《计算机组成原理》

（第九讲习题答案）

第9章　输入输出系统

- 9.1　输入输出设备与特性
- 9.2　I/O接口
- 9.3　数据传输控制方式
- 9.4　程序控制方式
- 9.5　程序中断控制方式
- 9.6　DMA方式
- 9.7　通道方式
- 9.8　常见I/O设备

习题（P368-371）

- 9.2
- 9.3
- 9.4
- 9.5
- 9.6
- 9.8

习题答案（P368-371）

- 9.2 选择题
  - （1）D
    - I/O接口中的命令字、状态字，中断类型号，都是通过I/O总线的数据线传输的
  - （2）D
    - A：正确
    - B：正确
    - C：正确
    - D：错误：采用统一编址方式，CPU可以使用访存指令访问I/O端口
  - （3）D
    - I/O指令实现的数据传送发生在通用寄存器与I/O端口之间
  - （4）A
    - 键盘输入属于外部中断事件，其他属于内部异常
  - （5）A
    - 单级中断：保护现场 -> 中断事件处理 -> 恢复现场 -> 开中断 -> 中断返回
    - I V VI II VII
  - （6）B
    - 中断隐指令的任务：保护断点、关中断、形成中断服务程序入口地址并送入PC

- **9.2 选择题（续）**

  - （7）B
    - A：正确
    - B：错误，多重中断，中断处理期间CPU要开中断
    - C：正确
    - D：正确

  - （8）B
    - 主存地址不可能在CPU和打印机控制接口中的I/O端口之间进行交换

  - （9）C
    - A：错误
    - B：错误
    - C：正确
    - D：错误

  - （10）D
    - A：正确
    - B：正确
    - C：正确
    - D：错误

  - （11）D
    - 带宽=1600x1200x24x85x(1/50%)=7,833.6Mbit/s

  - （12）B
    - 存取时间=寻道时间（找磁道的时间）+等待时间（找扇区的时间）+传输时间
    - 等待时间=磁盘转半圈的时间=(60/7200)x0.5=4.17ms
    - 传输时间=传输一个扇区的时间=(60/7200)/1000=0.0083ms
    - 存取时间=8+4.17+0.0083=12.18ms

- **9.3** 简要回答下列问题：

- （1）CPU与外部设备之间如何连接？

- 答：

  - 通常CPU与外部设备之间通过总线连接，外部设备通过接口连接在总线上，接口实现CPU与外部设备的连接和信息的交换。

- **9.3 简要回答下列问题（续）：**

- **（2）CPU与外部设备信息交换的控制方式有哪些？它们各有什么特点？**

- 答：
  - （1）程序控制方式：首先，通过设置I/O接口的命令寄存器启动设备；设备准备的过程中，CPU通过读取I/O接口中的状态寄存器，查询设备是否已就绪，根据查询结果决定下一步操作究竟是进行数据传送，还是等待。程序控制方式也称为程序查询方式。程序控制方式的I/O接口设计简单，但是CPU与外部设备只能串行工作，CPU浪费大量时间进行查询和等待，系统效率较低。

  - （2）程序中断控制方式：CPU启动外部设备后，不再查询外部设备的状态，当外部设备准备好后，主动向CPU发出中断请求；CPU响应中断请求，暂停正在执行的程序，并调用相应的中断服务程序，完成CPU与外部设备的一次信息传输。程序中断控制方式中，CPU与外部设备是并行工作，CPU利用率高。

  - （3）直接存储器访问方式：即DMA方式，Direct Memory Access。DMA方式中，由DMA控制器（DMAC）临时代替CPU控制总线，控制外部设备与内存之间进行直接的数据交换，信息传送不再经过CPU寄存器中转；DMA方式主要用于存储器与外部设备（如磁盘）之间的大量数据传送。

  - （4）通道方式：为进一步减少CPU被I/O操作中断的次数，提高CPU效率，出现了通道技术（通道方法）；由通道分担CPU的I/O管理，能有效提高系统效率。通道拥有独立的通道指令系统，可以通过执行通道程序来完成CPU指定的I/O任务。

  - （5）外围处理器方式：外围处理机方式（PPU，Peripheral Processor Unit）是通道方式的进一步发展，通常用于大中型计算机系统中。

- **9.3** 简要回答下列问题（续）：

- （3）什么是程序查询I/O方式？简要说明其工作原理。

- 答：
  - 程序程序I/O方式是指输入/输出完全依靠CPU执行程序实现。
  - 当CPU要与设备进行数据交换时，首先设置接口命令寄存器启动设备；设备准备的过程中，CPU通过读取接口中的状态寄存器查询设备是否已就绪，根据查询结果决定下一步操作究竟是进行数据传送还是等待。
  - 这种控制方式中CPU与外部设备串行工作，CPU会浪费大量的时间进行查询和等待，系统效率较低。

- **9.3** 简要回答下列问题（续）：

- （4）比较单级中断和多重中断处理程序的异同点。

- 答：
  - 两者都可以有多个中断源，但单级中断的中断服务程序不可被其他中断源再次中断，所以中断服务程序全程为关中断状态；多重中断的中断服务程序保护现场的内容包括中断屏蔽字，并且保护现场后立即开中断，方便中断嵌套。

- **9.3** 简要回答下列问题（续）：
- （5）中断隐指令完成什么功能？
- 答：
  - 中断隐指令的主要任务是：关中断、保存断点、中断识别。
  - （1）关中断：关中断的目的是临时禁止新的中断请求，是为了在中断响应周期以及中断服务程序中保护现场操作的完整性，只有这样才能保证中断服务程序执行完成后，能返回断点正确执行。
  - （2）保存断点：保存断点就是保存将来返回被中断程序的位置；对于已经执行完毕的指令，断点是下一条指令的位置；对于缺页故障、段错等执行指令引起的故障异常，由于指令并没有执行，断点就是异常指令的PC值。
  - （2）中断识别：中断识别的主要任务就是根据当前的中断请求识别中断来源，将中断服务程序入口地址送入程序计数器PC。
  - 中断隐指令内的操作是由硬件实现的，整个中断隐指令是不可被打断的；中断隐指令结束后，CPU将执行中断服务程序，直至中断返回，这部分由软件实现（中断服务程序）；因此，整个中断处理过程是软硬件协同实现的。

- **9.3** 简要回答下列问题（续）：

- （6）为什么在保护现场和恢复现场的过程中，CPU必须关中断？

- 答：

  - 保护现场、恢复现场的过程必须是原子操作，否则中断返回时被中断程序的运行现场不正常，程序无法正确运行。关中断就是为了保障保护现场、恢复现场的原子性。

- **9.3 简要回答下列问题（续）：**

- **（7）CPU响应中断的条件有哪些？**

答：CPU 响应中断的条件包括以下 5 点。

① 对应的中断请求未被屏蔽。

② 当前没有更高优先级的其他中断请求。

③ 如果 CPU 正在执行中断服务，则中断请求应符合嵌套条件。

④ 中断使能位处于使能状态，也就是开中断状态，内部异常和不可屏蔽中断不受此限制。

⑤ CPU 已执行完一条指令的最后一个状态周期。

（8）什么是中断优先级？它具有哪两层含义？划分优先级的原则是什么？

- **9.3** 简要回答下列问题（续）：

- （8）什么是中断优先级？它具有哪两层含义？划分优先级的原则是什么？

答：中断优先级是指 CPU 响应并处理不同中断源中断请求的先后次序。中断优先级包括两层含义：响应优先级和处理优先级。响应优先级是指 CPU 对各设备中断请求进行响应的先后次序，其在硬件线路上是固定的，不便于变动；处理优先级是指中断嵌套的实际优先级处理次序，通常可以利用中断屏蔽技术动态调整。

划分优先级的原则：①不可屏蔽中断>内部异常>可屏蔽中断；②内部异常中硬件终止属于最高级，其次是指令异常或自陷等程序故障；③DMA 中断请求优先于 I/O 设备传送的中断请求；④在 I/O 传送类中断请求中，高速设备优先于低速设备，输入设备优先于输出设备，实时控制设备优先于普通设备。

- **9.3 简要回答下列问题（续）：**

- **（9）计算机中断系统中使用屏蔽技术有什么好处？**

答：中断屏蔽技术可以动态调整处理优先级，从而使低优先级的中断也可以中断高优先级的中断服务程序，使中断处理更加灵活。如果不使用中断屏蔽技术，处理优先级和响应优先级相同。

- **9.3** 简要回答下列问题（续）：

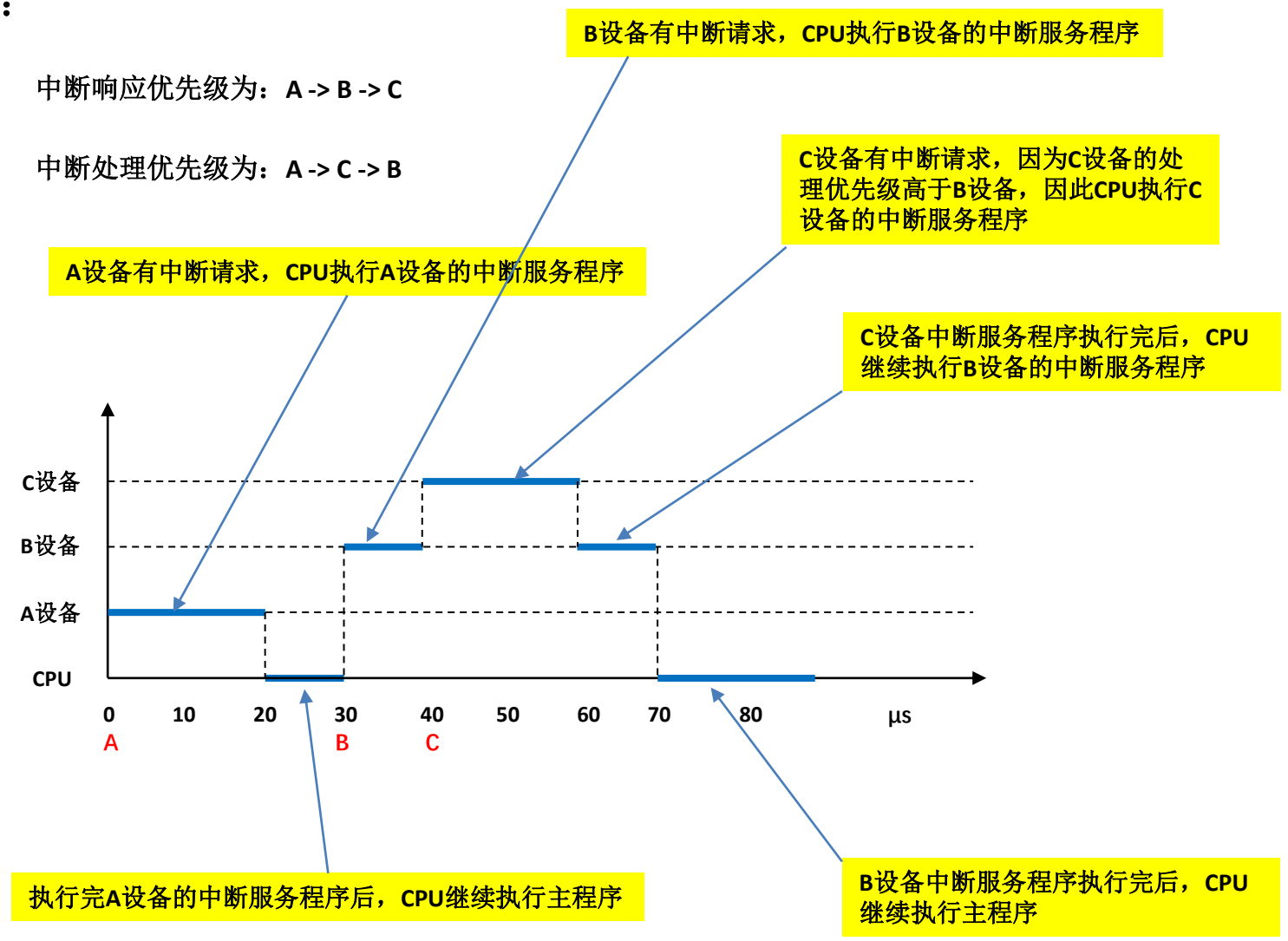
- （10）计算机中断响应后，如何调出中断服务程序？

答：通过硬件或软件方法查找中断源，清除当前中断请求，将对应的中断服务程序入口地址送入程序计数器 PC，完成中断识别后即可正式执行中断服务程序。

- **9.3** 简要回答下列问题（续）：
- （11）DMA方式传送数据前，CPU应该先进行哪些操作？
- 答：
  - （1）初始化DMA：CPU将内存地址、数据块长度、数据传输方向等DMA传输参数通过系统总线经DMAC的I/O接口传输给DMAC，此时DMAC是总线的从设备，接收CPU传输过来的DMA参数。
  - （2）启动设备：CPU通过系统总线向设备I/O接口发送DMA读、写命令以及相关参数，这里的参数包括设备地址、传输块大小、传输方向等，也就是传统的启动设备的过程。
  - （3）其他进程运行：完成以上工作后，CPU将当前进程主动挂起，通过进程调度转去执行其他进程，以充分利用CPU资源。

- **9.3** 简要回答下列问题（续）：
- （12）比较中断I/O和DMA的异同点。
- 答：
  - （1）两者均采用了“请求-应答”机制；中断方式请求的是CPU时间，响应时机是指令周期结束时刻；DMA方式请求的是总线控制权，响应时机是任何一个机器周期结束的时刻。
  - （2）中断方式通过CPU执行程序进行实际的数据传送，存在程序执行现场的保护和恢复问题；DMA方式依靠额外的硬件来实现数据传输，其不改变CPU现场，不影响系统性能。
  - （3）DMA方式仅仅用于数据的传输；中断方式不仅可以实现数据传输，还可以用于处理各种随机事件，提高计算机的灵活性。

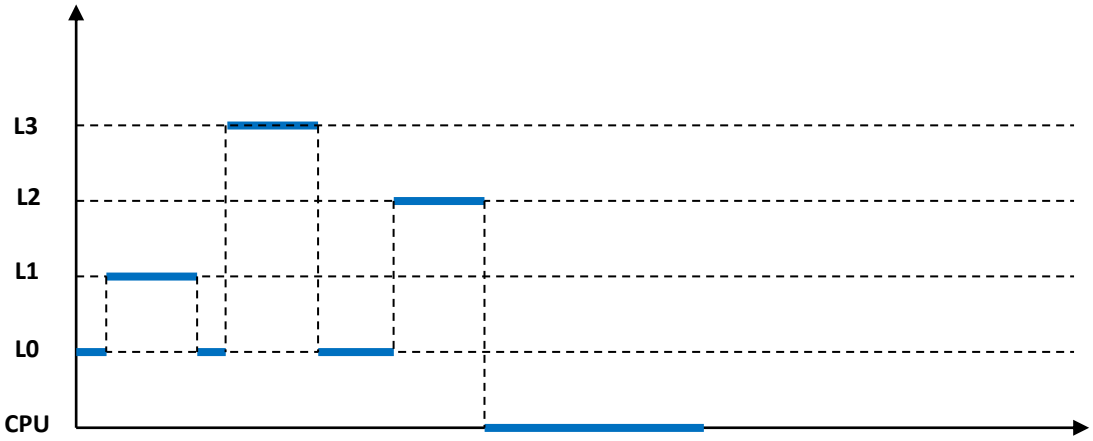
- 9.4
- 答：
  - 中断响应优先级为：A -> B -> C
  - 中断处理优先级为：A -> C -> B



- **9.5**
- 答：
  - （1）
  - 中断处理次序改为：L1 -> L3 -> L0 -> L2
  - 因此中断屏蔽字为：

设备名	中断屏蔽字			
	L0	L1	L2	L3
L0	1	0	1	0
L1	1	1	1	1
L2	0	0	1	0
L3	1	0	1	1

  - （2）



- **9.6**
- 答：
  - 外部设备的最大数据传输速率=20KB/s，数据缓冲区=16位=2B
  - 因此，每秒产生的中断次数=20KB/2B=10K=10000次
  - 中断占用CPU的时间=500x(1/500MHz)x10000=1%
  - 采用中断方式只占CPU1%的时间，影响不大，可以采用中断I/O方式。
  - 如果外部设备的最大数据传输速率=2MB/s，数据缓冲区=16位=2B
  - 此时，每秒产生的中断次数=2MB/2B=1M=1,000,000次
  - 中断占用CPU的时间=500x(1/500MHz)x1,000,000=100%
  - 采用中断方式要占CPU100%的时间，故不能采用中断I/O方式。

- **9.7**
- 答：
  - （1）
    - 异步串行通信的信息帧格式：1位起始位+7位ASCII字符+1位奇校验位+1位停止位=10位
    - 因此，共需传输10位
    - 因为从设备D接收启动命令到字符送入I/O端口需要0.5ms，因此每秒最多可向I/O端口送入：1s/0.5ms=2000个字符
  - （2）
    - 时钟周期T=1/50MHz=0.02μs
    - 一个字符传送时间=设备D将字符送I/O端口的时间 + 中断响应时间 + 中断服务程序前15条指令的执行时间 = 0.5ms + 10T + 15x4T = 500μs +10x0.02μs +60x0.02μ = 501.4μs
    - 读取1000个字符需要：1000x501.4=0.5014s=0.5014x50MHz=$2.507x10^7T$
    - CPU用于完成这一任务的时间=1000x(10+20x4)xT=90000T
    - 在中断响应阶段，CPU主要完成：关中断、保护断点和中断识别操作

- **9.8**

- 答：

  - （1）
    - 时钟周期T=1/500MHz
    - 设备A的数据传输速率=2MB/s，32位数据缓冲区，因此设备A必须每隔32/(2MB/s)=2μs查询一次
    - 即1秒查询1s/2μs=500,000次
    - 查询一次需要的时间=10x4xT
    - 查询方式CPU用于设备A的时间占比为=500000x40T/1s=4%

  - （2）
    - 设备B的数据传输速率=40MB/s，32位数据缓冲区，因此设备B必须每隔32/(40MB/s)=0.1μs中断一次
    - 中断一次需要的时间=400xT=400/500MHz=0.8μs > 0.1μs
    - 因此，设备B不能采用中断I/O方式

  - （3）
    - 设备B的数据传输速率=40MB/s，DMA方式的数据块大小=1000B，因此设备B必须每隔1000B/(40MB/s)=25μs进行一次DMA传输
    - 即每秒进行1s/25μs=40,000次DMA操作
    - 一次DMA需要花费CPU时间=500T
    - DMA方式设备B占用CPU的时间比=40000x500T/1s=4%

Thanks