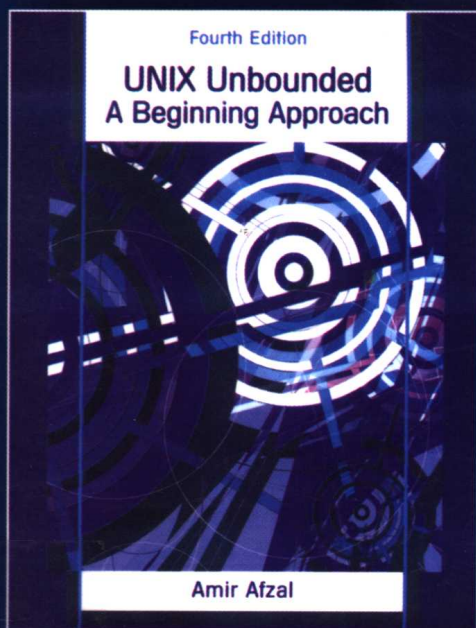


UNIX初级教程

(第四版)

UNIX Unbounded: A Beginning Approach
Fourth Edition



[美] Amir Afzal 著

李石君 曾平 陈爱莉 等译

张焕国 审校

国外计算机科学教材系列

UNIX 初级教程

(第四版)

UNIX Unbounded: A Beginning Approach
Fourth Edition

[美] Amir Afzal 著

李石君 曾 平 陈爱莉 等译

张焕国 审校

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京 · BEIJING

内 容 简 介

UNIX 是一类功能强大的主流操作系统。本书从初学者的角度介绍了 UNIX 的系统概念和命令的使用, 所选内容都是针对初学者完成日常工作所必需的各个方面。具体涉及 UNIX 系统的常用命令、vi 编辑器、文件操作、shell 命令解释器、UNIX 通信工具、程序开发工具和一些深入的 UNIX 命令。书中还包括 Linux 操作系统以及 Bourne Again shell 命令等内容。本书帮助读者由浅入深、循序渐进地学习 UNIX, 形成清晰的概念, 避免了直接罗列复杂的命令格式。

本书可作为 UNIX 课程的教学用书或参考书, 也可供使用 UNIX 的科技工作者阅读和参考。

Simplified Chinese edition Copyright © 2004 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and Publishing House of Electronics Industry.

UNIX Unbounded: A Beginning Approach, Fourth Edition, ISBN: 0130927368 by Amir Afzal. Copyright © 2003.

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macau).

本书中文简体字翻译版由电子工业出版社和 Pearson Education 培生教育出版亚洲有限公司合作出版。未经出版者预先书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 Pearson Education 培生教育出版集团激光防伪标签, 无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2002-5714

图书在版编目 (CIP) 数据

UNIX 初级教程 (第四版) / (美) 阿夫扎尔 (Afzal, A.) 著; 李石君等译. - 北京: 电子工业出版社, 2004.1
(国外计算机科学教材系列)

书名原文: UNIX Unbounded: A Beginning Approach, Fourth Edition

ISBN 7-5053-8708-1

I. U... II. ①阿... ②李... III. UNIX 操作系统 - 教材 IV. TP316.81

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 094904 号

责任编辑: 史 平

印 刷: 北京兴华印刷厂

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

经 销: 各地新华书店

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 22.75 字数: 582 千字

印 次: 2004 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 35.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换; 若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系电话: (010) 68279077。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。

出版说明

21世纪初的5至10年是我国国民经济和社会发展的关键时期,也是信息产业快速发展的关键时期。在我国加入WTO后的今天,培养一支适应国际化竞争的一流IT人才队伍是我国高等教育的重要任务之一。信息科学和技术方面人才的优劣与多寡,是我国面对国际竞争时成败的关键因素。

当前,正值我国高等教育特别是信息科学领域的教育调整、变革的重大时期,为使我国教育体制与国际化接轨,有条件的高等院校正在为某些信息学科和技术课程使用国外优秀教材和优秀原版教材,以使我国在计算机教学上尽快赶上国际先进水平。

电子工业出版社秉承多年来引进国外优秀图书的经验,翻译出版了“国外计算机科学教材系列”丛书,这套教材覆盖学科范围广、领域宽、层次多,既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择和自由组合使用。这些教材涉及的学科方向包括网络与通信、操作系统、计算机组织与结构、算法与数据结构、数据库与信息处理、编程语言、图形图像与多媒体、软件工程等。同时,我们也适当引进了一些优秀英文原版教材,本着翻译版本和英文原版并重的原则,对重点图书既提供英文原版又提供相应的翻译版本。

在图书选题上,我们大都选择国外著名出版公司出版的高校教材,如Pearson Education培生教育出版集团、麦格劳-希尔教育出版集团、麻省理工学院出版社、剑桥大学出版社等。撰写教材的许多作者都是蜚声世界的教授、学者,如道格拉斯·科默(Douglas E. Comer)、威廉·斯托林斯(William Stallings)、哈维·戴特尔(Harvey M. Deitel)、尤利斯·布莱克(Uyless Black)等。

为确保教材的选题质量和翻译质量,我们约请了清华大学、北京大学、北京航空航天大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、哈尔滨工业大学、华中科技大学、西安交通大学、国防科学技术大学、解放军理工大学等著名高校的教授和骨干教师参与了本系列教材的选题、翻译和审校工作。他们中既有讲授同类教材的骨干教师、博士,也有积累了几十年教学经验的老教授和博士生导师。

在该系列教材的选题、翻译和编辑加工过程中,为提高教材质量,我们做了大量细致的工作,包括对所选教材进行全面论证;选择编辑时力求达到专业对口;对排版、印制质量进行严格把关。对于英文教材中出现的错误,我们通过与作者联络和网上下载勘误表等方式,逐一进行了修订。

此外,我们还将与国外著名出版公司合作,提供一些教材的教学支持资料,希望能为授课老师提供帮助。今后,我们将继续加强与各高校教师的密切联系,为广大师生引进更多的国外优秀教材和参考书,为我国计算机科学教学体系与国际教学体系的接轨做出努力。

电子工业出版社

教材出版委员会

- | | | |
|-----|-----|---|
| 主 任 | 杨芙清 | 北京大学教授
中国科学院院士
北京大学信息与工程学部主任
北京大学软件工程研究所所长 |
| 委 员 | 王 珊 | 中国人民大学信息学院院长、教授 |
| | 胡道元 | 清华大学计算机科学与技术系教授
国际信息处理联合会通信系统中国代表 |
| | 钟玉琢 | 清华大学计算机科学与技术系教授
中国计算机学会多媒体专业委员会主任 |
| | 谢希仁 | 中国人民解放军理工大学教授
全军网络技术研究中心主任、博士生导师 |
| | 尤晋元 | 上海交通大学计算机科学与工程系教授
上海分布计算技术中心主任 |
| | 施伯乐 | 上海国际数据库研究中心主任、复旦大学教授
中国计算机学会常务理事、上海市计算机学会理事长 |
| | 邹 鹏 | 国防科学技术大学计算机学院教授、博士生导师
教育部计算机基础课程教学指导委员会副主任委员 |
| | 张昆藏 | 青岛大学信息工程学院教授 |

译者序

UNIX 是当今世界上普遍使用的主流操作系统，它具有安全可靠、功能强大、开放性、可移植性好以及对网络的良好支持等优点，广泛用于微机、小型机、大型机和巨型机。随着 UNIX 的普及，学习和使用 UNIX 的需求越来越高。本书是一本由浅入深介绍 UNIX 基本概念和使用方法的优秀教材。

本书是从初学者学习 UNIX 系统概念和命令使用的角度组织的，所选内容全部针对的是初学者完成日常工作所必需的各方面。在介绍了 UNIX 系统的背景和基本特征后，本书由浅入深地讲解了 UNIX 系统的常用命令、vi 编辑器、文件操作、shell 命令解释器、UNIX 通信工具、程序开发工具和一些深入的 UNIX 命令。

作者长期在大学从事 UNIX 系统的教学工作，本书是作者多年教学经验的总结，具有如下特点：

1. 本书是按教材编写的，其中的章节安排和实例都是作者在自己的 UNIX 课程中使用的。每章结构基本相同，首先是内容概要，然后通过具体实例讲解基本概念和命令的使用方法，使读者通过一边学习，一边上机实践，加深对所学内容的理解。每章最后是习题，大多数章后有上机练习，以巩固所学知识。合理的组织使读者可由浅入深、循序渐进地学习并掌握 UNIX 的基本概念和使用方法，形成清晰的概念体系。
2. 本书是针对初学者学习 UNIX 系统的基本概念和命令而写的，重点放在初学者常用的基本命令、文件操作、shell 编程上，省略了很少使用的命令和选项，避免直接罗列所有的命令及其繁杂的选项。这种做法有利于读者快速掌握 UNIX 的基本概念和命令，增强进一步学习 UNIX 高级课程的信心和兴趣。
3. 本书第四版包含 Linux 操作系统的命令及其 Bourne Again shell (bash) 的内容，并指出学习 Linux 是学习 UNIX 的最方便、最低价的方式。因此，本书的学习也使读者能学习和了解 Linux 及其使用。

本书适合作为大专院校相关专业 UNIX 课程的教学用书或参考书，以及各种 UNIX 培训班的教材。对于那些在工作中使用 UNIX 系统的用户和进行 UNIX 开发和编程人员，也是很好的初级教程和入门性参考读物。本书可满足广大读者学习 UNIX 使用的需求。

本书由武汉大学计算机学院张焕国教授组织翻译并进行审校。翻译分工如下：李石君（第1章、第2章、第3章、第4章、第9章、附录A、附录B、附录E）、曾平（第10章、第11章、第12章、第13章、附录C）、陈爱莉（第5章、第6章、第7章、第8章、附录D）。郑鹏、傅建明、于发江、朱琴等人参与了翻译工作，进行了部分书稿的初译和译文整理、程序验证等工作，在此一并表示感谢。尽管译者在翻译过程中尽了最大的努力，但限于译者水平，译文中难免有疏漏和错误。欢迎读者批评指正，并将更正反馈给我们。

前 言

微机UNIX操作系统价格的下降和近期硬件性能的提高推动了微机UNIX的流行和普及。因此,许多有计算机技能但没有任何操作系统经验的学生和UNIX新用户都需要学习UNIX。

本书正是为这些学生和新用户而写的。书中并不介绍操作系统原理,也不是UNIX参考书,而是按教学方式组织的教材。其目的在于提供一个在课堂和实验室环境下的教和学的工具。本书是一本介绍操作系统的书。它简要介绍了操作系统的概念,主要讨论UNIX和UNIX环境。书中覆盖了UNIX用户独立完成大部分日常工作所必需的内容,也为读者进一步学习更高深的课程打下了良好的知识基础。

本书主要依据作者从事UNIX教学的经验写成,其中的章节安排和实例都是作者在讲授UNIX课程时使用的。本书引导读者入门,但并不简单。书中没有采用讲故事的方式改变技术内容,也没有用离题的故事来添加趣味性。

本书的每一章都较短,需要较多讨论的内容被分成两章。每章的格式尽量保持一致。但当这种格式不适用于内容时,则被放弃。

每一章都从简要说明概念和主题开始。通过简单具体的实例阐明概念或者说明命令的用法。随后是更详细、更复杂的命令和实例。每章最后是用于进行复习的习题,并在适当或必要的章节安排了上机练习。

第1章简要介绍计算机硬件和软件的功能,解释计算机的基本概念和术语。详细讨论软件的类型并将重点放在系统软件上,解释操作系统的重要性并探讨其基本功能。

第2章简要介绍UNIX操作系统的历史。探讨UNIX的开发过程,讨论主要的UNIX版本,说明UNIX系统的一些重要特征。

第3章介绍怎样登录和退出UNIX系统。介绍简单的UNIX命令及其应用,讨论UNIX的登录过程和UNIX的一些内部操作。

第4章和第6章介绍UNIX操作系统的vi文本编辑器。在简要介绍UNIX系统支持的编辑器后,第4章介绍vi文本编辑器,讨论完成简单的编辑任务所必需的vi基本命令。第6章通过一些高级vi命令展示vi的更多编辑功能及其灵活性,并解释定制vi编辑器的各种方法。

第5章是讨论UNIX系统文件结构的两章中的第一章。具体讨论文件和目录的基本概念以及文件系统的层次树结构,给出文件系统操作的命令。第7章是讨论相关内容的第二章。给出更多的文件操作命令,讨论shell的输入/输出重定向操作符,并介绍文件名通配符。

第8章介绍shell命令解释程序及其在UNIX系统中的功能。重点讨论shell的特征和功能、shell变量和shell元字符,还涉及UNIX系统中的启动文件和进程管理。

第9章集中讨论UNIX通信工具。介绍UNIX系统中的电子邮件程序及其可用的命令和选项,讨论影响电子邮件程序环境的shell变量和其他变量,并说明如何利用启动文件来定制电子邮件程序的使用。

第10章介绍程序开发的要点。讨论开发程序的步骤,通过一个简单的C语言程序实例,说明从编写源程序到生成可执行程序的全过程。

第 11 章集中讨论 shell 编程。介绍 shell 作为高级解释性语言的功能，讨论 shell 编程的构造和细节，演示 shell 程序的创建、调试和运行。

在前一章介绍的命令和概念的基础上，第 12 章讨论更多的 shell 编程命令和技巧。也是通过一个简单的应用程序实例，说明用 shell 语言开发程序的过程。

第 13 章给出了其他一些重要的 UNIX 命令。磁盘命令、文件操作命令和系统安全是这一章的主要论题。

第四版新增内容

作者收到了来自同事们和使用本书作为教材的教授们关于在本版中增加其他内容、增加 UNIX 的功能和特征介绍的建议，也收到了保持本教材基本特点不变动的建议，这就令人面临两难的选择。但最后作者还是做出了决定，保持该书的结构和水平与以前的版本一致，而不是创作一本上千页的包含所有内容的参考书。

第四版包含来自 Linux 操作系统的命令，以及 Linux 的 Bourne Again shell (bash) 的命令。

本书中还删除了一些不一致的地方，更正了所有已知的错误，使用不同的 shell 测试了所有的程序，重新审查了每章后的习题和上机练习，并增加了一些新的习题。

资源

本书有教师指导手册 (ISBN 0-13-092737-6) 和其他教学辅助资源。教师可填写书后所附表格向出版社申请获得。

致谢

如果没有许多学术界和业界朋友的帮助，本书的第四版是不可能问世的。在此，我逐一向所有为本书出版提供帮助的朋友表示感谢。

感谢参加我的 C/C++ 和 UNIX 课程的同学提供建议和反馈信息。

感谢 Strayer 大学的 Dean Farzan Soroushi 在他的课程中试用新版本的材料。

感谢 Georgia Southwestern State 大学的 Tammy Dingle, 得克萨斯州 Lamar 大学的 Lawrence Osborne, 感谢他们提出更正和建议。

感谢我在 General Dynamics-Chantilly Office 的同事，特别感谢 Jim Schmid 协调我的教学和写作日程安排。

感谢 Tom Swanson，我即将出版的另一本书“UNIX Administration Unbounded”的合作者，作为权威所慷慨付出的时间。

感谢 Prentice Hall 出版公司的 Charles Stewart 对我的写作项目的耐心和长期支持。

阅读指南

如果读者是第一次学习UNIX操作系统,建议从第1章开始,按书中章节顺序阅读本书。如果读者对UNIX操作系统已有一定了解,建议浏览已了解的内容并复习其要点,以帮助理解本书的其他章节。书中的大多数章节是前后相关的,学习前面的章节有利于理解后续章节,或打下必要的基础。

本书使用大量实例阐明概念或说明命令的不同使用方法,建议读者在系统上试用这些实例。UNIX系统有很多变体且易于修改,这意味着读者可能会发现本书与你的系统之间存在不一致,本书中的一些屏幕显示或命令序列也可能并不与读者的系统完全一致。

印刷符号说明

本书使用特殊字体来强调某些词语。例如,用黑体表示用户从键盘输入的UNIX命令或特殊字符。下面是一个终端显示实例,它是读者练习命令时在系统上看到的屏幕显示。

```
UNIX System V release 4.0
login: david
password:
```

下面是一个命令序列实例。用户键入的字符用黑体表示,右侧的文字是对左侧所执行操作的注释,这种格式在需要逐行解释命令或输出时很有用。

```
$ pwd [Return] .....检查当前目录
    /usr/david .....当前目录为 david
$ cd source [Return] .....进入目录 source
```

提示

本书使用不同的提示符和文字来引起读者的注意、列出某些特征或表示所采取的动作。本书使用以下4种说明方式:

说明: ● 列出要点

- 引起读者对命令或屏幕显示的某个特定方面的注意

注意: ● 引起读者对常见用户错误的注意

- 警告读者操作的后果

实例: ● 演示命令在系统中的工作过程

- 让读者在自己的系统上练习命令的使用

□: ● 说明执行特定任务时必须进行的键盘输入步骤

键盘输入约定

[Return]: 表示回车键,有时称为 CR 键或 Enter 键,通常在命令或输入行的结尾使用该键。

[Ctrl-d]: 表示同时按下 Ctrl 控制键和字符键 d。包括 Ctrl 键在内的各控制键与各字符组合可用同样的方法表示。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 计算机简介	1
1.3 计算机硬件	2
1.4 处理操作	6
1.5 计算机软件	7
习题	12
第 2 章 UNIX 操作系统	13
2.1 UNIX 操作系统：历史简介	13
2.2 其他 UNIX 系统	15
2.3 UNIX 操作系统概要	16
2.4 UNIX 系统特征	17
习题	18
第 3 章 UNIX 入门	19
3.1 与 UNIX 建立连接	19
3.2 使用一些简单的 UNIX 命令	23
3.3 获取帮助信息	28
3.4 更正键盘输入错误	30
3.5 使用 shell 和系统工具	31
3.6 登录过程	32
命令小结	34
习题	34
上机练习	35
第 4 章 vi 编辑器入门	36
4.1 什么是编辑器	36
4.2 vi 编辑器	37
4.3 基本的 vi 编辑器命令	38
4.4 存储缓冲区	51
命令小结	52
习题	54
上机练习	55

第 5 章	UNIX 文件系统介绍	57
5.1	磁盘组织	57
5.2	UNIX 中的文件类型	57
5.3	目录详述	57
5.4	目录命令	63
5.5	显示文件内容	76
5.6	打印文件内容	76
5.7	删除文件	80
	命令小结	82
	习题	83
	上机练习	86
第 6 章	vi 编辑器的高级用法	87
6.1	更多有关 vi 编辑器的知识	87
6.2	重排文本	93
6.3	vi 操作符的域	94
6.4	在 vi 中使用缓冲区	97
6.5	光标定位键	100
6.6	定制 vi 编辑器	101
6.7	最后的 vi 命令	106
	命令小结	108
	习题	109
	上机练习	111
第 7 章	UNIX 文件系统高级操作	113
7.1	读文件	113
7.2	shell 重定向	114
7.3	增强的文件打印功能	118
7.4	文件操作命令	121
7.5	文件名替换	130
7.6	其他文件操作命令	133
7.7	UNIX 的内部: 文件系统	143
	命令小结	146
	习题	149
	上机练习	150
第 8 章	探索 shell	153
8.1	UNIX shell	153
8.2	shell 变量	159
8.3	其他元字符	163
8.4	其他 UNIX 系统工具	166
8.5	启动文件	175

8.6	Kore shell 和 Bourne Again shell	177
8.7	UNIX 进程管理	185
	命令小结	188
	习题	190
	上机练习	191
第 9 章	UNIX 通信	193
9.1	通信方式	193
9.2	电子邮件	197
9.3	mailx 输入模式	201
9.4	mailx 的命令模式	205
9.5	定制 mailx 环境	210
9.6	与本地系统外的用户通信	212
	命令小结	213
	习题	214
	上机练习	215
第 10 章	程序开发	216
10.1	程序开发	216
10.2	编程语言	216
10.3	编程机制	218
10.4	简单的 C 程序	220
10.5	UNIX 编程的跟踪工具	223
	习题	223
	上机练习	223
第 11 章	shell 编程	225
11.1	简介 UNIX shell 编程语言	225
11.2	编写更多的 shell 脚本	228
11.3	探索 shell 编程基础	234
11.4	算术运算	251
11.5	循环结构	253
11.6	调试 shell 程序	259
	命令小结	261
	习题	262
	上机练习	263
第 12 章	shell 脚本：编写应用程序	265
12.1	编写应用程序	265
12.2	UNIX 内核：信号	267
12.3	对终端的进一步讨论	269
12.4	其他命令	274

12.5 菜单驱动应用程序	276
命令小结	298
习题	298
上机练习	299
第 13 章 告别 UNIX	300
13.1 磁盘空间	300
13.2 其他 UNIX 命令	302
13.3 拼写错误更正	310
13.4 UNIX 系统安全	312
13.5 使用 FTP	316
13.6 使用压缩文件	323
命令小结	323
习题	326
上机练习	326
附录 A 命令索引	328
附录 B 分类命令索引	330
附录 C 命令小结	333
附录 D vi 编辑器命令小结	345
附录 E ASCII 表	348

第1章 绪 论

本章简要介绍计算机硬件和软件的基础知识,解释计算机的基本术语和概念。本章将讨论软件的类型,论述操作系统的重要性,并探讨操作系统的主要功能。

1.1 引言

大多数人是通过计算机课程,或在工作和家庭环境中使用计算机而获得了计算机的基础知识。针对没有参加过任何计算机课程(或者学过但已忘记)的读者,本章首先对计算机进行简要的介绍,并解释一些通用的软件和硬件术语,再进一步讨论操作系统软件。

1.2 计算机简介

什么是计算机? Merriam Webster 的 Collegiate 词典将计算机定义为“可以存储、检索和处理数据的可编程的电子设备”。本章将该定义进行了扩展,并探讨了计算机系统的每个组成部分。

根据计算机的大小、性能和速度可以将计算机分为以下 4 类:

- 巨型计算机
- 大型计算机
- 小型计算机
- 微型计算机

说明: 以上分类很不明确,某一类的低端系统可能会与另一类的高端系统重叠。

巨型计算机: 巨型计算机是运行速度最快且最昂贵的计算机,它比大型计算机要快上千倍。巨型计算机主要是为天气预报、三维模型和计算机动画等复杂的计算型应用而设计的。所有这些任务需要异常大量的复杂计算,这些计算需要巨型机来执行。巨型机通常包含几百个处理器,并配备最新和最昂贵的硬件设备。

说明: 巨型计算机还适于许多其他应用。甚至好莱坞也使用巨型计算机强大的图像处理功能来制作电影特技。

大型计算机: 大型计算机是为大型机构的信息处理而设计的大型、快速的系统。大型机支持几百个用户并可以同时执行几百个程序。它们有强大的输入/输出(I/O, Input/Output)能力,支持大容量的内存和磁盘存储空间。大型机主要应用于大型商业环境,如银行和医院等,以及一些其他大型机构,如大学等。大型机费用昂贵,而且通常需要受过培训的人员来操作和维护。

说明: I/O 设备是计算机与外界(人或其他计算机)交流的工具。各种 I/O 设备在速度和通信介质方面差异很大。

小型计算机: 直到 20 世纪 60 年代后期,所有的计算机都还是大型机,而且只有大型机构才用得起它们。随后开始研制小型机。小型机的最初功能是执行特定的任务,主要用于大学和科研机构。

小型机迅速广泛地在小型和中型机构中用于数据处理。今天某些“小型计算机”的性能甚至与大型机相当，并且大多数小型计算机是通用计算机。如大型机一样，小型机也能为多个用户提供信息处理服务，能并行执行许多应用程序。但它们比大型机便宜，且更易于安装和维护。

微型计算机：也称为个人计算机（PC，Personal Computer）。微型计算机最便宜并在市场上是最流行的计算机。它们很小，能放在桌面或手提箱中。不同微型计算机的价格和性能差异很大，某些型号的微型计算机甚至与小型机和老式大型机相当。微型计算机用于商业，而且它们既可以单独使用，也可以与其他计算机连在一起，以扩展其功能。

表 1.1 列出了计算机的类型、典型配置（存储容量、用户数等）和大致的速度。

表 1.1 计算机的分类

类型	典型配置	大致速度
微型计算机	64 MB 内存、4 GB 磁盘存储空间、单用户	每秒处理 1000 万条指令
小型计算机	128 MB 内存、10 GB 磁盘存储空间、1 个磁带机、128 个用户	每秒处理 3000 万条指令
大型计算机	1 GB 内存、100 GB 磁盘存储空间、多个磁带机、几百个用户、4 个以上处理器	每秒处理 5000 万条指令
巨型计算机	1 GB 内存、100 GB 磁盘存储空间、64 个以上处理器	每秒处理 20 亿个浮点运算操作

1.3 计算机硬件

不管计算机系统是简单还是复杂，它都具有 4 项基本功能：输入、处理、输出和存储。计算机也可分成两个不同的部分：硬件和软件。这两个部分互为补充，软、硬件的结合使计算机能实现其基本功能。

图 1.1 给出了计算机系统的 4 项功能以及与每项功能相关的典型的硬件设备。

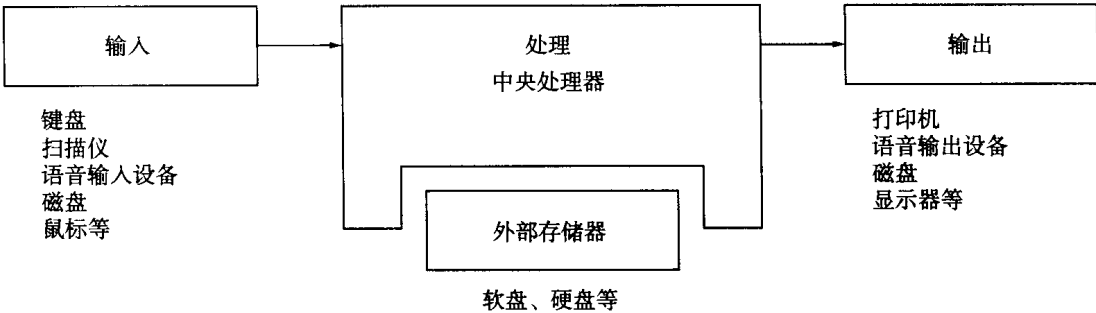


图 1.1 计算机系统的 4 项功能部分

大多数计算机系统包括 5 个基本硬件组件，它们共同完成计算机的任务。在不同的计算机系统中，组件的数目、实现方式、复杂性和性能都不同。但是，每个组件执行的功能通常是类似的。这 5 个组件是：

- 输入设备
- 处理器单元
- 内存
- 外部存储器
- 输出设备

这5个组件连接的方式称为系统硬件配置。例如,在一个系统中,处理器单元和外部存储器可能放在一个组件中;而在另一个系统中,它们可能是分离的。

1.3.1 输入设备

输入设备用于向计算机输入指令或数据。目前有许多输入设备,它们的数量还在增加。键盘、光笔、扫描仪和鼠标是最流行的输入设备,而键盘几乎到处都在使用。

说明:某些设备既可当做输入设备,也可当做输出设备,例如磁盘和触摸屏。

1.3.2 处理器单元

处理器单元是计算机系统的智能部分,通常称为中央处理单元(CPU, Central Processing Unit),控制计算机的行为。CPU控制任务的执行,如将键盘的输入送到内存、处理存储的数据或将操作结果送到打印机。CPU包括3个基本组成部分:

- 算术和逻辑运算单元 (ALU, Arithmetic and Logic Unit)
- 寄存器
- 控制单元 (CU, Control Unit)

说明:CPU也称为计算机的大脑、心脏或思维部件。

算术和逻辑运算单元:算术和逻辑运算单元 (ALU) 是CPU中控制所有算术和逻辑运算的电子电路部分。算术运算包括加、减、乘和除。许多更复杂的运算,如乘方和取对数也可以实现。逻辑运算包括对字符、数字或特殊符号的比较,以判断它们是否相等、大于或者小于。

总之,ALU负责以下运算:

- 执行算术运算
- 执行逻辑运算

寄存器: CPU中一般包含小部分临时存储单元,这些临时存储单元称为寄存器。一个寄存器可以保存一个指令或一个数据项。寄存器用来存储需要立即、快速、频繁访问的数据和指令。例如,可将两个即将相加的数存放在寄存器中。ALU读取这些数据,将它们相加,然后将结果存储到另一个寄存器中。由于寄存器在CPU中,所以其中的内容可以很快地被其他CPU组件访问。

总之,寄存器的作用如下:

- 在CPU中存储指令和数据

控制单元: 控制单元是CPU中控制和协调系统其他部分的动作,以执行程序指令的电子电路单元。它自己并不执行指令,而是沿相应的电路发送电子信号来激活其他部分。它主要负责从内存中存取数据和指令,还负责控制ALU。当CPU需要程序指令和数据时,控制单元将它们从内存送到寄存器。

总之,控制单元负责以下操作:

- 激活其他组件
- 将指令和数据从内存送到寄存器

1.3.3 内存

计算机有两种状态,这两种状态可以解释为0或1,真或假,上或下,等等。几乎任何可保存两种状态的设备都可用做存储器。但是,大多数计算机使用可存储二进制数字或位的集成电路存储器。每位可以是0或1,因此可以代表两种状态中的一种。小型机的内存足以存储数百万个位,而大型机可以存储数十亿位。各种机型的区别在于存储容量的大小,而存储功能并无差异。

内存(也称为主存或基本内存)可存储如下内容:

- 保存当前程序指令
- 保存程序处理的数据
- 保存执行程序指令时产生的中间结果

说明:内存只保存程序执行期间的临时数据。

内存所保存的内容由当前正在执行的程序和与之相关的数据两部分组成。程序执行过程中需要在内存和CPU之间进行大量数据交换。

CPU是快速设备,因此需要可快速访问的设备作为内存。当前的计算机硬件中,内存是一种称为内存芯片的硅半导体器件。计算机通常有两种内存:

- 随机存储器(RAM, Random Access Memory)
- 只读存储器(ROM, Read Only Memory)

随机存储器:随机存储器(RAM)是计算机的工作存储器。它提供CPU需要的访问速度,并且允许CPU按存储单元的地址读写指定的存储单元。当计算机工作时,程序和数据临时存放在RAM中。RAM中的数据可以修改和删除。

说明:RAM是不稳定的存储器,它不提供持久存储。一旦用户关掉计算机(或以其他方式切断RAM的电源),RAM中存储的内容将丢失。

只读存储器:第二类存储器是只读存储器(ROM),用于永久保存计算机生产厂家放置在系统中的程序和数据。CPU只能从ROM中读取指令,而不能更改、删除或覆盖它们。当关掉计算机电源时,ROM中存储的内容不会丢失。ROM中的程序有时称为固件,介于软件和硬件之间。

数据表示

人们习惯了使用十进制数据系统。十进制系统(基数为10)包含从0到9十个数字。而计算机使用的是二进制(基数为2),包含0和1两个数字。

位(二进制数字):每个位可能是0,也可能是1。位是计算机所能识别的最小的信息单元。

字节:计算机的存储器必须能存储字母、数字和符号,而单独一个位是不能完成该任务的。多个位组合在一起可以表示有意义的数据。一个8位的组合称为一个字节,一个字节能表示一个字符。字符可以是写字母、小写字母、数字、标点符号或特殊符号。

ASCII码:当数据输入到计算机时,系统必须把用户能识别的数据(字母、数字和符号)转换成计算机所能理解的格式。美国信息交换标准码(ASCII, American Standard Code for Information Interchange, 读为 ask-ee)是一种用8位字节表示字符的编码方案。

说明:ASCII码最多可以表示256个字符,包括所有大小写字母、数字、标点符号和特殊符号。