

本节内容

操作系统的 运行机制

知识总览

操作系统的运行机制

两种指令

特权指令

非特权指令

两种处理器状态

核心态

用户态

两种程序

内核程序

应用程序

预备知识：程序是如何运行的？



C语言
代码

编译器
“翻译”

机器指令
(二进制)

一条高级语言的代码翻译过来可能会对多条机器指令

```
Int x = 1;
x++;
```

```
100010101100001100011100
001011000000001101001111
100100100000001100000001
001011000100111100000011
```



程序运行的过程其实就是CPU执行一条一条的机器指令的过程

基本命令

“小黑框”中使用的命令也注意与本节的“指令”区别

```
homlee — -bash — 59x12
[zhanghonglindeMacBook-Air:Documents homlee$ cd 王道OS/
zhanghonglindeMacBook-Air:王道OS homlee$ ls
~$19年操作系统原题题库.docx      参考资料
~$正文.doc                        知识点讲解
习题讲解                          教材修改建议
[冲刺串讲
zhanghonglindeMacBook-Air:王道OS homlee$ cd~
[-bash: cd~: command not found
zhanghonglindeMacBook-Air:王道OS homlee$ cd ~
[zhanghonglindeMacBook-Air:~ homlee$ mkdir
usage: mkdir [-pv] [-m mode] directory ...
zhanghonglindeMacBook-Air:~ homlee$
```

预备知识：程序是如何运行的？



C语言
代码

编译器
“翻译”

机器指令
(二进制)

一条高级语言的代码翻译过来可能会对多条机器指令

```
Int x = 1;  
x++;
```

```
100010101100001100011100  
001011000000001101001111  
100100100000001100000001  
001011000100111100000011
```



程序运行的过程其实就是CPU执行一条一条的机器指令的过程

“指令”就是处理器（CPU）能识别、执行的最基本命令

注：很多人习惯把 Linux、Windows、MacOS 的“小黑框”中使用的命令也称为“指令”，其实这是“交互式命令接口”，注意与本节的“指令”区别开。本节中的“指令”指二进制机器指令

王道24考研交流群：769832062

王道考研/CSKAOYAN.COM

内核程序 v.s. 应用程序



C语言
代码

编译器
“翻译”

机器指令
(二进制)

一条高级语言的代码翻译过来可能会对多条机器指令

```
Int x = 1;  
x++;
```

```
100010101100001100011100  
001011000000001101001111  
100100100000001100000001  
001011000100111100000011
```



程序运行的过程其实就是CPU执行一条一条的机器指令的过程

我们普通程序员写的程序就是“**应用程序**”

微软、苹果有一帮人负责实现操作系统，他们写的是“**内核程序**”
由很多内核程序组成了“**操作系统内核**”，或简称“**内核 (Kernel)**”

内核是操作系统最重要最核心的部分，也是**最接近硬件的部分**
甚至可以说，一个操作系统只要有内核就够了（eg: Docker—>仅需Linux内核）
操作系统的功能未必都在内核中，如图形化用户界面 GUI

特权指令 v.s. 非特权指令

```
Int x = 1;  
x++;
```



```
100010101100001100011100  
001011000000001101001111  
100100100000001100000001  
001011000100111100000011
```



应用程序只能使用“非特权指令”，如：
加法指令、减法指令等

程序运行的过程其实就是CPU执行一条一条的
机器指令的过程

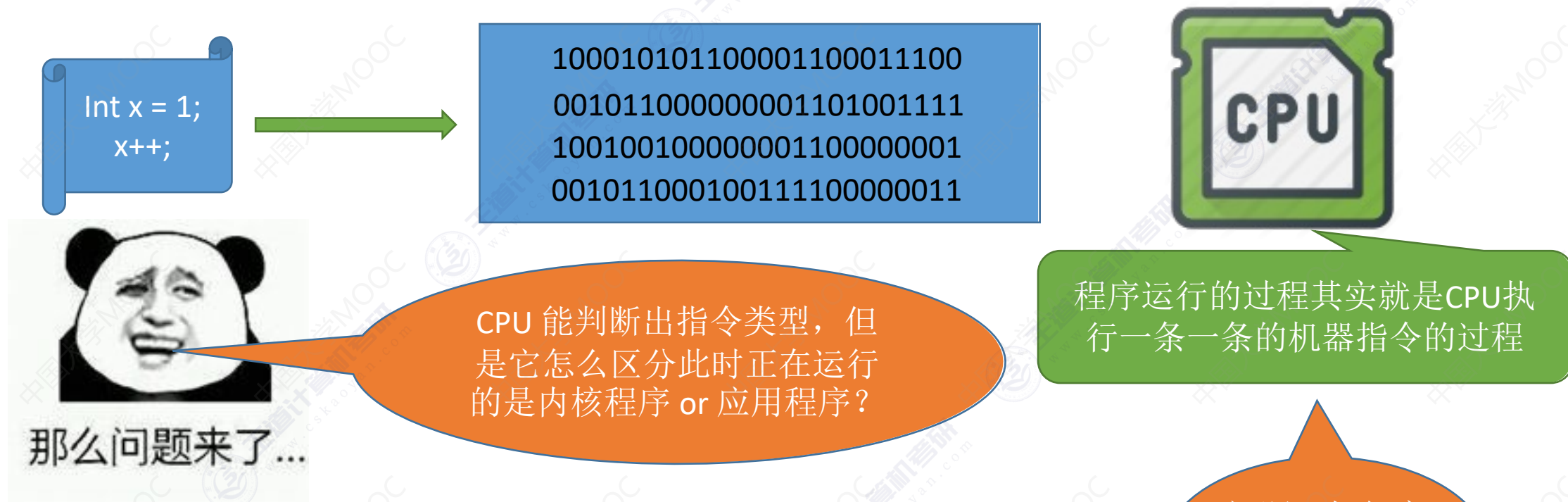
我们普通程序员写的程序就是“**应用程序**”

微软、苹果有一帮人负责实现操作系统，他们写的就是“**内核程序**”

操作系统内核作为“管理者”，有时会让CPU执行一些
“特权指令”，如：内存清零指令。这些指令影响重大，
只允许“管理者”——即操作系统内核来使用

在**CPU**设计和生产的时候就划分了**特权指令**和
非特权指令，因此CPU
执行一条指令前就能判
断出其类型

内核态 v.s. 用户态



CPU 有两种状态，“**内核态**”和“**用户态**”

处于**内核态**时，说明此时正在**运行的是内核程序**，此时**可以执行特权指令**

处于**用户态**时，说明此时正在**运行的是应用程序**，此时**只能执行非特权指令**

拓展：CPU 中有一个寄存器叫 **程序状态字寄存器（PSW）**，其中有个二进制位，1表示“**内核态**”，0表示“**用户态**”

别名：内核态=核心态=**管态**；用户态=**目态**



内核程序

应用程序

处理中断信号的
内核程序



001011000000001101001111
100100100000001100000001
100010101100001100011100
.....

001011000000001101001111
100100100000001100000001
100010101100001100011100
001011000100111100000011

000001001011111101110101
100101010001011101110101
001010010010100010100010
.....

内核态

用户态



中断信号

操作系统内核在让出CPU之前，会用一条特权指令把PSW的标志位设置为“用户态”

CPU检测到中断信号后，会立即变为“核心态”，并停止运行当前的应用程序，转而运行处理中断信号的内核程序

- ① 为“内核态”，
- ② 用户可以启动某个
- ③ 操作系统内核程序在合适的时候主动让出CPU，让该应用程序在CPU上运行
- ④ 应用程序运行在“用户态”
- ⑤ 此时，一位猥琐黑客在应用程序中植入了一条特权指令，企图破坏系统...
- ⑥ CPU发现接下来要执行的这条指令是特权指令，但是自己又处于“用户态”
- ⑦ 这个非法事件会引发一个中断信号
- ⑧ “中断”使操作系统再次夺回CPU的控制权
- ⑨ 操作系统会对引发中断的事件进行处理，处理完了再把CPU使用权交给别的应用程序

内核态、用户态 的切换

内核态→用户态：执行一条**特权指令**——**修改PSW**的标志位为“用户态”，这个动作意味着操作系统将主动让出CPU使用权

用户态→内核态：由“**中断**”引发，**硬件自动完成变态过程**，触发中断信号意味着操作系统将强行夺回CPU的使用权

除了非法使用特权指令之外，还有很多事件会触发中断信号。一个共性是，**但凡需要操作系统介入的地方，都会触发中断信号**

一个故事：

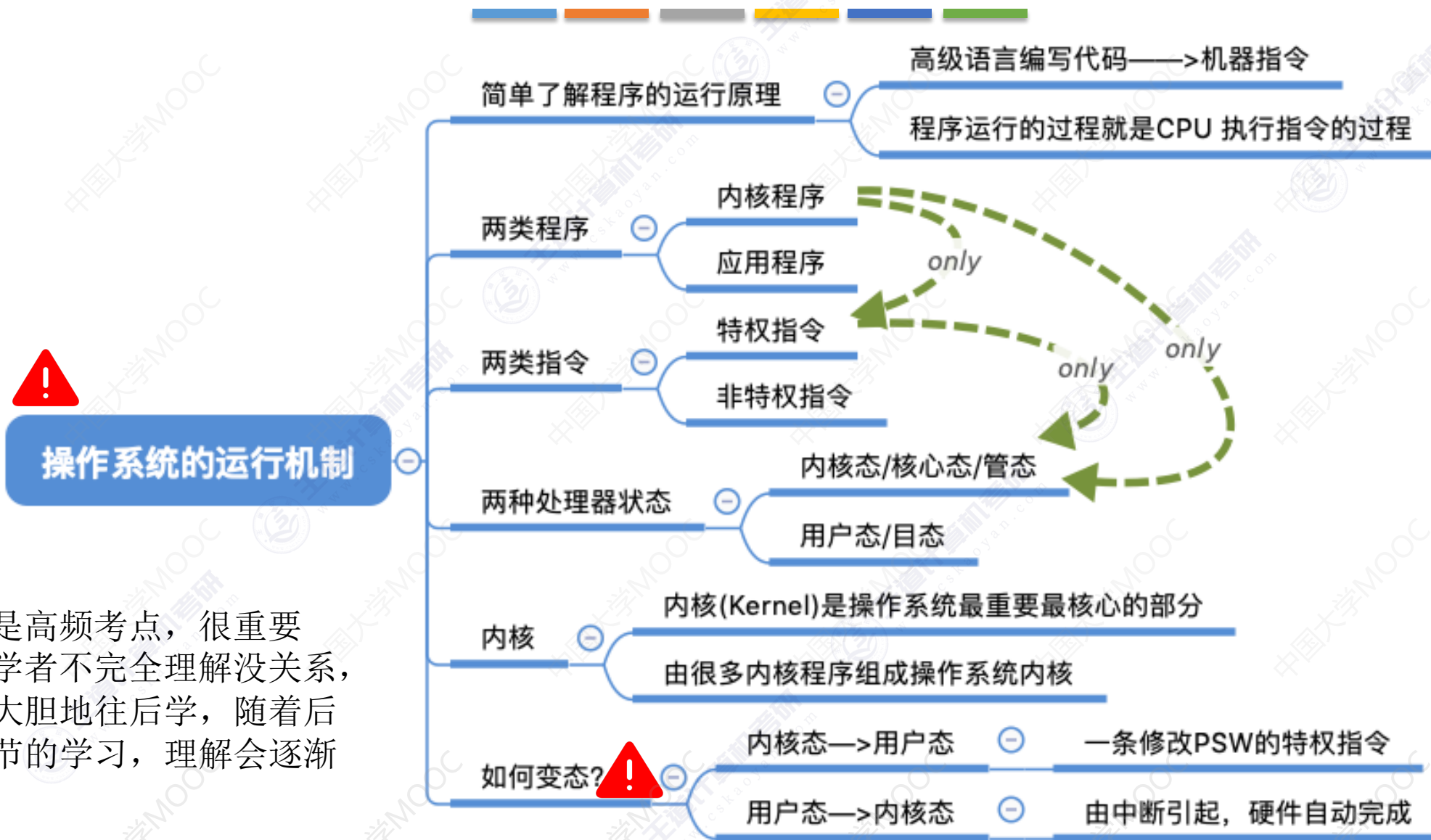
- ① 刚开机时，CPU 为“**内核态**”，操作系统内核程序先上CPU运行
- ② 开机完成后，用户可以启动某个应用程序
- ③ 操作系统内核程序在合适的时候主动让出 CPU，让该应用程序上CPU运行
- ④ 应用程序运行在“用户态”
- ⑤ 此时，一位猥琐黑客在应用程序中植入了一条特权指令，企图破坏系统...
- ⑥ CPU发现接下来要执行的这条指令是特权指令，但是自己又处于“用户态”
- ⑦ 这个非法事件会引发一个**中断信号**

操作系统内核在让出CPU之前，会用一条**特权指令**把 **PSW** 的标志位设置为“**用户态**”

CPU检测到中断信号后，会立即**变为“核心态”**，并停止运行当前的应用程序，转而运行处理中断信号的内核程序

- ⑧ “中断”使操作系统再次夺回CPU的控制权
- ⑨ 操作系统会对引发中断的事件进行处理，处理完了再把CPU使用权交给别的应用程序

知识回顾与重要考点



Tips:

1. 都是高频考点, 很重要
2. 初学者不完全理解没关系, 放心大胆地往后学, 随着后面章节的学习, 理解会逐渐加深

两种指令、两种处理器状态、两种程序



新的问题：

有的指令“人畜无害”。比如：加、减、乘、除 这些普通的运算指令。

有的指令有很高的权限。比如：内存清零指令。如果用户程序可以使用这个指令，就意味着一个用户可以将其他用户的内存数据随意清零，这样做显然是很危险的。



指令

特权指令：如内存清零指令

非特权指令：如普通的运算指令

不允许用户程序使用

两种指令、两种处理器状态、两种程序



问题：CPU如何判断当前是否可以执行特权指令？

两种处理器状态

用户态（目态）

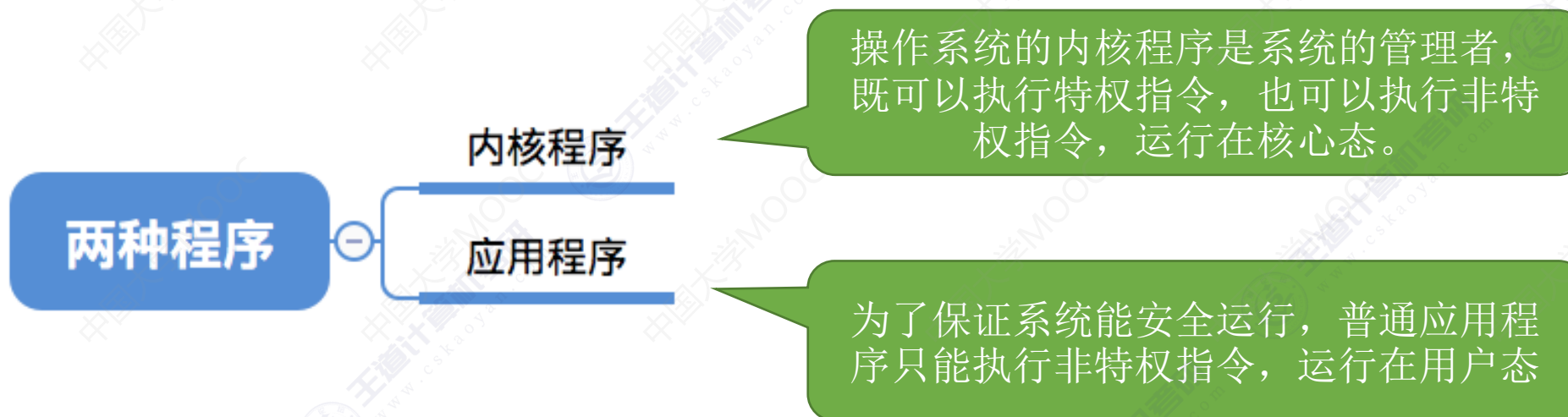
此时CPU只能执行非特权指令

核心态（管态）

特权指令、非特权指令都可执行

用程序状态字寄存器（PSW）中的某标志位来标识当前处理器处于什么状态。如0为用户态，1为核心态

两种指令、两种处理器状态、两种程序



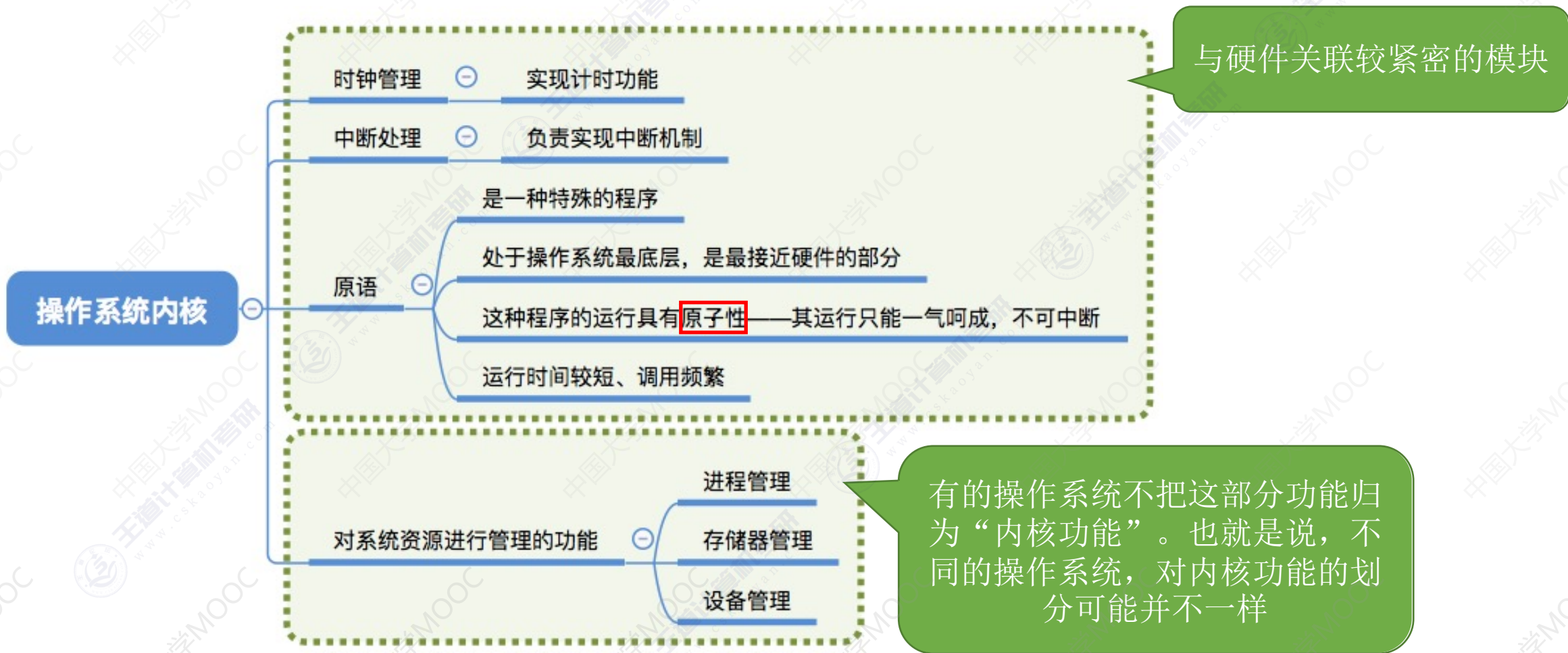
操作系统的内核

Yo~生活经验：我们安装完 Windows 操作系统后，会发现操作系统提供了多种多样的功能，比如“记事本”、“任务管理器”。然而，这些功能并不是必不可少的。即使没有“任务管理器”，我们仍然可以使用计算机。



操作系统的内核

内核是计算机上配置的底层软件，是操作系统最基本、最核心的部分。实现操作系统内核功能的那些程序就是内核程序。



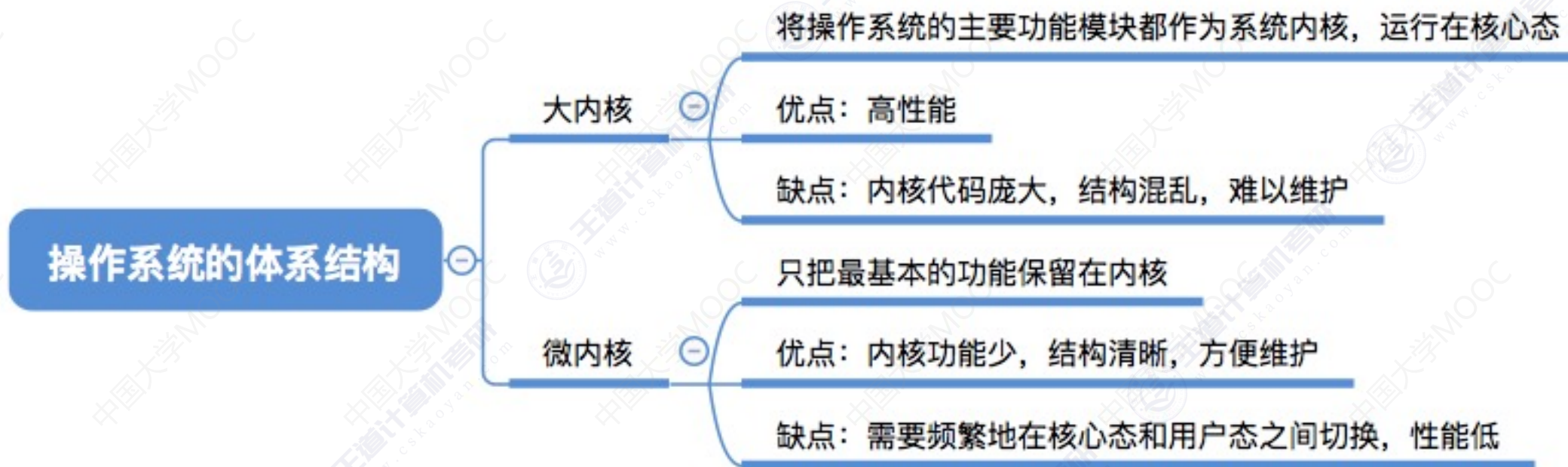
操作系统的内核



计算机系统的层次结构

操作系统的体系结构：大内核和微内核

操作系统的体系结构



类比：

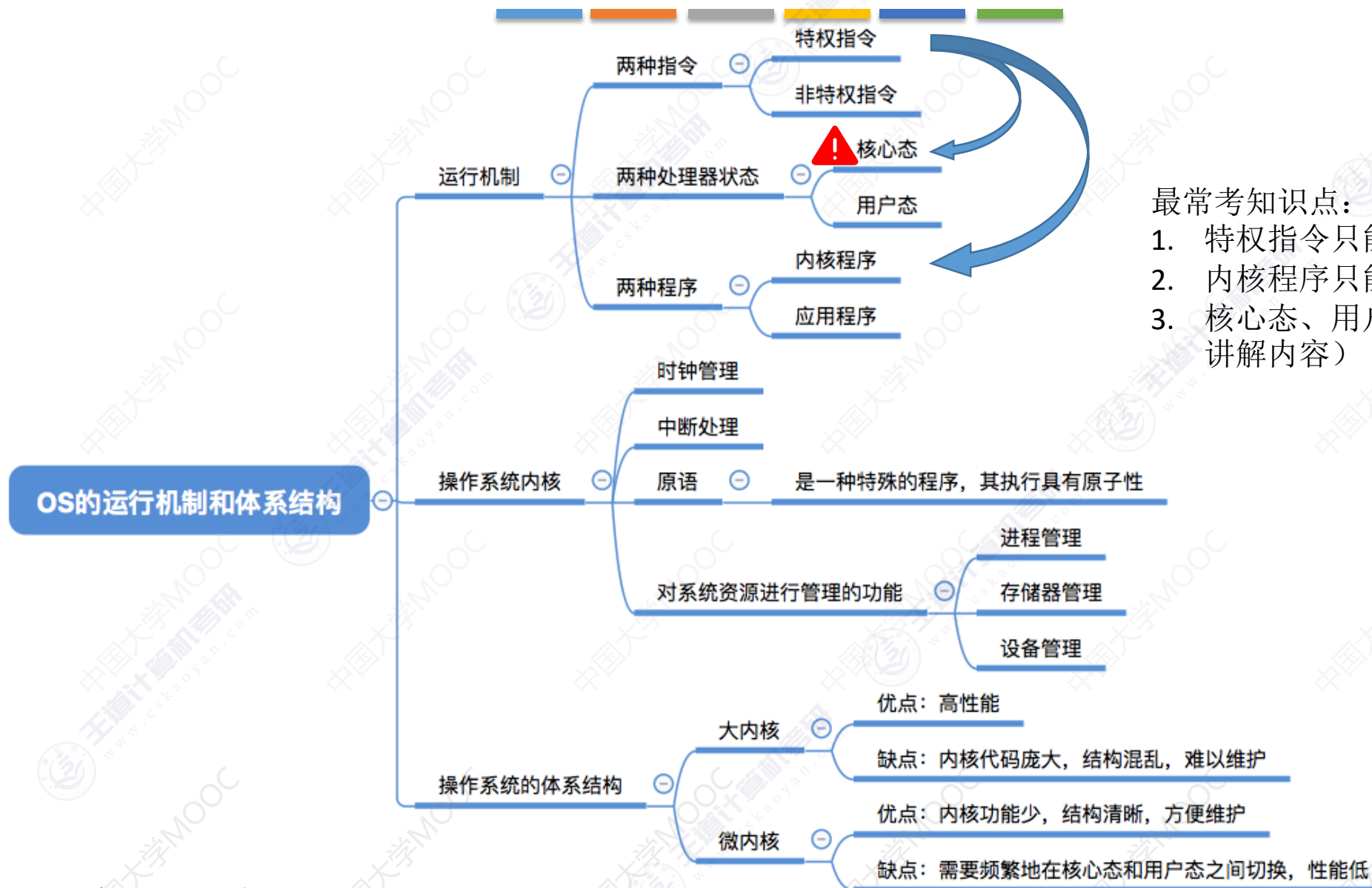
操作系统的体系结构问题与企业的管理问题很相似。

内核就是企业的**管理层**，负责一些重要的工作。只有管理层才能执行**特权指令**，普通员工只能执行**非特权指令**。**用户态**、**核心态**之间的**切换**相当于普通员工和管理层之间的**工作交接**

大内核：企业初创时体量不大，管理层的人会负责大部分的事情。优点是效率高；缺点是组织结构混乱，难以维护。

微内核：随着企业体量越来越大，管理层只负责最核心的一些工作。优点是组织结构清晰，方便维护；缺点是效率低。

知识回顾与重要考点



最常考知识点:

1. 特权指令只能在核心态下执行
2. 内核程序只能在核心态下执行
3. 核心态、用户态之间的切换（后续讲解内容）



公众号：王道在线



b站：王道计算机教育



抖音：王道计算机考研