

5. 考虑一个深流水处理器，无分支时 CPI 为 1。A 使用 BTB，缺失代价为 3 周期，预测错误为 4 周期，正确率为 90%。  
B 不使用分支预测，代价为额外 2 周期，分支频率为 15%。

解： $CPI_A = 1 + (4 \times 0.9 \times 0.1 + 3 \times 0.1) \times 0.15 = 1.099$

$$CPI_B = 1 + 2 \times 0.15 = 1.3$$

$$S = \frac{CPI_B}{CPI_A} = 1.18, \text{ 为加速比}.$$

12. 考虑一特定的代码片段。

1) 写出功能一致的 C 语言代码。

```
for (int i = 0; i < 100000; i++) { if (i % 23 == 0) { if (i % 57 == 0) break; else CodeB } else Code A }
```

2) 无分支预测时，

无分支预测时，B1 的跳转比例为  $\frac{1}{2}$ ，B2 的跳转比例为  $\frac{1}{3}$ ，B3 的跳转比例为  $\frac{9999}{10000}$

3) 静态分支预测器，向前总跳转，向后总不跳转。

对于 B1 其正确率为  $\frac{1}{2}$ ，B2 的正确率为  $\frac{1}{3}$ ，B3 的正确率为  $\frac{9999}{10000}$

13. 对 12 题的代码片段引入局部预测器，其使用 K 位索引，以及 N 位计数器。

解 1) 为使代码片段映射到不同的预测器，K 最小值为

0xec0 对应 1110,1100,0000 故至少需要 10 位用于索引，即  $K = 10$ .

故至少需要 12-3=9 位用于索引，即  $K=9$ .

2) 为使准确率不低于静态预测器，需要 N 为多少。

需要 N 至少为 2.

3) 对上述 N，稳态时的准确率为多少。

对 B1 为  $\frac{1}{2}$ ，B2 为  $\frac{1}{3}$ ，B3 为  $\frac{9999}{10000}$

14. 引入局部分支历史，预测器先到PC，使用PC牵引LH1，通过LH1结果牵引一位计数器得到跳转向。

解：考虑到B3每10000周期进行一次跳转，则有  $H = 10000$ 。

若不考虑B3的跳转，则由B2决定，即B2为  $H = 5$  为程序允许的最大值。

退出

15. 引入全局历史信息。

考虑B3的分支跳转，为完全正确有  $M = 3 \times 10000 = 30000$ 。

不考虑B3退出时的跳转，则有分支跳转历史重复周期为  $2 \times 5 = 10$ ，故  $M = 10$ 。

16. 对一特定代码，A预测器使用  $N=1$  的局部预测器，B预测器为全局历史的预测器，分析P与M的数据关系。

解：对于预测器初始化为0的情况。

A预测器每次进入循环退出循环时产生一次错误，总数为  $2P$ 。

B预测器需要填充“分支历史”，故前  $Q$  次预测全错，

则当  $2P < Q$  时，A的准确率优于B。

17. 考虑一特定指令。a1初值为n，a2初值为0，a3初值为p。

解：1) 使用2位局部预测器，B1, B2映射至不同表项， $n=8, pI] = [1, 1, 0, 1, \dots]$

假设预测器初值为0，见：B2产生  $2+1=3$  次错误，B1产生  $8/2=4$  次错误，一共为7次。

2) 引入1位全局分支，

设初值为0，B2产生  $2+1=3$  次错误，B1产生  $8/2=4$  次错误，一共7次。

3) 引入2位全局分支。

设初值为0，B2由于历史分支，需要  $2 \times 2 + 1 = 5$  次错误完成预测器填充，产生  $4+1=5$  次错误。

B1在4次循环完成对GHR(01) PC(B1)对应项的填充，产生3次错误，一共8次。

4) 比较结果。

当n较小，2位局部预测及1位全局历史预测的结果一致，2位降低了准确率，但n较大时，2位全局分支的性能较好。

5) 随机取值。

当n为随机数时，2位全局分支的性能严重下降，1位分支与局部预测器不差。

18. 解释为什么顺序级流水线中，指令引发的异常也可能乱序产生，为支持精确异常，该流水线如何处理

解：在多执行单元的流水线中，指令并非同时完成计算，前一指令可能日晚于后一指令数周期才写回寄存器，因此此

异常可能是乱序产生的。为支持精确异常，处理器在写回阶段通过记分牌追踪指令的分支预测，并通过顺序写回处理异常。

20. 考虑一个浮点处理器的ROB

周期								
	Decode	Issue	WIB	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	6	addi	T3	a0	
I5	4	5	6	7	fld	T4	T3	
I6	5	6	7	18	fmul.d	T5	T0	T0
I7	6	18	20	21	fadd.d	T6	T5	T2

假设ROB只有2条报文

	Decode	Issue	WIB	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	20	30	31	fmul.d	T5	T0	T0
I7	22	31	33	34	fadd.d	T6	T5	T2