

可靠性与失效率的关系为  $R(t) = e^{-\lambda t}$ 。

两次故障之间系统能正常工作的时间的平均值称为平均无故障时间(MTBF), 即  $MTBF = 1/\lambda$ 。

通常用平均修复时间(MTRF)来表示计算机的可维修性, 即计算机的维修效率, 指从故障发生到机器修复平均所需要的时间。计算机的可用性是指计算机的使用效率, 它以系统在执行任务的任意时刻能正常工作的概率  $A$  来表示, 即

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTRF}$$

计算机的 RAS 技术是指用可靠性  $R$ 、可用性  $A$  和可维修性  $S$  这三个指标衡量一个计算机系统。但在实际应用中, 引起计算机故障的原因除了元器件以外, 还与组装工艺、逻辑设计等因素有关。

## 2. 计算机可靠性模型

常见的计算机系统可靠性数学模型如下。

- 串联系统。可靠性为  $R = R_1 R_2 \cdots R_N$ , 失效率为  $\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \cdots + \lambda_N$ 。
- 并联系统。可靠性为  $R = 1 - (1 - R_1) \times (1 - R_2) \times \cdots \times (1 - R_N)$ , 失效率为

$$\mu = \frac{1}{\lambda \sum_{j=1}^N \frac{1}{j}}$$

- $N$  模冗余系统。可靠性为

$$R = \sum_{i=0}^N \binom{N}{i} \times R_0^i (1 - R_0)^{N-i}$$

提高计算机的可靠性一般采取两项措施: 一是提高元器件的质量, 改进加工工艺与工艺结构, 完善电路设计; 二是发展容错技术。

## 二、计算机系统的性能评价

### 1. 性能评测常用方法

性能评测常用方法如下。

- 时钟频率: 计算机的时钟频率在一定程度上反映了机器速度。一般来讲, 主频越快, 速度越快。
- 指令执行速度: 速度是计算机的主要性能指标之一, 在计算机发展初期, 曾用加法指令的运算速度来衡量计算机的速度。
- 等效指令速度法: 统计各类指令在程序中所占的比例, 并进行折算。设某类指令  $i$  在程序中所占比例为  $\omega_i$ , 执行时间为  $t_i$ , 则等效指令时间为

$$T = \sum_{i=1}^n (\omega_i \times t_i)$$

式中,  $n$  为指令的种类数。

- 数据处理速率(PDR)法: 采用计算 PDR 值的方法来衡量机器性能, PDR 值越大, 机器性能越好, PDR 与每条指令和每个操作数的平均位数以及每条指令的平均运算速度有关。