

微机外部设备接口 开发及实用维修技术

● IBM PC/XT AT286

● 姜田心等编著 朱家维主审



电子工业出版社

IBM PC/XT AT286

微机外部设备接口开发 及实用维修技术

姜田心等 编著

朱家维 主审

电子工业出版社

(京)新登字 055 号

内 容 简 介

本书介绍了微机外部设备的原理与应用,阐明了接口硬件连接、软件编程、汉化处理及操作系统实现设备管理的方法,并说明了微机系统故障的程序诊断方法和维修技术。本书理论联系实际,内容翔实,是使用和开发微机系统的科技人员、管理人员的指南,是高等院校计算机专业或微机培训班师生的教材和参考书。

IBM PC/XTAT286

微机外部设备接口开发及实用维修技术

姜田心等 编著

责任编辑:张盛华(特邀)方大卫

*

电子工业出版社出版

北京市海淀区万寿路 173 信箱 (100036)

电子工业出版社发行 各地新华书店经销

顺义县天竺颖华印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 22.75 字数: 582 千字

1995 年 7 月第一版 1995 年 7 月北京第一次印刷

印数: 4000 册 定价: 29.50 元

ISBN7-5053-2860-3/TP·935

前 言

计算机的迅猛发展和不断推广使计算机的应用领域日益扩大,而且研制与使用计算机技术的水平迅速提高。近年来,开发、应用和维护计算机特别是微机系统成了科技人员、管理人员和广大计算机用户的急需。为此,我们在总结长期从事高等院校计算机教学与科研、生产与设计、开发与维护经验的基础上编写了本书。本书对微机及其系统软硬件配置的开发及维护进行了系统的阐述与介绍,有利于更好地开发应用硬件、软件资源,充分发挥计算机的高效益。

本书采用软硬结合、整体与部分结合、开发与维护相结合的方式,对微机系统配置各部分的结构特点、硬件组成及电路逻辑进行了分析,进而用汇编语言实现程序设计,以便于切实掌握微机系统的基本知识和开发方法。本书着重分析与介绍 IBM 公司的 PC/XT、AT286 及其兼容机的外部设备,诸如电源、键盘、显示器、打印机、软盘、硬盘、光盘及通信终端等的原理与应用,说明了接口硬件连接、软件编程、汉化处理及操作系统实现设备管理的方法,并在深入阐明其原理的前提下介绍微机系统故障的程序诊断方法和维修技术。

本书共九章,第一、二、三、六、八章由娄田心编写,第四、七章由谭扬林编写,第五章由喻磊编写,第九章由高政、陈重朝、张裕烂编写。全书由娄田心主编并最后修改定稿。

本书承蒙清华大学计算机系朱家维教授主审和大力支持,在此谨致衷心感谢。

本书取材新颖,内容翔实,开发应用与维修实例各有百例之多,是所有使用 and 开发微机系统的科技人员、管理人员和有关人员很好的实践指南,也可作为高校计算机专业及微机培训班师生的教材和参考书。

限于水平和写作时间仓卒,计算机技术又在日新月异的发展,书中难免有不足和错误之处,恳请读者批评指正。

作 者

1994. 8.

目 录

第一章 结论	(1)
§ 1-1 计算机外部设备与接口资源开发	(1)
§ 1-2 计算机外部设备与接口实用维修技术	(2)
第二章 计算机与外部设备的连接技术	(5)
§ 2-1 输入/输出操作方式	(6)
§ 2-2 接口方法的连接技术	(14)
§ 2-3 接口总线实用标准	(20)
§ 2-4 线驱动器、线接收器与 20mA 电流环	(25)
§ 2-5 可编程阵列逻辑器件 PAL、GAL	(30)
§ 2-6 接地、屏蔽和传输线技术	(38)
§ 2-7 连接技术的应用	(42)
第三章 微机系统故障诊断与维修技术	(47)
§ 3-1 概述	(47)
§ 3-2 高档微机系统故障检测方法	(48)
§ 3-3 PC/XT、AT 机诊断程序及开发应用	(53)
§ 3-4 PC/XT、AT 机电源的故障诊断与维修	(59)
第四章 打印机与打印终端	(66)
§ 4-1 打印机分类与打印字形	(66)
§ 4-2 针式点阵打印机原理	(67)
§ 4-3 24 针点阵式打印机——M2024	(70)
§ 4-4 打印机适配器接口及软件编程	(77)
§ 4-5 汉字打印原理及其软件开发	(83)
§ 4-6 行式打印机及其接口连接时序	(89)
§ 4-7 IBM 打印机的维护与故障检修	(93)
第五章 视频显示设备	(99)
§ 5-1 CRT 显示器与显示子系统	(99)
§ 5-2 IBM 显示器及 CRTC 应用	(107)
§ 5-3 显示器适配器接口软件编程	(127)
§ 5-4 CGA、EGA 及 VGA 显卡	(133)
§ 5-5 加强型图形卡 EGA 开发应用	(140)
§ 5-6 IBM 显示器故障维修技术	(149)
第六章 键盘输入系统	(161)

§ 6-1 按键结构与键盘控制	(161)
§ 6-2 PC/XT、AT 机键盘功能开发	(175)
§ 6-3 IBM 键盘驱动程序	(180)
§ 6-4 DOS 键盘扩展程序应用	(182)
§ 6-5 键盘显示系统汉字输入法	(187)
§ 6-6 IBM 键盘故障维修技术	(189)
第七章 软盘机	(193)
§ 7-1 软盘机结构与工作原理	(193)
§ 7-2 软盘机与软盘控制器接口信号时序	(197)
§ 7-3 IBM5 $\frac{1}{4}$ 英寸软盘机	(199)
§ 7-4 软盘适配器硬件逻辑分析	(207)
§ 7-5 软盘适配器接口编程应用	(220)
§ 7-6 磁盘操作系统及其 ROM-BIOS	(237)
§ 7-7 PC/XT、AT 机软盘故障诊断与维修	(246)
第八章 硬盘与光盘	(256)
§ 8-1 硬盘机结构和工作原理	(256)
§ 8-2 温盘技术 与 温盘	(261)
§ 8-3 温盘适配器接口硬件分析	(266)
§ 8-4 温盘适配器接口软件编程	(275)
§ 8-5 DOS 磁盘文件操作与开发	(281)
§ 8-6 光盘存储器	(297)
§ 8-7 PC/XT、AT 机温盘实用维修技术	(303)
第九章 通信与终端	(318)
§ 9-1 计算机通信应用	(318)
§ 9-2 串行通信协议及其操作	(320)
§ 9-3 IBM 异步通信适配器硬件逻辑	(326)
§ 9-4 8250 通信接口软件编程	(329)
§ 9-5 串行通信应用开发实例	(342)
§ 9-6 IBM 异步通信接口故障检修	(352)

第一章 绪 论

一台完整的计算机系统由计算机主机硬件（裸机）、软件（包括系统软件、应用软件等）以及外部设备及其接口构成。只有由外部设备通过总线接口连接主机才能构成一个实际的、有特点的计算机系统。外部设备与接口是整个电子计算机系统的重要组成部分。

由于大规模和超大规模集成电路技术的迅速发展，计算机系统的主机体积缩小，重量减轻，价格不断下降。而外部设备及其接口则由于系统功能的增强和用户的需要，所配置的品种和数量却在不断增加。据概率估计，外部设备已占整个计算机系统所需成本的75%以上。如果系统超大，其百分比还要上升，可见外部设备及接口在整个系统中所占比重之大。而且，计算机外部设备是每位使用、维护和开发计算机系统的人员首先必须接触和了解的对象。况且外部设备及接口的种类繁多，发展又快，这就更加要求使用与开发计算机系统的计算机专业或非计算机专业的科研、技术以及管理人员应具备外部设备与接口技术的知识。从维护的角度来说，外部设备及其接口的可靠性比主机差，大量硬件维护工作集中在外部设备和接口。因此掌握有关外部设备、接口原理及其维修技术的知识就显得更为必要，特别是微机达到高度普及的今天更是如此。

§ 1-1 计算机外部设备与接口资源开发

本书介绍的内容以第三代即近代发展的智能化外部设备为主，也涉及很少部分目前尚在使用的第二代外部设备。同时，也介绍外部设备与主机进行信息交换的通道即输入/输出总线接口。通过对它们的了解，可以设计和开发有特点的、功能很强的计算机系统，尤其是微机系统。

一、外部设备分类

计算机外部设备的种类繁多，数量极大，而且涉及的学科与技术十分广泛。如果就其功能和用途，可以将外部设备分为四大类。

1. 输入输出设备 (I/O Device)

输入设备是指那些将数据信息或程序输入计算机的专用设备，如纸带或卡片读入机、键盘/磁盘输入机、图形/声响或文字识别输入装置，以及光符阅读机、光标阅读机等等。输出设备则是将计算机处理的结果以人们可以识别的形式记录下来的各种设备，诸如输出穿孔机（纸卡、磁卡穿孔）、彩色/图形显示器、行式/点阵式打印机、激光打印机、函数记录仪、绘图输出机及缩微胶卷输出机等等。还有具有输入/输出功能的I/O设备，如键盘/显示器、计算机系统中配置的中心控制台。它包括键盘、显示器、磁盘、光笔和打印机等多功能组合设备。

2. 外部存储器 (External Storage)

外部存储器简称外存。它是除内存 (Memory) 以外的、能将所有计算机程序和数据进行存储的设备，诸如磁带机、磁鼓、磁盘机、光盘存储器以及现代开发的磁泡、电荷耦合器件、磁全息照相、磁光存储器件等等。

3. 模/数、数/模转换设备 (A/D、D/A Converter)

A/D、D/A 转换设备是过程控制系统以及现代计算机控制系统的专用器件,例如具有采样/保持功能的光电转换器、各种数字传感器、数字仪表检测器以及多路传输转换输入/输出系统等等。近代几乎所有计算机控制系统都通过 A/D、D/A 转换设备实现对过程的实时控制和超前检测。

4. 数据通信和数据终端设备 (Data Communication/Data Terminal)

数据通信和数据终端设备是指计算机网络或远程分时系统中数据传输、数据交换的各种设备以及通信控制与连在远程通信线路上的种种终端设备,如远程通信用的调制解调器 (MODEM)、重发器 (Repeater)、会话终端、远程批处理终端以及智能终端等。

二、外围接口

输入/输出接口是 CPU 与外部设备进行信息交换的通道。在系统环境的意义上来说,接口又是实现人一机通信的界面。由于数字集成电路技术的发展,各种功能的接口电路都分别集成在各种单一芯片之中,昔日绝大多数数字电路和用于支持 CPU 的随机逻辑已为中规模或大规模、超大规模集成电路芯片所取代,不仅体积大为减小,应用灵活可靠,而且功能增强。根据其用途和功能,外围接口可分为三大类。

1. 专用外围控制功能接口

它是具有特定功能的一类接口,专用于对某种外部设备实现控制的接口控制器和接口适配器。我们将在以后的章节中介绍各种外部设备时,对其接口的功能、原理和应用一一进行说明和介绍。

2. 通用外围接口

它可以用于多种场合。这类接口又分为由中规模集成电路并以总线形式的硬线连接而构成的接口电路,和可编程序的接口电路两种。近来,随着集成电路技术的迅速发展,出现了可编程阵列逻辑 (PAL) 和通用可编程阵列逻辑 (GAL),在设计灵活性上它介于门阵列与定做单元之间,是一种非常适合于现场设计的可编程逻辑器件 (PLD)。

3. 与主机系统配套功能接口

它用于系统的从逻辑地址到物理地址映像的存储器管理部件 MMU、高速数字运算的数字处理机以及多处理机对总线“争执”的总线裁决部件等等。

现代外部设备及其接口技术的发展方向是趋于设备与接口智能化。外部设备有自己的处理器作 I/O 处理和操作控制。对于大多数系统设计者来说,不再过多地集中在中央处理机上作文章,他们往往只在几种流行的主处理机中选用一个或几个而已。不同系统的特点则主要体现在外部设备及其外围接口与它们的开发方面。设计者的注意力转向于如何扩展接口功能,配置现代外部设备,结合当前集成电路的技术水平,设计出合理的、较高的性能/价格比的计算机系统,特别是微型机系统。系统设计者将会比较多地根据不同应用领域的需要,设计各种不同的接口电路,并开发相应的外部设备资源,以完成有特点的系统设计。

§ 1-2 计算机外部设备与接口实用维修技术

计算机,特别是投入应用领域运转的计算机,实际上是一个应用系统。使用的计算机即是运行的计算机应用系统。而运行系统或开发系统都必须经过系统分析、系统设计、系统实施与系统维修、投入正常运行等几个重要阶段。所以计算机系统的维护工作是计算机系统实

际运行的重要组成部分。而且，计算机系统进入正常工作以后，还要进行维护与检修，以保证系统的运行和程序的正确执行，不然，就失去了计算机的实际应用价值。

电子计算机的维护与检修是一门很重要的维修技术，也是一项十分复杂而专业性、实用性很强的技术。这项技术（不包括软件维修）从过去的简单电子器件的检修到现在已经历了人工检查、仪器检测与原理分析、现代的程序自动诊断等几个发展过程。本书将以原理分析检测与程序自动诊断为基础，结合 IBM 微机故障维修的实例，讲述计算机系统的故障诊断方法和系统配置的硬件维修知识。

一、计算机外部设备及接口的故障诊断

计算机的重要特点是程序存储式，就是说计算机系统的所有资源，包括硬件资源和软件资源都由程序来管理。系统配置的所有设备及接口和应用软件只有通过系统软件即操作系统的指挥与调度才能正常工作和运行。这里，所编制的对外部设备及接口的各种诊断测试程序也是建立在操作系统的设备输入输出（I/O）管理模块之上的。因此只要了解系统的外部设备及接口的工作原理，借助诊断程序，可以方便地分析故障原因。而且，排除接口电路逻辑故障，特别是智能化可编程接口的故障，还必须熟悉操作系统及其它的设备 I/O 管理模块。例如 IBM PC/XT 与 AT286 型计算机设备接口适配器的检修就要掌握并使用它的操作系统 PC-DOS 及其基本设备 I/O 管理模块——ROM · BIOS。

与所有操作系统的设备 I/O 管理模块一样，ROM · BIOS 提供了各种 I/O 驱动程序。此驱动程序直接管理和驱动硬件设备，以软中断的方法供系统和用户调用。同样它也可以用来检查相应的 I/O 接口适配器及其设备管理功能的正确性与完整性。所以了解并很好地使用这些 I/O 驱动程序，对机器故障的诊断是十分有利的。

在常驻于机器的程序自诊断测试中，每个被测部件均有相应的测试码来表示。对 PC/XT 与 AT286 机来说，如果所显示编码的最后两位不是零，则指出当前被测的部件有问题，存在故障源；如果编码的最后两位数字为零，即表示被测部件没问题，是一个完好的部件。

PC/XT 与 AT286 为用户全面诊断该微机系统的所有配置可能出现的故障，各提供了一张高级诊断程序的盘片。高级诊断程序的各种功能以菜单方式显示在控制台显示屏幕上。这些菜单又可提供多种测试部件项目的选择，帮助用户对某个或更多的部件作单次或循环测试，找出系统存在故障的部位。在高级诊断中，若发现机器有问题。程序将通过屏幕自动显示出错码，由这些编码指出故障的部位及可能产生异常现象的原因，使问题明朗化，以便于迅速修复，使机器马上投入正常运行，从而在很大程度上提高了维修工作的效率。

二、计算机外部设备及接口的维护与检修

计算机外部设备包括它本身的接口，主要由电气与机械两大部分组成。当计算机系统的运行出现故障时，设备机械部分的故障诊断比较直观，而电气电路部分的故障则较为隐蔽。这儿对系统故障的程序自动诊断，恐怕多是侧重于设备电子电路部分的故障检测。但是，计算机系统配置的外部设备及接口是一个整体系统，因此对这些设备的检修就是整体的维修。当分析故障原因的时候，既要有侧重点，又要作全面整体的考虑。

计算机系统是一个较为复杂的、动态的运行系统，特别是计算机应用系统更是如此。所以对计算机系统的检修和故障排除就是对一个复杂系统进行维护的过程。当然要求每一位计算机高级维护人员不但具有丰富的电路知识，而且熟习“场一路”结合的电气知识，诸如系统连接、信号传输与传输线技术、系统可靠性与抗干扰、供电电源、光学，以及磁学与磁记录原理等等。这些本书也将会一一说明和介绍。而且，外部设备已经进入微处理机与机电相

结合的智能机器发展阶段。它要求维护人员不仅具有设备的机械部分与电气部分的知识，还要求他们掌握智能机器的特点，对微处理机的应用十分熟习，并对现代电子机械的工作原理与基本结构十分了解。一位好的计算机维护人员一定是知识面广，又有深度，而且能不断更新知识，有实际能力的专家。他在多年的工程实践中善于总结经验，并成为理论与实际结合，能解决实际问题的人才。

总而言之，本书在内容方面着眼于计算机外部设备和接口原理、及其维修技术的介绍，在此基础上，将以 IBM PC/XT、AT286 机型为主要实例说明它们的功能原理、开发、维修与实际应用。一方面能使读者在了解有关计算机基本知识的同时用好计算机，发挥计算机系统的高效率，并维护好系统，保证计算机系统的正常运行。另一方面，外部设备、接口原理及维修技术是一门实践性很强的课程，新技术、新产品的发展快，今天学到的东西过几年可能由于落后而被更新换代。因此读者学习本书的内容不仅仅是知识和资料的积累，还应该借助于它提高自己分析问题、解决实际问题的能力。

第二章 计算机与外部设备的连接技术

世界上第一台电子计算机的设计成功是1946年在美国实现的。它的设计思想和数学模型由美籍匈牙利数学家冯·诺依曼(V. Neumann)提出,故称为诺依曼型计算机。从第一台电子计算机的问世到现在,所有投入使用的电子计算机都是遵循冯·诺依曼模型设计制造出来的。这种计算机模型之所以至今久而不衰,而且越来越发展,是由于诺依曼的思想核心——程序存储,具有强有力的生命力和不断发挥的扩展性。冯·诺依曼系统模型要求整个计算机系统及其硬件资源都必须由所存储的程序来控制和管理。存储的程序是可以存取的,因而又是可以开发和扩展的。

主机与外部信息实现交换是通过总线型集中处理器通道进行的。这些总线集中处理器与公共通道是数据信息在起源地与目的地之间进行传送的连接线的集合。它即是CPU与内存以及外部设备通过接口进行信息交换的通道。总线BUS通常由数据总线DATA BUS、地址总线ADDRESS BUS和控制总线CONTROL BUS组成。它有内部总线与外部总线之分。

从结构上来说,集中处理器通道是由内部I/O公共通道(或称内部总线)参与到集中处理器(包括CPU与内存)作为主机的一部分,而使主机系统构成一个整体。它通过接口单元缓冲器、外部总线连接外部设备,来实现计算机与外部世界之间的信息交换,如图2-1所示。

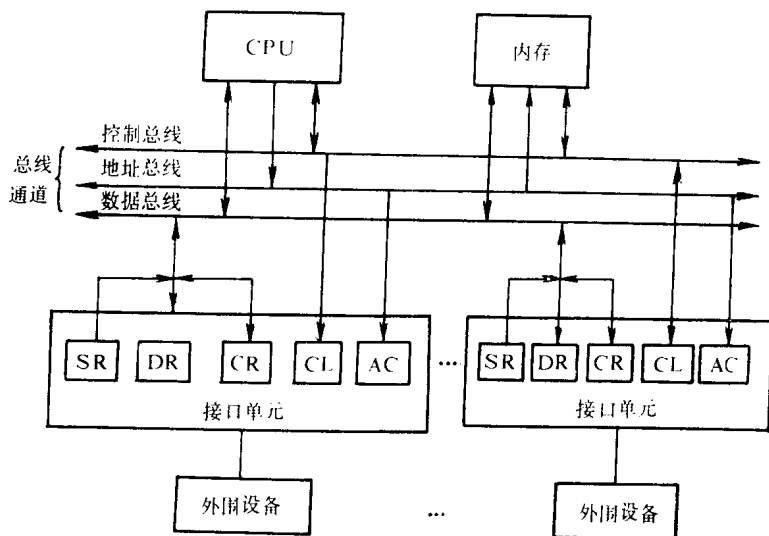


图 2-1 外设接口单元到计算机总线通道连接

SR: 状态寄存器 DR: 数据寄存器 CR: 控制寄存器

CL: 控制逻辑 AC: 地址比较器

图中,外部设备通过接口单元连接到主机总线型公共通道上,公共通道是双向工作的。外部设备与主机CPU之间的信息交换均采用寻址方式来进行。具体说,它们通过地址线、数据

线从主存取出指令和数据,而由数据线、控制线传送执行的指令和控制信号。CPU 执行指令,按照时序,根据程序的规定,完成某项操作任务。这里,外部设备通过接口单元到公共通道与主机 CPU 和内存进行信息交换,而 CPU 与内存之间的寻址和存取指令也通过公共通道按序取指令、执行程序、指令执行完后又由公共通道送回内存单元保存。

总线型集中处理器通道是近代计算机与外部设备实现连接的重要方法之一。它的应用十分普遍。现代的高档微机系统就采用它。

目前计算机体系结构发展趋势是,主机 CPU 由控制与运算为中心发展为以主存储器为中心。我们认为,这是冯·诺依曼程序存储式计算机系统模型设计思想的进一步发展。这种设计思想所设计的计算机系统的先进性,体现在计算机的输入输出操作上是既具有并行性,又具有独立性。十分清楚,早期计算机系统的输入输出不具有并行性,而且独立处理的功能也不强。近代计算机采用通用性很强的总线结构,外部设备通过模块结构的接口挂上总线,实现主机与外部设备之间的通信。这种集中处理器通道控制的输入/输出的典型计算机系统是著名的 IBM 370 机。当前开发的外围处理机控制输入输出的计算机系统,使输入/输出操作的计算机系统与输入/输出操作的并行性、独立性大为提高。例如 HP-3000 型计算机系统,它的特点即是主机 CPU 以主存储器为中心,采用外围处理机控制输入输出操作。

§ 2-1 输入/输出操作方式

计算机与外部设备之间进行信息交换,从硬件结构上来看是通过接口单元缓冲器及其总线通道实现输入/输出的。但由于外部世界信息的多样性、复杂性和随机性,使得计算机系统完成输入/输出 (I/O) 操作也是多种多样的。这里主要有程序查询、中断、数据块传送和直接存储器存取的 I/O 等操作方式。

一、接口单元方法

电子计算机与外部设备连接的接口是计算机 I/O 系统的一个重要结构。从硬件的角度来说,接口单元具有两个重要功能:第一,接口单元是计算机与外部设备之间传递数据信息的缓冲器与中途站;第二,它提供了计算机与外部设备之间传递数据信息的控制逻辑和控制信号,以保证外部信息与计算机内部数据信息流的匹配,有效地实现信息交换。

输入和输出接口与存储器接口一样,它能实现主机与存储器、以及主机与外部设备(包括内存与外部存储器)之间的通信和数据交换。同时设置接口单元应该保证计算机通过内部通道与外部设备连接的兼容性。接口单元的硬件电路不仅与多种类型的机器兼容,而且具有相同 I/O 总线的特点。

由于大规模和超大规模集成电路技术的发展,接口单元电路已实现集成化,被做成各种接口的集成电路芯片。为了能够实现接口单元上述几个重要功能,几乎各种接口芯片结构都包括以下几个部分的寄存器或缓冲器。

(1)发送/接收数据寄存器 它有数据缓冲器的作用,是一种能锁存或存储数据位的电路,故用来保持或通过从外部设备来的和从主机到外部设备去的数据。如果是双向的,则可由控制寄存器决定传送方向。

(2)控制寄存器 它根据 CPU 规定的控制条件以寄存器中各位设立的相应的控制标志或控制字,指明控制条件建立与否。通常控制条件与对外部设备的 I/O 操作和控制有关,例如,用于启动或停止外部设备操作的“启/停”标志、设定双向数据寄存器缓冲器是“读数

据”还是“写数据”的数据传送方向或操作模式等等。

(3) 状态寄存器 它设立主机 CPU 所能识别的状态标志。它用寄存器的各位来表示各种状态建立与否,如打印机与计算机连接时的准备好接收数据的“准备好”状态,或输出数据,进行打印的“工作忙”状态等等,以决定是否进行输入/输出或其他操作。

(4) 地址比较器 通过它 CPU 可以对接口单元的各个寄存器有目标地进行访问和选取信息。地址比较器根据鉴别地址码选址或进行地址译码,由它指定的寄存器缓冲器与数据总线接通,在数据总线上进行数据信息的存取操作。

(5) 内部逻辑门或门阵列控制逻辑 它以控制标志作条件,监控上述寄存器和比较器的操作,如监控某寄存器出现“出错标志”而作出相应的出错处理。

上述寄存器和控制逻辑是构成接口电路的基本结构,用这种结构组成的接口能够方便地实现接口单元的各种功能。例如接口电路中的数据寄存器可以作为数据缓冲器、锁存器,完成数据信息传递的缓冲与中途站的功能。控制寄存器和控制逻辑则为主机与外设之间传送数据提供了控制信号和控制逻辑。而由于有了地址比较器(或者相应的地址译码电路),使接口单元可以作为存储器的存储单元一样来处理。主机可通过接口读取设备状态,以决定操作进程,对接口单元的缓冲器与寄存器等就象对存储单元那样能方便地进行存取方向。

最典型的实现对外部设备管理的 I/O 方式是存储器映像 I/O 方式。这种方法即是从整个内存地址空间中分出一部分内存地址码,用它为 I/O 设备的寄存器编址,使部分存储空间与 I/O 端口之间地址映象。主机 CPU 可以象对待内存单元的内容一样,使这些设备寄存器的内容参与相应的运算和控制,从而实现存储器映像 I/O 操作。

存储器映像 I/O 的各种 I/O 设备都可以接到总线 BUS 上。相应的设备由地址比较器通过地址译码鉴别出来,将指令操作的对象引向相应的设备寄存器。例如,将某一地址码映射为设备的数据寄存器缓冲器,以进行数据的输入/输出。这样,可以象对待内存单元一样,使这些设备寄存器内容参与各种运算和控制指令的操作。接口单元可以像访问内存单元那样被存取访问,同时系统所具有的 I/O 指令,对于存储器映像输入输出来说完全能满足操作要求,而且使指令系统的指令功能加强,使用更为灵活。当然,从存储空间的利用来看,这种存储器映像 I/O 方式要为主存空间的缩小而付出代价。

如前所述,接口单元的另一功能是它为外部设备与主机 CPU 进行信息交换时提供了控制信号。使接口单元接受主机 CPU 管理时,机器具有“地址切换”功能,以实现主机与外设之间的输入/输出操作。

所谓地址切换输入/输出方式是通过控制总线(Control Bus)及主机 CPU 设定的 I/O 控制信号,当内存区域的存储单元和 I/O 接口的接口单元分配同一地址时,由相应的控制信号进行地址切换,引向设备(中断)矢量或设备管理程序功能块的入口,从而转向对该设备的输入输出服务。地址切换方式的输入/输出较为典型的是中断请求方式 I/O。外部设备通过其接口由 CPU 所能识别的中断请求线 IRQ 提出申请,当主机 CPU 由 IACK 控制线响应中断请求后,保护现场并屏蔽其他外设请求,通过中断矢量进入中断服务,使外部设备接受中断服务程序的管理和控制,完成 I/O 操作。

二、操作系统管理设备 I/O

操作系统是外部世界与计算机的界面,是人—机联络的友好界面。实际上它是计算机系统资源中重要的系统软件。

通常在计算机的操作系统中,都有输入输出管理程序模块及其相应的设备控制管理表。I/

O 管理程序模块包括系统对所有物理设备实现控制的程序块。它根据 I/O 字节的内容在系统调用逻辑设备时，立即转移到相应物理设备的管理程序块中，控制和管理该物理设备。

例如，最简单而典型的模块层次结构的操作系统包括：BIOS——基本 I/O 系统、BDOS——磁盘操作系统、CCP——命令处理器程序块，TPA——过渡程序区等四大功能程序模块。如果该模型机采用 64K 内存空间，操作系统由存储器映象将磁盘上操作系统内容取到内存 64K RAM，按当前 RAM 的容量重新定位地址空间，它重新定位后操作系统在内存分区如图 2-2 所示。这是一个微型计算机的典型系统软件。

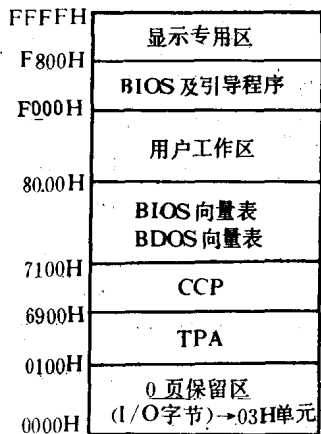


图 2-2 操作系统内存分区图

其中 BIOS 基本输入输出系统的程序块是操作系统对外部设备实现基本管理的功能程序模块。对它的分析可以使我们大致了解系统软件对外部设备进行输入输出操作的处理，以及对设备的管理与驱动方式。在以后章节中，当谈到某种设备时，还要逐一介绍该设备的驱动方式和控制程序。

内存空间的最低层零页保留区存放 I/O 字内容。它定义输入输出的物理设备与系统逻辑设备的对应关系。如模型机由 0003H 地址单元写入 I/O 字节的内容。该系统定义的逻辑设备有 CONSOLE、READER、PUNCH、LIST 等四种。I/O 字节中每两位定义一种外部设备。系统物理设备与逻辑设备之间的对应关系如表 2-1 所示。

例如，I/O 字节的内容为 C1H=11000001B，则系统的基本配置如下：

CONSOLE	CRT 显示器
READER	键盘
PUNCH	TTY 电传打字机
LIST	并行打印机

系统的程序模块中零页保留区 (00FFH~0000H 地址单元) 的地址分配为：

- 0000H~0002H 单元，存放热启动向量；
- 0003H 单元，I/O 字节定义物理设备/逻辑设备名；
- 0004H 单元，定义当前使用磁盘的盘号；
- 0005~0007H 单元，存放 BDOS 入口向量；
- 0008~003FH 单元，存放中断矢量；
- 0040~004FH 单元，是 BIOS 的参数区；
- 005C~007CH 单元，存放文件控制块；
- 0080~00FFH 单元，磁盘读/写及控制台命令输入缓冲区。

由于用系统软件——操作系统实现对系统配置的外部设备的管理，当系统需要使用设备时可以方便地以适当的方式向 I/O 控制管理模块输送下列基本控制参数及调用相应驱动程序：

- ① 设备类型或类型地址，如设备的逻辑设备号、物理设备号和它们的对应关系等；
- ② 被交换的数据在数据媒体上的位置，如文件号、记录号、标志等；

表 2-1 I/O 字节位中逻辑设备与物理设备

I/O 字节位	逻辑设备	二位取值	物理设备
		$b_1 \ b_0$	
$bit_0 \ bit_1$	CONSOLE	0 0	TTY 输出, 键盘输入
		0 1	CRT 显示
		1 0	列表设备或 CRT
		1 1	未用
		$b_3 \ b_2$	
$bit_2 \ bit_3$	READER	0 0	键盘输入
		0 1	均未用
		1 0	
		1 1	
		$b_5 \ b_4$	
$bit_4 \ bit_5$	PUNCH	0 0	TTY
		0 1	均未用
		1 0	
		1 1	
		$b_7 \ b_6$	
$bit_6 \ bit_7$	LIST	0 0	TTY
		0 1	CRT
		1 0	未用
		1 1	并行打印机

③操作性质, 如指令操作是控制码还是逻辑运算码;

④被交换的数据在内存空间的存储地址即数据地址;

⑤被交换数据的长度, 如计数值, 首地址与尾地址等;

⑥其他控制特性, 诸如说明控制的特征位, 及其他控制所对应设备的某种操作含义等等。

设备管理程序功能模块根据上述参数, 组织安排对系统所配置的设备进行输入输出操作的控制和管理。

更改物理设备, 扩展系统配置, 必须修改 BIOS 模块并在内存重新定位系统软件。修改 BIOS 的步骤如下:

①调出 BIOS 源程序及 BIOS 入口向量表。这时可用测试程序 (DDT) 将操作系统的所有文件从盘上装入内存 TPA 区, 然后用显示内存内容和反汇编 (若操作系统由汇编语言写成) 两种命令查看 BIOS 及其入口向量。

②编写新的 BIOS, 装入内存进行调试。

③调用测试程序 (DDT) 修改 BIOS 入口向量, 然后退出 DDT。

④调用系统生成程序包 (SYSGEN), 将内存中已更改的操作系统 (包括新 BIOS 及引导程序等等所有文件) 存盘。

⑤调试更改的物理设备, 包括所有系统配置, 同时进一步修改 BIOS, 直到系统工作完全正常。

三、程序查询与中断方式 I/O

在外部世界的各种设备与主机通信时，由于传送数据信息的速率大不相同，获取数据信息的方式也各有差异，因此计算机主机本身不能直接地与外部设备进行输入输出操作。但是，各种外部设备的速率虽然不同，可以采取各种相应的 I/O 接口缓冲器来实现外部设备与主机 CPU 同步匹配，进行有效的通信。而对不同的外部设备，CPU 获取信息也采取不同的方式，即计算机根据需要采取多种 I/O 方式进行有效的输入输出操作。所以，具有多种多样的 I/O 接口及丰富的输入/输出方式，是衡量计算机系统功能齐全的重要标志之一。

1. 程序查询方式

对于程序查询输入/输出方式，所有数据信息在 CPU 与外部设备之间的传送均在程序控制下进行。这时 CPU 的指令系统包含四种类型的 I/O 指令：①从外部设备输入数据到 CPU 的指令；②从 CPU 输出数据到外部设备；③在 I/O 接口单元设置控制标志；④在 I/O 接口单元测试所设立的各种标志的指令等。

输出一个数据字到某个指定的外部设备是直接进行的。CPU 访问接口单元，并测试接口单元的状态寄存器。如果状态寄存器有关标志位表示该设备“准备就绪”（或者忙于处理原先留下的部分数据则表示没有准备好），接着 CPU 通过数据总线把数据输出到接口单元的发送数据寄存器，同时引起一个控制标志的设立，向外部设备表示接口单元的数据寄存器有了新的数据，可以输出该数据到外部设备。

另一方面，输入数据到 CPU 则要稍微复杂一些。这时外部设备将所接收的数据放在数据寄存器里并建立“准备好”状态标志；CPU 则通过输入设备地址周期性地依次检测每个设备“准备好”标志，以查到“准备好”的外部设备地址。这就是所谓 CPU 对设备的“软件查询”。CPU 可以利用该地址和 I/O 指令从接口单元把数据传送到 CPU。我们称能完成这种功能的程序为设备管理程序（Device handlers）或服务程序（Service routine）。这里，查询外部设备的顺序是按其优先等级进行的。如果给某个设备连接到接口单元有较高的优先级别，则在对外部设备的访问列中具有访问较早的地址。另一种精心安排的方法是使用所谓内存的软件查询表。它包含了以某种方式指出外部设备次序的接口单元的地址表。为了查询外部设备则顺序地选取这个表的内容。而且它可以使设备的优先等级在软件控制下容易作出与优先级相应的改变。

软件查询存在的缺点是当被查询的设备较多时，用于查询而花去了大量时间。而这些时间如果利用下来，CPU 可以做其他的许多工作。

2. 中断方式 I/O

中断处理是一种对程序控制 I/O 进行了改进的 I/O 方式。这里准备好数据进行传送的外部设备地址可以很快地接通到主机 CPU，而无需程序查询。

当外部设备要传送当前数据信息时，接口单元便设立一个标志。在程序查询方式下要暂停该设备，看它是否已经“准备好”，而在中断方式下 CPU 则将设立的标志看作有某个设备申请中断请求（IRQ）服务。这时，如外部设备“未准备好”，中断方式下 CPU 可以做其他更重要的操作任务；而准备就绪时，CPU 响应中断请求（IACK）。与此同时，CPU 工作寄存器的内容和执行程序的当前地址被保持，这里常在内存空间开辟一个先进后出（或后进先出）的寄存器堆栈进行现场保持。接口单元则通过接受中断响应的逻辑门，在数据总线上建立中断请求设备的地址，并通过它将地址码复制到主机 CPU 和内存，然后使用适当的软件服务程序对内存进行存取操作，驱动设备输入数据。此后，服务程序调整接口单元控制寄存器，并从堆栈中取回原工作寄存器的内容，以便从中断点（地址）起继续执行原来的主程序。而且，当

设备的接口单元收到 IACK 响应时，以接口单元返回中断服务子程序的起始地址，取代它自己的地址，以作进一步的保护，为再次进入服务程序提供入口条件。这种以响应中断请求来程序控制数据完成自动的传送称之为“矢量地址中断”（Vectored Interrupt）。

中断处理也用于数据输出，特别是当外围设备以比较慢的速率采集数据信息时常常使用中断方式。在此情况下，CPU 装入数据字到接口单元，然后释放，CPU 则可去做其他的作业。在这个期间数据传送到外部设备，而在该操作完成的同时，CPU 设立 IRQ 信号标志。于是 CPU 又装入另一个数据字，如此这般继续进行数据输出。

对于只具有少量外部设备的计算机系统来说，采用程序查询 I/O 方式是完全适用的。然而数量较多的外部设备系统，如多路多用户计算机系统，采用中断方式进行 I/O 处理则是较为常用的方法。中断方式的 I/O 处理程序称之中断驱动程序。

3. 关于中断优先权处理

中断方式 I/O 中需要优先权处理有两个重要原因。第一，在上述简单的中断处理中，如果有多个外部设备同时请求中断服务，这时必须做到停止从某些单元来的请求响应 IACK，而致力于设置它们的地址到 CPU 的某个寄存器或内存映象的某个存储单元中去。第二，在某个中断服务程序对某设备进行服务期间有一个更加重要的外部设备请求服务。这时立即响应中断请求是十分必要的，不然有丢失重要数据的危险。于是要求有中断优先权处理。外部优先权硬件逻辑电路原理如图 2-3 所示。在开始说明电路功能时，我们暂时忽略图中的屏蔽寄存器。这样，同时发生的中断请求可以被指定为从计算机内部来的内部中断请求（IREQ）以及

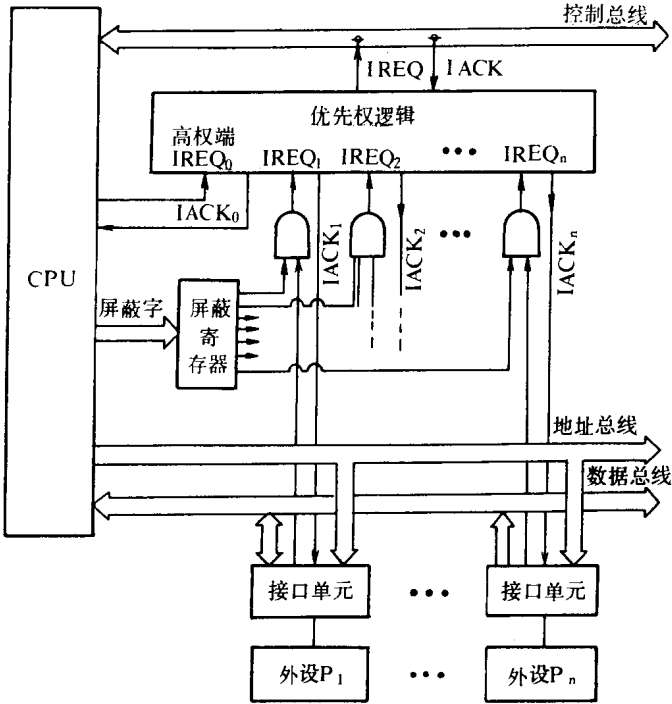


图 2-3 中断优先权电路原理图。