

CbM 增溫，ADI 訊號鏈 + AI MCU 創「精確價值」

■文：任苙萍

「狀態監測」(Condition-based Monitoring, CbM) 被視作早期偵測及診斷機器及系統異常的利器，即時辨識、隔離潛在問題有助於優化備品庫存、計劃排修、調整製程並延長設備的使用壽命，擷取來自馬達／泵的軸承振動、電流、溫度等多個感測器數據融合，可為設備健康狀況提供關鍵洞察；在人工智慧 (AI) 逐步落實到製造工廠之際，「狀態監測」議題亦越發引起關注，目前製藥、再生能源、金屬加工、廢水管理、石化、汽車等製造業已陸續導入 CbM 機制。

CbM 串聯元件、系統、應用：硬體 X 軟體 X 機構，缺一不可！

值得注意的是，有效狀態監控的意義在於：及早生成微弱訊號或潛在故障指標，這需要一個高效過程來採集、分析數據並做出決策和回饋，而建構完整訊號鏈是第一步。早在 2016 年便開始力推 CbM 概念的亞德諾半導體 (ADI) 觀察到，隨著人們對於生命安全及工廠運作穩定的日趨重視，CbM 這兩年的詢問度有迅速加溫之勢，尤以



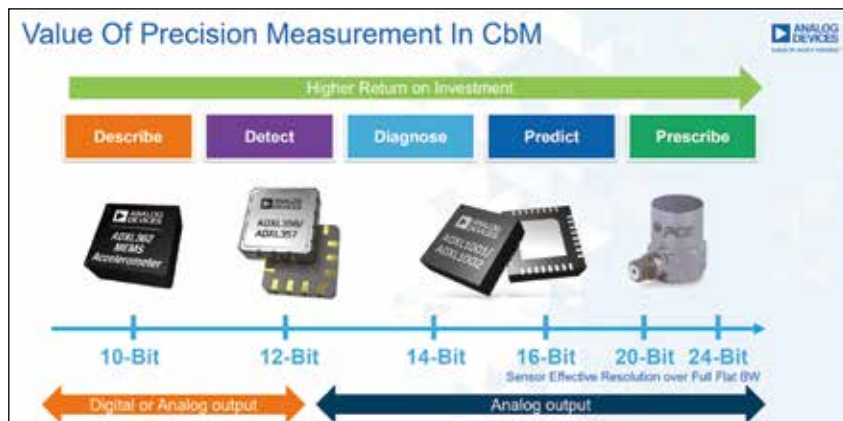
照片人物：ADI 亞太區工業市場行銷經理簡百鍾

交通、風電、半導體等產業相對積極，以免造成重大損失。ADI 亞太區工業市場行銷經理簡百鍾開宗明義揭示：CbM 是元件、系統到應

用的集合，硬體、軟體、機構等面向的領域知識 (Domain know-how) 缺一不可。

簡百鍾解說，在訊號鏈傳遞過程中，除了硬體元件本身須符合「低雜訊、高解析度」的要求，軟體演算法與機構設計亦須到位，才能確保精準抓取訊號，是數據品質以及能否創造「Value of Precision」(精確價值) 的關鍵——CbM 投資回報 (ROI) 會因感測元件解析度有高低之別，由低至高能發揮的效用分別是：描述 (Describe)、偵察 (Detect)、診斷 (Diagnose)、預測 (Predict)、處方 (prescribe)。要實現「即時最佳化」智慧製造、打造「先知型」智慧工廠，勢必得仰賴可支持 20 或 24

圖 1：CbM 投資回報 (ROI) 會因感測元件解析度有高低之別



資料來源：ADI

位元解析度需求的感測器才夠力。

MEMS 智能感測&低功耗無線連接是 AI 起點！

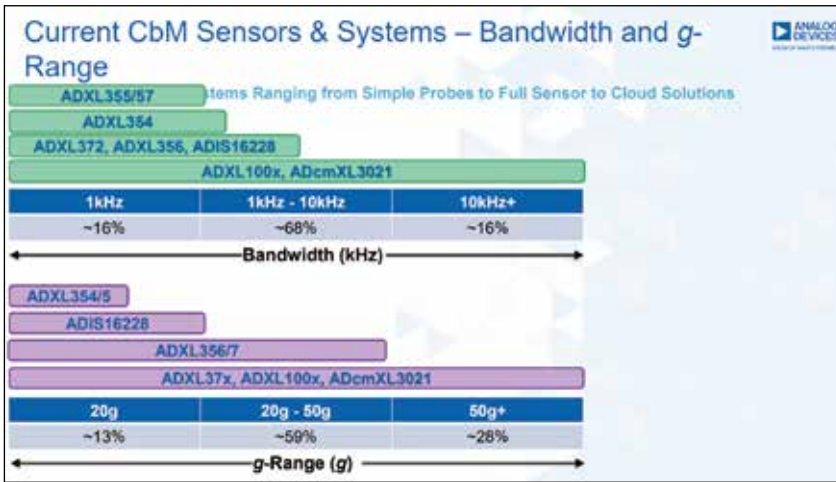
ADI 能提供端到端 CbM 解決方案，連通感測器、放大器、資料轉換器、微控制器／微處理器 (MCU/MPU)、通訊介面、網路連接、電源管理及人工智慧邊緣 (AI Edge) 等部件，其中，微機電 (MEMS) 感測器更是發展重點；例如，使用加速度計

(accelerometers) 檢測加速度、傾斜、衝擊和振動。ADI 在 MEMS 感測器及片上訊號集成擁有緊湊、低功耗、高頻寬、恆溫、寬幅測量範圍、多軸量測、低頻回應、長期可靠度、可經由 I2C 介面做 MEMS 轉換與成本效益等特點；另借助精密的轉換器產品組合，可在設備生命週期初始即藉檢測電位預知故障。

談到組建感測網路，就不能忽略 ADI 高擴充性、具自組網

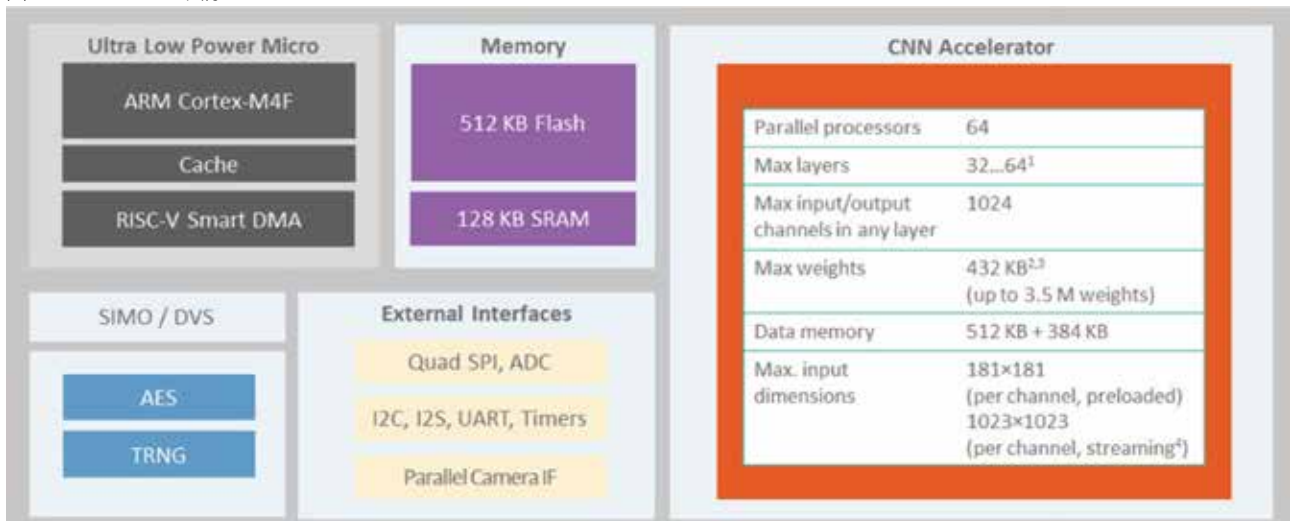
能力、可靠度 > 99.999%、可適應嚴苛工業物聯網 (IIoT) 環境的「SmartMesh」；它是無需額外網路協定堆疊的無線網格 (mesh) 方案，提供加密、身份驗證、訊息完整性檢查並無縫連接乙太網 (Ethernet) 是其最大優勢，以便將感測器數據安全上傳至閘道控制層及雲端平台／邊緣設備，且電池壽命可長達十年。簡百鍾指出，礙於場域佈線與更換電池不易，無線、低功耗對於某些應用格外重要，離岸風場的風機監測就是一例，也是實務上常見瓶頸；另一項挑戰則是融會貫通機械與電子專業。

圖 2：ADI 旗下 CbM 感測器及系統一覽



資料來源：ADI

圖 3：MAX78000 架構



資料來源：ADI；<https://www.analog.com/en/app-notes/developing-power-optimized-apps-on-the-max78000.html>

能微控制器。作為匯流感測終端的新興介面，IO-Link 與低功耗處理器結合可簡化與 CbM 智能感測器的通訊，且線纜供電特性亦能簡化安裝工作；而一款名為 MAX78000 的新型 Arm Cortex-M4 雙核 AI Micro，旨在以超低功耗執行卷積神經網路 (CNN)，可編程網路深度達 64 層、每層網路通道寬度達 1024 個通道，並支援多層感知器 (Multilayer Perceptron, MLP) 和遞歸神經網路 (RNN)。

順帶一提的是，由於電源本身亦是雜訊來源之一，故嚴格的設計和封裝及超低噪音的技術對於前述資料擷取的準確性亦不容輕忽；當然，功率密度與可靠性仍是基礎要求，才能確保系統以最佳效率、速度和功率水平運行並降低擁有成本。此外，若能進一步將機械噪聲與電噪聲隔離，亦能作為改善機器的額外參考數據；Maxim 的加入，對於高性能、低複雜度的電源管理

解決方案再添助力。為方便用戶針對特定應用縮短 CbM 部署時間，ADI 備有集硬體設計文件和韌體／軟體源代碼於一身的參考設計和開發平台——CN0582 振動感測器測量系統。

兼容 MEMS 與壓電感測器的多通道 CbM 參考設計，好用！

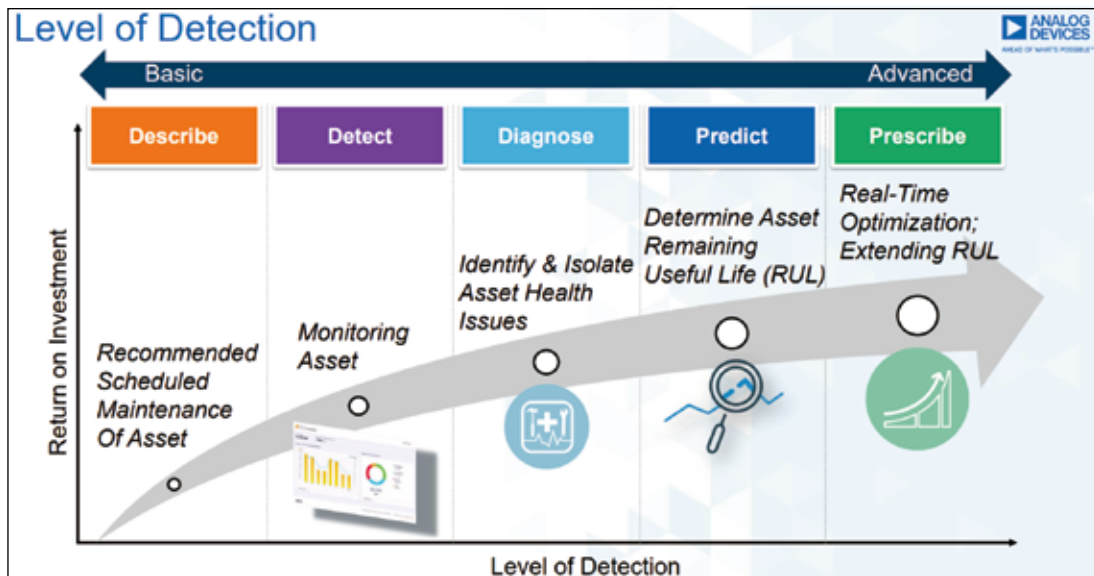
考量到有些待測物需要多個偵測點才能真實反應振動異常狀況，CN0582 特別提供四個基於 USB 3.0 的 24 位元資料擷取 (DAQ) 通道使用，以便做 3D 加速度測量 (單一採樣率最高可達 256KSPS)，每個輸入通道包括一個恆定電流為標準 IEPE 感測器供電的電源，且支援 I²C/SPI 介面。該系統還包括一個板載直接數位合成 (DDS) 的訊號產生器，可用於電氣校準或振動校準的參考源，進

行感測器和系統級調校工作。軟體也是一大亮點，使用者不僅可使用配套軟體捕獲、分析數據，還能透過隨附的應用程式介面 (API) 開發自行定義客製化軟體。

簡百鍾分享，壓電 (piezoelectric) 感測器過去一直是振動監測的基準，迄今仍是感測器首選，但成本昂貴是最大硬傷；所幸，MEMS 感測器在改良頻寬、g 值範圍和頻率響應的噪聲性能後，已成為 CbM 應用的可行替代方案。事實上，壓電感測器不只成本高，對於電纜運動和電磁干擾 (EMI) 相當敏感，需要精密的高阻抗訊號調製電路；若未經調節的壓電感測器具有高輸出阻抗，很難或根本無法驅動電纜，使應用大幅受限，亦讓 MEMS 感測器相對更有發展空間；而 CN0582 可與壓電 IEPE 感測器相容，必要時允許連接電壓輸出感測器，更是一大利基。

跟隨「智慧製造」從加分選

圖 4：CbM 偵測等級 (Level of Detection) vs. 投資報酬 (ROI) 示意



資料來源：ADI

項成為主流顯學的腳步，CbM 也從理想中的前瞻技術走入萬千工廠，帶動整體訊號鏈及 AI 微控制器／微處理器的龐大商機；供應商掌握的資源越豐沛，越有利於在賽局中勝出。CTA