

## 二、指令的流水处理

### 1. 指令控制方式

指令控制方式有顺序方式、重叠方式和流水方式三种。

(1) 顺序方式。顺序方式是指各条机器指令之间顺序串行地执行, 执行完一条指令后才读取下一条指令, 而且每条机器指令内部的各个微操作也是顺序串行地执行。

(2) 重叠方式。重叠方式是指在解释第  $x$  条指令的操作完成之前, 就可开始解释第  $x+1$  条指令。通常采用的是一次重叠, 即在任何时候, 指令分析部件和指令执行部件都只有相邻两条指令在重叠解释。

(3) 流水方式。流水方式是指并行性或并发性嵌入计算机系统里的一种形式, 它把重复的顺序处理过程分解为若干子过程, 每个子过程能在专用的独立模块上有效地并发工作, 时空图如图 1.4 所示。

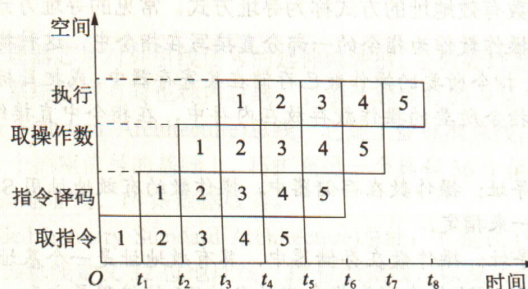


图 1.4 流水处理的时空图

在概念上, “流水”可以看成是“重叠”的延伸。差别仅在于“一次重叠”只是把一条指令解释分解为两个子过程, 而“流水”则是分解为更多的子过程。

### 2. 吞吐率和流水建立时间

吞吐率是指单位时间里流水线处理机流出的结果数。对指令而言, 就是单位时间里执行的指令数。如果流水线的子过程所用时间不一样, 则吞吐率  $p$  应为最长子过程的倒数, 即

$$p = 1 / \max \{ \Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_m \}$$

流水线开始工作后, 须经过一定时间才能达到最大吞吐率, 这就是建立时间。若  $m$  个子过程所用时间一样, 均为  $\Delta t_0$ , 则建立时间  $T_0 = m \Delta t_0$ 。

## 1.2.7 可靠性与系统性能评测

### 一、计算机可靠性

#### 1. 计算机可靠性概述

计算机系统的可靠性是指从它开始运行( $t=0$ )到某个时刻  $t$  这段时间内能正常运行的概率, 用  $R(t)$  表示。

失效率是指单位时间内失效的元件数与元件总数的比例, 用  $\lambda$  表示。当  $\lambda$  为常数时, 可