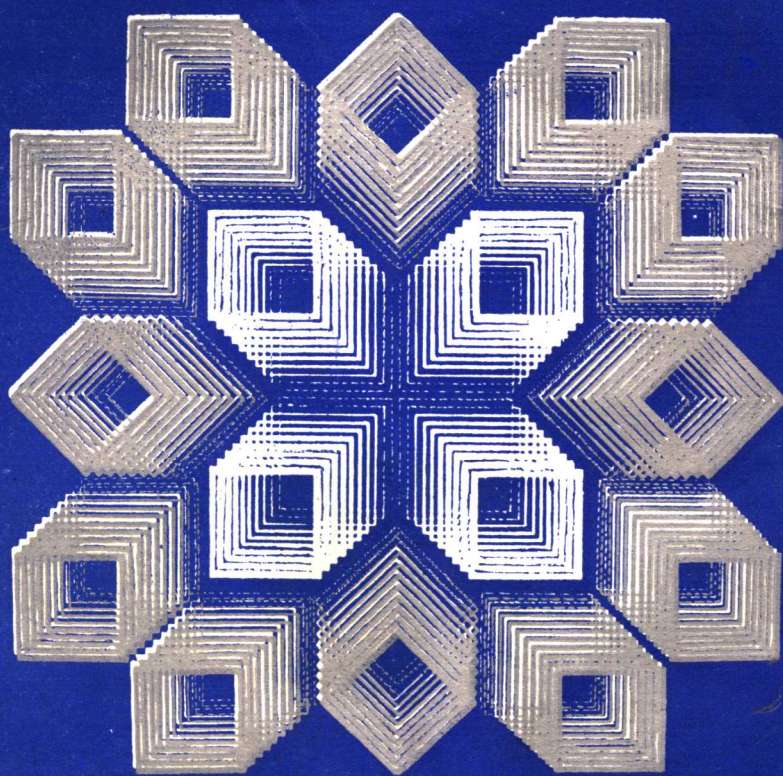


计算机外部设备 接口技术及应用

姜田心 谭扬林 高 政 编著



湖南科学技术出版社

7311
2085

计算机外部设备 接口技术及应用

姜田心 谭扬林 高 政 罗建文 编著

湖南科学技术出版社

计算机外部设备接口技术及应用

姜田心 谭接林 高 政 罗建文 编著

责任编辑：刘奇琰

湖南科学技术出版社出版发行

(长沙市展览馆路3号)

湖南省新华书店经销 长沙交通学院印刷厂印刷

1990年2月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：18.5 字数：462000

印数：1—4000

ISBN 7—5357—0642—8

TP·25

定价：7.30元

前 言

计算机外部设备及接口技术是研制与开发计算机系统的关键之一。它几乎是现代管理人员、科技人员以及所有开发和使用计算机的人员首先必须了解和掌握的知识与技术。近年来出版了不少计算机方面的书籍,但多是以理论原理、用户指南之类为主的内容,缺少对计算机及其系统配置的软件与硬件、应用与维护进行较全面的系统的分析与介绍,而这正是广大用户对计算机系统进行开发、应用,充分发挥其效率必不可少的。为此,作者在总结长期从事高等学校教学与科研,以及生产设计与现场开发的基础上编写了本书。

本书的编写采用软硬结合、整体与部分结合、使用与维护结合的方式,对计算机系统各部分的结构特点及硬件逻辑进行分析,进而运用汇编语言实现程序设计,以达到对系统的开发与应用的目的。本书介绍了计算机配置中现代主要外部设备(诸如键盘显示器、打印机、磁带机、软盘、硬盘与光盘、通信与终端等)的基本原理,以及外部设备与主机构成完整系统时,实现连接的接口技术。本书在总结国内外有关资料 and 同类书籍的基础上,分析和介绍了IBM公司的中、小型机、微型机及其兼容机的基本配置,对其外部设备与接口进行了硬件、软件分析,说明它们的功能开发,汉化处理以及操作系统实现设备管理的基本方法。

本书是按照计算机和电类有关专业的教学及举办计算机培训班的教材要求而编写的,可作48~72学时外部设备与接口课程的教材,配合上机亦适合36学时的培训教学。对其他读者,我们则注重从认识规律出发,结合实例,深入浅出,故可作为他们的自学读物和参考书。

本书第一、二、三、五、九章由姜田心编写;第四、六章、第八章一、二、三节由谭扬林编写;第七章、第八章四、五节及附录二由高政编写;第十章由罗建文、陈重朝、张裕烂编写。全书由姜田心主编,最后由姜田心、谭扬林副教授修改定稿。

本书在写作和出版过程中,得到了清华大学张公忠教授的大力支持和热情鼓励;得到了我国生产外部设备的骨干企业国营建南机器厂和建南长沙信息设备有限公司的大力帮助;还得到了曾为我国向太平洋发射运载火箭(718)和发射试验用同步通信卫星(331)两项重点工程提供优质磁记录设备及大批高可靠集成电路而作出重大贡献的国营4507厂及4435厂的大力支持,并提供了参考资料;长沙铁道学院吴今培、王也平、刘孟衡、行治民教授提出了宝贵意见;还得到了湖南机械工业自动化学会李强北副教授的鼎力支持;得到了国家建设部谭慧、杨用红工程师以及湖南电视台黄水球同志的大力协助;得到了唐升理、言定红、喻磊等同志的全力帮助。在此一并深表感谢。

限于水平,本书肯定存在不少缺点和错误,恳请读者和同行不吝指教。

编 者 著

1989年9月

目 录

第一章 绪 论	(1)
§ 1-1 计算机与外部设备及接口 的关系.....	(1)
§ 1-2 计算机外部设备及其接口技术.....	(2)
第二章 计算机与外部设备的接口连接	(4)
§ 2-1 诺依曼型计算机系统组成特点.....	(4)
§ 2-2 输入输出操作方式.....	(6)
§ 2-3 电子计算机编码.....	(16)
§ 2-4 接口方法.....	(19)
§ 2-5 接口总线标准.....	(26)
§ 2-6 线驱动器、线接收器与 20mA 电流环.....	(31)
第三章 计算机与外设连接的电气技术	(37)
§ 3-1 接地与屏蔽.....	(37)
§ 3-2 传输线技术.....	(40)
§ 3-3 连接技术及应用.....	(41)
第四章 键盘与显示器	(46)
§ 4-1 字符显示.....	(46)
§ 4-2 CRT 显示器.....	(47)
§ 4-3 按键与键盘.....	(51)
§ 4-4 键盘显示系统(VDU)	(54)
§ 4-5 IBM 显示器及其 CRT 控制器应用	(63)
§ 4-6 显示器适配器接口软件编程应用.....	(83)
§ 4-7 键盘及链盘驱动程序.....	(89)
§ 4-8 键盘显示系统汉字输入法.....	(96)
第五章 打印机与打印终端	(98)
§ 5-1 打印机分类与打印字形.....	(98)
§ 5-2 针式点阵打印机原理.....	(99)
§ 5-3 24 针点阵式打印机.....	(108)
§ 5-4 打印机适配器接口及软件编程.....	(110)
§ 5-5 汉字打印原理及其软件设计.....	(116)
§ 5-6 行式打印机及接口连接时序.....	(123)
第六章 磁表面存储器记录原理	(128)
§ 6-1 磁表面存贮原理.....	(128)

§ 6-2 读/写过程及原理	(129)
§ 6-3 数据记录方式	(133)
§ 6-4 编译码电路原理	(139)
第七章 磁带机	(141)
§ 7-1 磁带机性能结构与工作原理	(141)
§ 7-2 磁带数据记录格式	(144)
§ 7-3 磁带机读/写电路	(146)
§ 7-4 接口与控制器电路逻辑	(148)
§ 7-5 磁带机接口软件编程	(150)
§ 7-6 数据流磁带机	(157)
第八章 软磁盘机	(163)
§ 8-1 软磁盘机结构与工作原理	(163)
§ 8-2 软盘机与磁盘控制器接口信号时序	(167)
§ 8-3 IBM 5 $\frac{1}{4}$ 英寸软磁盘机	(169)
§ 8-4 软盘适配器硬件逻辑分析	(176)
§ 8-5 软盘适配器接口编程应用	(190)
第九章 硬磁盘与光盘	(208)
§ 9-1 硬盘机基本结构和工作原理	(208)
§ 9-2 WINCHESTER技术与温盘	(214)
§ 9-3 温盘适配器接口硬件分析	(219)
§ 9-4 温盘适配器接口软件编程	(227)
§ 9-5 磁盘操作系统	(232)
§ 9-6 光盘存贮器	(241)
第十章 通信与终端	(247)
§ 10-1 计算机联网应用	(247)
§ 10-2 串行通信协议及其操作	(249)
§ 10-3 异步通信适配器硬件逻辑	(255)
§ 10-4 8250通信接口编程应用	(257)
§ 10-5 通信终端	(271)
§ 10-6 串行通信应用实例	(274)
附录一 典型国产磁记录设备性能参数表	(286)
附录二 国产集成电路芯片	(289)

第一章 绪 论

§ 1—1 计算机与外部设备及接口的关系

一、关于电子计算机

众所周知,电子计算机是当前世界的四大前沿科学技术之一。它是现代信息社会发展的物质条件,又是当前和未来各种应用领域不断深入与扩大的需要。近代,特别是70年代以来由于计算机的飞跃发展,科学技术取得的成果相当于整个人类有史以来的总和。电子计算机技术成了当代最重要的科学技术之一。世界各国都把电子计算机与能源、材料、空间技术、生物技术列为发展科学技术的重点。

人类社会的发展进入信息社会,80年代开始人们充分认识到,信息资源的开发促进了人类和社会的发展。信息成为一种重要资源,计算机则是信息加工的有力工具,而且是唯一能辅助脑力劳动的工具。在信息社会发展中,因信息量的骤增而使人们束手无策的时候,电子计算机的发展却为这些巨大信息量的迅速而及时地处理带来了福音。计算机成了各种信息存贮与处理的必要手段和有力工具。因此世界各先进国家都把计算机技术视为第二次技术革命的先锋。

同时,电子计算机的应用领域日益深入、广泛。它应用于过程控制、科学计算、各种辅助设计,还有事务处理、商品销售、运营管理、银行业务等信息管理,以及生理卫生、人体检查、医药管理,直到许多领域的专家系统、决策支持系统等等。誉为电脑的电子计算机甚至成了社会发展和人类生活不可缺少的部分。

二、计算机外部设备及其接口技术

整个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)以及外部设备与其接口构成。只有由外部设备通过接口连接主机才能构成实际的、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,使计算机系统内的主机和计算机的体积缩小,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,它所配置的品种和数量在不断增加。现在,从概率估计,外部设备已占整个计算机系统成本的70%以上。而且系统越大,其百分比还要增加。可见外部设备在整个系统中所占比重之大。而且,计算机外部设备及其接口是每一位要使用、维护和开发计算机系统的人员首先必须接触和了解的技术问题。况且外部设备及其接口种类繁多,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,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,掌握有关外部设备与接口技术的知识就显得更有必要了。

现代外部设备及其接口技术的发展潮流是趋向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器上作文章,他们往往只在几种流行的主处理机中选用一个而已,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等方面。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。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。

计算机外部设备原理与接口技术,综合了电子、电机、机械、磁学、光学、声学、应用数学以至仿生学等学科门类的专业知识。其内容丰富,学科交叉,知识面广,并集中多种高精尖技术于一体。同时由于计算机技术的迅速发展,又使各种学科的新知识、新技术传播更为迅速、更为深入广泛。

§ 1—2 计算机外部设备及其接口技术

电子计算机自1946年问世以来,已经历了四个发展阶段:电子计算机的电子管阶段、半导体阶段、集成电路中小规模集成化阶段及超大规模集成电路的发展阶段。

实际上,计算机外部设备比第一台电子计算机的出现还要早 200 多年。1728年在英国的纺织行业中就开始使用穿孔卡片式的输入装置;1801年在巴黎举行的世界博览会上展示的一台穿孔卡片机控制的自动织布机,它的控制装置就是后来电子计算机所使用的穿孔卡片读入机。随着电子计算机技术的迅速发展,其外部设备也在不断更新换代。从第一台电子计算机的出台到现在,计算机外部设备也经历了三个发展阶段,它们是:机电结合的第一代外部设备阶段;电子机械结合的第二代外部设备发展阶段;近代的微处理机与机电结合的智能外部设备的发展阶段。

本书介绍的内容以第三代外部设备为主,同时也涉及少部分目前尚在使用的第二代外部设备,阐明设备原理、接口技术及其应用。

一、外部设备分类

计算机外部设备的种类繁多、数量也极大,而且涉及的学科与技术较为广泛。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)

输入设备是指那些把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。诸如穿孔机(纸卡、磁卡穿孔)、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. 外部存贮器 (External Storage)

外部存贮器简称外存。它是除内存 (Memory) 以外的, 能将所有计算机程序和数据进行存贮的设备。诸如磁带、磁鼓、磁盘和光盘存贮器等; 还有现在正在开发的磁泡、电荷耦合器件、磁全息照相及磁光存贮器件等等。

3. 模/数、数/模转换设备 (Analog/Digital Converter)

A/D、D/A转换装置是过程控制系统以及现代计算机控制系统的专用器件设备, 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转换实现对过程的实时控制或超前检测。

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

它们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、远程批处理终端和智能终端等。

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。在某种意义上, 接口又是实现人-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。不仅其体积大为减小, 应用灵活可靠, 而且功能增强。近代集成化接口芯片已经走向智能化。根据其用途和功能, 外围接口可分为三大类。它们是:

1. 专用外围控制功能接口。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, 则可以用于多种场合。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。

3. 与主机 (CPU) 系统的配套功能接口。例如, 用于从逻辑地址到物理地址映象的存贮器管理部件MMU、高速数字运算的数字处理机、以及解决多CPU对总线“争执”的总线裁决部件等等。

总而言之, 在内容方面我们着眼于计算机外部设备的原理和接口技术的介绍与说明。并在此基础上, 我们还将以各种设备与接口的典型产品为例说明它的功能原理、操作和实际应用。一方面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, 并能根据需要设计合理的、高性能的计算机应用系统。另一方面, 外部设备原理与接口技术又是一门实践性很强的课程, 新技术、新产品的发展很快, 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、解决问题的能力。

第二章 计算机与外部设备的接口连接

§ 2—1 诺依曼型计算机系统组成特点

世界上第一台电子计算机的设计成功是1945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) 所提出, 故称之为诺依曼型计算机。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。这种机器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——程序存贮式电子计算机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软件资源都必须由所存贮的程序控制和管理, 存贮的程序是可以存取的, 因而又是可以开发和扩展的。

所以, 我们有必要从程序存贮式电子计算机的组成原理、计算机的指令及其指令的执行过程和程序存贮式计算机的发展, 来说明冯·诺依曼模型所设计的计算机; 以及在这个思想指导下由计算机主机、软件和外部设备及接口所组成的冯·诺依曼型的计算机系统。

1. 基本组成原理

程序存贮式数字电子计算机的基本组成如图 2—1 所示。

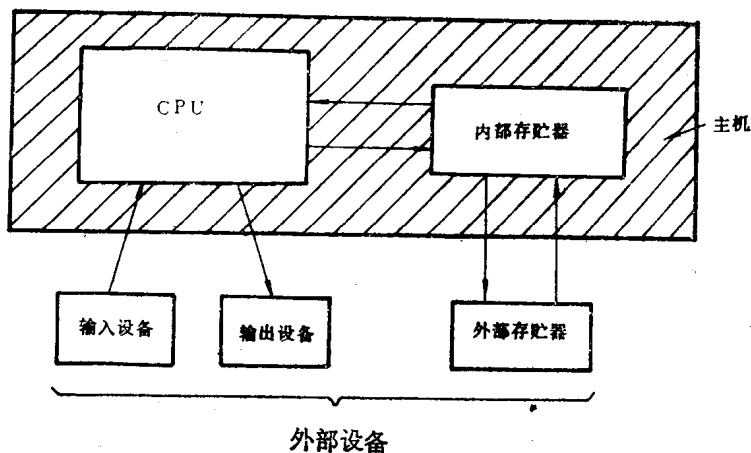


图 2—1 程序存贮式电子计算机组成原理

图中阴影部分是主机, 它包括主机 (CPU)、内部主存贮器 (Memory) 和通道; 其他部分是计算机外部设备 (Peripherals) 及其外部通道。

外部设备中, 输入设备用于输入程序和数据, 输出设备则输出计算处理的结果及其他有用的数据信息。主存即内部存贮器是主机的重要组成部分之一, 它保持当前立即要执行的程序和有关数据信息; CPU 则执行内存所存贮的程序指令, 并对其数据信息进行处理。一般来

说,还备有外部存储器,作为一种外部设备,它专门用来存储和保持CPU不要求当前使用和处理的程序和数据;在操作系统(程序)管理下,需要时它存储的程序和数据被调入主存,或为CPU处理、或进行直接存储器存取。

2. 指令与指令的执行过程

计算机当前执行的程序是已输入到内部存储器的指令集,指令集组成的程序则是许许多多的指令有规律的集合。通常这些指令可以根据它所执行任务的特点分成下述几种类型:①装入/存储类指令;②算术/逻辑运算类指令;③跳转/分枝类指令;④输入/输出类指令。

显然,CPU与外部设备实现操作特别有关指令是输入输出类指令。有时为了程序管理和I/O操作的需要,也用到跳转/分枝类指令和其他类型指令。由这些指令组成指令集的管理程序实现对外部设备及接口的驱动和管理。外部设备作为整个计算机系统的一个组成部分,它在按照冯·诺依曼的程序存储式模型管理计算机的同时,也由程序来管理和驱动外部设备。

程序的执行过程是:先存储程序和数据,接着对存储于主存单元的 程序 指令进行存取,然后送CPU处理,完成后又送回主存单元保持。执行指令的实际步骤如下:

(1) 源程序的指令集(一般指机器指令)输入计算机主机,它由地址总线选址将指令一一送内存单元存储。

(2) 要执行的指令通过选址,CPU由内部的公共通道从内存单元取出指令进行处理。即CPU将指令取到指令寄存器解码后送CPU的控制单元处理,如果需要进行运算操作则又送到运算单元处理,然后输入通用工作寄存器。指令经执行完后又送回内存单元保存。

(3) CPU照此取出第二条、第三条指令,如此重复,直到完成一个有序的指令集。当然,由指令集构成的程序应该是可执行的、有效的;而且任何操作或指令所需的数据也及时进行存取。这样,机器就能有条不紊地按序取出指令,执行指令,存储指令,完成程序规定的操作任务。

3. 总线型集中处理器通道

总线集中处理器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。

从结构上来看,集中处理器通道是由内部I/O公共通道(或称内部总线)参与集中处理器(包括CPU与内存)作为主机的一部分。它通过“接口单元”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—2所示)。

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,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存的内存和CPU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、执行程序,指令执行完后又由公共通道送回主存单元保存。

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。

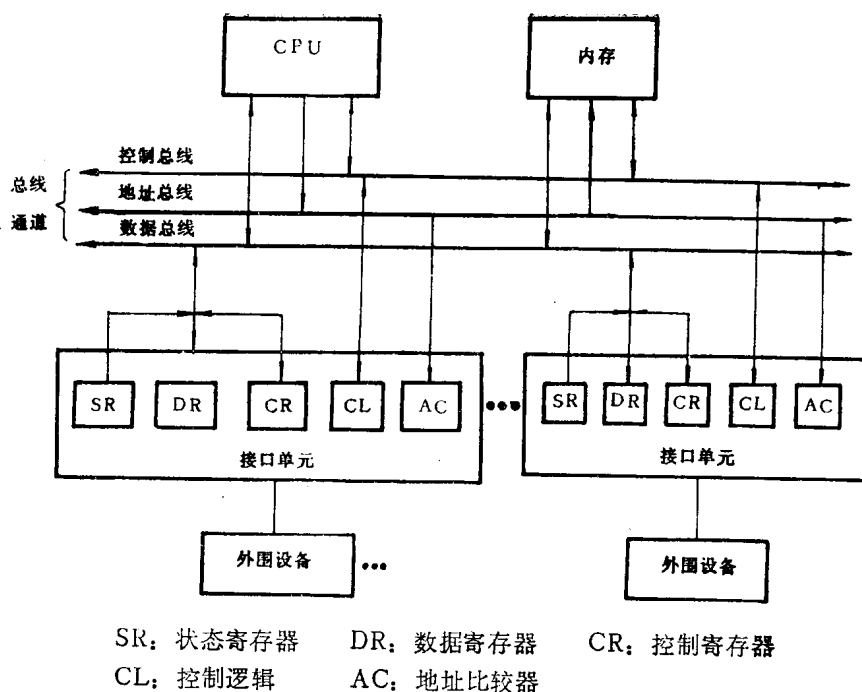


图 2—2 外部设备接口单元到计算机总线通道的连接

4. 外围处理机控制输入输出操作

近代计算机体系结构发展趋势的标志是，主机CPU由控制与运算为中心发展为以主存贮器为中心。我们认为这是冯·诺依曼程序存贮式计算机系统模型设计思想的进一步发展。这种设计思想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以主存贮器为中心，采用外围处理机控制输入输出操作。

§ 2—2 输入/输出操作方式

计算机与外部设备之间进行信息交换，从硬件结构上是通过接口单元实现输入/输出的。但由于外部世界信息的多样性、复杂性和随机性，所以计算机完成输入/输出 (I/O) 操作多种多样，主要有程序查询方式 I/O、中断方式 I/O 以及数据块传送方式与直接存贮器存取方式的I/O。

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;第二个功能则是它提供了计算机与外部设备之间传送数据信息的控制逻辑和控制信号。

输入和输出接口与存贮器接口一样,它能实现主机与存贮器、以及主机与外部设备(包括内存与外部存贮器)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其他类型机器兼容,而且具有相同I/O总线的特性。

由于大规模和超大规模集成电路技术的发展,接口电路已集成化,做成各种接口芯片。为了能够实现接口单元上述几个重要功能,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,是一种能锁存或存贮数据位的电路,故用来保持或通过从外部设备来的和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的方向。

(2) 控制寄存器 它根据CPU规定的控制条件以寄存器中的各位设立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 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,准备好发送数据的“准备好”、“工作忙”状态等等。以决定是否进行输入/输出操作或其他操作。

(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的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地址译码,由它指定的寄存器与数据总线接通,在数据总线上进行数据或信息的存取操作。

(5) 内部逻辑门控制逻辑 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中途站的功能。控制寄存器和控制逻辑则提供了控制信号和控制逻辑。而且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贮器的存贮单元一样来处理,对接口单元就象对存贮单元那样能方便地进行存取访问。

最典型的实现对外部设备管理的I/O方式是存贮器映象I/O方式。这种方法即是从内存整个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,使部分存贮空间与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,从而实现存贮器映象I/O操作。

存贮映象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,把某一地址码映射为设备的状态寄存器,而对相应设备发出控制命令并测试该设备的状态;还可将另一地址码映射为设备的数据缓冲寄存器,以进行数据的输入/输出。这样,可以像对待内存存贮单元一样,

使这些设备寄存器的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，对于存贮器映象输入输出来说完全能满足其操作要求，而且使指令系统的指令功能加强，使用更为灵活。只是从存贮空间的利用来看，这种存贮器映象 I/O 方式要为主存空间的缩小付出代价。

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，以实现对外部设备的输入/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。当内存区域的存贮单元和 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，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 IRQ 中断请求线提出请求，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，进行 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，更重要的是人-机联络的友好界面。它是计算机系统资源中重要的系统软件。

通常在计算机操作系统中，都有输入输出管理模块及相应的设备管理表。I/O 管理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，典型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——命令处理器程序块和 TPA——过渡程序区等四大功能程序模块。如果模型机采用 64K 内存空间，操作系统由存贮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，它重新定位后操作系统在内存分区如图 2—3 所示。

FFFFH	显示专用区
F800H	BIOS 及引导程序
F000H	用户工作区
8000H	BIOS 向量表 BDOS 向量表
7100H	CCP
6900H	TPA
0100H	0 页保留区 (I/O 字节)→03H 单元
0000H	

图 2 - 3 操作系统在内存的分区图

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基本输入输出操作的处理及对设备的管理与驱动方式。在以后章节中谈到某种设备时，再逐一介绍。

内存空间的最底层零页保留区存放 I/O 字节内容，它定义输入输出的物理设备与系统逻辑设备的对应关系。如果模型机由 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 字节中每二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。

表 2--1 I/O 字节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
bit ₀ , bit ₁	CONSOLE	b ₁ b ₀	
		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
bit ₂ , bit ₃	READER	b ₃ b ₂	
		0 0	键盘输入
		0 1	
		1 0	均未用
		1 1	
bit ₄ , bit ₅	PUNCH	b ₅ b ₄	
		0 0	TTY
		0 1	
		1 0	均未用
		1 1	
bit ₆ , bit ₇	LIST	b ₇ b ₆	
		0 0	TTY
		0 1	CRT
		1 0	未用
		1 1	并行打印机

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

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

系统程序模块中零页保留区 (00FFH~0000H单元) 的地址分配如下:

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, 定义当前盘号;

0005~0007H单元, 存放 BDOS 入口向量;

0008~003FH单元, 存放中断向量;

0040H~004FH单元, 是 BIOS 参数区;

005CH~007CH单元, 存放文件控制块;

0080H~00FFH单元, 是磁盘读/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控制输送下列基本控制参数及调用相应驱动程序;

- ①设备类别或类型地址, 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、标志等等;
- ③操作性质, 如指令操作是控制码还是算逻运算码等;
- ④被交换的数据在内存空间的存贮地址即数据地址;
- 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意等等。

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) 将操作系统所有文件从盘上装到内存的 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调用系统生成程序软件包 (SYSGEN), 把内存中已更改的操作系统 (包括新BIOS及引导程序等所有文件) 存盘。

⑤调试更改的物理设备 (包括所有系统配置), 同时修改BIOS, 直至系统正常工作。

三、程序查询方式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, 因此计算机不可能直接地与外部设备进行输入输出操作。各种外部设备的速率不同, 可以采取各种相应的 I/O接口来实现外部设备与主机CPU的有效通信。而对不同的外部设备, CPU获取信息的方式不同, 计算机必须根据需要进行多种 I/O方式进行有效的输入输出操作。现在, 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。

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) 从外设输入数据到CPU

的指令；(2)从CPU输入数据到外设；(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。

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。如果状态寄存器的有关标志表示该外部设备“准备就绪”(例如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入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存在新的数据信息。

另一方面，输入数据到CPU要稍微复杂一些。在这儿，外部设备把所接收的数据放在数据寄存器里并建立“准备好”状态标志。而CPU则通过输入设备地址周期性地依次检测每个“准备好”标志，以发现“准备好”的外部设备地址。这就是所谓“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 routines)。这里查询外部设备的顺序是按其优先等级进行的。如果给某个外部设备连接到接口单元以较高的优先级别，则在对外部设备的访问序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提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。

软件查询的缺点是当查询大量的外部设备时，用于查询花去了大量时间。而这些时间如果能有效地减少，CPU是能做许多其他工作的。

关于程序查询方式的I/O指令。

程序查询的输出指令助记符常以OTA表示。意思是数据保持在寄存器A(处理器里的寄存器)的低位中，寄存器A的内容传送到以这个助记符后的数字识别的外围设备里去。例如，

OTA 4

即表示把保持在寄存器A的低8位数据输出到设备编号为4的外部设备里去。

程序查询的输入指令的助记符则以INA表示。意思是从以设备号识别的外部设备中输入数据到寄存器A的低8位。例如：

INA 5

即是从设备5输入数据。

对于上述指令来说，输出指令首先检测设备接收数据是否“准备好”，输入指令则先测试外部设备是否提供了新的数据，这些情况都存在一个指示接口单元设备状态的标志。例如，指明是“准备好”标志还是“忙”标志。不过具体这些标志的解释的现行含义取决于机器。例如，PRIME200型计算机的“准备好”标志是表示接口已经为接收数据准备就绪；而设立“忙”标志时则是为了指明从接口到外部设备是否存在有数据传送。计算机在进行数据传送时，接口单元允许装入新的数据(例如双向缓冲器的情况)。在许多情况下，“准备好”标志则表示接通设备开关并做常规的输出操作。而“busy”标志则表示设备忙，现在不能接收数据或指令。NOVA计算机具有两种标志：“busy”表示设备/接口正忙于处理数据，而“done”则指明设备/接口已经做完原定任务。

“done”、“busy”、“ready”均需要由指定的机器指令检测控制总线，CPU通过控制线设