

较长时间后再次启动磁盘是十分值得的。如果可以做出良好的预测（例如基于过去的存取模式），那么操作系统就能够做出良好的关闭预测并且节省能量。实际上，大多数操作系统是保守的，往往是在几分钟不活动之后才停止磁盘。

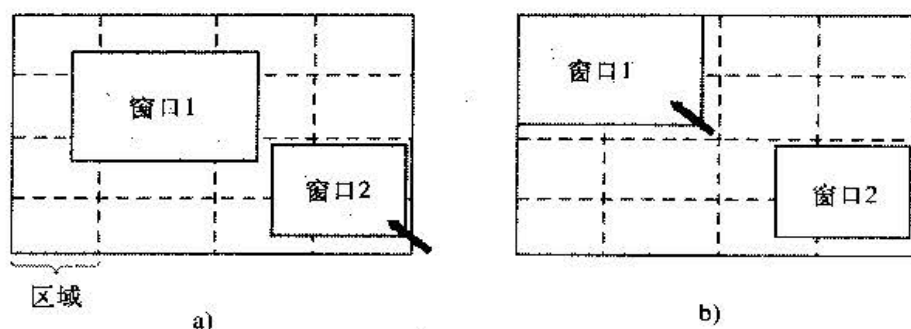


图5-46 针对背光照明的显示器使用区域：a) 当窗口2被选中时，该窗口不移动；
b) 当窗口1被选中时，该窗口移动以减少照明的区域的数目

节省磁盘能量的另一种方法是在RAM中拥有一个容量的磁盘高速缓存。如果所需要的数据块在高速缓存中，空闲的磁盘就不必为满足读操作而重新启动。类似地，如果对磁盘的写操作能够在高速缓存中缓冲，一个停止的磁盘就不必只为了处理写操作而重新启动。磁盘可以保持关闭状态直到高速缓存填满或者读缺失发生。

避免不必要的磁盘启动的另一种方法是：操作系统通过发送消息或信号保持将磁盘的状态通知给正在运行的程序。某些程序具有可以自由决定的写操作，这样的写操作可以被略过或者推迟。例如，一个字处理程序可能被设置成每隔几分钟将正在编辑的文件写入磁盘。如果字处理程序知道当它在正常情况下应该将文件写到磁盘的时刻磁盘是关闭的，它就可以将本次写操作推迟直到下一次磁盘开启时，或者直到某个附加的时间逝去。

3. CPU

CPU也能够被管理以节省能量。笔记本电脑的CPU能够用软件置为睡眠状态，将电能的使用减少到几乎为零。在这一状态下CPU惟一能做的事情是当中断发生时醒来。因此，只要CPU变为空闲，无论是因为等待I/O还是因为没有工作要做，它都可以进入睡眠状态。

在许多计算机上，在CPU电压、时钟周期和电能消耗之间存在着关系。CPU电压可以用软件降低，这样可以节省能量但是也会（近似线性地）降低时钟速度。由于电能消耗与电压的平方成正比，将电压降低一半会使CPU的速度减慢一半，而电能消耗降低到只有1/4。

对于具有明确的最终时限的程序而言，这一特性可以得到利用，例如多媒体观察器必须每40ms解压缩并显示一帧，但是如果它做得太快它就会变得空闲。假设CPU全速运行40ms消耗了 x 焦耳能量，那么半速运行则消耗 $x/4$ 焦耳的能量。如果多媒体观察器能够在20ms内解压缩并显示一帧，那么操作系统能够以全功率运行20ms，然后关闭20ms，总的能量消耗是 $x/2$ 焦耳。作为替代，它能够以半功率运行并且恰好满足最终时限，但是能量消耗是 $x/4$ 焦耳。以全速和全功率运行某个时间间隔与以半速和四分之一功率运行两倍长时间的比较如图5-47所示。在这两种情况下做了相同的工作，但是在图5-47b中只消耗了一半的能量。

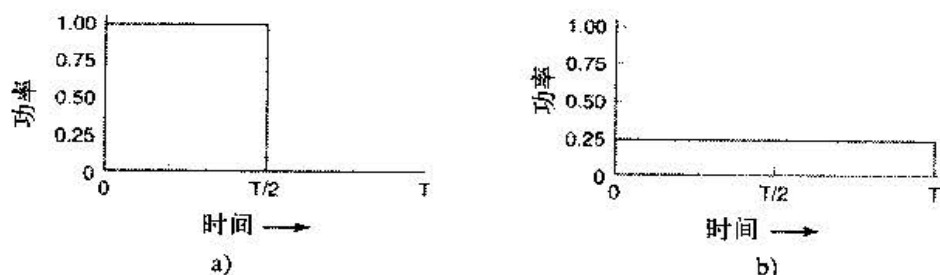


图5-47 a) 以全时钟速度运行；b) 电压减半使时钟速度削减一半并且功率削减到1/4