

# Homework 5

PB17000297 罗晏宸

April 30 2020

## 1 Exercise 3.15

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。假定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%，准确率为 90%，分支频率为 15%，没有分支的基本 CPI 为 1.

- a. 求程序执行的 CPI。
- b. 相对于固定 2 个时钟周期延迟的分支处理，哪种更快？

解

a 有 BTB 的停顿数可计算如下

BTB 结果	BTB 预测	频率	代价
未命中		$15\% \times 10\% = 1.50\%$	3
命中	正确	$15\% \times 90\% \times 90\% = 12.15\%$	0
命中	错误	$15\% \times 90\% \times 10\% = 1.35\%$	4

$$\begin{aligned}
\text{Stalls}_{\text{BTB}} &= (1.50\% \times 3) + (12.15\% \times 0) + (1.35\% \times 4) \\
&= 0.099 \\
\text{CPI}_{\text{BTB}} &= \text{CPI}_{\text{基本}} + \text{Stalls}_{\text{BTB}} \\
&= 1.0 + 0.099 \\
&= 1.099
\end{aligned}$$

b. 加速比为

$$\frac{\text{CPI}_{\text{无 BTB}}}{\text{CPI}_{\text{BTB}}} = \frac{1.0 + 15\% \times 2}{1.099} \approx 1.183 > 1$$

因此使用分支目标缓冲的方法相比于固定 2 个时钟周期延迟的分支处理更快。

## 2

假设分支目标缓冲的命中率为 90%，程序中无条件转移的指令为 5%，其他指令 CPI 为 1。假设分支目标缓冲包含分支目标指令，允许无条件转移指令进入分支目标缓冲，则 CPI 为多少。假定原来的 CPI 为 1.1。

**解** 设无条件分支指令的分支延迟为  $x$  个时钟周期，由题分支目标缓冲包含分支目标指令，有

$$\begin{aligned}
\text{CPI} &= \text{CPI}_{\text{基本}} + \text{Stalls}_{\text{BTB}} \\
&= 1.0 + 5\% \times x \\
&= 1.1 \\
\Rightarrow \quad x &= 2
\end{aligned}$$

因此，允许无条件分支指令进入分支目标缓冲器时有

$$\text{CPI}' = 1.0 + 5\% \times (1 - 90\%) \times 2 = 1.01$$

## 3

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  $\Delta t$ ，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。

**解** 标量流水处理机以及 ILP 均为 4 的超标量处理机、超长指令字处理机的时空图分别如图1(a - d) 所示。对于标量流水处理机，由图a可知执行完 12 条指令需要  $T_1 = 14\Delta t$ 。ILP 为 4 的超标量流水处理机中，每个时钟周期同时启动 4 条指令，由图b可知执行完 12 条指令需要  $T_2 = 5\Delta t$ 。对于超长指令字处理机，每 4 条指令组成 1 条长指令，12 条指令共形成 3 条长指令，c可知执行完需要  $T_3 = 5\Delta t$ 。对于超流水处理机，每  $\frac{1}{4}$  个时钟周期启动 1 条指令。由图d可知执行完 12 条指令需  $T_4 = 5.75\Delta t$

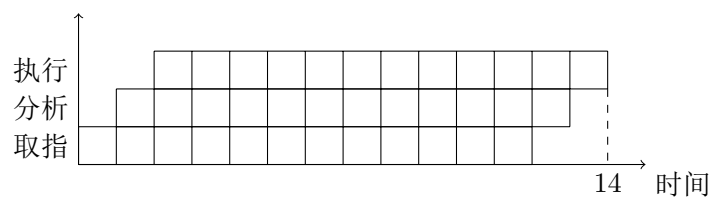
ILP 均为 4 的超标量处理机、超长指令字处理机相对于标量流水处理机的加速比可计算如下

$$\text{加速比}_1 = 1.0$$

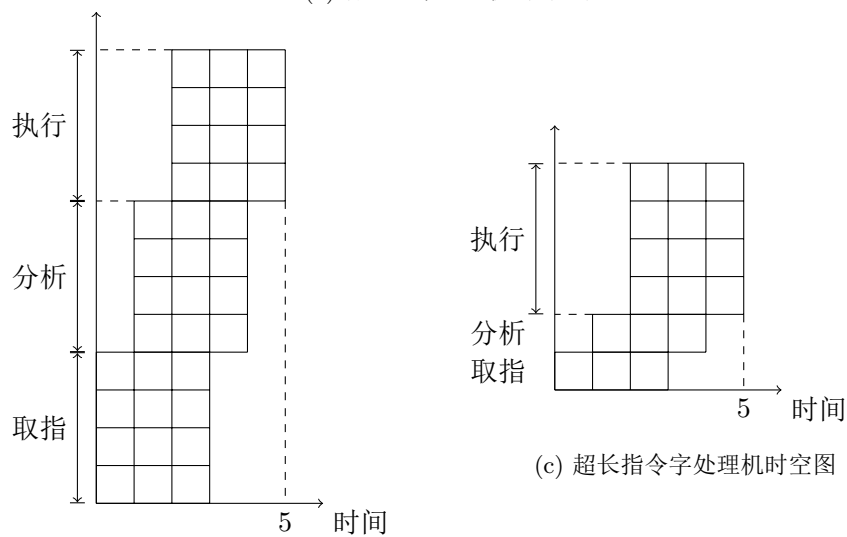
$$\text{加速比}_2 = \frac{T_1}{T_2} = \frac{14\Delta t}{5\Delta t} = \frac{14}{5} = 2.8$$

$$\text{加速比}_3 = \frac{T_1}{T_3} = \frac{14\Delta t}{5\Delta t} = \frac{14}{5} = 2.8$$

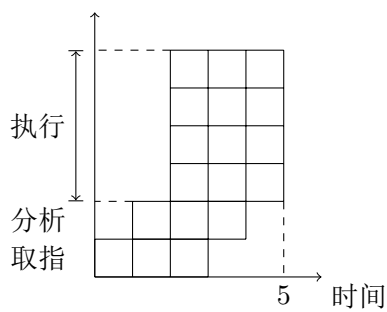
$$\text{加速比}_4 = \frac{T_1}{T_4} = \frac{14\Delta t}{5.75\Delta t} = \frac{56}{23} \approx 2.435$$



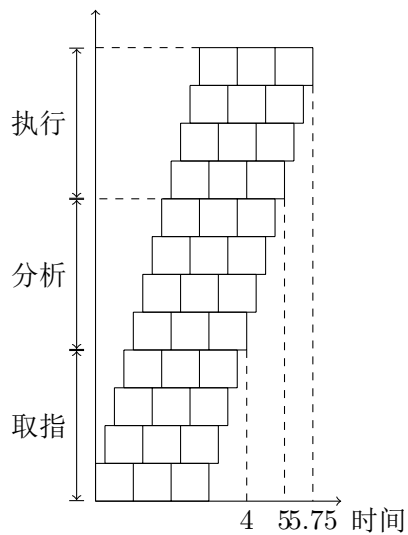
(a) 标量流水处理机的时空图



(b) 超标量处理机时空图



(c) 超长指令字处理机时空图



(d) 超流水处理机的时空图

图 1: 流水线时空图