## 本节主题

## 流水线的优化

北京大学。嘉课

计算机组成

制作人:连续旅





### 流水线的分析

时钟周期=1分钟







1分钟



1分钟

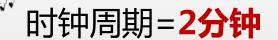


1分钟

≈4倍

	流水线方式	非流水线方式
单独一道菜	4+分钟	4分钟
做四道菜	7+分钟	16分钟
连续工作	每1+分钟上一道菜	每4分钟上一道菜

### 流水线的平衡性











1分钟

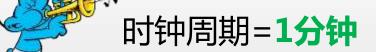
2分钟

1分钟

1分钟

不平衡的流	水线)流水线方式	非流水线方式
单独一道菜	8+分钟	5分钟
做四道菜	14+分钟	20分钟
连续工作	每2+分钟上一道菜	每5分钟上一道菜

### 流水线的调整







1分钟







1分钟

中 1分钟

平衡的流力	线 流水线方式	非流水线方式	
单独一道菜	5+分钟	5分钟	
做四道菜	8+分钟	20分钟	
连续工作	每1+分钟上一道菜	每5分钟上一道菜	≈5

#### "超级流水线"

- ◉ "超级流水线"技术(Super Pipelining)
  - 。将五级流水线细分为更多的阶段,增加流水线的深度
  - 。提升时钟频率,从而提高指令吞吐率
- 五级流水线S1S2S3S4S5
  - 。时钟周期:200ps+50ps=250ps

⑤ 十级流水线 S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10

。时钟周期:100ps+50ps=150ps

#### 流水线的深度

- № 流水线的级数是越多越好吗?
  - 。否!
- 五级流水线S1S2S3S4S5
  - 。时钟周期:200ps+50ps=250ps
  - 。单条指令的延迟:1250ps
  - 。流水线寄存器延迟所占比例:50ps/250ps=20%
- 十级流水线 S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8 S9 S10
  - 。时钟周期:100ps+50ps=150ps
  - 。单条指令的延迟:1500ps
  - 。流水线寄存器延迟所占比例:50ps / 150ps = 33%

#### 处理器流水线深度的变化

1986年, R2000: 5级

1988年,R3000:5级

1991年, R4000 (64位):8级

1993年, Pentium: 5级

1995年, Pentium Pro: 12级

1997年,ARM9: 5级

2002年, ARM11: 8级

取指 译码 地址生成 执行 回写 RAT ROB DIS IF1 IF2 IF3 |ID1|ID2| EX WB RR RET 取指 执行 译码 访存 写回 发射 取指1 取指2 译码 执行1 执行2 执行3 写回

2004年, Pemtium 4(Prescott): 31级

2006年, Core 2 Duo(Merom): 14级

2008年 , Core i7(Nehalem) : 16级

2009年, Cortex-A8:13级

2010年,Cortex-A9:11级

2011年, Cortex-A15:15级

2013年, Core i7(Haswell): 14级

2013年, Cortex-A57:15级

# 本节小结

## 流水线的优化

北京大学。嘉课

计算机组成

制作人:连续旅



