

教育部高等学校高职高专计算机类专业教学指导委员会“十二五”规划教材

嵌入式技术系列

# 嵌入式 Linux操作系统

## EMBEDDED LINUX OPERATING SYSTEM

丛书主编 丁桂芝

主 编 赵 伟 李华忠

副主编 王美妮

主 审 但唐仁

**Neusoft**<sup>®</sup>  
Beyond Technology™

东软电子出版社

# 嵌入式 Linux 操作系统

丛书主编 丁桂芝  
主 编 赵 伟 李华忠  
副 主 编 王美妮  
主 审 但唐仁

东软电子出版社  
· 大连 ·

## 内容简介

本教材从 Linux 系统基础知识和命令操作讲起,接着说明了嵌入式系统的项目编程设计,然后分析了嵌入式 Linux 系统的 Bootloader、内核和文件系统三大组成部分,介绍了嵌入式 Linux 系统集成和部署的方法,最后介绍了基于 Linux 的图形应用平台 Qt 和 Android。本教材主要以 ARM11 的 6410 开发板平台为例,对 u-Boot 和 Linux 内核启动过程做了详细分析,为学习嵌入式 Linux 系统开发奠定了基础。本教材从理论上阐述了嵌入式 Linux 系统开发流程,实践上提供了项目开发的具体操作步骤,使读者能够深入理解嵌入式 Linux 系统构建以及 Linux 系统的应用领域。

嵌入式 Linux 操作系统/赵伟,李华忠主编. —大连:东软电子出版社,2013. 3  
ISBN 978-7-89436-135-6

出版人: 吴建宁  
策划编辑: 杨焕玲  
光盘开发: 张啸嵩

责任编辑: 武映峰  
装帧设计: 万点书艺

出版/发行: 东软电子出版社  
地 址: 大连市软件园路 8 号  
邮 编: 116023  
电话/传真: 0411-84835089  
网 址: <http://press.neusoft.edu.cn>  
电子邮箱: [nep@neusoft.edu.cn](mailto:nep@neusoft.edu.cn)

出版时间: 2013 年 3 月  
印制时间: 2013 年 3 月第 1 次印制  
字 数: 377 千字

印 制 者: 大连华录影音实业有限公司  
大连金华光彩色印刷有限公司

教育部高等学校高职高专计算机类专业教学指导委员会“十二五”规划教材

## 嵌入式技术系列编审委员会

主任委员 温 涛

副主任委员 丁桂芝 但唐仁

委 员 (按姓氏笔画排序)

孙惠芹 严海颖 吴建宁 吴险峰

李华忠 陈 军 罗亚非 郎 朗

胡德清 赵 伟 董本清

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》文件指出,职业教育要面向人人、面向社会,着力培养学生的职业道德、职业技能和就业创业能力。到2020年,形成适应经济发展方式转变和产业结构调整要求、体现终身教育理念、中等和高等职业教育协调发展的现代职业教育体系,满足人民群众接受职业教育的需求,满足经济社会对高素质劳动者和技能型人才的需要。

现在,随着我国高等教育大众化进程的推进,高等职业教育已经成为我国高等教育大众化的主力军,在我国高等教育体系中占有“半壁江山”。高等职业教育承担着为经济建设培养生产、建设、管理一线技术应用型人才的重任,在对经济发展的贡献方面具有独特作用。

《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》教高[2006]16号文件指出,课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点。高等职业院校要积极与行业企业合作开发课程,根据技术领域和职业岗位(群)的任职要求,参照相关的职业资格标准,改革课程体系和教学内容。建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量。并且《教育部关于“十二五”职业教育教材建设的若干意见》教职成[2012]9号文件指出,加强教材建设是提高职业教育人才培养质量的关键环节。加强教材建设是深化职业教育教学改革的有效途径,推进人才培养模式改革的重要条件,推动中高职协调发展的基础性工程,对促进现代职业教育体系建设,切实提高职业教育人才培养质量具有十分重要的作用。

为落实以上文件精神,教育部高等学校高职高专计算机类专业教学指导委员会(简称“计算机教指委”)携手东软电子出版社,组织高职院校一线名师及行业领军企业,于2012年8月20日在大连召开“嵌入式技术及应用专业教材建设研讨会”,就高职高专嵌入式技术及应用专业的课程体系、教材体系及教材建设等内容进行了讨论,本系列教材正是集合高职院校一线教师和企业工程师智慧的体现。

嵌入式技术系列教材是一套顺应产业人才需求、真正实现校企合作的教材,具有以下几方面的特点:

## 一、契合教学改革的编写理念,有机融合工程教育思想

嵌入式技术系列教材以就业为导向,着眼于学生职业生涯发展,注重理实一体,将工程教育思想贯穿始终,从以传播知识为主转向全面提高学生素质。

## 二、丰富的案例讲解,遵循学生认知规律

嵌入式技术系列教材内容由简到繁、由易到难、梯度明晰,其中的案例源于企业真实

项目,并根据教学需求进行优化改造,为学生创建工程教育环境,使学生在实践操作中完成知识的掌握和工程素养的提升。

### 三、行业企业全面参与,打造优质编写队伍

嵌入式技术系列教材的编写团队汇集了计算机教指委委员、国家级教学名师、示范专业带头人、精品课程负责人、IT 企业工程师,从而实现职业标准、行业标准与教材内容的无缝对接。

### 四、立体化的教学资源,实现资源开放共享

嵌入式技术系列教材均配备丰富的教学资源,集教学大纲、案例代码、教学课件等多种教学模式于一体,打造立体化的教学资源平台。

随着信息化、智能化、网络化的发展,嵌入式技术的发展日新月异,如今展现的内容可能不久会显得陈旧过时,我们将在实践中不断修订完善,使本系列教材能够对我国的嵌入式技术教育发挥积极的、重要的作用。



2012 年 12 月

# 前 言

随着 Linux 操作系统的迅猛发展,以 2.6 内核为主导的嵌入式 Linux 在各个领域的应用越来越广泛。

本教材案例实训针对大学生理论强、动手实践弱的问题,通过真实项目开发训练,使学生全面掌握 Linux 软件开发技术,满足企业对 Linux 软件人才的需求。教材以项目案例为导引,以项目开发实践为主线,通过对案例的剖析,讲解了 Linux 软件开发所必须具备的基础知识,在完成项目开发的同时掌握软件开发所需要的技术,为下一步进行工程项目的开发实训打下良好的技术基础。

## 一、教材特色

1. 按照 Linux 操作系统的体系结构和系统移植的规律,设计多个项目导引式学习情境,每个学习情境又结合知识体系和实践技能细化为若干个子学习情境,由浅入深,实用性强。

2. 充分体现高职高专院校学生的特点,结合嵌入式应用实际情况,设计了嵌入式 Linux 操作系统典型综合应用项目,在提高学生应用技能的同时,强化项目驱动,实现“工学结合”,提高理论教学和实践教学质量。

3. 引进嵌入式 Linux 操作系统实际应用案例和具体实现架构,增强学生就业竞争力的同时,培养学生的职业适应能力,为学生在生产性实训、顶岗实习及未来就业等方面实现与企业的无缝对接奠定基础。

4. 每个学习情境给出相应的描述、小结和练习题。在学习情境描述中,结合实训项目安排,明确给出项目名称、项目教学性质、工作程序、教学程序、职业竞争力培养要点、教学环境和教学课件等。

## 二、教材主要内容

本教材内容全面,既包括对 Linux 驱动的讲解,还包括应用开发的知识体系,对实训技术进行了深入的阐述,涵盖了 Linux 实训所需要的内容,同时让学生能够更深入地研究实训的底层机制。全教材共分为 10 章,具体安排如下:

第 1 章是嵌入式 Linux 操作系统,主要介绍了 Linux 系统的特点和应用领域,并以 ubuntu 操作系统为例,进行系统的安装实训。

第 2 章是嵌入式系统设计,主要介绍了嵌入式项目开发的流程,以软件开发流程为例,讲解了嵌入式软件开发模型和调试等。

第 3 章是 Linux 操作系统基本操作,主要介绍了 Linux 系统的基本操作命令以及 Linux NFS 服务器的搭建等。

第4章是基于Linux的C语言编程,主要介绍了Linux下的编程工具,项目工程makefile的构建。

第5章是交叉编译工具,主要介绍了交叉编译环境的概念以及工具链的安装。

第6章是6410开发板系统构建,主要以6410开发板为基础,介绍了bootloader的典型引导程序uboot,并定制了Linux内核和根文件系统等。

第7章是嵌入式Linux设备驱动,主要介绍了Linux驱动理念和开发模型,以“智能手机原型机照相机”案例进行开发讲解。

第8章是嵌入式Linux图形设计——Qt,主要介绍了Linux的图形平台之一Qt,利用C++语言进行Qt项目的开发。

第9章是嵌入式Linux图形设计——Android,主要介绍了当前主流的基于Linux的Android图形平台,利用Java语言进行项目开发,本章意在介绍Linux系统的一个应用方向,教学时可略讲。

第10章是综合实训——自动化过磅称重系统(Qt),给出了一个综合开发案例,使读者能够系统地了解嵌入式Linux的开发过程。

### 三、适用读者

本教材适合作为高等职业院校计算机应用、嵌入式系统工程、工业自动化、应用电子技术、电子信息工程技术等相关专业的实训教材。

本教材由赵伟和李华忠共同策划,赵伟负责第1章、第6章~第8章、第10章的编写及最后的审校;王美妮负责第2章~第5章的编写;李华忠负责第9章的编写、章节规划、统稿及审校。

由于作者水平有限,教材中难免存在不足之处,我们将会不断的修正及升级中逐步完善。衷心希望本教材能为教学、实训及初级研发人员提供参考。

编者

2012年12月



# 课程导学

## 1. 课程整体概述

本课程是计算机应用专业和嵌入式专业的一门专业基础课程,以嵌入式 Linux 系统开发流程为主线。本教材主要以 ARM11 的 6410 开发板平台为例,对 U-Boot 和 Linux 内核启动过程做了详细分析,为学习嵌入式 Linux 系统开发奠定了基础。教材不仅从理论上阐述了嵌入式 Linux 系统开发流程,而且基于实践,提供了项目开发的具体操作步骤,使读者能够深入理解嵌入式 Linux 系统构建以及 Linux 系统的应用领域。

## 2. 课程体系结构图

Linux 操作系统是嵌入式专业中重要的一门专业课程,是学习了 C 语言程序设计、面向对象程序设计 C++ 等课程后的必备后续课程,对后续的嵌入式课程学习有着指导意义。本课程体系结构图如图 1 所示。

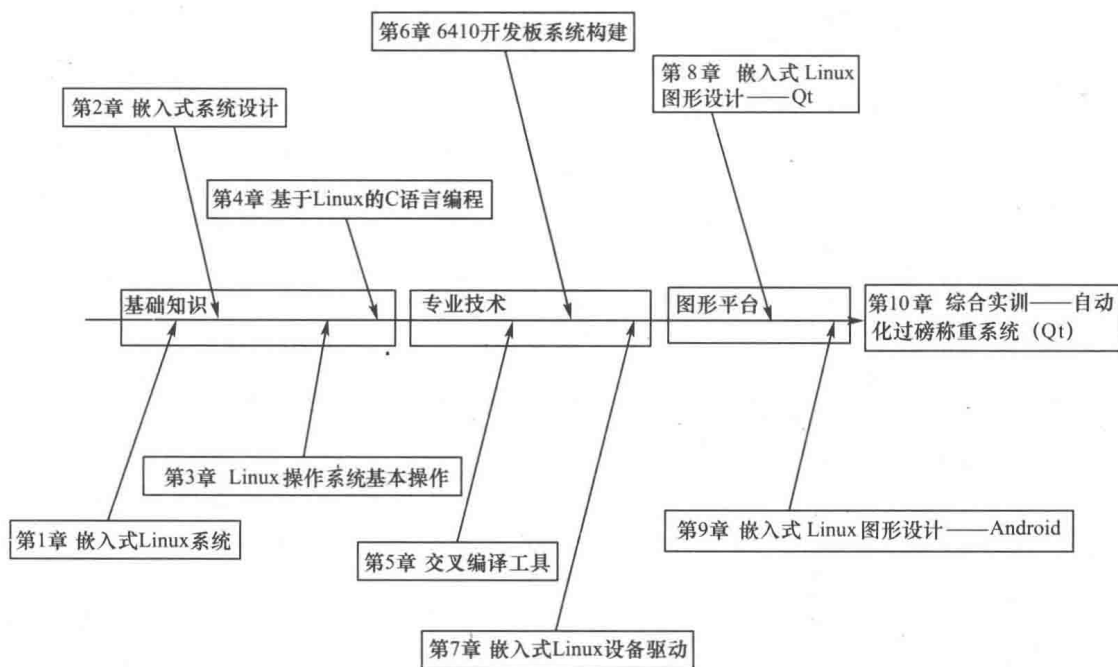


图1 课程体系结构图

## 3. 核心知识点与技能点

本教材的涉及的核心知识点包括:嵌入式 Linux 基础知识、Linux 编程环境、最新 6410 开发板的构建流程、Linux 系统的应用领域 Qt 和 Android 等。

## 4. 达成目标

培养学习者的信息素养,了解 Linux 操作系统的应用前景,增加对嵌入式系统的 Qt 和 Android 平台的认知度,对今后嵌入式方向的学习有所认知,具备简单嵌入式项目的开发和设计能力,提高适应信息社会发展的基本能力。

# 目 录

<b>第 1 章 嵌入式 Linux 系统</b> .....	1
1.1 项目导引——ubuntu 操作系统安装 .....	1
1.2 项目分析 .....	1
1.3 技术准备 .....	1
1.3.1 什么是 Linux .....	1
1.3.2 Linux 发展历程 .....	2
1.3.3 Linux 系统特点 .....	3
1.3.4 主流 Linux 发行版本 .....	4
1.3.5 其他嵌入式操作系统 .....	6
1.3.6 嵌入式系统应用前景 .....	6
1.4 项目实施 .....	7
1.4.1 安装 ubuntu 11.04 系统 .....	7
1.4.2 ubuntu 基本设置 .....	16
1.5 技术拓展 .....	16
1.6 本章小结 .....	17
1.7 强化练习 .....	17
<b>第 2 章 嵌入式系统设计</b> .....	18
2.1 项目导引——嵌入式系统开发培训 .....	18
2.2 项目分析 .....	18
2.3 技术准备 .....	19
2.3.1 嵌入式系统开发 .....	19
2.3.2 嵌入式软件开发 .....	20
2.3.3 嵌入式系统开发模式 .....	22
2.3.4 项目管理方法介绍 .....	22
2.4 本章小结 .....	23
2.5 强化练习 .....	24
<b>第 3 章 Linux 操作系统基本操作</b> .....	25
3.1 项目导引——Linux NFS 服务器搭建 .....	25
3.2 项目分析 .....	25
3.3 技术准备 .....	25
3.3.1 ubuntu 基本操作命令 .....	25
3.3.2 网络硬盘 NFS .....	36

3.4	项目实施	41
3.4.1	安装软件包	41
3.4.2	图形化配置开发目录 NFS 共享	41
3.4.3	6410 开发板挂载 NFS 共享目录前准备	41
3.4.4	6410 开发板挂载 NFS 共享目录	43
3.5	技术拓展	43
3.6	本章小结	45
3.7	强化练习	46
<b>第 4 章</b>	<b>基于 Linux 的 C 语言编程</b>	<b>47</b>
4.1	项目导引——校园车辆信息管理系统	47
4.2	项目分析	47
4.3	技术准备	47
4.3.1	Linux 下 C 开发工具	47
4.3.2	gcc 和 gdb	52
4.3.3	makefile 项目工程	55
4.3.4	项目版本管理	58
4.4	项目实施	58
4.4.1	项目需求分析	58
4.4.2	项目系统设计	58
4.4.3	项目详细设计	59
4.5	本章小结	62
4.6	强化练习	62
<b>第 5 章</b>	<b>交叉编译工具</b>	<b>63</b>
5.1	项目导引——MP3 播放器移植	63
5.2	项目分析	63
5.3	技术准备	63
5.3.1	交叉编译工具链	64
5.3.2	交叉编译链的安装	65
5.4	项目实施	65
5.4.1	安装交叉编译器	65
5.4.2	项目移植	66
5.5	本章小结	67
5.6	强化练习	67
<b>第 6 章</b>	<b>6410 开发板系统构建</b>	<b>68</b>
6.1	项目导引——车载导航仪产品封装	68
6.2	项目分析	68

6.3 技术准备	68
6.3.1 Bootloader	68
6.3.2 定制 Linux 内核	73
6.3.3 定制 Linux 根文件系统	80
6.4 项目实施	82
6.4.1 u-boot 烧写	82
6.4.2 烧写 Linux 内核	88
6.4.3 烧写 cramfs 根文件系统	88
6.4.4 烧写 ubifs 根文件系统	89
6.5 技术拓展	91
6.6 本章小结	92
6.7 强化练习	92
<b>第 7 章 嵌入式 Linux 设备驱动</b>	<b>93</b>
7.1 项目导引——智能手机原型机照相机	93
7.2 项目分析	93
7.3 技术准备	93
7.3.1 设备驱动程序的概念	94
7.3.2 处理器与设备间数据交换方式	94
7.3.3 直接访问内存(DMA)方式	95
7.3.4 驱动程序结构	95
7.3.5 设备注册和初始化	98
7.3.6 中断管理	99
7.3.7 设备驱动程序的开发过程	100
7.3.8 设备驱动开发的基本函数	100
7.3.9 模块加载与卸载	102
7.4 项目实施	103
7.4.1 项目概要设计	103
7.4.2 项目详细设计	103
7.4.3 项目编译运行	113
7.5 技术拓展	115
7.6 本章小结	115
7.7 强化练习	115
<b>第 8 章 嵌入式 Linux 图形设计——Qt</b>	<b>116</b>
8.1 项目导引——音乐播放器	116
8.2 项目分析	116
8.3 技术准备	116

8.3.1 嵌入式 GUI .....	117
8.3.2 Qt .....	118
8.3.3 Qt 技术 .....	120
8.3.4 Qt 应用事例 .....	125
8.4 项目实施 .....	126
8.4.1 开发环境搭建 .....	126
8.4.2 项目概要设计 .....	129
8.4.3 项目详细设计 .....	134
8.4.4 项目编译运行 .....	140
8.4.5 项目测试 .....	141
8.4.6 项目移植 .....	141
8.5 本章小结 .....	142
8.6 强化练习 .....	142
<b>第9章 嵌入式 Linux 图形设计——Android</b> .....	143
9.1 项目导引——手机信息安全卫士系统 .....	143
9.2 项目分析 .....	143
9.3 技术准备 .....	143
9.3.1 构建 Android 应用程序 .....	143
9.3.2 程序界面设计 .....	159
9.3.3 数据持久化存储 .....	182
9.3.4 网络通讯 .....	191
9.4 项目实施 .....	196
9.4.1 需求分析 .....	196
9.4.2 软件概要设计与详细设计 .....	196
9.4.3 编码 .....	196
9.5 技术拓展 .....	199
9.6 本章小结 .....	205
9.7 强化练习 .....	205
<b>第10章 综合实训——自动化过磅称重系统(Qt)</b> .....	206
10.1 项目分析 .....	206
10.2 项目总体设计 .....	206
10.2.1 系统总体设计结构 .....	206
10.2.2 系统硬件设施 .....	206
10.2.3 系统设计要求及特点 .....	207
10.3 项目实施 .....	208
10.3.1 过磅称重客户端工作流程 .....	208

10.3.2 系统工作流程要求.....	208
10.3.3 系统总体设计.....	209
10.3.4 系统详细设计.....	210
10.3.5 系统集成测试.....	223
10.4 项目成果.....	223
附录 Qt 主要类 .....	226
参考文献.....	232

# 第1章

## 嵌入式 Linux 系统

### 1.1 项目导引——ubuntu 操作系统安装

艾泰克技术有限公司刚刚成立,主要承接嵌入式应用解决方案业务。公司购买了多台台式计算机,这些计算机需要安装 ubuntu 桌面操作系统,以便于项目顺利开展。

通过本章“ubuntu 操作系统安装”项目实践操作,使学生掌握借助工具和查阅资料来安装和配置 ubuntu 操作系统的能力和技能。

### 1.2 项目分析

安装 ubuntu 操作系统,可以使用 USB 方式安装,也可采用系统光盘方式安装,这里使用后者安装方式,项目准备:

- (1)ubuntu 11.04 的操作系统安装光盘。
- (2)计算机硬件配置:CPU 双核 2.8GHz,内存 2GB,硬盘 500GB。

### 1.3 技术准备

1991 年,芬兰人 Linus Torvalds(林纳斯·托瓦兹)在赫尔辛基大学上学,对操作系统很好奇,并且对 MINIX(小型的 Unix 操作系统)只允许在教育上使用很不满(其不允许任何商业使用),于是开始写他自己的操作系统,这就是后来的 Linux 内核。

#### 1.3.1 什么是 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)。借助于 Internet 网络,并通过全世界计算机爱好者的共同努力,如今它成为了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。

Linux 是一套免费使用和自由传播的类 Unix 操作系统,是一个基于 POSIX 和 Unix 的多用户、多任务、支持多线程和多 CPU 的操作系统。它能运行主要的 Unix 工具软件、应用程序和网络协议。它支持 32 位和 64 位硬件。Linux 继承了 Unix 以网络为核心的设计思想,是



图 1-1 Linux 之父——  
Linus Torvalds

一个性能稳定的多用户网络操作系统。它主要用于基于 Intel x86 系列 CPU 的计算机上。这个系统是由全世界各地的成千上万的程序员设计和实现的。其目的是建立不受任何商品化软件的版权制约的、全世界都能自由使用的 Unix 兼容产品。

Linux 以它的高效性和灵活性著称, Linux 模块化的设计结构, 使得它既能在价格昂贵的工作站上运行, 也能够廉价的 PC 机上实现全部的 Unix 特性, 具有多任务、多用户的能力。Linux 是在 GNU 公共许可权限下免费获得的, 是一个符合 POSIX 标准的操作系统。Linux 操作系统软件包不仅包括完整的 Linux 操作系统, 而且还包括了文本编辑器、高级语言编译器等应用软件。它还包括带有多个窗口管理器的 X-Windows 图形用户界面, 如同我们使用 Windows NT 一样, 允许我们使用窗口、图标和菜单对系统进行操作。

### 1.3.2 Linux 发展历程

Linux 发展历程如表 1-1 所示。

表 1-1 Linux 发展历程

时间	说明
1991.8	一个芬兰的名为 Linus Torvalds 的大学生为自己开始写作一个类似 minix, 可运行在 386 上的操作系统寻找志同道合的合作伙伴。
1991.10.5	Linus Torvalds 在新闻组 comp. os. minix 发布了大约有一万行代码的 Linux v0.01 版本。
1992	大约有 1000 人使用 Linux, 他们基本上都属于真正意义上的 hacker。
1993	大约有 100 余名程序员参与了 Linux 内核代码编写/修改工作, 其中核心组由 5 人组成, 此时 Linux 0.99 的代码有大约十万行, 用户大约有 10 万左右。
1994.3	Linux 1.0 发布, 代码量 17 万行, 当时是按照完全自由免费的协议发布的, 随后正式采用 GPL 协议。至此, Linux 的代码开发进入良性循环。
1996.6	Linux 2.0 内核发布, 此内核有大约 40 万行代码, 并可以支持多个处理器。此时的 Linux 已经进入了实用阶段, 全球大约有 350 万人使用。
1997	大片《泰坦尼克号》在制作特效中使用的 160 台 Alpha 图形工作站中, 有 105 台采用了 Linux 操作系统。
1998	Linux 迅猛发展的一年。
1999	IBM 宣布与 Redhat 公司建立伙伴关系, 以确保 Redhat 在 IBM 机器上正确运行。
2000	Sun 公司在 Linux 的压力下宣布 Solaris8 降低售价。事实上 Linux 对 Sun 造成的冲击远比对 Windows 来得更大。
2001	Oracle 宣布在 OTN 上的所有会员都可免费索取 Oracle 9i 的 Linux 版本, 从几年前的“绝不涉足 Linux 系统”到如今的主动献媚, 足以体现 Linux 的发展迅猛。
2002	Linux 企业化的一年。2 月, 微软公司迫于各洲政府的压力, 宣布扩大公开代码行动, 这可是 Linux 开源带来的深刻影响的结果。3 月, 内核开发者宣布新的 Linux 系统支持 64 位的计算机。
2003.1	NEC 宣布将在其手机中使用 Linux 操作系统, 代表着 Linux 成功进军手机领域。
2004	本着“天下事分久必合, 合久必分”之天理, SuSE 嫁到了 Novell, SCO 继续顶着骂名四处强行“化缘”, Asianux, MandrakeSoft 也在五年中首次宣布季度赢利。
2007	诞生了基于 Linux V2.6 内核的 Android。



### 1.3.3 Linux 系统特点

#### 1. 完全免费

Linux 是一款免费的操作系统,用户可以通过网络或其他途径免费获得,并可以任意修改其源代码。这是其他的操作系统所做不到的。正是由于这一点,来自全世界的无数程序员参与了 Linux 的修改、编写工作,程序员可以根据自己的兴趣和灵感对其进行改变,这让 Linux 吸收了无数程序员的精华,不断壮大。

#### 2. 完全兼容 POSIX 1.0 标准

这使得可以在 Linux 下通过相应的模拟器运行常见的 DOS、Windows 的程序。这为用户从 Windows 转到 Linux 奠定了基础。许多用户在考虑使用 Linux 时,就想到以前在 Windows 下常见的程序是否能正常运行,这一点就消除了他们的疑虑。

#### 3. 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。多任务则是现在电脑最主要的一个特点,Linux 可以使多个程序同时并独立地运行。

#### 4. 良好的界面

Linux 同时具有字符界面和图形界面。在字符界面用户可以通过键盘输入相应的指令来进行操作。它同时也提供了类似 Windows 图形界面的 X-Window 系统,用户可以使用鼠标对其进行操作。在 X-Window 环境中与在 Windows 中相似,可以说是一个 Linux 版的 Windows。

#### 5. 丰富的网络功能

Unix 是在互联网的基础上繁荣起来的,Linux 的网络功能当然不会逊色。它的网络功能和其内核紧密相连,在这方面 Linux 要优于其他操作系统。在 Linux 中,用户可以轻松实现网页浏览、文件传输、远程登录等网络工作。并且可以作为服务器提供 WWW、ftp、E-mail 等服务。

#### 6. 可靠的安全性能和稳定性能

Linux 采取了许多安全技术措施,其中有对读、写进行权限控制、审计跟踪、核心授权等技术,这些都为安全提供了保障。Linux 由于需要应用到网络服务器,这对稳定性也有比较高的要求,实际上 Linux 在这方面也十分出色。

#### 7. 支持多种平台

Linux 可以运行在多种硬件平台上,如具有 x86、680x0、SPARC、Alpha 等处理器的平台。此外 Linux 还是一种嵌入式操作系统,可以运行在掌上电脑、机顶盒或游戏机上。2001 年 1 月份发布的 Linux 2.4 版内核已经能够完全支持 Intel 64 位芯片架构。同时 Linux 也支持多处理器技术。多个处理器同时工作,使系统性能大大提高。

#### 8. 可移植性

Linux 的可移植性,是指 Linux 可以安装并运行在不同架构的 CPU 设备上。每个