

Korszerű számítógép architektúrák II.

Készítette: Simon Péter ¹

2021. november 22.

¹Hallgatói jegyzet Sima Dezső előadásai alapján

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	2
1.1. A tárgy célja	2
1.2. Csíkszélesség	2
1.3. Pentium 4 processzorcsalád	2
1.4. Intel Core processzorok fejlesztése	2
1.5. Gyártási technológia	3
1.6. Utasításkészlet fejlődése	3
1.7. A mikroarchitektúra fontosabb újításai	3
1.8. Fejlődés IPC-ben kifejezve	4
1.9. Frekvencia vs tranzisztorok száma	4
2. Intel Core 2 család	6
2.1. Kategorizálás	6
2.2. Kliens processzorok fejlődése	6
2.2.1. Magok száma	6
2.2.2. Memória csatornák	6
2.2.3. Memória vezérlő elhelyezése	7
2.2.4. Memória sebessége	7
2.2.5. Grafika	7

1. fejezet

Bevezetés

1.1. A tárgy célja

A tárgy célja ismertetni a jelenleg domináns architektúrákat (Intel Core, AMD Zen, ARM), speciális témaköröket (pl. disszipáció) és a mobil architektúrákat.

1.2. Csíkszélesség

A processzor csíkszélessége a hagyományos (planár) MOSFET tranzisztorokat használó processzoroknál a tranzisztor kapu szélességét jelenti. Az Intel által bevezetett 3D FinFET tranzisztorok jellemzéséhez már több paraméterre lenne szükség, de a publikációkban továbbra is egy számot használtak. Ezért gyártónként eltérően kell értelmezni a gyártástechnológiát. Pl. az Intel 10 nm technológiája nagyjából a Samsung vagy a TSMC 7 nm-esének felel meg.

1.3. Pentium 4 processzorcsalád

A Core 2 család elődje a Pentium 4 processzorcsalád volt, ami valójában 3 generációt jelent (Willamette, Northwood, Prescott). A Pentium 4 fontos innovációkat tartalmazott, alapja a Netburst mikroarchitektúra. Második generációja hozta be először a többszörös architektúrát, a harmadik pedig a 64 bites architektúrát és a több processzormagot (Pentium D).

2000-ben 7 éves élettartamot vártak a Netburst-től, de 2004 körül a bejelentett architektúrákat visszavonták, mivel a várt 10 GHz-es frekvencia helyett csak 3.6-at értek el, a disszipáció miatt. A Prescott processzorok 1 cm²-en 100 W-ot adtak le, amivel elérte a léghűtéses rendszerek határát.

1.4. Intel Core processzorok fejlesztése

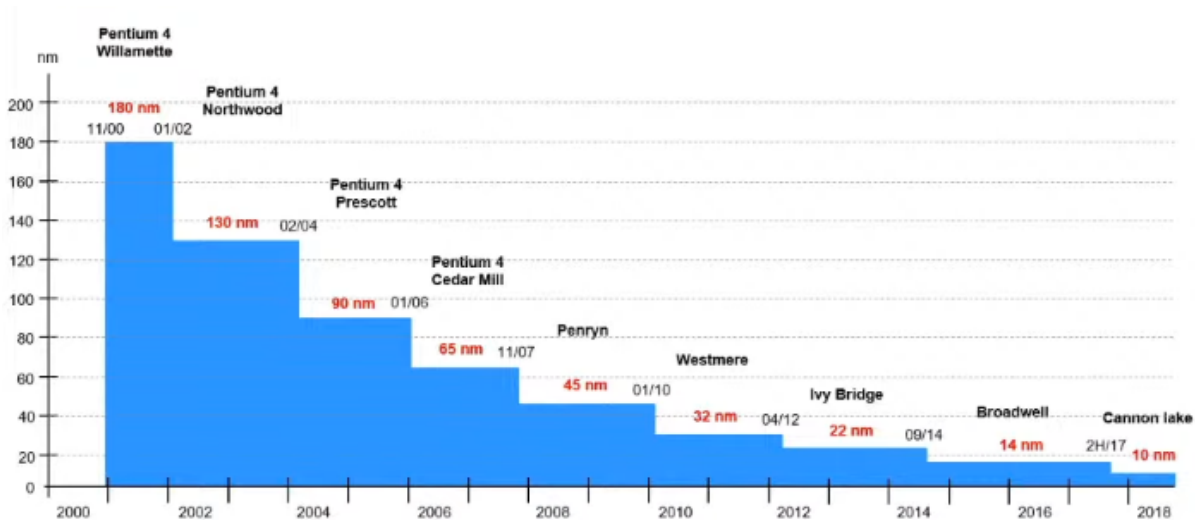
A fejlesztők ezentúl másik irányban folytatták a tervezést, a nyers teljesítmény növelése helyett az 1 W-ból kihozható teljesítmény maximalizálására törekedtek. 2006 környékén a mobil processzorok megjelenésével egy újabb tervezési irány jelent meg: a minél alacsonyabb fogyasztás, a jobb üzemidő elérése miatt.

A célok elérése érdekében a Pentium 4-ig használt egyfázisú fejlesztési modellt két fázisúra (Tick-Tock)

cserélték. Az első fázisban döntően a csíkszélesség csökkentésére fókuszáltak, a másodikban pedig a mikroarchitektúrát fejlesztették. Ez a fejlesztési modell a Core 2 processzorcsaládtól kezdődött, és a Skylake-ig tartott, amit viszont nem követett csíkszélesség csökkentés, így a fejlesztés visszaállt egy fázisúra.

1.5. Gyártási technológia

A gyártástechnológia fejlődése a 1.1. ábrán látható. Látható, hogy 22-14 nm környékén lelassult a fejlődés.



1.1. ábra. Intel processzorok csíkszélessége

Az Intel ennek ellenére 2019-ben két évenkénti csíkszélesség csökkentést jósolt 2029-ig.

1.6. Utasításkészlet fejlődése

Az utasításkészlet legfontosabb fejlesztése a vektorfeldolgozás volt, először 64 biten, majd a későbbiekben 128, 256 és újabban 512 bitre szélesítették.

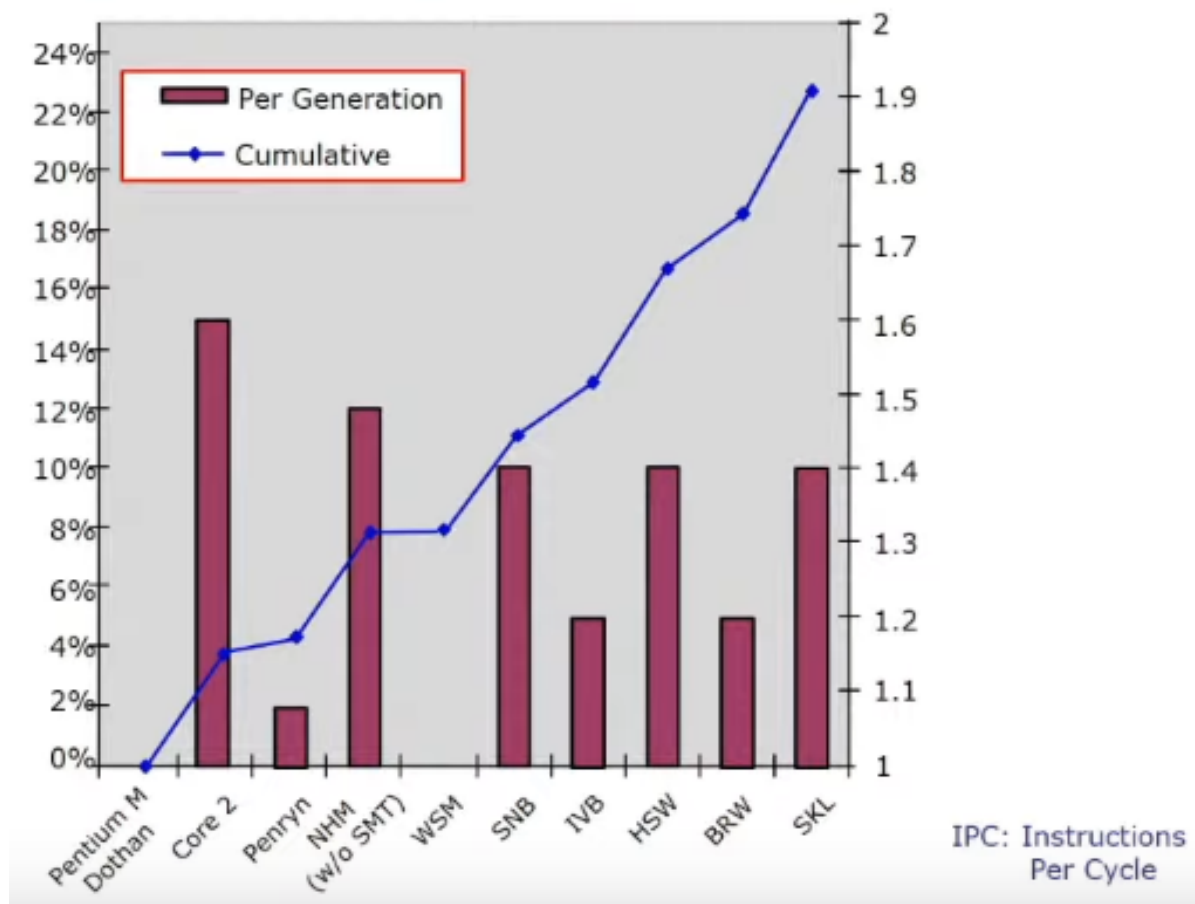
1.7. A mikroarchitektúra fontosabb újításai

A Core 2 processzorok 3 helyett 4 széles magokat használtak, kb. 30%-al nagyobb teljesítményt eredményezve. Ezzel lehaladta az AMD-t. A Nehalem architektúránál jelent meg az integrált memóriavezérlő és a 3. szintű cache, valamint újra a többszálú végrehajtás. A Sandy Bridge legfőbb újdonsága a lapkára integrált videokártya volt. A Skylake 5 széles magokat alkalmazott és megjelentek az egy tokba integrált CPU, GPU és nagy teljesítményű memória lapkák. 2017-ben az AMD konkurenciájára válaszul az Intel növelte a magok számát 6-ra, 8-ra, majd 10-re.

Egy másik fontos fejlődési irány a disszipáció kezelése volt, erről később részletesebben.

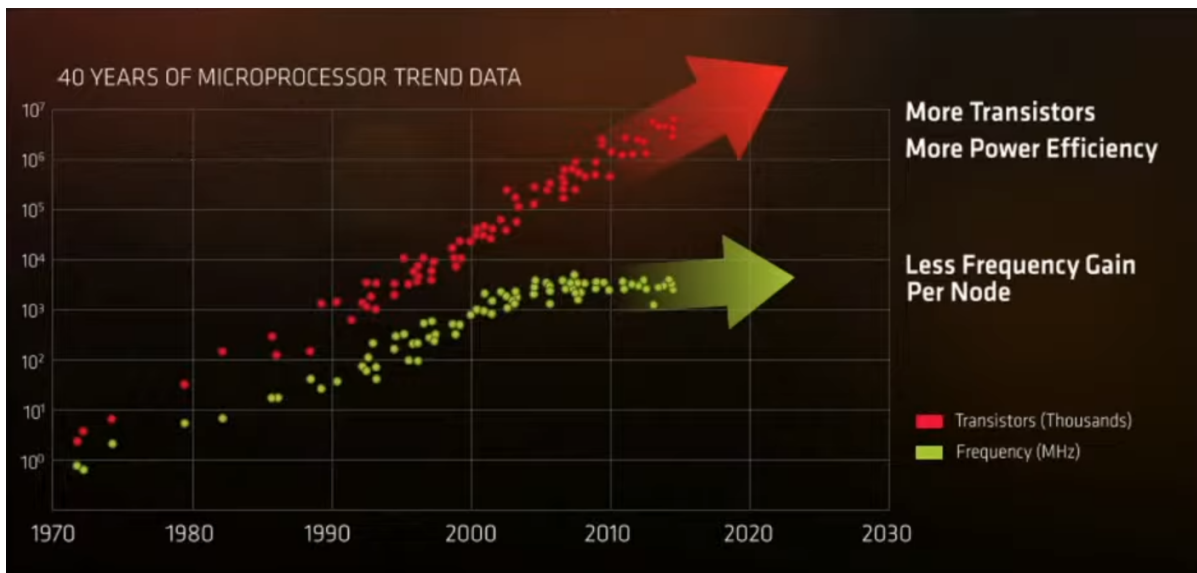
1.8. Fejlődés IPC-ben kifejezve

Az ábrán látható, hogy az architektúráis váltást hozó processzorok jóval nagyobb (kb. 10%) teljesítmény növekedést hoztak, mint a technológiai váltást hozók.



1.9. Frekvencia vs tranzisztorok száma

A következő ábra jól mutatja, hogy az utóbbi kb. 20 évben megállt a frekvencia növekedése, a fejlődés fő iránya a tranzisztorok számának növelése és az energiahatékonyság.



2. fejezet

Intel Core 2 család

2.1. Kategorizálás

A Core 2 családot 4 csoportra oszthatjuk:

- szerverek (e3, e5, e7, Platinum, Gold)
- high-end desktopok (i7, i9)
- desktopok, laptopok (i3, i5, i7), összefoglalva kliensek
- mobilok (Atom - 2016-ban visszavonva)

A magok száma kategóriánként változik: szerverek max. 28, HEDT max. 18, desktopok 2-10 + grafika, mobilok max. 10 + grafika. A magok számával a lapkaméret is nő, a szerverek nagyobbak a klienseknél és a mobiloknál.

2.2. Kliens processzorok fejlődése

2.2.1. Magok száma

A többmagos fejlődést a Pentium D indította el, de ez még nem valódi kétmagos processzor volt, mivel két, egymagos lapkát tokoztak egybe. Ezután a Core 2 valósított meg 2 magot egy lapkán. A Core 2 Quad 2 db 2 magos lapkát tokozott egybe. A Nehalem-mel már egy lapkán 4 mag lehetett.

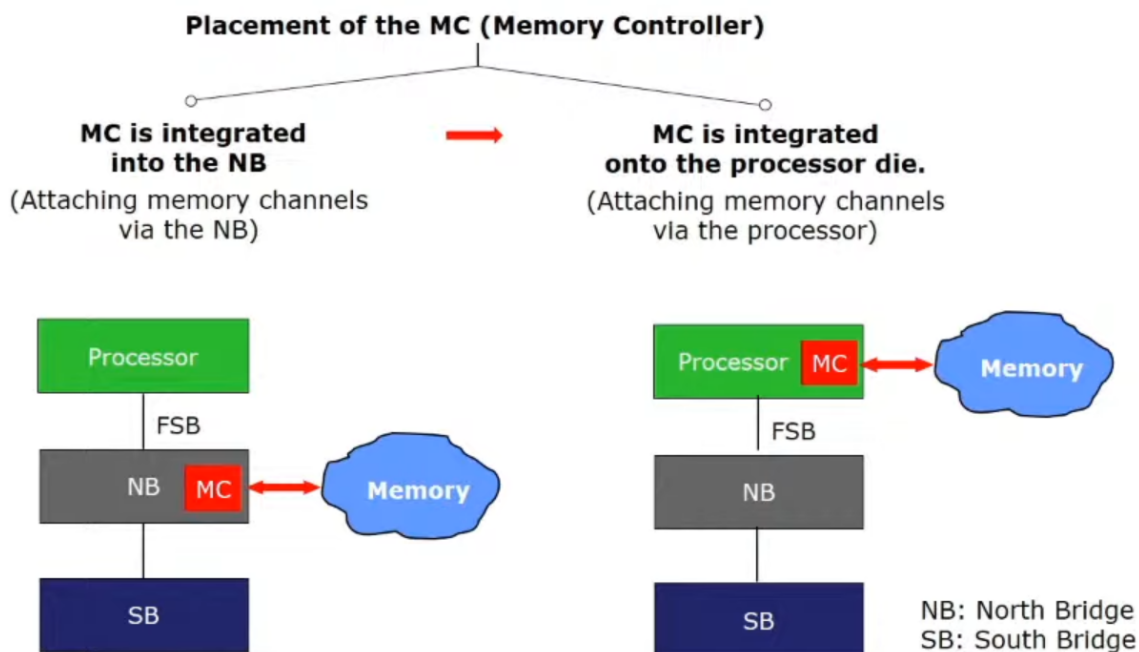
Később megjelent a grafika, egy harmadik, egybetokozott grafikai maggal. Ezután sokáig nem történt semmi, a magok száma maximum 4 maradt. 2017-ben, hogy konkurenciát nyújtsanak az AMD-nek, emelték a magok számát. A 10 nm-es rendszerek megjelenésekor az Intel nem követte a magszám növekedés irányát, először 2, aztán 4 magot alkalmazott.

2.2.2. Memória csatornák

A memória csatorna szám végig 2 maradt. Bár a magok számának növekedésével gyorsabb memória hozzáférésre is szükség volt, a memóriák fejlődése ellensúlyozta azt, hogy nem lett több csatorna.

2.2.3. Memória vezérlő elhelyezése

A Nehalem előtt a memóriavezérlőt az északi hídra helyezték. Hátránya, hogy az északi híd és a processzor közötti kapcsolatot terheli a memória forgalma. Ez főleg több processzoros rendszerekben negatívum, mivel az északi híd ekkor komolyan korlátozza a memória sávszélességét. Tehát a processzorszám növekedésével a memória nem skálázódik. Ezért a Nehalemtől a memória közvetlenül a processzorhoz csatlakozik (a lapkán lévő vezérlőhöz), ami rövidebb utakat és tehermentesített északi hidat jelent (2.1. ábra). Előny, hogy processzoronként külön memória kapcsolat létezhet, azaz skálázódik a processzor-számmal.



2.1. ábra. Memória kontrollek elhelyezkedése

Később az északi híd egybeolvadt a délivel, amit periféria vezérlőnek neveztek el.

2.2.4. Memória sebessége

A DDR (Double Data Rate) memóriák átviteli sebessége kétszerese az órajelének, tehát a DDR4-2400 (MT/s) átviteli sebességű memória frekvenciája 1200 MHz. Az átviteli sebesség jelentősen fejlődött, 10 év alatt megháromszorozódott.

2.2.5. Grafika

A grafikai magok generációjának számozása 5-től kezdődik a Westmere-nél, mivel előtte is volt grafika, csak az északi híd látta el a feladatát. Westmere-nél még csak egybe volt tokozva, de Sandy Bridge-től már egy lapka.

A grafikai technológiai szint jelölésénél a GR2 egy grafikai szeletet tartalmaz, a GT3 kettőt, a GT4 pedig hármat. A GT1 rész szeletet jelöl (kevesebb végrehajtó egység mint a többiben).

A végrehajtó egységek száma 6-ról 96-ra nőtt az évek során.

A Westmere és a Sandy Bridge még nem támogatott OpenCL-t, de Ivy Bridge már igen.

A teljesítmény növekedése a Sandy Bridge-től Skylake-ig kb 7x-es.

A Haswell grafikai végrehajtó egysége

Egy szelet 20 végrehajtó egységet tartalmaz, két fél szeletre osztva. A két fél szelet egy közös adat cache-en dolgozik és egy buszrendszeren kapcsolódik. Egy végrehajtó egység (EU) négy funkcionális egységet tartalmaz:

- Send - adat küldés/fogadás
- Branch - elágazáskezelés
- 2x SIMD (Single instruction multiple data) feldolgozó

Minden SIMD egység négy darab egyszeres pontosságú adaton tud MAD (Multiply-Add) műveleteket végrehajtani. Tehát minden EU $2 \times 4 \times 2 = 16$ utasítást tud ciklusonként elvégezni. Az EU 7 szálon többszálú, minden szálnak 128 db 32 bites regisztere van. Ezen kívül képes lebegőpontos és transzcendens matematikai műveletek végrehajtására.

A Haswell grafikai újdonsága, hogy kapott egy kiegészítő eDRAM-ot is, ezeket az egységeket nevezték Iris Pro-nak.