

```

12.10 int i=0;
while (i!=10000){
    if (i%2==0)
        code A
    if (i%5==0)
        code B
    i++;
}

```

(2) 无分支预测 i 从 0-9999 $i=10000$ 时不再进入 loop for

B1: 当 $i=1, 3, 5, \dots$ 9999 时发生跳转

跳转比例为 $\frac{5000}{10000} = 50\%$

即跳转

~~if~~ $i\%5==0$

B2: 当 $i=1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9$

9996, 9997, 9998, 9999

跳转比例为 $\frac{8000}{10000} = 80\%$

B3: 当 $i \neq 9999$ 时发生跳转

跳转比例为 $\frac{9999}{10000} = 99.99\%$

(3). 3 个分支预测

B1: 预测比例 $\frac{5000}{10000} = 50\%$

B2: 预测比例 $\frac{8000}{10000} = 80\%$

B3: 预测比例 $\frac{9999}{10000} = 99.99\%$

(1) 13. 共有 3 个分支需要预测, $K > \log_2 3 \therefore K=2$

(2) 跳转较为频繁, 需尽快使预测器达到预测且跳转的状态 $n=1$

(3) 对于 B1: $i=0$ 跳转 ① \times 准确率为 $\frac{9999}{10000} = 99.99\%$

$i=1$ 跳转 ① \checkmark

$i=2$ 跳转 ① \checkmark

对于 B2

$i=0$ 不跳转 ① \checkmark

$i=1$ 跳转 ① \times

$i=2$ 跳转 ① \checkmark

$i=9999$ 不跳转 ① \times

对于 B3: $i=0$ 不跳转 ① \checkmark 准确率为 $\frac{5000}{10000} = 50\%$ $i=3$ 跳转 ① \checkmark

$i=1$ 跳转 ① \times

$i=4$ 跳转 ① \checkmark

$i=2$ 不跳转 ① \times

$i=5$ 不跳转 ① \times

$i=3$ 跳转 ① \checkmark

准确率为 $\frac{8000}{10000} = 80\%$

$i=9999$ 跳转 ① \checkmark

14. 引入局部分支历史 \Rightarrow B_2 分支指令情况最多, 平均有 5 种分支情形

$$\frac{1}{2} \times \log_2 5 \therefore H = 3$$

15. 引入全局分支历史 \Rightarrow 考虑三条分支指令综合后的情况 $2 \times 2 \times 5 = 20$ 种

$$\frac{1}{20} \times \log_2 20 \Rightarrow H = 5$$

$$M = 20$$

16. $i = 0 \Rightarrow p-1$

A: $N=1$ 的预测器 关于 j 的分支共执行 $P \cdot Q$ 次

$j = 0 \Rightarrow Q-1$

对于 j

$j=0$ 跳转 $\textcircled{0} \times$

正数角 $P(Q-2)$ 次

对于 i , 情况与 j 类似

$j=1$ 跳转 $\textcircled{0} \checkmark$

\therefore 关于 i 的分支共执行 P 次,

$j=2$ 跳转 $\textcircled{0} \checkmark$

$$A \text{ 的预测准确率 } \frac{P-2+PQ-2P}{P(Q+1)} = \frac{PQ-P-2}{P(Q+1)}$$

成功 $P-2$ 次

$j=p-1$ 不跳转 $\textcircled{0} \times$

$j=0$ 跳转 $\textcircled{0} \times$

\vdots

$j=p-1$ 不跳转 $\textcircled{0} \times$

$$1 + (P-1)Q$$

B方案: 忽略 i 的分支, $Q > 2$ 关于 j 的分支执行 PQ 次, 其中正确 ~~修正后~~

$H = Q$ H 位的预测器可以记录过去的 H 个执行历史, ^{修正后} 可以全部预测正确

∴ 111110 →

B 方案正确率 $\frac{PQ - Q + 1}{PQ + P}$

0000... 1 $\xrightarrow{\text{预测}}$ ⑩ ×

000... 11 $\xrightarrow{\text{预测}}$ ⑩ ×

00... 111 $\xrightarrow{\text{预测}}$ ⑩ ×

11... 0 $\xrightarrow{\text{预测}}$ ⑩ ×

∴ $A > B$ $-P-2 > 1-Q$

$Q - P > 3$ 时, $A > B$

17. (1). $n = 8$, 共有 8 个 Loop 经过

B_1 分支执行 8 次

$a_4 = 1$ 不跳 ⑩ ✓

$a_4 = 0$ 跳 ⑩ ×

$a_4 = 1$ 不跳 ⑩ ✓

$a_4 = 0$ 跳 ⑩ ×

$a_4 = 1$ 不跳 ⑩ ✓

$a_4 = 0$ 跳 ⑩ ×

$a_4 = 1$ 不跳 ⑩ ✓

$a_4 = 0$ 跳 ⑩ ×

4 次错误

B_2 分支执行 8 次

$a_1 = 7$ 跳 ⑩ ×

$a_1 = 6$ 跳 ⑩ ×

$a_1 = 5$ 跳 ⑩ ✓

$a_1 = 4$ 跳 ⑩ ✓

$a_1 = 3$ 跳 ⑩ ✓

$a_1 = 2$ 跳 ⑩ ✓

$a_1 = 1$ 跳 ⑩ ✓

$a_1 = 0$ 不跳 ⑩ ×

3 次错误

共 7 次错误预

(2). 31x11位全局分支

$a_4=1$ 不跳 ①√

$a_4=0$ 跳 ①√

~~$a_4=1$~~ 不跳 ①× $a_4=0$ 跳 ①√

$a_1=7$ 跳 ②×

$a_1=6$ 跳 ①√

~~$a_1=0$~~ 跳 ②× $a_1=4$ 跳 ①√

$a_4=1$ 不跳 ①×

$a_4=0$ 跳 ①√

$a_4=1$ 不跳 ①× $a_4=0$ 跳 ①√

$a_1=3$ 跳 ②×

$a_1=2$ 跳 ①√

$a_1=1$ 跳 ②× $a_1=0$ 不跳 ①×

8个错误预测

31x21位全局分支

(3) $a_4=1$ 不跳 ②√

$a_4=0$ 跳 ②×

$a_4=1$ 不跳 ②×

$a_4=0$ 跳 ②√

$a_1=7$ 跳 ②×

$a_1=6$ 跳 ②√

$a_1=5$ 跳 ②√

$a_1=4$ 跳 ②√

$a_4=1$ 不跳 ②×

$a_4=0$ 跳 ②√

$a_4=1$ 不跳 ②×

$a_4=0$ 跳 ②√

$a_1=3$ 跳 ②√

$a_1=2$ 跳 ②√

$a_1=1$ 跳 ②√

$a_1=0$ 不跳 ②×

6个错误预测

(4). 全局历史表位数越多, 预测准确率越高.

当n非常大时, B2分支几乎全部跳过去, 所以使用分支局部预测更好

(5). P随机取值后, 使用分支全局历史记录全局变化效果更好

18. 在顺序的5级流水线上, 由于各种指令所需要的执行时间不同, 如除法可能需要较多周期才能完成, 其数据依赖实际会落后于前面的指令产生, 所以会乱序

当处理精确异常时, 必须回收之前的所有指令, 且不回收之后的指令, 不更新状态

借助ROB重排序缓冲, 在提交前对指令产生的结果重排序, 这样结果就是正常顺序执行的

22

ID	周期				操作码	目标	源1	源2
	Decode	Issue	WB	Committed				
I ₁	0	1	2	3	fld	T ₀	a ₀	-
I ₂	1	3	13	14	fmul.d	T ₁	T ₀	f ₀
I ₃	2	14	16	17	fadd.d	T ₂	T ₁	f ₀
I ₄	3	4	5	6	addi	a ₀	a ₀	-
I ₅	4	5	6	7	fld	T ₃	a ₀	-
I ₆	5	7	17	18	fmul.d	T ₄	T ₃	T ₃
I ₇	6	18	20	21	fadd.d	T ₄	T ₄	T ₂

(2)

	周期				操作码	目标	源1	源2
	Decode	Issue	WB	Committed				
I ₁	0	1	2	3	fld	T ₀	a ₀	-
I ₂	1	3	13	14	fmul.d	T ₁	T ₀	f ₀
I ₃	4	14	16	17	fadd.d	T ₂	T ₁	f ₀
I ₄	15	16	17	18	addi	a ₀	a ₀	-
I ₅	18	19	20	21	fld	T ₃	a ₀	-
I ₆	19	21	23	24	fmul.d	T ₄	T ₃	T ₃
I ₇	22	24	26	27	fadd.d	T ₄	T ₄	T ₂

$$5. CPIA = 0.75 + 0.15(5 \times 0.9 + 0.1 + 4 \times 0.14 \times 0.9 \times 0.9) = 0.999$$

$$CPIB = 0.75 + 0.15 \times 3 = 1.2$$

$$S = \frac{CPIB}{CPIA} = 1.2012$$