

# 计算机组成原理与系统结构

## 第七章 控制器

<http://jpkc.hdu.edu.cn/computer/zcyl/dzkjdx/>





# 第七章 控制器

7.1

控制器的组成及指令的执行

7.2

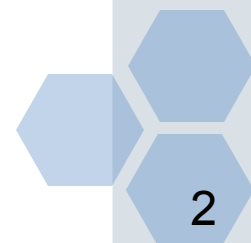
硬布线控制器

7.3

微程序控制器

本章小结

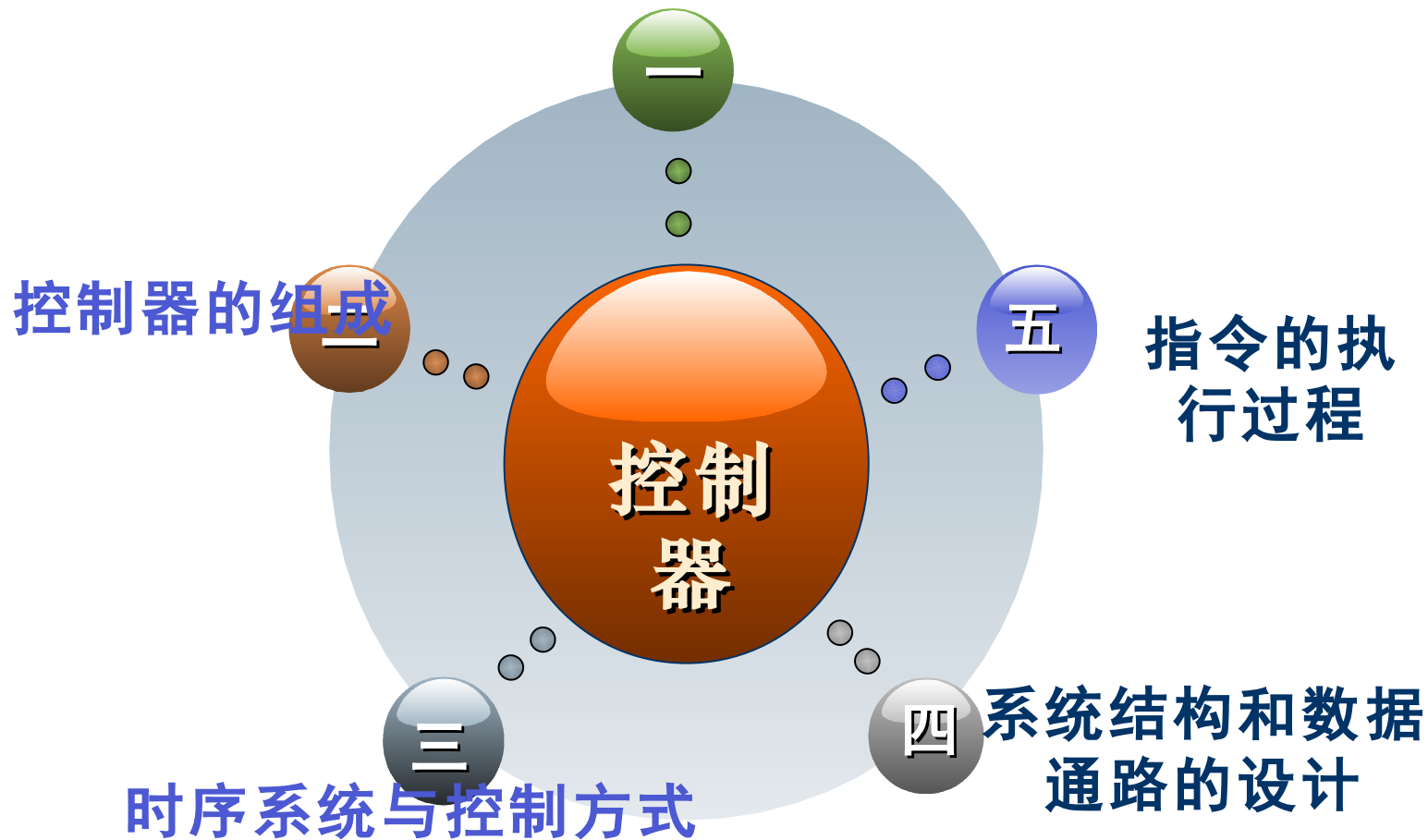
BACK





# 7. 1 控制器的组成及指令的执行

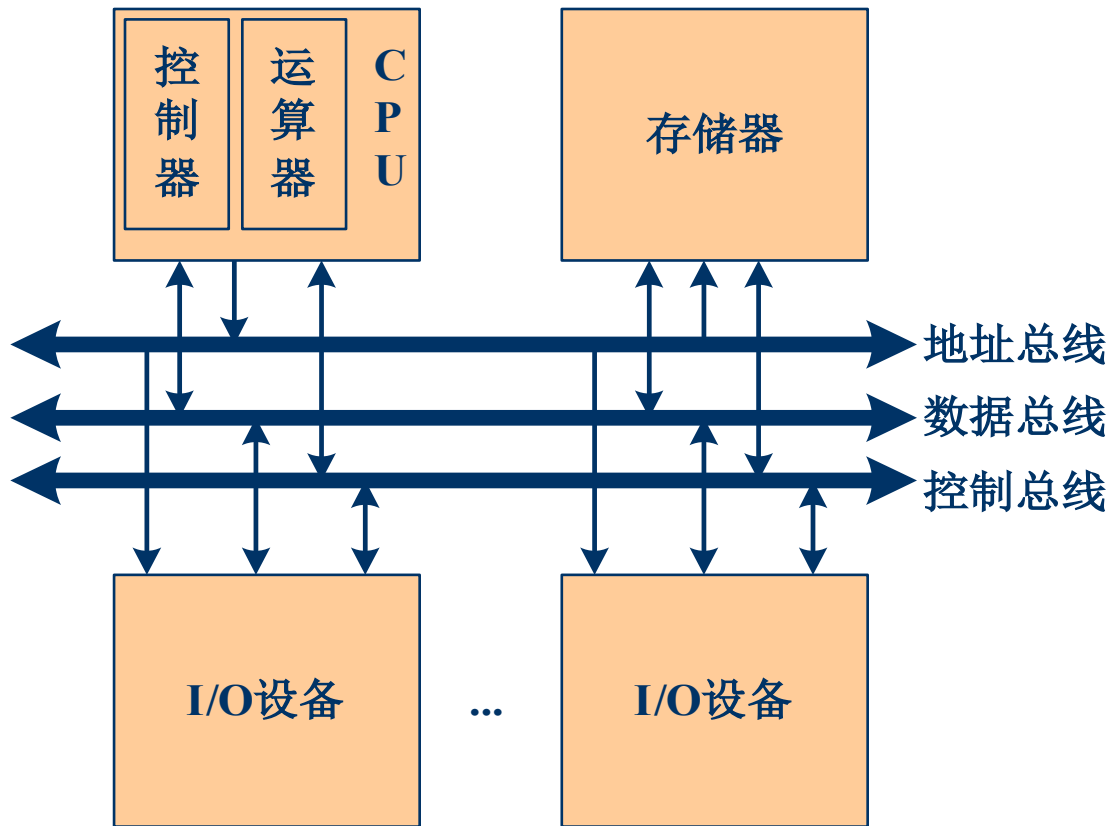
## 基本的计算机组成和功能





# 一、基本的计算机组成和功能

冯·诺依曼体系结构计算机



普林斯顿结构

- ❖ **AB**：CPU 或总线主设备 → 存储器或 IO 设备（单向）
- ❖ **DB**：各部件之间（双向）
- ❖ **CB**：包含许多不同的控制信号线和状态信号线（单 / 双向）



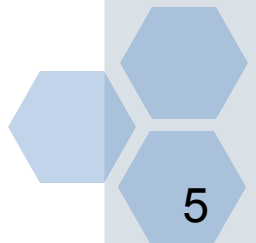
# 一、基本的计算机组成和功能

## ❖ 冯 · 诺依曼结构特征

- 程序和数据共同存储在同一个存储器
- 一套地址总线与数据总线
- 存储器瓶颈

## ❖ 典型的冯 · 诺依曼体系结构的 CPU

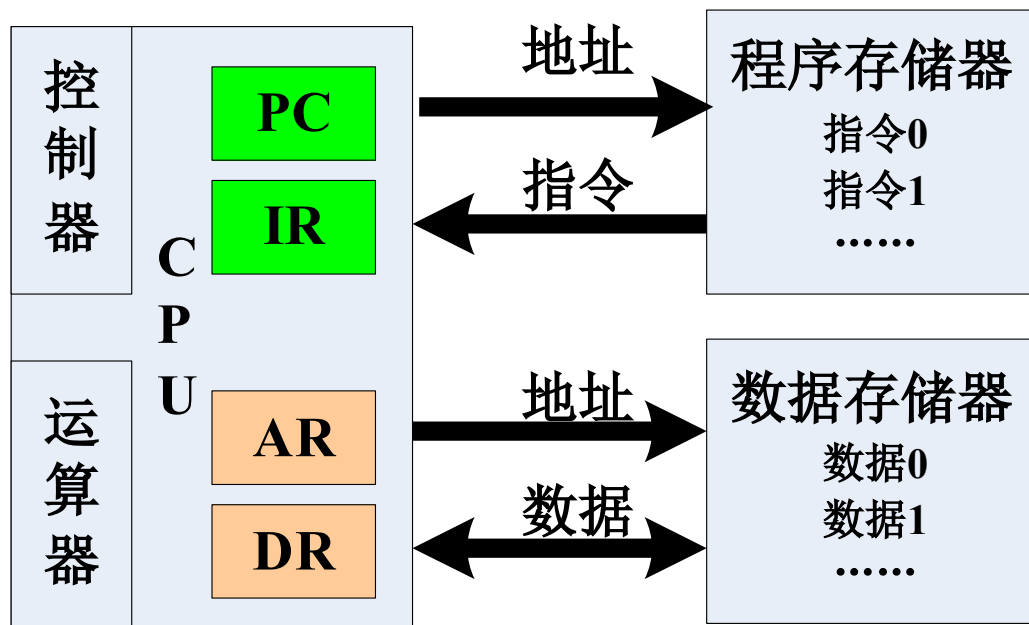
- Intel 微处理器
- ARM7
- MIPS 处理器





# 一、基本的计算机组成和功能

## ❖ 哈佛结构：





## ❖ 典型的哈佛结构的 CPU

- **程序和数据分开存储：两个存储器**
- **两套地址总线与数据总线**
- **指令和数据宽度可以不同**

## ❖ 典型的哈佛结构的 CPU

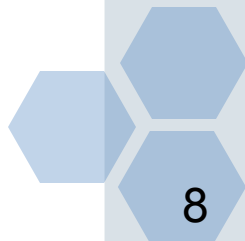
- PIC 系列、 MC68 系列、 Z8 系列、 AVR 系列
- ARM9 、 ARM10 和 ARM11

本课程研究对象：冯进译俄曼体系结构的 SISD 的电子数字计算机



# CPU 的基本功能

- ① **指令控制**：确保计算机指令按程序的顺序执行。
- ② **操作控制**：一条指令的功能通常有若干个操作信号（微操作）组合起来实现，CPU 控制这些微操作的产生、组合、传送和管理。
- ③ **时间控制**：使各种微操作和指令的执行严格按照时间序列进行。
- ④ **数据加工**：由运算器对数据进行算术运算和逻辑运算。

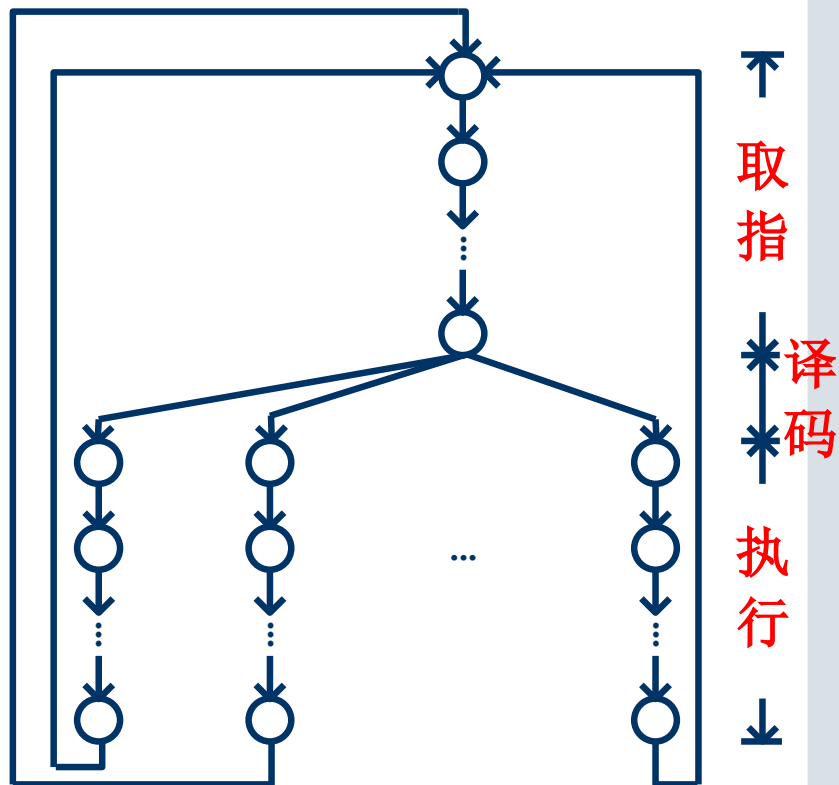






# 一、基本的计算机组成和功能

- ❖ CPU：实际上就是一个复杂的**有限状态机**。
- ❖ 设计 CPU 的过程：就是**确定**它所具有的所有状态，及其对应的**微操作**
- ❖ 确定的依据：**指令系统**



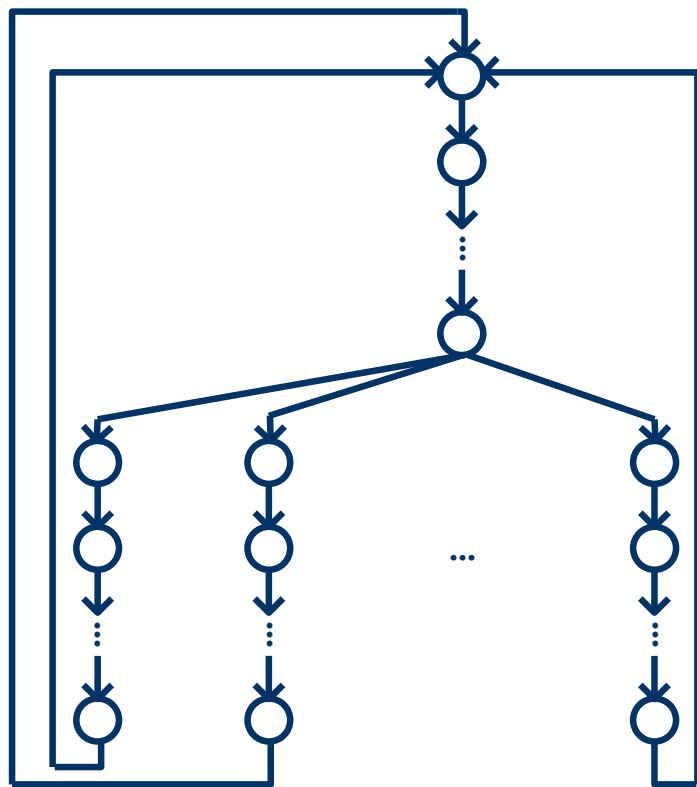


# 一、基本的计算机组成和功能

❖ 指令的执行可分为：

- **取指令周期**：从存储器中取出一条指令，并对该指令的操作码译码；
- **执行周期**：执行该指令。

❖ **译码可能并不对应任何状态**，它只是取指令结束后到各条指令的执行周期之间的一个多路选择。



↑  
取指令  
\* 译码  
\*  
↓  
执行  
↓



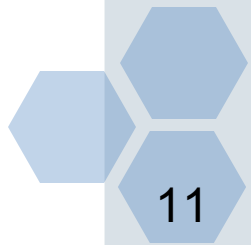


## 二、控制器的组成

❖ **控制器的功能**：从存储器中**取指令**、对**指令译码**、产生控制信号并控制计算机系统各部件有序地执行，从而**实现这条指令的功能**。

❖ **具体**：

- ① 取指令
- ② 分析指令
- ③ 执行指令
- ④ 中断处理和响应特殊请求





## 二、控制器的组成

### ❖控制器的组成：

#### 1. 专用寄存器：

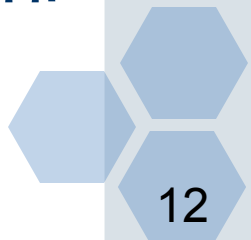
① 程序计数器（PC）：存放指令地址

- 顺序执行时，由  $PC+1$  产生下一条指令的地址
- 遇到转移指令时，转移地址  $\rightarrow$  PC 作为下一条指令的地址。

② 指令寄存器（IR）：存放机器指令码

③ 地址寄存器（AR）：用于存放 CPU 访问存储器或者 IO 设备的地址码。

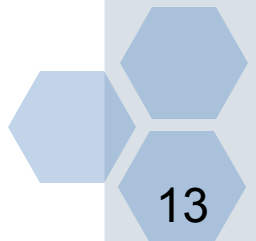
④ 数据寄存器（DR）：用于存放 CPU 访问存储器或者 IO 设备的数据。





## 二、控制器的组成

2. **指令译码器**：对指令的操作码进行译码，以识别该指令所要求的操作。
3. **操作控制信号形成部件**：根据指令的操作码以及时序信号，产生取出指令和执行这条指令所需的各种操作控制信号，以便正确地建立数据通路，完成取出指令和执行指令的控制。分为：
  - **硬布线控制器**：主要由组合逻辑电路构成
  - **微程序控制器**：主要由存储逻辑电路构成

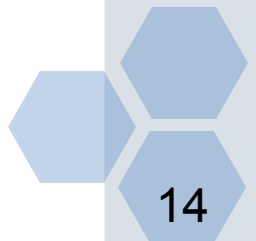




## 二、控制器的组成

**4. 时序信号产生器：**负责提供时钟信号和机器周期信号，以规定每个操作的时间。包括：

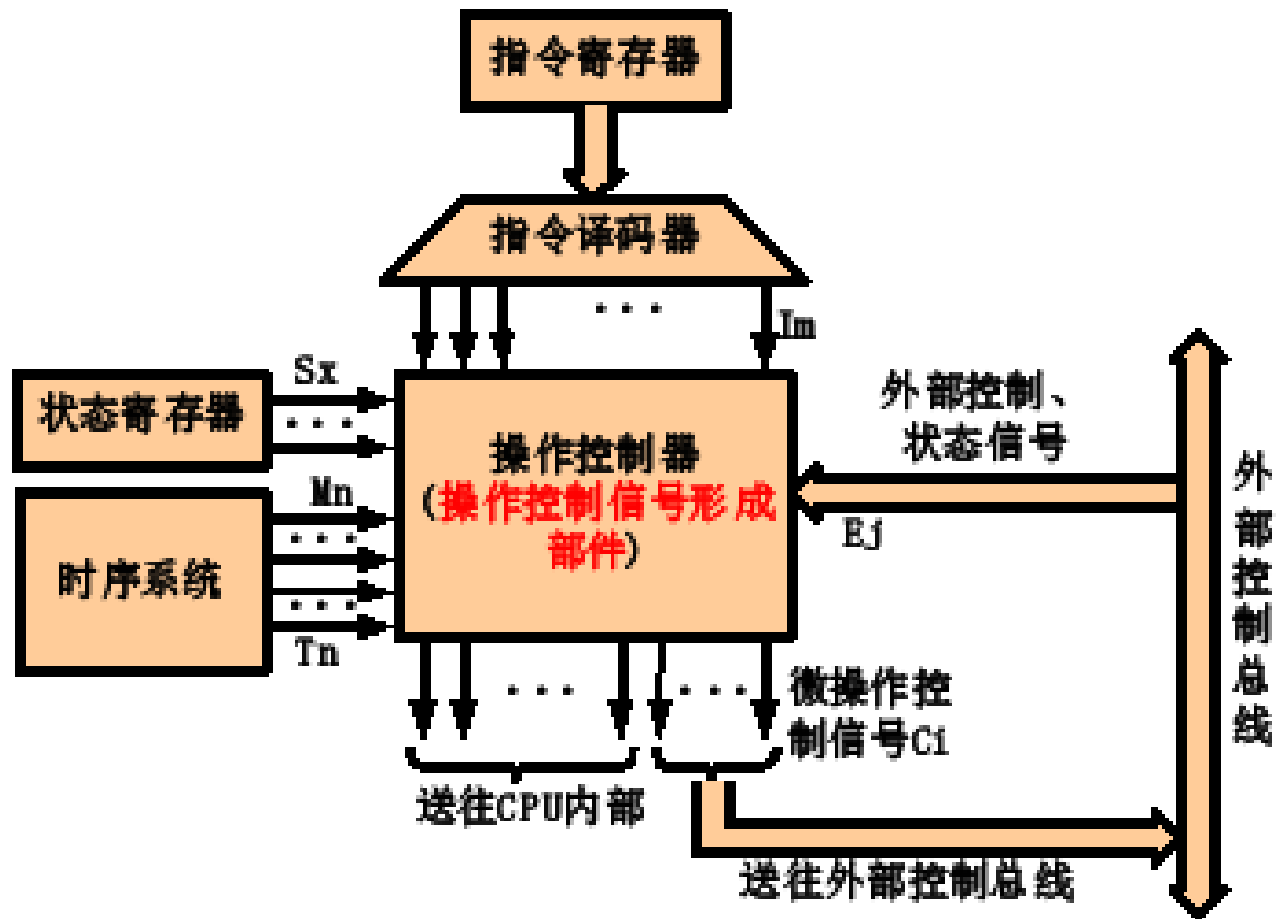
- **脉冲源：**产生一定频率的脉冲信号，为整个计算机提供基准时钟信号。
- **启停线路：**负责控制时钟脉冲的送出与封锁，从而实现计算机的启动与停止。
- **时序信号产生及其控制部件：**以脉冲源为基准，产生不同的计算机所对应的多级时序信号，用以控制计算机的每一步微操作。





## 二、控制器的组成

控制器的结构框图





### 三、时序系统与控制方式



计算机中的时序系统

控制方式







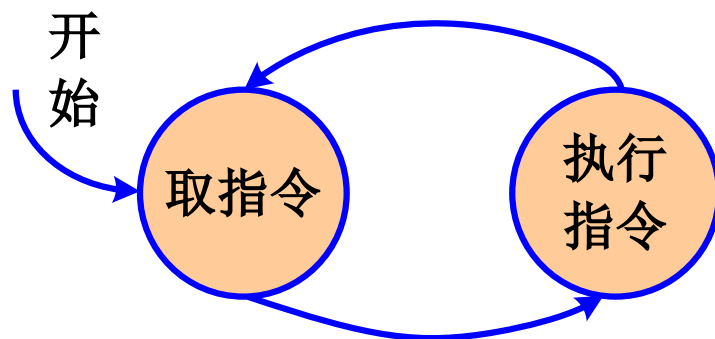
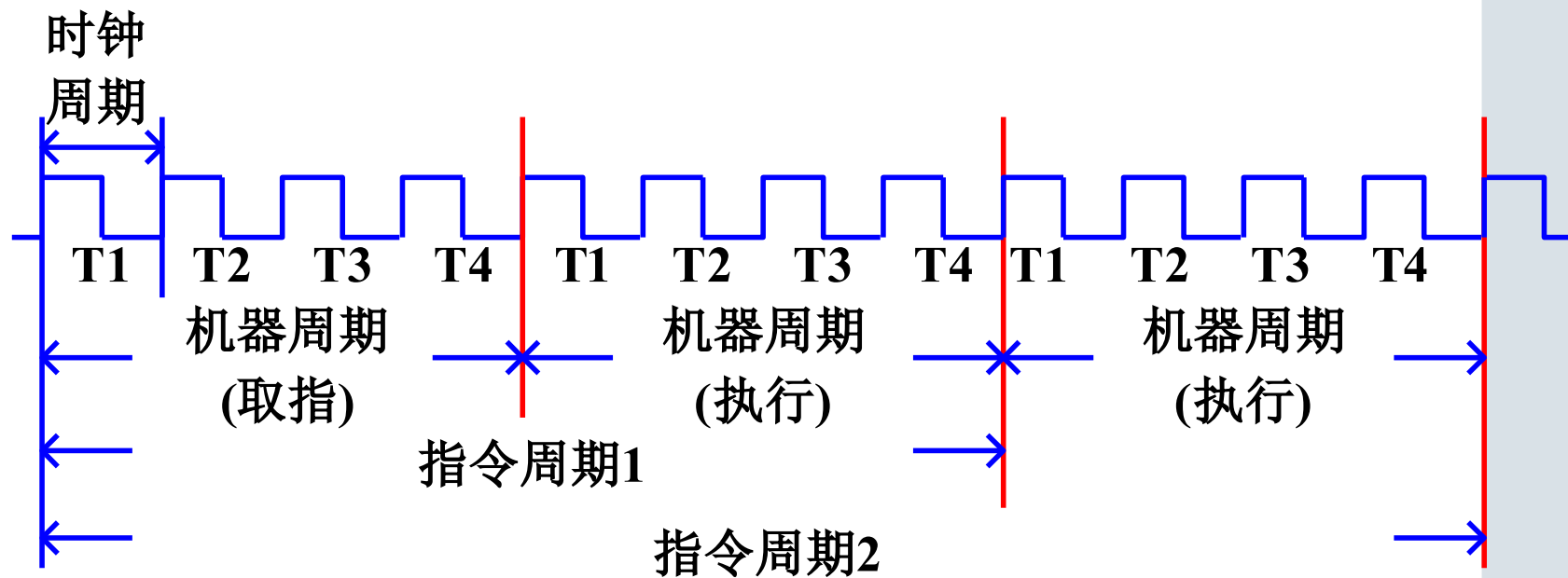
# 1、计算机中的时序信号

- ❖ **指令周期**：是指计算机从内存取出一条指令并完成该指令的执行所需要的时间。
  - 不同指令的指令周期是不相同的。
  - 一个指令周期可能由若干个机器周期组成。
- ❖ **机器周期**：又称为 **CPU 周期**，用于完成 1 次内存的读或写操作，或者 1 次 ALU 的运算，或者 1 次总线传送
  - 一般规定为 CPU 与内存交换 1 次信息（读或写内存）所需要的时间。
  - 一个机器周期的功能需要多个时钟周期完成。
- ❖ **时钟周期**：又称为**节拍**，是指 CPU 执行一个微操作命令（即控制信号）的最小时间单位，也即 T 周期。



# 1、计算机中的时序信号

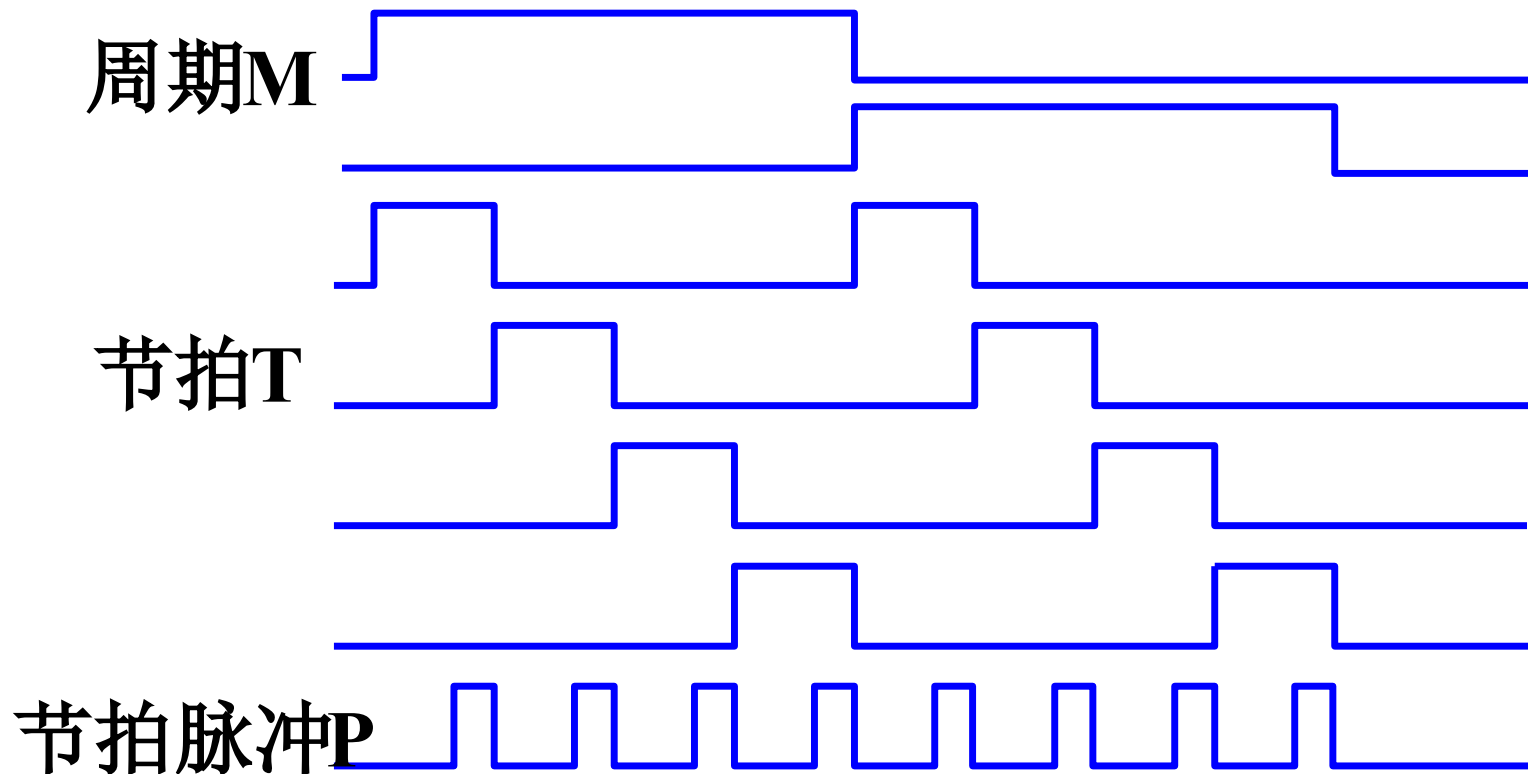
## ❖ 指令周期、机器周期、时钟周期的关系





# 1、计算机中的时序信号

## ❖ 三级时序信号

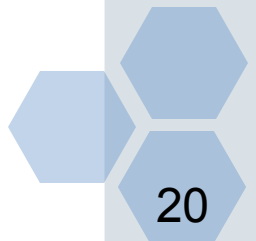




## 2、时序系统

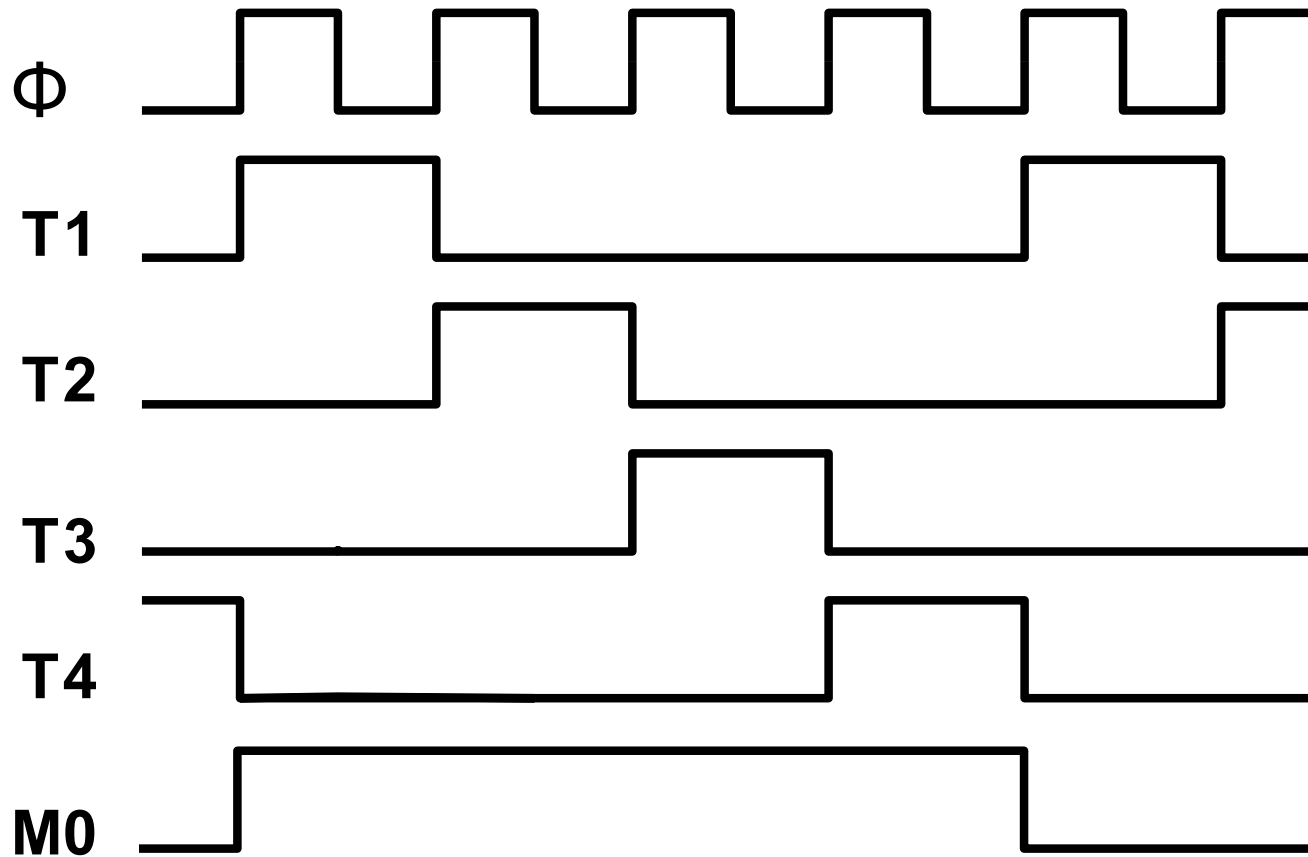
### ① 时序脉冲发生器

- 根据时钟产生一定频率的**各种同步信号**（ $M$ 、 $T$ 、 $P$ ）作为整个机器工作的时序信号；
- **机器周期  $M$** ：通常用**访问一次主存取指或取数据的时间**来作为**机器周期**的基本时间。
- **节拍  $T$** ：按照数据通路与控制方式来决定机器周期中的节拍数。
- **工作脉冲  $P$** ：每个节拍  $1 \sim 2$  个。
- **控制器的时钟输入**实际上是节拍脉冲序列，其频率即为**机器的主频**。





## 2、时序系统





## 2、时序系统

### ② 启停控制电路

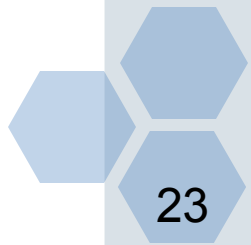
- 保证在适当的时刻**准确可靠地开启或封锁计算机工作时钟**，以控制微操作命令序列的产生或停止，从而启动或停止计算机的运行。





### 3、控制方式

- ❖ 讨论的问题：一条指令有几个机器周期？每个机器周期又有几个节拍？
- ❖ 定义：对于不同的微操作控制信号序列**如何定时及同步**，并将信号序列衔接起来，从而保证计算机各部件有节奏地依次执行规定的各种操作。

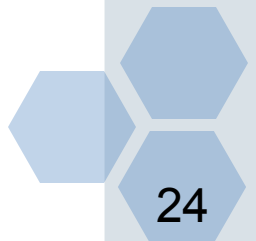




### 3、控制方式

#### ① 同步控制方式：统一节拍法

- 又称为**固定时序控制方式**或**无应答控制方式**。
- 以微操作序列最长的指令为标准，确定控制微操作运行的时钟周期数（节拍数）。控制器产生统一的、顺序固定的、周而复始的机器周期信号和节拍。
- **优点：**电路简单，
- **缺点：**运行速度慢。



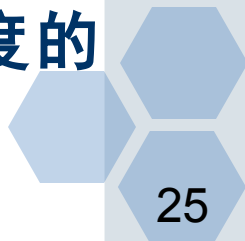




## 3、控制方式

### ② 异步控制方式：分散节拍法

- 异步控制方式又称**可变时序控制方式或应答控制方式**。每条指令需要多少节拍，就产生多少节拍；当指令执行完毕，发出回答信号；控制器收到回答信号时，才开始下条指令的执行。采用**不定长机器周期**。
- **优点：**指令的运行效率高；
- **缺点：**控制器的电路比较复杂。
- 异步控制方式在计算机中得到广泛的应用。例如 CPU 对内存的读写；I/O 设备与内存的数据交换等都采用异步控制方式，以保证高速度的执行。

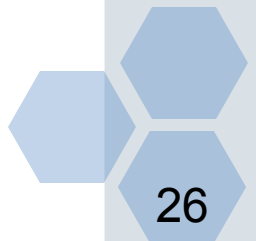




### 3、控制方式

#### ③ 联合控制方式：延长节拍法或者时钟周期插入

- 把同步控制方式和异步控制方式结合使用的一种方式。
- 大部分指令安排在统一的机器周期内完成，即同步控制；而将较少数特殊指令，或微操作序列过长或过短，或微操作时间难以确定的，采用异步控制来完成。

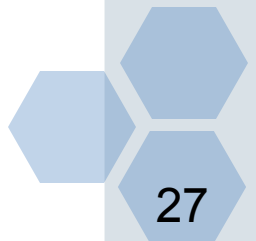




### 3、控制方式

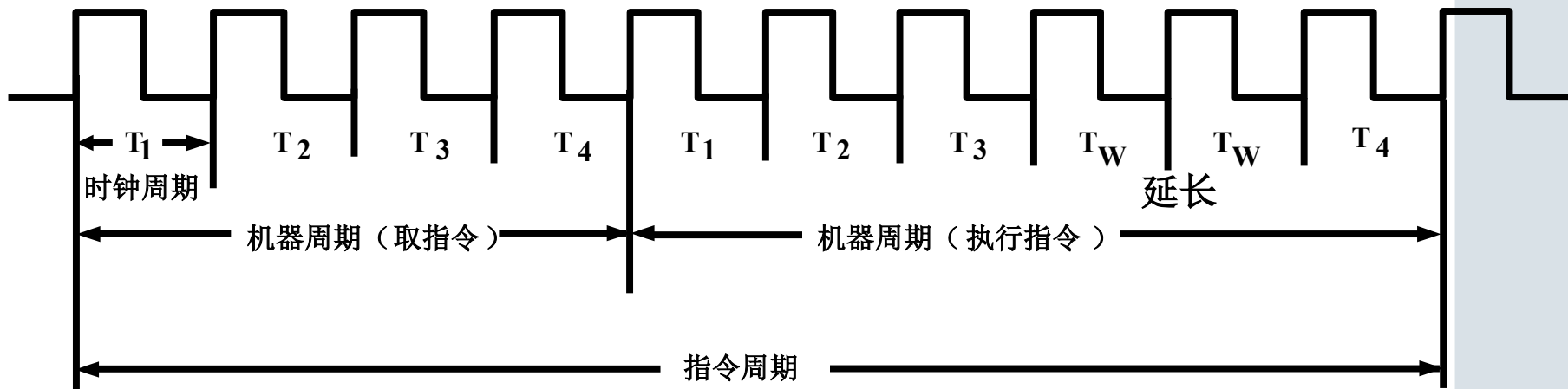
#### ③ 联合控制方式：延长节拍法或者时钟周期插入

- **延长节拍法**：大多数机器周期采用相同的基本节拍数，若某个机器周期无法完成该周期的全部微操作，则可延长节拍。
- **时钟周期插入**：大多数机器周期采用相同的时钟周期数，对于复杂操作的机器周期，则插入等待时钟周期。（例如 8086CPU）





### 3、控制方式



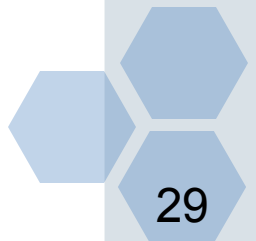
8086CPU 延长机器周期的时序  
图



### 3、控制方式

#### ③ 联合控制方式：延长节拍法或者时钟周期插入

- 现代计算机系统大多采用联合控制方式，其一般设计思想是，在功能部件内部采用同步控制方式，而在功能部件之间采用异步控制方式。
- 优点：能保证一定的运行速度
- 缺点：控制电路设计相对比较复杂。





The End !