

# 高等计算机体系结构，2021 年春季

## 作业 3：流水线 1

主讲教师：栾钟治

助讲教师：杨海龙；助教：孙庆骁

作业下发时间：2021 年 4 月 9 日

作业回收时间：2021 年 4 月 23 日

### 1 流水线 50 分

观察以下程序：

MUL R3 R1, R2

ADD R5 R4, R3

ADD R6 R4, R1

MUL R7 R8, R9

ADD R4 R3, R7

MUL R10 R5, R6

分别计算该程序在以下的机器上执行时花费的时钟周期数：

(a) 非流水线机器

(b) 采用记分板（scoreboarding）的流水线机器，有 5 个加法器、5 个乘法器，没有数据转发逻辑

(c) 采用记分板（scoreboarding）的流水线机器，有 5 个加法器、5 个乘法器，带数据转发逻辑

(d) 采用记分板（scoreboarding）的流水线机器，有 1 个加法器、1 个乘法器，没有数据转发逻辑

(e) 采用记分板（scoreboarding）的流水线机器，有 1 个加法器、1 个乘法器，带数据转发逻辑

对于所有上述的机器模型，采用以下 4 阶段的基本指令周期：

1) 取指 (1 个时钟周期)

2) 译码 (1 个时钟周期)

3) 执行

MUL(5 个时钟周期)

ADD(2 个时钟周期)

乘法器和加法器内部不是流水线的

#### 4) 写回 (2 个时钟周期)

请列出你为了计算对流水线结构的所有假设（例如如何在流水段之间做数据转发）

## 2 延迟槽 50 分

一台五阶段流水线的机器，五个流水段分别是：取指、译码、执行、访存和写回。该机器采用延迟槽技术处理控制相关。无条件分支和有条件分支都在执行阶段获得分支的结果。

(a) 需要多少个延迟槽才能够确保正确的操作？

(b) 按照你在(a)中设计的延迟槽数量，下列汇编指令序列中，哪（些）条指令可以放入延迟槽？请使用合适的延迟槽填充方案重写下边的汇编指令代码。

(i) ADD R5 R4, R3  
OR R3 R1, R2  
SUB R7 R5, R6  
J X

延迟槽

LW R10 (R7)  
ADD R6 R1, R2  
X:

(ii) ADD R5 R4, R3  
OR R3 R1, R2  
SUB R7 R5, R6  
BEQ R5 R7, X

延迟槽

LW R10 (R7)  
ADD R6 R1, R2  
X:

(iii) ADD R2 R4, R3  
OR R5 R1, R2  
SUB R7 R5, R6  
BEQ R5 R7, X

延迟槽

LW R10 (R7)  
ADD R6 R1, R2  
X:

(c) 你能修改流水线减少延迟槽的数量吗(不使用分支预测的技术)? 请清楚地说明你的方法并解释为什么这样能减少延迟槽。