

本讲内容

- ◉ I/O 管理概述
- ◉ I/O 硬件组成
- ◉ I/O 控制方式
- ◉ I/O 软件组成
- ◉ I/O 相关技术
- ◉ I/O 性能问题



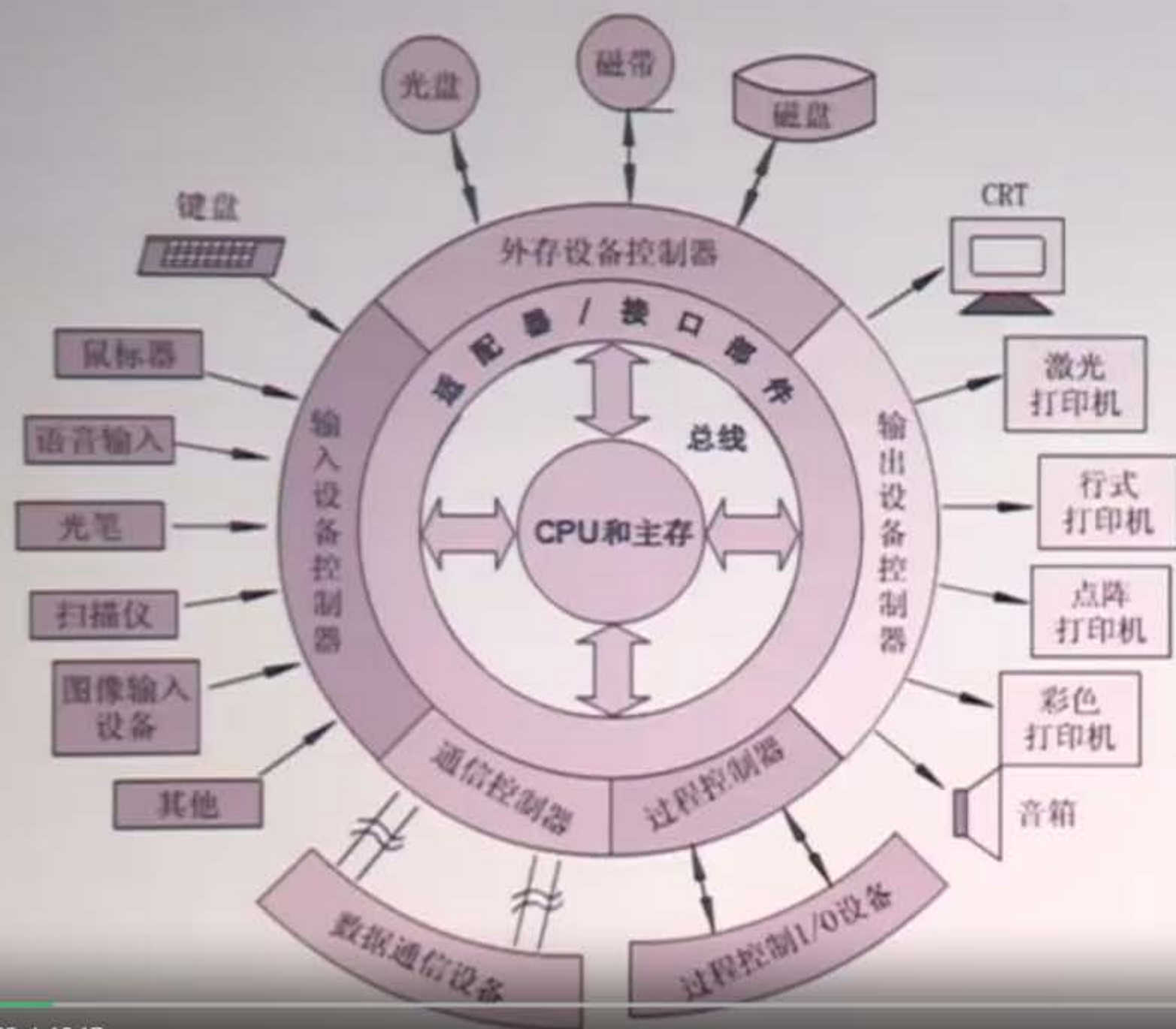
管理的性能 首先我们来看一下 I/O

I/O 管理概述

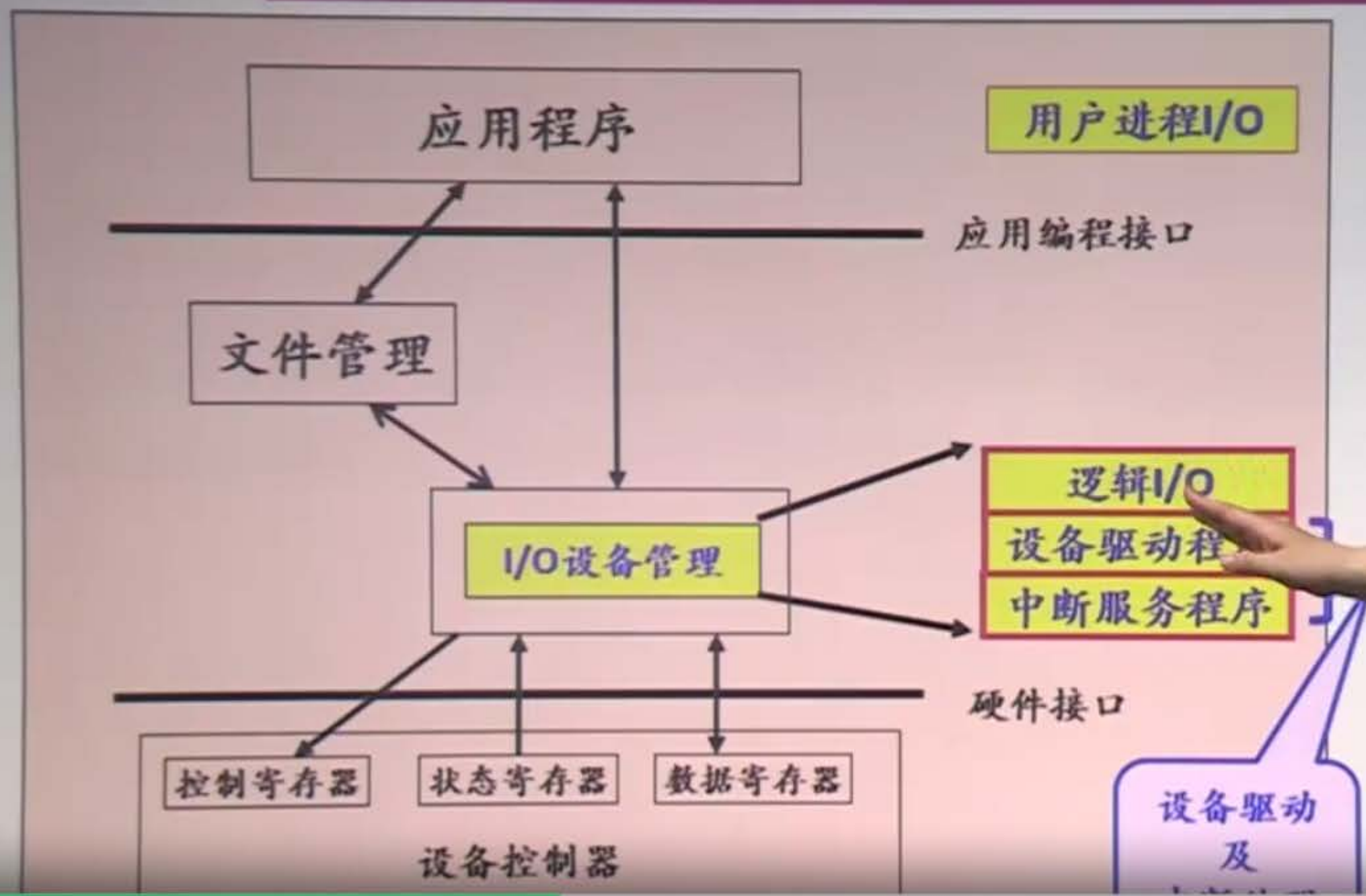


管理的性能 首先我们来看一下 I/O

计算机I/O系统结构



I/O管理示意



设备驱动
及
中断处理

I/O的特点

- I/O性能经常成为系统性能的瓶颈
- 操作系统庞大复杂的原因之一：
资源多、杂，并发，均来自I/O
 - 速度差异很大
 - 应用
 - 控制接口的复杂性
 - 传送单位
 - 数据表示
 - 错误条件
- 与其他功能联系密切，特别是文件系统

Device	Data rate
Keyboard	10 bytes/sec
Mouse	100 bytes/sec
56K modem	7 KB/sec
Scanner	400 KB/sec
Digital camcorder	3.5 MB/s
802.11g Wireless	6.75 MB/s
52x CD-ROM	7.8 MB/s
Fast Ethernet	12.5 MB/s
Compact flash card	40 MB/sec
FireWire (IEEE 1394)	50 MB/sec
USB 2.0	60 MB/sec
SONET OC-12 network	78 MB/sec
SCSI Ultra 2 disk	80 MB/sec
Gigabit Ethernet	125 MB/sec
SATA disk drive	300 MB/sec
Ultrium tape	320 MB/sec
PCI bus	528 MB/sec



设备的分类——按数据组织分

◎ 块设备

以数据块为单位存储、传输信息
传输速率较高、可寻址（随机读写）

◎ 字符设备

以字符为单位存储、传输信息
传输速率低、不可寻址

- * 存储设备（磁盘、磁带）
- * 传输设备（网卡、Modem）
- * 人机交互设备（显示器、
键盘、鼠标）



设备的分类——从资源分配角度

◎ 独占设备

在一段时间内只能有一个进程使用的设备，一般为低速I/O设备（如打印机，磁带等）

◎ 共享设备

在一段时间内可有多个进程共同使用的设备，多个进程以交叉的方式来使用设备，其资源利用率高（如硬盘）

◎ 虚设备。

在一类设备上模拟另一类设备，常用共享设备模拟独占设备，用高速设备模拟低速设备，被模拟的设备称为虚设备

目的：将慢速的独占设备改造成多个用户可共享的设备，提高设备的利用率

实例：SPOOLing技术，利用虚设备技术——用硬盘模拟输入输出设备



I/O管理的目标和任务(1/3)

(1) 按照用户的请求，控制设备的各种操作，完成I/O设备与内存之间的数据交换，最终完成用户的I/O请求

- 设备分配与回收
 - 记录设备的状态
 - 根据用户的请求和设备的类型，采用一定的分配算法，选择一条数据通路
- 执行设备驱动程序，实现真正的I/O操作
- 设备中断处理：处理外部设备的中断
- 缓冲区管理：管理I/O缓冲区



通过缓冲区的管理，来缓解速度之间的不匹配 设备管理的第二个目标，是建立方便、

设备管理的目标和任务(2/3)

(2) 建立方便、统一的独立于设备的接口

- 方便性：向用户提供使用外部设备的方便接口，使用户编程时不考虑设备的复杂物理特性
- 统一性：对不同的设备采取统一的操作方式，即在用户程序中使用的是逻辑设备
 - 逻辑设备与物理设备
 - 屏蔽硬件细节（设备的物理特性、错误处理、不同I/O过程的差异性）

通用性

种类繁多、结构各异
→ 设计简单、避免错误
→ 采用统一的方式处理所有设备



设备管理的目标和任务(3/3)

(3) 充分利用各种技术（通道，中断，缓冲，异步I/O等）提高CPU与设备、设备与设备之间的并行工作能力，充分利用资源，提高资源利用率

- 并行性
- 均衡性（使设备充分忙碌）

性能

CPU与I/O的速度差别大

→减少由于速度差异造成的整体性能开销

→尽量使两者交叠运行

(4) 保护

设备传送或管理的数据应该是安全的、不被破坏的、保密的



大家好，今天我给大家带来的是操作系统原理课的第十一讲 I/O 系统。在这一讲当中，我们首先要介绍 I/O 管理 都需要提供什么样的功能？然后我们从 I/O 的硬件组成，I/O 的控制方式和 I/O 的软件组成，来介绍 I/O 管理这部分的操作系统应该做些什么工作 接着我们来介绍一下跟 I/O 相关的一些技术，以及如何提高 I/O 管理的性能 首先我们来看一下 I/O 管理概述 这是一个计算机的 I/O 系统的一个示意图，在这个图当中我们可以看到各种各样的 外部设备，打印机，还有磁盘 扫描仪等等，各种各样的外部设备，通过了控制器 各种各样的控制器，以及一些接口部件 然后再通过总线，连接到了 CPU 和内存，这样的话呢就建立了一个通道，也就是说 设备上的数据可以通过这个通路啊进入内存 也是内存当中的数据通过通路呢，然后在各种各样的设备上去体现 当然了，CPU 是控制这个过程的一个主要的控制部件 下面我们简单地从软件的角度 操作系统的角度来看一下 I/O 管理的地位和作用 这是一个应用程序的接口 那么底下就是操作系统 然后这是一个硬件的接口，那么下面呢是各种各样的设备 那我们可以看一下，在应用编程接口之上呢，这是用户进程 I/O 也就是用户进程在运行过程的时候呢，提出各种各样的 I/O 请求 一旦这个请求，啊，被操作系统接受，那么操作系统会完成这个请求 具体的是通过了控制这些啊，设备的硬件 而设备的硬件呢，我们把它抽象成 控制器，以及控制器上的各种各样的寄存器 啊，不管是哪种啊外部设备，那么它都可以 抽象成说，哦，它是一个控制器，控制器呢里头有控制寄存器 还有这个设备的 状态寄存器，以及一些数据的寄存器。啊，所以从操作系统 角度是对这些寄存器进行相应的控制，然后达到控制设备的 目的。那我们来看一下在操作系统这个层面上 那么 I/O 设备管理，它可以直接从应用程序得到，啊，这个请求，来完成这个请求 也可以从文件系统接受请求，然后完成请求 前面我们介绍文件系统的时候，我们已经强调说文件系统 做完了它相应的工作之后，最后它是要启动磁盘 那么启动磁盘实际上就是 I/O 设备管理，它后面要做的工作了 我们再来看一下 I/O 设备管理，都应该做些什么具体的事儿？那么这是 I/O 设备管理里头，可能 要做的一些主要的工作，那么这些工作，我们把它也分成了层次 最上面呢是逻辑 I/O，逻辑 I/O 顾名思义，它实际上是和 每一个具体的设备关系不大的，但是又统一的一些操作组成 比如说各种各样的设备，那么要做分配的工作，要做回收的工作 要做数据传输的一些数据准备工作，那我们就把它称之为逻辑 I/O 部分 然后我们可以看一下设备驱动程序，刚才我们说了 在硬件接口之下的是各种各样的设备，啊，通过设备控制器 然后呢对设备控制器上的各种寄存器，进行相应的

控制，而这个控制呢都是设备驱动程序来完成的 所以不同的设备，驱动，设备驱动程序呢是不一样的 因此在整个计算机系统当中，设备驱动 程序占了很大的比例，因为我们面临的是各种各样的 各个品牌，各个型号的，各种 不同的设备，然后接着我们可以看一下就是中断服务程序 当设备工作结束了 那么它会向 CPU 发中断信号 这是我们在第二讲里头介绍过了，那么设备发来信号之后，CPU 再去 响应这个信号的时候呢，要进行相应的处理工作，设备 执行的过程中可能出现了错误，也可能是正常完成了一次设备的数据传输工作，那么都需要中断服务程序，来完成相应的后续处理工作 所以我们可以看一下，在设备管理里头 它要分成层次，那么不同层次完成不同的工作 下面我们来简单地探讨一下 I/O 管理的一些特点 在 I/O 管理部分我们知道，I/O 的性能 通常是影响整个计算机性能的一个瓶颈 而且在 I/O 这部分，它也是造成操作系统 庞大复杂的一个主要原因之一。因为 I/O 它面临的是各种各样的 设备，它的设备的复杂性，以及控制 设备执行的并发性，都会导致在这一部分的管理 使操作系统变得更加复杂，变得更加庞大 这里是从不同的角度来看一下 I/O 设备 第一个我们来看一下不同的 I/O 设备，它们的传输的速率差异是非常大的 这里给出了一张表，这张表里头我们可以 看到像键盘呢，鼠标，它可能传输速率是在多少字节，几十字节，几百字节 那么无线网卡，那么可能是在多少兆 那么到了磁盘，到了总线到了网卡，那么它的这个速，传输速率呢就会 快一些，嗯，快一些。但是尽管如此，那我们可以看到 它们的速率和内存的存取速度 以及 CPU 的速度相比，还是相差了非常多 因此，它会造成啊在读取这些 I/O 设备上的数据的过程中 会造成整个计算机系统的性能上的一个瓶颈 其次我们可以看到不同的应用实际上对 I/O 设备啊这个使用是不一样的 比如说扫描仪，那么它对扫描的这个过程它有不同的一些要求 打印，读盘，它的从应用角度上讲，那么 I/O 设备不同，那么应用的这个开发的过程也是不一样的 当面临一个设备的时候，我们首先要考虑到它的一个控制接口 我们在第二讲曾经介绍过，一个 软盘的接口已经是相当的复杂了 那么如果是磁盘硬盘的接口，那么它的 复杂性就高了更多，不同的 I/O 设备它的传输单位也 不一样，有的是按字节传输，有是按一个扇区，或者是按一个块来传输 同时，数据的表示也是不同的 比如说我们举一个小例子，啊，就是我们说打印机我们要换行 那么即便是换行这样一个控制的数据，那么在不同厂商 不同型号的打印机，可能对换行数据的这个描述，是不一样的 当不同的设备在执行过程中产生了不同

的错误的时候，那么它的错误的种类，错误的一些条件状态也是不一样的，那么这就是 I/O 设备的一个，非常典型的特点。那么 I/O 管理这部分呢，和操作系统的其他部分呢，也是密切相关的。比如说文件系统。我们前面强调文件系统的，做完了它前面的各项工作之后，最后是要启动磁盘，把相应的数据读入或者写入磁盘，那这样的话呢，文件系统的最后，实际上是要和 I/O 管理密切相关的。下面呢，我们讨论一下 I/O 设备的分类。分类的角度是不一样的，我们这里头呢，从两个角度来探讨，一个是按照数据组织来进行相应的分类。那么就把它分成了块设备。那么它的传输单位呢，存储单位呢，都是以块为单位。主要的这种类型的设备呢，它的传输的速率比较高，而且可以按块来寻址。同时呢，大部分情况下，可以进行随机的读取。还有一类设备呢，我们称之为字符设备。字符设备它的传输存储单位呢，往往是以字符为单位。它的传输速率是比较低的，而且呢不可能以字符作为单位来进行寻址。我们还可以从另外一个角度分类。比如说，把设备分成了存储设备。像磁盘、磁带就是存储设备。然后传输设备，像网卡呀，像 Modem 这种调制解调器呀，那么就是一个传输设备。还有一些人机交互的设备，像显示器呀、鼠标呀、键盘呐，就是属于交互式设备。我们也可以这样来分。下面我们从资源分配的角度来对设备进行分类。通常分成三类。第一类呢叫做独占设备。它指的是在一段时间内，只能有一个进程来使用的设备。通常独占设备的传输速率是比较慢的，像打印机呀、磁带呀，这都是属于典型的独占设备。第二类呢我们称之为共享设备。共享设备是在一段时间里头可以有多个进程共同使用的设备。当然，这种共同使用实际上是通过了一种交叉的方式来使用这个设备。目的呢是为了提高它的资源利用率。典型的像磁盘、硬盘就是共享设备。第三类呢我们称之为虚设备。所谓虚设备呢，是在一类设备上去模拟另外一类设备。通常我们会是用共享设备来模拟独占设备。用速度快的，高速的设备来模拟那些速度慢的设备。而被模拟的设备，我们就称之为虚设备。之所以要做这样的模拟工作。主要的目的是为了提高资源的利用率。我们会将慢速的、独占的设备，把它改造成多个用户可以共享的，速度更快的设备。典型的例子呢是我们前面多次介绍过的 SPOOLing 技术。SPOOLing 呢实际上用它来引入，是把独占的设备打印机，把它改造成一个共享的设备，虚拟打印机。因此，当一个进程要打印的时候呢，实际上是把结果送到了磁盘的某一个区域。然后这个打印结束了。再由 SPOOLing 技术提供的守护进程来把相应的结果再从磁盘上送到对应的打印机。啊，这就是一个典

型的虚设备技术 下面我们采介绍一下 I/O 管理这一部分它的主体的目标和任务 它的目标之一 就是按照用户的请求 来控制设备的各种操作, 完成 I/O 设备与内存 之间的数据交换, 最终完成用户提出的 I/O 请求 所以这里头的关键点就是 I/O 管理这一部分是要控制设备 并且完成数据从设备到内存之间的交换传输工作 再完成这个过程 当中呢, 我们首先需要对设备进行相应的管理 比如说, 我们要分配设备, 我们要回收设备 通过记录设备的状态, 我们得知哪些设备是处于什么 样的状态。比如说是分出去了, 还是状态好的 可以用于进一步的分配 另外呢, 当用户提出了请求之后 我们通过这个设备的状态, 能够选择一定的设备 通过一定的资源分配算法, 选择一个设备到内存的一个通路 建立了通路之后, 接着就可以数据在这个通路上去流动了 在设备管理的过程当中呢, 我们 怎么样来控制设备的各种操作呢? 实际上我们是通过执行设备驱动程序 真正由设备驱动程序和设备去打交道, 来实现真正的 I/O 操作 当设备做完了工作之后要 给 cpu 发中断信号, 因此, 设备管理里头还要进行相应的设备中断处理 处理来自设备的各种各样的中断的信号 在完成整个设备的, 与 内存之间数据传输的过程当中我们还 通常需要增加缓冲区的管理 通过缓冲区的管理, 来缓解速度之间的不匹配 设备管理的第二个目标, 是建立方便、 统一的独立于设备的接口 刚才我们已经介绍过了各种 I/O 设备的特点 种类繁多、 结构各异, 那么如何设计简单、 避免错误呢? 通常我们会去采用一个统一的方式来处理各种各样的设备 这就是体现它的一个通用性。因此, 设备管理的第二个目标呢, 实际上是统一 独立的一个设备接口 所谓方便性呢 就指的是向用户提供使用外部设备的一个接口, 是很方便使用的 那么用户在编程的过程当中, 它不需要考虑 繁琐的、 复杂的设备的物理特性 所谓统一性呢, 就是对不同的设备其实是采用统一的操作方式 也就是在用户编程的过程中, 它使用的是一个逻辑设备 然后再由系统把它转换成对应的物理设备 在这个过程当中, 主要的目的是为了屏蔽 硬件的细节。比如说我们的设备的物理特性啊 错误处理啊, 以及不同的 I/O 过程的这样一些差异性, 就是通过这种统一性呢 被屏蔽进的操作系统的一部分, 而对用户的 接口呢是一个非常简单的, 能够让用户很容易 使用的一个编程接口。设备管理的第三个目标, 是充分利用各种技术 提高 CPU 与设备, 设备与设备之间的并行工作能力 通过了并行性和均衡性, 使得计算 机系统的资源得到充分的利用, 进而提高计算机系统的性能 在性能这个问题上, 由于 CPU 与 I/O 的速度的差异极大, 所以 我们应该通过这样一些技术, 来

减少由于速度的差异造成的 计算机系统整体性能的开销，以及尽可能地使得 CPU 和设备能够交叉地运行，交叠地运行 或者说并行运行，这样的话呢，就带来了速度上的提高 设备管理的第四个目标呢就是保护。 因为在数据传输和管理过程中，应该是安全的、不被破坏的、保密的