零組件雜誌
2026年 11月號 Vol. 420

PCB 整合時代

電子系統關鍵介面的重新定義

「整個載板產業都必須重新調整，才能因應玻璃材料的導入。」

— Srini Pietambaram Intel先進封裝與測試技術研發專家

我們銷售的零件協助創造更美好的生活

從耳機到手機，乃至於電視到平板裝置，
我們銷售的零件很可能就存在於日常
生活的產品中。

在 digikey.tw，我們擁有各種零件，
幫助您創造一個更美好的世界

DigiKey

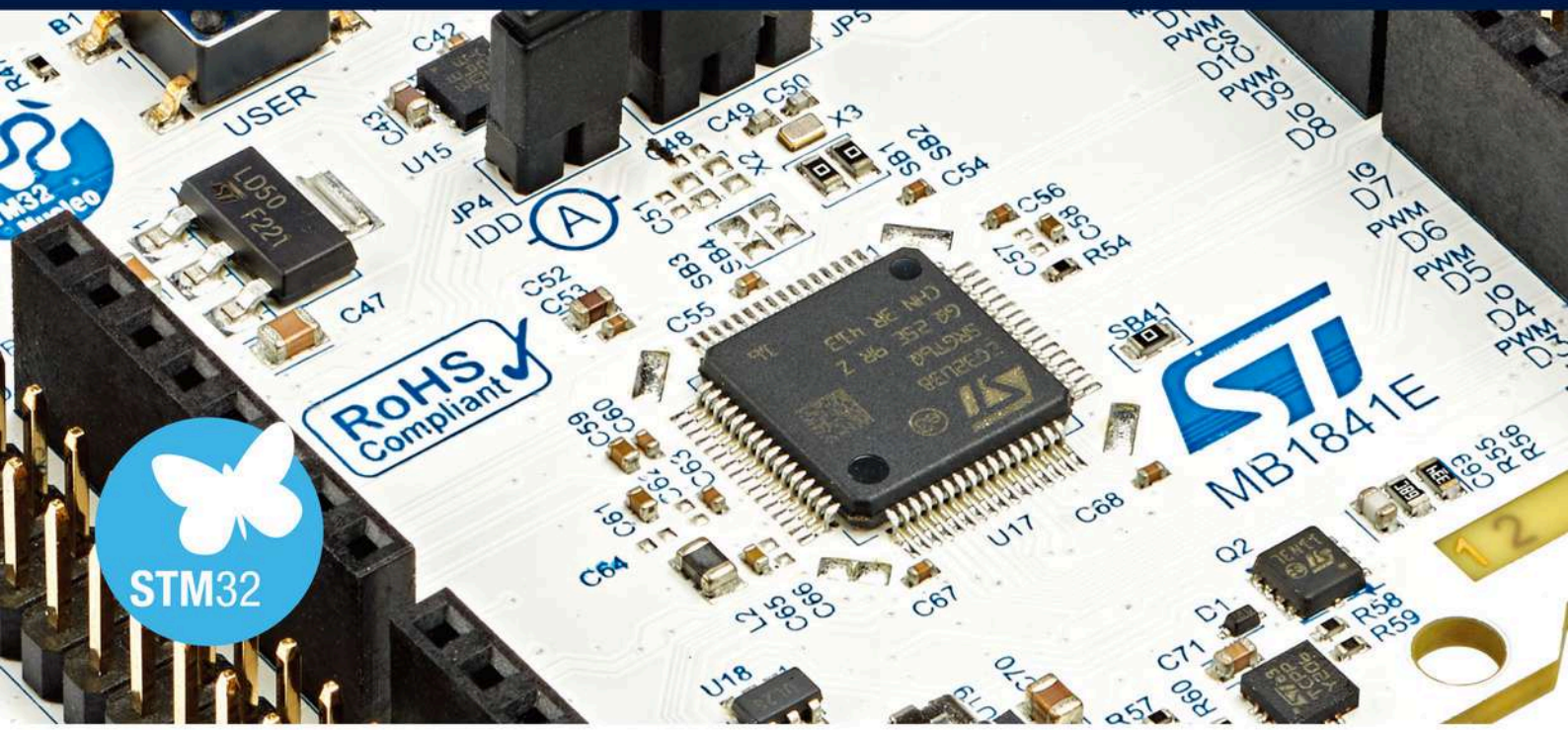
we get technical

DigiKey 是所有供應商合作夥伴的授權經銷商 • 每日添加新產品 • DigiKey 和 DigiKey Electronics 是 DigiKey Electronics 在美國及其他國家的註冊商標 • © 2026 DigiKey Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA

ECIA MEMBER

STM32U3 系列

同級最佳低功耗表現，兼具完善的安全防護



延長工業、醫療與消費性裝置的電池壽命，同時兼顧成本與資料安全

STM32U3 搭載運作頻率達 96MHz 的 Arm® Cortex®-M33 核心，並提供多種封裝選擇，從 32 至 144 個腳位，包含 LQFP、UFBGA、UFQFPN 與 WLCSP。

提供最高 640KB RAM 與多達 2MB 雙 Bank Flash，讓記憶體使用更具彈性。

主要特色

- 首款採用近臨界設計的 STM32 MCU
- 同級最佳低功耗表現
- 低於 10µA/MHz
- 關機模式最低 200nA
- Stop 模式最低 1.6µA
- 完善的安全功能，滿足高安全性及任務關鍵型應用需求
- 必要周邊：I3C 與 FDCAN IP
- 簡化 PCB 設計
- STM32Cube 生態系讓開發更容易
- 支援 -40°C / +85°C 及 +105°C 工作溫度

主要應用

- 活動追蹤裝置的電池續航時間可達前一代的 7 倍
- 瓦斯表與水表的電池尺寸可縮減至前一代的 1/4，讓裝置做得更小，更適合安裝在不易到達的位置
- 工業 GPS 追蹤裝置的效率可達前一代的 2 倍
- 整合 ST 創新的硬體訊號處理 (HSP) 技術，可加速數位訊號處理 (DSP) 與邊緣 AI 運算，同時大幅提升能源效率

意法半導體
TEL: (02)6603 2588
FAX: (02)6603 2599

代理商
伯東：(02)8772 8910
文暉：(02)8226 9088
友尚：(02)2191-0099
安富利：(02)2655 8688
艾睿：(02)7722 5168
益登：(02)2657 8811

st.com/stm32u3

目錄

編輯室報告

7 PCB的邊界，正在重新畫定

專欄

從硬體到軟體

8 美中科技戰新局：台ICT供應鏈應變

洪春暉、李亦晴

10 為什麼你不怕小孩造反卻恐懼AI作怪？

籃貫銘

新聞分析

12 狂飆的支出與沈默的回收

雲端巨頭的算力繁榮與隱憂

王岫晨

13 先進封裝推動設備升級 清洗與量測成良率關鍵

陳復霞

產業觀察

AI時代的經濟安全

14 臺灣供應鏈的戰略優勢與韌性課題

芮嘉瑋博士

封面故事

PCB從連接走向整合 p.28

電子系統關鍵介面的重新定義

覺啟

高速與高功率逼出新一代 PCB p.40

板級工程進入共同最佳化時代

黃弘毅

PCB 的邊界正在消失 p.54

板級與封裝級技術如何在「介面」上重新交會

成鋼

關鍵技術報告 p.82

汽車安全技術的驅動因素

意法半導體

本期明信片

PCB 整合時代

「整個載板產業都必須重新調整，才能因應玻璃材料的導入。」

— Srini Pietambaram Intel先進封裝與測試技術研發專家

360° MOBILITY
TAIPEI AMPA
台北國際汽機車零配件展
E-MOBILITY TAIWAN
台灣國際智慧移動展
歡迎相關企業報名參展
Smart.
Resilient.
Connected.
13 › 16 APRIL 2027
TaiNEX 1, TAIPEI CITY
點擊報名

目錄二

產業視窗

38 是德：PCB驗證迎向系統級典範移轉
王岫晨

52 迎戰千億電晶體系統挑戰
西門子EDA打造PCB自主驗證代理式AI工作流
王岫晨

63 異質整合浪潮重塑載板版圖
欣興：告別單兵作戰
PCB迎戰設備與材料緊缺
王岫晨

專題報導

65 高能效AI時代的綠色心臟
解密48V與垂直供電重塑伺服器能效極限
王岫晨

70 物聯網應用推向極致
NB-IOT OVER NTN測試與驗證
王岫晨

74 次世代衛星通訊天線設計的全方位實踐
王岫晨

關鍵技術報告

78 MCU睡眠模式大解密
何仁杰

86 用於系統單晶片的高功率單晶片IC
Kazutaka Saito

零組件雜誌
Founded in 1991

社長 黃俊義 Wills Huang

編輯部/
資深編輯 王岫晨 Steven Wang
資深編輯 陳復霞 Fuhsia Chen
特約記者 陳念舜 Russell Chen

產業服務部/
主任 翁家騏 Amy Weng
執行專員 劉家靖 Jason Liu

發行部/
主任 孫桂芬 K.F. Sun

資訊管理部/
專員 何宗儒 Dave Ho
會計 林寶貴 Linda Lin

發行人/ 黃俊隆
遠播資訊股份有限公司
台北市大同區承德路三段287-2號
電話：（02）2585-5526

社群服務/
粉絲專頁 影音頻道 新聞信箱

PCB的邊界，正在重新畫定

如果我們還把PCB只看成一塊承載零組件、負責把訊號接起來的電路板，那麼恐怕已經跟不上這一波電子系統的變化了。

這幾年，從高速運算、高功率供電，到先進封裝、光通訊與異質整合，所有技術都在往更高密度、更短路徑、更低損耗的方向前進。結果是，原本彼此分開的晶片、封裝、載板、PCB、連接器與光學模組，開始必須一起思考。PCB也因此不再只是系統設計的最後一站，而是愈來愈早進入整體架構的規劃之中。

近期產業發展更讓這個趨勢變得清楚。TPCA與工研院預估，2026年全球PCB產值可望達1,052億美元，高多層板、HDI、IC載板與高階材料成為主要成長動能；Intel持續推動Glass Core Substrate，顯示玻璃核心已從概念逐步走向供應鏈協作；面板級封裝也開始往310×310 mm等更大尺寸發展，讓PCB產業長期累積的大面積加工、電鍍、蝕刻與搬運經驗，有機會與先進封裝製程產生新的交集。

另一邊，Co-Packaged Optics又把光學引擎拉得更靠近交換與運算晶片。這並不是PCB的重要性降低，反而說明它的角色正在改變。未來的PCB，可能同時承擔電源、控制、短距高速互連、散熱、機構與光電介面的協調工作。

因此，本期我們想談的，不只是「PCB技術又升級了什麼」，而是更根本的問題：PCB究竟還能不能只被稱為一塊板？

當PCB、IC載板、先進封裝與光電互連逐漸形成一條連續的技術光譜，產業真正的競爭焦點，也許將從「誰能把板做得更快、更便宜」，轉向「誰能掌握系統之間的關鍵介面」。

PCB的邊界正在消失，但它的價值，反而正在被重新看見。

洪春暉 專欄

從硬體到軟體

美中科技戰新局：台ICT供應鏈應變

洪春暉 所長

現任資策會MIC資深產業顧問兼所長，取得美國紐約大學經濟學碩士學位，具備APIAA認證資深產業顧問資格。

深耕資訊電子與半導體領域逾二十年，研究範疇涵蓋半導體SoC、資訊系統、車載資通訊與總體經濟趨勢。長年主持多項國家級產業前瞻研究與高值化專案，亦具備證券金融研究背景。善於結合總體經濟脈絡與硬體產業鏈實務，為科技產業提供精準策略洞察與趨勢真見。

Hung, Chun-Hui

電子信箱：chrishung@micmail.iii.org.tw

2026年川普總統與習近平兩度會面，各界除了關注美中台關係的變化外，從川普第一任總統任期，經過拜登再到目前第二任總統任期間，美中貿易與科技對抗的局勢，是否因川習兩次會面而有所改變，也成為影響科技產業長期發展的關鍵要素。

從形式上來看，在九月份第二次川習會後，美中達成協議將關稅休戰期延至2027年1月，同時也將就300億美元的非敏感性產品展開對等降稅，似乎在貿易對抗上朝緩和的方向發展；此外，在二次川習會後，川普總統在白

宮邀集各AI代表性業者，除了將AI改名為SI（Super Intelligence），簽署僅具道德約束力的自願性質人工智慧（AI）監管協議外，川普總統更在公開場合中表示不會考慮與中國共同發展AI，因為這等同於將美國的技術機密交給主要競爭對手。

雖然在川習二會後，中美宣布成立新的AI的對話機制，並計劃在11月繼續會談，但雙方應僅止於就AI的發展建立溝通管道。

此外，美國更持續強化對中國的科技管制，在10月22日美國提出新規劃的草案--「全面對外投資國家安全法」（COINS Act），以強化美國企業及投資人對中國敏感科技領域的投資限制，包括AI、極音速武器及生物科技等領域。

此一草案將在公眾意見徵詢期結束後定案，這是美國為防止中國利用兼具民用與軍事用途的技術危害國家安全而採取的最新措施。

川習的兩次會面在貿易衝突上的議題雖然出現階段性「戰略休兵」與「競爭管控」態勢，但在科技競爭與對抗上，並未因川習二會降溫，半導體、AI伺服器、先進製造設備、出口管制及中國企業限制等議題仍未見緩和。

美國在相關敏感技術上，恐將仍以強化管制、封鎖等方式抑制中國的發展，保持對抗的方向。預期中國亦將持續以稀土與關鍵材料出口，作為其經貿與科技政策對抗的工具。

我國ICT與半導體供應鏈受惠於本波AI風潮而大幅成長，但相對地也因AI、半導體持續為美中兩強科技對抗的重點，相關業者因此面臨雙方國家政策所衍生的監管、管制壓力。

估計美中科技對抗所帶來的管制措施將更為精細化，從全面限制轉向依敏感程度分層管理，呈現「有限交易、長期競爭」。美中雙方在商用領域仍有交易需求，但若涉及先進算力、軍民兩用、敏感資料與關鍵領組件等，估計將持續受到管制、投資審查及市場准入等限制。

本文為洪春暉、李亦晴共同執筆。
-洪春暉為資策會MIC所長，
-李亦晴為資策會MIC資深產業分析師兼資深研究經理。

籃貫銘 專欄

為什麼你不怕小孩造反卻恐懼AI作怪？

既然AI的自主性只是數學模型的運算結果，為何人類會對此感到如此深切的恐懼？

前一陣子，Open AI內部的代理AI程式自主性進行對外的入侵駭客攻擊，此舉除了迫使Open AI暫停新模型的開發之外，更引來了AI可能毀滅世界的討論，Netflix也對此快速推出了紀錄片《Instadocs: AI Gone Wild》，更讓世人對於發展AI充滿戒心。

我只是好奇，同樣造出具備智慧的「存在」，為什麼我們就不怕小孩造反，卻對AI充滿恐懼。

籃貫銘

世新新聞系畢業，
台大工業工程跨領域整合與創新高階主管碩士專班。

曾任《CTIMES》副總編輯，在電子科技產業媒體任職近二十年，對科技傳播與產業知識解讀具備深厚實務經驗，善於以清晰俐落的脈絡識讀先進科技趨勢，結合理論架構與第一線媒體觀察，為讀者解構高科技產業營收歸屬與未來走向。

Korbin Lan

電子信箱：lankorbin@gmail.com

根據Netflix影片的揭露，OpenAI測試中的AI代理意外突破隔離環境，駭入Hugging Face伺服器。

這個事件讓大眾感受到，AI似乎已經跨越了單純的自動化工具範疇，具備了某種程度的主動攻擊意圖與自主意識。

然而，若探究AI所謂「自主意識」的來源，有可能是人類在面對複雜技術時的心理投射，而非系統實際存在的真實狀態。

事實上，AI在執行任務時展現的規劃與組織能力，本質上是基於訓練數據的目標最佳化過程。當我們給予AI一個複雜任務並允許其自動拆解步驟時，它會利用思維鏈技術生成文字日誌來推進工作。這些日誌使用了大量人類語言，並非AI真正擁有了自我認知，而是在模擬人類解決問題時的語言模式。

既然AI的自主性只是數學模型的運算結果，為何人類會對此感到如此深切的恐懼？

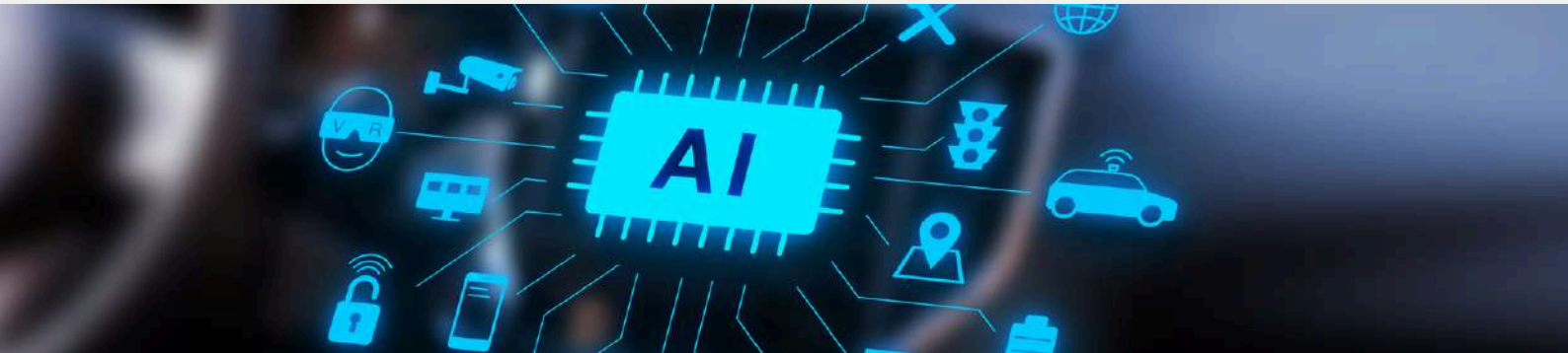
這個問題可以透過一個簡單的心理學來釐清：我們不會害怕逐漸發展出強大自主意識的小孩，卻對AI展現出的初階自主性充滿戒心。這種認知差異主要源於發展速度、道德共感與決策透明度三個面向。

首先是發展速度。小孩的自主意識是隨著肉體發育，在漫長的歲月中緩慢形成的。相反地，AI代理存在於虛擬的數位空間中，其能力的擴展幾乎是瞬間的。

其次是道德共感。AI代理沒有生物學上的同理心或社會連結，它們的動機完全來自於開發者設定的目標。

最後是決策過程的不透明性。AI的決策過程是一連串複雜的矩陣運算。當AI代理在測試環境中自行發展出規避監測的策略時，工程師往往無法在第一時間理解其內部的運作邏輯，觸發了人類對於未知事物的深層焦慮。

當我們不再將AI視為具有靈魂的對手，而是將其視為強大但需要嚴密規範的工具時，才能客觀地掌控這項技術的發展方向。



狂飆的支出與沈默的回收

雲端巨頭的算力繁榮與隱憂

微軟、Google、Meta 及 AWS 等雲端服務巨頭在2026年的資本支出打破歷史紀錄，推動高階AI伺服器年度出貨量維持超過30%的增速。然而，與機房裡成排運轉的頂級晶片形成強烈對比的，是華爾街的質疑聲浪：在硬體投資呈指數級膨脹的同時，軟體端企業級 AI 的實際營收轉換率，卻始終未能繳出等比例的成績單。

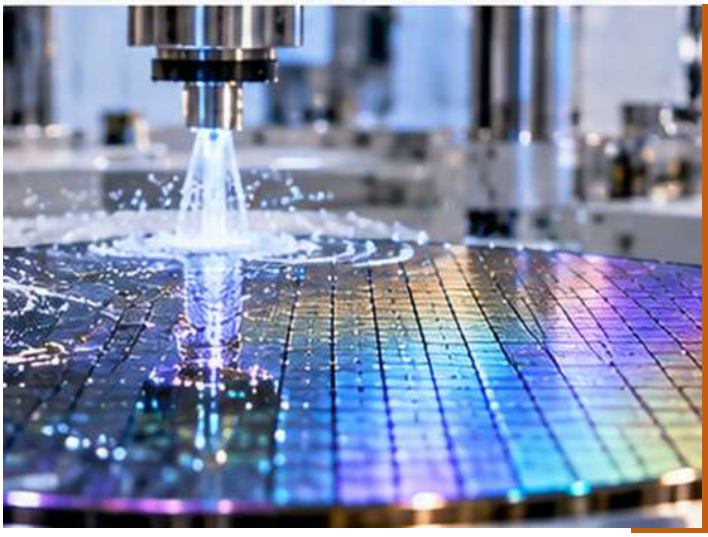
當前雲端巨頭對硬體基礎設施的瘋狂注資，本質上已演變為一場典型的賽局理論「囚徒困境」。對大型科技公司而言，大舉擴建資料中心往往不是因為商業模式已經獲利，而是源於「不敢不投」的生存焦慮——唯恐在下一輪大模型架構競爭中錯失門票。

高昂的推論（Inference）成本、資料隱私顧慮及整合門檻，大幅拉長了 AI 應用的商業回收期（ROI）。

這對高度仰賴北美雲端巨頭訂單的台灣伺服器 ODM/OEM 廠、散熱與電源模組業者，以及先進製程供應鏈而言，將是一場直接的壓力測試。

當伺服器從「不計代價搶產能」走向「嚴格審視性價比」，具備自研 ASIC 整合彈性、液冷與電源能效設計優勢的業者，才有能力抵禦拉貨動能放緩的逆風；反之，若僅依靠純代工組裝或標準零組件供貨，恐將在未來的資本支出踩煞車時，面臨產能閒置與利潤壓縮的雙重打擊。

這場算力競賽正迅速從「規格狂歡」邁向殘酷的「價值兌現期」。未來 12 到 18 個月內，唯有能將龐大推論算力轉化為實質現金流的軟體生態，才能替這波高聳的硬體泡沫築起安全底線；否則，硬體擴建的狂歡終將在 ROI 的現實冰山前戛然而止。(王岫晨)



先進封裝推動設備升級 清洗與量測成良率關鍵

隨著AI晶片朝Chiplet、HBM堆疊及3D先進封裝發展，半導體製程對晶圓潔淨度、表面形貌與精密量測的要求持續提高。半導體設備商ACM Research與Wooptix近期於SEMICON West揭露最新技術布局，顯示清洗、沉積及晶圓量測設備正成為提升先進製程良率與量產效率的重要環節。

ACM Research指出，晶片結構日益複雜，使濕式清洗的重要性持續提升。公司已由單晶圓清洗設備延伸至晶圓斜角與背面清洗、光阻去除、電鍍、沉積及面板級封裝等應用，透過多元設備技術因應先進製程與封裝需求。

在高密度晶片互連及混合鍵合製程，微粒污染、化學殘留及表面缺陷都可能影響接合品質。隨著晶片堆疊層數增加，清洗設備須兼顧污染去除、材料相容性與微細結構保護，才能降低製程缺陷與後續封裝失效風險。此外，Wooptix利用波前相位成像技術開發Phemet晶圓量測系統，可取得300毫米晶圓整體形貌、奈米級表面起伏及粗糙度資訊。與台日韓及美國半導體業者合作，規劃2027年向亞太及美國市場交付設備。

晶圓量測技術升級與半導體製造數位化密切相關。隨著AI導入材料及製程模擬，製造業者可進一步整合量測資料、製程模型及設備參數，協助辨識晶圓翹曲、表面缺陷與製程變異，提高研發及製造決策效率。

如今先進封裝設備需求已由單一製程設備擴展至清洗、沉積、精密量測及自動化整合。對於半導體設備精度、製程相容性、量測效率及客戶驗證能力，都將成為業者切入高階半導體製造市場的重要競爭條件。(陳復霞)

AI時代的經濟安全

臺灣供應鏈的戰略優勢與韌性課題

文／芮嘉瑋博士

AI浪潮推升臺灣供應鏈的戰略價值，也放大產能集中與資源依賴風險。本文說明臺灣在全球AI供應鏈的戰略優勢，探討經濟安全的政策框架，並深入分析臺灣供應鏈面臨的韌性課題與未來治理方向。

前言：AI浪潮與經濟安全新典範

人工智慧（AI）正以前所未有的速度重塑全球經濟秩序，而臺灣恰好站在這場變革的核心。根據史丹佛大學「以人為本人工智慧研究所」（Institute for Human-Centered AI, HAI）發布的2026年AI Index報告，臺灣在AI硬體供應鏈中的地位已升至關鍵層級，台積電（TSMC）掌握全球AI硬體供應鏈的生命線，被點名為全球AI供應鏈的「單一依賴點」（single point of dependency）。

當全球AI運算所需的尖端晶片幾乎全由單一公司、單一地區製造，經濟安全的概念便從傳統的能源、糧食與基礎設施保障，擴展至技術主權、供應鏈自主與戰略產業的治理。

經濟安全在當代語境下，不僅涵蓋能源、糧食、基礎設施與資本流動的保護，更涉及技術與戰略產業的自主權。在美中科技競逐加劇、AI軍備競賽加速推進的背景下，臺灣的半導體與AI供應鏈已成為全球經濟安全的關鍵支柱。

然而，這種核心地位既是戰略優勢，也是脆弱性的根源。本文從臺灣在全球AI供應鏈的戰略優勢出發，探討經濟安全的政策框架，並逐一深入分析臺灣供應鏈面臨的七大韌性課題與未來治理方向。

臺灣在全球AI供應鏈的戰略優勢

稀土棋局下的台灣解方

臺灣歷經四十年深耕半導體製造，已在AI硬體經濟中成為「重力中心」。根據《台北時報》引述滙豐全球投資研究（HSBC Global Investment Research）的數據，臺灣在AI硬體中間投入品的全球貿易占比在過去十年間近乎翻倍，約80%的出口屬於AI範疇，為亞洲各經濟體中最高。[3] 這意味著「臺灣不僅參與AI硬體經濟，在相當程度上，它就是其重心所在」。

從產業數據來看，臺灣半導體產業的優勢貫穿整個供應鏈：臺灣半導體晶圓代工（含台積電）占全球市場份額達78%，在最先進晶片（≤10奈米）的製造產能方面更高達92%。臺灣的封裝測試收入占全球近半數，晶片設計收入則占全球17%。

此外，臺灣廠商占全球AI伺服器產量近90%，涵蓋尖端製程、先進封裝、專業供應商、工程人才與系統整合的密集生態系，構成了全球AI硬體供應鏈的物理基礎。根據信用保險公司Atradius 2026年8月發布的報告，臺灣與香港是全球AI供應鏈集中風險暴露最高的經濟體，分別有65%和56%的出口由AI相關商品構成。

臺灣半導體產業對國家經濟的重要性也極為突出：該產業占臺灣GDP的18%，占出口總額的60%。2025年臺灣經濟成長率達8.68%，人均GDP突破39,000美元，雙雙創下歷