

技術融合推升「機器視覺」應用價值

■文：任茲萍

有了好視力（感測器）與好腦力（處理器），如何讓兩者順暢互連也是一門學問；於是，實體層介面也成了關注焦點。微芯科技（Microchip）表示，在 12.5Gbps CoaXPress（CXP）2.0 介面標準獲得批准前，「影像擷取」已然對機器視覺的數據傳輸形成障礙。為此，Microchip 與日本工業成像協會（JIIA）等標準組織以及主要客戶合作，結合 CXP 優化旗下產品打造低延遲、低功耗的傳輸方案，將等化器、電纜驅動器和時脈資料恢復（CDR）整合到單一晶片，使相機和擷取卡製造商能透過單一電纜提供高速、高解析度視訊和控制訊號，同時供應電源。

Microchip：CXP 2.0 實體層介面加速影像擷取速度

Microchip 推出首款 CoaXPress（CXP）2.0 單晶片實體層介面元件——EQCO125X40，能加快機器視覺的影像擷取速度並簡化系統設計和部署，進而加速工廠大批量生產線的產品流量，如：裝瓶作業、食品檢測、工業

檢測和成像應用，且有助於交通／安防監控、醫療檢測系統的嵌入式視覺。最重要的是，其全新向後相容設計，在「所有速度級別」上都整合了時脈資料恢復和相機側時脈（camera-side clock），可支援實際環境需求。這些元件使相機和擷取卡的傳送速率比其他解決方案快 4 ~ 8 倍，顯著提高機器視覺處理的輸送量。

CXP 元件還能以更低功率和近乎零延遲支援四倍電纜／鏈路的距離，製造商可將其作為「電纜中繼器」使用，進一步擴大相機之間的連接距離。新產品支援以任何速度無縫鎖定從 CXP-1 到

CXP-12 的所有頻率，提高設計容差和靈活性，並透過單一電纜支援 12.5Gbps 頻寬，不需再依賴多通道傳輸；「以二抵四」，製造商能從相機和圖幀擷取器的兩個埠，獲得與以前四個埠相同的輸輸量；在系統成本不變下，滿足市場對資料輸輸量翻倍的需求。另更廣泛的佈線選項確保系統可安裝在需要的地方，整合的 CDR 則改善從相機發送到擷取卡的訊號防抖性能。

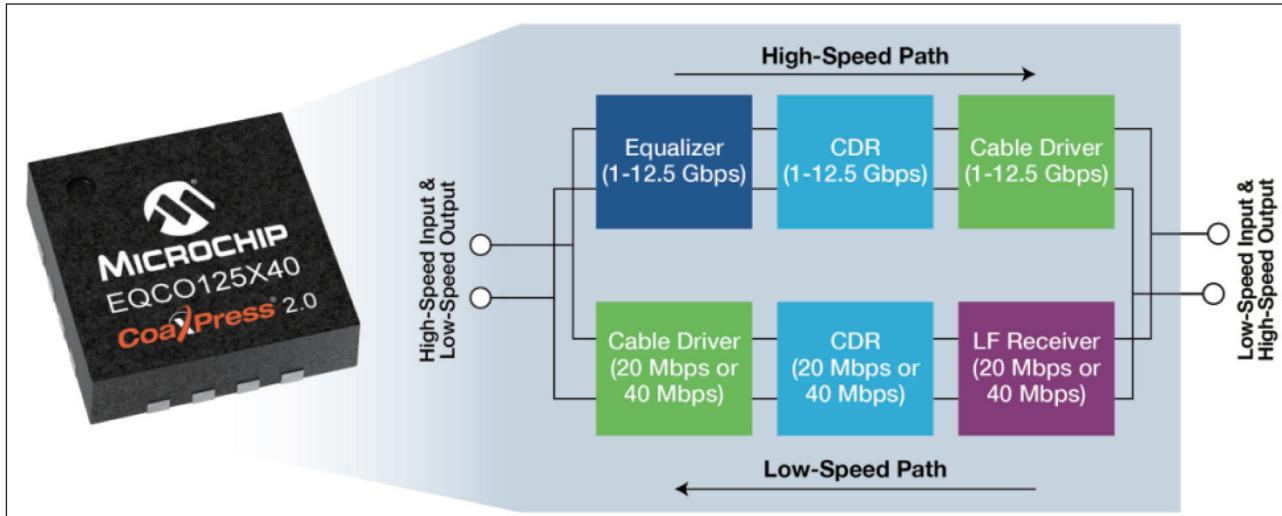
它們可用於在相機端檢索即時低頻時脈，提供更精確的訊號時序，並帶有「低頻時脈恢復功能」，無需再設計一個現場可編程邏輯閘陣列（FPGA）的獨立時脈，另有四

圖 1：EQCO125X40 能加快機器視覺的影像擷取速度並簡化系統設計和部署，進而加速工廠大批量生產線的產品流量



資料來源：Microchip 提供

圖 2：EQCO125X40 架構



資料來源：Microchip 提供

大特色：

- 可進行預設置和即時電纜鏈路品質測試，在系統運行前和運行期間即時檢查電纜鏈路的完整性；
- 電纜容許度 (margin) 測試，可在正常運行出現任何位元錯誤之前檢測到老化或磨損的電纜；
- 「等化器」功能，可輕鬆滿足 CXP 回波損耗規格；
- 用戶可選擇透過多條電纜擴展至 50Gbps。

Microchip CoaXPress 2.0 系列涵蓋一個純發射器相機端元件和三個單晶片收發器選件，每款元件均採用 16 接腳四扁平無引線封裝，與 Microchip 的 CoaXPress 1.1 系列元件完全向後相容，評估板可作為客戶的開發輔助工具。

Lattice：FPGA 平行處理能力提升特定工作負載效率

5G 互連性、雲端分析、工廠

表：Lattice 在機器視覺的佈局

視訊介面平台 (VIP)	模組化硬體開發板，支援嵌入式視覺應用中常用的各種視訊和 I/O 介面 (MIPI、LVDS、DisplayPort、HDMI、USB 等)。VIP 開發板目前支援 CrossLink、ECP5 和基於 Lattice Nexus 技術平台的 CrossLink-NX FPGA
完善 IP 庫	Lattice mVision 解決方案堆疊包括各類即時可用的 IP 核心，可用於連接 MIPI 和 LVDS 圖像感測器、ISP 流水線、USB 或 GB Ethernet 等通用連接標準，以及 HDMI、DisplayPort、GigE Vision 等顯示標準
友善的設計工具	Lattice Diamond 和 Lattice Radiant 兩款工具可自動處理許多常見的設計任務，加速並簡化 FPGA 程式設計
端到端的參考設計	包括感測器橋接、感測器聚合和影像處理
定製化設計服務	設計服務合作夥伴網路可滿足從開發單獨的功能設計模組到提供一站式統包 (Turn-key) 解決方案

資料來源：Lattice；筆者整理

自動化和智慧家居等技術趨勢正在推動機器學習對於嵌入式視覺的需求；於是，有平行處理能力、可大幅提升資料推理等特定處理工作負載效率的 FPGA，亦成備選方案。然有鑑於許多系統都使用多個影像感測器、螢幕和攝影鏡頭，且網路終端設備往往受限於嚴格的尺寸和功耗，萊迪思半導體 (Lattice) 在通用 FPGA 之外，特別基於 28nm

FD-SOI 製程「Nexus 平台」推出嵌入式視覺優化的 FPGA——CrossLink-NX，號稱功耗較同類產品低 75%，且「軟錯誤率」(Soft Error Rate, SER) 比同類型 FPGA 低 100 多倍。

這對於要求「絕對」安全可靠的關鍵應用極具吸引力。CrossLink-NX 擁有強大的軟體和 IP 資料庫——含功能堆疊 Lattice

mVision，並支援工業和汽車應用所需的 MIPI D-PHY 介面，僅單顆元件即可快速、輕鬆地為工業和汽車用戶開發各類視訊訊號橋接、聚合和拆分應用。另一款聚焦 ASIC 和 ASSP 互連的 ECP5，亦獲低功耗視覺晶片廠安霸 (Ambarella) CVflow 單晶片 (SoC) 採用，實現各種嵌入式智能視覺應用的 MIPI 橋接功能，包括：視頻安全性、先進駕駛輔助系統 (ADAS)、電子後視鏡、行車記錄儀、駕駛員／機艙監控、自動駕駛和機器人。

EDA 對於 AI 視覺處理功不可沒

順帶一提，電子設計自動化 (EDA) 對於安霸 AI 視覺處理器的開發亦功不可沒：益華電腦

(Cadence) 「Clarity 3D 求解器」助力完成電腦視覺 SoC 和 PCB 產品的模擬評估，Mentor 則幫忙達成系統內測試要求。模擬結果顯示，在無確切的高速訊號固態參考平面時，Clarity 3D 求解器可識別設計上的缺點並矯正散射參數 (S- 參數) 回應；利用最先進的分散式多進程技術，有效處理設計複雜 3D 結構時所會遭遇到的電磁挑戰，可縮短設計週期並實現更快、更精準的 3D 分析，解決下一代 5nm AI 研發可能遭遇的難題。

此外，「可測試性設計」(DFT) 是積體電路 (IC) 設計的關鍵要素，對於鎖定安全關鍵型汽車應用的先進 AI 元件來說更是如此。Mentor 具高度擴展性的 Tesson 安全生態系統可提供一系列先進

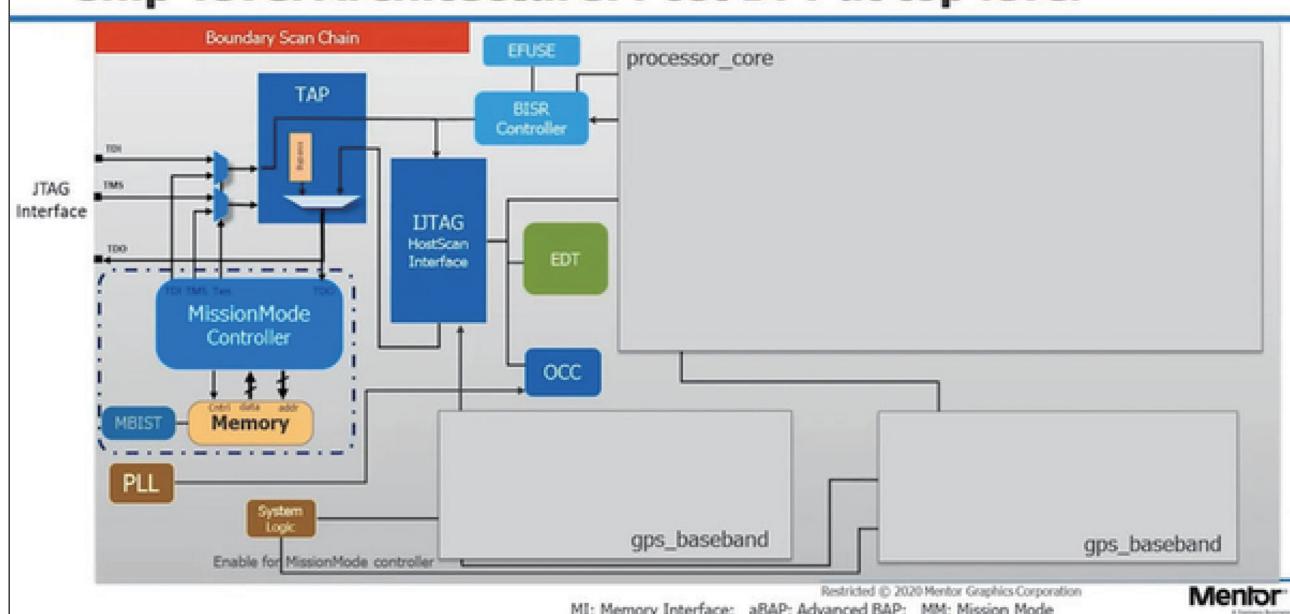
的 IC 測試技術，包括專為自駕車 IC 設計品質要求所打造的創新「線上」(in-line) 元件監測——把嵌入式監視器分佈在每個半導體裝置中，並透過共通的基礎架構將其連接在一起，實現快速偵測並回報系統中任何位置的隨機故障，為設計提供靈活性，成功協助安霸的 CV22FS 和 CV2FS 汽車攝影機 SoC 達陣 ISO26262 的車輛安全完整性等級 (ASIL)。

CV22FS 和 CV2FS 採用的 Tesson 工具包括：

■ LogicBIST 軟體：內建自我測試 (built-in self-test)，可用來測試 IC 的數位邏輯元件，含奈米級 SoC 設計的獨特功能，可降低測試成本、縮短產品上市時間，並大幅增進測試品質；

圖 3：Tesson Automotive 參考流程描述了 Tesson Shell Flow 的實現方式，以滿足 ISO 26262 的品質和可靠性要求，並提供製造和系統內晶片測試與診斷能力

Chip-level Architecture: Post DFT at top level



資料來源：Mentor：<https://www.mentor.com/products/silicon-yield/multimedia/overview/tesson-automotive-reference-flow-chip-level-integration-part-5-f3d4e8be-19da-459e-b706-e1771e3fa206>

- MemoryBIST 平台：具有全面的自動化流程，可在暫存器傳遞語言 (RTL) 或閾級提供設計規則檢查、測試計劃、整合和驗證；
- MissionMode 產品：提供自動化和晶片上 (on-chip) IP 的組合，可在車輛功能運作期間的任何時間點對整體汽車電子系統中的半導體晶片進行測試和診斷。

人眼 vs. 機器視覺存在差異，如何更上層樓？

德國最近一項研究發現：人眼 vs. 深度神經網路 (DNN) 在處理視覺數據的差異涉及以下三個領域，突顯了現今 DNN 和人類視覺系統存在的問題——最常使用的架構是卷積神經網路 (CNN)。

●輪廓檢測

對於人類來說，一個封閉的輪廓 (closed contour) 在側面有許多開放輪廓，視覺上引人注目，但 DNN 可能需要進行遠程輪廓集成才有辦法做到，且更改線條的顏色和寬度會導致深度學習模型的準確性突然下降——當形狀大於特定尺寸時，模型幾乎無法檢測形狀；而當呈現包含不同顏色和粗細的線條、且形狀大於訓練集的圖像時，DNN (以 ResNet-50 模型實驗) 亦難以應對。另一方面，DNN 對於極其細微的「對抗性擾動」非常敏感，這些變化是人眼無法察覺的「雜訊」，但會導致機器學習系統的行為中斷。

●視覺推理

基於「合成視覺推理測試」(SVRT)，讓 AI 回答目標圖片中不同形狀之間的關係，包括相同任務 (形狀相同) 和空間任務 (較小形狀之於較大形狀的相對位置)，然後使用 ResNet-50 並測試其在不同大小訓練數據集下的表現。結果顯示，對樣本進行微調的預訓練模型，在相同差異和空間任務上均表現良好，惟相同任務較空間推理任務需要更多的訓練樣本；若減少訓練示意的數量，不只會拖累 AI 性能下降，在相同任務中的降級速度更快。

●認知差距

人類需看到一定數量的整體形狀和圖案才能識別圖像中的物體，不易辨識局部特寫視圖；但神經網路可發現肉眼無法察覺的微小特徵，即使予以放大，這些特徵仍可被檢測到。這意味著：惟有在完全相同的基礎上測試人和機器 (包括指令和程序) 並避免人為偏見，才能消弭認知差距。可惜實務上，當前許多用於衡量機器視覺系統準確性的基準，本身就存在誤導性；適當的分析工具和廣泛的交叉檢查——例如，網路體系結構的變化、實驗程序的一致性、泛化測試、對抗性示意及受限的網路測試等，將有助於合理化結果解釋，並將這種內部偏見視為現實。

香港市場研究機構 MobiusTrend 日前發佈一項報告更指出，隨著 AI 產業化的發展，

業界對機器視覺的重要性已達成共識，視覺識別 (Visual Identity, VI) 應用尤其最能突顯 AI 為產業升級的價值，佔比 80%。然而，機器視覺仍有幾大待解問題：

1. 機器視覺為各行業提供主動識別／主動標記的基本功能，但其價值尚不足以滿足行業深層需求，必須與更多感測器、熱成像、太陽光電等技術環境深度集成；
2. 如今，機器視覺的硬體和軟體正處於快速發展階段，將行業需求與機器視覺相集成還需以技術發展趨勢為背景去更新產品和解決方案系統；
3. 機器視覺進入行業後，須對特定垂直應用進行客製化。

顯見，機器視覺的實務應用價值要再更上層樓，還有賴尋求多方技術合作；MobiusTrend 認為，AI 全像攝影 (holography，又稱「全息投影」) 將成為機器視覺的關鍵技術之一，為場景應用提供支持。

CTA