



育“十一五”国家级规划教材
育“十三五”规划教材

微机原理与接口技术

(基于32位机) (第3版)

◆ 马春燕 主编 ◆ 秦文萍 王 颖 副主编



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

“十一五”国家级规划教材

“十三五”规划教材

微机原理与接口技术 (基于 32 位机)

(第 3 版)

马春燕 主编

秦文萍 王 颖 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书以 Intel 80486 微处理器为主体,将微型计算机原理、汇编语言程序设计、微机接口及仿真技术整合在一起,全面介绍 32 位微处理器的内部结构、指令系统、汇编语言程序设计、存储器管理技术、中断技术和 I/O 接口技术。内容由浅入深、循序渐进,结构层次清晰。本书在第 2 版的基础上,引进 emu8086 汇编语言仿真软件和 Proteus 虚拟仿真平台,介绍其功能及使用方法,增加了汇编语言软件实验、接口电路硬件实验和课程设计等内容。本书配有大量的例题,软件部分的例题全部提供了相应的汇编语言源程序,在 emu8086 系统环境下调试通过,并给出了运行结果;硬件接口部分的例题提供了硬件原理图和相应的汇编语言源程序,在 Proteus 虚拟仿真平台上调试通过。每章都配有丰富的习题,供读者练习,帮助读者理解和掌握所学知识。本书免费提供教学课件及部分例题源代码和动画演示,便于课堂教学及学生自学。

本书可作为高等学校理工科非计算机类电子信息、自动化、电气工程等相关专业的本科或大专层次的教材,也可供研究生和工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理与接口技术:基于 32 位机/马春燕主编. —3 版. —北京:电子工业出版社,2018.3

ISBN 978-7-121-33545-7

I. ①微… II. ①马… 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(2018)第 015897 号

策划编辑:冉 哲

责任编辑:底 波

印 刷:三河市华成印务有限公司

装 订:三河市华成印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:25 字数:688 千字

版 次:2007 年 1 月第 1 版

2018 年 3 月第 3 版

印 次:2018 年 3 月第 1 次印刷

定 价:59.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:ran@phei.com.cn。

前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

“微机原理与接口技术”是电子信息、自动化、电气工程等相关专业的一门重要的专业基础课程。随着微处理器技术的迅猛发展和社会上对人才培养的更高要求,迫切需要一本反映当今新技术及其应用的新教材。为此,我们在第 2 版教材的基础上,对部分章节的内容进行修订,引进 emu8086 汇编语言仿真软件和 Proteus 虚拟仿真平台,介绍了两个仿真软件的使用方法和设计步骤,增加了汇编语言软件实验、接口电路硬件实验和课程设计等内容,经过整合,内容更精练,重点更突出。编写本书的主要目的是使理工科学生通过本门课程的学习,了解微处理器发展的新技术和应用领域,掌握微型计算机的基本结构、工作原理、接口技术及汇编语言程序设计,具有初步的微型计算机硬件和软件开发的能力,为后续课程的学习和今后的工作打下坚实的基础。

本书共分 10 章。

第 1、2 章讲述微型计算机的发展历史和基础知识,16 位 Intel 8086 和 32 位 Intel 80486 微处理器的内部结构、寄存器组织及其工作方式。

第 3、4 章讲述 Intel 80486 微处理器的指令系统、寻址方式、汇编语言程序设计基础、微机系统中的 DOS 和 BIOS 功能调用。

第 5 章在介绍存储器 RAM 和 ROM 芯片的基础上,讲述微型计算机存储器系统的设计方法、高速缓冲器 Cache、虚拟存储器管理技术及 Intel 80486 微处理器存储器的管理模式。

第 6 章讲述微型计算机中断技术、Intel 80486 微处理器的中断系统、可编程中断管理控制器 8259A 及其应用。

第 7 章讲述微型计算机 I/O 接口技术,包括可编程接口芯片 8255A、8254、8237A、8250 及 A/D 转换和 D/A 转换接口芯片,详细介绍它们的内部结构、初始化编程及其应用。

第 8 章介绍 emu8086 汇编语言仿真软件的使用方法和步骤,软件实验包括 6 个基础性实验和 2 个设计性实验。基础性实验提供软件流程图和完整的汇编语言源程序,设计性实验仅给出设计要求和思路,目的在于充分发挥学生的潜在能力,拓展思维,进一步提高分析问题和解决问题的能力。

第 9 章介绍 Proteus 虚拟仿真平台的使用方法和步骤,硬件实验包括 6 个基础性实验和 2 个设计性实验。基础性实验提供了硬件原理图、软件流程图和汇编语言源程序,设计性实验仅给出了设计要求和思路。

第 10 章提供 10 个课程设计题目,给出了设计要求和思路,目的是培养和训练学生的综合设计能力,包括软件编程、硬件电路设计、软硬件联合调试,进一步提高学生计算机软件编程和硬件系统设计开发的能力。

本书附录 A 提供 80x86 指令系统一览表。

为了更好地理解和掌握课堂所学知识,增强实际应用能力,书中列举了大量面向实际应用的例题,给出了分析方法、计算过程、编程方法及详细注释。软件部分的例题全部提供了相应的汇编语言源程序,在 emu8086 系统环境下调试通过,并给出运行结果;硬件接口部分的例题提供了硬件电路原理图和汇编语言源程序,在 Proteus 虚拟仿真平台上调试通过。各章配有一定数量的习题,供读者练习和自测。本书的特点在于追踪新技术的发展,面向实用,夯实基础;内容丰富,便于自学;条理清晰,便于领会;重点突出,详解难点。

本书建议课堂教学 48~56 学时，实验课 8~10 学时，如果有条件，可安排 1~2 周的课程设计。本书第 2~7 章为教学重点，其中第 2、4、5、7 章为教学难点，应分配较多的学时。

本书第 1 章由马春燕编写；第 2 章和第 3 章由王颖编写，第 4 章由梁翼龙编写，第 5 章和附录 A 由秦文萍编写，第 6 章由贾敏智编写，第 7 章由陈燕编写，第 8 章由李更新编写，第 9 章和第 10 章由程兰编写。马春燕和秦文萍负责全书的大纲拟定、组织编写与统稿。

在编写本书的过程中，我们得到了太原理工大学教务处、太原理工大学信息工程学院、太原理工大学电气与动力工程学院领导和教师的大力支持与帮助，太原理工大学电气与动力工程学院研究生申再贺、侯向楠、武文韬、白逸飞等也为本书的编写做了大量的工作，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。衷心欢迎读者随时提出意见和建议，通信地址：山西省太原市迎泽西大街 79 号，太原理工大学电气与动力工程学院，邮政编码：030024，或发送电子邮件至作者邮箱 tyutchyma@sina.com。

QQ: 2424167655 春天

微信: tyutchyma 春天

编者

本书免费提供以下资源：

- ✓ 教学课件（扫描二维码或登录华信教育资源网下载）
- ✓ 动画演示（扫描二维码或登录华信教育资源网下载）
- ✓ 部分例题源代码（使用本书的教师可以联系作者或出版社编辑索取）



配套资源下载

目 录

第 1 章 微型计算机概述	1
1.1 微型计算机发展简史	1
1.1.1 微型计算机的硬件发展	1
1.1.2 微型计算机的软件发展	6
1.2 微型计算机运算基础	11
1.2.1 二进制数的运算方法	11
1.2.2 数在计算机中的表示	14
1.2.3 数的编码方法	18
1.3 微型计算机系统	19
1.3.1 微型计算机系统的组成	19
1.3.2 微型计算机系统的硬件组成	20
1.3.3 微型计算机系统的软件组成	21
1.3.4 微型计算机系统的性能指标	23
习题 1	24
第 2 章 微处理器及其结构	25
2.1 Intel 8086 16 位微处理器	25
2.1.1 Intel 8086 微处理器内部结构	25
2.1.2 Intel 8086 微处理器寄存器结构	27
2.1.3 Intel 8086 微处理器引脚信号及功能	29
2.1.4 Intel 8086 微处理器的存储器组成及输入/输出结构	32
2.2 Intel 80486 32 位微处理器	36
2.2.1 Intel 80486 微处理器内部结构	36
2.2.2 Intel 80486 微处理器寄存器结构	38
2.2.3 Intel 80486 微处理器引脚信号及功能	44
2.2.4 Intel 80486 微处理器的存储器组织及输入/输出结构	48
2.2.5 Intel 80486 微处理器的工作模式	49
2.2.6 Intel 80486 微处理器总线操作	50
2.3 Pentium 32 位微处理器	51
2.3.1 Pentium 微处理器内部结构	51
2.3.2 Pentium 微处理器寄存器结构	54
2.3.3 Pentium 微处理器引脚信号及功能	55
2.3.4 Pentium 微处理器的存储器组织及输入/输出结构	60
习题 2	61

第3章 指令系统	62
3.1 80486 微处理器的数据类型和指令格式	62
3.1.1 数据类型	62
3.1.2 指令格式	63
3.2 寻址方式	64
3.2.1 关于操作数的寻址方式	64
3.2.2 对程序转移地址的寻址方式	70
3.2.3 关于 I/O 端口的寻址方式	71
3.3 80486 微处理器的基本指令系统	72
3.3.1 数据传送类指令	72
3.3.2 算术运算类指令	81
3.3.3 逻辑运算与移位类指令	94
3.3.4 串操作类指令	99
3.3.5 程序控制类指令	103
3.3.6 处理器控制类指令	110
3.4 80486 微处理器的扩展指令	111
3.4.1 80486 微处理器新增加的指令	111
3.4.2 80486 微处理器增强功能的指令	112
3.4.3 80486 微处理器新增指令功能简介	113
习题 3	118
第4章 汇编语言程序设计	121
4.1 概述	121
4.1.1 汇编语言	121
4.1.2 宏汇编程序及上机过程简介	122
4.2 MASM 的数据形式及表达式	122
4.2.1 MASM 的数据形式	122
4.2.2 MASM 表达式	124
4.3 伪指令	128
4.3.1 伪指令基本格式	128
4.3.2 变量定义伪指令	129
4.3.3 符号定义伪指令	131
4.3.4 段定义伪指令	132
4.3.5 过程定义伪指令	134
4.3.6 其他伪指令	135
4.4 宏指令	137
4.4.1 宏指令、宏定义、宏调用和宏展开	137
4.4.2 宏定义中的标号和变量	139
4.4.3 宏指令与子程序	140
4.5 汇编语言源程序设计基础	140

4.5.1	汇编语言源程序的基本结构	140
4.5.2	顺序结构程序设计	142
4.5.3	分支结构程序设计	143
4.5.4	循环结构程序设计	146
4.5.5	子程序设计	150
4.5.6	应用程序设计举例	156
4.6	DOS 和 BIOS 功能调用	160
4.6.1	DOS 功能调用	160
4.6.2	BIOS 功能调用	165
4.6.3	BIOS 功能调用和 DOS 功能调用的关系	166
	习题 4	166
第 5 章	存储系统	171
5.1	存储系统与存储器	171
5.1.1	存储系统的层次结构	171
5.1.2	主存储器的分类	171
5.1.3	主存储器的性能指标	173
5.2	只读存储器 ROM	174
5.2.1	EPROM 芯片	174
5.2.2	EEPROM 芯片	177
5.2.3	Flash 芯片	177
5.3	随机存取存储器 RAM	179
5.3.1	静态随机存取存储器 SRAM 芯片	179
5.3.2	动态随机存取存储器 DRAM 芯片	181
5.3.3	内存条	183
5.4	存储器的扩展设计	183
5.4.1	存储器的构成	183
5.4.2	存储器的扩展设计	185
5.4.3	存储器的地址译码	187
5.4.4	存储器的扩展设计举例	188
5.5	高速缓冲存储器 Cache	193
5.5.1	Cache 的作用	193
5.5.2	Cache 的工作原理	193
5.5.3	Cache 的读/写策略	194
5.5.4	Cache 的地址映射	196
5.6	虚拟存储器及其管理技术	197
5.6.1	虚拟存储器的基本概念	197
5.6.2	分段存储管理	198
5.6.3	分页存储管理	199
5.6.4	段页存储管理	200

5.7	80486 存储器管理模式	201
5.7.1	80486 保护模式存储管理	201
5.7.2	虚拟 8086 模式存储管理	201
习题 5		202
第 6 章	中断技术	205
6.1	中断概述	205
6.1.1	中断与中断管理	205
6.1.2	中断处理过程	208
6.2	80486 微处理器中断系统	210
6.2.1	80486 微处理器中断系统结构及类型	210
6.2.2	实地址模式下的中断与异常处理	211
6.2.3	保护模式下的中断与异常处理	215
6.3	可编程中断控制器 8259A	216
6.3.1	8259A 内部结构及其引脚功能	216
6.3.2	8259A 的工作方式	219
6.3.3	8259A 初始化编程	221
6.3.4	8259A 应用举例	226
习题 6		229
第 7 章	I/O 接口技术	230
7.1	I/O 接口概述	230
7.1.1	接口技术	230
7.1.2	I/O 端口的编址方式	231
7.1.3	输入/输出的控制方式	232
7.2	可编程并行接口芯片 8255A 及其应用	233
7.2.1	8255A 内部结构及其引脚功能	233
7.2.2	8255A 的工作方式及其初始化编程	235
7.2.3	8255A 应用举例	238
7.3	可编程定时/计数器 8254 及其应用	249
7.3.1	8254 内部结构及其引脚功能	249
7.3.2	8254 工作方式及其初始化编程	251
7.3.3	8254 应用举例	257
7.4	DMA 控制器 8237A 及其应用	258
7.4.1	8237A 内部结构及其引脚功能	258
7.4.2	8237A 工作方式及其初始化编程	261
7.4.3	8237A 应用举例	266
7.5	可编程串行通信接口 8250 及其应用	268
7.5.1	串行通信与串行接口标准	268
7.5.2	8250 内部结构及其引脚功能	276

7.5.3	8250 内部寄存器及其初始化编程	279
7.5.4	8250 应用举例	283
7.6	A/D 转换器与 D/A 转换器及其应用	287
7.6.1	自动测控系统的构成	288
7.6.2	DAC0832 及其接口技术	289
7.6.3	ADC0809 及其接口技术	294
	习题 7	298
第 8 章	emu8086 仿真软件及软件实验	300
8.1	基于 emu8086 的汇编语言程序设计及仿真	300
8.1.1	emu8086 简介	300
8.1.2	汇编语言程序设计及仿真过程	303
8.2	基础性实验	311
	实验 1 加法程序设计	311
	实验 2 乘法程序设计	314
	实验 3 数据排序程序设计	317
	实验 4 表格内容查找程序设计	320
	实验 5 统计数据个数程序设计	323
	实验 6 画线及动画程序设计	327
8.3	设计性实验	331
	实验 1 统计学生成绩程序设计	331
	实验 2 比较字符串长度程序设计	331
第 9 章	Proteus 仿真平台及硬件实验	333
9.1	Proteus ISIS 编辑环境及使用方法	333
9.1.1	Proteus ISIS 操作界面	333
9.1.2	Proteus ISIS 原理图设计	336
9.1.3	基于 Proteus ISIS+emu8086 硬件仿真	340
9.2	基础性实验	343
	实验 1 8259 中断方式控制发光二极管实验	343
	实验 2 8255A 控制十字路口交通灯实验	346
	实验 3 8253A 控制直流电动机正、反转及测速实验	351
	实验 4 8250A 串行通信实验	356
	实验 5 ADC0808 模拟量采集实验	361
	实验 6 DAC0832 产生三角波实验	365
9.3	设计性实验	368
	实验 1 8255A 与 8250A 通信实验	368
	实验 2 A/D 转换与 D/A 转换实验	369

第 10 章 课程设计.....	370
设计 1 汽车信号灯控制系统	370
设计 2 电风扇控制器	370
设计 3 步进电动机控制系统	371
设计 4 电子钟	372
设计 5 电梯控制系统	373
设计 6 洗衣机控制系统	373
设计 7 霓虹灯	374
设计 8 8 位竞赛抢答器	374
设计 9 模拟电子琴	375
设计 10 学籍管理系统	375
附录 A 80x86 指令系统一览表	376
参考文献	390

第 1 章 微型计算机概述

摘要 本章首先介绍微型计算机的发展概况, 并从应用角度出发, 介绍微型计算机中数的表示及编码方法, 最后介绍微机系统的概念、组成和各部分的功能、特点。本章内容将对后续章节的学习打下良好的基础。

1.1 微型计算机发展简史

微型计算机是由大规模集成电路组成的、体积较小的电子计算机。而电子计算机又是一种能够按照事先存储的程序, 自动、高速地进行大量数值计算和各种信息处理的现代化智能电子设备。微型计算机是电子计算机发展的一个分支。

1.1.1 微型计算机的硬件发展

1. 电子计算机的发展概况

电子计算机的诞生及发展, 是科学技术和生产力发展的卓越成就之一, 反过来, 它也极大地促进了科学技术和生产力的发展。1946 年, 在美国宾夕法尼亚大学莫尔电工学院诞生了世界上第一台电子计算机 ENIAC (electronic numerical integrator and computer)。它使用了 18 800 多个电子管和 1500 多个继电器, 重达 30t, 占地 150m², 耗电 150kW, 每秒可以完成 5000 次加法运算。从此以后, 电子计算机为世人瞩目, 而且对它寄予了无限的厚望。自从第一台电子计算机问世以来, 计算机科学与技术获得了日新月异的飞速发展。计算机的发展大致经历了以下 5 代。

(1) 第一代: 电子管计算机

发展年代为 1946—1958 年。这一代计算机的主要逻辑元件采用电子管, 存储器采用磁芯和磁鼓, 软件主要使用机器语言。在此期间, 形成了电子管计算机体系, 确定了程序设计的基本方法, 数据处理机(指专门用于数据处理的计算机)开始得到应用。此时的计算机运算速度一般为每秒几千至几万次, 体积庞大, 成本很高。虽然它的体积、速度、软件等方面都不能与今天的微型计算机相比, 但它却奠定了计算机科学和技术的发展基础。这一代计算机主要应用于科学计算。

(2) 第二代: 晶体管计算机

发展年代为 1958—1965 年。这一代计算机的主要逻辑元件为晶体管, 主存储器仍采用磁芯, 外存储器已开始使用磁盘, 软件也有较大发展, 出现了各种高级语言。在此期间, 计算机的可靠性和速度均得到提高, 速度一般为每秒几万次至几十万次, 体积减小, 成本降低。工业控制机(指专门用于工业生产过程控制的计算机)开始出现并得到应用。这一代计算机除用于科学计算外, 也开始应用于各种事务的数据处理、工业控制等领域。

(3) 第三代: 集成电路计算机

发展年代为 1965—1971 年。这一代计算机的主要逻辑元件采用中小规模集成电路。在此期间, 计算机的可靠性和速度都有了进一步的提高, 速度一般为每秒几十万至几百万次, 体积

进一步减小，成本进一步降低。小型计算机（指规模小，结构简单，操作方便的计算机）开始出现并迅速发展，操作系统、会话式高级语言等软件发展迅速。机种多样化，生产系列化，结构积木化，使用系统化是这一阶段计算机发展的主要特点。

（4）第四代：大规模集成电路计算机

发展年代为 20 世纪 70 年代初期。这一代计算机采用大规模集成电路 LSI（large scale integrator）或超大规模集成电路 VLSI（very large scale integrator）。由于 LSI 和 VLSI 的体积小、耗电少、可靠性高，因此使这一阶段的计算机体积更小，可靠性和运算速度更高，成本更低。计算机的速度可达每秒运算几千万至上亿次。超大规模集成电路的发明，使电子计算机不断向着小型化、微型化、低功耗、智能化、系统化的方向更新换代。同时，以并行处理为特征的用于科学计算和尖端技术中的巨型机也得到了发展，由若干台计算机组成的计算机网络也已开始实际使用。

（5）第五代：人工智能计算机

1981 年 10 月，日本首先向世界宣告开始研制第五代计算机。第五代计算机是把信息采集、存储、处理、通信同人工智能结合在一起的智能计算机系统。它能进行数值计算或处理一般的信息，主要能面向知识处理，具有形式化推理、联想、学习和解释的能力，能够帮助人们进行判断、决策、开拓未知领域和获得新的知识。人一机之间可以直接通过自然语言（声音、文字）或图形图像交换信息。

第五代计算机基本结构通常由问题求解与推理、知识库管理和智能化人机接口三个基本子系统组成。问题求解与推理子系统相当于传统计算机中的中央处理器。与该子系统打交道的程序语言称为核心语言，国际上都以逻辑型语言或函数型语言为基础进行这方面的研究，它是构成第五代计算机系统结构和各种超级软件的基础。知识库管理子系统相当于传统计算机主存储器、虚拟存储器和文体系统结合。与该子系统打交道的程序语言称为高级查询语言，用于知识的表达、存储、获取与更新。知识库包括通用知识库、系统知识库和应用知识库。通用知识库是第五代计算机系统基本软件的核心，包含日用词法、语法、语言字典和基本字库。系统知识库用于描述系统本身的技术规范。应用知识库是将某一应用领域（如超大规模集成电路设计）的技术知识集中在一起形成的知识库。智能化人一机接口子系统是使人能通过说话、文字、图形和图像等与计算机对话，用人类习惯的各种可能的方式交流信息。这里，自然语言是最高级的用户语言，它使非专业人员操作计算机，并为从中获取所需的知识信息提供可能。电子计算机的发展概况见表 1.1。

表 1.1 电子计算机的发展概况

计算机	第一代	第二代	第三代	第四代	第五代
特 征	采用电子管作为计算机的逻辑元件，运算速度每秒仅几千次，内存容量仅几 KB	采用晶体管作为计算机的逻辑元件，运算速度每秒达几十万次	采用集成电路作为计算机的逻辑元件，运算速度每秒达几十万至几百万次	采用大规模和超大规模集成电路作为计算机的逻辑元件，运算速度每秒达几千万次	采用超大规模集成电路作为计算机的逻辑元件，运算速度每秒达上亿次
时 间	1946—1958 年	1958—1965 年	1965—1971 年	1971—2006 年	2006 年至今
代表机型	ENIAC	CDC7600	IBM360	Intel 80x86	Intel Core
应 用	仅限于军事和科研中的科学计算	由科学计算扩展到数据处理和自动控制	开始广泛应用于各个领域	应用范围已渗透到各行各业，并进入了以网络为特征的时代	广泛应用于当今网络时代的各行各业及日常生活

2. 微型计算机的发展概况

微型计算机从 20 世纪 70 年代初发展至今,经历了以下几个发展阶段。

(1) 第一代:低档 8 位微处理器和微型计算机

发展年代为 1971—1973 年,是微型计算机的问世阶段。1971 年美国 Intel 公司生产出 4004 芯片,专为高级袖珍计算机设计。经过改进,于 1972 年生产出 8 位微处理器 8008。这一代微型计算机的特点是采用 PMOS (P-channel metal oxide semiconductor) 工艺,集成度为每个硅片上集成 2300 个晶体管,字长分别为 4 位和 8 位,运算速度较慢,指令系统不完整,存储器容量只有几百字节,没有操作系统,只有汇编语言,主要用于工业仪表和过程控制。

(2) 第二代:中档 8 位微处理器和微型计算机

发展年代为 1973—1977 年。这一代微型计算机采用 NMOS (N-channel metal oxide semiconductor) 工艺,集成度提高了 1~4 倍,每个硅片上集成了 8000 个晶体管,字长为 8 位。运算速度提高了 10~15 倍,基本指令执行时间为 $2\mu\text{s}$ 左右,指令系统相对比较完善。典型的微处理器有 1973 年生产的 Intel 8085、Motorola 6800,以及 1976 年 Zilog 公司生产的 Z80。这些微处理器具有完整的接口电路,如可编程的并行接口电路、串行接口电路、定时/计数器接口电路,以及直接存储器存取接口电路等,并且已具有高级中断功能。软件除采用汇编语言外,还配有 BASIC、FORTRAN 和 PL/M 等高级语言及其相应的解释程序和编译程序,并在后期配上了操作系统。

(3) 第三代:16 位微处理器和微型计算机

发展年代为 1977—1984 年。1977 年前后,超大规模集成电路工艺的研制成功,使一个硅片上可以容纳 10 万个以上的晶体管,64K 位及 256K 位的存储器也相继诞生。这一代微型计算机采用 HMOS (high performance metal oxide semiconductor) 工艺,基本指令执行时间约为 $0.5\mu\text{s}$ 。代表产品是 Intel 的 8086、Zilog 的 Z8000 和 Motorola 的 MC68000。这类 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。软件方面可以使用多种编程语言,有汇编程序、完整的操作系统、大型的数据库,并可构成多处理器系统。

(4) 第四代:32 位微处理器和微型计算机

发展年代为 1984—1993 年。20 世纪 80 年代初,在每个单片硅片上可集成几十万个晶体管,产生出第四代 32 位微处理器。典型产品有 Intel 的 80386、National Semiconductor 的 16032、Motorola 的 68020 等。在 32 位微处理器中,具有支持高级调度、调试及系统开发的专用指令。由于集成度高,系统的速度和性能大为提高,可靠性增加,成本降低。

(5) 第五代:64 位高档微处理器和微型计算机

发展年代为 1993 年至今。随着人们对图形图像、定时视频处理、语音识别、计算机辅助设计 CAD (computer-aided design)、计算机辅助工程 CAE (computer-aided engineering)、计算机辅助教学 CAI (computer-aided instruction)、大规模财务分析和大流量客户、服务器应用等的需求日益迫切,现有的微处理器已难以胜任此类任务。于是,在 1993 年 3 月,Intel 公司率先推出了统领 PC (personal computer) 达 10 余年之久的第五代微处理器体系结构产品——Pentium (奔腾),代号为 P5,也称为 80586。从它的设计制造工艺到性能指标,都比第四代产品有了大幅度的提高。

2006 年,Intel 公司推出第一代 Core 酷睿微处理器,至 2017 年 8 月 22 日,Intel 公司正式发布了第八代酷睿微处理器,新一代处理器增强了对 4K 视频编辑以及虚拟现实应用的支持。第八代酷睿处理器最重要的升级是将处理器扩展到了 4 核 8 线程。由于架构的升级,第八代酷睿

睿处理器将使得笔记本电脑的厚度能够低于 19mm，能运行 4K 高清视频、虚拟现实应用以及混合显示应用，除此之外，新的 UHD Graphics (ultra high density) 核显可以支持到 4K 在线解码、多屏输出和 VR (virtual reality) 虚拟现实内容，另外还有 Windows Hello、指纹识别和 Thunderbolt 接口的支持，让笔记本电脑具备更强的生产力和多媒体娱乐能力。微型计算机的发展概况见表 1.2。

表 1.2 微型计算机的发展概况

微处理器	第一代 (8 位)	第二代 (8 位)	第三代 (16 位)	第四代 (32 位)	第五代 (64 位)
时 间	1971—1973 年	1973—1977 年	1977—1984 年	1984—1993 年	1993 年至今
代表产品	Intel 8008	Intel 8085	Intel 8086	Intel 80386	Pentium、Core

3. Intel 微处理器的发展概况

80x86、Pentium 及 Core 微处理器是 Intel 公司的系列产品，微处理器芯片从低级向高级、从简单到复杂的发展过程，也可以看成个人计算机家族的进化史。其设计、制造和处理技术的不断更新换代，以及处理能力的不断增强，使微型计算机的应用领域越来越广泛。

(1) Intel 8086 微处理器

1978 年，Intel 公司生产的 8086 是第一个 16 位的微处理器。8086 微处理器最高主频速度为 8MHz，具有 16 位数据总线，内存寻址能力为 1MB。

(2) Intel 80286 微处理器

1982 年，Intel 公司在 8086 的基础上，研制出了 80286 微处理器，该微处理器的最大主频为 20MHz，内、外部数据传输均为 16 位，使用 24 位内存储器寻址，寻址能力为 16MB。80286 有两种工作方式，分别是实模式和保护方式。80286 在以下 4 个方面有显著的改进：支持更大的内存；能够模拟内存空间；能同时运行多个任务；提高了处理速度。最早，PC 的速度是 4MHz，第一台基于 80286 的 AT 机运行速度为 6~8MHz，一些制造商还自行提高速度，使 80286 达到了 20MHz，这意味着在性能上有了重大的进步。

(3) Intel 80386 微处理器

1985 年，Intel 公司研制开发出 Intel 80386 DX 微处理器，其内部包含 27.5 万个晶体管，时钟频率为 12.5MHz，每秒可执行 6 百万条指令，比 80286 快 2.2 倍。后来逐步提高到 20MHz, 25MHz, 33MHz，最后还有少量的 40MHz 产品。

80386 DX 的内部和外部数据总线是 32 位的，地址总线也是 32 位的，可以寻址 4GB 内存，并可以管理 64TB 的虚拟存储空间。它的运算模式除了具有实模式和保护模式外，还增加了一种“虚拟 8086”的工作方式，可以通过同时模拟多个 8086 微处理器来提供多任务处理能力。80386 还有较丰富的外围配件支持，如 82258 (DMA 控制器)、8259A (中断控制器)、8272 (磁盘控制器)、82385 (Cache 控制器)、82062 (硬盘控制器) 等。同时，针对内存的速度瓶颈，Intel 公司为 80386 设计了高速缓存 (Cache)，采取预读内存的方法来缓解速度瓶颈，从此，Cache 就成了 CPU 的标准配件。

(4) Intel 80486 微处理器

1989 年，Intel 推出 80486 芯片。这款芯片首次使用 1μm 的制造工艺，突破了 100 万个晶体管的界限，单个硅片上集成了 120 万个晶体管。80486 的时钟频率从 25MHz 逐步提高到 33MHz、40MHz、50MHz。80486 中集成的 80487 的运算速度是以前 80387 的两倍，内部缓存缩短了微处理器与慢速 DRAM 之间的等待时间。并且，在 80486 系列中首次采用了精简指令集 RISC (reduction instruction set computer) 技术，可以在一个时钟周期内执行一条指令。它还采

用了突发总线方式，大大提高了与内存的数据交换速度。由于这些改进，80486 的性能比 80386 DX 性能提高了 4 倍。

(5) Intel Pentium 系列微处理器

1) 1993 年，586 CPU 问世，被命名为 Pentium（奔腾）以区别于 AMD 和 Cyrix 的产品。最初的 Pentium 60 和 Pentium 66，工作频率分别为 60MHz 和 66MHz。早期的奔腾时钟频率为 75MHz~120MHz，使用 0.5μm 的制造工艺，后期 120MHz 频率以上的奔腾则改用 0.35μm 工艺。

2) Intel Pentium MMX 微处理器。

1996 年年底，Intel 公司发布了多能奔腾微处理器 Pentium MMX，采用多媒体扩展指令集 MMX（MultiMedia Extensions），增加了片内 16KB 数据 L1 Cache，16KB 指令 L1 Cache，4 路写缓存以及分支预测单元和返回堆栈技术，64 位总线，528MB/s 的频宽，450 万个晶体管，功耗 17W。支持的工作频率有 133MHz、150MHz、166MHz、200MHz、233MHz。特别是新增加的 57 条 MMX 多媒体指令，比同主频的 Pentium CPU 要快得多。

3) Intel Pentium II 微处理器。

1997 年，Pentium II（奔腾二代）微处理器面世，它采用了双重独立总线结构，其中一条总线连通二级缓存，另一条负责内存。Pentium II 外部高速 L2 Cache，容量为 512KB，并以 CPU 主频的一半速度运行，同时 Pentium II 的 L1 Cache 从 16KB 增至 32KB。

4) Intel Pentium III 微处理器。

1999 年，Intel 公司发布 Pentium III 微处理器。它采用 0.25μm 工艺制造，内部集成了 950 万个晶体管，系统总线频率为 100MHz；采用 P6 微架构，针对 32 位应用程序进行优化，双重独立总线，一级缓存为 32KB（16KB 指令缓存加 16KB 数据缓存），二级缓存为 512KB，以 CPU 核心速度的一半运行；采用数据流单指令多数据扩展 SSE（streaming SIMD extensions）指令集，增强了音频、视频和 3D 图形效果。

5) Intel Pentium 4 微处理器。

2000 年 6 月，Intel 公司推出了 Pentium 4 微处理器，其工作频率为 1.3GHz，工作电压为 1.565~1.700V。支持 Intel 超线程技术 HT（hyper threading）技术，缩短了 CPU 的闲置时间，提高了 CPU 的运行效率。

(6) Intel Core 系列微处理器

Intel 公司继使用长达 12 年之久的“奔腾”处理器之后，于 2006 年 7 月 27 日，正式发布了基于 Core（酷睿）微架构（core micro-architecture）的全新双核心处理器，包括 Core 2 Duo 和 Core 2 Extreme。Core 微架构采用 65nm 制造工艺，L2 缓存容量提升到 4MB，晶体管数量达到 2.91 亿个，性能提升 40%，能耗降低 40%，主流产品的平均能耗为 65W。从此，酷睿正式成为 Intel 的主流架构。Intel 微处理器发展年鉴见表 1.3。

表 1.3 Intel 微处理器发展年鉴

微处理器	首批 生产时间	性能 (MIPS) ^①	CPU 最高主频 (MHz)	集成度 (百万个) ^②	寄存器 宽度	外部数据 总线宽度	最大 寻址空间	内含（或捆绑） 高速缓存大小
8086	1978	0.8	8	0.029	16	16	1MB	无
80286	1982	2.7	12.5	0.134	16	16	16MB	无
80386 DX	1985	6.0	20	0.275	32	32	4GB	无
80486 DX	1989	20	25	1.2	32	32	4GB	8KB L1
Pentium	1993	100	200	3.1	32	64	4GB	16KB L1

(续表)

微处理器	首批 生产时间	性能 (MIPS) ①	CPU 最高主频 (MHz)	集成度 (百万个) ②	寄存器 宽度	外部数据 总线宽度	最大 寻址空间	内含(或捆绑) 高速缓存大小
Pentium Pro (P6)	1995	440	266	5.5	32	64	64GB	16KB L1, 256KB 或 512KB L2 ④
Pentium II	1997	466	450	7.5	32	64	64GB	32KB L1, 256KB 或 512KB L2
Pentium III	1999	1000	900	28.2	32 ③	64	64GB	32KB L1, 256KB 或 512KB L2
Pentium 4	2000	3200	2800	42	32 ③	64	64GB	32KB L1, 256KB 或 512KB L2
Core 2 Duo	2006		2640000	291	64	64	64GB	3M L1, 4M L2

注：① MIPS (millions of instructions per second, 百万条指令每秒)，每秒执行的指令数。

② 芯片中所集成的晶体管数，单位为百万个。

③ 用作通用目的寄存器时为 32 位，用于单指令多数数据流 SIMD (single instruction multiple data) 处理时为 128 位。

④ L1 为一级高速缓存器，L2 为二级高速缓存器。

2010 年 1 月，Intel 公司推出了全新酷睿处理器 i7、i5 和 i3 系列产品。新产品的最大亮点就是采用 32nm 制造工艺，而且内建图形核心，另外还有 Intel 最新的睿频功能，可以让 CPU 在实际应用中实现自动超频。从 2010 年至今，Intel 公司共推出八代酷睿微处理器，处理器最高睿频为 4.5GHz，光刻达到 14nm。酷睿处理器 i7 系列产品技术参数见表 1.4。

表 1.4 酷睿处理器 i7 系列产品技术参数 ①

序号	微处理器	首批生产时间	CPU 架构	CPU 最高主频 (GHz) ②	制程 (nm)	核心 数量	线程 数量	最大 内存 (GB)	高速 缓存 (MB)	总线 速度 (GT/s)	最低 功耗 (W)
第一代	Core i7 880	2010	Lynnfield	3.06/3.77	45	4	8	16	8	2.5	95
第二代	Core i7 2600S	2011	Sandy Bridge	2.8/3.8	32	4	8	32	8	5	65
第三代	Core i7 3770K	2012	Ivy Bridge	3.5/3.9	22	4	8	32	8	5	77
第四代	Core i7 4770K	2013	Haswell	3.5/3.9	22	4	8	32	8	5	84
第五代	Core i7 5775R	2015	Broadwell	3.3/3.8	14	4	8	32	6	5	65
第六代	Core i7 6785R	2016	Skylake	3.3/3.9	14	4	8	64	8	8	65
第七代	Core i7 7700K	2017	Kaby Lake	4.2/4.5	14	4	8	64	8	8	91
第八代	Core i7 8550U	2017	Kaby Lake R	1.8/4.0	14	4	8	32	8	4	15

注：① 表中技术参数来源 Intel 官网 <https://www.intel.cn>。

② “/” 前为基本频率，“/” 后为睿频后的频率。

1.1.2 微型计算机的软件发展

计算机软件是指计算机系统上的程序及其文档。程序是对计算任务的处理对象和处理规则的描述。文档是为了便于了解程序所需的阐明性资料。计算机软件总体分为系统软件和应用软件两大类。系统软件包括各类操作系统（如 Windows、Linux、UNIX）、操作系统的补丁程序以及硬件驱动程序。应用软件是为了某种特定的用途而被开发的软件，较常见的有文字处理软件、信息管理软件、辅助设计软件、实时控制软件、教育与娱乐软件等。

1. 操作系统

操作系统（operating system, OS）是管理和控制计算机硬件与软件资源的计算机程序，是直接运行在“裸机”上的最基本的系统软件，任何其他软件都必须在操作系统的支持下才能运