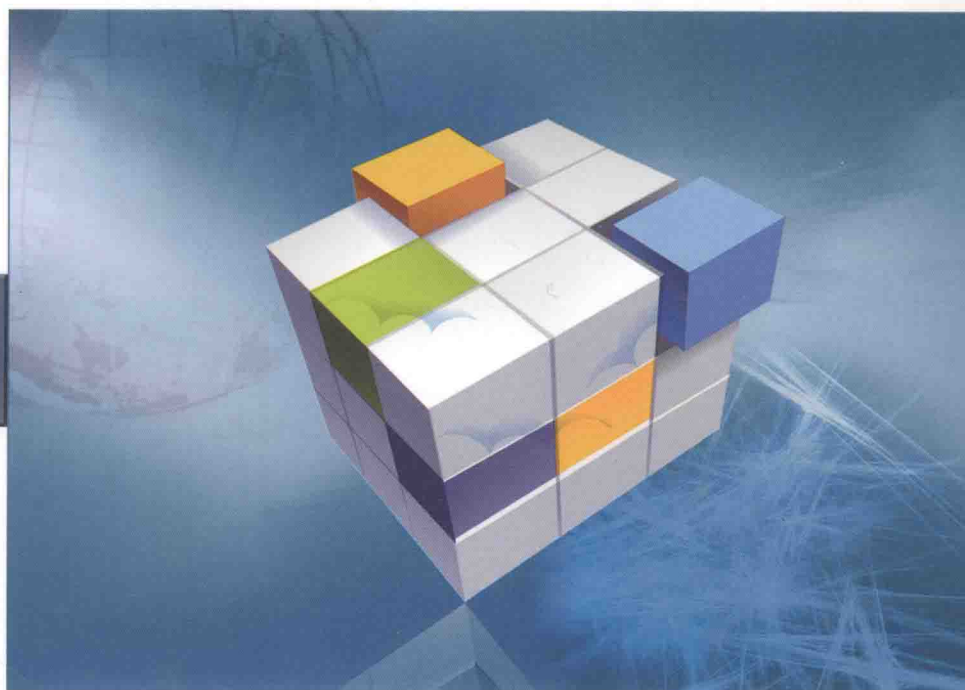


21世纪高等院校应用型规划教材

微机接口技术 实用教程



何 利 汤宏斌 韩起云 编著



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等院校应用型规划教材

微机接口技术实用教程

何利 汤宏斌 韩起云 编著



机械工业出版社

《微机接口技术实用教程》是为了适应当前微机接口技术的迅猛发展,以培养学生的应用能力为主线、提升实用技能为目的而编写的一本教材。本书理论与实践相结合,并注重反映计算机技术的最新进展。其主要内容包括:微机接口技术基本概念和 I/O 端口地址译码技术、微机总线技术、定时/计数技术与接口、中断技术与中断系统、并行接口技术、串行通信与串行接口技术、A/D 和 D/A 转换器接口、DMA 技术与 DMA 控制器、总线新技术、存储器接口技术、人机接口技术、32 位高档微型计算机微机软件接口技术等。本书内容全面,对各种新的接口标准和工作原理都进行了讲述。

本书既可作为应用性本科院校计算机科学与技术专业的专业课教材,也可作为高等职业院校计算机应用及相关的电子类专业的专业课教材,还可供工程技术人员学习参考。

本书有配套的电子教案,需要的教师可登录机工教材服务网(www.cmpedu.com)进行注册,待审核通过后即可免费下载,也可直接联系编辑获取(QQ: 241151483, 电话 010-88379753)。

图书在版编目(CIP)数据

微机接口技术实用教程/何利,汤宏斌,韩起云编著. —北京:机械工业出版社,2011.9

21 世纪高等院校应用型规划教材

ISBN 978-7-111-35753-7

I. ①微… II. ①何… ②汤… ③韩… 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 178106 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:陈皓和庆娣

责任印制:杨曦

北京中兴印刷有限公司印刷

2011 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·21.25 印张·521 千字

0001-3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-35753-7

定价:41.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

出版说明

进入信息时代,我国高等教育面临的情况发生了巨大变化。信息技术日新月异,使得与其相关的课程知识结构更新迅速。由于社会对应用型人才的需求日趋强烈,高校也越来越注重对学生实践能力的培养。大多数高校的上机环境和教师的业务水平和工作条件都得到了明显改善,为教学模式、方法与手段的改革提供了必备的条件。多媒体教室的建设、学生上机时数的增加、实验室的建设这一系列措施对教材的建设提出了新的要求。

为了切实体现教育思想和教育观念的转变,依据高等院校教学内容、教学方法和教学手段的现状,机械工业出版社推出了这套“21 世纪高等院校应用型规划教材”。

本系列教材以建设“一体化设计、多种媒体有机结合的立体化教材”为宗旨,其目标是:建设一批符合应用型人才培养目标的、适合应用型人才培养模式的系列精品教材。本系列教材的编写者均为相关课程的一线主讲教师,教材内容注重理论与实际应用相结合,其中大力补充新知识、新技术、新工艺、新成果,非常适合各类高等院校、高等职业学校的教学。

为方便老师授课,本套教材为主干课程配备了电子教案、实验指导、习题解答等相关辅助内容。

机械工业出版社

前 言

本书兼顾了微机接口知识的系统性与先进性,介绍了微机接口的基本组成,以 80486 为核心线索介绍了 IBM PC/AT 的微机接口系统,并根据现代微机的特点讲述了微机处理器与各接口芯片的连接,并列举了实例。

同时,本书注重实验教学,通过实验使学习者形成对微机接口的整体认识,掌握常用接口的设计与分析方法,从而具备初步的微机硬件开发能力。

作者根据多年从事微机接口技术的科研和教学工作的经验编写了本书,在编写过程中,力求做到:

1) 在内容安排上,尽量贴近实际教学要求,满足学生学习的特点,循序渐进、深入浅出,注重概念和方法的传授。

2) 兼顾教材的系统性、科学性和先进性,力求反映当前微机接口技术的基本理论和最新成果。

全书共分 13 章,主要包括:

第 1 章介绍了微机接口的基本概念、CPU 与接口交换数据的方式、接口电路设计的基本方法、I/O 端口地址译码技术和接口技术的现状和发展趋势。

第 2 章介绍了几种典型系统总线和局部总线以及通用串行总线的特征和工作原理。

第 3 章介绍了可编程定时器/计数器 8253-5/8254-2 的基本功能、内部结构及应用和实时钟电路 MC146818 及其应用。

第 4 章介绍了中断的基本概念、中断源及中断的分类、IBM-PC 的中断的响应条件、处理过程及其主要功能以及可编程中断控制器 8259A。

第 5 章介绍了并行接口的基本概念、与串行接口的区别以及可编程并行接口 8255A。

第 6 章介绍了串行同步/异步通信的基本概念、特征和异同点、串行通信数据格式、串行通信的接口标准以及 16550 和 8251A 芯片。

第 7 章介绍了数/模转换器的基本原理及多种数/模转换器的转换原理和主要性能。

第 8 章介绍了 DMA 控制器的工作状态和工作过程以及 8237A 芯片。

第 9 章介绍了当前新的总线技术以及总线技术的未来发展方向。

第 10 章介绍了键盘、鼠标、LED 显示器、LCD 显示器、打印机等人机交互设备接口的工作原理。

第 11 章介绍了微机存储体系结构和 SRAM 与 CPU 接口、DRAM 与 CPU 接口、ROM 与 CPU 接口以及典型 CPU 与存储器接口。

第 12 章介绍了 32 位微处理器的结构和功能以及微机软件接口技术。

第 13 章介绍了一种典型的微机接口设计的基本方法。

本书中讲述了微机接口技术课程设计的目标、设计步骤和设计报告的要求,并给出了大量的实验设计案例,每一个实验案例都包括实验名称、实验目的、要求、所需设备器材以及详细的实验内容。

本书既可作为大学计算机本科专业以及相关电子专业的教材，又可作为相关专业技术人员硬件开发与等级考试的参考书。建议学时数为 56 学时，其中理论教学为 40 学时，实验教学为 16 学时。

本教材由何利主编，其中第 1 章、第 2 章、第 7 章、第 8 章由汤宏斌编写。第 3 章、第 4 章、第 5 章由韩起云编写，第 6 章、第 9 章、第 10 章、第 11 章、第 12 章、第 13 章由何利编写。全书由何利统稿。

陈昌志、程克非、尚凤军、杨勇、薛峙等为本书提供了部分资料和很多重要的建议，在此表示感谢，同时也要感谢重庆邮电大学计算机学院的领导和老师给予的大力支持和帮助。

由于作者水平有限，书中内容难免有不妥之处，欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

出版说明

前言

第1章 绪论	1
1.1 微机接口和微机接口技术的概念	1
1.1.1 接口的组成	1
1.1.2 接口的功能	2
1.2 CPU 与接口交换数据的方式	3
1.2.1 无条件传输方式	3
1.2.2 程序查询方式	4
1.2.3 中断方式	4
1.2.4 DMA 方式	4
1.2.5 I/O 处理机方式	5
1.3 接口电路设计的基本方法	5
1.4 I/O 端口地址译码技术	6
1.4.1 I/O 端口及其编址方式	6
1.4.2 I/O 端口地址分配	9
1.4.3 I/O 端口地址译码	10
1.5 接口技术的现状和发展趋势	13
1.6 实验设计	13
1.7 习题	17
第2章 总线技术	18
2.1 概述	18
2.1.1 总线标准	18
2.1.2 总线的分类	19
2.1.3 总线的数据传输过程	21
2.1.4 总线的数据传输方式	21
2.2 系统总线	22
2.2.1 STD 总线	22
2.2.2 PC 总线	25
2.2.3 ISA 总线	28
2.2.4 EISA 总线	30
2.3 局部总线	32
2.3.1 VL 总线	33

2.3.2	PCI 总线	33
2.3.3	PCI Express	38
2.4	通用设备总线	46
2.4.1	USB 总线	46
2.4.2	IEEE 488 总线	52
2.4.3	IEEE 1394 总线	56
2.4.4	AGP 总线	60
2.5	现场总线	62
2.5.1	现场总线的通信协议	62
2.5.2	现场总线系统的组成	63
2.5.3	现场总线的技术特点	64
2.5.4	典型现场总线简介	65
2.6	实验设计	68
2.7	习题	71
第3章	定时/计数器芯片	72
3.1	可编程定时器/计数器 8253-5/8254-2	72
3.1.1	基本功能	72
3.1.2	基本原理	73
3.2	8253-5/8254-2 的工作原理与应用	76
3.2.1	可选工作方式	76
3.2.2	8253-5/8254-2 控制字和初始化	85
3.2.3	初始化编程	86
3.2.4	8253-5/8254-2 在微型计算机中的典型应用	88
3.3	实时钟电路 MC146818 及其应用	90
3.3.1	工作方式	90
3.3.2	方式命令字和状态字	93
3.3.3	典型应用	94
3.4	实验设计	99
3.5	习题	101
第4章	中断技术	103
4.1	中断技术的基本概念	103
4.1.1	中断定义	103
4.1.2	微型计算机的中断源	104
4.1.3	中断的分类及其优先权	104
4.1.4	中断向量	106
4.2	IBM-PC 的中断系统	107
4.2.1	中断的响应条件	107
4.2.2	中断的处理过程	107

4.2.3 中断系统的功能·····	109
4.3 可编程中断控制器 8259A ·····	110
4.3.1 8259A 的内部结构及外部引脚·····	110
4.3.2 8259A 的功能·····	113
4.3.3 8259A 的命令字和状态字 ·····	114
4.3.4 8259A 的初始化 ·····	120
4.4 8259A 在微机系统中的应用 ·····	122
4.4.1 8259A 在 IBM PC/XT 系统中的应用 ·····	122
4.4.2 8259A 在 IBM PC/AT 系统中的应用 ·····	124
4.4.3 8259A 在中断处理中的应用 ·····	125
4.5 实验设计 ·····	127
4.6 习题 ·····	131
第5章 并行接口 ·····	133
5.1 并行接口基本概念 ·····	133
5.2 可编程并行接口 8255A ·····	134
5.2.1 8255A 的内部结构和引脚功能·····	134
5.2.2 8255A 的工作方式 ·····	136
5.2.3 8255A 的命令字和状态字 ·····	143
5.2.4 8255A 的初始化 ·····	147
5.3 8255A 的应用 ·····	147
5.3.1 8255A 实现微机与外设的并行通信 ·····	147
5.3.2 8255A 实现双机并行通信 ·····	149
5.3.3 8255A 实现微机与单片机的并行通信 ·····	151
5.4 实验设计 ·····	153
5.5 习题 ·····	155
第6章 串行通信接口 ·····	158
6.1 串行通信的基本概念 ·····	158
6.1.1 串行同步通信和异步通信 ·····	158
6.1.2 串行通信的数据格式 ·····	160
6.1.3 串行通信接口标准 ·····	162
6.1.4 串行通信的接口·····	164
6.1.5 典型的串口芯片·····	165
6.2 可编程串行接口芯片 16550 ·····	166
6.2.1 16550 的内部结构 ·····	166
6.2.2 16550 的功能 ·····	168
6.2.3 16550 的外部信号 ·····	168
6.2.4 16550 的内部寄存器 ·····	171
6.2.5 16550 在 PC 系列中的应用 ·····	176

6.3 可编程接口芯片 8251A	181
6.3.1 8251A 的内部结构	181
6.3.2 8251A 的引脚及其功能	183
6.3.3 8251A 的命令字和状态字	184
6.3.4 8251A 的初始化	187
6.3.5 8251A 应用举例	189
6.4 实验设计	193
6.5 习题	196
第7章 A/D 与 D/A 转换器接口	197
7.1 D/A 和 A/D 转换器接口电路	197
7.1.1 D/A 转换器接口电路	197
7.1.2 A/D 转换器接口电路	205
7.2 D/A 和 A/D 转换的工作原理	220
7.2.1 D/A 转换器工作原理	220
7.2.2 A/D 转换器工作原理	221
7.3 实验设计	224
7.4 习题	226
第8章 DMA 技术	228
8.1 DMA 传输技术的基本概念	228
8.1.1 DMA 控制器	228
8.1.2 DMA 系统	231
8.2 8237A 芯片	233
8.2.1 8237A 的内部结构	234
8.2.2 8237A 的功能特性	237
8.2.3 8237A 的内部寄存器及其作用	239
8.2.4 8237A 的工作方式和工作时序	247
8.2.5 8237A 的初始化和应用	251
8.3 DMA 的应用	260
8.3.1 将数据从内部存储器传输到 I/O 接口的 DMA 控制电路	260
8.3.2 将数据从 I/O 接口传输到内部存储器的 DMA 控制电路	261
8.4 实验设计	261
8.5 习题	263
第9章 总线新技术	264
9.1 CAN 总线	264
9.1.1 CAN 总线的工作原理	264
9.1.2 CAN 总线的特点	265
9.2 前端总线	265
9.3 I ² C 总线	266

9.3.1 I ² C 总线特点	266
9.3.2 I ² C 总线工作原理	266
9.4 SPI 总线	267
9.5 现场总线新技术	267
9.6 实验设计	269
9.7 习题	274
第10章 人机交互设备接口	275
10.1 键盘接口	275
10.1.1 键盘的类型和工作原理	275
10.1.2 键盘控制电路的组成及工作原理	276
10.1.3 典型的微机键盘接口	276
10.1.4 PC/AT 与键盘的接口	278
10.2 鼠标接口	281
10.2.1 鼠标的类型和工作原理	281
10.2.2 鼠标接口电路	282
10.3 显示器接口	283
10.3.1 CRT 显示器的工作原理和接口	284
10.3.2 LED 显示器的工作原理	284
10.3.3 LCD 显示器的工作原理	285
10.3.4 显示器的新技术	287
10.3.5 显示器接口类型	287
10.4 打印机接口	288
10.5 多媒体设备及其接口	290
10.5.1 多媒体设备类型	290
10.5.2 多媒体计算机的关键技术	291
10.6 习题	291
第11章 存储器及接口	292
11.1 存储体系结构	292
11.2 半导体存储器	293
11.2.1 半导体存储器接口的基本技术	294
11.2.2 SRAM 与 CPU 的连接	296
11.2.3 DRAM 与 CPU 的连接	298
11.2.4 ROM 与 CPU 的连接	300
11.3 典型 CPU 与存储器的连接	303
11.4 硬盘接口	305
11.4.1 硬盘结构	305
11.4.2 典型的硬盘接口	306
11.5 习题	307

第 12 章 32 位微机软件接口技术	308
12.1 32 位微处理器	308
12.1.1 80386 内部结构	308
12.1.2 80486 内部结构	310
12.1.3 Pentium 系列处理器	311
12.1.4 Pentium Pro 微处理器	313
12.1.5 MMX Pentium 微处理器	313
12.1.6 Pentium II 微处理器	314
12.1.7 Pentium III 微处理器	314
12.2 32 位微机软件接口	315
12.3 习题	316
第 13 章 微机接口设计实例	317
13.1 微机接口设计基本方法	317
13.2 微机接口的可靠性与抗干扰设计	319
13.2.1 微机接口的干扰	319
13.2.2 微机接口的可靠性设计分析和方法	319
13.3 定时显示系统的设计实例	321
13.3.1 设计要求	321
13.3.2 硬件系统设计	321
附录 常用逻辑符号对照表	324
参考文献	325

第1章 绪 论

本章重点

- 微机接口的基本概念
- 微机接口的功能和分类
- 微机接口的组成
- 微机接口和 CPU 之间的几种数据交换方式
- 微机接口电路分析与设计的基本方法

1.1 微机接口和微机接口技术的概念

微机接口（Interface）就是微处理器 CPU 和外部世界连接的部件，是 CPU 和外界交换信息的中转站，这里所说的外部世界是指除 CPU 之外的所有设备或电路，包括存储器、I/O 设备、控制设备、测量设备、通信设备、多媒体设备、A/D 与 D/A 转换器等，因此微机接口的全称为微机输入/输出接口或微机 I/O 接口。

微机接口技术是研究 CPU 如何与外部世界进行最佳耦合与匹配，实现双方高效、可靠地交换信息的一门技术，是软件、硬件相结合的体现，同时也是微机应用的关键。

1.1.1 接口的组成

为了实现上述功能，就要有物理基础硬件予以支持，还要有相应的程序软件予以驱动。所以，一个能够实际运行的接口，应由硬件和软件两部分组成。

1. 接口的硬件电路

从使用角度来看，接口硬件部分有：

- 1) 基本逻辑电路。
- 2) 端口地址译码电路。
- 3) 供选电路。

以上这些硬件电路不是孤立的，而是按照设计要求有机地结合在一起使其相互联系和相互作用，实现接口的功能，I/O 接口的典型结构如图 1-1 所示。

在图 1-1 中，I/O 接口典型结构包括基本逻辑电路、供选电路、端口地址译码电路和 3 种寄存器，即数据寄存器、状态寄存器和控制寄存器。其中 3 种寄存器是接口电路的核心，负责从 CPU 接收命令、向 CPU 返回外围设备（以下简称外设）状态并传输 CPU 和外设之间的数据。

端口地址译码电路由地址译码器或能实现译码功能的其他芯片组成，其作用是协助 CPU 完成外设的选择，但它并不是接口中的必要集成部分，需要用户自己设计。

供选电路则是根据接口芯片的不同任务和功能要求而添加的功能模块电路。

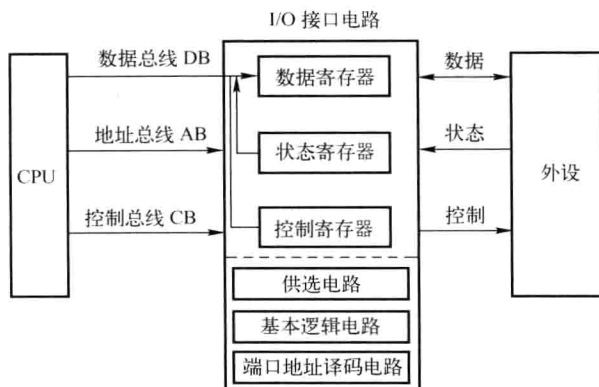


图 1-1 I/O 接口典型结构

2. 接口的软件

接口电路由于被控对象的多样性而无一定模式，但从实现接口的功能来看，一个完整的设备接口程序大约包括如下一些程序。

- 1) 初始化程序段。
- 2) 传输方式处理程序段。
- 3) 主控程序段。
- 4) 程序终止并退出程序段。
- 5) 辅助程序段。

1.1.2 接口的功能

接口的基本功能是在系统总线与 I/O 设备之间传输信号，提供缓冲作用，以满足接口两端的时序要求。对于不同的外设，接口的功能也不尽相同。

1. 接收和执行 CPU 命令

接口能够接收或提供 CPU 与外设之间交换信息所需要的控制逻辑与状态信号。CPU 发往外设的各种命令是以二进制代码的形式发往接口电路，然后由接口电路解释后，形成控制信号送往外设。外设的状态信号，如“空”、“忙”或“准备好”等也是通过接口传递的。

2. 数据缓冲功能

CPU 的速度在微机系统中的速度是最快的，而外设的速度较慢，为避免速度不一致造成丢失数据，接口中需要有数据寄存器，以起到数据锁存、缓冲和驱动的作用。

3. 信号的转换功能

CPU 能够处理的信号只能是数字信号，而外设的输出和输入信号有可能是模拟信号、数字信号或其他形式的信号，外设能够处理的信号与总线上的信号往往不兼容，因此，接口中必须具有信号转换功能。信号转换有模/数和数/模转换、串/并和并/串转换、信号在逻辑关系上、时序配合上以及电平匹配上的转换。

4. 设备选择功能

微机系统往往有多个外设，而 CPU 在同一时间里只能与一台外设交换信息，这就需

要接口的地址译码及控制逻辑电路对 I/O 端口进行寻址，以确定哪一个外设与 CPU 交换信息。

5. 中断管理功能

为使快速的 CPU 和慢速的外设并行地工作，以提高 CPU 的工作效率，接口中往往设置了中端控制逻辑，由它传递外设向 CPU 提出的中断请求信号，以及 CPU 向外设传递的中断响应信号。

6. 数据宽度变换与数据格式转换功能

CPU 所处理的是并行数据（16 位、32 位或 64 位、128 位），而有些外设（如串行通信设备、磁盘驱动器）只能处理串行数据，接口电路应具有“串/并”和“并/串”的转换能力。为此，在接口电路中设置移位寄存器。

CPU 与有些外设交换数据时，要求按一定的数据格式传输，如串行通信中的起止式异步通信数据格式及面向字符的同步通信数据格式。因此，需要在 CPU 和通信设备之间进行数据格式转换。

7. 可编程功能

目前，大部分的接口芯片是可编程的。提供多种工作方式供用户选择，可在不改动硬件的情况下，只修改驱动程序即可完成，增加了接口的灵活性和可扩充性。

1.2 CPU 与接口交换数据的方式

CPU 与外设之间的数据传输实际上是 CPU 与接口之间的数据传输，传输的方式不同，CPU 对外设的控制方式也不同，从而接口电路的结构及功能也不同。在微机中，传输数据一般分为 4 类：一类是程序控制方式，包括无条件传输方式和程序查询方式；另外 3 大类分别是：中断方式、DMA 方式和 I/O 处理机方式。

1.2.1 无条件传输方式

无条件传输方式接口简单，适用于那些能随时读写的设备。读取过程如图 1-2 所示。

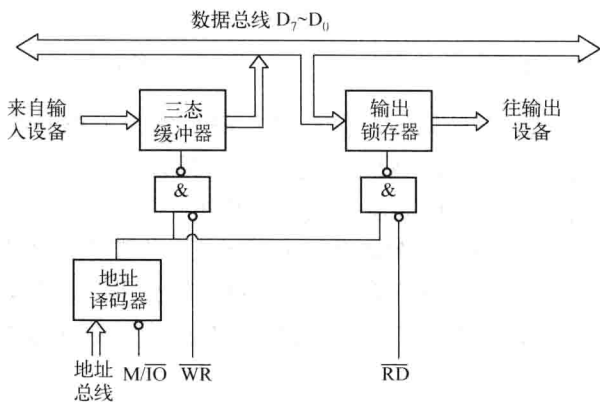


图 1-2 无条件传输方式

1.2.2 程序查询方式

在程序查询方式下，CPU 传输数据之前，通过 I/O 指令询问指定外设当前的状态，如果外设准备就绪，则进行数据的输入或输出，否则 CPU 等待，继续查询其状态，直至外设准备好才传输数据。其过程如图 1-3 所示。

这种方式的优点是结构简单，只需要少量的硬件电路即可，缺点是由于 CPU 的速度远高于外设，因此通常处于等待状态，工作效率很低。

1.2.3 中断方式

在中断方式下，CPU 不再被动等待，而是可以执行其他程序，一旦外设为数据交换准备就绪，可以向 CPU 提出服务请求，CPU 如果响应该请求，则暂时停止当前程序的执行，转去执行与该请求对应的服务程序，完成后，再继续执行原来被中断的程序。其过程如图 1-4 所示。

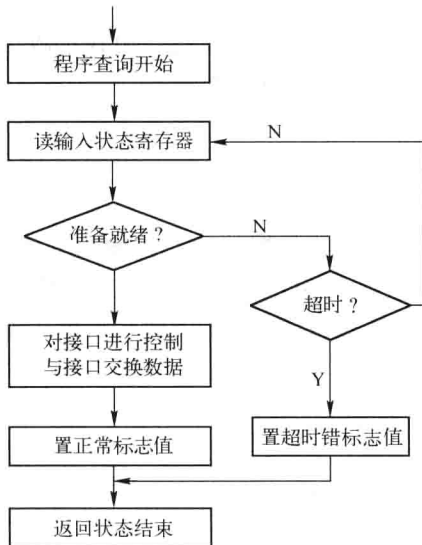


图 1-3 程序查询方式

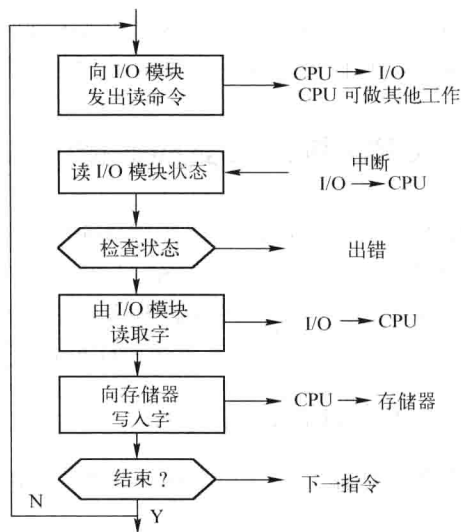


图 1-4 中断处理流程

中断处理方式的优点是显而易见的，它不但为 CPU 省去了查询外设状态和等待外设就绪所花费的时间，提高了 CPU 的工作效率，还满足了外设的实时要求。但需要为每个 I/O 设备分配一个中断请求号和相应的中断服务程序，此外还需要一个中断控制器（I/O 接口芯片）管理 I/O 设备提出的中断请求，例如设置中断屏蔽、中断请求优先级等。

此外，中断处理方式的缺点是每传输一个字符都要进行中断，启动中断控制器，还要保留和恢复现场以便能继续执行原程序，工作量很大。如果大量数据需要交换，系统的性能会很低。

1.2.4 DMA 方式

当需要在内存和高速的输入/输出设备间成块地传输数据时，常采用 DMA 传输方式。

DMA 最明显的一个特点是它不是用软件而是采用一个专门的控制器来控制内存与外设之间的数据交流的，无须 CPU 介入，大大提高了 CPU 的工作效率。其过程如图 1-5 所示。

在进行 DMA 数据传输之前，DMA 控制器会向 CPU 申请总线控制权，CPU 如果允许，则将控制权交出。因此，在数据交换时，总线控制权由 DMA 控制器掌握，在传输结束后，DMA 控制器将总线控制权交还给 CPU。

1.2.5 I/O 处理机方式

I/O 处理机方式，也就是常说的 I/O 通道控制方式，它是 DMA 方式的发展，它可以进一步减少 CPU 的干预。DMA 控制器只能实现对数据输入/输出的控制，而对输入/输出设备的管理和对信息的变换、装卸、校验等操作仍需要由 CPU 来完成。而在 I/O 处理机方式中，CPU 委托专门的 I/O 处理机来管理外设，完成数据传输和相应的数据处理。I/O 处理机有自己的指令系统，能独立地执行程序，能管理输入/输出过程并控制外设，并能向 CPU 报告外设状态。I/O 处理机的这些操作可与 CPU 程序并行执行。

1.3 接口电路设计的基本方法

如何来设计一个新的接口电路？一般方法为：首先从硬件上分析接口两侧的情况；然后考虑 CPU 总线和 I/O 设备之间的信号的转换，合理选用 I/O 接口芯片，进行硬件连接；最后，根据硬件连接情况，分析和设计接口驱动程序。

1. 分析接口两侧的情况

无论什么接口都有两侧，一侧是面向 CPU 的，另一侧是面向外设的。

面向 CPU 一侧，是接口和三大总线（数据总线、地址总线、控制总线）相连。不同类型的 CPU，可以提供不同数据线的宽度（8 位、16 位、32 位、64 位、128 位）和不同地址线的宽度（16 位、20 位、24 位、32 位、48 位、64 位）以及控制线的不同逻辑定义（高电平有效、低电平有效、脉冲跳变）。

面向外设一侧的情况则要复杂得多，这是因为外设种类繁多，型号不一，所提供的信号线五花八门；其逻辑定义、时序关系、电平高低差异很大。对这一侧的分析重点放在两个方面。

一是明确被连接的外设的外部特征即外设信号线引脚的功能定义和逻辑定义，这样就可以知道需要接口为它提供哪些控制信号线，它能反馈给接口哪些状态信号线，以便在接口硬件设计时，提供这些信号线，满足外设的要求；

二是了解被控外设的工作过程，以便在接口软件设计时，按照这种过程编写程序。外设的种类繁多，从大容量快速磁盘存储器到指示灯和扬声器，不管其复杂程度如何，只要明白它们的外部特性和工作过程，接口电路的硬件设计和软件编程就有了依据。

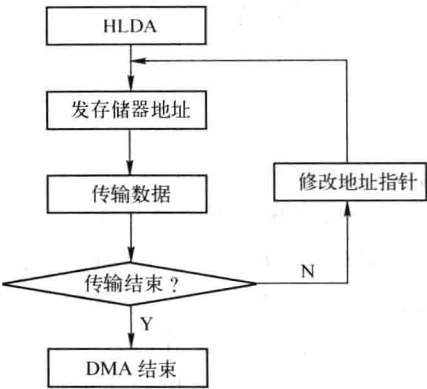


图 1-5 DMA 处理流程