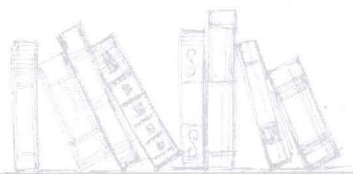


高等院校嵌入式人才培养规划教材



提供PPT等教学相关素材以及
专业视频免费下载

丛书特色

凝聚业内著名讲师一线教学经验
汇总百家知名企业最新人才标准
精选实用案例直击真实项目需求
结合学习思路提供配套技术资料

从实践中学

嵌入式Linux操作系统

· 华清远见嵌入式学院曹忠明 程姚根 编著



```
root@ycw tftpboot1# service xinetd restart int down_timeout(struct semaphore *sem, long jiffies)
```



 高等院校嵌入式人才培养规划教材

从实践中学

嵌入式Linux操作系统

· 华清远见嵌入式学院 曹忠明 程巍根 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书介绍了操作系统的几大组成部分，并以嵌入式开发领域中的主流 Linux 操作系统为例说明了各功能的实现。

全书共分为 11 章，内容包括嵌入式 Linux 操作系统的基本概念，Linux 系统的安装与使用，操作系统的存储管理、进程管理、文件管理、设备管理等几个核心模块，其中涉及对 Linux 内核代码的部分分析介绍。其中，第 10 章综合介绍了开发嵌入式 Linux 系统的全过程，包括建立开发环境、编译 Bootloader、编译内核、部署根文件系统等全过程；第 11 章介绍了以 Linux 为内核的 Android 系统的编译和移植方法。

本书可作为高等院校电子、通信、自动化、计算机等专业“嵌入式操作系统”课程的教材，也可供嵌入式 Linux 爱好者参考使用。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

从实践中学嵌入式 Linux 操作系统 / 华清远见嵌入式学院编著. —北京：电子工业出版社，2012.3
高等院校嵌入式人才培养规划教材
ISBN 978-7-121-15875-9

I. ①从… II. ①华… III. ①Linux 操作系统—高等学校—教材 IV. ①TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 021860 号

策划编辑：胡辛征

责任编辑：李云静

特约编辑：赵树刚

印 刷：

装 订：三河市鑫金马印装有限公司

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：19.5 字数：493 千字

印 次：2012 年 3 月第 1 次印刷

印 数：4000 册 定价：39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

推荐序

移动与云计算的发展推动了越来越多的新技术、新应用和新产品的涌现，推动了嵌入式电子产品世界的不断更新和快速发展。作为嵌入式行业最著名的厂商之一，20多年来 ARM 除了不断地加大研发投入，开发最新的微处理器、图形技术、物理 IP 和开发工具，为产业升级搭建了最佳的开发架构；同时，也一直致力于建设一个开放的、具有强大生命力和发展前景的 ARM 嵌入式生态系统，使得每个存在于这个生态系统的成员都能发挥各自的特长，通过有效的产业分工和协作开发出高性能、低功耗、人性化的嵌入式产品服务于广大的消费者。

在这个生态系统中，嵌入式操作系统是必不可少的重要环节，是“链接”底层硬件和上层应用程序的纽带。其中，Linux 作为开源的嵌入式操作系统，多年来一直受到广大工程师朋友的喜爱，特别是在基于 Linux 内核的 Android 操作系统发布以来，Linux 的应用和发展到了一个崭新的高度。ARM 作为应用最广泛的嵌入式处理器，对 Linux 操作系统的发展也做出了大量的支持与贡献。

吴雄昂
ARM 中国区总经理

前 言

在今天所处的大时代背景下，嵌入式、3G、物联网、云计算俨然已经成为信息产业的主旋律，不管是从政府大力扶持，还是从产业变革来说，这股潮流早已势不可当。而嵌入式系统正是这些产业应用技术中最核心的部分。随着智能化电子行业的迅猛发展，嵌入式行业更是凭借其“应用领域广、人才需求大、就业薪资高、行业前景好”等众多优势，成为当前最热门、最有发展前途的行业之一，与此同时，嵌入式研发工程师更是成为 IT 职场的紧缺人才。因此，近几年来，各院校纷纷开设嵌入式专业课程。但是，各院校在嵌入式专业教学建设的过程中几乎都面临教材难觅、内容更新迟缓的困境。虽然目前市场上嵌入式开发相关书籍比较多，但几乎都是针对有一定基础的行业内研发人员而编写的，并不完全符合高校的教学要求。

针对高校专业教材缺乏的现状，我们以多年来在嵌入式工程技术领域内人才培养、项目研发的经验为基础，汇总了近几年积累的数百家企业对嵌入式研发相关岗位的真实需求，并结合行业应用技术的最新状况及未来发展趋势，调研了数十所开设“嵌入式工程技术”专业的院校课程设置情况、学生特点和教学用书现状。通过细致的整理和分析，对专业技能和基本知识进行了合理划分，编写了这套高等院校嵌入式人才培养规划教材，包括：

- 《从实践中学 ARM 嵌入式体系结构与接口技术》。
- 《从实践中学嵌入式 Linux 操作系统》。
- 《从实践中学嵌入式 Linux C 编程》。
- 《从实践中学嵌入式 Linux 应用程序开发》。

本套教材按照专业整体教学要求组织编写，各自对应的主干课程之间既相对独立又有机衔接，整套教材具有系统性。《从实践中学 ARM 嵌入式体系结构与接口技术》侧重介绍接口技术；在操作系统教材方面，根据各院校的教学重点和行业实际应用情况，编写了《从实践中学嵌入式 Linux 操作系统》；考虑到嵌入式专业对学生 C 语言能力要求较高，编写了《从实践中学嵌入式 Linux C 编程》，可作为“C 语言基础”课程的后续提高课程使用；《从实践中学嵌入式 Linux 应用程序开发》则重点突出了贯穿前面所学知识的实训内容，供“嵌入式 Linux 应用开发”课程使用。

操作系统是计算机系统中最重要系统软件，是计算机科学与技术相关专业的核心课程。操作系统课程中涉及的概念、原理是嵌入式开发人员的必备知识。而在学习过程中，由于操作系统理论本身比较深奥，是计算机专业中较难的一门课程。加之以往的操作系统的教学多以理论传授为主，学生很少研究操作系统源代码，所以往往在学

习中只掌握了一些简单的概念,对操作系统的基本原理没有理解透彻,学习效果不好。本书从原理和编程实现两个方面讲解操作系统科学,旨在帮助学生加深对操作系统原理的理解。主要以 Linux 操作系统为例,分别说明了操作系统中有关进程管理、内存管理、文件管理、设备管理等几大核心功能。

全书共分为 11 章,内容主要包含两大部分:一部分是操作系统原理相关内容,主要讲解操作系统的原理和 Linux 实现,包括第 4 章“存储管理”、第 5 章“操作系统进程”、第 6 章“进程间通信”、第 7 章“中断与系统调用”、第 8 章“文件管理”、第 9 章“设备管理”。这些章节完整地介绍了当代操作系统应有的功能;另一部分内容注重实用性,讲解嵌入式 Linux 操作系统的使用与开发方法,包括第 1 章“嵌入式 Linux 操作系统简介”、第 2 章“Linux 操作系统使用与系统配置”、第 3 章“嵌入式 Linux 编程环境”、第 10 章“嵌入式 Linux 的构建”及第 11 章“Android 系统的编译和移植”。

本书由华清远见嵌入式学院资深讲师曹忠明、程姚根编著并统校全稿。在此还要感谢华清远见嵌入式学院,教材内容参考了学院与嵌入式企业需求无缝对接的、科学的专业人才培养体系。同时,嵌入式学院从业或执教多年的行业专家团队也对教材的编写工作作出了贡献,刘洪涛、曾宏安、季久峰、温尚书、贾燕枫、方琳琳、沈静、冯瑜、杨曼、王利丽、李媛媛、张丹、刘晶晶、王丽丽、谭翠君、关晓强、王彦红、裴慧等老师在书稿的编写过程中认真阅读了所有章节,提供了大量在实际教学中积累的重要素材,对教材结构、内容提出了中肯的建议,并在后期审校工作中提供了很多帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。对于本书的批评和建议,可以发到 www.embedu.org 技术论坛。

编 者
2012 年 1 月

目 录

第 1 章 嵌入式 Linux 操作系统简介	1
1.1 操作系统	2
1.2 嵌入式系统	3
1.3 嵌入式操作系统	4
1.4 嵌入式 Linux 基础	7
1.4.1 Linux 发展概述	7
1.4.2 Linux 作为嵌入式操作系统的优势	8
1.4.3 Linux 发行版本	9
1.4.4 如何学习 Linux	10
1.5 Linux 安装	10
1.5.1 基础概念	11
1.5.2 硬件需求	12
1.5.3 安装准备	13
1.5.4 安装过程	13
1.6 Linux 文件及文件系统	21
1.6.1 文件类型及文件属性	22
1.6.2 文件系统类型介绍	24
1.6.3 Linux 目录结构	24
1.7 本章习题	27
第 2 章 Linux 操作系统使用与系统配置	28
2.1 Linux 基本命令	29
2.1.1 用户系统相关命令	30
2.1.2 文件目录相关命令	36
2.1.3 压缩打包相关命令	47
2.1.4 比较合并文件相关命令	50
2.1.5 网络相关命令	54
2.2 Linux 系统服务	59
2.2.1 独立运行的服务	59
2.2.2 xinetd 设定的服务	60

2.2.3	设定服务命令常用方法	61
2.3	本章习题	62
第 3 章	嵌入式 Linux 编程环境	63
3.1	Linux 编辑器 vi 的使用	64
3.1.1	vi 的模式	64
3.1.2	vi 的基本流程	64
3.1.3	vi 的各模式功能键	66
3.2	gcc 编译器	67
3.2.1	gcc 编译流程解析	68
3.2.2	gcc 编译选项分析	70
3.3	gdb 调试器	74
3.3.1	gdb 使用流程	74
3.3.2	gdb 基本命令	77
3.4	make 工程管理器	81
3.4.1	Makefile 基本结构	81
3.4.2	Makefile 变量	82
3.4.3	Makefile 规则	85
3.4.4	make 管理器的使用	86
3.5	使用 autotools	86
3.5.1	autotools 使用流程	87
3.5.2	使用 autotools 生成的 Makefile	91
3.6	本章习题	92
第 4 章	存储管理	93
4.1	进程虚存空间的管理	94
4.1.1	进程的虚存区域	94
4.1.2	虚存空间的映射和虚存区域的建立	96
4.2	内存空间/地址类型	98
4.3	分页机制与 MMU	99
4.4	高速缓存	102
4.5	内存区域 Zone	103
4.6	获得内存页面	106
4.7	slab 分配器	111
4.8	kmalloc	114
4.9	高端内存	116
4.10	虚拟内存的申请和释放	116

4.11	本章习题	119
第 5 章	操作系统进程	120
5.1	进程的基本概念	121
5.2	Linux 系统进程	122
5.2.1	Linux 进程基础	122
5.2.2	进程描述符	124
5.2.3	进程的状态与转换	127
5.2.4	进程队列指针	129
5.2.5	进程队列的全局变量	132
5.3	Linux 进程的创建	133
5.4	Linux 进程相关的系统调用	137
5.4.1	execve()系统调用	137
5.4.2	wait()系统调用	142
5.4.3	exit()系统调用	142
5.5	Linux 的进程调度	143
5.6	实时 Linux	145
5.7	本章习题	147
第 6 章	进程间通信	148
6.1	什么是进程间通信	149
6.2	互斥与同步	150
6.3	信号量	152
6.3.1	什么是信号量	152
6.3.2	信号量的内核实现	153
6.3.3	信号量的使用	157
6.4	共享内存	159
6.4.1	什么是共享内存	159
6.4.2	共享内存的内核实现	160
6.4.3	共享内存的使用	161
6.5	消息队列	163
6.5.1	什么是消息队列	163
6.5.2	消息队列的内核实现	164
6.5.3	消息队列的使用	166
6.6	管道	169
6.6.1	什么是管道	169
6.6.2	管道的内核实现	170

6.6.3	管道的读/写规则	171
6.7	本章习题	171
第 7 章	中断与系统调用	173
7.1	什么是中断	174
7.2	嵌入式平台硬件中断特点	174
7.3	Linux 内核中断机制概述	176
7.4	编写中断处理程序 ISR	179
7.4.1	中断处理系统结构	179
7.4.2	注册中断处理函数	180
7.4.3	中断标志 flags	182
7.4.4	ISR 上下文	182
7.5	tasklet 机制	182
7.6	上半部和下半部	185
7.6.1	上半部和下半部的设计	185
7.6.2	中断处理程序的不可重入性	186
7.7	工作队列	187
7.8	系统调用	188
7.8.1	初始化系统调用	189
7.8.2	system_call 函数	191
7.8.3	参数的传递与验证	194
7.9	本章习题	195
第 8 章	文件管理	196
8.1	磁盘的物理组织	197
8.2	文件和目录	198
8.2.1	文件的分类	198
8.2.2	目录	199
8.2.3	文件系统	200
8.3	虚拟文件系统	200
8.3.1	虚拟文件系统概述	201
8.3.2	VFS 超级块	202
8.3.3	文件控制块	207
8.3.4	VFS 的目录项	212
8.3.5	文件对象	215
8.3.6	主要数据结构间的关系	218
8.4	文件系统注册与卸载	219

8.4.1	和文件系统相关的数据结构	219
8.4.2	文件系统类型注册函数	222
8.4.3	挂载文件系统	223
8.4.4	文件系统卸载	224
8.5	本章习题	224
第 9 章	设备管理	225
9.1	设备及设备管理的功能	226
9.1.1	设备分类	226
9.1.2	设备管理	226
9.2	I/O 内核子系统	227
9.2.1	I/O 系统的基本功能	227
9.2.2	I/O 空间	228
9.2.3	I/O 控制方式	233
9.3	Linux 设备驱动程序	234
9.3.1	设备管理	235
9.3.2	Linux 字符设备	235
9.3.3	Linux 块设备	237
9.3.4	Linux 网络接口	238
9.3.5	Linux 设备文件	238
9.3.6	Linux 设备注册与注销	240
9.3.7	操作 I/O 端口	241
9.3.8	Linux 逻辑 I/O 与设备驱动程序的接口	242
9.4	本章习题	247
第 10 章	嵌入式 Linux 的构建	248
10.1	嵌入式开发环境的搭建	249
10.1.1	嵌入式交叉编译环境的搭建	249
10.1.2	超级终端和 Minicom 配置及使用	250
10.1.3	下载映像 (Image) 到开发板	256
10.1.4	编译嵌入式 Linux 内核	260
10.1.5	Linux 内核目录结构	263
10.1.6	制作文件系统	263
10.2	Bootloader 介绍	267
10.2.1	Bootloader 概述	267
10.2.2	U-Boot 概述	270
10.3	嵌入式 Linux 根文件系统构建	279

10.3.1	根文件系统目录结构	279
10.3.2	FHS 目录结构	280
10.3.3	文件存放规则	283
10.4	本章习题	284
第 11 章	Android 系统的编译和移植	285
11.1	移植背景与目标	286
11.2	移植涉及的主要过程	286
11.3	下载 Android Linux 内核	286
11.4	安装交叉工具链	288
11.5	Android Linux 内核支持 EZ6410 平台	288
11.5.1	CS8900a 驱动移植	288
11.5.2	键盘驱动编写	289
11.5.3	液晶驱动	290
11.5.4	触摸屏驱动	291
11.5.5	USB 驱动修改	291
11.5.6	提取 Android 根文件系统	294
11.5.7	系统环境设置	295
11.6	本章习题	297

从实践中学嵌入式 Linux 操作系统

在所有的操作系统中，Linux 是一个发展最快、应用最为广泛的操作系统，其本身的种种特性使其成为嵌入式开发中的首选。在进入市场的初期，嵌入式 Linux 设计通过广泛应用获得了巨大的成功。随着嵌入式 Linux 的成熟，它提供更小的尺寸和更多类型的处理器支持，并从早期的试用阶段迈入嵌入式的主流，抓住了电子消费类设备的开发者们的想象力。

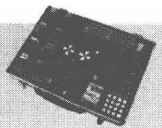


第 1 章

嵌入式 Linux 操作系统简介



1.1 操作系统



操作系统（Operating System, OS）是电子计算机系统中负责支撑应用程序运行环境及用户操作环境的系统软件，同时也是计算机系统的核心与基石。它的职责包括对硬件的直接监管、对各种计算资源（如内存、处理器时间等）的管理，以及提供诸如作业管理之类的面向应用程序的服务等。

根据操作系统在用户界面的使用环境和功能特征的不同，操作系统一般可分为 3 种基本类型，即批处理系统、分时系统和实时系统。随着计算机体系结构的发展，又出现了许多种操作系统，包括嵌入式操作系统、个人操作系统、网络操作系统和分布式操作系统等。

1. 批处理操作系统

批处理（Batch Processing）操作系统的工作方式是：用户将作业交给系统操作员，系统操作员将许多用户的作业组成一批作业，之后输入到计算机中，在系统中形成一个自动转接的连续的作业流；然后启动操作系统，系统自动、依次执行每个作业；最后由操作员将作业结果交给用户。

批处理操作系统的特点是：多道和成批处理。

2. 分时操作系统

分时（Time Sharing）操作系统的工作方式是：一台主机连接了若干个终端，每个终端有一个用户在使用。用户交互式地向系统提出命令请求，系统接受每个用户的命令，采用时间片轮转方式处理服务请求，并通过交互方式在终端上向用户显示结果，用户根据上一步结果发出下一条命令。分时操作系统将 CPU 的时间划分成若干个片段，称为时间片。操作系统以时间片为单位，轮流为每个终端用户服务。每个用户轮流使用一个时间片而使每个用户并不感到有别的用户存在。

分时系统具有多路性、交互性、“独占”性和及时性的特征。多路性，是指同时有多个用户使用一台计算机，宏观上看是多个人同时使用一个 CPU，微观上是多个人在不同时刻轮流使用 CPU；交互性，是指用户根据系统响应结果进一步提出新请求（用户直接干预每一步）；“独占”性，是指用户感觉不到计算机为其他人服务，就像整个系统为他所独占；及时性，是指系统对用户提出的请求及时响应。

常见的通用操作系统是分时系统与批处理系统的结合。其原则是：分时优先，批处理在后。“前台”响应需频繁交互的作业，如终端的要求；“后台”处理时间性要求不强的作业。

3. 实时操作系统

实时操作系统 (Real Time Operating System, RTOS) 是指使计算机能及时响应外部事件的请求, 在规定的时间内完成对该事件的处理, 并控制所有实时设备和实时任务协调、一致地工作的操作系统。实时操作系统追求的目标是: 对外部请求在规定的时间内做出响应, 有高可靠性和完整性。

4. 嵌入式操作系统

嵌入式操作系统 (Embedded Operating System) 是运行在嵌入式系统环境中, 对整个嵌入式系统及其所操作、控制的各种部件装置等资源进行统一协调、调度、指挥和控制的系统软件。

5. 个人计算机操作系统

个人计算机操作系统是一种单用户多任务的操作系统, 主要供个人使用, 功能强、价格便宜, 几乎可以在任何地方安装使用。它能满足一般人操作、学习、游戏等方面的需求。个人计算机操作系统的主要特点是: 计算机在某一时间内为单个用户服务; 采用图形界面人机交互的工作方式, 界面友好; 使用方便, 用户无须专门学习, 也能熟练操作机器。

6. 网络操作系统

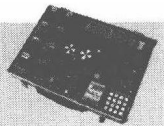
网络操作系统是基于计算机网络的, 是在各种计算机操作系统上按网络体系结构协议标准开发的软件, 包括网络管理、通信安全、资源共享和各种网络应用。其目标是相互通信及资源共享。

7. 分布式操作系统

大量的计算机通过网络被连接在一起, 可以获得极高的运算能力及广泛的数据共享, 这种操作系统称为分布式操作系统 (Distributed System)。

操作系统的主要功能简单总结为: 操作系统位于底层硬件与用户之间, 是两者沟通的桥梁。用户可以通过操作系统的用户界面输入命令, 操作系统则对命令进行解释, 驱动硬件设备, 实现用户要求。

1.2 嵌入式系统



嵌入式系统是以应用为中心, 以计算机技术为基础, 软硬件可裁剪, 适用于应用系统, 对功能、可靠性、成本、体积、功耗等方面有特殊要求的专用计算机系统。



从实践中学嵌入式 Linux 操作系统

嵌入式系统与通用计算机系统的本质区别在于系统应用不同，嵌入式系统是将一个计算机系统嵌入到对象系统中，这个对象可能是庞大的机器，也可能是小巧的手持设备，用户并不关心这个计算机系统的存在。

嵌入式系统一般包含嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统和应用程序 4 个部分。嵌入式领域已经有丰富的软硬件资源可以选择，涵盖通信、网络、工业控制、消费电子、汽车电子等各种行业。

嵌入式计算机系统与通用计算机系统相比具有以下特点。

- 嵌入式系统是面向特定系统应用的。嵌入式处理器大多数是专门为特定应用设计的，具有低功耗、体积小、集成度高等特点，一般是包含各种外围设备接口的片上系统。
- 嵌入式系统涉及计算机技术、微电子技术、电子技术、通信和软件等各行各业。它是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的知识集成系统。
- 嵌入式系统的硬件和软件都必须具备高度可定制性，只有这样才能适应嵌入式系统应用的需要，在产品价格性能等方面具备竞争力。
- 嵌入式系统的生命周期相当长。当嵌入式系统应用到产品以后，还可以进行软件升级，它的生命周期与产品的生命周期几乎一样长。
- 嵌入式系统不具备本地系统开发能力，通常需要有一套专门的开发工具和环境。

在计算机后 PC 技术时代，嵌入式系统将拥有最大的市场。计算机和网络已经全面渗透到日常生活的每一个角落，各种各样的新型嵌入式系统设备在应用数量上已经远远超过通用计算机，任何一个普通人可能拥有从大到小的各种使用嵌入式技术的电子产品，小到 MP3、PDA 等微型数字化产品，大到网络家电、智能家电、车载电子设备。而在工业和服务领域中，使用嵌入式技术的数字机床、智能工具、工业机器人、服务机器人也将逐渐改变传统的工业和服务方式。

美国著名的未来学家尼葛洛庞帝在 1999 年访华时曾预言，四五年后嵌入式系统将继 PC 和 Internet 之后最伟大的发明。这个预言已经成为现实，现在的嵌入式系统正处于高速发展阶段。

1.3 嵌入式操作系统



嵌入式操作系统的一个重要特性是实时性。所谓实时性，就是在确定的时间范围内响应某个事件的特性。操作系统的实时性在某些领域是至关重要的，如工业控制、航空航天等领域。想象飞机正在空中飞行，如果嵌入式系统不能及时响应飞行员的控制指令，那么极有可能导致空难事故。有些嵌入式系统应用并不需要绝对的实时性，如 PDA 播放音乐，个别音频数据丢失并不影响效果。这可以使用软实时的概念来衡量。

据调查，目前全世界的嵌入式操作系统已经有两百多种。从 20 世纪 80 年代开始，出现了一些商用嵌入式操作系统，它们大部分是为专有系统而开发的。随着嵌入式领域的发展，各种各样的嵌入式操作系统相继问世，有许多商业的嵌入式操作系统，也有大量开放源代码的嵌入式操作系统，其中著名的嵌入式操作系统有： μ C/OS、VxWorks、Neculeus、Linux 和 Windows CE 等。下面介绍一些主流的嵌入式操作系统。

1. Linux

Linux 操作系统是 UNIX 操作系统的一种克隆系统。它诞生于 1991 年的 10 月 5 日（这是第一次正式向外公布的时间）。以后借助于 Internet 网，并经过全世界各地计算机爱好者的共同努力下，现已成为今天世界上使用最多的一种 UNIX 类操作系统，并且使用人数还在迅猛增长。如图 1.1 所示是业内人士对国内 Linux 软件市场的预测。

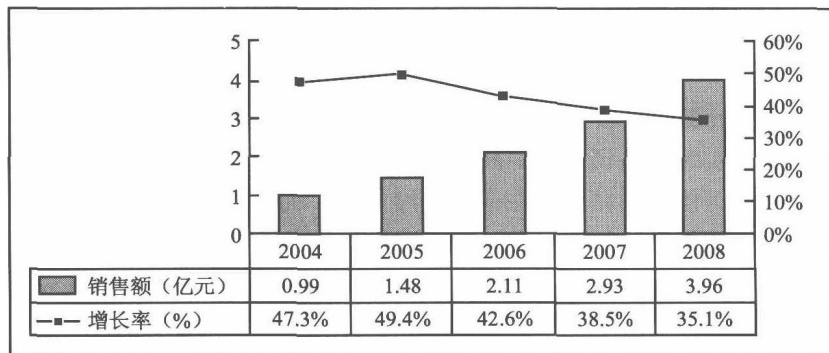


图 1.1 2004~2008 年国内 Linux 软件市场总量预测

根据 IDC 的报告，Linux 已经成为全球第二大操作系统。预计在服务器市场上，Linux 在未来几年内将以每年 25% 的速度增长，中国的 Linux 市场更是保持 40% 左右的增长速度。而在 Linux 操作系统方面，IDC 对中国在 2001~2006 年的市场预测发现，其市场占有率从 2001 年的 4.47% 平稳地上升到 2006 年的 26.77%。

嵌入式 Linux 版本还有多种变体，如 RTLinux 通过改造内核实现了实时的 Linux；RTAI、Kurt 和 Linux/RK 也提供了实时能力； μ CLinux 去掉了 Linux 的 MMU（内存管理单元），能够支持没有 MMU 的处理器等。

2. μ C/OS

μ C/OS 是一个典型的实时操作系统，该系统从 1992 年开始发展，目前流行的是第 2 个版本，即 μ C/OS-II。它的特点是：公开源代码，代码结构清晰，注释详尽，组织有条理，可移植性好；可裁剪，可固化；抢占式内核，最多可以管理 60 个任务。自从清华大学邵贝贝教授将 Jean J. Labrosse 的“ μ C/OS-II: the Real Time Kernel”翻译后，在国内掀起了 μ C/OS-II 的热潮，特别是在教育研究领域。该系统短小精悍，是研究和学习实时操作系统的首选。