

AMD – stručná historie

- **AMD = Advanced Micro Devices**
- firma vznikla v roce **1969**
- V historii hrála dlouho roli druhého největšího výrobce mikroprocesorů
- V roce 1975 stavebnice mikroprocesoru **Am2900** (technologie BitSlicing - konstrukce procesoru z modulů schopných pracovat s menší bitovou šířkou, než je výsledný počet bitů procesoru)
- V roce 1982 se firma stává **záložním dodavatelem** procesorů 286 pro **IBM**
- **Intel** musel předat **AMD** licenci na výrobu čipů podle jejích návrhů, aby vyhověl požadavkům svého odběratele **IBM**
- AMD Procesory vyrábí pod označením **Am286**
- Intelu se nelíbí, že pak AMD používá pro označení i svých dalších procesorů stejné číselné označení (386, 486...)
- Následuje dlouhý soudní spor, který Intel prohrává a firmě **AMD** jsou udělena všechna práva k výrobě a prodeji řady mikroprocesorů **Am386**



AMD – stručná historie

- březen 1991 - AMD uvádí mikroprocesory řady **Am386** a narušuje monopol Intelu
- Mikroprocesor firma AMD navrhla sama tak, aby byl 100% kompatibilní s procesorem 80386, ale při tom nejde o jeho kopii
- Nejvýkonnější model **AMD 386DX-40** byl populární u malých výrobců PC i u lidí, kteří se snažili získat za rozumnou cenu slušný výkon
- AMD 386DX-40 dosahoval téměř výkonu 80486 za mnohem menší náklady
- u AMD běželo vnější rozhraní na frekvenci **40MHz**, zatímco i u nejrychlejší varianty 80486DX4 měl procesor navenek rychlost pouze **33 MHz**
- říjen 1991 - firma dodává svůj miliónový mikroprocesor **Am386**

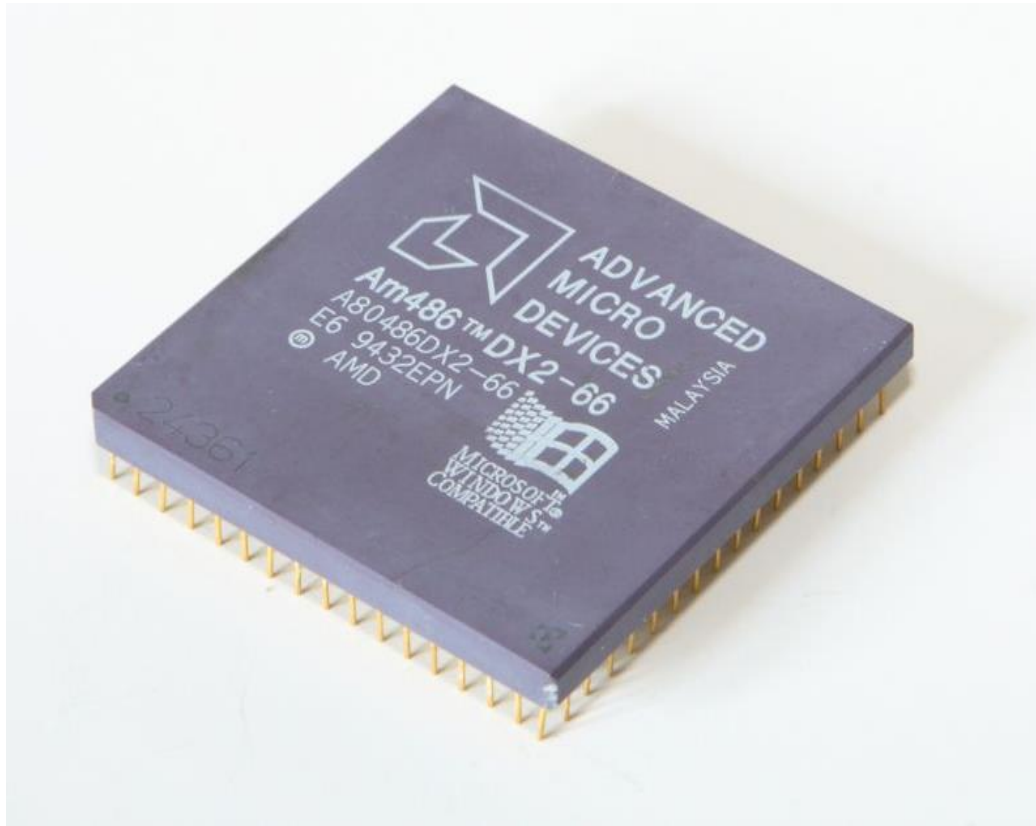
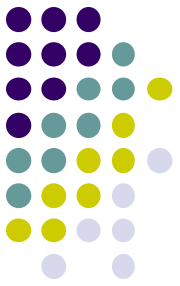


AMD – stručná historie



- únor 1993 - představeny první mikroprocesory řady **Am486** (1 milion tranzistorů)
- První verze **Am486** byly považovány jen za náhražky **i80486** od Intelu
- V procesoru je integrovaná 8 kB Cache
- Později bylo sníženo napájecí napětí z **5V** na **3,3V** a podařilo se zdvojnásobit taktovací frekvenci na **66 MHz**, ale ztratila se podpora pro starší základní desky, které nabízely pouze **5 V**
- Později rychlejší verze Am486 (až 120 MHz) byly schopné výkonem konkurovat prvním procesorům Pentium na 60-66 MHz, přičemž stály třikrát méně

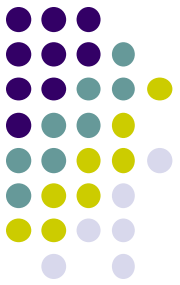
Am486DX2-66



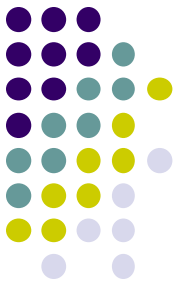
Am586

- V roce 1995 přichází procesor **Am586**, který však není protipólem **Pentia**, jak by se mohlo z číselného označení zdát
- Jde pouze o dále vylepšený procesor **AMD Am486**
- jeho vnitřní rychlost byla **čtyřnásobná** (u Intelu pouze trojnásobná u verzí DX4)
- Měl shodné vývody s procesorem **80486DX4** (na deskách s podporou napětí 5V vyžadoval regulátor napětí)
- **Am586** o rychlosti **133 MHz** (4x33) měl výkon na úrovni **Pentia 75 Mhz**

Na chipu se poprvé objevuje něco jako Performance rating



AMD - K5



- 1993 - ohlášen plán projektu pro **AMD-K5**
- K5 je první procesor firmy AMD zcela vyvinutý ve vlastních laboratořích (bez inspirace Intelem)
- “Pentium” od AMD
- Cena byla v době uvedení na trh mnohem nižší než u Pentii od Intelu
- K5 byl postaven na interním **RISCovém** paralelním jádře AMD Am29000 s x86 dekodérem
- Procesor je tedy bližší spíše **Pentiu Pro** než klasickému **Pentiu**
- Obsahuje **pět** celočíselných jednotek **ALU** a jednu jednotku pro práci s čísly s pohyblivou desetinnou čárkou FPU
- Výkon jednotky FPU byl slabší než u Pentia
- **4,3 mil.** tranzistorů
- 16 kB instrukční cache + 8 kB datová cache, oproti Pentiu dvojnásobná
- Frekvence: K5 PR75, K5 PR 90, K5 PR 100, K5 PR 120, K5 PR 133, K5 PR 166

AMD - historie



- jaro 1997 - uveden procesor **AMD-K6**;
- květen 1998 - uveden procesor **AMD-K6-2**;
- 1998 - uveden procesor **AMD-K6-III**;
- srpen 1999 - představen procesor **AMD Athlon**, první procesor sedmé generace;
- 2000 - obrát za první čtvrtletí roku překračuje poprvé v historii společnosti 1 miliardu dolarů;
- červen 2000 - uveden procesor řady **AMD Duron**;
- srpen 2000 - uveden procesor **AMD Thunderbird**;
- září 2001 - nový Duron s jádrem **Morgan**;
- listopad 2001 - uveden inovativní **Athlon XP** s jádrem **Thoroughbred**;
- duben 2002 - AMD ruší řadu Duron, řada **Appalosa** nebude nikdy uvedena;
- červen 2002 - uvedení procesoru **AMD Athlon Thoroughbred**;
- konec roku 2002 - uvedení procesoru **ClawHammer**;
- jaro 2003 - uvedení procesoru **AMD Opteron** známého pod kódovým označením **SledgeHammer**

AMD K6



- jaro 1997
- **RISC jádro** vyvinula firma **NexGen**, kterou AMD koupila (tato firma byla před tím dalším záložním výrobcem procesorů pro firmu IBM, podobně jako AMD)
- vyroben **0,25μ** technologií
- **8,8 mil.** tranzistorů
- **64 kB L1 cache** (32 KB instrukční, 32 KB datová)
- Vnější sběrnice **66MHz**
- **MMX** instrukce
- 166 a 200 MHz verze potřebují 2,9 V
- 233-300 MHz verze pak 2,2 V
- Výkon o něco vyšší než PentiumPro na stejné frekvenci



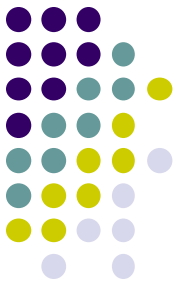
AMD-K6-II



- Vyráběn v letech **1998-2000**
- Ve své době konkuroval procesoru **Pentium II**
- **K6-2** má oproti Pentiu navíc instrukce **3DNow!** (Pentium má pouze MMX)
- Hlavní rozdíl mezi **MMX** a **3DNow!** je ten, že 3DNow! Umí SIMD v **plovoucí desetinné čárce** (s reálnými čísly)
- **AMD K6-2** vyžaduje **2,2 V** napětí a **100 MHz** (starší verze 66 MHz) frekvenci sběrnice
- **64 KB** L1 cache, **bez L2 cache** na chipu (může být na základní desce)
- **9,3 mil.** Tranzistorů
- Různé varianty vyráběny technologií **250-180 nm**
- Frekvence **233MHz až 570 MHz**



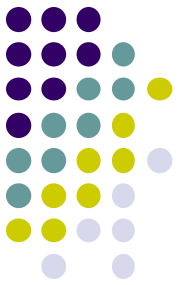
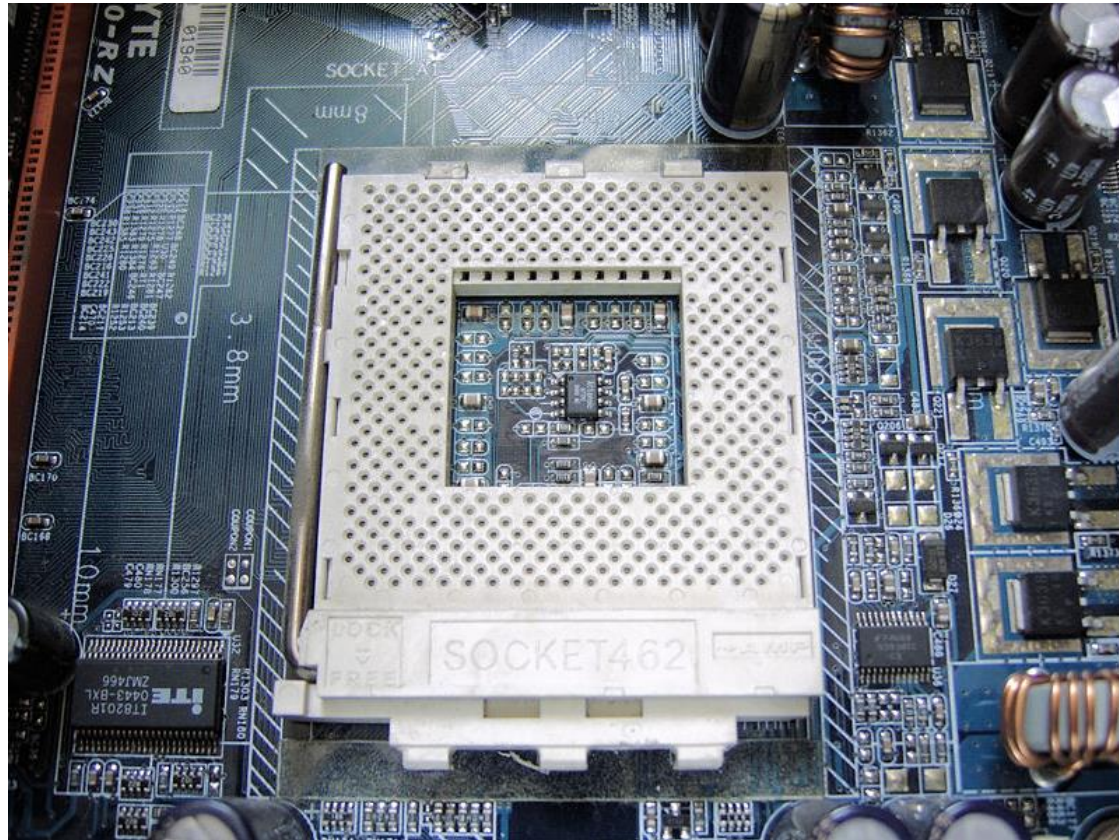
AMD Athlon



- Koncem roku **1999** uveden procesor AMD **7. generace** se zcela novým jádrem **K7**
 - Místo kódového označení **K7** se ujala značka **Athlon**
 - Na vývoji spolupracovala AMD s tvůrci **RISC procesoru Alpha**
 - **Athlon** je **RISC**-procesor dekódující instrukce x86 do vlastní instrukční sady
 - Procesor obsahuje **tři výkonné FPU** jednotky (u minulých procesorů AMD byl problém se slabým výkonem při výpočtech s reálnými čísly)
 - Athlon je výkonnější než Pentium III na stejné frekvenci
 - SIMD instrukční sada **3Dnow!** byla rozšířena a nově přibýly i **SSE** instrukce
 - AMD Athlon se postupně vyrábí **0,25μ, 0,18μ a 0,13μ** technologií
-
- **10-stupňový** pipelining
 - **3 ALU, 3 FPU a 3 AG** (adress generation) jednotky
 - **100 MHz** sběrnice (s reálným výkonem odpovídajícím **200MHz** díky **DDR**)
 - napájení **1,65 V**
 - **64+64 KB L1** cache
 - **512 KB L2** cache, která běží na 1/2, 1/3 nebo 2/5 frekvence procesoru

Socket A

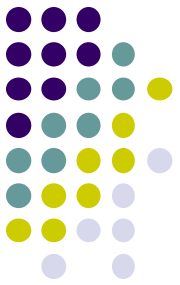
- Procesory Athlon (a poté i mnohé další) se na základní desce zasouvají do patice Socket A
- 456 kontaktů



Athlon

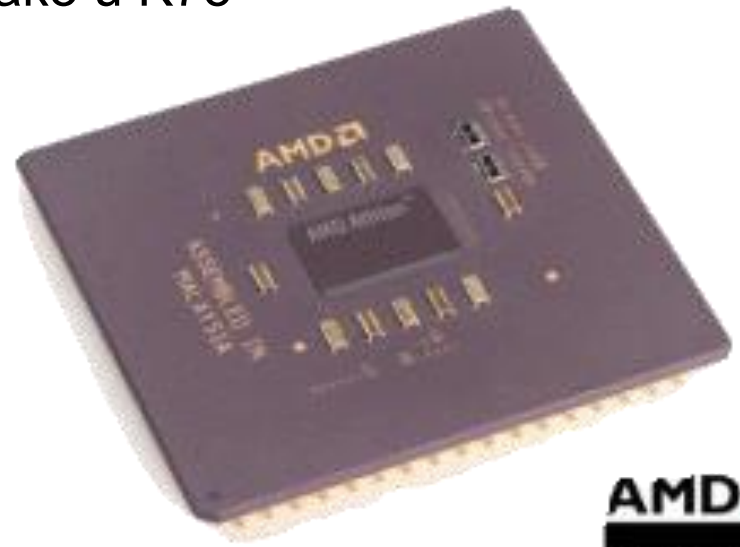


- Od frekvence 700 MHz se vyráběly jádra s označením **K75**, které již byly vyráběny technologií 180 nm
- Jde o **7½.** generaci procesorů AMD
- **K75** dosáhl jako první procesor na světě frekvence **1 GHz**, ale docházelo přitom ke značnému zahřívání
- Intel překonal 1 GHz s procesorem Pentium III jen o pár týdnů později
- Procesory Athlon měly **vyšší elektrický příkon** než jejich konkurence od **Intelu**

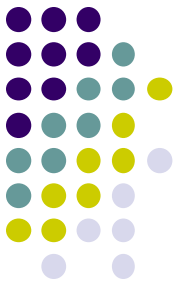


AMD Thunderbird

- další verze **Athlonu** (z roku 2000)
- **Thunderbird** obsahuje **256 KB L2 cache**, která běží na plné frekvenci procesoru a je umístěna přímo čipu procesoru
- 37 milionů tranzistorů
- Zůstává **180nm** technologie výroby jako u K75
- napětí 1,75 V
- frekvence od 700 MHz do 2 GHz



AMD Duron



- Firma AMD vymyslela novou strategii - vyrobit levnější procesor než je **Thunderbird** se jménem **Duron**, který obsahuje stejnou architekturu jako procesor **AMD Thunderbird**, ale má menší velikost **L2 cache**
- Postupně různé verze jádra (Morgan, Spitfire...)
- **25 mil.** tranzistorů
- 180 nm technologie výroby
- 64+64 KB L1 cache a 64 KB L2 cache



AMD Duron



- Původní **Duron** s jádrem **Spitfire** se vyráběl v letech 2000- 2001 s taktovací frekvencí **600-950 MHz**
- Duron druhé generace (jádro **Morgan**) byl taktován na frekvencích **900-1300 MHz** a byl založen na 180nm jádru **Athlona XP-Palomino**
- Poslední generace Duronu (frekvence **1400-1800 MHz**) se jmenovala **Applebred** a byla založena na jádru Athlona XP **Thoroughbred**
- Výroba Duronu byla ukončena roku 2004 a byl nahrazen procesorem **Sempron**

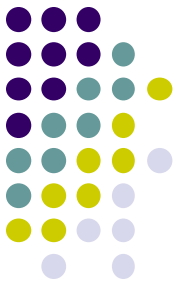
AMD Athlon XP



- Jádro **Palomino**
- Procesory jsou mnohem výkonnější než Pentium4 na stejné frekvenci
- AMD přestává označovat své procesory číslem odpovídajícím taktovací frekvenci, ale zavádí tzv. **PR** (Performance Rating)
- **Performance rating** udává frekvenci Pentia4, které by mělo srovnatelný výpočetní výkon
- Platí, že taktovací frekvence Athlonu XP < Performance rating
- ... a lepší je uvádět vyšší čísla (to se zákazníkům líbí)
- Athlon XP 2100+ neběží na frekvenci 2100 MHz, ale výkon shodný s procesorem Pentium4 na frekvenci 2100 MHz
- instrukce **SSE2**
- nová verze instrukcí **3Dnow! Professional**
- **37,5 milionů** tranzistorů
- technologie **PowerNow!** pro šetření energie



AMD Athlon XP



- XP = extended performance
- Od verze Athlon XP 2200+ bylo použito nové jádro **Thoroughbred** se 130 nm technologií
- Následovalo jádro **Thorton** ve verzi 2600+ a 2700+
- Poslední Athlon XP byl vyráběn s jádrem **Barton**
- 512 kB L2 Cache
- FSB 400 MHz
- PR od **2500+** do **3200+**

AMD64 (x86-64)



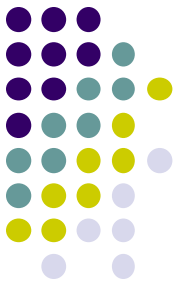
- Souhrné označení **64-bitových** procesorů další generace
- Procesory jsou stejně jako předchozí modely realizovány interně jako **RISC** architektura **emulující** pomocí mikrokódu architekturu CISC
- Umožňuje **reálný**, **chráněný** a **V86** mód - 'Legacy' (zděděné) módy
- Přibyl dva **Long módy**: '64bitový' a 'kompatibilní'
- Procesor je možné provozovat s **32bitovým** jádrem operačního systému (kterým může být i systém určený pro i386) v Legacy módech
- Větší výkon bude dosažen s **64bitovým** jádrem operačního systému v Long módech - jádro potom běží v 64bitovém módu a aplikace v 64bitovém nebo v kompatibilním
- V 64-bitovém long mode lze použít nové instrukce, plnou 64-bitovou šířku registrů a nový výkonnější 64-bitový chráněný režim
- Mikroprocesor po přepnutí do long-modu přejde do **64-bitové** verze **chráněného režimu**
- Přepnout mikroprocesor do long mode může pouze **64-bitový operační systém**, který podporuje tento nový 64-bitový chráněný režim
- Program napsaný pro **long mode** se nazývá také jako **64-bitová aplikace** – takový program nepůjde spustit v klasickém chráněném režimu IA-32

Athlon 64



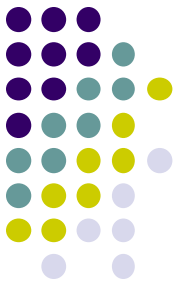
- Podzim **2003**
- první AMD procesor s jádrem **osmé generace** (řada **K8**)
- První procesor architektury **AMD64** s novým **64-bitovým** chráněným režimem **long-mode**
- První jádro se nazývá **Sledgehammer**
- Integrovaný **řadič paměti** v mikroprocesoru (memory controller) – Na procesorech od Intelu se objevil až později na architektuře Nehalem (2007)
- L1 Cache **64kB + 64 kB** (Data + Instrukce)
- L2 Cache **1 MB**
- Napájecí napětí jádra je **1.50 V** nebo **1.55 V**
- Taktovací frekvence **2,2 GHz** nebo **2,4 GHz**
- El. příkon **89 Wattů**
- Technologie 130 nm

Athlon 64



- Postupně vyvinuta nová jádra **Clawhammer**, **San Diego**, **Newcastle**, **Venice** a **Orleans** (Leden 2004 - květen 2006)
- Max. frekvence **2800 MHz** u jádra San Diego
- Starší jádra vyráběná technologií 130 nm měla elektrický příkon 89W
- Novější jádra s technologií 90 nm mají snížený příkon 69W
- Athlony s těmito jádry se vždy vyrábějí ve dvou verzích
 - Athlon 64 FX – Dražší a rychlejší varianta
 - Athlon 64 – Levnější varianta

Athlon 64



- Výroba **Athlonu** dále pokračuje procesory s jádrem **Toledo** a **Windsor** (leden 2006)
- Tyto procesory již obsahují jádra dvě – první **dvoujádrové** procesory firmy AMD

Athlon 64 X2



- **V roce 2006** první vícejádrový procesor **Athlon 64 X2**
- dvě spojená procesorová jádra **Athlonu 64** vyrobená technologií 65nm nebo 90nm v jednom pouzdře
- obsahují 2x512 nebo 2x1024 kB **L2-Cache**
- Obsahují 2x (64 kB + 64 kB) L1 Cache
- Zavedeny **SSE3** instrukce
- Každé jádro umí **multithreading**
- Počet tranzistorů se oproti jednojádrovému Athlonu jednoduše zdvojnásbil na 230 milionů (varianta s 1MB L2 cache)
- Taktovací frekvence 1,9 – 3,2 GHz
- varianty označené jako EE - Energy Efficient, jsou upravené pro nižší spotřebu - do 65 W TDP

AMD Turion 64



- Mikroprocesory architektury AMD64 s nízkým příkonem pro **mobilní zařízení**
- Existují desítky variant těchto mikroprocesorů
- Pojmenování modelů se skládá ze dvou písmen, pomlčky a dvou číslic
- Dvě písmena označují třídu procesoru
- písmeno M je pro jednojádrové procesory a T pro dvoujádrové
- Druhé písmeno vyjadřuje spotřebu energie – A spotřebuje hodně energie, Z je nejúspornější

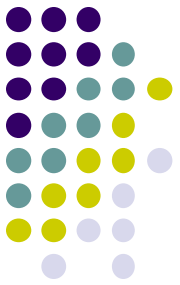
- MX = velmi úsporný jednojádrový procesor
- TL = středně úsporný dvoujádrový procesor

- další dvě číslice znamenají PR hodnocení - MU32 bude pomalejší než TM38

- Jádra **Taylor, Trinidad**
 - Dvoujádrové procesory
 - TDP 30 – 35 Wattů
 - Frekvence 1,6 až 2,2 GHz

- Jádro **Richmond**
 - Jednojádrové procesory
 - Frekvence 2 nebo 2,2 GHz
 - TDP 31 Wattů

- Jádro **Lancaster**
 - Jednojádrové procesory
 - Frekvence 1,6 až 2,4 GHz
 - TDP 25 Wattů



Athlon X2

- V červnu 2007 AMD odstranilo z názvu číslovku 64
- Napájecí napětí se snížilo na 1,15 – 1,2 Voltu
- Výkonné jádro **Kuma**
 - 95 Wattů
 - Obsahuje navíc L3 Cache 2 MB sdílenou oběma jádry
 - 2,3 až 2,8 GHz
- Úsporné jádro **Brisbane**
 - 45 Wattů
 - Frekvence 1,9 až 2,6 GHz
 - Technologie 65 nm
 - Neobsahuje L3 cache

AMD K10

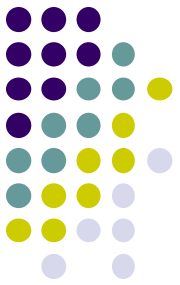


- Rozsáhlá řada mikroprocesorů produkovaná v letech 2007-2013
- Mikroprocesory **Phenom a Phenom II** se vyrábějí technologií 65 nm a 45 nm jako dvoujádra, tříjádra (Tri-core), čtyřjádra (Quad-core) a šestijádra (Hexa-core)
- Všechny tyto procesory mají L2 cache 512 kB na každém jádře a sdílenou L3 cache s kapacitou 2 MB nebo 6 MB
- Mikroprocesory **Opteron** se vyrábějí technologií 45 nm a mají 4, 6, 8 nebo 12 jader
- Všechny tyto procesory mají L2 cache 512 kB na každém jádře a sdílenou L3 cache s kapacitou 6 MB

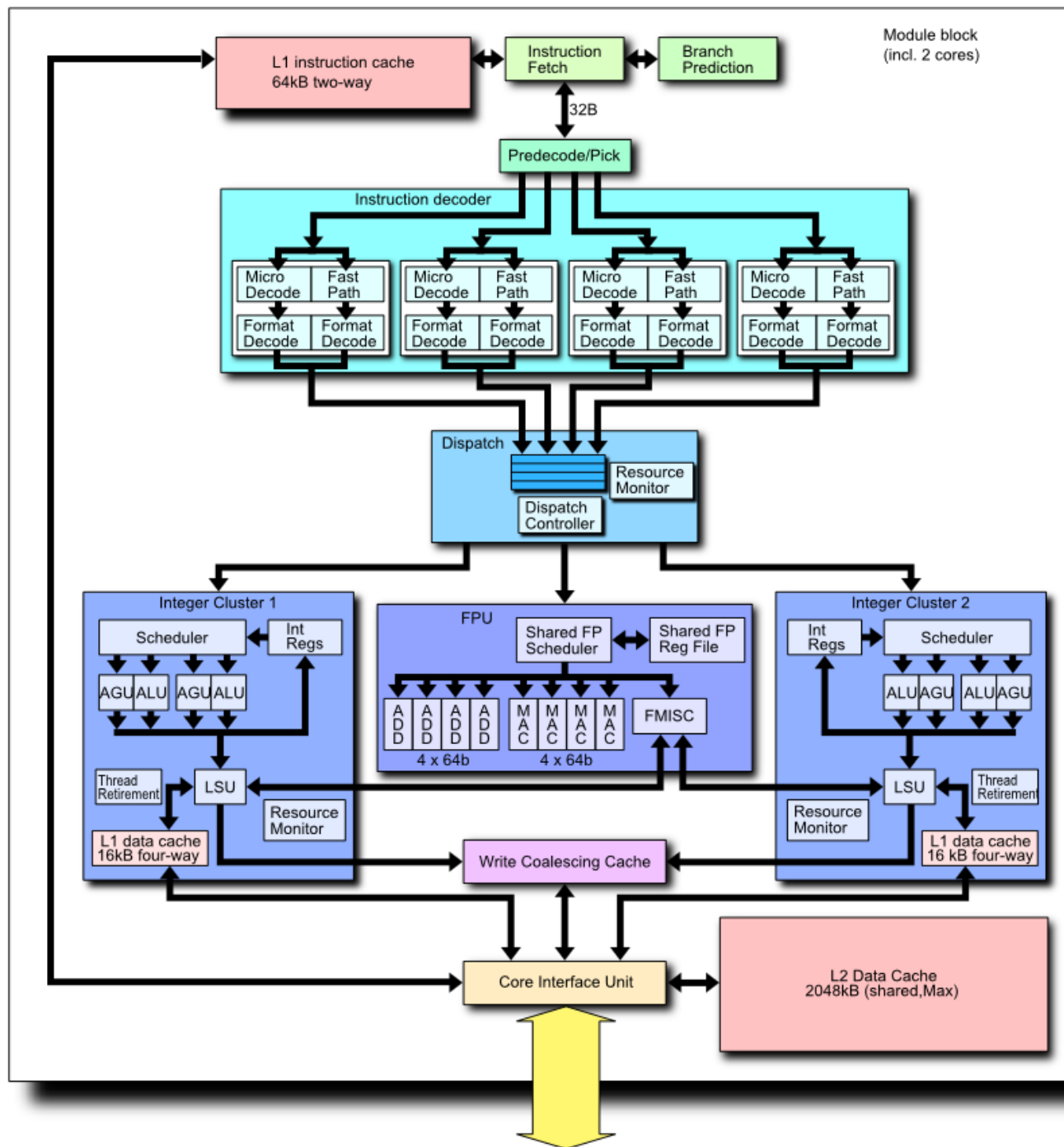
AMD Bulldozer



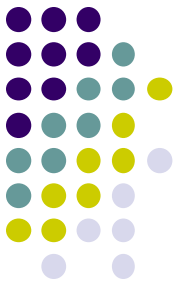
- Nástupce architektury K10
- Výrobní technologie 32 nm
- V době uvedení (2011-2013) má konkurovat procesorům SandyBridge a IvyBridge
- CMT - Clustered Multithreading – Některé části procesoru jsou sdíleny dvěma vlákny, zatímco jiné části jsou přidělené jedinému vláknu.
- Procesor je tvořen z **CMT modulů**
- Každý **CMT modul** částečně odpovídá **dvoujádrovému procesoru**
- V **CMT modulu** jsou 2 jádra pro celočíselné výpočty, ale pouze jedno jádro pro FP výpočty. Tato jádra sdílí **společnou L2 cache** a **instrukční L1 cache** a instrukce jsou pro ně dekodovány a překládány na mikrooperace společným dekodérem.
- Každé jádro v CMT modulu má svou vlastní velmi malou **datovou L1 cache**
- V CMT modulu je tedy 1x L2 Cache, 1x instrukční L1 Cache, 2x datová L1 cache, 2x Integer jádro (dokáže 4 IPC), 1x FP jádro



CMT



AMD Bulldozer

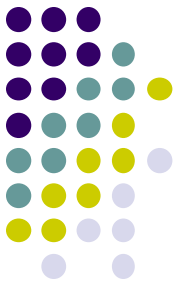


- Čtyřjádrové procesory pak obsahují **dva** takové **CMT** moduly
- Osmijádrové procesory obsahují **4 CMT** moduly
- Všechny moduly pak sdílejí společnou L3 cache (4 až 8 MB)
- Taktovací frekvence 2,8 až 4,2 GHz, max. turbo dovoluje až 4,5 GHz

AMD Fusion



- Rok 2011
- **APU** - Accelerated Processing Unit – splynutí mikroprocesoru a grafického akcelerátoru
- Integrací grafického jádra do procesoru se zvýšila mimo jiné rychlost přístupu grafického jádra do paměti na 27 Gb/s
- Ve stejné době vidíme také integraci GPU v procesorech Intel Core SandyBridge
- Řada variant mikroprocesorů AMD se ale i nadále vyrábí bez integrované grafiky
- K integraci grafické výpočetní jednotky do mikroprocesoru dochází přibližně 4 roky poté, co firma AMD koupila firmu ATI – jednoho z nejvýznamnějších výrobců grafických karet a chipsetů. Po tomto obchodu byla „Fusion“ očekávána daleko dříve
- Podobně jako u Intelu, součástí mikroprocesoru se stává i řadič PCI-E sběrnice a celý severní můstek



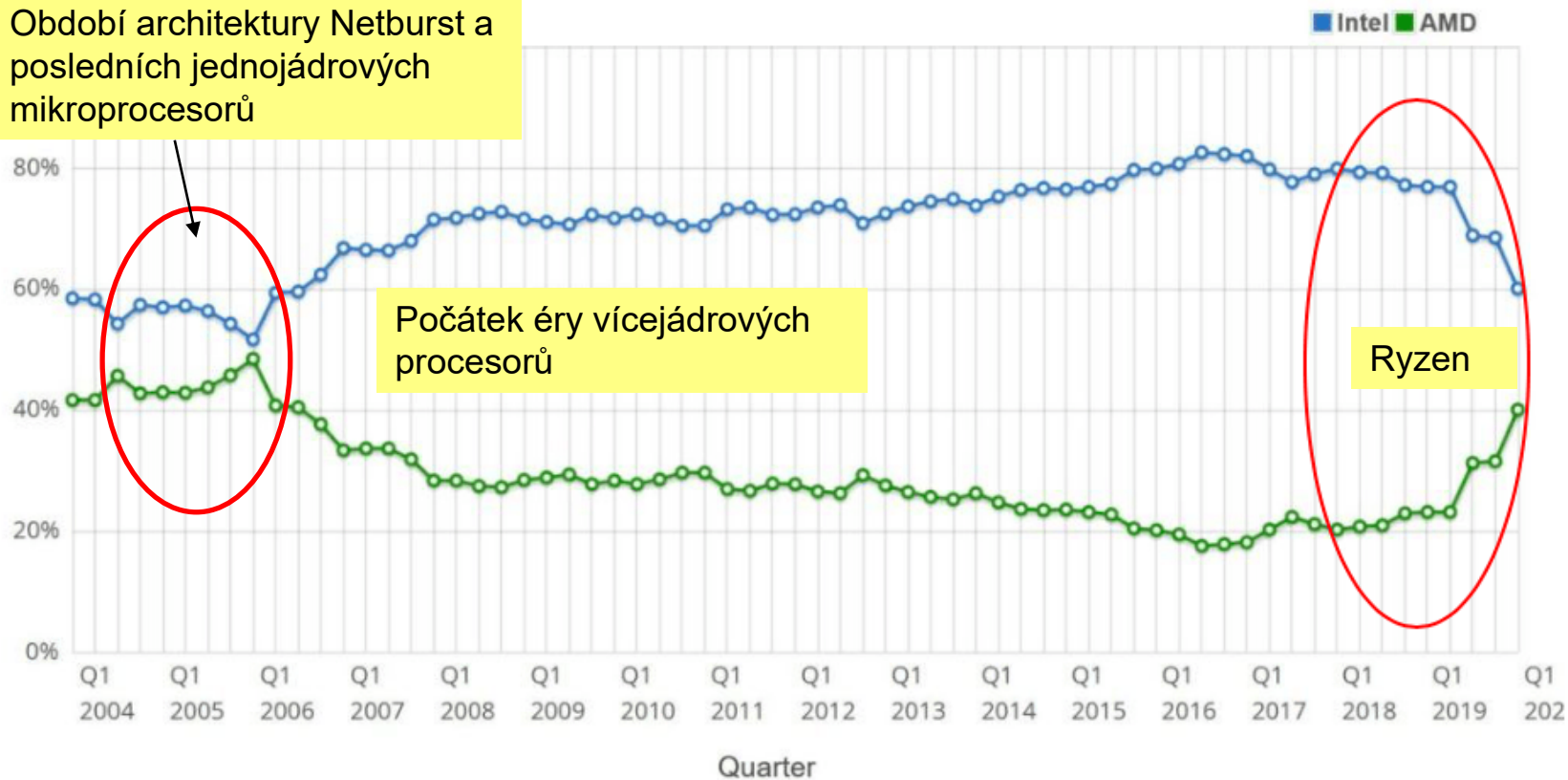
AMD v letech 2010-2020

- S procesory založenými na architektuře Fusion, Bulldozer a jejich následných klonech (Piledriver, Excavator, Vishera....) se firmě AMD na trhu příliš nedaří
- Prodej procesů AMD se propadá a jejich oblíbenost klesá
- Obrat k lepšímu nastává až s příchodem nové architektury Zen a s procesory Ryzen

AMD v letech 2010-2020



Období architektury Netburst a posledních jednojádrových mikroprocesorů



AMD Zen



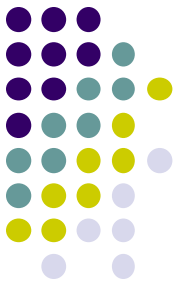
- Zen je nová architektura mikroprocesorů řady x86-64
- Od roku **2017** AMD tyto procesory vyrábí pod označením **Ryzen**
- Procesory se vyrábí technologií **14 nm** (stejnou jako Broadwell, Skylake, Kaby-Lake...)
- Podpora nových pamětí DDR4
- V roce 2018 přichází **Ryzen II** s technologií **12 nm** (architektura Zen+)
- Zmenšily se tranzistory, ale jejich počet a plocha chipu zůstávají stejné – mezi menšími tranzistory jsou ponechány mezery, aby šel chip lépe chladit
- Snížila se **power density** – množství produkovaného tepla na 1 mm²
- V mikroprocesorech je třeba řešit problém „**hot spotů**“ – dekodér instrukcí, registry, reorder buffer jsou na rozdíl od jiných částí procesorů neustále zatíženy a v jejich místě vzniká příliš mnoho tepla
- Moderní verze TurboBoostu toto uměli řešit například přehazováním úlohy z jádra na jádra, aby se ve vypnutém jádru „hot spoty“ ochladily

AMD Zen 2



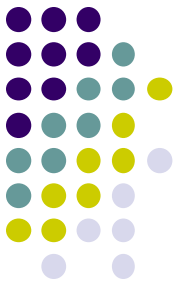
- **MCM - multi-chip module** design
- Mikroprocesor je rozdělen na „chiplety“ a není již vyroben jako jeden monolitický chip
- Radikálně se tím snížily výrobní náklady multicore procesorů
- Vyrobit monolitický 32-jádrový mikroprocesor znamenalo vyrobit chip, který obsahoval dohromady 32 jader, přičemž v žádném z nich nesměla být výrobní vada
- Výrobní vada v kterémkoliv z jader znehodnotila celý chip – musel se vyřadit jako zmetek
- Pravděpodobnost výrobní vady je v mikroprocesoru s miliardami tranzistorů velmi vysoká
- Produkce velkého množství zmetků prodražuje výrobu
- Pokud se jednotlivá jádra nebo dvojice jader vyrobí jako samostatné „chiplety“, zůstane nám mnohem více použitelných chipů, ze kterých se „slepí“ vícejádrový mikroprocesor
- Chiplety jsou vyrobeny technologií **7 nm** a mají rozměry cca 80 mm²
- Nejsložitější chiplety (s 8 jádry) obsahují až 4 miliardy tranzistorů
- Všechny procesory mají 32+32 KB L1 Cache a 512 KB L2 Cache v každém jádře
- Kapacita sdílené L3 cache 16 MB až 256 MB

AMD Zen2

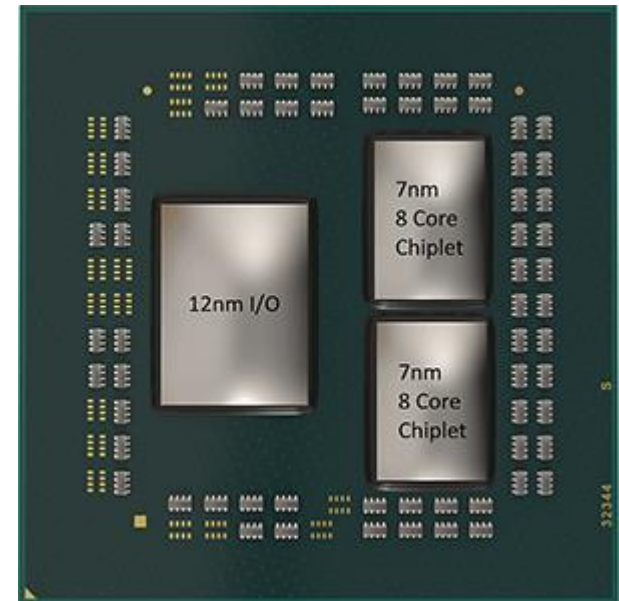


- Pro tuto architekturu je typický velký podíl **dark silicone**
- Aby se zabránilo příliš vysokému ztrátovému výkonu, musí určitá část chipu zůstat neaktivní - neaktivní část se nazývá **dark silicone**
- Práce mikroprocesorového jádra musí být rozdělena v čase a prostoru tak, aby nikdy „netopili“ všechny tranzistory naráz
- Představit to lze například tak, že v několikapatrovém velkém domě, který má 100 oken, smí být naráz rozsvíceno pouze 20 oken. Pokud by se svítilo ve všech oknech, dojde k přetížení (např. shoří přívodní elektrický kabel.) Když se musí v některé místnosti rozsvítit, musí se v jiné zhasnout
- Dark silicone = zhasnutá okna. Pouze některé části křemíkového chipletu „svítí“, většina je zhasnutá. „Svítící“ části nemohou svítit trvale, jinak by vznikly hot-spoty – příliš žhavá lokální místa. Aktivita se tedy musí v procesoru neustále „stěhovat“
- Všechny tyto problémy vyplývají z toho, že při rozměrech tranzistoru 7 nm je tepelná energetická hustota (power density) příliš vysoká – $1,62 \text{ W/mm}^2$ po rozložení na celou plochu, v hotspotech ale až 5 W/mm^2

AMD Zen2



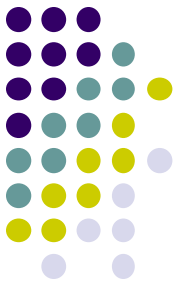
- Každý mikroprocesor obsahuje také IO chip, který funguje jako řadič paměti, řadič PCI-E a rozhraní pro komunikaci se základní deskou (v podstatě integrovaný severní můstek)
- Tento obvod je vyroben starším výrobním procesem 12 nm



AMD - shrnutí

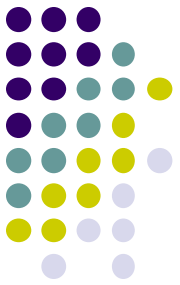


- Firma AMD dělala dlouhá léta jen **klony** procesorů Intel
- Většinou spadala do druhé kasty výrobců procesorů, ale z této pozice se jí povedlo dostat mezi špičku
- Svými výkonnými a přitom levnými procesory si získala obrovskou základnu příznivců
- V letech 2000 – 2006 jsou procesory firmy AMD obvykle výkonnější než přímá konkurence od Intelu
- S příchodem vícejádrových procesorů nastává pokles prodeje procesorů AMD
- S nástupem **vícejádrových procesorů** je velmi obtížné srovnávat výkonnost procesorů Intelu a AMD, protože výpočetní výkon je silně závislý na typu aplikace
- AMD zvyšuje podíl na trhu opět až s příchodem architektury Zen



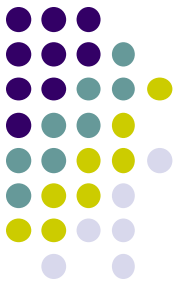
Další vývoj ???

- Další snižování rozměru tranzistorů je velmi problematické
- Na velmi malý chip se již vejde tolik tranzistorů, že z důvodu produkce tepla není možné, aby pracovaly všechny naráz (problém *dark silicone*)
- Menší tranzistory již nejsou úsporné, ale naopak skrz prosakuje proud „*leakage current*“
- Stále platí, že menší tranzistory jsou rychlejší, ale miliardy tranzistorů v mikroprocesorovém jádře nemohou pracovat na frekvenci vyšší než cca 4GHz, protože by po cestách v mikroprocesoru nestíhal putovat signál
- Takže vysokou rychlost současných miniaturních tranzistorů vůbec nemůžeme využít



Dennardovo škálování

- Robert Dennard v roce 1974 předpověděl, že zmenšováním tranzistorů zůstává jejich hustota výkonu konstantní, takže spotřeba energie zůstává úměrná ploše
- Menší tranzistor spotřebuje méně energie
- Na stejnou plochu chipu se vejde více malých tranzistorů, ale jejich produkce tepla je o tolik nižší, že chip se zahřívá stále stejně nebo i méně
- Dle Dennarda platí přibližně toto:
 - Rozměry tranzistorů jsou v každé generaci zmenšeny o 30%
 - Plocha tranzistoru se tím pádem zmenší o 50%
 - Zmenšení tranzistoru snižuje zpoždění o 30% (0,7x), a tak zvyšuje provozní frekvenci přibližně o 40% (1,4x)
 - Ke spínání tranzistoru stačí napětí o 30% nižší, což kvadraticky sníží spotřebu energie o 65%
 - Tedy tranzistorů lze na stejnou plochu 2x víc, přičemž jejich spotřeba je o 65% nižší, takže je zde rezerva, která umožní i to zvýšení taktovací frekvence



Dennardovo škálování

- Ve chvíli, kdyby Dennardovo škálování přestalo platit, nemá dále význam snažit se zmenšovat rozměry tranzistorů
- Dennardovo škálování již několik let neplatí!
- Zmenšující se tranzistory mají naopak větší spotřebu kvůli prosakujícímu proudu.
- Na stejnou plochu se vejde více tranzistorů, ale nelze je uchladit

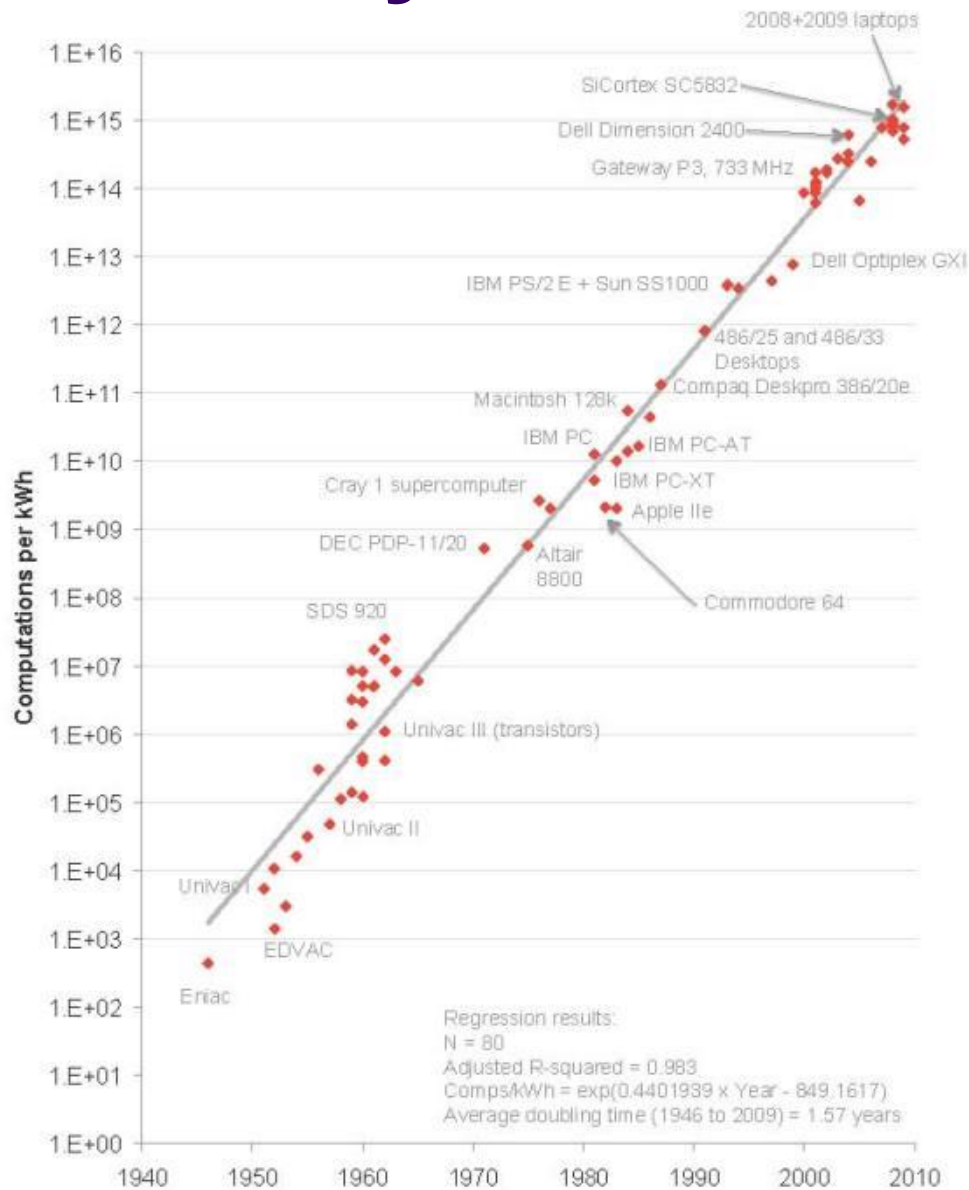
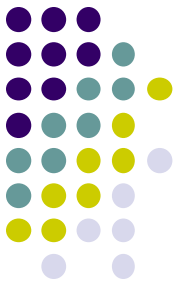
Koomey's law

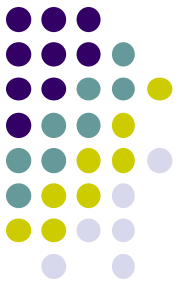
(Koomeyho zákon)



- **Výpočetní výkon** dosažený za 1 kWh spotřebované energie se zdvojnásobuje každých **1,57 roku**
- Týká se **hardwaru všeobecně** (nemluví se zde pouze o procesorech a už vůbec ne pouze o procesorech pro počítače PC)
- Zákon platí pro vývoj výpočetní techniky **od roku 1950**
- Po roce **2000** došlo ke zpomalení na interval zdvojnásobení po **2,6 letech**
- V letech **2014-2020** došlo opět ke zrychlení na interval zdvojnásobení po **1,2 letech**, přičemž nejlepšího pokroku dosáhla při porovnání zvýšení výpočetního výkonu a změny příkonu právě firma **AMD**
- Koomeyho zákon tedy dále platí, ale kvůli fyzikálním zákonům nemůže platit navždy.
- Ze zákona termodynamiky, lze odvodit, že energetická efektivita se stále ještě dá zvýšit přibližně **100 000 x**
- Pokud by výpočetní výkon na 1kWh rostl stále na dvojnásobek každých 1,57 roku, tak této dokonalé efektivity, které už nepůjde nikdy nijak zlepšit, dosáhneme v roce **2048**

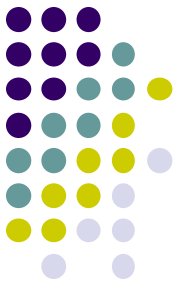
Koomeyho zákon





Kontrolní otázky

- Je mikroprocesor Am286 zcela shodný s mikroprocesorem Intel 80286 nebo je pouze kompatibilní ? **ano**
- Je mikroprocesor Am386 zcela shodný s mikroprocesorem Intel 80386 nebo je pouze kompatibilní ? **kompatibilní**
- Kterým mikroprocesorem se firmě AMD poprvé podařilo překonat taktovací frekvenci 1 GHz? **K75**
- Kterému mikroprocesoru od firmu Intel konkuroval procesor Am586 ? **80486 DX4**
- Jak se nazývá první superskalární mikroprocesor firmy AMD ? **K5**
- Který mikroprocesor firmy AMD byl konkurencí mikroprocesoru Pentium PRO ? **AMD K6**
- Jak se nazývá sedmá generace mikroprocesorů AMD ? **K7 - AMD Athlon**
- Kterému mikroprocesoru firmy Intel konkuruje sedmá generace procesorů AMD ? **Pentium 2, Pentium 3**
- Co je to chiplet? – **část procesoru – jednotlivé jádro či dvoujádro**
- Co je to dark-silicone? – **neaktivní část čipu (vypnutá)**



Kontrolní otázky

- Jak se nazývaly první vícejádrové mikroprocesory firmy AMD ? – **Athlon 64 X2**
- Co je to performance rating ? – **vyjádření frekvence na úrovni konkurence**
- K čemu slouží SSE instrukce ? – **operace s více registry najednou apod.**
- Co je to long mode ? **Nový 64 bitový režim**
- Které procesory firmy AMD jako první používají L3 cache ? **Athlon X2**
- 3DNow! je původní technologie firmy Intel nebo AMD ? **AMD**
- SSE je původní technologie firmy Intel nebo AMD ? **Intel**
- Jaké rozměry mají tranzistory v současných mikroprocesorech Ryzen? **5 nm**
- Co tvrdí zákon Dennardova škálování? Platí stále? **Ne, že jeden mm čtvereční procesoru odebírá stále stejně energie**
- Co tvrdí Koomeyho zákon? Platí stále? **Cca každé 1,6 roku se za 1KWh zdvojnásobí výpočetní výkon. Ano, ale nebude donekonečna.**