WEST REEU

「电计 2203 班 | 周常规知识整理共享

作品会对新 38

日期: 2024-10-24 学科: 计算机组成原理

来源: 2021 考研 408 真题

假定计算机 M 字长为 16 位,按字节编址,连接 CPU 和主存的系统总线 中地址线为 20 位、数据线为 8 位,采用 16 位定长指令字,指令格式及说明如 下:

| 格式 | 6 位 | 2 位 | 2位 | 2 位 | 4 位 | 指令功能或指令类型说明 | | |
|----|--------|-----|----|-------|-----|--|--|--|
| R型 | 000000 | rs | rt | rd | opl | $R[rd] \leftarrow R[rs] \text{ op } 1 R[rt]$ | | |
| I型 | op2 | rs | rt | ir | nm | 含ALU运算、条件转移和访存 操作3类指令 | | |
| J型 | op3 | | ta | arget | | PC 的低 10 位 ← target | | |

其中, op1 \sim op3 为操作码, rs,rt 和 rd 为通用寄存器编号, R[r] 表示寄存 器 r 的内容, imm 为立即数, target 为转移目标的形式地址。回答以下问题:

- 1. ALU 的宽度是多少位?可寻址主存空间大小为多少字节?指令寄存器、主 存地址寄存器(MAR)和主存数据寄存器(MDR)分别应有多少位?
- 2. R 型格式最多可定义多少种操作? I 型和 J 型格式总共最多可定义多少种 操作?通用寄存器最多有多少个?
- 3. 假定 op1 为 0010 和 0011 时,分别表示带符号整数减法和带符号整数乘法 指令,则指令 01B2H 的功能是什么(参考上述指令功能说明的格式进行 描述)? 若 1、2、3 号通用寄存器当前内容分别为 B052H、0008H、0020H. 则分别执行指令 01B2H 和 01B3H 后 . 3 号通用寄存器内容各是什么? 各 自结果是否溢出?
- 4. 若采用 I 型格式的访存指令中 imm (偏移量) 为带符号整数,则地址计算 时应对 imm 进行零扩展还是符号扩展?
- 5. 无条件转移指令可以采用上述哪种指令格式?

没见过那么长的题目,吓到了吗?别急,一题一题来。

【第1题】 这题问的是各种「位数」的辨析。

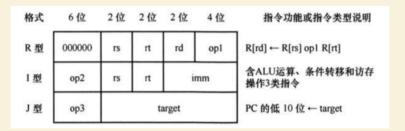
题干表明按字节编址,并给出了四种「位数」:

字长: 16 位
地址线: 20 位
数据线: 8 位
指令字长: 16 位

下面要问那么几个问题:

- ALU 宽度: 16 位——与字长相同, 即为 ALU 运算对象的宽度;
- 可寻址主存空间大小: 2²⁰ 字节 (1 MB) ——按字节编址,而且是 20 位地址线,因此存储芯片容量为 1M×8 位,即 1MB;
- 指令寄存器位数: 16 位——与单条指令字长相同:
- 地址寄存器 MAR 位数: 20 位——与地址线位数相同:
- 数据寄存器 MDR 位数: 8 位——与数据线宽度相同。

【第2题】 这题问的是指令系统,各种指令的可用数量。



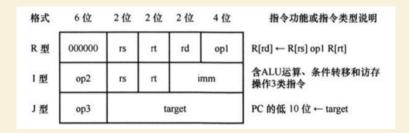
- R 型指令: 这是三地址指令, op1 是 4 位操作码, 所以共 $2^4 = 16$ 种。
- I,J 型指令: I 型是二地址指令, J 型是一地址指令, op2,op3 是 6 位操作码。本来能用 2⁶ = 64 种,不过全零的一种被 R 型指令占据,所以是 63 种。注意题干问的是 I 型和 J 型格式「总共」可定义,这两种指令共享前 6 位的操作码空间。
- 通用寄存器最多有多少个: 寄存器编号 rs,rt,rd 都是 2 位, 说明只有 00,01,10,11 共 4 种可能, 因此最多有 4 个。

【第3题】 这题问的是指令翻译,以及十六进制数的计算。

把两条指令都翻译一下,得到表 1:

| 指令 | 二进制 | rs | rt | rd | op1 |
|-------|---------------------|----|----|---------------------|------|
| 01B2H | 0000 0001 1011 0010 | 01 | 10 | 11 | 0010 |
| 01B3H | 0000 0001 1011 0011 | 01 | 10 | 11 | 0011 |

表 1: 第 3 题两条指令的信息



于是指令 01B2H 的功能就是,把 1 号寄存器 rs 的内容和 2 号寄存器 rt 的内容做出带符号整数减法,放在 3 号寄存器 rd 中,也就是: $R[3] \leftarrow R[1] - R[2]$ 。

现在 R[1],R[2],R[3] 分别为 B052H,0008H,0020H, 执行指令 01B2H, 列竖式计算: (像三年级学过的四位数减四位数一样,最低位借来一个 16, 作退位减法)

于是 R[3] 变成了 B04AH, 没有溢出。

执行指令 01B3H, 也就是 $R[3] \leftarrow R[1] \times R[2]$, 也就是 $B052H \times 8$ 。列竖式 计算:

(在十六进制下: $2\times8=16=10_{(16)}$, 二八一十; $5\times8+1=41=29_{(16)}$, 五八二十八,加一二十九; $\mathbf{B}\times8=88=58_{(16)}$, \mathbf{B} 八五十八。)

于是 R[3] 变成了 8290H, 而且有溢出 (溢了一个 5)。

另一种理解方式是,把 B052H 左移 3 位,这样恰好是乘 2^3 。

1011 0000 0101 0010 1000 0010 1001 0000

由于 B052H 符号位为 1,是个负数,左移的时候移出了 101,并不都与符号位 1 相同,所以发生了溢出。或许这样理解更直观一些。

【第 4 题】 偏移量 imm 是带符号整数,相当于相对寻址的 $S=((PC)\pm\operatorname{imm})$,所以当然带符号扩展。

零扩展和符号扩展:举个例子,要把一个 6 位二进制数扩展到 16 位,那么高 10 位 应该填补 0 还是填补符号位?

比如数字 6:6 位二进制数为 000110,那么扩展后的 16 位数是 0000 0000 0000 0110。此时零扩展和符号扩展都算正确。

比如数字 -6:6 位二进制数源码为 100110 (最高位为符号), 补码为 111010, 那么 扩展后的 16 位数应该是什么呢?

A. 0000 0000 0011 1010 B. 1111 1111 1111 1010

显然,A 属于零扩展,符号位在扩展后却消失了,明显不合适;B 属于符号扩展,填补了符号位 1,而且 B 还原至原码为 $1000\ 0000\ 0000\ 0110$,仍然是 -6。因此,**对于负数,只有符号扩展正确**。

【第 5 题】 无条件转移指令是 JMP x,属于一地址指令,且需要更新 PC 内容,因此使用 J 型指令格式,把 target 写入 PC 的低 10 位,完成跳转。

【结论】见各题详细解析。

【点评】这道题是计组考研的一道综合题,融合了各种「位数」的辨析,指令系统中指令的类型、可用数量、指令翻译,十六进制数的运算,零扩展与符号扩展等知识点,难度较大,需要同学们把知识融会贯通才能解决此题。