

第10次作业

5. 基本 CPI 为 1 分支频率 15%

方案 A: BTB 缺失为额外 3 个周期 命中但预测错误为额外 4 个周期 正确无代价
命中率 90% 正确率 90% 将额外的计入分支指令的 CPI

| | 缺失 | 命中但错误 | 正确命中 |
|----------|-----|---------|---------|
| 分支指令 CPI | 1+3 | 1+4 | 1 |
| 概率 | 0.1 | 0.9×0.1 | 0.9×0.9 |
| | 0.4 | 0.45 | 0.81 |

$$\text{分支指令平均 CPI} = 0.4 + 0.45 + 0.81 = 1.66$$

$$\text{总平均 CPI} = 1 \times 0.85 + 1.66 \times 0.15 = 1.099$$

方案 B: 分支指令 CPI = 3

$$\text{总平均 CPI} = 1 + (3-1) \times 0.15 = 1.3$$

$$1.099 \div 1.3 = 84.54\%$$

$$1.3 \div 1.099 = 1.183$$

$$1 - 0.8454 = 15.46\%$$

方案 A 比方案 B 快 15.46%，加速比为 1.183

12. (1) `for(i=0; i!=10000; i++)`

{

`if (i % 2 == 0)`

`{code A;}`

`if (a1 % 5 == 0)`

`{code B;}`

}

(2) B1 bne a2, a0, Rem2

a2 结果为 0, 1, 0, 1, 0, 1, ... 跳转比例 50%

B2 bne a2, a0, End

a2 结果为 0, 1, 2, 3, 4, 0, 1, 2, 3, 4, ... 跳转比例为 80%

B3 bne a1, a4, Loop

跳转比例为 99.99%

(3) 对 B1 准确率 50%

对 B2 准确率 20%

对 B3 准确率 99.99%

13. (1) 共有 11 条指令，其中 bne 分别位于第 6、9、11 条的位置

若考虑所有指令均映射局部预测器，则 $k=4$, $2^4=16 > 11$

若只需使 3 条 bne 由映射不同，相对位置 $11-6+1=6$, $k=3$, $2^3=8 > 6$ 即可

(2) 对 B1：只要 $N \geq 2$ ，即与 12 题中准确率相同（相当于均预测不跳转）

对 B2：只要 $N \geq 1$ 即超过 12 题中准确率

对 B3： $N \geq 2$

综上 N 最小值为 2

(3) B1 准确率 50%

B2 在执行多次后，存储为 11，进入循环，准确率 80%

B3 在执行多次后，存储为 11，进入循环，准确率为 99.99%

14. 对B1: 以2为周期 只需1位
对B2: 以5为周期 R需3位
对B3: 以10000为周期 需要14位
H最小为14位

15. 对B1: 只需3位
对B2: 只需12位
对B3: 需要 $3 \times 9999 = 29997$ 位

16. 进入: 跳转 不进入: 不跳转 每Q次跳转, 1次不跳转, 循环P次
方案A: $N=1$ 局部预测器 方案B: 局部分支历史 $H=Q > 2$
{1错} $Q-1$ 对 {1错} 重复 P 次
共错 $P(Q-1)$ 次
共错 $2P$ 次
 $\Rightarrow P < 2Q-1$
此时, 方案A 优于 方案B

17. (1) 共循环 8 次跳出 没初态所有均为 00

a_4 为 1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0

B1: 00, 00, 01, 00, 01, 00, 01, 00

准确: $\checkmark, \times, \checkmark, \times, \checkmark, \times, \checkmark, \times$ 错 4 次

a_1 为 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0

B2: 00, 01, 10, 11, 11, 11, 11, 11

准确: $\times, \times, \checkmark, \checkmark, \checkmark, \checkmark, \checkmark, \times$ 错 3 次

所以发生 7 次错误 (初始所有均为 00), 若考虑不是第一次执行, 则初态分别为 01, 10,

错误为 5 次

(2) 1 位全局分支历史 只能得知上一次分支预测的结果, 第一次执行, 错误 9 次; 后续执行, 错 10 次

\checkmark ① 0, $a_4=1$ 不跳转 $\rightarrow \boxed{0} \Rightarrow \rightarrow \boxed{0}$ 0 \rightarrow 0

\times ② 0, $a_4=7$ 跳转 $\rightarrow \boxed{0} \Rightarrow \rightarrow \boxed{1}$ 0 \rightarrow 1

\times ③ 1, $a_4=0$ 跳转 $\rightarrow \boxed{1} \Rightarrow \rightarrow \boxed{1}$ 1 \rightarrow 1

\checkmark ④ 1, $a_4=6$ 跳转 $\rightarrow \boxed{1} \Rightarrow \rightarrow \boxed{1}$ 1 \rightarrow 1

\times ⑤ 1, $a_4=1$ 不跳转 $\rightarrow \boxed{1} \Rightarrow \rightarrow \boxed{0}$ 1 \rightarrow 0

\checkmark ⑥ 0, $a_4=5$ 跳转 $\rightarrow \boxed{0} \Rightarrow \rightarrow \boxed{1}$ 0 \rightarrow 1

\times ⑦ 1, $a_4=0$ 跳转 $\rightarrow \boxed{1} \Rightarrow \rightarrow \boxed{1}$ 1 \rightarrow 1

\checkmark ⑧ 1, $a_4=4$ 跳转 $\rightarrow \boxed{1} \Rightarrow \rightarrow \boxed{1}$ 1 \rightarrow 1

\times ⑨ 1, $a_4=1$ 不跳转 $\rightarrow \boxed{1} \Rightarrow \rightarrow \boxed{0}$ 1 \rightarrow 0

\checkmark ⑩ 0, $a_4=3$ 跳转 $\rightarrow \boxed{0} \Rightarrow \rightarrow \boxed{1}$ 0 \rightarrow 1

\times ⑪ 1, $a_4=0$ 跳转 $\rightarrow \boxed{1} \Rightarrow \rightarrow \boxed{1}$ 1 \rightarrow 1

\checkmark ⑫ 1, $a_4=2$ 跳转 $\rightarrow \boxed{1} \Rightarrow \rightarrow \boxed{1}$ 1 \rightarrow 1

\times ⑬ 1, $a_4=1$ 不跳转 $\rightarrow \boxed{1} \Rightarrow \rightarrow \boxed{0}$ 1 \rightarrow 0

\checkmark ⑭ 0, $a_4=1$ 跳转 $\rightarrow \boxed{0} \Rightarrow \rightarrow \boxed{1}$ 0 \rightarrow 1

\times ⑮ 1, $a_4=0$ 跳转 $\rightarrow \boxed{1} \Rightarrow \rightarrow \boxed{1}$ 1 \rightarrow 1

\times ⑯ 1, $a_4=0$ 不跳转 $\rightarrow \boxed{1} \Rightarrow \rightarrow \boxed{0}$ 1 \rightarrow 0

$00 \rightarrow 1$
 $01 \rightarrow 1$
 $10 \rightarrow 1$
 $11 \rightarrow 0$

2位全局分支历史 什么两位 索引 / 值?

(3) 由(2)相同方式, 改为2位 没初始均为0, 错误9次; 若考虑 非首次执行 错误8次

| | | |
|------------------|-----|-------------------|
| ✓ ① 00 $a_4=1$ X | 0→0 | 0, 1, 2, 3, 4→0 X |
| X ② 00 $a_4=7$ ✓ | 0→1 | 0, 1, 2, 3, 4→1 X |
| X ③ 01 $a_4=0$ ✓ | 0→1 | 1, 2, 3, 4→1 ✓ |
| X ④ 11 $a_4=6$ ✓ | 0→1 | 0, 1, 2, 3, 4→1 X |
| X ⑤ 11 $a_4=1$ X | 1→0 | 1, 2, 3, 4→0 X |
| X ⑥ 10 $a_4=5$ ✓ | 0→1 | 1, 2, 3, 4→1 ✓ |
| ✓ ⑦ 01 $a_4=0$ ✓ | 1→1 | 0, 1, 2, 3, 4→1 ✓ |
| X ⑧ 11 $a_4=4$ ✓ | 0→1 | 0, 1, 2, 3, 4→1 X |
| X ⑨ 11 $a_4=1$ X | 1→0 | 1, 2, 3, 4→0 X |
| ✓ ⑩ 10 $a_4=3$ ✓ | 1→1 | 1, 2, 3, 4→1 ✓ |
| ✓ ⑪ 01 $a_4=0$ ✓ | 1→1 | 1, 2, 3, 4→1 ✓ |
| X ⑫ 11 $a_4=2$ ✓ | 0→1 | 0, 1, 2, 3, 4→1 X |
| X ⑬ 11 $a_4=1$ X | 1→0 | 1, 2, 3, 4→0 X |
| ✓ ⑭ 10 $a_4=1$ ✓ | 1→1 | 1, 2, 3, 4→1 ✓ |
| ✓ ⑮ 01 $a_4=0$ ✓ | 1→1 | 1, 2, 3, 4→1 ✓ |
| ✓ ⑯ 11 $a_4=0$ X | 0→0 | 0, 1, 2, 3, 4→0 ✓ |

(4) 随全局分支历史表位数增加, 准确率增加 ($10 \rightarrow 8$ 错误变化)

非常大, 2位局部预测器表现最好

(5) 随全局分支历史表位数增加, 准确率并不增加

18. 因为异常的产生可能在多个阶段发生, 如 EX、MEM、WB 均有可能产生, 因此后发射指令可能先产生异常, 即乱序产生。通过重排序缓存堆实现对异常进行顺序处理, 在提交阶段, 先发射的先判断是否有异常并做出相应处理

| 20. 1) | | 周期 | | | | | | |
|----------------|-------------------------|-------|----|---------|--------|----------------|----------------|----------------|
| | Decode (ROB enqueue) | Issue | WB | Comited | 操作码 | 目标 | 源1 | 源2 |
| I ₁ | 0 | 1 | 2 | 3 | fld | T ₀ | a0 | - |
| I ₂ | 1 | 3 | 13 | 14 | fmul.d | T ₁ | T ₀ | f0 |
| I ₃ | 2 | 14 | 16 | 17 | fadd.d | T ₂ | T ₁ | f0 |
| I ₄ | 3 | 4 | 6 | 18 | addi | T ₃ | a0 | - |
| I ₅ | 4 | 5 | 6 | 19 | fld | T ₄ | T ₃ | - |
| I ₆ | 5 | 13 | 23 | 24 | fmul.d | T ₅ | T ₄ | T ₄ |
| I ₇ | 6 | 18 | 20 | 25 | fadd.d | T ₆ | T ₅ | T ₂ |

| 2) | | 周期 | | | | | | |
|----------------|-------------------------|-------|----|-----------|--------|----------------|----------------|----------------|
| | Decode (ROB enqueue) | Issue | WB | Committed | 操作码 | 目标 | 源1 | 源2 |
| I ₁ | 0 | 1 | 2 | 3 | fld | T ₀ | a0 | - |
| I ₂ | 1 | 3 | 13 | 14 | fmul.d | T ₁ | T ₀ | f0 |
| I ₃ | 4 | 14 | 16 | 17 | fadd.d | T ₂ | T ₁ | f0 |
| I ₄ | 15 | 16 | 18 | 19 | addi | T ₃ | a0 | - |
| I ₅ | 18 | 19 | 20 | 21 | fld | T ₄ | T ₃ | - |
| I ₆ | 20 | 21 | 31 | 32 | fmul.d | T ₅ | T ₄ | T ₄ |
| I ₇ | 22 | 23 | 25 | 33 | fadd.d | T ₆ | T ₅ | T ₂ |