

# RTX64 — 物聯網時代的 最佳即時作業系統平台

本文概述英特蒙 RTX64 如何將 Windows 轉換為即時作業系統（RTOS） ，並實現物聯網（IoT）和工業 4.0 的承諾



**IntervalZero**

## 摘要

本白皮書探討為何 RTX64 能完美適用於未來的機器控制，原因在於可充分利用市售的現成工業 PC 來解決對設備控制的準確性 (deterministic)，和對於物聯網 (IoT) 新興策略的要求。RTX64 引人注目的原因是能將 Windows 轉換為即時作業系統 (RTOS)，既可以執行準確性設備控制，也能同時運行 IoT 和非準確性 Smart Edge 以及其他應用程式。這方法與其他需要雙硬體平台來完成相同作業（一個專用平台作為設備控制器，搭配另一個 PC-based 平台處理 IoT 和使用者經驗 HMI 需求）的即時解決方案形成對比。

## 設備製造商在 IoT 時代 所面臨到的挑戰

### 增加 IoT 功能的同時也提升核心技術

由於新興的物聯網 (IoT) 需求，設備製造商面臨大幅擴展產品功能的壓力。客戶更加期待設備操作資料能透過 IoT 反覆回饋而不斷優化設備的效率。此外，在某些產業中，同樣安全的 IoT 連線能力甚至可以創造遠端管理和維護的機會，客戶將這視為降低營運成本的一種方式。在工業環境中，設備製造商的客戶還會希望 IoT 能進一步改善鄰近設備的效能以及工作單元或設備的處理流程。

因此，設備製造商正感受到前所未有的壓力，他們所要交付的系統不僅得在設備的準確性做出創新，藉此提高資料處理的量與效能，現在還必須實現 IoT 的承諾。

在為未來做準備的同時，設備製造商發現當必須特別考慮 IoT 需求的時候，某些準確性技術比其他技術更能滿足硬即時設備的要求。雖然 DSP、FPGA 或 MCU 一度能應付設備的準確性，但如果新增工業電腦 (IPC)，客製化的硬體系統無法輕易滿足新興的 IoT 功能。由於 IoT 需求是非準確性的，因此仰賴 FPGA 並採用 IoT 的設備製造商通常會在 IPC 上部署新的 IoT 功能。這代表設備製造商面臨著整合和支持兩種硬體的難題，也就是具備準確性的專用控制器和滿足 IoT 要求的 IPC。

透過像英特蒙 RTX64 RTOS 平台這樣的正確架構，硬即時的準確性和當今設備要求的非準確性雲端物聯網，都能由同一台工業電腦提供，節省整合過程並減少超過 50% 的硬體成本。

### 從 FPGA 到工業電腦的轉變

新一代工業、視覺、醫療和其他仰賴於準確性的系統試圖將高階繪圖、豐富的使用者介面、IoT 雲端連線與硬即時效能、排序和精準度相結合。如今運行 64 位元 Windows 的工業電腦，加上多核心處理器上單獨的準確性排程器輔助，即可在軟體定義的周邊裝置提供精確的即時效能。

在智慧邊緣 IoT 或雲端連線等日益豐富的應用需求下，矽積體電路和效能的進展腳步有增無減。然而，這進展一直朝著不同的方向前進，特別是將功能整合到單一矽晶片上的部分。設備製造商的任務是要決定如何將這些革命性的發展轉化為能滿足客戶需求的實際產品，包括高解析度影音、機器視覺、即時性的工業產品（如六軸運動控制）、即時連線能力和豐富的使用

者介面，使用者介面通常還必須能即時顯示連結應用程式的複雜即時圖形資料。

今日的電腦硬體就具備了這種能力，最有效利用硬體的方式就是提供純軟體解決方案，而不是將專用 FPGA 板插入電腦。換言之，有了夠強大的處理器核心，就不須依賴客製化硬體來執行專門的功能；現在用軟體即可完成。軟體比硬體更容易更新和改善，而設備製造商也能夠在此展現真正的價值。

要順利執行複雜的即時軟體應用程式，最好的方法就是從正確的硬體環境入手。如上所述，硬體整合一直朝著不同的方向發展。一方面，有一種趨勢是將即時系統使用的各種裝置整合到單一晶片，這些裝置可能包括多核心處理器、DSP、FPGA 或高階圖形處理器，例如：我們最近看到整合處理器核心和 FPGA 的裝置，或者能進行密集數字運算的高階圖形處理器核心，像是 DSP。

另一方面，我們還有機會利用目前的多核心中央處理器（CPU），因為多核的架構和（放大來看）時脈速度可接近 3 GHz，具有驚人的功率和效能。這些標準市售現成工業電腦藉由一些額外的指令和排程器，就可以使提供的平台具有 DSP 等級的處理、效能、排序和精度。使用現代的 CPU，這種處理可在浮點中完成，以進行比通常在 DSP 使用的定點更多樣化的計算。這樣的效能將重點從嘗試最佳化每條指令的使用，轉變為真正充分利用多核心 IPC 的實際功率。

這趨勢已經產生能超越傳統 DSP 處理器的裝置。另一項重大發展是 64 位元架構的轉變，不但能與前身 32

位元向下相容，同時又提供大幅增強的效能。這樣有幾個優點，因為即使是整合不同功能（以及各自不同的指令集和協議）的高整合晶片，也會對統一的軟體環境造成障礙；既增加硬體困難，也加深了開發團隊想避開這些困難的負擔。

### 解決方案：在工業電腦上執行 RTX64

英特蒙 RTX64 的建置採用後者，將 Windows 轉變為全功能的即時作業系統（RTOS），完全運行在 x64 多核心硬體上，此外這也能依照實際映射的實體 RAM 大小來存取 128 GB 非分頁記憶體。總體而言，Windows 512 GB 實體記憶體勝過 32 位元 Windows 的 4 GB 實體記憶體限制，這樣一來大量的可用記憶體就能分配給以前無法使用的 MRI 醫學成像和高階影片編輯等應用程式。

最重要的是，RTX64 以多核心 x64 裝置的形式提供單一的商用硬體環境，使單一軟體環境能夠容納 Windows 及其豐富的使用者介面、可用的應用程式和開發環境。Windows 還能無縫連接到可從 1 個核心擴展到 63 個核心的全功能即時對稱多處理（SMP）RTX64 環境。應用程式可編譯成單一代碼庫，不需要 FPGA 或 DSP 針對那些必須分別編譯並連結主應用程式的不同代碼而執行邏輯。單一硬體，單一作業系統環境，單一工具，單一代碼庫，這意味著一個團隊可以溝通與合作，並製作高效能、可擴充的應用程式，同時大幅縮短上市時間。



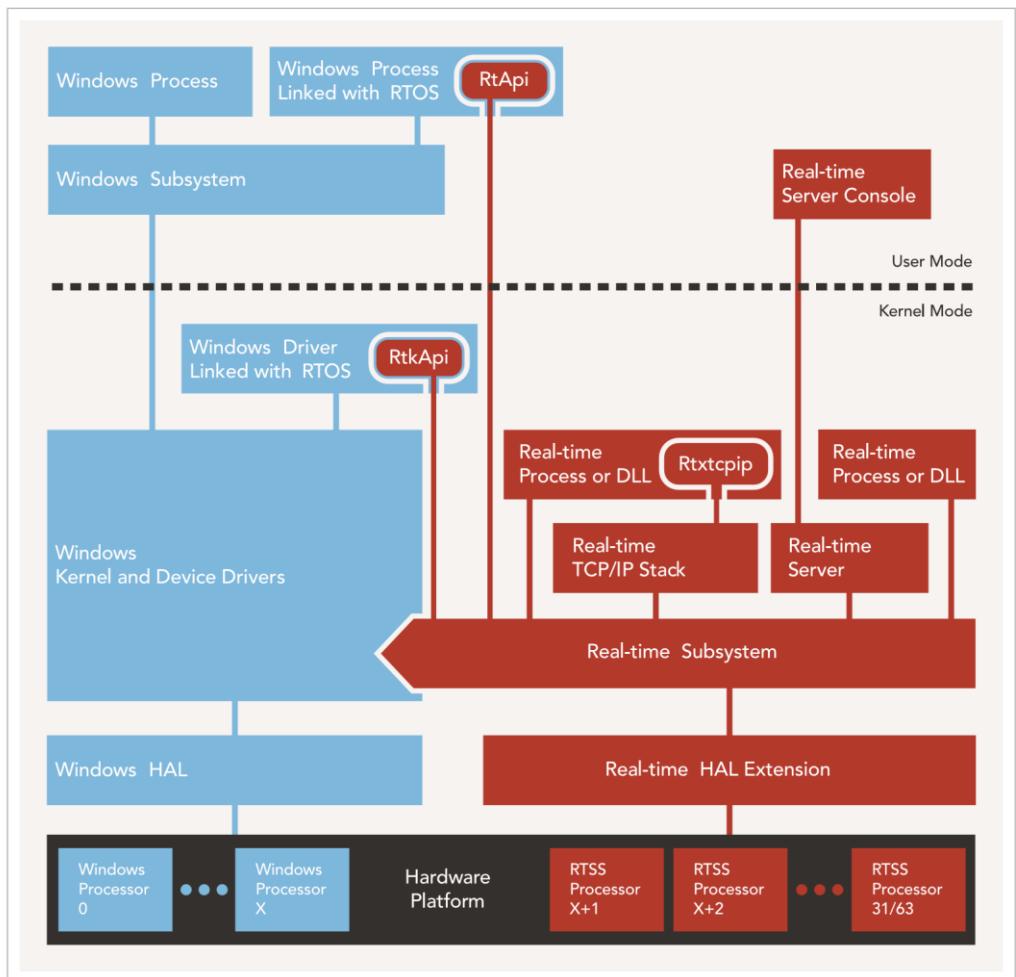
# 深入探索 RTX64

## RTX64—進入 64 位元的全新開始

英特蒙團隊特別重新打造 RTX64，藉以開啟 64 位元即時運算的世界，而不是從 32 位元產品移植。專業影音、高階醫療設備以及包含機器視覺和豐富使用者介面的高階工業控制系統，這些應用所提出的需求只有包含豐富使用者介面的高階 64 位元系統才能滿足。

**Figure 1**

RTX64 provides an architecture that takes advantage of the advancing technologies—specifically, high-speed, multicore x64—that can outperform and outscale the traditional embedded environment that relies on DSPs, FPGAs and microcontrollers.



RTX64 提供一種利用先進技術（特別是高速多核心 x64）的架構，效能及規模勝過依賴 DSP、FPGA 和微控制器的傳統嵌入式環境（Figure 1）。透過在單一硬體環境中以更高的效能執行功能以實現上述這點，並能與 Windows 結合使用，提供豐富的使用者環境和存取大量可利用及支援即時操作的應用程式。

首先，RTX64 的硬體抽象層（HAL）與 Windows HAL 不同，並且會和 Windows HAL 一起運行。因此，從一開始就不需要對 Windows 進行任何修改。這兩個作業系統（GPOS 和 RTOS）並列執行，且透過各種機制進行通訊。RTX64 HAL 在時序降至 1 微秒（視硬體支援而定）的期間，可從 1 個核心擴充到 63 個核心以提供準確性的即時效能。常駐在 RTX64 即時子系統（RTSS）中的排程器可將執行序分配給不同核心以實現對稱多處理（SMP），無須依賴虛擬化或會增加延遲的複雜行程間通訊。

這種獨立運行的能力來自於所有核心都可使用不須分割記憶體的極大記憶體空間。整個系統能存取高達 128 GB 的非分頁記憶體和 512 GB 的實體記憶體。這為越來越依賴視覺化的醫療應用，例如目前正在開發的視網膜光學斷層掃描（OCT），或需要準確器官成像處理（如跳動的心臟）的即時手術機器人提供顯著優勢。對於那些不只是向使用者呈現視覺資料，還必須即時處理資料以驅動運動控制的先進工業控制系統，以及生產過程中的零件檢驗來說也是至關重要。

像這樣的記憶體空間可提供給高性能通用硬體平台使用，使得原始設備製造商（OEM）能夠開發專門的軟體，以執行需要使用專門硬體元件才能執行的極其專門功能。經驗顯示，結合不同的硬體會牽涉到使用不同語法（如 C++ 與 Verilog），和內容大相逕庭的軟體套件，這不僅會大幅拉長開發時間，也會限制效能和可擴充性。擴充這類系統只會增加複雜性，因為每個不同的附加硬體都有自己的介面和獨特的軟體需求。

RTX64 即時子系統（RTSS）包括即時排程器，完全獨立於 Windows 核心與 Windows 排程器。Windows 和即時執行緒之間沒有既定的交互影響或干擾。開發人員只能使用即時 API 進行執行緒之間的特意通訊。系統也提供即時 API 與使用者模式的 Windows 應用程式一起使用，或提供即時核心 API 與 Windows 核心驅動程式一起使用。

在 RTX64 啟用的情境中，應用程式可以像常見的 Windows 應用程式一樣呈現給使用者，但在使用者介面的背後，許多功能其實都會利用到 RTX64 即時處理程序，例如：設備控制程式可能會顯示正在加工的零件視圖，使用者也可透過觸控螢幕存取控制和設定。然而，實際的應用程式包含了兩個部分-- Windows 程式能透過即時 API 在核心和使用者兩種層級上與即時控制程式進行通訊。

在核心層級，Windows 驅動程式會將資料送到 RTX64 端，即可控制設備的行程，並接收目前的位置資料然後傳送至使用者介面，或透過即時核心 API（RtkApi）進行某種處理。在使用者的層級，操作人員可以在觸控螢幕上設定數值或開關位置等，並與 Windows 行程進行通訊，該行程則會使用即時 API（RtkApi）與 RTSS 進行通訊。這兩類 API 會直接與即時控制程式常駐的 RTSS 進行通訊。



## 重要的使用者體驗

隨著對即時和嵌入式系統的豐富使用者介面需求不斷增長，開發人員面臨到的困境是如何將這些介面與傳統上不支援複雜使用者介面的RTOS環境相連結。透過將RTX64擴充到Windows，即可直接使用自己喜歡的圖形工具來設計使用者介面，並以RTX API將使用者介面直接連結到底層的即時應用程式。對某些人來說，更具有吸引力的可能是直接購買現成的軟體控制和資料擷取（SCADA）工具，包含許多預先設計但可客製化的儀表、滑桿、開關和泵、水箱、驅動器的圖示等，並從中使用相同的RTX64 API來連接系統以進行開發。

影像資料也適用於此，有多種工具和應用程式能表現像是熱分佈、流體動力學、應力等物理現象，同時都運行在Windows上。現有的圖像處理應用程式已經能進行邊緣偵測和零件檢測所需的其他操作，而這份清單還在持續增加中。OEM在這類Windows使用者介面等級上提供豐富的「自建或購買」選項，開發人員可以有自信地使用和/或嘗試這些選項，因為他們知道這些底層即時應用程式的介面定義明確且能開箱即用。

## SMP 提供效能和可擴充性

對於如何利用多核心處理器當然存在著不同的思想流派，這些流派基本上分為非對稱多處理（AMP）或虛擬化和對稱多處理（SMP）。達成AMP的其中一種方式是要求作業系統的副本運行在每個核心，此時就要將記憶體分配給各個核心，隨之而來的是行程間通訊的需求，而這會增加負擔和延遲，也就是準確性的敵人。如果嘗試使用Windows執行使用者介面，同樣

會出現效率低下的情況，加上要在Windows與RTOS和分割記憶體的多個實例之間進行行程間通訊，並且在系統處理（在RTOS上）和顯示（在Windows上）即時視訊資料，就會需要更多的工業電腦，接著很快就會阻塞。將系統擴充到更多核心需要更多的RTOS副本、更多的分割記憶體和應用程式的重新配置。

另一種達成AMP的方式是使用虛擬機管理程式（Hypervisor）實施虛擬化，Hypervisor是直接運行在硬體的獨立軟體層，可在作業系統之間劃分硬體（Figure 2）。有些多核心處理器甚至具有用於虛擬化的內建硬體輔助，能為每個作業系統提供一個虛擬「主機板」。虛擬化通常用於支援「分離式核心」，這些核心與系統的其餘部分隔離，只透過嚴格控管的機制和協議進行通訊，這對於某些情況是有幫助的，但主要目的在於隔離，而SMP的目的是整合。Hypervisor本質上會增加一些延遲，這限制了在RTOS環境中的實用性。然而，結合即時Hypervisor、SMP和64位元的新解決方案則非常有趣，不僅允許在單一硬體平台上進行整合，同時也促進和SMP整合，不久後將會在另一份白皮書中探討此解決方案。

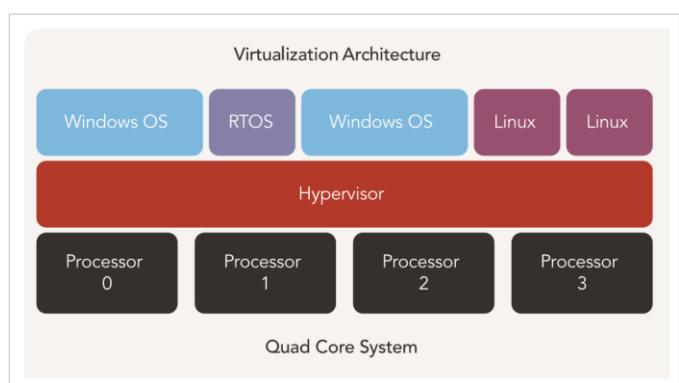


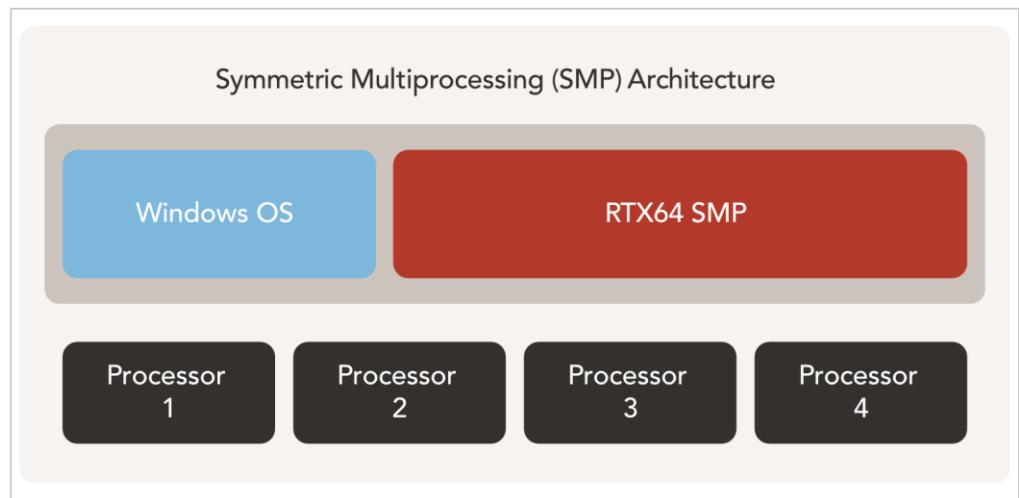
Figure 2



與在 RTOS 和核心之間出現障礙的 AMP 解決方案相比，RTX64 代表 Windows 的即時作業系統延伸，並與 Windows 一起運作，形成使用 SMP 將多處理器硬體視為單一共享資源的單一作業系統環境。整個作業系統環境只要單一副本（包括即時子系統與其即時排程器）就可存取所有分配給該子系統的核心（Figure 3）。與 AMP 不同，程式碼只需編寫一次，之後便能靜態重新分配執行緒，或新增核心和重新分割等新增功能的時候進行擴充。由於所有核心以及執行緒都能直接存取共享資料，所有資源都可以提供給即時行程，因此不須要額外的副本或使用複雜的行程間通訊方案或遠端程序呼叫。

**Figure 3**

RTX64 represents a real-time operating system extension to Windows and works with Windows as a single operating system environment that uses the SMP approach to treat the multiprocessor hardware as a single shared resource.

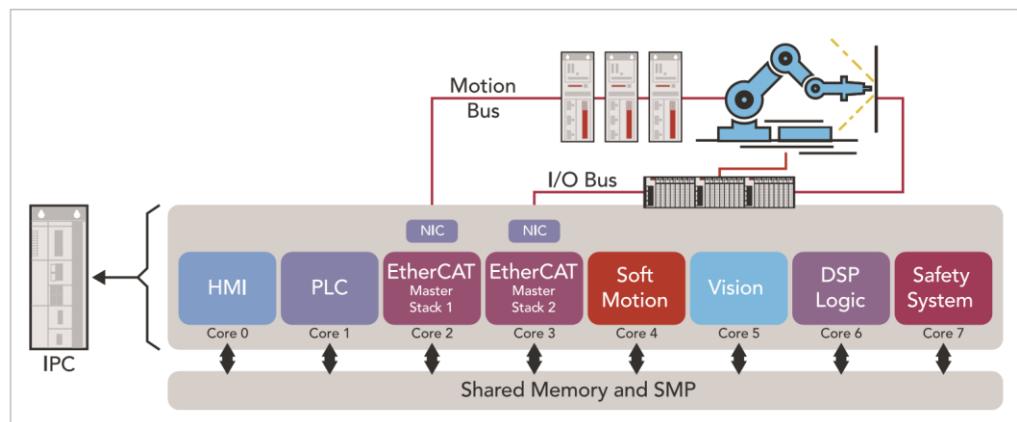


在同質的硬體平台上使用單一擴充作業系統環境，能夠減少設備製造商做出「是否有足夠的核心來做我需要的事情？」或「要新增多少核心才能為這個應用擴充到所需的附加功能？」等主要硬體決策，不須在不同的硬體元件（如 FPGA 和 DSP）之間橋接介面，也不用為了效能更高但程式編寫要求不同的零件去調整程式碼，更不需要請各種不同的硬體專家來建立或升級產品。團隊會根據單一程式語言（如 C++）來定義效能。

這形成了另一種優勢，就是針對整個專案使用例如 Windows Visual Studio 的單一開發工具。Windows 可以當作整個系統（也就是 Windows 功能和即時編碼）的開發環境，其他基於 Windows 的工具也能結合使用，例如需求分析、版本控制或靜態分析工具等等。即時子系統的使用者模式還包括連接到 RTSS 的 RTX64 啟服器控制台，開發團隊可以使用他們最喜歡的即時偵錯器、效能量測器和分析器來調整即時子系統，也能用相同的術語溝通和討論，不須學習 Verilog 或 DSP 程式語言。

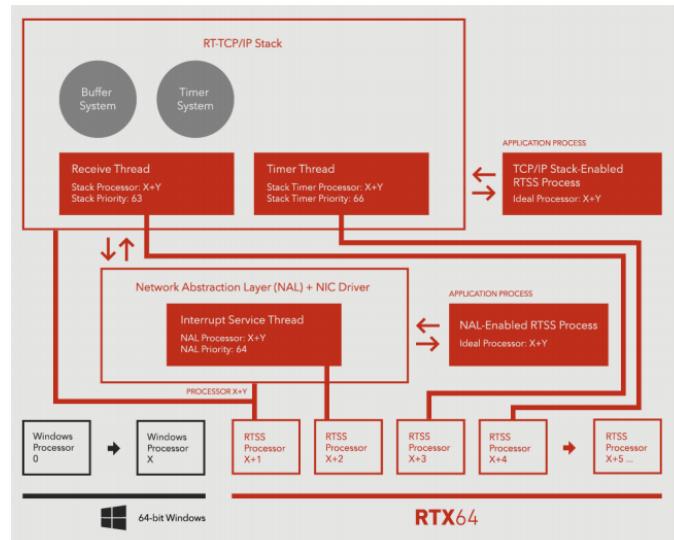
**Figure 4**

EtherCAT provides for gateways to integrate existing fieldbus components such as CANopen or Profibus. EtherCAT runs under RTX64 in software without the need for any specialized EtherCAT card plugged into the system bus.



## 網路和即時連通能力

在 IoT 時代，嵌入式系統不再是獨立運作，而是必須互連和共享資訊。某些情況下，網路在單一設備控制器內需保持準確性，如上 Figure 4 展現的機器人設備控制器。當多個機器人操作同一個零件或裝載和卸載設備時，碰撞偵測和避免碰撞可能就需要控制器之間的準確性網路。另外為了支援 IoT 作業，有時和雲端的通訊是非準確性的，這樣才能改善控制器系統。英特蒙有取決於應用程式的四種不同即時網路解決方案，RTX64 可支援上述三種通訊路徑，並將非準確性的工作委託給 Windows。

**Figure 5** RTX64 Real Time Networking Architecture

# 在 RTX64 RTOS 架構中的 Windows IoT 支援角色

## 反映在設備中的 Windows 生態系統

每個設備控制應用程式都建立在硬體、軟體和服務的生態系統之上，將資料轉化為情報。沒有任何一家技術或服務供應商能提供所有的組成要素，因此設備製造商一定得選擇一個開發環境是具有應用程式和合作夥伴支援的強大生態系。

微軟 Windows 提供最強大的生態系統，為設備製造商提供一流的工具鏈、安全性、IoT 雲端能力、合作夥伴、整合器和應用程式，並可支援所有設備製造商目前和未來的需求。如上所述，RTX64 為自己的即時排程器劃分並保留一個或多個核心，多核心電腦的其餘核心則分配給 Windows（參見 Figure 3 中的邏輯分配），因此設備製造商能利用 Windows 開發環境和應用程式、整合器和合作夥伴生態系統的優勢，提供具有令人驚豔的 HMI、IoT 功能和邊緣運算應用的一流設備。

## 突破性的 Windows 使用者經驗

設備製造商長期以來一直依賴 Windows 提供給操作人員控制台的 HMI 或其他使用者經驗。有了 RTX64，設備製造商可使用 Visual Studio，也就是單一的整合開發環境來開發 HMI 和設備控制器。與需要控制器硬體和另外 HMI 硬體的典型部署不同，RTX64 可將兩者整合到一台工業電腦中。

## 突破性的 Windows IoT

隨著 IoT 的興起，從控制器到雲端的安全連線能力已經成為一項必要條件，而因為 Windows 支援 OPC UA 等協議，設備製造商能夠輕易地滿足這個需求。

## 突破性的 Windows 邊緣運算

國際市調機構 Gartner 認為，當運算能力靠近生產資料的人事物時，數位商業專案通常會建立更有效處理過的資料。邊緣運算方案解決了對運算能力本地化的需求，負責管理這些解決方案的 IT 基礎架構和營運（I&O）領導者應該要了解相關的商業價值和風險。

大約有 10% 的企業生成資料是在傳統集中式資料中心或雲端之外建立和處理的，到 2025 年，Gartner 預測這個數字將達到 75%。如果設備製造商還沒考慮到這個趨勢，他們可能會錯失市場優勢，甚至是發掘新收入來源的機會。

Gartner 將邊緣運算定義為在資料產生來源或附近協助資料處理的解決方案。例如：在物聯網（IoT）的環境下，資料產生來源通常是配備感測器或嵌入式裝置的物體。這時邊緣運算即可當作校園網路、行動網路、資料中心網路或雲端的分散式延伸。

踏上數位轉型之路的公司已經意識到，需要一種更加分散的方法才能滿足數位企業基礎設施的條件。隨著資料量和速度的增加，將所有資訊串流傳輸到雲端或資料中心進行處理的效率也越來越低。在這種情況下，將運算能力分散，放置在更靠近資料產生位置的地方



(換言之就是採用邊緣運算) ，是具有優勢的。微軟 Windows 和 RTX64 就是達成這願景的最佳平台。

## 總結

RTX64 即時作業系統平台對於 IoT 時代的所有設備控制是相當關鍵的，因為設備製造商現在不但能滿足所有準確性的要求，還能提供 Windows 生態系統中可使用的突破性 IoT 功能，而這些全都來自於一台工業電腦。

