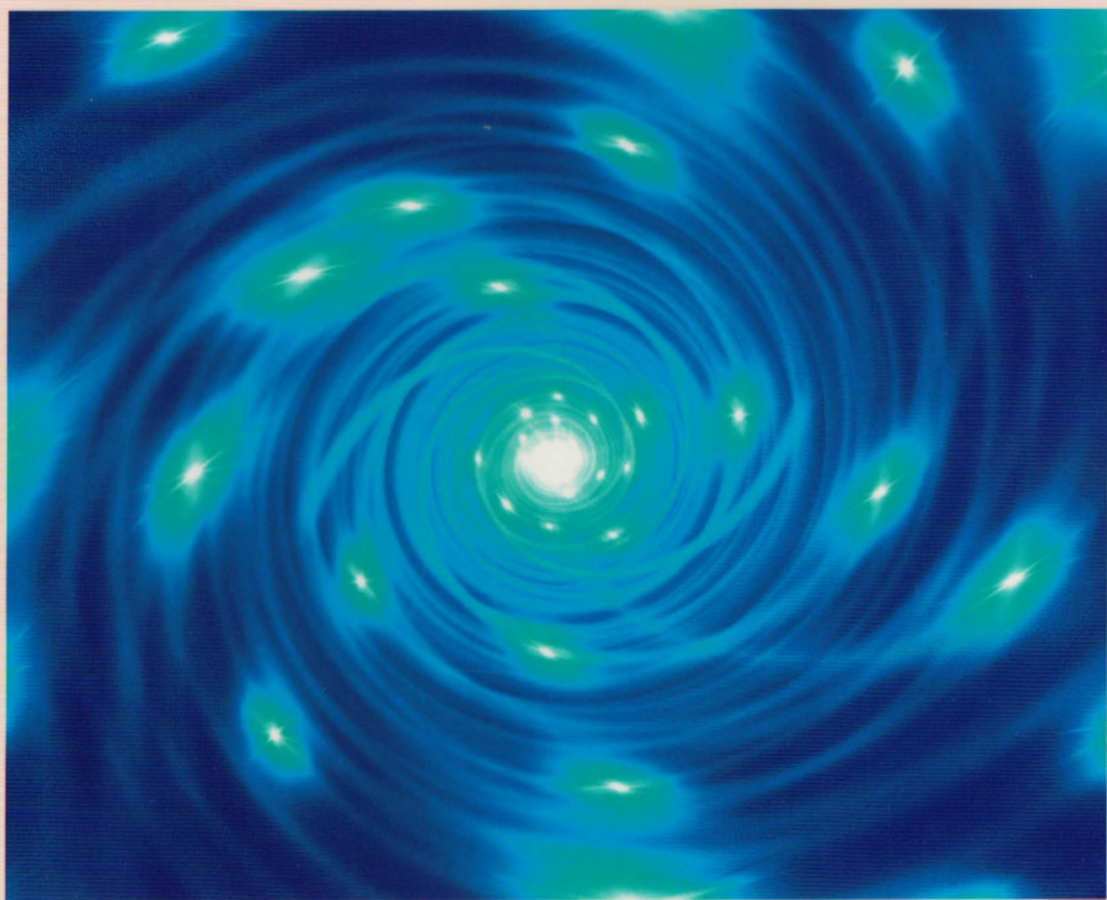


高职高专“十二五”电子信息类专业规划教材  
(微电子技术专业)

# 集成电路设计基础


董海青 主编



JICHENGDIANLUSHIJIICHU

- 包括操作系统部分、器件与电路部分和版图部分
- 从实际设计的角度出发
- 着重介绍集成电路设计所必须掌握的基础



 **机械工业出版社**  
CHINA MACHINE PRESS



赠电子课件、习题答案  
模拟试卷及答案

高职高专“十二五”电子信息类专业规划教材  
(微电子技术专业)

# 集成电路设计基础

主 编 董海青  
副主编 刘 冬  
参 编 赵丽芳 陈 红 刘 斌  
主 审 揣荣岩



机械工业出版社

本书从实际设计的角度出发,详细介绍了集成电路设计所必须要掌握的基本知识点,使初学者能从最开始的不了解到最后熟练掌握集成电路设计的全过程,并了解比较常用的设计工具的使用。

本书主要包括操作系统部分、器件与电路部分和版图部分,详细介绍了相应的知识体系结构。操作系统部分主要介绍了集成电路设计 EDA 工具所工作的平台 UNIX/Linux 系统,详细讲解了该系统的基本组成和常用命令;器件与电路部分主要介绍了集成电路中常用元器件的结构、原理和工作特性,并介绍了常用单元电路的基本设计过程和设计思想;版图部分主要介绍了版图设计的基础知识,详细介绍了两种目前比较常用的版图设计工具 L-Edit 和 Virtuoso,并给出了两种版图设计工具的版图绘制过程。

本书可作为高职高专院校微电子技术相关专业的教材,也可作为从事集成电路版图设计的工程人员的参考书。

为方便教学,本书配有免费电子课件、习题答案、模拟试卷及答案等,凡选用本书作为授课教材的学校,均可通过来电(010-88379564)或电子邮件(cmpqu@163.com)索取。有任何技术问题也可通过以上方式联系。

## 图书在版编目(CIP)数据

集成电路设计基础/董海青主编. —北京:机械工业出版社,2013.9  
高职高专“十二五”电子信息类专业规划教材. 微电子技术专业  
ISBN 978-7-111-42768-1

I. ①集… II. ①董… III. ①集成电路—电路设计—高等职业教育—教材 IV. ①TN402

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 166022 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:曲世海 责任编辑:曲世海 崔利平

责任校对:张媛 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·9.5 印张·231 千字

0 001—3 000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-42768-1

定价:19.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

# 前 言

随着集成电路的迅速发展,其规模、性能和市场都有着突飞猛进的发展,越来越多的超大规模集成电路(VLSI)被应用到计算机、通信和各种电子领域,同时集成电路的设计和制造越来越复杂。集成度的日益提高、工艺特征尺寸的不断缩小、性能与功耗的同步增长,给人们进行VLSI设计提出了越来越大的挑战。

基于目前集成电路发展的需求,本书将着重介绍集成电路设计所必须要掌握的基础知识,使读者可以详细全面地了解集成电路设计的过程和方法等。本书是面向高职高专院校微电子技术专业的学生编写的,共分五部分,第一部分主要讲述了集成电路设计基础概述,包括第1章;第二部分主要讲述了集成电路开发工具所需要的系统环境UNIX/Linux系统,包括第2章;第三部分主要讲述了集成电路制造工艺和常用元器件的基本工作原理,包括第3章;第四部分主要讲述了集成电路中电路、基本单元和逻辑系统的内容,包括第4章;第五部分主要讲述了版图设计的基本概念、规则以及版图编辑器,包括第5、6章。

本书主要由董海青老师负责编写,编写过程中得到中国电子科技集团第47研究所蔡震工程师的大力支持。第1章由刘冬编写,第2章由董海青和陈红编写,第3章由董海青编写,第4章由董海青和赵丽芳编写,第5章由董海青编写,第6章由董海青和刘斌编写。全书由揣荣岩教授主审,校对工作由刘冬负责。

为了便于读者学习和对照,本书电路图中采用的符号部分与作图软件中的符号一致,未按国家标准予以修改。

由于集成电路的发展非常迅速,加上作者的水平有限,本书在编写的过程难免存在一些错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

前言	
第 1 章 概论	1
1.1 集成电路的发展	1
1.2 EDA 工具	1
1.3 集成电路设计的要求	3
1.4 集成电路的设计方法	3
1.5 深亚微米对设计的挑战	4
习题	4
第 2 章 UNIX/Linux 系统基础	5
2.1 UNIX/Linux 系统概述	5
2.1.1 UNIX 系统的发展及其分支	5
2.1.2 Linux 系统	6
2.1.3 系统组成	7
2.2 系统的安装和启动	10
2.2.1 安装前的准备	10
2.2.2 安装过程	10
2.2.3 启动、登录	11
2.3 Linux 系统的用户及管理	12
2.3.1 Linux 系统的用户类别	12
2.3.2 用户信息文件	13
2.3.3 用户管理操作	17
2.4 Linux 系统常用命令	17
2.4.1 系统命令	18
2.4.2 文件命令	21
2.4.3 其他命令	25
2.5 文本编辑器 vi	30
2.5.1 启动和退出	30
2.5.2 工作模式	31
2.5.3 命令模式	31
2.6 Linux 系统的管理和安全	32
2.6.1 环境变量	32
2.6.2 UNIX/Linux 系统的安全	34
习题	35
第 3 章 工艺与元器件	36
3.1 集成电路制造工艺	36
3.1.1 集成电路制造工艺简介	36
3.1.2 CMOS 反相器制造过程	36
3.1.3 工艺模拟	39
3.2 元器件基础	41
3.2.1 元器件	41
3.2.2 MOS 晶体管的特性及参数	53
3.2.3 器件模拟	57
习题	57
第 4 章 电路基础	59
4.1 反相器及其电路参数	59
4.1.1 反相器的组成与类别	59
4.1.2 CMOS 反相器的基本特性	60
4.1.3 电路主要参数	61
4.1.4 电路模拟	65
4.2 电路逻辑设计	65
4.2.1 MOS 晶体管的串、并联	66
4.2.2 传输门	66
4.2.3 逻辑门	68
4.2.4 时钟	69
4.3 子系统设计	70
4.3.1 数据运算器	70
4.3.2 存储器	72
4.3.3 I/O 子系统	73
4.4 设计自动化概述	74
4.4.1 系统设计方法	75
4.4.2 数字系统设计自动化	77
4.4.3 系统测试	80
习题	82
第 5 章 版图基础	83
5.1 版图概述	83
5.1.1 版图设计基础	83
5.1.2 版图设计规则	86
5.1.3 版图电学规则	89
5.1.4 版图设计的通用准则	90
5.2 MOS 晶体管版图简介	92
习题	94
第 6 章 版图编辑器	95
6.1 版图编辑器 L-Edit	95

---

6.1.1 L-Edit 基础 .....	95	6.2.1 版图编辑器 Virtuoso 简介 .....	137
6.1.2 L-Edit 设置 .....	103	6.2.2 Virtuoso 界面与快捷键 .....	137
6.1.3 编辑操作 .....	116	6.2.3 版图绘制 .....	140
6.1.4 设计规则检查 .....	126	习题 .....	144
6.1.5 基于 L-Edit 单元的版图 .....	130	<b>参考文献</b> .....	145
6.2 版图编辑器 Virtuoso 基础 .....	137		



# 第 1 章 概 论

## 教学目标

- 了解集成电路的发展过程。
- 掌握集成电路的各个发展阶段。
- 了解 EDA 工具的发展。
- 掌握集成电路设计的基本要求。
- 了解集成电路的常用设计方法和深亚微米设计面对的挑战。

随着信息技术的迅速发展，集成电路在现代社会中的作用越来越重要。同时随着集成电路的迅速发展，其功能越来越复杂，集成度越来越大，工艺特征尺寸越来越小，这就给集成电路的设计带来了困难。

## 1.1 集成电路的发展

1947 年，贝尔实验室的 John Bardeen 和 Walter Brattain 设计出第一个能够工作的点接触晶体管。1958 年，美国德州仪器公司的 Jack Kilby（杰克·基尔比）研制出由两个晶体管组成的第一个集成电路。1959 年，美国仙童公司的罗伯特·诺伊斯用平面工艺制成了半导体集成电路。1962 年，得克萨斯仪器公司首先建成世界上第一条集成电路生产线，并生产出第一块集成电路正式商品。1971 年 11 月，英特尔公司的特德·霍夫等人制成了世界上第一个微处理器 Intel 4004，并被用于日本 Busicom 公司开发的计算器产品中。2006 年的双核处理器包含 2.91 亿个晶体管。2010 年的酷睿双核处理器包含 10 亿个晶体管。现在集成电路的集成度基本是按照摩尔定律发展的，摩尔定律就是每隔 18 个月单片芯片上的晶体管数量就会翻一番。图 1-1 所示为 Intel 公司微处理器（CPU）的集成度发展示意图。

集成电路芯片的集成水平发展过程可以分为小规模集成电路（Small-Scale Integration, SSI）、中规模集成电路（Medium-Scale Integration, MSI）、大规模集成电路（Large-Scale Integration, LSI）、超大规模集成电路（Very Large-Scale Integration, VLSI）和巨大规模集成电路（Ultra Large-Scale Integration, ULSI）等。

集成电路芯片的制造工艺发展也很快。1971 年，4004 中晶体管的最小尺寸是  $10\mu\text{m}$ 。2003 年，微处理器奔腾 4 的晶体管的最小尺寸是  $0.13\mu\text{m}$ 。2006 年，Intel 双核 CPU 的晶体管的最小尺寸是  $0.065\mu\text{m}$ 。2010 年，Intel 双核酷睿 CPU 的工艺尺寸为  $45\text{nm}$ 。

## 1.2 EDA 工具

随着大规模集成电路集成度的不断提高，电路复杂度的不断增加，单纯靠人工办法设计和制造 LSI 和 VLSI 电路几乎不可能，这时必须采用计算机辅助设计（Computer-Aided Design, CAD），而目前电子行业的计算机辅助设计又称为电子设计自动化（Electronic Design

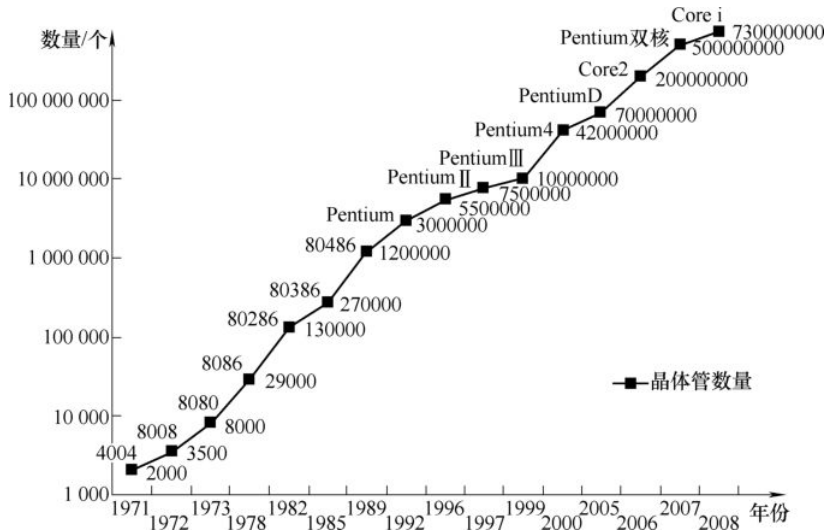


图 1-1 Intel 公司微处理器 (CPU) 的集成度发展示意图

Automation, EDA)。用计算机帮助人们进行大规模集成电路的设计 (包括电路设计、版图设计等)、检查和制造,不但能大大减少人工劳动、提高效率和缩短制造周期,更重要的是它能保证设计制造的正确性。

### 1. EDA 工具的发展简介

随着集成电路 (Integrated Circuit, IC) 的发展,微电子技术也离不开电子设计自动化 (Electronic Design Automation, EDA) 技术的进步。

第一代 EDA 工具是主要用于集成电路版图设计的辅助软件,软件具有人机交互式的二维平面图形设计、图形编辑及设计规则检查 (Design Rule Check, DRC)。

第二代 EDA 工具软件可以从电路原理图输入开始,调用标准单元逻辑电路图库生成电路图,并具有逻辑综合和模拟、验证功能以及自动布局布线功能。

第三代 EDA 工具可以实现高级语言描述的系统级仿真、综合及高度的自动化技术。

### 2. 常用 EDA 工具的简介

目前常用的 EDA 工具主要有以下几个:

(1) Cadence 美国 Cadence 公司开发的集成电路设计工具,主要包括逻辑设计与验证工具 (NC-Verilog、Verilog-XL 等)、自动布局布线工具 (SOC Encounter 等)、全定制集成电路布局设计工具 (CIC、Layout 和 Custom Layout, 主要是 Virtuoso 套件)。目前国内比较常用的主要是电路设计工具 Composer、电路模拟工具 Analog Artist、版图设计工具 Virtuoso Layout Editor、版图验证工具 Dracula 和 Diva 以及自动布局布线工具 Preview 等。该软件包目前主要应用在工作站 UNIX/Linux 系统下,售价比较贵。

(2) Synopsys 美国 Synopsys 公司开发的集成电路设计工具,该软件套件可以应用在 UNIX/Linux 系统和 Windows 系统下,但 Windows 环境下的工具在性能和功能上要比 UNIX/Linux 系统下的差一些。该工具套件包括全部集成电路从前端到后端的所有模块,即 Design Compiler (综合工具)、Astro (为超深亚微米集成电路设计进行布局、布线的设计工具)、DFT Compiler (提供“一遍测试综合”的技术方案)、TetraMAX (自动测试向量生成工具)、

Vera (验证系统)、VCS (编译型 Verilog 模拟器) 和 Power Compiler (功耗优化)。

(3) Silvaco Silvaco 公司创建于 1984 年, 开发的集成电路设计 CAD 软件可以运行在 UNIX/Linux 系统和 Windows 系统下。其 EDA 工具主要用于 TCAD 工艺器件仿真、Spice 参数提取、电路仿真和全定制 IC 设计验证。该工具套件主要包括 Athena (工艺模拟器)、Atlas (器件模拟器)、Gateway (电路图编辑器)、SmartSpice (电路仿真器)、Expert (版图编辑器)、Guardian DRC/LVS/LPE (版图验证) 和 CLEVER (基于物理的寄生参数提取器)。

(4) Tanner 美国 Tanner 公司开发的集成电路设计工具, 该软件包目前可以应用在 workstation UNIX 系统和普通计算机 Windows 系统下, 价格比较适中。在 PC 上应用广泛, 具有强大的集成电路设计、模拟验证、版图设计编辑和自动布局布线功能。功能模块主要包括 SEdit (电路编辑器)、TSpice (电路仿真)、LEdit (版图编辑) 和 LVS (电路图版图一致性检查器) 等。

另外还有几家比较出名的设计公司, 像 Mentor Graphics 公司、SpringSoft 公司、Altera 公司、Xilinx 公司和 Agilent 公司等, 每个公司都针对集成电路设计的不同阶段提供自己的设计开发工具。

### 3. 常用 EDA 工具的运行环境

目前比较常用的系统环境主要有 Windows 系统、UNIX 系统、Linux 系统和 MacOS 系统。各大公司的集成电路设计 EDA 工具都能运行在 UNIX 系统下, 因此也基本都能运行在 Linux 系统或 MacOS 系统下。只有一部分公司为了扩大顾客群开发了运行在 Windows 系统下的设计工具, 但在性能和功能上都有一些差距。

## 1.3 集成电路设计的要求

集成电路设计的要求主要体现在以下几个方面:

- 1) 设计时间。
- 2) 设计的正确性。

- 3) 设计成本为 
$$C_T = \frac{C_D}{V} + \frac{C_P}{YN}$$

式中,  $C_T$  为每个芯片的成本;  $C_D$  为开发费用;  $C_P$  为每个硅片的工艺成本;  $V$  为芯片的生产数量;  $Y$  为平均成品率;  $N$  为每个硅片上的芯片数目。

- 4) 产品性能高、布局紧凑和尽量减短互连线。
- 5) 设计的可测试性。

## 1.4 集成电路的设计方法

集成电路的发展正朝着速度快、性能高、容量大、体积小和功耗小的方向发展, 发展趋势将导致集成电路的设计规模日益增大, 复杂程度日益增高。从具体的逻辑功能特点上, VLSI 可以分为通用集成电路和专用集成电路 (Application Specific Integrated Circuit, ASIC) 两类。

按照设计风格 (实现方式) 分类, IC 设计方法可以分为全定制设计方法 (Full-Custom

Design Approach)、半定制设计方法 (Semi-Custom Design Approach) 和可编程逻辑器件设计方法 (Programmable Logic Device Design Approach) 等。

全定制设计方法的特点是针对每个元器件进行电路参数和版图参数的优化, 采用自由格式的版图设计规则进行设计, 并由设计者不断完善, 这样可以得到最佳的性能及最小的芯片尺寸, 有利于提高集成度和降低生产成本。但要求设计者有相当深入的微电子技术、生产工艺方面的专业知识和一定的设计经验。

半定制设计方法适用于 ASIC, 包括标准单元设计法和门阵列设计法。

可编程逻辑器件设计方法适用于设计 ASIC, 目前比较常用的有 CPLD 和 FPGA。

## 1.5 深亚微米对设计的挑战

随着集成电路制造工艺的发展, 生产工艺从开始的  $2\mu\text{m}$  发展到  $0.25\mu\text{m}$  再到现在的  $0.045\mu\text{m}$ , 即从微米到亚微米再到深亚微米和超深亚微米, 这一变化对集成电路设计提出了新的挑战: 缩小尺寸、增加集成度、提高系统性能和降低功耗。

首先要解决的是建立起精确的深亚微米器件模型、时序模型和互连模型。到了深亚微米, 互连线的延迟将超过逻辑门本身的延迟, 而且由于集成电路工作频率的提高, 允许的时序容差变小, 传输延迟的影响将加大。另外, 随着尺寸的变小, 开关速度加快, 器件的节点电容下降, 互连线的电容和电阻不断增加, 原有的模型将不能很好地描述相应的影响。

到了深亚微米后, 要对原有的设计流程 (逻辑设计加版图设计) 进行修改, 主要是在逻辑设计的过程中引入物理设计阶段的数据, 如何把布局布线工具、寄生参数提取工具和时序分析统计工具集成到逻辑综合中去。

在深亚微米阶段, 还会遇到功耗的问题。随着集成度的不断提高, 芯片面积的不断减小, 功耗将会成为影响芯片性能的主要因素。

### 小 结

本章主要讲述了集成电路的发展, 各个时间所对应的基本工艺水平的发展, 简述了集成电路在设计过程中所用 EDA 工具的发展过程, 并简要介绍了目前常用的 EDA 工具; 然后进一步介绍了集成电路设计过程中的设计要求, 并针对不同的集成电路提出了不同的设计方法; 最后简要介绍了深亚微米设计中面对的很多挑战。

### 习 题

- 1.1 简述集成电路设计发展的过程。
- 1.2 简述集成电路设计的要求。
- 1.3 简述深亚微米设计面临的挑战。

## 第 2 章 UNIX/Linux 系统基础

### 教学目标

- 了解 UNIX/Linux 系统的发展过程和分支。
- 了解 UNIX/Linux 系统的基本安装和启动过程。
- 掌握用户的分类及 UID。
- 掌握各种命令的基本使用操作。
- 掌握文本编辑器 vi 的使用。
- 了解系统设置的基本操作。
- 掌握系统的安全原则和系统保护。

任何一种 EDA 工具都要运行在对应的操作系统中，目前常用的操作系统主要分为两大阵营：Windows 系统和 UNIX/Linux 系统。大家在日常生活中常用的是 Windows 系统，由于其简单易用的特性得到很大的发展，而 UNIX/Linux 系统由于其界面不友好、使用困难等一系列原因没有得到大范围的使用，但在某些方面 UNIX/Linux 系统有着不可替代的作用。

由于集成电路 EDA 在最开始的发展过程中主要针对服务器或工作站等平台，因此绝大部分都是运行在 UNIX 系统下，随着计算机的迅速发展，普通个人计算机的性能越来越完善，一些 EDA 公司也开始开发针对 Windows 系统的 EDA 工具，但就目前的情况来看，在 UNIX/Linux 系统平台下运行的集成电路 EDA 工具依然占据大多数，即使有一些公司也同步开发用于 Windows 下的对应版本，但运行于 Windows 下的这些 EDA 工具在功能和性能上依然比运行于 UNIX/Linux 系统下的 EDA 工具差一些，因此我们有必要学习 UNIX/Linux 系统。

### 2.1 UNIX/Linux 系统概述

#### 2.1.1 UNIX 系统的发展及其分支

##### 1. UNIX 系统的发展

1969 年，贝尔实验室的开发人员开发了单操作和计算系统（UniPlexed Operating and Computing System, UNICS），这是 UNIX 系统的最初版本，经过长期的演变成为今天的 UNIX 系统。

由于 UNIX 系统是一种开放源代码的操作系统，即开放软件系统，各个用户团体都可以免费得到并进行完善开发，因此 UNIX 系统得到很快的发展，但是由于它比较难学，使很多人望而却步，同时由于 Microsoft 的 Windows 系统迅速普及，更加阻碍了 UNIX 系统的普及。现在 UNIX 系统仍然是一小部分人在使用，但情况已经开始有所好转。

UNIX1 ~6 版本是由贝尔实验室负责开发的，主要是用于学术界研究工作的系列版本，有三个主要特点：①UNIX 系统是用 C 语言开发的。②以 C 语言源代码的形式发布，任何人都可以进行完善。③允许用户并发运行多个程序。

## 2. UNIX 系统的分支

由于 UNIX 系统源代码免费公开，任何人都可以进行完善开发，因此发展到后来演变成多种版本。

1) 贝尔实验室和 AT&T 在 1983 年发布了 UNIX 系统的新版本 System III，后来演变成 System V，在 20 世纪 90 年代后期 System V 的第四个版本从中分离出来发展成 SCO UNIX。

2) 在 20 世纪 80 年代和 90 年代，加州大学伯克利分校负责开发 UNIX 系统的第二个分支，主要是 BSD (Berkley Software Distribution, BSD) UNIX，向各个大学免费提供，现在常用的两个版本主要是 FreeBSD 和 NetBSD。两者的主要区别是可用的应用程序和文件结构不同，其内核是一样的。

3) 其他绝大多数的 UNIX 系统都是以 System V 和 BSD 中的一个为基础。由于 UNIX 系统版本众多，用户可以从其中任选一个来使用，这样可能会引起一些兼容性问题，特别是一些命令和程序无法相互兼容。于是有人将 UNIX 系统进行标准化管理，采用 IEEE 的可移植的操作系统接口，这个软件标准不仅制定了规范，还详细地规定了软件操作和用户接口，该标准已经注册为 ISO/IEC9945-1。

### 2.1.2 Linux 系统

#### 1. Linux 系统的发展

1984 年，工程师 Richard Stallman 开始着手 GNU 计划，主要是创建一个类似 UNIX 系统的、任何人都可以免费发布和使用的操作系统。

1990 年在赫尔辛基大学上学的 Linus Torvalds 学习 UNIX 系统，在学习的过程中为了完成一些实际的工作，开发了几个用于完成对应工作的程序，这几个程序合在一起就是 Linux 系统的最初模型，随后 Linus Torvalds 着手开发 Linux 系统。在 1991 年 8 月，Linus Torvalds 在赫尔辛基大学的一台 FTP 服务器上发布了 Linux 系统的第一个版本 Linux 0.01，但是并没有公开发布。在 1991 年 10 月，Linus Torvalds 发布了 Linux 系统的第二个版本 Linux 0.02。随即 Linux 系统引起黑客 (Hacker) 的注意，并通过计算机网络加入了 Linux 系统的内核开发，随着黑客们的加入，Linux 系统得到迅猛发展，在 1994 年 3 月 14 日，Linux 系统发布了它的第一个正式版本 Linux 1.0 版。

现在 Linux 系统已经比较成熟。Linux 系统实际上也是一个单纯的内核，其他的工具、shell 和文件系统都是由其他人创建的 (主要是 GNV 组织)。现在很多公司和个人都开发以 Linux 系统为内核的操作系统，其中比较著名的有红帽 Red Hat Linux (更名为 Fedora)、红旗 Red Flag Linux 和 Ubuntu 等。

#### 2. Linux 系统的特点

Linux 系统继承了 UNIX 系统的大部分优点，同时也有自身的一些特点。

支持多种硬件平台，虽然主要运行在 X86 平台上，但目前已经被移植到 DEC Alpha、Sun Sparc、680x0、PowerPC 及 MIPS 等平台上。

支持数学协处理器 (FPU) 387 的软件模拟。

支持多种键盘，支持多国语言键盘布局，包括微软键盘。

支持多种文件系统，其中包括 Minix、ext、ext2、xiafs、HPFS、NTFS、FAT32 和 iso9660 等，Linux 系统可以直接将这些文件系统装载为其系统的一个目录并进行访问。

支持伪终端设备，允许有很多用户从网络登录到系统上，每个登录进程使用一个伪终端设备。

使用分页技术的虚拟内存，使用动态链接共享库，具有强大的网络功能，软件的移植性好，免费提供全部的源代码。

考虑到 UNIX 系统和 Linux 系统在很多方面具有共性，而且很多命令在两个系统下是通用的，因此本书主要以适用于 EDA 工具的 Linux 系统为主，对应的版本为行业工具常用的 Red Hat Enterprise Linux 3。

### 2.1.3 系统组成

操作系统是用户与硬件的接口，是人机对话的平台。计算机可以接受使用者的输入命令，返回给使用者所需的信息。最开始是文本交互即命令行界面，现在用户可以选择使用一些图形界面，例如 Mac OS X Aqua、Linux 系统的 KDE (K Desktop Environment) 和 GNOME (GNU Network Object Model Environment)。不管界面如何，其基本组成是一样的。

#### 1. 内核 Core

内核是 UNIX/Linux 系统的最底层，提供了系统的核心功能并允许进程以一种有序的方式访问硬件。内核控制进程、输入输出设备、文件系统及操作系统所需的其他任何功能，同时还管理内存。内核支持系统以多用户多任务的模式运行。

内核是为特定的硬件构建的，UNIX/Linux 系统运行在这些硬件上，而且内核处理最底层的任务。内核的主要工作内容包括以下几部分：

(1) 管理进程 进程是被执行的程序。内核管理进程的创建、挂起和终止，并维护进程的状态。此外内核还提供不同的机制实现进程之间的互相通信。在分时系统中，内核还需要调度 CPU，以便多个进程能够并发地执行。

(2) 管理文件 内核能够管理文件和目录（即文件夹），并执行所有与文件相关的功能，例如文件的创建与删除、目录的创建与删除、文件和目录的属性的维护等。

(3) 管理内存 内存是系统的核心元素。内核根据某种有序的方式来分配或回收内存，以保证每个进程都有足够的运行空间正确地运行。有时一个进程需要的内存比可以使用的物理内存要大，此时就需要用到虚拟内存（虚拟内存用硬盘空间作内存来弥补物理内存的不足）。

管理内存有两种方法：①页面调度（Paging），当物理内存不足时，系统会把进程中不繁忙或不需要立即执行的一部分转移到硬盘上，当再次需要进程中被转移到硬盘上的部分时，再将其转移到内存中运行。②交换（Swaping），当物理内存不足时，系统会将不繁忙或不需要立即执行的进程移出物理内存，放在硬盘上，直到需要时，再在硬盘上直接运行或者从硬盘中转移到物理内存中运行。

#### 2. shell

shell 是一个命令行解释器，是用户与操作系统进行交互的平台，可以直接用 shell 来管理和运行系统。现在常用的 shell 有如下三种。

(1) bourne shell bourne shell 简称 sh，是 UNIX 系统的第一个 shell，提供了一种用于脚本编程的语言和调用其他程序的基本用户功能，缺点是用户交互功能比较差。在其基础上又发展成 bourne again shell，简称 bash，放在/bin/bash 中，是大多数 Linux 系统的默认 shell。

bash 完全向后兼容，并且在 sh 的基础上增加和增强了很多特性，具有很灵活和强大的编程接口，同时又有很友好的用户界面。

(2) c shell c shell 简称 csh，是加州大学伯克利分校创建的，改进 bourne shell 的一些缺点并使其类似 C 语言，控制作业的功能和为命令指定别名的功能使其易于与用户进行交互。在 Linux 系统中提供的是 tcsh。

(3) korn shell korn shell 简称 ksh，是由 David Korn 创建的，克服了 bourne shell 与用户交互的问题，解决了 c shell 的编程问题，但需要购买许可证。Linux 系统中提供的是 pdksh。

用户在登录到 Linux 系统时，由 etc/passwd 文件来决定使用哪个 shell。

### 3. 文件系统

文件系统是 Linux 系统的一个组件，它能够让用户查看、组织以及保存存储设备上的文件和目录，并与其进行交互实现对文件的操作。Linux 系统中主要有以下三种不同的文件系统：面向磁盘的、面向网络的和面向专用或虚拟的。

文件系统是操作系统最重要的部分之一。文件系统是操作系统用于明确磁盘或分区上文件的方法和数据结构，即在磁盘上组织文件的方法。一个完整的文件系统是多个文件的逻辑集合，文件位于磁盘或磁盘的分区上。

(1) 常用目录 一般情况下在 UNIX/Linux 系统中把整个硬盘看成一个分区，实际中 UNIX/Linux 系统中磁盘的分区是比较复杂的。

在 UNIX/Linux 系统中任何软件和硬件都被看成是文件，像常用的物理驱动器（光驱、软驱和硬盘等）。UNIX 系统使用分层结构来组织文件，每个文件和目录都是从根目录开始的，根目录表示成“/”，根目录下包含一组常用的目录，一般的 UNIX/Linux 系统都包括以下目录：/、/bin、/root、/boot、/dev、/etc、/home、/lib、/mnt、/sbin、/tmp、/usr 和 /proc 等。UNIX/Linux 系统根目录下常见的子目录见表 2-1。

表 2-1 UNIX/Linux 系统根目录下常见的子目录

/	根目录，只包含文件顶层结构所需要的子目录
boot	包含用于启动系统的文件（引导系统的文件）
etc	包含系统配置文件，包括用户信息文件/etc/passwd 和系统初始化文件/etc/rc 等
bin	包含二进制（可执行）文件（基本系统程序），对系统的使用比较关键
dev/devices	包含设备文件（cdrom、eth0 等）和设备驱动程序
home	包含用户和其他账户的主目录
mnt	用于安装其他的临时文件系统
usr	可用于其他目的，或被许多用户使用
tmp	保存临时文件，有些文件在两次系统启动之间需要

在 UNIX/Linux 系统中想找到某一个文件，就要知道该文件的位置，一般用路径描述文件的位置。路径有绝对路径和相对路径两种。绝对路径是指文件在文件系统中的准确位置，从根目录开始写起。相对路径是指相对于用户当前工作目录中一个文件的位置。

(2) 文件类型和权限 类型和权限是 Linux 系统中文件的重要内容。权限可以非常方便地控制文件的读写操作。

1) 文件类型。在 Linux 系统中，每个文件都有自己的文件类型。如果用“ls -l”显示

文件的详细信息，可以看到每个文件的最开始位置有一个文件属性的标注。

Linux 系统中常用的文件类型包括：①普通文件，类型符号为“-”。②块设备文件，类型符号为“b”。③字符设备文件，类型符号为“c”。④目录文件，类型符号为“d”。

例如 drwxr-xr-x，第一个字符为 d，表明这是一个目录。

2) 文件权限。在 Linux 系统中如果要访问一个文件，用户必须具有对该文件访问的权限。Linux 系统中每个文件都有自己的权限，对不同的用户可以设置不同的权限（文件所有者和其他用户）。

注意：刚才的第一个文件信息 drwxr-xr-x 中，文件属性标注之后的内容为 rwxr-xr-x，其中的第 2~4 位是表示文件所有者的权限，第 5~7 位表示文件所属组的权限，第 8~10 位表示其他用户的权限。每一组的第一个表示读权限，第二个表示写权限，第三个表示执行权限。

其中：r 表示具有读取的权限；w 表示具有写入的权限；  
x 表示具有进入目录执行的权限；-表示没有权限。

文件的权限可以由根用户或文件所有者通过命令进行更改，命令为 chmod。

(3) 文件系统管理 文件系统存储在硬件设备上，硬件设备一般是可以随机访问的存储介质（例如硬盘、光盘等）。文件存储的精确格式和手段并不重要，Linux 系统把各种文件系统的数据库都整理成一个目录树的形式。

文件系统可以用 mkfs 命令创建。创建文件系统类似于格式化一个分区，只有创建文件系统之后才能存储文件。每种文件系统都有与自己相关联的 mkfs 命令，例如，mkfs.msdo 用于创建 MSDOS 文件系统，mkfs.ext2 用于创建 ext2 文件系统。还可以使用命令行加参数的方式来创建文件系统，其基本格式为“mkfs -t type device blocks”，其中 type 是要创建的文件系统类型，device 是要创建文件系统的设备（如/dev/fd0），blocks 是文件系统的大小，以 1024B 为单位。

文件系统创建后，要想正常去访问，还必须把它挂载到一个确定的目录上。挂载后可以使其中的文件看起来像是在某一个目录中，此时可以按照常规的方法来进行访问操作。挂载文件系统的基本命令是 mount，基本格式为“mount -t type device mount-point”。当挂载的文件系统不再需要访问操作时，要进行卸载操作，以节约系统资源，卸载文件系统的基本命令是 unmount，其基本格式是“unmount device”。例如想要把光驱中的光盘拿出来，不能像在 Windows 系统中那样直接进行操作，而是要先进行卸载操作，再拿出光驱中的光盘，其命令为“unmount /dev/cdrom”。

在系统正常使用的过程中，要进行文件系统的一致性检查，如果有错误或数据丢失要加以修补，这些错误通常来自于系统崩溃或突然停电。文件系统检查 fsck 命令可以检查文件系统并修正错误。fsck 命令也指定文件系统的类型，其基本的命令格式为“fsck -t type device”。

#### 4. 应用程序

应用程序是为完成日常的各种工作所需要开发的一些程序。

- 1) 办公系列：Open Office。
- 2) 上网系列：Mozilla。
- 3) 娱乐系列：可以去各大网站下载（一般是免费的）。

4) 专业系列: Cadence、Synopsys、Tanner 和 Mentor Graphics 等。

## 2.2 系统的安装和启动

要想正常使用 Linux 系统, 首先需要把 Linux 系统安装到计算机中去。

### 2.2.1 安装前的准备

要想正确地安装并使用 Linux 系统, 必须有一台配置合理的计算机 (PC、工作站或服务器) 和相应的安装源文件。

#### 1. 硬件配置

在 UNIX 系统的发展初期, UNIX 系统主要是在一些大型工作站或服务器上安装并使用, 由于价格昂贵, 个人很难买得起。现在为了普及 UNIX/Linux 系统, 各大公司都相应地推出了适用于台式机的 UNIX/Linux 系统。

想要使 UNIX/Linux 系统运行正常流畅, 必须要有合适的硬件配置。Sun 公司给出的 Solaris10 系统所需的配置建议如下:

CPU: 1GHz 以上; 内存: 512MB 以上; 硬盘: 10GB 以上。

#### 2. 安装软件

读者可以购买 (购买一般只需要光盘的成本和运费) 或者从网站上下载安装源文件。如果从网站下载 Solaris, 建议在 Sun 的官方网站进行注册, 这样可以获得部分的后续升级服务, 要想获得全部的后续升级服务, 要花费一定的费用。各种版本的 Linux 系统都有对应的官方网站或个人爱好者论坛, 读者可以从这些网站上免费下载对应的版本。

下载完毕后把下载的镜像文件刻录到 CD 或 DVD 上, 就可以从光驱执行安装过程。

### 2.2.2 安装过程

安装 UNIX/Linux 系统可以有两种方式: 一是从光驱执行启动安装, 这样需要在磁盘上为 UNIX 系统预留一个单独的硬盘分区; 二是采用虚拟机进行安装, 这样不需要预留分区, 但需要计算机有较大的内存, 因为运行 UNIX/Linux 系统相当于同时运行两个系统。

#### 1. 虚拟机

目前常用的虚拟机有两个: VMWare 和 Virtual PC, 本例以 VMWare 为主。

启动 VMWare 后, 单击新建虚拟机选项, 然后选择自定义或典型 (自定义可以更改一些默认设置), 设置过程中需要选择对应的系统 (如果安装新版本的 Fedora Core 系统, 就要选择 Red Hat Linux Enterprise 版本)。

创建完虚拟机后, 就可以像正常的 PC 一样开机进入 BIOS, 设置启动顺序等。在光驱设置时要根据安装源文件的形式 (光盘或 ISO) 来正确设置虚拟机光驱。

#### 2. 安装

单击 VMWare 左侧的“启动此虚拟机”, 随后像正常的计算机启动一样, 出现启动界面, 此时在启动界面中单击鼠标, 让虚拟机接管键盘鼠标。按下 F2 键进入 BIOS, 更改启动顺序选项, 将光驱设置为第一启动 (或第二启动, 否则在第一遍重启的时候要更改启动顺序)。