

第 4 篇 控制单元

- 第 9 章 控制单元的功能
 - 9.1 微操作命令分析
 - 9.2 控制单元的功能
- 第10章
 - 10.1 组合逻辑设计
 - 10.2 微程序设计

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

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

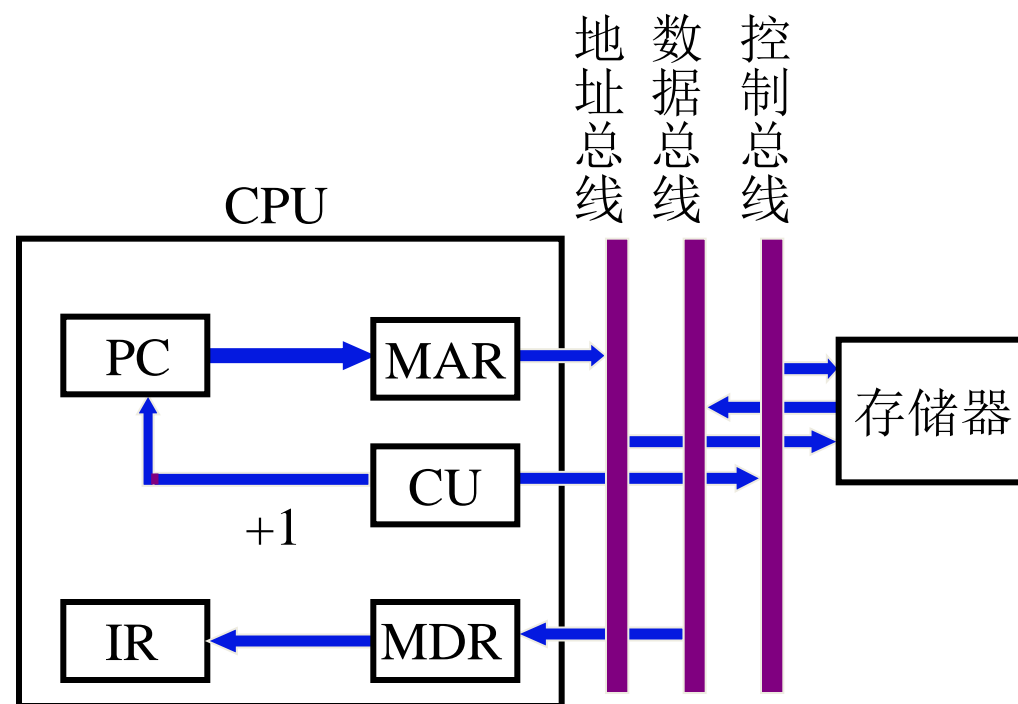
$1 \rightarrow R$

$M(MAR) \rightarrow MDR$

$MDR \rightarrow IR$

$OP(IR) \rightarrow CU$

$(PC) + 1 \rightarrow PC$



二、间址周期

9.1

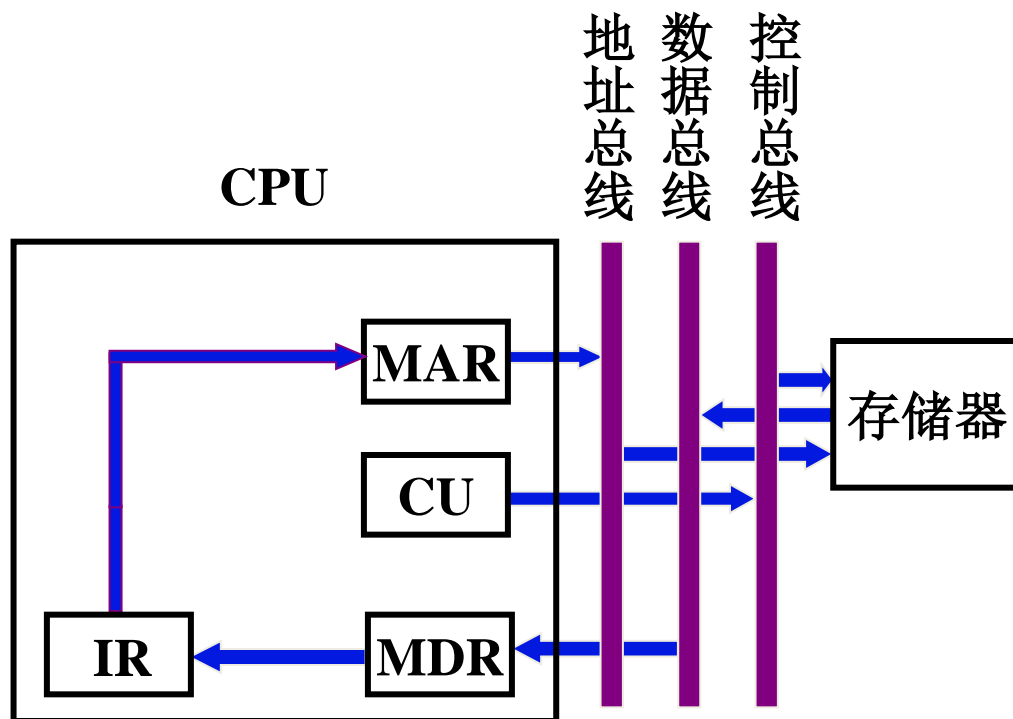
指令形式地址 \rightarrow MAR

$Ad(IR) \rightarrow MAR$

$1 \rightarrow R$

$M(MAR) \rightarrow MDR$

$MDR \rightarrow Ad(IR)$



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**

9.1

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

$1 \rightarrow \text{R}$

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

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

3. 转移指令

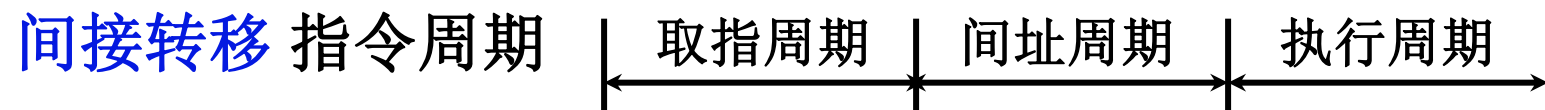
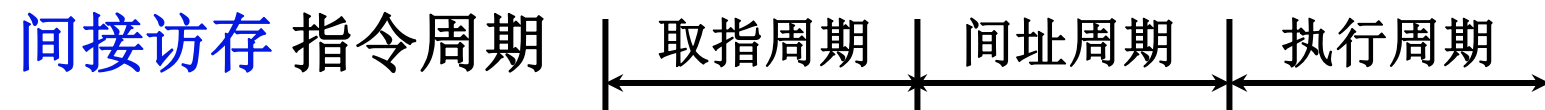
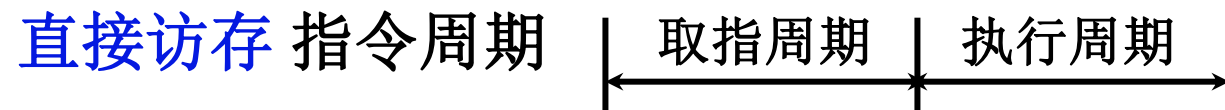
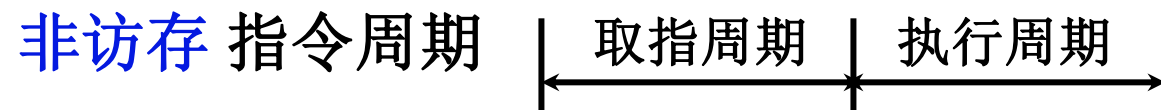
(1) 无条件转 **JMP X**

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

(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



四、中断周期

9.1

程序断点存入 “0” 地址 程序断点 进栈

$0 \rightarrow \text{MAR}$

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

$1 \rightarrow \text{W}$

$1 \rightarrow \text{W}$

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

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

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

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

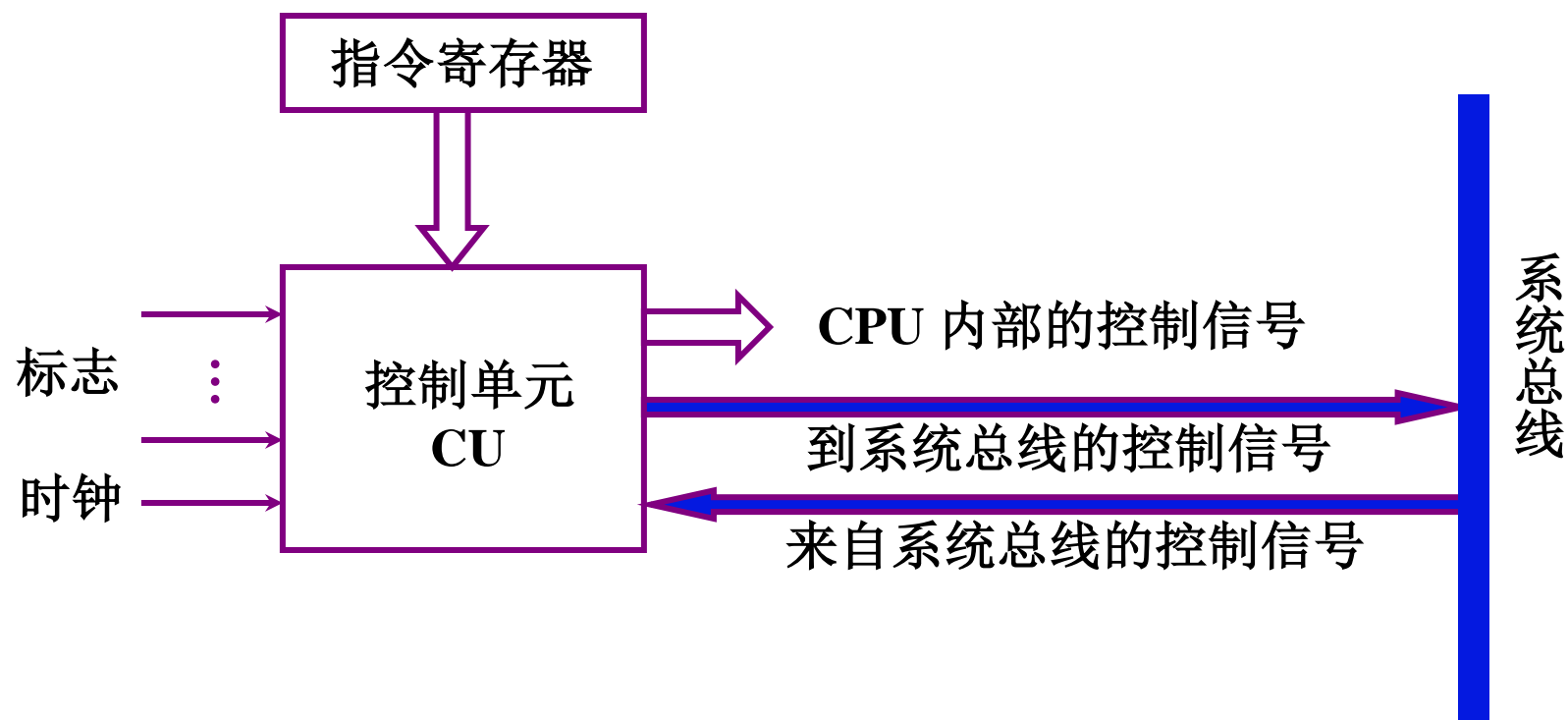
中断识别程序入口地址 $\text{M} \rightarrow \text{PC}$

$0 \rightarrow \text{EINT}(\text{置“0”})$

$0 \rightarrow \text{EINT}(\text{置“0”})$

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

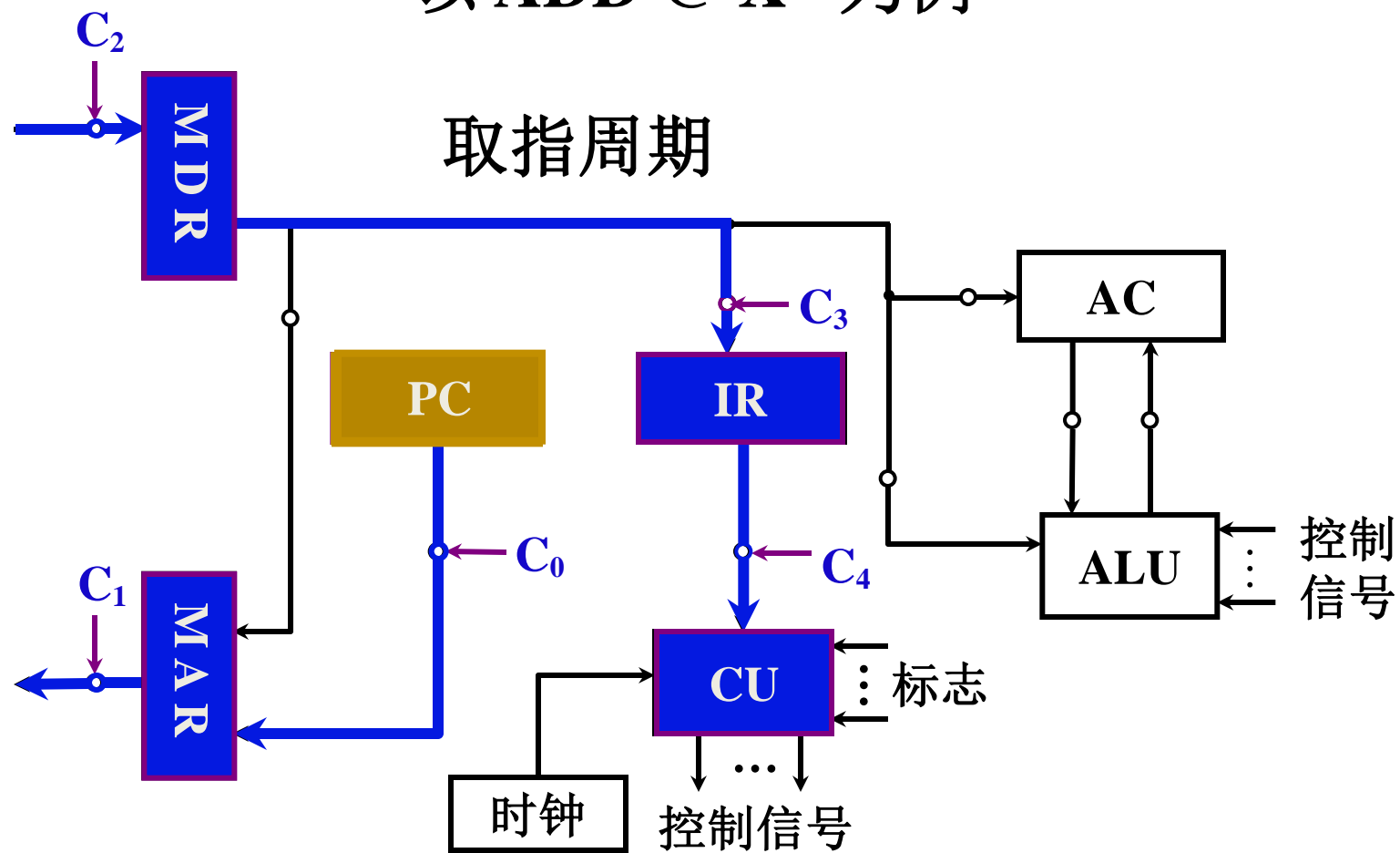
总线响应信号

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

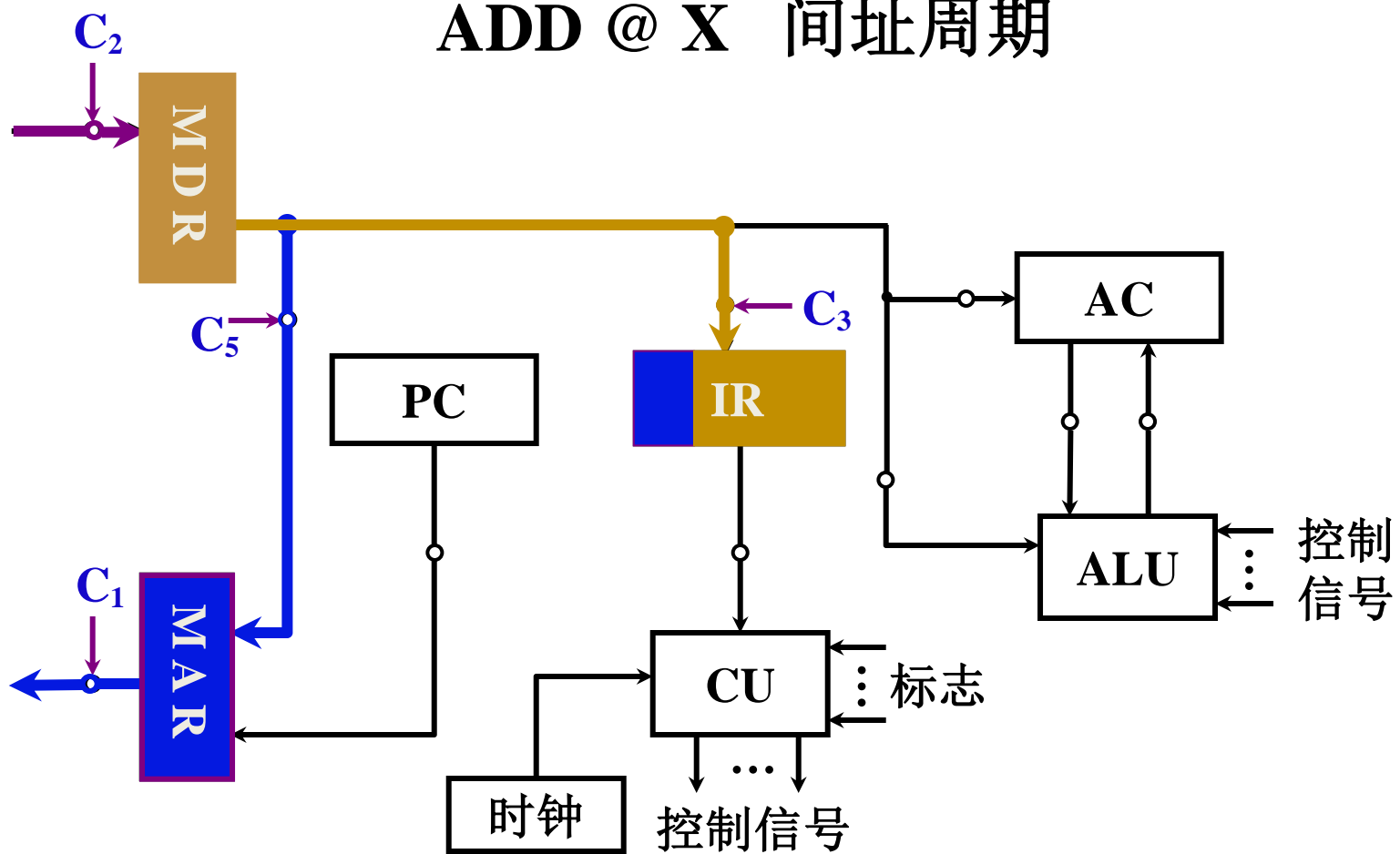


二、控制信号举例

9.2

1. 不采用 CPU 内部总线的方式

ADD @ X 间址周期

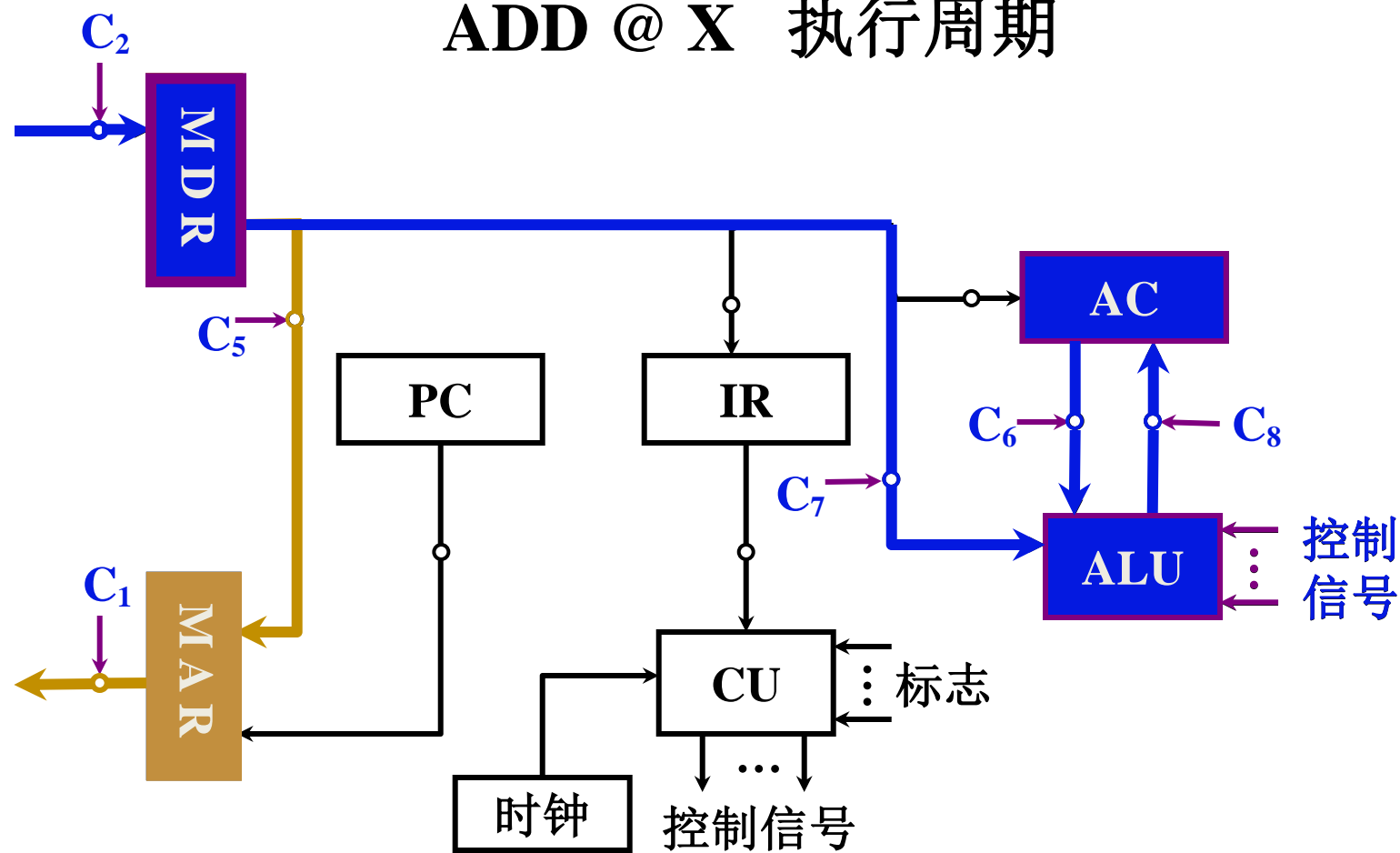


二、控制信号举例

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
 PC_0 MAR_i

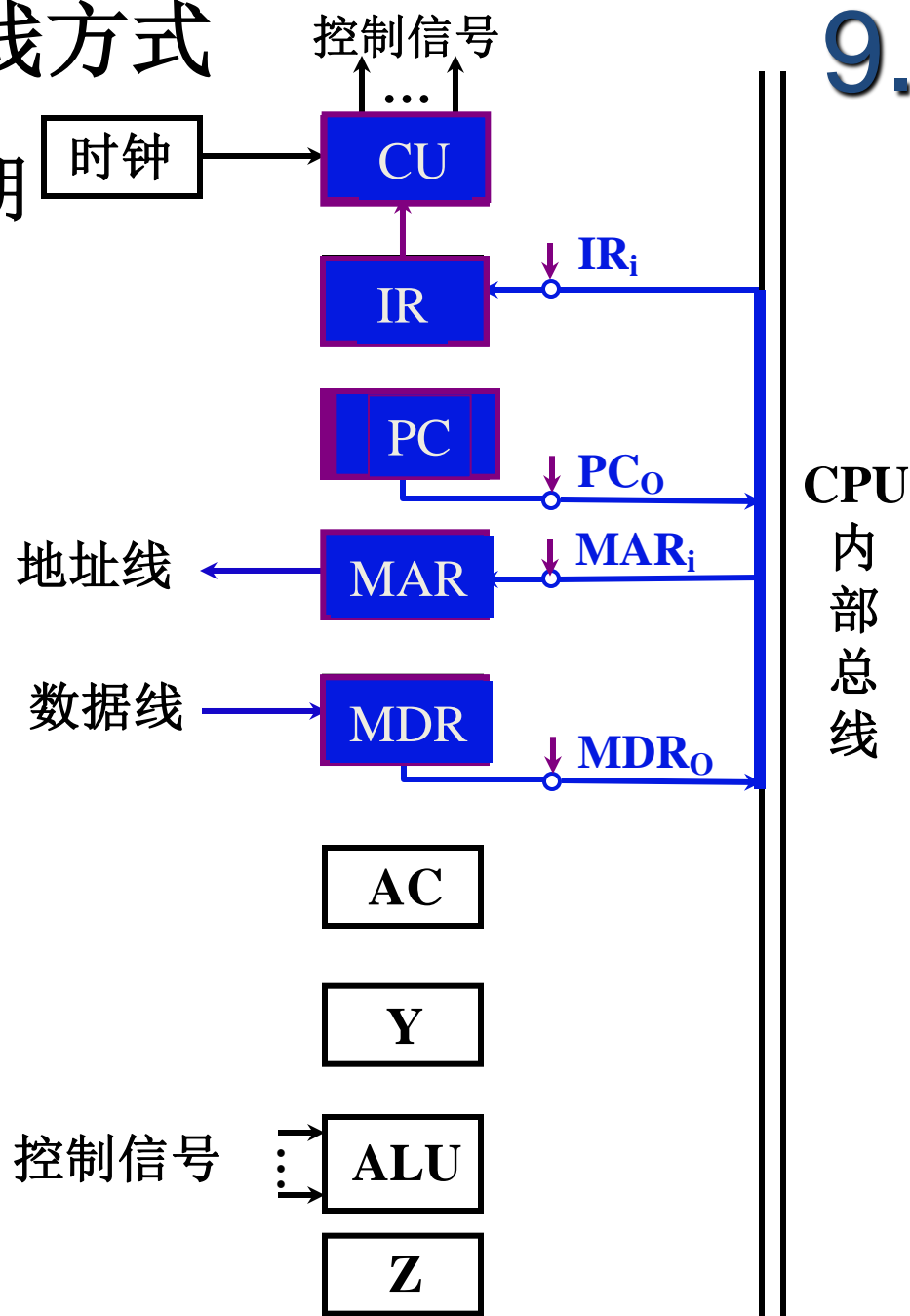
- CU 发读命令 $1 \rightarrow R$

- 数据线 \rightarrow MDR

- MDR \rightarrow IR
 MDR_0 IR_i

- OP (IR) \rightarrow CU

- (PC) + 1 \rightarrow PC



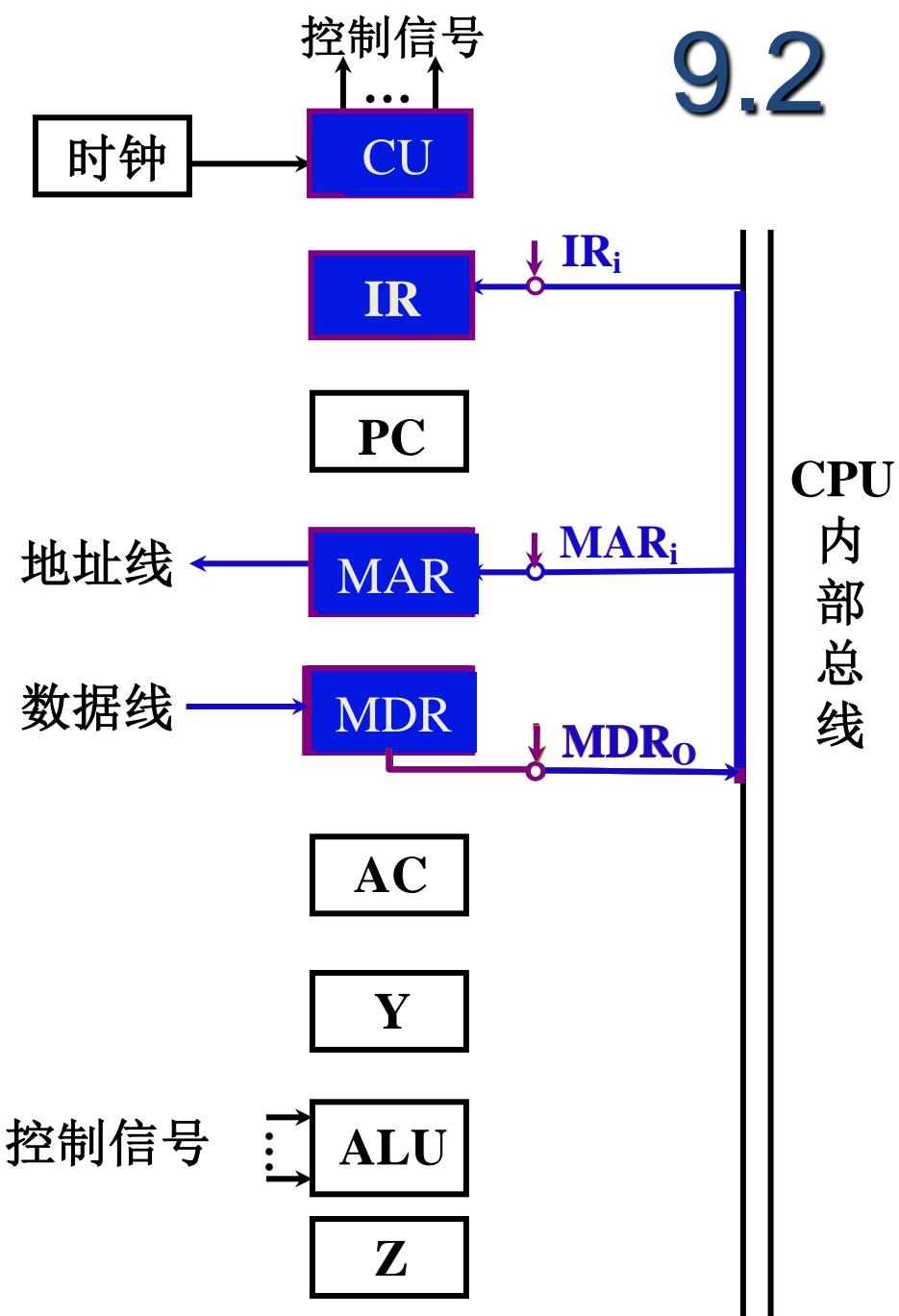
(2) ADD @ X 间址周期

9.2

形式地址 → MAR

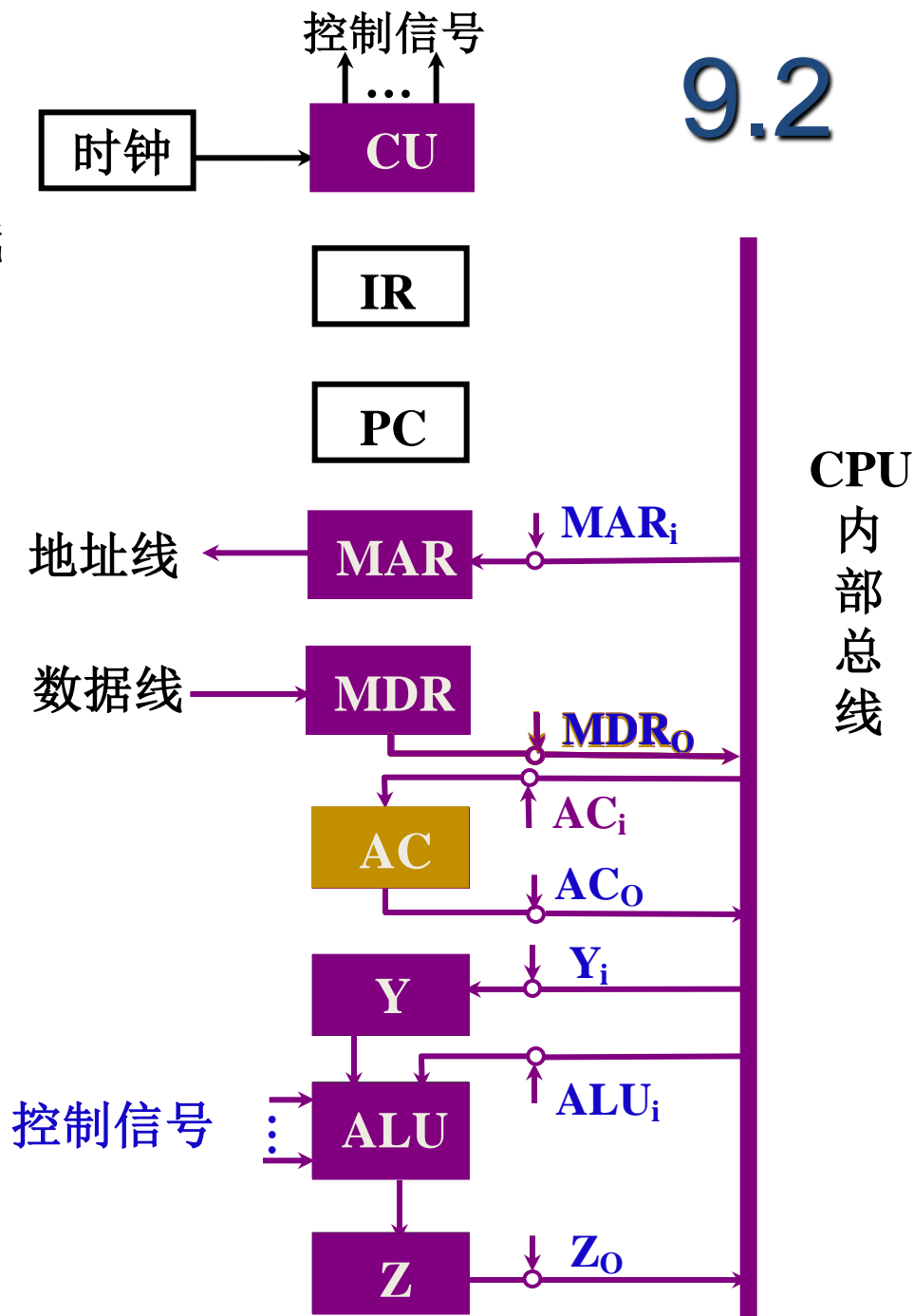
- MDR → MAR → 地址线
MDR₀ MAR_i
- 1 → R
- 数据线 → MDR
- MDR → IR
MDR₀ IR_i

有效地址 → Ad (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

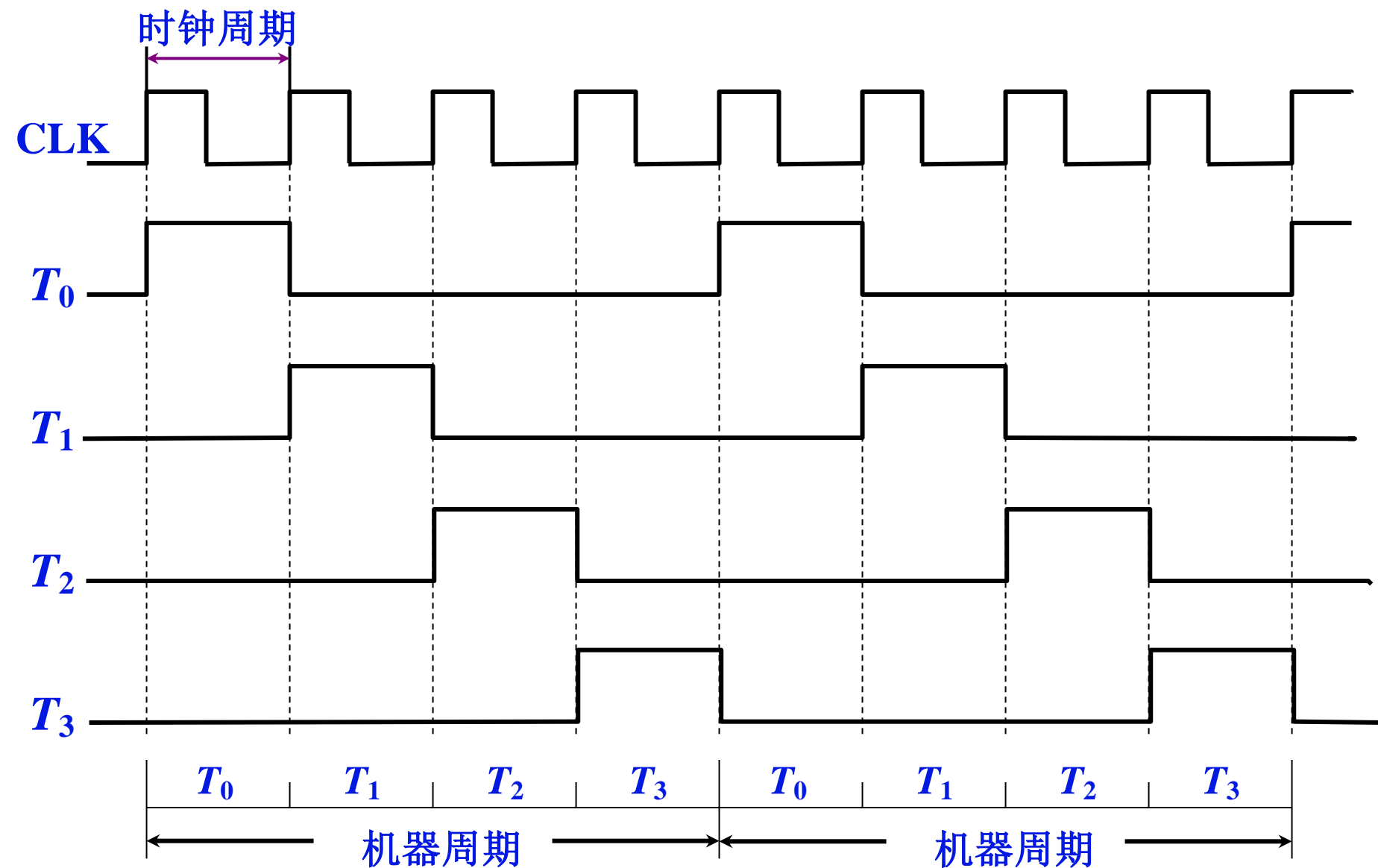
将一个机器周期分成若干个时间相等的时间段（节拍、状态、时钟周期）

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



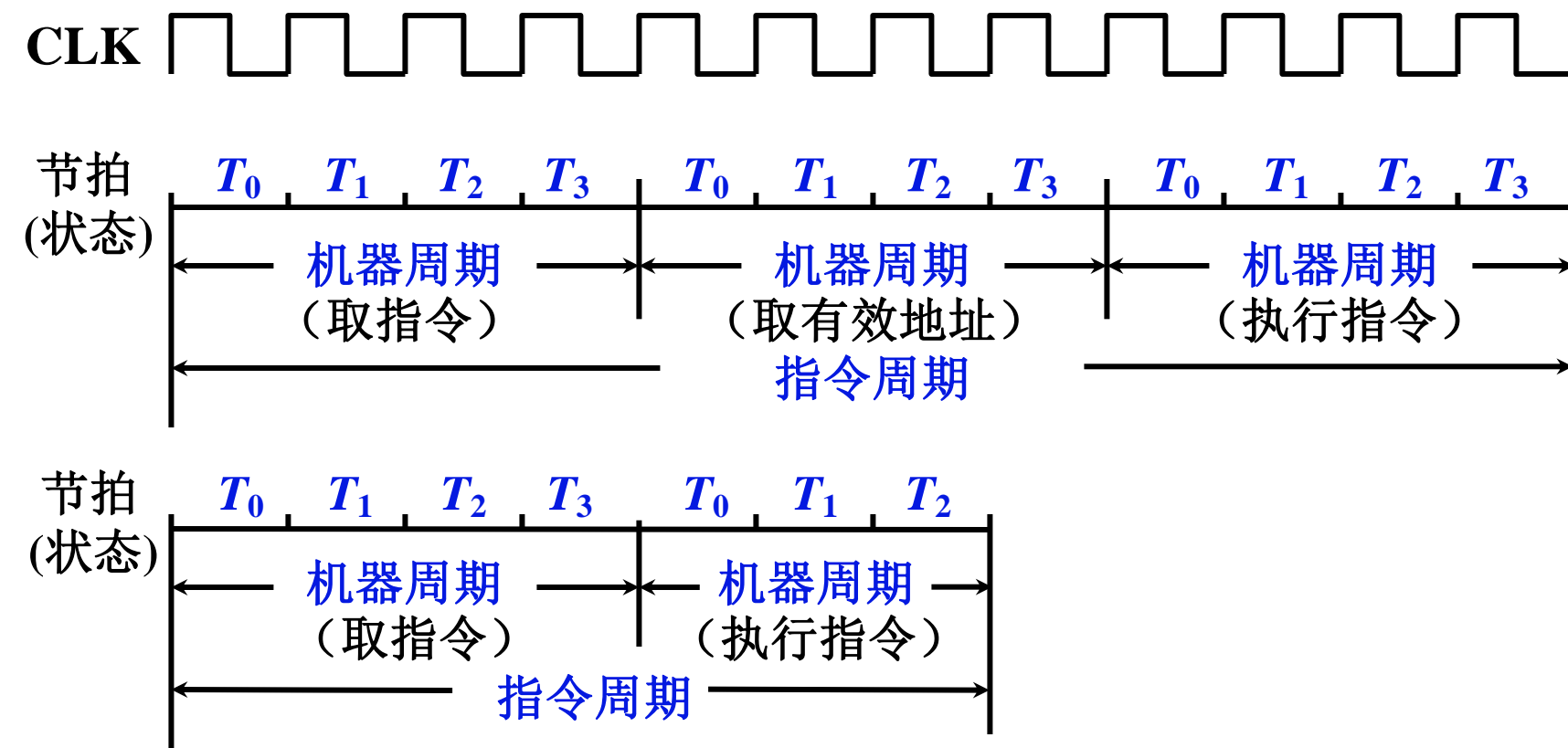
3. 多级时序系统

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**

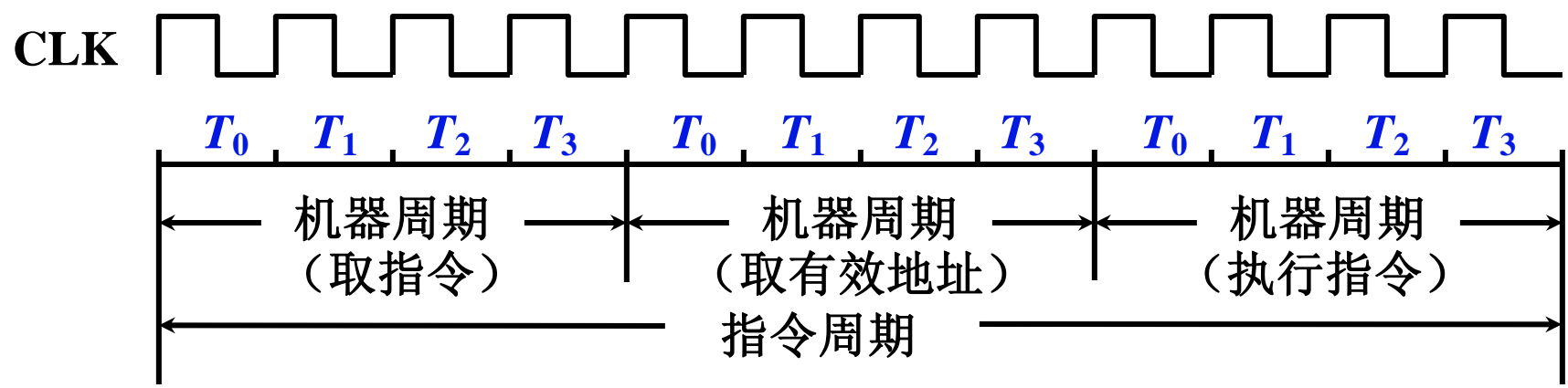
四、控制方式

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

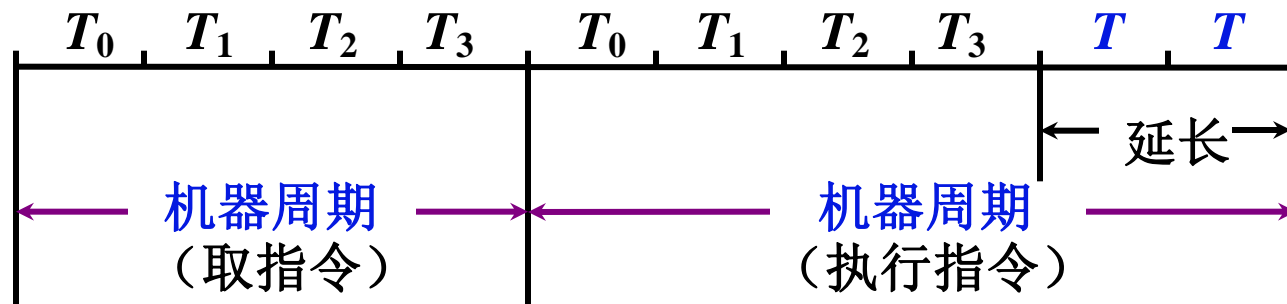
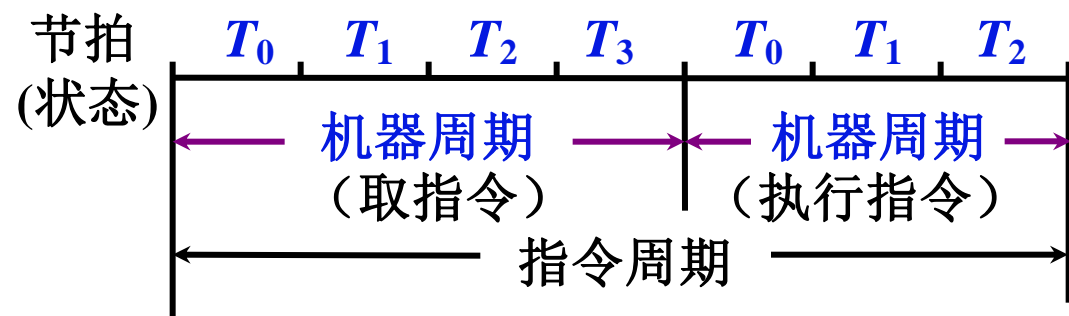
以 最长 的微操作序列和 最复杂 的微操作作为 标准

机器周期内 节拍数相同

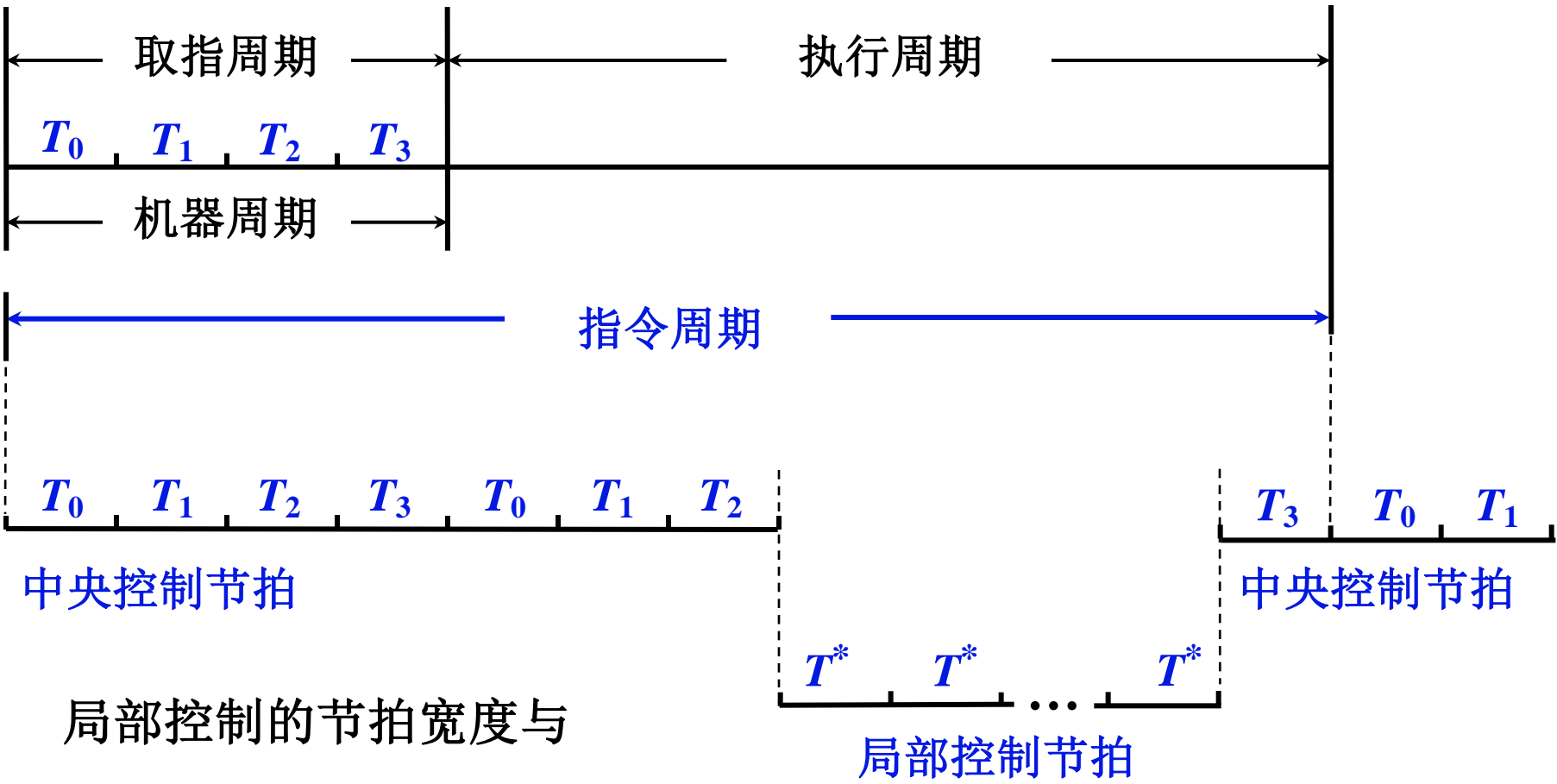
(2) 采用不定长的机器周期

9.2

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

无基准时标信号

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