



# 学习和掌握一种RTOS

何小庆

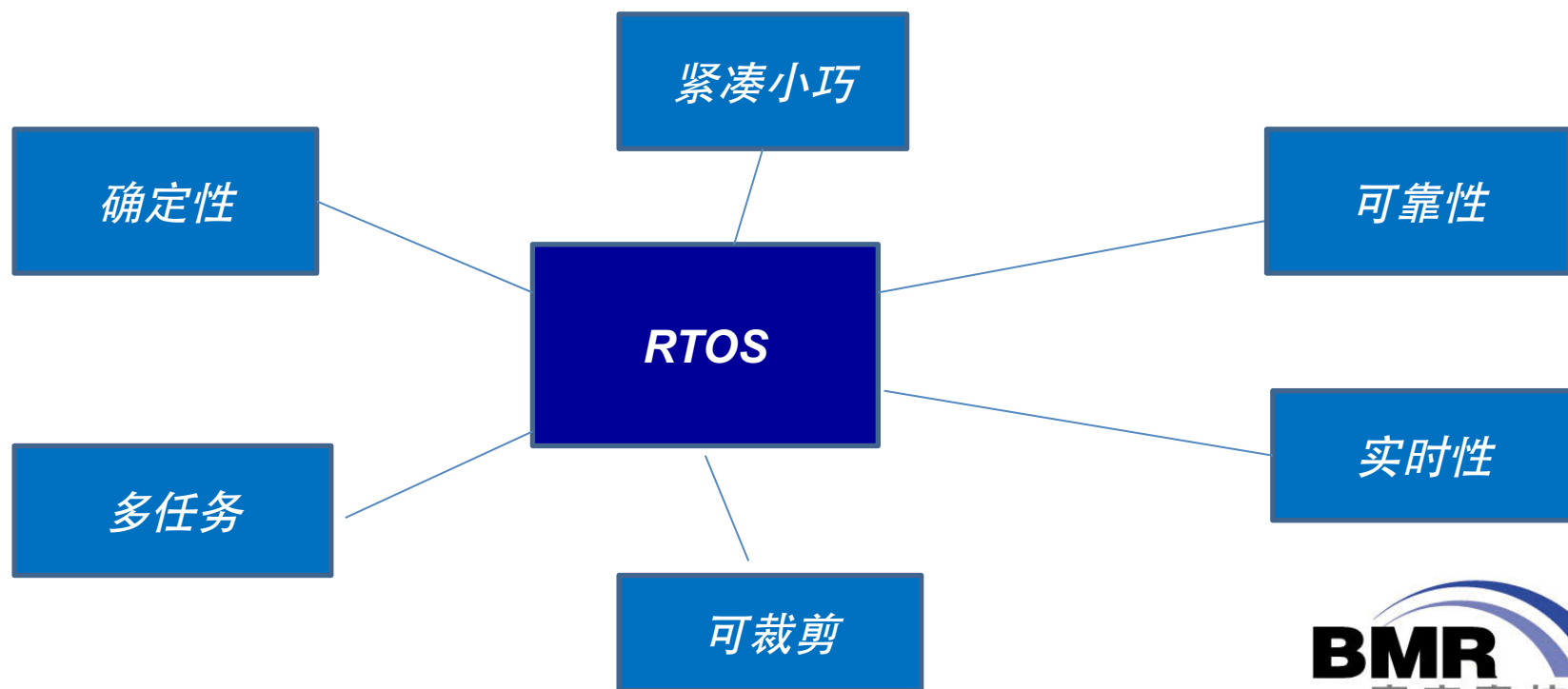
北京麦克泰软件技术有限公司

2017年4月6日深圳

# 什么是RTOS?

## ■ R(real) T(time) OS 实时多任务操作系统

- RTOS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。



# 什么样OS 是RTOS ?

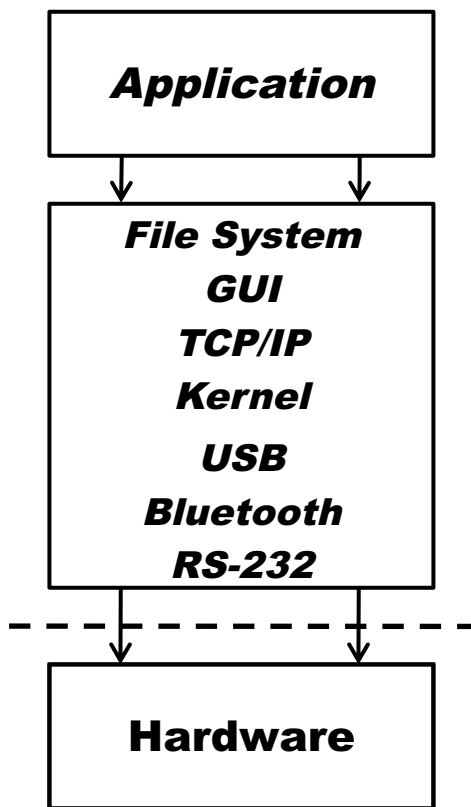
## ■ 那么什么样OS能称为RTOS呢?

IEEE的实时UNIX分委会认为应具备

- 异步的事件响应
- 确定的切换时间和中断延迟时间优先级中断和调度
- 抢占式调度
- 内存锁定
- 连续文件
- 同步
- .....

# RTOS vs. RTOS Kernel

- 操作系统(OS)是一系列软件的集合, 提供资源管理和应用代码服务的能力
- RTOS 已经包含了一系列的软件库 (中间件)



# RTOS vs. RTOS Kernel

- **The terms operating system and kernel are often used interchangeably (两个概念是经常互换)**
- **A kernel is actually a subset of an operating system**
  - **It can be viewed as the glue that holds the other components together**
    - (胶水的作用)
- **FreeRTOS 和  $\mu$ C/OS-III 是一个 real-time kernel**
- **Vxwork 和 QNX 是 RTOS**

# RTOS 的历史

- RTOS 已经有超过30年的历史
- 比较著名的商业产品有；（按照时间顺序）
  - VRTX     Microtec     (Mentor 公司收购)
  - pSOS     Wind RiverSystem     wrs.com (WRS 公司收购)
  - OS-9     Microware     Microware.com (Metorworks 收购)
  - SMX     Micro Digital     www.smxrtos.com
  - VxWorks     Wind RiverSystem     wrs.com (Intel 公司收购)
  - LynxOS     lynuxwork     ynuxworks.com
  - QNX     QNX     www.qnx.com (黑莓收购)
  - CMX     CMX system     www.cmx.com
  - Nucleus     ATI     www.mentor.com/esd (Mentor收购)
  - THREADX     Expresslogic     www.rtos.com
  - uC/OS - II/III     Micrium     www.micrium.com
  - INTEGRITY     Gree Hill     [www.ghs.com](http://www.ghs.com)
- 全球超过100多种，中国几种，更有许多用户自己设计RTOS

# 开源的RTOS

## ■ RTEMS

- 实时多处理器系统，最早运用在美国防系统
- 由OAR 公司维护，广泛用在航空航天和军工



## ■ FreeRTOS

- 比较清晰的表现其目标和专注点在支持8-16-32位 MCU ， 但整体缺乏系统性和配套

## ■ eCOS

- 基于GNU 的RTOS，含TCP/IP和文件系统，Redhad 曾拥有，eCOcentric维护，消费电子应用

## ■ 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基金会宣布了一个微内核项目，由Intel 主导，风河提供技术。

# 为什么要学习RTOS (today) ?

- 物联网的大潮，MCU 迎来一个新的发展机遇：
  - 物联网系统表现为是一个**分布式的嵌入式计算系统**，大量的MCU替代过去运行Linux 的嵌入式处理器的中心计算模式。
  - 物联网应用需要**动态功耗效率**，以使系统能够在一定的频率范围（50 到 300+ MHz）内，以最低的功耗水平运行。高功耗效率（DMIPS/mW）意味着应用可以在较低的频率下运行，从而降低有效功耗。
  - 物联网系统是互联系统，需要高度的**安全性**。互联和安全设计是物联网设备区别传统的嵌入式系统，需要RTOS 的支撑。
  - 软件在物联网中越来越重要，**SDN(软件定义网络)** OS是软件基础和核心。



# 物联网设备需要RTOS



**SILICON LABS**

Published on News and Press Releases | Silicon Labs (<http://news.silabs.com>) on 10/3/16 7:05 am CDT

## Silicon Labs Acquires Leading RTOS Company Micrium

### Release Date:

Monday, October 3, 2016 7:05 am CDT

### Terms:

[Corporate News](#) [#Acquisition](#) [#ConnectedDevice](#) [#ConsumerElectronics](#) [#EmbeddedIoT](#) [#IndustrialControl](#) [#InternetofThings](#) [#IoT](#) [#Micrium](#) [#RTOS](#) [#siliconlabs](#) [#SimplicityStudio](#) [#Software](#) [avionics](#) [consumer electronics](#) [embedded connectivity](#) [embedded IoT](#) [industrial control](#) [Internet of Things](#) [Micrium](#) [real time operating system](#) [RTOS software](#) [Silicon Labs](#) [Simplicity Studio](#) [strategic acquisition](#) [wireless stacks](#)

### Dateline City:

AUSTIN, Texas

*Developers Gain Complete Embedded Solution for the IoT Combining RTOS with Multiprotocol Silicon, Tools and Software Stacks*

"By combining forces with Silicon Labs, the Micrium team will drive advances in embedded connectivity for the IoT while giving customers a flexible choice of hardware platforms, wireless stacks and development tools based on the industry's foremost embedded RTOS," said Jean J. Labrosse, Founder, CEO and President of Micrium. "We will continue to provide our customers with an exceptional level of support, which is a Micrium hallmark."

The combination of Micrium's RTOS and Silicon Labs' multiprotocol SoCs, wireless modules, wireless stacks and Simplicity Studio™ development tools gives customers a faster, easier on-ramp from connected devices to the cloud with end-to-end solutions for embedded IoT design.

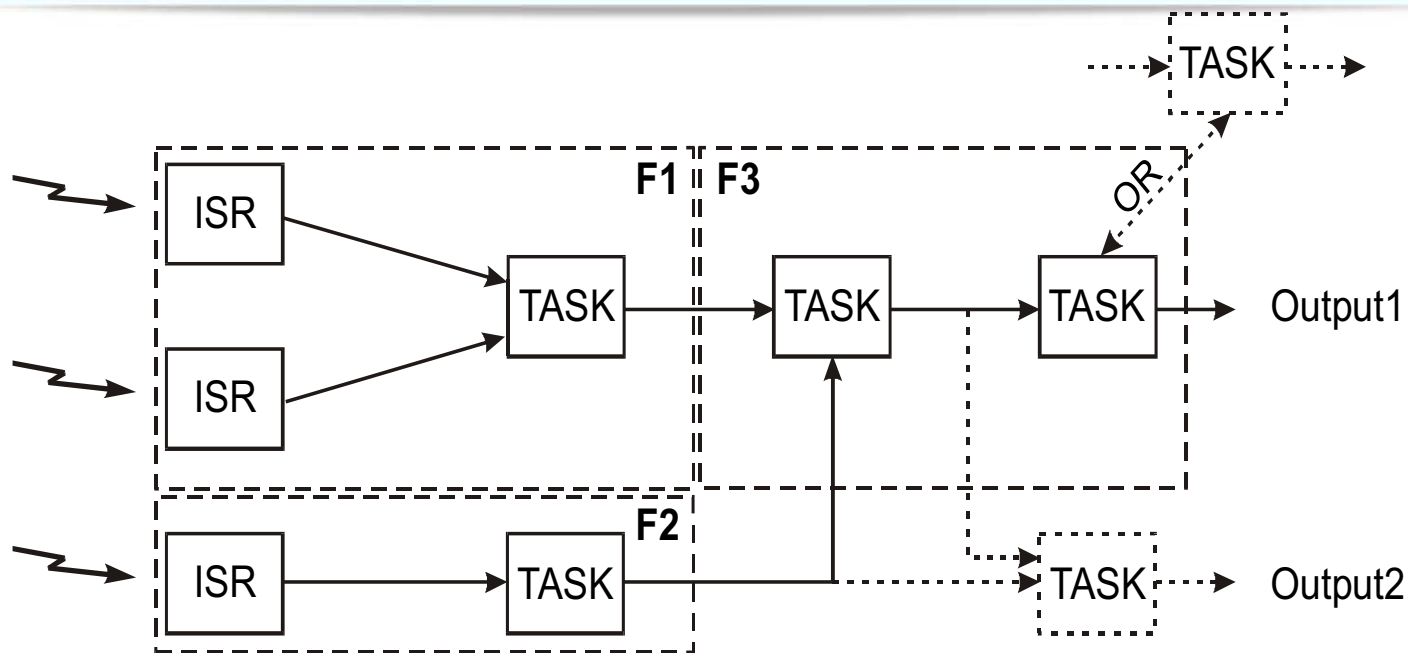
"IoT products are increasingly defined by software. Explosive growth of memory/processor capabilities in low-end embedded products is driving a greater need for RTOS software in connected device applications," said Daniel Cooley, Senior Vice President and General Manager of Silicon Labs' IoT products. "The acquisition of Micrium means that connected device makers will have easier access to a proven embedded RTOS geared toward multiprotocol silicon, software and solutions from Silicon Labs."

# RTOS 的应用

- 工业控制装置
- 通信设备
- 消费电子产品
- 仪器仪表
- 军事电子设备
- 航空航天系统
- 计算机外设
- 医疗电子产品
- .....



# RTOS 的精髓—多任务系统



- 任务独立，基于优先级任务调度
- 任务间通信，异步处理
- F1, F2, F3三个功能模块接口清晰
- 易于加入任务

— Initial Design

---- Added Later

# 掌握RTOS内核三大要素

## ■ 事件驱动

- 中断机制和多任务
- 优先级抢占和时间片轮转调度

## ■ 资源共享

- 任务间通信和同步互斥
- 提供的机制有信号量、邮箱、消息队列、事件标志、互斥

## ■ 性能测量和优化

- 工具
- 编译器优化



# RTOS 应用的调试

- **RTOS** 在开发和学习中经常会遇到这样一些问题：
  - 我的任务是在运行吗？
  - 这些任务使用了多少堆栈空间？
  - 每个任务占用了多少 **CPU** 时间？
  - 我应该如何优化我的代码？
  - 中断关闭多长时间？
  - 有优先级反转的问题？
  - 有死锁的问题？
  - 如何查看变量、数据结构、队列和 **I/O** 设备
- 静态调试在这些问题上帮不上忙，因为嵌入式系统都是动态系统
- 有专门的工具可以帮助基于**RTOS**系统行为的可视化分析

# Micrium 的 $\mu\text{C}/\text{Probe}$

## ■ 基于Windows软件

### ■ 通过 JTAG、USB和ETH 连接目标板

#### ■ 不需要 CPU 介入

### ■ 在运行时显示RTOS 状态

#### ■ 每个任务运行计算

#### ■ 每个任务的 CPU占用时间

#### ■ 每个任务中断关闭时间

#### ■ 堆栈使用情况

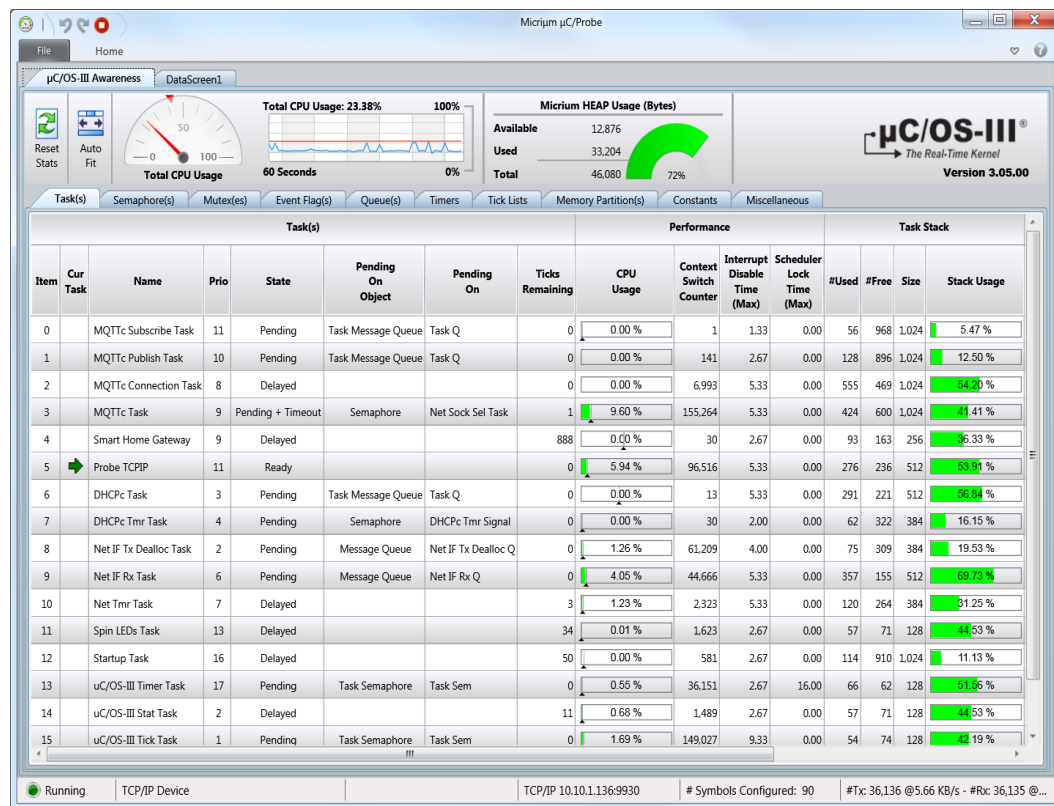
#### ■ 任务相应时间

#### ■ 任务状态

#### ■ .....

## ■ 支持Micrium<sup>®</sup> 内核

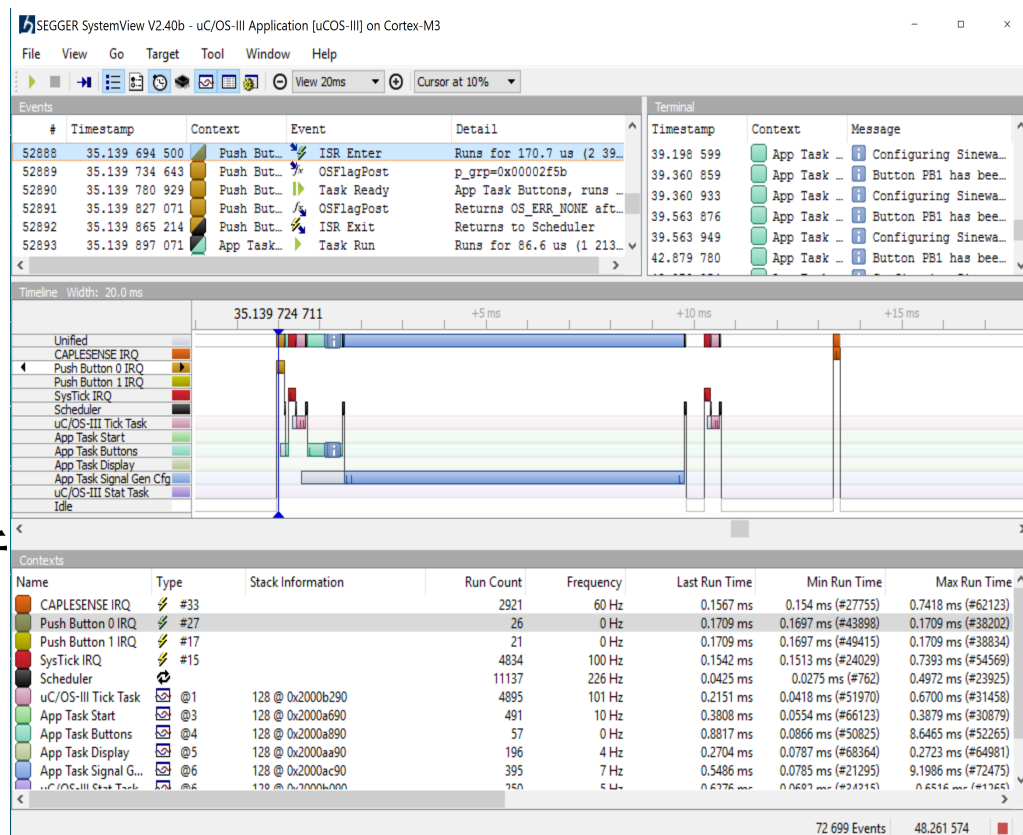
### ■ $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ , $\mu\text{C}/\text{OS-III}$ 和 $\mu\text{C}/\text{OS 5}$





# SEGGER 的 SystemView

- 在时间轴上显示RTOS 事件
  - 动态实现
  - 中断 (ISR)
  - 任务
- 以优先级为序
- 触发
  - 以任务和ISR结束为开始
  - 以用户事件为开始
- 跟踪信息可保存下来用作后分析
- 需要有 SEGGER J-Link
- 支持RTOS
  - $\mu\text{C}/\text{OS-III}$  和  $\mu\text{C}/\text{OS 5}$
  - FreeRTOS



# Percepio 的 Tracealyzer

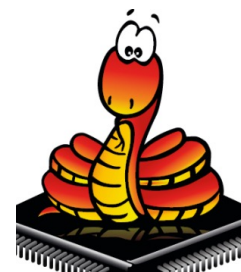
- 以时间轴记录 RTOS 事件
  - ISRs
  - 任务
- 跟踪信息可保存下来用作后分析
- 超过25种不同的数据展示方式
  - 展示的内容有相关性
- 支持:
  - SEGGER J-Link
  - TCP/IP
  - USB-CDC
- 支持 RTOS
  - $\mu$ C/OS-III 和  $\mu$ C/OS 5
  - FreeRTOS
  - Linux和vxwork...





# 学习RTOS 方法

- 任务管理是重点
  - 掌握任务建立，调度，通信和互斥等机制
  - 掌握内存管理方式（静态作为重点）
  - 学习RTOS 内核和硬件相关部分—中断和时钟管理
- 简单的驱动编写，比如串口
  - 移植过去是重点，现在芯片公司参与多些
- RTOS应用编程接口
  - CMSIS-RTOS-ARM 制定Cortex MCU RTOS接口标准
  - POSIX-UNIX 标准
  - uITRON 日本标准
  - OSEK/VDX—汽车电子和交通标准
- RTOS 编程语言和开发工具
  - C/C++， IAR/KEIL/GCC， 未来Python和JS 。



# RTOS的组件

- OS 组件越来越多、越来越重要
  - 协议—TCP/IP
    - 开源LWIP
    - 商业的USB 协议, 蓝牙协议和CANOPEN的价格相对要贵
  - 文件系统, Flash NAND, SD/MMC, USB 盘支持优化
  - 图形模块, uC/GUI (emWin) 和TouchFX, 纯软件模块对于MCU 消耗大, 软硬结合方案, 多点触屏和2D/3D图形是未来趋势。
  - 芯片公司开始提供RTOS 的组件(源代码和二进制)
- 大型的RTOS 基本包括了基本组件
  - 比如 Vxwork, QNX 包含TCP/IP, FILE和GUI
- 小型的RTOS 组件是外加的
  - uC/OS-III 有uC/GUI, uC/FS, uC/TCP-IP等

应用决定需要那些组件, 组件也决定了使用 and 选择哪种RTOS

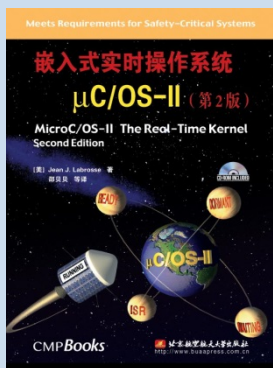
# 如何选择一个RTOS?

- 你一个kernel 还是需要组件?
  - FreeRTOS 自己只有kernel , 其他第三方, uc/OS-II/III 相当完整组件。
- RTOS 还是Linux (Android) ?
  - 你的硬件设计使用的是MCU还是AP
  - 两者都可以使用RTOS , 但是后者可以支持Linux 或者Android
- 嵌入式安全的需求
  - 借助MCU/AP 的 MPU和MMU 可以实现系统内存保护, 从而获得安全认证和预认证的安全产品, 比如 SaftRTOS
- 芯片和硬件平台的支持
  - 每家芯片公司的平台都会支持1-2 RTOS 或者Linux/Android
- 价格、技术支持和服务升级
  - 开源? 一次性版式, 还是unit/per CPU/side , 技术服务?

*Comparing microcontroller real-time operating systems  
Sergey Kolesnik, Telecard-Pribor Ltd. - December 08, 2013*

# 学习资料和工具

## ■ uC/OS-II 和 III 有非常好中文图书和开发板（官方）

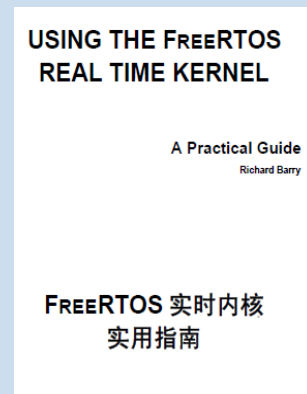
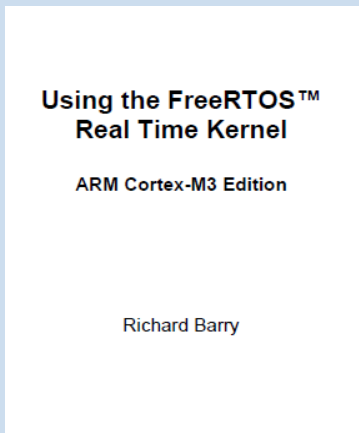


## ■ FreeRTOS 资料比较少，官方有英文的PDF手册

## ■ 芯片公司的BSP 比较多

## ■ 视频（ATMEL 工程师）

- 1 RTOS 介绍  
[http://v.youku.com/v\\_show/id\\_XNTgyMTEzOTU2.html](http://v.youku.com/v_show/id_XNTgyMTEzOTU2.html)
- 2 RTOS 特性和API  
[http://v.youku.com/v\\_show/id\\_XNTgyMTE4NjQw.html](http://v.youku.com/v_show/id_XNTgyMTE4NjQw.html)
- 3 FreeRTOS使用  
[http://v.youku.com/v\\_show/id\\_XNTgyMTE4MDg4.html](http://v.youku.com/v_show/id_XNTgyMTE4MDg4.html)
- 4 深入了解FreeRTOS  
[http://v.youku.com/v\\_show/id\\_XNTgyMTIyODgw.html](http://v.youku.com/v_show/id_XNTgyMTIyODgw.html)



Mastering the FreeRTOS™ Real Time Kernel

Reference Manual for FreeRTOS version 9.0.0 issue 2.

Page 20

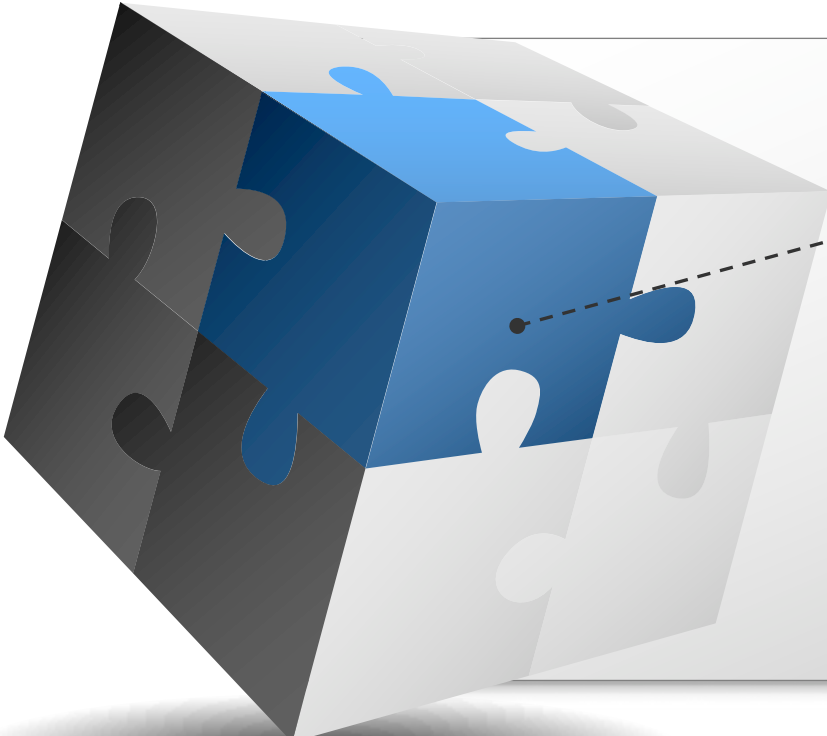


# 嵌入式操作系统风云录：历史的演进与物联网未来

- 本书全面回顾了嵌入式操作系统演进历史，主流的嵌入式操作系统技术特点、成长历程以及背后的商业故事，展望了嵌入式操作系统未来的技术路径、市场发展趋势和物联网时代的新机遇。本书以时间轴讲述了从RTOS、开源嵌入式操作系统到物联网操作系统发展历程，以技术为视角剖析了嵌入式操作系统的实时性、安全性和云计算等重要技术，从手机、通信、汽车和可穿戴几个市场讨论了嵌入式操作系统的应用，从嵌入式操作系统知识产权讨论了商业模式的问题。
- 共计**15章 20万字**，历史**3年**。



# 感谢您的关注，欢迎交流！



何小庆 [www.hexiaoqing.net](http://www.hexiaoqing.net)

公司网址: [www.bmrtech.com](http://www.bmrtech.com)

邮箱: [info@bmrtech.com](mailto:info@bmrtech.com)

北京: 010-62975900

上海: 021-62127690

深圳: 0755-82977971

版本信息: 2010年 第一次撰写 v1.0  
2016年第二次撰写 v2.0  
2017年第三次修改v2.2