

感測、連接、控制相偕 AI化，ST 全員啓動！

■文：任苾萍

Acumen Research and Consulting 年初發佈報告指出，受到技術進步和各行業對自動化和連接性需求不斷增長推動，集感測、運算和通訊能力於一身的智能感測器，2021 年全球市場規模為 305 億美元，預計 2030 年市值將達 1,564 億美元，2022 ~ 2030 年之複合成長率 (CAGR) 為 20.1%。智能感測器將在自動化和數位化扮演要角，並有可能成為下一代基礎設施的重要組成，未來幾年將繼續以顯著速度增長且技術發展有望繼續擴大。就區域別觀察，北美的智能感測器市佔最高，2021 年市佔率已超過 30%，圖像感測器更佔總市場份額的 20% 以上。

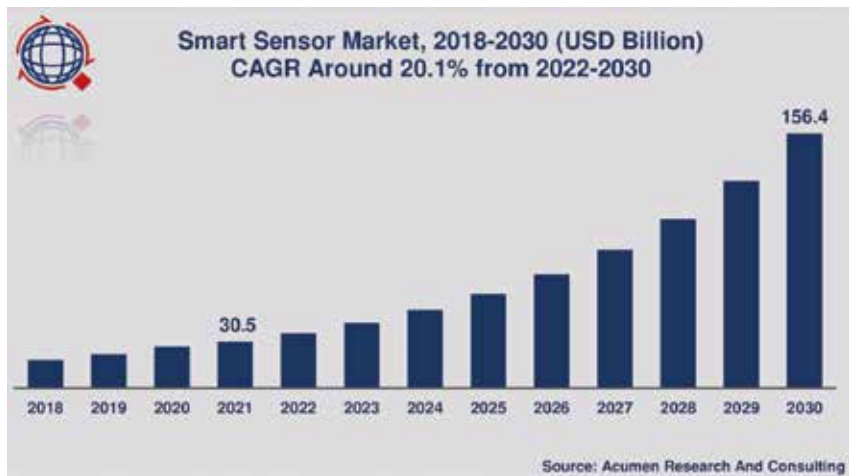
AI / ML 提高感測準確性和性能

值得注意的是，由於製程控制、預測性維護和品質控制等工業應用日益普及，工業自動化領域預估將在預測期內佔據最大市場份額。智能感測器有助於提高效率、生產力和安全性，滲透率也隨之攀升，「提升能源效率」是另一股市

場驅動力，政府法規與成本效益也是有力推手。常見的智能感測器類型有：壓力、流量、溫／濕度、圖

像、水、觸摸、運動和佔用、超音波、位移及光感測器等，嵌入式系統涉及元件有：微控制器 (MCU)、

圖 1：智能感測器市場預測



資料來源：<https://www.globenewswire.com/en/news-release/2023/01/31/2599022/0/en/Smart-Sensor-Market-Size-to-Touch-USD-156-4-Billion-By-2030.html>

圖 2：ST 智能感測器產品藍圖



資料來源：ST 《STM32 Summit 2023》簡報

資料轉換器、解碼器、放大器及收發器等，而微機電系統 (MEMS) 和互補式金屬氧化物半導體 (CMOS) 是關鍵技術。

報告顯示，連接性使用的增加，可即時收集並傳輸數據；無線化與無電池化趨勢，減少了維護需求並增加安裝的便利性；小型化和集成化，讓智能感測器正變得緊湊，使其得以被集成到範圍廣泛的設備和系統中；而人工智慧 (AI) 和機器學習 (ML) 更進一步提高感測的準確性和性能。無獨有偶，元件供應商意法半導體 (ST) 日前舉辦的《STM32 Summit 2023》年度大會，即以「邊緣人工智慧」(Edge AI) 為主旋律釋出「AI 將無處不在」的訊息——各種軟、硬體的融合是重點，並宣告感測器整合 AI 風潮的來臨！

ST 認為，工業 4.0 打通雲端到工廠的節點，進階版的工業 5.0 則旨在「定制化」，監控是這類智慧工廠重點——無線連接賦能物聯網轉型，特別是對於供應鏈、產品生命週期管理、製造數據分

析助益良多。在節能議題當道下，利用智能感測器、控制器透過無線集成到雲端做數據化升級更能有效利用水電。擁有一條龍生產 MEMS 感測器能力的 ST 自 2000 年首批流體控制器量產開始，一路到加速度計 (accelerometer)、陀螺儀 (gyroscope)、慣性量測單元 (IMU)、地磁、氣壓計等，到新加入機器學習、邊緣運算邏輯，二十年來已出貨 270 億顆創新 MEMS 器件。

內嵌 ISPU 智能感測器，利於邊緣 AI 運算決策

ST 近來在 MEMS 感測器中嵌入可程式化核心，利於邊緣 AI 運算決策，超低功耗、內嵌 ISPU (智能感測器處理器) 的六軸 IMU 即是一例 (三軸數位加速度計 + 三軸數位陀螺儀)，可用於複雜的動作和手勢識別、事件檢測、穿戴配件活動、眼球跟蹤、資產追蹤、機械臂定位、預測性維護、狀態監測 (CbM) 的持續異常檢測等；其中，

內嵌 ISPU 超低功耗可編程內核是用於 AI 或數據處理，專為機器學習與數據處理而特別設計的數位訊號處理器 (DSP)。ISPU 有三種軟體開發工具供選擇：命令列介面 (CLI)、整合開發環境 (IDE)、圖形使用者介面 (GUI)。

統整內嵌 ISPU 的感測器好處在於：

1. 超低功耗及延遲，用於邊緣感測器融合的電流僅 200 μ A，且 ISPU 直接獲取內部感測器數據，無需匯流排參與傳輸，可降低系統負載、效率佳；
2. 對於商用或開源 AI 模型 / C 代碼均可編程，提供更多選擇、更大自由度的自主學習方案，ISPU 編譯器可將坊間常規的 ML 模型轉譯成 C 代碼植入 ISPU 中，實現工業物聯網 (IIoT)；
3. 允許感測器數據本地處理，兼顧安全及隱私；
4. 高度集成，器件微型化。

此外，ST 一款基於 2.4GHz 的智能感測器預測性維護解決方案——STEVAL-PROTEUS1 整合開發套件，主要應用於預測性維護和狀態監測，具有以下功能：1. 設置參數和閾值，觸發條件和趨勢；2. 連接感測器及收集數據；3. 上傳雲端做數據分析；4. 機器學習。該評估板簡化了無線工業感測器節點的原型設計、評估和開發，以實現預測性維護。它配有鋰聚合物電池和塑料外殼，所有組件皆安裝在印刷電路板 (PCB) 頂部，以便能輕鬆安裝在其他設備上。隨附的綜合軟體和具有時域和頻域振動分析的韌

圖 3：ISPU 超低功耗可編程內核是專為機器學習與數據處理而特別設計的 DSP



資料來源：ST 《STM32 Summit 2023》簡報

圖 4：STEVAL-PROTEUS1 是基於 2.4 GHz 多協定的無線 SoC，專為溫度和振動監測設計的評估工具，用於處理工業應用的機器或設施狀態監控



資料來源：<https://www.st.com/en/evaluation-tools/steval-proteus1.html>

體庫可簡化軟體客製及上市時間。

深度邊緣 AI 大勢所趨，ST 兩大開發工具助攻

ST 重申，基於回應速度快、頻寬、隱私佳、可靠、節能等考量，深度邊緣 AI 將是大勢所趨，讓數據在智能感測器／節點／閘道器中處理，工業應用常用於預測性維護、條件檢測、機器控制以及結合 IoT 做自動化。隨著感測器用量及基於數據驅動洞察需求不斷增長，嵌入式應用將收集越來越多的數據；若用傳統演算法和預定義模型進行數據分析、預測或決策，對於處理量與複雜場景有其局限性，但 ML 演算法可自動從數據學習模型和關係——基於 AI 的數據處理提供更加靈活與強大的方法，對大量數據進行分析並做出決策。

STM 32 對邊緣 AI 有完整支援，並提供兩套主要開發工具：NanoEdge AI Studio 和 STM32Cube.AI。前者有三個知名用例：一是 NKE WATTECO 部署預測性維護，不需大量數據訓

圖 5：NanoEdge AI Studio vs. STM32Cube.AI

ST 支援 AI 開發之生態系統		
	STM32 Cube AI	NANOEDGE AI STUDIO
	邊緣 AI 工具套件 STM 32 模型優化	自動化機器學習工具 STM 32 端到端邊緣 AI 方案設計
優點	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 將模型轉化成經過優化的 C 代碼 ✓ 桌面版 / 網頁版 ✓ 網頁版可使用遠程硬體基準 ✓ 設備端模型驗證 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 為現有專案裡集成 AI 演算法提供便利方法 ✓ 降低開發成本 ✓ 工具可自動為模型尋找高性能運行的 MCU
應用領域	所有	時間序列
商業模型	免費	免費在 STM32 開發板上驗證，量產需要授權

資料來源：ST《STM32 Summit 2023》簡報

練 AI 模型、也不需專家開發演算法，具備開箱即用特性。借助基於 NanoEdge AI，將名為 Bob 的產品扣在工廠機器上，即會自動學習和分析振動並在問題影響產線之前示警，只需簡單操作，就可用 NanoEdge AI Studio 生成優化和有效的機器學習演算法，在板學習的能力使用戶能根據特定設備或環境定制異常檢測以減少漏判和誤判。

二是被多個工業獎項認可並已獲大廠採用的 IRMA 智能維護應用。基於多個感測器和嵌入式 AI，IRMA 能收集振動、溫度、壓力、濕度、聲音和氣體等各種數據，然後藉由不斷豐富的數據集和 AI 演算法做出推理判斷，在邊緣端預測設備失效、在故障出現的初期就給出靈敏預報。即使沒有資料科學家支援，也能在很短的開發時間內創造一個結合嵌入式智能和六個感測器的獨特方案。最後一個是使用電流及振動感測器，用於電氣斷路器的預測性維護，預防機械老化導致意外停電和停工。

NanoEdge AI Studio & STM32Cube.AI 優勢

NanoEdge AI 支援設備端學習，更接近訊號源，使在 MCU 和感測器之間分配任務成為可能，可自動適應不同目標環境並檢測異常，解析離群值以找出設備所發生的問題類型，並可預測振動級別以便有時間做出正確回應。NanoEdge AI 已為 STM32 生成高度優化代碼，機器學習模型基準測試大幅加快開發時間，且走在前端的機器學習演算法會持續更新，使產品更智能，無需專業 AI 知識即能完成專案開發。Cube.AI 最為人所知的是直流電弧檢測，太陽能電池板經常因雜質或物理損壞引起的直流電弧而損壞，導致走火。

經由使用神經網路或機器學習對電弧故障特徵進行識別，可降低誤報率和漏報率，即使在充斥各種雜訊的環境下，適應性亦高，可提高檢測精度，協助客戶通過 UL 1699B 認證。統整 STM32Cube.AI 三大優勢如下：

1. 圖形優化：自動對網路進行壓縮

圖 6：NanoEdge AI Studio、STM32Cube.AI 用例



資料來源：ST《STM32 Summit 2023》簡報

以適應 MCU，不必手動調整，運行 STM32 MCU/MPU 平台達最佳性能，低精度損失；

2. **支援量化模型**：簡單量化網路模型，減少記憶體消耗並降低推論耗時；
3. **記憶體優化**：使用分配工具進行性能優化，包括模型分配、啟動數據儲存、重用模型輸入緩衝區、可重定向網路等。

IO-Link：通往致動器與感測器的最後一步

ST 表示，工業 4.0 帶動數位

孿生 (Digital Twin) 和雲端工廠概念，促使設備廠積極致力於通訊標準化與智能化需求，以打通上、下行流程，才能保證終端感測器、致動器裝置能被上層網路或控制器所識別；預測性維護須仰賴眾多感測器，傳統光電開關、振動感測器只能揭露高、低電平數據，無法達到智能效果，此時需要更大頻寬的通訊協助。以智慧工廠的拓樸圖來看，最上層是 PLC (邏輯控制器，負責邏輯控制、設備運行、數據管理) 和電源模組 (通常是 24V)，最貼近用戶端，透過工控人機介面 (HMI) 監控、管理整個工廠設備。

由 PLC 向下延伸出的是 EtherNet、ProfiNet 等工業乙太網 (Industrial Ethernet)，串行連接到整個系統的各個設備，形成鏈式的拓樸結構。ST 於會中提及，隨著工廠自動化升溫，近三年 IO-Link 需求急遽攀升，被喻為是通往致動器與感測器的最後一步！IO-Link 擔任通訊閘道器 (Gateway) 的功能，負責解析現場匯流排的數據並一對多將各端口的數據分送到致動器、感測器等終端。那麼，為何要憑空多出這麼一個中間層？主要有兩大考量因素：

■**成本**：EtherCAT 是高速通訊，設

備處理器性能也須相對提升，但工業現場感測器數量龐大，若每個感測器都配備強大的處理器，會形成資源浪費，部署成本非常高；

■維護：若所有設備都直接連網，一旦網路上某個節點損壞，將因失控而導致災難性後果，且要更換或維護，須全部停機。

於是，讓 IO-Link 閘道器肩負起數位通訊的作法便脫穎而出，其可靠性已經市場檢驗；若須更動設備也只須插拔對應端口，隨插即用。ST IO-Link 主站有兩種實現方式：1. 軟體：用戶購入源碼及主控晶片，整合度高、但前期一次性

投入也高；2. 硬體：把主站的通訊協定燒錄在特定 MCU 裝置中，將成本均攤至每個裝置，降低主站開發門檻及難度。感測器或致動器從站部分，是將數位輸入／輸出透過 SPI 介面通訊，具有擴充性高、方便整合等優點，通道數是焦點。ST 並提醒，為免驅動端電源出狀況導致失壓、連帶使整個系統失控，須與控制端的電源隔離。

Sub-GHz LPWAN 應用廣，60GHz RF 創新思維

在網路連接方面，低功耗廣

域網路 (LPWAN) 可說是 IIoT 的重要組成，Sub-GHz 應用尤其廣泛，但通訊協定也很分散。有鑑於此，ST 新近發表支援多種 Sub-GHz 協定的系統單晶片 (SoC)——STM32WL3，即將在今年第四季投入量產。它集成兩個射頻 (RF) 單元的應用處理器、感測器外設以及 LCD 段碼驅動控制器，其輸出功率 > +20dBm 全電壓和溫度範圍，「射頻喚醒」可實現始終連線的 4.2µA 超低功耗，智能水表是典型應用——長距離傳輸可減少閘道器數量，內部集成感測器可讀取水流量。

特別一提，針對視訊數據的連接所推出之高速、高頻寬、高數據吞吐量、低時延、低功耗、近距離、點對點傳輸、基於 60GHz 毫米波 (mmWave) 的 ST 60 射頻收發器，為機構設計帶來創新思維。ST 60 傳輸距離與近場通訊 (NFC) 類似、約在 10cm 以內，但數據傳輸量卻是其幾十萬倍，旨在取代設備內部主板與子板之間的柔性電纜、或設備外部的實體連接器，實現無孔「非接觸式連接器」的美觀或防水／防塵。在智慧製造主要有四大應用場景：

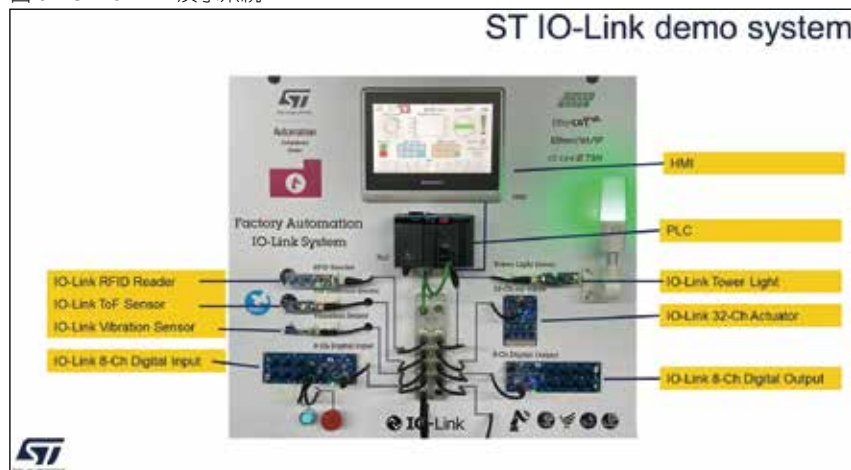
1. 產線自動化設備，不須插拔數據線就能在短短幾秒內完成空中線上 (OTA) 更新；
2. 用於機械手臂關節，免除手臂運動受到物理連接器的限制；
3. 監控／AI 攝影機，可 360 度旋轉、拍攝無死角；
4. 埋入式探勘感測器，全封閉設計避免氧化、提高產品使用壽命及

圖 7：智慧工廠拓樸圖



資料來源：ST《STM32 Summit 2023》簡報

圖 8：ST IO-Link 演示系統



資料來源：ST《STM32 Summit 2023》簡報

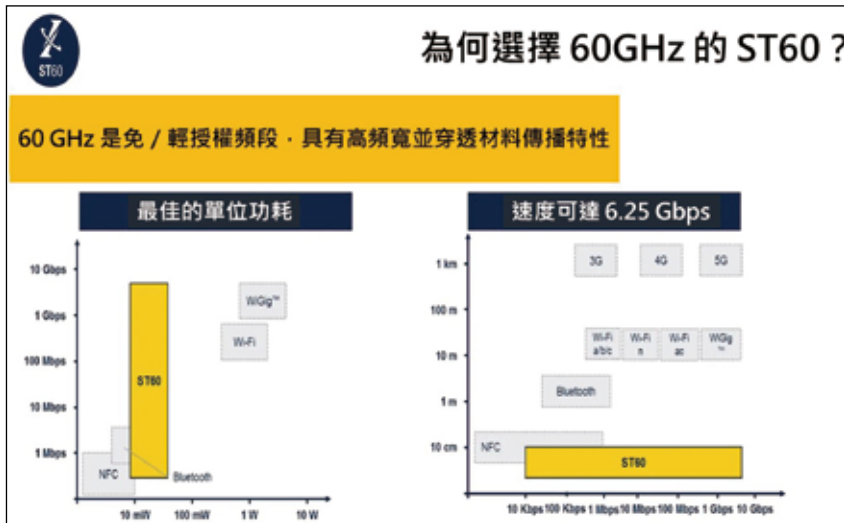
可靠性。

2016 年開始跨足智慧工業領域後，在感測、連接、控制及

其週邊元件已發展出健全的生態系，且針對正在進行式的 AI 持續創新。此次年度大會另官宣專為

工業 4.0 量身訂做、支援時間敏感網路 (TSN) 的 64 位元 MPU——STM32MP25，以及首款內嵌神經網路處理器 (NPU) 的微控制器——STM32N6，強調擁有 MPU 級的 AI 性能、MCU 級的功耗和成本，已為客戶提供樣品，下半年將擴大供樣；它還具備機器視覺處理能力與先進圖形、多媒體加速器，處理能力高達 1.35 TOPS，加上每秒 60 幀的 1080p 解析度，非常適用於工業機器視覺及預測性維護的高階圖形處理能，更好地觸及分眾市場需求，將成為邊緣 AI 發展的關鍵要素。CTA

圖 9：ST60 單位功耗 vs. 傳輸速度表現



資料來源：ST《STM32 Summit 2023》簡報

經濟部發表全國最高速自駕技術 推動桃機成為全球第二個自駕接駁機場

經濟部宣布工研院在桃園國際機場第一、二航廈及周圍重要站點間順利進行自駕運行的成果。這是臺灣第一個在開放場域以中高速自駕測試運行案，也是臺灣目前最高速的自駕車測試案，全長約 4.2 公里，並結合 5G 智慧路口技術，提升整體運行安全，展現我國創新自駕科技與 5G 導入智慧機場的關鍵成果，未來將於快速道路或高速公路等開放道路實行更高速的自駕驗證。

經濟部技術處處長邱求慧表示，為協助產業發展自駕載具，技術處自 108 年起已核准沙盒實驗 15 案，計畫遍及全臺。這次在桃園機場完成自駕接駁驗證，是臺灣歷年來最高速的自駕測試運行案，這也是繼美國鳳凰城天港國際機場後，全球第二個在國際級機場提供自駕接駁案例。

工研院董事長李世光表示，本次成功挑戰了桃園機場場域速限 50 公里的高標準需求，團隊提升軟硬體 AI 運算性能、加大車周環境辨識距離、結合 5G 車聯網通訊低延遲等，並整合自主研發的 5G 智慧路口設施，讓自駕車在高速車流匯入的道路上，更加安全、精確。未來，工研院將串聯系統整合廠，持續研發自駕巴士，力助臺灣建立自動駕駛產業生態鏈。

桃園機場公司董事長楊偉甫表示，場域驗證路線從第二航廈為起點，行經第一航廈、航郵中心、航警局及臺北關，全程共 4.2 公里，自 2022 年 8 月啟動測試，至今已累積運行里程逾 1,000 公里。這次與工研院的合作，相關數據與成果將作為未來自駕服務發展之基石，亦是推動機場自駕接駁的參考，希望能以提升機場營運效率與服務品質，成為領航未來的智慧機場。

