



计算机组成与系统结构

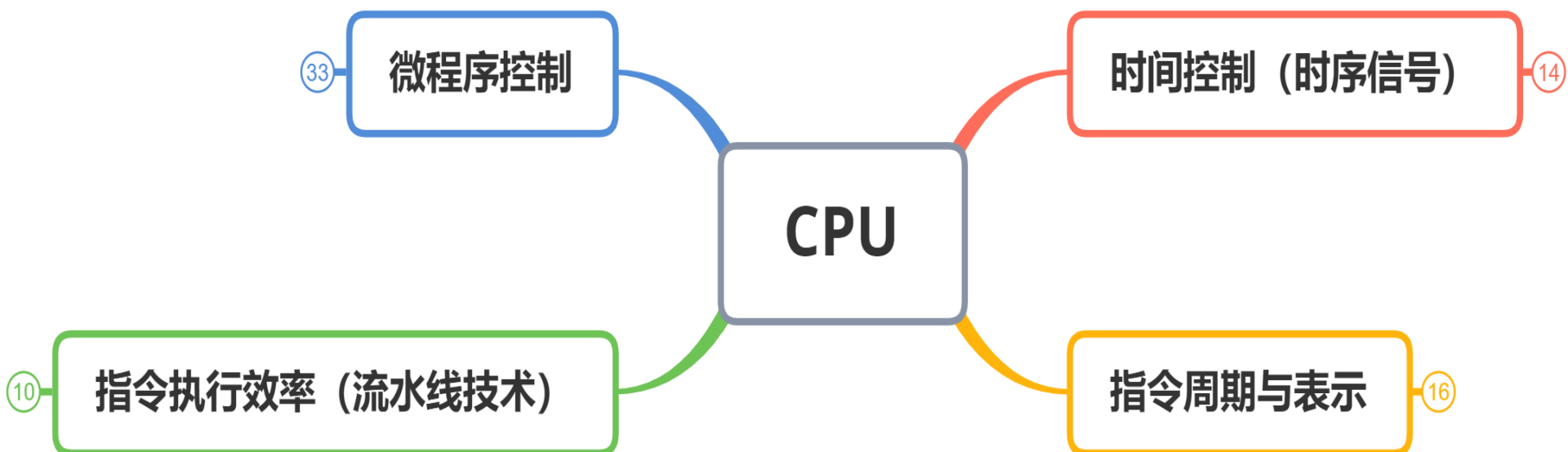
第五章 中央处理器 (2)

吕昕晨

lvxinchen@bupt.edu.cn

网络空间安全学院

中央处理机



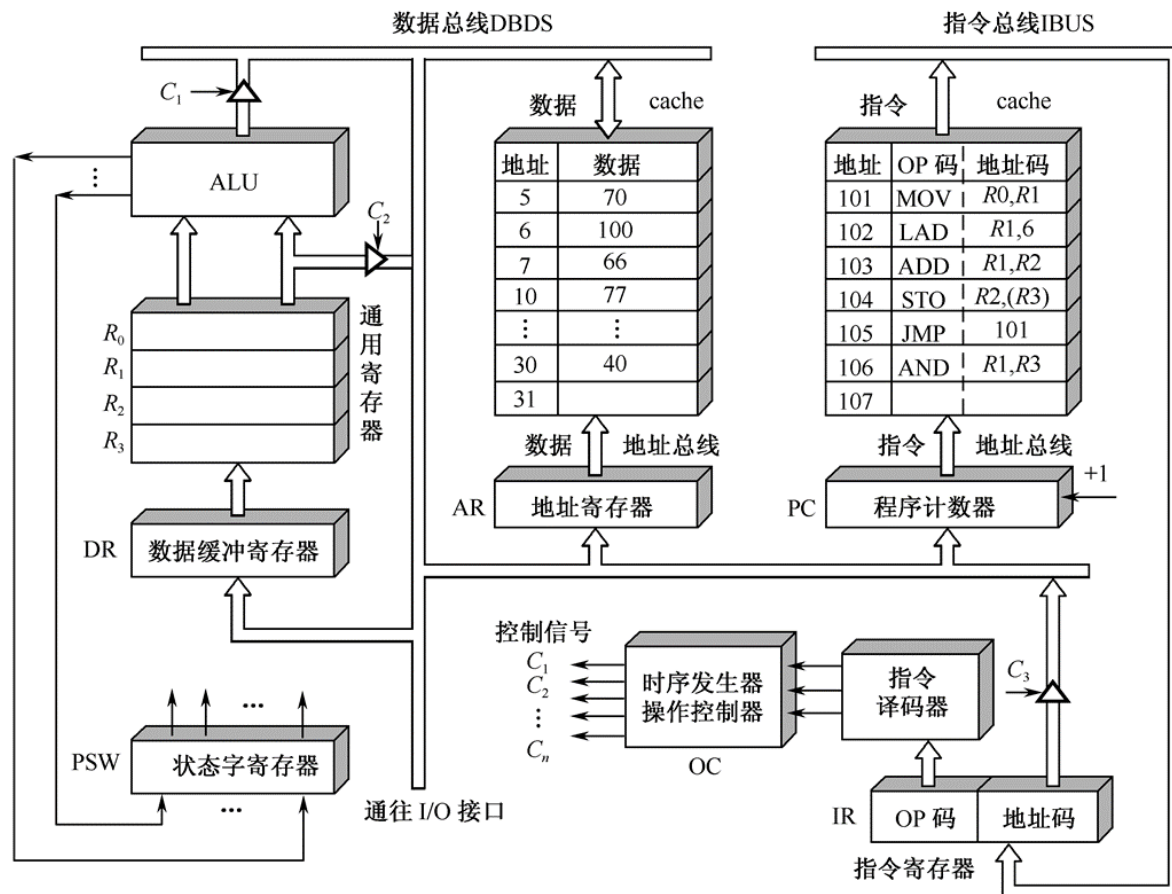


第五章 中央处理器

- 典型指令周期示例
- 指令周期图形化表示
- 指令周期流程图示例



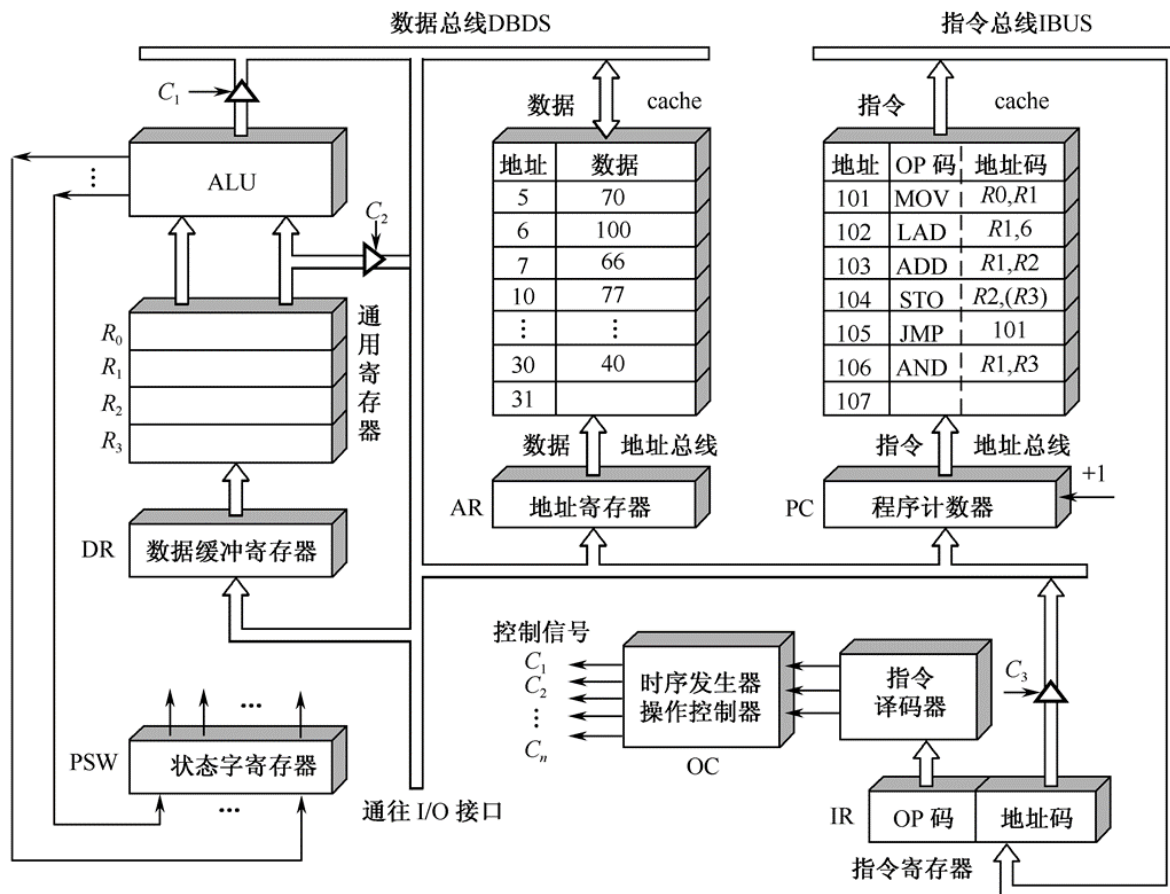
典型指令分类—简单指令集



第四章：简易指令集

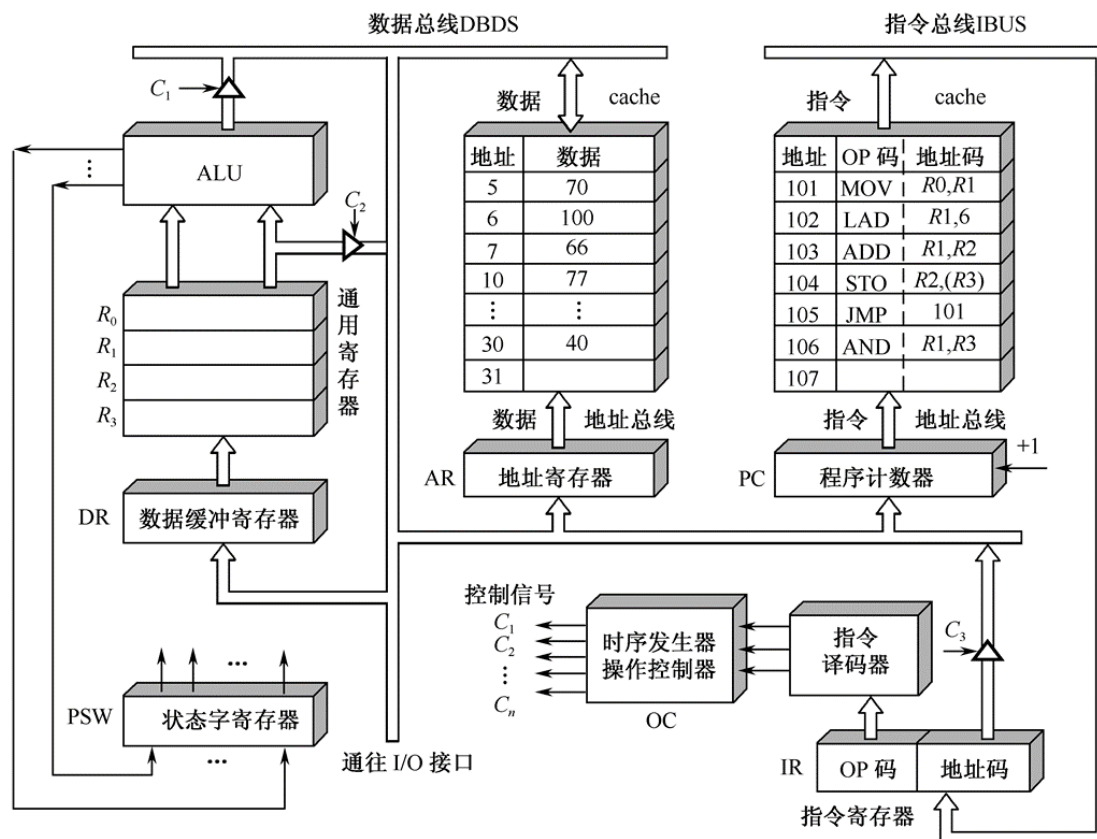
- 运算类指令
 - **ADD R, M**
- 访存类指令
 - **LOAD R, M**
 - **STORE M, R**
- 转移类指令
 - **JMP L**

典型指令分类—简单指令集



- 内部转移类
 - (1) MOV指令
- 运算类指令
 - (2) ADD指令
- 访存类指令
 - (3) LAD指令
 - (4) STO指令
- 转移类指令
 - (5) JMP指令

典型指令(1)——MOV指令

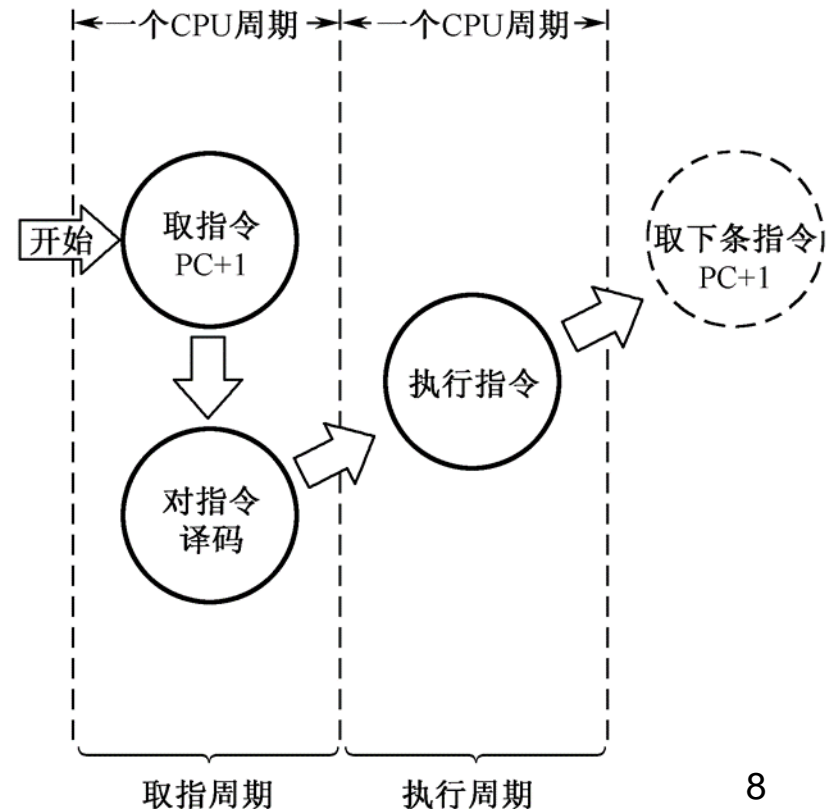


- 内部转移类
 - (1) MOV指令
- 运算类指令
 - (2) ADD指令
- 访存类指令
 - (3) LAD指令
 - (4) STO指令
- 转移类指令
 - (5) JMP指令

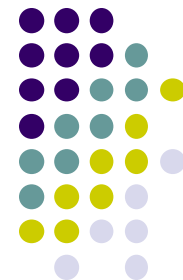


MOV指令的指令周期

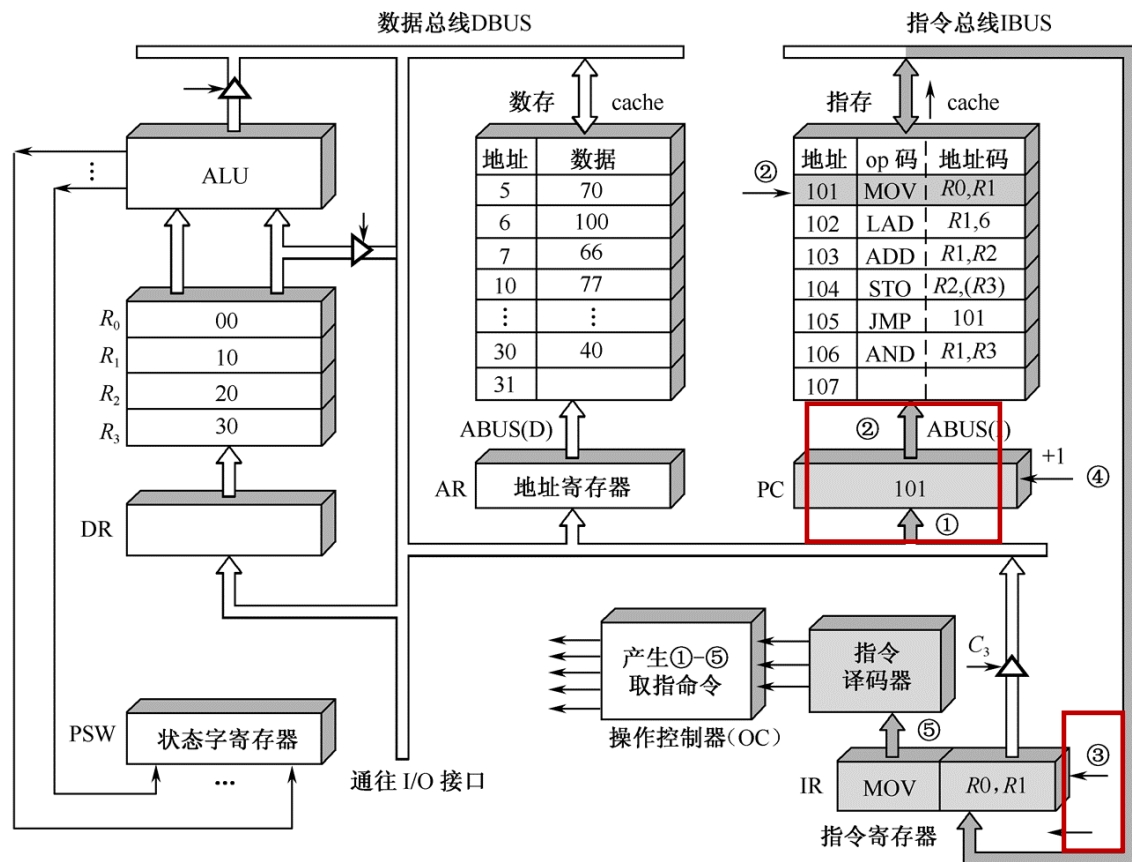
- MOV R0, R1
 - 功能：将R1的值传送至R0
- 指令周期
 - 取指周期 (公共)
 - 取指令
 - $PC=PC+1$
 - 指令译码
 - 执行周期
 - 传送准备
 - 总线控制
 - 寄存器写入



MOV指令——取指周期



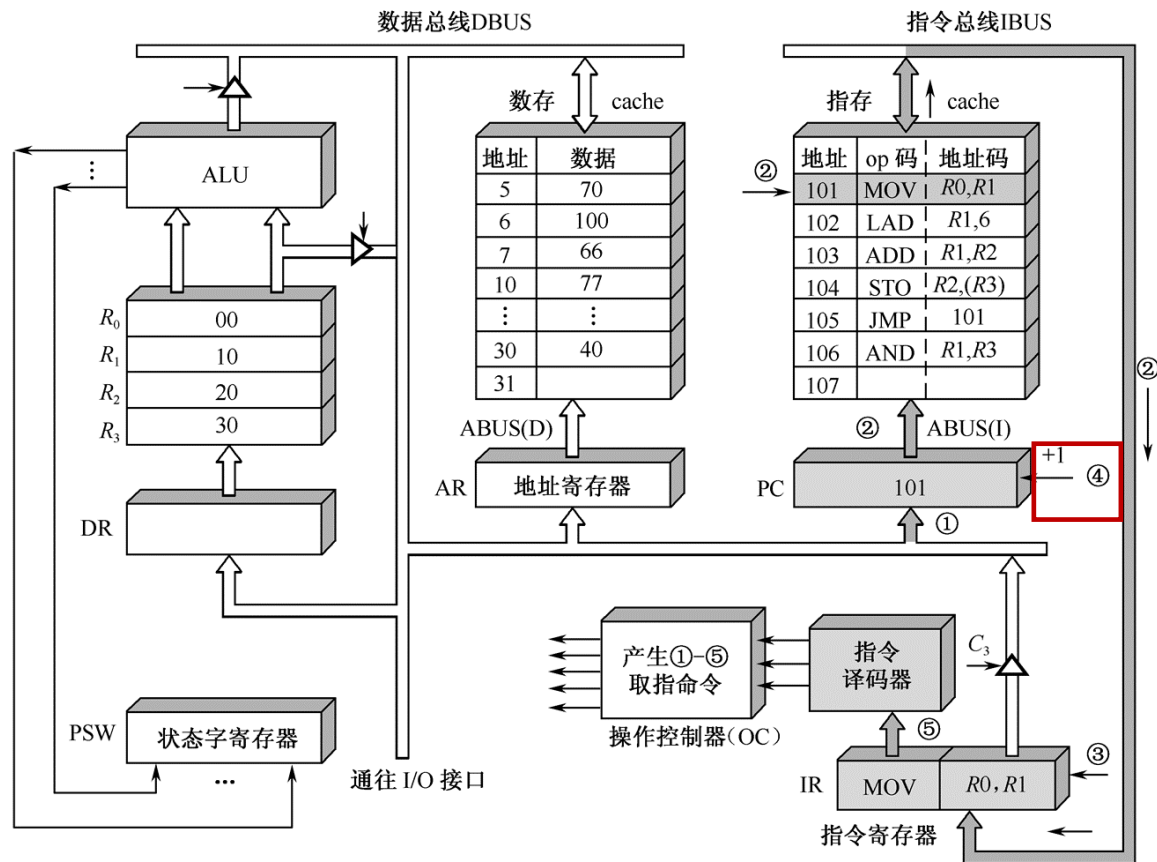
- 取指令
- $PC = PC + 1$
- 指令译码
- ① 程序计数器PC中装入第一条指令地址101（八进制）
- ② PC的内容放到ABUS (I) 上, 并启动读命令
- ③ 从101号地址读出的MOV指令通过指令总线IBUS装入指令寄存器IR



MOV指令——取指周期



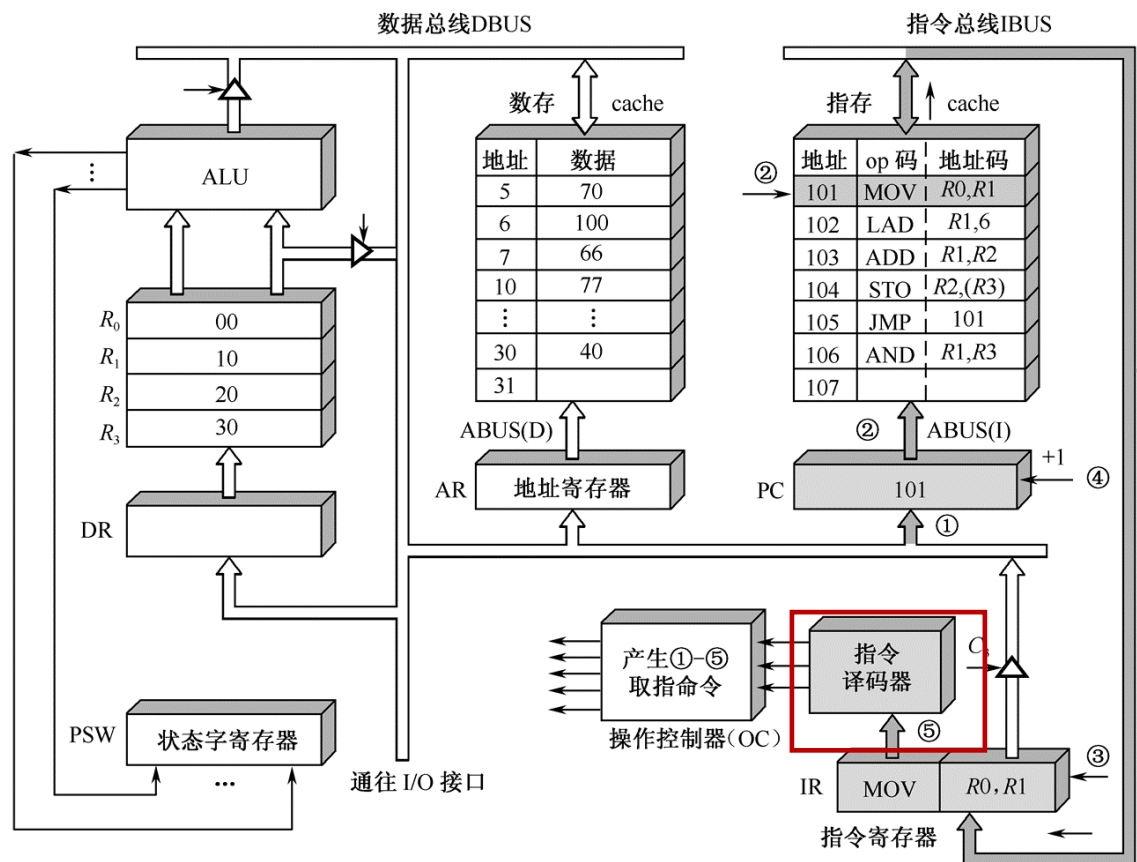
- 取指令
- $PC=PC+1$
- 指令译码
- ④ 程序计数器内容加1, 变成102, 为取下一条指令做好准备



MOV指令——取指周期



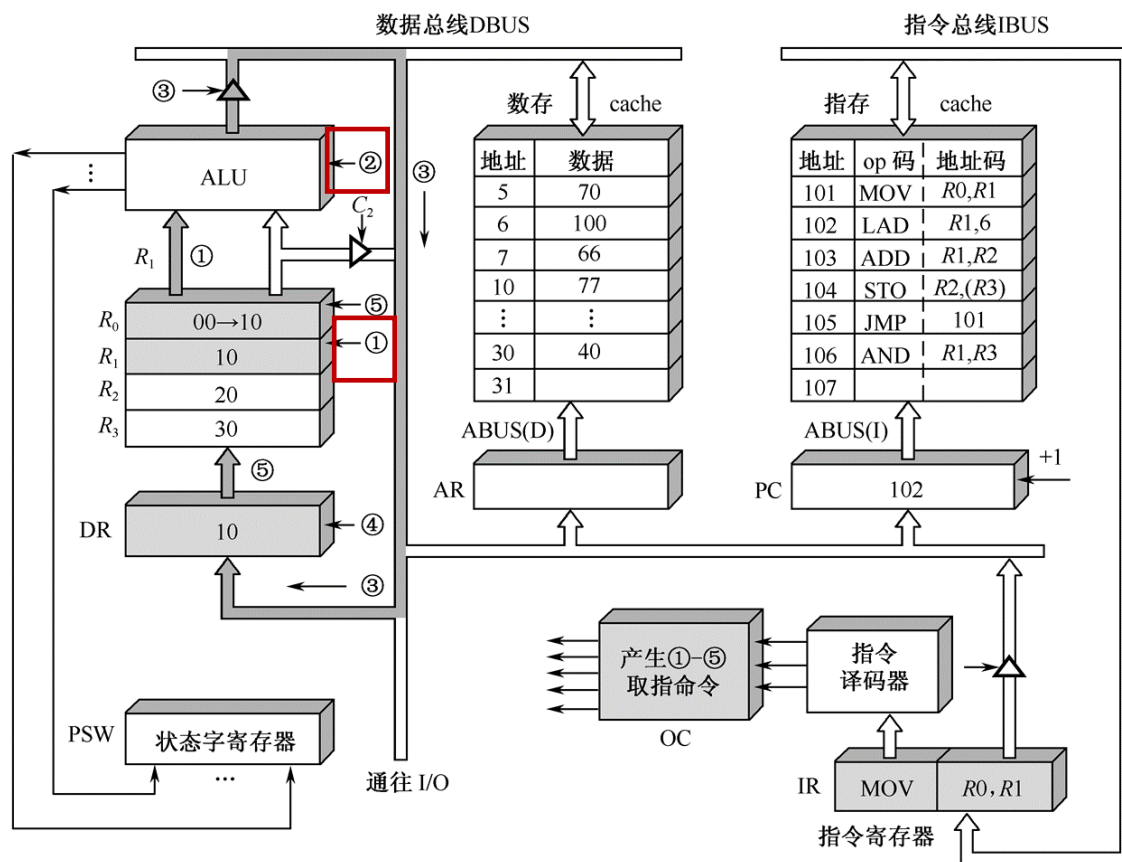
- 取指令
- $PC=PC+1$
- 指令译码
- ⑤ 指令寄存器中的操作码 (OP) 被译码
- ⑥ CPU识别出是MOV指令, 至此, 取指周期即告结束



MOV指令——执行周期



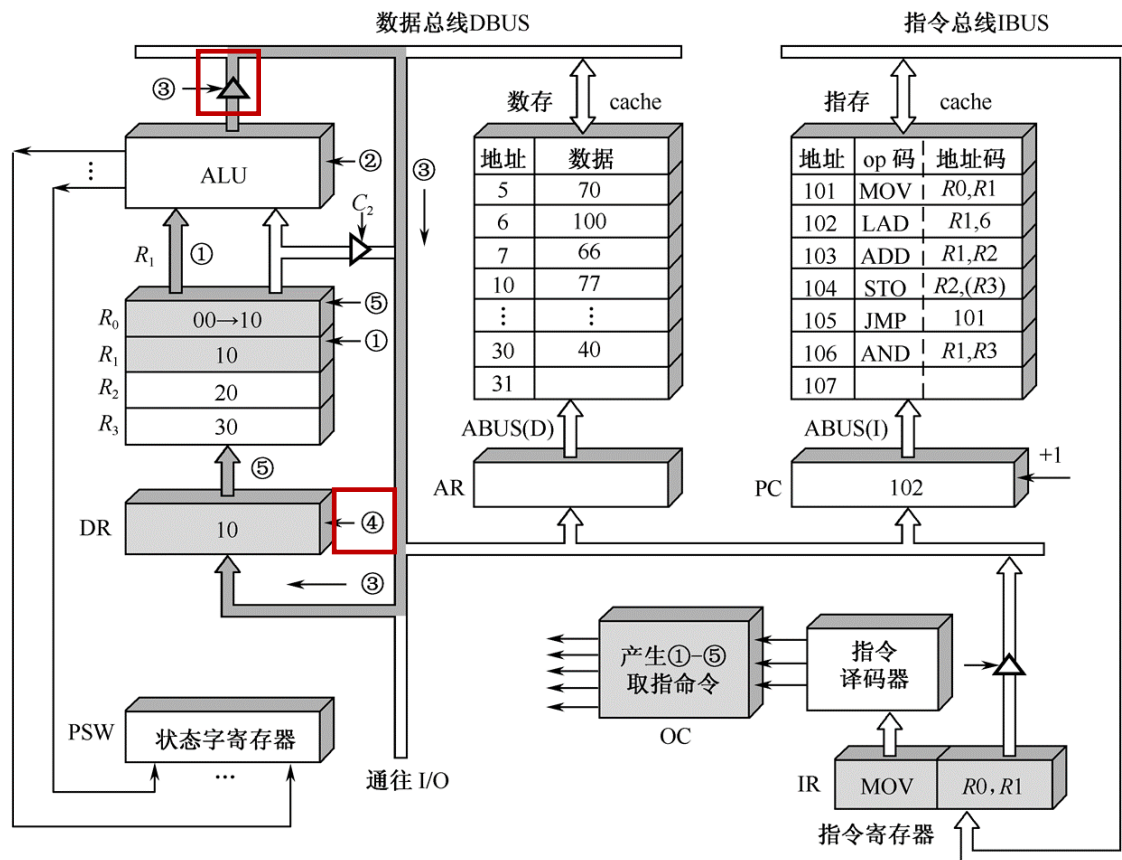
- 传送准备
- 总线控制
- 寄存器写入
- ① 操作控制器 (OC) 送出控制信号到通用寄存器, 选择R1作源寄存器, 选择R0作目标寄存器;
- ② OC送出控制信号到ALU, 指定ALU做传送操作;



MOV指令——执行周期



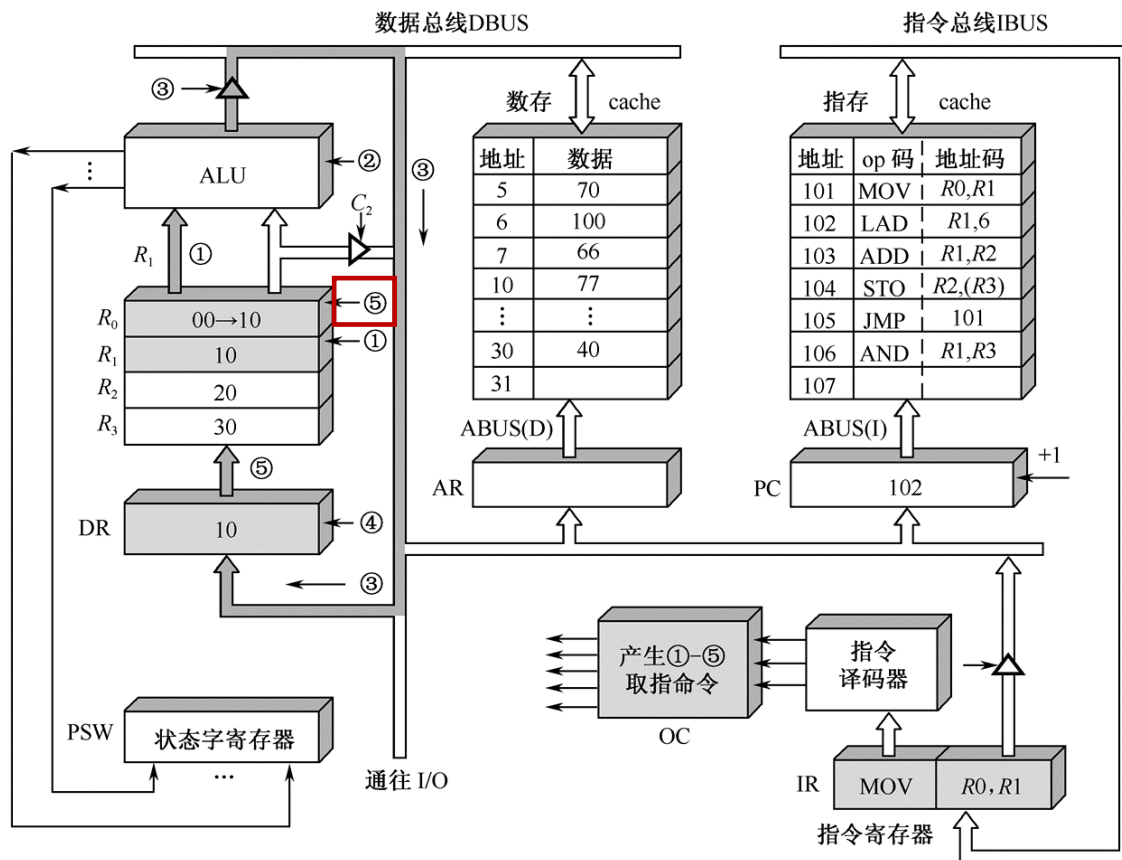
- 传送准备
- 总线控制
- 寄存器写入
- ③ OC送出控制信号，打开ALU输出三态门，将ALU输出送到数据总线DBUS上
- ④ OC送出控制信号，将DBUS上的数据打入到数据缓冲寄存器DR



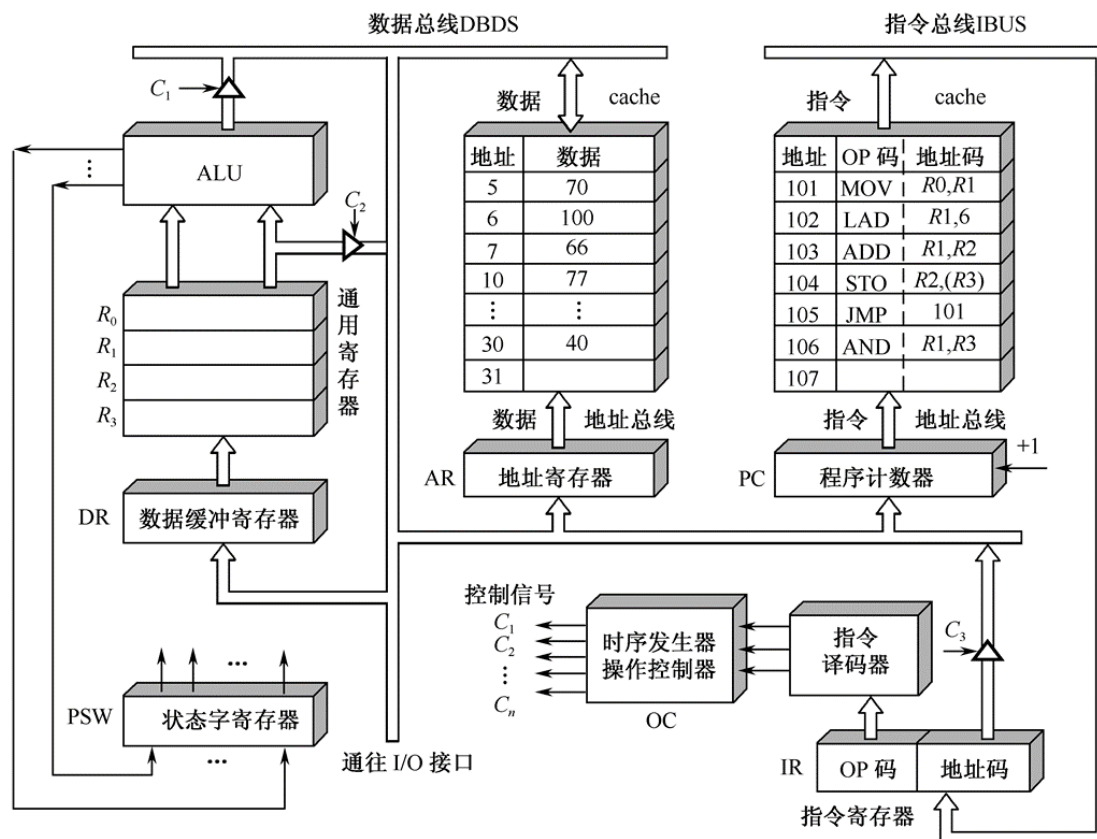
MOV指令——执行周期



- 传送准备
- 总线控制
- 寄存器写入
- ⑤ OC送出控制信号将DR中的数据10打入到目标寄存器R0, R0的内容由00变为10
- 思考：DR作用？
 - 数据缓冲寄存器
 - DBUS特性



典型指令周期(2)——ADD指令



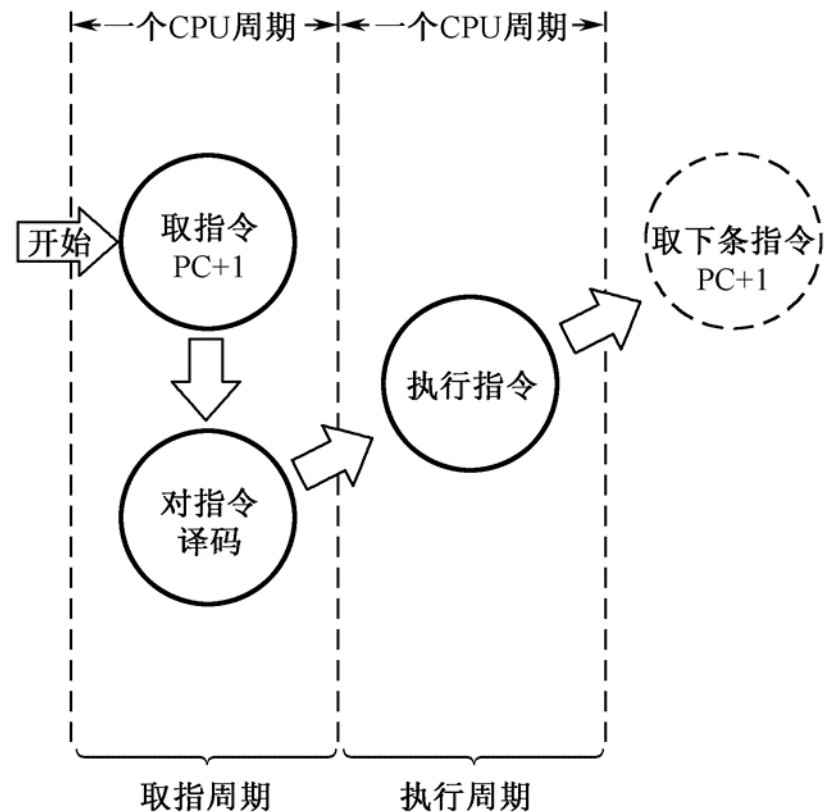
- 内部转移类
 - (1) MOV指令
- 运算类指令
 - (2) ADD指令
- 访存类指令
 - (3) LAD指令
 - (4) STO指令
- 转移类指令
 - (5) JMP指令



ADD指令的指令周期

- ADD R1, R2
 - 功能：将寄存器R1和R2的数据相加存入R2

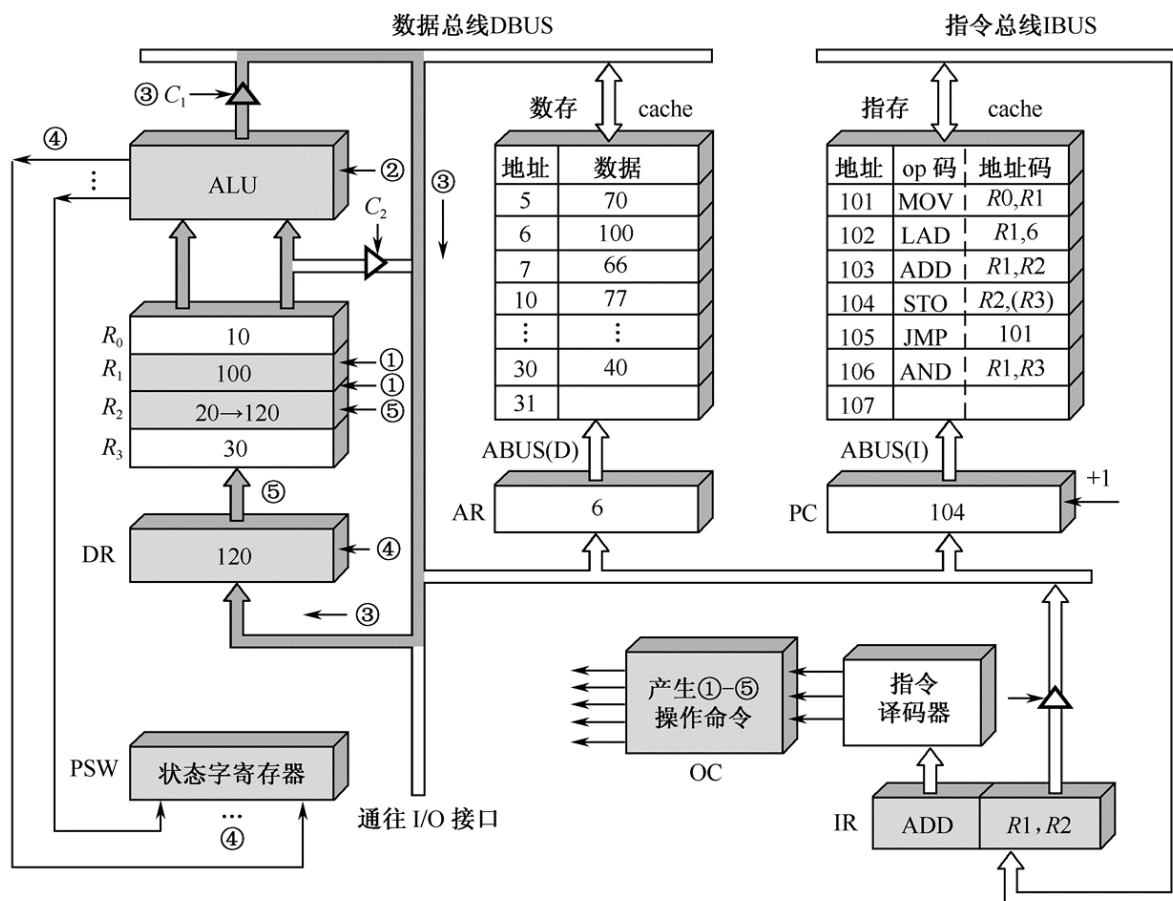
- 指令周期
 - 取指周期（公共）
 - 执行周期



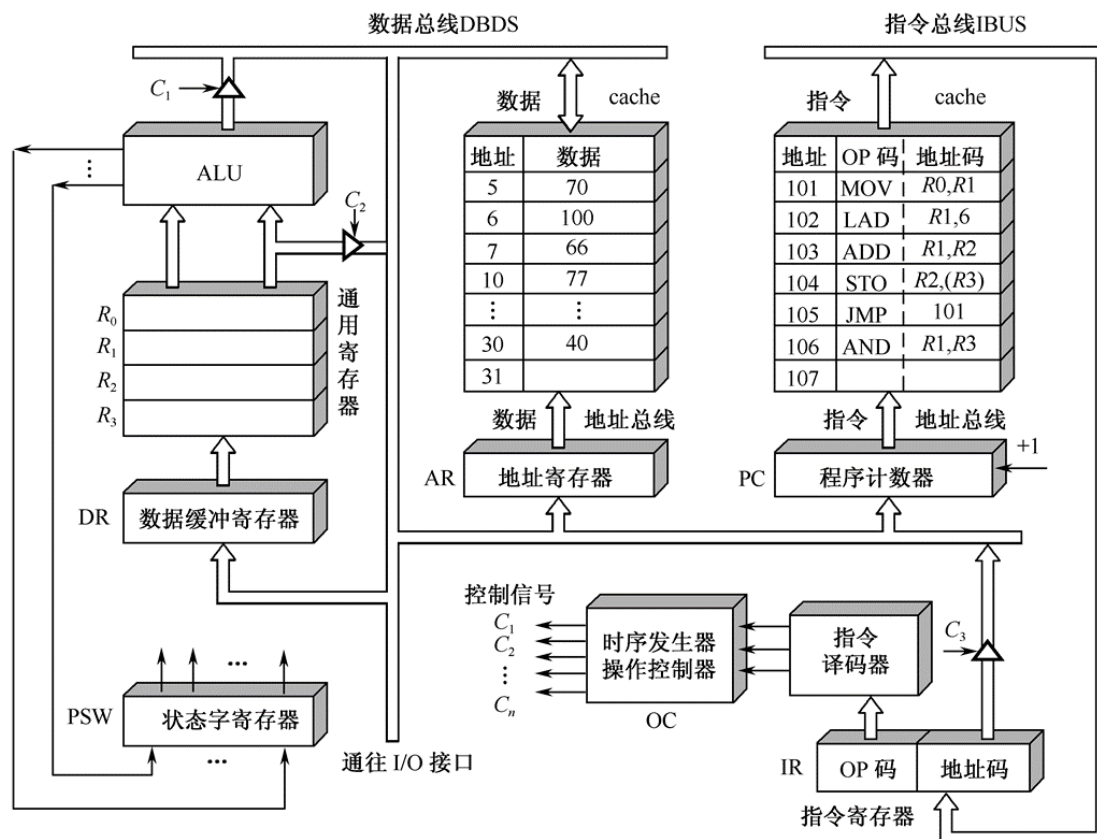
ADD指令——执行周期



- 选定源寄存器R0, 目的寄存器R1
- 控制ALU执行加法操作
- 打开三态门, 将结果放至DBUS
- 存至DR; 更新PSW 状态位标志
- DR写入R2



典型指令周期(3)——LAD指令



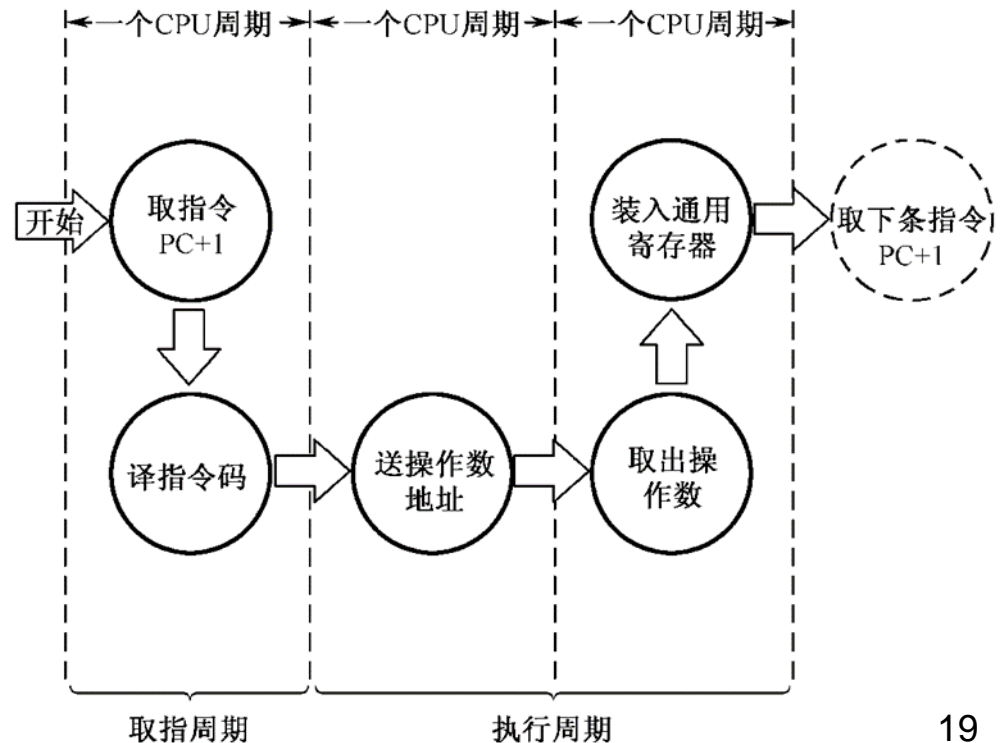
- 内部转移类
 - (1) MOV指令
- 运算类指令
 - (2) ADD指令
- 访存类指令
 - (3) LAD指令
 - (4) STO指令
- 转移类指令
 - (5) JMP指令



LAD指令的指令周期

- LAD R1, 6
 - 功能：从D-Cache中取6号单元数至寄存器R1

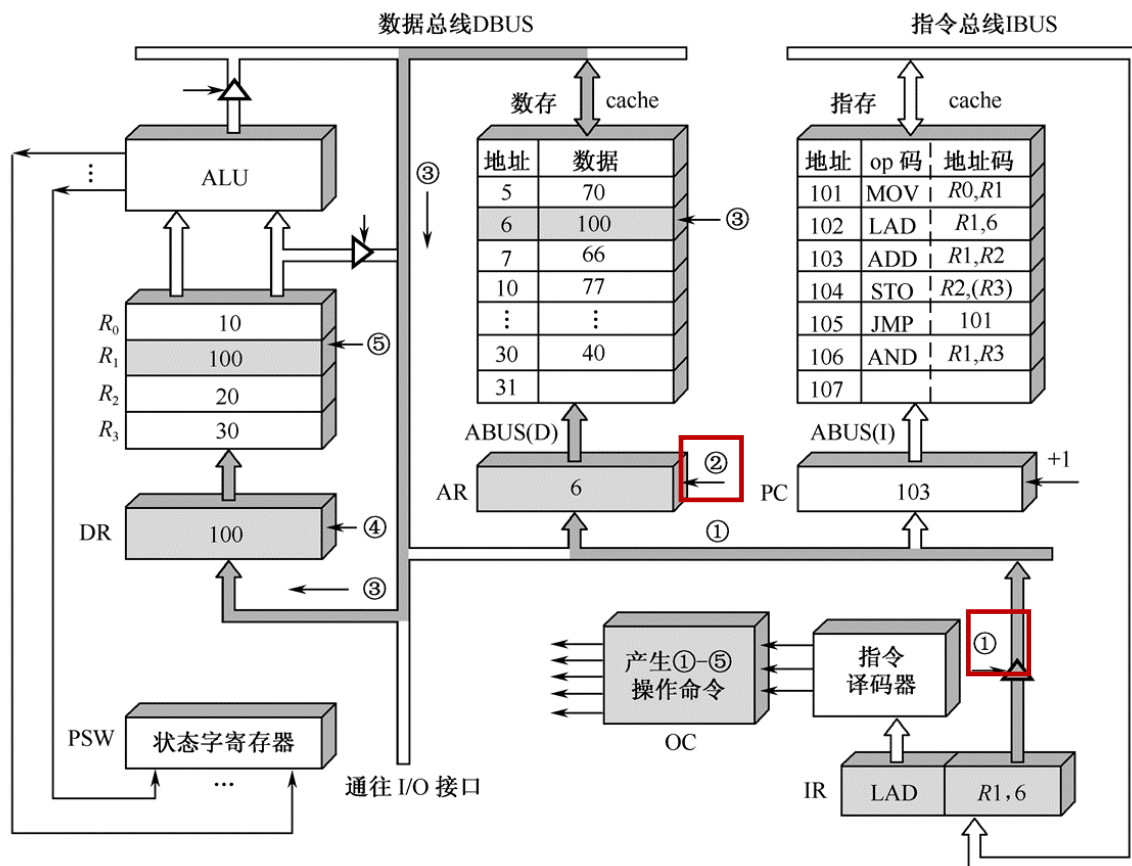
- 指令周期
 - 取指周期（公共）
 - 执行周期
 - 地址码传送
 - 读命令/总线操作
 - 寄存器写入



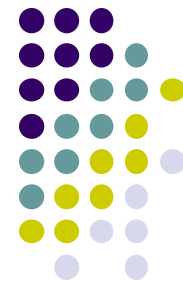
LAD指令——执行周期



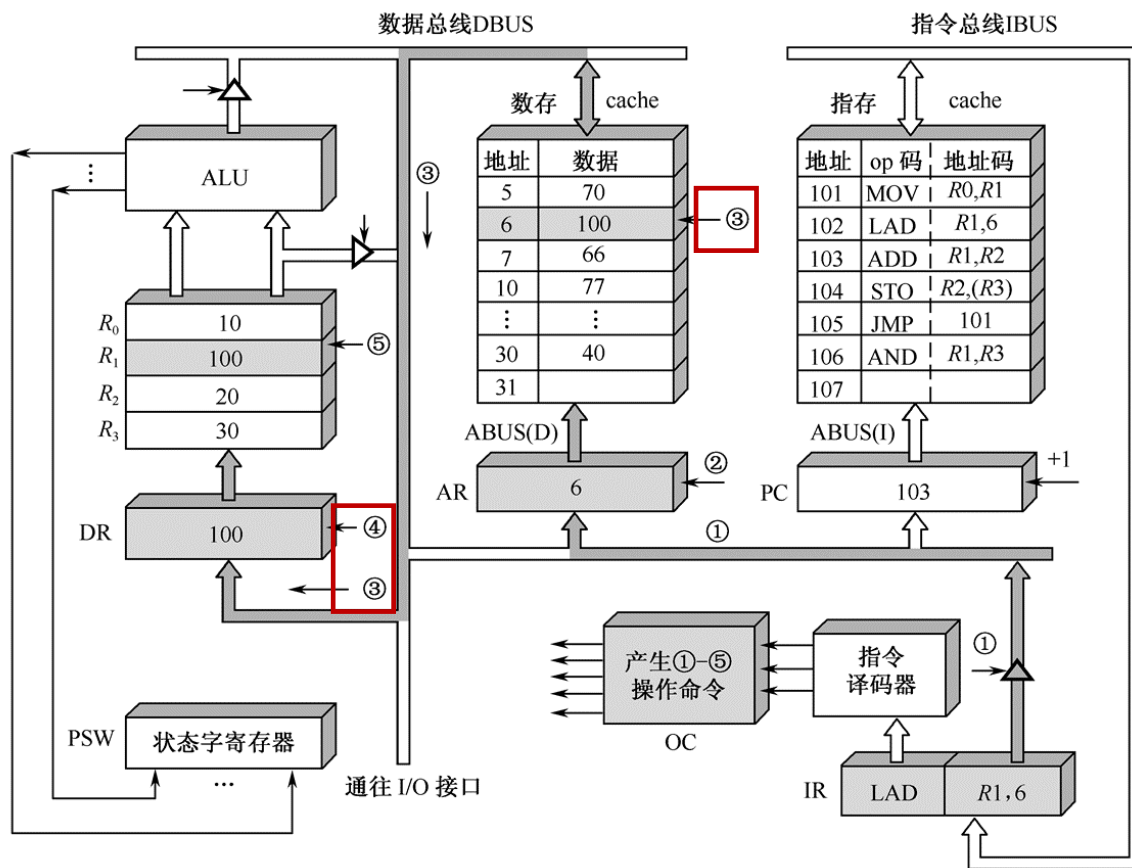
- 地址码传送
- 读命令/总线操作
- 寄存器写入
- ① OC发出控制命令打开IR三态门，将地址码6送到数据总线DBUS
- ② OC发出操作命令，将地址码6装入地址寄存器AR



LAD指令——执行周期



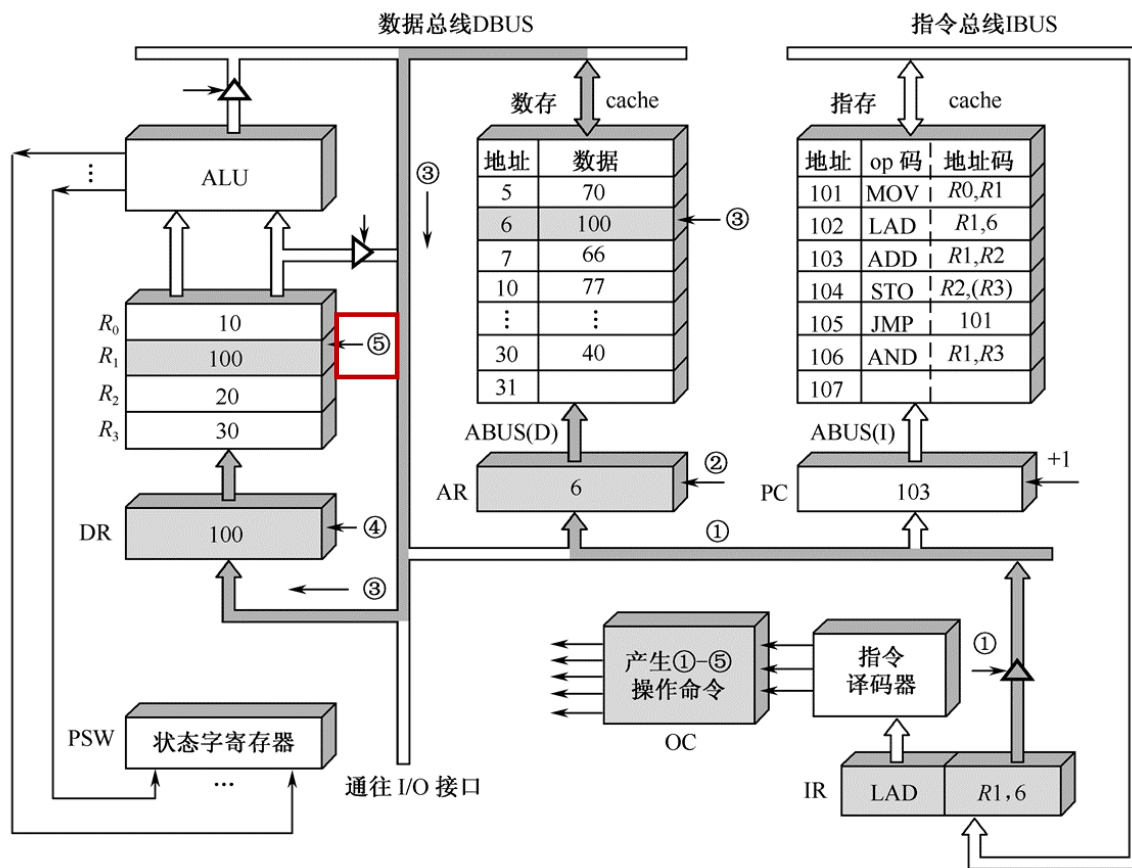
- 地址码传送
- 读命令/总线操作
- 寄存器写入
- ③ OC发出读命令，将D-cache6号单元数据传送到DBUS
- ④ OC发出操作命令，将DBUS数据装入缓冲寄存器DR



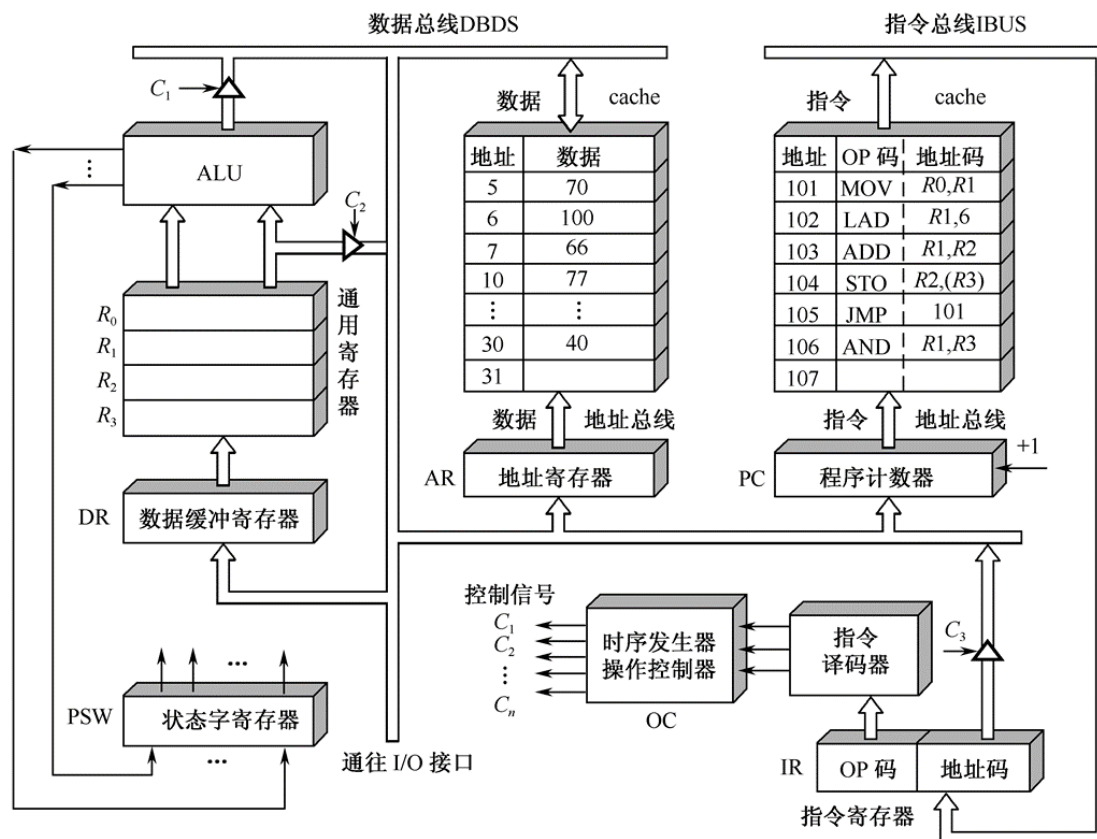
LAD指令——执行周期



- 地址码传送
- 读命令/总线操作
- 寄存器写入
- ⑤ OC发出命令，将DR数据装入通用寄存器R1，R1数据变化为100



典型指令周期(4)——STO指令



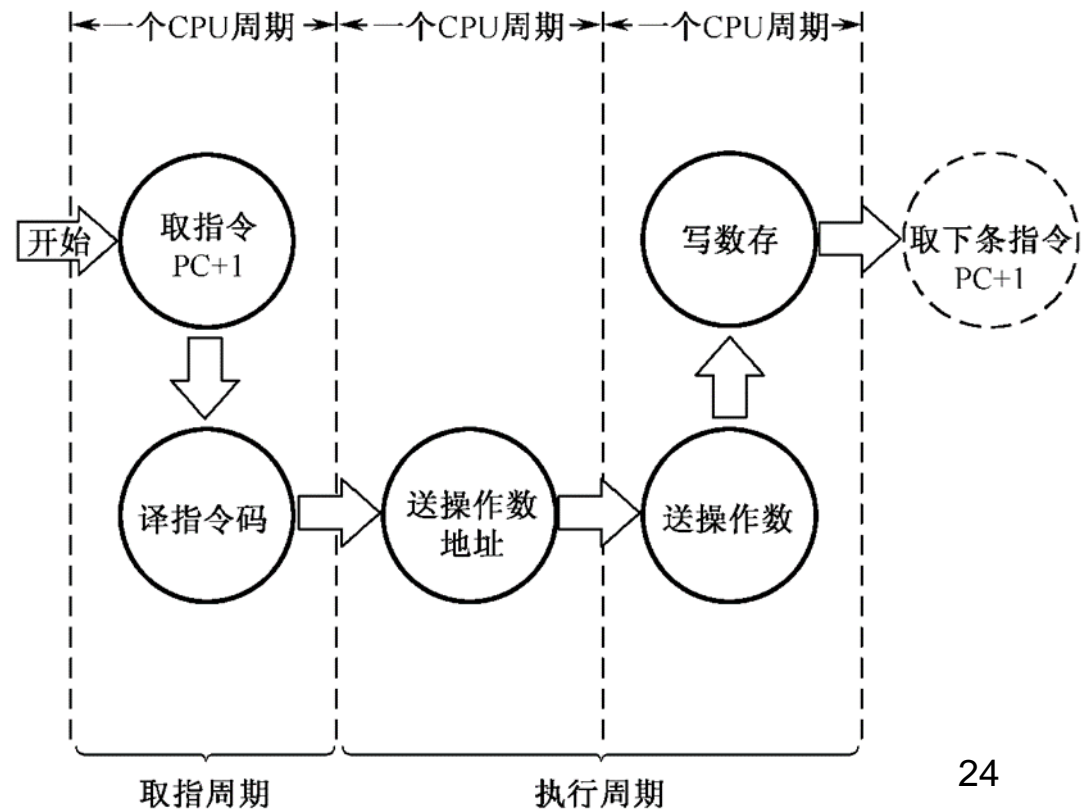
- 内部转移类
 - (1) MOV指令
- 运算类指令
 - (2) ADD指令
- 访存类指令
 - (3) LAD指令
 - (4) **STO指令**
- 转移类指令
 - (5) JMP指令



STO指令的指令周期

- STO R2, (R3)
 - 功能：将寄存器R2内容写入D-cache地址位R3的单元

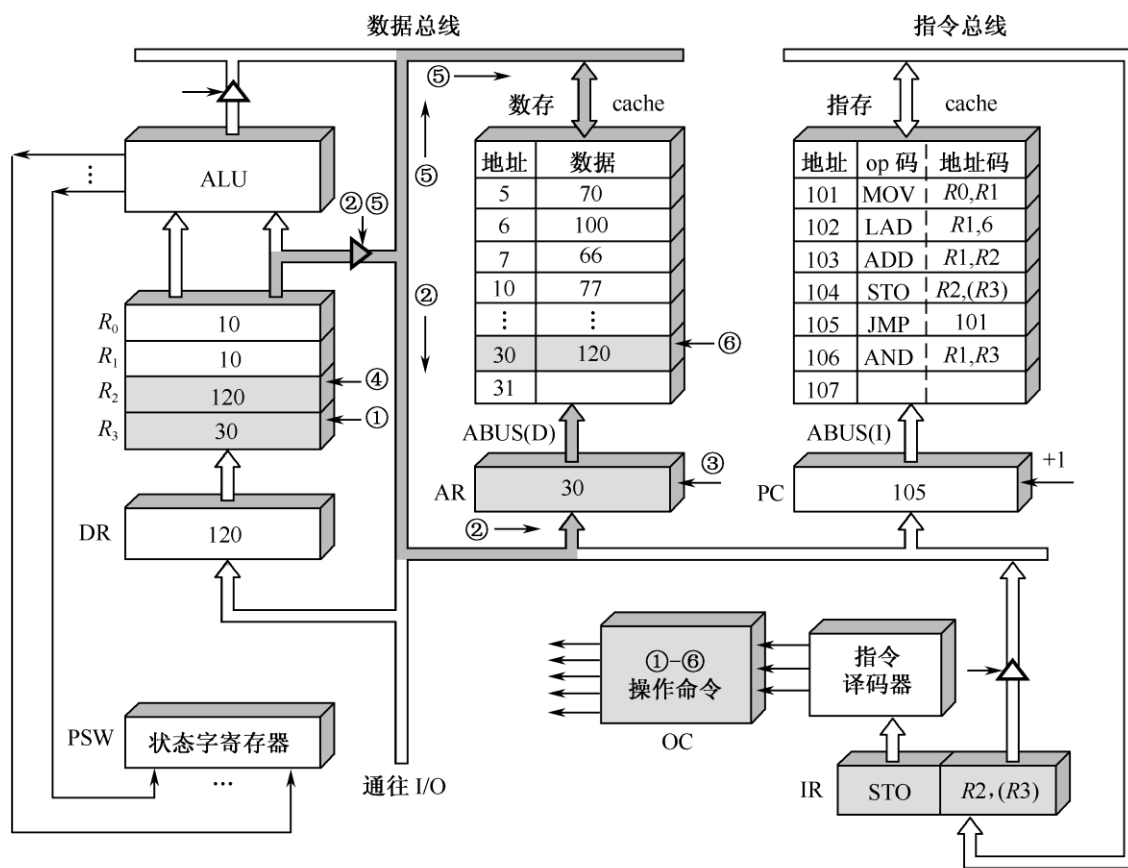
- 指令周期
 - 取指周期
 - 执行周期
 - RS型指令
 - 对比LAD指令



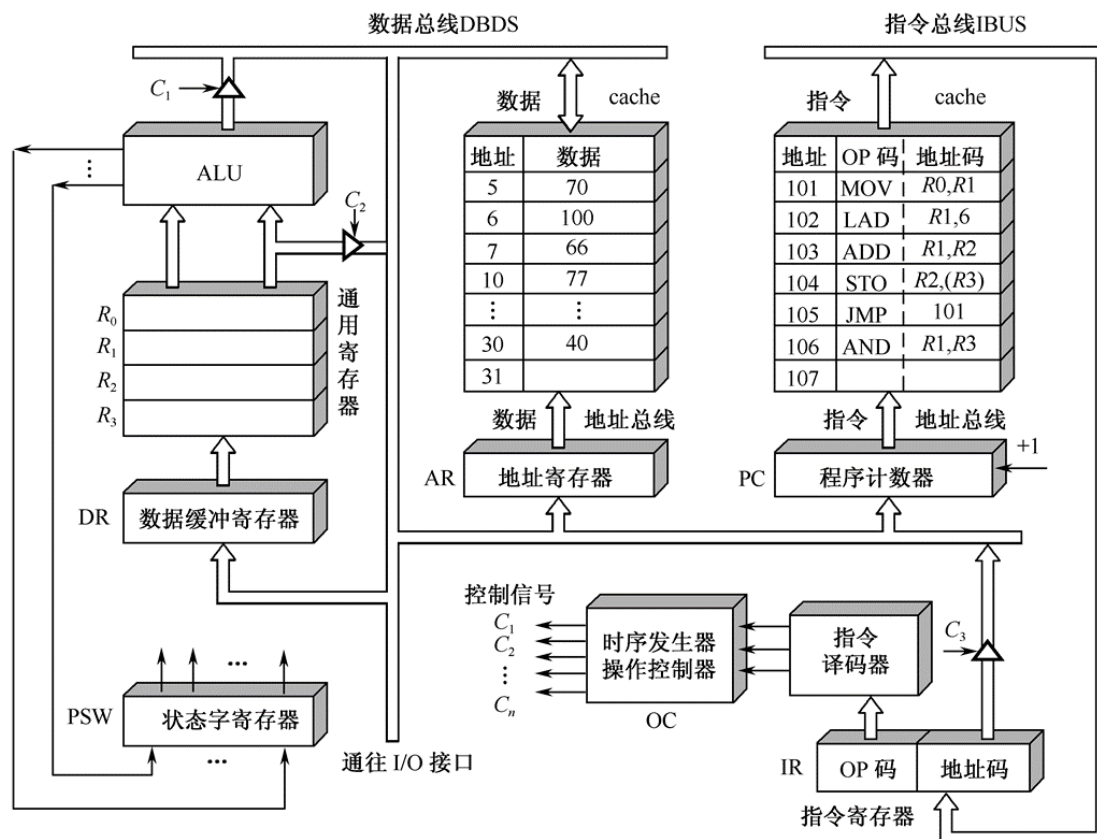
STO指令——执行周期



- 选择R3寄存器
- 打开三态门将数据放至DBUS
- 将地址码打入AR
- 选择通用寄存器R2
- 打开三态门将数据放至DBUS
- 将DBUS数据写入AR，并更新30号单元数据



典型指令周期(5)——JMP指令



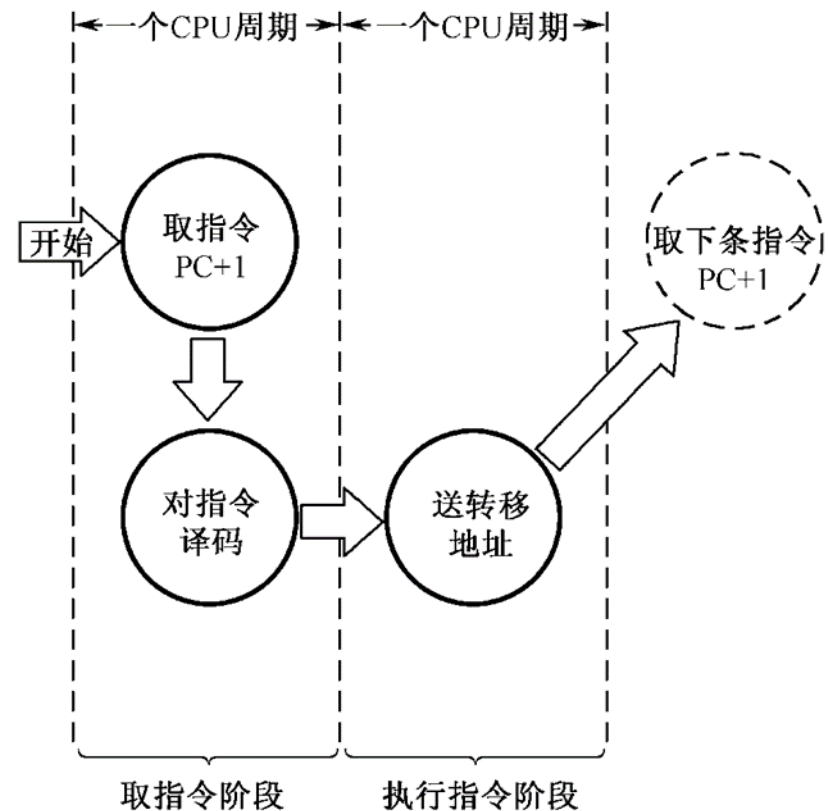
- 内部转移类
 - (1) MOV指令
- 运算类指令
 - (2) ADD指令
- 访存类指令
 - (3) LAD指令
 - (4) STO指令
- 转移类指令
 - (5) JMP指令



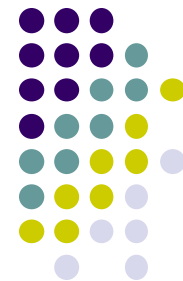
JMP指令的指令周期

- JMP 101
 - 功能：无条件跳转至PC=101地址继续执行

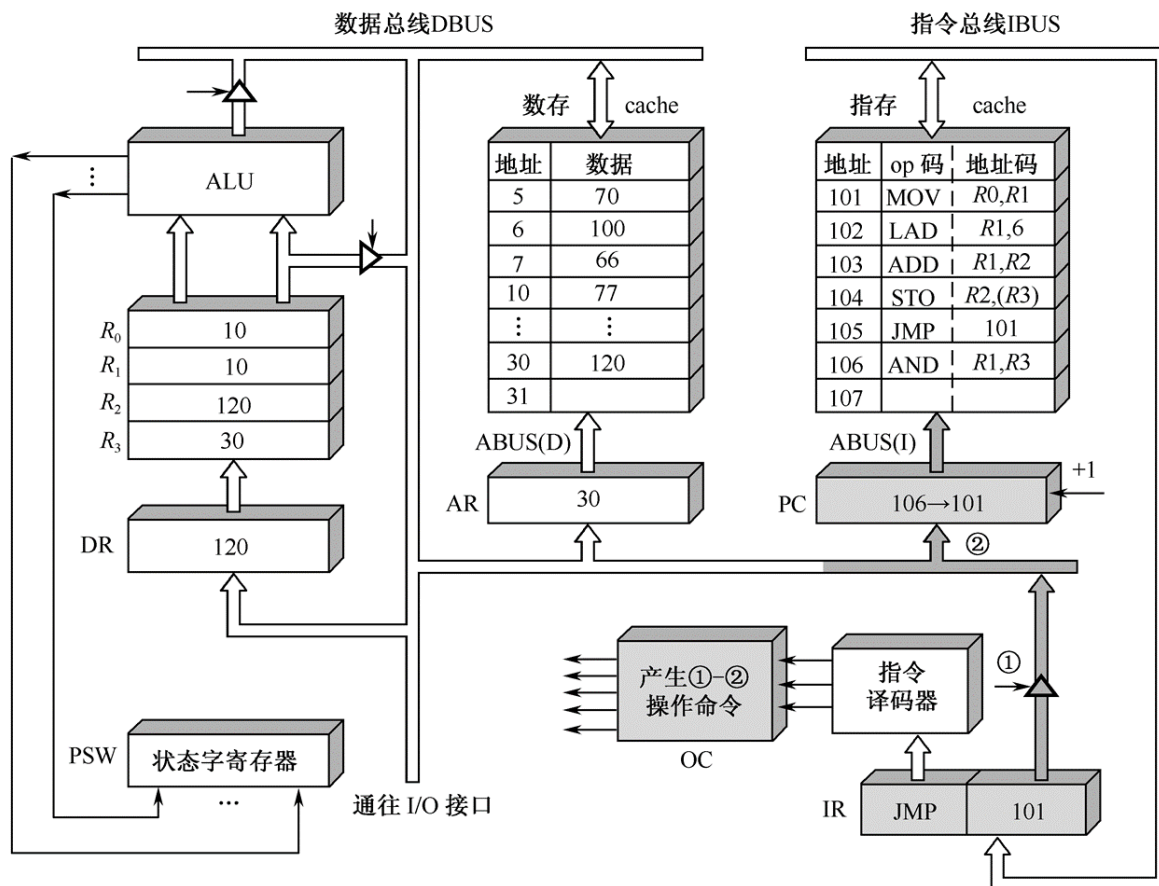
- 指令周期
 - 取指周期
 - 执行周期



JMP指令——执行周期




- 将IR中地址码101放至DBUS
- 将101打入PC寄存器中，PC更新





典型指令周期—分析

- 内部转移类
 - (1) MOV指令
 - 运算类指令
 - (2) ADD指令
 - 访存类指令
 - (3) LAD指令
 - (4) STO指令
 - 转移类指令
 - (5) JMP指令
- 
- 指令周期总结
 - 取指+译码周期：公共流程
 - 执行周期
 - 单CPU周期（CPU内部）
 - 内部、运算、转移类
 - 双CPU周期（需访存，间址周期）
 - 访存类
 - 问题：如何图形化便捷表示？
 - 方式1：CPU周期划分
 - 方式2：T周期/并列微操作划分



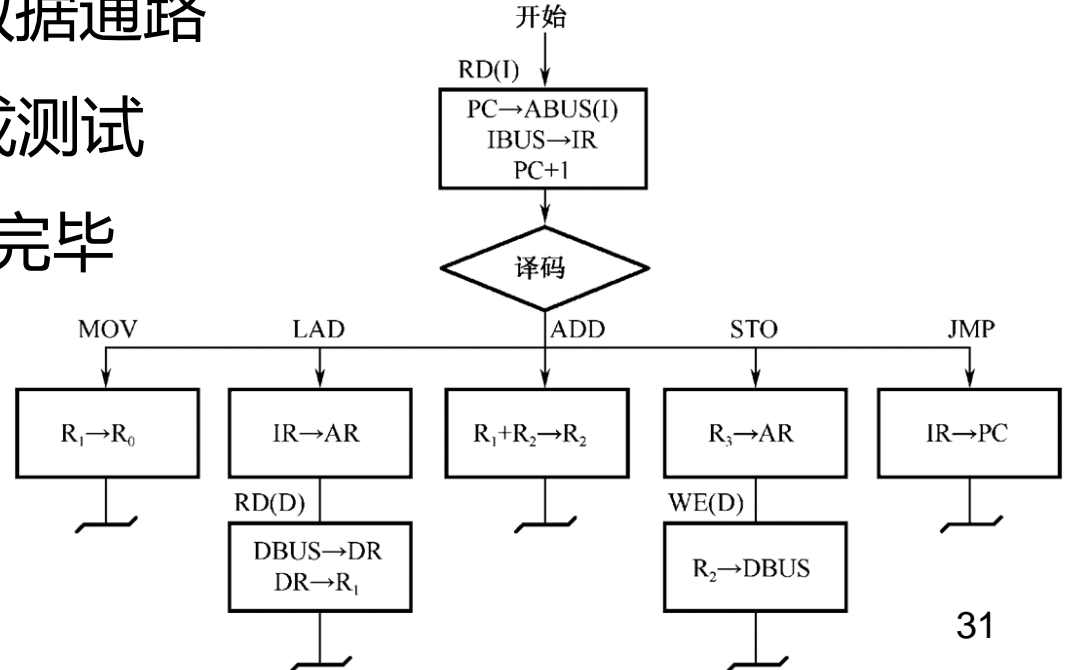
第五章 中央处理机

- 典型指令周期示例
- 指令周期图形化表示
- 指令周期流程图示例

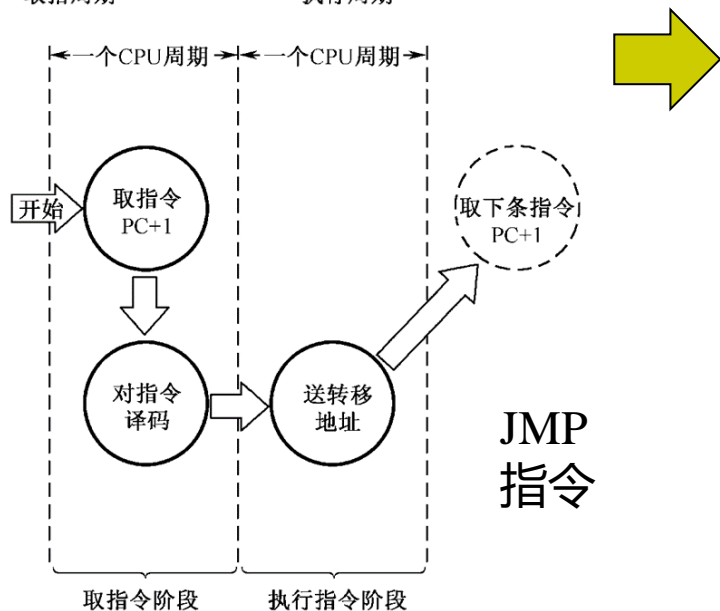
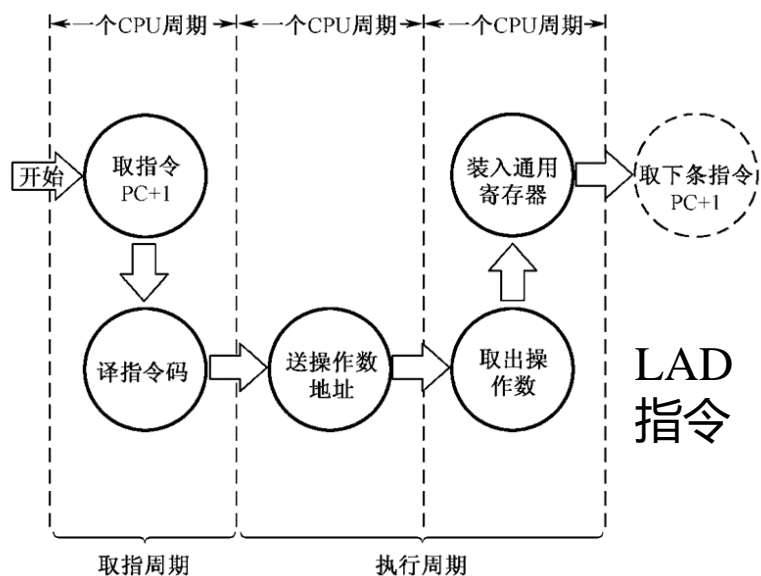


1 方框图—CPU周期划分

- 画每一步数据通路图过程繁琐
- 引入目的主要是为了分析与设计
 - 方框：代表CPU/机器周期
 - 方框内内容——数据通路
 - 菱形符号——判别或测试
 - ~公操作：指令执行完毕
 - 中断处理等

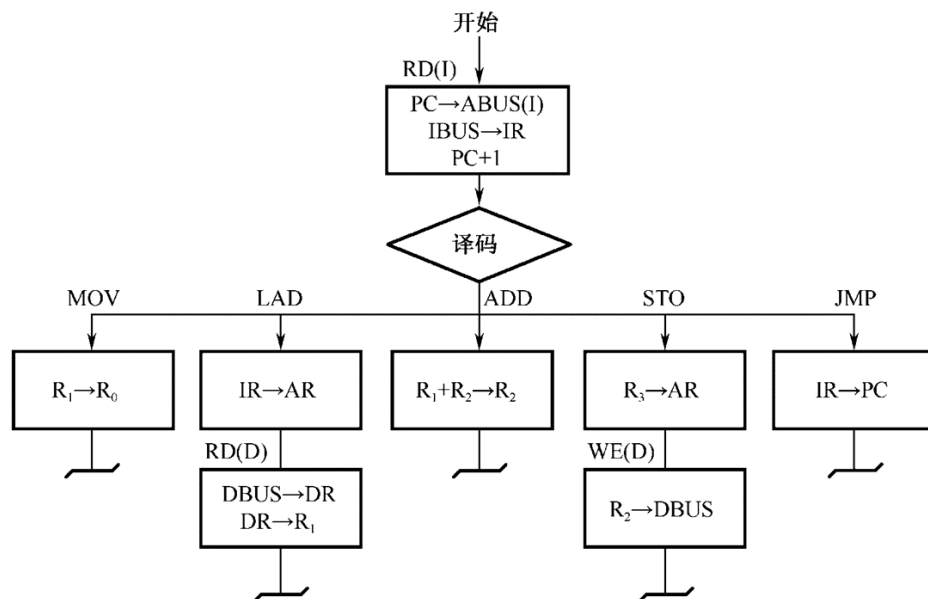


方框图表示示例



方法

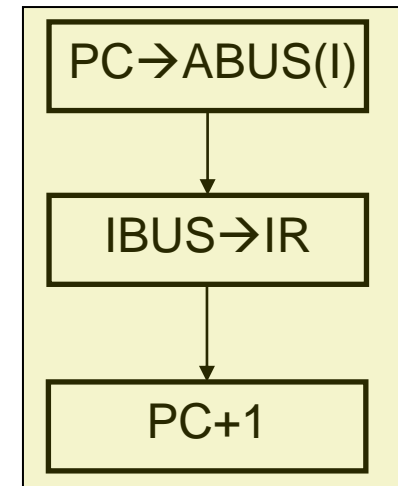
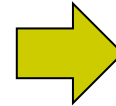
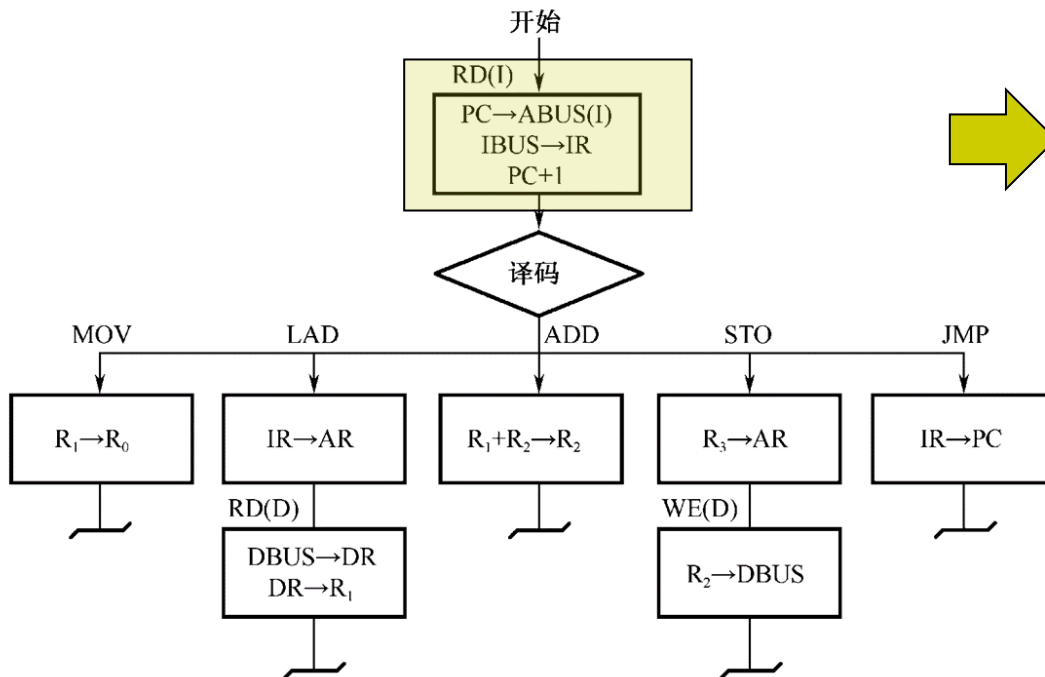
- 方框：代表CPU/机器周期
- 方框内：控制命令





2 指令周期流程图—T周期划分

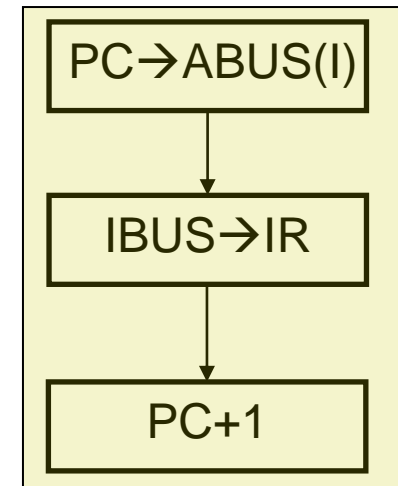
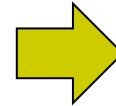
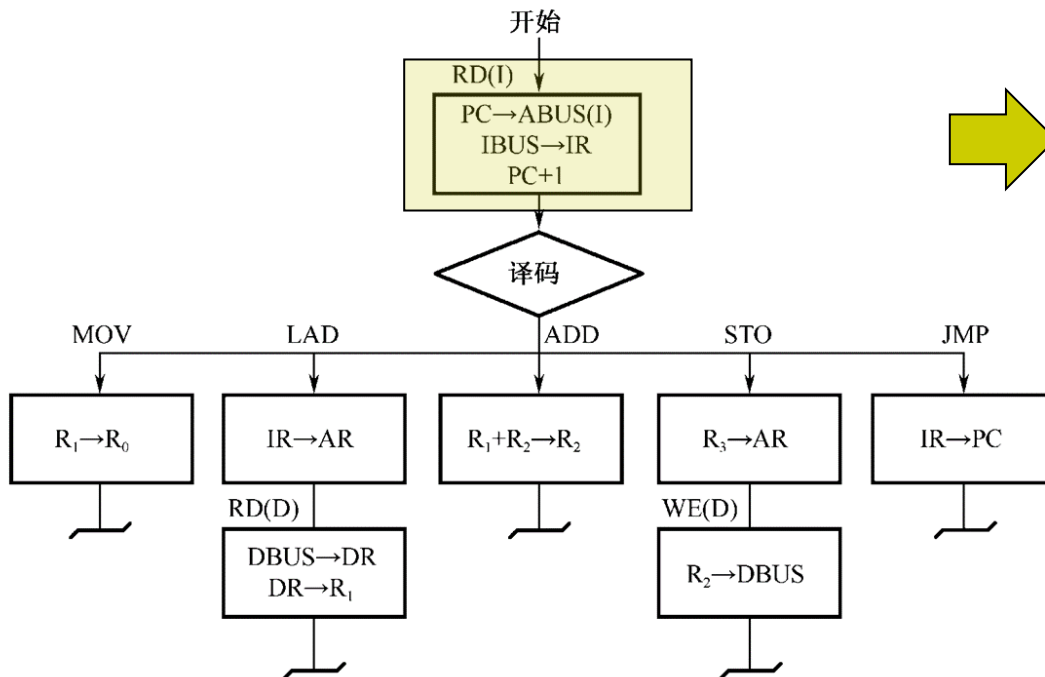
- 将方框图进行进一步细化，明确机器周期内各操作顺序
- 方框：代表一个操作（数据通路、计算过程）
- 方框内容：1个操作（T周期）
- 方框外标明所需控制信号（按要求）





方框图 v.s. 指令周期流程图

- 区别：方框含义
- 方框图：方框→CPU周期（取指、执行、回写）
- 指令周期流程图：方框→T周期（单个数据通路操作）





第五章 中央处理机

- 典型指令周期示例
- 指令周期图形化表示
- 指令周期流程图示例

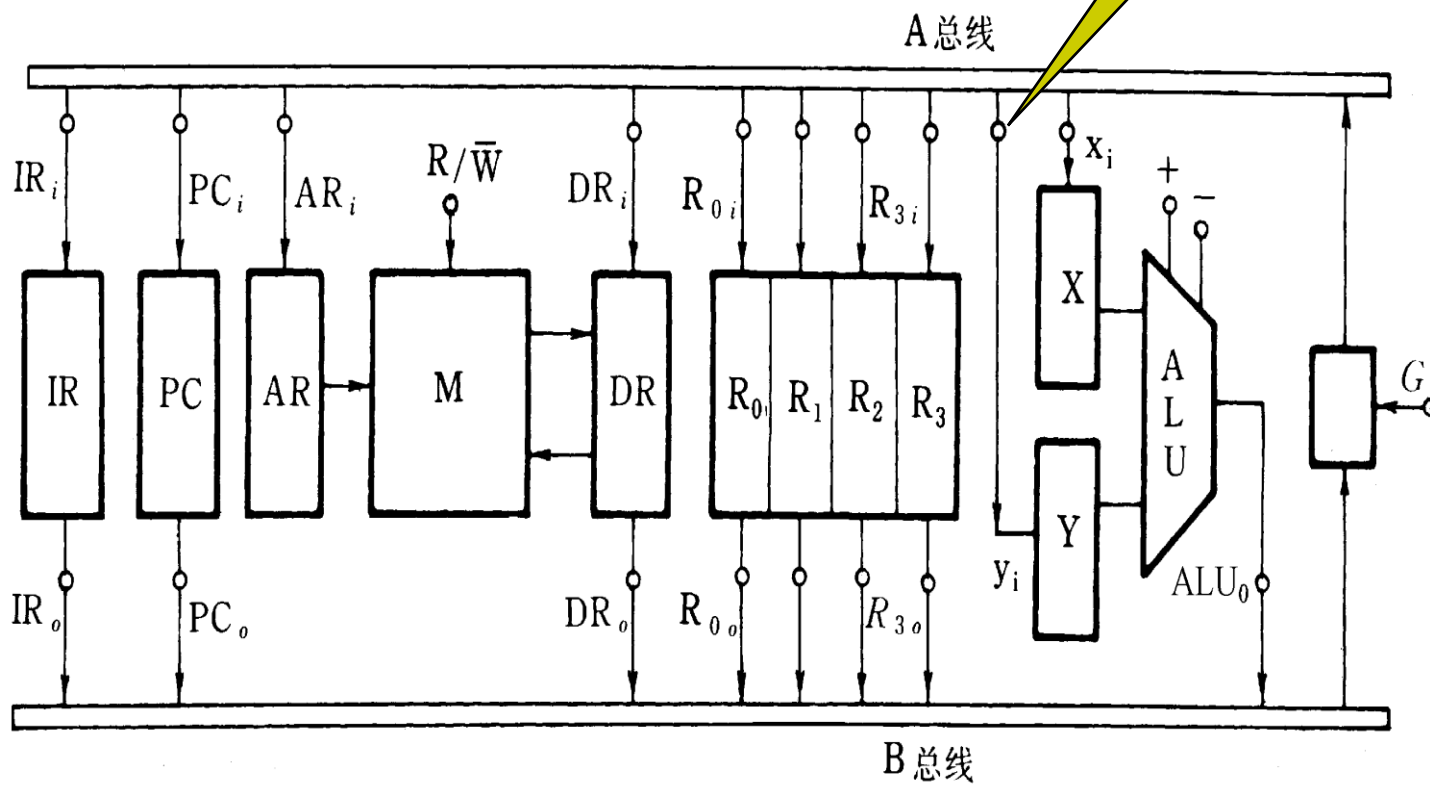
指令流程图例题

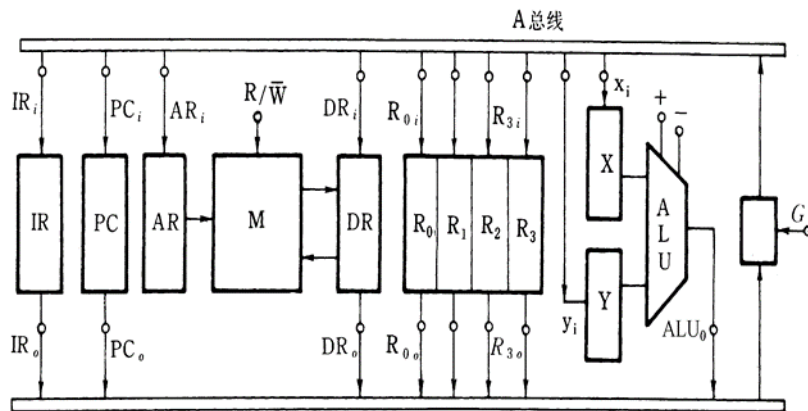


[例] 双总线结构机器的数据通路图（标明控制信号）

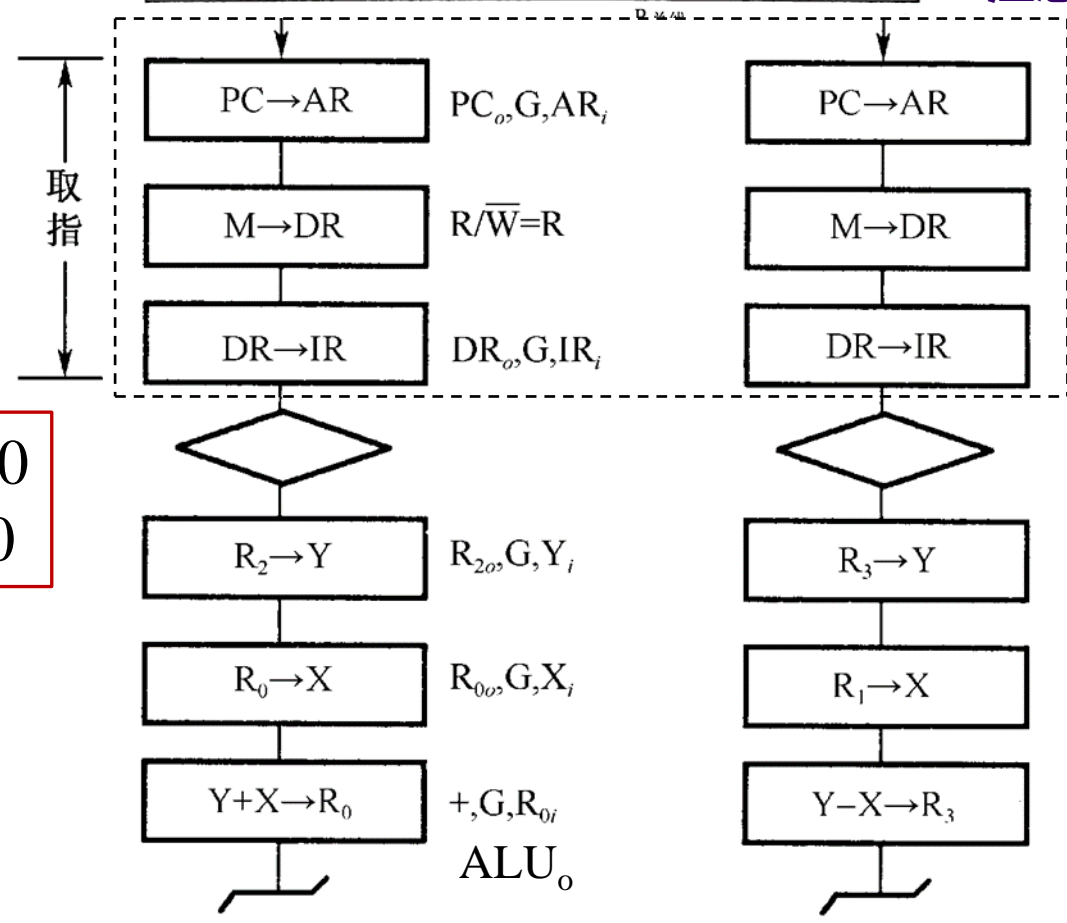
PC有自增功能、小圈控制信号

ADD R2, R0与SUB R1, R3





注意微操作控制信号

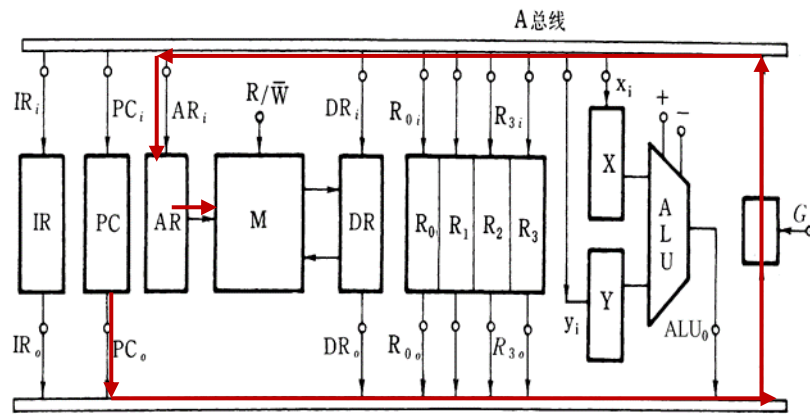


ADD R2, R0
R0+R2→R0

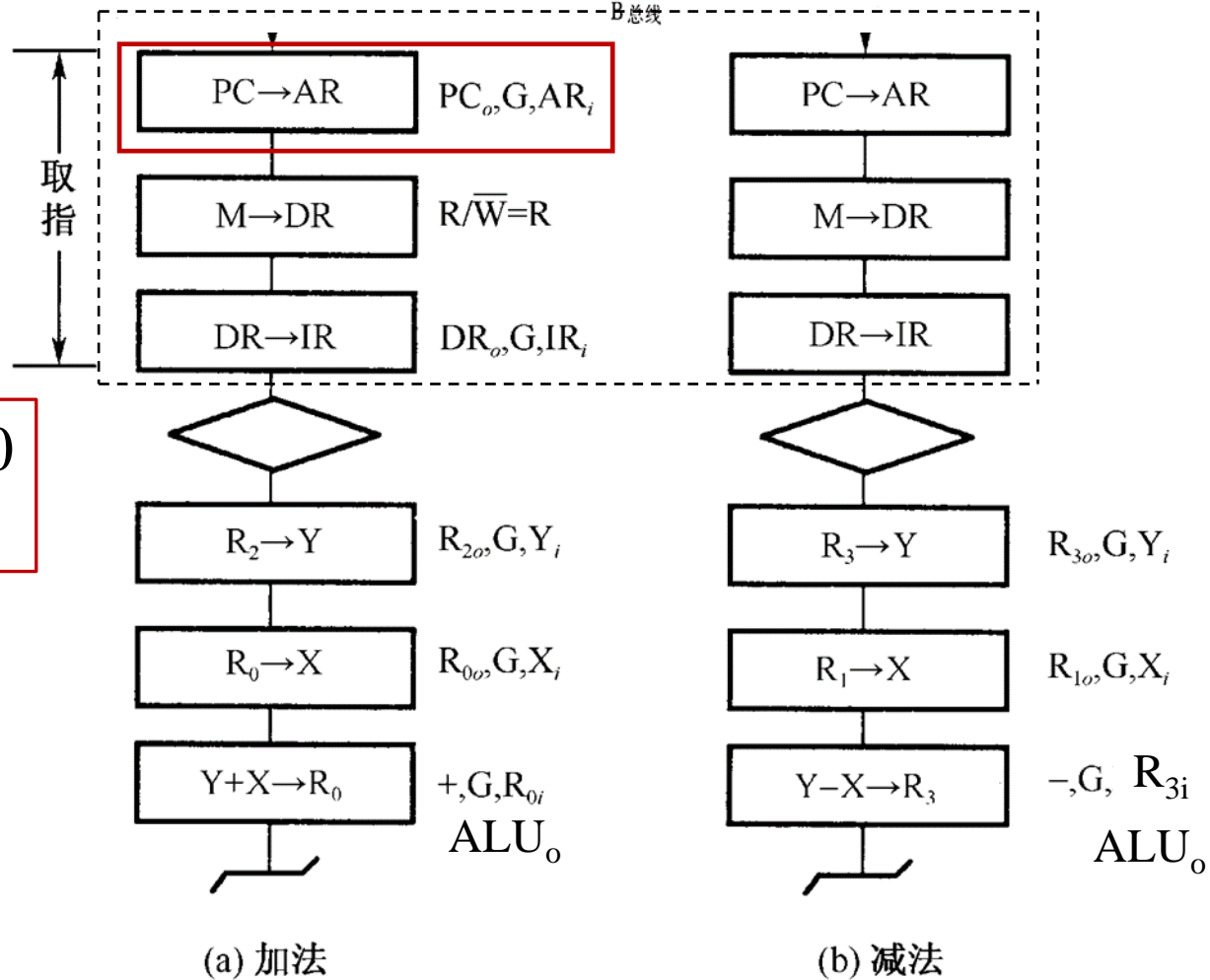
SUB R1, R3
R3-R1→R1

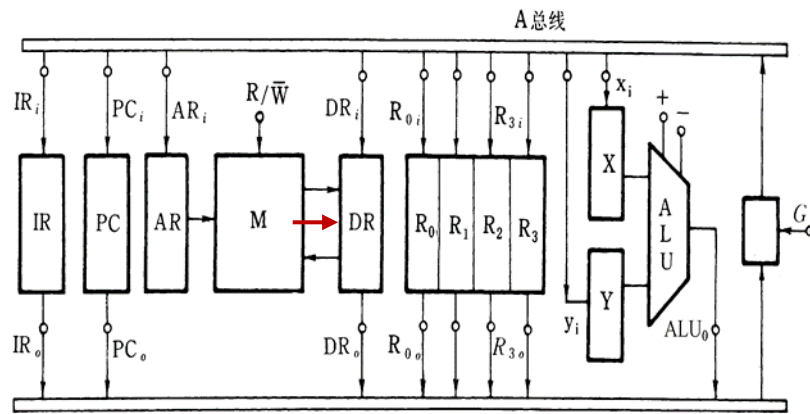
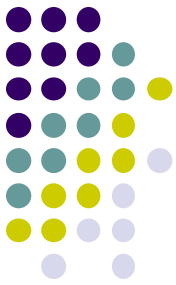
(a) 加法

(b) 减法

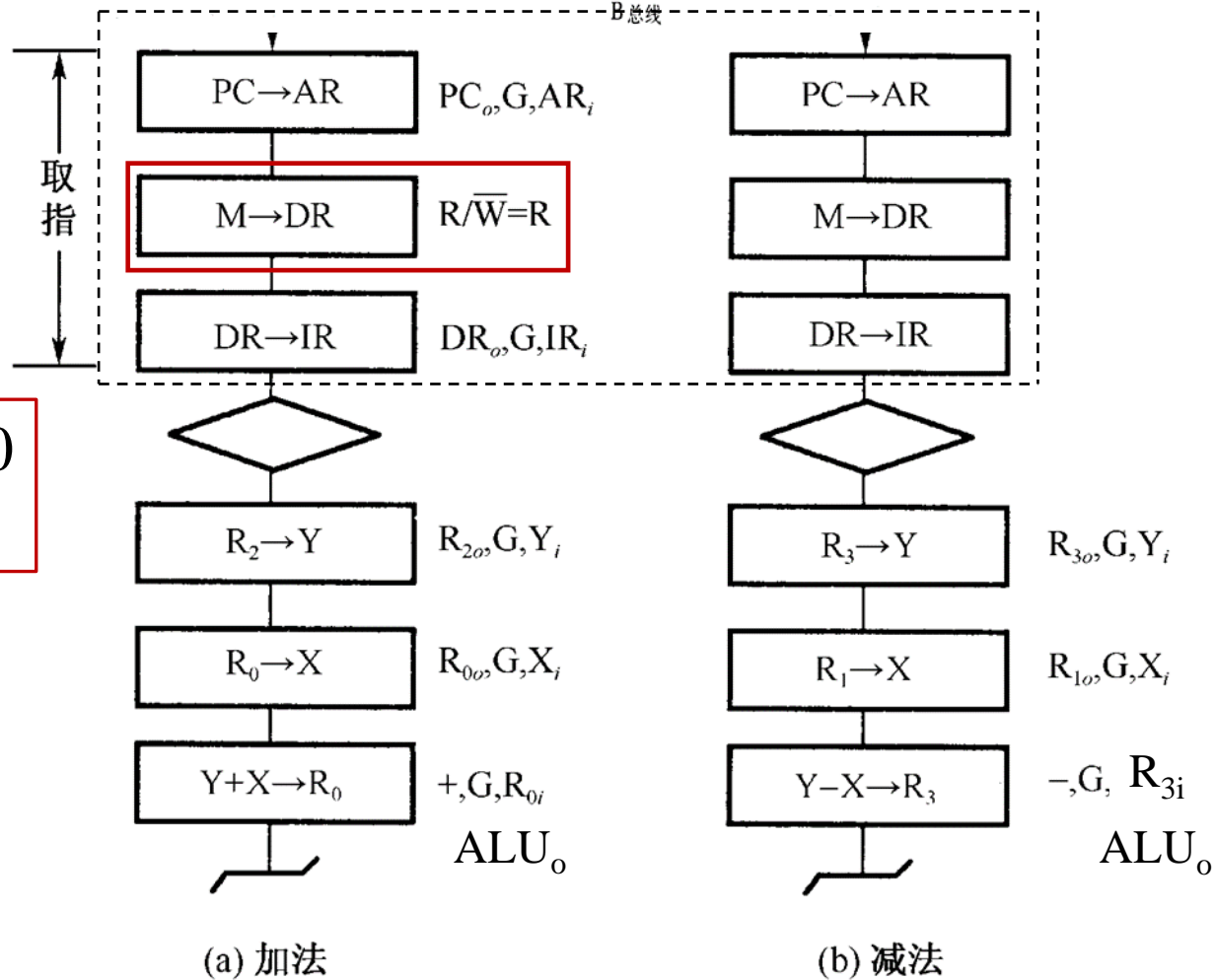


注意微操作控制信号

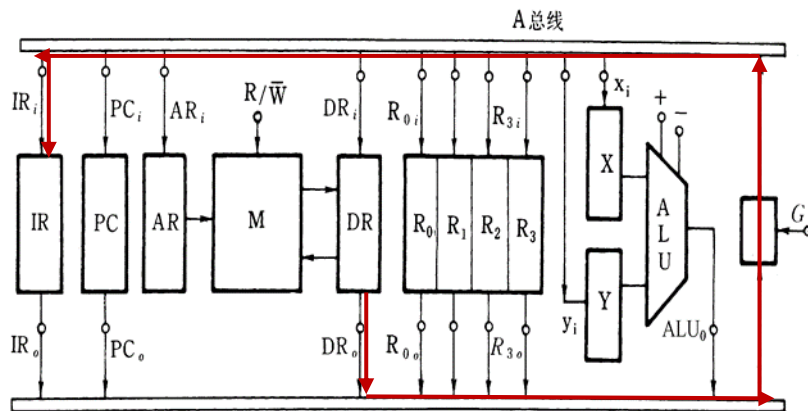




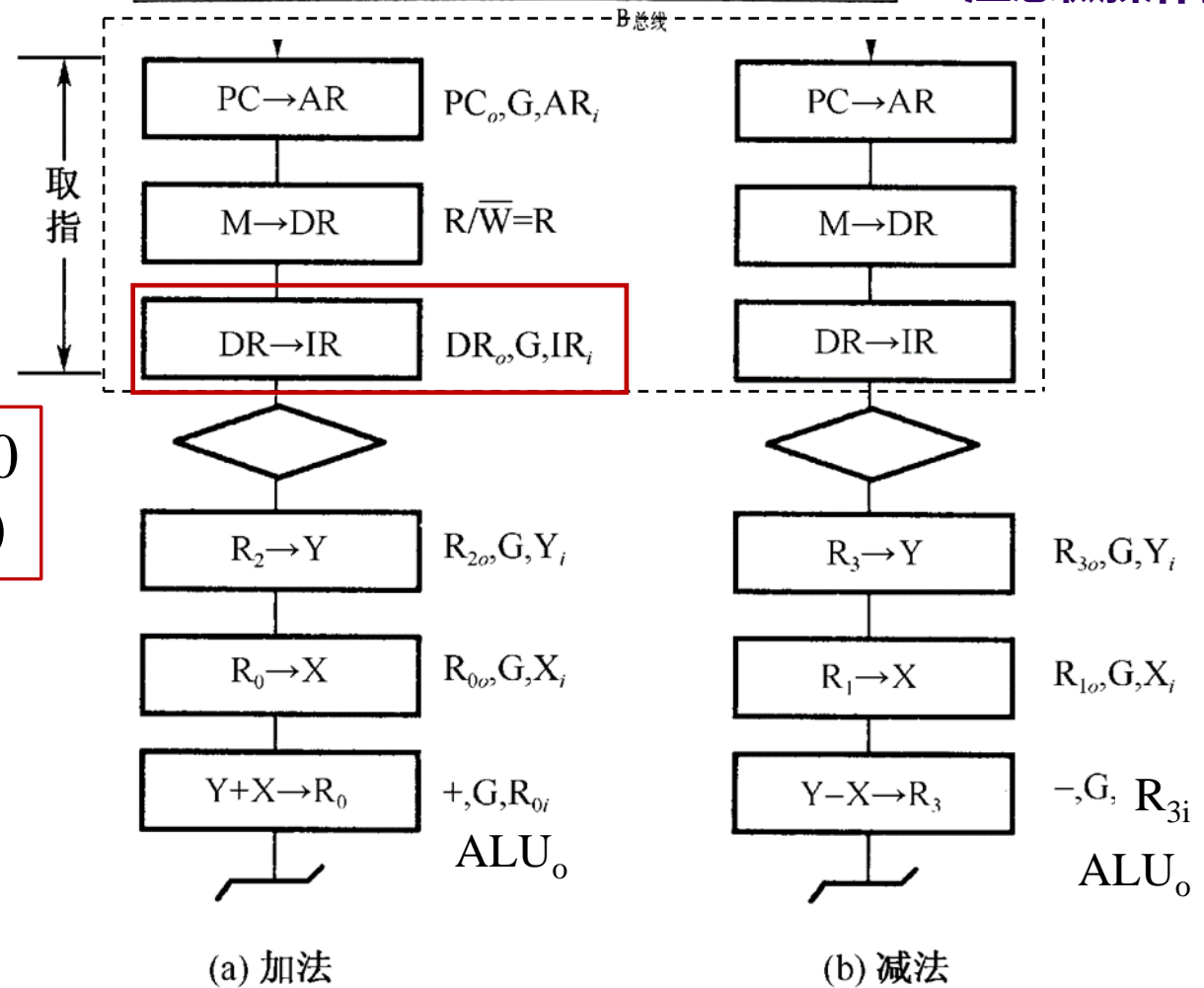
注意微操作控制信号



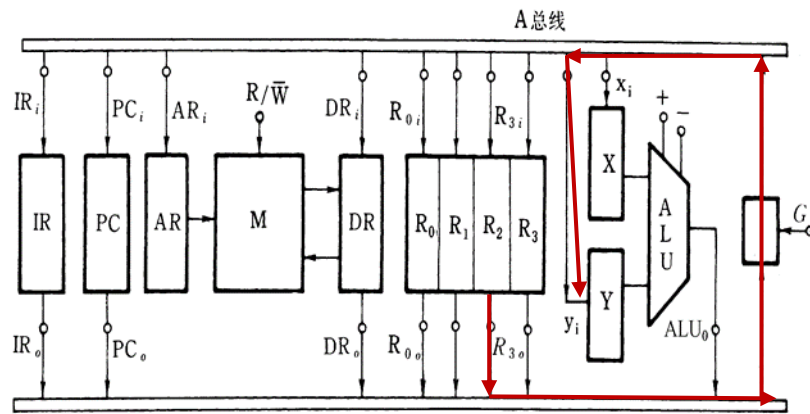
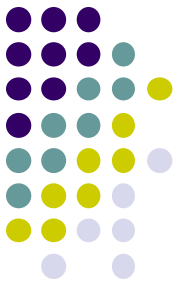
ADD R2, R0
R0+R2→R0



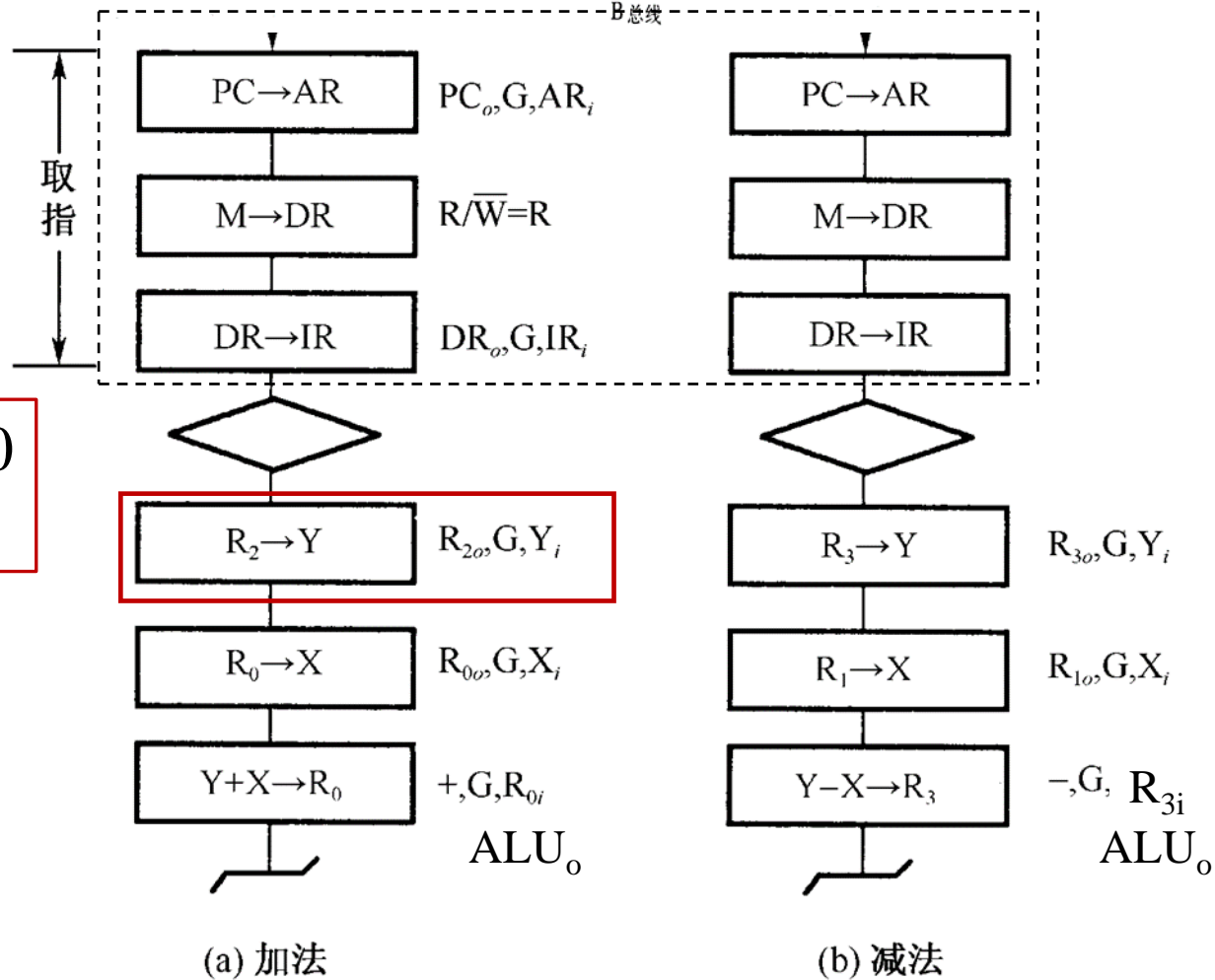
注意微操作控制信号

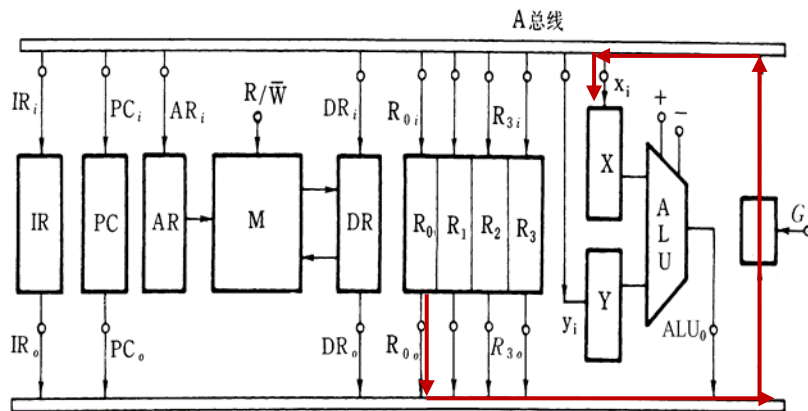


ADD R2, R0
R0+R2→R0

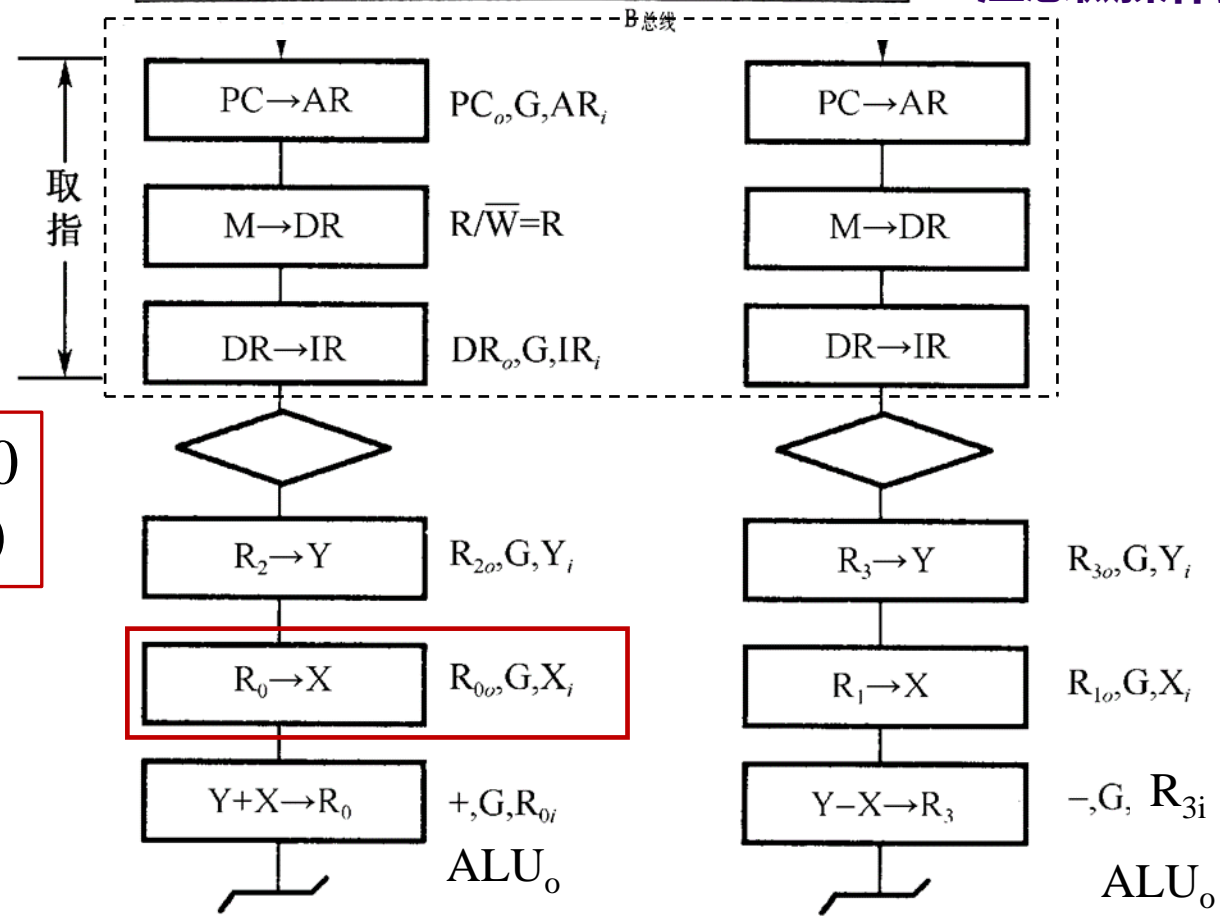


注意微操作控制信号





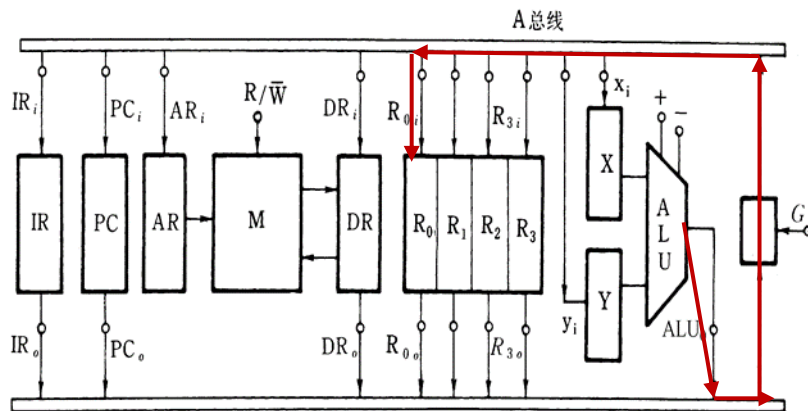
注意微操作控制信号



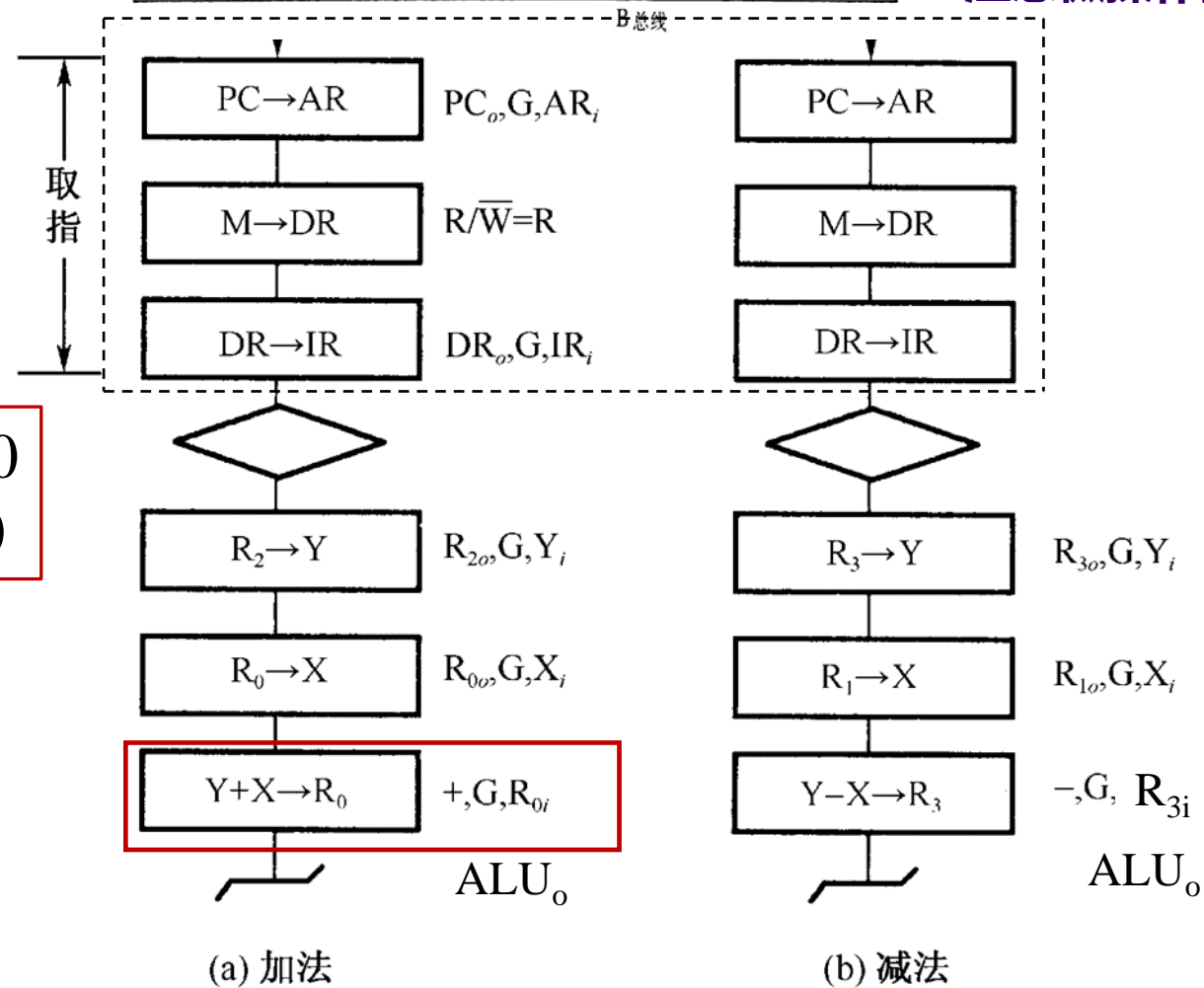
ADD R2, R0
 $R0 + R2 \rightarrow R0$

(a) 加法

(b) 减法



注意微操作控制信号



ADD R2, R0
 $R0 + R2 \rightarrow R0$

$Y + X \rightarrow R_0$ $+, G, R_{0i}$

ALU_o

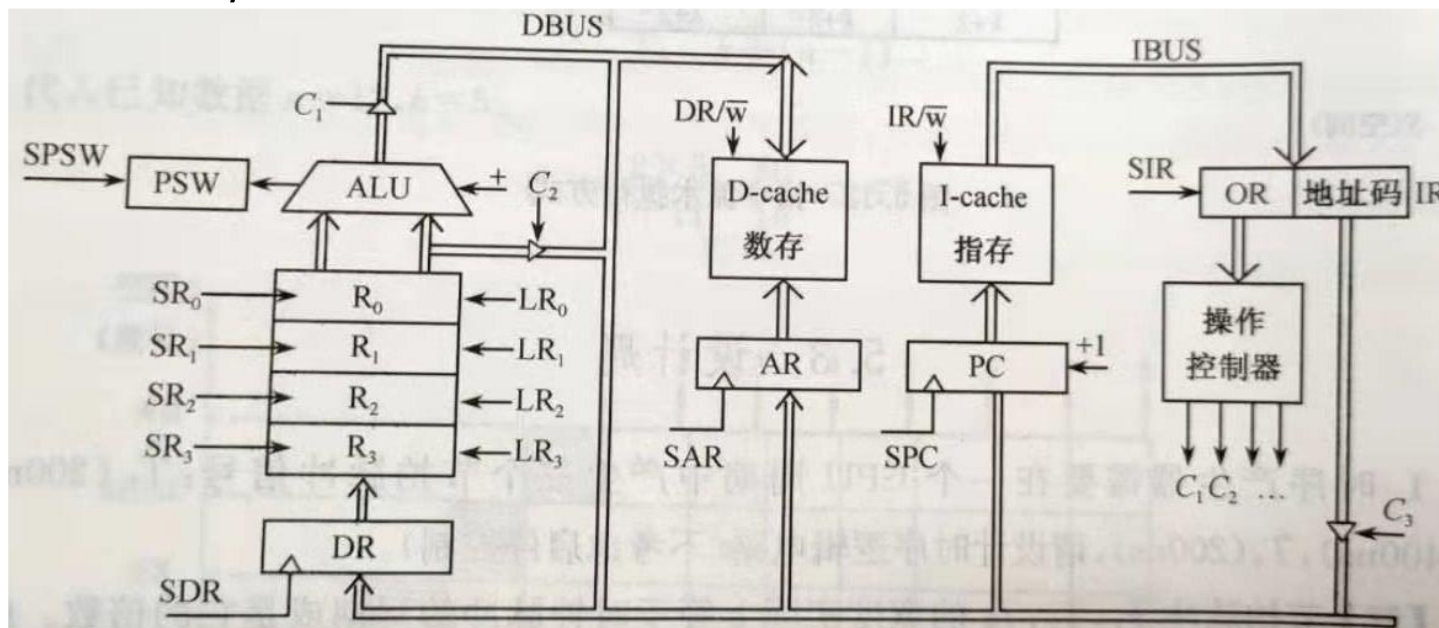
$Y - X \rightarrow R_3$ $-, G, R_{3i}$

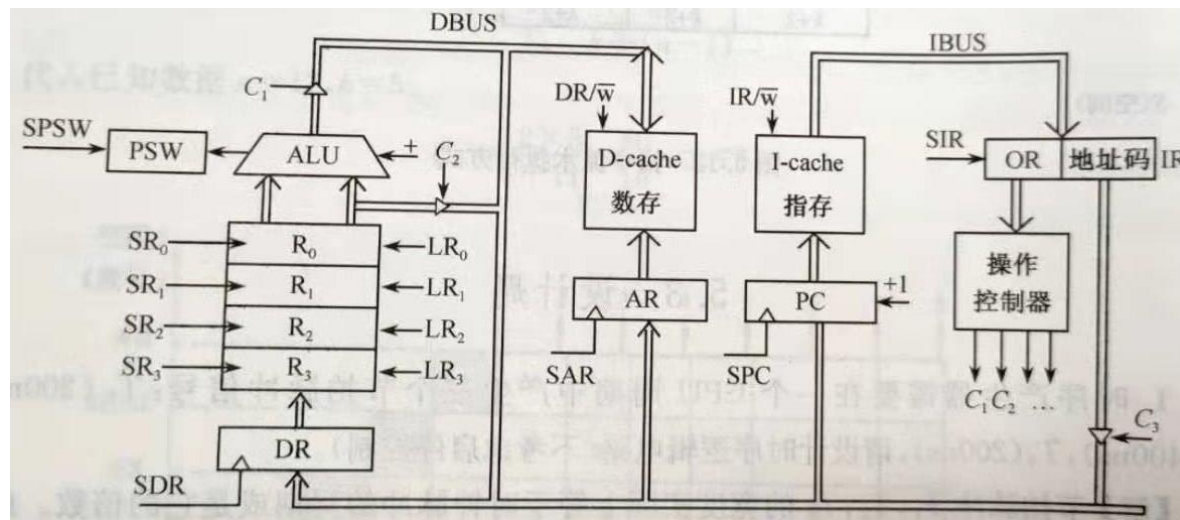
ALU_o



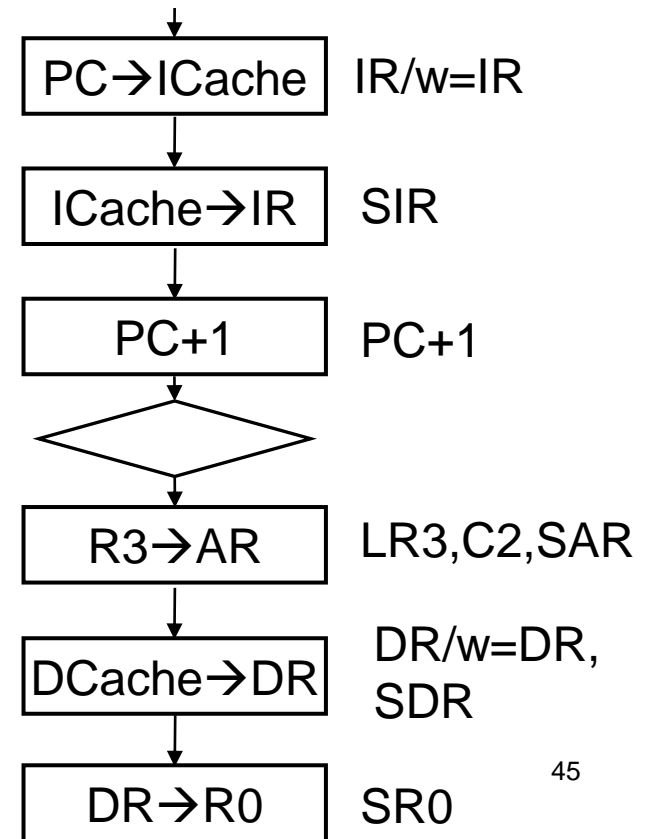
习题1：指令周期流程图

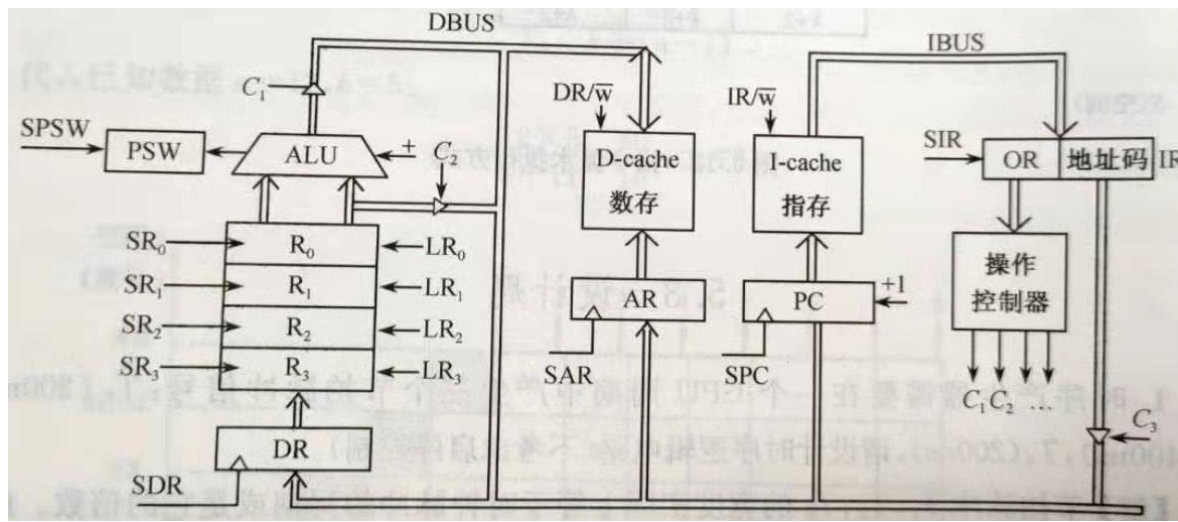
- CPU数据通路如图，单线箭头信号均为微操作控制信号，例如LR0表示读出R0寄存器，画出如下指令的指令周期流程图并标明控制信号
 - LDA (R3), R0: 读出以 (R3) 为地址的数存单元存入R0寄存器中
 - ADD R2, R0: $R0 + R2 \rightarrow R0$



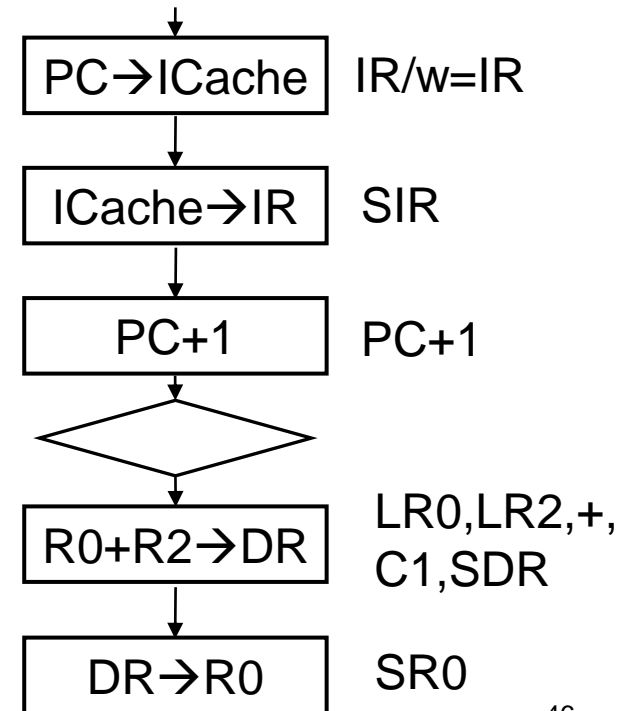


LDA (R3), R0:
 读出以 (R3) 为
 地址的数存单元
 存入R0寄存器中





ADD R2, R0:
R0+R2→R0

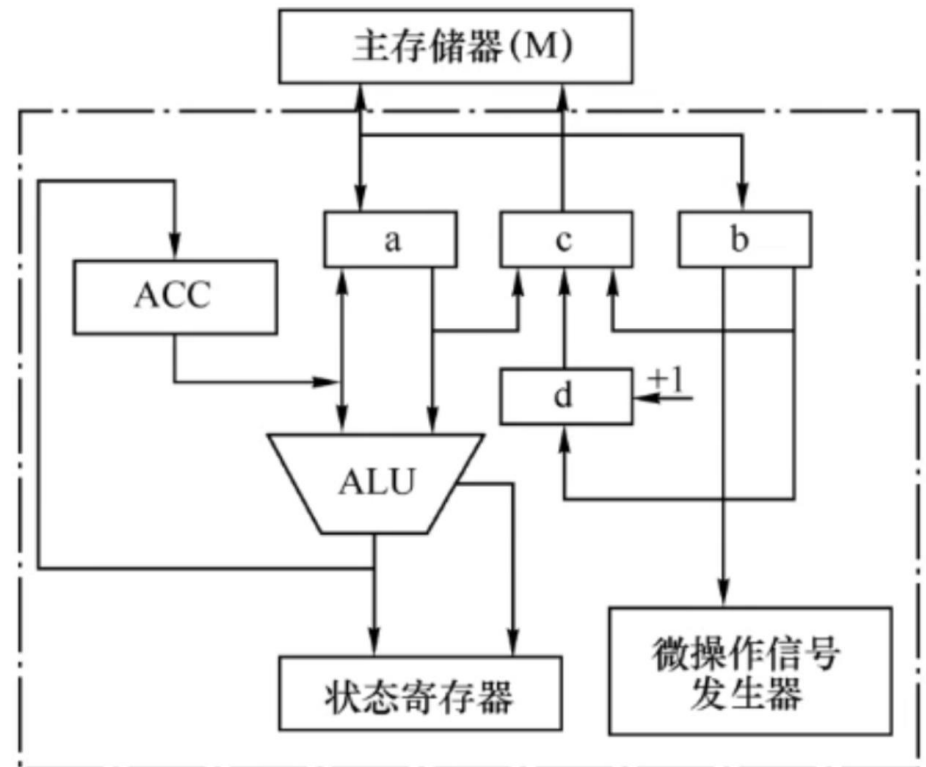




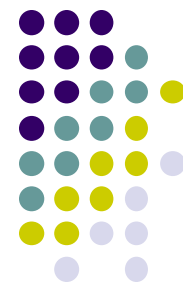
习题2：指令周期流程图

图5-11是一个简化了的CPU与主存连接结构示意图。寄存器包括ACC、MAR、MDR、PC、IR。各部件间连线表示数据通路，PC具有自增功能

- 1) a、b、c、d名称
- 2) 画出指令ADD Y的数据通路（Y为主存地址，功能为 $ACC + (Y) \rightarrow ACC$ ）



CPU与主存连接结构示意图



习题2：指令周期流程图

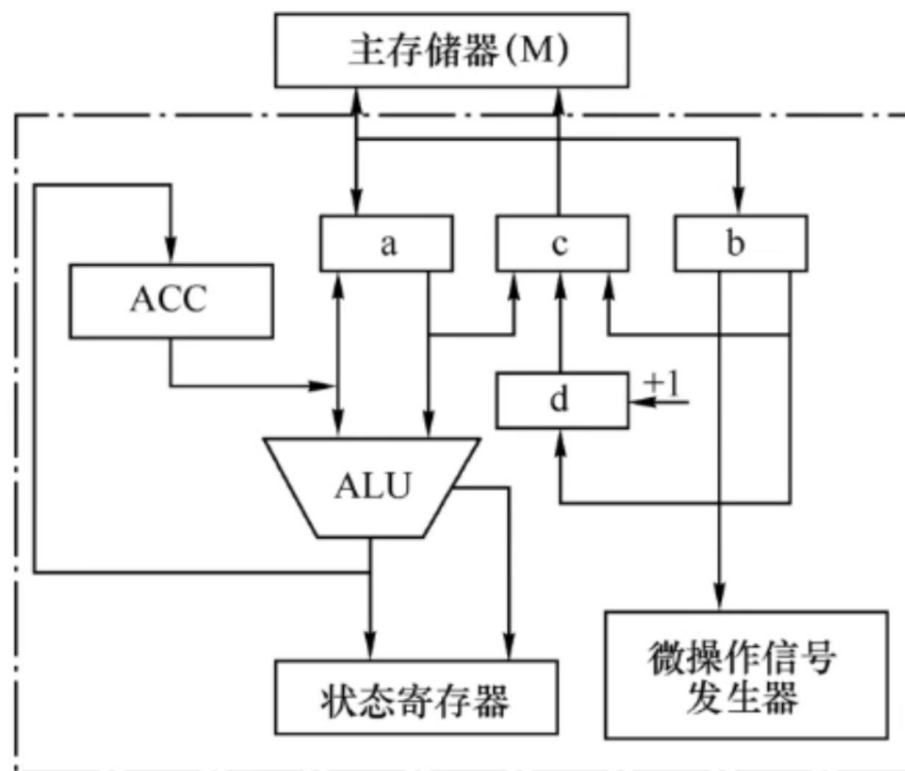
1) a、b、c、d名称

a: MDR (主存的双向通路)

b: IR (连接微操作信号)

c: MAR (主存单向通路)

d: PC (+1)

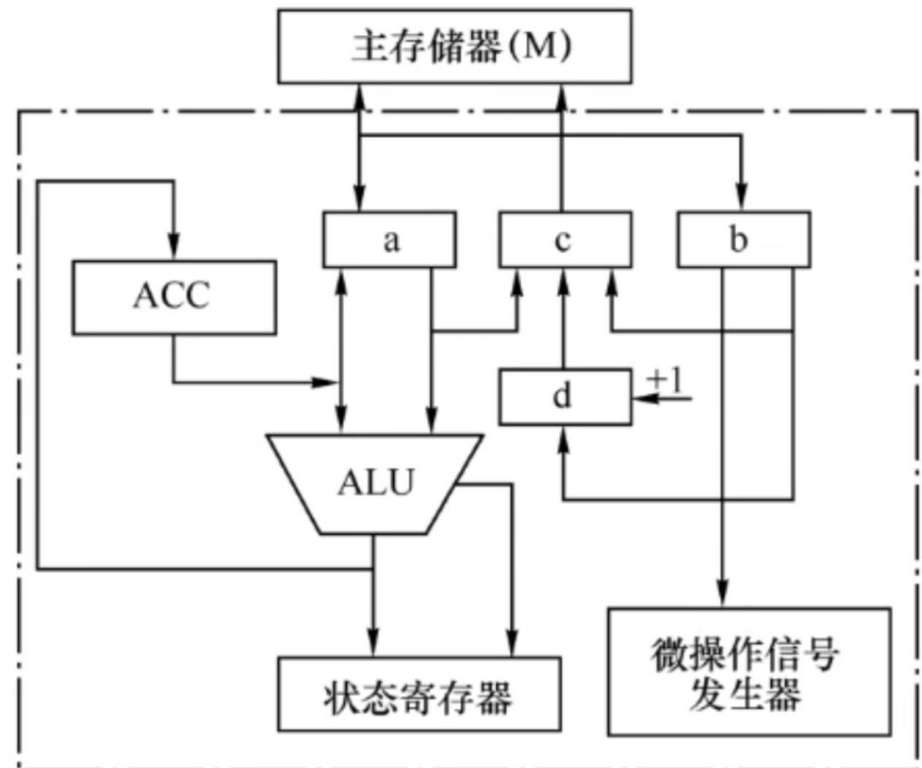


CPU与主存连接结构示意图

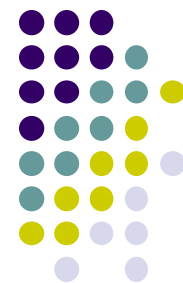


习题2：指令周期流程图

2) 画出指令ADD Y的数据通路
(Y为主存地址, 功能为 $ACC + (Y) \rightarrow ACC$)

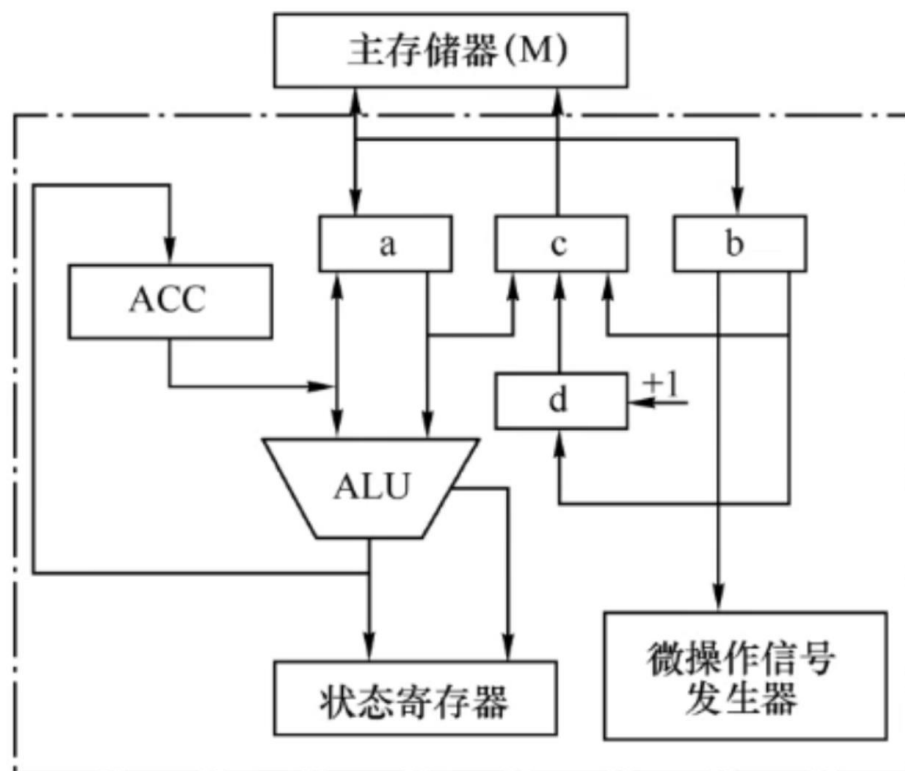
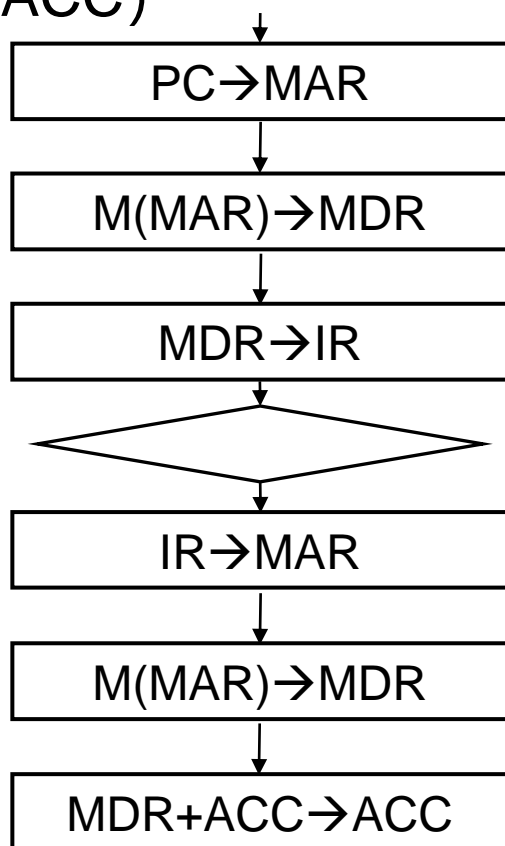


CPU与主存连接结构示意图

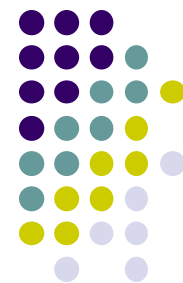


习题2：指令周期流程图

2) 画出指令ADD Y的数据通路
(Y为主存地址, 功能为 $ACC + (Y) \rightarrow ACC$)



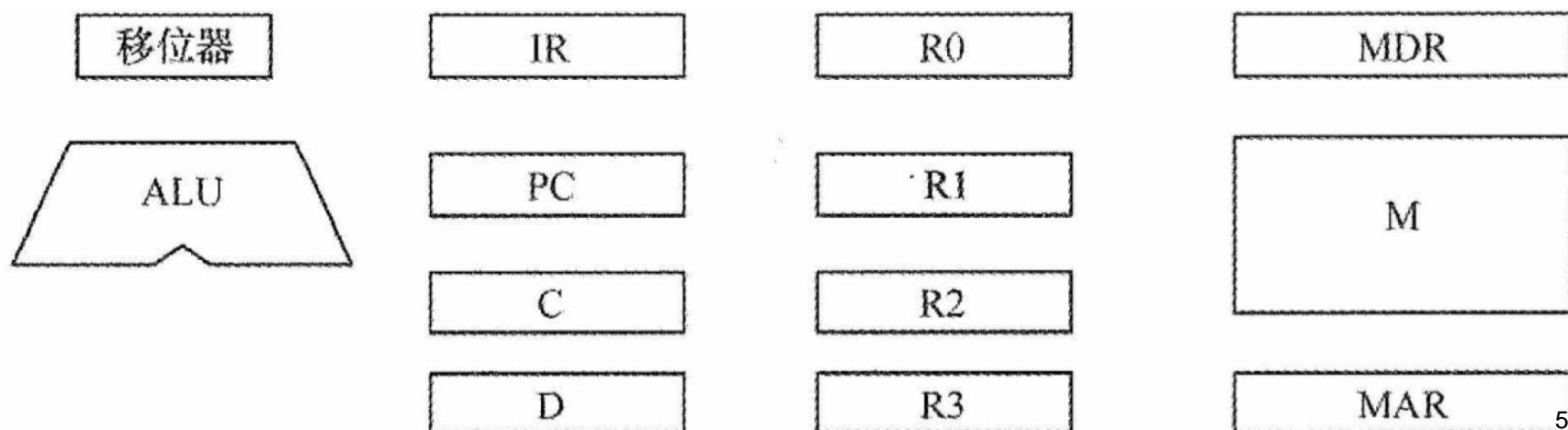
CPU与主存连接结构示意图



习题3：指令周期流程图

某计算机主要功能部件如下图所示，C/D为暂存器

- 1) 请补充各部件之间的主要连线，并注明连线数据方向
- 2) 画出ADD [R1],[R2]+指令周期流程图，其中源操作数地址在R1，目标操作数地址为自增型寄存器间接寻址（先间址计算，地址再+1），结果写回R2寄存器

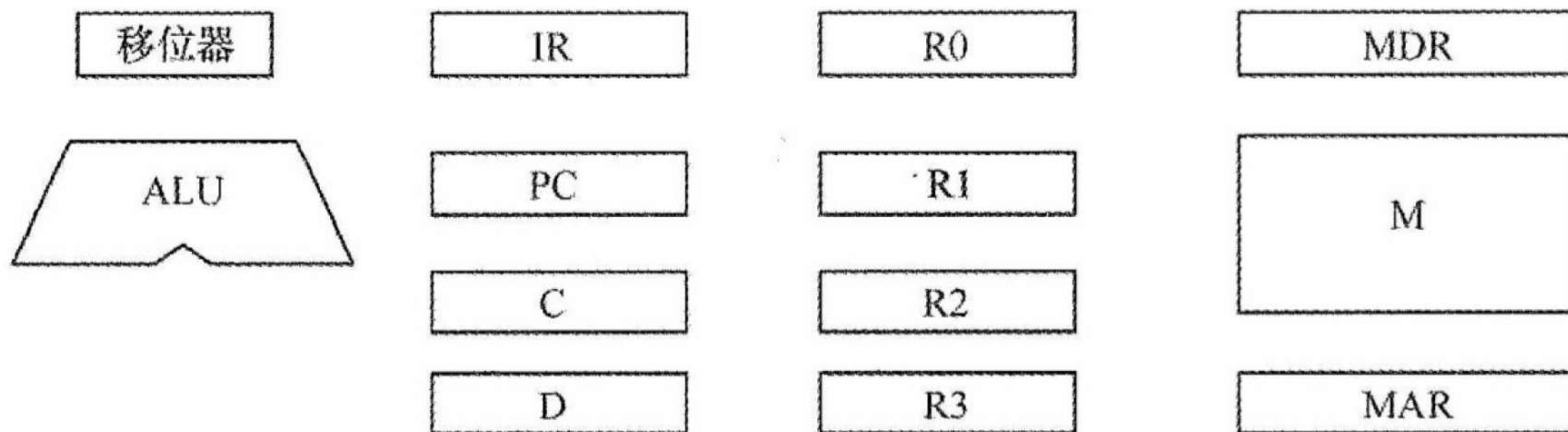


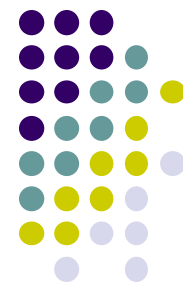


习题3：指令周期流程图

某计算机主要功能部件如下图所示，C/D为暂存器

1) 请补充各部件之间的主要连线，并注明连线数据方向

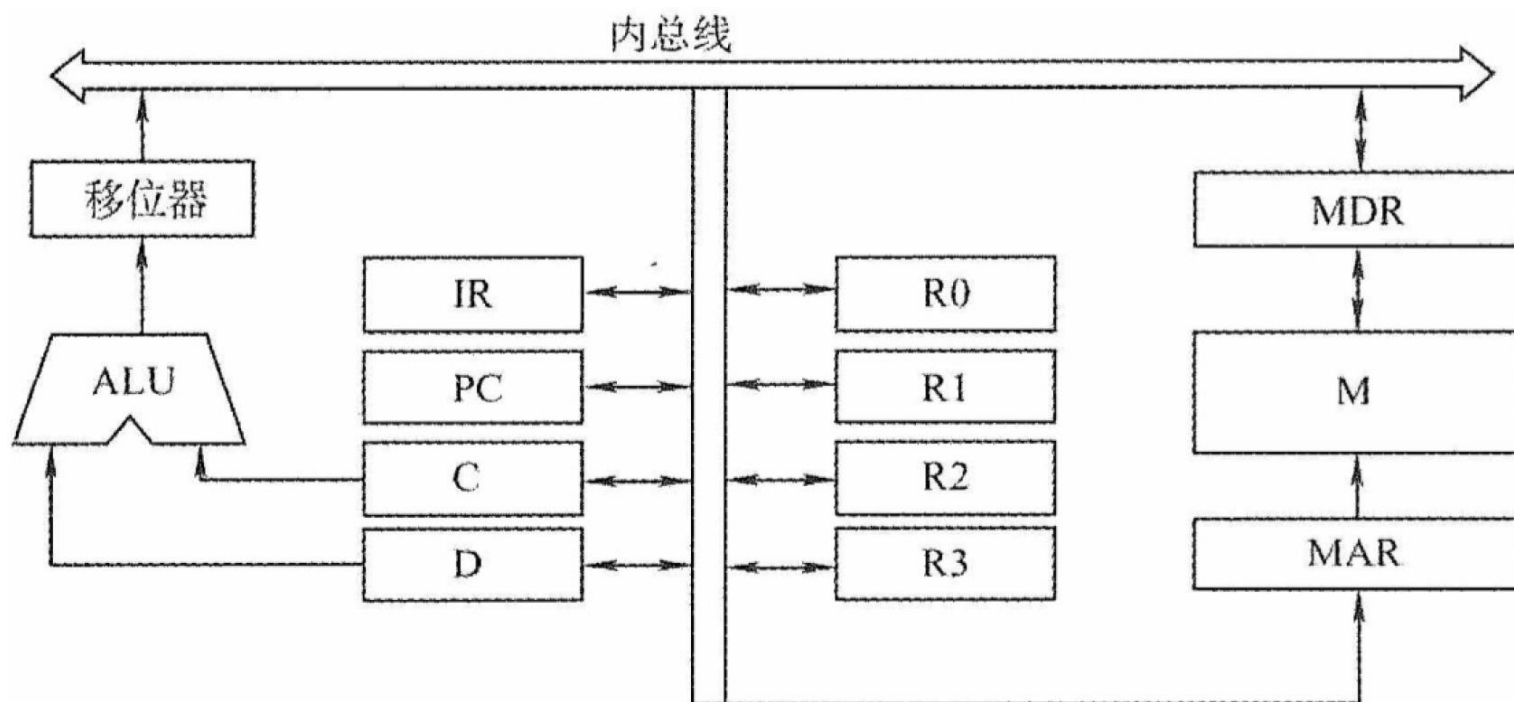




习题3：指令周期流程图

某计算机主要功能部件如下图所示，C/D为暂存器

1) 请补充各部件之间的主要连线，并注明连线数据方向

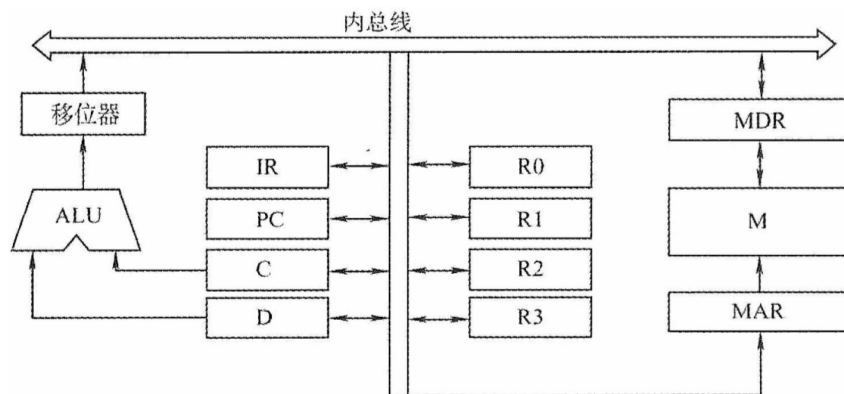




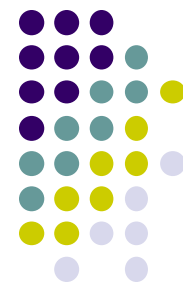
习题3：指令周期流程图

某计算机主要功能部件如下
图所示，C/D为暂存器

2) 画出ADD [R1],[R2]+指令
周期流程图



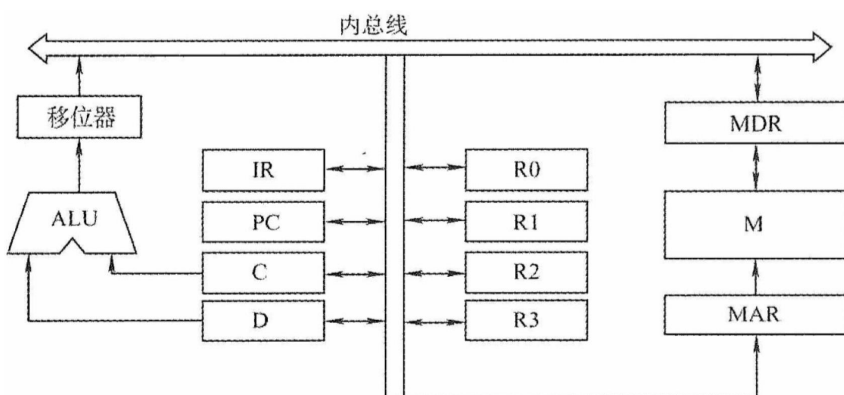
功能 $(R1)+(R2) \rightarrow (R2)$
 $R2++$



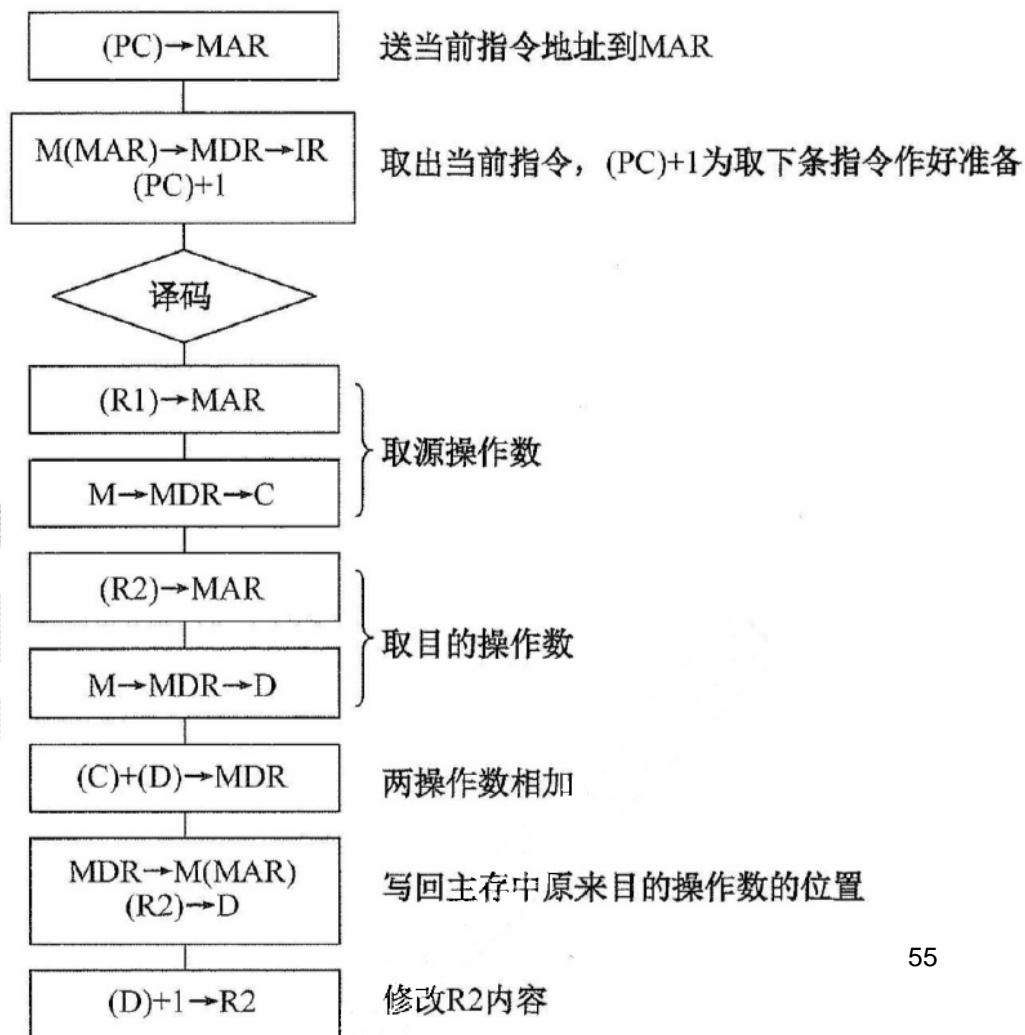
习题3：指令周期流程图

某计算机主要功能部件如下图所示，C/D为暂存器

2) 画出ADD [R1],[R2]+指令周期流程图



功能 $(R1)+(R2) \rightarrow (R2)$
 $R2++$



总结



指令周期与表示

模型机/CPU基本组成

理解CPU各部分功能与数据通路构建

PC、IR、DR、AR、D-Cache、I-Cache、M...

典型指令指令周期

CPU周期：取指译码、执行、（回写）

指令类别：运算、存取、跳转

ADD、MOV、LAD、STO、JMP

指令周期图形化表示

方框图

CPU周期：方框

菱形符号：判别译码

波浪：公操作

指令周期流程图

区别：方框-数据通路

标明控制信号

同一数据通路下，取指周期相同