

卷首语——嵌入式系统发展趋势报告 2025~2026 总述

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

嵌入式(计算机)系统是计算机技术演化中形成的一个重要分支, 是赋予“万物”与环境进行感知、交互、互联与协同能力的技术基石。其技术体系高度综合, 不仅具有与通用计算技术同样完整的技术体系和范式, 还呈现出内涵持续演化、软硬件形态多元、技术路径丰富、应用领域广泛等诸多特征。从知识与技术体系看, 嵌入式计算与系统覆盖了计算机科学与工程、软件工程、自动化与电气工程等多个信息学科, 同时又与航空航天、工业制造、交通运输、电力电网、智能家居、医疗电子等广泛应用领域紧密交叉融合。由此, 嵌入式系统已经成为融通信息与物理世界, 构建新型具身智能机器人等新型智能体与虚实融合空间的重要载体和底座, 是新数智化时代全球科技创新、产业变革发展的强大驱动力。

近年来, 嵌入式计算与系统的技术体系及其软/硬件随着新一代 ICT 技术的迭代高速演化, 同时与人工智能/大模型、云计算、大数据、物联网、移动计算等新兴计算技术的深度融合, 呈现出诸多新的发展内涵与趋势, 如:

- (1) 异构化, (多) CPU + DSP/ISP/NPU 等异构加速协处理器的混合计算架构具有突出的计算效能优势, 已成为当前机器人、消费电子、航空航天、智能驾驶等诸多领域的主流计算体系;
- (2) 网联化, 越来越多的嵌入式设备的多态泛在网络与中间件等互联互通, 彼此实现数据、资源的流动、交互与赋能, 互联网 + 物联网的融合形态愈发丰富、体系日益庞大;
- (3) 智能化, 硬件架构演进、算力资源提升、云边端协同以及轻量化技术大幅促进深度神经网络、大模型等代表性人工智能技术与嵌入式设备的结合与融合;
- (4) 协同化, 个体与群体融合的云边端协同计算、群体智能协同任务等新计算模式已在行业中广泛应用, 诸如协作式智能交通系统中的车 - 路 - 云协同、无人机航行器集群中的行为与任务协同等;
- (5) 开放化, 微服务、网络接入、软件定义、群体协同等呈现高度动态开放特征的理念与技术广泛融入在新一代嵌入式系统的体系中, 使得系统架构的弹性、韧性更强, 当然, 这种开放也带来了被入侵、攻击的风险及安全可信的挑战。

除此之外, 嵌入式系统软硬件的发展还具有复杂化、集成化、模块化等相关特征, 这里不再阐述。鉴于此, 经中国计算机学会(CCF)嵌入式系统专委于 2025 年初将本趋势报告的研究与撰写确立为专委年度的重点工作任务, 旨在系统梳理国内外前沿进展, 研判未来的关键趋势, 为学界、业界相关专业人员与机构提供信息与决策参考。撰写组由专委主任郭兵教授担任组长, 副主任张凯龙教授、陈铭松教授担任副组长, 以及东北大学邓庆绪教授、冯智伟副教授, 南昌大学吴武飞副教授、重庆大学陈咸彰教授,

西安电子科技大学杨鹏飞教授，南京理工大学周俊龙教授、赵庆玲副教授，齐鲁工业大学庞为光博士，麦克泰软件公司创始人何小庆教授等 13 名委员组成撰写组。期间，以调研选题、分组撰写、研讨修订为主线，在西安、上海等地多次专题讨论、反复打磨报告内容，最终形成本报告。

本报告以“主题化”组织内容，聚焦嵌入式系统的新发展、新趋势，覆盖 10 个重点方面，包括：1) 嵌入式系统体系架构；2) 嵌入式处理器技术；3) 嵌入式操作系统；4) 嵌入式软件语言及开发新范式；5) 嵌入式网络；6) 嵌入式中间件与软总线；7) 嵌入式智能与系统；8) 云 - 边 - 端协同计算与智能；9) 嵌入式系统安全与可信；10) 国内外产业发展综评等。每个主题均从“国外现状分析 - 国内现状分析 - 发展趋势研判”三部分展开，系统梳理理论、技术、产业层面的代表性进展与典型实践，并给出趋势要点、研判和建议，便于学界、业界专业人员与机构的快速检索与对照参考。

最后，本报告的形成离不开各位编写成员的专业付出，也得益于相关高校、研究机构与诸多领域专家的宝贵建议与大力支持，在此一并致谢！

报告疏漏与不尽之处难免，敬请批评指正！

中国计算机学会嵌入式系统专业委员会