



中国科学院大学  
University of Chinese Academy of Sciences

B0911006Y-01

2024-2025学年春季学期

# 计算机组成原理

Principles of Computer Organization

## 控制单元的功能 I

控制单元的操作命令、控制信号

主讲教师：石 侃

shikan@ict.ac.cn

2025年6月4日

# 第 9 章 控制单元的功能

## 9.1 微操作命令的分析

## 9.2 控制单元的功能



# 9.1 微操作命令的分析

完成一条指令分 4 个工作周期

取指周期

间址周期

执行周期

中断周期



# 9.1 微操作命令的分析

## 一、取指周期

$PC \rightarrow MAR \rightarrow \text{地址线}$

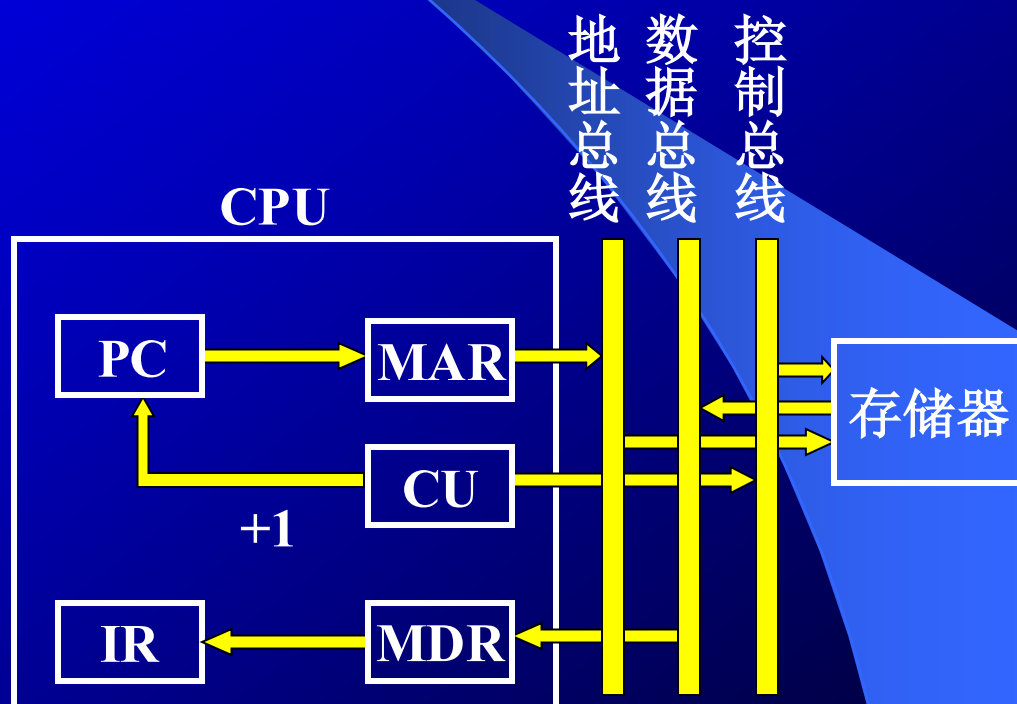
$1 \rightarrow R \text{ (即MemRead)}$

$M(MAR) \rightarrow MDR$

$MDR \rightarrow IR$

$OP(IR) \rightarrow CU$

$(PC) + 1 \rightarrow PC$





# 三、执行周期

## 9.1

### 1. 非访存指令

(1) **CLA** 清A  $0 \rightarrow \text{ACC}$

(2) **COM** 取反  $\overline{\text{ACC}} \rightarrow \text{ACC}$

(3) **SHR** 算术右移  $\text{L}(\text{ACC}) \rightarrow \text{R}(\text{ACC}), \text{ACC}_0 \rightarrow \text{ACC}_0$

(4) **CSL** 循环左移  $\text{R}(\text{ACC}) \rightarrow \text{L}(\text{ACC}), \text{ACC}_0 \rightarrow \text{ACC}_n$

(5) **STP** 停机指令  $0 \rightarrow \text{G}$  (G为运行标记触发器)



## 2. 访存指令

9.1

### (1) 加法指令

**ADD X**

$\text{Ad(IR)} \rightarrow \text{MAR}$

$1 \rightarrow \text{R}$

$\text{M(MAR)} \rightarrow \text{MDR}$

$(\text{ACC}) + (\text{MDR}) \rightarrow \text{ACC}$

### (2) 存数指令

**STA X**

$\text{Ad(IR)} \rightarrow \text{MAR}$

$1 \rightarrow \text{W}$

$\text{ACC} \rightarrow \text{MDR}$

$\text{MDR} \rightarrow \text{M(MAR)}$





### (3) 取数指令 **LDA X**

$$\text{Ad}(\text{IR}) \rightarrow \text{MAR}$$
$$1 \rightarrow \text{R}$$
$$\text{M}(\text{MAR}) \rightarrow \text{MDR}$$
$$\text{MDR} \rightarrow \text{ACC}$$

## 3. 转移指令

### (1) 无条件转 **JMP X**

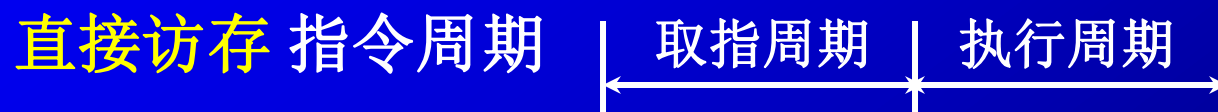
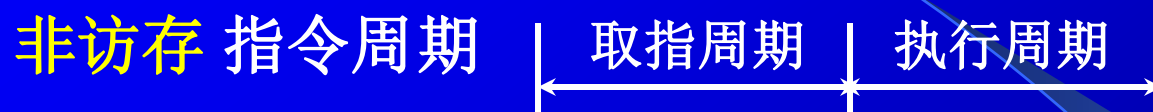
$$\text{Ad}(\text{IR}) \rightarrow \text{PC}$$

### (2) 条件转移 **BAN X** (ACC为负则转)

$$\text{A}_0 \cdot \text{Ad}(\text{IR}) + \bar{\text{A}}_0(\text{PC}) \rightarrow \text{PC}$$



## 4. 三类指令的指令周期



## 四、中断周期

程序断点存入“0”地址

$0 \rightarrow \text{MAR}$

$1 \rightarrow \text{W}$

$\text{PC} \rightarrow \text{MDR}$

$\text{MDR} \rightarrow \text{M}(\text{MAR})$

向量地址  $\rightarrow \text{PC}$

$0 \rightarrow \text{EINT}$  (置零)

程序断点 进栈

$(\text{SP}) - 1 \rightarrow \text{MAR}$

$1 \rightarrow \text{W}$

$\text{PC} \rightarrow \text{MDR}$

$\text{MDR} \rightarrow \text{M}(\text{MAR})$

向量地址  $\rightarrow \text{PC}$

$0 \rightarrow \text{EINT}$  (置零)

## 四、中断周期

程序断点存入“0”地址

$0 \rightarrow \text{MAR}$

$1 \rightarrow \text{W}$

$\text{PC} \rightarrow \text{MDR}$

$\text{MDR} \rightarrow \text{M}(\text{MAR})$

程序断点 进栈

$(\text{SP}) - 1 \rightarrow \text{MAR}$

$1 \rightarrow \text{W}$

$\text{PC} \rightarrow \text{MDR}$

$\text{MDR} \rightarrow \text{M}(\text{MAR})$

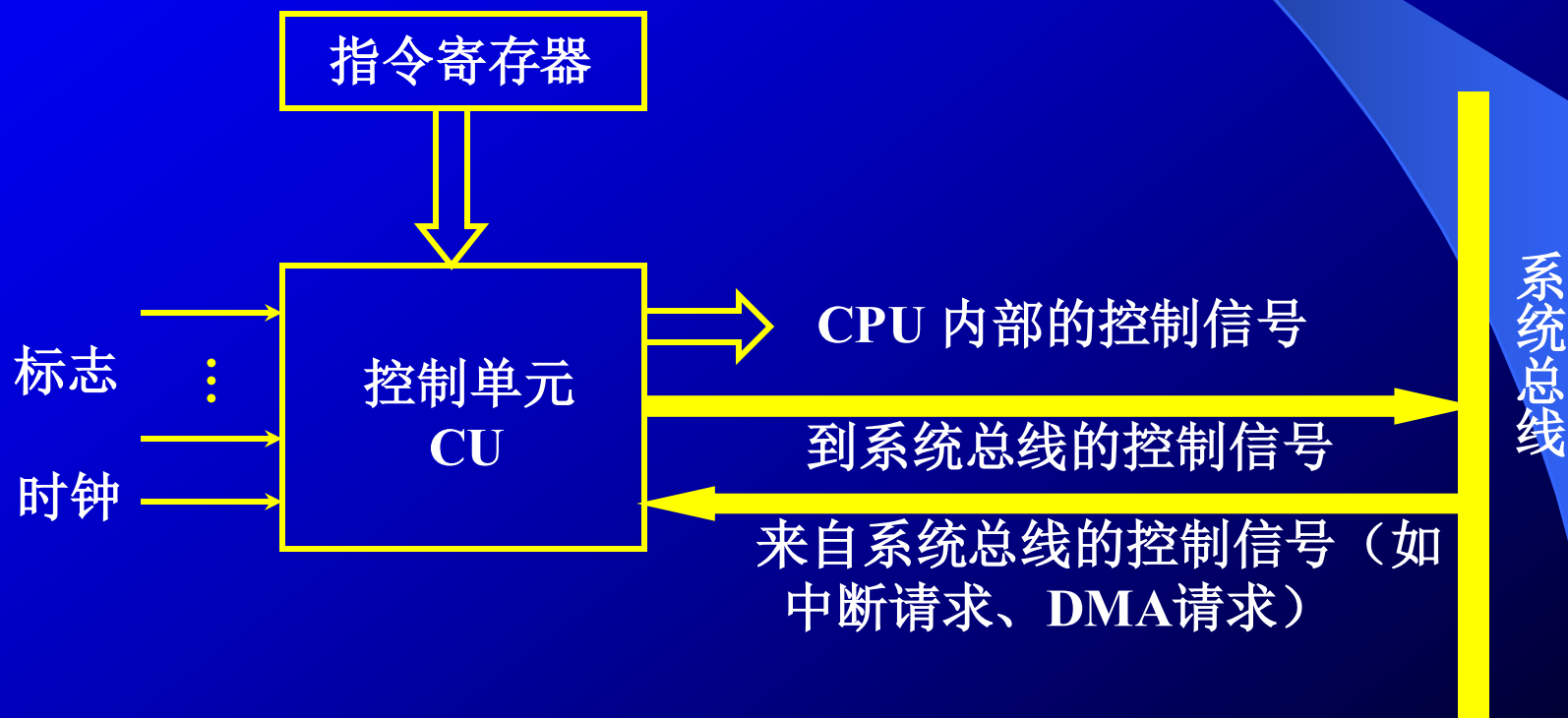
中断识别程序入口地址  $\text{M} \rightarrow \text{PC}$

$0 \rightarrow \text{EINT}$  (置零)

$0 \rightarrow \text{EINT}$  (置零)

## 9.2 控制单元的功能

### 一、控制单元的外特性



# 1. 输入信号

## (1) 时钟

CU 受时钟控制

一个时钟脉冲

发一个操作命令或一组需同时执行的操作命令

## (2) 指令寄存器 $OP(IR) \rightarrow CU$

控制信号 与操作码有关

## (3) 标志

CU 受标志控制

## (4) 外来信号

如  $INTR$  中断请求  
 $HRQ$  总线请求

## 2. 输出信号

### (1) CPU 内的各种控制信号

$R_i \rightarrow R_j$

$(PC) + 1 \rightarrow PC$

ALU    +、-、与、或 .....

### (2) 送至控制总线的信号

$\overline{MREQ}$

访存控制信号

$\overline{IO/M}$

访 IO/ 存储器的控制信号

$\overline{RD}$

读命令

$\overline{WR}$

写命令

INTA

中断响应信号

HLDA

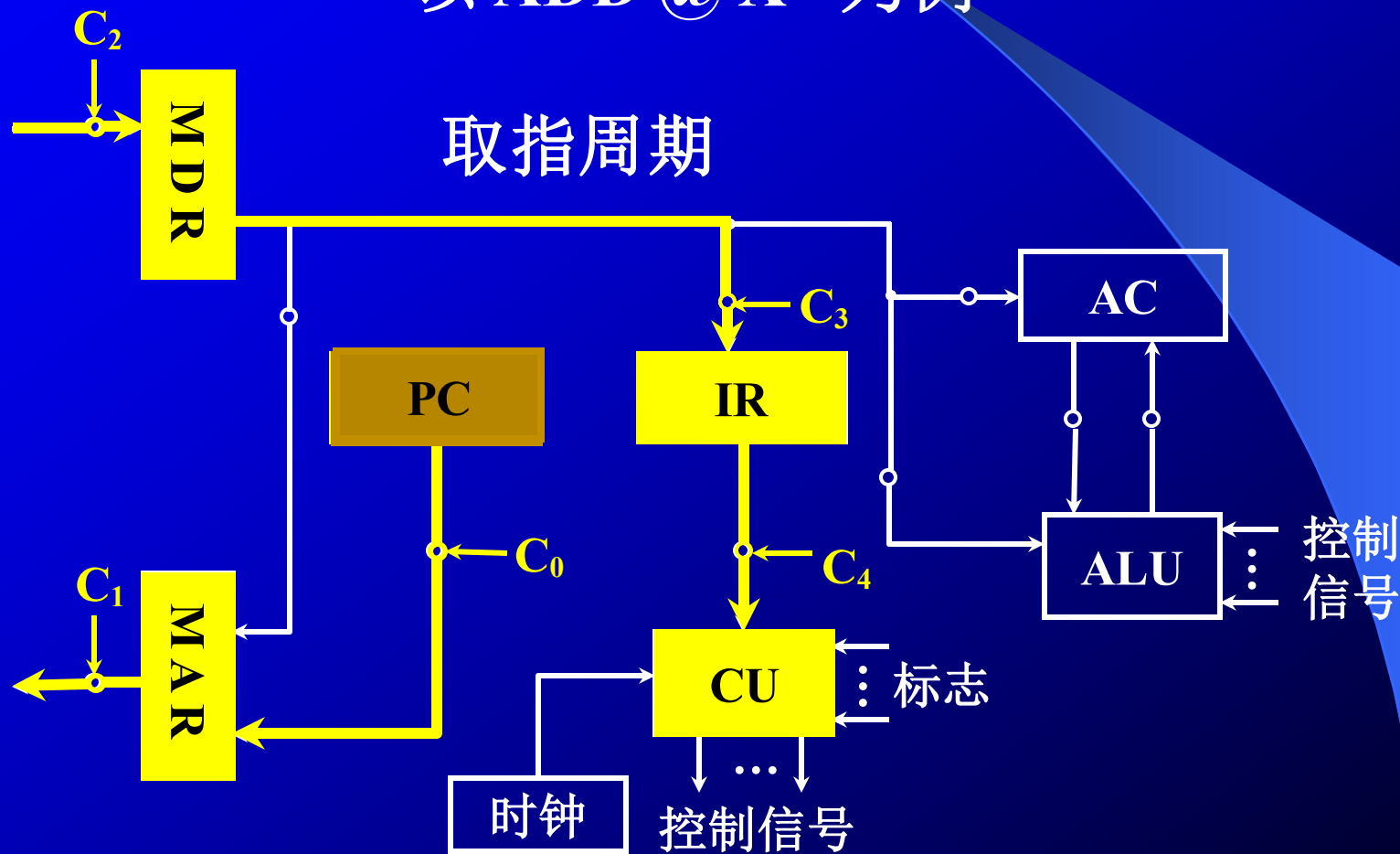
总线响应信号

## 二、控制信号举例

## 9.2

### 1. 不采用 CPU 内部总线的方式

以  $\text{ADD } @X$  为例



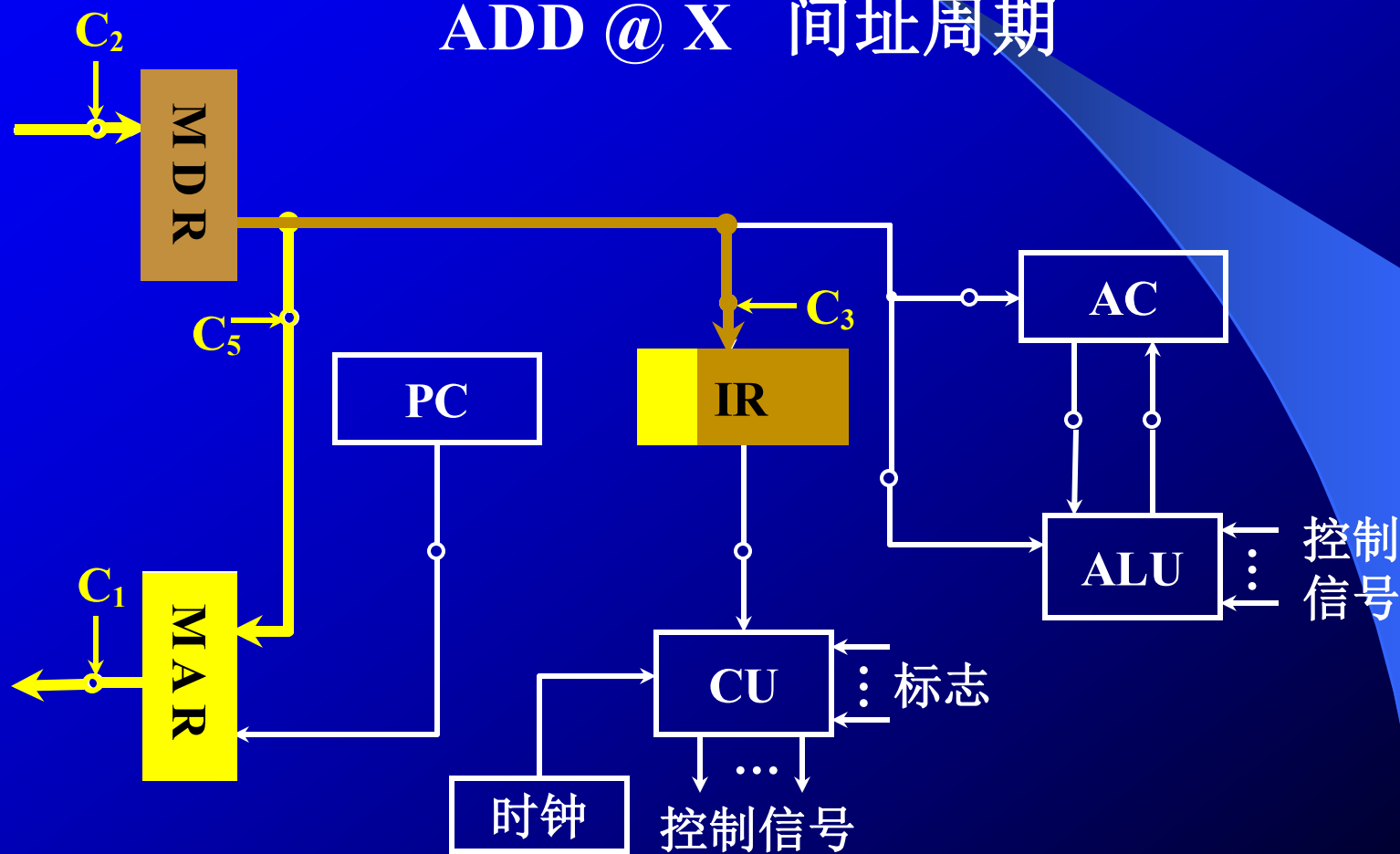


## 二、控制信号举例

## 9.2

### 1. 不采用 CPU 内部总线的方式

ADD @ X 间址周期

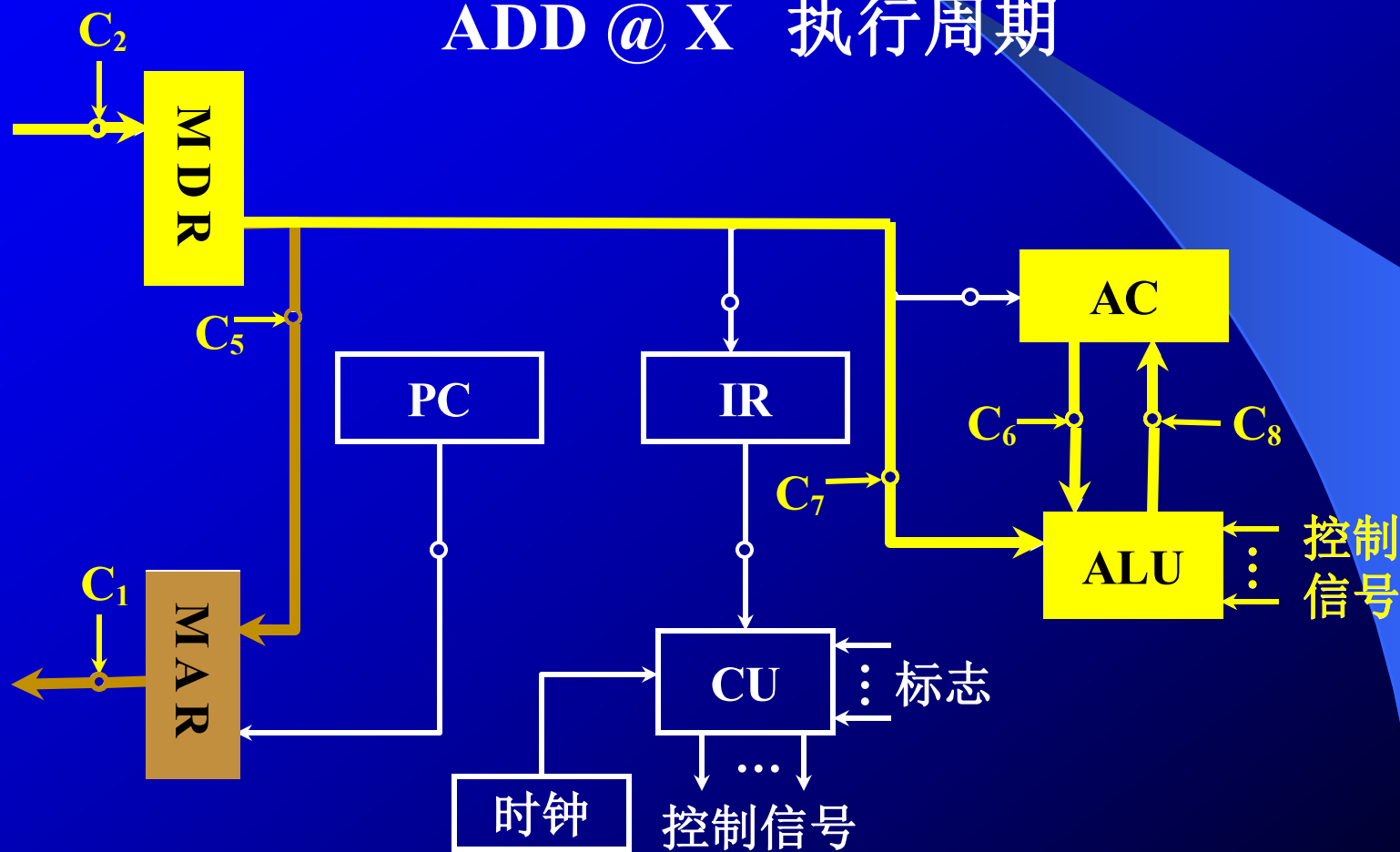


## 二、控制信号举例

## 9.2

### 1. 不采用 CPU 内部总线的方式

ADD @ X 执行周期



## 2. 采用 CPU 内部总线方式

9.2

### (1) ADD @ X 取指周期

- PC  $\rightarrow$  MAR  $\rightarrow$  地址线  
PC<sub>0</sub> MAR<sub>i</sub>

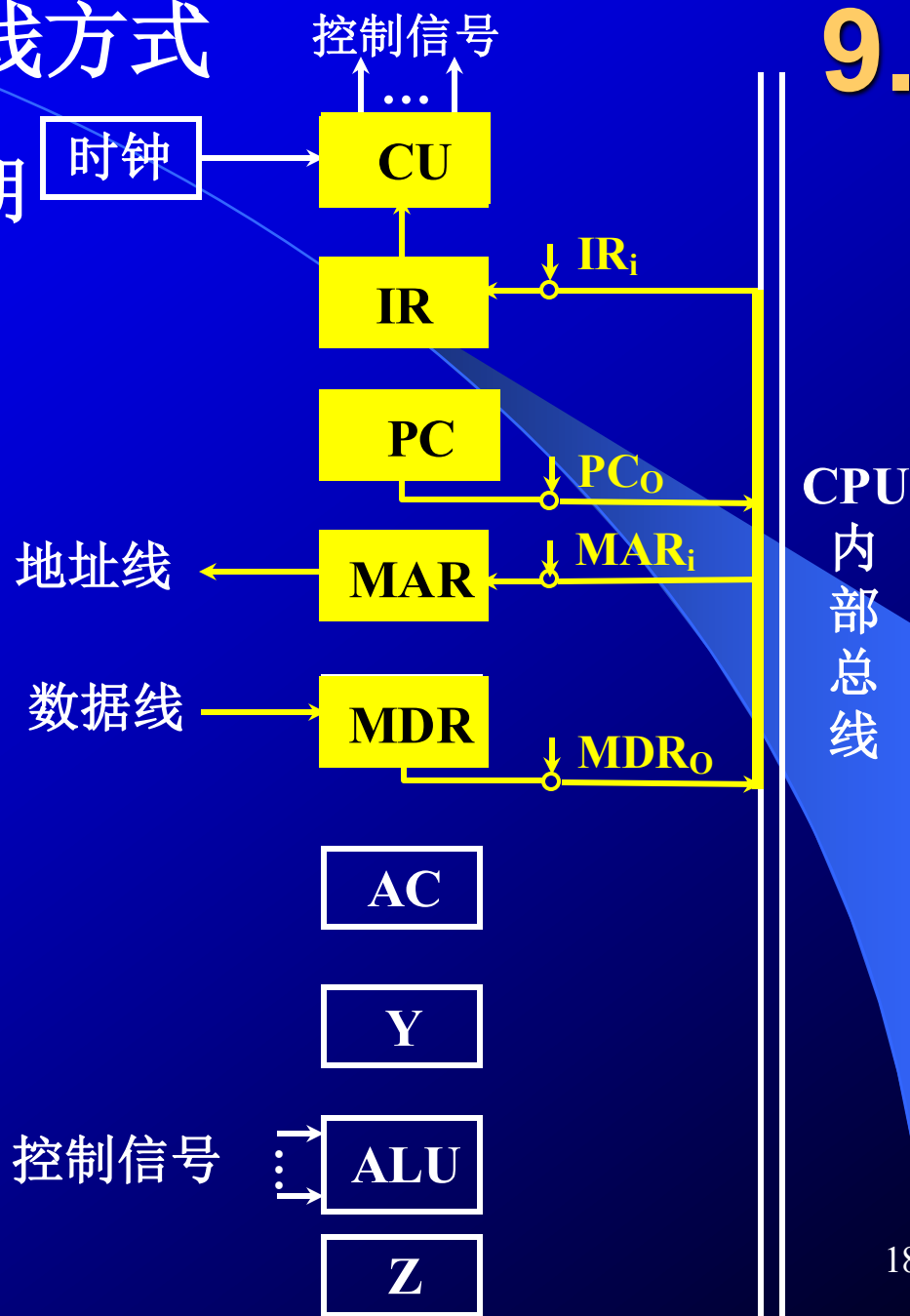
- CU 发读命令 1  $\rightarrow$  R

- 数据线  $\rightarrow$  MDR

- MDR  $\rightarrow$  IR  
MDR<sub>0</sub> IR<sub>i</sub>

- OP (IR)  $\rightarrow$  CU

- (PC) + 1  $\rightarrow$  PC



## (2) ADD @ X 间址周期

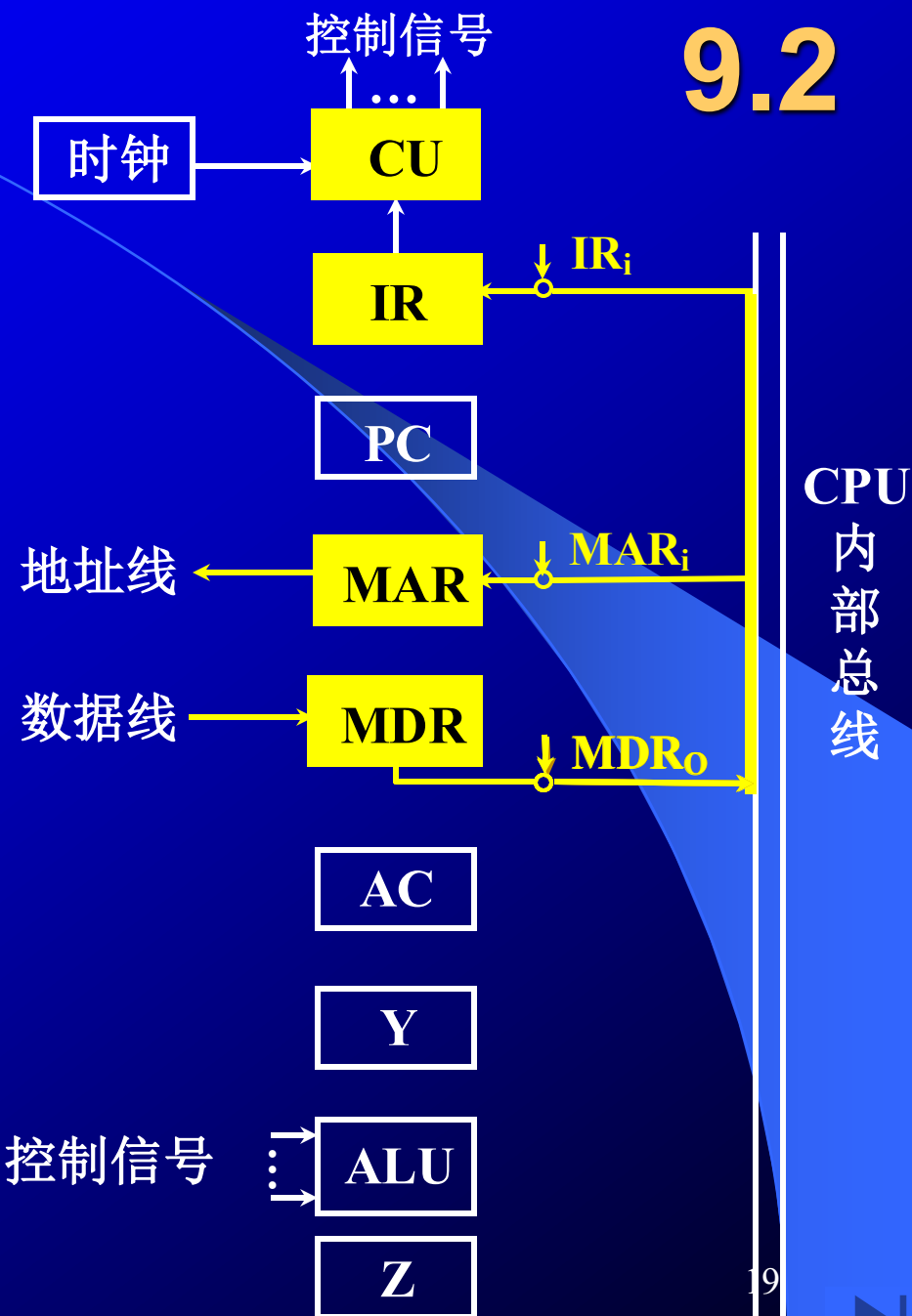
形式地址  $\rightarrow$  MAR

- $\text{MDR} \rightarrow \text{MAR} \rightarrow \text{地址线}$   
 $\text{MDR}_0 \quad \text{MAR}_i$

- $1 \rightarrow R$

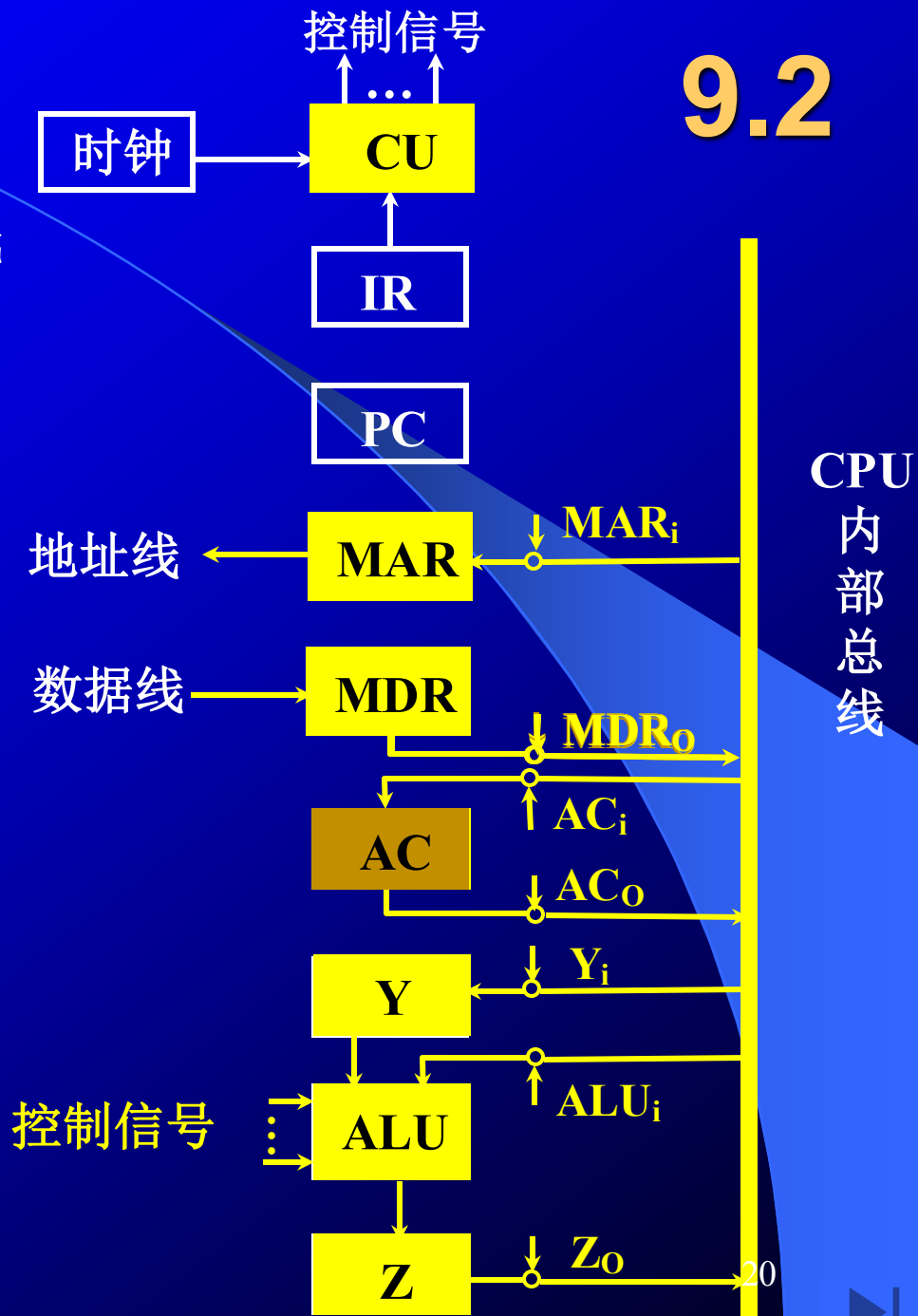
- 数据线  $\rightarrow$  MDR

- $\text{MDR} \rightarrow \text{IR}$   
 $\text{MDR}_0 \quad \text{IR}_i$

有效地址  $\rightarrow \text{Ad}(\text{IR})$ 

### (3) ADD @ X 执行周期

- MDR  $\longrightarrow$  MAR  $\longrightarrow$  地址线  
 $MDR_0$   $MAR_i$
- 1  $\longrightarrow$  R
- 数据线  $\longrightarrow$  MDR
- MDR  $\longrightarrow$  Y  $\longrightarrow$  ALU  
 $MDR_0$   $Y_i$
- AC  $\longrightarrow$  ALU  
 $AC_0$   $ALU_i$
- (AC) + (Y)  $\longrightarrow$  Z
- Z  $\longrightarrow$  AC  
 $Z_0$   $AC_i$



# 三、多级时序系统

## 9.2

### 1. 机器周期

#### (1) 机器周期的概念

所有指令执行过程中的一个基准时间

#### (2) 确定机器周期需考虑的因素

每条指令的执行 步骤

每一步骤 所需的 时间

#### (3) 基准时间的确定

- 以完成 最复杂 指令功能的时间 为准（不合理）
- 以 访问一次存储器 的时间 为基准

若指令字长 = 存储字长      取指周期 = 机器周期

## 2. 时钟周期（节拍、状态）

# 9.2

一个机器周期内可完成若干个微操作

每个微操作需一定的时间

将一个机器周期分成若干个时间相等的时间段（节拍、状态、时钟周期）

时钟周期是控制计算机操作的最小单位时间

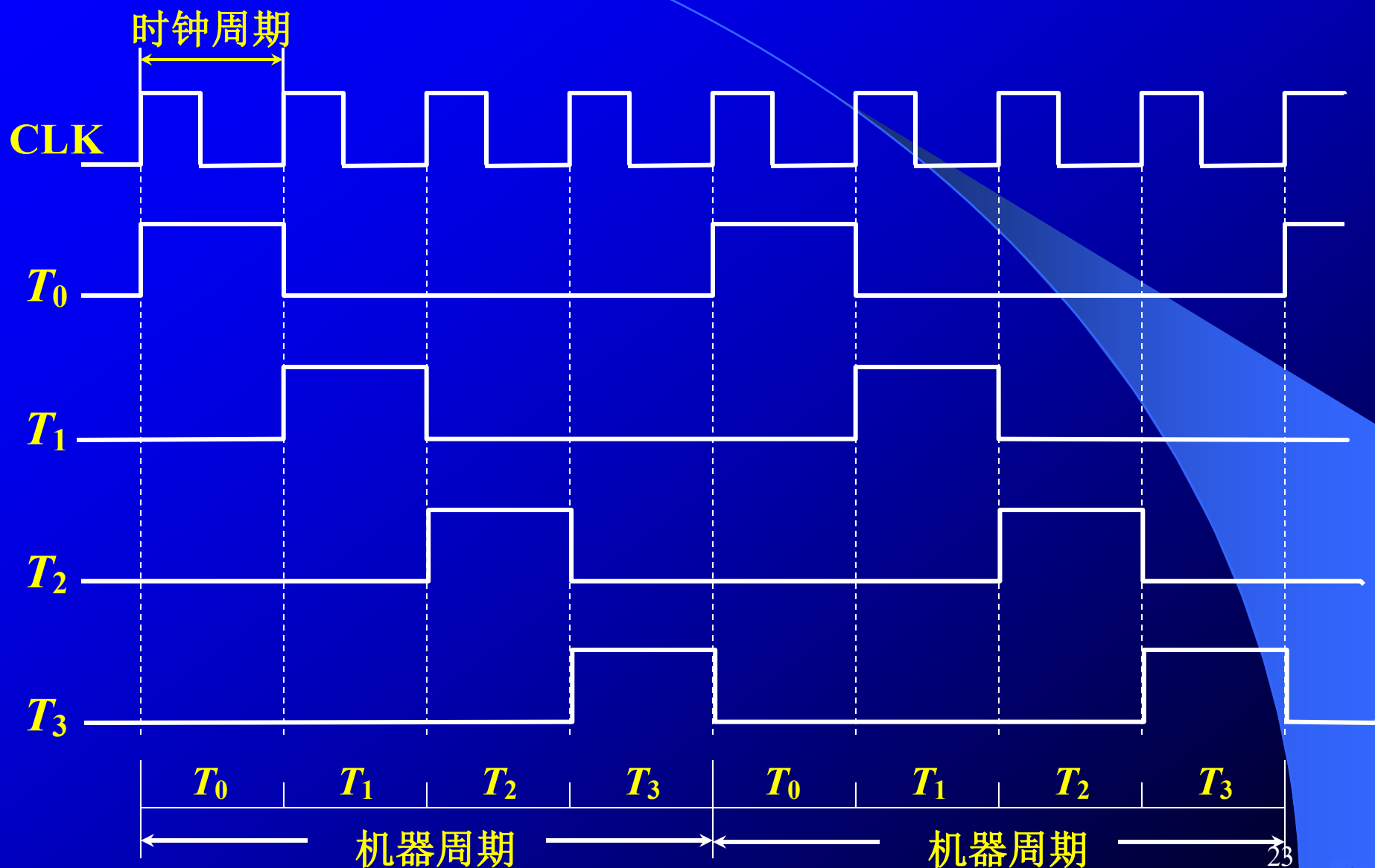
用时钟周期控制产生一个或几个微操作命令





## 2. 时钟周期（节拍、状态）

9.2



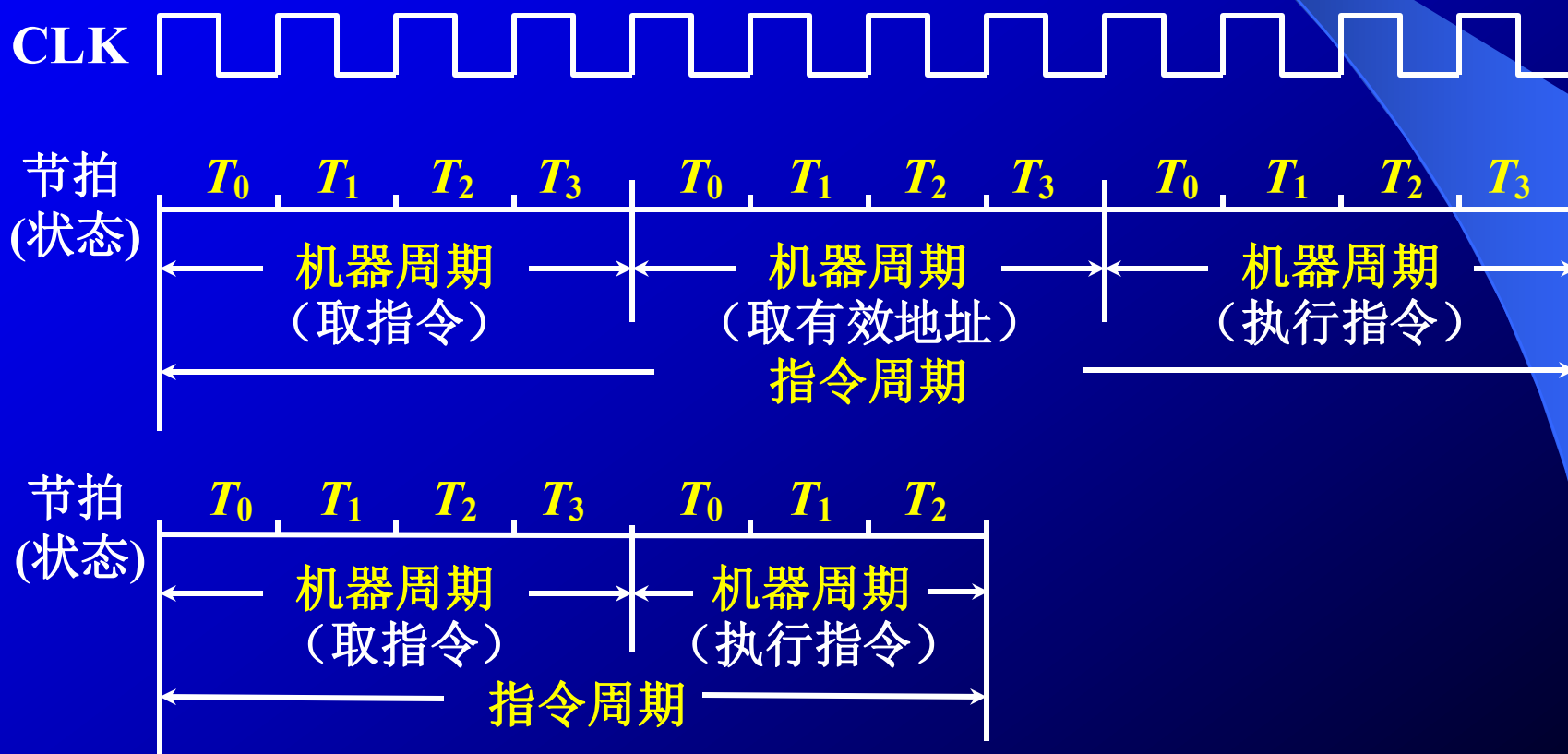
### 3. 多级时序系统

## 9.2

机器周期、节拍（状态）组成多级时序系统

一个指令周期包含若干个机器周期

一个机器周期包含若干个时钟周期



## 4. 机器速度与机器主频的关系

## 9.2

机器的主频  $f$  越快 机器的速度也越快？

在机器周期所含时钟周期数 相同 的前提下，  
两机 平均指令执行速度之比 等于 两机主频之比

$$\frac{\text{MIPS}_1}{\text{MIPS}_2} = \frac{f_1}{f_2}$$

机器速度 不仅与 主频有关，还与机器周期中所含  
时钟周期（主频的倒数）数 以及指令周期中所含  
的 机器周期数有关



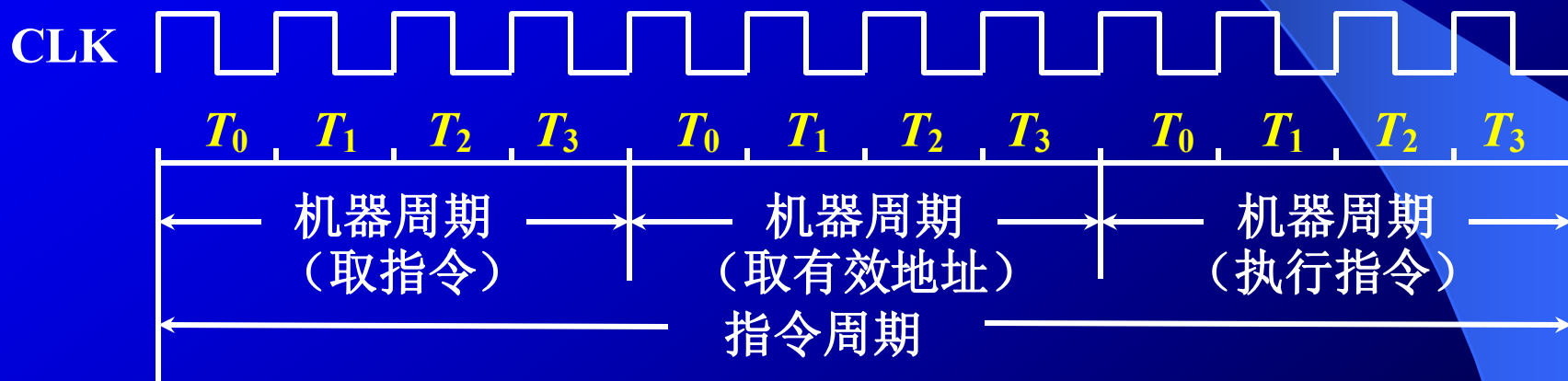
## 四、控制方式

## 9.2

产生不同微操作命令序列所用的时序控制方式

### 1. 同步控制方式

任一微操作均由 **统一基准时标** 的时序信号控制

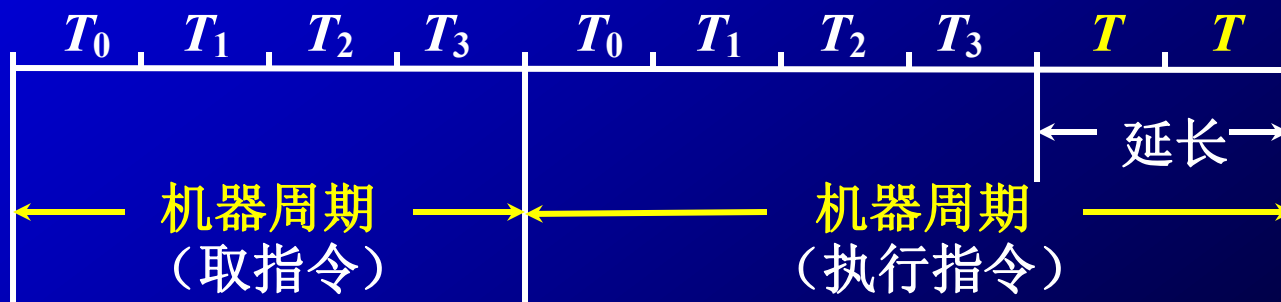
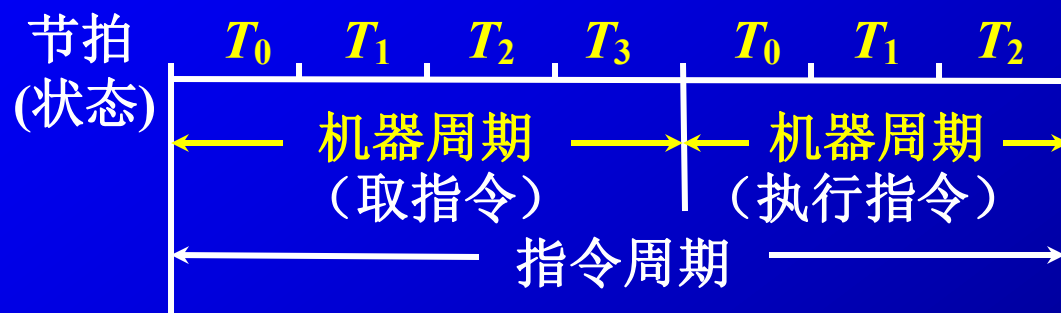


#### (1) 采用 **定长** 的机器周期

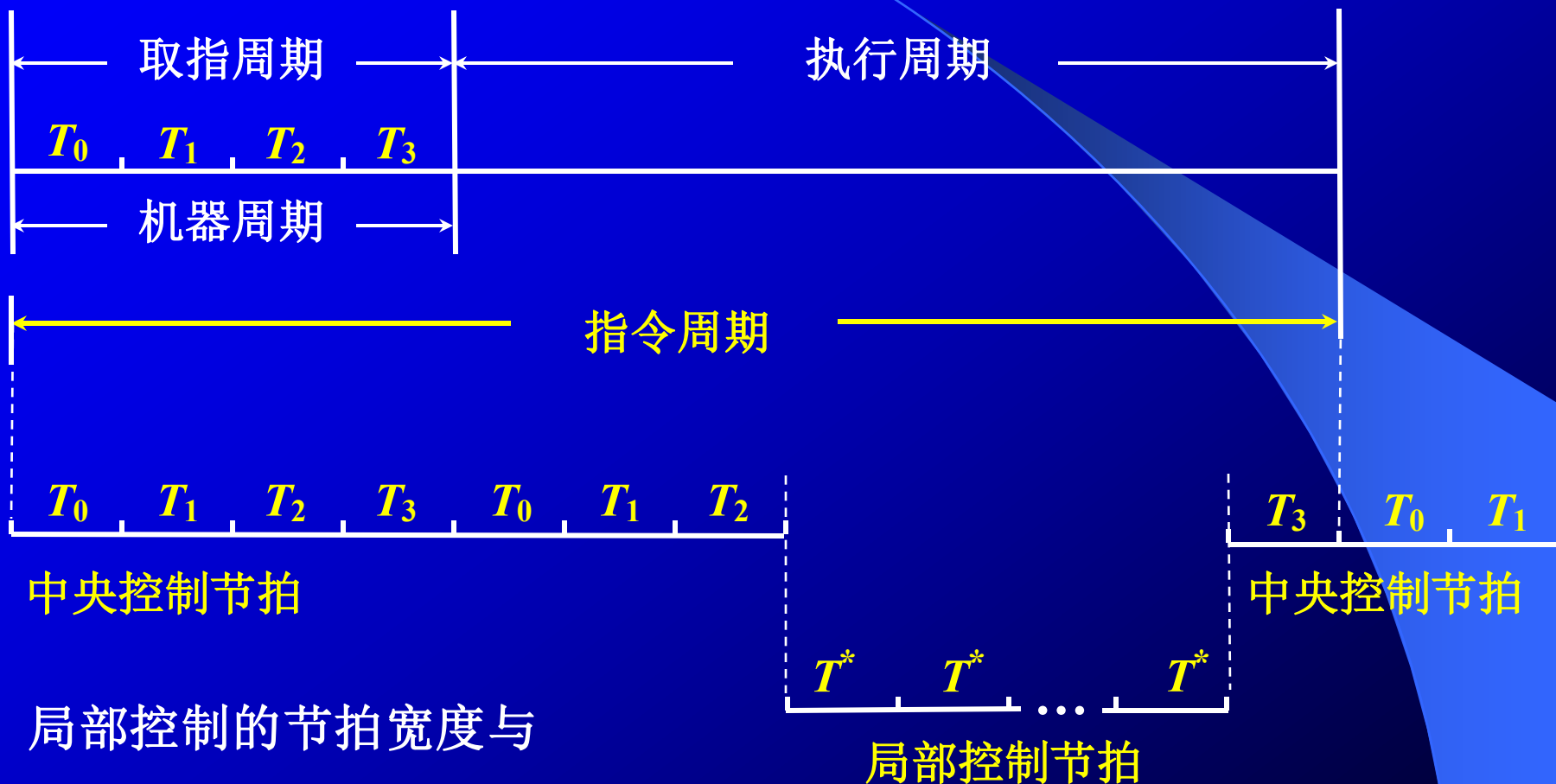
以 **最长** 的 **微操作序列** 和 **最繁** 的微操作作为 **标准**  
机器周期内 **节拍数相同**

## (2) 采用不定长的机器周期

机器周期内 节拍数不等



### (3) 采用中央控制和局部控制相结合的方法 9.2



局部控制的节拍宽度与  
中央控制的节拍宽度一致

## 2. 异步控制方式

无基准时钟信号

无固定的周期节拍和严格的时钟同步

采用 应答方式

## 3. 联合控制方式

同步与异步相结合

## 4. 人工控制方式

(1) Reset

(2) 连续 和 单条 指令执行转换开关

(3) 符合停机开关



# 作业

- 习题： 9.1, 9.3, 9.6, ~~9.8~~, 9.12, 9.14

