

数字相机的快门结构

数字相机(DC/DSLR 等)的快门结构和传统相机有所不同,除了机械快门以外,还存在电子快门,实际上是二者的混合体。我写这篇文章大概介绍一下数字相机的快门结构,希望能抛砖引玉。

要讨论数字相机的快门结构,首先先要了解一下数字相机的结构分类,根据成像原理不同,数字相机大概有以下几类:

- 1、面阵型数字相机;
- 2、线阵型数字相机;
- 3、单次俘获型数字相机;
- 4、三次俘获型数字相机;

面阵型数字相机使用的感光材料有比较大的面积,通常为矩形,常见的尺寸有 1/4"CCD, 1/3"CCD, 1/2"CCD, 2/3"CCD 等等,曝光时一次完成。大多数 DC/DSLR 都是采用这种结构。

线阵型数字相机使用的感光材料是条状的,感光单元拍成一列,工作时通过 CCD 的移动来一行一行的进行拍摄过程。这种结构可以通过步进电机作到很高的分辨率,但无法拍摄运动的物体,而且要求照明光源稳定。我们常见的扫描仪就是这种线阵结构,实际上还有这种结构的大画幅的数字后背(如用于 4 x 5 机背取景相机的);

单次俘获型数字相机有两种结构,单 CCD 和 3CCD 型。单 CCD 是通过感光材料面阵上的 CFA(Color Filter Array)来实现彩色的俘获过程,因为二维成像器件本身只能俘获黑白影象,通过分布在每个像素上的 R、G、B 滤色片来进行感光,感光后通过软件合成出彩色影象。如常见的 Bayer 滤镜就是一种 CFA。

3CCD 采用彩色分光棱镜进行分色,分色后的不同波长的影象用 3 块感光材料分别记录,再通过软件进行合成。这种方式的优点是色彩还原较好,但如果 3 个通道的信号处理不好会造成套色不准。其结构如图 1 所示意:

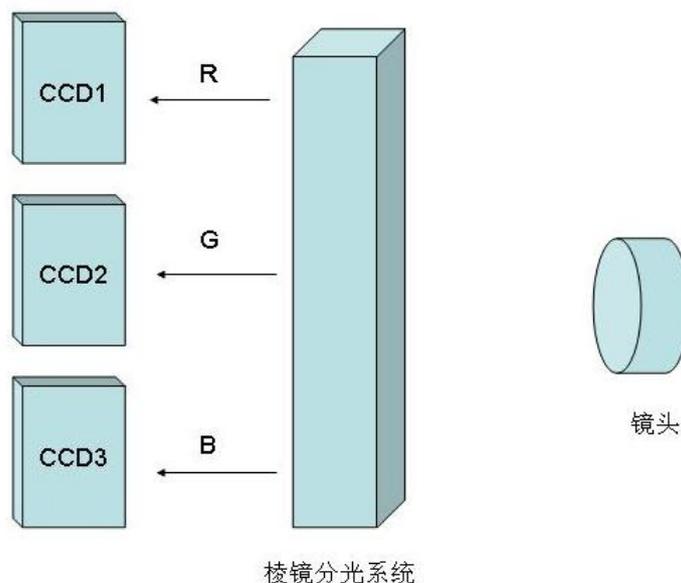


图 1 3CCD 棱镜分光系统结构图

以上是数字相机的几种大概的结构，下面再介绍一下数字相机的快门结构。

数字相机可以用集成在成像器件上的全电子快门来控制曝光时间，同时很多的相机还同时具有机械快门，而很多电子快门速度可以达到 us 级别。电子快门主要有 3 种类型：

- a、行间快门(Interline Shuttle)
- b、帧转移快门(Frame Shuttle)
- c、全帧转移快门(Full Frame Shuttle)，也有叫狭缝式电子快门的。

对于无论上述哪一种快门结构，都是和感光材料的结构密切相关的，即感光材料的结构决定了可以采用哪一种快门结构。所以下面的讨论中将结合的描述。

对于行间快门，感光材料实际上分为感光区(light-sensitive cell)和遮光存储区(shaded shift registers)，示意图如图 2 所示：

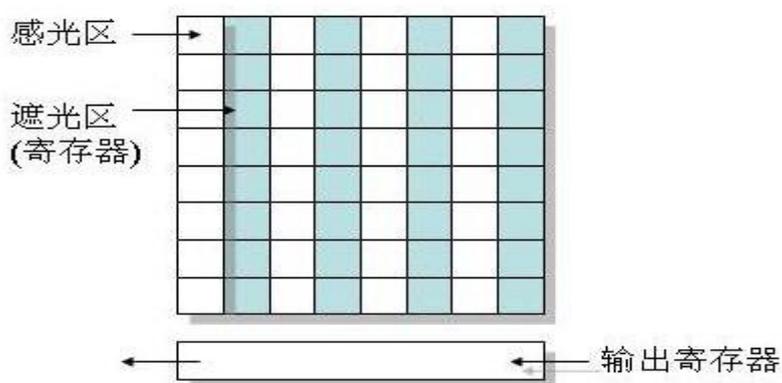


图 2 行间快门 (Interline Shuttle) 感光区和遮光区

行间快门的遮光区存储单元和感光单元一一对应，都分布在感光平面上。曝光开始以前，像素上的信息不被记录，当系统发出复位信号以后，像素上的信息被清除，并记录暗电流信息，然后系统开始曝光。曝光时间到达后，感光区上的信息被迅速转移到对应的遮光存储单元内，然后感光区复位，准备下一次曝光。这些过程只需要一个时钟周期。再下一次曝光开始前，存储区的信息再转移到 DSP 电路中，经过处理后存储到数字相机的存储介质中。

曝光流程如图 3 所示意：

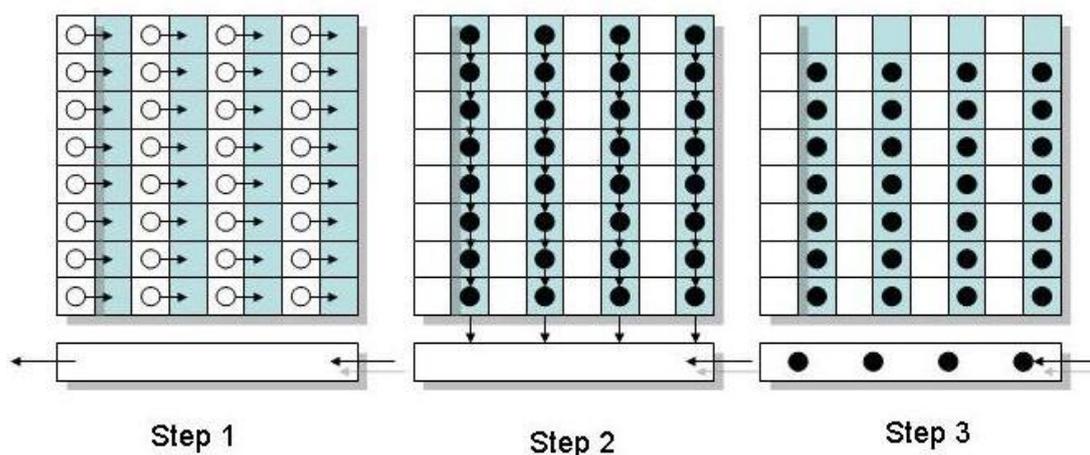


图 3 行间快门 (Interline Shuttle) 曝光流程图

对于帧转移快门，感光材料也存在着感光区和存储区，但位于两个不同的位置。这种感光材料的实际面积要 2 倍于行间快门结构的感光材料，所以 CCD 的感光平面上都是像素感光单元，感光灵敏度可以很高。但这种结构的缺点是一个时钟周期内，像素的信号只能传递出去一次，所有像素的信息传递需要 n 个 (n 为感光材料的垂直分辨率) 周期才能完成传递过程，因此速度受到一定的影响。

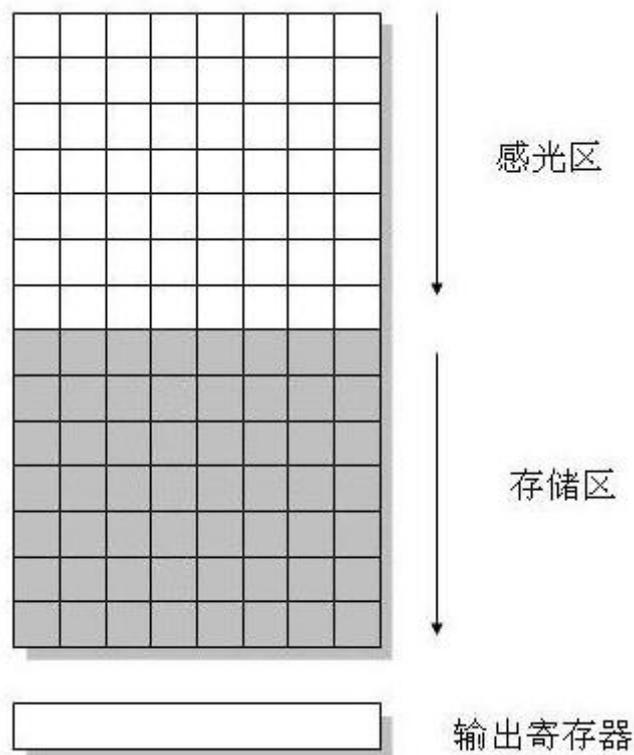


图 4 帧转移快门(Frame Shuttle)感光区和存储区

这种快门的曝光流程如下图：

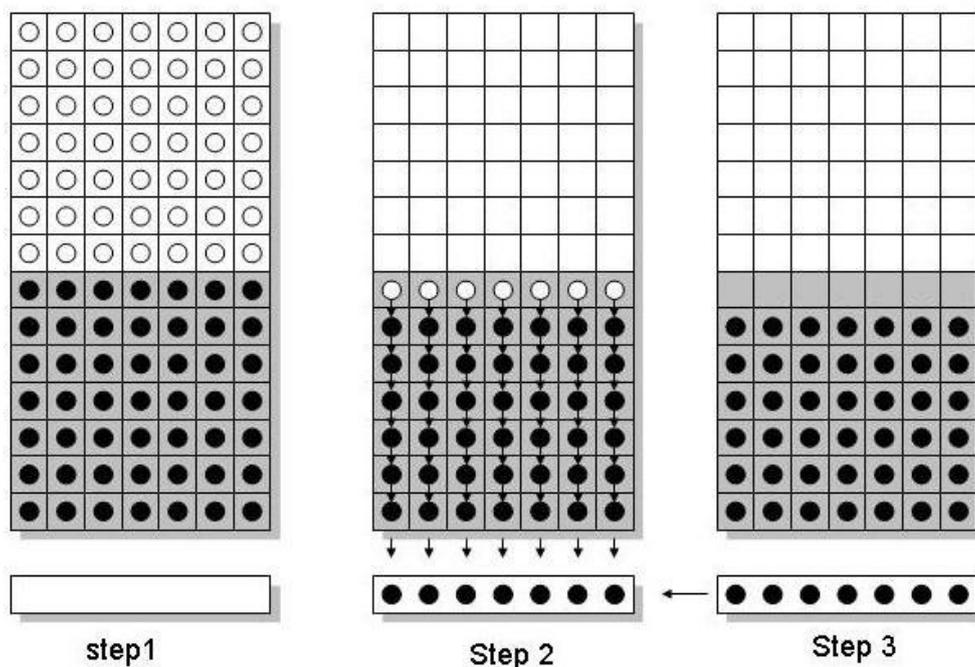


图 5 帧转移快门(Frame Shuttle)曝光流程图

最后要说的是全帧转移快门，也有叫做狭缝式快门的。采用这种快门结构的感光材料，最大的特点是不再象行间快门和帧转移快门那样具有和感光单元对应的存储单元。曝光仍然

通过复位时钟来控制，信号的读出是通过位于各列像素之间时钟信号的配合，通过列放大器直接输出。由于不存在存储过程，信号通过开关电路直接转移，因此可以作到很好的快门速度。

目前高像素值的 DC/DSLR 和对速度迟滞要求高的产品均采用的是这种结构的传感器/快门结构。如 Olympus 的 E-20。但由于没有找到 Canon 的 DSLR 相关的资料，所以我不知道是否 1DS 或 10D 也采用类似的结构。该快门结构示意图如下：

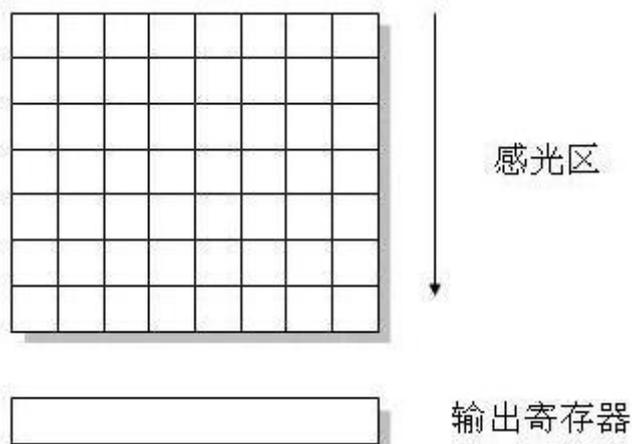


图 6 全帧转移快门(Full Frame Shuttle)感光区
曝光流程如图 7 所示意：

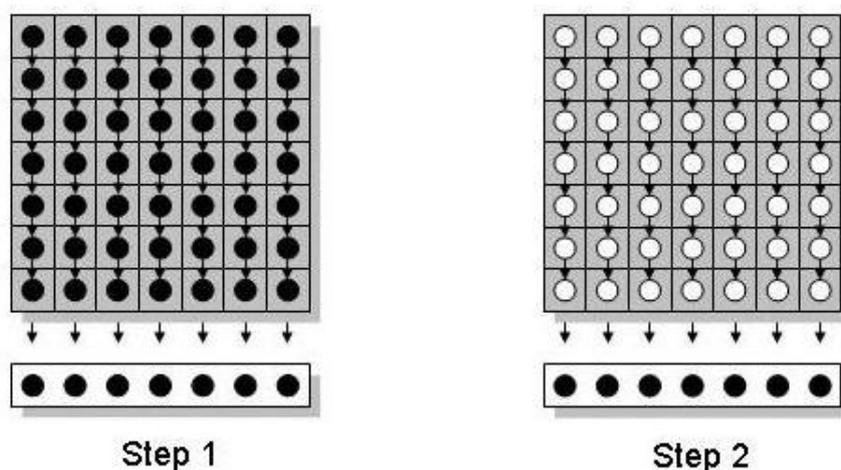


图 6 全帧转移快门(Full Frame Shuttle) 曝光流程图

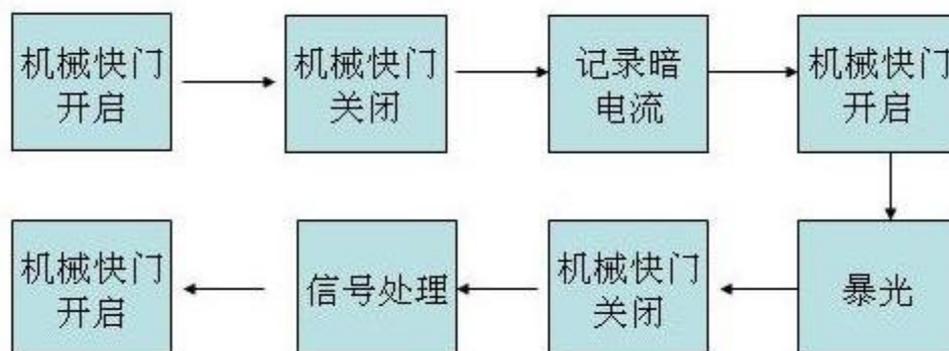
在 step1 时，当相机机械快门关闭后电荷转移到水平输出寄存器内；

在 step2 时，串行输出电荷。

全帧转移快门(狭缝快门)的曝光过程是逐点传输的，严格的讲各个像素不是同时曝光。当快门速度非常高时拍摄运动的物体时，将产生如同传统相机焦平面快门的狭缝变形。需要

通过 DSP 来进行修正。但这种快门因为结构简单，可以简化制造过程和降低成本，速度也比较快，已经成为一种发展的趋势。

最后讨论一下机械快门在数字相机中的作用。在数字相机中保留机械快门的目的之一是可以记录感光材料的暗电流信息。数字相机的机械快门和传统相机是不一样的，平时是打开着以便电子取景器取景。再曝光前再关闭，复位感光器件上的存储信息，并记录各个像素的暗电流资料。接下来进行曝光。机械快门开启，曝光结束后关闭机械快门，将曝光数据进行 DSP 处理。流程如下：



补充一点，记录暗电流的作用主要是进行黑色补偿。光电器件在没有任何光线照射时也存在着一点的暗电流，输出一定的光电信号，这个值相当于胶片的灰雾密度。通过在曝光前遮光记录暗电流的数值，再在曝光后的图象中减去相应的暗电流信息，可以提高感光器件的宽容度和减少噪声。