

盘容量(以该数据块为单位), i 为磁盘上输入数据块的总数, o 为磁盘上输出数据块的总数。该 SPOOLing 系统运行时: 只要有输入数据, 进程 I 终究会将它放入输入缓冲区; 只要输入缓冲区有数据块, 进程 P 终究会读入、处理, 并产生结果数据, 写到输出缓冲区; 只要输出缓冲区有数据块, 进程 O 终究会输出它。

请说明该 SPOOLing 系统在什么情况下死锁。请说明如何修正约束条件以避免死锁, 同时仍允许输入数据块和输出数据块均存储在同一个磁盘上。

5.2.8 答案与解析

一、单项选择题

1. A

DCT 是设备控制表; COCT 是控制器控制表; CHCT 是通道控制表; PCB 是进程控制块, 不属于设备管理的数据结构。

2. C

设备的独立性主要是指用户使用设备的透明性, 即使用户程序和实际使用的物理设备无关。

3. D

设备的分配方式主要有独享分享、共享分配和虚拟分配, D 是内存的分配方式。

4. C

共享设备是指在一个时间间隔内可被多个进程同时访问的设备, 只有磁盘满足。打印机在一个时间间隔内被多个进程访问时打印出来的文档就会乱; 磁带机旋转到所需的读写位置需要较长时间, 若一个时间间隔内被多个进程访问, 磁带机就只能一直旋转, 没时间读写。

5. A

用户程序对 I/O 设备的请求采用逻辑设备名, 而程序实际执行时使用物理设备名, 它们之间的转换是由设备无关软件层完成的。主设备和从设备是总线仲裁中的概念。

6. C

CPU 与 I/O 设备执行速度通常是不对等的, 前者快、后者慢, 通过高速缓冲技术来改善两者不匹配的问题。

7. B

对于 A, 重排 I/O 请求次序也就是进行 I/O 调度, 使进程之间公平地共享磁盘访问, 减少 I/O 完成所需要的平均等待时间。对于 C, 缓冲区结合预读和滞后写技术对于具有重复性及阵发性的 I/O 进程改善磁盘 I/O 性能很有帮助。对于 D, 优化文件物理块的分布可以减少寻找时间与延迟时间, 从而提高磁盘性能。在一个磁盘上设置多个分区与改善设备 I/O 性能并无多大联系, 相反还会带来处理的复杂性, 降低利用率。

8. A

缓冲池是系统的共用资源, 可供多个进程共享, 并且既能用于输入又能用于输出。其一般包含三种类型的缓冲: ① 空闲缓冲区; ② 装满输入数据的缓冲区; ③ 装满输出数据的缓冲区。为了管理上的方便, 可将相同类型的缓冲区链成一个队列。B、C、D 属专用缓冲。

9. A

输入井和输出井是在磁盘上开辟的两大存储空间。输入井模拟脱机输入时的磁盘设备,用于暂存 I/O 设备输入的数据;输出井模拟脱机输出时的磁盘,用于暂存用户程序的输出数据。为了缓和 CPU,打印结果首先送到位于磁盘固定区域的输出井。

10. A

输入井和输出井是在磁盘上开辟的存储空间,而输入/输出缓冲区则是在内存中开辟的,因为 CPU 速度比 I/O 设备高很多,缓冲池通常在主存中建立。

11. A

采用单缓冲区传送数据时,设备与处理机对缓冲区的操作是串行的,当进行第 i 次读磁盘数据送至缓冲区时,系统再同时读出用户区中第 $i-1$ 次数据进行计算,此两项操作可以并行,并与数据从缓冲区传送到用户区的操作串行进行,所以系统处理一块数据所用的总时间为 $\max(80\mu\text{s}, 30\mu\text{s}) + 40\mu\text{s} = 120\mu\text{s}$ 。

12. D

若 $T_3 > T_1$,即 CPU 处理数据块比数据传送慢,意味着 I/O 设备可连续输入,磁盘将数据传送到缓冲区,再传送到用户区,与 CPU 处理数据可视为并行处理,时间的花费取决于 CPU 最大花费时间,则系统所用总时间为 T_3 。若 $T_3 < T_1$,即 CPU 处理数据比数据传送快,此时 CPU 不必等待 I/O 设备,磁盘将数据传送到缓冲区,与缓冲区中数据传送到用户区及 CPU 数据处理可视为并行执行,则花费时间取决于磁盘将数据传送到缓冲区所用时间 T_1 。所以选择 D 选项。

13. B

缓冲区主要解决输入/输出速度比 CPU 处理的速度慢而造成数据积压的矛盾。所以当 I/O 花费的时间比 CPU 处理时间短很多时,缓冲区没有必要设置。

14. B

在单缓冲区中,当上一个磁盘块从缓冲区读入用户区完成时,下一磁盘块才能开始读入,也就是当最后一块磁盘块读入用户区完毕时所用的时间为 $150 \times 10 = 1500\mu\text{s}$,加上处理最后一个磁盘块的时间 $50\mu\text{s}$,得 $1550\mu\text{s}$ 。双缓冲区中,不存在等待磁盘块从缓冲区读入用户区的问题,10 个磁盘块可以连续从外存读入主存缓冲区,加上将最后一个磁盘块从缓冲区送到用户区的传输时间 $50\mu\text{s}$ 及处理时间 $50\mu\text{s}$,也就是 $100 \times 10 + 50 + 50 = 1100\mu\text{s}$ 。

15. C

数据块 1 从外设到用户工作区的总时间为 105,在这段时间中,数据块 2 未进行操作。在数据块 1 进行分析处理时,数据块 2 从外设到用户工作区的总时间为 105,这段时间是并行的。再加上数据块 2 进行处理的时间 90,总共是 300,答案为 C。

16. C

在缓冲机制中,无论是单缓冲、多缓冲还是缓冲池,由于缓冲区是一种临界资源,所以在使用缓冲区时都有一个申请和释放(即互斥)的问题需要考虑。

17. D

在鼠标移动时,若有高优先级的操作产生,为了记录鼠标活动的情况,必须使用缓冲技术, I 正确。由于磁盘驱动器和目标或源 I/O 设备间的吞吐量不同,必须采用缓冲技术, II 正确。为了使数据从用户作业空间传送到磁盘或从磁盘传送到用户作业空间,必须采用缓冲技术, III 正确。为了便于多幅图形的存取及提高性能,缓冲技术是可以采用的,特别是在显示当前一幅图形又要得到下一幅图形时,应采用双缓冲技术, IV 正确。

综上所述,本题正确答案为 D。

在单机系统中，最关键的资源是处理器资源，最大化地提高处理器利用率，就是最大化地提高效率。多道程序设计技术是提高处理器利用率的关键技术，其他均为设备和内存的相关技术。

SPOOLing 技术是操作系统中采用的一种将独占设备改造为共享设备的技术。通过这种技术处理后的设备通常称为虚拟设备。

SPOOLing 技术可将独占设备改造为共享设备,其主要目的是提高系统资源/独占设备的利用率。

SPOOLing 技术需要使用磁盘空间（输入井和输出井）和内存空间（输入/输出缓冲区），不需要外围计算机的支持。

SPOOLing 系统主要包含三部分，即输入井和输出井、输入缓冲区和输出缓冲区以及输入进程和输出进程。这三部分由预输入程序、井管理程序和缓输出程序管理，以保证系统正常运行。

通过 SPOOLing 技术可将一台物理 I/O 设备虚拟为 I/O 设备, 同样允许多个用户共享一台物理 I/O 设备, 所以 SPOOLing 并不是将物理设备真的分配给用户进程。

构成 SPOOLing 系统的基本条件是要有大容量、高速度的外存作为输入井和输出井, 因此 A、B 选项不对, 同时利用 SPOOLing 技术提高了系统和 I/O 设备的利用率, 进程不必等待 I/O 操作的完成, 因此 C 选项也不正确。

因为 SPOOLing 技术是一种典型的虚拟设备技术,它通过将独占设备虚拟成共享设备,使得多个进程共享一个独占设备,从而加快作业的执行速度,提高独占设备的利用率。既然是将独占设备虚拟成共享设备,所以必须先有独占设备才行。

SPOOLing 技术需有高速大容量且可随机存取的外存支持, 通过预输入及缓输出来减少 CPU 等待慢速设备的时间, 将独享设备改造成共享设备。

打印机是独享设备，利用 SPOOLing 技术可将打印机改造为可供多个用户共享的虚拟设备。

独占设备采用静态分配方式，而共享设备采用动态分配方式。

用户的打印数据首先被送到输出井，输出井在磁盘中。

SPOOLing 利用专门的外围控制机, 将低速 I/O 设备上的数据传送到高速磁盘上, 或者相反。**SPOOLing** 的意思是外部设备同时联机操作, 又称假脱机输入/输出操作, 是操作系统中采用的一项将独占设备改造成共享设备的技术。高速磁盘即外存, **A** 正确。**SPOOLing** 技术需要进行输入/输出操作, 单道批处理系统无法满足, **B** 正确。**SPOOLing** 技术实现了将独占设备改造成共享设备的技术, **C** 正确。设备与输入井/输出井之间数据的传送是由系统实现的, **D** 错误。

31. A

磁盘和内存的速度差异,决定了可以将内存经常访问的文件调入磁盘缓冲区,从高速缓存中复制的访问比磁盘 I/O 的机械操作要快很多。

二、综合应用题

1. 解答:

用于设备分配的数据结构有系统设备表 (SDT)、设备控制表 (DCT)、控制器控制表 (COCT) 和通道控制表 (CHCT)。

SDT 整个系统中只有一张,它记录系统中全部设备的情况,是系统范围的数据结构。每个设备有一张 DCT,系统为每个设备配置一张 DCT,以记录本设备的情况。每个控制器有一张 COCT,系统为每个控制器都设置一张用于记录本控制器情况的 COCT。系统为每个通道配置一张 CHCT,以记录通道情况。SDT 中有一个 DCT 指针, DCT 中有一个 COCT 指针, COCT 中有一个 CHCT 指针, CHCT 中有一个 COCT 指针。

2. 解答:

分析:首先,我们来看这些功能是不是应该由操作系统来完成。操作系统是一个代码相对稳定的软件,它很少发生代码的变化。若 1) 由操作系统完成,则操作系统就必须记录逻辑块和磁盘细节的映射,操作系统的代码会急剧膨胀,而且对新型介质的支持也会引起代码的变动。若 2) 也由操作系统完成,则操作系统需要记录不同生产厂商的不同数据,而且后续新厂商和新产品也无法得到支持。

因为 1) 和 2) 都与具体的磁盘类型有关,因此为了能够让操作系统尽可能多地支持各种不同型号的设备,1) 和 2) 应由厂商所编写的设备驱动程序完成。3) 涉及安全与权限问题,应由与设备无关的操作系统完成。4) 应由用户层来完成,因为只有用户知道将二进制整数转换为 ASCII 码的格式(使用二进制还是十进制、有没有特别的分隔符等)。

3. 解答:

串行线接收数据的最大速度为 50000B/s,即每 $20\mu\text{s}$ 接收 1B,而轮询例程需 $3\mu\text{s}$ 来执行,因此最大的安全轮询时间间隔是 $17\mu\text{s}$ 。

4. 解答:

- 1) 在单缓冲的情况下,应先从磁盘把一块数据输入缓冲区,所花费的时间为 T ;然后由操作系统将缓冲区的数据传送到用户区,所花的时间为 M ;接下来便由 CPU 对这一块数据进行计算,计算时间为 C 。由于 CPU 的计算操作与磁盘的数据输入操作可以并行,因此一块数据的处理时间为 $\max(C, T) + M$ 。
- 2) 在双缓冲的情况下,应先从磁盘把一块数据输入第一个缓冲区,当装满第一个缓冲区后,操作系统可将第一个缓冲区的数据传送到用户区并对第一块数据进行计算,与此同时可将磁盘输入数据送入第二个缓冲区;当计算完成后,若第二个缓冲区已装满数据,则又可以将第二个缓冲区中的数据传送至用户区并对第二块数据进行计算,与此同时可将磁盘输入数据送入第一个缓冲区,如此反复交替使用两个缓冲区。 $C > T$ 时,计算操作比输入操作慢,在此情况下,上一块数据计算完成后,仍需将一个缓冲区中的数据传送到用户区,花费时间为 M ,再对这块数据进行计算,花费时间为 C ,所以一块数据的处理时间为 $C + M$,即 $\max(C, T) + M$; $C < T$ 时,输入操作比计算操作慢,在此情况下,由于 M 远小于 T (M 是从缓冲区到用户进程的时间,而 T 是 I/O 的时间),因此在将磁盘上的一块数据传送到一个磁盘缓冲区期间(花费时间为 T),计算机已完成了将另一个缓冲区中

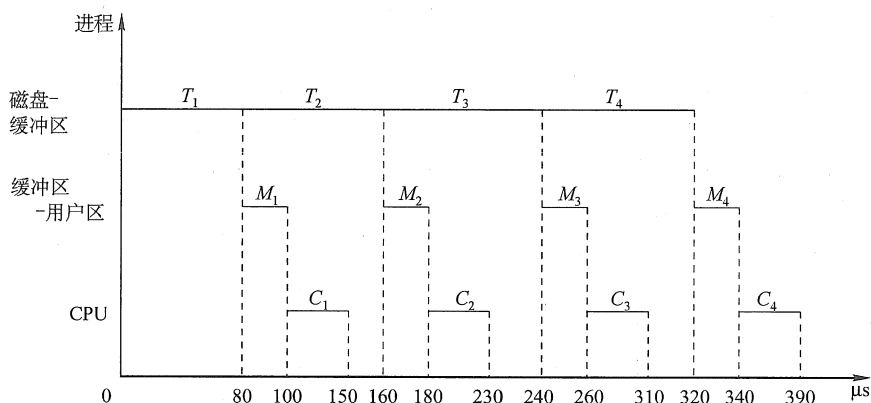
的数据传送到用户区并对这块数据进行计算的工作, 所以一块数据的处理时间为 T , 即 $\max(C, T)$ 。

注意: 在无缓冲的情况下, 为了读取磁盘数据, 应先从磁盘把一块数据输入用户数据区, 所花费的时间为 T ; 然后由 CPU 对一块数据进行计算, 计算时间为 C , 所以每块数据的处理时间为 $T + C$ 。

5. 解答:

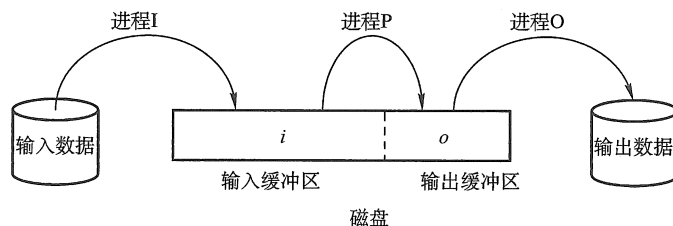
4 个数据块的处理过程如下图所示, 总耗时 $390\mu\text{s}$, 每个数据块的平均处理时间为 $390\mu\text{s}/4 = 97.5\mu\text{s}$ 。

从中看到, 处理 n 个数据块的总耗时为 $(80n + 20 + 50)\mu\text{s} = (80n + 70)\mu\text{s}$, 每个数据块的平均处理时间为 $(80n + 70)/n\mu\text{s}$, 当 n 较大时, 平均时间近似为 $\max(C, T) = 80\mu\text{s}$ 。



6. 解答:

此系统的示意图如下图所示。



下面找到一种导致该 SPOOLing 系统死锁的情况: 当磁盘上输入数据块总数 $i = \max$ 时, 磁盘上输出数据块的总数 o 必然为 0。此时, 进程 I 发现输入缓冲区已满, 所以不能再把输入数据放入缓冲区; 进程 P 此时有一个处理完的数据, 打算把结果数据放入缓冲区, 但也发现没有空闲的空间可以放结果数据, 因为 $o = 0$; 所以没有输出数据可以输出, 于是进程 O 也无事可做。这时进程 I、P、O 各自都等待着一个事件的发生, 若没有外力的作用, 它们将一直等待下去, 这种僵局显然是死锁。只需将条件修改为 $i + o \leq \max$, 且 $i \leq \max - 1$, 就不会再发生死锁。

5.3 本章疑难点

1) 分配设备。首先根据 I/O 请求中的物理设备名查找系统设备表 (SDT), 从中找出该设备的 DCT, 再根据 DCT 中的设备状态字段, 可知该设备是否正忙。若忙, 便将请求 I/O 进

程的 PCB 挂到设备队列上；若空闲，则按照一定的算法计算设备分配的安全性，若安全则将设备分配给请求进程，否则仍将其 PCB 挂到设备队列上。

- 2) 分配控制器。系统把设备分配给请求 I/O 的进程后，再到其 DCT 中找出与该设备连接的控制器的 COCT，从 COCT 中的状态字段中可知该控制器是否忙碌。若忙，则将请求 I/O 进程的 PCB 挂到该控制器的等待队列上；若空闲，则将控制器分配给进程。
- 3) 分配通道。在该 COCT 中又可找到与该控制器连接的通道的 CHCT，再根据 CHCT 内的状态信息，可知该通道是否忙碌。若忙，则将请求 I/O 的进程挂到该通道的等待队列上；若空闲，则将该通道分配给进程。只有在上述三者都分配成功时，这次设备的分配才算成功。然后，便可启动该 I/O 设备进行数据传送。

为使独占设备的分配具有更强的灵活性，提高分配的成功率，还可从以下两方面对基本的设备分配程序加以改进：

- 1) 增加设备的独立性。进程使用逻辑设备名请求 I/O。这样，系统首先从 SDT 中找出第一个该类设备的 DCT。若该设备忙，则又查找第二个该类设备的 DCT。仅当所有该类设备都忙时，才把进程挂到该类设备的等待队列上；只要有一个该类设备可用，系统便进一步计算分配该设备的安全性。
- 2) 考虑多通路情况。为防止 I/O 系统的“瓶颈”现象，通常采用多通路的 I/O 系统结构。此时对控制器和通道的分配同样要经过几次反复，即若设备（控制器）所连接的第一个控制器（通道）忙时，则应查看其所连接的第二个控制器（通道），仅当所有控制器（通道）都忙时，此次的控制器（通道）分配才算失败，才把进程挂到控制器（通道）的等待队列上。而只要有一个控制器（通道）可用，系统便可将它分配给进程。

设备分配过程中，先后分别访问的数据结构为 SDT→DCT→COCT→CHCT。要成功分配一个设备，必须要：① 设备可用；② 控制器可用；③ 通道可用。所以，“设备分配，要过三关”。

参 考 文 献

- [1] 汤子瀛. 计算机操作系统[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2001.
- [2] 李善平. 操作系统学习指导和考试指导[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2004.
- [3] William Stallings. 操作系统: 精髓与设计原理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [4] Tanenbaum A. S. 现代操作系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [5] 本书编写组. 计算机专业基础综合考试大纲解析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [6] 李春葆等. 操作系统统考辅导教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010.
- [7] 崔魏等. 计算机学科专业基础综合辅导讲义[M]. 北京: 原子能出版社, 2011.
- [8] 翔高教育. 计算机学科专业基础综合复习指南[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2009.
- [9] Bryant R. E.等. 深入理解计算机系统[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.