

半導體產業趨勢報告

塑造半導體產業格局的趨勢與因素

半導體產業邁向上兆美元

03

車用半導體市場加速成長

16

專用晶片市場的復興與未來發展

25

台灣半導體市場的未來展望

38

記憶體技術進入新時代

08

應對供應鏈脫鉤：提升半導體產業
韌性策略

23

人工智慧：從擴展規模到多元應用

32



SECTION 1

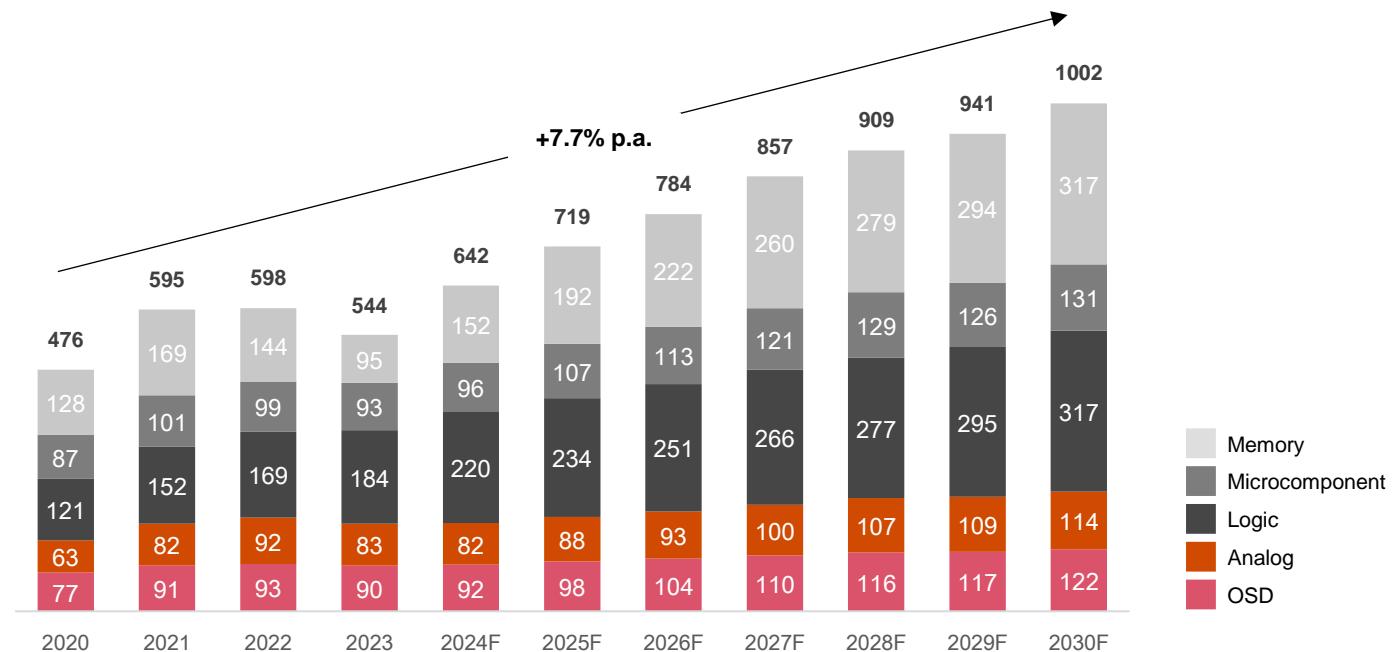
半導體產業邁向上兆美元

過去 70 多年來，半導體技術一直是推動科技進步的核心動力，促成全球各產業的根本性變革。從個人電腦與智慧型手機，到資料中心與雲端運算，半導體創新推動了經濟中關鍵應用的發展，塑造了現代科技的面貌。展望未來，半導體產業的成長動能將來自於電動化（Electrification）、數位轉型（Digitization）、人工智慧（AI）與物聯網（IoT）等重大科技趨勢。

這些變革不僅驅動技術進步，也為產業帶來持續且穩健的成長機會。根據預測，全球半導體市場年營收將在 2024 年達到 6,420 億美元，並於本世紀末突破 1 兆美元（詳見 Exhibit 1）。

Exhibit 1

2020-2030 全球半導體市場趨勢 - 依組件類別 (in billion USD)



資料來源：Omdia Q3 2024; OSD – Optoelectronic, sensor and discrete

長期以來，半導體產業依賴全球化的供應鏈，透過規模化生產、先進技術與全球分銷來實現高效製造。然而，過去五年間，COVID-19 疫情與貿易緊張局勢升級，各國開始重視供應鏈自主性，促使政府與企業加大對本地生產的投資。

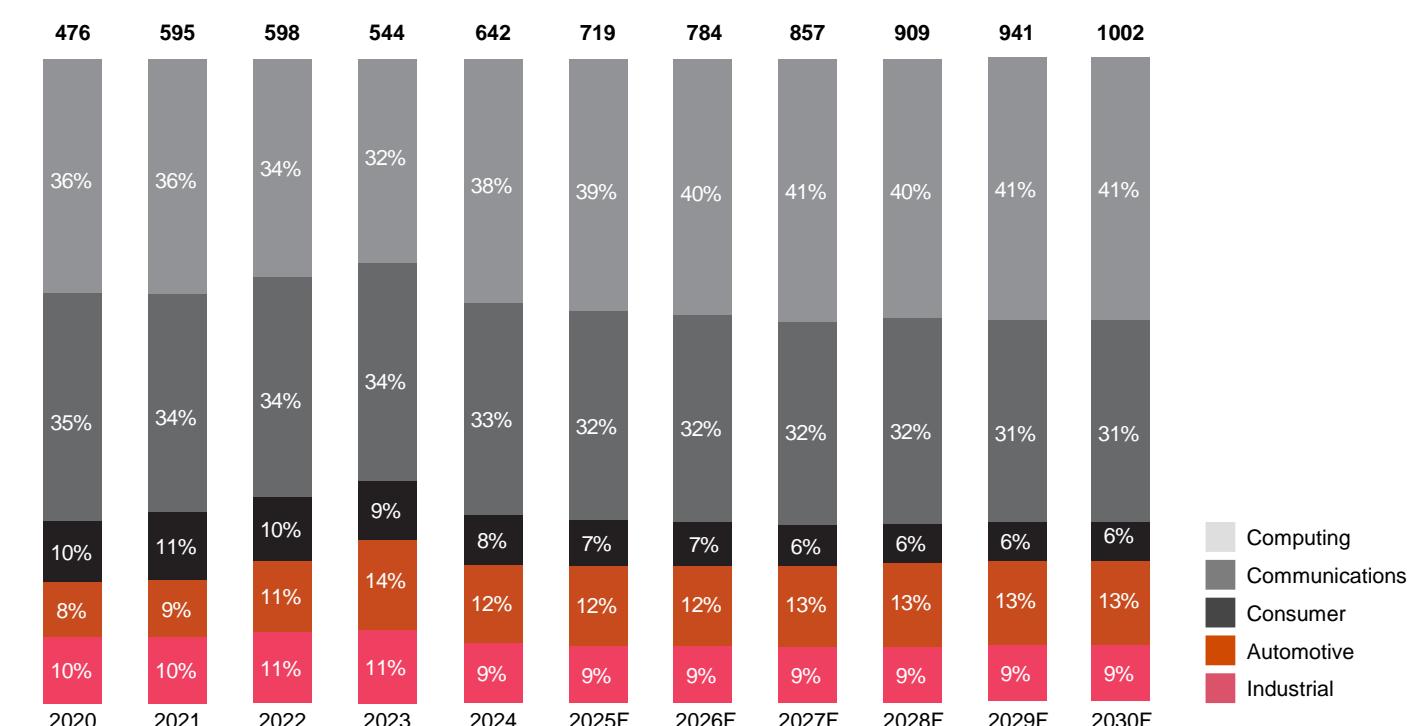
疫情期間，隨著企業大規模採購設備以支持遠端工作，加上家用電子需求上升，使半導體需求飆升至歷史新高。同時，物聯網 (IoT) 技術的普及，推動了產業自動化與數位轉型，進一步加劇市場需求。然而，由於部分業者低估了市場需求的規模，供應鏈無法及時調整產能，導致 2020 年下半年至 2022 年底全球晶片短缺。同時，市場週期變動帶來供應過剩與需求減緩，使得 2023 年半導體產業進入庫存調整與景氣低迷。不過，市場現已逐步穩定，預計半導體營收將回升，並超越 2022 年的高峰。

AI、IoT 與車用產業為半導體市場主要成長動能

半導體市場可分為七大元件類別，分別為記憶體 (Memory)、邏輯 (Logic)、微處理元件 (Micro-component)、類比 (Analog)、光電子 (Optoelectronic)、感測器 (Sensor) 及分離式元件 (Discrete)。其中，記憶體與邏輯晶片仍將占據最大市場份額，其主導地位來自於運算、行動裝置、工業與汽車應用的廣泛需求。隨著全球邁向數據驅動經濟，市場對於更快、更高效的記憶體解決方案需求將持續上升。此外，AI、IoT 與雲端運算的普及，更進一步推動記憶體與邏輯晶片的需求增長。尤其在資料中心的快速擴張下，這兩類晶片對於處理大量即時數據來說愈加重要（詳見 Exhibit 2）。

Exhibit 2

2020-2030 全球半導體市場趨勢 - 依應用領域 (in billion USD)



資料來源：Omdia Q3 2024

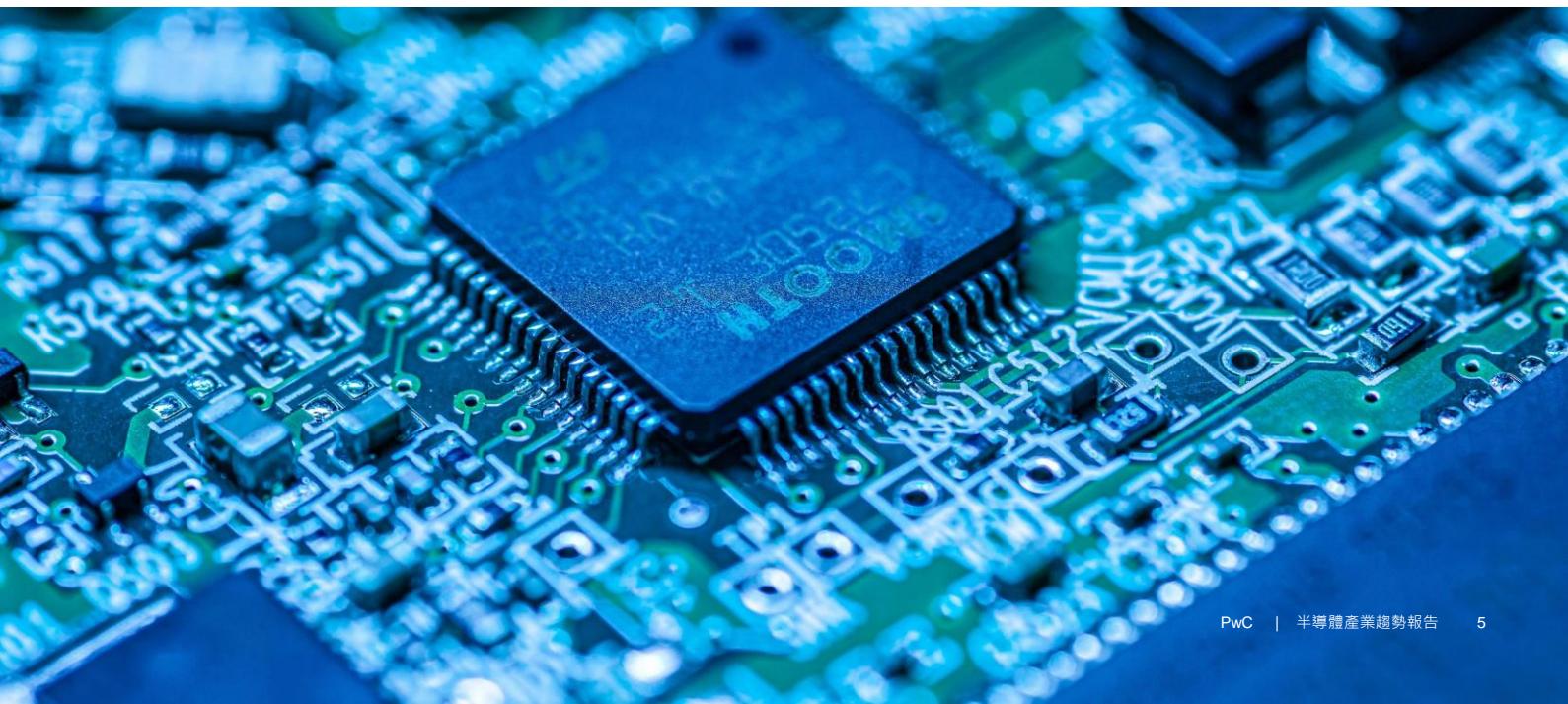
自 2024 年起，運算市場（ Computing ）預計將超越通訊市場（ Communications ），成為半導體產業最大應用領域（詳見 Exhibit 2 ），至 2030 年的年均複合成長率預計將達 9% 。其中，人工智慧的應用快速擴展使各產業需要高效能半導體解決方案來支援密集運算，因此成為驅動運算市場的主要因素。而機器學習（ Machine Learning ）、神經網路（ Neural Networks ）與數據分析（ Data Analytics ）等技術，雖然對市場的影響尚不明顯，但其潛在應用將對半導體產業帶來長遠且深刻的結構性影響，未來成長潛力不容忽視。

此外，客製化晶片正逐步取代傳統標準化晶片，成為市場重要的發展趨勢。企業越來越偏好客製化、專屬的設計，以滿足資料中心、消費電子等應用對於特定性能、能效與安全性的需求。像 Apple M 系列晶片即為一個典型案例，透過自主設計，該系列晶片在整合度與效能上均優於通用處理器。

車用市場 2024 至 2030 年的年均複合成長率預計為 10% ，持續位居半導體產業中成長最快的領域。儘管短期內美國與歐洲市場的成長預期略有下修，但長期來說，車輛電動化（ Electrification ）的趨勢依然明確，讓電動車成為帶動車用市場成長的主要因素。根據 PwC Autofacts 的數據， 2024 年第二季，全球輕型車市場中純電動車（ BEV ）滲透率達 13.3% ，並預計 2030 年將提升至 42.5% 。電動車的高度依賴功率電子（ Power Electronics ）與電源管理 IC （ Power Management ICs ）來驅動電動馬達並管理電池系統，因此電動車的高壓電力系統與傳統的內燃機汽車（ ICE ）相比，所需的半導體含量為兩倍以上。

此外，軟體定義車輛（ Software-Defined Vehicles, SDVs ）正加速車用產業的轉型。 SDV 架構仰賴先進車載軟體功能，透過持續的軟體更新來提升效能，車輛具備更高的客製化能力與更快速的創新週期。這種軟硬體脫鉤（ Decoupling of Hardware and Software ）的模式，改變了傳統車載電子架構，大幅加速技術迭代節奏。同時，隨著自動駕駛與高階座艙體驗持續演進，對高效能運算晶片與先進感測元件的依賴日益加深，進一步帶動高規格半導體的需求。半導體與電子零組件製造商應提前預測未來車輛架構的演進，來調整布局、適應新興市場需求。根據數據顯示，每輛車的半導體價值已從 2019 年的 420 美元增長至 2023 年的 800 美元，並預計在 2030 年達到 1,350 美元，十年內將達到三倍的成長。

\$1,350
每輛車的半導體價值



台灣半導體產業展望：成長動能強勁，全球地位持續鞏固

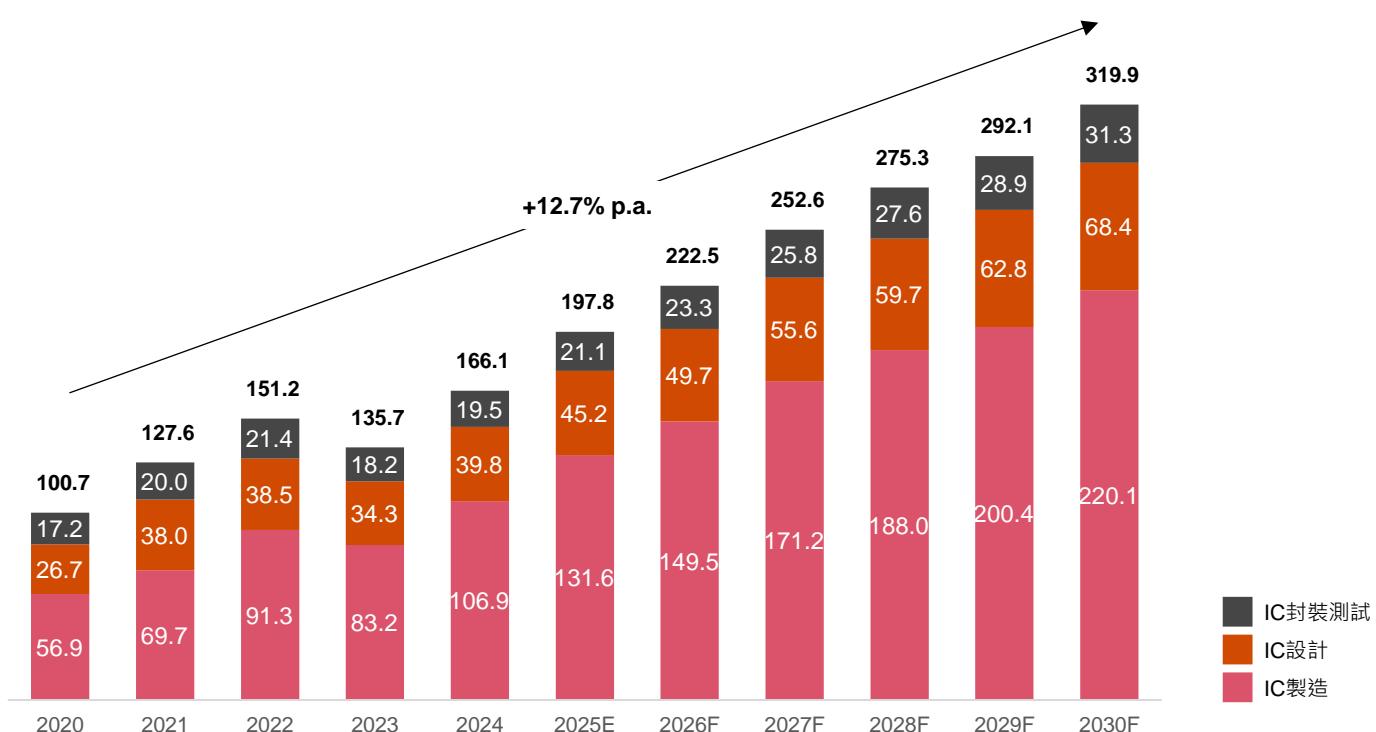
台灣整體半導體市場預計於至2030年間展現強勁且穩健的成長動能。根據工研院產科國際所、資策會MIC與PwC的綜合預測，台灣半導體產值將從2020年的1,007億美元（3.22兆元新台幣）成長至3,199億美元（10.23兆元新台幣），平均年成長率達12.7%。此成長動能反映出台灣半導體企業至2030年，仍將在製程技術上仍將具主導地位，並持續在全球半導體市場扮演重要角色。

2024年在生成式AI與裝置端AI需求迅速增溫的帶動下，產業景氣強勁反彈，成長22.4% 達1,978億美元（5.3兆元新台幣）。其中，IC製造業為最大成長動能，增長28.4%達約1,103億美元（3.4兆元新台幣），反映台積電先進製程產能加速開出，與高效能運算（HPC）、智慧型手機與AI應用拉貨動能同步推升產能利用率。

展望2025年，工研院預估台灣半導體產值有望延續強勁上升趨勢，達約1,978億美元（6.2兆元新台幣），年增率達19.1%，進一步鞏固其於全球半導體供應鏈中的領導地位。然而，隨著美國總統川普上任後推動的關稅政策頻繁變動，全球貿易環境的不確定性顯著升高，引發市場震盪與企業投資遲疑。這種政策的不確定性可能對台灣半導體產業的出口與全球供應鏈布局造成潛在影響，需持續關注相關發展。

Exhibit 3

2020-2023 台灣半導體市場趨勢 - 依組件類別 (in billion USD · 匯率以新台幣 1:32 美金計算)



資料來源：工研院產科國際所、資策會產業情報研究所（MIC）、PwC Analysis

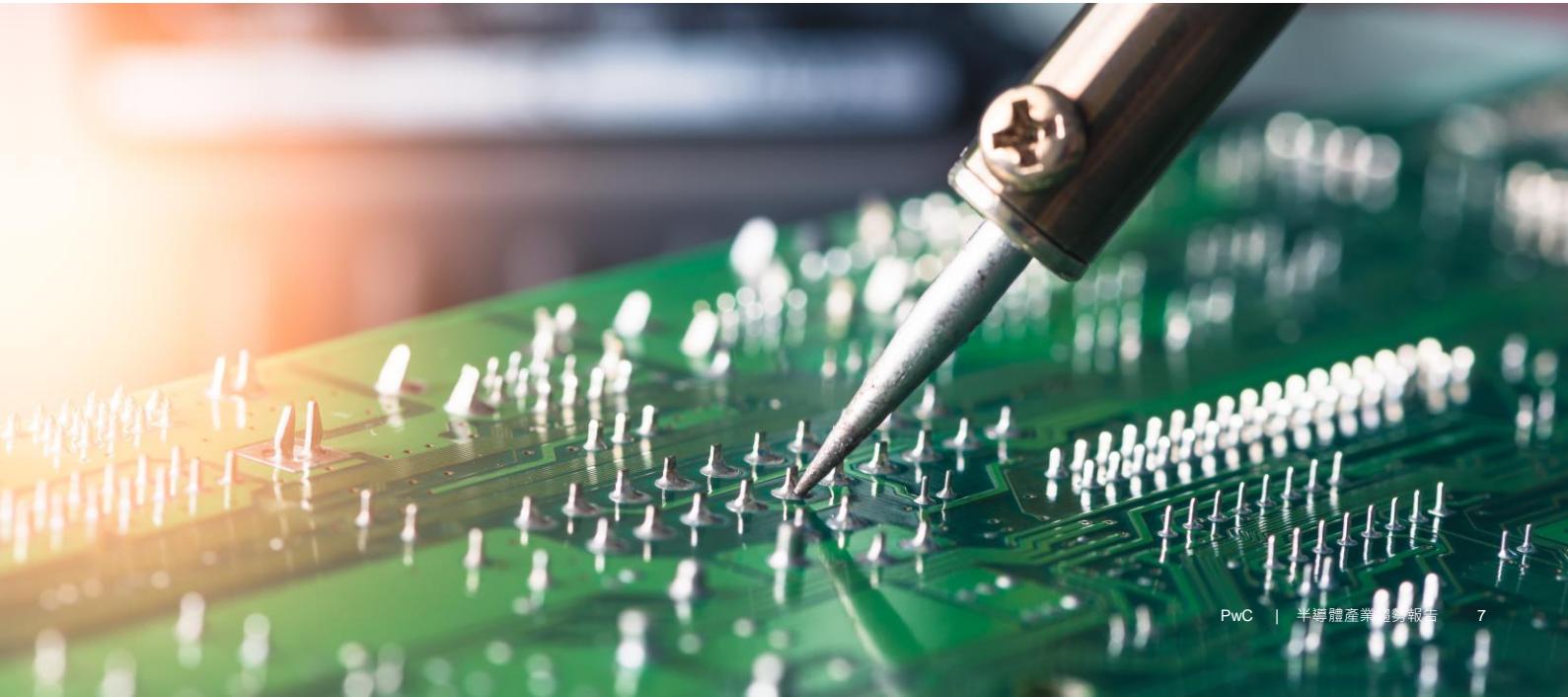
台灣半導體「製造第一、設計第二、封測第一」

根據國發會 2023 年統計，台灣在全球半導體產業中，IC 製造市占率達 65%，穩居全球第一；IC 設計市占率為 19%，排名全球第二；封裝測試市占率達 53%，同樣位居全球首位。由此可見，台灣半導體產業的核心競爭優勢仍集中於製造領域，長期扮演全球先進製程的關鍵樞紐。未來若能持續深化製程技術的領先地位、強化 IC 設計的自主創新能力，並於高階封裝與測試領域提升附加價值，將有助於台灣穩固「製造全球第一、IC 設計全球第二、封裝測試全球第一」的戰略地位，並在全球半導體供應鏈組與競爭格局中，持續扮演不可或缺的關鍵角色。

在製造領域，IC 製造業作為台灣半導體的成長主力，2025 年預計成長 23.1% 至約 1,316 億美元（4.2 兆元新台幣）。台積電在 3奈米以下製程的技術領先，建立於摩爾定律驅動下的長期研發投入與極高的技術與資源門檻。由於先進製程技術突破所需時間、資本與人才高度集中，台積電的領先優勢也進一步鞏固了台灣在全球半導體先進製程領域的關鍵地位。儘管全球供應鏈因地緣政治與疫情影響加速重組，台積電於美國亞利桑那州啟動的擴產計畫亦進一步延伸至三座先進製造廠與兩座封裝與研發中心，但整體海外產能仍遠低於台灣本土。TrendForce 預估，即便 2030 年台灣先進製程產能占比將自 71% 降至 58%，仍將持續掌握全球最高比重的高階製程能量，穩固其在全球供應鏈中的核心地位。

在 IC 設計方面，在 AI 加速器、ASIC 與低功耗通訊晶片需求的推升下，2025 年預計成長 13.5% 至約 452 億美元（1.4 兆元新台幣）。為強化產業競爭力，經濟部近年推動多項補助計畫，鼓勵 IC 設計業者投入具國際領先潛力的晶片與系統開發。惟台灣 IC 設計產業長期仍面臨全球 EDA 工具與核心 IP 技術受制於人的挑戰。雖具完整製造支援體系，惟在高階處理器、GPU、AI 模組等核心 IP 領域，以及 EDA 工具使用上，仍高度仰賴國際供應商，面臨授權成本高與技術外流風險。儘管近年來積極發展本土 EDA 系統，透過開源平台與 AI 輔助設計技術進行突破，但目前整體 IC 設計流程仍難以完全擺脫對國際工具的依賴。

在 IC 封裝與測試領域方面，2025 年預計成長 8.1% 至約 211 億美元（0.7 兆元新台幣），雖整體屬於成熟產業，但隨 AI 與 HPC 晶片日益仰賴異質整合與 3D 封裝，台灣已轉型為高階封裝技術的供應鏈重鎮。日月光、力成與矽品等主要業者積極佈局於 CoWoS、FOWLP 與先進測試載板等關鍵技術領域，不僅能滿足國際大廠對高密度、高效能封裝的需求，也同步拉升整體封測附加價值的比重。



SECTION 2

記憶體技術進入新時代

記憶體在半導體市場中扮演著關鍵角色，是數據存儲與處理的核心組件，廣泛應用於各類技術領域。記憶體技術隨著市場對更高密度、更大容量、更快速度與更高頻寬的需求，正沿著長期創新發展的軌跡前進。因數據密集型應用（如人工智慧（AI）、物聯網（IoT）、雲端運算及先進數據分析）需要大量記憶體資源來確保高效運行，帶動了記憶體技術的創新趨勢。在過去二十年間，記憶體晶片（Memory ICs）已成為主要半導體元件中增長最快的細分市場，年均複合成長率（CAGR）達 8.6%。另外，隨著數位經濟的快速擴展，和數據存儲與處理需求的持續增長，記憶體在半導體產業總收入中的佔比預計將從 2008 年的 18% 上升至 2024 年的 25%，顯示了記憶體在未來半導體產業發展中愈加重要的重要戰略地位。

“

「高效數據存儲與處理需求的提升，進一步突顯記憶體技術在未來半導體市場成長中的關鍵作用。」

Glenn Burm, PwC全球半導體領導人

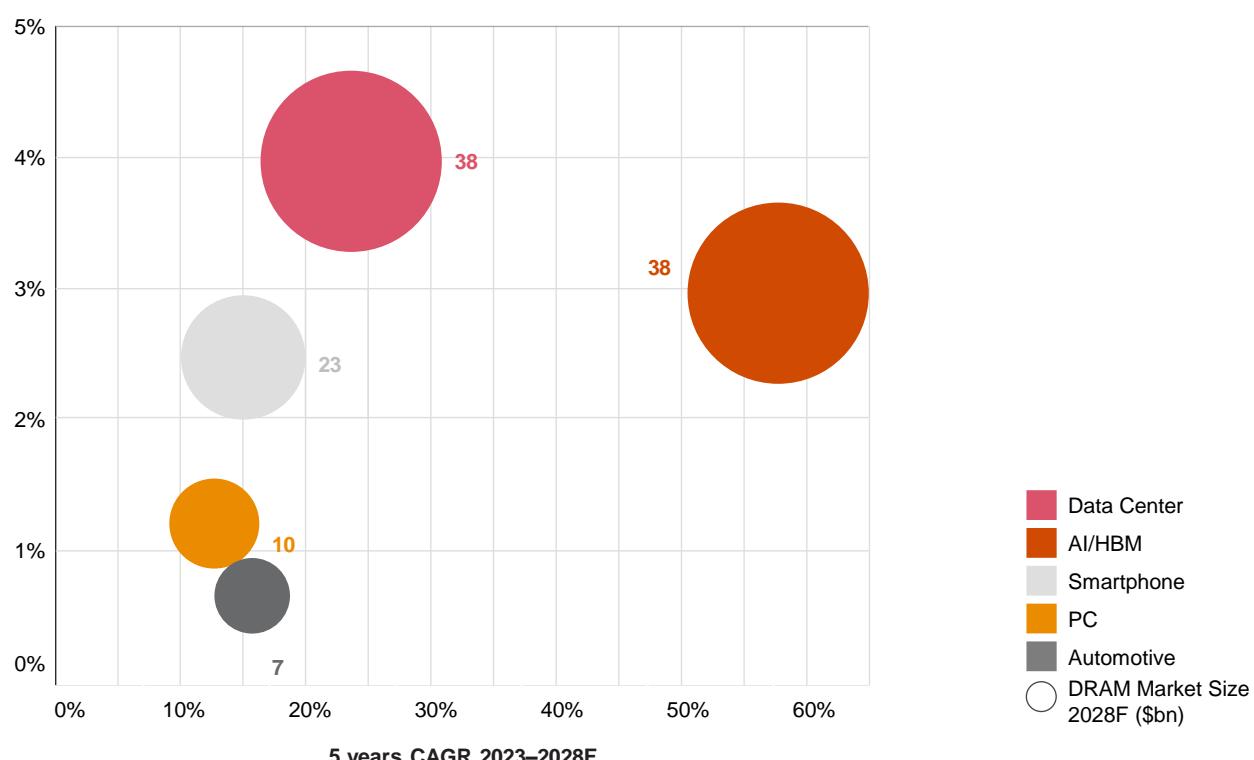
DRAM 的演進：帶動 AI 與數據驅動成長

動態隨機存取記憶體（DRAM）是一種常見於電腦及各類電子設備的記憶體，主要用於存儲正在被處理或使用的數據。長期以來，DRAM 一直是半導體產業的重要基石，預計在 2024 年將佔據全球半導體市場總收入的 14%。隨著技術的不斷進步與數據密集型應用的蓬勃發展，DRAM 已歷經大幅演進。從最初的個人電腦和資料中心應用，逐步擴展至人工智慧（AI）、機器學習和雲端運算等新興領域，這些領域對更高頻寬、更快速度與更大容量的需求持續攀升。

高頻寬記憶體（HBM）市場預計將在 2028 年與資料中心 DRAM 的市場價值相匹敵。根據預測，HBM 將在 2028 年佔全球記憶體半導體市場的 4.1%，並在 2023 至 2028 年間實現 57.5% 的年均複合成長率（CAGR）。相比之下，資料中心 DRAM 市場預計將略高於 HBM，達 4.2%，但增長速度較為平穩，CAGR 為 22.3%。另一方面，智慧型手機 DRAM 為相對成熟的市場，預計在 2028 年佔據 2.6% 的市場份額，CAGR 為 15.3%。此市場趨勢顯示，AI 驅動的記憶體應用正呈現爆發性增長，推動半導體產業邁向更高效能和更大規模的數據處理時代。（請見 Exhibit 4）

Exhibit 4

DRAM 市場按應用劃分的全球半導體市場佔比 (%) 及 2023–2028 年均複合成長率(CAGR, %)



資料來源：Omdia Q3 2023

HBM：加速記憶體創新進入新時代

隨著人工智慧（AI）與高效能運算（HPC）的快速發展，傳統 DRAM 記憶體解決方案已逐漸達到技術極限。而高頻寬記憶體（HBM）則成為關鍵技術突破，來達到這些需求。HBM 針對平行運算和 AI 工作負載進行了優化，具備超寬的 I/O 介面，且擁有超過 1,000 個輸入/輸出通道，讓資料傳輸速率遠超傳統 DRAM。NVIDIA 和 AMD 的圖形處理器（GPUs）就是倚賴 HBM 來高效處理大規模數據集與複雜計算的關鍵技術，為 AI 訓練與推理運算的核心關鍵。

隨著新一代平台的推出和效能的提升，HBM 的 DRAM 容量需求正以每年 50–100% 的速度增長。2022 年問世的 HBM3 技術，應用於 NVIDIA H100，配備 80GB DRAM；到了 2024 年，NVIDIA 推出了 B100，採用 HBM3E 技術，將 DRAM 容量提升至 192GB。而 NVIDIA 最新發表的 Rubin 平台將進一步突破，使用 HBM4 技術、DRAM 容量最高可達 764GB。由此可見，記憶體容量在四到五年間增加了六至十倍。

在 HBM3E 之前，記憶體製造商負責生產 HBM 的所有元件，包括基礎晶片（base die）。然而，隨著 HBM4 的推出，邏輯晶片與記憶體晶片逐漸融合，晶圓代工廠將開始製造基礎晶片。由於 HBM 需要根據不同客戶需求進行客製化設計，因此記憶體製造商與晶圓代工廠之間的合作將變得更加重要。例如，台積電（TSMC）已經與多家記憶體製造商合作超過兩年，共同開發 AI 應用所需的 HBM 解決方案。

與主流 DRAM 市場依賴標準化介面、注重生產成本與規模不同，HBM 因技術演進快速且效能要求高，行程高度封閉的生態系統，讓進入的門檻極高。也因 HBM 規格更新迅速且產品設計相對封閉，供應商與客戶能夠更靈活地適應技術發展。因此，產品品質與矽穿孔（TSV）製程的良率成為確保 HBM 效能與可靠性的關鍵因素。

根據市場預測，HBM 產業將在 2028 年前持續快速成長，位元成長 CAGR 達 64%，營收 CAGR 達 58%。預計到 2028 年，HBM 市場規模將達到 380 億美元，占整體伺服器 DRAM 市場約 50%，並占全球 1,360 億美元 DRAM 總市場的 27.6%。HBM 的蓬勃發展，將深刻影響未來 AI、HPC 及雲端計算領域的技術布局（詳見 Exhibit 4）。

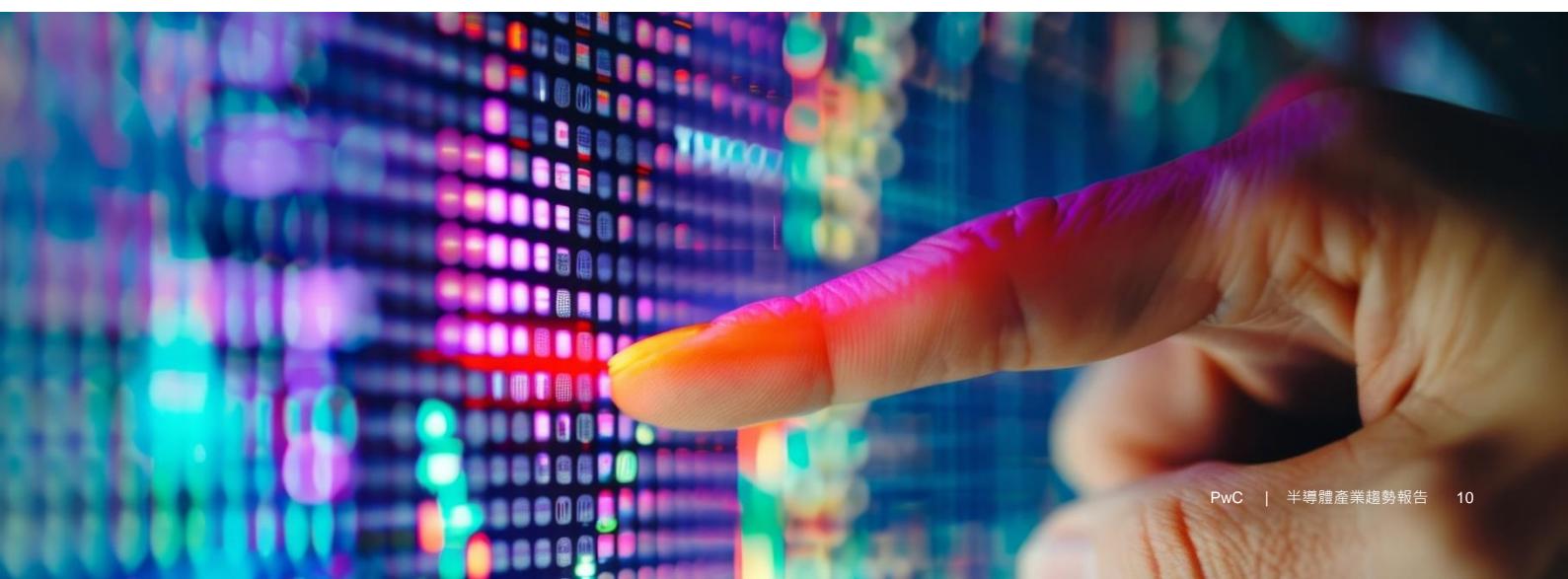
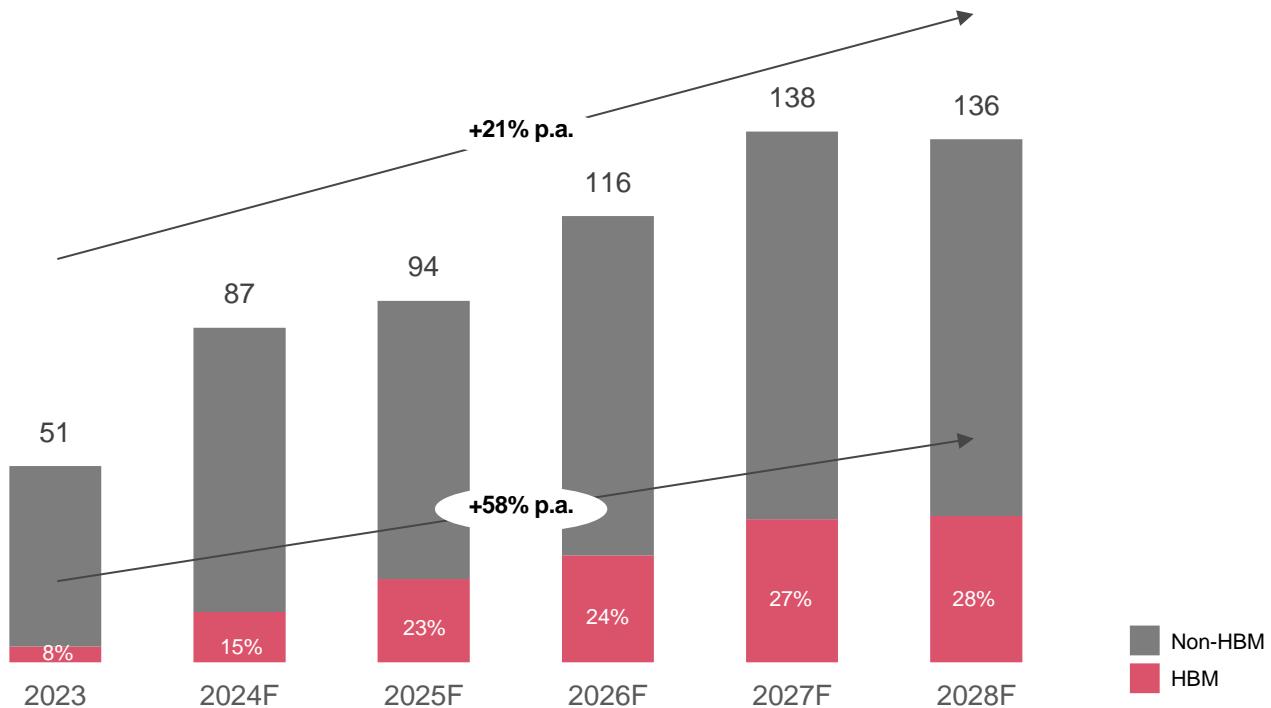


Exhibit 5

HBM位元需求 (Gigabit equivalent billion) 和2023-2028 HBM & DRAM market (in billion USD)



資料來源：Omdia Q3 2024

利潤攀升帶來 DRAM 投資新熱潮

隨著 DRAM 供應趨緊，價格和利潤率上升，記憶體晶片供應商正積極提升資本支出 (CAPEX)。2024 年初，DRAM 產業的營業利潤率 (OPM) 已突破 20%，並預計到年底可能攀升至 30% 至 40% 之間。2025 年，隨著盈利能力進一步提升，資本支出有望遠超 2022 年的 330 億美元，甚至創下歷史新高。然而，多數投資將集中於 HBM 的後端製造，造成 2025 年 DRAM 整體產能仍將與 2022 年水準相當。

同時，政府補貼政策也在重塑市場。自 2022 年起，美國、日本及南韓陸續推出補助措施和稅收優惠，預計其成效將從 2025 年開始顯現。舉例來說，三星位於平澤的 P4 晶圓廠預計於 2025 年投入量產，SK 海力士 (SK Hynix) 在龍仁的晶圓廠將於 2027 年投產，而美光 (Micron) 分別位於美國博伊西 (Boise)、日本廣島及紐約州的新設施則預計於 2026 年至 2029 年逐步開始運營。

突破 2D 技術的極限 - 向 3D DRAM 轉型

自 2017 年 10nm 級製程節點推出以來，DRAM 的成本改善速度已大幅減緩。2017 年前 DRAM 的成本每年可降低 20% 至 30%，但 2017 年至 2023 年每年僅降低 6%，且下降的速度預計將隨著製程技術進步又進一步趨緩。且 2D DRAM 技術在 10nm 以下的製程節點已接近物理極限，意味著未來的成本下降空間將極為有限。

因此，為了延續 DRAM 產業長期的成本下降趨勢，3D DRAM 技術將成為下一代解決方案，預計將自 10nm 以下的第二代技術開始提供顯著的成本優勢。目前業界已在開發 8 層及 16 層的 3D DRAM 產品，並預計在 2030 年左右開始量產高堆疊（high-stack）3D DRAM。這項技術的突破不僅將提升記憶體密度與效能，也將確保 DRAM 產業在未來數十年的持續發展性。

NAND 快閃記憶體復甦：從市場低谷邁向 AI 驅動的超級周期

NAND 快閃記憶體是一種非揮發性儲存技術，可以在無需電源的情況下保留數據，為固態硬碟（SSD）等設備的關鍵組件。NAND 有高密度、良好的擴展性與較的單位位元成本等優勢，是現代儲存解決方案的重要基石，廣泛應用於消費電子、資料中心等多個領域。

過去十年來，NAND 快閃記憶體的位元出貨量因智慧型手機、個人電腦（PC）與伺服器市場的強勁需求而大幅增長，從 2013 年的 371 億 1GB 等效單位躍升至 2023 年的 7,449 億。3G 向 5G LTE 的技術演進，和 PC 處理器速度的提升，也進一步推動了 NAND 的需求。而隨著 AI 應用的普及，高容量 SSD 的需求也快速上升，尤其是 AI 訓練與推理等需要大規模儲存的場景，更加凸顯了 NAND 的價值。預計到 2028 年，隨著位元出貨成長與高效能儲存需求增加，NAND 市場營收將達到 1,150 億美元。且隨著 AI 產業的發展與儲存技術的進步，NAND 快閃記憶體將進入新一輪增長周期，成為 AI 時代數據基礎設施的重要支柱。



隨著 AI 應用擴展，高容量 SSD 需求加速增長，特別是在 AI 訓練與推理等高負載場景中，[...]。

Tommy Lee, Strategy& Korea 合夥人

2023 年第三季，NAND 市場觸及低點後開始回升。為應對供應過剩與價格下滑，廠商選擇削減晶圓產出，導致 NAND 位元供應量 (bit supply) 減少。這項策略有效穩定了 NAND 的平均銷售價格 (ASP)，使市場供需逐步回到平衡狀態。2024 年，因資本支出 (CAPEX) 較前一年減少 13%，NAND 供應仍然緊縮、進一步限制了產能擴張。

然而，隨著市場預計在 2025 年進一步復甦，供應商已開始重啟閒置晶圓廠，來滿足 AI 設備帶動的需求增長，代表 2025 年起 NAND 有望進入超級增長周期，迎來穩健且持續的成長。

AI 智慧型手機因需要較為先進的儲存解決方案，將繼續推動 NAND 需求增長。而智慧型手機市場預計仍將是 NAND 最大應用領域，到 2028 年將占全球半導體市場的 5.4%，年均複合成長率 (CAGR) 達 30%。另外，受 AI 大規模工作負載與儲存基礎設施擴張影響，資料中心需求將快速增長，預計到 2028 年將占全球記憶半導體市場 3.5%，CAGR 達 33.4%。PC 市場則隨 AI 應用發展帶動更高階的儲存需求，預計占 2.1%。此外，雖然車用記憶體目前僅占 NAND 市場一小部分，但隨著車輛對高級記憶體解決方案的依賴增加，預計將以 23% 的 CAGR 增長，成為未來 NAND 市場的重要驅動力。

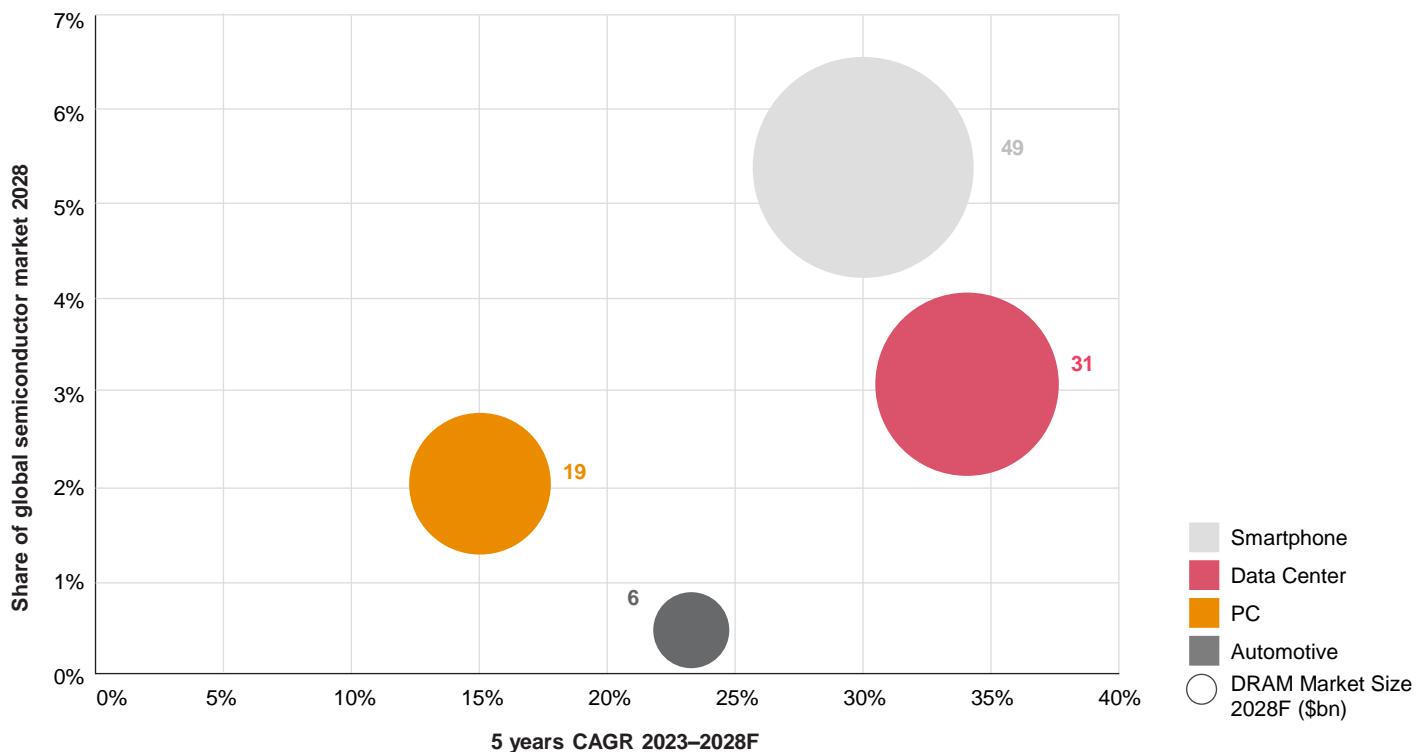
NAND 市場預計將有強勁的成長，達 CAGR

23%



Exhibit 6

NAND 市場應用佔全球半導體市場比例 (%) 及 2023–2028 年均複合成長率 (CAGR, %)



資料來源：Omdia Q3 2024

NAND 儲存擴展：邁向 QLC 與 1,000 層技術

NAND 快閃記憶體透過層疊方式來提升儲存容量，層數越多，單顆晶片的存儲密度越高，技術挑戰也隨之提升。2024 年，大多數 NAND 廠商將突破 200 層，且皆積極研發 1,000 層 NAND 技術，預計將在未來十年內重塑 NAND 產業格局。

另外，為了滿足 AI 工作負載等高容量存儲需求，NAND 廠商正從三位元單元 (TLC · Triple-Level Cell) 轉向四位元單元 (QLC · Quad-Level Cell) 技術，每個存儲單元可存儲四位元數據，達到更高的儲存密度與更低的成本。預計到 2029 年，QLC 將占據超過 50% 的 NAND 市場。在企業 SSD 領域，SK Hynix/Solidigm 領先推動 QLC 技術應用於資料中心，而 Micron 等主要供應商則採用電荷捕獲快閃記憶體 (CTF · Charge Trap Flash) 技術，以降低記憶單元間的干擾並提升客戶端 SSD 的擴展性。與 TLC 相比，QLC 在效能與耐久度方面仍存在權衡，但透過超額配置 (over-provisioning) 或針對特定工作負載的混合解決方案，業界正積極克服這些技術挑戰，推動 NAND 技術的進一步發展。

台灣DRAM的現況與挑戰：紅海競爭下的策略轉向

在全球半導體產業鏈中，台灣雖非記憶體晶片的主要技術主導者，無論在產值規模或技術深度上，皆與韓國、美國等國際領導廠商存在顯著落差。然而，台灣部分業者仍在記憶體市場中扮演利基型供應商的角色，特別是在成熟世代產品的延續應用與特定應用市場中持續深耕。以DRAM為例，全球市場由三星、SK海力士與美光三大業者所主導，三者合計市佔率超過九成，形成明顯的寡占格局。台灣則以南亞科技與華邦電子為代表，雖然全球市占相對有限，但透過聚焦利基型產品與製程延伸應用，持續穩固其在特定市場的定位。南亞科技自DDR3與DDR4起家，並計畫於2025年導入量產DDR5；華邦電子亦正由DDR3過渡至DDR4，預計於同年實現放量生產。

根據Trend force預測，2025年第一季傳統DRAM市場持續承壓，整體平均價格下跌約10.5%，反映出PC、Server與Mobile等主流應用中，DDR4與DDR5仍面臨去化壓力與價格競爭。而相較之下，HBM（高頻寬記憶體）則展現強勁抗跌性，價格呈持平至上漲趨勢，其中第二季更預估有高達3%至8%的漲幅，顯示AI、高效能運算（HPC）與資料中心需求已成為新一波記憶體成長動能的核心。這波價格分化實質反映出市場結構的轉變：傳統DRAM正進入價格平穩甚至緩跌的成熟期，而HBM則迅速走向價值鏈頂端，不僅獲利能力強勁，且滲透率正逐步提升。對國際大廠而言，已普遍將資源轉向HBM與DDR5等高階技術，並逐步退出DDR3與DDR4產線。目前台廠大多仍集中於傳統DRAM（尤其是DDR4、DDR3），缺乏在新一代記憶體技術（如DDR5、LPDDR5、HBM）上的核心競爭力。雖可承接部分國際廠退出後的中低階市場空缺，但中國標準型DRAM的快速擴產也持續擠壓價格空間。若持續深陷標準型產品的紅海競爭，恐將面臨利潤下滑與市場邊緣化的風險。台廠未來應朝向差異化策略發展，聚焦客製化導向與特定終端應用，以高品質服務及客戶深耕經營，提高營運彈性，進而穩固其在全球記憶體產業價值鏈中的利基地位。

Exhibit 7

2025 Q1 Q2 DRAM 價格浮動

應用類別	DRAM類型	2025 Q1 預測	2025 Q2 預測
PC DRAM	DDR4	▼ -15.5%	▼ -2.5%
	DDR5	▼ -12.5%	▼ 0%
Server DRAM	DDR4	▼ -12.5%	▼ -5.5%
	DDR5	▼ -5.5%	▼ 0%
Mobile DRAM	LPDDR4X	▼ -10.5%	▼ -2.5%
	LPDDR5X	▼ -5.5%	▲ 2.5%
Graphics DRAM	GDDR6	▼ -10.5%	▼ -5.5%
Consumer DRAM	DDR3	▼ -5.5%	▼ 0%
	DDR4	▼ -12.5%	▲ 2.5%
Total DRAM	傳統型 DRAM	▼ -10.5%	▼ -2.5%
	HBM 混合均價	▼ -2.5%	▲ 5.5%

-16% -10% 0% -6% -10% 2.5%

▼ 價格下降 ▲ 價格上升

資料來源：Trend force 2024

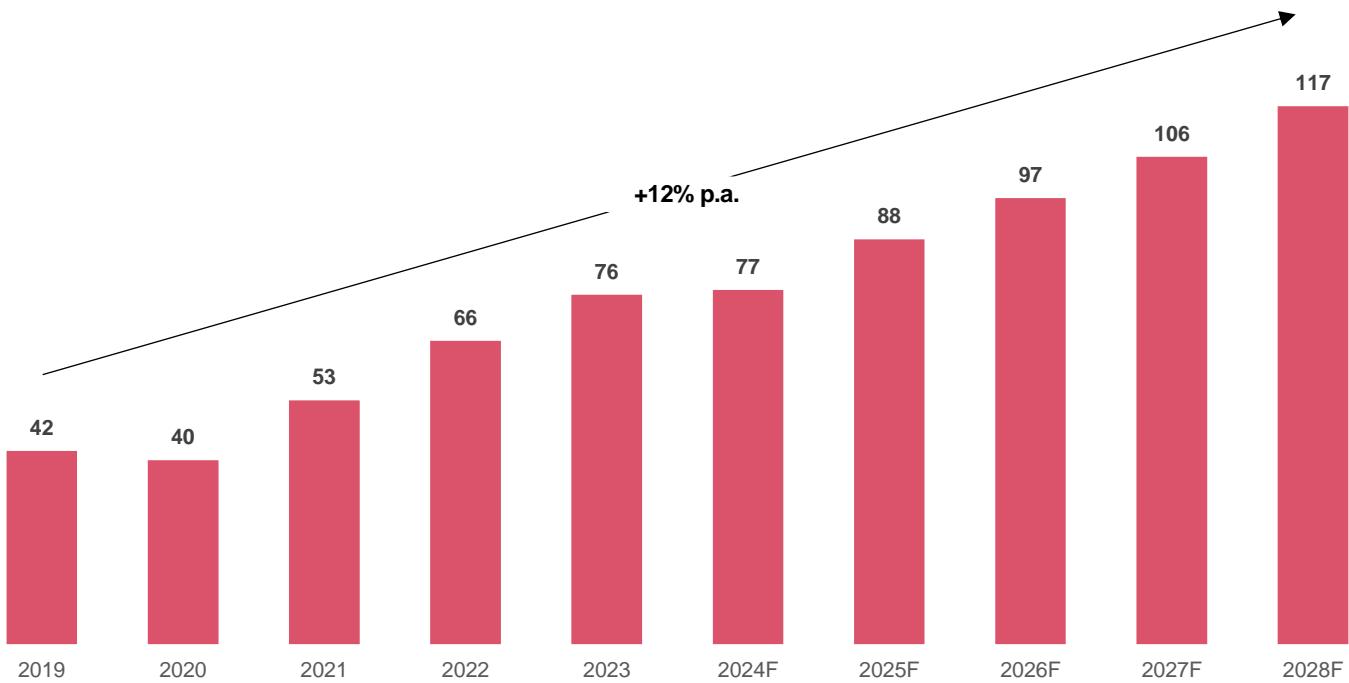
SECTION 3

車用半導體市場加速成長

隨著電動車 (EV) 普及及軟體定義車輛 (SDV) 趨勢興起，車用半導體市場正經歷重大轉型。2023 年，全球汽車產量自 COVID-19 大流行以來首次超越疫情前水準，顯示汽車市場已全面復甦並恢復正常成長軌道。未來五年，車用半導體市場預計將以 8.9% 的年均複合成長率 (CAGR) 持續擴張，至 2028 年市場規模將達 1,170 億美元 (詳見 Exhibit 8)。

Exhibit 8

車用半導體市場, 2019-2028 (in billion USD)



資料來源：Omdia Q3 2024

電動化推動成長：功率半導體驅動 EV 革命

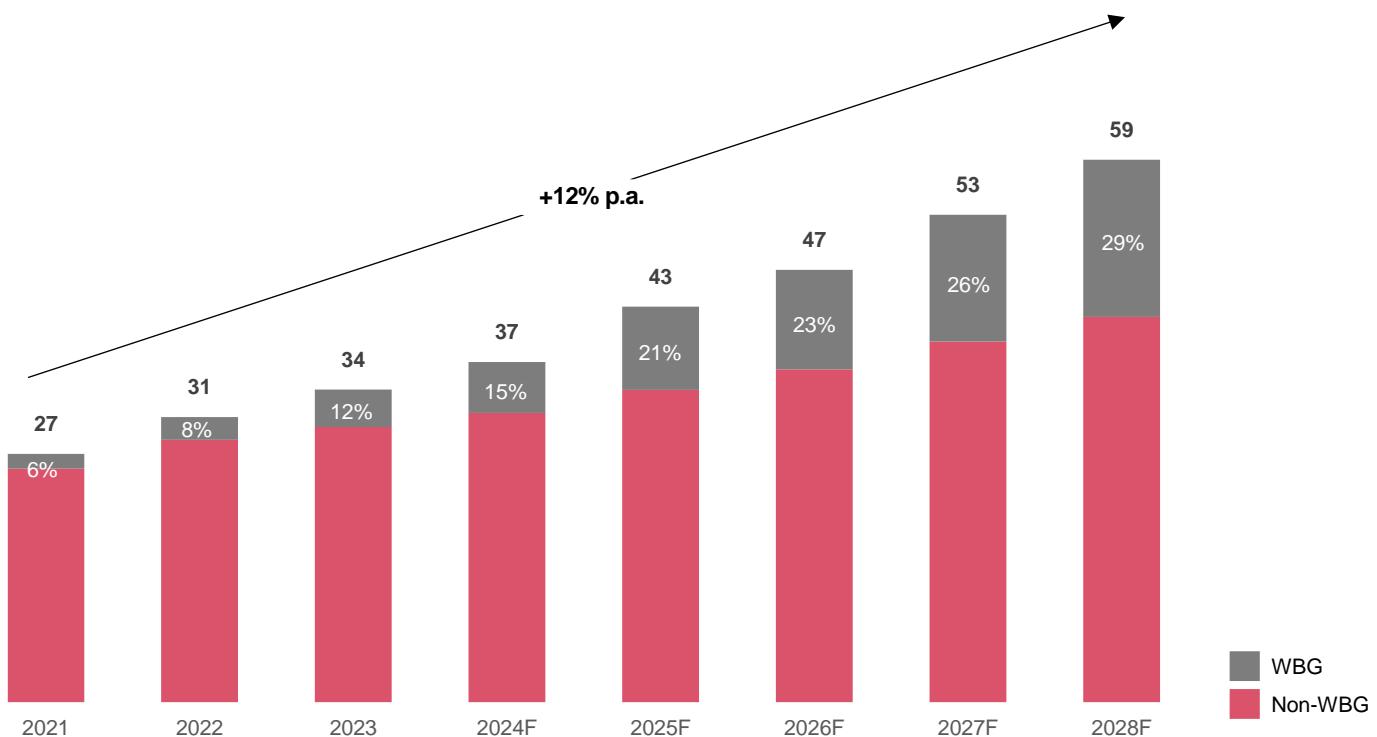
全球汽車產業正加速向電動化轉型，為功率半導體帶來前所未有的市場機遇，並在多項關鍵應用中發揮核心作用。特別是在電動車（EV）領域，功率半導體是主逆變器（Main Inverter）、DC-DC 轉換器、車載充電器（OBC）及電池管理系統（BMS）等關鍵元件的核心技術。根據市場研究機構 Omdia 的數據，每輛電動車所搭載的功率半導體價值約為傳統內燃機汽車（ICE）的六倍。因此，功率半導體在車用市場的銷售額於 2023 年達 210 億美元，年增長率高達 30.2%，且預計將持續保持雙位數成長。

電動車的普及與電池技術的進步，正進一步加速功率半導體的技術革新。其中，寬能隙（WBG）半導體技術，包括碳化矽（SiC）、氮化鎵（GaN）及新興材料氧化鎵（ Ga_2O_3 ），正重新定義車用電子技術標準。與傳統矽基（Si）相比，WBG 元件具備更高的能源效率與功率密度，並可在更高溫度環境下運行，成為逆變器、充電器及 DC-DC 轉換器等高效能應用的理想選擇。例如，SiC 和 GaN 可顯著提升開關速度並改善熱管理，進一步縮小元件體積、降低重量，從而提升電動車的續航能力與整體效能。

全球主要供應商，包括英飛凌（Infineon）、意法半導體（STMicroelectronics）、安森美（Onsemi）、羅姆（ROHM）及 Nexperia，均積極布局功率半導體市場，且佔比持續提升。根據 Omdia 的統計，WBG 技術在 2023 年於車用功率半導體市場的佔比已達 12%，並預計至 2028 年，年度營收將增至 168 億美元，市場佔比提升至 29%（詳見 Exhibit 9）。

Exhibit 9

車用半導體市場，2019-2028 (in billion USD)



資料來源：Omdia Q3 2023

矽與寬能隙半導體：競爭或共存？

在功率半導體市場，矽（Si）仍在低功率、成本敏感型應用中占據主導地位，特別是在小型城市電動車（EV）與混合動力車（HEV）領域。然而，寬能隙（WBG）半導體，尤其是碳化矽（SiC），因具備更高的功率密度與能效，可顯著提升車輛效能與續航能力，已成為高性能電動車（如長續航與高性能車款）主逆變器的核心技術。然而，SiC因能耗密集且晶體生長過程複雜，其高成本仍是一大挑戰。且SiC硬度高且脆性強，使加工難度加大，導致良率較低，進一步推高生產成本。

儘管SiC目前成本較高，但隨著主要業者積極擴產，價格預計在未來數年內將呈現下降趨勢。加上中國有超過50家供應商進入SiC市場，試圖挑戰現有的龍頭企業，價格將會進一步受到影響。隨著市場競爭日益激烈，加上SiC製造所需的高額資本投入，產業整併勢在必行，進而重塑市場競爭格局，推動產業向更成熟的發展階段邁進。

儘管新產能的湧入，引發了市場對於供應過剩與價格劇烈下跌的擔憂，但200mm SiC晶圓的技術開發仍面臨諸多挑戰。由於製程的高度複雜性以及設備供應的有限性，導致生產週期延長，進而影響產能擴張的進度。這些延遲雖在短期內降低了供應過剩的風險，但未來市場的發展趨勢仍將取決於電動車需求的成長，特別是歐美市場在未來幾年的需求變化。

相較於SiC，氮化鎗（GaN）具備與大型矽晶圓兼容的特性，可以充分利用現有的半導體製造基礎設施來降低生產成本。這讓GaN能夠有效縮小元件尺寸與重量，在高功率充電器與功率轉換器應用中特別有吸引力，成為車載充電系統（OBC）的理想選擇。隨著技術進步，GaN在高電壓應用中的潛力逐步提升，且逐漸向SiC所主導的應用領域拓展。當前業界正積極推動GaN在更高電壓等級的應用發展，提升其可靠性與耐用性。例如，英飛凌（Infineon）近期推出全球首款300mm GaN晶圓技術，在製造成本下降有重要突破，進一步增強GaN未來十年的競爭力。此外，GaN市場也正在經歷產業整併，例如英飛凌於2023年收購了GaN Systems，以及瑞薩（Renesas）於2024年下半年收購了Transphorm，都顯示了主要半導體企業正加速在GaN領域的佈局。

隨著電動車產業的持續發展，功率半導體技術將根據不同車型的應用需求實現共存。隨著技術演進與市場需求變化，矽、SiC與GaN三者將在功率電子領域實現競爭與共存，驅動電動車產業向更高效、更先進的方向邁進。



功率半導體市場的變革

功率半導體的價值鏈涵蓋多個階段，每一環節均對最終產品的效能與成本結構有很大的影響。首先是基板製造與晶體生長，用矽（Si）或碳化矽（SiC）等原材料經過加工，轉化為高品質晶圓，打造半導體元件的基礎。在晶圓製程階段，在晶圓表面建構半導體結構，賦予其所需的電氣特性。再來，晶圓將被切割為獨立晶粒（dies），可作為分離式元件使用，或進一步組裝為功率模組（Power Module），以支援高功率應用。在價值鏈的最終階段，半導體元件經過封裝（Packaging），透過保護性結構提升散熱能力、機械強度與整體效能。對於功率模組而言，封裝尤為關鍵，因需整合多顆晶粒，以實現更高的功率負載與可靠性。

在電動車功率電子領域，製造商會根據不同的功率與效率需求，採用分離式元件或是功率模組兩種解決方案來設計主逆變器。其中，SiC 基功率模組與分離式元件的基板製造與晶體生長階段對其整體價值貢獻極為重要，佔功率封裝總附加價值的 35%–45%（詳見 Exhibit 10），反映出了高品質 SiC 基板生產的技術難度。由於 SiC 具備高能效與高功率密度特性，能夠顯著提升高電壓汽車應用的效能與續航能力，因此該材料已成為長續航與高性能電動車的關鍵技術。然而，隨著 SiC 製造技術的進步與產能擴張，基板製造與晶體生長階段的價值貢獻預計將逐步下降。製程優化與規模經濟的發展將進一步降低成本，使 SiC 方案更具市場競爭力，推動其在電動車領域的廣泛應用。

在功率模組解決方案中，封裝階段（涵蓋模組設計與組裝）佔據總附加價值的 35%–40%（詳見 Exhibit 10），對於模組是否能夠承受高熱負載與機械應力，與對其可靠性與效能表現至關重要。隨著封裝技術的重要性不斷提升，半導體製造商正積極擴大自身的封裝能力，以強化對價值鏈的掌控。這種垂直整合（Vertical Integration）策略不僅有助於提升產品差異化與優化效能，還能強化市場競爭力。隨著各大業者沿著價值鏈推動此策略，功率半導體市場的競爭格局將持續演變。

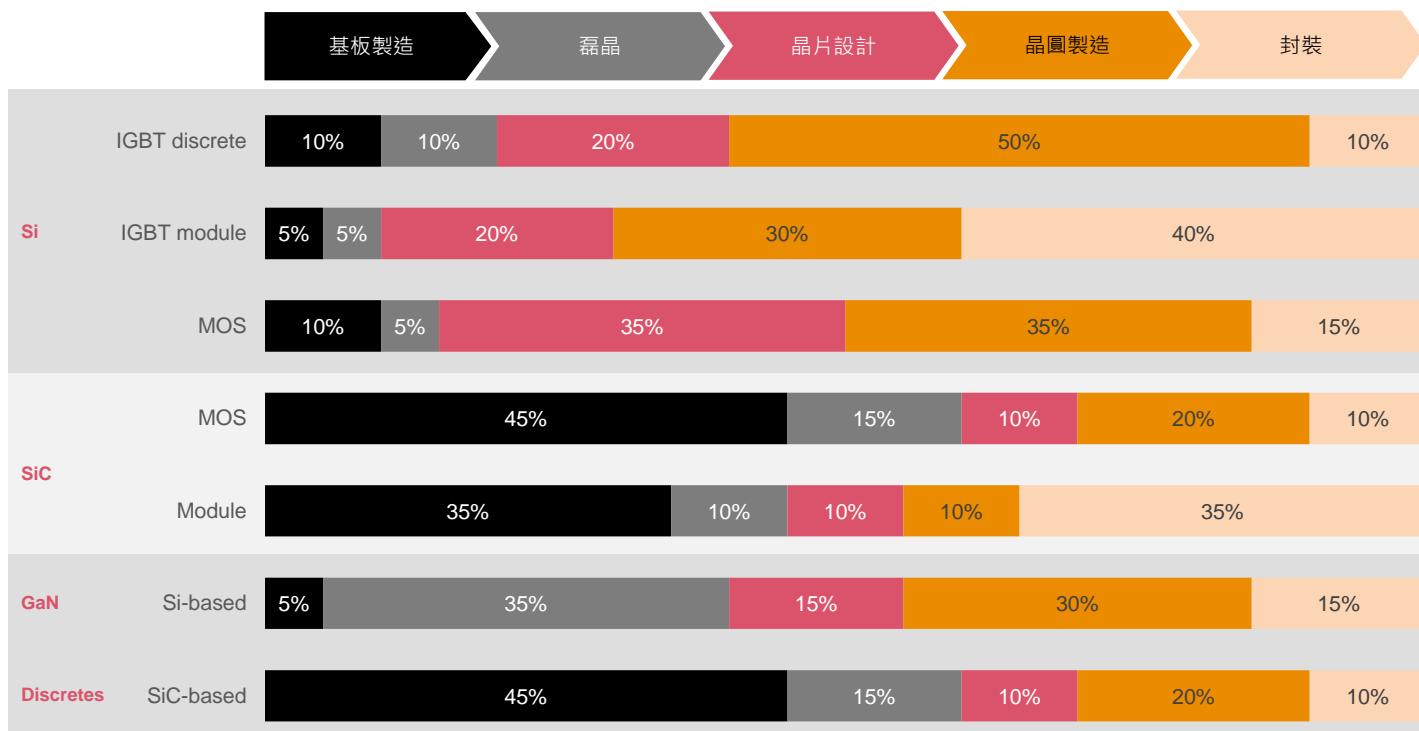


軟體定義車輛（SDV）趨勢反映了車輛功能正越來越多地透過可持續更新與優化的軟體來實現。由於硬體與軟體的解耦，這一發展使車輛具備更高的客製化能力、更靈活的用戶體驗，並加速創新週期，推動車用技術的不斷進步。

Tanjeff Schadt, Strategy& Germany 合夥人

Exhibit 10

不同功率半導體類型在價值鏈各階段的價值貢獻



資料來源：PwC analysis based on research from the beginning of 2023

從硬體到軟體：軟體定義車輛（SDV）推動半導體需求增長

軟體定義車輛（Software-Defined Vehicles, SDV）的興起，讓車輛功能開始可以由軟體實現，並且可持續更新與優化的趨勢。隨著硬體與軟體逐漸解耦，車輛設計有更高的客製化彈性，並實現更快的創新週期。現代電動/電子（E/E）架構高度依賴半導體技術作為SDV的基礎。隨著產業逐步向區域（Zone）與中央計算（Central Compute）架構轉型，對高效能處理器的需求將顯著提升，同時減少了對傳統運算與電源管理設備的依賴，使車載電子系統更加精簡、有效率。

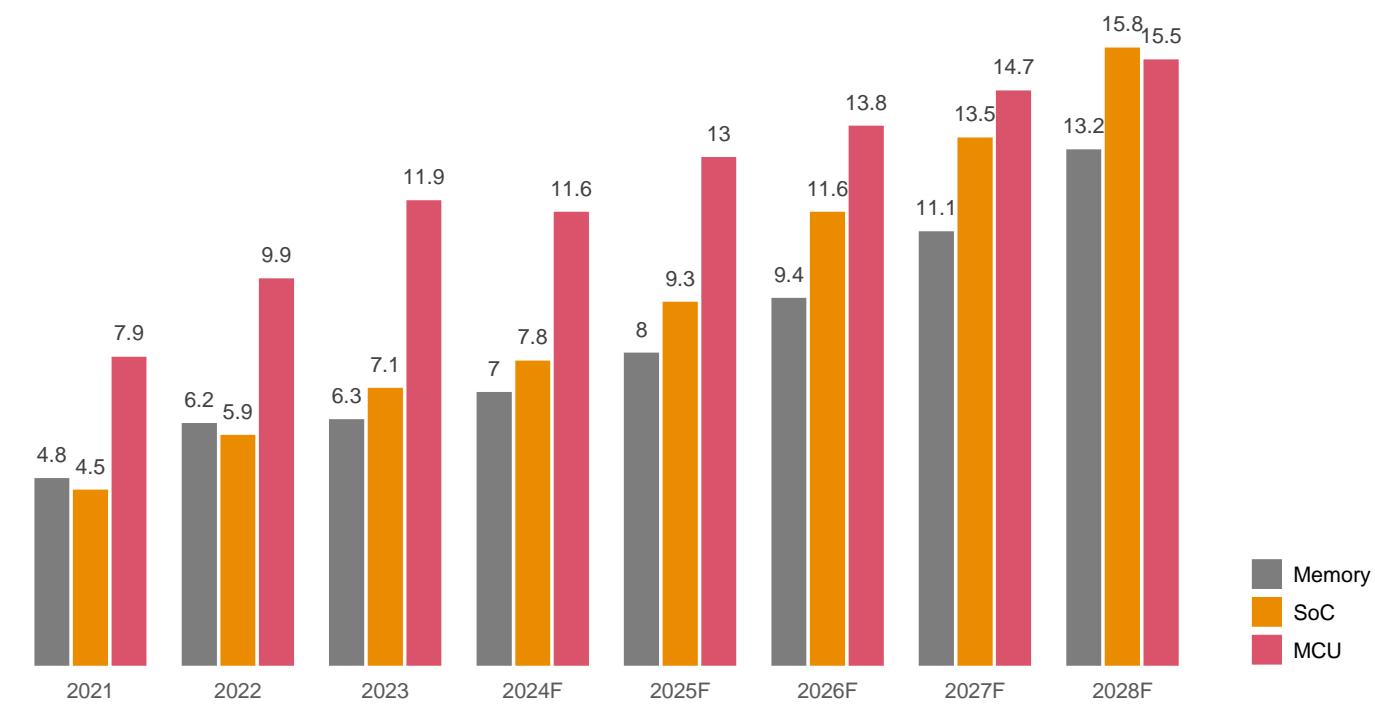
在 SDV 的核心架構中，先進處理器（SoCs, 系統單晶片）扮演關鍵角色。這些 SoC 整合了中央處理器（CPU）、記憶體（Memory）及周邊模組（Peripherals），形成單一晶片架構，來支援 SDV 所需的高複雜度軟體運行，包括即時數據處理、先進駕駛輔助系統（ADAS）控制、安全模組及資訊娛樂系統。此外，圖形處理單元（GPU）與神經處理單元（NPU）的需求日益增加，顯現了其在自動駕駛與 AI 應用中的機器學習演算法中扮演核心運算角色。預計至 2028 年，車用 SoC 市場規模將達 160 億美元，並在此期間維持 17% 的年均複合成長率（CAGR）（詳見 Exhibit 11）。

儘管 SoC 在車輛的中央運算中扮演關鍵角色，微控制器（MCU）仍然是處理特定控制任務與周邊介面的核心元件。MCU 專精於即時運算（Real-time Operations），廣泛應用於精確時序控制、高效能電源管理及高可靠性運算的關鍵系統，如引擎控制、嵌入式感測器與電池管理系統（BMS）。現代 MCU 亦支援先進的車聯網（V2X）與通訊技術，涵蓋 Ethernet、Wi-Fi、Bluetooth 及 V2X 通訊協議，讓車輛能即時與外部網絡交換數據，進一步提升車載系統的智慧化與聯網能力。

隨著 SDV 產生大量數據，記憶體解決方案在高效存取與處理數據的需求下變得至關重要。車用記憶體需具備高速存取、高容量及高效能，以支持複雜的車輛軟體系統，確保感測器數據儲存、軟體應用運行以及即時決策的流暢度與準確性。在市場層面，記憶體晶片在 2023 年占整體車用半導體市場的 8%，預計至 2028 年將提升至 11%，市場營收將達 130 億美元（詳見 Exhibit 11）。

Exhibit 11

車用 SoC、MCU 與記憶體市場預測，按組件類別（in billion USD）



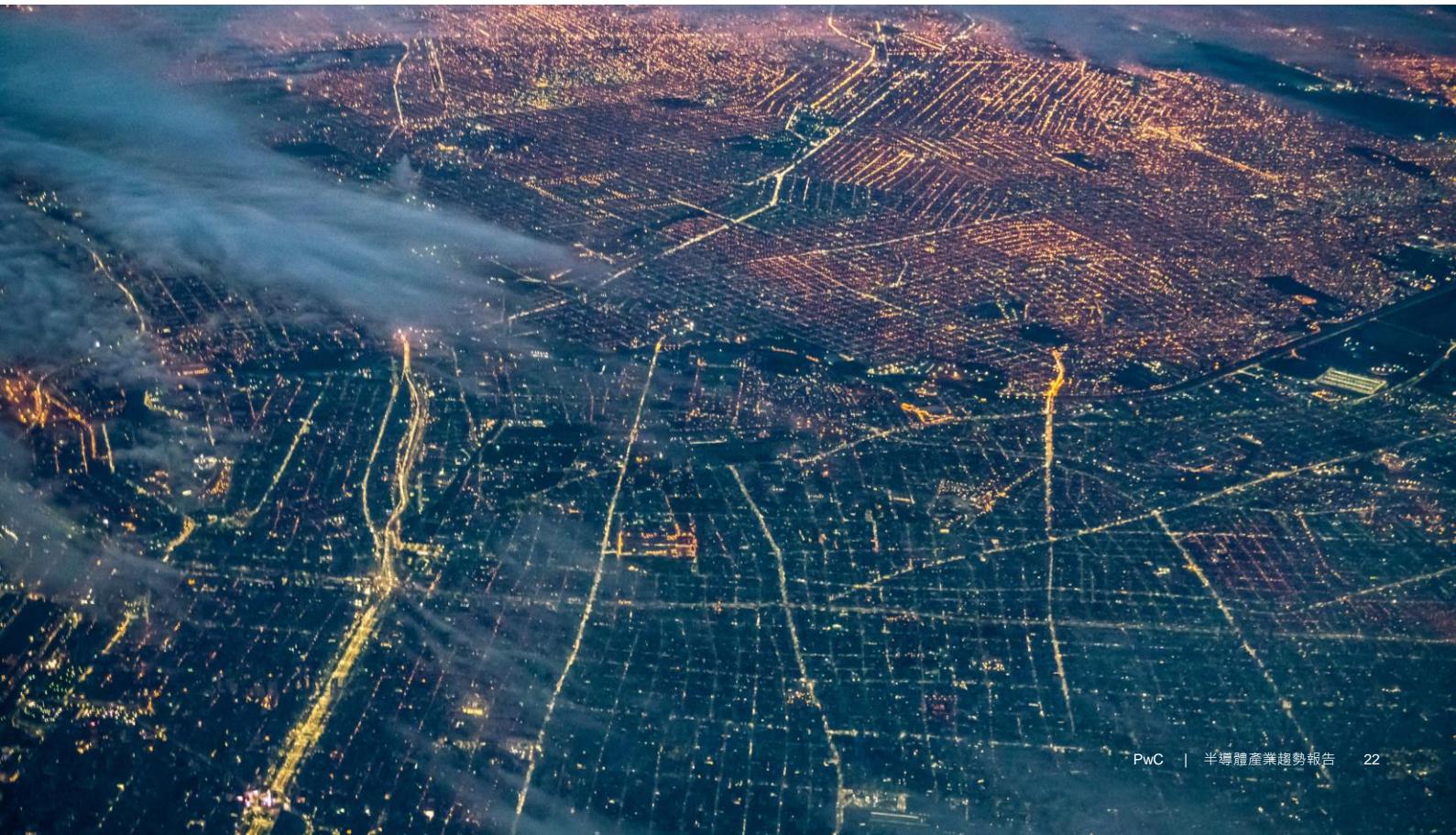
資料來源：PwC analysis based on research from the beginning of 2023

台灣半導體在車用市場的戰略布局

在全球電動車（EV）與軟體定義車輛（SDV）快速崛起的趨勢下，台灣半導體產業鏈不僅掌握產能優勢，更透過材料創新與策略合作，積極回應市場轉型需求，成為全球供應鏈關鍵一環。台灣大型電子製造商也開始跨足車用半導體市場。鴻海科技集團與全球領導車廠Stellantis合資成立SiliconAuto，預計自2026年起，提供車用半導體的設計與銷售服務，尤其以電動車所需的大量電腦控制功能及相關模組產品為主。另外，經濟部與全球車用半導體領導廠商英飛凌在2024也宣布在台成立「先進汽車暨無線通訊半導體研發中心」，計畫總經費12億元，投入車用無線晶片研發，引進新一代車用藍牙晶片技術並升級既有無線通訊實驗室，加速台灣業者進入國際車用市場，進一步提升台灣在全球半導體與車用晶片領域的影響力。

EV需求同時帶動了SiC與GaN功率元件的需求，台灣矽晶圓廠商亦迅速調整布局以呼應此趨勢。環球晶圓積極透過併購方式擴展國際市場，持續投入SiC、GaN等高階材料領域。此外，合晶半導體正積極擴展功率半導體領域，於彰化二林興建12吋晶圓廠，並透過上海子公司於中國拓場，預計大幅提升供應能力。合晶科技也同時向寬能隙材料發展，與瑞典SweGaN合作開發GaN磊晶及SiC基板技術，瞄準電動車、AI資料中心與6G應用。

在車用記憶體晶片布局方面，南亞科技以高良率特殊型DRAM切入車用市場，華邦電則以車用安全記憶體產品服務軟體定義車輛（SDV）特殊需求，成功佔領市場利基。在車用AI晶片領域，聯發科推出的Dimensity Auto平台即與NVIDIA展開深入合作，將NVIDIA的GPU與AI處理技術以Chiplet形式整合進聯發科新一代車用晶片之中，提供完整且高效能的軟體定義座艙和ADAS解決方案。此外，瑞昱憑藉其既有的車用乙太網晶片成功切入市場，未來計畫擴展至更廣泛的車載應用，包括音訊處理、感測器整合等周邊晶片，持續鞏固在車用市場的影響力。透過這些策略聯盟與技術創新，台灣企業持續提升其在智慧車輛AI晶片供應鏈中的重要性與競爭力。



SECTION 4

應對供應鏈脫鉤：提升半導體產業韌性策略

隨著全球情勢變化，半導體產業已成為地緣政治緊張局勢的核心領域。出口管制與本地化生產的要求正在挑戰傳統的全球供應鏈。科技公司需要打造更強的供應鏈韌性，在動盪環境中，確保穩定供應、降低風險並維持競爭力，已成為不可或缺的成功關鍵。

美中技術與經濟脫鉤的影響

近年來，美中兩國在技術與經濟領域逐步走向事實上的脫鉤，大幅影響高度依賴全球供應鏈的半導體產業。目前，美國與中國正在分別構建以自身為中心的技術生態系統，專注於數位科技與連接技術的發展。此外，中國科技公司正在全球南方（Global South）市場積極推動的大型數位基礎設施建設，擴大其影響力。

中國政府已要求本土汽車製造商在明天將國產晶片使用率提升至

25%

美國近期推出多項半導體相關法規，包括《出口管制改革法案》（2018）、《外國公司問責法案》（2021）、《安全設備法案》（2021）及《晶片法案》（2022）。目前，美國正在研議《國防授權法案》（NDAA）第5949條，該法案將禁止美國政府機構採購含特定中國半導體的電子設備。若通過，將於2027年12月23日生效。過去類似的政府限制措施通常會在數年內擴展至更廣泛的民用市場，意味著未來可能半導體限制會影響更多產業。

與此同時，中國也在加強自身半導體法規與政策，包括「中國製造2025」（2015）、IT應用創新計劃（ITAI, 2016）、《出口管制法》（2020）、《數據安全法》（2021）、《反外國制裁法》（2021）及《外國主權豁免法》（2023）。此外，中國政府已要求本土汽車製造商在2024年將國產晶片使用率提升至25%，並加速發展半導體產業，以降低對海外技術和供應鏈的依賴。

考慮到部分地區在全球半導體製造中的關鍵角色，日益加劇的地緣政治緊張局勢，為主要供應鏈路徑與合作夥伴帶來巨大的風險。若局勢進一步升級，經濟與貿易壓力可能擴大，影響企業營運與供應鏈穩定性。雖然影響範圍取決於這些發展的速度與強度，但整體而言，這將對全球半導體產業的生產與分銷穩定性產生重大影響。

提升地緣政治韌性的策略

強化地緣政治韌性，已成為科技公司在全球半導體產業維持競爭力的關鍵要素。透過風險識別並採取有效策略，企業可在確保供應鏈穩定的同時，維持創新與市場競爭力。隨著全球格局持續變化，及早應對挑戰將成為企業長期成功的關鍵。

多來源策略

領先企業正在採取多晶圓廠 (multi-fab) 與多來源 (multi-sourcing) 策略，以降低供應鏈鍛鍊風險。透過分散製造基地與供應商，企業可有效減少地緣政治事件對業務運營的影響。

風險導向策略

風險導向策略 (risk-based approach) 可幫助企業識別、評估並降低半導體供應鏈各階段的風險。透過納入地緣政治風險評估標準，企業可在半導體、模組、子元件及產品層面主動應對潛在挑戰。

產品本地化模式

隨著法規變化，各國政府可能要求企業採用本地化或混合解決方案，以符合市場需求。為應對這些挑戰，科技公司可採取策略來提升合規性並增強技術堆疊 (technology stack) 的韌性。企業可採取主動式策略，開發區域化產品，或針對特定市場需求採用可替換的半導體組件 (drop-in replacements)，以符合當地法規。企業也可以採取被動式策略，維持全球統一產品架構，僅在必要時進行靈活調整。

人才戰略

成功的本地化布局需要大量人才資源。而企業在強化區域產能的同時，對技術專業人才的需求將大幅增加。因此，建立強健的人才供給至關重要。根據 2023 年 Strategy& 的研究《縮小人才缺口》 (Bridging the Talent Gap)，歐洲半導體產業到 2030 年仍需補足 35 萬名專業人才，才能實現歐盟 (EU) 設定的全球市場 20% 的佔有率目標。

SECTION 5

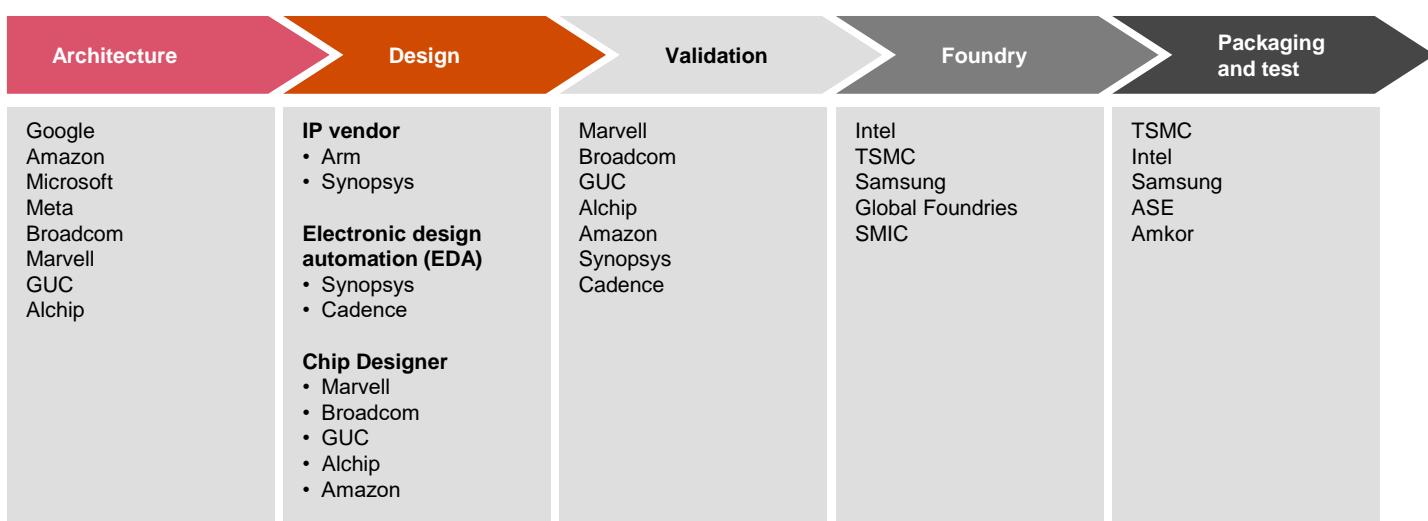
專用晶片市場的復興與未來發展

隨著市場對高效能、能源效率與安全性的需求不斷提升，專用晶片（Application-Specific Integrated Circuits, ASICs）市場正迎來新一波的發展，擴展了整個產業價值鏈，包含設計服務、晶圓代工、及電子設計自動化（EDA）工具等領域。GUC（創意電子）、Alchip（世芯電子）及 ADTechnology 等公司提供高度客製化的晶片設計服務，來滿足不同應用場景的需求。同時，Open Compute Project（OCP）推動的Chiplet Marketplace 加速了標準化晶片元件的開放與共享，更有效的使用預設計的處理器元件在製造層面，Fraunhofer IIS 等機構提供數萬片規模的小量晶圓代工服務，不同於傳統大規模生產模式的數百萬片，讓非大規模企業（non-hyperscale enterprises）也能利用專用晶片技術進行創新。此外，隨著IP授權的普及、設計工具的進步以及晶片設計成本的下降，專用晶片市場仍將在各產業持續成長（詳見 Exhibit 12）。

專用晶片的大規模發展雖具潛力，但仍面臨諸多挑戰，特別是在先進製程領域，設計成本高昂成為一大門檻。根據電子產業顧問公司 IBS 的研究，設計一款 10nm 製程的晶片成本已超過 1.7 億美元，而 5nm 製程的晶片設計成本更是高達 5 億美元。這讓高需求和資本的資料中心產業正迅速成為專用 IC 發展的重要推動力。目前，全球四大資料中心運算企業 Amazon、Meta、Microsoft 和 Google 占資料中心 IT 資本支出的 30–40%，其大規模業務與對高效能運算的需求，使得專用 IC 成為這些企業的戰略發展重點，進一步加速該領域的技術創新與市場成長。

Exhibit 12

專用IC開發價值鏈（部分代表企業）



資料來源：公開資訊

視訊處理專用 IC

視訊串流的爆炸性增長使其成為專用 IC 開發的首要目標。Google 估計，全球約 60% 的網路流量來自視訊串流服務。過去五年，Google 開發了專用視訊編碼 IC (VCUs)，大幅提升 YouTube 的運算效率與基礎設施效能。Google 報告指出，透過 VP9 視訊編碼格式，一台搭載 20 顆 VCU 的伺服器，即可取代數個機架的 Skylake 架構伺服器。儘管初期設計與生產專用 IC 需要大量投資，但 VCU 專案在三年內成功將 YouTube 的運算成本降低 20 至 33 倍。

除了 Google、Meta 和騰訊也開發了自有視訊處理晶片，並報告顯著的效能提升。此外，其他視訊串流公司如 NETINT 也積極採用 ASIC 技術，以最大化每台伺服器的效能、功耗效率與成本效益（詳見 Exhibit 13）。

網路與安全應用專用 IC

網路與安全應用的運算負載極高，成為專用 IC 開發的另一重要領域。根據 Amazon 於 Omdia 的訪談內容，其 20% 的基礎設施資源用於網路與安全運算。為應對這一需求，Amazon 開發了一款整合乙太網控制器的專用 IC (DPU)，即 Nitro Card，專門負責虛擬化數據處理（如封包封裝與路由）、加密與其他網路功能。透過每代 Nitro Card 的升級，Amazon 持續擴展其功能，包括儲存控制、安全監測、系統管理與數據分析。透過將這些網路與安全運算工作負載轉移至專用 IC，Amazon 釋放了 CPU 核心資源，並將其作為基礎設施即服務 (IaaS) 提供給企業使用。此專案的成功促使 Amazon 進一步開發基於硬體的信任根 (Root of Trust) 安全晶片及 Nitro Hypervisor，進一步提升雲端安全與運算效能。

AI 運算專用 IC

AI 是最具計算強度與商業價值的應用之一，促使所有主要雲端服務提供商積極推動專用 AI 晶片的研發，以提升運算效能並降低運行成本。Google 是首家開發 AI 專用 IC 的雲端服務商，於 2016 年推出 張量處理單元 (TPU)，專門用於 AI 推理 (Inference) 工作負載。預計到 2024 年，Google 將部署超過 100 萬顆 TPU，以支撐 AI 運算需求。

中國 AI 晶片發展：在晶片競賽中突圍

由於美國對中國 GPU 出口的持續制裁，中國科技公司正加速開發 AI 專用 IC，以維持市場競爭力。2023 年，騰訊擴大其專用 ASIC Zixiao v1 的部署，作為 NVIDIA A10 GPU 的替代方案，用於 AI 推理應用。此外，騰訊還開發了 Zixiao v2Pro，專門用於 AI 訓練，據稱其效能可與 NVIDIA L40 GPU 相當，此舉顯然是對美國技術封鎖的直接回應。

華為同樣在 AI 領域投入大量資源，自 2019 年推出 昇騰 910 (Ascend 910) 後，便積極推動自研 AI 晶片發展。然而，美國制裁導致供應鏈受阻，促使華為與中芯國際 (SMIC) 合作，開發新的變體。2023 年 8 月，華為與科大訊飛共同發布 StarDesk AI Workstation，搭載 昇騰 910B (Ascend 910B)，據報導該晶片由 SMIC 的 N+2 7nm 製程生產。迄今為止，華為已部署超過 10 萬顆昇騰 910B，且其應用場景涵蓋數百至 20,000 顆晶片的運算集群。在全球 AI 晶片競賽加劇的背景下，中國企業正加速推動自研 AI 晶片的發展與量產，試圖在技術封鎖的環境下保持競爭力，並建立更具自主性的半導體生態系統。

Exhibit 13

專用 IC 主要企業與應用場景

	Company	Chip type	Chip name	Task
Video processing	Google	Video processing unit	Argos	Video processing and encoding
	Meta	Video processing unit	Meta scalable video processor	Video processing and encoding
	Tencent	Video processing unit	Canghai	Video processing and encoding
	Netint	Video processing unit	G4/5; T400	Video processing and encoding
Network/security	aws	Data processing unit	Nitro	Data plane processing Encryption and other network functions
	Cisco	Networking	UADP and Silicon One	Networking, switching and security
AI processing	Google	AI accelerator	TPU v4/5	AI processing (training and inference)
	Aws	AI accelerator	Tranium; Inferentia	AI processing
	Microsoft	AI accelerator	Maia	AI processing
	Meta	AI accelerator	MTIA	AI processing
	Tencent	AI accelerator	Zixiao V1/V2	Image and speech recognition
	Huawei	AI accelerator	Ascend 910B	AI workloads
	Baidu	AI accelerator	Kunlun	AI computing
	Alibaba	AI accelerator	Hanguang 800	AI inference

資料來源：公開資訊

下一波專用 IC 發展：安全、網路服務、資料庫與數據分析

隨著企業對運算效能與處理效率的要求不斷提升，專用 IC 的下一波發展預計將聚焦於安全（Security）、網路服務（Web Services）、資料庫（Databases）與數據分析（Analytics）等高效能應用領域。隨著這些應用規模的擴大，專用 IC 將成為提升計算效率與最大化效能的關鍵技術。例如，針對資料庫處理設計的專用晶片能夠顯著縮短查詢響應時間，提升單一伺服器可處理的使用者數量。目前，Microsoft 等企業已開始進行早期測試，並透過可程式化邏輯閘陣列（FPGA）來探索專用 IC 在資料庫運算中的應用潛力。同時，隨著全球經濟加速數位化，對網路安全與數據保護的需求日益提升，進一步推動專用安全 IC 的發展。目前，主權雲（Sovereign Cloud）已確立一系列高標準安全需求，這些要求將直接影響未來安全專用 IC 的設計方向，確保數據在特定法律管轄範圍內的安全與合規性。在這一趨勢下，專用 IC 的應用將不再僅限於 AI 或視訊處理，而是逐步擴展至更廣泛的計算領域，推動企業 IT 基礎架構的進一步優化與升級。

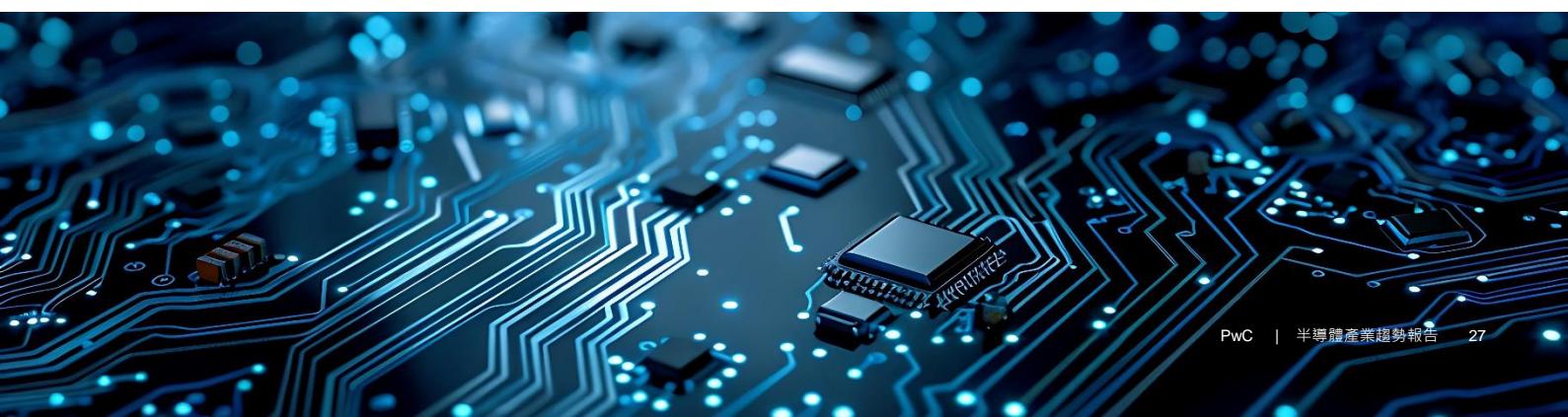
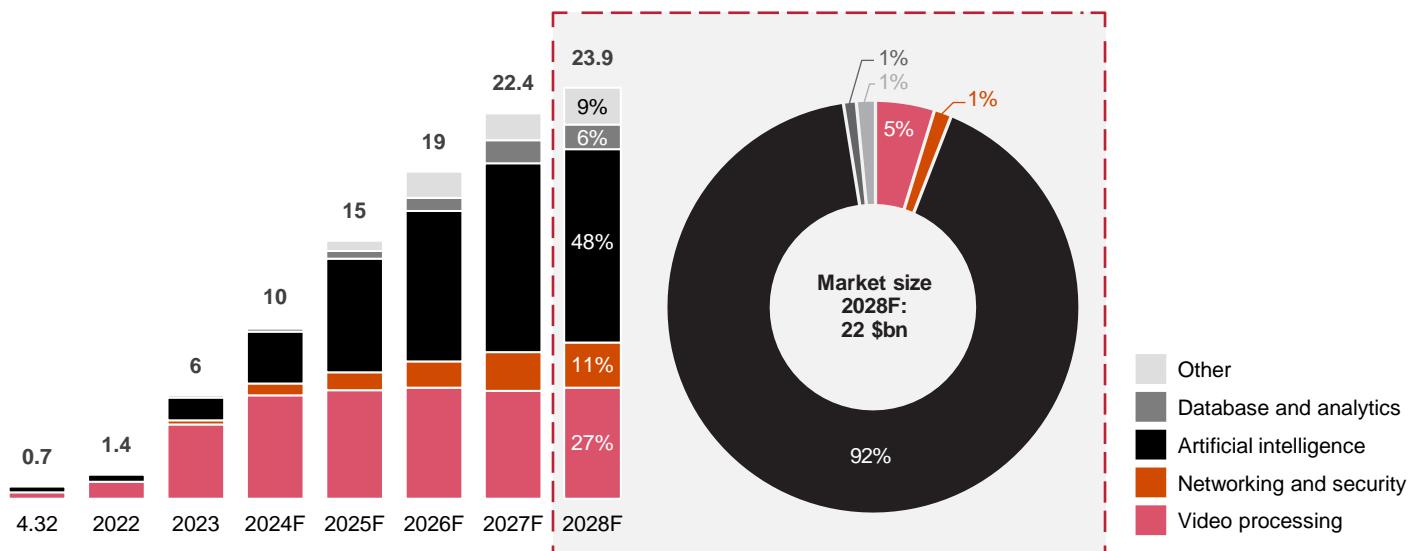


Exhibit 14

資料中心專用IC產業 2021-2028 (million units) 和市場規模 in 2028 (in billion USD)



資料來源：公開資訊

對於計算市場的影響

根據 Omdia 的預測，專用 IC 的發展將在 2028 年前創造每年近 2,500 萬顆的市場需求。隨著企業對高效能運算的需求增加，伺服器架構將進一步適應專用晶片的特性，平均每台伺服器將配備超過 10 顆專用 IC。因此，基於專用處理器的伺服器部署量預計將在 2028 年突破 200 萬台。短期內，視訊處理晶片仍將是 2023–2024 年間部署量最大的專用 IC，而 AI 相關投資雖然增長迅速，但其市場影響仍需時間顯現。相較於 AI 晶片，視訊處理晶片的成本較低，因為 AI 晶片通常需要高成本的 高頻寬記憶體 (HBM) 以及大量計算核心（詳見 Exhibit 14）。

從市場價值來看，資料中心專用 IC 的市場規模預計將在 2028 年達到近 240 億美元（詳見 Exhibit 14），為無法與 NVIDIA 在 GPU 市場競爭的半導體設計與製造商提供了巨大的發展機會。Broadcom、Marvell 和 Intel 等企業已經調整戰略，以利用資料中心市場對專用 IC 的需求增長，強化其競爭優勢。

以金額計算，資料中心市場的專用IC年商機預計將接近美元

\$24bn

雖然最大型的資料中心營運商 是最早推動專用 IC 開發的企業，但這一趨勢正迅速擴展至汽車與醫療產業。在車用領域，多家企業透過與 NVIDIA、Intel 和華為等供應商合作，優化通用處理器，以滿足汽車應用的特殊需求。例如，Tesla 自行設計 神經網路運算處理器 (NNP)，專用於自動駕駛，並整合了冗餘與安全機制。Denso 也專為汽車應用開發客製化處理器，並向全球車廠供應。此外，比亞迪 (BYD) 已將半導體製造納入內部供應鏈，重點發展微控制器 (MCU)，應用於電池管理系統 (BMS)、動力總成控制與即時感測數據處理等領域。隨著越來越多企業從優化現有晶片轉向自行設計專用 IC，車用產業的專用 IC 市場價值將呈現指數級增長。預計到 2028 年，在 158 億美元的車用 SoC 市場中，專用 IC 將占據重要份額，進一步推動車用電子產業的技術升級與競爭力提升。

決策關鍵：專用 IC 客製化或自主開發？

企業在考量是否投入專用 IC 開發時，需評估自身的戰略需求、運營規模及對技術控制的需求。決策過程中，企業必須審視內部技術能力與資源，判斷是否具備足夠的研發與生產能力來應對專用 IC 開發的複雜性，或是否應透過與外部合作夥伴合作來實現客製化。對於希望降低風險但仍希望獲得客製化優勢的企業，與無晶圓廠（Fabless）半導體公司或整合元件製造商（IDM）合作，可提供更靈活的解決方案。這類合作模式涵蓋從全客製化服務到聯合設計（co-design），使企業能夠根據具體的技術與效能要求打造最佳化產品，而無需承擔完整的開發風險。

對於具備更強內部能力的企業，自主開發專用 IC 能帶來顯著優勢。此模式不僅可針對降低功耗、提升運算效能等特定目標進行最佳化，還能確保技術能夠完全符合企業的應用場景。此外，掌控設計流程能夠強化智慧財產權（IP）安全，降低技術外流風險，同時也可藉此開發新技術商機，例如 IP 授權或專屬產品開發。

更高的客製化程度亦可讓企業深度整合硬體與軟體，使產品更能適應特定應用需求。這種硬體與軟體的協同發展正促使傳統硬體製造商轉型為軟體驅動型企業。此轉變不僅可提升產品價值，還可創造新商業模式，開發新的收入來源，並在市場競爭中建立長期優勢。

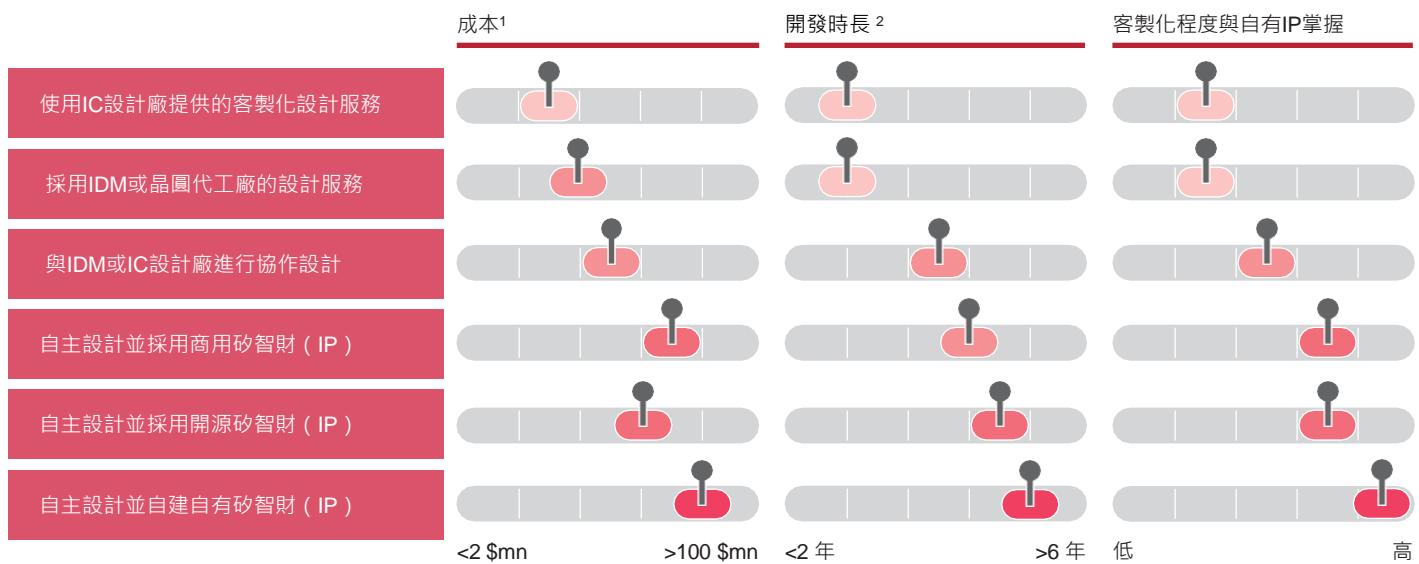


硬體與軟體的共同發展正在推動產業根本性的轉變，傳統硬體製造商正逐步轉型為軟體驅動型企業。

Amit Dhir, Partner PwC US

Exhibit 15

專用 IC 開發策略評估

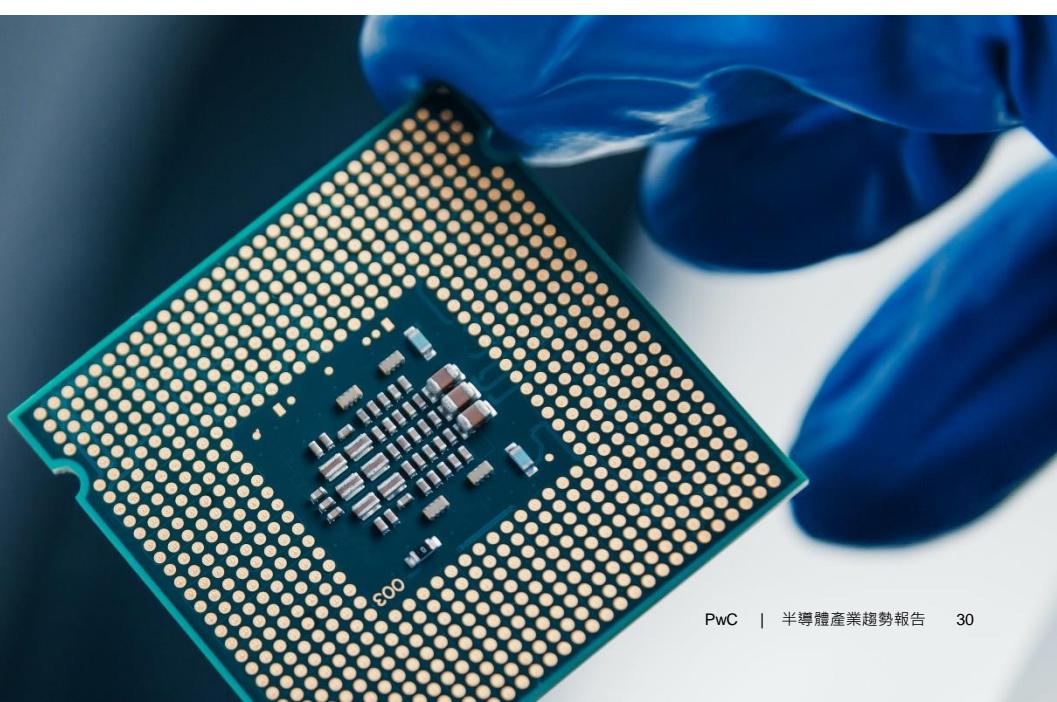


1 專用IC的開發成本受半導體技術（製程尺寸）、產品類型、及供應商選擇影響，不同技術與供應鏈策略將直接影響研發與生產成本

2 包含內部能力技術的培養與基礎設施的建置

資料來源：公開資訊

最終，企業應根據自身戰略目標、應用場景的複雜性，以及客製化程度與上市速度的平衡來選擇合適的開發路徑。採用商業化或開源 IP 可有效縮短開發週期，同時保留必要的設計彈性，使企業能夠快速進入市場。對於中小型企業而言，與成熟的半導體公司合作是進入專用 IC 市場的高效方式，可降低開發風險並獲取專業技術支持。另一方面，大型企業則可透過完整掌控 IP，提升自主創新能力，並針對特定應用進行最佳化，以確保競爭優勢。（詳見 Exhibit 15）



專用晶片崛起，台灣客製化服務成為關鍵競爭力

在專用晶片需求快速攀升的當下，晶片設計與製造逐漸從標準化轉向高度客製化。為了追求效能、功耗與尺寸的最佳平衡，全球科技公司越來越仰賴供應鏈夥伴能提供一體化、快速反應、透明溝通的工程服務。因此，「客製化能力」不再是附加價值，而是核心競爭力。所有半導體企業都應進一步強化與客戶共創的服務模式，不只是產能與技術，而是「與客戶一起工作的能力」。所謂的客製化，已不單是針對產品規格調整，而是涵蓋整個開發流程的深度協作，從設計端的共同開發，到製程優化、封裝選型，再到測試與後段製造的數據共享與即時溝通。這種高度連結與資訊透明的合作模式，是當今頂尖客戶所要求的基本門檻。而台灣半導體的領頭羊TSMC，即是最佳範例之一。

TSMC從創立之初便高度重視客戶關係與技術服務，就是建立在「讓客戶成功」的商業模式上。TSMC能在2013年成功從Samsung手中拿下Apple的A系列晶片訂單，除了Apple對Samsung兼具設計與製造身份的「潛在競爭關係」感到顧慮，更是因為對TSMC在資訊保密、流程透明與技術支援的高度信任與完善服務，最終促成轉單、完整展現了客戶服務的價值性。TSMC提供的客製化服務涵蓋了各個環節，從設計到封裝，不只有平台即時提供資訊和相容工具，更有專業工程團隊支援。舉例來說，TSMC的Open Innovation Platform (OIP)為一個設計到製造的協作平台，串聯EDA工具商、IP供應商與客戶設計團隊，讓客戶在設計初期即能導入與製程相容的工具與元件。而eFoundry為客戶打造了數位服務中樞平台，提供設計文件、製程規格、模擬模型與良率數據等一站式技術資訊存取，讓客戶在設計、流片、製造各階段，都能透明、即時獲得關鍵技術資源與TSMC工程團隊的支援。在封裝方面TSMC也有3DFabric™ Alliance共創平台，整合OSAT廠、記憶體供應商、EDA工具商與材料廠商等，為客戶提供從晶粒設計到封裝先進製造的一體化支援。但除了平台以外，TSMC的遍布全球的客戶工程服務團隊，更是扮演著與客戶之間的關鍵橋樑，提供跨時區、跨部門、跨階段的工程協作支援。不只是提供技術諮詢，更深入參與設計優化、製程調整、封裝匹配與異常處理等高難度問題的解決流程，讓TSMC得以在如Apple、NVIDIA等全球領先客戶面前，展現高信任度與應變能力。

隨著晶片應用需求日益多元、專用晶片需求上升，半導體企業應思考如何具備「以客戶為導向」的策略視角，透過資訊系統與數位基礎建設的強化，打造從設計前期介入、數據即時回饋，達到一體化整合流程，讓服務真正做到透明、即時且具彈性。唯有以服務驅動、數據連結、客戶導向的思維出發，台灣才能在全球供應鏈劇烈變動的環境中，持續扮演創新實現的關鍵角色。



SECTION 6

人工智慧：從擴展規模到多元應用

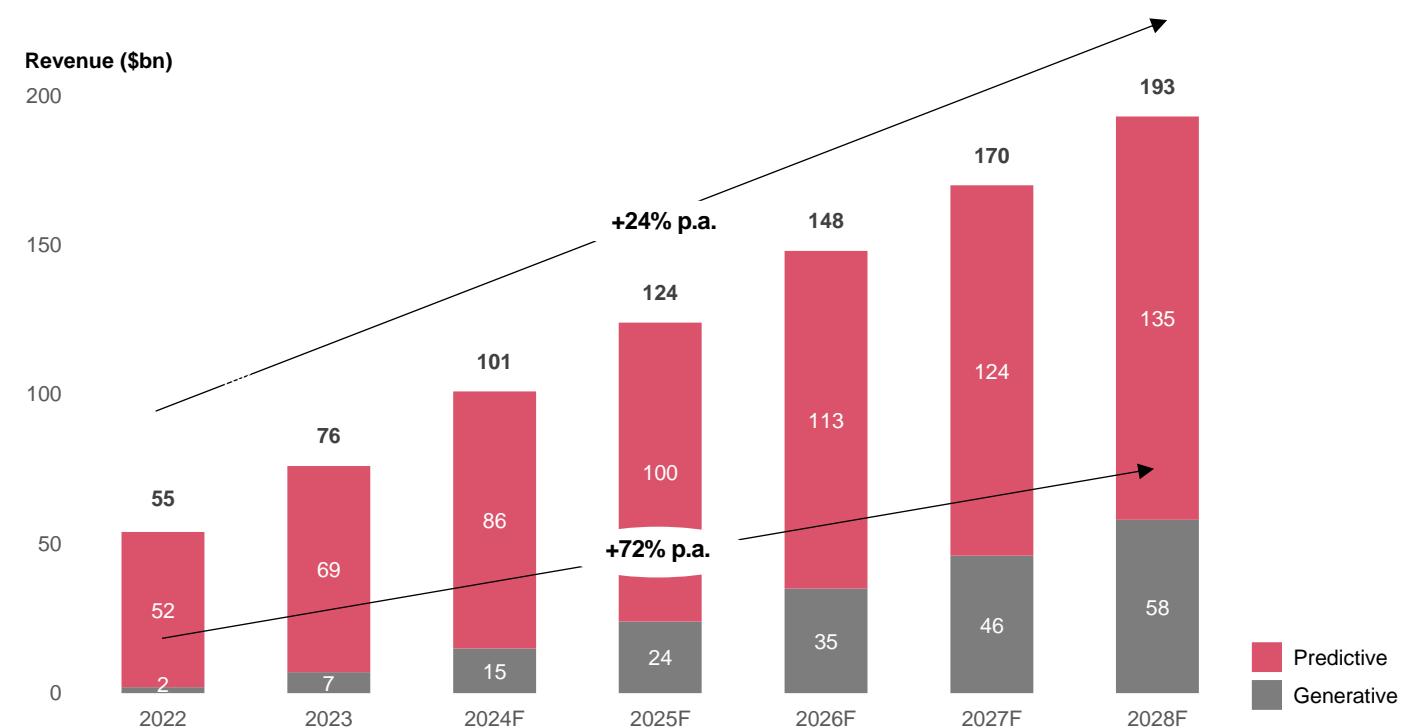
人工智慧（AI）的快速普及正在深刻影響全球產業與經濟發展，尤其對半導體產業而言，AI 帶來兩大核心機遇。首先，AI 輔助晶片設計與製造優化 可提升效率、降低錯誤率，並加速產品上市進程。其次，隨著 AI 應用的爆發式成長，特別是在預測性 AI（Predictive AI）與生成式 AI（Generative AI）領域，對先進半導體元件的需求大幅增加，成為未來幾年的關鍵成長動力。

預測性 AI 應用 例如自動化品質檢測與供應鏈優化，透過數據分析來預測結果並提升業務運營效率，市場預計將快速成長，2028 年年營收將達 1,350 億美元（詳見 Exhibit 16）。

與之相比，生成式 AI 透過學習數據模式，創建新的內容，例如文本、圖像、音樂等。隨著市場從早期採用階段邁向大規模普及，該領域預計將快速增長，2028 年市場規模將達 580 億美元，並從 2023 年起以 54% 的年均複合成長率（CAGR）持續擴張（詳見 Exhibit 16）。

Exhibit 16

2022–2028 年預測性 AI 與生成式 AI 軟體市場 (in billion USD)



資料來源：Omdia Q3 2024

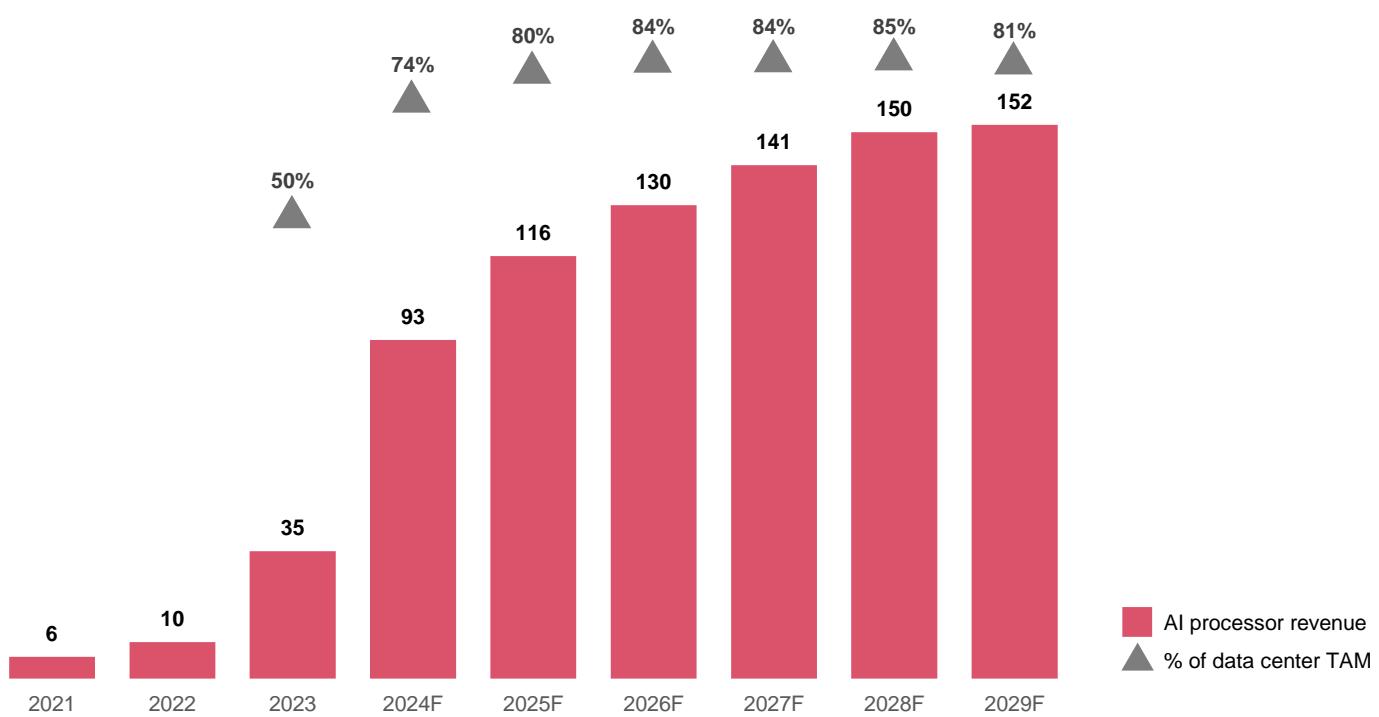
AI 的大規模擴展競賽在 2019 至 2021 年間達到高峰，其中 Google 於 2021 年發布的 1.6 兆參數模型 Switch-C 創下紀錄。然而，即便 GPT-4 及其他類似模型未能超越這一參數數量，AI 模型的平均規模仍在持續增長。自 Meta 於 2023 年 2 月 LLaMa 模型發布以來，開源社群對 5B 至 70B 參數範圍的中型 AI 模型展現出強勁興趣，推動了該領域的快速創新。這一類型的 AI 模型擁有足夠的複雜度以支持多樣應用，同時其計算資源需求相對較低，使得研究人員與個人開發者可在高端個人硬體上進行實驗，成為 AI 研發的新熱點。

AI 加速器驅動資料中心變革

AI 的普及，尤其是從預測性 AI 向生成式 AI 的轉變，正在推動對 AI 專用半導體的需求增長，特別是在 AI 加速器（AI Accelerators）與高頻寬記憶體（HBM）領域。傳統的機器學習模型及小型神經網絡（低於 500M 參數），如 YOLO-v5，正在被更大規模的 5B–70B 參數模型（如 Phi、Gemma、Mistral-7B）所取代。隨著 AI 運算需求的激增，NVIDIA 的資料中心業務預計今年將創造超過 800 億美元營收，儘管其中部分收入並非直接來自計算或 AI 相關業務。這一數字尤為顯著，因為在 2023 年第二季亮眼財報發布前，NVIDIA 的總營收尚未達到該數字的一半。資料中心對 AI 晶片的需求激增，已顛覆了傳統 CPU 與協同處理器（如 GPU 或特定應用 ASIC）之間的關係。越來越多的 CPU 開始扮演 GPU 的業務邏輯協同處理器，或是作為 AI 計算架構中的資源調度管理器，負責協調多種專用加速器（domain-specific accelerators）的運行（詳見 Exhibit 17）。

Exhibit 17

2021–2029 年雲端與資料中心 AI 處理器市場 (in billion USD)



資料來源：Omdia Q3 2024

>80%

的資料中心處理器（以市場價值計算）將是 AI 加速器或內建 AI 功能的晶片。

我們預估到 2028/29 年，超過 80% 的資料中心處理器（以市場價值計算）將是 AI 加速器或內建 AI 功能的晶片，推動整體可服務市場（TAM）達約 1,500 億美元。這一增長的主要驅動因素並非特定 AI 應用，而是 Transformer 模型架構的廣泛採用。Transformer 最初為機器翻譯設計，但現已成為幾乎所有 AI 應用的主流架構。然而，Transformer 模型的一大技術瓶頸在於其記憶體需求與上下文窗口大小呈二次方級數增長，而推理吞吐量則高度依賴記憶體頻寬。記憶體頻寬、延遲（Latency）及可預測的延遲性（Predictable Latency）至關重要，因為當前 AI 訓練方法需要全對全（All-to-All）通信，導致整個系統的運行速度受到最慢的機器或網路連結限制。

與運算能力（FLOPs）相比，提供足夠的記憶體與 I/O 頻寬消耗更多能量。在功耗方面，記憶體的能耗約為運算能耗的 10 倍，而 I/O 操作則進一步增加 10 倍功耗。由於 AI 計算既需要大容量記憶體又需要快速存取，僅增加 DRAM 無法滿足需求，高頻寬記憶體（HBM）必須直接與 AI 加速器整合。這一需求促使 NVIDIA B200 與 AMD MI300 等旗艦 GPU 推出，其中 B200 的功耗已超過 1 千瓦。未來，在半導體層面提升能效將成為降低 AI 運營成本的關鍵挑戰。

專用 AI 加速器正在顛覆 GPU 主導地位

資料中心日益增長的能耗需求，加上 GPU 的高昂成本，正推動專用 AI 晶片（Custom ASICs）與 AI 加速器新創企業的崛起。這一變化符合電子產業的周期性發展模式，即當技術達到前沿時，市場進入「客製化」階段，而當需求趨於穩定時，則轉向「標準化」。這一模式由 Sony 前 CTO Tsugio Makimoto 於 1991 年提出，被稱為「Makimoto's Wave」。AI 的發展正在推動新一輪客製化浪潮，目前超大規模雲端服務商（Hyperscalers）、IBM、Tesla、華為與 Apple 均已推出自家 AI 加速器 ASIC。此外，Marvell 的「Customer C」客製 AI ASIC 項目預計將在 2026 年進一步擴展產能。

目前，在 NVIDIA 主導的 GPU 市場中，Google Cloud TPU 是唯一能夠成功打入市場的專用 ASIC。此外，Broadcom 作為 Google TPU 與 Meta 訓練與推理加速器（MTIA）的 ASIC 代工夥伴，其 AI 相關營收在過去一年內成長三倍，增速甚至超越 NVIDIA 的資料中心業務。這表明專用 AI 加速器正在逐步改變高效能 AI 運算市場格局，並有望為雲端與資料中心市場帶來更具競爭力的解決方案。



在 AI 應用中，若能顯著提升半導體的效能，將能大幅降低 AI 應用的營運成本。

Kimihiko Uchimura, Partner PwC Japan

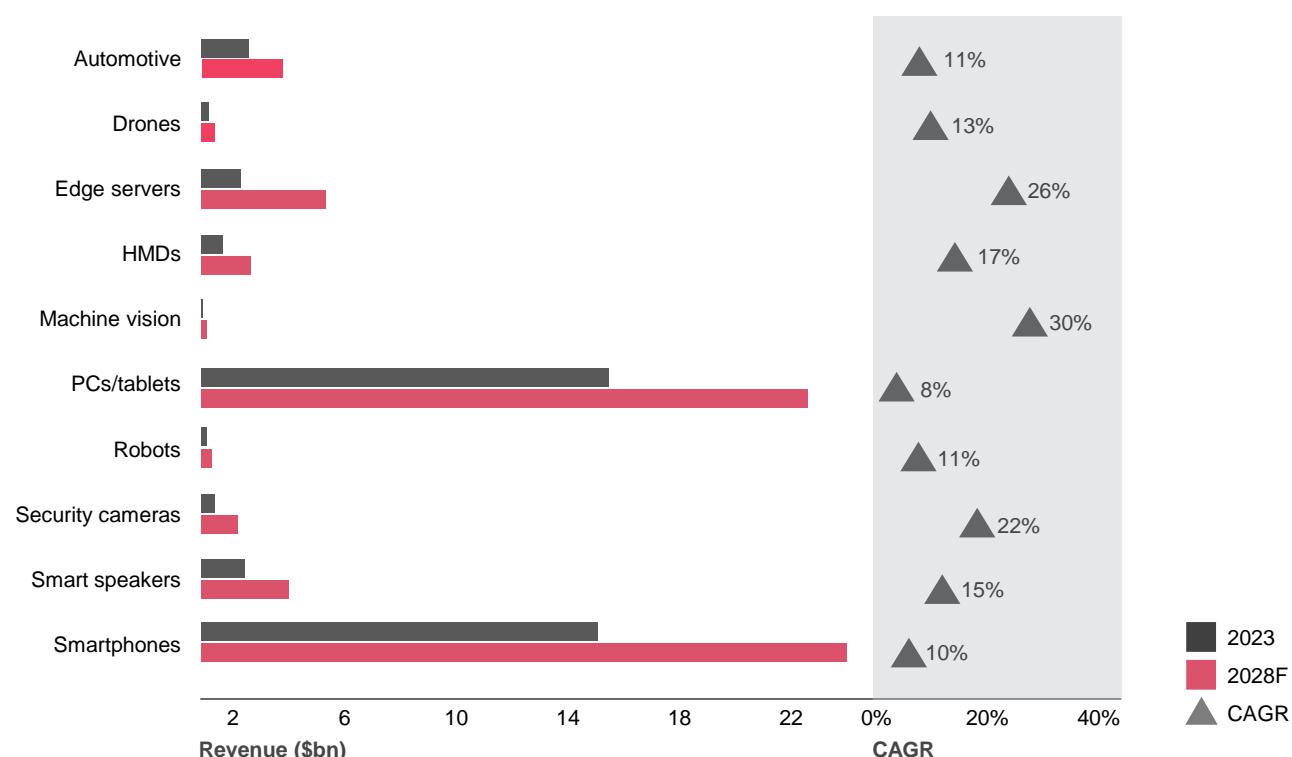
AI 晶片新創企業在市場上的影響力受限，主要原因在於未能建立完整的軟體生態系統，難以吸引開發者投入。要實現市場突破，企業需提供完整的軟體開發工具（SDK）、開發工具、服務及垂直應用解決方案。這一挑戰為晶圓代工廠（Foundries）及 ASIC 供應商創造了新的機遇，使其能夠透過提供整合性服務，降低客戶進入市場的門檻。這些服務不僅涵蓋封裝（Packaging）與光刻（Lithography），更應擴展至IP 授權與軟體開發支援，以確保開發者能夠順利採用新一代 AI 加速技術。

邊緣 AI 與 AI 加速器矽技術的發展

AI 的應用場景已從雲端資料中心延伸至邊緣運算與終端設備，推動AI 加速器矽技術（AI Accelerator Silicon）的進一步發展。智慧型手機是最早導入 AI 加速技術的消費性電子產品，Apple 與 Qualcomm 自 2017 年起便開始在系統單晶片（SoC）中整合專用的 AI 加速核心。至 2023 年，約 66% 的智慧型手機已內建 AI 加速功能，且這項技術現已普及至價格低於 120 美元的入門級裝置。目前，Qualcomm 已成功在行動裝置上運行 70 億至 100 億參數的 AI 模型，顯示邊緣 AI 運算能力的顯著提升。然而，相較於行動裝置，個人電腦（PC）領域的 AI 加速發展相對滯後。在 Intel 推出 Meteor Lake 處理器之前，PC 端的 AI 加速僅限於高功耗 GPU 遊戲筆電或內建 AI 引擎的 Apple Silicon Mac。隨著 Intel、AMD 和 Qualcomm 相繼推出內建 AI 加速技術的 PC 處理器，未來 PC 晶片的架構將更加接近智慧型手機的 SoC 設計，為 AI 應用帶來更廣泛的發展空間（詳見 Exhibit 18）。

Exhibit 18

2023–2028 年邊緣資料中心 AI 處理器市場（按設備類型，in billion USD）

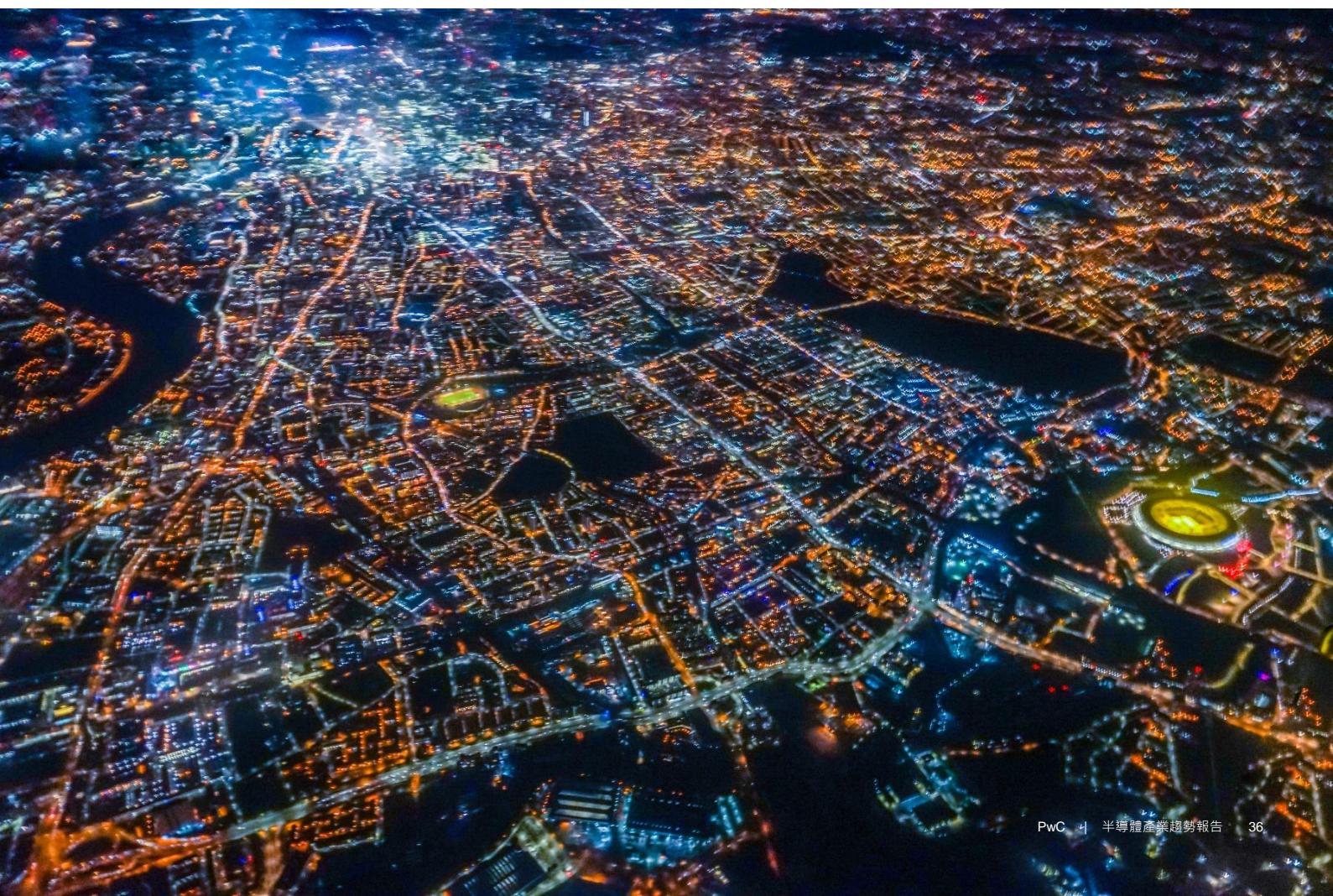


資料來源：Omdia Q3 2024

未來發展：突破技術瓶頸與 AI 後 Transformer 時代的思考

未來幾年，產業關注的關鍵議題之一是更多企業是否能夠投入專用 AI 晶片開發，以及最低投資門檻將是多少。目前，市場普遍認為，達成 tapeout (晶片定版) 需投入 約 5,000 萬美元的非經常性工程費用 (NRE)，開發週期約 12 個月。然而，更大的挑戰可能不在於硬體設計，而是開發與維護支援該晶片的軟體生態系統。對許多 AI 晶片新創企業而言，軟體開發仍然是一個難以突破的市場門檻，影響其商業化進程與市場競爭力。

另一個重要問題是：Transformer 模型之後，AI 的演進方向將如何發展？目前，產業正探索多種替代方案，例如 Striped Hyena 和 Mamba，這些模型試圖以狀態機 (State Machine) 取代 Transformer 記憶體密集型的自注意力機制 (Self-Attention Mechanism)。這一概念來自傳統循環神經網路 (Recurrent Neural Networks, RNNs)，目標是降低記憶體頻寬需求，提高推理效率。此外，採用三進制 (Ternary) 或 1.5-bit 數字表示法也可能進一步延伸 Transformer 模型的應用潛力。如果未來技術突破導致 AI 運算再次受限於計算能力 (Compute-bound)，而非記憶體頻寬，那麼目前全球對旗艦 GPU 的大規模投資可能將無法產生如預期的影響。然而，GPU 在大規模平行運算 (Massive Parallel Processing) 方面的優勢仍將具備市場價值，使其在 AI 運算領域保持競爭力。因此，業界參與者必須密切關注 AI 研究的持續進展，並做好迎接技術變革的準備，以確保未來的競爭優勢。



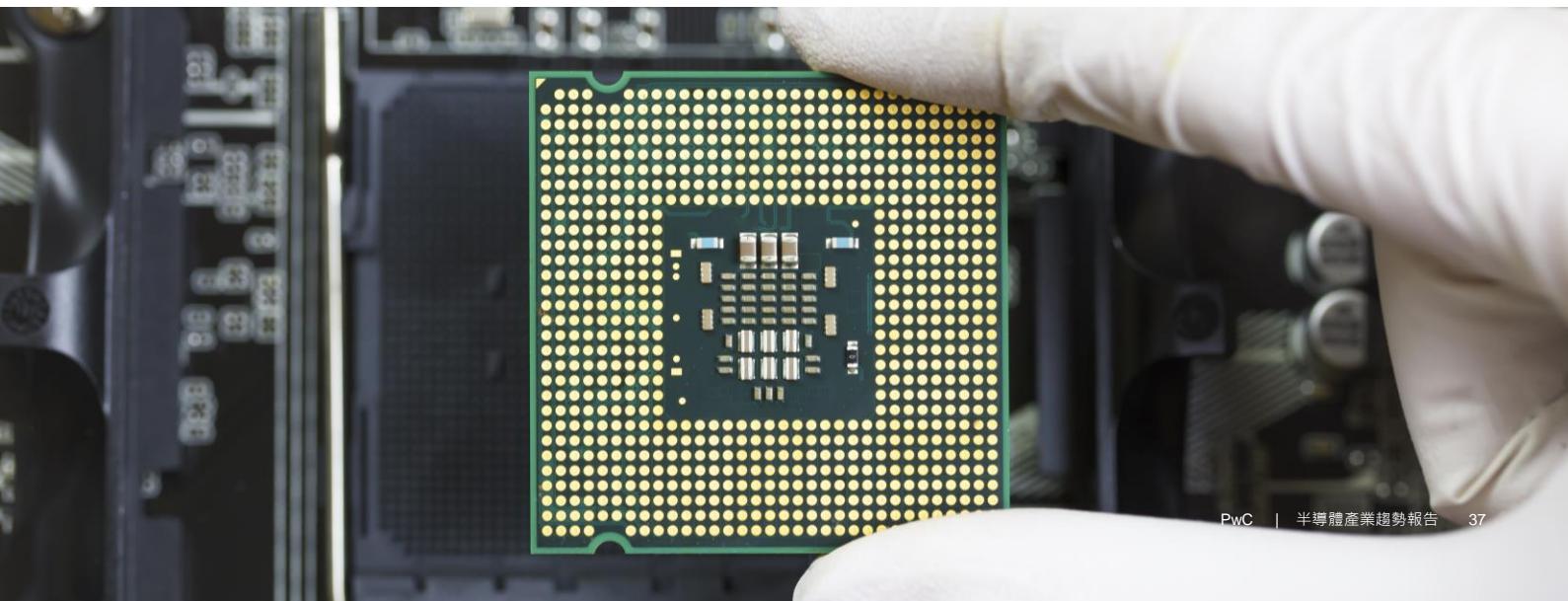
AI時代的台灣半導體：從製造基地邁向系統解決者

當前 AI 浪潮不僅推動產品需求劇增，更重塑了全球半導體產業的競爭結構。關鍵不再是單一節點或零組件的技術領先，而是能否提供整合運算密度與頻寬的系統級解決方案，並具備全球交付能力。台積電、聯發科與日月光三家台灣代表性企業分別從製造、設計與封裝展現轉型方向，證明半導體公司正從單純供應角色，進化為 AI 架構與平台的共同定義者。在這場由算力密度與頻寬效率主導的新世代競局中，唯有能夠協同設計、整合封裝並就近交付的企業，才能真正擁有 AI 時代的話語權與長期競爭力。

在製造端，AI 工作負載對算力密度與能效的需求，明顯壓縮了先進製程的導入時程。依據台積電法說會，2025 年第一季其 3 奈米製程已占晶圓營收 22%，7 奈米以下節點合計達 73%，而高效能運算（HPC）平台營收比重則升至 59%。隨著 AI GPU、ASIC 與 HBM 控制器需求持續爆發，管理層預期該領域營收將於 2025 年再度翻倍。為此，台積電同步擴充 CoWoS 封裝產能，加速 2 奈米製程量產時程，並推出搭配背面供電的 A16 架構。更關鍵的是，公司宣布將於美國亞利桑那投資 1,000 億美元建立結合晶圓與封裝的整合基地，確保先進製程與封裝能就近供應全球 AI 客戶。整體來看，製造廠已無法依賴單一節點循序推進，而需以節點、電源、封裝並進的模式，快速回應 AI 應用的規模化需求。

在設計端，AI 的擴張也促使晶片公司從功能供應商，轉型為平台與系統架構的共創者。聯發科將「AI + Wi-Fi 7」視為結構性成長動能，旗下 Dimensity 9400+ 已支援終端裝置直接進行大型語言模型推論，下半年更將推出新一代 3 奈米 SoC。除消費端外，公司也進軍雲端與企業應用，預計自 2026 年起，首款企業級 AI ASIC 將帶來「十億美元級」年營收，並以彈性 HBM 架構與先進封裝降低客戶 TCO。與 NVIDIA 合作推出的 GB10 微型超級電腦，具備 1,000 AI TOPS 運算力，可本地推論高達 2,000 億參數模型，強調台灣設計業者已從 IP 供應商躍升為 AI 解決方案的重要推動者。此外，聯發科在邊緣端布局 Model Context Protocol (MCP) 與 A2A 協定，企圖主導智慧代理與終端 AI 應用的協定標準，顯示其角色正由矽晶片提供者轉向系統整合與生態規範的制定者。

在封裝與測試端，AI 的複雜性進一步放大後段製程的戰略價值。根據日月光法說會，其 LEAP 先進封裝平台在 2025 年第一季已占封裝營收 10%，即使處於傳統淡季，產線仍維持滿載。公司強調，AI 晶片需將電源與 HBM 記憶體盡可能貼近邏輯處理單元，以提升 I/O 密度與降低延遲，因此封裝設計與設備導入正朝向更高階整合邁進。此外，由於 AI 晶片需進行貼片前後雙重測試，傳統封測流程也遭到重寫，日月光因此加速資本支出，並以爭取 50% 以上 AI 測試市占為目標。為貼近北美客戶需求，公司也正評估在美設立 LEAP 產線，進一步強化其全球交付與在地協作能力。可以預見，封裝與測試將不再是附屬環節，而是直接參與 AI 系統設計與交付效率的核心要素。



SECTION 7

台灣觀點

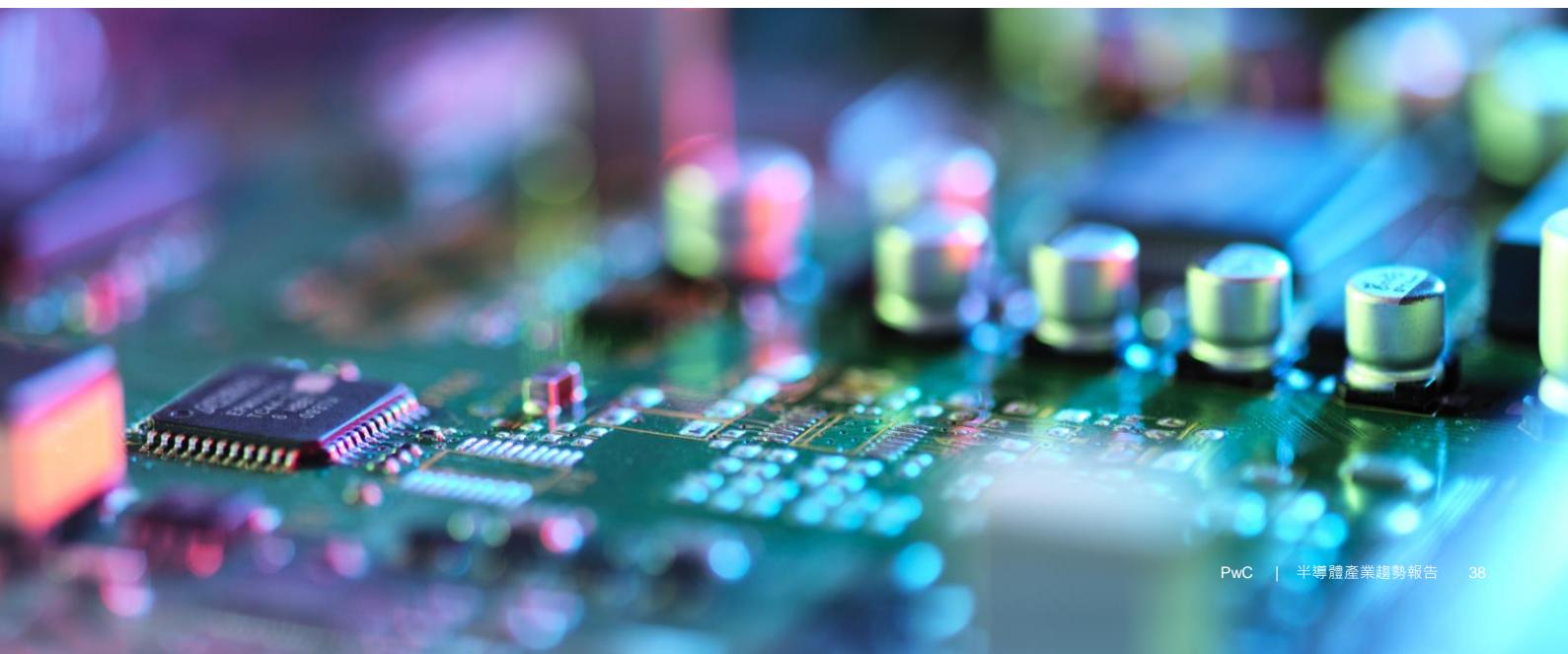
台灣半導體市場的未來展望

當全球半導體產業面臨前所未有的地緣政治風險與技術競爭壓力，台灣企業正處於戰略調整的關鍵節點。從強化客戶黏著度的高品質客製化策略，到前瞻部署全球據點以分散風險，產業的核心競爭力正快速轉向價值導向與結構彈性。同時，隨著生成式 AI 與智慧互動技術崛起，新興應用正重新定義終端需求樣貌，也為半導體產業開啟了更多元且長期的成長動能。在價格競爭日趨激烈、標準化產品逐漸飽和的情勢下，台灣企業唯有理解未來應用場景的本質轉變，才能在不確定的國際環境中創造差異化價值並穩健前行。

以顧客為核心的高品質客製化經營

面對全球半導體產業日益激烈的競爭與快速變動的地緣政治局勢，台灣半導體企業須重新思考其競爭策略。當中國持續擴張標準化晶片的生產規模並透過低價競爭侵蝕市場份額時，台灣業者若一味陷入價格戰，只會稀釋自身的價值與獲利空間。企業因專注在客製化的策略與運營模式，提升與客戶之間的黏著度，並深化其不可取代性。

要真正發揮客製化的差異化優勢，企業需進一步理解其商業本質不只是「量身打造」，而是與客戶共同定義問題、設計解方、協作實現的過程。這種深度參與不僅增加專案黏著，也提升客戶轉換門檻與技術信任度。尤其在車用、醫療、工控等對可靠性與長期供應有高度要求的應用領域，標準化產品往往難以完全對應，台灣廠商若能提供模組化設計平台與彈性製程支援，將更具競爭優勢。



「人性機器人」有望成為驅動半導體應用邊界的new force

當前，生成式AI與電動車為兩大半導體核心應用領域。前者對高效能運算晶片（如GPU與HBM）有前所未有的算力需求，後者則藉由智慧駕駛、車載感測與動力控制模組，驅動車用晶片全面升級。這兩大市場的快速成長推升了晶片在效能、功耗與整合度方面的技術標準。然而，在AI與電動車熱潮逐步趨於成熟之際，機器人正悄然成為下一波推動半導體創新的應用熱點。近期包括特斯拉、Meta等科技領導業者，紛紛投入人形機器人研發，試圖模擬人類外觀、關節動作與行為模式，提升人機協作的自然度與沉浸感，並吸引了市場高度關注。

然而，儘管人形機器人具備高度的工程挑戰與展示價值，其商業化潛力仍有待觀察。真正能擴展應用場景與創造實質價值的，可能不是追求「看起來像人」的仿生設計，而是能夠提供類似「人類情緒互動」的機器人，也就是所謂的「人性機器人」。此類系統強調的是語境理解、情緒回應與建立關係的能力，而非外觀結構的仿真。其形態未必是機械軀體，也可以是虛擬對話角色或語音助理，但其核心在於提供高品質的人機互動。這類應用已逐步在市面上展現雛形，從居家清潔、物流搬運、情緒陪伴到個人助理，機器人正在以多元形式嵌入人類生活，轉變使用者對「智慧」的期待。Apple近期曝光的原型桌上型機器人即為一個很好的例子：一個燈具外觀的機器人，能透過頭部傾斜、旋轉等姿態變化，以及語音互動來協助使用者或是回應使用者情緒或是。這項設計並未追求人型外觀，而是試圖在機器人的「功能性」與「表達性」之間建立新的平衡（functional-expressive interplay）。Apple的思路指出，未來的智慧機器人不必長得像人，而是必須像人一樣溝通、表達與回應，並以細膩、可感知的方式嵌入人類生活場景中，提供情緒連結與互動回饋。

而要實現這類機器人，要追求的不是更精緻的機械外殼，而是更聰明的演算能力。因此，未來真正支撐人性機器人發展的半導體技術，將集中於智慧決策與即時反應的核心演算元件。這類需求正是Edge AI應用的典型代表：機器人必須能夠在設備端，即時完成語音辨識、視覺感知、情緒分析與互動決策等複雜任務，並同時滿足低延遲、低功耗與高度可靠性的技術標準。即時互動與隱私需求促使AI推論能力下沉至終端裝置，需在有限空間內整合多模態感知（聲音、影像、語意）處理、分散式學習能力與高能效演算法。這不僅挑戰晶片設計與封裝技術，也重塑從雲端導向設備端的AI運算架構。這將驅動客製化ASIC、神經網路處理器（NPU）與整合AI模型的高密度封裝（如SiP、SoIC）等晶片架構快速滲透機器人應用場景，並為IC設計與封裝產業開啟新一波應用機會。

隨著生成式AI技術快速演進，產業焦點已從「生成什麼內容」逐漸轉向「如何理解使用者、回應情緒與建立關係」。人性導向的AI應用需求正持續攀升，涵蓋實體機器人、虛擬伴侶與智慧情緒支援等新興場景。對半導體業者而言，這代表技術競爭將不再侷限於製程微縮與算力疊加，更須關注如何支援高品質、人性化的智慧互動。人性機器人有望成為下一波AI晶片創新的催化劑，亦將是半導體產業突破現有應用邊界、擴展市場價值的關鍵節點。



未來機器人要進入家庭或私人服務領域，具有人性反應會比型態像人類更為重要，具有感知與反饋情感，才能更能獲的人們的接受。

Jacky Lu, Partner PwC Taiwan

前瞻性的全球策略與供應鏈布局

全球政治局勢的動盪與地緣政治風險的升高，正對台灣半導體產業構成前所未有的挑戰，促使廠商必須加速全球布局並善用國際政策資源以分散風險並強化競爭力。美國川普政府或其他領導人可能因貿易或安全考量，不時祭出技術出口限制或禁令，而中國大陸的產業競爭與潛在威脅亦日益加劇。

然而，在全球供應鏈重組與區域貿易緊張持續升溫的背景下，企業面臨的不只是設廠選址問題，更包括營運模式與供應鏈策略的根本轉型。現今，選址競爭愈發激烈，潛在據點的供應商與人才不再處於被動等待位置，反而掌握更多議價主導權。此外，地方政府針對高科技產業的招商條件也變得更具選擇性與策略性。在這樣的新常態中，PwC全球報告《Global supply chains: The race to rebalance》給出了六個實行重點，幫助企業在全球佈局上脫穎而出：

提升供應鏈決策層級，納入高層戰略規劃

供應鏈不再僅是採購與營運部門的任務，而是企業應對不確定性的核心資產。面對美中貿易政策快速變動與全球技術出口限制，企業需由CEO或高階經營團隊主導供應鏈決策，全面掌握風險與機會。

重塑價值主張以吸引據點、供應商與人才

如今選址競爭激烈，潛在合作對象同時面對多家提案。企業不能再以「與既有供應鏈對齊」作為誘因，而需提出具吸引力的發展計畫，如產業群聚、研發協作與在地投資承諾，以提升選擇機率。

據點選擇不應只考慮補貼誘因，應聚焦長期潛力

雖然各國提供稅負與資金優惠吸引設廠，但企業更應關注當地法規穩定性、基礎設施、人才供給與市場成長潛力，從中判斷據點是否具備長期競爭優勢。

善用數位科技，打造敏捷且整合的供應鏈生態系

單一線性供應鏈已無法因應當前風險。企業應投資於數位轉型，例如供應鏈可視化平台、AI預測、智能協同工具等，提升整體效率與彈性，並加強與全球夥伴的連結。

將ESG納入供應鏈核心策略，作為價值成長引擎

ESG已從合規要求轉變為市場與投資人所重視的價值基準。企業若能與供應商協作推動減碳、倫理採購及永續包裝，不僅能強化品牌，也可開啟新的營收機會。

深化供應商夥伴關係，轉向協作共創模式

全球供應鏈競逐下，單純納入供應商名單已不足夠。企業應主動釋出資源、建立數據共享平台，並透過技術合作、永續專案共同參與，提升供應商黏著度與共同成長潛力。

Endnotes

1. PwC 2024: Electric Vehicle Sales Review Q2-2024
2. Omdia analysis and research Q3 2024
3. AnandTech March 2024: NVIDIA Blackwell Architecture and B200/B100 Accelerators Announced: Going Bigger With Smaller Data
4. Taipeietimes September 2024: Samsung, TSMC collaborating in HBM solutions
5. Trendforce August 2024
6. TrendForce June 2024: SK Hynix's 5-layer 3D DRAM Yield Reportedly Hits 56.1%
7. SK Hynix press release May 2019; SOLIDIGM press release July 2023
8. PwC 2023: Bridging the talent gap
9. European Commission (2022). European Chips Act, retrieved 16th August 2023.
10. Tesla FSD chip: company website
11. William Fedus, Barret Zoph, Noam Shazeer: Switch Transformers: Scaling to Trillion Parameter Models with Simple and Efficient Sparsity
12. Center for Security and Emerging Technology 2023: Meta's Language Models Leak
13. TrendForce April 2024: Marvell's AI Business Reportedly Accelerates, Potentially Benefiting TSMC
14. Forbes: Qualcomm On-Device AI Powers Future Products From Phones To PCs March 2024

作者

全球團隊

Glenn Burm

PwC 全球半導體產業暨 Strategy& 韓國負責人，專注於科技、媒體與電信（TMT）及平台產業之策略諮詢，並負責 PwC/Strategy& 與三星集團之全球協作關係，長期協助客戶進行成長策略、投資布局、價值創造與數位轉型等核心議題的規劃與執行。

PwC 全球半導體卓越中心（ Semiconductor Center of Excellence ）

PwC 全球網絡中的半導體專業團隊，聚焦於南韓、德國、美國、日本、台灣等主要市場之半導體生態系的解決方案。該中心匯聚全球半導體產業專才，致力於協助客戶於高度競爭與快速變動的環境中，協助客戶制定具前瞻性的策略與營運模式。

本報告特別感謝 Omdia 半導體研究團隊的寶貴協助與深具洞見的分析貢獻，為內容提供了重要的數據與產業觀點。

台灣團隊

盧志浩 Jacky Lu

台灣資誠創新諮詢公司董事長，專注於協助中大型企業進行數位轉型的策略與轉型專案的規劃與執行。

劉冠志 Andrew Liu

台灣資誠創新諮詢公司董事，長期深耕於製造業、精密科技產業、零售與流通服務業，與綠能能源產業。

潘晨 Cher Pan

台灣資誠創新諮詢公司助理顧問，專注於半導體產業研究。

聯絡人

半導體產業發展團隊

盧志浩 Jacky Lu
Partner,
PwC Taiwan
jacky.l.lu@pwc.com

鄭雅慧 Tina Cheng
Partner,
PwC Taiwan
tina.cheng@pwc.com

周容羽 Kelly Chou
Partner,
PwC Taiwan
kelly.chou@pwc.com

劉冠志 Andrew Liu
Managing Director,
PwC Taiwan
andrew.kc.liu@pwc.com

李典易 Daniel Lee
Partner,
PwC Taiwan
daniel.lee@pwc.com

鄭雯隆 Allen Cheng
Director,
PwC Taiwan
allen.wl.cheng@pwc.com