

第六章 指令流水线答案 (3, 6, 7, 10)

3. 假定在一个五级流水线（如图 7.5 所示）处理器中，各主要功能单元的操作时间为：存储单元：200ps；ALU 和加法器：150ps；寄存器堆读口或写口：50ps。请问：
- (1) 若执行阶段 EX 所用的 ALU 操作时间缩短 20%，则能否加快流水线执行速度？如果能的话，能加快多少？如果不能的话，为什么？
 - (2) 若 ALU 操作时间增加 20%，对流水线的性能有何影响？
 - (3) 若 ALU 操作时间增加 40%，对流水线的性能有何影响？

参考答案：

(1) ALU 操作时间缩短 20% 不能加快流水线指令速度。因为存储单元的时间为 200ps，所以流水线的时钟周期不会因为 ALU 操作时间的缩短而变短。

(2) ALU 操作时间延长 20% 时，变为 180ps，比 200ps 小，对流水线性能没有影响；

(3) ALU 操作时间延长 40% 时，变为 210ps，比 200ps 大，所以，流水线的时钟周期将变为 210，其效率降低了 $(210-200)/200=5\%$ 。

6. 以下指令序列中，哪些指令对发生数据相关？假定采用“取指、译码/取数、执行、访存、写回”五段流水线方式，那么不用“转发”技术的话，需要在发生数据相关的指令前加入几条 nop 指令才能使这段程序避免数据冒险？如果采用“转发”是否可以完全解决数据冒险？不行的话，需要在发生数据相关的指令前加入几条 nop 指令才能使这段程序不发生数据冒险？

```
addu    $s3, $s1, $s0
subu    $t2, $s3, $s3
lw      $t1, 0($t2)
add     $t3, $t1, $t2
```

参考答案：

发生数据相关的有：第 1 和 2 间关于 \$s3、第 2 和 3 间关于 \$t2、第 2 和 4 间关于 \$t2、第 3 和 4 间关于 \$t1。

不进行“转发”处理的话，需要分别在第 2、3、4 条指令前加三条 nop 指令才能避免数据冒险。而通过“转发”可以避免 1 和 2、2 和 3、2 和 4 间的数据相关；但第 3 和 4 间是 load-use 数据相关，所以无法用“转发”消除冒险，因此，需在第 4 条指令前加入一条 nop 指令。

7. 假定以下 MIPS 指令序列在图 6.18 所示的流水线数据通路中执行：

```
addu    $s3, $s1, $s0
subu    $t2, $s3, $s3
lw      $t1, 0($t2)
add     $t3, $t1, $t2
add     $t1, $s4, $s5
```

请问：

- (1) 上述指令序列中，哪些指令的哪个寄存器需要转发，转发到何处？
- (2) 上述指令序列中，是否存在 load-use 数据冒险？
- (3) 第 5 周期结束时，各指令执行状态是什么？哪些寄存器的数据正被读出？哪些寄存器将被写入？

参考答案：

(1) 发生数据相关的有：第 1 和 2 间关于 \$s3、第 2 和 3 间关于 \$t2、第 2 和 4 间关于 \$t2、第 3 和 4 间关于 \$t1。通过“转发”可以避免 1 和 2、2 和 3、2 和 4 间的数据相关；

(2) 第 3 和 4 间是 load-use 数据相关，所以无法用“转发”消除冒险。

(3) 第五个时钟各条指令的执行情况如下：

指令 1 在“WB”阶段，控制信息等在 MEM/WB.Reg 中，\$s3 正在被写

指令 2 在“MEM”阶段，控制信息等在 EX/MEM.Reg 中

指令 3 在“EXE”阶段，控制信息等在 ID/EX.Reg 中

指令 4 在“ID/REG”阶段，指令在 IF/ID.Reg 中，\$t1 和 \$t2 正在被读出

指令 5 在“IF”阶段，指令正被读出

10. 在一个采用“取指、译码/取数、执行、访存、写回”的五段流水线中，若检测结果是否为“零”的操作在执行阶段进行，则分支延迟损失时间片（即分支延迟槽）为多少？以下一段 MIPS 指令序列中，在考虑数据转发的情况下，哪些指令执行时会发生流水线阻塞？各需要阻塞几个时钟周期？

```
loop:  add    $t1, $s3, $s3
      add    $t1, $t1, $t1
      add    $t1, $t1, $s6
      lw     $t0, 0($t1)
      bne    $t0, $s5, Exit
      add    $s3, $s3, $s4
      j      Loop
```

Exit:

参考答案:

若检测操作在执行阶段进行，则分支延迟损失时间片（即分支延迟槽）为 2。

bne 指令执行时会发生流水线阻塞，阻塞 1 个时钟周期。

j 指令如果在译码阶段就根据译码结果计算跳转目标地址，那么 **j** 指令后面指令会被阻塞 1 个时钟周期，若在执行阶段计算，则要阻塞 2 个时钟周期。