

假设有N条指令。

$$5. CPI_A = \frac{0.85N \times 1 + 0.15N \times 90\% \times 90\% \times 1 + 0.15N \times 90\% \times 10\% \times 4 + 0.15N \times 10\% \times 3}{N}$$

$$= 0.85 + 0.15 \times 0.9 \times 0.9 + 0.15 \times 0.9 \times 0.1 \times 4 + 0.15 \times 0.1 \times 3$$

$$= 1.0705$$

$$CPI_B = \frac{0.85N \times 1 + 0.15N \times 2}{N}$$

$$= 1.15$$

12.(1) int $a_0, a_4, a_1, a_3, a_2, \dots;$
 $a_0 = 0; a_4 = 1000;$
 $\text{for } (a_1 = 0; a_1 < 10000; a_1++)$
 $\{$
 $a_3 = a_0 + 2;$
 $a_2 = a_1 \% a_3;$
 $\text{if } (a_2 == a_0)$
 $\quad \text{code A}$

' $a_3 = a_0 + 5;$
 $a_2 = a_1 \% a_3;$
 $\text{if } (a_2 == a_0)$
 $\quad \text{code B}$
 $\}$

(2) a. 是偶数时
 $bne a_2, a_0, \text{rem2}$ 不跳转。
' 跳转比例为 50%
a. 是 5 的倍数时
 $bne a_2, a_0, \text{end}$ 不跳转
' 跳转比例为: 80%

$a_1 \neq a_4$ 则 bne al, ak, loop 跳步转 从 $a_1 = \square$ 到 $a_1 = \text{_____}$
'' 跳步转比例为: 99.99% 从最后一次不跳步转

- | | | | |
|-----|-----|-----|-------|
| (3) | B1: | 正确率 | 50% |
| | B2: | 正确率 | 80% |
| | B3: | 正确率 | 0.01% |

13. (1) 2

(2)	2	$\begin{matrix} \cancel{x} & \cancel{v} & \cancel{x} & \cancel{v} & \cancel{x} & \cancel{v} \\ \cancel{x} & \cancel{v} & \cancel{x} & \cancel{v} & \cancel{x} & \cancel{v} \end{matrix}$
(3)	$B_1: 50\%$	稳态: $\begin{matrix} \cancel{x} & \cancel{v} & \cancel{x} & \cancel{v} & \cancel{x} & \cancel{v} \\ x & v & x & v & x & v \end{matrix}$
	$B_2: 80\%$	稳态: $\begin{matrix} \cancel{x} & \cancel{v} & \cancel{x} & \cancel{v} & \cancel{x} & \cancel{v} \\ x & v & v & v & x & v \end{matrix}$
	$B_3: 100\%$	稳态: $\begin{matrix} \cancel{x} & \cancel{v} & \cancel{x} & \cancel{v} & \cancel{x} & \cancel{v} \\ v & v & v & v & - & - \end{matrix}$

14. 4位

稳态时 B_1 的分支历史为 0101010101
 B_2 的分支历史为 01111011101111
 B_3 的分支历史为 1111111111

若用三位，则 B_2 亦引的疑问表应有 2 种可能值，不能保证每次都正确（一一与二二）。

但用牛顿可以保证每条引有唯一一对应值
一个最小牛顿

15. GUR 稳态时的历史为:

0011101110111010111101111

00|1101|11011010111101|

若用儿位进行索引。

分支历史中有：1111011110 1111011110 两种可能性，不能保证每次正确。

用江准时可保证每条引对及单一确定性。

16.

 $j=0 \quad j=1 \dots \quad j=\alpha-1$

A: $\begin{array}{cccc} \text{预测器} & 0 & 1 & \dots & 1 \\ \text{历史} & X & \checkmark & \dots & X \end{array}$

 $j=0 \quad j=1 \dots \quad j=\alpha-1 \quad \text{正确率: } \frac{\alpha-2}{\alpha}$
 $\begin{array}{cccc} 0 & 1 & \dots & 1 \\ X & \checkmark & \dots & X \end{array}$

B: 稳态时 100% 预测正确

由于所有计数器初值为0，即第一次用分支历史索引预测器时都不跳转，则是正确 1 个

正确率: $\frac{1 + (P-1)Q}{PQ}$

$$\frac{\alpha-2}{\alpha} > \frac{1 + (P-1)Q}{PQ} \Rightarrow \alpha - 2P > 1$$

17. (1) 假设预测器初值都为0:
 $B_1: \begin{array}{ccccccccc} 00 & 00 & 01 & 00 & 01 & 00 & 01 & 00 \\ \checkmark & X & \checkmark & X & \checkmark & X & \checkmark & X \end{array}$

$a_1 = 8-1=7, a_2=6, a_3=5, a_4=4, a_5=3, a_6=2, a_7=1, a_8=0$

$B_2: \begin{array}{ccccccccc} 00 & 01 & 10 & 11 & 11 & 11 & 11 & 11 \\ X & \checkmark & \checkmark & \checkmark & \checkmark & \checkmark & \checkmark & X \end{array}$

总共循环 8 次。

B₁ 正确率: 50% 发生 4 次错误B₂ 正确率: 62.5% 发生 3 次错误 共发生 4+3=7 次

若整个预测处于稳态，则：

$B_1: \begin{array}{ccccccccc} 00 & 01 & 00 & 01 & & & & & \\ X & \checkmark & X & \checkmark & & & & & \end{array}$ 正确率仍为 50% 发生 4 次错误

$B_2: \begin{array}{ccccccccc} 10 & 11 & 11 & 11 & 11 & 11 & 11 & 10 & \\ \checkmark & X & \end{array}$ 正确率: 87.5%

发生 1 次错误

共发生 4+1=5 次。

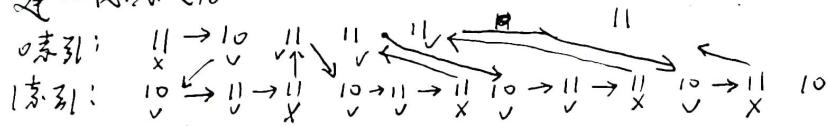
(2) 全局历史: 0111011101110110

若用 1 位全局分支历史，则只用 1 位进行索引。
尚未建立稳态时，假设 bit 测量器初值都为 0。



共预测错误: 9 次

建立稳态之后

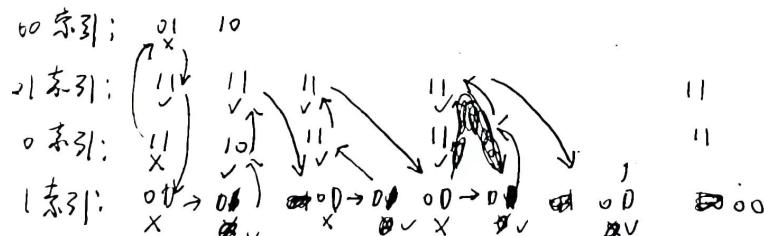


共预测错误: 5 次。

(3) 用 2 位全局分支历史，即用 2 位进行索引，未建立稳态时：



共预测错误: 8 次。



共预测错误: 5 次。

当 00 索引的值为 10 或 11 时达到稳态。此时 00 索引处预测正确。

共错误次数为 4 次 (不稳态)。

(4) 全局分支历史的位数越多，预测的准确性就越高。
当n非常大时

若仅考虑稳态，则3种预测器准确率相当。

但考虑到稳态的建立过程，所以第一种方案最好。

(5) PC在0和1之间均等概率下随机取值时。

第3种预测器最好。

因为2位全局历史是根据最近2次跳转情况进行预测的，而PC取0和1等概率，所以会减少错误概率。

18. 在流水线中，指令虽然顺序发射但是
乱序执行，所以异常会乱序产生。

重排序缓存(RoB)可用来解决精确异常。

如果指令发生异常，在指令提交阶段会触发异常处理机制。完成异常处理后，处理器会从发生异常的指令位置重行执行。RoB是顺序提交指令池，可以保证实现精确异常。

出现分支预测错误时，RoB将错误分支之后的所有RoB表项清空，而该分支之前RoB表项仍有效，处理器从正确分支处提取指令，完成恢复操作。

处理器发生异常，一般在相应指令准备提交时才会对异常进行处理。发现异常后，相应指令之后RoB全清空；异常处理完成后再从正确位置继续执行程序。

20.

	Decode	Issue	WB	Committed	操作码	目标	源1	源2
I ₁	0	1	2	3	f1d	T ₀	a ₀	-
I ₂	1	3	13	14	fmul.d	T ₁	T ₀	f ₀
I ₃	2	14	16	17	fadd.d	T ₂	T ₁	f ₀
I ₄	3	4	6	18	addi	a ₀	a ₀	-
I ₅	4	6	7	19	f1d	T ₃	a ₀	-
I ₆	5	8	18	20	fmul.d	T ₄	T ₃	T ₃
I ₇	6	19	21	22	fadd.d	T ₅	T ₄	T ₂

	Decode	Issue	WB	Committed	操作码	目标	源1	源2
I ₁	0	1	2	3	f1d	T ₀	a ₀	-
I ₂	1	3	13	14	fmul.d	T ₁	T ₀	f ₀
I ₃	4	14	16	17	fadd.d	T ₂	T ₁	f ₀
I ₄	15	16	18	19	addi	a ₀	a ₀	-
I ₅	18	19	20	21	f1d	T ₃	a ₀	-
I ₆	20	21	31	32	fmul.d	T ₄	T ₃	T ₃
I ₇	22	32	34	35	fadd.d	T ₅	T ₄	T ₂