

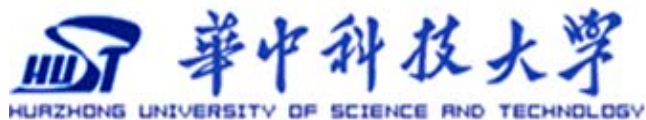
# 计算机系统结构

## 1.5 Amdahl定律

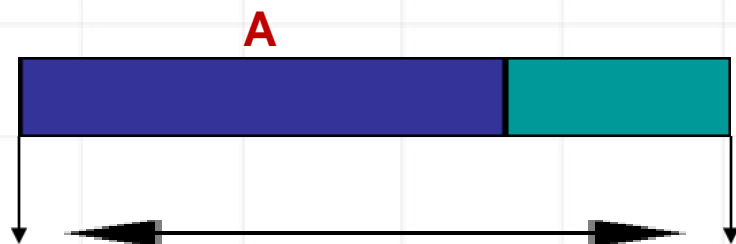
冯 丹

武汉光电国家研究中心

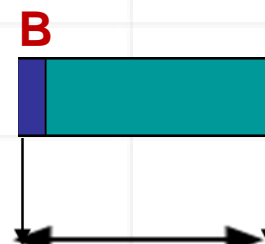
华中科技大学计算机科学与技术学院



# Amdahl定律



$T_o$  (旧时间)



$T_n$  (新时间)

1. 加速比定义

$$S_n = \frac{\text{新速度}}{\text{老速度}} = \frac{\text{老时间}}{\text{新时间}} = \frac{T_o}{T_n}$$

2. 基本Amdahl定律

$$S_n = \frac{1}{(1 - F_e) + \frac{F_e}{S_e}}$$

上式中:  $S_n$  —— 系统加速比 (Speed up) ;

$T_o$  —— 原执行时间 (Time old) ;

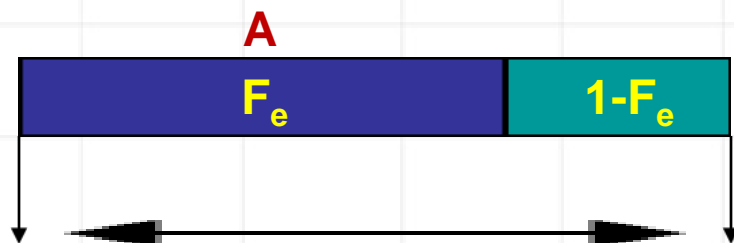
$T_n$  —— 新执行时间 (Time new) ;

$S_e$  —— 被改进部分的部件加速比 (enhanced) ;

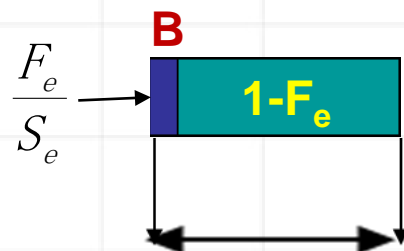
$F_e$  —— 被改进部分原执行时间占原来总时间的百分比 (Fraction) 。



# Amdahl定律



$T_o$  (旧时间)



$T_n$  (新时间)

1. 加速比定义

$$S_n = \frac{\text{新速度}}{\text{老速度}} = \frac{\text{老时间}}{\text{新时间}} = \frac{T_o}{T_n}$$

2. 基本Amdahl定律

$$S_n = \frac{1}{(1 - F_e) + \frac{F_e}{S_e}}$$

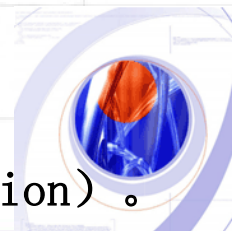
上式中:  $S_n$  —— 系统加速比 (Speed up) ;

$T_o$  —— 原执行时间 (Time old) ;

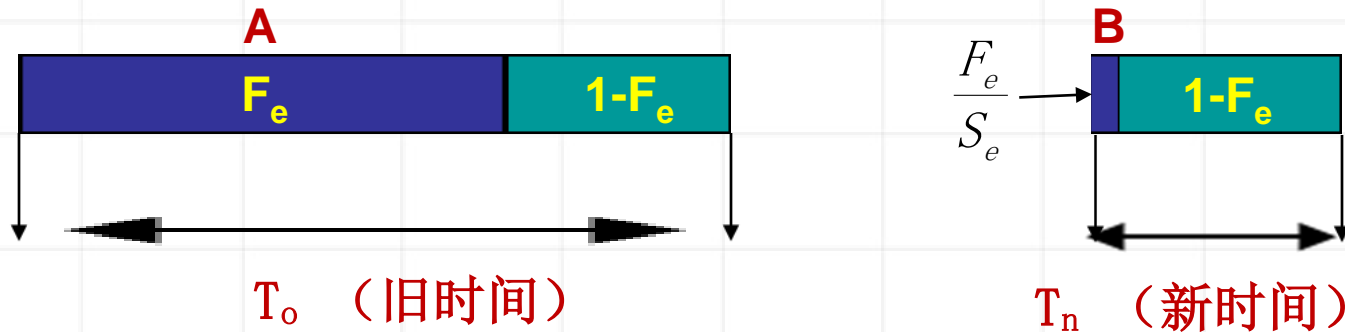
$T_n$  —— 新执行时间 (Time new) ;

$S_e$  —— 被改进部分的部件加速比 (enhanced) ;

$F_e$  —— 被改进部分原执行时间占原来总时间的百分比 (Fraction) 。



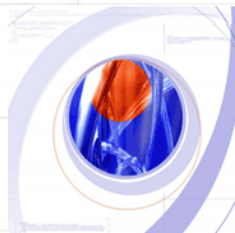
# Amdahl定律的推导



改进之前程序运行总时间可写为:  $T_o = T_o(1 - F_e + F_e)$ ,  
改进之后由于其中部分操作加快, 总时间降为:

$$T_n = T_o(1 - F_e + \frac{F_e}{S_e})$$

根据加速比定义, 有:  $S_n = \frac{T_o}{T_n} = \frac{1}{(1 - F_e) + \frac{F_e}{S_e}}$



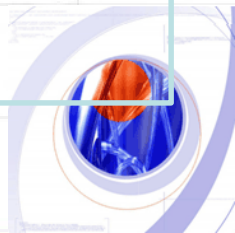
# Amdahl定律的应用

- 理论上，4核处理器的指令处理速度是单核处理器的4倍。但是只有10%的指令是可以在4个核心上并行处理的。

答：  $F_e = 0.1$ ,  $S_e = 4$ ,  $(1 - F_e) = 0.9$

$$T_n = T_o \left( 1 - F_e + \frac{F_e}{S_e} \right) = T_o \left( 1 - 0.1 + \frac{0.1}{4} \right) = 0.925 T_o$$

$$S_n = \frac{T_o}{T_n} = \frac{1}{0.925} = 1.081$$



# Amdahl定律的分析

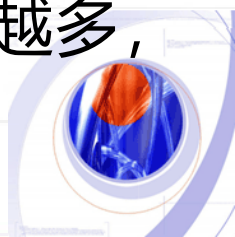
$$S_n = \frac{T_o}{T_n} = \frac{1}{(1 - F_e) + \frac{F_e}{S_e}}$$

当  $F_e \rightarrow 0$ ,  $S_n \rightarrow 1$

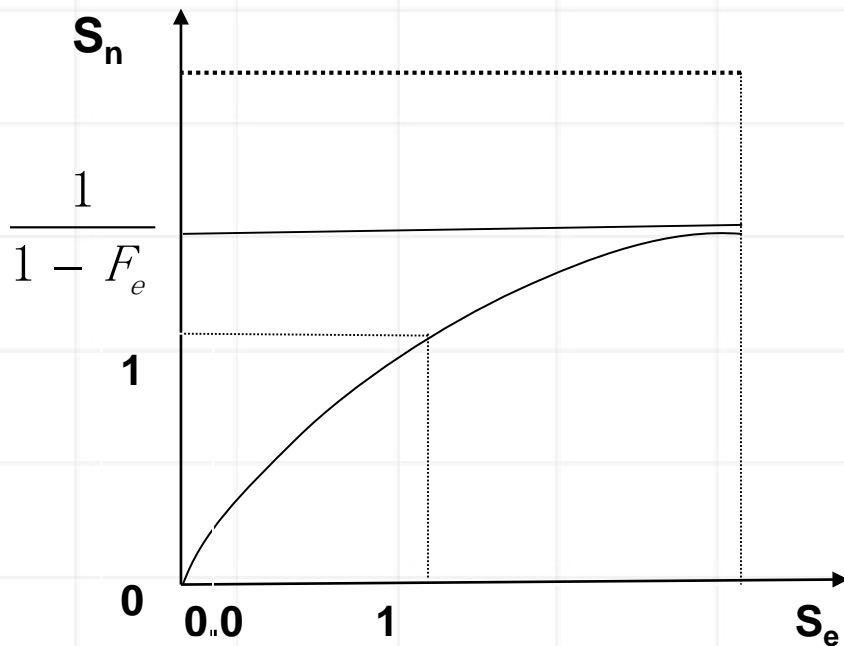
当  $S_e \rightarrow \infty$ ,  $S_n \rightarrow \frac{1}{1 - F_e}$

**Amdahl定律的性能递减规则：**

如果仅仅对计算机中的一部分做性能改进，则改进越多，所得到的总体性能的提升就越有限。

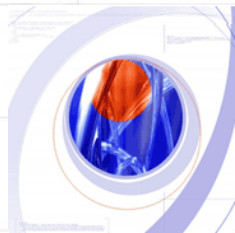


# $S_n$ 与 $S_e$ 的关系

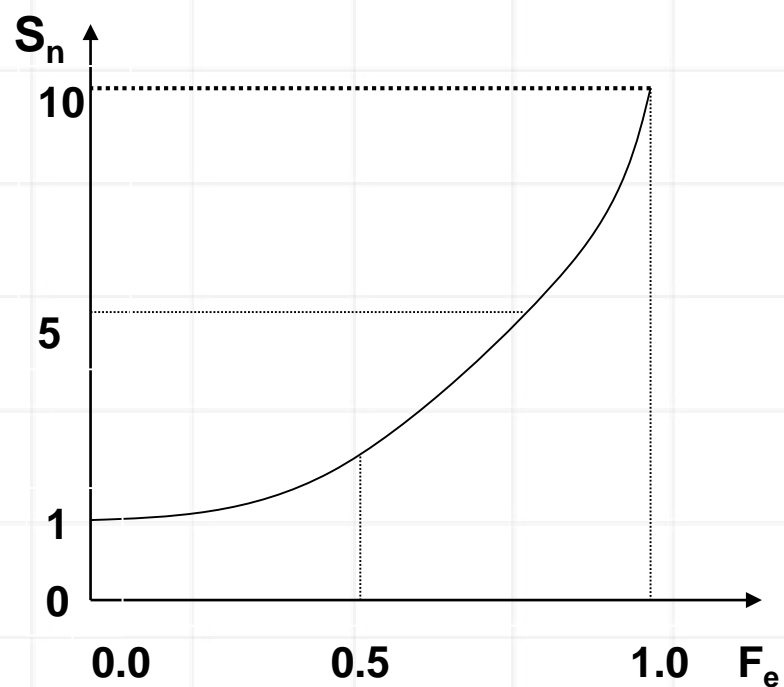


由图中曲线可知，随着 $S_e$ 的增大， $S_n$ 的增速越来越慢，且收敛到

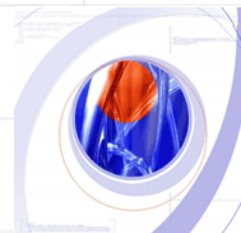
$$\frac{1}{1-F_e}$$



# $S_n$ 与 $F_e$ 的关系



为使系统能获得较高性能加速比，  
可增强部分必须占有较大的比例。

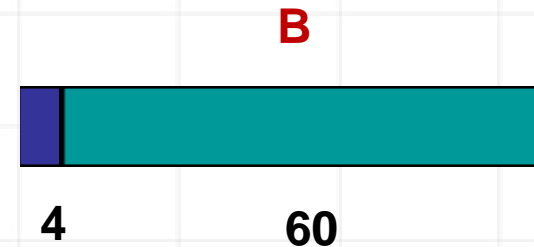
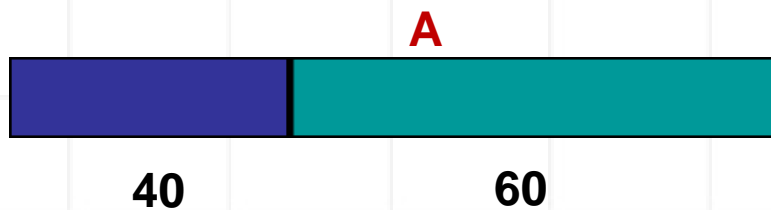




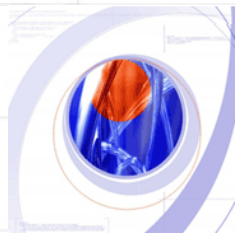
问题：将计算机系统中某一功能的处理速度加快**10**倍，但该功能的处理时间仅占整个系统运行时间的**40%**，则采用此增强功能方法后，能使整个系统的性能提高多少？

答：  $F_e = 0.4$ ,  $S_e = 10$

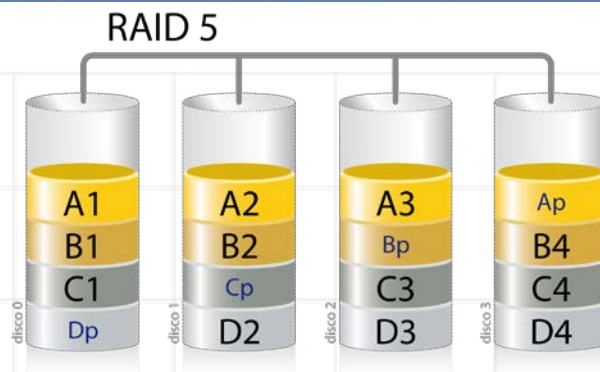
$$S_n = \frac{T_o}{T_n} = \frac{1}{(1 - F_e) + \frac{F_e}{S_e}} = \frac{1}{(1 - 0.4) + \frac{0.4}{10}} = \frac{1}{0.64} \approx 1.6$$



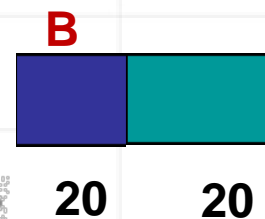
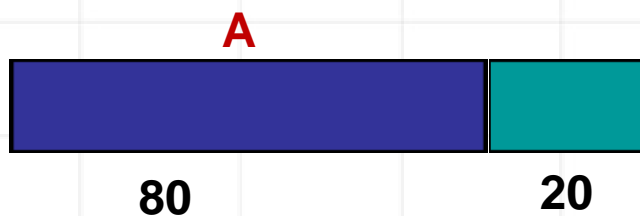
$$\text{Speedup}_{\text{overall}} = 100 / 64 \approx 1.6$$



## • RAID5磁盘阵列



$$A_p = A_1 \oplus A_2 \oplus A_3$$



## • 指令系统

Huffman编码，频度高的指令用短码，频度高的指令用长码。

