

5 解: A: 容错外周期数: $15\% \times [3 \times (1-90\%) + 4 \times 90\% \times (1-90\%)] = 0.099$ CPI = 1.099
 B: 容错外周期数: $15\% \times 2 = 0.3$ CPI = 1.3
 提升了 $\frac{1.3}{1.099} = 1.183$ 倍

12 题: (1) int a1=0 a4=10000, a2, a3, a5;
 while (a1 != a4){
 a3=2;
 a2 = a1 % a3;
 if (a2 != 0){
 a3=5;
 a2=a1 % a3;
 if(a2!=0) a1++; continue;
 else #...Code B }
 else #...Code A
 a1++;
 }

$$(2) B_1: \frac{1}{2} \quad B_2: \frac{1}{5} \quad B_3: \frac{9999}{10000}$$

(3) B_1, B_2 向后, 静态预测不跳转 B_3 向前, 固定预测跳转
 故成功率: $B_1: \frac{1}{2}, B_2: \frac{4}{5}, B_3: \frac{9999}{10000}$

13. (1) 总 11 条指令 $2^k > 11$ k 至少为 4
 (2) $N=1$ 位时, B_1 会发生几乎全错的情况
 $N=2$ 时 情况与 12 题相同
 N 再大时, B_1, B_2 的预测状态不变 B_3 出错增加
 故 $N=2$
 (3) $B_1: \frac{1}{2}, B_2: \frac{4}{5}, B_3: 100\%$

14 需 5 位, H 最小值为 5

15. 以10个数为循环，有3个分支指令。
故需30位，每次预测仅取GHR的第1位即可

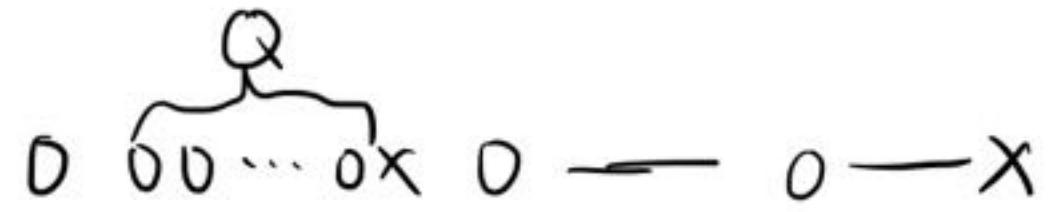
如图：B1: x0x0x0x0x0x0 ...
B2: x x x x 0 x x x x 0 ...
B3: 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 ...

16. outer loop共预测P次，inner loop共预测(P-1)Q次

方案A：错误次数： $2(P-1)$

方案B：错误次数： $Q-1$ $2P < Q+1$

$2(P-1) < Q-1 \Rightarrow P < \frac{Q+1}{2}$ 时，方案A更优



17.(1) B1跳转情况为 XVXVXVXVXV 会预测错4次

B2跳转情况为 VVVVVVVVX 会预测错3次

故共发生7次错误预测

(2) 发生8次错误

(3) 发生7次错误

(4) 位数越高，准确率越高。2位局部预测器最好

(5) 随机取值1位全局预测效果最差，2位局部预测器效果最好

18. 因为在指令运行的各个阶段每个阶段有专门的硬件负责处理，而这些硬件在异常发生时已进入下一个周期，导致异常处理的顺序产生了异常。

采用中断刷新机制。当异常发生时，流水线上的指令会被暂停，直到异常被处理完后再继续进行。

| 20.(1) | 周期 | | | | 操作码 | 目标 | 源1 | 源2 |
|--------|-------------------------|-------|----|-----------|--------|----|----|----|
| | Decode (ROB enqueue) | Issue | WB | Committed | | | | |
| I1 | 0 | 1 | 2 | 3 | fld | T0 | a0 | — |
| I2 | 1 | 3 | 13 | 14 | fmul.d | T1 | T0 | f0 |
| I3 | 2 | 14 | 16 | 17 | fadd.d | T3 | T1 | f0 |
| I4 | 3 | 4 | 5 | 18 | addi | a0 | a0 | — |
| I5 | 4 | 5 | 6 | 19 | fld | T2 | a0 | — |
| I6 | 5 | 7 | 17 | 20 | fmul.d | T4 | T2 | T2 |
| I7 | 6 | 18 | 20 | 21 | fadd.d | T4 | T4 | T3 |

| (2) | 周期 | | | | 操作码 | 目标 | 源1 | 源2 |
|-----|-------------------------|-------|----|-----------|--------|----|----|----|
| | Decode (ROB enqueue) | Issue | WB | Committed | | | | |
| I1 | 0 | 1 | 2 | 3 | fld | T0 | a0 | — |
| I2 | 1 | 3 | 13 | 14 | fmul.d | T1 | T0 | f0 |
| I3 | 4 | 14 | 16 | 17 | fadd.d | T3 | T1 | f0 |
| I4 | 15 | 16 | 17 | 18 | addi | a0 | a0 | — |
| I5 | 18 | 19 | 20 | 21 | fld | T2 | a0 | — |
| I6 | 19 | 20 | 30 | 31 | fmul.d | T4 | T2 | T2 |
| I7 | 22 | 23 | 25 | 32 | fadd.d | T4 | T4 | T3 |