

计算机输入输出系统及接口

张建 韩辛 编著

宇航出版社

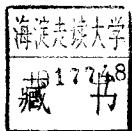
334

141

TP334
ZJ/1

计算机输入输出系统及接口

张建 韩辛 编著



宇航出版社

内 容 简 介

本书是以美国IBM公司在最近几年发表的有关资料为基础进行编写的。全书共分六章,系统而全面地介绍和阐述了大中型计算机(特别是370系统)的输入输出系统及接口的工作原理和使用操作过程。书末附录中给出了接口的电气技术条件、电缆连接和接插件等有关辅助资料。

本书可供计算机硬、软件工程设计人员、计算机使用人员和有关大专院校师生阅读和参考。

计算机输入输出系统及接口

张建·韩辛 编著

责任编辑:宗兆武

★

宇航出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

山东电子工业印刷厂印刷

(淄博市周村)

★

开本:787×1092 1/16 印张:10.5 字数:260千字

1988年8月第1版第1次印刷 印数:1—5000册

ISBN 7-80034-115-1/TP·009

定价:3.20元

前 言

随着计算机系统的飞速发展和应用领域的日益扩大，系统要求的数据输入输出量越来越大，数据传输速度越来越高，输入输出设备的性能越来越强，种类也越来越多，这就导致输入输出系统在计算机中占据非常重要的地位。计算机系统的综合处理能力，系统的可扩展性、兼容性、可靠性、可用性、可维护性及性能价格比等都与输入输出系统有密切的关系。

本书以最近几年IBM公司发表的有关资料为基础，整理编译了输入输出系统及接口的工作原理和操作过程。编者希望本书能成为计算机硬、软件工程设计人员，广大的计算机使用者和有关专业大学生的一本有益参考书。

由于编者水平有限，错误和不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

张建 韩平

1985年12月于北京

目 录

第一章 输入输出系统的组成和连接	(1)
1.1 输入输出设备	(2)
1.2 控制器	(4)
1.3 通道	(5)
1.4 输入输出系统的操作	(10)
1.5 操作的互换性	(13)
第二章 输入输出设备的控制	(14)
2.1 输入输出设备的编址	(14)
2.2 输入输出系统的状态	(15)
2.3 输入输出系统的清除	(18)
2.4 条件码	(19)
2.5 指令格式	(22)
2.6 指令	(22)
2.7 输入输出指令异常的处理	(44)
第三章 执行输入输出操作	(45)
3.1 数据分块	(45)
3.2 通道地址字	(45)
3.3 通道命令字	(46)
3.4 命令码	(47)
3.5 指定存储区	(48)
3.6 链接	(49)
3.7 跳跃	(52)
3.8 程序控制中断	(52)
3.9 通道间接数据寻址	(54)
3.10 暂停通道程序的执行	(56)
3.11 命令	(57)

3.12 命令复执	(64)
第四章 输入输出操作的结束	(66)
4.1 结束的类型	(66)
4.2 输入输出中断	(72)
4.3 通道状态字	(75)
第五章 通道运行记录与输入输出通讯区	(95)
5.1 通道运行记录	(96)
5.2 输入输出通讯区	(96)
第六章 输入输出标准接口	(101)
6.1 功能介绍	(101)
6.2 操作说明	(114)
6.3 扩充的装置	(126)
附录A 输入输出接口上的电气技术条件	(134)
一、对多路驱动器和接收器的基本要求	(134)
二、一般的电气技术条件	(134)
三、接口电路技术条件	(135)
四、“选择输出”电路的电气技术条件	(137)
附录B 信号电缆连接和接插件	(142)
一、电缆连接	(142)
二、接插件	(144)
附录C 辅助资料	(147)
参考文献	(162)

第一章 输入输出系统的组成和连接

输入输出系统是计算机的重要组成部分，它的主要功能是在主存储器 and 输入输出设备之间传送信息。由图1-1可以看出，除了中央处理机和主存储器之外，计算机的其它部分基本上都属于输入输出系统。

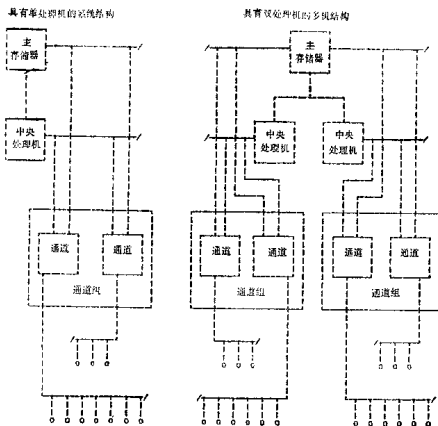


图1-1 计算机的逻辑结构

输入输出系统包括输入输出设备、设备控制器、输入输出管理部件和相应的软件。在大中型计算机中，输入输出管理部件多采用通道和通道子系统。输入输出设备经过设备控制器连接到通道上，输入输出设备和主存储器之间的信息传输由通道控制。在设备控制器和通道之间有着统一的标准接口，便于设备的更新和扩充。而控制器和输入输出设备之间则根据设备不同而有不同的专用接口。通常，主机只通过一条通道访问某台输入输出设备（在S/370方式下），而转换设备（如3814转换系统）能使主机通过多个通道访问同一设备，这是通过通道和控制器之间的转换矩阵实现的。

1.1 输入输出设备

输入输出设备为系统提供外部存储器,在数据处理系统之间或者在系统与其环境之间提供通讯手段。输入输出设备包括读卡机、穿卡机、磁带机、直接存取存储器(盘与鼓)、显示设备、键盘打字设备、打印机、远程处理设备和检测设备。

大部分输入输出设备(例如打印机、卡片设备或磁带机)可以直接处理外部介质,而且这些设备是可以区别和辨认的。除了这些设备之外,其余的设备只是电子设备,它们不直接处理具体的记录介质。例如,通道至通道的适配器只提供通道与通道之间的数据传输通路,但不能把数据传到存储器以外的具体记录介质上。同样,传输控制器用来管理数据处理系统和远程站之间的信息传输,它的输入和输出就是传输线上的信号。输入输出设备在结构上可以是单独的设备,也可以是与其它输入输出设备分时工作的设备。

输入输出设备请求通道服务时,可能通道正忙于其它工作而不能满足它的要求,这时输入输出设备就要等待通道的服务。如果在某段等待时间内,通道为它提供了服务,它就能满意地工作。否则就可能发生超限(overrun)。输入输出设备能够等待通道服务的最长时间称为临界时间。输入输出设备以字节多路方式工作时,如果在临界时间内未得到通道的服务,就会对其性能产生不同程度的影响。根据影响程度不同,可以把所有的输入输出设备划分为三个等级:

1 级设备 这类设备容易发生超限。如果等待时间超过临界时间,就不能成功地传输数据,并且发生超限,由此而产生的出错指示会引起输入输出中断请求,并需要相应的程序恢复动作。例如,2501读卡机在传送数据时,临界时间为0.462ms,如果它在这段时间内未得到通道的服务,就会产生输入输出中断请求,而操作员必须干预和重新输入卡片。

2 级设备 这类设备要求通道服务与它们的机械操作相同步。如果等待时间超过临界时间,输入输出设备就必须重新取得同步,这就会形成附加的时延,使设备性能降低。设备性能的降低是由于等待通道和重新同步的综合时延形成的。例如,IBM2540读卡穿卡机的读卡机部分,它的临界时间为6.5ms,如果在此时间内通道未提供服务,就会产生附加的20ms的接续使用时间,这就导致性能下降,使2540的工作速率低于它的每分钟1000张卡片的额定速率。

3 级设备 这类设备不要求通道服务与它们的机械操作相同步。如果等待时间超过临界时间,输入输出设备继续等待通道服务,由此会引起附加的时延,从而使设备性能降低。例如IBM3211打印机,当它的数据缓冲器被装满,而且完成了换行动作,它就可以开始打印。3211的临界时间为7.08ms,在此时间内,缓冲器应被装满,并完成换行动作。如果通道未能在设备的临界时间内完成服务(即装满缓冲器和完成换行),就会引起3211打印机的性能下降。

表1-1列出了若干输入输出设备的等级和临界时间,同时还给出在成组多路通道和选择通道中成批方式工作时的数据速率供读者参考。通常,为了提高通道的工作效率,应该首先连接1级设备,使之具有最高优先权,而后才连接2、3级设备,后者具有较低的优先权。

从输入输出设备是否装有缓冲器可以将它们分为缓冲型和非缓冲型设备。无论对于哪种

表1-1

输入输出设备的等级

输入输出设备	类别	字节多路通道中工作时的临界时间(ms)	成组多路通道和选择通道中成批方式工作时的数据速率(s)
3501-B1 卡片映象 EBCD	1 1	0.480 0.480	1.60KB 0.80KB
3501-B2 卡片映象 EBCD	1 1	0.480 0.480	2.67KB 1.33KB
3803需助			1600bpi 635cbpi
3420-3	1	成批方式	120KB —
3420-4	1	成批方式	100KB 400KB
3420-5	1	成批方式	200KB —
3420-6	1	成批方式	200KB 160KB
3420-7	1	成批方式	320KB —
3420-8	1	成批方式	320KB 1250KB
3880-1或-2 带3370或3375	1	共用成组多路通道	1.198KB
3880-2或-3 带3380	1	没有限制数据流功能的成组多路通道	1.859KB
2540-1 穿孔 格式二进制码 EBCD 读出 格式二进制码 EBCD	— — 2 2 2 2	— — 14.00 14.00 6.50 6.50	— — 0.80KB 0.40KB 2.67KB 1.33KB
3205-5	2	12.00	2.64KB
3505-B1	3	0.00	数据方式1:187KB
3505-B2	3	6.00	数据方式2:350KB
3540-B1、-B2	3	4.17	0.9~286KB
3211	3	7.03	

配置,缓冲型设备都优于非缓冲型设备。缓冲型设备能够更加顺利地利用通道。这类设备在需要使用通道时请求使用通道,如果通道忙,它就等待。这样的设备能够实现无超限的

操作,而且减少了错误处理程序或操作员干预的次数。例如,IBM 8505读卡机能缓冲80个字节,当通道忙碌时,它就等待通道服务。IBM 2501读卡机只能缓冲1个字节,它每次传送一个字节,而且等待服务时间不能超过临界时间。另一个例子是IBM 3705通讯控制器,它的某些型号具有软件控制的缓冲器,而且为每条通讯线配置一个缓冲器,这些缓冲器的大小足以接收最大的输入信息。缓冲型设备能够很好地克服数据超限现象,而且从缓冲型设备发出的数据块较长,有利于发挥通道工作的效率。

1.2 控 制 器

控制器提供了操纵和控制输入输出设备所必须的逻辑能力,并且使每种设备的特性都能适应通道提供的标准控制方式。

控制器从通道接收控制信号,控制数据传输的定时,并提供有关设备状态的指示。

连接到控制器上的输入输出设备,可以用来完成有限的操作,也可以用来完成许多不同的操作。典型的操作是移动记录介质和记录数据。为了完成这些功能,每种设备都需要专用于该类设备的详细信号序列。控制器将从通道收到的命令进行译码,针对具体设备进行解释,并提供执行操作所需的信号序列。

一个控制器可以单独存在,也可以在实体和逻辑上与输入输出设备或主机连在一起。在大多数机电设备中,设备和控制器之间要有清楚的接口,这是因为控制器和设备所包含的部件种类各不相同。这些机电设备往往是连接到控制器上的一组设备,这些设备共同使用一台控制器,在某个时刻只能有其中的一台设备工作(例如多台磁带或多个磁盘存取机构)。另一方面,在某些电子式输入输出设备中(例如通道到通道的适配器)控制器本身不能单独分离出来。

控制器能够同时管理和控制所连接的多台输入输出设备操作,而不会失去控制或丢失数据,根据控制器具有的这种能力大小,可以把它分为三种类型:

1 型控制器 这种控制器在某一时刻只能控制一台输入输出设备的操作。如果它正在执行一个输入输出操作或者输入输出操作链,就不能处理它所连接的其它输入输出设备的操作。这种控制器的持续工作时间从接收第一条命令开始,直至通道清除控制器中的命令链接条件为止。

当控制器连接的某个输入输出设备检出了错误条件,而且产生了有关的断定信息时,该控制器能够保存这个输入输出设备的断定信息。其前提是:它所连接的其它输入输出设备未启动其它操作。其它操作必须被限制的时间区间,是从通道接收设备出错(Unit-check)信号起,一直到发出设备出错误信号的那个设备又一次接收命令(但不能是查询输入输出或空操作命令)为止。

如果出现上述两种情况中的任何一种情况时,通道企图用连接在控制器上的其它输入输出设备来执行初始选择序列,这样则可能失去对正在进行的输入输出操作的控制,或者丢失可用的断定信息。

如果在1型控制器发出通道结束信号但尚未发出设备结束信号时,通道发出进行命令链接的指示,则发出通道结束信号的输入输出设备就成为下一次控制器用来发出设备结束信号

的输入输出设备。也就是说，在此期间，同一个输入输出接口上的其它输入输出设备不能访问这个控制器。

2 型控制器 这种控制器能够同时控制多个输入输出设备的操作，而且不会丢失等待处理的断定信息，或者失去对正在进行的输入输出操作的控制。如果发生这样的情况，控制器应该限制并行操作的数目，而且，只要通道企图启动初始选择序列，控制器就发出相应的忙指示。如果某台控制器只分得一个地址，它就是一台 2 型控制器。

3 型控制器 这种控制器同时具有 1 型和 2 型控制器的长处。在没有识别出用断定信息表示的错误条件时，3 型控制器能同时控制多台输入输出设备的操作，而且不会失去对正在进行的输入输出操作的控制。无论何时，3 型控制器都应限制并行操作的数目。如果实际的并行操作数超过所限数目，则当通道企图启动初始选择序列时，控制器将发出相应的忙指示。如果 3 型控制器连接的某台输入输出设备检出错误条件，有关的断定信息也已产生，则控制器能够保存输入输出设备的断定信息，其前提是其它输入输出设备不启动其它操作。其它操作的启动需要推迟，延迟时间是从通道接收设备出错信号时起，一直到发出设备出错信号的设备又一次接收命令（但不能是查询输入输出或空操作命令）为止。

从用户的观点来看，由控制器执行的很多功能可以与输入输出设备执行的功能合并在一起，所以本书不单独讨论控制器的详细功能，有关输入输出操作的介绍就好像输入输出设备直接与通道通讯一样。只有在强调控制器执行的功能时，或者在说明若干设备共用控制器对输入输出操作产生的影响时，才提到控制器。

1.3 通 道

通道控制着输入输出设备和主存储器之间的信息流动。它能减轻主机与输入输出设备之间的直接通讯操作，并允许数据处理与输入输出操作并行工作。

通道能够把不同类型的输入输出设备与主机和主存储器连接起来。它从主机接收程序提供的控制信息，再把它改变成控制器和设备能够接收的信号序列。同样，当输入输出设备发出要引起程序注意的信号时，通道把这些信号转变为主机能够使用的信息。

通道具有多个装置(facilities)用来控制输入输出操作。在执行有关数据传输的输入输出操作时，通道汇集或分解数据，并使数据字节的传送与主存周期同步。为了做到这一点，通道保留并修改地址和计数器，指出数据在主存储器中的起点和终点。当通道拥有的多个装置作为独立设备专门控制输入输出设备时，输入输出操作完全可以与主机操作相重叠。在这样的通道中，只有在需要与主存储器某些单元交换数据和控制信息时，才占用主存周期。除了主机和通道都要访问同一主存区域的情况外，这些周期不会影响主机程序。

如果未提供单独的设备来控制输入输出设备，就要使用主机的多个装置来控制输入输出设备。当主机和通道，或者主机、通道和控制器共用多个公用装置时，输入输出操作会对主机产生不同程度的影响，可能使主机周期偶然延迟，也可能完全停止主机操作。具体的影响程度取决于公用的范围和输入输出的数据速率。不过，各个装置的公用是自动实现的，程序不受主机时延的影响，只不过增加了执行时间。

1.3.1 操作方式

输入输出操作具有两种方式：成批交换方式和字节交换方式。

在成批方式中，输入输出设备独占与其相接的通道，并在传输一批信息期间与该通道保持逻辑上的连接。在传输一批信息期间，其它设备不能与该通道通讯。一批信息可以是几个字节、整块数据、与控制 and 状态信息有关的若干个信息块（块长可以为0），也可以是独占通道的状态信息。在能够以成批方式工作的通道中，几个并行工作的输入输出设备能共用该通道的多个装置。

有些通道在成批方式工作时容许空缺一段时间不传输数据，例如在读带时往往有一段很长的空隙，它几乎占用半分钟时间。当超过这段时间还不传送数据时，就会指出设备故障。

在字节交换方式中，输入输出设备只在一段较短的时间内与通道保持逻辑上的连接。在能够以字节交换方式工作的通道中，几台并行工作的输入输出设备能够公用通道的多个装置。在这种方式中，所有的输入输出操作都被分为较短的间隔。每个间隔中只能传输一段信息，而且在此间隔期内，只有一台设备与通道保持逻辑上的连接。这些间隔对应着多台输入输出设备的并行操作，它们顺序地满足各个设备的要求。通道控制仅在需要传送一段信息时从事某个操作，这段信息可以是一个字节的数据、几个字节的数据、设备的状态报告或用以启动新操作的控制序列。

某些设备在用字节交换方式传送数据时，能够选择每个数据传送序列期间传送的字节数目。例如，IBM 3211 打印机既可以按成批方式工作，又可以按字节交换方式工作，在后一种方式下，可以指定传送单字节，也可指定传送6个字节。因为在数据传输序列中花费的大部分时间是用于控制的，我们增大每批信息的规模（每个序列传送的字节数），仅使这个序列占用的通道忙时间有较少的增加，而增大每批信息的规模会减少所需的数据传输序列数目（例如，3211 打印机用6字节的交换方式时，减少了六分之五），其结果是显著地提高了通道效率和数据传输速率。所以，用字节交换方式工作的设备，都应尽量增加每个数据传送序列中传送的字节数目。

成批方式和字节交换方式下的操作是不同的，这是因为在两种方式下通道响应输入输出指令的方式不同。以成批方式管理设备的通道，对新的输入输出指令回答忙，而以字节交换方式管理一个或多个设备的通道，能够启动另一个设备的操作。如果一个通道能以两种方式工作，当它正在与某个输入输出设备通讯时，碰上主机发出的一条新的输入输出指令，则通道延时执行这条指令，直至当前进行的操作方式结束后才执行之。只有在通道满足了各个设备先前提出的要求之后，才能启动新的输入输出操作。

以字节交换方式传送的一小批数据与成批交换方式中的一个操作相比较，其差别在于两批数据的长度不同。有的通道既能以成批方式又能以字节方式工作，实际情况下按何种方式工作，取决于超时（time out）。只要是传送一批信息时，设备连接到通道上的时间大于100 μ s，就认为通道是以成批方式工作。而从控制器的观点来看，在一个传送序列中，控制器提供的时间大于32 μ s时，最好采用成批方式工作。

通常，数据传输速率较高的设备与通道相接时，以成批方式工作，而传输速率较低的设备以字节交换方式工作。某些控制器具有手动转换开关，用来置操作方式。

1.3.2 通道的类型

一个系统可以配置三种类型的通道：选择通道、字节多路通道和成组多路通道。

在通道内部，在完成一个输入输出操作期间必须提供的多个装置统称为子通道。子通道包括内部存储器，用来记录与输入输出操作有关的地址、计数、状态和控制信息。通道能够提供的多路交换能力取决于它有多少个子通道。

选择通道含有的装置最少，它只有一个子通道，而且总是迫使输入输出设备以成批方式传输数据。每批信息遍及整个数据块，或者，在指定命令链接时，能遍及与这个命令链有关的所有数据块。选择通道不能进行多路传输，每次只能执行一个输入输出操作或者一个操作链。在此期间，连接到该通道上的其它输入输出设备，可以执行早先启动的与通道无联系的操作，例如磁带反绕。当选择通道既未执行操作或操作链，也未处理中断时，能监督它所连接的设备状态。

字节多路通道具有多个子通道，而且在任何时间都能以字节交换或成批交换方式工作。当通道连接的多个输入输出设备都采用字节交换方式工作时，该通道的工作效率最高。工作方式是由输入输出设备决定的，而且在数据传输期间的任何时间都能改变工作方式。如果不传输数据，工作方式就没有意义了。对应于一个操作的数据传输，可以部分地按字节交换方式、部分地按成批方式进行。

成组多路通道具有多个子通道，而且只能以成批方式工作。当通道连接的多个输入输出设备都采用成批方式时，通道的工作效率最高。在允许使用多路方式时，通道准许在 batches 之间进行多路传输，而在指定命令链接或者执行命令复执的情况下，准许在各个信息块之间进行多路传输。在大多数机型中，当指定命令链接时，必须使每批信息遍及相应的数据块，并在各个数据块之间进行多路传输。是否进行多路传输，取决于通道和输入输出设备，也取决于成组多路控制位的状态。

成组多路控制位即控制寄存器 0 的第 0 位，该位为 0 时，禁止多路传输，该位为 1 时，允许多路传输。

成组多路通道执行输入输出操作时，是禁止多路传输还是允许多路传输，取决于“起动输入输出”或“起动输入输出快速释放”指令起动操作时成组多路控制位的状态，而且在可以使用有关的子通道之前，它一直适用于对应的输入输出操作。

为简便起见，今后在说明字节多路和成组多路通道公用的功能或装置时，使用术语“多路通道”。多路通道包含的子通道数目可多可少。在多路交换方式下工作时，各个子通道都能并行地支持各自的输入输出操作，但是通道的总负载不能超出它的容量。对于程序来说，每条子通道都相当于一个独立的选择通道，只是与具体通道有关的通讯特征有所不同。（例如，多路通道中的各个子通道不能使“查询通道”指令或被控制通道输入输出中断的屏蔽区分开来）当多路通道未向输入输出设备提供服务时，可以监视所接设备的数据和状态信息。

多路通道中的子通道可以是公用的，也可以是不公用的。

如果一个子通道只能由一个输入输出设备使用，则称为不公用的。使用不公用于通道的设备（例如 IBM3330 磁盘存储器的一个驱动器）对通道程序的并行操作没有任何限制。

如果一组设备使用同一子通道传输数据，则称这个子通道为公用的，在传输数据时，每次只有一台设备使用公用于通道。使用公用于通道的设备，象磁带机或某些磁盘存取机构可以

公用一个控制器。对于这类设备,子通道的公用不会限制多个输入输出操作的同時存在,这是因为控制器每次只允许一台设备进行数据传输。多台输入输出设备可以公用一台控制器,但不一定公用一个子通道。例如,连接到 IBM 2702 传输控制设备上的每条传输线都对应着一个不公用的子通道,而所有的传输线公用着一台控制器。

程序设计注意事项:

利用设置成组多路控制位的方法,可以使成组多路通道按选择通道方式工作。但是,由于成组多路通道本身就能交替地执行多路输入输出操作,而且成组多路控制位能被随时改变,所以这种通道能够同时执行一个或多个允许多路交换的操作和一个禁止多路交换的操作。

因此,为保障与选择通道的操作相互间彼此完全兼容,在成组多路通道作为选择通道开始工作时,在该成组多路通道上工作的所有子通道都必须是可用的,或者按禁止多路交换的方式工作。而且,此后所有的操作都应当按成组多路控制位置于禁止多路交换(即该位为 0)的方式启动。

1.3.3 通道的性能

在一个系统配置输入输出设备时,一个重要的问题是如何最大限度地发挥通道的性能。通道的性能与下列因素有关:

(1) 通道所连接的设备特点,例如数据传输速率、标志定时(tag timings)、字节多路通道每批传输信息的大小、通道利用率、设备等级和设备的临界时间。

(2) 输入输出接口上多个输入输出控制器的具体连接,包括电缆长度。

(3) 通道路序的特点,例如链接命令的数目和类型、间接数据寻址的使用、边界调整、数据块的大小、数据链接和错误恢复程序。

(4) 内部负载,涉及通道内部的活动和存储器总线。

由于这些因素之间具有复杂的关系,而且系统配置具有多种形式,在确定输入输出部分时,应该综合考虑上述诸因素。

在设置通道时应考虑与性能有关的多种因素是:

(1) 经过的时间(elapsed time);

(2) 临界时间(critical time);

(3) 超限;

(4) 设备等级(参看“输入输出设备”一节)。

1. 经过的时间 它的意思是指字节多路通道为其连接的输入输出设备提供服务所必须经过的时间。这个时间由三个部分组成:通道服务时间、较高优先级时间(higher-priority time)和较低优先级时间(lower-priority time)。

(1) 通道服务时间 是指通道为设备提供服务所需的时间,包括设备标志时间(device tag time)、电缆传输时间、为请求的控制序列服务所需的通道忙时间和等待通道资源的时间。

(2) 较高优先级时间 当输入输出设备请求通道服务时,如果在同一通道上,有若干个较高优先级设备也在请求通道服务,则该设备必须等待它们工作结束。

(3) 较低优先级时间 当输入输出设备请求通道服务时,如果在同一通道上有较低优先

级设备正在工作, 则它必须等待较低优先级设备工作结束。

这三个时间的总和是为一个设备提供服务所必须经过的时间。这些时间的先后次序是: 较低优先级时间、较高优先级时间、通道服务时间。

图1-2表示经过的时间, 这个时间包括字节多路通道的服务时间和竞争该通道造成的延时。竞争字节多路通道而造成的延时包括较低优先级延时和较高优先级延时。较低优先级延时指的是, 设备4(一个较低优先级设备或控制器)正好在设备3之前请求和接受了通道服务, 而使通道处于忙状态的时间。较高优先级延时是设备1和2(较高优先级设备)能够保持通道忙的时间。当设备4释放该通道时, 设备1和2(如果已经准备好)在设备3之前先接受通道服务。而且, 如果设备3在输入输出操作完成之前暂时地释放该通道(断开的命令链或者用字节多路方式传送缓冲器的一部分), 设备1和2(如果准备好了)可以再一次接受通道服务。

2. 临界时间 输入输出设备能够等待通道服务而不会对其性能产生不良影响的极限时间, 称为临界时间。每种输入输出设备, 对于该设备和通道之间各种序列所需的经过时间, 都有多种限制, 如果不满足这些时间限制, 就会降低设备性能。

对于在成组多路通道上工作的设备来说, 对临界时间具有最大限制的控制序列是与链接操作有关的序列。而对于在字节多路通道上工作的设备来说, 在传送每个字节或每批数据时, 该设备与通道进行连接和断开连接的控制序列是对临界时间具有最大限制的序列。

在某些情况下, 这种时间限制与同步动作有关(例如, 在 IBM2501 读卡机输送的卡片上, 各列之间的时间; 在 IBM3330 磁盘上, 从结束“搜索标识符相等”命令(search ID equal)到开始读或写之间的时间)。在每一种情况下, 控制器序列都必须在限定时间内完成(这个时间与该设备的物理动作直接相关), 以支持最佳的输入输出性能。

在其它情况下(与同步动作无关), 临界时间与控制器逻辑有关。例如, 当 IBM3274 控制器(IBM3278 显示器的控制器)准备传送数据时, 如果通道处于忙状态, 那么在通道做好传送数据的准备之前, 这个 IBM3274 一直在等待。

由于通道中还有其它的通讯操作, 设备的临界时间可能被超出。中央存储器的装入也可能影响经过的时间, 但不明显。为了避免超限或降级, 临界时间必须大于经过的时间。

3. 超限 数据超限是在输入输出设备中产生的一种错误指示, 它是由于通道不能以输入输出设备请求的或传送的速率发送或接受数据而造成的。

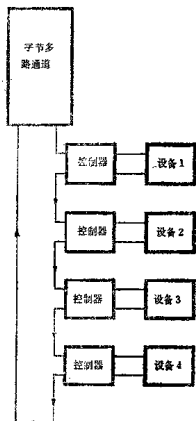


图1-2 设备经过时间举例
经过的时间(设备3) = 较高优先级延时(设备1和2) + 通道服务延时(设备3) + 较低优先级延时(设备4)

数据超限极少发生在缓冲型设备中,而多半发生在非缓冲型设备中,这是因为缓冲型设备可以等待通道服务。如果错误恢复系统运行记录要求的时间大于临界时间,非缓冲型设备(例如起/停型终端)就会产生数据超限。

数据链接操作可以传送一个或多个数据块,它增加了设备超限的可能性。利用下述两种方法,可以减少数据链接期间产生超限的可能性。

(1) 如果设备或控制器响应“抑制输出”标志,并且抑制数据传输,就使通道命令字节计数的最小值大于输入输出接口电缆中传送的字节或字节请求数。这个数字是可变的,它与电缆长度、数据传输速率和规程有关。用数据通讯互锁(DC-interlock)规程时,不存在最小的字节计数,而用数据流规程时,规定最小的字节计数为16,就能适用于所有的电缆长度组合和数据传输速率。

(2) 如果设备或控制器不抑制数据传输,就规定字节计数等于或大于544倍的设备瞬时数据速率(MB/s),并且把数据地址安置到双字或(宁可放到)4字边界上。用数据流规程时,可以支持的最大数据速率是25MB/s。

当通道接受的数据(在输入操作中)比它能够处理的要多时,在通道上检出的错误称为链接出错。

如果在控制器命令链接的临界时间内,通道不能恢复命令信息,则称为命令超限。

超限可能引起设备的降级使用(性能降低),而需要操作员干预的超限会产生明显的降级。在大多数情况下,利用复执能自动地处理超限,这种超限对吞吐能力影响甚微。

由于设备及超限的类型不同,发生超限时可能停止操作,也可能继续传送数据,直至把被传送的数据块传送完毕。超限会使设备向通道发送设备出错信号,在操作结束时抑制链接,并产生输入输出中断请求。但是,有些控制器不用产生输入输出中断请求就能启动命令复执序列。

1.4 输入输出系统的操作

输入输出操作由两种格式信息启动和控制:指令和通道命令字(CCWs)。指令由主机译码,它是主机程序的一部分。通道命令字由通道和输入输出设备译码和执行,并且启动输入输出操作,例如读和写操作。一个或多个通道命令字按顺序执行,形成一个通道程序。指令和通道命令字都是从主存中取出的。通道命令字的格式对于各种类型的输入输出设备是共同的,但是,在通道命令字命令码中的修改位能够指定与设备有关的操作。

主机程序利用“启动输入输出”或“启动输入输出快速释放”指令启动输入输出操作。这些指令指定通道和输入输出设备,并使通道从实存储器的固定单元中取出通道地址字(CAW)。通道地址字中含有子通道键和暂停控制位,并指定某个主存单元,随后通道将从这个单元中取出第一个通道命令字。通道命令字指定将要执行的命令和存储区。

如果在执行“启动输入输出”指令时,被访问的通道和子通道是不可用的,而且在通道命令字中未指出暂停标志,通道就尝试选择输入输出设备,并向控制器发出通道命令字的命令码部分,而设备向通道发回回答信号,表示它能否执行上述命令;如果在通道命令字中指出了暂停标志,就不向设备发送命令码,而且根据不同情况,可以暂停也可以结束上述操作。

到这时,“启动输入输出”指令的执行过程就算完成了。启动指令的执行情况,可以通

置程序状态字(PSW)中的状态码来表示,在某些情况下,还可通过在通道状态字(CSW)中存入的适当信息来表示。

当执行“启动输入输出快速释放”指令时,执行该指令期间完成的功能与通道的类型有关。有些通道完成的功能与“启动输入输出”指令的相同;而另外一些通道则在被访问的设备开始输入输出操作之前就释放主机(也就是说,完成本指令的执行过程)。这些通道能够早到刚取出通道地址字时就释放主机。实际上这些通道是在执行“启动输入输出快速释放”指令之后才执行与启动输入输出操作有关的各种功能。在释放主机时,可利用置程序状态字中的条件码来表示指令的执行结果。在某些情况下,可利用在通道状态字中存入的适当信息来表示指令的执行结果。

如果输入输出设备开始输入输出操作,而且涉及数据传输,则通道指定某个子通道来响应设备的服务要求,并承担进一步的操作控制。在许多操作中,不需要与设备交换数据,设备在收到命令码后立即发出操作结束信号。

输入输出操作能够把数据传输到通道命令字指定的某个存储区,或者传送到某些不连续的存储区。在后一种情况下,通常要用一系列的通道命令字来执行输入输出操作,每个通道命令字指定一个连续的存储区,而多个通道命令字则利用数据链接结合在一起。数据链接由通道命令字中的链接标志来指定,在当前通道命令字指定的存储区用尽或填满后,它使通道去取另一个通道命令字。在数据链接时取出的通道命令字指定相应的存储区,这个存储区能用于输入输出设备上已经进行的输入输出操作,而且在取新的通道命令字时,不用通知输入输出设备。

通道命令字的格式允许程序员作出下述规定:当通道命令字被译码时,通道应尽快地请求输入输出中断,以便通知主机程序,链接操作已经进行到那个通道命令字了。

对应于主机使用的动态地址转换装置,通道可以使用通道间接数据寻址功能。通道命令字中有一个标志,在确定通道命令字的存储区时,这个标志指定将要使用的一个间接数据地址表。每当到达2K字节的存储区边界时,就查询这个表,以确定将要使用的下一个存储区。假如主机工作时使用多个相等的、连续的实存储器,则由于通道的存储器寻址能力可以扩充,通道间接数据寻址就会准许那些在主机上进行动态地址转换的程序使用多个相同的通道命令字序列。

通常用两个信号来表示输入输出操作的结束:通道结束和设备结束。当发出通道结束信号时,表示输入输出设备已经收到或提供了有关操作的全部数据,而且不再需要通道的各个装置工作。当发出设备结束信号时,通常表示输入输出设备已经结束了输入输出操作。在某些设备中,由于性能的缘故,在结束输入输出操作之前,可以发出设备结束信号。因此,设备结束信号可以与通道结束信号同时产生或者稍晚些。

在某些情况下,有些操作在释放通道的各个装置之后,仍然使控制器保持忙状态,这样的操作能产生第三种表示结束操作的信号,叫做控制器结束。控制器结束信号只能与通道结束信号同时出现或者在通道结束信号之后出现。

通道和输入输出设备能够在产生通道结束信号的同时,指出已产生的异常情况。输入输出设备的错误指示信号能够与控制器结束和设备结束信号一起产生。

利用输入输出中断,或者当主机屏蔽从通道来的输入输出中断时,利用输入输出设备的程序询问,能使程序注意输入输出操作的结束指示。通常把将要引起输入输出中断请求的指

示叫做中断条件。无论发生哪种情况，都保存通道状态字，通道状态字含有与执行操作有关的辅助信息。当通道状态字中含有通道结束，而且未发现设备故障时，通道状态字指出程序最近使用的通道命令字，提供它的剩余字节数，从而指出使用的主存范围。

向程序提供的多个装置，利用“启动输入输出”或“启动输入输出快速释放”指令，能够启动执行一个输入输出操作链。在当前通道命令字中的链接标志指定命令链接，而且在操作中未发现异常条件时，一收到设备结束信号，通道就取出一个新的通道命令字。如果新的通道命令字中未指定暂停标志，就在设备上启动执行一个新命令。如果指定了暂停标志，就不启动执行新命令。新命令的执行是由通道启动的，启动方式与原先的操作相同。当命令链接引起启动执行另一个输入输出操作时，不必向程序发送通道结束和设备结束信号。但是，异常情况能引起过早地结束命令链接和产生输入输出中断条件。

产生输入输出中断条件的活动与主机中的活动是异步的，而且在同一时间内可以有多个输入输出中断条件。通道和主机对各个条件规定优先权，以便每次只能向主机发出一个中断条件。

输入输出操作或者输入输出操作链的执行，涉及到参与操作的四级设备：

(1) 除了主机和通道的综合作用外，在执行“启动输入输出”或“启动输入输出快速释放”指令时，主机都处于忙状态，这种状态至多持续到指定的输入输出设备响应第一个命令的时候。

(2) 从“启动输入输出”或“启动输入输出快速释放”指令将条件码置为0起，至主机接受输入输出中断(表示子通道已经完成了输入输出操作或者输入输出操作链的最末一个操作)为止，子通道都在忙于操作。

(3) 子通道空闲时，控制器能够继续保持忙，而当它结束操作时，能产生控制器结束信号。

(4) 从启动输入输出设备的第一个操作起，至输入输出设备消除了设备结束(它与操作有关)引起的中断条件为止，输入输出设备都处于忙。

设备结束信号引起的中断条件阻止启动输入输出设备上的输入输出操作，但是通常不会影响系统其它部分的状态。控制器结束信号引起的中断条件能阻塞经由该控制器到它所连接的任一设备的通讯，而通道结束信号引起的中断条件通常会阻塞经由该子通道的所有通讯。

在某些系统型号中，能够以单个子通道为基础提供暂停和再继续(suspend-and-resume)装置。在执行通道程序期间，这个装置能暂时停止执行通道程序。暂停功能的启动是通过把通道地址字中的暂停控制位置1实现的。在执行通道程序期间，可以利用通道命令字中的暂停标志通知通道执行暂停功能。

当通道取出的通道命令字中具有有效的暂停标志时，通道执行暂停功能。这个通道命令字的命令部分不送给输入输出设备，而且告诉该设备，命令链接被中止了。其后的“再继续输入输出”(RIO)指令通知通道，暂停的通道命令字可能已经被修改了，通道必须重新取通道命令字，并且检查当前设定的各个标志。如果在通道命令字中，暂停标志是0，通道就再继续执行被暂停的命令链。