技術乾貨

簡介

機器人技術正進入一個全新的發展階段。過去，機器人的價值主要由負載能力、運動速度與重複精度來衡量；然而，當今最具價值的機器人，其評判標準已轉向感知環境的能力、在邊緣做出即時決策的能力、與其他機器協同運作的效率，以及能否安全地與人類共處。這意味著機器人設計的核心邏輯正在發生根本性的轉變，從執行預先程式設定指令的自動化設備，進化為能夠理解環境、自主判斷並靈活應對的智慧系統。本文將為您介紹機器人技術的發展趨勢，以及由Microchip所推出的FPGA技術將如何重塑機器人設計方式。

推動機器人創新的核心趨勢

機器人的設計已經產生了重大的轉變，且正在各行各業同步發生之中。在工廠中，機器人不再只是重複焊接或搬運的機械手臂，而是需要與產線上的其他設備即時同步、根據視覺回饋動態調整動作的智慧節點；在倉儲物流領域，自主移動機器人（AMR）需要透過感測器融合與低延遲網路，在充滿人員與其他機器人的動態環境中安全導航；在醫療場域，手術輔助機器人要求奈秒級的運動精度與絕對可靠的即時控制；在農業與能源領域，戶外自主作業平臺則需要在嚴苛環境下維持長時間的穩定運行。其中推動這波機器人創新的核心趨勢可歸納為五大方向。

第一，AI所賦予的感知能力正在向邊緣遷移。機器學習不再局限於雲端，而是朝向機器人本體移動，實現即時檢測、物件辨識、導航與預測性維護。這意味著機器人不再需要將每一個決策都上傳雲端處理，而是需要在本地端完成快速、確定性且低功率消耗的推理計算。

第二，人機協作持續擴展。協作型機器人與移動平臺被部署在動態環境中，安全、功能完整性與精密運動控制成為基本要求。這些系統必須整合靈敏的控制迴路、冗餘感測、安全通訊與可預測的行為模式。

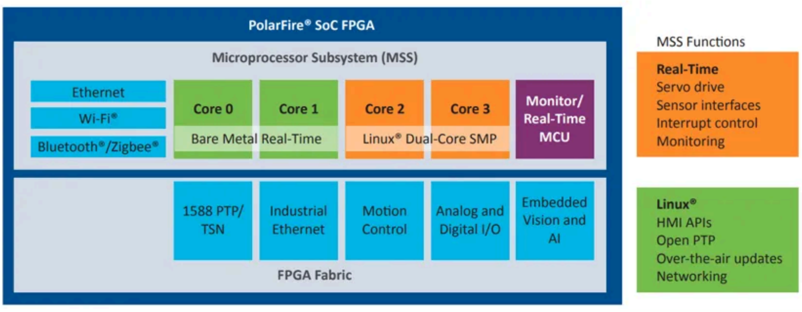
第三，自主移動機器人正在規模化部署。倉庫、醫院與工廠紛紛採用AMR來運輸貨物、支持人員並提升輸送量。這些系統高度依賴感測器融合、低延遲網路、可靠的電池管理與穩健的嵌入式控制。

第四，確定性網路已成為設計的基本要求。當機器人成為更大自動化單元的一部分時，必須在馬達、控制

器、攝影機與PLC之間同步運動、感測與安全資料。工業乙太網路、EtherCAT與時效性網路（TSN）有助於提供這些系統所需的低延遲、同步性與可靠性。

第五，效率與永續性日益重要。機器人設計者面臨降低能源消耗、散熱與系統佔用空間的壓力。高效率的馬達控制、最佳化的電源轉換與低功率消耗處理，能夠改善電池續航力、減少冷卻需求並支持更緊湊的機械設計。

這些趨勢為機器人OEM與系統整合商帶來了一個明確的技術挑戰：如何在不增加功率消耗、散熱負載、系統複雜度或網路安全風險的前提下，提供更高的智慧、精度與連接能力。這個挑戰無法透過單一技術方案來解決，而是需要一個涵蓋運算、控制、通訊、電源與安全的完整嵌入式基礎。


PolarFire® SoC FPGA
Microprocessor Subsystem (MSS)
Ethernet
Wi-Fi®
Bluetooth®/Zigbee®
Core 0
Core 1
Bare Metal Real-Time
Core 2
Core 3
Linux® Dual-Core SMP
Monitor/
Real-Time
MCU
1588 PTP/
TSN
Industrial
Ethernet
Motion
Control
Analog and
Digital I/O
Embedded
Vision and
AI
FPGA Fabric
MSS Functions
Real-Time
Servo drive
Sensor interfaces
Interrupt control
Monitoring
Linux®
HMI APIs
Open PTP
Over-the-air updates
Networking

針對工業自動化混合關鍵性應用的四核心RISC-V集群

從晶片到系統完整佈局的機器人解決方案

面對上述挑戰，Microchip憑藉其在嵌入式控制領域的深厚積累，建構了一套涵蓋硬體、軟體與開發工具的完整機器人解決方案。其核心策略在於針對機器人的關鍵功能，包括邊緣運算、馬達控制、連線性、安全性、功能安全、嵌入式視覺與觸覺感測，並提供經過驗證的技術組合，協助客戶加速次世代機器人平臺的開發。

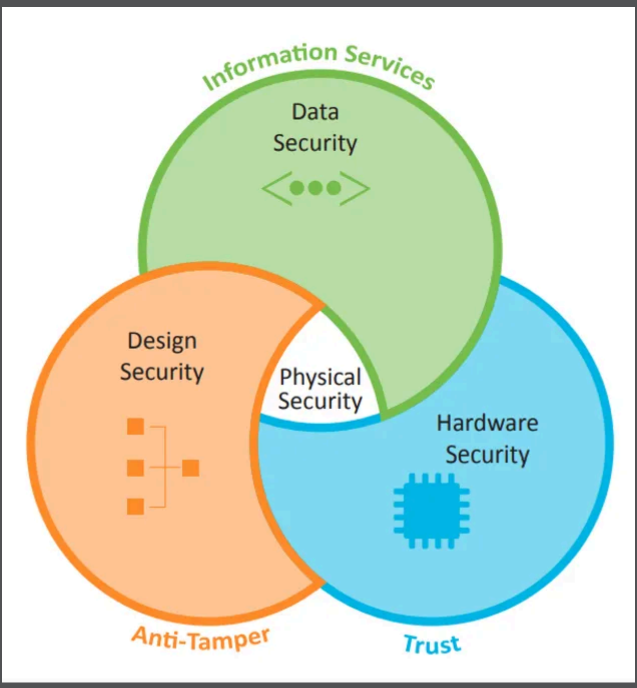
Microchip的機器人解決方案主要涵蓋三大應用類別：人形機器人、工業機器人與自主移動機器人。無論是需要在產線上高速精準運作的工業手臂，還是需要在動態環境中安全導航的移動平臺，Microchip都能提供對應的技術支援。

在感知與邊緣智慧應用中，智慧型機器人需要快速解讀攝影機、感測器與控制資料。PolarFire® FPGA與SoC FPGA為視覺與AI工作負載提供了高能效的加速能力，同時維持即時任務所需的確定性行為。對於建構緊湊系統的機器人團隊而言，這有助於降低延遲與熱負載，並支援檢測、導航與物件操作等先進感知應用。

在視覺處理方面，Microchip提供了4K60智慧嵌入式視覺方案，包含視訊、影像與機器學習IP及工具，能在低功率消耗、小尺寸的條件下實現高效能設計，應用範圍涵蓋工業、醫療、廣播、汽車、航太與國防等市場。此外，PolarFire FPGA 支援AI輔助的4K60電腦視覺，並具備與NVIDIA Holoscan、NVIDIA IGX及NVIDIA Jetson平臺橋接的能力，實現邊緣到雲端的AI/ML推論。透過VectorBlox™加速器，開發者可以在晶片上直接執行推論，無需依賴雲端連線。

在馬達控制與運動控制方面，從機械手臂到移動平臺，客戶需要對BLDC、PMSM、步進馬達與多軸系統進行精確、靈敏且高效率的控制。Microchip提供了完整的運動控制產品線，包括可擴展的MCU、 dsPIC®數位訊號控制器、以FPGA為基礎的馬達控制IP、馬達驅動器與閘極驅動器，以及對應的開發工具，協助客戶加速原型設計與量產開發。

其中，EtherCAT P參考設計結合了高速通訊與電力傳輸，特別適合需要緊密同步的多軸機器人手臂應用。FPGA與FPGA SoC所提供的靈活馬達控制IP套件與參考設計，則讓機器人系統能夠應對監控與驅動更高效能電力電子所需的不斷增長的需求。


Information Services
Data Security
Design Security
Physical Security
Hardware Security
Anti-Tamper
Trust

PolarFire FPGA提供的安全功能

為開發者提供了豐富的生態系統資源

另一方面，在確定性連接與工業通訊應用中，當機器人連接至產線與機群時，網路時序變得至關重要。Microchip提供EtherCAT設備控制器、PHY與整合式MCU選項，協助開發者將即時工業通訊建構至機器人系統中。對於需要同步控制的環境，支持TSN的FPGA平臺與精密時序解決方案，能夠在控制器、驅動器、感測器與更高層級的自動化系統之間實現可預測的通訊。

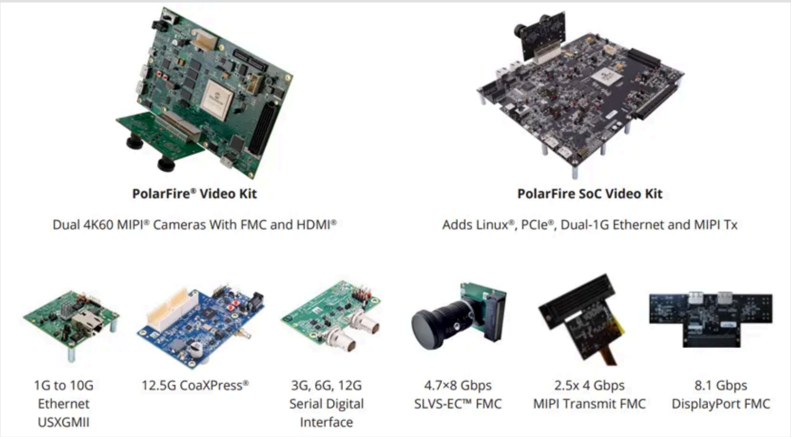
此外，OPC統一架構（OPC UA）做為安全、跨平臺、開源的IEC 62541標準，簡化了工業連接並整合了設備、自動化系統與軟體應用。此標準可透過PolarFire SoC FPGA以用戶端-伺服器架構實現。Microchip亦提供了ROS 2的實現方案，以RISC-V架構的PolarFire SoC FPGA及對應的Icicle Kit為基礎，包含一系列與ROS 2 API相容的IP核心，可用於感知與座標變換等機器人任務。

在功能安全與網路安全方面，互聯的機器人是重要的營運資產，必須受到完善保護。Microchip的解決方案涵蓋安全啟動、硬體式認證、FOTA（無線韌體更新）、PQR（後量子就緒）信任根控制器、安全製造方法與功能安全支援，協助客戶降低韌體竄改、未授權存取與不安全系統行為的風險。

在功能安全方面，Microchip的FPGA協助開發者滿足IEC 61508功能安全準備度，這是機器人設計的先決條件。IEC 61508的要求涵蓋產品整個生命週期的各個層面，確保功能安全在計畫的所有環節中被充分考慮與落實。Libero® SoC設計套件已通過IEC 61508 SIL 3功能安全認證，適合安全關鍵的機器人應用。

Microchip並為開發者提供了豐富的生態系統資源來加速機器人系統的開發，包括評估板、開發套件，以

及包含AI與ML加速器、視覺處理與控制演算法在內的IP核心庫。這些經過驗證、最佳化且易於使用的邏輯區塊與IC設計，能夠顯著提升設計生產力。


PolarFire® Video Kit
Dual 4K60 MIPI® Cameras With FMC and HDMI®
PolarFire SoC Video Kit
Adds Linux®, PCIe®, Dual-1G Ethernet and MIPI Tx
1G to 10G Ethernet USXGMII
12.5G CoaXPress®
3G, 6G, 12G Serial Digital Interface
4.7×8 Gbps SLVS-EC™ FMC
2.5x 4 Gbps MIPI Transmit FMC
8.1 Gbps DisplayPort FMC

針對特定解決方案的評估與原型開發套件

PolarFire FPGA是機器人智慧化的核心引擎

在Microchip的機器人解決方案中，PolarFire® FPGA與SoC FPGA扮演著最關鍵的角色。這些元件提供了功率消耗效率、安全性、可靠性與長生命週期的獨特組合，使其成為現代機器人系統中不可或缺的核心元件。

PolarFire FPGA最顯著的優勢在於其功率消耗效率，與同級SRAM SoC FPGA相比，PolarFire元件的功率消耗降低多達50%。這項優勢來自於先進的非揮發性製程技術，能有效降低熱量產生，進而延長機器人系統的運作壽命。對於需要長時間自主運作的機器人而言，無論是依賴電池的AMR還是需要持續運轉的工業手臂，功率消耗效率直接決定了系統的實用性與可靠性。PolarFire FPGA在提供高效能運算能力的同時，維持低功率消耗與有效的熱管理，防止系統過熱，這使其成為自主機器人的理想選擇。

PolarFire FPGA還為機器人的“大腦”高效能視覺與即時資料處理提供動力，包括高解析度視覺處理能力與非對稱多處理（AMP）架構。AMP架構允許在多個作業系統上並存執行不同的任務，這對於需要即時回應的應用至關重要，例如工業自動化與自主載具中的即時控制與感知任務。

PolarFire FPGA支援IEEE 802.1 TSN標準，可在同一條Ethernet網路上確保控制資料、感測回饋與影像串流的穩定共存，維持奈秒級同步與低延遲。其Ethernet Sensor Bridge功能可將MIPI、SLVS-EC、CoaXPress等高速感測介面即時橋接至1G/10G Ethernet，實現彈性的封裝與同步傳輸。在視覺處理方面，PolarFire FPGA支援4K60智慧嵌入式視覺，並提供與NVIDIA平臺的橋接能力，使機器人系統能夠在邊緣端完成高效率的AI推論與視覺分析。

PolarFire FPGA與FPGA SoC提供了靈活的多軸馬達控制IP套件與參考設計，使機器人系統能夠驅動高功率伺服驅動器，並應對日益增長的效能需求。無論是精密的多軸機械手臂、高速的產線自動化設備，還是需要精確力矩控制的協作型機器人，PolarFire FPGA都能提供對應的運動控制能力，其可程式化的特性意味著開發者可以根據具體應用需求，靈活配置控制演算法與周邊介面，而不受限於固定的硬體架構。

在網路安全威脅日益增加的時代，PolarFire FPGA透過先進的安全功能保護機器人系統的未來。這些功

能包括密碼學保護的供應鏈、防竄改機制，以及NIST認證的密碼學演算法。這些特性對於保護智慧財產權與確保敏感應用中的資料完整性至關重要。此外，Microchip的FPGA協助開發者滿足IEC 61508功能安全準備度要求，涵蓋產品整個生命週期的功能安全考慮，這對於工業機器人與協作型機器人等安全關鍵應用而言是不可或缺的。

工業機器人平臺可能在產線上持續服務多年，因此零組件的長期供應與可靠性至關重要。Microchip提供長產品生命週期與廣泛的技術資源，以降低工業機器人平臺在長期服務過程中可能面臨的支持風險。PolarFire FPGA的非揮發特性也意味著系統在斷電後無需重新配置，簡化了系統啟動流程並提升了整體可靠性。

結語

機器人產業正處於從自動化邁向自主化的關鍵轉捩點，下一代機器人將由能夠感知、決策、運動並以更高自主性與精度連接的機器來定義。要實現這一願景，僅靠強大的處理器或單一的通訊介面是不夠的，它需要一個可靠的嵌入式基礎，將智慧、運動、連接、電源與安全性整合在一起。Microchip的PolarFire FPGA與Smart Robotics解決方案，正是為此一目標而設計，將能協助開發者加速從概念到部署的整個過程，共同推動智慧自動化的未來。

成為艾睿電子LINE好友

Five Years Out

艾睿電子致力於讓科技的價值惠及更多的人