



Technische Übersicht

Die GeForce 6-Grafikprozessoren:
Kompromisslose Performance und
Qualität für komplexe Effekte



GeForce 6: Neue Maßstäbe für Bild- und Effektqualität

NVIDIA®s neue Grafikprozessoren der GeForce™ 6-Reihe bieten jetzt noch mehr Präzision und Performance für anspruchsvolle Grafikanwendungen. Beeindruckende Echtzeiteffekte in Spielen und 3D-Anwendungen lassen sich damit einfacher denn je realisieren. So weist die neue Chipgeneration beispielsweise erstmals eine superskalare Architektur auf, mit der sich pro Taktzyklus deutlich mehr Grafikoperationen ausführen lassen. Hohe Qualität und schnelle Ausführung schließen sich damit nicht mehr gegenseitig aus – die Grenzen des „technisch Machbaren“ werden spürbar erweitert. In Verbindung mit der durchgängigen 32-Bit-Gleitkommaunterstützung in der Rendering-Pipeline sowie der extrem hohen Farbpräzision von 128 Bit erreicht die GeForce 6-Chips auf diese Weise Qualitätsniveaus, die dem Standard professioneller Filmstudios entsprechen. Gleichzeitig gewinnt der Programmierer deutlich mehr Flexibilität für seine Arbeit, da für „Routineberechnungen“ weiterhin das speicherschonende 16-Bit-Format zur Verfügung steht. Sobald in einer Szene hingegen höchste Bildqualität gefordert ist, kann nahtlos auf volle Präzision umgeschaltet werden.

Ein weiterer Bestandteil der GeForce 6-Architektur ist die neue NVIDIA High-Precision Dynamic-Range (HPDR) Technologie, die auf dem OpenEXR-Standard der Hollywood-Effekteschmiede Industrial Light & Magic (<http://www.openexr.com/>) beruht und die Qualität von Still- und Bewegtbildern zusätzlich verbessert. Unter anderem sorgt sie für eine deutlich natürlichere Lichtdarstellung und detailliertere Texturen. Auch an den Antialiasing-Fähigkeiten der neuen Chipgeneration wurde gearbeitet: Mit einem neuen Abtastmuster, das auf einem gedrehten Raster beruht, wird eine noch bessere Subpixel-Abdeckung erreicht. Polygonkanten erscheinen dadurch noch glatter und klarer; unerwünschte Treppeneffekte verschwinden, ohne dass die Kante infolge der Glättung undeutlich oder verwaschen erscheint.

Dieses Dokument soll einen Überblick über die Architektur der NVIDIA GeForce 6-Grafikprozessoren sowie die dadurch erreichten Qualitätsverbesserungen liefern. Neue Effekt- und Programmiermöglichkeiten werden zusätzlich anhand von Beispielen illustriert.

Superskalares Design

In den Grafikprozessoren der NVIDIA GeForce 6-Reihe kommt erstmals eine innovative neue Shaderarchitektur zum Einsatz, mit der sich die Anzahl der pro Taktzyklus verarbeiteten Grafikoperationen verdoppeln lässt (siehe Abb. 1 und 2). Erreicht wird dies durch ein relativ einfaches Prinzip – für jeden Pixel stehen jetzt zwei Shadingeinheiten (statt bisher einer) zur Verfügung. Der damit erreichte Leistungszuwachs ermöglicht eine Vielzahl von komplexen Grafikberechnungen und Pixeloperationen, die traditionelle Architekturen einfach nicht bewältigen können. Das Ergebnis: Temporeiche Actionspiele und andere interaktive Echtzeitanwendungen profitieren von noch ausgefeilteren Effekten und einer noch detaillierteren Grafikdarstellung.

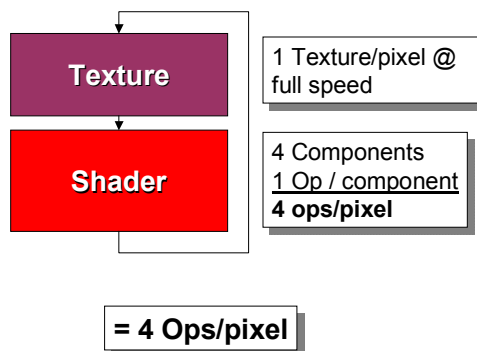
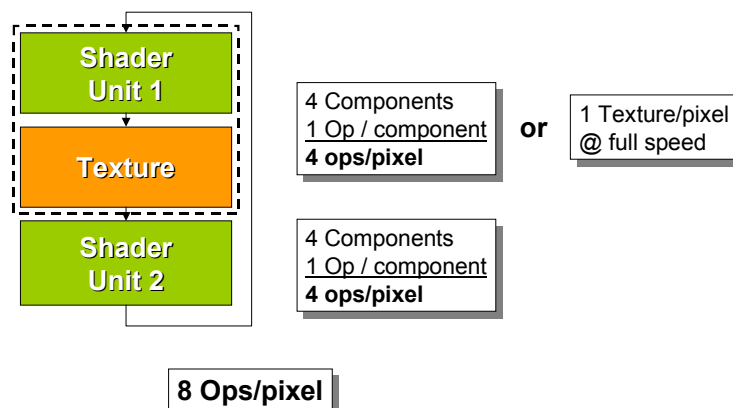


Abb. 1: Herkömmliche nichtskalare Architekturen mit einer einzigen Shadingeinheit erreichen maximal vier Operationen pro Taktzyklus.

Abb. 2: Die superskalare Architektur der GeForce 6-Reihe



erledigt dank einer zweiten Shadingeinheit doppelt so viele Pixeloperationen pro Taktzyklus.

Mit ihren zwei Shadingeinheiten unterstützen die GeForce 6-Chips erstmals echtes Dualprocessing, also die Ausführung von zwei Programmanweisungen während desselben Taktzyklus auf zwei verschiedenen Shadingeinheiten. Hiervon strikt zu unterscheiden sind „Dualprocessing“-Ansätze, die weiterhin mit einer einfachen, nichtskalaren Singleshader-Architektur arbeiten. Auch sie behaupten, zwei Anweisungen pro Taktzyklus ausführen zu können, bei genauerer Betrachtung wird jedoch ein großer Unterschied deutlich: Die Singleshader-Architektur führt zwei Anweisungen auf derselben Shadingeinheit aus, die sich darüber hinaus lediglich auf unterschiedliche Komponenten desselben Datenworts bzw. Pixels beziehen (siehe Abb. 3). Die GeForce 6-Architektur hingegen bietet einen realen Leistungszuwachs bei mathematischen Berechnungen an Pixelkomponenten: In jedem Taktzyklus führen die beiden Shadingeinheiten bis zu vier Anweisungen und bis zu acht Operationen pro Pixel aus.

Hinweis: Mit „Anweisungen“ sind die an die Hardware übermittelten Befehle gemeint. Diese können sich auf mehrere Komponenten eines Pixels beziehen und mehrere Rechenoperationen umfassen. Diese „Operationen“ sind die mathematischen Berechnungen, in die sich die Anweisung aufgliedert.

Darüber hinaus bietet die GeForce 6-Architektur dem Programmierer deutlich mehr Flexibilität bei der Arbeit. Die unterschiedlichen Pixelkomponenten lassen sich bei jeder Operation entweder einzeln oder in Zweier-, Dreier- bzw. Vierergruppen ansprechen. Diese Gruppierung ermöglicht eine Vielzahl neuer Programmiertechniken und beschleunigt die Implementierung komplexer Berechnungen – beste Voraussetzungen für eine völlig neue Effektgeneration also.

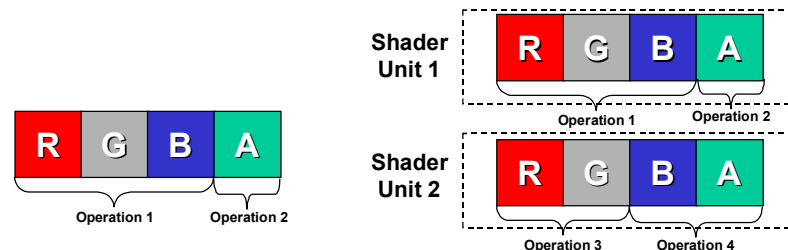


Abb. 3: Herkömmliche Architekturen (links) im Vergleich zu NVIDIAs superskalarer Architektur (rechts)

Fassen wir die Leistungsunterschiede also noch einmal zusammen: Die superskalare Architektur schafft bis zu vier Anweisungen und acht Rechenoperationen pro Pixel, während herkömmliche Architekturen lediglich auf zwei Anweisungen und vier Operationen kommen. Abb. 3 verdeutlicht dies grafisch. Die herkömmliche Architektur auf der linken Seite ist auf maximal zwei Anweisungen pro Pixel und Taktzyklus beschränkt, wobei die Gruppierungsmöglichkeiten für die verschiedenen Pixelkomponenten äußerst rudimentär sind. NVIDIAs superskalare Architektur

(rechte Seite) hingegen bewältigt vier Anweisungen pro Pixel und Taktzyklus und bietet dem Entwickler darüber hinaus völlig freie Hand bei der Gruppierung der Pixelkomponenten.

Nativer 32-Bit-Modus

Auch in früheren GeForce-Architekturen konnte der Entwickler bereits fallweise entscheiden, welche Präzision für ein bestimmtes Bild oder eine bestimmte Szene verwendet werden sollte. In der neuen GeForce 6-Architektur wird ihm diese Entscheidung jedoch noch leichter fallen: 32-Bit-Gleitkommaberechnungen sind jetzt ganz ohne Leistungseinbußen möglich!

Für Situationen, in denen der Speicherplatz knapp ist, steht natürlich auch noch weiterhin der 16-Bit-Modus zur Verfügung; allerdings hat der Entwickler nun die Freiheit, in einer Vielzahl von Echtzeitszenarien das 32-Bit-Format mit seiner hohen Bildqualität zu verwenden. Somit kommen die Vorteile der höheren Verarbeitungsgenauigkeit allen Beteiligten zugute: Der Anwender freut sich über noch schönere Grafikwelten, Spieleentwickler hingegen haben die Chance, sich mit neuen, optisch hochwertigen Effekten einen echten Wettbewerbsvorsprung zu verschaffen.

NVIDIA HPDR-Technologie

NVIDIAs HPDR-Technologie ist ein weiterer Schritt in Richtung fotorealistisches Rendering. Es handelt sich hierbei um eine HDR-Renderingtechnologie (High Dynamic-Range), die besonders kontrastreichen Szenen zugute kommt – helle Lichtquellen wie beispielsweise Sonnenreflexionen werden deutlich natürlicher wiedergegeben, während dunkle Bildbereiche von einer höheren Detailtiefe profitieren (siehe Abbildung 4).

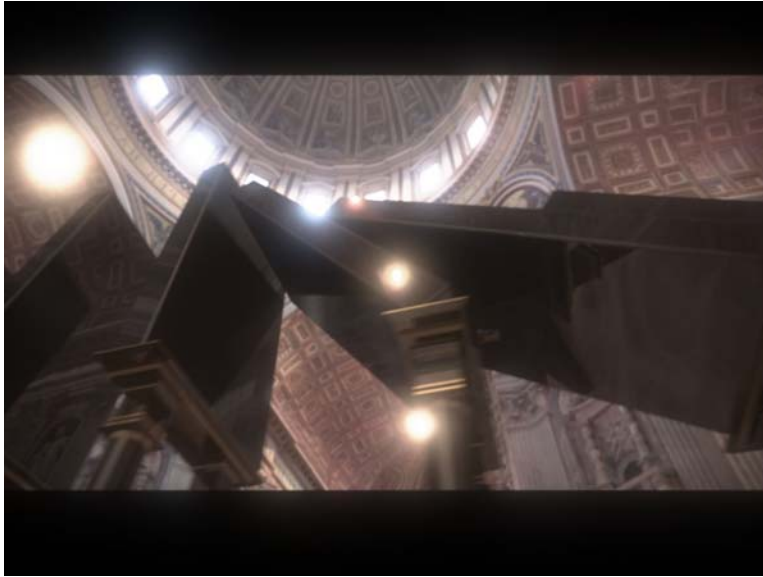


Bild mit freundlicher Genehmigung von Paul Debevec

Abb. 4: Beispiel: HDR-Technik bei der Lichtdarstellung. Das weiße Sonnenlicht ist hell und natürlich, die Details auf den dunklen Marmorklötzen am unteren Bildrand sind gut sichtbar.

In der Vergangenheit wurden die Möglichkeiten für derart wirklichkeitsnahes Rendering durch eine Vielzahl von Faktoren eingeschränkt. Zum einen waren in herkömmlichen Framebuffers lineare Anzeigeskalen für die Farbintensität gang und gäbe. In einem normalen Framebuffer mit 32 bpp musste das gesamte mögliche Farbspektrum in nur 255 verschiedene Werte pro Farbkomponente gequetscht werden – einfach nicht genug, um das dynamische Spektrum fotorealistischer Szenen adäquat abbilden zu können. So mussten sich Softwareentwickler einige Tricks einfallen lassen, um das Problem zumindest einigermaßen zu umgehen. Hierzu gehören beispielsweise aufwändige Umwandlungsberechnungen (RGBE) im Pixelshader, der Verzicht auf inkompatible Features (z. B. dynamische Lichtgebung) oder die softwareseitige Emulation von Funktionen, die nicht in der Grafikkhardware zur Verfügung stehen (wie z. B. hochpräzise Texturfilterung) – wobei es sich natürlich bei allen genannten Techniken um keine besonders attraktiven Alternativen handelt.

Mit der neuen NVIDIA HPDR-Technologie, einem wesentlichen Innovationsmerkmal der GeForce 6-Grafikprozessoren, gibt es nun jedoch einen Ausweg aus der Misere. Hauptvorteil von NVIDIA HPDR ist eine deutlich höhere Präzision bei Shading, Blending und Filterung. Das Ergebnis ist ein sichtbarer Qualitätsgewinn sowohl bei Still- als auch bei Bewegtbildern.

Die Vorgehensweise der NVIDIA HPDR-Technologie ist dabei äußerst effizient. Das HDR-Rendering wird in drei Phasen aufgeteilt: Lichttransport, Tone-Mapping sowie Farb- und Gammakorrektur.

Lichttransport

In diesem Schritt wird aus Objektgeometrie, Textur-Maps sowie Position und Helligkeitswert der Lichtquellen für jeden Pixel ein hochdynamischer Strahlwert berechnet, der Reflexionen an den sichtbaren Oberflächen berücksichtigt. Das Problem dabei: Der mögliche Wertebereich dieser Ergebnisse ist äußerst groß. Um diese Werte aufzunehmen und das immens breite Helligkeitsspektrum adäquat wiedergeben zu können, muss der Framebuffer also zwei Kriterien gleichzeitig erfüllen – einerseits eine ausreichend hohe Genauigkeit, andererseits einen genügend großen Wertebereich. Dabei gilt: Je größer der Wertebereich und je höher die Genauigkeit, desto besser und realistischer sehen letztendlich die Ergebnisse auf dem Bildschirm aus.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, verwendet NVIDIA HPDR mit SM10e5 zur Codierung der Lichttransportdaten dasselbe Speicherformat wie der OpenEXR-Standard. Das Kürzel SM10e5 steht dabei für ein Vorzeichenbit (S), zehn Mantissenbits (M10) sowie fünf Exponentenbits (e5).

Die folgende Formel illustriert den Wertebereich dieses äußerst flexiblen und leistungsfähigen Formats in Abhängigkeit von e und m .

$$x = (-1)^s 2^{e-15} \left[1 + \frac{m}{1024} \right] \quad x = (-1)^s 2^{-14} \left[\frac{m}{1024} \right] \quad x = (-1)^s \infty \quad x = NaN$$

$$e > 0 \qquad e = 0 \qquad e = 31, m = 0 \qquad e = 31, M > 0$$

Hinweis: In diesem Beispiel ist der Dynamikbereich 12 dB mit einem Maximalwert von 65504 und einem Minimalwert von 2^{-24} .

Hierbei wird deutlich, was für ein großer Wertebereich und was für eine hohe Präzision erforderlich sind, um das immens breite Spektrum möglicher Lichttransportwerte möglichst exakt wiedergeben zu können.

Tone-Mapping

Die Ergebnisse der Lichttransportberechnungen werden anschließend Farbwerten zugeordnet und auf die 2D-Grafik übernommen. Dieser Schritt wird als Tone-Mapping (Tonzuordnung) bezeichnet.

Farb- und Gammakorrektur

Beim abschließenden Schritt, der Farb- und Gammakorrektur, werden die Farbwerte von ihrem ursprünglichen Standardfarbraum (mit seiner eigenen Definition von Rot, Grün und Blau) in den RGB-Farbraum des Monitors umgerechnet. Darüber hinaus wird schlussendlich noch ein Gamma-Korrekturfaktor angewendet, damit die zu Beginn des Renderingprozesses errechneten Unterschiede in der Farbintensität auf dem Ausgabegerät in ihrer ganzen Breite zur Geltung kommen.

Der Grund hierfür ist, dass das menschliche Auge nicht linear, sondern logarithmisch auf Lichtreize anspricht. Je geringer die Helligkeit, desto empfindlicher die Wahrnehmung – in dunkleren Bildbereichen werden also deutlich mehr Details wahrgenommen als in hell ausgeleuchteten Regionen. Die Gammakorrektur ist im abschließenden Schritt dafür verantwortlich, dass diese Helligkeits- und Detailunterschiede auf dem Monitor letztlich genau wie beabsichtigt erscheinen.

Prozessorseitige Voraussetzungen für NVIDIA HPDR-Rendering

Für einen derartigen Renderingansatz muss der Grafikprozessor in der Lage sein, Shading, Blending, Filterung und Texturierung mit durchgängig hoher Gleitkommapräzision durchzuführen. Darüber hinaus müssen die Farbinformationen auf eine Art und Weise gespeichert werden, die ihrer logarithmischen Natur gerecht wird.

Gleitkomma-Shading

Wie bereits erwähnt arbeiten die GeForce 6-Grafikprozessoren nativ in einem 32-Bit-Shadingmodus. Shadingberechnungen lassen sich damit ohne Geschwindigkeitseinbußen in höchster Präzision durchführen. Dies ermöglicht beispielsweise physikalisch korrekte Lichtberechnungen und eine herausragende Darstellungsqualität bei irisierenden Lichteffekten oder Techniken wie Subsurface Scattering.

Gleitkomma-Blending

Beim Blending werden bereits gerenderte Pixel mit einem neu berechneten, positionsabhängigen Fragmentwert kombiniert. In Abhängigkeit vom konkret gerenderten Effekt ergibt sich so als Ergebnis dieser „Mischung“ ein endgültiger Farbwert. Je höher dabei die Rechengenauigkeit ist, desto besser und genauer ist die Darstellung des auf diese Weise zusammengemischten Pixels.

Vom hochpräzisen Gleitkomma-Blending profitieren Effekte wie beispielsweise Bewegungsunschärfe und weiche Schatten (Soft Shadows), aber auch komplexe Lichtberechnungen, bei denen in einer Szene mehrere dynamische Lichtquellen berücksichtigt werden müssen.

Gleitkomma-Filterung

Pixelfilterung dient dazu, Objekte schärfer darzustellen oder die Kanten in einer Szene zu glätten. Die Möglichkeiten hierbei sind recht vielfältig: Techniken wie die bilineare und trilineare Filterung steigern die Qualität von Bewegtbildern, während die anisotrope Filterung für eine schärfere Darstellung von Objekten (wie z. B. Wänden) sorgt, die aus einem spitzen Winkel betrachtet werden. Darüber hinaus ist die Gleitkomma-Filterung für Effekte wie Tone-Mapping und Glow-Techniken wichtig, die beim HDR-Rendering zum Einsatz kommen.

Die Vorteile der GeForce 6-Grafikprozessoren liegen hierbei in ihrer höheren Präzision sowie der Unterstützung für 16fache anisotrope Filterung.

Gleitkomma-Texturierung

Bei der Texturierung wird ein Polygon mit einer Textur überzogen. Die Gleitkomma-Texturierung ermöglicht hierbei interessante Effekte wie beispielsweise omnidirektionale Schattenmaps, Tiefenunschärfe und Raytracing.

Die Vorteile der HDR-Technik sind in Abb. 5 verdeutlicht. Das Bild auf der linken Seite wurde ohne HDR-Unterstützung erzeugt; die Lichtquellen unterscheiden sich daher in ihrer Intensität lediglich um den Faktor 100:1. Dies führt dazu, dass die Lichtdarstellung am Fenster und am Boden völlig überzogen erscheint. Das Bild rechts hingegen wurde in HDR-Technik erzeugt, was zur Folge hat, dass der Unterschied in der Intensität der Lichtquellen nun 9000:1 beträgt. Auf diese Weise wird der Lichteinfall am Boden und auf dem Landschaftsbild an der Wand deutlich natürlicher und nuancierter dargestellt.



Bild mit freundlicher Genehmigung von Microsoft

Abb. 5: Lichtdarstellung ohne/mit HDR (links/rechts)

Farbwertespeicherung

Einer der wichtigsten Aspekte des gesamten HDR-Renderingprozesses ist die korrekte Zuordnung von Farbwerten bei der Gammakorrektur. Um das überaus breite Wertespektrum adäquat abbilden zu können, kommt nur ein logarithmisches Speicherformat infrage.

Microsoft® Windows® verwendet standardmäßig sRGB, einen 8-Bit-Gammaraum. sRGB ist ein Format mit niedrigem Speicherplatzbedarf, das der Arbeitsweise traditioneller Röhrenmonitore entspricht und in der GeForce-Hardware auch weiterhin implementiert ist. Allerdings kann sRGB alleine nicht allen Anforderungen gerecht werden. Zwar werden die Daten logarithmisch dargestellt, der Wertebereich und die gebotene Genauigkeit reichen jedoch nicht aus, um die beim Rendering errechneten Lichttransportdaten mit der gebotenen Präzision abbilden zu können.

Tabelle 1 zeigt in dieser Hinsicht den Unterschied zwischen RGB und OpenEXR; OpenEXR bietet einen größeren Wertebereich für Berechnungen wie beispielsweise den Lichttransport. Für die Speicherung und Wertezuordnung (z. B. im Zuge von Tone-Mapping oder Farbkorrektur beim HDR-Rendering) ist sRGB jedoch weiterhin eine gute Wahl.

Tabelle 1: Wertebereiche für die Farbdarstellung

	Spektrum	Präzision	Speicherbedarf*	Anmerkungen
RGBE	76,8 dB	9 Bit logarithm.	189,8 MB	Radiance-Format (komprimiertes 32-Bit-Float-Format)
32-Bit-TIFF	76,8 dB	24 Bit logarithm.	759,4 MB	32-Bit-Gleitkommaformat nach IEEE 754
OpenEXR	12,0 dB	11 Bit logarithm.	379,7 MB	16-Bit-Gleitkommaformat, entwickelt von IL&M
e-sRGB 12	4,6 dB	12 Bit Poly	213,6 MB	Festgesetzter Wertebereich: [-0.53..1.68]
16-Bit-Int.	4,8 dB	16 Bit linear	379,7 MB	Festgesetzter Wertebereich: [0..1]
sRGB	3,5 dB	8 Bit Poly	189,8 MB	Festgesetzter Wertebereich: [0..1]
RGBA	2,4 dB	8 Bit linear	189,8 MB	Festgesetzter Wertebereich: [0..1]

* **Hinweis:** Grundlage für die Berechnung des Speicherbedarfs: 1 Sekunde 1080p-ATSC-Video.

Hinzu kommt, dass aktuelle Spiele so genannte „dynamische Lichtgebung“ einsetzen, eine Technik, bei der die dynamischen Lichtbereichs- und Reflexionsdaten für jede Lichtquelle separat berechnet und dann in einem Puffer addiert werden. Das Problem hierbei ist, dass sich sRGB-Werte nicht ohne weiteres addieren lassen. Die Werte müssten hierzu konvertiert, dann erst addiert und schließlich wieder in das sRGB-Format zurückgewandelt werden, was logischerweise zu bedeutenden Leistungseinbußen führt. Ein Verzicht auf die Formatkonvertierung würde jedoch zu inakzeptabler Bildqualität führen.

Die NVIDIA HPDR-Technologie löst dieses HDR-Dilemma, indem sie für Speicherung, Blending, Shading, Texturierung und Filterung beim Lichttransport ein 16-Bit-Gleitkommaformat einsetzt, das aus der Filmbranche stammt und auch den hohen dort gestellten Anforderungen gerecht wird. Gleichzeitig kann für das Tone-Mapping sowie die Farb- und Gammakorrektur weiterhin auf das speichereffiziente sRGB-Format zurückgegriffen werden.

„Die wirklichkeitsgetreue Abbildung des riesigen Farb- und Helligkeitsspektrums der realen Welt war immer eines der größten Probleme der Computergrafikbranche. Dank NVIDIAs neuen Möglichkeiten für Gleitkomma-Texturierung und -Blending bei gleichzeitiger sRGB-Gammakorrektur lässt sich eine exakte Farb- und Lichtdarstellung beim HDR-Rendering jetzt jedoch sehr einfach implementieren.“

**Herb Marselas, CEO/Director of Technology
Emogence, LLC**

Der bestechendste Aspekt der NVIDIA HPDR-Technologie ist wahrscheinlich jedoch ihre hardwareseitige Implementierung. Pixelshader-Codierung und -Decodierung werden überflüssig, und die gesamte Funktionalität ist über Microsoft DirectX® 9.0 and OpenGL® offengelegt.

Antialiasing mit gedrehtem Raster

In der neuesten Generation der GeForce-Chips kommt ein verbesserter Antialiasing-Abtastalgorithmus auf Grundlage eines gedrehten Rasters zum Einsatz. Da weiterhin für jeden Pixel vier Samples genommen werden, erreicht auch der neue Ansatz weiterhin branchenführende Leistungswerte; dank der neuen Anordnung der Samples steigt jedoch die Farbgenauigkeit deutlich. Beim bisherigen Verfahren wurden für jeden Pixel vier Subpixel-Samples in einem 2x2-Quadratmuster genommen. Das neue Verfahren hingegen arbeitet mit einem kleinen Trick: Das Subpixel-Muster wird einfach leicht gedreht, sodass die vier Samples nun in einem 4x4-Rautenmuster entnommen werden. Abbildung 6 verdeutlicht dies grafisch (gedrehtes Rautenmuster des GeForce 6 im rechten Bild).

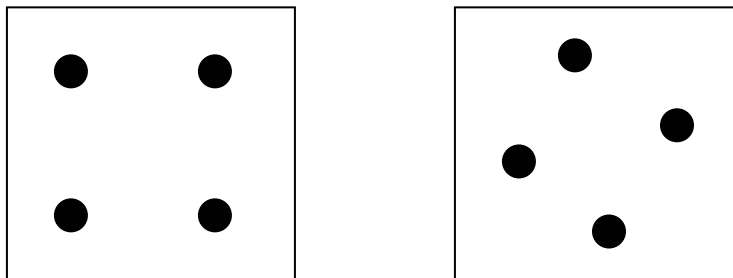


Abb. 6: Subpixel-Muster des GeForce FX (links) im Vergleich zum GeForce 6 (rechts)

Das neue gedrehte Raster hat den Vorteil einer deutlich besseren Subpixel-Abdeckung über die Höhe und Breite des Pixels. Abbildung 7 zeigt den Unterschied: Beim GeForce FX sind horizontal wie auch vertikal jeweils nur zwei Werte vorhanden, beim GeForce 6 jedoch in beide Richtungen vier. Diese verbesserte Abdeckung ermöglicht eine höhere Farbgenauigkeit an Polygonkanten.

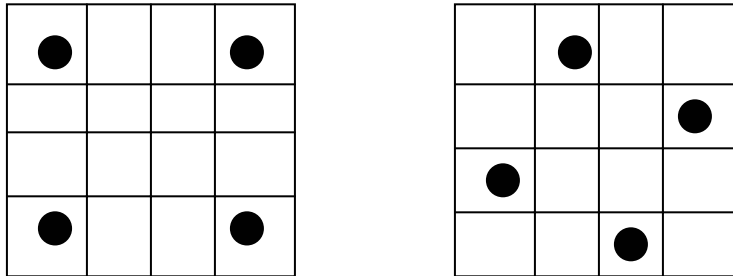


Abb. 7: Subpixel-Muster des GeForce FX (links) und GeForce 6 (rechts) mit den horizontalen und vertikalen Werten

Für weitergehende Informationen zu Antialiasing und den dabei verwendeten Abtasttechniken sei an dieser Stelle auf die technische Übersicht „NVIDIA Accuview Technologie: Subsystem für High-Resolution Antialiasing (TB-00311-001)“ auf www.nvidia.de hingewiesen.

Neue Perspektiven

Zusammen sorgen die superskalare Architektur der neuen GeForce 6-Chips, die native 32-Bit-Pipeline sowie die innovativen neuen Technologiemerkmale für deutlich bessere Leistung und Präzision bei einer Vielzahl von Grafikberechnungen und Effekten. Erstmals lassen sich viele Profitechniken nun auch am PC in Echtzeitanwendungen und Spielen realisieren – hier seien als Beispiele nur Texturfilterung, HDR-Rendering, Bewegungs- und Tiefenunschärfe oder 16fache anisotrope Filterung genannt. PC-Grafik rückt damit einen weiteren Schritt näher an echte Kinoqualität.



© 2004 NVIDIA Corporation

Abb. 8: Die GeForce 6-Grafikprozessoren bieten unübertroffen realistische Grafikdarstellung in führenden Anwendungen.

Zusammenfassung

NVIDIAs GeForce 6-Grafikprozessoren bieten ein unübertroffen realistisches Grafikerlebnis in modernen Grafikanwendungen und Spielen. Hohe Qualität muss nun nicht mehr mit Leistungseinbußen einhergehen – Entwickler können ihrer Kreativität freien Lauf lassen und sich mit aufwändigen Effekten in komplexen Digitalwelten austoben.

Revolutionäre Technologieinnovationen wie NVIDIA HPDR mit seiner durchgängig hohen Gleitkommagenauigkeit im gesamten Renderingprozess sorgen für weitere Qualitätsgewinne und eröffnen einzigartige Effektmöglichkeiten. Das neue Antialiasing mit seinem gedrehten Raster schließlich erreicht eine deutlich bessere Pixelabdeckung für noch genauere Polygonkanten.

Zusammengefasst glänzt die neue Architektur also durch eine verbesserte Pixelpipeline (siehe Tabelle 2) sowie Unterstützung für Echtzeit-Gleitkommaberechnungen in den folgenden Funktionsbereichen:

- 2D-Grafik
- 2D-Texturen mit Mipmaps
- Cubemaps
- Volume-Maps
- Shading
- Texturfilterung
- Blending
- Filterung

Tabelle 2: Architekturmerkmale des GeForce 6

Architekturmerkmale des GeForce 6	
Pixelpipelines	16
Superskalare Shader	Ja
Pixelshaderberechnungen pro Pixel	8
Pixelshaderberechnungen pro Takt	128
Pixelshadergenauigkeit	32 Bit
Pixel pro Taktzyklus (1 Textur)	16
Pixel pro Taktzyklus (2 Texturen)	8
Adaptive anisotrope Filterung	Ja
Z-Stencil-Pixels pro Taktzyklus	32

Was ist Film, was ist am PC erzeugt? Selbst der Experte wird in Zukunft schon zweimal hinschauen müssen, um diese Frage zu entscheiden. Mit seiner superskalaren Architektur und der nativen 32-Bit-Pipeline bietet der GeForce 6 Grafik auf dem neuesten Stand der Technik – und wird dazu beitragen, dass bald auch noch die letzten Unterschiede zwischen Film und virtueller Welt verschwinden.



Hinweis

ALLE NVIDIA-DESIGNSPEZIFIKATIONEN, REFERENZPLATINEN, DATEIEN, ZEICHNUNGEN, DIAGNOSEPROGRAMME, LISTEN UND SONSTIGEN DOKUMENTE (EINZELN ODER IM GANZEN ALS "MATERIALIEN" BEZEICHNET) WERDEN "AS IS" ("WIE BESEHEN") BEREITGESTELLT. NVIDIA GIBT HINSICHTLICH DER MATERIALIEN KEINERLEI GARANTIE, UNABHÄNGIG DAVON, OB DIESE AUSDRÜCKLICH, KONKLUDENT, GESETZLICH ODER ANDERWEITIG BEGRÜNDET SIND. INSBESONDERE WERDEN AUSDRÜCKLICH KEINERLEI GARANTIE HINSICHTLICH DER NICHTVERLETZUNG VON URHEBERRECHTEN, DER MARKTGÄNGIGKEIT SOWIE DER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK ÜBERNOMMEN.

Die in diesem Artikel genannten Informationen sind nach bestem Wissen und Gewissen zutreffend und verlässlich. Die NVIDIA Corporation übernimmt jedoch keinerlei Verantwortung für Konsequenzen, die aus der Nutzung dieser Informationen entstehen, bzw. für Patentrechtsverletzungen oder andere Verstöße gegen die Rechte Dritter, die aus einer solchen Nutzung entstehen. Es wird weder konkludent noch anderweitig eine Lizenz im Rahmen eines Patents oder eines Patentanspruchs der NVIDIA Corporation gewährt. Die in diesem Artikel genannten Spezifikationen können sich jederzeit ohne weitere Ankündigung ändern. Dieser Artikel löst alle eventuell vorab bereitgestellten Informationen ab und ersetzt diese. Ohne die ausdrückliche vorherige schriftliche Genehmigung der NVIDIA Corporation dürfen Produkte der NVIDIA Corporation nicht als missionskritische Komponenten in lebenserhaltenden Geräten oder Systemen eingesetzt werden.

Warenzeichen/Marken

NVIDIA, das NVIDIA-Logo und GeForce sind Warenzeichen und/oder eingetragene Marken der NVIDIA Corporation. Bei anderen Firmen- und Produktnamen kann es sich um Warenzeichen der jeweiligen Eigentümer handeln.

Copyright

© 2004 NVIDIA Corporation. Alle Rechte vorbehalten.



NVIDIA.

NVIDIA Corporation
2701 San Tomas Expressway
Santa Clara, CA 95050
www.nvidia.com