

45nm technologie: Nové ekologické procesory

Díky nejjemnějším strukturám a novým materiálům jsou teď procesory rychlejší – a také úspornější. Intel chce v budoucnu vyrábět dokonce bez olova.

Thomas Littschwager, autor@chip.cz



Nejvýznamnější inovace v mikroprocesorové technologii za celých 40 let! – v souvislosti s 45nm čipy, jejichž hromadnou výrobu chce Intel brzy zahájit, nešetří Gordon Moore velkými slovy. Spoluzakladatel Intelu přitom ani nenarází na jemu připisovaný zákon, který se právě oněch 40 let znovu a znovu potvrzuje: „Počet tranzistorů na čipu se přibližně každých 18 až 24 měsíců zdvojnásobuje.“ Nyní se totiž budou zásadní změny odehrávat také uvnitř tranzistorů: nové materiály mají odstranit problémy, které přineslo zmenšování tranzistorů – nárůst spotřeby a zahřívání CPU.

Intel už se intenzivně snaží připravit svět na „45nanometrovou revoluci“: současná čipová sada P35 je optimalizována pro 45nm CPU – aniž by ovšem zatím byly příslušné procesory dostupné. AMD nechce zaostávat a rovněž sází na 45nm techniku jako na svého tažného koně – stejně jako ostatní velcí výrobci CPU (IBM, Sony, Fujitsu).

Miniaturizace: V tranzistoru už jen pět průměrů atomu

Aby výrobci čipů i nadále splňovali Moorův zákon, museli sáhnout do své kouzelnické skříňky trochu hlouběji: jednak neustále vylepšují vnitřní architekturu čipu, jednak se na něm snaží stále více zmenšovat spínací prvky a tranzistory. Menší tranzistory totiž díky kratším drahám spínají rychleji a vystačí s nižším provozním napětím. Čip pak samozřejmě odeberá méně proudu ze zásuvky. Na

45nm technika: Intel daleko vpředu

Oba velcí výrobci procesorů mají 45nanometrovou technologii ve svých plánech na nejpřednějších místech. Intel ovšem dále prohlubuje svůj technický náskok – AMD za ním pokulhává o dobrých 18 měsíců.

Porovnání časových harmonogramů:	
První 45nm wafer vyroben v	
Fab D1D (Oregon, USA) a ve třech dalších továrnách	Fab32 (Drážďany, SRN)
První 45nm wafer s SRAM na veřejnosti	
leden 2006	květen 2007
První provozuschopný PC s 45nm CPU	
leden 2007, CES Las Vegas	dosud nepředveden
První provozuschopný notebook s 45nm CPU	
duben 2007, IDF Peking	dosud nepředveden
Plánované uvedení 45nm CPU na trh	
konec 2007: Core 2 Extreme („Yorkfield“): 3,4 – 3,73 GHz, 1333 MHz FSB Core 2 Duo („Wolfdale“): 3,5 – 4,0 GHz, 1333 MHz FSB	konec 2008: „Deneb“: 4 jádra, 4MB L2 Cache, 3 MB L3 Cache „Propus“: 2 jádra, 2MB L2 Cache, 3MB L3 Cache

základě nižší spotřeby materiálů se navíc zlevňuje výroba. Je to dáno hlavně tím, že se díky menším tranzistorům vejde na jednu křemíkovou „oplatku“ (wafer) podstatně více čipů. Miniaturizovaným obvodům kromě toho vděčíme i za to, že se každých 24 měsíců nezvětšuje objem procesorů...

Nyní už však začíná miniaturizace narážet na hranice fyzických možností: atom křemíku – tedy látky, z níž se

dosud vyrábějí všechny výpočetní jednotky – je velký asi 0,24 nanometru; kompletní dielektrikum brány (viz rámeček Know-how) uvnitř tranzistoru má dnes tloušťku pouhých 1,2 nm, tj. pět atomárních vrstev. To má za následek nepříjemné vedlejší jevy, jako jsou únikové proudy a vysoká spotřeba energie. Mají-li se tranzistory přesto dále zmenšovat, je nutné nové dielektrikum.

High-K Metal Gate: Nové materiály šetří energii

V tranzistoru je mezi bránou (gate) a křemíkovým kanálem (channel) umístěn izolátor, který zabráňuje tomu, aby při aktivním tranzistoru napětí na bráně „kolidovalo“ s opačným napětím na kanálu. Tímto izolátorem je dielektrikum, vyplňující oblast, v níž se nachází elektrické pole. Dosud byla dielektrická vrstva z oxidu křemíčitého, při aktuální 65nm technologii však musí být tak tenká, že už plně nezaručuje izolační vlastnosti a mezi bránou a kanálem protékají svodové (únikové) proudy.

Pro 45nm tranzistory by při použití SiO₂ bylo nutné výrazně zvýšit rozdíl napětí mezi bránou a kanálem – což by ovšem znamenalo také podstatně vyšší celkovou spotřebu. Proto se nyní při 45nm technologii jako dielektrikum nasazuje nový materiál: tzv. „High-K“. Tímto termínem se označuje látka, která vykazuje vyšší dielektrickou konstantu než oxid křemíčitý. „K“ v jejím názvu zastupuje řecké písmeno „kappa“, kterým se dielektrická konstanta označuje v anglosaském prostředí. Materiál s vyšší hodnotou kap-pa pak znovu dovolí použití podstatně tenčích vrstev – zhruba 3 nm –, aniž by to ovlivnilo funkci tranzistoru.

Jak Intel, tak AMD používají při 45nm výrobní technologii dielektrikum na bázi hafnia. To zredukuje svodové proudy na desetinu – spotřeba proudu pak podle údajů Intelu klesne o dobrých 30 %. Nasazení hafniového dielektrika s sebou také přineslo nutnost změny materiálu brány

Know-how: Tranzistory v CPU

z dosavadního polykřemíku na blíže nespecifikovanou kovovou látku. Co zde AMD a Intel vlastně používají, to je zatím přísně střežené výrobní tajemství. Nyní už tedy také porozumíme záhadnému názvu High-K Metal Gate: jde o kovovou bránu s vysokou dielektrickou konstantou. Nové duo se každopádně zasloužilo o více než dvacetiprocentní zkrácení spínacích dob tranzistorů. To výrazně zvyšuje rychlost CPU – a šetří proud. A aby si mohl na svou vlajku připsat i další působivé heslo o ochraně životního prostředí, hodlá Intel v celém výrobním procesu přestat používat olovo.

45nanometrový předjezdec:

Intel na startu – kdy přijde AMD?

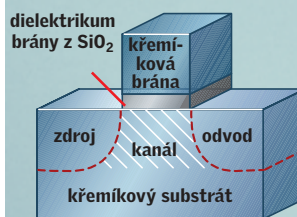
V závodě o první 45nm procesor jednoznačně vede Intel: První provozuschopné 45nm čipy (SRAM) byly představeny již

před 18 měsíci; novými procesory osazené PC a notebooky předvedl čipový gigant na významných veletrzích začátkem letošního roku. Nejnovější procesorová generace Intelu s kódovým jménem „Penryn“ se pravděpodobně objeví ještě v tomto roce – a nahradí pak současné modely Core 2 Duo / Core 2 Quad.

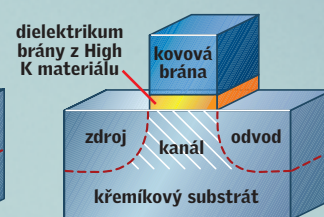
Příjemným vedlejším efektem bude, že díky nové výrobní technice může Intel dále vyšroubovat pracovní kmitočty: dvoujádrový procesor („Wolfdale“) má koncem letošního roku tepat na frekvenci 4,0 gigahertzu. Konkurence zatím jen těžko popadá dech: AMD sice v Drážďanech začátkem května 2007 hrdě předvedl první 45nm wafer, provozuschopné procesory však přijdou na trh až ve druhém pololetí 2008.

Info: <http://www.intel.com/pressroom/kits/45nm>

Standardní křemíkový tranzistor (65nm technologie a větší)



High-K Metal Gate tranzistor (45nm technologie a menší)



Tranzistor: Jednoduchý elektrický spínač; spíná proud mezi zdrojem (source) a odvodem (drain).

Brána (gate): Stav brány určuje, zda je tranzistor sepnut, nebo vypnut. Materiálem brány byl dříve většinou křemík. Materiály s „High-K“ vyžadují bránu ze speciálního – tajného – kovu.

Odvod (drain): Sem proud vyúsťuje, je-li tranzistor sepnut.

Kanál (channel): Kanálem mezi zdrojem a odvodem protéká proud.

Dielektrikum brány: Izolátor mezi bránou a kanálem. V současnosti se jako materiál ještě používá SiO₂ (oxid křemičitý).

Svodové proudy: Nežádoucí tok proudu skrz dielektrikum brány v důsledku příliš tenké vrstvy izolantu. U High-K materiálů se téměř nevyskytují.

High-K materiál: Izolační látka s vyšší dielektrickou konstantou než u SiO₂. Při 45nm technologii se používá dielektrikum na bázi hafnia.

Zdroj (source): Odtud vychází proud, je-li tranzistor sepnut.