



技術白皮書

為手機挹注高階繪圖效能

目錄

摘要.....	3
OpenGL ES 2.0 繪圖運算功能.....	3
超低功耗 GeForce GPU 架構.....	7
Early-Z 技術.....	8
綜合像素著色器和可編程混合單元.....	10
像素和材質快取可減少記憶體傳輸次數.....	10
覆蓋採樣反鋸齒技術.....	11
先進的非等相性過濾技術.....	12
最佳化記憶體控制器.....	13
先進功耗管理.....	14
使用者效益.....	16
更高效能的行動遊戲.....	16
硬體加速 Adobe Flash 之優點.....	17
快速回應的使用介面.....	22
Tegra 行動裝置的優質內容.....	23
結論.....	25

摘要

行動電話和運算技術的匯流已有好幾年時間了，我們現在才真正有機會體驗令人振奮的全新應用和使用模式，因為未來次世代的行動裝置才要實踐真正行動運算體驗。

消費者對新型行動裝置有很高的期待。這些新型裝置能提供比從前更逼真和更互動的體驗，這都讓使用者非常在意裝置的效能。消費者需要的是快速反應的使用者介面、優異的網路瀏覽速度、視覺豐富的線上和離線遊戲體驗，並要求可以透過裝置取得所有內容之餘，也希望電池的使用時間要比目前的行動電話更持久。

NVIDIA® Tegra™ 2 行動處理器是一顆專為目前和未來行動應用所需效能而設計的多核心系統單晶片(SoC)。Tegra 2 擁有一個強勁的頂點和像素處理架構，其內建的超低功耗 **GeForce™ GPU** 核心內含可降低功耗和提升繪圖品質的功能。

GeForce GPU 提供傑出的繪圖效能，實踐了次世代行動 3D 遊戲、流暢的 HD 影片播放、超快的線上 Flash 遊戲效能，以及快速反應的 GPU 加速使用介面，卻能讓行動裝置擁有持久電力。圖 1.是內含 GPU 核心的 NVIDIA Tegra 2 SoC 的區塊圖。

OpenGL ES 2.0 繪圖運算功能

OpenGL ES 是開發人員針對智慧電話、平板電腦和手持式遊戲裝置等行動裝置編寫繪圖應用程式標準的應用編程介面(API)。OpenGL ES API 是桌上型 OpenGL API 規格下的一每子集，是繪圖應用和 GPU 硬體之間一個有彈性和強勁的低階介面。最新的 OpenGL ES 2.x 版本的規格則鎖定現代 GPU 效能，完全可編程和代替所有 API 和可編程著色功能的固定功能元素。

大部分行動 GPU 架構都採用各種 OpenGL ES API 標準，它們主要部署由 OpenGL ES API 定義的邏輯處理功能。從圖 2.中可看到這種邏輯處理功能。

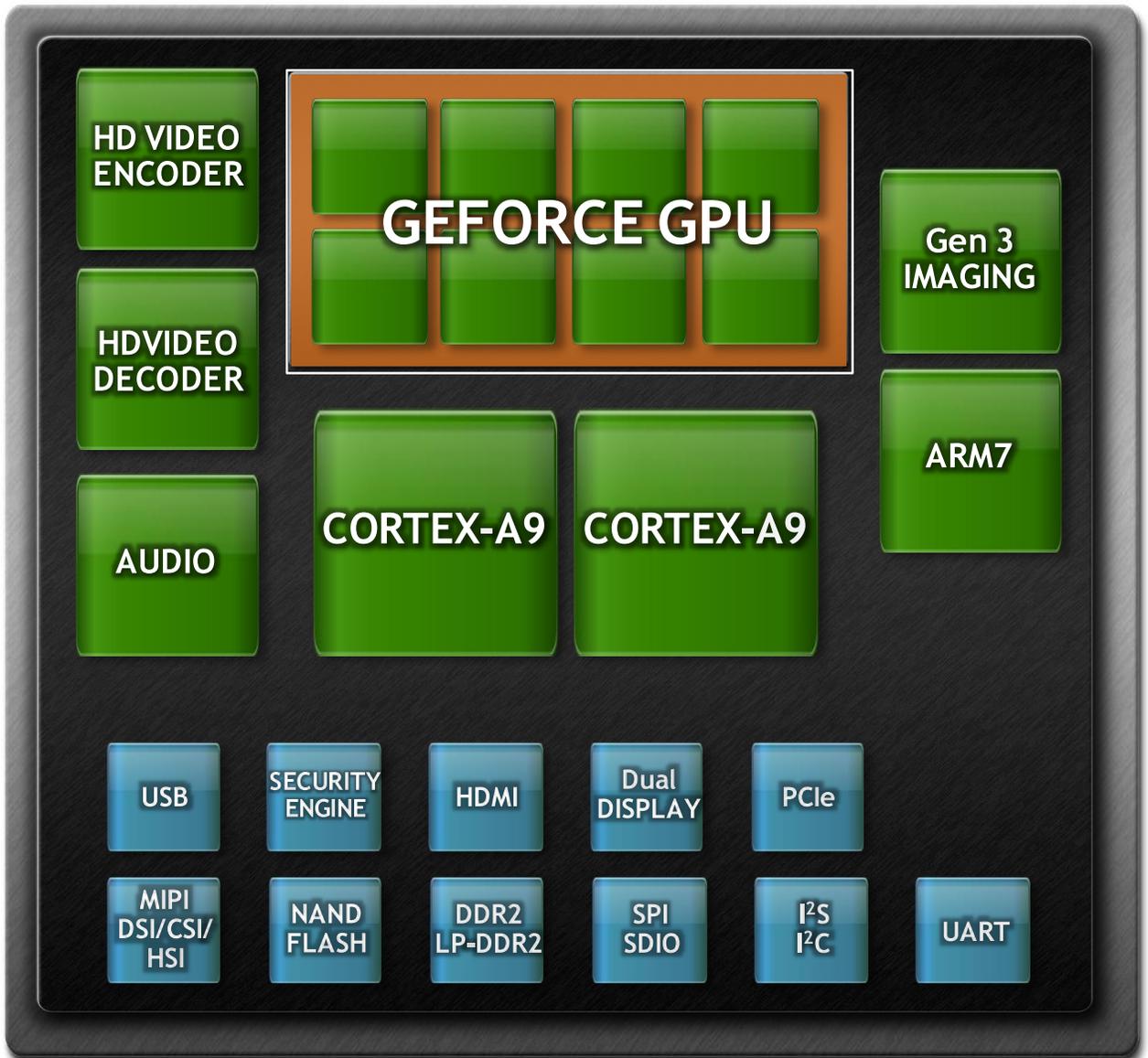


圖 1：內建 GeForce GPU 的 NVIDIA Tegra 2

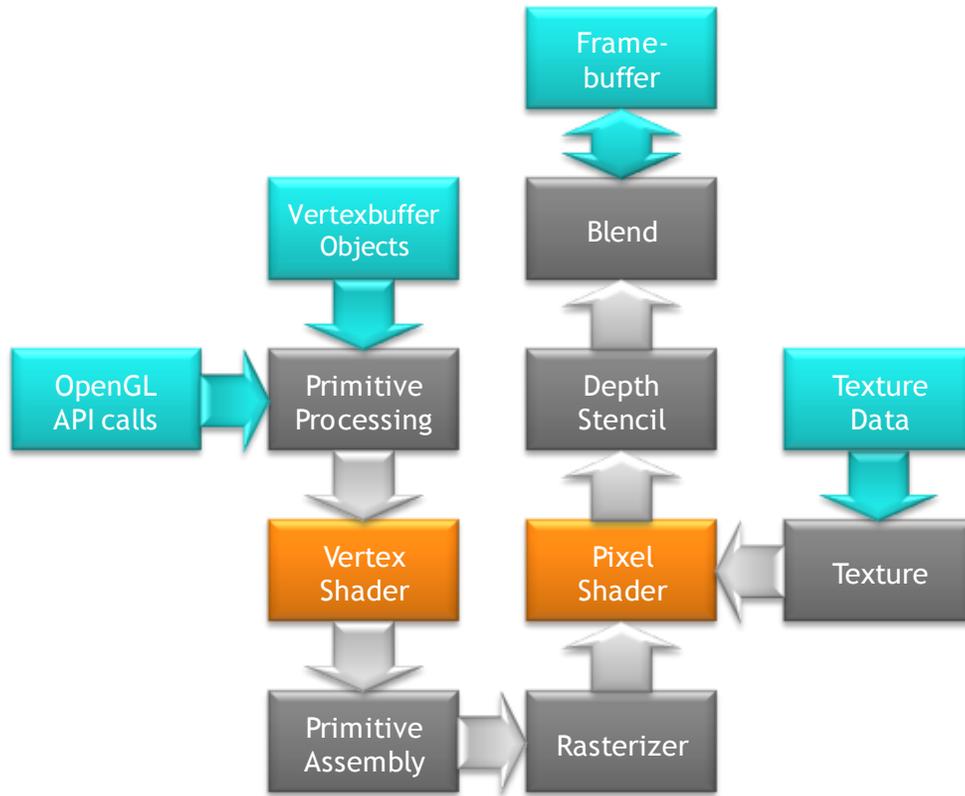


圖 2：OpenGL ES 2.0 的邏輯繪圖處理功能

為了呈現一個遊戲或繪圖應用中的一個場景，應用程式開發人員必須首先使用 3D 模型成模軟體，以創造不同的 3D 物件和人物模型。這些物件和人物每個都可以由數百個或數千個，甚至幾百萬個緊接的三角形網格組成，視乎想要呈現的幾何逼真度而定。舉例而言，從圖 3 可看到一名開發人員在呈現一隻海豚時所用的三角形網格。

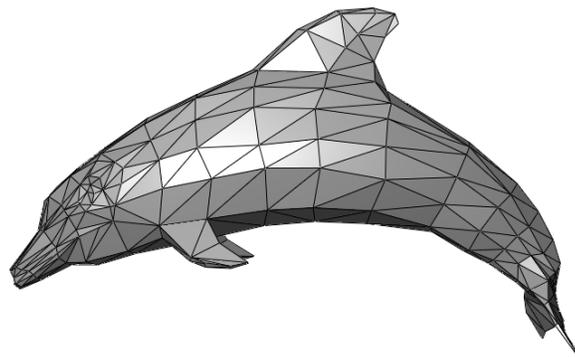


圖 3：3D 影像的三角形網格

接下來，這些模型可以用在 3D 遊戲軟體或其他 3D 應用，置入模擬的 3D 場景或「3D 世界」。3D 世界是由一個 X-Y-Z 座標系統形成，而 3D 物件或人物則放置在這個系統中的某

個特定位置。物件中的每個三角形是由三個頂點——每個頂點都由幾組定義頂點在 3D 世界中 XYZ 位置的數值組成。這些數值是顏色值(RGB)、alpha 透明度、材質座標值、正常向量值等項目定義。用以定義物件特別部份(例如一個戰士人物的前臂)的頂點數值組合，會被組群到頂點緩衝區中，看起來就像一串原始的頂點。3D 場景是由很多頂點緩衝區組成。

3D 軟體會對 GPU 驅動程式發出一個 OpenGL ES 請求，指向共享記憶體中頂點緩衝區的位置，讓 GPU 直接存取和處理頂點資料。OpenGL 的原始處理階段會在 GPU 內進行，並會將進入的頂點資料轉換成一個 GPU 可用的格式和組織。然後頂點會通過頂點著色器，在這裡頂點著色器程式可以執行不同的數值組合轉換和各種光影計算，將頂點移到新的 X、Y 或 Z 位置，或者改變各項光值。

轉換後的頂點與三角形、線或點等原始元素類似。這些原始元素然後會透過光柵化 (rasterization) 階段轉換成像素分割部分(pixel fragment)，為像素著色器階段作好準備，像素分割部分現在是一個 2D 螢幕空間格式。像素著色器階段會用一個像素著色器程式處理每個像素，而且很有可能運用新的光或顏色值，或材質，或最終用其他不同的作業計算一個最後用到像素上的顏色值。

在典型的 OpenGL 處理作業中，Z-buffer 會針對每個像素進行測試，決定像素離觀賞者眼睛的距離是否比目前在畫面緩衝區中落在相同螢幕位置上的像素還要近。如果根據 Z 值確定新的像素距觀賞者較近，它會取代目前在畫面緩衝區的像素值；但是如果新的像素在 Z 軸上比目前在螢幕上的像素落後，則會被捨棄。(要注意的是畫面緩衝區可能被放置在與 CPU 共用的系統記憶體空間裡；或者它也可能是獨立記憶體，例如在很多獨立型繪圖卡中的記憶體是專屬的)。如果這個可見的像素有 alpha 值，則表示它有部分是透明的，它會跟目前在畫面緩衝區中落在相同螢幕位置上的像素混合在一起。如果啟動反鋸齒功能，像素顏色值可能需要修正，以呈現看起來更平滑的邊緣，可在寫進入畫面緩衝區之前減少邊緣出現鋸齒狀的效果。

被 OpenGL ES 2.0 標準定義的頂點著色器和像素著色器皆是完全可編程的，可讓應用開發人員設計複雜和獨特的頂點和像素著色效果。

NVIDIA Tegra 行動處理器內建的 GeForce GPU 處理能力與 OpenGL ES 2.0 標準定義的 GPU 處理能力不分高低，但它有幾個特別的最佳化，可提供目前 GPU 架構所需的效能，又能確保符合行動裝置對低功耗的要求。

超低功耗 GeForce GPU 架構

NVIDIA 在業界的領導地位和視覺運算發明者的角色均備受肯定。Tegra 處理器中內建的 NVIDIA 全新超低功耗 GeForce GPU 源於桌上型 GeForce GPU 架構，不過它是特別為滿足目前和未來持續成長的行動繪圖應用量身打造的。

以 NVIDIA 大受好評的 GeForce GPU 架構為基礎，Tegra 內建的低超低功耗的 GeForce GPU 是經過高度客製化和修飾，以期提供遊樂戲等級的遊戲功能，同時保持超低的耗電量。GeForce 架構是固定功能的設計，包括完全可編程的像素和頂點著色器，以及一個可支援高品質非等向性過濾(Anisotropic Filtering)技術的先進材質單元。

圖 4 展示了 Tegra 行動處理器中內建的 NVIDIA 全新超低功耗 GeForce GPU 的繪圖處理作業過程。

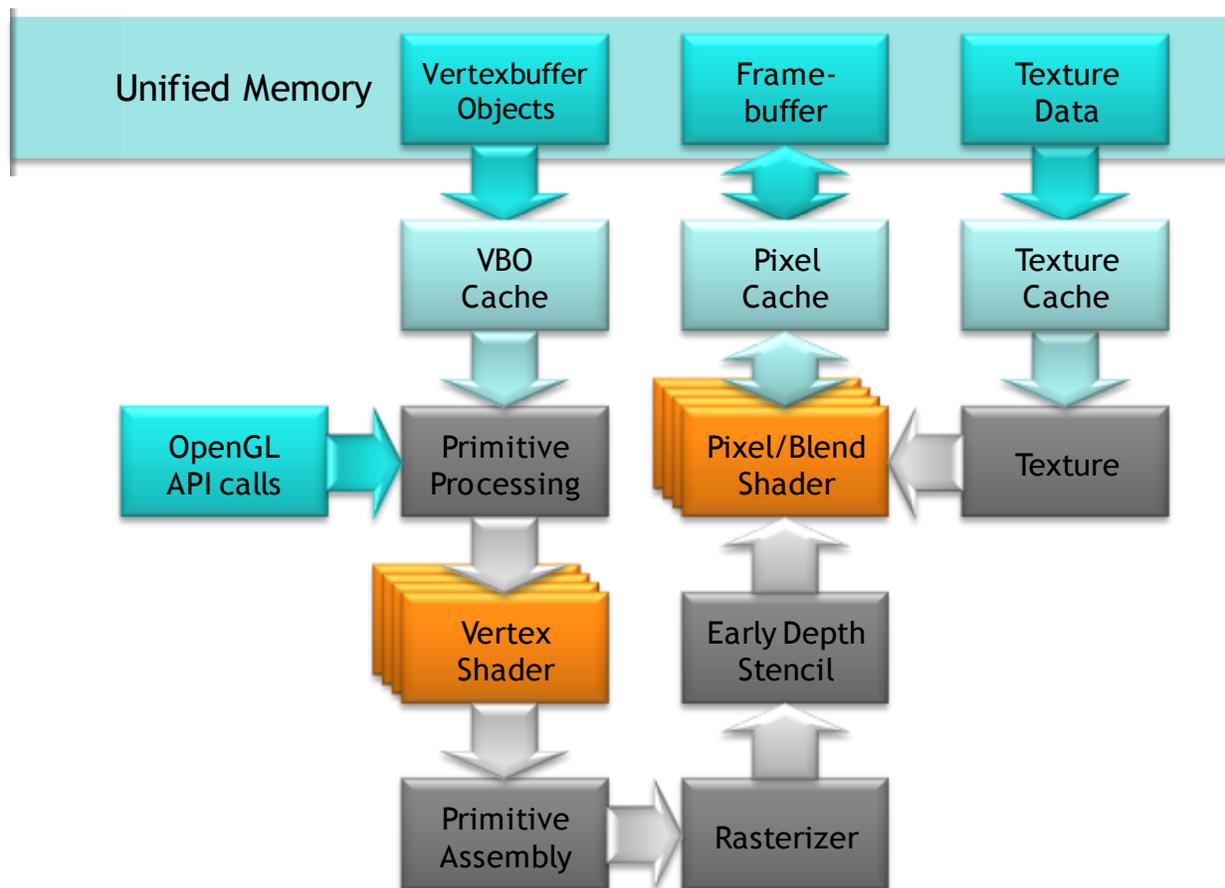


圖 4: NVIDIA Tegra 的 GeForce GPU 架構

GeForce GPU 內含四個像素著色器核心和四個頂點著色器核心，提供高速的頂點和像素處理技術和作業。GPU 管線使用 80 位元的 RBGA 像素格式，為像素處理作業提供 FP20 資料精準度，以及為頂點處理作業提供 FP32 精準度。它同時也採用獨家的非等向性過濾 (AF) 演算化，這種作法比很多桌上型 GPU 用的 AF 技術更優異。這個架構支援高動態範圍 (HDR) 光源技術、多重著色目標 (MRT)，以及非二次方 (non-power of two) 材質支援；也同時支援 DXT 和 ETC 材質格式。

雖然 GeForce GPU 架構跟 OpenGL ES 2.0 標準定義的架構相似，但後者有幾項特質和客製化功能，可大幅降低功耗和增加效能和繪圖品質。其中一些內建在 GPU 核心和 NVIDIA Tegra 2 行動處理器的獨特功能包括：

- Early-Z 支援，能過濾非可視的像素。
- 綜合的像素著色器和混合單元提供可編程的彈性和更高的效能。
- 像素快取、材質快取、頂點，以及屬性快取，可減少記憶體傳輸次數。
- 獨特的 5 倍覆蓋採樣反鋸齒 (CSAA) 技術，可用更少的記憶體頻寬即可達到更高的影像品質。
- 高階的非等向性過濾 (AF) 技術，可帶來高細節度的材質。
- NVIDIA 開發的客製化記憶體控制器，可提升 GPU 效能和降低功耗。
- 很多可達到超低功耗的功耗管理功能。

Early-Z 技術

現代的 GPU 使用一個 Z-buffer (亦稱為深度緩衝) 追蹤在場景中哪些像素是肉眼可看得到的，哪些是因為被其他像素阻擋而不需顯示的。在 Z-buffer 中每一個像素有相對應的 Z 資訊。

以檢視的角度而言，單一的 3D 視框在螢幕上顯示時會被處理和轉換成一個 2D 影像。這個視框是由一連串由主系統送到 GPU 的很多頂點組成的。多邊形是由很多頂點組合而成的，而後產生和顯示 2D 螢幕空間像素。

在一個特定的時間單位內建構單一的 2D 視框的過程中，例如第 1/60 秒，多個多邊形和它們相對應的像素可能會覆蓋在同一個 2D 螢幕像素的多個位置上。這種情況常被稱為深度複雜度 (Depth Complexity)，而現今的遊戲可能會有 3 個或 4 個的深度複雜度，甚至更多；在那裡會有三四個甚至更多顯示在一個視框中的像素覆蓋在相同 2D 螢幕位置上。

試想像在建構一個場景所需的一連串頂點中，要做成一面牆的多邊形 (和產生的像素) 要先處理；下一步是處理在牆面前的椅子所需的多邊形和像素。在螢幕上一個特定的 2D 像素

位置，其中所有的像素最終只有一個可以被觀看者看到——一個椅子用的像素或一個牆面用的像素。椅子距觀看者的距離較近，所以像素會被顯示出來。(要注意的是，有些物件可能是透明的，而透明物件用的像素可以跟已存在背景那些不透明或透明的像素混合在一起，或者也可以跟之前一個視框中，畫面緩存內的像素混合在一起)。

從圖 5 可看到單一的像素位置上簡單的 Z-buffer 技術之例子。要注意的是，在 Z-buffer 位置中我們沒有包含實際的 Z-buffer 資料。

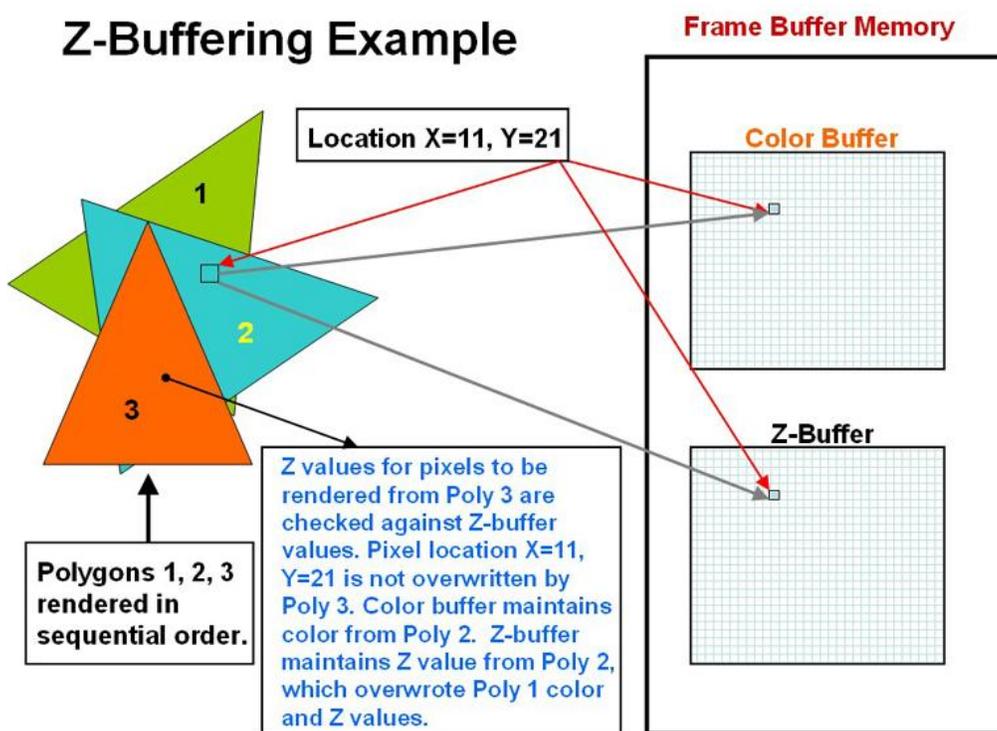


圖 5：Z-buffer 技術範例

由 OpenGL ES 2.0 邏輯管線針對個別像素資料的 Z 壓縮，會在像素著色器完成像素處理的過程後才會發生。在完成像素著色過程後才評估個別像素的困難在於，像素必須幾乎經過整個管線處理過程後才可發現一些像素會被阻擋而將要摒棄。也就是說，經過成千上萬個處理步驟的複雜著色器程式後，才知道處理過程都浪費在處理不會被顯示的像素！更重要的是，在行動裝置的例子，處理這些像素會在 GPU 和共享系統記憶體之間產生大量的資料傳輸次數。由於系統記憶體的位置不在晶片內，這些記憶體傳輸會耗費大量功耗，也會快速將電池耗盡。

如果在進入像素著色處理管線前可以採用 Early-Z 技術來測試像素的 Z 數值，那會有怎樣的改變？答案是可免除很多不必要的工作，提升效能和節省功耗。

GeForce GPU 的著色處理過程中有一個 Early-Z 的階段，就在像素著色器階段之前。這個建置在 Tegra 裡 GeForce GPU 核心的 Early-Z 技術是採用在高階桌上型 GeForce GPU 的改善版，針對行動裝置作最佳化。Early-Z 的作業是針對 Z 深度(Z-depth) 所測試的像素，並只將其中可被看得到的像素傳送到像素著色器區塊。透過 Early-Z 作業，GeForce 架構只會為那些通過 Z 測試、可被看到的像素擷取 Z、顏色和材質資料。Early-Z 技術可讓像素的處理過程變得有效率，並能準確地偵測和摒棄那些隱藏的像素。

Early-Z 處理過程的主要優點不僅是透過減少 GPU 和主系統記憶體之間的傳輸次數來大幅降低功耗，還有它的運作速度比其他 Z 壓縮演算法更快。Early-Z 技術大部分時間都能非常有效率地辨識和摒棄那些隱藏的像素。不過在極少數的特別場景中，編程器可能會在像素色處理過程完成後讓像素隱藏。針對這些少數的案例，GeForce 的處理管線則有一個後階段的深度和整合式像素著色器和混合單元之混合。

綜合像素著色器和可編程混合單元

OpenGL ES 2.0 的邏輯 GPU 管線針對像素混合技術在像素著色過程後釋出一個獨立階段。這個由邏輯管線定義的固定功能混合單元僅支援有限的混合著色作業。GeForce 管線整合了混合單元和像素著色器，建置一個可完全編程的混合著色器。由於這種整合色的設計的緣故，當沒有混合著色作業時像素著色器即可發揮混合著色器的處理效能。此外，這個可編程的混合著色器可讓 GeForce GPU 建立各種非 OpenGL 規格定義的混合著色模式。舉例而言，由於 GeForce GPU 內建可編程混合著色器，Adobe Flasher Player 即運用好幾個 OpenGL 沒有支援的混合著色模式作處理。

像素和材質快取可減少記憶體傳輸次數

傳統的 OpenGL GPU 管線明確說明像素資訊，例如材質、景深、顏色，以及儲存在系統記憶體(或繪圖專屬記憶體)中的其他屬性值。這些像素資訊在像素處理階段過程中會在記憶體之間傳輸，這需要大量晶片外部記憶體傳輸次數，因此會消耗大量功耗。GeForce 架構已配備晶片內建像素、材質、頂點和屬性快取，不僅有獨特的快取管理演算法來減少系統記憶體的傳輸次數，而且還能夠將這些快取記憶體的使用率達到最高。

像素快取通常用以存放晶片內建的像素之 Z 值和顏色值，而且可以被所有重覆存取的像素再次使用，例用使用者介面元素。由於在很多其他繪圖場景影像的像素顏色資料和景深資料都有很好的空間局限性(Spatial Locality)和時間局限性(Temporal Locality)，像素快取因此可提供不錯的快取成功率，並可降低資料存取系統記憶體的需要。

材質資料有很好的空間局限性和時間局限性。在雙線性等材質過濾作業的過程中，一個特定的像素通常會使用很多相同的材質元素(紋理影像元件)作為鄰近像素，同時材質往往最少會在影像的一些畫面中維持不變的。因此在晶片內，快取材質資料會讓材質資料再次得到很好的運用，以及大幅減少系統記憶體存取材質資料的次數。

有效率的材質快取的設計極為複雜，如果只有一般的快取管理技術會讓成功率不高。GeForce GPU 的像素和材質快取設計以 NVIDIA 在桌上型 GPU 方面超過 10 年有效快取技術的開發專業為基礎。超低功耗 GeForce GPU 的材質快取平均可達到 90% 的成功率，同時像素快取在很多情況下也可達到 50% 的成功率。因此，GeForce GPU 可透過快取大部分的顏色、Z 和材質資料時將存取系統記憶體的次數降到最低，最終可大幅節省用電量。

覆蓋採樣反鋸齒技術

Tegra 的 NVIDIA GeForce GPU 核心擁有一項獨特的反鋸齒技術，亦稱為覆蓋採樣反鋸齒技術(CSAA)。鋸齒狀指的是看起來應有平滑線條的影像出現參差不齊的邊緣，而電腦繪圖中的反鋸齒(AA)技術是要將這些參差不齊的線條回復平順。當高解析度的影像在低解析度的顯示器上呈現時，就會發生這種情形，或者當較高解析度影像轉為較低解析度時也會出現這種情形。

以往，GPU 採用各種 AA 技術，例如有多重採樣反鋸齒(MSAA)技術和超級採樣反鋸齒(SSAA)，來減少鋸齒狀的情形。這些技術需要將有解析度的影像的像素進行多次著色(例如 2xAA 就是著色兩次，4xAA 就是著色四次等，如此類推)，透過計算多次著色的樣本的最後一個像素來建立平順的線條和邊緣。(當開啟反鋸齒模式，一個像素的區域會視乎所需反鋸齒程度被分成好幾個次像素區域，例如 4xAA 就會有四個次像素區域，同時每個次像素區域包含一個樣本位置，這個位置可在計算最後像素顏色時用來決定多邊形的覆蓋率)。由於會有多次著色作業，傳統的反鋸齒技術會用去大量的記憶體頻寬，而這種方法不適用於對功耗極度計較的行動型 GPU。

CASS 技術可以將對系統記憶體的存取次數減到最少來打造反鋸齒的影像，其品質可媲美更高程度的 MSAA 所建立的影像品質。CSAA 帶來了一個全新的取樣概念，稱為「覆蓋採樣」，在決定一個多邊形覆蓋一個像素的面積的百分比時，可用來改善計算覆蓋範圍的精準度。要注意的是，多個多邊形分割部分可以覆蓋和重疊一個單一螢幕像素的面積。在一些情況裡，非常小的多邊形實際上可能比一個像素的面積還要小，只能覆蓋像素的一部分。當連續處理繪圖作業時，每個有不同顏色屬性的多邊形的不同部分，可能會重疊，也可能促成一個視框中單一像素的最後顏色。

覆蓋採樣的樣本跟先前 AA 技術建立的不同，AA 技術的覆蓋率總是離不開「真的」樣本類型。以 SSAA 技術而言，每個真的樣本有它本身獨特的顏色值和 Z 值，同時在一個 4xAA 模式時，著色器程式會執行四次，存取四種材質—每個樣本有一個(或者在多重材質的情況下會更多)。在 4xAA 模式時，繪圖的專屬記憶體的大小比沒有開啟反鋸齒的模式多四倍，並往下過濾以建立最終一個像素顏色。

MSAA 技術可減少反鋸齒作業的著色器耗用量，藉由存取單一材質顏色值並將它用在所有樣本上，因此可降低著色器的執行次數和材質的存取處理作業。Z/stencil 值必須對 MASS 仍是獨特的，以確保樣本的 Z 排序。

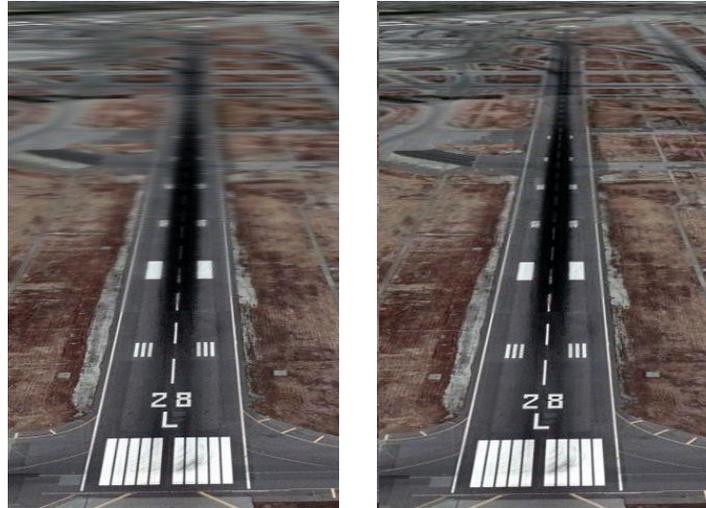
CSAA 技術可從顏色/Z/stencil/覆蓋樣本中減少簡單的樣本，可進一步將 AA 過程進行最佳化，因此相較於 MSAA 和 SSAA 技術，可減少頻寬和儲存成本。CSAA 技術用更多覆蓋樣本來計算一個特定的像素面積的多邊形覆蓋程度，因此無需用更多記憶體和功耗來處理額外真的顏色和 Z 樣本，即打造更高品質的 AA 效果。

NVIDIA Tegra 2 行動處理器內建的 GeForce GPU 核心可支援 5xCSAA 模式(一個真的樣本 and 四個覆蓋樣本)，可以非常低的記憶體傳輸數量和功耗提供大幅影像品質提升。

先進的非等向性過濾技術

非等向性過濾技術是用以加強用傾斜角度觀看表面材質的影像品質。螢幕上的每一個像素一般需要從記憶體的材質分佈圖存取多個材質元素，在經過過濾後，用於像素去改變它的顏色。當抬頭看一個跟相機或觀看的人成直角的表面時，每個像素通常以方形取樣模式來取得相同數量的材質元素。然而，當螢幕上的影像由極端的觀看角度，在一個座標軸上比另一個座標軸上延伸更多時，每一個座標軸從材質分佈圖存取相同數量的樣本時，就會在沿著平面延伸的座標軸上產生材質模糊的現象。

圖 6 中左方的影像就是一條在平面上延伸的跑道，你可看到在較接近平面那部分的跑道的材質細節是模糊的。非等向性過濾技術可提供智慧型功能，沿著延伸的座標軸採用較多的材質樣本，並在核座標軸上保持更多材質細節。圖 6 中右方的跑道影像則採用了非等向性過濾技術，較接近平面那部分的跑道的材質細節因而得以大幅改善。



AF Off

AF On

圖 6：非等向性過濾技術提升材質品質

NVIDIA Tegra 2 處理器內建的 GeForce GPU 運用一項非常精密的非等向性過濾技術，可提升材質的品質，效果與高階 NVIDIA Fermi 架構的桌型繪圖卡相仿。GeForce GPU 可支援高達 16 倍的非等向性過濾技術。它運用了可調式過濾演算化和有效率的材質快取管理技術，在不需大幅增加記憶體轉輸數量的情況下，可提供高品質的材質。

NVIDIA Tegra 2 裡的 GeForce GPU 內建了先進的 AF 和 CASS 功能，可提供優異的繪圖品質，可比市場上同類的解決方案提供傑出許多的效能。隨著行動裝置的螢幕尺寸和解析度增加，繪圖品質將會大幅影響使用體驗，而 NVIDIA Tegra 2 行動處理器則可為現今的行動遊戲和應用帶來最佳的遊戲和視覺體驗。

最佳化記憶體控制器

NVIDIA Tegra 2 行動處理器內含 GPU 和記憶體控制器(MC)核心，這都是以 NVIDIA 超過 10 年設計高度最佳化 GPU 和記憶體控制器核心的專長重新打造的。GPU 核心的效能，高度依賴記憶體控制器提供頻寬的效率，也非常重視繪圖處理的過程中對延遲率的要求。由於 GPU 和記憶體控制器都是 NVIDIA 自家開發的，所以這款記憶體控制器特別為 GeForce GPU 的需求調到最好，而且包含了幾項可加強 GPU 效能和降低功耗的最佳化功能。

這款記憶體控制器的設計的主要最佳化功能包括：

- **動態時脈速度控制(DCSC)**：DCSC 可讓記憶體控制器根據來自 GPU 核心對系統記憶體存取的預早提示快速提升運作頻率，也在 GPU 完成它的記憶體存取後可快速

將運作頻率降低到節省功耗的水準。由於記憶體控制器是 NVIDIA 自家的研發，可直接緊扣 GPU 核心硬體的設計流程，因此可以更熟知 GPU 的需求和管理 GPU 的運作程度，以期可以達到 GPU 的各項要求(有別於市場上同類競爭產品，它們是用不同廠商的 CPU 和 GPU 核心)。

- **GPU 為主的記憶體仲裁法**：系統記憶體是行動處理器中其中一項最有價值的資源。多個不同的核心，例如 CPU、GPU、視訊和音訊核心，都需要從系統記憶體進行快速和高頻寬存取。這款記憶體控制器建置了先進的仲裁主旨，可有效率地讓多個核心對系統記憶體進行存取。

記憶體控制器的核心對 GPU 要求記憶體存取的類型和緊急度有先決的判別力，同時也內建了一個已調校得當的仲裁法主旨，可極需頻寬的著色和幾何座標的要求提供高頻寬，並能為對延遲率要求高的顯示和 CPU 請求優先提供超低延遲率。這款記憶體控制器也可針對 GPU 核心的每個請求安排優先順序，並可進一步提供最佳化效能來滿足這些要求。

- **GPU 請求分組功能**：非晶片內建的系統記憶體裝置在任何特定時間只能有一定數量的記憶體庫(memory bank)。當請求要存取目前不包含在開放記憶庫的記憶體區時，記憶體控制器就要關閉目前已開放的記憶庫，然後啟動包含所需的記憶格或記憶區的全新記憶庫。這個過程不僅會對延遲率和頻寬造成影響，而且也需消耗更多功耗。

除了接受多種不同的記憶體請求，它們都是在記憶體子系統中不同部分存取隨機記憶體庫，GeForce GPU 了解目前的系統記憶體配置，並為存取模式進行最佳化。GPU 可以將針對同一記憶庫進行存取的記憶體請求組合在一起，而記憶體控制器也可按照記憶庫的存取方式將獨立的記憶體請求重新分組。這項特性可透過限制記憶庫切換的頻率，可提供更高效率的記憶體存取和降低功耗。

先進功耗管理

GeForce GPU 核心配備多項可降低功耗的先進功耗管理技術，包括：

- **多層級時脈電路(Clock Gating)**：GPU 內建了好幾個層次的時脈電路，這些電路可在閒置狀態時關閉時脈。系統層級的功耗控制演算法控管了 NVIDIA Tegra 2 處理器中所有 8 個核心的功耗和時脈。當功耗控制邏輯偵測到閒置的 GPU 核心時，這項功能會將匯入 GPU 的主幹時脈的電路關閉，可有效將 GPU 的動態功耗降到幾乎

0mW。當功耗控制器偵測到系統正處於準備狀態時，這項功能會將 GPU 核心的功耗電路關閉，因而可將其功耗降到近乎零。

- **GPU 功耗管理功能：**GPU 核心有幾個可進一步降低功耗的內建式功耗管理功能。它有幾個功能層次的時脈電路機制，可將 GPU 核心內不同閒置區塊的時脈電路關閉。舉例而言，當繪圖管線沒有進行任何頂點著色作業時，頂點著色器的時脈電路就會被關閉，同時置於低功耗的狀態直至下一次接收到頂點著色指令才會回復平常作業狀態。相同的，當像素著色器在進行如數學計算等不需要材質擷取的作業時，材質單元的時脈電路就會被關閉。此外，如果 GPU 只是在更新裝置的顯示內容，但並沒有進行主動式的著色作業時，記憶體控制器可將系統記憶體隨機變成低功耗狀態。
- **顯示請求分組功能：**GPU 會將多個顯示請求分組，並會向系統記憶體發出一陣的請求。然後，GPU 會通知記憶體控制器(透過時序器)有關下一次請求的時序。在 GPU 顯示請求間的閒置時間，記憶體控制器會尋找機會快速和動態地將系統記憶體置於低功耗狀態。
- **功耗最佳化電晶體設計：**GeForce GPU 核心也會在電晶體層級進行最佳化，以達到超低功耗的效果。較低漏電的電晶體被用作不要求時序的區塊，以及較高速的電晶體則被用作需要高速作業的關鍵性路徑。因此，GeForce 核心可同時兼顧低功耗和高效能。
- **動態電壓和頻率擴充 (DVFS)：**Tegra 2 行動處理器也內建有非常先進的晶片等級 DVFS 技術，這可以在任何特定的時間控管 6 個主系統時脈的時脈頻率，以及將電壓控制在最多 2 個電壓路徑的水平。在 DVFS 控制下的時脈和電壓路徑可透過軟體控制設定選用。

DVFS 的基本概念是要改變處理器中不同處理單元的核心頻率和電壓，以達到控制功耗的效果。晶片的功耗和運作頻率是直接成正比的，同時也等於是運作電壓的二次方成比例。

當處理器沒有投入作業時，其頻率和電壓水平可降至更低的水平，可大幅降低閒置的功耗。當 NVIDIA Tegra 的 8 個核心任何一個偵測到作業請求時，會被通報至全域的 DVFS 控制區塊，而頻率和電壓水平會馬上增加到適當的數值，和確保更高的執行效能。DVFS 軟體的智慧型功能可將電壓和頻率提高至剛好的程度，為應用程式提供所需的效能。DVFS 演算法對頻率水平有非常好的控管，並能以 1 MHz 為單位按步驟增加或減少頻率。

使用者效益

更高效能的行動遊戲

行動遊戲是另一項快速成長的應用，而最近也有市場調查數據顯示，用智慧型手機玩遊戲的使用者在 2009-2010 期間增加了 60%¹。此外，今天可以在行動裝置上玩的遊戲已從簡單的 2D 介面演進到複雜的 3D 顯示技術。很多視覺效果豐富和精采的 PC 版本和遊樂器版本的遊戲，也漸漸能在行動裝置上使用。

成長中的行動遊戲人口對頂尖的 PC 遊戲開發者極具吸引力，以及《決勝時刻》、《兄弟聯隊》和《Rage》等很多 PC 級的遊戲現在都可以在行動裝置上使用。主要的 PC 遊戲開發商在行動遊戲方面投入越來越多的投資，同時遊戲開發商之間的競爭將可創造視覺豐富的遊戲，其中多採用陰影、粒子效果、光影和物理加速等先進的功能。

NVIDIA Tegra 2 是唯一可帶來遊樂器等級品質遊戲的行動處理器。由於 Tegra 中的 GeForce GPU 核心乃源於桌上型 GPU，因此這顆 GPU 的硬體管線都已針對行動遊戲的效能需求作最佳化，這些遊戲都擁有 PC 和遊樂器品質的繪圖功能。GeForce GPU 架構之間共同點和其更強勁的桌上型和遊樂器 GPU 也讓開發者可輕鬆開發出具備跨平台能力的遊戲。開發者可以在所有平台上運用相同的著色技術，然後在每個特定的平台加入適當的繪圖細節複雜度。

Trendy Entertainment 等這類型的遊戲公司運用在 PC、Sony Playstation 3 和 NVIDIA Tegra 2 的行動裝置中的 NVIDIA GeForce GPU 之共同點，現正開發多人角色和跨平台的遊戲。

《極速快感進化世代》、《虛擬機器》、《雷霆賽車》和《Galaxy on Fire》等熱門行動遊戲的效能評測結果顯示，相較於最快上市的行動 GPU 處理器，這些遊戲用 NVIDIA Tegra 2 處理器執行時，其速度快出 20-25%。這些遊戲目前沒有運用太多先進的繪圖功能，但當行動遊戲採用先進的繪圖功能，相信 NVIDIA Tegra 2 的效能優勢將會更為顯著。

¹http://www.comscore.com/Press_Events/Press_Releases/2010/4/Smartphone_Adoption_Shifting_Dynamics_of_U.S._Mobile_Gaming_Market

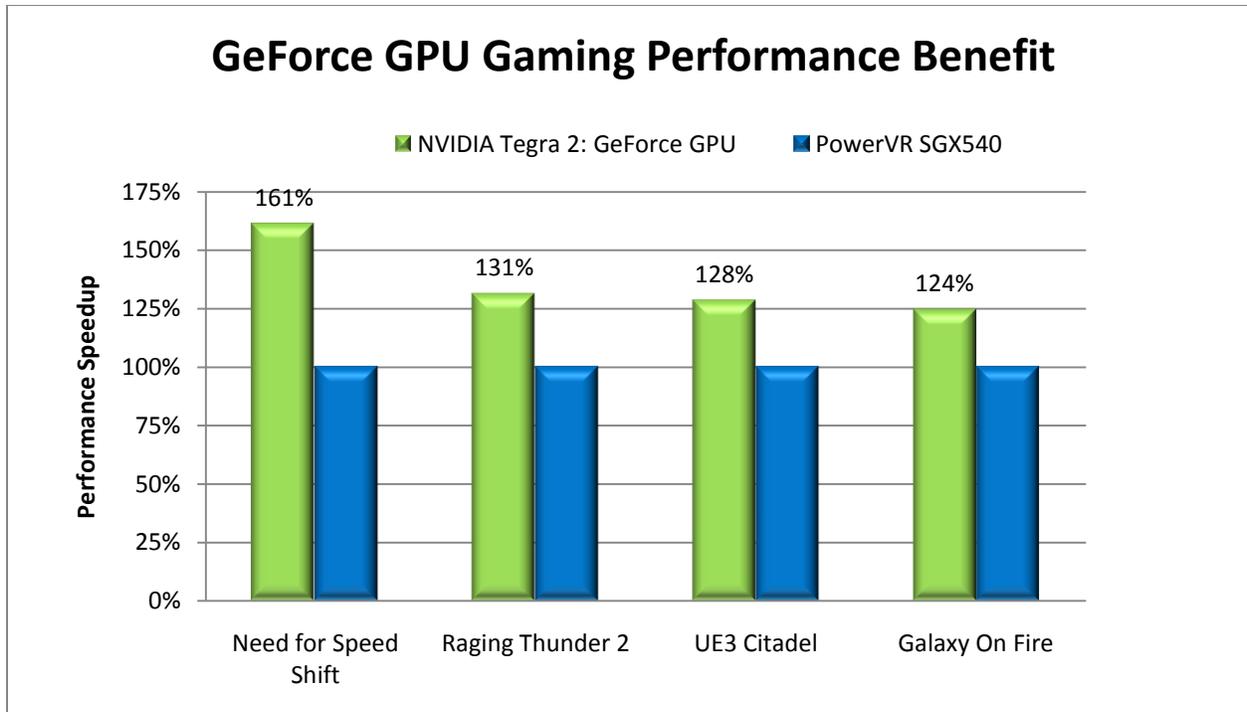


圖 7：行動遊戲中的 GeForce GPU 效能²

硬體加速 Adobe Flash 之優點

Adobe® Flash® Player 是廣泛應用的網路瀏覽器外掛程式，越過 99% 的桌上型電腦都有安裝這個軟體。大多數的網站使用 Flash 來提供廣泛、豐富的內容，包括影片、動畫和遊戲等。有些最熱門的網路遊戲，例如《開心農場》、《Bejeweled®》、《Plants Vs Zombies®》等都是透過 Flash 平台呈現。熱門的視訊串流網站，例如 Youtube.com®、Vimeo.com®、Hulu® 和 TV.com®，也是用 Adobe Flash 平台來呈現影片內容，而且大部分網站也有豐富且以 Flash 動畫為基礎的互動內容。

最近釋出的行動版 Adobe Flash Player 可讓使用者取得 Flash 內容，並可在行動裝置上以完整 PC 版網站的畫面呈現。然而，處理 Flash 內容是非常效能密集的作業，並會大幅耗用 CPU 的處理效能。在行動裝置上瀏覽支援 Flash 的網站會消耗 CPU 大部分的運算能力，因此用作處理其他應用運算作業的效能則所剩不多；如果行動裝置中有串流式音訊、社群網路和電子郵件等應用，CPU 則無法有足夠的運算效能來處理所有的作業，因此使用者會察覺在瀏覽 Flash 網頁、影音播放或遊戲時，畫面會非常鈍或整體系統效能嚴重下降。

² 在測試平台 Android 2.2 作業系統以 800x480 解析度，測出 NVIDIA Tegra 2 研發平台與 Samsung Galaxy S 效能比較之數據。

就算行動裝置中沒有背景作業，有些 Flash 遊戲，例如《雷電 X》、《Floodrunner》等，都非常耗運算資源，所以在執行這些應用時會導致 CPU 的效能下降。此外，CPU 是一顆通用型處理器，而且在處理 Flash 影音和遊戲等內容時，會變得非常沒有效率。CPU 不僅會對 Flash 內容的處理作業感到非常吃力，而且還會耗用大量功耗，電池使用時間也因此大減。

NVIDIA Tegra 2 行動處理器用 GeForce GPU 核心處理幾乎所有 Flash 的著色和顯示作業，因此 CPU 解不了的問題迎刃而解。

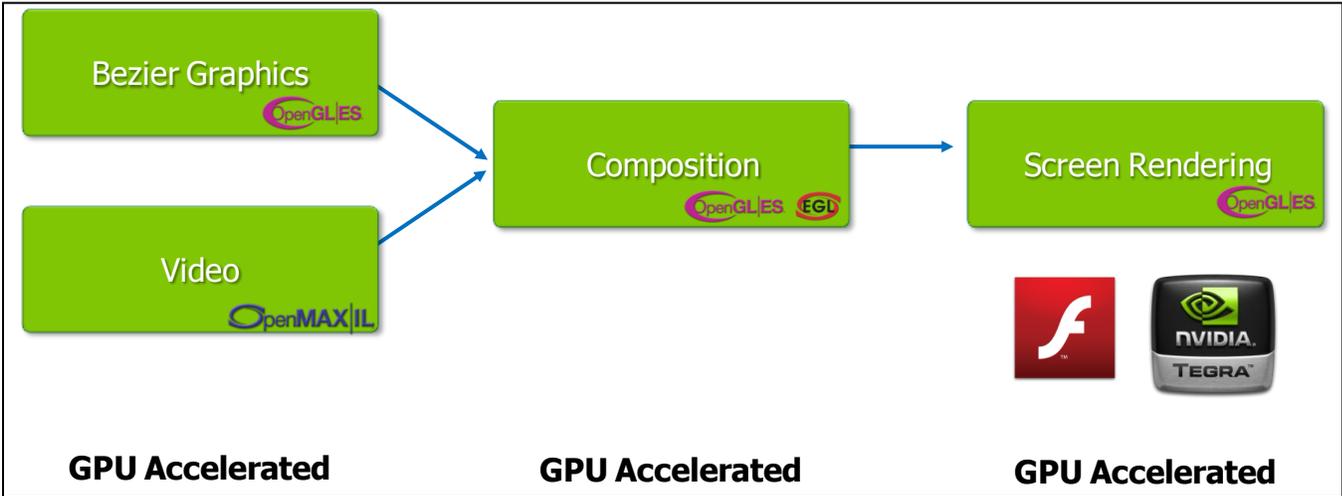


圖 8：GPU 加速的 Flash 應用處理作業

由於 Flash 影音播放和遊戲需要繪圖和像素處理技術，因此 GPU 核心最好要有更好的配備提供有效率和高效能的方法來處理這些運算作業。NVIDIA 一直與 Adobe 保持密切的合作，並讓行動版的 Adobe Flash Player 可以完全將 Flash 影音和遊戲內容交由 GeForce GPU 處理。

將 Flash 的處理作業交由特別為繪圖作業設計的專屬硬體負責，不僅可將效能提升許多，更可降低功耗。還有另一個很重要的優點，就是讓 CPU 可以專注於其他應用的處理作業。

以下的圖 9 和圖 10 展示 Flash 影音播放和 Flash 繪圖的處理作業程序。圖中綠色的部分是硬體加速的處理步驟，也是由 GeForce GPU 執行的部分。

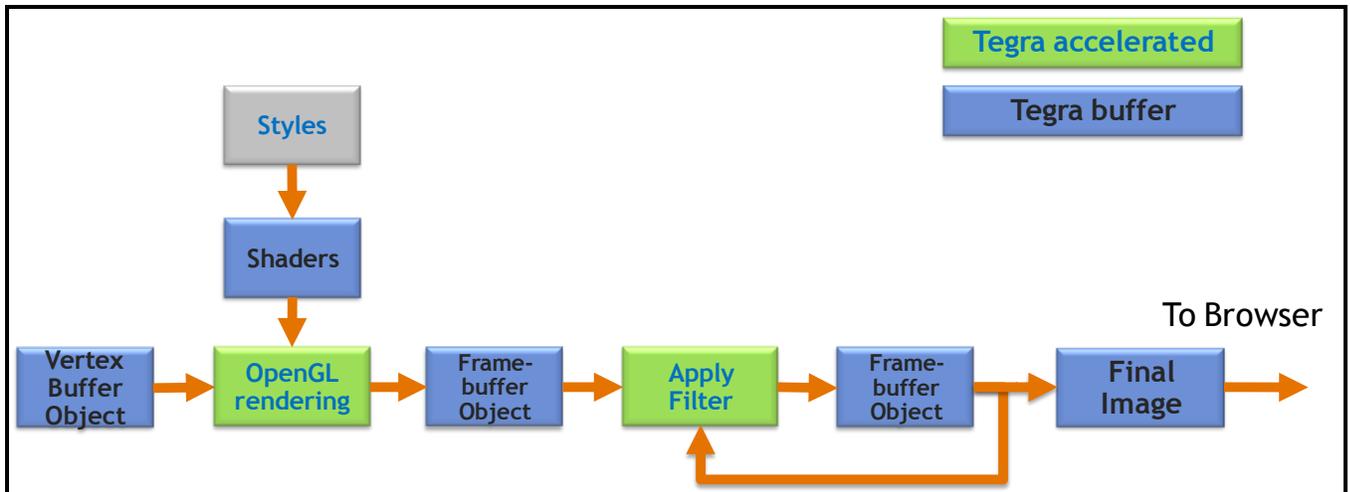


圖 9：Tegra 行動處理器中 GeForce GPU 核心的 Flash 繪圖加速功能

圖 9 展示 OpenGL ES 處理作業如何完全被充分運用為 Flash 繪圖效果加速。圖中的「style」表示如何在螢幕上顯示 Flash 物件的內部，它可以是一種實質的顏色、漸層填滿、一個影像或運用在物件上的影音。這個 style 也可以表示採用的材質，或是用以達成想要的顯示效果所需的 OpenGL ES 頂點和像素著色器。頂點是 3D 繪圖處理的基礎架構，也用作描繪 Flash 物件的外型。

圖 9 中的流程被視作一個複雜的 Flash 場景，其中的多重通過過程中有很多不同的過濾器效果。舉例而言，影像的模糊效果、邊緣偵測、突顯部分影像等都是過濾器效果。過濾器效果由分割著色器產生的，同時也是由 OpenGL ES 的 GPU 顯示出來。有些複雜的場景可以有超過 10 種過濾器效果。GPU 可以處理得很快。《開心農場》就是一個運用大量過濾器效果的遊戲。

著色步驟的結果是最後的影像，但仍存在 GPU 專屬記憶體中。如果可以，瀏覽器可直接將影像從 GPU 專屬記憶體中接出來，以進一步編寫入網頁上。那種編寫功能也可由 GPU 完成，這可視為額外的效能優點。

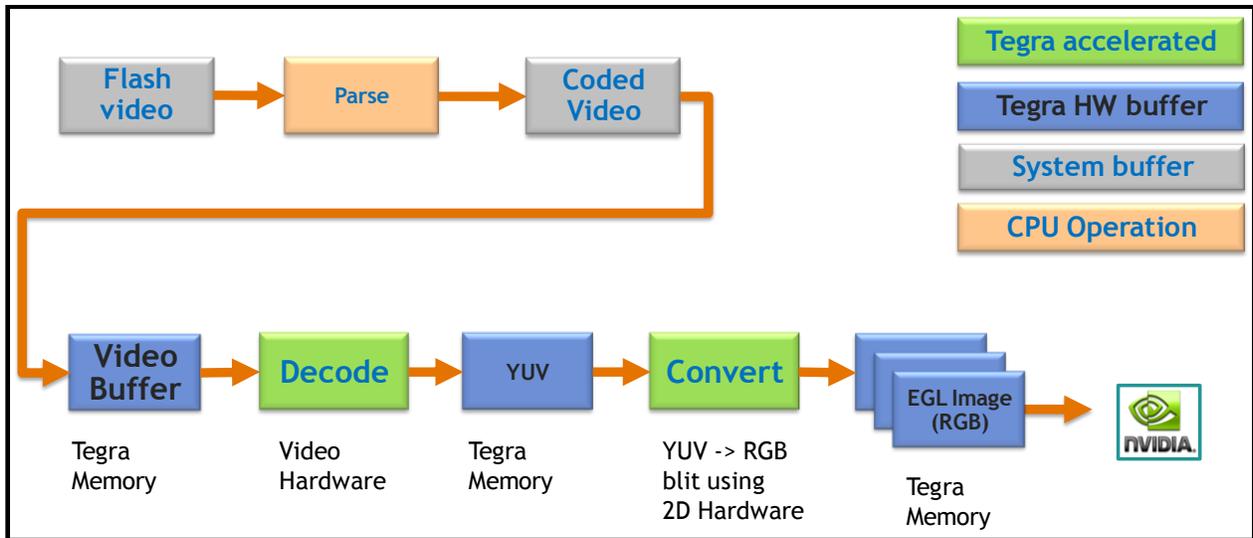


圖 10： GeForce GPU 核心的 Flash 影音加速功能

圖 10 是 Flash 內影音加速的路途。一個影音檔首先會被分析並在 Flash 播放器緩衝區儲存成一個編碼的視訊串流。接著，這個編碼的視訊串流會轉換到一個 Tegra 硬體緩衝區，其中會由專屬的影音硬體進行處理，而且會針對每個影音視框產生一個 YUV 影像。由於最終的顯示總是以 RGB 呈現，這個 YUV 影像會被另一個 Tegra 硬體區塊轉換成 RGB 顏色空間。最後的一系列 RGB 影像只可被用作另一個顯示的 style，同時用 OpenGL 著色為貼上材質的四個一組的影像。

以下的圖 11 是熱門 Flash 效能評測軟體 GUIMark2® 顯示的結果，其中是採用 NVIDIA Tegra 2 的行動裝置執行的硬體加速 Flash 播放器，其效能是一款用 CPU 執行 Flash 內容處理作業的裝置之 2 倍到 3 倍。針對熱門網路 Flash 遊戲的效能量測，例如《雷電 X》、《魚人傳說》、《粉碎城堡 2》和《開心農場》，顯示由 NVIDIA Tegra 2 提供的硬體加速 Flash 播放器，其效能是一款用 CPU 執行 Flash 內容處理作業的裝置之 2 倍。

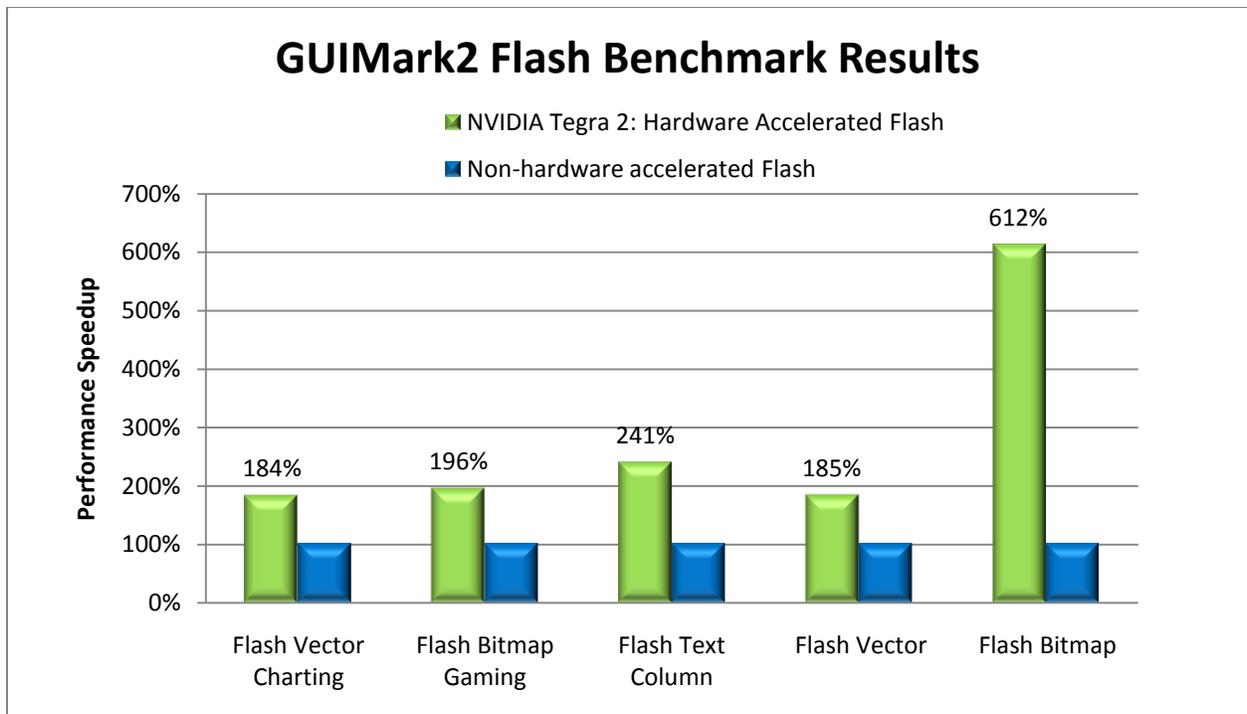


圖 11：GUMARK2 Flash 效能評測結果³

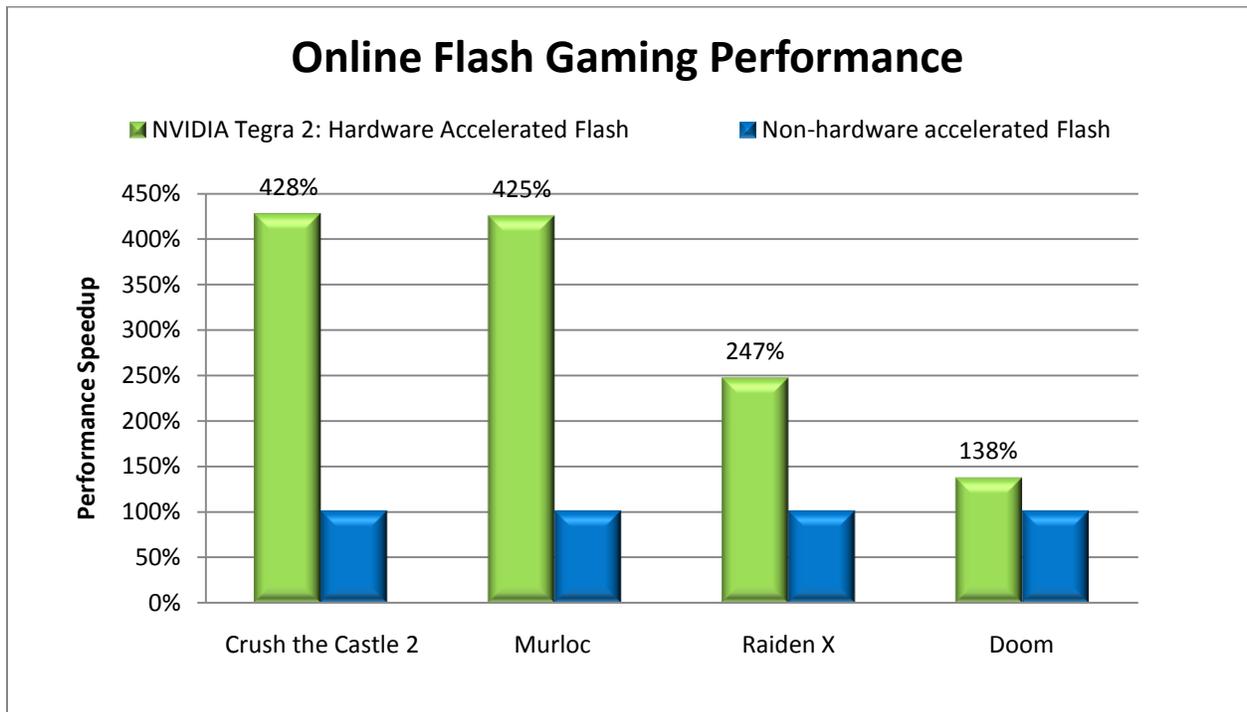


圖 12：GeForce GPU 的 Flash 遊戲效能

³在測試平台 Android 2.2 作業系統以 800x480 解析度，測出 NVIDIA Tegra 2 研發平台與 Samsung GalaxyS 效能比較之數據。

快速回應的使用介面

觸控是其中一個自然使用者介面機制，而今天大部分的智慧型手機都支援觸控型使用者介面。支援多點觸控技術的觸控螢幕的面世，為行動裝置增加了許多觸控式的互動。觸控式螢幕的提供了自然互動型態的優點，讓使用者可以直接觸碰他們在螢幕上看到的元素，並能與它們進行互動。然而，由於觸控式螢幕的關係，使用者對反應時間和視覺的流暢度的敏感度則大為提升。行動裝置上的觸控式互動可以涵括基本的操作方式(例如選項、滾動畫面、放大縮小和水平滑動畫面)到遊戲和應用程式中的先進多點觸控操作。

由於使用者對觸控式互動的敏感度增加，行動電話能否提供快速反應和流暢的使用者互動體驗變得極為重要。大部分行動處理器都用 CPU 來處理使用者互動作業，而且效能不差，可以接受的程度。但在多工作業的情況下，CPU 通常都會滿載，可能也沒有足夠的頻寬去處理所有請求，這樣很容易就會讓一些作業停頓。使用者可能不會注意到這些背景作業的停頓，但當他們觸碰螢幕卻沒有得到快速回應時，他們會直接察覺到異狀。CPU 要偵測使用者的輸入，處理使用者要求的作業，還要快速針對使用者的輸入將回應顯示在螢幕上。這些處理小至簡單地將選單往下滾動，大至運用多點觸控輸入的方式在電子地圖上旋轉一個影像。

這與 Adobe Flash 內容的處理作業相似，觸控式互動會促動大量的像素處理作業，而且在目前各種作業系統中大部分的使用者介面(UI)像素處理作業都由 CPU 負責。因此，為了能在沉重的多工作業情況下仍能提供流暢、敏捷的 UI 反應速度，行動處理器一定要有足夠的 CPU 運算資源，或者將一些與 UI 相關的像素處理作業交由 GPU 核心負責，基本上 GPU 核心已針對這類型的作業進行最佳化。NVIDIA Tegra 2 行動處理器搭載的雙核心的 ARM A9 處理器，其效能幾乎是採用單核心 CPU 的同類處理器的 2 倍，而且就算沒有 GPU 加速的 UI 處理功能，也可以為使用者提供優異的反應速度。

如之前討論的，大部分行動版作業系統目前都使用 CPU 處理 UI 的像素處理作業，因此不能將這種作業轉交由 GPU 負責。未來版本的行動作業系統極有可能具備 UI 相關的硬體加速功能，而 Tegra 2 行動處理器可完全將 UI 的像素處理交由它內建的 GeForce GPU 負責。

PC 的 UI 顯示功能轉由 GPU 執行乃基於 Windows Vista® 和它的 Aero 介面的出現，而 Windows 7® 的上市更更強了這項功能。NVIDIA GeForce GPU 可完美地為 Windows Vista 和 Windows 7 的豐富視覺效果的 UI 加速，並可為使用者帶來快速回應的使用體驗。NVIDIA Tegra 2 處理器內建的 GeForce GPU 核心架構與其桌上型 GPU 的架構相同，且更進一步為將要上市、具硬體加速功能的行動作業系統作好準備，以提供優異的使用者反應和視覺互動。

Tegra 行動裝置的優質內容

NVIDIA 擁有處理器業界最大的專屬內容開發團隊。這個團隊與遊戲開發商合作緊密，為各種遊戲進行最佳化，因此他們可以透過 NVIDIA 的 GPU 提供最好的遊戲效能和品質。NVIDIA 運用自家內容開發團隊的優勢為採用 Tegra 2 的裝置支援高效能、高品質遊戲和應用之開發。

高品質遊戲內容需符合以下條件：

- 視覺逼真的場景物件和人物角色，這些都運用大量的幾何座標、各種更高解析度的材質，以及複雜的著色器程式。
- 高互動性的遊戲體驗，這需要在螢幕上運用大量的人物角色和更多獨立動畫的場景。
- 難度更高的遊戲，其中運用人工智慧(AI)處理技術，並加入複雜的場景部署和角色管理。
- 只有透過搭載 Tegra 的裝置才能擁有的優質體驗，並取得更多遊戲人物、裝備和特別的動態情節設計。

以下兩張圖片顯示一些在遊戲中加強的效果而提供優質體驗的例子。圖 13 顯示在熱門遊戲《水果忍者》中一些配置的變化。原版遊戲採用較低品質的幾何座標和材質，這讓遊戲中的水果看起來像一塊一塊的顏色，而完全不像水果。然而，遊戲開發商可以用較高品質的幾何座標和更多細節的材質讓水果的視覺效果看起來更逼真。



原版《水果忍者》的繪圖品質



多 8 倍的幾何座標和先進的顯示技術
打造更逼真的水果影像

圖 13：《水果忍者》加強效果

以下圖片顯示在優質版《Backbreaker》遊戲中的加強效果。運用更高的處理效能後，開發者可以在遊戲中加入逼真、動態的陰影和更高品質的材質。



原版《Backbreaker》中模糊不清的陰影和低品質的材質



更高品質的陰影和材質帶來更逼真的遊戲體驗

圖 14：《Backbreaker》中經改良後的材質和更高品質的陰影提升了遊戲的整體效果

結論

智慧型手機快速變成一台重要的電腦。消費者對於行動裝置的反應時間、效能和視覺品質的要求都極有知覺，而且非常要求 UI 的反應時間、全功能的網路瀏覽體驗、視覺效果豐富的線上和離線遊戲體驗，並要求可以透過裝置取得所有內容之餘，也希望同時保有手機的行動功能和電池續航力。

行動遊戲是一項快速成長的應用，全球終端使用者在行動遊戲上的花費在 2010 年為 56 億美元，預估到了 2014 年將增長至 114 億美元⁴。Adobe Flash 線上遊戲體驗由《開心農場》等運用 Flash 平台的社群網路遊戲大幅成長而再次衝高。網路上大量串流影音也透過 Flash 平台提供給消費者，而使用者使用網路觀看影片的時間也漸漸超過瀏覽以文字為主網頁的時間。

⁴ <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1370213>

由於行動裝置的解析度持續增加，它們需要的 GPU 不僅可以處理增加的像素處理作業，也要可以讓行動裝置的功耗維持在原本功耗設計的範圍內。更高的解析度和螢幕尺寸也讓消費者要求有複雜的光影效果、陰影、反鋸齒、更多細節材質等更好繪圖品質特性的應用。

NVIDIA Tegra 2 行動處理器內建的 GeForce GPU 是特別為滿足目前的成長需求和未來的行動應用而量身打造的。其高效能的架構有幾項最佳化功能，不僅可帶來接近遊樂器品質的繪圖功能，並可提供超低功耗。Early-Z、像素快取、材質快取、綜合像素著色器和混合器、CSAA、16 倍速 AF，以及最佳化的記憶體控制器等功能，在在都能提供優異的視覺品質和可擴充效能，同時能將功耗控制在行動裝置最適的範圍內。多層次時脈電路技術、DVFS 等先進的功耗最佳化功能和運用低漏電製程，都可讓採用 NVIDIA Tegra 2 的行動裝置擁有領先業界的電池續航力。

GeForce GPU 為行動遊戲帶來優異的繪圖品質、流暢無比的 Flash 串流影片觀賞、絕佳的 Flash 遊戲體驗，以及快速反應的 UI。NVIDIA Tegra 2 是首款行動處理器可以讓使用者暢玩跨平台的遊樂器等級遊戲，而且能兼顧視覺品質或遊戲體驗。此外，Tegra Zone 裡特別為 NVIDIA Tegra 2 行動裝置設計的應用程式，讓使用者可取得優質的高畫質行動遊戲和應用，它們都能經過最佳化，將 GeForce GPU 的優異繪圖功能發揮到極致。

幾乎所有的 Adobe Flash 軟體現在都可經由 NVIDIA Tegra 2 處理器內建的 GeForce GPU 核心進行加速。這不僅能提供流暢的 Flash 影片播放，而且可以大幅提高如《開心農場》、《粉碎城堡 2》、《Floodrunner 2》等 Flash 網路遊戲的效能。現在只有搭載 NVIDIA Tegra 2 的行動裝置才具備 Flash 硬體加速功能，而這些裝置可以比市場上其他採用 CPU 軟體處理 Flash 工作負載的行動處理器，提供優異許多的使用體驗。

在過去幾年，行動裝置的螢幕尺寸和解析度已快速增加，而持續成長的平板電腦的使用者也進一步讓解析度和螢幕尺寸邁向接近筆記型電腦螢幕的態勢。這些既有的和未來的行動裝置將需要不僅能處理激增中的像素處理作業的 GPU，而且也要讓行動裝置的功能維持在可承受的範圍內。更高解析度和更大的螢幕尺寸，將會讓消費者要求具備複雜的光影效果、陰影、反鋸齒、更高品質的材質等如同 PC 級繪圖品質的應用。

NVIDIA Tegra 2 行動處理器內建的 GeForce GPU 核心以備受肯定和極成功的 GeForce 架構為基礎，也專為未來的應用而設計的，兼備效能和省電的特性，能提供優異的視覺體驗，可以隨著解析度和繪圖應用的複雜度的增加而提升效能。