

4/25 第三章

1. 解: (1)  $T = \frac{1+1.5+1+2+1.5}{5} + 0.1 = 1.5ns$ .

(2)  $S = \frac{N+k-1}{N} \times \frac{1.5}{T} = \frac{n+4}{n} \times \frac{1.5}{1} = \frac{3}{14} (1 + \frac{4}{n}) = \frac{3}{14} + \frac{6}{7n}$ .

当  $n \rightarrow \infty$  时,  $S = 0.21$ .

1.5

5. 解: 设总共有  $n$  条指令, ~~则~~

则  $A: (1-15\%)n + 15\%n \cdot 10\% \cdot (3+1) + 15\%n \cdot 90\% \cdot 10\% \cdot (4+1) + 15\%n \cdot 90\% \cdot 90\%$   
 $= 1.099n$

$B: (1-15\%)n + 15\%n \cdot (2+1) = 1.3n$ .

2.  $A$  比  $B$  快:  $\frac{1.3n - 1.099n}{1.3n} = 15.46\%$

12. 解: (1) ~~int a0=0~~

12. 解: (1) `int a0=0;`

`int a4=10000;`

~~`int a1=a0+0;`~~ #即  $a1=0$ .

~~`while(a1!=a4){`~~  
~~`if(a1==a4){`~~

`int a3=a0+2;` #即  $a3=2$ .

`int a2=a1%a3;`

`if(a2!=a0){`

`a3=a0+5;`

`a2=a1%a3;`

`}`

`else { ... Code A; a3=a0+5; a2=a1%a3; }`

`if(a2!=a0){`

`a1=a1+1;`

`}`

`else { ... Code B; a1=a1+1; }`

`}`

P) 第1个 ~~跳转~~ 指令 B1: 当  $a1$  不是偶数时,  $a2=1$ , 跳转, ~~在~~  $a1$  从 0 到 ~~10000~~ 9999 中有 50% 跳转.

第2个 ~~跳转~~ 指令 B2:  $a3=5$ , 当  $a1$  不是以 5, 0 结尾的数字时, 跳转,  $a1$  从 0 到 9999 中有 20% 跳转.

第3个 跳转指令 B3: 当且仅当  $a1=10000$  时不跳转, 占比 0.01%.

(3) B1、B2 向<sup>后</sup>跳转, 预测为总<sup>不</sup>跳转; B3 向前跳转, 预测为总跳转.

B1 准确率: 总不跳转: 50%

B2 准确率: 总不跳转: ~~10%~~ 20%.

B3 准确率: 总跳转: 99.99%.



3. 解: (1) 三处跳转

∴至少需要 3 位 PC 地址来索引,  $K_{\min}=3$ .

(2) B1: 先预测 ~~还~~ 跳转,  $\alpha=0$  偶数不跳转, 自减 1, 变成全为 1.

预测跳转,  $\alpha=1$  奇数跳转, 增 1 变成全 0.

循环如此, 可知预测准确率 100%, 无论加位.

B2: 先预测不跳转,  $\alpha=0$  不跳转, 变全 1

预测跳转,  $\alpha=1$  跳转, 变全 0; 预测不跳转, 但  $\alpha=2$  跳转, 加 1 变成 00...01

(设  $N \geq 3$ ) 依然最高位为 ~~错误~~ 跳转, 直到  $\alpha=4$  也 ~~还~~ 跳转, 计数器为 00...011

若  $N=1$ :  $0 \xrightarrow{0} 1 \xrightarrow{1} 0 \xrightarrow{2} 1 \xrightarrow{3} 0 \xrightarrow{4} 1 \xrightarrow{5} 0 \dots$  后面全预测跳转, 准确率  $> 20\%$ .

B3:  $\alpha$  在 10000 时不跳转, 要求前面全跳转, 最高位为 1

若  $N > 1$ : 则在  $\alpha=2$  时, 预测不跳转, 错误.

$00 \xrightarrow{1} 01 \xrightarrow{2} 00$

∴  $N=1$

(3) 稳态时: B1: 100%

B2: 全为 1, 全预测跳转, 准确率 80%.

B3: 全为 1, 全预测跳转, 准确率 100%.

4. 解: 对于 B1 ~~与 B2~~, R 需 2 位  $H=01$  即可; 对于 B2, 需 5 位  $H=01111$

对于 B3, 需 1 位  $H=1$  即可

∴  $H$  最小值为 5.

15. 解:  $00|111|011|11|011|101|011|11|011|11|001|11 \dots$  循环

∴  $M$  最小值是  $10 \times 3 = 30$ .



16. 解: A方案: 先跳位 1 后不再变化, 即一直预测跳位进入循环体, 准确率:  $\frac{(Q-1)P-1}{PQ} = \frac{Q-1}{Q}$ .

B方案:  $H = \underbrace{011\dots1}_{Q \text{ 位}}$  准确率:  $\frac{(Q-2)P}{PQ}$

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

$$(Q-1)P - 1 > (Q-2)P$$

$$P > 1$$

当  $P > 1, Q > 2$ , A 优于 B.

17. (1) 第一次 Loop:  $a_4 = 1, a_3(1), a_1 = 7$ , B1 不跳,  $a_2 = 1$ , B2 跳.

第二次 Loop:  $a_4 = 0, a_3(2), a_1 = 6$ , B1 跳, B2 跳.

B2 一直跳直到  $a_1 = 0$ .

(i) 若初始预测 B1 跳, B2 跳, 则有 B1 预测错误 4 次, B2 预测错误 1 次, 共 5 次错误预测;

(ii) 若初始预测 B1 跳, B2 不跳, 则有 B1 预测错误 4 次, B2 预测错误 2 次, 共 6 次错误预测;

(iii) 若初始 B1 不跳, B2 跳, 则  $4+1=5$  次错误预测;

(iv) 若初始 B1 跳, B2 不跳, 则  $4+2=6$  次错误预测.

(2) (i) 与 (ii) 全局初始选 (i):  $4+1=5$

全局初始选 (ii):  $4+2=6$

(i) 与 (iii) 全局初始选 (i):

(i) 与 (iv): 全局初始 0: 00 01 10 01 10 01 10 01

共 8 次预测错误

	1	0	标准
(i)	TT	NN	NT
(ii)	TT	NT	TT
(iii)	TT	NT	NT
(iv)	TT	NT	TT
	TT	NT	NT
	TT	NT	TT
	TT	NT	NT
	TT	NT	TT

(3) 标准	00 (iv)	01 (iii)	10 (ii)	11 (i)
NT	NN	NT	TN	TT
TT	NT	NT	NT	TT
NT	NT	NT	NT	TT
TT	NT	NT	NT	TT
NT	NT	NT	NT	TT
TT	NT	NT	NT	TT
NT	NT	NT	NT	TT
TN	NT	NT	NT	TT

全局初始 00: 6 次预测错误

2 位局部

(4) 全局分支历史表位数越多, 预测准确率越高; 当  $n$  非常大时, 全局预测器表现最好.

(5)  $a_n$  取值不再断断续续, 可能出现连续取 0 或 1, 此时, 多位全局预测器表现最好.

18. 当一条指令引发异常时, 前面还在流水线中的可能已经修改了一些寄存器的值、已经提交了一些存储器操作等。

为了支持精确的异常处理, 有些处理器会在出现异常时中断指令, 清空流水线, 处理完异常后会恢复流水线状态。

20. (1)

	Decode (ROB enqueue)	周期			操作码	目标	源1	源2
		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	5	6	addi	a0	a0	—
I5	4	6	7	8	fld	T3	a0	—
I6	5	8	18	19	fmul.d	T4	T3	T3
I7	6	19	21	22	fadd.d	T5	T4	T2

(2)

	Decode (ROB enqueue)	周期			操作码	目标	源1	源2
		Issue	WB	Committed				
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	5	9	10	11	addi	a0	a0	—
I5	6	12	13	15	fld	T3	a0	—
I6	7	16	26	27	fmul.d	T4	T3	T3
I7	8	28	30	31	fadd.d	T5	T4	T2