# 内存基础

## 基本概念

### 内存在计算机中的位置

内存是计算机中重要的组成部分，它通过内存总线与其他设备项链，内存本身是整个存储系统的一部分，访问速度比磁盘快几个数量级，可以视为磁盘到CPU之间的缓存盘。



### 物理地址

通常计算机使用大容量的、单位容量价格较为低廉的DRAM作为内存。内存的最小单位为bit，不过访问内存时一般以8bit也就是字节为单位。硬件层会将计算机所有内存条抽象为一个连续的字节数组，内存条上的每一个字节大小的存储位置将对应于这个数组中的一个元素，该元素的数组下标称为这个字节的物理地址（Physical Address，简称PA）。

### 虚拟地址

现代处理器中往往不再使用直接物理寻址的方式访问内存，而通过所谓的虚拟地址VA来访问内存。在CPU芯片中增加了一个叫内存管理单元（MMU=Memory Manager Unit）的部分用于地址翻译。



上图是CPU将要访问的内存的虚拟地址发给MMU，MMU翻译为物理地址后请求内存，内存返回实际数据给CPU。

无论是编译型还是解释型的应用程序，其指令和静态数据都会被编码为一定的内存地址，这些地址在程序运行之前即已确定。当直接应用程序使用物理地址时，多个程序中的相同地址对应相同的内存块，在这些程序交替执行时，将不得不反复的替换物理内存中的内容。有了虚拟地址后，操作系统可以将不同程序的相同的虚拟地址映射到不同的物理地址上，这样大大提升了程序的执行效率。同时操作系统还可以对不同的应用程序进行有效的隔离，提高了安全性。

### 进程虚拟地址空间

每个进程都有自己的虚拟地址空间，如下图所示，两个不同的进程A、B的地址空间内，各自只使用了部分地址，它们的实际地址可以映射到物理内存中的不同的段。注意进程的虚拟地址空间可以比物理内存大，比如1G物理内存可以支持4G的虚拟地址空间，系统可以将暂时不用的内存交换到磁盘上。



### 指令集架构的特权级

现代指令集架构一般都包含多个特权等级，每个等级下可以执行的指令集和范围不同。以IntelX86为例，Ring3为最低特权级，只能执行受限制令，Ring0为最高特权级，可以执行所有指令。



说明：图中的Ring1和Ring2是Intel预期保留给设备驱动程序的，但在Intel系统实现时，由于只使用Ring0和Ring3，所以设备驱动程序实际在Ring0执行。

### 用户态和内核态

操作系统可以基于特权控制应用程序对各种资源包括内存的访问。对IntelX86，Linux只使用Ring0和Ring3两个特权级，Ring0对应内核态，Ring3对应用户态。用户态一般不能直接访问系统的资源，也不能直接访问操作系统内核的代码与数据，而需要通过如系统调用的方式，切换为内核态之后，由操作系统去访问具体的资源或实现某些功能。很多系统调用常由库函数包装后提供给应用程序使用。

### 虚拟地址的划分

虚拟地址空间被划分为内核空间和用户空间。

当进程处于内核态时（通常是发生系统调用时，此时执行的是内核和设备驱动代码）可以访问内核空间和用户空间的所有地址。当进程处于内核态时，只能访问用户空间的内存地址。

下图是32位Linux系统的典型地址划分，用户空间：内核空间=3:1。



对于64位系统，2^64非常巨大，实际用不到那么大的虚拟地址空间。Linux一般使用42位或47位地址空间，而此时内核空间与用户空间也不是连续的，从0x0开始的128T虚拟地址空间为用户空间，从而虚拟地址空间顶部开始向下的128T空间为内核空间。

Linux上用轻量级进程实现线程，因此实际上每个线程都可以各自处于用户态或内核态。