



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



21世纪大学本科
计算机专业系列教材

蒋本珊 编著

计算机组成原理教师用书(第2版)

<http://www.tup.com.cn>

- 根据教育部“高等学校计算机科学与技术专业规范”组织编写
- 与美国 ACM 和 IEEE *Computing Curricula 2005* 同步



清华大学出版社



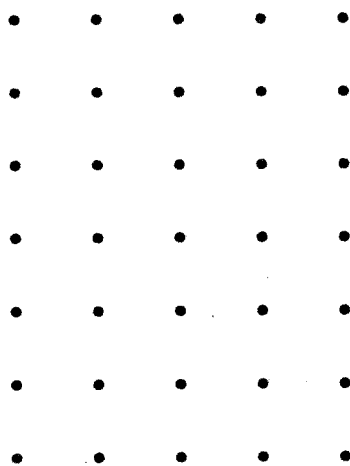
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

21世纪大学本科计算机专业系列教材

计算机组成原理教师用书

(第2版)

蒋本珊 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是与《计算机组成原理(第2版)》(蒋本珊编著,清华大学出版社出版)一书完全配套的教师用书。全书共8章,与主教材的章节完全相同,每一章都按基本内容要求、教师授课参考、误点疑点解惑、相关知识介绍和教材习题解答等5个板块进行组织。

全书概念清楚,通俗易懂,由浅入深,其核心内容是每一章的误点疑点解惑和相关知识介绍两大板块。各章中都以专题的形式对有关问题进行了比较详细和深入的讨论,并且通过一些例题来帮助读者加深对“计算机组成原理”课程所学知识的理解。

本书是教师讲授“计算机组成原理”课程的教学参考书,也可作为学生学习本课程的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成原理教师用书 / 蒋本珊编著. —2版. —北京: 清华大学出版社, 2009.10
(21世纪大学本科计算机专业系列教材)

ISBN 978-7-302-20843-3

I. 计… II. 蒋… III. 计算机体系结构—高等学校—教学参考材料 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 157793 号

责任编辑: 张瑞庆 李玮琪

责任校对: 李建庄

责任印制: 李红英

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×230

印 张: 19.25

字 数: 393 千字

版 次: 2009 年 10 月第 2 版

印 次: 2009 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 33.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: 010-62770177 转 3103 产品编号: 027945-01

21 世纪大学本科计算机专业系列教材编委会

名誉主任：陈火旺

主 任：李晓明

副 主 任：钱德沛 焦金生

委 员：（按姓氏笔画为序）

马殿富	王志英	王晓东	宁 洪	刘 辰
孙茂松	李大友	李仲麟	吴朝晖	何炎祥
宋方敏	张大方	张长海	周兴社	侯文永
袁开榜	钱乐秋	黄国兴	蒋宗礼	曾 明
廖明宏	樊孝忠			

秘 书：张瑞庆

本书责任编辑：袁开榜

PREFACE

21 世纪是知识经济的时代,是人才竞争的时代。随着 21 世纪的到来,人类已步入信息社会,信息产业正成为全球经济的主导产业。计算机科学与技术信息产业中占据了最重要的地位,这就对培养 21 世纪高素质创新型计算机专业人才提出了迫切的要求。

为了培养高素质创新型人才,必须建立高水平的教学计划和课程体系。在 20 多年跟踪分析 ACM 和 IEEE 计算机课程体系的基础上,紧跟计算机科学与技术的发展潮流,及时制定并修正教学计划和课程体系是尤其重要的。计算机科学与技术的发展对高水平人才的要求,需要我们从总体上优化课程结构,精炼教学内容,拓宽专业基础,加强教学实践,特别注重综合素质的培养,形成“基础课程精深,专业课程宽新”的格局。

为了适应计算机科学与技术学科发展和计算机教学计划的需要,要采取多种措施鼓励长期从事计算机教学和科技前沿研究的专家教授积极参与计算机专业教材的编著和更新,在教材中及时反映学科前沿的研究成果与发展趋势,以高水平的科研促进教材建设。同时适当引进国外先进的原版教材。

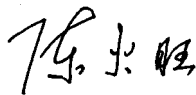
为了提高教学质量,需要不断改革教学方法与手段,倡导因材施教,强调知识的总结、梳理、推演和挖掘,通过加快教案的不断更新,使学生掌握教材中未及时反映的学科发展新动向,进一步拓广视野。教学与科研相结合是培养学生实践能力的有效途径。高水平的科研可以为教学提供最先进的高新技术平台和创造性的工作环境,使学生得以接触最先进的计算机理论、技术和环境。高水平的科研还可以为高水平人才的素质教育提供良好的物质基础。学生在课题研究中不但能了解科学研究的艰辛和科研工作者的奉献精神,而且能熏陶和培养良好的科研作风,锻炼和培养攻关能力和协作精神。

进入 21 世纪,我国高等教育进入了前所未有的大发展时期,时代的进步与发展对高等教育质量提出了更高、更新的要求。2001 年 8 月,教育部颁发了《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》。文件指出,本科教育是高等教育的主体

和基础,抓好本科教学是提高整个高等教育质量的重点和关键。随着高等教育的普及和高等学校的扩招,在校大学本科计算机专业学生的人数将大量上升,对适合 21 世纪大学本科计算机科学与技术学科课程体系要求的,并且适合中国学生学习的计算机专业教材的需求量也将急剧增加。为此,中国计算机学会和清华大学出版社共同规划了面向全国高等院校计算机专业本科生的“21 世纪大学本科计算机专业系列教材”。本系列教材借鉴美国 ACM 和 IEEE 最新制定的 *Computing Curricula 2005* (简称 CC2005)课程体系,反映当代计算机科学与技术学科水平和计算机科学技术的新发展、新技术,并且结合中国计算机教育改革成果和中国国情。

中国计算机学会教育专业委员会和全国高等学校计算机教育研究会,在清华大学出版社的大力支持下,跟踪分析 CC2001,并结合中国计算机科学与技术学科的发展现状和计算机教育的改革成果,研究出了《中国计算机科学与技术学科教程 2002》(China Computing Curricula 2002,简称 CCC2002),该项研究成果对中国高等学校计算机科学与技术学科教育的改革和发展具有重要的参考价值和积极的推动作用。

“21 世纪大学本科计算机专业系列教材”正是借鉴美国 ACM 和 IEEE CC2005 课程体系,依据 CCC2002 基本要求组织编写的计算机专业教材。相信通过这套教材的编写和出版,能够在内容和形式上显著地提高我国计算机专业教材的整体水平,继而提高我国大学本科计算机专业的教学质量,培养出符合时代发展要求的具有较强国际竞争力的高素质创新型计算机人才。



中国工程院院士

国防科学技术大学教授

21 世纪大学本科计算机专业系列教材编委会名誉主任

前言 (第2版)

FOREWORD

2007年,本书与主教材《计算机组成原理》和辅助教材《计算机组成原理学习指导与习题解析》一起入选教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材。目前,《计算机组成原理》的相关教材已经形成了一个比较完整的教材教学体系,可以适应大多数高校的计算机及相关专业“计算机组成原理”课程教学的需要,受到了广大老师和学生的欢迎。

《计算机组成原理(第2版)》已于2008年9月正式出版,2009年4月该书获得兵工高校优秀教材一等奖。随后,《计算机组成原理学习指导与习题解析(第2版)》正式出版,对教师用书的修订需求也提上了议事日程。此次修订,保留了原书的框架和风格,但每一章都增加了“教师授课参考”版块,其目的之一是为本课程的主讲教师提供一些教学建议,目的之二是因为计算机学科研究生入学考试从2009年开始实行联合命题,统一考试,所以在此版块中对《全国硕士研究生入学统一考试计算机科学与技术学科联考计算机学科专业基础考试大纲》进行了介绍,并与主教材的章节进行了对照,以便教师在教学中注意相关的知识点。

希望本书能成为主讲教师讲授“计算机组成原理”课程时的指南和助手。本书也可供学生学习“计算机组成原理”课程时参考。

本书在编写过程中,欧阳凌帮助整理了“教材习题解答”版块,对全部习题及解答进行了审校,在此表示感谢。

本书第1版自面市以来,收到了许多同行和读者发来的电子邮件,对于读者的来信本人均给予了一一回复和解答。希望修订之后的本书能对您有所帮助,欢迎来信提出意见和建议。电子邮箱:bs.jiang@163.com。

作 者

2009年8月于北京理工大学

前言 (第1版)

FOREWORD

“计算机组成原理”是计算机类专业学生的必修核心课程之一,主要讨论计算机各大部件的基本组成原理,以及各大部件互连构成整机系统的技术。本课程在计算机学科中处于承上启下的地位,具有内容多、难度大等特点。本书根据作者本人近二十年来从事“计算机组成原理”课程教学的经验和体会整理编写而成,以满足讲授“计算机组成原理”课程的教师的需要。本书的使用将有助于教师对主教材和相关背景知识的理解,对于改进教学方法,提高教学质量都有着积极的意义。

本书是与已列入中国计算机学会和清华大学出版社共同规划的“21 世纪大学本科计算机专业系列教材”之一的《计算机组成原理》一书完全配套的教师参考用书。全书共分为 8 章,与主教材的章节完全相同,每一章都按基本内容要求、误点疑点解惑、相关知识介绍和教材习题解答等四个版块进行组织。

第一版块按照了解、理解、掌握 3 个不同的层次对各章节的教学内容提出了基本要求,既方便教师在教学过程中根据实际的教学课时数合理地安排教学内容,也方便学生在学习过程中把握住重点。

第二版块结合作者的教学经验和体会,对本课程学习过程中容易出现的误点与疑点问题进行答疑解惑,指出了教学过程中需要特别注意的问题。

第三版块对主教材中由于篇幅原因没有能够展开的内容以及与本课程密切相关的背景知识进行介绍和讨论,以丰富读者的视野。

第四版块则给出了主教材中所附全部习题较为详细的解答过程与参考答案,这是应一些读者的要求而写的。

本书是根据中国计算机学会教育委员会制定的“中国计算机科学与技术学科教程 2002”(CCC2002)对课程教学内容的要求,结合作者讲授本课程近二十年的教学经验和体会“磨”出来的。全书概念清楚、由浅入深。全书的核心内容是每一章的误点疑点解惑和相关知识介绍两大板块,在每章中都以专题的形式对有关问题进行了比较详细和

深入的讨论,并且还给出了一些例题以帮助读者加深对有关知识点的理解。

考虑到本书的主要读者对象应该是讲授本课程的教师,所以在本书每一章的最后一个板块给出了主教材中全部习题的详解,以供讲授和辅导时参考。要注意的是,有些习题的答案并不唯一,设计也不一定最优,读者可以根据解题思路自己解答,不要受到参考答案的限制和束缚。还需要特别指出的是,建议学生读者在学习过程中最好不要先看这一部分内容,一定要给自己留下一个独立思考的空间。

“计算机组成原理”课程的教材在国内已经出版有不少种,近年来也出现了一些面向学生的学习指导用书,但目前还没有针对主讲和辅导教师编写的教师用书面世,本书的出现可以说是填补了一个空白,相信它会为广大讲授该课程的教师提供真正的帮助。

主教材《计算机组成原理》一书自2004年3月出版以来,受到读者的欢迎和专家的认可,并已于2004年底被评为北京市精品教材,与主教材配套的《计算机组成原理学习指导与习题解析》一书也于不久前面世,此次本书的问世将会使这套书锦上添花,它们将与《计算机组成原理电子教案》一起,构成一个本课程的立体教材体系。

本书既与主教材有紧密的关系,又独立成书,可以单独使用;既可作为教师讲授“计算机组成原理”课程时的参考书,也可作为学生学习“计算机组成原理”课程时的参考书。

在本书编写过程中得到了“21世纪大学本科计算机专业系列教材”编委会的多次指导和建议,清华大学出版社的编辑们也为本书的出版做了许多工作。在此对他们辛勤的工作和热情的支持表示诚挚的感谢!

由于时间的原因以及个人的水平限制,书中难免出现错误和不妥之处,欢迎同行和广大读者批评指正。如有问题可直接与作者联系:bs.jiang@163.com。

作 者

2005年4月于北京理工大学

目 录

CONTENTS

第 1 章 概论	1
1.1 基本内容要求	1
1.2 教师授课参考	2
1.3 误点疑点解惑	2
1.4 相关知识介绍	5
1.5 教材习题解答	11
第 2 章 数据的机器层次表示	13
2.1 基本内容要求	13
2.2 教师授课参考	14
2.3 误点疑点解惑	15
2.4 相关知识介绍	28
2.5 教材习题解答	41
第 3 章 指令系统	51
3.1 基本内容要求	51
3.2 教师授课参考	52
3.3 误点疑点解惑	53
3.4 相关知识介绍	68
3.5 教材习题解答	80
第 4 章 数值的机器运算	89
4.1 基本内容要求	89

4.2	教师授课参考	90
4.3	误点疑点解惑	91
4.4	相关知识介绍	98
4.5	教材习题解答	116
第5章	存储系统和结构	130
5.1	基本内容要求	130
5.2	教师授课参考	131
5.3	误点疑点解惑	132
5.4	相关知识介绍	145
5.5	教材习题解答	158
第6章	中央处理器	171
6.1	基本内容要求	171
6.2	教师授课参考	172
6.3	误点疑点解惑	173
6.4	相关知识介绍	189
6.5	教材习题解答	205
第7章	外部设备	218
7.1	基本内容要求	218
7.2	教师授课参考	219
7.3	误点疑点解惑	220
7.4	相关知识介绍	233
7.5	教材习题解答	244
第8章	输入输出系统	252
8.1	基本内容要求	252
8.2	教师授课参考	253
8.3	误点疑点解惑	254
8.4	相关知识介绍	266
8.5	教材习题解答	280
主要参考文献		292

第 1 章

概 论

1.1 基本内容要求

本章将从存储程序的概念入手,讨论计算机的基本组成与工作原理,使读者对计算机系统先有一个简单的整体概念,为今后深入讨论各个部件打下基础。

学习要求

- ◆ 了解存储程序的概念;
- ◆ 掌握 CPU 和主机这两个术语的含义;
- ◆ 理解五大基本部件的功能;
- ◆ 理解总线概念和总线分时共享的特点;
- ◆ 理解三态门与总线电路;
- ◆ 了解大、中型计算机的典型结构;
- ◆ 理解冯·诺依曼结构和哈佛结构的区别;
- ◆ 理解计算机系统的含义;
- ◆ 理解硬件与软件的关系;
- ◆ 了解系列机和软件兼容的概念;
- ◆ 了解计算机系统的多层次结构;
- ◆ 了解实际机器和虚拟机器的概念;
- ◆ 理解计算机中主要性能指标(基本字长、数据通路宽度、存储容量、运算速度等)。

1.2 教师授课参考

这一章的内容是本课程的绪论,是学习本课程的一个开头,属于非重点章节。不求学生掌握更深入的具体知识,而是强调尽早从层次的观点理解计算机系统硬件、软件的完整组成,以及硬件和软件之间的关系;理解组成计算机硬件系统的五大功能部件的基本功能和通过总线实现互连的连接关系,理解计算机的主要性能指标以及了解一些概念和术语的解释,总体难度不大,不必花费过多的时间讲授。

根据教育部发布的《全国硕士研究生入学统一考试计算机科学与技术学科联考计算机学科专业基础考试大纲》对计算机组成原理部分的要求来看,本章内容对应考研大纲中的第一部分——计算机系统概述,主要涉及:

(一) 计算机发展历程。

(二) 计算机系统层次结构:

1. 计算机硬件的基本组成;
2. 计算机软件的分类;
3. 计算机的工作过程。

(三) 计算机性能指标:

吞吐量、响应时间;CPU 时钟周期、主频、CPI、CPU 执行时间;MIPS、MFLOPS。

由于主教材中并未将“总线”单独作为一章,因此在本章的教学中要注意加强对总线基本概念的介绍。

这一部分内容的试题多以选择题形式出现,其中有些知识点(如性能指标的计算等)也会与后续各部分内容相结合,出现在综合应用题中。

1.3 误点疑点解惑

1. 主机

主机=CPU+主存储器

主机是一个简单的基本概念,但经常会有学生回答:主机=CPU+存储器。这个答案对早期的计算机来说不能算错,但对现代的计算机来说就不能算对了,起码这个答案是不完整的。因为存储器有主存储器和辅助存储器之分,主机中只包括主存储器,而

不包括辅助存储器。主存储器由 RAM 和 ROM 组成,对于微型计算机而言,是指插在主板上的内存条和其他存储芯片。辅助存储器则是硬盘、软盘、光盘等存储器的总称,它们处于主板之外,属于外部设备。

2. 单总线

总线结构是小型、微型计算机的典型结构,它可以将五大基本部件连接成硬件系统。单总线(系统总线)按总线上传送的信息的不同又可以细分为:地址总线、数据总线和控制总线。地址总线用来传输由 CPU 向主存、外设发送的地址信息,其位数决定了系统能够使用的最大的存储容量;数据总线用来传输各功能部件之间的数据信息,其位数是决定系统总体性能的关键因素;控制总线上传输的是控制信息,包括 CPU 送出的控制命令和主存(或外设)返回 CPU 的反馈信号。

一提到地址总线、数据总线和控制总线,不少人可能会把它们误认为是 3 组不同的总线。事实上地址总线、数据总线和控制总线都是系统总线的一部分,只是根据总线上传送的信息的不同而分别定名,不能仅仅因为它们名称不同而认为它们是 3 组不同的总线。

3. 完整的计算机系统

一个完整的计算机系统包含硬件系统和软件系统两大部分。

硬件系统包括运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大基本部件。

软件系统分为系统软件和应用软件两大类。系统软件包括操作系统、诊断程序、计算机语言处理程序等;应用软件包括厂家出售的通用软件 and 用户自己编写的应用程序。

计算机系统是一个简单的基本概念,但经常会有学生误认为计算机的硬件系统就是计算机系统。应当强调指出硬件和软件是相辅相成的、不可分割的整体。软件是计算机系统的灵魂,没有软件只有硬件的“裸机”将不能提供给用户使用,犹如一堆废铁。

4. 硬件、软件的功能划分与逻辑上的等价

硬件是躯体,是物质基础;软件是灵魂,是对硬件功能的完善和补充。没有硬件,或者没有良好的硬件,就无从谈起运行软件,也就无法计算、处理某一方面的问题。没有软件,或者没有优秀的软件,计算机就是一个空壳,根本无法工作,或者不能高效率地工作。因此,硬件与软件具有相互渗透、相互依存、互相配合、互相促进的关系,二者缺一不可。

硬件与软件之间的功能分配关系常常随着技术发展而变化,哪些功能分配给硬件,哪些功能分配给软件是没有固定模式的。在计算机中,实际上有许多功能既可以直接由硬件实现,也可以在硬件的支持下依靠软件来实现,也就是说硬件和软件在逻辑功能上是等价的。例如,乘法运算,既可以用硬件乘法器实现,也可以用乘法子程序实现。

在设计一台计算机时,硬、软件功能如何分配取决于所选定的设计目标、系统的性能价格比,也与当时的技术水平有关。

早期较多采用“硬件软化”的技术策略。为了降低计算机的造价,只让硬件完成比较简单的指令操作,如传送、加法、减法、移位和基本逻辑运算,而乘法、除法、浮点运算等比较复杂的功能则交给软件完成。随着集成电路技术的飞速发展,“软件硬化”已成为常用的技术策略。将原来依靠软件才能实现的一些功能改由大规模或超大规模集成电路直接实现,如浮点运算、存储管理等。

微程序控制技术的出现使计算机结构和硬、软件功能分配发生了变化,对指令的解释与执行是通过运行微程序来实现的。因而又出现了另一种技术策略——“软件固化”。利用程序设计技术可将原来属于软件级的一些功能纳入微程序一级。微程序类似于软件,但被固化在只读存储器中,属于硬件 CPU 的范畴,称为固件。人们也常采用软件固化的策略,将系统软件的核心部分(如操作系统的内核、常用软件中固定不变的部分)固化在存储芯片中。

5. 机器字长和数据通路宽度

机器字长也称基本字长,是指参与运算的数的基本位数,也即 CPU 在同一时间内能一次处理的二进制数的位数。机器字长标志着计算精度,也反映寄存器、运算部件和数据总线的位数。机器字长越长,操作数的位数越多,计算精度也就越高,但相应部件的位数也会增多,使硬件成本随之增高。为了较好地协调计算精度与硬件成本之间的制约关系,针对不同需求,大多数计算机允许采用变字长运算,即允许硬件实现以字节为单位的运算以及某种基本字长或双字长的运算,通过软件实现多字长运算。

数据通路宽度是指数据总线一次所能并行传送的信息的位数,它影响计算机的有效处理速度。数据通路宽度分为 CPU 内部和 CPU 外部两种情况。CPU 内部数据通路宽度一般等于机器字长,即内部数据线的位数;而 CPU 外部数据通路宽度则等于系统数据总线一次所能并行传送的信息的位数,即 CPU 与主存、输入输出设备之间一次数据传送的信息的位数,也称为存储字长。有的 CPU 内、外数据通路宽度一样,而有的 CPU 内、外数据通路宽度则不同。例如,Pentium 微处理器的内部数据线为 32 位,而外部数据线为 64 位。

还需要说明的一个概念是字(Word),字实际上只能算做一个计量单位,对于系列机来说,字的长度是固定的。例如,在 80x86 系列中,一个字等于 16 位,所以将 16 位的数据称为单字,32 位的数据称为双字,64 位的数据称为四倍字;在 IBM 303X 系列中,一个字等于 32 位,所以将 16 位的数据称为半字,32 位的数据称为单字,64 位的数据称为双字。这里所说的字也可以称为数据字。

对于同一个微处理器,机器字长、存储字长和数据字长可以是相等的,也可以是不

相等的,最典型的例子是 8086 微处理器和 Pentium 微处理器,8086 的机器字长、存储字长和数据字长都是 16 位,而 Pentium 的机器字长是 32 位,存储字长是 64 位,因为 Pentium 属于 80x86 系列,所以它的数据字长只有 16 位。

1.4 相关知识介绍

1. 冯·诺依曼型计算机及其计算机系统结构的发展

1946 年,冯·诺依曼等 3 人共同发表了一篇题为“电子计算机装置逻辑结构初探”的论文,在文中详细描述了计算机的逻辑设计、指令修改的概念以及计算机的电子电路,提出了一个完整的现代计算机雏形,它由运算器、控制器、存储器和输入输出设备组成,如图 1-1 所示。

冯·诺依曼结构规定控制器是根据存放在存储器中的程序来工作的;即计算机的工作过程就是运行程序的过程。为了使计算机能正常工作,程序必须预先存放在存储器中。这就是存储程序的概念。

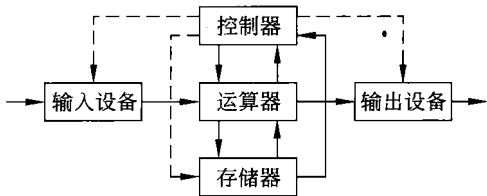


图 1-1 早期的冯·诺依曼型计算机组成框图

现代计算机与早期计算机相比在结构上还是有不少变化的,如从以运算器为中心改为以存储器为中心。但就其结构原理来说,目前绝大多数计算机仍建立在存储程序概念的基础上。冯·诺依曼型计算机的这种工作方式称为控制驱动。控制驱动是由指令流来驱动数据流的。

随着计算机技术的不断发展,计算机系统结构有了许多改进。主要包括:

(1) 从基于串行算法变为适应并行算法,出现了向量计算机、并行计算机、多处理机等。

(2) 高级语言与机器语言的语义距离缩小,出现了面向高级语言的计算机和直接执行高级语言的计算机。

(3) 硬件子系统与操作系统和数据库管理系统软件相适应,出现了面向操作系统的计算机和数据库计算机等。

(4) 从传统的控制驱动型改变为数据驱动型和需求驱动型,出现了数据流计算机和归约机。

(5) 为适应特定应用环境而出现了各种专用计算机,如快速傅里叶变换处理机、过程控制计算机等。

(6) 为获得高可靠性而研制出了容错计算机。

(7) 计算机系统功能分散化、专业化,出现了各种功能分布计算机,包括外围处理机、通信处理机等。

(8) 出现了与大规模、超大规模集成电路相适应的计算机系统结构。

(9) 出现了处理非数值化信息的智能计算机,例如,处理自然语言、声音、图形和图像等信息的计算机。

2. 微处理器

通常将运算器和控制器合称为中央处理器(CPU),在由超大规模集成电路构成的微型计算机中,往往将 CPU 制成一块芯片,称为微处理器。在现代的微处理器芯

浮点处理部件 FPU	内部高速缓冲存储器 L1 Cache
中央处理器 CPU	存储管理部件 MMU

图 1-2 典型的微处理器
芯片内部结构

片中,还包含浮点处理部件(FPU)、内部高速缓冲存储器(L1 Cache)和存储管理部件(MMU),以加快计算机执行指令的速度。典型的微处理器芯片内部结构如图 1-2 所示。

随着集成电路技术的发展,一些微处理器将 L2 Cache 也嵌入在微处理器内,或将 L2 Cache 与其他部件一起封装在被称为 CPU 模块的金属盒内。

Intel 的 Itanium 微处理器则最大限度地采用了多级 Cache。它的芯片上一级 Cache 是分离的 Cache,指令 Cache 和数据 Cache 都是四路组相联的,它的二级 Cache 也嵌入在芯片上,但它是统一的六路组相联 Cache。

Itanium 在单一电路板上集成了多个组件,微处理器本身是一个组件,三级 Cache 也是一个组件。三级 Cache 不在微处理器芯片上,因此不能像前两级 Cache 那样快速地提供数据,但因为与微处理器制作在同一个电路板上,所以比外部 Cache 还是要快。除了这三种 Cache 外,Itanium 还支持外部的四级 Cache。

3. 三态门和总线电路

三态门与普通门相比,多了一个控制端 $G/\bar{G}$,只有当控制端有效时,该三态门才满足正常的逻辑关系,否则输出将呈现高阻状态,相当于这个三态门与外界断开联系。

三态门有多种不同的实现方式,其真值表各不相同。使用时须注意控制端是高电平有效还是低电平有效,这可以根据三态门逻辑符号控制端是否标有小圆圈来区分。同样,三态门的输出也不一定反向,需根据三态门逻辑符号输出端是否标有小圆圈来区分。

目前计算机中广泛采用三态门构成总线电路。总线电路有单向总线和双向总线之分,单向总线是指总线上的信息只能向一个方向传送,如地址总线就是单向总线;双向总线是指总线上的信息可以向两个方向传送,如数据总线就是双向总线。常用的总线