



奥尔公司推荐



Linux 2.6

嵌入式系统开发与实践

主 编 李朱峰 副主编 黄 霞 徐晓娜 宁 静

- 以Ours-PXA270FP教学平台为硬件基础
- 详实的嵌入式系统硬件接口原理图
- 从理论基础到硬件平台的实例开发
- 嵌入式Linux系统下的系统移植详解
- Linux 2.6驱动程序和应用程序开发实践



北京航空航天大学出版社



程序源代码
免费下载



奥尔斯公司推荐

Linux 2.6 嵌入式系统 开发与实践

主 编 李 朱 峰
副主编 黄 霞 徐晓娜 宁 静

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

从教学和应用研究的角度出发,本书开篇介绍了 Linux 系统的概念及其发展历史、Linux2.6 内核的架构、引导过程、内核的管理等方面内容。第二篇逐步引导读者进入嵌入式 Linux 的开发,包括工程编译和调试、开发流程等。第三篇给出大量的工程应用实例,如 GPIO 应用、I/O 内存的存取、I²C 总线驱动等。结合当前嵌入式系统应用比较热门的领域,在第四篇中给出了扩展应用的实例,如串口通信、RS485 通信、USB 蓝牙、WiFi 无线网卡、网络通信等。最后,为了方便研究人员扩展工程上的开发应用,给出了扩展的 RF 射频、电机和 GPS/GPRS 方面应用实例,以供学习参考。

本书可以作为嵌入式系统的学习教材或参考书,也可供从事相关工作的工程师或科研人员参考。书中程序源代码可以在北京航空航天大学出版社网站(www.buaapress.com.cn)或北京奥尔斯电子科技有限公司论坛(<http://bbs.ourselec.com/>)进行下载。

图书在版编目(CIP)数据

Linux 2.6 嵌入式系统开发与实践/李朱峰主编.--北
京:北京航空航天大学出版社,2010.5

ISBN 978-7-5124-0056-6

I. ①L… II. ①李… III. ①

Linux 操作系统—程序设计—高等学校—教材 IV.

①TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 059899 号

Linux 2.6 嵌入式系统开发与实践

主 编 李朱峰

副主编 黄 霞 徐晓娜 宁 静

责任编辑 刘彦宁 李宗华

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编:100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:bhpress@263.net 邮购电话:(010)82316936

有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:23.5 字数:602 千字

2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-0056-6 定价:49.00 元

前 言

近年来随着计算机技术的发展和各个行业信息化的持续深入,嵌入式系统,因其可定制性,已广泛应用于网络通信、消费电子、制造、工业控制、安防系统等领域,正在信息化的大舞台上不断地展现出其独特的魅力。

嵌入式系统日益广泛的应用,让人们看到了这项技术所蕴涵的巨大市场潜力。根据赛迪顾问 2008 年对嵌入式系统行业的市场规模的调研数据显示,中国嵌入式系统的产业规模已突破 1 000 亿元。市场的需求必然带动对技术人才的需求。目前嵌入式系统技术已经成为最热门的技术之一,吸引了大批的优秀人才投身其中。

作为实践性很强的专业技术,嵌入式系统的设计与开发不仅要求很扎实的理论知识功底,而且对动手实践能力也提出了很高的要求。

本书以北京奥尔斯电子科技有限公司研发的 PXA270RP 教学实验系统为基础硬件平台,讲解实际的嵌入式硬件平台上的软件 and 应用程序开发,让学习者摆脱单一的理论学习与动手实践相脱节的学习状态,实际地进入项目开发实践,有效提高学习效率,让学习更加具有针对性。

嵌入式操作系统在整个嵌入式系统中扮演着“灵魂”的角色,操作系统的存在彻底改变了嵌入式开发的模式,加快了开发速度。Linux 系统作为开源的操作系统,对于嵌入式系统来说天生就具有很多优势。可自由增减的内核,模块化的结构,稳定小巧,易于裁剪的特性,对于资源有限的嵌入式系统来说是很重要的特点。Linux 是自由软件,任何人都可以在遵循 GPL 规范的情况下无偿地获得源码,并可以进行任意的修改、发布,所以嵌入式 Linux 的成本几乎是零。另外,Linux 的优秀网络特性,为它赢得了众多具有网络功能的嵌入式产品的青睐。

本书从实际开发出发,结合实例讲解如何进行嵌入式 Linux 开发,对所涉及的开发底层细节,从硬件设计到软件设计给出了详细阐述。书中对相关的实验代码进行了详细讲解,希望读者可以把握嵌入式开发中的重点、难点,从而对以后的工程应用和项目开发有所帮助。

本书分为四篇,共 12 章,具体的内容安排如下:

第一篇,入门篇,包括第 1 章和第 2 章。主要介绍 Linux 2.6 内核的特性以及嵌入式 Linux 的特点和启动过程。第 1 章对 Linux 2.6 系统内核的架构、Linux 系统的引导过程、Linux 内核的相关工作机制进行了相应介绍;第 2 章主要介绍嵌入式系统的现状、嵌入式 Linux 操作系统的特点以及对发展现状作了重点介绍,并分析了 PXA270RP 平台上的嵌入式 Linux 系统引导程序、内核、文件系统启动的整个过程。

第二篇,开发初探篇,包括第 3 章和第 4 章。其中第 3 章从开发者的角度出发,详细讲解了嵌入式 Linux 开发工具、Linux 驱动的原理与架构、嵌入式 Linux 驱动程序编写的详细过程、PXA270RP 操作系统的定制等知识。第 4 章主要讲解在 PXA270RP 平台上的嵌入式开发环境的建立与配置,以及在此硬件平台上的系统移植,引导读者逐步进入嵌入式开发的状态。

第三篇,驱动程序开发篇,包括第 5 章、第 6 章和第 7 章。从 GPIO 端口的使用,到 I/O 内存的读写,再到 I²C 总线的驱动,具体讲解嵌入式系统硬件的驱动编写方法。

第四篇,扩展应用篇,包括第 8 章、第 9 章、第 10 章、第 11 章和第 12 章。从串口通信的实现、USB 设备的读写、多媒体应用和网络通信的实现等方面,讲解嵌入式系统与外设的接口应用。最后,在第 12 章,从嵌入式系统的实际应用入手,讲解了射频 IC 卡的读写、电机的驱动、GPS 卫星定位、GSM 通信的实现以及多线程的实现等项目实例。

本书介绍的所有硬件和软件程序均由北京奥尔斯电子科技有限公司设计开发,基于 Linux 2.6 版本,均在其研制的开发设备上测试通过。限于编者的理论水平和经验,本书及软件中疏忽的地方,敬请读者批评指正。不过,软件作者会不断地升级软件,力求软件越来越完善。无论您有任何建议或问题,都可以登陆北京奥尔斯电子科技有限公司论坛 <http://bbs.ourselec.com> 进行在线交流,我们将尽心尽力地为您服务。

李朱峰

二〇〇九年十月十九日

目 录

第一篇 入门篇

第 1 章 Linux 2.6 内核概述	3
1.1 Linux 概述	3
1.1.1 什么是 Linux	3
1.1.2 Linux 的发展	5
1.2 Linux 内核架构	6
1.2.1 Linux 内核特点	6
1.2.2 Linux 内核的功能	7
1.2.3 Linux 2.6 内核源码目录	8
1.2.4 Linux 2.6 内核的新特性	10
1.3 Linux 系统的引导	11
1.3.1 Linux 引导过程	11
1.3.2 内核镜像的构建	11
1.4 Linux 内核分析	14
1.4.1 Linux 内存管理	14
1.4.2 中 断	16
1.4.3 系统调用	17
1.4.4 内核同步机制	18
第 2 章 嵌入式 Linux	21
2.1 嵌入式系统概述	21
2.1.1 嵌入式系统的概念	21
2.1.2 嵌入式系统的应用	23
2.1.3 嵌入式系统的组成及处理器介绍	24
2.1.4 Xscale 处理器结构	26
2.2 嵌入式 Linux 操作系统	28
2.2.1 嵌入式 Linux 的特点	28
2.2.2 嵌入式 Linux 发展现状	30
2.3 嵌入式 Linux 的启动过程	32
2.3.1 Arm Linux 系统概述	32

2.3.2 PXA270RP 平台 Boot Loader 分析	32
2.3.3 压缩内核的启动	41
2.3.4 文件系统(File System)	48

第二篇 开发初探篇

第 3 章 嵌入式 Linux 开发入门	53
3.1 嵌入式 Linux 软件开发工具	53
3.1.1 使用 vi 编辑器	53
3.1.2 gcc 编译器	56
3.1.3 编写 Make File	58
3.1.4 debug 工具 GDB	61
3.2 嵌入式 Linux 驱动程序开发	64
3.2.1 嵌入式系统设备驱动	64
3.2.2 Linux 设备驱动原理	66
3.2.3 Linux 设备驱动架构	67
3.3 嵌入式 Linux 程序开发初探	67
3.3.1 第一个 Linux C 语言程序	67
3.3.2 第一个嵌入式系统应用层程序	69
3.3.3 第一个嵌入式系统驱动层程序	71
3.4 制作 PXA270RP 平台的 Linux 系统	75
3.4.1 定制 Linux 2.6 操作系统内核	75
3.4.2 制作文件系统	80
第 4 章 开发环境的搭建	83
4.1 安装 Linux 开发系统	83
4.1.1 虚拟机和 Fedora Linux 7 简介	83
4.1.2 安装 VMware Workstation	84
4.1.3 安装 Fedora Linux 7 系统	92
4.2 配置 Linux 开发环境	108
4.2.1 安装 PXA270RP—Linux 光盘	108
4.2.2 配置交叉编译器	111
4.2.3 配置 minicom 终端	112
4.2.4 配置 TFTP	113
4.2.5 配置 NFS	115
4.3 建立 PC 机和 PXA270RP 的硬件连接	117
4.4 烧写 Linux 系统到目标机	118
4.4.1 烧写 Boot Loader	118
4.4.2 烧写 Linux 2.6 内核和文件系统	119

第三篇 驱动程序开发篇

第 5 章 GPIO	125
5.1 PXA270 GPIO 介绍	125
5.2 GPIO—LED 控制	128
5.2.1 PXA270RP 平台 GPIO—LED 硬件电路	128
5.2.2 GPIO—LED 驱动程序详解	128
5.2.3 编写 Makefile 文件	136
5.2.4 GPIO—LED 应用程序详解	138
5.2.5 GPIO—LED 实验操作步骤	139
5.3 按键中断	140
5.3.1 PXA27x 中断原理	140
5.3.2 PXA270RP 平台按键中断硬件电路	141
5.3.3 按键中断驱动程序详解	142
5.3.4 按键中断应用程序详解	149
5.3.5 按键中断实验操作步骤	151
5.4 蜂鸣器	151
5.4.1 蜂鸣器原理	151
5.4.2 PXA270RP 平台蜂鸣器硬件电路	151
5.4.3 蜂鸣器驱动程序详解	152
5.4.4 蜂鸣器应用程序详解	153
5.4.5 蜂鸣器实验操作步骤	154
5.5 继电器	155
5.5.1 继电器原理	155
5.5.2 PXA270RP 平台继电器硬件电路	155
5.5.3 继电器驱动程序详解	155
5.5.4 继电器应用程序详解	156
5.5.5 继电器实验操作步骤	156
5.6 数码管	157
5.6.1 数码管工作原理	157
5.6.2 PXA270RP 平台数码管硬件电路	158
5.6.3 数码管驱动程序详解	158
5.6.4 数码管应用程序详解	160
5.6.5 数码管实验操作步骤	161
第 6 章 I/O 内存	162
6.1 Linux2.6 I/O 内存	162
6.2 拨码开关	163

6.2.1	拨码开关工作原理	163
6.2.2	PXA270RP 平台拨码开关硬件电路	164
6.2.3	拨码驱动程序详解	164
6.2.4	拨码开关应用程序详解	167
6.2.5	拨码开关实验操作步骤	168
6.3	LED 点阵	169
6.3.1	LED 点阵工作原理	169
6.3.2	PXA270RP 平台 LED 点阵硬件电路	170
6.3.3	LED 点阵驱动程序详解	170
6.3.4	LED 点阵应用程序详解	172
6.3.5	LED 点阵实验操作步骤	173
6.4	键 盘	174
6.4.1	键盘工作原理	174
6.4.2	PXA270RP 平台键盘硬件电路	176
6.4.3	键盘驱动程序详解	176
6.4.4	键盘应用程序详解	179
6.4.5	键盘实验操作步骤	180
6.5	NAND Flash	181
6.5.1	NAND Flash 概述	181
6.5.2	PXA270RP NAND Flash 原理	185
6.5.3	NAND Flash 驱动	186
6.5.4	PXA270RP NAND Flash 的挂载	188
第 7 章	I ² C 总线和驱动分析	190
7.1	I ² C 总线概述	190
7.2	Linux 的 I ² C 体系结构	193
7.3	16 位 A/D 转换	202
7.3.1	ADS1110 工作原理	202
7.3.2	PXA270RP 平台 16 位 A/D 转换硬件电路	204
7.3.3	ADS1110 应用程序详解	205
7.3.4	16 位 A/D 转换实验操作步骤	206
7.4	8 位 AD/DA 转换	206
7.4.1	PCF8591 工作原理	206
7.4.2	PXA270RP 平台 8 位 AD/DA 转换硬件电路	208
7.4.3	PCF8591 应用程序详解	209
7.4.4	8 位 AD/DA 转换实验操作步骤	214
7.5	EEPROM 读/写	215
7.5.1	24C16 工作原理	215
7.5.2	PXA270RP 平台 EEPROM 硬件电路	217
7.5.3	EEPROM 读/写应用程序	217

7.5.4	EEPROM 实验操作步骤	219
7.6	温度传感器	220
7.6.1	LM75 工作原理	220
7.6.2	PXA270RP 平台温度传感器硬件电路	222
7.6.3	温度传感器应用程序详解	223
7.6.4	温度传感器实验操作步骤	224

第四篇 扩展应用篇

第 8 章	串口通信	227
8.1	串口通信概述	227
8.1.1	同步串行通信与异步串行通信	227
8.1.2	串口传输速率、流控与差错控制	229
8.1.3	RS-232 串口规范	231
8.1.4	RS-485 串口规范	234
8.2	PXA270 串口硬件描述	236
8.3	PXA270RP 串口驱动程序	239
8.4	RS-232 与 PC 机通信	241
8.4.1	MAX3232 工作原理	241
8.4.2	PXA270RP 平台 RS-232 硬件电路	242
8.4.3	RS-232 配置程序详解	243
8.4.4	RS-232 应用程序详解	245
8.4.5	RS-232 通信实验操作步骤	250
8.5	RS-485 通信	251
8.5.1	MAX488 工作原理	251
8.5.2	PXA270RP 平台 RS-485 硬件电路	251
8.5.3	RS-485 应用程序详解	252
8.5.4	RS-485 通信实验操作步骤	255
第 9 章	USB 通信	257
9.1	USB 体系与通信协议	257
9.1.1	USB 体系结构	257
9.1.2	USB 通信协议	259
9.2	PXA27x 处理器 USB 控制器	262
9.2.1	USB 设备控制器	262
9.2.2	USB 主机控制器	264
9.3	Linux USB 驱动结构	267
9.3.1	USB 驱动框架	267
9.3.2	USB 设备的逻辑组织	268

9.3.3	USB 驱动的框架程序	271
9.4	USB 设备使用实例	276
9.4.1	PXA270RP 平台 USB 硬件电路	276
9.4.2	使用 USB 设备	277
9.5	USB 蓝牙应用	279
9.5.1	蓝牙技术概述	279
9.5.2	蓝牙通信	282
9.6	无线网卡	285
9.6.1	Wi-Fi 无线通信技术	285
9.6.2	无线通信实现	286
第 10 章	多媒体	290
10.1	LCD 设备驱动	290
10.1.1	LCD 原理	290
10.1.2	PXA270 LCD 控制器	293
10.1.3	Linux 下 LCD 驱动	294
10.1.4	PXA270RP 平台 LCD 电路	296
10.1.5	LCD 控制应用程序	297
10.1.6	PXA270RP 平台 LCD 控制实验	298
10.2	MP3 音频播放	299
10.2.1	AC97 音频接口	299
10.2.2	PXA270RP 音频接口电路	300
10.2.3	音频播放	300
第 11 章	网络通信	302
11.1	嵌入式设备以太网扩展	302
11.1.1	以太网概述	302
11.1.2	嵌入式处理器扩展以太网口	305
11.2	Linux 网络驱动体系结构	307
11.2.1	Linux 网络设备驱动的结构	307
11.2.2	网络设备的初始化	309
11.2.3	网络数据包的发送和接收	310
11.2.4	网络连接状态	310
11.2.5	LAN91C111 网卡设备驱动	310
11.2.6	PXA270RP 以太网口电路	313
11.3	socket 通信	314
11.3.1	socket 通信原理	314
11.3.2	socket 通信操作	319
11.4	Web 服务器	321
11.4.1	Web 服务器编程	321
11.4.2	Web 服务器操作实现	327

第 12 章 扩展应用	330
12.1 扩展接口	330
12.2 RF 射频	331
12.2.1 射频 IC 卡	331
12.2.2 射频扩展板电路图	333
12.2.3 射频卡测试	334
12.3 电机实验	335
12.3.1 电机原理	335
12.3.2 电机扩展模块电路图	337
12.3.3 电机测试	338
12.4 GPS	340
12.4.1 GPS 原理	340
12.4.2 GPS 扩展模块电路图	342
12.4.3 GPS 通信测试	342
12.5 GSM/GPRS	343
12.5.1 GSM/GPRS 通信原理	343
12.5.2 GSM/GPRS 扩展模块电路图	350
12.5.3 GSM 通信测试	350
12.6 多线程	354
12.6.1 多线程实现原理	354
12.6.2 多线程实验测试	359
参考文献	361

第一篇 入门篇

近年来随着各个行业信息化的持续深入,嵌入式系统,因其可定制性,可以说是以势不可挡的趋势,占据了网络通信、消费电子、制造、工业控制、安防系统等多个领域,在我们还不知道这一概念的时候,嵌入式已经主导了我们的生活。

自 Linux 操作系统诞生以来,它就已经表现出了强大的发展潜力。作为一个开源软件、Windows 操作系统重要的替代者,Linux 的发展日新月异,并且得到了越来越多的应用。Linux 系统本身具有支持多种硬件平台,支持多种应用软件,兼容性好,可裁剪,内核稳定性高,源码完全开放而且免费等诸多优点。Linux 是个天生的网络操作系统,成熟而且稳定。Linux 是开放源代码的,任何人都可以修改它,或者用它开发自己的产品。Linux 系统是可以定制的,目前系统内核最小时只有 134 KB。一个带有中文系统以及图形化界面的核心程序也可以做到不足 1 MB,而且同样稳定。因此,Linux 作为嵌入式系统新的选择,是非常有潜力的。

由于 Linux 本身所具备的特性和嵌入式对操作系统的特殊要求,嵌入式 Linux 无疑是嵌入式操作系统的上上之选。国际上有数以百计的嵌入式 Linux 开发计划,在国内,这方面的发展也有了较大进展。

从技术角度来看,嵌入式系统对研发人员的要求是非常高的。嵌入式系统是软件和硬件的有机结合体,所以对嵌入式设计研发人员来说,往往要同时具备软件编程能力和硬件设计两方面的知识,这就需要做系统底层的软件工程师能够学习硬件相关知识,使得软件模块能够更好地在硬件平台上运行;硬件设计人员需要学习操作系统和驱动程序开发的相关知识,从而可以减少软件设计人员的工作量;系统架构设计人员还需要考虑软、硬件的设计,以使整个系统的工作更加完美。

本书的第 1 章,首先就从 Linux 2.6 系统的内核着手,从内核架构开始剖析 Linux 系统底层的体系结构,第 2 章从嵌入式 Linux 的概念入手,从概念、体系结构、总体的启动过程、开发流程等方面,引导读者对 Linux 系统、嵌入式 Linux 系统开发等有一个初步的了解。

自由、开放的 Linux 操作系统正在蓬勃发展,并且已经得到了广泛的应用, Linux 操作系统的用户数量迅速增长,很多 Linux 爱好者希望能够学习、掌握 Linux 内核的原理、机制,能够阅读 Linux 内核代码,并能够加以应用。但在实际的学习过程中常遇到一些很让人头痛的问题。比如, Linux 内核学习门槛较高,初学者总想迅速读懂内核源代码,往往在不清楚内核运行机制和内核代码结构的情况下就开始阅读 Linux 内核代码,会遇到很大障碍。还有,随着 Linux 内核的发展,内核的代码量日益增加,系统规模不断扩大,复杂度不断提高。如何在复杂的代码中找到自己所需的信息,是一个亟待解决的问题。再者,研究、学习过程中学习者不仅需要掌握 C 语言、操作系统方面的知识,而且还需要掌握汇编语言、内联汇编、编译器、链接器、链接脚本等各方面的知识。

因此,在第 1 章,从基于 Linux 2.6 版本内核进行讲解,专注于 Linux 内核核心模块,让读者能够在需要的地方深入浅出地研究、学习 Linux 内核所需的知识点,能够对内核的核心框架进行全面剖析,引导读者走出由错综复杂的函数和数据结构组成的迷宫,使读者可以在较短的时间内掌握 Linux 内核的精髓。

1.1 Linux 概述

1.1.1 什么是 Linux

简单地说, Linux 操作系统就是一个 Unix 克隆(Unix clone)或 Unix 风格(Unix alike)的操作系统(OS)。 Unix 是 Linux 的诞生基础来源, Linux 程序和 Unix 程序极其相似。在源代码级上 Linux 兼容绝大部分 Unix 标准,它是一个支持多用户、多进程、多线程、实时性较好、功能强大而稳定的操作系统。

Linux 的历史起源于 1990 年。当时的创始人 Linus Torvalds 还是芬兰赫尔辛基大学的一名学生,最初他只是用汇编语言写了一个在 80386 保护模式下处理多任务切换的程序,后来从 Minix(Andy Tanenbaum 教授所写的很小的 Unix 操作系统,主要用于操作系统教学)得到灵感,进一步产生了自认为狂妄的想法——写一个比 Minix 更好的 Minix。于是他开始写了一些硬件的设备驱动程序,一个小的文件系统……这样 0.0.1 版本的 Linux 就出来了,但是此系统只具有操作系统内核的勉强的雏形,甚至不能运行,必须在有 Minix 的机器上编译以后才能运行。这时候 Linus 已经完全着迷在其中而无法停止,于是他决定抛开 Minix。在 1991 年 10 月 5 日发布了 Linux 0.0.2 版本,在这个版本中已经可以运行 bash(the GNU Bourne Again Shell——一种用户与操作系统内核通信的软件)和 GCC(GNU C 编译器)。另外,还有一个对现在的 Linux 有着至关重要的影响的事情——从一开始, Linus 就决定自由扩散这个 Linux,包括其源代码。

可以说 Linux 是目前运行硬件平台最多的操作系统。Linux 系统可以运行在 x86 PC、Sun Sparc、Digital Alpha、680x0、PowerPC、MIPS 等平台上。它最大的特点在于,它是 GNU (Gnu's Not Unix——有点分形与混沌的意味——无限自包含,简单地说,GNU 是一种自由软件体系)的一员,遵循公共版权许可证(GPL),秉承“自由的思想,开放的源码”的原则,成千上万的专家/爱好者通过 Internet 在不断地完善并维护它,可以说 Linux 是计算机爱好者自己的操作系统。

现在,对于各种使用不同类型 CPU 的计算机系统都有 Linux 的版本可以运行其上,包括基于 Intelx86 及其兼容处理器的个人计算机,使用 SUN SPARC、IBM PowerPC、Intel Itanium 的工作站和服务器,甚至一些手持 PDA 和 Sony PS2 游戏机。只要这个设备有处理器,就会有人试图让 Linux 运行其上。

Linux 是源码完全开放的操作系统,因此它发展迅速,爱好者众多。在 Linux 的设计过程中,就充分考虑到了它在各种平台的可移植性。这使得 Linux 逐渐成为了主流的嵌入式操作系统之一。

Linux 操作系统具有以下优点:

① 稳定、功能强大的系统

Linux 是一个类 Unix 的操作系统,其代码是完全重新开发的,内核功能强大,实现简洁。它提供了类 Unix 的编程接口和系统调用,可以方便地将 Unix 系统上的应用程序,移植到 Linux 上运行。另外由于它开放源代码的缘故,使得 Linux 的源代码得到了众多网络黑客的审查和修改,有着非常好的稳定性,可以胜任 $7(\text{天}) \times 24(\text{小时})$ 、 $365(\text{天}) \times 24(\text{小时})$ 等高稳定性应用程序的要求。

最新的 Linux 内核支持多种体系结构的处理器。同时,Linux 平台上的应用软件也不断地得到扩充。许多著名的商业软件都有了 Linux 下的版本。像办公自动化的 Star Office、文字处理、电子表格软件 Corel WordPerfect 8、集成开发环境 Kdevelop、数据库 Oracle 8 for Linux、Netscape Navigator 6.0 浏览器、Apache 网络服务器等重量级应用程序都已经纷纷推出。而且,目前像 Borland 这样的顶级商业 RAD 开发工具厂商,也推出了其旗舰产品 Delphi 的 Linux 版本 Kylix,使得在 Windows 平台下使用 CLX 开发的应用程序可以方便地移植到 Linux 环境,简化了 Linux 下应用软件的开发。

② 使用成本低

由于 Linux 是基于 GPL 的基础下的产物,因此任何人皆可以自由取得 Linux,至于一些安装套件的发行者,发行的安装光盘也仅需要少许费用即可获得。而使用商业操作系统(如 Windows)都需要为每一个复制支付相当数量的费用,同时在其下的应用软件也都需要购买才能使用。相比之下,Linux 是免费软件,只需要遵守 GPL 的规定,就可以免费获得复制。Linux 下有同样遵循 GPL 规定的汇编(如 PASCAL、C、C++、Java 等)的软件工具开发包,如大名鼎鼎的 GNU 工具链(如 GCC、GDB 等)。这些软件从功能角度上看并不亚于商用开发包,甚至优于某些商业产品,如 GCC、Apache 等。这样,使用 Linux 构建服务器系统或是软件开发环境等,其软件购买费用几乎可以忽略不计。

③ 支持多用户、多任务

Linux 支持多用户,各个用户对于自己的文件设备有自己特殊的权利,保证了各用户之间互不影响。多任务则是现在计算机最主要的一个特点,Linux 可以使多个程序同时并独立地

运行。

④ 多开发者和使用者

Linux 开放源代码的特点,使得一大批专门商业公司都参与到对 Linux 的开发之中,如 RedHat、VA Linux 和 CYGWIN 等。这些公司一方面参与 Linux 的开发,将 Linux 系统的内核与外围实用程序(Uilities)软件和文档包装起来,并提供一些系统安装界面和系统配置、设定与管理工具,就构成了一种发行版本(distribution),Linux 的发行版本其实就是 Linux 核心再加上外围的实用程序组成的一个大软件包而已。相对于 Linux 操作系统内核版本,发行版本的版本号随发布者的不同而不同,与 Linux 系统内核的版本号是相对独立的。因此把 SUSE、RedHat、Ubuntu、Slackware 等直接说成是 Linux 是不确切的,它们是 Linux 的发行版本,更确切地说,应该叫做“以 Linux 为核心的操作系统软件包”。这些 Linux 发行版本整合了大量的 Linux 应用软件,并且提供了相对容易的使用和管理界面,极大降低了 Linux 的使用难度。

综上所述,Linux 具有相当多的优点。它的内核稳定、功能强大、可裁剪和低成本的特性非常适合嵌入式应用。但是 Linux 最初并不是为嵌入式系统设计的,Linux 内核本身不具备强实时特性,而且内核体积较大,因此,想要把 Linux 用于嵌入式系统,必须对 Linux 进行实时化、嵌入式化,而这正是目前嵌入式开发的热点,也是本书要介绍的重点。

1.1.2 Linux 的发展

Linux 内核及其他相关的大量软件都是在 GPL 的推动下开发和发布的。各种使用 Linux 作为内核的 GNU 操作系统正被广泛地使用着,虽然这些系统通常被称作为 Linux,但是它们应该被更确切地称为 GNU/Linux 系统。因为实际上 Linux 只是操作系统的内核,使这个内核变得非常有用的大量应用程序都是 GNU 软件,都是在 GPL 许可证下发布的。如窗口管理系统、编译器、各种 shell、脚本解释器、浏览器、编辑器以及其他多不胜数的实用工具。所以,GNU/Linux 才更适合作为操作系统的名称,而 Linux 则适合作为内核的名称。

经过了将近 20 年的发展,GNU/Linux 已经成为了一个支持多用户、多进程、多线程、实时性较好、功能强大而稳定的操作系统。它可以运行在 X86、Sun Sparc、Digital Alpha、PowerPC、MIPS、ARM 等平台,是目前支持硬件平台最多的操作系统。除在桌面领域由于用户操作习惯等因素的制约发展不是很好外,Linux 在各个领域都取得了巨大的进步和成功。

(1) 企业 Internet

在企业应用领域,Linux 得到了除微软公司之外几乎所有知名软件和硬件公司的支持。支持 Linux 的硬件公司有 IBM、HP、Sun、Intel、AMD、Sony 等,软件公司有 CA、Veritas、BEA、Oracle、SAP、Borland 等,使得 Linux 操作系统在企业运算领域占据了举足轻重的一个角色。

作为一种服务器级的操作系统,Linux 非常成熟,支持多处理器、大型文件系统、日志型文件系统、密集型运算和高可用集群技术。提供 Web 服务的 Linux 系统遍布全球,而且越来越多的商业用户使用 Linux 作为文件和打印服务器。

(2) 嵌入式领域

随着计算机工业的发展、集成电路制造业的进步,越来越多的微处理器以各种形式、低廉

的价格被制造出来,并广泛应用于各式各样的场合。这使得嵌入式系统无所不在,从早期的航空航天、国防工业、工业控制、通信设备等领域扩展到与人们生活密切相关的电子产品中。移动电话、数字电视机顶盒、游戏机、GPS 导航设备等家用电器彻底改变了人们的生活方式。

其他嵌入式操作系统如 VxWorks、pSOS、Nucleus 和 Windows CE 等都是商业化产品,其高昂的价格使许多生产低端产品的小公司望而却步;而且,源代码封闭性也大大限制了其产品对新型处理器、开发平台的支持力度。因此,自由、开放的 Linux 操作系统在此机会下蓬勃发展。由于 Linux 在嵌入式操作系统市场的良好表现,使得世界上最大的面向嵌入式设备软件供应商之一的美国风河系统公司开始全面支持嵌入式 Linux 系统,提高相关产品和服务。

(3) Linux 的发展前景

Linux 和嵌入式 Linux 在过去几年里已经越来越普遍地被 IT 业、半导体公司、嵌入式系统所认可和接受,它已经成为一个可以替代 Windows 和众多传统 RTOS(实时操作系统)的重要的操作系统。Linux 因其强壮、稳定、网络功能强大的特点而在服务器领域极为流行;在嵌入式设备领域,如信息电器、机顶盒、防火墙和路由器市场上,Linux 的应用前景广阔。

1.2 Linux 内核架构

1.2.1 Linux 内核特点

操作系统的内核提供了一个与计算机硬件等价的扩展或虚拟的计算平台。它抽象了许多硬件的细节,使得程序可以以统一的方式进行数据处理,编程人员可以避免许多硬件细节,大大简化了编程和使用。Linux 内核具有以下特点:

① Linux 内核的组织是整体式

整个 Linux 内核由很多过程组成,每个过程可以独立编译,然后用连接程序将其连接在一起成为一个单独的目标程序,并且每个过程都对其他过程可见。这种结构的最大特点是内部结构简单,子系统间易于访问,因此内核的工作效率较高。

② 进程调度简单而有效

对于用户进程, Linux 采用简单的动态优先级调度方式;对于内核中的例程(如设备驱动程序、中断服务程序等),则采用了——种独特的机制——软中断机制,这种机制保证了内核例程的高效运行。

③ 支持内核线程(或称守护进程)

内核线程是在后台运行而又无终端或登录 shell 和它结合在一起的进程。有许多标准的内核线程,其中有一些周期地运行来完成特定的任务(如 swapd),而其余一些则连续地运行,等待处理某些特定的事件(如 inetd 和 lpd)。内核线程可以说是用户进程,但和一般的用户进程又有不同,它像内核一样不被换出,因此运行效率较高。

④ 支持多种平台的虚拟内存管理

内存管理是和硬件平台密切相关的部分,为了支持不同的硬件平台而又保证虚拟存储管理技术的通用性, Linux 的虚拟内存管理为不同的硬件平台提供了统一的接口,因此把 Linux 内核移植到一个新的硬件平台并不是一件很困难的事。

⑤ 支持虚拟文件系统(VFS)