



Descrizione tecnica

Le GPU GeForce 6 Series:
prestazioni e qualità elevata per
effetti immagine di grande
complessità



Immagini più ricche e vibranti con GeForce 6 Series

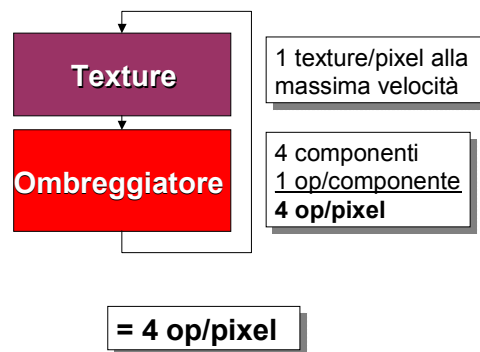
Le GPU NVIDIA® GeForce™ 6 Series portano l'imaging di alta qualità a livelli superiori di prestazioni e precisione, consentendo agli sviluppatori di creare effetti speciali in tempo reale ancora più sbalorditivi. Questa nuova generazione di GPU introduce un'innovativa architettura superscalare che supporta più operazioni per ciclo, eliminando la necessità di scendere a compromessi tra qualità e velocità e innalzando al contempo lo standard degli effetti speciali. Grazie al supporto in virgola mobile a 32 bit sull'intera pipeline, le GPU GeForce 6 Series sono in grado di offrire immagini di qualità cinematografica con colore a 128 bit effettivi. I programmatori possono lavorare nel più efficiente formato a 16 bit, o passare con maggiore facilità alla massima precisione quando l'azione o la scena richiedono gli effetti più nitidi e di massimo impatto.

La nuova tecnologia di filtratura e fusione delle texture a 64 bit, parte dell'architettura di GeForce 6 Series e basata sullo standard OpenEXR di proprietà di Industrial Light & Magic (<http://www.openexr.com/>), migliora ulteriormente la qualità dell'immagine sia in condizioni statiche che in movimento. Grazie all'implementazione delle texture a 64 bit di NVIDIA, il movimento è fluido e i dettagli della texture aumentano. I prodotti GeForce 6 Series includono anche un nuovo sistema di antialiasing a griglia ruotata che perfeziona i bordi dei poligoni grazie al supporto di valori di copertura subpixel più efficaci. Il risultato è una rappresentazione più accurata del colore dei pixel che fornisce una definizione chiara e nitida ai bordi dei poligoni.

Il presente documento offre una panoramica dell'architettura di NVIDIA GeForce 6 Series, nonché della sua qualità immagine avanzata e alcuni esempi degli effetti e delle tecniche inclusi.

Design superscalare

NVIDIA GeForce 6 Series introduce un'architettura degli ombreggiatori innovativa, in grado di raddoppiare il numero di operazioni per ciclo eseguite (figure 1 e 2). Due unità di ombreggiatura per pixel offrono un aumento del 200% nelle operazioni pixel di qualsiasi ciclo. Questo incremento delle prestazioni permette di eseguire una vasta gamma di calcoli e operazioni sui pixel di grande complessità. Di conseguenza, la nuova soluzione grafica mette a disposizione effetti visivi sbalorditivi e un nuovo livello di sofisticazione dell'immagine nel contesto di ambienti di gioco di



straordinaria rapidità e all'avanguardia, oppure di altre applicazioni interattive in tempo reale.

Figura 1. Le architetture di ombreggiatura non scalari tradizionali offrono un'unità di ombreggiatura ed elaborano un massimo di quattro operazioni per ciclo.

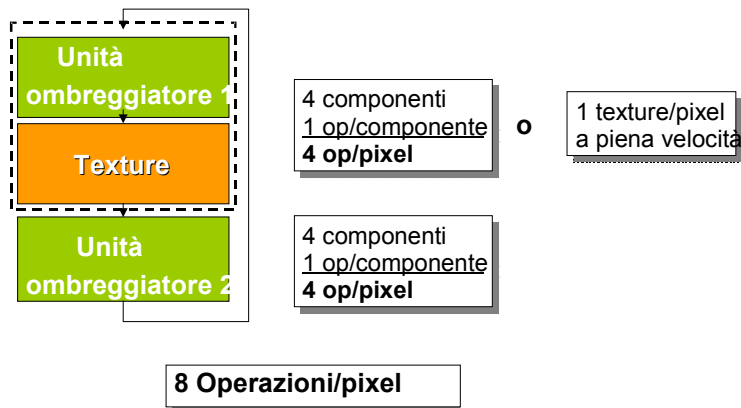


Figura 2. Ciascuna GPU GeForce 6 Series presenta un'architettura superscalare, con una seconda unità di ombreggiatura, per raddoppiare le operazioni pixel per ciclo.

Con due unità di ombreggiatura, l'architettura GeForce 6 Series supporta una vera e propria doppia elaborazione — due istruzioni eseguite nello stesso ciclo su unità di ombreggiatura differenti. Alcuni progettisti hanno tentato di perfezionare elevare il design a singolo ombreggiatore non-scalare mettendolo in grado di supportare due istruzioni nello stesso ciclo. La differenza tra questi due approcci è comunque significativa. Nelle architetture a ombreggiatore singolo, solo due istruzioni vengono eseguite sulla stessa unità ombreggiatore (figura 3), e le istruzioni operano su componenti della stessa parola o pixel. Al contrario, l'architettura di GeForce 6 Series fornisce un throughput più completo per i calcoli matematici eseguiti dai componenti pixel. Durante ciascun ciclo, le unità a doppio shader possono eseguire sino a quattro istruzioni per ciclo e sino a otto operazioni per pixel.

Note: Le “istruzioni” sono i comandi, inviati all'hardware, che possono agire su più componenti di un pixel e richiedono più operazioni. Le “operazioni” sono le funzioni matematiche eseguite per portare a termine un'istruzione.

Oltre a migliorare il throughput, l'architettura GeForce 6 Series aumenta la flessibilità di programmazione. I componenti pixel possono essere azionati individualmente, o in gruppi di due, tre, o quattro componenti per operazione. Questa capacità di definire i possibili raggruppamenti rende possibili numerose nuove tecniche di programmazione e accelera l'implementazione delle operazioni matematiche complesse che consentono di creare gli effetti di nuova generazione.

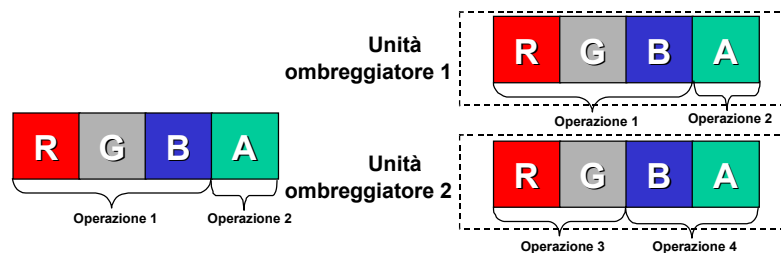


Figura 3. Architetture tradizionali (sinistra) a confronto con l'architettura superscalare di NVIDIA (destra).

Per riepilogare, l'architettura superscalare è in grado di eseguire un massimo di quattro istruzioni e otto operazioni per pixel, a confronto con il valore di appena due istruzioni e quattro operazioni offerto dalle architetture tradizionali. Nella figura 3, notare come le architetture tradizionali (sul lato sinistro della figura) possano supportare soltanto due istruzioni per pixel per ciclo, con un raggruppamento limitato dei componenti dei pixel per ciascuna operazione. D'altro canto, l'architettura superscalare di NVIDIA (sul lato destro della figura) è in grado di eseguire quattro istruzioni per pixel per ciclo, con la massima flessibilità nel raggruppamento dei componenti pixel.

Architettura nativa a 32 bit

L'architettura GeForce ha sempre permesso agli sviluppatori di scegliere il livello necessario di precisione per ciascuna immagine o scena. Ora la scelta è stata ulteriormente semplificata, dato che la riduzione di prestazioni associata con la precisione in virgola mobile a 32 bit effettivi è stata del tutto eliminata.

Gli sviluppatori possono comunque continuare a utilizzare la modalità a 16 bit nei casi in cui l'efficienza dello spazio della memoria rappresenti una priorità, ma ora possono ottenere immagini di qualità superiore in una gamma decisamente più ampia di situazioni in tempo reale. Gli utenti apprezzeranno e potranno godere appieno delle più ricche e vibranti esperienze grafiche, mentre gli sviluppatori dei giochi saranno in grado di differenziarsi dai propri concorrenti.

Tecnologia di filtratura e fusione delle texture a 64 bit

Grazie alla tecnologia di implementazione delle texture a 64 bit di NVIDIA, la grafica continua a fare passi avanti verso un rendering sempre più compiutamente fotorealistico. Questo tipo di rendering a gamma dinamica elevata permette agli utenti di sperimentare effetti speciali ed ambienti realistici, quali l'intensa brillantezza della luce solare, o una superiore ricchezza tonale delle immagini più scure nella figura 4.



Immagine cortesemente offerta da Paul Debevec.

Figura 4. Esempio di illuminazione a elevata gamma dinamica. La gamma della luce bianca è molto brillante, ma viene conservato anche il dettaglio delle lastre di marmo scuro, in fondo all'immagine.

In passato, numerosi ostacoli limitavano questo tipo di rendering. I frame buffer dei computer avevano scale di visualizzazione lineari per le varie intensità di colore. Inoltre, i frame buffer standard a 32 bit per pixel offrivano soltanto 255 valori per rappresentare l'intera gamma di colore — del tutto insufficienti a rappresentare le immagini dinamiche. Così, gli sviluppatori erano costretti a sviluppare soluzioni ad hoc per realizzare questo tipo di grafica — ad inclusione dell'uso di dispendiose conversioni (quali la RGBE) all'interno del pixel shader. Oltre a ciò, gli sviluppatori si vedevano anche costretti ad abbandonare tecniche incompatibili che sarebbero state utili o vantaggiose (quali l'illuminazione dinamica), nonché ad emulare funzionalità mancanti nell'hardware grafico (come ad esempio la filtratura ad alta precisione).

L'architettura GeForce 6 Series offre la tecnologia di implementazione delle texture a 64 bit di NVIDIA, che soddisfa pienamente le esigenze delle tecniche di rendering ad elevata gamma dinamica, straordinariamente impegnative. La filtratura e fusione delle texture a 64 bit offre una maggiore precisione dei dati durante le operazioni di ombreggiatura, fusione e filtratura, migliorando sia le immagini statiche che quelle dinamiche.

Grazie alla filtratura e fusione delle texture a 64 bit, il rendering a elevata gamma dinamica viene implementato con efficienza e massimo valore estetico. L'operazione di rendering viene suddivisa in tre fasi — trasporto della luce, mappatura dei toni e correzione del colore e della gamma.

Trasporto della luce

La fase di trasporto della luce consiste nell'analisi di geometria, mappe texture, posizioni delle luci e radianza delle luci per produrre un unico valore di radianza per pixel altamente dinamico per la luce riflessa, basato sulle superfici visibili. Questo valore non ha alcuna limitazione. L'informazione pertinente deve essere archiviata in un frame buffer con sufficiente precisione e gamma da rappresentare correttamente la vasta gamma di valori di intensità della luce. La possibilità di conservare una gamma più ampia permette l'archiviazione di dati con maggiore precisione e, di conseguenza, una maggiore accuratezza del risultato visivo.

L'implementazione delle texture a 64 bit di NVIDIA segue lo stesso metodo di codifica dello standard OpenEXR, SM10e5. Questo significa che per trasportare le informazioni sulla luce vengono utilizzati 1 bit di segnalazione, 10 bit di mantissa e 5 bit di esponente.

La *gamma* di questo potente formato dipende dai valori di e e m .

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

$e > 0$

$e = 0$

$e=31, m=0$

$e=31, M>0$

Note: In questo esempio la gamma dinamica è = 12 dB, con valore massimo 65504 e valore minimo 2^{-24} .

Questa quantità di gamma e precisione è necessaria per catturare con precisione la vasta gamma e precisione dei dati di trasporto della luce.

Mappatura dei toni

I dati di output della fase di trasporto della luce vengono quindi mappati sui valori di colore e operano sull'immagine 2D. Il processo è noto come mappatura dei toni.

Correzione di colore e gamma

La fase finale, nota come correzione di gamma e colore, mappa questi valori di colore da uno “spazio di colore” standard — nel quale rosso, verde e blu sono definiti in modo dato — nello “spazio di colore” rosso, verde e blu dello specifico monitor in oggetto. Inoltre, viene applicata una correzione della gamma in modo che la differenza logaritmica dell'intensità di colore calcolata all'inizio del processo di rendering venga trasferita al dispositivo di visualizzazione finale.

L'occhio umano risponde alla luce in modo logaritmico. In effetti, l'occhio umano è più sensibile alle basse intensità di luminosità ed è in grado di scorgere con maggiore dettaglio le sfumature più scure rispetto a quelle di intensità maggiore o alla luce brillante. Questa fase finale mappa i dati sul monitor pur conservando l'effetto visivo corretto.

Requisiti delle GPU per il rendering con implementazione delle texture a 64 bit

Per applicare questa strategia di rendering, le GPU devono essere in grado di eseguire ombreggiatura, fusione, filtratura e texturing in virgola mobile. Infine, devono anche essere in grado di archiviare i colori in modo da preservare la natura logaritmica dei dati.

Ombreggiatura in virgola mobile

Come citato in precedenza, l'ombreggiatura a 32 bit è la modalità nativa delle GPU GeForce 6 Series. Le operazioni di ombreggiatura possono essere eseguite alla massima velocità pur conservando un'estrema precisione. Effetti corretti dal punto di vista fisico quali illuminazione, iridescenza e dispersione subsuperficiale sono tutte renderizzati in modo sbalorditivo a velocità strabilianti.

Fusione in virgola mobile

L'operazione di fusione combina i pixel precedentemente renderizzati con il valore di un frammento appena calcolato che esiste in una posizione data. A seconda dell'effetto in corso di renderizzazione, i valori vengono miscelati per ottenere un valore di colore finale. A una maggiore precisione corrisponde una maggiore accuratezza e una qualità superiore del pixel di fusione.

Gli effetti che traggono vantaggio dalla fusione in virgola mobile includono la sfocatura di movimento e le ombre morbide, oltre all'accumulazione che risulta da più calcoli di illuminazione dinamica della scena.

Filtratura in virgola mobile

L'operazione filtra i pixel per rendere più nitido un oggetto oppure per attenuare i bordi di una scena. La filtratura migliora l'aspetto durante il movimento, come accade per le filtrature bilineare e trilineare. Questa soluzione può anche migliorare la nitidezza dell'immagine se i pixel raffigurano un oggetto da un angolo di visualizzazione estremo (questa funzione è nota come filtratura anisotropa). Altri effetti di filtratura in virgola mobile includono la mappatura dei toni e il bagliore, che sono richiesti per il rendering a elevata gamma dinamica.

Oltre a ciò, le GPU NVIDIA GeForce 6 Series supportano un livello superiore di precisione e la filtratura anisotropa 16×.

Texturing in virgola mobile

L'operazione di texturing applica una texture a un poligono dato. La possibilità di usare texture in virgola mobile consente di ricorrere a effetti esclusivi quali le mappe ombre onnidirezionali, la profondità di campo e il ray-tracing.

A sinistra della figura 5 è possibile vedere un'immagine senza elevata gamma dinamica. La differenza tra le intensità delle sorgenti luminose è soltanto di 100:1. Il risultato è l'aspetto sfocato del panorama fuori della finestra e del pavimento illuminato. L'immagine sulla destra è stata ricavata sfruttando un'elevata gamma dinamica. La differenza fra le intensità delle sorgenti luminose è superiore a 9000:1. Ora è possibile notare lievi variazioni di illuminazione sul pavimento e nel panorama fuori della finestra.



offerta da Microsoft.

Immagine cortesemente

Figura 5. Immagine senza elevata gamma dinamica (sinistra) e con elevata gamma dinamica applicata (destra).

Archiviazione dei colori

La possibilità di mappare i valori dei colori durante la fase di correzione gamma è una parte cruciale della tecnica di rendering a elevata gamma dinamica. Per preservare l'ampia gamma di valori, si deve adottare un formato logaritmico.

Il formato sRGB, che è uno spazio di colore gamma a 8 bit, è lo standard del sistema operativo Microsoft® Windows®. Il formato sRGB è una soluzione di storage a basso costo perfettamente adeguata ai CRT e implementata nell'hardware GeForce. Tuttavia, il formato sRGB in sé e per sé non è sufficiente. Sebbene il formato sRGB fornisca una rappresentazione logaritmica dei dati, non ha gamma e precisione sufficienti a rappresentare accuratamente i dati calcolati durante la fase di trasporto della luce del rendering.

Nella Tabella 1, si noti la differenza di gamma tra il formato sRGB e quello OpenEXR. Il formato OpenEXR offre una gamma più ampia per calcoli quali il trasporto della luce. Tuttavia, per qualsiasi tipo di storage e mappatura (quali quelli utilizzati durante le fasi di mappatura dei toni o correzione di colore del rendering a elevata gamma dinamica), il formato sRGB è una scelta intelligente.

Tabella 1. Gamme di colore

	Gamma	Precisione	Storage*	Note
RGBE	76,8 dB	Log a 9 bit	189,8 MB	Float a 32 bit con radianza compressa
TIFF a 32 bit	76,8 dB	Log a 24 bit	759,4 MB	IEEE-754 in virgola mobile a 32 bit
OpenEXR	12,0 dB	Log a 11 bit	379,7 MB	A sviluppo ILM in virgola mobile a 16 bit
e-sRGB 12	4,6 dB	Poli a 12 bit	213,6 MB	Vincolato a [-0.53..1.68]
Int a 16 bit	4,8 dB	Lineare a 16 bit	379,7 MB	Vincolato a [-0..1]
sRGB	3,5 dB	Poli a 8 bit	189,8 MB	Vincolato a [-0..1]
RGBA	2,4 dB	Lineare a 8 bit	189,8 MB	Vincolato a [-0..1]

*Nota: Le informazioni di storage sono basate su un singolo frame a 1600 × 1200 di risoluzione di video 1080p ATSC.

Inoltre, i giochi all'avanguardia si avvalgono di una tecnica definita “illuminazione dinamica”, nella quale la gamma dinamica e i dati di riflessione di ciascuna sorgente luminosa sono calcolati separatamente e quindi sommati in un buffer. Sfortunatamente, i valori sRGB non possono essere sommati. Per arrivare a questo risultato, i valori dovrebbero essere convertiti, sommati e quindi riconvertiti nel formato sRGB. Il risultato sarebbe un compromesso per quanto riguarda le prestazioni. La mancata conversione a un altro formato darebbe luogo a difetti visivi evidenti.

La tecnologia di filtratura e fusione delle texture a 64 bit permette di risolvere il problema del rendering a elevata gamma dinamica. Questa soluzione offre formati in virgola mobile a 16 bit di qualità cinematografica per storage, fusione, ombreggiatura, texturing e filtratura durante la fase di trasporto della luce. Inoltre, permette l'uso dell'efficiente formato sRGB nelle fasi di mappatura dei toni e dei colori e nella correzione della gamma.

“La rappresentazione accurata dell'enorme gamma di colori e luci visibili nel mondo reale è sempre stata una sfida per la grafica computerizzata. Ora che NVIDIA offre il supporto completo delle texture e della fusione in virgola mobile, nonché la correzione della gamma sRGB, la riproduzione accurata di colori e luci in rendering ad elevata gamma dinamica può essere implementata con facilità.”

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

Ma il miglior risultato in assoluto è che la tecnologia di filtratura e fusione delle texture a 64 bit viene implementata a livello dell'hardware. Non c'è nessuna codifica o decodifica del pixel shader con cui fare i conti. Oltre a ciò, è già esposta nelle API di Microsoft DirectX® 9.0 e OpenGL®.

Antialiasing a griglia ruotata

La generazione più nuova di GPU NVIDIA GeForce introduce un algoritmo di campionamento dell'antialiasing a griglia ruotata. Basato su quattro campioni per pixel, il nuovo schema mantiene prestazioni leader del settore pur incrementando in modo significativo l'accuratezza del colore. In precedenza, i quattro subpixel erano campionati in un modello di griglia due per due per ciascun pixel. Ruotando leggermente il modello dei quattro subpixel, il nuovo schema di antialiasing offre il campionamento di una griglia romboidale quattro per quattro. Nella figura 6, si noti come il modello subpixel delle GPU GeForce 6 Series (destra) sia stato ruotato in una forma romboidale.

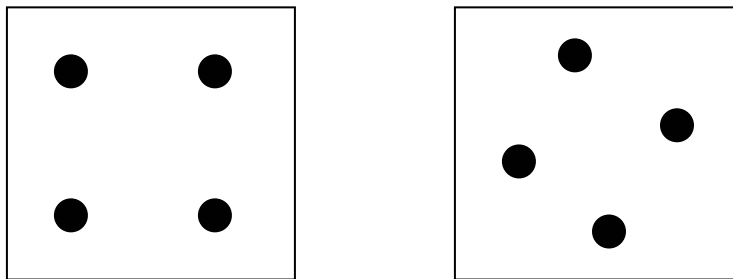


Figura 6. Un pixel GeForce FX (sinistra) e un modello subpixel GeForce 6 Series (destra).

La configurazione a griglia ruotata consente una copertura subpixel superiore nelle dimensioni orizzontale e verticale. Nella figura 7, si noti che l'architettura GeForce FX fornisce copertura a due valori verticali e due valori orizzontali, mentre la copertura di GeForce 6 Series si estende su quattro valori per le posizioni subpixel orizzontali e verticali. La maggiore copertura produce una superiore precisione del colore ai bordi dei poligoni.

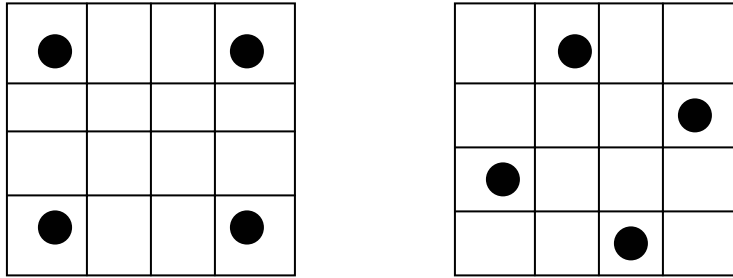


Figura 7. Modelli pixel per le architetture GeForce FX (sinistra) e GeForce 6 Series (destra) che evidenziano i valori orizzontali e verticali.

Per una spiegazione più dettagliata delle tecniche di antialiasing e campionamento, fare riferimento al documento tecnico NVIDIA, “Tecnologia NVIDIA Accuvision: sottosistema di antialiasing ad alta risoluzione (TB-00311-001)” all'indirizzo www.nvidia.com.

La nuova era degli effetti speciali

L'architettura superscalare delle nuove GPU GeForce 6 Series, con la sua pipeline nativa a 32 bit e le innovazioni dell'imaging, migliora velocità e precisione su una vasta gamma di operazioni ed effetti di imaging. Numerose operazioni diventano pratiche per la prima volta nel contesto delle applicazioni e dei giochi in tempo reale — la filtratura delle texture, gli effetti a elevata gamma dinamica, la profondità di campo, le sfocature e la filtratura anisotropa $16\times$ — portando nuovo realismo e verosimiglianza cinematografica al PC (figura 8).



© 2004 NVIDIA Corporation

Figura 8. GeForce 6 Series offre un realismo senza precedenti alle applicazioni grafiche all'avanguardia.

Conclusione

NVIDIA GeForce 6 Series porta un realismo senza precedenti alla nuova generazione di applicazioni grafiche più all'avanguardia. Senza essere costretti a scambiare la velocità con la qualità, gli sviluppatori possono implementare effetti speciali visivi davvero sbalorditivi all'interno di scene e mondi digitali di grande complessità.

Innovazioni rivoluzionarie quali il rendering con filtratura e fusione delle texture a 64 bit consentono una maggiore qualità visiva ed effetti speciali esclusivi pur mantenendo la precisione in virgola mobile in tutti gli aspetti del rendering, ad inclusione di ombreggiatura, texturing, filtratura e fusione. L'antialiasing a griglia ruotata aumenta la qualità complessiva dell'immagine fornendo più livelli di copertura ai bordi del poligono.

Per riepilogare, l'architettura più recente offre una pipeline pixel avanzata (Tabella 2) e permette operazioni in virgola mobile in tempo reale nelle seguenti aree:

- ❑ Grafica 2D
- ❑ Texture 2D con mipmap
- ❑ Mappe cubiche
- ❑ Mappe volumetriche
- ❑ Ombreggiatura

- Filtratura delle texture
- Fusione
- Filtratura

Tabella 2. Caratteristiche dell'architettura delle GPU GeForce 6 Series

Caratteristiche dell'architettura delle GPU GeForce 6 Series	
Pipeline dei pixel	16
Ombreggiatore superscalare	Sì
Operazioni/pixel del pixel shader	8
Operazioni/clock del pixel shader	128
Precisione del pixel shader	32 bit
Pixel/clock della singola texture	16
Pixel/clock per doppia texture	8
Filtratura anisotropa adattiva	Sì
Pixel/clock z-stencil	32

Presto, anche gli esperti avranno grande difficoltà a distinguere le scene generate dal computer da quelle filmate dal vivo. Grazie all'architettura superscalare, alla pipeline nativa a 32 bit e alle capacità di imaging all'avanguardia, NVIDIA GeForce 6 Series sta abbattendo gli ultimi ostacoli che ancora impediscono il conseguimento del realismo cinematografico nei mondi virtuali.



Notifica

TUTTE LE SPECIFICHE DI PROGETTAZIONE NVIDIA, LE SCHEDE DI RIFERIMENTO, I FILE, I DISEGNI, LA DIAGNOSTICA, LE LISTE E ALTRI DOCUMENTI (UNITAMENTE E SEPARATAMENTE, DEFINITI "MATERIALI") SONO FORNITI NELLO STATO IN CUI SI TROVANO. NVIDIA NON OFFRE GARANZIE, ESPRESSE, IMPLICITE, STATUTARIE O DI ALTRO TIPO IN RELAZIONE AI MATERIALI, E RIFIUTA ESPRESSAMENTE OGNI GARANZIA IMPLICITA DI NON VIOLAZIONE, COMMERCIALIZZABILITÀ E IDONEITÀ A SCOPI SPECIFICI.

Le informazioni fornite sono ritenute accurate e affidabili. Tuttavia, NVIDIA Corporation non si assume alcuna responsabilità per le eventuali conseguenze derivanti dall'uso di tali informazioni o da qualsiasi violazione di brevetti o altri diritti di terze parti che possono conseguire dal loro uso. Non viene concessa alcuna licenza implicita o in altro modo in base a nessun brevetto o diritto di autore di proprietà di NVIDIA Corporation. Le specifiche tecniche menzionate nella presente pubblicazione sono soggette a modifica senza preavviso. Questa pubblicazione rimpiazza e sostituisce tutte le informazioni precedentemente fornite. Non si autorizza l'impiego dei prodotti di NVIDIA Corporation come componenti cruciali di dispositivi per il supporto vitale o per sistemi che non abbiano ricevuto l'espressa approvazione scritta di NVIDIA Corporation.

Marchi

NVIDIA, il logo NVIDIA e GeForce sono marchi o marchi registrati di NVIDIA Corporation. Altri nomi di società e di prodotti possono essere marchi o marchi registrati dei rispettivi detentori.

Copyright

© 2004 by NVIDIA Corporation. Tutti i diritti riservati.



NVIDIA.

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