

第六周作业

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) jal : $\text{next pc} \leftarrow \text{current pc} + \text{sign-extend}(\text{imm}20 \ll 1)$

即加上一个 21 位二进制数能表示的数： $-2^{20} \sim 2^{20}-1$

指令可跳转范围为土 1MB 的地址空间。

(2) bne : $\text{next pc} \leftarrow \text{current pc} + \text{sign-extend}(\text{imm}12 \ll 1)$

即加上一个 13 位二进制数能表示的数： $-2^{12} \sim 2^{12}-1$

指令可跳转范围为土 4KB 的地址空间。

(3) 可以。绝对地址：address[31:0]

lui to address[31:12] 并将高 20 位加载至加中。

jalr t1, to, address[11:0] 并跳转至 to + 1 个 20 位的绝对地址处

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) 常用 32 位指令能被压缩条件：

① 常常只访问寄存器堆的某几个。

② 目标寄存器常为源寄存器之一，或访问的寄存器数量少。

③ 立即数较小

(2) 不能。由于指令长度减小，某些 RVC 指令寄存器地址只有 3 位，即只能访问其中 8 个寄存器。

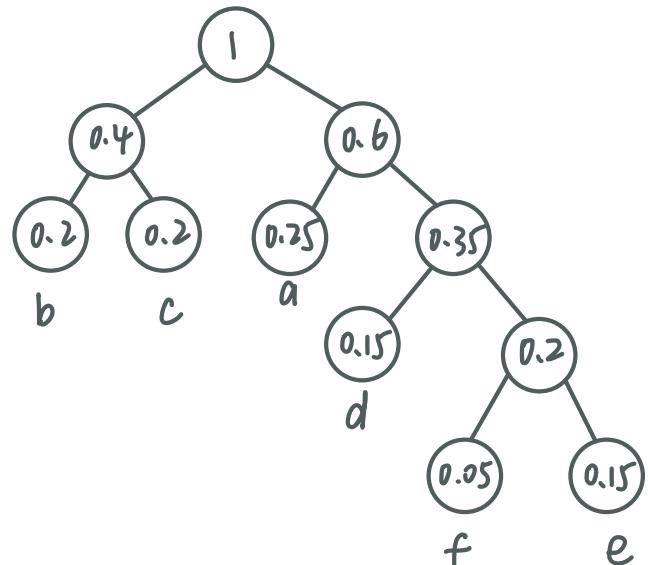
18. 有一组操作码，它们的出现几率如下表所示。

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。

a_i	p_i	l_i	$c(a_i)$
a	0.25	2	10
b	0.2	2	00
c	0.2	2	01
d	0.15	3	110
e	0.15	4	1111
f	0.05	4	1110



$$\text{平均长度: } \sum_{i=1}^6 p_i l_i = 0.5 + 0.4 + 0.4 + 0.45 + 0.8 = 2.55$$

$$\begin{aligned} \text{最短平均长度: } H &= -\sum_{i=1}^6 p_i \log_2(p_i) \\ &= 2.47 \end{aligned}$$

$$\text{信息冗余度: } R = 1 - \frac{H}{2.55} = 1 - \frac{2.47}{2.55} = 3.1\%$$

19. 回答以下问题:

- 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。
- 有什么办法可以缓解或避免特定情况下的栈溢出问题？

(1) 原理: 每调用一个子函数都会开辟一段栈空间，来存放该函数的返回地址及临时变量等数据，当嵌套调用层数过多时，存放数据超出栈总空间容量，则发生上溢。

(2) 避免方法：

- ① 减少每层函数使用的栈空间。
- ② 对占用较大空间的参数应传指针。
- ③ 用循环代替递归函数，减少函数调用层次。

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)
a0 (F1)
t0 (F1)
ra (F2)
s0 (F2)
a0 (F2)
a1 (F2)
t0 (F2)
t1 (F2)

F1 : ra caller
s0 callee
t0 caller (F2 使用 it, 调用前需保存)
a0 caller

F2 : ra
s0
a0
a1
t0-t1
t1 : callee (F1 没使用 s1, 不需保存)

> caller (F3 可能使用, 需保存)