

# HW5

PB20111630 张艺耀

## 1. (COD\_CH, P250, 4.16)

在本题中将讨论流水线如何影响处理器的时钟周期。假设数据通路的各个流水级的延迟如下：

II	ID	EX	MEM	WB
250ps	350ps	150ps	300ps	200ps

同时，假设处理器执行的指令分布如下：

ALU/Logic	Branch	Load	Store
45%	20%	20%	15%

- 1). 在流水化和非流水化的处理器中，时钟周期分别是多少？
- 2). 在流水化和非流水化的处理器中，对于ld指令的延迟分别是多少？
- 3). 如果我们将数据通路中的一个流水级拆成两个新的流水级，每一个新的流水级的延迟是原来的一半，那么我们将拆分哪一级？新处理器的时钟周期是多少？
- 4). 假设没有停顿或冒险，数据存储器的利用率如何？
- 5). 假设没有停顿或冒险，寄存器堆的写端口利用率如何？

1. 非流水化处理器： $T = (250 + 350 + 150 + 300 + 200)ps = 1250ps$ ；流水化处理器：最大段延迟 350ps
2. 非流水化：1250ps；流水化：从II到WB需要1250ps
3. 拆分ID 新的时钟周期是300ps
4.  $20\% + 15\% = 35\%$
5.  $1 - 15\% - 20\% = 65\%$

## 2. (COD\_CH, P251, 4.22)

对于如下的 RSIC-V 的汇编片段：

```
sd    x29, 12(x16)
ld    x29, 8(16)
sub   x17, x15, x14
beqz  x17, label
add   x15, x11, x14
sub   x15, x30, x14
```

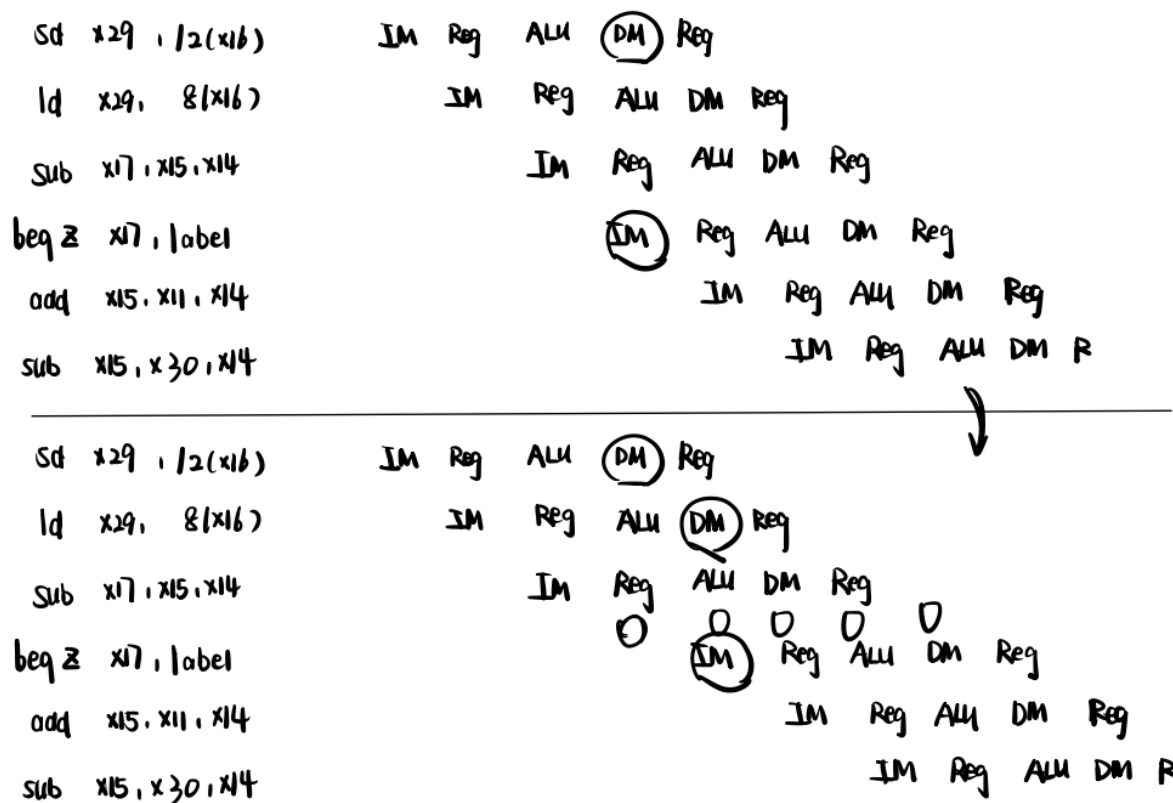
假设我们修改流水线使得其只有一个存储器（存放指令和数据）。在这种情况下，每次程序在另一个指令访问数据的同一周期内获取指令时，都会存在结构冒险。

- 1). 请画出流水线图，说明以上代码会在何处停顿。
- 2). 是否可通过重排代码来减少因结构冒险而导致的停顿次数？
- 3). 该结构冒险必须用硬件来解决吗？我们可以通过在代码中插入 `NOP` 指令来消除数据冒险，对于结

构冒险是否可以相同处理？请解释原因。

- 4). 在典型程序中，大约需要为该结构冒险产生多少时钟周期的停顿？（使用以下指令分布）

R-type/I-type(non-ld)	ld	sd	beq
52%	25%	11%	12%



1) 当运行到 beqz 指令时停顿 (同时访问存储器)

ld 也需要读内存, 故再次停顿, (sub 后停顿 2 次)

2) 不可以, 因为每个 ld 和 sd 的 MEM 段必与之前某个指令的 IM 段在同一个时钟周期运行, 会造成停顿。

3) 不可以, NOP 也需要取指令。

4.)  $25\% + 11\% = 36\%$  每次读写内存都会停顿。

### 3. (COD\_CH, P251, 4.23)

如果我们改变 `load/store` 指令格式，使用寄存器（不需要立即数偏移）作为访存地址，这些指令就不再需要使用 `ALU`。这样的话，`MEM` 阶段和 `EX` 阶段就可以重叠，流水级数变为四级。

- 1). 流水级数的减少会影响时钟周期吗？
- 2). 这样的变化可能会提高流水线的性能吗？
- 3). 这样的变化可能会降低流水线的性能吗？

1. 不会 因为最慢的ID段的延迟没有改变。
2. `MEM`和`EX`阶段重叠可以减少一段时钟周期（加载和使用加载结果的操作）。可能提高流水线性能
3. 可能，因为对`load`和`store`指令的更改可能会造成总指令数的增加（`ld`等指令可能会需要`addi`的协助）

### 4. (COD\_CH, P252, 4.25)

考虑如下循环：

```
LOOP: ld    x10, 0(x13)
      ld    x11, 8(x13)
      add   x12, x10, x11
      subi  x13, x13, 16
      bnez  x12, LOOP
```

如果使用完美的分支预测（即没有控制冒险带来的流水线停顿），流水线中没有使用延迟槽，采用硬件前递解决数据冒险，分支指令在 `EX` 阶段判断是否跳转。

- 1). 给出该循环中前两次循环的流水线执行图。
- 2). 标注出没有进行有用操作的流水级。当流水线全负荷工作时，所有五个流水级都在进行有用的操作的情况多久会出现一次？（从 `subi` 指令进入 `IF` 阶段开始计算，到 `bnez` 指令进入 `IF` 阶段结束）

4.  
1)

LOOP: ld x10, 0(x13) IF ID EX ME WB

ld x11, 8(x13) IF ID EX ME WB

add x12, x10, x11 IF ID O EX ME WB

subi x13, x13, 16 IF O ID EX ME WB

bnez x12, LOOP O IF ID EX ME WB

ld x10, 0(x13) IF ID EX ME WB

ld x11, 8(x13) IF ID EX ME WB

add x12, x10, x11 IF ID O EX ME WB

subi x13, x13, 16 IF O ID EX ME WB

bnez x12, loop O IF ID EX ME WB

2). 口为无用段、出现五个流水线都在进行有用操作的情况。