

零組件

2026年 3月號

Vol. 412

雜誌

6G 硬體進化論

太赫茲時代的關鍵元件與技術





熱情、好奇心、創造力
有什麼共同點？

答：就是您

無論您是學生、創客、工匠、業餘愛好者、科技奇才，都在體現發明創造的精神，
而正是這種精神，為我們所有人創造一個更美好的世界。

只要您能想到的，我們都能在 [digikey.tw](https://www.digikey.tw) 助您實現

DigiKey

we get technical

DigiKey 是所有供應商合作夥伴的授權經銷商，每日添加新產品。DigiKey 和 DigiKey Electronics 是 DigiKey Electronics 在美國及其他國家的註冊商標。© 2026 DigiKey Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA.

ECIA MEMBER
Supporting the Electronics Industry



任何情況皆能在 5V 穩定運作

高效能，低功耗

PIC32CM PL10 微控制器為追求簡潔與效能平衡的工程師提供了全新選擇。該系列微控制器搭載 ARM® Cortex-M0+ 核心，可實現真正的 5V 運行，這在 32 位元 MCU 中與眾不同，為工業、家電和汽車應用帶來了卓越的抗干擾能力。憑藉先進的觸控感測、超低功耗以及對主流開發工具的無縫支援，PIC32CM PL10 以可靠的 5V 支援與強大的電容觸控功能，巧妙融合了易用性與高效能。

主要特性

- 真正的 5V 運作：即使在電氣噪聲複雜的環境中，依然表現穩健
- 先進的觸控感測：週邊觸控控制器支援多通道配置，並具備優異的抗干擾能力
- 超低功耗模式：具備 Sleepwalking 模式，待機電流消耗低，顯著延長電池續航
- 輕鬆遷移設計：專為 8 位元使用者設計，輕鬆轉換無負擔
- 熟悉的開發工具：相容 Microsoft® Visual Studio Code (VS Code®) 和 MPLAB® Code Configurator，並獲得 IAR Embedded Workbench、Keil 和 Segger 等主流工具鏈支援
- 極具競爭力的價格：享受高階功能，但無需承擔高昂成本

選用 PIC32CM PL10 升級您的下一個設計，體驗 32 位性能，化繁為簡。

聯繫信息

Microchip 台灣分公司

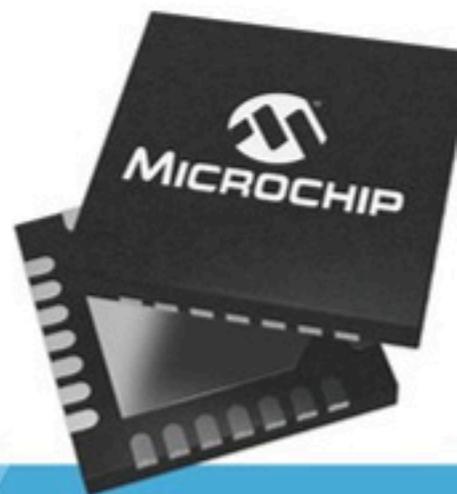
電郵：rtc.taipei@microchip.com

聯絡電話：• 新竹 (03) 577-8366

技術支援專線：0800-717-718

• 高雄 (07) 213-7830

• 台北 (02) 2508-8600



MICROCHIP



microchip.com/Ctimes-pic32cm-pl10

Microchip 的商標與標誌均為 Microchip 或其
MPLAB 或其 Microchip Technology Incorporated
在美國和其他國家或地區的註冊商標。
此處提及的所有其他商標均為各持有公司所有。
© 2024 Microchip Technology Inc. 及其子公司。
請參閱數據表以瞭解詳情。

目錄一

編輯室報告

7 世界正式零延遲

矽島論壇

8 AI基礎建設重塑半導體
與能源版圖

洪春暉、徐子明

新聞分析

10 解析輝達布局矽光子
背後之硬體極限戰

王岫晨

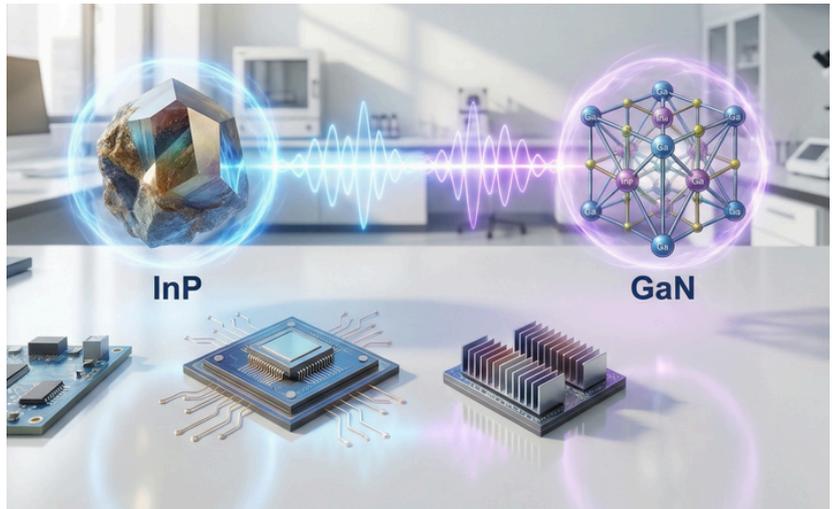
11 春晚機器人「武BOT」
展多機高速協作能力

陳念舜

產業觀察

12 半導體產業的
七大觀察

意法半導體



封面故事

全球頻譜進展與商用前景

陳復霞

p.20

隨著5G進入標準化演進的中場，全球通訊產業已越過視野直指2030年的6G商用藍圖。



磷化銦與氮化鎵 的太赫茲技術挑戰

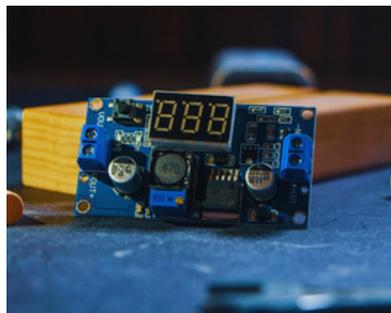
籃貫銘

p.26

解構6G時代硬體基石

王岫晨

p.32



關鍵技術報告 p.60

AVR SD系列微控制器
降低系統設計的
複雜度與成本

吳建瑩



本期明信片(訂閱獨享)

6G硬體進化論

5G改變了生活，而6G將重新定義現實。當通訊速度超越感官極限，虛擬與實體的邊界將不復存在。

STM32C0 MCU系列



為具成本考量之應用打造的 入門級32位元MCU



將下一個 8 位元 MCU 升級至 32 位元！

STM32C0是ST新推出之最易入手的32位元MCU，讓所有開發人員皆可盡情使用升級功能。

STM32C0彌補了8位元或16位元MCU與更高效能32位元MCU之間的差距，為開發者帶來STM32的設計優勢。STM32C0採用符合業界標準的Arm® Cortex®-M0+核心，運作頻率48MHz，以較低成本完成更多作業。

- 針對使用32位元 MCU的開發者而言，STM32C0提供入門級的解決方案，並為未來產品升級至STM32G0系列或其他STM32 MCU保留更多空間。
- 針對開發應用程式的設計人員而言，這類應用程式通常採用8位元或16位元MCU，在對成本結構影響有限的情況下，STM32C0讓設計升級，並從STM32生態系統取得額外支援。

STM32C0系列提供高達256KB的快閃記憶體和6至36KB的RAM，並採用各式8至64腳位封裝，包括WLCSP12-24、UFQFPN及小型的3x3mm UFQFPN20封裝，部分產品線支援USB及CAN FD。

重要功能與優勢

- **經濟實惠：**極具吸引力的價位與最佳化BOM，有助於減少成本
- **可靠性：**受益於獲得驗證之STM32的品質與可靠性
- **連續性：**採用與STM32G0相容的腳位，並共用相同的平台

主要應用

- 智慧家庭
- 工業裝置
- 消費性裝置



www.st.com/stm32c0

意法半導體

TEL : (02)6603 2588

FAX : (02)6603 2599

代理商

伯東 : (02)8772 8910

文輝 : (02)8826 9088

友尚 : (02)2659 8168

安富利 : (02)2655 8688

益登 : (02)2657 8811

艾睿 : (02)7722 5168

目錄二

東西講座

- 38 AI記憶體賽局：
結構性短缺與超級週期

CTIMES副總編輯 籃貫銘

籃貫銘

專題報導

- 42 WI-FI 8 從極速轉向
高可靠性的無線革命

王岫晨

- 50 半導體虛擬量測
邁向零缺陷製造

王岫晨

關鍵技術報告

- 64 重新定義新一代感測設計技術

Johannes Haase

- 68 AI推論重構終端運算架構

Ran Snir

- 71 電動車的人體磁場防護測試機制

德國萊因

零組件雜誌

Founded in 1991

社長 黃俊義 Wills Huang

編輯部/

副總編輯 籃貫銘 Korbin Lan

資深編輯 王岫晨 Steven Wang

陳復霞 Fuhsia Chen

陳念舜 Russell Chen

產業服務部/

主任 翁家騏 Amy Weng

執行專員 劉家靖 Jason Liu

發行部/

主任 孫桂芬 K.F. Sun

資訊管理部/

專員 何宗儒 Dave Ho

會計 林寶貴 Linda Lin

發行人/ 黃俊隆

遠播資訊股份有限公司

台北市大同區承德路三段287-2號

電話：(02) 2585-5526

社群服務/



粉絲專頁



影音頻道



新聞信箱



世界正式零延遲

歡迎來到6G的進化現場。說實話，在撰寫這期封面故事時，編輯部曾一度陷入「這是在寫科技報導，還是在寫科幻小說？」的自我懷疑。

當我們提到TBPS（每秒兆位元）這種傳輸速度時，那是什麼概念？那是你眨一下眼的時間，整個圖書館的資料就已經塞進你的手機裡了。在6G時代，延遲這兩個字基本上可以從字典裡刪除，這意味著你可以戴上觸覺手套，在台北家中的客廳，實時感受遠在倫敦街頭的一場細雨，或者跟遠方的愛人來一個連體溫都精準模擬的擁抱。

然而，這場進化論的背後，是一群瘋狂工程師與物理定律的「肉搏戰」。內文許多硬梆梆的術語：射頻前端、超低抖動時脈、還有什麼微流道散熱。別被這些名字嚇跑了，想像一下，為了讓這些強大到不行的晶片乖乖工作，工程師們得在比頭髮還細的空間裡雕刻電路，還得在晶片發燙到足以煎蛋之前，用微型水管幫它沖冷水澡。這不只是硬體的升級，這簡直是一場微觀世界的極限運動。

無論演算法多麼聰明，沒有強大的鋼鐵骨架，6G終究只是空中樓閣。就像你給F1賽車裝上割草機的引擎，它永遠跑不出時速三百公里。支撐6G夢想的支柱，從讓訊號不失真的精準時脈，到守護信號最後一英里的高速互連，每一項都是為了讓你未來的數位雙生人格能活得更像個真人。

最後，當6G真正降臨，可能你再也沒有理由說「抱歉，我這裡訊號不好，先掛了」。因為在6G的世界裡，從通訊到通靈，連地底深處、甚至海洋彼端，可能都會被這張無形的網緊緊包裹。





洪春暉

資策會產業情報
研究所(MIC)所長

chrishung@micmail.iii.org.tw

AI基礎建設重塑半導體 與能源版圖

本文為洪春暉、徐子明共同執筆
徐子明為資策會MIC資深產業分析師兼研究總監

AI晶片叢集運算為支持大語言模型訓練之關鍵手段，帶動伺服器之間資料交換的矽光子技術與產品演進。其中共封裝光學（CPO）模組持續推進頻寬規格、量產技術以及模組標準化，以2028年左右可量產並導入伺服器為目標。未來CPO交換器可望逐漸由2.5D模組封裝走向3D小晶片垂直堆疊封裝，成為資料中心伺服器標準配置。

目前台灣先進封裝業者已結合光電元件、光零組件業者、材料、晶片設計等領域廠商聯盟，持續推進CPO模組與系統量產技術，並強化與國際品牌大廠合作推動標

準化技術及產品，提升對全球矽光子供應鏈影響。

另外，AWS與Google等雲端大廠將持續擴建全球AI資料中心，帶動運算規模與能耗密度持續攀升。同時NVIDIA提出單一機架800V直流電架構，將帶動液冷散熱方案再進化；伺服器業者為確保設備用電穩定，電池儲能系統（BESS）與電池備援模組（BBU）正快速發展中，代表AI資料中心發展下，散熱方案、儲能備援都有技術升級的需求。

對此，台廠已經積極開發新



一代儲能與散熱方案，特別是散熱大廠已將研發重點轉向開發微通道水冷板（MLCP），由於該方案需與半導體製程業者合作，具備高技術門檻，為既有業者帶來挑戰。

中美對抗持續，AI與上游原料輸出納入競爭可見地緣風險—2025年7月，美國推出「AI行動計畫」，透過新建立的AI出口專案推動AI專用硬體（晶片、伺服器、加速器）、雲端與資料中心服務、軟體／模型、應用程式與治理標準等完整套裝方案出口，藉以重掌國際供應鏈控制與產業標準主導權。

有別於美國以閉源策略嘗試維持技術領先的做法，中國則採開源策略降低國際市場導入門檻並擴大使用基礎。預期2026年在中國積極輸出AI軟硬體方案下，許多國家政府可能透過設立進入門檻（反補貼調查、關稅調整、安全規範等）等作法來降低可能的國安與資安風險。

中美兩強對抗下，全球AI技術競爭將不僅是技術能力差異，更是供應鏈、產業標準與地緣政治的博弈。

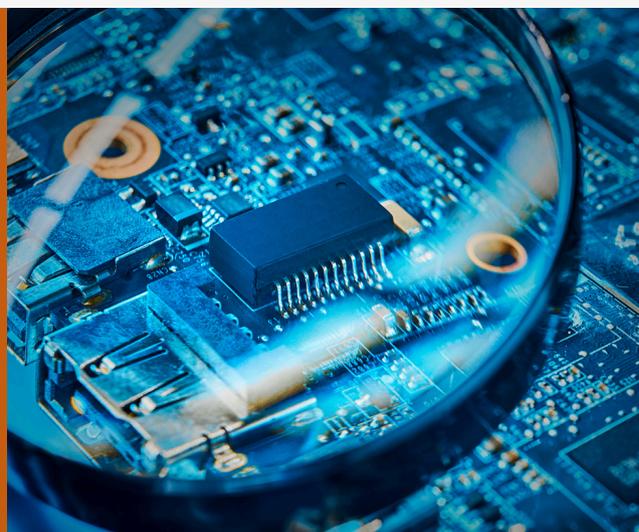
台廠已在AI供應鏈扮演關鍵角色，目前與美國主導的供應鏈深度合作，在全球市場拓展先進AI方案。

以晶片商高通（Qualcomm）新一代Snapdragon 8為例說明，能夠促使端側AI的運算能力大幅提升，滿足例如智慧製造、智慧醫療等不同領域的應用場景，加速AI滲透率提升效益。

另一方面，隨著歐盟AI Act與ISO 42001等國際規範生效，AI治理國際標準已然成形，象徵「治理能力」已從單純風險控管，轉變為企業參與國際競爭的基本門檻。

對此，台廠可採取三項因應對策。首先，建構符合國際標準的「企業內部AI治理框架」，釐清技術部署的權責邊界，並落實風險識別與審計。其次，推動「全員AI素養訓練」，確保人員素質與技術同步升級。最後，導入技術工具提升治理效率，優先聚焦於資料治理、模型評測、憑證溯源及合規自動化審計面向，讓企業在合規之餘，亦得確保營運韌性和市場競爭優勢。■

從實驗室走向戰場中心 解析輝達布局矽光子 背後之硬體極限戰



輝達近期宣布一項投資計畫：預計投入40億美元於光通訊企業Lumentum與Coherent。這筆鉅資不僅僅是財務投資，更顯示了矽光子技術已從實驗室走向戰場中心，成為決定未來 AI 基礎設施勝負的關鍵。

矽光子以光代電，利用矽製程將雷射光源、光偵測器與調變器整合在單一晶片上。光子傳輸具備極高頻寬、低延遲與低功耗的特性。NVIDIA 此次重金布局，正是看準矽光子能將數據傳輸效率提升數倍，同時大幅降低資料中心的能源成本，讓 AI 集群的擴展不再受限於物理散熱與電力供給。

NVIDIA 選擇投資 Lumentum 與 Coherent 具有高度戰略眼光。這兩家公司是全球磷化銦 (InP) 雷射與光學元件的龍頭，因此等於掌握了矽光子最核心的「光源」技術。

透過這筆投資，NVIDIA 不僅確保了在缺貨潮下光學元件的優先供應權，更重要的是，它能與這兩家廠商協作，開發下一代Rubin架構所量身打造的光電整合模組。

NVIDIA 的野心不只是賣 GPU，而是定義整個 AI 運算架構。當前市場競爭者如 AMD、Intel 以及自研晶片的雲端巨頭（如 Google TPUs）都在研發光學互聯。NVIDIA 藉由 40 億美元的布局，實質上是在建立一個以自家技術為核心的光電生態系。

這場 40 億美元的豪賭，反映出 AI 產業已進入「硬體極限戰」。當電晶體縮小已逼近物理瓶頸，傳輸速度便成為新的決戰點。NVIDIA 透過掌握矽光子技術，正試圖讓 AI 運算的限制從「電路的速度」進化到「光的速度」。

(王岫晨)



多變應用場景輪番齊發 春晚機器人「武BOT」 展多機高速協作能力

每年除夕在央視固定播出的春節聯歡晚會，今年再度成為中國展示高端製造科技政策的重要舞台。

繼去年曾安排16台宇樹科技全尺寸人形機器人穿大花襖扭秧歌的《秧bot》場景後，今年更擴大安排4家新興人形機器人新創企業：宇樹科技（Unitree）、銀河通用（Galbot）、松延動力（Noetix）與魔法原子（MagicLab），表演貫穿武術、小品等節目，展現其多功應用能力。

其中銀河通用機器人「小蓋」作為具備情感交互能力的機器人，出現在賀歲微電影。

展示了手盤核桃、撿玻璃碎片、疊衣服、烤腸、零售貨架取貨等5個動作，突破過去難以克服的極度精細化、取拿形狀不標準、柔軟物體的任務。

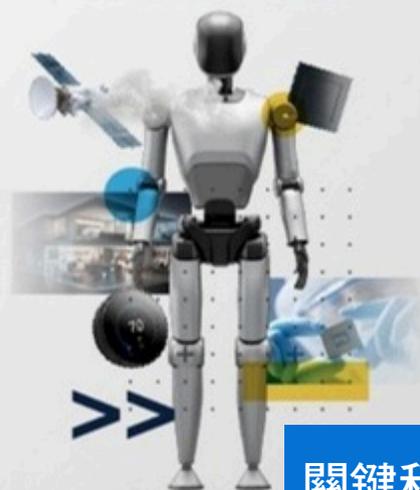
最大亮點則是由宇樹G1與H2兩款人形機器人主演的武術節目「武BOT」，與小朋友同台對練棍術、醉拳、雙節棍。

首次展出連續花式翻桌跑酷、Airflare大回旋7周半等動作，達成彈射空翻最高至2-3m，並在空中完成正空翻、側空翻後平穩落地。共有20多台G1/H2機器人在舞台上變換隊形，實現了全球首次全自主高動態叢集技術。

並強調毋須外部定位輔助，完全依靠機載傳感器實時感知環境、自主規劃路徑、動態調整隊形。能在跑偏或受干擾後自動恢復，實現了從快速跑位、對招到執行的全程全自主協同。

這類技術不僅具表演價值，也為未來機器人在工業、生產及調度等實際應用奠定基礎。（陳念舜）

TechTomorrow.



ST Perspectives.

關鍵科技趨勢

半導體產業的
七大觀察

文／意法半導體

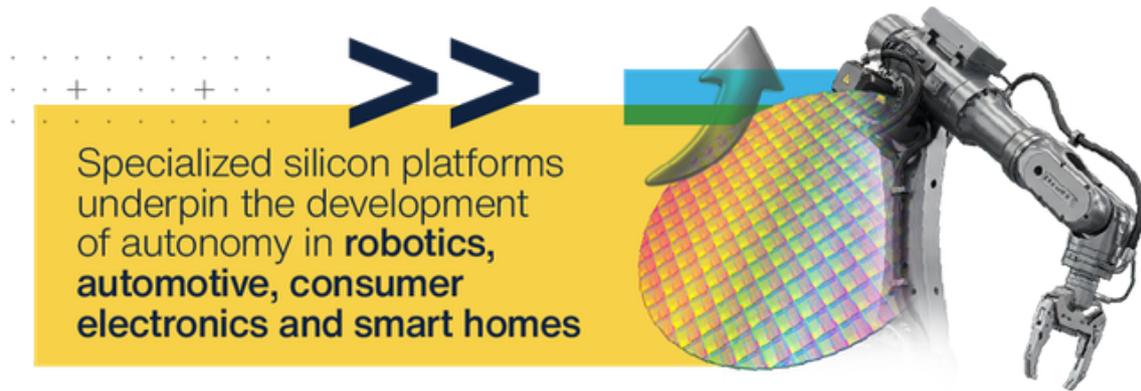
一個全新的智慧機器世代正逐步成形。意法半導體觀察到的多項趨勢，延續2025年初提出的方向；技術持續成熟，並在新的一年加速落地，這些趨勢開始展現更清楚的輪廓。

展望2026年，一個全新的智慧機器世代正逐步成形。意法半導體（STMicroelectronics, ST）所觀察到的多項趨勢，延續了2025年初提出的方向；技術持續成熟，並在新的一年加速落地，這些趨勢也開始展現更清楚的輪廓。

由於既有技術的大量導入，正推動工業設備、機器人、車用電子、消費性電子產品與智慧家庭，朝向更高程度的自主運作發展，而關鍵在於專用半導體平台與先進處理架構的到位。

在技術底層，半導體材料的持續創新仍是關鍵基礎。碳化矽（SiC）、

氮化鎵（GaN）以及矽光子技術，將持續因應市場對高效率電源轉換、熱管理與高速資料傳輸不斷提升的需求。同時，神經處理器、影像感測器、微控制器與微處理器在架構設計上的發展，也將進一步強化自主與智慧系統的整體能力。這些系統的資安設計，仍將是開發過程中不可忽視的重點。



圖一：專用半導體平台，讓機器人、車用、消費性電子與智慧家庭具備更高程度的自主能力

在技術底層，半導體材料的持續創新仍是關鍵基礎。碳化矽（SiC）、氮化鎵（GaN）以及矽光子技術，將持續因應市場對高效率電源轉換、熱管理與高速資料傳輸不斷提升的需求。同時，神經處理器、影像感測器、微控制器與微處理器在架構設計上的發展，也將進一步強化自主與智慧系統的整體能力。這些系統的資安設計，仍將是開發過程中不可忽視的重點。

整體而言，ST對2026年的看法相當明確：更聰明的機器，將建立在速度更快、同時也更安全的半導體技術之上。

Edge AI： 無所不在、全面展開

Edge AI的持續創新，仍是串連這些

趨勢的關鍵核心。ST指出，2025年已清楚看到AI持續往邊緣端移動的明顯態勢；2026年，這股趨勢將進一步加速，嵌入式AI幾乎會出現在各類裝置與感測器之中。Edge AI與TinyML技術導入，這些裝置將具備更高程度的環境感知與分析能力，並因此能更獨立地做出判斷與行動。同時也將看到更多針對特定領域與應用情境所設計的AI晶片，依照不同產業與使用環境的工作負載進行最佳化。

接著機器人、工業系統、車用電子等技術與各類消費性裝置將受惠於部署在邊緣端、同時兼顧效能與功耗表現的AI技術。這些系統將不只是被動工具，而是逐步成為人們生活中更積極的參與者與夥伴。

機器人，開始使用不同的「語言」

近年大型語言模型（LLM）—以大量文字資料訓練而成的AI，一直是AI討論的核心。ST去年指出這類模型進展，加上神經處理相關技術的提升，讓機器在「思考」層面有了明顯突破。到了2026年，另一種全新模型的類型將把這樣的思考能力進一步帶入實際行動。

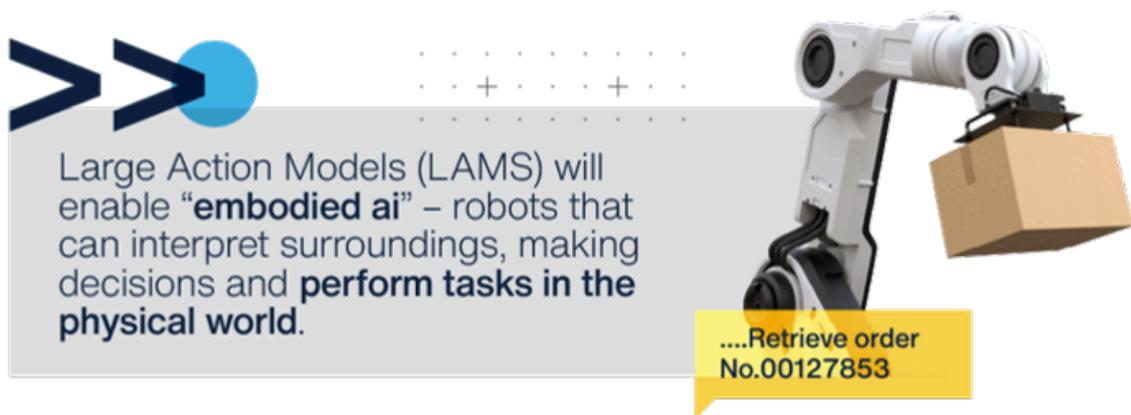
當LAMs應用於機器人推論，搭載邊緣端AI的協作型機器人將更廣泛地與人類一同工作，人形機器人部署也將逐步增加，同時自主運作的工業系統隨之擴展，並具備更進階的感測與馬達控制能力。

當判斷能力與動作靈活度同步提升，機器人將不再只存在於工廠，而是逐漸走入零售、餐飲服務，甚至家庭環境。

量子技術走向實際應用，資安成為首要課題

ST去年指出傳統半導體技術的持續應用正逐步帶動量子運算的發展，而此方向開始反映在實際應用上。

當技術逐漸成熟，採用FD-SOI製程的量子電腦，預計將在接下來一年從實驗室走向實際部署。然而進入2026年後，量子技術對各類組織最迫切的影響將集中在同一個主題上：資安。



圖二 大型動作模型（LAMs）推動「具身 AI」，讓機器人能理解環境、做出判斷，並在實體世界中執行任務。

網路犯罪行為者已開始為量子時代做準備，並計畫將具備密碼破解能力的量子電腦（CRQCs）納入攻擊

網路犯罪行為者已開始為量子時代做準備，並計畫將具備密碼破解能力的量子電腦納入攻擊工具。他們目前就已大量蒐集經過加密的資料，預期未來可透過量子運算的運算能力加以破解。如此發展對所有組織都是一項真實且迫切的風險。

後量子密碼學（PQC）正是對應這項挑戰的解決方式。相關的PQC演算法標準正在建立並逐步釋出，目的在於提前為裝置與軟體提供防護，避免量子運算帶來的資安衝擊。面對這樣的轉變，採取行動的時機已經來臨。

自主駕駛，是否即將迎來關鍵轉折？

自駕計程車向來是自主駕駛領域中最受矚目的應用案例，而其背後來自光達（LiDAR）、AI相機等感測技術的提升，以及各項技術與交通建設之間的整合。

2025年全球允許使用或試行所謂「機器人計程車（robotaxi）」的城市數量明顯增加，特別集中在美國與亞洲地區，顯示這項技術正持續向前推進。

不過，相關挑戰仍然存在。目前Level 4的自主駕駛仍多半限於可控環境中運作（Level 5則代表在任何環境下皆可完全自主行駛），同時，多家主流車廠也已調整原先對全面自主駕駛的時程規劃。

消費者信心同樣是影響採用速度的重要因素。研究顯示，使用者在實際體驗後對自主駕駛的接受度會明顯提高。

當更多消費者有機會親身感受帶來的便利，加上相關技術逐步成熟與整體效率提升，預期2026年將進一步加快自主駕駛發展。

住家環境更智慧、連結更緊密，也更安全

在2026年，多項趨勢將相互交會，並且進一步改變家庭科技的樣貌。