



嵌入式操作系统物联网演进之路

何小庆

北京麦克泰软件技术有限公司

2018年上海普适计算与嵌入式冬季大会



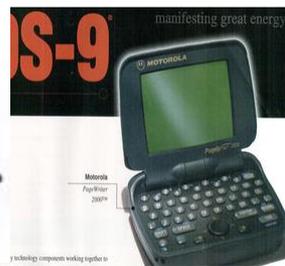
发言内容

- 嵌入式OS发展历史
- 物联网 OS 兴起
- 物联网OS技术特征
- 物联网 OS 典型产品
- 物联网和AI发展趋势

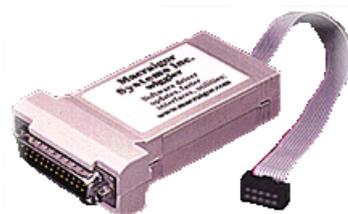
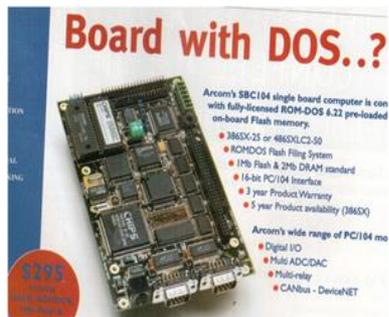
嵌入式系统的四十年变迁



运行OS-9的传呼机



HP逻辑分析仪



Mot BDM开发工具



1998年Intel 386SX 单板机



1975年4040微处理器诞生标志进入嵌入式系统时代

嵌入式操作系统发展历史

RTOS 名称	公司名称	网站	近况
VRTX	Ready System/Microte		被mentor 收购
pSoS	ISI		被Windriver 收购
OS-9	Microware		被Metorwork 收购
SMX	Mico Digital	www.smxrtos.com	
vxwork	Wind River	www.wrs.com	被 intel 收购
LynxOS	Lynuxwork	www.lynx.com	
QNX	QNX	www.qnx.com	被黑莓公司收购
CMX	CMX system	www.cmx.com	
Nucleus	ATI/Mentor	www.mentor.com	被Mentor 收购
ThreadX	Expresslogic	www.rtos.com	
uc/OS	Micrium	www.micrium.com	被Silicon Lab 收购
Integrity	Gree Hill	www.ghs.com	
OSE	Enea	www.enea.com	
Zephyr	Linux Foundation	www.zephyrproject.org/	现在Linaro 在主导维护
Nuttx	Gregory Nutt 2007 BSD 授权	http://www.nuttx.org/	POSIX API 无人机应用

OS-9



VRTX
Real-Time Operating System



WIND RIVER

Microsoft

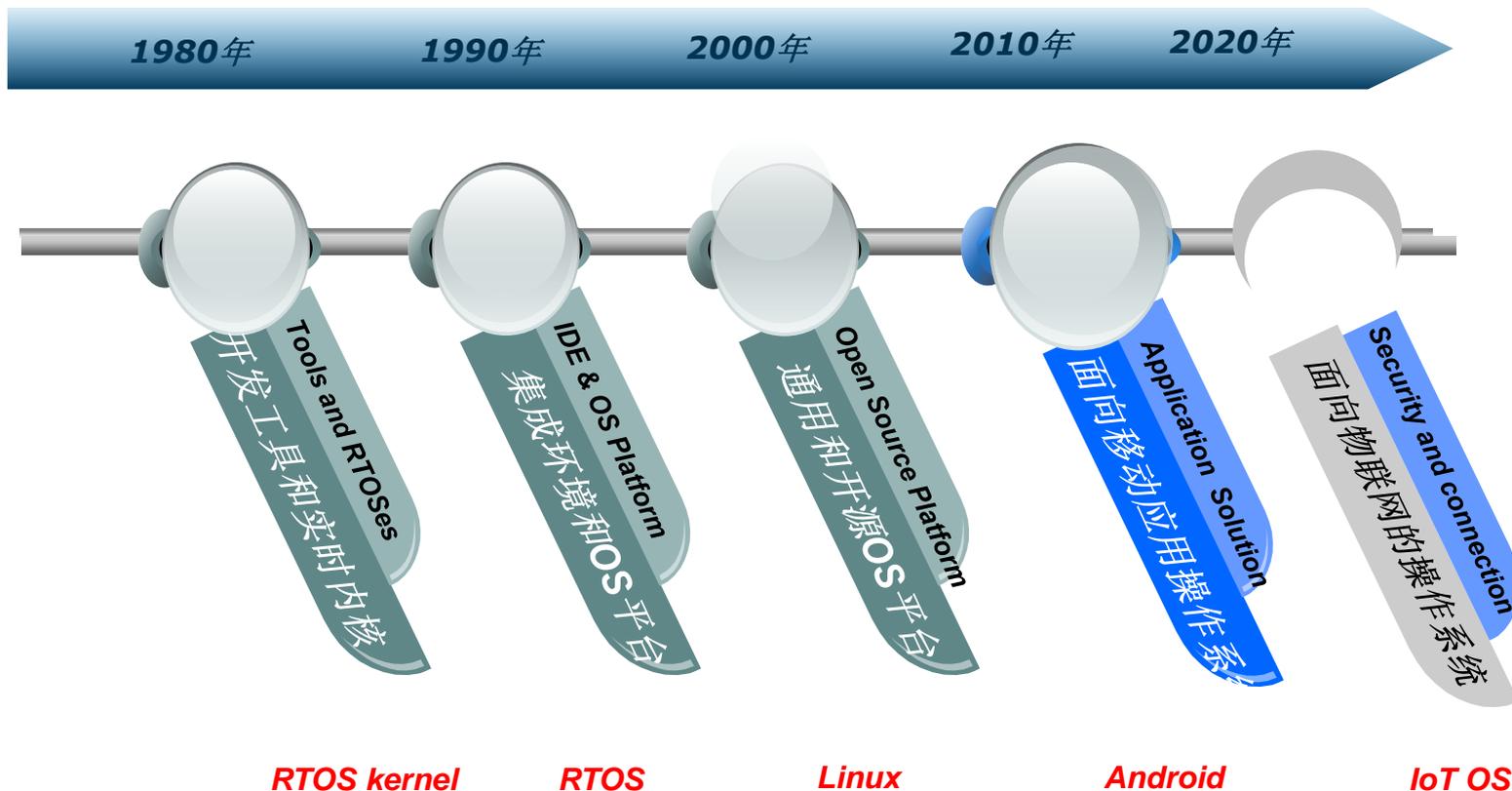


嵌入式OS 始于和发展于RTOS，RTOS 有超过30年历史
全球兴旺的时候有几百家，中国也有十多种RTOS



嵌入式操作系统演进之路

Embedded Operating System and RTOS



"Operating systems happen in cycles, and they cycle about every 12 years," Rubin explained. "MS DOS was one of the first operating systems for personal computers in the late '70s. Then Macintosh and Windows in the early '80s. Then in the '90s there was the internet. After that there was mobile. - Andy Robin July 2017"

开源的RTOS

■ RTEMS

- 实时多处理器系统，最早运用在美国国防系统

■ TOPPERS

-日本著名开源的RTOS，创始人是京都大学高田教授，专注在汽车电子



■ FreeRTOS

- 其目标在支持MCU，开源模式和生态好，配套软件少



■ Contiki

- 起源于无线传感网络的的RTOS，有超低功耗管理和IPV6支持

■ Zephyr

- Linux基金会有一个微内核项目,由Intel 主导，面向安全IoT



■ Nutt

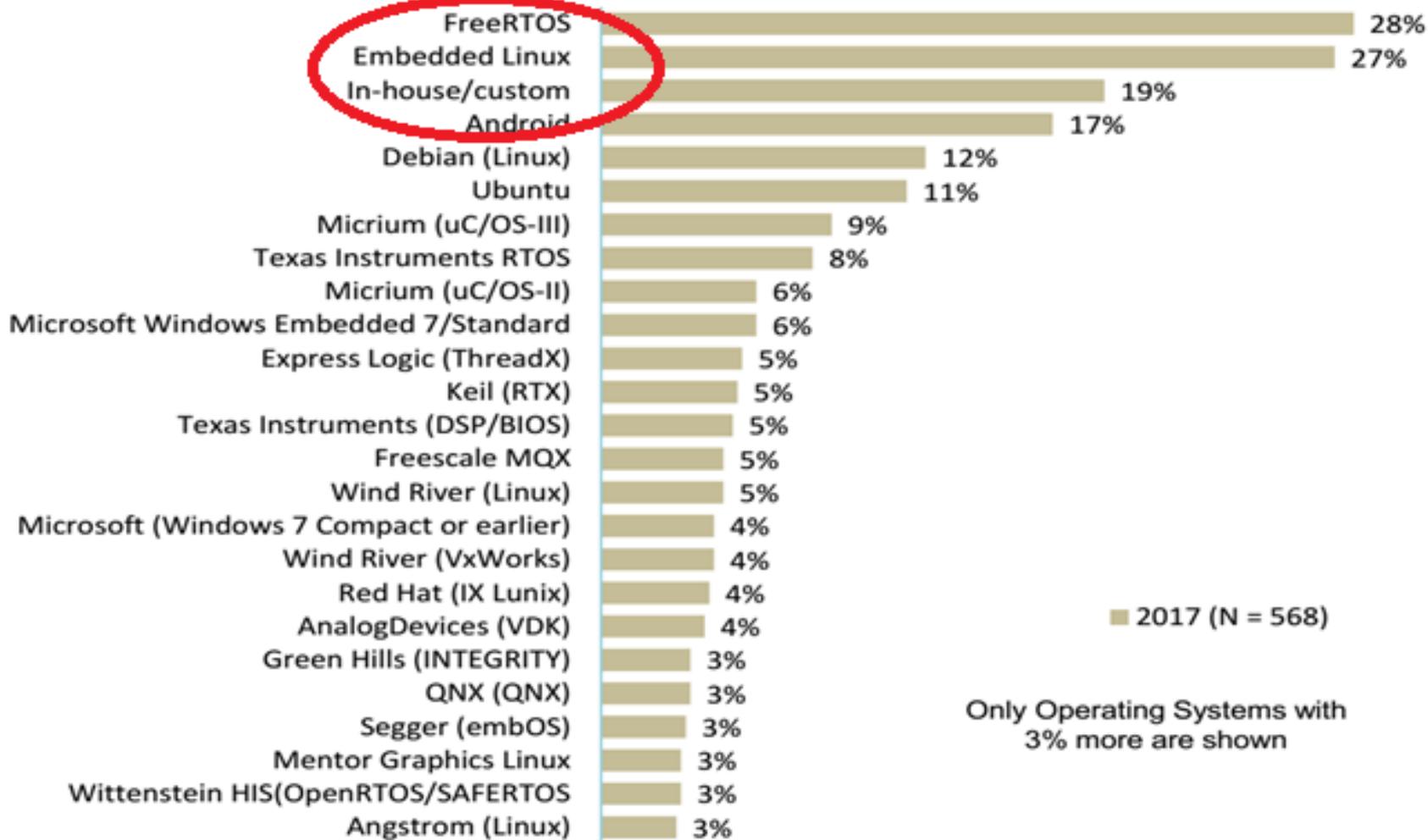
- API完全符合POSIX标准,实时性和配套丰富，在无人机应用有名气

■ RT-Thread

- 中国人自己的开源RTOS



2017 Embedded OS 市场调查

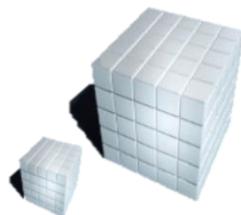


物联网设备的软件需求

2016年风河公司在纽伦堡Embedded World 上分析物联网设备有8大软件需求



模块可升级的架构



设备软件可伸缩



系统安全



虚拟化



性能和实时性



连接性



丰富的UI



安全认证

传统的嵌入式OS和通用OS 都无法满足物联网需求

Gartner 预测 2017-2018 10 大 IoT 技术

- IoT Security
- IoT Analytics
- IoT Device Management
- Low-Power, Short-Range Networks
- Low-Power, Wide-Area Networks
- IoT Processors
- **IoT Operating Systems**
- Event Stream Processing
- IoT Platform
- IoT Standards and Ecosystem

物联网操作系统 (IoT Operating system) 呼之欲出

物联网OS的起源和发展过程

- 起源于两个开源传感网OS
 - TinyOS – 加州大学伯克利分校开源项目
 - Contiki – 作者是Adam Dunkels 博士，原在瑞典工学院计算机研究所，现是Thingsquare 创始人，uIP / LWIP 作者
- 2010年欧洲有了面向物联网OS-RIOT
- 2014年1月微软宣布物联网版本Windows 10 IoT Core
- 2014年10月 ARM 物联网平台mbed OS
- 2014年10月Micrium 物联网方案Spectrum (uc/OS)
- 2014年庆科联合阿里发布MiCO OS
- 2015年华为发表了Lite OS
- 2015年谷歌在宣布IoT OS Brillo OS (Android Things)
- 2016年Linux 基金会推出Zephyr
- 2017年1月美国CES 海尔展出 Uhome OS
- 2017年10月阿里在云栖大会上宣布IoT OS- AliOS
- Dec 2017 亚马逊宣布Amazon FreeRTOS



2014年世界媒体对IoT OS 报道

物联网OS 的定义

物联网OS英文称：**IoT Operating Systems (IoT OS)**也有称为 **Operating System for Internet of thing**

无论是学术界还是产业届对于物联网OS 还没有明确的定义、准确的内涵和外延的阐述

Windows 10 IoT Core

The operating system built for your Internet of Things

Android Things

Build connected devices for a wide variety of consumer, retail, and industrial applications

Huawei LiteOS 简介

Huawei LiteOS 是华为面向IoT领域，构建的轻量级物联网操作系统，以轻量级低功耗、快速启动、互联互通、安全等关键能力，为开发者提供“一站式”完整软件平台，有效降低开发门槛、缩短开发周期。

ELSEVIER 《下一代计算系统》IoT OS 专刊的内容要求

- **IoT Operating Systems (OSs)**
 - Energy and memory efficient approaches
 - Sensors, IoT platform support and limitations in IoT OSs
 - Interoperability of IoT OSs protocols and devices
 - Simulation, emulation and testbed support, limitations and Solutions
 - Resource management for IoT OSs
 - Memory management for resource constrained IoT devices
 - Security issues and solutions for privacy in IoT OSs
 - Co-existence of technologies, limitation and solutions
 - Standard API specifications for IoT OSs

Mbed OS

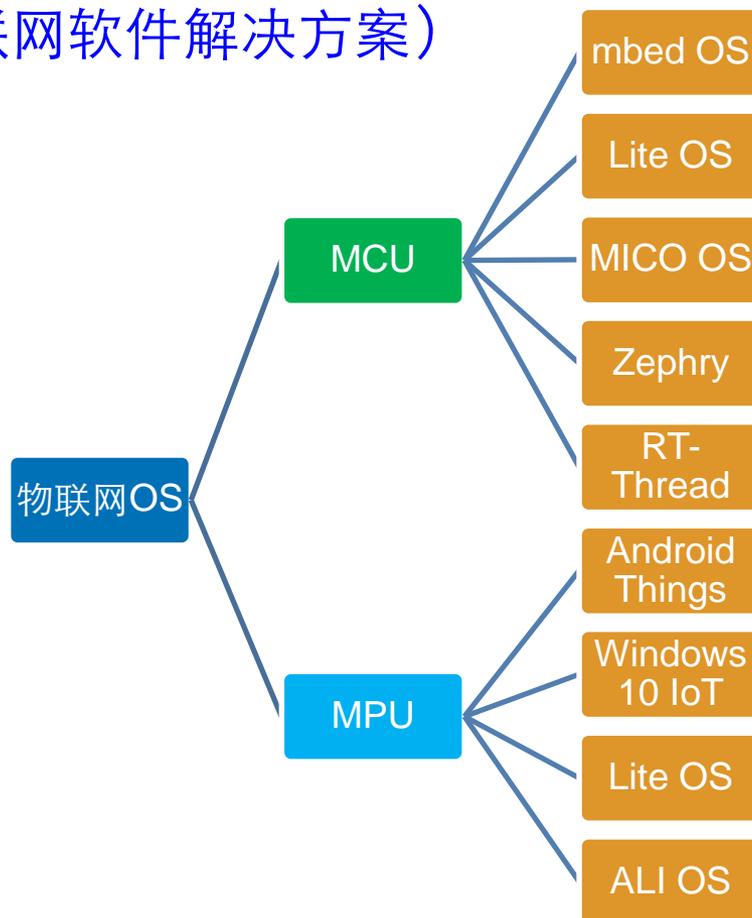
Arm Mbed OS is a free, open-source embedded operating system designed specifically for the "things" in the Internet of Things.

It includes all the features you need to develop a connected product based on an Arm Cortex-M microcontroller, including security, connectivity, an RTOS, and drivers for sensors and I/O devices.

物联网操作系统总览

市场上有三类物联网OS（或者称为物联网软件解决方案）

- 专门为物联网应用开发的OS平台(见右图)
 - mbedOS、Android things
 - 分为支持MCU和MPU(处理器)两类
- 以嵌入式OS为基础，扩展支持物联网应用
 - Linux 和Android
 - FreeRTOS、uc/OS-III、ThreadX、Zephyr、Vxwork和 RT-Thread
- 从云端布局，拓展支持IoT 应用场景
 - Ali OS
 - Amazon FreeRTOS



物联网OS的五大特征

■ 管理物的能力

- “物” 是 “嵌入实时的低功耗设备”

■ 泛在的通信功能

- 支持各种无线和有线，近场和远距离的通信方式和协议

■ 物联网设备的可维护性

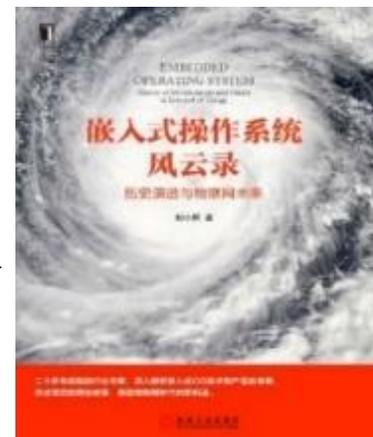
- 支持设备的安全动态升级和远程维护

■ 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

■ 物联网云平台

- 通过云物联网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，这是物联网大数据和人工智能的基础



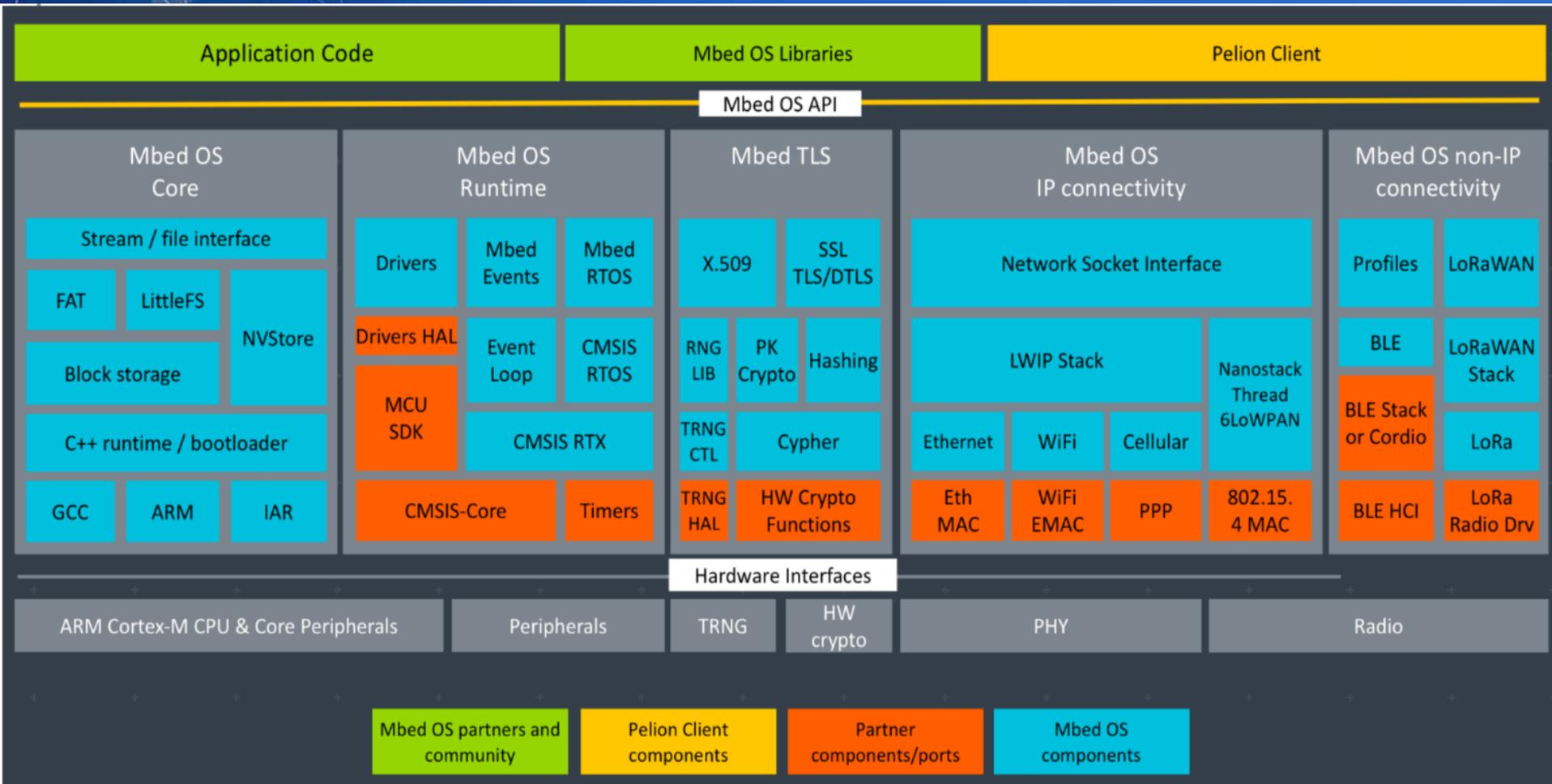
具备低功耗、实时性和安全的传感、连接、云管理软件平台

物联网OS 的市场现状

- 目前市场十余种物联网OS 都处在发展初期
 - ARM mbed OS 已有几个版本发布：1.0/2.0 -3.0- 5.0 (5.10)
 - 庆科MiCO OS 已经没有看到新的发展
 - Window 10 IoT core 明显在向云端发展
 - Ali OS 正在进入IoT 市场
- 产业链生态环境谨慎的反映
 - Ali OS 和NXP、ST 有市场互动， 华为Lite OS 在NB-IoT市场活跃
- 国内外企业还没有广泛宣称在使用某家物联网OS
 - 传统的RTOS 物联网解决方案然后很活跃

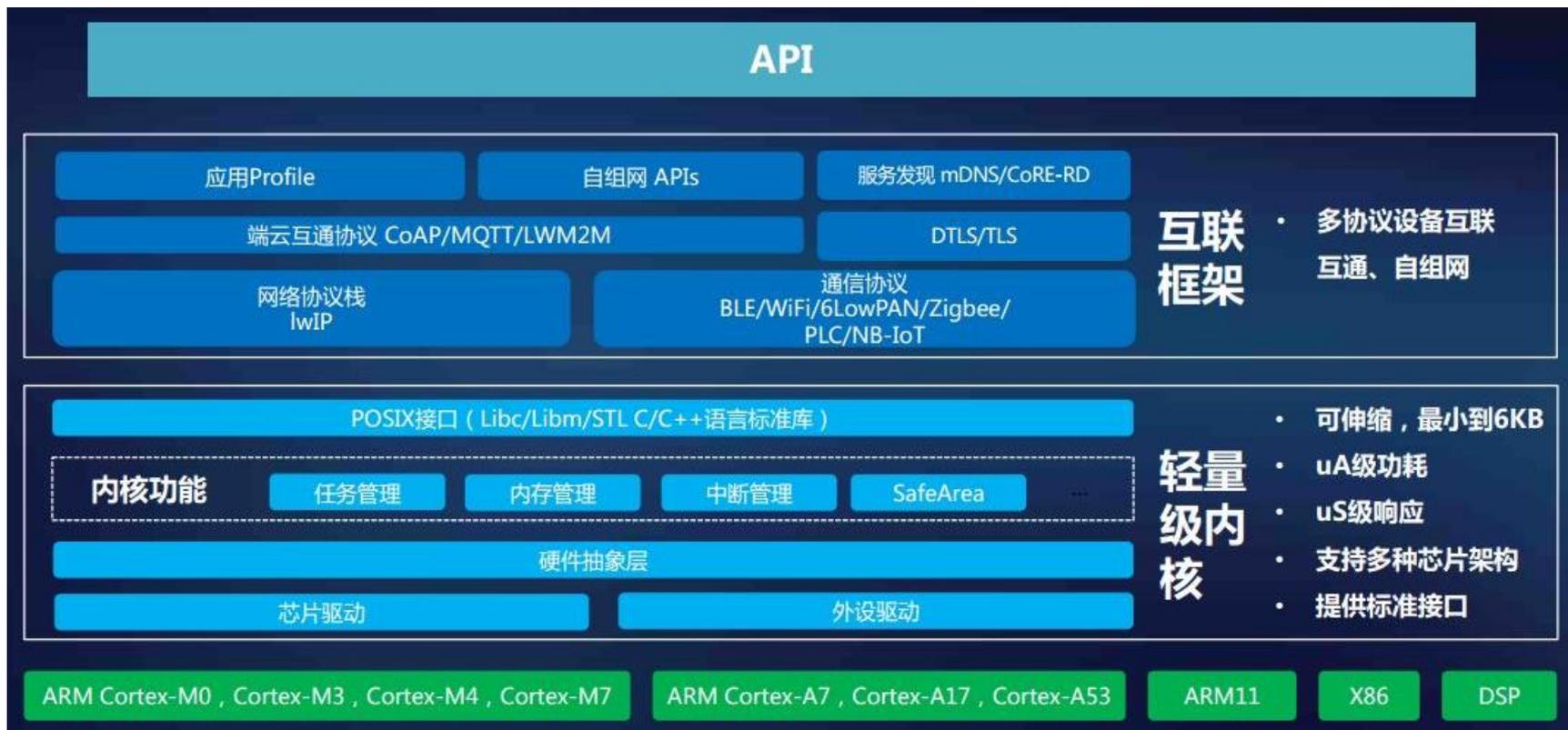
大公司在布局、小公司在投石问路

什么是 Mbed OS ?



Huawei LiteOS

Huawei LiteOS 的内核分为两个层次，第一层是基础内核，第二层是扩展内核，基础内核的源码是开源的, https://github.com/LITEOS/LiteOS_Kernel

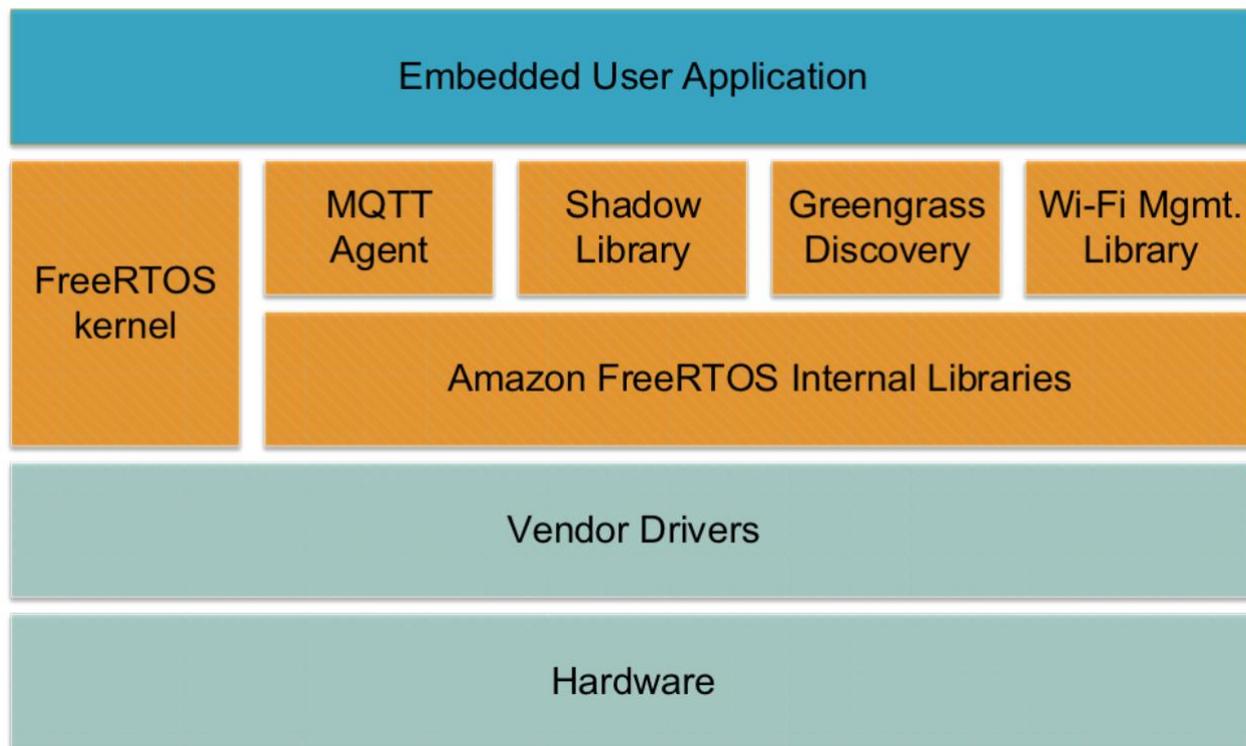


<https://github.com/LITEOS>

物联网操作系统，终端设备智能化使能平台并与NB-IOT 紧密捆绑

Amazon FreeRTOS

- **Amazon FreeRTOS** 是一款适用于微控制器的操作系统，可让您轻松地对低功耗的小型边缘设备进行编程、部署、安全保护、连接和管理。**Amazon FreeRTOS** 以 **FreeRTOS 内核** 为基础，并通过**软件库**对其进行扩展，从而让您可以轻松地将小型低功耗设备**安全连接到 AWS 云服务**或运行 **AWS Greengrass** 的功能更强大的边缘设备，开源系统，可以免费使用



Amazon FreeRTOS 开发过程

Embedded Software Development Workflow



Build, Test and Deploy Device Application

Embedded Device Runtime Workflow



Amazon FreeRTOS 的应用开发

■ 应用案例

- MQTT Echo
- Shadow
- Greengrass Discovery
- OTA demo (TI)



LPC54018 IoT KIT

```
We cannot display the message as JSON, and are instead displaying it as UTF-8 String.
Hello World 7 ACK
freertos/demos/echo Jan 26, 2018 8:50:35 PM +0800 Export Hide
We cannot display the message as JSON, and are instead displaying it as UTF-8 String.
Hello World 7
freertos/demos/echo Jan 26, 2018 8:50:30 PM +0800 Export Hide
We cannot display the message as JSON, and are instead displaying it as UTF-8 String.
Hello World 6 ACK
freertos/demos/echo Jan 26, 2018 8:50:26 PM +0800 Export Hide
We cannot display the message as JSON, and are instead displaying it as UTF-8 String.
Hello World 6
```

AWS IoT 云端信息

```
COM9 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
8 34422 [MQTTEcho] Echo successfully published 'Hello World 4'
9 34524 [Echoing] Sending command to MQTT task.
10 34525 [MQTT] Received message c0000 from queue.
11 34830 [MQTT] MQTT Publish was successful.
12 34830 [MQTT] Notifying task.
13 34830 [Echoing] Command sent to MQTT task passed.
14 34830 [Echoing] Message returned with ACK: 'Hello World 4 ACK'
15 39422 [MQTTEcho] Sending command to MQTT task.
16 39422 [MQTT] Received message d0000 from queue.
17 39727 [MQTT] MQTT Publish was successful.
18 39727 [MQTT] Notifying task.
19 39727 [MQTTEcho] Command sent to MQTT task passed.
20 39727 [MQTTEcho] Echo successfully published 'Hello World 5'
21 39829 [Echoing] Sending command to MQTT task.
22 39830 [MQTT] Received message e0000 from queue.
23 40236 [MQTT] MQTT Publish was successful.
24 40236 [MQTT] Notifying task.
25 40236 [Echoing] Command sent to MQTT task passed.
26 40237 [Echoing] Message returned with ACK: 'Hello World 5 ACK'
27 44727 [MQTTEcho] Sending command to MQTT task.
28 44727 [MQTT] Received message f0000 from queue.
29 45032 [MQTT] MQTT Publish was successful.
```

NXP 板上运行信息

Amazon FreeRTOS 开发要点

■ AWS 云侧

- 创建AWS 账户，第一个12月是免费的。
- 进入AWS IoT Console
- 管理-创建事物-注册-证书-下载证书
 - xxxxxxxxxxxx-
certificate.pem.crt
 - xxxxxxxxxxxx-
private.pem.key
- 管理-安全-创建策略
- 关联证书和策略

■ 嵌入式侧

- IAR Embedded workbench 和 Segger J-link
- 进入Amazon FreeRTOS console
- 选择LPC54018 IoT Module 下载（或者直接到github 下载）
- 配置你的 证书-
/demo/common/include/aws_clientcredential.h
- 配置AWS IoT 端点信息: IOT thing 地址、thing 名字、SSID/PW
- 格式化 key
demo/common/devmode_key_provisioning/
- 运行CertificateConfigurator.html
- IAR 构建-下载-运行

物联网OS 发展新趋势（1）

■ 边缘计算

- 韦恩州立大学施巍崧教授在“Edge Computing: Vision and Challenges”一文中给了边缘计算这样的定义：“边缘计算是指一种可以在网络边缘完成的计算技术，这样的技术和平台在云和IoT设备之间上传和下载数据，以平衡系统计算、实时性、功耗和安全等方面的要求”。
- NXP推出EdgeScale平台和Edge-Box开发套件，提供从高性能嵌入式CPU、开源OS到云端和安全支持。ARM推出了Mbed Edge，与ARM mbed Cloud 和Mbed OS 组成支持边缘计算的IoT方案。台湾研华推出EIS智能边缘服务器和WISE-PaaS/EdgeSenser的边缘网关

多数边缘计算设备是嵌入式系统，它是整个物联网系统一个组成部分，不能单独存在，需要云计算和人工智能的支撑和服务

物联网OS 发展新趋势（2）

■ 物联网安全

- 智能产品制造商只是考虑保护他们的设备的功能安全和它们所产生数据的安全，即使是这个要求，设备制造商，特别是消费类电子产品，许多是完不成这个任务
- 现在他们被要求帮助保护设备和网络，甚至不属于他们自己的客户的安全性，更加困难的是，物联网安全设计目前还处在正在探索阶段，目前还没有很成熟的设计和实现方法
- 物联网安全的另外一个方面是设备功能安全，它与物联网领域的工业物联网关系密切，比如汽车电子、工厂自动化、工业控制和轨道交通、智能电网. 功能安全的设计、开发和测试工具、软件和服务相对成熟和完善
- IoT 安全需要产业链的通力合作
 - **Chip to Cloud – total IoT security**
- 未来的物联网将一定信息安全和功能安全的融合体
 - **No Safety Without Security**

实践：嵌入式和物联网课程

■ 高校课程

- 基于RTOS的嵌入式实时系统设计

(Real-Time Embedded System Design and Programming)

- 可穿戴式系统设计与实现

(Wearable System Design and Implementation)

- 物联网导论 (Introduction of Internet of Things)
- 创业管理 (Entrepreneurship)

■ 企业课程

- 物联网技术与产业发展趋势 (IoT Technology and Industry Development Trend)
- 基于uC/OS 和 FreeRTOS RTOS入门课程
- FreeRTOS原理与应用高阶课程 (RTOS Concept, Programming and Application)



发展嵌入式和物联网OS的若干问题

- 习惯应用带动研发，做嵌入式和物联网OS这条路否有效？
 - 碎片化物联网市场，到底选择哪种应用？
- 开源的商业模式，物联网OS盈利点在哪里？
 - 云端收费是大家共识，没有云端服务企业如何生存？
- 物联网OS开发：嵌入式还是互联网模式？
 - 传统嵌入式开发模式主流，JS/Python 只能布置上侧应用
- 物联网OS的内核：嵌入式Linux 还是RTOS？
 - 两个都有很多应用，随着MCU提升RTOS 机会更多！
- 高校和研究机构对物联网OS 关注不够
 - 高校嵌入式和物联网教学 ARM+Linux 还占多数

坚持开源和持久的生态环境建设

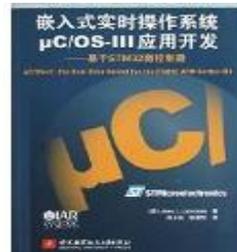
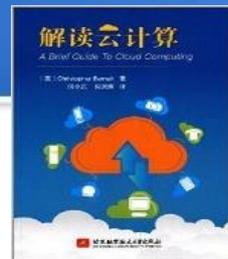
总结

- 物联网OS 的普及需要长时间的市场培养
 - 用户不会很快决定使用哪种OS,也不会很快更换
- 物联网OS 的技术需要长期的探索和发展
 - 目前产品和技术内涵和外延不清晰
 - 建议采取由小到大、走由简到繁的路径
- 安全、人工智能、边缘计算与物联网OS
 - 物联网安全技术已经融入物联网OS
 - 边缘计算正在与物联网OS 结合
 - 人工智能技术将透过ML导入物联网OS

Connectivity-Ecology-Safety & Security

参考资料

- 何小庆江文瑞 “嵌入式计算设备” 单片机与嵌入式系统应用杂志 2014年9月
- 何小庆 “云计算在物联网中的应用” 单片机与嵌入式系统应用杂志 2014年11月
- 江文瑞 何小庆 “物联网与实时操作系统” 单片机与嵌入式系统应用杂志 2014年12月
- 何小庆 “**物联网操作系统浅析**” 单片机与嵌入式系统应用杂志 **2015年1月**。
- 张爱华 何小庆 “基于嵌入式操作系统的物联网安全” 单片机与嵌入式系统应用杂志 2015年1月
- 何小庆 “2014年可穿戴设备市场回顾” 电子产品世界 2015年2月
- 何小庆 “**物联网操作系统的最新发展**” 电子产品世界杂志2015年10月
- 何小庆 “谈谈FreeRTOS 及其授权方式” 单片机与嵌入式系统应用杂志 2015年10月。
- 何小庆著 **嵌入式操作系统风云录：历史演进和物联网未来** 机械工业出版社 2016年11月出版
- Allan he Global Development Trends of Embedded and Internet of Things Technology (**全球嵌入式技术和物联网发展趋势**) 德国Elektor business 杂志 2017.5
- 何小庆 “物联网操作系统研究与思考” 电子产品世界 2018年1月
- 物联网操作系统的过去、现在和未来 www.eefocus.com/embedded/415774



Thank you !

公司: www.bmrtech.com

个人 www.hexiaoqing.net



嵌入式系统联谊会
www.esbf.org

十周年纪念
2008—2018