

12. (1) $\text{for}(i=0; i < 10000; i++) \{$

if (i % 2 == 0)

11... Code A

if ($i \% 5 == 0$)

//... Code B

(2) 共循环 10000 次

无分支预测 | 跳转比例

对B: $\frac{10000 \times \frac{1}{2}}{10000} = \frac{1}{2}$

又对 B2: $\frac{10000 \times (1 - \frac{1}{5})}{10000} = \frac{4}{5}$

对 B3: $\frac{9999}{10000}$

13). 预测|向前总跳, 向后总不跳. 准确率如下

对 B_1 (向前): $\frac{1}{2}$

对 B2 (当前): $\frac{4}{5}$

对B3(向后): $\frac{1}{10000}$

13. (1) 需要3个预测器表项 至少需要2位索引

k 最小为 $4-2=2$

(2) 对B1. 跳转情况为NTNTNTN... $N=1$ 全错 $N \geq 2$ 准确率为50% (时极难)

对 B2, 跳转情况为 NTTTNTTTTN...

由B1条件知 $N \geq 2$ B2有 $\frac{1}{2}$ 的几率跳转, 对应N可以较小.

[illegible]

正确率为 $\frac{7999}{10000} \sim 0.8$ 且由打定理可知 N 越大前其用错的会更多 $N=2$ 最佳

又对 B_3 , 跳转情况 $TTT \cdots TN$, 基本全跳 $N=2$ 可行

稳态时即0.8 综上, N 最小为2

~~NTNTNT...~~

14. 对B1只需知道上一次是否跳转 $H \geq 1$ 均可.

又对B2: NTTTTNTTTTN... 周期为5 需要知道前4次跳转历史 $H \geq 4$

对 B3: TTT...TTN 基本全跳 H=1 均可

(稳态时等同全跃迁)

綜上 H 的最小值為 4

15. 稳态时 $B1 \dots N1N1N1N1 \dots$

B2 ... NTTTTNTTTT...

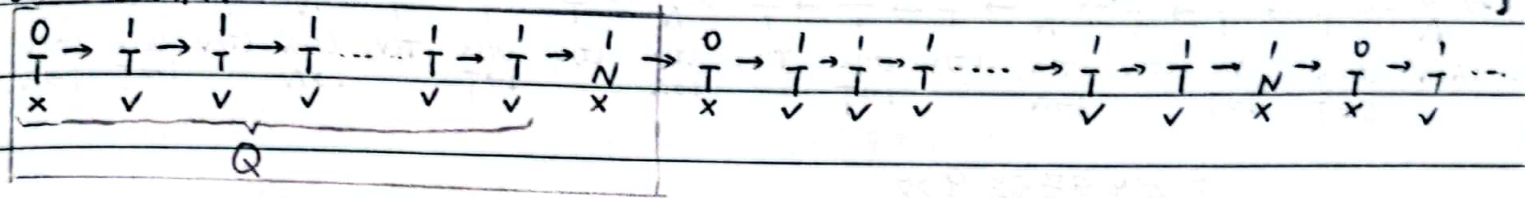
B3: ...TTTT...

GHR写入情况 00 11 01 11 01 10 01 11 01 11 00 11 ...

B1 周期为 2 B2 周期为 5 三者相耦合序列 1 周期为 $2 \times 5 \times 3$ M 最小 30

No. 21 Date 21/11/2021

16. 对于方案A.



矢矩形框重复 P 次, 一个框内正确 $Q-1$ 次错误 2 次 正确率 $\frac{P(Q-1)}{P(Q+1)} = \frac{Q-1}{Q+1}$

对于方案B

我们知道, 稳态后内循环... $\overbrace{TT \dots TN}^{Q\uparrow} \overbrace{TT \dots TN}^{Q\uparrow} \dots$ 序列周期为 $Q+1$

使用Q位BHT在稳态时能完全准确预测、方案B预测错误仅可在BHT写入初期

原BHT和1Bit计数器全初始化为0,意味着第一次循环前Q次全错, $Q+1$ 次对(N)

将BHT的 $\underbrace{000 \dots 0}_{m \uparrow} \underbrace{11 \dots 1}_{n \uparrow}$ ($m+n=Q$) 序列映射结果进行修正 $\text{原} \underbrace{1111}_{Q \uparrow} \rightarrow 0$

但这种形式的序列后续并无作用(除 $0 \underbrace{1111}_{0-14}$) 因为稳态 BHT 为 $\underbrace{1111}_{04} \dots 1$

或 $\underbrace{1 \dots 1}_m 0 \underbrace{1 \dots 1}_n \quad (m+n=Q-1)$ 意味第二次循环还是建立正确跳转结果

~~前~~次 ~~前~~次 ~~前~~ $Q-1$ 次错 第 Q 次 $0111 \dots 1$ $\xrightarrow{Q-1}$ 在第一次循环已校正, T \checkmark
 第 $Q+1$ 次 $111 \dots 1 \xrightarrow{Q} 0$ (N) \checkmark 共错 $Q+Q-1=2Q-1$ 次

第 $Q+1$ 次 $\underbrace{111 \cdots 1}_Q \rightarrow 0 \quad (N) \checkmark$ 共错 $Q+Q-1 = 2Q-1$ 次

正确解法: $1 - \frac{2Q-1}{P(Q+1)}$ 若 A 优于 B $\frac{Q-1}{Q+1} > \frac{2Q-1}{P(Q+1)} + 1$ ~~$\frac{2Q-1}{Q-1}$~~
 $1 - \frac{2Q-1}{P(Q+1)}$ $Q-1 > Q+1 - \frac{2Q-1}{P}$ $P < \frac{2Q-1}{2}$

17. (1) $n=8$ a_1 初值 8 a_2 初值 0 a_3 初值 p . 2bit 局部. $p[i]=\{1,0,1,0,\dots\}$

设2bit局部预测器初值均为00

B1 $\begin{matrix} 00 \\ N \\ \checkmark \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} 00 \\ T \\ \times \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} 01 \\ N \\ \checkmark \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} 00 \\ T \\ \times \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} 01 \\ N \\ \checkmark \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} 00 \\ T \\ \times \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} 01 \\ N \\ \checkmark \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} 00 \\ T \\ \times \end{matrix}$ 错4次

[illegible]

(2) $\begin{array}{ccccccccccccccccccc} \overset{0}{N} & \rightarrow & \overset{0}{T} & \rightarrow & \overset{1}{T} & \rightarrow & \overset{1}{T} & \rightarrow & \overset{1}{N} & \rightarrow & \overset{0}{T} & \rightarrow & \overset{1}{T} & \rightarrow & \overset{1}{T} & \rightarrow & \overset{1}{N} & \rightarrow & \overset{0}{T} & \rightarrow & \overset{1}{T} & \rightarrow & \overset{1}{T} & \rightarrow & \overset{1}{N} \\ (N)\checkmark & & (N)X & & (N)X & & (T)\checkmark & & (T)X & & (T)\checkmark & & (N)X & & T(\checkmark) & & (T)X & & (T)\checkmark & & (N)X & & T(\checkmark) & & (T)X & & (T)\checkmark & & (W)X & & (T)X \\ & & 0 \Rightarrow T & & 1 \Rightarrow T & & 1 \Rightarrow N & & 1 \Rightarrow T & & 1 \Rightarrow N & & 1 \Rightarrow T & & T(\checkmark) & & 1 \Rightarrow N & & 1 \Rightarrow T & & 1 \Rightarrow N & & 1 \Rightarrow T & & 1 \Rightarrow T & & 1 \Rightarrow T & & 1 \Rightarrow N \end{array}$

共发生错误9次。

13) $00 \rightarrow 00 \rightarrow 01 \rightarrow 11 \rightarrow 11 \rightarrow 10 \rightarrow 01 \rightarrow 11 \rightarrow 11 \rightarrow 10 \rightarrow 01 \rightarrow 11 \rightarrow 11$
 $(N) \checkmark \quad (N) \times \quad (N) \times \quad (N) \times \quad (T) \times \quad (N) \times \quad (T) \checkmark \quad (N) \times \quad (T) \times \quad (T) \checkmark \quad (T) \checkmark \quad (N) \times \quad (T) \times$
 $00 \rightarrow T \quad 01 \rightarrow T \quad 11 \rightarrow T \quad 11 \rightarrow N \quad 10 \rightarrow T \quad 11 \rightarrow T \quad 11 \rightarrow N \quad 11 \rightarrow T \quad 11 \rightarrow N$

$$\begin{array}{ccccc} 10 & & 01 & & 11 \\ \rightarrow T & \rightarrow & T & \rightarrow & N \\ (T) \checkmark & & (T) \checkmark & & (N) \checkmark \end{array}$$

共发生错误9次

14 考虑3位GHR: 000 \rightarrow 000 \rightarrow 001 \rightarrow 011 \rightarrow ~~111~~ \rightarrow 111 \rightarrow 110 \rightarrow 101 \rightarrow 011 \rightarrow 111

$\begin{matrix} N \\ (N) \checkmark \end{matrix}$ $\begin{matrix} T \\ (N) \times \end{matrix}$ $\begin{matrix} T \\ (N) \times \end{matrix}$ $\begin{matrix} T \\ (N) \times \end{matrix}$ ~~$\begin{matrix} N \\ (N) \times \end{matrix}$~~ $\begin{matrix} N \\ (N) \checkmark \end{matrix}$ $\begin{matrix} T \\ (N) \times \end{matrix}$ $\begin{matrix} T \\ (N) \times \end{matrix}$ $\begin{matrix} T \\ (T) \checkmark \end{matrix}$ $\begin{matrix} N \\ (N) \checkmark \end{matrix}$

$\begin{matrix} 000 \rightarrow T \\ 001 \rightarrow T \\ 011 \rightarrow T \end{matrix}$ ~~$\begin{matrix} 111 \rightarrow T \end{matrix}$~~ $\begin{matrix} 110 \rightarrow T \\ 101 \rightarrow T \end{matrix}$

\rightarrow 110 \rightarrow 101 \rightarrow 011 \rightarrow 111 \rightarrow 110 \rightarrow 101 \rightarrow 011

$\begin{matrix} T \\ (T) \checkmark \end{matrix}$ $\begin{matrix} T \\ (T) \checkmark \end{matrix}$ $\begin{matrix} T \\ (T) \checkmark \end{matrix}$ $\begin{matrix} N \\ (N) \checkmark \end{matrix}$ $\begin{matrix} T \\ (T) \checkmark \end{matrix}$ $\begin{matrix} T \\ (T) \checkmark \end{matrix}$ $\begin{matrix} N \\ (T) \times \end{matrix}$

$\begin{matrix} 011 \rightarrow N \end{matrix}$ 共错6次.

考虑4位GHR

0000	→	0000	→	0001	→	0011	→	0111	→	1110	→	1101	→	1011	→	0111
N		T		T		T		N		T		T		T		N
(N)V		(N)x		(N)x		N(x)		(N)V		(N)x		(N)x		(N)x		(N)V
		0000→T		0001→T		0011→T				1110→T		1101→T		1011→T		
→	1110	→	1101	→	1011	→	0111	→	1110	→	1101	→	1011			
	T		T		T		N		T		T		N			
	(T)V		(T)V		(T)V		(N)V		(T)V		(T)V		(T)x			共错T

该例中 N 较小, 全局历史表位数小时 ($N=1, N=2$) 会错误次数大, 因为位数太少难以完整记录全局历史状况, 而 $N=3$ 时错得最少, $N>3$ 则会因为初期对计数器修正变多而错误次数增加。
当 N 非常大时, 3 位全局历史表预测最佳。

(5) PEI 随机取 0/1, 全局关联性大大减弱, 位数越多的 GHR 效果会下降越多. GHR 效果都下降. 而 2bit 局部预测器效果则可能变好.

18. 顺序的5级RISC流水线, 指令引发的异常由于具有时间、空间上的不确定性, 且对程序一般是“透明”的, 很可能会影响指令的流水线处理, 异常指令未完全异常处理后读的指令就开始执行, 导致现场难以恢复带来乱序。

为支持精确异常, ~~并引入ROB~~ ROB的有序提交和清空作用较大。若指令发生异常, 在指令提交阶段会触发异常处理机制, 异常处理完成后处理器会从发生异常的指令位置重新执行, 得益于ROB的有序提交, 相应异常指令之后的ROB表项也会清空, 不会对处理器造成执行上的问题。

20. (1)	Decode (ROB enqueue)	Issue	WB	Committed	opcode	目标	源1	源2
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	T2	T1	f0
I4	3	4	5	18	addi	T3	a0	-
I5	4	5	6	19	fld	T4	T3	-
I6	5	13	23	24	fmul.d	T5	T4	T4
I7	6	24	26	27	fadd.d	T6	T5	T2

(2)	Decode (ROB enqueue)	Issue	WB	Committed	opcode	目标	源1	源2
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	T2	T1	f0
I4	15	16	17	18	addi	T3	a0	-
I5	18	19	20	21	fld	T4	T3	-
I6	19	21	31	32	fmul.d	T5	T4	T4
I7	22	32	34	35	fadd.d	T6	T5	T2