

AIoT时代,计算机技术的新机遇与新挑战

2020年,新冠疫情爆发,中美关系的变化带来很多不确定因素,AIoT领域同样出现很多变化:华为逐步推出鸿蒙系统;小米推出物联网软件平台小米Vela;苹果公司接连推出A14、M1等基于ARM的CPU,逐步开始淘汰x86 CPU;微软的Azure RTOS, Google的Fuchsia OS也在做着各种云、边、端的技术调整和创新。不仅仅是人工智能和机器学习,下一个技术和产业的新突破即将到来,大家都试图通过软硬件结合带来的连贯用户体验打通数据中心、服务器、桌面、移动端、物联网的整个AIoT产业生态。

2021年已经到来,唯一不变的是变化本身!传统的面向嵌入式、桌面、服务器和数据中心的CPU硬件和操作系统是否能匹配逐步浮出水面的AIoT巨大市场呢?回首1999年,物联网的概念被提出,即把各种物品通过射频识别等技术形成信息传感设备,并与互联网连接起来,实现智能化识别和管理。因此,物联网曾被称为继计算机、互联网之后信息产业发展的第三次浪潮。20多年过去了,我们看到中国不少高校开设了物联网专业,各种物联网应用在逐步发展,AI技术和5G的突飞猛进,进一步加强了物联网应用的智能和连接功能,人们在日常生活和工作中已经用上了各种智能产品,IoT已逐渐变成更加强大的AI+IoT,但物联网设备和服务好像还未像期望中那样无处不在。这是为什么呢?

这其中的原因是多方面的,比如物联网专业人才的培养与传统计算机专业的培养差别不大,最终就业还是以智能手机、嵌入式系统为代表的传统计算机领域;物联网设备在满足一定功能情况下,长时间运行的能力还不足;面向千差万别的物联网设备和服务的软件开发还无法形成规模效应;个人隐私问题还缺少有效的解决方案;满足各种物联网服务需求的云、边、端架构是一个统一的系统或独特的多个系统的存在形式还在探索中。

仅就端侧的计算机硬件和软件谈一下我的观点。5G的发展会加速AIoT在两个方面的发展。首先是CPU,虽然x86和ARM还是主流,但在端侧RISC-V逐渐崭露头角,并加速角逐各种AIoT设备。AIoT设备的差异性特征和应用需求的迫切性使得其普及性不仅取决于性能,还需考虑能否支持系统级敏捷软硬件协同定制、基于成本考虑的专用功能优化、能耗优化、高可靠的长期免维护运行等因素。对于操作系统,问题更复杂。传统的嵌入式操作系统已无法满足AIoT天然分布式协同的需求。操作系统的功能外延会扩大,形成可支持分布式互联、互通、互操作、自适应、高可靠的新型操作系统,这就需要对操作系统从架构到设计上进行重新思考和实现。国内外各大公司的技术思路是渐进式的,即基于传统的嵌入式操作系统(或定制的Linux),在其上搭建一层分布式互操作环境,再在这层环境上开发各种框架并支持相关应用。这种设计方式,在单个公司来看是一种保险的做法,但其风险是公司之间很难形成一个统一的标准,使得应用开发花费很大。也许会出现一个类似桌面的微软或移动端的苹果公司来一统江湖,但由于AIoT的差异性极大,这样的公司短期内难以出现。还有一些面向AIoT端侧的全新操作系统的学术探索,比如Stanford大学提出了基于Rust语言的TockOS,清华大学也提出同样基于Rust语言的rCore OS,两者都希望通过从编程语言、系统架构等方面重新设计操作系统,满足AIoT的各种应用与开发需求。近三年内,面向AIoT端侧的操作系统还会处于群雄争霸的战国时代。

未来,嵌入式系统将逐步进化为AIoT系统,通过分布式的协同服务满足人们在一个分布式场景中的各种新需求。AIoT相关的计算机技术将有很大的发展空间,让我们共同努力,迎接未来的挑战和机遇!祝各界朋友新年快乐,心想事成!

陈渝

清华大学计算机系

物联网操作系统展望

物联网操作系统(IoT OS), 起源于传感网OS—TinyOS和Contiki项目, 它们对今天的IoT OS产生了深远的影响。最早的IoT OS始于2014年, 标志性产品是ARM Mbed OS。2015年华为发布Lite OS, 它们是目前IoT OS的典型代表。2015年谷歌宣布Brillo OS(后改名为Android Things), 2016年Linux基金会推出Zephyr OS, 2017年阿里发布AliOS Things, 2017年亚马逊开发Amazon FreeRTOS, 2019年腾讯推出轻量级TencentOS tiny, 从此, IoT OS驶入了快车道。

进入2020年, 新冠肺炎疫情在全球肆虐, IoT OS前进势头依然不减。中国移动推出轻量级的IoT OS—OneOS, 微软推出Azure RTOS(知名的ThreadX), 小米推出物联网软件平台小米Vela(借助开源NuttX, Vela OS有了开放生态), 谷歌的Fuchsia OS也在做着各种云、边、端的技术创新。各家IT巨头都试图通过软硬件结合带来的连贯用户体验打通整个IoT产业生态。

随着美国的制裁力度加大, 华为逐步推出各款鸿蒙OS。2020年9月鸿蒙OS2.0发布, 部分代码开源; 12月, 华为发布鸿蒙OS手机测试版(坊间称为“富鸿蒙”)。华为在手机OS领域积累已久, 顺利的话, 可以立竿见影地看到效果。针对IoT开发的轻鸿蒙, 华为虽发力很猛, 但在碎片化的IoT市场, 生态建设不是一朝一夕之功。鸿蒙OS的架构与Fuchsia OS+Zircon内核思路接近, 目前具备分布式、设备虚拟化以及服务架构的技术特色, 目标是帮助产业界实现一个基于鸿蒙OS的新一代智能化操作环境。对于鸿蒙OS技术演进(即Lite OS统一内核发展, 以及开发者生态和落地应用), 产业界还需耐心观察、小步跟进。

2021年, 面向AIoT的IoT OS将在车联网、智能驾驶、智能家居和可穿戴设备领域发力。RT-Thread开源了微内核的RT-Thread Smart, 希望借安全特性进入汽车电子市场, 随后在2020年底的RT-Thread开发者大会上发布了澎心可穿戴OS, 可谓是生逢其时, 颇受好评。老牌的RTOS公司QNX在中科创达技术年会上展示了QNX hypervisor+Android量产车型的仪表盘实物, 使国内同行有机会近距离了解QNX。翼辉推出物联网边缘计算的EdgerOS, 旨在打造一个不是Linux内核的“Linux OS”。POSIX、微内核、虚拟化、分布式、安全性等技术是IoT OS向AIoT演进的重要方向。

展望未来, IoT OS的发展之路依然严峻, 最大的困扰是没有一个可持续的商业模式, 无论多大的企业都很难持久投入。传统嵌入式OS授权和服务模式在这个领域很难奏效, 互联网企业不惜重金投入开发, 开源建立其生态, 目标就是引流, 未来靠数据盈利, 但周期一定是很长的。IoT OS在某些垂直市场有了一些商机, 比如汽车通信与控制架构改变、车机显示升级和安全认证带来商业软件收费机会。对于国内厂商, 如果没有成功的商业模式支撑, IoT OS市场的挑战是十分严峻的。面对未来, 夯实客户基础、巩固主力市场、与芯片公司和产业巨头合作、共建互利互惠的商业模式, 是当务之急。

何小庆

嵌入式系统联谊会秘书长

国产嵌入式操作系统： 在信息技术变迁中成长、发展与壮大

操作系统（OS）作为计算机赖以运转的控制中心，既是计算机的心智，是人类才智和智慧的结晶，也是信息技术发展的产物。从密歇根大学研制的第一款OS/360操作系统算起，已经历了60余年的发展，形成了多品种、多类型的产品，并被广泛应用。

1. 信息技术的普及推动国产嵌入式操作系统起步

嵌入式操作系统是随着微型处理器技术的发展而产生。20世纪80年代末期，工业数字化控制如雨后春笋般被应用到各行各业，为适应信息技术的变化，国外先后推出各种嵌入式（实时）操作系统（RTOS），较为典型的有VRTX、PSOS、VxWorks等，它们均以精确、合理和及时的进程调度、精密复杂的资源管理、高可靠性和高可用性为特征，有别于通用的操作系统。当时我国的数字化水平较低，对嵌入式操作系统的需求不强，通常是开发专用的执行程序进行任务调度。20世纪90年代末期，我国电子技术得到了大力发展，信息技术成为各行各业产业升级的核心，企业迫切需要一个通用和标准的嵌入式操作系统，相关企业开始研制嵌入式操作系统，为国产嵌入式操作系统发展奠定了基石。

2. 网络化、智能化带动国产嵌入式操作系统成长与发展

网络化、智能化已成为21世纪信息技术发展的核心技术，伴随着我国国力的增强，信息技术已处于国际领先水平。20年来在国家大力引领下，国产操作系统得到了蓬勃发展，桌面服务器和嵌入式操作系统等为代表的国产软件推动了我国基础软件自主发展的步伐，实现了补短板、国产化替代的目的。目前国产嵌入式操作系统已快速成长与壮大，在军事、通信和安全等领域实现了规模化应用。当前主要存在三种发展途径：一是面向武器装备的操作系统，实现装备操作系统的自主化，其特征是安全保障；二是基于开源社区的操作系统，以增值服务为目标实现操作系统自主化，其特征是通用性和定制性；三是国产操作系统开源社区，以内核开源为目标实现操作系统的共同发展，其特征是普适性。可以说国产嵌入式操作系统生态环境已建成、产业链初具规模，为持续发展打下了一定的基础。

3. 人-机-物融合为国产操作系统迈向国际市场提供了机遇

操作系统从OS/360/UNIX到Windows/Linux，再到Android/iOS，每20年将出现一次跨越式发展，2021年是操作系统新一轮发展机遇，为国产操作系统跨入国际市场提供了契机。信息技术的网络化、泛在化和智能化趋势促使操作系统概念的泛化和延伸，人-机-物融合是推动下一代操作系统发展的动力。新一代嵌入式操作系统的架构设计应考虑四个方面：(1)网络取代节点设备成为操作系统的核心；(2)NodeOS与NOS的交互和融合成为架构设计的核心矛盾；(3)海量异构资源管理和自然交互需求为I/O技术带来变革性发展；(4)人与物的加入对新一代操作系统安全与隐私保护提出巨大的挑战。

纵观嵌入式操作系统的发展历程，国产嵌入式操作系统在技术成熟度、生态环境和产业链等方面具有独特的优势，相信在不久的将来，国产嵌入式操作系统能够在国际市场占有一席之地！

叶宏

航空工业计算所

机器人的发展与嵌入式系统

机器人的诞生和机器人学的建立与发展，是20世纪自动控制领域最具说服力的成就。机器人已经彻底改变了人们的生活，在各行各业都能看见机器人的身影，尤其是近年来，机器人与人工智能、互联网和智能制造技术的融合发展，更是推动了人类社会生活方式的变革。

机器人的发展与嵌入式系统的发展是紧密联系在一起的。机器人的构成不外乎机构本体和控制系统。在最初的技术设计中，机器人控制系统主要采用数控技术，但是发展速度比较缓慢。20世纪70年代以后，由于智能控制理论的发展和微处理器的出现，机器人控制技术得到了长足的进步。进入21世纪以来，随着嵌入式系统和智能技术的高速发展，机器人控制技术也得到了快速发展。现在，具有低功耗、低成本、小体积和高可靠性等优点的嵌入式系统已被广泛应用于机器人控制系统。

十多年来，开源共享机器人操作系统ROS (Robot Operating System) 得到了快速发展，成为国际机器人研究机构和开发人员首选的主流操作系统平台。然而，ROS缺乏实时性支持且难以应用在主流的嵌入式多核处理器平台上。为此，我国开发了专门针对多核异构嵌入式平台的机器人操作系统 (RGMP-ROS)。该系统将人机交互与底层柔性控制算法分离，实现了在单颗多核处理器上的多个系统的融合，大大降低了机器人控制器的体积与功耗，使系统任务控制周期从ROS原有的10 ms缩短到1 ms，从而满足机器人实时运动控制的需求。同时开发了轻量化的ROS Framework，使RTOS和各种低端嵌入式微控制器能够支持ROS通信协议，成为轻量级的ROS控制节点。目前，多核异构操作系统已应用于模块化的智能协作机器人，并得到广泛的认可。

未来，随着人工智能技术的不断进步，智能机器人技术将越来越成熟，并得到越来越广泛的应用，目前我国和多个发达国家已将智能机器人作为国家战略发展方向。由此，具有开放式结构的、易于集成和扩展的嵌入式智能机器人控制系统也成为嵌入式系统发展的一大热点。未来，嵌入式智能机器人控制系统将向着高集成度、低功耗、小型化、模块化、易扩展、易移植、软件实时性强、人机界面易用、远程控制方便等方向发展。

魏洪兴

北京航空航天大学 机械工程及自动化学院

多重因素共同推动国产芯片产业发展

近几年，尤其是2018年以来，国产芯片产业迎来了前所未有的发展高潮。从政府到民间，从投资机构到初创公司，如何发展国产芯片及其配套产业已经成为全民瞩目的焦点。在政府层面，除国家部委先后出台了多项税收政策、扶持政策外，各地方政府也在纷纷制定各种招商引资政策推进芯片相关企业“入驻”与“落地”。在投资与创业层面，芯片企业创投由相对较为集中在集成电路设计企业，逐渐向EDA、半导体材料、装备（配套）制造等全产业链扩散。

如此轰轰烈烈的国产芯片产业发展的契机是如何造就的呢？一般认为，国际关系变化催生的“国产替代”和“自主可控”是主要原因。诚然，这是一个重要的因素，但此轮促进国产芯片发展的因素至少还存在以下几点：新应用/新需求驱动、设备厂商自身能力提升、国内长期积累的“爆发”、“开源硬件”等新的设计方法/模式驱动。

新应用/新需求的驱动是指人工智能、物联网、云计算、自动驾驶等新应用、新需求的发展带来了新的芯片设计需求，对国内企业尤其如此。以人工智能为例，虽然在基础研究方面仍然与美国存在一定差距，但国内企业在人工智能技术应用层面已经和美国不相上下。人工智能应用无论是训练还是推理所带来的“算力压力”促进了新形态芯片的诞生和发展，而国内企业由于“对接”应用的便利性而具备了发展先机。

设备厂商自身能力的提升是指以小米、OPPO等为代表的设备厂商在追随华为的做法，纷纷开始尝试通过设计自有芯片来提升品牌附加值、增加在产业链中的话语权。相对而言，设备厂商的造芯计划面临更为严峻的挑战。

国内长期积累的“爆发”是指经过多年的积累和发展，很多创立多年的国产芯片厂商已经在某些特定领域或局部市场取得了一定的突破，以兆易创新、格科微等企业为代表。

“开源硬件”等新的设计方法/模式驱动的典型代表是RISC-V开源指令集加持下所催生的各类IP厂商、处理器厂商等。目前基于RISC-V开源指令集的高中低端处理器均在国内诞生。与此同时，国内还诞生了诸如中科昊芯这样率先以RISC-V指令集实现DSP的公司。

当然，如果没有复杂多变的政经环境，以上四点因素对国产芯片的促进作用也许不会像今天这么大。正是在多重因素的共同推动下，国产芯片产业发展迎来了“天时、地利、人和”的黄金发展期。国产芯片最终能否抓住这极为罕见的发展机遇、实现高速发展仍然是个悬而未决的问题，需要相关从业人员脚踏实地、不懈努力！

黄乐天

电子科技大学 电子科学与工程学院
(示范性微电子学院)

如何应对AIoT对芯片的碎片化需求？

近几年，尤其是2018年以来，国产芯片产业迎来了前所未有的发展高潮。从政府到民间，智能物联网（AIoT）时代已来，AIoT设备开始部署在越来越多的领域。很多人家中已经拥有可以通过手机APP控制的嵌入了芯片的插座、台灯等家用品，我的同事还开发了一款可以与人交互的杯子；而在寒冷的东北大兴安岭，数万平方公里的森林中部署了几万个红外摄像机，实时监测动物的行踪，甚至可以通过AI功能直接识别出是哪一种动物。AIoT设备应用如此广泛，很多预测认为未来AIoT对芯片的需求将会增加一个数量级，达到数千亿颗，但同时也带来一个挑战——需求碎片化。

如何应对AIoT对芯片的碎片化需求？对于这个问题，我们也许可以借鉴另外两个领域成功的经验。

互联网是一个极其碎片化的领域。2012年国家推出了“互联网+”政策，鼓励互联网和各行各业对接。但这个政策如何落地？具体表现形式就是为各行各业开发各种各样的APP。根据工信部统计数据，截至2018年，我国拥有近450万个手机APP，数量雄踞世界第一。每一个APP都不尽相同，可以说是极其碎片化。幸运的是，开源软件极大地降低了APP的开发门槛。数百万个APP中，超过80%甚至90%的代码都是基于开源软件，于是APP开发者可以专注于针对不同行业的定制代码，从而使3~5人的APP开发团队便能胜任。

模拟芯片也是一个极其碎片化的领域。全球最大的模拟芯片公司德州仪器（TI）拥有8万多款不同种类的芯片，而整个公司其实只有3万员工。那德州仪器是如何做到让3万员工可以开发和维护8万多款芯片的呢？这得益于德州仪器一套共享的芯片研发平台：最底层是全公司共享的芯片制造厂（Foundry）；在其之上是全公司共享的工艺库与芯片开发工具链；然后便是上千个负责开发不同类型芯片的小作坊式的团队，负责研发复杂数字芯片（如DSP、MCU）的团队会有数十人，而负责研发模拟小芯片的团队可能只有3~5人；再往上则是针对数百个应用场景的数字系统解决方案，这些解决方案提供参考设计，从8万多款芯片产品中选择几十到上百颗合适的芯片。

当我们了解其他领域应对碎片化需求的解决思路之后就会发现，开源芯片和敏捷设计正是应对AIoT场景芯片碎片化需求的有效手段。近年来，基于RISC-V的开源芯片生态有望提供越来越多的开源IP核，包括CPU、GPU、DDR控制器、WiFi、NB-IoT等。同基于开源软件的移动互联网APP开发模式类似，这些开源IP核将提供80%甚至90%的基础功能，从而使3~5人的团队便能快速定制针对不同应用场景的AIoT芯片。另一方面，芯片敏捷设计云平台将提供各类基础IP核、开源EDA工具链，就像德州仪器的底层共享平台那样，大幅降低芯片设计的前期投入，让3~5人的小作坊团队也能在云平台上根据AIoT场景开发定制芯片。

我们有理由相信，开源芯片生态与敏捷设计云平台的结合，正是应对AIoT场景芯片碎片化需求的解决之道。

包云岗

中科院计算所

5G时代物联网前景展望

2021年业已过去一半，近期中国IT界霸屏的新闻莫过于华为鸿蒙HarmonyOS 2.0系统的发布，一句“为万物互联而生”的推广语，道出了当前信息技术发展的趋势。信息技术革命的兴起彻底改变了人们的生产和生活方式，从互联网(Internet)，到移动互联网，进而到物联网(Internet of Things, IoT)，人们已经不满足于仅仅是人与人之间的互联互通，更希望实现在任何时间、任何地点，人、机、物的泛在连接，实现对接入对象和过程的智能化感知、识别和管理。物联网 (IoT)，从字面上简单理解，应该是“物与物之间的互联网”，人们的认知也从最初的“感”、“传”、“知”、“用”，发展到现在的“感”、“传”、“智”、“用”，以至于衍生出了新的概念——人工智能物联网 (AIoT)，不仅要“联”，还要“通”，更要“智”！

进入21世纪，世界各国愈发重视物联网技术的发展，不断提升物联网技术的战略地位。美国将物联网技术上升至国家战略级别，其他各个国家也纷纷跟进。2009年8月，物联网被正式列为我国五大新兴战略性新兴产业之一。

万物互联的物联网有海量高密度终端接入，具有低时延、高可靠、高安全等技术特征。作为承载物联网业务的重要组成部分，移动通信网也走过了前所未有的发展历程，从最初1G的模拟时代走向2G的数字时代，3G实现了从2G的语音时代走向数据时代，4G实现了IP化，数据速率显著提升。

5G最大的改变是实现从人与人之间的通信走向人与物、物与物之间的通信，实现万物互联，推动社会发展。面对5G“万物互联”的愿景，无论是技术层面还是商业模式，均面临着全新的挑战与机遇。为了实现这一愿景，5G首次引入多场景概念，即增强移动宽带 (eMBB)、海量机器类通信 (mMTC) 和低时延高可靠 (uRLLC) 三大场景。其峰值速率需达到10~20 Gb/s，以实现高清视频、虚拟现实等大数据量传输；空中接口时延低至1 ms，能够满足自动驾驶、远程医疗等实时应用的需求；同时，具备百万连接/平方公里的设备连接能力，从而实现物联网通信。

5G基于软件定义、网络功能虚拟化等技术的网络架构，能够支持网络资源的按需定制、高动态扩展与自动化部署，支持从接入网、核心网到承载网的端到端网络切片，从而更好地适应多场景、差异化业务灵活承载的需求，有力促进物联网应用创新。2021年，我国已初步建成了全球最大规模的5G移动网络。

5G万物互联，未来已来；6G万物智联，未来可期。

郝建军

北京邮电大学信息与通信工程学院

RISC-V产业的现状与未来

今天，RISC-V产业发展势头十分迅猛。据RISC-V基金会介绍，注册的企业会员已多达1000家，还有1000位个人会员。2021年6月在上海科技大学举办首届RISC-V中国峰会，现场听众近1000人，技术报告100余场，展商20余家，还有过万的线上听众参与。

在首届RISC-V中国峰会上，我们看到RISC-V技术和产品硕果累累。SiFive、阿里平头哥、芯来科技和中科院计算所发布了高性能64位RISC-V CPU。据南京博流和乐鑫科技介绍，他们公司的RISC-V物联网芯片已经量产落地。此外，在展会上还可以看到南京沁恒的多款RISC-V MCU新品，以及中科昊芯等企业的RISC-V DSP等一批新的芯片。

今天，RISC-V软件生态渐入佳境，嵌入式和物联网开发与应用正在趋于成熟。Linux社区逐渐发力，随着以全志D1为代表的通用RISC-V Linux芯片量产，低成本、高性能RISC-V处理器开发板将为全球RISC-V软件生态创新发展带来活力。

今天，RISC-V创业公司普遍规模不大，但不乏具备市场和技术领导地位的头部企业。比如Intel正在考虑收购RISC-V处理器IP开发商SiFive，且出价金额可能高达20亿美元。而实际上，对SiFive感兴趣的远不止Intel一家。

今天，我们也不得不接受这样的事实：Arm比RISC-V要强大得多。首先是性能方面。据海外专家分析，SiFive最新发布的速度最快的64位RISC-V处理器Performance P550，其性能大约与Arm Cortex-A75持平。而Arm在Cortex-A75之后，已经有了Cortex-A76/A77/A78/A710/X1高性能处理器核。这样即使SiFive每年有新的高性能CPU发布，依然落后Arm四代以上。其次是操作系统方面。目前Linux可以运行在32/64位Arm以及RISC-V CPU上，Android没有官方正式支持，阿里平头哥在C910上做了AOSP移植。Windows可以运行在64位Arm上，但不支持RISC-V。macOS可以运行在64位Arm上，但不支持RISC-V。此外，ChromeOS也没有官方支持RISC-V。

未来，可以预测，为了更快地缩短与Arm的距离，RISC-V产业界并购将会增多，企业规模逐步变大，技术更新不断加快！如何在激烈竞争中脱颖而出，是众多小型RISC-V企业面临的严峻挑战。

未来，我们相信，全球计算架构版图中一定会有RISC-V的身影，三足鼎立是目前可以想象到的格局。但在不同领域，这个格局或将有些变化，比如物联网端侧可能只有Arm+RISC-V，桌面依然是Intel+Arm，而智能终端可能是Arm+RISC-V。随着普适计算的流行，x86的地位将面临严峻的挑战，RISC-V未来的前景一片光明！

何小疾

嵌入式系统联谊会秘书长

日新月异的硬件对你和Linux意味着什么？

何小庆老师看到我转发的“Linux：硬件日新月异，但对我们来说不算什么挑战”一文后，提议我写一篇有关Linux现状与未来的文章。在Linux诞生30年、我踏入Linux开源世界22年之际，重读20年前撰写的第一本书《Linux操作系统内核分析》，前言的第一句话是“如果说Linux的出现是一个偶然，那么席卷全球的Linux热潮则是一个奇迹，Linux正以势不可挡的趋势迅猛发展，其发展前景是无法预测的”。如今蓦然回首，历经这30年的发展，Linux不但成为全球最大、参与开发人数最多的顶级项目，而且数以万计的开源软件都基于Linux系统开发而成，并催生了目前世界上最大的开源软件基金会之一——Linux基金会。

作为一家非盈利组织，Linux基金会聚集了不计其数的技术爱好者，见证了开源这30年的风起云涌，其贡献的创新代码也改变了诸多软件、硬件的生态链，随之而起的各个开源基金会更是带领着优秀贡献者们用技术改变整个行业。

在Linux基金会主席Jim与Linus的一次访谈中，当Jim问起各种新的芯片架构层出不穷，从英特尔x86架构、ARM架构再到RISC-V架构，而Linux在每一款架构生态中的工作是那么的一致，这其中的秘密是什么时，Linus回答说：“我认为最重要的是，对我和许多其他的内核开发人员来说，所有这些不同的架构，所有SMP体系架构性能的巨大变化，都不算是需要什么努力应对的挑战，相反它们正是让做内核开发变得如此有趣的原因。”这使我想起我的一位研究生，毕业后从事各种芯片架构在Linux内核中的适配，当谈及每款架构可能遇到的各种bug时，有一种喜悦洋溢在她的脸上。她说：“老师，您知道么，一想到从每一个bug中又能学到新的东西，我就有一种难以言表的兴奋。”

Linux内核发展最大的挑战是适配日新月异的计算机硬件，同样，困难且前沿的创新技术也大多集中在硬件上。Linus希望想要参与Linux内核或其他任何开源项目贡献的开发者，可以一步一个脚印，从小事做起，从个人感兴趣的事情开始做，慢慢找到自己能够为项目做出真正贡献的部分。

陈莉君

西安邮电大学计算机学院

万物智联时代， 嵌入式系统面临的新机遇与新挑战

以计算机、互联网为代表的信息技术是人类文明发展史中的一个伟大发明，其孕育出了一个人类社会前所未见的、与物理世界并存的新世界——信息世界，进而引发了一场已延续半个多世纪的科技变革。如果将信息技术誉为人类科技文明史中的一个奇迹，那么，将源于计算机技术的嵌入式技术誉为其中一颗耀眼的明珠便不为过。正是嵌入式技术创造性地赋予了万物数字化生命，前所未有地实现了信息世界与物理世界的有机融合，也为当下智能万物、互联万物的新发展形态奠定了重要基础。

后摩尔定律时代，经过了微型化、网络化、低功耗、多形态发展的嵌入式系统，可以“嵌入”到各种各样的物理或生物对象之中，越来越多的物件甚至生物都开始焕发出新数字化生命与智慧。传统行业变革升级、新的“数字化物种”不断涌现，嵌入式技术正在掀起一场巨大的数字化浪潮。在这个浪潮之下，旧的技术体系、发展范式、应用生态将会被完全打破。这一切，将使得嵌入式技术本体的创新演化拥有更为广阔的发展空间，也将使得嵌入式技术和应用创新有着无限的想象空间。

万物智联时代，嵌入式技术及其应用的形态将更加丰富和多元，同时也将日益呈现深度物理融合、混合架构共存、群体智能协同、网络安全攸关等诸多新的计算特性。显然，经典的嵌入式系统体系结构、软硬件技术和开发方法都已很难应对新趋势下的诸多挑战，其本体的知识与技术体系需要进行同步革新，也必然对从业人员的专业素质提出了更高的要求。从技术角度看，晶体管相关的先进器件技术、智能的新型计算架构、信息物理融合的计算机制、分布式协同的嵌入式（系统）软件、边缘计算及容器技术、网络空间的高效安全保障机制以及模型驱动的软硬件协同开发方法等，都已成为新计算时代的热点问题和重要方向，值得我们密切关注。

21世纪以来，嵌入式技术历经高速发展之后，在一段时间内从前沿逐渐下沉，成为了基础技术。近年来，随着云计算、大数据、物联网、人工智能、移动互联网等技术的不断演化和应用，万物智联时代的大幕已然徐徐开启，正在以一个更为宏大的场景激发嵌入式技术的新活力。万物智联时代，嵌入式技术大有可为！

张凯龙

西北工业大学计算机学院
CCF嵌入式系统专委会秘书长

国产32位MCU的爆发与展望

随着国产化替代及缺货潮的到来，国产32位MCU发展进入快车道。政府、企业、资本、民众等各种资源，对半导体行业的发展给予厚望并付诸实际行动，有钱的出钱，有力的出力，一片欣欣向荣的景象。借此东风，国产32位MCU迎来了大爆发。

从内核来看，首先，国产32位MCU仍以ARM内核为主，包括Cortex-M0/M0+/M3/M4/M23等，后续会有厂家陆续推出Cortex-M7/M33等内核；其次，基于RISC-V内核的MCU也陆续推向市场；最后也有部分厂商走自有内核之路。

从兼容性来看，国产32位MCU又分为寄存器全兼容、硬件兼容、硬件基本兼容和硬件不兼容等类型，以上几种类型各有千秋，在国产32位MCU这条道路上，中国走出了自己的特色。

国产32位MCU已经爆发，随着低单价核心部件在使用上的玻璃天花板被打破、无形的市场壁垒消失，国产32位MCU开始进入各种市场，也被各种客户拿来试错。国产MCU一旦站稳脚跟，会迅速开始全面的国产替代。接下来国产32位MCU公司营收将大幅增长，个别公司的营收将迈入十亿门槛，国产32位MCU将加速中国许多电子产品升级之路，最终会进入欧美日市场。

国产32位MCU入局者会越来越多，其他领域的芯片设计公司将会入局，比如存储、智能卡、电源、模拟和设计服务公司。从市场端来看，SoC的产品更符合客户的长远需求，加上国内MCU设计、生产、供应链体系的成熟，国产32位MCU越来越受到市场欢迎。但同时我们也要看到目前厂商同质化竞争激烈，造成此种现象大致有几个原因：首先是熟悉MCU市场的专业市场人员（PM）大量缺失，其次设计公司对于系统应用工程师（SAE）重视程度不够，最后是企业短期的销售压力。随着时间的推移，32位MCU厂商一定会形成独具特色的核心竞争力。核心竞争力的形成需要专业技术的不断积累，从研发主导型向市场主导型转变，新兴市场的把握与执行情况也至关重要。

国产32位MCU的发展需要关注以下几个方面：精准的产品定义，贴近客户需求，解决客户的痛点，迎合客户未来发展；迭代的产品投入，深耕细分市场，以客户为导向，走出自己产品的特色；可靠的产品性能，要把好产品研发关，提高产品的抗干扰能力，产品性能参数要不断升级；一流的品质服务，产品一致性很重要，失效分析团队要专业，品质把控要严谨；健全的产品生态，工具要成熟稳定，驱动库、解决方案要并驾齐驱，线上、线下培训要相辅相成；规范的市场营销，做好渠道管理，客户管理系统要健全，代理商奖罚分明。

国产32位MCU应该夯实基础，切忌跳跃发展；国产32位MCU应该积累口碑，切忌涸泽而渔；国产32位MCU应该各有所长，切忌一哄而上！

雷江峰

厦门澎湃微电子有限公司市场总监

物联网安全的发展现状与展望

20世纪末，物联网概念的提出为我们描绘了一幅宏大的基于“物”的互联网蓝图。随着技术的快速发展，物联网渗透到了衣食住行的各个方面，让我们的生活变得更智能、便捷的同时，也带来了更多的安全隐患和隐私泄露风险。

从物联网诞生之日起，安全攻击事件频发，如智能网联汽车被网络劫持和远程控制，智能摄像头被攻击而泄露个人隐私，智能门锁被小黑盒攻击打开，涉及国家安全的电网设施遭到黑客攻击、造成大面积停电等。万物互联只有以保障安全为前提，才能更健康地发展。

物联网安全涉及关键数据、隐私数据、关键操作的安全保护，传输数据的防窃取、防篡改，云端用户数据和根密钥的保护，以及设备身份的合法性认证等。物联网安全防护主流方案是以密码算法为基础，结合不同的安全硬件和软件对设备、通信和云端进行安全防护，常见的有以下几种：

1. 物联网设备端和云端均采用软加密算法，敏感数据、隐私数据和根密钥等信息被加密存储在通用存储器中。这种方案的优点是无需对现有系统做任何改造，只需要软件进行相关升级即可，投入成本低；缺点是安全性较差，安全防护等级较低。

2. 物联网设备端和云端采用软件沙箱、TEE等安全技术，再结合密码算法进行数据保护、关键操作的控制、端云身份的认证和数据的加密传输等。这种方案尽管在安全防护能力上有一定提升，但安全防护等级仍然不高。

3. 物联网设备端和云端分别集成安全芯片和安全加密机/卡等安全硬件，保障设备端和云端的数据、控制、传输的安全和身份的合法性校验。这种方案的安全等级较高，安全防护能力强，安全硬件均通过权威检测机构的安全认证；缺点是需要增加额外的硬件成本。

4. 随着技术发展，近年来出现了集成硬件安全特性的通用MCU产品，可直接替代现有的物联网设备主控芯片，同时提供类似于安全芯片的硬件安全特性。这种方案在安全防护等级和成本上都具备明显的优势，相信未来将成为物联网终端厂商的一种更优选择。

物联网安全是时代发展的必然趋势。国家和行业对关键联网设施、设备安全、数据安全和个人隐私保护日益重视，相关法律法规、标准规范在不断出台和完善。物联网领域芯片与方案提供商应抓住机遇，通过技术创新增加产品安全功能，降低方案成本和开发技术门槛，提高安全开发便捷性，真正解决用户痛点，为物联网应用提供安全、易用的产品。

毫无疑问，安全必将成为物联网产品的一个必备标签和属性。随着技术方案的不断创新，安全高效的万物互联蓝图必将成为现实！

赵永刚

国民技术股份有限公司方案开发部执行总监