



高职高专“十一·五”规划教材
计算机系列·计算机专业基础课

计算机组成原理

高国红 主 编
付俊辉 李学勇 副主编
陈付贵 主 审



西北工业大学出版社



高职高专“十一五”规划教材

计算机系列·计算机专业基础课

计算机组成原理

高国红	主 编
付俊辉	李学勇 副主编
	陈付贵 主 审

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是为高职高专计算机及相关专业编写的教材。

本书深入浅出地介绍了计算机组成原理的相关知识,主要包括计算机的硬件组成,计算机常用逻辑电路设计,计算机中数据的表示方法,计算机存储系统、指令系统及寻址方式,中央处理器,总线系统和微程序控制计算机的设计,并通过实训将理论知识与实际应用结合起来。

本书适合高职高专学生使用,也可作为计算机应用技术及管理人士的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机组成原理/高国红主编. —西安:西北工业大学出版社,2008.4

(高职高专“十一五”规划教材·计算机系列)

ISBN 978-7-5612-2341-3

I. 计… II. 高… III. 计算机体系结构—高等学校:技术学校—教材 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008)第 003942 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:18.25

字 数:468 千字

版 次:2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

定 价:30.00 元

高职高专“十一五”规划教材·计算机系列

编审委员会

顾问	问	郑启华	清华大学教授 计算机教育资深专家		
主任	任	黄维通	清华大学计算机科学与技术系 全国计算机基础教育研究会副秘书长		
副主任	任	李俊	清华大学信息科学技术学院		
		骆海峰	北京大学软件与微电子学院		
		梁振方	上海交通大学电子信息与电气工程学院		
委员	(以姓氏笔画为序)				
	卫世浩	王玉芬	王军号	王建平	卢云宏
	付俊辉	朱广丽	刘庆杰	刘春霞	江枫
	李永波	李光杰	李克东	李学勇	张春飞
	张岩	郑义	姚海军	高国红	徐桂保
	殷晓波	程华安	谢广彬	詹林	
课程审定	张歆	清华大学信息科学技术学院			
	战扬	北京大学软件与微电子学院			
内容审定	倪铭辰	清华大学信息科学技术学院			
	谢力军	北京大学软件与微电子学院			
	李振华	北京航空航天大学计算机学院			

出版说明

高职高专教育作为我国高等教育的重要组成部分,承担着培养高素质技术、技能型人才的重任。近年来,在国家和社会的支持下,我国的高职高专教育取得了不小的成就,但随着我国经济的腾飞,高技能人才的缺乏越来越成为影响我国经济进一步快速健康发展的瓶颈。这一现状对于我国高职高专教育的改革和发展而言,既是挑战,更是机遇。

要加快高职高专教育改革的步伐,就必须对课程体系和教学模式等问题进行探索。在这个过程中,教材的建设与改革无疑起着至关重要的基础性作用,高质量的教材是培养高素质人才的保证。高职高专教材作为体现高职高专教育特色的知识载体和教学的基本工具,直接关系到高职高专教育能否为社会培养并输送符合要求的高技能人才。

为促进高职高专教育的发展,加强教材建设,教育部在《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中,提出了“重点建设好3 000种左右国家规划教材”的建议和要求,并对高职高专教材的修订提出了一定的标准。为了顺应当前我国高职高专教育的发展潮流,推动高职高专教材的建设,我们精心组织了一批具有丰富教学和科研经验的人员成立了高职高专“十一五”规划教材编审委员会。

编审委员会依据教育部高教司制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》,调研了百余所具有代表性的高等职业技术学院和高等专科学校,广泛而深入地了解高职高专的专业和课程设置,系统地研究了课程的体系结构,同时充分汲取各院校在探索培养应用型人才方面取得的成功经验,并在教材出版的各个环节设置专业的审定人员进行严格审查,从而确保了整套教材“突出行业需求,突出职业的核心能力”的特色。

本套教材的编写遵循以下原则:

(1) 成立教材编审委员会,由编审委员会进行教材的规划与评审。

(2) 按照人才培养方案以及教学大纲的需要,严格遵循高职高专院校各学科的专业规范,同时最大程度地体现高职高专教育的特点及时代发展的要求。因此,本套教材非常注重培养学生的实践技能,力避传统教材“全而深”的教学模式,将“教、学、做”有机地融为一体,在教给学生知识的同时,强化了对学生实际操作能力的培养。

(3) 教材的定位更加强调“以就业为导向”,因此也更为科学。教育部对我国的高职高专教育提出了“以应用为目的,以必需、够用为度”的原则。根据这一原则,本套教材在编写过程中,力求从实际应用的需要出发,尽量减少枯燥、实用性不强的理论灌输,充分体现出“以行业为导向,以能力为本,以学生为中心”的风格,从而使本套教材更具实用性和前瞻性,与就业市场结合也更为紧密。

(4) 采用“以案例导入教学”的编写模式。本套教材力图突破陈旧的教育理念,在讲解的过程中,援引大量鲜明实用的案例进行分析,紧密结合实际,以达到编写实训教材的目的。

标。这些精心设计的案例不但可以方便教师授课,同时又可以启发学生思考,加快对学生实践能力的培养,改革人才的培养模式。

本套教材涵盖了公共基础课系列、计算机系列和机电系列的主要课程。目前已经规划的教材系列名称如下:

公共基础课系列

- 公共基础课

机电系列

- 机械类
- 数控类
- 电子信息类

计算机系列

- 计算机公共基础课
- 计算机专业基础课
- 计算机网络技术专业
- 计算机软件技术专业
- 计算机应用技术专业

对于教材出版及使用过程中遇到的各种问题,欢迎您通过电子邮件及时与我们取得联系(联系方式详见“教师服务登记表”)。同时,我们希望有更多经验丰富的教师加入到我们的行列当中,编写出更多符合高职高专教学需要的高质量教材,为我国的高职高专教育做出积极的贡献。

高职高专“十一五”规划教材编审委员会

序

21 世纪是科技和经济高速发展的重要时期。随着我国经济的持续快速健康发展,各行各业对高技能专业型人才的需求量迅速增加,对人才素质的要求也越来越高。高职高专教育作为我国高等教育的重要组成部分,在加快培养高技能专业型人才方面发挥着重要的作用。

与国外相比,我国高职高专教育起步时间短,这种状况与我国经济发展对人才大量需求的现状是很不协调的。因此,必须加快高职高专教育的发展步伐,提高应用型人才的培养水平。

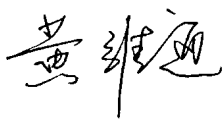
高职高专教育水平的提高,离不开课程体系的完善。相关领域人才的培养需要一批兼具前瞻性和实践性的优秀教材。教育部高教司针对高职高专教育人才培养模式提出了“以就业为导向”的指导思想,这也正是本套高职高专教材的编写宗旨和依据。

如何使高职高专教材既突出行业的需求特点,又突出职业的核心能力?这是教材编写的过程中必须首先解决的问题。本系列教材编委会深入研究了高职高专教育的课程和专业设置,并对以往的教材进行了详细分析和认真考察,力图在不破坏教材系统性的前提下,加强教材的创新和实践性内容,从而确保学生在学习专业知识的同时多动手,增强自己的实践能力,以加强“知”与“行”的结合。

同时,本系列教材在编写过程中还充分重视群体和类别的差异性,面对不同学校 and 不同专业方向的定位差异,精心设计了与其相配套的辅助实验指南及相关的习题解答等。通过这些栏目的设计,使本系列教材内容更加丰富,条理更为清晰,为老师的讲授和学生的学习都提供了很大的便利。

经过编委会的辛勤努力,本套教材终于顺利出版了,相信本套教材一定能够很好地适应现代高职高专教育的教学需求,也一定能够在高职高专教育计算机课程的改革中发挥积极的推动作用,为社会培养更多优秀的应用型人才。

全国计算机基础教育研究会副秘书长



前 言

本书是一本面向高等职业教育、高等专科教育、成人高等教育以及应用型本科教育的“计算机组成原理”课程的教材，也可作为计算机工程技术人员的参考书。学生通过这门课程的学习，可以较为深入地掌握计算机的工作和组成原理，为其他计算机专业课程的学习打下坚实的基础。

“计算机组成原理”是计算机及相关信息技术专业的一门核心基础课程，在计算机专业课程系列中起着承上启下的作用。本书在编写过程中注重从传授知识和培养能力的目的出发，并结合本课程的教学特点，注意从应用中提出问题再进一步给出解决问题的思路和方法，循序渐进，深入浅出。在内容组织方面注重基础知识、基本原理和基本技能的培养，并根据学生学习的特點，力求重点突出，难点讲透，通俗易懂。

本书共分为 10 章，主要内容如下：

第 1 章主要介绍了计算机的硬件组成、软件和计算机发展应用的基本知识；

第 2 章讲述了计算机常用逻辑电路设计及 EDA、VHDL 硬件逻辑电路设计软件；

第 3 章讲述了各种数据在计算机中的表示、计算方法，字符的编码以及定点数的加、减、乘、除等基本算术运算和浮点数加减运算，并结合运算部件实例，讲述了运算部件的基本原理，最后讲述了常用的数据校验码；

第 4 章讲述了计算机的存储系统，从基本的存储单元电路出发，讲述 RAM、ROM 的工作原理，高速缓存和虚拟存储器的基本概念与基本原理及外存设备和磁盘阵列技术；

第 5 章介绍了指令系统及寻址方式，并对 Pentium CPU 的指令系统进行了分析；

第 6 章讲述了中央处理器的组成、各种控制方法的原理；

第 7 章讲述了总线系统、总线的控制方式，并对在微型机中常用的 PCI 总线、PCI-Express 等总线作了介绍；

第 8 章介绍了常用的输入/输出系统、计算机 I/O 的控制方式及输入/输出设备的基本原理和特点，重点讲述了中断技术和 DMA 技术；

第 9 章从应用的角度讲述微程序控制计算机的设计；

第 10 章以实践内容为目的，主要讲述了运算器、存储器、微程序控制器以及模型计算机的训练内容。

本书由河南科技学院高国红主编，参加编写工作的还有付俊辉、李学勇、孙甲霞、王应军和张海燕。其中付俊辉编写第 5 章、第 6 章，李学勇编写第 7 章、第 10 章，孙甲霞编写第 8 章，王应军编写第 2 章、第 3 章（3.1~3.3），张海燕编写第 4 章，高国红编写第 1 章、第 3 章（3.4~3.6）、第 9 章并负责全书的审核、统稿。

在本书的编写过程中，陈付贵教授、张宝剑副教授、白林峰副教授和朱家义副教授给予了极大的帮助和支持，在此对他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，疏漏和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 计算机系统概论	1
1.1 计算机的硬件系统	1
1.1.1 冯·诺依曼计算机	1
1.1.2 计算机硬件组成	2
1.2 计算机的软件系统	3
1.2.1 系统软件	3
1.2.2 应用软件	5
1.2.3 计算机系统的层次结构	6
1.3 计算机系统的发展与应用	6
1.3.1 计算机的发展简史	6
1.3.2 计算机的分类	9
1.3.3 计算机的应用领域	11
1.4 现代计算机设计技术	13
1.4.1 精简指令集计算机	13
1.4.2 嵌入式计算机	14
本章小结	16
习题 1	16
第 2 章 计算机的逻辑部件	19
2.1 数字逻辑与数字电路	19
2.1.1 逻辑代数的基本知识	19
2.1.2 常见的门电路	20
2.2 常用的组合逻辑电路设计	22
2.2.1 加法器	22
2.2.2 译码器设计	25
2.2.3 移位寄存器	28
2.2.4 计数器设计	30
2.3 EDA 技术	32
2.3.1 EDA 技术简介	32
2.3.2 EDA 技术应用	33
2.4 硬件描述语言 VHDL	34
2.4.1 VHDL 语言程序格式	35
2.4.2 VHDL 语言的应用	37
2.5 实例解析	38
本章小结	40

习题 2	40
第 3 章 运算方法和运算部件	42
3.1 数字化信息编码	42
3.1.1 数字化信息编码的概念	42
3.1.2 二进制编码和码制转换	43
3.2 常用的数据表示	47
3.2.1 真值与机器数	47
3.2.2 机器码	47
3.2.3 定点数和浮点数	48
3.3 二进制数值数据的编码与运算算法	49
3.3.1 原码、反码和补码	49
3.3.2 补码加减法运算规则	50
3.3.3 补码加减法运算部件	51
3.3.4 定点原码一位乘法运算	52
3.3.5 定点原码一位乘法运算部件	54
3.3.6 定点补码一位乘法运算	54
3.3.7 定点原码一位除法运算	56
3.3.8 定点补码一位除法运算	58
3.3.9 定点运算部件	59
3.4 浮点数与浮点运算器	61
3.4.1 浮点数描述	61
3.4.2 浮点数的加减法运算	64
3.4.3 浮点数的乘法运算	67
3.5 数据校验码	68
3.5.1 奇偶校验码	69
3.5.2 海明校验码	70
3.5.3 循环冗余校验码	74
3.6 实例解析	77
本章小结	79
习题 3	79
第 4 章 存储系统	82
4.1 计算机存储系统组织方式	82
4.2 半导体存储器芯片介绍	83
4.2.1 SRAM 芯片的结构和工作原理	84
4.2.2 DRAM 芯片的结构和工作原理	86
4.2.3 ROM 的结构和原理	87
4.2.4 相联存储器	89
4.3 主存储系统	89
4.3.1 位扩展	90

4.3.2	字扩展	91
4.3.3	字位扩展	95
4.4	高速缓冲存储器 Cache	96
4.4.1	Cache 基本原理	96
4.4.2	地址映像	97
4.4.3	替换策略及更新策略	99
4.5	虚拟存储系统	100
4.5.1	页式存储系统	100
4.5.2	段式虚拟存储	109
4.5.3	段页式虚拟存储	111
4.6	外存设备与磁盘阵列技术	113
4.6.1	外存设备概述	113
4.6.2	磁盘设备的组成与运行原理	114
4.6.3	光盘设备的组成与运行原理	116
4.6.4	磁盘阵列技术与容错支持	116
4.7	实例解析	118
	本章小结	119
	习题 4	119
第 5 章	指令系统	121
5.1	指令系统概述	121
5.2	指令格式	122
5.2.1	操作码	123
5.2.2	地址码	123
5.3	操作数的存储及其寻址方式	124
5.3.1	操作数的类型	124
5.3.2	操作数存储方式	125
5.3.3	数据的寻址方式	126
5.4	指令系统功能设计	129
5.4.1	常见指令类型	129
5.4.2	指令系统设计思想	131
5.4.3	指令系统举例	133
5.5	指令系统的发展	140
5.6	实例解析	141
	本章小结	143
	习题 5	143
第 6 章	中央处理器	145
6.1	CPU 的功能和构成	145
6.1.1	CPU 的功能	145
6.1.2	CPU 的主要寄存器	146

6.1.3	CPU 的组成	147
6.1.4	CPU 的主要技术参数	148
6.2	控制器	149
6.2.1	控制器的功能	149
6.2.2	控制器的组成	150
6.2.3	控制器的实现方式	151
6.3	指令周期	153
6.3.1	指令周期的基本概念	153
6.3.2	非访存指令周期	154
6.3.3	访存指令周期	156
6.3.4	控制指令周期	157
6.4	微程序控制器	158
6.4.1	微程序控制器的基本概念	158
6.4.2	微程序控制器的组成	160
6.4.3	微程序控制器的设计技术	161
6.4.4	微指令格式	163
6.5	组合逻辑控制器	166
6.5.1	组合逻辑控制器的基本结构	166
6.5.2	组合逻辑控制器的设计原理	167
6.5.3	组合逻辑控制器和微程序控制器的比较	167
6.6	流水线技术	168
6.6.1	基本概念	168
6.6.2	访存冲突和相关处理	171
6.7	实例解析	172
	本章小结	174
	习题 6	175
第 7 章	总线	178
7.1	总线的基本概念与特性	178
7.1.1	总线的概念	178
7.1.2	总线的特性	179
7.2	总线分类与结构	180
7.2.1	总线分类	180
7.2.2	总线结构	181
7.2.3	总线结构举例	184
7.3	总线标准	185
7.3.1	标准总线简介	185
7.3.2	PCI 总线	186
7.3.3	PCI-Express 总线	189
7.4	总线判优控制	190

7.4.1	链式查询方式	190
7.4.2	计数器定时查询方式	190
7.4.3	独立请求方式	191
7.5	总线数据通信	192
7.5.1	同步通信	192
7.5.2	异步通信	194
7.5.3	半同步通信	194
7.5.4	分离式通信	195
7.6	外部总线接口	196
7.7	实例解析	198
	本章小结	199
	习题 7	199
第 8 章	输入/输出系统	202
8.1	I/O 系统	202
8.1.1	I/O 系统概述	202
8.1.2	I/O 系统组成	204
8.2	计算机 I/O 方式	205
8.2.1	程序查询方式	205
8.2.2	中断方式	206
8.2.3	DMA 方式	209
8.3	I/O 设备	215
8.3.1	I/O 设备概述	215
8.3.2	显示器	216
8.3.3	打印机	221
8.3.4	键盘	225
8.4	实例解析	227
	本章小结	228
	习题 8	228
第 9 章	微程序控制计算机的设计	232
9.1	微程序控制计算机概述	232
9.1.1	设计要求与目标	232
9.1.2	计算机硬件设计	232
9.2	指令系统设计	238
9.2.1	指令类型	238
9.2.2	设计指令执行流程	240
9.3	微程序设计	241
9.3.1	微程序控制器	242
9.3.2	微程序设计	242
9.4	编写源程序	246

9.4.1 指令机器码	246
9.4.2 机器程序设计实例	246
本章小结	247
习题9	247
第10章 实训	249
实训一 运算器	249
实训二 存储器	256
实训三 微控制器实验	259
实训四 基本模型机设计与实现	267
参考文献	272

第 1 章 计算机系统概论

本章要点

- ◆ 计算机系统的分类
- ◆ 计算机硬件的组成及功能
- ◆ RISC 计算机
- ◆ 计算机软件的分
- ◆ 计算机的分类及应用领域

计算机是一种能够自动、高速解决数学问题及逻辑问题的现代化电子装置。一个完整的计算机系统由硬件系统和软件系统两部分组成,硬件构成了计算机系统的物质基础,软件则是计算机系统的应用基础。自从 1946 年第一台计算机诞生到第四代计算机的出现,计算机的硬件和软件正朝着相互渗透、相互融合的方向发展,计算机的应用领域也已经涉及了各行各业,现代计算机的设计理念和设计技术更是日新月异。

1.1 计算机的硬件系统

计算机硬件(Hardware)是指计算机系统使用的电子线路和电子元件等物理设备的总称。硬件是构成计算机的物质基础,是计算机系统的核心。

1.1.1 冯·诺依曼计算机

20 世纪 40 年代中期,美国科学家冯·诺依曼大胆地提出了采用二进制作作为数字计算机的数制基础的理论。同时,他还提出了计算机组成结构、程序存储和程序设计等思想。人们把冯·诺依曼的这些理论总结为冯·诺依曼体系结构。从 ENIAC 到当前最先进的计算机采用的都是冯·诺依曼体系结构。所以冯·诺依曼是当之无愧的电子计算机之父。

冯·诺依曼指出计算机硬件系统应由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备五大部分构成,基本结构框图如图 1-1 所示。

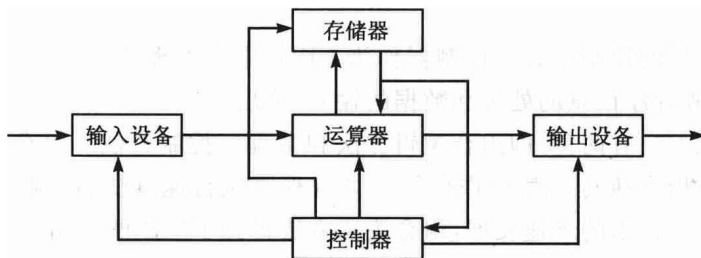


图 1-1 冯·诺依曼型计算机的基本结构

根据冯·诺依曼体系结构构成的计算机必须具有如下特征:

- 程序和数据在计算机中以二进制的方式执行。
- 必须能够记忆程序、数据、中间结果及最终运算结果。
- 具有完成各种算术、逻辑运算和数据传送等数据加工处理的能力。
- 指令由操作码和地址码组成。
- 能够根据需要控制程序走向,并能根据指令控制机器的各部件协调操作。

1.1.2 计算机硬件组成

半个世纪以来,计算机已发展为一个庞大的家族,尽管各种类型的计算机的性能、结构、应用等方面存在着差别,但是它们的基本组成结构却是相同的。现代计算机仍然采用的是冯·诺依曼体系结构,硬件系统仍由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备构成。

1. 运算器

在计算机中,运算器是一种执行部件,其主要任务是完成信息的加工处理。这些处理主要有加、减、乘、除等算术运算和与、或、非、异或、同等或逻辑运算。运算器主要由算术逻辑单元 ALU 和寄存器两部分组成,寄存器部件用来提供参与运算的操作数,并暂时存放运算结果,执行流程如图 1-2 所示。图中寄存器 A 和寄存器 B 主要保存从内存储器取来的操作数,然后算术逻辑单元 ALU 对两个寄存器中的数据进行算术或逻辑运算,并将运算结果送给寄存器 A 暂时存放。

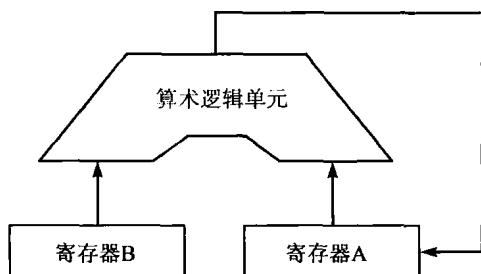


图 1-2 运算器结构

数据在计算机中通常以二进制数形式存储和运算,这是因为二进制数的运算规律较为简单。二进制数就是以 2 为基数来计数,即逢二进一,在二进制中只有 0 和 1 两个独立的数符,而这恰好能够与电子器件中电压的高低、脉冲的有无对应起来,在电路中容易实现。

2. 控制器

控制器是计算机的控制中心。控制器作为 CPU(中央处理器)的核心部件主要用来协调计算机的工作,完成程序信息的处理和数据的输入/输出。

控制器的实现方法有两种,即组合逻辑方法和微程序控制方法。组合逻辑方法的特点是以集成电路来产生指令执行的微操作信号。具有程序执行速度快、控制单元体积小等优点。近年来随着集成电路技术的迅速发展,组合逻辑方法得到了广泛的应用。

微程序控制方法相对于组合逻辑方法来说设计过程比较复杂,但并不像设计组合逻辑控制电路那么烦琐、不规则,而是有一定规律可循,修改起来也方便。尤其是可编程只读存储器的应用,为微程序控制器的设计提供了更大的灵活性和适用性,进而使微程序设计技术的应用越来越广泛。目前微程序设计技术已在中、小型和微型计算机中得到广泛的应用,只是在一些

巨型、大型计算机中,由于速度的限制不宜采用微程序控制技术。

3. 存储器

存储器的主要功能是存放程序与数据。程序是计算机操作的依据,数据是计算机操作的对象。程序和数据在存储器中都是以二进制的形式表示,每8位二进制划分为一个存储单元。访问存储单元中的程序与数据必须先给出该单元的地址。

存储器主要由存储体、地址寄存器与译码线路、读写电路与数据寄存器、控制线路等构成,包括ROM(只读存储器)和RAM(随机存取存储器)两种。

4. 输入设备

输入设备的任务是输入用户提供的原始信息,并且将其转换为计算机能识别的信息。常用的输入设备有键盘、鼠标、扫描仪等。

5. 输出设备

输出设备的任务是将计算机的处理结果以能被人们接受的或能为其他计算机所接受的形式输出。常用的输出设备有打印机、显示器、绘图仪等。

一般情况下,由于输入、输出设备种类繁多而且速度各异,因此它们一般不是直接同高速工作的主机相连接,而是通过适配器部件与主机相联系,适配器的作用相当于一个转换器。

说明:除了上述五个部件外,计算机系统中还必须有总线。计算机通过总线将五大部件连接起来,总线是它们相互通信的公共通路,其主要任务是在各部件之间传送地址信息、数据信息和控制信息。因此,总线通常包括地址总线、数据总线和控制总线三种。

试一试:联系实际应用,请列举你所熟知的计算机的输入/输出设备。

1.2 计算机的软件系统

软件(Software)是计算机系统中使用的各种程序,而软件系统是指整个计算机硬件系统工作的程序集合。软件系统所包含的内容非常丰富,因而对其分类也较为困难。图1-3给出了现代计算机系统的软件分类,整个软件系统按其功能分为系统软件和应用软件两大类。

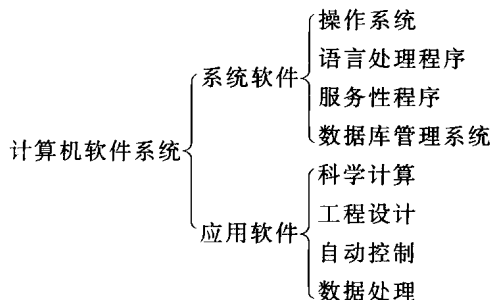


图1-3 计算机的软件系统

1.2.1 系统软件

系统软件的主要功能是对整个计算机系统进行调度、管理、监视及服务。它能够使系统的各种资源得到合理的调度和高效的使用,并能监视系统的运行状态,一旦出现故障就能自动保护现场信息使之不受破坏,并诊断出故障部位。它还可以帮助用户调试程序、查找程序中的