

$$5. CPI_A = 1 + (0.9 \times 0.1 \times 4 + 0.1 \times 3) \times 0.15$$
$$= 1.099$$

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

$$\frac{CPI_B}{CPI_A} = 1.183$$

\therefore 方案A比方案B快18.3%



12. (1) `int a=0, b=10000;`

`do {`

`if (a%2==0) {#Code A}`

`if (a%5==0) {#Code B}`

`a++;`

`} while (a!=b);`

(2) B1: $a=1, 3, 5, 7, \dots, 9999$ 跳转

比例 $p_1 = \frac{5000}{10000} = 50\%$

B2: $a=0, 5, 10, \dots, 9995$ 不跳转, 其余跳转

比例 $p_2 = \frac{2000}{10000} = 20\%$

B3: $a=1 \sim 9999$ 均跳转, 最后一次不跳转

比例 $p_3 = \frac{9999}{10000} = 99.99\%$

(3) B1: 向后跳转, $p_1=50\%$, 预测均不跳转

故预测准确率 $r_1=50\%$

B2: 向后跳转, $p_2=80\%$, 预测均不跳转

故准确率 $r_2=20\%$

B3: 向前跳转, $p_3=99.99\%$, 预测均跳转

故准确率 $r_3=99.99\%$

13. (1) $0 \times 44 = (0100 \ 0100)_2$, $0 \times 84 = (1000 \ 0100)_2$

$0 \times C0 = (1100 \ 0000)_2$, 取4~8位则均不同, 故 $K=5$

(2) B3: 连续9999次跳转后1次不跳转, 一周其内

至少预测错1次, 故需始终预测跳转

至少需2位, 准确率99.99%, 不低于12题

B2: 连续4次不跳转后1次跳转, 用2位时,



稳态下始终预测不跳转, 准确率80%, 超出12题, 第 $(Q+1)$ 次正确(初值为0, 则对不跳转)

B1: 跳转, 不跳转交替, 用2位, 初始值为0时, 第 $(Q+1)$ 次至 $2Q$ 次全错(索引到新址, 均为0)

始终预测不跳转, 准确率50%, 不低于12题, 第 $(2Q+1)$ 次正确, [索引到第 Q 次相同地址, 已被

$\therefore N$ 的最小值为2, 更新为17

(3) 由(2)知, 稳态下准确率

此后预测全对

$$r_1 = 50\%, r_2 = 80\%, r_3 = 99.99\%$$

$$\text{错误率 } R_2 = \frac{2Q-1}{P(Q+1)}$$

当 $R_1 < R_2$ 时, A优于B.

14. 对B3, 由于连续9999次跳转后才有1次不跳转,

$$\text{此时 } \frac{2}{Q+1} < \frac{2Q-1}{P(Q+1)} \Rightarrow Q > P + \frac{1}{2}$$

需至少9999位, 当全为1时索引至不跳转的预测器

\therefore 当 $Q \geq P+1$ 时, 方案A优于方案B.

当全为0时均索引至跳转的预测器

对B2, 连续4次不跳转后1次跳转, 至少需4位.

17. (1) 设预测器初值均为00

对B3, 交替跳转/不跳转, 至少需1位.

B1: 交替跳转/不跳转, 预测器在00和01间来回

$\therefore H$ 的最小值为9999.

切换, 始终预测不跳转, 错误4次.

B2: 连续7次跳转后不跳转, 先预测错2次, 之后

预测器至10/11, 预测正确, 最后一次错误.

\therefore 共会有 $4+2+1=7$ 次错误.

(2) 实际分支历史为01110111011010

设预测器初值为00, 分支历史初值为0.

① 索引为0的预测器的实际分支情况为01111.

第一位"0"为启动程序时第一次预测B1.

因而预测结果为00011, 错2次.

② 索引为1的预测器实际分支情况为11011011010

预测结果为0010111111, 错7次

共错 $2+7=9$ 次

16. 对13题中预测器, $N=1$ 时, 每次循环会预测

$$\text{错2次, 错误率为 } R_1 = \frac{2P}{P(Q+1)} = \frac{2}{Q+1}$$

对14题中预测器, 前 Q 次预测全错(初值=0),



13) 设预测器初值00, 历史表初值00.

实际分支情况为 0111 0111 0111 0110

索引为00的预测器, 实际分支结果: 01

预测结果00, 错1次

索引01, 实际: 1111, 预测: 0011, 错2次

索引10, 实际: 111, 预测: 001, 错2次

索引11, 实际: 1010100, 预测0000000, 错3次

共错 $1+2+2+3=8$ 次

(4) 全局历史表位数越高, 需预测的序列就越

有规律, 误差下就越准确, 但在本题中分支

为跳转, 不跳转变替, 不利于小位数全局历史的

发挥, 需3位历史才能有效提升准确率

反而直接预测只会错一半, 有优势

n 很大时, (1) 错 $(\frac{1}{2}n+3)$ 次

(2) 错 $2+\frac{2}{3}n+3=\frac{1}{2}n+5$ 次

(3) 错 $1+2+2+\frac{1}{2}n-1=\frac{1}{2}n+4$ 次

(1) 表现最好

(5) 1) 中B1预测器需预测均等概率的{0,1}序列

B2预测器错3次

2) 中索引0的, 除首次外均预测1, 错2次

索引1的, $\frac{1}{2}$ 几率预测B2的跳转

$\frac{2}{3}$ 的几率预测{0,1}序列

0出现 $\frac{1}{4}$, 1出现 $\frac{3}{4}$

3) 中索引00: 错0~1次, 约0.5次

索引01: 预测均等概率的{0,1}序列

索引10: 预测全1序列, 错2次

索引11: 50%几率预测B2跳转, 50%几率预测

{0,1}序列

00出现 $1\sim 2$ 次, 01出现 $\frac{1}{4}$, 10出现 $\frac{1}{4}$, 11出现 $\frac{1}{4}$

设预测{0,1}序列错误率为 r , 若不完全预测序列,

由于稳定性加强, 错误率会下降

1) 错 $(n+3)$ 次

2) 至多错 $2+\frac{2}{3}n+3=\frac{1}{2}n+5$ 次

3) 至多错 $0.5+\frac{1}{4}n+2+\frac{1}{2}n+3=\frac{1}{2}n+5.5$ 次

\therefore (2) 最优

18. 不同指令可能在不同流水级触发异常, 若顺序

靠后的指令在较早的流水级产生异常, 则会出现乱序异常

引入重排序缓冲ROB, 记录指令在程序中的顺序

发生异常时, 可定位到相应指令, 恢复至其执行前的状态, 处理完后重新执行后续指令



20. (i)		ROB	Issue	WB	Commit	OP	rd	rs1	rs2
	1	0	1	2	3	fld	T0	a0	-
	2	1	3	13	14	fmul.d	T1	T0	f0
	3	2	14	16	17	fadd.d	T2	T1	f0
	4	3	4	5	18	addi	T3	a0	-
	5	4	5	6	19	fld	T4	T3	-
	6	5	13	23	24	fmul.d	T5	T4	T4
	7	6	24	26	27	fadd.d	T6	T5	T2

(2)		ROB	Issue	WB	Commit	OP	rd	rs1	rs2
	1	0	1	2	3	fld	T0	a0	-
	2	1	3	13	14	fmul.d	T1	T0	f0
	3	4	14	16	17	fadd.d	T2	T1	f0
	4	15	16	17	18	addi	T3	a0	-
	5	18	19	20	21	fld	T4	T3	-
	6	19	21	31	32	fmul.d	T5	T4	T4
	7	22	32	34	35	fadd.d	T6	T5	T2

