

Grafikus processzorok általános célú programozása (GPGPU)

Eichhardt I., Vad V., Valasek G. és Hajder L.

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Informatikai Kar
2024/2025. II. félév

February 26, 2025

Tartalom

- 1 Adminisztráció
 - Bemutatkozás és elérhetőségek
 - Előadások, gyakorlatok
 - Számonkérés
- 2 Tematika
- 3 Számítógép architektúrák gyorsítása
- 4 Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése
- 5 Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése
- 6 Multimédiás architektúrák
- 7 GPU architektúrák fejlődése

Számítógép architektúrák gyorsítása

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

GPU architektúrák fejlődése

Bemutkozás és elérhetőségek

Előadások, gyakorlatok

Számonkérés

Tartalom

- 1 Adminisztráció
 - Bemutkozás és elérhetőségek
 - Előadások, gyakorlatok
 - Számonkérés
- 2 Tematika
- 3 Számítógép architektúrák gyorsítása
- 4 Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése
- 5 Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése
- 6 Multimédiás architektúrák
- 7 GPU architektúrák fejlődése

Bemutkozás és elérhetőségek

- Eichhardt Iván
 - Email: `ivan.eichhardt+gpgpu@gmail.com`
- Vad Viktor
 - Email: `vva@inf.elte.hu`
 - Szoba: ELTE Déli-tömb 2.706-es szoba
- Valasek Gábor
 - Elérhető: ??? (iparban dolgozik)
- Hajder Levente
 - Email: `hajder@inf.elte.hu`
 - Szoba: ELTE Déli-tömb 2.704-es szoba

Előadás

- **Előadás**
 - Heti egy óra. Helyszín: Grafika labor 11.00-11.45
- **Gyakorlat**
 - Heti 2 óra két csoportban
 - Grafika labor csütörtök 12.30-14.00
 - Grafika labor csütörtök 14.15-15.45
 - Kivétel: első két héten, 11-12. héten öszevont hosszú előadás. (Felvétel készül!)
- **Az előadás és a gyakorlat úgyis össze -vissza lesz.** 😊
 - Ahogy a tananyag megkívánja
 - Egyben tartva az órát
- **Honlap:** <https://cv.inf.elte.hu/index.php/education/gpu-programozas/>
 - Régi: <http://cv.inf.elte.hu/index.php/gpgpu/>
- **Canvas!**

Számonkérés

- Félévközi követelmény:
 - Órák látogatása erősen ajánlott.
 - Órai munkával pontokat lehet szerezni
- Követelmény vizsgaidőszakban:
 - Nagyfeladat(ok) bemutatása
 - Feladatkiírások: honlapon, de még bővíthet. Mindegyik feladathoz pontozás tartozik.
 - Feladatválasztás: 2. hét (febr. 23.)
 - Megoldási terv: 5. hét (max. 20%)
 - Bónusz: CPU implementáció (max. 25%)
- Jegy: összpontszám alapján
 - Jeles: 80%, Jó: 70%, Közepes: 60%, Elégséges: 50%

Hol lehet ezt használni?

- Sebesség kritikus a programozási feladatokban
- Felhasználási területek: részecskefizikától a meteorológiai előrejelzéseken át a numerikus optimalizálásig szinte mindenhol. Népszerű alkalmazások:
 - Mélytanulás: objektum-felismerés, nagy nyelvi modellek, ...
 - Kriptoaluta-bányászat
- Az előadók hol használták/használhatnák a tudást:
 - Számítógépes grafika
 - Számítógépes képfeldolgozás
 - Számítógépes 3D látás
 - Geometria/CAD modellezés
 - Matematikai algoritmusok (lineáris algebra)
 - ...

Számítógép architektúrák gyorsítása

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

GPU architektúrák fejlődése

Tartalom

- 1 Adminisztráció
 - Bemutatkozás és elérhetőségek
 - Előadások, gyakorlatok
 - Számonkérés
- 2 **Tematika**
- 3 Számítógép architektúrák gyorsítása
- 4 Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése
- 5 Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése
- 6 Multimédiás architektúrák
- 7 GPU architektúrák fejlődése

Számítógép architektúrák gyorsítása

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

GPU architektúrák fejlődése

Tematika: miről lesz szó a félévben?

- Számítógép architektúrák fejlődése
- Párhuzamos architektúrák
- GPU történelem, grafikus processzorok fejlődése
- Legelterjedtebb API-k áttekintése
 - OpenCL
 - CUDA
- Speciális algoritmusok párhuzamosítása: iterációk, rekurziók,...stb.
- Esettanulmányok

Számítógép architektúrák gyorsítása

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

GPU architektúrák fejlődése

Tematika: miről lesz szó a félévben?

- Optimalizálási kérdések: hogyan lesz gyorsabb a programunk?
- Esettanulmányok
 - Képfeldolgozás (szűrők megvalósítása)
 - Lineáris algebra (nagy mátrixok sajátértékeinek számítása)
 - Grafika (?) (renderelés, rekurzív sugárkövetés)

Számítógép architektúrák gyorsítása

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

GPU architektúrák fejlődése

Tartalom

- 1 Adminisztráció
 - Bemutatkozás és elérhetőségek
 - Előadások, gyakorlatok
 - Számonkérés
- 2 Tematika
- 3 Számítógép architektúrák gyorsítása**
- 4 Hagományos számítógép architektúrák fejlődése
- 5 Hagományos számítógép architektúrák fejlődése
- 6 Multimédiás architektúrák
- 7 GPU architektúrák fejlődése

A számítógép feldolgozási sebességének határai

- Alapvetően három dolog tud egy számítást lelassítani
 - 1 A fény túl lassú
 - Laikusok számára ez viccesen hangzik...
 - 2 Kéne még pár milliárd tranzisztor a lapkára
 - 3 Rosszul tervezett algoritmusok (emberi tényező)
- Lássuk az okokat egyesével!

Lassú fény

Kezdjük egy ki számolási példával

- A fény sebessége 300.000km/s
- Van egy gépünk AMD A8-6500K 3,5 GHz CPU-val (2013-as!)
- 1 méteres kábellel csatlakoztatunk egy USB merevlemezt.
- A proci 2 órajel alatt képes lebegőpontos összeadásra
- A következő adat a lemezen van, be kell olvasni.
- Hány összeadást tudna a proci addig elvégezni, amíg a lemezről az elektronok (fénysebességgel) megérkeznek a CPU-ba?

Számítógép architektúrák gyorsítása

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

GPU architektúrák fejlődése

Lassú fény

Feladat megoldása:

- A processzor órajele $3,5\text{Ghz} = 3.500.000.000\text{Hz}$
- Egy órajel $1/3.500.000.000 = 285,7\text{ psec}$ (pikosec)
- Két órajel (egy összeadás) $571,8\text{ psec}$ időt vesz igénybe
- A fény ennyi idő alatt $3 \cdot 10^8\text{m/s} \cdot 571,8 \cdot 10^{-12}\text{s} = 0,17\text{m}$ utat tesz meg
- Méteres kábel esetén: $1\text{m}/0,17\text{m} \approx 6$
- Tehát a CPU-nk 6 utasításnyi időt malmozott, amíg az adat megérkezett.
 - És akkor egyéb lassító tényezővel nem is számoltunk...
 - Pl. HDD tipikus elérése 20 msec ...
 - ...ami alatt a GPU szabadságra is mehet.

Számítógép architektúrák gyorsítása

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

GPU architektúrák fejlődése

Lassú fény

Feladat megoldása:

- A processzor órajele $3,5\text{Ghz} = 3.500.000.000\text{Hz}$
- Egy órajel $1/3.500.000.000 = 285,7\text{ psec}$ (pikosec)
- Két órajel (egy összeadás) $571,8\text{ psec}$ időt vesz igénybe
- A fény ennyi idő alatt $3 \cdot 10^8\text{m/s} \cdot 571,8 \cdot 10^{-12}\text{s} = 0,17\text{m}$ utat tesz meg
- Méteres kábel esetén: $1\text{m}/0,17\text{m} \approx 6$
- Tehát a CPU-nk 6 utasításnyi időt malmozott, amíg az adat megérkezett.
 - És akkor egyéb lassító tényezővel nem is számoltunk...
 - Pl. HDD tipikus elérése 20 msec ...
 - ...ami alatt a GPU szabadságra is mehet.

Számítógép architektúrák gyorsítása

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

GPU architektúrák fejlődése

Lassú fény

Feladat megoldása:

- A processzor órajele $3,5\text{Ghz} = 3.500.000.000\text{Hz}$
- Egy órajel $1/3.500.000.000 = 285,7\text{ psec}$ (pikosec)
- Két órajel (egy összeadás) $571,8\text{ psec}$ időt vesz igénybe
- A fény ennyi idő alatt $3 \cdot 10^8\text{m/s} \cdot 571,8 \cdot 10^{-12}\text{s} = 0,17\text{m}$ utat tesz meg
- Méteres kábel esetén: $1\text{m}/0,17\text{m} \approx 6$
- Tehát a CPU-nk 6 utasításnyi időt malmozott, amíg az adat megérkezett.
 - És akkor egyéb lassító tényezővel nem is számoltunk...
 - Pl. HDD tipikus elérése 20 msec ...
 - ...ami alatt a CPU szabadságra is mehet.

Lassú fény

Feladat megoldása:

- A processzor órajele $3,5\text{Ghz} = 3.500.000.000\text{Hz}$
- Egy órajel $1/3.500.000.000 = 285,7\text{ psec}$ (pikosec)
- Két órajel (egy összeadás) $571,8\text{ psec}$ időt vesz igénybe
- A fény ennyi idő alatt $3 \cdot 10^8\text{m/s} \cdot 571,8 \cdot 10^{-12}\text{s} = 0,17\text{m}$ utat tesz meg
- Méteres kábel esetén: $1\text{m}/0,17\text{m} \approx 6$
- Tehát a CPU-nk 6 utasításnyi időt malmozott, amíg az adat megérkezett.
 - És akkor egyéb lassító tényezővel nem is számoltunk...
 - Pl. HDD tipikus elérése 20 msec ...
 - ...ami alatt a CPU szabadságra is mehet.

Lassú fény

Feladat megoldása:

- A processzor órajele $3,5\text{Ghz} = 3.500.000.000\text{Hz}$
- Egy órajel $1/3.500.000.000 = 285,7\text{ psec}$ (pikosec)
- Két órajel (egy összeadás) $571,8\text{ psec}$ időt vesz igénybe
- A fény ennyi idő alatt $3 \cdot 10^8\text{m/s} \cdot 571,8 \cdot 10^{-12}\text{s} = 0,17\text{m}$ utat tesz meg
- Méteres kábel esetén: $1\text{m}/0,17\text{m} \approx 6$
- Tehát a CPU-nk 6 utasításnyi időt malmozott, amíg az adat megérkezett.
 - És akkor egyéb lassító tényezővel nem is számoltunk...
 - Pl. HDD tipikus elérése 20 msec ...
 - ...ami alatt a CPU szabadságra is mehet.

Lassú fény

Feladat megoldása:

- A processzor órajele $3,5\text{Ghz} = 3.500.000.000\text{Hz}$
- Egy órajel $1/3.500.000.000 = 285,7\text{ psec}$ (pikosec)
- Két órajel (egy összeadás) $571,8\text{ psec}$ időt vesz igénybe
- A fény ennyi idő alatt $3 \cdot 10^8\text{m/s} \cdot 571,8 \cdot 10^{-12}\text{s} = 0,17\text{m}$ utat tesz meg
- Méteres kábel esetén: $1\text{m}/0,17\text{m} \approx 6$
- Tehát a CPU-nk 6 utasításnyi időt malmozott, amíg az adat megérkezett.
 - És akkor egyéb lassító tényezővel nem is számoltunk...
 - Pl. HDD tipikus elérése 20 msec ...
 - ...ami alatt a CPU szabadságra is mehet.

Lassú fény

Feladat megoldása:

- A processzor órajele $3,5\text{Ghz} = 3.500.000.000\text{Hz}$
- Egy órajel $1/3.500.000.000 = 285,7\text{ psec}$ (pikosec)
- Két órajel (egy összeadás) $571,8\text{ psec}$ időt vesz igénybe
- A fény ennyi idő alatt $3 \cdot 10^8\text{m/s} \cdot 571,8 \cdot 10^{-12}\text{s} = 0,17\text{m}$ utat tesz meg
- Méteres kábel esetén: $1\text{m}/0,17\text{m} \approx 6$
- Tehát a CPU-nk 6 utasításnyi időt malmozott, amíg az adat megérkezett.
 - És akkor egyéb lassító tényezővel nem is számoltunk...
 - Pl. HDD tipikus elérése 20 msec ...
 - ...ami alatt a CPU szabadságra is mehet.

Kevés tranzisztor

- Az algoritmusaink egymás utáni lépésekből állnak
 - Szekvenciális végrehajtás
- Az egymástól független utasításokat egyszerre lehet végrehajtani
- Kulcs: párhuzamosítás
- Párhuzamosítás számtalan módon lehetséges
 - Ennek egyik formája a GPU-k használata
 - Párhuzamosítás több végrehajtó egységet igényel,...
 - ...szaporodnak a tranzisztorok a foglalatban.

Számítógép architektúrák gyorsítása

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

GPU architektúrák fejlődése

Rosszul megírt programok

- Az emberi tényező...
- Az oktatók kudarc...
- A programozók lustasága ...
- ...
- Nem célja a tárgynak, hogy megoldást találjon a problémára.

Számítógép architektúrák gyorsítása

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

GPU architektúrák fejlődése

Megoldások

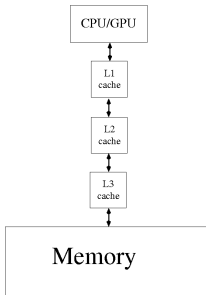
- Ha a fény lassú: utazzassuk kevesebbet az adatokat
- Ha a párhuzamosság gyorsít: tervezzünk párhuzamos architektúrákat
- (Ha rosszul programozunk: programozzunk jobban!)

Lassú fény (1)

- Sajnos a fénysebességen nem tudunk gyorsítani
- Megoldás (1): adatokat (elektronokat) közelebbre kell hozni
 - Erre találták ki a gyorsítótárat (cache)
 - Meg kell mondani előre, hogy milyen adatokra lesz szükség, ...
 - ...vagy ki kell találni.
- Megoldás (2): egyszerre több adatot kell mozgatni
 - Több vezetéken párhuzamosan.
 - Ezért volt értelme a 32 bites processzorokat 64 bitesre cserélni.
 - 32 bit 32 vezetéket jelent, 64 bit a dupláját
- Komoly tanulsága a problémának: **nagy adatmozgatás sok időt vesz igénybe.**

Lassú fény (2)

- Gyorsítótár/cache. (Általában háromszintű, de nem mindig)



Számítógép architektúrák gyorsítása

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

GPU architektúrák fejlődése

Lassú fény (3)

- Cache kezelésre oda kell a programozáskor is figyelni.
- Indirekción keresztül nehéz cache-elni
- Példa: `http://gameprogrammingpatterns.com/data-locality.html`
 - Második megoldás ötvenszer (!) gyorsabb

Számítógép architektúrák gyorsítása

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

GPU architektúrák fejlődése

Lassú fény (4)

Memóriatípusok összehasonlítása

Memória típusa	Elérés	adatátvitel
Regiszterek	$\sim 100psec$	n/a
Gyorsítótár	$\sim 10nsec$	$\sim 100GByte/sec$
RAM	$\sim 500nsec$	$\sim 1Gbyte/sec$
Hálózati gyorsítótár	$\sim 50\mu sec$	n/a
SSD	$\sim 200\mu sec$	$\sim Gbyte/sec$
Merevlemez	$\sim 20msec$	$\sim 200Mbyte/sec$

Lassú fény (4)

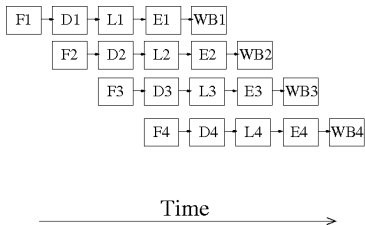
- Magát az utasítást is be kell olvasni
- Az utasítás legyen minél rövidebb
 - Ehhez kevesebb utasítást lehet használni
 - Cserébe több regiszter szokásos
- Redukált utasításkészlet: RISC architektúra
 - RISC: Reduced Instruction Set Computer
 - "Hagyományos" CISC architektúra: Complex Instruction Set Computer
 - x64: CISC, ARM (Qualcomm, Apple, ...): RISC
- A CISC architektúra sokszor belül RISC.
 - Processzor a processzorban: az utasítást át kell fordítani
 - Egy CISC utasítást több RISC parancs írhat le.
 - Ettől sem lesz kevesebb tranzisztor a gépben, sőt... 😞

Párhuzamos architektúrák (5)

- Egy utasítás életútja (elnagyoltan)
 - 1 Beolvasás (F: fetch)
 - 2 Értelmezés (D: decode)
 - 3 Paraméterek beolvasása (L: load)
 - 4 Művelet végrehajtása (E: execution)
 - 5 Eredmény visszaírása (WB: write back)
- Az egyes részek nagyjából függetlenek egymástól.
- Párhuzamosan végrehajthatók

Párhuzamos architektúrák (1)

- Futószalag elv: részfeladatok párhuzamos végrehajtása



Számítógép architektúrák gyorsítása

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

GPU architektúrák fejlődése

Párhuzamos architektúrák (2)

- A futószalag-végrehajtást jól megválasztott utasítások segítik
- Kevesebb utasítás jobb szokott lenni
- RISC architektúra ajánlatos
 - Ezért is alakítják át a régi CISC architektúrákat RISC-é belül.
 - Pl. Intel x86/x64 processzorcsalád.

Párhuzamos architektúrák (3)

- Szekvenciális programozás gyenge pontja: feltételes ugrások
 - if/else
 - while/do-while
 - for
 - switch/case
- Feltételeket előre meg kell becsülni (statisztikai felmérések)
 - Utasítás előrejelzés
 - Szuperskalár architektúra

Párhuzamos architektúrák (4)

- Bár párhuzamosításról van szó, szekvenciális programokat futtat
 - Minden utasítás saját adatain dolgozik.
 - SISD architektúra: Single Instruction Single Data
- Legkézenfekvőbb párhuzamosítás: több CPU betétele
 - Egyszerre több utasítás a saját adatain dolgozik.
 - MIMD architektúra: Multiple Instruction Multiple Data
- MIMD architektúra két fajtája:
 - Párhuzamosság a processzek szintjén: több független CPU (mag).
 - Párhuzamosság a szálak szintjén: több szál CPU-n belül

Számítógép architektúrák gyorsítása

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

GPU architektúrák fejlődése

Párhuzamos architektúrák (5)

- SISD/MIMD architektúrát már ismerjük
- Mi lehet a MISD/SIMD architektúra?
- MISD: Multiple Instruction Single Data?
 - Más utasítás ugyanazon az adaton.
 - Értelme: Ugyanazt több áramkörrel számítjuk.
 - Ha az egyik hibázik, a többi felülbíráhatja: hibatűrő rendszerek
 - Ettől gyorsabb nem lesz a rendszerünk → nem foglalkozunk vele

Párhuzamos architektúrák (6)

- SIMD: Single Instruction Multiple Data
 - Elérkeztünk a GPU architektúrához!
- Ugyanazt az utasítást sok adaton kell végrehajtani.
- Példa: Nagy cég számláinak összeadása.
 - Rendkívül jól párhuzamosítható.
- SIMD variánsai
 - Vector processzor (szinoníma)
 - SIMT: Single Instruction Multiple Thread: SIMD többszálú változata

Kitekintés: miniatürizálás

- Csíkszélesség: milyen vastagok a vezetékek
- Jelenleg: $\sim 5(?) - 14$ nm.
- Csíkszélesség csökkenésének előnyei
 - Több tranzistor fér el azonos területen
 - Magasabb órajel
- Korlátok:
 - Atomi méreteket hamarosan elérjük. Atom átmérője :
 $\sim 10 - 100$ pikométer
 - Szivárgó áram

Tartalom

- 1 Adminisztráció
 - Bemutatkozás és elérhetőségek
 - Előadások, gyakorlatok
 - Számonkérés
- 2 Tematika
- 3 Számítógép architektúrák gyorsítása
- 4 Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése**
- 5 Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése
- 6 Multimédiás architektúrák
- 7 GPU architektúrák fejlődése

Számítógép architektúrák történeti fejlődése

- Őskor: speciális célú áramkörök
 - Konkrét számítási feladatok elvégzésére tervezték
- Ókor: Neumann-elvvel megjelenik a "program" mint fogalom
 - Programot a memóriában tároljuk
 - Központi feldolgozó egység (CPU) megjelenik
- Középkor: CPU gyorsítása
 - Futószalagok, gyorsítótárak, RISC, szuperskalár rendszerek
- Újkor: Több CPU egy gépben, majd több mag egy CPU-n belül.
 - Párhuzamos (többprocesszoros) programozás
 - Többszálú programozás
- Legújabb kor: GPU-k bevetése általános számítási feladatokra

Tartalom

- 1 Adminisztráció
 - Bemutatkozás és elérhetőségek
 - Előadások, gyakorlatok
 - Számonkérés
- 2 Tematika
- 3 Számítógép architektúrák gyorsítása
- 4 Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése
- 5 Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése**
- 6 Multimédiás architektúrák
- 7 GPU architektúrák fejlődése

Számítógép architektúrák történeti fejlődése

- És a legújabb trendek?
- CPU: különböző magok alkalmazása
 - energiatakarékos (E)
 - teljesítmény (P)
- GPU itt is különböző magok
 - hagyományos (hány 'core' van a gépben?)
 - sugárkövetés (sugármetszés): RT-core - RTX kártyák
 - Gépi tanulás: tensor-code
 - TMU: texture mapping unit
 - RoP: Render Output Unit

Tartalom

- 1 Adminisztráció
 - Bemutatkozás és elérhetőségek
 - Előadások, gyakorlatok
 - Számonkérés
- 2 Tematika
- 3 Számítógép architektúrák gyorsítása
- 4 Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése
- 5 Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése
- 6 Multimédiás architektúrák**
- 7 GPU architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

- SIMD architektúra 90-es évek végén bemutatkozott.
- Marketingesek a multimédiás processzor kulcsszót találták ki
 - Intel: SSE, SSE2
 - AMD: 3DNow!
- Multimedia: párhuzamos adatokon végrehajtott utasítások
 - Általában 4 multimédiás regiszter
 - Utasítások: algebrai műveletek, feltételek vizsgálata, konverziók, ..stb.
 - Egész és lebegőpontos számokon egyaránt működik
- GPU-k megjelenésével elvesztette jelentőségét.

Tartalom

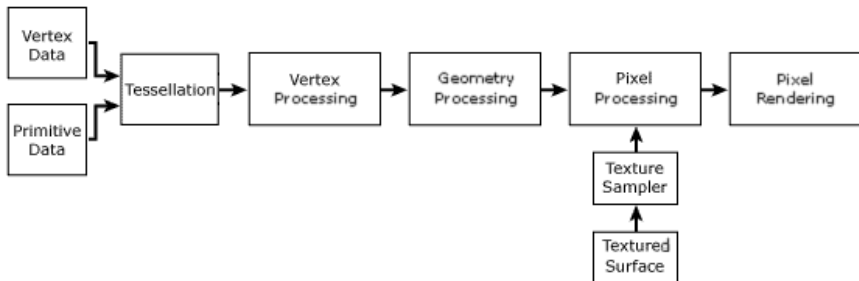
- 1 Adminisztráció
 - Bemutatkozás és elérhetőségek
 - Előadások, gyakorlatok
 - Számonkérés
- 2 Tematika
- 3 Számítógép architektúrák gyorsítása
- 4 Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése
- 5 Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése
- 6 Multimédiás architektúrák
- 7 GPU architektúrák fejlődése**

GPU architektúrák fejlődése

- 1995 előtt: grafikus processzorok előtti kétdimenziós gyorsítások:
 - 1978: Intel iSBX 275 Video Graphics Controller
 - Hardveres vonal, ív, bitmap...stb. rajzolás
 - 1986: Comodore Amiga : Blitter
 - CPU-tól független grafikus processszorral
 - 1986: Texas Instruments: TMS34010,
 - Általános célú processzor, grafikára hegyezett utasításkészlettel
 - 90-es évek elején egyre több grafikus chipgyártó terméke jelent meg
 - ATI, Matrox, S3 ...stb

GPU architektúrák fejlődése

- Grafikus pipeline rendkívül kiválóan párhuzamosítható



GPU architektúrák fejlődése

- 1995-től: 3D-s gyorsítások
 - Fejlesztés hajtóereje: OpenGL és DirectX API-k megjelenése
 - Háromdimenziós vizualizáció támogatása
 - Inkrementális képszintézis alapján, majd 2019-től sugérkövetés
 - Futószalag elv megjelenése a képszintézisben (jól párhuzamosítható!)
 - Transzformációk és megvilágítás (T&L: Transform & Lighting)
 - Nvidia GeForce 256
 - Profi kártyák (méregdrágán) is megjelentek
- 2000 táján az első shader-ek megjelentek
 - Vertex-ek és pixelek számítására külön program írható
 - Mai értelemben használt GPU-król itt kezdünk beszélni
 - NVidia GeForce3, Ati Radeon 9700

GPU architektúrák generációi

- Valasek Gábortól megismerhettétek (?)

Adminisztráció

Tematika

Számítógép architektúrák gyorsítása

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Hagyományos számítógép architektúrák fejlődése

Multimédiás architektúrák

GPU architektúrák fejlődése

Köszönjük a figyelmet!