

# 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

$PC \rightarrow MAR$

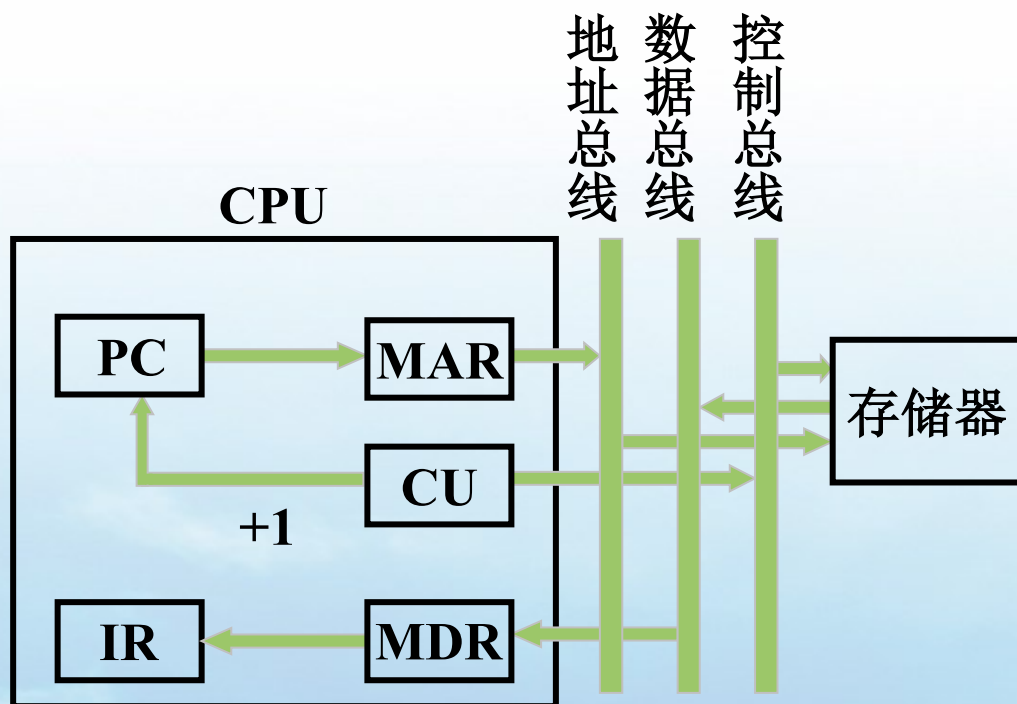
$1 \rightarrow R$

$M(MAR) \rightarrow MDR$

$MDR \rightarrow IR$

$OP(IR) \rightarrow CU$

$(PC) + 1 \rightarrow PC$



## 二、间址周期

9.1

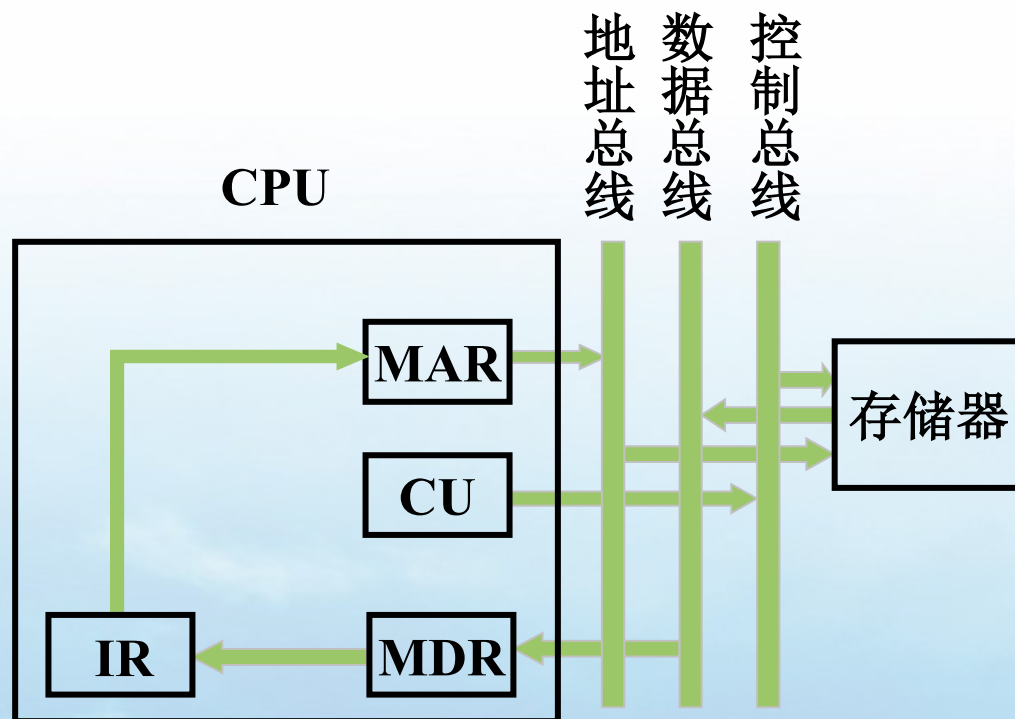
指令形式地址  $\rightarrow$  MAR

$Ad(IR) \rightarrow MAR$

$1 \rightarrow R$

$M(MAR) \rightarrow MDR$

$MDR \rightarrow Ad(IR)$



## 三、执行周期

### 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

### (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**

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

$1 \rightarrow \text{R}$

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

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

## 3. 转移指令

### (1) 无条件转 **JMP X**

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

### (2) 条件转移 **BAN X** (负则转)

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



## 4. 三类指令的指令周期

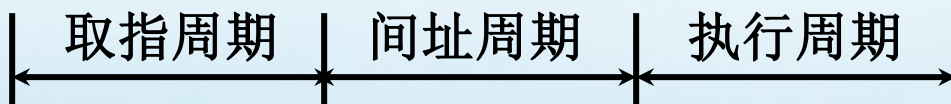
非访存 指令周期



直接访存 指令周期



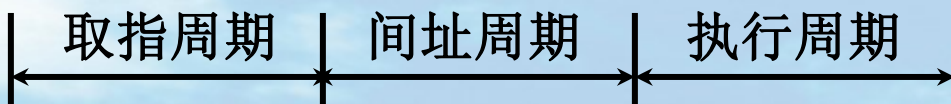
间接访存 指令周期



转移 指令周期



间接转移 指令周期





## 四、中断周期

程序断点存入 “0” 地址

$0 \rightarrow \text{MAR}$

$1 \rightarrow \text{W}$

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

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

程序断点 进栈

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

$1 \rightarrow \text{W}$

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

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

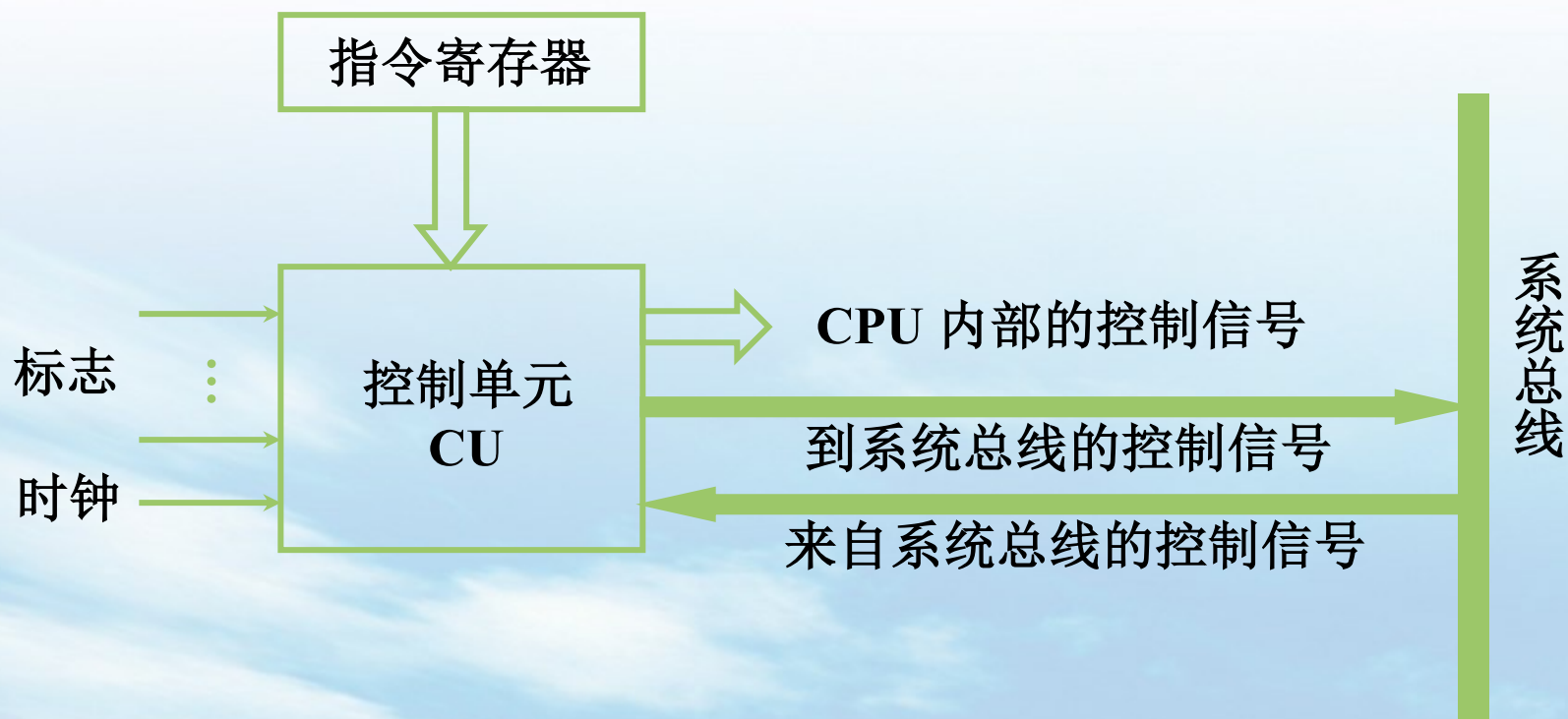
中断识别程序入口地址  $\text{M} \rightarrow \text{PC}$

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

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

## 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

### (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

$\overline{\text{MREQ}}$

访存控制信号

$\overline{\text{IO/M}}$

访 IO/ 存储器的控制信号

$\overline{\text{RD}}$

读命令

$\overline{\text{WR}}$

写命令

INTA

中断响应信号

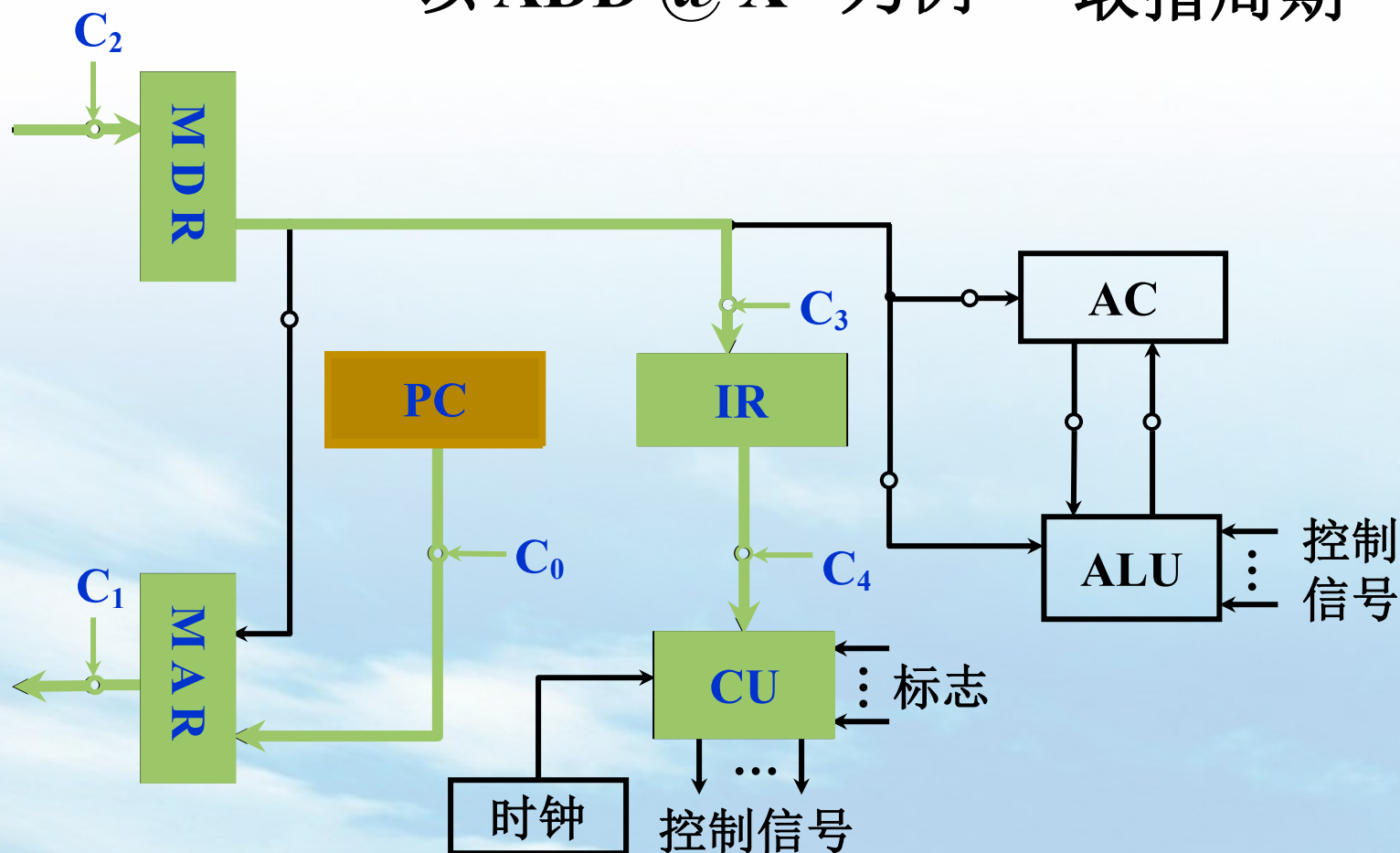
HLDA

总线响应信号

## 二、控制信号举例

### 1. 不采用 CPU 内部总线的方式

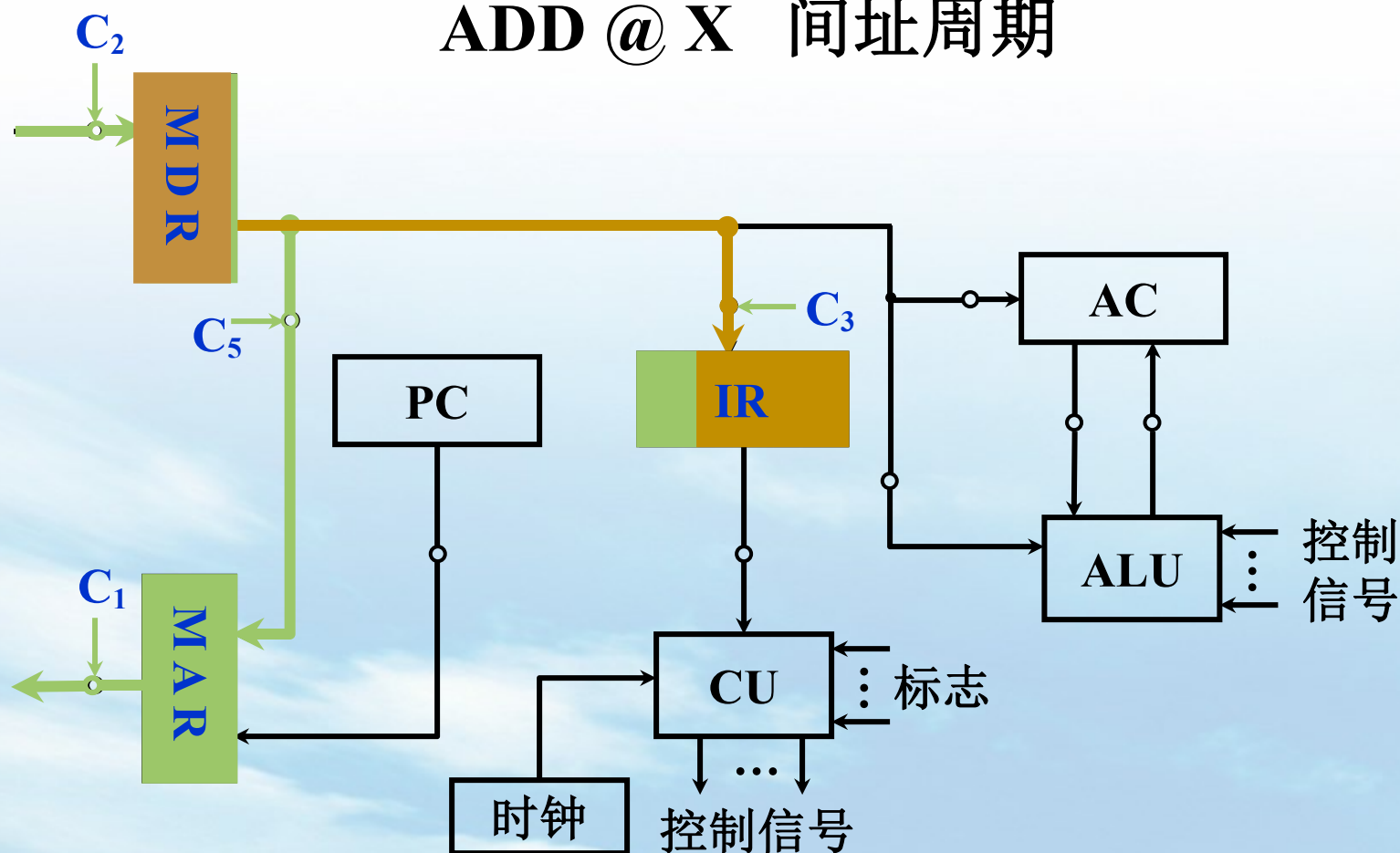
以  $\text{ADD } @X$  为例 取指周期



## 二、控制信号举例

### 1. 不采用 CPU 内部总线的方式

ADD @ X 间址周期

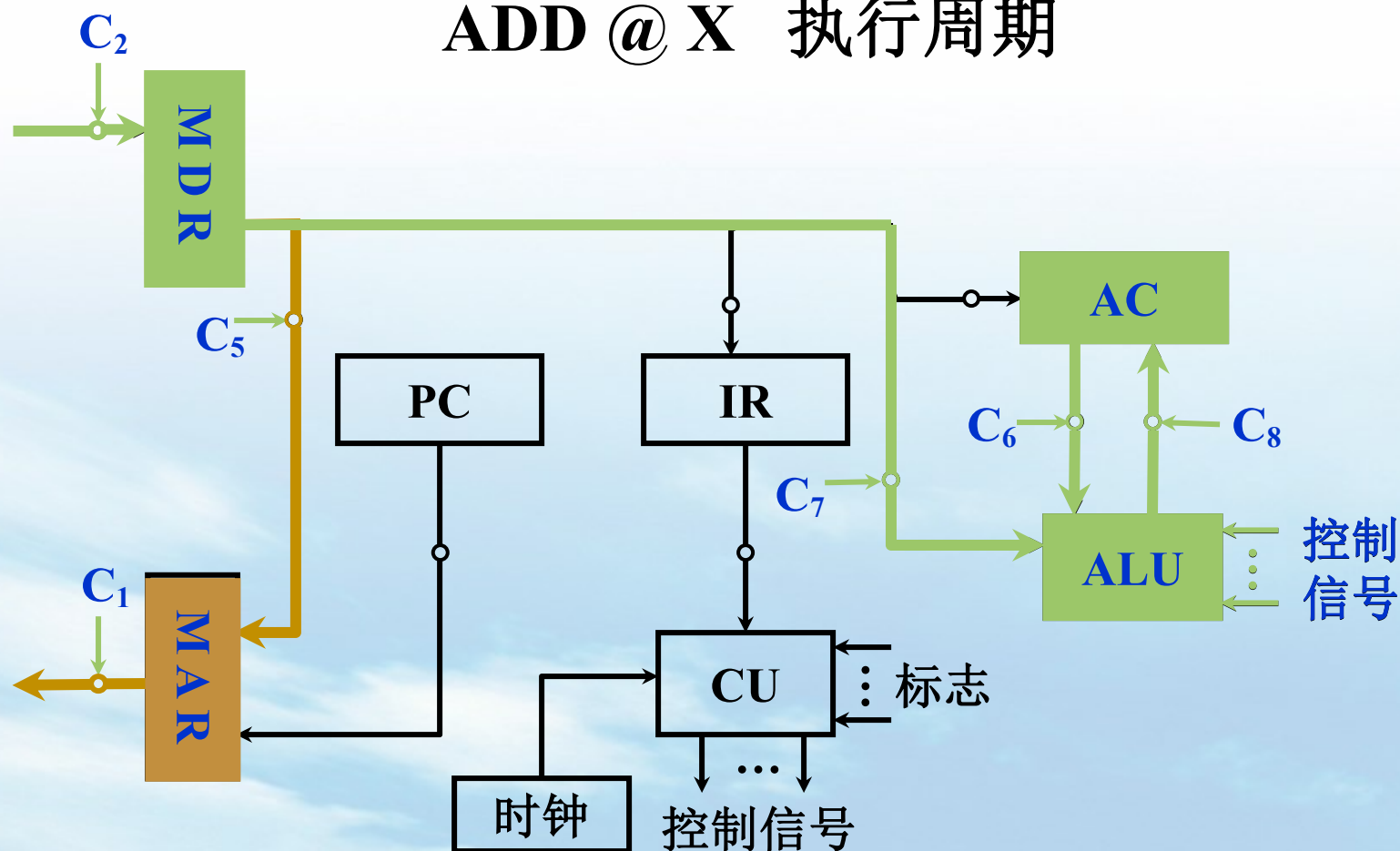




## 二、控制信号举例

### 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

### (1) ADD @ X 取指周期

PC  $\longrightarrow$  MAR  
PC<sub>0</sub>      MAR<sub>i</sub>

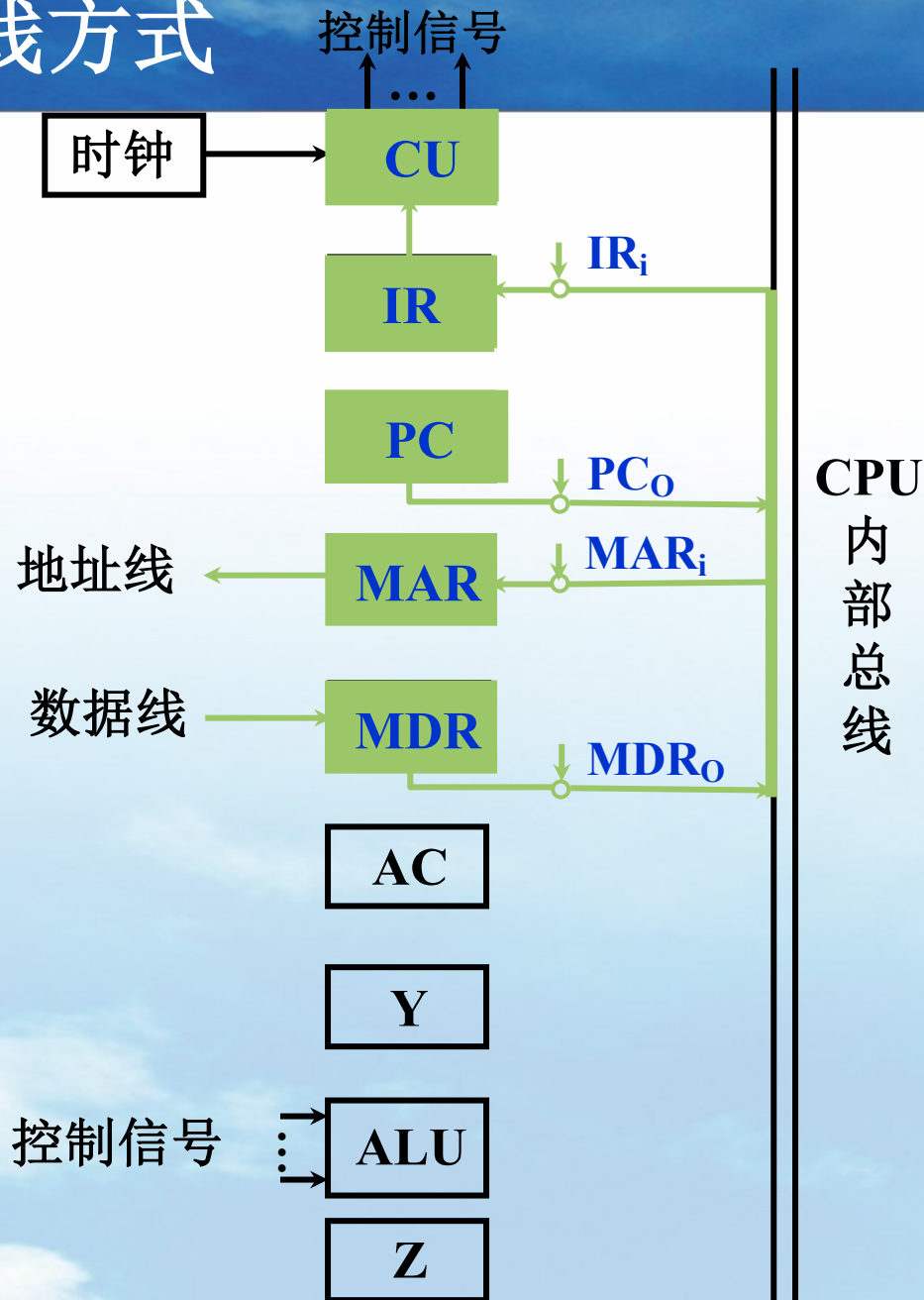
CU 发读命令 1  $\longrightarrow$  R

数据线  $\longrightarrow$  MDR

MDR  $\longrightarrow$  IR  
MDR<sub>0</sub>      IR<sub>i</sub>

OP (IR)  $\longrightarrow$  CU

(PC) + 1  $\longrightarrow$  PC



## (2) ADD @ X 间址周期

形式地址  $\rightarrow$  MAR

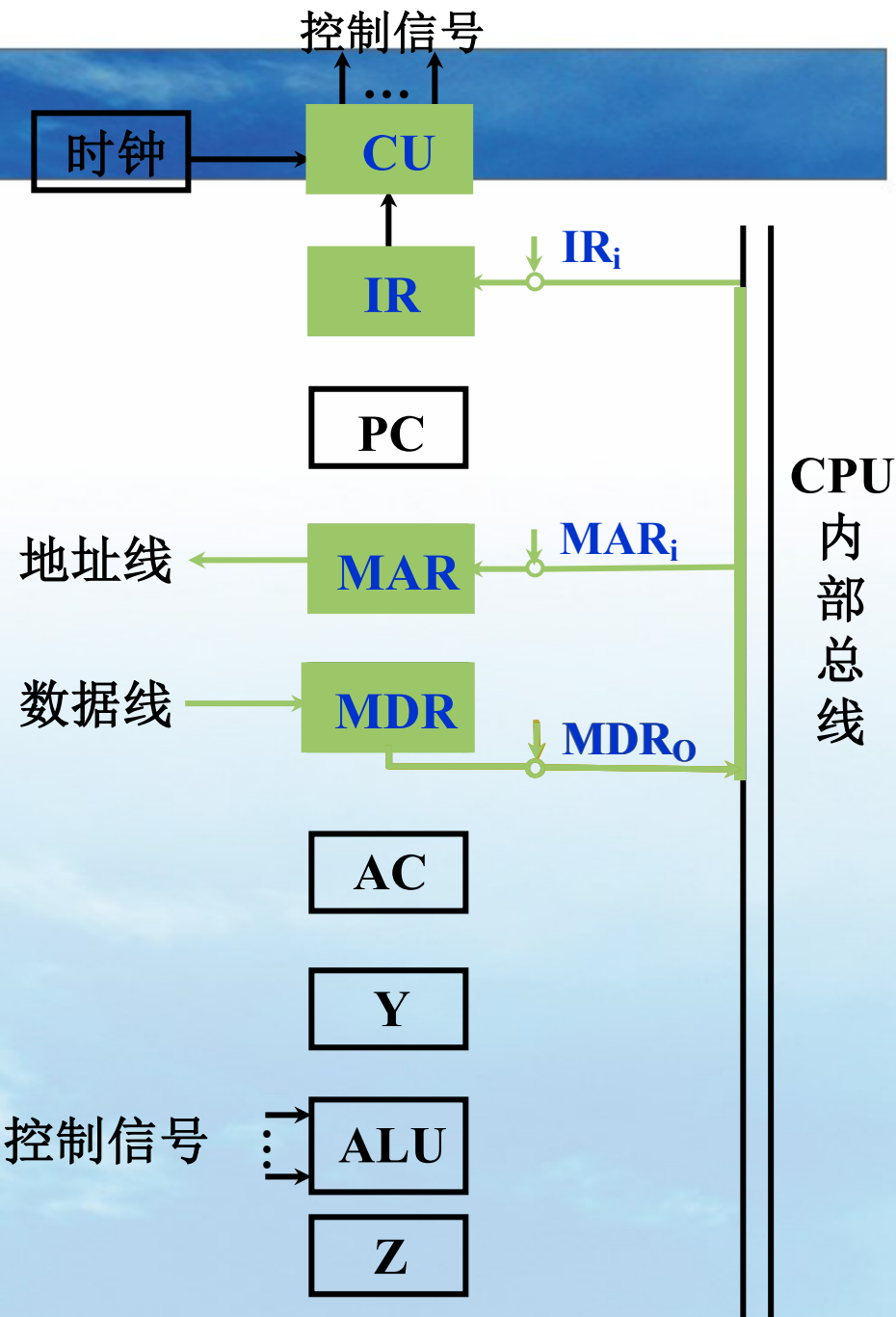
MDR  $\rightarrow$  MAR  $\rightarrow$  地址线  
 $\text{MDR}_0$   $\text{MAR}_i$

1  $\rightarrow$  R

数据线  $\rightarrow$  MDR

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

有效地址  $\rightarrow$  Ad (IR)



### (3) ADD @ X 执行周期

MDR  $\longrightarrow$  MAR  $\longrightarrow$  地址线  
MDR<sub>0</sub> MAR<sub>i</sub>

1  $\longrightarrow$  R

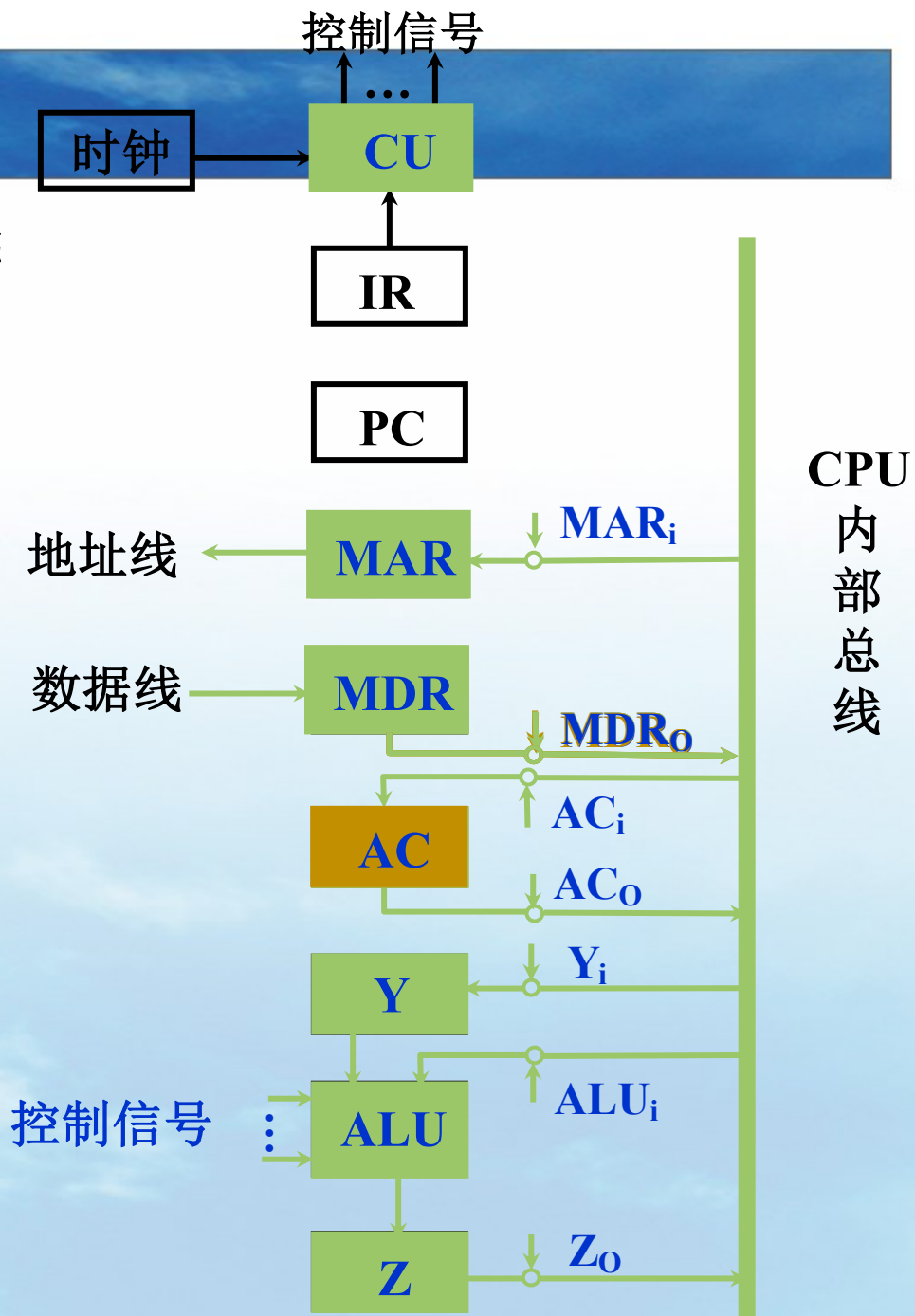
数据线  $\longrightarrow$  MDR

MDR  $\longrightarrow$  Y  $\longrightarrow$  ALU  
MDR<sub>0</sub> Y<sub>i</sub>

AC  $\longrightarrow$  ALU  
AC<sub>0</sub> ALU<sub>i</sub>

(AC) + (Y)  $\longrightarrow$  Z

Z  $\longrightarrow$  AC  
Z<sub>0</sub> AC<sub>i</sub>



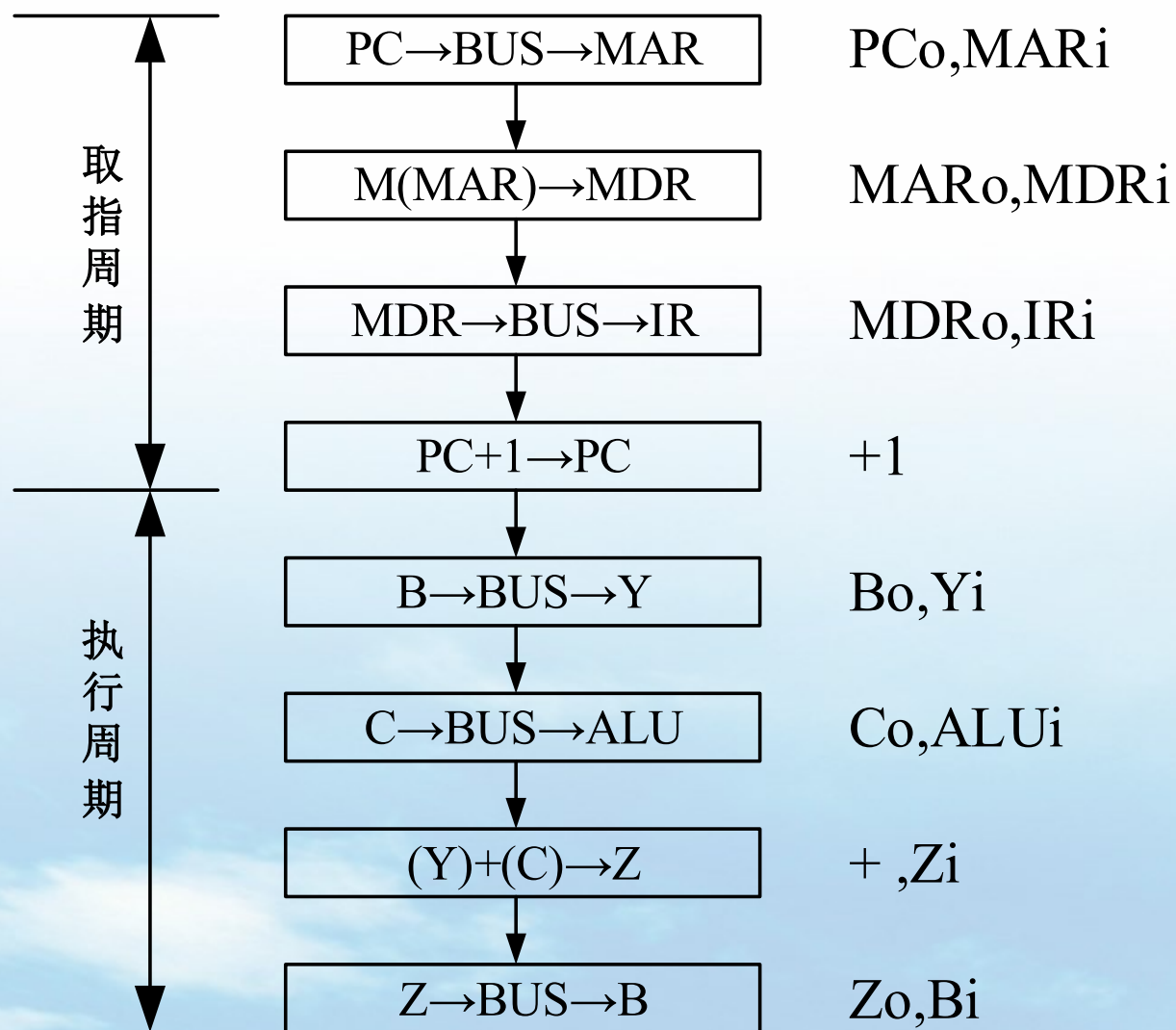
## 采用内总线结构的指令流程举例

**例（课后习题9.11）：** 设CPU内部结构如图9.4所示，此外还设有B、C、D、E、H、L六个寄存器，它们各自的**输入和输出端**都与内部总线相通，并分别受控制信号**控制**（如 $B_i$ 为寄存器B的输入控制； $B_o$ 为B的输出控制）。要求从取指令开始，写出完成下列指令所需的全部微操作和控制信号。

(1) **ADD B, C;  $((B)+(C) \rightarrow B)$**

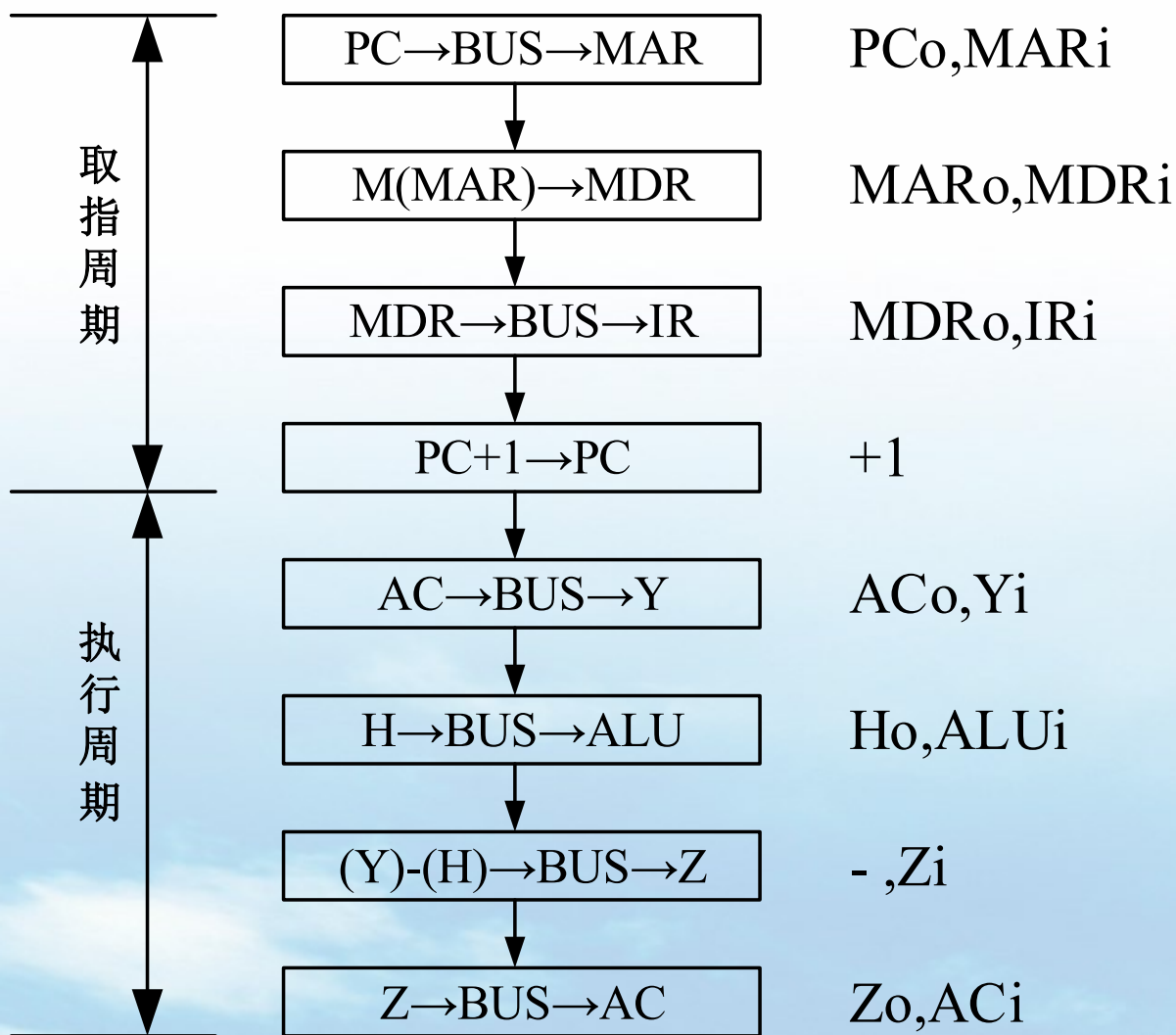
(2) **SUB A, H;  $((AC)-(H) \rightarrow AC)$**

# 1) ADD B, C;





## 2) SUB A, H



## 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）

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

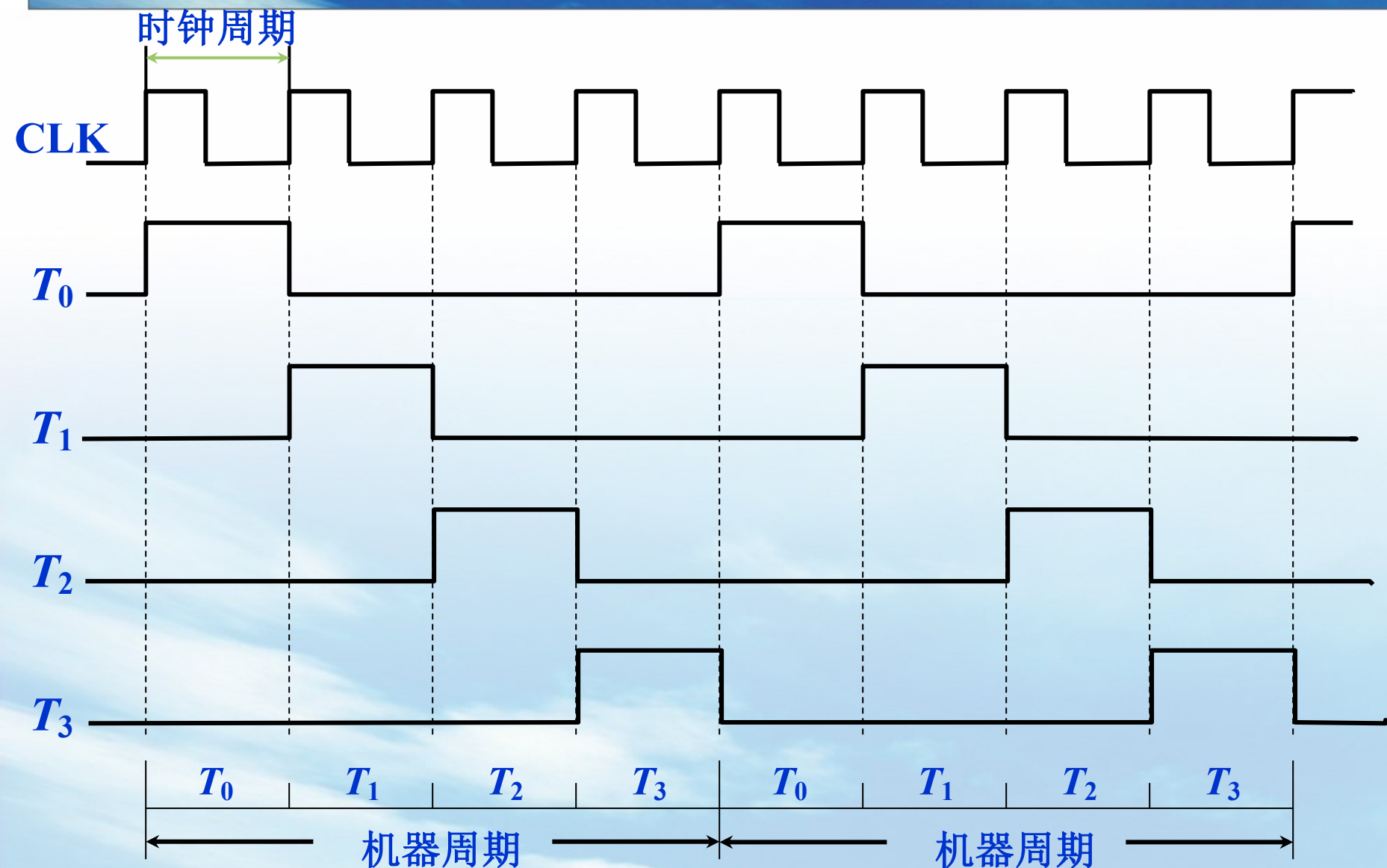
将一个机器周期分成若干个时间相等的时间段（节拍、状态、时钟周期）

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



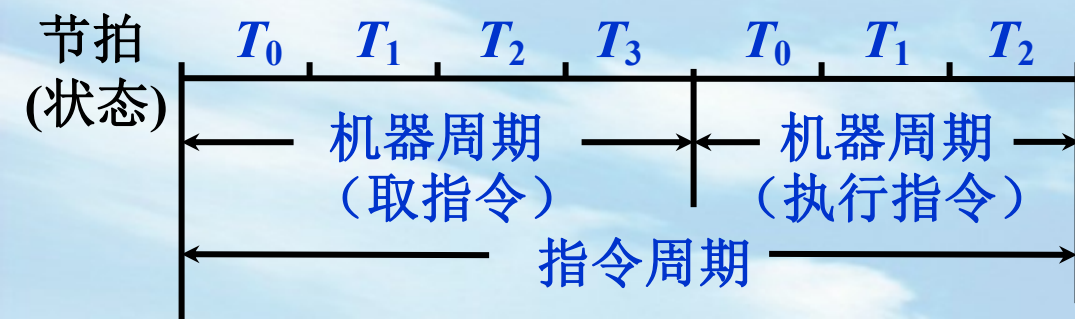
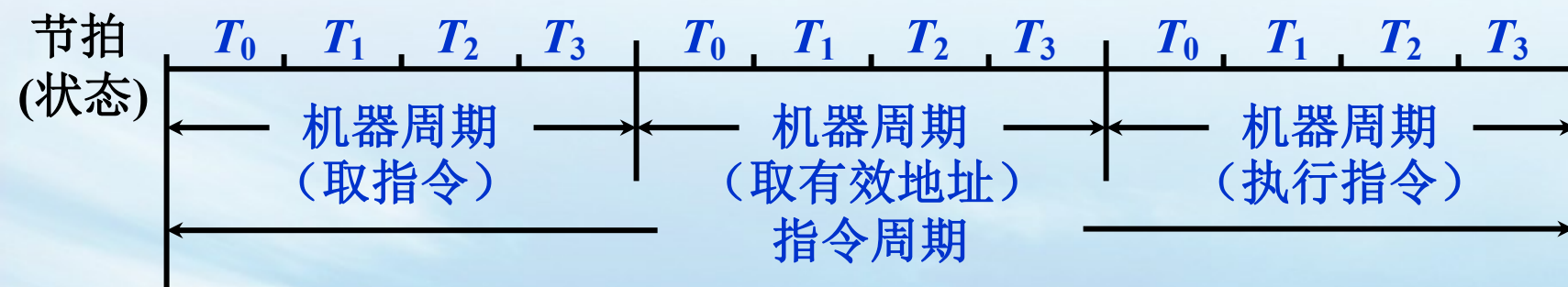
# 3. 多级时序系统

## 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



## 4. 机器周期与指令执行速度的关系

有时会改由CPI技术指标说明，需要了解CPI定义，**一条指令所需的时钟周期。**

**例题9.3. 设某机主频为8MHz，每个机器周期平均含2个时钟周期，每条指令平均有2.5个机器周期，试问该机的平均指令执行速度为多少MIPS？若机器主频不变，但每个机器周期平均含4个时钟周期，每条指令平均有5个机器周期，则该机的平均指令执行速度又是多少MIPS？由此可得出什么结论？**

**解：**先通过主频求出时钟周期，再求出机器周期和平均指令周期，最后通过平均指令周期的倒数求出平均指令执行速度。计算如下：

$$\text{时钟周期} = 1/8\text{MHz} = 0.125 \times 10^{-6}\text{s}$$

$$\text{机器周期} = 0.125 \times 10^{-6}\text{s} \times 2 = 0.25 \times 10^{-6}\text{s}$$

$$\text{平均指令周期} = 0.25 \times 10^{-6}\text{s} \times 2.5 = 0.625 \times 10^{-6}\text{s}$$

$$\text{平均指令执行速度} = 1 / (0.625 \times 10^{-6}\text{s}) = 1.6\text{MIPS}$$

$$\text{当参数改变后：机器周期} = 0.125 \times 10^{-6}\text{s} \times 4 = 0.5 \times 10^{-6}\text{s}$$

$$\text{平均指令周期} = 0.5 \times 10^{-6}\text{s} \times 5 = 2.5 \times 10^{-6}\text{s}$$

$$\text{平均指令执行速度} = 1 / (2.5 \times 10^{-6}\text{s}) = 0.4\text{MIPS}$$

**结论：两个主频相同的机器，执行速度不一定一样。**

例：程序P在计算机上的执行时间是30秒，编译优化后，程序P执行的指令数减少到原来的70%，而CPI增加到原来的1.2倍。请问程序P在计算机上的执行时间是多少？

答：设指令数为X，执行的时间为t

原来 $CPI=30/X$

现在 $CPI=t/(0.7X)$

$t/(0.7X)=1.2(30/X)$

解得：  $t=1.2*30*0.7=25.2s$

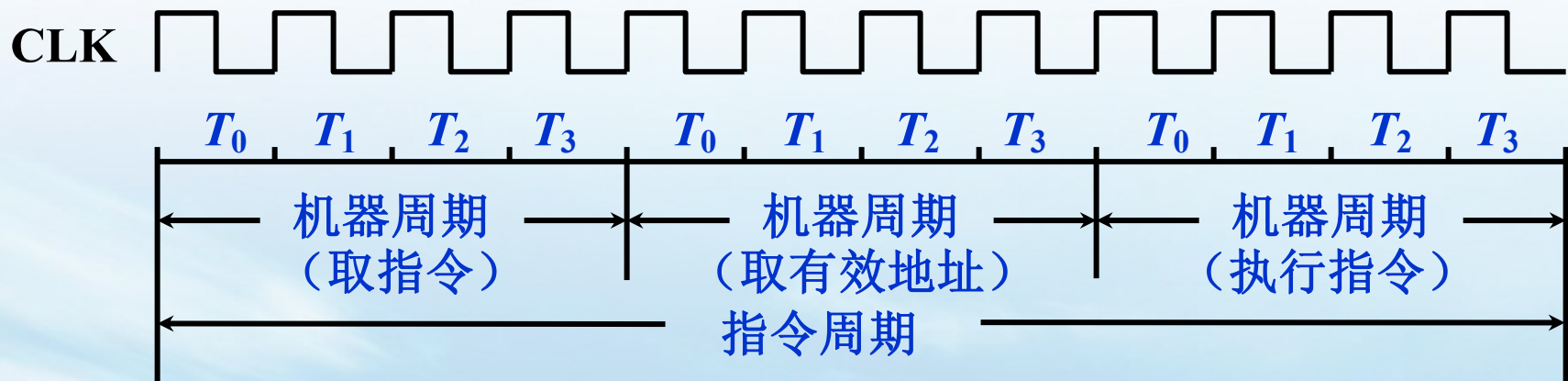
## 四、控制方式

### 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



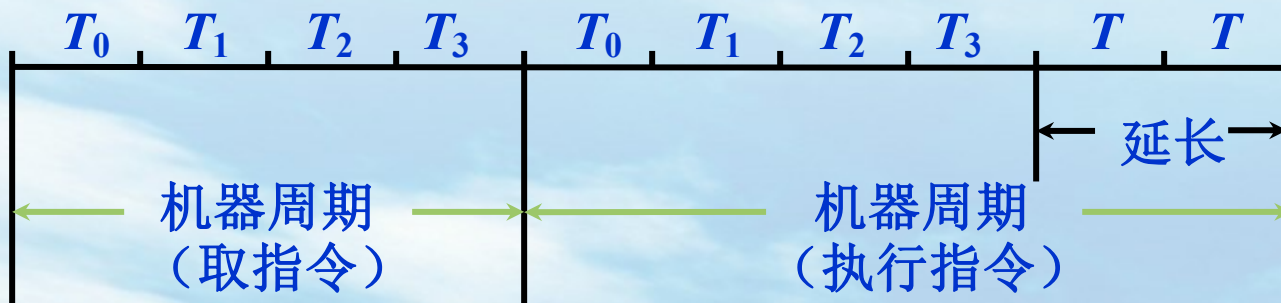
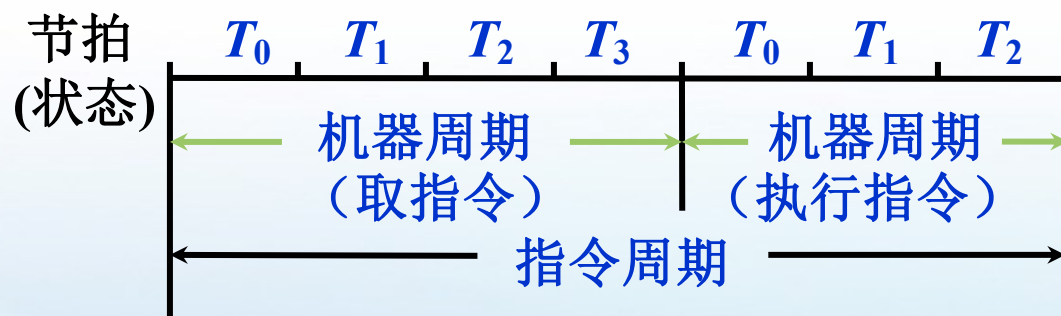
##### (1) 采用 **定长** 的机器周期

以 **最长** 的 **微操作序列** 和 **最繁** 的微操作作为 **标准**

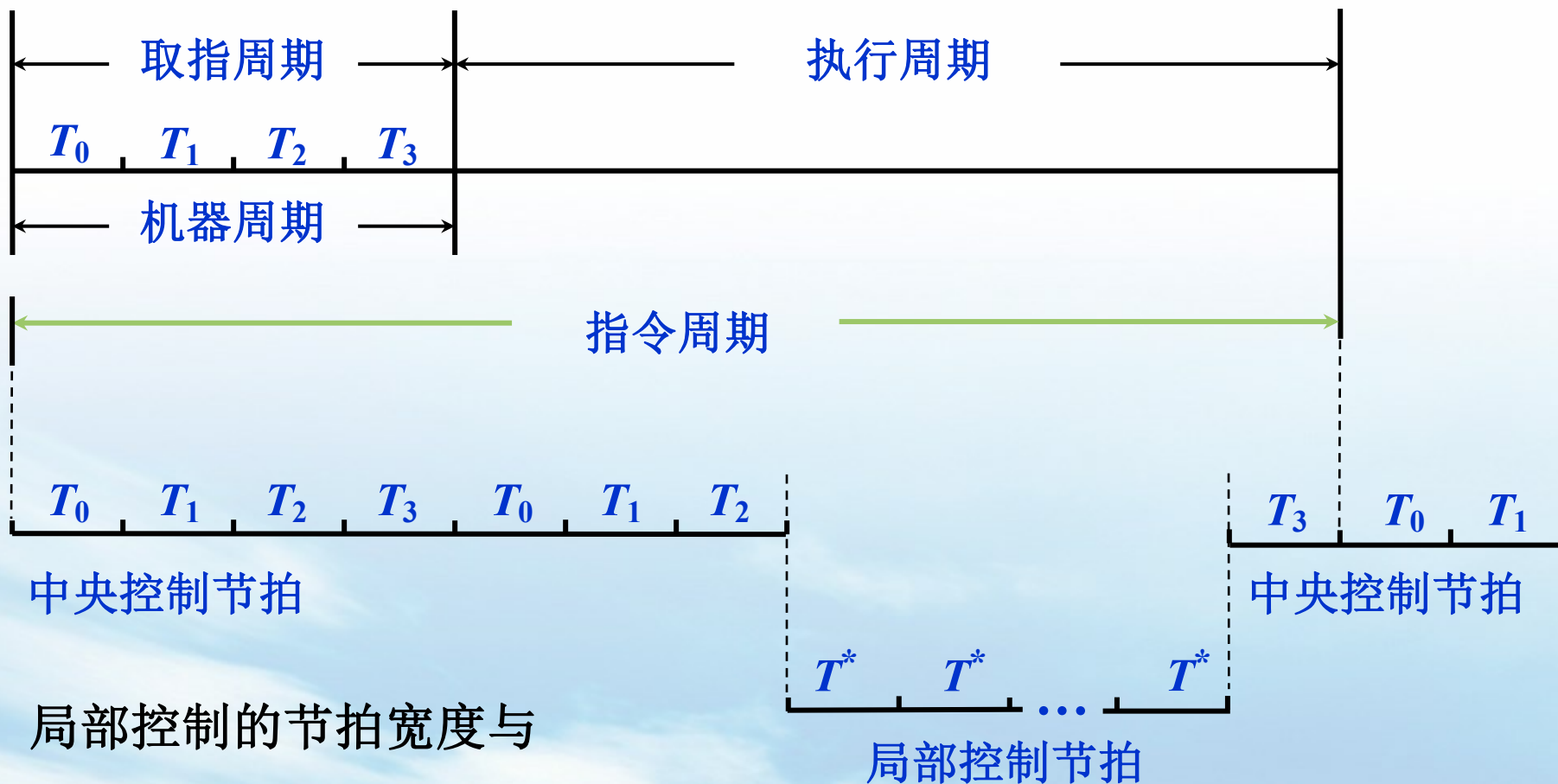
机器周期内 **节拍数相同**

## (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

9.2

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

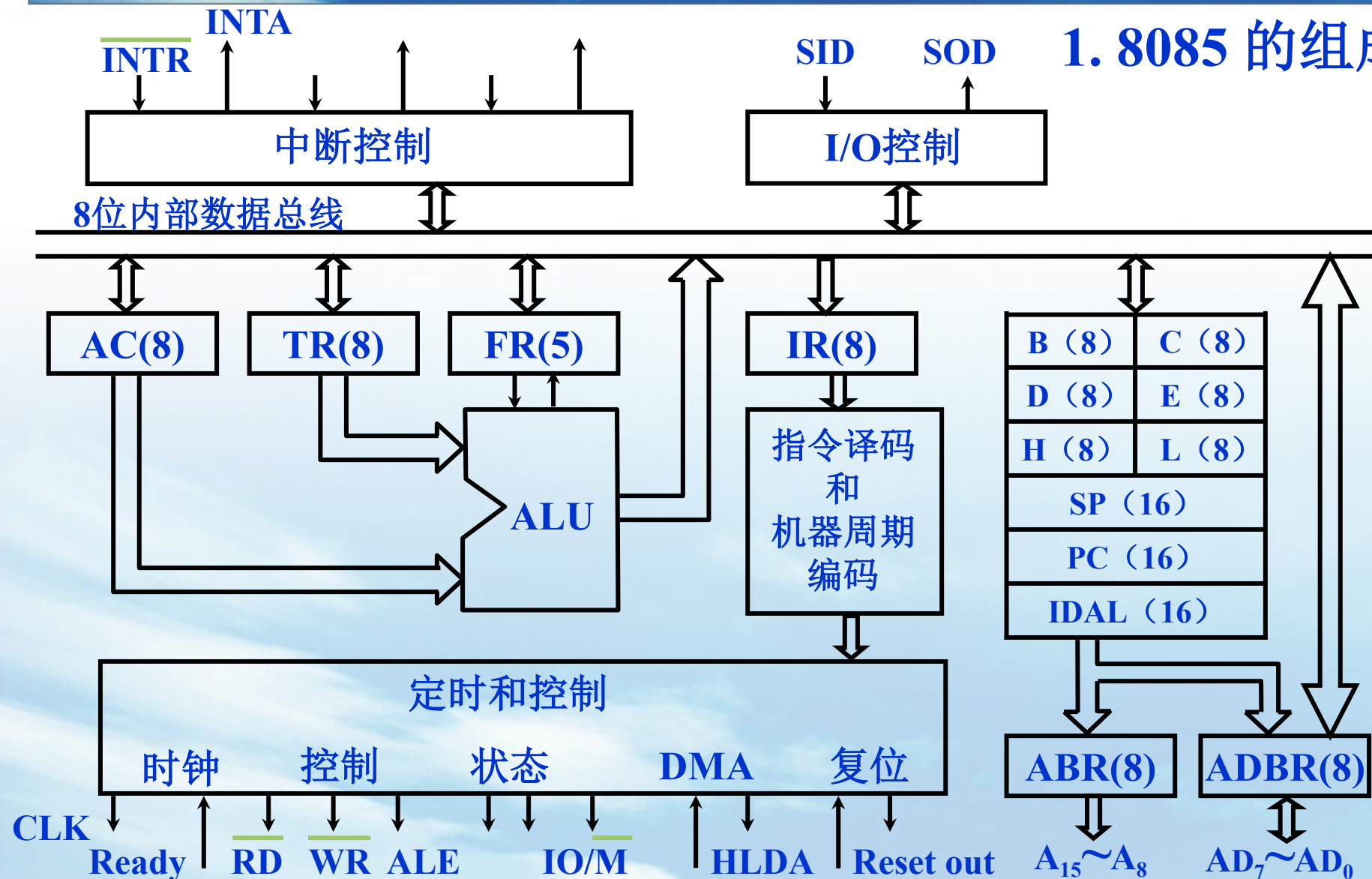
(2) 连续 和 单条 指令执行转换开关

(3) 符合停机开关



# 五、多级时序系统实例分析

## 1. 8085 的组成



## 2. 8085 的外部引脚

## 9.2

### (1) 地址和数据信号

$A_{15} \sim A_8$     $AD_7 \sim AD_0$

$SID$     $SOD$

### (2) 定时和控制信号

入  $X_1$     $X_2$

出  $CLK$     $ALE$     $S_0$     $S_1$   
 $IO/\overline{M}$     $\overline{RD}$     $\overline{WR}$

### (3) 存储器和 I/O 初始化

入  $HOLD$     $Ready$

出  $HLDA$

$X_1$	1	40	$V_{CC}$
$X_2$	2	39	$HOLD$
Reset out	3	38	$HLDA$
$SOD$	4	37	$CLK(out)$
$SID$	5	36	$Rstest\ in$
Trap	6	35	$Ready$
$RST7.5$	7	34	$IO/\overline{M}$
$RST6.5$	8	33	$S_1$
$RST5.5$	9	32	$\overline{RD}$
$\overline{INTR}$	10	31	$\overline{WR}$
$\overline{INTA}$	11	30	$ALE$
$AD_0$	12	29	$S_0$
$AD_1$	13	28	$A_{15}$
$AD_2$	14	27	$A_{14}$
$AD_3$	15	26	$A_{13}$
$AD_4$	16	25	$A_{12}$
$AD_5$	17	24	$A_{11}$
$AD_6$	18	23	$A_{10}$
$AD_7$	19	22	$A_9$
$V_{SS}$	20	21	$A_8$

## (4) 与中断有关的信号

入  $\overline{\text{INTR}}$

出  $\text{INTA}$

Trap 重新启动中断

## (5) CPU 初始化

入  $\overline{\text{Reset in}}$

出  $\text{Reset out}$

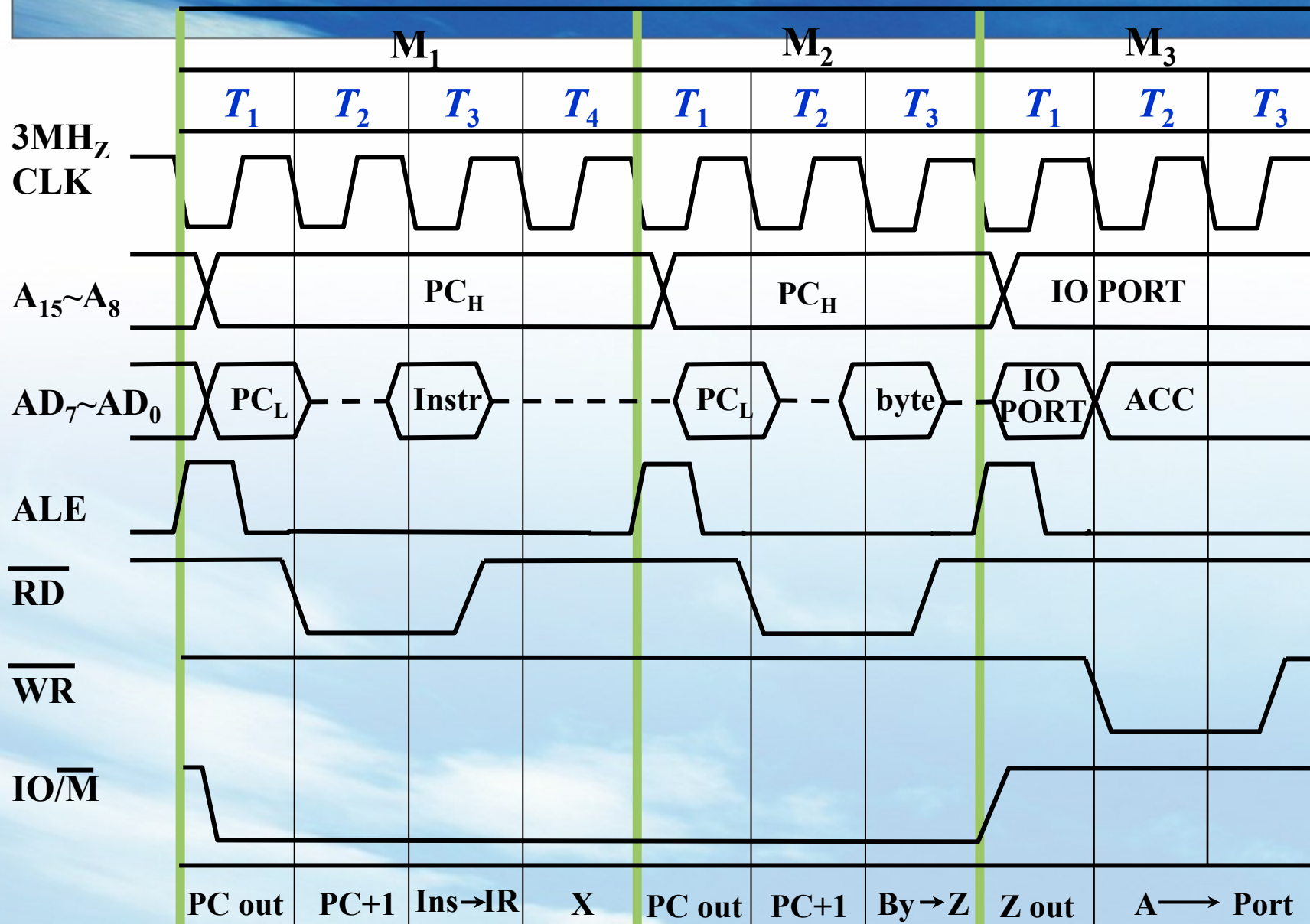
## (6) 电源和地

$V_{CC}$  +5 V

$V_{SS}$  地

$X_1$	1	40	$V_{CC}$
$X_2$	2	39	HOLD
Reset out	3	38	HLDA
SOD	4	37	$\overline{\text{CLK(out)}}$
SID	5	36	$\overline{\text{Rreset in}}$
Trap	6	35	Ready
RST7.5	7	34	IO/M
RST6.5	8	33	$\overline{S_1}$
RST5.5	9	32	$\overline{\text{RD}}$
$\overline{\text{INTR}}$	10	31	$\overline{\text{WR}}$
$\text{INTA}$	11	30	ALE
$\text{AD}_0$	12	29	$S_0$
$\text{AD}_1$	13	28	$A_{15}$
$\text{AD}_2$	14	27	$A_{14}$
$\text{AD}_3$	15	26	$A_{13}$
$\text{AD}_4$	16	25	$A_{12}$
$\text{AD}_5$	17	24	$A_{11}$
$\text{AD}_6$	18	23	$A_{10}$
$\text{AD}_7$	19	22	$A_9$
$V_{SS}$	20	21	$A_8$

### 3. 机器周期和节拍（状态）与控制信号的关系



# 小结

以一条输出指令（I/O 写）为例

机器周期  $M_1$  取指令操作码

机器周期  $M_2$  取设备地址

机器周期  $M_3$  执行 ACC 的内容写入设备

每个 控制 信号在 指定机器周期 的  
指定节拍  $T$  时刻 发出