

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA DOPRAVNÍ



Tomáš Ruml

Sestavení letového simulátoru

Bakalářská práce

2014



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

**Fakulta dopravní
d ě k a n**

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K621.....Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Tomáš Ruml

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – PIL – Profesionální pilot

Název tématu (česky): **Sestavení letového simulátoru**

Název tématu (anglicky): Flight Simulator Assembling

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Úvod
- Hardware pro PC simulátoru
- Seznam a popis jednotlivých komponentů simulátoru
- Zapojení komponentů simulátoru
- Testování správné funkčnosti PC
- ZávěrFlight Simulator Assembling

- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Předpis JAR-STD; LIS ŘLP
Přístrojové vybavení; CERM
Létání vícečlenných posádek (MCC+CRM); ČVUT

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Bc. Jakub Hospodka, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **25. září 2012**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **25. srpna 2014**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



doc. Ing. Daniel Hanus, CSc.
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.



Tomáš Ruml
jméno a podpis studenta

V Praze dne..... 12. prosince 2013

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje a literaturu v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací. Tato práce taktéž nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

Rovněž prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užívání tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 21.8. 2014 

vlastnoruční podpis

Abstrakt

Název práce: **Sestavení letového simulátoru**

Autor: Tomáš Ruml

Škola: České vysoké učení technické v Praze

Fakulta: Fakulta dopravní

Ústav: Ústav letecké dopravy

Rok vydání: 2014

Bakalářská práce popisuje projekt „Sestavení letového simulátoru“, který je poháněn za pomoci jednoho speciálního počítače. Práce pojednává o výběru komponentů a jejich vlastnostech, a následně popisuje zapojení těchto komponentů do počítače. Dále se práce zmiňuje o instalaci a nastavení softwaru a o technologiích použitých v počítači. Více se poté zaměřuje na použití technologie AMD Eyefinity, která v letovém simulátoru poskytuje jednotný obraz od tří projektorů promítaný na příslušná plátna.

Klíčová slova: Letový simulátor, Letecký simulátor, MFSX, AMD Eyefinity, Projektory, Počítač, Software, Komponenty

Abstract

Title: **Flight Simulator Assembling**

Author: Tomáš Ruml

University: Czech Technical University in Prague

Faculty: Faculty of Transportation Sciences

Department: Department of Air Transport

Year of publication: 2014

This Bachelor thesis describes a project of „Flight Simulator Assembling“; the system is driven by a single special computer. This work deals with the choice of components and their features and finally describes the connecting of the components into the computer system. The next part of the work is focused on the installation and setting of software and on the technologies utilized. The thesis is further aimed at the technologies use of AMD Eyefinity technology, providing a uniform and realistic view created by three projectors on the respective screen of the Flight simulator.

Keywords: Flight simulator, MFSX, AMD Eyefinity, Projectors, Copmuter, Software, Components

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady a podporu nutnou pro vypracování této práce. Především bych rád poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Bc. Jakubu Hospodkovi, Ph.D. za jeho velkou trpělivost, ochotu, podporu a odborné vedení. Dále děkuji své rodině, přátelům a přítelkyni, kteří mi poskytli morální i materiální zázemí pro vypracování práce.

Obsah

<i>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK</i>	11
<i>ÚVOD</i>	14
<i>PROJEKT</i>	15
1 <u>HARDWARE PRO PC SIMULÁTOR</u>	16
<i>ZÁKLADNÍ FUNKCE JEDNOTLIVÝCH KOMPONENTŮ</i>	17
2 <u>SEZNAM A POPIS KOMPONENTŮ SIMULÁTORU</u>	18
2.1 POČÍTAČOVÁ SKŘÍŇ	18
2.2 ZÁKLADNÍ DESKA	19
2.2.1 VLASTNOSTI ZÁKLADNÍ DESKY	20
2.3 PROCESOR	23
2.3.1 VLASTNOSTI PROCESORU	23
2.4 CHLADIČ PROCESORU	25
2.4.1 VLASTNOSTI CHLADIČE	25
2.5 OPERAČNÍ PAMĚŤ	26
2.5.1 VLASTNOSTI OPERAČNÍ PAMĚTI	27
2.6 PEVNÝ DISK	28
2.6.1 VLASTNOSTI DISKU	28
2.7 OPTICKÁ MECHANIKA	30
2.7.1 VLASTNOSTI OPTICKÉ MECHANIKY	30
2.8 GRAFICKÁ KARTA	31
2.8.1 VLASTNOSTI SAMOTNÉ KARTY (JEDNÉ)	32
2.8.2 AMD EYEFINITY	33
2.8.3 AMD CROSSFIREX	33
2.9 ZDROJ	34
2.9.1 VLASTNOSTI ZDROJE	35
2.10 MONITOR	37
2.10.1 VLASTNOSTI MONITORU	37
2.11 KLÁVESNICE	38
2.12 MYŠ	39
2.13 REPRODUKTORY	40
3 <u>ZAPOJENÍ KOMPONENTŮ SIMULÁTORU</u>	41
3.1 PŘÍPRAVA POČÍTAČOVÉ SKŘÍŇE NA MONTÁŽ KOMPONENTŮ	41

3.2	ZAPOJENÍ KOMPONENTŮ DO ZÁKLADNÍ DESKY	42
3.2.1	MONTÁŽ PROCESORU NA ZÁKLADNÍ DESKU	42
3.2.2	MONTÁŽ CHLADIČE NA PROCESOR	43
3.2.3	ZAPOJENÍ OPERAČNÍCH PAMĚTÍ DO ZÁKLADNÍ DESKY	45
3.3	MONTÁŽ A ZAPOJENÍ ZÁKLADNÍ DESKY	46
3.4	MONTÁŽ A ZAPOJENÍ ZDROJE	48
3.5	MONTÁŽ A ZAPOJENÍ OPTICKÉ MECHANIKY	50
3.6	MONTÁŽ A ZAPOJENÍ PEVNÉHO DISKU	51
3.7	ZAPOJENÍ GRAFICKÝCH KARET	52
3.8	ZAPOJENÍ ZAŘÍZENÍ	54
3.8.1	ZAPOJENÍ PROJEKTORŮ DO AMD EYEFINITY	55
3.8.1.1	Styl zapojení projektorů	56
3.8.1.2	Zapojení druhé grafické karty	56
4	TESTOVÁNÍ SPRÁVNÉ FUNKČNOSTI PC	57
4.1	INSTALACE OPERAČNÍHO SYSTÉMU	57
4.2	INSTALACE OVLADAČŮ	57
4.2.1	INSTALACE OVLADAČŮ ZÁKLADNÍ DESKY	57
4.2.2	INSTALACE OVLADAČŮ GRAFICKÉ KARTY	58
4.3	SOFTWAREVÉ NASTAVENÍ	58
4.3.1	NASTAVENÍ AMD EYEFINITY	58
4.3.2	NASTAVENÍ AMD CROSSFIREX	58
4.4	TESTOVÁNÍ FUNKČNOSTI	59
	<i>SHRNUTÍ NEJDŮLEŽITĚJŠÍCH PARAMETRŮ POČÍTAČE</i>	60
5	PROBLÉMY TÝKAJÍCÍ SE PROJEKTU	61
5.1	OBJEDNÁNÍ	61
5.2	POZICE PROJEKTORŮ	61
5.3	PROBLÉMY S AMD EYEFINITY	62
6	ZÁVĚR	64
7	POUŽITÁ LITERATURA	65

Seznam použitých zkratek

ABS		Druh plastu
AMD	Advanced Micro Devices	Výrobce počítačů
ATX	Advanced Technology Extended	Formát základní desky
CD	Compact Disc	Kompaktní disk
CD-R	Recordable Compact Disc	Přepisovatelný kompaktní disk
CD-ROM	Compact Disc - Read Only Memor	Kompaktní disk – paměť pouze pro čtení
CFM	Cubic Feet per Minute	Kubické stopy za minutu
CL	Clock Latency	Latence časování
DDR3	Double Data Rate 3	Typ operační paměti
DIMM	Dual In-line Memory Module	Dvouřadý paměťový modul
DP	DisplayPort	Digitální konektor
D-sub	D-subminiature	Video konektor
DVD	Digital Versatile Disc	Digitální víceúčelový disk
DVD±R	Digital Versatile Disc Recordable	Digitální víceúčelový disk zapisovatelný
DVD±RW	Digital Versatile Disc ReWritable	Digitální víceúčelový disk s možností opakovaného přepisování záznamu
DVD-RAM	Digital Versatile Disc Random Access Memory	Digitální víceúčelový disk s pamětí náhodného přístupu
DVI	Digital Visual Interface	Vizuální digitální rozhraní
DVI-D	Digital Visual Interface Digital only	Vizuální digitální rozhraní jen digitální
DVI-I	Digital Visual Interface Analog/Digital	Vizuální digitální rozhraní analog/digitál
EPU	Energy Processing Unit	Energický procesor
eSATA	external Serial Advanced Technology Attachment	Externí velkokapacitní počítačová sběrnice
FDD	Floppy Disc Drive	Disková mechanika
FPS	Frames Per Second	Počet snímků za vteřinu

GDDR5	Graphic Double Data Rate 5	Grafická dvojitá rychlost přenosu dat
GPU	Graphic Processing Unit	Grafický procesor
HD	High Density	Druh rozlišení
HDD	Hard Disc Drive	Pevný disk
HDMI	High-Definition Multimedia Interface	Vysoká definice obrazového rozhraní
iGPU	integrated Graphic Processing Unit	Integrovaný grafický procesor
IOPS	Input/Output Operations Per Second	Vstup/výstup operací za sekundu
I/O	Input/Output	Vstup/výstup
IPS	In Plane Switching	Technologie displejů
LAN	Local Area Network	Lokální síť
LED	Light Emitting Diode	Světlo emitující dioda
LGA	Land Grid Array	Typ povrchu patice procesoru
MFSX	Microsoft Flight Simulator X	Microsoft letecký simulátor X
MTBF	Mean Time Between Failures	Střední doba mezi poruchami
MVP	Multimedia Video Processor	Multimediální procesor
OC	Overclock	Přetaktování
OCP	Over Current Protection	Nadproudová ochrana
OPP	Over Power Protection	Ochrana proti přetížení
OTP	Over Temperature Protection	Ochrana proti přehřátí
OVP	Over Voltage Protection	Přepětová ochrana
PCI Express	Peripheral Component Interconnect Express	Počítačová sběrnice
PS/2	Personal System 2	Počítačový konektor
RAID	Redundant Array of Independent Disks	Pole nezávislých pevných disků
RAM	Random Access Memory	Paměť s přímým přístupem
SATA	Seriál Advanced Technology Attachment	Velkokapacitní počítačová sběrnice
SCP	Short Circuit Protection	Ochrana proti zkratu

SLI	Scalable Link Interface	Technologie na propojení více grafických karet
SSD	Solid-State Drive	Disk v pevném stavu
SECC		Druh plechu
TDP	Thermal Design Power	Navržený tepelný výkon
TN	Twisted Nematic	Technologie displejů
TPU	TurboV Processing unit	Procesor na zvýšení výkonu
USB	Universal Serial Bus	Univerzální sériová sběrnice
UVP	Under Voltage Protection	Ochrana proti podpětí
VGA	Video Graphics Array	Grafické rozhraní

Úvod

Letecké simulátory se používají už od dob, kdy člověk poprvé sestrojil letuschopný stroj. První historické údaje o těchto zařízeních, která se více či méně podobala dnešním leteckým simulátorům, jsou vedeny přibližně od První Světové války. [1]

Účel těchto zařízení je ve své podstatě pořád stejný jako před sto lety. Jde o to, aby letecké simulátory, co možná nejvíce simulovaly skutečný let letadla, a daly tím možnost pilotům připravit se na situace, které se mohou vyskytnout během opravdového letu. V leteckých simulátorech můžeme nasimulovat téměř veškeré situace od různých fází letu až po specifické prostředí jako jsou hustota vzduchu, turbulence, oblačnost, srážky atd.

Dnes se letecké simulace využívají ve spoustě leteckých odvětví. Ať už se jedná o samotný výcvik leteckých posádek nebo i také k návrhu a vývoji letadla samotného. V závislosti na jejich účelech, používají letové simulace různé typy hardwaru, modelování detailů a reality. Simulátory většinou pracují na velmi složitých systémech, dokonce až na takových systémech, které jsou stejné jako ve skutečných letadlech.

Projekt

Na Fakultě dopravní ČVUT dříve nebyla příležitost, aby si studenti leteckých oborů, zvláště pak oboru profesionální pilot, mohli vyzkoušet věci týkající se avioniky a pilotování letadla, o kterých slychají na přednáškách. Za těchto okolností vznikl v roce 2013 na Ústavu letecké dopravy projekt „Sestavení letový simulátoru“, který se zabývá výstavbou leteckého simulátoru poháněného jedním počítačem.

Tento letecký simulátor nebude zdaleka tak sofistikovaný jako například simulátory v různých aeroliniích, ale poskytne člověku dobrou představu o tom, jak to funguje ve skutečném letadle.

Jelikož se jedná o rozsáhlý projekt, pracuje na stavbě leteckého simulátoru více lidí, každý má za úkol připravit jinou část simulátoru. Letecký simulátor se bude skládat z dřevěné makety kokpitu vybavené palubními přístroji, tří projektorů a pláten, několika monitorů a počítače, zajišťujícího pohon celého simulátoru.

Mým úkolem na tomto projektu je zmíněný počítač na pohon simulátoru. Cílem mé práce je vybrat komponenty pro tento počítač, následně ho postavit a zapojit. Součástí mé práce je také zabezpečit to, aby hlavní počítač poskytoval projektorům správnou vizualizaci na příslušná plátna.

1 Hardware pro PC simulátor

Samotný simulátor běží na platformě Microsoft Flight Simulator X, což je systém, který se nejlépe hodí pro tento typ simulátoru, tedy za pohonu jednoho počítače. MFSX byl vydán v roce 2006, nepatří tedy k nejnovějším softwarům, z čehož je jasné, že pro normální provoz nepotřebuje ani tak výkonný hardware. To ovšem neplatí v případě našeho leteckého simulátoru, který musí být výkonný v mnoha směrech, jestliže chci zaručit plynulý chod a promítat obraz pomocí projektorů na tři plátna.

Oproti osobním počítačům má tento počítač o něco specifitější výběr komponentů, pro požadavky leteckého simulátoru. Protože potřebuji promítat obraz na tři plátna, bylo zapotřebí, abych vybral dvě grafické karty, pro dostatečnou možnost připojení obrazových zařízení. A od toho se dále odvíjel i výběr dalších komponentů jako například základní desky, procesoru apod. Některé komponenty jako operační paměť nebo optická mechanika, jsou stejné jako u běžných počítačů.

Počítač leteckého simulátoru se skládá z těchto komponentů: počítačová skříň, základní deska, procesor + chladič procesoru, operační paměť, pevný disk, optická mechanika, grafická karta, zdroj a další zařízení jako monitor, klávesnice, myš a reproduktory.

Základní funkce jednotlivých komponentů

Počítačová skříň	Slouží k ochraně a kompletaci všech komponentů počítače simulátoru.
Základní desky	Jde o základní hardware počítače simulátoru, slouží k propojení jednotlivých komponentů.
Procesor	Nejdůležitější komponent počítače simulátoru, zpracovává všechna data, informace a provádí veškeré zadané úlohy.
Chladič procesoru	Chladí procesor před jeho přehřátím.
Operační paměť	Jde o dosavadní paměť počítače simulátoru, ukládá jen data, se kterými se momentálně pracuje.
Pevný disk	Jde o hlavní úložiště počítače simulátoru, ukládají se zde veškerá data.
Optická mechanika	Zařízení pro čtení CD nebo DVD.
Grafická karta	Pomocí tohoto hardwaru můžeme zobrazovat informaci na zobrazovacím zařízení.
Zdroj	Napájí veškeré komponenty počítače simulátoru.
Monitor	Zařízení sloužící k zobrazení námi zvolené informace.
Myš a klávesnice	Zařízení, které nám umožní komunikovat s počítačem.
Reproduktory	Slouží k vnímání zvuku.

2 Seznam a popis komponentů simulátoru

2.1 Počítačová skříň

Mé požadavky na skříň byly velice skromné, potřeboval jsem jen skříň pro uložení základní desky typu ATX a velikostí Midi Tower, to odpovídá střední velikosti počítačových skříní. Poslední požadavek byl, aby skříň byla bez zdroje, protože ten jsem vybíral zvlášť. De facto jsem vybral první skříň, která splnila mé požadavky. Na kvalitu a zpracování jsem moc nehleděl, protože skříň bude stejně umístěna vně simulátoru, kde se s ní nebude manipulovat a nebude vidět. Všechny komponenty jsou tedy umístěny v počítačové skříní s označením CCC-ML2 od holandské firmy Gembird.



Obr. 1: Počítačová skříň CCC-ML2 [2]

Počítačová skříň je černé barvy a je vyrobena z 0,5 mm silného plechu, který nese označení SECC. Čelní panel je vyroben z černého plastu s označením jako ABS. Čelní strana obsahuje standardní dvojici USB a audio konektorů. Nechybí ani klasicky umístěná tlačítka pro zapnutí a reset počítače, která doplňují LED pro signalizaci zapnutého počítače respektive aktivity pevného disku. [3]

Velikost skříně je 415 x 410 x 185 mm a váží 3,12 kg.

Tabulka č. 1 Specifikace Počítačové skříně Gembird CCC-ML2 černá [3]

Barva:	Černá
Materiál:	Tělo 0,5 mm SECC / čelní panel ABS
Formát skříně:	Midi Tower
Pro základní desky:	ATX, Micro ATX
Pozice:	4x 5,25" externí 1x 3,5" externí 5x 3,5" interní
Konektory na čelním panelu:	2x USB 1x výstup na sluchátka 1x vstup pro mikrofon
Rozměry:	415 x 410 x 185 mm
	3,12 kg

2.2 Základní deska

Najít správnou základní desku pro náš simulátor nebylo jednoduché. Samozřejmě je dnes na trhu spousta základních desek, ale já potřeboval pro tento simulátor o něco specifitější základní desku oproti normálním počítačům. Dále jsem také podle svých dřívějších zkušeností při výběru základní desky kladl důraz na výrobce.

Kritéria pro výběr základní desky pro tento letecký simulátor byla taková, aby základní deska měla dostatek USB konektorů pro zapojení potřeb simulátoru, měla více slotů PCI-E pro grafické karty, na připojení zobrazovacích médií a byla kompatibilní s ostatními komponenty. Zvolil jsem tedy základní desku od tchajwanské společnosti ASUS. Tuto společnost je zřejmě zbytečné představovat, na poli počítačové techniky ASUS zasahuje snad do všech odvětví. Vybral jsem základní desku s označením ASUS P8Z77-V LE PLUS - Intel Z77, která perfektně splňuje zmíněné požadavky.



Obr. 2: Základní deska ASUS P8Z77-V LE PLUS - Intel Z77 [4]

2.2.1 Vlastnosti základní desky

Základní deska je vybavena čipovou sadou od společnosti Intel, a to Intel Z77. Čipová sada neboli chipset je soubor elektronických součástí v integrovaném obvodu, který řídí tok dat mezi procesorem, pamětí a periferními zařízeními. Čipové sady jsou součástí základní desky a jsou obvykle navrženy pro práci s konkrétními rodinami procesorů. Vzhledem k tomu, že řídí komunikaci mezi procesorem a externími zařízeními, hraje čipová sada klíčovou roli při určování výkonnosti systému.

Čipová sada Intel Z77 je samostatnou čipovou sadou, jež podporuje patiči 1155 pro 3. generaci procesorů Intel a mnoho procesorů 2. generace Intel Core. Poskytuje vyšší výkon pomocí sériových propojení bod-bod umožňujících zvětšit šířku pásma a zvýšit stabilitu. Čipová sada Z77 navíc nabízí čtyři porty USB 3.0, které umožňují až 10× rychlejší datové přenosy. Intel Z77 rovněž podporuje funkci iGPU, díky které si uživatelé mohou vychutnat lepší výkon integrované grafické karty.

Základní deska nabízí taktéž patiči 1155 s integrovanými řadiči paměti a PCI Express a podporou procesorů Intel Core 2. a 3. generace, u kterých navíc podporuje integrované grafické jádro Intel HD. Deska také nabízí dvoukanálové 4 DIMM sloty pro paměti typu DDR3 s kapacitou až 32 GB s podporou frekvencí až 2400 MHz v OC režimu a 1600/1333 MHz. Samozřejmostí je integrace zvukové a gigabitové síťové karty od čínské společnosti Realtek, která je tradičním výrobcem těchto zařízení. [5]

Z rozhraní deska nabízí možnost až 10 USB 2.0 portů (2x zadní panel) a až 6 USB 3.0 (4x zadní panel), DisplayPort, HDMI, DVI, D-Sub. Pro grafické a rozšiřující karty nabídne rozhraní 2x PCI-E 3.0/2.0 x16, 1x PCI-E 2.0 x16, 2x PCI a 2x PCI-E 2.0 x1. Pro pevné disky se na desce nachází eSATA 6 GB/s (sběrnice je přizpůsobená pro připojení vnějších datových zařízení), 4 SATA 3 GB/s a 3 SATA 6 GB/s s podporou RAID 0, 1, 5 a 10. RAID je technologie zabezpečení k specifickému ukládání dat na více nezávislých disků, kdy jsou uložená data zachována i při selhání některého z nich. Úroveň zabezpečení se liší podle zvoleného typu RAID, který je označován čísly.

Deska je ve standardním formátu ATX s rozměry 30,5 x 24,4 cm. [5]

Deska také nabízí řadu zajímavých technologií, ať už jde o zvýšení výkonu jednotlivých komponentů, nebo snížení spotřeby.

Technologie Dual Intelligent Processors 3, která je patentována společností ASUS, využívá dva integrované čipy TPU a EPU. Jednotka TPU zajišťuje optimální výkon a maximální pohodlí uživatele, zatímco jednotka EPU automaticky monitoruje napájení a spotřebu systému. Tato technologie snižuje hlučnost ventilátorů a prodlužuje životnost komponentů. Čip TPU nabízí přesné ovládání napájení a pokročilé možnosti monitorování díky funkcím Auto Tuning a TurboV.

Pomocí technologie Lucid Virtu MVP bude zvýšen výkon samostatné grafické karty až o 60 % původní hodnoty. Dokonale spojuje výkon grafické karty a rychlého iGPU. Technologie umožní snížení spotřeby energie, pokud není potřeba využívat samostatnou grafickou kartu. Jedná se tedy o technologii, která zvyšuje výkon integrovaného grafického čipu v procesoru.

Deska dále podporuje Quad-GPU SLI a Quad-GPU AMD CrossFireX. Jedná se o flexibilní řešení pro více grafických čipů. Na základní desku je možnost zapojit více GPU jak pomocí technologie SLI (jedná se o technologii od společnosti Nvidia), tak prostřednictvím AMD CrossFireX (AMD). Deska může pomocí čipové sady optimalizovat přiřazení linek sběrnice PCI Express v konfiguracích s více GPU. [6]

Tabulka č. 2 Specifikace Základní desky ASUS P8Z77-V LE PLUS - Intel Z77 [7]

Podporované procesory:	Model: Intel Ivy Bridge, Sandy Bridge Patice: LGA 1155
Čipová sada:	Intel Z77
Operační paměť:	Typ: DDR3 Slot: 4x DIMM Režim zapojení: Dual-channel Max. kapacita: 32 GB Podpora Intel XMP (Extreme Memory Profile)
Rozšiřující sloty:	2 x PCIe 3.0/2.0 x16 (x16 nebo dual x8) 1 x PCIe 2.0 x16 (x4 mode) 2 x PCIe 2.0 x1 2 x PCI
Video:	Dle osazeného procesoru Podpora HDMI s max. rozlišením 1920 x 1200 @ 60 Hz Podpora DVI s maximálním rozlišením 1920 x 1200 @ 60 Hz Podpora RGB s maximálním rozlišením 2048 x 1536 @ 75 Hz Podpora DisplayPort s max. rozlišením 2560 x 1600 @ 60 Hz Podpora Intel HD Graphics, InTru 3D, Quick Sync Video, Clear Video HD Technology, Insider Maximální sdílená paměť 1696 MB
Audio:	Realtek ALC889 8 kanálů HD 192 kHz/24 bitů
LAN:	Realtek 8111F 10/100/1000 Mbit/s
Vnitřní rozhraní:	3x SATA III (6 Gbit/s; podpora RAID 0/1/5/10) 4x SATA II (3 Gbit/s; podpora RAID 0/1/5/10) 4x USB 2.0 1x USB 3.0 1x S/PDIF výstup 1x COM
Vnější rozhraní:	1x PS/2 (klávesnice/myš) 1x DVI 1x D-sub 1x DisplayPort 1x HDMI 1x RJ-45 (LAN) 4x USB 3.0 2x USB 2.0 1x optický výstup S/PDIF 6x audio jack
Napájení:	1x 24pinový ATX napájecí konektor 1x 8pinový ATX 12 V napájecí konektor
Formát:	ATX
Rozměry:	30,5 x 24,4 cm

2.3 Procesor

Procesor je srdce každého počítače a u tohoto simulátoru to platí dvojnásob. Procesor v tomto simulátoru plní velice důležitou úlohu, musel jsem proto výběr procesoru dobře zvážit, tzn. vybrat výkonný, a pokud možno pro nás cenově přístupný procesor, který by splňoval výkonnostní požadavky leteckého simulátoru. Znovu jsem dal na své předchozí zkušenosti a vybral jsem procesor od americké společnosti Intel, která je největší výrobcem těchto zařízení. Vybral jsem výkonný čtyř-jádrový procesor Intel Core i5-3570K.



Obr. 3: Procesor Intel Core i5-3570K [8]

2.3.1 Vlastnosti procesoru

Jedná se o procesor s kódovým označením „Ivy Bridge“, který využívá mírně vylepšenou architekturu populárních procesorů „Sandy Bridge“, nárůst výkonu je od předešlého procesoru 5-15 %. Stejně jako jeho předchůdce integruje do jediného pouzdra spolu s procesorem i grafické jádro. Procesory s architekturou Ivy Bridge jsou vyrobeny 22 nm procesem za použití technologie trojrozměrného tranzistoru tri-gate (3-D), to znamená, že mají až o 50 % menší spotřebu při stejném výkonu než Planar (ploché) 2-D tranzistory. Znatelného nárůstu výkonu se také dočkala i integrovaná grafická karta, kterou je procesor vybaven. Integrovaná grafická karta nebude v tomto simulátoru nijak využita. [9]

Procesor patří do rodiny produktů pro základní desky vybavené socketem LGA 1155. Socket je zjednodušeně patice procesoru, do které se montuje procesor na základní desku. Oba tyto komponenty musí mít stejné označení socketu, aby do sebe šly vůbec namontovat. Jádro procesoru Core i5-3570K je vyráběno pokročilým

22 nm výrobním procesem. Procesor disponuje čtveřicí fyzických jader se stejným počtem najednou vykonávaných instrukcí.[10] Každé z fyzických jader je taktováno na 3.4 GHz s možností režimu Turbo a automatickým přetaktováním na 3.8 GHz. Režim Turbo znamená, že se procesor podle potřeby výkonu sám přetaktuje na vyšší frekvenci. Hlavní rozdíl v procesorech s označením „K“ oproti standardním modelům najdeme v odemčeném násobiči. Násobič znásobuje frekvenci sběrnice na hodnotu, na které běží procesor.

Stejně jako u předchozí generace procesorů Intel Core je i v tomto procesoru integrován paměťový řadič přímo do čipu. V tomto případě se jedná o dvoukanalový řadič pamětí typu DDR3 a konkrétně u modelu Core i5-3570K jsou podporovány paměťové moduly s rychlostí až 1600 MHz. Procesor je dále vybaven 6 MB vyrovnávací pamětí a obsahuje 1,4 miliardy tranzistorů. Nechybí ani podpora sběrnice PCI Express Gen3.

Zvláštností procesoru je výše zmíněné integrované grafické jádro Intel GMA HD 4000, které je stejně jako procesor vyráběno 22 nm výrobním procesem, v případě tohoto procesoru je taktováno až na 1150 MHz na maximum a v základu na 650 MHz a využívá sdílené operační paměti.

TDP udávané výrobcem činí 77 W včetně spotřeby integrovaného grafického jádra.[10]

Tabulka č. 3 Specifikace Procesoru Intel Core i5-3570K [10]

Výrobce procesoru:	Intel
Modelové označení:	Core i5
Patice:	1155 socket
Kódové označení:	Ivy Bridge
Pracovní frekvence [MHz]:	3 400
Turbo frekvence [MHz]:	3 800
Velikost L2 cache [kB] (součet):	1 024
Velikost L3 cache [kB]:	6 144
Technologie [µm]:	0,02
Max. TDP [W]:	77
Počet jader:	4
Počet vláken:	4
Grafické specifikace:	Processor Graphics Intel® HD Graphics 4000 Graphics Base Frequency 650 MHz Graphics Max Dynamic Frequency 1.15 GHz

2.4 Chladič procesoru

Součástí balení procesorů sice bývají chladiče, ale ty většinou moc dlouho nevydrží, jsou hlučné a mají špatný odvod tepla od jader procesoru, proto jsem vybral jiný chladič.

V obchodech najdeme spoustu chladičů procesoru, ať už se jedná o velké, či malé chladiče, chlazené tradičně proudem vzduchu nebo vodou. Já jsem dal na doporučení a zvolil chladič od švýcarského výrobce Arctic Cooling, a to Arctic Freezer 11 LP, který našemu simulátoru dobře poslouží.



Obr. 4: Chladič procesoru Arctic Freezer 11 LP [11]

2.4.1 Vlastnosti chladiče

Chladič s jeho výškou pouhých 53 mm nabízí skvělé řešení chlazení procesorů ve skříních nízkoprofilového provedení, a tím se vejde skoro kamkoliv. Je určen pro platformu Intel socket 1155, 1156, 775 a je schopen uchladiť procesory s maximálním TDP 90 W. Chladič se skládá z několika typických částí. Především je to dvojice 6 mm trubiček heatpipe urychlující odvod tepla od procesoru do hliníkového žebrování. [12]

Heatpipe, česky tepelná trubička, je hermeticky uzavřená trubice, ve které je pracovní látka (voda, alkohol, propan-butan, freon apod.). Budeme-li jeden konec ohřívat a na druhý umístíme chladič, začne se pracovní médium odpařovat. V důsledku toho roste tlak. Na chlazeném konci páry kondenzují a předávají tak teplo, které bylo

spotřebováno k odpaření. Kondenzát teče, nebo vzlíná zpět a tak to jde stále dokola. [13]

Pasivní část chladiče je v podobě hliníkového kvádrů, která je složena z 50 hliníkových plátů, do nichž je odváděno teplo z měděné základny také za přispění technologie heatpipe, a tento komplet je následně ochlazován ventilátorem.

Ventilátor o průměru 92 mm zajišťuje efektivní odvod tepla z chladiče a ochlazuje pasivní blok proudem vzduchu až 27 CFM/46 m³ za hodinu. Jeho otáčky jsou automaticky regulované na výkonu a pohybují se v rozmezí 900-2000 za minutu, díky čemuž má velmi malou hlučnost, pouze 0.4 son. Son je psychoakustická jednotka, vyjadřující subjektivně vnímanou hlasitost zvuku, kde jeden son je definován jako hlasitost tónu o frekvenci 1000 Hz a intenzitě 40 dB.

Celkové rozměry chladiče jsou 115 x 106 x 53 mm a hmotnost 0,3 kg. [12]

Tabulka č. 4 Specifikace Chladiče procesoru Arctic Freezer 11 LP [12]

Socket:	Intel 775, Intel 1156
Velikost ventilátoru:	92 x 92
Provedení chladiče:	Aktivní
Otáčky větráku (ot/min):	2 000
Průtok vzduchu (CFM):	27
Regulace otáček:	auto
Hmotnost:	300 g

2.5 Operační paměť

Jelikož na našem simulátoru poběží pouze MFSX a pár dalších menších programů, stačilo zvolit operační paměť o velikosti 4 GB, která je dostačující pro plynulý chod počítače.

Zvolil jsem operační paměť od americké společnosti Kingston, která vyvíjí a prodává paměťové produkty a související výpočetní techniku. Jedná se o dva paměťové moduly Kingston HyperX 2GB DDR3 1600, každý modul má kapacitu 2 GB.



Obr. 5: Operační paměť Kingston HyperX 2GB DDR3 1600 [14]

2.5.1 Vlastnosti operační paměti

Operační paměť neboli RAM jsou paměti typu DDR3, které mají oproti starší generaci DDR2 nižší napájecí napětí na vyšší frekvence. Paměti typu DDR3 už dnes nejsou žádnou novinkou, proto se o nich nebudu více zmiňovat. [15]

Jeden modul paměti typu DDR3, který je určen pro pracovní frekvenci 1600 MHz, má standardní označení PC12800. Toto označení má v našem případě propustnost 12,8 GB/s. Zapojením druhého stejného modulu do dvoukanálového režimu jsem zdvojnásobil rychlost přenosu.

Napájení jednoho modulu je 1,7-1,9 V, díky čemuž se méně zahřívá a má minimální spotřebu. Časování každého z modulů je CL9, konkrétně 9-9-9-27, což je čas taktů mezi odesláním sloupce adresy do paměti a začátku dat v odpovědi udávané v ns. [16]

Tabulka č. 5 Specifikace Operační paměti Kingston HyperX 2GB DDR3 1600 [16]

Typ paměti:	DDR3
Rychlostní rating:	PC12800
Konfigurace paměti:	1 x 2GB
Kolik slotů zabere:	1
Velikost [MB]:	2 048
Počet pinů a formát paměti:	240-Pin DDR3 DIMM
Clock Latency [CL]:	9
Tested Latency:	9-9-9-27
Pracovní frekvence [MHz]:	1 600
Maximální pracovní voltáž [V]:	1,9
Chlazení:	pasivní

2.6 Pevný disk

Dnes je velkým zvykem při stavbě normálních počítačů používat disky s co možno největší kapacitou úložného prostoru a na ostatní parametry nehledět. To ovšem neplatí v případě tohoto simulátoru. Mé požadavky na pevný disk se převážně zaměřovaly na rychlosti disku a ne na jeho kapacitu, protože počítač simulátoru nepotřebuje mít velkou kapacitu úložného prostoru jako spíše rychlý disk.

Právě proto jsem pro tento simulátor zvolil disk Kingston HyperX 3K s kapacitou 120 GB. Jedná se o SSD disk, což je technologie datového média bez pohyblivých mechanických částí, jako mají obyčejné magnetické pevné disky.



Obr. 6: Pevný disk Kingston HyperX 3K [17]

Díky tomu, že SSD disky nemají mechanické pohyblivé části, vykazují nižší spotřebu, mají nižší čas na alokaci dat (u klasických disků spotřebovaný na přesunutí čtecích/zápisových hlaviček), dosahují vyšších přenosových rychlostí a nevydávají hluk. Krom toho také nejsou náchylné na nárazy a otřesy jako mechanické disky. Nevýhodou snad zatím může být omezená kapacita těchto disků. [18]

2.6.1 Vlastnosti disku

Tento disk je založen na řadiči SandForce SF-2281. Řadič je součástí disku, který umožňuje zapisování a čtení dat do paměťových čipů. Dále řadič podporuje provoz přes rozhraní SATA 6Gb/s a umožňuje tak zajistit extrémní propustnost. SATA je počítačová sběrnice, která využívá datové rozhraní pro připojení velkokapacitních paměťových zařízení. [19]

SSD disk je vybaven pokročilým systémem rovnoměrného používání paměťových čipů a technologií DuraClass, která chrání integritu dat a jejich maximální trvanlivost

po celou dobu životnosti jednotky. Výrazně je tak sníženo riziko výskytu vadných sektorů. Podporuje TRIM command a Garbage Collection technologii zabráňující poklesu výkonu po dlouhé době používání.

Tento model SSD pevného disku je v provedení pro pozici 2,5". Ovšem balení obsahuje také redukci, která mi umožnila montáž do pozice s rozměrem 3,5", což je standardní velikost mechanických disků, která je v naší počítačové skříni. Jeho přenosové rychlosti mohou dosahovat při sekvenčním čtení až 555 MB/s a zápisu 510 MB/s, což je umožněno také rozhraním SATA 6 GB/s, které nikterak nebrzdí jeho práci. Samozřejmě jej můžu využít také s rozhraním SATA 3 GB/s, ovšem je nutné počítat se zpomalením přenosových rychlostí.

Dalším zajímavým parametrem je rychlost práce se 4 KB bloky dat: průběžné náhodné čtení/zápis 4 KB - 20.000/60.000 IOPS a maximální náhodné čtení/zápis 4 KB - 85.000/73.000 IOPS. Samozřejmostí je vysoká odolnost proti nárazům 1500 G a nízká spotřeba udávaná výrobcem pouhých 0,455 W (typicky) klidový stav, 1,58 W (typicky) čtení a 2,11 W (typicky) zápis. Skvělá je také hodnota střední doby poruchovosti - MTBF 1 milion hodin.

Hmotnost disku je pouhých 97 g a rozměry 69,85 x 100 x 9,5 mm. [19]

Tabulka č. 6 Specifikace Pevného disku Kingston HyperX 3K [19]

Velikost:	2,5"
Řadič:	SandForce® SF-2281
Rozhraní:	SATA Rev 3.0 (6Gb/s), SATA Rev 2.0 (3Gb/s)
Kapacita:	120 GB
Sekvenční čtení:	SATA Rev. 3.0 až 555 MB/s
Sekvenční zápis:	SATA Rev. 3.0 až 510 MB/s
Průběžné náhodné čtení/zápis 4KB:	20.000 / 60.000 IOPS
Maximální náhodné čtení/zápis 4KB:	85.000 / 73.000 IOPS
Spotřeba energie:	0,455 W (typicky) klidový stav 1,58 W (typicky) čtení 2,11 W (typicky) zápis
Rozměry:	69,85 mm x 100 mm x 9,5 mm
Hmotnost:	97 g
Teplota provozního prostředí:	0 °C ~ 70 °C
MTBF:	1 000 000 hodin
TBW:	76,8 TB

2.7 Optická mechanika

Optickou mechaniku potřebuji jen pro instalaci některých aplikací simulátoru, proto jsem vybíral jen z cenově přijatelných, a pokud možno kvalitních mechanik. A Optiarc AD-7283S od japonské společnosti SONY mi tuto možnost poskytl.



Obr. 7: Optická mechanika Optiarc AD-7283S [20]

2.7.1 Vlastnosti optické mechaniky

Mechanika disponuje rychlostí zápisu 24x na média typu DVD±R. Podporuje i praktický formát DVD-RAM, který se skvěle hodí pro časté zálohování a dopisování dat na disk. Dále je vybavena inovativní technologií LabelFlash, která umožňuje vytvořit popisek disku přímo ve vypalovačce. Využívá k tomu stejný laser jako pro samotné vypalování. Navíc dokáže využít obě strany média a vytvořit potisk jak na vrchní, tak na spodní straně disku. Samozřejmostí je také možnost zápisu na dvouvrstvá média, a to až dvanásobnou rychlostí. Mechanika se připojuje k modernímu rozhraní SATA. Disponuje 1 MB vyrovnávací pamětí a přístupovou dobou 160 ms pro DVD a 140 ms pro CD média.

Technologie LabelFlash umožňuje tisknout na vrchní stranu speciálních médií DVD. Média jsou téměř identická jako oboustranné DVD, jen jedna záznamová vrstva je nahrazena vrstvou se speciálním barvivem určeným pro kreslení. Na vrstvu určenou pro záznam dat lze tisknout také. Menší nevýhodou je, že CD a přepisovatelná média nejsou podporována. Technologie umožňuje vytvořit 256 barevných odstínů a díky tomu je potisk vysoce kvalitní. Většího kontrastu je možné dosáhnout opakovaným zápisem potisku. Výhodou je také ochrana kresby před oděrem a zničením díky ochranné vrstvě s tloušťkou 0,6 mm. [21]

Tabulka č. 7 Specifikace Optické mechaniky Optiarc AD-7283S [21]

Rychlosti zápisu:	DVD-R 24x DVD+R 24x DVD+R9 12x DVD-R DL 12x DVD+RW 8x DVD-RW 6x DVD-RAM 12x CD-R 48x CD-RW 32x
Rychlosti čtení:	DVD 16x CD 48x
Přístupová doba:	DVD 160 ms CD 140 ms
Kompatibilita:	DVD-ROM DVD-Video CD-ROM CD-ROM XA
Vyrovnávací paměť:	1 MB
Ostatní:	LabelFlash
Rozhraní:	SATA
Rozměry:	148 x 42 x 170 mm
Hmotnost:	0,63 kg

2.8 Grafická karta

Letecký simulátor jsem vybavil dvěma stejně výkonnými grafickými kartami od společnosti Sapphire. Je to veliký rozdíl oproti normálním počítačům, kterým bohatě stačí jen jedna grafická karta. Důvod je takový, že jsem od grafických karet potřeboval nejen velký výkon, ale také velký počet výstupů pro obrazové zařízení, které normální karty nenabízejí. Označení jedné karty je Sapphire HD 7850.



Obr. 8: Grafická karta Sapphire HD 7850 [22]

2.8.1 Vlastnosti samotné karty (jedné)

Karta je založena na jádru s kódovým označením Pitcairn. Jádro grafické karty je osazeno čipem Radeon HD 7850. Výrobcem grafického čipu je americká hardwareová společnost AMD, která je předním výrobcem jak grafických, tak počítačových čipů.

Grafické jádro AMD Radeon HD7850 je vyráběno nejmodernějším 28 nm výrobním procesem, který umožnil vměstnat do jádra obrovské množství tranzistorů (2,8 mld) a obvodů a posunout opět výkon o stupeň výš. Současně s nárůstem výkonu byly ovšem zachovány dobré provozní vlastnosti a 28 nm výrobní proces má také velmi pozitivní vliv na skvělé možnosti taktování jádra.

Grafické jádro je taktované na 860 MHz a je napojeno na rychlé paměti GDDR5 s kapacitou 2048 MB pracující na frekvenci 4800 MHz efektivně. Šířka paměťové sběrnice je standardních 256 bit s propustností 153,6 GB/s.

Minimální doporučený výkon zdroje pro napájení jedné karty je 500 wattů, přičemž výrobce udává maximální odběr něco přes 130 wattů.

Karta má výborné chlazením Dual-X, jedná se o technologii chlazení pomocí odpařovací komůrky a dvojící ventilátorů s průměrem 8 cm. [23]

Karta dále podporuje technologie AMD CrossFireX a AMD Eyefinity, o kterých se více zmíním.

2.8.2 AMD Eyefinity

AMD Eyefinity je technologie, která umožňuje zobrazit pracovní plochu tří a více monitorů jako jednu plochu, přičemž se sčítá rozlišení samotných ploch. V našem případě jsem tuto technologii využil při zapojení tří pracovních ploch od tří projektorů, které promítají svůj obraz na tři plátna, která jsou postavena do půlkruhu. Tímto jsem dostal od každého projektoru rozlišení 1920*1080 px, což dává 5760*1080 px na celou plochu od všech tří projektorů.



Obr. 9: Promítací plátna leteckého simulátoru



Obr. 10: Trojice projektorů Leteckého simulátoru

2.8.3 AMD CrossFireX

Tato technologie umožňuje propojení až čtyř grafických karet zapojených na jedné základní desce tak, aby mohly fungovat současně a díky tomu zvednout až čtyřnásobně grafický výkon při zapojení 4 GPU. Ovšem v praxi není výkon tak markantní, jak se

na první pohled zdá. Připojením tří a více GPU výkon markantně klesá, a nedosahuje součtu všech GPU na základní desce. Největší využití této technologie dostaneme při zapojení jen dvou GPU. Karty se spojují tzv. AMD CrossFireX můstkem, který se připojí ze strany karet. [24]

Dále jsou grafické karty vybavené technologií AMD ZeroCore, která při nevytížení grafických karet druhou kartu téměř úplně vypne, a to je pak velice znát na spotřebě samotných karet. [25]

Tabulka č. 8 Specifikace Grafické karty Sapphire HD 7850 [26]

Grafický čip:	ATI Radeon HD 7850 28 nm technologie 1024 stream procesorů
Paměť:	2 GB GDDR5 256-bitová sběrnice
Taktovací frekvence:	Jádro: 850 MHz Paměť: 4800 MHz
Rozhraní:	PCI Express x16 verze 2.0
Výstupy:	1x DVI-I 1x DVI-D 1x HDMI 1x DisplayPort
Chlazení:	2x aktivní ventilátor
TDP (referenční model):	AMD ZeroCore Power: < 3 W Klidová (ve 2D): 10 W Maximální (ve 3D): 130 W
Rozměry:	210 x 105 x 35 mm (D x Š x V)
Podporované standardy a technologie:	- Shader Model 5.0 - OpenGL 3.1 - Microsoft DirectX 11.0 - Podpora HDCP - AMD CrossFireX Technology - AMD PowerPlay technology - Lite retail

2.9 Zdroj

Při výběru zdroje jsem kladl důraz nejen na kvalitu a účinnost, ale také na dostatečný výkon, který je velice důležitý k napájení veškerých komponentů, převážně pak grafických karet.

Vybral jsem zdroj Fortron Aurum CM 750 od německé společnosti FSP, který má dostatek výkonu k napájení počítače simulátoru. U společnosti FSP je zřejmé, že jí jde především o výkon a kvalitu a proto není divu, že je držitelem tak velkého počtu ocenění.



Obr. 11: Zdroj Fortron Aurum CM 750 [27]

2.9.1 Vlastnosti zdroje

Zdroj disponuje výkonem 750 wattů a splňuje prestižní certifikaci 80PLUS Gold, která garantuje účinnost při středním zatížení vyšší než 90 %. U zdroje je možnost odnímat kabeláž, což mi zdá velmi praktické, protože nepotřebné kabely zbytečně nezabírají místo v počítačové skříni. Dále se zdroj vyznačuje zcela novým zpracováním vnitřní části, využívající jedinečný chladič systém Arrow Flow. Tyto navržené otvory pro ventilaci zajišťují přirozenou aerodynamiku a uchovávají zdroj chladnější než jakýkoliv jiný zdroj. Navíc je použit moderní 120 mm ventilátor s fluidními dynamickými ložisky. Díky těmto inovacím je zdroj schopen nabídnout maximálně tichý provoz, efektivní chlazení a vysokou životnost. [27]

Zdroj je vybaven kompletní sadou ochran proti přepětí, přetížení, podpětí atd. Pro napájení jednotlivých součástí je zdroj vybaven 8x Serial ATA, 5x PATA, 1x FDD, 20 + 4 pinovým konektorem základní desky s přídatným 4 + 4 pinovým konektorem pro procesor, 1x 8 pin konektorem a 4x PCI-E 6 + 2 pin. [28]

Tabulka č. 9 Specifikace Zdroje Fortron Aurum CM 750 [28]

Formát:	ATX 2.3
Výkon:	750 W
Vstup:	90 ~ 264 V
Účinnost:	Nízké zatížení (20%): 90,86% Typické zatížení (50%): 91,27% Maximální zatížení (100%): 87,88% Splňuje normu 80PLUS GOLD
Chlazení:	Rozměr ventilátoru: 120 mm Typ ložisek: fluidní dynamická Regulace otáček
Konektory:	1x Napájecí ATX 20/24 pinů 1x Napájecí EPS 8 (4+4) pinů 1x Napájecí ATX 4 piny 5x Molex HDD 4 piny 1x Molex FDD 4 piny 8x Serial ATA 5 pinů 4x PCI Express 8 (6+2) pinů
Maximální proudový odběr:	+3,3 V: 30 A +5 V: 30 A +12 V: 18 A V1 / 18 A V2 / 18 A V3 / 18 A V4 -12 V: 0,5 A +5 Vsb: 3,5 A
Ochrany:	OCP (Over Current Protection / nadproudová ochrana) OVP (Over Voltage Protection / přepětová ochrana) UVP (Under Voltage Protection / ochrana proti podpětí) OPP (Over Power Protection / ochrana proti přetížení) OTP (Over Temperature Protection / ochrana proti přehřátí) SCP (Short Circuit Protection / ochrana proti zkratu)
Ostatní:	Vysoce kvalitní japonské kondenzátory do 105 °C Spotřeba při stand-by modu < 1W Technologie MIA IC pro vyšší bezpečnost a Arrow Flow zajišťující lepší odvod vzduchu
Rozměry:	150 x 160 x 86 mm

2.10 Monitor

Aby bylo možno počítač pro simulátor také ovládat, je za potřebí také monitoru. Monitor jsem vybral od korejské společnosti LG, která má v tomto odvětví více jak padesátiletou tradici. Jelikož monitor není prioritou pro náš simulátor, hledal jsem v odvětví nižší střední třídy a zvolil model s označením IPS224V-PN, který svými parametry předčí i monitory vyšší třídy.



Obr. 12: Monitor IPS224V-PN [29]

2.10.1 Vlastnosti monitoru

Velikost obrazovky je 21,5" (54,6 cm) s poměrem stran 16:9 a maximálním rozlišením 1920×1080p, tedy Full HD, který poskytne kontrast 5000000:1 a svítivost 250 cd/m².

Tento monitor využívá panel typu IPS s LED podsvícením, které oproti zastaralým TN panelům poskytuje mnoho výhod. První z nich je vyšší kvalita obrazu a jeho lepší barevná konzistence, reálnější a živější podání barev, vyšší ostrost obrazu při rychlých scénách, lepší pozorovací úhly, a to do 178 stupňů, a v neposlední řadě nižší spotřeba. Oproti TN panelům mají panely IPS horší dobu odezvy, která může způsobit při rychlých scénách degradaci obrazu, náš monitor má dobu odezvy 5 ms. [30]

Spotřeba při zapnutém monitoru se pohybuje kolem hodnoty 25 wattů za hodinu, při pohotovostním režimu méně než 3 W/h a při vypnutém monitoru kolem 0,3 W/h.

Monitor je vybaven technologií Super Energy Saving, která bez snížení jasů nebo jiné degradace obrazu pomůže snížit spotřebu až o slušných 6 W/h, teda o necelých 25 %. [30]

Tabulka č. 10 Specifikace Monitoru IPS224V-PN [29]

Typ:	IPS
Podsvícení:	LED
Úhlopříčka:	21,5"
Poměr obrazu:	16:09
Rozlišení:	1920 x 1080
Velikost bodu:	0,24795 mm
Jas:	250 cd/m ²
Dynamický kontrast:	5 000 000:1
Doba odezvy:	5 ms
Pozorovací úhly:	178°/178° (horizontální/vertikální)
Barvy:	16,7 milionů
Povrchová úprava:	Anti-Glare 3H
Rozhraní:	1x D-sub 1x DVI-D 1x HDMI 1x výstup na sluchátka
Spotřeba:	Typická: 25 W Stand-by: 0,3 W
Ergonomie:	Naklání: 5° vpřed/20° vzad Odnímatelný podstavec
Rozměry (Š x V x H):	S podstavcem: 509 x 387 x 181 mm Bez podstavce: 509 x 313 x 57 mm
Hmotnost:	S podstavcem: 2,78 kg Bez podstavce: 2,54 kg

2.11 Klávesnice

Pro obsluhu simulátoru bylo zapotřebí také koupit klávesnici a myš. Jelikož mi jde čistě jen o praktičnost, zvolil jsem snad tu nejobyčejnější variantu klávesnice, co se dá pořídit. Její oficiální značení je CONNECT IT CI-58.



Obr. 13: Klávesnice CONNECT IT CI-58 [31]

Jedná se o drátovou klávesnici, jejíž design znají snad všichni. Klávesnice má standardní rozložení kláves QWERTZ. K počítači se připojuje přes rozhraní USB. [32]

Tabulka č. 11 Specifikace Klávesnice CONNECT IT CI-58

Barva:	Černá
Funkce a vlastnosti:	České rozložení kláves
Rozhraní:	USB
Délka kabelu:	130 cm

2.12 Myš

Stejně jako u klávesnice jsem kladl důraz na funkčnost. Chtěl jsem jen obyčejnou optickou drátovou myš. Vybral jsem myš od mezinárodní společnosti Trust, a to Trust Optical Mouse.



Obr. 14: Myš Trust Optical Mouse [33]

Myš je v černém, konzervativně vyhlížejícím těle s optickým snímačem a se symetrickou ergonomií. Díky tomu je vhodná do ruky praváka i leváka. Myš také disponuje rozhraním USB. [34]

Tabulka č. 12 Specifikace Myši Trust Optical Mouse

Typ:	Optická
Ergonomie:	Pravá/levá ruka
Tlačítka:	2 + kolečko (3. tlačítko)
Barevné provedení:	Černé
Rozhraní:	USB 2.0
Rozměry:	80 x 135 mm
Hmotnost:	84 g

2.13 Reprodukory

Poslední věcí, kterou jsem měl na svém seznamu pro stavbu simulátoru, byly reproduktory. Nehledal jsem příliš kvalitní aparaturu, šlo mi jen o to, aby simulátor vydával alespoň nějaký zvuk. Zvolil jsem tedy reproduktory od, na našem trhu dobře známé, taiwanské společnosti Genius, a to jejich výrobek Genius S110.



Obr. 15: Reprodukory Genius S110 [35]

Jde o tradiční reproduktory typu 2.0 v klasickém designu a černém provedení. Výhodou je, že disponují ovladačem hlasitosti i výstupem na sluchátka, díky tomu není třeba složitě hledat výstupy v počítači. [36]

Tabulka č. 13 Specifikace Reproduktořů Genius S110 [36]

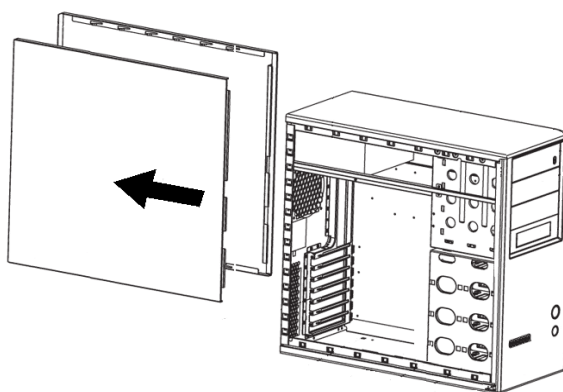
Typ:	Stereofonní (2.0)
Výkon:	RMS (Watts): 1
Frekvenční rozsah:	150 Hz - 18 kHz
Ostatní funkce:	Ovládání hlasitosti Výstup na sluchátka
Materiál:	Plast + látkový potah

3 Zapojení komponentů simulátoru

Ačkoli se může někomu zdát, že zapojení a samotná montáž počítačových komponentů je velice obtížná věc, tak skutečnost je jiná. Když to hodně zlehčím, tak jen zapojuji a montuji jednotlivé komponenty tam, kam samy zapadnou. Níže je uveden popis, jak jsem postupoval krok za krokem při zapojení a montáži vybraných komponentů.

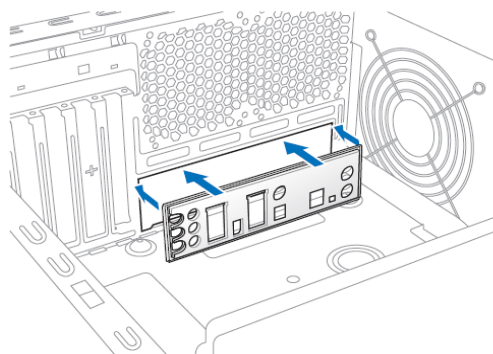
3.1 Příprava počítačové skříně na montáž komponentů

Na úplném začátku je třeba si připravit samotnou počítačovou skříň. To provedu tak, že odmontuji šroubky (jdou odšroubovat pouhou rukou) ze zadní části počítačové skříně, a posléze vysunutím vzad vyjmu bočnice počítačové skříně. Po odstranění bočnic mám snadný přístup dovnitř.



Obr. 16: Vyjmutí bočnic počítačové skříně [37]

Dále už jen vezmu I/O panel od základní desky a nasadím jej do zadní části počítačové skříně do příslušného otvoru (viz Obr. 17). Tímto panelem budou procházet výstupy ze základní desky.



Obr. 17: Nasazení I/O panelu [38]

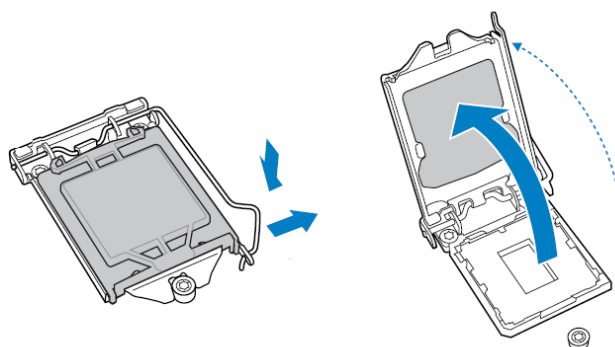
3.2 Zapojení komponentů do základní desky

Před tím, než vložíme základní desku do počítačové skříně, namontujeme si na ni už některé z komponentů (jako jsou procesor, chladič procesoru a operační paměti). Toto je praktičtější řešení, než kdybych instaloval komponenty na základní desku už přimontovanou. Takto budu mít na všechno dostatek místa.

3.2.1 Montáž procesoru na základní desku

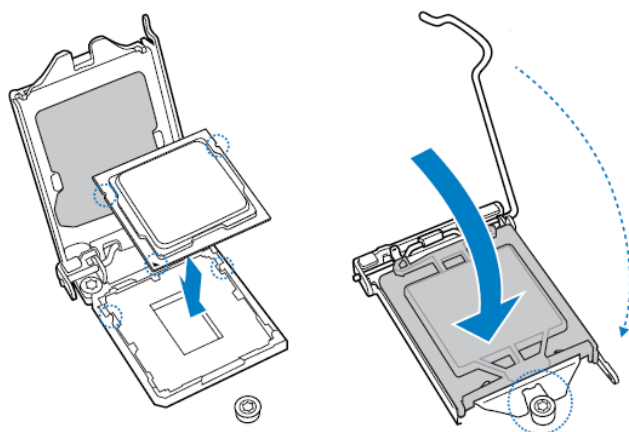
Začnu tedy tím, že nasadím procesor na základní desku. Téměř uprostřed základní desky se nachází patice pro procesor. Každá nová základní deska má místo procesoru plastový kryt, aby se při manipulaci nepoškodila patice. Pro zapojení procesoru je potřeba odstranit plastový kryt patice a dát místo něj procesor.

To udělám tak, že uvolním kovovou páčku po pravé straně patice, kterou jsem nejdříve musel stlačit dolů a vzápětí vyháknout z kovového oka, aby se uvolnilo kovové víko patice. Při tom to si počínám velice opatrně, abych nepoškodil patici (viz Obr. 18).



Obr. 18: Otevření kovového víka patice [38]

Procesor má na sobě malé značky (viz Obr. 19), podle těch se orientuji, abych procesor správně vložil na patici. Po vložení procesoru uzavřu kovové víko a stlačím kovovou páčku dolů, je třeba počínat si velice opatrně, protože to nejde zrovna lehce. Procesor je zajištěný, když se kovová páčka zase dostane do kovového oka.

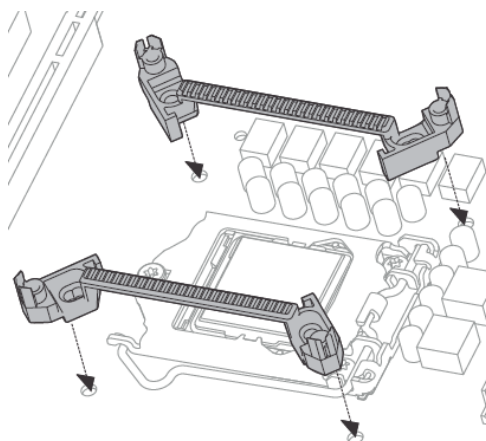


Obr. 19: Nasazení procesoru do patice [38]

3.2.2 Montáž chladiče na procesor

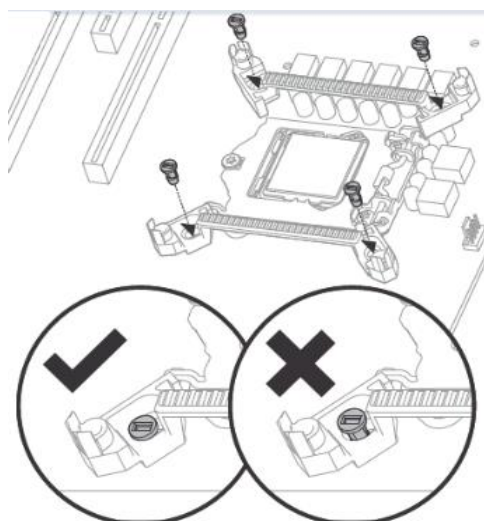
Už u výběru komponentů jsem se rozhodl, že opatřím tento procesor jiným chladičem, než je součástí balení procesoru. V balení od chladiče naleznou vše, co je potřeba pro uchycení chladiče.

Kolem patice procesoru se nacházejí v základní desce čtyři otvory do tvaru čtverce, do kterých je možno přidělat jakýkoliv chladič daného socketu. Na tyto otvory přijdou dva montážní držáky (viz Obr. 20), které jsou ještě osazeny dvojicí otvorů pro uchycení závitových tyček pro konečné upevnění chladiče.



Obr. 20: Nasazení montážních drážek chladiče [39]

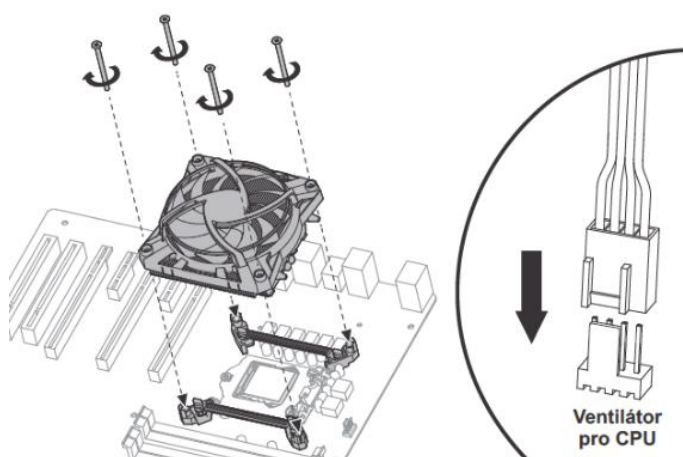
Montážní držáky přichytím k základní desce pomocí plastových klíneků, zde si jen musím dát pozor, aby klínky byly úplně zacvaknuté v základní desce (viz Obr. 21).



Obr. 21: Montáž klínek chladiče [39]

Předtím než posadím chladič na procesor, ještě povrch procesoru řádně vyčistím a odmastím kvůli dokonalému přenosu tepla do chladiče. Na chladiči už je předem nanesena teplovodivá pasta, která napomáhá dokonalému styku plošky chladiče s procesorem.

Pro konečné uchycení chladiče na procesor slouží čtyři závitové tyčky, které přijdou našroubovat do montážních držáků, jež jsem si předem připravil. Při utahování těchto tyček jen dávám pozor, abych utahoval všechny tyčky stejně a nejlépe do kříže, a tím docílil rovného usazení chladiče. Když už mám chladič připevněn, připojím kabel od chladiče do konektoru na základní desku (viz Obr. 22).

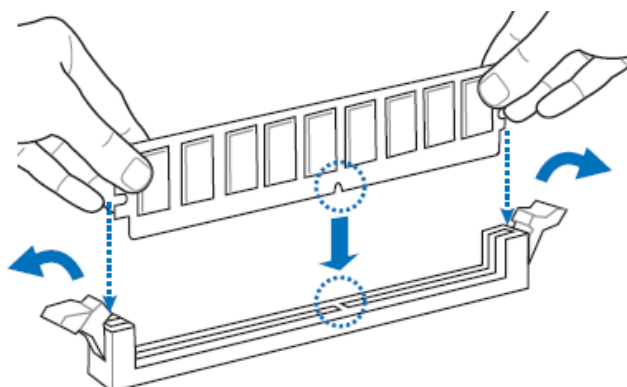


Obr. 22: Usazení + zapojení chladiče [39]

3.2.3 Zapojení operačních pamětí do základní desky

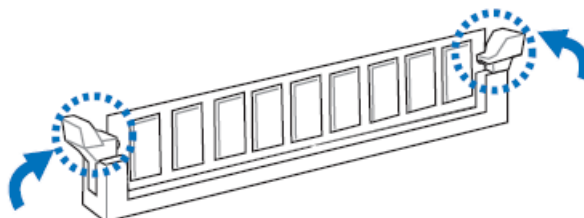
Operační paměti se zasadí na základní desku do připravených slotů, které se nacházejí hned vedle procesoru. Dnes už každá základní deska disponuje čtveřicí těchto slotů na jedné desce. Jestliže chci operační paměti zapojit do dvoukanálového režimu, zvolím si jednu dvojici těchto slotů. Sloty jsou barevně označeny, a to modrou a černou barvou, já osadím ty modré sloty.

Před zasazením operačních pamětí je potřeba uvolnit dvojici kotviček na každém slotu (viz Obr. 23), ty slouží k uzamknutí pamětí, aby nedošlo k jejich uvolnění ze slotu. Při zasazování operačních pamětí ještě musím dát pozor na správnou orientaci ve slotu, proto je v každé paměti malinký zobáček ve spodní části, který zaručí, že jsem operační paměť správně zasadil do slotu.



Obr. 23: Uvolnění kotviček slotu operačních pamětí [38]

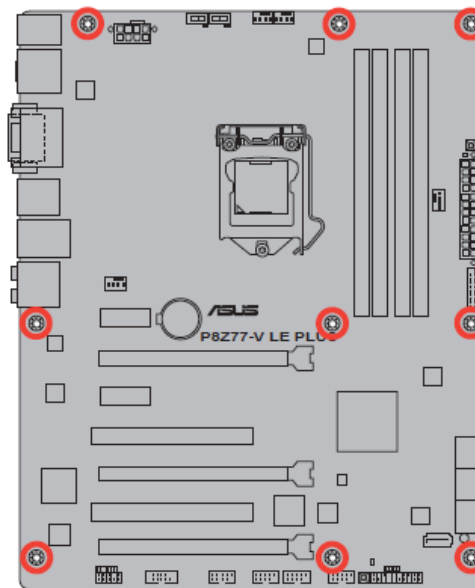
Po zasunutí operačních pamětí musím dát kotvičky znovu do původní polohy (viz Obr. 24), tím se i přesvědčím, že je paměť dobře zasazena ve slotu.



Obr. 24: Zasunutí operačních pamětí [38]

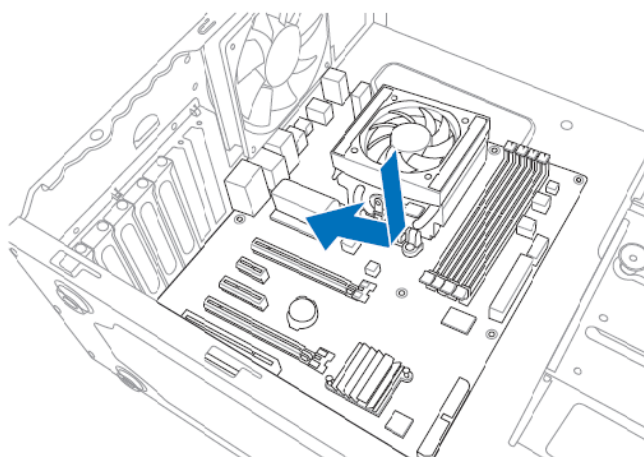
3.3 Montáž a zapojení základní desky

V každém balení základní desky je přidáno devět šroubků a devět závitových šroubků, které jsou přímo určené pro přichycení základní desky k počítačové skříni. Základní deska se vždy montuje na levou vnitřní stranu počítačové skříně, a to tak, že nejprve se namontují závitové šroubky do předem připravených dírek ve stěně počítačové skříně na pozici, kde má základní deska otvory pro přichycení (viz Obr. 25). Poté se na tyto šroubky posadí základní deska.



Obr. 25: Uchycení základní desky [38]

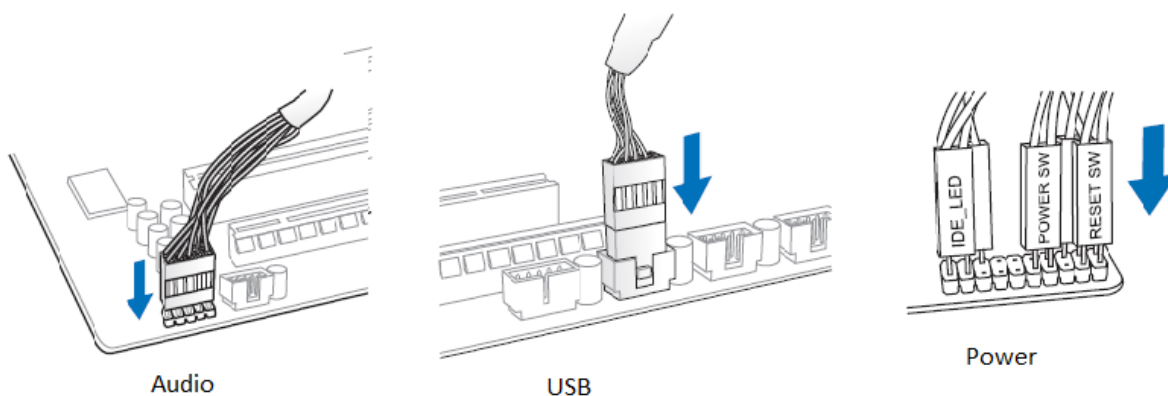
Dělá se to tak proto, aby základní deska byla odsazená od stěny skříně, tedy aby nedocházelo ke kontaktu spodní strany základní desky s kovovou stěnou skříně. Základní desku vložím do počítačové skříně tak, že nejprve zasunu její výstupy do I/O panelu, a poté ji přišroubuji k závitovým šroubkům, které jsem si připravil (viz Obr. 26).



Obr. 26: Usazení základní desky [38]

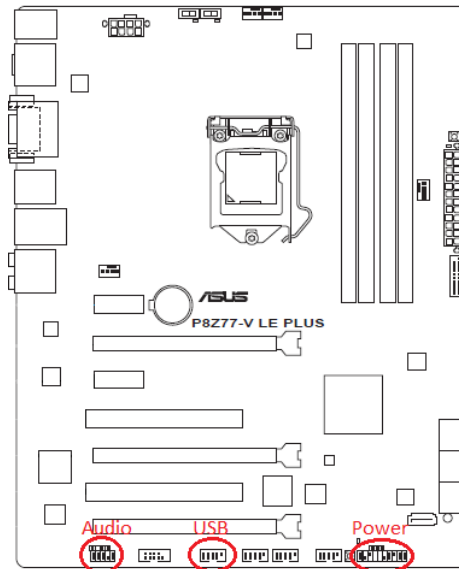
Je důležité, aby všech devět šroubků bylo utaženo dost pevně, aby nedocházelo k pohybu základní desky, protože všechny ostatní komponenty by se mohly případnou volností základní desky poškodit.

Po ukotvení základní desky pokračuji zapojením audio panelu, speakeru, diod a dvou USB portů (viz Obr. 27), které jsou na čelním panelu počítačové skříně, kde se také nachází tlačítka pro zapnutí a restart počítače.



Obr. 27: Zapojení čelního panelu počítačové skříně [38]

Zapojení těchto konektorů je u každé základní desky trochu jiné, proto je potřeba pročíst si manuál od základní desky, tudíž najít si v manuálu kam a jak přesně se tyto konektory zapojují. V případě této základní desky se tyto konektory nacházejí na dolním okraji (viz Obr. 28).

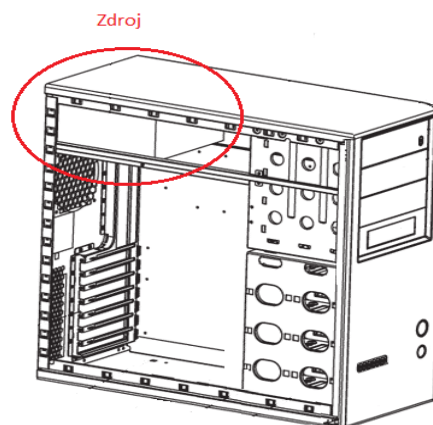


Obr. 28: Umístění konektorů od čelního panelu [38]

3.4 Montáž a zapojení zdroje

Při stavbě některých počítačů je třeba namontovat zdroj jako první, protože některé menší počítačové skříně by nedovolily pozdější montáž v důsledku už namontované základní desky. V mém případě mám v počítačové skříni dostatek místa, proto mohu zdroj namontovat až teď.

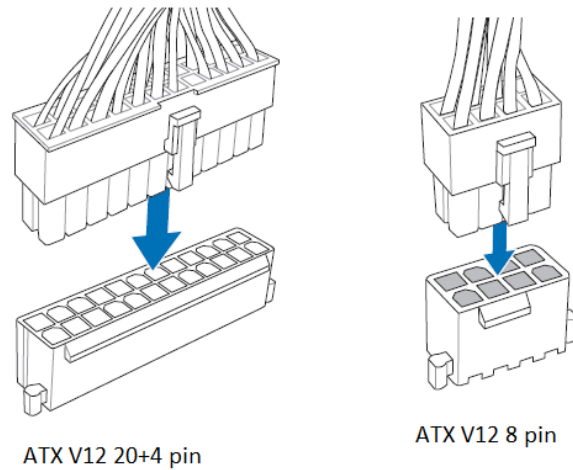
Zdroj se zasune do horního okraje počítačové skříně (viz Obr. 29). V balení od zdroje vezmu čtyři šroubky, kterými přišroubuji zdroj k zadní straně počítačové skříně.



Obr. 29: Pozice zdroje [37]

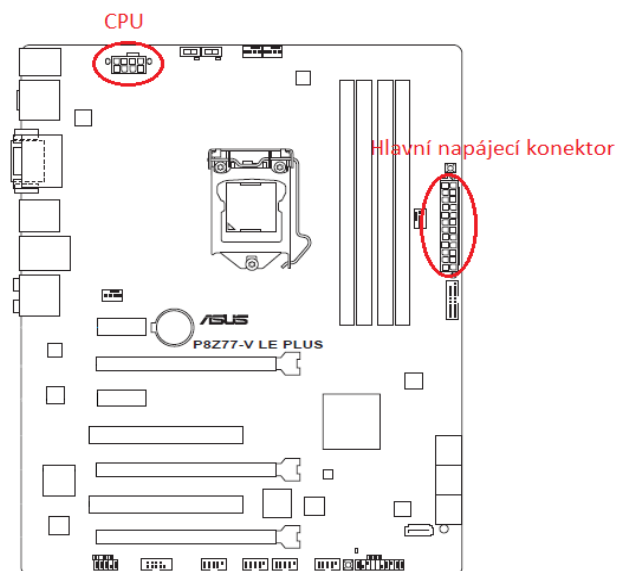
Velkou výhodou tohoto zdroje je, že má částečně odnímatelnou kabeláž, což znamená, že kabely, které nebudou potřebovat, nemusím ke zdroji vůbec připojit a tím mi nebudou zabírat místo v počítačové skříni. Kabely, které nejsou odnímatelné,

jsou pro napájení základní desky a grafických karet (viz Obr. 30). Jedná se o ATX V12 20 + 4 pin hlavní napájecí konektor, ATX V12 8 pin pomocný napájecí konektor a jeden PCI-E 2.0 6 + 2 pin konektor pro napájení grafické karty.



Obr. 30: Konektory pro napájení základní desky a procesoru [38]

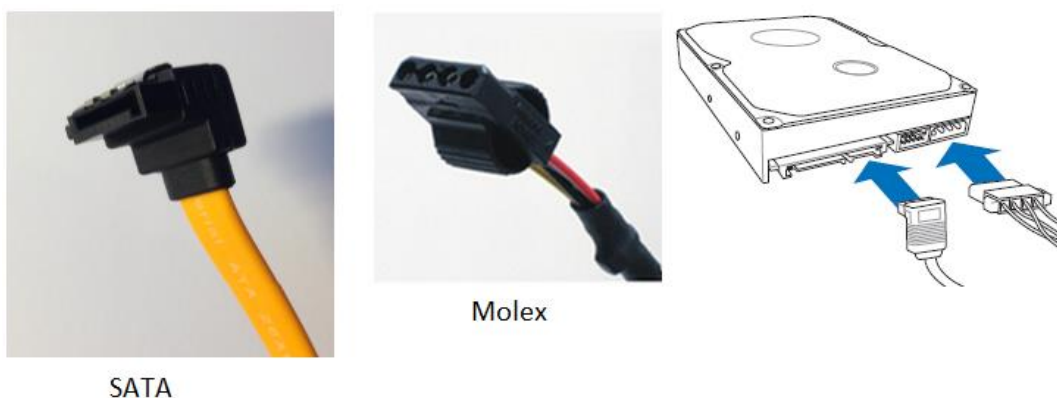
Hlavní 24 pinový napájecí konektor zapojím do levého okraje základní desky (viz Obr. 31), odkud tento konektor napájí celou základní desku. Menší 8 pinový konektor, který slouží jako pomocné napájení procesoru, se zapojí nad procesor. Konektory pro zapojení grafických karet si dám na chvíli stranou, aby mi nepřekážely při další montáži.



Obr. 31: Umístění konektorů pro napájení základní desky a procesoru [38]

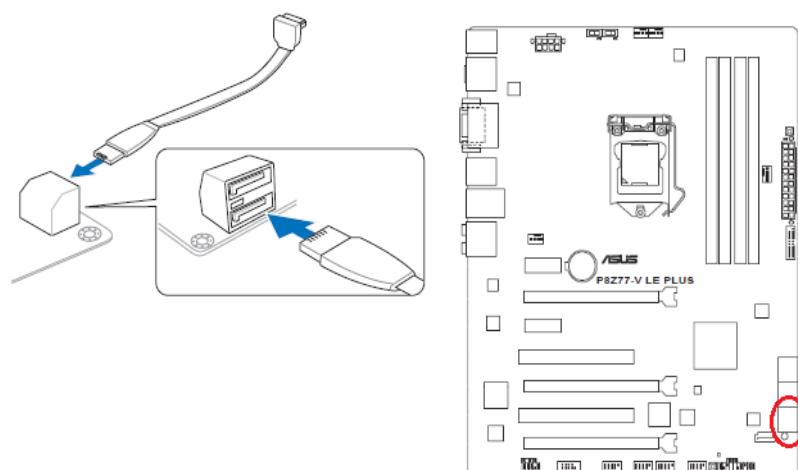
3.5 Montáž a zapojení optické mechaniky

Pro osazení optické mechaniky je potřeba odmontovat přední panel počítačové skříně, který je nasazen na šesti plastových „špalkách“. Poté mechaniku zasunu do horní plechové šachty, tedy do pozice 5,25“. Teď mohu přední panel narazit zpátky na místo. V předním panelu jsou vyřešena dvířka a ovládání mechaniky, takže není třeba jako u jiných počítačových skříní odstraňovat plastovou část předního panelu pro otvor na mechaniku. Dále přimontuji mechaniku k plechové šachtě pomocí čtyř šroubků. Šroubky našroubuji z obou stran do předem připravených otvorů. Po upevnění mechaniky je potřeba ji ještě zapojit, a to napájecím a datovým kabelem SATA (viz Obr. 32). K napájení takovýchto zařízení se používá napájecí kabel se 4 pinovým konektorem Molex.



Obr. 32: Kabely SATA a Molex pro zapojení optické mechaniky [38]

Zvláštností napájecího kabelu je, že na sobě má více konektorů, než jen ten zmíněný Molex. V tomto případě je na kabelu ještě napájecí konektor SATA, o kterém se zmíním u zapojování pevného disku. Tento kabel je odnímatelný (viz. Montáž a zapojení zdroje), takže ho připojím také ke zdroji. Nakonec připojím do optické mechaniky ještě datový kabel SATA, jehož druhý konec kabelu přijde zapojit do konektoru SATA 3.0 Gb/s na základní desce (viz Obr. 33).

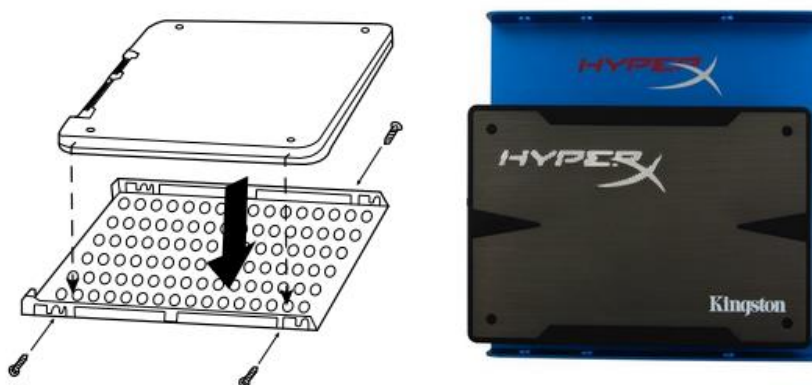


Obr. 33: Umístění konektoru pro zapojení optické mechaniky [38]

3.6 Montáž a zapojení pevného disku

Montáž pevného disku je velice podobná montáži optické mechaniky, ba i lehčí, protože není třeba už odmontovávat přední panel.

Jelikož se jedná od SSD disk, který má standardní velikost 2,5", je součástí balení kovový adaptér, který mi umožní montáž do 3,5" pozice v počítačové skříni.



Obr. 34: Adaptér pro pevný disk [17, 44]

Adaptér se jen přišroubuje na spodní část disku (viz Obr. 34), v balení na to jsou příslušné šroubky. Poté se takto upravený disk zasune do plechové šachty v počítačové skříni. Opět přišroubují čtyřmi šroubky podobně jako optickou mechaniku. Dále už jen připojím napájecí kabel SATA a datový kabel SATA (viz Obr. 35).

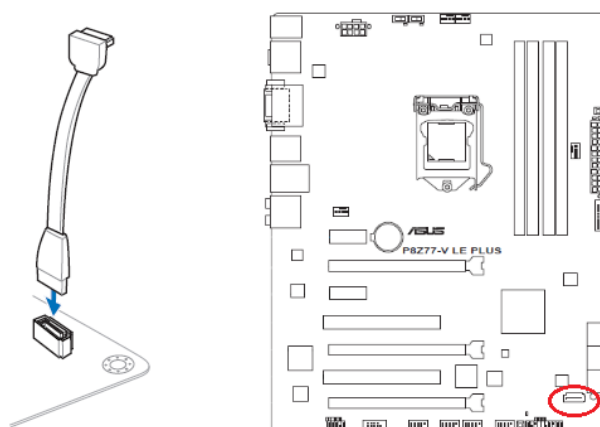


SATA

SATA napájecí

Obr. 35: Kabely SATA a SATA napájecí pro zapojení pevného disku [38]

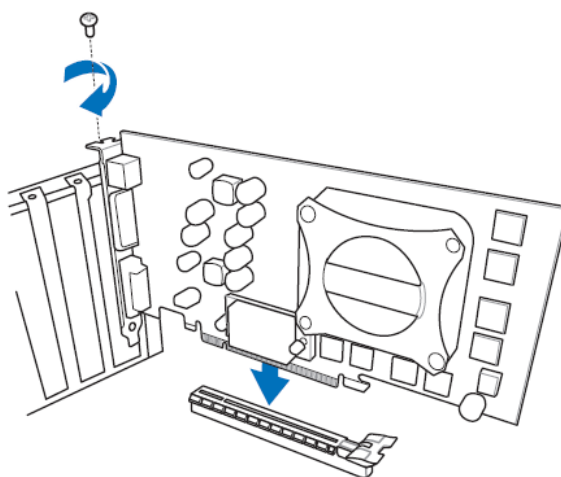
Napájecí SATA konektor se nachází na stejném napájecím kabelu jako ten k optické mechanice (viz. Montáž a zapojení optické mechaniky). A druhý konec datového kabelu SATA se zapojí do 6.0 Gb/s konektoru na základní desce (viz Obr. 36).



Obr. 36: Umístění konektoru pro zapojení pevného disku [38]

3.7 Zapojení grafických karet

Zapojení grafických karet není nijak složité, jen se obě zasadí do slotu PCI-E na základní desce (viz Obr. 37). První grafická karta se zasadí do modrého slotu PCI-E 3.0 x16. Po nasazení ji ještě připevním šroubkem k počítačové skříni. Druhou grafickou kartu namontují obdobně, jen ta se zasune do bílého slotu PCI-E 2.0 x16.

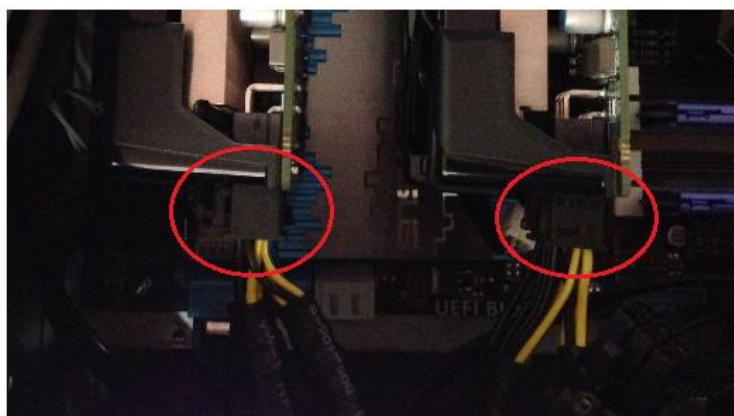


Obr. 37: Usazení grafické karty do slotu [38]

Dále do karet zapojím napájecí kabely. Jeden napájecí kabel budu muset přidat do zdroje, protože je odnímatelný (viz Montáž a zapojení zdroje). Grafické karty mají 6 pinový vstup pro napájení. Do karet se zasune konektor PCI-E 2.0 6 + 2 pin (viz Obr. 38). U tohoto konektoru je možno kombinovat piny podle toho, jestli je potřeba 6 nebo 8 pinový konektor.

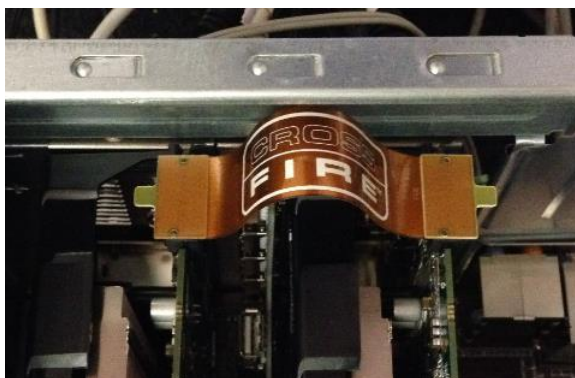


PCI-E 2.0 6+2 pin



Obr. 38: Kabel PCI-E 2.0 6+2 pin pro zapojení grafických karet

Poté ještě obě grafické karty propojím mezi sebou, a to můstkem AMD CrossFireX (viz Obr. 39).



Obr. 39: Propojení grafických karet pomocí AMD CrossFireX

U našeho simulátoru je technologii AMD CrossFireX také možno použít, ale bohužel jsem ji musel zavrhnout a podřídit se počtu monitorů a projektorů, které jsou do grafických karet zapojeny. Druhá grafická karta zapojena v AMD CrossFireX funguje vyloženě jako „slave“ (grafická karta funguje jen jako podpora první grafické karty), takže není možné použít její konektory pro zapojení dalších obrazovek, a tímto mě technologie AMD CrossFireX limitovala.

V tuto chvíli mám samotnou montáž hotovou, už jen srovnám kabeláž uvnitř počítačové skříně pomocí smršťovacích pásek, aby se nějaký volný kabel nedostal do chladiče (viz Obr. 40). Poté už mohu uzavřít skříň bočnicemi.



Obr. 40: Srovnání kabeláže uvnitř počítačové skříně

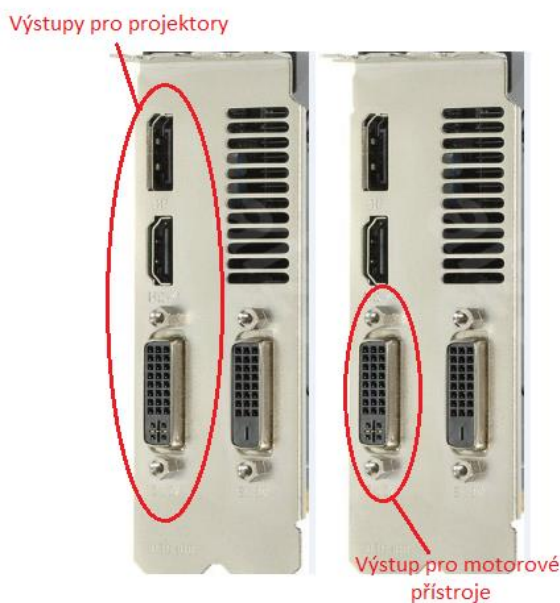
3.8 Zapojení zařízení

Dále budu pokračovat zapojením jednotlivých zařízení do výstupů v zadní části počítačové skříně. Zařízení typu myš, klávesnice a reproduktory nebo internet se zapojí do výstupů od základní desky (viz Obr. 41). Zobrazovací zařízení, v tomto případě monitor a projektor, zapojím do výstupů grafických karet.



Obr. 41: Výstupy pro zařízení [4]

Základní deska disponuje mnoha USB výstupy, které budou obsazeny pro další potřeby simulátoru.



Obr. 42: Osazení výstupů grafických karet [26]

3.8.1 Zapojení projektorů do AMD Eyefinity

Projektory jsou zapojeny do jedné grafické karty přes různé konektory. Tyto projektory podporují jen rozhraní HDMI a VGA, takže jsem musel na každý zapojený projektor použít redukci. U technologie AMD Eyefinity nezáleží na tom, do jakého konektoru zapojím jaké rozhraní (projektor), ale podmínkou je, že výstup DP (DisplayPort) grafické karty musí být při zapojení obsazen. To znamená, jestliže nebude do DP zapojen

alespoň jeden projektor, nelze AMD Eyefinity použít. Další obsazené výstupy grafické karty jsou HDMI a DVI. [40]

Pro zapojení projektorů jsem použil pasivní redukce DVI→HDMI a aktivní redukce DP→DVI. U redukce DVI→HDMI stačí použít jen pasivní redukce, protože jak DVI, tak HDMI mají stejný digitální signál. Zatímco DP a HDMI nemají stejné signály, je zapotřebí použít aktivní redukci DP→DVI. [41]



Obr. 43: Aktivní + pasivní redukce pro zapojení AMD Eyefinity [41, 42]

Tato aktivní redukce převede elektrický signál DP na signál, jaký dává DVI. Ve výsledku se dá tedy říci, že po zapojení aktivní redukce se DP chová jako další DVI výstup. [51]

3.8.1.1 Styl zapojení projektorů

- Zapojení prvního projektoru: Z grafické karty přes DVI, které je přes redukcí (DVI→HDMI) zapojeno do HDMI projektoru.
- Druhý projektor: Z grafické karty přes HDMI přímo do HDMI projektoru.
- Třetí projektor: Z grafické karty přes DP, do aktivní redukce DP→DVI, dále zapojen do redukce DVI→HDMI a poté do HDMI projektoru.

3.8.1.2 Zapojení druhé grafické karty

Druhá grafická karta má obsazený jen jeden výstup na motorové přístroje. Zde si nechávám volné výstupy na možnost dalšího zařízení pro simulátor.

Tímto je veškerá manuální práce hotová, takže mohu pokračovat v otestování počítače a nastavit software zmíněných technologií.

4 Testování správné funkčnosti PC

Dalším bodem na této práci bylo otestovat správnou funkci všech výše zmíněných zařízení. Předtím, ale než budu moci tuto skutečnost provést, musím nainstalovat operační systém a ovladače k instalovaným komponentům, které jsou jako součást balení na DVD.

4.1 Instalace operačního systému

Při prvním zapnutí našeho počítače se na monitoru objeví bootovací řádek. To je okno, kde mě počítač vyzve k následné instalaci operačního systému. Jako operační systém pro tento simulátor byl zvolen Windows 7, který mi poskytla fakulta. Vložím tedy do optické mechaniky DVD s tímto operačním systémem a nechám počítač pracovat. Instalace operačního systému není nikterak složitá, jen je zapotřebí u toho být kvůli vyplnění některých údajů, jako je název a jazyk počítače, a potvrzování kroků instalace. Ukončenou instalaci poznám tak, že operační systém sám naběhne do Windows.

4.2 Instalace ovladačů

Po instalaci samotného operačního systému se může provozovateli zdát, že počítač je plně funkční a není třeba tudíž už cokoli instalovat. Opak je ale pravdou, musím ještě nainstalovat ovladače k základní desce a grafickým kartám, jinak by počítač nedosahoval předepsaného výkonu a nefungovaly by na něm některé základní věci, jako je např. zvuk, internet, USB 3.0 a další podobné uživatelské prvky. Proto je velmi důležité, aby byly ovladače nainstalovány, a to ve vhodném pořadí.

4.2.1 Instalace ovladačů základní desky

První sada ovladačů je pro základní desku. V této sadě jsou ovladače pro čipovou sadu, audio, LAN, SATA, USB apod. Instalaci provedu úplně stejně jako instalaci operačního systému, s tím rozdílem, že ji spustím v systému Windows. Počkám,

až Windows sám provede automatické spuštění DVD, a dále už jen vyberu zmíněné kategorie, které budu instalovat a nechám počítač pracovat.

4.2.2 Instalace ovladačů grafické karty

Nakonec ještě nainstaluji ovladače pro grafické karty. Postup je stejný jako v předchozím odstavci.

4.3 Softwarové nastavení

Před samotným otestováním už jen udělám změny v softwarovém nastavení grafických karet, pro sjednocení obrazu projektorů.

4.3.1 Nastavení AMD Eyefinity

K softwarovému nastavení této technologie nepotřebuji žádné speciální ovladače ani programy. Veškerou práci za mě udělá Catalyst Control Center, což je software, který je součástí ovladače pro grafickou kartu.

Zde si nastavím, jak chci mít obraz nastaven, jestli na výšku nebo na šířku jako v našem případě. Tento režim je nutné nastavit před vytvořením samotného AMD Eyefinity režimu. Příslušná položka je v záložce Common Display Tasks coby Rotate Desktop. Dále pak už vytvořím samotné AMD Eyefinity. Pokud jsem zapojil do počítače všechny tři projektory správným způsobem, v ovladačích se uvolní záložka AMD Eyefinity Multi-Display, ve které je jediná volba Create Eyefinity Display Group. V té vyberu rozložení panelů (vedle nebo pod sebou), já mám panely nastaveny vedle sebe, a stisknu tlačítko Continue, které vytvoří režim AMD Eyefinity s příslušným rozlišením, v našem případě tedy 5760*1080 px. [43]

4.3.2 Nastavení AMD CrossFireX

Další záložkou v Catalyst Control Center je možnost použít AMD CrossFireX. I když v našem případě ho nepoužiji (viz. Stavba PC). Nastavení tohoto režimu je zase velice jednoduché, software sám pozná, že jsou karty spojeny můstkem, a já zde jen zaškrtnu políčko AMD CrossFireX aktiv pro aktivaci AMD CrossFireX.

4.4 Testování funkčnosti

Pro samotné otestování počítače simulátoru je ještě potřeba nainstalovat Microsoft Flight Simulator X. Instalaci provedu stejně jako instalaci ovladačů, jen si zvolím, kam na pevný disk ji budu chtít nainstalovat.



Obr. 44: Pohled pilota z leteckého simulátoru

Po spuštění MFSX se ukázalo, že funguje všechno správně a jak jsem nastavil. Jádra procesoru a grafických karet se příliš nepřehřívají, AMD Eyefinity funguje také bez sebemenšího problému. Obraz MFSX běží plynule, bylo naměřeno dobrých 20-24 FPS, s čímž jsem spokojen. Všechn hardware a software tedy běží přesně tak, jak má.

Shrnutí nejdůležitějších parametrů počítače

Procesor:	Čtyřjádrový Intel i5, frekvence 3.4 GHz
Základní deska:	Čipová sada Intel Z77, 6 USB konektorů + možnost připojit další, 3x PCI-E pro grafické karty
Operační paměť	2x 2 GB DDR3, frekvence 1600 MHz
Pevná disk:	SSD, kapacita 120 GB
Optická mechanika:	DVD/CD
Grafická karta:	2x 2 GB DDR5, frekvence 860/4800 MHz, 2x 4 obrazové výstupy
Zdroj:	750W

5 Problémy týkající se projektu

Samozřejmě se během mé práce na simulátoru vyskytly menší i větší problémy, které bylo nutno vyřešit. Níže se pokusím tyto problémy popsat a vysvětlit postup při jejich řešení.

5.1 Objednání

Menší komplikace vznikla už na samotném počátku projektu, a to s koupí komponentů počítače pro simulátor. Jelikož jsem vybíral komponenty u jiného internetového obchodu, než měl ústav letecké dopravy záměr nakoupit, vyskytl se problém při jejich objednávání. Protože internetový obchod, u kterého měl ústav letecké dopravy zájem je nakoupit, neměl mnou vybrané komponenty skladem. Proto jsem byl požádán mým vedoucím, abych pozměnil seznam komponentů a vybíral komponenty, které jsou skladem v internetovém obchodu, který vybral ústav letecké dopravy.

Toto malé nedorozumění v komunikaci nemělo žádný vliv na konečnou podobu počítače pro simulátor.

5.2 Pozice projektorů

Další zajímavá skutečnost, která stojí za zmínku, bylo usazení projektorů. Ačkoliv projektory nebyly přímo součástí mé práce na tomto projektu, pomáhal jsem panu Zimovi s výběrem vhodné pozice pro jejich umístění.

Jak už jsem předtím mnohokrát zmínil, o vizualizaci našeho simulátoru se starají tři projektory, které promítají svůj obraz na tři plátna postavená do půl kruhu. Vzhledem k malé velikosti místnosti a nedostatku místa v ní byla jediná možnost postavit plátna k levému rohu této místnosti k oknům. To znamenalo najít vhodnou pozici pro projektory kvůli správné projekci na plátna. Původní záměr byl namontovat projektory před plátna na zem, do přední části makety kokpitu. Toto řešení se ukázalo být špatné, protože projektory byly až příliš blízko pláten, a tím se jim zmenšila tzv. projekční plocha. Dalším místem pro projektory byla zvolena střecha kokpitu, to ovšem není zrovna ideální pozice pro projektory. Protože každý projektor je konstruovaný tak, že jeho projekční lampa je pod určitým úhlem situovaná směrem vzhůru

(obraz je mířen ke stropu). Pro nás to tedy znamenalo, že se nám nedařilo dostat obraz na plátna kvůli vyššímu postavení projektorů oproti plátnům. Řešení této situace bylo ale velmi jednoduché, otočili jsme celé projektory vzhůru nohama, tímto jsme dostali projekční obraz bez problému na plátna. Dále už jen stačilo zadat v nastavení projektorů, aby obraz byl také převrácen, a veškeré problémy s umístěním byly vyřešeny. Samozřejmě se ještě musel vyladit obraz od jednotlivých projektorů, aby dopadal přesně na plátna, to ovšem už nebylo součástí mé práce.

5.3 Problémy s AMD Eyefinity

Jako velký oříšek se ukázalo být zapojení technologie AMD Eyefinity na sjednocení obrazu od projektorů.

Zpočátku jsem porůznu zapojil všechny projektory do jedné grafické karty a v ovládacím softwaru Catalyst Control Centru jsem dal vytvořit AMD Eyefinity, tím jsem myslel, že vytvořím jednotný obraz přes tři projektory. To se ovšem nestalo, AMD Eyefinity se vytvořila jen na dvou projektorech, z čehož třetí projektor nefungoval. Po tomto neúspěchu jsem začal pátrat na internetu, abych odhalil, kde je problém. Na příslušných internetových fórech jsem se dočetl, jak by měly být správně projektory zapojené do grafické karty. A tedy, že pro správnou funkci AMD Eyefinity musí být vždy obsazen DP konektor na grafické kartě. Pořídil jsem tedy obyčejnou redukci DP→DVI a zapojil projektory podle rad, které jsem našel. Po opětovném pokusu vytvořit AMD Eyefinity byl ale třetí projektor stále bez obrazu.

Znovu jsem tedy začal pátrat po příčině a hledal i na zahraničních fórech a oficiálních stránkách výrobce. Potvrdil jsem si tím, že zapojené to mám dobře, ale že je potřeba místo zmíněné redukce DP→DVI nutno pořídít originální redukci přímo od výrobce, nazvanou jako aktivní redukce DP→DVI. Tudíž jsem nelenil a tuto redukci pořídil. Po zapojení této aktivní redukce se mi sice podařilo rozběhnout obraz na všech třech projektorech, ale na jednom projektoru obraz stále padal, či kostičkoval. Tímto už jsem byl opravdu znepokojen, protože jsem věděl, že jsem udělal vše proto, abych dostal od projektorů jednotný obraz.

Po dlouhé kontrole všech příslušných komponentů jsem konečně našel příčinu. Na vině byl špatný kontakt v aktivní redukci DP→DVI, který dával nestabilní signál projektoru.

Po reklamaci této redukce už AMD Eyefinity funguje bez problému a projektory poskytují čistý a stabilní obraz.

6 Závěr

V mé bakalářské práci na téma „Sestavení letového simulátoru“ jsem zprvu popsal veškeré komponenty počítače simulátoru, které jsem vybral. U každého z komponentů jsem zmínil, proč jsem tak učinil a vypsals jeho důležité vlastnosti pro simulátor a specifikace. Dále v práci popisuji zapojení a montáž jednotlivých komponentů do počítačové skříně. Po sestavení počítače simulátoru do konečné podoby pokračuji v popisu instalace softwaru a jeho nastavení.

Dalším úkolem této práce, kterému jsem se více věnoval, bylo zajistit správnou funkci a nastavení technologie AMD Eyefinity na sjednocení obrazu projektorů. Ačkoliv se tento úkol z počátku jevil jako velice jednoduchý, skutečnost byla úplně jiná. Vyskytly se zde problémy týkající se zapojení technologie AMD Eyefinity, tyto problémy byly odstraněny až reklamací komponentu důležitého ke správné funkci této technologie. Koncept sjednocení obrazu byl založen na této technologii, proto kdyby se mi nepodařilo odstranit výše popsané problémy, výrazně by to ohrozilo celý projekt.

Cíl mé bakalářské práce byl naplněn, podařilo se mi postavit funkční počítač pro pohon celého leteckého simulátoru a zajistit sjednocení obrazu od projektorů. V současné době je letecký simulátor již kompletní a je využíván na Ústavu letecké dopravy v Praze.

7 Použitá literatura

- [1] CROSSMAN, Captain E. C. „Dry Shooting“ for Airplane Gunners. In: *Popular Science – Knihy Google* [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: http://books.google.cz/books?id=HykDAAAAMBAJ&pg=PA13&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- [2] Gembird Europe B. V.: CCC-ML2. [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.gmb.nl/item.aspx?id=5520>
- [3] ALZA.CZ: Gembird CCC-ML2 černá. [online]. © 2000-2014. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.alza.cz/gembird-ccc-ml2-cerna-d215226.htm#popis>
- [4] ASUS: P8Z77-V LE PLUS. Motherboards. Gallery. [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: http://www.asus.com/Motherboards/P8Z77V_LE_PLUS/gallery/
- [5] CZC.CZ: ASUS P8Z77-V LE PLUS - Intel Z7. Popis produktu [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: http://www.czc.cz/asus-p8z77-v-le-plus-intel-z77_2/123490/produkt
- [6] ASUS: P8Z77-V LE PLUS. Motherboards. Overview. [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: http://www.asus.com/Motherboards/P8Z77V_LE_PLUS/overview/
- [7] ASUS: P8Z77-V LE PLUS. Motherboards. Specifications. [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: http://www.asus.com/Motherboards/P8Z77V_LE_PLUS/specifications/
- [8] TSBOHEMIA.CZ: Intel Core i5-3570K. Procesory. [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: http://interlink.tsbohemia.cz/intel-core-i5-3570k_d145040.html
- [9] ALZA.CZ: Intel Ivy Bridge. [online]. © 2000-2014. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.alza.cz//intel-ivy-bridge-art5023.htm>
- [10] CZC.CZ: Intel Core i5-3570K. Popis produktu. [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.czc.cz/intel-core-i5-3570k/107646/produkt>
- [11] ARCTIC: Freezer 11 LP. Intel Low Profile CPU Cooler. [online]. ©2014 [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: http://www.arctic.ac/eu_en/products/cooling/cpu/freezer-11-lp.html
- [12] CZC.CZ: Arctic Freezer 11 LP. Popis produktu. [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.czc.cz/arctic-freezer-11-lp/86554/produkt>
- [13] EDELSON, Ed. Heat Pipes – new ways to transfer energy. In: *Popular Science – Google Books* [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: http://books.google.co.uk/books?id=iFzpLpXjYdkC&pg=PA102&dq=Heat+pipe&hl=en&sa=X&ei=CymJUfeXGpHu0gXBkoGQBA&redir_esc=y#v=onepage&q=Heat%20pipe&f=false
- [14] TSBOHEMIA.CZ: Kingston HyperX blu 4GB 1600MHz CL. Podrobnosti. [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: http://interlink.tsbohemia.cz/kingston-hyperx-blu-4gb-1600mhz-cl9_d136505.html

- [15] KINGSTON: HyperX Memory. Intel XMP Certified Memory. DDR3. [online]. ©2014. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.kingston.com/en/memory/hyperx/decoder/>
- [16] CZC.CZ: Kingston HyperX 2GB DDR3 1600. Popis produktu. [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.czc.cz/kingston-hyperx-2gb-ddr3-1600/66882/produkt>
- [17] KINGSTON: Products. HyperX SSD — SH103S3. Support. [online]. ©2014. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.kingston.com/en/support/technical/products?model=SH103S3>
- [18] PALEČEK, Jiří. TIP: zrychlete si počítač prostřednictvím SSD disku. In: *PCWord.cz* [online]. 13. Prosince 2010 [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://pcworld.cz/hardware/tip-zrychlete-si-pocitac-prostrednictvim-ssd-disku-16484>
- [19] CZC.CZ: Kingston HyperX 3K - 120GB, upgrade kit. Popis produktu. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.czc.cz/kingston-hyperx-3k-120gb-upgrade-kit/106673/produkt>
- [20] CONOSA: SONY OPTIARC INC Internal ODD AD-7283S DVD Super. Optički uređaji i čitači kartica [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.canosa.com.hr/sony-optiarc-inc-internal-odd-ad-7283s-dvd-super-multi-sata-labelflash-525-x-12h-black-bulk/AD-7283S-0B/product/>
- [21] ALZA.CZ: SONY Optiarc AD-7283S černá. [online]. © 2000-2014. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.alza.cz/sony-optiarc-ad-7283s-cerna-d267478.htm#popis>
- [22] MEDIA.SAPPHIRETECH.COM: 11200-27_HD7850_1GGDDR5_DP_HDMI_2DVI_PCIE_C02_635374897976133786_600_600.jpg (600x600). [online]. 2011. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: http://media.sapphiretech.com//images/prods/1654/11200-07_HD7850DUAL-X_2GGDDR5_DP_HDMI_2DVI_PCIE_C02_634769042047100653_600_600.jpg
- [23] CZC.CZ: Sapphire HD 7850 2GB GDDR5. Popis produktu [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.czc.cz/sapphire-hd-7850-2gb-gddr5-lite-retail/111844/produkt>
- [24] CLUB 3D B.V: AMD CrossFireX™. [online]. © 2014. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: http://www.club-3d.com/index.php/amd_crossfirex.html
- [25] SAPPHIRE TECHNOLOGY LIMITED: SAPPHIRE HD 7850 2GB GDDR5 (11200-07). Overview [online]. 2011. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.sapphiretech.com/presentation/product/?cid=1&gid=3&sgid=1160&pid=1654&psn=&lid=1&leg=0#>
- [26] ALZA.CZ: SAPPHIRE HD 7850. [online]. © 2000-2014. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.alza.cz/sapphire-hd-7850-oc-nepoustet-do-prodeje-d342694.htm#popis>
- [27] ALZA.CZ: Fortron Aurum CM 750. [online]. © 2000-2014. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.alza.cz/fortron-aurum-cm-750w-d294005.htm>

- [28] CZC.CZ: Fortron AURUM 750W. Popis produktu. [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.czc.cz/fortron-aurum-750w/94750/produkt>
- [29] LG ELECTRONICS: LG IPS224V. TECHNICKÉ SPECIFIKACE. [online]. © 2014. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.lg.com/cz/monitory/lg-IPS224V-ips-monitory>
- [30] MIRO285. MONITOR LG IPS224V-PN - RECENZIA. Recenzie. In: *GAMESITE.SK* [online]. 24. január 2013 [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.gamesite.sk/hw/recenzie/13745-monitor-lg-ips224v-pn-recenzia>
- [31] ALZA.CZ: CONNECT IT CI-58 CZ. [online]. © 2000-2014. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.alza.cz/connect-it-ci-58-d304299.htm>
- [32] NEUGEBAUER, Tomáš. Psaní všemi deseti: Je výhodnější rozložení kláves QWERTZ nebo QWERTY při psaní na stroji/PC?. In: *DESETI-PRSTY.CZ* [online]. (c) 2004-2008 [cit. 2014-07-31]. Dostupné z: <http://www.psani-vsemi-deseti.cz/2045/psani-na-stroji-3.html>
- [33] TRUST: Digital Lifestyl Acceseories. OPTICAL MOUSE – BLACK. [online]. © 2014. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.trust.com/en/all-products/16591-optical-mouse--black>
- [34] ALZA.CZ: Trust Optical Mouse černá. [online]. © 2000-2014. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.alza.cz/trust-forma-wireless-mouse-d328198.htm>
- [35] GENIUS: SP-S110. Basic Speaker System. [online]. © 2011. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.geniusnet.com/wSite/ct?xItem=16706&ctNode=148>
- [36] ALZA.CZ: Genius S110. [online]. © 2000-2014. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.alza.cz/reproduktory-genius-s110-cerne-d86954.htm>
- [37] ŠIMONOVÍČ, Dušan. Antec Solo - prostorově úsporné ticho. In: *Pctuning* [online]. 25.3.2009 [cit. 2014-07-31]. Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/skrine-zdroje-chladice/13003?start=3>
- [38] ASUS: Motherboard. P8Z77-V LE PLUS User's Manual. [online]. December 2012, Taiwan [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: http://dlcdnet.asus.com/pub/ASUS/mb/LGA1155/P8Z77-V_LE_PLUS/E8001_P8Z77-V_LE_PLUS.pdf
- [39] ARCTIC: Freezer 11 LP. Instalační příručka. [online]. © 2013. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: http://www.arctic.ac/eu_en/downloads/dl/file/id/174/freezer_11_lp_installation_manual_czech.pdf
- [40] STACH, Jan. AMD vylepšuje Eyefinity – levnější redukce DisplayPort-DVI, Více LCD pro každého. In: *Ddworld.cz* [online]. 01 září 2010 [cit. 2014-07-31]. Dostupné z: <http://www.ddworld.cz/aktuality/periferie/amd-vylepsuje-eyefinity-levnejsi-redukce-displayport-dvi-vice-lcd-pro-kazdeho.html>
- [41] WIFT. Levnější redukce z DisplayPortu na DVI přicházejí. Proč?: Grafiky. In: *Diit.cz* [online]. 1. 9. 2010 [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://diit.cz/clanek/levnejsi-redukce-z-displayportu-na-dvi-prichazeji-proc>

[42] MANHATTANSHOP: Adattatore HDMI (F) a DVI-D (M). Descrizione. [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: <http://www.manhattanshop.it/adattatore-hdmi-f-a-dvi-m-2970.html>

[43] ŠULC, Tomáš. Hrajeme na třech monitorech — test AMD Eyefinity. In: *Pctuning* [online]. 8.3.2012 [cit. 2014-07-31]. Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/graficke-karty/23467-hrajeme-na-trech-monitorech-test-amd-eyefinity?start=2>

[44] KINGSTON: Installation Guide. [online]. [cit. 2014-07-24]. Dostupné z: http://media.kingston.com/support/downloads/SSD_Install_manual_3x3panel_4402094-001_E00.pdf