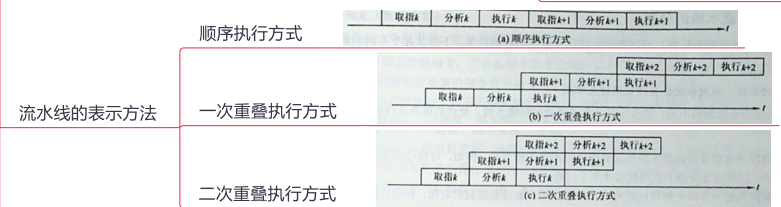


5.5指令流水线（上）

指令流水线的基本概念

- 概念：把一个重复的过程分解成若干个子过程，每个子过程可以与其他子过程并行执行
- 优点：只需要增加少量的硬件就能把计算机的运算速度提高几倍
- 指令流水的定义
  - 一条指令的执行可以分为多个阶段
    - 取指：根据PC从主存中取出指令送入IR
    - 分析：对指令操作码进行译码，按照寻址方式和地址段内容形成有效地址EA，并从有效地址中取出操作数
    - 执行：根据操作码字段，完成指令规定功能，将运算结果写到通用寄存器或者主存中
  - 多条指令的处理方式
    - 顺序执行方式
      - 一条接一条指令执行，传统冯诺依曼机顺序执行方式  $T=3nt$
      - 优点：控制简单，硬件代价小
      - 缺点：执行指令速度慢，各功能部件的利用率很低
    - 一次重叠执行方式
      - 第k条指令的执行阶段和k+1条指令的取指阶段并行  $T=(1+2nt)$
      - 优点：程序执行时间缩短了1/3，各功能部件利用率提高了
      - 缺点：硬件开销代价较大，控制过程也比顺序执行复杂
    - 二次重叠执行方式
      - k+1条指令提前到分析第k条指令的期间完成，而将分析第k+1条指令与执行第k条指令同时进行
      - 优点：时间更短了，利用率更高了
      - 缺点：硬件开销更大了，控制过程更复杂了



流水线最重要的是一定要流动起来，如果经常出现断流情况，那么就无法体现流水线的优越性

- 流水线方式的表示方法
- 流水线方式的特点
  - 一个任务分解成多个子任务
  - 每个功能部件后面都要有个锁存器，用于保存本流水段的结果
  - 流水线中的各功能段的时间应尽量相等，否则将会堵塞、断流
  - 流水线需要装入时间和排空时间
    - 装入时间：第一个任务进入流水线到输出流水线的时间
    - 排空时间：最后一个任务进入流水线到输出流水线的时间

流水线的分类

- 按照流水级别分类
  - 部件功能级流水线：将复杂的算术逻辑运算组成流水线的工作方式
  - 处理机级流水线：一条指令解释成多个子过程
  - 处理机间流水线：是一种宏流水，每个处理机专门完成一个任务，各个处理机得到的结果存放在与下一个处理机共享的存储器中
- 按照功能分类
  - 单功能流水线：完成单一功能
  - 多功能流水线：各个流水段之间通过组合可以实现多种功能
- 按照连接方式分类
  - 静态流水线：同一时间内，流水线的各段只能按照同一种功能的连接方式工作
  - 动态流水线：不同的段完成的运算可能不一样，可以提高效率，但是流水线控制变得很复杂
- 按照是否存在反馈信号分类
  - 线性流水线：不存在反馈回路
  - 非线性流水线：存在反馈回路，非常适合线性递归运算