

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

微型计算机原理 与接口技术

龙光利 主编

侯宝生 刘亚锋 张文丽 副主编

清华大学出版社

014019683

TP36-43
228

21世纪高等学校规划教材 |



微型计算机原理 与接口技术

龙光利 主 编
侯宝生 刘亚锋 张文丽 副主编

TP36-43
228

清华大学出版社
北 京



北航

C1707709

288810410

内 容 简 介

本书主要以 Intel 公司生产的 8086 微处理器家族各成员组成的 IBM PC 系列微机为例,阐述了微型计算机组成原理、汇编语言程序设计和输入/输出接口技术等问题,力求充分反映国内外计算机技术的最新发展。

全书共分 11 章,包括绪论、80x86 系统结构、微型计算机指令系统、汇编语言程序设计、总线技术、存储器、输入/输出接口技术、中断技术、可编程计数器/定时器 8253 及其应用、并行与串行通信接口技术、模数和数模转换。每章均附有习题。

本书可作为高等学校非计算机专业本科生教材,也可供工程技术人员和科研人员用作参考书。

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

微型计算机原理与接口技术/龙光利主编. —北京:清华大学出版社,2014

21 世纪高等学校规划教材·电子信息

ISBN 978-7-302-34963-1

I. ①微… II. ①龙… 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. ①TP36-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 000242 号

责任编辑:郑寅堃 薛 阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:白 蕾

责任印制:沈 露

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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市中晟雅豪印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:28

字 数:679 千字

版 次:2014 年 1 月第 1 版

印 次:2014 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00 元

产品编号:050877-01

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

微型计算机原理与接口技术是非计算机本科专业的一门基础课程。为了提高学生综合运用本课程所学知识的能力,全面掌握微型计算机及其接口的工作原理、编程和使用方法,本书在内容上注重讲解基本概念,注重技术实用性和新颖性,概念准确,文字描述简洁明了,在各章中,对重点技术都结合例子予以说明,并进行总结和归纳,以利于学生对微型计算机技术中最重要和关键的内容能深入理解、掌握和应用,为进一步深入学习和研究计算机科学技术打下基础。

本书内容比较丰富,分析严谨,由浅入深,注重理论联系实际。为了帮助读者掌握基本理论和分析方法,每章都列举了一定数量的例题,并附有习题,便于读者掌握主干内容。全书共分 11 章。

第 1 章为绪论,介绍微型计算机的发展简史,微型计算机系统,计算机中的数制及编码,微型计算机的主要性能指标。

第 2 章为 80x86 系统结构,概述 8086 CPU 编程结构,8086 CPU 的工作模式和引脚功能,8086 存储器和 I/O 端口,8086 微机系统配置与总线操作,介绍一些高档微处理器。

第 3 章为微型计算机指令系统,概述指令、指令系统及指令格式,寻址方式,8086 的指令系统,80x86 和 Pentium CPU 扩充及增加的指令。

第 4 章为汇编语言程序设计,讨论机器语言和汇编语言,汇编语言的语句格式,伪指令语句,DOS 和 BIOS 功能调用,汇编语言程序设计,宏指令。

第 5 章为总线技术,概述总线、标准和主要性能指标、分类、数据传送,IBM PC 总线,ISA 和 EISA 总线,PCI 总线。

第 6 章为存储器,讨论存储器的概念、分类、芯片结构和主要技术指标,随机存取存储器(RAM),只读存储器(ROM),存储器与 CPU 接口的基本技术,高速缓冲存储器与半导体存储器新技术。

第 7 章为输入/输出接口技术,概述输入/输出系统、I/O 接口的主要功能、分类、组成及指令,I/O 端口的编址方式,输入/输出的基本方式及基本模式,常用芯片的接口技术。

第 8 章为中断技术,讨论 8086(88)中断系统,可编程中断控制器 8259A,8259A 在 IBM PC 系列机上的应用。

第 9 章为可编程计数器/定时器 8253 及其应用,概述定时与计数,8253 的结构及引脚,8253 的控制字及工作方式,8253 的应用举例。

第 10 章为并行与串行通信接口技术,主要介绍可编程并行接口芯片 8255A,8255A 的应用举例,串行通信,可编程串行通信接口芯片 8251A。

第 11 章为模数和数模转换,主要讨论 D/A 转换器和 A/D 转换器。

书末附有常用 DOS 功能调用一览表、汇编语言程序上机操作方法,便于读者查阅。

本书由龙光利主持编写,并编写其中第1章、第6章、第11章,侯宝生编写第2章、第3章、第4章、第10章,并提供了附录A、附录B等内容,张文丽编写第5章、第9章,刘亚锋编写第7章、第8章。全书由龙光利修改并定稿。本书在编写过程中还得到了陕西理工学院的支持和其他同事的帮助,在此一并表示感谢。

鉴于作者水平有限,难免存在错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2013年10月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 微型计算机的发展概述	1
1.1.1 微型计算机的发展概况	1
1.1.2 微型计算机的发展特点与分类	5
1.2 微型计算机系统	8
1.2.1 计算机的基本结构	8
1.2.2 微型计算机的硬件系统组成	8
1.2.3 微型计算机的软件系统组成	10
1.2.4 微型计算机的工作过程	11
1.3 计算机中的数制及编码	12
1.3.1 数与数制	12
1.3.2 数值数据的编码及其运算	17
1.3.3 非数值数据的二进制编码	24
1.4 微型计算机的主要性能指标和应用	28
1.4.1 微型计算机的主要性能指标	28
1.4.2 微型计算机的应用	30
1.5 小结	31
习题	31
第 2 章 80x86 系统结构	33
2.1 8086 CPU 编程结构	33
2.1.1 8086 CPU 的编程结构	33
2.1.2 寄存器结构	37
2.2 8086 CPU 的工作模式和引脚功能	41
2.2.1 8086 CPU 的两种工作模式	41
2.2.2 8086 CPU 的引脚功能	41
2.2.3 8088 与 8086 CPU 的不同之处	46
2.3 8086 存储器和 I/O 端口	47
2.3.1 8086 存储器地址的分段	47
2.3.2 8086 存储器的分体结构	49
2.3.3 堆栈的概念	51
2.3.4 8086 的 I/O 端口	52

2.4	8086 微机系统配置与总线操作	53
2.4.1	最小模式系统	53
2.4.2	最大模式系统	58
2.4.3	8086 CPU 时序	62
2.5	高档微处理器	68
2.5.1	80286 微处理器	68
2.5.2	80386 微处理器	69
2.5.3	80486 微处理器	72
2.5.4	Pentium 系列微处理器	80
2.6	小结	84
	习题	85
第 3 章	微型计算机指令系统	87
3.1	概述	87
3.1.1	指令与指令系统	87
3.1.2	指令格式	88
3.2	寻址方式	89
3.3	8086 的指令系统	95
3.3.1	数据传送指令	95
3.3.2	算术运算指令	103
3.3.3	逻辑运算和移位指令	116
3.3.4	字符串处理指令	123
3.3.5	控制转移指令	128
3.3.6	处理器控制指令	140
3.4	80x86 和 Pentium CPU 扩充及增加的指令	141
3.4.1	32 位的寻址方式	141
3.4.2	数据传送指令	142
3.4.3	算术运算指令	145
3.4.4	逻辑运算和移位指令	146
3.4.5	串操作指令	148
3.4.6	控制转移指令	148
3.4.7	处理器控制指令	149
3.5	小结	150
	习题	151
第 4 章	汇编语言程序设计	155
4.1	概述	155
4.1.1	机器语言和汇编语言	155
4.1.2	汇编语言程序的分段结构	156

4.2	汇编语言的语句格式	158
4.2.1	指令性语句和伪指令性语句	158
4.2.2	汇编语言数据	158
4.2.3	MASM 中的表达式	159
4.3	伪指令语句	166
4.3.1	数据定义伪指令	167
4.3.2	符号定义伪指令	169
4.3.3	段定义伪指令	170
4.3.4	过程定义伪指令	173
4.3.5	程序开始和结束语句	176
4.3.6	其他伪操作	176
4.4	DOS 和 BIOS 功能调用	177
4.4.1	概述	177
4.4.2	DOS 功能调用	178
4.4.3	BIOS 功能调用	183
4.4.4	BIOS 功能调用和 DOS 功能调用的关系	185
4.5	汇编语言程序设计	185
4.5.1	汇编语言程序设计的基本过程	185
4.5.2	程序结构化的概念	186
4.5.3	顺序程序设计	187
4.5.4	分支程序设计	189
4.5.5	循环程序设计	196
4.5.6	子程序设计及调用	205
4.6	宏指令	215
4.6.1	宏指令、宏定义、宏调用和宏展开	215
4.6.2	宏定义中的标号和变量	217
4.6.3	宏嵌套	219
4.6.4	宏指令与子程序	221
4.7	小结	222
	习题	222
第 5 章	总线技术	225
5.1	总线概述	225
5.1.1	总线的概念	225
5.1.2	总线标准及主要性能指标	226
5.1.3	总线的分类和构成	227
5.1.4	总线的数据传送	228
5.1.5	使用总线结构的优点	229
5.2	IBM PC 总线	230

5.2.1	引脚分配	230
5.2.2	信号说明	231
5.3	ISA 和 EISA 总线	232
5.3.1	ISA 总线	232
5.3.2	EISA 总线	236
5.4	PCI 总线	236
5.4.1	PCI 总线的特点	237
5.4.2	PCI 总线信号定义	238
5.4.3	PCI 总线协议	241
5.4.4	PCI 的数据传输	242
5.5	小结	244
	习题	244
第 6 章	存储器	245
6.1	存储器概述	245
6.1.1	存储器的一般概念和分类	245
6.1.2	半导体存储器的分类	246
6.1.3	半导体存储器芯片的一般结构	249
6.1.4	半导体存储器的主要技术指标	251
6.2	随机存取存储器(RAM)	252
6.2.1	静态 RAM	252
6.2.2	动态 RAM	256
6.3	只读存储器(ROM)	262
6.3.1	掩膜 ROM	262
6.3.2	可编程 ROM(PROM)	263
6.3.3	可擦除可编程 ROM(EPROM)	263
6.3.4	电可擦除可编程 ROM(EEPROM)	266
6.3.5	Flash 存储器(Flash Memory)	270
6.4	存储器与 CPU 接口的基本技术	270
6.4.1	存储器接口设计应考虑的问题	271
6.4.2	存储器的扩展技术	271
6.4.3	存储芯片的地址分配和片选	274
6.4.4	主存的校验	276
6.4.5	PC 系列微机的存储器接口	276
6.5	高速缓冲存储器与半导体存储器新技术	278
6.5.1	cache 的工作原理	278
6.5.2	cache 的地址映射	279
6.5.3	cache 的置换算法	281
6.5.4	高档机 cache 结构简介	281

6.5.5 半导体存储器新技术	282
6.6 小结	284
习题	285
第7章 输入/输出接口技术	286
7.1 I/O 接口概述	286
7.1.1 输入/输出系统	286
7.1.2 I/O 接口的主要功能	287
7.1.3 I/O 接口的分类	287
7.1.4 I/O 接口的组成	288
7.1.5 8086/8088 的输入/输出指令	289
7.2 I/O 端口的编址方式	289
7.3 输入/输出的基本方式及基本模式	290
7.3.1 无条件传送方式	291
7.3.2 查询传送方式	291
7.3.3 中断传送方式	293
7.3.4 DMA 传送方式	294
7.4 常用芯片的接口技术	295
7.4.1 I/O 地址译码及译码电路	295
7.4.2 系统总线驱动及控制	296
7.4.3 I/O 定时与协调	296
7.4.4 典型例题	297
7.5 小结	300
习题	300
第8章 中断技术	302
8.1 8086(88)中断系统	302
8.1.1 8086(88)的中断类型	303
8.1.2 8086(88)的中断响应过程	303
8.1.3 8086(88)的中断系统	306
8.1.4 8086(88)的中断向量表	308
8.2 可编程中断控制器 8259A	308
8.2.1 8259A 的内部结构和引脚	308
8.2.2 8259A 的中断过程	310
8.2.3 8259A 的工作方式	312
8.2.4 8259A 的编程及使用	314
8.3 8259A 在 IBM PC 系列上的应用	323
8.3.1 8259A 在 IBM PC/XT 中的应用	324
8.3.2 8259A 在 PC/AT 中的应用	325

8.4 小结	326
习题	326
第 9 章 可编程计数器/定时器 8253 及其应用	328
9.1 定时与计数	328
9.2 8253 的结构及引脚	329
9.2.1 8253 的内部结构	329
9.2.2 8253 的外部引脚	330
9.3 8253 的控制字及工作方式	332
9.3.1 8253 方式控制字	332
9.3.2 8253 的工作方式	333
9.4 8253 的应用举例	343
9.4.1 8253 的编程	343
9.4.2 8253 的应用	344
9.5 小结	349
习题	349
第 10 章 并行与串行通信接口技术	351
10.1 可编程并行接口芯片 8255A	351
10.1.1 8255A 的内部结构和功能	351
10.1.2 8255A 的控制字	354
10.1.3 8255A 的工作方式	355
10.2 8255A 的应用举例	365
10.2.1 键盘接口	365
10.2.2 LED 数码管接口	369
10.2.3 并行打印机接口	374
10.3 串行通信	377
10.4 可编程串行通信接口芯片 8251A	380
10.4.1 8251A 的内部结构和外部引脚	380
10.4.2 8251A 的控制字	387
10.4.3 8251A 编程举例	390
10.5 小结	393
习题	393
第 11 章 模数和数模转换	396
11.1 概述	396
11.2 D/A 转换器	397
11.2.1 D/A 转换器工作原理	397
11.2.2 D/A 转换器性能指标	398

11.2.3 D/A 转换器芯片与微处理器的接口	399
11.3 A/D 转换器	407
11.3.1 A/D 转换器的工作原理	408
11.3.2 A/D 转换器的主要性能参数	410
11.3.3 A/D 转换器芯片与微处理器的接口	411
11.3.4 多路模拟开关及采样保持电路	419
11.4 小结	421
习题	421
附录 A 常用 DDS 功能调用一览表	423
附录 B 汇编语言程序上机操作方法	428
参考文献	431

电子计算机无疑是人类历史上最伟大的发明之一。人类从原始社会学会使用工具以来到现代社会经历了三次大的产业革命：农业革命、工业革命、信息革命。而信息革命就是以计算机技术和通信技术的发展和普及为代表的。如果从17世纪欧洲出现近代科学算起，到今天差不多有400年的历史了。但是这400年的发展速度是人类以前几十万年的历史无法比拟的。尤其进入信息革命以后，人类更是以突飞猛进的速度在发展。目前，人类已经进入了高速发展的后现代时代。其中计算机科学和技术发展之快，是任何其他技术都无法相提并论的。

1.1 微型计算机的发展概述

1.1.1 微型计算机的发展概况

自1946年世界上第一台计算机ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Calculator)在美国宾夕法尼亚大学研制成功以来，电子计算机经历了几次重大的技术革命，得到了突飞猛进的发展。通常按照电子计算机采用的电子器件来进行划分，可将电子计算机的发展分为4个阶段，习惯上称为四代。

第一代，电子管计算机时代(1946年第一台计算机问世—20世纪50年代后期)。

这一时期的计算机采用电子管作为基本器件。在这一时期，主要为军事与国防尖端技术的需要而研制计算机，并逐步扩展到民用，转为工业产品，形成了计算机工业。

第二代，晶体管计算机时代(20世纪50年代中期—20世纪60年代后期)。

这一时期计算机主要器件的电子管逐步由晶体管代替，使整机的体积缩小，功耗降低，可靠性和运算速度得到提高，且价格下降。并且随着磁芯存储器的使用，速度得到进一步提高。计算机的应用领域由军事与尖端技术领域扩大到气象、工程设计、数据处理以及其他科学研究等领域。

第三代，集成电路计算机时代(20世纪60年代中期—20世纪70年代前期)。

这一时期的计算机采用集成电路作为基本器件，因此，功耗、体积、价格进一步下降，而速度和可靠性进一步提高，使计算机的应用领域进一步扩大，占领了许多数据处理的应用领域。

第四代，大规模集成电路和超大规模集成电路计算机时代(20世纪70年代以后)。

这一时期的计算机采用大规模和超大规模集成电路作为基本器件,芯片集成度和微处理器的工作速度以摩尔定律发展,大体上每 2~3 年翻两番;半导体存储器取代磁芯存储器,并不断向大容量、高速度发展;微型计算机和计算机网络的产生和发展,使计算机的应用更加普及,并深入到社会生活各方面。随着大规模和超大规模集成电路制造技术的发展,20 世纪 70 年代初期,已经能把原来体积很大的中央处理机电路集成在一片面积仅十几平方毫米的微处理器(Microprocessor, μ P)电路芯片上,微处理器的出现开创了微型计算机的新时代。

所谓微型计算机是指以微处理器为核心,再配上半导体存储器、输入/输出(I/O)端口电路、系统总线及其他支持逻辑电路组成的计算机。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一个新的里程碑。

由于微型计算机具有体积小、质量小、价格便宜、耗电少、可靠性高、通用性和灵活性强等突出特点,再加上超大规模集成电路技术的迅速发展,使微型计算机技术得到极其迅速的发展和广泛的应用。从 1971 年美国 Intel 公司首先研制成功世界上第一块微处理器芯片 4004 以来,差不多每隔 2~3 年就推出一代新的微处理器产品,如今已经推出了 6 代微处理器产品。微处理器是微型计算机的核心部件,它的性能在很大程度上决定了微型计算机的性能。因此,微型机的发展是以微处理器的发展而更新换代的。目前,以 PentiumPro(P6)微处理器为标志的微型计算机已进入第六代。

1. 第一代(1971—1973)4 位或低档 8 位微处理器

第一代微处理器和微型计算机是以 4 位微处理器和低档 8 位微处理器为代表,典型产品有:美国 Intel 公司 1971 年首次推出的 Intel 4004,其改进型是 Intel 4040,它是实现 4 位并行运算的单片微处理器,构成运算器和控制器的所有元件都集成在一片大规模集成电路芯片上。以它为核心构成的微型计算机是 MCS-4;1972 年 3 月 Intel 公司推出的低档 8 位通用微处理器 Intel 8008,以 Intel 8008 为核心构成的微型计算机是 MCS-8。第一代微处理器的芯片采用 PMOS(Metal-Oxide Semiconductor,金属氧化物半导体)工艺,集成度约为 2000 管/片,时钟频率为 1MHz,平均指令执行时间为 $20\mu\text{s}$ 。

第一代微型计算机的特点是指令系统简单,运算功能单一,但价格低廉,使用方便。

2. 第二代(1974—1978)中高档 8 位微处理器

微处理器问世后,众多公司纷纷研制微处理器,逐步形成以 Intel 公司、Motorola 公司、Zilog 公司产品为代表的三大系列微处理器,典型产品有 1973 年 Intel 公司推出的 Intel 8080 及其改进型 8085;1974 年美国 Motorola 公司推出的 MC6809;1975 年由 Zilog 公司推出的 Z-80,它是国内曾经最流行的单板微型机 TP801 的微处理器;MOS 公司推出的 MOS 6502,它是 IBM PC 问世之前世界上最流行的微型计算机 Apple II(苹果机)的微处理器。第二代微处理器的芯片采用 NMOS 工艺,集成度达到 5000~9000 管/片,微处理器的性能技术指标有明显改进,时钟频率为 2~4MHz,运算速度加快,平均指令执行时间为 $1\sim 2\mu\text{s}$ 。

第二代微型计算机的特点是具有多种寻址方式,指令系统较完善。在系统结构上已经具有典型计算机的体系结构,具有中断、直接存储器存取(Direct Memory Access, DMA)等

控制功能,设计考虑了机器间的兼容性、端口的标准化和通用性,配套外围电路的功能和种类齐全。在软件方面,除可使用汇编语言外,还有高级语言和操作系统。

3. 第三代(1978—1983)16 位微处理器

20 世纪 70 年代后期,超大规模集成电路研制成功和制造技术的成熟,进一步推动微处理器和微型计算机生产技术向更高层次发展,出现了 16 位微处理器。这一时期最典型的产品是 Intel 公司 1978 年推出的 16 位微处理器 Intel 8086 以及与 8086 内部结构相同,但外部总线只有 8 位的准 16 位微处理器 8088。除 8086/8088 外,还有 Zilog 公司的 Z-8000, Motorola 公司的 MC68000。第三代微处理器工艺上采用 HMOS 高密度集成工艺技术,集成度为 2 万~7 万管/片,时钟频率为 4~8MHz,数据总线宽度为 16 位,地址总线为 20 位,可寻址内存空间达 1MB,运算速度比 8 位机提高 2~5 倍。1981 年,IBM 公司推出的以 8088 为微处理器的个人计算机 IBM PC/XT 投入市场后迅速占领市场,形成了使用 16 位个人计算机的高潮。1982 年,Intel 公司又推出 80286 微处理器,它是 16 位微处理器中的高档产品,其集成度达到 10 万个晶体管/片,时钟频率为 10MHz,平均指令执行时间为 0.2 μ s,速度比 8086 提高 5~6 倍。

第三代微型计算机的特点是具有丰富的指令系统、多种寻址方式以及多种数据处理形式,并采用多级中断,有完善的操作系统。微处理器(80286)含有多任务系统必需的任务转换功能、存储器管理功能和多种保护机构,以支持虚拟存储体系结构。

4. 第四代(1983—1993)32 位高档微处理器

1983 年以后,以 Intel 公司为代表的一些世界著名半导体集成电路生产商先后推出了 32 位微处理器,这一时期的典型产品有 1983 年 Zilog 公司推出的 Z-80000; 1984 年 Motorola 公司推出 MC68020; 1985~1989 年 Intel 公司分别推出的 Intel 80386 和 Intel 80486; NEC 公司推出的 V70 等。32 位微处理器的出现,使微处理器开始进入一个崭新的时代,无论是从结构、功能还是从应用范围等方面看,都可以说是小型机的微型化。第四代微处理器采用先进的高速 CHMOS(HCMOS)工艺,集成度为 1~120 万管/片。具有 32 位数据总线和 32 位地址总线,直接寻址能力高达 4GB,同时具有存储保护和虚拟存储功能,虚拟空间可达 64TB(264),时钟频率达到 16~33MHz,平均指令执行时间约 0.1 μ s,运算速度为每秒 300 万~400 万条指令,即 3~4MIPS(Million Instruction Per Second)即每秒百万条指令。

第四代微型计算机的特点是内部采用流水线控制(80386 采用 6 级流水线),使取指令、指令译码、内存管理、执行指令和总线访问并行操作。Intel 80486 片内增加了协处理器和 8KB 的片内高速缓存(即一级 cache),支持配置外部高速缓存(即二级 cache)。内部数据总线宽度有 32 位、64 位和 128 位,分别用于不同单元间的数据交换。采用精简指令集计算机(Reduced Instruction Set Computer, RISC)技术,使微处理器可以一个时钟周期执行一条指令;采用突发总线(Burst Bus)技术与外部 RAM 进行高速数据交换,大大加快了数据处理速度。