



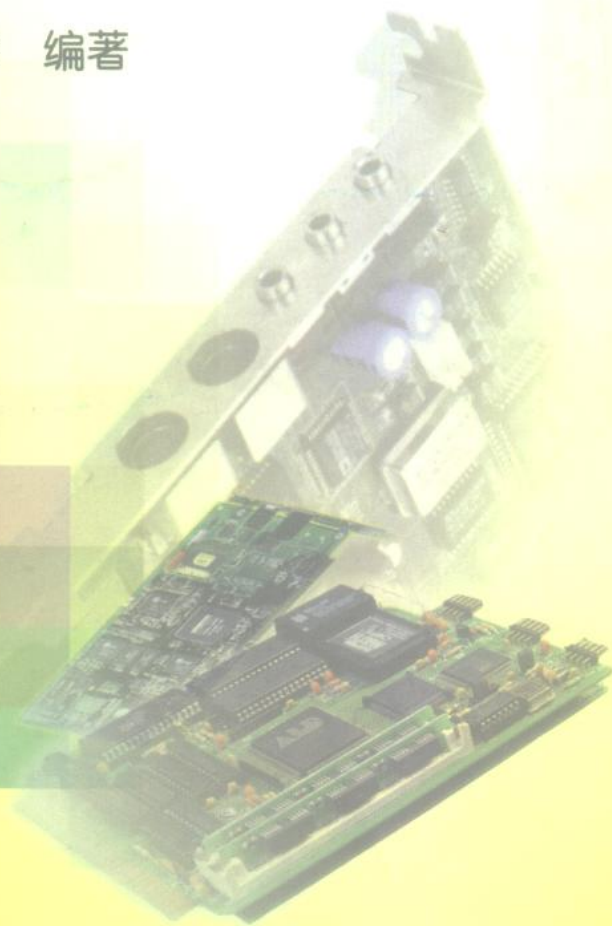
高等学校  
电子信息类

SHIYONG JIEKOU JISHU

规划教材

# 实用接口技术

李广军 王厚军 编著



电子科技大学出版社

UESTC PUBLISHING HOUSE

高等学校  
电子信息类 规划教材

# 实用接口技术

李广军 王厚军 编著

电子科技大学出版社

# 实用接口技术

李广军 王厚军 编著

---

出 版：电子科技大学出版社（成都建设北路二段四号，邮编：610054）

责任编辑：张 琴

发 行：新华书店经销

印 刷：电子科技大学出版社印刷厂

开 本：787×1092 1/16 印张 24.75 字数 600 千字

版 次：1998 年 2 月第一版

印 次：1999 年 6 月第二次印刷

书 号：ISBN 7-81043-933-2/TP·401

印 数：4001—6000 册

定 价：28.00 元

---

JS213/32

### 内 容 提 要

本书以 PC 系列微机为主要对象，全面、深入地阐述了微机接口技术的原理及应用设计技术。其内容包括：I/O 端口技术、总线技术、内存映像接口技术、中断技术、DMA 技术、并行通信接口、串行通信接口、多媒体人机接口、磁盘/光盘接口、数据采集系统及接口设计中的抗干扰技术。同时，还介绍了微机接口技术中一些新型器件、新标准及最新发展动态。

本书以“系统和应用相结合，硬件和软件相结合”为原则，对微机接口系统的设计技术作了深入且实用的论述。本书可以作为高等院校自动控制、通信、电子工程、计算机应用等专业本科、研究生教材，也可作为广大从事微机应用与开发的科研和工程技术人员的自学参考书。

# 出版说明

为做好全国电子信息类专业“九五”教材的规划和出版工作，根据国家教委《关于“九五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》和《普通高等教育“九五”国家级重点教材立项、管理办法》，我们组织各有关高等学校、中等专业学校、出版社，各专业教学指导委员会，在总结前四轮规划教材编审、出版工作的基础上，根据当代电子信息科学技术的发展和面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的要求，编制了《1996—2000 年全国电子信息类专业教材编审出版规划》。

本轮规划教材是由个人申报，经各学校、出版社推荐，由各专业教学指导委员会评选，并由我部教材办协商各专指委、出版社后，审核确定的。本轮规划教材的编制，注意了将教学改革力度较大、有创新精神、特色风格的教材和质量较高、教学适用性较好、需要修订的教材以及教学急需，尚无正式教材的选题优先列入规划。在重点规划本科、专科和中专教材的同时，选择了一批对学科发展具有重要意义，反映学科前沿的选修课、研究生课教材列入规划，以适应高层次专门人才培养的需要。

限于我们的水平和经验，这批教材的编审、出版工作还可能存在不少缺点和不足，希望使用教材的学校、教师、同学和广大读者积极提出批评和建议，以不断提高教材的编写、出版质量，共同为电子信息类专业教材建设服务。

电子工业部教材办公室

# 前 言

本教材系按电子工业部的《1996—2000年全国电子信息类专业教材编审出版规划》，由自动控制专业教学指导委员会编审、推荐出版。

本教材由电子科技大学李广军、王厚军编写，电子科技大学古天祥教授担任主审，东南大学夏良正教授担任责任编委。

本教材的参考学时数为60学时，其主要内容涉及微机接口技术领域的系统理论、基本原理及实用技术。本教材不仅阐述了I/O端口技术、总线技术、并行通信/串行通信技术、中断技术、DMA技术等，还反映了当前微机接口技术各个主要应用领域的最新发展动态及趋势，如PCI总线应用技术，Windows环境下的内存管理及内存直接映像技术，数据采集系统，多媒体人机接口技术，磁盘、光盘接口技术，微机接口设计中的抗干扰理论和技术。同时，也对接口设计中使用的一些新型器件(如GAL、EPLD、FIFO、双端口RAM等)及一些新接口标准(如RS-485等)都做了较为实用的论述，并把作者近年来的一些科研、教学经验及成果融入教材之中，从而使教材能反映微机接口技术的最新水平和发展趋势。

本教材注重理论联系实际，在掌握整个微机系统原理的基础之上，加强对接口电路的硬件、软件分析与设计能力的训练。通过对教材中大量实例的分析，可使读者掌握微机接口技术的基本原理、基本设计方法和技术，本教材有较强的实用性和较好的参考价值。

使用本教材时应注意，微机接口技术是一门实践性很强的工程技术课程，除了课堂理论学习之外，还必须有强有力的实验环节相配合，否则学习效果就会受到很大影响。读者可参考电子科技大学、清华大学、国防科技大学等高校各自开发的微机接口实验教学系统进行实验教学，总之，微机接口技术的课程实验是十分重要的。

本教材适应面广，既可作为高等院校有关专业本科生、研究生的计算机接口技术课程教材，也可作为从事计算机应用开发的科研与工程技术人员的自学参考书。

本教材由李广军编写第一章、第二章、第三章、第四章第五节、第八章、第十章、第十一章、第十二章，王厚军编写第四章第一节至第三节、第五章、第六章、第七章、第九章。参加审阅工作的有古天祥教授、夏良正教授等，他们都为本书提出许多宝贵意见，在此表示诚挚的感谢。由于编者水平有限，书中难免还存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1997年10月

# 目 录

<b>第一章 微机接口技术概述</b> .....	( 1 )
§ 1.1 接口与接口技术 .....	( 1 )
一、概述 .....	( 1 )
二、接口功能 .....	( 1 )
§ 1.2 CPU 与接口之间传送信息的方式 .....	( 3 )
一、程序控制方式 .....	( 4 )
二、中断方式 .....	( 4 )
三、DMA 方式 .....	( 4 )
1.3 接口电路的分析与设计方法 .....	( 4 )
一、分析接口两侧的情况 .....	( 5 )
二、实现系统总线与外设之间的信号转换 .....	( 5 )
三、合理选用接口芯片 .....	( 5 )
四、接口驱动程序分析与设计 .....	( 6 )
§ 1.4 PC 系列微机的系统结构 .....	( 6 )
一、PC/XT/AT 微机的主机板结构及 I/O 通道 .....	( 6 )
二、486/586 微机系统 .....	( 7 )
§ 1.5 支持接口设计的一些软件工具 .....	( 9 )
一、使用 C 语言进行接口软件设计 .....	( 9 )
二、DEBUG .....	( 10 )
三、CODE VIEW (简称 CV) .....	( 10 )
四、FSD .....	( 10 )
习题 .....	( 10 )
<b>第二章 PC 系列微机的总线接口技术与总线标准</b> .....	( 12 )
§ 2.1 总线的一般概念 .....	( 12 )
一、总线的功能与分类 .....	( 12 )
二、总线的数据传送方式 .....	( 14 )
§ 2.2 PC 系列微机系统总线简介 .....	( 17 )
一、PC/XT 总线 .....	( 17 )
二、ISA 总线 .....	( 18 )
三、MCA 总线 .....	( 18 )
四、EISA 总线 .....	( 18 )
五、VL 总线 (VESA 局部总线) .....	( 19 )
六、PCI 局部总线 .....	( 19 )

七、其他总线 .....	( 20 )
§ 2.3 ISA 总线 (AT 总线) 标准 .....	( 22 )
一、PC/XT 总线标准 .....	( 22 )
二、PC/XT 总线分析与时序 .....	( 25 )
三、ISA 总线标准 .....	( 30 )
四、ISA 总线分析与时序 .....	( 34 )
§ 2.4 PCI 总线标准 .....	( 35 )
一、PCI 总线的系统结构及特点 .....	( 36 )
二、PCI 总线信号定义 .....	( 37 )
三、PCI 总线的操作 .....	( 41 )
四、PCI 总线开发技术 .....	( 46 )
习题 .....	( 47 )
<b>第三章 端口技术</b> .....	( 48 )
§ 3.1 I/O 端口的寻址方式 .....	( 48 )
一、I/O 端口 .....	( 48 )
二、端口地址编址方式 .....	( 48 )
三、独立编址方式的端口访问 .....	( 49 )
§ 3.2 I/O 端口地址分配 .....	( 50 )
§ 3.3 I/O 端口地址译码 .....	( 52 )
一、I/O 地址译码电路 .....	( 52 )
二、I/O 地址的译码方法及电路形式 .....	( 52 )
§ 3.4 PLD 器件在 I/O 端口地址译码中的应用 .....	( 56 )
一、GAL、EPLD 器件的特点 .....	( 57 )
二、PLD 器件的设计方法及开发过程 .....	( 58 )
§ 3.5 面向 ISA 总线的 I/O 接口卡的设计基础 .....	( 61 )
习题 .....	( 62 )
<b>第四章 内存管理与映像接口技术</b> .....	( 64 )
§ 4.1 80X86 微处理器的三种工作模式及寻址原理 .....	( 64 )
一、实地址模式 .....	( 64 )
二、保护模式 .....	( 65 )
三、仿 86 模式 .....	( 69 )
四、三种模式之间的切换 .....	( 70 )
§ 4.2 DOS 下的内存管理 .....	( 70 )
一、常规内存、扩充内存和扩展内存 .....	( 70 )
二、扩展内存和扩充内存的使用及其管理软件 .....	( 75 )
§ 4.3 Windows 下的内存管理及接口设计概述 .....	( 79 )
一、Windows 操作系统概述 .....	( 79 )



二、Windows 3.1, 3.2 运行特点 .....	( 79 )
三、Windows 95 的内存管理特点 .....	( 79 )
四、Windows 下接口编程概述 .....	( 81 )
§ 4.4 内存直接映像技术 .....	( 83 )
一、内存直接映像的原理 .....	( 83 )
二、内存直接映像的几种方法 .....	( 84 )
三、静态RAM的接口设计 .....	( 86 )
四、ROM的接口设计 .....	( 88 )
§ 4.5 新型存储器简介 .....	( 92 )
一、FIFO存储器 .....	( 92 )
二、闪速存储器 .....	( 95 )
三、双端口RAM .....	( 97 )
习题 .....	( 99 )
<b>第五章 中断接口技术 .....</b>	<b>( 100 )</b>
§ 5.1 中断的基本概念 .....	( 100 )
§ 5.2 实模式下的中断 .....	( 101 )
§ 5.3 保护模式下的中断 .....	( 102 )
§ 5.4 中断电路与接口技术 .....	( 105 )
一、PC机中断系统的结构 .....	( 105 )
二、中断电路与中断控制器 .....	( 106 )
§ 5.5 中断控制电路的编程 .....	( 109 )
一、8259A各寄存器的定义与编程 .....	( 109 )
二、PC机中断电路的编程与工作原理 .....	( 113 )
§ 5.6 中断接口的应用设计 .....	( 118 )
一、中断源的接口设计 .....	( 118 )
二、PC机中断接口中8259A的编程要点 .....	( 118 )
三、系统中断的使用及接口方法 .....	( 121 )
四、用户中断接口方法 .....	( 125 )
习题 .....	( 129 )
<b>第六章 DMA接口技术 .....</b>	<b>( 130 )</b>
§ 6.1 DMA技术概述 .....	( 130 )
一、DMA的作用 .....	( 130 )
二、DMA控制器的基本组成与操作过程 .....	( 130 )
§ 6.2 8237A-5 DMA控制器 .....	( 133 )
一、8237A-5的外部特性 .....	( 134 )
二、8237A-5内部寄存器及编程方法 .....	( 135 )
§ 6.3 PC机DMA电路的构成原理 .....	( 141 )

一、电路构成 .....	( 141 )
二、PC 机 DMA 控制器的 I/O 地址 .....	( 142 )
三、页面寄存器 .....	( 143 )
§ 6.4 DMA 周期 .....	( 144 )
§ 6.5 PC 机 DMA 功能的应用 .....	( 146 )
一、DMA 电路的用户接口 .....	( 146 )
二、DMA 接口应用设计实例 .....	( 147 )
习题 .....	( 150 )
<b>第七章 并行接口 .....</b>	<b>( 151 )</b>
§ 7.1 信号交互技术 .....	( 151 )
一、零线和单线信号交互 .....	( 152 )
二、双线信号交互 .....	( 152 )
§ 7.2 Centronics 并行打印机接口 .....	( 155 )
一、接口线的定义 .....	( 155 )
二、基本操作 .....	( 156 )
三、PC 机并行打印口寄存器 .....	( 158 )
四、利用并行口设计软件加密狗 .....	( 158 )
§ 7.3 可编程并行接口 8255A .....	( 161 )
一、8255A 的基本特性 .....	( 162 )
二、8255A 的结构 .....	( 162 )
三、8255 三种工作模式的功能 .....	( 165 )
四、8255A 接口设计实例 .....	( 169 )
§ 7.4 IEEE 488 总线接口 .....	( 175 )
一、IEEE 488 接口的构成与工作原理 .....	( 175 )
二、多线消息的分类及一般规定 .....	( 180 )
三、IEEE 488 接口设计实例 .....	( 182 )
习题 .....	( 188 )
<b>第八章 串行通信接口 .....</b>	<b>( 190 )</b>
§ 8.1 串行通信的基本概念 .....	( 190 )
一、串行通信的特点 .....	( 190 )
二、串行通信传输方式 .....	( 191 )
三、信息的检错与纠错 .....	( 193 )
四、传输速率与传送距离 .....	( 194 )
§ 8.2 串行通信协议 .....	( 195 )
一、异步通信协议 .....	( 196 )
二、同步通信协议 .....	( 197 )
三、异步通信与同步通信的比较 .....	( 201 )

§ 8.3 串行接口标准	( 201 )
一、EIA RS-232C 接口标准	( 202 )
二、RS-422、RS-423、RS-485 接口标准	( 209 )
§ 8.4 串行通信接口设计	( 213 )
一、串行通信接口的基本任务	( 213 )
二、串行接口电路的组成	( 213 )
§ 8.5 PC 系列微机异步串行接口的分析与应用	( 214 )
一、异步串行通信接口电路的结构原理	( 214 )
二、PC 系列微机串行口编程	( 216 )
习题	( 220 )
<b>第九章 人机接口</b>	( 222 )
§ 9.1 键盘及接口电路	( 222 )
一、按键的结构与特点	( 223 )
二、非编码键盘接口	( 224 )
三、PC 机编码键盘工作原理	( 227 )
§ 9.2 LED 显示器及其接口	( 234 )
一、LED 状态显示器及其接口	( 235 )
二、LED 七段显示器及其接口	( 235 )
三、LED 点阵显示器及其接口	( 239 )
§ 9.3 LCD 显示及其接口	( 245 )
一、LCD 的基本结构及工作原理	( 245 )
二、LCD 的驱动方式	( 246 )
三、LCD 显示控制和驱动接口电路	( 248 )
§ 9.4 CRT 显示原理	( 250 )
一、PC 机显示系统的一些基本概念	( 251 )
二、PC 显示系统的种类与显示模式	( 256 )
三、VGA 显示系统工作原理简介	( 261 )
§ 9.5 多媒体人机接口	( 278 )
一、鼠标器及其接口	( 278 )
二、多媒体音频信号处理	( 279 )
三、多媒体视频信号处理	( 284 )
习题	( 296 )
<b>第十章 常用外存储器接口</b>	( 298 )
§ 10.1 常用外存储器简介	( 298 )
一、磁盘存储器	( 298 )
二、磁带存储器	( 299 )
三、光盘存储器	( 299 )

§ 10.2 软磁盘机及其接口 .....	( 300 )
一、软磁盘机的基本结构 .....	( 300 )
二、软磁盘机的记录方式 .....	( 302 )
三、软磁盘机的信号接口 .....	( 303 )
四、磁盘的格式化 .....	( 304 )
五、软磁盘机 BIOS 驱动程序 .....	( 306 )
六、PC 机软磁盘控制器接口简介 .....	( 309 )
七、软盘控制器的应用编程 .....	( 310 )
§ 10.3 硬磁盘机及其接口 .....	( 311 )
一、硬盘机的工作原理及基本结构 .....	( 311 )
二、磁盘类型及其参数 .....	( 312 )
三、硬盘驱动器及其接口方式 .....	( 314 )
四、硬盘 BIOS 驱动程序 .....	( 320 )
五、AT 及兼容机硬盘接口 .....	( 321 )
§ 10.4 CD-ROM 存储器及其接口 .....	( 322 )
一、光盘存储器的读写原理 .....	( 322 )
二、CD 光盘的种类 .....	( 324 )
三、CD-ROM 标准 .....	( 325 )
四、CD-ROM 的性能特点 .....	( 326 )
五、CD-ROM 驱动器接口 .....	( 327 )
习题 .....	( 328 )
<b>第十一章 与 PC 系列微机接口的数据采集系统 .....</b>	<b>( 329 )</b>
§ 11.1 数据采集系统的基本组成 .....	( 329 )
一、各部分的作用 .....	( 329 )
二、数据传送的接口方法 .....	( 332 )
§ 11.2 前级电路的设计 .....	( 334 )
一、模拟多路开关 .....	( 334 )
二、可编程放大器 .....	( 337 )
§ 11.3 采样/保持电路 .....	( 338 )
一、采样/保持器的作用 .....	( 339 )
二、采样/保持器的主要参数 .....	( 340 )
三、常用的采样/保持器芯片 .....	( 341 )
§ 11.4 A/D 转换器 .....	( 342 )
一、A/D 转换原理 .....	( 342 )
二、A/D 转换器的主要参数 .....	( 343 )
三、A/D 转换器的外部特性 .....	( 343 )
四、A/D 转换器芯片 AD574 .....	( 345 )
§ 11.5 数据采集系统前向通道的设计 .....	( 351 )

一、数据采集系统的指标 .....	( 351 )
二、定时控制电路 .....	( 352 )
三、数据采集系统的控制方法 .....	( 353 )
§ 11.6 D/A 转换器及后向通道 .....	( 354 )
一、D/A 转换器及其连接特性 .....	( 354 )
二、D/A 转换器 DAC0832 简介 .....	( 355 )
三、D/A 转换器 DAC0832 与 ISA 总线接口 .....	( 357 )
习题 .....	( 358 )
<b>第十二章 微机接口设计中的噪声控制及抗干扰技术 .....</b>	<b>( 359 )</b>
§ 12.1 基本概念 .....	( 359 )
一、噪声和干扰 .....	( 359 )
二、数字系统的噪声 .....	( 359 )
三、噪声控制方法 .....	( 360 )
§ 12.2 传输长线及抗干扰设计 .....	( 363 )
一、微机系统中长线的定义及特点 .....	( 363 )
二、各种传输线的使用 .....	( 364 )
三、长线传输的阻抗匹配 .....	( 369 )
§ 12.3 微机接口设计中应注意的一些问题 .....	( 372 )
一、增加总线的抗干扰能力 .....	( 372 )
二、在逻辑设计上尽量避免竞争冒险现象 .....	( 374 )
三、改进印制线路的设计与制造, 增强抗干扰能力 .....	( 376 )
习题 .....	( 377 )
<b>参考文献 .....</b>	<b>( 378 )</b>

## 微机接口技术概述

### § 1.1 接口与接口技术

#### 一、概述

随着微型计算机的普及和广泛应用，接口技术已成为十分重要、十分关键的技术。因为计算机的强大功能往往是由接口外围设备的能力和外界信息的能力表现出来的。

所谓接口(Interface)就是微处理器或微机与外界的连接部件(电路)，它是CPU与外界进行信息交换的中转站。比如源程序或原始数据要通过接口从输入设备送入微机中，而运算结果要通过接口向输出设备送出去；控制命令通过接口发出去，现场状态通过接口取进来，这些来往信息都要通过接口进行变换与传递。换句话说，只有接口了键盘、显示器、打印机，计算机处理的信息才能得以显现；接口了软磁盘和硬磁盘，我们才可以极大地扩充计算机的存储空间；接口了多个微型计算机组成分布式系统，其多机并行运算可以达到数亿次以上；计算机只有接口了各种各样的自然界模拟信号，才能应用到控制与测试等领域，实现机电一体化；将计算机配上接口组成计算机网，实现信息资源共享，使社会信息化。

由于计算机的应用越来越广泛，要求与计算机接口的外围设备越来越多，越来越复杂，微机接口本身已不是一些逻辑电路的简单组合，是采用硬件与软件相结合的方法，使微处理器与外部世界进行最佳耦合与匹配，以在CPU与外部世界之间实现高效、可靠的信息交换的一门技术。因而接口技术是硬件和软件的综合技术。

#### 二、接口功能

从图1-1可以看出，各类外部设备和存储器，都是通过各自的接口电路连到微机系统总线上去的，因此用户可以根据自己的要求，选用不同类型的外设，设置相应的接口电路，把它们连到系统总线上，构成不同用途、不同规模的应用系统。

通常，存储器是在CPU的同步控制下工作的，故存储器接口电路及相应的控制比较简单。而I/O设备种类繁多，故I/O接口电路逻辑各异，控制较复杂。所以，接口一般多指I/O接口。

CPU与外设(或总线与外设)之间的接口，从解决CPU与外设的连接时存在的矛盾的观点，一般应具有如下功能：

##### 1. 数据缓冲功能

为了解决CPU高速与外设低速的矛盾，避免因速度不一致而丢失数据，接口中一般都

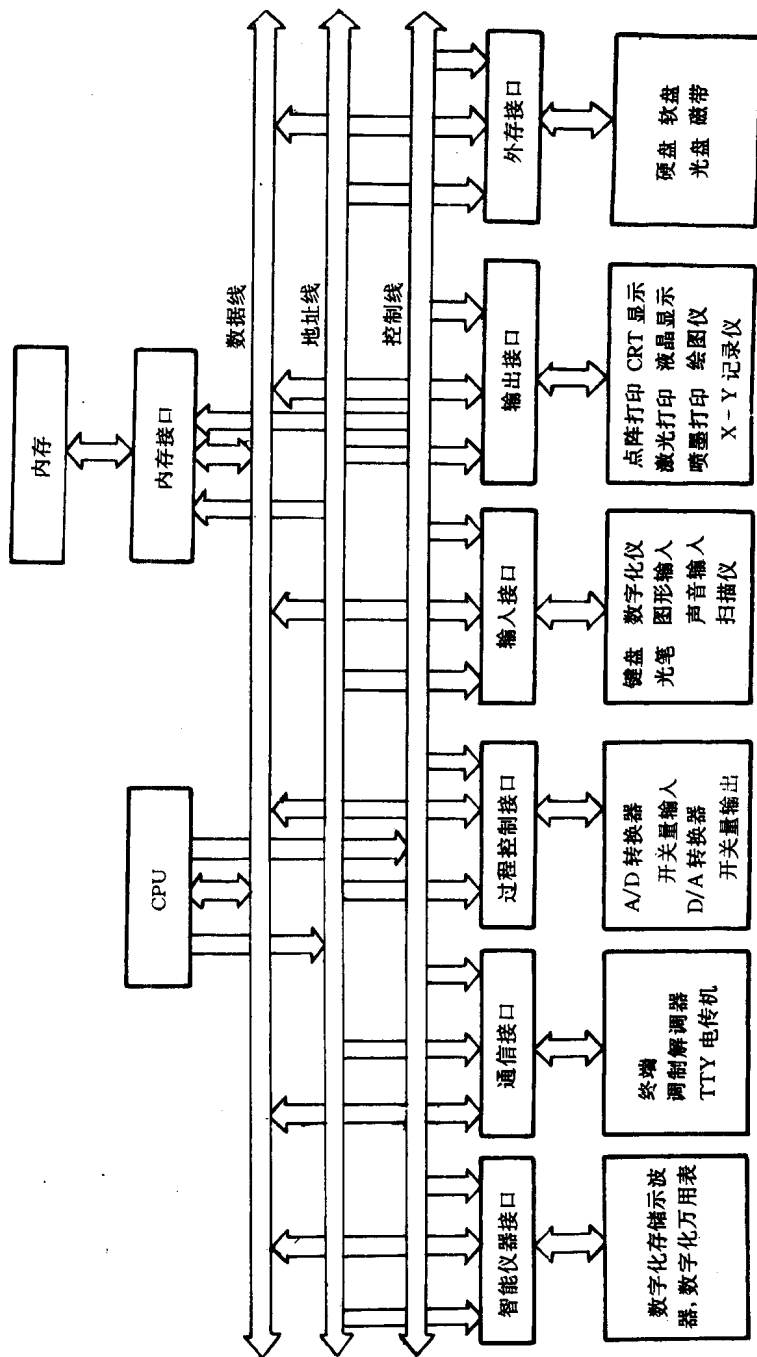


图 1-1 微机系统接口框图

设置数据寄存器或锁存器，称之为数据口。为了实现 CPU 与外设之间的联络，接口电路还要提供寄存器“空”、“满”、“准备好”、“忙”、“闲”等状态信号，以便向 CPU 报告接口或外设的工作情况，称之为状态口。

#### 2. 接收和执行 CPU 命令的功能

CPU 对 I/O 设备的控制命令一般均以代码的形式送到接口的命令寄存器，称之为命令口，再由接口电路对命令代码进行识别和分析，产生若干个控制信号，再传到 I/O 设备，使其产生相应的具体操作。

#### 3. 信号转换功能

由于外设所需的控制信号和它所能提供的状态信号往往与微机的总线信号不匹配，信号变换就不可避免。因此，信号转换包括 CPU 的信号与外设信号的逻辑关系、时序配合以及电平匹配上的转换，它是接口设计中的一个重要内容。

#### 4. 设备选择功能

微机系统中一般带有多种外设，同一种外设也可能配备多台，一台外设也可能包含多个 I/O 端口，这就要借助于接口中的地址译码电路对外设进行 I/O 端口寻址。与存储器的片选、字选操作十分类似，通常将高位地址用于外设接口芯片的选择，低位地址进行芯片内部寄存器或锁存器的选择，以选定需要与自己交换信息的设备，只有被选中的设备才能与 CPU 进行数据交换或通信。

#### 5. 中断管理功能

当外设需要及时得到 CPU 的服务，特别是在出现故障时，在接口中设置中断控制器，为 CPU 处理有关中断事务(如发出中断请求、进行中断优先级排队、提供中断向量等)，这样既做到微机系统对外界的实时响应，又使 CPU 与外设并行工作，提高了 CPU 的效率。

#### 6. 数据宽度变换的功能

CPU 能直接处理的是并行数据(8 位、16 位或 32 位等)，而有的外设(如串行通信设备、绘图仪、电传打字机等)只能处理串行数据，在这种情况下，接口就应具有数据“并→串”和“串→并”变换的能力。

#### 7. 可编程功能

现在的接口芯片基本上都是可编程的，这样在不改动硬件的情况下，只修改相应的驱动程序就可以改变接口的工作方式，大大地增加了接口的灵活性和可扩充性。

上述功能并非是每种接口都要求具备，对不同配置和不同用途的微机系统，其接口功能不同，接口电路的复杂程度也大不一样，但前四种功能是一般接口都应具备的。

## § 1.2 CPU 与接口之间传送信息的方式

微机与外部设备之间的信息传输实际上是 CPU 与接口之间的信息传送。在接口电路设计时，根据应用系统的要求，在 CPU 与外设之间的信息传送采用适当的信息传送控制方式是至关重要的。传送的方式不同，CPU 对外设的控制方式也不同，从而使接口电路的结构及功能也不同。传送控制方式一般有三种，即程序控制方式、中断方式和 DMA 方式。



## 一、程序控制方式

程序控制方式通常又分为无条件传送方式和条件传送方式两类。

### 1. 无条件传送方式（同步方式）

无条件传送方式是一种最简单的输入/输出控制方式，它使用简单，所需的硬件、软件都较简单，其所有的操作是由执行程序来完成的。采用这种传送方式，要求外设和 CPU 始终是准备好的，CPU 直接执行输入或输出指令，便可实现数据传送。也就是说，无条件传送方式所需的条件就是：CPU 与外设一定要能保证非常准确的同步。无条件传送方式一般只需要数据端口。

### 2. 查询方式（条件传送方式）

查询方式是指 CPU 在传送数据之前，要先检查外设是否“准备好”，若没有准备好，则继续查询其状态，等待外设，直至外设准备好了，即确认外部设备已具备传送条件之后，才能进行数据传送。显然，在这种传送方式下，CPU 每传送一个数据，需要花费很多时间来等待外设进行数据传送的准备，因此 CPU 的效率很低，且 CPU 与外设不能同时工作。但实现这种传送方式的硬件接口电路简单，在 CPU 不太忙且传送速度要求不高时，可以采用。采用查询方式的接口一般需要两个端口，即数据端口和状态端口。

## 二、中断方式

采用中断方式传送信息时，不需要反复查询外部设备的状态。当外设已准备好，需要和 CPU 交换数据时，它就通过 I/O 接口给 CPU 一个中断请求信号。CPU 响应接口的中断请求，暂停正在执行的程序（通常称为主程序），插入 I/O 操作程序（称为中断服务子程序），完成数据传输。由于 CPU 省去了对外设状态查询和等待的时间，从而使 CPU 与外设可以并行地工作，因此大大提高了 CPU 的效率。

## 三、DMA 方式

中断方式由于下面的两个因素不适用于大批量的数据高速传输：一是在中断方式下，I/O 仍需通过 CPU 执行 IN、OUT、MOV 等指令来实现外设与内存之间的信息传送，因为上面诸条指令的执行会花费不少的时间；二是每次中断的进入或返回，以及现场保护要花去大量的时间。采用 DMA（直接存储器存取）方式，使 CPU 不参加数据 I/O，而是由 DMA 控制器 DMAC 来实现内存与外设之间、外设与外设之间的直接快速传送，从而减轻了 CPU 的负担。

DMA 方式把 I/O 操作过程中外设与内存交换信息的控制交给了 DMA 控制器，实质上是在硬件控制下而不是 CPU 软件的控制下完成数据的传输，大大提高了传输速率，这对大批量数据的高速传送特别有用。

## § 1.3 接口电路的分析与设计方法

对接口电路进行分析和设计时，通常的做法是：首先对接口两侧进行分析，在进行充分的需求分析的基础上，根据 CPU 总线或微机系统总线与 I/O 设备之间信号要求及时序