P300 指令格式

指令是由操作码和地址码两部分组成的

- 操作码；用来指明该指令所要完成的操作
- 地址码；地址码用来指出该指令的源操作数的地址、结果的地址

操作码

操作码的长度可以是固定的，也可以是变化的

操作码长度不固定会增加指令译码和分析的难度，使控制器的设计更加复杂

通常采用扩展操作码技术，使操作码的长度随地址数的减少而增加，不同地址数的指令可以具有不同长度的操作码，从而在满足需要的前提下，有效地缩短指令字长

P302 例7.1

假设指令字长为16位，操作数的地址为6位，指令有零地址、一地址、二地址三种格式

- 设操作码固定，若零地址指令有P种、一地址指令有Q种，则二地址指令最多有几种?
- 采用扩展操作码技术，若二地址指令有X种，零地址指令有Y种，则一地址指令最多有几种?

P306 操作类型

数据传送

数据传送包括

- 寄存器与寄存器
- 寄存器与存储单元
- 存储单元与存储单元

算数逻辑操作

- 算数运算；（加、减、乘、除）
- 逻辑运算；（与、或、非）

移位

移位可分为

- 算数移位；对有符号数乘以2^n（左移）或整除（2^n）的运算
- 逻辑移位；对无符号数乘以2^n（左移）或整除（2^n）的运算
- 循环移位；将移出的低位放到该数的高位（循环右移）或把移出的高位放到该数的低位（循环左移）

转移

- 无条件转移；JMP X
- 条件转移；JZ（为0转移）;JO（溢出转移）;JC（进位转移）等等
- 调用与返回；CALL（调用 子程序）与RETURN（返回）
- 陷阱；Trap

输入输出

P310 寻址方式

指令寻址

顺序寻址

程序计数器加一，自动形成下一条指令的地址

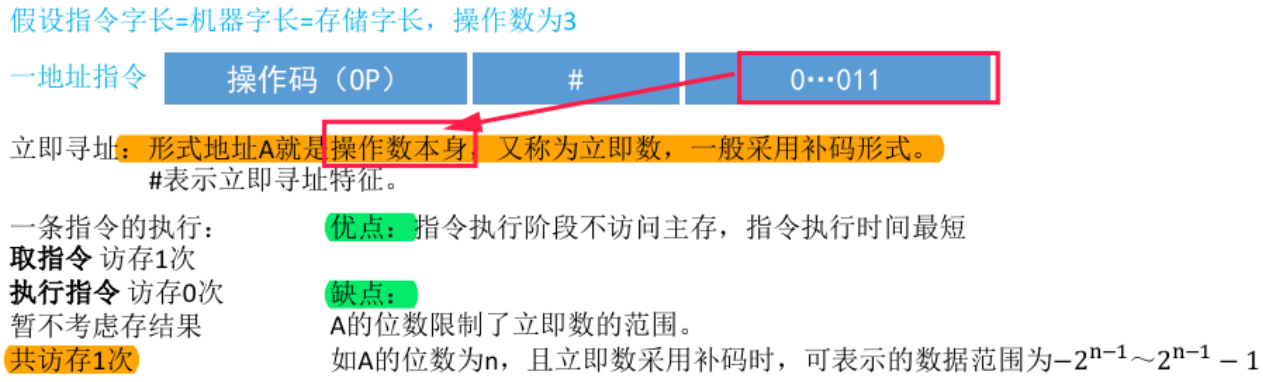
跳跃寻址

通过转移类指令实现

数据寻址

立即寻址

形式地址A不是操作数的地址，而是操作数本身，又称之为立即数；



- 数据采用补码形式存放；
- 用#表示立即寻址特征
- 优点在于取出指令便可获取操作数，不必访存；
- 缺点是显然形式地址A的位数限制了这类指令所能表述的立即数的范围

直接寻址

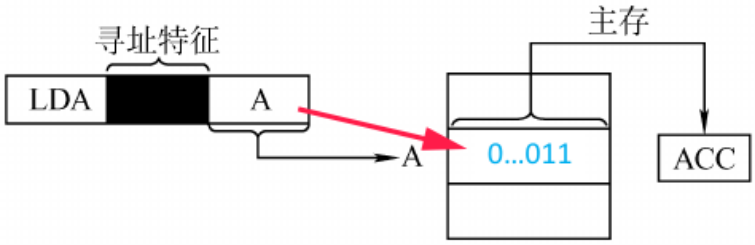
指令字中的形式地址A就是操作数的真实地址EA

EA = A

假设指令字长=机器字长=存储字长，操作数为3

一地址指令 | 操作码（OP） | | 1001…0111

直接寻址：指令字中的形式地址A就是操作数的真实地址EA，即EA=A 。



一条指令的执行：
取指令 访存1次
执行指令 访存1次
暂不考虑存结果
共访存2次

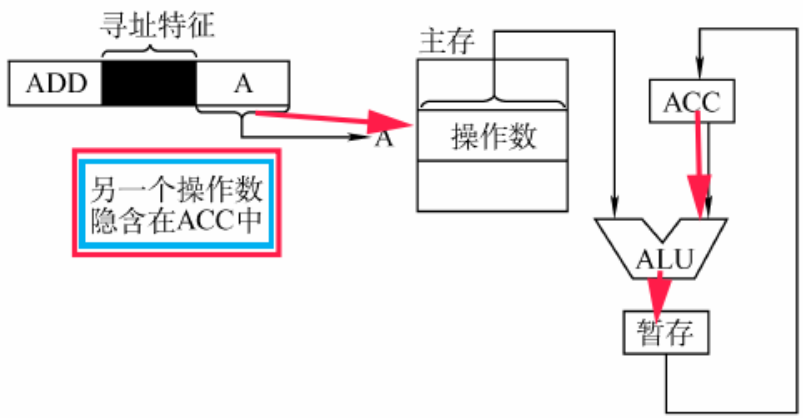
优点：简单，指令执行阶段仅访问一次主存，不需专门计算操作数的地址。

缺点：
A的位数决定了该指令操作数的寻址范围。
操作数的地址不易修改。

隐含寻址

不是明显地给出操作数的地址，而是在指令中隐含着操作数地址

隐含寻址：不是明显地给出操作数的地址，而是在指令中隐含着操作数的地址 。



优点：有利于缩短指令字长。
缺点：需增加存储操作数或隐含地址的硬件。

间接寻址

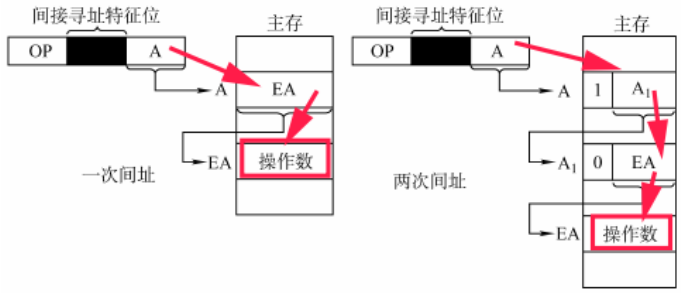
指令中的地址字段给出的形式地址不是操作数的真正地址，而是操作数有效地址所再的存储单元的地址

EA = (A)

假设指令字长=机器字长=存储字长，操作数为3

一地址指令 | 操作码（OP） | | 1001…0111

间接寻址：指令的地址字段给出的形式地址不是操作数的真正地址，而是操作数有效地址所在的存储单元的地址，也就是操作数地址的地址，即EA=(A)。



优点：
可扩大寻址范围(有效地址EA的位数大于形式地址A的位数)。
便于编制程序(用间接寻址可以方便地完成子程序返回)。

缺点：
指令在执行阶段要多次访存(一次间址需两次访存，多次寻址需根据存储字的最高位确定几次访存)。

寄存器寻址

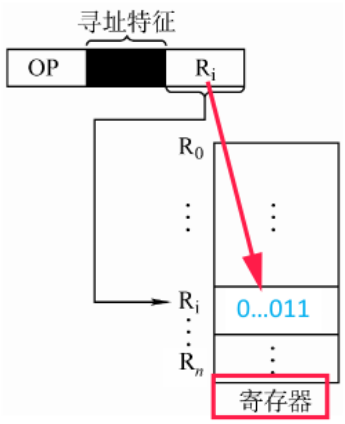
在指令字中直接给出操作数所在的存储器编号，操作数在由Ri所指的寄存器内

EA = Ri

假设指令字长=机器字长=存储字长，操作数为3

一地址指令 | 操作码（OP） | | 1001

寄存器寻址：在指令字中直接给出操作数所在的寄存器编号，即EA =R_i，其操作数在由R_i所指的寄存器内。



一条指令的执行：
取指令 访存1次
执行指令 访存0次
暂不考虑存结果
共访存1次

优点：
指令在执行阶段不访问主存，只访问寄存器，指令字短且执行速度快，支持向量/矩阵运算。

缺点：
寄存器价格昂贵，计算机中寄存器个数有限。

寄存器间接寻址

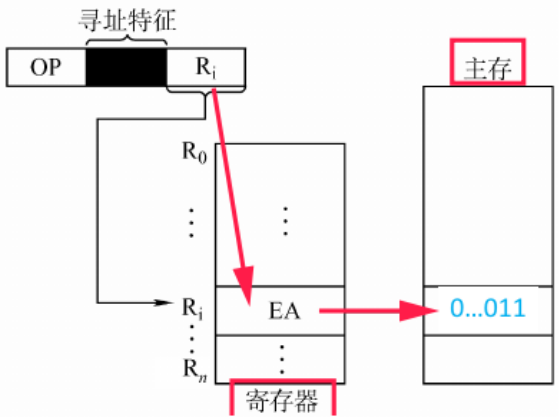
寄存器Ri中给出的不是一个操作数，而是操作数所在主存单元的地址

EA = (Ri)

假设指令字长=机器字长=存储字长，操作数为3

一地址指令 | 操作码（OP） | | 1001 |

寄存器间接寻址：寄存器R_i中给出的不是一个操作数，而是操作数所在主存单元的地址，即$EA=(R_i)$。



一条指令的执行：
取指令 访存1次
执行指令 访存1次
暂不考虑存结果
共访存2次

特点：
与一般间接寻址相比速度更快，但指令的执行阶段需要访问主存(因为操作数在主存中)。

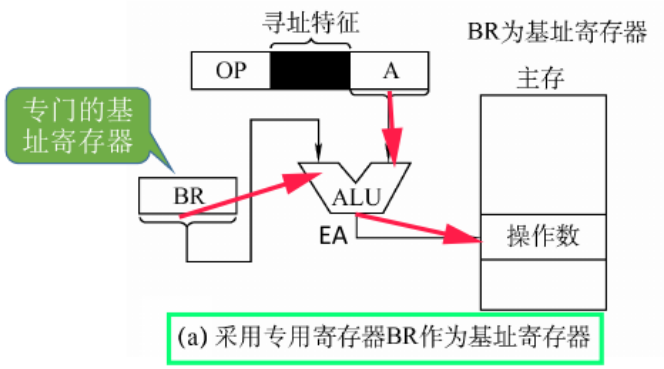
基址寻址

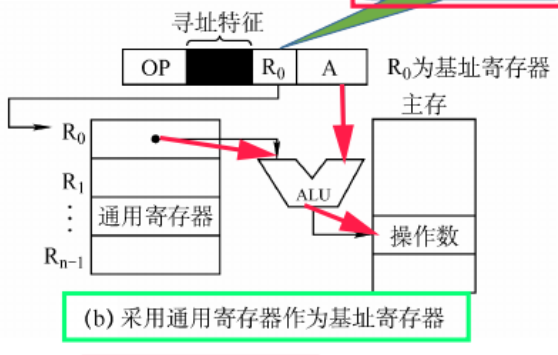
将CPU中基址寄存器（BR）的内容加上指令格式中的形式地址A，而形成操作数的有效地址

EA = (BR) + A

基址寻址：将CPU中基址寄存器（BR）的内容加上指令格式中的形式地址A，而形成操作数的有效地址，即EA=(BR)+A。

在指令中指明，要将哪个通用寄存器作为基址寄存器使用





Tips：可对比操作系统第三章第一节学习，OS课中的“重定位寄存器”就是“基址寄存器”

要用几个bit指明寄存器？

根据通用寄存器总数判断

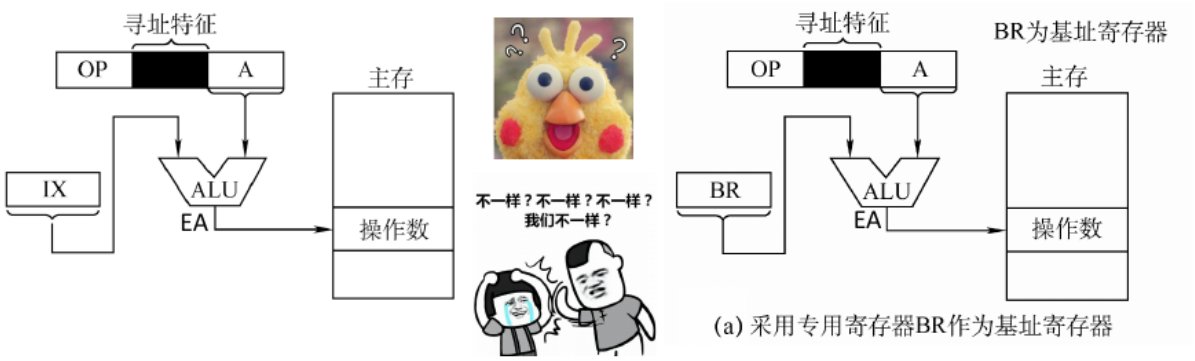
基址寄存器内容由操作系统或管理程序确定，在程序的运行过程中不可改变，指令字中形式地址A可以改变

变址寻址

有效地址EA等于指令字中的形式地址与变址寄存器IX的内容相加之和

EA = (IX) + A

变址寻址：有效地址EA等于指令字中的形式地址A与变址寄存器IX的内容相加之和，
即EA= (IX)+A，其中IX可为变址寄存器（专用），也可用通用寄存器作为变址寄存器。



注：变址寄存器是面向用户的，在程序执行过程中，变址寄存器的内容可由用户改变（IX作为偏移量），形式地址A不变（作为基地址）。

基址寻址中，BR保持不变作为基地址，A作为偏移量

变址寄存器内容由用户设定，在程序执行过程中其值可变，而指令字中的A不可改变

变址寻址主要用于处理数组问题，形式地址A作为数组首地址，变址寄存器作为索引

P318 例7.2

P319 例7.3

P323 例7.4

P323 例7.5

P323 例7.6

P323 例7.7