

## 第六周作业

9. (1) 由于jal指令含20位有符号立即数编码，所以其跳转范围可以以当前PC的相对地址 $-2^{19}$ 到 $2^{19}-1$ 的地址空间。所以jal指令可跳转的地址空间的跨度为 $2^{20}$ 个地址。但还需考虑jal指令的指令长度为4字节，实际上可跳转的地址范围需要考虑指令长度的影响。

(2) 条件分支指令(如bne)含12位有符号立即数编码，所以其跳转范围相较当前PC可跳转的地址空间范围是 $-2^1$ 到 $2^1-1$ ，指令可跳转的地址空间跨度为 $2^1$ 个地址。但bne指令的指令长度也为4字节，实际可跳转的地址范围需考虑指令长度影响。

(3) 可以使用一条lui指令和一条jalr指令的组合完成任意32位绝对地址的跳转操作。首先使用lui指令将一个20位的立即数左移12位，得到一个32位的值，并将其存储到一个寄存器中；然后jalr指令可以将寄存器中的值作为跳转地址，并将当前指令的地址保存到另一个寄存器中。这样通过将lui指令和jalr指令结合，就可以跳转到任意32位绝对地址。

10. 答：在RVC中，一条常用的32位指令可以被压缩为16位RVC指令的条件如下：

① 该指令必须属于RISC-V的32位指令集(即I、R、S、B、U、J类型指令)，而不属于扩展指令集(如M、A、F、D等)的指令。

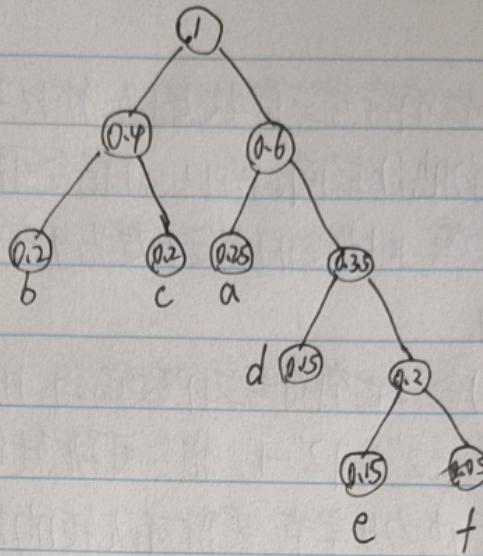
② 该32位指令必须支持RVC指令集中提供的对应指令。

③ 指令中涉及的寄存器只能是16个通用寄存器x0~x15中的一个，立即数的范围必须在 $-2^1$ ~ $2^1-1$ 之间，指令中的操作数寻址方式必须是寄存器直接寻址或立即数寻址。

RVC中不是各类型的指令都可以使用完整的32个通用整型寄存器，不同类型的指令可以使用的通用整型寄存器数量是不同的。其中算术/逻辑型指令、分支型指令、条件型指令、跳转型指令等可以使用32个通用整型寄存器。但一些指令只能使用16个通用整型寄存器。

## 18. 解 霍夫曼编码为

$a_i$	$P_i$	$l_i$	$c(a_i)$
a	0.25	2	10
b	0.20	2	00
c	0.20	2	01
d	0.15	3	110
e	0.15	4	1110
f	0.05	4	1111



操作码平均长度

$$\sum_{i=1}^6 P_i l_i = 2.55$$

信息冗余度

$$R = 1 - \frac{\sum_{i=1}^6 P_i \cdot \log_2 P_i}{\log_2 6} = 1 - \frac{2.4659}{2.5849} = 0.046$$

19. (1) 栈溢出是指程序在执行函数调用时，将大量数据压入栈中，导致栈内存耗尽，继续向栈中压入数据时就会发生栈溢出的情况。函数嵌套调用层数过多时，每次调用都会向栈中压入一些数据，如局部变量等，都会占用栈内存。若嵌套层数过多，也容易压入过量数据导致栈溢出。递归会反复调用一个函数，若一直不满足终止条件就会陷入死循环，不断调用自身，不断向栈中压入数据，直到栈溢出。栈溢出会导致程序崩溃或不可预测的错误。

(2) 缓解或避免栈溢出问题的方法：

① 减小递归深度：可以通过循环或者尾递归的方式来减少递归深度，从而避免栈溢出问题。

② 增大栈空间：在一些需要大量栈空间的场景下，可通过增加栈空间的大小来避免栈溢出。

③ 使用堆内存：栈内存通常比堆内存小，因此可使用堆内存代替栈内存。

④避免过多的局部变量：过多的局部变量也可能导致栈溢出。可以将局部变量转换为全局变量或静态变量，减少栈内存的使用。

⑤使用动态内存分配，避免在栈中分配过多的内存。

20. 答：  
ra (F1)

a0 (F1)

to (F1)

s0 (F1)

ra (F2)

a0 (F2)

a1 (F2)

to (F2)

t1 (F2)

s0 (F2)

s1 (F2)