

7.2

最大吞吐率=1/max{ τ }=1/(120ns)= 8.33MFLOPS

7.5

CPI2=1+20%*0.5=1.1

吞吐率 TP=fclk/CPI

故 TP1/TP2=CPI2/CPI1=1.1

快 10%

7.7

1) 1000 条指令的执行时间为(10+5+5+10+5+(1000-1)*10)ns=10025ns

故吞吐率为 1000/10025ns=99.8MIPS

非流水时，1000 条指令执行时间为(10+5+5+10+5)*1000=35000ns

故加速比=35000/10025=3.49

2) 将第 1 级和第 4 级流水段重复设置或细分，从而将两段的处理时间降为 5ns，此时最大吞吐率=1/(5ns)=200MIPS

7.8

一旦确定 I3 分支，则认为编译器可提前预测到分支线路 I3→I8→I9→I6，故 I9→I6 的跳转不造成断流。整个流水线只有 I3→I8，I6→I2 会产生断流。

S5					1	2	3	4	5	6					2	3	4	5	6					2	3	4	5	6
S4				1	2	3	4	5	6	7				2	3	4	5	6	7				2	3	4	5	6	7
S3			1	2	3	4	5	6	7				2	3	4	5	6	7				2	3	4	5	6	7	
S2		1	2	3	4	5	6	7				2	3	4	5	6	7				2	3	4	5	6	7		
S1	1	2	3	4	5	6	7				2	3	4	5	6	7				2	3	4	5	6	7			

未分支

未分支

未分支

				2	3					8	9	6					2	3					8	9	6	7
			2	3	4				8	9	6	7				2	3	4				8	9	6	7	
		2	3	4	5			8	9	6	7				2	3	4	5			8	9	6	7		
	2	3	4	5	6		8	9	6	7				2	3	4	5	6		8	9	6	7			
2	3	4	5	6	7	8	9	6	7				2	3	4	5	6	7	8	9	6	7				

分支

分支

结束

指令数为 1+5×10+1=52

无跳转时，从 I2 到 I6 花时间 5+5-1=9

有跳转时，从 I2 到 I3 花时间 2+5-1=6，从 I8、I9 到 I6 花时间 3+5-1=7，共为 6+7=13

故总时间 T=τ(1+(9+13)×5+1)=112τ

或者：每次循环 I6→I2 跳转，需重新充满流水线，需时间(5-1)×9

条件分支 I3 跳转，需重新充满流水线，需时间(5-1)×5

总时间 T=τ(52+5-1+(5-1)×9+(5-1)×5)=112τ

吞吐率为 TP=52/(112τ)= 0.464/τ

无流水线时，总时间为 T=5τ×52=260τ

故加速比为 260/112=2.32

若仅考虑有效执行的 52 条指令在流水段上产生的设备运行效率，则 E=TP*τ=46.4%

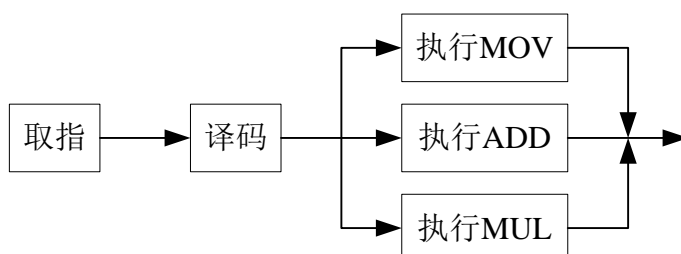
7.10

非流水机的指令平均执行时间为 $(4 \times 40\% + 4 \times 20\% + 5 \times 40\%) \times 10\text{ns} = 44\text{ns}$

流水机指令平均执行时间为 11ns，故加速比为 4

7.11

1)



2)

MUL					2	2	2	2	
ADD							3	3	3
MOV			1	1					
译码		1	2	3					
取指	1	2	3						

7.12

1) 非流水执行时间为 $T1 = 100 \times \text{CPI} / \text{fclk} = 100 \times 4 / 25\text{M} = 16\mu\text{s}$

流水执行时间 $T2 = (100 + 5 - 1) / 20\text{M} = 5.2\mu\text{s}$

故加速比为 $16 / 5.2 = 3.077$

2) 速率为 $\text{TP1} = 100 / T1 = 100 / 16\mu\text{s} = 6.25\text{MIPS}$

$\text{TP2} = 100 / T2 = 100 / 5.2\mu\text{s} = 19.23\text{MIPS}$

7.13

1: $R1 = A1 + A2$ 2: $R2 = A3 + A4$ 3: $R3 = A5 + A6$ 4: $R4 = A7 + A8$ 5: $R5 = A9 + A10$

6: $R6 = R1 + R2$ 7: $R7 = R3 + R4$ 8: $R8 = R5 + R6$ 9: $R9 = R7 + R8$

S5					1	2	3	4	5		6		7			8					9
S4				1	2	3	4	5		6		7			8					9	
S3			1	2	3	4	5		6		7			8					9		
S2		1	2	3	4	5		6		7			8					9			
S1	1	2	3	4	5		6		7			8					9				

吞吐率 $\text{TP} = 9 / (21 \tau) = 0.429 / \tau$

加速比 $= 5 \times 9 / 21 = 2.143$

效率 $E = \text{TP} \times \tau = 0.429$

7.14

$\text{TP} = n / (3(n-1) + 1 + 3 + 1 + 1) \tau = n / (3n + 3) \tau = 100 / 303 \tau = 0.33 / \tau$ ， $\tau = 1\mu\text{s}$ ，故 $= 0.33\text{MIPS}$

7.15

1	S1	S2	S3	S4		
2	S1	S2	S3	S4		
3	S1	S2	S3	S4		
4		S1	S2	S3	S4	
5		S1	S2	S3	S4	
6		S1	S2	S3	S4	
7			S1	S2	S3	S4
8			S1	S2	S3	S4
9			S1	S2	S3	S4

需要 6 个时钟周期

每个部件执行 3 条指令，3 个周期，故效率为 $3/6=0.5$

7.16

1) $\tau = 1/f_{clk} = 1/1G = 1ns$

2) 一条指令执行 $8\tau = 8ns$

3) 理想 $CPI = 1/m = 0.5$

$TP_{max} = f_{clk}/CPI = 1G/0.5 = 2G$

4) 执行 1000 条指令需要时间 $(1000 * CPI + 8 - 1)\tau = 507ns$

非流水时需要 $1000 * 8 * \tau = 8000ns$

加速比为 $8000/507 = 15.779$

7.17

1) 5

2) $5/(2ns) = 2500 \text{ MIPS}$