

节的随机访问存储器。最早的 IBM PC 甚至于没有硬盘。1982 年引入的 IBM PC-XT 有 10M 字节的磁盘。到 2015 年，典型的计算机已有 300 000 倍于 PC-XT 的磁盘存储，而且磁盘的容量以每两年加倍的速度增长。

### 6.1.1 随机访问存储器

随机访问存储器(Random-Access Memory, RAM)分为两类：静态的和动态的。静态 RAM(SRAM)比动态 RAM(DRAM)更快，但也贵得多。SRAM 用来作为高速缓存存储器，既可以在 CPU 芯片上，也可以在片下。DRAM 用来作为主存以及图形系统的帧缓冲区。典型地，一个桌面系统的 SRAM 不会超过几兆字节，但是 DRAM 却有几百或几千兆字节。

#### 1. 静态 RAM

SRAM 将每个位存储在一个双稳态的(bistable)存储器单元里。每个单元是用一个六晶体管电路来实现的。这个电路有这样一个属性，它可以无限期地保持在两个不同的电压配置(configuration)或状态(state)之一。其他任何状态都是不稳定的——从不稳定状态开始，电路会迅速地转移到两个稳定状态中的一个。这样一个存储器单元类似于图 6-1 中画出的倒转的钟摆。



图 6-1 倒转的钟摆。同 SRAM 单元一样，钟摆只有两个稳定的配置或状态

当钟摆倾斜到最左边或最右边时，它是稳定的。从其他任何位置，钟摆都会倒向一边或另一边。原则上，钟摆也能在垂直的位置无限期地保持平衡，但是这个状态是亚稳态的(metastable)——最细微的扰动也能使它倒下，而且一旦倒下就永远不会再恢复到垂直的位置。

由于 SRAM 存储器单元的双稳态特性，只要有电，它就会永远地保持它的值。即使有干扰(例如电子噪音)来扰乱电压，当干扰消除时，电路就会恢复到稳定值。

#### 2. 动态 RAM

DRAM 将每个位存储为对一个电容的充电。这个电容非常小，通常只有大约 30 微微法拉(femtofarad)—— $30 \times 10^{-15}$  法拉。不过，回想一下法拉是一个非常大的计量单位。DRAM 存储器可以制造得非常密集——每个单元由一个电容和一个访问晶体管组成。但是，与 SRAM 不同，DRAM 存储器单元对干扰非常敏感。当电容的电压被扰乱之后，它就永远不会恢复了。暴露在光线下会导致电容电压改变。实际上，数码照相机和摄像机中的传感器本质上就是 DRAM 单元的阵列。

很多原因会导致漏电，使得 DRAM 单元在 10~100 毫秒时间内失去电荷。幸运的是，计算机运行的时钟周期是以纳秒来衡量的，所以相对而言这个保持时间是比较长的。内存系统必须周期性地通过读出，然后重写来刷新内存每一位。有些系统也使用纠错码，其中计算机的字会被多编码几个位(例如 64 位的字可能用 72 位来编码)，这样一来，电路可以发现并纠正一个字中任何单个的错误位。