

第 3 章

CHAPTER

总线、中断与输入输出系统

3.1 概 述

1. 目的要求

着重讲述输入输出系统基本概念、总线设计、中断的分类与分级、中断响应次序与中断处理次序及 I/O 系统中的通道处理机工作原理和流量设计。外围处理机只作一般了解。

2. 基本知识点和能力层次要求

(1) 领会在高性能多用户的计算机系统中, I/O 系统应当是面向操作系统来设计的概念。识记 I/O 系统的三种方式和 I/O 处理机的两种形式。

(2) 识记专用和非专用总线的定义、优缺点及适用的场合。领会非专用总线的 3 种总线控制方式的总线分配过程、优缺点及所需增加的辅助控制总线线数。领会总线分别采用同步和异步通信方式的通信过程、优缺点及适用场合, 领会数据宽度的定义及它与数据通路宽度定义的区别, 5 种数据宽度的适用场合。识记在满足性能和流量设计要求的前提下, 可采取减少总线线数的办法。

(3) 领会为什么要将中断源分成不同的类和级, 一般可以将中断源分成哪几类和哪几级。领会设置中断级屏蔽位的作用, 中断嵌套的基本原则。熟练掌握所要求的中断处理(完)的次序来设置各中断处理程序中中断级屏蔽位的状态, 并正确画出发生多种中断级请求时, CPU 执行程序时的状态转移过程示意图。这部分内容要求达到综合应用层次。领会中断系统在软件和硬件功能分配上的基本点。

(4) 领会通道方式 I/O 处理机进行输入输出过程及通道处理机的工作原理。掌握字节多路、数组多路和选择三类通道各自采用的数据宽度是什么, 它们各自适用于什么场合。通道处理机和 I/O 系统的流量计算和分析, 字节多路通道流量的计算、通道工作周期的设计, 画通道处理机响应和

处理完各外设请求的时间空间示意图,以上这些内容要求达到综合应用层次。

3. 重点

非专用总线的控制方式;数据宽度及其分类;中断为什么要分类和分级;中断处理次序的安排和实现;通道流量的分析与设计。

4. 难点

如何按中断处理优先次序的要求,设置各中断处理程序中中断级屏蔽位的状态,正确画出中断处理过程的示意图,通道的流量设计;画字节多路通道响应和处理完各外部设备请求的时空图。

3.2 内容要点

1. 输入输出系统概述

1) 多用户计算机的 I/O 系统应面向操作系统设计

在低性能单用户的计算机系统中,输入输出是直接在应用程序中进行安排的。而在高性能多用户的计算机系统中,各个用户共享整个 I/O 系统。为了防止各用户使用 I/O 系统的冲突,保证整个系统工作的安全可靠,提高 I/O 系统的工作效率,只能是由用户程序向系统发出要求输入输出的请求,再经操作系统来统一调度和安排输入输出操作。所以,多用户计算机的输入输出系统应当是面向操作系统来设计的,考虑如何在操作系统和输入输出系统之间进行软、硬件的功能分配。

2) 输入输出系统的方式

输入输出系统有 3 种基本方式。它们分别是由 CPU 直接执行 I/O 程序的程序控制输入输出(其中又有全软的、查询式的和中断方式的 3 种)方式、全部由 DMA 控制器硬件执行的直接存储器访问(DMA)方式以及由专设的 I/O 处理机来执行 I/O 程序,软硬结合的实现的 I/O 处理机方式。

I/O 处理机的方式又有通道处理机和外围处理机两种不同的形式。

3) I/O 系统发展的趋势

I/O 系统越来越多地采用多微处理器的分布处理系统,采用通道处理机和外围处理机两种方式的结合。

2. 总线设计

1) 总线的分类

总线按信息允许传送的方向分单向、半双向和全双向 3 种。单向只能指定一个方向传输,不能向相反方向传输。半双向可分时向两个不同方向传输。全双向可同时向两个相反方向传输。

总线按在系统中的位置分 CPU 芯片内的芯片级总线、插件内的板级(局部)总线、插件间的系统级总线 3 类。

总线按用途分为专用的和非专用的两类。

专用总线只连接一对物理部件。采用专用总线的优点是：系统的流量高；可靠性好；控制简单。缺点是：总线线数多， N 个部件用双向总线两两互连，共需 $N(N-1)/2$ 组总线；总线的时间利用率低；不利于系统的模块化；系统的可扩充性差。

非专用总线是能被多种功能或多个部件所分时共享的。采用非专用总线的优点是：系统的成本低、模块性强、可扩充性好；容易通过采用多重总线方式来提高总线的带宽或可靠性。缺点是：总线可能成为速度瓶颈；总线故障会使系统瘫痪；总线扩充度有限。

在 I/O 系统中，I/O 总线宜使用非专用总线。

2) 非专用总线的控制方式

使用非专用总线，需要有总线控制机构来解决多个设备或部件在同时申请非专用总线时的优先级裁决。总线的优先级裁决方式可以有串行链接、定时查询和独立请求 3 种。总线优先级控制方式的选择取决于对所增加的辅助控制总线数目、价格、分配总线的速度、系统的可扩展性、改变优先级次序的灵活性、系统的可靠性等诸多因素的综合权衡。有关这 3 种总线使用优先级的控制方式的逻辑原理框图、总线的分配和释放过程，可以参看教材的 3.2.2 节的叙述。

串行链接方式获得总线的优先次序是按“总线可用”线所接部件离总线控制器距离的近远次序来定。这种方式的优点是：优先级的选择算法简单；用于分配总线所增加的辅助控制总线线数少，只需要 3 根；价格便宜；控制线数的多少与部件的数量无关，可扩充性好；易于通过多重设置“总线可用”线来提高其系统的可靠性，或在一定程度上克服优先级线连固定，不能用软件改变的缺陷。这种方式的缺点是：“总线可用”线所连各部件的先后顺序而线连固定，无法用程序改变，使之灵活性差；总线使用的分配速度低。

定时查询方式的优点是优先序可以由程序控制，灵活性好；某个部件失效不会使系统瘫痪，可靠性高。采用这种方式的缺点是：所增加的控制总线较多，需要 $2 + \lceil \lg N \rceil$ 根；可扩展性较差，受限于查询计数线的根数；总线控制器比较复杂，价格较贵；总线的分配速度不高。有关定时查询方式用程序控制改变总线分配优先级的 4 种做法，可参看教材 3.2.2 节中相关内容的叙述。

独立请求的优点是：总线的分配速度高，不需要检测是哪个设备要求使用总线；总线使用的优先序可以由程序控制改变，灵活性好；不会因部件故障而使系统瘫痪，可靠性高。但缺点是：所需增加的辅助控制总线线数多，需要 $2N+1$ 根；可扩充性差；控制器复杂、价格高。

上述三种总线控制方式在计算机系统中适用的场合不同。一般在微、小型机上宜使用串行链接方式，中、大型机上宜采用定时查询方式，在大、巨型机上宜采用独立请求方式。

3) 总线的通信技术

总线的通信技术是反映信息在总线上传送时所采用的同步技术，它们可以分为同步和异步两种。

同步通信是由系统给出统一的固定周期的定时时钟信号来对信息收发进行同步控制的。同步通信的优点是：信息传送的速度高，基本上不受总线长度的影响。同步通信的缺点是：对同步信号要求高；部件间速率差异很大时，会严重影响系统的效率；缺少信息在通信过程中是否被正确接收的回答。

共享 I/O 总线的各个部件速度差异大时，宜采用异步通信。异步通信又可以分为单向源控式、单向目控式、双向非互锁和双向互锁等多种方式。其中，异步双向互锁方式是 I/O 总线中最广泛采用的方式。因为异步双向互锁方式在各种不同速度的设备共享总线时，能正确可靠地传送信息，其信息传送的速率又动态地取决于当前使用总线的两个部件中速率较低的那台设备的速率，所以系统的效率易于得到发挥。但采用异步双向互锁花费的时空开销较大，在一次通信过程中，需要让信息在总线上来回传送各两次，数据通信的速率与部件间的距离有着线性相关关系。

4) 总线的数据宽度

数据宽度是指系统在两次分配总线的期间里，经数据总线所传送的数据总量。数据宽度与数据通路宽度的概念完全不同。数据通路宽度是指一个时钟周期内所传送的信息位数，即数据总线的线数。一个数据宽度的信息传送可能要在数据总线上经多个时钟周期分次传送来完成。例如，磁盘的一个扇区含 4096 个字节，而 I/O 数据总线宽度为 8 位，则数据宽度为 4096 个字节，而数据通路宽度只有 8 位。磁盘存储器占用了 I/O 总线后，经 4096 个时钟，将整个扇区的信息全部传送之后，才能释放总线。不难看出，数据通路宽度属于计算机组成设计的内容，对程序员是透明的；而数据宽度属于计算机系统结构考虑的内容，对程序员应当是不透明的。

数据宽度可以有单字(单字节)、定长块、可变长块、单字加定长块和单字加可变长块等 5 种方式。

单字(单字节)方式适用于挂低速字符设备，如键盘、显示器、打印机、光电输入机等总线。定长块传送适用于挂磁盘存储器等高速设备的总线。单字和定长块这两种方式在数据传送开始时都不必指明信息传送的宽度。这样，可以节省辅助信息传送的时间开销。只是要传送的信息多于 1 个字或定长块大小时，需要进行信息分割，多次地申请使用 and 分配总线，而且块内的零头信息传送仍要占用传送一个完整的定长块信息所需的时间，这会浪费总线的带宽。可变长块方式适用于挂高优先级的中、高速磁带或磁盘存储器等设备的总线，其灵活性好。但这种方式需要事先指明所要传送信息的长度，增加了辅助信息传送的开销，控制比较复杂。单字加定长块方式适用于挂较高优先级的中、低速设备的总线。单字加可变长块方式使用起来最灵活，适应性强，但控制也最复杂，成本也最高。

5) 总线的线数

总线的线数是包括构成总线所用的控制线 and 数据线等的全部线数。总线线数越多或总线长度越长时，都将使总线的成本越高，总线上的干扰越大，系统可靠性越低。因此，所用总线越长时，应适当减少所用的线数。

在满足系统的性能和总线流量的前提下，可以通过采用总线的功能组合、并/串—串/并转换、对信息采用编码等方式来减少总线的线数。

6) 总线与接口的标准化及流量设计

总线设计应解决接口的标准化。总线的流量应当大于等于总线上所接各设备平均流量之和,并适当配置一定容量的缓冲器进行流量平滑。同时,应考虑整个系统流量分配的平衡等问题。若总线流量超过某个范围时,总线的价格将会随流量的增大而显著上升,因此,必要时,系统应设置多组总线,限制每组总线的长度及所挂设备的数量,这样可以使整个总线系统的价格要比采用高速单总线的方式便宜。

3. 中断系统

1) 中断的分类和分级

若系统的中断源个数很少时,可以用硬件来为每个中断源直接形成各中断服务程序的入口地址,以便转入中断服务程序。但一般的高性能大型多用户系统,系统的中断源个数可能多达数十甚至数百个,这时,宜将性质接近的中断源分成类,每一类都各自用硬件形成其中断服务程序的总入口。在响应了该级中断后,再由软件查询其中断类的中断字寄存器(由该类中断源触发器组成的字)的内容来分支转入某个具体的中断源处理分支程序进行处理。因此,中断源的分类主要是为减少中断处理程序入口地址的形成硬件数量。

在中断源分成类之后,为了便于对某个具体中断源进行处理,在每一类内,各个中断源的响应和处理的优先次序一般可用软件的查询方式或用硬件的串行链接等方式来管理。至于不同类的中断,就要根据中断类的性质、紧迫性、全局性、重要性及软件处理的方便性等,再将它们分成不同的中断响应优先级,让级别高的中断类能优先得到响应。一般在安排中断类响应的优先级时,将机器校验类中断列为第1级,具有最高的优先级;程序性中断和管理程序调用类中断列为第2级,优先级次之,其后依次为外部中断、输入输出类中断、重新启动中断。

2) 中断的响应和中断的处理

中断响应是允许中断源能够中断 CPU 现程序的运行,转去对该中断请求进行预处理,包括保存好断点和关键性的断点现场,调出相应的中断处理程序,准备对其执行。在大多数机器中,中断响应是通过采用交换新旧程序状态字(PSW)的办法来完成的。

中断处理是通过具体执行中断服务程序来对中断源进行处理的过程。中断服务程序内部根据情况还需要保存其他一些断点现场,并在返回中断点前加以现场恢复。

3) 中断嵌套的原则

由于中断请求是随机发生的,完全有可能在处理某个中断服务程序的过程中,又出现了新的中断请求,这时就可能出现中断的嵌套。在中断嵌套时,应遵循的原则是,在处理某级中的某个中断请求时,应当屏蔽与之同级或低级的中断请求,只有比其高级的中断请求才可中断正在处理的中断服务程序。在发生中断嵌套时,为保证正确地返回到原中断点,系统都采取在中断时,将断点地址用硬的方法自动压进堆栈来保存。等中断返回时,再用硬的方法将保存的返回地址自动弹出堆栈到程序计数器中。利用堆栈的后进先出方式就可以实现从哪儿来回哪儿去。

4) 中断响应次序和中断处理次序

中断响应次序是用中断响应的硬件排队器事先固定好的。它总是对进入了中断响应排队器的中断级请求按由高到低的次序响应其中一个高优先级的中断级请求,除非某些

中断级请求未进入中断响应排队器排队。

为了能动态地调节中断处理程序实际执行完的次序,即中断处理次序,在中断级请求源与中断响应排队器的入口端之间又加设了一个中断级屏蔽字寄存器和相应的控制门电路硬件。中断级屏蔽字寄存器中的每一个中断级屏蔽位可以控制让相应等级的中断级请求能否进入中断级响应排队器去参加排队。只要能进入中断响应排队器的中断请求,总是让其中级别相对高的优先得到响应。

操作系统可以通过修改各中断级处理程序的中断级屏蔽位的状况,来使中断处理(完)的次序符合人们所希望的次序。

需要注意的是有关中断级屏蔽位 0、1 是“屏蔽”还是“开放”中断,不同机器有着不同的定义,不要将 0、1 的含义用反了。另外,用户程序(目态程序)是不能屏蔽任何中断的,就是说,用户程序的现行状态字中,中断级屏蔽位应对各级中断都是开放的。

5) 中断系统的软硬件功能分配

中断系统的软硬件功能分配实际上就是在中断处理程序软件和中断响应硬件之间的功能分配。为了加快中断的响应和处理,在满足性能价格比的前提下,可以在硬件的快速性和软件的灵活性上进行综合权衡,可以通过适当增加一些硬件或新的指令来加快中断断点现场的保存、恢复和中断的具体处理。

4. 通道处理机

1) 通道处理机进行输入输出的过程

在多用户应用环境下,应用程序要想进行一次输入输出,可在目态程序下安排要求进行输入输出的访管指令,并带上所用的设备号、设备与主存要交换的字节数、与主存交换信息的起始地址等参数。

CPU 执行到访管指令时,按其提供的入口地址,将管理程序调出来执行。此管理程序的任务是利用所带的参数来编制通道程序。

在通道程序编好且存入主存中某个通道缓冲区时,就置好相应的通道地址字。当管理程序执行到“启动 I/O”的管态指令时,就进入了“通道开始选择设备”期。

在“通道开始选择设备”期内,CPU 选择指定的通道、子通道、设备控制器和设备后,发出启动命令。当设备被成功启动之后,CPU 就退出管态,返回目态去执行其他的用户程序。此时,通道进入了“通道数据传送”期。

被启动的通道开始执行存放于通道缓冲区中的通道程序来具体组织 I/O 操作,直至执行到无链通道指令,完成了通道程序后,第二次进入管态,调出相应的管理程序,进行善后登记和处理后,又重新返回目态。

这样,一次输入输出的过程中,CPU 只需要两次进入管态,使之减少了输入输出对目态程序的干扰,也使 CPU 和外部设备及多台设备之间可以并行地工作。

2) 通道的分类及相应的数据宽度

在通道数据传送期内,根据信息传送所采取的方式不同,通道又可分为字节多路、数组多路和选择等三类通道。

字节多路通道适宜于挂大量字符类低速设备,通道的“数据宽度”为单字节,以字节交

叉方式轮流地为多台外部设备服务。

数组多路通道适宜于挂多台高速的磁盘存储器,“数据宽度”为定长块,以成组交叉方式轮流地为多台磁盘设备服务。

选择通道适宜于接高优先级的高速磁带或磁盘设备,“数据宽度”为不定长块,某台设备被选上后,就独占通道。

具有代表性的 IBM 370 系统是采用 CPU/主存—通道—设备控制器—外部设备组成的 4 级结构。通道内部又可以由多个子通道组织而成,这些子通道之间均可并行地工作。

3) 通道的流量设计

通道流量是指通道在“通道数据传送”期中,单位时间里传送的字节数。

假设所设计的通道每选择一次设备的时间为 T_s ,每传送一个字节的时间为 T_D ,数组多路通道的定长块块的大小为 K 个字节,选择通道一次传送 n 个字节。这样,通道工作时的极限流量分别是:

$$\text{字节多路} \quad f_{\max \cdot \text{byte}} = 1/(T_s + T_D)$$

$$\text{数组多路} \quad f_{\max \cdot \text{block}} = 1/(T_s/K + T_D)$$

$$\text{选 择} \quad f_{\max \cdot \text{select}} = 1/(T_s/n + T_D)$$

如果通道上所挂 P 台设备都被启动后,设备对通道要求的实际流量分别如下。

字节多路通道应当是所挂 P 台设备的速率之和,即,

$$f_{\text{byte}} = \sum_{i=1}^P f_i$$

数组多路通道和选择通道都是所挂 P 台设备中速率最高者,即

$$f_{\text{block}} = \max_{i=1}^P f_i$$

$$f_{\text{select}} = \max_{i=1}^P f_i$$

为使通道所挂外部设备在满负荷工作时仍不丢失信息,应使设备要求通道的实际最大流量不能超过通道的极限流量,即流量设计应满足的基本要求是:

$$\text{字节多路} \quad f_{\text{byte}} \leq f_{\max \cdot \text{byte}}$$

$$\text{数组多路} \quad f_{\text{block}} \leq f_{\max \cdot \text{block}}$$

$$\text{选 择} \quad f_{\text{select}} \leq f_{\max \cdot \text{select}}$$

因为在 I/O 系统中,各个通道是并行工作的,所以 I/O 系统的极限流量应当是各通道或各子通道工作时的极限流量之和,即

$$f_{\max} \geq \sum f_{\max \cdot \text{byte}} + \sum f_{\max \cdot \text{block}} + \sum f_{\max \cdot \text{select}}$$

可以利用上述不等式两边的差值来衡量 I/O 系统流量的利用率。差值越小,I/O 系统流量的利用率越高,设计就比较合理。

在考虑通道对设备所发的传送字节数据请求优先响应谁的问题时,一般都采取让设备速率越高的,其响应和处理的优先级越高,同一速率的各个设备,则可由系统指定一个优先级,例如,让设备号越小的,其响应和处理的优先级越高。

流量设计的基本要求只能保证通道在宏观上不丢失设备的信息。如果设备要求通道的实际流量最高值非常接近于通道设计时所能达到的极限流量时,通道在工作时的某个

局部时刻还有可能丢失信息。由于高速设备在频繁地发出要求传送数据的请求时,总是被优先得到响应和处理,就可能使低速设备的信息一时得不到处理而丢失。为此,还需采取措施来补救。

例如,可以为各设备配置一定容量的数据缓冲器暂存一下一时来不及处理的信息;或通过动态调整低速设备要求传送数据的响应优先级,就能在微观上也不丢失信息。

5. 外围处理机

通道处理机并不是独立的处理机,其指令功能简单,没有大容量存储器。输入输出时,CPU 要承担大量的前处理和后处理、设备和通道工作异常处理、数据格式的转换和校验、文件和设备的管理等。CPU 经进行一次输入输出也影响了系统效率的发挥。为此,用一般的通用机作外围处理机接管上述工作,就能进一步让 CPU 摆脱对输入输出操作的负担。

外围处理机与主处理机异步工作,可以与主处理机共享或不共享主存,能自由选择通道和设备进行通信,非常灵活。外围处理机可以承担一般中、小任务的外围处理及计算和操作控制等任务,有利于提高整个计算机系统的效能。

外围处理机的硬件利用率低,而成本较通道处理机的高。但是,微处理器/机性能价格比的提高,趋向于如何减少 CPU 对 I/O 系统的介入。所以,增强 I/O 设备和控制器的智能,提高 I/O 系统的数据吞吐率是发展方向。

3.3 教材主要习题解答

3-1 总线控制方式有串行链接、定时查询和独立请求三种。

串行链接需增加 3 根控制线,优先级线连固定,不能被程序改变,不灵活;定时查询需增加 $2 + \lceil \lg N \rceil$ 根控制线,优先级可用程序改变,灵活;独立请求需增加 $2N + 1$ 根控制线,优先级可用程序改变,灵活。

3-2 集中式串行链接的三种总线控制方式的优缺点,可参照 3.2.2 节中相关内容解答(略)。

下面只就硬件产生故障时,对通信的可靠性问题进行分析。

串行链接对通信的可靠性,主要表现于“总线可用”线及其有关电路的失效会造成系统整体瘫痪的问题。一旦“总线可用”线出现断路或碰地,其高电平不能顺链往下传送,就会使后面的部件在要求使用总线时,其请求无法得到响应。为了提高可靠性,可以对“总线可用”线及其相关电路,采用重复设置两套或多套来解决。

定时查询对通信的可靠性要比串行链接的高。因为总线控制器通过计数,查询到某个出故障的部件时,故障部件不会给出“总线忙”信号。这样,不会影响控制器继续计数,去查询下一个部件,所以整个总线系统的工作不会瘫痪。

独立请求对通信的可靠性同样比串行链接的高。因为某个部件在发生故障时不发总线请求,或即使发出总线请求,总线控制器也可以通过软件或硬件的措施,将发生故障的部件送来的请求屏蔽掉,不让其参与总线的分配。所以,某个部件的故障不会导致整个系

统的工作处于瘫痪状态。

3-3 控制优先的方法有如下 4 种。

(1) 每次分配前,让查询计数器软件清 0,优先序类似串行链接,为 $0 \sim N-1$ 。

(2) 每次分配前,计数器不清 0,保持上次的值,优先序为循环方式,各部件都有同样的机会首先获得总线。

(3) 每次分配前,预置计数器一个初值,使指定初值的设备号优先级最高。

(4) 软件更改各部件的部件号设置,可使优先序为任意所希望的顺序。

3-4 中断分类是把中断源按性质相近、中断处理过程类似的归为同一类。

分类的目的是为了减少中断处理程序的入口,每一类给一个中断服务程序总入口,可以减少中断服务程序入口地址形成的硬件数量。

IBM 370 计算机将中断类分为机器校验、访管、程序性、外部、输入输出、重新启动 6 类。

3-5 各中断源是相互独立而随机地发出中断请求。当多个中断源同时发出中断请求时,CPU 只能先响应和处理其中相对优先级高的中断请求,因此需要对中断源的响应和处理安排一个优先序。

中断分成类后,同一类内部各中断请求的优先序一般由软件或通道来管理。这里,主要是对不同类的中断,要根据中断的性质、紧迫性、重要性及软件处理的方便性分成若干优先级,以便 CPU 可以有序地对这些中断请求进行响应和处理。

IBM 370 系统的中断响应优先序由高到低依次为:紧急的机器校验、管理程序调用和程序性、可抑制的机器校验、外部、输入输出、重新启动。

3-6 (1) 中断处理(完)的次序为 $1 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 2$ 。

(2) CPU 运行程序的过程示意图如图 3-1 所示。在该图中,粗短线部分代表进行交换程序状态字的时间, Δt 为 1 个单位时间。

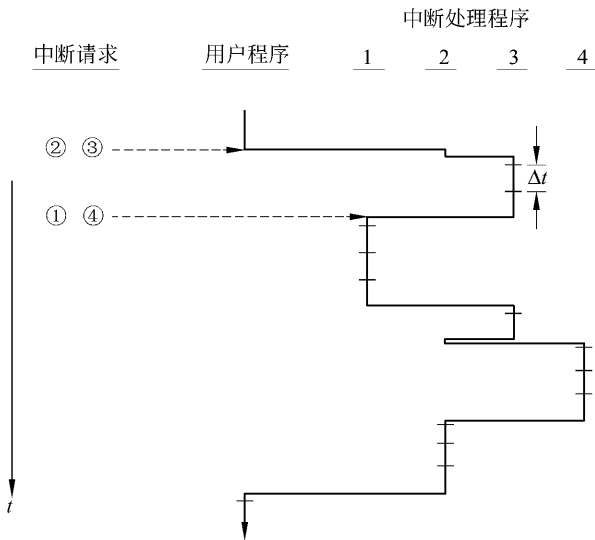


图 3-1 题 3-6 的程序运行过程

3-7 (1) 各级中断处理程序中的中断级屏蔽位的设置,如表 3-1 所示。

表 3-1 中断级屏蔽位的设置

中断处理 程序级别	中断级屏蔽位				
	1	2	3	4	5
1	1	1	1	1	1
2	0	1	1	0	0
3	0	0	1	0	0
4	0	1	1	1	1
5	0	1	1	0	1

(2) 程序运行过程的示意图如图 3-2 所示。在该图中,粗短线表示交换程序状态字的时间。

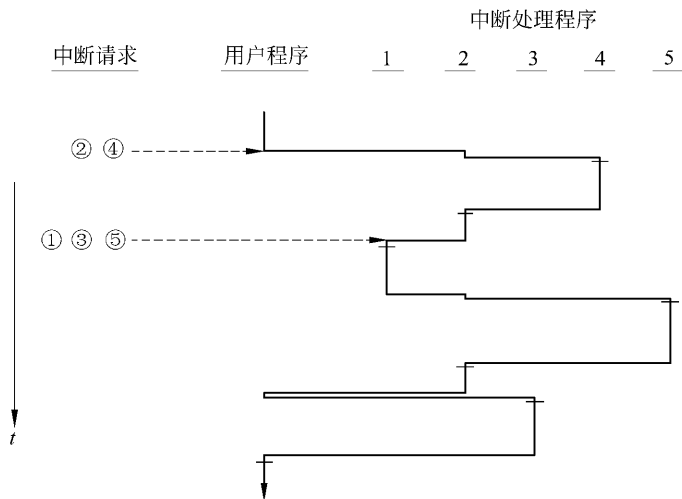


图 3-2 题 3-7 的程序运行过程

3-8 字节多路通道每选择好一台设备后,设备与通道只传送一个字节就释放总线,通道以字节交叉的方式轮流为多台低速设备服务。某台设备要想传送 n 个字节,就需经 n 次申请使用通道总线才行。

数组多路通道在每选择好一台设备后,要连续传送完固定 K 个字节的成组数据后,才释放总线,通道再去选择下一台设备,再传送该设备的 K 个字节。如此,以成组方式轮流交叉地为多台高速设备服务。某台设备要想传送 n 个字节,就需要先后经 $\lceil \frac{n}{K} \rceil$ 次申请使用通道总线才行。

选择通道每选择一台设备,就让该设备独占通道,将 n 个字节全部传送完后,才释放通道总线,又去选择下一台设备,再传送它的全部字节数据。因此,每台设备为传送 n 个字节数据只需一次申请使用通道总线。