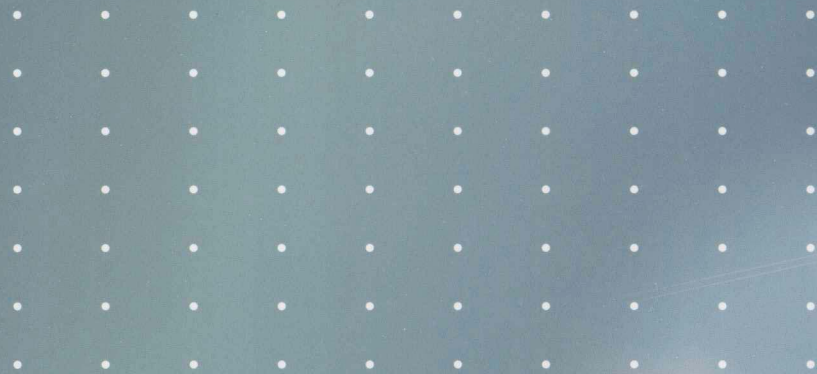


教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会推荐教材

微处理器原理及其 系统设计

■ 石光明 主编
■ 石光明 楼顺天 周佳社 任爱锋 张 犁 编著



教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分

微处理器原理及其 系统设计

WEICHULIQU YUANLI JIQI XITONG SHEJI

■ 石光明 主编

■ 石光明 楼顺天 周佳社 任爱锋 张 犁 编著



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是为高等院校各专业的“微机原理与接口技术”、“微机原理与系统设计”、“微机原理与应用”等课程专门编写的教材。与国内同类教材不同,本教材以在 FPGA 中自行设计的微处理器(称为模型机)为核心,讨论了基于微处理器的汇编语言编程、硬件系统构成及其接口电路设计问题。

本书简要介绍了计算机中的数制和码制、补码的运算规则、CPU 及其内部寄存器的组成。详细讨论了模型机的指令系统、数据和转移地址的寻址方式,在此基础上重点论述了汇编语言的程序设计技术,给出了适用于模型机汇编语言程序调试的虚拟环境。

在硬件设计部分,重点探讨了模型机系统总线的形成、存储器系统设计、常用接口芯片的应用、可编程并行接口和可编程定时器电路的设计以及中断接口电路的编程控制。简要介绍了 VHDL 及 FPGA 的基本设计方法,讨论了模型机关键部件的 FPGA 实现问题,最后通过一个简洁示例,说明如何在 FPGA 中设计并实现微处理器。

本书可作为高等院校相关课程的教材,也可以为工程技术人员提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

微处理器原理及其系统设计/石光明主编;石光明
等编著. — 北京:高等教育出版社,2013.7

ISBN 978-7-04-037702-6

I. ①微… II. ①石… III. ①微处理器-理论-高等学校-教材②微处理器-系统设计-高等学校-教材
IV. ①TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 133774 号

策划编辑 吴陈滨 责任编辑 袁 坤 封面设计 赵 阳 版式设计 马敬茹
插图绘制 尹 莉 责任校对 杨雪莲 责任印制 张泽业

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	中国农业出版社印刷厂	网上订购	http://www.landaco.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.landaco.com.cn
印 张	16.5	版 次	2013 年 7 月第 1 版
字 数	400 千字	印 次	2013 年 7 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	26.10 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 37702-00

序 一

由教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会推荐，西安电子科技大学与高等教育出版社联合策划的这套电子信息类专业基础课程系列教材即将陆续出版发行，我很高兴，这是我国高校电子信息类教材建设工作的一个新举措！

本系列教材的编写基于西安电子科技大学的电子信息办学特色和长期的教学经验积累。学校从1931年诞生于江西瑞金的中央军委无线电学校，到1949年张家口的军委工校和20世纪60年代的“西军电”，80年代的西北电讯工程学院，到现在的西安电子科技大学，一直致力于为国家和军队培养电子信息方面的高级专业人才，是国内最早建立信息论、信息系统工程、雷达、微波天线、电子机械、电子对抗等专业的高校之一，形成了鲜明的电子与信息学科特色与优势。本系列教材由学校众多知名教授担任主编，他们长期从事电子信息专业基础课教学和研究，努力继承和发扬学校在电子信息类专业基础课教学方面的经验和特色，并结合最新的科技进展组织和编写了系列教材。

大家知道，培养高素质的电子信息专门人才的前提，是要加强基础课程建设，尤其是数理基础和专业技术基础，要打造一个高水平的专业基础课程平台；本系列教材正是瞄准这一目标，从电路分析、信号与系统、模电（低频，高频）、数电、电磁场等专业基础课，到通信原理、雷达原理、软件技术基础、微波技术与天线等技术基础课，构成了一个知识面宽阔的电子信息类专业基础课教材体系。

本系列教材在编写时强调了如下几点，也可看做是本系列教材的特色：

(1) 本系列教材自成体系，以西安电子科技大学的优势学科和特色专业为依托，覆盖了学校电子信息类专业的主干专业基础课程，知识结构系统完整，内容精练，具有先进性、系统性、完整性等特点；

(2) 本系列教材由学校知名教授、专家（包括国家级教学名师、教育部相关教指委委员、学科带头人等）担任主编，他们具有较丰富的教学和科研经验，保证了该系列教材的编写质量；

(3) 本系列教材具有很好的基础，大部分教材都是在原有教材的基础上进行修订，在此基础上增加先进的内容和新的方法，而部分原有教材是国家“九五”、“十五”、“十一五”国家级规划教材和普通高等教育精品教材，获得过省部级优秀教材奖。

(4) 本系列教材对应的本科生课程大部分是国家级精品课程或省级精品课程，课程建设和教材建设十分注重基础理论知识与实际工程应用之间的紧密结合，注重对学生的分析问题和解决问题能力的培养。

电子信息领域是一个发展异常迅速的领域，新的需求不断产生，新技术不断涌现，电子信息产品迅速更新并广泛应用于社会的各个方面，从而对IT人才培养提出了更高的要求，反映在课程建设和教材建设上，就是要有前瞻性，并不断强化基础、不断适应新技术和新要求，就

是要通过教学改革与创新，不断提高教学质量，进而促进人才培养质量的全面提升。

希望本系列教材能在这方面产生一些积极的促进作用，并在实践中不断改进和提高，为国家培养出更多优秀的电子信息高级专业人才做出贡献！

保 铮

2012年5月于西安

序 二

自1999年以来,我国高等教育的规模发生了历史性变化,开始进入大众化的发展阶段。高等院校从生源基础知识水平、课程设置、教学目的到培养目标都趋于多元化,原有教材类型和种类较少的现状已经难以满足不同类型高等院校培养不同类型人才的需求。而在本科教育中,基础课程建设是保证和提高教学质量的关键。为此,“教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会”与高等教育出版社合作,以教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会最新制定的《电子电气基础课程教学基本要求》、电子信息科学类与电气信息类各教学指导分委员会最新制定的专业规范以及《全国工程教育专业认证标准(试行)》为依据,共同组织制订了“电子信息科学类与电气信息类专业平台课程教材规划”。

这套规划教材的制订和编写遵循了以下几点原则:

1. 尊重历史,将高等教育出版社经过半个多世纪的积淀所形成的名家名作、精品教材纳入规划。这些教材经过数十年的教学实践检验,具有很好的教学适用性。此次规划将依据新的《电子电气基础课程教学基本要求》以及电气信息学科领域的最新发展,对教材内容进行修订。

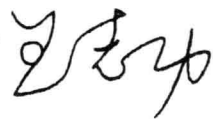
2. 突出分类指导,突出不同类型院校工程教育的特点。大众化教育阶段,不同类型院校的人才培养目标定位不同,应当根据不同类型院校学生的特点组织编写与之相适应的教材。鼓励有编写基础的一般院校和应用型本科院校经过2~3年的试用,形成适用于本层次教学的教材。

3. 理论知识与实际应用相结合。提倡在教材编写中把理论知识与在实际生产和生活中的应用紧密结合,着重培养学生的工程实践能力和创新能力,以适应社会对工程教育人才的要求。

4. 数字化的多媒体资源与纸质教材内容相结合。在教育部“加快教育信息化进程”的倡导下,提倡利用多样化、立体化的信息技术手段(如动画、视频等),将课程教学内容展现给学习者,以加深他们对知识的理解,达到更好的教学效果。

教材建设是一项长期、艰巨的工程。我们将本着成熟一批出版一批的指导思想,把这项工作扎实持续地推进下去,为电子信息科学类与电气信息类专业基础课程建设一批基础扎实、教学适用性强、体现时代气息的规划教材,为提高高等教育教学质量,深化高等教育教学改革做出应有的贡献。

教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会主任委员



2010年12月

前 言

在大多数高等院校的本科生教学中,计算机课程的设置和教学实施得到了广泛的重视,一般都开设了“计算机文化基础”、“C 语言程序设计”、“软件技术基础”、“微机原理与接口技术”(或“微机原理与系统设计”)等课程,本书就是专门为“微机原理与接口技术”(或“微机原理与系统设计”)课程所编写的本科生教材,适用于各个专业使用。

“微机原理与接口技术”课程是重要的专业基础课,是学生参加全国、省三级计算机等级考试(PC 技术)的重要课程,也是电路、信号与系统、信号处理、自动控制等硕士学科的考研科目之一。这门课程是“计算机文化基础”,“C 语言程序设计”的继续,又是“数据结构”、“软件技术基础”、“计算机网络”等课程的基础,在计算机教学中占据重要地位。

但是,纵观全国各主要高等院校的“微机原理与系统设计”教材,都是以某一种 CPU (以 Intel 8086 居多)为核心展开,这种 CPU 功能固定,芯片技术成熟,在 21 世纪之前确实获得了广泛的应用。自 2000 年以来,FPGA 技术获得了长足的发展,在实际应用中,经常采用 FPGA 为硬件平台,内嵌 CPU 模块,根据应用需要用户自行设计各种接口模块,以此降低硬件成本,提高设计的灵活性和保密性。因此,我们专门为本科生教学编著了教材《微处理器原理及其系统设计》,通过自行设计的一种基于 FPGA 的 CPU (称为模型机),构建相应的指令系统,详细讲述基于该模型机的汇编语言程序设计及其接口设计技术,希望为学生展现一种全新的微处理器应用模式,更加贴近工程应用。通过本书的学习,使读者不但能够全面掌握微处理器系统的汇编语言编程技术、硬件接口电路的设计能力,而且能够一窥利用 FPGA 设计微处理器及其接口电路之奥妙,为实际应用时设计基于 FPGA 的微处理器系统打下良好的基础。

本书作者均有十几年承担“微机原理与系统设计”课程的教学经验,多年来一直承担了研究生试卷的命题任务,完成了十多项相关的科研项目,自主开发了“8086 单板型微型计算机实验教学系统”和“基于 EISA/PCI 系统总线的微机原理及接口技术实验教学系统”,并有出版 10 多本教材和专著的写作经验,2006 年出版的相关教材《微机原理与接口技术》入选“十一五”国家级规划教材。作者的这些经验使本书具有下列特点:

1. 面向学生,面向教师。根据多年教学的经验,从学生学习、教师讲授的角度出发,内容由浅入深,循序渐进,前后连贯并呼应,使结构完整,并融为一体;
2. 内容层次分明,既有基础知识的系统介绍,又有拓宽的知识,给学生留下广阔的思维空间;
3. 理论联系实际,在介绍知识的同时,结合实际示例加以说明,采用面向应用的启发式教学方法,提高教学质量;
4. 以编程思路为主线,介绍汇编语言的程序设计方法,让学生切实掌握编程知识;
5. 以实际应用设计为主线,介绍微机系统的各种接口设计技术;

6. 结合作者多年的教学、工程设计经验,将工程设计中常用的实例、常见问题解决方法等作较全面的总结,使教材具有一定的实用价值;

7. 写作语言流畅,内容选择合理,结构编排适当,保证了教材的质量。

本书由石光明主编,共分7章,楼顺天负责统稿。前言和第1章由石光明编写,第2~3章由楼顺天编写,第4~5章由周佳社编写,第6章由任爱锋编写,第7章由张犁编写。

感谢西安电子科技大学的相关老师给予本书写作的支持,更要感谢高等教育出版社的编辑给予细致的润色加工,发行同志为本书的推广应用所作的辛苦劳动。

由于作者水平和知识面的限制,书中难免会有错误和欠妥之处,敬请读者批评指正,以便及时更正,使本教材有益于更广大的读者,作者邮箱:shtlou@mail.xidian.edu.cn。

编 者

2013年3月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 微处理器的发展历程	1
1.2 数制表示及其转换	3
1.2.1 数制的表示	3
1.2.2 数制的转换	4
1.3 二进制数的运算规则	6
1.3.1 二进制数的算术运算	6
1.3.2 二进制数的逻辑运算	6
1.4 有符号数的表示	7
1.4.1 原码表示法	7
1.4.2 补码表示法	7
1.5 有符号数的运算及其溢出规则	8
1.5.1 补码运算规则	8
1.5.2 有符号数运算时的溢出问题	9
1.6 ASCII 编码方法	9
1.7 小结	10
本章习题	10
第二章 微处理器结构及工作原理	12
2.1 微处理器系统组成	12
2.2 微处理器内部结构	13
2.3 模型机主要部件电路结构	14
2.4 微处理器的寄存器组织	17
2.4.1 通用寄存器	18
2.4.2 控制寄存器	18
2.5 小结	20
本章习题	20
第三章 模型机的指令系统及程序设计	21
3.1 汇编语言基础	21
3.1.1 汇编语言中语句的组成	22

3.1.2 汇编语言中的常数与表达式	22
3.1.3 标号、变量及伪指令	23
3.2 模型机的指令系统	25
3.3 模型机的寻址方式	26
3.3.1 数据的寻址方式	26
3.3.2 转移地址的寻址方式	30
3.4 数据传送类指令	30
3.4.1 通用传送类指令	30
3.4.2 数据交换指令	32
3.4.3 字节转换指令	32
3.4.4 堆栈操作指令	33
3.5 算术运算类指令	35
3.5.1 加减法指令	35
3.5.2 比较指令	37
3.5.3 增量减量指令	38
3.5.4 乘法和除法指令	39
3.6 逻辑运算类指令	41
3.7 移位类指令	43
3.8 标志位操作指令	46
3.9 转移指令	46
3.9.1 无条件转移指令	46
3.9.2 有条件转移指令	47
3.10 循环控制指令	48
3.11 子程序调用与返回指令	51
3.11.1 子程序调用指令	51
3.11.2 子程序返回指令	51
3.11.3 过程定义	51
3.12 中断调用与返回指令	54
3.12.1 中断调用指令	54
3.12.2 中断返回指令	54
3.12.3 中断向量表	54
3.12.4 中断服务子程序结构	55
3.13 输入输出指令	55
3.14 其他指令	57
3.15 汇编语言程序设计	57
3.15.1 伪指令	57
3.15.2 模型机虚拟编译调试系统	58
3.15.3 模型机虚拟系统命令	59

3.15.4 分支程序设计	60
3.15.5 循环程序设计	62
3.15.6 子程序设计	71
3.16 综合程序设计示例	82
3.17 小结	100
本章习题	101
第四章 系统总线与存储器系统	108
4.1 系统总线及其形成	108
4.1.1 总线定义及分类	108
4.1.2 常用接口芯片介绍	111
4.1.3 系统总线形成及时序	113
4.2 存储器地址译码方法及译码电路	115
4.2.1 存储器地址译码方法	116
4.2.2 存储器地址译码电路	118
4.3 程序存储器设计	121
4.3.1 片内程序存储器	121
4.3.2 片外程序存储器设计	121
4.4 数据存储器设计	124
4.4.1 片内数据存储器	124
4.4.2 片外并行数据存储器设计	124
4.5 小结	126
本章习题	126
第五章 外总线与接口技术	128
5.1 输入/输出的基本方式及基本模式	129
5.2 I/O 地址译码方法及译码电路	132
5.3 并行接口电路设计	134
5.3.1 常用并行接口电路设计	134
5.3.2 可编程并行接口的实现	137
5.4 串行接口设计	147
5.4.1 I ² C 总线	147
5.4.2 USB 总线	152
5.4.3 SPI 总线	159
5.5 可编程定时器/计数器设计及其应用	161
5.6 中断系统	169
5.6.1 中断有关概念	169
5.6.2 可编程中断控制器芯片及应用	172

5.7 小结	181
本章习题	181
第六章 微处理器系统的 FPGA 设计与实现	184
6.1 VHDL 硬件描述语言	184
6.1.1 VHDL 语言简介	184
6.1.2 VHDL 基本结构	185
6.1.3 VHDL 语言的编程技术	187
6.2 FPGA 设计方法及流程	191
6.2.1 FPGA 的逻辑结构	191
6.2.2 FPGA 的开发流程	193
6.2.3 基于 FPGA 的嵌入式微处理器开发工具	194
6.3 模型机在 FPGA 中的设计与验证	194
6.3.1 模型机内部结构设计	194
6.3.2 模型机内核功能	206
6.4 在 FPGA 开发板嵌入模型机 CPU 使用说明	206
6.4.1 开发环境要求及准备	206
6.4.2 模型机下载到 FPGA 开发板	206
6.4.3 汇编语言程序的下载与调试执行	208
6.5 小结	210
本章习题	210
第七章 基于 FPGA 的最简微处理器结构与与设计	211
7.1 微处理器的体系结构	212
7.1.1 复杂指令集计算机体系结构 (CISC)	212
7.1.2 精简指令集计算机体系结构 (RISC)	213
7.2 微程序控制器	214
7.2.1 算术逻辑单元 ALU 的设计	214
7.2.2 微码状态机及其电路结构	221
7.2.3 最简微处理器微程序控制单元设计	222
7.3 最简微处理器总体电路结构	223
7.3.1 最简微处理器程序控制单元设计	223
7.3.2 最简微处理器总体电路组成结构	227
7.4 最简微处理器指令代码与存储器寻址方式	233
7.4.1 最简微处理器指令机器代码格式及执行步骤	233
7.4.2 最简微处理器存储器寻址方式	234
7.5 最简微处理器指令集的扩充与仿真测试	237
7.5.1 最简微处理器指令集的扩充	237

7.5.2 最简微处理器电路设计与硬/软件联合仿真测试	239
7.6 小结	239
本章习题	239
附录 模型机虚拟编译调试系统使用说明	241
参考文献	246

第一章 绪 论

自 20 世纪 40 年代以来,微处理器的发展经历了 7 代,当前已进入了多元化、多品牌、更高速度、更加专业化的蓬勃发展的态势,本章简要介绍了微处理器的发展历程。为了后续章节讨论汇编语言,本章还给出了数制表示及转换、二进制数的运算规则、有符号数表示及其运算、ASCII 编码表,这些知识是学习汇编语言所必需的。

►► 1.1 微处理器的发展历程

1946 年美国研制出第一台数值积分计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Computer),次年“20 世纪重大发明之一”半导体晶体管诞生在贝尔实验室,1958 年美国 TI 公司生产出世界上第一片集成电路(Integrated Circuit, IC)。自此之后,微电子技术按摩尔定律以每隔 18~24 个月 IC 集成度和工作速度增加一倍的速度高速发展,使早期用电子管、晶体管和小规模集成电路构成体积庞大、管理复杂的计算机变成体积小、系统功能强大、完善和管理简单的微型计算机成为现实,它替代了人们长期繁重的脑力和体力劳动,为社会科学和自然科学深入广泛的研究奠定了一个坚实的基础。目前,微型计算机正继续向微型化、智能化、网络化和功能综合化方向发展。

计算机的核心为微处理器,其发展历程可以归纳为 7 个阶段。

一、第一代微处理器

Intel 4004 微处理器于 1971 年诞生于美国加利福尼亚硅谷,它的诞生是 20 世纪 70 年代人类在科技史上突破性的重要创新,自此这个具有“大脑思维”的技术被用于各种电子设备。第一代微处理器 Intel 4004 经改进后形成 Intel 4040,它们仅能处理 4 位二进制数据,其功能远不能与现在的 Pentium 5(奔腾 5)相比拟,但其对微处理器技术和微电子技术的发展具有里程碑的意义。

二、第二代微处理器

1973 年—1978 年是 8 位微处理器时代,典型的微处理器有 Intel 8080、MC6800(Motorola)和高档 Intel 8085、Z80(Zilog),其集成度达到 5 000~10 000 个晶体管/硅片,时钟频率可以达 2 MHz,指令平均执行时间为 1~2 μ s。

三、第三代微处理器

1978 年—1981 年是 16 位微处理器时代,典型的微处理器有 Intel 8086/8088、MC68000 和 Z8000。集成度为 29 000 个晶体管/硅片(MC68000 集成度为 68 000 个晶体管/硅片),物理存储器寻址空间为 1MB,时钟频率为 5MHz。与此同时,IBM 公司开发出与 Intel 8088 相配套的功能较完善的操作系统(DOS),并在全球范围推出商用的单用户 IBM PC 微型计算机,同时 IBM 公

布了 PC 机的 DOS 和 BIOS 的功能调用,以及系统内总线(PC 总线)结构,并提供了丰富的应用软件,从此 IBM PC 及兼容机便一直垄断计算机市场。

1982 年 2 月 IBM 正式发布的高档 16 位微处理器 Intel 80286,集成度为 13 万个晶体管/硅片,时钟频率为 20MHz,物理存储器寻址空间为 16MB,支持虚拟存储结构,实现了多任务处理,并且在功能上百分之百地兼容 Intel 8086/8088 微处理器,因而自 20 世纪 80 年代中期到 90 年代初,Intel 80286 CPU 在 IBM PC 微机中一直占主导地位。

四、第四代微处理器

1983 年—1992 年是 32 位微处理器时代,典型代表产品有 Z80000(1983 年)、MC6802(1984 年)、Intel 80386(1985 年)、Intel 80486(1989 年)和 MC68040(1989 年)。Intel 80386 CPU 集成度为 27.5 万个晶体管/硅片,时钟频率为 33MHz,物理存储器寻址空间为 4GB、虚拟存储空间为 64TB,具有实模式、保护模式和虚拟 8086 三种工作模式。

1989 年 Intel 公司又推出功能更强大的微处理器 Intel 80486,在 80386 的基础上,80486 增加了数字协处理器(Intel 80387)和 16KB 的高速缓冲存储器(Cache)。并首次在 Intel 系列 CPU 中将 RISC(精简指令)技术和 CISC(复杂指令)技术融为一体,采用突发总线技术和时钟倍频技术(即 CPU 内部许多单元部件按输入时钟的倍频工作),使 80486 DX4 内部时钟频率为 100MHz,是外部时钟频率的 3 倍,同样在功能上百分之百地兼容早期的 Intel 微处理器。以这些高性能 32 位微处理器为 CPU 构成的微机的性能指标已达到或超过当时的高档小型机甚至大型机的水平,被称为高档或超级微机。

五、第五代微处理器

1993 年,Intel 公司推出了第五代微处理器 Pentium(中文译名为奔腾)。Pentium 微处理器的推出使微处理器的技术发展到了一个新的阶段,标志着微处理器完成从 CISC 向 RISC 时代的过渡,也标志着微处理器向工作站和超级小型机冲击的开始。

亚微米 CMOS 工艺,它具有 64 位的数据总线和 32 位的地址总线,CPU 内部采用超标量流水线设计,Pentium 芯片内采用双 Cache 结构(指令 Cache 和数据 Cache),每个 Cache 容量为 8KB,数据宽度为 32 位,数据 Cache 采用回写技术,大大节省了处理时间。Pentium 处理器为了提高浮点运算速度,采用 8 级流水线和部分指令固化技术,芯片内设置分支目标缓冲器(BTB),可动态预测分支程序的指令流向,节省了 CPU 判别分支的时间,大大提高了处理速度。Pentium 系列处理器有多种工作频率,工作在 60MHz 和 66MHz 时,其速度可达每秒 1 亿条指令。同期推出的第五代微处理器还有 IBM、Apple 和 Motorola 这 3 家公司联盟的 PowerPC(这是一种完全的 RISC 微处理器),以及 AMD 公司的 K5 和 Cyrix 公司的 M1 等。

六、第六代微处理器

1996 年 Intel 公司将其第六代微处理器正式命名为 Pentium Pro(奔腾)。该处理器的集成电路采用了 0.35 的工艺,时钟频率为 200MHz,在处理方面,Pentium Pro 引入了新的指令执行方式,其内部核心是 PISC 处理器,运算速度达 200MIPs。Pentium Pro 允许在一个系统里安装 4 个处理器,因此,Pentium Pro 最合适的位置是作为高性能服务器和工作站。

2001 年 Intel 公司发布了 Itanium(安腾)处理器。Itanium 处理器是 Intel 公司第一款 64 位的产品。这是为顶级、企业级服务器及工作站设计的,在 Itanium 处理器中体现了一种全新的设计思想,完全是基于平行并发计算而设计(EPIC)。对于最苛求性能的企业或者需要高性能运算

功能支持的应用(包括电子交易安全处理、超大型数据库、计算机辅助机械引擎、尖端科学运算等)而言,Itanium 处理器基本是计算机处理器中唯一的选择。

2002 年 Intel 公司发布了 Itanium 2 处理器。代号为 McKinley 的 Itanium 2 处理器是 Intel 公司的第二代 64 位系列产品,Itanium 2 处理器是以 Itanium 架构为基础建立与扩充的产品,可与专为第一代 Itanium 处理器优化编译的应用程序兼容,并大幅提升了 50%~100% 的效能。Itanium 2 处理器系列以低成本与更高效能,提供高阶服务器与工作站各种平台与应用支持。

七、第七代微处理器

1999 年,AMD 推出了世界上第一款第七代微处理器,取名为速龙 MP 处理器,可支持高性能多处理器平台的服务器及工作站。新一代的应用程序需要一个稳定可靠的操作环境进行大量的运算,AMD 速龙 MP 处理器可以满足这类应用软件的需要。

2000 年 11 月,Intel 也推出了第七代微处理器:奔腾 4(Pentium 4,或简称奔 4 或 P4),这一新的架构称作 NetBurst。Pentium 4 有着非常快速到 400MHz 的前端总线,之后更提升到 533MHz、800MHz。它其实是一个 100MHz 的四条并列总线(100MHz×4 并列),因此理论上它可以传送比一般总线多四倍的容量,所以号称有 400MHz 的速度。

回顾微处理器的发展历程,可以发现这是一个随处迸发智慧火光的历程。当前,微处理器已经形成智能化、综合化、多元化的蓬勃发展的格局。

1.2 数制表示及其转换

1.2.1 数制的表示

因为我们有 10 根手指,所以自古以来就习惯使用 10 根手指来计数,因此逢十进一的十进制系统很自然就成为人类常用的计数方法。

数制是以表示数值所用的数字位数来命名,例如十进制用 10 位数字(0~9)表示,二进制用 2 位数字(0、1)表示,十六进制用 10 位数字和 6 位符号(A、B、C、D、E、F)表示。各种数制中数字或符号的个数称为数制的基数。

任意进制数可以通过多项式形式表示,设数制的基数为 b ,则数 x 可以表示成

$$x = \sum_{i=-m}^n k_i b^i = k_{-m} b^{-m} + \cdots + k_{-1} b^{-1} + k_0 + k_1 b + \cdots + k_n b^n \quad (1-1)$$

其中 $k_{-m}, \dots, k_n \in [0, 1, \dots, b-1]$, m, n 为非负整数。上式表示数 x 可以表示成 b 进制数,整数 $n+1$ 位,小数 m 位。式(1-1)也称为数值的按权值表示。

1. 十进制

常用的十进制数可以直接用数字 0~9 表示,例如 257.8 可以按式(1.1)表示成

$$257.8 = 2 \times 10^2 + 5 \times 10 + 7 \times 10^0 + 8 \times 10^{-1}$$

2. 二进制

在数字计算机中,经常用二进制数来表示数值,这是因为在数字电路中,只能用高电平和低电平表示不同的两种状态。二进制数可以用 0、1 数字后加 B(Binary)表示,例如 10101B 可以按