedává smysl⁷³.

Většina lidí by souhlasila s tím, že SSD jsou dostatečně spolehlivé pro běžné použití, ale občas se vyskytuje mnoho blogových příspěvků, které tvrdí, že dnešní SSD jsou mnohem odolnější než dokonce nejlepší HDD. Na druhou stranu se také vyskytuje mnoho odborných informací a zároveň se lze dočíst hned několika diskuzí i článků o tom, že lidé SSD nepoužijí, protože nemají dlouhou životnost. Z těchto důvodů lze pochopit, proč mají lidé různé názory na trvanlivost úložiště SSD. Koneckonců existují různé třídy disků s odlišnými vlastnostmi⁷⁴. Například disk s čipy typu SLC bude mít obvykle mnohem lepší životnost než disk s čipy typu QLC. Podobně způsob, jakým se disk používá, hraje velkou roli v jeho trvanlivosti. Aplikace náročné na zápis degradují SSD mnohem rychleji než aplikace, která provádí pouze příležitostné zápisy.

Prvním krokem při určování toho, jak dlouho SSD zařízení vydrží, je přijmout myšlenku, že počet cyklů programu / mazání, kterým je zařízení vystaveno, je to, co obvykle určuje,

⁷³Reliability of Solid-State Drives Based on NAND Flash Memory – IEEE Journals & Magazine. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © Copyright 2019 IEEE [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7998601>

⁷⁴SNIA | Advancing Storage and Information Technology [online]. Copyright © [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.snia.org/sites/default/files/SNIASSSI.SSDPerformance-APrimer2013.pdf>

jak dlouho disk vydrží. S ohledem na to výrobci poskytují několik metrik, které mohou pomoci předpovědět životnost jednotky. Přesto není možné s jistotou vědět, kdy disk selže.

Dva z důležitějších faktorů, které je třeba zkoumat, jsou celkové terabajty zapsané v průběhu času a jednotka zapisuje denně. Výrobce disku každému poskytne celkový počet terabajtů, u nichž se odhaduje, že budou zapsány v průběhu času. Například exemplární počítač, který je používán, nyní obsahuje 1 TB Western Digital SSD (WDS100T2BOA). Podle výrobce má disk hodnotu Terabytes Written (TBW) 500. To znamená, že po celou dobu životnosti disku údajně lze očekávat, že na něj lze napsat asi 500 TB. To nutně neznámá, že každá z buněk NAND na disku podporuje 500 cyklů programu / vymazání. Většina SSD obsahuje na disku další buňky NAND. Tyto další buňky mohou převzít buňky, které jsou silně opotřebované⁷⁵.

Hodnota zápisu za den je odhad založený na tom, jak jednotku člověk používá. Například pokud se budou zapisovat 2 TB dat denně na 1 TB jednotku, tak tím pádem se provádí asi dva zápisy jednotky denně. Pokud tedy tento konkrétní disk podporuje celkem 500 TBW a provádí se dva zápisy jednotky za den (DWPD) na jednotce 1 TB, celkem tedy přibližně 2 TB za den, lze očekávat, že bude trvat přibližně osm měsíců (500 TBW / 2 TB za den = 250 dní).

Podle několika autorů je důležité mít na paměti, že se jedná o odhad, nikoli o přesnou hodnotu. Jednak je trvanlivost buněk obvykle vyjádřena jako očekávaný rozsah. Očekává se, že například disk TLC s 3D NAND vydrží kdekoli od 1 500 do 3 000 zápisových cyklů. Dalším důvodem, proč by měla být vypočítaná životnost disku považována za hrubý odhad, je to, že disky se používají zřídka rovnoměrně. I při vyrovnávání opotřebení mohou na disku existovat některé oblasti, které jsou zapisovány častěji než jiné⁷⁶.

⁷⁵The life span of an SSD – how long does it last and what can be done to take care? | Computer Memory Blog – hints & tips, know-how, wiki, tutorials, troubleshooting, news, purchasing advices. Arbeitsspeicher (RAM) & SSD – Online vom Experten kaufen[online]. Copyright © CompuRAM GmbH 2012 [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.compuram.de/blog/en/the-life-span-of-a-ssd-how-long-does-it-last-and-what-can-be-done-to-take-care/>

⁷⁶SSD Lifespan: How Long Will Your SSD Work?. Enterprise Storage Forum: Data storage and storage networking news and trends.[online]. Dostupné z: <https://www.enterprisestorageforum.com/storage-hardware/ssd-lifespan.html>

Dalším faktorem, který je potřeba zvážit, je hodnocení průměrného času do selhání disku. Střední doba do selhání je hodnota poskytnutá výrobcem na základě výsledků vytrvalostního testování. Například jednotka Western Digital, která byla zmíněna o stránku dříve, má průměrný čas do selhání 1,75 milionu hodin.

Stojí za zmínku, že toto hodnocení neznamena, že průměrná délka života disku je 200 let (1 750 000 hodin). Místo toho je střední doba do selhání definována jako „*celkový počet hodin provozu všech zařízení vydělený počtem zařízení.*“⁷⁷

Střední doba do selhání zohledňuje celkový počet testovaných zařízení, počet hodin, které test trval a počet zařízení, která selhala. Neví se, jaká byla specifika pro testy Western Digital, ale tady je příklad, odkud mohla vycházet hodnota průměrného času do selhání 1,75 milionu hodin.

Předpokládejme na chvíli, že se společnost Western Digital rozhodla otestovat 17 500 SSD a že test trval 5 000 hodin (což je zhruba sedm měsíců). Předpokládejme také, že během tohoto testu selhalo 50 disků. Zde je, jak by matematika fungovala:

$$17\,500 \text{ jednotek} * 5\,000 \text{ hodin testování} / 50 \text{ poruch} = 1\,750\,000^{78}$$

Tento výpočet by poskytl průměrnou hodnotu doby do selhání 1,75 milionu hodin. Jak je možné vidět, hodnota Střední doba do selhání není přímým ukazatelem toho, jak dlouho by šlo očekávat, že SSD vydrží. Přesto jsou disky s vyšší střední dobou do selhání pravděpodobně spolehlivější, než disky s nižší hodnotou.

Nakonec neexistuje žádný vzorec, který můžeme použít k určení, jak dlouho SSD vydrží. I přesto by u disku hodnota TBW a Mean Time to Failure (MTTF) rating měla poskytnout představu o tom, co lze očekávat.

Myslím, že je na místě se zaměřit na jednotlivé vlastnosti SSD disků a na konci udělat souhrn výsledků a vyvodit z toho verdikt.

⁷⁷Jak maximalizovat životnost SSD? . Záchrana dat z disku, obnova dat – DATAHELP [online]. Copyright © 2019, Všechna práva vyhrazena. [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.datahelp.cz/clanky/jak-maximalizovat-zivotnost-ssd->

⁷⁸Jaká je životnost dnešních SSD disků v praxi? | ICT manažer. ICT manažer – Informace pro váš efektivnější byznys [online]. Copyright © [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <http://www.ictmanazer.cz/2014/06/jaka-je-zivotnost-dnesnich-ssd-disku-v-praxi/>

3.1 Selhání SSD

Jednotky SSD mají velmi odlišné režimy selhání než tradiční magnetické pevné disky. Kvůli jejich konstrukci, některé druhy selhání jsou nepoužitelné (motory nebo magnetické hlavy nemohou selhat, protože ani nejsou použity v SSD). Místo toho jsou možné jiné druhy selhání (například neúplné nebo neúspěšné zápisy v důsledku náhlého výpadku napájení mohou být problémem více, než u HDD a pokud dojde k selhání čipu, všechna data na něm budou ztracena). Celkově však statistiky ukazují, že SSD jsou obecně vysoce spolehlivé a často pokračují v práci daleko za očekávanou životností, než jak uvádí jejich výrobce⁷⁹.

Studie z roku 2016 o „milionech dnů řízení“ ve výrobě používaná SSD v průběhu šestiletého období uváděla, že „4–10%“ jejich SSD bylo nahrazeno ve čtyřletém období a bylo uzavřeno na základě roční míry selhání HDD zveřejněných v roce 2007, že SSD selhávají „výrazně nižší“ rychlostí než HDD; nicméně studie z roku 2016 o 71 940 HDD (26 milionů diskových dnů) vykazovala roční míru selhání srovnatelnou s hlášenou mírou SSD, to znamená, že HDD v průměru měly vypočítanou čtyřletou míru selhání 7,5% a nejnižší míru 1,6% . Studie SSD z roku 2016 dospěla k závěru, že ztráta lokalizovaných dat SSD v důsledku nečitelných bloků je mnohem větší problém než u HDD. Obsahovala také řadu „neočekávaných závěrů“.⁸⁰

- Ve skutečném světě jsou návrhy založené na MLC – považované za méně spolehlivé než návrhy SLC – často stejně spolehlivé jako SLC. (Zjištění uvádějí, že „SLC [není] obecně spolehlivější než MLC“.)
- Stáří zařízení, měřeno podle dnů používání, je hlavním faktorem spolehlivosti SSD, a ne množstvím načtených nebo zapsaných dat, která jsou měřena pomocí TBW nebo DWPD. Protože toto zjištění přetrvává i po kontrole předčasného selhání a dalších faktorů, je pravděpodobné, že faktory jako „stárnutí křemíku“ jsou příčinou tohoto trendu. Korelace je významná (kolem 0,2 - 0,4).

⁷⁹Obermaier, Z. Výkon SSD disku proti klasickým HDD v reálném provozu. [online]. c2009. [cit. 2019-08-28]. Dostupné z WWW: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/disky-cd-dvd-br/15788-vykon-ssd-disku-protiklasickym-hdd-v-realnem-provozu?start=2>

⁸⁰Myslíte, že výrobci podhodnocují údaje o životnosti SSD? Moc na to nespolehejte -

Cnews.cz. Cnews.cz | Od tranzistorů až po PC sestavy [online]. Dostupné

z: <https://www.cnews.cz/myslíte-ze-vyrobci-podhodnocuji-udaje-o-zivotnosti-ssd-moc-na-nespolehejte/>

- Míra chybovosti bitů (RBER) roste mnohem pomaleji, než se obvykle věří a není exponenciální, jak se často předpokládá, ani není dobrým prediktorem jiných chyb nebo selhání SSD.
- Neopravitelná bitová chybovost (UBER) se široce používá, ale není dobrým prediktorem selhání. Sazby SSD UBER, jsou však vyšší než u HDD, takže ačkoli nepředpovídají selhání, mohou vést ke ztrátě dat v důsledku toho, že nečitelné bloky jsou na SSD běžnější než HDD. Závěr uvádí, že ačkoli je celkově spolehlivější, míra neopravitelných chyb schopných ovlivnit uživatele je větší.
- „Špatné bloky u nových disků SSD jsou běžné a disky s velkým počtem chybných bloků pravděpodobně ztratí stovky dalších bloků, pravděpodobně kvůli selhání čipu. 30–80 procent disků SSD vyvine alespoň jeden chybný blok a 2-7 procent vyvine nejméně jeden špatný čip v prvních čtyřech letech nasazení.“
- Po dosažení očekávané životnosti nedochází k prudkému nárůstu chyb.
- Většina disků SSD negeneruje více než několik špatných bloků, možná 2–4. Jednotky SSD, které generují mnoho špatných bloků, se často vyvíjejí mnohem více (možná stovky) a mohou být náchylné k selhání. Většina disků (99 % +) je však dodávána se špatnými bloky již z výroby. Celkově bylo zjištěno, že chybné bloky jsou běžné a 30-80 % disků se bude postupně kazit během provozu, ale i několik špatných bloků (2–4) je prediktorem až stovek špatných bloků později. Počet chybných bloků při výrobě koreluje s pozdějším vznikem dalších chybných bloků. Závěr zprávy dodal, že SSD měly tendenci buď mít „méně než hrstku“ špatných bloků nebo „velké množství“, a navrhl, že by to mohl být základ pro předpovídání případného selhání.
- Asi 2–7 % disků SSD vykáže během prvních 4 let používání špatné čipy. Více než 2/3 těchto čipů bude porušovat tolerance a specifikace jejich výrobců, což obvykle zaručuje, že ne více než 2 % bloků na čipu selže během očekávané životnosti zápisu.

- 96 % těch SSD, které potřebují opravu (záruční servis), potřebuje opravu pouze jednou za život. Dny mezi opravami se liší od „pár tisíc dní“ do „téměř 15 000 dnů“ v závislosti na modelu⁸¹.

3.2 Porovnání SSD a HDD

Pro lepší zpracování druhé části bakalářské práce jsem se rozhodl alespoň krátce porovnat SSD a HDD.

Porovnání mezi SSD a běžnými (plotnovými) HDD je obtížné. Tradiční standardy HDD mají tendenci se zaměřovat na výkonové charakteristiky, které jsou u HDD špatné, jako jsou rotační latence a doba hledání. Jelikož SSD nemusí rotovat ani hledat data, mohou se v takových testech ukázat jako lepší než HDD. SSD však mají problémy se smíšeným čtením a zápisem a jejich výkon se může časem snižovat. Testování SSD musí začít od (v provozu) plného disku, protože nový a prázdný (čerstvý neboli jako out-of-the-box) disk může mít mnohem lepší výkon zápisu, než by se ukázal po pouhých týdnech používání⁸².

Hlavní výhodou SSD disků oproti tradičním pevným plotnovým diskům je dána jejich schopností přistupovat k datům zcela elektronicky, namísto elektromechanicky, což má za následek vynikající přenosové rychlosti a mechanickou odolnost⁸³. Na druhé straně jednotky pevného disku nabízejí za stejnou cenu výrazně vyšší kapacitu.

Některé míry selhání v praxi naznačují, že SSD jsou výrazně spolehlivější než HDD, jiné ne. Jednotky SSD jsou však jedinečně citlivé na náhlé přerušení napájení, což má za následek přerušené zápis nebo dokonce případy úplné ztráty jednotky. Spolehlivost HDD i SSD se u jednotlivých modelů velmi liší.

Stejně jako u pevných disků existuje kompromis mezi cenou a výkonem různých SSD. Jednovrstvé SSD (SLC), zatímco jsou výrazně dražší než víceúrovňové (MLC)

⁸¹Myslíte, že výrobci podhodnocují údaje o životnosti SSD? Moc na to nespolehejte -

Cnews.cz. Cnews.cz | Od tranzistorů až po PC sestavy [online]. Dostupné

z: <https://www.cnews.cz/myslíte-ze-vyrobci-podhodnocuji-udaje-o-zivotnosti-ssd-moc-na-nespolehejte/>

⁸²SSD vs. HDD Storage Device – Lab Tested Reviews by PCMag.com. PCMag.com - Technology Product Reviews, News, Prices & Tips[online]. Copyright © Bram Stein. License [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.pcmag.com/article/297758/ssd-vs-hdd-whats-the-difference>

⁸³Why SSDs Die a Sudden Death (and How to Deal with It) | ElcomSoft blog. ElcomSoft blog [online]. Dostupné z: <https://blog.elcomsoft.com/2019/01/why-ssds-die-a-sudden-death-and-how-to-deal-with-it/>

SSD, nabízejí významnou rychlostní výhodu. Současně je úložiště v pevné fázi na bázi DRAM v současné době považováno za nejrychlejší a nejnákladnější, s průměrnou dobou odezvy 10 mikrosekund místo průměrných 100 mikrosekund jiných SSD. Podniková flash zařízení (EFD) jsou navržena tak, aby vycházela z požadavků aplikace úrovně 1 s výkonem a dobou odezvy podobnou méně nákladným jednotkám SSD⁸⁴.

V tradičních pevných discích bude přepsaný soubor obecně zabírat stejné místo na povrchu disku jako původní soubor, zatímco v SSD bude nová kopie často zapisována do různých buněk NAND za účelem vyrovnávání opotřebení. Algoritmy vyrovnávání opotřebení jsou složité a je obtížné je testovat vyčerpávajícím způsobem; v důsledku toho je jednou z hlavních příčin ztráty dat v SSD chyby firmwaru.

Hlavní rozdíly mezi SSD a HDD lze nalézt v několika základních ukazatelích pro uživatele a spotřebitele.

Hlavní rozdíl, který je rozhodující pro uživatele, je cena. SSD jsou obecně dražší než HDD a očekává se, že tak zůstanou i v příštím desetiletí. Cena SSD k době 1. čtvrtletí 2018 kolem je 30 centů (US dolar) za gigabajt na základě 4TB modelů. Ceny obecně každoročně klesají a od roku 2018 se očekává, že tak budou i nadále⁸⁵. Cena HDD od 1. čtvrtletí 2018 kolem 2 až 3 centů (US dolar) za gigabajt na základě 1TB modelů. Ceny obecně každoročně klesají a od roku 2018 se očekává, že tak budou i nadále⁸⁶.

Důležitá pro druhou část práce je taktéž „spolehlivost při skladování“. Pokud zůstane bez napájení, opotřebované SSD obvykle začnou ztrácet data přibližně po jednom až dvou letech skladování, v závislosti na teplotě. Nové disky mají uchovávat data asi až deset let. Zařízení založená na buňkách typu MLC a TLC mají tendenci ztrácet data dříve než zařízení založená na buňkách SLC. **SSD nejsou vhodné pro archivní použití⁸⁷.**

⁸⁴Do Solid State Drives Fail More Often Than Hard Disks? | Contegix. Homepage | Contegix [online]. Copyright © 2019 [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.contegix.com/blog/do-solid-state-drives-fail-more-often-hard-disks>

⁸⁵The Future of SSDs and HDDs in Data Centers. The Best Unlimited Online Backup and Cloud Storage Services [online]. Copyright © 2019 [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.backblaze.com/blog/hdd-vs-ssd-in-data-centers/?highlight=ssd>

⁸⁶Tamtéž.

⁸⁷The Truth About SSD Data Retention. AnandTech: Hardware News and Tech Reviews Since 1997 [online]. Copyright © 2019. All rights reserved.[cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.anandtech.com/show/9248/the-truth-about-ssd-data-retention>

Pokud jsou HDD uloženy v suchém prostředí při nízké teplotě, mohou si uchovávat svá data po velmi dlouhou dobu i bez napájení. Mechanické části však mohou příliš dlouhým a nesprávným skladováním degradovat a pohon se po několika letech skladování neroztočí po zapnutí.

Spolehlivost a životnost; SSD nemají žádné pohyblivé části, které by mechanicky selhaly, takže by teoreticky měla být spolehlivější než HDD. V praxi je to však nejasné.

Každý blok SSD založený na flash může být vymazán (a proto zapsán) pouze omezeně, než dojde k jeho selhání. Řadiče řídí toto omezení, takže disky mohou při běžném používání trvat mnoho let. SSD založené na DRAM nemají omezený počet zápisů. Selhání řadiče však může způsobit nepoužitelnost SSD. Spolehlivost se u různých výrobců a modelů SSD významně liší, míra návratnosti dosahuje u konkrétních disků 40 %. Mnoho SSD kriticky selže při výpadcích napájení; Průzkum mnoha SSD z prosince 2013 zjistil, že pouze některé z nich jsou schopny přežít více výpadků napájení.

HDD mají pohyblivé části a jsou vystaveny potenciálním mechanickým poruchám způsobeným výsledným opotřebením, takže by teoreticky mělo být méně spolehlivé než SSD. V praxi je to však nejasné. Samotné paměťové médium (magnetický talíř) se v podstatě při operacích čtení a zápisu nepoškozuje.

Podle studie provedené Carnegie Mellon University pro pevné i podnikové pevné disky je jejich průměrná míra selhání 6 let a délka života je 9–11 let⁸⁸. Riziko náhlé katastrofické ztráty dat však může být pro HDD nižší. Při dlouhodobém skladování offline (bez napájení v polici) si magnetické médium HDD uchovává data podstatně delší dobu, než flash paměť použitá v SSD⁸⁹.

3.3 Uchování dat SSD

Je možné najít několik článků, které zveřejnilo několik médií, které tvrdí, že SSD ztratí data během několika dnů, pokud zůstanou bez napájení. I když existuje určitá (přečtená:

⁸⁸Data Center Feedback: Fewer Than 100 SSDs - Investigation: Is Your SSD More Reliable Than A Hard Drive? Tom's Hardware: For The Hardcore PC Enthusiast [online]. Copyright © 2019 Purch All Rights Reserved. [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.tomshardware.com/reviews/ssd-reliability-failure-rate,2923-4.html>

⁸⁹Wayback Machine [online]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20130118072652/http://www.dailytech.com/Study+Hard+Drive+MTBF+Ratings+Highly+Exaggerated/article6404.htm>

velmi, velmi malá) pravdivá informace, která vytvořila na fórech spoustu obav a zmatků⁹⁰.

Na internetu se objevila prezentace. Jedná se o oficiální prezentaci společnosti JEDEC od Alvina Coxe, tehdejšího předsedy podvýboru JC-64.8 (tj. Komise SSD), což znamená, že má fungovat jako objektivní zdroj informací pro všechny dodavatele SSD.

Je však pravda, že pan Cox pracuje ve společnosti Seagate jako Senior Staff Engineer, ale to je irelevantní, protože celý účel JEDEC je spojit výrobce, aby vytvořili otevřené standardy⁹¹.

Členové a předsedové výborů pracují pro nějakou společnost a v současné době je podvýbor JC-64.8 veden Frankem Chuem z HGST.

Než bude popsáno téma uchovávání dat, tak je nejdříve nastínit situaci tím, že bude zaměřeno na podmínky, které musí být splněny, když výrobce určuje vytrvalostní rating pro SSD. Za prvé si musí jednotka zachovat svou kapacitu, což znamená, že nemůže odejít do důchodu tolik bloků, že by se kapacita uživatele snížila.

Za druhé, měnič musí splňovat požadované specifikace UBER (počet datových chyb na počet načtených bitů) a musí být také v rámci požadavku na funkční selhání. Nakonec musí jednotka zachovat data bez napájení po stanovenou dobu, aby splnila specifikace JEDEC.

Je možné si všimnout, že všechny tyto podmínky musí být splněny, když byl zapsán maximální počet dat, tj. pokud je jednotka hodnocena na 100 TB, musí tyto specifikace splňovat po 100 TB zápisů.

⁹⁰PROCHÁZKA, David. Windows Vista. Praha: Grada, 2008., s. 16

⁹¹LEBER, Jody. Windows NT: zálohování a obnova dat : příručka pro správce systémů. Praha: Computer Press, 1998., s. 51

Tabulka 1 Požadavky SSD, zdroj⁹²:

Application Class	Workload	Active Use (power on)	Retention Use (power off)	Functional Failure Rqmt (FFR)	UBER
Client	Client	40°C 8 hrs/day	30°C 1 year	≤3%	≤10 ⁻¹⁵
Enterprise	Enterprise	55°C 24hrs/day	40°C 3 months	≤3%	≤10 ⁻¹⁶

Výše uvedená tabulka vypsaných hodnot shrnuje požadavky na SSD klienta i podniku. Jak vidíme, požadavek na uchování dat pro SSD klienta je jeden rok při 30 °C, což je nad typickou pokojovou teplotou. Trvanlivost záleží na teplotě, takže je na místě podívat se blíže na to, jak se retenční stupnice mění s teplotou.

Tabulka 2 retenční stupnice SSD, zdroj⁹³:

Client

Power Off Temperature	55	1	1	2	2	3	5	8
	50	2	2	3	4	6	9	15
	45	4	4	5	7	10	17	27
	40	7	8	10	14	20	31	52
	35	14	16	20	26	38	61	101
	30	28	32	39	52	76	120	199
	25	58	65	79	105	155	244	404
	25	30	35	40	45	50	55	
Active temp								

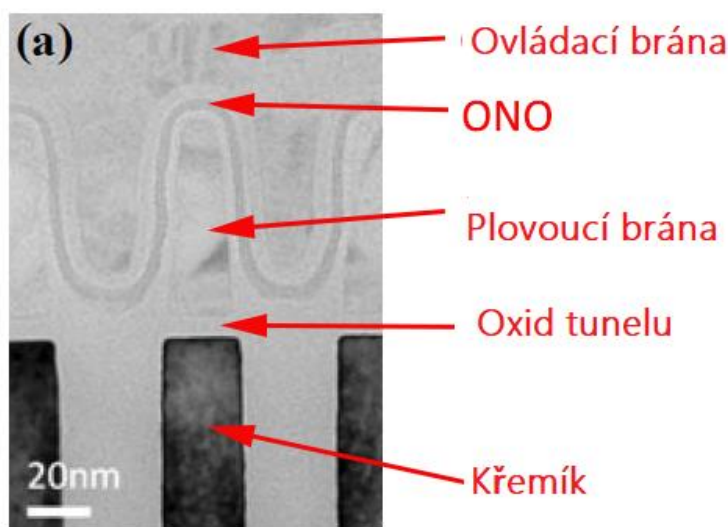
Při aktivní teplotě 40 °C a teplotě vypnutí 30 °C je SSD nastaven tak, aby uchovával data po dobu 52 týdnů, tj. jeden rok. Jak ukazuje tabulka výpisů hodnot, uchovávání dat je úměrné aktivní teplotě a nepřímo úměrné vypínací teplotě, což znamená, že vyšší vypínací teplota bude mít za následek sníženou retenci. V nejhorším případě, kdy je

⁹²The Truth About SSD Data Retention. AnandTech: Hardware News and Tech Reviews Since 1997 [online]. Copyright © 2019. All rights reserved. [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.anandtech.com/show/9248/the-truth-about-ssd-data-retention>

⁹³ The Truth About SSD Data Retention. AnandTech: Hardware News and Tech Reviews Since 1997 [online]. Copyright © 2019. All rights reserved. [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.anandtech.com/show/9248/the-truth-about-ssd-data-retention>

aktivní teplota pouze 25-30 °C a vypnutá je 55 °C, může být uchovávání dat kratší než jeden týden.

Ve skutečnosti není teplota pro vypnutí SSD 55 °C pro uživatele vůbec realistická, protože disk bude s největší pravděpodobností uložen někde v domě (skříň, suterén, garáž atd.) Při pokojové teplotě, která bývá obvykle pod 30° C. Aktivní teplota je naproti tomu obvykle nejméně 40 °C, protože měnič a další komponenty v systému generují teplo, které zvyšují pracovní teplotu nad teplotu místnosti⁹⁴.



Obrázek 10 Vysvětlení funkce SSD, zdroj:⁹⁵

Jako vždy existuje technické vysvětlení měřítka uchovávání dat. Vodivost polovodiče se váže na teplotu, což je pro NAND špatná zpráva, protože když je elektrická energie bez napájení, neměly by se elektrony pohybovat, protože by to změnilo náboj buňky. Jinými slovy, jak se teplota zvyšuje, elektrony uniknou z plovoucí brány rychleji, což nakonec změni stav napětí buňky a činí data nečitelná (tj. disk již data neuchovává).

Pro aktivní použití má teplota opačný účinek. Protože vyšší teplota způsobuje, že křemík je vodivější, tok proudu je během provozu programu / mazání vyšší a způsobuje menší

⁹⁴ LEIXNER, Miroslav. PC – zálohování a archivace dat: Nestůjte za dveřmi. Praha: Grada Publishing, a.s., 1993, s. 150

⁹⁵ The Truth About SSD Data Retention. AnandTech: Hardware News and Tech Reviews Since 1997 [online]. Copyright © 2019. All rights reserved. [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.anandtech.com/show/9248/the-truth-about-ssd-data-retention>

zátěž na oxid tunelu, což zlepšuje vytrvalost buňky, protože vytrvalost je prakticky omezena schopností oxidu tunelu držet elektrony uvnitř plovoucí brány⁹⁶.

Celkově zato je absolutně nulový důvod obávat se uchovávání dat SSD v typickém uživatelském prostředí.

3.4 Jak dlouho pevné disky skutečně vydrží? Znamé studie

Když se na spotřebitelský trh poprvé objevila velkokapacitní paměť typu flash, jako alternativa k běžným pevným diskům, největší starostí (kromě ceny) byla dlouhověkost. O té spotřebitelé měli docela dobrou představu u obecné spolehlivosti pevných disků, ale SSD byly stále něco, jako divoká karta⁹⁷.

Ale o pár let později trh SSD značně dozrál a my máme mnohem více údajů o datech. Dobrou zprávou je, že disky SSD jsou pravděpodobně mnohem spolehlivější, než si myslíme, a určitě přinejmenším stejně dobré, jako pevné disky, pokud jde o míru uchovávání a selhání dat. Špatnou zprávou je, že SSD mají tendenci k selhání častěji s věkem, a ne s rozšířeným čtením a zápisem dat, jak se dříve předpokládalo.

Před některými následujícími testy, je důležité získat rychlý přehled pro některé z více technických termínů spojených s SSD:

- MLC a SLC: Vícevrstvá (MLC, TLC, QLC) buněčná paměť je levnější a pomalejší, obvykle se nachází na jednotkách SSD pro spotřebitele. Díky více vrstvám je více kapacity. Jednotná paměť buněk (SLC) v SSD podnikových a nadšenců je rychlejší a technicky méně náchylná ke ztrátě dat.
- Paměťový blok: část fyzické paměti na jednotce Flash. „Chybný blok“ je pro počítač nepřístupný nebo špatně přístupný, což způsobuje nižší úroveň dostupného úložiště a potenciální chyby při čtení a zápisu pro soubory a software, než je nahlášeno⁹⁸.

⁹⁶KASTNER, Aleš. Zálohování a archivace. Praha : GComp, 1997., s. 89

⁹⁷ PRESTON, W. Backup and recovery. Sebastopol, CA: O'Reilly, c2007, s. 489

⁹⁸ DE GUISE, Preston. Enterprise systems backup and recovery: a corporate insurance policy. Boca Raton: CRC Press, c2009, s. 48

- TBW: Celkové množství dat zapsaných a přepisovaných na jednotku během jejich životnosti, vyjádřené v terabajtech.

Prodejci SSD mají tendenci hodnotit spolehlivost svých výrobků na třech faktorech: standardní věk (jako jakákoliv záruka), celkový počet zapsaných terabajtů v průběhu času a množství dat zapsaných na disk za konkrétní množství času, například den. Samozřejmě, že měření pomocí těchto tří různých standardů vrátí různé výsledky založené na metodice. A samotná skutečnost, že existují tři extrémně volné standardy pro „opotrebení“ digitální součástky, by měla konečnému uživateli něco naznačit: přesná předpověď, jak dlouho bude selhání konkrétního SSD trvat, je víceméně nemožná⁹⁹.

Několik nedávných studií se pokusilo určit přesnější životnost paměti SSD. Mezi ty nejznámější patří:

Společná studie mezi společnostmi Google a univerzitou v Torontu, která se zabývá mírou poruchovosti na datových serverech. Studie dospěla k závěru, že fyzický věk SSD, spíše než množství nebo frekvence zapsaných údajů, je hlavním určujícím faktorem pravděpodobnosti chyb uchovávání údajů. Rovněž bylo stanoveno, že disky SSD byly v datových centrech Google nahrazovány mnohem méně často než konvenční pevné disky, a to v poměru jeden ku čtyřem. Ale nebylo to všechno pozitivní ve prospěch SSD: během čtyřletého zkušebního období se vyskytly vyšší, neopravitelné chyby a špatné bloky mnohem rychleji než u pevných disků. Závěr: ve vysokém zatížení a při proměnlivém prostředí vydrží SSD déle než pevné disky, ale budou náchylnější k nekatastrofickým chybám dat. Starší SSD jsou náchylnější k úplnému selhání, bez ohledu na TBW nebo DWPD¹⁰⁰.

Studie Tech Report o dlouhověkosti mezi hlavními značkami. Mezi šesti testovanými značkami SSD se podařilo přežít pouze po špičkových pohonech Kingston, Samsung a Corsair po zápisu více než 1000 terabajtů dat (jeden petabajt). Ostatní jednotky selhaly při 700 až 900 TBW. Dva z neúspěšných disků, Samsung a Intel, používaly levnější

⁹⁹NELSON, Steven. Pro data backup and recovery. New York: Springer Science Business Media, 2011, s. 142

¹⁰⁰Google datacentre SSD study offers surprising conclusions – Storage – News - HEXUS.net. HEXUS.net - Definitive Technology News and Reviews [online]. Copyright © 1998 [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://hexus.net/tech/news/storage/90920-google-datacentre-ssd-study-offers-surprising-conclusions/>

standard MLC, zatímco disk Kingston je ve skutečnosti stejný model jako ten, který přežil, testován pouze s podobnou metodologií.

Závěr: Lze očekávat, že SSD ~ 250 GB zemře dříve, než jeden petabyte zapíše – ačkoli dva (nebo možná tři) modely překročily tuto značku, bylo by rozumné naplánovat řešení nepředvídané události v případě, že váš konkrétní disk nedosahuje očekávaného výkonu, i když používá dražší paměť SLC¹⁰¹. Větší kapacita SSD, protože mají k dispozici více sektorů a více „prostoru“ pro použití před selháním, by měla trvat déle předvídatelným způsobem. Například, pokud by selhala jednotka 250 GB Samsung 840 MLC při 900 TBW, bylo by rozumné očekávat, že 1TB disk vydrží mnohem déle, než-li nutně až k masivním 3,6 petabajtům.

Facebook veřejně publikoval interní studii o životnosti SSD používaných ve svých podnikových datových centrech. Zjištění byla zaměřena na podmínky prostředí samotných datových center – například dospěli k zcela zřejmému závěru, že umístění v blízkosti zdroje vysoké teploty poškozuje životnost SSD. Studie však také zjistila, že pokud SSD neselže brzy po nasazení do provozu, tak paměti v SSD skutečně fungují a slouží přibližně tak dlouho, jak je předepsaný počet možných zápisů a mazání výrobcem. V rozporu se společnou studií společnosti Google, Facebook zjistil, že vyšší rychlost zápisu a čtení dat může významně ovlivnit životnost jednotky, ačkoli není jasné, zda tato jednotka řídila fyzický věk samotné jednotky. Závěr: s výjimkou případů časného úplného selhání SSD pravděpodobně vydrží déle, než je naznačeno časnými chybami, a datové ukazatele, jako je TDW, budou pravděpodobně softwarovým měřením nadhodnoceny, kvůli vyrovnávací paměti na úrovni systému¹⁰².

Pokud se tedy vezmou všechna tato data najednou, jaký celkový závěr se může vyvodit? Že při pohledu na tyto studie by se mohlo zdát, že SSD po roce či dvou odejde. Ale je třeba mít na paměti, že dvě studie byly zaměřeny na datová centra podnikové třídy, číst a zapisovat data více či méně nepřetržitě každý den po celá léta, a spotřebitelsky orientovaná studie byla provedena speciálně pro zátěžové testování s neustálým používáním. Za účelem dosažení petabajtu celkových zapsaných dat, by průměrný spotřebitel musel používat svůj počítač víceméně nonstop po dobu deseti let, možná

¹⁰¹The SSD Endurance Experiment: They're all dead – The Tech Report. Home – The Tech Report [online]. Dostupné z: <https://techreport.com/review/27909/the-ssd-endurance-experiment-theyre-all-dead/>

¹⁰²Online Dostupné z: https://users.ece.cmu.edu/~omutlu/pub/flash-memory-failures-in-the-field-at-facebook_sigmetrics15.pdf

i několik desetiletí. Dokonce ani hráči, ani „energičtí uživatelé“ pravděpodobně nikdy nedosáhnou uvedeného maximálního množství dat zapsaných na disk v rámci své záruky.

Pravděpodobnost selhání uchování dat SSD se zdá být vyšší, čím déle se používá. Protože je to pravda, je vždy moudré uchovávat kritická data zálohovaná na externí disk a (pokud je to možné) i na vzdáleném místě.

3.5 Shrnutí výhod a nevýhod SSD

SSD vykazují několik značných výhod oproti klasickým pevným diskům (HDD). Právě proto jich chci několik uvést.

SSD vs. HDD: výhody jednotky SSD

- **Rychlost rychlého spuštění:** ve srovnání s tradičním pevným diskem nemá SSD takový proces, že by motor urychlil rotaci.
- **Méně času na čtení:** SSD nemá potíže a může být rychle náhodně načten jakýkoliv soubor. Někteří lidé provedli test: dva počítače ve stejné konfiguraci, jeden počítač dodávaný s HDD strávil 31 sekund od spuštění až po zobrazení plochy, druhý počítač dodaný s SSD však v tomto procesu strávil pouze 18 sekund.
- **Rychlejší zápis:** rychlost zápisu SSD založená na DRAM je rychlejší než HDD.
- **Nulový zvukový šum:** neexistuje žádný mechanický motor a ventilátor, takže hodnota hluku je 0 decibelů při práci.
- **Nižší teplotní ztráty:** nízko-objemový disk SSD založený na skladování, udrží nižší úroveň spotřeby energie a rychlosti uvolňování tepla.
- **Minimum mechanických chyb:** Uvnitř nejsou žádné mechanické pohyblivé části. Jakékoli kolize, nárazy, vibrace, ani ve stavu převrácení, nemohou normální použití SSD ovlivnit.
- **Pracuje v širším teplotním rozsahu:** typický pevný disk může pracovat pouze v teplotním rozmezí od 5° C do 55° C, většina SSD však bude běžet normálně od -10 ~ 70° C, i některé průmyslové SSD mohou dobře fungovat od -40 ~ 85° C.
- **Malá velikost a nízká hmotnost:** SSD je běžně menší a lehčí než tradiční pevný disk stejné velikosti kapacity.

SSD vs. HDD: nevýhody jednotky SSD

- **Vysoká cena:** cena za jednotku SSD je 510krát vyšší než u tradičního pevného disku.
- **Nízký objem:** Největší objem SSD je mnohem menší než tradiční pevný disk.
- **Zranitelný vůči vnějšímu vlivu:** tradiční pevný disk je umístěn ve Faradayově kleci, takže může odolávat některým elektromagnetickým vlivům, ale SSD je proti tomuto zranitelnější, jako je výpadek napájení, magnetický odvod, statická elektřina atd.
- **Omezení životnosti zápisu:** životnost zápisu do flash paměti je 10 000 až 100 000krát, a ve speciálních discích bude až 1 000 000 až 5 000 000krát.
- **Data budou těžko obnovitelná:** jakmile dojde k poškození hardwaru, pokud je úložné zařízení tradičním pevným diskem nebo páskovým úložištěm, některá data lze snadno obnovit.
- **Krátká životnost baterie:** PC dodávané s SSD běží při nečinnosti a při nízkém zatížení, jeho životnost baterie bude kratší než na pevném disku.
- **Vyšší spotřeba energie:** SSD založené na DRAM bude spotřebovávat velké množství energie. Přestože je počítač zavřený, stále potřebuje napájecí zdroj. Pokud ne, budou data ztracena.¹⁰³

3.6 Shrnutí

Před několika lety se mnoho správců a manažerů IT obávalo rizika ztráty cenných dat v důsledku náhlého selhání. Proto výrobcům trvalo dlouho přesvědčit veřejnost, že SSD jsou bezpečné pro použití, a to i při manipulaci s citlivými daty.

SSD založený na čipu NAND Flash je zcela odlišné paměťové médium než tradiční pevný disk, který ukládá svá data na magnetickou desku. Skládá se z elektronického kontroléru a několika paměťových čipů. Hybridní jednotka – nazývaná také SSHD – se skládá

¹⁰³ČERNÝ, Jan. Solidní budoucnost pevných disků [online]. c2010, poslední revize 20. 10. 2010 [cit. 2019-08-28]. Dostupný z WWW: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/diskycd-dvd-br/18914-solidni-budoucnost-pevných-disku-uvod-k-velkemu-testu-ssddisku?start=2>

z obou paměťových technologií: Normální magnetická jednotka pevného disku a paměťové čipy.

Hlavní výhodou elektronických čipů pro ukládání je to, že jsou mnohem rychlejší než klasická HDD s plotnou. Důvodem je skutečnost, že normální HDD se skládá z mnoha mechanických částí a rotujících disků. Také přemístění čtecí / zapisovací hlavy zabere mnohem více času než pouhé posouvání dat prostřednictvím elektronických rozhraní. SSD mají navíc velmi krátký přístupový čas, díky čemuž jsou ideální pro použití v prostředích, kde je nutný přístup a přenos v reálném čase.

Nevýhodou SSD, u čipů založených na NAND Flash je, že mají ve výchozím nastavení omezenou životnost. Zatímco normální HDD mohou – teoreticky - trvat věčně, Životnost SSD má vestavěný „čas smrti“. Aby to bylo jednoduché: Elektrický efekt vede ke skutečnosti, že data mohou pouze být zapsány na paměťovou buňku uvnitř čipů přibližně 3 000 až 100 000krát během své životnosti.

Poté buňky „zapomenou“ nová data. Z tohoto důvodu – a aby se zabránilo tomu, že některé buňky budou stále využívány, zatímco jiné nejsou – výrobci používají algoritmy pro vyrovnávání opotřebení k rovnoměrné distribuci dat do všech buněk pomocí kontroléru. Stejně jako u pevných disků, může uživatel zkontrolovat aktuální stav SSD pomocí analytického nástroje SMART, který ukazuje zbývající životnost SSD.

Výrobci obvykle uvádějí odhad s takzvanými terabajty neboli jednotkou (TBW) -zejména pokud jde o podnikové SSD, ale také pro spotřebitelské verze. Vzhledem k tomu, že pomocí vyrovnávání opotřebení budou data rozložena rovnoměrně do všech buněk, má toto číslo říkat, kolik dat lze skutečně zapsat celkem na všechny buňky uvnitř paměťových čipů a po celou dobu životnosti.

Typická hodnota TBW pro 250 GB SSD leží mezi 60 a 150 terabajtů. To znamená: Aby uživatel získal garantovanou TBW 70, musel by uživatel psát 190 GB denně po dobu jednoho roku (jinými slovy, každý den vyplňovat dvě třetiny SSD novými daty). Ve spotřebitelském prostředí je to velmi nepravděpodobné.

Samsung uvádí, že jejich Samsung SSD 850 PRO SATA, s kapacitou 128 GB, 256 GB, 512 nebo 1 TB, je „postavena tak, aby zvládla 150 psaných terabajtů (TBW)“, což se

rovná 40 GB denní zátěže při čtení / zápisu během desetiletého období. Samsung dokonce slibuje, že produkt „vydrží až 600 psaných terabajtů (TBW)“.

Běžný kancelářský uživatel zapíše přibližně 10 až 35 GB v běžný den. I když člověk zvýší tuto hodnotu až na 40 GB, znamená to, že by mohl zapisovat (a psát) více než téměř 5 let, dokud nedosáhne limitu 70 TBW.

Dobrá zpráva: Tyto údaje výrobce jsou ještě nižší než skutečné TBW zjištěných v dlouhodobém testu prováděném Germany's, nejvíce respektovaných IT a počítačový časopis c't a vydavatelstvím Heise. V testu časopisu zakoupili dva SSD, každý z 12 nejoblíbenějších produktů dostupných v roce 2016, a testovali je po dobu jednoho roku do konce června 2017. Testovanými SSD byly OCZ TR150, Crucial BX 200, Samsung 750 Evo, Samsung 850 Pro, SanDisk Extreme Pro a SanDisk Ultra II.

Odborníci z časopisu psali kousky dat na SSD pomocí speciálního nástroje naprogramovaného jedním z jejich expertů, aby analyzovali výkon a neustále vyplňovali disky daty.

Výsledek provedených testů byl ohromující: Všechny testované disky byly schopny zapsat více dat, než co sliboval výrobce. I levnější disky byly schopny zapsat více dat, než bylo slíbeno: Jednotky Crucial BX 200 dokázaly zapsat 187 TB a 280 TB – což je více než 2,5krát více než slibovaná hodnota.

Jeden z disků Samsung SSD 850 PRO dosáhl hodnoty 9,1 petabajtů zapsaných dat. To je 60násobek hodnoty TBW, kterou společnost Samsung slibuje ve svých údajových listech. Další produkt Samsung – Samsung SSD 750 Evo – dokázal napsat 1,2 petabajtů dat, což se teoreticky rovná více než 80 let neustálého psaní. PRO modely však ukázaly, proč je jejich cena vyšší: Žádný z nich nezapsal méně než 2,2 petabajtů dat.

Test jasně prokazuje, že strach z omezené délky života je ve většině aspektů velmi přehnaný. Existují však i další hrozby.

I když tyto testy jasně ukazují, že životnost SSD je delší, než se očekávalo, použití tohoto paměťového média stále představuje vážnou hrozbu: Obnova dat z neúspěšných SSD je pro poskytovatele služeb obnovy dat stále náročnější než HDD, protože získání přístupu k zařízení je často obtížné. Je-li čip řadiče SSD poškozen, není možný přístup k zařízení a paměťovým čipům. Řešením tohoto problému je pokusit se najít fungující čip

kontroléru, který je totožný se špatným, a vyměnit jej za stejný, aby získal přístup. To, co zní docela jednoduše, je ve skutečnosti obtížný úkol. To platí také pro pokus o přístup k datům z vadných paměťových čipů. V mnoha případech odborníci na obnovu dat, jako ti z Ontracku, jsou schopni resetovat data. V posledních několika letech vyvinula společnost Ontrack řadu speciálních nástrojů a procesů pro zvládnutí těchto výzev a úspěšně obnovila ztracená data.

4 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zjistit, zda lze SSD disky využít pro dlouhodobé ukládání dat.

V rámci teoretické části práce byla provedena literární rešerše zdrojů, která se zabývá historií vývoje ukládáním dat. Zajímavé bylo především zjištění, že začátek historie byl rychlejší ve vývoji a především ve zdokonalování úložišť. Převážná většina informací je získána ze zahraničních zdrojů.

V rámci praktické části práce bylo cílem odpovědět na otázku: *Mají SSD disky smysl pro dlouhodobé ukládání dat v archivnictví?* Zjištěním je, že SSD disky se k dlouhodobému ukládání dat v archivnictví nehodí. Je to z důvodu toho, že životnost SSD disků se časem zkracuje. SSD disky je možné použít pro dlouhodobé ukládání za předpokladu, že jsou data uložena na redundantních jednotkách a je zkontrolován stav disku. Nevýhodou SSD disků založených na principu NAND Flash je, že mají ve výchozím nastavení omezenou životnost. Zatímco HDD disky mohou teoreticky uchovávat data neomezeně, životnost SSD disků má vestavěný tzv. „čas smrti“. Je to z toho důvodu, že elektrický princip uchovávání dat vede ke skutečnosti, že data mohou pouze být zapsána na paměťovou buňku uvnitř čipů přibližně 3 000 až 100 000krát během své životnosti. Poté buňky „zapomenou“ nová data. Na mechanické poškození vnějšími vlivy nebyl brán zřetel, protože v archivech jsou disky uloženy v regálech či na jiných místech s minimální manipulací. Tyto prostory současně podléhají zabezpečení, proti vnějším vlivům.

Práce přináší zjištění, že k dlouhodobému ukládání (archivace) dat SSD disky nejsou vhodné. Je doporučeno ukládat data na HDD disky, popřípadě magnetické pásky, které jsou spolehlivější než pevné disky, levnější a mají vyšší rychlost zápisu.

5 Seznam zdrojů

5.1 Literatura

Bashe, Charles J.; Johnson, Lyle R.; Palmer, John H. (1986). IBM's Early Computers. Cambridge, MA: MIT

BRADÁČ, Richard. Zálohování a obnova dat – část 2. Technická příloha časopisu LOGIN. 2009, 4., č.1, str. 1

Broža Petr, Kuchař Martin, Jahoda Mirek, Bible Hardwaru, 2008, EAN: 9771802122146

DEMBOWSKI, Klaus. Mistrovství v hardware. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2310-2.

EHLEMAN, Jan. Mechanizace administrativy stroji na děrné štítky. Praha: Práce, 1963. Knihnice ČSVTS.

EHLEMAN, Jan. Stroje na děrné štítky. Praha: Práce, 1967. Knihnice kurzů ČSVTS.

Englisch, Lothar; Szczepanowski, Norbert (1984). The Anatomy of the 1541 Disk Drive. Grand Rapids, Michigan, USA, Abacus Software (translated from the original 1983 German edition, Düsseldorf, Data Becker GmbH).

Evans, Christopher (1983). "Jay W. Forrester Interview". Annals of the History of Computing. vol 5 (3): 297

FOLTA, J., Vývoj výpočetní techniky. 1. vyd., 2005, ISBN. 978-80-7037-174-9

FREED, L., The history of computers / Les Freed ; illustrated by Sarah Ishida, Emeryville, Calif. : Ziff-Davis Press, c1995. ISBN: 1562762753

HORÁK, J. Hardware: učebnice pro pokročilé. Vyd. 2. Brno: Computer Press, 2004. ISBN 80-7226-553-9.

HORÁK, Jaroslav. Hardware: učebnice pro pokročilé. 4., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1741-5.

J.P. Eckert, Jr., "A Survey of Digital Computer Memory Systems," Proceedings of the Institute of Radio Engineers (A Progenitor of the IEEE) (October 1953): page 1993 downloaded from iee.org on October 10, 2008.

KASTNER, Aleš. Zálohování a archivace: PKZIP, PKUNZIP, ... PKZIP pro Windows, ARJ, WINZIP: [komprimační programy]. Praha: GComp, 1997. Do kapsy (GComp). ISBN 80-85649-58-6.

KNOLL, Max a Kazan B., [from old catalog] KAZAN B., [FROM OLD CATALOG]. Ęlekttronnoluchevye trubki s nakopleniem zariádov. 1955.

KNOLL, Max. Storage tubes and their basic principles. New York: Wiley, [1952].

LEBER, Jody. Windows NT: zálohování a obnova dat: příručka pro správce systémů. Praha: Computer Press, 1998. ISBN 80-7226-123-1.

LEIXNER, Miroslav. PC – zálohování a archivace dat. V Praze: Grada, 1993. Nestůjete za dveřmi. ISBN 80-85424-73-8.

Metropolis N, Rajchman, JA (1980) Early Research on Computers at RCA A History of Computing in the Twentieth Century pp 465

MINASI, Mark. Pevné disky od A do Z: výběr, instalace, údržba a opravy disků: ochrana disků před špatným napětím, náhodným vymazáním, viry: operační systémy DOS a OS/2. Přeložil Jana VALÍČKOVÁ. Praha: Grada, 1992. ISBN 80-85523-35-3.

Odagiri, Hiroyuki; Goto, Akira; Sunami, Atsushi; Nelson, Richard R. (2010). Práva k duševnímu vlastnictví, vývoj a dobytí: Mezinárodní srovnávací studie.

PECINOVSKÝ, Jan a Josef PECINOVSKÝ. Vypalujeme DVD na počítači. 2., aktualiz. vyd. Praha: Grada, 2009. Snadno a rychle (Grada). ISBN 978-80-247-2546-8.

PROCHÁZKA, David. Windows Vista. Praha: Grada, 2008. Snadno a rychle (Grada). ISBN 978-80-247-2179-8.

Pugh, Emerson W.; Johnson, Lyle R.; Palmer, John H. (1991). IBM's 360 and Early 370 Systems. US: MIT

TAYLOR, Jim, Mark R. JOHNSON a Charles G. CRAWFORD. Velký průvodce DVD: jedinečný zdroj všech dostupných informací o DVD na profesionální úrovni. Praha: Grada, 2007. Profesionál. ISBN 978-80-247-1721-0.

5.2 Online zdroje

COMPUTER HOPE. Punch card. Computer Hope [online]. 2017 [cit. 2019]. Dostupné z WWW: <http://www.computerhope.com/jargon/p/punccard.htm>

ČERNÝ, Jan. Solidní budoucnost pevných disků [online]. c2010, poslední revize 20. 10. 2010 [cit. 2019-08-28]. Dostupný z WWW: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/diskycd-dvd-br/18914-solidni-budoucnost-pevnych-disku-uvod-k-velkemu-testu-ssddisku?start=2>

Data Center Feedback: Fewer Than 100 SSDs - Investigation: Is Your SSD More Reliable Than A Hard Drive? .Tom's Hardware: For The Hardcore PC Enthusiast [online]. Copyright © 2019 Purch All Rights Reserved. [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.tomshardware.com/reviews/ssd-reliability-failure-rate,2923-4.html>

DATA RECOVERY GROUP. Data storage history and future. Data Recovery Group [online]. 2011 [cit. 2019]. Dostupné z WWW: <http://www.datarecoverygroup.com/articles/data-storage-history-and-future>

DATA RECOVERY GROUP. Data storage history and future. Data Recovery Group [online]. 2011 [cit. 2019]. Dostupné z: <http://www.datarecoverygroup.com/articles/data-storage-history-and-future>

Des cartes perforées aux hologrammes – Un bref historique du stockage de données - tipsandtrics.com. Tips and TriCs - tipsandtrics.com [online]. Copyright © [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://fr.tipsandtrics.com/from-punch-cards-holograms-short-history-data-storage-767807>

Do Solid State Drives Fail More Often Than Hard Disks? | Contegix. Homepage | Contegix [online]. Copyright © 2019 [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.contegix.com/blog/do-solid-state-drives-fail-more-often-hard-disks>

Fra stempelkort til hologrammer – En kort historie med datalagring - tipsandtrics.com. Tips and TriCs - tipsandtrics.com [online]. Copyright © [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://no.tipsandtrics.com/from-punch-cards-holograms-short-history-data-storage-767807>

Google datacentre SSD study offers surprising conclusions – Storage – News - HEXUS.net. HEXUS.net - Definitive Technology News and Reviews [online]. Copyright © 1998 [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://hexus.net/tech/news/storage/90920-google-datacentre-ssd-study-offers-surprising-conclusions/>

HOBZA, Otakar. EMag [online]. 10.7.2007 [cit. 2019-08-04]. EMag. Dostupné z WWW: <http://www.emag.cz/pametova-media-derne-stitky/>.

CHMIEL, Pavel. Pevný disk [online]. [cit. 2019-08-04]. Dostupné z: http://chmiel.chytry.cz/files/ovt_epo_ps/me/cast1_14_pmv_hdd.pdf

IBM. Icons of Progress: Magnetic Tape Storage. IBM100 [online]. 2011 [cit. 2019]. Dostupné z: <http://www-03.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/tapestorage/>

Informační nosič disket. Informační kapacita diskety. Play-Azlab.com - užitečný článek o všem [online]. Copyright © Copyright [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://cs.play-azlab.com/komputery/58286-informacionnyy-nositel-disketa-informacionnaya-emkost-diskety.html>

Jak maximalizovat životnost SSD?. Záchrana dat z disku, obnova dat – DATAHELP [online]. Copyright © 2019, Všechna práva vyhrazena. [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.datahelp.cz/clanky/jak-maximalizovat-zivotnost-ssd->

Jaká je životnost dnešních SSD disků v praxi? | ICT manažer. ICT manažer – Informace pro váš efektivnější byznys [online]. Copyright © [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <http://www.ictmanazer.cz/2014/06/jaka-je-zivotnost-dnesnich-ssd-disku-v-praxi/>

KAY, Russel. Flash Memory. Computer World [online]. 2010 [cit. 2019]. Dostupné z: <http://www.computerworld.com/article/2550624/data-center/flashmemory.html>

Kerekes, Zsolt. StorageSearch.com. Charting the Rise of the Solid State Disk Market. [Online] 2014. <http://www.storagesearch.com/chartingtheriseofssds.html>.

KOLÁČEK, Michal. OXy Online s.r.o [online]. 01.8.2008 [cit. 2019-08-04]. Svět Hardware. Dostupné z WWW: <http://www.svethardware.cz/art_doc-1353E9CA90DE55D4C125748A00258FD4.html?lotus=1&Highlight=0,historie,a,sou%C4%8Dasnost,datov%C3%BDch,%C3%BAlo%C5%BEi%C5%A1%C5%A5>. ISSN 1213-0818.

LYNN, Samara. PC Mag. RAID Levels Explained [online]. 2014 [cit. 2019]. Dostupné z: <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2370235,00.asp>

Memory & Storage – How To Speak Machine. How To Speak Machine – by John Maeda [online]. Dostupné z: <https://howtospeakmachine.com/2018/11/23/memory-storage/>

Myslíte, že výrobci podhodnocují údaje o životnosti SSD? Moc na to nespolehejte - Cnews.cz. Cnews.cz | Od tranzistorů až po PC sestavy [online]. Dostupné z: <https://www.cnews.cz/myslite-ze-vyrobci-podhodnocuji-udaje-o-zivotnosti-ssd-moc-na-nespolehejte/>

Obermaier, Z. Výkon SSD disku proti klasickým HDD v reálném provozu. [online]. c2009. [cit. 2019-08-28]. Dostupný z WWW: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/disky-cd-dvd-br/15788-vykon-ssd-disku-protiklasickym-hdd-v-realnem-provozu?start=2>

PFEINER R. Vše, co jste chtěli vědět o SSD. Svět hardware [online]. 2010 [cit. 2019–08-04]. Dostupné z: <http://www.svethardware.cz/vse-co-jste-chteli-vedet-o-ssd/26524>

Reliability of Solid-State Drives Based on NAND Flash Memory – IEEE Journals & Magazine. 301 Moved Permanently [online]. Copyright © Copyright 2019 IEEE [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7998601>

Rent, Thomas M. storagereview.com. Origin of Solid State Drives. [Online] March 20, 2010. http://www.storagereview.com/origin_solid_state_drives.

ROUSE, Margaret. Compact Disc (CD). Tech Targer [online]. b.r. [cit. 2019]. Dostupné z: Dostupné z: <https://whatis.techtarget.com/reference/Fast-Guide-to-CD-DVD>

SNIA | Advancing Storage and Information Technology [online]. Copyright © [cit. 28.08.2019]. Dostupné z:

<https://www.snia.org/sites/default/files/SNIASSSI.SSDPerformance-APrimer2013.pdf>

Solid-state drive Facts for Kids. Kids encyclopedia facts [online]. Copyright © 2019 Kiddle.co [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: https://kids.kiddle.co/Solid-state_drive

SSD Lifespan: How Long Will Your SSD Work?. Enterprise Storage Forum: Data storage and storage networking news and trends.[online]. Dostupné z: <https://www.enterprisestorageforum.com/storage-hardware/ssd-lifespan.html>

SSD vs. HDD Storage Device - Lab Tested Reviews by PCMag.com. PCMag.com - Technology Product Reviews, News, Prices & Tips[online]. Copyright © Bram Stein. License [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.pcmag.com/article/297758/ssd-vs-hdd-whats-the-difference>

Teknik Informatika: Perkembangan Storage Device .Teknik Informatika [online]. Dostupné z: <http://blacky575.blogspot.com/2015/11/perkembangan-storage-device.html>

The Apollo guidance computer: Hardware. [book auth.] James G. Williams Allen Kent. Computers in Spaceflight: The NASA Experience. s.l. : NASA Contract NASW-37 14.

The Future of SSDs and HDDs in Data Centers. The Best Unlimited Online Backup and Cloud Storage Services [online]. Copyright © 2019 [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.backblaze.com/blog/hdd-vs-ssd-in-data-centers/?highlight=ssd>

The life span of an SSD – how long does it last and what can be done to take care? | Computer Memory Blog – hints & tips, know-how, wiki, tutorials, troubleshooting, news, purchasing advices. Arbeitsspeicher (RAM) & SSD – Online vom Experten kaufen[online]. Copyright © CompuRAM GmbH 2012 [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.compuram.de/blog/en/the-life-span-of-a-ssd-how-long-does-it-last-and-what-can-be-done-to-take-care/>

The Sharp PC-5000; a desktop computer in a portable package. Ahl., David H. s.l. : CREATIVE COMPUTING, Januray 1984, Vols. VOL. 10, NO. 1

The SSD Endurance Experiment: They're all dead – The Tech Report. Home – The Tech Report [online]. Dostupné z: <https://techreport.com/review/27909/the-ssd-endurance-experiment-theyre-all-dead/>

The Truth About SSD Data Retention. AnandTech: Hardware News and Tech Reviews Since 1997 [online]. Copyright © 2019. All rights reserved. [cit. 28.08.2019]. Dostupné z: <https://www.anandtech.com/show/9248/the-truth-about-ssd-data-retention>

TIŠNOVSKÝ P. Magnetické paměti pro trvalý záznam dat. Root [online]. 2008 [cit. 2019-08-04]. Dostupné z: <https://www.root.cz/clanky/magneticke-pameti-pro-trvalyzaznam-dat/>

Vítek, Jan & Stránský, Petr. Funkčnost, rozhraní a technologie pevných disků. [online]. c2008. [cit. 2019-08-04]. Dostupný z WWW: http://www.svethardware.cz/art_docD35E78C6C3B894FFC125727F005BE243.html

Wayback Machine [online]. Copyright ©B [cit. 04.08.2019]. Dostupné z: https://web.archive.org/web/20100509034736/http://www.fusionio.com/load/media-docsPress/fbdzz/Pressrelease_SANinhand.pdf

Wayback Machine [online]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20130118072652/http://www.dailytech.com/Study+Hard+Drive+MTBF+Ratings+Highly+Exaggerated/article6404.htm>

Why SSDs Die a Sudden Death (and How to Deal with It) | ElcomSoft blog. ElcomSoft blog [online]. Dostupné z: <https://blog.elcomsoft.com/2019/01/why-ssds-die-a-sudden-death-and-how-to-deal-with-it/>

5.3 Seznám obrázků:

Obrázek 1 Děrný štítek	10
Obrázek 2 Punched card paper	12
Obrázek 3 Selectron Tube	14
Obrázek 4 Paměť magnetického jádra.....	16
Obrázek 5 Kompaktní kazeta	17
Obrázek 6 Disketa	18
Obrázek 7 LaserDisc	19
Obrázek 8 HDD	23
Obrázek 9 MSATA SSD s vnějším krytem.....	26
Obrázek 10 Vysvětlení funkce SSD	39

5.4 Seznam tabulek

Tabulka 1 Požadavky SSD, zdroj:.....	38
Tabulka 2 retenční stupnice SSD, zdroj:	38