

如何比较现代CMOS相机？

越来越多的工业相机使用现代CMOS芯片。它们之间有何不同？如果不同相机类型配备相同的CMOS芯片，性能是否存在差异？

通常大多数相机的规格表会突出强调其所使用的芯片类型。而且，将这些规格表放在一起比较，就能快速查找出哪些不同型号的相机使用了相同的芯片。令人惊讶的是不同相机在图像质量、接口选择和固件功能方面会存在巨大差异。本白皮书可以帮助您分清CMOS相机的优劣，同时也为您详尽阐述了选择正确相机时所需要考虑的最重要因素。

目录

1. 新CMOS芯片和相机制造商集成之间的差别	1
1.1 如何区分“优秀”CMOS芯片集成？	1
2. 采用相同芯片的CMOS相机的比较	3
2.1 EMVA数据在实际情况下并不总是有用	3
2.2 相机设计：尺寸、热变化、硬件性能	3
2.3 检查有用的固件功能和数据传输稳定性	4
2.4 尽管采用相同芯片，价格仍存在差异	6
2.5 选择相机意味着挑选一个长期合作伙伴	6
3. “DIY集成”到底是不是好方法？	6
4. 总结	6

1. 新CMOS芯片和相机制造商集成之间的差别

CMOS芯片的浪潮2014年以来一直稳步上升。它的影响已波及工业相机。新一代CMOS芯片在速度、图像质量和性价比方面比以往大多数芯片更优秀，它们具备前所未有的性能。然而，要充分发挥这一潜力，制造商必须首先正确将芯片集成到新相机中。在许多情况下新相机专门为使用这些芯片而设计。这个过程称为芯片集成，所产生的主要差别在用户测试相机时立刻显现。因此可以判断芯片集成是“优秀”还是“不良”。

1.1 如何区分“优秀”CMOS芯片集成？

虽然CMOS芯片相比CCD芯片，在控制和处理方面更简单，但是要实现“优秀”集成，必须注意其他几个因素：

图像质量优化

图像应该没有固定图案噪声（棋盘或条纹）、有缺陷的像素、有缺陷的像素群或闪烁像素。为达到这一要求，相机必须采用满足某些性能要求的硬件，例如在固件中自动存储阴影算法。一个目标是在图像捕捉期间保留实时功能。例如，RAM和FPGA的组合可以为实现此目标提供巨大帮助。它们可以在用户的PC或嵌入式组件上消除额外的硬件负载。在许多情况下，实际图像处理（分析）将耗尽CPU的全部功率。很多客户不愿意为进行预处理的软件和计算能力支付额外费用。

芯片必须稳定安全安装在硬件中

相机需要在整个生命周期中提供稳定的图像。进而，这要求生产相机硬件的方式提供足够的稳定性。因为相机预计会运行数年，它们需要承受温度波动和振动等机械载荷等标准压力。新CMOS芯片在这方面明显需要更细致的方式。他们除了尺寸更大（ $>2/3$ ），分辨率和速度也更高。因此，需要在其中插入更多的触针，而中间的空间更小。这在将芯片焊接/粘合到电路板时面临严峻制造挑战。相比之下，老款CCD和旧款CMOS芯片所需引脚更少，意味着间距更大。从而，生产过程相对更容易。

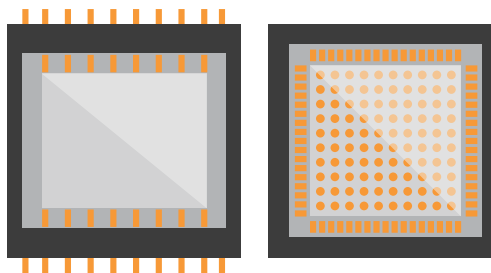


图1, 右：新款2MP CMOS芯片引脚输出
左：旧款2MP CCD芯片引脚输出（20针）

协调控制

每个芯片制造商使用不同的寄存器设置，在某些情况下每个芯片类型也会使用不同设置。要正确操作芯片，控制器必须发出适当控制信号来进行配置参数，如曝光时间或AOI（感兴趣的领域）。寄存器设置的数量可能从几百到几千。相机用户对这类细节通常并不感兴趣。他们最需要标准化的操作方式：在不同相机型号之间保持一致且操作简单。从相机制造商的角度来看，这需要大量集成工作，才能确保固件适合每个相应芯片。对于Basler来说，它追求以下核心理念：“所设即所得。”如果用户指示软件使用特定曝光时间，那么芯片应该精确运用这一曝光时间，并拍摄相应图像。如果不这样会导致不良效果。所以如果在相机API中指定 $100\mu s$ ，则芯片的实际曝光时间不应该是 $100\mu s + x$ 。如果相机集成“不良”，就会发生这种情况。在许多情况下，如果不进行广泛测试，用户不能及时发现性能不理想的情况。

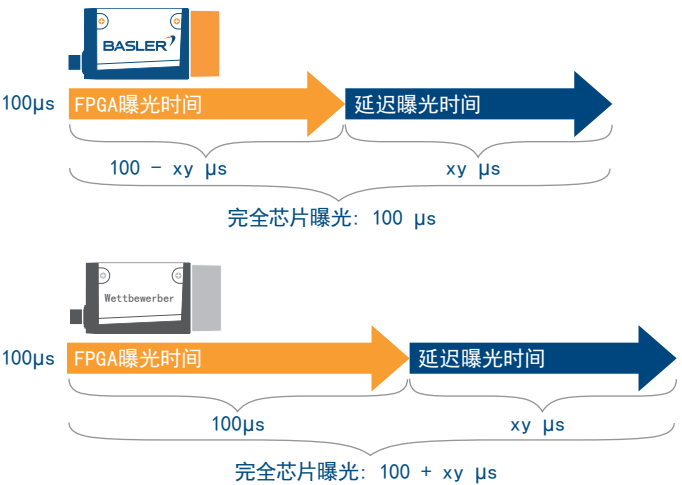


图2: 曝光时间: Basler相机与竞争对手相机的比较

另一点也很重要：当在应用中更改设置时，这必须对下一次拍摄的图像生效，而不是几张图像之后才生效。尤其对于便宜的滚动快门芯片，对相机固件进行一些修改可以提高其性能。

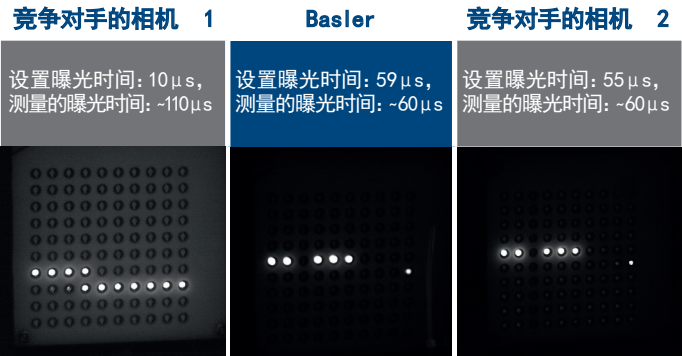


图3: 以追光方式进行详细分析（用来确定适当的光源时间）

确保质量

相机制造商的另一项集成任务是使用提供的“原始芯片质量”以及进行修改或测试以达到所需要的图像质量。下表概括说明了可能出现的主要质量问题以及如何解决。因为这些质量问题在某些情况下仅影响很小的灰度范围或在极小的 μm 范围内出现，检测和避免错误对于相机制造商的测试工具是重大挑战。

质量方面	基于哪种芯片问题?	相机制造商的解决方案	成本影响
可见的有缺陷像素	有缺陷像素或有缺陷像素群	有缺陷像素校正（内插法）	是，需要更多生产时间
图像中边界清晰的黑点	玻璃有瑕疵或盖子下有污渍	废弃	是，因为废品量增加
边角模糊	倾斜（芯片相对于芯片外壳）	倾斜校正	是，因为需要更长生产时间和/或更高的硬件成本
图像中有模糊黑斑	芯片的深度污渍	清洁芯片	是，因为需要更长生产时间和/或产生更多废品

* 镜头也可能在最终应用中引发这些现象。

最终用户有时并不愿意为更好的质量支付更多的钱，这是不言而喻的。为了适应用户的不同需求，大型相机制造商采用的一种方法是为不同产品线设置不同的质量标准。

2. 采用相同芯片的CMOS相机的比较

白皮书“相机选择——如何为我的图像处理系统寻找合适的相机？”探讨了在选择相机（如面阵或线阵相机）时需要考虑的重要基本因素。如果应用已经预先确定了芯片，最佳做法是什么？许多芯片都由众多相机和制造商使用。

以下几个方面可以帮助用户、工程师和项目团队在选择相机时作出正确决定。即便如此，做决定时当然还需考虑不同的应用和要求。

2.1 EMVA数据在实际情况下并不总是有用

相机性能信息的最重要来源之一是其EMVA值。它们描述所使用芯片的主要物理特性（QE → 量子效率，即敏感性；SNR → 信噪比，即噪声影响的程度；动态范围 → 明暗之间的动态范围）。然而EMVA数据并不一定有助于确定与芯片设计相关的问题。快门线就是一个例子。这些图像伪影对人眼来说非常明显，但它们并不影响EMVA值。另一个例子是在不同时间出现的问题，如有缺陷像素或闪烁像素。

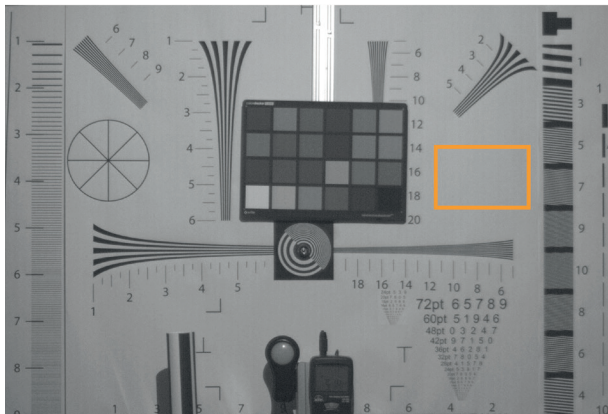


图4：超低光照测试图橙色框显示了以下放大倍数。

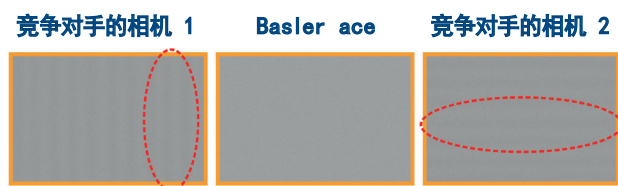


图5：测试图的放大图 - 1.0 lux照度环境中每款相机的噪声特点

以下比较图像显示固定图案噪声可能存在巨大差异。固定图案噪声在图像中同样清晰可见，可以通过DSNU（暗信号非均匀性）和PRNU（照片响应非均匀性）值在EMVA数据中衡量。在确定“不良芯片集成”时，此空间噪声往往是关键因素。PRNU和DSNU值越低，芯片的集成情况越好。

对于用户来说，对相机进行全面测试非常重要，最好是在尽可能接近真正应用的条件下测试。并不是所有的算法对图像质量问题的反应都同样敏感。总而言之，依靠主要由大品牌制造商提供的图像质量标准是明智的。这样可以节省测试时间，并对自己应用优化，避免繁琐。

2.2 相机设计：尺寸、热变化、硬件性能

硬件也是影响相机比较及最终选择的一个关键因素。外部尺寸就是这样的因素，内部硬件以及对环境影响（尤其是温度）的反应同样如此。

完全不同的相机形状可以使用相同的芯片。机器视觉市场上，29×29英寸和C口已经成为芯片尺寸最大为2/3英寸的相机的标准，而在更小尺寸相机甚至是板级相机中还可能使用更小（主要是CMOS滚动快门）芯片。小尺寸提供更大的灵活性，可以在系统中节省空间。同时还必须考虑功耗和发热问题，因为更大的表面散热更好，很多产品寻求理想平衡。对于标准工厂自动化应用，实现这种平衡通常极其重要。其他领域可能有不同的优先考虑事项（包括医学工程），这种情况下外壳必须满足特定行业的要求。而对于可以直接看到相机的显微镜等领域，良好的触感和有吸引力的设计也是一个重要因素。

对于相机硬件，有各种不可见的属性会影响采用相同芯片的相机的性能。这些包括使用的FPGA（FPGA代表许多相机概念的核心，在某种程度上DSP也是如此）。强大的FPGA结合高效固件使得许多固件功能（特别是图像优化）在相机内即可完成，无需在PC/处理板上增加额外处理负载。使用带有内部RAM进行缓冲是一个明智选择，这不仅可以增加数据稳定性，还可以增加额外功能，如连拍模式。



图6：相机体系——通过FPGA和RAM提高性能

新款CMOS芯片的帧速率大大高于旧款CMOS芯片或CCD芯片。虽然这能够提供更好性能，但是也会导致功耗更高，同时造成相机内发热量更大。相机内部温度更高可能引发各种应用问题，使得图像质量下降。要比较相机之间的温度差异，必须始终注意需要在相同的帧速率和分辨率级别进行测量。相机设计对于散热起着主要作用。为防止温度上升加剧图像噪声或破坏硬件组件，具备较强散热能力非常重要。相机热设计比较通常区分相机核心和外壳。同时应该按照目标应用的使用方式安装相机（涉及镜头以及相邻对象的几何形状）。如需了解这一问题的详细信息，请阅读应用说明“[如何监控Basler ace USB3和GigE Vision相机的外壳温度](#)”。“工作台”测量并不适合，因为这种热流动与实际应用不同。

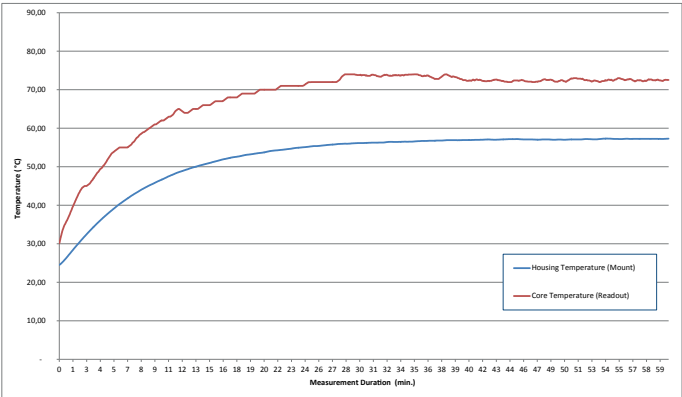


图7：没有散热片和镜头的“工作台”温度测量

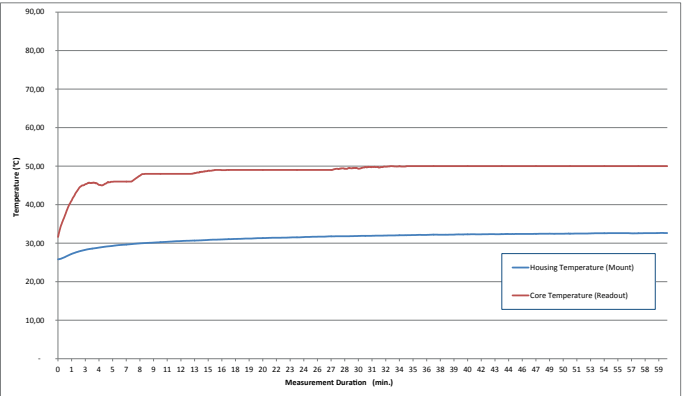


图8：采用散热片和镜头的相同测量

2.3 检查有用的固件功能和数据传输稳定性

固件和软件也可能导致采用相同芯片的相机之间出现显著差异。它们包括与GenICam（确定相机地址）的标准兼容性和与GigE Vision和USB3 Vision接口标准的兼容性。这些标准主要定义通信路径和接口。符合标准可以确保较低集成成本和数据传输的最低质量水平。然而，无论符合什么标准，根据固件和相关软件的性能，任何相机都会有不同表现。并不是所有相机制造商都可以提供用于控制相机的成熟软件和驱动环境或成熟的（兼容各种操作系统和编程语言）的编程环境。然而对于任何主要系统设计，这些都是必要的。基于固件的帧缓冲区可以大大增强数据稳定性，在高带宽/帧速率运行时尤其如此。除了保持数据稳定的基本需求外，还有一整套标准化或专利功能可改善视觉系统的性能，部分可以通过相同芯片明显地实现更好的效果。下面以Basler ace相机为基础列举了三个例子：

示例1：采用新的GigE Vision标准的精密时间协议 (PTP)
新的GigE标准包含一项功能，可以使用一条GigE线材以近于实时的速度触发相机（没有标准硬件I/O常见的单独线材）。使用PTP触发操作。此协议允许用户设置基于时间的命令，能够精确同步执行。在许多情况下，以纳秒衡量延迟，确保实时兼容。

这一PTP功能有利于需要采用多台相机上的镜头、从不同角度进行记录的应用（如3D测量），可以在复杂性和线材布线方面进行显著优化。

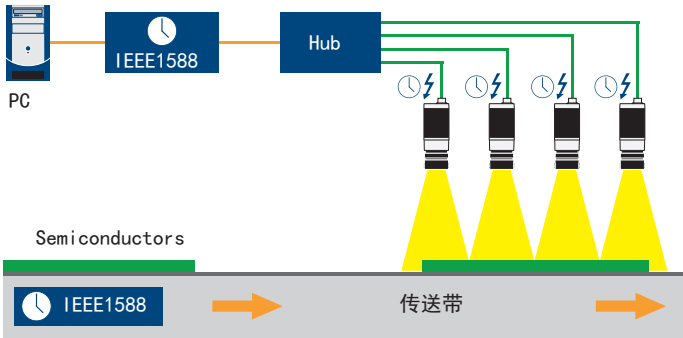


图9：使用PTP的GigE相机的实时兼容性

示例2：定序器功能

定序器功能可以高速激活大量相机设置。然后，相机可以在高速CMOS芯片配置之间进行超高速切换，拍摄预编程图像序列。例如曝光时间和增益可以用于大大增强对比度级别。或者在不同的颜色光谱照亮对象时，颜色对比度可能变化。结合定序器，可以提供各种不同的颜色信息。

定序器非常适合在较短时间内突出对象的不同属性。例子包括交通监控、玻璃检测系统及实验室自动化系统。采用合适的软件的终端应用可以有效使用定序器将HDR图像结合在一起。

示例3：PGI功能包

PGI这一功能包可以充分利用相机的FPGA功能，并且无需增加视觉系统PC的CPU负载。PGI由4个关键组件构成，可以为彩色相机提供极大帮助：5x5去拜耳化可以实现良好色彩保真度；抗锯齿功能可以防止沿线出现彩色边纹；锐化能够提高清晰度；去噪可以明显降低图像噪声。

对于需要良好色彩保真度（医药）、精确轮廓（条码或车牌读取）或将清晰细节与色彩识别相结合非常重要（电子线路板生产领域组件检测和放置位置）的应用，这一功能包非常有用。

下图显示可以通过PGI进行哪些优化：



图11：原始图像和优化的图像比较

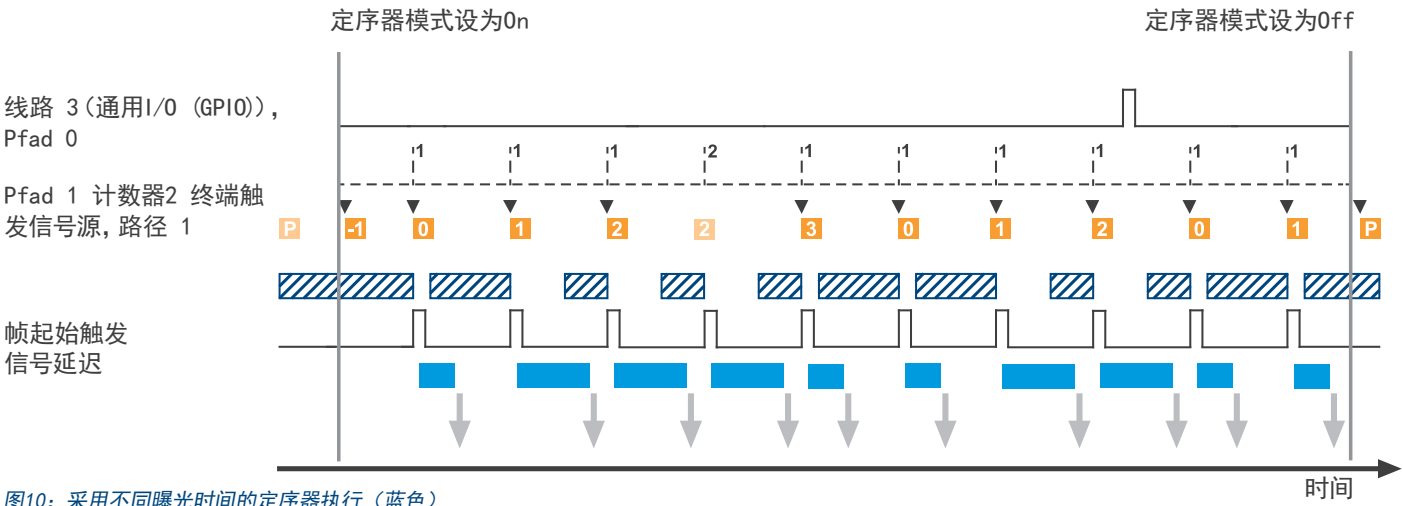


图10：采用不同曝光时间的定序器执行（蓝色）

2.4 尽管采用相同芯片，价格仍存在差异

即使使用的CMOS芯片相同，不同相机价格仍然可能相差巨大。

相机价格相比视觉系统的整体成本应该处于一个适当的比例：2015年统计数据显示相机在总成本（PC、镜头、线材、光源）的平均占比约为25%。

较大的相机制造商通常可以利用规模经济，通过谈判获得更优惠的采购价格和/或以更高效率设计生产方法，这都会降低价格。

然而前面提到的因素也非常重要。有时值得为相机付出更多成本，例如，设备的固件功能可以节省PC硬件，或者可以使用更低强度照明（因此更便宜）。在最初采购时，获得更好的质量以及机械耐久性和数据稳定性可能需要付出更多成本，但是在后期的使用过程中却可以减少停工期以及需要注意的问题，从而大大节省费用。

2.5 选择相机意味着挑选一个长期合作伙伴

决定在系统中使用哪种相机就意味着选定一位合作伙伴在数年内进行设计。在大多情况下，相机集成的时间和费用促使购买者选择“单一来源”组件。同时，与大型成熟相机制造商进行合作可以节省更多成本。

另外，选择一个“品牌”需要考虑供货能力和质量原则。现在，供应链中的“浪费”被视为重大失误，而资金锁定期、库存最小化和及时供货等专业术语也将被优先关注，公司能否快速提供组件就变得非常重要。要满足这些需求，并不是所有工业相机制造商都具有相同实力：必须能够对较短交货时间、波动订单量、大型项目快速处理等需求进行有效计划，并使之成为公司企业文化

中根深蒂固的理念。这些因素无疑应该作为选择制造商的标准之一。这同样适用于质量问题。一个品牌在市场上的规模和地位通常反映了制造商如何管理质量问题，从而尽量减少生产线上和客户使用时的停工期。投诉管理以及持续错误分析是其中的重要部分。在离开工厂前对每部相机进行测试是保障质量必不可少的措施。其中最重要的是与芯片相关的图像质量测试（EMVA测试、污损测试等），这对终端应用非常重要。许多组件都存在批量波动问题（尤其是CMOS芯片本身），意味着常规测试是确保质量持续稳定的唯一方法。

3. “DIY集成”是不是好方法？

最后，让我们来解答这个常见问题。参与视觉系统集成的开发团队有时会对DIY集成进行辩论，包括开发自有相机。或者可能会选择将芯片直接焊接在电路板上，然后再将它们连接到更大的系统中。这一般只适合设备数量非常多的情况。即便如此，涉及的费用也常常无法摊销。除此之外，配备这些芯片的系统需要长期依靠这一专用产品，因为任何整合升级都需要进行较大调整。而符合标准的工业相机已经在很大程度上消除了这一问题。如果因为空间狭小而讨论“DIY集成”方法，那么团队应考虑板级相机，这类相机现在配备带状线材和LVDS接口。并且，易于集成和控制。

4. 总结

回顾上文，提及了即使使用了相同CMOS芯片类型，相机型号和相机厂商之间仍然存在巨大差异。芯片的集成方式会影响许多其他后续特点。项目团队、个体工程师或购买者应始终进行比较，从而重点了解对于他们非常重要的方面。本白皮书概述了这方面，并且结合了技术和商业领域。



作者

René von Fintel
产品市场管理负责人

René von Fintel负责产品和市场管理。他的职责包括战略技术决策，如相机接口和芯片选择。

在工业工程专业毕业后，他在一家著名德国医疗技术公司从事了八年销售和市场营销工作。2012年René von Fintel进入Basler开展产品管理工作。

联系人

René von Fintel - 产品市场管理负责人

电话 +49 4102 463 332
传真 +49 4102 463 46332
电子邮件: rene.vonfintel@baslerweb.com

Basler AG
An der Strusbek 60-62
22926 Ahrensburg
Germany

Basler AG

Basler是面向制造、医药、交通和零售领域应用的高质量数字相机的领先制造商。行业需求引领产品开发。Basler相机集成简单、尺寸紧凑、成像质量优秀、性价比出众。并且，Basler有超过25年的图像处理经验。公司总部位于德国阿伦斯堡，在欧洲、亚洲和美国设有子公司和销售办事处，拥有500多位员工。

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, 10/2016

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

美国

电话: +1 610 280 0171
传真: +1 610 280 7608
sales.usa@baslerweb.com

新加坡

电话: +65 6367 1355
传真: +65 6367 1255
sales.asia@baslerweb.com

BASLER
the power of sight