

```

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

(1) 无分支预测 i从0-9999 i=10000时不进入Loop
 B1: 当i=1, 3, 5, ..., 9999时发生跳转
 跳转概率为 $\frac{5000}{10000} = 50\%$.
 B2: 当i=1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, ..., 9996, 9997, 9998, 9999时发生跳转
 跳转概率为 $\frac{8000}{10000} = 80\%$.
 B3: 当i≠9999时发生跳转
 跳转概率为 $\frac{9999}{10000} = 99.99\%$.

13. 3个分支预测

B1: 测量频率 $\frac{5000}{10000} = 50\%$. B2: 测量频率 $\frac{8000}{10000} = 80\%$. B3: 测量频率 $\frac{9999}{10000} = 99.99\%$.

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

(2) 测量较为频繁, 尽快使预测器达到预测直联撞的状态 N=1

(3) 对于B3: i=0 测量 ① X 预测率为 $\frac{9999}{10000} = 99.99\%$.

i=1 测量 ① V

i=2 测量 ① V

对于B2

i=0 不跳转 ② V

i=1 测量 ② X

i=2 9999 不跳转 ① X

i=2 测量 ① V

对于B1, i=0 不跳转 ② V 测量率为 $\frac{5000}{10000} = 50\%$. i=3 测量 ① V

i=1 不跳转 ② X

i=4 测量 ① V

i=2 不跳转 ① X

i=5 不跳转 ① X

i=3 测量 ① V

测量率为 $\frac{8000}{10000} = 80\%$.

i=9999 测量 ① V

14. 引入局部分支历史 \Rightarrow B₂ 分支指令情况最多，平均有 5 种分支情形

~~A=1 B=1 C=1 D=1 E=1 F=1 G=1 H=1~~

15. 引入全局分支历史 \Rightarrow 后存三条分支指令综合后的情况 $2 \times 2 \times 5 = 20$ 种

~~A=1 B=1 C=1 D=1 E=1 F=1 G=1 H=1~~

M=20

16. $i = 0 \Rightarrow P-1$ A: N=1 的预测器 等于 j 的分支执行 P.Q.R

$j = 0 \Rightarrow Q-1$ 对于 j j=0 预测 ① X 正确角 P(Q-2):R

对于 i, 情况与 j 类似

j=1 成功 ① V

: 关于 i 的分支共执行 P 次, j=2 成功 ① V A 为真值概率 $\frac{P-2+PQ-2P}{P(Q+1)} = \frac{PQ-P-2}{P(Q+1)}$

成功 P-2:R

j=P-1 不成功 ① X

- j=0 成功 ① X

j=P-1 不成功 ① X

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

B分支，忽略计数的分支， $Q > 2$ 时 j 的分支执行 PQ 次，其中正确 ~~只有一半~~

$H = Q$ H 位的校验器可以记录过往的 H 行历史，通过修正后可以全部检测正确

$$\therefore \boxed{H11110} \rightarrow \boxed{\quad} \quad \text{B分支正确率} \quad \frac{PQ - 0 + 1}{PQ + P}$$

$$0000 \dots 1 \xrightarrow{\text{忽略}} \textcircled{0} \times \quad A > B \quad \rightarrow P - 2 > 1 - Q$$

$$000 \dots 11 \xrightarrow{\text{忽略}} \textcircled{1} \times \quad Q - P > 3 \text{ 时}, A \neq B$$

$$00 \dots 111 \xrightarrow{\text{忽略}} \textcircled{1} \times$$

$$11 \dots 0 \xrightarrow{\text{忽略}} \textcircled{1} \times$$

17.(1). $n=8$, 共有 8 个 Loop 经过

B_1 分支执行 8 次 $a_4 = 1$ 不跳 $\textcircled{00} \checkmark$ 4 次错误

$a_4 = 0$ 跳 $\textcircled{00} \times$

$a_4 = 1$ 不跳 $\textcircled{01} \checkmark$

$a_4 = 0$ 跳 $\textcircled{00} \times$

$a_4 = 1$ 不跳 $\textcircled{01} \checkmark$

$a_4 = 0$ 跳 $\textcircled{00} \times$

$a_4 = 1$ 不跳 $\textcircled{01} \checkmark$

$a_4 = 0$ 跳 $\textcircled{00} \times$

B_2 分支执行 8 次 $a_1 = 7$ 跳 $\textcircled{00} \times$

$a_1 = 6$ 跳 $\textcircled{01} \times$ 3 次错误

$a_1 = 5$ 跳 $\textcircled{11} \checkmark$

$a_1 = 4$ 跳 $\textcircled{11} \checkmark$

$a_1 = 3$ 跳 $\textcircled{11} \checkmark$ 共 7 次错误项

$a_1 = 2$ 跳 $\textcircled{11} \checkmark$

$a_1 = 1$ 跳 $\textcircled{11} \checkmark$

$a_1 = 0$ 不跳 $\textcircled{11} \times$

(2). 31入1位全局分支

$a_4 = 1$ 不跳 $\textcircled{0} \vee$

$a_4 = 0$ 跳 $\textcircled{1} \vee$

$a_4 = 1$ 不跳 $\textcircled{1} \times$

$a_4 = 0$ 跳 $\textcircled{1} \vee$

$a_1 = 7$ 跳 $\textcircled{0} \times$

$a_1 = 6$ 跳 $\textcircled{1} \vee$

~~$a_1 = 5$~~ 跳 $\textcircled{0} \times$

$a_1 = 4$ 跳 $\textcircled{1} \vee$

$a_4 = 1$ 不跳 $\textcircled{1} \times$

$a_4 = 0$ 跳 $\textcircled{1} \vee$

$a_4 = 1$ 不跳 $\textcircled{1} \times$

$a_4 = 0$ 跳 $\textcircled{1} \vee$

$a_1 = 3$ 跳 $\textcircled{0} \times$

$a_1 = 2$ 跳 $\textcircled{1} \vee$

$a_1 = 1$ 跳 $\textcircled{0} \times$

$a_1 = 0$ 不跳 $\textcircled{1} \times$

8个错误预测

31入2位全局分支

(3) $a_4 = 1$ 不跳 $\textcircled{0} \vee$ $a_4 = 0$ 跳 $\textcircled{1} \times$ $a_4 = 1$ 不跳 $\textcircled{1} \times$ $a_4 = 0$ 跳 $\textcircled{1} \vee$

$a_1 = 7$ 跳 $\textcircled{0} \times$ $a_1 = 6$ 跳 $\textcircled{1} \vee$ $a_1 = 5$ 跳 $\textcircled{1} \vee$ $a_1 = 4$ 跳 $\textcircled{1} \vee$

$a_4 = 1$ 不跳 $\textcircled{1} \times$ $a_4 = 0$ 跳 $\textcircled{1} \vee$ $a_4 = 1$ 不跳 $\textcircled{1} \times$ $a_4 = 0$ 跳 $\textcircled{1} \vee$

$a_1 = 3$ 跳 $\textcircled{1} \vee$ $a_1 = 2$ 跳 $\textcircled{1} \vee$ $a_1 = 1$ 跳 $\textcircled{1} \vee$ $a_1 = 0$ 不跳 $\textcircled{1} \times$

6个错误预测

(4). 全局历史表位数越多，预测准确性越高。

当n非常大时，B2分支几乎全部都跳转，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级流水线中，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先前的指令产生，所以会乱序

当处理精确异常时，必须回收之前的所有指令，且不写回收之后的指令，不更新状态

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

28.

ID	周期				操作	时序	源1	源2
	Decode	Issue	WB	Committed				
I ₁	0	1	2	3	f1d	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	add	a ₀	a ₀	-
I ₅	4	5	6	7	f1d	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)

ID	周期				操作	时序	源1	源2
	Decode	Issue	WB	COMMITTED				
I ₁	X 0	1	2	3	f1d	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	add	a ₀	a ₀	-
I ₅	18	19	20	21	f1d	T ₃	a ₀	-
I ₆	19	21	25	26	fmul.d	T ₄	T ₃	T ₃
I ₇	22	24	26	27	fadd.d	T ₄	T ₄	T ₂

$$5. CPIA = 0.75 + 0.15 (5 \times 0.9 + 0.1 + 4 \times 0.1 + 1 \times 2 \times 0.9 \times 0.9) = 0.999$$

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

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