

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 / CPI

12. (1) `for(i=0; i<10000; i++) {`

`if(i%2 == 0) ... CodeA`

~~else if~~

`if(i%5 == 0) ... CodeB`

}

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

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

13. (1) CPU是32位的 相邻两条指令 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19可对在一条指令

一共代表3片段指份数: $0xe00 - 0xe44 = 0x07c \rightarrow 4 \times 7 + 3 = 31$

$31 + 1 + 5 = 37$ 条 K最小为6

(2) $B_1: FFTFTFTFT \dots \quad B_2: FTTTTFTTTFT \dots \quad B_3: TTT \dots TTF$

$N=1 \quad FFTFTFTFT \dots \quad B_1 \neq 0\% \quad X$

$N=2 \quad FFFFFFFFFFF \dots (50\%) \quad B_2: FFFFTTTTTTTT \dots (80\%) \quad B_3: FFTTT \dots TTT \dots 100\%$

N 最小值 2

(3) $N=2$ 时 $B_1: 50\% \quad B_2: 80\% \quad B_3: 99.99\% \quad 100\%$

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后一种确定正确的预测:

$B_1: FTFTFTFT \dots$ 仅级 H=2的分支历史窗口 FT时 $\rightarrow F$ TF时 $\rightarrow T$

$B_2: FTTTTFTTT \dots$ 至少需 H=4 的分支窗口 TTTT $\rightarrow F$ TTTF, TTFT, TFTT, FTFT $\rightarrow T$

$B_3: \text{完全正确} \quad H=9999 \quad B_3: TTTT \dots$ 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 字节跳转情况为：

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

~~对 B1 是全局分支还是 B2~~

B1: ~~1 之前~~ B2: ~~1 之前~~ T T T F T T T T T F T T T T F F

整体周期为 30

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

要满足这个序列均匀预测：

B2 的 F 之前序列为有 2 种， F T T T T T F T T T T T F ...
T T T F T T T T T F T T T ...

T 之前的序列为： T T T F T T T T T F T F T 一直到 12 位才可区分

M 最小为 12 检查 T 还有 F T T T T T F T F T ... 第 9 位可区分

T T T F T F 第 6 位可区分

F T F T T T F ... 第 3 位可区分

综上，M 最小为 12

16. 方案 A: 1bit 计数器 方案 B: Q 位自身历史预测

C 语言代码： OuterLoop:

bne OuterLoop

InnerLoop:

{

bne InnerLoop & 发生跳转时会进入循环体

}

bne OuterLoop P

{

方案 A: 预测 F T T ... T F T T ... 外循环不忽略

正确 T T T ... F T T T ... 准确率： $\frac{Q-2}{Q}$

X V V ... X X V V ...

方案B: 对应一个局部分支表 起始: ~~00...0~~ 所有表项对齐为 $\begin{matrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{matrix}$ } 共 2^Q 个
 进行预测 起始为 $00\dots0$ X 改为 1 $\rightarrow 00\dots01$ X 改为 1 $\rightarrow \dots \rightarrow 00\dots11$ X 错误
 $\rightarrow \dots \rightarrow 011\dots11$ (前面已经 $Q-2$ 次跳转, 现在第 $Q-1$ 次) X 改为 1 $\rightarrow 011\dots11$ ✓ 保持
 第一次循环结束 准确率为 $\frac{1}{2}$
 $\rightarrow 11\dots110$ $\otimes X$ 改为 1 $\rightarrow 11\dots101$ X 改为 1 $\rightarrow \dots \rightarrow 1011\dots11$ (第 $Q-1$ 次) X 改为 1
 $\rightarrow 01111\dots1$ ✓ 保持。第二次循环结束 准确率为 $\frac{1}{2}$
 从第三次开始, 即可保证一直正确
 循环 P 次时 ($P > 2$), A 错误次数: $2P$ B 错误次数 $p(Q-1)$
 $(P \leq 2)$, $A = 2P$ X $B = P(Q-1)$
 由 $Q > 2$ 故 $2 \leq Q-1$ $P \leq 2$ 时 A 总比 B 多
 $P > 2$ 时, $2P \leq 2(Q-1)$ 即 $P \leq Q-1$
 本质上, 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)
 1. (1) 2bit 局部预测器 初始为 0 认为是前面选中的模式
 a. 初始值为 0 做 38 次循环
 $B_1: 00 \vee 00X 01 \vee 00X 01 \vee 00X 01 \vee 00X$
 $B_2: 00X 01X 10 \vee 11 \vee 11 \vee 11 \vee 11X$ 错误 7 次

(2) 1位全局历史 用 T (跳转) N (不跳转) 标记
 $B_1: \underline{N}00 \vee \underline{T}00X \underline{T}01 \vee \underline{T}00X \underline{T}01 \vee \underline{T}00X \underline{T}01 \vee \underline{T}00X$
 $B_2: \underline{N}00X \underline{T}00X \underline{N}01X \underline{T}01X \underline{N}10 \vee \underline{T}10 \vee \underline{N}11 \vee \underline{T}11X$ 错误 7 次
 (3) 2位全局历史 用 NN NT TN TT 标记 $NTTTNTTTNTTTNTTN$
 $B_1: NN00 \vee NT00X TT00 \vee NT01X TT00 \vee NT10 \vee TT00 \vee NT11 \vee$
 $B_2: NN00X TT00X TN00X TT01X TN01X TT10 \vee TN10 \vee TT11X$
 (4) 全局分支表位数增加可以使预测准确率上升, 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使预测一直正确, 效果最好
 (5) 均匀概率随机取值: 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
 能增加预测准确性

20. (1) 14 16 17 T₂ T₁ f₀
 3 4 5 18 T₃ a₀
 4 5 6 19 T₄ T₃
 5 7 17 20 T₅ T₄ T₄
 6 18 20 21 T₆ T₅ T₂

 (2) 14 16 17 T₂ T₁ f₀
 15 16 17 18 T₃ a₀
 18 19 20 21 T₄ T₃
 19 21 31 32 T₅ T₄ T₄
 22 32 34 35 T₆ T₅ T₂

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，先前已发射但没执行完的指令可能继续执行，从而有机会产生新的异常。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中将该指令标记一下，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。