

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

katedra technologických zařízení staveb

**Vývoj základních desek počítačů se zaměřením na
sběrnice**

bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Sander, Ph.D.

Bakalář: Tomáš Teichman

Praha 2013

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra technologických zařízení staveb

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Teichman Tomáš

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Vývoj základních desek počítačů se zaměřením na sběrnice

Anglický název

The development of PC motherboards, with a focus on buses

Cíle práce

Zmapování vývoje základních desek počítačů z pohledu datových sběrnic. Vývojové trendy.

Metodika

Vysvětlení obecných pojmů - základní deska, datové sběrnice, rychlost přenosu dat ve vazbě na periferie

Rozdělení a popis jednotlivých sběrnic. Technicko ekonomické zhodnocení a vhodnost použití.

Vývojové trendy

Osnova práce

- 1 Úvod
- 2 Historie a vývoj
- 3 Typy a principy funkce
- 4 Srovnání (výhody, nevýhody)
- 5 Vývojové trendy



prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

doc. Ing. Miroslav Růžička, CSc.

Rozsah textové části

35-40

Klíčová slova

počítač, motherboard, základní deska, sběrnice, PCI, PCIE, SATA,

Doporučené zdroje informací

Váňa Vladimír: ARM pro začátečníky, BEN-technická literatura, 2009, ISBN 978-80-7300-246-6

<http://www.root.cz/clanky/sberrnice-v-domacich-a-osobnich-pocitacich/>Wikipedia EN: Peripheral Component Interconnect, http://en.wikipedia.org/wiki/Peripheral_Component_Interconnect
PCI Vendor and Device Lists,<http://www.pcidatabase.com/index.php> Seznam PCIVID/DID,<http://www.pcidatabase.com/reports.php?type=csv> PCI bus pinout,http://pinouts.ru/Slots/PC_L_pi_nout.shtml How to recognise a 3.3 Volt PCI slot,<http://www94.web.cern.ch/hsi/s-link/devices/s32pci64/slottypes.html> Computer Bus and BackPlane Design, http://www.interfacebus.com/Design_Interface_table.html**Vedoucí práce**

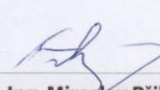
Sander Jan, Ing., Ph.D.

Termín zadání

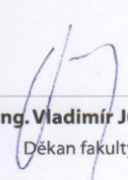
listopad 2012

Termín odevzdání

duben 2013


doc. Ing. Miroslav Přikryl, CSc.

Vedoucí katedry


prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

V Praze dne 4.4.2013

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením
Ing. Jana Sandera, Ph.D. a použil jen pramenů citovaných v příložené bibliografii.

Podpis studenta:

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval mému vedoucímu práce, kterým byl Ing. Jan Sander, Ph.D. Také děkuji své rodině za podporu během celého studia.

Vývoj základních desek počítačů se zaměřením na sběrnice

Abstrakt:

Obsahem bakalářské práce je popis sběrnic obsažených především v osobních počítačích. Kromě samotného funkčního popisu jednotlivých druhů jsou v díle uvedeny vývojové trendy, historie, ekonomické a výkonnostní porovnání. Práce je složena z teoretické a praktické části.

V teoretické části je uvedena metodika práce, popis základní desky dále pak historie, popis funkce a vývoj jednotlivých sběrnic. Každý typ se principiálně rozebere z technologického a funkčního hlediska. K popisovaným sběrnicím jsou uvedeny nejdůležitější historické momenty výroby. Dále jsou v práci uvedeny současně využívané sběrnice a jejich možní budoucí nástupci.

Praktická část se zaměří na porovnání dvou aktuálně nejpopulárnějších sběrnic pro přenos dat z externích paměťových zařízení. Zhodnotí ekonomickou efektivnost a s použitím praktických testů porovná jejich výkonnost.

Klíčová slova: počítač, hardware, základní deska, sběrnice, přenos dat

The development of PC motherboards, with a focus on buses

Summary:

The content of the thesis is a description of buses contained mostly in personal computers. In addition to the functional description of each type, are in the work: development trends, history and performance comparison. The study consists of theoretical and practical part.

In the theoretical part presents the methodology of work, description of the motherboard as well as history, description of the function and development of individual buses. We analyze each type at the principle of technological and functional aspects. There are the most important historical moments of production described buses, as well as all the same time used buses and their potential future successors.

The practical part will focus on comparing the two currently most popular buses for data transfer. Evaluate the economic efficiency and using practice tests comparing their performance.

Keywords: computer, hardware, motherboard, buses, data transfer

Obsah:

1. Úvod:.....	1
2. Cíl práce a metodika:.....	2
3. Teoretická část.....	3
3.1. Základní deska.....	3
3.2. Sběrnice.....	5
3.3. Interní sběrnice.....	7
3.3.1. Sběrnice ISA.....	7
3.3.2. VESA Local Bus.....	9
3.3.3. PCI.....	10
3.3.4. AGP.....	13
3.3.5. PCI-X.....	16
3.3.6. PCI Express.....	16
3.3.7. IDE (ATA, PATA).....	18
3.3.8. SCSI.....	19
3.3.9. SATA.....	21
3.4. Externí sběrnice.....	22
3.4.1. Paralelní port.....	24
3.4.2. Sériový port RS-232C.....	26
3.4.3. Universální sériová sběrnice (USB).....	27
3.4.4. Firewire.....	29
3.5. Pohled do budoucnosti.....	31
4. Testování a měření.....	35
4.1. Testovací konfigurace.....	35
4.2. Testovaná zařízení.....	36
4.3. Výsledky měření.....	36

5. Závěr	40
6. Zdroje:	42
6.1. Seznam obrázků:	46
6.2. Seznam tabulek:	47
6.3. Seznam grafů:.....	47

1. Úvod:

Základní deska je komponenta, bez které se žádný počítač neobejde. Pořízením základní desky je dopředu omezen počet a druh dalších komponent, které dále ovlivňují vlastnosti celého počítače. Je tedy zcela zásadní si vybrat kvalitní a moderní základní desku s dostatečným počtem rozšiřujících slotů a portů. Takových, které umožní dostatečně a bezproblémově komunikovat jednotlivým komponentám počítače mezi sebou, spolehlivě a rychle. Říká že, že počítač je tak rychlý, jak rychlá je jeho nejpomalejší komponenta nebo karta. Toto rčení lze bez ostychu parafrázovat na nové, stejně pravdivé pravidlo: počítač je tak rychlý, jak rychlá je jeho nejpomalejší sběrnice. Protože sběrnice je cestou mezi dvěma blízkými sousedy, tlumočnickem mezi nesejně mluvícími obchodníky, kteří dychtí předávat a přijímat informace zároveň.

Tato práce se bude zabývat datovými sběrnici na základních deskách počítačů určenými k připojování periférií a rozšiřujících karet.

2. Cíl práce a metodika:

Cílem práce je podat ucelený přehled o sběrnicích použitých na základních deskách počítačů se zaměřením na jejich historii, vývoj a popis funkce. Metodický postup je zvolen s ohledem na obsáhlost tématu takový, že jednotlivé typy sběrnic jsou v samostatných kapitolách popsány krátkou historií, poté principem funkce s jejich klady a zápory. Důležitá část je samotné praktické porovnání externích paměťových úložišť s vyhodnocením výsledků.

První část bakalářské práce je zaměřena na historii, vývoj a popis funkce jednotlivých typů sběrnic (ISA,PCI,AGP,SATA,USB,...) a na vývoj, který můžeme dále očekávat.

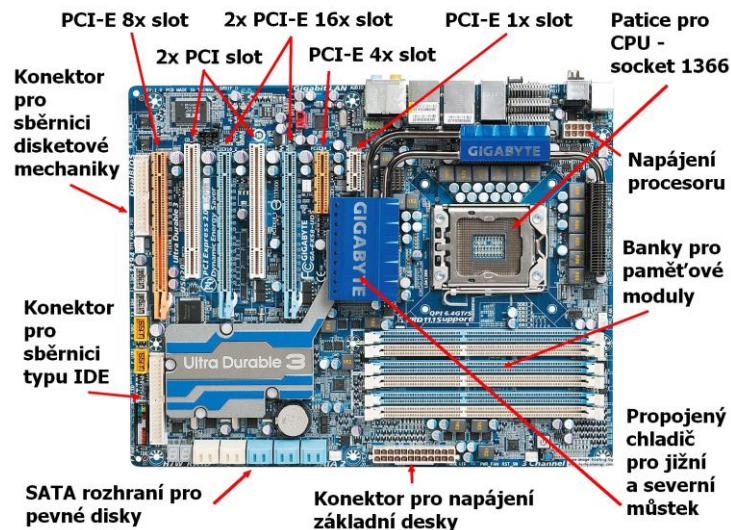
Druhá část se zaměří na praktické porovnání USB 2.0 a USB 3.0 externích paměťových zařízení. Pomocí speciálních programů otestuje dvě současně nejvíce používané technologie pro připojení velkokapacitních paměťových zařízení z hlediska výkonového rozdílu. Následně dojde i na ekonomické zhodnocení podle aktuálních cen.

3. Teoretická část

3.1. Základní deska

Základní deska (mainboard, motherboard) je dle Horáka [1] základním stavebním prvkem celého počítače. Fyzicky se jedná o desku plošného spoje s elektronickými obvody a konektory, které slouží pro připojení jednotlivých komponent osobního počítače umístěných mimo základní desku. Výběrem základní desky je již dopředu určen:

- typ mikroprocesoru, kterým je možné desku tzv. osadit a rychlost komunikace mikroprocesoru s okolím (typ sběrnice a její taktovací frekvence),
- typ, rychlost a maximální velikost použitých paměťových modulů,
- počet a typ rozšiřujících slotů (ISA, PCI, AGP, PCI Express atd.),
- použitý BIOS,
- integrované řadiče pevných disků (IDE, SATA) a disketové mechaniky (Floppy),
- integrované I/O rozhraní, USB kontrolér a další integrované součásti osobního počítače (síťová karta, grafická karta, zvuková karta atd.)



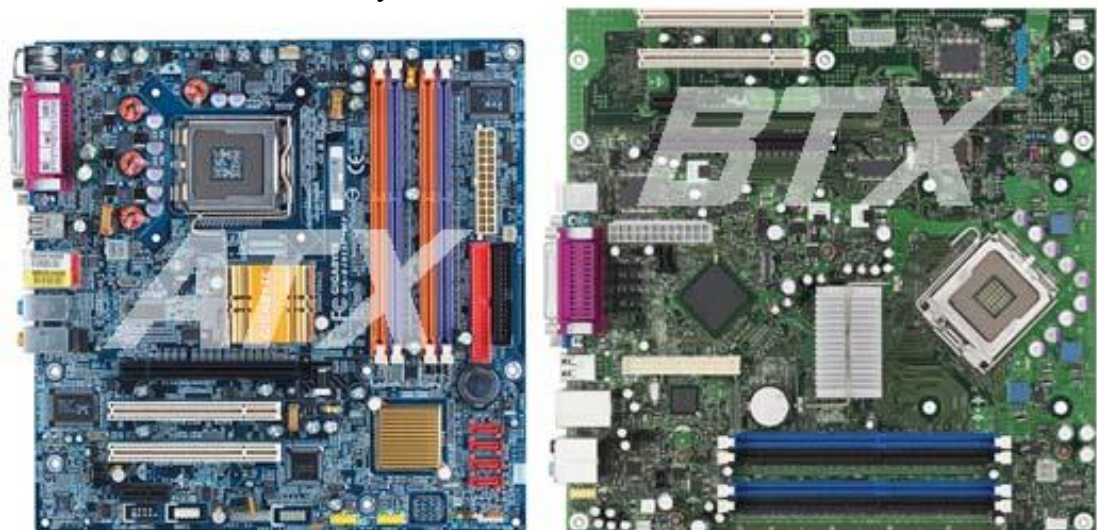
Obrázek 1 Základní deska [2]

První základní deska pro stolní počítač spatřila světlo světa v roce 1981 v počítačích firmy IBM, kde byl zároveň představen nový druh sběrnice nazvaný Industry Standard Architecture (ISA). V roce 1984 je veřejnosti představen nový milník v architekturách osobních počítačů pocházející jak jinak než z dílny IBM. Advanced Technology (AT) byl speciálně navržen pro 16bitové procesy 80286 a používal širší 16bitové sloty, které se v motherboardech zachovaly až do konce devadesátých let minulého století. V roce 1986 společnosti Compaq a Western Digital začaly integrovat kontroléry pevných disků přímo do pevného disku. Nová technologie dostala název Integrated Drive Electronics (IDE) a stala se součástí standardu ATA AT Attachment, který obsahuje základní desky a pevné disky ještě v dnešní době. Následuje doba nástupu dalších nových a nových sběrnic, ovšem většina se nedokáže uchytit na delší dobu. Až v roce 1993 přichází společnost Intel se sběrnicí Peripheral Component Interconnect (PCI), která umí obsluhovat 32bitová data a komunikuje přímo s pamětí a procesorem. Nárůst výkonu nových počítačových komponent opět vyvinul tlak na výrobce základních desek, a tak již v roce 1995 firma Intel redefinovala stávající AT design a pojmenovává jej AT extended (ATX), kde externí porty jsou sjednoceny do jednoho bloku a základní deska je připojena k novému typu zdroje. V roce 1997, kdy pomalu přestává nárokům 3D grafiky sběrnice PCI vyhovovat, nabízí firma Intel výrobcům základních desek novou vysokorychlostní sběrnicí s názvem Accelerated Graphics Port (AGP) určenou výhradně pro grafiku. Architektura ATX s kombinací jednoho AGP a několika PCI slotů se pak nadlouho mezi typy základních desek stává standardem [3]. Specifickým znakem formátu ATX je krátké kabelové vedení k jednotce i napájecímu zdroji, svod všech důležitých externích rozhraní do zadní oblasti motherboardu a implementace 20pólového připojení s ochranou proti přepólování. Vedle standard a Fullsize ATX jsou na trhu i další, zejména kompaktnější formáty jako je např. Low Profile Extended (LPX) určené pro skříně s plochým tvarem, kde se karty instalují horizontálně přes rozšiřující kartu, dále potom NLX a mini NLX, ITX, Mini ITX a Nano ITX, které se vyznačují špatným odvodem tepla a omezenou rozšiřitelností [4].

Neustále se zrychlující nárůst výkonu všech komponent v počítači nutil postupně vývojáře zamýšlet se nad problémem odvodu odpadního tepla, které dříve vyzařovaly pouze procesory, avšak později se k nim postupně přidávaly grafické karty, čipové sady a paměti. Formát Balanced Technology Extended (BTX) se objevuje na scéně v roce 2003 a

má být odpovědí zejména na termické zatížení, spotřebu elektrické energie, elektromagnetickou kompatibilitu, nové umístění komponent a minimální zatížení hlukem, to vše s podporou nových technologií PCI Express a Serial-ATA. Pro zajištění jmenovaných požadavků, vývojáři vyvinuli nový chladicí koncept s chladícím modulem (chladič procesoru uspořádaný do kruhových destiček a axiální ventilátor plus otvor vedoucí vzduch cíleně skříní), který minimalizuje počet ventilátorů na dva (jeden pro chladicí modul, druhý pro napájecí zdroj) a který se ve spolupráci s inteligentní ventilační správou a důmyslným rozdělením komponent uvnitř skříně stará o mírnou teplotu a nízkou hladinu hluku. BTX formát existuje ve třech velikostních typech: BTX standard, Micro BTX a Pico BTX. Všechny formáty mají stejnou hloubku, liší se šířkou desek. Pro pokrytí vysokého příkonu PCI-Express karty (až 75 W) má napájecí zdroj nově 24 připojení (oproti ATX zdroji navíc 12V, 5V, 3,3V a jeden zemnicí vodič) a napájecí modul sériového konektoru ATA [4].

Na následujícím obrázku je vidět rozdíl mezi standardy ATX a BTX, kde procesor a čipset se u standardu BTX nacházejí v řadě vedle sebe, paměti jsou otočeny o 90 stupňů a přesunuty do spodní části desky, PCI karty se naopak ze spodní části posunuly do horní, to vše s ohledem k nárůstu efektivity chlazení [5].

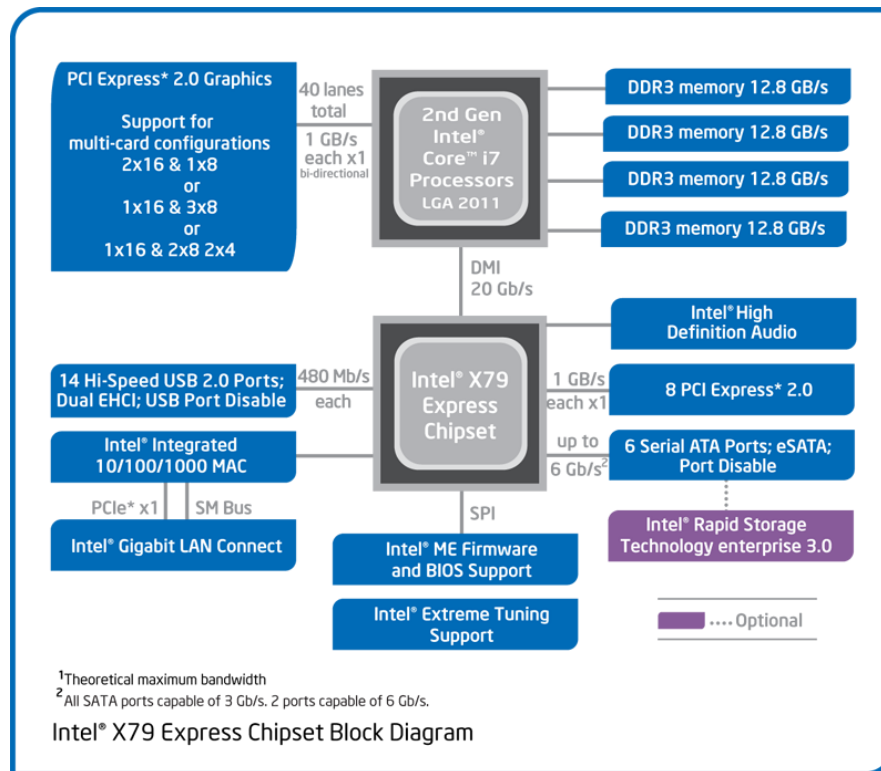


Obrázek 2 ATX vs. BTX [5]

3.2. Sběrnice

Tišnovský ve svém článku [6] vymezuje pojem sběrnice ve výpočetní technice jako soustavu dvou, většinou však více vodičů, které přenášejí data, ale i řídicí instrukce, mezi

jednotlivými částmi počítače a to za použití protokolu, který musí být uvedenými částmi počítače schválen. Sběrnice tedy slouží pro propojení mikroprocesoru, operační paměti, dalších zařízení jako jsou např. grafické, zvukové a síťové karty, a periférií. Na obr. č. 3 je znázorněno blokové schéma chipsetu X79 od firmy Intel včetně propojení jednotlivých komponent různými sběrnici s uvedením maximálních přenosových rychlostí.



Obrázek 3 Blokové schéma chipsetu X79 od firmy Intel [7]

Podle funkčnosti vodičů [6] je možné rozeznat adresové vodiče, datové vodiče a vodiče přenášející řídicí signály, přičemž je nutné poznamenat, že v případě sériových sběrnic jsou adresy, data a řídicí signály rozváděny sériovým protokolem po jednom příp. malém počtu vodičů.

Jiným rozdělovacím kritériem sběrnic může být podle typu zařízení [6], které sběrnice spojují, na interní sběrnice, které se omezují na přenosy uvnitř počítače, a externí sběrnice, které naopak připojují vnější zařízení. Často platí, že interní sběrnice dosahují vyšších přenosových rychlostí na typicky kratší vzdálenosti, zatímco při konstrukci externích sběrnic je dbáno na použití kvalitních koncových konektorů, implementaci přenosových protokolů odolných vůči chybám (např. při rušení signálu) a maximalizaci

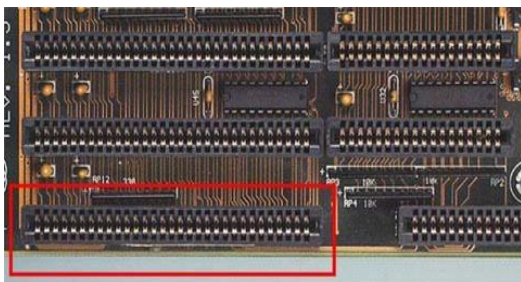
délky vodičů resp. maximální vzdálenosti mezi propojenými zařízeními. Mezi zástupce interních sběrnic patří sběrnice ISA, která v dřívějších dobách měla četné zastoupení v základních deskách, a sběrnice PCI. Obě jmenované sběrnice patří mezi tzv. paralelní sběrnice, kdy adresy, data a signály jsou přenášeny po více vodičích současně. Do množiny externích sběrnic lze např. počítat sběrnici USB anebo FireWire.

Sběrnice lze také kategorizovat na universální a lokální [6], kde sběrnice jsou rozlišovány podle stupně oddělení mikroprocesoru od sběrnice. V případě lokálních typů sběrnic je procesor připojen ke sběrnici přímo příp. přes případný budič sběrnice, přičemž komunikace zde kvůli procesoru coby nejrychlejší jednotce počítače musí probíhat co možná nejrychleji. Z toho vyplývá, že vlastnosti lokální sběrnice jsou určeny charakterem procesoru jako je např. externí taktovací kmitočet nebo napěťová úroveň signálu. Pro lokální sběrnice je také typické omezení v připojení menšího počtu zařízení. Představitelem lokální sběrnice je, dnes již zastaralá, sběrnice VESA Local Bus. Naproti tomu v případě universální sběrnice je mezi interní sběrnici procesoru a samotnou universální sběrnici vloženo ještě určené rozhraní, což znamená, že všechny připojená zařízení mohou mezi sebou komunikovat nezávisle na procesoru. Důsledkem oddělení interní sběrnice od universální, může docházet ke zpomalení (latenci) při přenosu dat, nicméně tento handicap je vyvážen možností provozu většího počtu zařízení na sběrnici, včetně možnosti převzetí řízení sběrnice jedním ze zařízení bez zásahu procesoru. Do universálních sběrnic lze zařadit sběrnici ISA a sběrnici PCI včetně následovníků.

3.3. Interní sběrnice

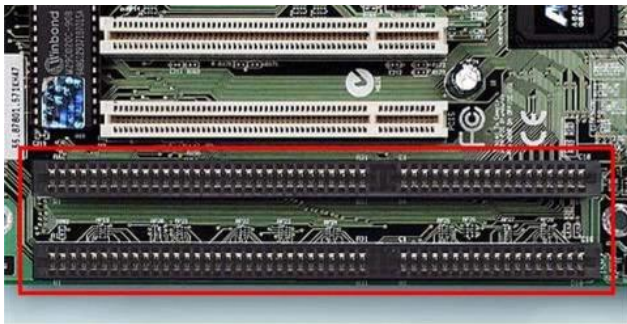
3.3.1. Sběrnice ISA

Sběrnice ISA (Industry Standard Architecture) se řadí mezi universální interní sběrnice [6] a patří mezi nejstarší a nejjednodušší sběrnice pro osobní počítače IBM PC a kompatibilní. Byla navržena firmou IBM v roce 1980, může být označena také jako XT bus a již následující rok byla osmibitová verze ISA použita v prvních počítačích IBM PC (obr. č. 4).



Obrázek 4 8bit sběrnice ISA (XT bus) [8]

V roce 1984 přichází do výroby šestnáctibitová verze ISA s podporou karet s 98 piny (osmibitová verze používá pouze 62 pinů), která se zejména díky své konstrukční jednoduchosti, detailnímu popisu komunikačního protokolu a průběhu signálu používá ve světě průmyslových osobních počítačů i dodnes (např. jako měřicí výpočetní technika nebo jednoúčelová základní deska). V osobních počítačích je možné se s touto sběrnicí (a s alespoň jedním konektorem) setkat přibližně až do roku 2003 (někdy pod názvem AT



Obrázek 5 16bit sběrnice ISA (AT bus)

bus, který byl uveden v katalogích firmy IBM) a to zejména z důvodu zachování kompatibility se staršími kartami. Navýšení počtu pinů je patrné na obr. č. 5, kde je zřetelně vidět oddělení původní 8 bit ISA karty od 16 bitové verze.

V 16 bitové sběrnicí ISA je implementována adresová sběrnice o šířce 24 bitů, což je možné použít pro adresování max. 16MB paměti. Blokový přenos dat po datové sběrnicí znamená převzetí řízení sběrnice (obdoba bus masteru, který je běžný u modernějších typů sběrnic) anebo použít čtyři (později až 8) DMA kanály. Přenos dat byl možný díky synchronnímu protokolu, skutečná taktovací frekvence sběrnice byla u prvních verzí rovna přibližně 4,77MHz, teprve později nastoupily rychlejší taktovací frekvence 8 MHz, 8,33 MHz, 10 MHz, 12 MHz a 16 MHz [6].

Sběrnice ISA měla obrovský význam pro masivní rozšíření osobních počítačů, jelikož výrobci vyráběli velké množství přídavných karet včetně řadičů sériových a paralelních portů, síťových, ale i specializovaných přídavných karet včetně karet zvukových a grafických. Postupem času však zejména kvůli požadavkům grafických karet na nárůst přenosové rychlosti, rapidnímu zrychlení procesorů a navýšení kapacity paměťových modulů přestala sběrnice ISA vyhovovat a zájem o ní upadal. A tak především příchod populárních VGA a později SVGA karet, které vyžadovaly přenosové pásmo širší než jaké mohla sběrnice ISA poskytnout, lze považovat za „karty“ kdysi tolik úspěšné a masivně rozšířené ISA sběrnice.



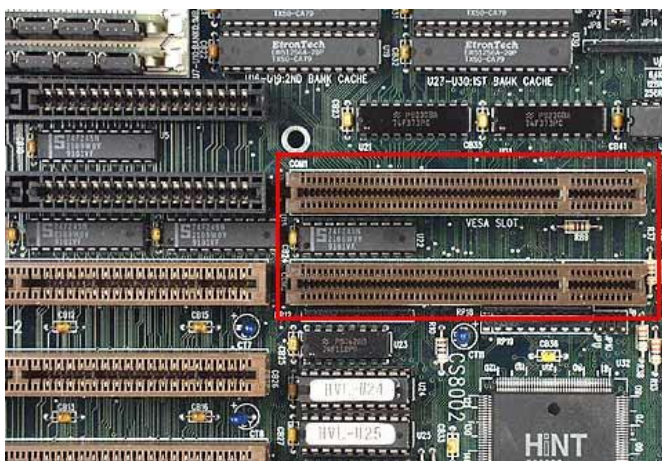
Obrázek 6 Grafická karty od firmy Cirrus Logis se sběrnicí ISA 16 bit, 1MB, 80 MHz, rok výroby 1993 [9]

Osobně jsem se v praxi s touto sběrnicí již nesetkal, občas jsem si ji stihl prohlédnout u vyřazených počítačů. Ve zpětném pohledu vidím u sběrnic ISA jako obrovskou výhodu její universálnost, což v době jejího vzniku rozhodně samozřejmost nebyla. Nevýhodou byla nízká přenosová rychlost, která brzy přestala dostačovat zejména grafickým kartám.

3.3.2. VESA Local Bus

Sběrnice VESA Local Bus (VLB) [10], jak již název napovídá, se řadí mezi lokální sběrnicí a měla se stát rychlejší alternativou k tehdy v té době již výkonnostně nedostačující sběrnicí ISA. A zatímco ISA sběrnicí byla navržena pro komunikaci s téměř jakýmkoliv zařízením, se sběrnicí VESA Local Bus se počítalo hlavně pro grafické karty, řadiče rychlých pevných disků a síťové karty. Vzhledem k tomu, že poptávka po nárůstu výkonu se datuje přibližně k době největšího rozšíření procesoru 486, a když uvážíme, že architektura sběrnic VESA Local Bus je velmi úzce propojena se strukturou a návrhem procesoru 486, lze sběrnicí VESA Local Bus nalézt téměř výhradně v osobních počítačích s procesory 486, a také nejvyšší výskyt karet VESA Local Bus je, logicky, právě v tomto období. Nástup procesorů Intel Pentium a AMD K6 zavádí novou vyspělejší sběrnicí AGP, PCI a PCI Express a velmi rychle uvrhá VESA Local Bus do propadliště dějin.

VESA Local Bus přímo sdílí datovou a adresovou část s procesorem počítače při šířce datového pásma 32 bitů, čímž je, s ohledem na proudové a impedanční zatížení



Obrázek 7 VESA Local Bus [8]

procesorové sběrnicí, definován limit připojení maximálního počtu zařízení na 2-3. Konektory sběrnicí musí být umístěny co nejbližší procesoru, aby nedocházelo k odrazům na datových a adresových vodičích, a frekvence sběrnicí musí respektovat vnější taktovací frekvenci procesoru, tedy 33 MHz až 50 MHz.

Blokově přenášená data mohla být transportována v tzv. burst režimu, kdy došlo k přenosu vždy jedné adresy a po ní čtyř datových slov, což v praxi znamenalo pět sběrniceových cyklů pro 4x32bitů namísto osmi cyklů čtyř dvojic adresa-data. Výhodou v porovnání se sběrnice PCI (a PCI Express) je vyšší přenosová rychlost na těch počítačích, kde je taktovací frekvence sběrnice 40 MHz a 50 MHz. Bohužel však minimální podpora ze strany výrobců zařízení, základních desek a čipsetů spolu s omezením počtu připojených zařízení a rozdílem taktovacích frekvencí, které způsobují komplikace při návrhu přídatných karet, znamenají při nástupu sběrnice PCI od firmy Intel konec výroby zařízení se sběrnice VESA Local Bus.

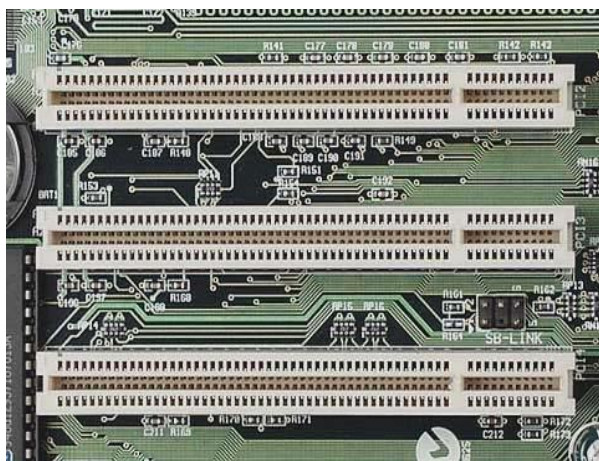


Obrázek 6 Grafická karta od firmy Cirrus Logic se sběrnice VESA Local Bus, 1MB, 32bit, 80MHz, rok výroby 1993 [11]

Tuto sběrnice jsem také v praxi už nezažil, pouze jí několikrát viděl ve vyřazených strojích. Výhodou VESA Local Bus bylo, že ve své době přinesla znatelné navýšení přenosových rychlostí tolik potřebných pro grafické karty a řadiče serverových disků. Nevýhodou bylo velké soustředění na platformu Intel, to vyústilo v menší zájem výrobců základních desek a čipsetů. Dále také omezení počtu připojených zařízení.

3.3.3. PCI

Sběrnice PCI (Peripheral Component Interface) navrhla firma Intel v roce 1992, jelikož sběrnice ISA přestala vyhovovat požadavkům výrobců zejména na rychlost, disponovala limitním počtem přerušení a nevyhovovala DMA, sběrnice MCA byla chápána jako proprietární řešení od konkurenční společnosti IBM a sběrnice VESA Local Bus byla lokální, neumožňovala připojit dostatečné množství zařízení a jejich provoz byl omezen na architekturu 486.

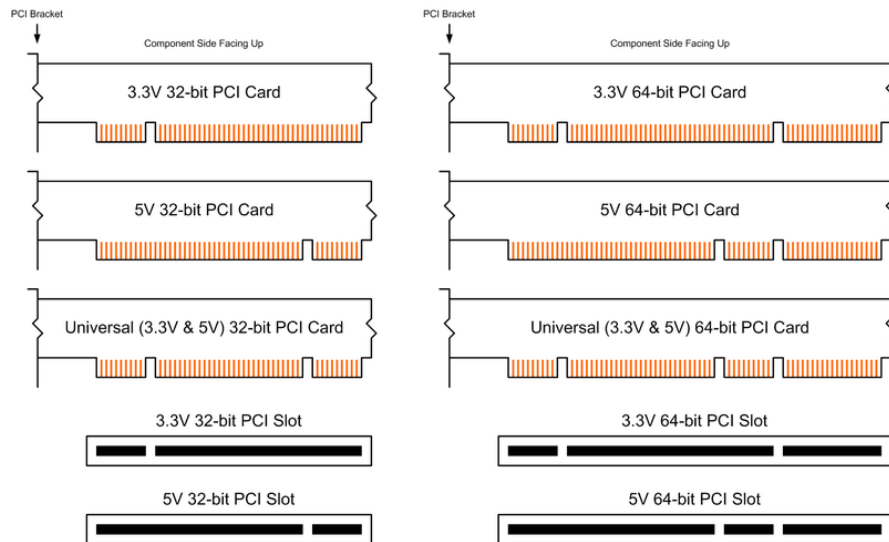


Obrázek 7 Sběrnice PCI [8]

sběrnici a podle nichž je následně možné zjistit typ zařízení (grafická karta, zvuková karta, síťová karta apod.) a kód výrobce zařízení. Uživatel je tak ušetřen zdlouhavých a náročných řešení konfliktů stejných přerušení a adres, tolik častých na sběrnici ISA.

Sběrnice PCI dostala od návrhářů do vínku navíc podporu Plug and Play (dynamické detekce a konfigurace zařízení po startu počítače, která umožňuje zjistit hardware počítače a zajistit jeho optimální nastavení). Technologie Plug and Play používá tzv. konfigurační registry, které se při startu programově nastaví podle detekovaných zařízení připojených na PCI

Několik variant sběrnice PCI znamená také několik konektorů, čímž byli konstruktéři postaveni před problém jak vymezit po sběrnici přívod 5V signálů pro 5V PCI kartu a naopak, aby nedošlo ke zničení karty, sběrnice a ostatních připojených karet. K tomuto účelu se používají tzv. klíče nebo také zámky tj. přerušené části konektoru v přesně vymezených místech určují typ karty a zabraňují jejímu zásunu do nesprávného slotu viz. obr. č. 10, kde v horní části obrázku se nacházejí jednotlivé karty, které lze nainstalovat do konektorů nacházejících se pod nimi ve spodní části obrázku. Klíče se nacházejí ve všech variantách, avšak pro karty s různým napětím vždy jinde, pouze tzv. univerzální 32 bitové PCI karty mají oba klíče a 64 bitové karty mají dokonce 3 klíče. Podobně jako u ISA sběrnice je možné do šedesátibitového PCI slotu zasunout dvaatřicetibitovou PCI kartu.



Obrázek 10 Klíčování PCI karet a přehled typů PCI slotů [13]

Přístup mikroprocesoru ke sběrnici PCI je řešen:

- a) použitím paměťově mapovaných regionů, kdy se část paměťového prostoru přídavné karty namapuje do paměťového prostoru hostitelského počítače. Pro procesor se pak tento paměťový prostor jeví jako souvislá oblast operační paměti, ačkoliv se ve skutečnosti může jednat např. o framebuffer grafického akceleratoru,
- b) pomocí tzv. mailboxů (principiálně se jedná o registry, které umožňují z jedné strany zápis a z druhé čtení. Jinak řečeno, pokud zařízení – např. grafická karta - provede zápis do registru, pak „z druhé strany“ pouze ze strany sběrnice může dojít k přečtení zapsané informace,
- c) dvěma jednosměrnými fronty typu FIFO (blokový přenos dat tzv. burst režimem), kdy řízení přenosu může převzít procesor, který nastaví komunikační protokol, počáteční adresu dat a počet přenesených slov nebo řízení přenosu připadne PCI zařízení, které se následně stává tzv. masterem (a následně tedy i pojmenování přenosu busmaster). Busmaster přenos využívá několika registrů, z nichž jeden je FIFO registr sloužící pro zápis resp. čtení z jedné jednostranné fronty, přičemž pro čtení dat z PCI zařízení je k dispozici první fronta, pro zápis na PCI zařízení druhá fronta. Po ukončení blokového přenosu dat je generováno přerušení, které procesoru poslouží pro oznámení o uvolnění sběrnice.

Existuje několik variant sběrnice PCI, které se od sebe odlišují úrovněmi logických signálů (3,3 V nebo 5V), taktovací frekvencí (33 MHz, 66 MHz nebo 133 MHz) a šířkou datové sběrnice (32 bit nebo 64 bit). Taktovací frekvence a šířka datové sběrnice určuje



**Obrázek 11 Grafická karta ATI 128VR 16M 64bit
VGA [12]**

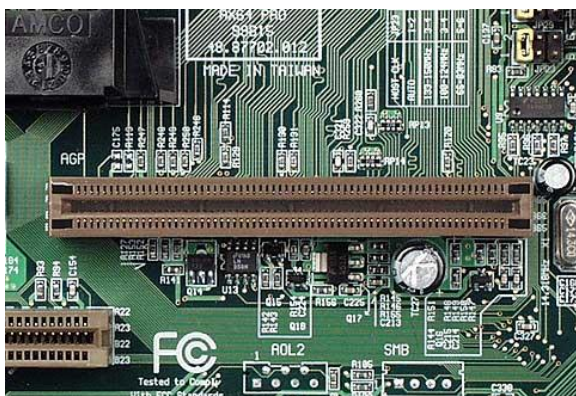
maximální datový tok sběrnice, který se vypočítá násobením taktovací frekvence a šířky sběrnice a následným převodem (uvádí se v MB/s) jednotky bit na byte, tedy např. PCI sběrnice s kmitočtem 33 MHz o šířce 32 bit může dosáhnout maximální přenosové rychlosti $(33 \times 32) \div 8 = 132 \text{ MB/s}$ [10].

Se sběrnici PCI se na některých nových deskách setkávám ještě dodnes. V době jejího vzniku byla průlomová funkce plug and play, dále použití na obou platformách hlavních výrobců procesorů a na svojí dobu vysoká přenosová rychlost i universálnost. Výhodou je také to, že není omezen počet připojených zařízení. Jelikož přenosová rychlost s přehledem dostačuje na provoz běžných síťových, zvukových, televizních a dalších karet, kterých je na světě nepřeberné množství, přetrvává tato sběrnice až dodnes. Důvod proč se přestává používat, vidím v morální zastaralosti a velkém prostoru, který slot na desce zabere vzhledem k přenosové rychlosti. Postupně je nahrazován PCIe 1x.

3.3.4.AGP

Interní port AGP (Accelerated Graphics Port) je v porovnání s ostatními sběrnici výjimečný, neboť povoluje připojení pouze jednoho zařízení a je určen výhradně pro grafické karty resp. grafické akcelerátory. Jeho vznik je reakcí na požadavky rychlého přenosu dat pro videa a textur pro trojrozměrné scény s minimální latencí, přičemž návrh vychází z úpravy sběrnice PCI. Postrádá však arbitrážní obvod, což sice zaručuje rychlou komunikaci a zjednodušené řídicí obvody na grafické kartě, avšak povoluje připojit pouze jedno zařízení. V porovnání se sběrnici PCI operuje na vyšší taktovací frekvenci 66 MHz [15].

Sběrnice AGP je k mání v různých variantách lišících se napětím, konektory a samozřejmě přenosovou rychlostí, kdy v jednom taktu může být vykonán jeden zápis do paměti, dva (podobně jako DDR paměti), čtyři (podobně jako QDR paměti) nebo osm. Tomu odpovídají i přenosové rychlosti, kdy se základním taktům 66MHz je při jednom



Obrázek 12 Sběrnice AGP [8]

zápisu do paměti počítáno s maximální teoretickou rychlostí 266MB/s, pro dva zápisy do paměti 533 MB/s, pro čtyři 1066 MB/s a pro osm přístupů paměti monstrózních 2133 MB/s. Přenosové rychlosti jsou pro přehlednost znázorněny v tab. č. 1 [15].

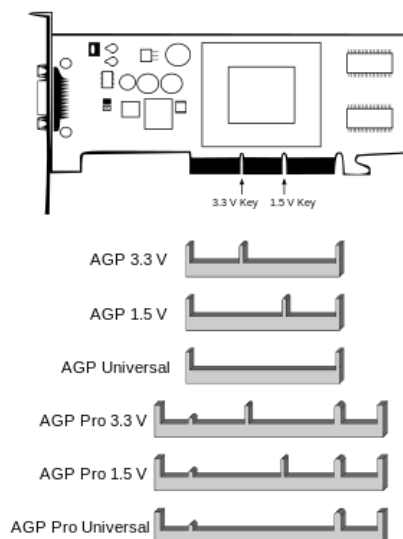
Označení	Taktovací frekvence	Režim přenosu	Úroveň signálu	Výsledná rychlost
AGP 1x	66 MHz	32 bit / takt	3,3 V	266 MB/s
AGP 2x	66 MHz	2x32 bitů / takt	3,3 V	533 MB/s
AGP 3x	66 MHz	4x32 bitů / takt	1,5 V	1066 MB/s
AGP 4x	66 MHz	8x32 bitů / takt	0,8 V	2133 MB/s

Tabulka 1 Přehled přenosových rychlostí AGP [15]

Přehled variant AGP je uveden v tabulce č. 2, tvary jednotlivých konektorů pak ukazuje následující obrázek č. 13.

Verze	Podporované rychlosti	Úroveň signálu
AGP 1.0	1x 2x	3,3 V
AGP 2.0	1x 2x 4x	3,3 V nebo 1,5 V
AGP Pro	1x 2x 4x	3,3 V nebo 1,5 V
AGP 3.0	1x 2x 4x 8x	1,5 V nebo 0,8 V pro rychlost 8x

Tabulka 2 Přehled variant AGP



Obrázek 13 Přehled AGP konektorů a klíčování AGP karet [16]

Jednostranné zaměření sběrnice AGP na grafické karty umožňuje použití zvláštních režimů, které u jiných sběrnic nejsou dostupné jako je např. režim DMA nebo Execute. K tomu je třeba připočíst v porovnání s PCI sběrnicí rychlejší komunikace mezi mikroprocesorem, operační pamětí a grafickým akcelerátorem a fakt, že i nejpomalejší AGP sběrnice dokáže teoreticky přenést až 266 MB/s, což je oproti nejrychlejší PCI sběrnicí, která dokáže přenést max. 133 MB/s dvojnásobná hodnota, přičemž je ještě opomenut fakt, že se o pásmo na sběrnicí PCI dělí všechna připojená zařízení. Potřeba nárůstu výkonu stála opět za návrhem nových sběrnic PCI-X a PCI Express, protože ani



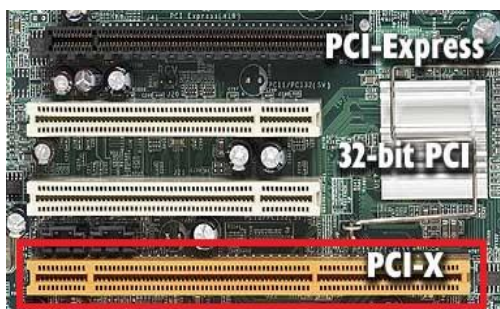
Obrázek 14 Grafická karta Hercules RIVA TNT2 Ultra AGP [14]

přesun grafické karty z PCI sběrnice na rozhraní určené výhradně pro grafické akcelerátory (AGP), navýšení taktovací frekvence z 33 MHz na 66 MHz a později 133 MHz stejně jako rozšíření datové části sběrnice z 32 bitů na 64 bitů dlouhodobě nestačily uspokojit poptávku po výkonu.

Výhodou AGP bylo, že ve své době disponovalo velmi vysokou přenosovou rychlostí a bylo specializované na grafické karty, které každý počítač potřebuje ke svému běhu. V tomto neměla konkurenci a prakticky všechny grafické karty se začaly dělat na dlouhou dobu výhradně pro AGP slot. To přineslo zjednodušení výběru pro koncové zákazníky. Ti museli pouze ohlídat verzi AGP.

3.3.5. PCI-X

Za prvního nástupce sběrnice PCI lze označit PCI-X [15], která je kompatibilním rozšířením sběrnice PCI s nárůstem taktovací frekvence na 66 MHz a 133 MHz o datové



Obrázek 15 Sběrnice PCI-X [17]

šířce sběrnice 64 bitů při dosažení teoretické přenosové rychlosti 533 MB/s resp. 1066 MB/s. Navazující standard PCI-X 2.0 navýšil taktovací frekvenci na 266 MHz a 533 MHz, s čímž souvisí i navýšení teoretické přenosové rychlosti na 2,15 resp. 4,3 GB/s.



Obrázek 16 Gigabitová síťová karta Intel Pro 1000XT PCI-X Gigabit Ethernet NIC Server Adapter Card 1H895 [18]

Primární použití nachází sběrnice PCI-X zejména v serverech, což znamená některé nové možnosti a technologie jako je např. výměna vadné karty za provozu systému včetně nastavení. Sběrnice PCI-X je zpětně kompatibilní s PCI 2.x, avšak ani tato vlastnost ji nezachránila od krátkodobé životnosti a její význam na trhu byl pouze minoritní.

3.3.6. PCI Express

Sběrnice PCI Express přenáší adresy, data a řídicí signály prakticky po dvou párech vodičů (všechny čtyři vodiče se nazývají lane nebo také pruhy či dráhy), přičemž každý pár vodičů přenáší informace vždy v jednom směru s rychlostí 2,525 GB/s [19]. Každý pár může tvořit uzavřenou proudovou smyčku, která umožňuje přenášet data velmi vysokou rychlostí bez vyzařování velké části signálu do okolí. U zařízení, které vyžadují přenosy vysokého objemu dat (typicky grafické karty) lze použít několik drah současně zapojených

do jednoho konektoru, následkem čehož dochází k navýšení délky konektorů včetně počtu jeho pinů. Dle počtu drah se zavádí pro takové konektory a karty označení x1 (jedna dráha), x2 (dvě dráhy), x4, x8, x12, x16 až x32. Běžně lze v osobních počítačích nalézt především konektory x1 a x16, přičemž platí, že PCIe x1 (a x2, x4, x8 atd.) kartu lze



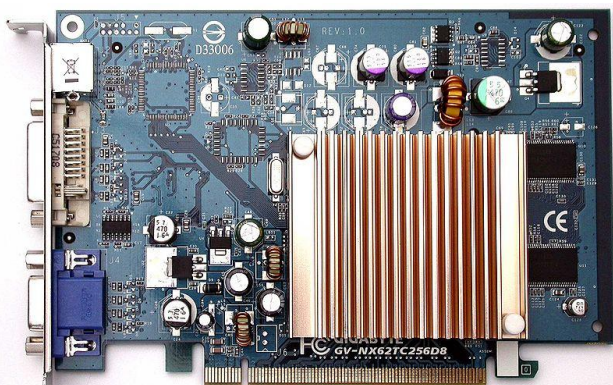
Obrázek 17 PCI Express [20]

zasunout do konektoru PCIe x16 při snížení rychlosti dle počtu drah příslušné karty. PCIe se nachází již ve své třetí verzi. Sloty jednotlivých verzí jsou plně kompatibilní. Jednotlivé verze se mezi sebou liší v přenosových rychlostech.

PCIe verze	Šířka pásma pro linku v jednom směru	Celková šířka pásma pro X16 linek
1.0	250MB/s	8GB/s
2.0	500MB/s	16GB/s
3.0	1GB/s	32GB/s

Tabulka 3 přehled verzí PCIe a jejich šířek pásma

Karty na sběrnici PCI Express nemusí žádat o přístup na sběrnici a nesdílejí přenosové pásmo s jinými zařízeními, protože jednotlivé dráhy od všech konektorů vedou do prvku zvaného přepínač (switch), který dokáže propojit kterékoliv dvě dráhy a sestavit tak point-to-point spojení. Z popsaného řešení plynou další výhody v podobě absence



Obrázek 18 Grafická karta Gigabyte s čipsetem firmy NVIDIA (GeForce 6200TC) pro PCI Express x16 [21]

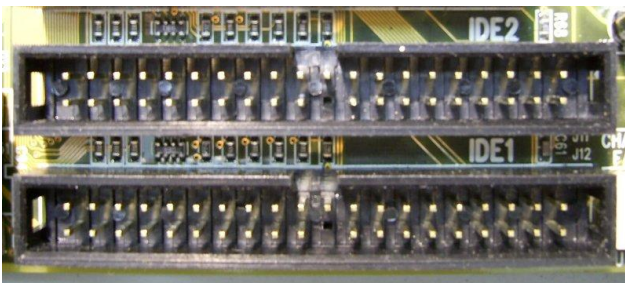
arbitrážního obvodu (místo něj je na základní desce přepínač a schopnosti dosahovat na každé dráze při obousměrném provozu maximální rychlosti. Je tak možné pro větší výkon do např. herní stanice instalovat větší počet grafických či v případě serveru síťových karet. Vyšší přenosová rychlost

a možnost použití většího množství grafických karet se staly příčinou pádu sběrnice AGP a klasické PCI a daly vzniknout dalším novým technologiím jako je např. dual-SLI od firmy NVidia pro dvojice karet s PCI Express x16 konektory, kdy po propojení dvou totožných karet mezi sebou dochází k renderování poloviny obrazu vždy jen jednou grafickou kartou, což umožňuje téměř dvojnásobnou rychlost vykreslování obrazu [19].

Z mého pohledu má PCIe samé výhody, proto vidím v PCIe ještě dlouhou budoucnost, jelikož je široce podporované, prakticky jediné moderní řešení pro připojení grafických, zvukových a dalších karet. Má obrovskou propustnost, vzájemnou kompatibilitu jednotlivých generací a do budoucna se plánuje další generace PCIe 4.0, která opět posune hranice rychlosti o něco výše. Konektory pro karty, které nevyžadují vysoké přenosové rychlosti jsou prostorově úsporné, jelikož nepotřebují tolik vodičů.

3.3.7. IDE (ATA, PATA)

IDE (Integrated Drive Electronics), někdy též ATA (Advanced Technology), je rozhraní, které bylo navrženo společnostmi Western Digital a Compaq v roce 1986 s cílem poskytnout levné rozhraní mezi pevným diskem a základní deskou s dostatečným výkonem. Pro paralelní způsob přenosu informací po datovém vodiči se později pro IDE ustálil další název Paralel ATA (PATA). Princip spočívá v implementaci čipu IDE s dvojicí datových kanálů s možností připojit na každý z nich dvojici různých zařízení, přičemž režim práce jednotlivých zařízení (Master, Slave, Cable Select) se stanovuje na



Obrázek 19 IDE konektory na desce [35]

zařízeních pomocí tzv. jumperů. Každý kanál povoluje připojit jedno zařízení typu Master a jedno zařízení typu Slave a dále platí, že řadič dokáže v jeden čas komunikovat vždy pouze s jedním zařízením.[34]

Ranné specifikace ATA podporovaly režim PIO 0 až PIO 5 (Processor Input Output) s využitím procesoru k řízení přenosu dat s maximální přenosovou rychlostí 2 – 20 MB/s nebo režim DMA (Direct Memory Access), konkrétně Single-Word DMA a Multi-Word DMA režim, bez procesoru, kdy bylo možné přenášet data rychlostí 2 – 22 MB/s.

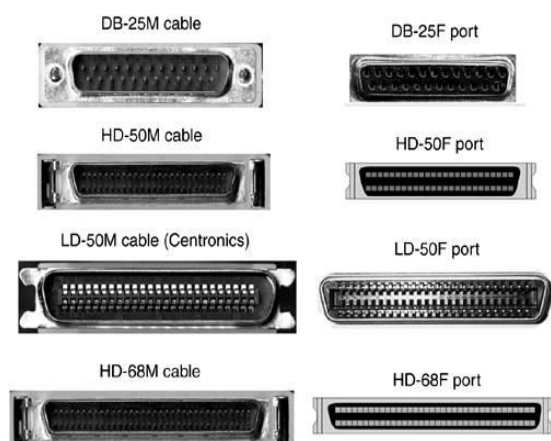
Pozdější verze rozhraní, která vyšla z vylepšené IDE verze EIDE (Enhanced Integrated Drive Electronics) se nazývala Ultra ATA, využívala k maximální přenosové rychlosti v režimu Ultra-DMA 33 MB/s, stejně jako předchozí revize, kabel s čtyřiceti vodiči, další revize rozhraní s přenosovými rychlostmi 66 MB/s resp. 100 MB/s si již kvůli přeslechům (tzv. kapacitní vazba – signály jednotlivých vodičů se mohly navzájem ovlivňovat) vyžádaly kabel s osmdesáti vodiči, kde k původním čtyřiceti vodičům přibylo další 40 stínících vodičů. Poslední revize PATA dosahovala maximální přenosové rychlosti 133 MB/s, což se ukázalo jako technologické maximum a další vývoj byl ukončen.[34] Kromě limitní přenosové rychlosti se IDE rozhraní nedokázalo zbavit stigma širokého kabelu omezeného maximální délkou 45 cm stejně jako absence přístupu k oběma zařízením na jednom kanálu současně, čímž muselo vždy po ukončení komunikace s jedním zařízením dojít ke změně režimu přenosu dle druhého zařízení a teprve potom mohla započít komunikace s druhým zařízením.

Z pohledu dnešní doby PATA potažmo UATA moc výhod neměly. Velký konektor, neskladný 40-ti nebo 80-ti žilový kabel. Někdy špatná vzájemná kompatibilita a problémový chod více zařízení na jednom kabelu (Master,Slave). Konfigurace 2xHDD+2xCD/DVD mechanika je pro uživatele náročnější na instalaci. Většinou omezení pro 4 zařízení na jednu základní desku. Dnes pro moderní HDD/SSD má tato sběrnice nevyhovující propustnost. Pro CD/DVD mechaniky přenosové rychlosti stačí, ale i v tomto případě se dnes používá SATA zejména kvůli výrazně menším rozměrům kabelu a konektoru. Na moderních základních deskách se dnes setkáváme s PATA/ Ultra ATA již zřídka. Ve své době spočívaly pro tuto sběrnici výhody ve velké přenosové rychlosti a universálnosti.

3.3.8.SCSI

SCSI (Small Computer System Interface) není, navzdory svému pojmenování, pouze rozhraním pro malé počítače, ale svým pojetím se může jednat o sběrnici, která je určena pro připojení rozličných periférií (pevné disky, scannery, CD mechaniky, páskové zálohovací mechaniky, tiskárny apod.).

Specialitou SCSI sběrnice je nutnost ukončovat své konce za pomoci terminátorů (ohmických odporů), které na konci sběrnice zabraňují odrazu signálu, který by jinak způsoboval rušení. Dalším charakteristickým rysem je nezávislost na připojovacích zařízeních, čímž je dán pro každé SCSI zařízení požadavek na existenci samostatného řadiče, který zařizuje komunikaci s okolím a není tak zatěžován procesor. Každé SCSI zařízení je specifikováno jednoznačnou adresou, kterou mu uděluje uživatel pomocí jumperů na zařízení nebo softwarově. Každá adresa má pevně stanovenou prioritu pro



Obrázek 20 SCSI kabelové konektory (vlevo) a k nim příslušné porty (vpravo) [39]

případ, kdyby v jeden okamžik by více zařízení chtělo najednou sběrnici použít. [36] V době svého vzniku bylo SCSI rozhraní ceněné pro svou rychlost a schopnost připojit k počítači velké množství zařízení bez omezení přenosových rychlostí, a to vše při komunikaci nezatěžující procesor. Kritici SCSI vyčítali vyšší cenu řadičů i periférií, méně přehlednou typizaci a složitější konfigurovatelnost.

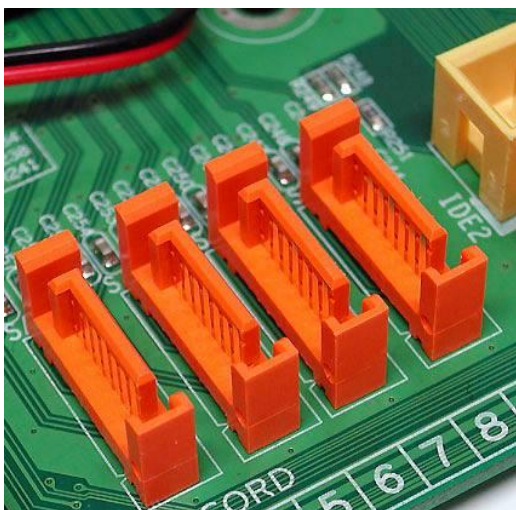
Historicky první standard SCSI-1 vymezoval SCSI jako osmibitovou sběrnici operující na frekvenci 5 MHz a přenosovou rychlostí 5 MB/s a maximálním počtem osmi připojených zařízení, z nichž jedno musel být SCSI řadič, nejčastěji ve formě přídatné ISA karty. Norma stanovovala maximální délku kabelu na 6m. SCSI-2 přinesl rozšíření na 16 bitů (Wide) a nárůst frekvence na 10 MHz (Fast). Svým zaměřením byla určena pro sběrnice VL Bus a PCI, maximální délka kabelu již byla oproti SCSI-1 poloviční, tedy 3m. SCSI-3 navýšil frekvenci na 20 MHz (Ultra SCSI) a 40 MHz (Ultra2 SCSI), obojí opětně s rozšířením na 16 bitů, což znamenalo (v příp. Fast Ultra2 SCSI) nárůst přenosové rychlosti až na 80 MB/s. Standard je opět určen pro sběrnice VL Bus a PCI, délka kabelu maximálně 12 m. Později vznikají ještě další specifikace, nejdříve Ultra320 SCSI s přenosovou rychlostí 320 MB/s, o něco později pak ještě Ultra640 SCSI s přenosovou rychlostí 640 MB/s.

Sběrnice SCSI disponuje i sériovým způsobem zapojení. Technologie Serial Attached SCSI (SAS) si bere od SCSI ovládací protokol, vzhledem k point-to-point

topologii je fyzické zapojení však zcela jiné - každé zařízení je s řadičem propojeno jedním samostatným kabelem, terminátory odpadají. Navíc je součástí SAS technologie Dual-port, kde každý SAS disk má dva nezávislé komunikační kanály, což umožňuje stavět plně redundantní disková pole se zdvojeným RAID kontrolérem. SAS řadiče běžně podporují i SATA zařízení, jelikož součástí SAS je i norma SATA, resp. norma eSATA, je podmnožinou technologie SAS, z čehož plyne, že k řadiči SAS je možné bez problémů připojit SATA disk, ale k řadiči SATA disk SAS připojit možné není. Přenosové rychlosti stanovuje standard na 1,5 Gbit/s, 3.0 Gbit/s a 6.0 Gbit/s. [37]

3.3.9.SATA

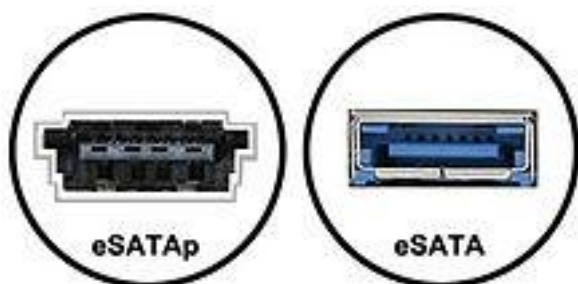
SATA (Serial ATA) je názvem pro sběrnici, která umožňuje přes sériové rozhraní datově připojit velkokapacitní paměťová zařízení. Datový kabel SATA má 7 vodičů (4 datové vodiče ve dvou párech a 3 zemnicí vodiče) a může dosahovat maximální délky 1m. V porovnání s paralelním rozhraním PATA, která při 16 bitové šířce operovalo na frekvenci 25 MHz a dosahovala maximální přenosové rychlosti 100 MB/s, využívá původní SATA sice jen 1bit šířku, ale navýšení frekvence na 1500 MHz jí dovoluje přenášet data rychlostí až 1,5 Gbit/s, přičemž další pokračující verze povyšují maximální přenosovou rychlost až na 3 Gbit/s resp. 6 Gbit/s. [38] První verze SATA s nejnižší přenosovou rychlostí je známá již od roku 2001, ale cestu do domácích počítačů si hledala zpočátku jen s obtížemi. Teprve druhá verze SATA 3.0 Gbit/s dokázala přilákat pozornost širší veřejnosti. Pomoci k tomu jí měla četná technická vylepšení jako např. NCQ (Native Command Queuing), kdy je řadič schopen se rozhodnout o pořadí čtení dat na disku a



Obrázek 21 SATA porty na základní desce [40]

seřadit si posloupnost čtecích dat, aby k jejímu načtení potřeboval co nejméně otáček a přesunů hlav. Další technologií, kterou PATA postrádá, ale např. u USB, FireWire a SCSI je, a kterou významně přispěla k rozmachu SATA (a především eSATA), je hot-swap, tedy možnost připojit a odpojit disk za běhu počítače se současným rozpoznáním nově připojeného hardware operačním systémem. [38]

eSATA je rozšířením SATA s použitím pro vnější zařízení (tedy jakýmsi „vytažením“ SATA s maximální délkou kabelu 2m) a s jinak tvarovaným robustním konektorem, který byl vyvinut pro časté připojování a odpojování zařízení. Ve své době (2004) bylo rozhraní eSATA odpovědí na tehdejší pomalejší USB či FireWire, protože dovoluje přenášet data rychlostí stejnou jako SATA (tedy více než 100 MB/s). Bohužel používá eSATA i stejnou koncepci oddělení datového konektoru od napájecího, což



Obrázek 22 eSATAp vs. eSATA [41]

podmiňuje dovážet elektrický proud jiným způsobem (např. z počítačového zdroje). Reakce na požadavek dovážet pro zařízení elektrické napětí má jméno eSATAp (eSATA s napájením). Řešení vychází z instalace konektorů USB a eSATA v notebooku, kde vzhledem k eSATA sousednímu USB může být vložen adaptér (speciální kabel), který přenáší elektrický proud a odstraňuje tak pro zařízení nutnost dalšího napájení. [40] Výsledkem je eSATAp konektor, do kterého je možné zapojit USB nebo eSATA zařízení.

podmiňuje dovážet elektrický proud jiným způsobem (např. z počítačového zdroje). Reakce na požadavek dovážet pro zařízení elektrické napětí má jméno eSATAp (eSATA s napájením). Řešení vychází z instalace konektorů USB a eSATA

Výhody SATA, dle mého názoru, spočívají v dostatečné přenosové rychlosti pro drtivou většinu zařízení a možnosti zapojit velký počet zařízení do jednoho PC. Nízké prostorové nároky na konektory a kabely. Funkce hot-swap. Za hlavní nevýhodu považují absenci napájení a pro některé moderní SSD již nedostačující šířka pásma přenosu. S touto sběrnici se určitě budeme ještě dlouho setkávat a pravděpodobně dočkáme její další verze.

3.4. Externí sběrnice

Tišnovský ve svém pokračování seriálu o sběrnících [22] klade důraz na rozdělení a správné porozumění pojmům sběrnice a porty. Sběrnice propojuje v počítači několik zařízení, přičemž řízení sběrnice zajišťuje jedno předem definované zařízení (master) nebo kterékoliv zařízení na sběrnici (master-select). Zařízení se připojují ve fyzické topologii hvězda / strom (sběrnice USB) nebo jsou vodiče společné (SIO sběrnice v osmibitových počítačích Atari). Port (např. sériový port RS-232 – tzv. COM, paralelní port LPT, PS2 konektor apod.), naproti tomu připojuje vždy pouze jedno zařízení, ať již komunikuje s počítačem jednosměrně nebo obousměrně.

Pro rozlišení externích sběrnic se používá způsob přenosu dat. Sériový přenos dat zajišťuje specializovaný čip nebo dochází programově k rozpadu jednotlivých bytů na sekvence bitů, které jsou následně postupně přenášeny bit po bitu. K tomuto účelu si vystačí se dvěma vodiči, zatímco paralelní přenos dat využívá pro přenos dat většího množství vodičů, stejně jako pro přenos řídicích signálů např. paralelní port LPT (přenáší data po celých bytech po osmi datových vodičích). Dále rozhoduje cenový faktor, tj. je nutné vzít do úvahy ceny konektorů a vlastních vodičů, čímž získává navrch sériový typ přenosu, kde obecně je méně vodičů a konektory jsou jednodušší a levnější [22].

Další rozlišovacím kritériem pro externí sběrnice resp. porty je směr komunikace. Pro příklad může posloužit paralelní port LPT, který byl původně navržen pro jednosměrný přenos dat z počítače do tiskárny, směrem z tiskárny do počítače proudily pouze stavové informace o tiskárně (např. tiskárna je připravena, došel papír). Po rozšíření paralelního portu o ECP a další technologie bylo možné dosáhnout vyšších rychlostí stejně jako obousměrného přenosu dat, což umožňovalo propojit mezi sebou dva počítače ještě před nástupem Ethernetu.

Po podrobnějším pohledu na řízení externích sběrnic lze vyzorovat dva způsoby řízení. Centrální řízení (je čtenější) představuje situaci, kdy centrálním řídicím uzlem je nejčastěji řadič externí sběrnice v počítači, decentralizované řízení naproti tomu umožňuje řídit provoz na sběrnici zařízením připojeným ke sběrnici. Centrální řízení je také snadněji implementovatelné, neboť není potřeba zajišťovat řešení řízení kolizí u zařízení, které by se chtěly stát masterem stejně jako odpadá nutnost potřeby složitějšího přenosového protokolu.

Pro externí sběrnice a porty je typická snaha o standardizaci a sjednocení jednotlivých rozhraní. Dříve běžná situace, kdy v počítači je přítomno nespočet mezi sebou nekompatibilních portů a rozhraní, které potřebují pro svůj provoz speciální ovladače, nutila uživatele připojovat myš k sériovému portu DB9 nebo konektoru PS/2, modem k sériovému portu DB25, tiskárnu k paralelnímu portu LPT, scanner k dalšímu LPT portu (který často v počítači chyběl) nebo přes externí SCSI rozhraní. Moderní doba naštěstí dává podobným komplikacím při připojování periférií na externí sběrnice s úspěchem zapomenout a díky technologii plug & play a USB sběrnici nabízí dříve nemyslitelný komfort a unifikaci.

3.4.1. Paralelní port

Paralelní port LPT (Line Port Terminal) byl navržen společností IBM pro



Obrázek 23 Paralelní port LPT [24]

přípojení tiskáren s rozhraním Centronics [23]. Dříve býval nezbytnou součástí výbavy portů na základních deskách, jelikož byl používán pro připojení téměř všech tiskáren k počítači, dnes ho již ve stanicích však jen těžko nalézt a pro jeho použití je nutné dokoupit rozšiřující PCI nebo PCI Express kartu, která tento port obsahuje.

Vznik rozhraní Centronics je spojen s rokem 1970 a výrobou tiskárny označované jako Model 101 ve společnosti Wang, od které se o rok později oddělila divize, dále operující pod názvem Centronics Corporation. Rozhraní použité u tiskárny Model 101 se postupně stalo standardem, zejména od pozdějšího návrhu a zahrnutí paralelního portu do tehdejší novinky IBM PC. K uvedenému portu bylo možné připojit kabel s koncovkou DB25 na jedné a 36pinovým konektorem (s neoficiálním názvem Centronics) na druhé straně (viz. obrázek č. 23). Konektor Centronics je dodnes součástí některých tiskáren a zejména rastrových plotterů. [23]

Při standardní komunikaci počítače se zařízením s rozhraním Centronics (v tomto konkrétním případě tiskárnou) se přes datové vodiče přenáší kódy znaků, které je zapotřebí vytisknout, včetně řídicích kódů (přesun na nový řádek, posun na novou stránku). Realizace přenosu je zajišťována metodou handshaking, kdy je přenos řízen počítačem, avšak pokyn k přijetí dalšího znaku uděluje tiskárna. Před přenosem dochází k inicializaci



Obrázek 24 Kabel LPT DB25 – Centronics

tiskárny, poté počítač posílá na datové vodiče všech osm bitů, tedy celý jeden byte, a dává tiskárně na vědomí informaci o platnosti poslaných dat, čímž může tiskárna zahájit čtení. Tiskárna začne s načítáním dat, o čemž informuje počítač. Po přečtení celého bajtu zasílá tiskárna počítači potvrzení o dokončení přenosu, čímž je počítači

signalizována možnost odeslat další byte. Existují však zařízení (např. zvuková karta Covox), která považují hodnoty na datových vodičích za v čase proměnný digitální signál a není tak u tohoto typu komunikace zapotřebí rozpoznávat jednotlivé byty [23].

Standardní paralelní port nese konektory s 25 piny umístěných ve dvou řadách. Počet pinů odpovídá počtu vodičů:

- a) 8 datových vodičů (odpovídá osmi bitům = 1 byte) pro transfer dat,
- b) 4 řídicí vodiče, které slouží pro řízení tiskárny (obecně zařízení) počítačem,
- c) 5 stavových vodičů, které přenášejí stavové informace ze zařízení do počítače,
- d) 8 vodičů typu zem (tvz. ground).

Paralelní port standardně nedistribuuje žádné napájecí napětí, proto bývají zařízení připojená na paralelní port vybavena vlastním zdrojem.

Rychlost dosažená na standardním paralelním portu postačovala pro pomalejší jehličkové a inkoustové tiskárny. Navíc zatížení mikroprocesoru bylo značné, protože standardní LP port postrádá sofistikovaný řadič nebo hardwarově řízené datové fronty. Proto došlo na pokusy o vylepšení, které časem dostaly podobu standardizace a staly se



Obrázek 25 Kabel LPT DB25M – DB25F

součástí normy IEEE 1284, která popisuje režimy přenosu dat, elektrické charakteristiky portu a mechanické rozměry konektorů včetně zapojení [25]. Pro potřeby této práce je důležité zejména popsání standardizovaných protokolů normy:

- a) Compatibility mode (SPP) – zajišťuje pouze jednosměrnou komunikaci od počítače k zařízení. Využívá handshaking a je kompatibilní s rozhraním Centronics,
- b) Nibble mode – opět je zajištěn pouze jednosměrný přenos dat od počítače k zařízení, oproti SPP však po stavových linkách a s rozdělením dat přenosu na čtveřice bitů. Je kompatibilní s původním rozhraním Centronics. Použití nachází mód při přenosu dat ze zařízení s osmibitovým A/D převodníkem (např. čidlo teploty) nebo při propojení dvou počítačů,

- c) Byte mode – jednosměrný přenos dat po osmi bitech v tzv. simplex režimu. Přenos dat řídí mikroprocesor, datové vodiče musí být možné nastavit jak pro čtení tak zápis, z toho důvodu není režim kompatibilní se všemi typy paralelních portů,
- d) Enhanced Parallel Port (EPP) – obousměrný přenos v tzv. half duplex režimu, kdy se podle potřeby kvůli dělení o stejné datové vodiče vysílají a přijímací strany střídají. EPP mód snižuje zatížení mikroprocesoru a dosahuje maximální přenosové rychlosti až 2 MB/s. Pro přepnutí do režimu EPP je nutné sáhnout do BIOSu počítače či použít ovladač paralelního portu,
- e) Extended Capability Port (ECP) – opět obousměrný přenos v tzv. half duplex režimu, avšak dovoluje přímo přistupovat do paměti a umožňuje využít hardwarově řízené fronty (FIFO), což dále snižuje zatížení mikroprocesoru, a je schopen při použití speciálního stíněného kabelu dosáhnout maximální přenosové rychlosti až 2,5 MB/s. Byl navržen společnostmi HP a Microsoft. Zapnutí režimu ECP je nutné učinit v BIOSu počítače nebo zajistit ovladačem paralelního portu (stejně jako u EPP). [25]

Dodnes lze tuto sběrnici nalézt na některých moderních základních deskách. Nová zařízení pouze s LPT se dnes již nevyrobí. Tato sběrnice již odchází s trhu úplně, ještě nějakou dobu se s ní v praxi potkávat budeme. Sběrnice USB, podle mého názoru, paralelní port plně nahradila a přinesla o proti němu jen samé výhody. Rychlost, universálnost, miniaturizace,...

3.4.2. Sériový port RS-232C



Obrázek 26 Sériový port COM 9pin

Sériový port RS-232C byl původně navržen pro připojení textových terminálů k modemu nebo blízkému serveru, avšak později sloužil pro připojení počítačové myši, vysokorychlostního modemu nebo řezacích plotterů či dokonce pro propojení počítačů nebo budování počítačových sítí. V současnosti nachází uplatnění v průmyslu při programování regulátorů motorů nebo pro připojení ke konfiguraci aktivních síťových prvků, běžně však do základních desek již není instalován, k dostání ale je konvertor mezi USB (příp. PCMCIA)

a sériovým portem. V osobních počítačích může mít sériový port podobu konektoru DB-9, příp. širokého DB-25. O komunikaci se stará samostatný čip, příp. je tento implementován do jiného čipu, většinou na základní desce. Podpora pro sériové porty je součástí BIOSu počítače. [26]

Komunikace na sériovém portu může probíhat v simplex, half duplex nebo full duplex režimu asynchronního přenosu dat. Princip sériové komunikace v simplex i half duplex režimu spočívá v rozložení datového přenosu na jednotlivé bity, doplněného o další informace (např. synchronizační bity, detekce a korekce chyb). Synchronizace pomáhá přijímací straně rozpoznat jednotlivé bity mezi sebou, proto se používá buď bitového vodiče s hodinovým signálem nebo se synchronizační informace kombinuje s proudem přenášených dat. Vzhledem k tomu, že sériový port využívá asynchronního přenosu dat, jsou synchronizační značky umístěny na začátek a konec většího proudu bitů. Přenos začíná domluvou mezi přijímacím a vysílacím zařízením, která ustanoví počet přenesených bitů v jednom celku, přenosovou rychlost (přenosová rychlost sériového portu se odvíjí od násobku 300 bitů/s – tzv. bitrate - příp. může být uvedena v tzv. Baudech (Bd), které značí počet změn stavu přenosového média během jedné sekundy), délku stop bitu a informaci o paritním bitu, přičemž vybrané nastavení je pro obě zařízení totožné. První přenesený bit je tzv. start bit, který změní klidový stav vodiče, následně přijímací zařízení, které zná předem stanovený počet bitů a rychlost přenosu, podle svých vlastních hodin rozeznává hodnoty jednotlivých bitů. Konec přenesené sekvence může uvozovat tzv. paritní bit následovaný stop bitem, který signalizuje klid na lince [26].

V běžné praxi u PC se s RS-232C již nepotkáme (pouze u vysoce specializovaných strojů v průmyslu), moderní základní desky tento port neobsahují. USB tento port stejně tak jako LPT plně nahradilo a oproti němu přineslo jen samé výhody: rychlost, univerzálnost, miniaturizace,...

3.4.3. Univerzální sériová sběrnice (USB)

Univerzální sériová sběrnice (Universal Serial Bus, USB) propojuje zařízení na fyzické vrstvě systémem point-to-point, kde jedním kabelem jsou propojena vždy jen dvě sousedící zařízení, přičemž ale na logické úrovni platí možnost komunikace i pro ta zařízení, mezi nimiž se fyzicky nachází několik dále se větvících uzlů. Pro připojení

většího počtu zařízení se využívá rozbočovačů (HUBů), čímž je vyřešen problém fyzického připojení maximálně dvou uzlů. Topologicky představují připojená zařízení stromovou strukturu, jednotlivé uzly lze libovolně přidávat nebo odebrat bez nutnosti restartovat řídicí počítač (hot-plug). Komunikaci řídí zařízení v režimu master (tzv. host controller, je v systému unikátní, typicky se jedná o počítač, ke kterému se ostatní připojují), zbývající zařízení (v maximálním počtu 127) operují v režimu slave. Rozlišení

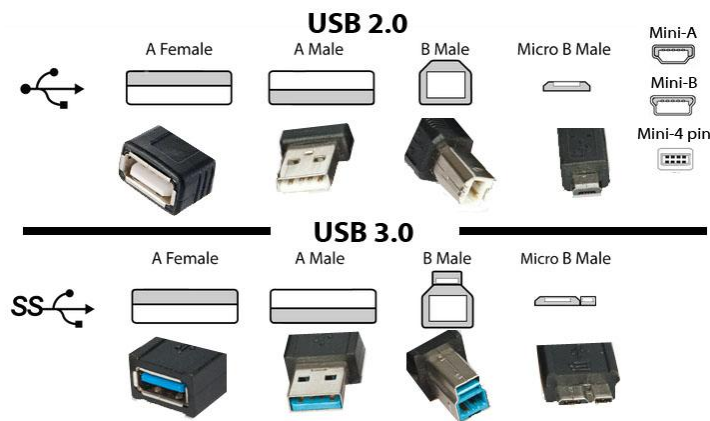


Obrázek 27 USB port [28]

master / slave je fyzicky určeno rozdílnými konektory a dále platí, že bez dalších mezičlánků není možné mezi sebou propojit dvě zařízení typu master (tedy ani dva počítače). Některá zařízení jsou schopna pracovat jako master nebo slave (např. digitální fotoaparát je k počítači připojen jako mass storage, ale dokáže řídit k sobě připojenou tiskárnu), ovšem v daném okamžiku je aktivní pouze jeden z obou režimů. [27]

USB sběrnice umožňuje přenášet data různými rychlostmi. Původní standard USB 1.0 dokáže přenášet data rychlostí 1,5 MB/s (Full Speed), musí být podporován všemi huby a většinou i masterem, nikoliv však koncovými zařízeními, která někdy mohou (typicky např. klávesnice, joystick) pracovat na nižší rychlosti 187,5 kB/s (Low Speed). Norma USB 2.0, v roce 2001 posunula maximální přenosovou rychlost až na 60 MB/s (High Speed), z důvodu zpětné kompatibility však povoluje v případě potřeby přejít i na základní rychlost. Specifikace USB 3.0 v roce 2008 přišla s návrhem, který opět navyšuje maximální přenosovou rychlost, tentokrát až na 625 MB/s (Super Speed), což již umožňuje pracovat s videem nebo maximalizovat rychlost přenosu dat při komunikaci s velmi rychlými externími disky či flash disky. [27] K dosažení závratné přenosové rychlosti Super Speed, např. u externího pevného disku, je však nutné, nejenom aby disk vyhovoval specifikaci USB 3.0, ale je zapotřebí „modrého“ kabelu, který se připojuje do USB 3.0 konektoru a od konektorů předchozích USB specifikací se odlišuje nejenom barvou (viz. obrázek č. 23). Novější USB 3.0 dokáže připojené zařízení zásobit proudem o kapacitě až 900 mA, což je v porovnání s USB 2.0 a jejími 500 mA, hodnota téměř dvojnásobná. Navíc řadič USB 3.0 je schopen adresovat jednotlivá připojená zařízení přímo a komunikovat s nimi, je-li toto zapotřebí, zatímco řadič USB 2.0 neustále udržoval

komunikaci se všemi připojenými zařízeními a to bez ohledu, zda-li v daném okamžiku s nimi chtěl počítač pracovat. Tím je dosaženo mnohem lepší úrovně power managementu a zvyšuje se životnost zařízení, protože k přenosu informací dochází pouze v případě, kdy je to zapotřebí, plus zde existuje možnost v případě nečinnosti zařízení, se od systému zcela odpojit. Pro masové rozšíření dříve vyrobených USB zařízení se specifikací 1.0 a 2.0 bylo nutné dodržet zpětnou kompatibilitu se staršími standardy, ovšem podpora u operačního systému Windows 7 pro USB 3.0 je dostupná až po instalaci Service Pack 1. [30]



Obrázek 28 Konektory USB 2.0 vs. konektory USB 3.0 [29]

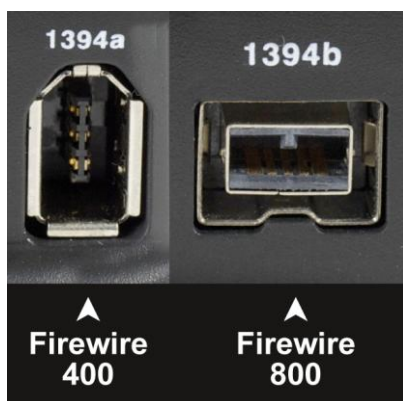
USB je dle mého názoru velice povedeným standardem, dnes téměř všechny periferie a zařízení, které se připojují k PC podporují toto rozhraní. Základní desky mají dostatek USB portů a jejich počet lze levně rozšířit pomocí HUBů. V drtivé většině případů přenosová rychlost nejnovější verze plně dostačuje. Výjimkou jsou rychlé externí disky, kde občas přenosová rychlost nejnovější verze USB 3.0 již nedostačuje. Velkou výhodou jsou různé velikosti USB konektorů, které jsou uzpůsobeny i pro ta nejmenší zařízení a také přítomné napájení.

3.4.4. Firewire

Firewire (IEEE 1394) je standardem sériového rozhraní určeného pro vysokorychlostní komunikaci při zpracování digitálního videa a audia. Z toho vyplývá hlavní oblast použití Firewire v oblasti digitálních fotoaparátů a digitálních videokamer,

ale je k vidění i u externích disků, optických mechanik, paměťových karet, průmyslových videosystémů apod. Maximální počet připojených zařízení je omezen na 63 s podporou plug&play, hot swap a peer-to-peer komunikací mezi jednotlivými zařízeními, tedy bez využití systémových prostředků. Pro počátek je nutné se vypravit do roku 1995, kdy byl standard IEEE 1394 uznán Institutem pro elektrotechnické a elektronické inženýrství (zkráceně IEEE). V době svého vzniku byl oproti USB preferován hlavně pro stříhání videa, protože dosahoval lepších výsledků při přenášení nepřerušovaného datového toku, a konstrukci řadiče, který byl schopen operovat v DMA režimu, tedy přímém přístupu do paměti, a méně zatěžoval systém. [31]

Nejčastěji je možné se setkat s dvěma verzemi FireWire – starší FireWire 400 (IEEE 1394a) s přenosovou rychlostí 400 Mbit/s a 4pinovým nebo 6pinovým konektorem, a novější FireWire 800 (IEEE 1394b) s přenosovou rychlostí až 800 Mbit/s a 9pinovým konektorem (viz. obrázek. č. 24). 4pinový kabel nepřenáší napájení, které tak musí být pro zařízení zajištěno externím elektrickým adaptérem, naproti tomu 6pinový a 9pinový kabel dokáží zásobit port napájením, které postačí pro provoz středně energeticky náročného zařízení. [33] Dříve zmiňovaná verze Firewire – totiž IEEE 1394b – podporuje mj. implementaci optických kabelů, vylepšené řízení signálu a nepřetržitý dual simplex provoz, kdy každý ze dvou párů vodičů přenáší data v jednom směru, což zaručuje konstantní rychlost. Další standard pod IEEE 1394c zveřejněný v roce 2007 nabízí na sběrnici Firewire dosažení přenosové rychlosti až 3 200 Mb/s a do budoucna uvažovaný IEEE P 1394d by měl navíc obsahovat jedno optické vlákno coby další transportní médium, čímž by přenosová rychlost mohla opět dále narůst.

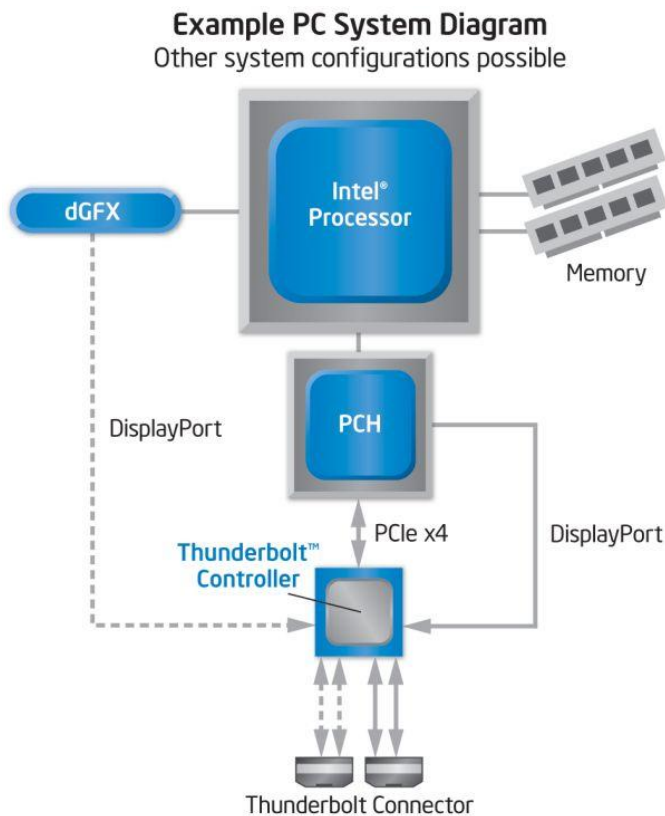


Obrázek 29 Porty IEEE 1394a a IEEE 1394 [32]

V posledních letech však Firewire postupně ztrácí na významu, jelikož je vytlačován standardem USB 3.0 a do budoucna i Thunderbolt od Intelu. Nic na tom nemění ani fakt, že firma Apple (která se podílela na vzniku standardu IEEE 1394 a dala mu i název) s ním stále do svých MacBook počítačů.[31]

3.5. Pohled do budoucnosti

Firma Intel v roce 2011 představila nové superrychlé sériové rozhraní Thunderbolt, které od počátku svého vývoje bylo veřejnosti prezentováno pod jménem Light Peak. Na verzi s optickými vlákny bude nutné si ještě chvíli počkat, první verze používá pro přenos dat i napájení klasické měděné vodiče, nicméně vzhledem k tomu, že řadič má být přímo napojen na PCI Express x4, může být datová propustnost až 16 Gb/s.



Obrázek 30 Blokové schéma rozhraní Thunderbolt od firmy Intel [43]

Garance rychlosti vzhledem k použitým metalickým obvodům je 3m s možností napájet zařízení s příkonem 10W, což by mohlo v budoucnosti postačit i na velké úsporné monitory. První zařízení s Thunderbolt rozhraním by měly být externí disky, úložiště a monitory kompatibilní s DisplayPort, v nejbližším výhledu je v plánu dosažení 100 Gb/s a propustnosti 1 Tb/s na jeden či více řadičů, nereálné není ani nahrazení všech současných rozhraní včetně portů jediným rozhraním s extrémně vysokou propustností nebo nástup výkonných externích grafických karet. Mezi první společnosti, které se rozhodly implementovat Thunderbolt do svých zařízení, se zařadily společnosti Western Digital, Promise, LaCie a Apple. [42]

Teoreticky má Thunderbolt coby dosáhnout až na hodnoty blízké 10 Gb/s (1,25 GB/s) a to při vyšší efektivitě a nižší režii a ztrátách, nežli současné USB 3.0, přičemž rychlosti prezentované firmou Intel se dotáhly až na 800 MB/s. Thunderbolt může být připojen i na DisplayPort rozhraní s revizí 1.1a a zastoupit tak přenos obrazových dat na stejné rychlosti, čímž při dvoukanálové obousměrné rychlosti by měla být propustnost dat až 40 Gb/s na jeden Thunderbolt řadič.

Statisticky však zatím prodeje zařízení s rozhraním Thunderbolt rozhodně rekordy nelámou, a tak v současnosti je Thunderboltem vybaveno každé desáté vyrobené zařízení. Příčinou je jistě částečně exkluzivita firmy Apple pro dodávky hardware s Thunderbolt rozhraním, dalším důvodem je ustálení uživatelů výpočetní techniky u USB 2.0 (a 3.0) stejně jako zařízení typu fotoaparáty, videokamery apod. Dalším podstatným faktorem pro odmítání Thunderbolt je jeho cena, kde podle serveru DigiTimes vychází výrobní cena řadiče s Thunderbolt na 20 USD, zatímco cena řadiče USB 3.0 se uvádí v rozpětí 0,5 – 0,8 USD. Absence zařízení s Thunderbolt rozhraním a samotná cena rozhraní zatím tedy zákazníky spolehlivě od nákupu odrazují. [44]

Existují však zdroje, které popisují jiný scénář vývoje rozhraní Thunderbolt a publikují úvahy o vymezení rozhraní Thunderbolt pro okrajové použití. Přitom poukazují na aktuální možnosti USB 3.0, které s nově navrhovaným vylepšením označovaným jako SuperSpeed USB 3.0 slibuje dosažení dvojnásobné maximální přenosové rychlosti v porovnání s aktuálním USB 3.0, to vše při zachování zpětné kompatibility (změny by se měly dotknout jen kódování dat). Nová USB 3.0 specifikace je očekávána v polovině roku 2013. [45]

Sběrnice PCI Express 4.0 je sice očekávána nejdříve v roce 2014, Al Yanes, prezident organizace PCI Special Interest Group ale tvrdí, že nová specifikace významně zasáhne svět tabletů, počítačů, serveru a vestavěných zařízení, jelikož její větší šířka pásma pro vysokorychlostní přenos dat ovlivní celkový výkon a dvojnásobný nárůst přenosové rychlosti oproti PCI Express 3.0 (tedy až 16 GT/s, GT=gigatransfers) bude pro rychle se rozvíjející trh tabletů nezbytný. [46] Komunikační protokol by měl zůstat zachován, stejně jako je technicky možné dosáhnout uvedené rychlosti na metalických vodičích při neměnné současné výrobní technologii. Existují nejasnosti týkající se drobné změny nebo zachování „form-factoru“ pro navýšení stanoveného limitu napájení pro obzvláště náročná zařízení (typicky např. grafické akcelerátory) a uvažuje se o optimalizaci energetické náročnosti v klidových režimech. [47] Ramin Neshanti, předseda oddělení pro sériovou komunikaci PCI SIG a manažer standardů I/O Intelu k tomu uvedl, že pro dosažení dostatečné stability bude zřejmě nutné zkrátit maximální povolenou délku kanálů z 50 na 30 cm, delší vzdálenosti znamenají implementaci dalšího čipu navíc. PCIe 4.0 má být ale skutečně posledním prvkem konceptu, který zachovává zpětnou kompatibilitu, další standard rozhraní by již měl mít ve svém názvu přídavek „optický“. [48]

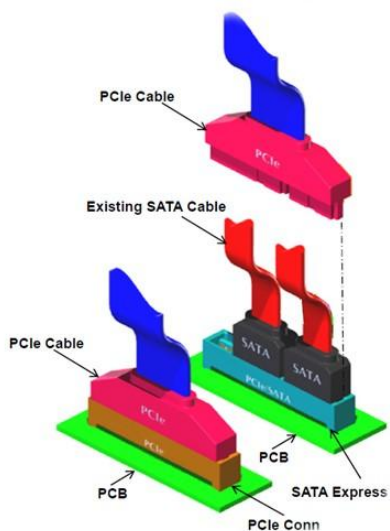
Určitě velmi zajímavé bude také sledovat vývoj USM (Universal Storage Module), za nímž je třeba hledat neziskovou organizaci SATA-IO, která si od standardu USM slibuje sjednocení datových rozhraní, kabelů a konektorů. Standard USM definuje polohu a tvar napájecího datového konektoru, velikost napájecího napětí, rozměry pouzdra



Obrázek 31 USM disk firmy Verbatim [49]

pro externí disk apod. Díky unifikaci by pak jakékoliv datové rozhraní bylo jednoduše volitelné přes univerzální nástavec (viz. obrázek č. 30) [49] USM je bezesporu velmi ambiciózní standard, který ale bude muset u výrobců obstát proti zaběhnutým firemním praktikám, kdy si každá společnost „drží“ své konektory, kabely a zařízení.

Na nízkou propustnost SATA při komunikaci s SSD disky 2. generace hodlá zareagovat již zmiňovaná organizace SATA-IO, která se rozhodla zkombinovat Serial ATA s PCI Express. Hybrid pojmenovaný SATA Express přináší koncept nových konektorů s poněkud neoriginálním názvem SATA Express konektor, který je zpětně kompatibilní se SATA a do kterého je možné zapojit až dva SATA kabely, čímž by bylo možné kapacitně využít obě PCI Express linky pro jedno zařízení a kapacitně se přiblížit přenosové rychlosti 8 Gbit/s resp. 16 Gbit/s. SATA Express specifikace nevyžaduje sadu nových protokolů, jedná se pouze o nové fyzické rozhraní. [50] Celý standard je vzhledem

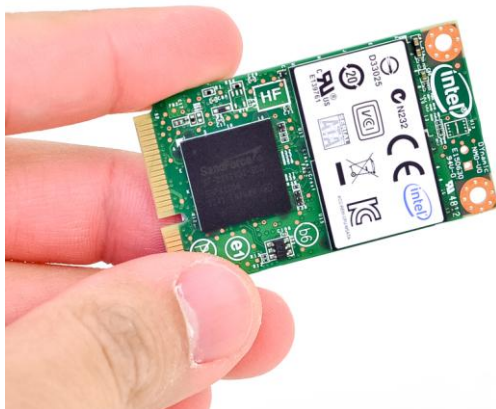


Obrázek 32 Schéma zapojení PCIe vs. SATA Express [52]

ke své povaze určen primárně pro rychlé SSD disky, stávající HDD a optické mechaniky mohou setrvat na aktuálních SATA standardech. SATA Express se momentálně nachází v procesu ratifikace, schvalovací proces by mohl být ukončen ještě v tomto roce. Ovšem od schválení finální specifikace k masovému rozvoji je cesta dlouhá a tak na čipsety základních desek a řadiče se SATA Express bude nutné si počkat nejméně do roku 2014. [51]

Za zmínku také stojí specifikace SATA 3.1 (zejména kvůli nových zajímavým technologiím), která k původní SATA 3.0 přidává kromě již dříve popsané USM také mSATA pro mobilní zařízení s vylepšenou autodetekcí, vylepšení jménem Zero-Power Optical Disk Drive, které dále snižuje spotřebu nečinných optických mechanik SATA, Required Link Power Management, které řeší správu napájení pro veškerá SATA zařízení připojená k systému, Queued Trim Command pro zařazení příkazu Trim pro SSD do fronty ke zpracování, což může urychlit práci se SSD a Hardware Control Features, která umožňuje pro lepší využití hostitelskému řadiči detekovat vlastnosti a schopnosti zařízení. [53] Největším přínosem nové specifikace by mohl být kromě technologie Queued Trim Command malý slot mSATA, který má najít uplatnění v zařízeních typu notebook / ultrabook, kde rozšiřuje funkcionalitu slotu Mini PCI Express o možnost připojení SSD, čímž je možné mít v notebooku kromě klasického 2,5“ disku i SSD disk, ačkoliv v notebook nejsou dvě 2,5“ šachty. Při současném poklesu cen SSD disků, slibovaném nárůstu výkonu v nových čipsetech Sandy Bridge a Ivy Bridge a nových technologiích Intelu jako je např. Intel Smart Connect (aktualizace služeb typu Outlook, Facebook apod. v režimu spánku, kdy po probuzení počítače jsou služby aktualizovány), Intel Rapid Start (data jsou uložena na speciálním oddílu SSD, následné probuzení počítače s SSD diskem ze spánku dobíhá během několika vteřin) a Intel Smart Response (SSD se dokáže proměnit v „chytrou“ cache, následkem čehož jsou častou používaná data nakopírována na SSD disk a aplikace se tak mohou spouštět výrazně rychleji). Testy ukázaly, že při větším množství

načítaných souborů a jejich opakovaném čtení je rozdíl oproti klasickému HDD velmi znatelný – konkrétně např. u Wordu, Photoshopu a při práci s databázovými systémy. U her naopak dochází ke zrychlení pouze minimálně, neboť do celkového výkonu promlouvá i procesor. [54]



Obrázek 33 Velikost mSATA SSD [55]

4. Testování a měření

Tato kapitola se zaměřuje na porovnání přenosových rychlostí specifikace USB 2.0 a USB 3.0. Záměrem testů je uchopení vytyčených teoretických základů z předchozích kapitol a jejich podpoření hodnotami naměřenými v reálném prostředí. Cílem je správná interpretace dosažených výsledků spolu s ekonomickým zhodnocením, které by mělo čtenáři práce posloužit jako vodítko pro lepší orientaci při nákupu nového hardware.

4.1. Testovací konfigurace

Testování bylo prováděno s konfigurací notebooku Lenovo Thinkpad Edge S430, která je pro přehlednost uvedena v následující tabulce č. 4. Cena testovacího kusu je, dle platného ceníku internetového obchodu společnosti Alza (www.alza.cz), 23 690, -- Kč bez DPH.

Lenovo ThinkPad Edge S430 Mocha Black 3364-5JG	Testovací konfigurace
<i>Procesor</i>	Intel Core i7 3520M 2,9 GHz, 4 MB L3 cache, 2 jádra, 4 thready
<i>Čipset</i>	Intel HM77 Express
<i>Paměť</i>	1x8 GB DDR3 1600 MHz
<i>Grafická karta</i>	NVIDIA GeForce GT620M 2 GB + Intel HD Graphics 4000
<i>Pevný disk</i>	500 GB Hitachi Travelstar Z7K500 7200 RPM + 16 GB SanDisk SSD U100
<i>Rozhraní</i>	1x mini HDMI 1.4 1x mini Thunderbolt/ DisplayPort 2x USB 3.0 1x RJ-45 Čtečka karet 4v1
<i>Operační systém</i>	Windows 8 64 bit

Tabulka 4 Konfigurace notebooku Lenovo Thinkpad Edge S430

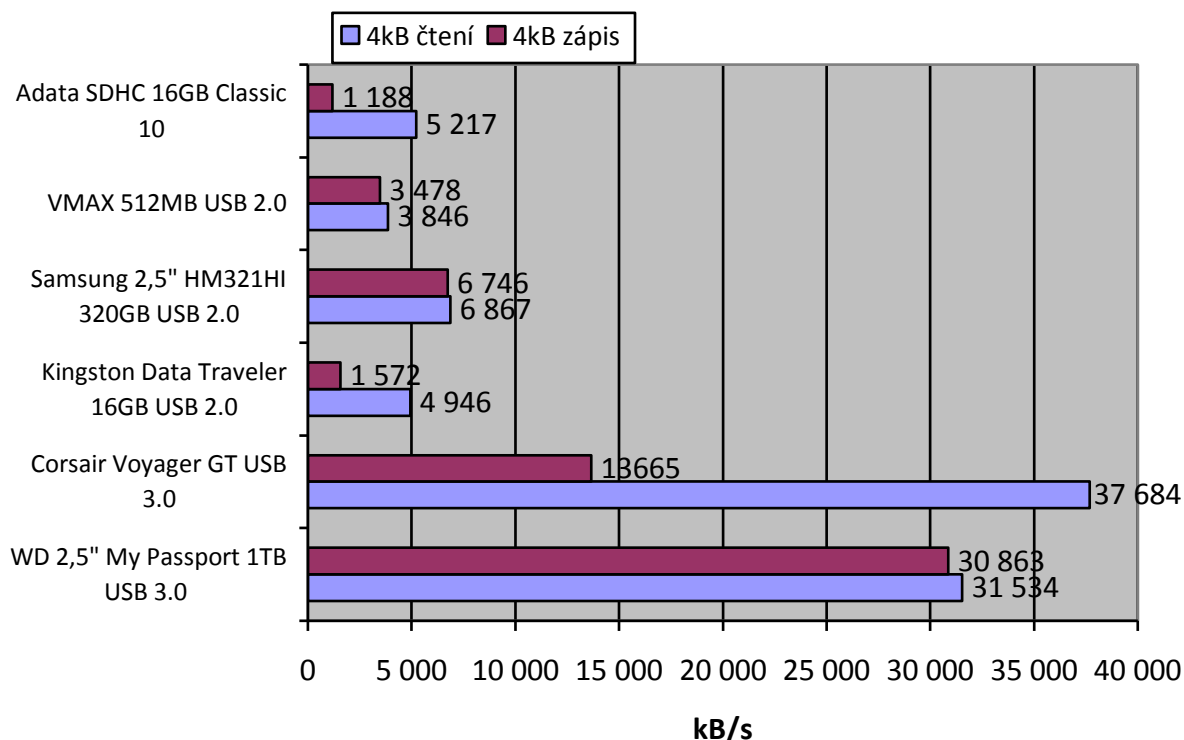
4.2. Testovaná zařízení

- a) Western Digital 2,5" My Passport 1TB USB 3.0 – externí disk s USB 3.0 (zpětně kompatibilní s USB 2.0), 8MB cache, 5400 ot., 256-bitové HW šifrování, cena dle platného ceníku firmy Alza k 20. 3. 2013 Kč 1 893,-- bez DPH,
- b) Corsair Voyager GT 32 GB USB 3.0 – flash disk s deklarovanou čtecí rychlostí až 220 MB/s a zápisem až 55 MB/s, voděodolný, gumový povrch, cena dle platného ceníku firmy Alza k 20. 3. 2013 Kč 892,-- bez DPH,
- c) Kingston 16GB Data Traveler G3 USB 2.0 – flash disk z řady Data Traveler Generation, kapacita 16 GB, rozhraní USB 2.0 s deklarovanou čtecí rychlostí 5MB/s a zápisem 10 MB/s, cena dle platného ceníku firmy Alza k 20. 3. 2013 Kč 239,-- bez DPH,
- d) Samsung HM321HI 320GB 2,5" USB 2.0 – externí disk firmy Samsung, 5 400 otáček, rozhraní USB 2.0, cena dle platného ceníku firmy Alza k 20. 3. 2013 Kč 999,- - bez DPH,
- e) VMAX 512MB USB 2.0 – flash disk firmy VMAX s kapacitou 512MB, rozhraní USB 2.0, již není v nabídce,
- f) AData SDHC 16GB Classic 10 - paměťová karta firma AData o kapacitě 16GB a minimální garantovanou rychlostí zápisu 10 MB/s, dosahovaná rychlost čtení až 23 MB/s, cena dle platného ceníku firmy Alza k 20. 3. 2013 Kč 239,-- bez DPH,

4.3. Výsledky měření

Výsledky testování naměřené freeware testovacím programem ATTO Disk Benchmark v 2.47 s nastavením Transfer Size 4kB, Total Length 256 MB pro graf č. 1 a s nastavením Transfer Size 8MB, Total Length 256 MB pro graf č. 2:

ATTO Disk Benchmark 4kB čtení/zápis



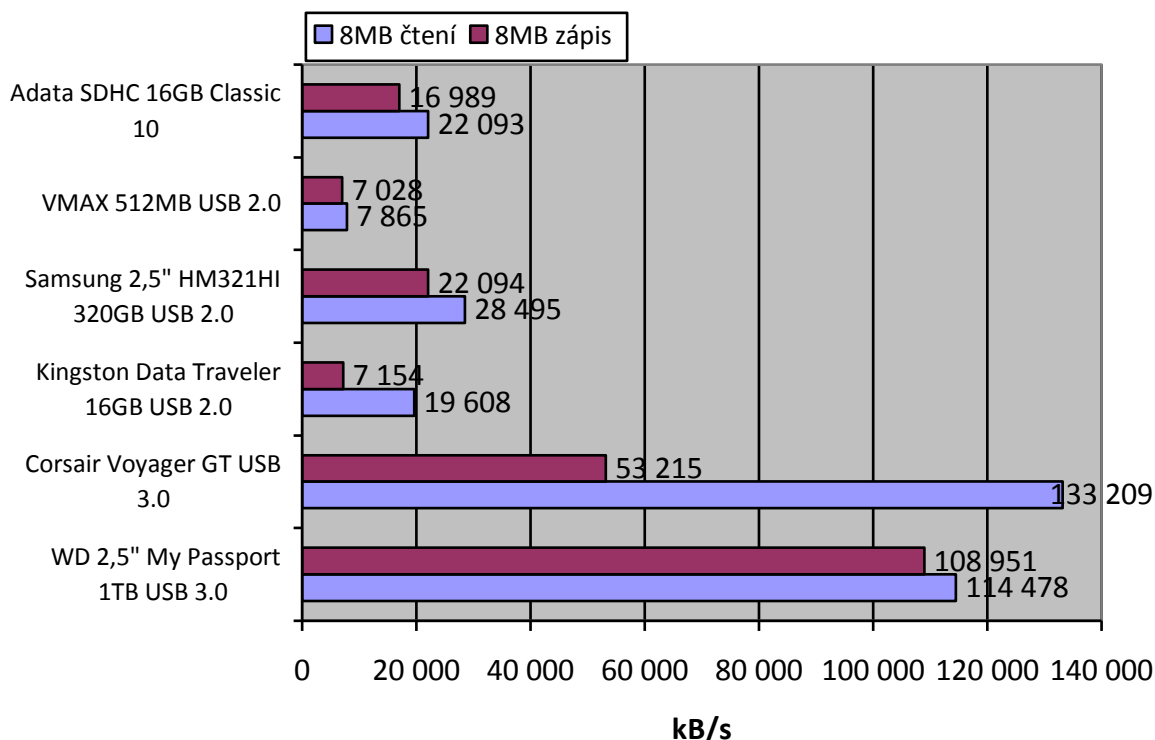
Graf č. 1 Výsledky měření v programu ATTO Disk Benchmark pro 4kB čtení / 4 kB zápis (Teichman 2013)

Na provedených testech je zcela patrná dominance USB 3.0 a to jak při přenosu 4kB, tak i u 8MB bloků, kde je však nárůst více patrný. V následující tabulce je znázorněna cena jednoho 1GB pro testovaná zařízení, která jsou aktuálně v prodeji:

Testované zařízení	Kapacita	Pořizovací cena	Cena za 1 GB
<i>Western Digital 2,5" My Passport 1TB USB 3.0</i>	1 000 GB	1 893 Kč	1, 893 Kč / 1GB
<i>Corsair Voyager GT 32 GB USB 3.0</i>	32 GB	892 Kč	27, 875 Kč / 1GB
<i>Kingston 16GB Data Traveler G3 USB 2.0</i>	16 GB	239 Kč	14, 937 Kč / 1GB
<i>Samsung HM321HI 320GB 2,5" USB 2.0</i>	320 GB	999 Kč	3, 122 Kč / 1 GB
<i>VMAX 512MB USB 2.0</i>	0, 5 GB	xxx	xxx
<i>AData SDHC 16GB Classic 10</i>	16GB	239 Kč	14, 937 Kč / 1GB

Tabulka 5 přehled ceny za 1GB u testovacích zařízení

ATTO Disk Benchmark 8MB čtení/zápis

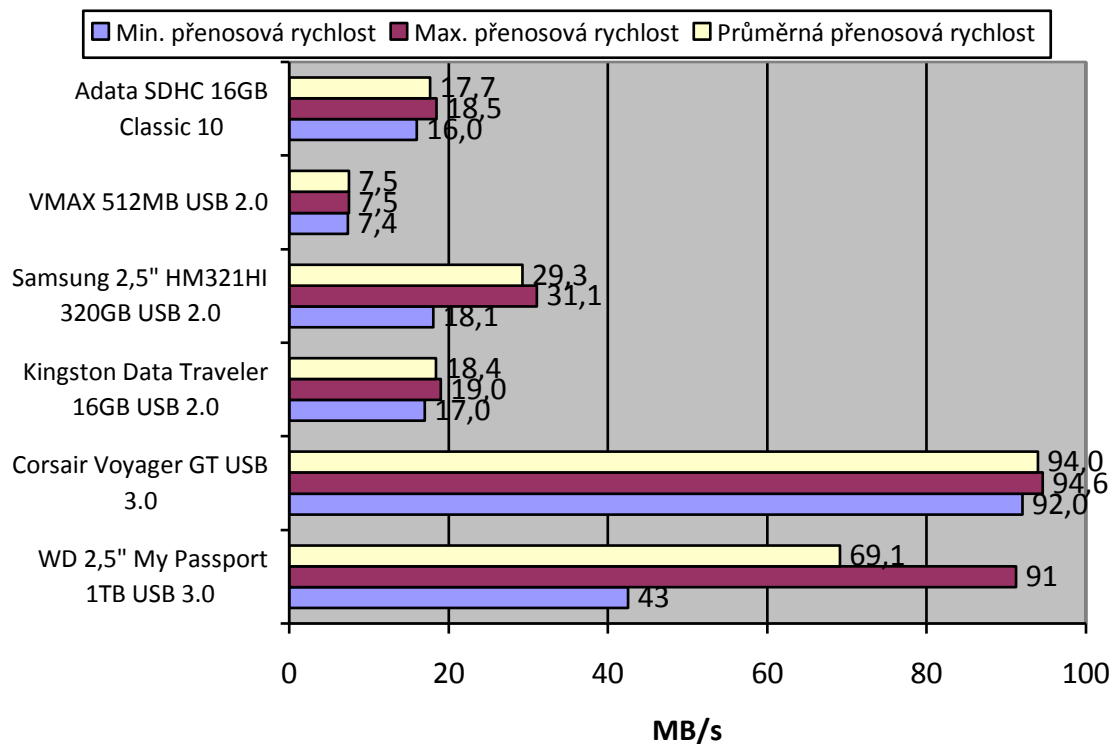


Graf č. 2 Výsledky měření v programu ATTO Disk Benchmark pro 8MB čtení / 8MB zápis (Teichman 2013)

Zajímavé je uvažovat nad pořízením testované paměťové karty AData SDHC 16GB a Kingston Data Traveler 16GB USB 2.0. Vzhledem ke stejné ceně a vyváženějším výsledkům v druhém z testů vyznívá pořízení paměťové karty smysluplněji (ostatně má paměťová karta i praktičtější význam vzhledem k obecnému použití např. do digitálního fotoaparátu). Rozdíl USB 3.0 v porovnání s USB 2.0 je naprosto markantní. Cena za GB je v případě USB 3.0 dvojnásobná, výkon je však několika násobně vyšší.

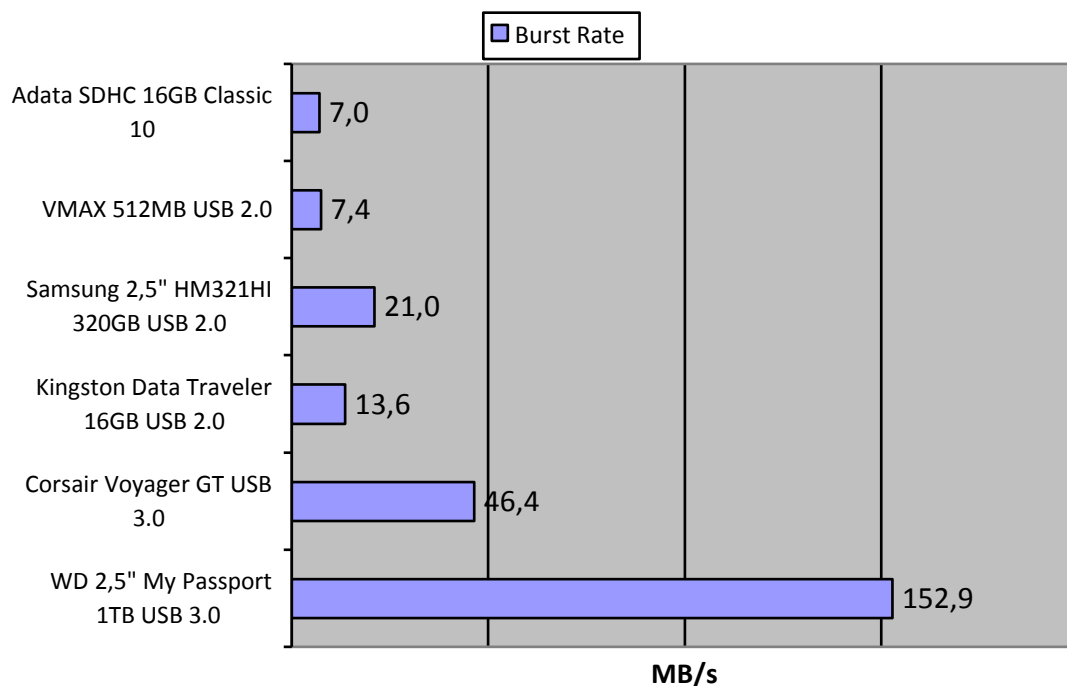
Výsledky testování naměřené freeware testovacím programem HDTUNE jsou předmětem dalších grafů, konkrétně graf č. 3 znázorňuje minimální, maximální a průměrnou přenosovou rychlost, graf č. 4 potom burst rate. Z hlediska porovnání sběrnic USB 2.0 a USB 3.0 je zcela jasné, že USB 3.0 bude nahrazovat svého předchůdce rapidním tempem. Požadavky na přesuny stále většího počtu MB (přesněji ale spíše GB) zvyšují tlak na pořízení nových zařízení, a když se vezme do úvahy neustále klesající cena USB 3.0 zařízení a základních desek s USB 3.0, resp. USB 3.0 řadičů, je evidentní, že „modré“ USB se v současnosti hřeje na výsluní a ještě chvíli to tak bude, než se plně ukáže budoucnost Thunderbirdu.

HD Tune Min./Max./AVG Transfer Rate



Graf č. 3 Výsledky měření v programu HD Tune Min./Max./AVG Transfer Rate (Teichman 2013)

HD Tune Burst Rate



Graf č. 4 Výsledky měření v programu HD Tune režim Burst Rate (Teichman 2013)

5. Závěr

Cílem této práce je vyhledání dostupných informací o základních deskách a zejména sběrnicích, setřídění získaných informací a jejich uspořádání do logického, jasně srozumitelného textu. Při pátrání po informacích se ukázal internet jako neocenitelný, neboť je zdrojem nepředstavitelné informační síly, která je zároveň v porovnání s odbornými knihami vysoce aktuální. Při studiu tématu na internetu jsem si ale zároveň uvědomoval potřebu pravosti informací, tedy vyčlenit, zahrnout a použít v práci jen ty zdroje, které jsou ověřené, pravdivé a správné, a zároveň takové, které budou pro potřeby práce relevantní a budou přínosné. Tímto vědomím jsem se při zpracování práce řídil.

Po stručném úvodu, který nastiňuje uchopenou problematiku základní desky a sběrnice, začínám v první kapitole vymezením pojmu základní deska následovaného historií vývoje motherboardu. Brzy pokračuji další kapitolou, tentokrát již směřovanou na sběrnice a charakteristiku členění sběrnic. Pro základní kritérium diverzifikace sběrnic, kterého se držím i při sestavování kapitol, jsem zvolil rozdělení podle typu zařízení na interní a externí. Popis jednotlivých sběrnic začínám u interních, přičemž pro přehlednost se snažím uvádět definice chronologicky od nejstarších až po současné. U většiny sběrnic vždy na konci popisu uvádím svůj osobní názor včetně toho, jaké má daná sběrnice, z mého pohledu, výhody a nevýhody. Začínám od osmi a šestnáctibitové verze sběrnice ISA, která urychlila rozšíření počítačů do domácností, neboť přinesla do PC tolik potřebnou unifikaci, alespoň co se týká rozšiřujících karet, ovšem její rychlost brzy přestala dostačovat zejména pro grafické karty. Pokračuji epizodní sběrnicí VESA Local Bus, která sice přinesla razantní navýšení přenosových rychlostí, ovšem doplatila na nezáměr ze strany výrobců základních desek, čipsetů, karet a zařízení. Následuje osvědčená a dodnes používaná sběrnice PCI, které se díky jejímu dobovému a pro PC celkovému významu, věnuji podrobněji. Nemohu opomenout ani na grafické karty specializovanou sběrnicí AGP, která se na základních deskách držela po mnoho let, včetně přehledu verzí a rychlostí, oboje zachycených do tabulek. Dále pouze krátká zmínka o PCI-X. Pokračuji aktuální sběrnicí PCI Express, která dnes existuje v několika verzích a v podstatě představuje monopol pro připojování rozšiřujících karet do PC, zatím má velkou budoucnost. Nechybí ani sběrnice pro komunikaci s pevnými disky a optickými mechanikami - nejprve prapůvodní IDE (ATA,PATA), se kterou se dnes již v nových PC

téměř nesetkáme, měla obrovský dobový význam, avšak problematické připojování více zařízení, dnes již nedostačující propustnost, velké neskladné kabely a konektory způsobily, že byla nahrazena dnes aktuální SATA. Dále se věnuji s četnými verzemi univerzální SCSI, která patří spíše do světa serverů. Závěr interních sběrnic patří moderním SATA, resp. eSATA. SATA dnes existuje ve své 3. generaci (SATA 6Gb/s), má vysoké přenosové rychlosti a umožňuje bezproblémové připojení více zařízení do jedné desky, dále obsahuje funkci hot-swap. Zatím má i velkou budoucnost.

Exkurzi do světa externích sběrnic zahajují u paralelního a sériového portu, kde objasňují režimy a postup při navazování komunikace. Tyto porty již potkáme na základních deskách zřídka, ovšem v průmyslu stále nacházejí svá uplatnění. Poté přichází na řadu, pro praktickou část práce, stěžejní sběrnice USB, opět včetně verzí a konektorů. USB je dnes nejrozšířenější externí sběrnice, jelikož pro ni existuje nepřeberné množství zařízení od klávesnic, mobilů a fotoaparátu přes ohřívače hrnků, flashdisky až po průmyslová zařízení. Má dostatečnou rychlost, obsahuje napájení a jde zapojit větveně několik desítek zařízení do jednoho konektoru. Přehled uzavírá do pozadí pomalu odsouvané (nebo možná již odsunuté) FireWire, které má sice velké přenosové rychlosti, integruje do sebe napájení, ale zatím se stále nedokázalo více prosadit. V poslední kapitole před praktickou částí se věnuji novinkám a nejnovějším technologiím ze světa sběrnic, za všechny musím jmenovat USM a zejména Thunderbolt, které v sobě mají velký potenciál nahradit např. USB. PCI Express se dočká další generace. USB 3.0 a SATA 3.0 se dočkají lehké modernizace.

Dále navazuji praktickou částí, kde po popisu testované konfigurace a testovaných zařízení následují samotné hardwarové testy, které potvrdí to, že USB 2.0 momentálně proti USB 3.0 nemá šanci, alespoň co se týká externích paměťových zařízení. Cena z GB v případě USB 3.0 je zhruba dvojnásobná, ovšem výkon je několikanásobně vyšší. Navíc u vysokokapacitních externích disků cena za GB je již leckde stejná nebo nižší než u disků s USB 2.0 (viz. testované kusy), v tomto případě je na vině nejspíše to, že USB 2.0 disky pocházejí ze starých zásob. Závěr je takový, že za aktuálních cenových podmínek již nemá smysl o USB 2.0, co se týče externích paměťových zařízení, v žádném případě uvažovat. USB 3.0 kraluje na trhu s externími sběrnicemi, nicméně vývoj sběrnicevého segmentu trhu určitě nebude v budoucnosti kvůli sílící konkurenci zpomalovat, ba naopak má všechny předpoklady stát se bouřlivějším než kdykoliv předtím.

6. Zdroje:

1. HORÁK, Jaroslav. *Hardware: učebnice pro pokročilé*. 3. aktualiz. vyd. Brno: CP Books, 2005, 344 s. ISBN 80-251-0647-0.
2. *PC Poradenství*. [online]. 2010. Dostupné z: <http://www.pcoradenstvi.cz/pruvodce-pocitacem-aneb-sestaveni-pc-1-2>
3. *PC World*. [online]. 2004. Dostupné z: <http://pcworld.cz/hardware/motherboardy-vcera-dnes-a-zitra-14437>
4. *BTX místo ATX* [online]. 2005. Dostupné z: <http://pcworld.cz/hardware/btx-misto-atx-12332>
5. *PC Tuning: Thermaltake Armor VA8000BWS - PC skříň jako tank* [online]. 2005. Dostupné z: http://pctuning.tyden.cz/hardware/skrine-zdroje-chladice/4944-thermaltake_armor_va8000bws-pc_skrin_jako_tank
6. TIŠNOVSKÝ, Pavel. *Sběrnice v domácích a osobních počítačích*. [online]. 2008 Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/sbernice-v-domacich-a-osobnich-pocitacich/>
7. *Intel® X79 Express Chipset*. [online]. Dostupné z: <http://www.intel.com/content/www/us/en/chipsets/performance-chipsets/x79-express-chipset.html>
8. REIS, Jeremy. *A+ Certification: Part 1 – Computer Hardware, System Boards, and Storage Devices*. 2005. Dostupné z: <http://learnthat.com/2005/06/a-certification-part-1-computer-hardware-system-boards-and-storage-devices/3/>
9. *Cirrus Logic CL-GD5428 ISA*. Dostupné z: <http://www.vgamuseum.info/index.php/component/content/article/98-cirrus-logic-cl-gd5428-isa>
10. TIŠNOVSKÝ, Pavel. *Sběrnice VESA Local Bus a universální sběrnice PCI*. [online]. 2008 Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/sbernice-vesa-local-bus-a-universalni-sbernice-pci/>
11. *Cirrus Logic CL-GD5428 VL-BUS*. Dostupné z: <http://www.vgamuseum.info/index.php/component/content/article/545-cirrus-logic-cl-gd5428-vl-bus>
12. *ATI 128VR 16M PCI VGA Card*. [online]. Dostupné z: <http://www.made-in-china.com/showroom/wisdom0212/product-detailwenEKZfbXtVP/China-ATI-128VR-16M-PCI-VGA-Card.html>
13. *PCI Keying*. [online]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/File:PCI_Keying.png

14. *Historie společností vyrábějících 3D čipy - díl IV.: nVidia*. [online]. 2005 Dostupné z: http://pctuning.tyden.cz/hardware/graficke-karty/5240-historie_spolecnosti_vyrabejicich_3d_cipy-dil_iv-nvidia?start=3
15. TIŠNOVSKÝ, Pavel. *Accelerated graphics port (AGP) a sběrnice PCI-X*. [online]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/accelerated-graphics-port-agp-a-sbernice-pci-x/>
16. *AGP & AGP Pro Keying*. [online]. Dostupné z: http://hardfohttp://wpcontent.answers.com/wikipedia/commons/thumb/8/8c/AGP_&_AGP_Pro_Keying.svg/300px-AGP_&_AGP_Pro_Keying.svg.png
17. *The Difference Between PCI-X and PCI-Express*. [online]. Dostupné z: <http://elnexus.com/articles/64-bit-pci.aspx>
18. *S-Plus Technologies e-shop*. In: [online]. Dostupné z: http://www.splusedirect.com/index.php?l=product_detail&p=6643
19. TIŠNOVSKÝ, Pavel. *Interní sběrnice PCI Express*. [online]. 2008 Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/interni-sbernice-pci-express/>
20. SWINBURNE, Richard. *PCI-Express 3.0 explained*. [online]. 2010 Dostupné z: <http://www.bit-tech.net/hardware/2010/11/27/pci-express-3-0-explained/1>
21. PFEIFFER, Clemens. *Wikimedia Commons* [online]. 2005. Dostupné z: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PCI-Express-graphics-board.jpg>
22. TIŠNOVSKÝ, Pavel. *Externí sběrnice a porty*. [online]. 2008 Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/externi-sbernice-a-porty/>
23. TIŠNOVSKÝ, Pavel. *Paralelní port a rozhraní Centronics*. [online]. 2008 Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/paralelni-port-a-rozhrani-centronics/>
24. Black Stuff Labs: *Personal blog on DIY, programming and Arduino*. In: [online]. Dostupné z: <http://blackstufflabs.com/tag/lpt-1/?lang=en>
25. TIŠNOVSKÝ, Pavel. *Rozšířené režimy paralelního portu podle IEEE 1284*. [online]. 2008 Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/rozsirene-rezimy-paralelniho-portu-podle-ieee-1284/>
26. TIŠNOVSKÝ, Pavel. *Sériový port RS-232C*. [online]. 2008 Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/seriovy-port-rs-232c/>
27. TIŠNOVSKÝ, Pavel. *Universální sériová sběrnice (USB)*. [online]. 2009 Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/universalni-seriova-sbernice-usb/>
28. *Porty*. In: [online]. 2010. Dostupné z: <http://koalazereekalpt.wordpress.com/2010/11/10/porty/>

29. *Can I use USB2.0 peripherals on a USB3.0 port?*. In: [online]. 2012. Dostupné z: <http://www.computer-answers.ca/2012/computer-questions/q-can-i-use-usb2-0-peripherals-on-a-usb3-0-port/>
30. HOFERER, Dominik a Michal BAREŠ. *Chip 07/2010: Přejděte na USB 3.0* [online]. Přejděte na USB 3.0 Dostupné z: <http://www.chip.cz/clanky/hardware/2010/07/prejdete-na-usb-3.0>
31. ČERNÝ, Michal. *Rozhraní Firewire: ohnivý drát na ústupu*. In: [online]. 2011. vyd. Dostupné z: <http://extranotebook.cnews.cz/rozhrani-firewire-ohnivy-drat-na-ustupu>
32. *The Data Rescue Center Glossary*. In: [online]. Dostupné z: <http://www.thedatarescuecenter.com/glossary.html>
33. *FirstNET: Firewire*. In: [online]. 2006. vyd. Dostupné z: <http://idaret.cz/slovník/FireWire/>
34. VÍTEK, Jan a Petr STRÁNSKÝ. *Funkčnost, rozhraní a technologie pevných disků: Adresování, IDE, SCSI, datové režimy* [online]. 2009 Dostupné z: http://www.svethardware.cz/art_doc-A2989635705E2E6DC125727F0061816B.html
35. *Jak správně připojit disky s IDE rozhraním?*. [online]. Dostupné z: <http://www.openproject.ic.cz/images/ide-disky/ide-radic.jpg>
36. ZATLOUKAL, Vít. *SCSI - proč, jak, nač ?*. [online]. 1999 Dostupné z: http://www.svethardware.cz/art_doc-B52CC1E9708EED23C125673800579366.html
37. *SAS*. [online]. Dostupné z: <http://www.svethardware.cz/glos.jsp?doc=78B06A74A4D817BAC1257353004BF0A4>
38. VÍTEK, Jan a Petr STRÁNSKÝ. *Funkčnost, rozhraní a technologie pevných disků: Serial ATA (SATA)* [online]. 2009 Dostupné z: http://www.svethardware.cz/art_doc-91B49E408B45445AC12574700064514A.html
39. SOPER, M. E. *SCSI Interface*. 2004. Dostupné z: <http://flylib.com/books/en/3.171.1.124/1/>
40. VAŠEK, Jiří. *Gigabajty na cestách - vyzkoušejte eSATA řešení*. [online]. 2008 Dostupné z: http://pctuning.tyden.cz/hardware/disky-cd-dvd-br/10999-gigabajty_na_cestach-vyzkoušejte_esata_reseni?start=1
41. *SATA: Hard Disk Drives compared*. [online]. Dostupné z: <http://hdd-compare.com/en/sata>
42. JAVŮREK, Karel. *Thunderbolt: jeden port, který chce vládnout všem*. [online]. 2011 Dostupné z: <http://www.zive.cz/clanky/thunderbolt-jeden-port-ktery-chce-vladnout-vsem/sc-3-a-156032/default.aspx>

43. KLUG, Brian. *Intel Codename LightPeak launches as Thunderbolt*. [online]. 2011
Dostupné z: <http://www.anandtech.com/show/4194/intels-codename-lightpeak-launches-as-thunderbolt>
44. *Proč se Thunderboltu nedaří? Je 40× dražší než USB 3.0*. Dostupné z:
<http://diit.cz/clanek/thunderbolt-je-40x-drazsi-nez-usb-30>
45. JEŽEK, David. *Bomba roku: Thunderbolt je mrtev, USB 3.0 zrychlí na dvojnásobek*. In:
[online]. 2013. Dostupné z: <http://diit.cz/clanek/usb-30-zrychli-na-dvojnásobek>
46. BRŮCHA, Filip. *Sběrnice PCI Express 4.0 zvýší rychlost tabletů*. In: [online] 2011.
Dostupné z: <http://computerworld.cz/hardware/sbornice-pci-express-4-0-zvysi-rychlost-tabletu-44202>
47. *PCI Express 4.0 bude dvakrát rychlejší oproti PCI Express 3.0*. In: [online]. 2011.
Dostupné z: <http://diit.cz/clanek/pci-express-40-bude-dvakrat-rychlejsi-oproti-pci-express-30>
48. *Po PCIe 4.0 nastoupí optika*. In: [online]. 2011. Dostupné z: <http://diit.cz/clanek/po-pcie-40-nastoupi-optika>
49. BOHUNĚK, Tomáš. *Standardní život standardu: Přijme svět USM? [úvaha]*. In: [online].
2012. Dostupné z: <http://cdr.cz/blog/standardni-zivot-standardu-prijme-svet-usm-uvaha>
50. *SATA-IO pracuje na specifikaci SATA Express*. In: [online]. 2011. Dostupné z:
<http://diit.cz/clanek/sata-io-pracuje-na-specifikaci-sata-express>
51. JEŽEK, David. *SATA přes PCI Express? Proč ne, SATA-IO brzy schválí standard SATA Express*. In: [online]. 2013. Dostupné z: <http://diit.cz/clanek/sata-pres-pci-express-ano-sata-express>
52. *SATA Express*. In: [online]. Dostupné z:
<http://images.sanhaostreet.com/News/2011/8/20110815093051494.jpg>
53. *Vydána specifikace SATA 3.1, zahrnuje USM či snížení spotřeby nečinných vypalovaček*.
In: [online]. 2011. Dostupné z: <http://diit.cz/clanek/vydana-specifikace-sata-31-zahrnuje-usm-ci-snizeni-spotreby-necinnych>
54. DVOŘÁK, Martin. *MSATA: snadné zrychlení počítače?*. In: [online]. 2012. Dostupné z:
http://www.svethardware.cz/art_doc-02CB0B602D89AD31C1257A460060978F.html
55. LAL SHIMPI, Anand. *Intel SSD 525 Review (240GB)*. [online]. 2013 Dostupné z:
<http://www.anandtech.com/show/6710/intel-ssd-525-review-240gb>

6.1. Seznam obrázků:

Obrázek 8 Základní deska [2].....	3
Obrázek 9 ATX vs. BTX [5].....	5
Obrázek 10 Blokové schéma chipsetu X79 od firmy Intel [7].....	6
Obrázek 11 8bit sběrnice ISA (XT bus) [8].....	7
Obrázek 12 16bit sběrnice ISA (AT bus).....	8
Obrázek 6 Grafická karty od firmy Cirrus Logis se sběrnici ISA 16 bit [9].....	8
Obrázek 7 VESA Local Bus [8].....	9
Obrázek 13 Grafická karta od firmy Cirrus Logic se sběrnici VESA Local Bus [11].....	10
Obrázek 14 Sběrnice PCI [8].....	11
Obrázek 10 Klíčování PCI karet a přehled typů PCI slotů [13].....	12
Obrázek 11 Grafická karta ATI 128VR 16M 64bit VGA [12].....	13
Obrázek 12 Sběrnice AGP [8].....	14
Obrázek 13 Přehled AGP konektorů a klíčování AGP karet [16].....	15
Obrázek 14 Grafická karta Hercules RIVA TNT2 Ultra AGP [14].....	15
Obrázek 15 Sběrnice PCI-X [17].....	16
Obrázek 16 Síťová karta Intel Pro 1000XT PCI-X Gigabit Ethernet NIC 1H895 [18].....	16
Obrázek 17 PCI Express [20].....	17
Obrázek 18 Grafická karta Gigabyte s čipsetem GeForce 6200TC PCI Express x16 [21].....	17
Obrázek 19 IDE konektory na desce [35].....	18
Obrázek 20 SCSI kabelové konektory (vlevo) a k nim příslušné porty (vpravo) [39].....	20
Obrázek 21 SATA porty na základní desce [40].....	21
Obrázek 22 eSATAp vs. eSATA [41].....	22
Obrázek 23 Paralelní port LPT [24].....	24
Obrázek 24 Kabel LPT DB25 – Centronics.....	24
Obrázek 25 Kabel LPT DB25M – DB25F.....	25
Obrázek 26 Sériový port COM 9pin.....	26

Obrázek 27 USB port [28].....	28
Obrázek 28 Konektory USB 2.0 vs. konektory USB 3.0 [29].....	29
Obrázek 29 Porty IEEE 1394a a IEEE 1394 [32].....	30
Obrázek 30 Blokové schéma rozhraní Thunderbolt od firmy Intel [43].....	31
Obrázek 31 USM disk firmy Verbatim [49].....	33
Obrázek 32 Schéma zapojení PCIe vs. SATA Express [52].....	33
Obrázek 33 Velikost mSATA SSD [55].....	34

6.2. Seznam tabulek:

Tabulka 1 Přehled přenosových rychlostí AGP.....	14
Tabulka 2 Přehled variant AGP.....	14
Tabulka 3 přehled verzí PCIe a jejich šířek pásma.....	17
Tabulka 4 Konfigurace notebooku Lenovo Thinkpad Edge S430.....	35
Tabulka 5 přehled ceny za 1GB u testovacích zařízení.....	37

6.3. Seznam grafů:

Graf č. 1 Výsledky měření v programu ATTO Disk Benchmark pro 4kB čtení / 4 kB zápis.....	37
Graf č. 2 Výsledky měření v programu ATTO Disk Benchmark pro 8MB čtení / 8MB zápis.....	38
Graf č. 3 Výsledky měření v programu HD Tune Min./Max./AVG Transfer Rate.....	39
Graf č. 4 Výsledky měření v programu HD Tune režim Burst Rate.....	39