

# 嵌入式处理器和软件技术发展趋势

## Embedded processors and Software innovation trends

讲者：何小庆/Allan He

2021年12月30日

# 报告内容

1. 嵌入式处理器发展历程
2. 嵌入式操作系统发展历程
3. AIOT 与MCU 机器学习
4. 物联网与AIOT 操作系统

# 嵌入式系统的起源

- 嵌入式系统与微处理器密切相关
  - 70年代微处理器问世、80年代MCU和DSP出现。
  - 90年代嵌入式CPU百花齐放，2000年以后ARM流行。
  - 2015年RISC-V 兴起，引领嵌入式CPU创新。
- RTOS与嵌入式软件
  - 80年代商用嵌入式RTOS出现。
  - 90年代Linux进入嵌入式系统。
  - 2010年以后是Android广泛流行。
  - 2015年是物联网操作系统的元年。
- 嵌入式系统会议
  - 1989年诞生于硅谷的ESC 是全球嵌入式技术缩影。
  - 2003年诞生于德国纽伦堡的EW 已成为嵌入式行业的风向标。
  - 2019年开始中国嵌入式技术大会（深圳）连续举办了三届。



# 嵌入式处理器发展历程

微处理器问世50年、个人电脑诞生40年、单片机（MCU）40年、嵌入式系统30年，智能手机20年.....



DSP

MCU

MPU

FPGA

SoC

GPU

xPU



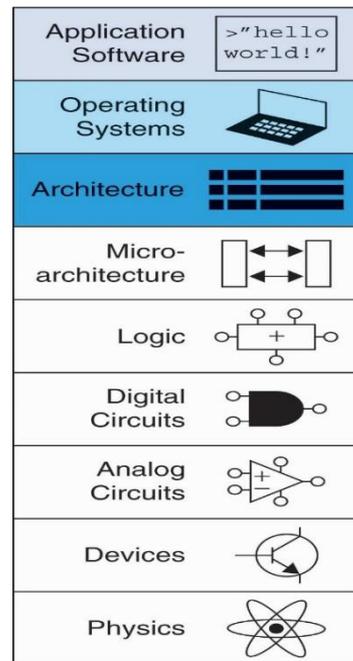
# 处理器的架构之争

- 从**历史**发展的视角看：
  - 指令集：X86-68K-PPC-MIPS-ARM-RISC-V。
  - MCU芯片：8051-PIC-AVR-S08-MSP430- STM32。
- 从**芯片**公司视角看：
  - Freescale-**NXP**/Atmel/TI /Renesas和国产MCU – 采用**Arm**。
  - **Microchip** 和 **intel**是一个例外。
- 从**应用**市场视角看：
  - 物联网与AI - 改变了传统的嵌入式系统模式。
  - 新的应用对架构的敏感性降低。
  - 专用和私有架构的效率更高。
- 从**技术**视角看：
  - 3P原则：性能、价格和功耗平衡。
  - 生态环境：软件定义一切。



# RISC-V 指令集、处理器和生态

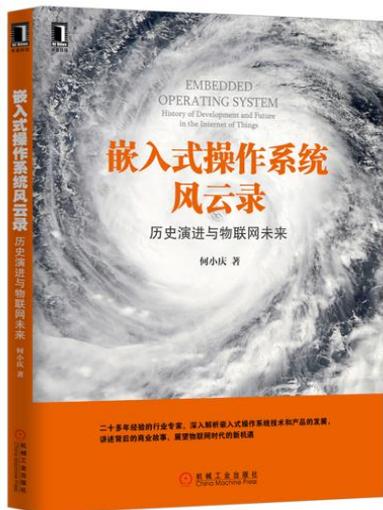
- RISC-V 是一种开源的指令集架构，任何企业、高校和个人都可以遵循**RISC-V 指令集手册** (The RISC-V Instruction Set Manual) 设计自己的CPU。
- RISC-V 起源于加州大学伯克利分校(USB)，最初是Krste Asanovic 教授和他的学生 Andrew Waterman 以及 Yunsup Lee 创建项目。
- 2015年，这个指令集在学术界开始出名了。为了推动这个指令集在技术和商业上的发展。3位大佬成立**RISC-V基金会** -维护指令集架构的完整性防止碎片化；成立了**SiFive公司**-推动RISC-V的商业化。
- RISC-V International (基金会) 是总部位于瑞士的全球性非营利组织。汇集了来自 70 多个国家的跨行业 and 各个技术学科的2000会员，其中企业会员700家。基金会制订开放的 RISC-V 指令集架构标准，研究并建立指令集的扩展、工具技术和发展生态系统。
- 德勤预测，RISC-V处理内核的市场2022年将比2021年翻一番，并且在2023年将再次翻番，因为RISC-V处理内核的可服务目标应用市场继续扩大。



# 报告内容

1. 嵌入式处理器发展历程
2. 嵌入式操作系统发展历程
3. AIOT 与MCU 机器学习
4. 物联网与AIOT 操作系统

# 嵌入式操作系统的范畴



## 什么是嵌入式操作系统？

- *while embedded OSes vary in what components they possess, all OSes have a kernel at the very least. The kernel is a component that contains the main functionality of the OS.” Embedded OS execute on CPUs, with support from device drivers or board support packages (BSP)*

- Labrosse, Jean *Embedded Software*. Elsevier/Newnes, 2008.

- 每一种嵌入式操作系统所包含的组件可能有所不同，但至少都要有一个内核，这个内核应具备操作系统的基本功能。嵌入式操作系统可以运行在任何移植好的CPU上，可以在设备驱动程序之上运行，也可以通过BSP（板支持软件包）来支持操作系统运行。

## 嵌入式操作系统的应用

- 通信产品
- 智能家电
- 航空航天
- 军工装备
- 汽车电子
- 物联网
- 工业控制



嵌入式OS种类

# 嵌入式实时操作系统发展历史



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	<a href="http://www.smxrtos.com">www.smxrtos.com</a>	私人RTOS 企业
vxwork	Wind River	<a href="http://www.wrs.com">www.wrs.com</a>	嵌入式RTOS 的常青树
Lynx OS	Lynuxwork	<a href="http://www.lynx.com">www.lynx.com</a>	老牌的RTOS
QNX	QNX	<a href="http://www.qnx.com">www.qnx.com</a>	汽车电子见长
CMX	CMX system	<a href="http://www.cmx.com">www.cmx.com</a>	历史悠久,私人企业
Nucleus	ATI/Mentor	<a href="http://www.mentor.com">www.mentor.com</a>	被Mentor-西门子 收购
ThreadX	Expresslogic	<a href="http://www.rtos.com">www.rtos.com</a>	被微软收购-Azure RTOS
uc/OS	Micrium	<a href="http://www.micrium.com">www.micrium.com</a>	被Silicon Lab 收购-开源
Integrity	Gree Hill	<a href="http://www.ghs.com">www.ghs.com</a>	安全和军工
OSE	Enea	<a href="http://www.enea.com">www.enea.com</a>	通信业后起之秀
PikeOS	SYSGO AG	<a href="https://www.sysgo.com/">https://www.sysgo.com/</a>	欧洲知名的RTOS
embOS	Segger	<a href="http://www.segger.com">http://www.segger.com</a>	工具见长



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

# 开源的嵌入式操作系统

- **RTEMS**：实时多处理器系统，支持POSIX标准，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RTOS，超低功耗管理和IPV6支持。
- **μC/OS**：Jean Labrosse开发的RTOS，2020年成为一个完全的开源软件。
- **FreeRTOS**：专注在支持MCU，开源模式和生态好，现由Amazon托管发展为一个IOT OS，授权方式改为对企业更友好的MIT。
- **NuttX**：POSIX API丰富，无人机应用，小米Vela IOT OS的内核。
- **Zephyr**：Linux基金会维护的一个中立的RTOS项目，最初代码源自风河。
- **RT-Thread**：中国知名的开源RTOS，一个小而美的IOT OS。
- **Linux** 和 **Android** 在嵌入式系统有着广泛应用



# 报告内容

1. 嵌入式处理器发展历程
2. 嵌入式操作系统发展历程
3. **AIOT 与MCU 机器学习**
4. 物联网与AIOT 操作系统

# 嵌入式系统走向AIOT时代



## 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、教室等场景中发挥作用，嵌入式系统将和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



# 人工智能已经从云走到端



从云服务器



到嵌入式IoT终端



## 为什么？



降低云的压力



私密性更高

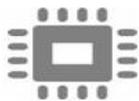


延时更短



更加节能

### 边缘低功耗AI需要



低功耗AI芯片



低功耗无线传输



低功耗传感器



轻量级AI算法



高能量密度电池

# MCU上实现机器学习 (1)

- 业界对机器学习的兴趣近来大增，有许多云应用帮助我们进行机器学习的开发。但是如果应用缺乏互联网连接，需要处理敏感数据，要求低延迟，在MCU上运行机器学习会更为合理。
- 什么是机器学习？
  - 机器学习是一种能够赋予机器学习的能力，以此让它实现编程无法完成的功能的一种方法。具体讲机器学习是一种通过利用数据，训练出模型，然后使用模型预测的一种方法。
  - 深度学习是机器学习的子级，基于深度神经网络的学习研究称之为深度学习。
- TinyML— 微型机器学习
  - 用于在微控制器和其它只有区区几千字节内存的设备上运行机器学习模型，属于超低功耗端（毫瓦量级）人工智能应用。
  - TinyML可以提升大量物联网设备的数据分析和决策能力。
  - TinyML基金会，成员包含各大知名企业，还包含优秀的初创公司。

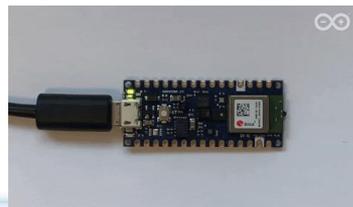
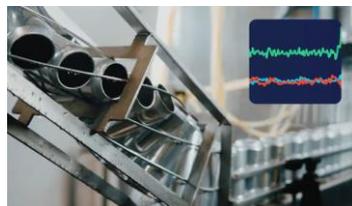
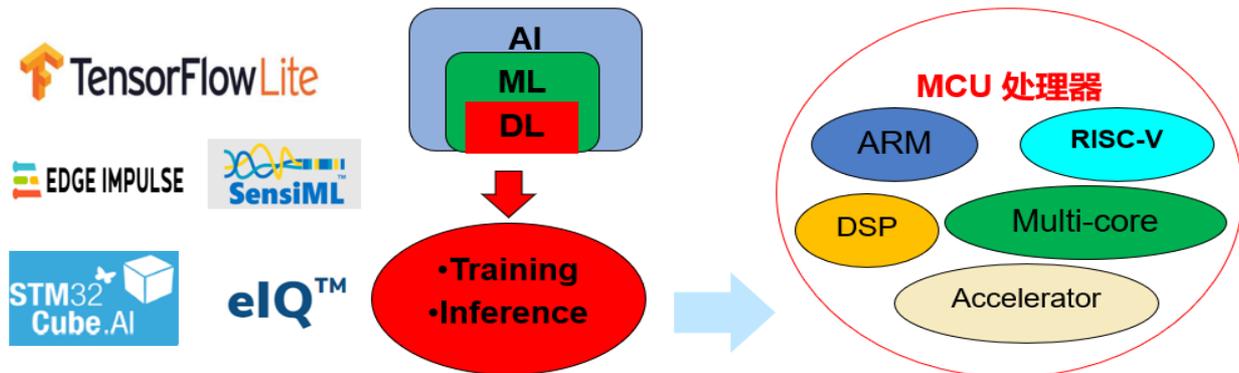


O'REILLY  
**TinyML**  
Machine Learning with TensorFlow Lite on  
Arduino and Ultra-Low-Power Microcontrollers



# MCU上实现机器学习 (2)

- TensorFlow、PyTorch是常用的深度学习应用开发框架，使用python进行模型训练和验证，然后部署到应用系统中。**TensorFlow Lite**是TensorFlow 框架中针对设备端AI优化工具。通过缩减模型和目标文件的大小，使得可以在MCU上运行深度学习模型。
- ARM开发了CMSIS的深度学习库**CMSIS-NN**，在M系列MCU上运行，支持TensorFlow Lite框架的神经网络模型，为深度神经网络提供MCU上最佳性能实现。
- 面向MCU进行神经网络模型转换的本质是简化模型，常用方法是：**剪枝和量化**，即减少模型参数存储空间和降低计算复杂度，产业正在研发简化MCU上进行机器学习的**工具软件**。



# 报告内容

1. 嵌入式处理器发展历程
2. 嵌入式操作系统发展历程
3. AIOT 与MCU 机器学习
4. 物联网与AIOT 操作系统

# 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，通过边缘计算加人工智能处理架构和能力。



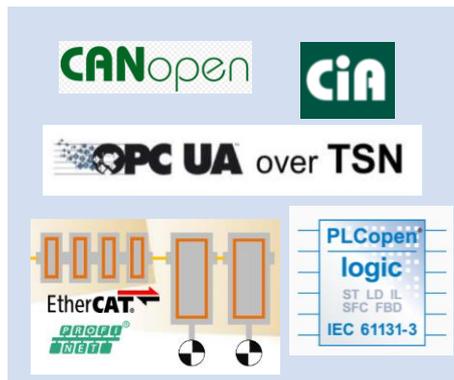
# 工业嵌入式实时操作系统需求

## ■ 技术层面

- 支持多核处理器
- Linux-RT/RTOS
- 虚拟化实时性技术
- 系统设备支持
  - 热拔插/PCI/磁盘/显示..
- 高安全等级
- 现场和工业总线支持

## ■ 生态层面

- 工业软件
- 工业芯片
- 工业PC和PLC
- 高端芯片



# 工业实时操作系统现状

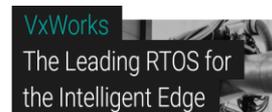
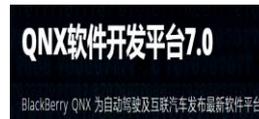
- 市场上工业嵌入式实时OS目前有：
  - VxWorks
  - QNX
  - Intime
  - Integrity
  - On Time RTOS-32
  - Windows CE
  - SylixOS
  - Zephyr OS
  - INTEWELL (虚拟化)
  - OneOs (IoT OS)
  - Linux + RT (软实时)
- 工业实时OS具备强实时性、高可靠性，长期支持和开放生态（软/硬平台）需求。

20



# 未来：实时操作系统是智能系统的基础软件

- 符合功能安全认证 (**Safety**) IEC61508/ISO26262。
- 计算架构和系统支持信息安全 (**Security**)。
- 系统具备**实时性**和确定性 (低延时)。
- 支持**异构多核**计算体系架构。
- 先进内核技术 (**微内核**和宏内核并存)。
- POSIX 兼容和服务应用架构。
- Linux /RT Linux AGL/ELISA。
- 支持**虚拟化**和**容器**技术实时应用。
- **机器学习**与边缘计算支撑端侧智能。



# 2022年嵌入式系统产业趋势

## ■ 技术趋势

- 研发高端发展，高性能多核处理器，AIOT 和工业软件布局。
- 应用向高端发展，汽车电子应用。

## ■ 服务趋势

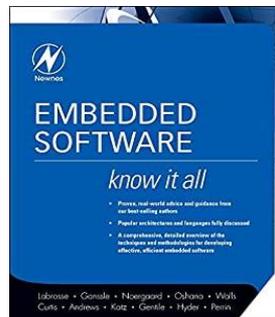
- 抓住新机遇和新挑战，做好创新、发展和替代。
- 完善产品功能、指标、文档和服务细节。

## ■ 生态趋势

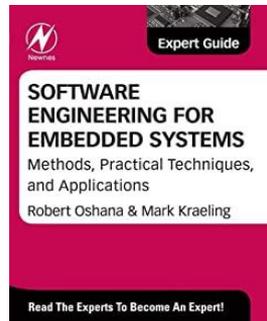
- 全面耕耘产业生态各个环节。
- 发展合作共赢的开源生态。

# 总结：嵌入式技术发展历程和趋势

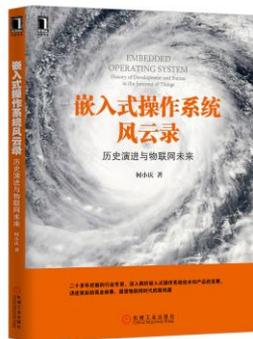
- 1980年、**微处理器**和硬件设计占主导地位，软件在系统中比例很低。
- 1990年、商业**RTOS**开始流行，它帮助解决了软件复杂性问题。
- 2000年、**SoC处理器**渐渐上位，软硬件协同设计；汽车电子驱动软件仿真、模型和验证方法流行。
- 2010年、**开源软件**大规模采用，驱动开发和测试方法变革；IoT架构和应用驱动**分布实时**软件回归。
- 2020年、“**软件定义硬件**”开源思想将驱动嵌入式系统变革。
- 未来：嵌入式技术将继续在创新中发展。



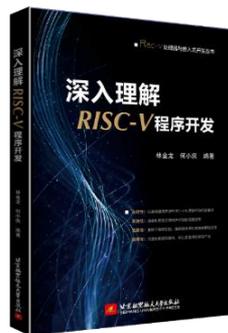
Jean Labrosse 等著



Robert Oshana 等著



何小庆著



林金龙 何小庆 著