

总分：95

习题 3

1.名词解释：细粒度并行性 粗粒度并行性 指令级并行性 机器并行性 指令级并行度 静态指令调度 动态指令调度

答：

细粒度并行：在一个进程中指令一级或操作一级的并行处理。

粗粒度并行：在多处理机上分别运行多个进程，由多台处理机合作完成一个程序。

指令级并行：CPU 同时执行多条指令的能力。

机器并行性：处理机获取指令级并行性好处的能力大小。

指令集并行度：一个时钟周期流水线上流出的指令数。

静态指令调度：重排指令序列，拉开具有数据相关的有关指令间的距离。用编译程序判测潜在的数据相关，并在程序运行前完成调度。

动态指令调度：对指令流水线互锁控制进一步改进，能实时地判断出是否有 WR、RW、WW 相关存在，利用硬件绕过或防止这些相关的出错，并允许多条指令在具有多功能部件的执行段中并行操作。

2. 对于指令并行性的开发，主要能用到的两种方法是什么？

答：

静态指令调度和动态指令调度的方法。

静态指令调度排指令序列，拉开具有数据相关的有关指令间的距离。用编译程序判测潜在的数据相关，并在程序运行前完成调度。

动态指令调度对指令流水线互锁控制进一步改进，能实时地判断出是否有 WR、RW、WW 相关存在，利用硬件绕过或防止这些相关的出错，并允许多条指令在具有多功能部件的执行段中并行操作。

订正：

开发 ILP 的途径有两种，一种是资源重复，通过重复设置多个处理部件，让他们同时执行相邻或相近的多条指令；另外一种是采用流水线技术，使指令重叠并行执行。

在多处理机系统中可以同时采用这两种粒度的并行性，在单处理机上则用细粒度并行性。

批注 [宝贝1]: 这个回答不全面，你说明的方法主要是针对数据相关问题采用的步骤，指令并行性开发更宽泛，从指令并行和时间并行两个角度说就好了，扣分-1

3. 在指令流水处理过程中，如果出现了全局相关该如何处理？

答：猜测法；加快和提前形成条件码；采用延迟转移；加快端循环程序处理。

采用猜测法，使流水线中遇到转移指令不“断流”。在条件转移指令后，可选择的一个分支方向让后续指令继续进入流水线执行。

而又由于转移指令对流水线的影响非常大，于是采用以下两种方法减少这种影响。

(1) 静态分支技术：尽早判断转移是否发生，尽早生成转移目标地址；提前形成条件码；硬件上设置两个指令缓冲栈；延迟转移技术；改进循环程序。

(2) 动态分支预测技术：使用 BHT 的转移预测；使用 BTB 的转移预测；使用 BTIB 的转移预测。

4.假定有多个加法器，不存在加法器资源冲突。有 3 条连续指令组成的代码如下：

1. ADD R1,R2,R4 ;R1←(R2)+(R4)

2.ADD R2,R1,1 ;R2←(R1)+1

3.SUB R1,R4,R5 ;R1←(R4)-(R5)

(1) 分析程序代码中的数据相关

(2) 采用何种硬件技术可以解决这种数据相关，并加以说明

答：

③ 指令I1与指令I3存在WW相关

(1) ① 指令 I1 与指令 I2 有 RW 相关和 WR 相关 ② 指令 I2 与指令 I3 有 RW 相关

(2) ① 可以通过采用定向技术来解决 WR 相关。通过硬件将运算得到的结果值提前传送到有关缓冲寄存器，比等 I1 的结果写回寄存器再获取数据要快，使后续指令能不停顿的进入流水线。

和 WW 相关

② 采用寄存器重命名方式解决 RW 相关。当 I1 在读取 R2 时，写入 I2 的运算结果写入另外一个动态分配的备用寄存器。等到 I1 执行完毕后，再将 I2 的结果写入指定寄存器。I2 和 I3 的 RW 相关同理。

批注 [宝贝2]: 漏掉了 WW 类型的相关，扣分-1

批注 [宝贝3]: 漏掉了有关 WW 相关的方案，扣分-1

订正：

1) 指令 I1 和 I2 之间存在 RW 相关，I2 和 I3 之间存在 RW 相关，I1 和 I3 之间存在 WW 相关，I1 和 I2 之间还存在 WR 相关。

2) 对 I1 和 I2 之间的 WR 相关，可用定向传送解决。根据寄存器重命名技术，对引起 RW 相关的 I2 中的 R2，对引起 WW 相关的 I3 中的 R1，可分别换成备用寄存器 R2'、R1'。

5. 假设有一条长流水线，仅仅对条件转移指令使用分支目标缓冲。假设分支预测错误的开销为 4 个时钟周期，缓冲不命中的开销为 3 个时钟周期。假设：命中率为 90%，预测精度为 90%，分支频率为 15%，没有分支的基本 CPI 为 1。

(1) 求程序执行的 CPI。

(2) 相对于采用固定的 2 个时钟周期延迟的分支处理，哪种方法程序执行速度更快？

答：

(1) $CPI = \text{无分支的基本 CPI} + \text{有分支的 CPI} = 1 + 15\% \times (90\% \text{命中} \times 10\% \text{预测错误} \times 4 + 10\% \text{未命中} \times 3) = 1.099$

(2) 固定 2 时钟周期延迟的 $CPI = 1 + 15\% \times 2 = 1.3$

因此分支目标缓冲执行速度更快

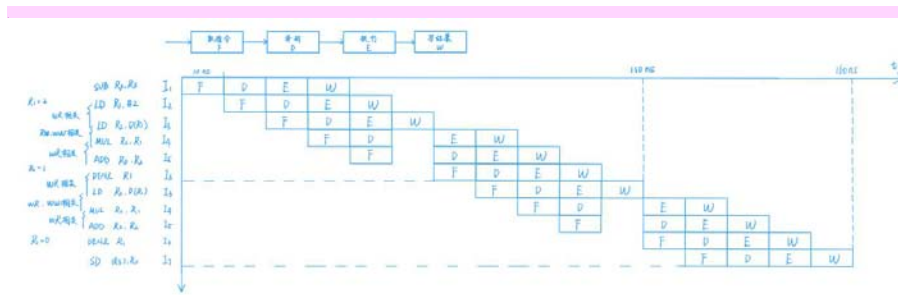
6. 在一台流水线处理机上执行下面的程序。每条指令都要经过“取指令”、“译码”、“执行”，“写结果” 4 个流水段，每个流水段的执行时间都是 10ns，采用基本的流水线技术，执行下面程序段：

```
I1. SUB R0,R0      ;R0 <-0
I2. LDR1,#2        ;R1<--数组长度 2
I3. LOOP:LD R2,D(R1) ;R2 <--D 数组的一个元素
I4. MULR2,R1        ;R2<--(R2)*(R1)
I5. ADD R0,R2       ;R0<--(R0)+(R2)
I6. BENZR1,LOOP     ;R1<--(R1)-1,若(R1)非 0 则转向 LOOP
I7. SD(R3),R0       ;保存结果
```

采用“预测分支失败技术”，流水线不重置，且默认已解决数据相关问题。画出指令流水线的时空图，时空图中以 I1--I7 标注具体指令，计算流水线加速比

答：

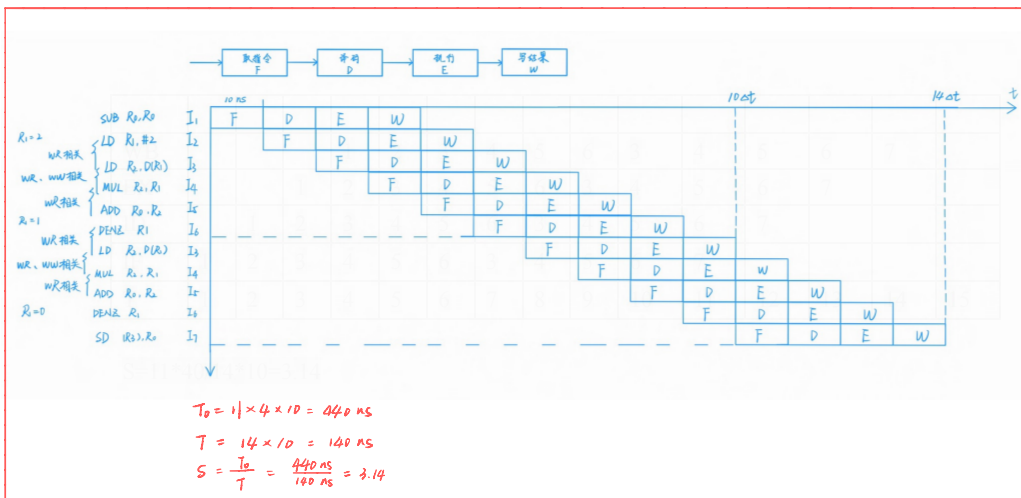
批注 [宝贝4]: 由于默认已解决数据相关问题, 所以不需要执行延迟类型的操作, 所以 14 拍就行了, 扣分-2



$T=160\text{ns}$

$S=\frac{440\text{ns}}{160\text{ns}}=11/16$

订正:

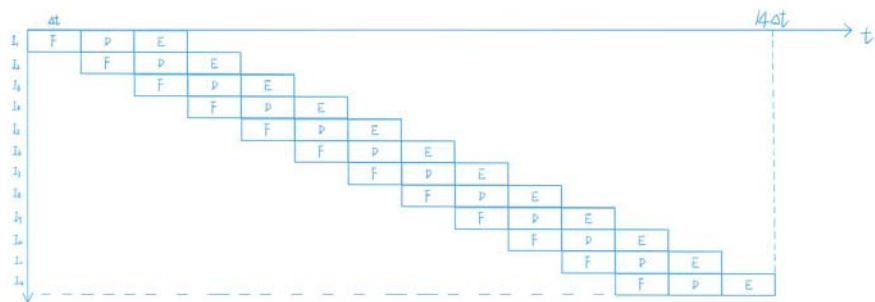


7. 设指令流水线由取指令、分析指令和执行指令3个部件构成, 每个部件经过的时间为 Δt , 连续流入 12 条指令。分别画出标量流水处理机以及 ILP 均为 4 的超标量处理机、超长指令字处理机、超流水处理机的时空图, 并分别计算它们相对于标量流水处理机的加速比。

答:

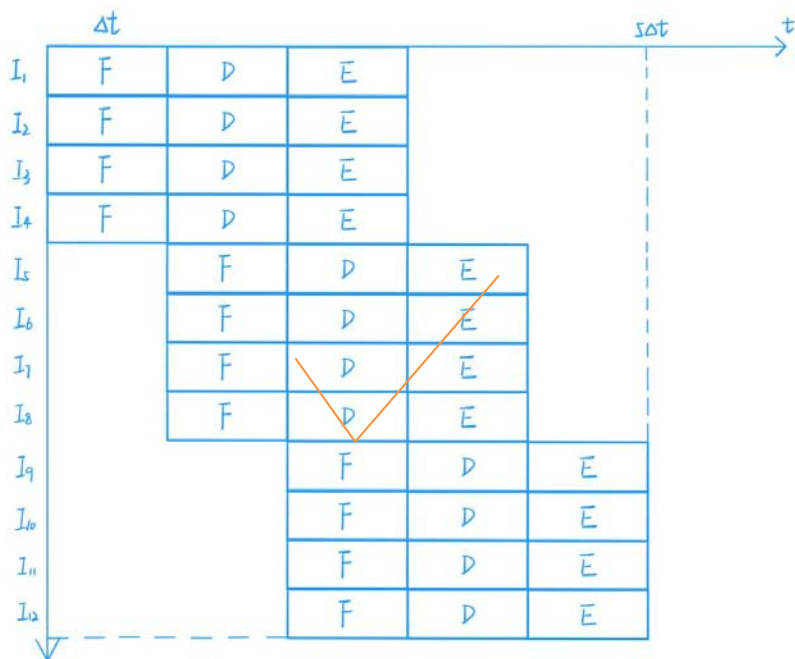


标量流水处理机:



$T_0 = 14 \Delta t$

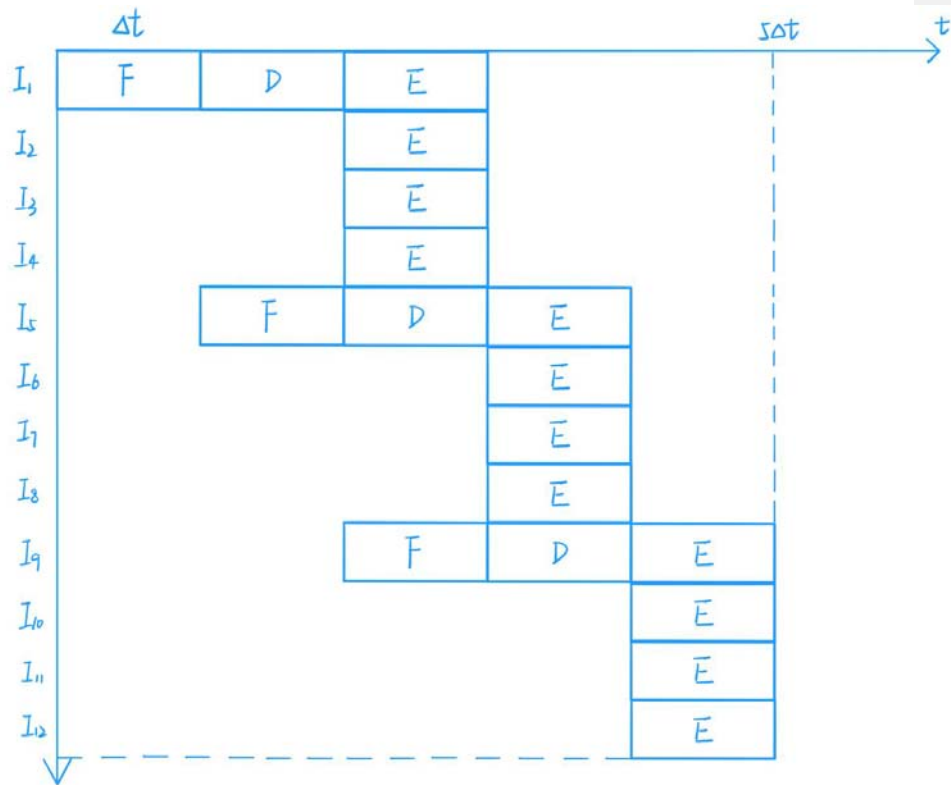
超标量处理机:



$T_1 = 5 \Delta t$

$S = T_0 / T_1 = 14 / 5$

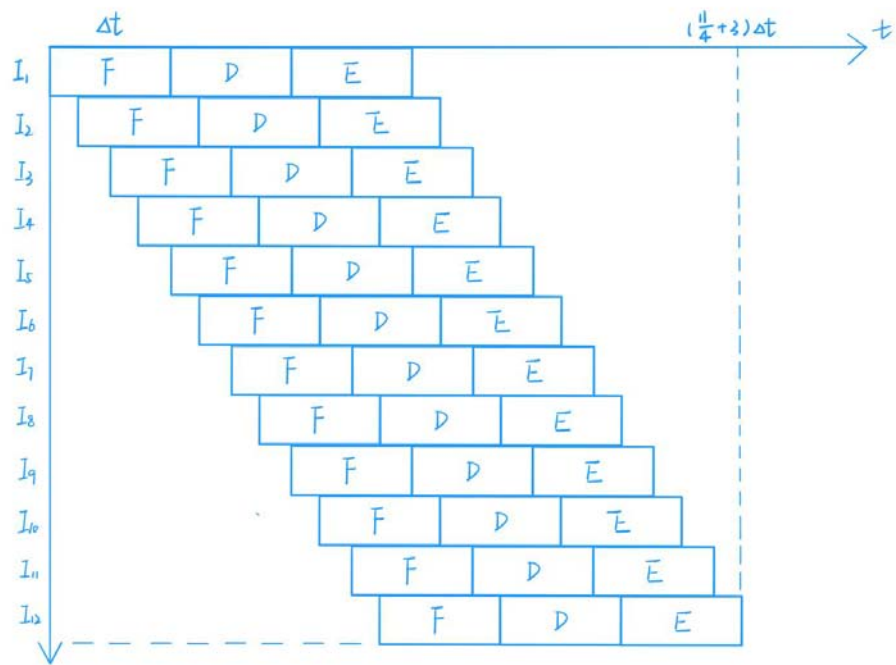
超长指令字处理机：



$$T_2 = 5 \Delta t$$

$$S = T_0 / T_2 = 14 / 5$$

超流水处理机:



$$T_3 = (\frac{11}{4} + 3) \Delta t$$

$$S = T_0/T_3 = 56/23$$