



**RT-Thread IoT OS**  
**Global Tech Conference 2022**



嵌入式系统联谊会  
[www.esbf.org](http://www.esbf.org)

# 实时操作系统的昨天、今天和明天

Yesterday, Today and Tomorrow of Real-Time Operating System

主讲人：何小庆/Allan He

# 目录

1

实时系统和RTOS

2

IoT 时代的RTOS

3

RTOS技术趋势

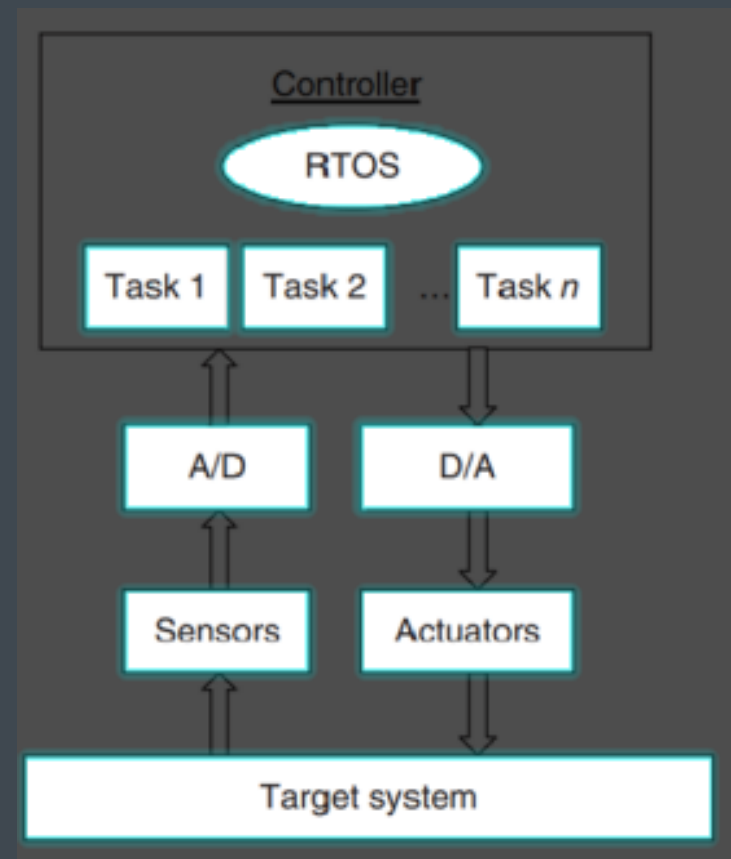
4

RTOS产业机遇



# 实时嵌入式系统概述

- 实时嵌入式系统具有的三个特点：
  - 持续性、实时性和交互性
- 基本特征
  - 严苛的截止时间（实时性-不是快）
  - 可预测的时间行为（确定性）
  - 安全和可靠性
  - 并行性（多任务/多线程）
  - 高度资源制约环境
- 实时嵌入式系统已广泛应用于时间敏感（安全攸关、高性能计算）领域，比如，汽车ECU,ABS, 心脏起搏器，无线移动通信系统和工业机器人等
- 实时性：硬实时和软实时
  - 硬实时是指系统必须满足的时间约束，否则导致系统失效
  - 软实时是指系统需要满足的时间约束，偶然出现超限不会导致灾难的后果

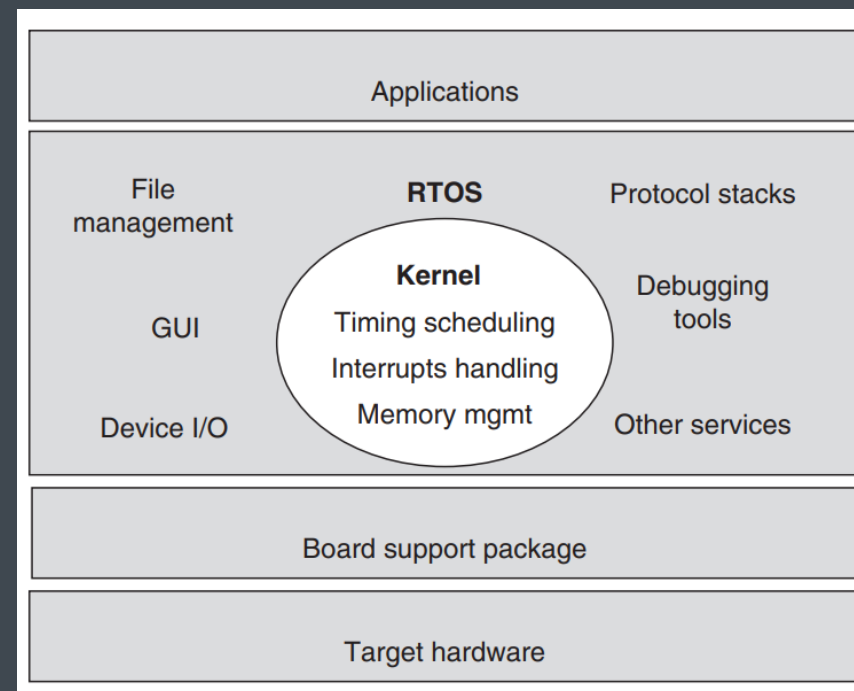


# 实时操作系统发展的3个阶段

- 70年代微处理器出现，操作系统发展有了新的舞台，遗憾的是通用型操作系统没能快速跟进，直到80年代初市面上开始有被称为实时操作系统（RTOS）的产品。随着16/32位微处理器在嵌入式系统中的应用，RTOS的需求锐增，90年代进入蓬勃发展的黄金10年。
- 2000年以后，SoC 处理器渐渐上位，市场涌现了高性能的嵌入式处理器，包括通信设备和智能终端的产品纷纷采用。传统的RTOS在设备驱动和应用软件上都有短板。这些产品的硬实时的需求不强，开源的Linux进入开发者的视野，商业公司开始提供嵌入式Linux 技术服务。
- 现代嵌入式系统主要依赖低成本、高性能的32位MCU，它们有着丰富的片上存储和多种外设功能。物联网架构是分布式实时系统，边缘智能兴起，终端的实时性、通信和低功耗成为系统重要指标。传统RTOS通过组件支持物联网应用，新型的IoT OS，在RTOS基础上发展成为端-边-云一站式解决方案，极大提升物联网开发效率。

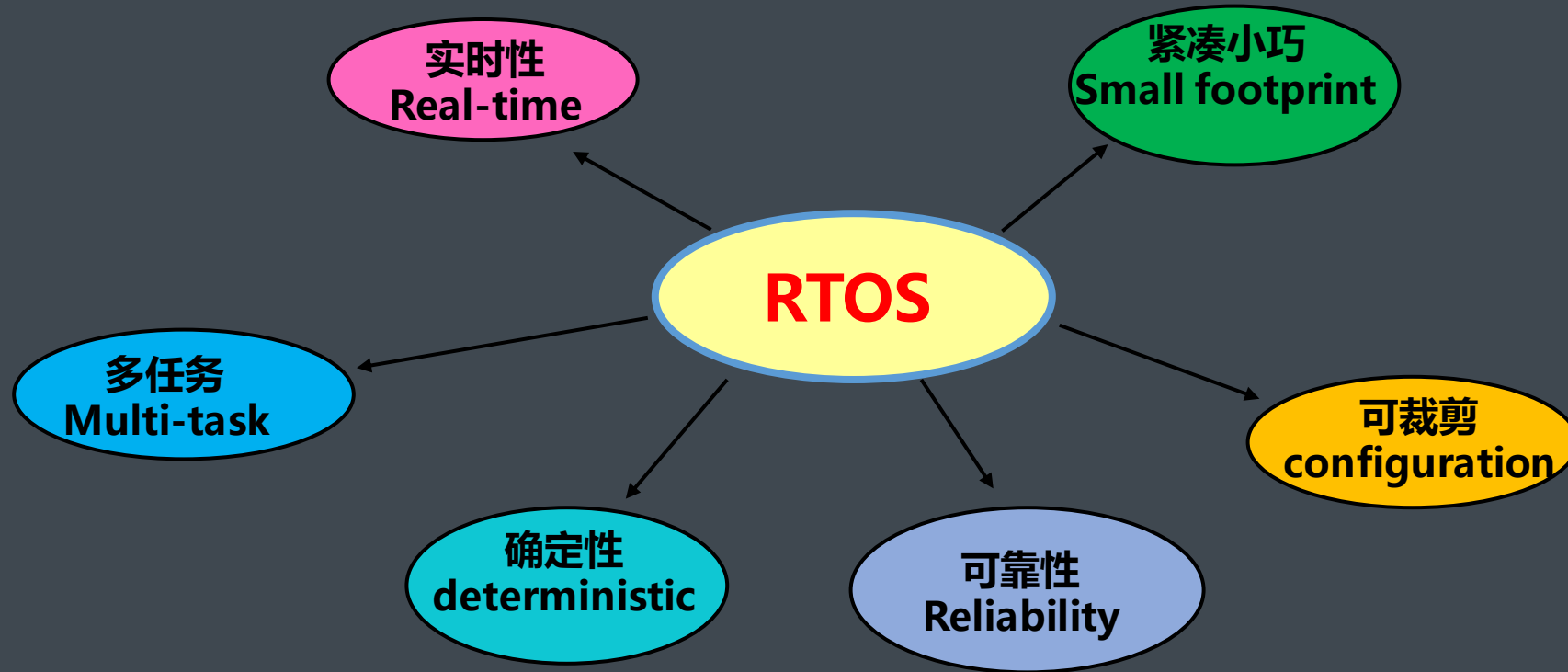
# 实时操作系统的基本概念

- RTOS 的设计有三个关键性要求：
  - OS 的时间特性必须是可预测的，包括系统调用和中断服务程序
  - OS 必须管理时序和调度，调度器必须了解任务截止期
  - OS 必须要快，上下文切换必须短
- RTOS 一般包含一个实时内核以及组件。
  - 文件、协议、GUI 和其他高层服务
  - I/O 设备，BSP 和开发工具
- RTOS 内核基本服务。
  - 时钟和定时器
  - 优先级调度
  - 任务通信和资源共享
  - I/O 和内存管理



# 什么是RTOS?

嵌入式实时操作系统 (RTOS) 是一种操作系统, 属于嵌入式操作系统, RTOS种类很多:有商业的、DIY和开源的, RTOS 是实时操作系统, 而且是硬实时的操作系统。



**RTOS 的基本功能和架构非常类似, 从一种RTOS 转换到另外一种RTOS 并不困难**

# 历史上的RTOS

OS-9



ENEAA

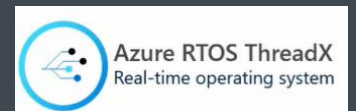


| RTOS 名称   | 公司名称                  | 网站  | 近况                 |
|-----------|-----------------------|---|--------------------|
| VRTX      | Ready System/Microtec |   | 最早的商业RTOS          |
| pSoS      | ISI                   |   | 在通信业知名的RTOS        |
| OS-9      | Microware             |   | 与MOT 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               |
| RT-Thread | 上海睿赛德科技               | <a href="https://www.rt-thread.com/">https://www.rt-thread.com/</a> | 国内最有影响力开源RTOS      |

VRTX  
Real-Time Operating System



WIND RIVER



# 开源RTOS的3个阶段

*RTOS领域没有一个可以与Linux媲美的知名项目,历史上小有名气的RTOS开源项目也不少,活跃在90年代、2000年和2010年以后这三个阶段,全球代表性产品有:*

- RTEMS: 实时多处理器系统。90年代, RTEMS开始用于美国国防系统,早期的名称为实时导弹系统,后改名为实时军用系统。RTEMS是最早支持POSIX、TCP/IP协议和多处理器架构的RTOS,支持许多经典的微处理器,比如PPC/68K/MIPS。RTEMS项目活跃度一直很高,现在由OAR公司负责维护。
- FreeRTOS: 2000年Richard Barry在英国创建的开源项目,2017年FreeRTOS成为亚马逊AWS开源项目。10.0版本以后使用MIT开源协议。FreeRTOS从一开始专注于MCU应用、代码小、开源免费。借助IoT蓬勃发展,FreeRTOS成为市场领先的小型RTOS。
- Zephyr: 2016年由Intel,等公司发起的开源项目,现由Linux基金会管理。Zephyr希望覆盖Linux无法支持的应用市场。Zephyr历史虽短但起点很高,最初的代码来自风河Rocket。Zephyr体系架构完整,中间件丰富。在安全设计方面Zephyr有缜密的考量。在功能安全认证上,Zephyr选择支持IEC61508,计划支持汽车安全标准ISO26262。

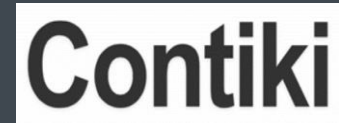


**RT-Thread: 中国知名的开源RTOS, 一个小而美的IoT OS。**



# RTOS进入物联网操作系统时代

- 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)



物联网操作系统的“底座”是RTOS

# 物联网操作系统的技术特征

我们可以将IoT OS理解为是一种面向“物”的软件平台，具备三个重要部分：  
嵌入式实时操作系统 (RTOS)、物联网的通讯协议和物联网云平台

## 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

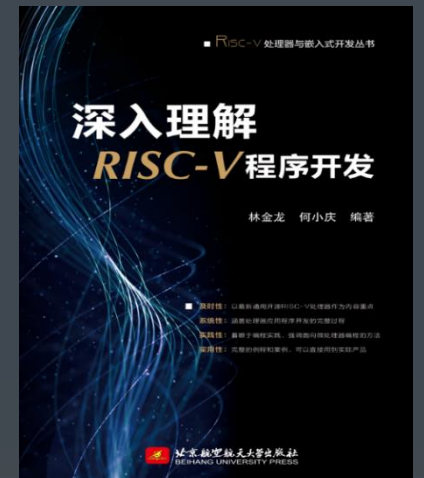
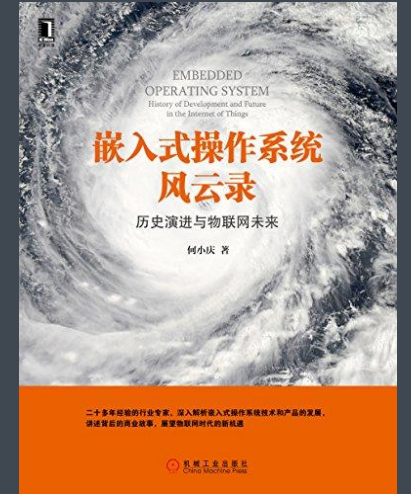
- 支持设备的安全动态升级和远程维护

## 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

## 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，边缘计算及端侧的人工智能处理架构和能力



# RTOS 技术趋势- 微内核

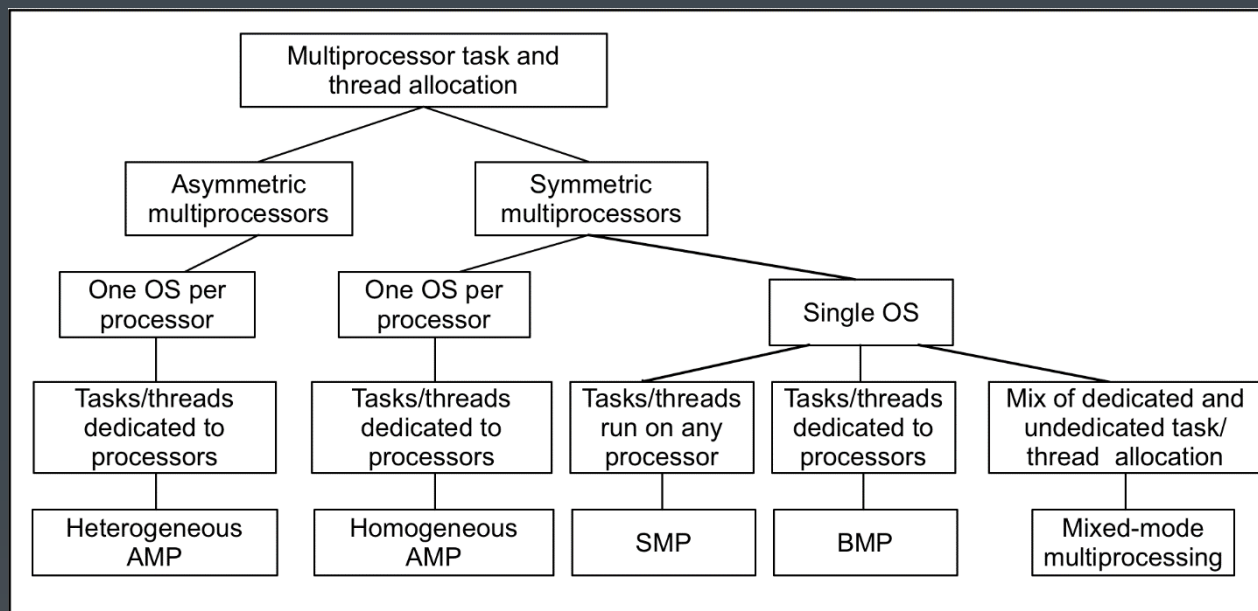
*RTOS技术随着IoT和AI产业发展不断的创新，智能关键系统安全需求增加，汽车和工业电子处理器架构升级，多核异构处理器混合布置，促进RTOS微内核、安全和虚拟化技术的发展*

- 微内核具备更高的系统灵活性和可扩展性，可以更快适应新硬件和应用。
- 微内核具有更高的可靠性，当系统的一部分失效时不会影响到内核，整个操作系统因此不会崩溃。
- 微内核进程需要通过IPC向提供服务的进程发送服务请求，并等待服务进程通过IPC返回结果。这一过程中上下文切换和传送消息需要的拷贝开销会让性能不可避免地受到影响。
- 知名的开源微内核有L4和经过形式化安全认证开发的seL4，成功的商业微内核RTOS是QNX。
- RT-smart是基于 RT-Thread衍生的新分支，面向带 MMU 的中高端嵌入式处理器。它采用微内核的设计思想，将系统的服务组件设计成一个个独立的可执行程序，以进程的形式在用户态运行，相互之间通过内核提供的通道机制完成数据交换。

# RTOS 技术趋势-多处理器

- 嵌入式多处理器系统分为基于芯片的多核系统，基于板级的多处理器计算系统。
- 多核处理器芯片含有多个CPU内核，并共同包含一些关键器件：中断管理、存储和定时器，这样的处理器嵌入到一颗芯片里面并和其他应用器件组成多核系统。
- 多处理器计算系统则包含一系列单板机，每块单板上含有一个或者多个CPU。这些CPU的品种不一定相同，比如第一块板子是一颗典型的Arm Cortex CPU，第二块板子上则是一个DSP。
- 硬件看：多处理器有同构和异构两种形式。软件看：对称和非对称，OS实现方案：AMP/SMP/BMP。
- 多核和多处理器还没有一种像单处理器（单核）上应用那样简单有效、在OS层面容易实现的实时调度算法。

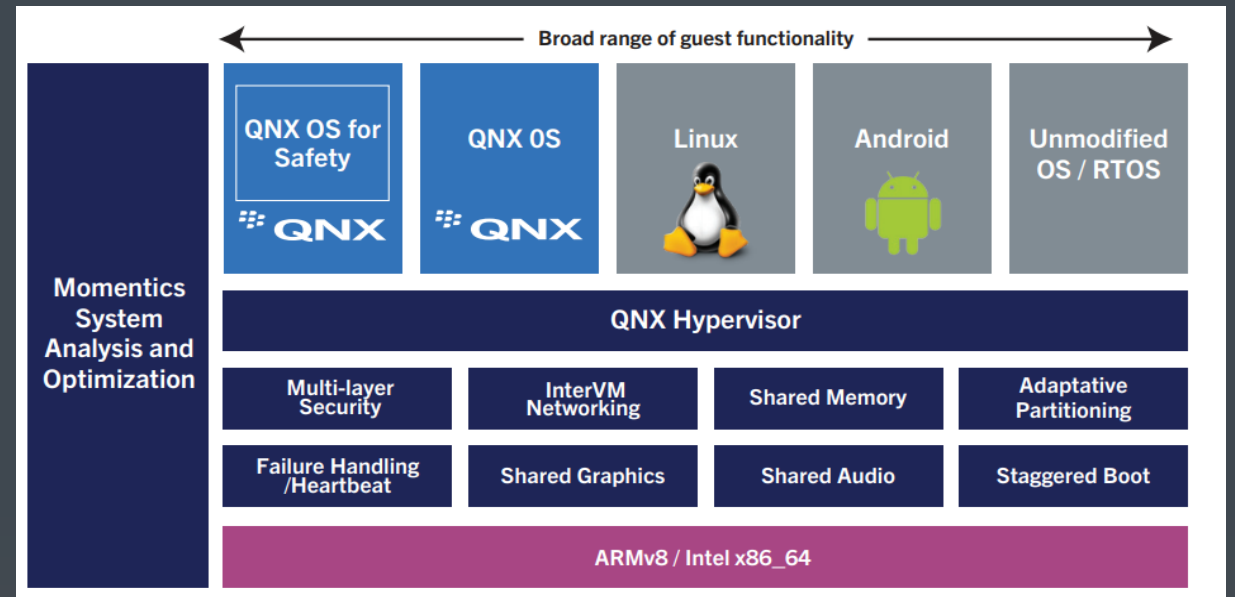
QNX 有20年多核处理器经验，支持AMP、SMP和BMP 模式。开源的RTOS比如RTEMS和RT-Thread 支持SMP和AMP



# RTOS技术趋势-虚拟化

- 虚拟化技术是另一个重要的趋势。借助于对底层处理器内核、内存和外设的抽象，这种技术使得多个虚拟机OS可以运行在同一个物理处理器上。虚拟化提供了多操作系统的运行环境，可以在同一个CPU设备中同时运行实时性操作系统和通用操作系统。
- 典型虚拟化平台
  - Wind River VxWorks和Wind River Linux
  - Integrity 安全虚拟化软件
  - QNX 虚拟化软件
  - Intewell
  - wmThread

虚拟化技术是今天多处理器系统全新的解决方案，它平衡了性能与可靠性两方面需求。智能工业场景下的混合关键系统应用可以借助多处理器系统以及虚拟化技术布置



# 实时操作系统再受关注

物联网操作系统的“底座”是RTOS。

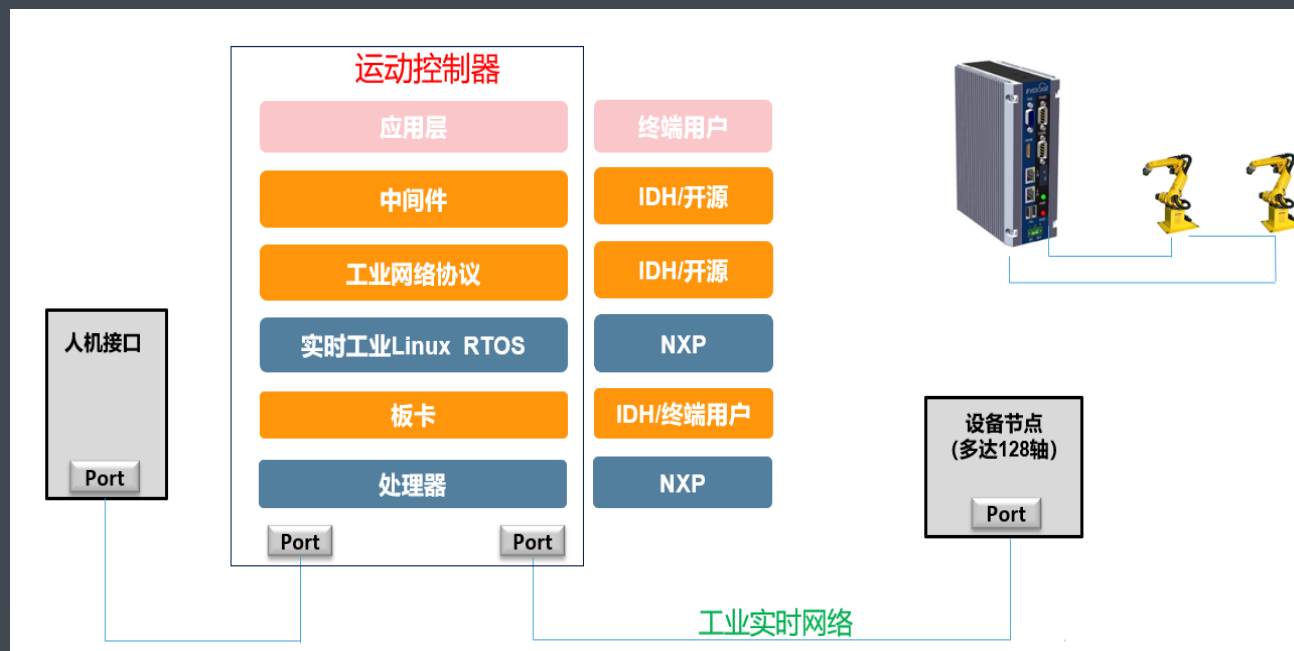
机器人和运动控制器操作系统的“底座”在RT-Linux后增加了RTOS。

汽车辅助驾驶和自动驾驶、嵌入式AI多核处理器扩展RTOS支持。



|   |  |
|---|--|
| <b>Amazon FreeRTOS</b><br>IoT operating system for microcontrollers | <b>AliOS Things</b><br>AliOS Things是面向IoT领域的轻量级物联网嵌入式操作系统。   |
| <b>ThreadX</b>  | <b>RTX5 RTOS</b><br><b>CMSIS COMPLIANT</b>   |
| <b>Azure RTOS</b><br>使嵌入式 IoT 开发和连接变得轻松                             | <b>Lite HarmonyOS</b><br>万物互联时代的操作系统   |
|   | <b>Mbed OS</b><br>Make your next idea a success with Arm Mbed OS, an open source, easy-to-use operating system for the Internet of Things (IoT). |

|               |      |               |
|---------------|------|---------------|
|               |      |               |
| 基于linux: 实时性弱 | RTOS | RTLinux: 实时性强 |



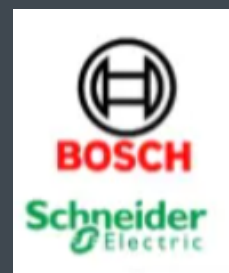
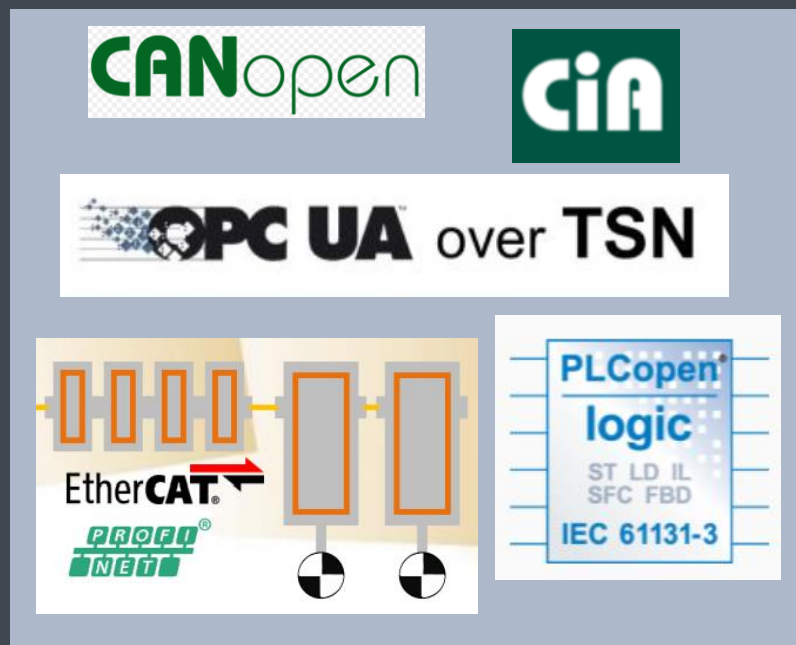
# 工业应用需要实时操作系统

## 技术层面

- 多核处理器
- Linux-RT/RTOS
- 实时虚拟化技术
- 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

## 生态层面

- 工业软件
- 工业芯片
- 工业PC和PLC
- 高端和国产芯片



# 汽车软件是RTOS发展的新机遇

智能和电动汽车发展迅猛，汽车电子电气系统结构正在经历一场革命，汽车中使用的软件出现了惊人的增长，汽车嵌入式软件面临更大的挑战。为了实现汽车软件功能安全，需要遵循汽车安全开发标准，还需考虑信息安全。同时需考虑软件的可重用性，以及如何确保软件具有满足应用要求的技术能力。

汽车软件分为：控制、信息娱乐软件、高级驾驶辅助软件（ADAS）、自动驾驶软件及安全关键软件。

传统汽车电子电气系统中存在两类操作系统：

- ECU-OS：运行在汽车动力总成、车身、底盘等汽车内部ECU上。ECU-OS 须遵循汽车操作系统OSEK/VDX、AUTOSAR CP等标准。
- IVI-OS：运行在车载信息娱乐设备上。IVI-OS对实时性要求并不高，需要为大量复杂应用提供合适的应用程序编程接口、复杂的设备驱动和软件栈。业界会多采用Linux内核构建，Android Automotive OS、华为YueYing OS，QNX 在IVI 已建立丰富生态/
- 汽车软件可重用：开发汽车软件既复杂又耗时，但有许多可用的解决方案。市场趋势是使用成熟模块构建汽车软件，其中许多模块已过ISO 26262的预认证，建议选择基于处理器和编译器组合的预认证的软件。国内外不少商业RTOS均有ISO 26262 ASIL-D的预认证产品，比如QNX，SAFERTOS，RT-Thread均有认证版本。



# 结语

嵌入式实时操作系统是各种各样的电子产品的心脏，应用覆盖消费、工业、军事、航空航天和通信各行各业。嵌入式实时操作系统生命周期可以是数年到几十年不等，有极为严格的稳定性和可靠性要求。嵌入式实时操作系统随着微处理器技术发展而变化，面对智能系统应用新需求而创新，今天正在步入一个新的历史阶段。国产嵌入式实时操作系统的研究、应用和生态建设正在迎来前所未有的发展机遇。

