**作业：习题2(4)、2(9)、3、6、7、8、9、12、14、15、16、17、19**

2.（4）哪些寻址方式下的操作数在寄存器中？哪些寻址方式下的操作数在存储器中？

2.（9）转移跳转和调用指令的区别是什么？返回指令是否需要有地址码字段？

3. 假定某计算机中有一条转移指令，采用相对寻址方式，共占两个字节，第一字节是操作码，第二字节是相对位移量（用补码表示），CPU每次从内存只能取一个字节。假设执行到某转移指令时PC的内容为258，执行该转移指令后要求转移到220开始的一段程序执行，则该转移指令第二字节的内容应该是多少？

6. 计算机指令系统采用定长指令字格式，指令字长16位，每个操作数的地址码长6位。指令分二地址、单地址和零地址三类。若二地址指令有k2条，无地址指令有k0条，则单地址指令最多有多少条？

7. 某计算机字长16位，存储器存取宽度为16位，即每次从存储器取出16位。CPU中有8个16位通用寄存器。现为该机设计指令系统，要求指令长度为字长的整数倍，至多支持64种不同操作，每个操作数都支持4种寻址方式：立即（I）、寄存器直接（R）、寄存器间接（S）和变址（X）寻址方式。存储器地址位数和立即数均为16位，任何一个通用寄存器都可作变址寄存器，支持以下7种二地址指令格式（R、I、S、X代表上述4种寻址方式）：RR型、RI型、RS型、RX型、XI型、SI型、SS型。请设计该指令系统的7种指令格式，给出每种格式的指令长度、各字段所占位数和含义，并说明每种格式指令的功能以及需要的访存次数？

8. 某计算机字长为16位，主存地址空间大小为128 KB，按字编址。采用单字长定长指令格式，指令各字段定义如下：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 15 12 | 11 | 6 | 5 | 0 |
| OP | Ms | Rs | Md | Rd |
|  | 源操作数 | | 目的操作数 | |

转移指令采用相对寻址方式，相对偏移量用补码表示。寻址方式定义如表7.4所示。

表7.4 题8中定义的寻址方式及其含义

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ms / Md | 寻址方式 | 助记符 | 含义 |
| 000B | 寄存器直接 | Rn | 操作数=R[Rn] |
| 001B | 寄存器间接 | (Rn) | 操作数=M[R[Rn]] |
| 010B | 寄存器间接、自增 | (Rn)+ | 操作数=M[R[Rn]], R[Rn]←R[Rn]+1 |
| 011B | 相对 | D(Rn) | 转移目标地址=PC+R[Rn] |

（注：M[x]表示存储器地址x中的内容，R[x]表示寄存器x中的内容）

请回答下列问题：

（1）该指令系统最多可有多少条指令？该计算机最多有多少个通用寄存器？存储器地址寄存器（MAR）和存储器数据寄存器（MDR）至少各需要多少位？

（2）转移指令的目标地址范围是多少？

（3）若操作码0010B表示加法操作（助记符为add），寄存器R4和R5的编号分别为100B和101B，R4的内容为1234H，R5的内容为5678H，地址1234H中的内容为5678H，地址5678H中的内容为1234H，则汇编语句“add (R4), (R5)+”（逗号前为第一源操作数，逗号后为第二源操作数和目的操作数）对应的机器码是什么（用十六进制表示）？该指令执行后，哪些寄存器和存储单元的内容会改变？改变后的内容是什么？

9. 假定A是一个32位的地址，A\_upper20和A\_lower12分别表示地址A的高20和低12位，以下RV32I指令用来将存放在存储器地址A处的机器数读入寄存器t1中。

lui t0, A\_upper20\_adjusted #将A\_upper20\_adjusted的低位添加12个0，送t0

xori t0, t0, A\_lower12 #将A\_lower12高20位符号扩展后与t0异或，送t0

lw t1, 0(t0) #将t0内容和0相加得到有效地址，从中取数送t1

上述第一条指令中A\_upper20\_adjusted的值是如何由A\_upper20得到的？

上述功能也能用以下两条RV32I指令来实现。请问以下第一条指令中的A\_upper20\_adjusted的值又是如何得到的？

lui t0, A\_upper20\_adjusted

lw t1, A\_lower12(t0) #将A\_lower12进行符号扩展后，和t0的内容相加，

#得到有效地址，从中取数送t1

12. 有些计算机提供了专门的指令，能从32位寄存器中抽取其中任意一个位串置于另一个寄存器的低位有效位上，并在高位补0，如图7.17所示。RISC-V指令系统中没有这样的指令，请写出最短的一个RV32I指令序列来实现这个功能，要求i=5, j=22, 操作前后的寄存器分别为t1和t2。

31

j

i

0

(31–j)位

(j–i)位

(i+1)位

31

0

(32–(j–i) )位

(j–i)位

0

000

图4.18 题12图

14. 下列指令序列用来对两个数组进行处理，并将结果存放在a0中。已知4个入口参数中，两个数组的基地址分别存放在a0和a1，两个数组长度分别存放在a2和a3。要求为以下每条RV32I指令加注释，并写出该过程对应的C语言程序段，且说明该C程序中的变量和寄存器之间的对应关系。假定每个数组有2500个字，其数组下标为0到2499，该指令序列运行在一个时钟频率为2GHz的处理器上，add、addi和slli指令的CPI为1；lw和bne指令的CPI为2，则最坏情况下运行该段指令所需时间是多少秒？

slli a2, a2, 2

slli a3, a3, 2

add t5, zero, zero

add t0, zero, zero

outer: add t4, a0, t0

lw t4, 0(t4)

add t1, zero, zero

inner: add t3, a1, t1

lw t3, 0(t3)

bne t3, t4, skip

addi t5, t5, 1

skip: addi t1, t1, 4

bne t1, a3, inner

addi t0, t0, 4

bne t0, a2, outer

mv a0, t5

15. 假定编译器将a和b分别分配到t0和t1中，用一条RV32I指令或最短的RV32I指令序列实现以下C语言语句：b=31&a。如果把31换成65535，即b=65535&a，则用RV32I指令或指令序列如何实现？

16. 以下程序段是某个过程对应的RV32I指令序列，其功能为复制一个存储块数据到另一个存储块中，存储块中每个数据的类型为int，sizeof(int)=4，源数据块和目的数据块的首地址分别存放在a0和a1中，复制的数据个数存放在t0中，最终作为返回参数通过寄存器a0返回给调用过程。假定在复制过程中遇到0就停止复制，最后一个0也需要复制，但不被计数。已知该程序段中有多个bug，请找出它们并修改之。

addi t0, zero, 0

loop: lw t1, 0(a0)

sw t1, 0(a1)

addi a0, a0, 4

addi a1, a1, 4

beq t1, zero, loop

mv a0, t0 #伪指令，对应addi a0, t0, 0

17. 请说明RV32I中beq指令的含义，并解释为什么汇编程序在对下列汇编语言源程序中的beq指令进行汇编时会遇到问题，应该如何修改该程序段？

here: beq t0, t2, there

……

there: addi t1, a0, 4

19. 某C语言源程序中的一个while语句为“while (save[i] == k ) i += 1;”，若对其编译时，编译器将i和k分别分配在寄存器s3和s5中，数组save的基址存放在s6中，则生成的RV32I汇编代码段如下。

loop: slli t1, s3, 2 # R[t1]←R[s3]<<2，即R[t1]=i×4

add t1, t1, s6 # R[t1]←R[t1]+R[s6]，即R[t1]=address of save[i]

lw t0, 0(t1) # R[t0]←M[R[t1]+0]，即R[t0]=save[i]

bne t0, s5, exit # if R[t0]≠R[s5]=k then goto exit

addi s3, s3, 1 # R[s3]←R[s3]+1，即i=i+1

j loop # goto loop

exit:

假设从loop处开始的指令存放在内存40000处，上述循环对应的RV32I机器码如图4.19所示。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 7位 | 5位 | 5位 | 3位 | 5位 | 7位 |
| 40000 | 0 | 2 | 19 | 1 | 6 | 19 |
| 40004 | 0 | 22 | 6 | 0 | 6 | 51 |
| 40008 | 0 | | 6 | 2 | 5 | 3 |
| 40012 | 0 | 21 | 5 | 1 | 12 | 99 |
| 40016 | 1 | | 19 | 0 | 19 | 19 |
| 40020 | 1043967 | | | | 0 | 111 |
| 40024 | …… |  |  |  |  |  |

图4.19 题19图

根据上述叙述，回答下列问题，要求说明理由或给出计算过程。

（1）RISC-V的编址单位是多少？数组save每个元素占几个字节？

（2）为什么指令“slli t1, s3, 2”能实现4×i的功能？

（3）该指令序列中，哪些指令是R-型？哪些是I-型？哪些是B-型？哪些是J-型？

（4）t0和s6的编号各为多少?

（5）指令“j loop”是哪条指令的伪指令？其操作码的二进位表示是什么?

（6）标号exit的值是多少？如何根据40012处的指令计算得到？

（7）标号loop的值是多少？如何根据40020处的指令计算得到？

（提示1 043 967=1024×1024-1-512-4096）