

1. 习题 5

$$CPI_A = \frac{(1-15\%)N + 15\% \times [(1-90\%) \times 4 + 90\% \times (1-90\%) \times 5 + 90\% \times 90\% \times 1] \cdot N}{N} = 1.099$$

$$CPI_B = \frac{(1-15\%)N + 15\% \times N \times 3}{N} = 1.3$$

若  $T_A = T_B$  则加速比  $\frac{CPI_B}{CPI_A} = 1.183$

即方案A比方案B快 18.3%

~~2. 习题 2~~

②



## 2. 习题 12

```

1) int zero = 0;
   int i_max = 10000;
   int i;
   for(i = zero; i != i_max; i++)
   {
       if(i % (zero + 2) == zero)
           // ... CodeA
       if(i % (zero + 5) == zero)
           // ... CodeB
   }

```

2) B1: 从 0 到 9999, 共有  $\frac{10000}{2} = 5000$  个奇数;  $\frac{5000}{10000} = 0.5$

B2: 从 0 到 9999, 共有  $\frac{10000}{5} + 1 - 1 = 2000$  个数是 5 的倍数,  $\frac{10000 - 2000}{10000} = 0.8$

B3: 从 1 到 10000, 共有 9999 次跳转,  $\frac{9999}{10000} = 0.9999$

即跳转的比例为 B1: 0.5, B2: 0.8, B3: 0.9999

3) B1: 准确率 50%

B2: 准确率 80%

B3: 准确率 0.01%



# 习题 13

1)  $(0xe44)_{16} = (111001000100)_2$

$(0xe84)_{16} = (111010000100)_2$

$(0xec0)_{16} = (111011000000)_2$

所以 K 的最小值是 5

2) B1:  $\underbrace{FTFTFT \dots FT}_{2 \times 5000 = 10000 \text{ 次}}$   $N=1$ : 准确率  $\frac{1}{10000}$

$N=2$ : 准确率  $\frac{5000}{10000} = 0.5$ , 满足题意

$N > 2$ , 准确率仍为 0.5

B2:  $\underbrace{FTTTTFTTTT \dots FTTTFTTTT}_{10 \times 1000 = 10000 \text{ 次}}$

$N=2$  时:

指令序号	是否跳转	是否预测正确	下一个计数值
0	F	✓	00
1	T	×	01
2	T	×	10
3	T	✓	11
4	T	✓	11
5	F	×	10
6	T	✓	11
7	T	✓	11
8	T	✓	11
9	T	✓	11
10	F	×	10
11	T	✓	11

准确率  $\frac{4 \times 799 + 3}{10000} = 0.7999$

若这段代码位于函数中, 再次调用时, 准确率为 0.8

$N$  增加, 准确率会略微减小



B3:  $\underbrace{TT \dots TT}_\text{9999次} F$  1次

$N=2$  显然满足题意.

所以  $N$  的最小值是 2

3) B1: 稳态时总是预测不跳转, 准确率 50%

B2: 稳态时总是预测跳转, 准确率 80%

B3: 稳态时总是预测跳转, 准确率 99.99%

#### 4. 习题 14

B1:  $H_{\min} = 1$

B2:  $H_{\min} = 4$ , (否则连续  $H$  个  $T$  无法达到 100% 预测准确率)

B3:  $H=9999$  才能 100% 准确, 但  $H=1$  即可 99.99% 准确

所以  $H$  的最小值为 4

#### 5. 习题 15

进入循环时的  $a_i$

该分支是否跳转

0	FFT
1	TTT
2	FTT
3	TTT
4	FTT
5	TFT
6	FTT
7	TTT
8	FTT
9	TTT
10	FFT
9999	TTT



即 FFTTTTFTTTTFTTTFTTTTFTTTT... (前9999次循环)

$M=6$ : 无法区分 TTFTTTF 和 TTFTTTT, 准确率不满足

$M=7$ : 无法区分 TTFTTTF 和 TTFTTTT

$M=8$ : 无法区分 TTTFTTTT 和 TTTFTTTT

最长的不重复序列: TFTTTTFTTT

为区分 TFTTTTFTTTT 和 TFTTTTFTTTT

需要  $M=12$

即  $M$  的最小值为 12

## 6. 习题 16

方案A: 内循环体完成一次:  $\underbrace{TTT \dots TF}_{Q-1 \text{ 次}} \downarrow 1 \text{ 次}$

准确率:  $\frac{P \cdot (Q-2)}{PQ} = \frac{Q-2}{Q}$

方案B: 内循环第1次: 只预测正确1次, 第2次: 只正确1次

第3~P次 全部正确

准确率:  $\frac{2 + (P-2)Q}{PQ}$

令  $\frac{Q-2}{Q} > \frac{2 + (P-2)Q}{PQ}$

得  $Q-P > 1$

所以  $P$  和  $Q$  满足  $Q-P > 1$  时, 方案A的准确率优于方案B



xx \ x x x x \ V : 第五季是假期

若初始状态为弱跳转,则错误 5 次

否则错误 4次

若初始状态, 强不跳转, 错误 3 次

若是弱不跳转, 错误 2 次

否则错误 1 次

综上, 假设初始状态为强跳转, 则一共会发生  $4+1=5$  次错误预测

2) 分支: FTTT FTTT FTTT FTTF

假设初始 ~~计数器~~ 为 0, 历史为 0

预测表

预测是否正确:  $\checkmark \times \times \checkmark \times \checkmark \times \checkmark \times \checkmark \times \times$

一共会发生9次错误预测,此时历史为0,预测表:  $0 \rightarrow 1$

3) 假设初始预测值为 0, 误差为 00

$$1 \rightarrow 0$$

~~强风是不开强~~ 再次预测:  $\times \times \times \checkmark \times \checkmark \times \checkmark \times \checkmark \times \checkmark \times \checkmark \times$

一共发生10次错误 (稳态)

综上,假设初始预测表均为不跳转(0, 历史为0, 则

第一次执行会发生9次错误, 稳态会发生10次错误



3) 分支: FTTT FTTT FTTT FTTF

假设初始预测表为 0, 历史为 00

预测是否正确:  $\checkmark \times \times \times \times \checkmark \times \checkmark \checkmark \times \checkmark \checkmark$

一共 9 次错误

此时历史为 10, 预测表: 00 (FF)  $\rightarrow$  1

01 (FT)  $\rightarrow$  1

10 (TF)  $\rightarrow$  1

11 (TT)  $\rightarrow$  0

继续预测:  $\times \checkmark \checkmark \times \times \checkmark \times \times \checkmark \times \checkmark \checkmark$

一共 8 次错误

综上, 假设初始预测表为不跳转 (0), 历史为 00

第一次执行会发生 9 次错误, 第二次会发生 8 次错误

4) 全局历史表位数越多, 稳态时准确率越高

当  $n$  非常大时, 全局分支历史表表现最好 (前提是位数不能太小)

5) 分支: ?T ?T ?T ... ( $n$  非常大)

其中每个 ? 有  $\frac{1}{2}$  概率为 F,  $\frac{1}{2}$  概率为 T

此时局部预测器表现更好 (B2 的正确率几乎为 100%)



## 8. 习题 18

不同指令可能在不同的流水级发生异常，如果是超标量处理器，还可能因为不同指令执行的周期不同而引发乱序异常。

使用重排序缓存 (ROB)，ROB 顺序提交指令，在提交阶段才会对异常进行识别处理。发现异常后，相应指令之后的 ROB 表项清空，异常处理完成后再从正确的指令位置继续执行程序。

## 9. 习题 20

1)

	周期				操作码	目标	源1	源2
	Decode (ROB enqueue)	Issue	WB	Committed				
21	0	1	2	3	fld	T0	a0	-
22	1	3	13	14	fmul.d	T1	T0	f0
23	2	14	16	17	fadd.d	T2	T1	f0
24	3	4	5	18	addi	T3	a0	-
25	4	5	6	19	fld	T4	T3	-
26	5	7	17	20	fmul.d	T5	T4	T4
27	6	18	20	<del>21</del>	fadd.d	T6	T5	T2



2)

	周期				操作码	目标	源1	源2
	Decode (ROB enqueue)	Issue	WB	Committed				
I1	0	1	2	3	fld	T0	a0	-
I2	1	3	13	14	fmul.d	T1	T0	f0
I3	4	15	17	18	fadd.d	T2	T1	f0
I4	15	16	18	19	addi	T3	a0	-
I5	19	20	21	22	fld	T0	T3	-
I6	20	22	32	33	fmul.d	T1	T0	T0
I7	23	33	35	36	fadd.d	T4	T1	T2

\* \* \* \* \*