

1 嵌入式操作系统简介	4
MCU生态体系	4
1. 芯片硬件设计	5
2. 工具链	7
3. SDK	8
4. 高级开发工具	9
5. OS	10
6. 解决方案	11
7. 校园计划	12
8. 联盟	13
9. 兼容stm32	13
实时多任务操作系统与分时多任务操作系统	14
时钟节拍	16
实时操作系统中的重要概念	17
多处理器结构	18
智能手机操作系统	20
2 μC/OS	21
前后台系统	22
μC/OS-II	24
3 VxWorks	26
VxWorks概述	27
VxWorks基本特征	28
高实时性、高稳定性的微内核	28
丰富的外挂组件模块	30
可裁减性	31
对多种硬件平台的可移植性	32
友好、开放的集成开发环境	33
4 嵌入式Linux	34
Linux的版本	35
典型的嵌入式Linux	36
嵌入式Linux种类	37
RT-Linux	38

1

uClinux	43
嵌入式Linux的组成	46
Linux启动	48
嵌入式linux bootloader	50
嵌入式系统的存储	51
文件系统类型	51
日志文件系统	52
YAFFS文件系统	53
YAFFS和JFFS的相同点与不同点	54
X Window	55
面向嵌入式Linux系统的图形用户界面	57
嵌入式Linux-Android	58

2



3

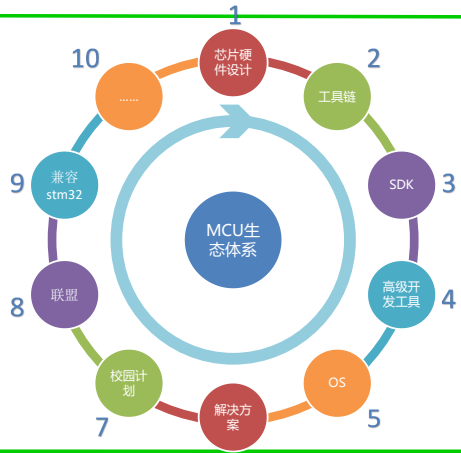


内容提要

1	嵌入式操作系统简介
2	μC/OS
3	VxWorks
4	嵌入式Linux

4

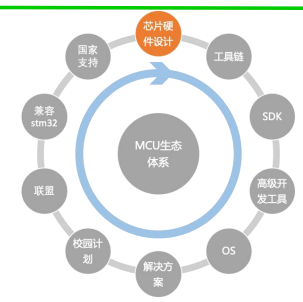
MCU生态体系



5



1. 芯片硬件设计

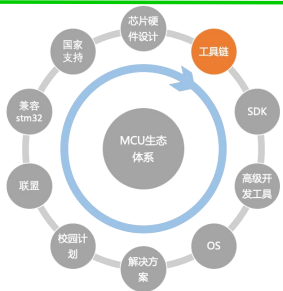


- 指令集
 - ◆ ARM
 - ◆ RISC-V
 - ◆ 扩展指令
- 内置IoT常用模块
 - ◆ 传感器
 - ◆ 通讯
 - ◆ 安全
 - 支持OTA方案
 - 支持IBC
- 低功耗
- 面向车规级
- 产品线



6

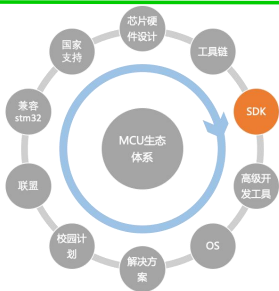
2. 工具链



- 编译环境
 - ◆ 终端插件形式
 - ◆ 服务器形式
 - 公有云
 - 私有云
 - ◆ license管理模式
- 调试
 - ◆ 软模拟调试工具
 - ◆ 硬仿真开发工具
 - 下载及配置工具



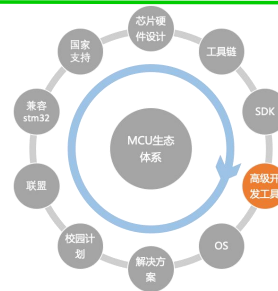
3. SDK



- HAL层
- 库函数
- 例程
- 文档
- 线上技术支持
- 线下培训和讲座



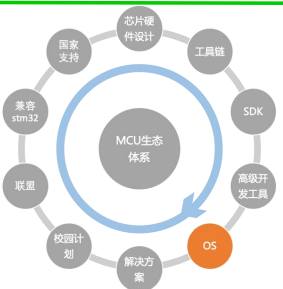
4. 高级开发工具



- 开发板
 - ◆ 下载及配置工具
 - ◆ 扩展板
- 集成开发环境
 - ◆ 可视化IDE
 - ◆ 框架代码自动生成器
 - ◆ 源码及工程管理工具



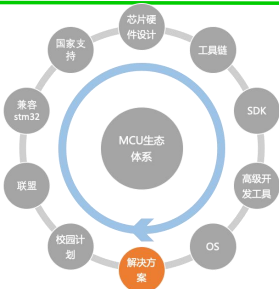
5. OS



- 驱动程序库
 - ◆ NFC/BT/WiFi/ZigBee/NB/Lora
 - ◆ 定位/MEMS/电子罗盘
 - ◆ 光声热Sensor/生物传感器
 - ◆ USB/Type-C
 - ◆ 机电控制
 - ◆ UI
 - ◆ MultiMedia
- Java支持
 - ◆ JVM/JRE/JAPI
 - ◆ loader
- 支持ROS、uC/OS、RTOS
- 技术支持

10

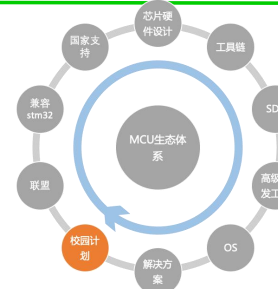
6. 解决方案



- 基础方案
 - ◆ TSM(SEMS)
 - ◆ 密钥管理方案
 - ◆ 数据搜集与命令同步
- 面向行业解决方案
 - ◆ 智能城市、交通、汽车
 - ◆ 工业控制网
 - ◆ 可穿戴、家庭



7. 校园计划

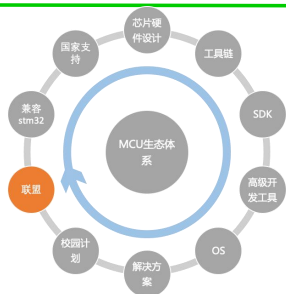


- 实验室
 - ◆ 教学辅助
- 竞赛
- 初创支持
 - ◆ 原型
 - ◆ 完善创意
 - ◆ 量产支持



12

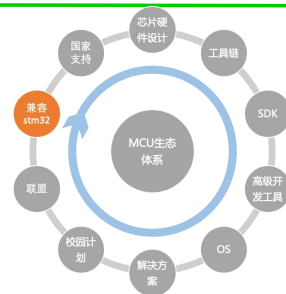
8. 联盟



- 开源社区
- 应用峰会
- 合作伙伴
 - ◆ 方案供应商
 - ◆ 外设供应商
 - ◆ 服务提供商



9. 兼容stm32



- stm32支持的第三方OS
- stm32支持的外设
- stm32支持的开发板



1 嵌入式操作系统简介

实时多任务操作系统与分时多任务操作系统

■ **分时系统**：软件的执行在时间上的要求并不严格，时间上的错误一般不会造成灾难性的后果。

■ **实时系统**：虽然事件可能在无法预知的时刻到达，但是软件上必须在事件发生时能够在**严格的时限内**作出响应（**系统响应时间**），即使是在尖峰负荷下，也应如此，系统时间响应的超时就意味着致命的失败。另外，**实时操作系统的重要特点是具有系统的可确定性**，即系统能对运行情况的最好和最坏等的情况能做出精确的估计。

15

June 12, 2023

13

1 嵌入式操作系统简介(续)

■ 基本概念 —— 时钟节拍

时钟节拍是特定的周期性中断。这个中断可以看作是系统心脏的脉动。周期取决于不同应用，**一般在10ms到200ms之间**。时钟的节拍式中断使得内核可以将任务延时若干个整数时钟节拍，以及当任务等待事件发生时，提供等待超时的依据。**时钟节拍率越快，系统的额外开销就越大。**

16

June 12, 2023

14

1 嵌入式操作系统简介(续)

实时操作系统中的重要概念

- **系统响应时间** (System response time)
系统发出处理要求到系统给出应答信号的时间。
- **任务切换时间** (Context-switching time)
任务之间切换而使用的时间。
- **中断延迟** (Interrupt latency)
硬件接收到中断信号到操作系统作出响应，并转入中断服务程序的时间。

17

June 12, 2023

15

1 嵌入式操作系统简介(续)

■ 多处理器结构

- 实时应用的飞速发展，对嵌入式操作系统的性能提出了更高的要求。单处理器的嵌入式系统已不能很好地满足某些复杂实时应用系统的需要，开发支持多处理器结构的RTOS已成为发展方向
- 这方面比较成功的系统有pSOSystem等

18

June 12, 2023

16

Commercial RTOS Products

VxWorks	Wind RiverSystem	\$40k/s & royalty	wrs.com
VRTX	Microtec	\$20K/seat	
LynxOS	Bulue Cat Linux	\$2.5k/seat	lynuxworks.com
Nucleus	Accelerated Tech.	\$20K/s with source code	
CMX 8051Tools	Tasking	\$1.29k	Tasking.com
RT/Studio IDE	Precise	\$30K	psti.com
Embedded Linux	Green Hill	\$7.9K Royalty free	ghs.com
Embedex Linux	Lineo	\$5k/seat	lineo.com

智能手机操作系统

- Symbian
 - 诺基亚为主, S60是主流
- Windows CE
 - 微软: “Windows Mobile 将熟悉的 Windows 体验扩展到了移动环境中
 - 现在更名为Windows Phone 7
- RIM
 - 加拿大BlackBerry (黑莓), 邮件是特色
 - 对输入设备都做特别设计, 使输入设备可以频繁使用
- iPhone OS
 - Mac OS X的衍生, 类Unix系统, Objective-C
- Palm OS
 - 3Com公司的产品, 专用于掌上电脑, Palm OS节能、占有非常小的内存、内置数据库, 封闭操作系统
- MeeGo
 - 英特尔和诺基亚宣布整合Moblin和Maemo
- Android
- MontaVista

内容提要

1	嵌入式操作系统简介
2	μ C/OS
3	VxWorks
4	嵌入式Linux
5	多线程编程简介

基本概念 ——前后台系统

对基于芯片的开发来说, 应用程序一般是一个无限的循环, 可称为**前后台系统或超循环系统**。

很多基于微处理器的产品采用前后台系统设计, 例如微波炉、电话机、玩具等。在另外一些基于微处理器应用中, 从省电的角度出发, 平时微处理器处在停机状态, 所有事都靠中断服务来完成。

基本概念 ——前后台系统

循环中调用相应的函数完成相应的操作, 这部分可以看成**后台行为**, 后台也可以叫做任务级。这种系统在处理及时性上比实际可以做到的要差。

中断服务程序处理异步事件, 这部分可以看成**前台行为**, 前台也叫中断级。时间相关性很强的关键操作一定是靠中断服务程序来保证的。

μ C/OS-II

μ C/OS-II是一个源码公开、可移植、可固化、可裁剪、占先式的实时多任务操作系统。其绝大部分源码是用ANSI C写的, 使其可以方便的移植并支持大多数类型的处理器。 μ C/OS-II通过了**联邦航空局 (FAA) 商用航器认证**。自1992年问世以来, μ C/OS-II已经被应用到数以百计的产品中。 μ C/OS-II占用很少的系统资源, 并且在高校教学使用时不需要申请许可证。

2 μ C/OS (Cont.)

- ◆ “ μ C/OS The Real Time Kernel” (1992)
- ◆ “MicroC/OS-II The Real-time Kernel” (1998)
- ◆ “MicroC/OS-II The Real-time Kernel” 2nd Edit (2002)
Jean J. Labrosse
R & D Publications, Inc www.cmpbooks.com
- ◆ Priority based preemptive kernel (looking up table algorithm)
- ◆ Up to 60 tasks
- ◆ Above 90% is written in C easy for porting
- ◆ Scalable and ROM able
- ◆ Source code for PC environment attached with a floppy or CD
- ◆ Very detail explanation in excellent programming style

25

June 12, 2023

23

内容提要

1	嵌入式操作系统简介
2	μ C/OS
3	VxWorks
4	嵌入式Linux

26

June 12, 2023

3 VxWorks

1) VxWorks概述

- 美国Wind River公司于1983年设计开发
- 高实时性和稳定性的微内核、友好的用户开发环境、良好的持续发展能力，**全球商用市场占有率排名第一**
- 广泛应用于通信、军事、航空、航天等实时性要求高领域
 - 美国F-16、FA-18战斗机、B-2 隐形轰炸机和爱国者导弹上
 - 1997年和2004年两次在火星表面登陆的火星探测器
 - 商业用户包括Cisco systems、Bay Networks、3Com、Fore systems、HP、Lucent、Qualcomm、以及国内的华为、东方电子等

27

June 12, 2023

25

3 VxWorks (Cont.)

2) VxWorks基本特征

- (1) 高实时性、高稳定性的微内核
 - 内核Wind: 微内核结构，最小8KB
- 实时性
 - 基于优先级的抢占式调度辅以时间片轮转
及时响应高优先级的任务，同级任务可选择时间片轮转而并发执行
- 快速的任务上下文切换

28

June 12, 2023

26

3 VxWorks (Cont.)

- 较小的中断延时
相应措施如：
 - 采用中断处理与任务在不同栈中处理，使得中断的产生只会引发一些关键寄存器的存储而不会导致任务的上下文切换
 - 在中断服务程序中只完成在最小时间内中断发生通告，而将其它费时的处理过程尽量放在被引发的其它任务中完成
- 高稳定性

29

June 12, 2023

27

3 VxWorks (Cont.)

■ (2) 丰富的外挂组件模块

- 基本外挂组件模块
各种设备驱动（字符型/块型设备，同步/异步设备）、文件系统（如DosFs、RawFs、TapeFs、CdromFs、TSFS等）、网络协议栈、以及POSIX1003.1b标准和ANSI C等兼容组件模块
- 附加组件模块
如Flash文件系统、图形界面管理等

30

June 12, 2023

28

3 VxWorks (Cont.)

■ (3) 可裁减性

- 粒度极小的配置裁减性能
 - 微内核结构，最简内核（只负责任务的管理与调度，称为纳核）只有8KB
 - 其它所有基本外挂组件和附加组件均为可选组件，并且这些组件本身也是可裁减的
- 方便友好的配置裁减环境
 - 图形化
 - 自动裁减特性，自动分析功能

31

June 12, 2023

29

3 VxWorks (Cont.)

■ (4) 对多种硬件平台的可移植性

- 支持ARM、PowerPC、68K、CPU32、SPARC、i960、X86、MIPS等众多嵌入式处理器，并提供相应的BSP模板
- 提供了数量众多的串口、并口、网口、存储卡控制器、实时时钟等外围硬件设备的驱动程序

32

June 12, 2023

30

3 VxWorks (Cont.)

■ (5) 友好、开放的集成开发环境

- Tornado的可视化图形操作界面，可运行在多种主机硬件平台和操作系统上
 - 支持的主机硬件平台：Sun、HP、IBM-rs6000、Mips等
 - 支持的主机操作系统：Unix、WindowsNT/95/98等
- Tornado的IDE
 - 集成了编辑器、编译器、链接器、调试器（命令行和图形界面两类调试器）、软件仿真器、工程项目管理器等一系列开发工具
- Tornado的开放性
 - 能与第三方开发工具进行集成

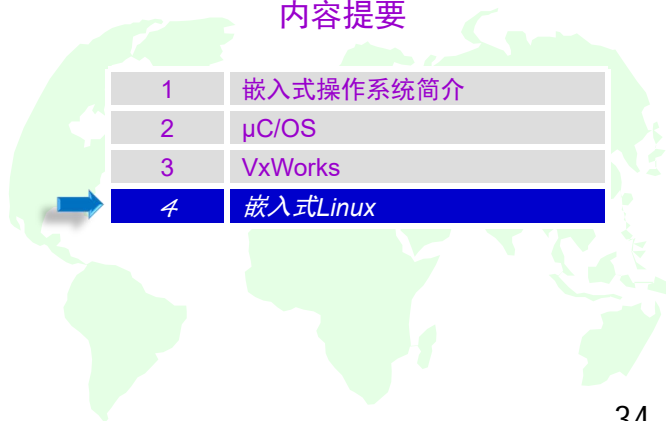
33

June 12, 2023

31

4 嵌入式Linux

内容提要



34

Linux的版本

- ◆ 内核：属于单内核
- ◆ 内核版本：最新的版本2.6.39
- ◆ 发行版
 - 基于Debian，如Ubuntu
 - 基于RPM，如Fedora，红旗
 - Slackware
 - 其它打包方式的套件
 - 专用包：Android/Maemo/Moblin/MeeGo
 - ◆ 2010年2月，谷歌Android被Linux内核除名
- ◆ 知识产权
 - 需要遵守GPL GNU Public License, LGPL: Lesser GPL
 - 没有独立的知识产权

35

June 12, 2023

33

4 嵌入式Linux (续)

◆ 典型的嵌入式Linux

- Linux: Embedix, ETLinux, LEM, RTLinux, LinuxRouterProject, LOAF, uCLinux, muLinux, ThinLinux, FirePlug和PizzaBoxLinux
- 平台化嵌入式Linux
 - ◆ Android
 - ◆ Moblin+Maemo→MeeGO

36

June 12, 2023

34

4 嵌入式Linux (续)

嵌入式Linux种类

是否支持MMU

MMU 实现虚拟存储空间：即将虚拟存储空间影射到实际物理存储空间。使编程人员不用考虑具体程序所放在物理存储空间的具体位置和程序的大小。

存储器访问权限的控制：任务间通讯，对自己的内存、堆栈等进行保护，只能通过管道、信号量、共享内存等方式进行通讯。

控制Cache

不支持MMU：ucLinux，主要应用在ARM7系列微处理系统中，如三星公司的S3C44B0，S3C4510等，无MMU，不支持虚地址，直接访问内存，所有程序中访问的地址都是物理地址。

支持MMU：嵌入式Linux，主要应用在ARM9系列微处理器系统中，如三星公司的S3C2410，Intel公司的PXA255等

37

June 12, 2023

35

4 嵌入式Linux (续)

RT-Linux 美国新墨西哥州大学计算机系研制开发的

RT-Linux是利用Linux进行实时系统开发比较早的尝试，是一种**硬实时操作系统**。目前RT-Linux已成功应用于航天飞机的空间数据采集、科学仪器测控，以及电影特技图像处理等众多领域。

RT-Linux的原理是采用双内核机构，即将Linux的内核代码进行少量修改，将Linux任务以及Linux内核本身作为实时内核的一个优先级最低的任务，即实时任务优先级高于普通Linux任务，即在实时任务存在的情况下运行实时任务，否则才运行Linux本身的任务。实时任务不同于Linux普通进程，它是以Linux的内核模块(Linux Loadable KernelModule, LKM)的形式存在的。需要运行实时任务的时候，将这个实时任务的内核模块插入到内核中去。实时任务和Linux一般进程之间的通信通过共享内存或者FIFO通道来实现。

38

36

4 嵌入式Linux (续)

基于RTLinux的仿人机器人



高 48 cm
重: 6 kg
灵活性: 20 DOF
操作系统: RT-Linux
接口形式: USB 1.0 (12Mbps)
响应周期: 1ms
能源: DC24V x 6.2A (150W)
制造: 富士通

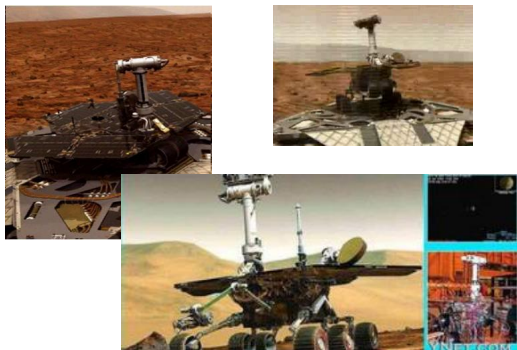
39

June 12, 2023

37

4 嵌入式Linux (续)

2004年“勇气号”再次登陆火星



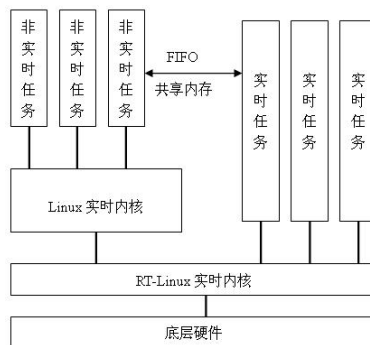
40

June 12, 2023

38

4 嵌入式Linux (续)

RT-Linux的工作原理图



41

39

4 嵌入式Linux (续)

经过加入实时处理后，RT Linux就完全能够达到硬实时系统的性能指标。在一台386机器上，RT Linux从处理器检测到中断，再到中断处理程序开始工作不会超过 $15\mu s$ ；对一个周期性的任务，在 $35\mu s$ 内一定会执行。

而通常的Linux内核，一般是在 $600\mu s$ 内开始一个中断服务程序。

42

June 12, 2023

40

uClinux

- 控制领域中的linux系统。
- 它包含linux常用的API，内核小于512K，保留了linux原有的高稳定性、强大的网络功能和卓越的文件系统支持功能等优点。目前已支持的CPU芯片有，Motorola公司的68K系列、PowerPC系列以及ARM公司的系列芯片。
- uClinux最大特点就是不支持MMU。 uClinux系统对内存的访问是直接的，即不需要经过MMU，直接将地址发送到地址线上，所有程序访问的都是实际的物理地址，这样一方面减小了内核的体积，另一方面又增强了系统的实时性能。但内存空间得不到保护，对于应用开发者来说，必须明白自己程序运行的位置，以及保证不会破坏其它程序运行空间以及系统的稳定。
- uClinux也可以使用RT-Linux的实时补丁，以增强其实时性。

43

June 12, 2023

针对这种没有MMU的CPU架构，uClinux采用了一种平板式(Flat)的内存模型来去除对MMU的依赖，并且改变了用户程序的加载方式，开发了运用于uClinux的C函数库--uClibc。

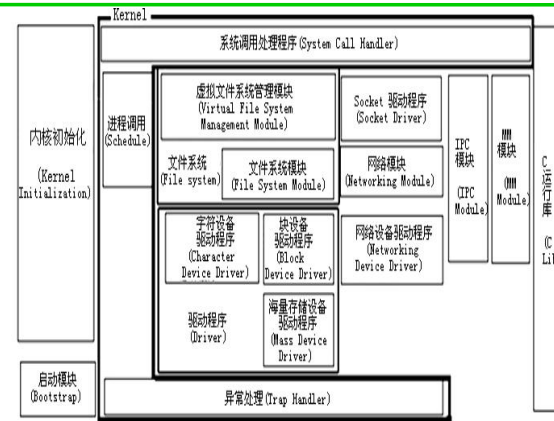
目前，uClinux往往基于两个Linux内核版本，2.0.38是一个比较成熟的版本，2.4.x是最新的版本。 Hitool 套件同时提供了对他们的支持。

一般uClinux的内核大小在500k左右，如果加上一些基本的应用，也就在900k左右，非常适合于嵌入式系统。

uClinux架构如下图所示

44

June 12, 2023



45

June 12, 2023

嵌入式Linux的组成

最基本的嵌入式Linux系统需要3个基本元素：

系统引导程序：用于完成机器加电后的系统定位引导；

Linux系统内核：为嵌入式应用提供一个软件环境，为应用程序完成基本的底层的资源管理工作；

初始化过程：完成基本的初始化。

46

June 12, 2023

为使这个最小嵌入式系统具有一定的实用性，还需加上**硬件的驱动程序**及一个或几个应用进程以提供必要的应用功能支持。

如果应用比较复杂，可能还需要添加一个可以在ROM或RAM中使用的**文件系统**、TCP/IP网络协议栈等。

在手机等领域，还需要加上一个**GUI**

47

June 12, 2023

Linux启动

- linux的启动

在x86体系中，cpu上电后在存储位置0xffff0处开始执行程序代码，这个地址通常是ROM-BIOS中的地址。

➤ BIOS

- 硬件检测，资源分配。

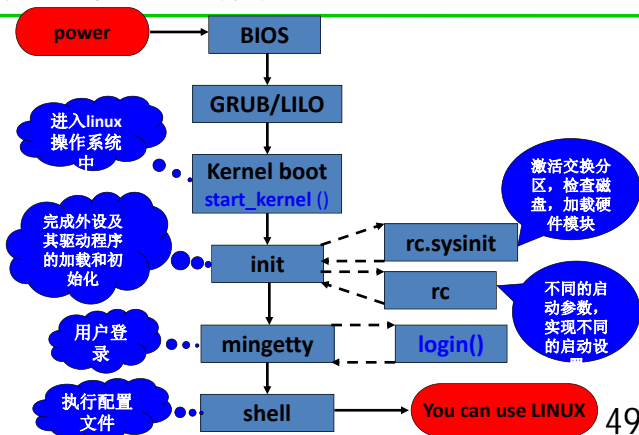
- 将boot loader加载到RAM，然后将控制权交给boot loader。

➤ boot loader

- 将内核映像从硬盘中加载到RAM中，然后跳到内核的入口点，启动操作系统。

48

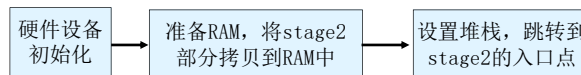
June 12, 2023



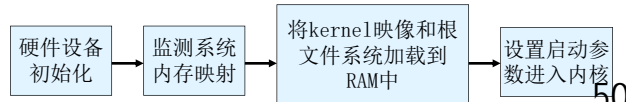
嵌入式linux bootloader

Boot loader的结构

> stage1 (汇编语言实现)



> stage2 (c语言实现)



嵌入式系统的存储

在嵌入式系统中使用Flash存储器

文件系统类型:

ext2: 专用于Linux, 引导块、超级块、inode、数据区。

cramfs: 压缩式文件系统。缺点: 延迟、写操作难。

romfs: 只读文件系统

❖ 日志文件系统:

日志记录, 先写日志, 后写数据。

JFFS: 专用于Flash的日志式文件系统。

YAFFS文件系统

❖ YAFFS, Yet Another Flash File System, 是一种类似于JFFS/JFFS2的专门为Flash设计的嵌入式文件系统。与JFFS相比, JFFS和JFFS2适合NOR FLASH, YAFFS是为NAND FLASH量身定做的, 它减少了一些功能, 因此速度更快、占用内存更少。

❖ YAFFS和JFFS都提供了写均衡, 垃圾收集等底层操作。它们的不同之处在于:

(1) JFFS是一种日志文件系统, 通过日志机制保证文件系统的稳定性。YAFFS仅仅借鉴了日志系统的思想, 不提供日志机能, 所以稳定性不如JFFS, 但是资源占用少。

(2) JFFS中使用多级链表管理需要回收的脏块, 并且使用系统生成伪随机变量决定要回收的块, 通过这种方法能提供较好的写均衡, 在YAFFS中是从头到尾对块搜索, 所以在垃圾收集上JFFS的速度慢, 但是能延长NAND的寿命。

(3) JFFS支持文件压缩, 适合存储容量较小的系统; YAFFS不支持压缩, 更适合存储容量大的系统。

X Window是一个在大多数UNIX工作站上使用的图形用户界面。

它是一种与平台无关的客户机/服务器 (Client/Server)模型，可以让用户在一台机器上调用另一台机器的X Window库，打开另一台机器上的窗口，而不需要考虑这两台机器自身的操作系统类型。

正是这种特性使UNIX和Linux系统上的用户和应用程序非常自然地通过网络连接在一起。使用X Window开发GUI时，因为开发环境成熟，开发工具易用，所以可以缩短开发时间，降低开发难度。

X Window系统应用于嵌入式系统时，要考虑嵌入式系统的特殊条件。嵌入式系统由于资源有限，不宜使用体积大的操作系统内核，这是因为需要将系统固化在ROM中或者Disk On Chip的FLASH ROM上。

但是，一个X Lib就需要大概10MB ~ 20MB的空间，在一般的嵌入式环境不能满足这样的条件。所以，针对嵌入式领域，X Window进行了必要的裁剪和优化，产生了很多嵌入式GUI系统。

面向嵌入式Linux 系统的图形用户界面

- MicoroWindows/NanoX
 - 开放源码
 - 无任何硬件加速能力
 - 图形引擎中存在许多低效算法
 - 代码质量较差
- OpenGUI
 - 可移植性稍差
- Qt/Embedded
 - 低的程序效率、大的资源消耗
- MiniGUI

嵌入式Linux-Android

- ◆ Android
 - Google+开放手机联盟
 - 2007年11月5日发布
 - “Android 是第一个完整、开放、免费的手机平台”
 - 2008年9月22日，第一款基于Android的手机发布
 - ◆ T-Mobile G1
 - 基于Android的手机GPhone
- ◆ Android的特点
 - 包括了操作系统、中间件、用户界面和应用软件
 - ◆ 这是一个平台
 - 面向智能手机