

4.25

$$5 \quad CPI_B = 1 \times 0.85 + (1+2) \times 0.15 = 1.3$$

$$CPI_A = (1 \times 0.9 \times 0.9 + (1+4) \times 0.9 \times 0.1 + (1+3) \times 0.15 \times \frac{15\%}{85\%} + (1+85\%) = 1.099$$

12 (1) ~~int a0, a1, a2, a3, a4;~~

int a0, a1, a2, a3, a4;

a0 = 0;

a4 = 10000;

a1 = a0;

while (a1 != a4)

{ a3 = a0 + 2

a2 = a1 % a3

if (a2 == a0)

{ ~~CodeA~~

// CodeA

}

(2) B1: a1%2 != 0, 50% 跳转

B2: a1%5 != 0, 80% 跳转

a2 = a1 % a3;

B3: a1 != 10000, 99.99% 跳转

if (a2 == a0) (3) B1: 50%

B2: 80%

B3: 99.99% 0.01%

// CodeB

a1 += j;

}

// CodeA

(3/1) $K=2$

$N=1$ $N=4$ $Y=9999; N=$
(2) 12题中, 准确率 $B1: 50\%$ $B2: 80\%$ $B3: 99.99\%$

$N \geq 2$ 时, 此题的局部预测器对 $B1$ 预测始终不跳转 $B1: 50\%$

$N=2$ 时, 局部预测器准确率 $B1: 50\%$ $B2: 79.98\%$ $B3: 99.97\%$

$\therefore M_{th}=2$

(3) 稳态时 准确率 $B1: 50\%$ $B2: 80\%$ $B3: 99.99\%$

14 稳态时 $B1: 01$ 循环 2位 $B3: 9999$ 跳转概率 99.99% 近似认为 $\approx 100\%$

$B2: 00001$ 循环 5位

$\therefore H_{min}=5$

15 稳态时 GHR: 0011101111011 循环

$\therefore M_{th}=15$

16 内循环体: 跳转 Q 次 不跳转 1 次 总共执行 $P \cdot Q$ 次

$N=1$ 计数器 $0 \overbrace{11 \cdots 10}^{Q-1} 1$ 正确次数 $P \cdot (Q-1)$

$H=Q$ LHR 从 $00 \cdots 0 \rightarrow \overbrace{11 \cdots 10}^{Q-1}$ 后全部正确

正确次数 $1 + (P-1)Q$

$\therefore A$ 优于 $B \Leftrightarrow P(Q-1) > 1 + (P-1)Q$

$$-2P > 1 - Q$$

$$Q > 1 + 2P$$

17/11 共循环 8 次 $P[\cdot] = \{10, 10 \dots\}$

$\therefore B1$ 跳转情况为 01010101 \therefore 局部预测器为 00 01 00 01 ... 一直预测不跳转

$B2$ 跳转情况为 11111101 \therefore 局部预测器: $\begin{matrix} X & X & \checkmark & \checkmark & \checkmark & \checkmark & X \\ 00 & 01 & 10 & 11 & 11 & 11 & 10 \end{matrix}$

共错误 $4 + 3 = 7$ 次

(2) 全局跳转情况为 $\begin{matrix} XX & X & X & X & XX \\ 0111011101110110 \\ 1 & 3 & 5 & 6 & 7 & 9 & 10 & 12 & 13 & 14 & 15 & 16 \end{matrix}$

GHR 为 00111011101110110

$0: \begin{matrix} 0 & 1 & 2 & 6 & 10 & 14 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{matrix}$
 $1: \begin{matrix} 3 & 4 & 5 & 7 & 8 & 9 & 11 & 12 & 13 & 15 & 16 \end{matrix}$
 $1: 0110101101$

共错误 8 次

(3) 引入两级 GHR GHR 高层 00 01 10 11 共发生 8 次预测错误

00	0	00 00	00 00
00	1	00 00	00 00
01	1	01 00	00 00
11	1	01 01	00 00
11	0	1	01 00
10	1	1	01 00
01	1	1	01 00
11	1	1	01 00
11	0	1	01 00
10	1	1	01 00
01	1	1	01 00
11	1	1	01 00
11	0	1	01 00
01	1	01	11 00
11	0	01	11 00

(4) 全局分支历史表的位数增加会延缓预测器达到稳定的时间，在循环次数少时错误率上升，次数多时错误率下降

(5) n 非常大时，~~三种预测器~~ 三种预测器准确率都趋于 75%

(6) 在 0.1 之间随机取值会使规律失效，使所有预测准确率都趋于相同

18 因为流水线上的指令是并行的，产生异常的时间取决于各个指令的执行速度和异常检测的时机。为了支持精确的异常处理，流水线会使用“乱序执行，顺序提交”的方法，在提交时按照指令原始顺序提交结果，保证异常处理程序顺序进行。

	周期 \leftarrow				操作码	目标	源 1	源 2
	Decode \leftarrow (ROB enqueue) \leftarrow	Issue \leftarrow	WB \leftarrow	Committed \leftarrow				
I1 \leftarrow	0 \leftarrow	1 \leftarrow	2 \leftarrow	3 \leftarrow	fld \leftarrow	T0 \leftarrow	a0 \leftarrow	— \leftarrow
I2 \leftarrow	1 \leftarrow	3 \leftarrow	13 \leftarrow	14 \leftarrow	fmul.d \leftarrow	T1 \leftarrow	T0 \leftarrow	f0 \leftarrow
I3 \leftarrow	2 \leftarrow	14 \leftarrow	16 \leftarrow	17 \leftarrow	fadd.d \leftarrow	T2 \leftarrow	T1 \leftarrow	f0 \leftarrow
I4 \leftarrow	3 \leftarrow	4 \leftarrow	5 \leftarrow	18 \leftarrow	addi \leftarrow	T3 \leftarrow	a0 \leftarrow	— \leftarrow
I5 \leftarrow	4 \leftarrow	5 \leftarrow	6 \leftarrow	19 \leftarrow	fld \leftarrow	T4 \leftarrow	T3 \leftarrow	— \leftarrow
I6 \leftarrow	5 \leftarrow	13 \leftarrow	23 \leftarrow	24 \leftarrow	fmul.d \leftarrow	T5 \leftarrow	T4 \leftarrow	T4 \leftarrow
I7 \leftarrow	6 \leftarrow	24 \leftarrow	26 \leftarrow	27 \leftarrow	fadd.d \leftarrow	T6 \leftarrow	T5 \leftarrow	T2 \leftarrow

如果 ROB 仅容纳 2 条指令，当一条指令提交后的下一周期该条目可以被新指令占据。重新将下表补充完全。（部分结果已给出） \leftarrow

	周期 \leftarrow				操作码	目标	源 1	源 2
	Decode \leftarrow (ROB enqueue) \leftarrow	Issue \leftarrow	WB \leftarrow	Committed \leftarrow				
I1 \leftarrow	0 \leftarrow	1 \leftarrow	2 \leftarrow	3 \leftarrow	fld \leftarrow	T0 \leftarrow	a0 \leftarrow	— \leftarrow
I2 \leftarrow	1 \leftarrow	3 \leftarrow	13 \leftarrow	14 \leftarrow	fmul.d \leftarrow	T1 \leftarrow	T0 \leftarrow	f0 \leftarrow
I3 \leftarrow	4 \leftarrow	14 \leftarrow	16 \leftarrow	17 \leftarrow	fadd.d \leftarrow	T2 \leftarrow	T1 \leftarrow	f0 \leftarrow
I4 \leftarrow	15 \leftarrow	16 \leftarrow	17 \leftarrow	18 \leftarrow	addi \leftarrow	T3 \leftarrow	a0 \leftarrow	— \leftarrow
I5 \leftarrow	18 \leftarrow	19 \leftarrow	20 \leftarrow	21 \leftarrow	fld \leftarrow	T4 \leftarrow	T3 \leftarrow	— \leftarrow
I6 \leftarrow	19 \leftarrow	21 \leftarrow	31 \leftarrow	32 \leftarrow	fmul.d \leftarrow	T5 \leftarrow	T4 \leftarrow	T4 \leftarrow
I7 \leftarrow	22 \leftarrow	32 \leftarrow	34 \leftarrow	35 \leftarrow	fadd.d \leftarrow	T6 \leftarrow	T5 \leftarrow	T2 \leftarrow