

- 同步 DRAM(Synchronous DRAM, SDRAM)。就它们与内存控制器通信使用一组显式的控制信号来说,常规的、FPM 和 EDO DRAM 都是异步的。SDRAM 用与驱动内存控制器相同的外部时钟信号的上升沿来代替许多这样的控制信号。我们不会深入讨论细节,最终效果就是 SDRAM 能够比那些异步的存储器更快地输出它的超单元的内容。
- 双倍数据速率同步 DRAM(Double Data-Rate Synchronous DRAM, DDR SDRAM)。DDR SDRAM 是对 SDRAM 的一种增强,它通过使用两个时钟沿作为控制信号,从而使 DRAM 的速度翻倍。不同类型的 DDR SDRAM 是用提高有效带宽的很小的预取缓冲区的大小来划分的:DDR(2 位)、DDR2(4 位)和 DDR(8 位)。
- 视频 RAM(Video RAM, VRAM)。它用在图形系统的帧缓冲区中。VRAM 的思想与 FPM DRAM 类似。两个主要区别是:1) VRAM 的输出是通过依次对内部缓冲区的整个内容进行移位得到的;2) VRAM 允许对内存并行地读和写。因此,系统可以在写下一次更新的新值(写)的同时,用帧缓冲区中的像素刷屏幕(读)。

旁注 DRAM 技术流行的历史

直到 1995 年,大多数 PC 都是用 FPM DRAM 构造的。1996~1999 年,EDO DRAM 在市场上占据了主导,而 FPM DRAM 几乎销声匿迹了。SDRAM 最早出现在 1995 年的高端系统中,到 2002 年,大多数 PC 都是用 SDRAM 和 DDR SDRAM 制造的。到 2010 年之前,大多数服务器和桌面系统都是用 DDR3 SDRAM 构造的。实际上,Intel Core i7 只支持 DDR3 SDRAM。

6. 非易失性存储器

如果断电,DRAM 和 SRAM 会丢失它们的信息,从这个意义上说,它们是易失的(volatile)。另一方面,非易失性存储器(nonvolatile memory)即使是在关电后,仍然保存着它们的信息。现在有很多种非易失性存储器。由于历史原因,虽然 ROM 中有的类型既可以读也可以写,但是它们整体上都被称为只读存储器(Read-Only Memory, ROM)。ROM 是以它们能够被重编程(写)的次数和对它们进行重编程所用的机制来区分的。

PROM(Programmable ROM,可编程 ROM)只能被编程一次。PROM 的每个存储器单元有一种熔丝(fuse),只能用高电流熔断一次。

可擦写可编程 ROM(Erasable Programmable ROM, EPROM)有一个透明的石英窗口,允许光到达存储单元。紫外线光照射过窗口,EPROM 单元就被清除为 0。对 EPROM 编程是通过使用一种把 1 写入 EPROM 的特殊设备来完成的。EPROM 能够被擦除和重编程的次数的数量级可以达到 1000 次。电子可擦除 PROM(Electrically Erasable PROM, EEPROM)类似于 EPROM,但是它不需要一个物理上独立的编程设备,因此可以直接在印制电路卡上编程。EEPROM 能够被编程的次数的数量级可以达到 10^5 次。

闪存(flash memory)是一类非易失性存储器,基于 EEPROM,它已经成为了一种重要的存储技术。闪存无处不在,为大量的电子设备提供快速而持久的非易失性存储,包括数码相机、手机、音乐播放器、PDA 和笔记本、台式机和服务器计算机系统。在 6.1.3 节中,我们会仔细研究一种新型的基于闪存的磁盘驱动器,称为固态硬盘(Solid State Disk, SSD),它能提供相对于传统旋转磁盘的一种更快速、更强健和更低能耗的选择。

存储在 ROM 设备中的程序通常被称为固件(firmware)。当一个计算机系统通电以后,它会运行存储在 ROM 中的固件。一些系统在固件中提供了少量基本的输入和输出函数——例如 PC 的 BIOS(基本输入/输出系统)例程。复杂的设备,像图形卡和磁盘驱动控