

第 9 章 控制单元的功能

9.1 操作命令的分析

9.2 控制单元的功能



9.1 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 操作命令的分析

一、取指周期

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

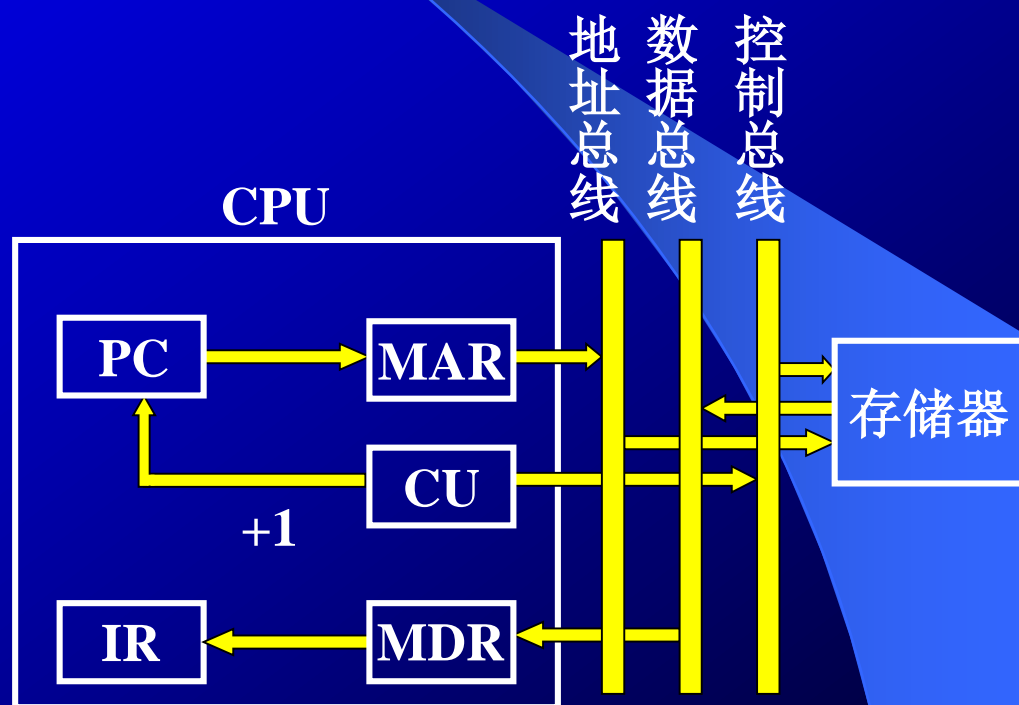
$1 \rightarrow R$

$M(MAR) \rightarrow MDR$

$MDR \rightarrow IR$

$OP(IR) \rightarrow CU$

$(PC) + 1 \rightarrow PC$



二、间址周期

9.1

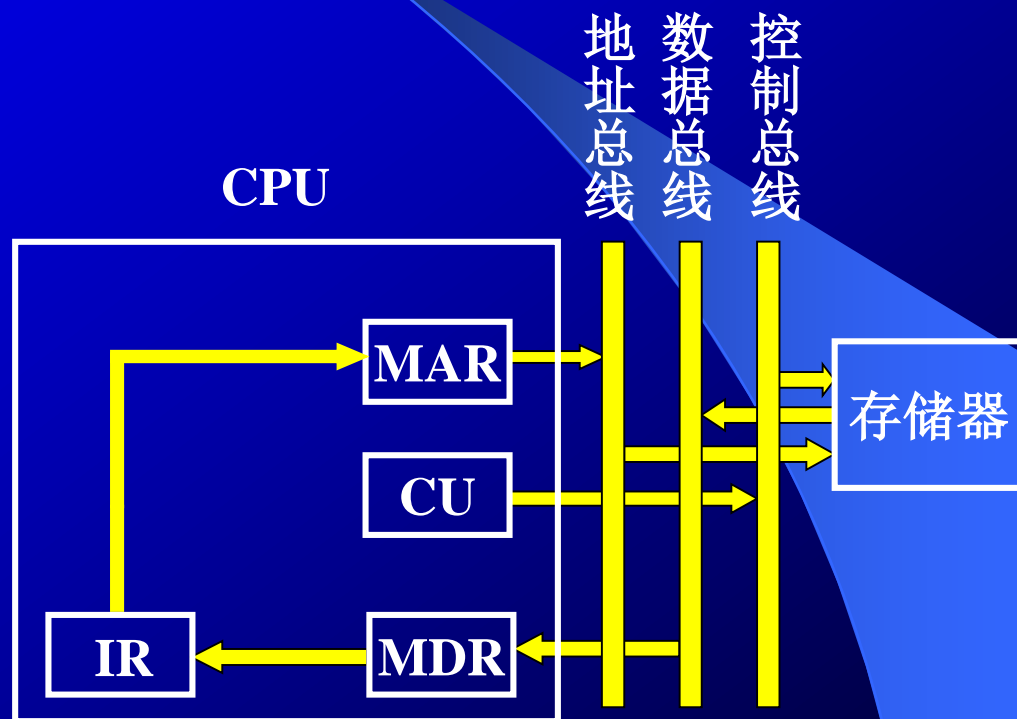
指令形式地址 \rightarrow MAR

$Ad(IR) \rightarrow MAR$

$1 \rightarrow R$

$M(MAR) \rightarrow MDR$

$MDR \rightarrow Ad(IR)$



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 $0 \rightarrow \text{G}$



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** (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

非访存 指令周期



取指周期 | 执行周期

直接访存 指令周期



取指周期 | 执行周期

间接访存 指令周期



取指周期 | 间址周期 | 执行周期

转移 指令周期



取指周期 | 执行周期

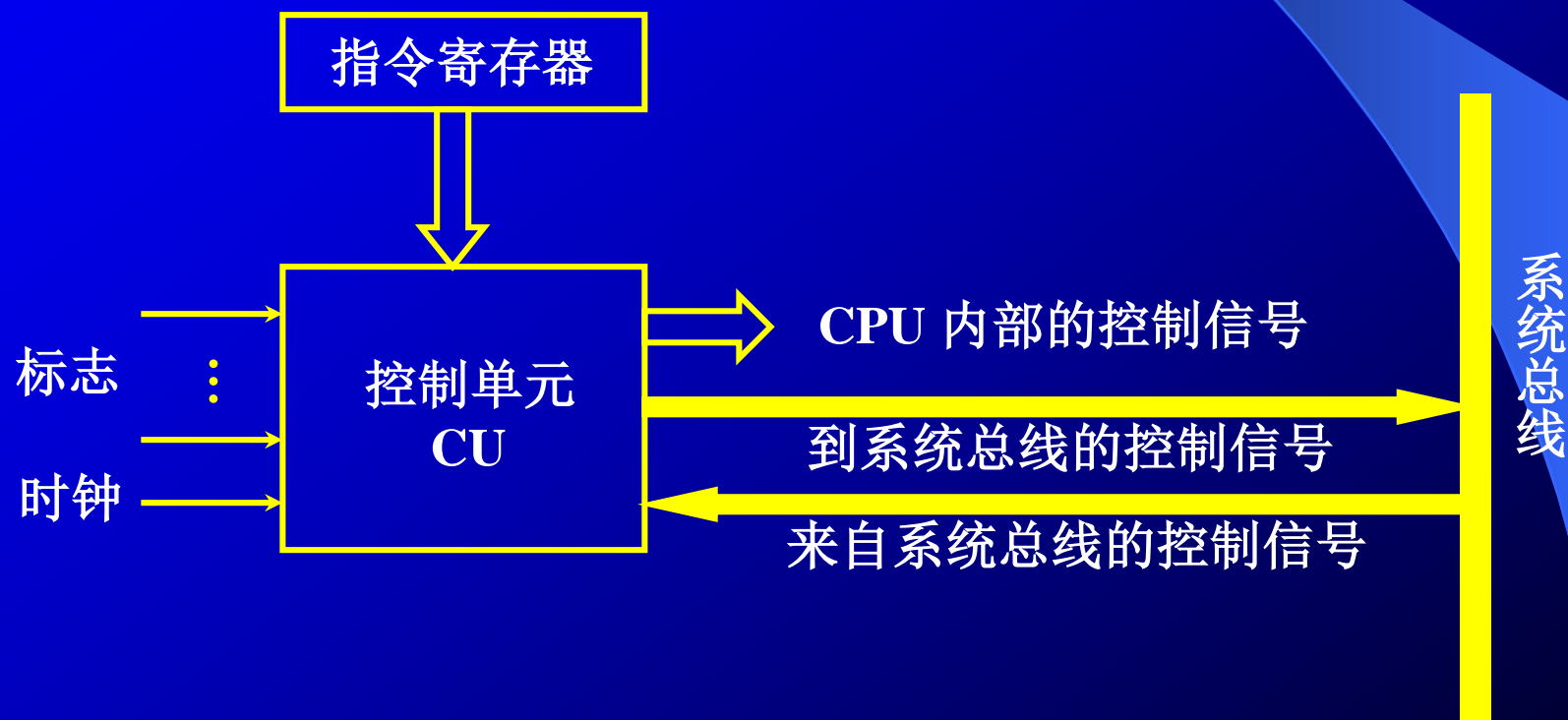
间接转移 指令周期



取指周期 | 间址周期 | 执行周期

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

9.2

(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

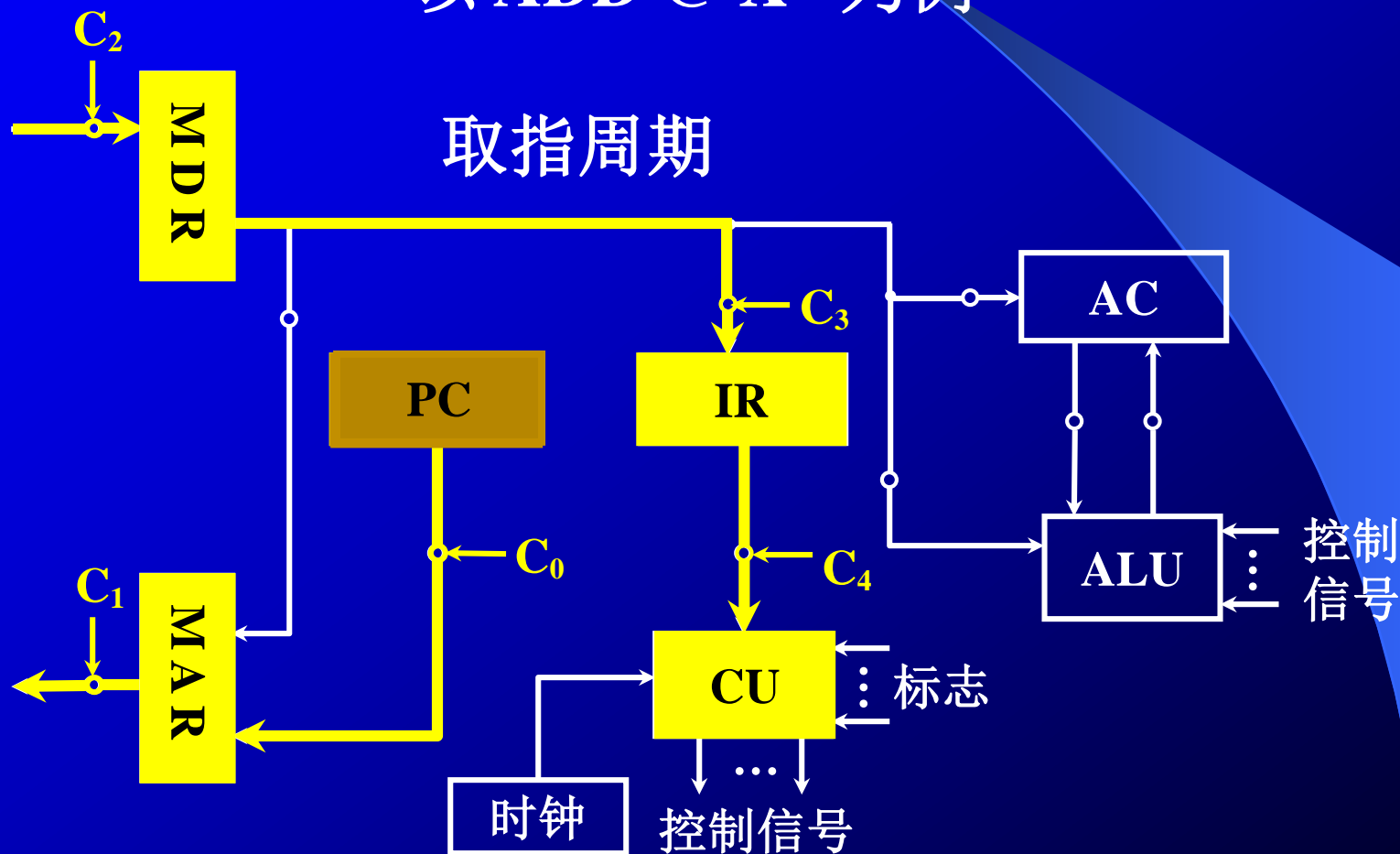


二、控制信号举例

9.2

1. 不采用 CPU 内部总线的方式

以 ADD @ X 为例

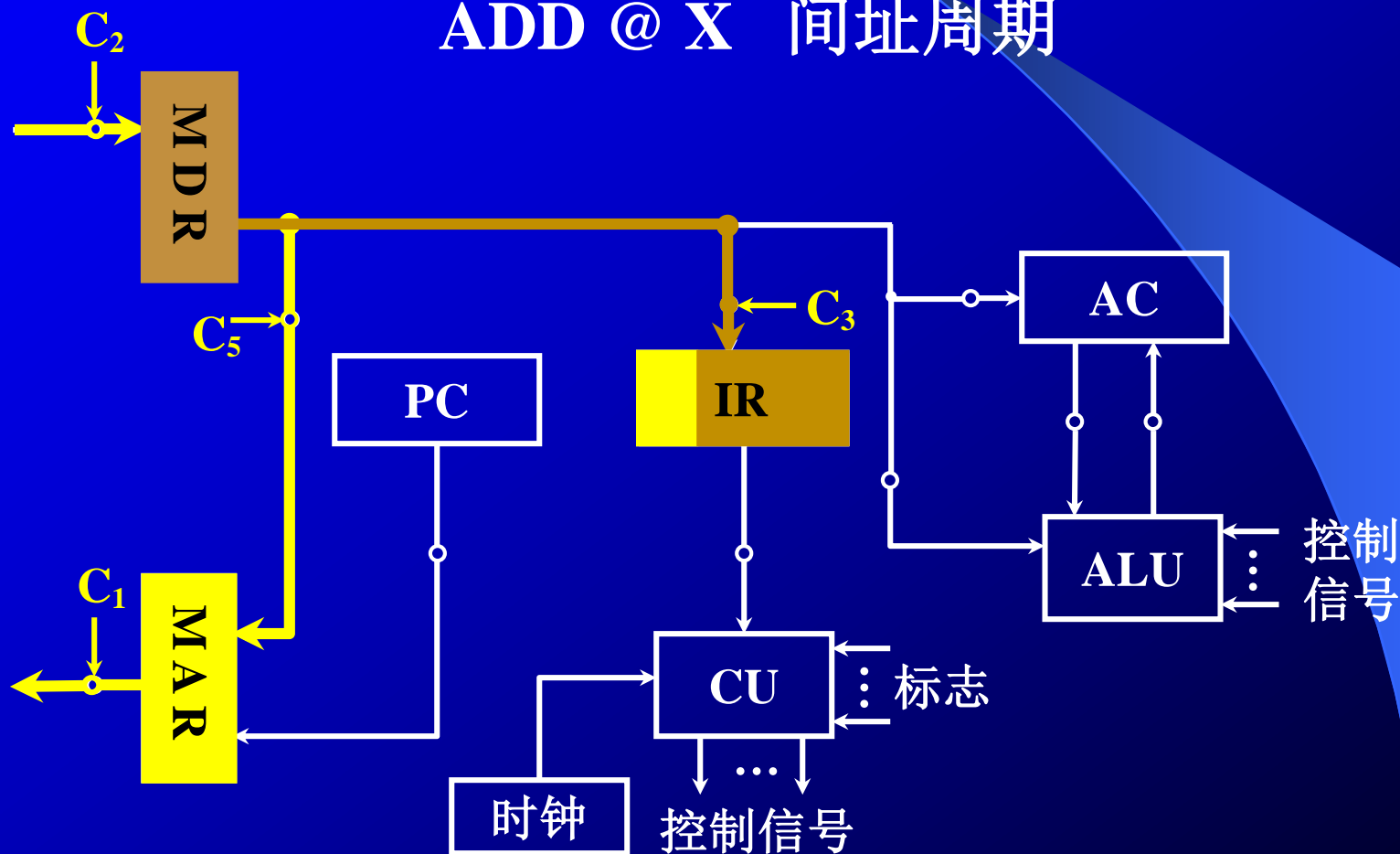


二、控制信号举例

9.2

1. 不采用 CPU 内部总线的方式

ADD @ X 间址周期

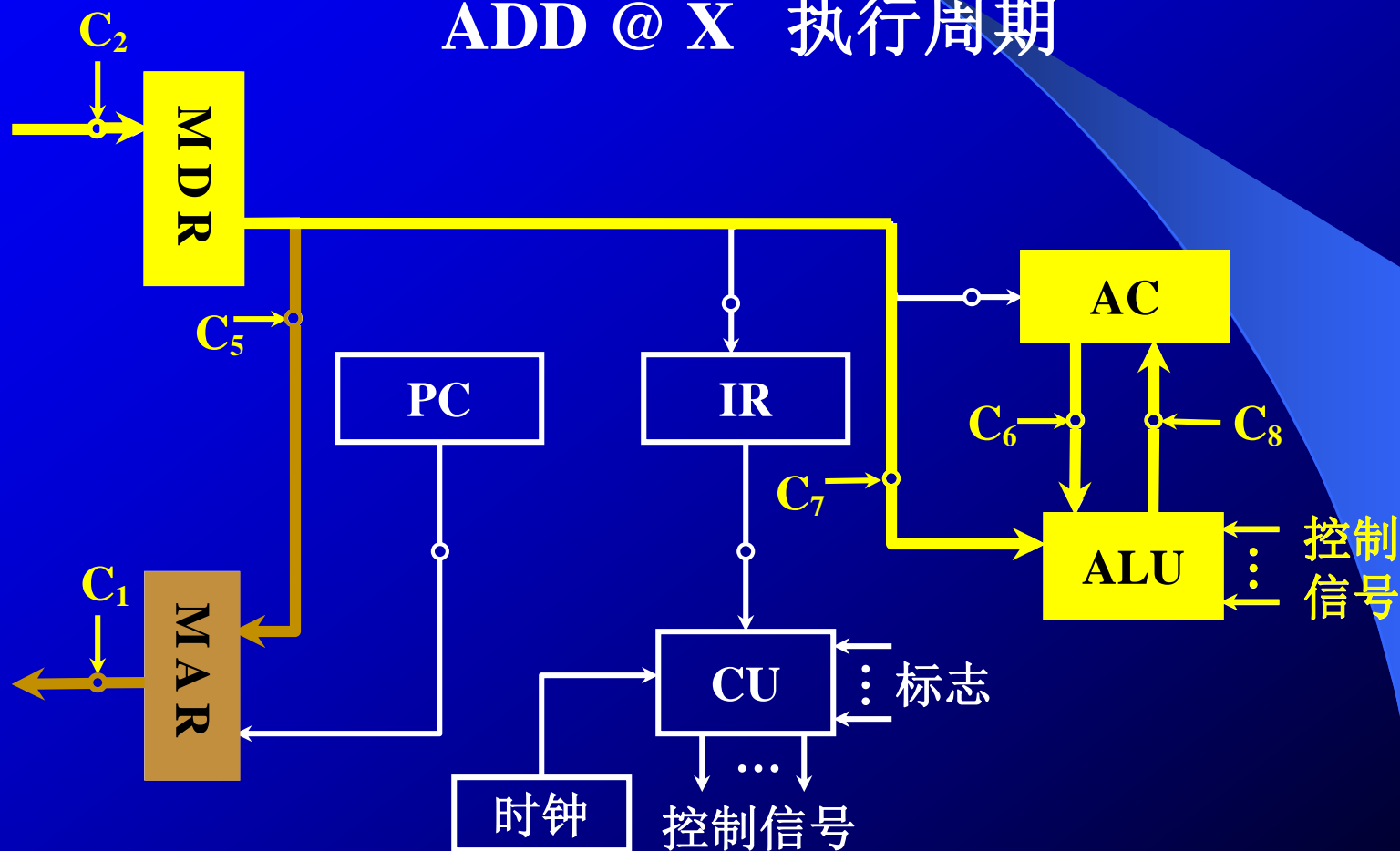


二、控制信号举例

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
PC₀ MAR_i

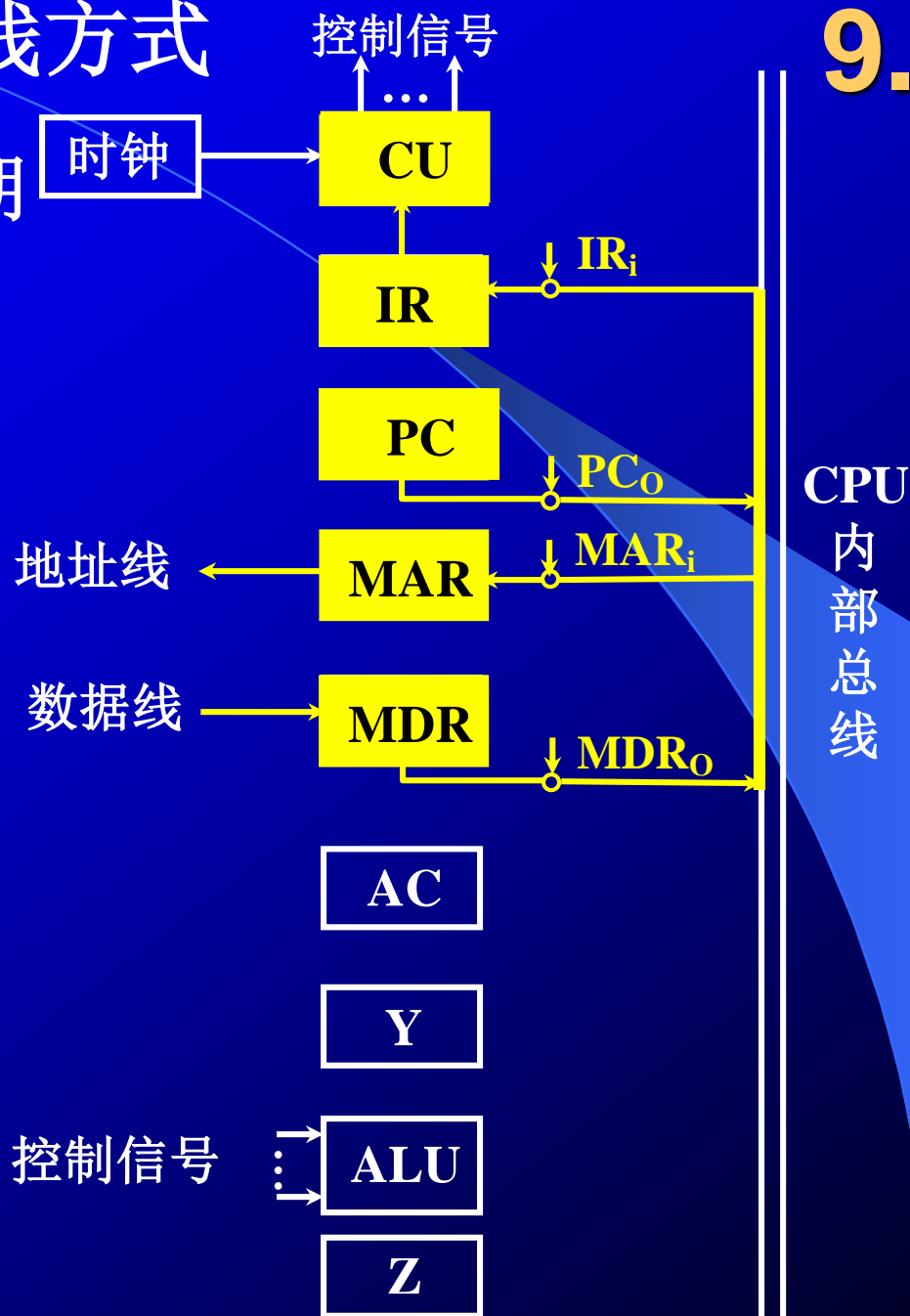
- CU 发读命令 1 \rightarrow R

- 数据线 \rightarrow MDR

- MDR \rightarrow IR
MDR₀ IR_i

- OP (IR) \rightarrow CU

- (PC) + 1 \rightarrow PC



(2) ADD @ X 间址周期

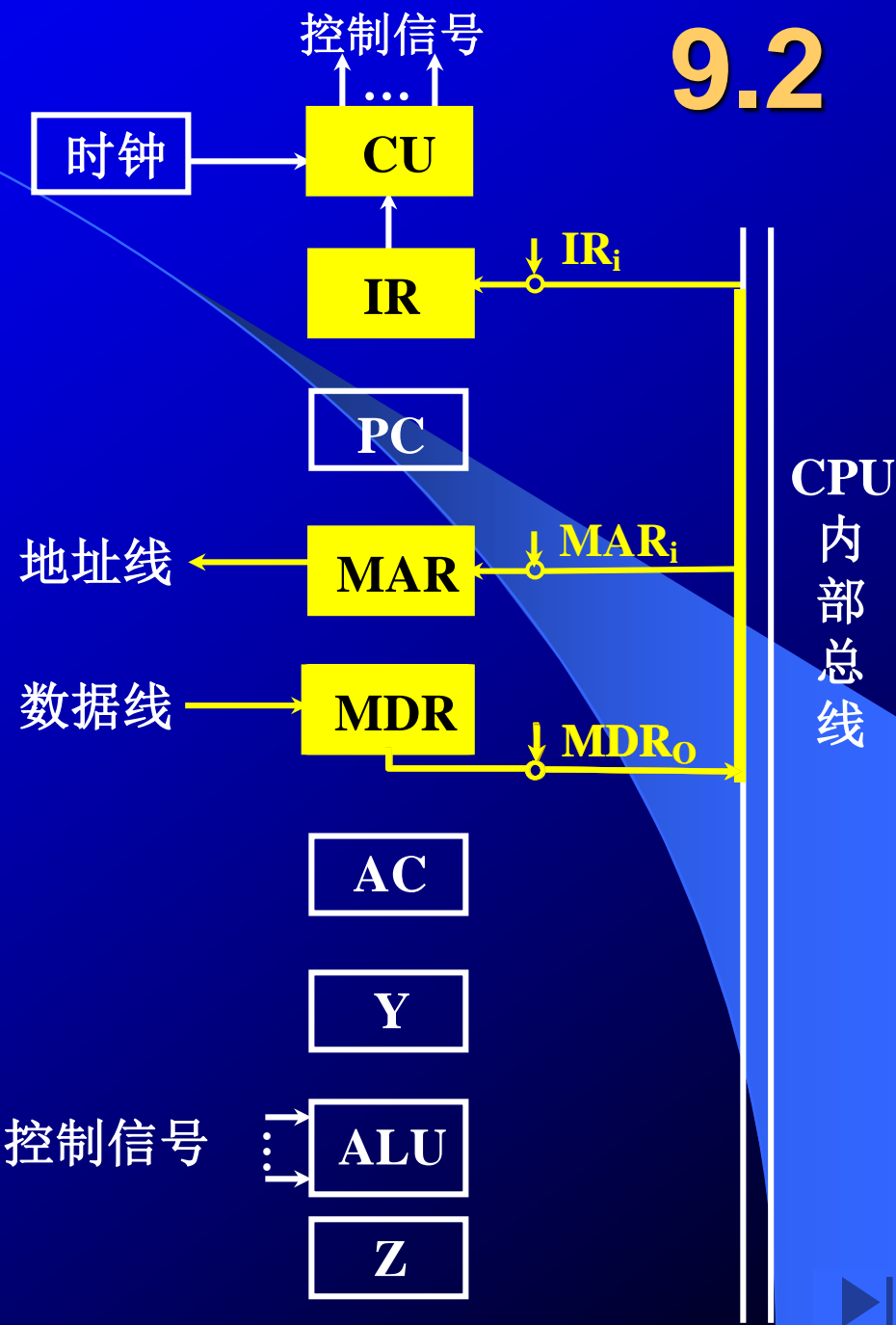
形式地址 \rightarrow MAR

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

- $1 \rightarrow R$

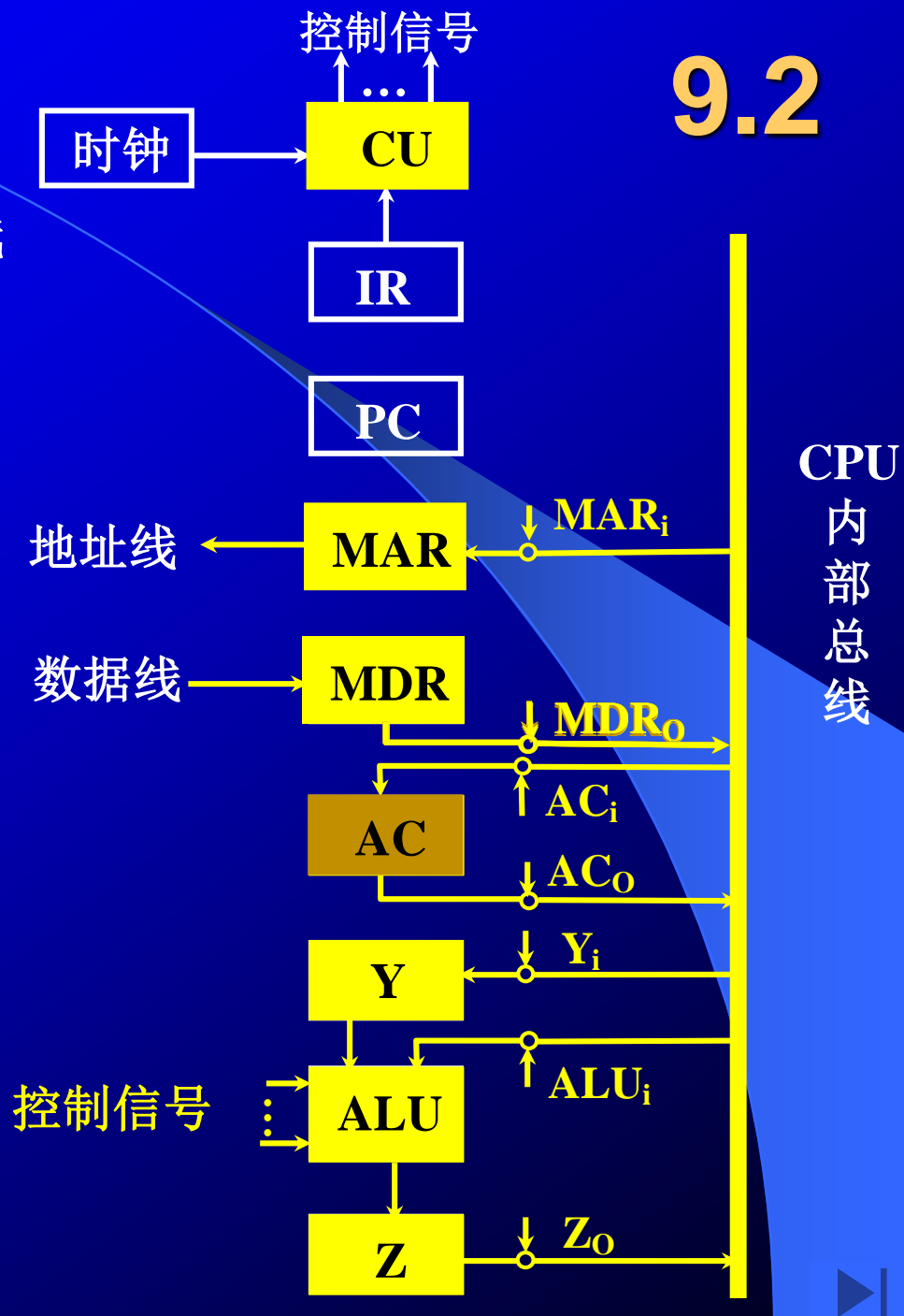
- 数据线 \rightarrow MDR

- $\text{MDR} \xrightarrow{\text{MDR}_0} \text{IR} \xrightarrow{\text{IR}_i} \text{控制信号}$

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

(3) ADD @ X 执行周期

- $\text{MDR} \longrightarrow \text{MAR} \longrightarrow \text{地址线}$
 $\text{MDR}_0 \quad \text{MAR}_i$
- $1 \longrightarrow \text{R}$
- 数据线 $\longrightarrow \text{MDR}$
- $\text{MDR} \longrightarrow \text{Y} \longrightarrow \text{ALU}$
 $\text{MDR}_0 \quad \text{Y}_i$
- $\text{AC} \longrightarrow \text{ALU}$
 $\text{AC}_0 \quad \text{ALU}_i$
- $(\text{AC}) + (\text{Y}) \longrightarrow \text{Z}$
- $\text{Z} \longrightarrow \text{AC}$
 $\text{Z}_0 \quad \text{AC}_i$



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
- 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）

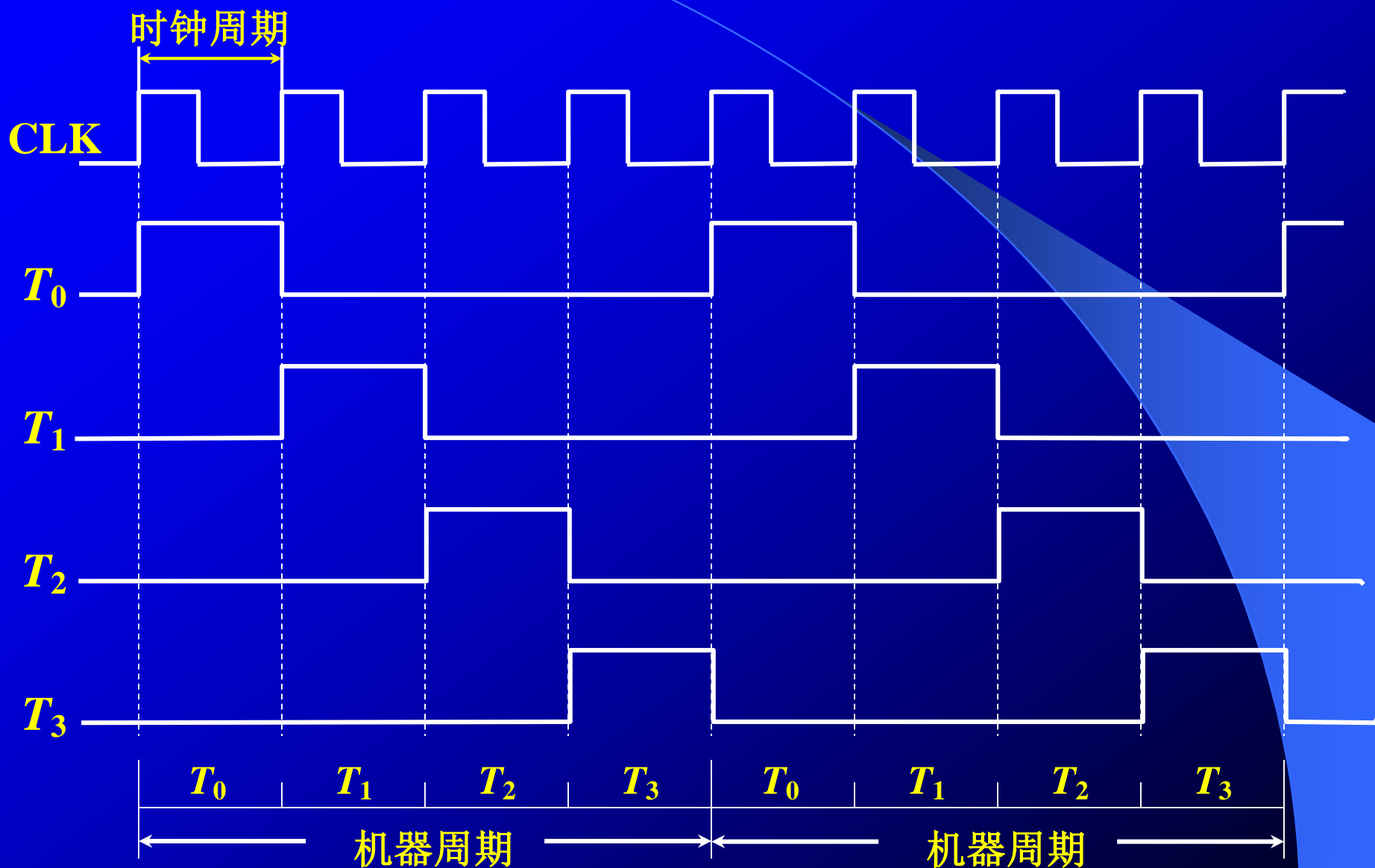
时钟周期是控制计算机操作的最小单位时间

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



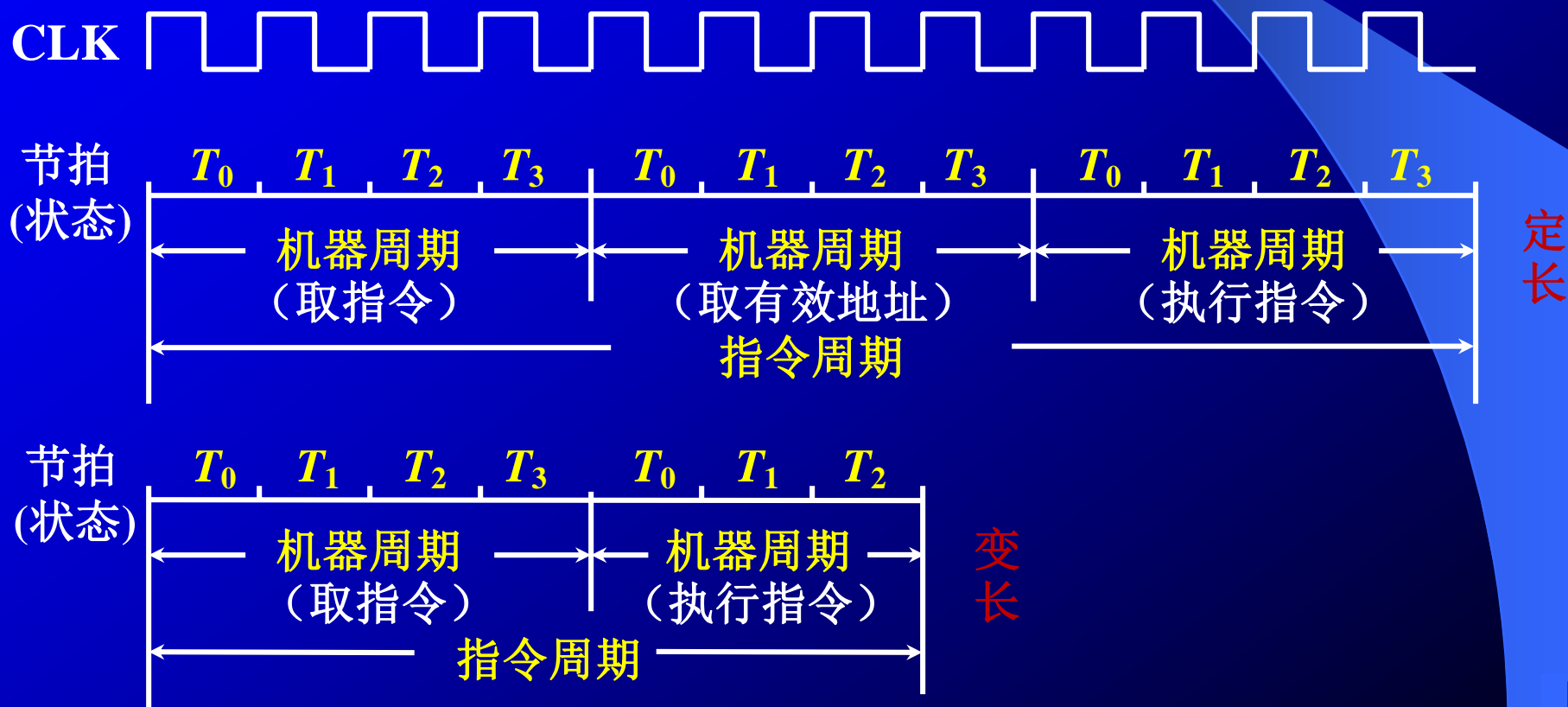
3. 多级时序系统

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



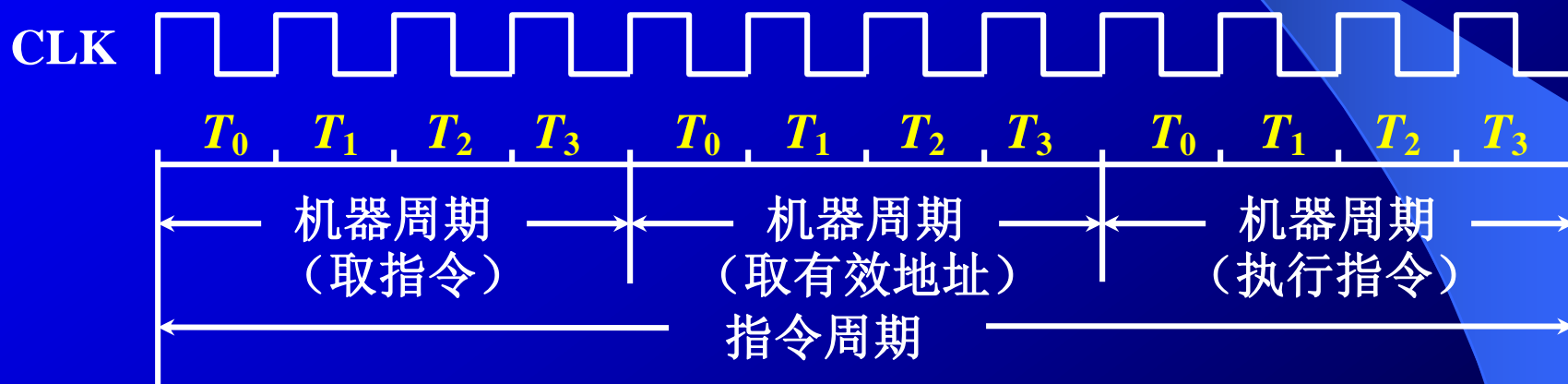
四、控制方式

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

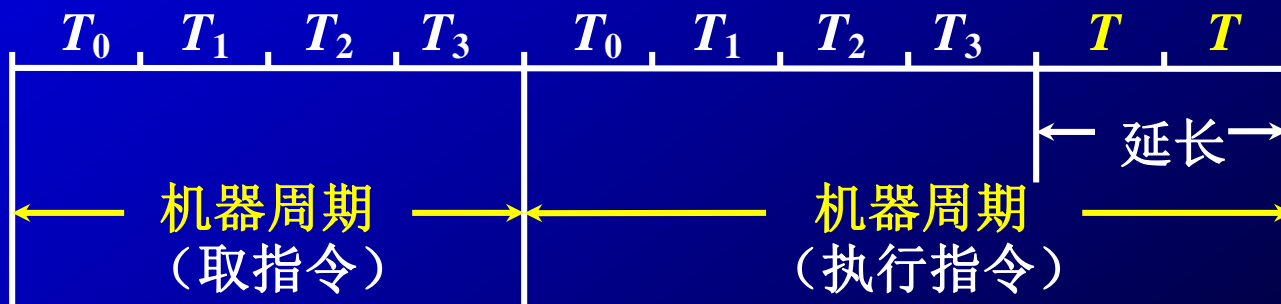
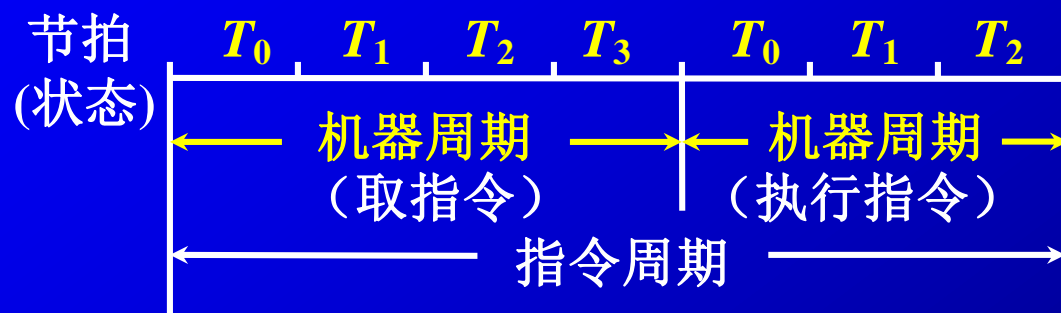


(1) 采用 **定长** 的机器周期

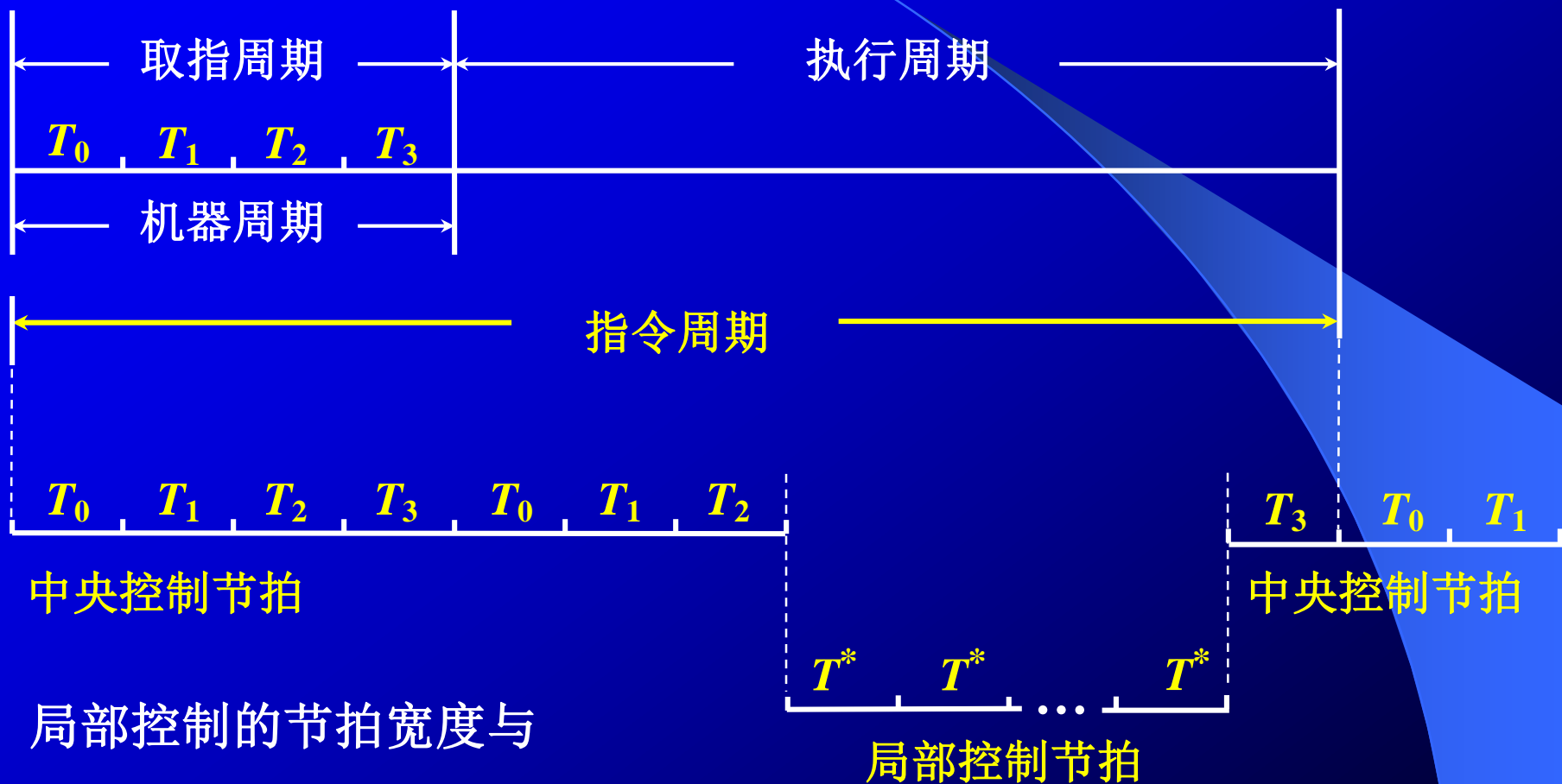
以 **最长** 的 **微操作序列** 和 **最繁** 的微操作作为 **标准**
机器周期内 **节拍数**相同

(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