

5. 方案B: 有分支时  $CPI_B = 1 + 15\% \times 2 = 1.3$

方案A:  $CPI_A = 1 + 15\% \times (10\% \times 3 + 90\% \times 10\% \times 4) = 1.099$

$CPI_B - CPI_A = 1.3 - 1.099 = 0.201$  方案A比方案B快  $0.201 / 1.099 \approx 18\%$

```
12. (1) for (i=0; i<10000; i++)  
    if (i%2 == 0) ... Code A
```

~~else if~~

```
    if (i%5 == 0) ... Code B
```

```
}
```

(2)  $B_1: 50\%$   $B_2: 80\%$   $B_3: 99.99\%$

(3)  $B_1: 50\%$   $B_2: 80\%$   $B_3: 0.01\%$

13. (1) 17PC是32位的 相邻两指令PC差4 正如预测器用的是  $[(k+2):3]$ , 没有用最后两位, 最小单位是4 那么这K位对应的表17可对应一条指令

一其代码片段指令数:  $0xe0 - 0xe4 = 0x07c \rightarrow 4 \times 7 + 3 = 31$

$31 + 1 + 5 = 37$  条 K最小为6

(2)  $B_1: \text{FTFTFTFT} \dots$   $B_2: \text{FTTTTFTTTTFT} \dots$   $B_3: \text{TTT} \dots \text{TTT}$

$N=1$   $\text{FFFTFTFT} \dots$   $B_1$  为  $0\%$  X

$N=2$   $\text{FFFFFFF} \dots (0\%)$   $B_2: \text{FTTTT} \dots (80\%)$   $B_3: \text{FTTT} \dots \text{TTT} \dots (99.99\%)$

N最小值2

这里认为程序计数器不包括开始和最后

(3)  $N=2$  时  $B_1: 50\%$   $B_2: 80\%$   $B_3: \text{9999} \rightarrow 100\%$

14. 局部分支历史: H位 理解: H位构成  $2^H$  种分支历史可能, 要在每种分支可能下对应一种确定正确的预测:

$B_1: \text{FTFTFTFT} \dots$  仅须  $H=2$  的分支历史窗口  $\text{FT} \rightarrow \text{F}$   $\text{TF} \rightarrow \text{T}$

$B_2: \text{FTTTTFTT} \dots$  至少需  $H=4$  的历史窗口  $\text{TTTT} \rightarrow \text{F}$   $\text{TTTF}$   $\text{TTFT}$   $\text{TFTT}$   $\text{FTTT} \rightarrow \text{T}$

~~$B_3: \text{完全初始化为} H=9999$~~   $B_3: \text{TTTT} \dots$  至少  $H=1$

故H最小值为4

# 15. 仅有全局分支历史

三条 branch 的 1 条有跳转情况为:

	F	T	F	T	F	T	...	T
	F	T	T	T	F	T	...	T
	T	T	T	T	T	T	...	F

~~对 B1 来说会跳转还是 B2~~

~~B1 子即可 B2 之前情况为 TTTFTTTTTFTTFTFF~~

整体周期为 30

	F	T	F	T	F	T	F	T	F	T	...
	F	T	T	T	F	T	T	T	F	T	...
	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	...

要满足这个序列均可预测:

B2 的 F 之前序列情况有 2 种

	F	T	T	T	T	F	T	T	T	T	F	...	
	T	T	T	F	T	T	T	T	F	T	T	T	...

T 之前的序列有: TTTFTTTTTFTFT 一直到 12 位才可区分

m 最小为 12 检查 T 还有 FTTTTFTFT... 第 9 位可区分

TTTTFTF 第 6 位可区分

FTFTTTF... 第 3 位可区分

所以 m 最小为 12

## 16. 方案 A: 1bit 计数器 方案 B: Q 位自身历史预测

汇编代码: OuterLoop:

;

~~bne OuterLoop~~

InnerLoop:

;

bne InnerLoop Q 发现跳转时会进入循环体

}

bne OuterLoop P

;

方案 A: 预测 FTT... TFFTT... 外循环忽略

正确 TTT... FTTT...

正确率:  $\frac{Q-2}{Q}$

XVV...XVXVV...



方案B: 对应<sup>(Q位)</sup>全局分支表 起始: ~~000~~ 所有表项对应为  $\begin{matrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{matrix}$  共 $2^Q$ 个  
 进行预测 起始为 00...0 X 改为1  $\rightarrow$  00...01 X 改为1  $\rightarrow \dots \rightarrow$  00...11 X 改为1  
 $\rightarrow \dots \rightarrow$  001...11 (前面已经Q-2次跳转, 现在第Q-1次) X 改为1  $\rightarrow$  011...11  $\checkmark$  保持0  
 第一次循环结束 准确率为  $\frac{1}{Q}$   
 $\rightarrow$  11...10 X 改为1  $\rightarrow$  11...101 X 改为1  $\rightarrow \dots \rightarrow$  ~~1011...11~~ (第Q-1次) X 改为1  
 $\rightarrow$  0111...1  $\checkmark$  保持0 第二次循环结束 准确率为  $\frac{1}{Q}$   
 从第三次开始, 即可保证一直正确  
 循环P次时 ( $P \geq 2$ ), A 错误次数:  $2P$  B 错误次数:  $2(Q-1)$   
 $(P \leq 2), A = 2P \times B = P(Q-1)$   
 由  $Q \geq 2$  故  $2 \leq Q-1$   $P \leq 2$  时 A 总比 B 好  
 $P \geq 2$  时,  $2P \leq 2(Q-1)$  即  $P \leq Q-1$   
 综上, 当  $P \leq Q-1$  ( $Q \geq 3$ ) 时 方案B 准确率不如方案A (有可能相等)  
 17. (1) 2bit 局部预测器 初值为0 认为是前道题目的模式  
 a 初值为8 经过8次循环  
 $B_1: 00 \checkmark 00 \times 01 \checkmark 00 \times 01 \checkmark 00 \times 01 \checkmark 00 \times$   
 $B_2: 00 \times 01 \times 10 \checkmark 11 \checkmark 11 \checkmark 11 \checkmark 11 \times$  错误7次

(2) 1位全局历史 用 I (跳转) N (不跳转) 标记  
 $B_1: \underline{N}00 \checkmark \underline{I}00 \times \underline{I}01 \checkmark \underline{I}00 \times \underline{I}01 \checkmark \underline{I}00 \times \underline{I}01 \checkmark \underline{I}00 \times$   
 $B_2: \underline{N}00 \times \underline{I}00 \times \underline{N}01 \times \underline{I}01 \times \underline{N}10 \checkmark \underline{I}10 \checkmark \underline{N}11 \checkmark \underline{I}11 \times$  错误8次  
 (3) 2位全局历史 用 NN NT IN IT 标记  $\underline{NTTTNTTTNTTTNTTTN}$   
 $B_1: \underline{NN}00 \checkmark \underline{NT}00 \times \underline{TT}00 \checkmark \underline{NT}01 \times \underline{TT}00 \checkmark \underline{NT}10 \checkmark \underline{TT}00 \checkmark \underline{NT}11 \checkmark$   
 $B_2: \underline{NN}00 \times \underline{TT}00 \times \underline{TN}00 \times \underline{TT}01 \times \underline{TN}01 \times \underline{TT}10 \checkmark \underline{TN}10 \checkmark \underline{TT}11 \times$   
 (4) 全局分支表位数增加可使预测准确率上升, 但在n较小时由于启动较慢效果不明显  
 n很大时引入2位的全局分支历史表可以便利及时预测 ~~一直正确~~ 一直正确, 效果最好  
 (5) 均匀随机取值: 数据分支无规律, 引入全局分支基本无用, 增加全局分支位数也不能增加预测准确率

20. (1) 14 16 17  $T_2 T_1 f_0$

3 4 5 18  $T_3 a_0$

4 5 6 19  $T_4 T_3$

5 7 17 20  $T_5 T_4 T_4$

6 18 20 21  $T_6 T_5 T_2$

(2) 14 16 17  $T_2 T_1 f_0$

15 16 17 18  $T_3 a_0$

18 19 20 21  $T_4 T_3$

19 21 31 32  $T_5 T_4 T_4$

22 32 34 35  $T_6 T_5 T_2$

18. 在发生异常时, 异常之前的指令需要全部处理完毕并提交结果后才可能再去处理异常, 这是理想的情况。但由于流水线作用, 异常处理程序在执行时, 先前已发射但未执行完的指令可能继续执行, 从而可能会产生新的异常。从时间线上看, 这些新的异常对应的指令在刚开始异常的指令之前, 所以异常会乱序产生。

采用 ROB 技术, 在写回之后增加一个提交操作, 而只有位于程序顺序之首的指令才可提交。当异常发生时, 先不立刻处理, 而是在 ROB 中给该指令标记一下, 这样当该指令提交时便可检测到异常信号, 并且将异常之后的 ROB 中操作取消。