

9. 回答以下问题：

- 1) jal 指令包含 20 位的有符号立即数编码 (J-type)，该指令相较当前 PC 可以跳转的地址空间范围为多少？
- 2) 条件分支指令 (如 bne) 包含 12 位的有符号立即数编码 (B-type)，这类指令相较当前 PC 可以跳转的地址空间范围为多少？
- 3) 是否可以使用一条 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？

- 1) 因为 20 位有符号立即数，则表示 $-2^{19} \sim 2^{19}-1$ 之间的范围，又因为实际偏移量为 $2^x imme$ ，则可跳转到相较于相邻 PC 前后 $2 \times 2^9 = 2^{10}$ 字节，即前后 1MB 的范围。
- 2) 因为 12 位有符号立即数，则表示 $-2^{11} \sim 2^{11}-1$ 之间范围，实际跳转偏移量为 $2^x imme$ ，则可跳转到相较于相邻 PC 前后 $2 \times 2^{11} = 2^{12}$ 字节，即前后 4KB。
- 3) lui 将高 20 位的绝对地址存储在目标寄存器中，而低 12 位使用 jalr 跳转。

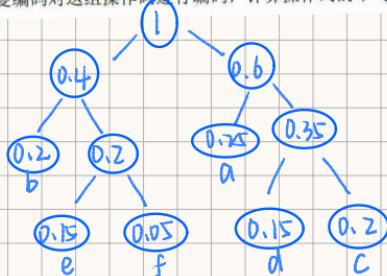
10. 调查 RVC 压缩指令集的编码，说明一条常用的 32 位指令能够被压缩为 16 位 RVC 指令的条件是什么？RVC 中各类型的指令是否都可以使用完整的 32 个通用整型寄存器？

- ① 指令类型必须为 R 型、I 型或 S 型，指令中的立即数必须在指定范围内，指令中的寄存器偏移量必须在指定的范围内，指令中的操作码必须是指定的操作码之一，同时还要根据指令的上下文判断。
- ② 在 RVC 指令集中，每个指令都有一个 4 位的寄存器字段，用于指定操作数所在的寄存器。对于 R 型和 I 型指令，寄存器字段有 4 位，可以使用 32 个寄存器偏移量；对于 S 型和 B 型指令，寄存器字段只有 3 位，可以使用 16 个寄存器。

18. 有一组操作码，它们的出现几率如下表所示。

a_i	p_i
a	0.25
b	0.20
c	0.20
d	0.15
e	0.15
f	0.05

请按照霍夫曼编码对这组操作码进行编码，计算操作码的平均长度和信息冗余度。



$$\text{平均长度} \quad \frac{6}{2} \sum_{i=1}^6 p_i l_i = 0.75 \times 2 + 0.2 \times 2 + 0.15 \times 2 \times 3 + 0.2 \times 3 + 0.05 \times 3 = 2.55$$

$$\text{冗余度: } 1 - \frac{-\sum_{i=1}^6 p_i \log_2 p_i}{2.55} \approx 3.3\%$$

19. 回答以下问题：

- 1) 当函数嵌套调用层数过多（例如递归陷入死循环时），可能会造成栈溢出，请简述其原理。
- 2) 有什么办法可以缓解或避免特定情况下的栈溢出问题？

1) 当一个函数被调用时，它的参数和返回地址会压入栈中。在函数嵌套调用的过程中，每次调用都会将一些数据压入栈中，并在函数返回时弹出数据。如果函数嵌套过多，使用的栈空间超过了系统为它分配的栈空间大小，栈底和其它内存区域之间的边界会被破坏。当往栈中写入数据时，这些数据会覆盖其它内存区域的数据。

2) ① 增大栈空间：可以通过修改程序的编译选项或者操作系统的设置来实现。
② 减少函数的嵌套使用。
③ 使用动态内存分配，例如 malloc。
④ 增加栈空间检查或使用栈保护技术。

20. 假设有三个函数：F1、F2 和 F3。其中 F1 包含 1 个输入参数，计算过程使用寄存器 t0 和 s0；F2 包含 2 个输入参数，计算过程使用寄存器 t0-t1 及 s0-s1，返回一个 int 值。F1 执行过程中会调用 F2，F2 执行过程中会调用 F3。下表模拟了 F1 执行过程中栈的内容，其中第一行为 F1 函数被首次调用时 sp 寄存器指向的位置。请在表中填入当 F2 函数首次调用 F3 前栈内保存的可能内容，并在每行的括号内标注该值是被哪个函数所保存的。第一行的内容已经给出。（可根据需要增删行数）

ra (F1)
s0 (F1)
t0
sp (F1)
ra (F2)
s0 (F2)
s1
t0
t1
sp (F2)