



---

# 计算机组成原理

---

## 第五章 输入/输出系统





# 主要内容

- 1 概述
- 2 模型机系统总线组成
- 3 直接程序传送方式与接口
- 4 中断方式及接口
- 5 **DMA方式及接口**



## 5.4 DMA方式及接口

---

- **01. DMA方式基本概念**
- **02. DMA控制器与接口的连接**
- **03. 磁盘存储器接口**

# 一、DMA方式基本概念

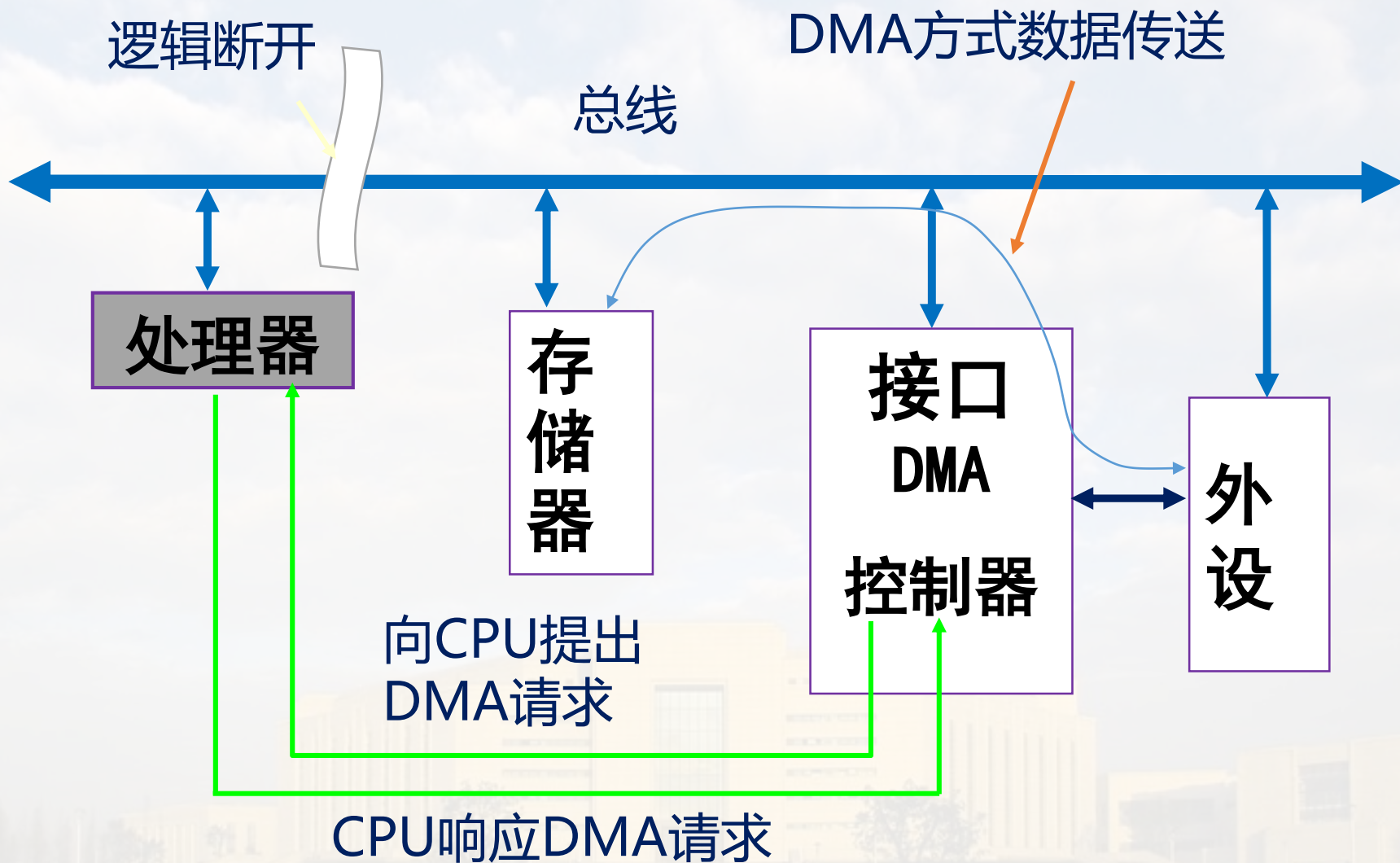
## 1、定义

**DMA**，即直接存储器访问（Direct Memory Access），它指这样一种传送控制方式：依靠硬件直接在**主存与外围设备**之间进行数据传送，在传送过程中**不需要CPU**的干预。

- 1) 传送发生在I/O与主存之间;
- 2) 由DMA控制器来控制传送,DMA控制器接管总线权,传送完毕再将总线权交还CPU
- 3) 只要CPU不访存, DMA操作与CPU可并行操作。
- 4) 传送前和传送后需要CPU程序干预。



# 一、DMA方式基本概念



## 2、特点与应用

- (1)响应随机请求
- (2)一般不影响CPU程序的执行，仅占用总线、无程序切换
- (3)大批量数据的简单传送

### 【典型的应用场合】

- (1)主存与高速I/O设备之间的简单数据传送。
- (2)大批量数据采集系统
- (3)动态存储器（DRAM）的自动刷新

DMA传送是直接依靠硬件实现的，可用于快速的数据直传，传送过程无需CPU参与。也正是由于这点，DMA方式不能处理复杂事态。因此，在某些复杂场合常将DMA与程序中断方式相结合，二者互为补充。二者互为补充。典型的例子是磁盘调用，磁盘读写采用DMA方式进行数据传送，而对寻道正确性的判别、批量传送结束后的处理，则采用中断方式。

## 3、DMA的数据传送操作方式

### ①单字传送

DMA请求获得批准后，CPU让出一个总线周期用于字或字节的传送，再回收并重新判断下一个周期的总线控制权，也称为周期挪用或窃取。

### ②成组连续传送方式

DMA被批准后，连续占用若干个总线周期，成组连续批量地传送，结束后将总线的控制权交回给CPU。



## 4、DMA硬件系统的组织

DMA方式控制I/O设备与主存数据直传，应明确：

- (1) 传送方向、
- (2) 设备寻址信息、
- (3) 主存缓冲区首地址、
- (4) 传送的数据量，等等。

早期：由CPU和DMA接口协同控制；

现代：设置专用的DMA控制器

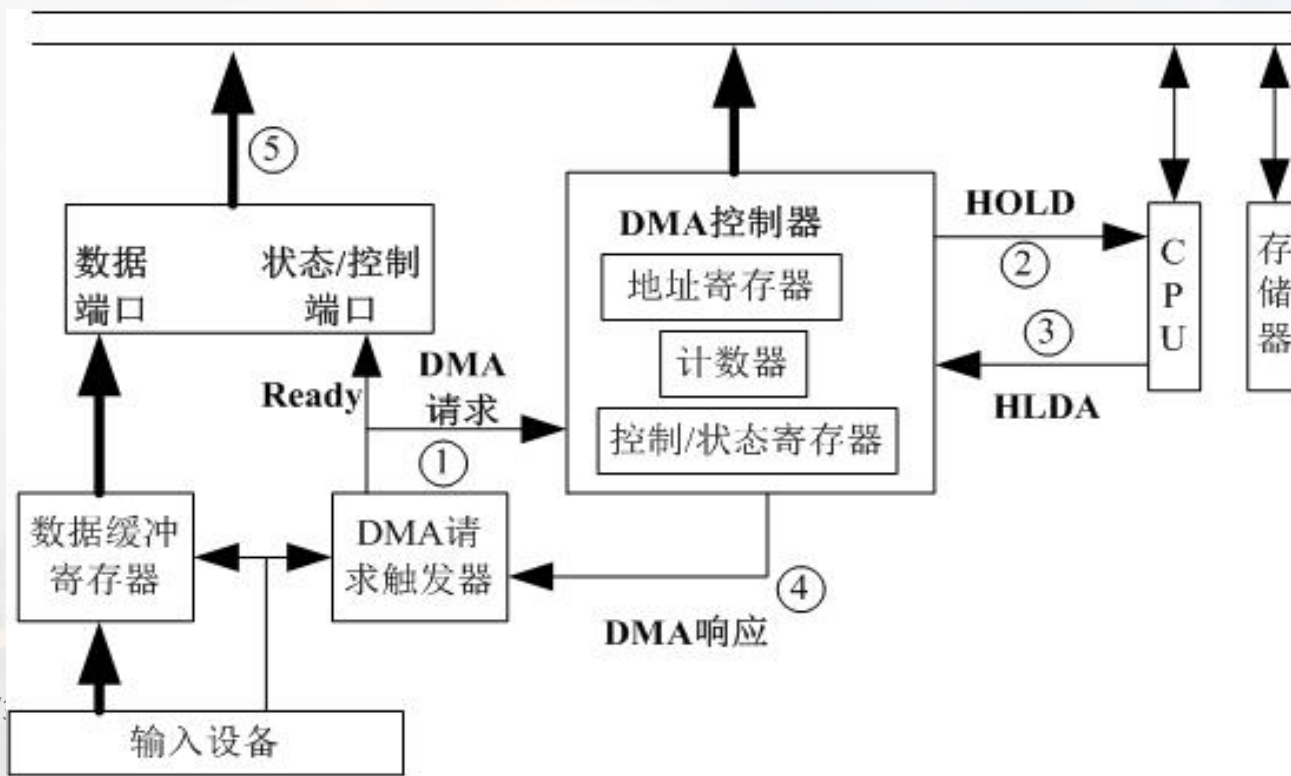
## 5、DMA初始化工作的步骤

- ◆向接口送出I/O设备的寻址信息；
- ◆向DMA控制器送出控制字，如传送方向；
- ◆向DMA控制器送出主存缓冲区首址；
- ◆向DMA控制器送出传送的数据量；

## 6、DMA传输过程（了解）

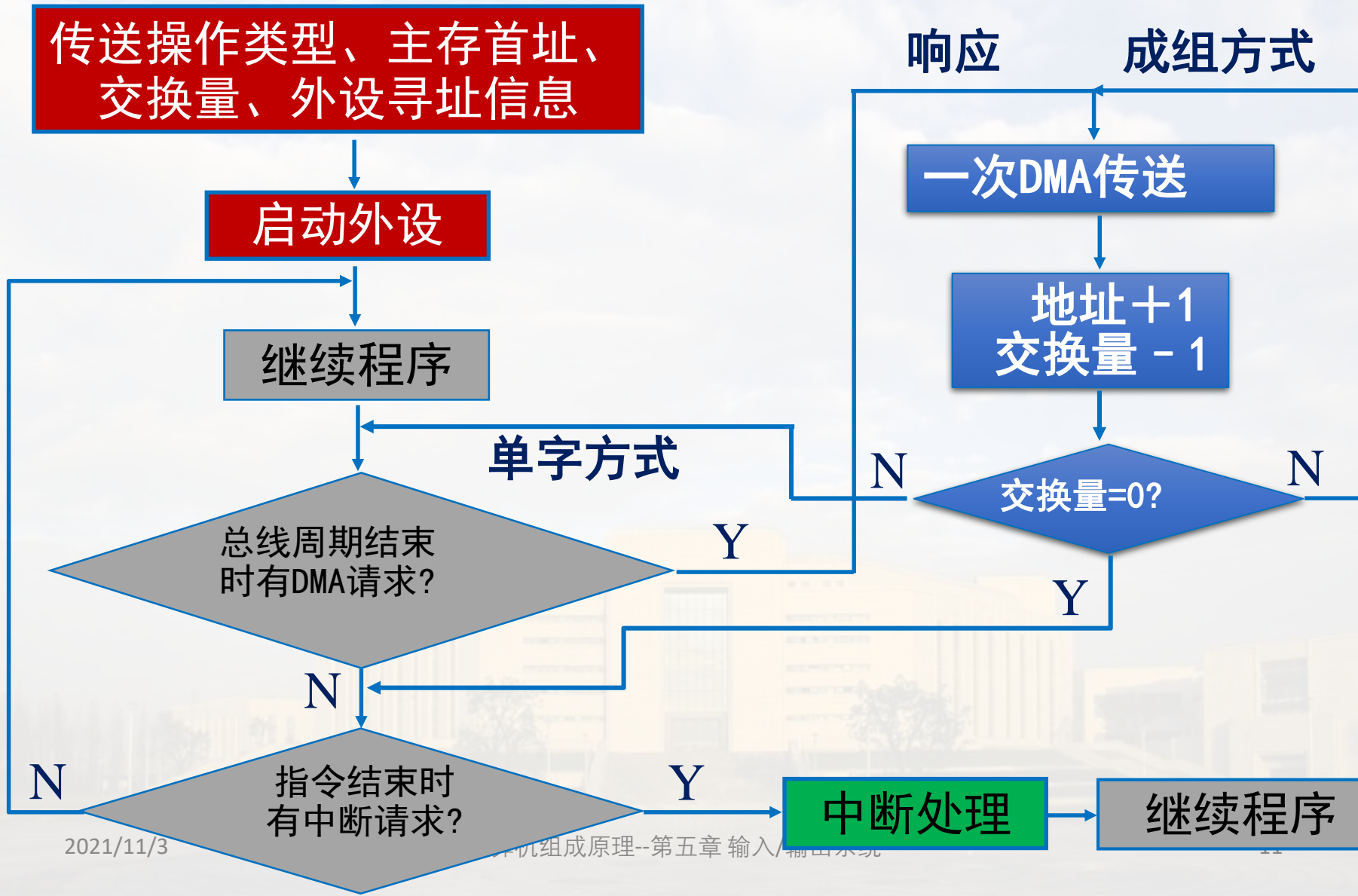
DMA传输包含三个阶段：

- ①程序准备：主程序实现初始化。并启动设备操作。
- ②DMA传送：硬件实现  $M \longleftrightarrow I/O$ 。(具体过程如下图所示)
- ③结束处理：中断处理程序判断传送的正误。



# 一、DMA方式基本概念

## DMA流程



- DMA与中断的相同点:

能响应随机请求。

- DMA与中断的不同点:

中 断: ① 用程序实现中、低速I/O传送; 能处理复杂事件;

② 一条指令结束时响应请求。

③ 程序切换

DMA: ① 用硬件实现高速、简单I/O传送; 一个总线周期结束时响应请求。

② 总线权切换

③ CPU不参与数据传送



设计DMA控制器与设备接口的连接方案，需考虑以下几个方面：

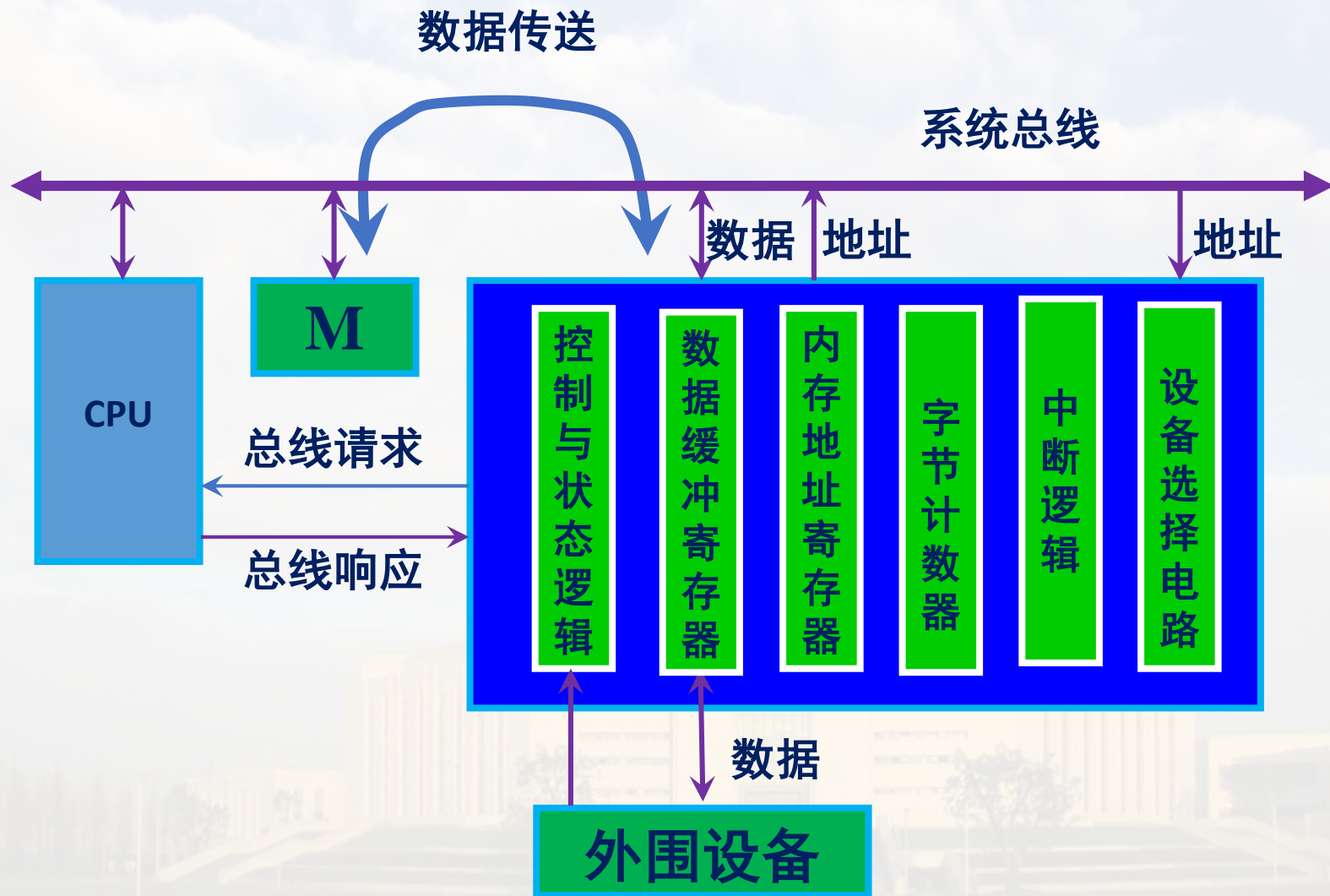
- ① DMA控制器与设备接口是否分离？
- ② 数据传送经过DMA控制器，还是接口直接经数据总线与主存交互？
- ③ 如DMA控制器连接多台设备，采取什么连接方式？
- ④ 有多个DMA控制器，采用怎样的DMA请求方式？

可以采用后述几种设计方案：

- ① 单通道DMA控制器；
- ② 选择型DMA控制器；
- ③ 多路型DMA控制器；

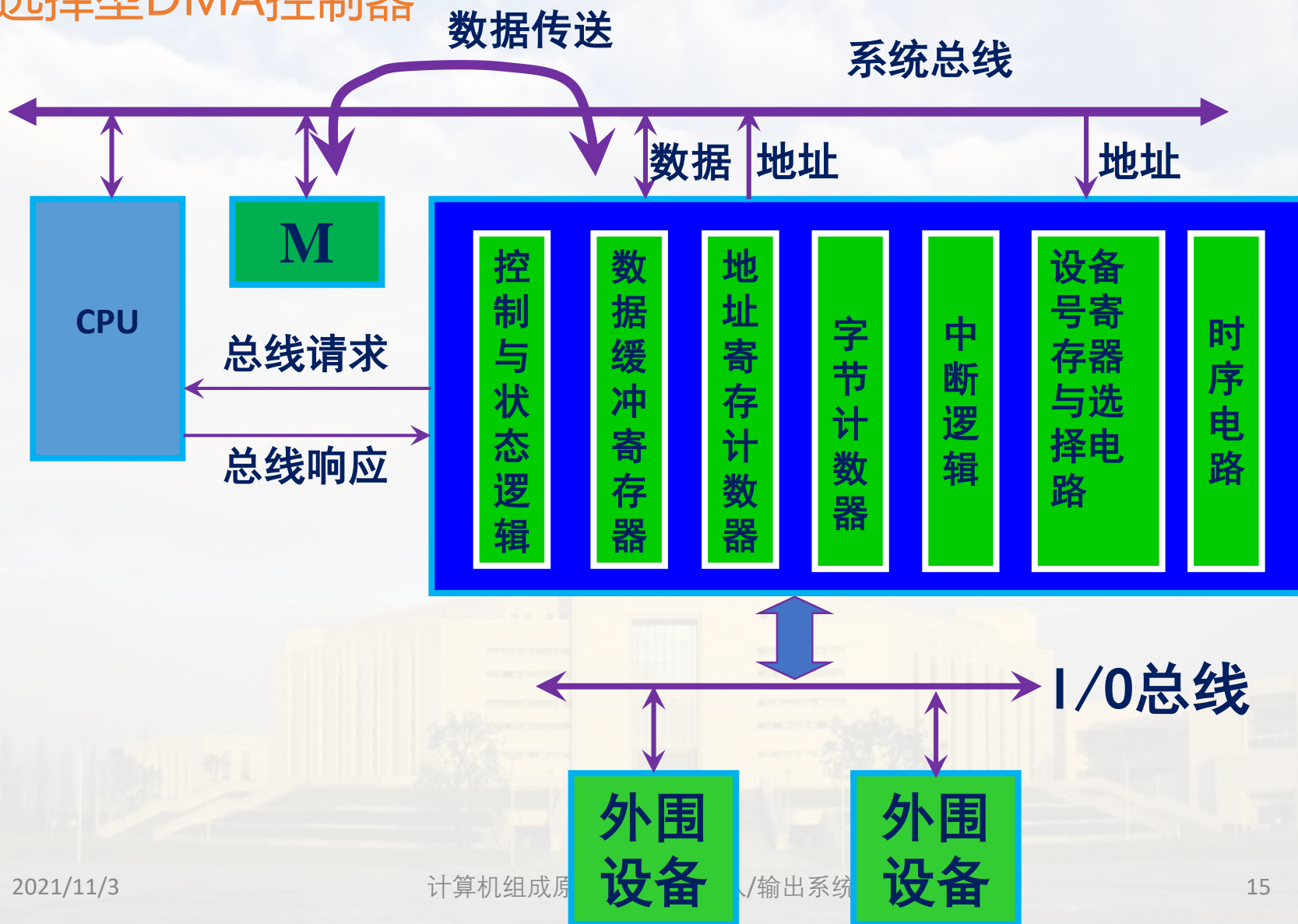
## 二、DMA控制器与接口的连接

### ① 单通道DMA控制器



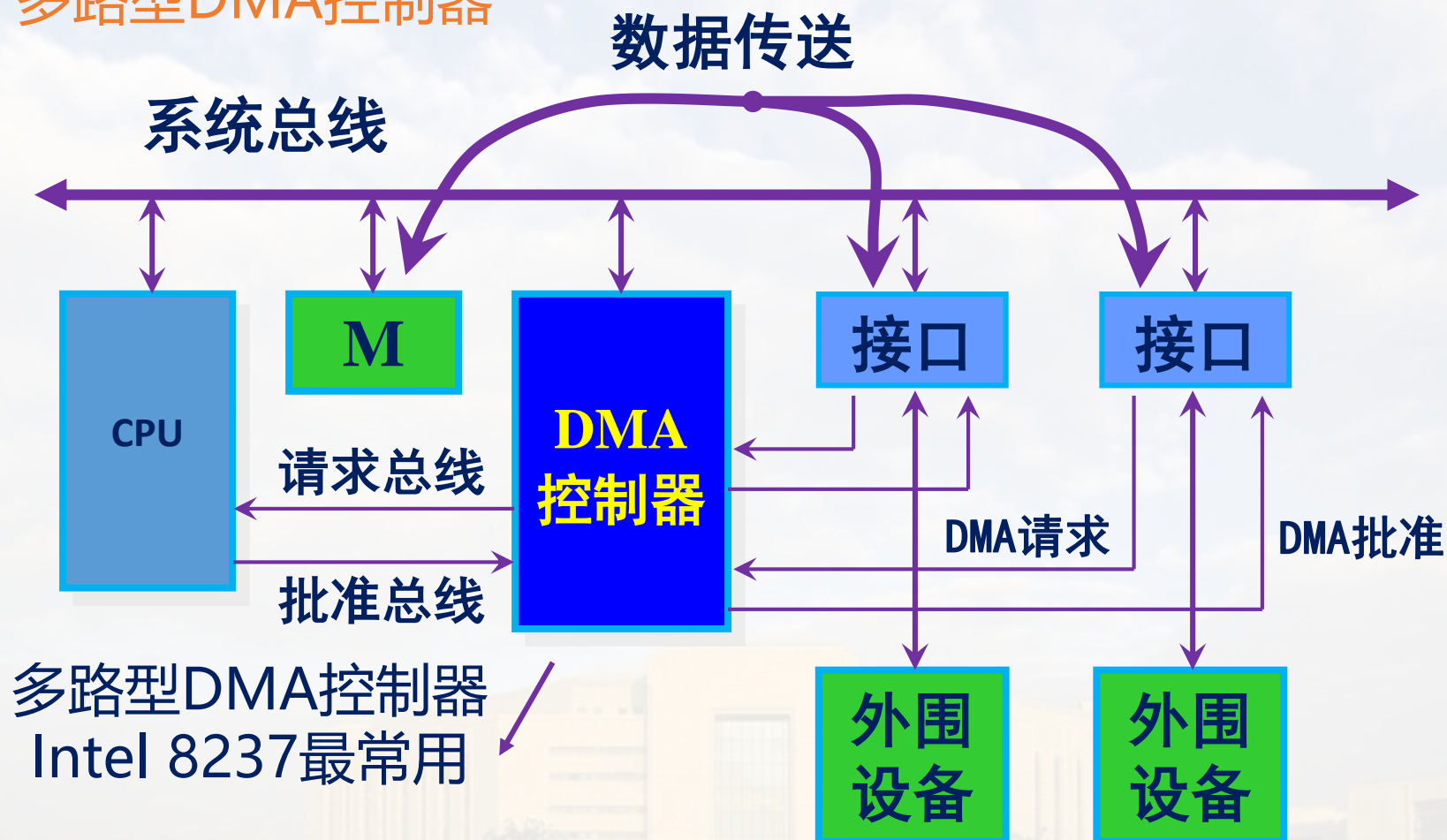
## 二、DMA控制器与接口的连接

### ② 选择型DMA控制器



## 二、DMA控制器与接口的连接

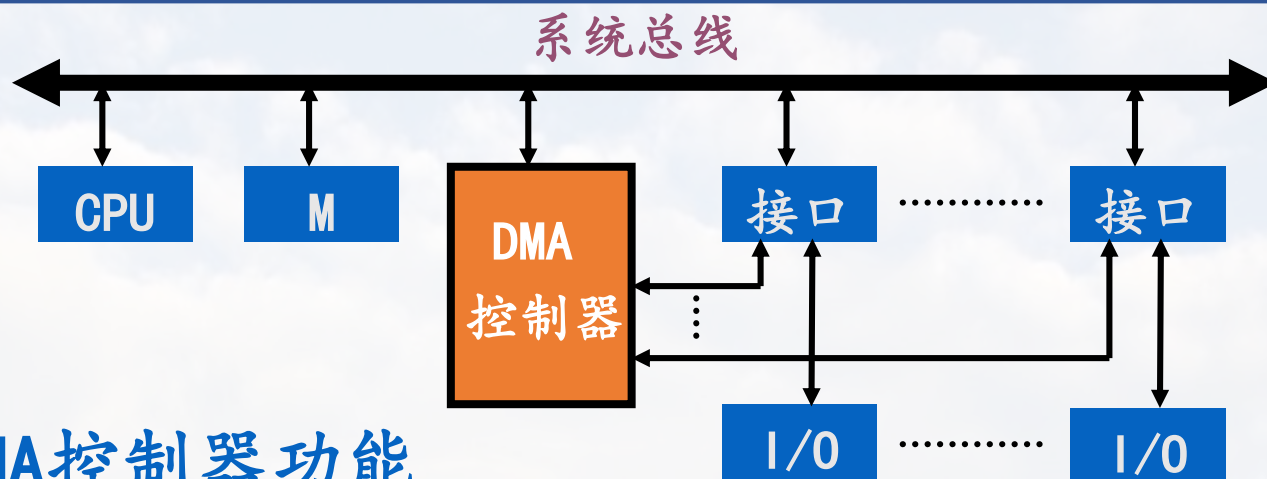
### ③ 多路型DMA控制器



如果所连接的多台设备速度较慢，就可以让它们**同时工作**，以字节或字为单位，交叉地**轮流使用**系统总线进行DMA传输。



## 二、DMA控制器与接口的连接



### 1、DMA控制器功能

接收初始化信息 (传送方向、主存首址、交换量) —— 初始化

接收外设DMA请求, 判优, 向CPU申请总线。 —— 传送前

接管总线权, 发地址、读/写命令。 —— 传送期间

### 2、接口功能

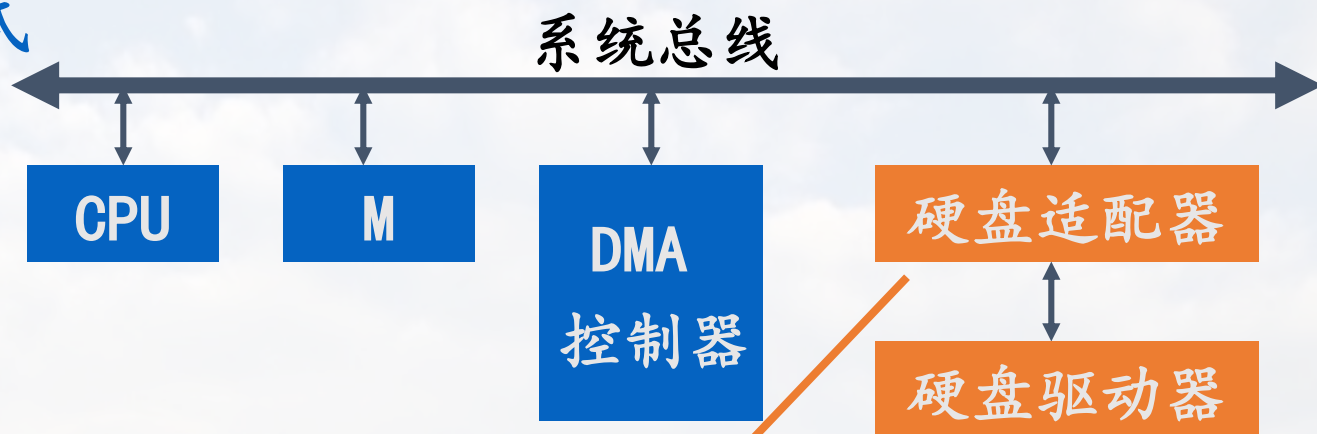
接收初始化信息 (外设寻址信息) 。 —— 初始化

向DMA控制器发请求。 —— 传送前, 外设准备好

传送数据。 —— 传送期间

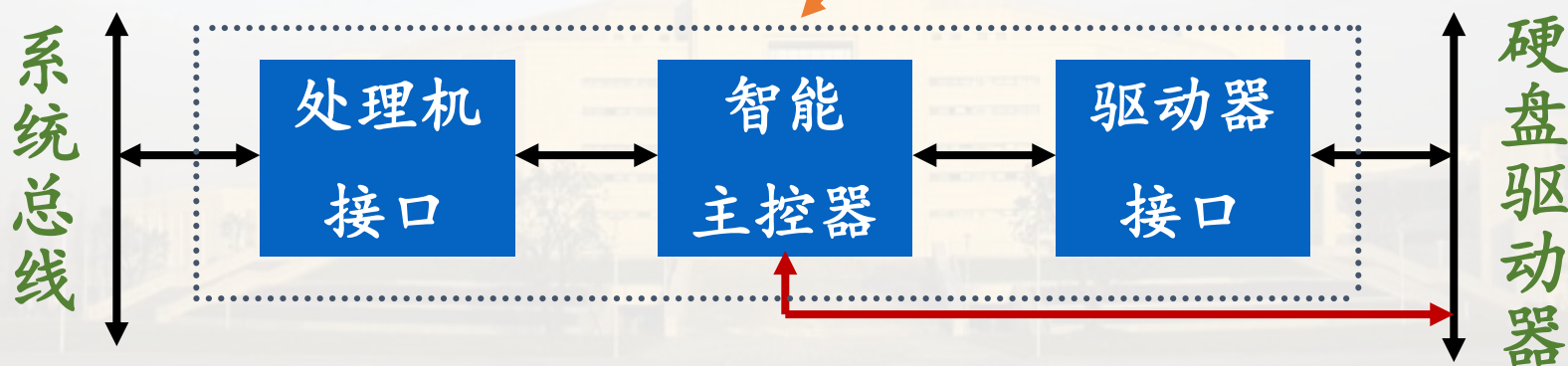
# 三、磁盘存储器接口 (磁盘适配器)

## 1、系统连接方式

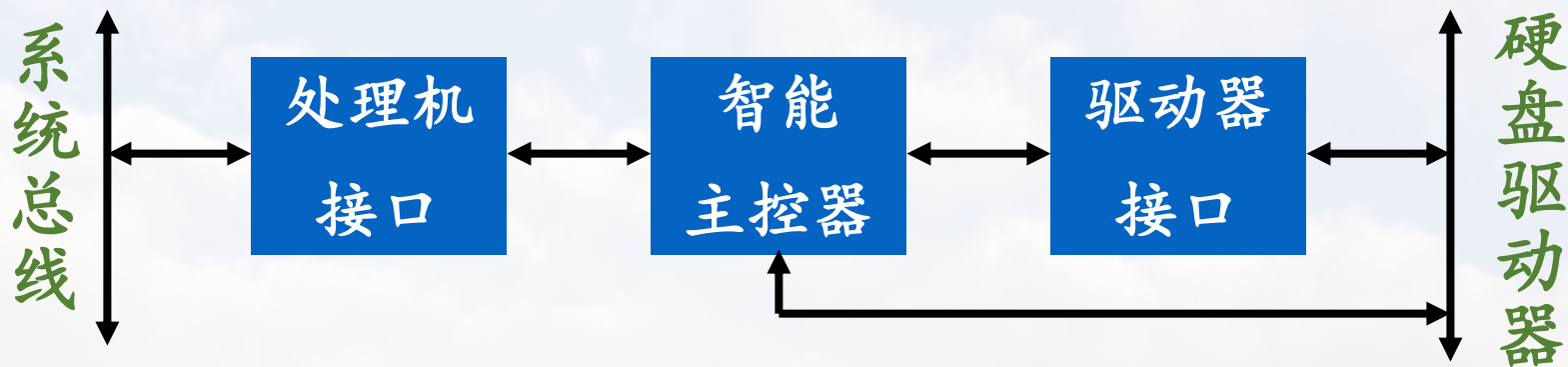


两级DMA控制器 { 主机板上DMA控制器: M ↔ 适配器  
适配器内DMA控制器: 适配器 ↔ 驱动器

## 2、硬盘适配器粗框



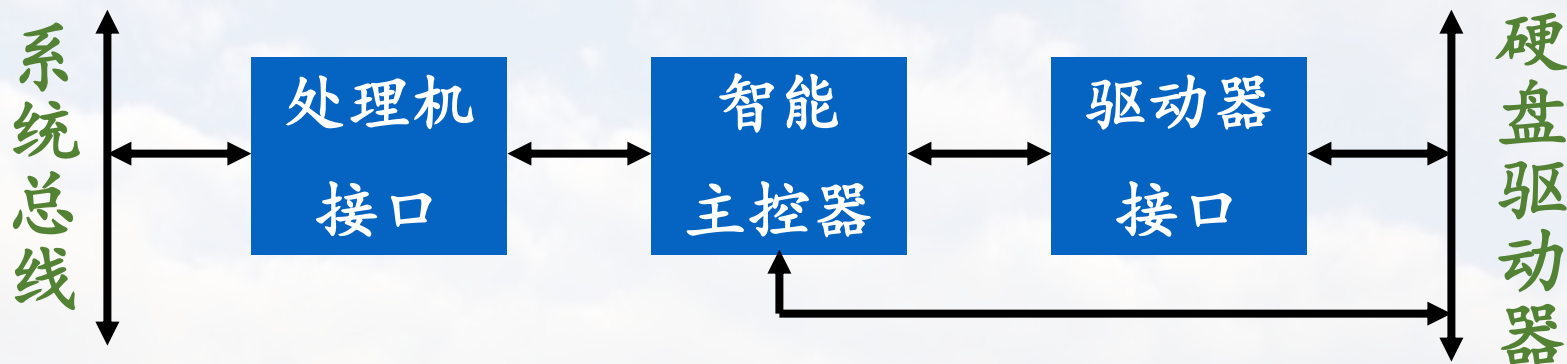
### 三、磁盘存储器接口（磁盘适配器）



#### 1) 处理机接口(面向系统总线一侧)

**I/O端口控制逻辑：** 接收CPU送来的端口地址、读/写命令，访问处理机接口中的相应寄存器。还包含输入、输出、状态缓冲、驱动器类型寄存、DMA/中断请求和屏蔽等逻辑。

### 三、磁盘存储器接口（磁盘适配器）



#### 2) 智能主控器

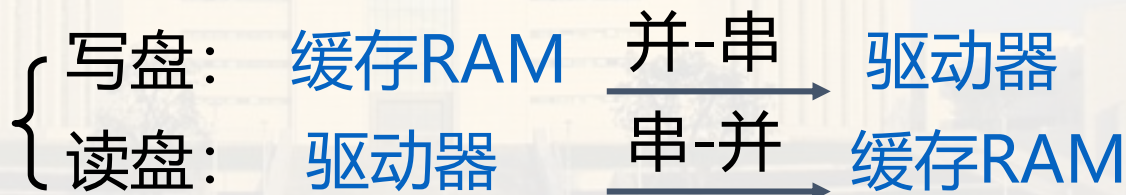
微处理器： 执行硬盘控制程序。

ROM： 存放硬盘控制程序。

RAM： 扇区缓存(存放二个扇区数据)。

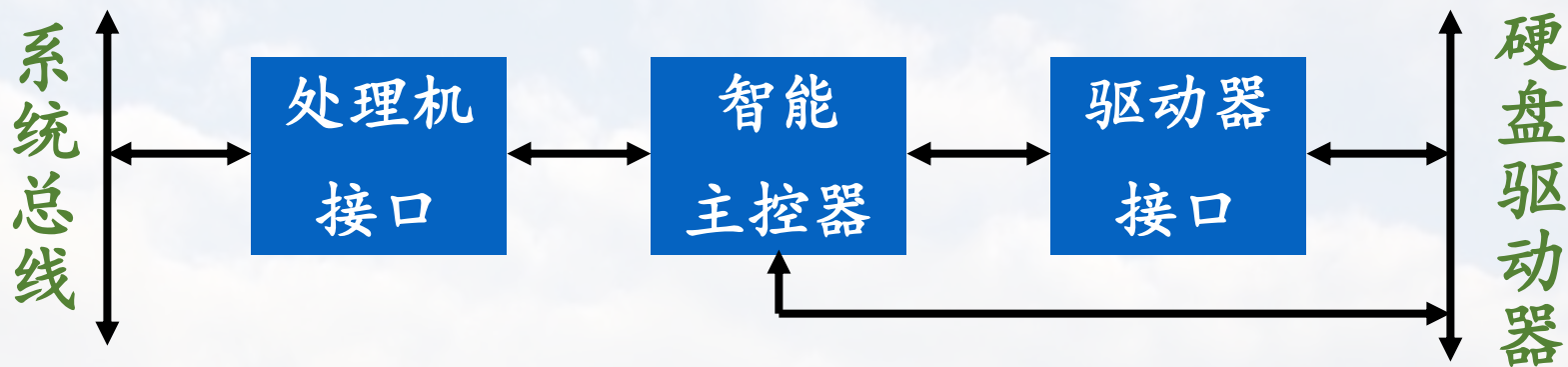
DMA控制器： 控制扇区缓存RAM与驱动器之间的数据传送。

硬盘控制逻辑： 信号同步、控制串-并转换：





### 三、磁盘存储器接口（磁盘适配器）



#### 3) 驱动器接口(面向设备一侧)

驱动器控制逻辑：向驱动器送出控制命令(驱动器选择、寻道方向选择、读、写.....)。

驱动器状态逻辑：接收驱动器状态信息(选中、就绪、寻道完成.....)。  
传送数据。

### 3、硬盘调用过程(DMA方式)

- 1) CPU向**适配器**送出寻址信息(如驱动器号、圆柱面号、磁头号、起始扇区号等; 向**DMA控制器**送出传送方向、主存首址、交换量等信息。
- 2) 适配器**启动**寻道, 并用中断方式判寻道是否正确。
- 3) 适配器准备好
  - 读盘: 缓存RAM满一扇区
  - 写盘: 缓存RAM空一扇区

} 提出DMA请求
- 4) CPU响应, 由DMA控制器控制总线, 实现传送。
- 5) 批量传送完毕, 适配器申请中断。
- 6) CPU响应, 作善后处理。

(即: 一次DMA传送以中断方式结束, 如在服务程序中进行出错判断, 如果出错, 进行相应处理等)

### 三、磁盘存储器接口（磁盘适配器）



注: 两级DMA控制器所起的作用:

- 直接连接在系统总线上的DMA控制器  
控制适配器缓冲区与内存之间的数据交换
- 适配器中的DMA控制器  
控制适配器缓冲驱与驱动器之间的数据交换

## 第五章 复习提纲

- 1、基本概念：接口分类，总线定义、分类，中断定义、应用，DMA定义、应用。
- 2、中断接口的组成、设计及中断全过程。  
(请求、判优、响应、处理)
- 3、磁盘调用过程（DMA方式的三个阶段）。





---

# 谢谢观看

---

## 计算机组成原理

