

**Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Ústav systémového inženýrství a informatiky**

Testování výkonnosti vybraných procesorů

Petr Borýsek

**Bakalářská práce
2012**

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr Borýsek**
Osobní číslo: **E08021**
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Informatika ve veřejné správě**
Název tématu: **Testování výkonnosti vybraných procesorů**
Zadávací katedra: **Ústav systémového inženýrství a informatiky**

Zásady pro vypracování:

1. Procesory, charakteristika zvolených procesorů
2. Návrh postupu testování
3. Testování zvolených procesorů a vyhodnocení výsledků
4. Doporučení pro volbu procesoru pro různé typy využití

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

CISCO SYSTEMS, Inc., Cisco Networking Academy Program HP IT essentials I : PC hardware and software companion guide, 2nd ed. Indianapolis. Cisco Press, 2005. 1068 s. ISBN 1-58713-136-6

DEMBOWSKI K., Mistrovství v hardware, 1. vyd. Brno. Computer Press, 2009. 712 s. ISBN 978-80-251-2310-2

HORÁK J., Hardware: učebnice pro pokročilé, 4. aktualiz. vyd. Brno. Computer Press, 2007. 360 s. ISBN 978-80-251-1741-5




Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Oldřich Horák**
Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **3. října 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2012**



doc. Ing. Renáta Myšková, Ph.D.
děkanka

L.S.



doc. Ing. Jiří Křípka, Ph.D.
vedoucí ústavu

V Pardubicích dne 3. října 2011

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako Školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 30. 6. 2012

Petr Borýsek

PODĚKOVÁNÍ:

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu práce panu Ing. Oldřichu Horákovi za jeho odbornou pomoc, cenné rady a poskytnuté materiály, které mi pomohly při zpracování bakalářské práce.

ANOTACE

Tato práce je zaměřena na návrh testování a následné zhodnocení výsledků testování vybraných procesorů. Součástí je podrobný popis značení vybraných procesorů. Práce se snaží pomoci uživatelům s výběrem vhodného procesoru pro domácí využití. Okrajově se zabývá potřebností paralelizace jader a úvahou o budoucnosti vývoje procesorů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Processor, AMD, Intel, paralelizace jader, výkon, platforma, jádro

TITLE

Performance Evaluation of Selected Processors

ANNOTATION

This work is focused on the design of testing and subsequent evaluation of test results of selected processors. Selected brands of processors are detailed described. The work aims to help users to choose the right processor for home use. This work is marginally focused on the desirability of parallelization of cores and reflection on the future development of processors.

KEYWORDS

Processor, AMD, Intel, parallelism of cores, performance, platform, core

OBSAH

Úvod	10
1. Osobní počítač.....	11
1.1. ZÁKLADNÍ KOMPONENTY PC	11
1.2. VLIV JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT NA VÝKON.....	11
2. Procesor.....	18
2.1. PROCESOR.....	18
2.2. MODEL TICK-TOCK	20
2.3. ZNAČENÍ PROCESORŮ.....	20
2.3.1. Značení procesorů Intelu	20
2.3.2. Značení procesorů AMD	21
3. Testování	23
3.1. TESTOVACÍ PLATFORMY	23
3.1.1. Testovací platformy pro Intel.....	24
3.1.2. Charakteristika testovaných procesorů Intel	24
3.1.3. Testovací platformy pro AMD.....	27
3.1.4. Charakteristika testovaných procesorů AMD	27
3.2. NÁVRH POSTUPU A PRŮBĚH TESTOVÁNÍ.....	30
3.2.1. Aplikační výkon	30
3.2.2. Multimediální výkon	31
3.2.3. Syntetický výkon	33
3.2.4. Výkon v renderingu	34
3.2.5. Herní výkon	35
3.2.6. Celkový výkon.....	36
4. Výsledky testů	38
4.1. SHRUTÍ VÝSLEDKŮ	38
4.2. DOPORUČENÍ.....	39
Závěr	40
Použitá literatura	41
Seznam příloh.....	42

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Počet použitých tranzistorů v procesorech.....	19
Tabulka 2 - Vybrané procesory Intel.....	21
Tabulka 3 - Vybrané procesory AMD.....	22

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Detailní schéma Neumannovy architektury.....	12
Obrázek 2 - Zjednodušené schéma Neumannovy architektury.....	12
Obrázek 3 - Amdahlův zákon.....	14
Obrázek 4 - Chladič CPU Artic Cooling Freezer XTREME Rev.2.....	16
Obrázek 5 - Testovací sestava.....	23
Obrázek 6 - Procesor Intel Core 2 Quad Q9650.....	25
Obrázek 7 - Jádro Penryn Core 2 Duo vyrobené pomocí 45 nm výr. technologie.....	26
Obrázek 8 - Procesor AMD Athlon X2 6000+.....	29

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Aplikační výkon.....	31
Graf 2 - Multimediální výkon.....	32
Graf 3 - Syntetický výkon.....	33
Graf 4 - Výkon v renderingu.....	34
Graf 5 - Herní výkon.....	35
Graf 6 - Celkový výkon procesorů.....	37

SEZNAM ZKRATEK

AMD	Advanced Micro Devices
BIOS	Basic Input-Output System
CAD	Computer-aided desing
CPU	Central Processing Unit
DDR SDRAM	Double-data-rate synchronous dynamic random access memory
DIMM	Dual In-line Memory Module
FSB	Front Side Bus
GB	Gigabyte
GHz	Gigahertz
GPU	Graphic Processing Unit
HDD	Hard disk drive
HW	Hardware
IHS	Integrated Heat Spreader
IPC	Inter Process Communication
KB	Kilobyte
LCD	Liquid Crystal Display
MB	Megabyte
MHz	Megahertz
MIMD	Multiple Instruction Multiple Data
MIPS	Million Instruction Per Second
MMX	MultiMedia eXtensions
MSIMD	Multiple Single Instruction Multiple Data
PC	Personal Computer
PCI	Peripheral Component Interconnect
PCIe	Peripheral Component Interconnect Express
RAM	Random Access Memory
RPG	Role playing game
SPMD	Single Program Multiple Data
SSD	Solid-state drive
SW	Software
TDP	Thermal Design Power
W	Watt

ÚVOD

Počítače jsou dnes součástí našeho každodenního pracovního i soukromého života. Se zvyšujícími se znalostmi a dovednostmi uživatelů je neustále kladen větší důraz na širší záběr využití výpočetní techniky. Stále častěji se začínají využívat domácí počítače pro pestré multifunkční využití, jako např. zpracování fotografií, videí, hudby, internet, hry, atd. Pořízení počítače je dnes preferováno dvěma způsoby. V prvním případě dojde k zakoupení již hotové sestavy bez možnosti radikálních zásahů do jejího složení. V druhém případě si uživatel sám volí vhodné komponenty a v podstatě si navrhne na míru sestavu dle vlastních požadavků. Než však s ním začne pracovat, musí počítač správně sestavit, nainstalovat operační systém a požadovanou softwarovou výbavu.

Tato práce se bude zabývat jednou ze základních komponent, bez které by počítač vůbec nemohl fungovat, a to je procesor. Většina uživatelů osobních počítačů má omezené finanční prostředky k realizaci maximalisticky působících PC sestav (konfigurací). Problém finančních zdrojů je tedy stále důležitým faktorem v efektivním výběru správné konfigurace pro danou potřebu (požadovanou pracovní vytíženost). V mnoha případech se jedná o kompromis mezi penězi a výkonem (požadavky dle uživatelských zvyklostí). Převážná většina budoucích majitelů nového PC si v první řadě musí položit otázku, k jaké činnosti bude počítač využívat, jelikož od tohoto faktoru se odvíjí potřebný software a s ním nezbytně související požadovaný výkon.

Cílem práce je pomoci s výběrem procesoru a ukázat na testech výkonnostní rozdíly mezi vybranými typy procesorů. Uživatel má samozřejmě možnost získat prostřednictvím internetu informace o možnostech různých hardwarových konfigurací, převážně velice silných, neodpovídajících běžné realitě jejich využití. Chybí zde testování v nižších konfiguracích, které má více přiblížit možnosti reálných PC sestav. Profesionální testovací skupiny nebo jednotlivci inklinují k použití nejvýkonnějších a nejmodernějších technologií. Práce poskytuje základní přehled o jednotlivých komponentách osobního počítače včetně jednoduchého popisu jejich vlivu na celkový výkon.

1. OSOBNÍ POČÍTAČ

1.1. Základní komponenty PC

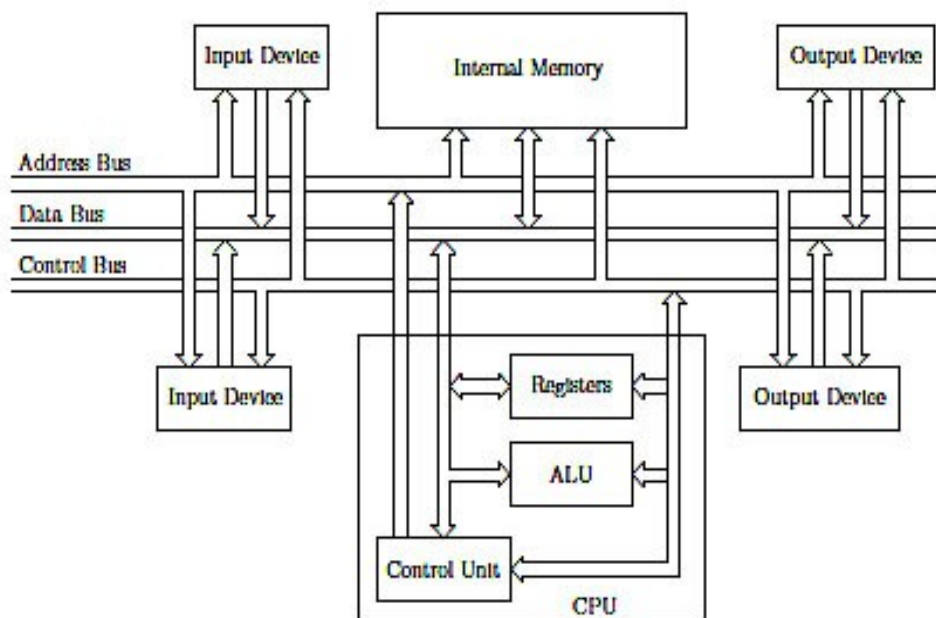
Osobní počítač se skládá z komponent, které jsou uloženy v počítačové skříni (casu) ve variantě tower (věž), desktop, nebo HTPC (Home Theatre Personal Computer). Imaginárním srdcem PC je jeho procesor a osazení základní desky (chipset). Základní deska (motherboard) v současnosti většinou integruje mnoho různých rozhraní např. zvukový, síťový, firewire¹ chip, přídavné řadiče různého typu, kontrolní chip a plno ostatního zařízení, např. napájecí obvody, atd. Další důležitou komponentou je operační paměť (RAM), dnes nejčastěji DDR2 nebo nověji DDR3. V počítačové skříni je dále umístěn zdroj, který napájí všechny komponenty. Platí zde pravidlo pořízení zdroje s lehce naddimenzovaným výkonem pro danou spotřebu PC, dostatečný výkon zdroje pomáhá k udržení vyšší stability a trvanlivosti součástek. O zobrazování se stará grafická karta. Může být buď integrovaná v chipsetu, nově přímo v procesoru, nebo jako přídavná karta, dnes nejčastěji pro sběrnici PCIe. Samozřejmostí je pevný disk HDD nebo nově SSD. Mezi pravidelně osazované komponenty patří také CD/DVD mechaniky. Důležitou složkou funkčního PC je operační systém a ostatní software. K osobnímu počítači lze připojit i mnoho dalších periférií, např. tiskárna, scanner, web kamera, atd.

1.2. Vliv jednotlivých komponent na výkon

Osobní počítač netvoří pouze procesor, ale je tvořen skupinou komponent, které se velmi, nebo naopak menší měrou podílejí na celkovém výkonu počítače, tzn. že výkon každého systému je limitován výkonem a propustností nejslabšího článku sestavy.

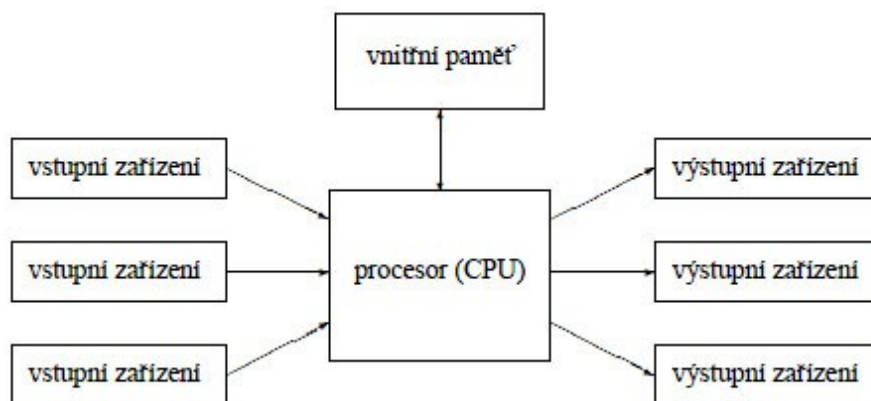
Osobní počítače typu PC vznikly na základě klasické von Neumannovy architektury. Jeho jádrem je aritmeticko-logická jednotka (ALU), sada registrů a řídicí jednotka ve formě řadiče instrukcí. Výše popsané části jsou integrovány do jediné komponenty nazývané Central Processing Unit (CPU) neboli procesoru. Další nezbytnou součástí je společná paměť pro data i instrukce navržená pro sekvenční zpracování, což jej odlišuje např. od schématu Harvardského. Architektura je ještě doplněna o vstupně-výstupní (I/O) kanály reprezentující vše mimo CPU a paměť. To vše je doplněno o adresní, datovou a řídicí sběrnici, znázorněno na obrázku č. 1 a 2. [1]

¹ Jedná se o sériovou sběrnici pro připojení periférií k počítači



Obrázek 1 - Detailní schéma Neumannovy architektury

Zdroj: [1]



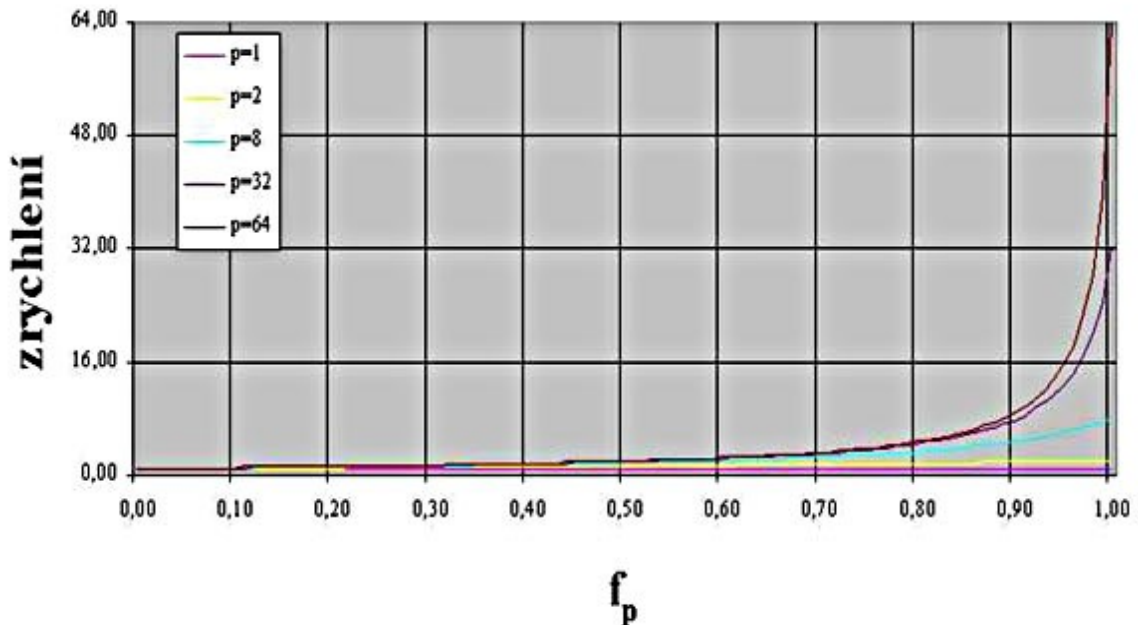
Obrázek 2 - Zjednodušené schéma Neumannovy architektury

Zdroj: [1]

Moderní PC již striktně von Neumannovo schéma nedodrží. Základním výkonnostním problémem architektury je přístup I/O periférií k paměti výhradně prostřednictvím procesoru, což je dnes realizováno pomocí DMA (Direct Memory Access) kanálů, které tím pádem z popsaného schématu vybočují. [1]

Dalším aspektem moderních PC vybočujících z von Neumannovy architektury je existence procesorů s několika jádry, multitasking, podpora multithreadingu přímo na úrovni HW a z toho plynoucí podpora paralelního zpracování. Z definice paralelismu plyne, že v ideálním systému je každému procesu přidělen vlastní procesor. Tato myšlenka je ovšem v běžné praxi nedosažitelná vzhledem k existenci desítek, někdy i stovek spuštěných procesů pouze na pozadí operačního systému, proto je zdání souběžnosti dosaženo pseudoparalelismem, kdy dochází k postupnému přidělování časového kvanta jednotlivým procesům na procesoru. Střídání procesů a postupné přepínání kontextu (Context Switch) je pro člověka natolik rychlé, že jej vnímá jako souběžnost. Moderní aplikace také dokáží pro svůj běh využít několik jader či procesorů. Nabádá to k myšlence, že čím více jader proces využije, tím bude aplikace rychlejší. Není tomu tak a velice názorně to ilustruje tzv. Amdahlův zákon stanovující tzv. součinitel zrychlení, viz obr. 3. Tento zákon je sice primárně určen pro distribuované systémy (např. MSIMD, SPMD, MIMD clustery dle Flynnovy klasifikace atd.), ale lze jej v určité míře aplikovat i na vícejádrové systémy se sdílenou pamětí. Součinitel zrychlení je závislý na míře paralelizace aplikace (hodnota určující poměrnou část aplikace, která je schopna běhu na více jádrech oproti části sekvenční) a na počtu jader či procesorů. Na průběhu funkce je patrné, že součinitel zrychlení začíná významně narůstat až od cca 65% míry paralelizace a lehce narůstá s počtem jader, přičemž právě vliv růstu počtu jader klesá se zvyšující se hodnotou. Toto je způsobeno mj. nárůstem režie mezijádrové / meziprocessorové komunikace a zvýšeným nárokem interních plánovačů a existuje bod, kdy zvyšování počtu jader a jejich plného využívání zcela ztratí vliv na výkon systému nebo se může stát i kontraproduktivním.

Amdahlův zákon



Obrázek 3 - Amdahlův zákon

Zdroj: [1]

V následujícím textu jsou jednotlivé komponenty popsány a objasněny jejich vlivy na celkový výkon osobního počítače.

Základní deska

Je velice důležitá a má podstatný vliv na výkon i celou platformu. Jedná se o základní prvek, na který se ostatní komponenty připojují. Dalo by se říci "základní kámen" budoucí sestavy. Záleží na chipsetu, moderních rozhraních a vybavenosti základní desky jako celku. Na výkon i stabilitu mají vliv i použité součástky, resp. jejich kvalita a trvanlivost. Tato věta platí obecně o všech komponentách. Vývoj jde neustále kupředu a i desky se vyvíjejí a modernizují. Motherboard, respektive použité sběrnice mají právě největší vliv na rychlost průchodu dat. Pokud bude sběrnice pomalá, bude i rychlý procesor zpomalován, tzn. nebude zásobován dostatečně rychle potřebnými daty a tím mu budou vznikat prostoje. [2]

Procesor

Jedná se o pomyslné srdce PC sestavy. Jeho výkon ovlivňuje vše. Architektura v kombinaci se základní deskou určuje celkový výpočetní výkon a použitelnost dané sestavy pro úkoly uživatelem požadované.

Paměť

I operační paměť (RAM) má podstatný vliv na výkon PC sestavy. Paměť RAM (často chybně překládána jako paměť s náhodným přístupem) je paměť s libovolným přístupem. Jedná se o dvojí pojetí. Jednak vliv velikosti RAM a zároveň vliv typu a rychlosti dané operační paměti. Ve většině případů má velikost paměti větší vliv na výkon, než její rychlost. Dnes je běžně používaná RAM typu DDR, DDR2 a DDR3. Liší se v taktovací rychlosti, kde DDR3 je rychlejší na úkor latencí². Latence společně s frekvencí mají rovněž vliv na výkon, ale v řádu jednotlivých procent. Paměťové chipy jsou organizovány do modulů DIMM (zpravidla je na jednom modulu 8 nebo 16 paměťových chipů). S moduly komunikuje řadič paměti. Ten k vyhledávání datové buňky používá několik příkazů. Čím rychleji může DIMM s řadičem komunikovat, tím lépe. [2]

Grafická karta

Obstarává grafický výstup na monitor. Má podstatný vliv na grafický výkon PC sestavy. Rychlost vykreslování je důležitá vlastnost pro mnoho aplikací a zároveň i pro moderní operační systém. Typickou aplikací, která masivně využívá potenciálu grafické karty je počítačová hra. "Karta dostává příkazy k tvorbě obrazu, mnoho kroků při vytváření obrazu zajišťuje sama (některé však musí provést procesor). Čím je karta hodnotnější, tím méně zatěžuje hlavní procesor (je samostatnější). Tvorba obrazu je pak rychlá a obraz kvalitní. Rozlišují se dva typy zobrazení" [2]:

- plošný 2D: kreslený ve dvou osách (x, y), který vyhovuje většině běžných kancelářských programů (textové editory, tabulkové procesory, účetní programy, atd.),
- prostorový 3D: kreslený ve třech osách (x, y, z). Prostorový obraz používají hry, ale také např. programy CAD.

Dnešní moderní grafické karty již disponují poměrně velikou a velice rychlou vlastní pamětí 1 - 2 GB DDR 5. GPU běžně obsahuje větší počet tranzistorů než procesor CPU a rovněž využívá paralelizační technologie

Case

Počítačová skříň má svým uspořádáním vliv na proudění vzduchu, a tedy chlazení PC komponent uvnitř. Má také částečný vliv na výkon. Pokud by se PC sestava přehřívala, ztratila by stabilitu i výkon.

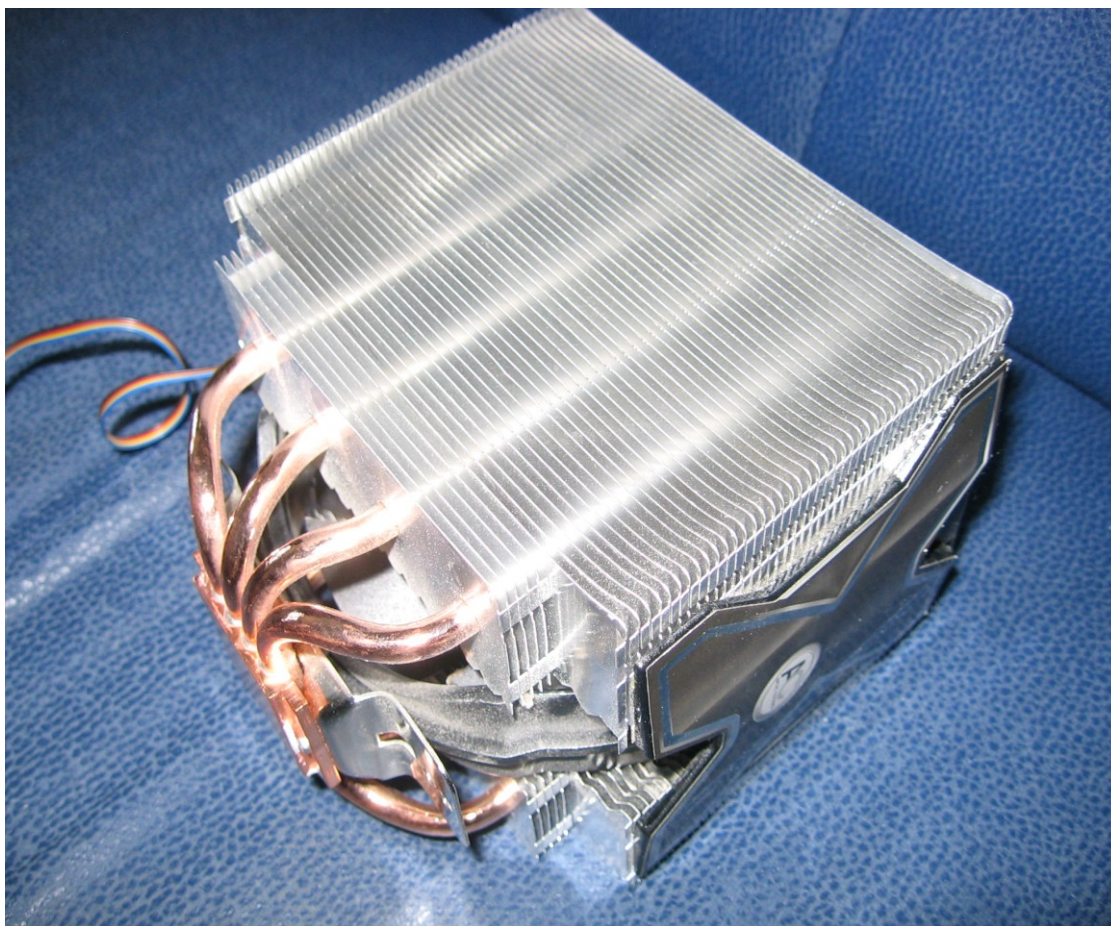
² Jedná se o časové intervaly nutné k vyhledání adresy v paměti

Zdroj

Vhodný počítačový zdroj, dostatečné napájení a stabilita napájecích okruhů také částečně ovlivňuje výkon, stabilitu a trvanlivost všech komponent.

Chladič procesoru

Procesor, který je v činnosti (pod napětím), má jako vedlejší efekt produkci (vyzařování) tepla. S nárůstem frekvence a počtu jader roste i množství tepla, které procesor vytváří. Vyprodukované teplo je nežádoucí a je potřeba ho z povrchu procesoru odvést. Tuto operaci poskytuje chladič procesoru. Používané chladiče disponují pasivní kovovou částí (většinou se používá hliník a měď) a aktivním ventilátorem, který proudem vzduchu ochlazuje pasivní část. Na základnu chladiče bývá většinou nanesena teplovodivá pasta (Thermal Compound), která napomáhá přenosu tepla z chipu do chladiče. Chladič udržuje procesor v nastavených limitech pracovních teplot. Pokud by se procesor přehříval, systém by byl nestabilní. V nejhorším případě by mohlo dojít i k poškození procesoru. [2], [3] Na obrázku č. 4 je vyobrazen autorův chladič, použitý k chlazení testovaných procesorů



Obrázek 4 - Chladič CPU Arctic Cooling Freezer XTREME Rev.2

Zdroj: vlastní zpracování

Pevný disk HDD a SSD

Vliv na výkon spočívá hlavně v oblasti načítání operačního systému a jednotlivých používaných aplikací. Rychlejší disk má hlavně vliv v rámci kratšího čekacího času při nahrávání aplikací a i operační systém bude svižnější. SSD disk je modernější a zároveň rychlejší variantou, která je dnes k dispozici. Díky tomu, že SSD disk se stává pouze zjednodušeně řečeno z řadiče a paměťových modulů, je mnohem jednodušší, nic se v něm netočí, je malé váhy. Z toho plyne menší poruchovost, nízké zahřívání, naprosto tichý provoz a několikanásobně vyšší rychlost práce. Jediné nevýhody jsou zatím vyšší cena, poměrně malá kapacita a nižší životnost oproti standardním HDD diskům. [2], [4]

Zvuková karta

Na výkon má tato komponenta poměrně malý vliv. Většina dnešních základních desek má zvukovou kartu integrovanou přídavným chipem, nebo lze použít přídavnou zvukovou kartu do portu PCI nebo PCIe.

Síťová karta a další přídavné zařízení

Jedná se o síťový chip a další přídavná rozhraní, např. FireWire (IEEE 1394) atd. Většina těchto zařízení už může být integrována na základní desce nebo se může připojit jako přídavná karta do volných PCI, nebo PCIe portů. Tato přídavná zařízení mohou mít určitý vliv na výkon toku dat dle svých specifikací, na celkový výpočetní výkon sestavy vliv příliš nemají.

Monitor, klávesnice, myš, CD/DVD mechaniky

Tyto periferie prakticky nemají vliv na výpočetní výkon. Monitor je zobrazovací zařízení. Dnes se již používají převážně LCD displeje. Klávesnice, myš slouží pro komunikaci s PC. CD/DVD mechaniky se využívají pro čtení a zápis externích dat na přenositelná média.

2. PROCESOR

2.1. Processor

Všechny procesory pro PC jsou ve své podstatě kompatibilní. Tzn. že program napsaný pro první procesor 8088 bude fungovat i na procesoru Core 2. Otázkou je, jaký to bude mít smysl. Program samozřejmě poběží mnohem rychleji, ovšem nevyužije žádné nové funkce výkonnějšího procesoru. Dosud žádný procesor ještě nepřerušil již několik let trvající kompatibilitu a počítá se s tím, že i následující generace budou obsahovat všechny funkce generací předchozích. Uvedením procesorů 80386 začala éra 32 bitové platformy, která v průběhu času prošla řadou rozšíření. Dalším logickým krokem jsou 64 bitové procesory, jež mají představovat konkurenci již po léta zavedeným 64 bitovým systémům firmy Sun či MIPS. Tyto systémy se převážně používají u různých vědeckých a výpočetně náročných aplikací, popř. na serverových systémech. Prvním procesorem 64 bitové architektury byl procesor Itanium, za jehož vývojem stálo 10 let spolupráce firem Hewlett-Packard³ a Intel⁴. Na použití v klasických počítačových systémech je však příliš výkonný a příliš drahý. "Procesor se často používá jako ta komponenta, podle níž se posuzuje počítač. Bohužel se zapomíná, že procesor je jen jednou z řady součástí, které počítačovou sestavu tvoří a že celkový výkon je vždy nutno posuzovat jako celek." [4] Pokud bude v počítači relativně silný procesor a malá operační paměť případně pomalý pevný disk, dostane se taková sestava na úroveň staršího počítače. Výkon počítače samozřejmě závisí i na používaném SW, protože záleží na tom, zda a jak vůbec je procesor využit. Obecně vzato jsou pro výkon klíčové následující komponenty či kritéria [4], [5] :

- typ mikroprocesorů,
- taktovací frekvence mikroprocesoru,
- velikost operační paměti RAM,
- velikost vyrovnávací paměti,
- architektura základní desky (chipová sada),
- sběrníkové systémy (Front Side Bus, PCI a PCIe),
- pevný disk (typ, kapacita),
- grafická karta (typ, kapacita grafické paměti),
- rozsah funkcí BIOSu (optimální možnosti nastavení),

³ Výrobce počítačů a počítačových periferií, ochranná značka

⁴ Jeden z největších výrobců procesorů, ochranná značka

- operační systém (32 bitové, 64 bitové, podpora multiprocessingu),
- používaný SW (optimalizace činností procesoru).

Výkon mikroprocesorů pro osobní počítače se zvyšuje stále rychleji, a to díky vyšší taktovací frekvenci a vyššímu počtu jader. Názorně je to vidět v následující tabulce [4]:

Tabulka 1 - Počet použitých tranzistorů v procesorech

Procesor	Počet tranzistorů	Rok uvedení
Intel 8086	29000	1978
Intel 8088	29000	1980
Intel 80286	130 000	1982
Intel 80386DX	280 000	1985
Intel 80386SX	275 000	1987
Intel 486DX	1,2 miliony	1989
Intel 486SX	1,185 miliony	1991
Intel 486DX2	1,2 miliony	1992
Intel Pentium	3,2 miliony	1993
Intel 486DX4	1,6 miliony	1994
Intel PentiumPro	5 milionů	1995
Intel Pentium MMX	4,5 milionu	1996
Intel Pentium II	7,5 milionu	1997
AMD K6	8,8 milionu	1997
Intel Celeron	7,5 milionu	1998
Intel Pentium III	9,5 milionu	1999
AMD Athlon (K7)	22 milionu	1999
AMD Athlon (Thunderbird)	37 milionů	2001
Intel Pentium 4 (Willamette)	42 miliony	2001
AMD Athlon (Barton)	54,3 milionu	2002
Intel Pentium 4E (Prescott)	125 milionů	2003
AMD Athlon 64	105,9 milionu	2004
Intel Pentium M	140 milionů	2004
Intel Core 2 Duo (Dual Core)	291 milion	2006
AMD Phenom (Quad Core)	463 miliony	2007
Intel Core 2 Quad (Quad Core)	580 milionů	2007
Intel Core 2 Duo E8500	410 milionů	2008
Intel Core i7 920 BOX	731 milionů	2008
AMD Phenom II X4	758 milionů	2009

Zdroj: [4]

Současná nabídka procesorů je velice široká, obsahuje několik použitelných platforem u obou nejdůležitějších výrobců Intelu a AMD⁵. Ostatní výrobci procesorů hrají vedlejší úlohu, proto o nich v práci nebude dále zmiňováno. Výběr procesorů začíná

⁵ Druhý největší výrobce procesorů, ochranná značka

u jednojádrových, pokračuje přes dvou, tři i čtyřjádrové procesory a končí u šestijádrových. Oba hlavní výrobci se snaží zasáhnout všechny výkonnostní segmenty trhu. Tyto segmenty jsou v podstatě tři hlavní: low-end (nízkovýkonnostní segment), mainstream (středněvýkonnostní segment), high-end (vysocevýkonnostní segment).

2.2. Model tick-tock

Filozofie tick tock je založena na uvádění nové architektury procesorů každý druhý rok. Prvním krokem je tock, který přináší na trh zcela novou architekturu procesorů na běžném výrobním procesu své doby. Druhá fáze se jmenuje tick a vylepšuje původní řešení o pokročilejší výrobní proces zmenšeným výrobním postupem (např. přechod procesorů Core 2 ze 65 nm na 45nm výrobní postup) a s několika novými funkcemi navíc.

Oba výrobci dále integrují do procesoru další komponenty, které byly původně na základních deskách, jako např. řadič paměti, nebo grafický procesor. Cesta se tedy ubírá směrem k univerzálnosti procesoru, který obsahuje stále více součástí pro multifunkční aplikace. "Intel i AMD mají v tomto tempu poněkud problémy se značením procesorů, protože každý procesor má několik názvů, které se mohou i mylně používat dle kódových značení. Intel např. u svých kódových značení pomalu vyčerpává místopis západních států USA. AMD zase s oblibou používalo názvy měst". [6]

Převážná část běžných uživatelů nevyužije zcela výkon dnešních moderních procesorů, které se neustále vyvíjí kupředu a v současnosti i předběhly možnosti softwaru. Dále bude následovat popis a značení jednotlivých vybraných procesorů obou hlavních výrobců.

2.3. Značení procesorů

2.3.1. Značení procesorů Intelu

Intel na své historické cestě v začátcích používal převážně číselná značení, jako např. 386, 486, ale vzhledem k tomu, že ostatní konkurenti úspěšně okopírovaly tyto názvy a klonovaly procesory Intelu s různým úspěchem, zavedl Intel s velikým ohlasem první Pentium.

Pak několik let Intel používal značení Pentium pro své řady procesorů plus navrhl další názvy procesorů jako Celeron (pro levnější procesory) nebo Xeon (pro serverové procesory). Po prvních Pentiiích přišla Pentia MMX, Pentia pro, pak následovala Pentia II, již zmíněné Celerony (kódované označení Mendocino), dále následovala Pentia III (kódové označení Coppermine) a tuto linii ukončovala Pentia III (kódové označení Tualatin). Pak následovala

architektura Netburst, která nesla označení Pentium 4 v mnoha kódových verzích. Ukázalo se, že tato mikroarchitektura nebyla dobrou volbou a směřovala do slepé uličky. Její výkonnost se odvíjela od navyšování frekvence procesorů a brzy narazila na technologické mantinely. Další vývoj už nemá v názvu Pentium, ale Core.

Procesory Core vycházejí více z původních Pentii III a z mobilního Pentia M. Přesto si některé technologie berou i z Netburst architektury. [7] Core je základem dnešních procesorů v několika generacích, což je zřejmé z tabulky č. 2 a v příloze A.

Tabulka 2 - Vybrané procesory Intel

výrobce	řada	model	frekvence (GHz)	počet jader	kod.označení	L1 cache (KB)	L2 cache (KB)	L3 cache (KB)
Intel	Celeron	430	1,8	1	Conroe-L	64	512	-
Intel	Celeron	E1400	2	2	Allendale	2x64	512	-
Intel	Pentium	E2200	2,2	2	Allendale	2x64	1024	-
Intel	Pentium	E5200	2,5	2	Wolfdale	2x64	2048	-
Intel	Pentium	E6300	2,8	2	Wolfdale	2x64	2048	-
Intel	Core2 Duo	E7300	2,66	2	Wolfdale	2x64	3072	-
Intel	Core2 Duo	E8400	3	2	Wolfdale	2x64	6144	-
Intel	Core2 Duo	E8600	3,33	2	Wolfdale	2x64	6144	-
Intel	Core2 Quad	Q8200	2,33	4	Yorkfield	4x64	2x2048	-
Intel	Core2 Quad	Q6600	2,4	4	Kentsfield	4x64	2x4096	-
Intel	Core2 Quad	Q9300	2,5	4	Yorkfield	4x64	2x3072	-
Intel	Core2 Quad	Q9550	2,83	4	Yorkfield	4x64	2x6144	-
Intel	Core2 Quad	Q9650	3	4	Yorkfield	4x64	2x6144	-
Intel	Core i3	530	2,93	2	Clarkdale	4x64	2x256	4096
Intel	Core i5	750	2,66	4	Lynnfield	4x64	4x256	8192
Intel	Core i7	870	2,93	4	Lynnfield	4x64	4x256	8192
Intel	Core i7	975 XE	3,33	4	Bloomfield	4x64	4x256	8192
Intel	Core i7	980 X	3,33	6	Gulftown	6x64	6x256	12288

Zdroj: upraveno podle [8]

2.3.2. Značení procesorů AMD

U AMD byla zprvu historie strategie klonování procesorů Intel. Postupně začíná AMD používat ve značení svých procesorů písmeno K, jako např. K5 nebo K6. Velkým milníkem u společnosti AMD je zvolení názvu pro procesory Athlon. Zjednodušené levnější procesory pak nesly označení Duron. Athlony se vyvíjely až do dnešních dnů, kdy po velice zdařilých Athlonech XP přišly nové Athlony 64, které umožnily jak 32, tak 64 bitové instrukce

a integrovaly v sobě poprvé paměťový řadič. [7] Označení levnějších procesorů pak bylo Sempron, nové pak Phenom. Tyto nové procesory jsou uvedeny v tabulce č.3 a v příloze A.

Tabulka 3 - Vybrané procesory AMD

výrobce	řada	model	frekvence (GHz)	počet jader	kod.označení	L1 cache (KB)	L2 cache (KB)	L3 cache (KB)
AMD	Sempron	145	2,8	1	Sargas	128	1024	-
AMD	Athlon	7750 BE	2,7	2	Kuma	2x128	2x512	2048
AMD	Athlon	250	3	2	Regor	2x128	2x1024	-
AMD	Athlon	6000+	3	2	Windsor	2x128	2x1024	-
AMD	Athlon	630	2,8	4	Propus	4x128	4x512	-
AMD	Phenom	705e	2,5	3	Heka	3x128	3x512	6144
AMD	Phenom	810	2,6	4	Deneb	4x128	4x512	4096
AMD	Phenom	955	3,2	4	Deneb	4x128	4x512	6144
AMD	Phenom	965 BE	3,4	4	Deneb	4x128	4x512	6144
AMD	Phenom	1055T	2,8	6	Thuban	6x128	6x512	6144
AMD	Phenom	1090T	3,2	6	Thuban	6x128	6x512	6144

Zdroj: upraveno podle [9]

Z tabulek č 2. a 3 je zřejmé, že u obou výrobců je portfolio nabídky v současnosti velice bohaté. Na základě toho je poměrně velký výkonnostní rozdíl mezi nižšími a vyššími modely. Cenová propast je pak ještě výraznější. Leckdy je rozdíl pouze 200 MHz, což běžný klient nepozná, ale cenový rozdíl může být markantní, v řádu i několik tisíc korun. AMD dnes výkonově na Intel poněkud ztrácí, její nejvyšší šestijádrové modely jsou výkonově srovnatelné pouze s čtyřjádrovými nebo dokonce dvoujádrovými Intelu. [7]

"AMD prozatím vzdala souboj o špičku a začíná vydávat cenově zajímavé procesory, které ve své třídě dokážou Intelu svým způsobem konkurovat. Jen díky tomu se dnes nechá pořídit čistokrevný šestijádrový procesor pod Kč 4000,-. Díky dvěma hlavním konkurentům jsou dnešní ceny procesorů na skutečně nejvýhodnějších cenových relacích v historii. Zatím se zdá, že to takto nějaký čas vydrží. V okamžiku, že by jeden z konkurentů definitivně porazil druhého a mohl si diktovat cenovou politiku sám dle vlastního uvážení, mohly by ceny razantně vzrůst". [10]

3. TESTOVÁNÍ

S ohledem na lepší posouzení výkonnostních možností procesorových řad, budou provedeny testy výkonu a následná analýza u několika zvolených modelů dle technických možností autora. Testovací platformy budou samozřejmě dvě, jedna pro Intel, druhá pro AMD.

Testy byly prováděny na níže uvedených vybraných procesorech dvou základních platform. Jednotlivé testy byly rozděleny do níže uvedených testovacích okruhů dle způsobu nasazení a nejčastější využitelnosti. Testy jsou vyhodnoceny a zprůměrovány dle výsledků, kdy jako referenční procesor sloužil autorův osobní CPU Intel Core 2 Quad Q9650, 3GHz, 4 jádra. V jednotlivých testech kapitoly 3.2. slouží uvedený procesor jako základna vztažená ke 100 % výkonu.

3.1. Testovací platformy

Veškeré testy byly prováděny na domácím vlastním osobním PC autora, viz obr. 5. Testování probíhalo za pokojové teploty 23 °C, opakovalo se třikrát pro ověření výsledků.



Obrázek 5 - Testovací sestava

Zdroj: vlastní zpracování

3.1.1. Testovací platformy pro Intel

- Case Acutake Viper,
- základní deska ASUS P5Q Deluxe, chipset P45 jako severní můstek, jižní můstek pak Ich10,
- dále 2x 2 GB DDR2, 800 MHz Kingston HYPER X + 2x 2 GB DDR2, 800 MHz OCZ titanium edition,
- pevný disk SSD Kingston Hyper X 120 GB (systémový disk Windows 7), pevný disk SSD disk OCZ Agility 2 60 GB (pro swapovací soubor - virtuální paměť). Třetí disk Western Digital 1000 GB, 7200 otáček za minutu, Sata 300, 64 MB cache,
- grafická karta AMD ATI Radeon 5850, 1 GB RAM DDR 5,
- zdroj Sseasonic 750 W, gold edition,
- chladič Arctic Cooling Freezer XTREME Rev.2,
- operační systém Windows XP a Windows 7, 64 bit.,
- DirectX 9C v případě Windows XP nebo DirectX 11, v případě Windows 7, viz. příloha B.

Testované procesory:

1. Intel Core 2 Duo E8400, 3 Ghz, 2 jádra, 6 MB L2,
2. Intel Core 2 Quad Q9650, 3 GHz, 4 jádra, 12 MB L2,
3. Intel Celeron Dual Core E1400, 2 GHz, 2 jádra, 512 kB L2.

3.1.2. Charakteristika testovaných procesorů Intel

Na obrázku č. 6 je vyobrazen Core 2 Quad Q9650, jeden z testovaných procesorů.



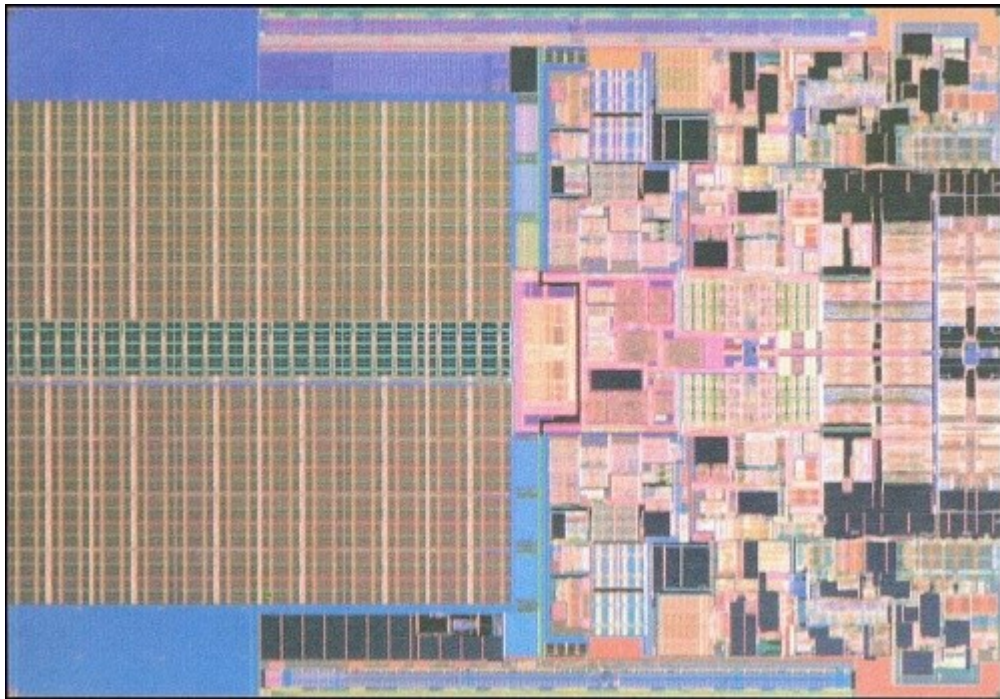
Obrázek 6 - Procesor Intel Core 2 Quad Q9650

Zdroj: [10]

1. Core 2 Duo E8400

Dvoujádrový procesor Wolfdale s označením Intel Core 2 Duo E8400. Ačkoliv růst frekvence u x86 architektur prakticky již několik let stagnuje, takt nejnovějšího procesoru s jádrem Penryn je s nominálním taktem 3,00 GHz. Penryn přináší kromě úspornější výrobní technologie a drobných úprav jádra také instrukční sadu SSE4.1 a navýšení velikosti L2 cache⁶, která činí rovných 6 MB. Jádro používá i půlkové násobiče. Takt sběrnice FSB je dnes již standardních 1333 MHz. Na obrázku č. 7 je mikroskopický pohled na Core 2 Duo E8400.

⁶ Vyrovňovací paměť 2. úrovně



Obrázek 7 - Jádru Penryn Core 2 Duo vyrobené pomocí 45 nm vyr. technologie

Zdroj: [10]

2. Core 2 Quad Q9650

Čtyřjádrový procesor Yorkfield s označením Intel Core 2 Quad Q9650. Stejně jako v případě Kentsfieldu jde o 2 jádra "slepená" na úrovni FSB pod jedním IHS. Jádro s kódovým označením Penryn přináší řadu změn, a proto zde bude blíže popsán. Nejpodstatnější změnou oproti staršímu jádru Conroe je 45 nm výrobní technologie, která přináší pro Intel velice příjemné zmenšení jádra. Kromě menšího jádra spolu s nižším napájecím napětím přináší Intel růst IPC, větší cache a další evoluci architektury Core. 45nm výrobní proces označovaný P1266 přináší High-k a kovová hradla u tranzistorů. Přínos je zde samozřejmě ve vyšší hustotě tranzistorů, což má pozitivní vliv zejména na plochu, a tím také cenu chipu. Rozměry jádra s 45 nm výrobním procesem klesly z 143 mm² u Penrynu na příjemných 107 mm² - nově i s 6 MB L2, což je další změna oproti jádru Conroe. S větší cache stoupla asociativita L2 cache z 16-cestné na 24-cestnou, než tomu bylo u staršího jádra Conroe. Uvádí se také zvýšení výkonu tranzistorů až o 20 procent, 5x nižší úniky proudu a snížení spotřeby až o 30 procent.

3. Celeron Dual Core E1400

Procesory Intel Celeron patří již dlouhou dobu mezi nejlevnější procesory tohoto gigantického výrobce. S příchodem dvoujádrových variant budou uživateli používány i nadále. Dvoujádrové procesory Intel Celeron Dual-Core jsou kompatibilní se základními

deskami podporujícímu architekturu Intel Core (Conroe). Model Celeron Dual-Core E1400 tiká na frekvenci 2 GHz, rychlost sběrnice FSB 800 MHz. Procesory mají, stejně jako jejich jednojádroví předchůdci, 512 kB cache paměti úrovně L2. Jsou vyráběny stále 0.065 mikronovým procesem. I přes fakt, že se jedná o low-endovou řadu procesorů tepelný výkon se pohybuje poměrně vysoko, výrobce udává TDP 65W.

3.1.3. Testovací platformy pro AMD

- Case Acutake Viper,
- základní deska Gigabyte M68M-S2P, chipset NVIDIA GeForce 7025, NVIDIA NForce 630a,
- dále 2x 2 GB DDR2, 800 MHz Kingston HYPER X + 2x 2GB DDR2, 800 MHz OCZ titanium edition,
- pevný disk SSD Kingston Hyper X 120 GB (systémový disk Windows 7), pevný disk SSD disk OCZ Agility 2 60 GB (pro swapovací soubor - virtuální paměť). Třetí disk Western Digital 1000 GB, 7200 otáček za minutu, Sata 300, 64 MB cache,
- grafická karta AMD ATI Radeon 5850, 1 GB RAM DDR 5,
- zdroj Sseasonic 750 W, gold edition,
- chladič Arctic Cooling Freezer XTREME Rev.2,
- operační systém Windows XP a Windows 7, 64 bit.,
- DirectX 9C v případě Windows XP nebo DirectX 11, v případě Windows 7, viz. příloha B.

Testované procesory:

1. Sempron 145, 2.8 GHz, 1 jádro, 1 MB L2,
2. Athlon X2 6000+ 3 GHz, 2 jádra, 1 MB L2,
3. Athlon II X4 630, 2,8 GHz, 4 jádra, 2 MB L2,
4. Phenom X4 955, 3,2 GHz, 4 jádra, 2 MB L2, 6 MB L3.

3.1.4. Charakteristika testovaných procesorů AMD

1. Sempron 145

Jednojádrový 64-bitový procesor AMD Sempron 145 je určen pro platformu Socket AM3. Pro výrobu této řady jader byla použita zmenšená výrobní technologie - 45 nm proti původním 65 nm - což se projevuje zejména nižším tepelným výkonem maximálně 45 W TDP. Tyto procesory jsou sice zaměřené na low-end segment, nicméně poskytují dostatečný

výkon pro běžnou práci na PC i hraní her. Procesory jsou dostupné v několika provedeních lišících se hlavně frekvencí procesoru. Platforma Socket AM3 nabízí dvoukanálový řadič paměti podporující DDR2/DDR3 paměti. A to při zachování podpory technologie Cool'n'Quiet(s PowerNow! 1.4), která řídí napětí a frekvenci procesoru v závislosti na zátěži, čímž šetří energii a snižuje hlučnost (i větráčky se pak mohou točit pomaleji). AMD Sempron 145 pro Socket AM3 má tedy celkem 1024 kB vyrovnávací paměti L2, jeho pracovní frekvence je 2.8 GHz. Dále podporuje celou řadu různých, především na multimédia zaměřených, instrukčních sad - např. MMX, 3DNow!, SSE, SSE2 a SSE3. 64-bitové rozšíření x86 architektury je označováno jako x86-64. Hyper Transport 3.0 sběrnice u Socket AM3 pracuje na 3,6 GHz.

2. Athlon X2 6000+

Dvoujádrové 64-bitové procesory AMD Athlon 64 X2, které nesou kódové označení Windsor, jsou určeny pro platformu Socket AM2. Dvoujádrové procesory jsou dostupné v několika provedeních, které se liší především taktovací frekvencí a velikostí vyrovnávací paměti. Jádro Windsor je vyráběno 90 nm výrobním procesem, používá technologie Strained Silicon Directly On Insulator (SSDOI - nataženého křemíku), která umožňuje dosáhnout vyšších frekvencí a ubrat na spotřebě. Příznivější vliv na výkon má vylepšení paměťového řadiče, který již zvládá čtyři paměťové moduly DDR2 na frekvenci až 800MHz a rychlé časování. Platforma Socket AM2 nabízí dvoukanálový řadič paměti podporující DDR2 s možností použít až 8 GB paměti. Při zachování podpory technologie Cool'n'Quiet(s PowerNow! 1.4), která řídí napětí a frekvenci procesoru v závislosti na zátěži, čímž šetří energii a snižuje hlučnost (pomalejší točení větráčků). AMD Athlon 64 X2 6000+ pro Socket AM2 má celkem 2 MB L2 cache paměti, jeho pracovní frekvence je 3.0 GHz (tj. každé z jader běží na této frekvenci). Dále podporuje celou řadu různých, především na multimédia zaměřených, instrukčních sad - např. MMX, 3DNow! Professional, SSE, SSE2 a SSE3. 64-bitové rozšíření x86 architektury je označováno jako x86-64. Hyper Transport sběrnice u Socket AM2 pracuje na 1 GHz (stejně jako u Socket 939), což znamená datovou propustnost až 8 GB/s (je 16-bitová, může přenášet data v obou směrech současně). Athlon X2 6000+ je vyobrazen na obrázku č. 8.



Obrázek 8 - Procesor AMD Athlon X2 6000+

Zdroj: [10]

3. Athlon II X4 630

Řada procesorů AMD Athlon II X4 od společnosti AMD je vyráběná pokročilým 45nm výrobním procesem a architekturou vychází z výkonnějších procesorů Phenom, kde je hlavním rozdílem absence sdílené L3 cache⁷ paměti, resp. její deaktivace. Použití pokročilého výrobního procesu s sebou přináší především nižší spotřebu při stejném výkonu a lepší možnosti taktování spolu s vyššími základními pracovními frekvencemi. Stejně jako procesory Phenom II jsou i Athlony II 64bitového provedení s více jádry. Jádro procesoru AMD Athlon II X4 630 nese kódové označení Propus, které vychází z jádra Deneb ochuzeného o sdílenou L3 Cache paměť. Jádro je vyráběno 45 nm výrobním procesem a používá technologie nataženého křemíku - SOI (Silicon On Insulator), která umožňuje dosáhnout vyšších frekvencí a ubrat na tepelném výkonu. Celkově procesor disponuje čtveřicí jader. Každé z jader procesoru má 128 kB vlastní vyrovnávací paměti první a 512 kB druhé úrovně. Pracovní frekvence je stanovena na 2.8 GHz (tj. každé z jader běží na této frekvenci).

4. Phenom X4 995

Druhá generace procesorů AMD Phenom - Phenom II je první od společnosti AMD vyráběná pokročilým 45nm výrobním procesem. Pokročilejší výrobní proces s sebou přináší především nižší spotřebu při stejném výkonu a lepší možnosti taktování spolu s vyššími základními pracovními frekvencemi. Stejně jako první generace procesorů Phenom jsou i procesory generace druhé 64bitového provedení s více jádry. Jádro procesoru

⁷ Vyrovnávací paměť 3. úrovně

AMD Phenom II 955 nese označení Deneb a je vyráběno 45 nm výrobním procesem a používá technologie nataženého křemíku - SOI (Silicon On Insulator), která umožňuje dosáhnout vyšších frekvencí a ubrat na tepelném výkonu. Celkově procesor disponuje čtveřicí jader, která mají odemčený násobič, stejně jako Black Edition procesory předešlých generací. Procesory Phenom a tedy i Phenom II 955 jsou určeny pro platformu Socket AM3 se zpětnou kompatibilitou na starší Socket AM2+. Podporovány jsou paměti jak typu DDR2, tak modernější a úspornější DDR3. Každé z jader procesoru má 128 kB vlastní vyrovnávací paměti první a 512 kB druhé úrovně a navíc procesor nese dalších 6 MB L3 cache, která je pro všechny jádra společná. Pracovní frekvence je stanovena na 3.2 GHz (tj. každé z jader běží na této frekvenci). Dále podporuje celou řadu různých technologií, zaměřených především na multimédia. Disponuje 64bitovým rozšířením x86 architektury u procesorů AMD označované jako AMD64. Procesor podporuje Hyper Transport sběrnice 4 GHz. Spotřeba procesoru udávaná výrobcem činí 125 W, provedení procesoru je v revizi C3.

3.2. Návrh postupu a průběh testování

Postup byl navržen, aby zajistil otestování pro různorodé způsoby využití PC. Testování bylo rozděleno do pěti celků, které simulují uživatelské činnosti v rámci testovacích programů.

Testovací programy budou rozděleny do kategorií:

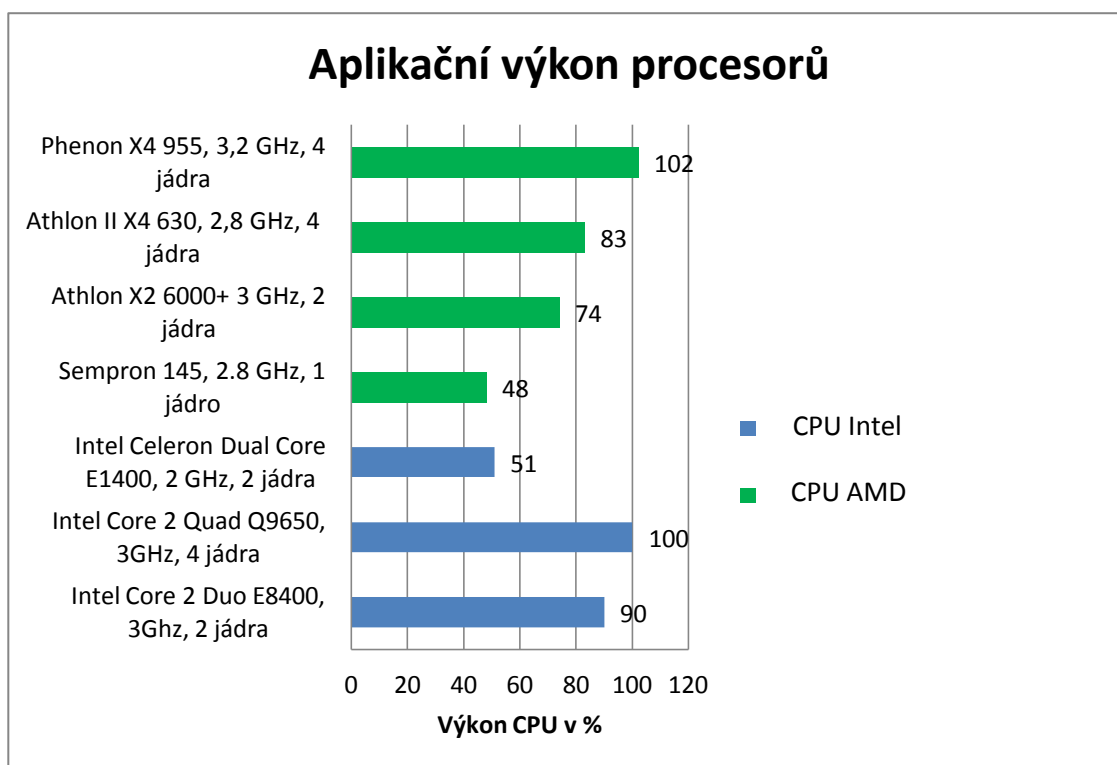
1. kategorie - aplikační výkon,
2. kategorie - multimédia,
3. kategorie - syntetické testy a komprese souborů,
4. kategorie – 2D a 3D rendering,
5. kategorie - herní výkon.

Verze softwaru jsou uvedeny v příloze B.

3.2.1. Aplikační výkon

Jedná se o testování, které má za úkol změřit výkonnost testovaných procesorů, simulací aplikačního využití.

Aplikační výkon byl testován programem PCMark Vantage, který prověří celý počítač, je to tzv. polosyntetický benchmark. Obsahuje fragmenty skutečných aplikací, renderuje např. webové stránky v prohlížeči s více záložkami, pracuje hromadně s fotkami a občas některé činnosti dělá současně. [11], [12], [13], [14]



Graf 1 - Aplikační výkon

Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu aplikačního výkonu jasně vyplývá, že více jader zlepšuje výkon a odezvu systému. Přesto i jednojádrový procesor zvládá všechny běžné aplikace a je schopen splnit všechny úkoly i když podstatně pomaleji. Aplikační výkon se navyšuje jak počtem jader (podpora ze strany software), tak nárůstem pracovní frekvence testovaných procesorů. Nejlépe si vede Phenom X4 955, těsně následován Intel Core 2 Quad Q9650. Jednojádrový Sempron 145 sice výkonově dostačuje, ale práce na této konfiguraci je nejpomalejší.

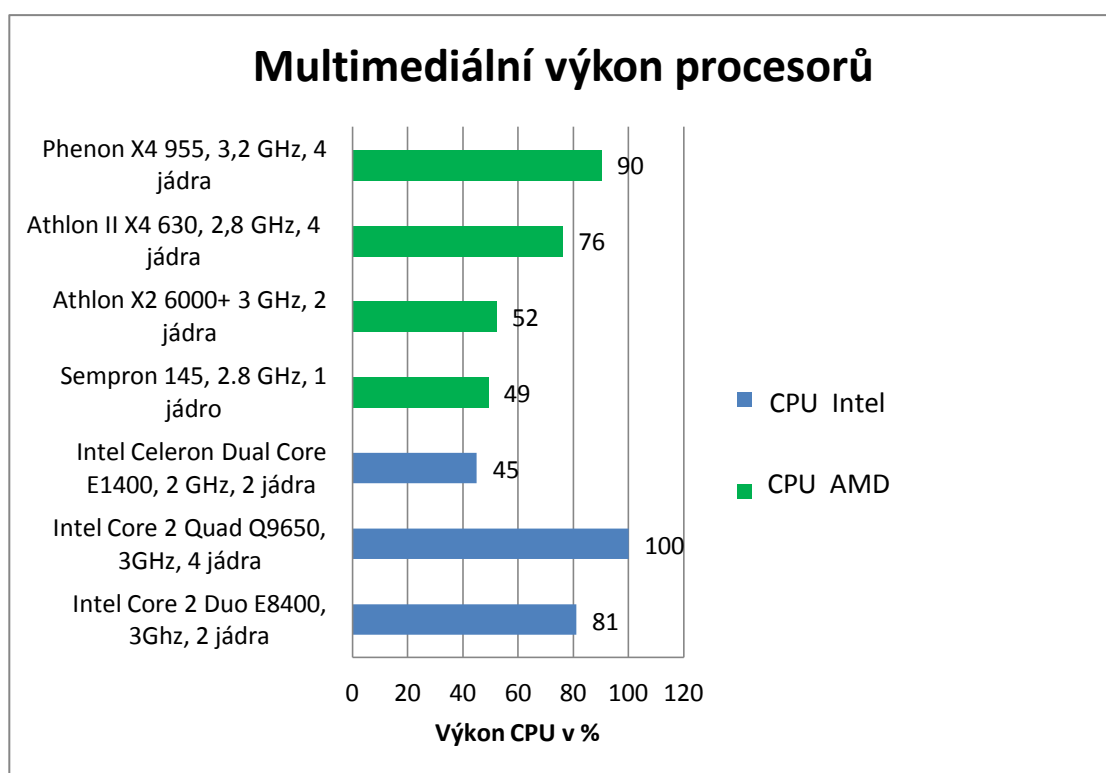
3.2.2. Multimediální výkon

Multimediální skupina testů otestuje výkonnost procesorů při činnostech spojených s multimediálním využitím (video, fotky, hudba).

Zde byly použity následující programy [11], [12], [13], [14]:

- WAV do MP3:LameEnc3.97 - jeden rozměrný soubor ve formátu WAV je pomocí kodeku LameEnc převáděn do souboru formátu MP3,
- Zoner Photo Studio 10 - verze foto studia společnosti Zoner má za úkol hromadnou úpravu třiceti 6Mpx fotografií ve formátu JPEG, automatický kontrast, zmenšení, doostření, saturace, uložení jako JPEG pro web, vložení obrázku do obrázku a pár dalších,

- Paint.NET - pro testování výkonu ve volně šiřitelném bitmapovém editoru je použito rozhraní TPUbench,
- VirtualDubMod + DivX 6.8.4 slouží pouze jako rozhraní pro převod souboru 400MB souboru MPEG-2 (.VOB) ve standardním DVD rozlišení do .AVI s kodekem DivX. Experimentální podpora SSE4 byla vypnuta, volba Enhanced multi-threading naopak zapnuta. Předvolen je profil Home Theater a kvalita Balanced,
- x264 Benchmark - testuje výkon procesoru při převodu videa v rozlišení 720p s použitím kodeku H.264. Benchmark je ke stažení na TechARP.com, použity výsledky z náročnějšího druhého průchodu.



Graf 2 - Multimediální výkon

Zdroj: vlastní zpracování

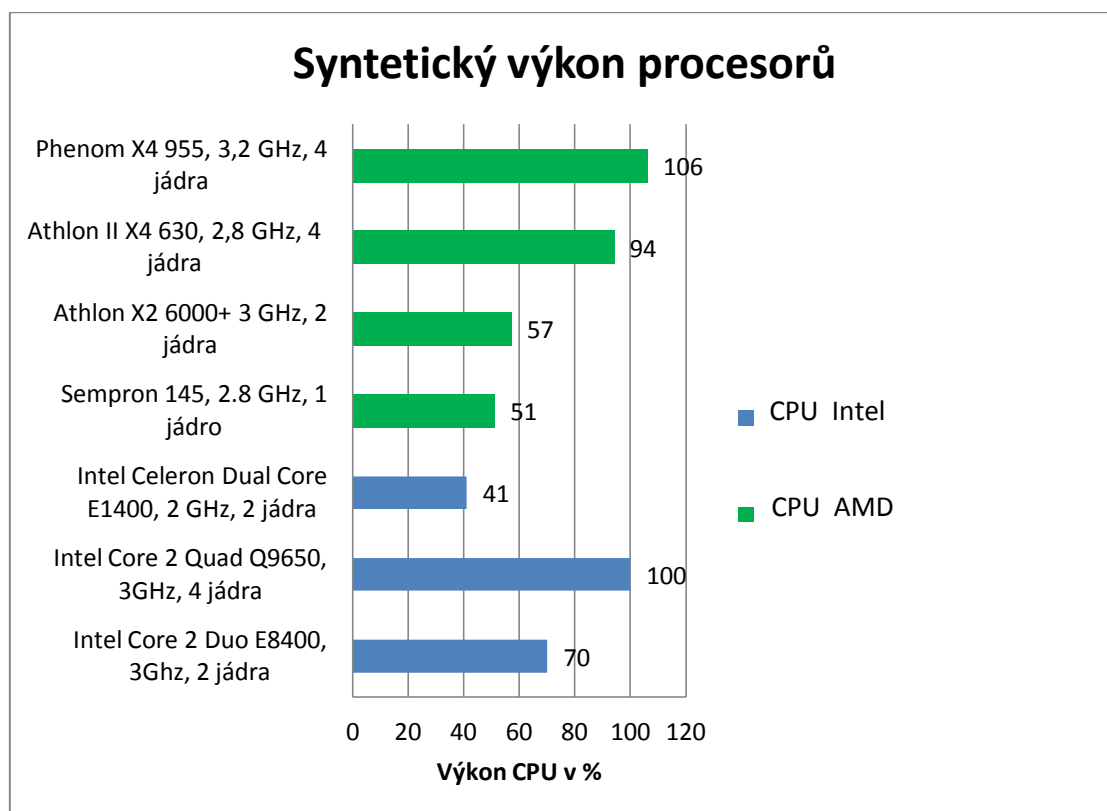
Z výše uvedeného grafu je vidět jasný vítěz Intel Core 2 Quad Q9650. Zde se již více projevuje síla více jader, protože mnohé multimediální aplikace využívají více vláken. Příplatek za vícejádrové procesory se vyplatí. Zajímavostí tohoto testu je, že nejslabším procesorem vychází dvoujádrový Intel Celeron Dual Core E1400 i proti pouze jednojádrovému procesoru (Sempron 145).

3.2.3. Syntetický výkon

Testované procesory jsou zatíženy výpočty při kompresi souborů, počítáním rozličných úloh, např. počítáním šachových kombinací.

Zde byly použity následující programy [11], [12], [13], [14]:

- wPrime 2.0 - vícevláknová obdoba jednoduchého benchmarku SuperPI (samozřejmě se nepočítá Ludolfovo číslo, ale prvočísla),
- Fritz Chess - benchmark simulující počítání šachových kombinací skutečného šachového programu Fritz,
- Everest, CPU Queen - především diagnostický nástroj Everest obsahuje i několik syntetických benchmarků, čistě procesorový CPU Queen či svými výsledky trochu zvláštní PhotoWorxx,
- WinRAR 3.71 - pro příklad výkonu při kompresi souborů byl vybrán rozšířený formát RAR, zkušenosti s programem 7-zip (a dalšími ZIP archivátory) zatím ukazují na využití maximálně jednoho jádra.



Graf 3 - Syntetický výkon

Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu 3 je zřejmé, že opět vítězí vícejádrové procesory, tedy Phenom X4 955 a těsně za ním Intel Core 2 Quad Q9650. Phenomu v syntetických testech pomohla k prvnímu místu

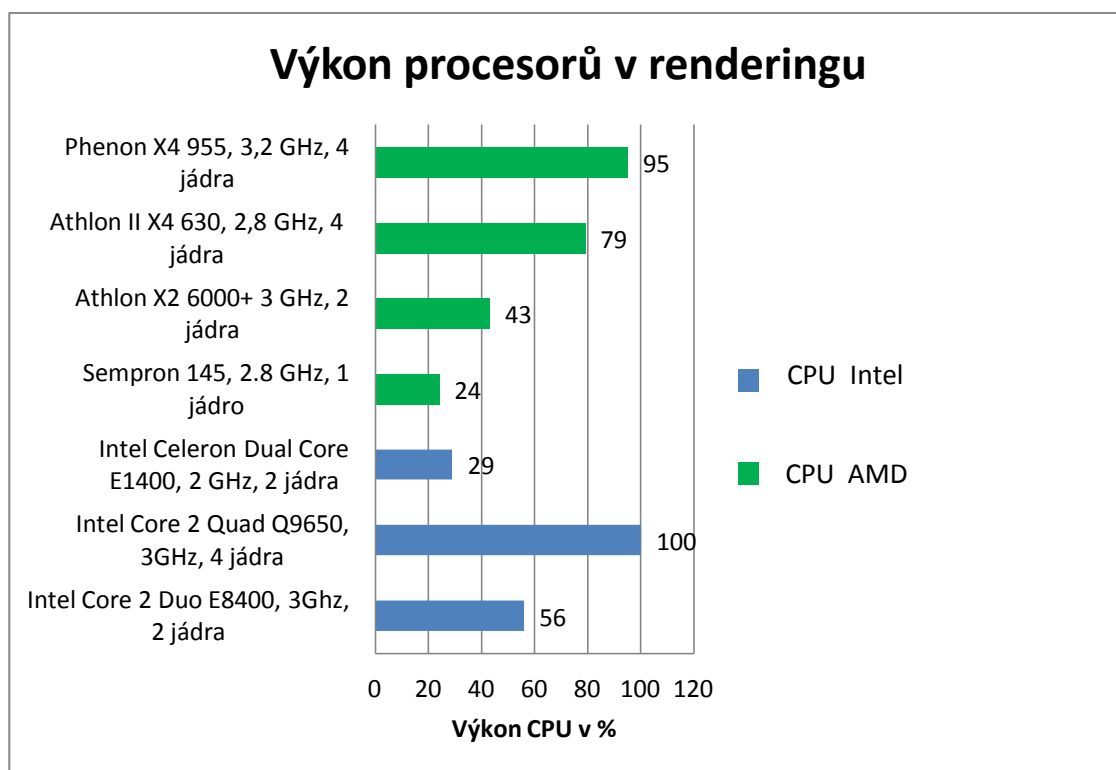
vyšší pracovní frekvence. Jednojádrový procesor Sempron 145 opět poráží Intel Celeron Dual Core E1400. Rozhoduje zde vyšší frekvence a velikost paměti cache.

3.2.4. Výkon v renderingu

Rendering je velice náročný na výkon procesorů. Lze předpokládat výkonový nárůst při uplatnění více jader. V této skupině testů budou procesory extrémně zatíženy.

Zde byly použity následující programy [11], [12], [13], [14]:

- Cinebench R11 - je benchmark snažící se nastítnit výkon procesorů při renderingu v CAx programu Cinema 4D společnosti Maxon. Byl použit x CPU benchmark (vícevláknový),
- POV-Ray v3.7 - beta verze freeware raytraceru POV-Ray umožňuje využít vícejádrové procesory. Pro testy byla použita jedna ze scén mezi příklady dodanými s programem: chess2.pov a rozlišení 800 × 600 px bez anti-aliasingu
- Blender 2.48 - pro testování v 3D modeláři Blender, použito standardní nastavení a model [flyingsquirrel.blend](#).



Graf 4 - Výkon v renderingu

Zdroj: vlastní zpracování

Z výše uvedeného grafu je patrné, že zde v drtivé převaze vítězí vícejádrové procesory. Pokud uživatel hodně renderuje, vyplatí se příplatek za vícejádrový procesor. Výkon

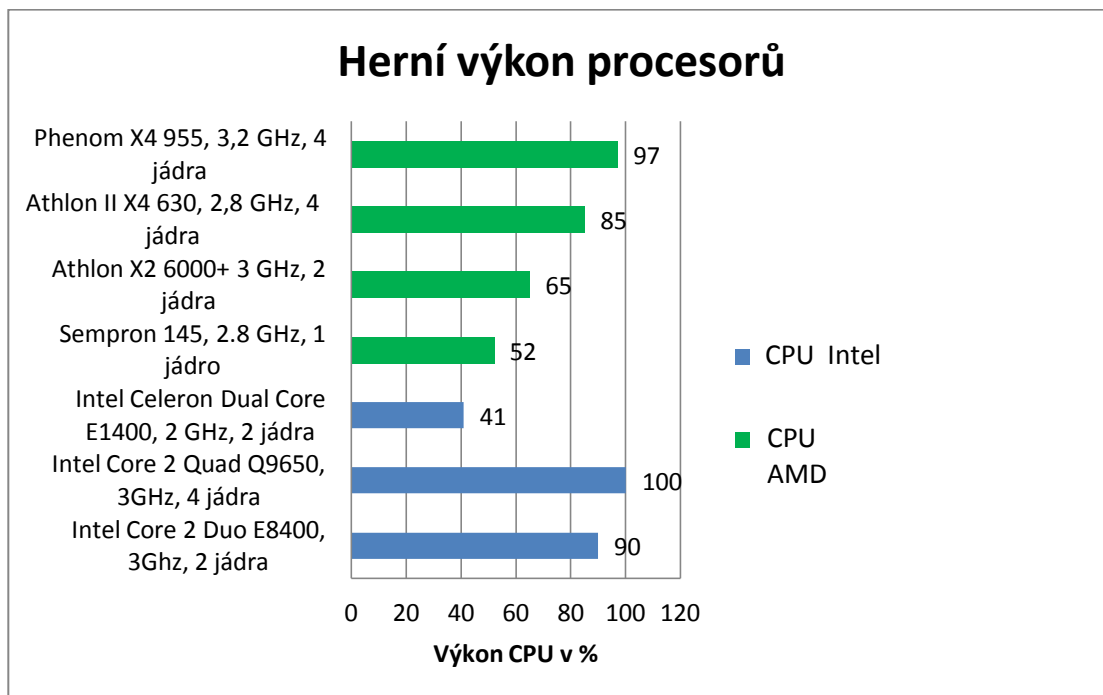
vícejádrových procesorů je výrazně větší a dá se říci, čím více jader, tím větší výkon. Nejhuře dopadl jednojádrový Sempron 145, nepomohla mu ani vyšší frekvence.

3.2.5. Herní výkon

Osobní počítač je často využíván ke hraní počítačových her. Herní testy prověří procesory v závislosti na grafické kartě, která bude stejná pro všechny testované CPU.

Zde byly použity následující programy [11], [12], [13], [14]:

- Call of Duty 4 - 1680 × 1050 px, maximální detaily, bez anti-aliasingu, režim timedemo,
- Crysis - mimořádně graficky zdařilá hra s velkými nároky - 800 × 600 px, DirectX 10, CPUbenchmark.bat, celkové detaily: low, physics: very high, bez anti-aliasingu,
- Far Cry 2 - také velice náročná hra, která prověří výkon celého PC,
- Unreal Tournament 3 - velice známý herní titul k testování PC - 1280 × 720 px, VCTF-Suspense, maximální detaily, bez anti-aliasingu,
- 3DMark Vantage - oblíbený testovací program, základní nastavení (performance), pouze CPU score,
- 3DMark06 - nejznámější testovací program, implicitní nastavení, opět pouze CPU score.



Graf 5 - Herní výkon

Zdroj: vlastní zpracování

Jak graf 5 znázorňuje, vítězem tohoto testu je čtyřjádrový Intel Core 2 Quad Q9650. U her však stále více záleží na frekvenci procesorů, takže rozdíly mezi vícejádrovými a ménějádrovými procesory nejsou tak veliké. Je to jasně vidět z malého odstupe dvoujádrového Intel Core 2 Duo E8400, kde 2 jádra bohatě stačí a zároveň tento procesor těží z vyšší frekvence a velké vyrovnávací paměti L2 cache, která činí 6 MB.

3.2.6. Celkový výkon

V grafu č. 6 je celkové shrnutí výkonu testovaných procesorů.

Nejvýkonnějším procesorem v souhrnu všech testů byl Core 2 Quad Q9650. Tento procesor je čtyřjádrový, pracuje na frekvenci 3 GHz. Využívá velkou a rychlou paměť druhé úrovně cache L2 (celkem 12 MB - 6 MB pro každé dvojjádro). Procesor zvládne jakoukoliv činnost velice rychle a efektivně. Dokáže zpracovávat čtyři vlákna současně a díky vyššímu počtu jader se tedy systém jeví svižnější. Výkon je vyrovnaný v celém spektru testovaných aplikací.

Na druhém místě skončil procesor Phenon X4 955 na frekvenci 3,2 GHz. I tento procesor zvládne dobře veškeré požadavky na něj kladené. Výkon je opět v celkovém hodnocení všech aplikací velmi dobrý.

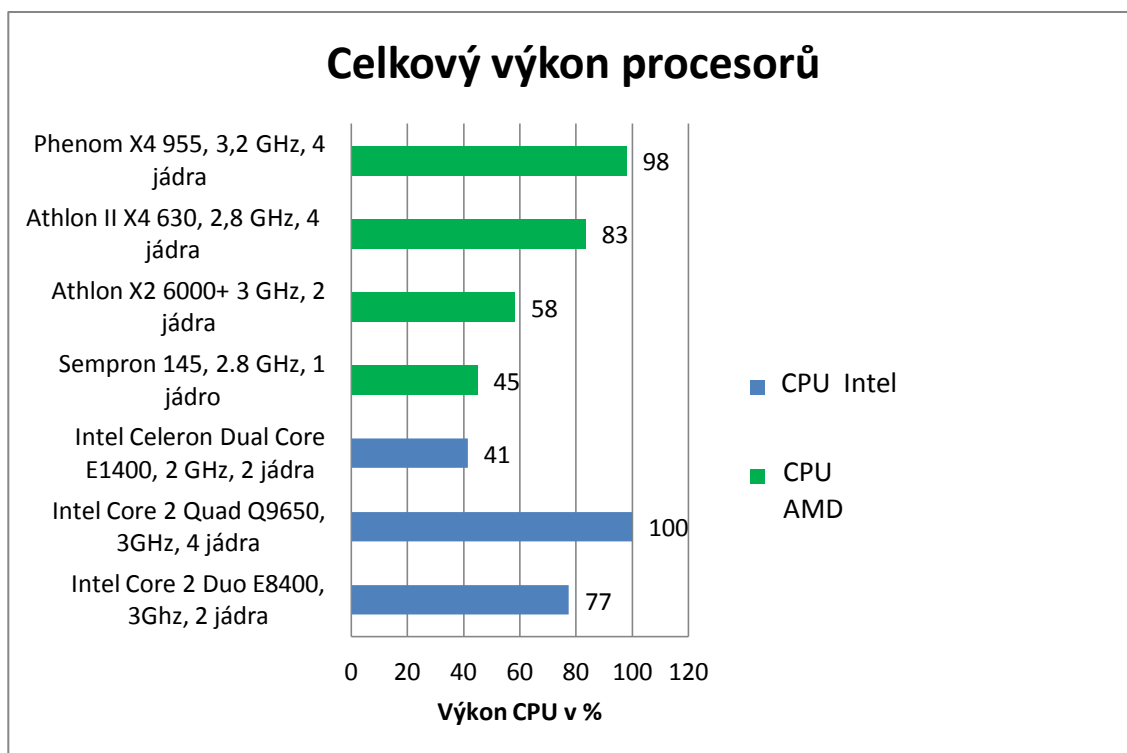
Na třetím místě se umístil další čtyřjádrový procesor Athlon X4 630 na frekvenci 2,8 GHz. Protože má nižší frekvenci a zároveň nemá paměť třetí úrovně cache L3 oproti Phenonu, je již výkonový pokles patrný. Stále se však jedná o výkonově dostatečný procesor pro veškeré aplikační použití.

Čtvrté místo obsadil dvoujádrový procesor Core2 Duo E8400 pracující na frekvenci 3 GHz. Vzhledem k menšímu počtu jader je již patrný výraznější pokles výkonu v některých aplikacích těžících z většího počtu jader. Celkově je však tento procesor použitelný a ve většině testů vykazoval dostatečný výkon.

Páté místo připadlo dvoujádrovému procesoru Athlonu X2 6000+ pracujícímu na frekvenci 3 GHz. Zde je pokles výkonu patrnější v celém spektru testovaných aplikací. V náročných aplikacích je znát pomalejší zpracovávání úkolů. Odezva systému byla zřetelně pomalejší.

Na šestém místě skončil jednojádrový procesor Sempron 145 pracující na frekvenci 2,8 GHz. Díky vyšší frekvenci a modernější vnitřní architektuře překonal tento procesor dvoujádrový Celeron E1400. Výkon je nedostatečný v náročných aplikacích. Zároveň odezva systému je zřetelně pomalejší.

Na sedmém a zároveň posledním místě se umístil dvoujádrový procesor Celeron Dual Core E1400 pracující na frekvenci 2 GHz. I přesto, že tento procesor obsahuje 2 jádra, jeho výkon je nedostačující pro náročnější aplikace. Nízká frekvence a zároveň omezená velikost paměti druhé úrovně cache L2, způsobuje tento výkonový propad.



Graf 6 - Celkový výkon procesorů

Zdroj: vlastní zpracování

4. VÝSLEDKY TESTŮ

4.1. Shrnutí výsledků

Testy jasně ukazují, že pro běžné kancelářské, internetové využití a základní multimediální funkce dostačuje i nejslabší procesor. V případě náročnějších multimédií většinu zvládne i běžný procesor, ovšem náročnější scény využijí opět více jader a vyšší frekvenci procesoru. V případě renderingu, zpracování hudby a videa výkon škáluje s počtem jader i v návaznosti na frekvenci procesoru, takže čím výkonnější procesor, tím lépe. Značně se zkracuje čas zpracování těchto náročných úkonů. Větší podíl nárůstu výkonu u těchto aplikací zajišťuje více jader za předpokladu podpory ze strany softwaru.

V případě speciálních aplikací vždy záleží, kolik využívá aplikace vláken (závislost na počtu jader v procesoru je pak vyšší), jaké využívá instrukční sady, případně zda je odvislá od pracovní frekvence procesoru. Všechny tyto aspekty mohou mít vliv na výkon v návaznosti i na ostatní komponenty PC (úzká hrdla - většinou omezená propustnost dat na sběrnících nebo omezená paměťová propustnost).

Pokud bude PC koncipováno jako herní stroj, je převážná část výkonu závislá na grafické kartě. Nicméně novější hry již využívají vícejádrových procesorů, projevuje se vyšší frekvence a tudíž výkon jednotlivých jader a nové technologie. Moderní hry potřebují maximum nabízeného výkonu procesorů i grafické karty, ale v případě nedostatečného výkonu ze strany těchto nejdůležitějších komponent lze u hry nastavit nižší rozlišení, snížit detaily, povypínat speciální funkce a tím zajistit plynulý chod hry. Uživatel preferující herní nasazení svého počítače nemusí nutně pořizovat nejsilnější procesor.

Využitím koncepce 3 výkonových kategorií, tedy low-end, mainstream, high-end lze roztrždit testované procesory. Pro běžné pracovní využití postačuje low-end (office, méně náročná multimédia, internet, atd.). Mainstream, střední kategorie procesorů, které mohou bohatě stačit pro hry, více náročná multimédia, v podstatě i pro rendering, udělají stejnou práci za delší čas. High-end, který je samozřejmě cenově nejvýše, splňuje i nejvyšší výkonová kritéria, je pak určen pro skupinu nadšenců, kteří vyžadují maximální výkon pro všechny činnosti spojené s PC. Cena těchto procesorů může být i 25 900,-Kč [15] např. za Core I7-990X, kódové označení Gulftown, který má 6 jader, základní frekvenci 3,46 GHz a patří v současnosti k nejvýkonnějším procesorům pro desktop.

Dle zjištěných testů je plně dostačující pro 32 bitový systém 3 GB RAM operační paměti, u 64 bitového systému je pak možno využít větší množství operační paměti, např. i 8 GB.

V návaznosti na počet jader a velikost operační paměti je pak systém svižnější a je možno provozovat více spuštěných aplikací najednou.

4.2. Doporučení

V návaznosti na výsledky testů následuje doporučení výběru vhodného procesoru pro vybrané kategorie použití:

A) Pracovní nasazení:

1. skupina uživatelů požadujících kancelářské využití (Office, internetové prohlížeče, běžné účetní apod. programy, jednoduché firemní databáze, internetová pošta, atd.) - v této kategorii výkonově postačuje i slabší dvoujádrový, nebo jednojádrový procesor, doporučení z testovaných procesorů - Intel Celeron E1400, nebo případně Sempron 145,
2. skupina uživatelů požadujících vyšší kancelářské a firemní nasazení (vývojové programy, rozsáhlé databáze, speciální systémový software, řídicí systémy) - pro tento typ softwaru jsou vhodné Athlon II X4 630, nebo Intel Core 2 Duo E8400.

B) Domácí využití:

1. skupina uživatelů, kteří využívají PC pro běžné domácí úkoly (prohlížeč software, jednodušší úpravy fotografií, spouštění videa, internet, občasné hraní her, apod.) - dvoujádrový procesor, Athlon X2 6000+, nebo Intel Core 2 Duo E8400 budou pro tuto skupinu vyhovující,
2. skupina uživatelů, kteří převážně využívají PC pro hraní her (RPG hry, akční 3D hry, strategické hry, apod.) - Athlon X2 6000+., Intel Core2 Duo E8400, Athlon 2 X4 630. Vybrané procesory zvládnou kvalitně herní nasazení. Testy prokázaly, že více záleží na kvalitě grafické karty,
3. skupina uživatelů používající PC pro náročné aplikace (zpracování videí, filmů, hudby, náročnější úprava fotografií, CAD, rendering, atd.) - pro tuto skupinu uživatelů jsou doporučeny tyto procesory - Phenom X4 955, Intel Core 2 Quad Q9650.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo pomoci s výběrem vhodného procesoru, porovnat pomocí testování výkonnostní rozdíly mezi jednotlivými typy procesorů za účelem nalezení vhodného řešení pro vybrané uživatelské skupiny a způsoby využití osobního počítače. Procesory byly během testování podrobeny řadě testů pro ověření jejich výkonu v jednotlivých způsobech využití. Testy byly proto rozděleny do pěti testovacích skupin. Okrajově práce poskytuje základní přehled o jednotlivých komponentách osobního počítače včetně základního popisu jejich vlivu na celkový výkon. Na základě znalostí problematiky a vlastností testovaných procesorů byl předpokládán výkonnostní rozdíl mezi procesory s různým počtem jader. Tento předpoklad byl testy potvrzen. Testování výkonu procesorů prokázalo nezanedbatelný nárůst výkonu v oblasti aplikací, které dokáží využít více jader. Zároveň prokázalo vyšší výkon čtyřjádrových procesorů oproti dvoujádrovým a jednojádrovým. U vícejádrových procesorů byla odezva systému svižnější a zároveň bylo možné pracovat s více aplikacemi najednou. Testy prokázaly závislost výkonu systému i na dalších komponentách v závislosti na dané aplikaci. Pro optimální výkon celé počítačové sestavy je nutné vyvážit sestavu takovým způsobem, aby nedocházelo ke znehodnocení výkonu procesoru v okamžiku nedostatečného výkonu ostatních komponent.

Testy jednoznačně prokázaly výhodnost a větší výkon počítačové sestavy disponující vícejádrovým procesorem. Použitím vícejádrového procesoru stoupá použitelnost počítačové sestavy i pro náročnější aplikace a zároveň je práce s takovým systémem rychlejší a efektivnější. Při výběru vhodného procesoru je výhodné zvážit nejen současné aplikační požadavky, ale také i požadavky budoucí vyplývající z vývoje počítačových programů. Navyšování počtu jader v daných testovaných podmínkách bylo prokázáno jako prospěšné pro růst výkonu.

Ze zvolených testovaných procesorů byl jako nejvýkonnější model vyhodnocen procesor Core Quad Q9650. Na druhém místě se umístil Phenom X4 955. Tyto dva čtyřjádrové procesory prokázaly nejvyšší výkon.

Přínosem práce je návrh a popis postupu, jak si v domácích podmínkách otestovat procesory. Modely procesorů, které byly navrženy a otestovány, dávají přehled, pro jaká aplikační využití se dají uplatnit.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KOPETSCHKE Igor. *Distribuované programování*. Technická univerzita Liberec, 2012
- [2] HORÁK Jaroslav. *Hardware, učebnice pro pokročilé*. 4. aktualizované vydání. Brno: Computer Press a. s. 2007. 360 s. ISBN 978-80-251-1741-5
- [3] MUELLER Scott. *Osobní počítač*, 1 vydání Brno: Computer Press a.s. 2003. 862 s. ISBN 978-80-722-6796-5
- [4] DEMBOWSKI Klaus. *Mistrovství v HARDWARE*. 1. vydání. Brno: Computer Press a.s. 2009. 712 s. ISBN 978-80-251-2310-2
- [5] CISCO SYSTEMS, Inc., Cisco Networking Academy Program HP IT essentials I. *PC hardware and software companion guide*, 2nd ed. Indianapolis. Cisco Press 2005. 1068 s. ISBN 1-58713-136-6
- [6] *HARDWARE speciál: magazín hardware*, vydání léto 2011 Extra Publishing,s.r.o., vychází pololetně, ISSN 1804-3089
- [7] *HARDWARE speciál: magazín hardware*, vydání zima 2010, Extra Publishing,s.r.o., vychází pololetně, ISSN 1804-3089
- [8] *Desktop Processors from Intel* - [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.intel.com>>
- [9] *AMD Processors for Desktop* - [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.amd.com>>
- [10] *Svět hardware* - [online]. Dostupné z WWW: <http://www.svethardware.cz/art_doc-FC924C639FB58441C125738C00765B68.html>
- [11] *HARDWARE speciál: magazín hardware*, vydání léto 2010, Extra Publishing,s.r.o., vychází pololetně, ISSN 1804-3089
- [12] *HARDWARE speciál: magazín hardware*, vydání zima 2008, Extra Publishing,s.r.o., vychází pololetně, ISSN 1804-3089
- [13] *Svět hardware* - [online]. Dostupné z WWW: < http://www.svethardware.cz/art_doc-A3377189887E712BC12575990049A6E2.html>
- [14] *ExtraHardware* - [online]. Dostupné z WWW: <<http://extrahardware.cnews.cz/test-procesoru-ii-intel-core-2-duo-e8400-quad-q9300-q9550>>
- [15] *OKcomputers* - [online]. Dostupné z WWW: <<http://www.okcomputers.cz/zbozi/intel-extreme-core-i7-990x>>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A Vybrané procesory Intel a AMD (značení, parametry)

Příloha B Testovací sestava (seznam použitých komponent)

Příloha C Testovací software (verze)

Příloha A: Vybrané procesory Intel a AMD (značení, parametry)

výrobce	řada	model	frekvence (GHz)	počet jader	kod. označení	L1 cache (KB)	L2 cache (KB)	L3 cache (KB)	FSB/HT/QPI	násobič	výrobní proces	velikost jádra (mm ²)	počet tranzistorů (mil.)	TDP (W)	patice
Intel	Celeron	430	1,8	1	Conroe-L	64	512	-	800 MHz	9	65nm low-KSS	-	-	35	775
Intel	Celeron	E1400	2	2	Allendale	2x64	512	-	800 MHz	10	65nm low-KSS	111	167	65	775
Intel	Pentium	E2200	2,2	2	Allendale	2x64	1024	-	800	11	65nm low-KSS	111	167	65	775
Intel	Pentium	E5200	2,5	2	Wolfdale	2x64	2048	-	800	12,5	45nm high-k	104	410	65	775
Intel	Pentium	E6300	2,8	2	Wolfdale	2x64	2048	-	1066	10,5	45nm high-k	104	410	65	775
Intel	Core2 Duo	E7300	2,66	2	Wolfdale	2x64	3072	-	1066	10	45nm high-k	104	410	65	775
Intel	Core2 Duo	E8400	3	2	Wolfdale	2x64	6144	-	1333	9	45nm high-k	104	410	65	775
Intel	Core2 Duo	E8600	3,33	2	Wolfdale	2x64	6144	-	1333	10	45nm high-k	104	410	65	775
Intel	Core2 Quad	Q8200	2,33	4	Yorkfield	4x64	2x2048	-	1333	7	45nm high-k	164	456	95	775
Intel	Core2 Quad	Q6600	2,4	4	Kentsfield	4x64	2x4096	-	1066	9	65nm low-KSS	286	582	95	775
Intel	Core2 Quad	Q9300	2,5	4	Yorkfield	4x64	2x3072	-	1333	7,5	45nm high-k	164	456	95	775
Intel	Core2 Quad	Q9550	2,83	4	Yorkfield	4x64	2x6144	-	1333	8,5	45nm high-k	214	820	95	775
Intel	Core2 Quad	Q9650	3	4	Yorkfield	4x64	2x6144	-	1333	9	45nm high-k	214	820	95	775
Intel	Core i3	530	2,93	2	Clarkdale	4x64	2x256	4096	2,5 GT/s	25	32nm high-k	81 (+114)	383 (+177)	87	1156
Intel	Core i5	750	2,66	4	Lynnfield	4x64	4x256	8192	2,5 GT/s	20	45nm high-k	296	774	95	1156
Intel	Core i7	870	2,93	4	Lynnfield	4x64	4x256	8192	2,5 GT/s	22	45nm high-k	296	774	95	1156
Intel	Core i7	975 XE	3,33	4	Bloomfield	4x64	4x256	8192	6,4 GT/s	25	45nm high-k	263	731	130	1366
Intel	Core i7	980 X	3,33	6	Gulftown	6x64	6x256	12288	6,4 GT/s	25	32nm high-k	248	1180	130	1366
AMD	Sempron	145	2,8	1	Sargas	128	1024	-	3,6 GHz	13,5	45nm SOI	117	234	45	AM3
AMD	Athlon	7750 BE	2,7	2	Kuma	2x128	2x512	2048	4 GHz	13,5	65nm SOI	285	450	95	AM2+
AMD	Athlon	250	3	2	Regor	2x128	2x1024	-	4 GHz	15	42nm SOI	117	234	65	AM3
AMD	Athlon	6000+	3	2	Windsor	2x128	2x1024	-	2 GHz	15	90nm SOI	219	243	125	AM2+
AMD	Athlon	630	2,8	4	Propus	4x128	4x512	-	4 GHz	14	42nm SOI	169	300	95	AM3
AMD	Phenom	705e	2,5	3	Heka	3x128	3x512	6144	4 GHz	12,5	42nm SOI	258	758	65	AM3
AMD	Phenom	810	2,6	4	Deneb	4x128	4x512	4096	4 GHz	13	42nm SOI	258	758	95	AM3
AMD	Phenom	955	3,2	4	Deneb	4x128	4x512	6144	4 GHz	16	42nm SOI	258	758	125	AM3
AMD	Phenom	965 BE	3,4	4	Deneb	4x128	4x512	6144	4 GHz	17	42nm SOI	258	758	125	AM3
AMD	Phenom	1055T	2,8	6	Thuban	6x128	6x512	6144	4 GHz	14	42nm SOI	346	904	125	AM3
AMD	Phenom	1090T	3,2	6	Thuban	6x128	6x512	6144	4 GHz	16	42nm SOI	346	904	125	AM3

Zdroj: upraveno podle [8], [9]

Příloha B: Testovací sestava (seznam použitých komponent)

Paltforma	Intel	AMD
Základní deska (motherboard)	Asus P5G Deluxe, Chipset Intel P45/ICH10R, BIOS 16 Mb AMI , PnP, DMI 2.0, MfM 2.0, SM BIOS 2.4	Gigabyte M68M-S2P, S-series, Chipset Nvidia GeForce 7025/nForce 630a, AM3
Počítačová skříň (case)	Acutake Viper, ATX miditower	Acutake Viper, ATX miditower
Zdroj	Sseasonic Xseries, 80 PLUS Gold, X-750 W, ATX12V/EPS12V	Sseasonic Xseries, 80 PLUS Gold, X-750 W, ATX12V/EPS12V
Chladič procesoru	Arctic Cooling Freezer XTREME Rev.2, 800-1500 rpm	Arctic Cooling Freezer XTREME Rev.2, 800-1500 rpm
Paměť	OCZ titanium edition 4 GB DDR 2, 800 MHz, 4-4-4-15 + Kingston HYPER X 4 GB DDR 2, 800 MHz, 4-4-4-15	OCZ titanium edition 4 GB DDR 2, 800 MHz, 4-4-4-15 + Kingston HYPER X 4 GB DDR 2, 800 MHz, 4-4-4-15
SSD	Kingston HYPER X, 120 GB, SATA 6Gb/s, read 525 MB/s, write 480 MB/s (systémový disk) + OCZ Agility 2, 60 GB, SATA 3Gb/s, read 285MB/s, write 275 MB/s (swapovací soubor)	Kingston HYPER X, 120 GB, SATA 6Gb/s, read 525 MB/s, write 480 MB/s (systémový disk) + OCZ Agility 2, 60 GB, SATA 3Gb/s, read 285MB/s, write 275 MB/s (swapovací soubor)
HDD	Western Digital Caviar Black 1000 GB, 64 MB, 7200 rpm, SATA 6Gb/s, WD1002FAEX	Western Digital Caviar Black 1000 GB, 64 MB, 7200 rpm, SATA 6Gb/s, WD1002FAEX
Grafická karta	MSI Radeon R5850 Twin Frozr II, 1 GB GDDR5, DirectX 11, DisplayPort+HDMI	MSI Radeon R5850 Twin Frozr II, 1 GB GDDR5, DirectX 11, DisplayPort+HDMI
Zvuková karta	Creative Sound Blaster X-FI Extreme Fidelity, 64 MB, THX	Creative Sound Blaster X-FI Extreme Fidelity, 64 MB, THX

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha C: Testovací software (verze)

Testy	Název testovacího softwaru	Verze softwaru
Aplikační výkon	PCMark Vantage	1.00
Multimediální výkon	WAV do MP3:LameEnc3.97	3.97
	Zoner Photo Studio 10	10 Computer Edition
	Paint.NET	3.5.10
	VirtualDubMod + DivX 6.8.4	1.5.10.2
	x264 Benchmark	4.0
Syntetický Výkon	wPrime 2.0	2.3
	Fritz Chess	4.2
	Everest, CPU Queen	2.20.405
	WinRAR 3.71	3.71
Rendering	Cinebench R11	11.529
	POV-Ray v3.7	3.7 beta 37
	Blender 2.48	2.48
Herní výkon	Call of Duty 4	1.0.525
	Crysis	1.1.1.5767
	Far Cry 2	1.03
	Unreal Tournament 3	1.0
	3DMark Vantage	1.0.0
	3DMark 06	110

Zdroj: vlastní zpracování