

21世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

微型计算机原理 与接口技术

Principle and Application of Microcomputer

史新福 主编 孔庆芸 冯萍 秦晓红 刘君瑞 编著

- 体现作者多年的教学经验
- 主要讲述Intel 80486微处理器
- 软件与硬件相结合，面向应用
- 例题与习题丰富，实践性强



精品系列

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

微型计算机原理 与接口技术

Principle and Application of Microcomputer

史新福 主编 孔庆芸 冯萍 秦晓红 刘君瑞 编著



精品系列

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

微型计算机原理与接口技术 / 史新福主编; 孔庆芸等
编著. —北京: 人民邮电出版社, 2009. 5
21世纪高等学校计算机规划教材
ISBN 978-7-115-19635-4

I. 微… II. ①史…②孔… III. ①微型计算机—理论—
高等学校—教材②微型计算机—接口设备—高等学校—
教材 IV. TP36

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第017000号

内 容 提 要

本书以 Intel 80486 微处理器为主体, 从应用的角度出发, 较详细地阐述 16 位和 32 位微型计算机的基本原理、汇编语言和接口技术。主要内容包括: 微型计算机的基本结构和工作原理、汇编语言程序及基本的程序设计方法、微型计算机存储器系统、中断系统、接口技术、接口芯片、常用外部设备接口和微型计算机应用。全书共 12 章, 每章末配有习题与思考题。

参与本书编写的作者都是长期从事微机原理及接口技术课程的一线教师, 他们具有较为丰富的教学和实践经验, 特别注意基本概念、基本方法和基本技能的讲解, 本书是他们长期教学工作的结晶。

本书可作为本科和高职高专院校相关课程的教材, 也可供相关工程技术人员参考。

21 世纪高等学校计算机规划教材 微型计算机原理与接口技术

-
- ◆ 主 编 史新福
编 著 孔庆芸 冯 萍 秦晓红 刘君瑞
责任编辑 邹文波
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 23
字数: 603 千字 2009 年 5 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2009 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19635-4/TP

定价: 36.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223
反盗版热线: (010) 67171154

出版者的话

计算机应用能力已经成为社会各行业从业人员最重要的工作技能要求之一，而计算机教材质量的好坏会直接影响人才素质的培养。目前，计算机教材出版市场百花争艳，品种急剧增多，要从林林总总的教材中挑选一本适合课程设置要求、满足教学实际需要的教材，难度越来越大。

人民邮电出版社作为一家以计算机、通信、电子信息类图书与教材出版为主的科技教育类出版社，在计算机教材领域已经出版了多套计算机系列教材。在各套系列教材中涌现出了一批被广大一线授课教师选用、深受广大师生好评的优秀教材。老师们希望我社能有更多的优秀教材集中地呈现在老师和读者面前，为此我社组织了这套“21世纪高等学校计算机规划教材——精品系列”。

本套教材具有下列特点。

(1) 前期调研充分，适合实际教学需要。本套教材主要面向普通本科院校的学生编写，在内容深度、系统结构、案例选择、编写方法等方面进行了深入细致的调研，目的是在教材编写之前充分了解实际教学的需要。

(2) 编写目标明确，读者对象针对性强。每一本教材在编写之前都明确了该教材的读者对象和适用范围，即明确面向的读者是计算机专业、非计算机理工类专业还是文科类专业的学生，尽量符合目前普通高等教育计算机课程的教学计划、教学大纲以及发展趋势。

(3) 精选作者，保证质量。本套教材的作者，既有来自院校的一线授课老师，也有来自IT企业、科研机构等单位的资深技术人员。通过他们的合作使老师丰富的实际教学经验与技术人员丰富的实践工程经验相融合，为广大师生编写出适合目前教学实际需求、满足学校新时期人才培养模式的高质量教材。

(4) 一纲多本，适应面宽。在本套教材中，我们根据目前教学的实际情况，做到“一纲多本”，即根据院校已学课程和后续课程的不同开设情况，为同一科目提供不同类型的教材。

(5) 突出能力培养，适应人才市场要求。本套教材贴近市场对于计算机人才的能力要求，注重理论知识与实际应用的结合，注重实际操作和实践动手能力的培养，为学生快速适应企业实际需求做好准备。

(6) 配套服务完善。对于每一本教材，我们在教材出版的同时，都将提供完备的PPT课件，并根据需要提供书中的源程序代码、习题答案、教学大纲等内容，部分教材还将在作者的配合下，提供疑难解答、教学交流等服务。

在本套教材的策划组织过程中，我们获得了来自清华大学、北京大学、中国人民大学、浙江大学、吉林大学、武汉大学、哈尔滨工业大学、东南大学、四川大学、上海交通大学、西安交通大学、电子科技大学、西安电子科技大学、北京邮电大学、北京林业大学等院校老师的大力支持和帮助，同时获得了来自信息产业部电信研究院、联想、华为、中兴、同方、爱立信、摩托罗拉等企业和科研单位的领导或技术人员的积极配合。在此，向他们表示衷心的感谢。

我们相信，“21世纪高等学校计算机规划教材——精品系列”一定能够为我国高等院校计算机教学做出应有的贡献。同时，对于工作中的欠缺和不妥之处，欢迎老师和读者提出宝贵的意见和建议。

前 言

“微型计算机原理与接口技术”课程是高等院校工科各专业学习和掌握微型计算机硬件知识和汇编语言程序设计的一门重要课程。本课程的主要任务是使学生从理论与实践上,学习和掌握微处理器硬件结构与软件编程的基本原理及组成应用系统所必须的接口技术,使学生初步具有开发微型计算机系统硬件和软件应用的能力。

为适应我国计算机科学技术的应用和发展,进一步提高高等院校工科各专业“微型计算机原理与接口技术”课程的教学质量,我们根据自己在西北工业大学多年的教学经验和教学改革的实践,结合当前高等教育大众化的趋势,在分析国内、外多种同类教材的基础上,编写了本书。在本书的编写过程中,我们遵循普通本科工程应用教学的特点,注重基础和应用相结合,以实例分析为特点,突出汇编语言与接口技术应用,加大例题比重,取材尽可能反映计算机的新技术和新知识,以适应微机技术的不断发展。

本书根据目前国内高校的教学、实验和工程应用实践,以 Intel 8486 微处理器为主体,从应用的角度出发,较详细地阐述 16 位和 32 位微型计算机的基本原理、汇编语言和接口技术。本书的特点如下:

1. 注重教材内容的基础性。本书以培养学生学习和掌握微型计算机硬件知识及接口应用技术为目的,内容涵盖微机原理与应用、微机接口技术和汇编语言程序设计等教学内容,讲透最基础的内容。

2. 突出实用性和实践环节。教材从编程角度介绍 CPU 的功能、程序设计的基本技术、系统的连接、接口技术应用,增加应用实例并提供大量习题。

3. 兼顾教学内容的先进性。教材将把微机接口技术的应用作为一章重要的内容编写,介绍微型计算机接口技术在辅助科学、生物科学、过程控制领域的应用。

4. 结构清晰、内容翔实。在介绍每一种结构时,首先介绍此结构的功能、然后举例说明如何使用。

由于本课程是一门综合性较强的课程,要求读者在学习数字逻辑、电子技术和高级语言程序设计等课程的基础上,开始本课程的学习。建议本课程的学时数为 66 学时,理论时数 52 学时,实验 14 学时。

本书第 1、7、10、11 章由孔庆芸编写,第 2、3、4 章由冯萍编写,第 5、8、9 章由秦晓红编写,第 6、12 章由刘君瑞编写,全书由史新福统稿。

由于编者水平有限,书中难免存在错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 12 月

目 录

第 1 章 绪论1	2.5 Pentium 系列微处理器49
1.1 概述.....1	2.5.1 概述.....49
1.1.1 微型计算机的发展概况.....1	2.5.2 Pentium 系列微处理器的功能结构.....50
1.1.2 微型计算机的特点和分类.....3	习题与思考题.....53
1.1.3 微处理器的字长.....4	第 3 章 80X86 寻址方式和指令系统54
1.2 运算基础.....4	3.1 80X86 寻址方式.....54
1.2.1 进位计数制及其相互转换.....4	3.1.1 数据寻址方式.....54
1.2.2 二进制数的运算规则.....7	3.1.2 程序地址寻址方式.....59
1.2.3 计算机中的四则运算.....9	3.1.3 堆栈地址寻址.....61
1.2.4 计算机中带符号数的表示方法.....10	3.2 80X86 指令格式.....62
1.2.5 计算机中数的小数点表示方法.....13	3.2.1 80X86 指令编码格式.....62
1.2.6 二进制编码.....14	3.2.2 80X86 指令格式.....63
1.2.7 逻辑运算与基本逻辑电路.....16	3.3 80X86 指令系统.....64
1.3 微型计算机的基本结构.....18	3.3.1 数据传送指令.....64
1.3.1 微型计算机的总体结构.....18	3.3.2 算术运算指令.....67
1.3.2 微处理器的基本结构.....20	3.3.3 逻辑运算指令.....72
1.3.3 微型计算机(微机)的工作过程.....24	3.3.4 控制转移类指令.....76
1.3.4 一个程序工作的例子.....25	3.3.5 串操作指令.....81
习题与思考题.....29	3.3.6 输入/输出指令.....83
第 2 章 Intel 32 位微处理器31	3.3.7 处理器控制.....84
2.1 微处理器的基本结构.....31	3.3.8 中断指令与 DOS 功能调用.....84
2.1.1 微处理器的内部基本结构.....31	习题与思考题.....87
2.1.2 微处理器外部基本引脚.....33	第 4 章 汇编语言及程序设计89
2.1.3 80386 及 80486 微处理器的主要 结构逻辑框图.....37	4.1 汇编语言.....89
2.2 微处理器寄存器结构.....38	4.1.1 汇编语言格式.....89
2.3 微处理器的工作方式.....45	4.1.2 简化的段定义伪指令.....90
2.3.1 实地址方式.....45	4.1.3 完整段定义伪指令.....91
2.3.2 虚拟 8086 方式.....45	4.1.4 常用伪指令.....93
2.3.3 保护方式.....46	4.1.5 汇编程序两种基本格式.....96
2.3.4 3 种工作方式的状态转换.....47	4.2 分支程序设计.....98
2.3.5 系统管理方式(SMM).....48	4.2.1 简单分支程序.....98
2.4 指令流水线操作.....48	4.2.2 复杂分支程序.....99

4.3 循环程序设计	100	6.1.1 总线规范的基本内容	126
4.3.1 单重循环程序	100	6.1.2 总线分类	127
4.3.2 多重循环程序	103	6.1.3 采用标准总线的优点	128
4.4 子程序设计	104	6.2 总线数据传输	128
4.4.1 过程定义	104	6.2.1 总线传输过程	128
4.4.2 调用指令	104	6.2.2 总线传输信号特性	129
4.4.3 子程序设计	106	6.2.3 总线传输控制	130
4.5 宏	108	6.2.4 总线仲裁	133
4.5.1 宏指令的定义和使用	109	6.2.5 奔腾系列微处理器总线技术	135
4.5.2 宏指令中参数的使用	110	6.2.6 现代总线发展	136
4.5.3 宏与子程序的区别	110	6.2.7 流行总线的性能比较	138
4.6 汇编语言与高级语言的接口	110	6.3 局部总线	140
4.6.1 C 语言调用协议	110	6.3.1 IBM PC 总线结构	140
4.6.2 内存模式和段的约定	111	6.3.2 其他局部总线	140
4.6.3 数据类型与结果返回	111	6.3.3 PCI 总线	141
4.6.4 PASCAL 语言调用协议	112	6.3.4 AGP 总线	172
4.6.5 MASM 调用高级语言	112	6.4 系统总线	179
4.6.6 调用举例	112	6.4.1 系统总线简介	179
4.7 汇编和连接程序	113	6.4.2 Multibus 总线	180
4.8 汇编语言程序上机过程	114	6.4.3 STD 总线	183
习题与思考题	115	6.5 通信总线	184
第 5 章 存储器	117	6.5.1 IEEE 488 总线	184
5.1 存储器概述	117	6.5.2 VXI 总线	186
5.1.1 存储器体系的分级结构	117	6.5.3 SCSI 总线	187
5.1.2 存储器的类型	117	6.5.4 IDE 总线	188
5.1.3 半导体存储器的性能指标	118	6.5.5 Centronics 总线	189
5.2 存储器的系统连接	119	6.5.6 RS-232C 总线	190
5.2.1 存储器芯片的选用	119	6.5.7 RS-449	193
5.2.2 存储器结构的确定	119	6.5.8 RS-422A 总线	193
5.2.3 存储器的扩展	120	6.5.9 RS-423A 总线	194
5.3 高速缓冲存储器	121	6.5.10 RS-485 总线	194
5.3.1 Cache 的工作原理	122	6.5.11 通用串行总线 USB	195
5.3.2 高速缓存与内存的存取一致性	122	习题与思考题	199
5.4 虚拟存储器	123	第 7 章 微型计算机的输入/输出	200
5.5 内存分段分页管理机制	123	7.1 CPU 与外设通信的特点	200
习题与思考题	125	7.1.1 接口的用途	200
第 6 章 总线技术	126	7.1.2 I/O 端口的寻址方式	200
6.1 概述	126	7.1.3 I/O 端口地址的形成	201
		7.2 输入/输出方式	202

7.2.1 程序控制传送方式	202	9.1.4 中断类型码的分配	230
7.2.2 中断控制传送方式	202	9.1.5 CPU 的中断处理顺序	230
7.2.3 直接存储器存取方式——DMA 方式	202	9.2 中断机制	231
7.2.4 I/O 处理机方式	202	9.2.1 80486 实模式下的中断	231
7.3 CPU 与外设通信的接口	203	9.2.2 80486 保护模式下的中断和异常	233
7.3.1 同步传送方式与接口	203	9.2.3 虚拟 8086 模式下的中断/异常	235
7.3.2 异步查询方式与接口	204	9.3 中断向量的建立方法	235
7.3.3 查询方式应用举例	206	9.3.1 绝对地址置入法	235
7.4 可用于输入/输出接口的 8212 芯片	207	9.3.2 使用串指令装入法	235
7.4.1 8212 芯片用于输入接口	208	9.3.3 使用 DOS 调用法	236
7.4.2 8212 芯片用于输出接口	208	9.3.4 直接接入法	237
7.4.3 8212 芯片作为双向总线驱动器	208	9.4 可编程中断控制器 8259A	237
7.5 CPU 的输入/输出	208	9.4.1 8259A 的内部结构及管脚分配	238
7.5.1 CPU 的 I/O 指令	208	9.4.2 8259A 的中断管理方式	239
7.5.2 80286 和 80386/486 支持 I/O 端口 直接与内存之间的数据传送	209	9.4.3 8259A 的编程	241
7.6 DMA 传送方式与 DMA 控制器 8237A	209	9.4.4 8259A 的应用举例	244
7.6.1 8237A 的基本功能和结构	209	习题与思考题	247
7.6.2 8237A 的工作方式	212	第 10 章 可编程接口芯片及其与 CPU 的接口	248
7.6.3 8237A 的寄存器与编程	214	10.1 可编程并行输入/输出接口芯片 8255A	248
习题与思考题	219	10.1.1 8255A 的内部结构	248
第 8 章 常用外围设备	221	10.1.2 8255A 的引脚分配	249
8.1 概述	221	10.1.3 8255A 的工作方式及编程	249
8.1.1 外围设备的概念及一般功能	221	10.1.4 8255A 3 种工作方式的功能及 应用	251
8.1.2 外围设备的分类	221	10.1.5 8255A 与 CPU 的接口	258
8.2 常用外围设备	222	10.1.6 8255A 应用举例	258
8.2.1 输入设备	222	10.2 可编程计数器/定时器 8253	260
8.2.2 输出设备	223	10.2.1 8253 的内部结构及功能	261
8.2.3 外存设备	225	10.2.2 8253 的编程	263
8.2.4 通信设备	227	10.2.3 8253 的工作方式	264
8.2.5 其他设备	228	10.2.4 8253 的读写操作	267
习题与思考题	228	10.2.5 8253 编程及应用举例	268
第 9 章 中断技术	229	10.3 可编程串行输入/输出接口芯片 8251A	271
9.1 中断概述	229	10.3.1 串行通信概述	271
9.1.1 中断的概念	229	10.3.2 8251A 的内部结构	274
9.1.2 中断源	229	10.3.3 8251A 的引脚分配	276
9.1.3 中断分类	230	10.3.4 8251A 的编程	277

10.3.5	8251A 的接口技术与应用		11.4	模/数转换器芯片和微处理器的接口	
	举例	280		需要注意的问题	309
	习题与思考题	283	11.5	D/A 和 A/D 器件的选择	314
第 11 章	D/A、A/D 转换器及其与 CPU 的接口	285		习题与思考题	315
11.1	从物理信号到电信号的转换	285	第 12 章	微型计算机的应用	317
11.1.1	概述	285	12.1	在辅助科学实验中的应用	317
11.1.2	几种传感器	286	12.2	在生物科学中的应用	318
11.2	数/模转换器芯片 (DAC) 及其接口技术	288	12.3	在过程控制中的应用	318
11.2.1	D/A 的性能参数和术语	288	12.3.1	中央处理机 (CPU) 和存储器	319
11.2.2	D/A 芯片及其与 CPU 的接口	290	12.3.2	生产过程的输入/输出	320
11.2.3	数/模转换器芯片和微处理器的接口需要注意的问题	297	12.3.3	人一机接口	322
11.3	模/数转换器芯片 (ADC) 及其接口技术	298	12.3.4	通信	323
11.3.1	采样和量化	298	12.3.5	程编配套装置	323
11.3.2	A/D 的工作原理	300	12.3.6	控制手段	324
11.3.3	A/D 的性能参数和术语	301	12.4	在临床医疗仪器中的应用	326
11.3.4	A/D 芯片及其与 CPU 接口	301	12.5	I/O 接口与 32 位微处理器的连接	327
			12.6	应用举例	328
				习题与思考题	349
			附录		351
			参考文献		358

第 1 章

绪论

1.1 概 述

计算机是 20 世纪的一个伟大发明，自问世以来，对国民经济和科学技术起到了巨大的推动作用。目前，人们所说的计算机都指的是电子的、数字的计算机。机械计算机已经消失，电子模拟计算机也很难看到，它使用在一些专用场合。

计算机是一种能够自动完成运算的电子装置。之所以能够自动完成运算，是因为它能够存储程序和原始数据、中间结果及运算最终结果。存储程序和采用二进制运算奠定了冯·诺依曼结构计算机的设计思想。无论计算机技术怎么发展，这一点是相对不变的。

显然，计算机不同于一般的计算工具（如计算器等），因为一般的计算工具离不开人的直接干预。

计算机不仅能够完成数学运算，而且还可以进行逻辑运算和推理判断。因此，人们又称“计算机”为“电脑”。现在，科学家们正在研究具有“思维能力”的智能计算机。随着科学技术的发展，人们对计算机能力的认识也在不断地深入。

1.1.1 微型计算机的发展概况

1946 年在美国诞生了世界上第一台电子计算机 ENIAC，该机字长为 12 位，每秒完成 5 000 次加法运算，它使用了 18 800 个电子管、70 000 个电阻、1 000 个电容、6 000 个开关，占地约为 170m²，耗电 150kW，重量达 30t。这个庞然大物被称做第一代电子计算机，为当今的电子计算机奠定了基础。1958 ~ 1964 年出现了用晶体管取代电子管的第二代电子计算机，它不仅大大缩小了计算机的体积，而且还降低了成本，同时将运算速度提高了近百倍。1965 年集成电路问世，出现了中、小规模集成电路构成的第三代计算机。1970 年出现了以大规模集成电路为主体的第四代计算机，这是大规模集成电路迅猛发展的产物。所谓第五代计算机，其目标主要是：采用超大规模集成电路，在系统结构上要类似人脑的神经网络，在材料上使用常温超导材料和光器件，在计算机结构上采用超并行的数据流计算等。

由于在一块芯片上可集成上千万个电子元件，因而电子计算机的体积可以大为缩小，这就促成了微型计算机的问世。微型计算机具有体积小、功耗低、重量轻、价格低、可靠性高、使用方便等一系列优点，因此获得了广泛的应用和迅速的发展。微型计算机自 1971 年问世以来，大约经历了 4 个阶段的演变。

第一阶段（1971 ~ 1973 年）为 4 位和低档 8 位微处理器及微型计算机。美国 Intel 公司首先

研制成功 4 位的 4004 微处理器, 并以它为核心再配以 RAM、ROM 和 I/O 接口芯片构成了 MCS-4 微型计算机。随后又研制出 8 位的 8008 微处理器及 MCS-8 微型计算机, 其特点是指令系统简单、运算功能较差且速度较慢 (平均指令执行时间约为 20 μ s)。

第二阶段(1974~1977年)为中档 8 位微处理器和微型计算机。其间又分为两个阶段。1973~1975 年为典型的第二代, 以美国 Intel 公司的 8080 和 Motorola 公司的 MC6800 为代表, 集成度提高 1~2 倍, 运算速度提高一个数量级。1976~1978 年为高档的 8 位微型计算机阶段, 被称为第二代半微型计算机, 代表产品是美国 Zilog 公司的 Z80 和 Intel 公司的 8085 微处理器, 集成度和运算速度都比典型的第二代提高 1 倍以上。

第三阶段(1978~1980年)为 16 位微处理器和微型计算机, 又称为第一代超大规模集成电路的微处理器。其代表产品是 Intel 公司的 8086/8088、Zilog 公司的 Z8000 和 Motorola 公司的 M68000。这些 16 位微型计算机都具有丰富的指令系统, 并配有强有力的软件系统, 时钟频率为 4~8MHz, 平均指令执行时间为 0.5 μ s。

第四阶段(1981年以后)为高性能的 16 位机及 32 位微处理器和微型计算机。其代表产品是 Intel 公司的 80386 和 Motorola 公司的 68020, 时钟频率达 16~20MHz, 平均指令执行时间约为 0.1 μ s。通常称由这类微处理器构成的微型计算机为超级微型机。

第四代微处理器向着系列化方向发展。首先 Intel 公司推出了性能更高、功能更强的高级 16 位微处理器 80186 和 80286, 它们与 8086 向上兼容。1985 年, Intel 公司又率先推出了 32 位微处理器 80386, 它与 8086、80186、80286 向上兼容。进入 20 世纪 90 年代, 该公司相继推出 80486 和 80586, 形成完整的 80 系列。同时还不断推出带多媒体技术的 Pentium (奔腾) 系列。发展速度之快, 令人鼓舞, 催人奋进。

与此同时, Motorola 公司也推出了 32 位微处理器 M68020; HP 公司推出了 HP32; IBM 公司推出了 IBM320; Zilog 公司推出了 Z80000 等。

各代微型计算机的主要特点可概括如表 1.1 所示。

表 1.1 各代微型计算机的特点

主要特点 比较项	代次			
	第一代 1971~1973年	第二代 1974~1977年	第三代 1978~1980年	第四代 1981年以后
典型的微处理器芯片	Intel 4004 Intel 4040 Intel 8008	Intel 8080 M6800 Z80	Intel 8086/8088 M68000 Z8000	Intel 80186, 80286, 80386, 80486, 80586, HP32, M68020, IBM320, Z80000
字长(位)	4/8	8	16	16/32
芯片集成度(晶体管/片)	1 000~2 000	5 000~9 000	20 000~70 000	10 万个以上
时钟频率(MHz)	0.5~0.8	1~4	5~10	10 以上
数据总线宽度(条)	4/8	8	16	16/32
地址总线宽度(条)	4~8	16	20~24	24~32
存储器容量	≤ 16 KB 实存	≤ 64 KB 实存	≤ 1 MB 实存	$\leq 4 000$ MB 实存 (4GB) ≤ 64 TB 虚存

续表

主要特点 比较项	代次			
	第一代 1971 ~ 1973 年	第二代 1974 ~ 1977 年	第三代 1978 ~ 1980 年	第四代 1981 年以后
基本指令执行时间 (μs)	10 ~ 15	1 ~ 2	< 1	< 0.125
软件水平	机器语言 汇编语言	汇编语言 高级语言 操作系统	汇编语言 高级语言 操作系统	汇编语言 高级语言 部分软件硬化

微处理器的迅速发展和更新换代,使基于微处理器的微型计算机的性能不断提高。下面介绍几个重要的概念。

微处理器 (μPU),是把运算器和控制器集成在一个芯片上,又称 CPU。

微型计算机,是由微处理器 (CPU) 配上一定容量的半导体随机存储器 (RAM)、半导体只读存储器 (ROM) 及接口电路和必要的外设组成的。

微型计算机系统,是硬件系统和软件系统的总称。硬件系统包括微型计算机、时钟、电源等;软件系统包括系统软件和应用软件。

单板机,是把 CPU 及一定数量的存储器芯片和 I/O 接口芯片装在一块印制电路板上,在该板上再配以具有一定功能的输入/输出设备 (如小键盘等)。

单片机,是把微处理器 CPU 及一定容量的存储器和必要的 I/O 接口电路集成在一块硅片上。有的单片机还包括模数 (A/D) 和数模 (D/A) 转换器。

微型计算机不仅向小型化方向发展,而且也向巨型化方向发展,以获得基于微型机的体系结构。

1.1.2 微型计算机的特点和分类

1. 微型计算机的特点

微型计算机广泛采用了集成度相当高的器件和部件,因此具有以下一系列特点。

(1) 体积小、重量轻、耗电省。由于采用大规模集成电路和超大规模集成电路,微型机所含的器件数目大为减小,体积也大为缩小。近几年来,由于大量地采用大规模集成专用芯片 (ASIC) 和通用可编程门阵列 (GAL) 器件,微型机的体积又进一步缩小。而微型机中的芯片大多采用 MOS 和 CMOS 工艺,因此耗电量就很小。对于过去无法实现的某些应用 (如在航空、航天等领域),现在利用微型机就可以很容易实现。

(2) 可靠性高。微处理器及其配套系列芯片采用大规模集成电路,减少了大量的焊点,简化了外接线和外加逻辑,因而大大提高了可靠性。

(3) 系统设计灵活,使用方便。微处理器芯片及其可选用的支持逻辑芯片都有标准化、系统化的产品,同时又有许多有关的支持软件可供选用,所以用户可根据不同的要求构成不同规模的系统。

(4) 价格低廉。微处理器及其配套系列芯片采用集成电路工艺,因而集成度高,产品造价十分低廉。

(5) 维护方便。微处理器及其系统产品已逐渐趋于标准化、模块化和系列化,从硬件结构到软件配置都作了较全面的考虑,所以一般可通过自检诊断及测试发现系统故障。发现故障后,可方便地更换标准化模块芯片来排除故障。

2. 微型计算机的分类

可以从不同角度对微型计算机进行分类。

按微处理器的字长，可分为 4 位、8 位、16 位、32 位、64 位微型计算机。

按微型计算机的组装形式，可分为单片、单板、多板微型计算机等。

按应用领域不同，又可分为控制用、数据处理用微型计算机等。

按微处理器的制造工艺，又可分为 MOS 型器件和双极型器件两大类。

1.1.3 微处理器的字长

字长，是计算机字所含二进制数的位数。计算机字也就是作为一个整体被一次传送或运算最多的二进制数位。它和计算机能够处理二进制信息的位数是两个概念。如 32 位和 32 位数相加，用 8 位机需加 4 次，用 16 位机需加 2 次，用 32 位机只加 1 次即可。很显然，32 位机的速度要快得多。字长是对某一型号的机器而言的。

字节 (Byte)，无论对哪个厂家、哪种型号的计算机，都指的是 8 位二进制信息。

1.2 运算基础

1.2.1 进位计数制及其相互转换

1. 进位计数制

凡是按进位的方式计数的数制称为进位计数制，简称进位制。数据无论使用哪种进位制表示，都涉及基数 (Radix) 与各位数的“权” (Weight)。所谓某进位制的基数是指该进位制中允许选用的基本数码的个数。任意进位制数都可以写成按权展开的多项式和的形式：

$$K = K_{n-1} \times R^{n-1} + K_{n-2} \times R^{n-2} + \dots + K_1 \times R^1 + K_0 \times R^0 + K_{-1} \times R^{-1} + K_{-2} \times R^{-2} + \dots + K_{-m} \times R^{-m} = \sum_{i=-m}^m K_i \times R^i$$

式中， i ——数位；

m, n ——正整数；

R ——基数；

K_i ——第 i 位数码。

位置计数法 (带权记数法) 的数制具有以下几个主要特点。

(1) 数码个数等于基数，最大数码比基数小 1。

(2) 每个数码都要乘以基数的幂次，而该幂次是由每个数码所在的位置决定的，即“位权”，简称权。

(3) 低位向高位的进位是“逢基数进 1”。

2. 几种常用的进位制

在计算机中采用二进制计数法。但在编程时，为了书写方便，常采用八进制或者十六进制数，特别是十六进制数，因为它们和二进制数之间有一种特殊的“缩写”关系，因此得到广泛的使用。而人们日常生活最习惯使用的是十进制数，这样它们之间就存在着一种对应转换关系。

(1) 十进制数 (Decimal Notation)。它有以下 3 个特点。

① 10 个数码, 即 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9。

② 在数的表示中, 每个数码都要乘以基数 10 的幂次, 而此幂次是由该数码所在位置决定的。

例 1.1 $555.5D=(555.5)_{10}=5 \times 10^2+5 \times 10^1+5 \times 10^0+5 \times 10^{-1}$ 。

D 可以省略。可以看出同样的数码在不同的位置 (权不一样) 所表示的数值不一样。

③ 低位向高位的进位是逢 10 进 1。

(2) 二进制数 (Binary Notation)。它有以下 3 个特点。

① 2 个数码, 即 0 和 1。

② 在数的表示中, 每个数码都要乘以基数 2 的幂次, 而此幂次是由该数码所在位置决定的。

例 1.2 $101.1B=(101.1)_2=1 \times 2^2+0 \times 2^1+1 \times 2^0+1 \times 2^{-1}$ 。

B 不能省略。

③ 低位向高位的进位是逢 2 进 1。

二进制数还具有以下独特的性质, 这些性质奠定了当代计算机的设计基础。

① 具有两个不同的数码, 在自然界很容易找到两个稳定的物理状态来实现它。

② 整个数向左移一位, 数值就增大一倍; 反之, 向右移一位, 数值就减小一半。

③ 对于二进制整数, 若最低位是 1 则为奇数, 是 0 则为偶数。

④ 二进制数运算规则简单, 如

$0+0=0$;

$0+1=1$;

$1+0=1$;

$1+1=0$, 向上进位 1。

也就是说, 两个一位二进制数相加, 相同则本位和为 0, 不相同则本位和为 1; 只有在都为 1 时才有进位。本位和恰好是异或二值逻辑的关系, 进位则是二值逻辑与的关系。在计算机里, 二进制数的运算是用逻辑运算来实现的。因此 CPU 是由一些组合逻辑电路 (实现一定逻辑关系的门电路) 和时序逻辑电路 (能够存储二进制信息的电路) 组成的。

(3) 八进制数 (Octal Notation)。它有以下 3 个特点。

① 有 8 个数码, 即 0、1、2、3、4、5、6、7。

② 在数的表示中, 每个数码都要乘以基数 8 的幂次, 而此幂次是由该数码所在位置决定的。

例 1.3 $35.7Q=(35.7)_8=3 \times 8^1+5 \times 8^0+7 \times 8^{-1}$ 。

Q 不能省略。这里用 Q 而不用 O 是为了避免把字母 O 误作数字 0。

③ 低位向高位的进位是逢 8 进 1。

(4) 十六进制数 (Hexadecimal Notation)。它有以下 3 个特点。

① 有 16 个数码, 即 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F。

② 在数的表示中, 每个数码都要乘以基数 16 的幂次, 而此幂次是由该数码所在位置决定的。

例 1.4 $5BD.3H=(5BD.3)_{16}=5 \times 16^2+11 \times 16^1+13 \times 16^0+3 \times 16^{-1}$ 。

例 1.5 $0FEA.C8H=(FEA.C8)_{16}=15 \times 16^2+14 \times 16^1+10 \times 16^0+12 \times 16^{-1}+8 \times 16^{-2}$ 。

H 不能省略。第一个数码为字母时，前面要加数字 0，以避免把十六进制数误作变量或标号名（变量和标号在后面汇编语言章节中将要说明）。

③ 低位向高位的进位是逢 16 进 1。

3. 数制之间的转换关系

(1) 任意进制数转换成十进制数。任意进制数转换成十进制数就是该数按权展开多项式之和。

例 1.6 二进制数 101.1B 转换成十进制数。

$$101.1B = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} = 4 + 0 + 1 + 0.5 = 5.5$$

其他进制数同理。

(2) 十进制数转换成任意进制数。

① 整数转换：整数转换法就是除基数取余数法，第一次得到的余数为最低位，最后得到的余数为最高位。

例 1.7 $(28)_{10} = (?)_2$ 。

2	28	余数
2	14	0
2	7	0
2	3	1
2	1	1
	0	1

最后转换的结果是 $28D=11100B$ 。

其他进制数同理。

② 小数转换：小数转换法就是乘基数取整数法，第一次得到的整数为小数的最高位，直到十进制小数部分乘积为 0 时停止，最后得到的是转换结果的小数最末位（若出现无限循环，按要求取小数点后几位即可）。

例 1.8 $(0.125)_{10} = (?)_2$ 。

	0.125	取整数部分
×)	2	
	0.250	0
×)	2	
	0.500	0
×)	2	
	1.000	1

最后转换结果是 $0.125D=0.001B$ 。

其他进制数同理。

(3) 二进制、八进制和十六进制数之间的转换。这 3 种进制表示的数据之间的转换十分方便，因为每 3 个二进制位正好对应一个八进制位，每 4 个二进制位可以变换成一个十六进制位。表 1.2 所示为一组基本的对应关系。

把二进制数转换成八进制或十六进制数时，按每 3 位或每 4 位二进制位分组，应保证从小数点所在位置分别向左和向右进行划分，若整数部分的位数不是 3 或 4 的整数倍，可按在数的最左侧补 0 的方法处理，对小数部分则按在数的右侧补 0 的方法处理。

表 1.2

二进制、八进制和十六进制数基本对应关系

二进制数	八进制数	十六进制数	十进制数
0000	00	0	0
0001	01	1	1
0010	02	2	2
0011	03	3	3
0100	04	4	4
0101	05	5	5
0110	06	6	6
0111	07	7	7
1000	10	8	8
1001	11	9	9
1010	12	A	10
1011	13	B	11
1100	14	C	12
1101	15	D	13
1110	16	E	14
1111	17	F	15

例 1.9 将二进制数 1011011.10101B 分别转换成八进制数和十六进制数。

1011011.10101B = 001, 011, 011.101, 010B = 133.52Q

1011011.10101B = 0101, 1011.1010, 1000B = 5B.A8H

1.2.2 二进制数的运算规则

之所以采用二进制实现各种算术与逻辑运算，是因为二进制数每一位仅有 0 和 1 两个状态，实现它的物理器件很容易找到，它很好地对应着半导体器件的饱和与截止、电流的有和无、电位的高与低等。另外二进制数运算规则简单，容易用逻辑电路实现。

1. 加法规则

(1) 一位二进制数加法规则。

$$0 + 0 = 0;$$

$$0 + 1 = 1;$$

$$1 + 0 = 1;$$

$$1 + 1 = 0 \text{ 且向高位进位 } 1。$$

(2) 多位二进制数加法规则。

例 1.10

$$\begin{array}{r} 1101 \\ +) 1001 \\ \hline 10110 \end{array}$$

最高位向上进位 1。

2. 减法规则

(1) 一位二进制数减法规则。

$$0 - 0 = 0;$$

$0-1 = 1$ 且向高位借位 1;

$1-0 = 1$;

$1-1 = 0$ 。

(2) 多位二进制数减法规则。

例 1.11

$$\begin{array}{r} 0110 \\ -1101 \\ \hline 1001 \end{array}$$

最高位向上借位 1。

3. 乘法规则

(1) 一位二进制数乘法规则。

$0 \times 0 = 0$;

$0 \times 1 = 0$;

$1 \times 0 = 0$;

$1 \times 1 = 1$ 。

可以看出, 乘数为 0 时, 其结果为 0; 乘数为 1 时, 其结果等于被乘数。

(2) 多位二进制数乘法规则。

例 1.12

$$\begin{array}{r} 1011 \\ \times 1101 \\ \hline 1011 \\ 0000 \\ 1011 \\ +) 1011 \\ \hline 10001111 \end{array}$$

4. 除法规则

(1) 一位二进制数除法规则。

$0 \div 0$ } 非法, 除数不能为 0;
 $1 \div 0$ }

$0 \div 1 = 0$;

$1 \div 1 = 1$ 。

(2) 多位二进制数除法规则。

例 1.13

$$\begin{array}{r} 1101 \\ 1001 \overline{) 1110101} \\ \underline{-1001} \\ 1011 \\ \underline{-1001} \\ 0100 \\ \underline{-0000} \\ 1001 \\ \underline{-1001} \\ 0 \end{array}$$