

全局快门、滚动快门——两种曝光方式的功能和特性（快门类型）

要为工业机器视觉应用选择合适的组件，需要从几个基本决策开始。首先，相机及其接口以及感光芯片技术必须适合整个机器视觉和图像处理系统的规格。在选择芯片时，快门技术和所需的分辨率同样重要。本白皮书介绍了全局快门和滚动快门背后的不同功能原理，并探讨了两者在哪些方面最适用于工业图像处理应用。

目录

1. 快门的基本概念.....	1
2. 全局快门的曝光.....	1
3. 滚动快门的曝光.....	2
4. 滚动快门效应及其影响	2
5. 运动模糊.....	3
6. 提高分辨率是否一定能改善图像质量？	3
7. 使用闪光灯光源和曝光时间防止滚动快门效应	3
8. 总结	4

CCD和CMOS感光芯片技术在体系结构以及收集、准备和处理信息的方式上是不同的。这会直接影响图像质量和速度等参数。您可以在白皮书《现代CMOS相机替代CCD相机》中查看两种技术和各自优势的详细比较。

快门方法是一个相关但不同的特性，指的是捕获图像数据的方式，即由各个像素接收到的光子被转换成电子的方式。

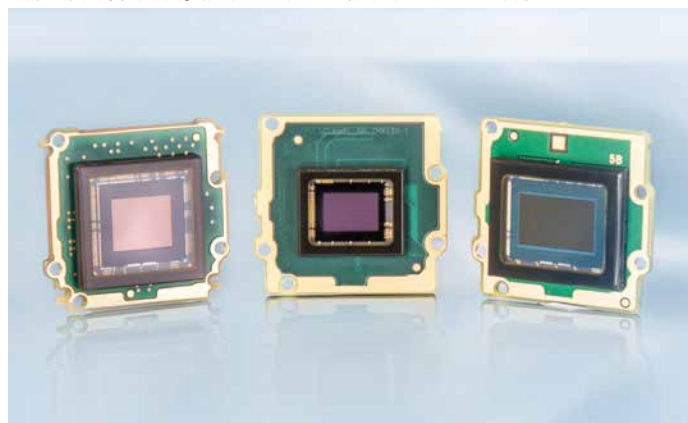


图1：滚动快门芯片和全局快门芯片的比较

1.快门的基本概念

在传统的胶片相机中，快门仅在按下快门释放按钮的那一刻打开，从而防止相机内的胶片接触光线。快门速度设置确定快门保持开放的时间，使该胶片接收合适的光线。如果曝光时间过短，则图像将曝光不足；如果太长，则照片曝光过度。



图2：曝光过度和曝光不足的图像

在胶片已很大程度上让位给芯片的时下，曝光的基本原理仍未发生改变。曝光开始时光电单元被采用电子方式清除，然后在曝光期间结束时被读出。简单地说，每一个图像都是由许多水平的行构成的。然后，每行是由各个像素构成的。实际像素数取决于芯片的分辨率。有两种基本方法实现各行的曝光：全局快门或滚动快门。

2.全局快门的曝光

全局快门方法的工作原理与经典的胶片相机光圈相同。快门打开，所有光线行一次入射到芯片的整个表面，然后快门再次关闭。这种情况下的全局指的是整个表面同时曝光，一次即拍摄整个图像区域。取决于所设置的相机对图像的记录速度，运动对象被作为高速序列照亮。全局快门原本是CCD芯片技术的专有功能，直至数年前情况才有所改变。如果相机必须捕捉和拍摄在应用中快速移动的物体，或相机本身需要快速移动，那么全局快门就是此类应用的理想之选。如今，Sony Pregius系列或ON Semiconductor PYTHON系列等现代CMOS芯片均采用全局快门，因而成为了替代旧版CCD系统的出色之选。

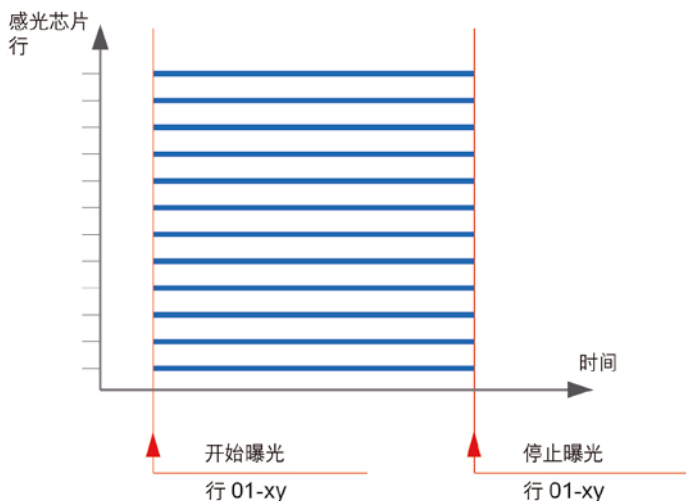


图3: 在全局快门模式中，所有像素的曝光时间都是同步开始和结束

3.滚动快门的曝光

滚动快门是主要用于CMOS芯片技术的曝光技术。不像全局快门方法，这里不存在单次同步曝光，而是会进行一系列曝光。当您按下快门并触发相机，就会以一行接一行的方式进行连续曝光。在某些情况下，这可能会导致重叠。

一旦照片1的最后一行已被完全曝光，则从第一行重新开始获取下一幅图像。滚动快门方法每像素仅需两个晶体管输送电子。因此，滚动快门产生的热量相对较少，且产生的背景噪声也低得多。相比之下，全局快门具有4-5个晶体管，往往会产生相对较高的背景噪声和大量热量。另一方面，特别是对于运动的目标，滚动快门所造成的畸变往往超过某些应用可接受的阈值。

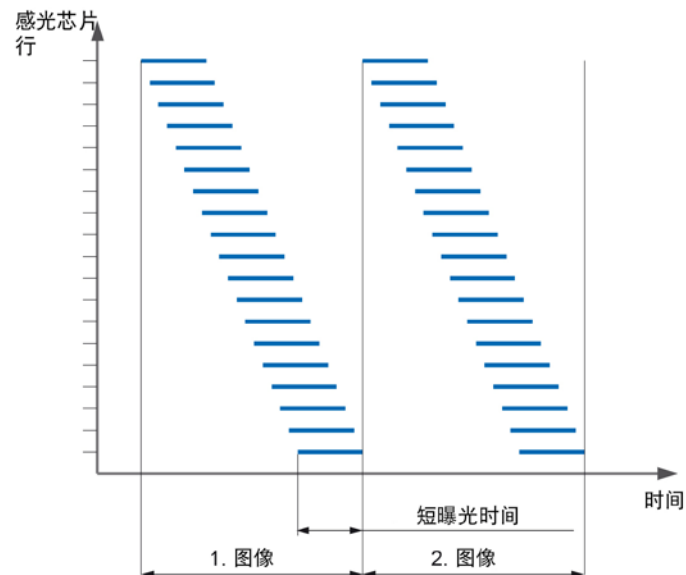


图4: 滚动快门的所有像素不会同时开始曝光与结束，而是按行进行：图解显示了相片上各行的逐行曝光

芯片每一行的读出速度都十分关键，所以值得仔细斟酌。相比旧款滚动快门芯片，Sony STARVIS系列等采用滚动快门的现代CMOS芯片有时可以实现较短的读出时间。这也就是说行与行之间的延迟较少，从而减少出现滚动快门效应。

	MT9J (ON Semiconductor 的旧款芯片)	IMX226 (Sony STARVIS 系列的新款芯片)
分辨率	1400万像素	1200万像素
行数	3288	3036
读出时间	~ 31 μ s	~ 10 μ s
最大延迟 从首行至最后一行	~ 100 ms	~ 30 ms

表1: 两种滚动快门芯片的比较

由于延迟时间的降低（约为原来的三分之一），之前只能使用全局快门的一些应用，如今已经可以使用滚动快门芯片。值得注意的是，无论移动的是相机或物体，都要检查图像中的移动在芯片中反映出的失真程度。

4.滚动快门效应及其影响

如果逐行曝光时目标或相机仍在移动，就会发生这些畸变。在收集图像数据时，系统将按照同一序列把曝光的行重新构成完整的图像。在重构的图像中，逐行顺序曝光即再现了畸变的形成方式。此效应即被称为滚动快门效应。曝光时间之外的另一重要因素是芯片的速度。它决定每行快门打开与再次关闭的速度。与低帧速芯片相比（例如帧速率最高为15 fps），帧速率不超过60 fps的高帧速芯片所出现的滚动快门效应通常较为轻微。

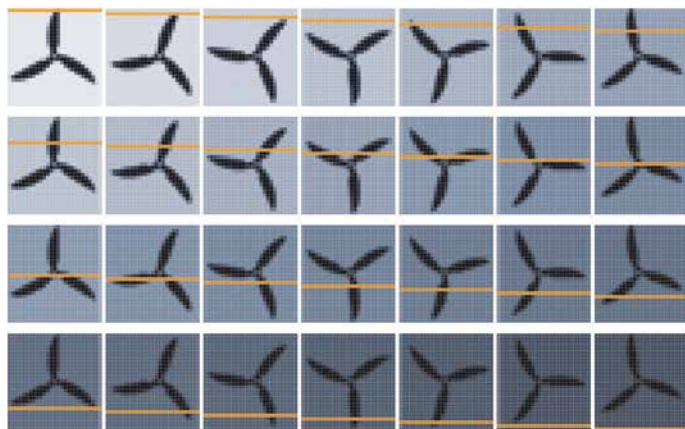


图5: 黄线表示图像从第一行到最后一行的曝光过程。在曝光过程中，推进器共转动四次

但是，这无法直接得出帧速率出现畸变的结论。而决定性因素实际是每一行的读出速度，因为这决定了行与行之间的延迟时间：

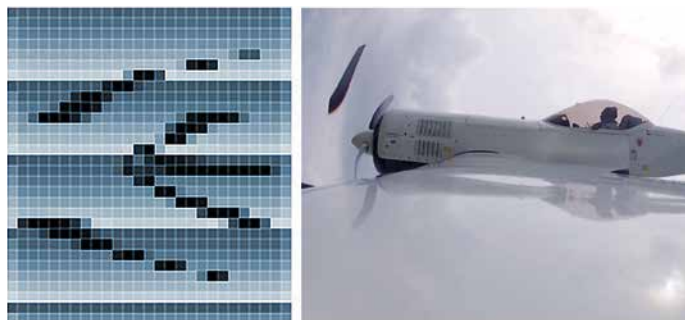


图6: 在将曝光的行重构为一整张图像的过程中，由于采用的是逐行曝光，所以可以见到因推进器连续运动所造成的畸变

在消费市场里，这种畸变通常会制造惊喜和娱乐；但在工业机器视觉或IP监控领域，它可能就是一个真正的问题。监控应用如果拍摄出过于扭曲的图像，就无法实际起到监控的作用。监控相机是现代日常生活的一部分：无论是在银行、公共建筑、活动现场、娱乐场所还是在交通监控中，只要有人群聚集，采取有效安全措施的需求就在不断上升。人与车辆的移动速度不一样。移动速度越低，滚动快门效应出现的可能性越低，程度也越轻微。哪些动作足够缓慢，得以清楚记录，而哪些动作太快，以至于无法准确记录——这都是由读出速率和曝光时间的相互作用而决定的。

例如，娱乐场所的监控系统就将高帧速率与短曝光时间相结合，以生成一连串的图像。这对于随机抽样检测作弊是非常有用的。



图7：滚动快门效应示例（来自维基百科）

涉及到交通监控时，情况会更复杂。取决于相机相对于目标的位置以及所选择的帧速率和曝光时间，将滚动快门效应限制到可接受的水平可能很困难。例如，在图像有较大部分为运动物体时，如果选择很短的曝光时间（如 $1/2000s$ ），将比选择较长曝光时间产生更大的畸变。芯片和相机所需的逐行拍摄时间很可能不足以跟上车辆的移动。如此一来，就会出现畸变；必须在评估图像时考虑到这一点。



图8：标准分辨率的全局快门



图9：标准分辨率的滚动快门

5.运动模糊

滚动快门效应并不应该与动作模糊混为一谈。如果移动物体的曝光时间过长，则会引起运动模糊。比方说，如果拍摄某一场景，采用 500 ms 的长时曝光，在这段时间内移动超过一个像素值的物体就会变得模糊。

假设芯片有1000行，读出时间为 $50\text{ }\mu s$ ，曝光时间为 $1000\text{ }\mu s$ ，则需要 $50950\text{ }\mu s$ 方可完全曝光到最后一行。也就是说，除了滚动快门效应之外，即使单行内没有出现模糊，仍有大量运动模糊现象以斜对角的方式覆盖图像。

但是使用全局快门芯片同样会出现这种效应，因此这不应成为采纳或拒绝特定快门技术的决策依据。只有最短曝光时间可能会对高速应用有所影响。然而，采用滚动快门的芯片和全局快门的芯片均可进行极短时间的曝光（达数微秒）。

6.提高分辨率是否一定能改善图像质量？

不是的。与普遍观点相反，更高的分辨率不一定会产生更好的图像。例如，在工业机器视觉领域，因为所有的数据都必须单独处理并加以描绘，所以以上说法只有部分真实性。分辨率更高通常与像素尺寸更小相关联。小像素饱和度能力较弱，这又会损害信噪比，并降低动态范围。

如今，工业图像处理领域倾向于采用更高的分辨率——200万至500万像素的芯片已成为标准，分辨率更高的芯片（如超过500万像素）使用频率也更高。芯片制造商了解了客户的需求，因此提供采用滚动快门（背照式）以及全局快门技术的高质量CMOS芯片，以实现出色的成像特性。



视频：滚动快门效应：在逐行曝光期间，车辆的运动产生了该畸变

7.使用闪光灯光源和曝光时间防止滚动快门效应

如果在芯片的选择过程中，除了可能的畸变之外，所有的特征都要求使用滚动快门模式，则如果可以满足特定条件，畸变还是可以得到预防的。在工业机器视觉和相机监控的各个领域，光线起着至关重要的作用。在室外区域和光线昏暗的室内空间，光线尤为重要。与在黄昏或黑暗中相比，明亮的日光总是能缩短相机的曝光时间。

在这方面，工业机器视觉系统有微弱的优势：如果现有的环境光线不够充足，它们可以与闪光灯设备组合使用。但是此方案受到一定的限制：极少有应用会在室外区域使用闪光灯；只有室内应用中，如较暗的房间、或者环境光线弱并且分散时，才能体现出闪光灯的应用价值。

在存在日光等外界光源的情况下，闪光灯摄影也无法工作。红外光与红外带通是在夜间应用中防止这些问题的仅有有效工具。

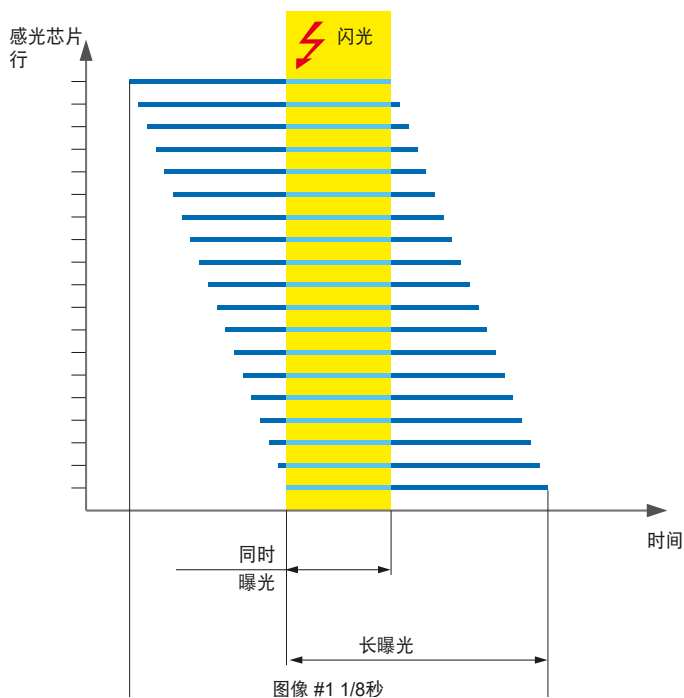


图10: 通过及时使用闪光灯补偿滚动快门效应。闪光灯必须在最后一行曝光开始时开启, 并在第一行曝光结束时关闭

增加曝光时间是另一种避免失真的方法。这使芯片有更多的时间对各行进行曝光。帧速率越高, 对各行的处理速度即越快, 而畸变也就越弱。还可以将闪光灯和延长曝光时间组合使用。曝光时间相应延长, 以使各个部分的曝光与闪光持续时间重叠。闪光灯的设置即经过精确设计以覆盖这一重叠。有些相机还配有可将信号发送到外部闪光灯的数字输出。

值得注意的是, 这些措施并不总是适合所有的应用。例如, 如果选择了过长的曝光时间, 则该滚动快门效应得到了降低, 但图像上会呈现运动模糊。可实现改进的区间因此受限, 无法确保始终能达到目的。

某些情况下, 具有修复滚动快门畸变的特殊工具的软件解决方案可作为对相机仪器进行校正的灵活应对手段。

8. 总结

芯片制造商对工业图像处理市场的兴趣日趋浓厚。近年来, 大量的技术进展让CMOS技术取得巨大发展, 并已逐步超过CCD芯片, 取代了CCD芯片过去在成像质量方面的地位。CMOS芯片原有的问题, 例如长曝光时间有限、产品生命周期短、没有全局快门等问题, 如今已完满解决。因此, CMOS现已成为绝大部分应用的理想之选。

采用滚动快门的CMOS芯片已在高端消费市场投入大规模生产, 成为了智能手机等领域的标准配置, 并且持续推动着技术的革新。比方说, 滚动快门芯片的成像质量和读出速度均已有所提升。由于技术进步减轻了滚动快门效应, CMOS芯片也逐渐吸引了一些此前只能使用全局快门CCD相机的应用。

从科技发展的层面看, CMOS芯片目前尚有很大的发展空间。



作者



Dominik Lappenküper
产品经理

Dominik Lappenküper主要负责 Basler ace、Basler beat、racer相机系列, 以及新款型号在海场的发布工作。他也是相关工作的首选联络人, 负责上述相机系列推出新功能的事宜。另外, 他也负责市场的接洽, 以便更好地了解市场的需求。

Dominik于2011年入职Basler, 加入一项工业工程的工作/研究项目, 后来成功获得工程学士学位。他在Basler工作期间还取得了威德理理工大学的理学硕士学位。

联系信息

Dominik Lappenküper – 产品市场经理

电话: +49 4102 463 409

传真: +49 4102 463 46409

电子邮件: dominik.lappenkueper@baslerweb.com

Basler AG

An der Strusbek 60-62

22926 阿伦斯堡

德国

Basler AG

Basler在计算机视觉技术领域拥有30年的丰富行业经验, 是一家全球领先的数字相机和配件制造商。公司总部位于德国阿伦斯堡, 并在欧洲、亚洲和美国设有多家子公司和销售办事处, 现有员工约500人。Basler通过打造高品质的专业产品, 竭力为工业、医疗、交通等市场提供一流的服务。公司产品线包括外壳尺寸紧凑的线阵和面阵相机、适合嵌入式解决方案的板级型号相机模块以及3D相机。Basler产品线还提供易用的pylon软件开发套件以及众多配件, 其中大量的配件是专为Basler量身定制, 能与我们的相机产品完美匹配。

有关免责声明和隐私权声明的详细信息, 请访问www.baslerweb.com/disclaimer-cn

©Basler AG, 05/2018

Basler AG

德国总部

电话: +49 4102 463 500

传真: +49 4102 463 599

sales.europe@baslerweb.com

www.baslerweb.com

Basler Asia Pte Ltd.

新加坡

电话: +65 6367 1355

传真: +65 6367 1255

sales.asia@baslerweb.com

Basler上海代表处

中国

电话: +86 21 6230 2160

传真: +86 21 5106 2592

sales.asia@baslerweb.com

