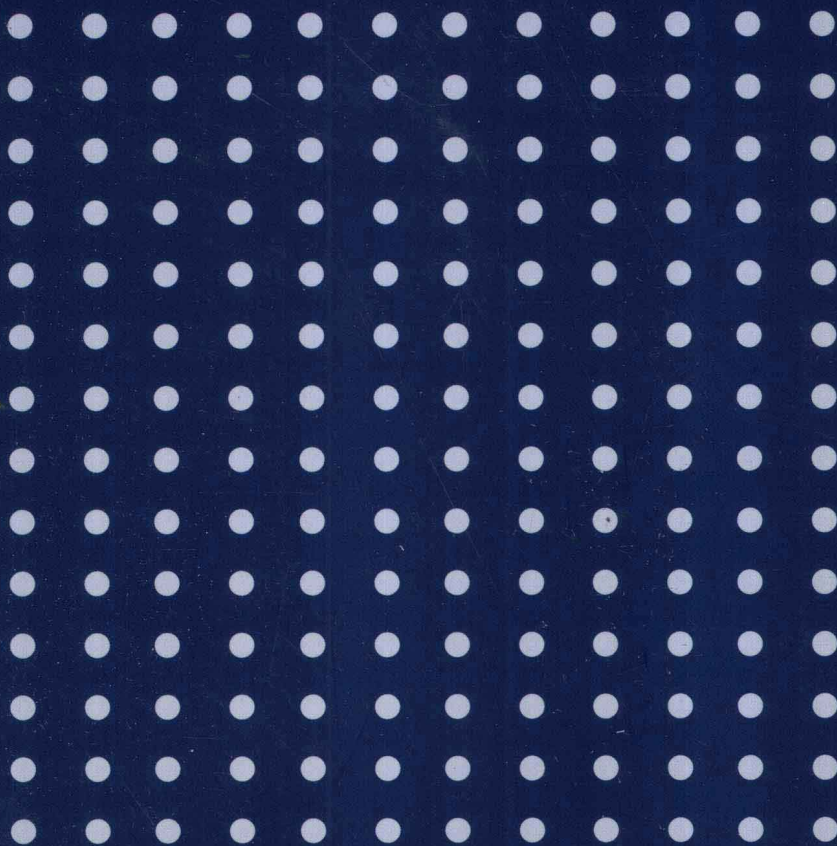


重点大学计算机专业系列教材

微型计算机接口技术

高福祥 夏利 主编



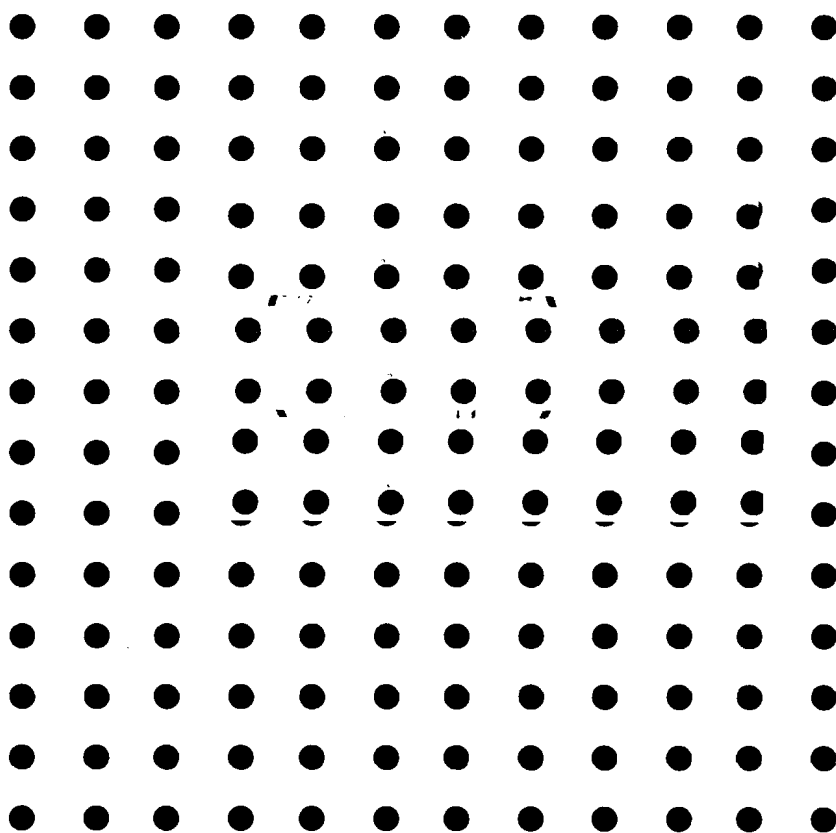
清华大学出版社



重点大学计算机专业系列教材

微型计算机接口技术

高福祥 夏利 主编



清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书以 IBM PC 系列微型计算机为背景全面阐述了微型计算机的接口技术。

全书共 13 章,介绍了微型计算机的基本结构、80386/80486 CPU 以及与存储器的接口、总线、串行通信及接口、并行接口、中断控制接口、DMA 接口、定时器/计数器接口、82380 多功能接口芯片、磁盘与光盘接口、键盘与鼠标接口、显示器接口和打印机接口。

本书内容丰富,力求反映微型计算机的最新技术以及发展趋势,突出实用性,每种接口都列举了大量的应用实例。语言通俗易懂,叙述由浅入深。

本书可作为大学计算机、通信、电子、自动化、仪器仪表等专业的教材,也可作为从事相关工作的工程技术人员参考书。

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

微型计算机接口技术/高福祥,夏利主编. —北京:清华大学出版社,2011.9

(重点大学计算机专业系列教材)

ISBN 978-7-302-26019-6

I. ①微… II. ①高… ②夏… III. ①微型计算机—接口技术—高等学校—教材
IV. ①TP364.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 131082 号

责任编辑:索 梅 张为民

责任校对:梁 毅

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954, jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:25.25 字 数:629 千字

版 次:2011 年 9 月第 1 版 印 次:2011 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:36.00 元

产品编号:037841-01

出版说明

随着国家信息化步伐的加快和高等教育规模的扩大,社会对计算机专业人才的需求不仅体现在数量的增加上,而且体现在质量要求的提高上,培养具有研究和实践能力的高层次的计算机专业人才已成为许多重点大学计算机专业教育的主要目标。目前,我国共有 16 个国家重点学科、20 个博士点一级学科、28 个博士点二级学科集中在教育部部属重点大学,这些高校在计算机教学和科研方面具有一定优势,并且大多以国际著名大学计算机教育为参照系,具有系统完善的教学课程体系、教学实验体系、教学质量保证体系和人才培养评估体系等综合体系,形成了培养一流人才的教学和科研环境。

重点大学计算机学科的教学与科研氛围是培养一流计算机人才的基础,其中专业教材的使用和建设则是这种氛围的重要组成部分,一批具有学科方向特色优势的计算机专业教材作为各重点大学的重点建设项目成果得到肯定。为了展示和发扬各重点大学在计算机专业教育上的优势,特别是专业教材建设上的优势,同时配合各重点大学的计算机学科建设和专业课程教学需要,在教育部相关教学指导委员会专家的建议和各重点大学的大力支持下,清华大学出版社规划并出版本系列教材。本系列教材的建设旨在“汇聚学科精英、引领学科建设、培育专业英才”,同时以教材示范各重点大学的优秀教学理念、教学方法、教学手段和教学内容等。

本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本组织原则和特点。

1. 面向学科发展的前沿,适应当前社会对计算机专业高级人才的培养需求。教材内容以基本理论为基础,反映基本理论和原理的综合应用,重视实践和应用环节。
2. 反映教学需要,促进教学发展。教材要能适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向。在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能力与实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。
3. 实施精品战略,突出重点,保证质量。规划教材建设的重点依然是专业基础课和专业主干课;特别注意选择并安排了一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现重点大学

计算机专业教学内容和课程体系改革成果的教材。

4. 主张一纲多本,合理配套。专业基础课和专业主干课教材要配套,同一门课程可以有多个具有不同内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化的关系;基本教材与辅助教材以及教学参考书的关系;文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源配套。

5. 依靠专家,择优落实。在制订教材规划时要依靠各课程专家在调查研究本课程教材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主编。书稿完成后要认真实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

教材编委会

前言

IBM PC 机是世界上发展最快应用最多的计算机。从第一台以 8088 为 CPU 的 IBM PC 系列机到今天以 Pentium、酷睿双核、四核为 CPU 的高档微型计算机,其计算能力和内存、外存的容量都提高了数百倍,而其价格却在不断下降。微型计算机的接口技术本身也同样飞速发展,原来需要几块接口电路板才能实现的功能现在一块大规模集成电路就可以完成了,这使得微机接口部分的功能越来越强,可靠性越来越高。一些工作站和小型机也开始使用微型机的接口和设备。因此,本书以 IBM PC 系列机为背景,以 80386/80486 微机的主要配置为基础,重点阐述微型计算机的接口技术。

本书由 13 章组成,第 1 章是绪论,重点介绍了微型计算机的基本结构、接口技术的基本概念、端口的编码方式、译码电路的设计及接口的分类。第 2 章以 80386/80486 为主,介绍了 CPU 的内部结构以及 CPU 与存储器的接口,包括与 DRAM 和高速缓冲存储器的接口。第 3 章介绍了 IBM PC 系列机中常用的总线,包括 PC 总线、ISA 总线、PCI 和 PCI Express 总线。第 4~9 章详细描述了串行通信及接口、并行接口、中断控制接口、DMA 接口、定时器/计数器接口、82380 多功能接口芯片(包括微型机中最常用的接口芯片以及在 IBM PC 系列机中的应用)。第 10 章分别介绍了软盘及其接口、硬盘及其接口、光盘及其接口,其中重点描述了 IDE 接口、EIDE 接口和 SATA 接口。第 11~13 章分别介绍了键盘、鼠标、显示器、打印机的原理以及相应的接口。

本书在内容取材上,力图反映微型计算机接口的最新技术,比如目前应用广泛的 USB 标准及其接口,SATA 标准、LCD 原理及其接口,以及新一代微型计算机的 PCI Express 总线及相应的组成结构。在重点介绍各种接口技术的同时,配合大量相应的应用实例,使读者在阅读了本书之后,能够对微型计算机的结构、组成以及接口的设计和应用有一个全面的了解。

本书由东北大学高福祥、夏利老师主编,张君、刘辉林、刘莹、王剑等老师参与了编写。

限于作者水平,本书疏漏和不妥之处在所难免,敬请读者不吝赐教。

作 者

2011 年 6 月

目录

第 1 章 绪论	1
1.1 IBM PC 系列微型计算机的结构	1
1.1.1 IBM PC/XT 和 PC/AT 机的基本结构	1
1.1.2 80386/80486 的基本结构	2
1.1.3 Pentium 的基本结构	3
1.1.4 新一代微机的基本结构	4
1.2 接口技术的基本概念	5
1.2.1 接口概述	5
1.2.2 接口的功能	6
1.2.3 输入输出数据的传送方式	7
1.3 端口的编址方法	10
1.3.1 I/O 独立编址	10
1.3.2 存储器映像编址	10
1.4 I/O 接口的译码电路	11
1.4.1 固定单端口译码	11
1.4.2 固定多端口译码	12
1.4.3 可选单端口译码	12
1.4.4 可选多端口译码	12
1.5 接口的分类	13
1.5.1 按传送方式分类	13
1.5.2 按使用灵活性分类	14
1.5.3 按接口的通用性分类	14
1.5.4 按输入输出信号分类	14
小结	15
习题	15

第 2 章 微处理器	16
2.1 微处理器的发展概况	16
2.2 80386/80486 微处理器	17
2.2.1 80386 的内部结构	17
2.2.2 80386 寄存器结构	19
2.2.3 80386 的引脚信号	23
2.2.4 80486 的内部结构	24
2.2.5 80486 寄存器结构	25
2.2.6 80486 的引脚信号	27
2.3 80386/80486 与存储器的接口	29
2.3.1 80386/80486 与主存储器的接口	29
2.3.2 高速缓冲存储器接口	38
2.4 智能存储器控制器 82C212	39
2.4.1 82C212 引脚信号	39
2.4.2 82C212 的内部结构	41
2.4.3 影子 RAM 和 BIOS	43
2.4.4 扩展存储器和存储器映像	44
2.4.5 82C212 配置寄存器	46
2.5 高速缓存控制器 82385	51
2.5.1 82385 的引脚信号	51
2.5.2 80386 与 82385 的系统总线结构	54
2.5.3 82385 的功能	55
2.5.4 82385 的基本操作	55
2.5.5 82385 与 80386 的接口电路	56
2.5.6 82385 与高速缓冲存储器的连接方式	56
小结	63
习题	64
第 3 章 总线	65
3.1 总线的基本概念	65
3.1.1 总线的规范	65
3.1.2 总线的性能指标	66
3.2 IBM PC 总线	66
3.3 ISA 总线	67
3.4 PCI 总线	69
3.4.1 PCI 总线概述	70
3.4.2 PCI 总线命令	74
3.4.3 PCI 总线的寻址	75

3.4.4	PCI 总线数据传输过程	76
3.4.5	总线仲裁	78
3.4.6	PCI 总线配置	79
3.4.7	PCI 总线的应用	86
3.5	PCI Express 总线	88
3.5.1	PCI Express 的系统架构	89
3.5.2	PCI Express 分层	91
小结	.....	93
习题	.....	94
第 4 章	串行通信及接口	95
4.1	串行通信的基本概念	95
4.1.1	数字信号的并行和串行传输	95
4.1.2	串行通信的同步方式	96
4.1.3	数据编码技术	98
4.1.4	数据传输速度	101
4.1.5	多路复用技术	101
4.1.6	数据传输介质	102
4.1.7	差错控制	104
4.2	串行通信标准	107
4.2.1	RS-232-C 接口标准	107
4.2.2	RS-449 接口标准	109
4.2.3	RS-485 接口标准	110
4.2.4	USB 接口标准	111
4.3	可编程串行接口芯片 Intel 8251A	120
4.3.1	8251A 的引脚信号	120
4.3.2	8251A 的内部结构	122
4.3.3	8251A 的工作方式	124
4.3.4	8251A 同步方式下的使用	125
4.3.5	8251A 的初始化编程	126
4.4	可编程串行接口芯片 INS8250	128
4.4.1	INS8250 的引脚信号	128
4.4.2	INS8250 的内部结构	131
4.4.3	INS8250 内部寄存器的结构	132
4.4.4	INS8250 在 IBM PC 系列机中的应用	134
4.5	USB 接口芯片 CH375	142
4.5.1	CH375 的内部结构	143
4.5.2	CH375 芯片的引脚	144
4.5.3	CH375 固化命令代码	144

4.5.4	CH375 接口电路的设计	149
4.5.5	CH375 应用程序的设计	151
小结	.....	155
习题	.....	155
第 5 章	并行接口	157
5.1	并行接口与并行通信	157
5.2	Intel 8255A 可编程外部设备接口	158
5.2.1	8255A 的引脚信号	158
5.2.2	8255A 的结构	159
5.2.3	8255A 的控制字	160
5.2.4	8255A 的工作方式	161
5.2.5	8255A 的编程	167
5.2.6	8255A 的应用	168
小结	.....	171
习题	.....	171
第 6 章	中断控制接口	173
6.1	中断系统概述	173
6.1.1	中断请求与中断源	173
6.1.2	中断系统的功能	174
6.1.3	中断响应	174
6.1.4	x86 系列微处理机的中断系统	175
6.2	Intel 8259A 中断控制器	176
6.2.1	8259A 的引脚信号	176
6.2.2	8259A 的内部结构及中断响应顺序	177
6.2.3	8259A 的程序设计	179
6.2.4	8259A 在 IBM PC 系列机中的应用	185
小结	.....	187
习题	.....	188
第 7 章	DMA 接口	189
7.1	DMA 概述	189
7.1.1	DMA 简介	189
7.1.2	DMAC 的基本功能和工作过程	190
7.2	Intel 8237A DMA 控制器	191
7.2.1	8237A 的引脚信号	191
7.2.2	8237A 的内部结构及操作方式	192
7.2.3	8237A 在 IBM PC 系列机上的应用	199

7.2.4 8237A 的编程举例	202
小结	203
习题	203
第 8 章 定时器/计数器接口	204
8.1 什么是定时和计数	204
8.2 8253/8254 可编程定时/计数器	205
8.2.1 8253 的引脚信号	205
8.2.2 8253 的内部结构	206
8.2.3 8253 的控制字	207
8.2.4 8253 的工作方式	207
8.2.5 8253 在 IBM PC 系列机中的应用	209
8.3 MC146818 CMOS RAM/实时时钟	214
8.3.1 MC146818 的引脚信号	214
8.3.2 MC146818 的内部结构	215
8.3.3 MC146818 在 IBM PC/AT 机中的应用	218
小结	221
习题	221
第 9 章 82380 多功能接口芯片	222
9.1 82380 简介	222
9.2 82380 与 80386 的接口	223
9.2.1 主态和从态	224
9.2.2 82380 的引脚排列及与 80386 接口信号	225
9.2.3 82380 的总线时序	228
9.3 82380 的 DMA 控制器	232
9.3.1 结构	232
9.3.2 功能描述	233
9.3.3 接口信号	234
9.3.4 操作方式	235
9.3.5 寄存器组	239
9.3.6 DMA 控制器编程	245
9.3.7 与 8237A 的兼容性	247
9.4 可编程中断控制器	248
9.4.1 功能描述	248
9.4.2 接口信号	249
9.4.3 总线功能描述	250
9.4.4 操作方式	251
9.4.5 寄存器组	254

9.4.6	程序设计	256
9.5	可编程的定时/计数器	258
9.5.1	功能与内部结构	258
9.5.2	接口信号	260
9.5.3	工作方式	260
9.5.4	寄存器组	260
9.5.5	程序设计	261
9.6	等待状态发生器	264
9.6.1	功能描述	264
9.6.2	接口信号	264
9.6.3	总线功能	265
9.6.4	寄存器组	268
9.6.5	程序设计	269
9.7	DRAM 刷新控制器	269
9.7.1	功能描述	269
9.7.2	接口信号	269
9.7.3	总线功能	270
9.7.4	操作方式	271
9.7.5	寄存器组	271
9.7.6	程序设计	271
9.8	重定位寄存器和地址译码	272
9.8.1	重定位寄存器	272
9.8.2	地址译码	272
9.9	CPU 复位和关机检测	273
9.9.1	硬件复位	273
9.9.2	软件复位	273
9.9.3	关机检测	273
9.10	内部控制和诊断端口	274
9.10.1	内部控制端口	274
9.10.2	诊断端口	274
小结		274
习题		275
第 10 章	磁盘与光盘接口	276
10.1	软盘及其接口	276
10.1.1	软盘的结构	276
10.1.2	软盘接口	279
10.2	硬盘及其接口	280
10.2.1	硬盘的基本结构	280

10.2.2	硬盘的接口	281
10.3	光盘及其接口	295
10.3.1	CD-ROM	295
10.3.2	DVD-ROM	296
小结	.....	297
习题	.....	297
第 11 章	键盘与鼠标接口	298
11.1	键盘的工作原理	298
11.1.1	编码键盘	299
11.1.2	非编码键盘	299
11.1.3	键值分析	302
11.1.4	去抖动和防串键	303
11.2	键盘接口电路	304
11.2.1	8279 的引脚定义与功能	304
11.2.2	8279 的组成和工作原理	305
11.3	IBM PC 系列机的键盘	311
11.3.1	IBM PC 系列机键盘工作原理	311
11.3.2	IBM PC 系列机的键盘接口	314
11.4	鼠标接口	321
11.4.1	鼠标器的分类	321
11.4.2	鼠标器与主机的接口	322
11.4.3	鼠标器接口程序设计	322
11.4.4	编程举例	323
小结	.....	325
习题	.....	326
第 12 章	显示器接口	327
12.1	LED 显示器	327
12.1.1	LED 显示器的结构	327
12.1.2	LED 显示器的接口	328
12.2	CRT 显示器	332
12.2.1	单色显示器的结构及工作原理	332
12.2.2	CRT 控制器的结构与功能	333
12.3	MC6845 控制器	335
12.3.1	MC6845 的结构	335
12.3.2	MC6845 的引脚功能	335
12.3.3	MC6845 的内部寄存器	337
12.3.4	MC6845 的接口电路	339

12.3.5	MC6845 的编程	340
12.4	TVGA 控制器	342
12.4.1	TVGA 8900 的性能	342
12.4.2	TVGA 8900 的内部结构	342
12.4.3	TVGA 8900 的引脚功能	344
12.4.4	EGA/VGA 显示器编程	347
12.5	LCD 显示器	351
12.5.1	LCD 显示器简介	351
12.5.2	LCD 点阵显示器接口	354
小结	.....	365
习题	.....	365
第 13 章	打印机接口	366
13.1	打印机的工作原理	366
13.1.1	针式打印机的工作原理	366
13.1.2	喷墨打印机的工作原理	367
13.1.3	激光打印机的工作原理	367
13.2	Centronics 标准打印机接口	368
13.3	IBM PC 系列机的并行打印机接口	369
13.3.1	IBM PC 系列机的打印机适配器的结构	370
13.3.2	IBM PC 系列机的打印机适配器的编程	371
13.3.3	IBM PC 系列机的打印机适配器的其他应用	374
13.4	IEEE 1284 标准并行外部设备接口	378
13.4.1	字节方式	379
13.4.2	EPP 方式	380
13.4.3	ECP 方式	382
小结	.....	385
习题	.....	385
参考文献	.....	386

绪 论

第 1 章

1.1 IBM PC 系列微型计算机的结构

在重点介绍 I/O 接口之前,为了使读者能够对微型计算机系统有一个总体的了解,首先介绍 IBM PC 系列微型计算机(简称 IBM PC 系列机)的基本结构及其发展趋势,后面章节再对各个部分进行详细描述。

1.1.1 IBM PC/XT 和 PC/AT 机的基本结构

IBM PC/XT 机是采用 8088 CPU 构成的第一代个人计算机。IBM PC/XT 机以微处理器为核心,通过地址锁存器、数据收发器、总线控制器、中断控制器和 DMA 控制器形成 PC 总线,8088 CPU 通过 PC 总线与存储器系统、I/O 设备交换数据,如图 1-1 所示。

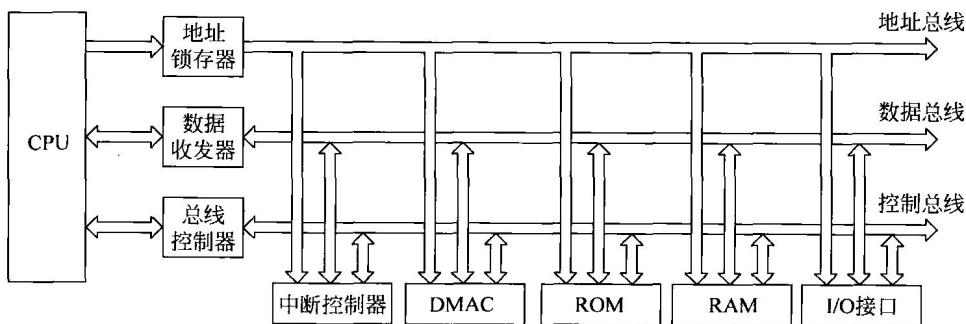


图 1-1 IBM PC/XT 微型计算机的结构

为了减少 CPU 的引脚数目,8088 的部分地址线与数据线复用(AD0~AD7),部分地址线与状态线复用(A16/S3~A19/S6),所以采用锁存器(74LS373)将其分离。在第一个时钟周期通过地址锁存使能信号(ALE=1)将这些引脚输出的地址保存在这些锁存器中,其余的地址引脚可以直接输出,也可以通过缓冲器(74LS244)输出以提高驱动能力。这样就形成地址总

线 A0~A19。地址总线是 CPU 发出的,用于对存储器的存储单元和 I/O 接口的端口进行寻址。

为提高 CPU 数据引脚的负载驱动能力,AD0~AD7 引脚接入双向缓冲器(74LS245),又称数据总线收发器,因此形成数据总线 D0~D7。数据总线用于 CPU 与存储器和 I/O 接口传送数据信息,是双向总线。

在最小模式下,给存储器和 I/O 接口的控制信号(如读写信号)均由处理器产生,不必进行其他考虑。在最大模式下,因为没有足够的引脚,所以需要增加一个外部总线控制器(8288),它将状态信号 $\overline{S0} \sim \overline{S2}$ 译码产生存储器的读写信号、I/O 读写信号、INTA 中断响应信号以及给地址锁存器和数据收发器的控制信号。前一部分形成了 PC 总线的控制总线。控制总线有 CPU 发出的,也有外部提供给 CPU 的,但每根线都是单向的,分别传送控制信号、状态信号等。

此外,由中断控制器 8259A 提供总线中的中断请求信号 $\overline{IR0} \sim \overline{IR7}$,由 DMA 控制器 8237A 提供总线中的 DMA 请求和响应信号 $\overline{DREQ0} \sim \overline{DREQ3}$ 、 $\overline{DACK0} \sim \overline{DACK3}$ 。一号代表低电平有效。

存储器包括 ROM(固化 BIOS 程序,用于系统的初始化程序、自检程序、引导程序和基本输入输出程序)和 RAM(内存)。它们分别与 PC 总线的 20 位地址线、8 位数据线和读写信号端口相连。

主板上基本的 I/O 接口包括:8253A(可编程定时器/计数器),用于维护系统的时钟、动态存储器刷新和系统的扬声器;8255A(可编程并行接口),用于输入系统的配置信息、输入键盘的扫描码及输出一些控制信号。

其他的一些 I/O 接口,如连接 CRT 显示器的适配器,连接软盘、硬盘、打印机、绘图仪等设备的集成设备电路(IDE 适配器),都作为扩展板与 PC 总线相连。

主板上还有协处理器 8087 和时钟发生器 8284A,在此暂不介绍。

对于 IBM PC/AT 机,其基本结构与 IBM PC/XT 机相同,只是其是针对 80286 处理器的,地址总线为 24 位,数据总线为 16 位,所以增加了 BHE 高位字节使能信号。此外,中断控制器由 2 片 8259A 组成,DMA 控制器由 2 片 8237A 组成,因此增加了中断请求信号 $\overline{IR8} \sim \overline{IR15}$,增加了 DMA 请求、响应信号 $\overline{DREQ4} \sim \overline{DREQ7}$ 、 $\overline{DACK4} \sim \overline{DACK7}$ 。

1.1.2 80386/80486 的基本结构

80386/80486 微型计算机的基本结构如图 1-2 所示。早期的 80386 和 80486 机的总线还只是采用 ISA 总线,后期才加入了局部总线,如 VL 总线、PCI 总线,但时间很短。

由于总线在传输速率方面的瓶颈,主存脱离系统总线与 CPU 总线直接相连,而且开始采用单列直插存储器模块(SIMM),即所谓的内存条,主要是 EDO DRAM。由于 CPU 的速度增长得远比存储器快,需要采用高速缓存技术提高系统的性能。80486 中集成了协处理器(80387)和高速缓冲存储器,所以不必再用外部的协处理器,但是还是需要一个 2 级 Cache。

由于微电子技术的飞速发展,系统开始使用芯片组来替代第 1、2 代微型机的多个单功能芯片,比如 82380/82385 芯片组。82385 是高速缓冲存储器 Cache 的控制器,82380 是一个多功能外部设备(简称外设)支持芯片,内部集成有一个高速的 8 通道 32 位 DMA 控制

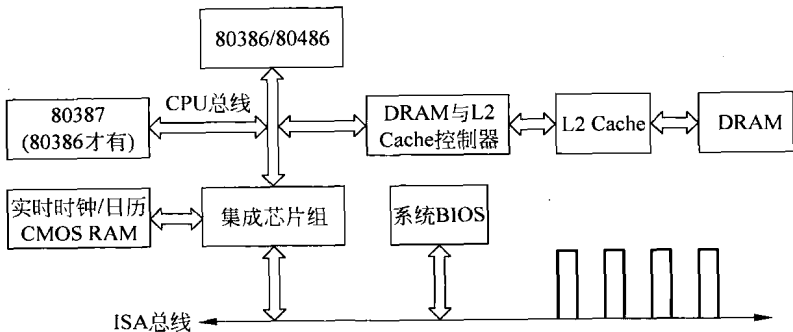


图 1-2 80386/80486 机的基本结构

器、一个 20 级可编程中断控制器(15 个外部中断请求和 5 个内部中断请求)、4 个 16 位可编程定时/计数器、DRAM 刷新控制器等。

由于以前的系统断电以后不能继续维护系统的日期和时钟,而且每次开机都需要了解系统的配置,所以采用实时时钟/日历 CMOS RAM 器件,比如 MC146818。由于采用了 CMOS 工艺,所以可以依靠电池供电。它具有两个功能:自动定时,无论开机与否都可以维护系统的日历和时钟;64B 的静态存储器,可以保存系统的日期和时间,以及系统的配置信息。

其他的外围接口器件除了一部分集成在芯片组里面,基本上都是挂接在 ISA 总线上。

1.1.3 Pentium 的基本结构

随着 PCI 总线的普及,现代微型计算机系统的结构主要是多总线、南北桥结构,采用 Pentium 系列为处理器,如图 1-3 所示。多总线包括 CPU 总线、PCI 局部总线、ISA 总线以及存储器总线和 AGP 总线。为了提高视频带宽,减轻 PCI 总线的负担,显卡被从 PCI 总线中分离出来,采用一种专用的 AGP 总线,又称加速图形端口。这样做的主要目的是配合 DIB 双重独立总线技术和 MMX 多媒体技术,提高图形尤其是 3D 图形的处理能力。三总线之间通过高度集成的多功能芯片组连接起来,通常称为北桥和南桥,比较典型的是 Intel

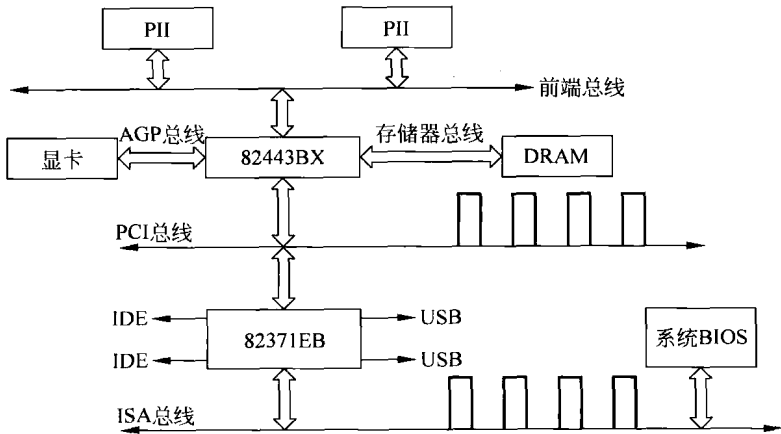


图 1-3 现代 Pentium 系列微机的基本结构