

《计算机系统结构》作业 5

黄家晖 2014011330

一、计算动态流水线吞吐率、加速比和效率

该流水线在执行题目所述计算任务的流水线分配如下所示：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
第 1 段																		
第 2 段																		
第 3 段																		
第 4 段																		
第 5 段																		

各个任务的颜色如下：

计算 $a_1 \times b_1$

计算 $a_2 \times b_2$

计算 $a_3 \times b_3$

计算 $a_4 \times b_4$

计算 $(ab)_1 + (ab)_2$

计算 $(ab)_3 + (ab)_4$

计算最终结果

因此吞吐率为：

$$TP = \frac{7}{18\Delta t}$$

加速比为：

$$S = \frac{4 \times 4 + 3 \times 4}{18} = 155.6\%$$

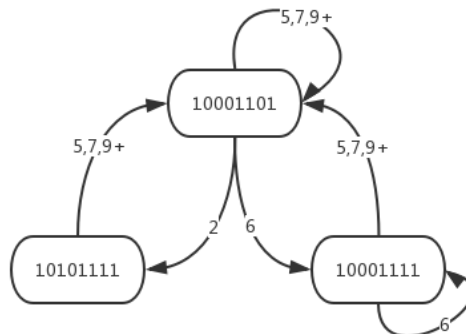
流水线利用效率为：

$$E = \frac{4 \times 4 + 3 \times 4}{18 \times 5} = \frac{14}{45}$$

二、根据预约表计算单功能非线性流水线任务调度

(1) 禁止表 $F = \{1,3,4,8\}$ ，冲突向量 $C_0 = (10001101)$ 。

根据规则 $C_{new} = SHR^{(j)}(C_k) \vee C_0$ ，可以得出转移图为：



(2) 由转移图看出，最优调度策略为(2,5)，最大吞吐率为 $TP = \frac{2}{(2+5)\Delta t} = \frac{2}{7\Delta t}$ 。

(3) 流水线分配如下表所示，其中各种颜色代表不同的 6 个任务：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
第1段	1		2					3	4	5					6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
第2段		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
第3段				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
第4段					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
第5段						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

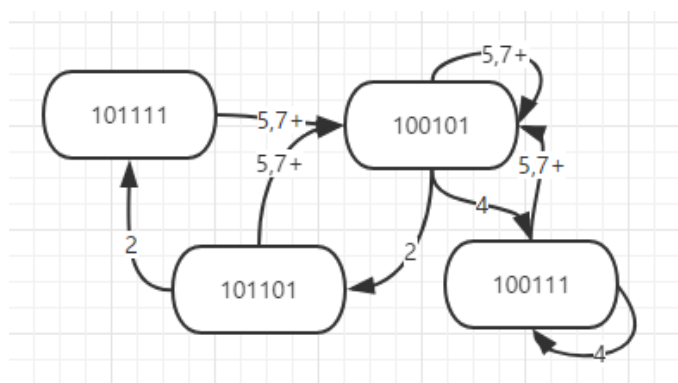
因此实际吞吐率为：

$$TP = \frac{6}{25\Delta t}$$

三、根据预约表计算单功能非线性流水线任务调度

(1) 禁止表 $F = \{1,3,6\}$ ，冲突向量 $C_0 = (100101)$ 。

转移图为：



(2) 根据转移图可以看出：

不等间隔调度最优策略为(2,2,5)，最大吞吐率为 $TP_1 = \frac{3}{(2+2+5)\Delta t} = \frac{1}{3\Delta t}$ 。

等间隔调度最优策略为(4)，最大吞吐率为 $TP_2 = \frac{1}{4\Delta t}$ 。

(3) 使用不等间隔调度时，任务的启动时间分别为：(1,3,5,10,12,14,19,21,23,28)，最后一个

任务结束的时间为 $28 + (7 - 1) = 34$ 。实际吞吐率为 $\frac{10}{34\Delta t} = \frac{5}{17\Delta t}$ ，加速比为 $\frac{70}{34} \approx 2.06$ 。

使用等间隔调度时，最后一个任务的启动时间为 $1 + 4 \times 9 = 37$ ，结束时间为 $37 + (7 - 1) =$

43。实际吞吐率为 $\frac{10}{43\Delta t}$ ，加速比为 $\frac{70}{43} \approx 1.63$ 。

四、根据 MIPS 代码序列计算流水线效率

(1) 该循环总共会执行 $\frac{396}{4} + 1 = 100$ 次，每次执行完毕之后都清空流水线，那么一个循环的

时空图如下：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
IF	1			2			3	4			5			6				
ID		1			2			3	4			5			6			
EX			1			2			3	4			5			6		
MEM				1			2			3	4			5			6	
WB					1			2			3	4			5			6

因此需要 $18 \times 100 = 1800$ 个时钟周期。

(2) 即使存在旁路，LW 指令也需要暂停。另外预测分支失败，每次循环都会清空流水线。

时空图如下：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IF	1		2	3	4	5	6				
ID		1		2	3	4	5	6			
EX			1		2	3	4	5	6		
MEM				1		2	3	4	5	6	
WB					1		2	3	4	5	6

因此总共需要 $11 \times 100 = 1100$ 个时钟周期。

(3) 选择将 SW 指令移到分支延迟槽（但需要修改其操作数），这样逻辑比较清楚，不会出现错误，具体指令序列变为：

```
1: LW      R1, 0(R2)
2: DADDIU R1, R1, #1
4: DADDIU R2, R2, #4
5: DSUB    R4, R3, R2
6: BNEZ    R4, LOOP
3: SW      R1, -4(R2)
```

时空图为：

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IF	1		2	4	5	6	3	1'		2'	4'	5'
ID		1		2	4	5	6	3	1'		2'	4'
EX			1		2	4	5	6	3	1'		2'
MEM				1		2	4	5	6	3	1'	
WB					1		2	4	5	6	3	1'

每次循环有效时间是 7 个时钟周期，最后还需要 4 个时钟周期将指令 3 执行完毕，因此总共需要 $7 \times 100 + 4 = 704$ 个时钟周期。

五、流水线的实现

(1) 旁路的条件是 D 阶段需要 M 读取出的寄存器值（Load 相关）或是 D 阶段需要 Y 寄存器的值（即操作数的最新值）：

$$\text{Bypass}(\text{MEM} \rightarrow \text{ID}(\text{B})) = ((\text{rt}(\text{M}) == \text{rs}(\text{D}) \parallel \text{rt}(\text{M}) == \text{rt}(\text{D})) \&\& (\text{opcode}(\text{M}) == \text{LW})) \parallel ((\text{opcode}(\text{M}) == \text{ALU}(\text{i})) \&\& (\text{rt}(\text{M}) == \text{rs}(\text{D}) \parallel \text{rt}(\text{M}) == \text{rt}(\text{D})))$$

(2) Load 相关问题：

$$\text{Stall} = (\text{opcode}(\text{E}) == \text{LW}) \&\& ((\text{opcode}(\text{D}) == \text{ALU}, \text{JR}, \text{JALR}, \text{BZ}, \text{LW}, \text{SW} \&\& (\text{rs} == \text{wt} \parallel \text{rt} == \text{wt})) \parallel (\text{opcode}(\text{D}) == \text{ALU}(\text{i}) \&\& \text{rs} == \text{wt}))$$

(3) 原理同(1)：

```
1: LW      R1, 0(R2)
2: ALU     R1, R1, #X
```