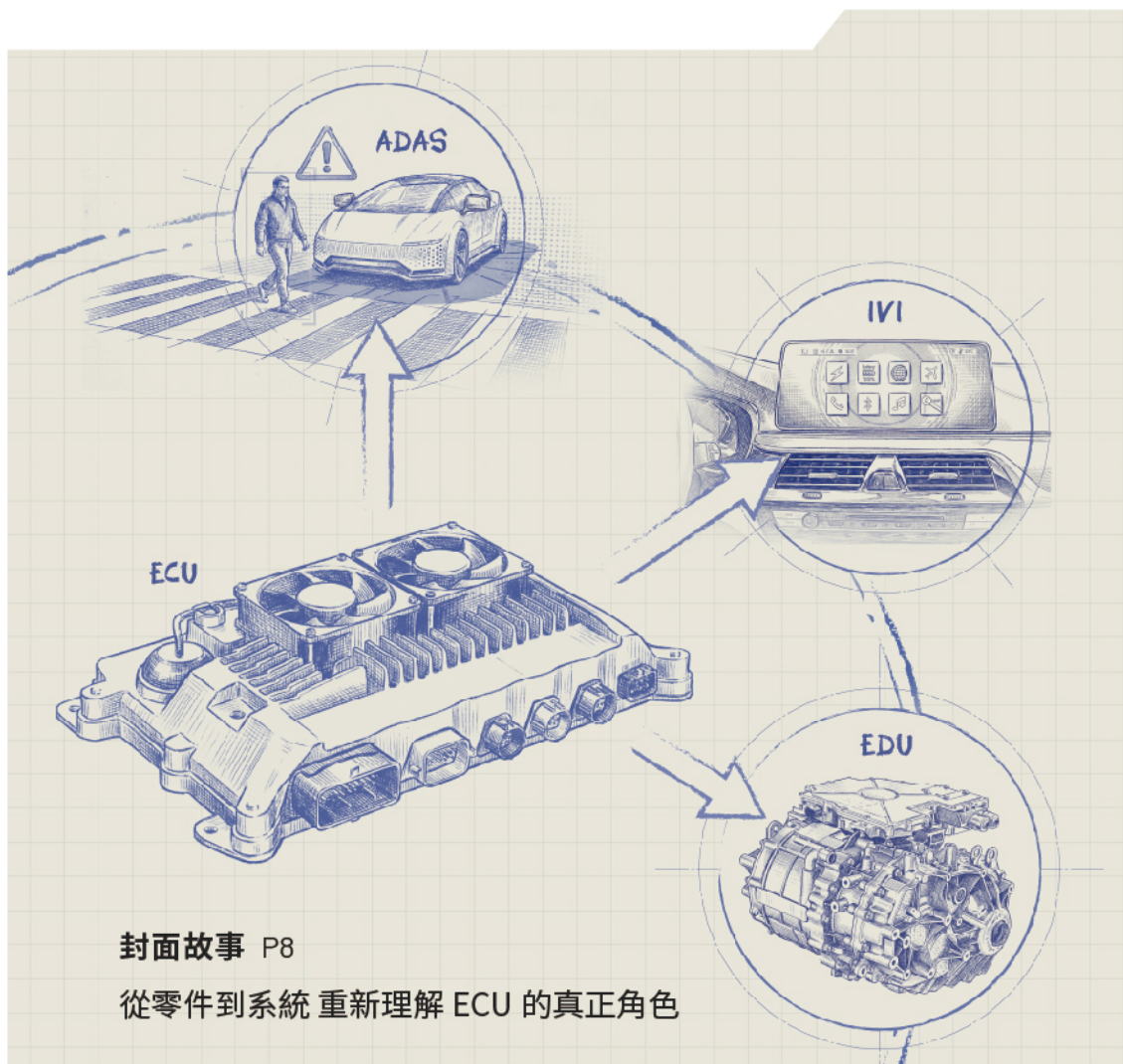


ECU 進化：汽車碎片化控制 到集中和標準化的商機與風險

2026 台灣車電供應鏈生存與轉型戰略

04
Vol

Feb. / 2026



封面故事 P8

從零件到系統 重新理解 ECU 的真正角色

精選議題

P26

市場洞察 -
面對全球電控架構轉型與市場新秩序
台灣如何定位 ECU 整合進程中的自我角色？

P46

科技焦點 -
全球車載電控架構的三種樣態
分散式、域控制與中央計算的技術現況



凝聚共識 定義未來

從開放平台到工程標準 MIH 為產業打下可信基礎

MIH，不只是車的平台，更是信任的架構者。

從設計邏輯、模組分工到測試驗證，
MIH 不斷將「可信任設計」推向更高標準。

在快速變動的產業節奏中，
我們選擇走一條三年打底的穩健路徑。

標準，從來不是限制創新，
而是讓更多創新能共同落地的語言。



Minimalism Intrinsic Harmony

MIH

Contents

05

5 編輯室報告

汽車大腦全面進化 台廠如何重新定義產業戰略角色？

6 觀點

一樁購併 映照整車電控與 ECU 架構的下一個階段

8 封面故事

從零件到系統 重新理解 ECU 的真正角色

電控架構的整合與演進 從百顆 ECU 到域控制器與中央運算

電控架構的產業化時代 全球供應鏈的下一輪重組

26

26 市場洞察

面對全球電控架構轉型與市場新秩序

台灣如何定位 ECU 整合進程中的自我角色？

46 科技焦點

全球車載電控架構的三種樣態

分散式、域控制與中央計算的技術現況

52

52 標準與法規

法規上線 電控重構 車用電控架構為何全面轉向集中化？

法規成為主導力量 車用電控架構的新邏輯

60 未來應用

能源、座艙與車隊應用快速擴張 電控漸成為整車系統決策核心

64 MIH 專欄

SDV 的成敗關鍵：從 Zonal 架構革命到「原生資安」OTA 治理



發行人 劉揚偉
總編輯 周修宏
執行總編輯 董政哲

編輯委員 連宏城、黃欽旻、塗雅棋、林瑞芳
法律顧問 施宇軒
發行單位 財團法人 MIH EV 研發院
地址 台北市內湖區基湖路 32 號 6 樓

Email mih@mih-ev.org
編輯製作 大椽股份有限公司
地址 台北市松山區民生東路四段 133 號 12 樓

編輯室報告

汽車大腦全面進化 台廠如何重新定義產業戰略角色？

電動化與智慧化浪潮正重塑汽車電控系統。傳統分散式的電子控制單元 (Electronic Control Unit, ECU) 盒子，正加速向高度整合決策、運算匯流及空中更新 (Over the Air, OTA) 治理的「中央大腦」演進。當車輛轉型為具備軟體生命週期的長期營運系統，供應鏈的競爭核心已從「單一零件」轉向「架構兼容」，這將直接決定台灣廠商在全球車電版圖中的戰略位置。

本期《MIH 期刊》以「汽車大腦再進化」為切入點，探討台廠角色的戰略重構，不單純解說技術，而是剖析一個關鍵的生存提問：為什麼過去引以為傲的優質控制器，在新型態的整車架構中，可能面臨無法被納入的風險？

長期以來，台灣車電產業憑藉可靠度、成本與 ICT 跨域整合立足。然而，隨架構集中化趨勢確立，競爭基準已從規格比拼轉向「架構可納入性」。當 OEM 重新掌握開發節奏、晶片商向上主導軟體工具鏈、Tier 1 轉型系統整合者，台廠面對的並非單項技術的更迭，而是整體產業邏輯的全面刷新。

法規與治理則是另一個常被低估的決定性因素。隨相關法案相繼落地，車輛合法上路的前提在於其電子架構必須具備可管理、可更新、可追溯且可證明的能力，相較於傳統分散式 ECU 架構在資安一致性與責任回溯上的高

昂成本，集中化架構在治理層面具備明顯優勢。

在市場策略層面，美國市場強調安全事件與責任追溯，將 OTA 視為維修與品質管理的工具；歐盟透過型式認證將資安與更新制度化，加速集中化落地；中國則以資料治理建立封閉生態；日本與韓國則選擇透過域控 (Domain Control) 維持成本與風險平衡。

最終，台灣產業的投資方向應收斂於三大核心能力的累積，包括確保產品能被整車架構採納的「架構可整合性」、能通過全球法規門檻的「合規可證明性」，以及能支援遠端維護的「營運可維護性」。這三項能力構成了可被 OEM 納入的完整方案，並定義了台廠在 Tier 1.5 架構模組夥伴、中央運算周邊系統、以及車隊軟體服務中的現實切入位置。

本期內容聚焦電控架構的關鍵轉折，說明其如何重塑供應鏈排序，以及台灣在位階攀升過程中可切入的戰略位置。架構變化已全面啟動、法規治理逐步收斂、各區市場的差異化路線更加清晰，而車隊營運與長期維運則正形成下一波競爭入口。對台灣供應鏈而言，這不是靜待答案的命題，而是能否提前布局、形成可驗證價值的實戰考題。期望本期內容能協助會員掌握變局邏輯，並在價值鏈中建立可被採用、可被整合、且可被證明的生存空間。 ▲

一樁購併 映照整車電控與

ECU 架構的下一個階段

三星電子旗下子公司 Harman 於 2025 年底宣布將以 15 億歐元收購德國采埃孚 (ZF Friedrichshafen AG, ZF) 集團旗下的先進駕駛輔助系統 (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) 與電子控制單元 (Electronic Control Unit, ECU) 相關業務。

從產業新聞的角度來看，這是一樁具備高度合理性的整併行動：Harman 強化其在車用電子與智慧系統領域的布局，ZF 則重新聚焦於自身長期擅長的底盤、動力與商用車等核心工程領域。該交易預計於 2026 年下半年完成，並將伴隨約 3,750 名 ZF 員工轉移至 Harman。對市場而言，這筆交易不僅規模可觀，也映照出車用電子與 ADAS 技術持續成長的產業趨勢。

然而，如果僅將這起購併視為版圖擴張或產品線補強，仍不足以理解其真正的意義。更值得注意的是，此交易發生的時間點與技術背景正位於汽車產業從「功能導向」邁向「架構導向」的結構性轉折期。隨著軟體定義車輛 (Software Defined

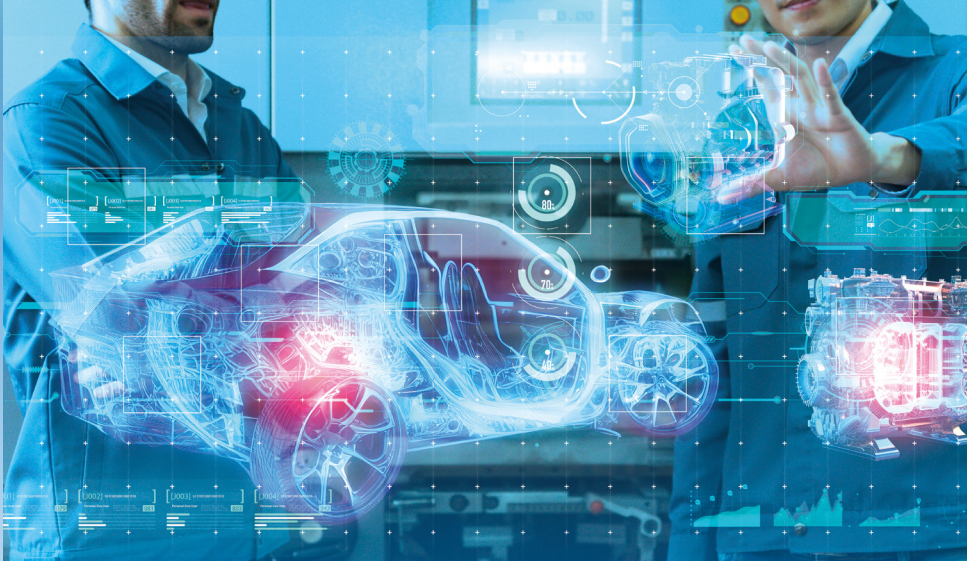
Vehicle, SDV) 逐漸成為共識，ADAS 不再被視為獨立封裝的單一功能，而是必須被納入整車電控架構中，成為支撐中央運算、資料協同與價值延伸的核心組件。換言之，問題不再是「ADAS 能做什麼」，而是「ADAS 如何被整車架構承接並持續演進」。

傳統上，ADAS 的發展模式多半建立在分散式 ECU 架構之上，即一顆控制單元對應一項功能，硬體與演算法之間的邏輯清楚、工程分工明確。然而，隨著車輛功能高度軟體化與跨域協同需求增加，這種設計模式的限制開始浮現。感知資料必須能跨系統整合，控制決策需要根據整車策略即時協同運作，而軟體更新、版本管理與資安防護更成為

長期運作的基本門檻。在這種情境下，ADAS 的先進與否，已不再僅由演算法或感測器決定，而在於其能否被整體電控架構穩定承載並支撐十年以上的生命週期。

正是在這樣的結構轉變中，Harman 與 ZF 的結合展現出更深層的產業意涵。ZF 長期代表傳統的 Tier 1 供應商，在底盤、動力與 ADAS 領域累積深厚的感知與控制工程能力；反之，Harman 則具有數位座艙 (Digital Cockpit)、人機介面 (Human-Machine Interface, HMI)、人機體驗與車載電子整合的生態角色。

此次購併不只是能力互補，而是讓 Harman 從「座艙電子供應者」升級



為同時具備感知(眼睛) + 決策運算(大腦) + 座艙(體驗入口)的跨域系統夥伴, 能夠參與整車中央運算平台與電控架構的共同設計。換言之, 這筆交易反映的並非單純功能加總, 而是 Tier 1 角色本身的升級方向: 從交付單一功能的供應者, 轉變為支撐整車軟體生命週期的系統夥伴。

類似的結構變化也出現在智慧座艙領域。近年 CarUX 併購日本 Pioneer 的案例, 即反映顯示、音效與 HMI 已不再被視為分離子系統, 而被整體視為中央運算與空中更新 (Over the Air, OTA) 生命週期的一環。對 Tier 1 而言, 目標不再是銷售硬體模組, 而是提供能對接整車電控架構、HMI 資料鏈與

長期維運需求的整合能力。無論是 ADAS 或座艙, 產業正在從「交付功能」走向「交付可被整車採用的架構能力」。

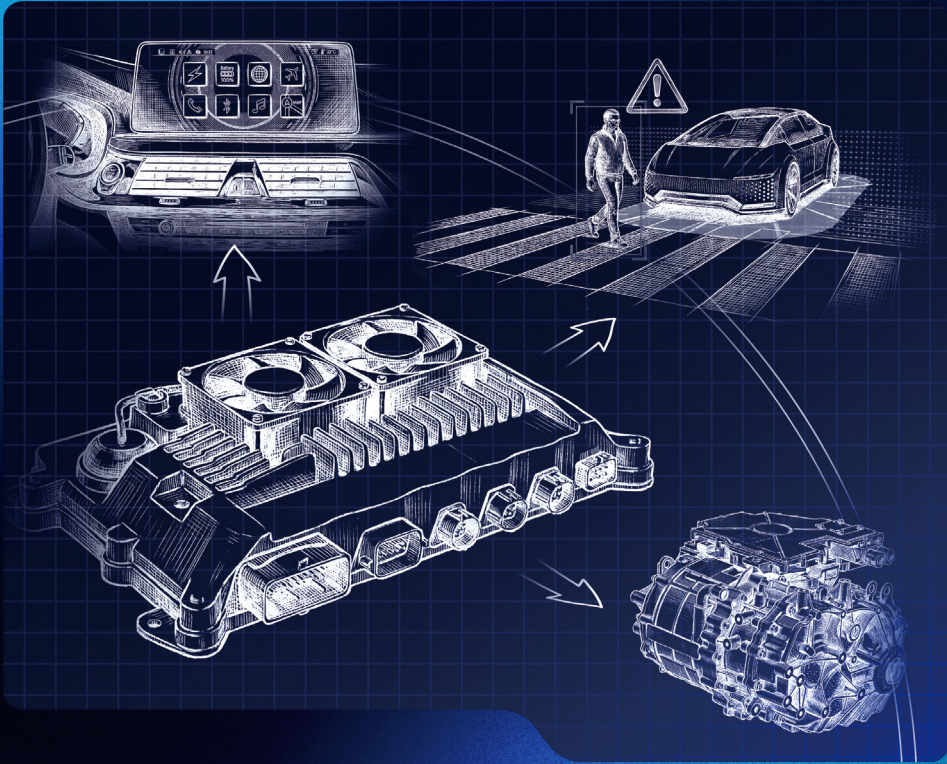
當汽車產業的競爭焦點逐漸從「能否交付功能」轉向「能否長期運作與持續優化」, 電控架構自然成為整車真正的核心。OTA、功能安全 (Functional Safety) 與網路安全 (Cybersecurity) 等法規的演進, 使車輛不再是一項一次性交付的產品, 而是一個必須在十年以上使用期間內持續更新的系統。在此背景下, 能否定義與掌握整車電控架構, 已成為決定 OEM 競爭力的關鍵基礎。

這種產業變化, 也為台灣帶來清楚而務實的啟

示。相較於追求成為全功能 Tier 1, 更具戰略價值的定位, 是在全球整車電控架構重組的過程中, 成為可被採用、可被整合的模組化與標準化夥伴。無論是電控模組、通訊協定、功率元件、感測器、板卡、韌體或軟體元件, 只要能與 OEM 與 Tier 1 的架構與生命週期協同, 即具備實質競爭力。

《MIH 期刊》第四期以「汽車大腦再進化」為主軸, 正是從 ECU 作為整車控制語言出發, 系統性解析電控架構如何由分散走向集中, 並進一步牽動產業角色、軟體生命週期與供應鏈分工的重塑。在這場汽車大腦持續進化的過程中, 新的合作位置與產業機會, 正逐步浮現。▲

封面故事 1



從零件到系統

重新理解 ECU 的真正角色

在電動車與軟體定義車輛（Software Defined Vehicle, SDV）逐漸成為產業主流的過程中，「電子控制單元（Electronic Control Unit, ECU）」一詞頻繁出現在各類技術文件、產品發表與策略討論之中。然而，這個看似熟悉的名詞，在不同產業角色之間卻往往承載著截然不同的理解。對工程團隊而言，ECU 多半被視為具體的控制器硬體；對系統商與車廠來說，ECU 則更接近整車電控能力的實體承載。這種認知落差，使產業在討論電控架構、整合方向或未來演進時，往往尚未建立共同語言，便已陷入名詞與術語的交錯之中。

究竟 ECU 是什麼？在整車系統中扮演何種角色？又為何成為理解電動車電控架構不可迴避的起點？釐清這些問題，是後續所有架構與產業討論的基礎。

從機械核心到 電控中樞的典範轉移

相較於內燃機車輛以機械結構與動力系統為技術核心，電動車的技術重心已明確轉向電子控制與軟體邏輯。無論是動力輸出、能量管理、車身作動，或是感知與駕駛輔助功能，幾乎所有關鍵行為都仰賴即時控制與運算決策完成。

雲林科技大學電子工程系副教授、智慧電動車產業服務與人才培育中心主任蘇慶龍指出，隨著先進駕駛輔助系統 (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) 與感知技術導入，感測器數量與資料流量快速增加，「每一組感測資訊，都必須透過 ECU 完成即時處理與判斷」，ECU 因此成為支撐整車智慧化運作的基礎節點，而不再只是附屬於單一功能的控制單元。

從廣義角度來看，ECU 並非單一產品類型，而是整個車用電子控制器家族的統稱。凡是負責「偵測、判斷與控制」的電子控制器，皆可納入 ECU 範疇之中，其涵蓋範圍橫跨動力與能量控制、車身與舒適功能、座艙系統、ADAS 與感知模組，以及車載通訊相關的閘道器與車載通訊控制單元 (Telematics Control Unit, TCU) 等。

這樣的定義，有助於將 ECU 從單點產品的理解，重新放回整車系統脈絡中檢視。



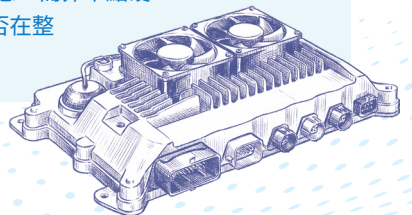
雲林科技大學電子工程系副教授、智慧電動車產業服務與人才培育中心主任蘇慶龍指出，車載感測器數量與資料流量大幅增加，感測資料皆需經由 ECU 即時處理與判斷，使 ECU 由單一功能控制器躍升為支撐整車智慧化運作的關鍵節點。(圖片提供：蘇慶龍)

ECU 的價值不僅在於各別功能是否達標，而在於其是否能在整車架構中，與其他控制節點共同構成可預期、可協同的控制網路。

然而，在台灣與多數產業實務語境中，「電控」一詞之所以常被理解為單一控制單元，與電動車早期的技術發展途徑密切相關。實際上，產業多半指向較為狹義的 ECU 範疇，也就是以微控制器為核心、負責電機驅動的控制架構。

知識小站 | ECU 定義

電子控制單元 (Electronic Control Unit, ECU) 並非指稱單一控制器，而是整個車用電子控制器族群的統稱。凡是負責「偵測、判斷與控制」的控制模組，都可被視為 ECU 的一種。其範圍橫跨動力與能量控制、車身作動、座艙人機互動、ADAS 感知處理，乃至 TCU 等。換言之，ECU 是一個涵蓋多領域的系統性概念，而非單點硬體。其價值不僅來自個別控制功能的達成，而在於能否在整車架構中形成可協同運作的控制網路。





致茂電子電驅動與能源測試方案處副總經理王志賢表示，車廠在評估整車「電控能力」時，實際關注的往往並非單一晶片規格，而是整體電機控制架構在控制精度、系統整合與長期可靠度上的表現。

致茂電子電驅動與能源測試方案處副總經理王志賢指出，電機控制相關的 ECU 長期被視為動力域中最關鍵的控制節點，負責將直流電轉換為三相交流電，並執行扭力、轉速與能量回收等核心控制任務。因此，車廠在評估整車「電控能力」時，實際關注的往往並非單一晶片規格，而是整體電機控制架構在控制精度、系統整合與長期可靠度上的表現。

若僅將 ECU 理解為微控制器或單一晶片，將忽略其真正的系統性內涵。意法半

導體 (STMicroelectronics) APeC 區汽車產品事業部行銷經理陳錫成指出，ECU 本質上並非積體電路 (Integrated Circuit, IC)，而是一套完整的車規控制系統。

一個可量產的 ECU，至少需包含處理核心、記憶體、感測與通訊介面、安全模組，以及承載控制邏輯、通訊協定與資安策略的韌體。從這個角度來看，ECU 更接近一台「車規等級的控制電腦」，其價值來自硬體與軟體的整合成熟度，而非單一元件效能的堆疊。

為什麼會出現「上百顆 ECU」？ 不同車款差異很大

理解 ECU 的系統性本質後，便不難理解電動車中出現「上百顆 ECU」的現象。首先，在動力與能量領域，隨著高電壓架構與碳化矽 (Silicon Carbide, SiC) 功率元件逐步導入，原本相對單純的動力系統被拆分為多個高度專業化的控制節點，包括電機控制、電池管理、車載充電、直流對直流轉換 (DC/DC) 與熱管理等。

王志賢指出，這些控制器之間存在高度交互關係，「單一模組在個別測試時表現正常，卻可能在整車整合後出現預期

之外的行為」，使控制節點的分工與驗證需求同步增加。

其次，智慧化與自動駕駛功能的導入，為車內電子系統帶來大量專屬處理器。攝影機、雷達、光達等感測模組，以及對應的 ADAS 控制器與自駕相關的域控制器 (Domain Controller)，使 ECU 數量與資料處理需求快速攀升。即便在車身與舒適功能領域，隨著功能安全與資安法規要求提升，也需要獨立控制與備援設計，使 ECU 配置難以回到高度集中化的單一型式。

量產級 ECU 的系統構成與評估面向

構成要素	說明	代表重點
處理核心 (MCU/SoC)	執行控制演算法與通訊任務	運算能力、即時性、能耗管理
記憶體 (Flash/RAM)	儲存韌體、控制參數與記錄資料	寫入壽命、耐熱性、診斷紀錄
感測介面 (如 ADC、SPI、I ² C)	接收車內感測器訊號與模組資料	訊號精度、雜訊處理、同步性
通訊介面 (CAN/CAN-FD/LIN/Ethernet)	與其他 ECU 及域控制器交換資料	頻寬、延遲、協定兼容、時間同步
安全與功能安全模組 (Safety/Security)	確保控制邏輯可信且能故障隔離	ISO 26262、ASIL 等級、白名單驗證
韌體 (Firmware)	控制演算法、通訊協定、資安策略	OTA 更新、加密機制、診斷功能
外部電源與保護	適應車規電源與保護機制	高壓相容、EMI/EMC、保護電路
封裝與散熱設計	保證在車規環境下長期穩定運作	耐熱循環、振動、壽命可靠性

註：電子控制單元 (Electronic Control Unit, ECU)、微控制器單元 (Microcontroller Unit, MCU)、系統單晶片 (System on a Chip, SoC)、隨機存取記憶體 (Random-access memory, RAM)、類比數位轉換器 (Analog-to-digital converter, ADC)、串列周邊介面 (Serial Peripheral Interface, SPI)、積體匯流排電路 (Inter-Integrated Circuit, I²C)、控制器區域網路 (Controller Area Network, CAN)、車輛安全完整性等級 (Automotive Safety Integrity Level, ASIL)、空中更新 (Over the Air, OTA)、電磁干擾 (Electromagnetic Interference, EMI)/電磁相容 (Electromagnetic Compatibility, EMC)

三大功能域： 電控架構的座標系統

在實務上，這些 ECU 大致可歸納為三個主要功能域，其中的動力與能量域，負責能源流動、驅動邏輯與安全策略；車身與舒適域，承載各項作動控制與人機互動，包括空調、座椅、照明、儀表與智慧座艙等功能；而 ADAS 與感知域，則負責環境理解與輔助決策。這種功能分布構成理解後續電控架構整合與演進的基礎座標。

這些 ECU 並非各自獨立運作，而是透過車內通訊網路形成高度互相依賴的運作關係。從控制器區域網路 (Controller Area Network, CAN)、具彈性資料速率之控制器區域網路 (CAN with Flexible Data-Rate, CAN-FD)、區域互連網路 (Local Interconnect Network, LIN)，到逐步成為車內骨幹的車載乙太網路，不同通訊技術對應不同頻寬與即時性需求，並由閘道器與 TCU 負責跨域資料交換與空中更新 (Over the Air, OTA) 機制。在此架構下，車輛雖可透過通訊協定形

成分布式控制網路，但整體協同仍停留在硬體位置與資料交換的層次。隨著智慧化功能併發、OTA 成為常態，以及 ADAS 與座艙應用對跨域資料的即時性與一致性提出新要求，車輛開始需要一個能統一功能抽象、協調控制邏輯並支援長週期維運的更高層級架構。

隨著 SDV 的快速發展，電控架構不再只是控制器之間的點對點聯繫，而逐漸以服務化 (Service-Oriented Architecture, SOA) 作為抽象層。鴻海精密工業中央政策資深技術協理早船一彌 (Kazuya Hayafune) 博士指出，未來的整車電控由三層關鍵結構組成：其一是以中央、域控與分區控制器 (Zonal/ Domain/Central Controller) 為核心的高效能運算平台 (HPC)；其二是以車載乙太網路為骨幹，搭配 SOME/IP、資料分散式服務 (Data Distribution Service, DDS) 與時間敏感網路 (Time Sensitive Networking, TSN) 等協議的高速與確定

ECU 主要功能域與代表控制器分類表

功能域	主要任務	代表控制器類型
動力與能量域	能源流動、驅動邏輯、安全策略	Inverter、BMS、OBC、DC-DC、Thermal ECU
車身與舒適域	車身作動、HMI	BCM、HVAC、Seat ECU、Lighting ECU、Cluster、IVI
ADAS 與感知域	感知融合、環境理解、輔助決策	Camera ECU、Radar ECU、LiDAR ECU、ADAS/Domain Controller

MIH 整理，2026/01

註：逆變器 (Inverter)、電池管理系統 (Battery Management System, BMS)、車載充電器 (On-Board Charger, OBC)、直流對直流轉換器 (DC-DC Converter)、熱管理控制單元 (Thermal Electronic Control Unit, Thermal ECU)、車身控制模組 (Body Control Module, BCM)、暖通空調系統 (Heating, Ventilation and Air Conditioning, HVAC)、座椅控制單元 (Seat Electronic Control Unit, Seat ECU)、照明控制單元 (Lighting Electronic Control Unit, Lighting ECU)、儀表系統 (Instrument Cluster)、人機互動 (Human-Machine Interaction, HMI)、車載資訊娛樂系統 (In-Vehicle Infotainment, IVI)、攝影機控制單元 (Camera Electronic Control Unit, Camera ECU)、雷達控制單元 (Radar Electronic Control Unit, Radar ECU)、光達控制單元 (Light Detection and Ranging Electronic Control Unit, LiDAR ECU)、網域控制器 (Domain Controller)

性通訊層；其三則是在此之上以服務方式封裝功能的軟體層。此形式讓 ECU 不再被視為單點硬體，而是位於更大系統中的控制節點，使整車控制邏輯能透過服務組合實現更新、擴充與跨域協作，為後續域整併、中央運算與長週期維運奠定基礎。

是德科技策略客戶全球銷售副總裁陳俊宇指出，當乙太網路開始承載跨域資料流後，系統驗證的重點已不再只是單一連線效能，而在於多個功能同時運作時的時序一致性與整體穩定性，這也使整車驗證複雜度隨之提升。

在 SDV 的發展脈絡下，ECU 的角色也逐漸從即時控制，延伸至長期維運。除了硬體層的處理核心、記憶體、通訊與安全模組外，韌體所承載的控制演算法、功能安全邏輯、資安策略與 OTA 機制，已成為影響整車可靠性與可擴充性的關鍵因素。

在此情境下，車載運算正從分散式微控制器走向中央化的高算力平台。以瑞薩電子 (Renesas Electronics) 的 R-Car Gen5 為例，瑞薩 RCAR SoC Director Peter

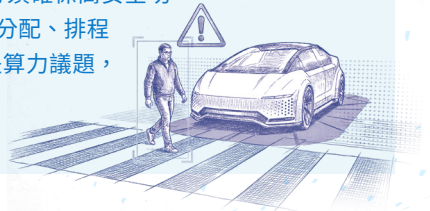
Bechberger 指出，此車用 SoC 採用 3 奈米製程的核心理由不是「效能追求」本身，而是電動車對能效與散熱的真實約束；在相同封裝尺寸下提升能源效率，讓中央運算得以在整車熱預算中長時間運作。

此外，面對未來五年 AI 模型與端到端自動駕駛路徑尚未定型的情況，瑞薩透過 Chiplet 方式提供算力與神經網路加速器的水平擴充，使中央運算平台具備隨車型與功能演進調整的彈性。更重要的是，所謂「混合關鍵性」(Mixed Criticality) 使得中央化不僅是算力課題，也是安全隔離課題；娛樂與導航等非安全功能與 ADAS 等高安全功能能否在同一平台上共存，取決於硬體隔離能力是否成熟，而非單純依靠虛擬化軟體即可解決。

當然，中央運算的形成並不代表 ECU 的退出，而是使多 ECU 協同、OTA 更新與整車驗證的複雜度同步提升。陳俊宇指出，當軟體更新與多 ECU 協同成為常態，驗證流程本身也成為整車品質的重要一環，ECU 不再只是「交付後即完成任務」的硬體，而是需要在整個產品生命週期中持續被管理與驗證的系統節點。

知識小站 | Mixed Criticality 是什麼？

混合關鍵度 (Mixed Criticality) 指的是在同一運算平台上同時承載不同安全關鍵等級的功能，例如娛樂與導航屬於低安全關鍵功能，而 ADAS 與感知決策則屬於高安全關鍵功能。在中央化架構下，這些功能若共存，必須確保高安全功能不受低安全功能的干擾，牽涉硬體隔離、資源分配、排程與故障封閉等設計要求。因此混合關鍵度不僅是算力議題，更是安全隔離與認證體系的核心挑戰。

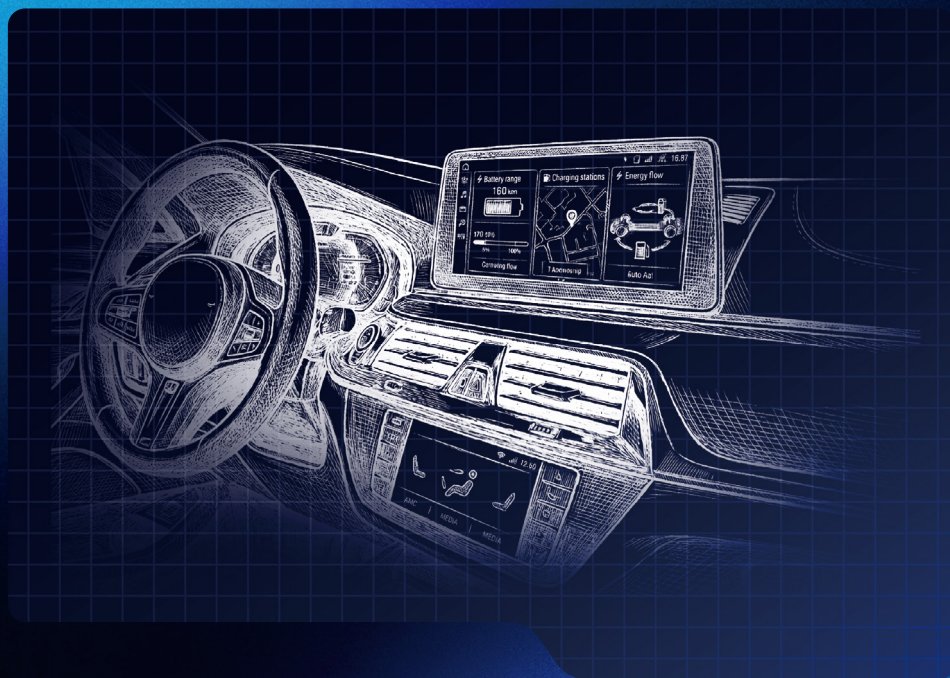


ECU，是理解整車電控的起點

從零件到系統，ECU 的角色早已超越單一控制器的範疇，它既是整車行為的執行者，也是電子、軟體與通訊架構交會的關鍵節點，唯有在此基礎上建立共同

理解，產業才能進一步討論電控架構如何整合、如何演進，以及這些變化將如何重塑整車設計與供應鏈分工。

封面故事 2



電控架構的整合與演進

從百顆 ECU 到域控制器與中央運算

當電動車進入高度電子化與軟體密集的發展階段，電控架構已不再只是工程設計上的配置選擇，而是牽動整車成本結構、維運模式、資安風險與責任歸屬的治理議題。過去以分散式電子控制單元 (Electronic Control Unit, ECU) 為核心的架構，在功能尚稱單純的時代展現高度彈性，也有利於供應鏈分工；然而，隨著 ECU 數量快速增加、跨域資料流與軟體複雜度同步放大，這套架構正逐步逼近其結構極限。

首先浮現的壓力，來自 ECU 數量暴增所引發的連鎖效應。每增加一顆控制器，意味著更多線束、接頭與控制邏輯，使整車重量上升、製造與維修工序更加複雜，同時也放大空中更新 (Over the Air, OTA) 與資安防護的管理風險。當車輛進入長期營運階段後，分散式架構下一顆 ECU 對應一套軟體與防護邏輯的模式，逐漸難以維持一致性，也難以從整車層級進行有效治理。

鴻海精密工業中央政策資深技術協理早舩一彌 (Kazuya Hayafune) 博士指出，電控架構的演進不只是 ECU 數量或線束配置的問題，而是整車運算模式與軟體抽象層的根本轉向。當 ADAS、座艙與動力等功能需要透過高頻寬資料協同時，車內運算必須由以 ECU 為中心的硬體耦合模式，過渡到以高效能運算平台與服務化為主體的抽象架構，使跨域功能得以在統一平台上執行、更新與協同。換言之，電控架構的整合並非單純減少控制器，而是為 SDV 建立抽象層、資料層與運算層的系統基礎。



鴻海精密工業中央政策資深技術協理早舩一彌指出，電控架構演進關鍵不在減少 ECU，而在建立統一運算與服務抽象層，使 ADAS、座艙與動力能在高效能平台上協同執行與更新。

雲林科技大學電子工程系副教授、智慧電動車產業服務與人才培育中心主任蘇慶龍從 ADAS 與感知系統的實務觀察指

出，分散式架構真正的瓶頸，並不在單一 ECU 的效能，而在於當系統需要「同時理解整台車」時，資料卻被切散在各個控制器之中。隨著感測資料量大幅成長，時序同步與跨域決策成為關鍵需求，但各 ECU 僅能針對自身功能最佳化，反而放大了整車層級協同的難度。

這類結構性問題在動力與能量系統中尤為明顯。致茂電子電驅動與能源測試方案處副總經理王志賢指出，隨著高電壓架構與碳化矽 (Silicon Carbide, SiC) 元件逐步導入，原本可由單一控制器描

述的系統行為，開始轉變為高度依賴整車協同的動態關係。電機控制器、電池管理系統 (Battery Management System, BMS) 與熱管理模組之間的耦合程度顯著提高，使問題不再源自某一顆 ECU 的功能失效，而是各控制器在個別測試時皆運作正常，卻在整車同時運作、跨

系統互相影響時出現異常，凸顯分散式架構在整體協同控制與系統層級驗證上的先天限制。

致茂電子電驅動總成測試平台，可模擬電機、逆變器與減速機等動力域控制器的協同運作，協助驗證扭力輸出、能量管理與長期可靠度等關鍵參數，是車廠評估整車「電控能力」的重要基礎。(圖片提供：致茂電子)



早船一彌補充，當多個感知來源、控制策略與座艙應用併發時，問題已不僅是資料能否交換，而是交換是否「有時序保證」與「有服務品質 (Quality of Service, QoS)」。若缺乏時間敏感網路 (Time Sensitive Networking, TSN) 等機制進行頻寬預留與流量隔離，高畫質影音串流與 OTA 更新可能干擾 ADAS 訊號，造成毫秒級延遲而形成風險。此外，若中央控制器與周邊模組間缺乏 IEEE 802.1AS 時間同步協議，版本更新與指令解讀也可能產生差異，導致所謂「幽靈故障 (Ghost Fault)」在整車整合才被發現，進一步放大驗證成本。

在分散式架構下，控制邏輯往往分散於不同供應商的控制器之中，使責任歸屬變得模糊，也讓系統層級的風險更難在早期被清楚辨識與有效收斂。此外，不同 ECU 採用不同的資安與功能安全設計，使防護水準不一致、邊界難以界定；一旦攻擊或異常發生，缺乏統一的治理與回應機制，進一步放大營運風險。這些因素共同推動電控架構必須走向整合。

然而，電控架構的演進並非單一路線。意法半導體 (STMicroelectronics) APeC

區汽車產品事業部行銷經理陳錫成指出，無論是 X-in-1 功能整併、域控制器，或是中央運算與區域控制架構 (Zonal Architecture)，本質上都是在效能、成本、風險與量產可行性之間做取舍。不同車廠會依據車型尺寸、電池配置、功能安全等級與市場定位，選擇妥適的整合深度，而非一味追求全面集中。

從技術路線來看，電控架構大致經歷四個階段。最早期的分散式架構，以 ECU 為中心，每一項功能對應一顆控制器，供應鏈彈性高，但線束、頻寬與維運複雜度隨 ECU 數量增加而急遽上升，車廠對整體架構的掌握度也相對有限。接著出現的域控制器架構，開始將動力、ADAS、車身與座艙等功能區塊整併，以回應算力需求提升、OTA 規模化與安全標準收緊，同時也改寫供應鏈結構，使一級供應商 (Tier 1) 從零件供應者轉向具備系統整合能力的角色。

隨著整合程度進一步提高，中央運算架構逐漸成形。高算力集中於中央運算單元，其餘控制器轉為資料與輸入／輸出 (I/O) 介面，OTA、資安與故障隔離由中央統一管理。陳錫成指出，這一階段的關鍵不僅



意法半導體 (STMicroelectronics) APeC 區汽車產品事業部行銷經理陳錫成提到，X-in-1、域控與 Zonal 架構本質上皆為效能、成本與量產風險的取舍，各車廠會依車型、安全等級與定位選擇整合深度，而非一味集中。

是運算集中，更是控制權重新分配的過程，車廠開始重新掌握軟體與架構主導權，出現去 Tier 1 化的趨勢；同時，輝達 (NVIDIA)、高通 (Qualcomm) 等晶片大廠也向上延伸，提供完整運算與軟體工具組合，使電控競爭由元件層上升至系統層。

早船一彌提醒，中央化並不代表所有功能集中在同一控制器即可，真正的挑戰在於如何處理跨關鍵性的優先順序與控制權。例如煞車與動力指令必須擁有最高執行優先權，而座艙或第三方應用僅能以「請求」方式提交給中央運算平台，由仲裁層 (Arbitration) 決定執行時序與資源分配。同時，透過 Hypervisor 或 Partition 等隔離機制，娛樂域的異常不會外溢至 ADAS 或動力域，確保整車安全性與穩定性。這些技術治理能力，是中央運算能否真正量產的結構性條件，而非軟體抽象的附加選項。

瑞 薩 RCAR SoC Director Peter Bechberger 也指出，中央運算的興起不僅改變了控制器的配置方式，也改變了開發與整合的節奏。過去車廠必須等待晶片完成後才展開系統與應用整合，但隨著中央化架構涉及更大範圍的軟體協同與長周期維運，半導體供應商開始提供雲端虛擬平台與完整軟體堆疊，使 BSP、Middleware 與應用程式能在晶片量產前即提前整合與驗證，讓整車端的整合壓力大幅前移。

Peter Bechberger 提到，這種軟體優先的工作模式也改變了供應鏈的協作關係。中央運算需要跨安全域、跨軟體棧與跨供應商的協同開發，而非單一 Tier 1 的垂直整合，因此具備資通訊技術 (Information and Communications Technology, ICT) 背景、軟硬整合能力與量產模組化能力的廠商開始具備直接面向整車廠 (Original Equipment Manufacturer, OEM) 的條件，形成介於 Tier 1 與 Tier 2 之間的「Tier 1.5」角色。台灣在此領域的布局已逐漸具備存在感，而開放式平台如 MIH 則被視為協調跨供應商合作、避免軟體棧碎片化的橋接節點。

這種供應鏈分工的鬆動，也讓 OEM 在中央運算架構下重新獲得技術主導權。在此架構下，OEM 製造商不再只是整合既有零組件，而是重新主導整車系統的技術節奏，包括架構制定、軟體堆疊、更新頻率、資安策略與資料模型等核心環節。對 Tier 1 而言，角色亦由「架構主導者」轉向「平台相容的功能提供者」，供應鏈的責任邊界因此被重新劃分：資料格式誰定義、OTA 誰驗證、故障降級策略由誰負責、資安事件由誰處理，都成為新的協作議題。最終，中央運算架構帶動的，不只是控制器整併與算力集中，而是一場圍繞軟體主導權、系統整合能力與長期維運責任的供應鏈重構。

與中央運算並行發展的是 Zonal 架構，依車身空間分區設置區域控制器 (Zone

知識小站 | Tier 1.5 出現

Tier 1.5 指的是介於傳統 Tier 1 與 Tier 2 之間、具備直接承接 OEM 整合工作的新型供應鏈角色。其形成源於中央化架構下的軟體優先模式：整車端需在晶片量產前即完成開發板支援套件 (Board Support Package, BSP)、中介軟體 (Middleware)、虛擬化技術 (Virtualization)、資安與 OTA 等堆疊整合，並跨安全域協同開發。具備 ICT 背景、軟硬協同與量產模組化能力的廠商因此取得面向 OEM 的技術門檻，而不再僅是 Tier 2 零組件提供者，構成支撐 SDV 生態的重要中介層。

Controller)，並以逐步成為骨幹的車用乙太網路 (Automotive Ethernet) 連接中央運算，被視為更貼近量產現實的解決方法。這種設計可大幅縮短線束長度、減少接頭數量，提升整車可靠度與生產效率。未來五到十年內，中央運算與 Zonal 架構將長期並存，而非互相取代。

在這樣的架構進展下，關鍵控制器的角色也同步升級。電機控制器從單純的扭力執行單元，轉變為動力域中的能量協同核心，必須與 BMS 與熱管理模組進行時間同步的策略協作。整車控制單元 (Vehicle Control Unit, VCU) 逐漸成為跨域總協調者，管理動力、能量、熱管理與車身狀態，並在 Zonal 架構中上移為中央運算的策略層。BMS 則從電池安全監控角色，延伸至壽命模型、能量分配與健康度資料的核心節點，當資料集中化後，更成為車對電網 (Vehicle to Grid, V2G)、車聯網 (Vehicle to Everything, V2X) 與能源服務的重要運算基礎。

支撐上述整合的，是車內通訊架構的重組。傳統控制器區域網路 (Controller

Area Network, CAN)、可變速率 CAN (CAN with Flexible Data-rate, CAN-FD) 與區域互連網路 (Local Interconnect Network, LIN) 在頻寬與時序同步上的限制，使其難以滿足高感測量與自動化需求，在 Zonal 架構中逐漸退居低速或備援通訊角色。相對之下，車用乙太網路搭配時間敏感網路 (Time Sensitive Networking, TSN)，提供每秒十億位元 (Gigabits per second, Gbps) 等級頻寬與可預期延遲，成為域控整併與中央運算得以落地的關鍵基礎。

當中央運算、Zonal 架構與 OTA 成為主流後，車輛電控系統的複雜度已不再只是模組數量的增加，而是模組之間交互行為被快速放大。是德科技策略客戶全球銷售副總裁陳俊宇指出，過去以模組化為核心的分工邏輯，假設各 Tier 1 只要確保自身模組符合規格，最終由整合者完成系統組裝即可；然而在實際運作中，越來越多問題並非來自單一模組失效，而是發生在多模組同時運作、功能疊加與軟體更新之後，才浮現的系統層級風險。

車內通訊技術在 Zonal / 中央化架構下的定位對照表

通訊技術	頻寬 / 時序能力	適用領域 / 資料類型	在 SDV / Zonal 架構下的定位
LIN	極低頻寬、無確定性	座椅、窗戶、照明、HVAC 等低速控制	低速末端作動與車身介面控制
CAN	低至中頻寬、無確定性	動力域基本控制、底盤控制、儀表資料	退居本地控制匯流排或備援用途
CAN-FD	中頻寬、延遲可控但非確定性	ADAS 低頻感知、BMS、VCU 等較大封包控制	支援更大資料量，但在高速需求下逐步退位
Ethernet	高頻寬 (Gbps)、延遲可預期 (與 TSN 搭配)	感知融合、IVI 影音、域控協同與資料交換	成為域控整併與中央運算的資料骨幹
Ethernet + TSN	高頻寬 + 確定性時序	多感測融合、跨域安全控制、HPC 協同	構成 Zonal / 中央計算落地的關鍵基礎

MIH 整理，2026/01

早船一彌指出，要避免這類問題在整車階段才集中爆發，產業正逐漸採用「Shift-Left」的整合策略，也就是在硬體定案前，即透過雲端虛擬平台與模擬環境完成跨供應商的系統級驗證。透過虛擬整合平台，BSP、中介軟體、域控與高效能運算的協作可以在晶片量產前完成大部分錯誤收斂，使版本依賴、時序衝突及通訊協定不一致等問題提前暴露，減輕整車端的整合與回歸壓力。這種工具鏈與流程前移，正在成為中央運算架構能否量產的核心能力。

然而即便整合流程持續前移，系統風險仍無法完全在早期開發階段被消弭，特別是在跨模組依賴、版本差異與OTA更新牽動行為變化的情況下，這類風險對車廠高階決策者而言尤為棘手。當每一個模組在各自驗證範圍內皆「合格」，卻在整車層級出現異常時，責任歸屬與事後究責往往難以釐清。相較於事後補救與召回成本，產業開始重新思考，是否能在架構決策初期即納入整車層級的可驗證性思維，提前辨識模組化所隱含的系統風險。

此一轉變，也呼應陳錫成對產業發展脈絡的觀察。他指出，模組化仍是實現開放、擴大產業生態的重要基礎，但其關鍵已不再停留於介面是否標準化，而在於是否能建立一套可被產業共同理解與採用的驗證語言，使不同來源的模組在真實運作情境中，仍能維持穩定且可預期的協同表現。也正因如此，MIH所著力的核心價值，在於為開放架構補齊系

統層級的驗證基礎，讓模組化不僅能加速創新，更能在量產與長期維運階段，成為產業信任得以累積的支撐條件。

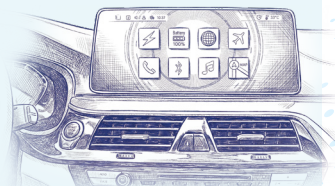
從能量治理的角度來看，架構整合所帶來的效益尤為明顯。陳俊宇指出，無論是快充、換電，或是壽命治理與V2X應用，都已不再是單一控制器可以獨立處理的任務，而是需要BMS、電機控制器與VCU在同一系統架構下進行高度協同。集中式架構得以在整車層級同時管理能量流、熱管理、煞車動能回充與充電策略，其整體效率與可預期性，明顯高於分散式控制模式。

整體而言，電控架構的整合並非為了追求單一最先進形式，而是在控制器集中、資料整合與軟體協作之間，尋找一個可量產、可維運的平衡點。架構已從零組件層次，上升為車廠的核心競爭力；陳錫成也強調，MIH的價值，在於協助產業建立跨車廠一致的架構語言、介面定義與通訊規範，使多元架構能在共同基礎上協作演進，而非強制收斂為單一路線。

然而，集中式架構能否真正落地，關鍵不只在效率提升，更取決於安全性、妥善率與資源調度優先權是否同步成熟。陳俊宇進一步提醒，若治理與驗證能力未能隨架構集中同步前移，過度集中反而可能放大單點失效所帶來的衝擊。唯有在架構、工程與治理三者同步演進的前提下，電動車產業才能真正邁向以整車運算為核心的下一個發展階段。

知識小站 | 什麼是電控架構中的「治理 (Governance)」？

在電控與中央化運算架構中，Governance指的是確保整車運算在安全、可靠及可預期條件下運作的制度與技術機制。其範疇包含資源調度優先權(如動力指令優先於座艙渲染)、安全隔離與故障封閉(Fault Containment)、更新與回滾策略(OTA / 版本管理)、功能安全一致性(Safety Compliance)，以及跨模組時序協同等核心能力。Governance的成熟度決定集中式架構能否量產與維運，並避免單點失效造成系統性風險。



封面故事³

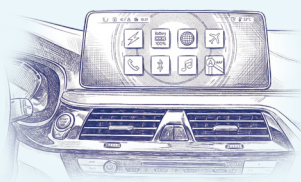
電控架構的產業化時代

全球供應鏈的下一輪重組

當電控架構由分散逐步走向集中，其意義已不再侷限於工程效率的提升，而是轉化為車廠重新奪回整車主導權的關鍵戰略工具。隨著控制器整併、運算資源集中，以及軟體生命週期得以被系統性掌控，整車廠（Original Equipment Manufacturer, OEM）首度具備從整車層級規劃資料流、決策節奏與功能演進路徑的能力，角色也由過去的「功能規格制定者」，轉變為「整車架構與軟體節奏的實質掌控者」。這樣的結構性轉變，不僅重塑車廠自身的競爭基礎，也同步牽動晶片大廠、一級供應商（Tier 1）與全球供應鏈之間的角色分工與權力排序。

知識小站 | 什麼是整車主導權（Vehicle Control Authority）？

整車主導權指的是對車輛整體運作行為的定義與決策能力，其範疇涵蓋資料流向、功能優先權、決策節奏與空中更新（Over the Air, OTA）更新適用範圍等系統級控制項目。在分散式架構下，控制邏輯由不同供應商封裝於各自電子控制單元（Electronic Control Unit, ECU）之中，OEM 多半僅能制定功能規格；而隨著資料集中與中央運算興起，OEM 得以在整車層級重新規劃資料交換、控制邏輯與更新策略，使其從功能規格制定者轉變為整車行為的實質掌控者。



雲林科技大學電子工程系副教授、智慧電動車產業服務與人才培育中心主任蘇慶龍指出，當電子控制單元 (Electronic Control Unit, ECU) 數量持續整併、資料開始在整車層級匯流後，真正發生改變的並非單一控制器的效能，而是「誰有能力定義整車如何運作」。在分散式架構下，控制邏輯被切割並封裝於不同供應商各自的 ECU 之中，車廠多半僅能在功能層面進行協調；而隨著架構走向集中，OEM 得以在整車層級重新規劃資料流向、決策順序與功能優先權，從系統層面主導車輛行為，這正是整車主導權回到 OEM 手中的結構性關鍵。

這樣的轉折，首先反映在 OEM 角色的根本變化上。過去車廠多半以功能規格與性能目標作為主要管理介面，實際的電控架構設計與軟體整合則高度仰賴 Tier 1 供應商；然而，在集中式電控架構逐步成形後，OEM 開始直接介入並掌控電子／電氣 (Electrical & Electronic, E/E) 架構、車載作業系統、關鍵控制器配置，以及空中更新 (Over the Air, OTA) 更新的節奏與適用範圍。致茂電子電驅動與能源測試方案處副總經理王志賢指出，當整車行為已無法再被切割為單一 ECU 網路的責任範圍時，車廠必須掌握架構與資料層級的主導權，否則一旦發生系統異常，不僅難以迅速釐清問題來源，也將無法有效承擔後續的品質控管與品牌風險。

隨著 OEM 角色上移，晶片大廠的參與方式也同步發生轉變。從輝達 (NVIDIA)、

高通 (Qualcomm) 的策略可見，晶片業者除了提供系統單晶片 (System on a Chip, SoC)，也逐漸將開發工具、演算法、人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 模型與系統參考架構一併納入交付範疇，直接影響整車的運作邏輯與資料路徑設計。

瑞薩 RCAR SoC Director Peter Bechberger 指出，晶片商不再只提供硬體，而是必須同時支援開發流程本身。以中央化架構為例，車廠與 Tier 1 對軟體整合、長週期維運與前置驗證的需求大幅提升，使得雲端虛擬平台、預先整合的開發板支援套件 (Board Support Package, BSP) 與中介軟體，以及早期測試工具成為必要條件。Peter Bechberger 強調，這種「開發提前」的模式讓整車端能在晶片量產前就開始整合與驗證，不僅降低後段導入風險，也使半導體供應商有機會參與整車平台的設計討論，而非停留在零件供應的定位。



瑞薩 RCAR SoC Director Peter Bechberger 表示，晶片商不再只提供硬體，而要支援虛擬平台、BSP 與工具鏈，讓整車端能在量產前進行整合與驗證，降低導入風險。(圖片提供：瑞薩電子)

鴻海精密工業中央政策資深技術協理早船一彌 (Kazuya Hayafune) 博士強調，當中央運算、域控制與 OTA 成為整車架構的核心時，真正被放大的並非單一模組的性能，而是跨模組協作、版本相依、時序一致與通訊協定協同的能力。這使得整合流程必須前移，也就是在硬體定案前就透過雲端虛擬平台完成系統級驗證。若缺乏這類工具鏈與流程，中央運算架構雖然在概念上具備效率優勢，但在量產落地階段將面臨整合成本、驗證難度與供應鏈協作的三重壓力。

在此一結構轉變之下，Tier 1 並未被邊緣化，但其角色正被重新界定。意法半導體 (STMicroelectronics) APeC 區汽車產品事業部行銷經理陳錫成指出，Tier 1 正由過去以零組件或單一控制器供應為主，轉向參與域控制架構、中央車載電腦以及軟體流程的共同建構者。這樣的轉變意味著，Tier 1 不僅需要具備硬體整

合能力，更必須投入跨域協同、軟體整合與長期維運體系的建置，進入門檻更高、競爭者相對集中的市場環境。隨著架構與資料層逐步交織，供應關係的界線也隨之模糊，OEM、晶片大廠與 Tier 1 之間逐漸形成新的產業權力結構與合作模式。

這三股力量的重新排列，使電控架構成為左右未來供應鏈排序的關鍵核心。集中式架構帶來的價值，並不僅止於成本下降或開發速度加快，更在於 OEM 首度能夠完整掌握軟體生命週期，將功能更新、資料累積與後續服務模式納入長期經營策略之中。是德科技策略客戶全球銷售副總裁陳俊宇指出，當軟體更新與功能演進成為車輛運作的常態，真正的競爭焦點已不在於單一功能的實現，而在於誰能掌控更新節奏、驗證流程與系統穩定性；這正是商業主導權所在，也構成 Tier 1 角色被重新定義的本質原因。



是德科技策略客戶全球銷售副總裁陳俊宇指出，當軟體更新與功能演進成為車輛運作的常態，真正的競爭焦點已不在於單一功能的實現，而在於誰能掌控更新節奏、驗證流程與系統穩定性。

從全球 OEM 的策略光譜來看，集中式或域集中式的電控架構，正逐步成為車廠建構軟體定義能力與使用體驗差異化的重要發展路線之一。隨著車輛功能高度依賴軟體更新與長期維運，整車的運算與控制架構已不再只是工程層面的配置選項，而是直接牽動產品策略、組織分工與競爭定位的核心設計前提。

以 Tesla 為例，其以 OTA 為核心的持續更新能力，搭配軟硬體高度整合的系統設計，推動車輛朝向更集中化的運算與控制邏輯演進。透過從電池管理到車輛控制邏輯的垂直整合，Tesla 有效降低對傳統 Tier 1 模組化分工的依賴，也使整車計算與控制邏輯的主導權，更明確回到 OEM 本身。

相較之下，比亞迪則選擇以集團內高度垂直整合的方式，自行掌握整車控制單元 (Vehicle Control Unit, VCU)、

電池管理系統 (Battery Management System, BMS)、車載充電器 (On-Board Charger, OBC) 與直流對直流轉換 (DC/DC) 等關鍵電控模組，並結合自有半導體與系統整合能力，在內部形塑出具備 Tier 1 功能的供應體系。這條以「架構內製」為核心的發展路線，使比亞迪能在整車設計、成本結構與功能整合節奏上，維持高度自主性與決策彈性。

福斯集團 (Volkswagen Group) 則嘗試透過跨品牌共用的軟體架構與電子／電氣 (Electrical & Electronic, E/E) 系統設計，來降低集團體系內長期累積的系統碎片化問題。然而，市場觀察顯示，其推進過程中所遭遇的時程延宕與組織調整壓力，也清楚反映出傳統車廠在轉向軟體主導模式時，所面臨的不僅是技術選型問題，更涉及組織文化、開發流程治理與跨部門協作模式的全面重構。

全球主要 OEM 在電控架構與 SDV 發展的策略路線對照

OEM / 集團	架構策略定位	核心手段 / 能力來源	供應鏈與組織特徵	主要效果或意圖
Tesla	高度集中式 (Centralized)	OTA、系統軟硬整合、自研架構	弱化 Tier 1、垂直整合控制邏輯	奪回整車主導權、持續功能演進
比亞迪	架構內製 + 垂直整合 (In-house)	自研 VCU、BMS、OBC、DC/DC + 自有半導體	形成內部 Tier 1 能力	控制成本結構、提升整合彈性
Volkswagen Group	集團共用 E/E + 軟體平台	統一軟體架構與電子／電氣系統	高組織協作負荷、碎片化調和	解決集團碎片化、建立統一平台
Hyundai Motor Group	域集中式 + 漸進整合 (Hybrid)	增強 OTA 與系統控制、模組化／標準化	在集中度與可量產間取平衡	提高自主度，同時維持落地節奏

MIH 整理，2026/01

至於現代汽車集團 (Hyundai Motor Group)，其公開資訊可看出，該集團採取介於高度集中與漸進整合之間的策略。一方面以域集中式架構與 OTA 能力作為中長期發展方向，逐步提高自行研發軟體與系統控制力；另一方面，透過模組化與標準化的設計原則，兼顧量產可行性與整體系統整合效率，在架構整合深度與實際落地節奏之間取得相對平衡。

儘管各家車廠採取的發展路徑不盡相同，但整體趨勢已相當明確：ECU 持續整併、域控制與集中運算加速導入，成為電控架構演進的主軸；OEM 逐步重拾作業系統、開發工具鏈與資料主權，重新掌握整車行為與演進節奏；Tier 1 與晶

片廠則走向更緊密的架構層協作。隨著車輛價值重心轉移，架構整合深度與自研能力，已成為衡量車廠競爭力的重要指標，品牌差異也不再僅呈現在馬力或續航表現，而是呈現在軟體架構設計、資料模型建構，以及 OTA 更新所能覆蓋的廣度與深度。

在此全球變局中，台灣供應鏈正站在關鍵轉折點上。首先，高可靠度板卡與功率模組依然是台灣最成熟、也最具競爭力的產業基礎；隨著區域電控架構 (Zonal Architecture) 逐步普及，對高可靠度模組、熱設計與整合製造能力的要求只會進一步提高，正好放大台灣長期累積的電子製造經驗與品質管理優勢。

知識小站 | 什麼是車用電子的熱設計？

車內的「熱設計 (Thermal Design)」不是單純散熱，而是確保電子模組在高功率、高溫與長時間使用下維持穩定的整體工程能力。內容包含三件事

- 熱從哪裡來？（熱源與功率密度）

SoC、功率模組與 DC/DC 都會持續發熱，Zonal 架構整併後功率密度更高。

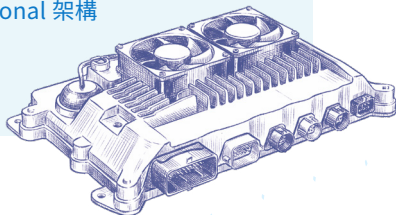
- 熱往哪裡走？（熱路徑與材料）

透過 PCB 銅層、金屬基板、導熱材料與機構件設計，把熱導到可承受的位置。

- 能撐多久？（可靠度與壽命）

溫度壓力會加速焊點疲勞與封裝老化，因此熱設計與車規可靠度測試密切相關。

因此，熱設計本質是一種可靠度工程，也是 Zonal 架構時代台灣 PCB / 功率模組 / 封裝與驗證能力的優勢所在。



其次，高速通訊零組件與車用材料的導入，讓台灣資通訊技術 (Information and Communications Technology, ICT) 能力有機會成為車內通訊骨幹的一部分，這並非概念性嘗試，而是已在 Tier 1 與 OEM 體系中完成量產驗證、具備實際導入基礎的發展方向。

第三，測試與驗證能量的重要性正被重新評估。隨著集中式架構與功能高度整合，功能安全等級持續拉高，系統驗證的複雜度亦隨之顯著增加。陳俊宇指出，未來競爭的關鍵已不再只是誰能率先實現功能，而是誰能在架構層級提前識別潛在風險，並加以驗證與收斂。在此背景下，台灣長期累積於車用電子、ADAS 與環境測試領域的能量，正逐步成為國際研發合作中不可忽視的重要節點。

最後，在車載軟體層面，台灣的切入點並不在於主導核心作業系統，而在於補足 OEM 與 Tier 1 所需的模組化工具、資料處理能力與系統整合支援。這種以「模組化 × 系統整合」為核心的能力特

質，使台灣得以在全球的軟體定義車輛 (Software-Defined Vehicle, SDV) 生態中，扮演承接架構與落實應用之間的關鍵中介角色。綜合來看，台灣或許難以主導整車架構體系的最上層設計，但完全有機會成為「架構模組化的關鍵供應者」。透過 MIH 建立的跨廠介面、共同技術語言與協作機制，台灣供應鏈有望從傳統零件供應角色，進一步上移至架構協作與模組層級，在全球電動車供應鏈中取得具備長期價值、難以取代的位置。

下一輪競爭的焦點，已不再是單一規格或個別元件的優劣，而是誰能掌握整車架構的主導權、誰能控制軟體生命週期的節奏，以及誰能在確保安全與品質前提下，讓開發與驗證流程持續加速。對台灣而言，關鍵並非複製下一個 Tier 1 的角色，而是在全球電控架構重組的過程中，成為能夠支撐系統整合、協助架構落地的「架構模組夥伴」，在產業轉型中取得不可替代的位置。▲

台灣在電控架構重組下的四個切入面向

面向	內容重點
硬體基礎	高可靠度板卡與功率模組仍具競爭力，Zonal 架構放大熱設計與製造優勢
高速通訊與材料	ICT 能力已在 Tier 1 與 OEM 完成量產驗證，可成為車內通訊骨幹一部分
測試與驗證能量	架構集中化使功能安全與系統驗證複雜度攀升，台灣具 ADAS / 環境測試累積
車載軟體模組化	不主導 OS，而是在模組化工具、資料處理與整合支援間扮演關鍵中介角色


MIH 整理，2026/01

市場洞察

面對全球電控架構轉型與市場新秩序

台灣如何定位 ECU 整合進程中的自我角色？

全球電子控制單元 (Electronic Control Unit, ECU) 市場正進入一個結構性成長階段，其動能不再單純來自車輛出貨量增加，而是由電動化、智慧化與軟體定義車輛 (Software-Defined Vehicle, SDV) 三股力量交織推動。隨著電動車滲透率持續提升，動力系統、電池管理、能源調度與智慧座艙、先進駕駛輔助系統 (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) 相關 ECU 的需求明顯擴大，使 ECU 成為整車價值鏈中成長最具延展性的關鍵節點之一。



值得注意的是，全球 ECU 市場的成長樣貌，正呈現出一個看似矛盾、實則高度一致的趨勢，ECU 數量下降，但單位價值與系統重要性同步上升。集中式與域控化的電子／電氣 (Electrical & Electronic, E/E) 架構逐步取代過去高度分散的設計，使整車控制單元數量得以整併，但同時也讓單一 ECU 承載更多跨域功能，從單點控制器轉變為系統級運算與資料節點。這樣的轉變，正在全球主要汽車市場同步發生，成為 ECU 升級的共同結構背景。

在此架構演進之下，法規力量成為推動 ECU 技術升級的關鍵外在驅動。車用乙太網路的導入、功能安全等級提升，以及網路安全與空中更新 (Over the Air, OTA) 管理要求的制度化，使 ECU 不再只是硬體與韌體的組合，而必須同時回應即時通訊能力、長期軟體維運與資安治理等系統性要求。這些法規與標準雖在各區域落地速度不同，但已共同拉高 ECU 的設計門檻，重塑整車廠 (Original Equipment Manufacturer, OEM) 與供應鏈的分工方式。

因此，全球 ECU 市場並未走向單一路線，而是隨著各地市場成熟度、成本結構與法規強度的差異，逐漸分化出多種電控策略。從中國的快速迭代與域控滲透、歐洲的高度標準化與能源治理、美國的中央運算與 OTA 生態，到日韓的穩健整併與可靠性優先，以及新興市場仍處於分散式架構為主的過渡階段，ECU 的角色與型態正隨區域條件而顯著分歧。

對台灣供應鏈而言，理解這樣的全球結構差異，是布局 ECU、域控制器與能源治理相關模組的前提。未來 ECU 的競爭，不再取決於單一規格或成本優勢，而在於是否能嵌入不同市場的架構選擇之中，形成可長期維運、可被整合、並能支撐軟體生命週期與資料閉環的系統能力。這也正是後續各區域 ECU 路線分析所要回應的核心問題。

中國

在地化體系下的 域控制器發展路線



在中國市場，「電動化高滲透」與「智慧化快速導入」幾乎同步推進，使 ECU 的成長邏輯呈現出高度以量體規模推動架構升級的特徵。一方面，電動車普及放大了動力、能量管理與智駕／座艙相關控制需求；另一方面，車廠在成本與時程壓力下，傾向採用域控制器、艙駕融合等高整合方案，以壓縮線束規模、降低系統整合複雜度，並加速功能上線。這使得域控制架構在中國市場呈現出快速滲透、提早落地的發展態勢，成為全球車電演進中，導入節奏最快的場域之一。

此一結構也形塑出更偏向工程節奏驅動的產業環境：車型改款頻繁、功能更新週期短，產品定義與系統整合必須在有限時程內完成驗證與量產導入。相較於以架構穩定性與長週期驗證為核心的市場，中國供應鏈更強調高整合密度與快速迭代能力，迫使一級供應商 (Tier 1) 必須以更短的開發週期，回應車廠的產品節奏。

在此條件下，在地 Tier 1 之所以能快速上位，關鍵並不只在於成本優勢，而在於其交付內容已從單一 ECU，轉向可直接量產落地的域控解決方案。這類方案通常結合晶片商的參考設計、軟體開發套件與工具鏈，再疊加 Tier 1 自身的系統整合、測試與維護運作能力，形成可複製、可交付的產品線。

以東軟 (Neusoft) 為例，其智慧座艙域控制器產品即採用高通 (Qualcomm) 車用系統單晶片 (System on a Chip, SoC)，例如 SA8255 / SA8295，並以跨域整合為主要訴求，反映中國 Tier 1 正將晶片商的系統能力與生態支援，轉化為可量產的座艙與域控產品。同樣地，均聯智行 (JOYNEXT) 亦公開揭示其智慧座艙域控制器採用 Qualcomm 的技術路線與軟體堆疊，將晶片、系統支援與座艙整合包裝為完整的解決方案。

更值得注意的是，這類在地 Tier 1 與晶片 / 運算方案商的深度合作，正逐步形塑中國市場特有的競爭結構：晶片公司不再僅提供，而是同步輸出開發架構、演算法與系統支援；Tier 1 則將其內化為域控產品與量產能力，並以更快的迭代節奏回饋車廠。地平線 (Horizon Robotics) 與均聯智行合作推進量產級智駕域控制器方案，即是此一結構的具體展現。進一步來看，地平線與 Volkswagen 透過合資與協作模式深化合作，也顯示中國在地的運算方案與軟體能力，已開始進入全球車廠的智駕導入與系統開發路徑。

不過，這條中國路線的代價亦逐漸浮現。快速迭代與多元方案並行，意味著不同車廠、不同域控供應鏈之間的軟體分層、介面設計與驗證流程，較難在早期即形成高度一致的架構規範。長期而言，這可能在維護運作、版本管理與法規合規層面，累積更高的工程與治理壓力。因此，中國市場一方面展現出成本敏捷與快速落地的優勢，另一方面也將「如何在快節奏下維持可驗證、可維運、可合規」推向下一階段的關鍵分水嶺——能否把快迭代轉化為可複製、可管控的工程體系，將決定其影響力能否由內需市場進一步擴散至更大規模的國際競爭。

中國車電市場 SDV 落地模式

面向	關鍵特徵
市場驅動	電動化高滲透 × 智慧化快速導入 × 工程節奏驅動
架構趨勢	域控制快速滲透、艙駕融合、線束縮減、整合度提升
量產與供應鏈模式	高整合方案 → 快速驗證 → 快速導入；Tier 1 由單一 ECU 供應轉向域控整套方案 (含晶片、生態、工具鏈)
晶片與生態關係	高通、地平線等方案深度嵌入 Tier 1 並支援量產，形成在地「晶片 × Tier 1」深度協作模式
競爭邏輯與代價	優勢：成本敏捷、週期短、迭代快；代價：軟體分層不一致、版本管理複雜、維運治理壓力上升

MIH 整理，2026/01

歐洲

以標準化與治理為核心的 高整合電控架構



相較於中國市場以導入速度與成本效率驅動電控架構演進，歐洲 ECU 發展路線的核心動能，來自於法規制度對整車系統治理的全面介入。在歐盟市場，電控架構已不再只是工程效率或成本配置的問題，而是必須回應資安、軟體更新責任與能源治理等多重法規要求的系統性設計課題。

隨著 UNECE R155（網路安全管理）與 R156（軟體更新管理）正式納入歐洲整車型式認證體系，OEM 必須在整車層級建立可稽核、可追溯的資安管理系統（Cyber Security Management System, CSMS）與軟體更新管理系統（Software Update Management System, SUMS）。這意味著，任何 ECU 的軟體更新、資安事件或功能變更，都不再能被視為單一控制器層級的工程決策，而必須被納入整車風險管理、版本控管與責任歸屬體系中。在此架構下，電控設計的重心，開始由「功能能否實現」轉向「是否能被長期治理與驗證」。

這種治理邏輯，並未在法規中直接指明特定的 E/E 架構形式，但在工程實務上，卻明顯提高了分散式 ECU 各自為政的管理成本。為了降低資安與更新治理的複雜度，歐系 OEM 普遍傾向強化跨域整合、共通架構設計與集中式管理能力，使通訊、驗證與安全分層能在整車層級被一致定義與控管。域控制與中央運算架構，因而逐步成為回應高規範治理環境的合理選項。

在此背景下，歐系 OEM 的實際作法，也逐漸呈現出「高度標準化 × 跨域整合」的共同特徵。Volkswagen 集團成立專責軟體單位 CARIAD，其目標並非為單一車型打造差異化功能，而是建立可跨 Audi、Volkswagen、Porsche 等品牌共用的軟體基礎，統一 E/E 架構、通訊層與更新治理邏輯。這使 ECU 不再只是各品牌獨立設計的控制器，而是必須符合集團級共通軟體架構與資安治理規範的系統節點，反映出歐系車廠試圖以架構一致性來降低長期治理風險。

BMW 與 Mercedes-Benz 則採取另一種互補路徑。在維持品牌差異化體驗的前提下，兩者近年亦透過德國汽車工業協會 (Verband der Automobilindustrie, VDA) 所支持的產業合作機制，與其他歐系 OEM 與 Tier 1 共同推動「非差異化」基礎軟體的開放原始碼與共用。此類 pre-competitive 合作聚焦於底層共通層級，如基礎系統服務、資安機制與共通系統介面，目的在於避免重複投入、降低法規合規成本，並確保整體產業在資安與 OTA 管理上具備一致的最低安全水準。

這些策略反映出歐洲市場對電控架構的基本共識，在法規高度一致、責任界定嚴格的環境下，架構的一致性本

身即是一種風險控管工具。域控制與中央運算的導入，不僅有助於降低 ECU 數量與線束複雜度，更重要的是，讓軟體更新、資安事件回應與系統驗證，能在整車層級被有效治理，而非分散於各個控制器之間。

能源治理的要求，進一步放大了這種整合需求。隨著歐盟《電池規章》(Regulation (EU) 2023/1542) 上路，電池狀態、健康度與生命週期相關資料被納入法規治理架構，並要求具備可追溯性與一致的資訊揭露機制。這使得電池管理系統 (Battery Management System, BMS)、車輛控制單元 (Vehicle Control Unit, VCU) 與其他能源相關 ECU 的角色，逐步由單純的功能控制單元，轉變為整車資料治理體系的關鍵節點，其資料結構、介面設計與更新策略，必須能夠與整車系統與後端系統架構協同運作。

整體而言，歐洲 ECU 發展的優勢，在於法規制度完整、供應鏈成熟，且高度整合的架構具備跨車型與跨世代的複製潛力；然而，其挑戰亦同樣明確。歷史車型包袱沉重、內部軟體能力重建難度高，以及跨品牌整合所需的組織協調成本，使歐系 OEM 在推動集中式架構時，往往面臨進度緩慢與內部拉扯的現實壓力。

即便如此，歐洲市場仍清楚揭示一項關鍵趨勢：當資安、能源與軟體治理成為不可迴避的基本門檻後，電控架構的競爭已不再只是效能與成本之爭，而是誰能在高度受規範的環境中，建立可被長期信任、可驗證、可維護運作的整車系統結構。因此，歐系 OEM 的 ECU 策略，成為全球市場中最具代表性的「治理導向型架構演進」範例。

美國

以中央運算與 OTA 為核心的 SDV 推進路線



在全球 ECU 架構演進中，美國市場代表的是一條以中央運算與 OTA 能力為起點，逐步推進 SDV 的路線。這一路線的核心，並非單一硬體規格的升級，而是透過整車運算集中化、持續更新能力與雲端協同機制，重新定義軟體與硬體之間的分工關係，使車輛能在交付後持續進化。

在這股浪潮中，Tesla 無疑扮演了先行者角色。其車輛自設計初期即採高度集中式運算架構，並全面導入 OTA 更新機制，成為產業中最早以「持續更新」作為產品核心能力的 OEM。更重要的是，Tesla 的 OTA 並不限於資訊娛樂系統，而是實際涵蓋動力、轉向與安全相關功能，甚至多次被用作官方召回與修正機制的一部分。這使 OTA 不僅是便利性的附加功能，而是被納入整車安全與品質治理體系，成為品牌競爭力的重要支柱。

在 Tesla 之後，美系傳統 OEM 也逐步從「補齊功能」轉向「主動重構架構」。通用汽車 (General Motors, GM) 近年已公開其下一代 E/E 藍圖，規劃自 2028 年起，在旗下新世代車款中導入更集中化的中央運算架構，將過去分散於多個 ECU 的動力、車身與感知相關功能，整合至更具高運算能力的核心運算節點，並以 OTA 作為功能持續演進的主要手段。此一策略，顯示 GM 正嘗試由傳統車輛製造商轉型為可長期更新的智慧產品提供者。

事實上，GM 在此之前已先行建立車輛智慧平台 (Vehicle Intelligence Platform, VIP)，自 2020 年起用以支援安全等級的 OTA 更新，並在後續世代中逐步整併資訊娛樂與 ADAS 相關運算模組，為中央運算架構奠定基礎。這種「先建立更新治理能力、再推進運算集中化」的路徑，反映出美系 OEM 對 SDV 的務實推進策略：先確保更新可行，再擴大其影響範圍。

Ford 則從先進駕駛輔助系統切入 OTA 應用。其 BlueCruise 系統透過無線更新持續擴充功能與適用場景，並已實際導入 F-150 Lightning 等量產車款。更具體的例子是，Ford 曾透過 OTA 更新提升 F-150 Lightning 的直流快充能力，縮短充電時間，顯示 OTA 已開始

深入影響能源與使用體驗相關的核心功能，而非僅止於介面或娛樂層級。

新創電動車公司 Rivian 則進一步把這條路線推向自研運算與軟體堆疊，其近期公開的自研自駕運算晶片 (Rivian Autonomy Processor) 與第三代 Autonomy Compute Module (ACM3)，顯示其正嘗試在中央運算架構上建立更高程度的自主性，並以整合感知、推論與控制為目標，直接與 Tesla 的集中式運算模式展開競爭。這類新創公司的作法，也強化了美國市場在 SDV 路線以產品整合深度與系統能力作為競爭關鍵。

整體而言，美國市場在 ECU 演進上的共通趨勢，是將 ECU 從單點功能控制器，轉變為承載軟體生命週期與資料策略的核心節點。在此架構下，OTA 不再只是更新技術，而是支撐功能擴展、服務創收與產品差異化的關鍵基礎；中央運算架構則成為串接車端、雲端與開發生態的核心樞紐。

不過，這條美國路線的挑戰亦相當明確。相較於歐洲以型式認證制度將資安與軟體更新治理高度制度化，美國市場的監管結構與產業協作路徑相對多元，供應鏈在架構與軟體協同上的標準化程度並不一致。傳統 Tier 1 在集中式運算與跨域軟體整合上的角色定位，仍處於重塑階段；這也使得 SDV 架構能否在更大規模車型上穩定複製，成為美系 OEM 下一階段必須面對的關鍵課題。

即便如此，美國市場已清楚展示方向，當中央運算與 OTA 能力成為整車設計的核心前提後，電控架構的競爭焦點，正由「硬體配置優化」轉向「軟體生命週期管理與系統整合能力」。這也使美國 ECU 路線，成為全球 SDV 發展中最具代表性的產品與生態驅動型範例。

東北亞

以可靠度為核心的車規半導體與 穩健整併路線



在全球電控架構快速分化的過程中，東北亞市場呈現出一條相對克制、卻高度可預期的演進路線。相較於中國市場的高速迭代、歐洲市場的制度治理導向，以及美國市場以中央運算與 OTA 生態驅動的 SDV 路線，日本與南韓車廠在 ECU 與電控整合上，普遍將量產可靠度、供應鏈一致性與車規級元件掌控能力置於優先位置，並以較為穩健的節奏推進架構調整。

日本： 以可靠度與供應鏈穩定為核心的漸進式整合

日本主要車廠如 Toyota、Honda、Nissan，長期以產品可靠性、製程成熟度與品質一致性著稱。這樣的產業文化，也深刻影響其電控架構的演進方式。相較於一次性的大幅架構重寫，日本 OEM 更傾向於以共通架構、可驗證、可量產的方式推進整合，在維持既有品質體系的前提下，逐步提高運算與軟體的集中治理程度，以降低導入風險。

支撐這條路線的是日本在車規半導體與系統整合上的深厚基礎。以 Renesas 為代表的車用半導體供應商，長期深耕車規 MCU、SoC 與控制系統架構，廣泛應用於動力、車身與安全相關系統；而 Denso 等 Tier 1 系統供應商，則負責將這些元件整合為高可靠度的 ECU 與整車電控系統。這種由半導體供應商與 Tier 1 緊密協作、長期量產驗證的模式，使日本 OEM 在供應穩定性與品質一致性上具備明顯優勢。

近年來，面對 SDV 與高效能運算需求的浮現，日本產業並未選擇單點突破，而是透過跨企業協作強化底層能力建設。例如，由多家日系車廠、車電與半導體業者共同參與的車用先進系統單晶片研究聯盟 (Advanced SoC Research for Automotive, ASRA)，即以車用 SoC 與 chiplet 技術的中長期研發與量產導入為目標；同時，Honda 亦與 Renesas 宣布合作開發 SDV 用高效能 SoC。這些動作顯示，日本正以供應鏈協同的方式，為未來集中式或域集中架構鋪設可控的技術底盤，而非急於在整車架構層面做出激進轉向。

整體而言，日本 OEM 的電控策略，可視為一條以品質與可預測性換取演進速度的路線：在確保長期可靠度與供應穩定的前提下，逐步吸收域控制與集中治理的設計理念。

日本 SDV 車電模式

面向	關鍵特徵
產業文化	可靠性、製程成熟度、品質一致性，使架構演進偏向可驗證、可量產、低風險
架構推進方式	避免一次性重寫→採共通架構+漸進整合→逐步提高運算與軟體集中治理
半導體與 Tier 1 體系	Renesas 提供車規 MCU/SoC；Denso 等 Tier 1 負責整車整合與量產驗證
供應鏈模式	半導體+ Tier 1 長期協作支撐 OEM →供應穩定、品質一致
能力建設與協作	透過 ASRA 等跨企業聯盟推動車用 SoC/Chiplet，Honda × Renesas 合作強化 SDV 算力底盤

MIH 整理，2026/01

南韓： 模組化 EV 架構與域集中架構的協調推進

相較日本的保守節奏，南韓車廠在電控架構演進上展現出更強的系統整合企圖心。以 Hyundai Motor Group 為代表，其 EV 專屬架構 E-GMP 已成為全球具競爭力的電動車基礎架構之一，體現了高度模組化與跨車型共用的設計思維。

在電控與軟體層面，Hyundai 並未將 E-GMP 本身直接定義為「高速通訊骨幹」，而是透過更上層的 SDV 與 E/E 架構藍圖推進整合。Hyundai Motor Group 已公開其以域集中為核心的 E/E 架構方向，並進一步提出結合高性能車載電腦與區域控制器，以降低線束複雜度、提升運算集中度與 OTA 管理效率。這條路線顯示，韓系 OEM 正嘗試在模組化車輛架構與集中治理之間取得工程與量產層面的平衡。

在軟體層面，Hyundai 亦持續投入自有核心軟體能力建設。其車聯網作業系統 (Connected Car Operating System, ccOS) 被定位為未來車款的核心軟體基礎，負責串接車端系統、雲端服務與 OTA 更新機制。這代表韓系 OEM 正逐步從「功能導向」的 ECU 整合，轉向共通軟體架構與資料治理為核心的電控發展模式，並試圖在集中式運算與模組化設計之間建立可長期演進的架構。

整體來看，南韓市場的電控路線可被視為一種介於日本穩健路線與美國系統能力導向路線之間的折衷型策略：一方面保有工業製造與量產品質的嚴謹要求，另一方面也較早在 EV 與 SDV 架構上投入集中治理與核心軟體能力的長期布局。

日韓的結構優勢與 共同挑戰

總結而言，東北亞（日／韓）在全球 ECU 與電控架構競局中，具備兩項結構性優勢，首先是車規半導體與系統整合能力深厚，日本在 MCU / SoC 與品質管控上的長期累積，南韓則結合 EV 車輛架構與集中式 E/E 架構設計，形成穩定且可擴展的技術底盤。其次是供應鏈關係成熟且一致性高，OEM、Tier 1 與關鍵零組件供應商之間的長期合作，使量產穩定性與工程可預測性明顯優於多數新興市場。

然而，這條穩健路線也面臨共同挑戰。在 SDV 與高度軟體化的趨勢下，軟體開發速度、跨域軟體協同能力與組織文化轉型，正逐漸成為日韓 OEM 必須補強的關鍵環節。如何在不犧牲既有品質優勢的前提下，加速核心軟體能力與跨域協作能力，將決定東北亞路線能否在下一階段的全球 ECU 競爭中，與美系系統導向與歐系治理導向模式並駕齊驅。

新興市場

以成本與在地化為優先的 電控過渡路線



相較於成熟市場已逐步走出明確的電控架構路線，新興市場的 ECU 演進仍呈現出高度的過渡性與分化特徵。這些市場普遍面臨成本敏感度高、在地化製造與維修體系影響深、以及既有車輛保有量龐大的現實條件，使電控架構的演進並非單一路徑前進，而是呈現既有分散式架構與新一代高整合設計並存的混合狀態。

在東南亞、印度、中東與拉丁美洲等市場，多數量產主力車型仍以成熟、可維修性高的電控設計為基礎。線束與 ECU 成本在整車定價中占比敏感，而售後服務體系亦高度仰賴既有維修網路與零件供應結構，這使得 OEM 在導入域控制或中央運算等高整合架構時，需更審慎評估其對製造成本、售後維修與人才結構的影響。對許多車廠而言，維持既有分散式或早期域化架構，仍是符合市場條件的務實選擇。

然而，這並不意味著新興市場停留在原地。實際上，隨著新能源車與高階車型逐步導入，電控架構的雙軌化趨勢正日益明顯：一方面，入門與大量銷售車型仍以成熟架構為主；另一方面，新世代電動車與智慧化車款，已開始引入更高整合度的電控設計，並嘗試將域控制、集中式運算與 OTA 能力納入產品競爭力的一環。這種分層導入模式，反映新興市場在成本現實與技術演進之間的平衡。

在此過程中，中國車企的出海布局，正成為影響新興市場電控節奏的重要變數。以東南亞為例，中國品牌透過在地組裝與製造合作，加速建立本地供應鏈與物流體系。小鵬 (Xpeng) 與馬來西亞夥伴合作推進當地組裝，比亞迪亦加大在區域內的製造布局，顯示中國 OEM 正將新興市場視為長期經營據點，而非僅是出口終端。這種在地化策略，為更高整合度電控架構的導入創造了條件，使 OEM 有機會在新車型與新能源產品中，逐步複製其在本土市場已累積的電控與軟體交付經驗。

印度市場則呈現另一種過渡型樣貌。一方面，當地 OEM 與外來車廠普遍以本地採購與組裝為核心，強化成本競爭力與維修網路覆蓋；另一方面，隨著市場規模快速成長，印度亦被視為重要的製造與出口樞紐，吸引 Toyota、Honda 等國際車廠擴大產能布局。在此背景下，印度車市的電控架構仍以成熟、易維修設計為主，但在新能源與特定出口導向車型上，亦開始測試更高整合度的電控與軟體架構，呈現出典型的過渡型市場特徵。

拉美與中東市場的情況亦大致相近。多數 OEM 仍以成熟、低風險的電控架構確保供應鏈在地化與售後服務穩定性；同時，也有部分車廠在特定車型或特定市場，評估導入域控制或更集中化的設計，以提升功能整合與產品差異化。然而，基礎設施、技術人力與維修體系對高整合架構的支援能力，仍是限制其快速擴散的關鍵因素。

整體而言，新興市場的 ECU 發展，並非單純落後於成熟市場，而是處於成本導向需求與架構升級趨勢交錯的過渡階段。在這一階段中，分散式與高整合架構將長時間並存：前者支撐大眾化與高性價比車型，後者則透過新能源與中國 OEM 的在地化布局，逐步在市場中扎根。

這種混合態演進，使新興市場不僅是全球電控架構趨勢的延伸場域，也成為不同路線相互試探與融合的實驗空間。能否在成本、供應鏈、維修體系與架構升級之間取得平衡，將決定新興市場在下一階段全球 ECU 競局中的角色定位。

台灣啟示

在區域分化中建立「可被納入」的架構位置



綜觀全球 ECU 與電控架構的演進，可以清楚看見一項共通趨勢：競爭焦點正由單一 ECU 產品，轉向能否被納入 OEM 的整體架構體系之中。在分散式架構逐步走向域控、中央運算與區域化設計的過程裡，單點功能或成本優勢已不足以形成長期競爭力；是否符合不同區域 OEM 在架構規則、驗證流程、合規治理與軟體生命週期管理上的要求，成為供應鏈角色能否持續存在的核心條件。

對台灣供應鏈而言，這意味著發展方向不在複製歐美或中國 OEM 的整車策略，而在於如何在多元電控路線中提供可被採用、可被驗證 (Verifiable)、可長期協作的架構級模組能力。在整車主導權有限的現實下，台灣更適合扮演跨架構、跨市場的模組與系統支援角色，而非整車定義者。這也正是 MIH 聯盟近年試圖透過跨廠協作、介面定義與開發流程一致化來補足的結構性缺口。

鴻海精密工業中央政策資深技術協理早船一彌指出，台灣電動車產業的挑戰並非工程能力不足，而在於規模與角色的侷限。台灣雖具備如台達電等具國際競爭力的企業，但整體仍普遍停留在零組件供應的 Tier 3 階段，缺乏大型 OEM 帶動整車層級的架構協作，使產業能量呈現高度碎片化。相較之下，Bosch 或 ZF 等國際 Tier 1 能

進入整車體系的原因，在於其長期參與 OEM 的架構定義、驗證流程與軟體生命週期治理，而非僅靠零件製造能力。早船一彌以 Denso 為例指出，其四十年前亦為底層供應商，正是透過與 Volkswagen 等 OEM 的長期共同開發，逐步獲得整車視角與系統責任，最終形塑 Tier 1 地位。



早船一彌： 台灣電動車三大觀察

全球競爭焦點由零組件轉向架構可納入性

1

電控競爭已從單一 ECU 性能與成本，轉向能否被納入 OEM 的整體架構體系。決定供應鏈能否生存的關鍵，不在規格，而在是否符合不同市場的架構規則、驗證流程、合規治理與軟體生命週期要求。僅有產品優勢已無法形成長期競爭力，進入整車開發與架構協作層級才是核心。

台灣痛點在角色與規模，而非工程能力不足

2

台灣具備半導體、PCB、通訊與高可靠度製造優勢，但多停留在 Tier 3 零件供應，缺乏參與 OEM 架構定義與軟體生命週期治理的機會。Bosch、ZF、Denso 能成為全球 Tier 1，靠的不是硬體能力，而是長期涉入整車架構與驗證流程。台灣挑戰在於缺乏整車帶動的協作平台，造成能量碎片化。

中國透過成本工程與快速疊代形成結構性優勢

3

中國電動車成本可比日系低三成，關鍵來自政府補貼、材料掌握與開發週期壓縮至一年左右。這裡的「極致降本」並非減配，而是依靠架構共用、模組重複利用與流程效率提升，屬高階工程能力。SDV 使台灣有機會從供應零件跨入 Tier 1.5 角色，以中央運算、板卡、通訊與可靠度製造支撐全球 OEM。

曾參與全球首款量產電動車三菱 i-MiEV 的研發，並在日本電產 (Nidec) 期間長期深耕中國市場，同時具備中、日、台三方產業視角的早船一彌觀察到，中國電動車已在成本與開發節奏上形成結構性優勢，在性能與品質逐漸逼近日系的前提下，中國整車成本可低約三成。其背後形成機制包括：政府補貼與稅金返還約可提供 10% 成本優勢；本地掌握鋁、磁材、稀土等原材料形成 5 ~ 6% 的天然差；更關鍵的是，新車開發週期可被壓縮至約一年，而日系需 2 ~ 3 年，使開發成本自然翻倍。早船一彌認為，日本 OEM 若長期維持以品質極致優先、製程成熟度驅動、寧可延長開發週期避免風險的產業文化，將在高速競爭結構下承受不對稱壓力。

在此競爭條件下，「極致降本」不再是傳統成本工程，而是高階工程能力本身。早船一彌指出，OEM 若要求供應商對同一模組反覆進行大量設計與製程驗證流程，將造成結構性浪費；反之，透過架構共用、模組標準化與重複利用，可讓資源投入中央運算、感知／決策演算法、軟體介面與使用者體驗等高附加價值領域。他強調「成本降低本身就是一種技術」，其本質並非減配，而是透過研發能力提升在相同

性能下減少材料用量、縮短流程並提高可重複性。

儘管如此，早船一彌認為台灣在 SDV 架構下具備關鍵優勢。台灣在半導體、ECU、通訊模組、板卡設計與高可靠度製造等領域具全球一致性，並在測試、驗證與系統整合上累積能量，剛好對應 SDV 時代的價值重心。他以鴻海開發中的 MODEL A 平價車型為例，說明 SDV 策略如何被具體化：第一，大量採用現成零組件於外觀與基礎件，以降低測試複雜度與約 30% 的成本；第二，研發資源集中於中央運算單元、區域控制與系統軟體；第三，導入虛擬驗證與環境模擬艙，取代傳統「一夏兩冬」的實車測試，使開發週期縮短至 18 個月附近，逐步向中國速度靠攏。

對台灣而言，這代表未來競爭對手並非傳統汽車供應商，而是能在成本與功能間達成最佳平衡的企業，如比亞迪。早船一彌認為，台灣具備成為 SDV 時代 Tier 1 或 Tier 1.5 的必要基礎，未來可反向支撐包括日系 OEM 在內的全球汽車產業。他強調，唯有把握 SDV 架構轉型契機，台灣才能從單純零件供應者，轉型為掌握中央運算與軟體生命週期的結構性參與者，而非被限制在外圍模組角色。

中日台在 EV/SDV 競爭中的結構差異

面向	核心觀察
中國競爭邏輯	補貼 + 材料 + 1 年開發週期 → 整車成本低約三成、節奏快
日本結構特徵	品質 / 成熟度優先 → 2-3 年開發週期 → 承受節奏與成本壓力
成本工程本質	「極致降本 = 高階工程」：架構共用、標準化、重複利用提升效益
台灣優勢與機會	半導體 + ECU + 通訊 + 製造 + 驗證 → 有機會升 Tier 1/1.5 支撐 SDV

MIH 整理，2026/01

Gateway × 車載乙太網模組

隨著 E/E 架構由分散式走向域控與區域化設計，車載乙太網與閘道器 (Gateway) / 交換節點已成為多數新架構不可或缺的通訊骨幹。不論是歐洲在高標準整合下的集中治理、美國以中央運算為核心的 SDV 路線，或中國快速滲透的域控架構，都仰賴高頻寬、低延遲且高度可靠的車內通訊能力。

台灣在高速通訊晶片應用、連接器、PCB 與通訊模組整合方面具備成熟量產經驗，能提供兼顧可靠度、相容性與供應穩定性的閘道器與乙太網模組。這類模組不直接決定車輛功能，卻對整車通訊效率、系統穩定性與未來擴充性產生結構性影響，是最容易被不同架構路線採用的「中性核心元件」，亦是台灣切入全球電控分工體系的穩定支點。

E/E 架構通訊變化與台灣切入位置

面向	內容
架構演進	分散式→域控／區域化設計
通訊骨幹	車載乙太網+閘道器／交換節點
全球共通需求	高頻寬、低延遲、高可靠的車內通訊能力
架構範例	歐洲：集中治理 美國：中央運算 SDV 中國：域控快速滲透
台灣對位能力	高速通訊晶片應用、連接器、PCB、通訊模組整合
模組特性	不決定功能，但影響通訊效率、穩定性與擴充性

MIH 整理，2026/01

域控板卡 × 高可靠度電子模組

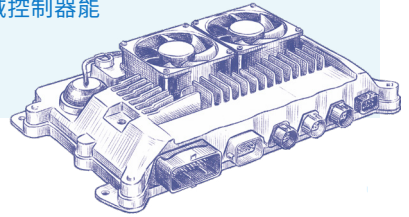
在 ECU 數量整併與運算集中化的趨勢下，域控制器的成敗，往往不取決於演算法本身，而取決於板卡設計、電源完整性、熱管理與長期可靠度是否能支撐實際量產與長時間運作。這正是台灣供應鏈長期深耕的工程領域。

相較於軟體架構，這類高可靠度硬體

與系統級模組具備更高的進入門檻與驗證成本，也更容易在通過一次完整驗證後，形成長期且穩定的供應關係。對中國的快速量產需求、美國的高算力應用，以及南韓對通訊與系統穩定性的重視而言，台灣在域控板卡與關鍵電子模組上的工程能力，正好對應其結構性需求。

知識小站 | 什麼是域控板卡與高可靠度電子模組？

域控板卡與高可靠度電子模組是承載影像推論、控制策略與能源管理等系統任務的硬體載體，其本質是一種具備電源完整性、訊號完整性、散熱與耐久可靠度要求的長周期運算平台。在傳統分散架構中，控制分散於多個 ECU；而在域控與中央運算架構下，板卡必須支撐整合後的運算負載並長期穩定運作，使其成為域控制器能否量產落地的關鍵物理基底。



域控板卡與高可靠度電子模組的工程需求與台灣對位能力

面向	核心內容
技術本質	域控成敗不取決於演算法，而在板卡設計、電源完整性、熱管理、長期可靠度等硬體與系統工程
產業門檻	相較軟體架構，具更高進入門檻、驗證成本與量產一致性要求，一旦通過可形成長期供應關係
全球結構需求	中國求「快速量產」、美國求「高算力」、南韓求「通訊穩定」，皆需要高可靠度電子模組支撐
台灣對位能力	板卡、電源、製程、驗證等工程領域深耕已久，可承接域控板卡與關鍵模組的落地與量產

MIH 整理，2026/01

BMS/VCU 的系統化與 合規導向方案

在歐洲市場，電控架構的演進高度受到功能安全、網路安全與能源治理法規牽引。BMS 與 VCU 已不再只是功能控制單元，而是承擔資料一致性、狀態可追溯與法規合規責任的核心節點。其價值不僅在於控制效能，更在於是否能支撐完整的驗證文件、稽核流程與長期資料治理要求。

台灣供應鏈在系統整合、測試驗證流程與工程紀律上的優勢，使其有條件提供「符合治理要求」的系統化方案，協助 OEM 與 Tier 1 降低合規風險。這類方案雖不以量取勝，卻高度依賴可信度與可驗證性，正好切合歐洲市場對供應鏈角色的實際需求。

車載測試驗證 × 功能安全 × 網路安全支援

隨著 UNECE R155/R156 將資安與軟體更新治理納入型式認證體系，測試與驗證已從輔助流程，轉變為 ECU 與域控能否上市的剛性門檻。對 OEM 與 Tier 1 而言，能否快速完成符合規範的測試、文件與稽核準備，將直接影響產品導入節奏。

台灣在電子測試、功能安全流程與系統驗證方面已具備扎實基礎。若能進一步整合為跨供應鏈、跨市場的測試與合規支援服務，將有機會在亞太區域內形成具實用價值的車載電控驗證能量，支撐多國市場的產品導入與法規對接。

整體而言，台灣供應鏈的關鍵不在於是否成為下一個整車主導者，而在於能否在不同 OEM 的架構體系中，提供可被納入、可被驗證、可長期協作的模組化能力。

MIH 的價值，正是在於協助產業形成跨廠可共用的架構語言、介面規則與協作邏輯，使台灣廠商不必綁定單一車廠，也能參與全球電控架構的分工體系。在 ECU 與電控全面走向系統化與治理化的時代，能否被納入架構，本身就是競爭力。這正是台灣在全球電控版圖中，最具現實性與可行性的結構性機會。▲



電控系統不只追求效能，更承擔安全與合規治理。BMS、VCU 與 ECU 需支撐測試、稽核與資料追溯，台灣可提供可驗證的系統化方案，協助 OEM 因應法規要求。

全球電控架構市場比較表

區域	架構演進主軸	ECU / 域控特徵	OEM 策略重點	Tier 1 角色變化	核心優勢	主要挑戰
中國	快速域控化、系統架構綁定	域控制器滲透率高，中央運算加速導入	自研 ECU × 快速迭代 × 成本敏捷	在地 Tier 1 與晶片深度綁定，提供整套域控方案	迭代速度快、成本彈性高、系統架構速度領先	規格碎片化、法規一致性不足
歐洲	標準化與治理導向	高整合域控與中央運算，安全分層明確	架構一致性、法規合規、資料治理	Tier 1 深度參與系統整合與長期維運	法規完整、供應鏈成熟、可複製性高	軟體自研困難、整合成本高
美國	中央運算與 OTA 核心	中央車載電腦 × OTA 全面化	OS、資料架構與 OTA 生態主導	Tier 1 整合角色相對弱，部分功能內化	軟體能力強、創新速度快	供應鏈碎片化、整合成本高
東北亞 (日/韓)	穩健整併、可靠度優先	ECU 數量逐步下降，架構演進保守	品質、供應穩定、逐步 SDV 化	Tier 1 與 OEM 關係穩定，強調可靠交付	車規半導體、功能安全、品質管理領先	軟體轉型速度較慢
新興市場	分散式為主、過渡導入	傳統 ECU 架構仍為主，域控開始滲透	成本控制、在地化維修	Tier 1 以在地供應與售後為主	成本彈性高、在地化快速	基礎設施不足、高整合架構維修困難



科技焦點

全球車載電控架構的三種樣態

分散式、域控制與中央計算的技術現況



在電動化與軟體定義車輛 (Software-Defined Vehicle, SDV) 快速推進的背景
下，車載電子與電氣架構 (E/E Architecture) 正處於明顯的過渡期。當前量產車型
中，分散式的電子控制單元 (Electronic Control Unit, ECU)、域控制器 (Domain
Controller)，以及中央運算搭配分區式電控架構 (Zonal Architecture) 三種設計並
行存在，並未形成單一路線的全面取代。

這種並行狀態並非設計混亂，而是反映車廠在產品定位、成本結構、既有架構沿用條
件與法規要求之間，所做出的現實選擇。對產業而言，關鍵不在於押注哪一種架構成
為「最終答案」，而在於是否能清楚理解各種架構的技術邏輯、限制與適用條件，並
在其中找到可被採用、可被驗證、可長期演進的工程位置。

分散式 ECU 架構： 成熟穩定但整合成本持續上升

分散式 ECU 架構是目前量產車中仍然最為普遍的設計形式。其特徵是以功能為單位，將控制需求分散至多個 ECU，並透過控制器區域網路 (Controller Area Network, CAN)、具彈性資料速率之控制器區域網路 (Controller Area Network with Flexible Data-Rate, CAN FD)，以及區域互連網路 (Local Interconnect Network, LIN) 等通訊協定進行連接。此架構的優勢在於功能邊界清楚、設計與維修經驗成熟，且高度符合既有供應鏈與售後服務體系。

然而，隨著電動化、智慧駕駛與車內資訊系統的導入，ECU 數量快速增加，導致線束複雜度、通訊負載與跨 ECU 協同需求同步上升。當系統需要在多個 ECU 之間進行即時資料交換與跨域決策時，分散式架構在整合效率、驗證成本與長期維運上的壓力日益明顯。

因此，分散式 ECU 並非立即被淘汰的舊架構，而是逐漸顯露其在高整合需求情境下的結構性限制。

域控制器架構： 以功能整併回應複雜度問題

域控制器架構的核心概念，是依據功能性質將多個 ECU 整併為少數高性能運算節點，例如動力域、車身域、先進駕駛輔助系統 (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) 與座艙域。透過多核心系統單晶片 (System on a Chip, SoC) 與較高頻寬的通訊設計，域控制器能在單一節點中處理原本分散於多個 ECU 的控制邏輯。

相較於分散式架構，域控制器能有效降低 ECU 數量與線束複雜度，並提升跨功能模組的協同效率。許多 OEM 亦在此階段，開始將部分空中更新 (Over

the Air, OTA) 技術更新管理、診斷與安全機制集中於域控制器層級，以改善系統可管理性。

需要注意的是，域控制器是否承擔 OTA 或資安治理責任，仍視 OEM 的整體架構設計與責任劃分而定；在部分車型中，相關治理功能仍可能由中央運算節點或獨立安全模組統籌。

整體而言，域控制器是一種在工程現實與整合需求之間取得平衡的過渡型架構，已成為多數 OEM 電控演進路徑中的重要中繼站。

中央運算 + Zonal 架構： 邁向高度集中與系統化治理

中央運算搭配 Zonal 架構，代表目前最具前瞻性的電控設計方向。在此架構中，整車的跨域決策、融合運算與 OTA 管理，集中於高效能中央運算節點；而區域控制器 (Zonal Controller) 則依車身區域配置，負責整合區域內的感測、致動與輸入／輸出 (Input / Output, I/O) 功能，並透過高速通訊與中央計算節點連接。

這種設計有助於大幅降低線束長度與複雜度，同時提升系統擴充性與跨域

協同能力。隨著 Zonal 架構的導入，車內通訊骨幹正逐步轉向車用乙太網路 (Automotive Ethernet)，以支援更高頻寬與更彈性的拓撲配置。

在需要時間同步與決定性通訊的場景中，OEM 往往會評估導入時間敏感網路 (Time Sensitive Networking, TSN) 技術，以在乙太網架構上提供更可控的即時性；實務上，TSN 的導入多為依需求分段配置，而非所有鏈路一體適用。

全球車載電控三架構比較表

架構	技術概念	優勢	限制	適用
分散式 ECU	多顆 ECU 以功能分散運作	成熟穩定、供應鏈完備	ECU 數量膨脹、整合成本高	現行大量量產車
域控制器	多 ECU 整併至功能域控制節點	降 ECU 數量、縮線束、整合較佳	混合關鍵度管理複雜	多數新平台的過渡方案
中央 + Zonal	中央高算力 + 區域 I/O 整合	支援跨域協同、OTA 與治理最佳	成本高、生態要求高	新世代 SDV / 高階車型

MIH 整理，2026/01

功能安全與軟體隔離： 架構演進的隱性門檻

隨著多功能與多安全等級工作負載被整合至同一運算節點，混合關鍵度 (mixed criticality) 管理成為電控架構無法迴避的課題。ISO 26262 對功能安全的要求，使系統必須具備明確的隔離與保護機制，以避免低安全完整性等級 (Automotive Safety Integrity Level, ASIL) 功能影響高安全等級控制。

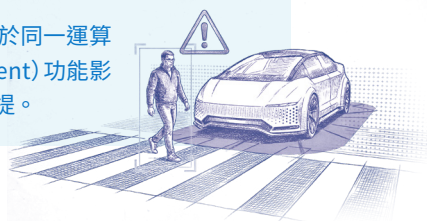
在實務上，虛擬化管理層 (Hypervisor) 是常見且重要的隔離與虛擬化手段之

一，能協助在單一硬體系統上同時運行不同安全等級的作業系統與應用；但隔離並非僅能透過 Hypervisor 達成，亦可能結合硬體隔離、作業系統分區、微處理器單元 (Microprocessor Unit, MPU)、可信任執行環境 (Trusted Execution Environment, TEE) 等多層設計共同實現。因此，功能安全並非單一技術選項的結果，而是整體系統架構、軟硬體協同與工程紀律的綜合體現。

知識小站 | 什麼是 ASIL ?

汽車安全完整性等級 (Automotive Safety Integrity Level, ASIL) 是汽車功能安全中用來評估功能失效風險的分級指標，依失效後的嚴重性、暴露頻率與可控性進行判定，區分為 ASIL A 至 ASIL D 四個等級。

在集中式或域控制架構下，不同 ASIL 等級功能往往整合於同一運算節點，如何避免低 ASIL 或品質管理 (Quality Management) 功能影響高 ASIL 關鍵控制，成為電控架構與隔離設計的關鍵前提。



ADAS 在城市路口進行行人偵測與環境感知，凸顯跨域協同、融合運算與 OTA 治理的重要性，也是域控與中央計算+ Zonal 架構的核心應用場景。(圖片提供：是德科技)

資安與更新治理： 集中化提供條件但不等於自動合規

聯合國歐洲經濟委員會(United Nations Economic Commission for Europe, UNECE) R155 (網路安全管理)與 R156 (軟體更新管理)正式納入型式認證後，車載電控架構必須支撐可稽核、可追溯的資安與更新治理流程。集中式或半集中式架構，確實在版本控管、風險管理與系統一致性上，提供較有利的治理條件。

然而，是否符合 R155/R156 的核心，並不取決於架構型態本身，而在於網路安全管理系統(Cyber Security

Management System, CSMS) 與軟體更新管理系統(Software Update Management System, SUMS)是否真正落地，包括流程設計、文件管理、合規追溯證據與組織責任分工。集中化是手段，而非保證。

在此脈絡下，硬體安全模組(Hardware Security Module, HSM)或等效安全機制，成為多數車用 MCU 與 SoC 的標準配置之一，用以支援安全啟動、通訊保護與 OTA 完整性驗證，構成分層式資安設計的基礎。

知識小站 | 什麼是 CSMS 與 SUMS ?

網路安全管理系統(Cyber Security Management System, CSMS)與軟體更新管理系統(Software Update Management System, SUMS)是 UNECE R155/R156 要求車廠建立的管理制度。CSMS 用於管理車輛全生命週期中的資安風險；SUMS 則確保軟體更新具備版本控管、風險評估與可追溯性。兩者關注的不是單一技術，而是流程、文件、證據鏈與組織責任，決定車輛是否具備長期合規能力。

理解架構差異 才能找到 可被納入的位置

分散式、域控制與中央計算+ Zonal 架構，並非彼此取代的關係，而是集合了對應不同產品定位、成本結構與工程條件的解決方法。未來相當長一段時間內，這三種樣態仍將在不同市場與車型中並行存在。

對產業而言，真正的關鍵不在於預測哪一種架構勝出，而在於是否能理解各種架構背後的技術邏輯與治理要求，並在其中找到可被採用、可被驗證、可長期協作的工程位置。在車載電子全面走向系統化與架構化的時代，能否被納入整體架構，本身就是競爭力。▲

標準與法規¹



法規上線 電控重構

車用電控架構為何全面轉向集中化？

過去十多年，車載電控架構的演進，主要仍由算力提升、通訊頻寬擴張、系統整合能力與成本曲線等工程條件所驅動。即便功能安全規範如 ISO 26262 早已影響電子控制單元 (Electronic Control Unit, ECU) 與系統設計流程，其治理重心仍以單一功能失效的工程化控管為主，對整體電控架構的介入相對有限。然而，隨著車輛快速朝高度軟體化、連網化與空中更新 (Over the Air, OTA) 技術的常態化發展，全球監理邏輯出現明顯轉折：電控架構不再只是工程選項，而被正式納入公共安全、資安風險與法律責任的治理範疇，成為各主要市場法規直接介入與重新定義的核心對象。

在此背景下，聯合國歐洲經濟委員會(United Nations Economic Commission for Europe, UNECE) WP.29 成為全球車用法規治理的重要轉折點。自 2020 年起，其推動車輛網路安全與軟體更新的國際規範，並透過歐盟型式認證制度逐步落地，使資安與軟體更新從過往的「最佳實務」轉為具法律效力的合規義務；同時，美國透過政策指引與監管工具，持續強化對車用資安與軟體風險的監理關注，中國亦從汽車資料治理與

車載資安技術標準等路徑建立制度化要求。雖然各市場採取的法制工具不同，但治理方向已逐漸收斂，皆要求車輛在設計之初即內建可驗證、可追溯、可管理且可更新的安全與資安能力。這也使得 ECU 的角色不再只是執行單一功能的控制單元，而成為合規證據鏈中的關鍵節點，其軟體配置、更新機制與管理流程，直接牽動整車廠(Original Equipment Manufacturer, OEM) 能否滿足法規對資安與責任治理的要求。

國際法規架構的建立

以 UNECE WP.29 為核心的國際協調機制，率先將車用資安與軟體更新納入型式認證體系。UN R155 要求車廠建立可被主管機關檢視的網路安全管理系統(CSMS)，將威脅分析、供應鏈風險與事件回應等流程納入治理範疇；UN R156 則以軟體更新管理系統(Software Update Management System, SUMS) 為基礎，要求更新在產品生命週期內具備可控、可追溯與一致性管理。

兩項規範的核心意義，在於將資安與更新的組織能力與證據鏈，正式變成車輛上市與持續銷售的合規條件。在功能安全方面，ISO 26262 隨著先進駕駛輔助(Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) 與自動化功能導入而持續深化影響力，當單一 ECU 或系統單晶片(System on a Chip, SoC) 同時承載不同安全等級負載時，功能安全

不再只是元件可靠度，而是系統能否在整合條件下維持隔離、失效控制與安全論證。

歐盟透過《網路韌性法案》(Cyber Resilience Act, CRA) 抬高產品生命週期的弱點管理與安全更新責任基準，而《AI 法案》(Regulation (EU) 2024/1689) 則以風險分級要求高風險 AI 系統具備符合性評估、技術文件、紀錄保存與資訊揭露，使 ADAS/AD 功能逐步被納入接近安全關鍵系統的監理視角。整體而言，R155、R156、ISO 26262、CRA 與《AI 法案》分別從資安治理、更新治理、功能安全與高風險 AI 一致性等面向，將 ECU 推向「安全責任 × 資安責任 × 軟體責任」的交會點，並使法規對電控架構的介入從原則層次走向制度化要求，為集中化電控架構提供了明確的制度性推力。

車用電控五大法規：合規要求與架構意涵對照表

法規／標準	治理重點	要求的系統能力	對電控架構的隱含影響
UNECE R155	網路安全管理 (CSMS)	威脅分析與風險評估 (Threat Analysis and Risk Assessment, TARA)、事件回應、供應鏈風險、證據保存	需要集中監測、統一資安治理
UNECE R156	軟體更新管理 (SUMS)	更新控管、可追溯性、版本一致性	分散式 ECU 更新成本上升
ISO 26262	功能安全	隔離、失效控制、安全論證	推動高整合 SoC 與系統級設計
EU CRA	產品資安生命週期	弱點管理、安全更新	提高供應鏈資安責任基準
EU AI Act	高風險 AI 治理	可解釋、可稽核、可驗證	ADAS/AD 納入安全關鍵視角

MIH 整理，2026/01

美國／歐盟／中國的車用電控法規邏輯與架構取向對照表

區域	法規治理核心	主要監理方式	對電控架構的影響
美國	營運風險與責任管理	指引、缺陷通報、召回	偏向集中運算＋雲端協同，強化 OTA 與快速回應能力
歐盟	制度化治理與證據透明	型式認證、生命週期稽核	偏向域控制／中央計算＋ Zonal，重視可治理與可驗證
中國	資料治理與產業節奏	資料境內化、風險評估	偏向集中化架構，以利快速迭代與量產部署

MIH 整理，2026/01

區域差異： 美／歐／中形成三種電控法規邏輯

當法規逐步成為電控架構的重要牽引力量，各主要市場並未走向單一治理模式，而是依其產業結構、政策目標與風險認知，發展出差異明顯的法規邏輯。這些差異不僅影響合規方式，也直接形塑 OEM 在電控架構、軟體策略與供應鏈配置上的選擇，使全球車用電控呈現多軌並行的發展態勢。

美國的監理思維，核心並不在於建立高度制度化的領牌前型式認證，而是聚焦於實際風險控制、缺陷回應能力與消費者權益保護。美國國家公路交通安全管理局 (National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA) 透過指引、缺陷通報與召回機制，對車廠形成領牌後高度實質的市場壓力，使 OTA 成為確保行車安全與履行產品責任的關鍵工具，而非單純的功能升級手段。這樣的治理邏輯，也促使美系 OEM 傾向採用較集中化的運算架構，搭配雲端平台支撐軟體定義車輛 (Software Defined Vehicle, SDV) 的營運模式。

相較之下，歐盟採取高度制度化、以事前治理為核心的法規路徑。從 UNECE R155/R156 透過型式認證落

地，到 ISO 26262 與 AI 法案對功能安全與高風險應用提出一致性與證據要求，歐盟法規不僅關注結果是否安全，更要求 OEM 與供應鏈能在產品生命週期中，持續提出可稽核的流程文件與技術證明。在此架構下，電控系統是否易於治理、驗證與責任界定，往往與效能或成本同等重要。

中國市場則發展出以資料治理與產業節奏協調為核心的法規邏輯。相關制度明確建立車輛資料的治理邊界，並對重要數據的儲存與跨境流通提出要求，使資料處理與營運模式成為 OEM 必須制度化管理的合規議題。相較於歐美偏重長期責任論證，中國更重視架構是否有利於快速迭代、規模化部署與整體產業效率，進而推動域控制與中央運算等集中化設計。

整體而言，美國、歐盟與中國分別以風險與責任管理、制度化治理與證據透明度，以及資料治理與產業節奏為核心，形塑出三種不同的電控法規邏輯。這些差異使電控架構難以快速收斂為單一模式，而是在不同市場要求下持續並行演進。

全球電控法規因市場差異而多軌並行，美國重風險回應、歐盟重制度化稽核、中國重資料治理與產業節奏，直接影響 OEM 的架構與軟體策略。



標準與法規²



法規成為主導力量

車用電控架構的新邏輯

當安全、功能安全與網路安全逐步成為型式認證與市場准入的關鍵條件，法規對電控架構的影響已不再停留在原則層次，而是具體反映在控制器配置、運算層級分工與系統邊界設計上。從實務觀察來看，法規所帶來的治理與驗證成本差異，最直接牽動三個架構面向，電子控制單元（Electronic Control Unit, ECU）的整併、中央運算角色的強化，以及分區式電控架構（Zonal Architecture）的引入。

在分散式 ECU 架構下，各控制器由不同供應商開發，軟體版本、更新節奏與資安設計缺乏一致性，使得資安與更新管理的落實成本顯著提高。隨著相關法規將資安與軟體更新制度化，整車廠 (Original Equipment Manufacturer, OEM) 必須能掌握各控制器的軟體狀態、更新紀錄與風險情況，促使架構逐步走向以域控制器集中空中更新 (Over the Air, OTA) 技術與資安治理。域控制的價值，不僅在於減少 ECU 數量，而且在於為資安與更新建立可操作、可驗證的系統基礎。

隨著域控制器承載的功能增加，不同安全等級的工作負載開始在同一層級並存，使功能隔離與失效影響控管的複雜度上升。中央運算節點因此逐步浮現，透過高整合系統單晶片 (System on a Chip, SoC) 與虛擬化技術，在集中運算的同時維持必要的隔離與紀錄能力，更有利於支撐功能安

全驗證，以及事件回溯與責任釐清等法規要求。中央運算的核心意義，並非效能極大化，而是回應法規對系統行為可被驗證的結構需求。

在集中化趨勢下，風險集中成為另一項必須回應的課題。區域電控架構 (Zonal Architecture) 架構透過在車身各區域設置控制節點，於實體與邏輯層建立清楚邊界，使感測與致動器得以就近整合，同時由中央運算節點負責整體治理。這種集中管理、分區隔離的設計，有助於限制單一故障或入侵的影響範圍，也更符合資安與功能安全法規對隔離性的期待。

整體而言，ECU 整併、中央運算強化與 Zonal 架構的出現，並非各自獨立的技術選項，而是在法規壓力下相互推動的結果。電控架構的設計核心，正從功能堆疊，轉向是否具備支撐合規、驗證與長期治理的系統能力。

知識小站 | 中央運算的法規意義是什麼？

中央運算的核心價值並不在於追求更高效能，而在於回應法規對「可隔離、可紀錄、可回溯、可追責」的結構需求。透過高整合 SoC 與虛擬化技術，中央運算能在集中資源的同時維持功能隔離與事件紀錄，使系統行為能被驗證並支撐功能安全與責任釐清，符合法規對治理能力的期待。

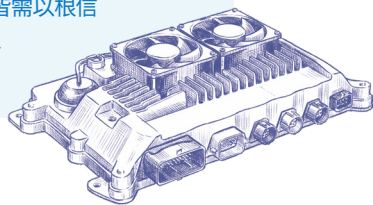
車用電控架構三大調整方向與治理意涵對照表

架構調整方向	法規關注重點	主要治理需求	對 OEM 的實質影響
ECU → 域控制	資安與更新治理	軟體狀態可掌握、更新可追溯	降低網路安全管理系統 (CSMS) / 軟體更新管理系統 (SUMS) 的治理複雜度
域控制 → 中央運算	功能安全與責任可驗證	隔離、紀錄、事件回溯	有利系統級功能安全驗證
Zonal 架構引入	隔離與影響控制	物理與邏輯邊界清楚	限制故障與入侵擴散風險

知識小站 | 什麼是根信任 (Root of Trust) ?

根信任 (Root of Trust) 是車用資安架構中最底層、最不可被取代的可信起點，通常建立於硬體層級，用以確保系統從啟動、身分識別到金鑰使用的可信性。

在集中式與域控制架構下，安全開機、晶片身分驗證與金鑰保護皆需以根信任為基礎，才能防止未授權程式或惡意更新滲入系統，並支撐整車資安與空中更新 (Over the Air, OTA) 治理的長期可信運作。



台灣的切入機會： 從合規能力走向高價值供應鏈角色

在全球車用電控架構被法規重新定義的過程中，浮現的並非單一產品缺口，而是一系列圍繞合規、驗證與長期治理的新型需求。對台灣而言，關鍵不在追逐 ECU 數量或整車主導權，而是能否在安全、功能安全與網路安全的交會處，提供可被國際整車廠 (Original Equipment Manufacturer, OEM) 採信、可被驗證、且可長期維運的系統能力，進而建立高附加價值的供應鏈定位。

首先，當資安與更新治理成為型式認證的一部分，車內安全通訊與資安基礎模組已從加分項轉為必要條件。能否在控制器區域網路 (Controller Area Network, CAN) 與車用乙太網路環境下，整合通訊防護、金鑰與身分機制，並以車規等級量產交付，將直接影響模組是否能被納入 OEM 的長期採購清單。

其次，法規對 OTA 的要求已聚焦於更新治理能力本身。OTA 後端系統與數位更新平台不再只是 IT 支援，而是承載 SUMS、軟體責任與證據鏈的核心基礎。具備法規理解、可追溯設計

與弱點治理能力的更新平台，將成為 OEM 與 Tier 1 長期依賴的關鍵節點。在集中式與域控制架構下，加密晶片與資安子系統的重要性同步提升。安全開機、晶片身分與金鑰保護，構成整體資安的根信任基礎。台灣若能提供可量產交付的車規安全元件，將更有機會切入集中式架構的關鍵零組件層級。

隨著法規複雜度提高，測試與驗證需求亦從單一產品檢測，走向系統層級的合規與證據鏈服務。結合功能安全、資安與通訊一致性的整合驗證能力，將成為供應鏈中不可或缺的支撐角色。

最後，對多數零組件供應商而言，挑戰往往不在技術本身，而在於制度要求無法被工程化。結合法規解讀、架構設計與專案治理的合規導入服務，將有助於供應商從單點產品，升級為「架構相容」的長期合作夥伴。

整體而言，法規不是單向壓力，而是重新分配產業價值的機制。台灣真正的機會，在於合規與架構之間，提供全球市場高度需要、且不易被快速複製的關鍵能力。

法規正重新定義 電控架構的遊戲規則

回顧近年車用電控架構的演進，可以清楚看見一個結構性轉折：驅動架構變化的主因，已不再只是單一技術突破或成本曲線，而是安全、功能安全與網路安全的法規與標準體系全面介入。以 UNECE R155/R156 為例，網路安全管理系統 (Cybersecurity Management System, CSMS) 與軟體更新管理系統 (SUMS) 已透過型式認證機制制度化，讓電控系統的治理能力直接連結市場准入與產品責任。同時，功能安全領域的 ISO26262 也持續推動系統層級的驗證、失效可控設計與責任分工，使電控架構不再只是工程

設計議題，而被提升為可被驗證、可被交付、並能被追責的治理對象。

在此脈絡下，分散式 ECU 架構所強調的模組彈性，逐漸被「集中治理、可驗證、可追溯」等需求重新排序。域控制與中央運算的興起，除了追求效能或成本優化，並且在更高的 OTA 規模、資安治理與責任證據鏈要求下，成為較容易落地的一種架構方向。相對地，Zonal 架構的引入更在集中治理之上補足「隔離與影響範圍控制」的結構需求，使系統能在可管理的前提下，仍維持必要的彈性與故障侷限能力。▲

台灣在車用電控法規時代的關鍵切入機會對照表

切入面向	對應法規關注	核心能力重點	供應鏈角色定位
安全通訊與資安模組	R155/R156	通訊防護、金鑰與身分機制	架構底層必備模組
OTA 後端與更新平台	R156/SUMS	更新治理、可追溯性	軟體責任與證據鏈中樞
加密晶片與安全子系統	資安／更新	根信任、金鑰保護	集中式架構關鍵零組件
測試與驗證服務	功能安全／資安	系統層合規驗證	全球供應鏈驗證節點
合規導入與架構顧問	CSMS/SUMS	制度工程化	架構相容長期夥伴

MIH 整理，2026/01

未來應用

能源、座艙與車隊應用 快速擴張

電控漸成為整車系統決策核心



配圖由 AI 生成

在軟體定義車輛 (Software-Defined Vehicle, SDV) 與電動化加速成形的過程中，車用電控系統正站在一個結構性轉折點上。電子控制單元 (Electronic Control Unit, ECU) 不再只是各自獨立運作的功能模組，而是逐步成為串聯能源管理、行車安全、智慧座艙與車隊營運的關鍵節點。當控制功能開始跨域整合，電控架構的設計邏輯也隨之改變：升級的關鍵不再只是效能堆疊或平臺世代更迭，而是如何回到實際使用情境，判斷哪些控制必須集中、哪些必須分散，以在即時性、可靠度與風險承擔之間取得平衡。這樣的轉變，不僅重塑整車電控的技術路徑，也正在改寫供應鏈分工與角色定位的基本前提。

跨域協同時代的電控課題 風險放大與架構重心轉移

隨著控制器開始承擔跨域協同任務，電控架構設計所面對的核心問題，逐漸從效能提升，轉向安全性、妥善率與資源配置之間的取捨關係。跨域整合所放大的，並非單一模組運算能力，而是失效時的影響範圍；一個控制節點的異常，可能同時牽動能源管理、行車安全與整體車輛可用度，使電控設計不再只是技術選型問題，而是攸關控制權限分配與風險承擔的系統性課題。

在此脈絡下，電控架構本身逐漸成為整車層級進行判斷與取捨的重要基礎。對台灣供應鏈而言，若能從不同應用場景出發，理解跨域協同所帶來的風險結構，並回推控制器的功能分工、架構層級與規格定義，而非僅依循既有整車電控架構或既定參考設計，將有機會在整車電控體系中，建立更具辨識度與長期價值的角色定位。

在所有未來應用中，能源協同被普遍視為影響電控架構最深遠的驅動因素。隨著快充、換電、「車對家庭」

(Vehicle to Home, V2H) / 「車對電網」(Vehicle to Grid, V2G) 與能源調度逐步走向實際營運，車內能源系統已不再只是電池管理問題，而是涉及高功率分配、熱管理與跨域回饋的整體控制議題，車輛控制單元 (Vehicle Control Unit, VCU)、電池管理系統 (Battery Management System, BMS)、微控制器 (Microcontroller Unit, MCU) 與充電系統之間，必須具備毫秒等級的協作能力，才能在不同使用情境下維持穩定與效率。

在能源協同場景下，車內控制已從單一電池管理，轉為涵蓋高功率分配、熱管理與跨域回饋的整體系統。隨著能源資料集中，中央化系統必須能即時回饋電池健康度與剩餘使用壽命，並影響能源調度與行車策略；同時，BMS 與 VCU 的控制權限與演算法設計，需在架構階段即明確界定。進入量產後，高功率模組的組裝品質與熱設計，將直接影響能源網域控制站的可靠度，也構成台灣供應鏈切入的重要基礎。

能源協同電控架構需求對應表

分類	電控挑戰重點	對架構的要求	台灣供應鏈可對應能力
系統結構	能源資料集中、跨域回饋	中央系統即時掌握電池健康狀態 (State of Health, SoH) / 剩餘使用壽命 (Remaining Useful Life, RUL)，回饋能源與行車策略	系統整合、資料回饋邏輯設計
控制設計	多控制器協同 (BMS×VCU×充電)	控制權限清楚劃分、支援動態能源調度	BMS/VCU 板卡、控制韌體設計
量產製造	高功率與長期可靠度	耐震、散熱、功率密度設計	電源模組、高可靠印刷電路板 (Printed Circuit Board, PCB)、熱設計

跨域計算時代的電控挑戰 即時性、安全與架構複雜度

自駕與先進駕駛輔助系統 (Advanced Driver Assistance Systems, ADAS) 的發展，為電控架構帶來另一層次的結構挑戰。感測器數量與資料量快速增加後，車輛不僅需要更高效能的中央運算架構，也必須確保周邊 MCU 的反應具備可預測性與即時性。

在此情境下，高速乙太網路與時間敏感網路 (Time Sensitive Networking, TSN) 不再只是效能升級選項，而是支撐系統即時協同的關鍵基礎；此外，備援電源與備援感測路徑也逐步被納入整體安全設計之中，以降低單點失效對行車安全所造成的影響。

在系統設計上，自駕系統已無法再將功能安全、資安與系統隔離視為彼此獨立的議題，而必須在架構規劃階段即同步納入考量，確保不同任務在虛擬化環境中，仍能維持即時反應與清楚的安全邊界。隨著這類需求逐漸明確，實際量產也對多層板、高速材料與高效散熱提出更高要求。這樣的技術門檻，使台灣在高速連接器、PCB / 印刷電路板組裝 (Printed Circuit Board Assembly, PCBA)、高速乙太網交換器，以及硬體迴路 (Hardware In the Loop, HIL) 測試等領域，具備實質切入與深化參與的空間。

智慧座艙的角色，近年來也出現明顯轉變，不再只是負責顯示與娛樂的介面，而是逐步成為整合人工智慧 (Artificial Intelligence, AI) 個人化服務、感知回饋與整體使用體驗的重要節點。隨著座艙系統與 ADAS 及能源控制在同一系統架構下協同運作，結構設計必須兼顧

系統單晶片 (System on a Chip, SoC) 的熱管理、電磁相容，以及不同任務之間的隔離安全，以避免非關鍵功能對行車相關控制造成干擾。隨之而來的是軟體層面的挑戰，包括空中更新 (Over the Air, OTA) 更新、帳號管理、雲端同步與資料隱私等議題；再加上各地市場法規差異，使座艙相關軟體必須具備高度模組化與調整彈性。台灣在人機介面 (Human Machine Interface, HMI)、車載資訊娛樂系統 (In Vehicle Infotainment,IVI)、邊緣模組與雲端整合方面已有長期累積，具備進一步延伸至座艙域模組與軟體層的條件。

在車身控制領域，區域電控架構 (Zonal Architecture) 逐漸被視為未來十年重要的演進方向。透過分區整合控制，線束數量得以明顯減少，但同時也使電控系統的整體複雜度隨之提高。區網域控制站 (Zone Controller, ZCU) 必須同時處理電源供應、資料傳輸與控制邏輯，並因應更為複雜的線路隔離與權限管理需求。在實際設計上，除了確保分區內各項基礎車身功能的穩定運作，跨區之間的同步機制與資料一致性，也成為影響系統可靠度的關鍵因素。進入量產階段後，板卡本身的可靠性設計與耐環境封裝能力，將直接左右 Zonal 架構能否長期穩定運作。

整體而言，這類系統需求與台灣在 PCB、乙太網路交換器與閘道器模組等整合能力上的長期累積高度契合，使其具備實質參與 Zonal 架構核心模組的條件。

車隊與營運場景下的電控轉向 長期維運成為核心課題

當車輛進入車隊與營運場景後，電控系統所承擔的角色開始從單次交付，轉向長期運作與維運支撐。對營運者而言，硬體本身僅是系統運作的起點，真正影響整體成本與服務品質，是車輛在長時間使用過程中的可監控性與可維護性。遠端診斷、預測性維護、軟體生命週期管理，以及持續的資安與漏洞管理，逐漸成為支撐車隊長期營運與服務穩定性的必要條件。這類需求進一步影響電控系統的結構規劃，使其在設計之初即需納入長期OTA更新的支援能力，並同步確保車端與雲端之間的資料介面一致，以避免在後續維運與功能擴充階段，因架構不一致而衍生額外成本與系統負擔。

從整體視角來看，以長期營運為核心的應用需求，重點不在單一硬體效能，而在於跨設備、跨系統的長期維運能力，包括後端系統整合、資料介面一致性、軟體版本與設定管理、遠端監控，以及高可用架構下的穩定性控管。

長期參與複雜系統建置、整合與持續運作的台灣系統業者，正是在這類能力上累積了實務經驗，熟悉如何在異質設備與多系統並存的環境中，維持架構一致性與服務穩定度，並在系統演進過程中持續控管風險與維運成本，使其經驗結構與車隊及營運場景對電控系統所提出的需求形成對應。

此一領域廠商若能從能源、自動駕駛、智慧座艙、Zonal 架構到車隊營運等實際場景出發，將需求轉化為具體的電控架構設計、控制器功能分工與軟體介面定義，台灣供應鏈便有機會從單純的零組件供應角色，進一步參與整車電控體系的架構規劃與協同開發。這樣的轉變，並非單一技術突破所能達成，而是取決於是否能在應用理解、系統協作與長期責任承擔之間建立穩定的能力組合，也將成為台灣產業能否在新一代電控架構中持續被納入關鍵決策的分水嶺。▲

知識小站 | 什麼是長期維運能力？

長期維運能力指車隊在多年營運中，持續掌握車輛狀態、管理軟體生命週期、控管資安風險並維持服務穩定的能力，包括遠端診斷、預測性維護、版本與設定管理、漏洞修補與後端整合等要素，是營運場景下比單一硬體效能更關鍵的核心能力。

SDV 的成敗關鍵： 從 Zonal 架構革命到 「原生資安」OTA 治理

當車輛正式邁向「軟體定義」時代，產業需要的不再是更多的技術名詞，而是對痛點的精準打擊。

「我們不是為了重新造輪子。」在 MIH SDV 技術委員會第二次工作會議的開場，主席張暘博士一語道破召集委員會的核心初衷，這場會議的目的不是急著在一次討論中定義標準答案，而是先把產業已經走過、正在驗證的 best practice 攤開來比對，辨識哪些問題其實已經有人解過、哪些仍需要共同摸索，讓後續的共識整理有跡可循。也因此，英飛凌 (Infineon) 與 VicOne 分別從「晶片架構」與「資安治理」兩端切入，在張暘主席的引導與點評中，逐步拼湊出軟體定義車輛 (Software-Defined Vehicle, SDV) 從硬體底層到雲端更新的完整挑戰地圖。

架構革命，從 Domain 到 Zonal 的雙向演進

當車輛邁向軟體定義時代，產業首先面臨的挑戰並非功能不足，而是既有車內架構已逐漸無法承載軟體長期演進所帶來的整合、更新與複雜度管理需求。隨著自駕等級提升與座艙功能日益複雜，傳統以功能域劃分的「功能域 (Domain) 架構」正面臨電子控制單元 (Electronic Control Unit, ECU) 數量爆炸與線束過重的物理極限。英飛凌在會中指出，車廠正加速轉向以地理區域為核心的「區域電控架構 (Zonal Architecture)」。

這不僅是拓撲圖的改變，更隱含了車輛設計哲學的重大轉移：「運算的中心化」與「配電的去中心化」同時發生。

在 Zonal 架構下，區域控制器 (Zone Control Unit, ZCU) 成為關鍵節點。它不再只是單純的訊號轉發器，而是整合了配電 (Power Distribution)、閘道器 (Gateway)、致動控制 (Actuation) 與

電源轉換的多工角色。透過導入 eFuse 電子保險絲技術，ZCU 能實現智慧配電，不僅大幅取代傳統笨重的保險絲盒與繼電器，更能提供即時診斷、隔離與可重置功能，讓整車線束達到顯著的輕量化與最佳化。

此外，為支撐 SDV 的軟體彈性，虛擬化 (Virtualization) 技術成為 ZCU 的必備能力。透過虛擬化管理層 (Hypervisor)，ZCU 能在單一硬體平台上運行多個虛擬控制器，使不同安全等級的功能得以並存，例如動力系統控制 (高安全需求) 與氣氛燈調節 (低安全需求)，並確保彼此隔離互不干擾。這奠定了軟體模組化與重複使用的基礎，讓硬體資源運用更具效率；也正是在這樣「可隔離、可管理」的架構前提下，後續空中更新 (Over the Air, OTA) 與持續交付才可能從概念走向可控的工程實作。

車內電控架構比較：Domain 與 Zonal 的差異與演進

項目	Domain	Zonal
劃分方式	依功能域 (動力 / 車身 / ADAS)	依車身區域 (前左 / 前右 / 後座等)
ECU 數量	多、持續增加	匯聚、明顯減少
線束	跨域走線長、重量高	區域布線短、重量低
配電方式	保險絲盒 + 繼電器	eFuse 智慧配電
運算方式	分散式控制	中央運算 + 區域管理
軟體支援	OTA 困難、隔離有限	系統層合規驗證
適用 SDV	支援虛擬化與 OTA	制度工程化

MIH 整理，2026/01

開發模式的質變， 穩定與敏捷的「雙速」並行

此外，車輛功能越來越依賴軟體持續更新，產業也逐漸意識到，過去以單一節奏開發所有系統的方式，已難以同時兼顧平台穩定性與功能快速迭代的需求。當架構具備了軟體定義的基礎，開發流程也必須隨之進化。VicOne 架構師 Luffy Lu 指出，SDV 實踐者必須適應「雙速開發 (Two-Speed Delivery)」的現實。

在這樣模式下，車輛底層系統，包括作業系統與核心安全機制仍需遵循高度嚴謹的開發流程。由於系統軟體一旦出錯，影響範圍往往遍及整車，因此必須以 V-Model 為核心，追求「一次就做對 (First-time-right)」的高可靠度，確保更新在安全與穩定的前提下交付。

相對地，直接影響使用者體驗的上層功能，開發邏輯則更為敏捷。無論是車載娛樂、AI 應用或服務型功能，都需要快速回應市場變化，因而導入敏捷開發與 DevOps 開發維運模式，透過最小可行產品 (Minimum Viable Product, MVP) 反覆迭代，在可控風險下持續優化。這種雙軌並行的開發模式正是 SDV 與傳統汽車開發流程的分水嶺，也讓 OTA 與持續交付成為平衡平台穩定性與功能創新的關鍵機制。

這兩條不同節奏的軌道，最終透過持續整合／持續交付 (CI/CD) 與 OTA 機制匯流。OTA 因此成為 SDV 的生命線，它既是功能更新的管道，也是車廠維運商業模式的核心能力。

知識小站 | 何謂 V-Model ？

V-Model 是汽車與高可靠系統常用的開發流程。其特色在於把「設計」與「驗證」成對規劃：左側從系統需求逐步拆解到實作，右側則透過單元、整合與系統測試，逐層驗證是否符合最初定義。這種做法強調「一次就做對 (First-time-right)」，特別適合用於車輛底層平台與安全關鍵系統。在 SDV 架構中，V-Model 成為穩定平台層的基礎方法，與上層功能的敏捷開發並行運作。

從「亡羊補牢」到「原生安全」，OTA 治理必須前移

然而，強大的 OTA 能力同時也意味著巨大的攻擊面。VicOne 透過「汽車零日漏洞發掘競賽」(Pwn2Own Automotive 2024) 的實戰案例示警，駭客利用更新機制中的漏洞 (CVE-2024-23960/23961)，成功在車載資訊娛樂系統 (In Vehicle Infotainment, IVI) 上執行了經典遊戲《Doom》。

VicOne 強調，這個案例的嚴重性不在於玩遊戲，而在於駭客成功取得了系統的 Root 權限 (Root Access) 與任

意程式碼執行能力，意味著 OTA 機制一旦驗證與權限控管不足，更新管道就可能從「功能交付」轉變為「入侵入口」。更關鍵的是，這類風險不只屬於單一資安事件，包括更新流程或驗證不足也可能導致功能異常、可用性下降，甚至擴大成行車安全層面的系統性風險。換言之，OTA 新通道若缺乏治理，將淪為駭客植入惡意軟體的後門，甚至可能被利用來進行回滾攻擊 (Rollback Attack)，將系統強降至舊版脆弱狀態。

面對日益嚴峻的資安挑戰，傳統出事再修補 (Security by Patch) 的思維已不合時宜。會議總結提出三大治理原則，也呼應 UNECE R155/R156 對 CSMS/SUMS 的法規方向：

1 原生設計 (Security by Design) :

在架構設計階段即納入威脅分析，而非事後加掛防護。

2 預設安全 (Security by Default) :

系統出廠時即處於最安全的配置狀態。

3 主動要求 (Security by Demand) :

OEM 需對供應鏈提出明確資安規範，確保整體生態系的防護水準。

「真正的價值，在於我們能否釐清那些還沒被解決的問題。」會議尾聲，張暘主席再次將焦點拉回 MIH 的產出路徑與整理方式。他總結道，無論是 Zonal 架構的落地，或是 OTA 安全治理的補強，眼前最重要的並非急著下結論，而是把各家已經驗證過、正在推進的做法，系統性整理成為可被引用的經

驗，逐步累積成具有產業共識意義的白皮書或建議。

從架構的物理重組到資安的邏輯治理，本次 MIH 工作會議不僅展示技術更確認方向，而 SDV 的競爭力將取決於誰能在「安全」與「可控」的基礎上，最快解決那些產業共同的痛點。▲



Minimalism Intrinsic Harmony

MIH

MIH 期刊問卷

親愛的 MIH 會員您好：

感謝您閱讀本期《MIH 期刊》！

我們誠摯邀請您分享意見，協助我們持續優化內容與呈現形式，
打造更貼近會員需求的專業交流平台。

您所提供的意見，將作為未來期刊主題與欄位規劃的重要依據。
歡迎掃描 QR Code 填寫問卷，與我們一同推動平台成長。

凡完成問卷的會員，往後我們將優先邀請參加交流活動，敬請期待。
再次感謝您的支持與參與！





Minimalism Intrinsic Harmony

MIH