

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

分支指令	CPI	缺失	命中但错误	正确命中
		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 (i%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 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 只需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

Q错 1对

共对  $P(Q-1)$  次

Q-1错 其余均对

共错  $2P$  次

共错  $2Q-1$  次

$$2P < 2Q-1$$

此时, 方案A 优于 方案B

17. (1) 共循环 8 次跳出, 设初始所有均为 00

$a_4$  为  $\overset{x}{1}, \overset{\checkmark}{0}, \overset{x}{1}, \overset{\checkmark}{0}, \overset{x}{1}, \overset{\checkmark}{0}, \overset{x}{1}, \overset{\checkmark}{0}$

$B_1$ : 00, 00, 01, 00, 01, 00, 01, 00

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

$a_1$  为  $\overset{\checkmark}{7}, \overset{\checkmark}{6}, \overset{\checkmark}{5}, \overset{\checkmark}{4}, \overset{\checkmark}{3}, \overset{\checkmark}{2}, \overset{\checkmark}{1}, \overset{x}{0}$

$B_2$ : 00, 01, 10, 11, 11, 11, 11, 11

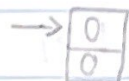
准确:  $x, x, \checkmark, \checkmark, \checkmark, \checkmark, \checkmark, x$  错 3 次

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, 则初始分别为 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

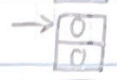


$\Rightarrow$



0  $\rightarrow$  0

$x$  ② 0,  $a_1=7$  跳转

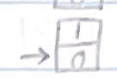


$\Rightarrow$



0  $\rightarrow$  1

$x$  ③ 1,  $a_4=0$  跳转

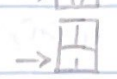


$\Rightarrow$



1  $\rightarrow$  1

$\checkmark$  ④ 1,  $a_1=6$  不跳转

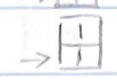


$\Rightarrow$



1  $\rightarrow$  1

$x$  ⑤ 1,  $a_4=1$  不跳转

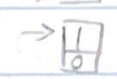


$\Rightarrow$



1  $\rightarrow$  0

$\checkmark$  ⑥ 0,  $a_1=5$  跳转

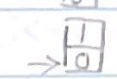


$\Rightarrow$



0  $\rightarrow$  1

$x$  ⑦ 1,  $a_4=0$  跳转

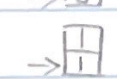


$\Rightarrow$



1  $\rightarrow$  1

$\checkmark$  ⑧ 1,  $a_1=4$  跳转

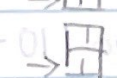


$\Rightarrow$



1  $\rightarrow$  1

$x$  ⑨ 1,  $a_4=1$  不跳转

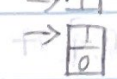


$\Rightarrow$



1  $\rightarrow$  0

$\checkmark$  ⑩ 0,  $a_1=3$  跳转

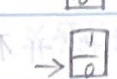


$\Rightarrow$



0  $\rightarrow$  1

$x$  ⑪ 1,  $a_4=0$  跳转

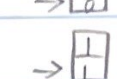


$\Rightarrow$



1  $\rightarrow$  1

$\checkmark$  ⑫ 1,  $a_1=2$  跳转

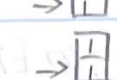


$\Rightarrow$



1  $\rightarrow$  1

$x$  ⑬ 1,  $a_4=1$  不跳转

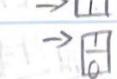


$\Rightarrow$



1  $\rightarrow$  0

$\checkmark$  ⑭ 0,  $a_1=1$  跳转

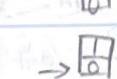


$\Rightarrow$



0  $\rightarrow$  1

$x$  ⑮ 1,  $a_4=0$  跳转

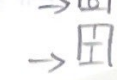


$\Rightarrow$



1  $\rightarrow$  1

$x$  ⑯ 1,  $a_1=0$  不跳转



$\Rightarrow$



1  $\rightarrow$  0



## 2位全局分支历史 什么两位 索引/值?

00 → 1  
01 → 1  
10 → 1  
11 → 0

(13) 由(12)相同方式, 改为2位 设初始均为0, 错误9次; 若考虑 非首次执行 错误9次

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

14) 随全局分支历史表位数增加, 准确率增加 (10 → 8 错误变化)

$n$ 非常大, 2位局部预测器表现最好

15) 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 <sub>1</sub>	0	1	2	3	fld	T0	a0	—
I <sub>2</sub>	1	3	13	14	fmul.d	T1	T0	f0
I <sub>3</sub>	2	14	16	17	fadd.d	T2	T1	f0
I <sub>4</sub>	3	4	6	18	addi	T3	a0	—
I <sub>5</sub>	4	5	6	19	fld	T4	T3	—
I <sub>6</sub>	5	13	23	24	fmul.d	T5	T4	T4
I <sub>7</sub>	6	18	20	25	fadd.d	T6	T5	T2

2)	周期							
	Decode (ROB enqueue)	Issue	WB	Committed	操作码	目标	源1	源2
I <sub>1</sub>	0	1	2	3	fld	T0	a0	—
I <sub>2</sub>	1	3	13	14	fmul.d	T1	T0	f0
I <sub>3</sub>	4	14	16	17	fadd.d	T2	T1	f0
I <sub>4</sub>	15	16	18	19	addi	T3	a0	—
I <sub>5</sub>	18	19	20	21	fld	T4	T3	—
I <sub>6</sub>	20	21	31	32	fmul.d	T5	T4	T4
I <sub>7</sub>	22	23	25	33	fadd.d	T6	T5	T2