

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

微机原理及应用

徐晨 陈继红 王春明 徐慧 编著

高等教育出版社

内容提要

本书是教育科学“十五”国家规划课题研究成果。全书共 13 章,包括:基础知识,微型计算机概论,8086/8088指令系统与寻址方式,汇编语言程序设计,8086的总线操作和时序,半导体存储器,基本输入输出接口,中断,可编程接口芯片及应用,串行通信,模数、数模转换,高性能微处理器,总线标准与微型计算机。

本书内容全面、实用性强,讲述有特点和新意,同时,配以较多的程序设计实例和接口电路实例。

本书适用于工科各专业本专科生“微机原理”课程,同时可供有关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

微机原理及应用 徐晨等编著. —北京:高等教育出版社,2004.7

ISBN 7 - 04 - 014564 - 2

.微... .徐... .微型计算机 - 高等学校 - 教材 . TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 053388 号

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010 - 82028899		http://www.hep.com.cn

经 销 新华书店北京发行所
印 刷

开 本	787 × 960 1/16	版 次	年 月第 1 版
印 张	31.5	印 次	年 月第 次印刷
字 数	580 000	定 价	38.90 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

策划编辑 李 慧
责任编辑 陈大力
封面设计 李卫青
责任绘图 朱 静
版式设计 范晓红
责任校对 尤 静
责任印制

总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国100余所培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才培养需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有63所高校申报了近450项课题。2003年1月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才探索与实践成果基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才工作的实

际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型人才培养工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才培养体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。因此,在课题研究过程中,各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果,并和教学实际结合起来,认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革,组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师,编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案,以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信,随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入,特别是随着教育部“高等学校教学质量和教学改革工程”的启动和实施,具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心
2003年 4月

前 言

由于计算机技术的飞速发展,微机原理与接口技术课程作为电类本科专业的一门重要的专业基础课,如何做到既有利于基本概念的掌握和基本能力的培养,又做到推陈出新、紧跟时代、学以致用,同时还要具有系统性和完整性,这是教学中一直在探索的问题。

虽然在 8086 微处理器制成之后,微处理器技术已有了巨大的发展,但由于它的典型性和以后的微处理器对它的兼容性,使 8086 对于初学者来说仍是必要的。本教材以 80X86 为背景,讲述了微型计算机的基本工作原理,8086 指令系统及其汇编语言程序设计,半导体存储器,输入输出接口,中断,串行通信,模数、数模转换,最后对高性能微处理器、总线标准和微型计算机作了介绍。

在编写过程中,注重深入浅出、循序渐进,让读者加快基本概念的建立。配以较多的程序设计实例和接口电路实例,使读者易于接受。本教材力求内容精练,取材新颖,还介绍了一些新的芯片及其接口技术,具有一定的参考价值和实用价值。

本课程具有实践性强的特点,程序设计能力只能在程序设计的过程中学会。学习者应多上机调试程序,水平才能得到提高。在每一章后面附以适当的习题、思考题,有利于读者尽快掌握程序设计方法和计算机接口技术。

本教材的参考教学课时为 80 ~ 96 学时。教材中的部分内容可选讲(如第 10 章中,可根据实验条件选讲 8250 和 8251A 中的一种),部分内容可由学生自学。

本教材由徐晨编写第 6、10、11、13 章并统稿,陈继红编写第 7、8、9 章,王春明编写第 2、5、12 章,徐慧编写第 1、3、4 章。东南大学黄清教授担任本教材主审,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不当之处,敬请批评指正。

编者

2004 年 2 月

目 录

第 1 章 基础知识	1
1.1 数制及其相互转换	1
1.1.1 常用计数制	1
1.1.2 不同数制之间的转换	4
1.1.3 二进制编码的十进制数 (BCD 码)	6
1.2 符号数的表示及运算	8
1.2.1 符号数的表示	8
1.2.2 码制转换	10
1.2.3 补码的运算	11
1.3 定点数和浮点数	13
1.3.1 数的定点表示法	13
1.3.2 数的浮点表示	14
1.4 字符编码	16
1.4.1 ASCII 码	16
1.4.2 汉字编码	16
思考题与习题	17
第 2 章 微型计算机概论	19
2.1 计算机概论	19
2.1.1 计算机硬件基本结构	20
2.1.2 计算机工作原理	20
2.1.3 计算机的性能指标	21
2.1.4 CISC 和 RISC	23
2.2 微型计算机	23
2.2.1 微处理器、微型计算机和微型计算机系统	24
2.2.2 微处理器的发展	24
2.2.3 微型计算机的分类	26
2.2.4 微型计算机的结构	27
2.3 8086 微处理器	28
2.3.1 8086 的编程结构	29

2.3.2 8086的存储器组织	35
思考题与习题	40
第 3章 8086 /8088 指令系统与寻址方式	41
3.1 概述	41
3.2 数据寻址方式	42
3.3 指令格式及指令执行时间	49
3.3.1 指令格式	49
3.3.2 指令执行时间	53
3.4 8086 /8088指令系统	54
3.4.1 数据传送指令	55
3.4.2 算术运算指令	63
3.4.3 位操作指令	78
3.4.4 串操作指令	82
3.4.5 控制转移指令	90
3.4.6 处理器控制指令	97
思考题与习题	99
第 4章 汇编语言程序设计	102
4.1 汇编语言语法	102
4.1.1 源程序的结构及组成	102
4.1.2 汇编语言伪指令	105
4.1.3 汇编语句	112
4.2 汇编语言程序实现	119
4.2.1 汇编语言程序实现步骤	119
4.2.2 COM 文件的生成	120
4.2.3 可执行程序的装入	121
4.2.4 汇编语言和操作系统 MS - DOS的接口	124
4.3 汇编语言程序设计方法及应用	125
4.3.1 概述	125
4.3.2 顺序结构程序设计	129
4.3.3 分支程序设计	130
4.3.4 循环结构程序设计	137
4.3.5 子程序设计	145
4.3.6 宏	155
4.3.7 系统功能调用	159
4.4 汇编语言程序设计举例	168
4.4.1 数制和代码转换	168

4.4.2	BCD数的算术运算	176
4.4.3	表格处理与应用	183
4.4.4	功能调用	189
	思考题与习题	198
第 5 章	8086的总线操作和时序	201
5.1	概述	201
5.1.1	时钟周期 (T状态)、总线周期和指令周期	201
5.1.2	8086 /8088的引脚信号	203
5.2	8086的两种模式	205
5.2.1	最小模式和最大模式的概念	205
5.2.2	8086 CPU引脚功能	206
5.3	最小模式下的 8086时序分析	212
5.3.1	最小模式下的读周期时序	212
5.3.2	最小模式下的写周期时序	214
5.3.3	中断响应周期时序	215
5.3.4	8086的复位时序	216
5.3.5	总线保持请求与保持响应时序	217
5.4	最大模式下的 8086时序分析	218
5.4.1	总线控制器 8288	218
5.4.2	最大模式下的读周期时序	221
5.4.3	最大模式下的写周期时序	223
5.4.4	最大模式下的总线请求、允许、释放操作	224
	思考题与习题	225
第 6 章	半导体存储器	227
6.1	内存和外存	227
6.2	半导体存储器	228
6.2.1	半导体存储器的分类	228
6.2.2	半导体存储器的主要技术指标	230
6.3	随机存储器 RAM	231
6.3.1	基本结构	231
6.3.2	典型 SRAM 芯片	233
6.3.3	典型 DRAM 芯片	235
6.4	只读存储器	239
6.4.1	EPROM	239
6.4.2	E ² PROM	242
6.4.3	Flash Memory	245

6.5 存储器与系统的连接	249
6.5.1 8位微机系统中存储器与系统的连接	249
6.5.2 16位微机系统中存储器与系统的连接	254
6.5.3 32位微机系统中存储器与系统的连接	257
思考题与习题	258
第7章 基本输入输出接口	260
7.1 I/O接口概述	260
7.1.1 输入 输出信息	260
7.1.2 I/O接口的主要功能	261
7.1.3 I/O接口的结构	262
7.1.4 I/O的寻址方式	262
7.2 简单 I/O接口芯片	263
7.3 CPU与外设之间的数据传输方式	265
7.3.1 程序方式	266
7.3.2 中断方式	269
7.3.3 直接存储器存取 (DMA)方式	269
7.4 DMA控制器 8237A	270
7.4.1 8237A的内部结构和引脚	271
7.4.2 8237A的工作周期和时序	274
7.4.3 8237A的工作方式和传送类型	276
7.4.4 8237A的寄存器	277
7.4.5 8237A的软件命令	281
7.4.6 8237A的应用	282
思考题与习题	283
第8章 中断	285
8.1 概述	285
8.1.1 中断的基本概念	285
8.1.2 中断处理过程	286
8.1.3 中断优先级 (优先权)	287
8.2 80X86中断系统	289
8.2.1 外部中断 (硬件中断)	290
8.2.2 内部中断 (软件中断)	291
8.2.3 中断向量表	292
8.2.4 80X86中断响应过程	293
8.3 中断控制器 8259A	295
8.3.1 8259A的功能	295

8.3.2	8259A的内部结构和引脚功能	295
8.3.3	8259A的工作方式	297
8.3.4	8259A的编程	300
8.3.5	8259A的级联	307
	思考题与习题	308
第 9 章	可编程接口芯片及应用	310
9.1	可编程接口芯片概述	310
9.2	可编程计数器 定时器 8253	311
9.2.1	8253功能及结构	311
9.2.2	8253控制字	313
9.2.3	8253工作方式与工作时序	314
9.2.4	8253的初始化编程	321
9.2.5	8253应用	321
9.3	可编程并行接口芯片 8255A	327
9.3.1	8255A内部结构及引脚功能	327
9.3.2	8255A控制字	329
9.3.3	8255A工作方式	331
9.3.4	8255A应用	334
	思考题与习题	345
第 10 章	串行通信	347
10.1	基本概念	347
10.1.1	串行通信与并行通信	347
10.1.2	异步串行通信	348
10.1.3	同步串行通信	349
10.1.4	串行通信中的数据传送模式	350
10.1.5	信号的调制和解调	351
10.1.6	串行接口标准 RS - 232C	352
10.2	通用可编程串行通信接口芯片 NS8250	356
10.2.1	NS 8250概述	357
10.2.2	NS 8250的寄存器	362
10.2.3	IBM PC /XT的串行异步通信适配器	366
10.2.4	8250的应用举例	368
10.3	通用可编程串行通信接口芯片 8251A	371
10.3.1	8251A的基本功能	371
10.3.2	8251A的结构	372
10.3.3	8251的编程命令	377

10.3.4	8251A 初始化的步骤	380
10.3.5	8251 的应用举例	381
	思考题与习题	384
第 11 章	模数、数模转换	385
11.1	A/D 转换器及其接口	385
11.1.1	A/D 转换器的基本概念	385
11.1.2	典型 A/D 转换器介绍	388
11.1.3	应用举例	393
11.2	D/A 转换器及其应用	400
11.2.1	D/A 转换的主要性能参数	400
11.2.2	典型 D/A 转换器介绍	400
11.2.3	应用举例	407
	思考题与习题	409
第 12 章	高性能微处理器	411
12.1	80286 微处理器	411
12.1.1	80286 的内部结构	411
12.1.2	80286 的寄存器	413
12.1.3	80286 的存储器组织	414
12.2	80386 微处理器	415
12.2.1	80386 的内部结构	415
12.2.2	80386 的寄存器	417
12.2.3	80386 的工作方式	419
12.2.4	80386 的存储器管理	420
12.3	80486 微处理器	423
12.3.1	80486 的内部结构	423
12.3.2	80486 的技术特点	424
12.4	Pentium 处理器	425
12.4.1	Pentium 处理器的内部结构	426
12.4.2	Pentium 处理器的技术特点	427
12.4.3	Pentium 处理器的发展	429
	思考题与习题	433
第 13 章	总线标准与微型计算机	434
13.1	微型计算机系统总线	434
13.1.1	总线和总线规范	434
13.1.2	系统总线 ISA 和 EISA	435
13.1.3	PCI 总线	437

目 录

13.1.4	AGP	439
13.1.5	通用串行总线 USB	441
13.1.6	IEEE1394	443
13.2	Pentium 微型计算机	444
13.2.1	主板	444
13.2.2	440BX 芯片组	445
13.2.3	采用 440BX 芯片组的 PC 结构	446
	思考题与习题	447
附录 1	ASC II 码表	448
附录 2	8088 /8086 指令系统	450
附录 3	IBM PC /AT 中断功能表	455
附录 4	常用 DOS 功能调用 (INT 21H)	457
附录 5	BIOS 功能调用	462
附录 6	DEBUG 命令	467
附录 7	汇编语言程序上机过程	468
附录 8	键盘扫描码	475
索引	476
参考文献	486

第6章

半导体存储器

本章将主要介绍各种半导体存储器的结构、工作原理和主要外特性,讲述存储器与系统接口的原理。

6.1 内存和外存

计算机系统中,按存储器与CPU的关系,分为内存和外存。内存是内部存储器的简称,又称主存。内存直接与控制器、运算器相连接,是计算机的组成部分。已编制的程序、需要处理的数据、处理过程中产生的中间结果等均存放于内存中。计算机工作的过程就是不断地由控制器从内存取出指令,然后分析指令、执行指令的过程。因此内存应具有快速存取的能力以保证计算机的工作速度。

计算机硬件系统中的外存即外部存储器,也称辅存。外存不直接与CPU相连接,而是通过I/O接口与CPU连接,其主要特点是大容量,往往达到几百兆以上。如一张CD盘为650MB,一张DVD光盘为4.7GB,硬盘一般为几十GB以上。

计算机内存一般都以半导体存储器作为存储介质。外存的存储介质包括磁带、磁盘、光盘等,也可以由半导体存储器构成。近年来,大容量半导体存储器如Flash存储器(闪存)价格迅速下降,用闪存制成的“优盘”成为了一种很受欢迎的外存。

6.2 半导体存储器

6.2.1 半导体存储器的分类

1. RAM 与 ROM

半导体存储器按存储信息的特性可分为随机存储器 (Random Access Memory)和只读存储器 (Read Only Memory)两类。

随机存储器又称为读写存储器,它在计算机基本读、写周期内可完成读或写数据的操作。只读存储器在计算机基本读周期内可完成数据的读操作,但不具备数据写入功能,或不能在计算机基本写周期内完成写操作。换言之,随机存储器可以“随时”进行读、写操作,而只读存储器只能“随时”读出数据、不能写入或不能“随时”写入数据(即写入操作需较长的时间)。

对于有些种类的只读存储器而言,可以在脱机状态或较慢的速度下将数据写入芯片,这种写入过程被称为对 ROM 芯片的编程。

ROM 中存储的信息具有非易失性,芯片断电后所存的信息不会改变和消失。而 RAM 必须保持供电,否则其保存的信息将消失。

目前,按半导体存储器制造工艺主要可分为 NMOS、CMOS、TTL、ECL、砷化镓等。TTL 工艺制造的存储器速度较高,但功耗较大,集成度不高。ECL 存储器的优点是速度快,砷化镓的存储器更快,但功耗大、价格高、集成度低。以 CMOS 工艺制造的半导体存储器具有集成度高、功耗低的特点,读写速度达几纳秒至几十纳秒,随着工艺水平的提高,读写速度还在不断提高。以 CMOS 工艺制造的半导体存储器是应用得最多的半导体存储器。

2. RAM 的分类

静态 RAM (SRAM, Static RAM):SRAM 的记忆单元是具有两种稳定状态的触发器,以其中一个状态表示“1”,另一个状态表示“0”。SRAM 的读写次数不影响其寿命,可无限次读写。当保持 SRAM 的电源供给的情况下,其内容不会丢失。但如果断开 SRAM 的电源,其内容将全部丢失。

动态 RAM (DRAM, Dynamic RAM):DRAM 的记忆单元是 MOS 管的栅极与衬底之间的分布电容,以该电容存储电荷的多少来表示“0”和“1”。DRAM 的一个 bit 数据可由一个 MOS 管构成,因此具有集成度高、功耗低的特点。

DRAM 的一个缺点是需要刷新。芯片中存储的信息会因为电容的漏电而消失,因此应确保在信息丢失以前进行刷新。所谓刷新就是对原来存储的信息进

行重新写入,因此使用 DRAM 的存储体需要设置刷新电路。刷新周期随芯片的型号而不同,一般为 1 至几十毫秒。DRAM 的另一个缺点是速度比 SRAM 慢。

目前 PC 中的内存都采用 DRAM,因为它价格低,容量大,耗电少。

为了克服动态 RAM 需设置刷新电路的缺点,又开发了能够自动刷新的 DRAM 芯片中集成了动态 RAM 和自动刷新控制电路。

3. ROM 的分类

掩膜 ROM:掩膜 ROM 简称 ROM,是由芯片制造的最后一道掩模工艺来控制写入信息。因此这种 ROM 的数据由生产厂家在芯片设计掩膜时确定,产品一旦生产出来其内容就不可改变。由于集成电路生产的特点,要求一个批次的掩膜 ROM 必须达到一定的数量(若干个晶圆)才能生产,否则将极不经济。掩膜 ROM 既可用双极性工艺实现,也可以用 CMOS 工艺实现。掩膜 ROM 的电路简单,集成度高,大批量生产时价格便宜。掩膜 ROM 一般用于存放计算机中固定的程序或数据,如引导程序、BASIC 解释程序、显示、打印字符表、汉字字库等。

PROM (Programmable ROM):可由用户一次性写入的 ROM。如熔丝 PROM 新的芯片中所有数据单元的内容都为 1,用户将需要改为 0 的 bit 以较大的电流将熔丝烧断即实现了数据写入。这种数据的写入是不可逆的,即一旦被写入 0 则不可能重写为 1。因此熔丝 PROM 是一次性可编程的 ROM。

EPROM (Erasable Programmable ROM):可擦除的可编程只读存储器。如紫外线擦除型的可编程只读存储器,20 世纪 80 年代到 20 世纪 90 年代曾经广泛应用。这种芯片的上面有一个透明窗口,紫外线照射后能擦除芯片内的全部内容。当需要改写 EPROM 芯片的内容时,应先将 EPROM 芯片放入紫外线擦除器擦除芯片的全部内容,然后对芯片重新编程。

E^2 PROM (Electrically Erasable Programmable ROM):也称为 EEPROM,是可以电擦除的可编程只读存储器。由于能以电信号擦除数据,并且可以对单个存储单元擦除和写入(编程),因此使用十分方便,并可以实现系统擦除和写入。

闪速存储器 (Flash Memory):闪速存储器是新型非易失性存储器,在系统电可重写。它与 E^2 PROM 的一个区别是 E^2 PROM 可按字节擦除和写入,而闪速存储器只能分块进行电擦除。目前闪速存储器产品的容量比 E^2 PROM 更大,价格更优,是一种很有前途的大容量存储器。

6.2.2 半导体存储器的主要技术指标

1. 存储容量

存储器的存储容量是表示存储器大小的指标,通常以存储器单元数与存储器字长之积表示。每个存储器单元可存储若干个二进制位,二进制位的长度称为存储器字长。存储器字长一般与数据线的位数相等。每个存储器单元具有唯一的地址。因此,通常存储容量越大,地址线的位数越多。

由于存储器的容量一般都比较大大,因此常以 K 表示 2^{10} ,以 M 表示 2^{20} ,G 表示 2^{30} 。如 256 KB 等于 $256 \times 2^{10} \times 8 \text{ bit}$,32 MB 等于 $32 \times 2^{20} \times 8 \text{ bit}$

2. 最大存取时间

从接受地址码、地址译码、选中存储单元,到该单元读/写操作完成所需要的总时间被称为存取时间。存储器的存取时间越短,工作速度就越快,价格也越高。存储器厂家一般给出某种芯片的最大存取时间。设计计算机的存储器系统时,为读/写操作留出的时间应大于存储器最大存取时间,一般还应有一定的富余量以确保存储器读写操作的可靠性。

3. 功耗

存储器被加上的电压与流入的电流之积是存储器的功耗。存储器的功耗又分为操作功耗和维持功耗(或备用功耗)。前者是存储器被选中进行其中某个单元的读/写操作时的功耗,后者是存储器未被选中时的功耗。当芯片被选中时,地址译码、读写控制等电路工作,有一个单元被选中作读或写操作,因此操作功耗比维持功耗大。

虽然存储器中的存储单元很多,但由于 CMOS 电路的在不发生电平翻转时的功耗几乎为零,因此 CMOS 存储器的维持功耗很低。而 TTL 工艺的存储器虽然速度快,但功耗大,当需要的存储器容量大的时候功耗就成为系统的一个严重问题。随着 CMOS 工艺的提高,其工作速度也进一步提高,能够满足系统的要求。因此,目前 CMOS 存储器已成为应用最多的存储器,TTL 工艺的存储器基本被淘汰。

4. 可靠性

可靠性一般是指存储器对温度、电磁场等环境变化的抵抗能力和工作寿命。半导体存储器由于采用大规模集成电路工艺,具有较高的可靠性。