

计算机系统接口

——SCSI

● 欧阳兴华 编



科海培训中心

● 电子工业出版社



TP316
3
1

科海培训中心技术丛书

计算机系统接口——SCSI

欧阳兴华 编

电子工业出版社

(京)新登字 055 号

内 容 提 要

本书从理论到实践对计算机系统接口技术 SCSI 进行了比较深入的分析和介绍。内容主要包括 SCSI 的基本原理、技术规范、要求、特性等。通过对几个典型的 SCSI 器件的详细分析,使读者对其本质有较深的了解。另外,还从几个不同的应用角度介绍了 SCSI 与各种外围设备和计算机系统的接口技术,并介绍了它的测试、安装等。最后五章介绍了各种类型设备的 SCSI 命令集。

SCSI 是近年来得到迅速发展和广泛应用的一门接口技术,对于使用和设计应用控制接口,尤其是外存接口的技术人员来说,本书将会提供非常有益的帮助。

计算机系统接口——SCSI

欧 阳 兴 华 编

特约编辑 杨福成

责任编辑 秦 梅

电子工业出版社出版(北京市万寿路)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

北京密云县印刷厂印刷

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:20.5 字数:528 千字

1994 年 7 月第一版 1994 年 7 月第一次印刷

印数:6000 册 定价:25.00 元

ISBN 7-5053-2590-6/TP·778

前言

本书全面介绍 SCSI 技术的概念、原理、应用和命令集。

SCSI 原意,即小型计算机系统接口 (Small Computer System Interface),但现在人们已不只是把它与小型计算机直接联系起来。因为它已经成为各种计算机,包括微机工作站、小型机、中型机,甚至大型计算机的系统接口。从 80 年代初出现 SCSI 产品后,它一鸣惊人,迅速发展成为一种高性能的普遍采用的接口技术。从 SCSI-1 到 SCSI-2,技术不断接近成熟,从磁盘、磁带机、光盘等外围存储设备接口到各种外围设备,如打印机、扫描仪、计算机网络服务器、图像处理、工业控制等,应用范围不断扩大。现在,在中小型计算机系统和工作站中 SCSI 是一种普遍采用的技术,在高档微机,如 386,486 等它成为先进系统的标志之一。

在国外,几乎所有生产计算机设备的大公司都提供 SCSI 产品,包括应用于各种计算机系统,面向各种总线、各种应用目标的产品,并且仍在以年增长率 20% 以上的速度发展。由于多方面的原因,国内到近三四年才开始逐步认识和应用 SCSI 技术,并逐渐形成了一个 SCSI 产品市场。

SCSI 得到广泛的接受在于它的多方面的优越性。一是传输速度快,现在采用高速宽带方式,SCSI 接口的最高传输速率可以达到 40M 字节/秒以上,二是 SCSI 作为一种智能化的系统级接口,具有独立于物理设备具体特性的高级命令结构,允许多个 I/O 任务并行操作,具备独立的 I/O 处理能力。SCSI 极大地提高了计算机系统的效率。

全书共分十一章。第一章介绍 SCSI 外存接口技术,SCSI 是外存接口的一种,它以各种设备级接口为基础。第二章是 SCSI 简述,包括 SCSI 的基本思想、概念、物理特性等。第三章分析了它的基本原理,包括它的逻辑特性、体系结构等。第四章给出 SCSI 命令结构、消息系统、状态字等。第五章为 SCSI 协议和实现,以 NCR5380 和 NCR5390 两个 SCSI 协议控制器芯片为例说明 SCSI 结构原理、工作流程等。第六章为 SCSI 应用,包括 SCSI 作为 Initiator 和 Target 在各种总线系统中的特点,并以 Ramdisk 5600 为例说明在 MS-DOS 环境下的安装方法。

第七~十一章为命令集。实际上这还不是一个完整的命令集,包括随机存取设备、顺序存取设备、打印设备、处理器设备四种,SCSI-2 标准还规定了其它类型设备的命令集,如 CD-ROM, WORM, 扫描仪等,这些暂未编入本书。为了便于读者、用户与厂家联系,附录一给出部分主要厂家的一些产品和联系地址。

SCSI 发展太快,对许多读者而言,这还是一种新技术。为了满足不同层次读者的需要,本书一方面尽量从基本概念、原理出发分析和解释问题,另一方面从应用实际的角度给出了一些实例,尽可能多提供一些信息,使读者从理论到实际对 SCSI 有一个系统全面的了解,为使用、维护、设计 SCSI 系统创造条件。

书中的一些概念、术语都是第一次出现,有的直接引用原文,如“Initiator”,“Target”,其它任何汉语都难以表达原文的含义。书中必定还会有一些有待改正的地方,我期待读者通过

科海培训中心夏非彼老师与我们联系。我们共同努力把这个先进的技术广泛应用好,这就是编写本书的目的。

本书的许多内容得益于有关的实际工作,因此这里特别感谢黎毅先生等同事的指导帮助。

编 者

1994 年 5 月

目 录

第 1 章 计算机外存接口技术	(1)
1.1 计算机及外设的发展	(1)
1.2 I/O 通道	(2)
1.2.1 通道的功能	(2)
1.2.2 通道的类型	(4)
1.2.3 I/O 指令和通道指令	(5)
1.2.4 通道工作过程	(5)
1.3 计算机外存接口技术	(6)
1.3.1 ST506/412 接口	(7)
1.3.2 ESDI 接口	(12)
1.3.3 SMD 接口	(17)
1.3.4 IPI 接口	(20)
第 2 章 SCSI 简述	(23)
2.1 SCSI 的发展	(23)
2.2 SCSI 系统结构	(24)
2.3 总线信号	(25)
2.4 SCSI 物理接口	(27)
2.4.1 单端方式和差分方式	(27)
2.4.2 终端电源	(29)
2.4.3 SCSI 信号电缆、插座	(30)
2.5 SCSI 接口逻辑特性	(30)
2.5.1 系统组织	(30)
2.5.2 信号值(Signal Values)	(31)
2.5.3 总线仲裁和设备选择、再选	(32)
2.5.4 SCSI 设备之间的信息交换(Information Transfer)	(32)
第 3 章 SCSI 分析	(34)
3.1 引言	(34)
3.2 总线控制	(34)
3.3 总线时序	(36)
3.4 总线阶段	(38)
3.4.1 总线空闲阶段	(38)
3.4.2 总线仲裁	(39)
3.4.3 选择阶段	(40)
3.4.4 再选阶段	(41)
3.4.5 信息传输阶段	(42)
3.5 SCSI 总线条件(Bus Conditions)	(47)
3.5.1 注意条件	(47)
3.5.2 复位条件	(48)

3.6 总线阶段序列	(50)
3.7 SCSI 指针	(51)
第4章 消息、命令和状态	(52)
4.1 引言	(52)
4.2 消息系统(Message System)	(53)
4.2.1 消息系统简述	(53)
4.2.2 消息	(55)
4.2.3 小结	(64)
4.3 SCSI 命令	(64)
4.3.1 命令实现的要求	(64)
4.3.2 命令描述块 CDB(Command Descriptor Block)	(65)
4.3.3 命令举例	(67)
4.4 SCSI 状态	(69)
4.5 命令处理与例外条件	(70)
4.5.1 可编程操作定义	(70)
4.5.2 Initiator 连接错误(Incorrect connection)	(71)
4.5.3 选择非法逻辑单元(Selection of an Invalid Logical Unit)	(71)
4.5.4 参数折算(Parameter Rounding)	(72)
4.5.5 异步事件通告 AEN (Asynchronous Event Notification)	(72)
4.5.6 意外再选(Unexpected Reselection)	(73)
4.6 偶然通信条件与扩展偶然通信条件	(73)
4.6.1 偶然通信条件	(73)
4.6.2 扩展偶然通信条件	(74)
4.7 单元注意条件(Unit Attention Condition)	(74)
4.8 排队 I/O 进程(Queued I/O Process)	(75)
4.8.1 非标号排队(Untagged Queuing)	(75)
4.8.2 标号排队(Tagged Queuing)	(75)
4.8.3 排队 I/O 进程举例	(77)
第5章 SCSI 协议的实现	(79)
5.1 SCSI 系统构成	(79)
5.2 NCR5380 介绍	(81)
5.2.1 概貌	(81)
5.3 NCR5380 的内部结构	(82)
5.3.1 NCR5380 的性能	(83)
5.3.2 NCR5380 的工作特点	(84)
5.4 NCR53C90 技术分析(一)	(86)
5.4.1 5390 概貌	(86)
5.4.2 5390 的寄存器	(89)
5.5 5390 的技术分析(二):命令	(99)
5.5.1 命令特点	(99)
5.5.2 5390 命令集	(100)
5.5.3 Initiator 命令	(101)

5.5.4 Target 命令	(110)
5.5.5 全模式命令	(121)
5.6 5390 技术分析(三):其他技术特点	(122)
第 6 章 SCSI 应用与实践	(127)
6.1 SCSI 的广泛应用	(127)
6.2 SCSI 应用系统	(128)
6.2.1 磁盘和其他存储设备	(128)
6.2.2 计算机网络与 SCSI	(130)
6.2.3 工业控制及其他	(130)
6.3 SCSI 与系统总线	(132)
6.4 SCSI 测试与开发	(141)
6.4.1 对 SCSI 外设测试的挑战	(141)
6.4.2 SCSI 软件、固件的调试及工具	(144)
6.5 SCSI 技术的发展	(146)
6.5.1 智能化 IC	(146)
6.5.2 缓冲技术	(147)
6.5.3 对 SCSI-2 的支持与兼容性	(149)
6.6 安装	(149)
6.6.1 Rimfire 5600 介绍	(151)
6.6.2 安装与配置	(154)
第 7 章 所有设备类型(ALL Device Types)	(161)
7.1 所有设备类型的模型	(161)
7.1.1 SCSI 地址	(161)
7.1.2 适用于所有 SCSI 设备的命令	(161)
7.2 所有设备类型的命令	(162)
7.2.1 CHANGE DEFINITION 命令	(163)
7.2.2 COMPARE 命令	(165)
7.2.3 COPY 命令	(165)
7.2.4 COPY AND VERIFY 命令	(171)
7.2.5 INQUIRY 命令	(172)
7.2.6 LOG SELECT 命令	(176)
7.2.7 LOG SENSE 命令	(178)
7.2.8 MODE SELECT(6)命令	(179)
7.2.10 MODE SENSE(6)命令	(181)
7.2.11 MODE SENSE(10)命令	(183)
7.2.12 READ BUFFER 命令	(184)
7.2.13 RECEIVE DIAGNOSTIC RESULTS 命令	(186)
7.2.14 REQUEST SENSE 命令	(187)
7.2.15 SEND DIAGNOSTIC 命令	(197)
7.2.16 TEST UNIT READY 命令	(198)
7.2.17 WRITE BUFFER 命令	(199)
7.3 设备类型参数	(201)

7.3.1	诊断参数	(201)
7.3.2	登录参数	(203)
7.3.3	模式参数	(209)
7.3.4	重要产品数据参数	(215)
第8章	直接存取设备	(219)
8.1	直接存取设备模型	(219)
8.1.1	可拆卸介质	(219)
8.1.2	逻辑块	(219)
8.1.3	准备就绪状态	(220)
8.1.4	初始化	(220)
8.1.5	介质缺陷	(220)
8.1.6	数据高速缓冲器(Data Cache)	(221)
8.1.7	保留	(221)
8.1.8	寻找和重新置零	(223)
8.1.9	带切口的驱动器(notched drive)	(223)
8.1.10	转动位置锁定	(223)
8.1.11	相对寻址	(223)
8.1.12	错误报告	(223)
8.1.13	实例	(224)
8.2	直接存取设备的命令	(225)
8.2.1	FORMAT UNIT 命令	(226)
8.2.2	LOCK UNLOCK CACHE 命令	(232)
8.2.3	PRE-FETCH 命令	(233)
8.2.4	PREVENT ALLOW MEDIUM REMOVAL 命令	(233)
8.2.5	READ(6)命令	(234)
8.2.6	READ(10)命令	(234)
8.2.7	READ CAPACITY 命令	(235)
8.2.8	READ DEFECT DATA 命令	(236)
8.2.9	READ LONG 命令	(238)
8.2.10	REASSIGN BLOCKS 命令	(239)
8.2.11	RELEASE 命令	(240)
8.2.12	RESERVE 命令	(241)
8.2.13	REZERO UNIT 命令	(244)
8.2.14	SEARCH DATA 命令	(244)
8.2.15	SEEK(6)和 SEEK(10)命令	(247)
8.2.16	SET LIMITS 命令	(247)
8.2.17	START STOP UNIT 命令	(248)
8.2.18	SYNCHRONIZE CACHE 命令	(248)
8.2.19	VERIFY 命令	(249)
8.2.20	WRITE(6)命令	(250)
8.2.21	WRITE(10)命令	(250)
8.2.22	WRITE AND VERIFY 命令	(251)

8.2.23	WRITE LONG 命令	(251)
8.2.24	WRITE SAME 命令	(252)
8.3	直接存取设备的参数	(253)
8.3.1	诊断参数	(253)
8.3.2	登录参数	(255)
8.3.3	模式参数	(255)
8.4	直接存取设备小结	(274)
第 9 章	顺序存取设备	(275)
9.1	顺序存取设备模型	(275)
9.1.1	物理要素	(275)
9.1.2	数据存储特性	(275)
9.1.3	卷的分区(Partition)	(277)
9.1.4	分区的逻辑要素(Logical Elements)	(278)
9.1.5	数据缓冲	(279)
9.1.6	记录的目标描述字(块标识)	(280)
9.1.7	方向与位置的定义	(280)
9.1.8	报告错误	(281)
9.2	顺序存取设备的命令	(282)
9.2.1	ERASE 命令	(283)
9.2.2	LOAD UNLOAD 命令	(283)
9.2.3	LOCATE 命令	(284)
9.2.4	READ 命令	(285)
9.2.5	READ BLOCK LIMITS 命令	(287)
9.2.6	READ POSITION 命令	(288)
9.2.7	READ REVERSE 命令	(289)
9.2.8	RECOVER BUFFER DATA 命令	(290)
9.2.9	RELEASE UNIT 命令	(291)
9.2.10	RESERVE UNIT 命令	(291)
9.2.11	REWIND 命令	(293)
9.2.12	SPACE 命令	(293)
9.2.13	VERIFY 命令	(295)
9.2.14	WRITE 命令	(296)
9.2.15	WRITE FILEMARKS 命令	(297)
9.3	顺序存取设备的参数	(300)
9.3.1	诊断参数	(300)
9.3.2	本节定义顺序存取设备登录参数的描述字和页	(300)
9.3.3	模式参数	(301)
9.4	顺序存取设备词汇表	(306)
第 10 章	打印设备命令	(307)
10.1	打印设备模型	(307)
10.2	打印设备命令	(307)
10.2.1	FORMAT 命令	(308)

10.2.2 PRINT 命令	(309)
10.2.3 RECOVER BUFFERED DATA 命令	(309)
10.2.4 SLEW AND PRINT 命令	(309)
10.2.5 STOP PRINT 命令	(310)
10.2.6 SYNCHRONIZE BUFFER 命令	(310)
10.3 打印设备参数	(311)
10.3.1 诊断参数	(311)
10.3.2 登录参数	(311)
10.3.3 模式参数	(311)
第 11 章 处理器设备	(318)
11.1 处理器设备模型	(318)
11.1.1 主机到主机的通信(SEND)	(318)
11.1.2 主机到主机的通信,SEND 和 RECEIVE	(319)
11.1.3 主机到特殊输出设备	(319)
11.1.4 主机到特殊输入设备	(319)
11.2 处理器设备命令	(319)
11.2.1 RECEIVE 命令	(320)
11.2.2 SEND 命令	(320)
11.3 处理器设备的参数	(321)
11.3.1 诊断参数	(321)
11.3.2 登录参数(Log Parameters)	(321)
11.4 处理器设备词汇	(322)
附录 SCSI 厂家录	(323)

第1章 计算机外存接口技术

1.1 计算机及外设的发展

输入输出操作对计算机系统的影响越来越受到重视,这也是评价计算机系统性能的一个决定性因素。从计算机的发展之初起,主机的速度一直在迅速提高,在60年代达到1 MIPS(Million Instructions Per Second)是很高水平了,现在1000 MIPS的工作站也不再是梦想。相比之下,输入输出(I/O)设备的速度却慢得多,因为I/O设备大多受制于机械操作的速度。例如,打印机、磁盘的速度都并没有很大的提高。这种发展的不平衡使I/O操作成为计算机系统的“瓶颈”。

这种情况在单任务系统中尤其明显。例如,一个系统运算速度为1MIPS,某作业占用总机时1.0秒。其中有效运算时间为1.0ms。中断处理时间为3.0ms,其余时间996.0ms是中央处理机花在I/O作上(如等待键盘,从硬盘调取数据文件、打印……)。对于这种情况中央处理机的利用率为0.4%,尽管主机速度很快,但整个系统的速度却基本上决定于I/O设备操作的速度。这种情况在运行MS-DOS的个人计算机上尤其突出,漫长的文件打印、磁盘格式化、读写等操作使高档的个人计算机也因为I/O操作而严重影响了处理效率。

因此,提高系统效率一直是计算机的各种技术发展的主要目标。办法有两个:一是提高I/O设备的工作频率(如提高打印速度,减少磁盘寻道时间);二是使中央处理机与I/O设备并行工作。提高设备速度是各厂家始终追求的目标。现在硬盘的寻址时间可以达到15ms以下,比十年前缩短了几倍,但是设备速度的提高比主机速度提高要困难得多,慢得多。系统总是不得不把大量的时间花在I/O等待上。因此,并行操作才是把主机从I/O任务中解放出来的最根本途径。多道程序概念的实现使主机的多个进程(包括I/O进程)并行作业,提高了主机的利用率,从而提高了整个系统的效率。

可以认为,计算机技术的发展,很大程度上是得益于并行技术的不断完善提高。SCSI技术的一个重要特点也在于它的并行性。作为一个系统接口实现了I/O操作的并行处理。输入输出系统与中央处理机的连接结构是计算机发展的一个重要课题,这里不妨回顾一下这方面的发展概况。

第一代计算机是采用中央处理机直接控制I/O操作的方式。

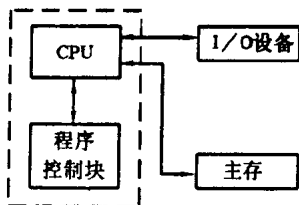


图 1.1 第一代计算机 I/O 控制

在这种连接结构里,没有专用的 I/O 通路和控制部件,所有 I/O 操作都在中央处理机的控制下进行,因此 I/O 设备的速度直接影响处理机的效率。

第二代计算机采用的 I/O 连接方式—交换器方式(又称 I/O 处理机方式)实现了中央处理机和 I/O 设备的并行工作,交换器有自己的专用 I/O 程序、指令,存于主存储器。交换器可以在没有中央处理机的干预下执行 I/O 作业。同时中央处理机既能借助于交换器送来的状态信息去监控 I/O 操作,也能借助于中断信号来交换异常信息。

I/O 中断的引入,解决了中央处理机和 I/O 系统之间的同步。

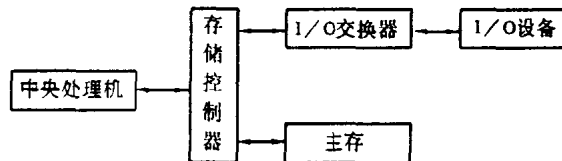


图 1.2 第二代计算机 I/O 控制

第二代计算机的最大优点是实现了中央处理机与 I/O 设备的并行工作。不足之处是扩展性差,如果要增添 I/O 设备则会直接影响 I/O 子系统的设计。第三代计算机出现了新的 I/O 连接方式—通道连接方式。

1.2 I/O 通道

1.2.1 通道的功能

交换器减轻了 CPU 对数据输入输出的控制,显著地提高了 CPU 的效率。而通道的出现则进一步提高了 CPU 的效率。通道是一个特殊功能的处理器,它有自己的指令和程序负责数据输入输出的传输控制,而 CPU 将传输控制的功能交给通道以后,只负责“数据处理”的功能。这样通道与 CPU 分时使用内存,实现了 CPU 的内部运算与 I/O 设备的并行工作。下面对通道的分析,对于理解 SCSI 原理是很有意义的。

图 1.3 是典型的具有通道的计算机系统结构图,这种结构有两种类型的总线。一种是存储总线,它承担通道与内存,CPU 与内存间的数据传输任务。另一种通道总线即 I/O 总线,它负责外围设备与通道之间的数据传送任务。通道总线可以认为是局部总线,存储总线则是系统总线,二者按照各自的时序同时进行工作。

一条通道总线可以连接几个设备控制器,一个设备控制器又可以接一个或多个设备。从逻辑结构上讲 I/O 系统有四级连接:

CPU 与内存—通道—设备控制器—外围设备

对于同一系列的机器,通道与设备控制器之间有统一的标准接口,设备控制器与具体设备之间采用专用接口。大中型计算机系统一般都接有多个通道,对不同类型的 I/O 设备可以进行分类管理。

存储管理部件是内存的控制部件,它的主要任务是根据事先确定的优先次序(由硬件设定或软件决定)决定下一个周期,由哪个部件使用存储总线访问内存。由于大多数 I/O 设备是旋转性的设备,读写信号具有实时性,不及时处理将丢失数据,所以通道与 CPU 同时要求

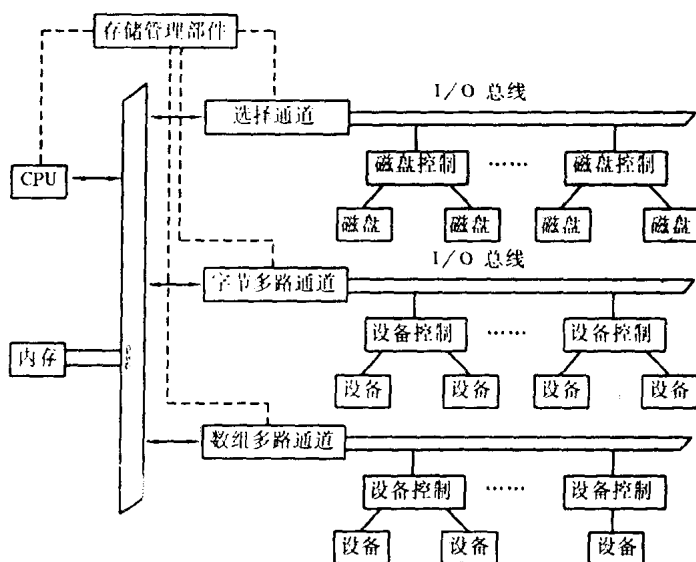


图 1.3 IBM 4300 系统 I/O 结构

访问内存时,通道的优先权通常高于 CPU,在多个通道有访问请求时,选择通道和数据多路通道的优先权高于字节多路通道,因为前者一般都连接高速设备。

通道的基本功能是执行通道指令,组织外围设备和内存进行数据传输,按 I/O 指令要求启动外围设备向 CPU 报告中断等,具体有以下五项任务:

- (1) 接受 CPU 的 I/O 指令,按指令要求与指定的外围设备进行通讯。
- (2) 从内存选取属于该通道的通道指令,经译码后向设备控制器和设备发送各种命令。
- (3) 组织外围设备和内存之间进行数据传送,并根据需要提供数据中间缓存的空间,以及提供数据存入内存的地址和传送的数据量。
- (4) 从外围设备得到设备的状态信息,形成并保存通道本身的状态信息,根据要求将这些状态信息送到内存指定单元,供 CPU 使用。
- (5) 将外围设备的中断请求和通道本身的中断请求,按次序报告 CPU。

CPU 对通道的管理是通过执行 I/O 指令和处理来自通道的中断而实现的。来自通道的中断有两种:一种是数据传送结束中断;一种是故障中断。

通常把 CPU 运行操作系统的管理程序的状态称为管态,而把 CPU 执行目标程序的状态称为目态。大中型计算机的 I/O 指令都是管态指令,只有当 CPU 处于管态时才能运行 I/O 指令,目态时不能运行 I/O 指令。这是因为大中型计算机的软硬件资源被多个用户共享而不是某个用户专用。

通道通过使用通道指令控制设备器进行数据传送操作,并以通道状态字接收设备控制器反映的外围设备的状态。因此,设备控制器是通道对 I/O 设备实现传输控制的执行机构,设备控制器的具体任务如下:

- (1) 从通道接受通道指令,控制外围设备完成要求的操作;
- (2) 向通道反映外围设备的状态;

(3) 将各种外围设备的不同信号转换成通道能够识别的标准信号。

1.2.2 通道的类型

根据通道工作的方式,通道分为选择通道、数组多路通道、字节多路通道和通道适配器四种类型。一个系统可以兼有任何其中几种类型的通道。

1.2.2.1 选择通道

又称高速通道。在物理上它可以连接多个设备,但这些设备不能同时工作,在某一段时间内通道只能选择一个设备进行工作。选择通道像一个单道程序的处理器,在一段时间内只允许执行一个设备的一个通道程序,只有当这个设备的这个通道程序全部执行完毕以后才能执行其他设备的通道程序。

选择通道主要用来连接高速设备,如磁盘、磁带等信息以成组方式高速传输。由于数据传输率高,高达1兆字节/秒以上。通道在传送期间只为一台设备服务是合理的,但是这类设备往往机械辅助时间很长,如磁盘机平均找道时间为20~30ms,磁带机走带时间可长达几分钟。在这样长的时间里通道处于等待状态,因此整个通道的利用率不是很高。

1.2.2.2 数组多路通道

这是对选择通道的一种改进。它的基本思想是:当某设备进行数据传送时通道只为该设备服务,当设备进行寻址等控制性机械动作时,通道暂断开与这个设备的连接,挂起该设备的通道程序去为其他设备服务,即执行其他设备的通道程序。数组多路通道自动负责各个通道程序的执行顺序、中断现场保护、恢复,所以数组多路通道很像一个多道程序的处理器。

由于数组多路通道既保留了选择通道高速传送数据的特点,又充分利用了控制性操作的时间间隔为其他设备服务,使通道的效率充分得到发挥。因此,数组多路通道在实际系统中得到较多应用。

1.2.2.3 字节多路通道

字节多路通道主要用于连接大量低速设备,如纸带输入机、打印机等。这些设备的数据传输率低,例如,纸带输入机的数据传输率是1000字节/秒,字节之间的传送间隔是1.0ms,而通道从设备接收或发送一个字节只要不到1微秒。因此,通道在字节之间有很多空闲时间,字节多路通道正是利用这个空闲时间为其他设备服务。

字节多路通道和数组多路通道有共同之处,即它们都是多路通道。在一段时间内能交替执行多个设备的通道程序,使这些设备同时工作。

二者也有不同之处,主要是:(1)数组多路通道允许多个设备同时工作,但只允许一个设备进行传输型操作,而其他设备进行控制型操作。而字节多路通道不仅允许多个设备同时操作,而且允许它们同时进行传输型操作。(2)数组多路通道与设备之间的数据传送的基本单位是数据块(如一个扇区、一个记录等),通道必须为一个设备传送完一个数据块以后,才能为别的设备传送数据块,而字节多路通道与设备之间的数据传送基本单位是字节。通道为一个设备传送一个字节以后,又可以为另一个设备传送一个字节,因此,各设备与通道之间的数据传送是以字节为单位交替进行。

1.2.2.4 通道适配器

在某些系统中,除配置上述三种类型的通道以外,还常常配置一种通道适配器,例如,磁

盘文件适配器、控制台适配器等。

通道适配器是将通道与某些设备控制器结合在一起的专用性质的通道。它用于与某些特定类型设备连接,这些设备一般是系统常用的或必备的,其工作原理与一般通道类型相似,只是它的逻辑设计是针对专用设备的,适配器与设备之间有专用接口线。

由于通道适配器放弃了通用性,将通道与设备控制器结合在一起,因此,它的性能价格比要比一般通道高,又因为它所连接的设备大部分是专用的,所以它的专用性并不影响它的广泛使用。

1.2.3 I/O 指令和通道指令

I/O 指令是 CPU 专门用来控制输入输出操作的指令,它们是 CPU 指令系统的一部分,由 CPU 译码和执行。

与程序控制的 I/O 方式不同,在具有通道结构的机器中,I/O 指令不实现 I/O 数据传送,而是由通道指令实现这种传送。I/O 指令的基本功能主要是启动、停止 I/O 的过程,了解通道和设备的状态以及控制通道的其他一些操作。

通道指令也叫通道控制字(CCW),它是通道用于执行 I/O 操作的指令,它可以由管理程序存放在内存的任何地方,由通道从内存取出并执行。

通道程序由一条或几条通道指令组成。如果由几条通道指令构成就称为通道指令链,它是通过命令链和数据链两个特征位实现的。

1.2.4 通道工作过程

1.2.4.1 通道状态字(CSW)

和 CPU 的 PSW(程序状态字)一样。它用于记录 I/O 操作结束的原因,以及 I/O 操作结束时通道和设备的状态,CSW 通常放在内存的固定单元中,此专用单元在执行一个 I/O 指令或中断之前是有效的。

1.2.4.2 I/O 中断

I/O 中断是 I/O 系统与 CPU 保持逻辑联系的重要手段,它是 CPU 和操作系统管理外围设备的手段。各种输入输出中断的原因均寄存在通道状态字中,由通道状态字反映中断的性质和原因。

1.2.4.3 数据链与命令链

数据链就是通过在通道指令寄存器中的相应位进行设置来告知通道指令执行机构在执行完成当前指令后,自动转入下一条指令或者结束数据传送过程。这样几条通道指令构成一个通道指令链,中间的连续几个数据传送单位就是数据链。数据链的实现是由几条指令而实现的。但指令链不一定实现数据链。如一个通道程序包括:启动操作+传送一个单位字节+停止,包括三条指令。

下面是一个 5 条指令组成的通道程序:

075013

表 1-1

命 令	数据地址 (H)	特征位(二进制)					数值
		CD	CC	S<1	SKIP	PC1	
倒带		0	1	0	0	0	
走带	0003	0	1	0	0	0	
读	31B0	1	0	0	0	0	256
读		1	0	0	1	0	256
读	5000	0	0	0	0	0	512

这个通道程序把磁带记录区的部分内容送到内存的不同区域。第一条指令使某磁带存储器(由 SID 指令的 I/O 地址段决定)反绕到始端。第二条指令磁带向前走若干个记录区(此处由 0003 指出走 3 个记录区)。这两条通道指令是控制型指令实现磁带的定位。显然,它们是两条不同操作的通道指令。又因为通道指令的 $CD=0, CC=1$, 说明第三条指令的操作与第二条不同。

第三条指令说明读出长度为 256 个字节的数据送到首地址为 31BOH 内存缓冲区, 因为它的 $CD=1, CC=0$, 所以下条指令与第三条指令的操作相同, 即继续走带。由于第四条通道指令的封锁写入内存标志 $SKIP=1$, 故本通道指令的功能是只读带而不向内存传送数据, 其结果等于跳过磁带的 256 个字节。由于本通道指令 $CD=1, CC=0$, 说明第五条通道指令仍是读写操作, 而且是读 512 字节。因为 $SKIP=0$, 所以向内存传送数据。内存首址是 5000H, 因为 $CD=0, CC=0$, 因此执行完本通道指令后, 通道程序结束。

1.3 计算机外存接口技术

上一节比较详细地介绍了 I/O 通道。SCSI 本质来源于数组多路通道概念, 只是把这种大中型计算机系统的技术移植到小、微型计算机技术中, 并得到不断发展完善。对通道概念的理解, 尤其是对数组多路通道的了解会使我们更好地认识 SCSI。

在微型计算机系统中 I/O 系统相对而言要简单得多, 例如, 目前许多个人计算机的软盘、硬盘的控制都是带 DMA 控制的低级接口, 如 STD506 接口、ESDI 接口等。图 1.4 是一个微型计算机系统的外存接口。控制器与存储设备之间的接口叫设备级接口, 主机和主机适配器之间的接口采用微型计算机系统总线, 主机适配器和控制器之间的接口属于系统级接口。在许多微型计算机系统中, 主机和外设之间的接口设备就是外设控制器; 融适配器和控制器于一体。例如, IBM-PC/XT 系统中, 主机通过 IBM-PC I/O 总线与固定盘驱动器适配器, 即控制器连接。适配器通过 ST506/412 标准与驱动器相连。到了 70 年代后期, 随着设备级接口的不断成熟发展, 在多用户微机系统, 小型事务处理机系统上, 温盘子系统的概念逐渐成熟。

由于计算机内部总线不同, 给控制器生产厂家带来不便, 为了达到控制器通用的目的, 人们设想像大型机一样把磁盘控制器从专用型中脱离出来, 形成独立的通用型控制器。这是通过在控制器与主机之间接入不同的适配器, 即把内部总线的差别消化在适配器中。随着通