

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

微机原理与接口技术

——基于Proteus仿真的8086 微机系统设计及应用

何宏 主编
赵捷 李珍香 张志宏 副主编



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

微机原理与接口技术

——基于Proteus仿真的8086 微机系统设计及应用

何宏 主 编
赵捷 李珍香 张志宏 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以简明的叙述、通俗的语言,系统地阐述了基于 Proteus 仿真技术的 Intel 8086 微机系统设计与接口技术。全书共分 12 章,主要内容包括计算机基础、微处理器结构及系统、Intel 80x86 寻址方式和指令系统、汇编语言程序设计、Proteus 应用指南、输入/输出接口、半导体存储器、中断处理技术、定时计数技术、并行/串行通信、数/模和模/数转换器以及基于 Proteus 仿真的 8086 微型处理器实验。本书选材新颖,内容系统,结构清晰,概念准确,通俗易懂,每章都附有思考题与习题。

本书可供高等院校本科、专科,高职高专及大中专工业自动化、电子信息/通信工程、机电一体化、机械等专业和计算机专业及其他各工科类专业选用,还可供广大科技人员自学参考。

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

微机原理与接口技术:基于 Proteus 仿真的 8086 微机系统设计及应用/何宏主编.--北京:清华大学出版社,2015

21 世纪高等学校规划教材·计算机应用

ISBN 978-7-302-38114-3

I. ①微… II. ①何… III. ①微型计算机—理论—高等学校—教材 ②微型计算机—接口技术—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 224392 号

责任编辑:刘向威 王冰飞

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 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:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:26.75 字 数:669 千字

版 次:2015 年 5 月第 1 版 印 次:2015 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00 元

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《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》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail:weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

本书本着“系统性、新颖性、科学性、实用性”的原则,系统地阐述了基于 Proteus 仿真技术的 Intel 8086 微机系统设计及接口技术。全书共分 12 章,主要内容包括计算机基础、微处理器结构及系统、Intel 80x86 寻址方式和指令系统、汇编语言程序设计、Proteus 应用指南、输入/输出接口、半导体存储器、中断处理技术、定时计数技术、并行/串行通信、数/模和模/数转换器、基于 Proteus 仿真的 8086 微型处理器实验。本书选材新颖,内容系统,结构清晰,概念准确,通俗易懂。每章都附有思考题与习题。本书主要特点如下:

(1) 例题丰富、重点突出、难点分散、形式多样。本书以面向应用为主,在例题、接口电路等的选择上,尽量考虑与实际工程应用相结合,插入了大量的电路连接图、结构图、时序图和详细的分析说明。

(2) 解决了长期困扰微机原理与接口技术教学过程中的最大难题。在教学过程中,微型计算机软件 and 硬件无法很好地结合是微型计算机教学过程中的最大难题。应用 Proteus 软件作为微机应用系统设计和仿真平台,使微型计算机的学习过程变得直观、形象,可以在没有微型计算机实际硬件的条件下,利用 Proteus 软件以虚拟仿真方式实现微机系统的软、硬件同步仿真调试,使微型计算机应用系统设计变得简单、容易。

(3) 由浅入深、通俗易懂。对所举全部实例都有详细的分析和注释。例如,本书在汇编语言程序设计部分,通过对每段程序添加详细解释,使读者能够较为容易地理解和掌握汇编语言程序设计的思想。在介绍每一种接口的基本原理和工作方式的基础上,以大量的应用实例分析说明应用技术的要点,并通过加强习题练习、实验环节和课程综合设计项目的实践教学,使学生在牢固掌握微机原理的基础上,具有一定的微机接口设计能力和较强的接口系统应用能力。

本书是作为高等院校自动化、电子/通信工程、机电一体化等非计算机专业和计算机专业及其他各工科类专业的本科生学习“微机原理与接口技术”必修课程的通用教材。本教材适用面很广,也可作为大中专院校和高职高专相关专业的专科生学习“微机原理与接口技术”课程的教材,还可作为计算机(偏硬技术)等级考试的培训教材以及供从事微机系统设计和应用的技术人员自学和参考。

本书由何宏教授任主编,赵捷、李珍香、张志宏任副主编,参加本书编写工作的人员还有王娟、冷建伟、李玉森、李季、李荭娜、冯乐、张凤岭、郑瑞、徐晓骏、李宇、毛程倩等。本书在编写过程中得到广州风标信息技术有限公司(Proteus 中国大陆总代理)匡载华总经理和徐小斌工程师的大力支持和热情帮助,在此一并向他们表示衷心感谢。

由于计算机技术的发展日新月异,新技术层出不穷,加之编者水平有限,错误和不当之处在所难免,敬请各位读者和专家批评指正。

编者

2015 年 3 月 于天津理工大学

第 1 章 计算机基础	1
1.1 概述	1
1.1.1 第一代微处理器.....	2
1.1.2 第二代微处理器.....	2
1.1.3 第三代微处理器.....	2
1.1.4 第四代高档微处理器.....	3
1.1.5 第五代高档微处理器.....	4
1.1.6 第六代 Pentium 微处理器	4
1.2 计算机中数据的表示	5
1.2.1 计算机中的数制.....	5
1.2.2 计算机中数据的表示方法	10
1.2.3 计算机中非数值数据信息的表示方法	15
1.3 微型计算机的系统.....	18
1.3.1 硬件系统	18
1.3.2 微处理器的内部总线结构	20
1.3.3 引脚的功能复用	21
1.3.4 流水线技术	22
1.3.5 软件系统	23
思考题与习题	23
第 2 章 80x86/Pentium 微处理器	25
2.1 8086 微处理器	25
2.1.1 8086 CPU 结构与特点	25
2.1.2 8086 的工作模式和引脚特性	31
2.1.3 8086 的总线操作和时序	35
2.1.4 8086 CPU 系统结构	39
2.2 80x86/Pentium 高档微处理器.....	44
2.2.1 80286 微处理器	45
2.2.2 80386 微处理器	49
2.2.3 80486 微处理器	56
2.2.4 Pentium 微处理器	58
思考题与习题	60

第3章 80x86/Pentium 指令系统	61
3.1 8086/8088 CPU 指令系统	61
3.1.1 寻址方式	61
3.1.2 指令系统	67
3.2 80x86/Pentium 指令系统	106
3.2.1 80286 增强与增加的指令	107
3.2.2 80386/80486 增强与增加的指令	111
3.2.3 Pentium 系列处理器增加的指令	115
思考题与习题	117
第4章 汇编语言程序设计	123
4.1 概述	123
4.2 汇编语言源程序的结构	124
4.2.1 汇编语言源程序结构特点	125
4.2.2 源程序与 PC DOS 的接口	126
4.3 汇编语言的语句	127
4.3.1 语句的种类	127
4.3.2 语句格式	128
4.3.3 语句中的操作数	129
4.4 汇编语言的伪指令语句	135
4.4.1 基本伪指令语句	136
4.4.2 80x86/Pentium 扩展伪指令语句	147
4.5 汇编语言程序设计基础	153
4.5.1 概述	153
4.5.2 程序的基本结构	154
4.5.3 程序设计基本方法	155
4.5.4 子程序设计与调用技术	164
4.6 模块化程序设计技术	172
4.6.1 概述	172
4.6.2 程序中模块间的关系	173
4.6.3 模块化程序设计举例	175
4.7 实用程序设计举例	178
思考题与习题	185
第5章 Proteus 应用指南	189
5.1 Proteus ISIS 工作界面	189
5.1.1 ISIS 命令工具栏	191
5.1.2 原理图编辑窗口	193

5.1.3	预览窗口	193
5.1.4	对象选择器	194
5.1.5	ISIS 模式选择工具栏	195
5.1.6	仿真控制按钮	196
5.1.7	ISIS 旋转、镜像控制按钮	196
5.2	原理图设计	197
5.2.1	原理图设计的方法和步骤	197
5.2.2	ISIS 鼠标使用规则	197
5.2.3	原理图设计过程	198
5.3	Proteus VSM 电路仿真分析	206
5.3.1	虚拟仪器	206
5.3.2	Proteus 信号发生器	211
5.3.3	探针	212
5.3.4	仿真图表分析	214
5.3.5	电源与地	215
5.3.6	交互式电路仿真	215
5.4	Proteus 8086 源代码调试方法	217
5.4.1	Proteus 8086 汇编源代码调试方法	217
5.4.2	Proteus 8086 C 语言源代码调试方法	220
5.4.3	Proteus 仿真与调试技巧	222
第 6 章	存储器	225
6.1	概述	225
6.1.1	存储器的分类	226
6.1.2	存储器的基本结构	228
6.1.3	主要技术指标	229
6.2	随机存储器	230
6.2.1	静态 RAM	230
6.2.2	动态 RAM	233
6.3	只读存储器	235
6.3.1	掩膜 ROM	236
6.3.2	可编程 ROM	236
6.3.3	可擦除可编程 ROM	237
6.3.4	电可擦除可编程 ROM	240
6.4	半导体存储器与 CPU 的连接	242
6.4.1	需要考虑的问题	242
6.4.2	存储器容量扩充	244
6.4.3	8086/8088 与存储器连接	246
	思考题与习题	248

第7章 微机的中断系统	250
7.1 中断系统	250
7.1.1 中断的基本概念.....	250
7.1.2 中断系统功能.....	251
7.1.3 中断处理过程.....	252
7.1.4 中断管理.....	254
7.2 80x86 中断结构	257
7.2.1 中断分类.....	257
7.2.2 中断管理过程.....	258
7.2.3 中断向量和中断向量表.....	260
7.2.4 8086 的中断	262
7.3 中断控制器 8259A	264
7.3.1 8259A 的功能	264
7.3.2 8259A 的内部结构和引脚特性	265
7.3.3 8259A 的工作方式	267
7.3.4 8259A 的编程	270
7.3.5 8259A 的级联	277
思考题与习题.....	279
第8章 输入/输出接口	280
8.1 概述	280
8.1.1 I/O 信息	280
8.1.2 I/O 接口要解决的问题	281
8.1.3 I/O 接口的功能	282
8.1.4 I/O 端口的编址方法	283
8.1.5 简单的 I/O 接口	283
8.2 输入和输出的传送方式	287
8.2.1 程序控制的输入和输出.....	287
8.2.2 中断控制的输入和输出.....	291
8.2.3 直接存储器存取(DMA)方式	292
思考题与习题.....	293
第9章 定时计数技术	295
9.1 概述	295
9.2 可编程定时器/计数器 8253	296
9.2.1 内部结构.....	296
9.2.2 引脚信号.....	298
9.2.3 8253 计数器的计数启动方式和计数结束方式	299

9.2.4 工作方式	299
9.2.5 8253 的方式控制字	304
9.3 定时器/计数器应用实例	306
9.3.1 8253 的编程逻辑	306
9.3.2 8253 的实际应用	306
思考题与习题	310
第 10 章 并行、串行(I/O)接口	312
10.1 并行(I/O)接口	312
10.1.1 并行接口的特点	312
10.1.2 可编程并行接口芯片 8255A	312
10.2 8255A 应用举例	321
10.3 键盘、显示及其接口	324
10.3.1 概述	324
10.3.2 键盘识别原理	325
10.3.3 LED 显示器及其接口	329
10.4 串行接口和串行通信	333
10.4.1 串行通信的基本概念	333
10.4.2 串行接口	333
10.4.3 串行通信的 3 种方式	334
10.4.4 串行数据传送方式	335
10.4.5 信号的调制与解调	337
10.4.6 RS-232C 串行通信标准	338
10.5 可编程串行 I/O 接口 8251A	339
10.5.1 8251A 的基本工作原理	339
10.5.2 8251A 的引脚特性	341
10.5.3 8251A 的控制字和状态字	344
10.5.4 8251A 的初始化编程	345
10.5.5 8251A 的应用举例	347
思考题与习题	348
第 11 章 数/模转换及模/数转换	350
11.1 概述	350
11.2 数/模(D/A)转换原理	351
11.2.1 D/A 转换的工作原理	351
11.2.2 D/A 转换器的主要性能指标	351
11.3 常用数/模(D/A)转换芯片的使用	352
11.3.1 8 位 DAC 芯片——DAC 0832	352
11.3.2 12 位 DAC 芯片——AD567	355

11.4	模/数(A/D)转换原理	358
11.4.1	常用 A/D 转换方法	358
11.4.2	A/D 转换器的主要技术参数	359
11.5	常用模/数(A/D)转换芯片的使用	360
11.5.1	8 位 ADC 芯片——ADC 0809	360
11.5.2	12 位 ADC 芯片——AD574	363
	思考题与习题	366
第 12 章	基于 Proteus 仿真的 8086 微型处理器实验	367
12.1	基本 I/O 口的应用	367
12.2	可编程定时器/计数器 8253 实验	371
12.3	并行接口芯片 8255 的应用——键盘和数码管	374
12.4	外部中断实验	380
12.5	模数转换——ADC 0809 的使用	385
12.6	数模转换——DAC 0832 的使用	389
12.7	串行通信——8251A 的使用	393
附录 A	指令系统表	399
附录 B	指令对标志位的影响	405
附录 C	中断向量地址表	406
附录 D	DOS 调用表(INT 21H)	407
附录 E	BIOS 中断调用表	412
	参考文献	416

第 1 章

计算机基础

1.1 概述

世界上第一台电子计算机诞生于 1946 年 2 月 15 日,它是美国宾夕法尼亚大学莫尔学院电机系莫克利(J. Mauchly)教授及其同事们研制成功的 ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Computer,电子数值积分和计算机)。ENIAC 采用十进制运算,电路结构十分复杂,使用 18 000 多个电子管,运行时耗电量达 150kW,体积庞大,有 85m³,占地面积 150m²,重 30t,它只能存储 750 条指令,每秒钟只能进行 360 次乘法运算。价值 40 多万美元,ENIAC 的出现标志着人类计算工具进入了一个新的时代,是人类文明发展史中的一个里程碑。

从第一台电子计算机问世至今,不过 60 多年的历史。然而它发展之迅速,普及之广泛,对整个人类社会和科学技术影响之深远,是任何其他学科所不及的。60 多年来,计算机的发展经历了从电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机到大规模和超大规模集成电路(VLSI)计算机这样 4 代的更替,运算速度为每秒数百亿次甚至数千亿次的巨型机也已投入运行。计算机已从早期的数值计算、数据处理发展到目前的进行知识处理的人工智能阶段,不仅可以处理文字、字符、图形图像信息,而且可以处理音频、视频信息,正向智能化和多媒体计算机方向发展。

微型计算机由微处理器、存储器、输入输出设备与接口和其他支持逻辑部件组成,完全包含了冯·诺依曼计算机体系结构中的 5 个部件,它们彼此通过系统总线(地址总线 AB、数据总线 DB 和控制总线 CB)连接起来。将微型计算机配置相应的系统软件、应用软件及外部设备等,则构成一个完整的微型计算机系统(Microcomputer System)。微型计算机的出现,为计算机技术的发展和普及开辟了崭新的途径,是计算机科学技术发展史上的又一个新的里程碑。

微处理器和微型计算机的发展历史是和大规模集成电路的发展分不开的。20 世纪 60 年代初期的硅平面管工艺和二极管、晶体管逻辑电路的发展,使得在 1963 年、1964 年有了小规模集成电路(Small Scale Integration, SSI)出现,之后的金属氧化物半导体(Metal Oxide Semiconductor, MOS)工艺,又使集成度提高了一大步。到 20 世纪 60 年代后期,在一片几平方毫米的硅片上,已可集成几千个晶体管,这就出现了大规模集成电路(Large Scale Integration, LSI)。LSI 器件体积小、功耗低、可靠性高,为微处理器的生产打下了基

础。现代最新型的集成电路已可在单个芯片上集成上千万个晶体管,线宽小于 $0.13\mu\text{m}$,工作频率超过 2GHz 。

微型计算机的发展是以微处理器的发展为表征的,到目前为止,微处理器的发展过程经历6代。

1.1.1 第一代微处理器

1971—1973年为4位或8位低档微处理器和微型计算机时代。这一时期的典型产品是Intel 4004和Intel 8008。

4004是一种4位微处理器,可进行4位二进制的并行运算,拥有45条指令,速度为 0.05MIPS (Million Instructions Per Second,每秒百万条指令)。4004的功能极其有限,主要用于计算器、电动打字机、照相机、台秤、电视机等家用电器上。

8008是世界上第一种8位的微处理器,与4004相比,它可一次处理8位二进制数据,其寻址空间扩大为 16KB ,并且扩充了指令系统(达到48条)。

第一代微处理器的基本特点是采用PMOS工艺,集成度低($1200\sim 2000$ 晶体管/片),系统结构与指令都比较简单,仅能进行串行十进制运算,且速度慢(基本指令执行时间为 $10\sim 20\mu\text{s}$)。采用机器语言编程,其价格低廉,主要应用于家用电器和简单控制场合。

1.1.2 第二代微处理器

1974—1977年为8位中档微处理器和微型计算机时代。这一时期的典型CPU产品有Intel 8080、Zilog公司的Z80和Motorola公司的MC6800等。

1973年,Intel公司在8008的基础上推出了另一种8位微处理器——Intel 8080。这是一个划时代的产品,因为它是第一个真正实用的微处理器。它的存储器寻址空间增加到 64KB ,并扩充了指令集,指令执行速度达到 0.5MIPS ,比8008快10倍。另外,它使CPU外部电路的设计变得更加容易且成本降低。

从此,微处理器和微型计算机像雨后春笋般地蓬勃发展起来。市场上先后推出了一批性能优良的8位微处理器产品,如Motorola公司的MC6800、Zilog公司的Z80系列及Intel公司的8085等。

第二代微处理器与第一代相比,它的显著特点是:采用了NMOS工艺,集成度提高约4倍($5000\sim 9000$ 晶体管/片),主时钟频率为 $2\sim 4\text{MHz}$,平均指令执行时间为 $1\sim 2\mu\text{s}$,速度提高了 $10\sim 15$ 倍(基本指令执行时间为 $1\sim 2\mu\text{s}$)。指令系统较为完善。这一时期推出的微型计算机,在系统架构上已具有典型的计算机体系结构以及中断、DMA等控制功能,软件方面除汇编语言外,还可使用如BASIC、FORTRAN等高级语言。在系统设计上考虑了机器间的兼容性、接口的标准化和通用性、外围配套电路种类齐全、功能完善,广泛应用于电子仪器、现金出纳机和打印机等。

1.1.3 第三代微处理器

1978—1984年为16位微处理器和微型计算机时代。这一时期的典型CPU产品有8086、8088、Z8000和MC6800。

Intel 80x86/Pentium 系列 CPU 以 Intel 公司 1978 年首先推出 16 位的 8086 为代表的第三代微处理器。次年又推出外部数据总线为 8 位的 8088(这主要是便于和大部分 8 位外设相连接)。在 Intel 公司推出 8086、8088 CPU 之后,各公司也相继推出了同类的产品,有 Motorola 公司的 MC68000 和 Zilog 公司的 Z8000 等。

第三代微处理器的主要特点是采用了 HMOS 工艺,时钟频率为 5~40MHz,其集成度(达 20 000~70 000 晶体管/片)和速度(基本指令执行时间为 0.5 μ s)都比 8 位微处理器提高了一个数量级。数据总线宽度为 16 位,地址总线宽度为 20 位,最大可寻址空间为 1MB,具有丰富的指令系统,且 CPU 的内部结构有很大的改进。体系结构与指令更为完善与丰富,采用了多级中断、多种寻址方式、段式寄存器等结构。

16 位微处理器比 8 位微处理器有更大的寻址空间、更强的运算能力、更快的处理速度和更完善的指令系统。例如,Intel 8086/8088 内部采用流水线结构,设置了指令预取队列,使处理速度大大提高。在软件方面可以使用多种高级语言,有完善的操作系统,支持构成多处理器系统。所以,16 位微处理器已能够替代部分小型机的功能。特别是在单任务、单用户的系统中,8086 等 16 位微处理器更是得到了广泛的应用。

1982 年,Intel 公司还推出了性能更高的 16 位 CPU——80286(以 80287 作为它的协处理器),它有 24 条地址线,内存寻址范围为 16MB,主频在 6MHz 以上。它将 CPU 中的 BIU 分成地址单元(AU)、指令单元(IU)和总线单元(BU)三部分,并利用 IU 进行预译码来进一步提高速度。在存储器管理方面引入保护虚地址方式,并可提供 $2^{30}=1\text{GB}$ 的虚拟内存空间,将部分外存信息有条件地与内存信息交换。从使用角度看,大大扩充了有限的内存容量。同时利用有效的特权保护机制可使由 286CPU 构成的 IBM PC/AT(286 机)支持多用户。286 机具有实地址和保护虚地址两种工作方式。在 20 世纪 80 年代中后期至 1991 年初,80286 一直是个人计算机的主流 CPU。

1.1.4 第四代高档微处理器

1985—1992 年为 32 位微处理器和微型计算机时代。这一时期的典型 CPU 产品是 Intel 80386、80486 和 Motorola 公司的 MC68020、68040 等。与 16 位微处理器相比,32 位微处理器从体系结构设计上有了概念性的改革与革新。

第四代微处理器的主要特点是:大多采用了 HMOS 或 CMOS 工艺,其集成度每片芯片高达 100 万只晶体管,基本指令执行时间一般为 25MIPS,为微型计算机带来了小型机的性能。它们具有 32 条地址线,内存寻址范围为 4GB。

1985 年,Intel 公司推出与 8086 向上兼容的 32 位微处理器——80386。它具有 32 位数据总线和 32 位地址总线,存储器可寻址空间达 4GB,时钟频率为 16~33MHz,平均指令执行时间小于 0.1 μ s,运算速度达到 $(3\sim 4)\times 10^6$ 指令/s(即 3~4MIPS),CPU 内部采用 6 级流水线结构,使取指令、译码、内存管理、执行指令和总线访问并行操作。使用二级存储器管理方式,支持带有存储器保护的虚拟存储机制,虚拟存储空间高达 264B。Intel 80386 工作主频在 16MHz 以上,以 80387 为协处理器。为了与 16 位外设兼容,1988 年 Intel 还推出了数据总线内 32 位外 16 位的 80386SX,仍用 80287 作协处理器,其他的结构则与 386 相同。Intel 80386 有实地址、保护虚地址和虚拟 8086(即可在机器上同时运行实地址、保护虚地址等不同方式的程序)3 种工作方式。此外,为加快存储器操作,还引入了高速缓冲存储器

Cache,这样可将具体数据运算从慢速的动态 RAM(DRAM)调整到 SRAM 中进行。

1989年、1990年和1992年,Intel公司相继推出了80486DX、80486SX和80486DX2 CPU,其工作主频提高到50MHz以上。在80486DX内部集成了80386、80387、8KB的指令/数据Cache和高速缓存控制逻辑。为提高处理速度,它采用了精简指令集计算(RISC)技术以减少指令执行时间,将芯片内的浮点运算完全和常规算术逻辑运算并列运行,综合性能要比80386高2~4倍。80486SX和80486DX的不同只是它内部不包含80387数字协处理器。而DX2则是在芯片内外采用两种主频工作,内部主频为外部的2倍。

1.1.5 第五代高档微处理器

第五代(1993年)微处理器是Intel公司推出的Pentium微处理器。Pentium微处理器的推出,使微处理器的技术发展到了一个崭新的阶段,标志着微处理器完成从CISC向RISC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。

Pentium(中文译名为奔腾)采用亚微米($0.8\mu\text{m}$)CMOS工艺技术,集成度为330万个晶体管/片,内部采用4级超标量结构,数据线64位,地址线36位。工作频率为60/66MHz,处理速度达110MIPS。Pentium CPU芯片在486基础上采用了全新的体系,它重新设计了增强型的浮点运算器,速度比486提高了3~5倍。CPU内部采用超标量流水线设计,CPU内部有U、V两条流水线并行工作,使Pentium在单个时钟内可执行两条整数指令;Pentium片内采用双Cache结构(即程序Cache和数据Cache),每个Cache容量为8KB,数据宽度为32位,将程序和数据Cache分开(各为8KB),以减少等待及移动数据的次数和时间,大大节省了处理时间。最重要的是采用了超标量流水线结构,允许多条指令同时执行来提高效率。具体设置有两条指令流水线和独立的超标量执行单元,在同一时钟内可同时发两条整数指令或一条浮点(某些情况还能再送一条整数)指令,并将常用指令固化以硬件速度执行;片内设置分支目标缓冲器(BTB),以预测分支指令结果,提前安排指令执行顺序。可动态地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。

由于第一代Pentium采用 $0.8\mu\text{m}$ 工艺技术和5V电源驱动,使得芯片尺寸较大,成本过高;另外其功耗达15W,使系统散热成为问题。1994年3月,Intel推出了第二代Pentium(以P54C代称),P54C采用 $0.6\mu\text{m}$ 工艺和3.3V电源,功耗仅为4W,而且可在不需要时自动关闭浮点单元,散热问题基本得以解决。P54C的主时钟为100MHz和90MHz两种。

1.1.6 第六代 Pentium 微处理器

1996年,Intel公司正式公布其高档Pentium产品Pentium Pro(又称P6,俗称高能奔腾)也是一种64位CPU,该处理器采用 $0.35\mu\text{m}$ 工艺,集成度是550万只晶体管/片,地址线为36条,寻址范围为64GB,其主频已提高到133MHz以上,具有两倍P5的性能。

它的主要改进表现在两个方面:一是采用了动态执行技术,除了P5具有的转移指令预测功能外,还通过提前对指令间数据流的相互关系进行分析,对指令流进行优化重排,保证了超标量执行单元能满负荷工作;二是将二级Cache(以加快存储器的操作,PC Pentium机中除了主芯片内含有Cache外,在主板上又安装了256~512KB的二级Cache)也集成在同

一块芯片上,从而在芯片内形成双重独立总线,有效地提高了性能。

随着多媒体技术的融入,在1996—1997年间 Intel 公司相继推出了基于 P5 和 P6 芯片并附加多媒体声像处理指令(共 57 条)的 CPU,称为“具有 MMX 技术的 Pentium 和 Pentium Pro”,其型号分别为 P55C 和 Pentium II (简称 P II),它们均采用了 $0.35\mu\text{s}$ 工艺。P55C 在结构上比 P5 又有所改进,如它将内部 Cache 从 8KB+8KB 增加到 32KB,指令预测功能也有所提高。而 P II 除了对 P6 性能作了改进外,还在外观上采用了新的封装技术,先将芯片固定到基板上,再将它密封到金属盒中,它可直接插到主板插槽中。有 P55C 和 P II 构成的 PC 分别称为多能奔腾机和 P II (即奔腾二代)机,它们较适用于多媒体应用领域。

1999 年 2 月,Intel 公司再次推出 64 位的 CPU Pentium III (简称 P III),主频在 450MHz 以上,具有 32KB 一级 Cache、512KB 二级 Cache。它针对网络功能进行了优化,并且新增 70 条 SSE(Streaming SIMD Extensions,单指令多数据流扩展)指令,以提高 CPU 处理连续数据流的效率、浮点运算速度并加强多媒体功能。

2001 年以后,Pentium 4 系列进入市场,其 CPU 集成度达 2500 万晶体管/片,工作频率在 2GHz 以上。

自微处理器出现以来,经过多年市场的激烈竞争,目前市场占有率最高的当属 Intel 80x86/Pentium 系列。相信随着微电子技术的发展,功能更强的 CPU 还会相继问世,并不断用于提高 PC 系列微机的性能。今天,计算机及其应用技术的发展速度、深度及其广度,都远远超过历史上任何一种技术手段和装备,在国防、科学研究、政治经济、教育文化等方面无所不及。计算机应用技术不仅引起社会各领域的巨大变革,反过来又推动计算机本身不断向前发展。

1.2 计算机中数据的表示

1.2.1 计算机中的数制

计算机是以电子器件为核心,以电子器件的状态表示数的。电子器件以两种不同的状态最为稳定可靠,它输出或高电平或低电平,用这个高、低电平表示一位二进制数。因此在计算中,数全部是用二进制表示的。

1. 二进制数

一个二进制数具有两个基本特征:

- (1) 有两个不同的数字符号,即 0 和 1。
- (2) 逢二进位。

二进制数由排列起来的 0 和 1 组成,各位代表的数值不同,从位序号为 0 向左数,依次代表的数值为 1、2、4、8、16 等。例如:

$$\begin{array}{cccc} D_3 & D_2 & D_1 & D_0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \end{array}$$