

设总指令为N

5. 采用A方案:

$$N_A = N \cdot 15\% \times (10\% \times (\frac{3}{4} + 1) + 90\% \times 10\% \times (4 + 1) + 90\% \times 90\% \times 1) + N \cdot 75\% \\ = N \cdot 15\% \times 1.66 + N \cdot 75\% = 0.999 N$$

$$N_B = N \cdot 15\% \times (2 + 1) + N \cdot 75\%$$

$$= N \cdot 15\% \cdot 3 + N \cdot 75\% = 1.2 N$$

快了  $\frac{|N_B - N_A|}{N_B \times 100\%} = 16.75\%$

12. (1) C语言代码:

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

```
    if (i%2==0) {
```

```
        #... code A
```

```
    }
```

```
    else if (i%5==0) {
```

```
        #... code B
```

```
    }
```

```
}
```

(2) B1 ~~跳转~~ 当a1为奇数时跳转, 跳转5000次, 占比  $\frac{5000}{10001}$

B2 当a1不是5之倍数时跳转, 跳转8000次, 占比  $\frac{8000}{10001}$

B3 当a1不等于10000时跳转, 跳转10000次, 占比  $\frac{10000}{10001}$



(3) B1 正确率:  $1 - \frac{5000}{10001} = \frac{5001}{10001} \approx 50\%$

B2 正确率:  $1 - \frac{8000}{10001} = \frac{2001}{10001} \approx 20\%$

B3 正确率:  $\frac{10000}{10001} \approx 99.99\%$

13. (1) K 最小取 2

(2) 对于 B1, Taken / Not Taken 交替.

对于 B2, 4个 Taken / 1个 Not Taken 交替.

对于 B3, 10000个 Taken / 1个 Not Taken

因此, 消除 1个 Not taken 影响.  $N=2$ .

(3) 考虑稳态时, 忽略开始时计数完全为 0: 影响

B1:  $\frac{5000}{10001} \approx 50\%$

B2:  $\frac{8000}{10001} \approx 80\%$

B3:  $\frac{10000}{10001} \approx 99.99\%$



14. 15

14. 局部分支历史至少记录<sup>前</sup>10000次跳转.  $2^H > 10000$

则  $H \geq 14$ , 最小值14

15. 全局分支历史至少记录前30000次跳转.  $2^M > 30000$

$M \geq 15$ , 最小值15



16.

方案A使用实际上是"1-bit"预测器, 根据本次实际跳转预测下一次跳转  
当循环不经常发生跳转改变时, 方案A预测准确率较高

方案B引入局部分支历史, 可记录最近 $Q$ 次的跳转历史, 若 $P \gg Q$ 时, 则它不能  
完善记录外循环的跳转历史, 此时, 方案B预测准确率降低.

综上,  $P \gg Q \gg 1$ 时, 方案A优于方案B.

假定预测器初始状态都为0, 预测不跳转

1. (1) B1 发生4次错误预测

B2 发生3次错误预测, 共7次

(2) B1 发生3次错误预测

B2 发生5次错误预测, 共8次

(3) B1 发生4次错误

B2 发生2次错误, 共6次

(4) 全局分支历史表的位数增加能提高预测准确率.

$n$ 非常大时, 2位的~~局部分支历史表~~表现最好  
全局分支历史表

(5) 若 $p[]$ 变为随机取值, 采用2位的局部预测器准确率更高



18. 流水线中有些指令依赖于之前指令的结果。发生异常时，指令的执行会被中止，影响后续指令的执行，之后的指令可能乱序<sup>执行</sup>。

处理：主要通过指令序列号来保证异常处理的顺序，发生异常时，流水线会记录异常指令的序列号，并停止后续指令处理，然后，流水线会等待所有之前已经进入流水线的指令都完成，直到处理序列号比异常指令小的指令才会处理异常指令。

还会通过使用一些缓冲区和状态机来控制异常处理。例如，当异常发生时，流水线会~~检测~~将异常状态记录到缓冲区中，并转换到异常状态机状态，流水线会等待之前进入的指令完成并等待CPU处理异常，再开始处理异常。

21.	周期				操作码	目标	源1	源2
11	Decode	Issue	WB	Committed				
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	6	7	addi	T3	a0	8
I5	4	6	7	8	fld	T4	T3	-
I6	5	8	18	19	fmul.d	T5	T4	T4
I7	6	19	21	22	fadd.d	T6	T5	T2



(2)	Decode	周期 Issue	WB	Committed	操作码	目标	寄存器1	寄存器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	8
I5	18	19	20	21	fld	T4	T3	-
I6	19	21	31	32	fmul.d	T5	T4	T4
I7	22	31	33	34	fadd.d	T6	T5	T2