

今非昔比的 MCU

■文：徐俊毅

從 Intel 最早的 4 位 4004 開始算，MCU(微控制器) 現在已經 50 歲了，以資料位元寬來區分，4 位、8 位、16 位、32 位，還有最新的 64 位 MCU，成千上萬種 MCU 工作在不同的應用場景，哪怕是古老的 4 位 MCU 仍然在包括兒童玩具、體重秤在內的市場上有一席之地。

MPU 是更為強勁的 MCU

如果從性能的角度來看，當今高性能的 MCU 產品已經遠遠超過了 20 多年的 CPU，很多 SoC 可以承擔執行作業系統這樣的重任。同時，在一些並不需要如此高性能的場合，比如電動剃鬚刀、電動牙刷這樣的應用場景中，並不需要一個能夠執行作業系統的 MCU。因此很多廠商為了區分高性能處理應用的場景，推出了 MPU (Micro Processor Unit) 這樣的概念，從名稱上與傳統 MCU 區分開。

意法半導體是這樣解釋 MPU 的：由於 STM32 微處理器 (MPU) 及其結合了 Arm Cortex-A 和 Cortex-M 內核的異構架構帶來的額外優勢，嵌入式系統工程師獲得了新的設計可能性和訪問開源 Linux 和 Android 平臺的途徑。這種靈活的架構允許將先進的數位和

類比外設分配到任意一個核心，同時根據處理和即時執行需求實現最佳功率效率。

“如今的 MCU 具有足夠強大的計算能力時，加上附加的各種高速外部存儲，比如 DDR 記憶體，讓它看起來其實更像一顆處理器，其實如果用 20 年前的標準來衡量，這就是一顆 CPU。”一位業內人士表示。

所以 MPU 並非一個嚴格意義的定義，不同廠商對 MPU 的定位也不同。而隨著 MCU 在性能製程上的進步，MCU 與 MPU 之間的界限也逐漸模糊起來。

32 位元 MCU 佔據統治地位

根據統計機構的資料，2020 年，在市場上佔據主導地位的 MCU 是 32 位元的產品，佔據了超過 5 成的市場，而令人稱奇的是，8 位 MCU 仍然持有 4 成左右的市場份額，目前 Microchip 在 8 位 MCU 市場佔據了主導地位。剩下的 16 位和 4 位 MCU 則只有個位數市場份額，並且正被 8 位 MCU 或者 32 位 MCU 取代。

除了資料位元寬，另一項區分 MCU 的規格就是指令集，主要分為 CISC 指令集和 RISC 指令集

兩大類，其中 RISC 指令集的 MCU 占比超過四分之三。在 RISC 指令集產品中，目前 Arm 的 RISC 指令集 MCU 佔據了絕對優勢市場地位。

如今 MCU 的平均價格已經跌至 1 美元以下，這大幅降低了包括物聯網、人工智慧、可穿戴式設備的准入門檻。廉價的 MCU 和簡單易用性能的強大的開發工具，為不同門檻的准入者提供了實現創新的機會。儘管平均單價正在下降，但是整個 MCU 市場營收卻保持了快速增長，市場營收預計在 2023 年近 190 億美元。

這其中超過 8 成的市場份額被前十大供應商壟斷，包括 Renesas、STMicroelectronics、Microchip、NXP、TI、Infineon、Toshiba，Silicon Labs 等公司。

總體來看，汽車仍然佔據 MCU 市場的最大份額，加上工業 / 醫療市場，這三部分加起來接近 6 成，消費和計算約占了 3 成。因產能緊張出現的車市缺芯，其中很大一部分也是因為缺少了 MCU 而影響到了產能。

製造方面，除了自有工廠的 IDM 公司，目前台積電佔據接近 6 成的市場份額。智慧穿戴以及 TWS 無線耳機的需求正在不斷搶

表：區分 MCU 的規格就是指令集

指令集名稱	類型架構及所有者
Arm	RISC 指令集，常見有 Cortex "A", "R", "M", Arm 公司所有
MIPS	RISC 指令集，現為 Imagination 公司所有
RISC-V	源於加州柏克萊分校 2010 年的 RISC 指令集專案，現由 RISC-V 基金會推廣
8051	CISC 指令集，來自 Intel 的 MCS-51，仍然被廣泛使用
PIC	CISC 指令集，哈佛架構，由 Microchip 公司開發提供
AVR	CISC 指令集，來自 Atmel，現為 Microchip 所有
6800	CISC 指令集，來自 Motorola

資料來源：編輯部整理

食其他產品的產能。

32 位元 MCU 因其兼具控制，信號，以及一定邏輯處理能力，同時在功耗方面的不錯表現，成為物聯網市場的首選，整個物聯網、穿戴式 MCU 的市場增長快過了平均值，根據 IC Insights 資料，目前 32 位元 MCU 佔據了物聯網市場 75% 以上的份額，隨著邊緣計算，機器學習，AI 技術的引入，在物聯網領域中的 MCU 是排名靠前的供應商們爭奪的一個重點領域。

根據 Arm 最新統計，Arm 的矽晶圓合作夥伴在 2020 年的最後一個季度，共出貨史上最高的 73 億片 Arm 架構晶片 (年增 22%)，相當於每秒出貨超過 900 片晶片、或每日 7,000 萬片晶片。總計 Arm 的合作夥伴在 2020 年出貨量高達 250 億片 Arm 架構的晶片 (年增 13%)，累計總數已超過 1,900 億。

Arm 架構的統治地位依然穩固，但是也並非沒有競爭者，比如近幾年的熱點 RISC-V，下面我們就簡單梳理一下這兩個 RISC 架構。

unit)，Cortex-R 使 用 MPU (memoryprotection unit)，Cortex-A 記憶體管理單元提供虛擬記憶體支援，而 Cortex-R 只能運作在記憶體保護模式。Cortex-M 則多為嵌入式應用為主，他的面積小、功耗非常低，適合做為 MCU 的主要 CPU。

2021 年 3 月，Arm 正式推出了最新的 ISA 架構 --Armv9。這是繼 2011 年發佈 Armv8 架構之後，Arm ISA 一次重大的升級。

Arm 首 席 執 行 官 Simon Segars 表示：“當我們展望由人工智慧定義的未來時，我們必須奠定一個領先的計算基礎，為應對未來的獨特挑戰做好準備。armv9 就是答案，它將會成為下個 3000 億台 Arm 晶片的最前沿，其驅動力是建立在通用計算的經濟性、設計自由度和可獲得性基礎上的普遍的專業化、安全和強大的處理需求”。

全新 Armv9 架構主要有三項側重點：AI、向量，DSP 性能改進，安全性。

Arm 與富士通合作開發了可伸縮向量擴展 (Scalable Vector Extension, SVE) 技術，並在此基

Arm 從高性能到基本控制全覆蓋

為了便於客戶選擇產品，在 Armv11 系列之後，Arm 將核心統一以 Cortex 命名，分別用 A，R，M 來區隔不同性能和應用場景的 MCU 產品。

Arm 推 出 Cortex-A、Cortex-R 與 Cortex-M 系列 的 CPU，就是針對市場應用不同做出的規劃。Cortex-A 系列以運行複雜系統為主，可以執行 Linux 等 Rich OS。Cortex-R 系列主要針對即時系統應用，性能並不低，與 Cortex-A 系列最大的差異在於記憶體管理單元部分，Cortex-A 使用 MMU (memorymanagement

表 :Arm 系列名稱及型號

系列名稱	已發佈型號 (性能從高至低)
A 系列	Cortex-A (710, 510, 77, 76, 76AE, 75, 73, 72, 65AE, 65, 57, 55, 53, 35, 34, 32, 17, 15, 9, 7) 其中 AE 表示汽車用，710 及 510 採用了最新的 Armv9 架構
R 系列	Cortex-R (82, 52+, 52, 8, 7, 5, 4)，其中 R52+ 和 52 均為針對包含 ECU 控制在內的車用即時系統，採用 Armv8 指令集，有別於前代 Armv7 指令集
M 系列	Cortex-M (55, 35P, 33, 23, 7, 4, 3, 1, 0+, 0) 這系列更接近傳統 MCU

資料來源：編輯部整理

礎上開發了 SVE2，在更廣泛的應用中實現增強的機器學習和數位信號處理能力，以便應對無處不在的 AI 需求。

安全性方面，Armv9 架構路線圖引入了 Arm 機密計算架構 (Confidential Compute Architecture, CCA)。機密計算通過打造基於硬體的安全運行環境來執行計算，保護部分代碼和資料，免於被存取或修改，甚至不受特權軟體的影響。

Arm Cortex-A710 是首款基於與 Cortex-A78 相比，能效提升 30%，性能提升 10%。Arm Cortex-A510 是 Arm 過去四年來推出的首款高效率小核，其性能提升 35%，機器學習性能提升超過三倍。它所帶來的性能水準已經接近幾年前推出的上一代大核，適用於智慧手機、家用設備和可穿戴設備。

使用 Armv9 架構的最初產品將於 2022 年面世。

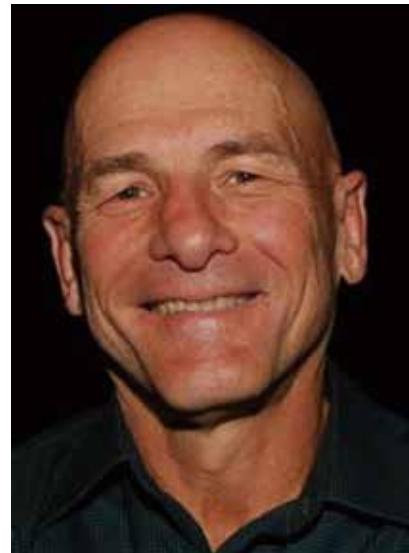
不論是 Arm 核心還是其他類型的 MCU 核心，提升安全性一直是各家的重點。

RISC-V—Plan B

簡約是複雜的最終形式。---
— Leonardo da Vinci

RISC-V，由美國加州大學柏克萊分校電子工程和電腦科學系的電腦科學分支創建，最初是一個為了支援電腦體系結構研究和教育目的而設計的新型指令集架構。現在正在成為很多公司的“Plan B”。

照片人物：RISC-V 基金會董事會副主席 David Patterson



圖片來源：RISC-V 手冊¹

關鍵人物 David Patterson

David Patterson 在 UC Berkeley 擔任電腦科學教授 40 年後於 2016 年退休，隨後加入 Google 擔任傑出工程師 (distinguished engineer, Google 的職位)。他還擔任了 RISC-V 基金會董事會副主席。過去，他曾被任命為柏克萊電腦科學部 (Computer Science Division) 主席，並當選為電腦研究協會 (Computing Research Association) 主席和電腦協會 (ACM, Association for Computing Machinery) 主席。在 20 世紀 80 年代，他領導了四代精簡指令集電腦 (RISC, Reduced Instruction Set Computer) 項目，柏克萊最新的 RISC 因此得名“RISC Five”。他和 Andrew Waterman 都是 RISC-V 四位架構師中的一員。

RISC-V (“RISC five”) 的目

圖說：RISC-V 標識



圖片來源：riscv.org

標是成為一個通用的指令集架構 (ISA)，他的特別之處不僅在於誕生於最近 10 年，而目前市場上的 ISA 架構 (比如 X86 架構) 大都誕生於上世紀 70 到 80 年代，同時它還是一個開源的指令集架構，由 RISC-V 基金會維護推廣。

RISC-V 的設計初衷，致力於簡化日趨冗長的指令集系統。以 x86 為例，1978 年 x86 誕生之初只有 80 條指令，而 2015 年增長到了 1338 條指令，這種超長超多指令集可以在特定計算應用中發揮效力，但仍然在某些情況下損失大量處理器週期。

“RISC-V 提供的是功能表，而不是一頓應有盡有的自助餐。主廚只需要烹飪顧客需要的東西 (而不是每次都做出一頓盛宴)，顧客只需要按他們的訂單付費。RISC-V 無需僅僅為了市場吸引力而添加指令。RISC-V 基金會會決定什麼時候在功能表裡添加新的選項，而他們只會出於技術原因這樣做，而且要在由軟硬體專家組成的委員會進行專門的公開討論以後才會添加。即使那些新選擇出現在了功能表上，它們仍是可選的”----- 引自《RISC-V 手冊》，作者 David Patterson, Andrew Waterman。

目前的 RISC-V 架構的基礎指令集 (ISA) 只有 40 多條，加上模組化的擴展指令幾十條，與 1978 年誕生的 x86 相仿，兼顧效率和靈

活性。

包括 Google、Huawei、ZTE，Western Digital 在內的 14 家公司是 RISC-V 基金會的白金會員。同時，諸如 IBM、Cadence、CEVA、Samsung、Xilinx，以及 MCU 供應商 Lattice、Microchip、ST 意法也是 RISC-V 基金會成員，此外還有明尼蘇達大學，東京大學在內的一批學術機構也在致力於 RISC-V 的研究。

而受中美兩國貿易摩擦的影響，有了華為被“卡脖子”的慘痛教訓，RISC-V 在中國變得備受追捧。

中國的學界和企業界對 RISC-V 敞開了大門，中國工程院院士倪光南公開表示，要想在晶片領域不再受制於人，發展 RISC-V 開源晶片架構是個很好的機會，中國希望把 RISC-V 扶植到能與 Arm、X86 架構並立的位

置上。企業方面，無論是華為、阿裡巴巴、全志科技、易兆創新都在全力投入 RISC-V 相關產品的研發。製造出了黃山處理器（華米），香山處理器（中科院，採用台積電 28nm 製程，下一代產品採用中芯國際 14nm 技術），兆易創新 GD32VF103，樂鑫科技 ESP32-C3 MCU，全志科技 D1 應用處理器的，此外還有，深圳中微、泰凌、中科昊芯等公司推出一系列產品。

根據 RISC-V 基金會公佈的資料，2020 年，RISC-V 的會員數量猛漲 133%，其中大量來自中國的新老半導體公司，總體會員數量達到了 1500 個。到 2025 年，RISC-V IP 和工具市場將會成長到 10.7 億美元，目前正在研發或者已經出廠的 SoC 數量達到了 94 個，整個市場年複合增長率達到 54.1%。

從生態系統層面來說，RISC-V

現在還無法與 Arm 正面抗衡，對很多大企業來說 RISC-V 架構就像“Plan B”，是現有 MCU 內核技術的另一個選項，有些正在靜靜地等待他的成熟，而對中國來說，RISC-V，可能就是未來的“Plan A”。

小結

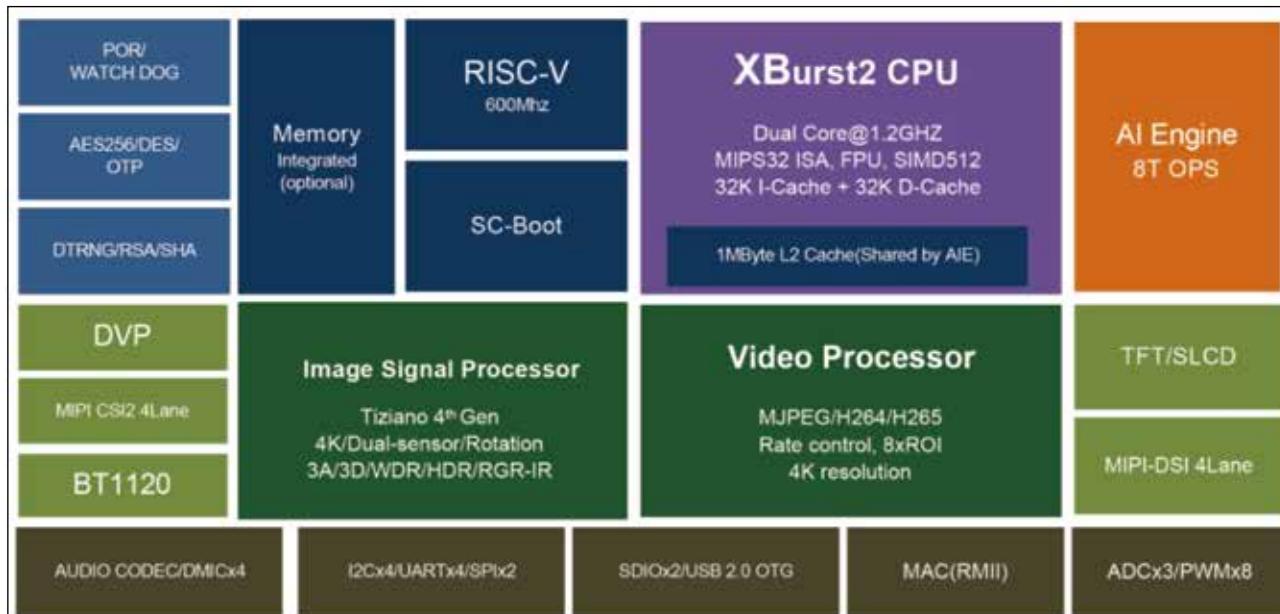
如今的 MCU 不僅整合了 CPU、片上存儲、各種 I/O 介面，伴隨新市場新技術的發展，更是將 AI、ML(Machine Learning)、安全加密等功能增加進來。MCU 在工業、醫療、計算、汽車、消費等領域發揮著巨大作用，不斷改變人們的生活。無處不在的 MCU，其實體現出智慧化技術的演進無處不在。

參考資料：

¹《RISC-V 手冊》，作者 David Patterson, Andrew Waterman

CTA

圖說：北京君正發佈的最新 AIoT，視頻處理 SoC，T40



圖片來源：ingenic.com.cn