

4.25

3. (1) ① 不可能发生, 因为 $0(a0)$ 和 $0(a1)$ 物理地址不同
 ② 可能发生, $0(a0)$ 和 $0(a1)$ 在同一地址页的同一物理地址, 会有数据依赖
- (2) 均不可能发生; ① $0(a0)$ 与 $4(a1)$ 在不同地址页
 ② $0(a0)$ 与 $4(a1)$ 在同一物理地址页不同地址
- (3) ① 可能发生, $0(a0)$ 和 $4096(a1)$ 在不同地址页
 ② 不可能发生, $0(a0)$ 和 $4096(a1)$ 在同一物理地址页不同地址

5. $CPI = 1$

$$A: CPI_A = 1 + (0.9 \times 0.1 \times 4 + 0.1 \times 3) \times 1.15 = 1.099$$

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

$$\text{加速比 } S = \frac{1.3}{1.099} \approx 1.183, \text{ A 比 B 快约 } 1.183 \text{ 倍}$$

12. 解: $li \ a0, 0$

$li \ a4, 10000$

$addi \ a1, a0, 0$

Loop: $addi \ a3, a0, 2$

$rem \ a2, a1, a3$

$0xe44: \ bne \ a2, a0, Rem2$

$Rem2: \ addi \ a3, a0, 5$

$rem \ a2, a1, a3$

$0xe84: \ bne \ a2, a0, End$

$End: \ addi \ a1, a1, 1$

$0xec0: \ bne \ a1, a4, Loop$


```

(1) C语言: for (i=0; i<10000; i++)
{
    i = 2 * (i/2)
    if (i % 2 == 0)
    {
        #code A
    }
    i = 5 * (i/5)
    if (i % 5 == 0)
    {
        #code B
    }
}

```

(2) 无分支预测时, B1 跳转比例 $P_1 = \frac{1}{2}$; B2: $P_2 = \frac{4}{5}$; B3: $P_3 = \frac{9999}{10000}$

(3) B1: 向前跳转, 预测为“跳转”, 准确率 50%

B2: 向前跳转, 预测为“跳转”, 准确率 80%

B3: 向前跳转, 预测为“不跳转”, 准确率 0.01%

13.4 需计算跳转每 $\frac{10000}{3} \approx 3333$ 个指令中有一个不跳转, $2^1 < 3 < 2^2$

$\therefore K \geq 2$ 至少 2 位, K 最小为 2

(2) 考虑 B3 在 10000 次指令中只有一次不跳转,

因此确保高位每次在 B3 预测时为 1。2.5 最小公倍数为 10, 考虑 10 周期

$N=1$ 时, $P_1 = 50\%$, $P_2 = \frac{2}{5} = 40\% < 80\%$, $P_3 = 80\%$

$N=2$ 时, 发现在两个周期后, 保持计数器在 10 11 间跳转,

在第 10 周期时变为 $11 \rightarrow 10 \rightarrow 01 \rightarrow 10$ 再重复循环

因此 $P_1 = 50\%$, $P_2 = 80\%$, $P_3 = 90\%$

N 至少为 2

(3) 稳态时, 由 (2) 的分析

B1: 高位保持为 1 $\therefore P_1 = 50\%$

B2: 高位保持为 1 $\therefore P_2 = 80\%$

B3: 每 10 个周期高位出现一次 0, $P_3 = 90\%$

14. 稳态时, 由 B 中的分析, 以 10 个循环为周期

$$2^3 < 10 < 2^4$$

因此 $H_{\min} = 4$

15. $M=1$ 时, 显然不符合 $\therefore M \geq 2$

~~$M=2, M=3, M=4$ 时, 均不符合~~ (枚举)

$M=2$ 时, 在出现 $GHR=11$ 时, 之后跳转为 0, 也可能为 1, 不能确定, 因此 $M \geq 3$

同理 $M \neq 3, M \neq 4$

$M=5$ 时, 以 10 个循环为周期, GHR 变化如下:

(起始为 B1, B2, B3 均跳转)

10011	11010
00111	10101
01111	01011
11110	10111
11101	01111
11011	11111
10111	11110
01111	11101
11111	11011
11110	10111
11101	01111
11011	01111
10111	11111
01110	11110
11101	11100
	11001

此时不会发生 GHR 与 1-bit 计数器
预测表冲突

$\therefore M_{\min} = 5$

16. 由循环体可知, 共 PQ 次预测, 其中 P 次不跳转, Q 次跳转 $P(Q+1)$

A: K 足够大, 视为高位始终为 0, 因此至预测“不跳转”

\therefore 准确率为 $\frac{P}{P+Q} = \frac{1}{Q}$

B: K 足够大, 且 $P \geq 2$

① 外层 for: ~~在 $Q+1$ 个指令出现错误~~, $Q+2$ 到 P 不跳转
有 $P-Q-1$ 个正确

② 内层 for: $P(Q+1) - (2Q-2)$ 次正确

\therefore 正确率 $\frac{P(Q+1) - 2(Q-1) + P - (Q+1)}{PQ} = 1 + \frac{2P-3Q+1}{PQ}$

$\frac{1}{Q} > 1 + \frac{2P-3Q+1}{PQ}$

$\therefore 2P < 3Q-1$

17. Loop: lw $a4, 0(a3)$

addi $a3, a3, 4$

addi $a1, a1, -1$

B1: beqz $a4, B2$ $a2$ 初始为 0

B: addi $a2, a2, 1$

功能: 统计 $a3$ 指针中前 n 个数有几个非 0

B2: bneqz $a1, Loop$

① 设局部计数器初始为 0, 共 8 次循环

B1: 实际 0 1 0 1 0 1 0 1

预测: 0 0 0 0 0 0 0 0

4 次错误

B2: 实际: 1 1 1 1 1 1 0

预测: 0 0 1 1 1 1 1 1

3 次

共 7 次错误

(2) 1位全局分支历史, 设初始为0

则 $0 \rightarrow \underset{B1}{(0 \rightarrow 1)} \rightarrow \underset{B2}{(1)} \rightarrow \underset{B1}{(1 \rightarrow 1)} \rightarrow \underset{B2}{(0 \rightarrow 1)} \rightarrow \underset{B1}{(1 \rightarrow 1)} \rightarrow \underset{B2}{(0 \rightarrow 1)} \rightarrow \underset{B1}{(1 \rightarrow 1)}$
 $\rightarrow \underset{B1}{(0 \rightarrow 1)} \rightarrow \underset{B2}{(1 \rightarrow 0)}$

① GHR=0 对应跳转: B1: 始终为0, 预测错5次
B2: 预测错4次

② GHR=1 对应跳转: B1: 预测错4次
B2: 预测错5次

\therefore 共9次错误

(3) 2个全局分支历史, 初始为00

全局预测情况:

$00 \rightarrow (00 \rightarrow 01) \rightarrow (11 \rightarrow 11) \rightarrow (10 \rightarrow 01) \rightarrow (11 \rightarrow 11)$
 $\rightarrow (10 \rightarrow 01) \rightarrow (11 \rightarrow 11) \rightarrow (10 \rightarrow 01) \rightarrow (11 \rightarrow 10) \rightarrow (10 \rightarrow 01)$

对 ~~预测~~ 预测 00 时不跳转, 10, 11 时跳转时错误最多

\therefore 有5次预测错误

(14) 全局分支历史表位数越大, 稳定性错误率越大, 但稳定时错误率越小, 总体错误率更小。n很大时, 应选择2位全局分支历史表

(15) PC值在{0, 1}间随机取值, PCJ数组中不稳定性更大, 因此2个局部预测器更好。

18. 解: ① 异常可能在指令执行不同阶段被检测, 一个时钟周期可能有多条指令发生异常, 且异常处理程序可能以不同顺序捕捉。

② 可以为异常分配优先级按顺序提交。

20. I1: fld f1, S(a0)

浮点加法器: 1个 2 cycle

I2: fmul.d f2, f1, f0

乘法器: 1个 10 cycle

I3: fadd.d f3, f2, f0

load/store单元: 1个 1 cycle

I4: addi a0, a0, 8

I5: fld f4, S(a0)

I6: fmul.d f2, f1, f1

I7: fadd.d f2, f2, f3

(1)	周期					操作码	目标	源1	源2
	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	15	17	18	addi	T3	a0	—	
I5	4	17	18	19	fld	T4	T3	—	
I6	5	18	28	29	fmul.d	T5	T4	T4	
I7	6	29	30	32	fadd.d	T6	T4	T2	

20	周期				op code	目标	源1	源2
	Decode (ROB)	Issue	WB	committed				
I1	0	1	2	3	fld	T0	a0	-
I2	1	3	13	14	fmul.d	T1	T0	f0
I3	15 4	16 14	16 16	17	fadd.d	T2	T1	f0
I4	15 16 17	16 17	18 19	19 20	addi	T3	a0	-
I5	18 19	19	20	21	fld	T4	T3	-
I6	20	21	31	32	fmul.d	T5	T4	T4
I7	22	32	34	35	fadd.d	T6	T4	T2