

# **Analýza možností zvýšení výkonu notebooku pomocí externí grafické karty**

Michal Gadlena

---

Bakalářská práce  
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2015/2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal Gadlena**  
Osobní číslo: **A13214**  
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační technologie v administrativě**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Analýza možností zvýšení výkonu notebooku pomocí externí grafické karty**

Téma anglicky: **Analysis of Options to Increase Notebook Performance with an External Graphics Card**

Zásady pro vypracování:

1. Popište možnosti zvýšení výkonu notebooku s využitím externí grafické karty.
2. Definujte benchmarky pro porovnání výkonu notebooku z různých pohledů jako typ grafické karty, sběrnice, procesoru, atd.
3. Benchmarky srovnajte s rychlostí renderování 2D a 3D objektu v programu Blender.
4. Vyvodte závěry o vlivech na výkon počítače.
5. Výsledky prezentujte ve formě tabulek a grafů.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. DEMBOWSKI, Klaus. Mistrovství v hardware. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 712 s. ISBN 978-80-251-2310-2.
2. HORÁK, Jaroslav. Hardware: učebnice pro pokročilé. 4., aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2007, 360 s. ISBN 978-80-251-1741-5.
3. GOOK, Michael. Hardwarová rozhraní: průvodce programátora. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2006, 463 s. ISBN 80-251-1019-2.
4. MEYERS, Michael a Scott JERNIGAN. Osobní počítač: názorný průvodce hardwarem, systémem a sítěmi. Vyd. 1. Brno: CP Books, 2005, 815 s. ISBN 80-251-0834-1.
5. MUELLER, Scott. Osobní počítač: nejpodrobnější průvodce hardwarem PC. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 2001, xxxii, 869 s. ISBN 8072264702.
6. POKORNÝ, Pavel. Blender: naučte se 3D grafiku. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2009, 286 s. ISBN 978-80-7300-244-2.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Tomáš Sysala, Ph.D.**

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

**5. února 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**1. června 2016**

Ve Zlíně dne 5. února 2016



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.  
*děkan*



Ing. Miroslav Matýsek, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 22. května 2016

  
.....  
podpis diplomanta

## ABSTRAKT

Bakalářská práce se věnuje možnosti připojení externí grafické karty k notebooku. V práci jsou popsány základní podmínky k úspěšnému zapojení a provozu. Představení řešení, která v minulosti měla předpoklady k rozšíření. Tato práce se zabývá stanovením požadavků, které musí systém a notebook pro připojení splňovat, základní aspekty zapojení a jeho nastavení. Je provedeno několik grafických testů v benchmarkových programech, hrách a 3D renderingu, na vzorku několika testovaných grafických karet při extérním zapojení, a také je provedeno srovnání výkonu oproti stolnímu počítači. Jsou odhaleny rozdíly výkonu při extérním zapojení dané grafické karty. Taktéž je provedeno cenové srovnání navrhovaného řešení oproti výkonnému herního notebooku.

Klíčová slova: extérní grafická karta, notebook, benchmark, připojení grafické karty k notebooku, 3D rendering

## ABSTRACT

The bachelor thesis deals with the possibility of connecting an external graphics card to notebook. The paper describes the basic conditions for the successful integration and operation. Introducing solutions that previously had the prerequisites for an extension. This paper deals with the determination of requirements that the system and notebook must had to meet basic aspects of wiring and setup. It's been tested several graphics in the benchmark programs, games and 3D rendering, on a sample of several graphics cards in the external wiring, and also compared the performance compared to a performenc in desktop use. They revealed differences in the performance of the graphics card when its connected like a external card. It is also carried out a price comparison of the proposed solution compared to gaming laptops.

Keywords: external graphics card, notebook, benchmark, connect your graphics card to your notebook, 3D rendering

Děkuji Dr. Sysalovi, že se ujal dohledu nad touto bakalářskou prací a byl nápomocen při jejím řešení.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 MOŽNOSTI ZVÝŠENÍ VÝKONU PC A NOTEBOOKU</b> .....	<b>11</b>
1.1 AMILO GRAPHICBOOSTER .....	11
1.2 ŘEŠENÍ SPOLEČNOSTI SILVERSTONE .....	12
1.3 MSI GUS II.....	12
1.4 VIDOCK .....	12
1.5 ALLIENWARE GRAPHICS AMPLIFIER .....	13
1.6 XCONNECT A RAZER CORE.....	13
<b>2 SROVNÁNÍ ROZHRAŇÍ</b> .....	<b>15</b>
2.1 PCI EXPRESS .....	15
2.2 MINI PCI EXPRESS .....	16
2.3 THUNDERBOLT 3 .....	17
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>18</b>
<b>3 NAVRHOVANÉ ZVÝŠENÍ VÝKONU</b> .....	<b>19</b>
3.1 PODMÍNKY PRO SPRÁVNOU FUNKCI.....	19
3.1.1 Minimální požadavky na grafické karty .....	20
3.2 SEZNAM POTŘEBNÝCH KOMPONENT PRO PŘIPOJENÍ.....	21
3.3 ZPŮSOB ZAPOJENÍ.....	21
3.4 ZPŮSOB NASTAVENÍ WINDOWS 7 .....	22
<b>4 TESTOVÁNÍ</b> .....	<b>23</b>
4.1 TESTOVACÍ SESTAVY .....	23
4.1.1 Desktop PC.....	23
4.1.2 Notebook.....	24
4.1.3 Seznam testovaných grafických karet .....	24
4.2 BENCHMARKY A 3D RENDERING .....	24
4.2.1 CPU-Z .....	25
4.2.2 Unigine Heaven.....	25
4.2.2.1 Přehled funkcí .....	26
4.2.3 Unigine Valley .....	27
4.2.3.1 Přehled funkcí .....	27
4.2.4 3DMark 11 .....	28
4.2.5 Blender .....	28
4.3 PRŮBĚH TESTOVÁNÍ .....	29
4.3.1 Grafické nastavení programů .....	29
4.3.2 Komplikace při testování .....	31
4.3.2.1 Problém s černou obrazovkou při zapnutí .....	31
4.3.2.2 Problém s „modrou smrtí“ při bootování.....	32
4.3.2.3 Problém ovladače Nvidia Geforce při zátěži .....	32
<b>5 PREZENTACE VÝSLEDKŮ</b> .....	<b>36</b>

---

5.1	SROVNÁNÍ VÝKONU.....	42
5.2	SROVNÁNÍ S HERNÍMI NOTEBOOKY .....	45
<b>ZÁVĚR .....</b>		<b>48</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>		<b>49</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>		<b>51</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>		<b>52</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>		<b>54</b>



## ÚVOD

Tato práce se zabývá možností zvýšení výkonu notebooku pomocí externí grafické karty, které by mělo být cenově dostupné a mít možnost kompatibility na velkou většinu dnešních notebooku. Na začátku jsou představeny možnosti připojení externí grafické karty, které měly předpoklad v minulosti na rozšíření až po řešení do současnosti, jejich výhody a nevýhody, které s sebou přinášely. Následně jsou popsány aktuální rozhraní pro grafické karty a jejich rychlostní kategorie.

Navrhované řešení zvýšení výkonu se opírá o standart mPCI Express, které zajišťuje kompatibilitu s naprostou většinou notebooku. Podmínky, které musí být splněny při volbě externího řešení pro následný bezproblémový provoz. Základním předpokladem je správná konfigurace operačního systému se seznamem potřebných komponent k úspěšnému a stabilnímu provozu při zátěži.

V práci je také popsán průběh, testování jednotlivých karet a možné komplikace při jejich provozu, následně i možné příčiny a řešení těchto komplikací, se kterými se lze setkat. Výsledky jsou prezentovány ve formě grafů a tabulek. Je proveden přehled procentuálního nárůstu grafického výkonu testovaného notebooku. Zaznamenány jsou také procentuální rozdíly poklesu výkonu tohoto zapojení oproti běžnému použití ve stolním počítači. V poslední části práce je vyhodnoceno cenové srovnání externího řešení s herními notebooky s adekvátním grafickým výkonem.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 MOŽNOSTI ZVÝŠENÍ VÝKONU PC A NOTEBOOKU

V historii stolních počítačů a notebooků se mnoho firem pokusilo zvýšit výpočetní výkon přenosných mobilních počítačů, aby dosahovaly alespoň přibližnému výkonu stolních počítačů. Při rozvoji mobilních procesorů se výrobci soustředili, na zmenšení energetické náročnosti CPU, aby notebooky byly schopné běžet na baterii co nejdelší možnou dobu. Čím víc se zlepšovala technologie výroby procesorů, tím začal růst i jejich výpočetní výkon. Jediným bodem, ve kterém notebooky opět začaly strádat, byl grafický výpočetní výkon. Proto výrobci přišli s návrhy, jak efektivně připojit výkonnou grafickou kartu. Mezi první výrobce se zařadila společnost Fujitsu-Siemens.[1]

### 1.1 AMILO GraphicBooster

V roce 2008 společnost Fujitsu-Siemens přichází s malým a lehkým notebookem AMILO Notebook Sa 3650, který se dokáže proměnit v herní PC připojením externí grafické jednotky. Nový notebook slibuje 470% zvýšení grafického výkonu, pokud připojíme externí grafickou jednotku. Na levé straně notebooku se nachází konektor ATI XGP, a tento konektor slouží právě pro připojení externí grafické karty ATi Mobility Radeon HD3870 512MB RAM s HDMI a DVI výstupy, ke kterým je možno připojit až tři další monitory. Externí grafická jednotka nejenže zvyšuje grafický výkon notebooku, ale přidává i další USB porty. Doporučená koncová cena by měla být 31 975 Kč s DPH.[2]



Obrázek 1. AMILO GraphicBooster[2]

## 1.2 Řešení společnosti SilverStone

V roce 2013 na technologickém expu Computex se objevilo nadějně řešení od společnosti SilverStone, která přišla s kompletním řešením pro připojení. Společnost integrovala do šasi 450W zdroje pro napájení grafické karty. Karta se k notebooku připojovala přes rozhraní Thunderbolt, který byl vyvinut společností Intel. Vývoj této možnosti zůstal ale ve fázi alpha, a nebylo ani oznámeno datum uvedení. Cena takového řešení by se měla pohybovat okolo 6000 Kč s DPH bez grafické karty.[3]

## 1.3 MSI GUS II

Computex 2013 přišel s jiným řešením od společnosti MSI. Je to o trochu pokročilejší řešení, které je také založené na novém rozhraní Thunderbolt od Intelu. V této metodě je podporováno připojení více monitorů zároveň. Karta se zapojovala do PCI Express 16x slotu, kam lze vložit až 150W kartu. Všechna tato řešení však doprovází i negativní vlastnosti takového zapojení. Například to, že je potřeba vymyslet a postavit takové řešení, při kterém by nedocházelo k modrým obrazovkám smrti a k dalším problémům po náhlém odpojení karty od notebooku. [3]

## 1.4 ViDock

Jediné komerční a dostupné řešení nabízí společnost Village Instruments, pokud si uživatel samozřejmě vystačí jen s rychlostmi přes ExpressCard. V dnešní době se již ani moc tohle rozhraní nerozšiřuje, ale pro zlepšení výkonu starších korporátních a pracovních notebooků to lze bez větších problémů použít.[3]



Obrázek 2. ViDock s rozhraním ExpressCard [3]

## 1.5 Alienware Graphics Amplifier

Společnost Dell a její pododvětví specializované na herní počítače a notebooky Alienware, vešla v roce 2014 do podvědomí s možností připojení externího boxu s grafickou kartou dle vlastní volby. Omezení platí pouze na fyzickou velikosti karty, která může být maximálně jen dvouslotová, což dnešní karty většinou splňují. Další omezující podmínkou je podpora karet do příkonu až 375W. Graphics Amplifier částečně nahrazuje i funkci doku tím, že v sobě integruje USB hub se čtyřmi porty USB 3.0, ke kterému tedy můžeme připojit i klávesnici, myš a další periférie. Tohle řešení od Dellu lze zatím používat pouze u modelu Alienware 13, časem jsou ale přislíbené výrobcem i další modely. U Alienware 13 externí GPU má sdílené linky s PCI Express s vestavěnou mobilní grafickou kartou přímo v notebooku GeForce 860M, ta musí být při provozu s Graphic Amplifierem vypnutá, aby nedocházelo ke kolizi. [4]

Světlou stranou boxu je, že lze externí GPU používat i s vestavěným LCD přímo na notebooku a nejen s externími monitory. Slabou stránkou zmíněného řešení je cena, která činí necelých 8000 Kč s DPH samozřejmě bez grafické karty. Proto se jedná o velmi specifické řešení pro konkrétní modely od Dellu.[4]

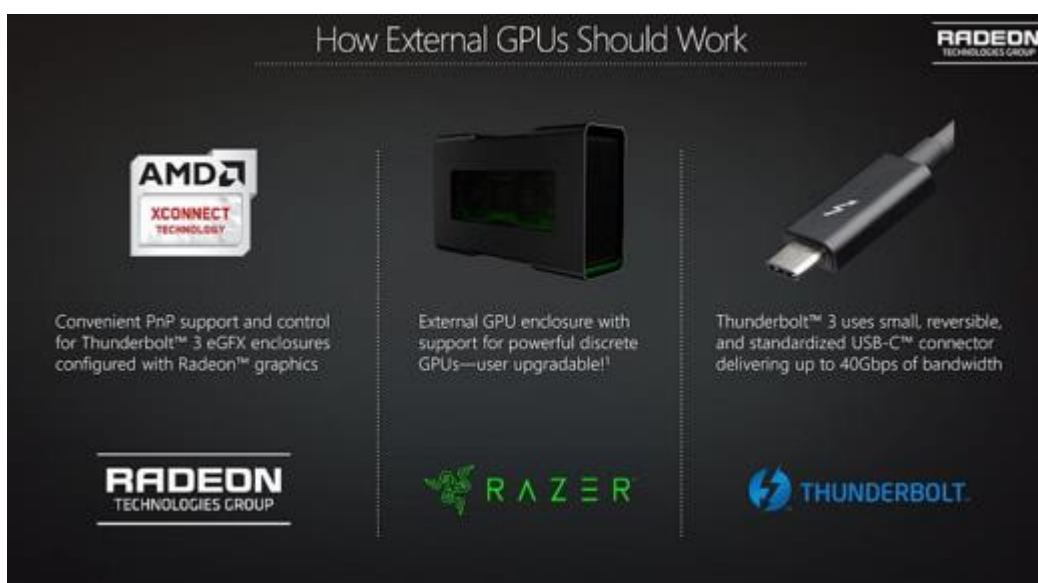


Obrázek 3. Alienware Ggraphic Amplifier [4]

## 1.6 XConnect a Razer Core

V dnešní době s nejnovější technologií k připojení přišla společnost AMD, kterou pojmenovala XConnect. Dne 11. 3. 2016 společnost tuto možnost odhalila oficiálně. XConnect jako rozhraní pro připojení grafické karty externě k notebooku je založený na konektoru Thunderbolt 3 od Intelu, který také vyrábí řadiče a provádí jejich licence. Opět se dostáváme

k řešení, které Vás omezí na notebook s řadičem od Intelu (nikdy se neobjevil v desce s procesorem od AMD), na druhou stranu je ale právě tato možnost nejreálnější a má největší potenciál. Právě když za těmito technologiemi a rozhraními, které využívá, stojí tyto dvě velké korporace. Konektivita odpovídá standardu PCI Express 3.0 x4, při použití kvalitního propojovacího kabelu, který obsahuje i aktivní prvky a je certifikovaný na 40 Gb/s. Port bude mít podobu dnes již čím dál tím více a více rozšířeného USB 3.1 type C. Ten se těší své oblibě hlavně u mobilních telefonů, tabletů a pomalu začíná být více nasazován i v noteboocích. [5]



Obrázek 4. Technologie XConnect od AMD [5]

První notebooky s oficiální podporou XConnect jsou notebooky Razer Blade Stealth, které již mají Thunderbolt ve verzi 3 a všechny potřebné ovladače z výroby. Od stejného výrobce přišlo také první externí GPU postavené na této technologii. Jedná se o box, který má místo pro dvouslotovou grafickou kartu do příkonu až 375W, k dispozici je i seznam podporovaných karet od AMD např. R9 Fury a R9 Nano, a také karty řady 300 a vybrané modely R9 285, 290/290X.[5]

Pro notebook osazený Thunderbolt 3 technologií to ještě neznamena, že můžeme využívat tento Razer Core. Podpora pro takovéto využití musí být na úrovni UEFI, což je opět důvod, proč je zatím pouze oficiálně podporovaným notebookem Razer Blade Stealth.[5]

## 2 SROVNÁNÍ ROZHRAŇÍ

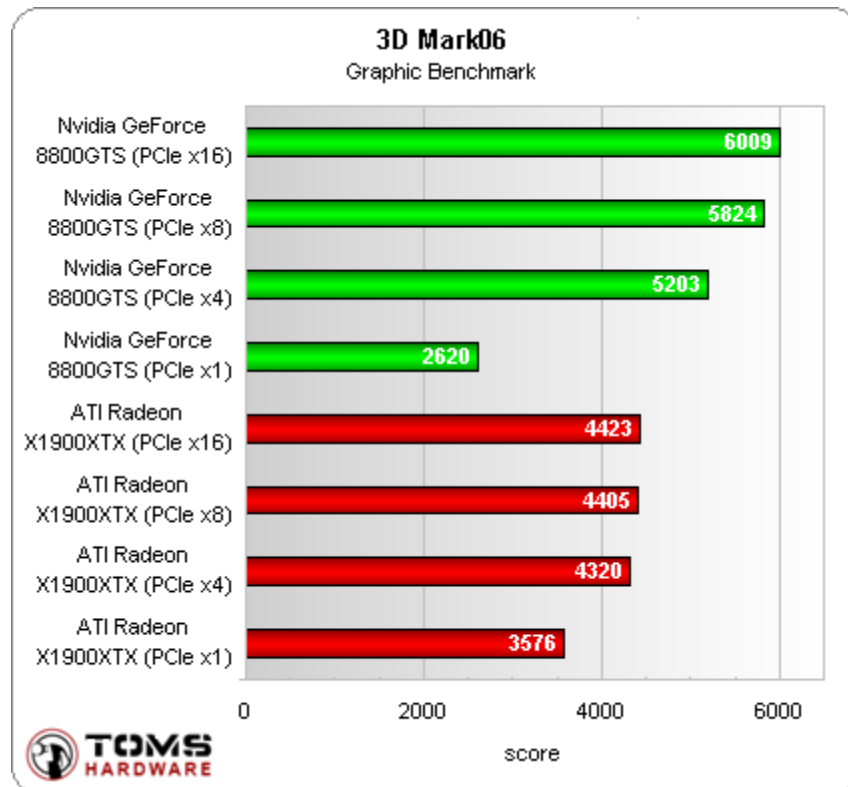
Tato kapitola bude věnována srovnání a technickým parametrům rozhraním pro připojení grafických karet a dalších periférií. Nejzákladnější a nejrozšířenější rozhraní je PCI express, které nahradilo ve všech směrech starší PCI. V závislosti rozšíření notebooků byla vyrobena menší verze mPCI Express, která by se měla starat o obsluhování USB 2.0 a bezdrátového přenosu Wi-Fi. Paralelně s vývojem začínal i vývoj Thunderbolt prvních verzí, který je v dnešní době již u třetí generace.

### 2.1 PCI Express

PCI Express je sběrnice využívána především pro připojení grafických karet. Slot PCI Express se u grafických karet označuje PEG (PCI Express for Graphics) a celkem obsahuje po celé šířce slotu 164 pinů. Na základních deskách se kromě jednoho, nebo dvou a více slotů pro připojení grafických karet s využitím technologie SLI se nacházejí ještě například 18 pinové sloty typu x1, ty nacházejí své využití především pro rozšiřující síťové karty nebo dnes i pro SSD karty.[6]

*Na rozdíl od klasického provedení sběrnice PCI, která pracuje jako paralelní sběrnice systém, pracuje PCIe sériově, takže žádná kompatibilita na straně elektroniky prostě neexistuje. Kompatibilita se standardním PCI ze strany softwaru však zůstává – na straně aplikačního softwaru či operačního systému tedy není nutné provádět žádné úpravy. PCI Express přebírá všechny dosud používané konfigurační mechanismy PCI a emuluje jak standardní registry PCI, tak programová rozhraní.[18, s. 132]*

PCI Express prošlo v historii vývojem od verze 1.0 v roce 2003 až po dnešní aktuální verzi 3.0, která byla oficiálně představena v listopadu 2010. Na konci roku 2011 byl oznámen začátek vývoje další nové rychlejší verze 4.0, která má zdvojnásobit rychlost předešlé verze. Rozhraní se dělí na několik standardů 1.0, 2.0, 3.0 v několika rychlostech x1, x4, x8 a x16.[6]



Obrázek 5. Srovnání rychlostí ve standardu PCIe v2.0. [6]

S příchodem nových čipových sad přichází standard PCI Express 2.0. Oproti původním specifikacím byla zvýšena propustnost na dvojnásobek. Jde o teoretické hodnoty při maximálním možném využití (full-duplex). [6]

Tabulka 1. Přehled rychlostí jednotlivých standardů PCIEX

Obousměrně			
Verze	PCIEX v1.0	PCIEX v2.0	PCIEX v3.0
x1	0,5 GB/s	1 GB/s	2 GB/s
x4	2 GB/s	4 GB/s	8 GB/s
x8	4 GB/s	8 GB/s	16 GB/s
x16	8 GB/s	16 GB/s	32 GB/s

## 2.2 Mini PCI Express

Mini PCI Express je menší verzí velkého rozhraní PCI Express, pro notebooky a další přenositelná zařízení. Mini PCIE karty jsou primárně určeny pro vnitřní využití s připojením přímo do základní desky. Používají se také v kompaktních počítačích, kde je omezený prostor. Mini PCIE je nahrazení pro Mini PCI karty, které můžeme nalézt na mnoha Mini-ITX



základních deskách. Ve srovnání s Mini PCI je karta poloviční velikosti, měřící 30 mm x 51 mm. Obsahuje celkem 52 pinů oproti starší verzi s PCI, která jich měla rovnou 100. [8] [9]

### 2.3 Thunderbolt 3

Společnost Intel v roce 2011 představila Thunderbolt 1, vize společnosti byla postavená na představě, že jeden port bude zastávat všechny nezbytné funkce. V první a druhé generaci Thunderbolt byl integrován do konektoru mini Displayportu, který zdaleka není tak rozšířeným portem jak se předpokládalo, že bude. Jeden s důvodů proč se tak nestalo, může být to, že mini Displayport má tloušťku 5 mm, která v dnešní době, kdy se každý výrobce snaží mít své zařízení, co nejtenčí, zkrátka neuchytí. Třetí generací Thunderboltu Intel přišel s nápadem v podobě využití USB typu C, které se začíná těšit čím dál větší oblíbenosti a rozšiřitelnosti. USB typu C má tloušťku pouze 3 mm, ale to není celá jeho výhoda, umožňuje také připojení kteroukoliv stranou do počítače. Řadič pro Thunderbolt podporuje všechny nejnovější verze USB 3.1 a USB 3.0 a je zajištěna i kompatibilita se staršími verzemi USB také podporuje i Displayport 1.2. Všechny tyto funkce jsou připojené k rychlé interní sběrnici PCI Express ve verzi 3.0. Přes tento jediný kabel lze připojit různé dokovací stanice, které mají velký počet portů. Například ethernet, audio jack, USB-C, USB 3.0, HDMI, VGA a v poslední řadě i DC konektor, přes který můžete zařízení rovnou nabíjet až do příkonu 100 W. Nejlepším příkladem tohoto připojení je nový notebook od společnosti Apple MacBook Pro.[10]

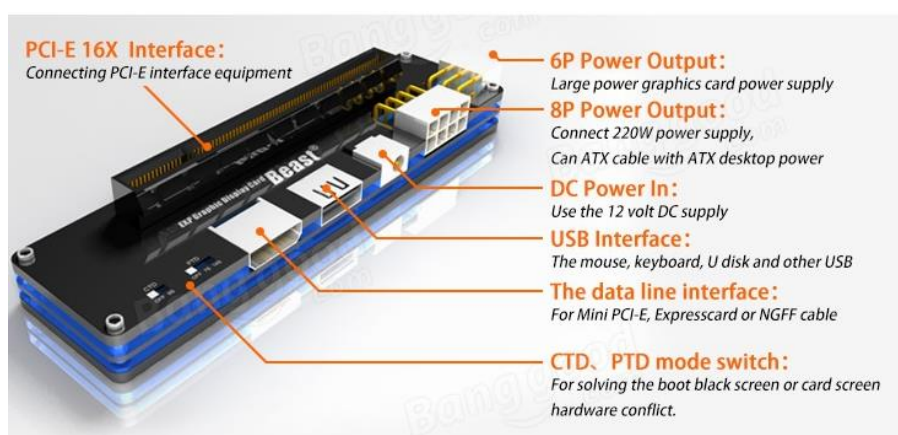


Obrázek 6. Výčet vlastností Thunderboltu 3 v USB-C [10]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 NAVRHOVANÉ ZVÝŠENÍ VÝKONU

Řešení staví na komerčním výrobku, produkt je globálně dostupný skrze nákupní portál bangood.com. Jedná se o „External GPU BEAST V7.0“, tedy o extérní slot PCI express 3.0 x16 připojený do mPCI Express místo bezdrátové Wi-Fi karty, která se vyskytuje v převážné většině notebooků. Extérní slot obsahuje i rozšiřující porty, kde výrobce přidal USB ve verzi 2.0. Tyto porty jistě najdou své uplatnění právě pro přenosnou Wi-Fi kartu do USB nebo ostatních periférií.[11]



Obrázek 7. Přehled periférií EGPU BEAST V7.0 [11]

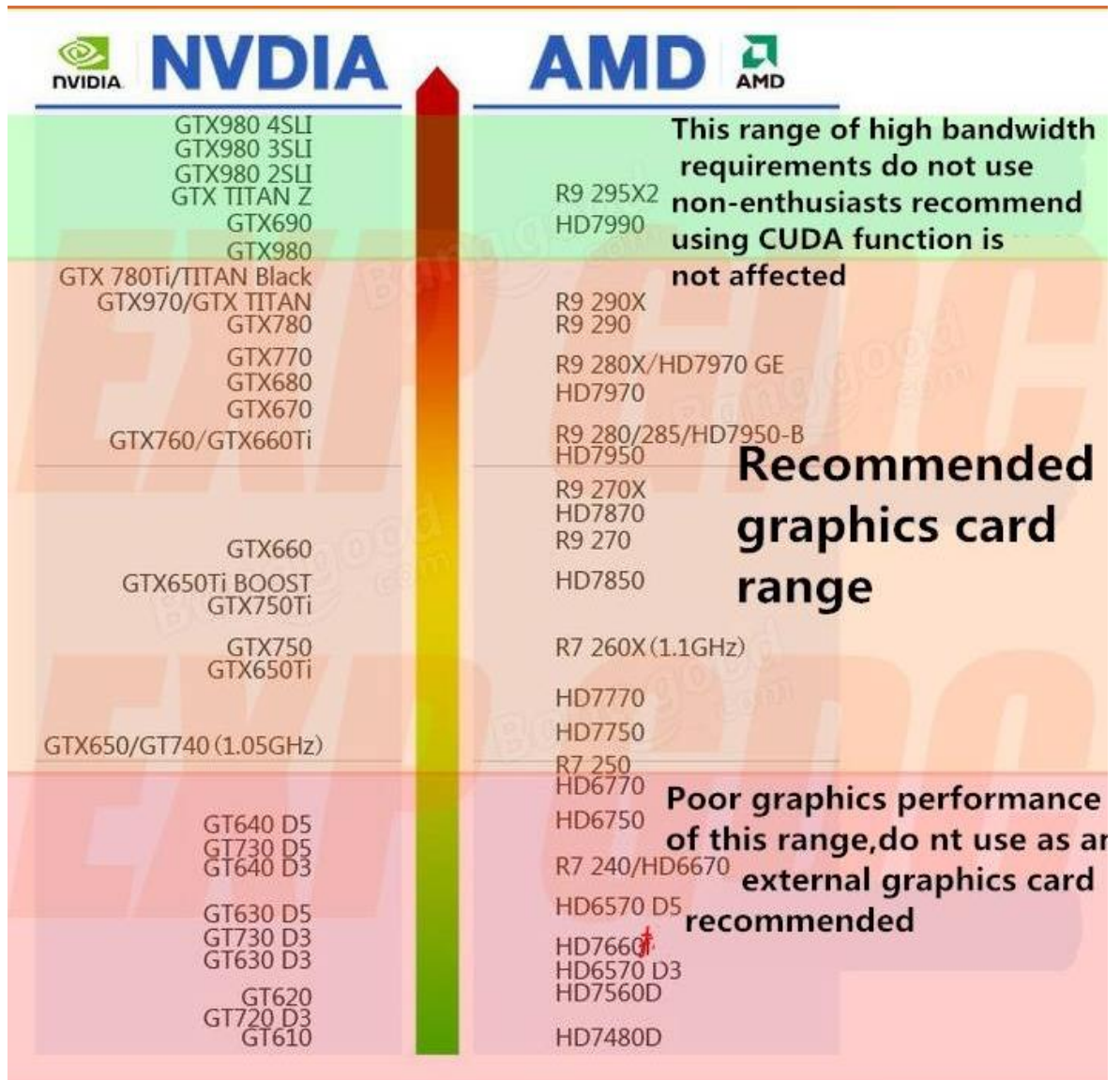
#### 3.1 Podmínky pro správnou funkci

Při zapojení tímto způsobem a před pořízením je zapotřebí zkontrolovat následující podmínky, aby byla zaručena kompatibilita s Vaším notebookem.

1. Bezdrátová Wi-Fi karta, musí být ve slotu mPCIE a musí být vyměnitelná
2. Operační systém ve verzi Windows 7 a vyšší
3. Aktuální ovladače grafické karty GeForce nebo AMD
4. Pokročilejší znalosti ovládání Windows
5. Pokročilejší znalost PC
6. Počítačový zdroj minimálně 350W s certifikací 80 Plus Bronze a vyšší

### 3.1.1 Minimální požadavky na grafické karty

V důsledku omezení sběrnicí mPCI Express a jejich limitů se doporučuje používat maximálně výkonnější modely grafických karet. Protože u nejvýkonnějších modelů by redukce výkonu mohla být markantní a zapojení by ztrácelo smysl.



Obrázek 8. Seznam doporučených grafických karet [11]

Na následujícím obrázku je patrné, že ty nejvýkonnější modely nejsou doporučeny pro použití obecně ve hrách (může docházet k nestabilitě), ale sám výrobce udává, že funkce jader CUDA není ovlivněna, ta se využívá především při renderingu u 2D a 3D programů.

### 3.2 Seznam potřebných komponent pro připojení

Vše potřebné pro připojení grafické karty naleznete přímo v balení u adaptéru. Není teda potřeba dalšího dokupování jakýkoliv dodatečných redukcí nebo kabelů pro připojení.

- 1x external GPU adapter BEAST V7.0 mPCI express slot
- 1x kabeláž HDMI to mPCIE
- 1x napájecí kabel 24pin + 4pin
- 1x napájecí kabel pro přídatné napájení na 6pin a 6pin + 2pin

### 3.3 Způsob zapojení

Zapojení je provedeno přes kabel s HDMI na jedné straně, který se zapojuje do externí grafické karty, a druhá strana je vyvedena do mini PCIE konektoru. Zapojení se provádí ve vypnutém stavu notebooku, kdyby se provádělo zapojení v zapnutém stavu, mohlo by docházet k tzv. *Modré smrti*. Je také třeba dbát na to, aby kabel nebyl nijak překládán.

Napájení adaptéru je realizováno přes klasický počítačový zdroj, díky jeho dostupnosti je tato volba určitě jedna z nejlepších. Druhá možnost jak adaptér napájet je pomocí přenosného zdroje, například jaké známe od notebooku. Rozdíl je ale v tom, že zdroje od notebooků mají ve většině případů svůj vlastní konektor, ke konkrétní řadě výrobků od výrobce. Zde musí být tento zdroj vybaven klasickým 6 pinem příkladem zdroj „220W Dell DA-2 AC.“

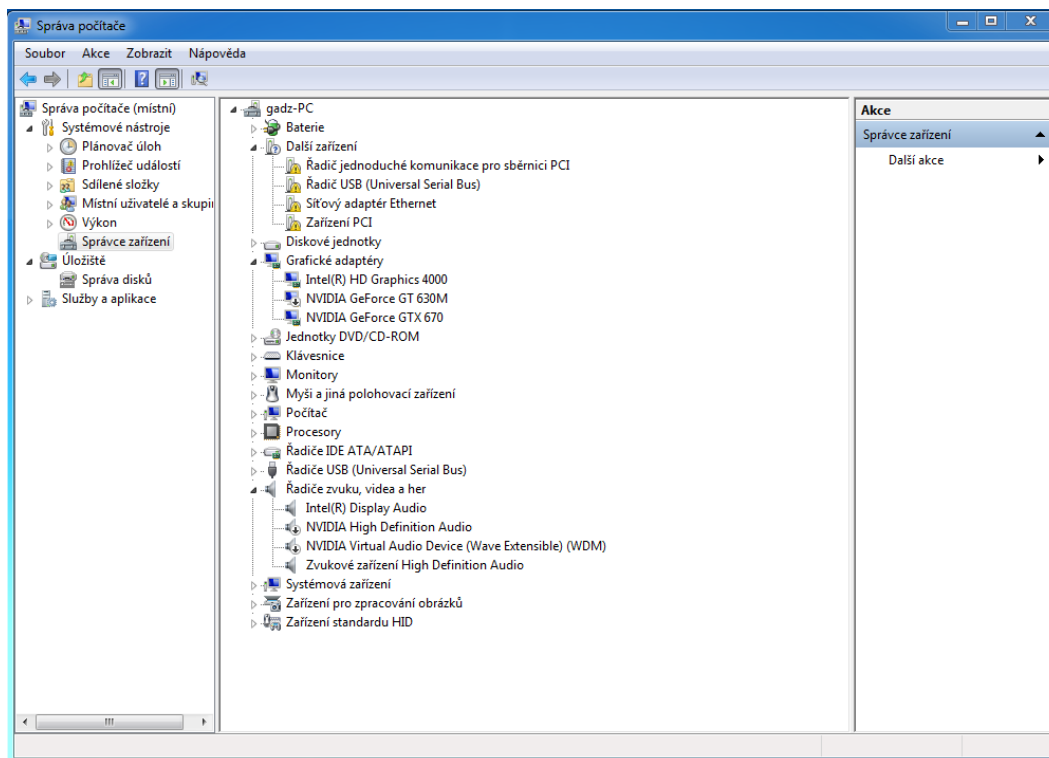


Obrázek 9. Ukázka způsobu zapojení

### 3.4 Způsob nastavení Windows 7

Při připojení karty k notebooku a úspěšnému naboootování Windows 7 je karta automaticky detekována ve správci zařízení nejčastěji jako *Neznámé zařízení* nebo *Řadič videa kompatibilní se standardem VGA*. K samotnému nastavení grafické karty v operačním systému je zapotřebí mít nainstalovaný nejnovější ovladač od výrobce grafické karty, kterou připojujete do systému. Další nastavení přichází poté, zdali vlastníte notebook osazený dedikovaným grafickým čipem nebo jen pouze integrovanou grafickou kartu v procesoru.

Jestliže máte dedikovaný grafický čip v notebooku, jako je v notebooku ASUS K55VM, se kterým jsem pracoval já při testování, tak musíte přes správce zařízení vaši vestavěnou kartu zakázat, aby nedocházelo ke kolizi ovladačů grafických karet. Další nastavení, které vyžaduje vaši pozornost, jsou možnosti zobrazení, kde nastavíte jako hlavní váš externí monitor připojený k externí grafické kartě. Protože může nastat situace, kdyby zůstal hlavním monitorem integrovaný LCD na notebooku, že spuštěné aplikace a programy budou nadále využívat pouze výkon integrované grafické karty v procesoru. Nicméně obecně platí pravidlo, co spustíte na vestavěném LCD běží na integrované kartě, co spustíte na externím monitoru tak o výpočet se stará právě externí karta.



Obrázek 10. Zakázání dedikované karty ve správci zařízení.

## 4 TESTOVÁNÍ

Testy byly provedeny na pěti grafických kartách, kde čtyři karty jsou zastoupeny společností Nvidia a jedna od společnosti AMD. Každá karta byla otestována ve stolním počítači, tak při připojení k notebooku. Výsledky s obou měření byly zaznamenány do tabulky, kterou můžete najít v příloze P1.

### 4.1 Testovací sestavy

Sestava stolního počítače se skládá z komponent, které byly představeny v roce 2015. Z tohoto důvodu se tedy jedná o aktuální hardwarovou výbavu počítače. Celkový výčet komponent, které počítač obsahuje, najdeme v kapitole 4.1.1.

Hardware obsažený v notebooku je v porovnání se stolním poněkud starší a byl pořízen v roce 2013. Jedná se o přenosný počítač společnosti ASUS, kódové označení notebooku ASUS K55VM obsahující procesor Intel Core i5-3210M, tohle je klíčová vlastnost. Neboť tyto notebooky jsou prodávány i v konfiguraci s procesory Intel Core i7-3750QM. V základní konfiguraci je pouze osazen 4GB RAM o taktu 1600Mhz, ale celkově disponuje dvěma sloty pro paměti RAM. Proto bylo této možnosti využito a dodatečně byl notebook osazen další pamětí RAM stejné velikosti. Celková paměť se tedy zastavila na celkových 8 GB RAM. Vylepšení doznal i dodávaný 750 GB HDD Hitachi, který má pouze 5400 otáček. Vyměněn byl za menší 500 GB HDD WesternDigital s rychlostí otáček 7200.

Obě testované sestavy využijí stejný monitor od společnosti BenQ s označením GW2270, které má rozlišení 1980 x 1080 při maximálních obnovovacích frekvencích 60 Hz, vstupní porty jsou vyvedeny v zadní části, a to VGA a 2x HDMI.

#### 4.1.1 Desktop PC

Testovaný stolní počítač obsahuje následující komponenty. Aby bylo dosaženo co nejmenší možnosti zkreslení výsledků v testech je operační systém Windows 7 čistě nainstalován, poté byly nainstalovány všechny nezbytné ovladače a programy na testování výkonu.

- CPU – Intel Core i3-4170, 3.4 GHz TurboBoost až na 4 GHz
- MB – MSI H81M-E34 revize 3.0
- RAM – Kingston HyperX 8GB – 1866 Mhz
- SSD – Kingston 120 GB
- PSU – Eurocase 450 W

### 4.1.2 Notebook

Testovací notebook ASUS K55VM. Jedná se o 15.6 palcový multimediální notebook. Operační systém Windows 7, byl taktéž opětovně přeinstalován a ponechán ve výchozím nastavení bez dodatečných aktualizací. Nainstalované byly pouze nezbytné ovladače ke správné funkci dodané přímo výrobcem na přibaleném CD.

- CPU – Intel Core i5-3210M, 2,5 GHz TurboBoost až na 3,1 GHz
- GPU – Nvidia GeForce GT 630M 2GB
- MB – ASUSTeK COMPUTER Inc. Model: K55VM 1.0
- RAM – 2x4 GB RAM 1600MHz
- HDD – Western Digital 500 GB, 7200 ot/min
- PSU – ASUS AC/DC adapter 90W

### 4.1.3 Seznam testovaných grafických karet

Karty byly vybrány na základě dostupnosti a možnosti zapůjčení, ale také byl brán ohled i na jejich výkon, aby byly co nejvíce zastoupeny všechny výkonnostní kategorie.

1. GeForce Nvidia GT 630M
2. MSi GeForce Nvidia GTX 650 Ti
3. MSi GeForce Nvidia GTX 760
4. Gigabyte GeForce Nvidia GTX 670
5. AMD Radeon R7 360

## 4.2 Benchmarky a 3D rendering

Ve světě IT jsou benchmarky považovány za proces, který zajišťuje speciálně navržený program nebo celá sada programů. A ty mají za úkol testovaný hardware vystavit stoprocentnímu zatížení a využití. Termín *benchmark* je nejčastěji používán pro účely testování stability a výkonu hardware, ale dá se najít i v ekonomickém odvětví.

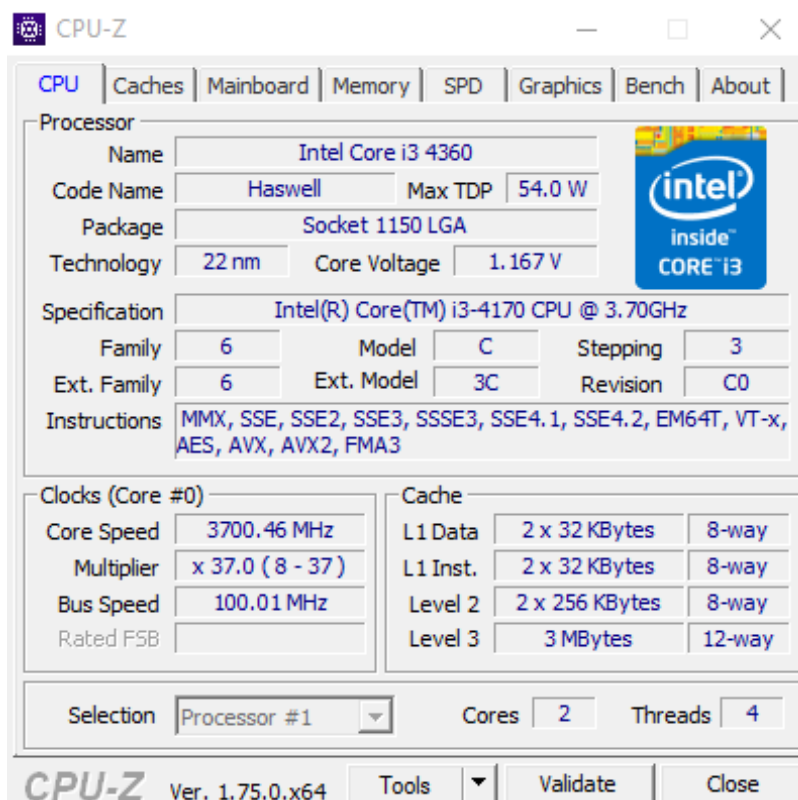
Benchmarking je obvykle spojován s hodnocením výkonových charakteristik počítačového hardwaru, například výpočty s plovoucí desetinnou čárkou, kde se hodnotí výkon procesoru. Existují také ale programy, kdy technika testování je taktéž použitelná pro testování software nebo prognóz.



Výsledky poskytují metodu pro porovnání výkonu jednotlivých testovaných komponent i v různých operačních systémech. Protože benchmarkové programy sdílí jednotné hodnotící stupnice pro srovnání, výsledkem je tedy, vždy jednotné skóre napříč platformami.

#### 4.2.1 CPU-Z

CPU-Z je jednoduchá a lehká utilita, která dokáže vypsat detailní informace o osazeném procesoru, operační paměti, základní desce, grafické kartě a další komponentech. Výhodou programu je, že nevyžaduje instalaci na pevný disk počítače, o kterém chceme zjistit detailní informace. V nejnovější verzi programu můžeme i najít jednoduchý orientační benchmark na testování CPU, a hned si jej porovnat s ostatními procesory s nabídky. V našem případě jsou testovanými procesory Intel Core i3-4170 v počítači a Intel Core i5-3210M v notebooku.



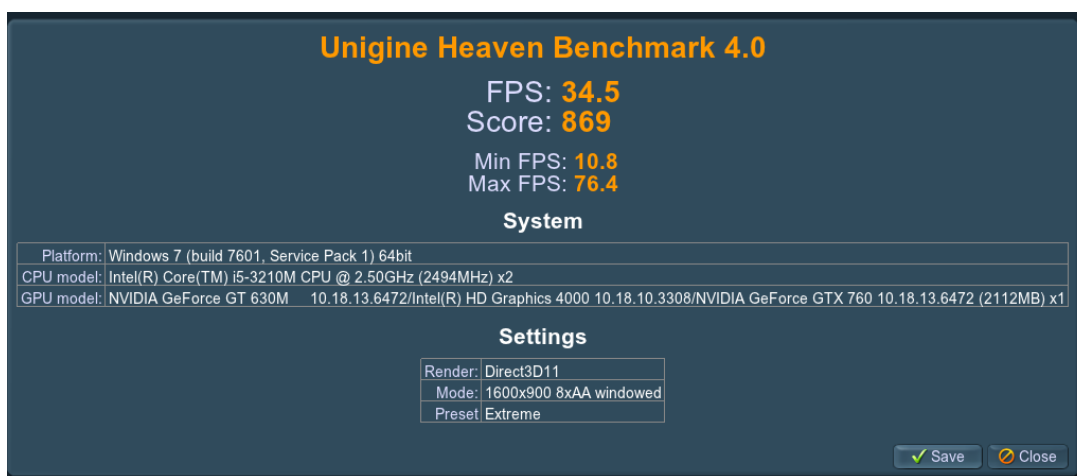
Obrázek 11. Ukázka prostředí programu CPU-Z

#### 4.2.2 Unigine Heaven

Unigine Heaven Benchmark ve verzi 4.0 je navržen na testování DirectX 11 u grafických karet. Je založený na pokročilém Unigine engine od společnosti Unigine. Nejnovější verze 4.0 je intenzivní GPU benchmark, který zatíží grafickou kartu na maximum až do svých

limitů. Tento program může být použit k definování stability grafické karty, která je pod extrémní zátěží, také lze tímto testem testovat kvalitu použitého chladicího systému při maximálním zatížení. Test poskytuje jednotné výsledky na všech operačních systémech, jako jsou Windows, Linux a MAC OS X.[12]

Heaven Benchmark vezme uživatele do magické doby vzducholodí, létajících ostrovů, které ukrývají malé vesnice. Nad celou scénou se střídá noc a den. V jedné s největších vesnicí se nachází majestátný červený drak. Při testování je uživatel vystaven pocitu, jakoby hrál počítačovou hru, ale jedná se pouze o předem definovaný průlet krajinou.[12]



Obrázek 12. Výsledek testu Heaven Benchmarku[12]

#### 4.2.2.1 Přehled funkcí

Nastavení umožňuje v neplacené verzi nastavit poměrně mnoho grafických efektů a nastavit jejich kvalitu, například rozlišení, kvalita textur, tessellace a anti-aliasing. Dále obsahuje i možnost změny vykreslovacího API, kde na výběr jsou DirectX 11, DirectX 9 a OpenGL.[12]

- Test hardwarové stability
- Přesné výsledky s využitím 100% výkonu GPU
- Podpora DirectX 9, DirectX 11 a OpenGL 4.0
- Multi-platformní podpora Windows, Linux a Mac OSX
- Obsáhlé použití tessellation s možností natavení
- Dynamická obloha s velkým počtem oblaků a cyklus dne a noci
- Globální osvětlení v reálném čase, ambientní okluze
- Kamerové módy – film, volný průlet

- Sledování teploty GPU a taktů jádra a paměti
- Report výsledku do CSV formátu [12]

### 4.2.3 Unigine Valley

Valley benchmark je nový zátěžový testovací nástroj pro grafické karty od vývojářů společnosti Unigine. Tento nesyntetický benchmark pohání opět Unigine engine, který ukazuje obsáhlý set grafických technologií s dynamickým prostředím. Prostředí v tomto testu je poněkud odlišené od Heaven benchmarku. Zde najdeme obrovské údolí pokryté lesy z ptačí perspektivy a extrémně detailní zeleň. Velikost celého údolí je neuvěřitelných 64 milionů čtverečních metrů s extrémními detaily terénu. [13]

#### 4.2.3.1 Přehled funkcí

- Test hardwarové stability
- Přesné výsledky s využitím 100% výkonu GPU
- Podpora DirectX 9, DirectX 11 a OpenGL 4.0
- Multi-platformní podpora Windows, Linux a Mac OSX
- 64 milionů čtverečních metrů detailního terénu
- Procedurální umístění vegetace a kamenů
- Globální osvětlení v reálném čase, ambientní okluze
- Uživatelem nastavitelné dynamické počasí
- Sledování teploty GPU a taktů jádra a paměti
- Report výsledku do CSV formátu [13]



Obrázek 13. Ukázka možnosti nastavení Valley Benchmarku [13]

#### 4.2.4 3DMark 11

3DMark 11 je benchmark postavený na DirectX 11 pro měření výkonu vašeho stolního počítače v počítačových hrách. DirectX 11 zahrnuje použití tessellation, náročné výpočty shaderů a test multi-threadingu. Tento test je uznávaný mezi všemi počítačovými hráči na světě, protože poskytuje objektivní výsledky testů. Poskytuje nejen výsledky GPU, ale testuje zároveň i výkon vašeho CPU a v závislosti těchto dvou testů vypočítá tzv. kombinované skóre s obou výsledků.[14]

Největší výhodou tohoto testu je bezesporu sdílení výsledků online na stránkách Futuremark. V základní bezplatné verzi test obsahuje detailní výsledky jednotlivých komponent, kde lze určit, která komponenta vyžaduje upgrade, aby celkový kombinovaný výkon byl vyvážený.[14]

#### 4.2.5 Blender

Blender je software pro 3D modelování, animaci, tvorbu her a rendering. Je to program, který je založený na grafické knihovně OpenGL, Díky tomu je dostupný pro velké množství operačních systémů jako je Windows, Linux nebo Mac OS X. Další výhodou Blenderu je, že je k dispozici jakožto freeware zdarma a v neposlední řadě taky jako open-source tedy, že jsou veřejně dostupné zdrojové kódy programu. [15]

Blender umožňuje výběr komponenty pro renderování scény. Na výběr je k dispozici ve výchozím nastavení procesor, který lze přepnout jednoduchým nastavením v menu programu

na grafickou kartu využívající tzv. jádra CUDA navržená pro rychlejší rendering u karet Nvidia.



Obrázek 14. Scéna v programu Blender

### 4.3 Průběh testování

Testování probíhalo na čisté instalaci Windows 7 s nainstalovaným servisním balíčkem 1 v 64 bitové verzi a s pouze nezbytnými ovladači pro korektní provoz počítače. Poté byly nainstalovány všechny benchmarkové programy. Abychom dosáhli nejpřesnějších výsledků, byly všechny testy prováděny třikrát. Konečný výsledek zapsaný do výsledné tabulky je průměrná hodnota tří získaných hodnot.

#### 4.3.1 Grafické nastavení programů

Při výběru grafického nastavení v benchmarkových programech byl kladen důraz na to, aby testy byly provozovány na co nejvyšší možnou výpočetní náročnost grafické karty a byly tak odhaleny její limity.

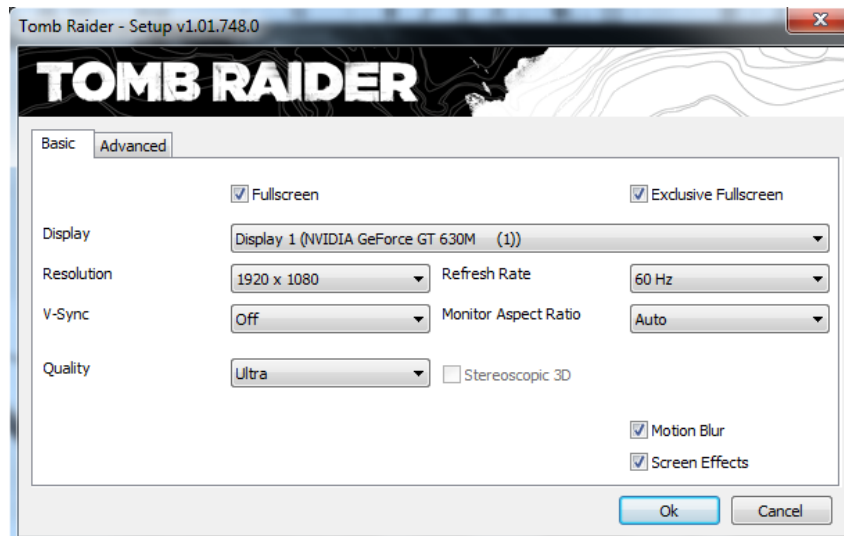
Tabulka 2. Rychlý přehled použitých nastavení v programech

Nastavení benchmarků				
	Rozlišení	Celková kvalita	Anti Aliasing	API
3Dmark11	1280 x 720	Performance	MSAA	DirectX 11
Unigine Valley	1600 x 900	Extreme	X8	DirectX 11
Unigine Heaven	1600 x 900	Extreme	x8	DirectX 11
Tomb Raider	1920 x 1080	Ultra	FXAA	DirectX 11

V programu 3DMark11 je dostupné celkové nastavení kvality pouze na hodnotu *Performance*, která má vystavit testovanou sestavu střední zátěží, tato zátěž odpovídá drtivě většině dnešních herních počítačů a notebooku. Bohužel jsem měl k dispozici pouze verzi zdarma, kde právě je tohle omezení uzamčení kvality. Verze zdarma také má striktně nastavené rozlišení na hodnotu 720p, která je taktéž limitující, neboť většina dnešních her se hraje v rozlišení 1080p.

Od společnosti Unigine, která stojí za benchmarky Valley a Heaven, bylo použito nastavení celkové kvality na hodnotu *Extreme*, která má přednastaveno na této hodnotě rozlišení 900p. Tohle netradiční rozlišení najdeme především na starších monitorech anebo v noteboocích o velikosti obrazovky 17,3 palců. Rozlišení hraje v podstatě jednu s největších rolí, které ovlivňují celkový výkon. Když budeme chtít zvýšit plynulost a nechceme to přímo na úkor detailů, tak první se sníží rozlišení a rozdíl je znatelný. Zde jsem taktéž použil verzi zdarma, která není tak omezená jako v případě 3DMark11 a nastavení umožňují v podstatě si nastavit vše dle vašich potřeb. Placená plná verze programu rozšiřuje o možnosti exportu výsledku do formátu CSV, analýzu každého snímku, příkazový řádek, technickou podporu anebo opakované testování pro stabilitu systému.

Jako zástupce z kategorie počítačových her byl vybrán titul Tomb Raider z roku 2013, který právě má přímo ve hře zabudovaný benchmarkovací software. To má za výsledek přesné výsledky, které se měřily vždy za stejných podmínek ve hře, kde tedy nedocházelo různým průchodům úrovně, například po jiné trase. Zde bylo nastaveno nejvyšší možné rozlišení monitoru 1080p. Celkové nastavení kvality nastaveno na hodnotu *Ultra*, které zahrnuje i použití graficky náročných operací Tesselace a post processingu.



Obrázek 15. Nastavení hry Tomb Raider

V programu Blender, byl stažen jeden projekt veřejně dostupný na stránkách výrobce pro testování renderingu. Projekt je nastaven na rozlišení 1080p s přednastavenými hodnotami, aby měl každý stejné nastavení a mohly se tak měřit výsledky. Autorem je Mike Pan, scéna obsahuje dvě auta BMW. V popisku sám autor zveřejňuje své dosažené výsledky, na jeho grafické kartě GTX 770 dosáhl času 1 min 50 sekund.[15]

### 4.3.2 Komplikace při testování

Při testování jsem narazil na určité komplikace spojené se zapojením, ale všechny problémy jsem byl schopný vyřešit a zjistit i příčiny těchto komplikací a nalézt i případné alternativní cesty jak daný problém řešit.

1. Problém s černou obrazovkou při zapnutí
2. Problém s *modrou smrtí* při bootování
3. Padání Nvidia Geforce ovladače při zátěži.

Dané problémy, které nastaly u mnou testovaného notebooku ASUS, a jejich řešení jsou specifické pro moji sestavu a zapojení, a mohou, ale nemusí fungovat u každého typu notebooku.

#### 4.3.2.1 Problém s černou obrazovkou při zapnutí

Pokud po zapnutí notebooku se pouze objeví černá obrazovka a počítač nenabíhá do systému, jedná se o konflikt externího adaptéru se základní deskou. Na vině může být špatné nastavení CTD a PTD, které jsou umístěny na adaptéru, výchozí nastavení těchto přepínačů

by mělo být na OFF, aby nedocházelo k žádné komplikaci. Nicméně jejich změna z výchozí pozice může vyřešit problémy s černou obrazovkou a zabránit k hardwarovému konfliktu.

Další možnou příčinou může být špatné zapojení ze strany uživatele do nesprávného mPCIIE portu v notebooku, některé nabízejí i další rozšiřující port mSATA pro SSD disky. Ty se vzhledově a i typem hodně podobají právě mPCIIE, proto může dojít k záměně. Rozdíl je rozeznatelný až na základní desce, kde každý z portů je připojen k jinému můstku.

Nemůžeme ani opomenout přímou nekompatibilitu s externím adaptérem daného notebooku, která nedovoluje takovéto zapojení. V každém případě je vždy třeba dbát na to, aby byla grafická karta připojená k dostatečně výkonnému zdroji.

#### **4.3.2.2 *Problém s „modrou smrtí“ při bootování***

Modrou smrtí se rozumí problém operačního systému Windows, který nastane právě tehdy, pokud se vyskytne závažný problém, který způsobí, že systém Windows nereaguje nebo se bez jakéhokoliv důvodu restartuje. Právě příčiny této chybové hlášky mohou mít na svědomí jak hardwarové komponenty ale i software, který byl nedávno nainstalovaný do počítače.[16]

Řešení tohoto problému v našem případě je poněkud jednoduché, příčinami nejčastěji je špatná konfigurace správce zařízení, kde se ještě před připojením externí karty nezakázala karta dedikovaná v notebooku, správné nastavení je popsáno v kapitole 4.4.

Méně častou příčinou může být nepřepnuté nastavení v biosu, pokud to umožňuje. Společnost Lenovo některé své notebooky řady ThinkPad osazuje biosem s názvem Insydeh20 Setup Utility, v nastavení tohoto biosu lze jednoduše přepnout preferování grafické karty z integrované na externí. Někdy jsou ale tyto volby a změny výchozího grafického adaptéru uzamknuté od výrobce.

#### **4.3.2.3 *Problém ovladače Nvidia Geforce při zátěži***

Jestliže se objeví problém v oznamovací oblasti s popisem *Windows Nvidia kernel mode driver přestal odpovídat*, která se objevuje právě tehdy, když zapneme například počítačovou hru nebo jakoukoliv jinou graficky náročnou operaci. Tak nejčastějším viníkem tohoto problému je počítačový zdroj, který napájí externí kartu. Tento problém přetrvával nejdelší dobu celého testování.



První byly provedeny testy s grafickou kartou Nvidia GTX 650 Ti, která má maximální spotřebu 110 W a výrobce doporučuje nejméně zdroj o výkonu 400 W. Na test byl použit zdroj o výkonu 450 W, takže podmínky by měli být splněné a taky že ano, všechny testy proběhly v pořádku s touto kartou. Nicméně problém nastal až s kartou Nvidia GTX 760, která dosahuje maximálního příkonu 170 W a doporučený zdroj je 500 W, tyto hodnoty doporučených zdrojů jsou ale nastaveny tak, že se bere v úvahu to, že v sestavě je zapojen i procesor a další komponenty, které mají taky svou vlastní spotřebu. I když byl zdroj, který byl používán při testech jen o 50 W slabší, neměl by být žádný problém, ale karta byla nestabilní a při každé větší grafické náročnosti padal právě ovladač grafické karty nebo se rovnou restartoval celý notebook. Úplně stejně se chovala i karta Nvidia GTX 670, která je v náročnosti na spotřebu stejná jak karta GTX 760.

Prvním řešením tohoto problému bylo stáhnutí programu na taktování grafických karet MSI Afterburner, kde lze nastavit například maximální spotřebu grafické karty, zvýšit nebo snížit frekvence jádra nebo operačních pamětí, taktéž jde upravovat otáčky ventilátorů a nastavovat vlastní program, kdy se ventilátory roztočí a za jakých podmínek. Dá se říci, že snížením frekvence jádra a paměti se sníží i energetická náročnost karty. Proto byl nastaven menší takt o 100 Mhz na jádru i na paměti. To mělo za výsledek nepatrně větší stabilitu a výdrž karty při zátěži už nepadala přímo po zapnutí graficky náročné operace, ale až po 5 až 10 vteřinách, nebyl to žádný velký úspěch, ale pokrok zde byl. Snaha jakkoliv více pod taktovat nebo omezit výkon karty, mělo za výsledek vždycky celkovou nestabilitu u všech benchmarků, jediný test, který proběhl bez problému a bez pod taktování, byl rendering v programu Blender.



Obrázek 16. Možnosti taktování v MSi Afterburner

Dalším pokusem o vyřešení tohoto problému bylo použití jiného zdroje a to zdroje ZM350-FX 350 W od společnosti ZALMAN, tento zdroj je sice ještě slabší než prvně testovaný Eurocase 450 W, ale zato má mezinárodně uznávanou certifikaci 80 Plus Bronze. Tuto certifikaci u každého zdroje lze ověřit přímo na webové stránce severoamerického sdružení prosazující vyšší energetickou účinnost počítačových zdrojů. Celá certifikace 80 Plus má několik kategorií, do kterých jednotlivé zdroje dělí, od nejnižší kategorie Bronze až po nejvyšší kategorii Titanium.[17]

Tabulka 3. Přehled účinnosti zdroje certifikace 80 Plus [17]

Výše napětí	230 V			
	10%	20%	50%	100%
80 Plus Bronze		81%	85%	81%
80 Plus Silver		85%	89%	85%
80 Plus Gold		88%	92%	88%
81 Plus Platinum		90%	94%	91%
82 Plus Titanium	90%	94%	96%	91%

Po vyzkoušení zapojení s tímto zdrojem se vyřešila značná část tohoto problému, systém a testy byly stabilní v programech od společnosti Unigine i při renderingu v Blendru taktéž, jediným zádrhelem se stal benchmark 3Dmark11. První úspěšný stabilní benchmarkový test byl s nastavením hodnoty *Power limit* na 85% bez pod taktování. U Nvidia GTX 670 bylo použité stabilní nastavení z karty GTX 760, které bylo bohužel stále nestabilní, i když se v principu energetické náročnosti jednalo o identické karty. Zde musel být nastaven pro úspěšný test *Power limit* až na nejméně možnou hodnotu 44%, jakákoliv vyšší hodnota měla za výsledek spadnutí operačního systému nebo ovladače.

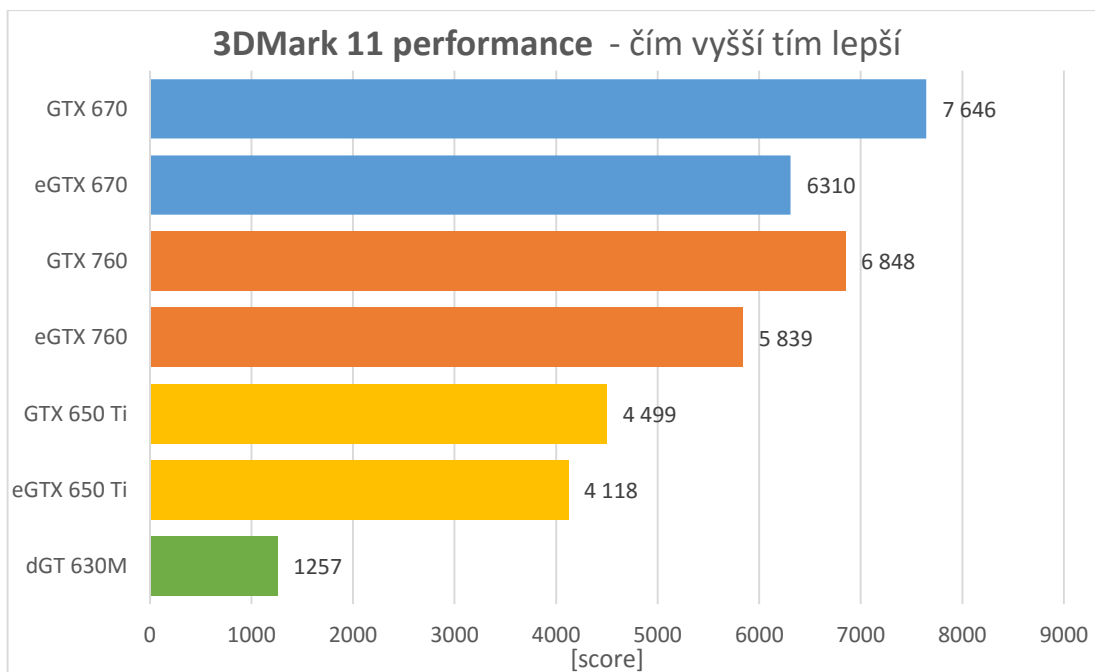
Tabulka 4. Tabulka postupného testování stability

Nvidia GTX 760		Nvidia GTX 670	
3Dmark11	Power limit [%]	3Dmark11	Power limit [%]
5386	57	5788	44
5816	70	nestabilní	50
5831	85		
nestabilní	90		

Jelikož bylo potvrzeno to, že na bezproblémový provoz těchto karet stačí i slabší výkonový zdroj o hodnotě 350 W, ale za to s mnohem vyšší účinností. Byl zdroj Zalman vyměněn za zdroj Seasonic SSP-550RT ještě s vyšší účinností, ale taktéž i s vyšším výkonem. I když bylo potvrzeno, že výše maximálního výkonu zde při testech nehraje velkou roli, hlavní roli představuje výše účinnosti. Pro potvrzení této hypotézy by se musel provést rozsáhlý test různých zdrojů o stejném výkonu, ale s rozdílnou kategorií certifikace 80 Plus. Zdroj od společnosti Seasonic má certifikaci 80 Plus Gold, který je řádově účinnější o cca 7%. Při testech s tímto zdrojem proběhly všechny benchmarky u všech karet bezproblémově.

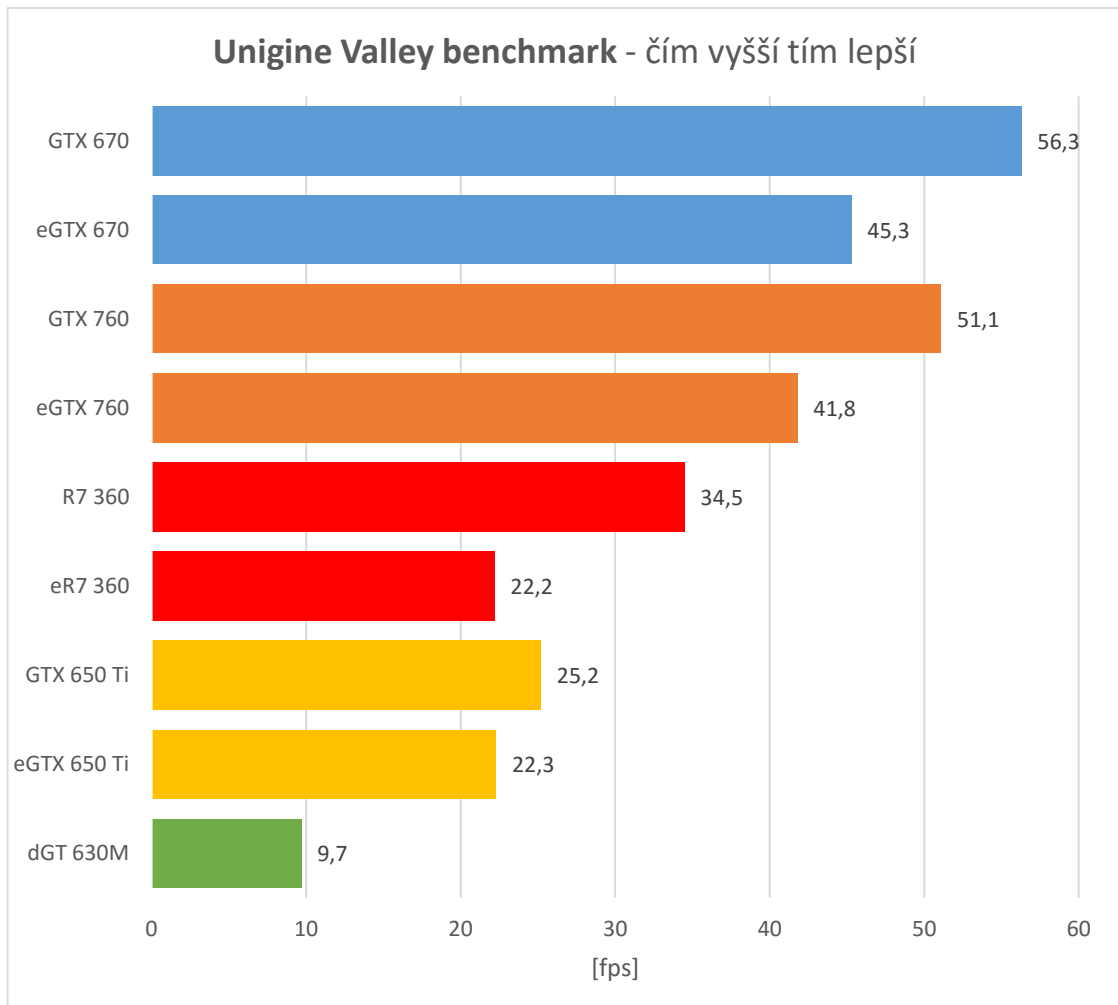
## 5 PREZENTACE VÝSLEDKŮ

V této kapitole jsou prezentovány výsledky měření v jednotlivých benchmarkových testů. Dále jsou sestrojeny grafy zobrazující naměřené výsledky z každého testu. V každém grafu jsou jednotlivé grafické karty zvýrazněné barevně pro lepší přehlednost. Externě připojené karty jsou rozlišeny zkratkou *eGPU* a daný typ karty.



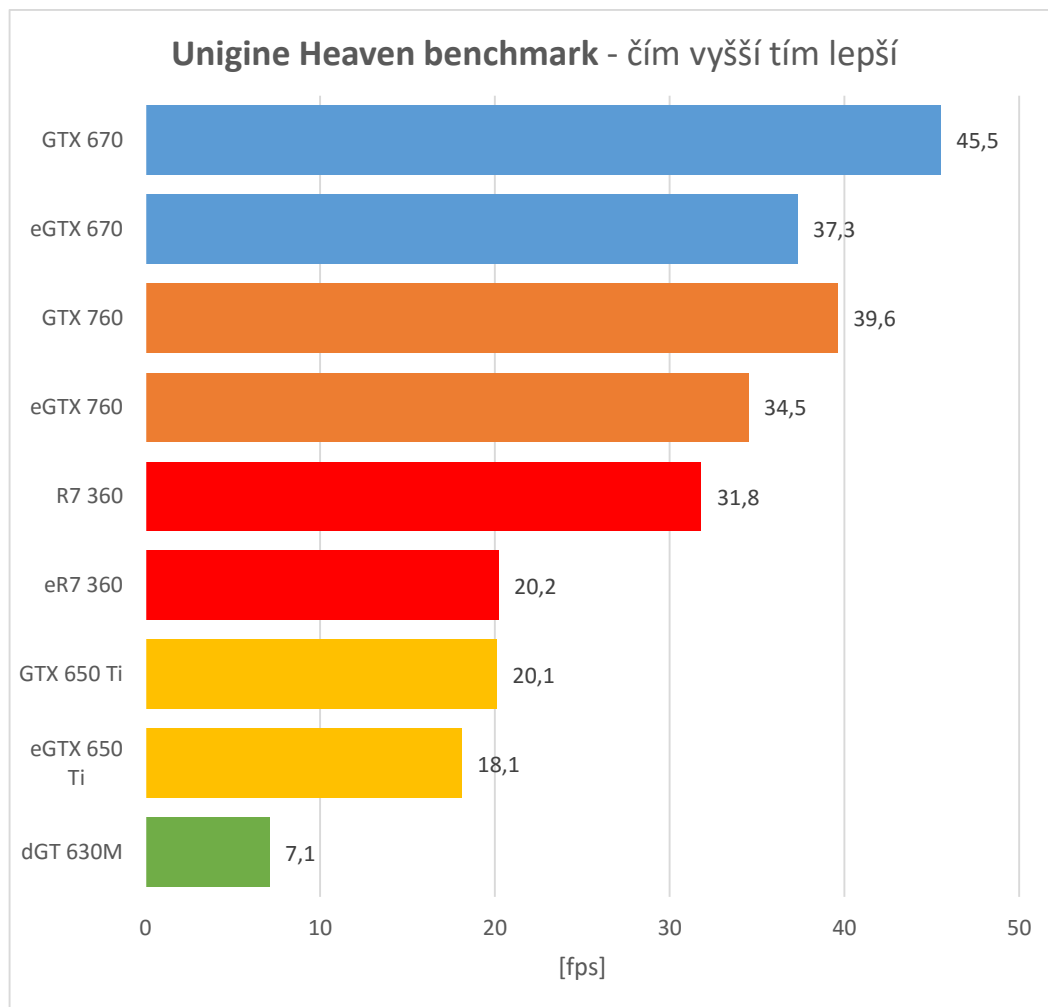
Graf 1. Srovnání výsledku v 3DMark 11 performance.

Z grafu můžeme vyčíst skutečnost, že výsledný výkon je dle očekávání od nejvýkonnější karty GTX 670 seřazen sestupně až k dedikované kartě v notebooku. Zajímavostí jsou výsledky karty GTX 650 Ti, která jako jediná má nejmenší rozdíl výkonu oproti desktopovému zapojení. U ostatních karet je tento rozdíl oproti stolnímu počítači výraznější.



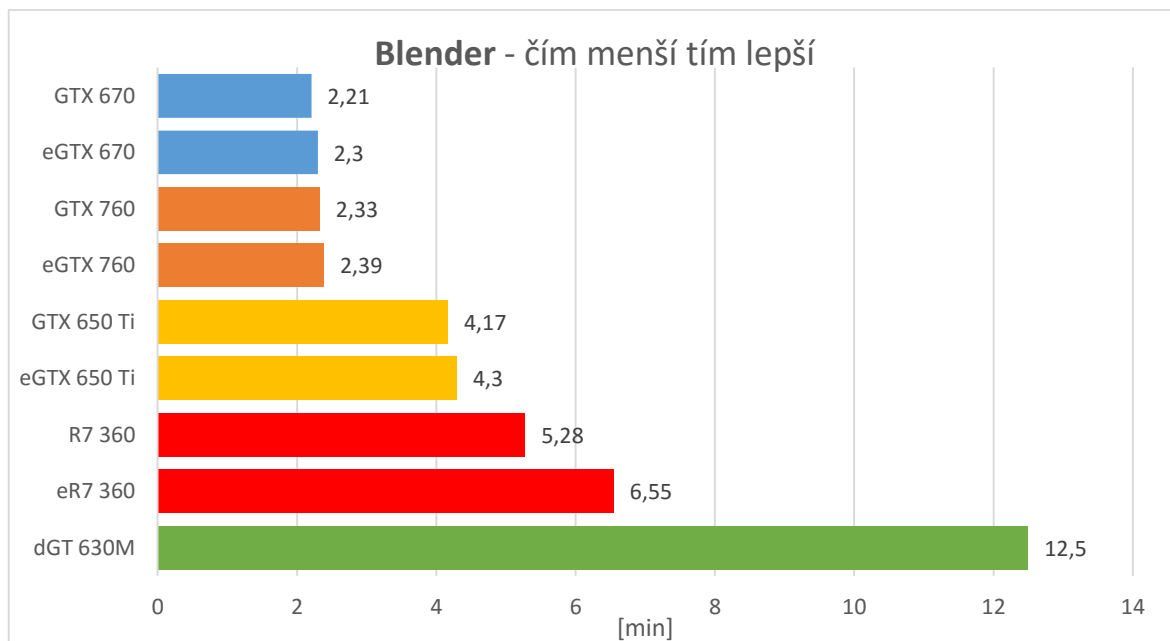
Graf 2. Srovnání výsledku v Unigine Valley.

U benchmarku od Unigine, konkrétně Valley benchmarku, můžeme vidět podobné výsledky jako v předešlém testu, avšak zásadní rozdíl je zde u karty od AMD, která v tomto testu má největší rozdíl výkonu a to z výsledku 34,5 fps na 22,2 fps, to odpovídá propadu výkonu o 35,7% oproti desktopovému zapojení. Tento velký propad se ale objevuje pouze u této grafické karty, důvodem může být horší optimalizace ovladače od výrobce. Karty společnosti GeForce takovým výkyvem netrpí a následují poměrně stejné hodnoty.



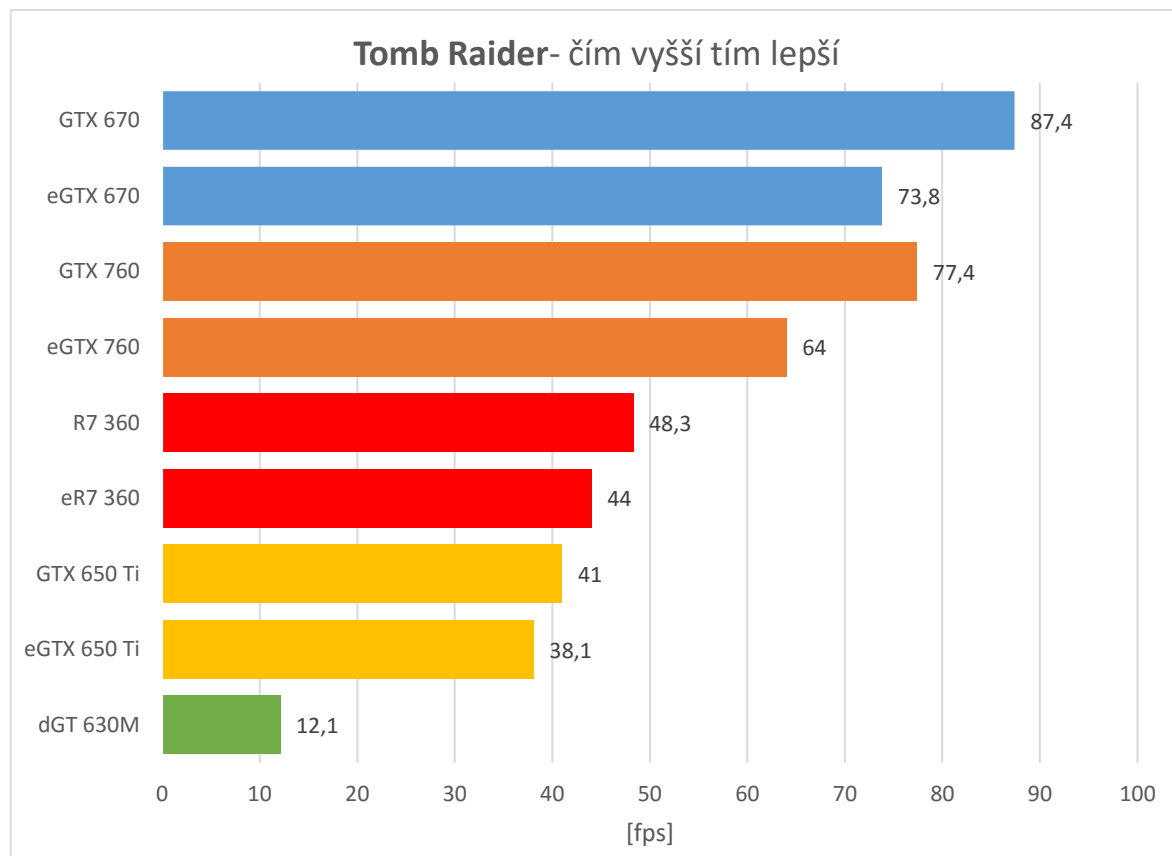
Graf 3. Srovnání výsledku v Unigine Heaven.

Stejný problém u karty R7 360 od AMD přetrvává i u dalšího testu od Unigine. Zde je pokles, ale ještě o procento vyšší konkrétně 36,5%. Tímto se jedná o největší naměřený pokles ze všech testovaných karet v rámci testování.



Graf 4. Srovnání výsledku v programu Blender

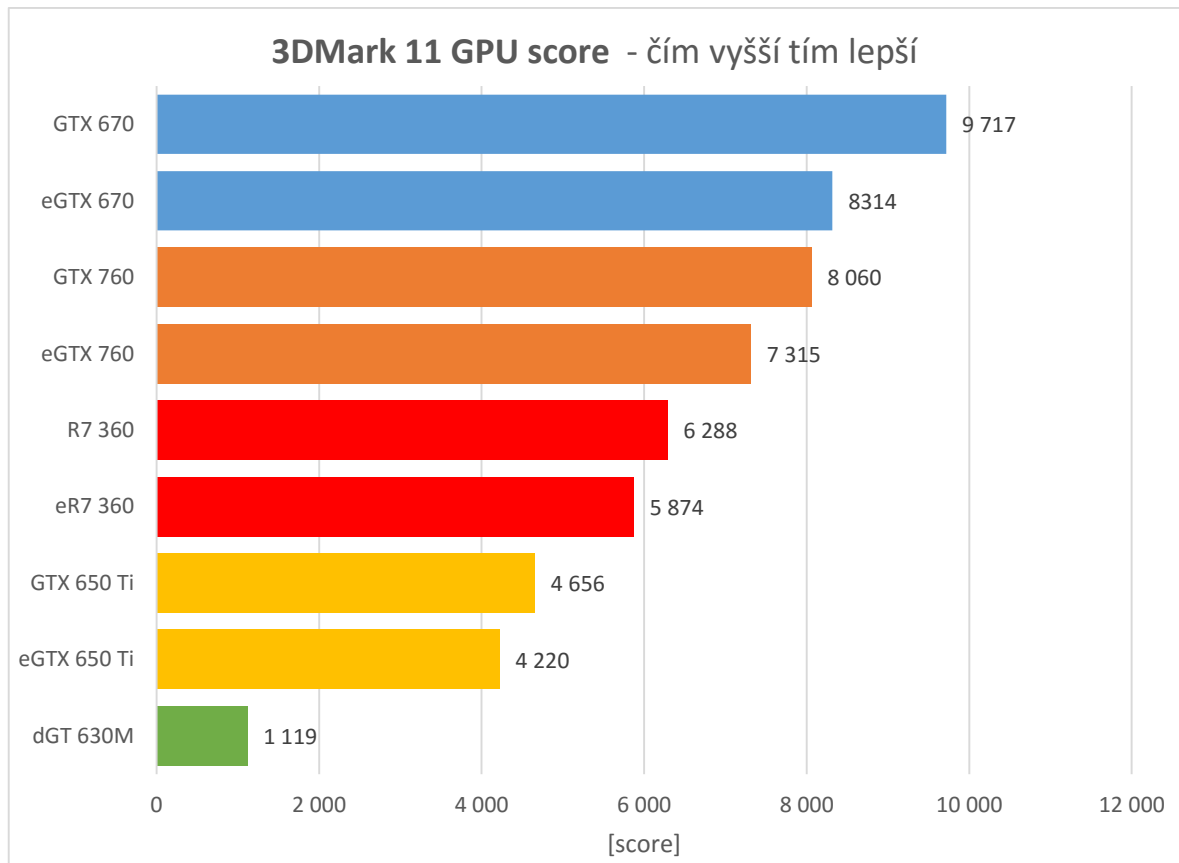
V programu Blender bylo prováděno rendrování pomocí funkce CUDA u grafických karet GeForce a u karty AMD, bylo využito funkce OpenGL, která je implementována v Blendru poměrně krátkou dobu ve formě beta verze. To může mít za následek horší výsledný čas i oproti teoreticky pomalejší kartě GTX 650 Ti. Karta R7 360 by se měla řadit právě mezi výsledek karty GTX 760 a GTX 650 TI, ale není tomu tak. Příčinou tohoto jevu může být především beta verze implementované funkce OpenGL pro renderování v Blendru, a také technické vybavení karty, kde jsou použity dvě rozdílné technologie. Nejzajímavějším jevem na tomto grafu je především téměř žádný rozdíl výkonu při využití jader CUDA pro renderování objektu oproti desktopovému zapojení.



Graf 5. Srovnání výsledků ve hře Tomb Raider 2013

Ve hře Tomb Raider 2013, jsou všechny výsledky téměř shodné s výsledky s prvního testu 3DMarku 11. Není zde ani žádný pozorovatelný propad výkonu. Karta AMD zde dokazuje, že při použití pro hraní počítačových her nezaostává a splňuje všechna očekávání.

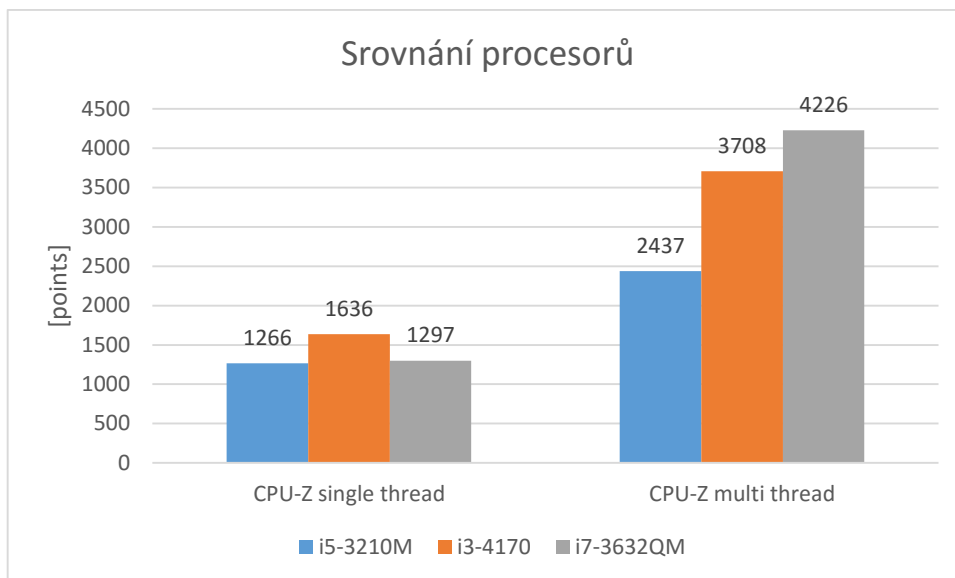




Graf 6. Srovnání výsledku z 3DMark11 GPU score.

Tento graf zobrazuje dílčí výsledky z benchmarku 3DMark 11. Jedná se o test grafického výkonu karty. Je to jedna z mnoha hodnot, které benchmark vyhodnocuje. Jedná se o jeden výsledek z několika podtestů. Celkové výsledné skóre se skládá z dílčích výsledků. Využití hodnoty z právě tohoto testu lze využít k porovnání s kartami, které nejsou k dispozici na testování, ale lze jejich výsledky dohledat v online databázi výsledků grafických karet na stránkách společnosti Futuremark.

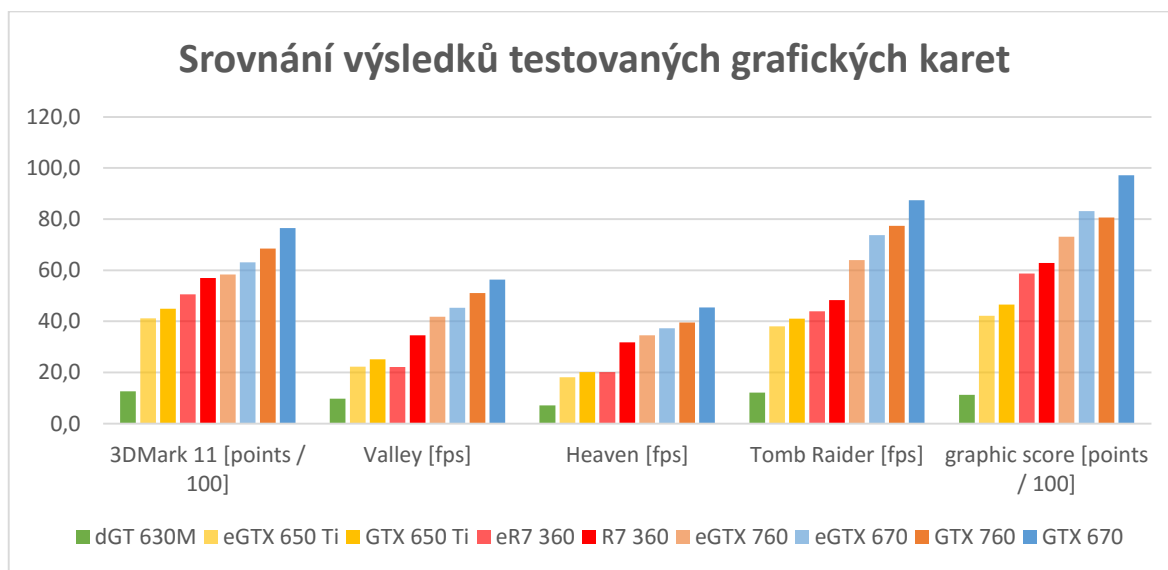
Proveden byl i test orientačního srovnání výkonu procesoru, jelikož je nedílnou součástí počítače. V grafu jsou srovnány celkem tři procesory dva mobilní procesory třídy M a jeden desktopový procesor. Jelikož ve všech testech se porovnává procesor i3 a i5 z notebooku, jejich rychlost v jedno-vláknových procesech je srovnatelná, i když procesor i3 má nepatrně navrch. Proto je do srovnání přidán výsledek mobilního CPU i7, který výpočetním výkonem překonává, právě desktopové CPU i3. Lze tedy při použití právě tohoto mobilního CPU výsledky z testů ještě o nějaké jednotky procent zvýšit.



Graf 7. Srovnání výkonu procesorů.

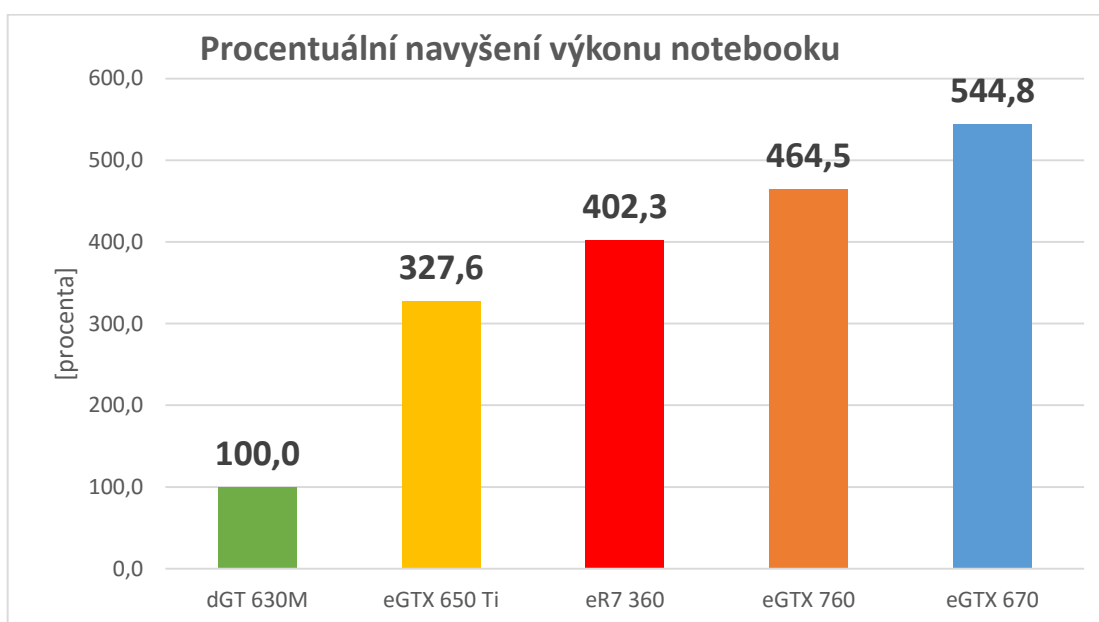
### 5.1 Srovnání výkonu

Jedná se o celkové vyhodnocení všech výsledků z provedených testů na všech grafických kartách. Graf je seřazen sestupně od nejvýkonnější karty. Pro přehlednost jsou jednotlivé karty rozděleny dle barev, kde vždy světlejší odstín dané barvy představuje externí zapojení karty. Lze zde taky opět pozorovat největší výkonový rozdíl u karty od AMD. Aby bylo dosaženo přehledného srovnání, byly výsledky s 3D Marku a GPU score vyděleny 100, aby se hodnoty vyrovnaly a srovnávaly ve stejném jednotkovém řádu. Všechny výsledky benchmarků jsou prezentovány ve formě tabulky v příloze P1.



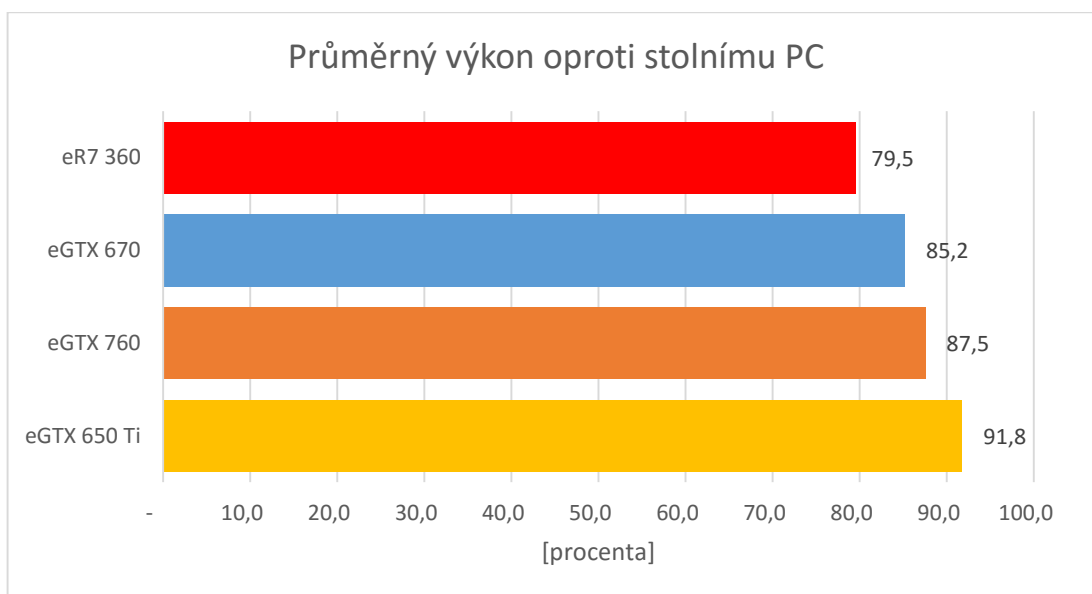
Graf 8. Celkové srovnání výsledků grafických karet.

Na dalším grafu je vyjádřen procentuální nárůst grafického výkonu notebooku s použitím dané karty. Výchozí hodnotou je dedikovaná karta, kde proti této kartě je vypočteno navýšení výkonu. Výpočet vychází z hodnot prvního benchmarku v 3D Mark 11, který poskytuje nejrelevantnější výsledek celkového testu notebooku, protože zohledňuje i výkon ostatních komponent. U první karty lze říct, že oproti kartě osazené v notebooku je výkon navýšen 3 krát. Karta od AMD navyšuje výpočetní grafický výkon 4 krát. Podobných výsledků dosahuje i karta GTX 760, kde je její výkon zvětšen 4,6 krát. U nejrychlejší karty je nárůst výkonu nejmarkantnější a navyšuje výkon celkově 5,4 krát vyšší než základní karta.



Graf 9. Procentuální navýšení výkonu notebooku.

Při pohledu na další ze stávajících grafů je možné vidět, že největším poklesem výkonu oproti zapojení ve stolním počítači má karta od AMD. Kdežto na druhé straně stranu grafu se usadila karta GTX 650 Ti, která v zásadě „trpí“ úbytkem výkon pouze v řádu několika jednotek procent. U testovaných karet lze obecně tvrdit, že čím vyšší a výkonnější řada grafický karet, tak tím vyšší bude procentuální úbytek výkonu. Hodnotou sta procent je u každé karty její výkon v testovaném zapojení ve stolním počítači. Graf tedy zobrazuje pouze výkon karty při externím zapojení v porovnání se stolním.



Graf 10. Průměrný výkon oproti stolnímu PC.

V tabulce jsou vypočítány všechny procentuální rozdíly u daného testu v externím zapojení dané karty. Výpočet byl počítán na základě rozdílu výsledků obou testů u dané karty a převeden na procentuální vyjádření. Celkový průměrný výkon je aritmetický průměr všech dílčích procentuálních rozdílů u karty.

Tabulka 5. Průměrný rozdíl výkonu oproti PC.

Průměrný rozdíl výkonu oproti PC							
	3D Mark 11 [%]	Valley [%]	Heaven [%]	Blender [%]	Tomb Raider [%]	GPU score [%]	Průměr [%]
eGTX 650 Ti	8,5	11,5	10,0	3,1	7,1	9,4	<b>8,2</b>
eR7 360	11,2	35,7	36,5	24,1	8,9	6,6	<b>20,5</b>
eGTX 760	14,7	18,2	12,9	2,6	17,3	9,2	<b>12,5</b>
eGTX 670	17,5	19,5	18,0	4,1	15,6	14,4	<b>14,9</b>

## 5.2 Srovnání s herními notebooky

V této kapitole jsou výsledky měření porovnány s ekvivalentním výkonným herním notebookem. Tabulka zobrazuje celkovou cenu řešení s připojením externí grafické karty k notebooku a s cenou adekvátně výkonného herního notebooku. Jelikož testované grafické karty již nejsou dostupné k zakoupení, byly nahrazeny kartou s vyšší vývojové řady s podobným grafickým výkonem v 3DMark11 GPU score. Všechny novější modely jsou samozřejmě v porovnání výkonnější, je tedy možné předpokládat, že i při zapojení do notebooku budou všechny hodnoty vyšší než u testovaných karet.

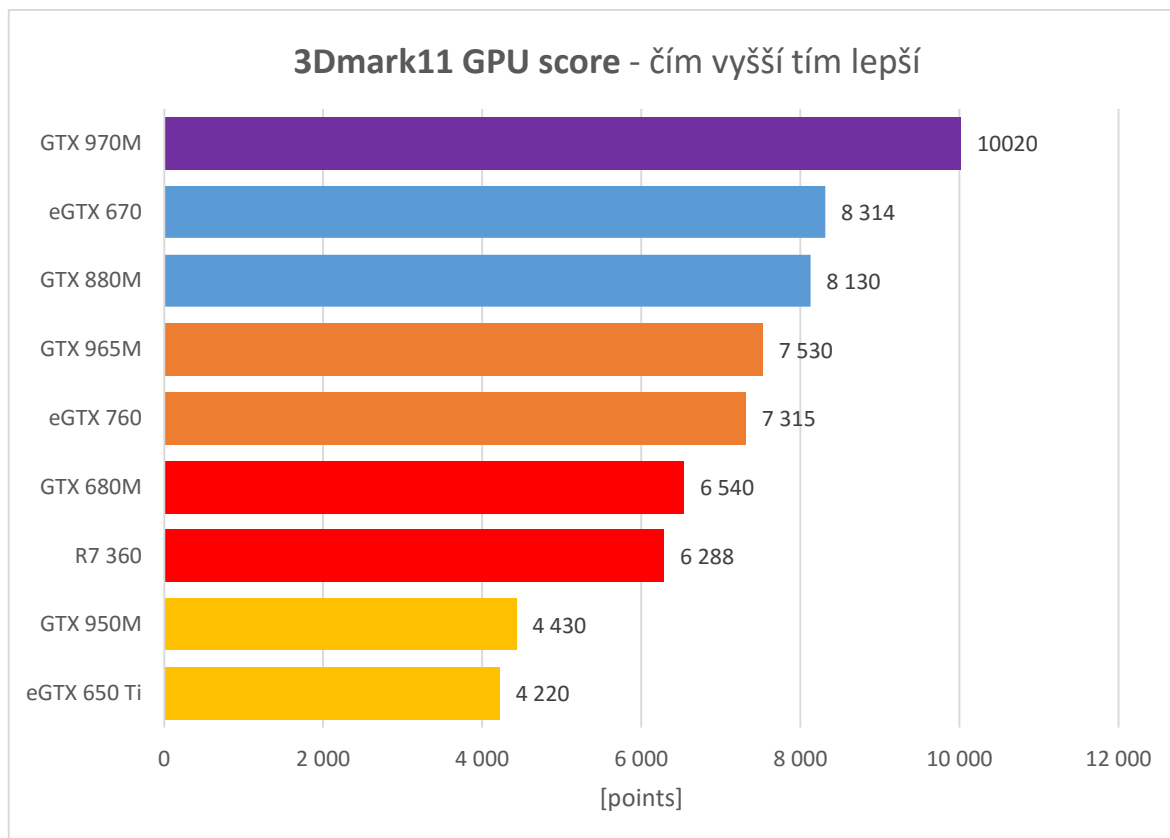
Při extérním zapojení karty GTX 650 Ti s výsledkem 4 499 je možné, tuto kartu nahradit jejím novějším nástupcem GTX 750 TI, která dosahuje výsledku 5 650. Cena této karty se pohybuje okolo 3 000 Kč. Další volbou za náhradu testované GTX 760 s výsledkem 7 315, je karta z nejnovější řady GTX 950, která má hodnotu v GPU score 8 710. Cenové rozpětí této karty je mezi 3 900 Kč až 5 200 Kč. Poslední náhradou testované GTX 670 s výsledkem 8 314, může být karta GTX 960, která sice má řádově o několik tisíc vyšší GPU score, ale je stále v prodeji na rozdíl od GTX 670. Kartu lze pořídit za cenu okolo 6 000 Kč. [18]

Celková částka externího řešení je 14 250 Kč. Do částky je započítáno zakoupení nového notebooku ASUS X550CA-XO097H za cenu 11 500 Kč, který má procesor z řady Intel Core i5, 4 GB RAM, ale pouze integrovanou grafickou kartu Intel HD 4000, tedy ekvivalent notebooku, který byl využit pro testování. Další položka v částce 1 300 Kč je počítačový zdroj Seasonic SSP-350GT, který má celkový výkon 350W, a také je samozřejmost certifikace 80 Plus Gold, aby bylo zajištěno bezchybné funkce zapojení. Externí slot pro grafickou kartu EGPU BEAST V7.0, lze pořídit za cenu okolo 1 450 Kč na nákupním portálu banggood.com. Všechny předešlé ceny jsou aktuální ke dni 9. 5. 2016 v internetovém obchodě Alza.cz.

Tabulka 6. Cenové srovnání externího řešení a herního notebooku.

3Dmark 11GPU Score		Cena externího řešení	Cena herního notebooku
GTX 750 Ti	5650	17 250 Kč	21 990 Kč
GTX 950	8710	18 350 Kč	29 361 Kč
GTX 960	10 440	19 689 Kč	36 990 Kč

Z tabulky vyplývá, že při rozhodnutí využití připojení externí karty lze ušetřit řádově několik desítek tisíc korun za teoreticky podobný až vyšší grafický výkon oproti herním notebookům. Notebooky pro srovnání byly vybírány na základě podobné hodnoty GPU score při extérním zapojení. GeForce GTX 650 Ti svým výkonem lze porovnat s herní mobilní grafickou kartou GTX 950M v notebooku ASUS F756UX-T4034T, cenovka tohoto notebooku se pohybuje okolo 21 990 Kč. Dalším srovnávaným notebookem je GIGABYTE P55KV4-CZ001H, který obsahuje mobilní kartu GTX 965M s výkonem testované GTX 760. Jeho cena se pohybuje okolo 26 361 Kč. Nejdražší a nejvýkonnější notebooku od Aceru konkrétně z herní řady Predátor, která u společnosti reprezentuje jen ty nejvýkonnější stroje vytvořené a navrhnuté speciálně pro hraní počítačových her, je typ Acer Predator 17 s cenovkou 36 990 Kč. V jeho šasi lze najít jednu z nejvýkonnějších mobilních grafických karet a to GTX 970M, u které se GPU score zastavilo u hodnoty lehce překračující hodnotu 10 000 bodů. Jelikož mnou testovanou nejvýkonnější grafickou kartou je pouze GTX 670, která dosahuje pouze na 8 314 bodů, nelze tyto dvě karty jednoduše porovnat, je tedy do grafu ještě zařazena karta GTX 880M, protože má srovnatelný výkon jak testovaná GTX 670. Notebooky osazené právě touto GTX 880M, nenalezneme v aktivní nabídce, ale pouze se doprodávají poslední kusy. Proto do srovnání byl zařazen Acer Predator 17, ale přihlédneme-li k faktu, že už ani testovaná GTX 670 není v nabídce. Může se se tento notebook srovnávat právě s řešením s extérní GTX 960, která dosahuje výsledku 10 440 ve stolních počítačích.



Obrázek 17. Srovnání karet v herním notebooku s externími kartami

## ZÁVĚR

V rámci této práce byla provedena analýza aktuální situace v oblasti možnosti připojení externích grafických karet k notebooku. Pro vybraný návrh možnosti zvýšení výkonu byly zjištěny jeho silné a slabé stránky a stanoven cenový odhad daného řešení. Silnou stránkou řešení je určitě velká možnost kompatibility řešení s co největším počtem notebooků oproti specializovaným řešením od velkých výrobců počítačů. Další je cenová dostupnost samotného adaptéru. Za slabou stránkou řešení se dá považovat poměrně složitá instalace a připojení, kde všechny tyto vlastnosti jdou na úkor komfortu a vzhledu.

Naměřené výsledky testovaného zapojení předčily očekávání a dokázaly, že tento způsob lze provozovat bez větších výkonových rozdílů. Tímto se stává tento návrh zvýšení výkonu velice dobrou a použitelnou cestou pro ty, kteří hledají nejjednodušší způsob navýšení grafického výkonu u notebooku, především v oblasti 3D renderingu. Kde výsledky dílčích testů nevykazovaly téměř žádného ovlivnění funkce CUDA při renderingu v programu Blender. Testy také dokázaly, že mPCI-E v notebooku běží na rychlostech odpovídajícím PCI Express x4. Vyvrátily také mou domněnku o tom, že limity této sběrnice budou například na jednotné hodnotě, přes kterou se karty při testech nedostanou. Testy ukázaly také na problém spojený s propady výkonu s kartami od společnosti AMD, které nejspíš své ovladače grafických karet nemá adekvátně optimalizované pro benchmarkové testy.

Testy jednotlivých karet odpovídaly výkonovým kategoriím, ve kterých se karty pohybují, a nedocházelo k žádným změnám v pořadí výkonu. V závěru práce je provedeno cenové srovnání a kalkulace externího řešení oproti herním notebookům. Kde lze řádově ušetřit několik desítek tisíc korun za stejný grafický výkon v počítačových hrách nebo právě při využití technologie CUDA.



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MITREGA, Michal. Externí grafická karta k notebooku. In: *PC Tuning* [online]. 2008 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/disky-cd-dvd-br/12124-externi-graficka-karta-k-notebooku>
- [2] ZIMA, Jiří. Test: Fujitsu Siemens AMILO Sa3650. In: *Notebook.cz* [online]. 2009 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://notebook.cz/clanky/recenze-notebook/2008/fsc-amilo-sa3650>
- [3] JAVŮREK, Karel. Externí grafika pro notebook jde sestavit i vlastní silou. In: *Živě* [online]. 2013 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.zive.cz/clanky/externi-grafika-pro-notebook-jde-sestavit-i-vlastni-silou/oficialni-reseni-v-nedohlednu/sc-3-a-169967-ch-88045/default.aspx#articleStart>
- [4] OLŠAN, Jan. Konečně můžete mít externí grafiku k notebooku, s boxem Amplifier od Dellu. In: *EXTRAHARDWARE* [online]. 2014 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.cnews.cz/konecne-muzete-mit-externi-grafiku-k-notebooku-s-boxem-amplifier-od-dellu>
- [5] OLŠAN, Jan. AMD přichází s externími GPU. Technologie XConnect už je v prvních notebookech. In: *EXTRAHARDWARE* [online]. 2016 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.cnews.cz/amd-prichazi-s-externimi-gpu-technologie-xconnect-uz-je-v-prvnich-noteboocich>
- [6] -HONY-. PCI Express – základní odlišení slotů, rychlost, tipy při koupi. In: *SVĚT HARDWARE* [online]. 2008 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.svethardware.cz/forum/showthread.php/25128-PCI-Express-zakladni-odliseni-slotu-rychlost-tipy-pri-koupi>
- [7] DEMBOWSKI, Klaus. Mistrovství v hardware. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2009, 712 s. ISBN 978-80-251-2310-2.
- [8] BOND, Kristina. WHAT IS THE PCIE MINI CARD & WHY NOW? In: *I/O Hub: A logic Supply Resource* [online]. 2007 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.logicsupply.com/explore/io-hub/what-is-the-pcie-mini-card-why-now/>
- [9] *Mini PCI Express* [online]. In: . [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/64794/mini-pci-express>
- [10] JAVŮREK, Karel. Thunderbolt 3: 40 Gb/s v konektoru USB-C. In: *ŽIVĚ* [online]. 2015 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.zive.cz/clanky/thunderbolt-3-40-gb/s-v-konektoru-usb-c/sc-3-a-178522/default.aspx>
- [11] EXP GDC V7.0 Beast Laptop External Independent Video Card Dock. *Banggood.com* [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.banggood.com/EXP-GDC-Laptop-External-PCI-E-Graphics-Card-p-934367.html>
- [12] HAGEDOORN, Hilbert. Unigine Heaven Benchmark 4.0. In: *The guru of 3D* [online]. 2013 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.guru3d.com/files-details/download-unigine-heaven-benchmark.html>
- [13] HAGEDOORN, Hilbert. Unigine Valley Benchmark 1.0. In: *The guru of 3D* [online].

2013 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.guru3d.com/files-details/unigine-valley-benchmark-download.html>

[14] HAGEDOORN, Hilbert. 3DMark 11 Basic Edition. In: *The guru of 3D* [online]. 2014 [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.guru3d.com/files-details/3dmark-11-basic-edition-download.html>

[15] *Blender: BMW Benchmark* [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <https://www.blender.org/download/demo-files/>

[16] Vyřešení chyb stop (modrá obrazovka) v systému Windows 7. *Microsoft* [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://windows.microsoft.com/cs-cz/windows7/resolving-stop-blue-screen-errors-in-windows-7>

[17] *80 PLUS Certified Power Supplies and Manufacturers* [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.plugloadsolutions.com/80PlusPowerSupplies.aspx>

[18] Best Graphics Cards May - 2016. *Futuremark* [online]. [cit. 2016-05-15]. Dostupné z: <http://www.futuremark.com/hardware/gpu>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

API	Application Programming Interface
MB	Mother Board
PCI	Peripheral Component Interconnect
RAM	Random Access Memory
HDMI	High-Definition Multi-media Interface
DVI	Digital Visual Interface
USB	Universal Serial Bus
LCD	Liquid Crystal Display
GPU	Graphic Processing Unit
CPU	Central Processing Unit
FPS	Frames Per Second
SSD	Solid State Drive
HDD	Hard Disk Drive
SLI	Scalable Link Interface
VGA	Video Graphics Array
2D, 3D	Two and Three dimensional
CUDA	Compute Unified Device Architecture
PSU	Power Supply Unit
SATA	Serial Advanced Technology Attachment
CTD	Crash Time Delay
PTD	Packet Transfer Delay
DPH	Dan z Přidané Hodnoty

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1. AMILO GraphicBooster[2].....	11
Obrázek 2. ViDock s rozhraním ExpressCard [3] .....	12
Obrázek 3. Allenware Ggraphic Amplifier [4].....	13
Obrázek 4. Technologie XConnect od AMD [5].....	14
Obrázek 5. Srovnání rychlostí ve standardu PCIE v2.0. [6].....	16
Obrázek 6. Výčet vlastností Thunderboltu 3 v USB-C [9].....	17
Obrázek 7. Přehled periférií EGPU BEAST V7.0 [10] .....	19
Obrázek 8. Seznam doporučených grafických karet [10].....	20
Obrázek 9. Ukázka způsobu zapojení.....	21
Obrázek 10. Zakázání dedikované karty ve správci zařízení.....	22
Obrázek 12. Ukázka prostředí programu CPU-Z .....	25
Obrázek 13. Výsledek testu Heaven Benchmark[11] .....	26
Obrázek 14. Ukázka možnosti nastavení Valley Benchmarku [12] .....	28
Obrázek 15. Scéna v programu Blender .....	29
Obrázek 16. Nastavení hry Tomb Raider .....	31
Obrázek 17. Možnosti taktování v MSi Afterburner .....	34
Obrázek 18. Srovnání karet v herním notebooku s extérními kartami .....	47

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1. Srovnání výsledku v 3DMark 11 performance. ....	36
Graf 2. Srovnání výsledku v Unigine Valley.....	37
Graf 3. Srovnání výsledku v Unigine Heaven. ....	38
Graf 4. Srovnání výsledku v programu Blender .....	39
Graf 5. Srovnání výsledků ve hře Tomb Raider 2013 .....	40
Graf 6. Srovnání výsledku z 3DMark11 GPU score. ....	41
Graf 7. Srovnání výkonu procesorů. ....	42
Graf 8. Celkové srovnání výsledků grafických karet. ....	42
Graf 9. Procentuální navýšení výkonu notebooku.....	43
Graf 10. Průměrný výkon oproti stolnímu PC.....	44

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1. Přehled rychlostí jednotlivých standardů PCIEX.....	16
Tabulka 2. Rychlý přehled použitých nastavení v programech.....	29
Tabulka 3. Přehled účinnosti zdroje certifikace 80 Plus [16].....	34
Tabulka 4. Tabulka postupného testování stability .....	35
Tabulka 5. Průměrný rozdíl výkonu oproti PC.....	44
Tabulka 6. Cenové srovnání externího řešení a herního notebooku.....	45

