

UNIVERZITA PARDUBICE  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Geneze procesorů jakožto základní součásti PC

Jan Heřman

Bakalářská práce  
2012

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Heřman**  
Osobní číslo: **I07616**  
Studijní program: **B2646 Informační technologie**  
Studijní obor: **Informační technologie**  
Název tématu: **Geneze procesorů jakožto základní součásti PC**  
Zadávající katedra: **Katedra informačních technologií**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popsat základní funkční vlastnosti procesoru, součinnosti s ostatními komponentami.
2. Popsat vývoj procesorů počínaje Intel 8080 s důrazem na rozšiřující se možnosti a výkon.
3. Popsat způsoby testování výkonnosti a vlastností procesorů pomocí speciálního SW.
4. Pomocí ca 5 dostupných testovacích programů otestovat skupinu ca 10 procesorů různých typů a provést jejich srovnání.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

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

Seznam odborné literatury:

1. **HORÁK, J. Hardware - učebnice pro pokročilé. Brno: Computer Press 2007, ISBN 978-80-251-1741-5, 360s.**
2. **MUELLER, S. Osobní počítač. Hardware, upgrade, opravy. Brno: Computer Press 2003, ISBN 80-7226-796-5, 862 s.**
3. **Internet.**

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Milan Javůrek, CSc.**

Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **16. prosince 2011**

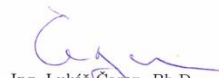
Termín odevzdání bakalářské práce: **11. května 2012**



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.  
děkan



**L.S.**



Ing. Lukáš Čegan, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 30. března 2012

## **Prohlášení autora**

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.

V Pardubicích dne

Jan Heřman

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval doc. Ing. Milanu Javůrkovi, CSc. za cenné rady a připomínky, které mi poskytl. Děkuji také všem ostatním za zapůjčení testovacích sestav. V neposlední řadě chci také poděkovat své rodině, která mě podporovala při studiu.

## **Anotace**

Bakalářská práce se v úvodu zaměřuje na základní vlastnosti a princip činnosti procesoru. Následuje popis vybraných procesorů, který je seřazen chronologicky tak, jak vstoupily na trh.

V praktické části je pak otestován výkon vybraných procesorů. Testovány jsou desktopové i mobilní procesory.

## **Klíčová slova**

Procesor, vyrovnávací paměť, RAM, sběrnice, vývoj, Intel, AMD, instrukce, tranzistor, MHz, GHz.

## **Title**

Genesis of processors as a basic part of PC.

## **Annotation**

This thesis is focused on basic characteristics and logic behind processor. It's followed by description of selected CPUs, which is sorted chronologically as the processors were introduced to market.

In practical part is tested performance of several processors. Both desktop and mobile versions were tested.

## **Keywords**

Processor, cache, RAM, bus, development, Intel, AMD, instructions, transistor, MHz, GHz.

# Obsah

<b>Seznam zkratk</b> .....	<b>8</b>
<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>10</b>
<b>Seznam tabulek</b> .....	<b>12</b>
<b>Úvod</b> .....	<b>13</b>
<b>1 Procesor</b> .....	<b>14</b>
1.1 Rozdělení procesorů podle instrukční sady.....	14
1.1.1 CISC.....	14
1.1.2 RISC.....	14
1.2 Princip činnosti procesoru.....	14
1.3 Komunikace procesoru s okolím.....	15
1.4 Základní části procesoru.....	16
1.5 Zpracování instrukcí.....	17
<b>2 Vývoj procesorů</b> .....	<b>19</b>
2.1 Intel 4004 – 1971.....	19
2.2 Intel 8008 – 1972.....	19
2.3 Intel 8080 – 1974.....	20
2.4 Motorola 6800 – 1975.....	20
2.5 MOS Technology 6502 – 1975.....	20
2.6 AMD Am9080 a Am2900 – 1975.....	21
2.7 TI TMS 9900 - 1975.....	21
2.8 Zilog Z80 – 1976.....	21
2.9 Intel 8086/8088 – 1978/79.....	22
2.10 Motorola 68000 – 1979.....	22
2.11 Intel 80286 – 1982.....	23
2.12 Intel 80386 – 1985.....	24
2.13 Intel 80486 – 1989.....	24
2.14 DEC Alpha – 1992.....	25
2.14.1 Alpha 21064 - 1992.....	25
2.14.2 ALPHA 21164 – 1995.....	25
2.14.3 ALPHA 21364 – 2002.....	26
2.15 Intel Pentium – 1993.....	26
2.16 Intel Pentium Pro – 1995.....	27

2.17	AMD K5 – 1996.....	28
2.18	Intel Pentium II – 1997.....	28
2.19	AMD K6 – 1997.....	29
2.20	Intel Celeron – 1998.....	30
2.21	Intel Pentium III – 1999.....	30
2.22	AMD K7 Athlon – 1999.....	31
2.23	AMD Athlon Thunderbird – 2000.....	32
2.24	AMD Duron – 2000.....	32
2.25	Intel Pentium 4 – 2000.....	33
2.25.1	Willamette.....	33
2.25.2	Northwood.....	34
2.25.3	Gallatin.....	34
2.25.4	Prescott.....	34
2.25.5	Cedar Mill.....	34
2.26	AMD Athlon XP – 2001.....	35
2.27	AMD Opteron – 2003.....	35
2.28	AMD Athlon 64/FX – 2003.....	36
2.28.1	Athlon 64 FX.....	37
2.29	AMD Sempron – 2004.....	37
2.29.1	Thoroughbred, Thorton a Barton.....	37
2.29.2	Paris a Palermo.....	37
2.30	Intel Pentium D/Extreme Edition – 2005.....	38
2.30.1	Smithfield.....	38
2.30.2	Presler.....	39
2.31	AMD Athlon 64 X2 – 2005.....	39
2.32	Intel Core 2 Duo/Quad/Extreme – 2006.....	40
2.32.1	Conroe/Allendale.....	41
2.32.2	Kentsfield.....	41
2.32.3	Wolfdale.....	41
2.33	AMD Phenom X4/X3 – 2007.....	42
2.34	Nehalem a Intel Core i7/i5/i3 – 2008.....	42
2.34.1	Bloomfield.....	43
2.34.2	Lynnfield.....	43
2.34.3	Westmere.....	43



2.34.4	Gulftown.....	44
2.35	AMD Phenom II X2/X3/X4/X6 – 2008 .....	44
2.35.1	Deneb.....	45
2.35.2	Zosma, Callisto, Heka .....	45
2.35.3	Thuban.....	45
2.36	Sandy Bridge a Core i3/i5/i7 - 2011.....	45
2.36.1	Ivy Bridge.....	46
2.37	AMD Bulldozer – 2011 .....	47
<b>3</b>	<b>Test procesorů.....</b>	<b>49</b>
3.1	Desktop procesory .....	49
3.1.1	Intel Core i5 2500 3,7 GHz .....	49
3.1.2	Intel Pentium E5700 3,0 GHz .....	50
3.1.3	Intel Core 2 Quad Q8300 2,5 GHz.....	50
3.1.4	AMD FX-6100 3,6 GHz.....	51
3.1.5	Intel Core 2 Quad Q9550 2,83 GHz.....	51
3.2	Mobilní procesory .....	52
3.2.1	Intel Core 2 Duo T5800 2,00 GHz .....	52
3.2.2	AMD Athlon 64 X2 TK-55 1,8 GHz.....	52
3.2.3	Intel Core i7 2670QM 3,1 GHz.....	53
3.2.4	AMD Athlon 64 X2 QL-62 2,0 GHz.....	53
3.2.5	Intel Core 2 Duo T5500 1,66 GHz .....	54
3.3	Testovací aplikace a výsledky testů.....	54
3.3.1	wPrime 2.09.....	54
3.3.2	7-zip 9.20.....	56
3.3.3	x264 HD Benchmark 5.0.1 + Avisynth 2.5.8 .....	57
3.3.4	Truecrypt 7.1a.....	58
3.3.5	Cinebench R10 .....	59
3.3.6	Celkový průměrný výkon .....	60
3.3.7	Cena za procento výkonu .....	62
3.3.8	Naměřené teploty.....	63
<b>4</b>	<b>Slovníček pojmů: .....</b>	<b>66</b>
	<b>Závěr .....</b>	<b>68</b>
	<b>Literatura .....</b>	<b>69</b>
	<b>Příloha A – Obsah příloženého CD.....</b>	<b>78</b>

## Seznam zkratek

INTEL	Integrated electronics
CISC	Complex instruction set computer
RISC	Reduced instruction set computer
EPIC	Explicitly parallel instruction computing
RAM	Random access memory
CPU	Central processing unit
AMD	Advanced micro devices
FSB	Front-side bus
QPI	Quickpath interconnect
ALU	Arithmetic logic unit
FPU	Floating-point unit
KHZ	Kilohertz
KIPS	Thousand instructions per second
TDP	Thermal design power
W	Watt
KB	Kilobyte
MHZ	Megahertz
MOS	Metal-oxide-semiconductor
TI	Texas Instruments
IBM	International business machines
MB	Megabyte
HP	Hewlett-Packard
AT	Advanced technology
GB	Gigabyte
TB	Terabyte
L1	Level 1
MIPS	Million instructions per second
MS-DOS	Microsoft disk operating system
NT	New technology
TF	Teraflop
L2	Level 2
S. E. C.	Single edge contact
MMX	Multimedia extensions
SSE	Streaming SIMD extentions
SIMD	Single instruction multiple data
GHZ	Gigahertz
NM	Nanometr
XP	Extreme performance
UOP	Micro-operation
EE	Extreme edition
LGA	Land grid array
PCI	Peripheral component interconnect

USB	Universal serial bus
μM	Mikrometr
AES	Advanced encryption standard
FPS	Frames per second
AVX	Advanced vector extensions
PC	Personal computer
SDRAM	Synchronous dynamic random access memory
KW	Kilowatt
APU	Accelerated processing unit

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Schéma komunikace mezi procesorem a pamětí RAM [1] .....	15
Obrázek 2 - Schéma komunikace procesoru a pamětí používané AMD [2] .....	16
Obrázek 3 - Koprocesor 80287 [3] .....	17
Obrázek 4 - Intel 4004 [4] .....	19
Obrázek 5 - Intel 8008 [5] .....	19
Obrázek 6 - Intel 8080 [6] .....	20
Obrázek 7 - Motorola 6800 [7] .....	20
Obrázek 8 - MOS Technology 6502 [8] .....	21
Obrázek 9 - AMD Am2901 [9] .....	21
Obrázek 10 - TI TMS 9900 [10] .....	21
Obrázek 11 - Zilog Z80 [11] .....	22
Obrázek 12 - Intel 8086 [12] .....	22
Obrázek 13 - Motorola 68000 [13] .....	23
Obrázek 14 - Intel 80286 [14] .....	24
Obrázek 15 - Intel 80386 [15] .....	24
Obrázek 16 - Intel 80486 [16] .....	25
Obrázek 17 - DEC Alpha 21164 .....	26
Obrázek 18 - Intel Pentium [17] .....	27
Obrázek 19 - Intel Pentium Pro, L2 cache jako samostatný čip [18] .....	27
Obrázek 20 - Intel Pentium Pro [19] .....	28
Obrázek 21 - AMD K5 [20] .....	28
Obrázek 22 - Pentium II S.E.C. pouzdro [21] .....	29
Obrázek 23 - Pentium II – nalevo jádro procesoru, napravo samostatná L2 cache [21] .....	29
Obrázek 24 - AMD K6 [23] .....	30
Obrázek 25 - První Celeron postavený na jádře Covington z Pentia II [24] .....	30
Obrázek 26 - Intel Pentium III Katmai [25] .....	31
Obrázek 27 - Intel Pentium III Tualatin [26] .....	31
Obrázek 28 - AMD K7 Athlon [27] .....	32
Obrázek 29 - AMD Athlon Thunderbird [28] .....	32
Obrázek 30 - AMD Duron [29] .....	33
Obrázek 31 - Intel Pentium 4 [30] .....	35
Obrázek 32 - AMD Athlon XP [31] .....	35
Obrázek 33 - AMD Opteron [32] .....	36
Obrázek 34 - AMD Athlon 64 [33] .....	37
Obrázek 35 - AMD Sempron [34] .....	38
Obrázek 36 - Schéma jádra Smithfield [35] .....	38
Obrázek 37 - Intel Pentium D [36] .....	39
Obrázek 38 - Schéma zapojení Athlonu 64 X2 [37] .....	40
Obrázek 39 - AMD Athlon 64 X2 [38] .....	40
Obrázek 40 - Intel Core 2 Duo [39] .....	41
Obrázek 41 - AMD Phenom X4 [40] .....	42
Obrázek 42 - Intel Core i7 Bloomfield [41] .....	43
Obrázek 43 - Pohled na jádro Clarkdale/Arrandale [42] .....	44

Obrázek 44 - AMD Phenom II X4 [43].....	45
Obrázek 45 - Pohled na jádro Sandy Bridge [44].....	46
Obrázek 46 - Srovnání plochého a Tri-Gate tranzistoru [45].....	46
Obrázek 47 - Intel Core i7 Ivy Bridge [46] .....	47
Obrázek 48 - AMD Bulldozer [47] .....	48
Obrázek 49 - AMD Bulldozer FX-8150 [48] .....	48
Obrázek 50 - Intel Core i5 2500 3,7 GHz.....	49
Obrázek 51 - Intel Pentium E5700 3,0 GHz.....	50
Obrázek 52 - Intel Core 2 Quad Q8300 2,5 GHz .....	50
Obrázek 53 - AMD FX-6100 3,6 GHz.....	51
Obrázek 54 - Intel Core 2 Quad Q9550 2,83 GHz .....	51
Obrázek 55 - Intel Core 2 Duo T5800 2,00 GHz .....	52
Obrázek 56 - AMD Athlon 64 X2 TK-55 1,8 GHz.....	52
Obrázek 57 - Intel Core i7 2670QM 3,1 GHz .....	53
Obrázek 58 - AMD Athlon 64 X2 QL-62 2.0 GHz.....	53
Obrázek 59 - Intel Core 2 Duo T5500 1,66 GHz .....	54
Obrázek 60 - Aplikace wPrime .....	54
Obrázek 61 - wPrime výsledky .....	55
Obrázek 62 - Aplikace 7-zip, průběh testu .....	56
Obrázek 63 - 7-Zip výsledky .....	56
Obrázek 64 - x264 benchmark.....	57
Obrázek 65 - x264 Benchmark výsledky .....	58
Obrázek 66 - Aplikace Truecrypt .....	58
Obrázek 67 - Truecrypt výsledky .....	59
Obrázek 68 - Průběh testu v aplikaci Cinebench R10 .....	59
Obrázek 69 - Cinebench R10 výsledky .....	60
Obrázek 70 - Celkový průměrný výkon .....	61
Obrázek 71 - Cena za procento výkonu a průměrný výkon .....	62
Obrázek 72 - SpeedFan - měření teploty .....	63
Obrázek 73 - Naměřené teploty.....	64
Obrázek 74 - Průměr teplot .....	65
Obrázek 75 - Roadmapa Intelu [49] .....	68

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 - Zřetěžené zpracování instrukcí .....	17
Tabulka 2 - Klasické zpracování instrukcí .....	18

## Úvod

Cílem této práce v teoretické části je jednak popsat základní vlastnosti procesoru a princip jeho činnosti a dále popsat jeho vývoj od počátku sedmdesátých let dvacátého století až po současnost. V praktické části je cílem otestovat řadu procesorů pomocí specializovaných aplikací a porovnat jejich výsledky a vlastnosti.

První část práce je tedy zaměřena na obecný popis procesoru, z čeho se skládá, jak komunikuje se svým okolím a jakým způsobem zpracovává jednotlivé instrukce.

Poté následuje popis jednotlivých procesorů, tak jak byly uvedeny na trh. Snažil jsem se zachytit všechny důležité procesory, jejich přínos a srovnání s předchůdci i konkurencí.

Závěr práce je věnován testování procesorů. V testu jsou zahrnuty jak současné čtyřjádrové procesory určené pro stolní počítače tak i modely určené pro notebooky. Vybral jsem celkem pět aplikací, které se soustředí na různé činnosti, například výpočetní operace, komprese nebo převod videa.

# 1 Procesor

Základní činností procesoru je číst instrukce z paměti a provádět s nimi logické a aritmetické operace. Procesor pracuje se strojovým kódem, který se skládá z jednotlivých instrukcí. [50]

První procesory ze sedmdesátých let se dají s těmi dnešními jen těžko srovnávat. Jejich výkon, spotřeba, složitost a možnosti během let rapidně rostly v souladu s Mooreovým zákonem, podle kterého se každých 18 měsíců počet tranzistorů zdvojnásobí. Z toho je zřejmé, že od roku 1971, kdy tato práce začíná mapovat první mikroprocesory, prošly velkou změnou. První procesor uvedený v této práci měl 2300 tranzistorů, naproti tomu dnešní procesory jich v sobě integrují přes jednu miliardu.

## 1.1 Rozdělení procesorů podle instrukční sady

### 1.1.1 CISC

Complex instruction set computer, neboli komplexní instrukční sada. Procesor tedy obsahuje relativně velkou sadu instrukcí v porovnání s RISC. Jedna instrukce zde zajišťuje složité operace.

### 1.1.2 RISC

Reduced instruction set computer, neboli redukováná instrukční sada. Její hlavní myšlenka spočívá v tom, že některé složité instrukce jsou málo využívány, a proto je výhodnější je v případě potřeby nahradit posloupností několika jednodušších instrukcí. Instrukce tedy provádí vždy jen jednu věc, na rozdíl od komplexních instrukcí. Načítání a dekodování instrukcí je tak jednodušší. [50], [53]

Jako další lze zmínit **EPIC**, která byla poprvé představena s 64 bitovou architekturou Intel Itanium. Její princip spočívá v paralelním zpracování instrukcí pomocí kompilátoru, který určuje, jaké instrukce mohou být paralelně zpracovány. Tím šetří čas procesoru, který toto nemusí řešit. [52], [53]

Je nutno dodat, že takto exaktní rozdělení postupem času ztratilo na významu. Procesory začaly kombinovat vlastnosti různých instrukčních sad a využívat tak jejich výhody. Můžeme se tak setkat s označením post-RISC a post-CISC.

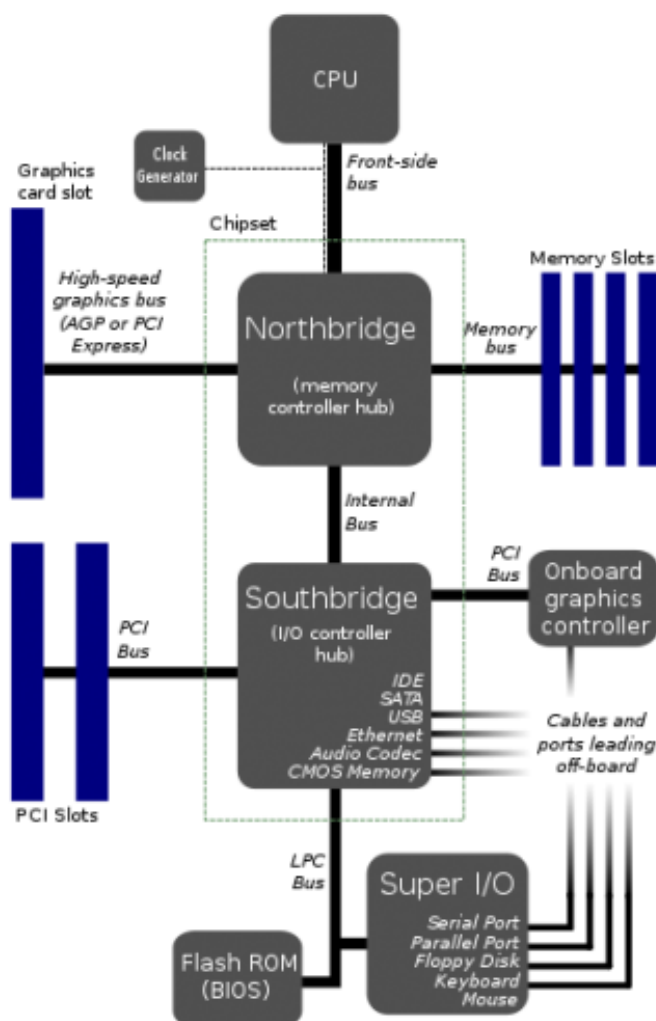
## 1.2 Princip činnosti procesoru

Procesor ke své práci potřebuje instrukce a data, které načítá z cache paměti. Pokud tam požadovaná data nejsou, musí se nejdříve načíst z paměti RAM, do které se dostanou například z pevného disku, síťové karty atp. Procesor tedy neobsahuje žádná data ani instrukce, pouze s nimi pracuje a opět je ukládá zpátky do paměti. Z toho plyne, že komunikace mezi procesorem a pamětí RAM je velice důležitá pro dosažení výkonu. [2], [50]



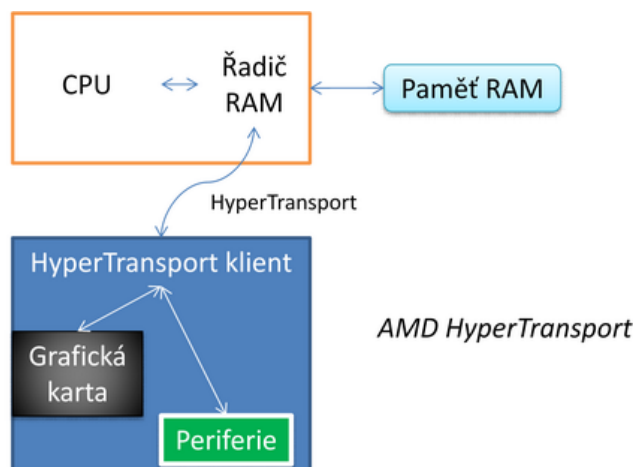
### 1.3 Komunikace procesoru s okolím

Tento koncept propojení CPU a RAM vznikl v 80. letech, postupem času přišly větší či menší změny. Pro ilustraci přikládám obrázek původního zapojení používané Intelem před uvedením architektury Nehalem. AMD v té době využívalo trochu pozměněný koncept, což donutilo Intel opustit toto řešení. [1], [2]



Obrázek 1 - Schéma komunikace mezi procesorem a paměti RAM [1]

Jak je z obrázku patrné, procesor a RAM spolu komunikují přes čipovou sadu, umístěnou na základní desce. Ta je rozdělena na severní a jižní můstek a obstarává veškerou komunikaci. Procesor je připojen na čipovou sadu pomocí FSB sběrnice, ve které je obsažen řadič paměti, který zajišťuje komunikaci. Je vidět, že propustnost FSB sběrnice zde hraje důležitou roli.



Obrázek 2 - Schéma komunikace procesoru a paměti používané AMD [2]

Nabízelo se tedy řešení integrovat paměťový řadič přímo k procesoru. Takové řešení v té době využívalo právě konkurenční AMD u svých procesorů Athlon 64. Procesor tak není limitován rychlostí sběrnice, ale pouze pamětí RAM. [2]

Intel později toto řešení okopíroval, s tím rozdílem, že místo sběrnice HyperTransport používal QPI.

## 1.4 Základní části procesoru

Procesor pracuje se strojovým kódem, který se skládá z jednoduchých instrukcí, které procesor přímo vykonává. Program napsaný ve vyšším programovacím jazyce se pak pomocí překladače přeloží do strojového kódu a procesor ho může vykonat. [51], [54]

Uvnitř procesoru najdeme řadič, který zajišťuje načtení instrukcí, dekódování, načtení operandů instrukcí a také řídí činnost ostatních jednotek v procesoru.

V řadiči se nachází sada registrů, což jsou malé paměti typu RAM, která uchovává operandy a mezivýsledky. Registry jsou různého druhu, například datové, adresové, speciální atd.

V procesoru se dále nachází ALU (arithmetic-logic unit), která vykonává matematické a logické operace a FPU (floating-point unit) pro práci v plovoucí řádové čárce. Jedná se o takzvaný koprocesor, v případě FPU jde o numerický koprocesor. Ten se specializuje pouze na určité výpočty, které je schopný provádět rychleji než samotný procesor.

Tyto koprocesory byly původně vyráběny k jednotlivým procesorům jako samostatné čipy. Měly tak podobné označení, například koprocesor pro 80286 má název 80287, pro 80386 je to 80387. Na obrázku můžeme vidět koprocesor 80287.



**Obrázek 3 - Koprocessor 80287 [3]**

Postupem času se začaly integrovat přímo do procesoru. K procesorům od řady 80486 se tedy nevyrobějí samostatné numerické koprocessory. [50], [55], [56]

FPU ale není jediný druh koprocessorů, další oblastí uplatnění je třeba kryptografie, grafické výpočty a podobně. Například v roce 2006 přišla na trh přídatná karta PhysX od firmy AGEIA, která se soustředila na fyzikální výpočty a tím ulehčila práci procesoru a grafické kartě. Jako přídatná karta na základní desku se ale příliš neprosadila. V roce 2008 ji koupila firma nVidia a od té doby je součástí jejich grafických karet. [57]

## 1.5 Zpracování instrukcí

Už u procesoru 8086 byla představena myšlenka zřetěženého zpracování instrukcí neboli pipelining. Základní princip spočívá v rozdělení zpracování instrukce mezi různé části procesoru a tak zpracovávat více instrukcí najednou. Zpracování instrukce se dá rozdělit do těchto základních kroků:

1. prefetch - zjištění adresy instrukce, se kterou se bude pracovat a její uložení do paměti cache,
2. fetch - načtení této instrukce z paměti,
3. decode - dekódování instrukce,
4. execute – provedení výpočtů, například v FPU,
5. write back – zapsání výsledku do registrů.

**Tabulka 1 - Zřetěžené zpracování instrukcí**

krok/takt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10
2		i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9
3			i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8
4				i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7
5					i1	i2	i3	i4	i5	i6

Každá z těchto pěti fází může být zpracována samostatně. Tak lze zahájit zpracování další instrukce před tím, než je předchozí instrukce dokončena.

**Tabulka 2 - Klasické zpracování instrukcí**

krok/takt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	i1					i2				
2		i1					i2			
3			i1					i2		
4				i1					i2	
5					i1					i2

Jak je vidět z tabulky, při klasickém zpracování se v prvních pěti taktech zpracuje jedna instrukce. Oproti tomu při použití zřetěženého zpracování je v prvních pěti taktech nejen kompletně zpracována jedna instrukce, ale jsou rozpracované i další. Zároveň s každým dalším taktem je kompletně zpracována jedna instrukce. Tedy za deset taktů se v ideálním případě zpracuje šest instrukcí oproti dvěma.

Problém nastane v případě, že dojde v programu ke skoku. Celou frontu je pak třeba vyprázdnit (pipeline flush) a musí se načíst nové instrukce.

První Pentium přineslo superskalární zpracování instrukcí, které umožňuje zpracování více než jedné instrukce v jednom taktu. První Pentium mělo 2 pipeline čímž umožnilo zpracovat až dvě instrukce za takt. Zároveň byla představena technologie, jak zabránit vyprazdňování pipeline v případě, že nastal skok v programu. Ta se nazývá branch prediction a umí dopředu odhadnout, zdali dojde ke skoku a podle toho načíst správnou instrukci. [55], [58]

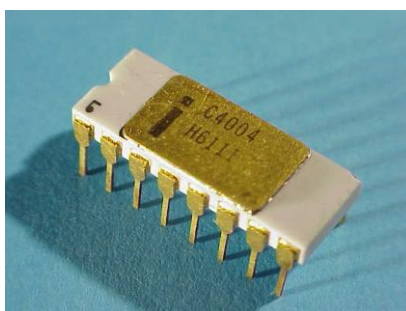
Další procesory tyto technologie stále vylepšují, mají lepší predikci skoků nebo hlubší pipeline.

## 2 Vývoj procesorů

### 2.1 Intel 4004 – 1971

V roce 1971 představila firma Intel vůbec první mikroprocesor – Intel 4004. Byl to 4 bitový procesor vyrobený 10  $\mu\text{m}$  (10 000nm) výrobním procesem a měl 2300 tranzistorů. Jeho pracovní frekvence byla 740 kHz, zvládl vykonat 40 000 – 90 000 instrukcí za sekundu (neboli 40 – 90 kIPS) a měl 4 bitovou sběrnici. Je to předchůdce pozdějších x86 procesorů, měl 16 pinů a umožňoval adresovat 640 B paměti RAM.

Byl vyroben pro japonskou firmu Busicom a poháněl její kalkulačky. Měl TDP 0,63W. Ve srovnání s dnešními výkonnými desktopovými procesory, které mají TDP i 100W, je to zanedbatelná spotřeba. [59], [60]

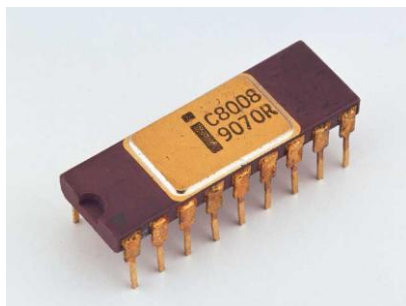


Obrázek 4 - Intel 4004 [4]

### 2.2 Intel 8008 – 1972

Následující rok přišel procesor 8008, první osmibitový procesor, následník 4004, vyrobený taktéž 10  $\mu\text{m}$  procesem. Původně byl taktován na 500 kHz, později přišla i 800 kHz verze. Měl 3500 tranzistorů, 8 bitovou datovou sběrnici, 14 bitovou adresovou sběrnici a umožňoval adresovat 16 KB paměti. Svě využití našel v kalkulačkách a terminálech.

8008 byl sice pomalejší než 4004 v počtu instrukcí, které zvládl vykonat za sekundu, ale protože dokázal zpracovat 8 bitů najednou a měl přístup k většímu množství paměti RAM, byl rychlejší ve většině aplikací. [61]



Obrázek 5 - Intel 8008 [5]

## 2.3 Intel 8080 – 1974

O dva roky později přišel Intel s dalším osmibitovým procesorem vyrobeným, 6  $\mu\text{m}$  procesem. Původní verze byla taktována na 2 MHz, pozdější verze až na 3 MHz. Měl 6000 tranzistorů a zvládl zpracovat až 640 000 operací za sekundu, což je velký skok oproti jeho předchůdci. Měl 8 bitovou datovou sběrnici a 16 bitovou adresovou sběrnici a zvládl tak adresovat 64 KB RAM.

Procesor byl ve své době velmi rozšířený, využití našel v průmyslových aplikacích i v prvních domácích počítačích. Byl také použit v prvním komerčně úspěšném osobním počítači Altair 8800.

Procesor byl často kopírován ostatními výrobci, například i v tehdejší Československu pod označením Tesla MHB8080A. [59], [62]

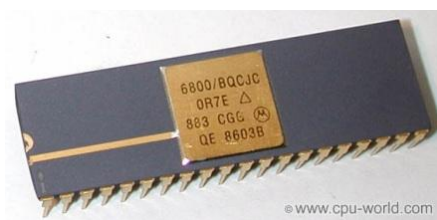


Obrázek 6 - Intel 8080 [6]

## 2.4 Motorola 6800 – 1975

V roce 1975 představila firma Motorola svůj osmibitový procesor 6800, konkurenci pro Intel 8080.

Základní verze tikala na 1 MHz, pozdější verze zvládly až 2 MHz. Měl 8 bitovou datovou sběrnici a 16 bitovou adresovou sběrnici, která umožnila zpřístupnit 64 KB paměti. Procesor byl populární v osobních počítačích, PC perifériích nebo terminálech. [63]

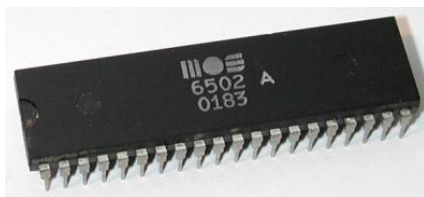


Obrázek 7 - Motorola 6800 [7]

## 2.5 MOS Technology 6502 – 1975

Ve stejném roce jako Motorola představila svůj osmibitový procesor firma MOS. Byl vyroben 8  $\mu\text{m}$  výrobním procesem a jeho taktovací frekvence byla 1 až 2 MHz. Měl 3500 tranzistorů, měl 16 bitovou adresovou sběrnici a dokázal adresovat 64 KB paměti.

V době uvedení na trh to byl nejlevnější mikroprocesor. Díky lepší efektivitě výroby stál zhruba šestinu ceny oproti Intelu a Motorole. I přes nižší frekvenci byl jeho výkon srovnatelný s konkurencí. Své využití našel například v Apple I a II, Atari 2600 nebo Commodore. [64]



Obrázek 8 - MOS Technology 6502 [8]

## 2.6 AMD Am9080 a Am2900 – 1975

AMD začalo bez licence vyrábět svou vlastní verzi Intelu 8080 nazvanou Am9080. Později se ale dohodlo s Intelem a licence mu byla udělena.

Ve stejném roce přišlo AMD s rodinou integrovaných obvodů nazývanou Am2900. Na obrázku můžeme vidět Am2901, který je ústředním prvkem této rodiny. Využití našel při konstrukci minipočítačů nebo při realizaci signálových procesorů. [65], [66]



Obrázek 9 - AMD Am2901 [9]

## 2.7 TI TMS 9900 - 1975

Tento procesor od firmy Texas Instruments byl jedním z prvních 16 bitových procesorů. Měl 16 bitovou datovou sběrnici, 15 bitovou adresovou sběrnici a dokázal adresovat 64 KB paměti RAM. Pracoval na frekvencích 3,3 – 4 MHz a své využití našel v domácích počítačích. [67]



Obrázek 10 - TI TMS 9900 [10]

## 2.8 Zilog Z80 – 1976

Tento 8 bitový procesor firmy Zilog je jeden z nejúspěšnějších mikroprocesorů všech dob. Vyrábí se dodnes, přes 36 let.

Zilog, firma sestavená z bývalých inženýrů Intelu, vylepšila procesor 8080 a tak vznikl Z8. Procesoru přibyly nové instrukce a registry a byl zpětně kompatibilní s Intelem 8080.

Taktovací frekvence byla v počátcích 2,5 MHz, postupem času se vyšplhala až na 20 MHz. Měl 6000 tranzistorů a opět dokázal adresovat 64 KB RAM.

Své využití našel jak ve stolních počítačích (Sinclair ZX Spectrum, GameBoy, v Československu počítače Ondra a Didaktik), tak i v armádních programech. [59], [68]



Obrázek 11 - Zilog Z80 [11]

## 2.9 Intel 8086/8088 – 1978/79

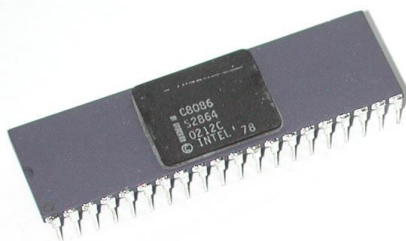
Ke konci roku 1978 představila firma Intel svůj 16 bitový procesor 8086. Ten měl 29 000 tranzistorů a byl taktován od 5 MHz až do 10 MHz. Měl 16 bitovou datovou sběrnici a 20 bitovou adresovou sběrnici, takže dokázal pracovat až s 1 MB operační paměti.

Je to první procesor architektury x86. Všechny pozdější x86 čipy jako 80286, 80386, 80486 nebo i dnešní moderní procesory jsou na něm postaveny.

Procesor byl velmi úspěšný, předčil všechny své konkurenty – TI 9900, Zilog Z800 a Motorolu 68000. To bylo dáno jednak kompatibilitou s 8080/8085 a Z80, poměrně nízkou pořizovací cenou a 8088 variantou.

Ta měla 8 bitovou datovou sběrnici místo 16 bitové, díky níž mohl využívat levnější 8 bitové podpůrné čipy, a tím snížit svojí cenu. IBM si potom tento čip vybralo do svého IBM PC místo Motoroly 68000. Procesor byl stále 16 bitový a mohl adresovat 1 MB paměti.

K oběma procesorům bylo možné připojit matematický koprocessor Intel 8087. [59], [69]



Obrázek 12 - Intel 8086 [12]

## 2.10 Motorola 68000 – 1979

Vnitřní architektura tohoto procesoru byla 32 bitová. Měl 32 bitové adresové i datové registry, Ale jen 16 bitovou datovou sběrnici a 24 bitovou adresovou sběrnici, což



limitovalo adresovatelnou paměť na 16 MB. Měl 68 000 tranzistorů a pracovní frekvenci od 4 MHz do 17 MHz.

Své využití našel v podstatě všude tam, kde nebyl Intel 8086/8088. Zpočátku byl používán v drahých systémech a pracovních stanicích, např. v HP 9000. V polovině 80. let, když spadla jeho cena, se začal objevovat v domácích/osobních počítačích jako Apple Lisa, Apple Mac, Comodore Amiga nebo Atari ST. Velké využití našel také v laserových tiskárnách, např. v první verze HP laserJet. [59], [70]



Obrázek 13 - Motorola 68000 [13]

## 2.11 Intel 80286 – 1982

Tento procesor byl zpětně kompatibilní se svým předchůdcem, je to 2. generace x86 16 bitových procesorů. Měl 134 000 tranzistorů a pracovní frekvenci od 8 MHz do 20 MHz. Byl použit v IBM AT, což byla druhá generace IBM PC. Přinesl také podporu multitaskingu a virtuální paměti.

Dovoloval pracovat ve dvou různých režimech – reálný (režim reálné adresy) a chráněný (režim virtuální adresy). Tento režim nebyl kompatibilní s procesorem 8086, ale umožňoval adresovat až 16 MB RAM. Oproti tomu reálný režim byl kompatibilní se svými předchůdci.

Zajímavostí je, že 80286 byl designovaný až po procesoru 80386, který přišel na trh až v roce 1985. Na svou dobu byl totiž příliš drahý a složitý. 80286 byl původně jen dočasným řešením, kterého se ale prodalo miliony jednotek a bylo v produkci přes deset let. [59], [69]



Obrázek 14 - Intel 80286 [14]

## 2.12 Intel 80386 – 1985

O tři roky později přišel na trh nástupce procesoru 80286, který byl vyráběný od roku 1985 až do roku 2007. Jednalo se o první 32 bitový procesor od Intelu.

Pracovní frekvence byla od 12 MHz do 40 MHz, měl 275 000 tranzistorů a byl zpětně kompatibilní se svými předchůdci 8086/80286. I dnešní 64 bitové procesory jsou schopny spustit programy napsané pro starší x86 čipy, počínaje 8086. Pracoval ve třech režimech - real, protected a virtual. Procesor dokázal adresovat buď 4 GB paměti, nebo až 64 TB paměti v protected modu – virtuální paměti.

Intel byl dlouho jediný výrobce tohoto procesoru. To bylo v té době neobvyklé, ale zároveň mu to umožnilo lepší kontrolu nad vývojem a také větší zisky. Až v roce 1991 AMD představilo svou vlastní verzi Am386, poté se svou verzí přišlo také IBM.

První počítač, ve kterém se objevil tento procesor, byl od firmy Compaq. [69], [71]



Obrázek 15 - Intel 80386 [15]

## 2.13 Intel 80486 – 1989

80486 představuje další generaci x86 32 bitových procesorů. Jeho výroba probíhala od roku 1989 do roku 2007.

Dokázal opět adresovat až 4 GB paměti a měl 1,25 milionů tranzistorů. Pracoval na frekvenci 25 – 100 MHz. Byl téměř dvakrát rychlejší než jeho předchůdce, jeho výkon dosahoval až 70 MIPS.

Velkou novinkou bylo představení integrované L1 cache paměti o kapacitě 8 KB, později zvětšenou na 16 KB. V podstatě se jednalo se o vylepšenou verzi 80386, která měla navíc L1 cache a integrovaný numerický koprocessor 80387. Procesor také implementoval vylepšenou pipeline. [69], [71]



Obrázek 16 - Intel 80486 [16]

## 2.14 DEC Alpha – 1992

### 2.14.1 Alpha 21064 - 1992

Jednalo se o první 64 bitový procesor. V době svého uvedení na trh to byl nejvýkonnější čip. Tento výkon ale nebyl zadarmo, při odběru 100 kusů vyšel jeden procesor na cenu přesahující 3 000 dolarů. Nejednalo se tedy procesory určené pro běžné uživatele. Svoje využití měly hlavně v pracovních stanicích a serverech. Jen pro srovnání – v roce 1993 přišly verze s taktem kolem 200 MHz. Ve stejné době představené Pentium mělo takty okolo 66 MHz. Z toho je vidět obrovský technologický náskok. Procesor podporoval až 128 bitovou datovou sběrnici a 34 bitovou adresovou sběrnici. Dokázal tak využít až 16 GB RAM. Měl integrovanou L1 cache o velikosti 16 KB, 1,68 milionů tranzistorů a TDP do 30W při 200 MHz. Jednalo se o superskalární procesor, který dosáhl na frekvence kolem 275 MHz.

### 2.14.2 ALPHA 21164 – 1995

Následoval procesor s označením 21146, taktovaný od 266 MHz do 660 MHz. V době, kdy Pentium II dosahoval frekvencí kolem 200 MHz, Alpha tikala na 600 MHz. Měl 40 bitovou adresovou sběrnici a byl tak schopný adresovat až 1 TB paměti. Byl vyroben 350nm procesem, měl 10 milionů tranzistorů a zvládl vykonat až 2,4 miliard operací za vteřinu. Dále měl 16 KB L1 cache, 96 KB L2 cache a podporoval volitelnou externí L3 cache o kapacitách až 64 MB.

### 2.14.3 ALPHA 21364 – 2002

Procesor měl v sobě integrovaný paměťový a síťový řadič, 1,5 MB L2 cache a 100 milionů tranzistorů. Byl vyrobený 180nm procesem a při taktu 1,25 GHz měl TDP 155W.

Kvůli finančním potížím byl DEC v roce 1998 odkoupen firmou Compaq. V roce 2001 byla práva prodána Intelu. Později firma HP koupila Compaq a vyráběla procesory Alpha až do roku 2006. [120], [121], [122], [123], [124], [125], [126]



Obrázek 17 - DEC Alpha 21164 [122]

### 2.15 Intel Pentium – 1993

V roce 1993 Intel přestal používat číselná označení pro své procesory a tak vznikl název Pentium. Jednalo se opět o 32 bitový procesor, který ale měl 64 bitovou datovou sběrnici. Při taktu 66 MHz měl výkon 112 MIPS, později dosáhl až na 300 MHz. To jeho výkon o mnoho zvětšilo. Měl 3,1 milionů tranzistorů a byl vyrobený 0,8 mikronovou technologií.

Jednalo se o superskalární procesor. Měl 2 pipeline, což znamená, že během jednoho taktu byl schopný dokončit až dvě instrukce zároveň, díky tomu měl vyšší výkon než 80486 při stejném taktu. Procesor v sobě opět integroval numerický koprocessor a 16 KB L1 cache. Ta byla rozdělena na 8 KB pro data a 8 KB pro instrukce. [69], [72]



Obrázek 18 - Intel Pentium [17]

## 2.16 Intel Pentium Pro – 1995

V roce 1995 představil Intel procesor, který měl nahradit první Pentium. V té době ale většina PC používala MS-DOS/Windows, které nedokázaly využít 32 bitové CPU. Navíc Pentium Pro bylo drahé a oproti Pentiu nepřineslo v podstatě žádné navýšení výkonu pro 16 bitové aplikace.

Naproti tomu serverová verze Windows NT dokázala využít 32 bitové procesory, a tak se tento procesor prosadil spíše v serverech, high-end domácích počítačích, workstationech a superpočítačích, jako byl ASCI Red, který jako první překonal hranici 1 TF.

Procesor obsahoval 5,5 milionů tranzistorů a integrovanou L2 cache o velikostech 256 KB, 512 KB a 1 MB. Pracovní frekvence byly od 150 MHz do 200 MHz a byl vyroben 0,50 a 0,35 mikronovou technologií.



Obrázek 19 - Intel Pentium Pro, L2 cache jako samostatný čip [18]

Procesor podporoval i zapojení v quad-core konfiguraci a integrovaná L2 cache přinesla zrychlení v multi-procesorovém zapojení, kdy ji procesory mezi sebou nemusely sdílet, protože každý měl svou vlastní.

Pentium Pro také přineslo spekulativní provádění instrukcí mimo pořadí. V situaci, kdy nejsou v paměti cache připravena data, nemusí procesor čekat na jejich načtení z paměti RAM, ale může provádět další instrukce. [59], [73]



Obrázek 20 - Intel Pentium Pro [19]

## 2.17 AMD K5 – 1996

AMD v roce 1996 vstoupilo na trh s prvním procesorem, který byl od základu designovaný v jejich továrnách. Jednalo se o superskalární 32 bitové x86 cpu, které pracovalo na frekvencích od 75 MHz do 133 MHz. Procesor byl vyroben 0,35 mikronovou technologií, obsahoval 4,3 milionů tranzistorů, měl integrovanou FPU jednotku a 24 KB L1 cache.

Byla to konkurence pro Pentium, procesor ale příliš neuspěl. Jeho výkon byl slabý a na trh přišel příliš pozdě. [74]



Obrázek 21 - AMD K5 [20]

## 2.18 Intel Pentium II – 1997

Rok na to Intel představil druhou generaci Pentia. Procesor byl vyroben 0,35 a 0,25 mikronovou technologií, obsahoval 7,5 milionů tranzistorů a měl 32 KB L1 cache. Jeho pracovní frekvence byly od 233 MHz do 450 MHz.

Zajímavostí je, že tento procesor byl vyráběn v takzvaném S. E. C. pouzdře, To dovolilo Intelu oddělit L2 cache z CPU, což vedlo k lepší efektivitě výroby a tím i nižší ceně. Také to umožnilo jednoduše změnit velikost L2 paměti a přijít tak na trh s dalšími variantami procesoru.

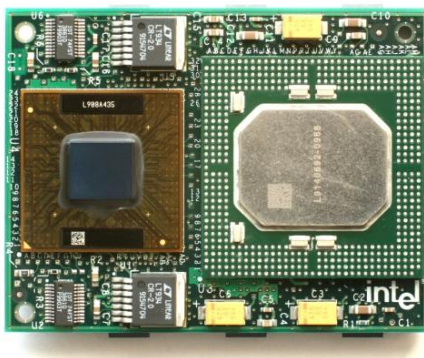




Obrázek 22 - Pentium II S.E.C. pouzdro [21]

Další změnou oproti Pentiu Pro bylo, že procesor a ostatní komponenty byly umístěny v tzv. daughterboardu, který se jako přídatná karta zasunoval do základní desky. Oproti Pentiu Pro přinesl tento procesor také zlepšení výkonu v 16 bitových aplikacích a novou instrukční sadu MMX. Ten našel využití u aplikací pro práci se zvukem, videem nebo grafikou.

Pro zákazníky byl tento procesor zajímavější volbou než Pentium Pro. To bylo dáno jednak nižší cenou díky oddělené L2 cache a jednak kvůli zlepšenému výkonu v 16 bit aplikacích a podpoře MMX. [59], [73]



Obrázek 23 - Pentium II – nalevo jádro procesoru, napravo samostatná L2 cache [21]

## 2.19 AMD K6 – 1997

AMD uvedlo na trh další 32 bit procesor, který se ale velmi lišil od svého předchůdce K5. AMD totiž koupilo firmu NexGen a na jejich mikroprocesoru Nx686 postavili vlastní procesor.

Byl vyroben 0,35 a 0,25 mikronovou technologií, pracoval na frekvencích od 166 MHz do 300 MHz, podporoval také MMX instrukční sadu a měl 8 milionů tranzistorů.

Výhoda tohoto procesoru byla v tom, že používal stejný socket jako Intel, který byl v té době rozšířený. To AMD velmi pomohlo, a tak mohlo začít konkurovat Intelu se svým procesorem, který měl výrazně nižší cenu. [75]



Obrázek 24 - AMD K6 [23]

## 2.20 Intel Celeron – 1998

V tomto roce Intel představil novou produktovou řadu Celeron. První procesory vycházely z Pentia II, později přišly verze postavené na architekturách Netburst, Core, Nehalem a Sandy Bridge. Jedná se o levnější verze desktopových a mobilních procesorů, které se snaží zaujmout především cenou. Vzhledem k tomu, že pod tuto rodinu spadají desítky až stovky různých procesorů, nemá smysl se zde rozepisovat o jejich vlastnostech. [76]



Obrázek 25 - První Celeron postavený na jádře Covington z Pentia II [24]

## 2.21 Intel Pentium III – 1999

Intel představil v roce 1999 třetí řadu Pentia, které je opět 32 bitové. Počáteční takty byly kolem 400 MHz, postupem času se dostaly až na hranici 1,4 GHz. Procesor byl vyráběn 250 - 130nm výrobním procesem. K instrukčnímu setu MMX přibyla podpora SSE, která přinesla nové instrukce pro práci s 3D grafikou a zpracováním videa a audia.

Pentium III bylo vyráběno ve dvou verzích. Katmai byl určen do stejného slotu 1 jako Pentium II, jednalo se tedy o přídatnou kartu. Měl 9,5 milionů tranzistorů, 32 KB L1 cache a 512 KB L2 cache, jako externí čip. Taktovací frekvence byla od 450 MHz do 600 MH.





**Obrázek 26 - Intel Pentium III Katmai [25]**

Druhá verze – Coppermine - se vyráběla ve verzi pro slot 1 i pro socket 370. Ta měla sice poloviční L2 cache, ale díky její integraci do jádra procesoru byla rychlejší. Procesor byl vyroben 180nm technologií a pracoval na frekvencích od 500 MHz do 1133 MHz.

Další verze Tualatin přinesla 130nm výrobní technologii, takty až 1400 MHz a 512 L2 cache. [77]

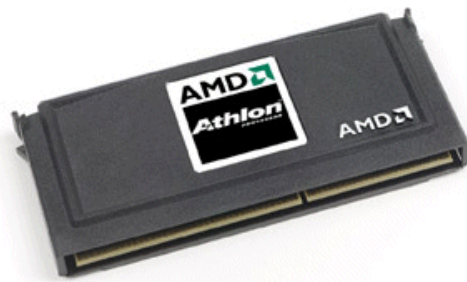


**Obrázek 27 - Intel Pentium III Tualatin [26]**

## **2.22 AMD K7 Athlon – 1999**

AMD představilo novou generaci procesorů před Intelem a získalo tak před svým konkurentem výkonnostní náskok. Byl to první procesor, který dosáhl hranice 1 GHz. Byl určen do slotu A, který je podobný Slotu 1 od Intelu. Z toho plyne, že se jednalo o přídatnou kartu. Procesor měl 128 KB L1 cache, 512 KB L2 cache, 2 miliony tranzistorů, a podporoval 3DNow! instrukce, což je konkurence MMX od Intelu. Pracovní frekvence byla od 500 MHz do 1 GHz a výrobní proces od 205nm do 130nm.

Jednalo se o velmi úspěšný procesor. Intel měl v té době problémy s přechodem na 180nm, zatímco u AMD šlo všechno hladce, výroba nevázla a procesor měl navíc dobré specifikace. [78]

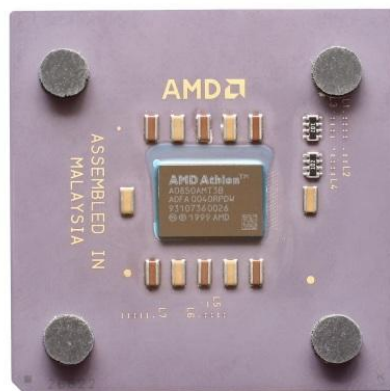


Obrázek 28 - AMD K7 Athlon [27]

## 2.23 AMD Athlon Thunderbird – 2000

Thunderbird představoval druhou generaci Athlonu, která se vyráběla ve verzi pro Socket A i slot A. Procesor měl pracovní frekvenci od 600 MHz do 1,4 GHz.

Hlavní změnou bylo přesunutí L2 cache přímo do jádra procesoru. Zmenšila se sice na 256 KB, ale zato byla daleko rychlejší. Byl to jeden z nejúspěšnějších produktů AMD za 10 let. [78]



Obrázek 29 - AMD Athlon Thunderbird [28]

## 2.24 AMD Duron – 2000

Stejně jako má Intel svůj Celeron, představilo AMD svoji slabší verzi Athlonu zvanou Duron. Procesor se vyráběl se třemi jádry - Spitfire, Morgan a Applebred.

Spitfire pracoval na frekvencích od 600 MHz do 950 MHz, byl postaven na 180nm Thunderbirdu a byl zhruba o 10 procent pomalejší.

Morgan měl takty od 900 MHz do 1300 MHz a byl postaven na 180nm verzi Athlonu XP Palomino. Díky tomu mu přibyla podpora SSE instrukcí.

Applebred byl postaven na 130nm Athlonu XP Thoroughbred.

Největším rozdílem Duronu byla menší L2 cache. Ta měla pouze 64 KB oproti 256 - 512 KB u Athlonu. To bylo ještě méně, než měl v té době Celeron (128 KB), ale díky velké L1 cache to nebyl takový problém. [79], [80]



Obrázek 30 - AMD Duron [29]

## 2.25 Intel Pentium 4 – 2000

V roce 2000 Intel představil již čtvrtou řadu Pentia, která se vyráběla až do roku 2008. Taktovací frekvence začínala na 1,3 GHz, postupem času se dostala až na 3,8 GHz. Stejně tak se zmenšoval i výrobní proces. Ten začínal na 180nm a pokročil až na 65nm.

Intel s tímto procesorem představil již sedmou generaci x86 architektury – Netburst. Ta byla orientována především na vysoké taktovací frekvence. Podle plánů Intelu se měla dostat až k 10 GHz. Kvůli velkému tepelnému vyzařování se k tomuto číslu ale ani zdaleka nepřiblížila a nejrychlejší procesory dosahovaly s frekvencí jen kolem 3,8 GHz.

Pentium 4 se vyrábělo s několika různými jádry – Willamette, Northwood, Prescott, Cedar Mill a Gallatin.

### 2.25.1 Willamette

První jádro Willamette mělo takty od 1,3 GHz do 2 GHz. Bylo určeno pro socket 423, později přišla verze pro socket 748. Willamette byl vyráběn 180nm výrobním procesem, přinesl podporu SSE2 instrukcí, měl 158 KB L1 cache, 256 KB L2 cache a 42 milionů tranzistorů.

V testech si procesor nevedl moc dobře. Nejenže nepřekonal Athlon a ani nejvýše taktovaná Pentia III, ale nebyl ani lepší než Duron. Časem začal Intel dohánět ztrátu, s modelem na taktu 1,7 GHz dokázal překonat Pentia 3.

Později Intel vydal 2 GHz verzi, která spolu s novým 845 čipsetem podporovala mnohem levnější PC133 SDRAM. Do té doby bylo nutné používat Rambus dynamic RAM, které byly velmi drahé. Tím prodeje tohoto procesoru značně poskočily. Willamette tak nahradil svého předchůdce Pentium III a stal se nejlépe prodávaným procesorem na trhu. To bylo způsobeno částečně i tím, že procesory měly oproti AMD vysoké takty, což byla silná marketingová zbraň.

### **2.25.2 Northwood**

V roce 2002 přišlo jádro Northwood. Díky 130nm výrobnímu procesu mělo nižší spotřebu a vyšší takty - od 1,6 GHz do 2,2 GHz. Mělo také větší L2 cache. Z 256 KB se zvětšila na 512 KB. Northwood měl 55 milionů tranzistorů.

Takty se zvyšovaly až na 3,06 GHz. Procesor na této frekvenci přinesl technologii zvanou Hyper-threading. Ta, zjednodušeně řečeno, dokáže vytvořit virtuální jádro pro každé fyzické jádro a procesor je tak schopný zpracovat více vláken v jeden okamžik. Hyper-threading se používá v procesorech dodnes.

### **2.25.3 Gallatin**

O rok později přišlo jádro Gallatin, což byla extrémní edice Pentia. Intel ho vydal jen týden před uvedením Athlonu 64 a 64 FX. Přibyla mu 2 MB L3 cache a s cenou 999 dolarů bylo také extrémně drahé.

I když Athlon 64 byl cenově daleko lepší volbou a porážel Pentia 4, Intel si tímto udržel nejvýkonnější čip na trhu. Dosahoval až na frekvence kolem 3,46 GHz, ke kterým se AMD zdaleka nepřibližovalo. Gallatin byl určen pro socket 775. Tato extrémní edice později přešla na jádro Prescott a dosáhla frekvence 3,73 GHz.

### **2.25.4 Prescott**

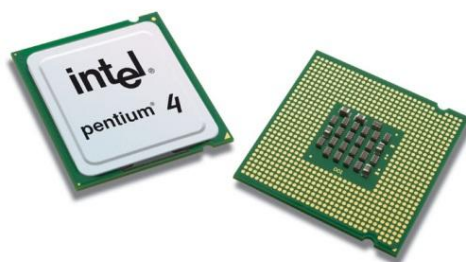
V únoru 2004 tedy přišlo jádro Prescott a spolu s ním výrobní technologie 90nm. Procesor měl 1 MB L2 cache, podporoval virtualizaci, SSE3 a 64 bitové výpočty. Měl 125 milionů tranzistorů a byl určen pro socket 478.

### **2.25.5 Cedar Mill**

Poslední verzí bylo jádro Cedar Mill, které bylo uvedeno na trh v lednu 2006. Výrobní proces se zmenšil na 65nm, tím se snížila spotřeba, ale jinak moc nových věcí nepřineslo.

Cedar Mill nepodporoval virtualizaci, měl 2MB L2 cache a pracoval na frekvencích od 3 GHz do 3,6 GHz. Zajímavostí je, že při chlazení tekutým dusíkem byl schopný dosáhnout až na 8 GHz, což ale není v praxi použitelné.

Následovat mělo jádro Tejas, ale kvůli extrémnímu TDP bylo zrušeno. Jen pro upřesnění, při 2,8 GHz mělo TDP 150W, naproti tomu Northwood měl při stejném taktu 80W a Prescott 100W TDP. Tím zanikla architektura Netburst a začal panovat Intel Core. [81], [82], [83]



Obrázek 31 - Intel Pentium 4 [30]

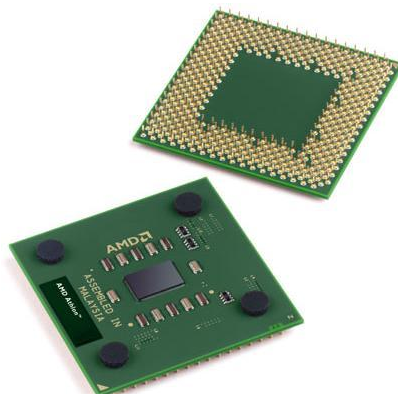
## 2.26 AMD Athlon XP – 2001

V tomto roce AMD vydalo třetí generaci Athlonu pod názvem Palomino, konkrétně 9. října 2001. Zkratka XP znamená extreme performance.

Byl to první procesor architektury K7, který plně podporoval SSE a 3DNow! Professional. Byl zhruba o 10 procent rychlejší než Thunderbird na stejném taktu a měl zhruba o 20 procent menší spotřebu. Byl vyrobený 180nm technologií, měl 128 KB L1 cache, 256 KB L2 cache a byl určen do socketu A. Spotřeba byla 68W a frekvence od 1,3 GHz do 1,7 GHz.

V červnu 2002 přišla revize Thoroughbred, která byla vyrobena 130nm procesem a měla takty od 1,4 GHz do 2,2 GHz.

Později přišlo jádro Barton s větší 512 KB L2 cache. To pracovalo na stejných frekvencích jako jeho následník Thorton, od 1,6 do 2,2 GHz. Ten měl polovinu L2 cache zakázanou a tím pádem výkon jako Thoroughbred. V době vydání Bartonu mělo už Pentium 4 Northwood dostatečný výkon a zvýšení paměti u Bartonu mu moc výkonu navíc nepřidalo. Pentium 4 tak bylo výkonnější. [75]



Obrázek 32 - AMD Athlon XP [31]

## 2.27 AMD Opteron – 2003

Spolu s Opteronem představilo AMD také novou mikroarchitekturu K8. Jedná se o procesorovou řadu určenou do workstationů a serverů jako konkurence Intelu Xeon. Je to

první procesor od AMD, který podporuje AMD64 (x86-64) instrukční set. Později z něj byla odvozena verze pro stolní počítače – Athlon 64. Opterony se vyrábějí dodnes.

První Opterony v sobě integrovaly paměťový řadič, což jim umožnilo snížit latenci při přístupu do paměti RAM. Podporoval zapojení až v osmiprocessorové konfiguraci. Původní verze procesoru byly vyráběny 130nm výrobním procesem. Dnes jsou na trhu verze vyráběné 32nm procesem až s šestnácti jádry. S příchodem 64 bitových procesorů je tak teoreticky možné adresovat až 256 TB RAM.

AMD v roce 2005 vydalo dvoujádrový Opteron pro servery a workstationy a předběhlo tak Intel s prvním dvoujádrovým procesorem. [84]



Obrázek 33 - AMD Opteron [32]

## 2.28 AMD Athlon 64/FX – 2003

Po Opteronech přišla na řadu jeho desktop verze, následník Athlonu XP. Jednalo se tedy o 64 bitový procesor, který měl za konkurenty Pentium 4, konkrétně Prescott a Cedar Mill. Procesor byl zpětně kompatibilní s x86-32 instrukcemi. Výrobní proces začínal na 130nm, postupem času se dostal až na 90nm.

První Athlon 64 s kódovým označením Clawhammer měl 128 KB L1 cache, 1 MB L2 cache a byl určen pro sockety 754 a 939. Pracoval na taktech od 2 GHz do 2,6 GHz a měl TDP 89W.

V době uvedení procesoru na trh nemělo zpracování 64 bitových dat pro běžného uživatele velký přínos. Windows XP byly v té době 32 bitové a i v dnešní době je velká část aplikací stále 32 bitová. AMD tímto krokem ale donutilo Intel implementovat 64 bitovou podporu do svých procesorů a urychlit tak jeho rozšíření.

Athlon 64 podporoval Cool'n'Quiet technologii, známou z notebooků. Pokud nebyl CPU vytížen, snížila se jeho frekvence a napětí, a tím i spotřeba a hlučnost. Podmínkou ale bylo, že tuto funkci musel podporovat operační systém i základní deska. Tento procesor také představil novou sběrnici HyperTransport.

Do roku 2007 byly uvedeny další verze Athlonu 64. Konkrétně se jednalo o Newcastle, Winchester, Venice, San Diego, Toledo, Orleans a Lima. Ty přinesly menší výrobní proces a s tím spojené vyšší frekvence a nižší spotřebu. Přibyla také podpora SSE3 instrukcí.



### 2.28.1 Athlon 64 FX

Athlon 64 FX byla výkonnější premium verze Athlonu 64. První jádro neslo označení Sledgehammer a bylo vyráběno 130nm výrobním procesem. Procesory s označením FX se velmi podobaly Opteronu. Byly určeny do stejné patice 940, měly 128 KB L1 cache a 1 MB L2 cache. Sledgehammer měl TDP okolo 89W a byl taktován od 2,2 GHz do 2,8 GHz.

Pozdější verze Clawhammer a San Diego přinesly opět menší výrobní proces, vyšší frekvence a podporu SSE3 instrukcí.

Právě kvůli Athlonu 64 FX Intel uvedl Pentium 4 EE, aby si zachoval nejvýkonnější CPU na trhu. To jen dokazuje, jak se AMD tento procesor vydařil. [85], [86]



Obrázek 34 - AMD Athlon 64 [33]

## 2.29 AMD Sempron – 2004

V roce 2004 AMD uvedlo novou rodinu procesorů pod označením Sempron. Jedná se o nástupce Duronu. V té době nebyl už o Durony zájem, za stejnou cenu se dal pořídit Athlon XP. A tak přišel Sempron, který nahradil Duron a měl za úkol konkurovat novým Celeronům D. Procesory s označením Sempron se dnes stále prodávají.

### 2.29.1 Thoroughbred, Thorton a Barton

První Semprony byly postaveny na Athlonu XP na jádrech Thoroughbred a Thorton a byly určeny pro socket A. Měly 128 KB L1 cache, 256 KB L2 cache a podporovaly MMX, 3DNow! a SSE. Byly taktovány od 1,5 GHz do 2 GHz a byly vyrobeny 130nm výrobním procesem. Později přišla verze postavená na jádře Barton s 512 KB L2 cache. Všechny tyto tři verze Sempronu byly v podstatě přejmenované Athlony XP.

### 2.29.2 Paris a Palermo

Další verze Sempronu Paris a Palermo byly postaveny na Athlonu 64 a byly určeny pro socket 754. Oproti němu měly sníženou L2 cache na 256 KB/128 KB a první modely nepodporovaly AMD64. To se změnilo až s pozdějšími verzemi.

Jinak měly opět integrovaný paměťový řadič a sběrnici HyperTransport a podporovaly SSE2. V roce 2005 tedy přibyla již zmiňovaná podpora AMD64 a tyto procesory tak byly někdy označovány jako Sempron 64.

V roce 2006 přišly Semprony do socketu AM2 a AM3. Konkrétně se jedná o modely Manila, Sparta, Brisbane, Sargas a Regor. Výrobní proces se zmenšil až na 45nm a přibyly i dvoujádrové verze. Frekvence se zvedla až na 2,9 GHz a L2 cache se zvětšila na 1 MB. [87], [88]

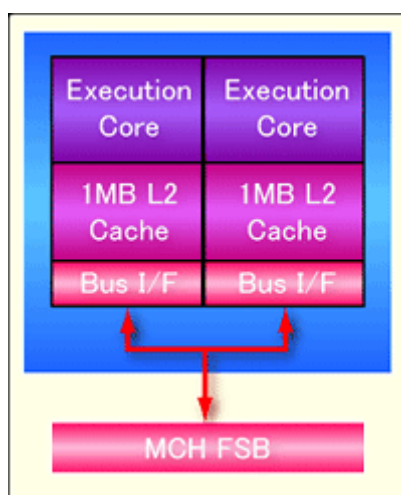


Obrázek 35 - AMD Sempron [34]

## 2.30 Intel Pentium D/Extreme Edition – 2005

Pentium D byl první dvoujádrový procesor pro stolní počítače. Byl to 64 bitový CPU, který byl postaven na architektuře Netburst. Přišel ve dvou verzích - Smithfield/XE a Presler/XE. Výroba probíhala až do roku 2008. Spolu s ukončením výroby Pentia D se také přestala vyrábět architektura Netburst. Ta narazila na svoje limity – procesory měly stále větší spotřebu a jejich chlazení by dále bylo problematické. Na řadu tak přišla architektura Intel Core.

Pro běžného uživatele neměly dvoujádrové procesory příliš význam, drtivá většina aplikací nebyla optimalizována a výkon procesoru se dvěma jádry byl v těchto aplikacích stejný jako kdyby měl jádro jen jedno.



Obrázek 36 - Schéma jádra Smithfield [35]

### 2.30.1 Smithfield

V dubnu 2005 tedy Intel uvedl na trh Pentium D Smithfield a jeho extrémní edici (XE). Jednalo se tedy o první desktopový dvoujádrový procesor. AMD v té době mělo zatím jen



dvoujádrové Opterony, které našly využití v serverech, a přechod na desktop verzi se teprve plánoval.

Na trh přišel nejdřív Pentium D 840 EE taktovaný na 3,2 GHz s povoleným Hyper-threadingem. O pár dní později se na trh dostala i mainstream verze Pentia D na frekvencích od 2,8 GHz do 3,2 GHz. TDP se pohybovalo od 95W do 130W. Jádra Smithfield byla odvozena z 90nm Prescottů a měly 1 MB L2 cache pro každé jádro. Kromě extrémní edice měly všechny Smithfieldy zakázaný Hyper-threading a žádný z nich nepodporoval virtualizaci. Všechny byly 64 bitové a byly určeny do patice LGA 775.

Zajímavostí je, že o rok později Intel vydal poslední Smithfield – nejlevnější variantu taktovanou na 2,66 GHz. S dobrým vzduchovým chlazením šlo dosáhnout taktů kolem 3,5 GHz a s vodním chlazením až 4 GHz. A při této rychlosti dokázal překonat nejrychlejší procesory od AMD (Athlon 64 FX-60) i Intelu (Pentium EE 965).

### 2.30.2 Presler

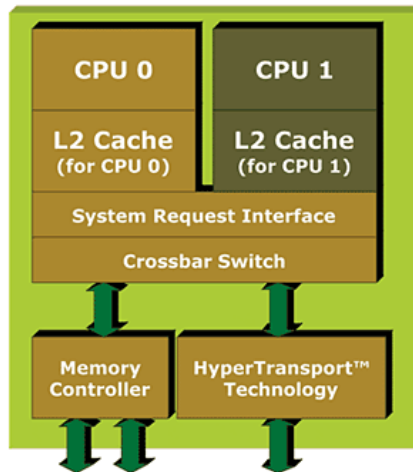
O necelý rok později přišlo na řadu jádro Presler/XE, vyrobené 65nm výrobním procesem a postavené na jádře Cedar Mill z Pentia 4. Přibyla mu podpora virtualizace, měl 2x2 MB L2 cache, běžel na taktech od 2,8 GHz do 3,6 GHz a měl TDP od 95W do 130W. [35], [89], [90], [91]



Obrázek 37 - Intel Pentium D [36]

### 2.31 AMD Athlon 64 X2 – 2005

Po dvoujádrovém Opteronu představilo AMD verzi určenou pro desktop. Jádra procesoru byla identická s Athlony 64, byla na sobě nezávislá a sdílela spolu řadič paměti a sběrnici HyperTransport. Komunikace mezi jádry tak byla rychlá a efektivní, přestože se musela dělit o jeden přístup k paměti. Stále se tedy jedná a architekturu K8.



Obrázek 38 - Schéma zapojení Athlonu 64 X2 [37]

Ve srovnání s Pentiem D měly tyto procesory nižší spotřebu a mohly si tak dovolit vyšší takty. Počet tranzistorů byl od 122 milionů do 243 milionů. Athlon 64 X2 postavený na architektuře K8 se vyráběl ve třech verzích – Manchester, Toledo a Windsor. Ty byly vyráběny 65nm výrobním procesem. Podporovaly MMX, SSE3, Cool'n'Quiet a 3DNow!. Měly 128 KB L1 cache, 256 - 1 MB L2 cache, spotřebu od 90W do 120W a takty od 2 GHz až do 3,2 GHz.

Procesory měly poměrně vysokou zaváděcí cenu, nejlevnější modely se daly pořídit za 14 tisíc, nejvýkonnější modely stály až 30 tisíc.

Později přišly další modely, které byly založené na vylepšené architektuře K8 zvané Phenom. Konkrétně se jednalo o modely Kuma, Regor a Deneb. Přinesly opět menší výrobní proces (65nm), nižší spotřebu a sdílenou L3 cache o velikosti 2 MB. [37], [89], [92]



Obrázek 39 - AMD Athlon 64 X2 [38]

## 2.32 Intel Core 2 Duo/Quad/Extreme – 2006

V roce 2006 Intel představil novou architekturu Intel Core, která nahradila Netburst. Spadaly pod ní jak jednojádrové procesory Solo určené pro mobilní segment, tak dvou a čtyřjádrové procesory určené pro desktop. Intel těmito procesory vrátil úder AMD a ukončil tak nadvládu Athlonu 64. Všechny procesory z rodiny Core byly 64 bitové. AMD nebylo schopno zareagovat na tento nástup Intelu a do dnešní doby ho nebylo schopné dohnat a vyrobit stejně výkonné nebo lepší procesory.

### 2.32.1 Conroe/Allendale

První procesory nesly označení Conroe a Allendale. Jeho různé verze se používaly v celé řadě produktů od Intelu, ať už šlo o Xeony, Celerony, Pentium Dual-Core nebo Core 2 Duo.

Conroe byl tedy nástupce Pentia 4 a Pentia D, který byl vyráběn 65nm procesem. Podle tvrzení Intelu se jeho výkon zvýšil o 40 procent při spotřebě o 40 procent nižší, než měl jeho předchůdce. Jeho maximální TDP bylo pouze 75W, a to jen u extrémní verze. Mainstream verze nepřekračovaly 65W, což byl opravdu pokrok oproti až 130W.

Jádra Conroe a Allendale měly 2 - 4 MB L2 cache, ale na rozdíl od předchozích procesorů byla tato paměť sdílená mezi oběma jádry. Tím Intel zlevnil výrobu čipů a snížil tím spotřebu a tepelné vyzařování. Procesory Core 2 Duo pracovaly na frekvencích od 1,8 GHz až po 3 GHz.

### 2.32.2 Kentsfield

O pár měsíců později se na trh dostal první čtyřjádrový procesor Core 2 Quad s označením Kentsfield. Jednalo se v podstatě o dva spojené dvoujádrové procesory Core 2 Duo. Tím pádem měly jednak dvojnásobnou L2 cache – 2x4 MB, ale i vyšší spotřebu, která u extrémního modelu dosahovala až 130W. Přínos pro běžného uživatele byl v té době minimální, protože opět nebyly aplikace, které by dokázaly využít všechna čtyři jádra. Procesory byly taktovány od 2 GHz do 3 GHz.

Později Intel představil nové jádro s označením Yorkfield, které přineslo stejně jako Wolfdale 45nm výrobní proces a 2x6 MB L2 Cache.

### 2.32.3 Wolfdale

V roce 2008 tedy přišlo jádro Wolfdale, které nahradilo starší Conroe. Tak jako jeho předchůdce se Wolfdale využíval od Celeronů po Xeony, ale na rozdíl od něj přešel na novou výrobní technologii 45nm. Pracovní frekvence byly od 2,53 GHz do 3,5 GHz a měly zvýšenou L2 cache na 6 MB. [93], [94], [95]



Obrázek 40 - Intel Core 2 Duo [39]

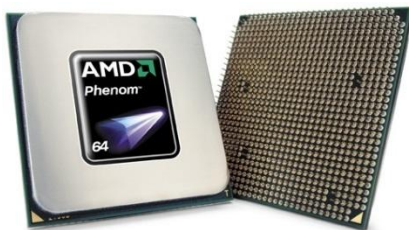
### 2.33 AMD Phenom X4/X3 – 2007

AMD odpovědělo na čtyřjádrové procesory Intelu Phenomem. Ten nesl označení Agena. Prodávala se i verze se třemi jádry pod označením Toliman. V podstatě to bylo jádro Agena, které mělo jedno jádro nefunkční.

Nutno dodat, že se nejednalo o zcela novou architekturu, jako byl Intel Core. AMD trochu zaspalo a soustředilo se na vylepšování svých stávajících procesorů. V době, kdy přišly na trh nové procesory Intelu, nemělo AMD připravenou žádnou odpověď a už vůbec nečekali, že procesory konkurence budou mít takový výkon. AMD tak ztratilo spoustu času, zatímco Intel jim přetahoval zákazníky. AMD se v té době navíc snažilo koupit firmu nVidia, z obchodu ale sešlo, protože si to AMD nemohlo dovolit. Nakonec koupilo za několik miliard její konkurenci - firmu ATi. To je mnohými označováno za jedno z nejhorších rozhodnutí firmy AMD.

Tato architektura byla spíše jen vylepšením K8, než zcela nová architektura. Přesto se oficiálně jednalo o K10. Jen pro upřesnění, název K9 nebyl nikdy použit, přestože v některých článcích se tento název uvádí.

Phenom přinesl podporu sběrnice HyperTransport 3.0, Cool'n'Quiet 2.0 a sdílenou L3 cache paměť. Procesory byly vyráběny 65nm výrobním procesem, každé jádro mělo 128 KB L1 cache, 512 KB L2 cache a společnou L3 cache o velikosti 2 MB. Taktovací frekvence se pohybovala od 1,8 GHz do 2,6 GHz. [96], [97]



Obrázek 41 - AMD Phenom X4 [40]

### 2.34 Nehalem a Intel Core i7/i5/i3 – 2008

Intel představil v roce 2008 novou architekturu zvanou Nehalem, nástupce architektury Core, postavenou stále na 45nm výrobním procesu. Intel přinesl s touto architekturou několik změn, jako je integrovaný paměťový řadič nebo nahrazení staré FSB sběrnice rozhraním QPI. Procesory postavené na této architektuře jsou stále v prodeji.

Jedná se o nativní čtyř/dvoujádrové procesory, na rozdíl od architektury Core, kde byla jednotlivá jádra spojena sběrnicí FSB. Další novinkou, kterou přinesla nová architektura, je řízení spotřeby procesoru, které umožňuje téměř úplné vypnutí nevytíženého jádra, a tím snížit spotřebu. Vrátila se také technologie Hyper-threading, která byla naposledy použita u Pentia 4. Dále byl představen režim Turbo Mode, který umožňuje automatické přetaktování procesoru.

Intel tuto architekturu designoval hlavně s ohledem na serverové využití, kde mělo AMD v té době převahu. Procesory jsou stejně taktované jako jeho předchůdci a pro běžného uživatele, který nevyužíval multithreaded aplikace, neměl přechod na novou architekturu větší smysl.

### 2.34.1 Bloomfield

Intel uvedl na trh jako první procesory s označením Core i7/Extreme s jádrem Bloomfield. Core i5 přišlo na řadu až o rok později. Core i7 je tedy čtyřjádrový procesor určený pro socket 1366, obsahuje 731 milionů tranzistorů a má pracovní frekvenci má od 2,6 GHz až do 3,2 GHz u Extrémní verze. Všechny procesory mají 32 KB L1 cache, 256 KB L2 cache a sdílenou 8 MB L3 cache.

Startovní cena nejlevnějšího modelu byla okolo 6 000 Kč, extrémní verze stála 23 000 Kč. Core i7 se stal nejvýkonnějším procesorům na trhu.



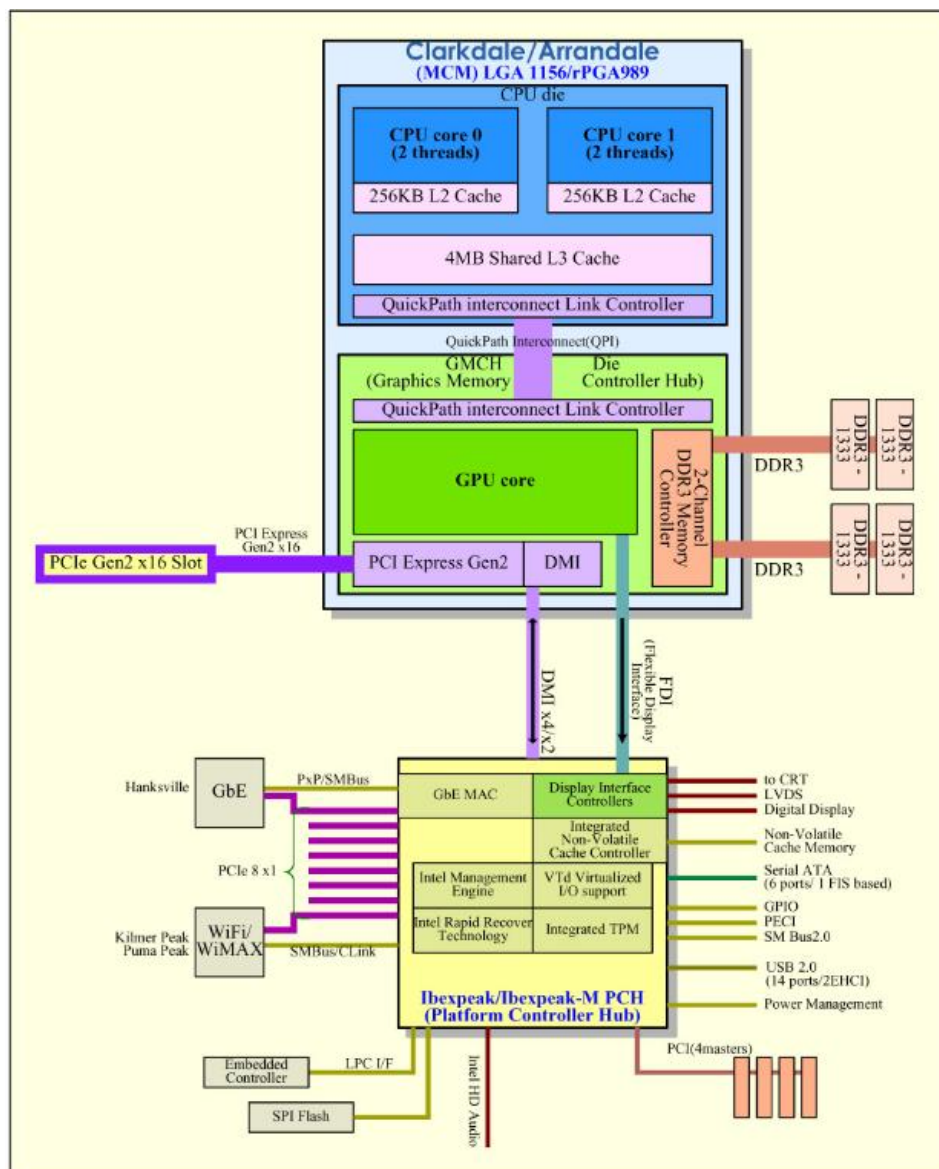
Obrázek 42 - Intel Core i7 Bloomfield [41]

### 2.34.2 Lynnfield

O rok později, v roce 2009, přišla tedy na trh čtyřjádra Core i5 s označením Lynnfield, určená pro socket 1156. Ta byla stále vyráběna 45nm výrobním procesem. Tyto procesory mají inovovanou technologii Turbo Boost. Počet tranzistorů se u prvního zástupce této rodiny snížil na 650 milionů, frekvence začínala na 2,6 GHz a velikost cache paměti zůstala stejná. Zmizel ovšem Hyper-threading. TDP mají do 95W a startovní cena se pohybovala okolo 4 500 Kč.

### 2.34.3 Westmere

Začátkem roku 2010 přišla změna výrobní technologie na 32nm, procesorová řada Core i3 a nové označení Westmere, což je vylepšená architektura Nehalem. Procesory vyráběné 32nm postupem mají označení Clarkdale. První verze těchto procesorů mají jen dvě procesorová jádra a jedno grafické jádro vyrobené 45nm postupem. Procesor má sdílenou 4 MB L3 cache a je určen do patice 1156. Počet tranzistorů se pohybuje okolo 450 milionů, frekvence od 2,8 GHz až k 3,4 GHz. TDP má do 87W. Startovací cena byla od 2 000 Kč pro model Pentium G6950. Všechny modely kromě Pentia také opět podporují Hyper-threading.



Obrázek 43 - Pohled na jádro Clarkdale/Arrandale [42]

### 2.34.4 Gulftown

Ve stejném roce uvedl Intel svůj šestijádrový procesor vyráběný 32nm výrobním procesem. Je tedy postavený na architektuře Nehalem - Westmare a nese označení Gulftown. Z počátku uvedl Intel dva modely pracující na frekvence 3,2 GHz a 3,3 GHz. Ty mají TDP do 130W a 12 MB L2 cache, tedy o 4 MB více. Procesor v sobě integruje 1,21 miliard tranzistorů, podporuje Hyper-Threading a se zaváděcí cenou 25 000 Kč se jednalo o nový nejvýkonnější procesor. Ovšem na druhou stranu procesor přinesl nárůst výkonu zhruba o 30 procent v aplikacích, které dokáží využít šest jader a Hyper-Threading. Své zákazníky si tedy určitě našel. [2], [98], [99], [100]

### 2.35 AMD Phenom II X2/X3/X4/X6 – 2008

V roce 2008 představilo AMD druhou generaci Phenomů postavenou na 45nm výrobním procesu, který umožnil zvýšit frekvence procesorů a snížit spotřebu až o 35 procent.



Phenomy druhé generace se představily celkem s pěti různými jádry – Thuban, Zosma, Deneb, Heka a Callisto. Jádra Thuban a Zosma podporovali technologii Turbo Core, která pracuje na podobném principu jako konkurenční Turbo Boost od Intelu.

### 2.35.1 Deneb

Jako první přišel na řadu čtyřjádrový Deneb. Měl 128 KB L1 cache, 512 KB L2 cache a sdílenou L3 cache o velikosti 6 MB. Díky novému výrobnímu procesu dosahoval frekvencí až kolem 3,7 GHz.

Nový výrobní proces pomohl výrazně snížit spotřebu a procesory se výkonově přiblížily konkurenci. Na nejvýkonnější procesory Intelu to ale zdaleka nestačilo.

### 2.35.2 Zosma, Callisto, Heka

Jádro Zosma vycházelo z šestijádrového Thubanu, mělo ale 2 jádra zamčená. Stejně tak Callisto, které vycházelo ze čtyřjádrového Denebu a mělo jen 2 jádra. To samé platilo i pro jádro Heka, které vycházelo opět z Denebu. Mělo jedno jádro uzamčené a navíc nemělo žádnou L3 cache.

### 2.35.3 Thuban

V první polovině roku 2012 představilo AMD šestijádro Thuban na frekvencích 2,8 GHz a 3,2 GHz. Thuban tedy přinesl další dvě jádra a technologii Turbo Core. Jeho TDP bylo do 125W. V testech dopadl tento procesor na výbornou, svojí konkurenci předčil téměř ve všem díky vyšší pracovní frekvenci. Na nejvýkonnější procesory z řad Intelu ale stále výrazně ztrácel. Soupeřit s nimi ale nebyl jeho účel. [101], [102]



Obrázek 44 - AMD Phenom II X4 [43]

## 2.36 Sandy Bridge a Core i3/i5/i7 - 2011

Začátek roku 2011 se nesl ve znamení nové architektury Intelu pod názvem Sandy Bridge. Ta byla vyrobena stávajícím 32nm procesem, ale přinesla řadu novinek.

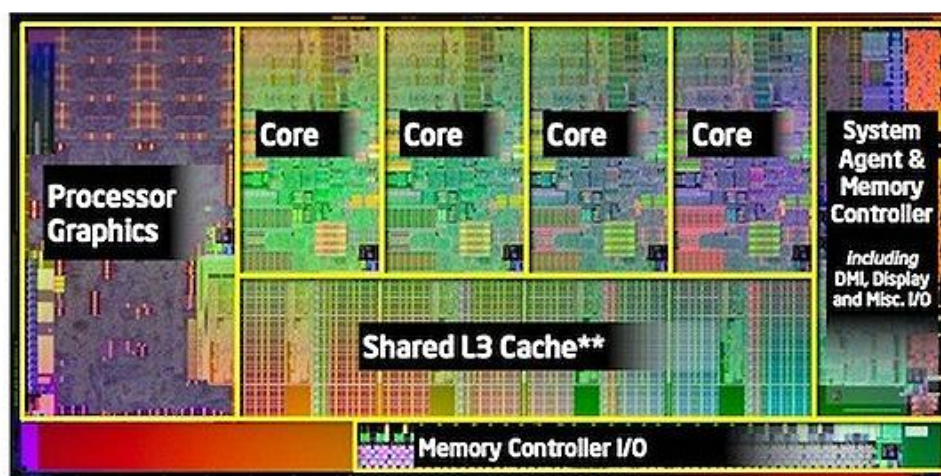
Určitě není od věci podotknout, že architektura Sandy Bridge je zcela nová. Předchozí architektury měly kořeny v Pentiu/Pro a po celá léta ji vylepšovaly. Intel tak po patnácti letech uvedl zcela novou architekturu postavenou od nuly.

Na trh přišly jako první zástupci střední třídy, jak pro desktop, tak pro notebooky. Nejvýkonnější modely přišly na trh až o rok později, až s novým výrobním procesem.

Bohužel s novou architekturou přišly i nové patice a tím pádem nutný nákup nové základní desky.

Jedna z prvních novinek, které nová architektura přinesla, se týkala grafického jádra, které je nyní v jednom pouzdře spolu s procesorem, jak je vidět na obrázku. Odpadla tedy komunikace přes sběrnici QPI, čímž se tato nesrovnatelně zefektivnila. Grafické jádro je nyní také vyráběno 32nm procesem a jeho výkon oproti předchozí generaci je nesrovnatelně vyšší. Vylepšena je také technologie Turbo Boost, nyní ve verzi 2.0. S novým výrobním procesem přišla opět výrazně nižší spotřeba.

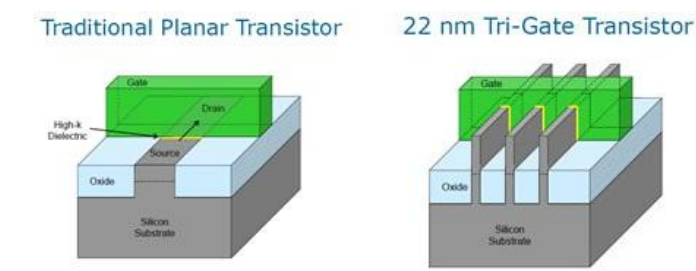
Intel uvedl na trh rovnou 13 desktopových variant, od Core i3 po Core i7. Jedná se o dvou a čtyřjádrové procesory, s i bez Hyper-threadingu, s maximálním TDP do 95W a se sdílenou L3 cache od 3 MB do 8 MB.



Obrázek 45 - Pohled na jádro Sandy Bridge [44]

### 2.36.1 Ivy Bridge

V dubnu 2012 uvedl Intel Ivy Bridge, což je vylepšená architektura Sandy Bridge. Ta přináší jako první na světě nový 22nm výrobní proces a také 3D tranzistory. Přechod na 22nm nebyl jednoduchý. Stávajícím výrobním procesem nebylo již možné zmenšit čipy, protože by měly velice špatné provozní vlastnosti. Proto Intel místo klasického tranzistoru přišel s Tri-Gate tranzistorem. Jejich srovnání můžeme vidět na obrázku.



Obrázek 46 - Srovnání plochého a Tri-Gate tranzistoru [45]



Samotná myšlenka pochází již z roku 1989. Samotný vývoj pak trval celých 10 let. Intel se tak stal naprostým technologickým lídrem v této oblasti.

Jinak se toho oproti Sandy Bridge mnoho nezměnilo. Procesory samozřejmě přinášejí nižší spotřebu, o něco vyšší výkon a jsou určeny do stejné patice, tedy 1155. Zajímavostí je taky možnost konfigurace TDP v biosu. Doposud byla tato hodnota pevně nastavená, ale s příchodem nových procesorů ji lze v biosu změnit. To znamená, že jeden a týž procesor může nyní mít nastavené vyšší TDP, tím pádem může dosáhnout vyšších taktů a výkonu, ale za cenu vyšší spotřeby. Nebo přesně naopak lze snížit TDP, a tím snížit i spotřebu a výkon.

Velkého vylepšení se opět dočkala grafická část procesoru. Ta je také vyráběna 22nm postupem a přináší podporu nových technologií jako je DirectX 11. Obsahuje téměř 1,4 miliard tranzistorů a je tak zhruba o třetinu větší než grafické jádro v Sandy Bridge. Procesorová část má 1,2 miliardy tranzistorů.

Intel zatím uvedl pouze čtyřjádrové procesory. Jejich pracovní frekvence jsou od 3,2 GHz do 3,5 GHz, všechny mají 32 KB L1 cache, 256 KB L2 cache a 6/8 MB L3 cache s udávaným TDP do 77W.

Intel měl a stále má celkem velké problémy s výrobou těchto čipů. I přesto, že Intel tento výrobní proces ladil více než rok, stále se mu nedaří dosahovat požadovaných vlastností. Sice jsou sice o pár procent výkonnější a mají menší spotřebu, ale jen v řádu jednotek procent. Procesory se sice již prodávají, ale jejich provozní vlastnosti a přínos oproti minulé generaci je rozporuplný a nedaří se dodržet ohlášené vlastnosti, které procesory měly mít. To by se v budoucnu mohlo změnit s novou revizí a vyladěnějším výrobním procesem. [45], [46], [103], [104], [105], [106]

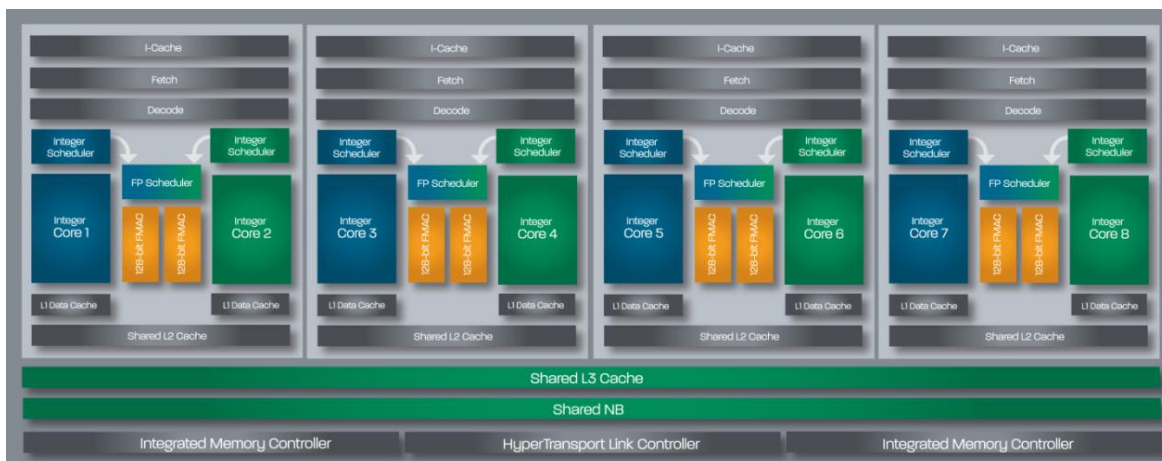


Obrázek 47 - Intel Core i7 Ivy Bridge [46]

### 2.37 AMD Bulldozer – 2011

Původní oznámení AMD hovořila o tom, že Bulldozer spatří světlo světa už v roce 2009, jako konkurence Nehalem. Ukázalo se ale, že nové procesory nejsou tak výkonné. Jejich návrh tak musel být přepracován a na trh se tak dostaly s dvouletým odkladem.

S novou architekturou přišla bohužel opět nová patice AM3+ a z toho plynoucí nutnost koupit novou základní desku.



Obrázek 48 - AMD Bulldozer [47]

Jak je patrné z obrázku, AMD s novou architekturou představilo i osmijádrové procesory. Každé jádro má svojí 128 KB L1 cache, mezi sebou sdílejí 4/8 MB L2 cache a 8 MB L3 je sdílená mezi všemi jádry. Byla také představena vylepšená technologie Turbo Core 2.0. AMD se s novými procesory podařilo oproti Phenomům výrazně snížit spotřebu, až o desítky wattů. Stále to ale nedosahuje na hodnoty Sandy Bridge.

Výkon osmijádrového Bulldozeru je sice ve vícevláknových aplikacích vyšší zhruba o 20 procent oproti Phenomu II X6, ale i dnes většina běžných uživatelů pracuje s poměrně velkým množstvím jednovláknových aplikací. A u těchto aplikací je Bulldozer někdy i slabší než starší Phenom II. Ale ani 8 jader nového Bulldozeru zde není nic platných. Procesor má špatný výkon na jedno jádro, a to je jeho velká slabina. K dobru lze procesoru přičíst, že lze velmi dobře taktovat i se vzduchovým chlazením a jeho výkon tím tak o několik procent zvednout. To samé platí i o modelech s šesti a čtyřmi jádry.

AMD se tyto procesory příliš nepovedly. Nedlouho po jejich uvedení se rozhodlo opustit segment výkonných procesorů pro desktop a soupeřit tak s Intelem. Začalo se zaměřovat hlavně na APU, tedy procesory s grafickým jádrem v jednom pouzdře. Ty jsou určeny především pro mobilní segment, kde AMD vidí svojí budoucnost. To však neznamená, že by AMD skončilo s desktopem úplně, jen už nebude s Intelem soupeřit o nejvýkonnější čipy. [47], [107], [108], [109].



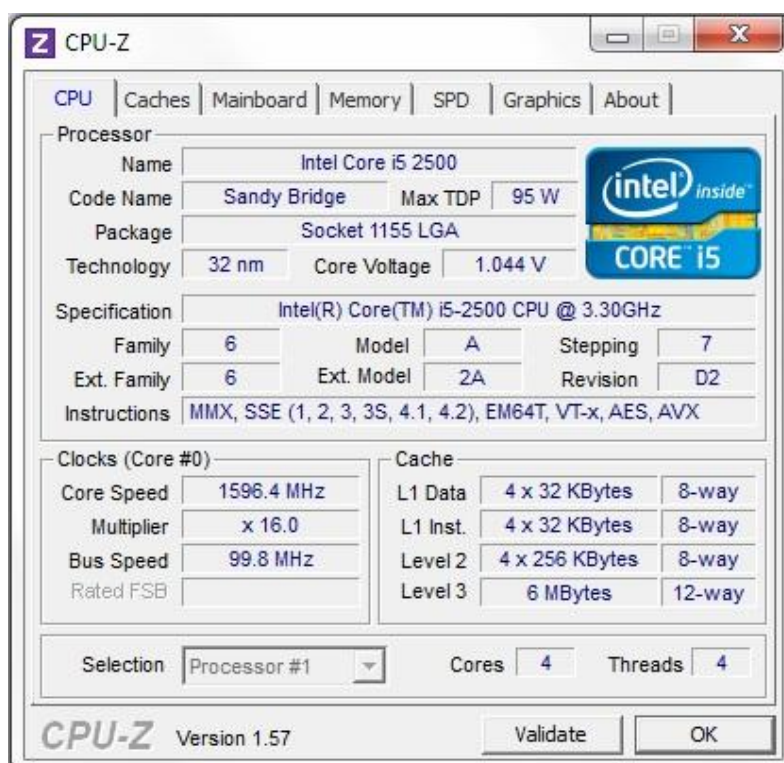
Obrázek 49 - AMD Bulldozer FX-8150 [48]

### 3 Test procesorů

V testu bylo použito celkem deset procesorů, pět určených pro desktop a pět pro mobilní použití. Zastoupeny jsou procesory firem Intel i AMD, od dvoujádrových po šestijádrové. K získání parametrů procesorů posloužil program CPU-Z, volně dostupný na <http://www.cpubid.com/software/cpu-z.html>.

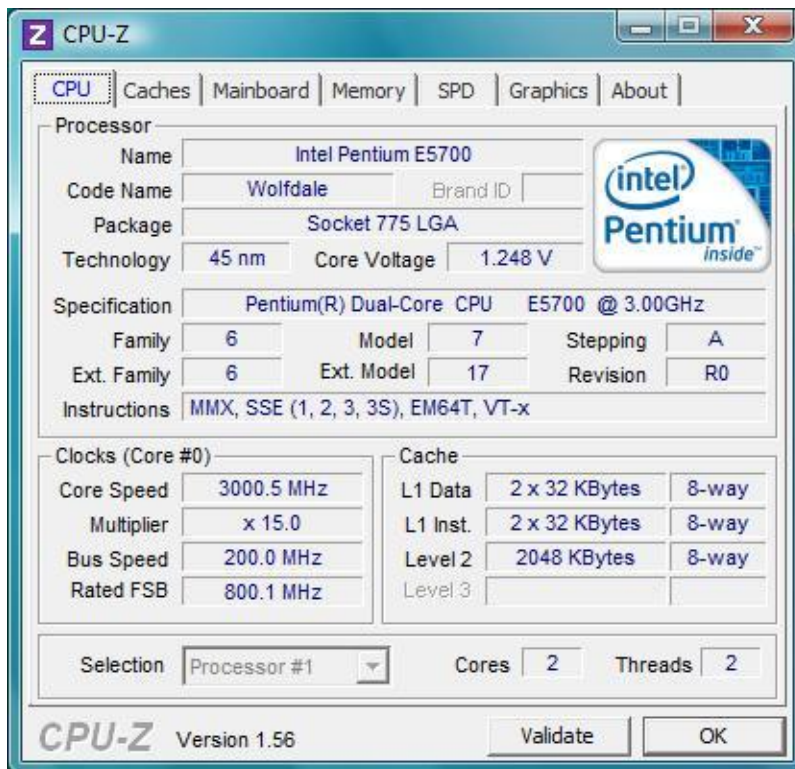
#### 3.1 Desktop procesory

##### 3.1.1 Intel Core i5 2500 3,7 GHz



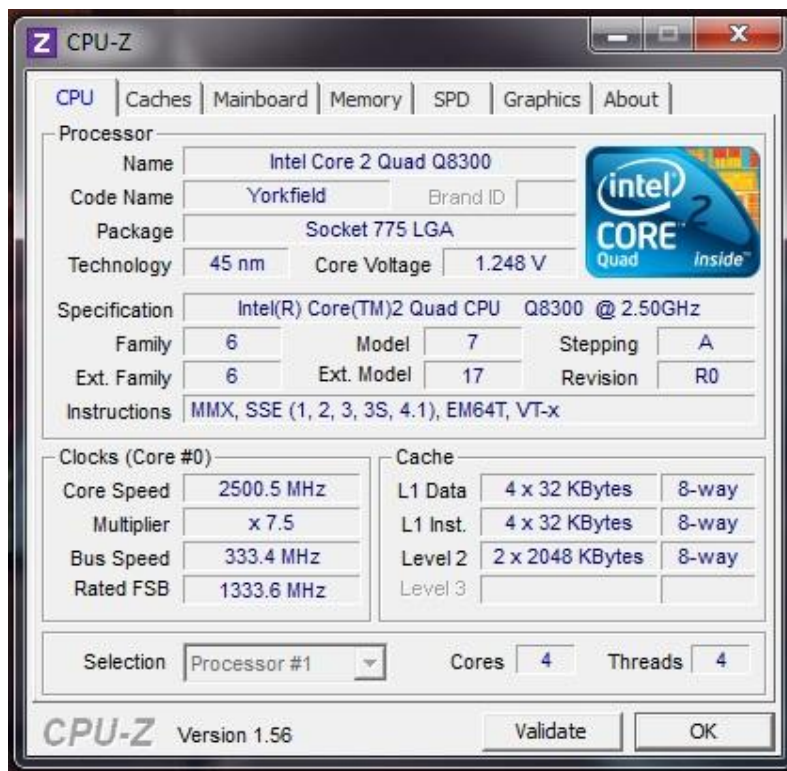
Obrázek 50 - Intel Core i5 2500 3,7 GHz

### 3.1.2 Intel Pentium E5700 3,0 GHz



Obrázek 51 - Intel Pentium E5700 3,0 GHz

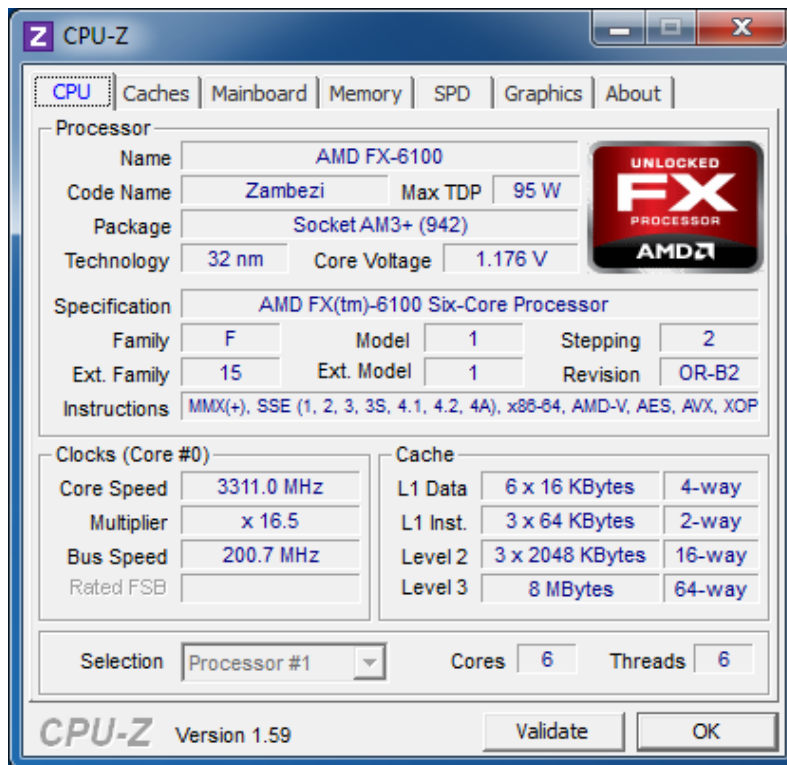
### 3.1.3 Intel Core 2 Quad Q8300 2,5 GHz



Obrázek 52 - Intel Core 2 Quad Q8300 2,5 GHz

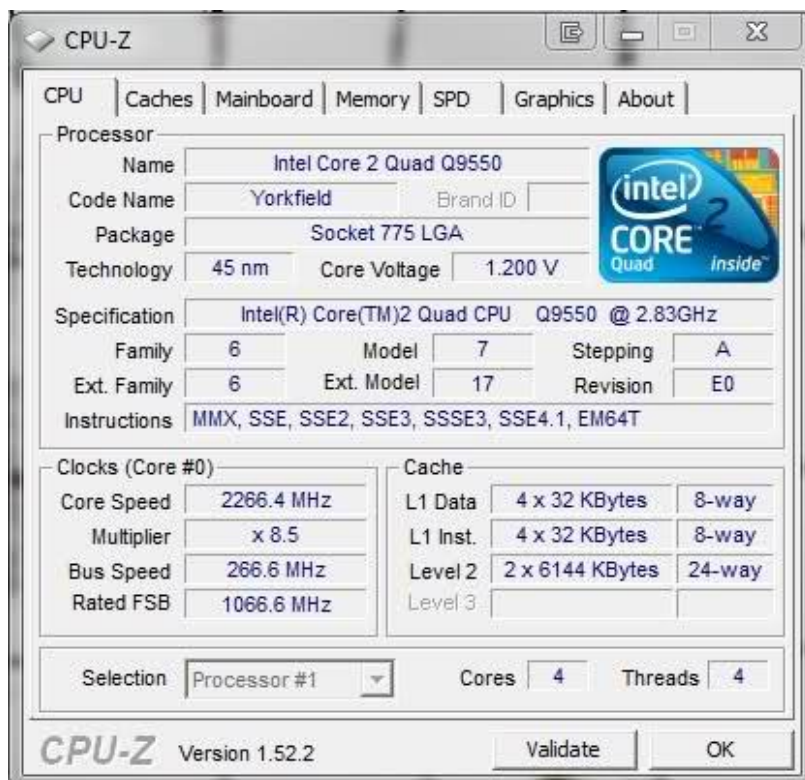


### 3.1.4 AMD FX-6100 3,6 GHz



Obrázek 53 - AMD FX-6100 3,6 GHz

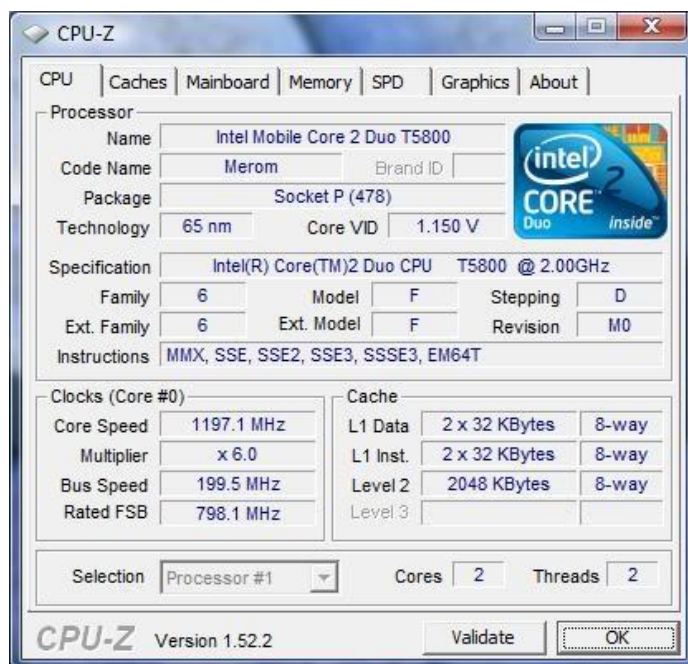
### 3.1.5 Intel Core 2 Quad Q9550 2,83 GHz



Obrázek 54 - Intel Core 2 Quad Q9550 2,83 GHz

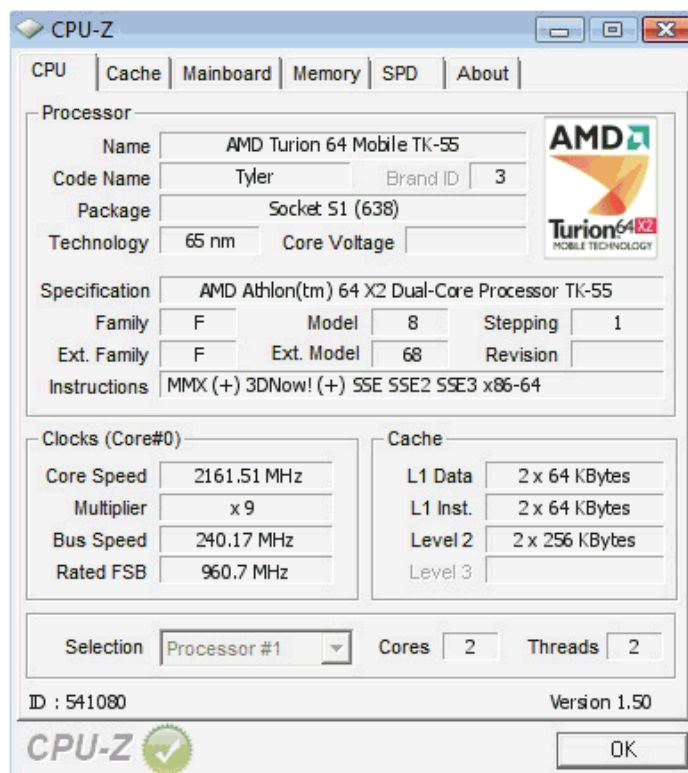
## 3.2 Mobilní procesory

### 3.2.1 Intel Core 2 Duo T5800 2,00 GHz



Obrázek 55 - Intel Core 2 Duo T5800 2,00 GHz

### 3.2.2 AMD Athlon 64 X2 TK-55 1,8 GHz



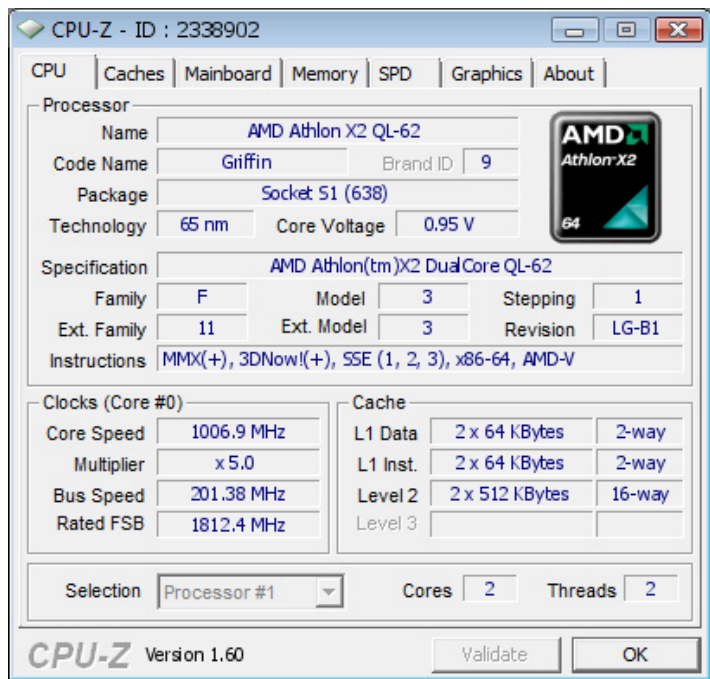
Obrázek 56 - AMD Athlon 64 X2 TK-55 1,8 GHz

### 3.2.3 Intel Core i7 2670QM 3,1 GHz



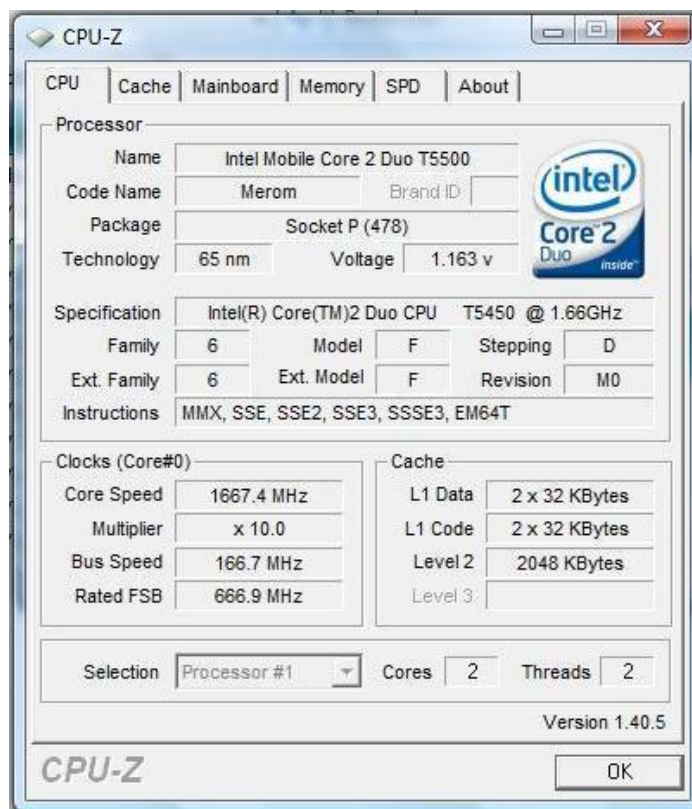
Obrázek 57 - Intel Core i7 2670QM 3,1 GHz

### 3.2.4 AMD Athlon 64 X2 QL-62 2,0 GHz



Obrázek 58 - AMD Athlon 64 X2 QL-62 2.0 GHz

### 3.2.5 Intel Core 2 Duo T5500 1,66 GHz

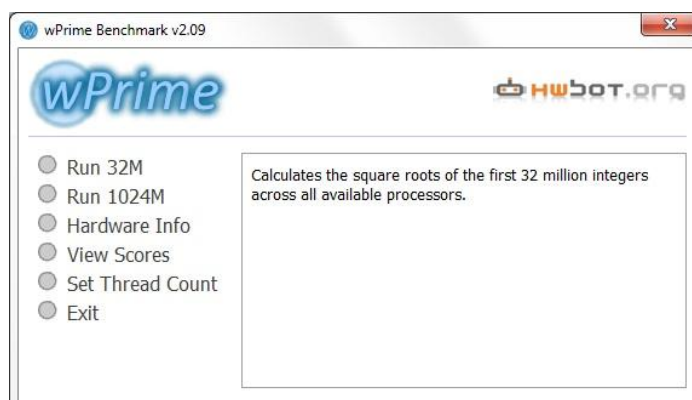


Obrázek 59 - Intel Core 2 Duo T5500 1,66 GHz

## 3.3 Testovací aplikace a výsledky testů

Pro testování procesorů bylo vybráno celkem pět různých aplikací. Všechny aplikace dokáží využít více jader procesoru, jsou-li dostupná. Z důvodu kompatibility jsou všechny aplikace 32 bitové.

### 3.3.1 wPrime 2.09



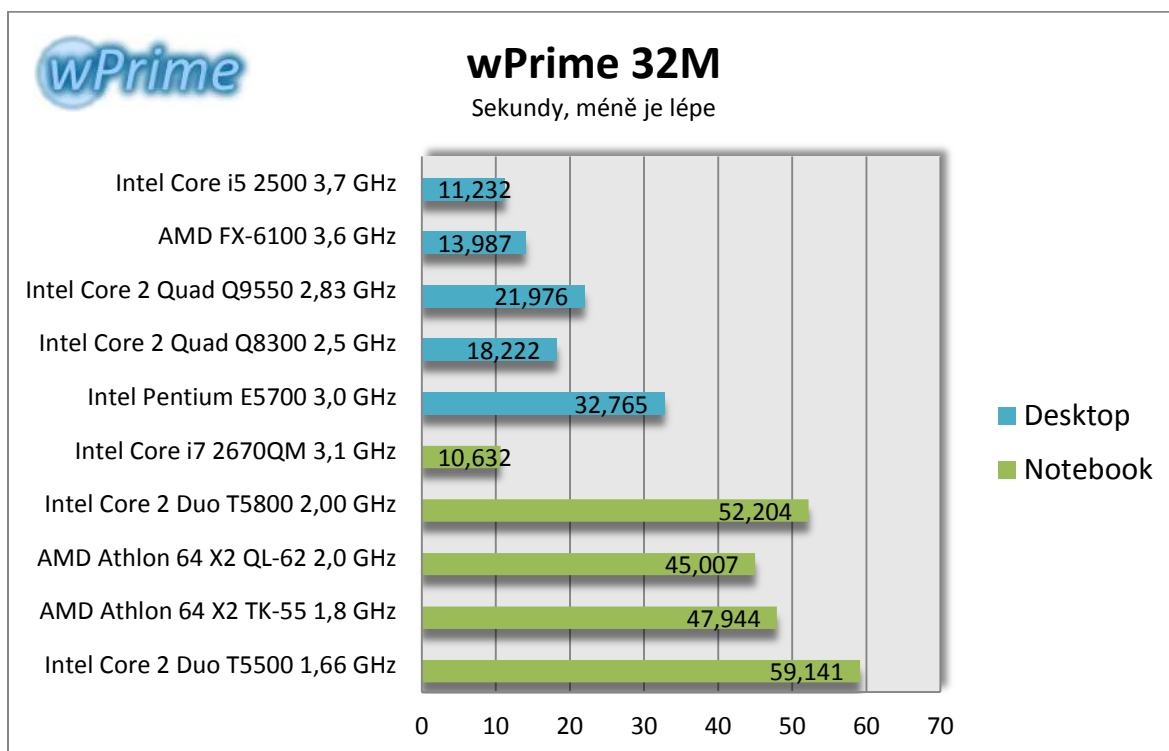
Obrázek 60 - Aplikace wPrime

Pro otestování FPU jednotky byla zvolena aplikaci wPrime. Aplikace počítá druhou odmocninu čísel od jedné až do 1024 milionů. Pro tento test byla ale zvolena varianta



32M, která počítá do 32 milionů. To je dostačující pro otestování výkonu procesoru. Druhá varianta slouží spíše pro testování stability systému.

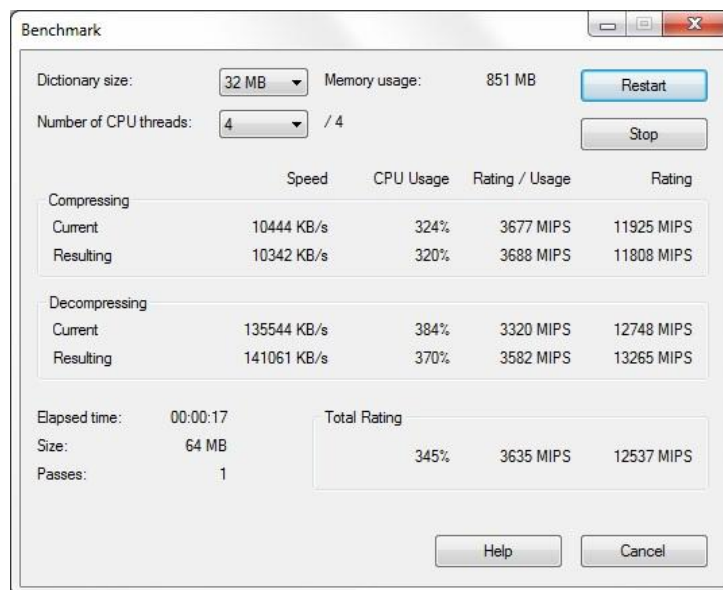
Aplikace je volně dostupná na <http://www.wprime.net/>.



Obrázek 61 - wPrime výsledky

Procesory i5 2500, i7 2670QM a FX-6100 dosáhly podobných výsledků, ostatní procesory výrazně zaostávají. Tento scénář se opakuje v podstatě ve všech testech.

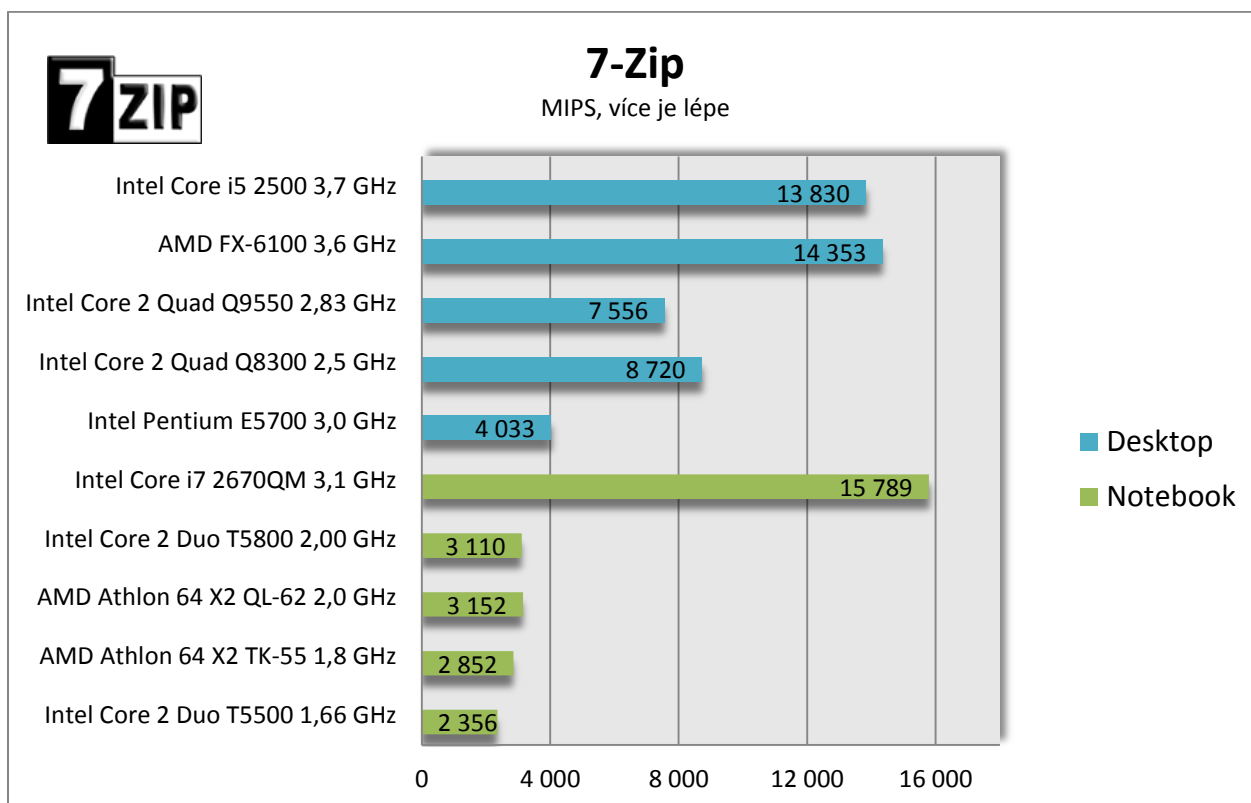
### 3.3.2 7-zip 9.20



Obrázek 62 - Aplikace 7-zip, průběh testu

Tato aplikace obsahuje vestavěný benchmark, který byl v tomto testu využit. Program testuje kompresi a dekompresi a výsledek je reprezentován v jednotkách MIPS.

Aplikace je volně dostupná na <http://www.7-zip.org/>.



Obrázek 63 - 7-Zip výsledky

### 3.3.3 x264 HD Benchmark 5.0.1 + Avisynth 2.5.8

```
x264 [16.6%] 981/5906 frames, 36.33 fps, 9760.98 kb/s, eta 0:02:15
-----
x264 HD Benchmark v5.0.1
by graysky
updated by Adrian Wong
and Dashken
www.techarp.com

This benchmark performs a high-quality
2-pass encode of a Full HD MPEG2
1920 x 1080 @ 20.000 kbps source
using 32-bit or 64-bit x264 encoders.
-----

Please enter the name you'd like to give the results text file.
For example, you might want to use your current CPU settings as the file name.
e.g. the CPU multiplier and FSB (like 333x9 for example): afasd

The results will be written to x264_1080p-afasd.rtf

This new benchmark uses the latest x264 v2197 32-bit and 64-bit encoders so
it will better reflect the performance of multi-core processors. It will
also be more representative of the performance of the latest x264 encoders.

The benchmark will now encode a 1080p (1920 x 1080) Full HD video sample.
The benchmark will run 4 times with 2 passes per run, for a total of 8 passes.
It will take a long time with slower processors, so PLEASE BE PATIENT!

For accurate results, please make sure :
- you do NOT use your PC while the benchmark running!
- you have already closed or disabled as many background apps as possible.

--- Now Starting 32-bit Run 1 : Pass 1 of 2 ---
116.6% 1 978/5906 frames, 36.56 fps, 9747.90 kb/s, eta 0:02:14
```

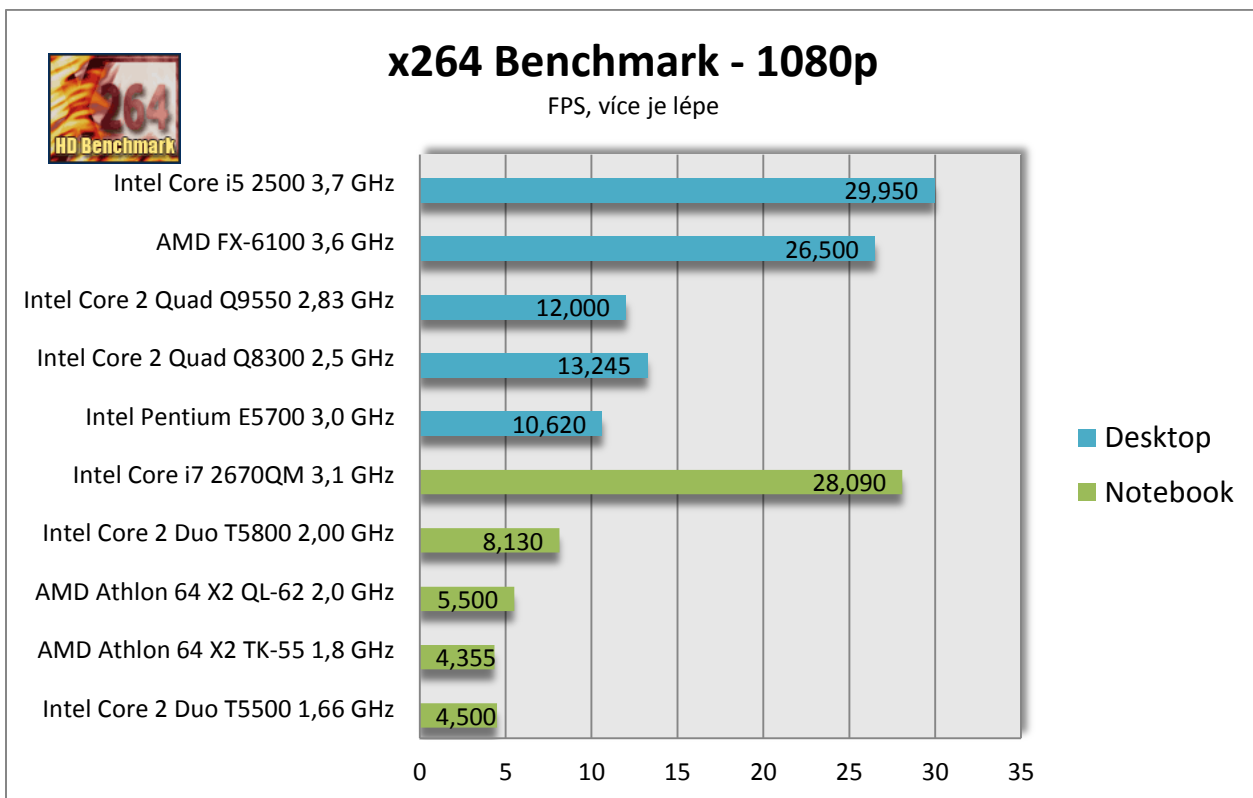
Obrázek 64 - x264 benchmark

Jako další test byl zvolen převod 1080p videa do kodeku x264. Aplikace se spouští přes příkazový řádek a ke své funkčnosti potřebuje program Avisynth.

Samotný benchmark je distribuovaný s testovacím video souborem, výsledky se tak mezi sebou dají porovnávat. Převod videa probíhá ve čtyřech testech po dvou průchodech a výsledek je měřen ve snímcích za sekundu (fps). První průchod je vždy výrazně rychlejší, protože pouze analyzuje video soubor. V druhém průchodu pak dochází k samotnému převodu a počet snímků za vteřinu tak výrazně klesne.

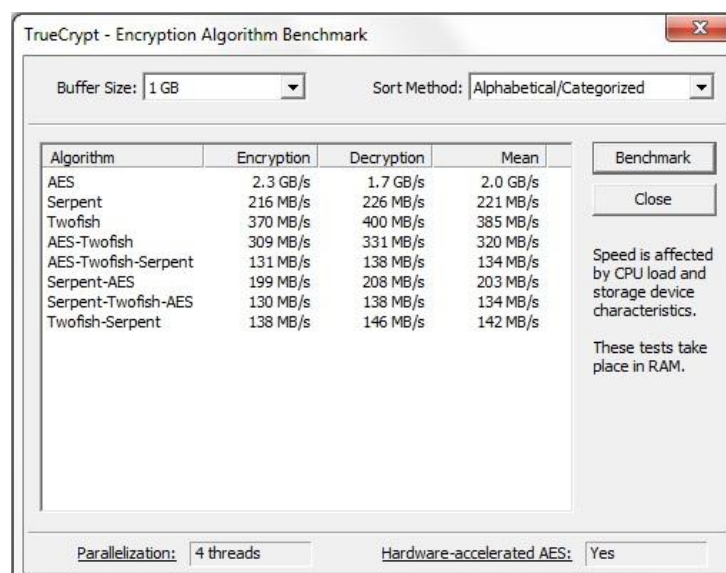
Ve výsledku je použit průměr z prvního a druhého průchodu. Hodnota v fps udává počet zkomprimovaných snímků za vteřinu.

Program je volně dostupný na <http://www.techarp.com/showarticle.aspx?artno=520>. Avisynth je volně dostupný na <http://sourceforge.net/projects/avisynth2>.



Obrázek 65 - x264 Benchmark výsledky

### 3.3.4 Truecrypt 7.1a



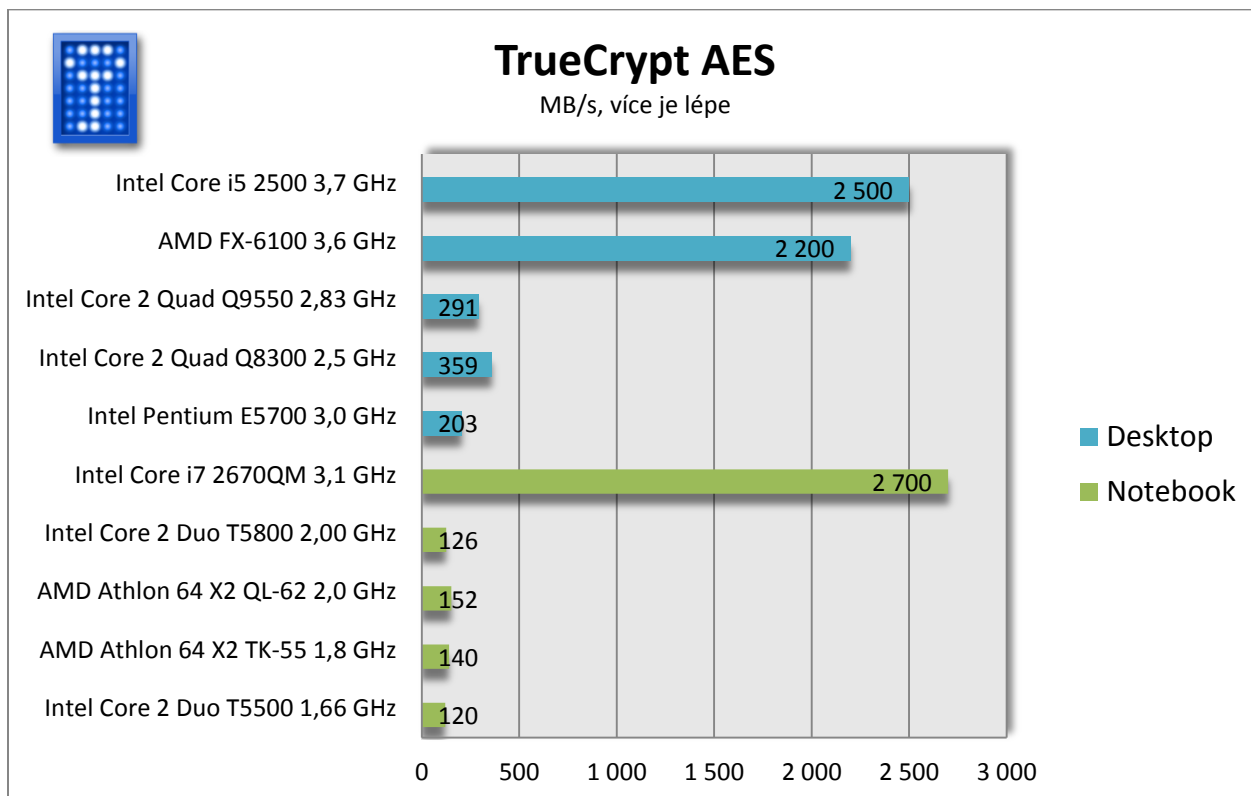
Obrázek 66 - Aplikace Truecrypt

Pro otestování schopností procesorů při šifrování disku byl zvolen program Truecrypt. V testu mají velkou výhodu procesory, které podporují AES instrukce. Jedná se o procesory, které patří do rodiny Westmare, Sandy Bridge a Ivy Bridge. U AMD se jedná o procesory Bulldozer. Další verze programu Truecrypt by měla podporovat AVX

instrukce, které už implementují dnešní procesory. To opět povede k lepším výsledkům těchto procesorů.

Aplikace testuje rychlost šifrování a dešifrování a výsledek je zobrazen v MS/s. V grafech je použit průměr z algoritmu AES.

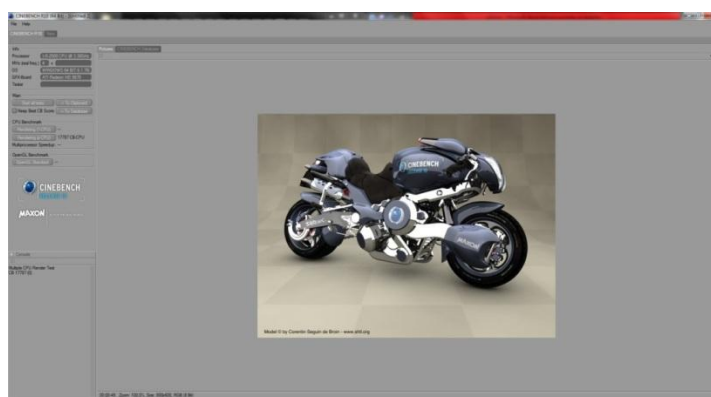
Aplikace je volně dostupná na <http://www.truecrypt.org/>.



Obrázek 67 - Truecrypt výsledky

Zde se ukazuje výhoda procesorů, které podporují AES instrukce. Jejich výkon je nesrovnatelně vyšší.

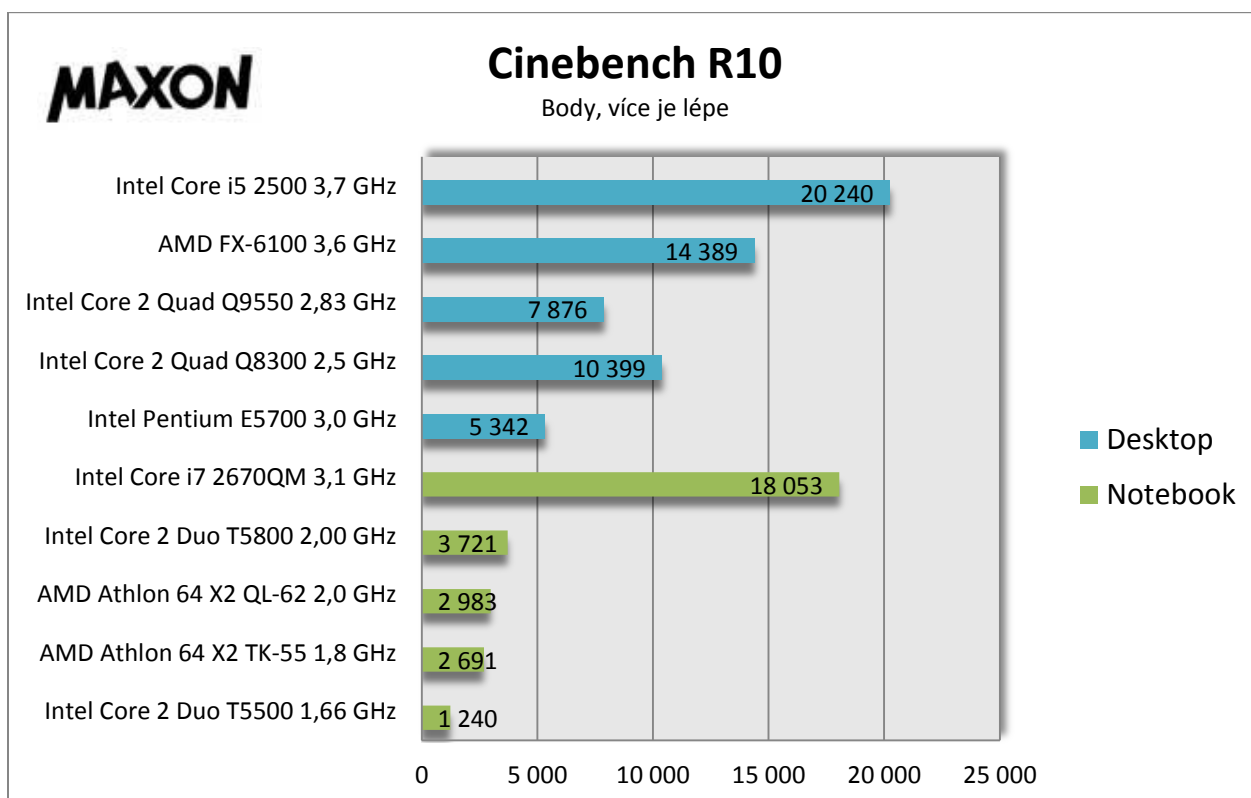
### 3.3.5 Cinebench R10



Obrázek 68 - Průběh testu v aplikaci Cinebench R10

Tato aplikace se zaměřuje na testování procesoru a grafické karty v oblasti renderování 3D fotorealistické scény. Aplikace je postavena na známém programu pro tvorbu grafiky Cinema 4D firmy Maxon. Z důvodu nekompatibility s některými procesory musela být použita starší verze R10. Zvolen byl xCPU test, který scénu počítá pouze s využitím procesoru.

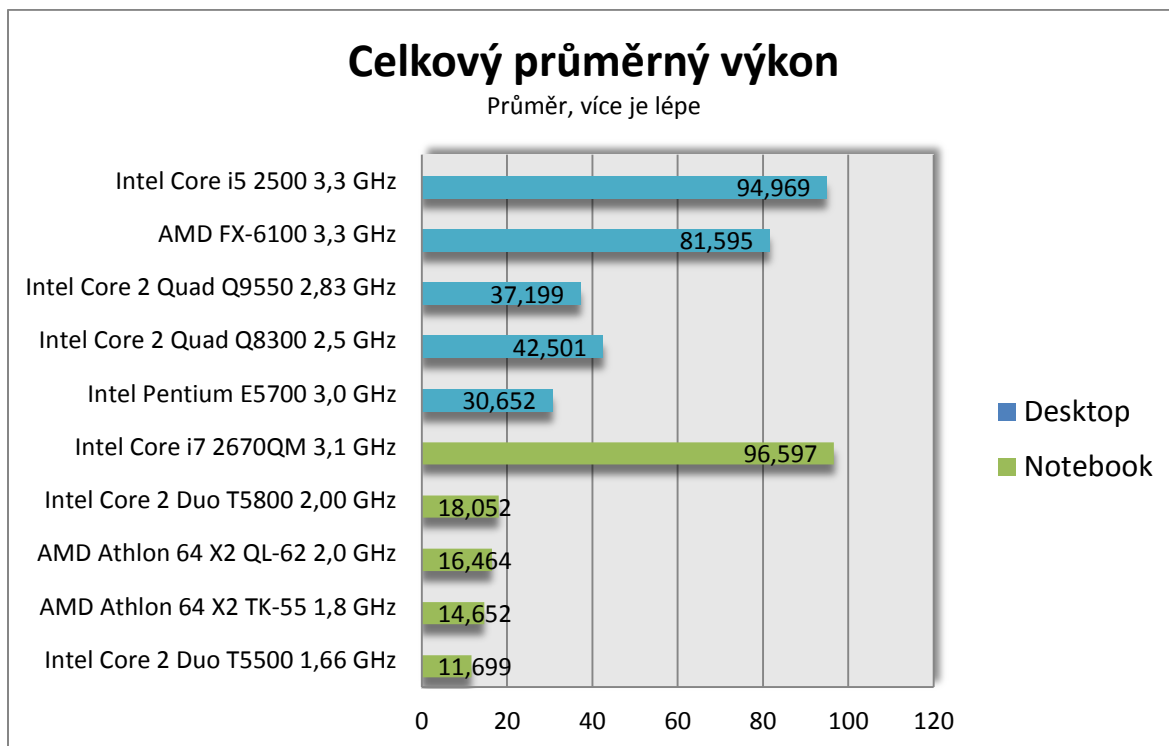
Aplikace je dostupná na [http://downloads.guru3d.com/CineBench-10\\_d1708.html](http://downloads.guru3d.com/CineBench-10_d1708.html).



Obrázek 69 - Cinebench R10 výsledky

### 3.3.6 Celkový průměrný výkon

Z každého jednotlivého testu byl vybrán procesor s nejlepším výsledkem, tomu byla přidělena hodnota 100 procent a ostatní procesory byly ohodnoceny vzhledem k tomuto vítězi. Poté byla pro každý procesor zprůměrována jeho procentuální ohodnocení a z toho vyšel celkový průměrný výkon pro každý procesor.



Obrázek 70 - Celkový průměrný výkon

Jak je vidět, nejlepšího výsledku dosáhl mobilní procesor Core i7 2670Q, který porazil nejen čtyřjádrový Core i5 2500, ale i šestijádrový procesor od AMD, což bylo pro mě velké překvapení.

Stejně jako Core i5 má Core i7 čtyři jádra a je taktovaný na zhruba stejné frekvenci. Na rozdíl od něj ale podporuje Hyper-threading, což mu dle mého názoru velice pomohlo.

Ostatní mobilní procesory hodně zaostávají, což je zapříčiněno tím, že jsou výrazně starší.

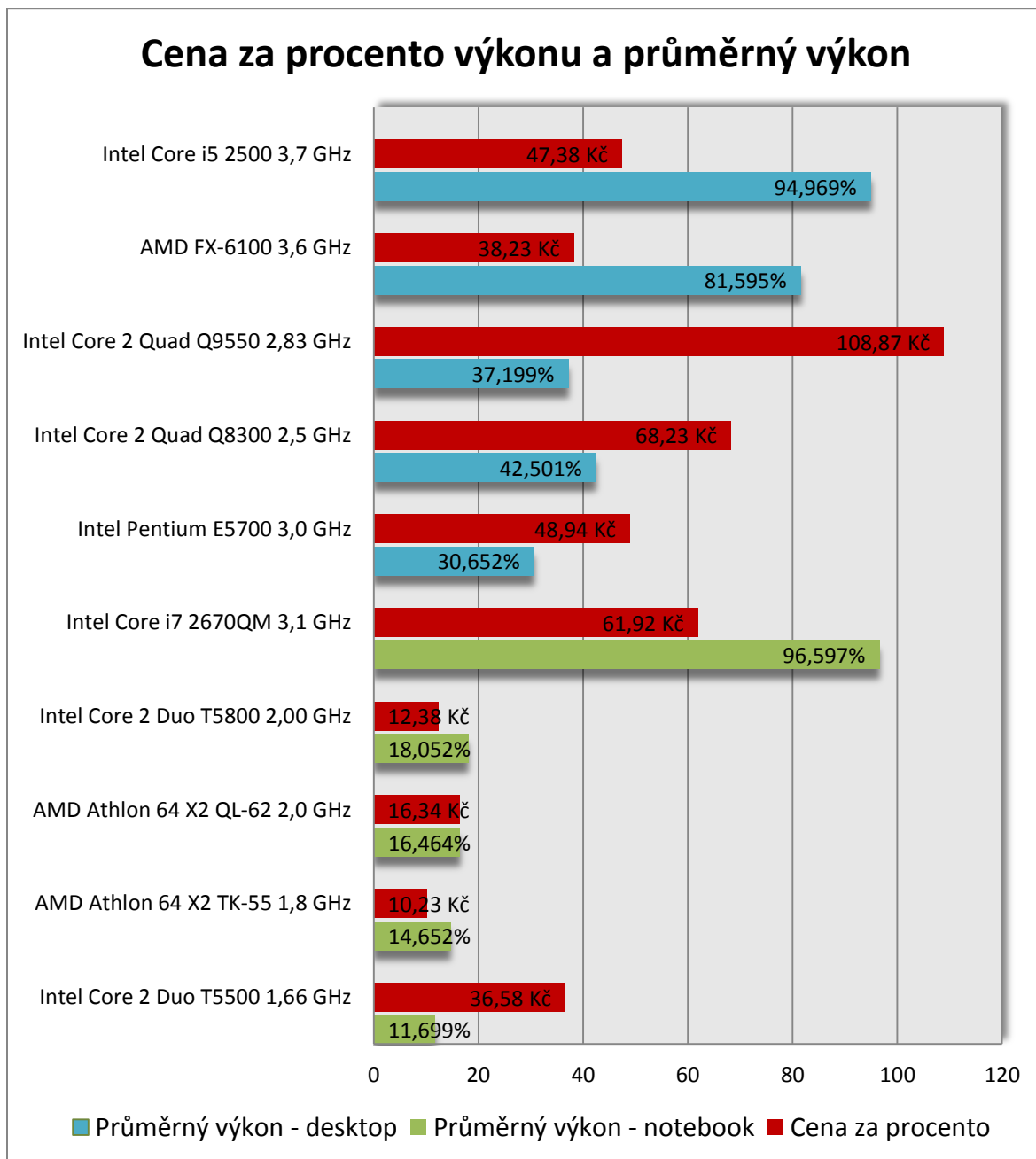
Zajímavé je také porovnání čtyřjádrových procesorů postavených na architektuře Intel Core z roku 2008 a Sandy Bridge z roku 2011. Konkrétně jde o modely Core 2 Quad Q9550, Q8300 a Core i5 2500. Dělí je od sebe zhruba tři roky a jak je vidět, výkon čtyřjádrového procesoru postaveného na architektuře Sandy Bridge je výrazně vyšší, dokonce i o několik procent předběhl šestijádrový procesor FX-6100, který je postavený na architektuře Bulldozer.

Uživatelům, kteří hledají výkon desktopu a zároveň mobilitu, lze jednoznačně doporučit procesor Core i7 2670QM, který nabízí velice slušný výkon ve všech testovaných aplikacích, ať už se jedná o rendering 3D grafiky nebo kompresi souborů.

Za zmínku určitě stojí, že vyšší počet jader automaticky neznamená výkonnější procesor. Jak je vidět, procesor od AMD zaostává téměř ve všech testech za oběma procesory Intelu. FX-6100 se sice snaží konkurovat nižší cenou, z testů dostupných na internetu ale jasně vyplývá, že ani jeho osmijádrová verze, která je stejně drahá jako zde testovaný Core i5 2500, stále celkem výrazně ztrácí a z mého pohledu se tak jedná a nevydařený procesor. Díky své nízké ceně si své zákazníky ale určitě najde.

Pro stolní počítače tak vychází jako jasný vítěz Core i5 2500, který si vedl skvěle ve všech testovaných aplikacích. Starší procesory založené na architektuře Core 2 se již nevyplátí kupovat.

### 3.3.7 Cena za procento výkonu



Obrázek 71 - Cena za procento výkonu a průměrný výkon

Tento graf nám ukazuje, kolik musíme zaplatit za jedno procento výkonu. Pro lepší orientaci je zde uveden i celkový průměrný výkon z předešlého grafu.

Většina procesorů se v běžných obchodech nedá koupit. Procesory Q9550, Q8300 a E5700 se již nevyrábí a mobilní procesory se samostatně neprodávají, navíc většina z nich se také



již nevyrábí. Z těchto důvodů jsou jejich ceny vypočítané jako průměr cen, za které se prodávají na aukčním portále eBay.

Z tohoto grafu je jasně patrné, že mobilní výkon je dražší. Mobilní procesor Core i7 nabízí srovnatelný výkon jako desktopový Core i5, cena za procento výkonu je ale značně vyšší.

Procesory Q9550, Q8300 a E5700 mají velice špatný poměr ceny a výkonu, což je patrné hlavně u Q9550, který je značně předražený. O koupi těchto procesorů nemá smysl uvažovat.

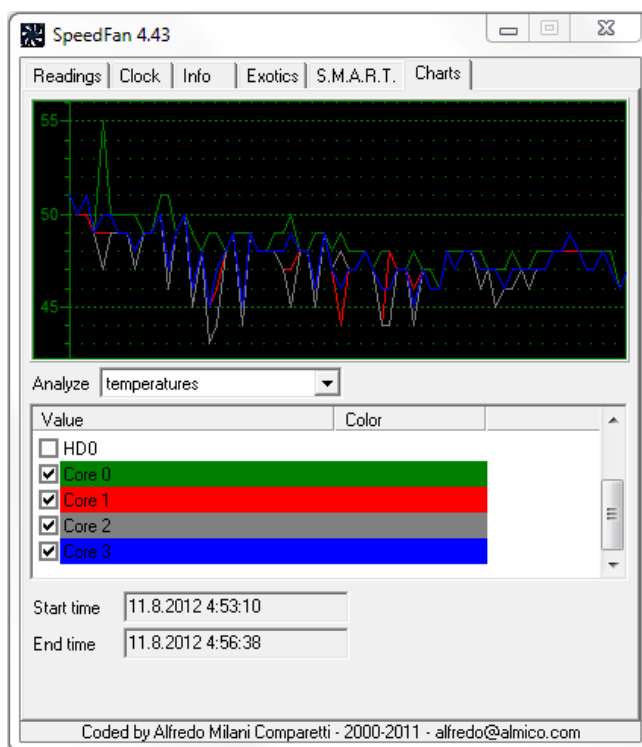
AMD FX-6100 nabízí oproti i5 nižší výkon, jeho cena je ale také o poznání nižší. To ale jen opět dokazuje kvalitu procesorů Intel.

Zajímavé je porovnání T5800 a T550. Přestože se jedná o téměř shodné procesory, procento výkonu u T5800 stojí 12,38 Kč a nabízí zhruba o šest procent vyšší výkon než T550, u kterého ale procento výkonu stojí 36,58 Kč, což je třikrát více.

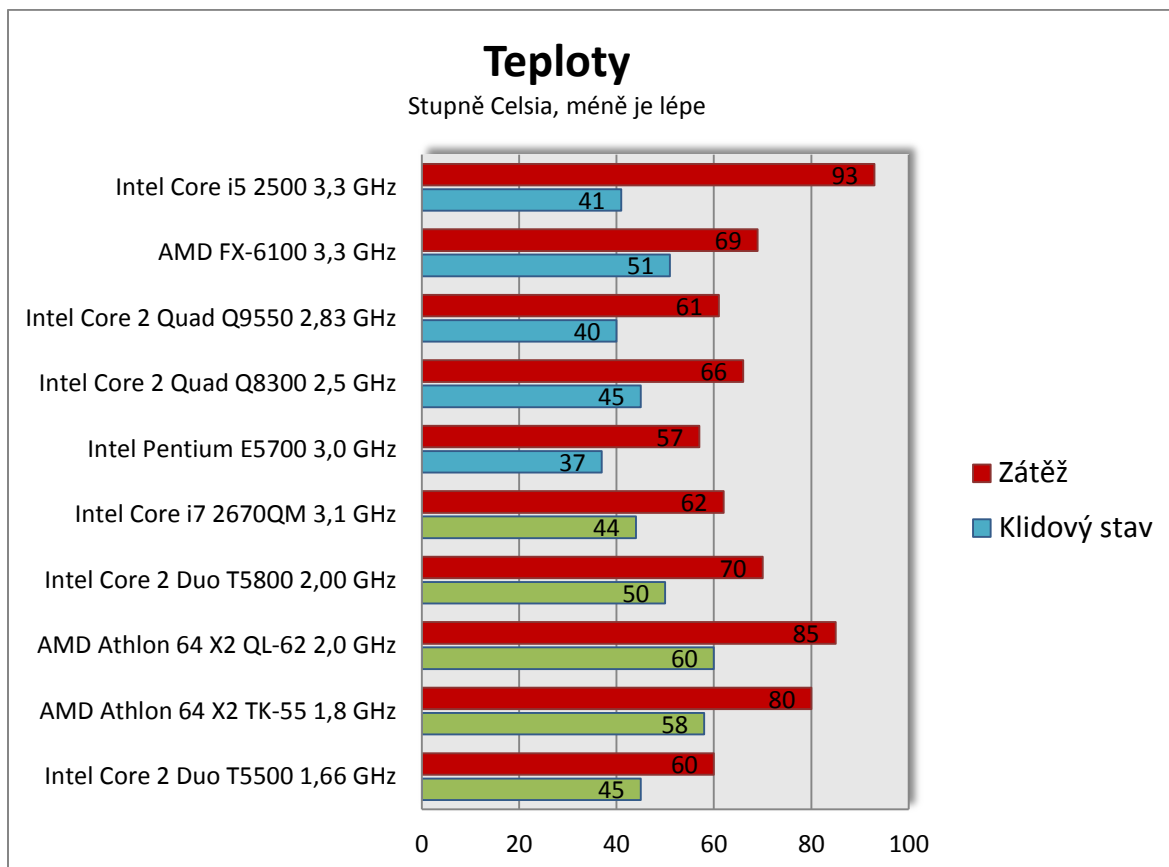
### 3.3.8 Naměřené teploty

Teploty procesorů byly nejdříve změřeny v klidovém stavu, poté byla spuštěna aplikace wPrime a test 1024M, který běžel několik minut, v závislosti na rychlosti procesoru. Teploty se během testu ustálily na svých maximálních hodnotách a už dál nerostly.

K měření teplot byl použit program SpeedFan, zdarma dostupný na <http://www.almico.com/speedfan.php>. Jak lze vypořadovat z obrázku, aplikace dokáže monitorovat teplotu všech jader procesoru. V grafech je vždy uvedena maximální naměřená teplota.



Obrázek 72 - SpeedFan - měření teploty

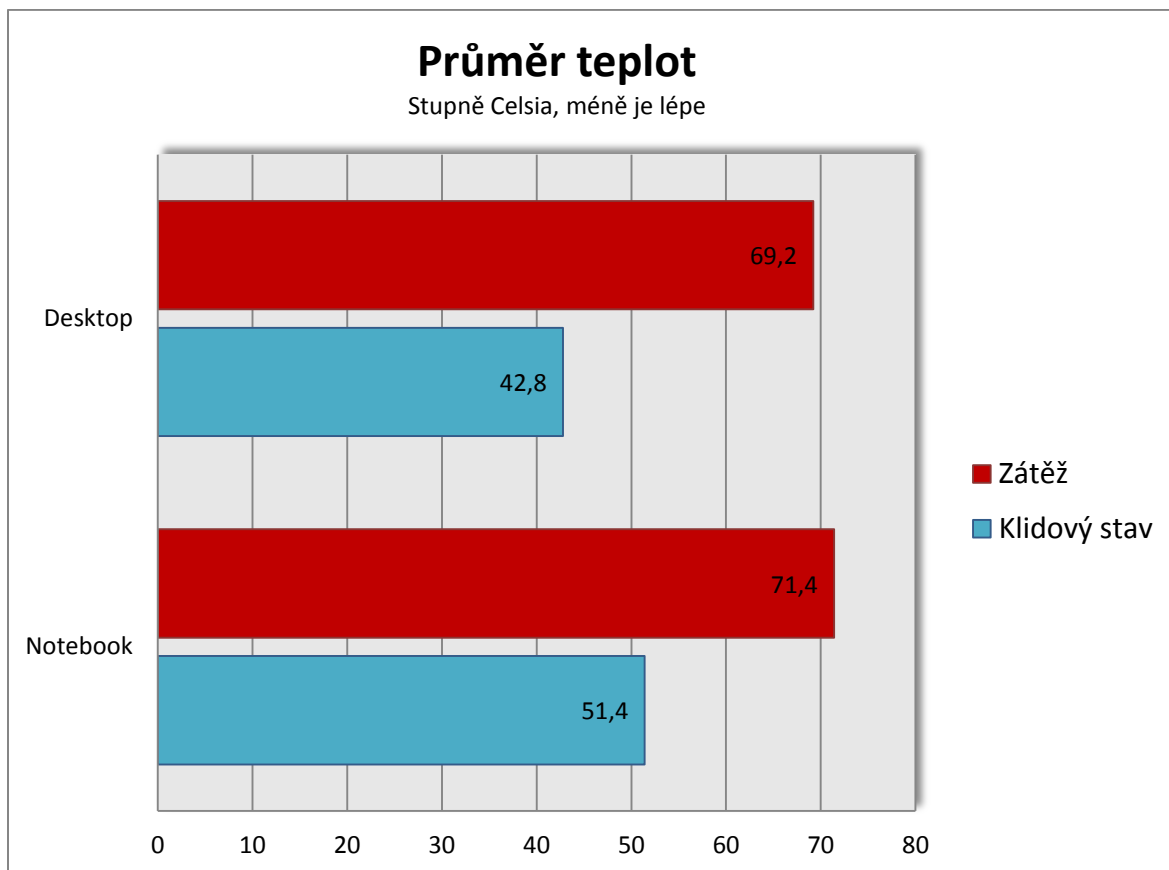


**Obrázek 73 - Naměřené teploty**

Z grafu je vidět, že procesor Core i5 2500 dosáhl v zátěži až na teplotu 93 stupňů Celsia, což je opravdu hodně. Teploty nejvýkonnějšího procesoru v testu, Core i7 2670QM, přitom nepřekročily hranici 62 stupňů, což je velice slušná hodnota. A to jak v porovnání s ostatními mobilními procesory, tak i s procesory určenými pro stolní počítače.

Pěkných hodnot dosáhlo také dvoujádrové Pentium E5700. Hodnoty 37, respektive 57 stupňů v zátěži jsou velmi dobré.

Teploty 80 a 85 stupňů u Athlonu TK-55 a QL-62 se můžou zdát vysoké, což je ale dle mého názoru dáno tím, že se jedná o několik let staré procesory a notebooky a jejich provozní vlastnosti jsou tak značně zhoršené.



Obrázek 74 - Průměr teplot

Tento graf ukazuje, že teploty procesorů v klidovém stavu i v zátěži jsou u notebooků v průměru vyšší, což je dáno jejich designem, který neumožňuje dostatečně efektivní chlazení procesorů a ostatních komponent.

## 4 Slovníček pojmů:

**TDP** – thermal design power. Udává maximální spotřebu čipu, které může dosáhnout při maximálním vytížení. Nižší hodnoty znamenají úspornější čip. [111]

**Cache paměť** – z této paměti procesor načítá data a instrukce. Hlavní výhoda spočívá v tom, že je to daleko rychlejší, než data načítat přímo z paměti RAM, která je pomalejší.

Současné procesory používají až tři úrovně – L1, L2, L3, z nichž typicky první dvě bývají integrovány do procesoru. Velikost cache je různá, v zásadě platí, že L1 je vždy nejmenší, v řádech desítek KB a postupně se zvyšuje na jednotky MB. V případě, že se data nebo instrukce nenacházejí v cache paměti, musejí se do ní nejprve načíst z paměti RAM a poté s nimi může pracovat procesor. [112]

**MIPS** - million instructions per second. Česky milion instrukcí za sekundu, udává, kolik instrukcí je procesor schopen zpracovat za jednu vteřinu. Analogicky k tomu jsou termíny kIPS a GIPS, které udávají tisíc, respektive miliardu operací za vteřinu. [113]

**Instrukce** - instrukce se skládá z několika částí, například kód operace, která říká, jaký typ operace se má provést (logická, aritmetická) a operaci, která se má vykonat (například součet). Dále může obsahovat typ operandu, který určuje, s čím se bude operace provádět. [51]

**Šířka slova** – neboli kolikabitový je daný procesor. Určuje, jaké maximální číslo je procesor schopný zpracovat během jediné operace. Například první osmibitové procesory dokázaly pracovat s číslem z intervalu od 0 do 255. Větší čísla musí být rozdělena na menší a zpracována po částech. [58]

**Datová sběrnice procesoru** – s šířkou slova souvisí také datové sběrnice (data bus), po které se data přesouvají z a do procesoru. Stejně jako šířka slova je její velikost určena v bitech a určuje tedy, jaké maximální číslo je možné přenést z nebo do procesoru.

To je dobře vidět například u procesorů 8086 a 8088. Přestože jsou oba 16 bitové, byla u 8088 z důvodu úspory nákladů použita jen 8 bitová datová sběrnice. To znamená, že se data do procesoru budou z paměti přenášet nadvakrát a procesory tak byly na stejné frekvenci různě rychlé. [58]

**Adresovatelná paměť** - udává, s jakou maximální pamětí je procesor schopen pracovat. [58]

**Adresová sběrnice** – slouží pro přístup k operační paměti. Posílá se přes ni adresa paměťového místa, se kterým bude procesor pracovat. [58]

**Čipová sada** – čipset. Je rozdělen na severní a jižní můstek a obstarává veškerou komunikaci. Severní můstek má na starost komunikaci mezi procesorem, pamětí RAM a sběrnici PCI, na které je připojena grafická karta. Je spojen s jižním můstkem.

Ten zajišťuje komunikaci periférií, jako jsou pevné disky, USB porty atd.

Čipová sada se postupem času vyvíjela a v současné době je celý severní můstek integrován v procesoru. [1], [2]

**Sběrnice** – bus. Zajišťuje přenos dat mezi dvěma zařízeními. Řídí se určitým protokolem, například PCI, USB nebo FSB. [114]

**FSB** - front side bus. Starší sběrnice používaná Intelem, která spojovala procesor a severní můstek. Později byla nahrazena modernější sběrnici QPI. AMD naproti tomu používalo sběrnici HyperTransport. [1], [2]

**Řadič** – controller. Každé zařízení obsahuje svůj řadič, který řídí jeho činnost pomocí řídicích signálů, které se přenášejí po sběrnici. Například řadič operační paměti řídí komunikaci mezi procesorem a pamětí RAM. Dalšími typy jsou řadiče pevných disků, řadič USB rozhraní atd. [115]

**x86** – jedná se o instrukční set, používaný celou řadou procesorů od prvního modelu Intel 8086. Každý procesor implementuje určitý instrukční set. Ten obsahuje například instrukce pro manipulaci s pamětí, datové typy nebo registry. Jeho rozšíření v podobě x86-64 se používá dodnes. [116]

**Mikroarchitektura** – je to způsob, jakým daný procesor implementuje instrukční set. Různé procesory s odlišným vnitřním uspořádáním mohou implementovat stejný instrukční set. Například procesory od Intelu i AMD implementují x86 instrukční set, přestože jejich vnitřní design je odlišný. [117]

**TeraFlop** – podobně jako MIPS udává počet instrukcí za vteřinu, Flop udává počet operací v plovoucí desetinné čárce, neboli floating-point operations per second. V případě TeraFlopu se jedná o  $10^{12}$  operací. [118]

**Vlákno** – thread. Jedná se o odlehčený proces. Skupina vláken tvoří dohromady jeden proces. Na rozdíl od procesů, vlákna spolu sdílejí paměťový prostor a další struktury. V případě, že operační systém podporuje vlákna, lze pro jeden proces vytvořit mnoho vláken a ty zpracovávat paralelně. [119]

## Závěr

Cílem této práce bylo popsat vlastnosti procesoru, jakým způsobem pracuje a přinést ucelený pohled na jeho vývoj od prvních jednoduchých mikroprocesorů až po dnešní mnohояdrové a komplexní čipy. Poté otestovat řadu různých procesorů pěti vybranými aplikacemi.

Z vývoje posledních let je patrné, jakým vývojem procesory za dobu své existence prošly. Z původních relativně jednoduchých čipů s výkonem v řádu desítek kIPS a s pár tisíci tranzistory se vyvinuly procesory schopny zpracovat až 200 miliard instrukcí za vteřinu. Nárůst výkonu lze krásně ilustrovat na superpočítači ASCI Red. Ten v roce 1997 jako prvním překonal hranici jednoho TeraFlop, k čemuž tehdy potřeboval přes devět tisíc procesů. To vše při spotřebě kolem 500 kW. Konkrétně se jednalo o procesory Pentium II Xeon. V roce 2011 představil Intel specializovaný čip pod názvem Knights Corner, určený právě pro superpočítače a masivní paralelní zpracování. Ten má stejný výkon jako celý ASCI Red při spotřebě pouze 300 W.

Z toho je vidět, že kromě neustále se zmenšujícího výrobního procesu se výrobci snaží snižovat spotřebu čipů a zároveň zvyšovat jejich výkon. K tomu napomáhá jednak samotné zmenšování výrobního procesoru, ale také nové technologie, jako třeba Tri-Gate tranzistory.

Procesory v sobě dnes integrují i přes miliardu tranzistorů a posledních pár let i grafická jádra. Například AMD nedávno uvedlo, že APU je do budoucna jejich hlavní priorita. Jedná se o procesory s integrovaným grafickým jádrem, které sice nemohou konkurovat svým výkonem desktopovým procesorům, ale jejich spotřeba je významně nižší, což je pro mobilní segment, který je jejich hlavním trhem, velice důležité.

Z tohoto trendu se dá odvodit, jakým vývojem se budou procesory ubírat. Pro ilustraci přidávám road mapu Intelu pro následující roky.



Obrázek 75 - Roadmapa Intelu [49]

Na té jsou vidět dvě budoucí architektury, a to Haswell a Skylake. Kromě menšího výrobního procesoru se dá očekávat snižování spotřeby při zachování stejného či vyššího výkonu, opět značné vylepšení grafické části a integraci dalších komponent.

Tato práce by jistě mohla být o mnoho obsáhlejší. Procesor je velice složitý čip a o každém z nich by se dalo napsat několik stránek. To ale nebylo úkolem této práce. Přečetl jsem mnoho stran textů o všech možných procesorech a dozvěděl jsem se spoustu nových věcí o tom, jak procesor pracuje. Práce pro mě tedy byla velkým přínosem.

## Literatura

- [1] *Chipset* [online]. 5. 11. 2011 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://thingsfinder.com/info/chipset/>.
- [2] KOC, Petr. *Nehalem – nové revoluční platformy (1 / 2)* [online]. 3. 9. 2008 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/11494-nehalem\\_nove\\_revolucni\\_platformy\\_12](http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/11494-nehalem_nove_revolucni_platformy_12).
- [3] *Matematické koprocesory* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://tvppages.wz.cz/Weby/images/287.jpg>.
- [4] *Chip – Intel P4004 Microprocessor (1969)* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.computermuseum.li/Testpage/Chip-Intel4004.jpg>.
- [5] *Miroslav Němeček – historie, část I. (1969)* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://www.osdos.net/Recenze/nemecek/intel\\_8008a.jpg](http://www.osdos.net/Recenze/nemecek/intel_8008a.jpg).
- [6] *Prosesadores a través de la historia* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://3.bp.blogspot.com/-P4myZk5Vkxs/TZZqTq1mxUI/AAAAAAAAAA0/yIIRetuiLxw/s320/intel\\_8080.jpg](http://3.bp.blogspot.com/-P4myZk5Vkxs/TZZqTq1mxUI/AAAAAAAAAA0/yIIRetuiLxw/s320/intel_8080.jpg)
- [7] *Motorola 6800 microprocessor family* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://cdn.cpu-world.com/CPU/6800/S\\_Thompson-EF6800CM.jpg](http://cdn.cpu-world.com/CPU/6800/S_Thompson-EF6800CM.jpg).
- [8] *The 2600 Story – Part I* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://pnmedia.gamespy.com/classicgaming.gamespy.com/images/features/2600story/6502.png>.
- [9] *Mikroprocesory s architekturou RISC – čipy AMD 29000 (29k)* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://i.iinfo.cz/images/51/pc140-3-prev.jpg>.
- [10] *Texas Instruments TMS9900 microprocessor family* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://cdn.cpu-world.com/CPU/TMS9900/S\\_TI-TMS9900NL.jpg](http://cdn.cpu-world.com/CPU/TMS9900/S_TI-TMS9900NL.jpg).
- [11] *BioGB Homepage* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.geocities.ws/instructivus/b-zilog-z80-cpu.jpg>.
- [12] *Handcraft* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://ongamestart.handcraft.com/intel8086.jpg>.
- [13] *Motorola 68000* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/48/KL\\_Motorola\\_MC68000\\_PLCC.jpg/220px-KL\\_Motorola\\_MC68000\\_PLCC.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/48/KL_Motorola_MC68000_PLCC.jpg/220px-KL_Motorola_MC68000_PLCC.jpg).
- [14] *A brief history of CPUs: 31 awesome years of x86* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://dl.maximumpc.com/galleries/x86/286.png>.
- [15] *Pre-x86 architektura* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://farm5.static.flickr.com/4109/4954315118\\_f78199c6a9.jpg](http://farm5.static.flickr.com/4109/4954315118_f78199c6a9.jpg).

- [16] *CPU history 03 – 80486* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://pipux.net/img/content/technology/hardware/cpu03intel80486.jpg>.
- [17] *The central processing unit (CPU)* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.oocities.org/cfleri/Gallery/IntelPentium133.jpg>.
- [18] *The 40 year old chip* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://shadyboules.files.wordpress.com/2011/11/pentium-pro-640x523.jpg>.
- [19] *Impressions and highlights* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://img.tomshardware.com/us/2005/11/21/the\\_mother\\_of\\_all\\_cpu\\_charts\\_2005/intel\\_s8\\_pentium\\_pro.jpg](http://img.tomshardware.com/us/2005/11/21/the_mother_of_all_cpu_charts_2005/intel_s8_pentium_pro.jpg).
- [20] *AMD K5 PR75* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.x86-guide.com/Photos/Grandes/1/AMD%20K5%20PR75%20-%20haut.jpg>.
- [21] *Pentium II* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/83/Pentium\\_II.jpg/300px-Pentium\\_II.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/83/Pentium_II.jpg/300px-Pentium_II.jpg).
- [22] *Pentium II* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/KL\\_Intel\\_PPro\\_Overdrive\\_P6T\\_To\\_p.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/KL_Intel_PPro_Overdrive_P6T_To_p.jpg).
- [23] *AMD K6* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d7/AMD\\_K6-166ALR.jpg/220px-AMD\\_K6-166ALR.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d7/AMD_K6-166ALR.jpg/220px-AMD_K6-166ALR.jpg).
- [24] *Celeron* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cb/KL\\_Intel\\_Celeron\\_Covington.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cb/KL_Intel_Celeron_Covington.jpg).
- [25] *Pentium III* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a7/Intel\\_Pentium\\_III\\_Katmai.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a7/Intel_Pentium_III_Katmai.jpg).
- [26] *Pentium III* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:KL\\_Intel\\_Pentium\\_III\\_Tualatin.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:KL_Intel_Pentium_III_Tualatin.jpg).
- [27] *AMD Athlon* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.pcmec.com/images/athlon.gif>.
- [28] *Athlon* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/KL\\_AMD\\_Athlon\\_XP\\_Thunderbird.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/df/KL_AMD_Athlon_XP_Thunderbird.jpg).
- [29] *AMD extends performance lead with new Athlon and Duron Processor* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.thg.ru/cpu/20001017/images/duron.jpg>.
- [30] *Intel Pentium 4 540* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://mixeur.x86-guide.com/Photos/Stock\\_photos/Intel%20Pentium%204%20LGA775.jpg](http://mixeur.x86-guide.com/Photos/Stock_photos/Intel%20Pentium%204%20LGA775.jpg).



- [31] *AMD Athlon XP 2200+ Thoroughbred review* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://www.sharkyextreme.com/img/2002/06/athlon\\_2200/xp2200\\_dual\\_slant.jpg](http://www.sharkyextreme.com/img/2002/06/athlon_2200/xp2200_dual_slant.jpg).
- [32] *AMD Opteron socket 940* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.esaitech.com/objects/catalog/product/image/thb7637.jpg>.
- [33] *AMD Athlon 64 4000+ and FX-55 review* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://www.simhq.com/\\_technology/images/technology\\_024a\\_001.jpg](http://www.simhq.com/_technology/images/technology_024a_001.jpg).
- [34] *AMD Sempron 3100+ Processor* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://assets.hardwarezone.com/2009/img/data/articles/2004/1203/amd\\_sempron\\_front\\_back.jpg](http://assets.hardwarezone.com/2009/img/data/articles/2004/1203/amd_sempron_front_back.jpg).
- [35] KWOLEK, Jiří. *Postavte si dvouprocesorovou 64bit pracovní stanici* [online]. 1. 11. 2005 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/navody/zaklady-stavba-pc/5600-postavte\\_si\\_dvouprocesorovou\\_64bit\\_pracovni\\_stanici](http://pctuning.tyden.cz/navody/zaklady-stavba-pc/5600-postavte_si_dvouprocesorovou_64bit_pracovni_stanici).
- [36] *Intel Pentium D – tento rok je jeho poslední* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://www.xmaestro.com/storage/200707182318\\_Pentium\\_D\\_01.jpg](http://www.xmaestro.com/storage/200707182318_Pentium_D_01.jpg).
- [37] KWOLEK, Jiří. *Dvě hlavy víc ví: Athlon 64 X2 4800+* [online]. 4. 7. 2005 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/4619-dve\\_hlavy\\_vic\\_vi-athlon\\_64\\_x2\\_4800\\_plus](http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/4619-dve_hlavy_vic_vi-athlon_64_x2_4800_plus).
- [38] *AMD Athlon 64 4800+ X2* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://static.trustedreviews.com/94%7cc4065e%7c4ff2\\_1370-x21.jpg](http://static.trustedreviews.com/94%7cc4065e%7c4ff2_1370-x21.jpg).
- [39] *Difference between Intel Core 2 Duo and Dual Core Processors* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://nostalgicillusions.files.wordpress.com/2010/06/core2.jpg>.
- [40] *AMD Phenom X4 9950 Black edition 2.6GHz socket AM2+* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://www.techspot.com/images/products/processors/amd/org/1001961187\\_1521935924\\_o.jpg](http://www.techspot.com/images/products/processors/amd/org/1001961187_1521935924_o.jpg).
- [41] *Intel Core i7 – 950, 3,06GHz /8MB/QPI 4,8GT/LGA 1366 - Bloomfield* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.az-pocitace.cz/img/d-75876>.
- [42] *Intels Core i5 32nm holiday market assault* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://i696.photobucket.com/albums/vv328/renethx\\_yahoo/SystemArchitecture-ClarkdaleDetails.png](http://i696.photobucket.com/albums/vv328/renethx_yahoo/SystemArchitecture-ClarkdaleDetails.png).
- [43] *AMD Phenom II X4 & 920: A true return to competition* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://images.anandtech.com/reviews/cpu/amd/phenom2/phenom2.jpg>.
- [44] *Intels Sandy Bridge Core processors* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://techreport.com/r.x/sandy-bridge/die-labeled.jpg>.
- [45] OBERMAIER, Zdeněk. *Ivy Bridge – 22nm a 3D tranzistory už za půl roku v obchodech* [online]. 5. 10. 2011 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z:

<http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/22169-ivy-bridge-22-nm-a-3d-tranzistory-uz-za-pul-roku-v-obchodech>.

[46] OBERMAIER, Zdeněk. *Intel Core i7-37701K – 22nm Ivy Bridge do desktopu* [online]. 23. 4. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/23890-intel-core-i7-3770k-22nm-ivy-bridge-do-desktopu>.

[47] JAVUREK, Karel. *Ze světa: nové Bulldozery od AMD jsou tady, včetně testů* [online]. 13. 10. 2011 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.zive.cz/clanky/ze-sveta-nove-bulldozery-od-amd-jsou-tady-vcetne-testu/sc-3-a-159124/default.aspx>.

[48] *AMD Piledriver FX Quad Core processors* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://2.bp.blogspot.com/-24gqKJ-twhw/UAZhZTT81GI/AAAAAAAAAM5o/SO-8dHOexu0/s1600/Meet-AMD-s-Piledriver-FX-Quad-Core-Processors.jpg>.

[49] *Haswell (microarchitecture)* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/94/IntelProcessorRoadmap-3.svg>.

[50] CHMIEL, Pavel. *Procesor* [online]. 15. 1. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://chmiel.chytry.cz/files/ovt\\_epo\\_ps/et/cast1\\_09\\_cpu.pdf](http://chmiel.chytry.cz/files/ovt_epo_ps/et/cast1_09_cpu.pdf).

[51] *Strojový kód* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~mackalov/>.

[52] *Explicitly parallel instructions computing* [online]. 23. 3. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Explicitly\\_parallel\\_instruction\\_computing](http://en.wikipedia.org/wiki/Explicitly_parallel_instruction_computing).

[53] *Chapter scientific* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.intel.com/intelpress/chapter-scientific.pdf>.

[54] KUČERA, Jan. [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/sl5.htm>.

[55] CHMIEL, Pavel. *Architektura procesorů* [online]. 22. 1. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://chmiel.chytry.cz/files/ovt\\_epo\\_ps/et/cast1\\_10\\_arch\\_cpu.pdf](http://chmiel.chytry.cz/files/ovt_epo_ps/et/cast1_10_arch_cpu.pdf).

[56] PELIKÁN, Jaroslav. *Numerické koprocory* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/KOPROC.HTML>.

[57] *Coprocessor* [online]. 11. 7. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Coprocessor>.

[58] PELIKÁN, Jaroslav. *Procesor (mikroprocesor)* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/PARPROC.HTML>.

[59] *The red hill cpu guide* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.redhill.net.au/c/c-1.html>.

- [60] JAVUREK, Karel. *Intel 4004: náhodný procesor, který změnil svět* [online]. 3. 10. 2011 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.zive.cz/clanky/intel-4004-nahodny-processor-ktery-zmenil-svet/sc-3-a-158983/default.aspx>.
- [61] PERRY, Douglas. *Intels 8008 CPU celebrates 40th anniversary* [online]. 2. 4. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.tomshardware.com/news/intel-8008-cpu-processor-anniversary,15176.html>.
- [62] *Intel 8080* [online]. 1. 6. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Intel\\_8080](http://cs.wikipedia.org/wiki/Intel_8080).
- [63] *Motorola 6800* [online]. 21. 7. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Motorola\\_6800](http://en.wikipedia.org/wiki/Motorola_6800).
- [64] *MOS Technology 6502 microprocessor family* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.cpu-world.com/CPUs/650x/index.html>.
- [65] TIŠNOVSKÝ, Pavel. *Procesor sestavený z čipů AMD Am2900 – předchůdce skutečných DSP* [online]. 12. 4. 2011 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/procesor-sestaveny-z-cipu-amd-am2900-predchudce-skutecných-dsp/>.
- [66] *AMD Am9080* [online]. 14. 5. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/AMD\\_Am9080](http://en.wikipedia.org/wiki/AMD_Am9080).
- [67] *Texas Instruments TMS9900* [online]. 15. 7. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Texas\\_Instruments\\_TMS9900](http://en.wikipedia.org/wiki/Texas_Instruments_TMS9900).
- [68] *Zilog Z80* [online]. 13. 8. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Zilog\\_Z80](http://en.wikipedia.org/wiki/Zilog_Z80).
- [69] PELIKÁN, Jaroslav. *Procesory Intel 80x86* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/I80X86.HTML>.
- [70] *Motorola 68000* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.amigaportal.cz/amipedie/procesory.html?id=2603:motorola-68000&catid=243>.
- [71] BRANDEJS, Michal. *Mikroprocesory Intel 8086 – 80486* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://www.fi.muni.cz/usr/brandejs/Brandejs\\_Mikroprocesory\\_Intel\\_8086\\_80486\\_2010.pdf](http://www.fi.muni.cz/usr/brandejs/Brandejs_Mikroprocesory_Intel_8086_80486_2010.pdf).
- [72] *CPU History 04 - Pentium* [online]. 23. 9. 2009 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://pipux.net/index.php?id=30>.
- [73] *CPU History 05 – Pentium Pro and Pentium II* [online]. 23. 9. 2009 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://pipux.net/index.php?id=31>.
- [74] *AMD K5* [online]. 31. 7. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/AMD\\_K5](http://en.wikipedia.org/wiki/AMD_K5).

- [75] *AMD K6* [online]. 21. 7. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/AMD\\_K6](http://en.wikipedia.org/wiki/AMD_K6).
- [76] *Celeron* [online]. 29. 5. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Celeron>.
- [77] *Pentium III* [online]. 25. 6. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Pentium\\_III](http://en.wikipedia.org/wiki/Pentium_III).
- [78] *Athlon* [online]. 2. 8. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Athlon>.
- [79] *Duron* [online]. 1. 6. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Duron>.
- [80] *AMD Duron microprocessor family* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.cpu-world.com/CPUs/K7/TYPE-Duron.html>.
- [81] HILTON, Glenn; SAGER, Dave; UPTON, Mike; BOGGS, Darrell; CARMEAN, Doug; KYKER, Alan; ROUSSEL, Patrice. *The microarchitecture of the Pentium 4 processor* [online]. 2001 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://download.intel.com/technology/itj/q12001/pdf/art\\_2.pdf](http://download.intel.com/technology/itj/q12001/pdf/art_2.pdf).
- [82] *CPU Pentium 4* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://www.qdpm.com/CPU/CPU\\_Pentium4.html](http://www.qdpm.com/CPU/CPU_Pentium4.html).
- [83] KWOLEK, JIŘÍ. *Pentium 4 Prescott: Šampion nebo pouhý předskokan?* [online]. 2. 2. 2004 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/3945-pentium\\_4\\_prescott-sampion\\_nebo\\_pouhy\\_predskokan](http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/3945-pentium_4_prescott-sampion_nebo_pouhy_predskokan).
- [84] ŠTĚPÁNEK, Martin. *Opteron přichází: AMD vyráží do útoku* [online]. 23. 4. 2003 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/3719-opteron\\_prichazi-amd\\_vyrazi\\_do\\_utoku](http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/3719-opteron_prichazi-amd_vyrazi_do_utoku).
- [85] KWOLEK, Jiří. *Athlon 64 +3200 / MSI K8T Neo: první testy* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/3899-athlon\\_64\\_plus\\_3200\\_msi\\_k8t\\_neo-prvni\\_testy](http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/3899-athlon_64_plus_3200_msi_k8t_neo-prvni_testy)
- [86] *Athlon 64* [online]. 13. 8. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Athlon\\_64](http://en.wikipedia.org/wiki/Athlon_64).
- [87] KWOLEK, Jiří. *Athlon lehká edice je nyní Sempron* [online]. 2. 8. 2004 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/4189-athlon\\_lehka\\_edice\\_je\\_nyni\\_amd\\_sempron](http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/4189-athlon_lehka_edice_je_nyni_amd_sempron).
- [88] *Sempron* [online]. 26. 7. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Sempron>.

- [89] *Přehled desktopových procesorů 2005: AMD a Intel* [online]. 6. 6. 2005 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/4582-prehled\\_desktopovych\\_procesoru\\_2005-amd\\_a\\_intel](http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/4582-prehled_desktopovych_procesoru_2005-amd_a_intel).
- [90] FISCO, Richard. *Inside Intels first dual core CPU* [online]. 4. 4. 2005 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,1782101,00.asp>.
- [91] *Pentium D* [online]. 2. 8. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Pentium\\_D](http://en.wikipedia.org/wiki/Pentium_D).
- [92] *AMD Athlon 64 X2 Dual-Core processor product data sheet* [online]. 2007 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://support.amd.com/us/Processor\\_TechDocs/33425.pdf](http://support.amd.com/us/Processor_TechDocs/33425.pdf).
- [93] OBERMAIER, Zdeněk. *Intel Core 2 Duo: Návrat krále – část 1* [online]. 7. 8. 2006 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/7367-intel\\_core\\_2\\_duo-navrat\\_krale-cast\\_1](http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/7367-intel_core_2_duo-navrat_krale-cast_1).
- [94] OBERMAIER, Zdeněk. *Intel Core 2 Duo: Intel vrací úder – část 2* [online]. 7. 8. 2006 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/7389-intel\\_core\\_2\\_duo-intel\\_vraci\\_uder-cast\\_2](http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/7389-intel_core_2_duo-intel_vraci_uder-cast_2).
- [95] *Intel Core 2* [online]. 4. 6. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Intel\\_Core\\_2](http://en.wikipedia.org/wiki/Intel_Core_2).
- [96] OBERMAIER, Zdeněk. *AMD Phenom 955 – procesor platformy AMD Spider* [online]. 28. 11. 2007 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/9815-amd\\_phenom\\_9500-procesor\\_platformy\\_amd\\_spider](http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/9815-amd_phenom_9500-procesor_platformy_amd_spider).
- [97] *AMD Phenom* [online]. 14. 5. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/AMD\\_Phenom](http://en.wikipedia.org/wiki/AMD_Phenom).
- [98] *Nehalem - nov* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/11494-nehalem\\_nove\\_revolucni\\_platformy\\_12](http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/11494-nehalem_nove_revolucni_platformy_12).
- [99] OBERMAIER, Zdeněk. *Procesory Core i7 – test architektury Nehalem* [online]. 3. 11. 2008 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/11927-procesory\\_core\\_i7-test\\_architektury\\_nehalem](http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/11927-procesory_core_i7-test_architektury_nehalem).
- [100] *Nehalem (microarchitecture)* [online]. 23. 7. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Nehalem\\_\(microarchitecture\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Nehalem_(microarchitecture)).
- [101] OBERMAIER, Zdeněk. *AMD Phenom II X4 940 Black Edition – první test v ČR* [online]. 14. 1. 2009 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/12445-amd\\_phenom\\_ii\\_x4\\_940\\_black\\_edition-prvni\\_test\\_v\\_cr](http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/12445-amd_phenom_ii_x4_940_black_edition-prvni_test_v_cr).

- [102] *Phenom II* [online]. 30. 6. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Phenom\\_II](http://en.wikipedia.org/wiki/Phenom_II).
- [103] OBERMAIER, Zdeněk. *Intel Sandy Bridge – podrobný rozbor architektury* [online]. 4. 1. 2011 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/19724-intel-sandy-bridge-podrobny-rozbor-architektury?start=7>.
- [104] CARDA, Jakub. *Core i7-2600K a Core i5-2500K – velký test Intel Sandy Bridge* [online]. 3. 1. 2011 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/19723-core-i7-2600k-a-core-i5-2500k-velky-test-intel-sandy-bridge>.
- [105] *Sandy Bridge* [online]. 1. 8. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Sandy\\_Bridge](http://en.wikipedia.org/wiki/Sandy_Bridge).
- [106] *Ivy Bridge (microarchitecture)* [online]. 14. 8. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Ivy\\_Bridge\\_\(microarchitecture\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Ivy_Bridge_(microarchitecture)).
- [107] OBERMAIER, Zdeněk. *AMD Bulldozer – Nová architektura CPU od AMD* [online]. 6. 9. 2010 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/18612-amd-bulldozer-nova-architektura-cpu-od-amd?start=1>.
- [108] OBERMAIER, Zdeněk. *AMD Bulldozer – procesory FX-8150 a 8120 v testu (1/2)* [online]. 12. 10. 2011 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://pctuning.tyden.cz/hardware/procesory-pameti/22227-amd-bulldozer-procesory-fx-8150-a-8120-v-testu-1-2>.
- [110] *Bulldozer (microarchitecture)* [online]. 4. 8. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Bulldozer\\_\(microarchitecture\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Bulldozer_(microarchitecture)).
- [111] *TDP* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.svethardware.cz/glos.jsp?doc=93F5D72A65449864C1257346007B6C69>.
- [112] TIŠNOVSKÝ, Pavel. *Vyrovňovací paměť* [online]. 3. 7. 2008 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/vyrovnavaci-pameti-cache/>.
- [113] *Instructions per second* [online]. 13. 8. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Instructions\\_per\\_second](http://en.wikipedia.org/wiki/Instructions_per_second).
- [114] PELIKÁN, Jaroslav. *Sběrnice (bus)* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/BUS.HTML>.
- [115] TIŠNOVSKÝ, Pavel. *Princip činnosti řadiče v mikroprocesorech* [online]. 26. 4. 2011 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/princip-cinnosti-radice-v-mikroprocesorech/>.
- [116] *x86* [online]. 4. 8. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/X86>.

- [117] *Microarchitecture* [online]. 9. 5. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Microarchitecture>.
- [118] *FLOPS* [online]. 9. 8. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/FLOPS>.
- [119] *Thread (computing)* [online]. 13. 8. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Thread\\_\(computing\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Thread_(computing)).
- [120] BOLOTOFF, Paul. *Alpha: The history in facts and comments* [online]. 8. 4. 2010 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://alafir.com/articles/alpha\\_history/index.html](http://alafir.com/articles/alpha_history/index.html).
- [121] PETŘÍČEK, Miroslav. *Alpha – Konec jedné legendy* [online]. 10. 7. 2001 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/alpha-konec-jedne-legendy/>.
- [122] *Alpha 21164* [online]. 27. 5. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Alpha\\_21164](http://en.wikipedia.org/wiki/Alpha_21164).
- [123] *Alpha 21064* [online]. 27. 5. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Alpha\\_21064](http://en.wikipedia.org/wiki/Alpha_21064).
- [124] *Alpha 21064A Microprocessor* [online]. 1996 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://www.eng.umd.edu/~blj/microarchitecture/21064.pb.pdf>.
- [125] TOMAN, Vojtěch. *Architektura procesoru Alpha 21164* [online]. [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: <http://noel.feld.cvut.cz/vyu/scs/prezentace98/alpha/arch21164A.html>.
- [126] *Alpha 21364* [online]. 28. 5. 2012 [cit. 2012-8-14]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Alpha\\_21364](http://en.wikipedia.org/wiki/Alpha_21364).

## **Příloha A – Obsah přiloženého CD**

Příložené CD obsahuje bakalářskou práci ve formátu pdf a aplikace, které byly použity pro testování a analýzu procesorů. Jedná se o ty programy:

1. 7-Zip 9.20,
2. Cinebench r10,
3. TrueCrypt 7.1a,
4. wPrime 2.09,
5. x264 Benchmark 5.0.1.