

# 中断和异常

---

日期: 2024 年 10 月 16 日

---

## 知识总览

- 中断的作用
  - 中断的类型
    - 内中断（也称“**异常**”）
    - 外中断（也称“**中断**”）
  - 中断机制的基本原理
- 

## 中断的作用

- CPU 上会运行两种程序，一种是**操作系统的内核程序**，一种是**应用程序**
    - 操作系统的内核程序是整个系统的管理者
    - 在合适的情况下，操作系统内核会把 CPU 的使用权主动让给应用程序（第二章进程管理相关内容）
    - “中断”是**让操作系统夺回 CPU 使用权**的唯一途径
    - 如果没有“中断”机制，那么一旦应用在 CPU 上运行，CPU 就会一直运行这个应用程序，也就无法实现“并发”
  - **内核态 -> 用户态**：执行一条**特权指令**——**修改 PSW**的标志位为“用户态”，这个动作意味着操作系统将主动让出 CPU 使用权
  - **用户态 -> 内核态**：由“**中断**”引发，**硬件自动完成变态过程**，触发中断信号意味着操作系统将强行夺回 CPU 的使用权
- 

## 中断的类型

- **内中断**：与当前执行的指令**有关**，中断信号来源于 CPU **内部**
- **外中断**：与当前执行的指令**无关**，中断信号来源于 CPU **外部**

## 内中断的例子

- **应用程序**
  - 指令 1
  - 指令 2
  - 指令 3（被黑客尝试植入的**特权指令**）
  - 指令 4
  - **运行到指令 3 时**，CPU 检测到非法行为，立即中断信号转为内核态，操作系统夺回 CPU 使用权，并执行**异常处理程序**

- 试图在用户态下执行特权指令
- 执行除法指令时发现除数为 0
- 有时应用程序想请求操作系统内核的服务，此时会执行**一条特殊的指令——陷入指令**，该指令会引发一个内部中断信号
  - 执行“陷入指令”，意味着应用程序主动地将 CPU 控制权还给系统内核。“系统调用”就是通过陷入指令完成的

## 外中断的例子

- 外中断与当前执行的指令**无关**，中断信号来源于 CPU **外部**
- **时钟中断**——由时钟部件发来的中断信号
  - 时钟部件每隔一段时间片（如 50ms）会给 CPU 发送一个时钟中断信号
  - 中断后会切换到内核态，执行处理时钟中断的内核程序，操作系统内核决定接下来让另一个应用程序上 CPU 运行
  - 执行完内核程序后切换到被决定的第二个程序运行
  - .....如此循环
- **I/O 中断**——由输入/输出设备发来的中断信号
  - 当输入/输出任务完成时，向 CPU 发送中断信号，切换到内核态，执行相应的中断处理程序
- **每一条指令执行结束时**，CPU 都会例行检查是否有外中断信号

## 中断的分类

- **内中断**（也称异常、例外）：与当前执行的指令**有关**，中断信号来源于 CPU **内部**
  - **陷阱、陷入 (trap)**：由陷入指令引发，是程序故意引发的
  - **故障 (fault)**：由错误条件引起的，可能被内核程序修复。内核程序修复故障后会把 CPU 使用权还给应用程序，让它继续执行下去。如缺页故障 ---> Chapter 3
  - **终止 (abort)**：由致命错误引起，内核程序无法修复该错误，因此一般不再将 CPU 使用权还给引发终止的应用程序，而是直接终止该应用程序。如整数除 0、非法使用特权指令
- **外中断**（也称“中断”）：与当前执行的指令**无关**，中断信号来源于 CPU **外部**
  - 时钟中断
  - I/O 中断请求
- 狭义的中断仅指外中断，“内中断”一般称为“异常”

---

## 中断机制的基本原理

- **不同的中断信号，需要不同的中断处理程序来处理**。当 CPU 检测到中断信号后，会根据中断信号的类型去查询“**中断向量表**”，以此来找到相应的中断处理程序在内存中的存放位

置

- 显然，中断处理程序一定是内核程序，需要运行在“内核态”
- 

## 知识回顾与重要考点

### • 中断和异常

#### ◦ 中断的作用

- 让操作系统内核强行夺回 CPU 的控制权
- 使 CPU 从用户态变为内核态

#### ◦ 中断的分类

- 内中断（也称异常、例外）
  - 陷阱、陷入 (trap)
  - 故障 (fault)
  - 终止 (abort)
- 外中断（也称中断）
  - 时钟中断
  - I/O 中断请求

#### ◦ 中断机制的基本实现原理

- 检查中断信号
  - 内中断：CPU 在执行指令时会检查是否有异常发生
  - 外中断：每个指令周期末尾，CPU 都会检查是否有外中断信号需要处理
- 找到相应的中断处理程序
  - 通过“中断向量表”实现