

智慧機械-設備模組化的 趨勢與方案

WHITE PAPER


KINGSTAR

簡介

隨著客製化產品需求日益增加，以及產品生命週期日漸縮短，從事自動化生產的工業控制器與自動化設備勢必也要走向模組化架構。為了生產線的彈性需求，自動化設備必須改為模組化而設計，而工業控制器也必須能支援低階到高階不同生產需求的設備。用於開發控制器核心的即時控制平台必須具備讓開發工程師能夠針對不同客戶或市場增加新的功能；對設備製造商而言，控制器本身必須可以新增或移除模組，或選擇不同等級的硬體；生產端的系統整合商也能與設備製造商同樣受益於模組化。最後，設備的架構設計要能容易與工廠網路系統整合，而且操作員必須能夠載入與建立不同的工作。KINGSTAR 軟體控制平台是一個專為模組化所設計的設備自動化軟體平台。在這份技術簡介中，我們將列出模組化的主要類型、建立模組化設備的最佳實務、並介紹 KINGSTAR 平台及其獨特功能如何促成改變。

模組化類型

為了準確描述工業設備的不同模組化類型，以下範例為我們在客戶應用上最常見到的種類。為符合許多不同的使用情況，愈新、愈複雜的設備使用下列諸多乃至全部的模組化類型。

可插拔裝置

可插拔裝置為無法獨立運作的設備類型。以往，這些設備會有自己的控制器，且透過 I/O 與其他設備同步。例如：該模組可裝載一個零件、將一片 PCB 翻面、或標識一個零件。這類設備可以依生產需求從一台設備移動至另一台。隨著科技演進，這類設備現在可作為從站 (slave) 裝置，由主要設備透過現場總線直接控制。

選用硬體

現今多數設備都有選用功能，例如雕刻、效能測試或特殊運作等，這些功能大多需要額外的硬體作業，因此設備是由許多獨立工作站組合而成，而各個工作站皆有其特定功用，因此設備控制器必須能夠辨識並且控制每個工作站。

硬體版本

許多公司針對不同的酬載大小及精密程度需求推出不同版本的設備。這些不同版本在驅動器與致動器上使用不同的硬體型號，但具有幾乎相同的控制邏輯，因此單一控制器類型必須能支援所有不同的硬體版本。

選用軟體

現今設備通常有「僅限軟體」的選用組件，如工作編輯器、CNC 中的 CAD/CAM 軟體，或是藉此最佳化產製速度與預估維護需求等的分析軟體。



人機介面

由於自動化設備很少獨立作業，需要與其他設備及工廠 SCADA 和 MES 系統做整合。客戶端（非設備製造商）負責決定與其他設備和工廠資訊交換用的現場總線及資料格式，這代表機器內客戶使用的介面必須為一個獨立的模組，有不同的選項以相容於所有客戶的工廠。

工作介面

考量設備在部署的生命週期中通常會生產不同的產品，需要支援由操作者所定義的不同工作。各個產業與工廠可能在定義這些工作時有各自的工具與形式，這也表示工作直譯器必須具備多種版本的獨立模組，讓設備可以使用在不同的環境中。

模組化架構

這裡我們將描述有關硬體及軟體架構的最佳實例，讓工業設備可完全模組化。

從站控制器或硬體元件

從站控制器與硬體元件之間的不同在於，從站控制器即內建獨立的控制器。

如前述，為了讓客戶選擇所需要的功能，自動化產線應該設計為執行各別行程的獨立工作站。這些工作站每個都是硬體元件，上面有連接到主設備的簡易介面，

通常為現場總線與電源的輸入和輸出連接器。組裝設備時只需要將不同元件連接在一起即可。

依照執行工作而定，部分元件或許不會被使用到，但這也表示元件可於其他設備再利用。如前面所提被稱為「可插拔裝置」。若這些裝置僅適用於供應商的特定設備，或邏輯操作相當簡單，則無須內建控制器，因為插入的設備內即有一個控制器。

較為複雜且可用於不同設備的特定元件，如上料手臂，應內建從站控制器。從站控制器內含控制其元件的操作邏輯，但不會執行任何工作或使用者程式，僅接收主設備的工作指令。

硬體抽象層

控制邏輯必須能在不同的硬體版本上執行，相同的邏輯才能被用於不同的負載設備，也能讓控制邏輯不被硬體更新所影響。一般設備會持續生產許多年，硬體的變更在所難免，所以必須確保控制邏輯獨立，並且可安裝於不同硬體的設備。

因為更新通常包含了對設備與工廠介面的安全性修正，這點非常重要。為每個硬體版本建立各自的更新會導致不必要的負擔，且較舊的設備在缺乏抽象層的狀況下，非常有可能無法收到安全性更新。

這也賦予設備製造商更多的採購安全性，因為他們可以在潛在供應問題出現時更換硬體品牌。近期半導體市場的缺貨狀況就使得設備製造商將此列為重點採購要求。

模組化軟體

與硬體一樣，軟體功能也必須具備模組化開發。軟體平台必須與內部現場總線及不同的應用程式層互連。平台內的硬體抽象層控制內部現場總線，提供應用程式可用的硬體元件資訊。

不同的應用程式時常由不同的程式語言開發且可能需要即時性，因此軟體平台也應該在即時環境中運行。同時，平台的介面也需要盡可能支援多種的開發環境。

另外，軟體平台需要與不同的應用程式維持鬆散的連結，這樣就算其中一個應用程式故障，也能維持系統正常運作。這點至關重要，因為部分應用程式可能內建安全措施。如果讓單一應用程式影響到整個系統，所有應用程式都會被要求依循安全開發規則。

由於模組與模組之間時常需要分享資訊，因此軟體平台還要能容許不同應用程式間的通訊。通常會保存每個組件目前的行程狀態，並且讓所有模組更新。

為使所有模組運作順暢，會有一個主應用程式，依照配置檔及連線硬體執行開啟、初始化平台並啟動各個模組。也會控制整個開機及關機程序。

設備介面

設備與整個工廠間進行通訊的能力為目前工業 4.0 的重要訴求。

設備介面必須可遠端存取硬體以進行維護與診斷、利用設備整體資訊進行行程管理及分析，並且讓不同的功能與設備相互配合。

為了減少對設備的潛在攻擊和避免生產過程中間有意外產生，不應該直接存取硬體，而應該透過設備控制進行維護與診斷。如此一來可確保設備處於維護模式，而且硬體與控制器之間正常連線。另外為了更多的安全性、遠端控制，非變數及 API 存取，此介面還需要使用與其他設備介面不同的協定與軟體模組。

行程管理及分析介面會定期蒐集資料，通常相當簡單；但是為了達成實質的分析及管理，還要能夠分析結果及行動，修改設備的優先順序、排程與校準。除了定期存取情境化的資料以外，此介面還應該具備能更新設備的 API。

設備共同運作的介面複雜度視設備對彼此依賴程度而不同。與其為每個專案建立不同的介面，近來的標準提倡與管理分析介面融合，並提供一個完整的設備功能（包含狀態）描述，還可以修改參數及呼叫功能。另外為了安全性，不同的功能與參數可能有不同的存取限制。工廠內的各個系統，如 SCADA、MES、分析及其他設備，會使用不同的憑證存取所需的不同功能。這樣一來只須修改不同憑證的定義，不再需要修改設備介面即可達成整合。



工作檔案

現代設備可以在不同工作之間變換，甚至可能同時執行不同項目的不同工作。如果正處於不同的工作站，工作內容就沒辦法由操作員執行手動定義。

如同有 G/M 代碼檔案的 CNC，工作定義必須依照工廠排程系統，儲存為易於轉換、修改和由伺服器下載的檔案。在某些情況下，與其使用排程器指派工作給每台機器，更好的是使用 ID 標籤指派工作。設備在讀取下個工作站的 ID 後便會自動下載其工作檔案。

技術要求

為達到模組化設備所需要的架構，設備使用的硬體、軟體與協定都需要具備幾個重要功能。

具熱插拔功能的現場總線、總線掃描及自動配置

第一個關鍵要素為用於連接控制器與不同硬體的現場總線。鑒於模組化設備通常有許多選項，現場總線應容許超過 100 個裝置連接，且因部分元件需要高取樣率，每個循環應低於 1ms；還要能連結與標記硬體，讓硬體元件可相互連接並辨認彼此，即使多次使用相同硬體亦然。由於可能有許多種組合，現場總線要能讓連結的硬體在開機時被掃描到，使控制器自動對應所連接上的硬體。

如上所述，維護與診斷應可透過控制器遠端連線進行，所以總線可容許裝置配置、診斷及更新。如果設備需要在運作中進行維護或修改（例如部分行程耗時過長），現場總線還要能支援熱插拔，在運作中移除或新增硬體。

因為會使用到各種不同的硬體，當中的通訊協定就必須是被許多硬體供應商所採用的，這也讓設備製造商在供應出現問題時還能擁有許多其他硬體的選項。

標準工控機

下個重要元件為控制器硬體。現代控制器內含即時與非即時組件，意指硬體必須有多核心 CPU 和網路孔。考量所需數量，控制器通常建議使用特製 SoC。但是有時可能會適得其反，例如控制器要使用在許多不同的設備上。在這種情況下，要就是 SoC 能支援到最複雜版本的設備，不然就需要許多不同的 SoC，如此將顯著減少每款 SoC 的需求數量，並增加每台新設備的開發時間。

對模組化設備而言，標準工控機是最合適的解決方案，因為可以在各個設備版本上使用不同的 CPU 及記憶體，無須額外的工作或設計成本。另外標準工控機可使用標準 PCIe 擴充卡，這對工廠通訊而言相當重要。

多重介面的子系統

建立模組化軟體的關鍵是一個連結所有元件的中央子系統。另一個選項是為不同模組建立可相互呼叫的金



字塔，但是這種架構不如新型模組般有彈性，而且無法輕易插入至現有的資料堆疊中。

軟體設計通常建議介面只處理模組間的互相連接，但是因為幾乎所有應用程式模組都會使用到這些功能，導致增加開發的複雜性。因此，我們建議開發一套子系統作為應用程式平台，在應用程式互連之外還包括現場總線、I/O 接點和標準運動控制。因為其中會有即時應用程式模組，這個子系統就必須在控制器中有即時性的部分裡運作，這也表示子系統不應該包含在控制器非即時部分裡運作的主應用程式。軟體架構會有一個啟動控制子系統、包含現場總線的主應用程式，現場總線啟動並掃描，接著主應用程式依掃描到的硬體與配置檔案啟動附加的軟體模組。

其他軟體模組種類繁多，可能是一個即時行程、一個視覺化工具或資料分析，也可能由不同程式語言和環境所開發，所以子系統必須要有同時給 C、C++ 與 PLC 等工業即時環境，像是 .NET、Java 或 Python 等 IT 環境的介面。

標準通訊及控制

當部署設備時，最常碰到的狀況就是將設備加入工廠現有的產線中，要能連結現有設備和工廠自動化，這表示廣泛的支援工業標準與專用協定。因此要能新增自選協定板，通常為一張 PCIe 擴充卡，與工廠及其他設備介接。為避免修改控制器軟體，設備介面還要使用開放與普遍的工業標準，即可輕易找到將標準協定轉換為工廠協定的組件。

此外，客戶們通常會要求對控制邏輯稍作修改，或新增客戶自有的軟體邏輯。此邏輯在多數案例中用於通訊介面與其他設備間的控制和同步。為了避免每個專案都需派遣工程師前往調整控制器，控制器本身應該內建標準控制環境，讓客戶自行新增操作邏輯，此環境一般為軟體 PLC。

腳本工作

由於設備會同時執行許多不同的工作，這些工作必須在易於修改與更新的檔案中定義。在部分案例中，工作還需要在運行中同時進行編輯。比起使用編譯應用程式，利用腳本程式語言 (scripting language) 並在控制器內建編輯器會更有彈性。

遠端控制與維護

最後，遠端存取的功能越來越重要，應用於設備控制與診斷、為設備維護做準備，以及明確定義設備將執行的工作，如此就能讓未經特定訓練的當地工程師進行維護。

KINGSTAR

在檢視不同的模組化類型，及討論最佳實務與建立模組化設備的技術要求後，讓我們來探討 KINGSTAR 的解決方案。

如前述，KINGSTAR 是設備自動化的軟體平台，主要客群為控制器與設備製造商的廠商。KINGSTAR 為美商英特蒙旗下部門，公司總部位於美國，並在全球設有辦公室，多年來的專長為即時與嵌入式系統。



長久以來英特蒙專注於 Windows 作業環境的設備控制器。英特蒙開發與維護即時系統 RTX 產品線超過 30 年，提供 Windows 即時擴充元件。RTX 使用控制與通訊板來建立設備控制器。隨著處理器效能提升，以及新乙太網路現場總線協定的出現，客戶持續地要求軟體協定和軟體控制邏輯。因此，英特蒙開發出 KINGSTAR 自動化軟體平台，以建構智慧設備控制器。

KINGSTAR 包含以下五個元素：

- **KINGSTAR Fieldbus** (即時 EtherCAT®主站)
- **KINGSTAR Motion** (運動控制)
- **KINGSTAR PLC** (軟體可程式化邏輯控制器)
- **KINGSTAR Vision** (即時視覺解決方案)
- **KINGSTAR IoT** (物聯網平台)

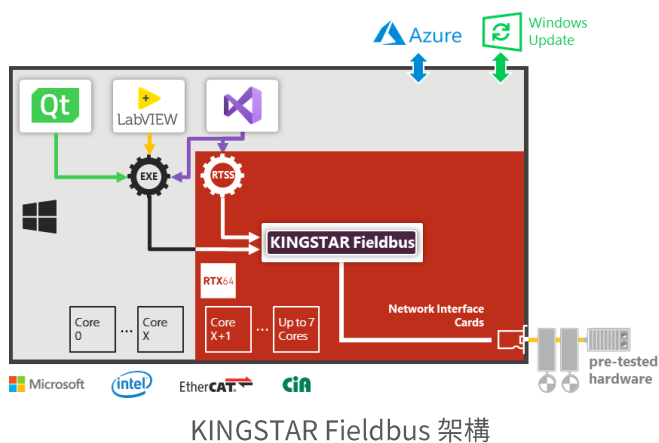


電腦即時控制

第一個重要層面為硬體平台。如前述，安裝世界級作業系統的標準工控機帶來許多優勢。

KINGSTAR 於 64 位元的即時擴充元件 RTX64 上運作，這是 KINGSTAR 平台的關鍵元件，將 Windows 轉變成即時作業系統。

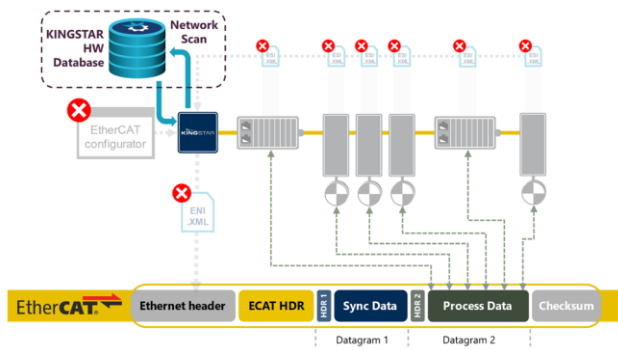
以 64 位元 Windows 10 為運作平台。RTX64 支援在 Visual Studio 中以 C/C++ 開發即時應用程式，可廣泛適用各種通用電腦，並部署於多種不同的產業，例如自動化設備、機器人、醫療、國防與模擬器。



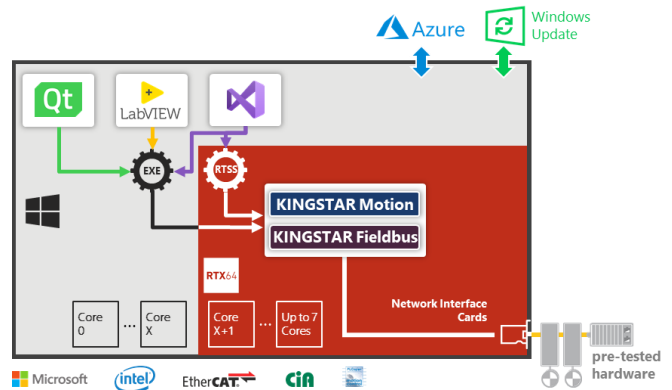
KINGSTAR Fieldbus 架構

EtherCAT 自動掃描與設定

KINGSTAR 現場總線於 RTX64 上建置「即插即用」的 EtherCAT® 通訊協議。如我們的白皮書所述，在比較市面上最重要的 5 個現場總線後，英特蒙相信 EtherCAT® 為最佳的設備自動化協定，所以 KINGSTAR 以此為基礎。為了賦予應用程式更多彈性，英特蒙利用 EtherCAT® 的總線掃描能力建立自動設定功能，相同的應用程式即可在不同的硬體配置上運作。自動掃描與設定的主要優勢在於支援所有 EtherCAT 伺服驅動及 I/O 模組的硬體品牌。此外，現場總線層可讓存取變數如本地存取般直接，從應用程式端完全隱藏。



KINGSTAR Fieldbus 自動配置功能



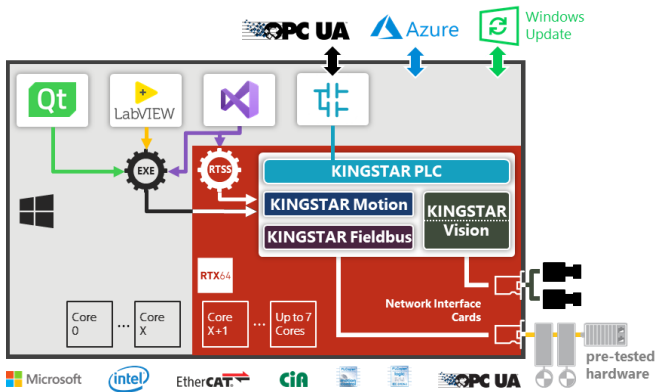
KINGSTAR Motion 架構

工業標準：EtherCAT、CAN DS402、PLCopen、OPC UA

為了使智能設備控制平台更加完善，KINGSTAR 也提供軟體運動控制函數。KINGSTAR Motion 依循 PLCopen 所定義的運動控制標準規範，包含點對點、同步、群組動作、插補以及運動學。藉由現今處理器及 KINGSTAR 中經過最佳化的運動方程式，可控制大量快速循環的軸。例如，應用程式可使用 20 軸每循環 125 μ s，或 60 軸每循環 500 μ s。每個軸可使用不同品牌的硬體，並且擁有自己的控制模式。與驅動器的通訊以循環同步模式為基礎，在控制器裡進行插補，但是 PID 可置於控制器或驅動器中。運動演算法可在軸動作時修改設定檔。同步可支援電子凸輪、齒輪、線性、圓形與螺旋型移動的群組動作。因為 CAM 或齒輪主軸可能有多個從站裝置，或本身為虛擬軸甚至為其他軸的從站裝置，這些功能都讓 KINGSTAR Motion 功能具有高度彈性。

第三個組成元件為 KINGSTAR PLC，開放且易於使用的即時作業系統 RTOS – 英特蒙 RTX64，提供一個功能完善並整合的軟體 PLC。KINGSTAR PLC 也包含運動控制和機器視覺的擴充或第三方組件，提供 C++程式設計師及非開發者功能豐富的使用者介面以進行管理。

KINGSTAR Vision 為一套即時 GigE Vision® 影像處理，讓客戶在 Windows 工控機上透過 OpenCV（開放函式庫）開發以視覺為導向的運動控制。KINGSTAR Vision 是一套綜合的軟體工具，目的是為了在 GigE Vision® 與其他攝影機介面上開發機器視覺、影像分析及醫療成像軟體應用程式。包含行程中各步驟所使用的工具，從評估應用程式的可行性開始、到原型製作，再到開發以及最終部署。



包含 KINGSTAR Vision 的 KINGSTAR PLC 架構

最後同樣重要的是，Windows 工控機的 KINGSTAR IoT 將物聯網功能透過最開放的設備自動化軟體平台添加到設備控制上。更多有關此主題的資訊、請參閱 KINGSTAR 官網 www.kingstar.com/tw 上的數份白皮書，尤其是 **前進工業 4.0：智慧機器自動化四要素**，特別針對本議題進行深度探討。

客製化平台

除了模組化以外，另一個重要的市場需求為客製化控制器或設備的能力。我們已在另一份白皮書與 [線上研討會](#) 探究這個議題。部分技術需求與模組化相當類似，設備自動化軟體平台必須具備開放且支援工業標準。設備與控制器愈發複雜，導致時常需要多個不同技能的團隊參與功能開發。為了開發一個在控制器核心運作的特定運動演算法，時常需要即時技術與 C/C++ 程式語言能力；為了操作員客製圖形化使用者介面時，必須在 PLC 程式環境運用 HMI 技術。又或者其他程式語言和環境也許是更好的選項，例如以 .NET 建立系統整合商的使用者介面。

結論

KINGSTAR 設計為考量開放工業標準及市場需要，模組化將會是控制器與設備製造商最重要的需求。其他如客製化、維護、遠端協助、或安全性等需求同等強勁，並且已在前述其他白皮書或線上研討會探討，又或者將被納入未來白皮書。KINGSTAR 軟體平台另一項值得關注的特點為其迎接工業 4.0 時代的能力。多數設備及控制器製造商需要在他們的設計中考量工業 4.0，或將其納入規畫。就像先前強調的，考量下一代系統可能為內建 IoT 服務的控制器或設備，支援以工控機為基礎的控制器、Windows 10 作業系統、OPC UA、Azure 等標準，是為次世代系統做準備的最佳方法。