

物联网操作系统的过去、现在与未来

何小庆/Allan He

2021年8月21日

第三届国产嵌入式操作系统技术与产业发展论坛暨嵌入式系统联谊会
主题讨论会（总第27次）线上会议

1. 什么是物联网操作系统
2. 物联网操作系统发展机遇
3. 物联网操作系统的应用
4. 物联网操作系统新趋势



嵌入式操作系统发展历史

OS-9



ENE A



RTOS 名称	公司名称	网站	近况
VRTX	Ready System/Microtec		最早的商业RTOS
pSoS	ISI		在通信业知名的RTOS
OS-9	Microware		与MOT 紧密 历史悠久
SMX	Mico Digital	www.smxrtos.com	私人RTOS 企业
vxwork	Wind River	www.wrs.com	嵌入式RTOS 的常青树
Lynx OS	Lynuxwork	www.lynx.com	老牌的RTOS
QNX	QNX	www.qnx.com	汽车电子见长
CMX	CMX system	www.cmx.com	历史悠久,私人企业
Nucleus	ATI/Mentor	www.mentor.com	被Mentor-西门子 收购
ThreadX	Expresslogic	www.rtos.com	被微软收购-Azure RTOS
uc/OS	Micrium	www.micrium.com	被Silicon Lab 收购-开源
Integrity	Gree Hill	www.ghs.com	安全和军工
OSE	Enea	www.enea.com	通信业后起之秀
PikeOS	SYSGO AG	https://www.sysgo.com/	欧洲知名的RTOS
embOS	Segger	http://www.segger.com	工具见长

VRTX
Real-Time Operating System



WIND RIVER



嵌入式OS 始于和发展于RTOS , RTOS 有超过30年历史
全球兴旺的时候有几百家, 中国也有自己RTOS



开源的RTOS

- RTEMS: 实时多处理器系统, POSIX, 最早运用在美国国防系统。
- eCOS: 基于GNU 的RTOS, C/C++ , 含TCP/IP和文件系统, 在消费电子产品有许多应用, 后被红帽收购。
- TOPPERS: 日本开源的RTOS, 符合uITRON 4.0 标准, 创始人是名古屋大学高田教授 (Hiroaki Takada), 现在专注在汽车电子。
- Contiki: 起源于无线传感网络的的RTOS , 有超低功耗管理和IPV6支持。
- μ C/OS: Jean Labrosse 撰写的知名的RTOS, 2020年 完全的开源软件。
- FreeRTOS: 其专注在支持MCU , 开源模式和生态好, 先被Amazon托管发展为一个IOT OS, 授权从GPL改成MIT。
- Nuttx: POSIX API, 无人机应用, 小米Vela IOT OS的内核。
- Zephyr: Linux基金会维护一个RTOS项目, 源自风河, Intel /NXP主导。
- RT-Thread: 中国知名的开源RTOS, 一个小而美的IOT OS。



NuttX Real-Time
Operating System

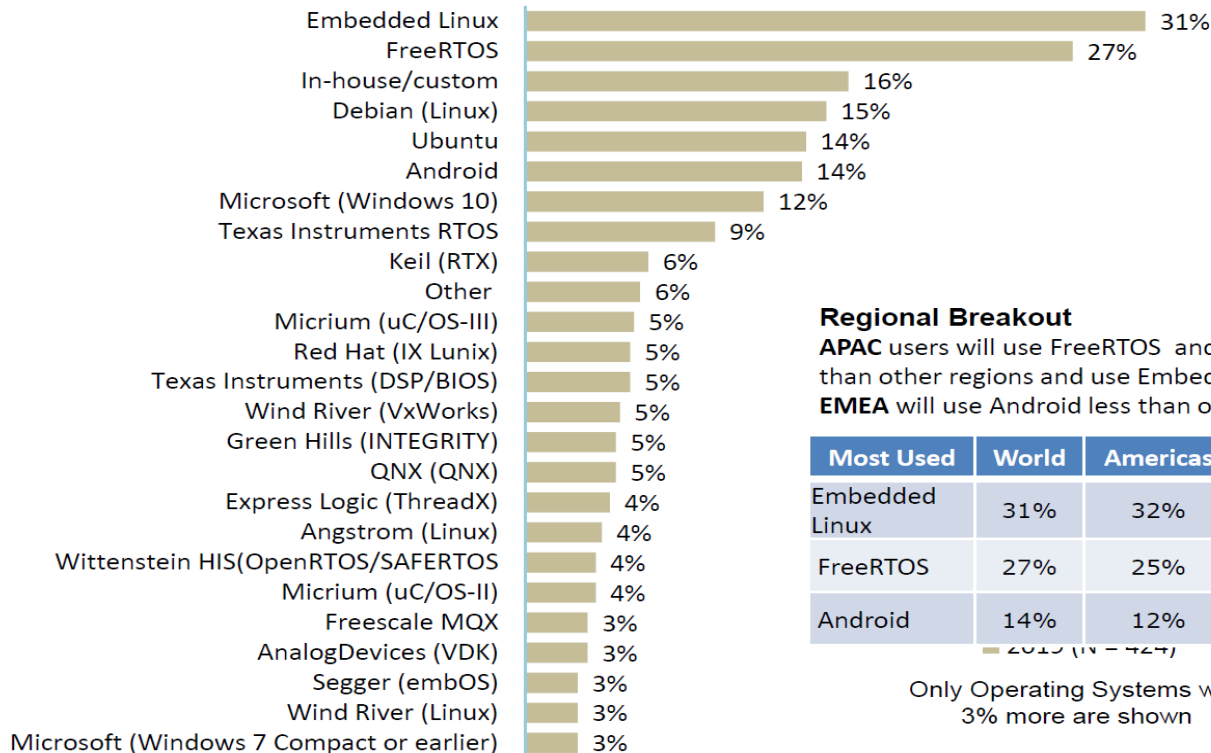


<https://www.osrtos.com/>



嵌入式系统联谊会
www.esbf.org

2019 嵌入式 OS 市场调查



Regional Breakout

APAC users will use FreeRTOS and Android much more than other regions and use Embedded Linux much less. **EMEA** will use Android less than other regions.

Most Used	World	Americas	EMEA	APAC
Embedded Linux	31%	32%	31%	26%
FreeRTOS	27%	25%	24%	37%
Android	14%	12%	10%	26%

Only Operating Systems with
3% more are shown

来自: EETimes embedded

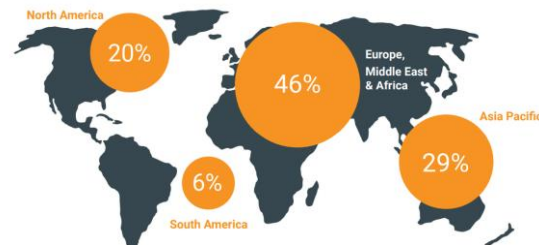
未来12个月你可能使用的Embedded OS



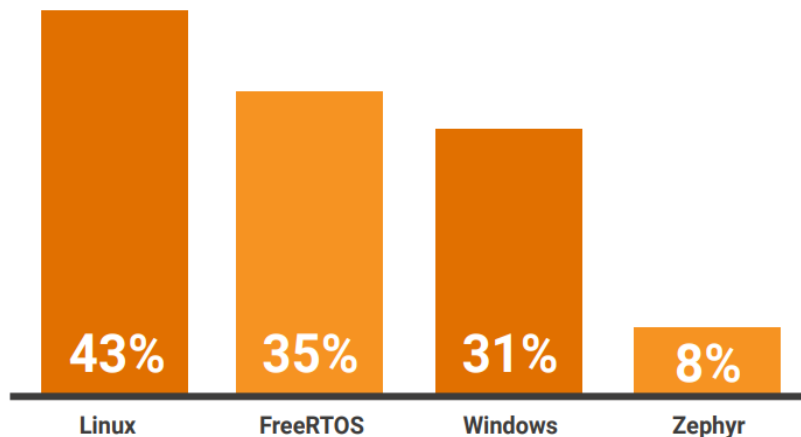
嵌入式系统联谊会
www.esbf.org

2020年物联网OS的市场调查

- Linux (43%)、FreeRTOS (35%) 和
- Windows (31%)，它们是受限设备和边缘节点
- 最受欢迎的操作系统。
- Windows 使用率从2019 年 20% 增长到
- 2020 年达到 31% - 可能是受Azure IOT的驱动
- Zephyr 激增 (从 2019 年的 3% 到
- 2020 年为 8%)，这是一个intel/NXP等公司主导的开源项目，Linux 基金会托管！
- **结论：这是一个 Linux 和 FreeRTOS 世界**



Top Operating System Landscape



物联网操作系统的发展历程

针对代码受限的IoT 设备

- IOT OS 起源于开源传感网OS-TinyOS和Contiki
- 2014年 ARM 物联网平台 mbed OS
- 2015年华为发表了 **Huawei LiteOS**
- 2015年谷歌宣布-Brillo OS (Android Things)
- 2016年Linux 基金会推出Zephyr OS
- 2017年 阿里宣布 **AliOS Things**
- 2017年 **RT-Thread** 发布3.0 -小而美的 IoT OS
- 2017年 亚马逊宣布 Amazon FreeRTOS
- 2019年 腾讯发布 **Tencent OS ting**
- 2020年 微软宣布Azrue RTOS – 基于ThreadX
- 2020年 中国移动发布 **OneOS** 物联网操作系统
- 2020年华为**鸿蒙OS** 2.0正式发布部分开源
- 2020年 小米发布 **Vela OS** (基于NuttX)



Mbed OS 5



AliOS
Things



OneOS



IoT产业发展需要物联网OS

- IoT市场在不断增长。据IoT Analytics的统计，2020年，IoT联网设备（如：智能网联汽车、智能家居、工业联网终端）的数量将首次超过非IoT联网设备（如：智能手机、笔记本电脑和台式机）。
- 2020年底，全球217亿个活动联网设备中，IoT设备达到117亿（占比约54%）。到2025年，预计将有超过300亿的IoT连接，全球平均每人将近4台IoT设备。
- 物联网时代对操作系统提出新要求：
 - **安全性、端云结合、低功耗、多平台和分布式**
- 没有统一物联网的操作系统，导致物联网软件迭代慢、成本高，生态闭塞。软件开发重复性大，成为制约物联网发展的重要因素之一。

PC时代有Windows OS、移动互联网时代有Android 和IOS，为什么物联网时代没有一种物联网操作系统呢？



物联网操作系统的定义

- **物联网操作系统** 国外称为The Operating System for Internet of Things，简称为**IoT OS**。它是一种在嵌入式实时操作系统 (**RTOS**)基础上发展出来的、面向IoT架构和应用场景的**物联网软件平台**
- 物联网操作系统目前没有严格的定义，体系架构和功能基本类似，**种类很多**；①运行在 MCU 上以RTOS 为基础 ②可运行在嵌入式处理器，Linux 和RTOS 内核 ③传统的RTOS改进后的 ④AIOT 时代物联网操作系统

Azure RTOS

使嵌入式 IoT 开发和连接变得轻松

HarmonyOS

万物互联时代的操作系统

Amazon FreeRTOS

IoT operating system for microcontrollers

AliOS Things

AliOS Things是面向IoT领域的轻量级物联网嵌入式操作系统。

Mbed OS

Make your next idea a success with Arm Mbed OS, an open source, easy-to-use operating system for the Internet of Things (IoT).

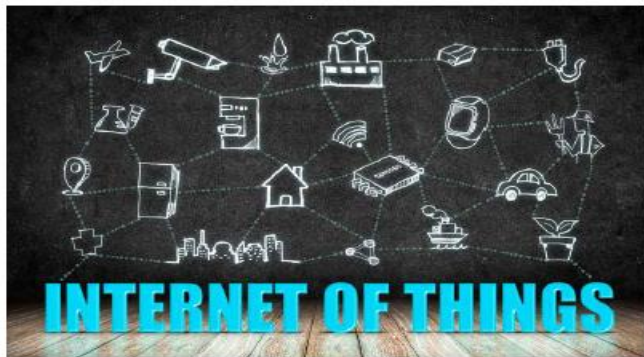


IOT OS 受到海外产学研关注

The Origin of IoT oses

Research and thoughts on the Internet of Things Operating Systems

By Allan He, Embedded Systems Specialist



Most IoT OSes originate from embedded OSes, whose kernels most likely come from RTOSes. Of course, there are IoT OSes that are original, like Android Things, Microsoft Windows 10 IoT Core, and others. Here we present a „A Brief History of RTOS“!

The history of RTOS dates back four decades ago to 1970s in North America. At the peak, there were as many as a few hundred different RTOSes. Even now there are dozens of RTOSes, with a few in China.

Figure 1 lists a dozen RTOSes that are still active today (meaning there are

companies that service and support them), ranked by their original release time. Many of them have changed hands before, for example, Wind River was acquired by Intel in 2009 [1]; however, Wind River has kept all its products. There are also cases where a product is not available anymore, like VRTX and pSoS (acquired by Wind River). Zephyr

and Nuttx are among the newer open-source embedded OSes; they both fall into the category of RTOS.

It is worth noting that there are a few good RTOSes in China as well; these include Mr. Puxiang Xiong's RT-Thread and SylixOS that is more recent and is active in military projects.

The evolution of embedded OSes

ACM

DIGITAL LIBRARY

acm

Association for Computing Machinery

Journals

Magazines

Proceedings

Books

SIGs

Conferences

People

Search ACM

Conference

Proceedings

Upcoming Events

Authors

Affiliations

Award Winning

Home > Conferences > ICTCS > Proceedings > ICTCS '16 > Operating Systems for Internet of Things: A Comparative Study

RESEARCH-ARTICLE

Operating Systems for Internet of Things: A Comparative Study

Authors: Tej Bahadur Chandra, Pushpak Verma, A. K. Dwivedi [Authors Info & Affiliations](#)

IEEE Xplore®

Browse ▾

My Settings ▾

Help ▾

Institutional Sign In

All ▾

Conferences > 2016 World Symposium on Compu... ?

Real Time Operating Systems for the Internet of Things, Vision, Architecture and Research Directions

Publisher: IEEE

Cite This

PDF

Mahmoud Hussein Abdelkarem Abdelsamea : Mohamed Zorkany : Neamat Abdelkader [All Authors](#)

物联网操作系统的技术特征

■ 管理物的能力

- “物”是“嵌入式**实时**的低功耗传感器设备”

■ 泛在的通信能力

- 支持各种无线和有线，近场和远距离的通信协议

■ 设备的可管理和维护性

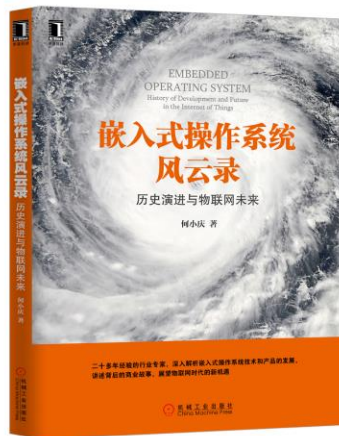
- 支持设备的安全动态升级和远程维护

■ 物联网安全

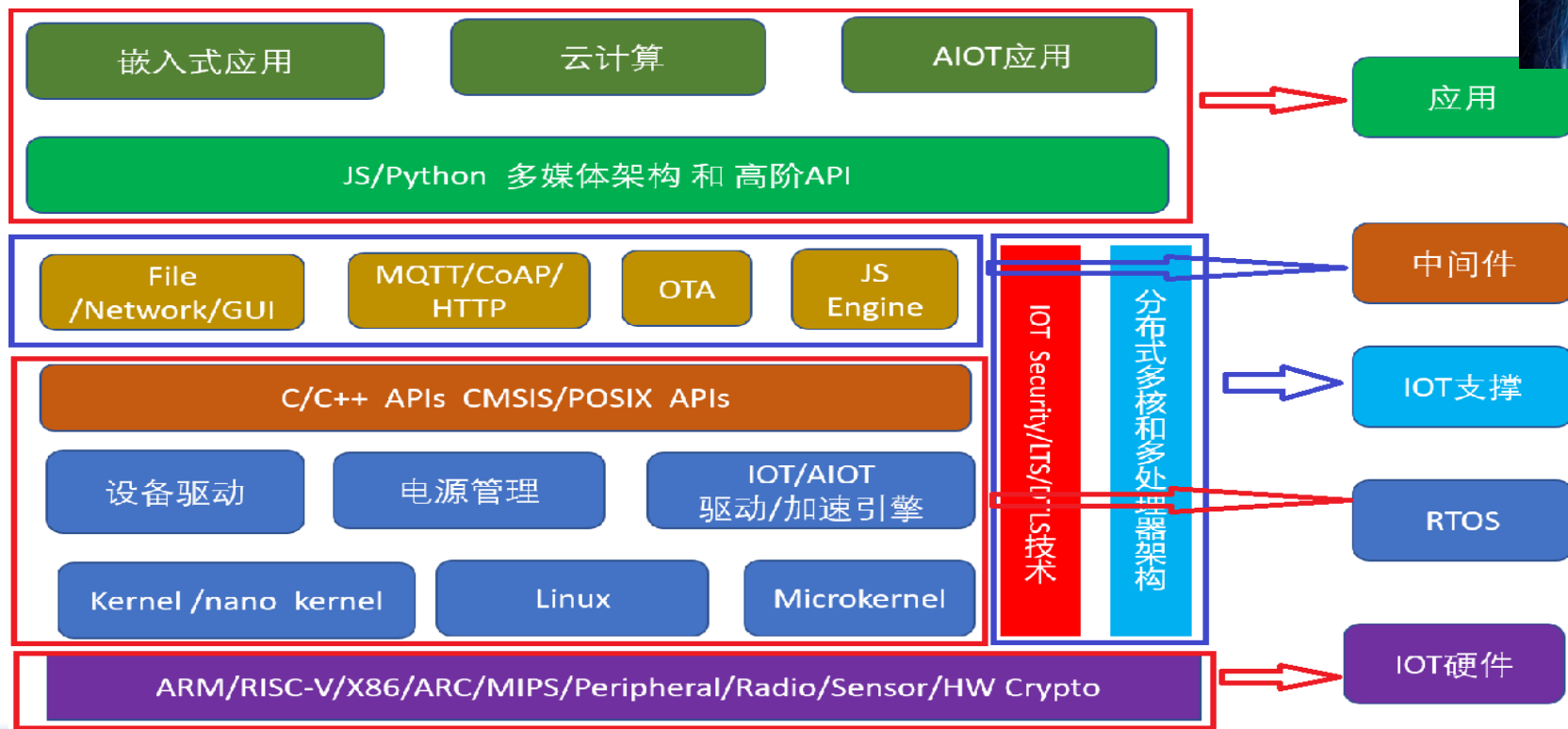
- 物联网安全包含设备、通信和云安全，具备防御外部安全入侵和篡改能力

■ 物联网云和边缘计算

- 通过物联网云平台完成远程设备管理，数据存储和分析，安全控制和业务支撑，边缘计算加人工智能处理架构和能力。



典型的物联网操作系统架构



国产嵌入式与物联网OS的现状

- 国产物联网操作系统颇具影响力
 - 这个赛道上国产OS 与国际企业比肩同行。
 - LiteOS, AliOS Things, Tencent Tiny, ONEOS.
- 开源嵌入式操作系统助力创新发展
 - RTEMS, μ C/OS , FreeRTOS, Zephyr , NuttX.
 - RT-Thread, Sylix OS, Linux .
- 自主可控、安全先行
 - YoC软件平台基于AliOS OS 通过SIL3等级的功能安全认证。
 - Sylix OS 实时操作系统 通过TUV IEC61508/EN50128认证。
 - 锐华嵌入式OS 通过功能安全标准IEC 61508 认证。
 - OneOS 物联网OS 通过了IEC 61508 认证。
 -



HarmonyOS

SpaceOS 操作系统

1. 什么是物联网操作系统
2. 物联网操作系统发展机遇
3. 物联网操作系统的应用
4. 物联网操作系统新趋势



IoT需要AI赋能、边缘计算走到台前

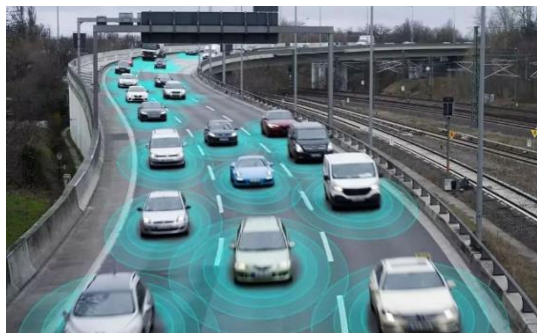
物联网应用：森林防火、边境监控、智能家居、航空诊断

AI能力：图像识别和音视频分析



森林防火无人机巡逻

- 目标检测
- 区域识别
- 暗火辨识



高速除草机器人、自动驾驶

- 高速、精准图像识别



产品异常检测

- 实时异常检测



嵌入式系统联谊会
www.esbf.org

人工智能从云走到端



边缘低功耗AI需要



嵌入式系统走向AIOT时代



嵌入式系统

拥抱AI

拥抱AI 相信已是当今电子信息企业的共识。我们想让AI落地，在工厂、机场、车站、办公室、医院、教室等现实场景中发挥作用，嵌入式系统将与AI“三要素”- 算力、数据、算法合作找到合适解决方案，AI正在成为嵌入式边缘设备的属性

万物互联

5G时代，万物互联成为基础设施。接入节点的数量呈现几何级数的增长，接入节点的安全性成同样趋势的下降。5G时代各种通信方式比如窄带通信、近场通信等在不同场景下叠加和融合，安全之忧是一场大考

AIOT



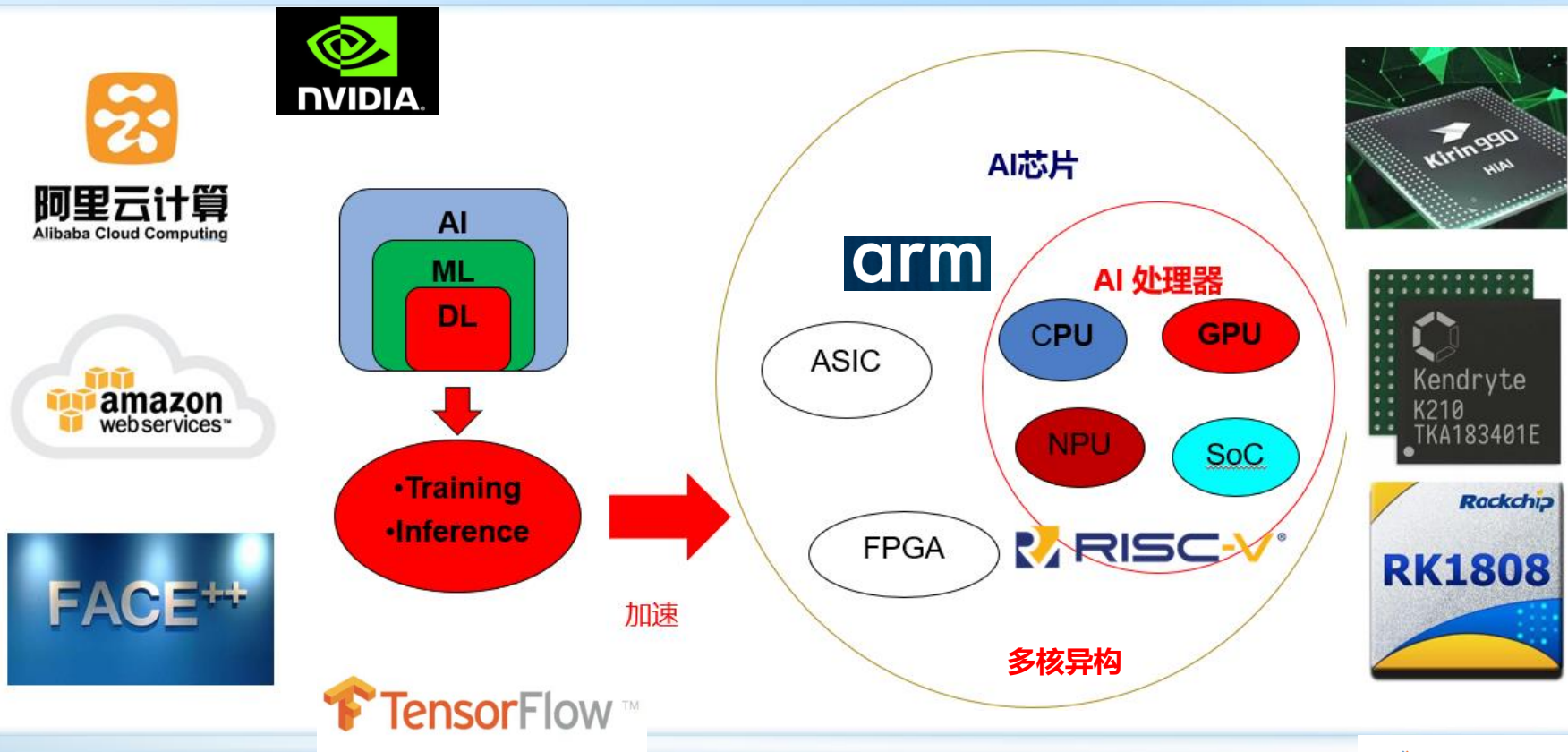
嵌入式系统联谊会
www.esbf.org

AIOT系统的技术特征

- AIOT 系统融入了“人”，人机交互走向**人机融合**
 - **功能安全**更加重要
 - **信息安全**依然重要
- “物”从传统封闭系统走向开放互联网世界
 - 封闭系统的安全应对开放的挑战
 - 封闭系统**实时性和确定性**如何在开放系统中实现
- AIOT是在AI 技术在IoT实现-**边缘计算**是解决方案
- **AIOT ≠ AI+IOT**，是人、机、物 高度融合的物理信息系统（CPS）

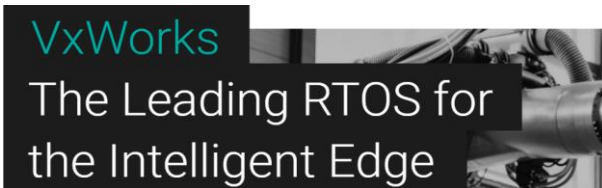


AI 芯片: AIOT 系统的灵魂



操作系统：AIOT的基石

- AIOT操作系统技术演进：
- 自动驾驶-功能安全认证 (**Safety**) ISO26262
- 联网时代信息安全 (**Security**)
- 实时性和确定性 (低延时)
- 复杂的体系架构-**多核/异构/AI/可伸缩**
- 内核技术演进 (**微内核**和宏内核并存)
- 完全的POSIX 兼容，Linux /AGL: Automotive Grade Linux
- 分布式操作系统技术
- 虚拟化，容器和K8S技术支撑规模应用



颇具影响力的RISC-V指令集架构



RISC-V 符合技术需求、商业成本优势明显、开源开放助力国产芯片自主可控

技术层面

RISC-V ISA 精简、模块化、可扩展的架构优势带来低功耗、安全、灵活和可扩展等特点，完美符合AIoT芯片需求

商业层面

RISC-V无指令集架构授权费、精简的指令集使得相同设计能获得更小的芯片面积从而带来成本优势

其他层面

RISC-V指令集架构开源、开放，任何人都可免费使用，不受管制，符合产业对处理器、芯片自主可控的需求

RISC-V是一种开放、免费、可扩展的计算机指令集架构，2010年由伯克利大学提出。2015年RISC-V基金会成立后得到迅速的发展和推广，目前已有超过1000家公司会员。RISC-V是一个新型、清晰、简约、开源的指令集，它以过去指令集设计所犯过的错误为鉴，目标是覆盖最小的、到最快的所有计算设备。

RISC-V 嵌入式与物联网处理器芯片

▪ Kendryte K210

- K210 包含 RISC-V 64 位双核 CPU (Rocket core) , 每个核心内置独立 FPU , 是一个典型 AIOT SoC

▪ NXP RV32M1

- 集成了4个cores: RISC-V RI5CY core, RISC-V ZERO-RISCY core, ARM CortexM4 core 和 ARM Cortex-M0+ core

▪ Microchip PolarFire SoC

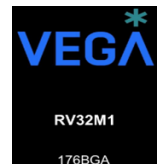
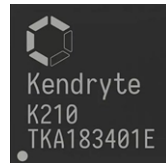
- 低成本, 多核RISC-V SoC FPGA, 4个 64-bit RV64GC RISC-V cores 可运行Linux, 一个单核 RV64IMAC 做real-time 任务

▪ GD32VF103

- 兆易开发基于芯来Bumblebee 大黄蜂核 (RV32IMAC) 芯片

▪ CH32V103/307

- 南京沁恒CH32V103/V307/CH573/CH569 RISC-V MCU



AB32VG1 - 中科蓝讯SoC 通用蓝牙MCU 芯片

ESP32-C3 – 基于RISC-V 内核 IOT 芯片

D1 – 全志基于平头哥C906 64位 RISC-V Linux芯片



嵌入式系统联谊会
www.esbf.org

RISC-V为 AIOT和IOT开发带来什么？

■ RISC-V最大的优势是**开源和免费**

- 开源是新的经济方式，是成功的商业之道、学习的最好途径
- ISA开源意味着开发者可以针对特定应用场景，创造自己的芯片架构
- 免费可以降低入门的门槛，让草根开发者进入芯片设计

■ RISC-V 第二个优势是**简单和灵活**

- 基础的指令集有50条，模块化的4个基本指令集让设计者开发出很简化的RISC-V CPU，功耗可以很小，代码密度低，覆盖51-ARM A系列 处理器

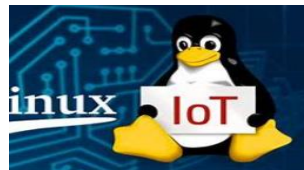
■ RISC-V 第三个优势是**高效和安全**

- 通过预留编码空间和用户指令，支持扩展的指令集
- 通过指令集扩展实现运算加速，通过RISC-V 架构提供安全保护机制



RISC-V 嵌入式与物联网软件生态

- 开源GNU 工具链支持 RISC-V
 - -riscv gcc GCC 编译器。
 - -riscv binutils 二进制工具 链接器 汇编器等。
 - -riscv gdb GDB 调试工具等。
- OpenOCD – 个运行于PC上的开源调试软件，控制JTAG硬件，可以将它理解为一种GDB服务程序。
- 商业公司的GNU 工具链和IDE。
 - 如 CDK, SiFive Freedom Studio 和Nuclei Studio IDE。
- SEGGER - JLINK Probe 和 Embedded Studio RISC-V IDE。
- IAR - IAR Embedded Workbench for RISC-V。
- 嵌入式和物联网OS
 - FreeRTOS、Zephyr OS、Thread X、μC/OS.....
 - RT-Thread、Huawei LiteOS、OneOS, AliOS things...
- Linux 和开源软件生态



1. 什么是物联网操作系统
2. 物联网操作系统发展机遇
3. 物联网操作系统的应用
4. 物联网操作系统新趋势



FreeRTOS -适用于微控制器的实时操作系统



FreeRTOS 帮助 SOLshare 建立了创新的点对点微型电网，为孟加拉国及其他地区的社区带来了经济实惠的太阳能。

“AWS 为我们的端到端 IoT 解决方案铺平了道路，不仅提供了从设备上的 FreeRTOS 到云服务的最先进技术，还利用他们亲身实践过的方法加快了我们的开发和推向市场的速度，将 AWS 原型团队的 IoT 专家嵌入 SOLshare 工程设计中，帮助架构和开发我们解决方案的基础。AWS 对我们公司的愿景和产品进行了投资，多亏了他们的实际帮助和以社区为中心的方法，我们才得以将开发资源转向创新性点对点微型电网的建设上，为孟加拉国及其他地区的社区带来可负担得起的太阳能电力。”

SOLshare 首席技术官 Hannes Kirchhoff

FreeRTOS 帮助 Shimadzu 可靠、智能地监控商用卡车上的液压升降机，以减少在现场报告的故障、设备停机时间和维护费用。



“我们找到 AWS 的目的是寻求一种经济高效的解决方案，以帮助装备管理员监控商用卡车上液压升降机的使用，以避免意外故障。AWS 向我们展示了 FreeRTOS 的可靠性，这恰好可以满足我们的需求，它将基于 MCU 的模块转换为真正的智能 IoT 设备，并使用 AWS IoT Core 来管理和收集来自成千上万台液压设备的数据。我们不仅使用 AWS 实现了一个成本更低的解决方案，而且使用 FreeRTOS 节省了 10 个月的开发时间，并且减少了现场报告的故障、设备停机时间和维护费用。”

Shimadzu 技术设计部经理 Yutaro Nakatsu

<https://aws.amazon.com/cn/freertos/>

RT-Thread- 小而美的物联网OS



智能无线吸尘器



充电桩



共享充电宝



危险液体检测仪

OneOS- 赋能行业创新 助理万物互联



使用 Arm Mbed 物联网产品案例



Vineyard frost prevention



Wireless Temperature and Humidity sensor



Anybus® Wireless Bolt™



Soil Moisture Sensor

如何选择一款物联网操作系统？

■ 物联网操作系统种类繁多

- ①互联网公司开发的运行在 MCU 上的IOT OS 。
- ②可运行在嵌入式处理器的Linux内核IOT OS 。
- ③传统的RTOS改进后的IOT OS 。
- ④ 面向AIOT 时代物联网操作系统。

■ 物联网操作系统各有优势

- ①互联网公司在云计算平台和安全上具备优势。
- ②互联网企业在产业生态上的优势。
- ③传统的RTOS 具备广泛的处理器和物联设备支持。
- ④ Linux 平台在高端处理器支持与POSIX 兼容具备优势。
- ⑤AIOT OS 在微内核、分布式和安全等核心技术有优势。



1. 什么是物联网操作系统
2. 物联网操作系统发展机遇
3. 物联网操作系统的应用
4. 物联网操作系统新趋势



we need to simplify the device-side software complexity and provide the connectivity protocols, the security libraries and services, and the storage. A highly integrated, proven, IoT-specific OS has been validated as an effective way to address this challenge

-Arm Stefano Cadario and Andy Power

- **连接 (Connectivity)**

- BLE ,2G, 3G, NB-IoT, LTE Cat-1和 5G,LoRaWAN ,NFC, Wi-Fi, Zigbee

- **安全 (Security)**

- 信息安全和功能安全，操作系统可以抽象出系统大部分复杂性，解决没有专家问题。

- **存储 (Storage)**

- 安全软件升级和维护、图形存储和识别对IoT 设备本地存储需愈来愈多。

- **设备管理 (Device management)**

- 云端管理是RTOS 和 IoT OS 之间最明显的区别，设备部署，远程调试，提供安全凭据和维护。

- **机器学习 (Machine Learning)**

- 延迟、传输成本和隐私原因使得端侧AI需求旺盛，IOT OS可提供简化机器学习框架和部署功能。

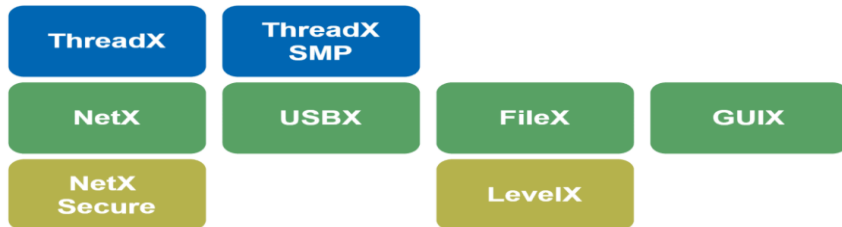
Azure RTOS

- Azure RTOS 源自 Thread-X 是成熟、文档丰富和高可靠RTOS。
- Thread-X 帮助微软覆盖MCU IOT 市场 (Azure Sphere OS) 。
- 微软 Azure IOT 是全球首屈一指的IOT 云平台。
- Azure RTOS 是商业软件，需要授权获得 。
- Azure RTOS 适合国际企业和境内涉外企业产品。
- Azure RTOS 与ST 合作降低入门门槛，扩大市场影响力。
- ST 与Azure RTOS 扩展其工业应用，降低自身软件开发投入。



*William Lamie, co-founder
and CEO of Express Logic,
and architect of the ThreadX RTOS.*

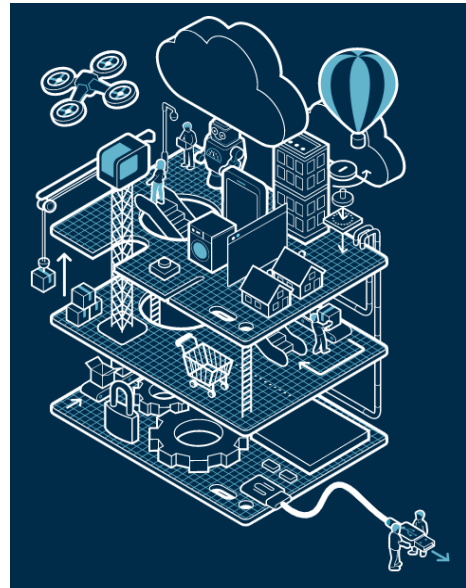
Azure RTOS



Arm mbed OS

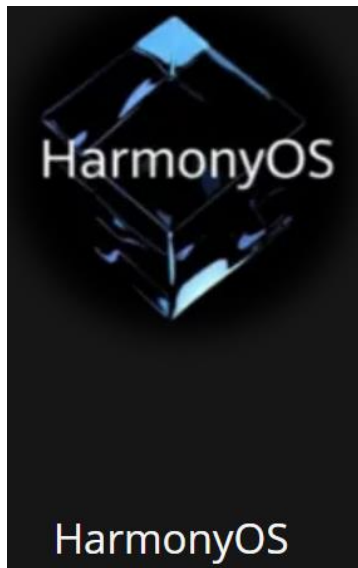
- Arm Mbed OS 是最早的IOT OS 之一。
- Arm 在 Mbed OS 的安全功能上投入了大量资金。
 - Mbed 提供了一个 TLS 库，用于保护传输中的数据，设备和云。
 - 包含支持 Arm TrustZone 的最新一代 Armv8-M 架构。
 - 物联网产品符合由 Arm 与其他伙伴共同支持倡议的PSA 认证。
- Arm 转变为云中立的操作系统
 - 开发人员连接到任何云，提供更多选择和灵活性。
 - 公共云服务，包括与 AWS、Google 和Microsoft Azure 集成。
- Mbed Studio 的集成软件环境，从整体上构建以满足物联网的需求
 - 图书馆式管理、拖放式编程和调试界面。
 - 它还满足网络/云的需求集成 REST API。
 - 固件更新打包和开发者证书。

mbed-os-6.13.0



Harmony OS

- Linux 5.10内核贡献，按照补丁数量来看，华为以1434条贡献、占比8.9%位列榜首，华为2012年开始OS布局，内部有许多OS项目，覆盖从手表-基站-服务器等各种电子设备。
- Harmony OS 是一个万物互联的新一代智能OS，起点高立意新，以华为产品应用作为大背景，从软件系统解决许多困扰长期智能系统开发的问题。
- Harmony OS 更像是华为软件平台，为华为在今天环境下打出一方新天地，摆脱对海外芯片和代工的依赖，树立一面旗帜！
- 华为采取的双循环战略，依靠内循环越过生死线。同时实施开源，依靠外循环展现出将鸿蒙做大做强的决心。外界对鸿蒙开源和中立的期许，还需观察等待！



参考资料

- 何小庆 嵌入式操作系统与物联网演进之路 CSDN 2017年5月
- 何小庆 全球 MCU 市场和技术发展趋势 ELEXCON 深圳国际电子展 2017年5月
- 何小庆 物联网机遇前所未有, 国产MCU有望出奇制胜 中国电子报 2017年7月
- 何小庆 走向竞争前沿 国产MCU任重而道远 中国电子报 2018年8月
- Robervander 欧美嵌入式技术、MCU和开发工具市场分析 单片机与杂志2019.6
- Robervander 嵌入式系统中,我们正在谈论哪些应用? 单片机杂志2019年8月
- 何小庆 3种物联网操作系统分析与比较 微纳电子与智能制造杂志 2020.3
- 胡振波 RISC-V 架构与嵌入式开发快速入门 人民邮电出版社
- 何小庆 RISC-V 处理器嵌入式开发概述 单片机与嵌入式系统应用 杂志2020年11月
- 工业互联网前线 华为鸿蒙深度研究
<https://mp.weixin.qq.com/s/wWBHc4pQBUWyWVxOU3R9lw>
- 何小庆 物联网操作系统展望 单片机与嵌入式系统应用 2021年2月
- 何小庆 国产嵌入式操作系统发展思考 <https://zhuanlan.zhihu.com/p/106399322>
- 何小庆 RISC-V产业的现状与未来 单片机与嵌入式系统应用 2021年8月
- www.hexiaoqing.net (演讲/图书/课件和文章)

