

A collection of various industrial cameras and sensors from the Libra 5514 series, arranged on a teal background with a subtle grid pattern. The products include different models of camera modules, some with lenses, and some with protective housings. The text "Libra 5514 & Libra 5514 Pro" is overlaid in white, with "产品用户手册" (Product User Manual) below it in a larger, bold white font.

Libra 5514 & Libra 5514 Pro

产品用户手册

鑫图光电 · 专注科学成像与挑战性检测 →

V 1.0.2

www.tucsen.net

目录

1. 导言	5
1.1. 免责声明	5
1.2. 安全和警告信息	6
2. 产品规格	7
2.1. 包装清单	7
2.2. 量子效率曲线	8
2.3. 窗片透过率曲线	9
2.4. 相机电源与信号连接	9
2.4.1. 触发接口管脚定义	10
2.4.2. 电源接口管脚定义	11
3. 特点与功能	12
3.1. 相机介绍	12
3.2. sCMOS 的结构和运行	12
3.2.1. sCMOS 相机传感器的结构组成	12
3.2.2. 图像采集与处理流程	13
3.3. 快门方式	14
3.4. 前照式和背照式 sCMOS 技术	14
3.4.1. 前照式 (FSI) 芯片的结构特点与技术演进	14
3.4.2. 背照式 (BSI) 芯片的技术优势	15
3.5. 读出噪声	15
3.6. 坏点校正 (DPC)	16
3.7. 暗信号非均匀性 (DSNU)	17
3.8. 光响应非均匀性 (PRNU)	17
3.9. 工作模式	18
3.9.1. HIGH DYNAMIC RANGE (HDR)	19
3.9.2. STANDARD	19
3.10. ROI 读出	20
3.11. MULTIROI	21
3.12. BINNING 读出	24
3.13. 时间戳	25
3.14. 帧率计算	25
3.14.1. 全分辨率计算	25
3.14.2. ROI 帧率计算	25

3.15. 帧率调节	26
3.16. 入射光子计算	27
3.17. 采集模式	27
3.17.1. 流模式	27
3.17.2. 软件触发模式	27
3.17.3. 硬件触发模式	27
3.17.3.1. 硬件触发输入输出电路	28
3.17.3.2. 硬件触发延时与抖动	28
3.17.3.3. 标准触发模式	29
3.17.4. 触发输出时序图	30
3.18. 制冷	31
4. 安装	31
4.1. 推荐的电脑配置	31
4.2. 相机安装	32
4.3. 水冷管安装	33
4.3.1. 连接水冷管	33
4.3.2. 软件风扇状态	33
4.3.3. 断开水冷管	34
4.4. 采集卡安装	35
4.5. 驱动安装	36
4.6. 软件安装	39
5. SAMPLEPRO 软件说明	39
5.1. 开机界面	40
5.2. 窗口组成	40
5.2.1. 预览窗口	40
5.2.2. 软件窗口	41
5.2.3. 图像摄像	41
5.2.4. 相机模块	41
5.2.5. 图像调整	41
5.3. 图像摄像功能说明	42
5.4. 相机模块功能说明	43
5.4.1. DEVICE CONTROL	43
5.4.2. IMAGEFORMATCONTROL	44
5.4.3. ACQUISITIONCONTROL	46
5.4.4. ANALOGCONTROL	49
5.4.5. USERSETCONTROL	49

5.4.6. CHUNKDATACONTROL	49
5.4.7. CUSTOMCONTROL	50
5.4.8. TRANSPORTLAYERCONTROL	52
5.5. 图像调整	52
6. 维护	53
6.1. 定期检查	53
6.2. 电气安全检查	53
6.3. 基本使用	53
6.4. 窗片清洁	54
7. 故障排除	54
7.1. 电脑无法识别相机	54
7.2. 软件暂停工作、卡死	54
7.3. 相机达不到目标制冷温度	55
7.4. 帧率达不到标称	55
8. FAQs	55
8.1. 为什么拍摄下来的图片亮度与预览窗口不一致?	55
8.2. 为什么 LIBRA 5514 和 LIBRA 5514 PRO 相机的 OFFSETY 不可设置?	55
9. 售后	56
附录 1: 结构线条图	57
附录 2: 相机参数表	60
附录 3: 产品认证	64

更新日志

版本	日期	修改内容
V1.0.0	2025.12	创建文档
V1.0.1	2026.1	<ol style="list-style-type: none">1. 依据固件功能变动，用户手册做如下修改<ol style="list-style-type: none">1) Solect pin 针脚功能修改为与其他相机一致；2) ROI 帧率变动3) 最小曝光时间修改4) 帧率计算公式修改；2. 变更水冷管结构尺寸信息和相关图片；3. 优化第三张特点与功能章节的科普性内容表达；4. 修改相机存储温度和湿度范围；5. 新增 RoHS 认证信息；6. 新增 C 接口, F 接口线条尺寸图；
V1.0.2	2026.4	<ol style="list-style-type: none">1. 修改型号名称；2. 增加品名；3. 增加多 ROI 功能描述和帧率计算公式；

1. 导言

1.1. 免责声明

为保护用户的合法权益，请您在使用本公司产品前务必仔细阅读我们随附的说明书、免责声明和安全须知。此相机使用说明文档包含相机的基本信息、安装说明、产品功能介绍以及保养维护，旨在让用户更方便地使用鑫图相机，本文档只针对上述目的而公开。请您务必按照说明书和安全须知操作本产品。

在任何情况下，本文档中的所有内容均不构成任何明示、暗示、法定或者其他形式的保证，包括但不限于任何适销性、非侵权性或特定用途适用性的保证。

在任何情况下，对于因未经授权擅自使用本文档内容而引发的或与之相关的任何损失或损害，无论是直接的、间接的、特殊的、附带的、后果性的还是其他原因造成的，无论是侵权行为还是其他原因造成的，鑫图光电均不承担任何责任。

产品使用限制：

产品只能按照使用手册中的指导进行使用，不得进行非授权的修改、篡改或逆向工程，并提醒用户如不按照产品使用手册的指导进行使用，导致产品损坏或故障，责任由用户自行承担。用户在实际操作产品的过程中应根据产品使用手册、免责声明、安全须知的内容，结合自己的实际情况和需求进行调整和应用，本公司不对任何因用户违反产品使用手册、免责声明、安全须知或者操作不当，而造成的人身伤害或者财产损失承担任何法律责任。

引用第三方内容：

使用手册中可能包含第三方提供的内容或链接，这些内容和链接仅供用户参考和便利，鑫图仅对第三方的内容或链接进行单纯的直接引用，不对其真实性、准确性、完整性作出任何担保，并且不承担任何责任。




本文档中信息的发布并不意味着鑫图光电公司或任何第三方自动放弃任何专利权或专有权。

本文档可能包括技术错误或印刷错误，在任何情况下，鑫图均不对未经授权擅自使用本文档内容造成的任何损失或损害承担责任，无论是直接的、间接的、特殊的、附带的、后果性的或以其他方式的损失或损害。

版权和保护声明：

本文档及相关图纸的版权归鑫图光电所有，鑫图光电保留解释权等所有权利。本文档和相关图纸不得擅自进行复印、翻印或复制，也不得擅自披露相关内容。

商标和专利信息：

鑫图、TUCSEN、、、是鑫图光电的商标，任何人不得侵犯鑫图光电的商标权利。所有其他商标均为其商标所有权人的财产，鑫图光电不对其他人的侵权行为负责。

使用手册的更新：

鑫图不承诺随时通知更新或保持当前的这个文档中所包含的信息。产品如果进行更改，相关更改信息将纳入新版手册中。恕不另行通知。

综上所述，在使用本公司产品之前，请您务必仔细阅读并理解以上的免责声明，祝您使用愉快，谢谢！

福建鑫图光电有限公司

1.2. 安全和警告信息

操作和使用



注意

请勿摔落，自行拆卸，修理或更换内部器件。否则可能会损坏相机器件或导致触电。

如果液体如水，饮料或化学品进入设备，请停止使用并联系最近的经销商或制造商寻求技术帮助。

请勿用湿手触摸设备，否则可能会导致触电。

不要让孩子在没有监督的情况下触摸设备。

确保相机的温度在规定的温度范围使用。否则设备可能会因极端温度而损坏。

安装和维护



注意

请不要安装在多灰尘脏污的或靠近空调或加热器的地方，以降低相机损坏的风险。

避免在振动，高温，潮湿，灰尘，强磁场，爆炸性/腐蚀性气体或气体存在的极端环境下安装和操作。

不要对设备施加过度的震动和冲击。这可能会损坏设备。

不要在不稳定的照明条件下安装设备。严重的照明变化会影响设备产生的图像的质量，避免高能量的激光直接打在相机芯片上。

请勿使用溶剂或稀释剂清洁设备表面，这会损坏外壳表面。

请保证设备通风口周围至少留出 10 cm 的空间保证气流流动。使用过程中不要阻塞设备的通风口，否则会导致内部温度过高损坏设备。

电源



注意

请使用相机原装电源适配器，使用不匹配的电源会损坏相机。



如果施加于相机的电压大于或小于相机的标称电压，相机可能会损坏或工作不正常。

相机标称电压请参考规格表。

2. 产品规格

2.1. 包装清单

标配物品名称	规格	数量	图片
相机	Libra 5514 或者 Libra 5514 Pro	1	
电源适配器	输出：24V/6.67A，输入：3Pin 品字尾插脚 IEC320-C14C DC 接口：R7B，DC 线：1 米	1	
电源线缆	额定电流：10A，额定电压：AC250V，线长：1.8m	1	
U 盘	软件和驱动，容量 4GB	1	
12 芯触发线	型号：HIROSE-BNC 触发线；线缆组成：12 芯触发线（HR10A-10P-12S 母头；12C*26AWB 彩色线缆，线长 3 米；外皮剥线 30mm，线芯剥线 5mm）+BNC 接口同轴线（单端 BNC-JJ 同轴线；线长 0.5 米，BNC 公头）；总线长 L=3.5 米；	1	
QSFP+光模块	型号：AMQ10-SR4-M1，速率：40Gb/s 接口：MPO 波长：850nm 工作温度：0 to 70°C	2	
转接件	T 口 / F 口	1	

光纤线缆	型号: MPO/F-MPO/F-OM3-8B (B3m), 线长 3 米 8 芯铠装 OM3 光纤跳线, MPO 母头转 MPO 母头	1	
40G 图像采集卡	型号: Samadhi Coaxlink QSFP+ Frame Grabber; 四路 CoaXPress-over-Fiber, 符合 40Gbps 光模块要求的 QSFP+端口, PCIe3.0(Gen3)x8 总线: 6,700 MB/s 持续总线带宽;	1	

2.2. 量子效率曲线

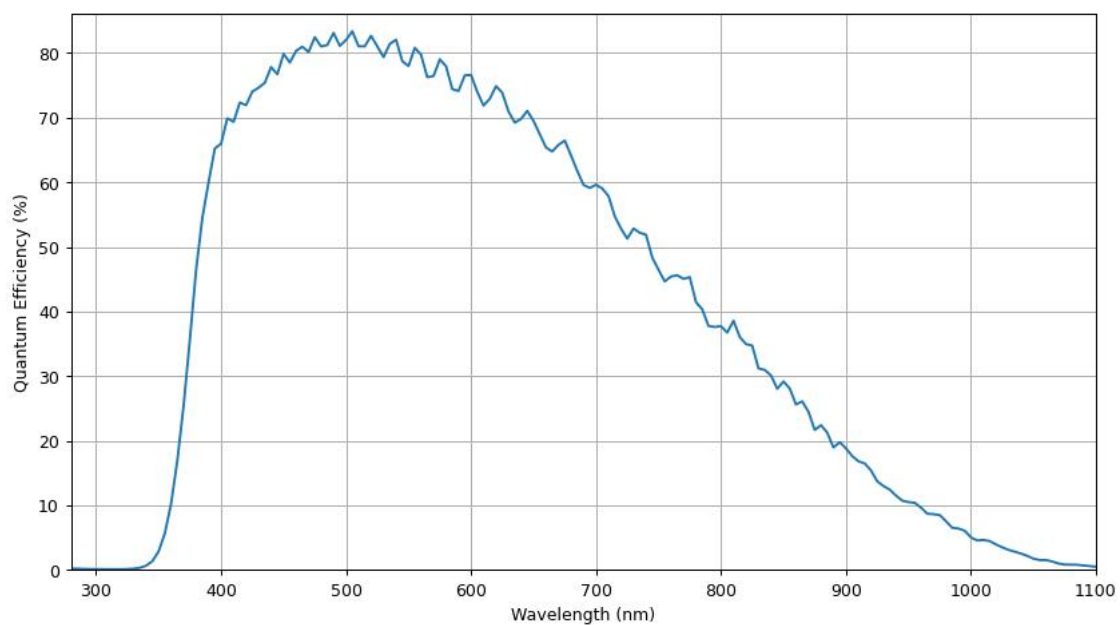


图 2-1 芯片量子效率曲线

2.3. 窗片透过率曲线

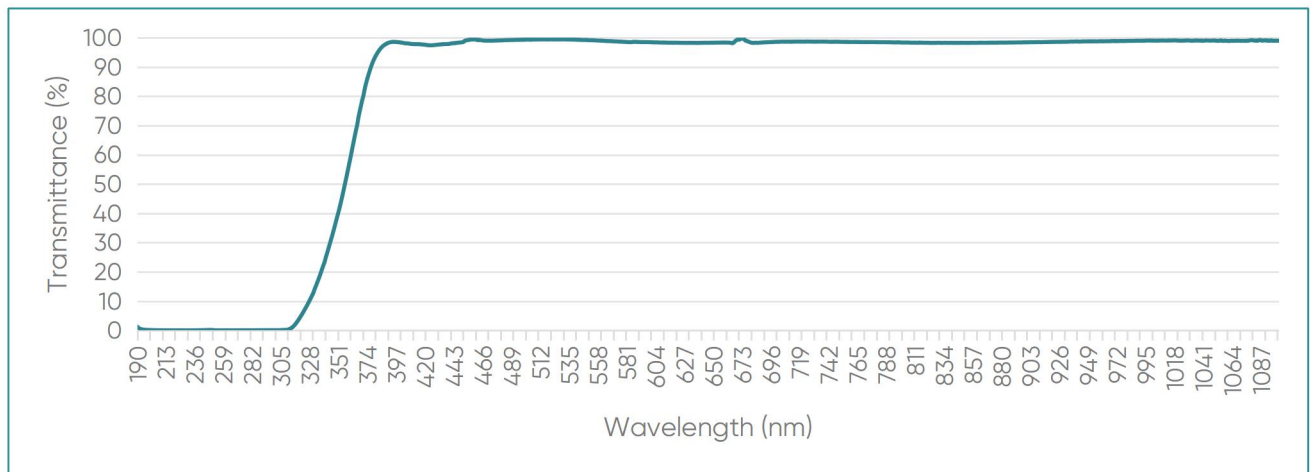


图 2-2 窗片透射曲线

2.4. 相机电源与信号连接

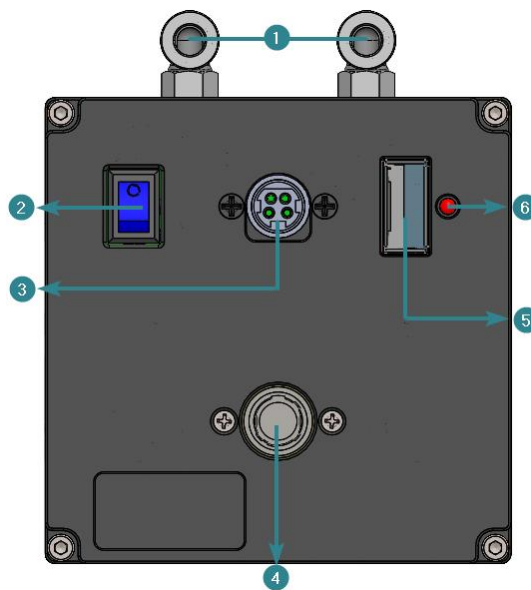


图 2-3 相机接口示意图

序号	名称	功能
①	水冷接头	水冷输入/输出接口
②	开关	电源开关
③	电源接口	电源接口, 24V/6.67A
④	触发接口	外部触发输入输出

⑤	QSFP+光口	数据传输接口		
⑥	指示灯	指示相机当前的工作状态	红灯常亮	相机未初始化
			红灯闪烁	连接配置未完成
			黄灯闪烁	正在传输低速链路信息
			绿灯常亮	连接配置完成
			黄绿交替闪烁	同时传输低速链路信息和高速图像数据
			绿灯闪烁	正在传输高速图像数据

注意：

相机连接及初始化过程中，指示灯状态与驱动识别、链路建立密切相关，具体操作规范如下：

- 1) 相机初始上电时，指示灯显示为红色（表示未就绪状态）。当驱动程序完成识别（或已正确安装驱动）后，指示灯将转为绿色（表示就绪状态），此时可正常启动相机控制软件并使用相机功能。
- 2) 不同型号采集卡的链路建立机制存在差异：部分采集卡需在启动相机控制软件后，通过软件指令触发连接链路建立，指示灯随之转为绿色；另一部分采集卡在物理接入相机后，可自动完成链路握手与识别，指示灯直接转为绿色。
- 3) 若启动软件，系统提示“No camera”（未检测到相机设备）。此时应立即关闭软件，耐心等待 20-30s，再重新启动软件进行操作。

2.4.1. 触发接口管脚定义

Socket 有 4 组数字 IO 接口，这 4 组 IO 接口可支持差分 and 单端输入输出，通过软件接口设置。

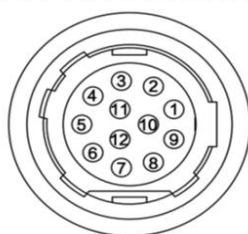


图 2-4 Trigger Interface Socket

表 2-1 Trigger Interface Socket1 管脚定义

管脚	信号	描述
1	GND	信号地
2	LINE0_P	数字 IO 接口 Line0, 差分输入输出 P 端, 单端输入输出
3	NC	
4	LINE0_N	数字 IO 接口 Line0, 差分输入输出 N 端
5	GND	信号地
6	LINE3_P	数字 IO 接口 Line3, 差分输入输出 P 端, 单端输入输出
7	LINE3_N	数字 IO 接口 Line3, 差分输入输出 N 端
8	LINE2_P	数字 IO 接口 Line2, 差分输入输出 P 端, 单端输入输出
9	LINE1_P	数字 IO 接口 Line1, 差分输入输出 P 端, 单端输入输出
10	LINE1_N	数字 IO 接口 Line1, 差分输入输出 N 端
11	NC	
12	LINE2_N	数字 IO 接口 Line2, 差分输入输出 N 端

2.4.2. 电源接口管脚定义

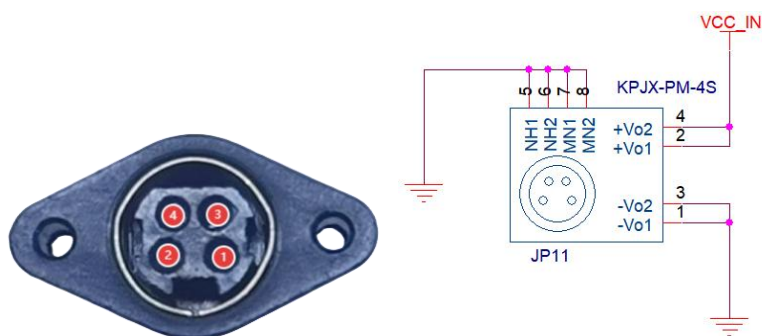


图 2-5 电源接口管脚分布图与电路图

表 2-2 电源接口管脚定义

管脚	信号	信号源	说明
1	GND	GND	电源地

2	VCC	24V	电源正极, (输入电压范围 21V~27V)
3	GND	GND	电源地
4	VCC	24V	电源正极, (输入电压范围 21V~27V)

3. 特点与功能

3.1. 相机介绍

Libra 5514 系列相机是业内首款高速全局快门科学级相机解决方案, 搭载背照式全局快门芯片, 集成 5.5 μm 像元, 峰值量子效率达 83%, 凭借高感光设计与精密像元结构实现卓越灵敏度。相机配备 40G CoF 高速接口, 支持 8bit 图像以 330fps 高帧率稳定传输, 满足高速成像需求; 结合紧凑低震动机身设计, 有效减少外部干扰, 完美适配高通量科学成像应用场景 (如动态样本捕捉、高速实验监测等)。

3.2. sCMOS 的结构和运行

科研级互补金属氧化物半导体 (scientific CMOS, 简称 sCMOS) 相机是一种专为高精度科学研究与高性能图像采集任务设计的先进成像设备。它融合了传统 CMOS 技术的高速读出能力与 CCD 传感器的高灵敏度、低噪声优势, 具备高速成像、极低读出噪声和高动态范围等核心特性, 已成为现代科研成像系统的关键组件。凭借其卓越的信噪比与稳定性, sCMOS 相机被广泛应用于生物医学成像、光学显微镜、天体物理、神经科学及光谱分析等多个前沿科研领域。

3.2.1. sCMOS 相机传感器的结构组成

sCMOS 传感器采用高度集成的像素级架构设计, 其核心结构由多个精密功能单元协同工作, 确保从光信号到数字图像的高保真转换。结构示意图如图 3- 1 所示, 主要包含以下组成部分:

1) 光敏单元阵列

传感器表面由数百万个微米级像素构成二维阵列, 每个像素包含一个光电二极管结构, 用于吸收入射光子并生成对应强度的电荷包。在曝光期间, 电荷在像素势阱中累积, 曝光结束后按特定时序逐行读出。该阵列通常采用背面照射 (Back-Illuminated, BI) 工艺, 以提升量子效率, 尤其在可见光至近红外波段表现优异。

2) 增益放大器:

与常规图像传感器不同, sCMOS 在每个像素或每列像素后端集成了独立的低噪声放大器。该设计使得微弱电荷信号在离开像素后立即被放大, 有效抑制了后续电路引入的噪声干扰。部分高端型号采用双增益路径结构, 可在同一曝光中同时采集高增益与低增益信号, 为后期合成高动态范围图像提供数据基础。

3) 数字转换器:

传感器集成了多通道并行 ADC 阵列，实现模拟电压信号在读出路径上的即时数字化。典型 ADC 精度为 12 至 16 位，确保微小光强差异得以保留。

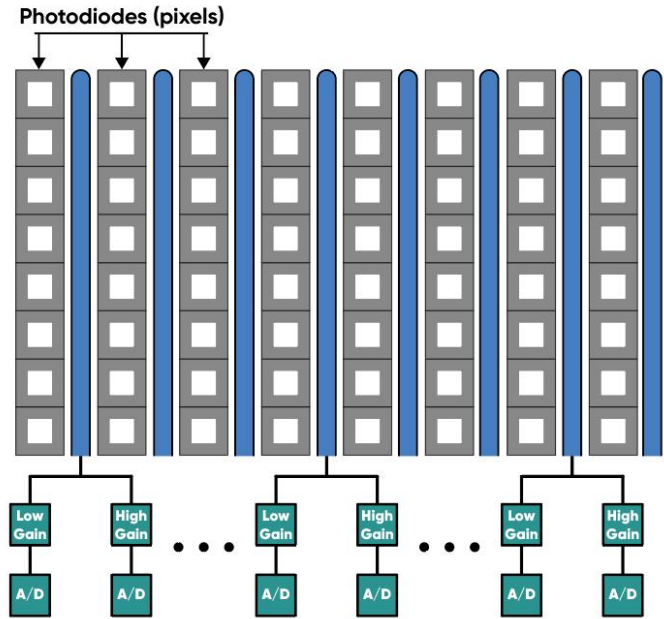


图 3- 1 sCMOS 传感器结构图

此外，相机系统通常集成专用图像处理引擎，具备实时校正与增强能力。该模块可在数据输出前完成暗场、平场、坏点补偿等预处理操作，提升原始图像的定量可靠性，减少后期处理引入的系统误差。

3.2.2. 图像采集与处理流程

sCMOS 相机的运行遵循光电信号转换-放大-数字化-处理-传输的技术链条，整体流程如下：

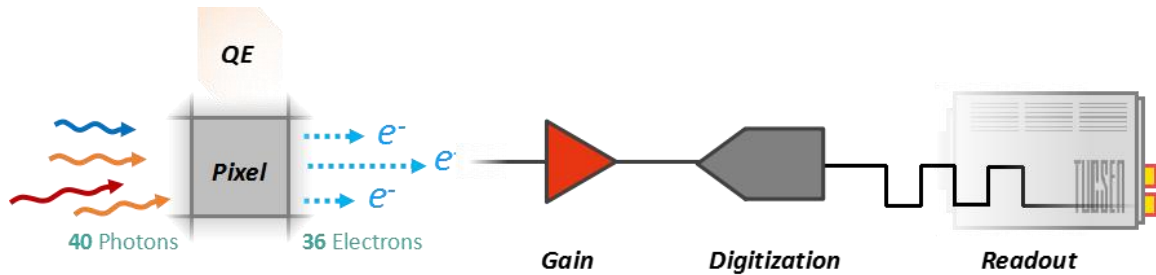


图 3- 2 sCMOS 运行流程

- 1) 光信号捕获: 当光敏单元受到光线照射时，光能被转化为电荷信号，并存储在每个单元中。
- 2) 信号放大: 每个光敏单元的电荷信号经过相应的增益放大器放大，转换为电压信号。
- 3) 数字化: 放大后的模拟信号经过模数转换器 (ADC) 转换为数字信号，以便进行处理和存储。
- 4) 图像处理: 数字信号可以通过图像处理单元进行各种算法的处理，如降噪、增强、颜色校正等。
- 5) 数据输出: 处理后的图像数据可以通过各种接口 (如 USB、Ethernet 等) 传输到计算机或其他设备进行显示、分析和存储。

3.3. 快门方式

与传统滚动快门（Rolling Shutter）“逐行扫描曝光”不同，全局快门传感器中所有像素单元配备独立的电荷暂存节点。当触发曝光信号时，整个像素阵列（从第一行到最后一行）在同一时刻开始接收光子并积累电荷；曝光结束后，所有像素的电荷被转移至读出电路，最终生成一幅无时间延迟差异的完整图像。这种“全阵列同步工作”的特性，确保了图像中每个像素对应的真实物理时刻完全一致，尤其在高动态场景（如样本高速移动、光脉冲激发）中，能有效避免因曝光时序错位导致的形变、拖影或亮度不均。

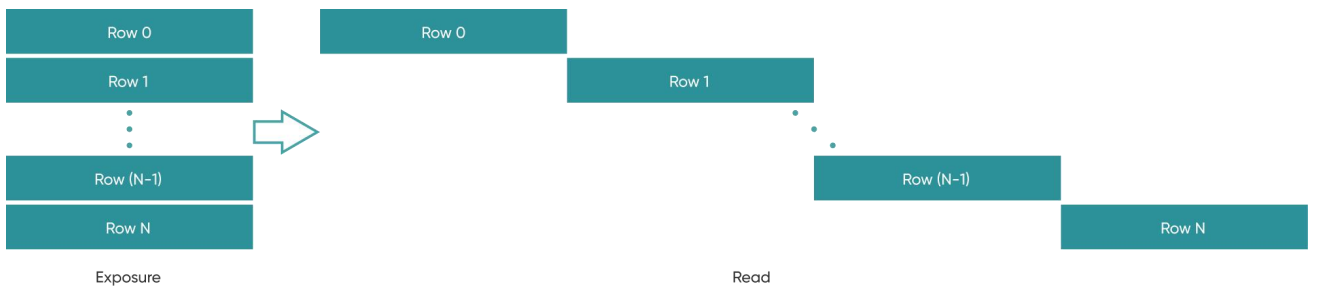


图 3-3 全局曝光示意图

3.4. 前照式和背照式 sCMOS 技术

在科研级成像领域，sCMOS 相机的性能表现与其核心传感器芯片的结构设计密切相关。当前，sCMOS 传感器所采用的芯片主要分为两种类型：前照式（Front-Side Illumination, FSI）和背照式（Back-Side Illumination, BSI）。这两种结构的根本差异在于光路路径与传感器内部物理布局的关系，直接决定了光子捕获效率、量子效率（Quantum Efficiency, QE）以及整体成像灵敏度。

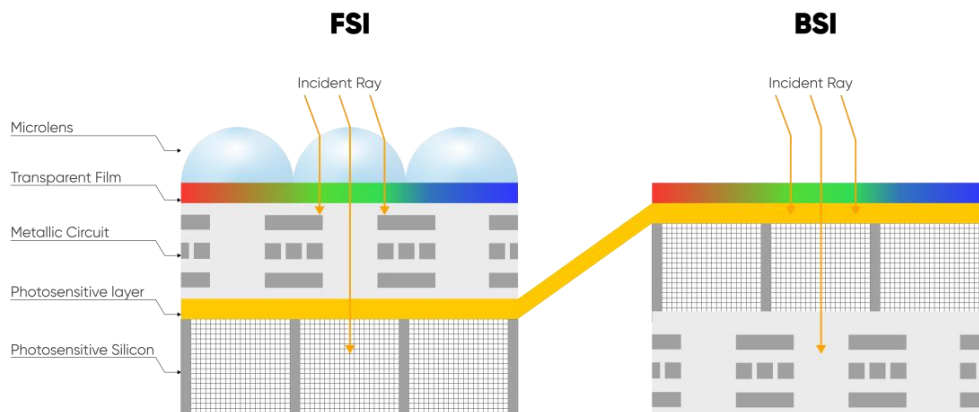


图 3- 4 前照式和背照式示意图

3.4.1. 前照式（FSI）芯片的结构特点与技术演进

前照式结构是早期图像传感器的主流设计。在该架构中，光线从传感器正面入射，需先穿过一层金属布线

层（包含像素控制电路、信号传输线等）才能到达下方的光敏硅区域。由于金属材料对可见光具有强反射与吸收特性，且布线结构中存在大量不透光区域，大量入射光子在到达感光层前即被遮挡或散射，导致有效光子收集效率显著降低。

在最初发展阶段，受制于工艺限制，前照式传感器的量子效率普遍仅为 30%~40%。这意味着仅有不到一半的入射光子能被有效转化为电信号，严重制约了其在低光成像场景中的应用。为突破这一瓶颈，研究人员引入了片上微透镜阵列（On-Chip Microlens Array）技术。每个像素上方对应一个微型透镜，能够将原本可能落在金属走线区域的光线聚焦并引导至下方的光敏区域，从而显著提升有效填充因子（Fill Factor）和光子利用率。

随着微透镜设计优化、抗反射涂层应用以及像素结构改进，先进前照式 sCMOS 传感器的量子效率已大幅提升。在可见光波段（尤其 500~600 nm），部分高端 FSI 芯片的峰值 QE 可达 84%左右，接近部分背照式器件的水平。这一进步使得 FSI 结构在成本控制与制造成熟度方面仍具备一定竞争力。

3.4.2. 背照式（BSI）芯片的技术优势

为从根本上解决金属线路遮挡问题，背照式结构应运而生。在 BSI 设计中，传感器芯片经过翻转与减薄处理，使光线从硅基底背面直接入射，无需经过任何金属布线层，可直达光敏区域。这种“背面照射”路径彻底消除了前照式结构中的光路遮挡，极大提升了光子到达率。

背照式结构通常具备更高的量子效率，尤其在蓝光和近紫外波段表现更为突出，部分科研级 BSI-sCMOS 传感器的峰值 QE 可超过 90%，甚至接近 95%。同时，其响应均匀性更佳，角度响应更宽，适用于高数值孔径显微系统。尽管制造工艺复杂、成本较高，且对封装与保护要求更严苛，BSI 结构因其卓越的灵敏度性能，已成为当前高端科研成像的主流选择。

3.5. 读出噪声

噪声本质是对信号不确定性的量化表征，其中信号经电路读出环节引入的噪声，定义为读出噪声（Read Noise）。在科学成像中，读出噪声是低信号水平（弱光）场景的主导噪声源——当光子信号微弱时，其自身散粒噪声贡献减弱，读出噪声便成为限制信噪比的关键因素，过高的读出噪声会显著制约弱光成像在荧光显微、单分子探测等高灵敏度场景中的应用。

读出噪声的特性与传感器电路架构直接相关，核心差异体现在像素读出电路的设计上：

sCMOS 相机为每个像素独立配置微型读出电路（含放大器、A/D 转换器），虽提升了读取速度，却因工艺微缩导致各像素电路参数存在微小差异，最终表现为像素间读出噪声的离散性。统计所有像素的噪声值，可得到如图所示的正态分布曲线，工程中常用中位数（Median）和均方根（Root Mean Square, RMS）共同描述：

- 中位数：取所有像素标准差的统计中值，反映噪声分布的集中趋势（不受极端值干扰）；
- 均方根（RMS）：综合所有像素噪声值的能量平均，反映整体噪声水平（通常因少数高噪声像素影响，略

高于中位数)。

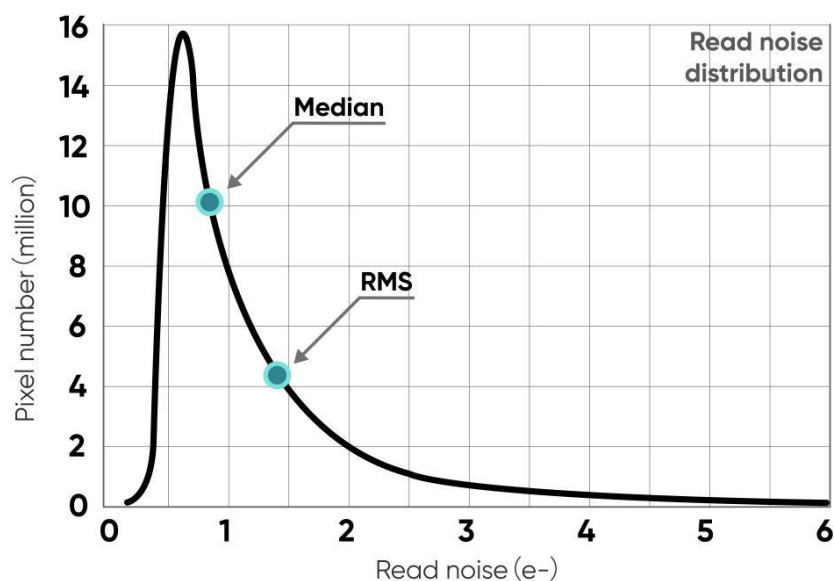


图 3- 5 sCMOS 相机的典型读出噪声分布示意图

读出噪声的准确测量方法

为规避光子噪声（与信号相关）和暗电流噪声（与时间相关）的干扰，读出噪声需在理想隔离条件下测量：

- 1) 环境控制：关闭光源（确保无光子入射），设置最短曝光时间（如 1ms，抑制暗电流累积）；
- 2) 数据采集：连续采集多帧（通常 ≥ 100 帧）暗场图像（仅含读出噪声与电路本底噪声）；

计算评估：对每个像素的灰度值序列（时域数据）计算标准差（ σ ），该值即近似为该像素的读出噪声；进一步统计所有像素的 σ ，可得中位数与 RMS，作为相机整体读出噪声的量化指标；

3.6. 坏点校正 (DPC)

sCMOS 相机芯片在制造工艺或长期运行中，偶发产生少量像素级异常响应点（即“坏点”，表现为固定位置过亮/过暗、信号无响应或随机跳变）。为提升图像质量，相机内置坏点校正（Defective Pixel Correction, DPC）功能，通过算法识别并抑制这些异常点：对静态坏点，直接替换为周边像素均值；对动态异常点，通过时域滤波平滑信号，最终在输出图像中消除坏点可见性，改善画面均匀性。

尽管 DPC 能有效处理多数坏点，但其算法逻辑对微弱瞬态信号存在潜在干扰，尤其在单分子成像等场景中需谨慎使用：

Libra 5514 支持动态和静态坏点校正，通过 3×3 矩阵像素进行校正。目前开放了三档校正，每个档位对应的阈值不一样，由此可以控制坏点校正的强度。

3.7. 暗信号非均匀性 (DSNU)

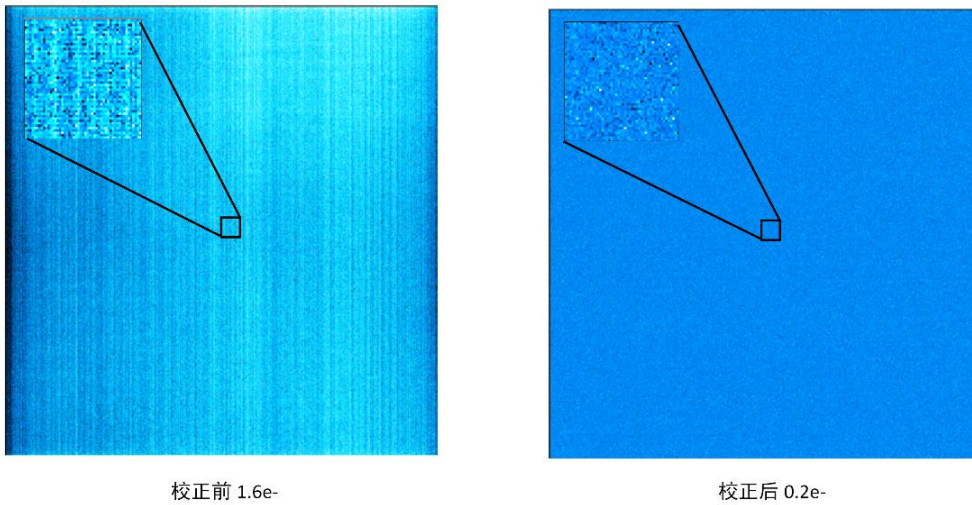


图 3- 6 DSNU 校正前 (左) 后 (右) 对比图

在绝对暗场环境（无任何光子入射）中，理想状态下相机输出的图像应满足：所有像素的灰度值（DN）趋近于零且分布均匀（无差异）。然而，受传感器像元间响应特性的固有差异（如暗电流基线波动、放大器增益偏差、电路噪声耦合等）影响，实际暗场图像中像素灰度值会出现非预期变化。

在实际应用中，无光子入射的理想暗场条件下，相机输出图像并非 0 灰度值（DN）。这一现象源于厂商为规避零值计算误差，预先为相机设置了本底偏置值（典型值为 100 DN）。此时，相机输出实为“本底偏置值”与电路噪声（如热噪声、放大器噪声）叠加的结果——噪声会使实际灰度值在“本底±波动范围”内偏离理想零值。

若未进行精细校准，本底偏置在像素间会存在微小差异（如某像素本底为 98 DN，邻像素为 102 DN）。这种“空间分布固定的偏置差异”即构成固定图形噪声（Fixed Pattern Noise, FPN），其强度通过暗信号非均匀性（Dark Signal Non-Uniformity, DSNU）量化衡量。DSNU 的物理意义是：无光照时（暗场），像素暗态偏置（基线信号）的标准偏差，单位为电子数（ e^- ），直接反映像元间本底响应的离散程度。

多数科学级弱光成像相机的暗信号非均匀性（DSNU）控制在 $0.5 e^-$ 以下（部分高性能型号可达 $0.2 e^-$ ），其影响需结合光照强度与应用场景综合判断：

- 中高光照场景（单像素光子计数通常达数百至数千 e^- ）：此时光子自身的散粒噪声（与信号强度平方根成正比）远大于 DSNU 引起的像素差异（ $\leq 0.5 e^-$ ），固定图形噪声对图像质量的影响可忽略不计；
- 弱光场景：若 DSNU 低于相机读出噪声（典型值 $1-3 e^-$ ），则固定图形噪声对信噪比的贡献处于次要地位（读出噪声仍为主导噪声源），图像质量受影响有限；仅当 DSNU 接近或超过读出噪声时（如老旧传感器或部分低成本相机），才需通过暗场校准（采集多帧暗场图像并扣除本底）进一步抑制。

3.8. 光响应非均匀性 (PRNU)

当相机在明亮光照下拍摄均匀浅色目标时，理想图像中所有像素的灰度值应趋近于该位深下的最大灰度值

(例如 12bit 模式下为 4095 DN) 且高度一致——这是均匀光照下传感器输出的理想状态。然而实际中，传感器像元固有差异：如光电转换效率不一致、暗电流波动等，导致不同像元对同一入射光的响应强度不同，即为光响应非均匀性 (PRNU)。

当相机处于无/低光子入射的暗场或弱光条件（如关闭光源、极短曝光抑制暗电流）时，像素间的主要差异由 3.7 节所述的暗信号非均匀性 (DSNU) 量化衡量。在高光子入射的明亮环境（如拍摄均匀光源、强荧光样本）中，像素间灰度值差异不仅来自偏置波动，还需考虑增益 (K, 电子→DN 转换比例) 的离散性。此时，光响应非均匀性 (PRNU) 成为核心量化指标，由于这种差异的绝对值随信号强度 (Q) 增大而扩大，PRNU 需用相对百分比表示。

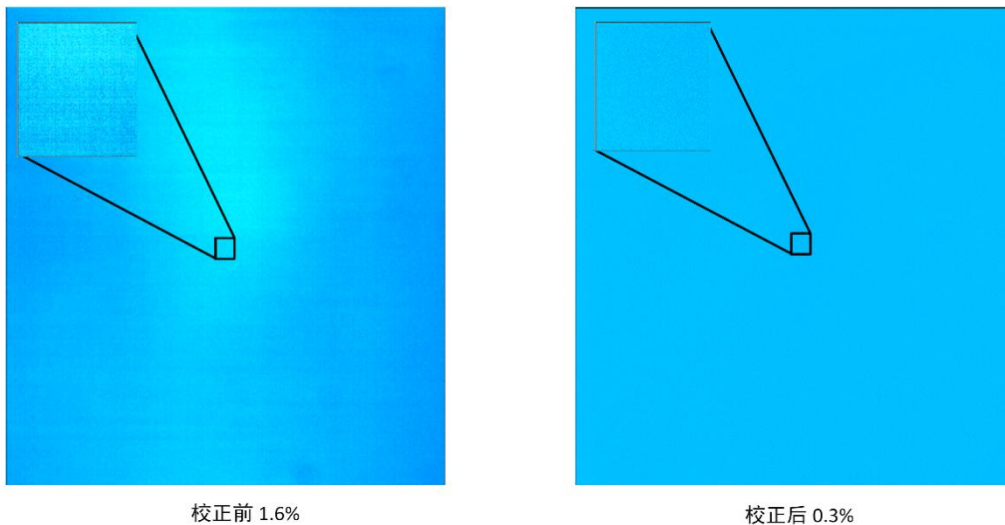


图 3- 7 PRNU 校正前 (左) 后 (右) 对比图

典型的 PRNU 值 $<1\%$ 。对于所有弱光和中等强度光源成像 (信号为 1000 e⁻或更少)，与读取噪声和其他噪声源相比，这种变化微不足道。同样，当进行高光照水平成像时，与图像中的其他噪声源(如光散粒噪声)相比，这种变化不太显著。但是在需要非常高测量精度的高光照水平成像应用中，特别是那些使用帧平均或帧求和的应用中，PRNU 值 $<1\%$ 是非常有必要的。

3.9. 工作模式

Libra 5514 相机有三种工作模式，Dynamic (HDR)、Standard 和 StandardBin2 不同模式下合成原理、系统增益值和读出噪声均存在差异，需依据实际场景选择合适的模式以获得高质量的成像结果。

表 3-1 光电参数

	Dynamic (16-bit)	Standard (12-bit)				
		Gain 0	Gain 1	Gain 2	Gain 3	Gain 4
系统增益 (DN/e ⁻)	4.9	0.256	0.404	0.575	0.73	1.30

饱和容量(ke-)	12.9	15.1	9.48	6.63	5.2	2.88
读出噪声(中值 e-)	1.65	6.85	4.7	3.5	2.51	1.84
读出噪声(RMS e-)	1.7	6.9	4.75	3.8	2.6	1.9

注意:

此表数值仅为典型值，不同相机之间可能存在差异，具体请参考出厂光电报告。

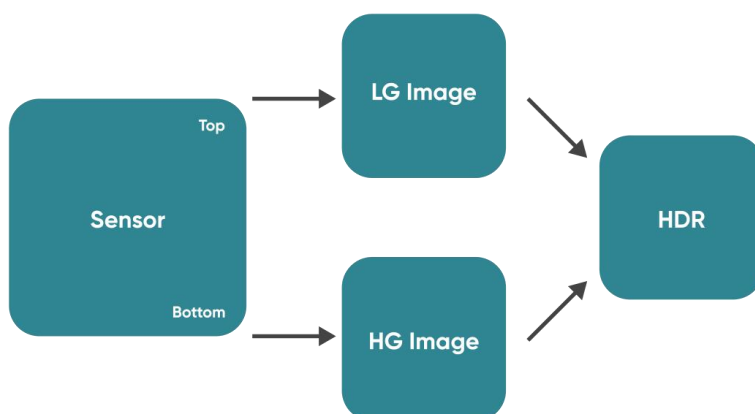
3.9.1. High Dynamic Range (HDR)

图 3-8 HDR 模式示意图

高动态范围（High Dynamic Range HDR）图像模式，其合成原理图如下图所示，芯片曝光后会以两种不同的增益进行读取，这两帧图像以 0 HG-1 HG-0 LG-1 LG 格式交错发送。其中，低增益（Low Gain,LG）模式的满阱容量较高、噪声高，适用于强信号的成像场景；而高增益（High Gain,HG）模式的满阱容量低、读出噪声低，适用于较弱信号的成像场景。通过算法将高增益和低增益图像组合在一起，就可以生成一个 HDR 图像。此模式适合强弱信号变化较大的应用场景。

3.9.2. Standard

标准(standard)模式合成原理图如下图所示，芯片会同时从顶部读出链和底部读出链，分别输出图像上半部和下半部分，两行同时输出，以此来提升帧率。standard 模式通常适合动态观察等对帧率有一定要求的应用场景。

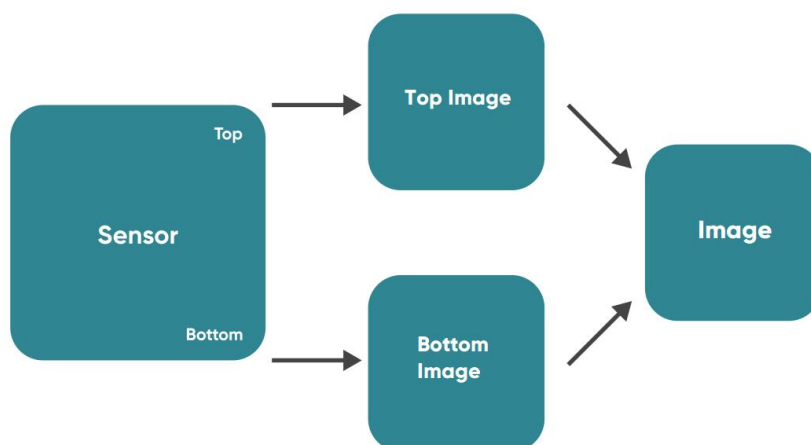


图 3-9 Standard 模式示意图

3.10. ROI 读出

在成像应用中，ROI（Region of Interest，感兴趣区域）是一项核心功能：通过在相机传感器有效分辨率范围内划定目标观测的子区域（如样本的局部结构、动态事件发生的空间范围），选定 ROI 后，相机将仅对该子区域执行图像读出操作，而非全分辨率传感器阵列的全局采集。通过减小有效分辨率，可提高相机读出速率与帧率。

Libra 5514 相机典型 ROI 区域实测帧率 (fps) 如下表所示：

表 3-2 全分辨率下 ROI 数据

Resolution	Width	Height	Dynamic (16-bit)	Standard (8-bit)	Standard (10-bit)	Standard (12bit)
4608 (H) x 3072 (V)	4608	3072	80	330.52	236.42	220.14
	4608	1536	160	647.97	463.78	431.89
	4608	768	309.42	1246.63	893.34	832.09
	4608	384	579.81	2316.63	1663.89	1550.39
	4608	192	1029.76	4059.76	2925.69	2727.77
	4608	96	1682.32~1683.65	6504.49~6510.49	4711.29~4716.29	4395.61~4399.60
	4608	32	2913.09~2916.08	10875.12~10888.12	7946.05~7954.05	7426.57~7432.57
	256	32	2913.09~2916.06	10878.12~10882.12	10878.13~10883.23	10878.12~10886.11
2x2bin	2304	1536	80	330.52	330	330
4x4bin	1152	768	80	330.52	330	330

表 3-3 StandardBin2 ROI 数据

Resolution	Width	Height	StandardBin2 (8-bit)	StandardBin2 (10-bit)	StandardBin2 (12-bit)
2304 (H) x 1536 (V)	2304	1536	330.52	330	330
	2304	768	647.97	647.97	647.97
	2304	384	1246.63	1246.63	1246.63
	2304	192	2316.96	2316.96	2316.96
	2304	96	4059.76	4059.76	4059.76
	2304	32	8136.85~8149.85	8139.32~8147.32	8136.32~8147.32
	256	32	8136.85~8145.85	8136.82~8146.85	8137.85~8145.85
2x2bin	1152	768	330.52	330	330
4x4bbin	576	384	330.52	330	330

3.11. MultiROI

Libra 5514 和 Libra 5514 Pro 支持多 ROI（感兴趣区域）功能，它由 Sensor 硬件级 ROI 与 FPGA 算法级 ROI 协同实现，二者分工明确且深度耦合：

- Sensor 硬件级 ROI：仅支持高度方向的可配置裁剪（宽度固定为满宽 4608 像素），即通过调整 Sensor 读出行的起始与结束位置，筛选垂直方向的感兴趣区域，减少无效数据输出量。
- FPGA 算法级 ROI：在 Sensor 输出 ROI 图像的基础上，进一步执行列方向裁剪（剔除水平方向无关列）与无效区域填充（将非 ROI 区域的像素值置黑），最终输出符合用户需求的精确 ROI 图像。

其中，Sensor 硬件级 ROI 是影响帧率的核心因素——其裁剪的高度越小，Sensor 读出数据量越少，帧率提升越显著；FPGA 算法级处理则主要优化图像数据的有效性与格式规范性，对帧率影响可忽略。

为实现高帧率性能，5514 的 Sensor 采用上下分区并行输出设计：

将像素阵列等分为上、下两个独立区域（如垂直方向各占 1/2 高度），两区域的数据通道完全独立，可同时向外传输数据；两区域输出的像素位置呈镜像对称关系（即上区域第 N 行与下区域第 N 行对应同一水平坐标，仅垂直方向相反），需通过 FPGA 或后端软件进行镜像校正（若需统一坐标系），方可拼接为完整的 ROI 图像。

该设计通过并行数据通路突破单通道带宽限制，是高帧率场景下 ROI 功能的关键支撑。

1) 单 ROI 场景下的 Sensor 输出特性

以图例的方式，展示两种不同的单 ROI 情况。Sensor 硬件级 ROI 采用上下分区并行输出与镜像对称机制，输出图像尺寸由 Top/Bot 区域的 ROI 配置共同决定：

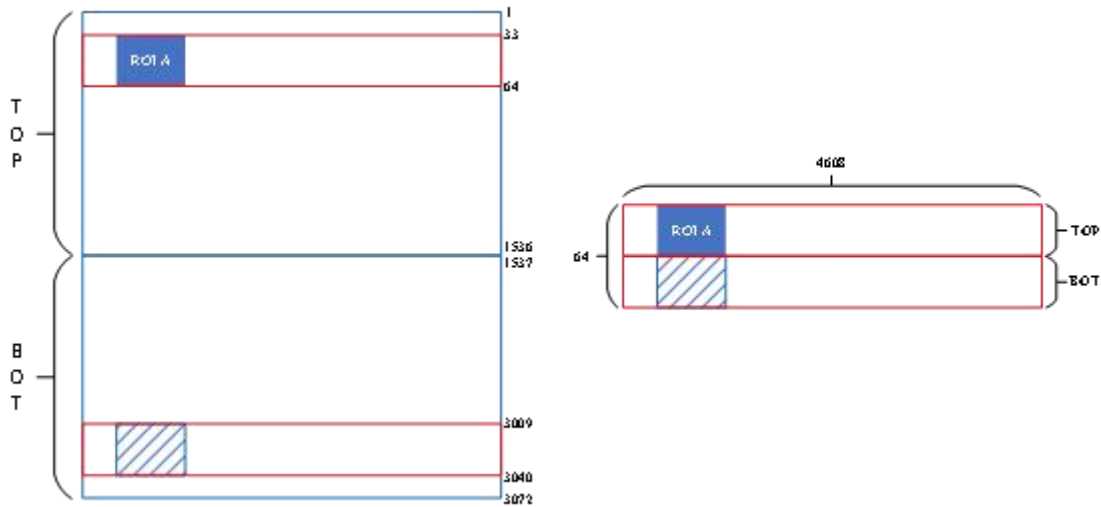


图 3-10

如图 3-10 所示，在 Top 区域配置 ROI A（宽度 256，高度 32）。由于 Sensor 需保持上下分区输出对称性，Bot 区域会自动输出与 Top ROI A 镜像对应的区域。因此，Sensor 最终输出图像的实际尺寸为高 64（Top 32 + Bot 32），宽度 4608（满宽）——即红框标注的完整区域（含非 ROI 部分）。

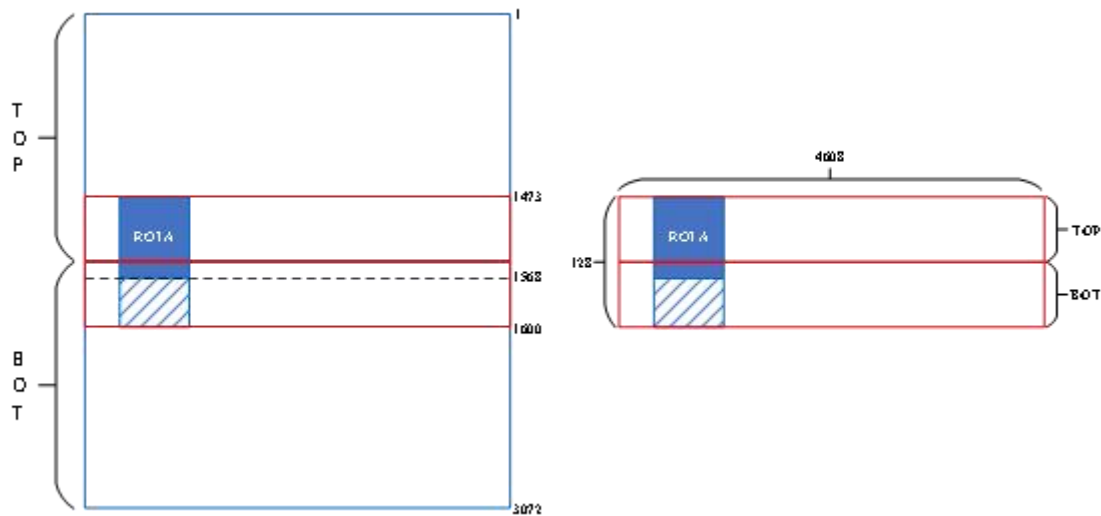


图 3-11

如图 3-11 所示，Top 区域 ROI 高度 64，Bot 区域 ROI 高度 32。受镜像关系约束，Bot 区域输出时需向上延伸至与 Top 区域总高度一致（即 Bot 实际输出高度 64，其中 32 行为 ROI 区域，32 行为镜像扩展区域）。最终 Sensor 输出尺寸为高度 128（Top 64 + Bot 64），宽度 4608。

2) 多 ROI 场景下的 Sensor 输出特性

多 ROI 模式下，Sensor 会囊括所有配置的 ROI 区域及其镜像区域，输出尺寸由全部 ROI 的总覆盖范围决定：

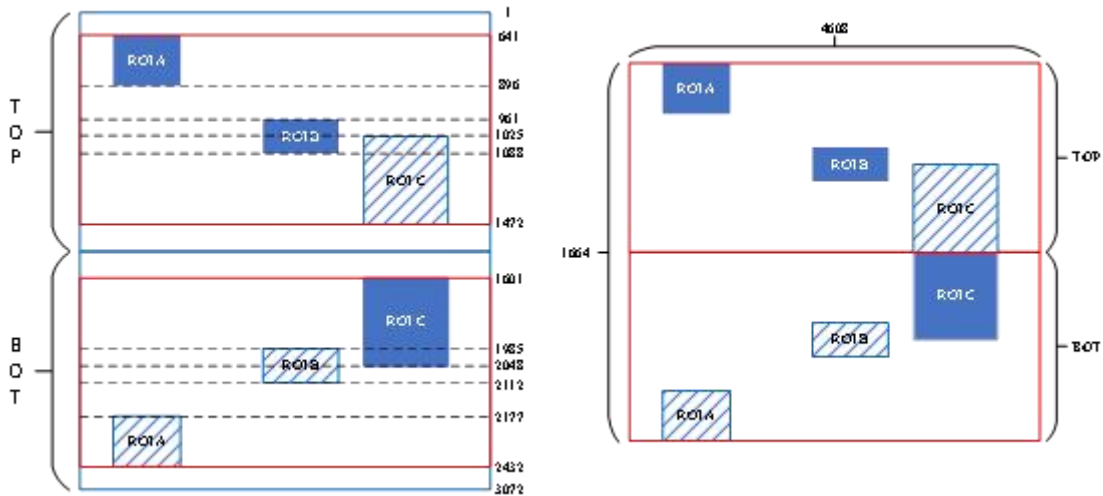


图 3-12

如图 3-12 示例：Top 区域配置 ROI A（宽 256，高 256）、ROI B（宽 256，高 128）；Bot 区域配置 ROI C（宽 256，高 448）。Sensor 会将 Top 区域的 A+B 与 Bot 区域的 C 及其镜像区域全部纳入输出范围，最终输出图像尺寸为 高度 1664，宽度 4608（具体计算逻辑：Top 区域总高度=256+128=384，Bot 区域镜像扩展后与 Top 等高，叠加后总高度=384×2 + 其他对齐填充 = 1664）。

3) FPGA 对 Sensor 输出图像的预处理流程

Sensor 输出的原始图像包含大量非 ROI 无效区域（如镜像扩展区、未裁剪的列方向冗余），需经 FPGA 执行两级预处理：

- 无效区域裁剪：先剔除行方向与列方向的无关像素（如 Top/Bot 区域外的空白行、ROI 宽度外的冗余列），保留所有 ROI 的有效像素集合；
- 非 ROI 区域涂黑：将裁剪后图像中仍不属于任何 ROI 的区域（如 ROI 间的间隔、边缘残留像素）的像素值统一置 0（涂黑），确保输出图像仅包含用户定义的 ROI 区域，且格式标准化。

以图 3-13 为例，FPGA 会从 Sensor 输出的 4608×1664 图像中，精准提取 A、B、C 三个 ROI 的有效像素，将其余区域涂黑，最终输出符合用户尺寸要求的多 ROI 图像。

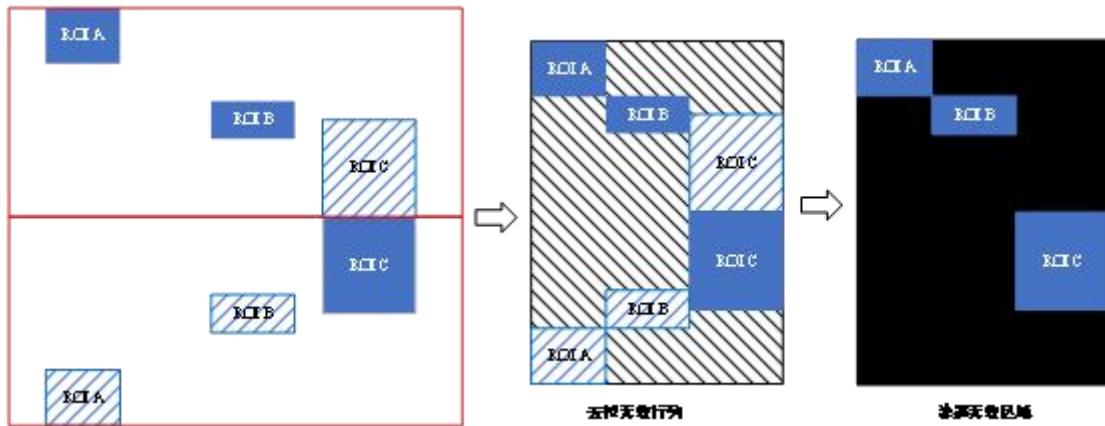


图 3-13

3.12. Binning 读出

合并 (Binning) 是对相机像素进行重新组合的读出模式，可以用来提高灵敏度，但同时也会损失分辨率。例如，2x2 合并即将每 4 个像素 (2 行 2 列) 组合成 1 个“大像素”，并由相机输出一个像素强度值。

Binning 的操作可以由相机的 FPGA 完成，或者由 sensor 和 FPGA 共同完成。FPGA 支持 2x2 和 4x4，Libra 5514 和 Libra 5514 Pro sensor 支持 1x2，即高度减半。Standard 模式下仅由 FPGA 进行 binning 操作。Standardbin2 模式由 sensor 进行 1x2 binning，FPGA 进行 2x1 binning，最终完成 2x2 binning 的图像，在此图像基础上，可由 FPGA 继续实现 2x2 和 4x4 binning。

像素合并可以提高信噪比，从而能够检测较弱的信号、提高图像质量或缩短曝光时间。然而，相机的有效像素大小也会增大，这可能会降低相机对目标细节的分辨率。

Binning 的数据处理可以分为求和 Binning (Sum Binning) 和平均 Binning (Average Binning)，以 2x2 Binning 为例，求和 Binning 即将 4 个像素的灰度值进行求和，平均 Binning 即为取平均。



图 3-14 Standard 模式 2x2 binning 示意图

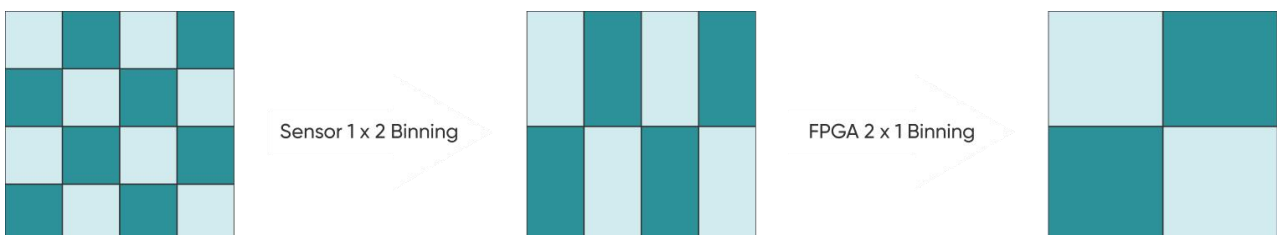


图 3-15 StandardBin2 模式示意图

3.13. 时间戳

相机具备 $1\ \mu\text{s}$ 的时间精度，可精确记录每帧的起始时刻（时间戳），确保动态成像过程中帧间时序的准确性。

注意:

一般情况下，需要使用时间戳功能的应用对时间精度的要求都比较高，推荐使用 To RAM 存图模式。

3.14. 帧率计算

3.14.1. 全分辨率计算

相机的帧率受读出时间和曝光时间的影响，理论帧率参考计算。

模式	T_{line} (μs)	T_{FOT} (μs)	T_{read} (μs)	T_{frame} (ms)
HDR	7.85	217.5	$T_{\text{line}} * (V_n/2)$	$T_{\text{FOT}} + T_{\text{read}}$
Standard12bit	$\text{Max} [(580 - (4608 - H_n)/8)/200, 1.93]$	$7 + 28 * T_{\text{line}}$	$T_{\text{line}} * (V_n/2)$	$T_{\text{FOT}} + T_{\text{read}}$
Standard10bit	$\text{Max} [(540 - (4608 - H_n)/8)/200, 1.93]$	$7 + 28 * T_{\text{line}}$	$T_{\text{line}} * (V_n/2)$	$T_{\text{FOT}} + T_{\text{read}}$
Standard8bit	1.93	$7 + 28 * T_{\text{line}}$	$T_{\text{line}} * (V_n/2)$	$T_{\text{FOT}} + T_{\text{read}}$
Standardbin2 12bit	$\text{Max} [(580 - (4608 - H_n)/8)/200, 1.93]$	$7 + 28 * T_{\text{line}}$	$T_{\text{read}} = T_{\text{line}} * V_n$	$T_{\text{FOT}} + T_{\text{read}}$
Standardbin2 10bit	$\text{Max} [(540 - (4608 - H_n)/8)/200, 1.93]$	$7 + 28 * T_{\text{line}}$	$T_{\text{read}} = T_{\text{line}} * V_n$	$T_{\text{FOT}} + T_{\text{read}}$
Standardbin2 8bit	1.93	$7 + 28 * T_{\text{line}}$	$T_{\text{read}} = T_{\text{line}} * V_n$	$T_{\text{FOT}} + T_{\text{read}}$

- FOT: 通过全局采样像素内电容器上的所有像素值来结束曝光；
- T_{line} : 行读出时间；
- T_{FOT} : 采样时间；
- T_{read} : 读出时间；
- T_{frame} : 帧时间；

3.14.2. ROI 帧率计算

帧率计算公式为：

$$FPS = \frac{1}{T_{\text{fot}} + T_{\text{line}} * \frac{V_n}{2}}$$

其中, T_{fot} 为曝光结束后采样时间, 不同模式值不一样。 T_{line} 为行时间, 不同模式值不一样, V_n 为 sensor 输出的行数, 注意, 此行数不一定和相机输出的图像行数一致, 因为 sensor 输出的 ROI 图像还会被 FPGA 处理。

以 standard 12bit 举例, ROI 以图 3-13 为例, 此时 T_{fot} 为 88.2us, T_{line} 为 2.9us, V_n 为 1664 行, 因此帧率为:

$$FPS = \frac{1}{(88.2 + 2.9 * \frac{1664}{2})us} \approx 399.84$$

注意:

- 1) 典型分辨率帧率可以参考表 3-2 全分辨率下 ROI 数据, 其他情况, 请咨询技术支持获取帧率计算器;
- 2) 帧率受到实际传输带宽及电脑系统配置等的影响, 为防止丢帧, 实际传输时会增加以行周期为单位的间隔时间, 读出时间相应增加, 导致部分计算帧率可能会大于实际帧率;

3.15. 帧率调节

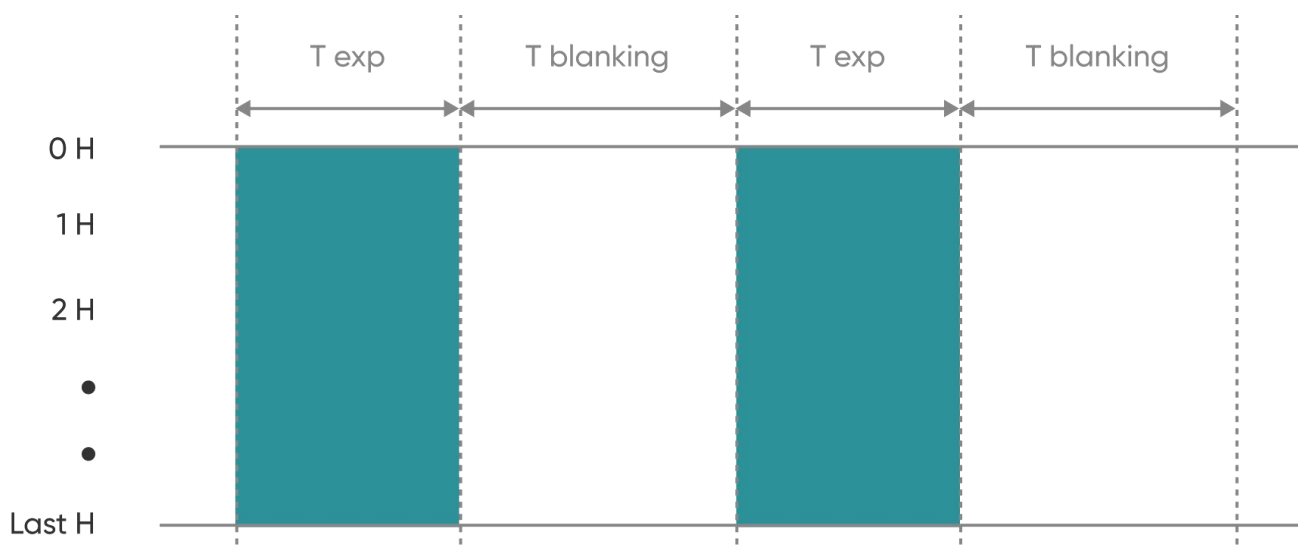


图 3-16 帧率调节示意图

若曝光时间 < 读出时间, 此时消隐时间 = FOT 时间; 若曝光时间 > 读出时间, 此时消隐时间 = 曝光时间 - 读出时间 + FOT 时间;

3.16. 入射光子计算

科学相机成像是光子、电子、电压、灰度值的转换过程。因此可以从灰度值逆推入射光子数。计算公式如下所示：

$$P = \frac{(DN - Offset)/K}{Q(\lambda)}$$

其中 P 代表入射光子数；DN 为光信号的灰度值；K 为系统增益 (参考表 3-1)，单位为 (DN/e-)；Q(λ) 对应光波长为 λ 时的量子效率；Offset 为相机的本底值，单位为 DN。

3.17. 采集模式

3.17.1. 流模式

流模式 (live) 是一种适合实时预览的模式，其以数据流为输出方式。图像像流水一样连续输出。此模式下，用户可随意修改设置曝光时间、工作模式、感兴趣区域等参数，进行实时预览以及存图等操作。

用户可以对曝光时间、工作模式及其他相机参数进行设置，可通过预览窗口进行实时预览，以获取到合适的图像；

在采集软件中可以设置保存路径，文件名称，采集总帧数等信息，设置完成后即可对图像进行拍摄。

3.17.2. 软件触发模式

当相机处在软件触发模式 (Software trigger) 时，通过软件给相机下发拍照指令，相机接收到信号后，开始曝光，并输出图像。

3.17.3. 硬件触发模式

硬件触发模式 (Hardware trigger) 是一种等待外部触发电平信号来曝光和存图的模式。

3.17.3.1. 硬件触发输入输出电路

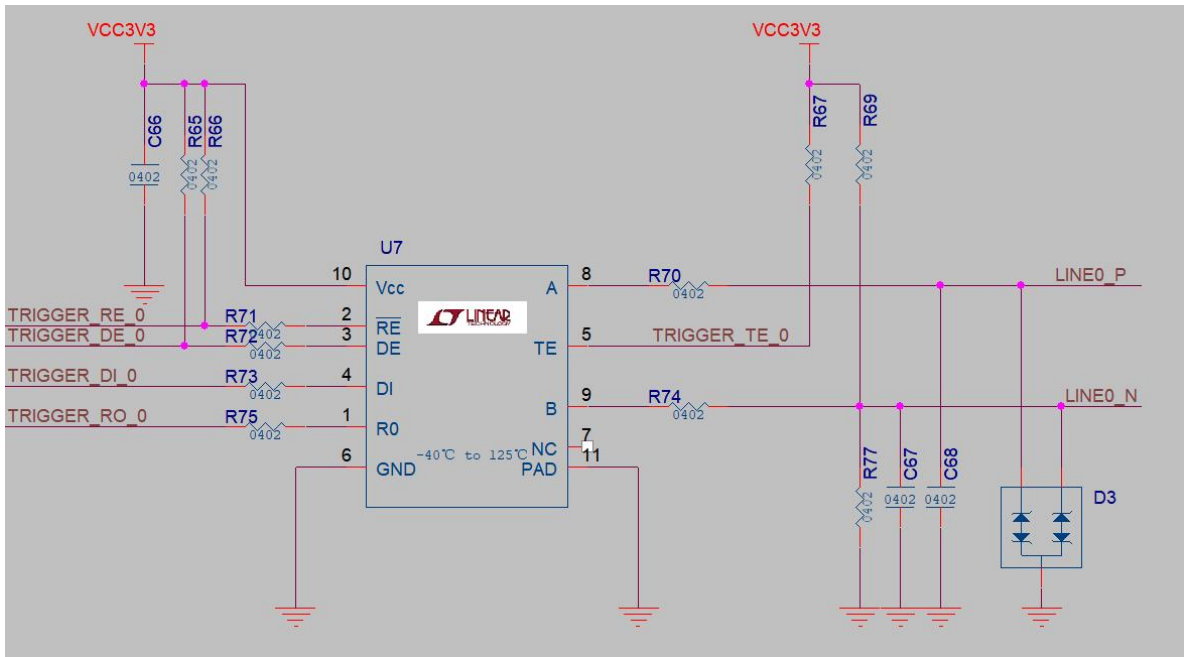


图 3-17 硬件触发输入输出电路图

注意:

- 1) 相机能够识别的有效外触发信号必须为 3.3~5 V 的电平信号，超过最大限定电压将可能造成永久性损坏；
- 2) 差分信号支持 LVDS 和 RS422\RS485；
- 3) 可识别电平信号脉宽需大于 1 μ s。

3.17.3.2. 硬件触发延时与抖动

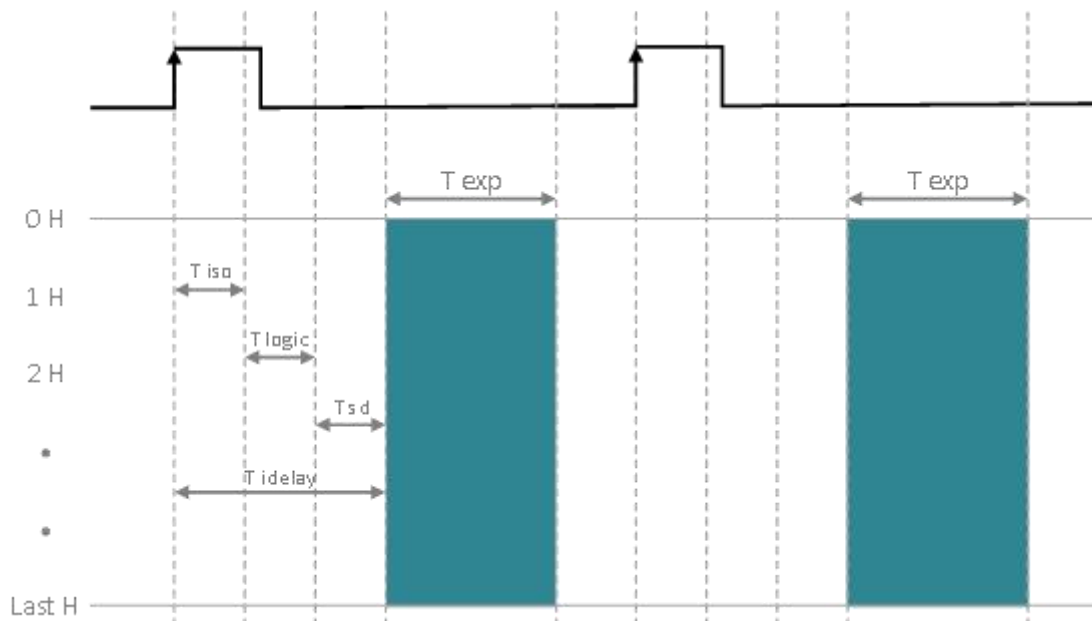


图 3-18 触发延迟示意图

T_{exp} : 曝光时间; T_{delay} : 延迟; 1H: 一个行周期。

全局快门(Global)类型的触发延时与抖动如图 3-18 触发延迟示意图所示, 当外触发电平信号到来时, 首先经过硬件电路时会有纳秒级别的延迟 T_{iso} 。经过硬件电路延迟后, 输入到相机内部的电平信号经过转换, 有一定的抖动延迟 T_{logic} , width 模式时此值为 480~520ns, time 模式时此值为 560~600ns。另外 Sensor 在曝光实际开始前, 会有一段快门延时 T_{sd} , 此值 12bit 时为 6.3us, 10bit 为 5.9us。因此, 外部触发输入到曝光开始的总延迟时间 $T_{delay} = T_{iso} + T_{logic} + T_{sd}$ 。如果使用触发滤波功能, 会在此基础上增加一个触发滤波延迟时间 T_{filter} , 此值用户可设, 设置范围为 0 至 10000000ns (即 0~10ms), 调节步进为 40ns, 默认值为 0ns (禁用滤波)。

3.17.3.3. 标准触发模式

标准触发模式: 当相机处于开流状态, 且外触发频率小于当前配置的最大帧率时, 才对外部触发信号进行响应;

外触发支持设置为电平触发和边沿触发。

电平触发模式下, 通过输入外部触发信号电平的上升或者下降来控制曝光的开始和结束, 曝光时间长短由电平的持续时间来决定。电平触发模式并非是连续拍照, 常用来拍摄静止或者缓慢运动的物体。

边沿触发模式下, 曝光时间长短在软件界面上直接设置。在使用的时候要注意触发信号的每个脉冲周期的时间 (脉宽+脉冲间隔) 必须大于或等于每一帧图像输出所用的总时间 (即帧率的倒数), 才能保证一帧图像是完整无误的。

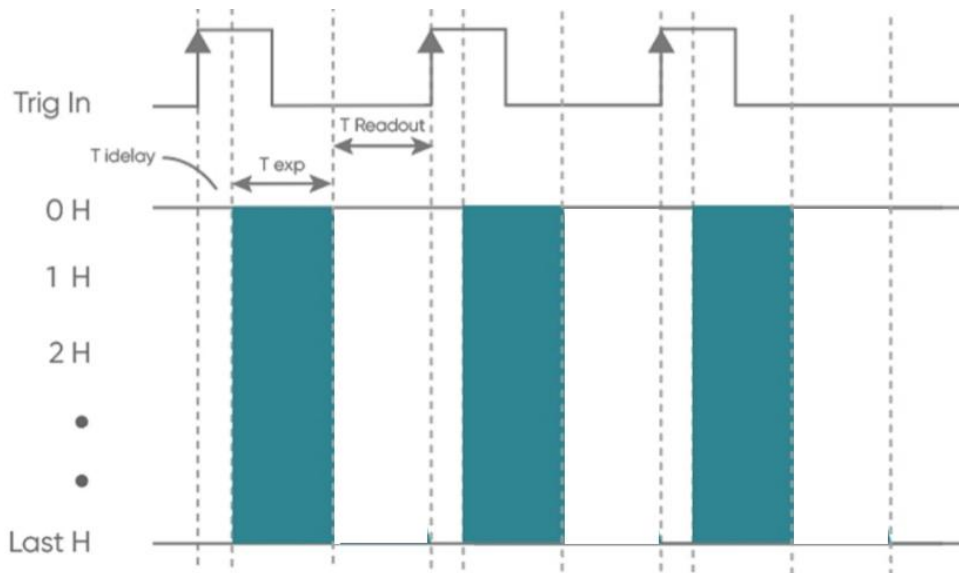


图 3-19 触发延迟示意图

3.17.4. 触发输出时序图

相机有 4 个外触发输出接口，不同接口之间相互独立，都可输出以下 4 种时序的信号。各输出信号之间互不干扰，可以在 4 个输出口独立配置，并且可以同时输出到不同设备。

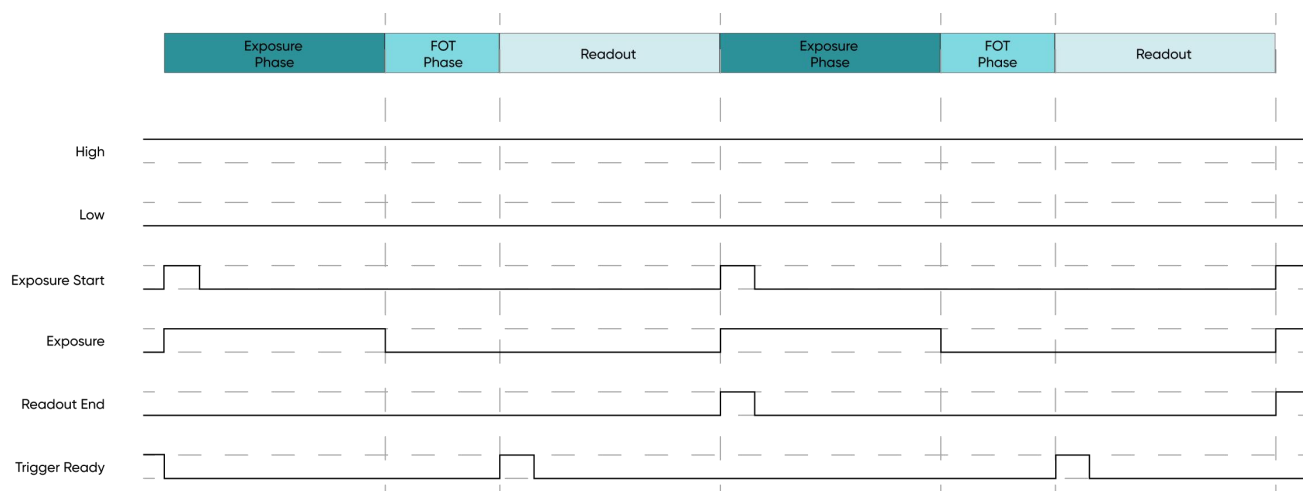


图 3-20 触发输出时序图

- High: 始终输出高电平；
- Low: 始终输出低电平；
- Exposure Start: 从第一行开始曝光开始，脉宽默认 5 ms，可自定义；
- Exposure: 从曝光开始到曝光结束；
- Readout End: 从最后一行结束曝光开始，脉宽默认 5 ms，可自定义；
- TriggerReady: 相机处于开流状态且可以即时响应外部触发信号时，输出高电平。

注意

图 3-20 触发输出时序图中触发就绪信号（Trigger Ready）的输出时序仅为概念性示意图。实际应用中，相机的曝光时间与读出时间的时序关系可能导致信号输出的相位偏移。

3.18. 制冷

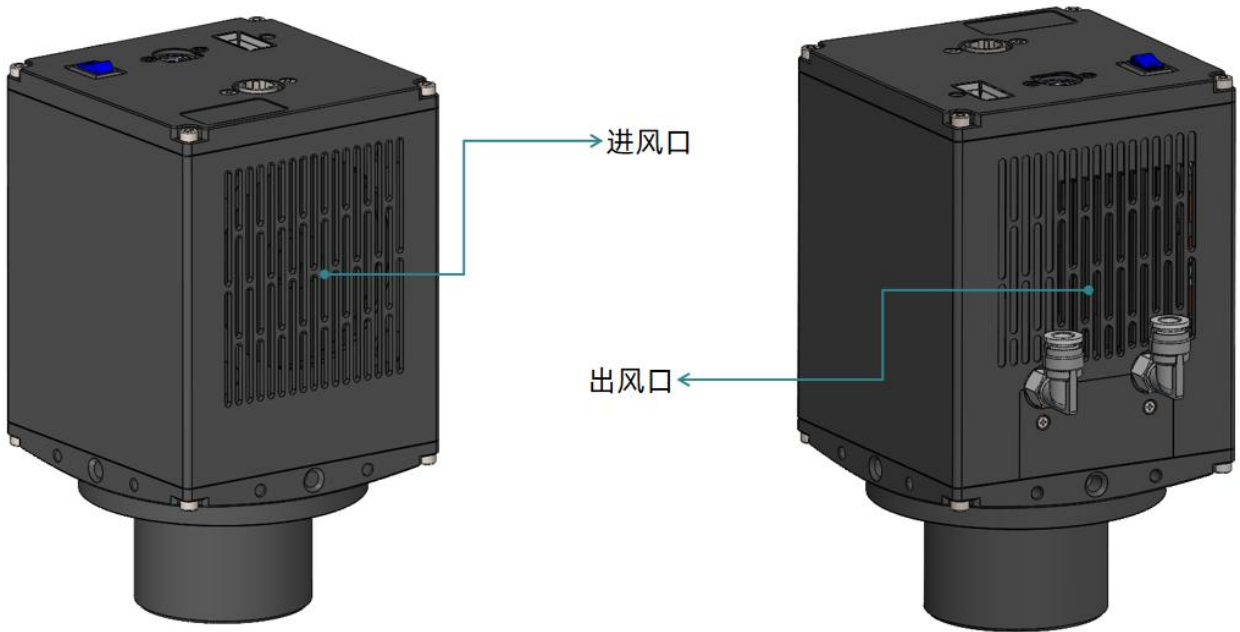


图 3- 21 Libra 5514& Libra5514 Pro 进风口示意图

相机制冷可有效减小“暗电流噪声”和热像素的影响。相机采用半导体制冷方式，利用帕耳帖效应，由 N、P 型材料组成一对热电偶，当热电偶通入直流电流后，因直流电通入的方向不同，将在电偶结点处产生吸热和放热现象。其中冷端贴近芯片，给芯片降温以降低暗电流；热端连接金属导热块，通过相应的方式将产生的热散去。

风冷和水冷是两种常用的散热方式。在风冷中，风扇利用气流将多余的热量与周围空气交换；在水冷中，使用液体循环系统将多余的热量转移。Libra 5514 相机支持风冷和水冷两种制冷方式，用户可以根据实际使用环境选择合适的制冷方式。风冷模式下，进出风口标识如下图所示。

风冷下可实现与环境温度相差 20°C 的制冷效果，水冷可实现与冷却水温度相差 25°C 的制冷效果。相机风扇可变速控制，一般支持 High、Medium 和 Low 三个挡位选择。风扇转速越高，散热性能越好；转速越低，传递的振动越低。为了实现完全的低振动性能，Libra 5514 相机的风扇可在软件中完全关闭，并提供水冷端口（水冷安装请参考 4.3 节内容）。

4. 安装

4.1. 推荐的电脑配置

为保障相机稳定运行并发挥最佳性能，建议电脑配置满足以下最低要求。

相机接口	40 G QSFP+
CPU	英特尔 Core i7-14700
操作系统	Windows 10 专业版 64 位 (DirectX 12)
内存	128GB 及以上 (DDR3200 MHz)
PCIe 规格	PCIe4.0*8
主板	华硕 PRIME B760-PLUS (英特尔 未知(A740h))
主硬盘	三星 SSD 990 PRO 2TB (2 TB / 固态硬盘)

4.2. 相机安装

相机数据线缆连接示意图如下所示。

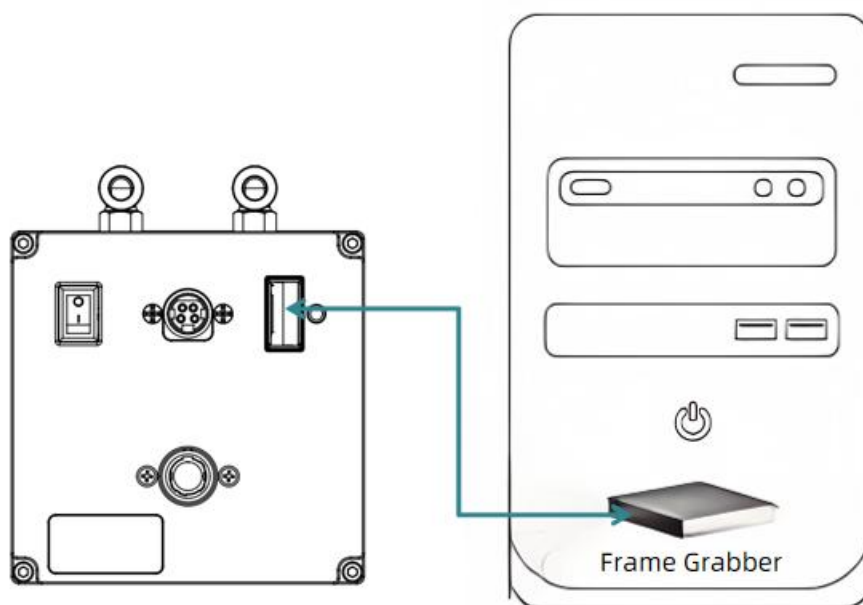


图 4-1 相机安装示意图

注意：

- 1) 为防止相机内部过热，请勿将相机包裹在布或任何其他材料中，或以任何方式堵住相机的通风口。
- 2) 如果在封闭环境中操作相机，为保证相机的安全性和制冷性能，安装时请确保相机进风口和出风口之间至少有 10 cm 的间隙；如相机放置在桌面或平台上使用，请注意相机风口不要朝下。
- 3) 连接和断开线缆前，请务必关闭相机及周边设备的电源。

4.3. 水冷管安装

4.3.1. 连接水冷管

操作步骤:

- 1) 将相机稳固放置于水平工作台面，确保机身无晃动（避免后续水冷连接因振动松脱）；
- 2) 取相机配套水冷管，将其一端插入相机顶部的水管接口（如下图 4-2 所示），确保插入到位（或轻拉测试无松动）；



图 4-2 Libra 5514 水管示意图

- 3) 冷却水循环机水管，对准水嘴插入后，用卡箍旋紧螺丝锁紧接口（防止漏水）；
- 4) 将水冷管另一端通过转接阀连接至冷却水循环机水管另一端；

4.3.2. 软件风扇状态

PeripheralControl	
DeviceTemperatureTarget	0
DeviceWarningTemperature	90.0
DeviceFanEnable	<input checked="" type="checkbox"/> True
DeviceFanSpeed	Medium ▾
DeviceLedEnable	Low
MultiROIControl	Medium
	High

图 4- 3

- (1) 在安装好水冷管后，需要在软件上切换制冷方式。相机默认的制冷方式为风冷，可以通过调节风扇挡位切换到水冷；
- (2) 若选择关闭风扇，请确保水冷系统能够正常工作后再进行此操作。

4.3.3. 断开水冷管

- 1) 断开相机及包括冷却水循环机在内的所有外接设备电源（防止触电与水冷部件误启动）。
- 2) 参照冷却水循环机说明书，拔下循环机冷却水出口的水管，排空循环机内残留水（避免残留水泄漏损坏设备）。
- 3) 轻轻按压转接阀滑套解锁，将循环机水管从转接阀中拔出，排出转接阀内残留水（确保无积水残留）。
- 4) 相机端水管拔出与防护：按压相机水管接头处的水接头解锁按钮，缓慢拔出相机水管。操作时注意：
 - (1) 将水管安装水阀的一侧朝向侧边（禁止朝上），拔出时保持水阀口朝下；
 - (2) 用吸水毛巾或纸巾包裹水阀接口，承接可能渗出的残留水；
 - (3) 全程避免水接触相机机身，确保无液体漏入相机内部（尤其电子元件区域）。



图 4- 4 移除水冷管

注意:

- 1) 冷却水的选用: 推荐使用去离子水;
- 2) 水温: 一般推荐水温 20°C。在不恰当的环境条件下会引起水阀以及水管出现冷凝水，有损坏设备的隐患。为保证设备正常运行，建议水温不要低于凝固点，凝固点请参考附录冷凝表;
- 3) 压力: 进入相机的最大水压不超过 2 bar;
- 4) 冷却水循环机: 根据冷却水循环机的使用说明正确使用循环机以及制冷水;
- 5) 正确安装水冷管路，确保相机端和冷却水循环机端的接口处无渗水现象;
- 6) 相机运行前，确保冷却水循环机与相机水阀的安装无误，保证水管的水流量达到 1L/min;
- 7) 运行结束后，关闭相机以及循环机等相关设备的电源，并将循环机和相机中的水排出。

警告:

- 1) 相机运行过程中，切不可关闭冷却水循环机而停止制冷。否则可能导致芯片持续高温运行损坏;

- 2) 相机运行过程中，水冷和风扇可同时开启，但不能同时关闭，至少需要一种制冷方式正常运行，否则可能导致芯片持续高温而损坏。

4.4. 采集卡安装

将电脑关机，打开电脑主机的盖板，如图 4- 5 所示。选择 PCIe4.0x8 速率以上的 PCIe 插槽将采集卡插好，用螺丝进行固定后再将电脑重新启动。通过数据传输线将相机和采集卡的接口相接即可。

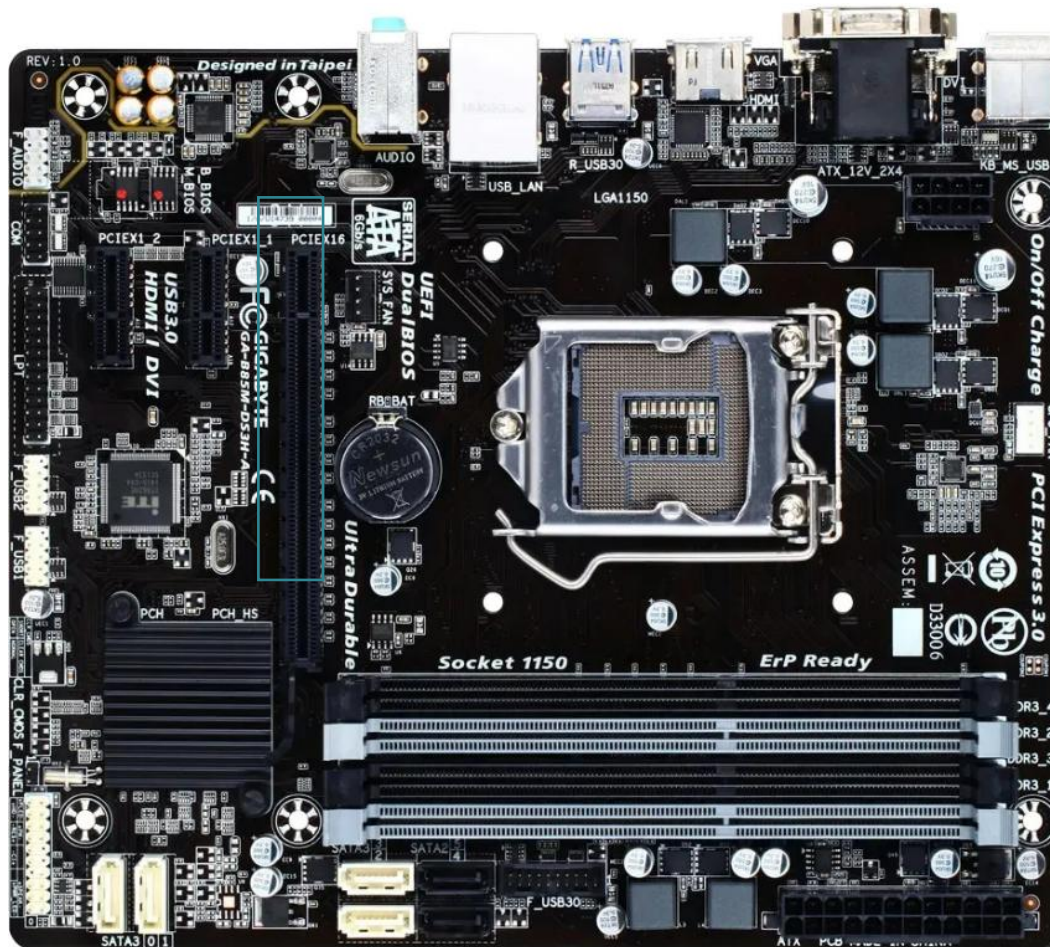


图 4- 5 电脑主板图

表 4- 1 不同 PCIe 插槽对应的最大传输速率

PCIe	X1	X4	X8	X16
1.0	0.25GB/s	1GB/s	2GB/s	4GB/s
2.0	0.5GB/s	2GB/s	4GB/s	8GB/s
3.0	0.985GB/s	3.9GB/s	7.8GB/s	15.7GB/s

4.0	1.969GB/s	7.88GB/s	15.75GB/s	31.51GB/s
5.0	3.938GB/s	15.75GB/s	31.51GB/s	63.02GB/s

注意：

- 1) 安装以及拆卸采集卡时，一定要断电操作；
- 2) 连接线缆时，请在相机电源关闭状态下操作，禁止热插拔。

4.5. 驱动安装

本节将介绍采集卡驱动安装。

以 TucsenSetup 1.1.4.18.exe 安装包为例，在 Windows 10（64 位）操作系统上安装 Samadhi 采集卡驱动。

注意：

Libra 5514 相机推荐使用 1.1.4.19 及以后版本

操作步骤

- 1) 双击 Samadhi 采集卡驱动开始安装；

名称	修改日期	类型	大小
 TucsenSetup1.1.4.18.exe	2025/3/17 9:19	应用程序	141,942 KB

- 2) 选择安装语言，选项包括“简体中文”和“English”，点击“确定”；



图 4-6

- 3) 选择安装位置，如想选择其他文件夹，点击“浏览”。选择完毕后，点击“下一步”；

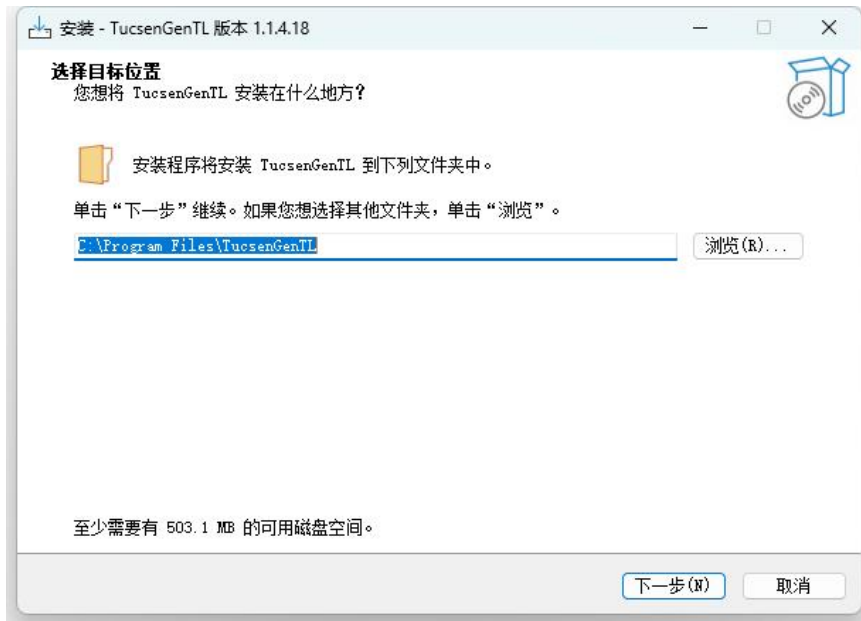


图 4-7

- 4) 选择附加任务，根据需要决定是否创建桌面快捷方式，默认不勾选。选择完毕后，点击“下一步”；

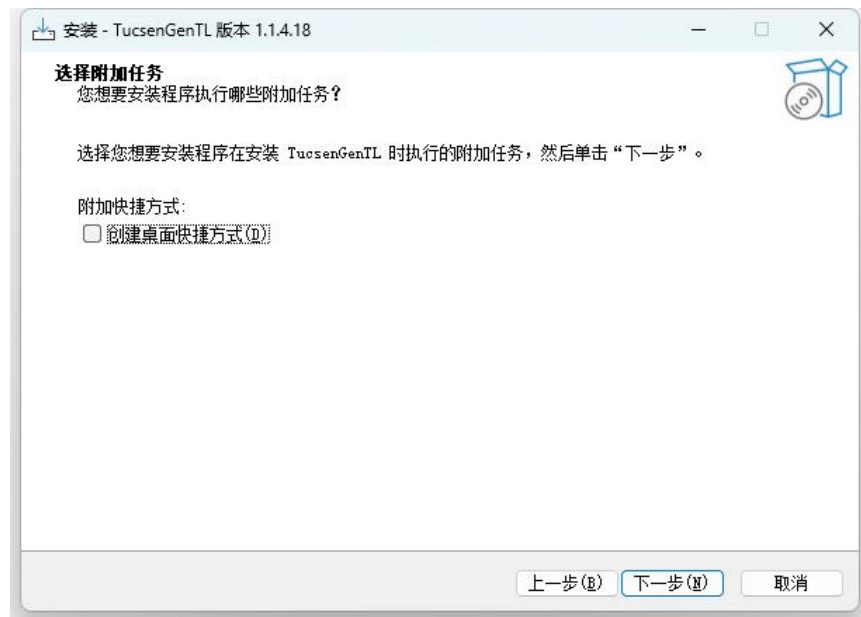


图 4-8

- 5) 准备安装确认，检查设置是否正确，确认无误后，点击“安装”；

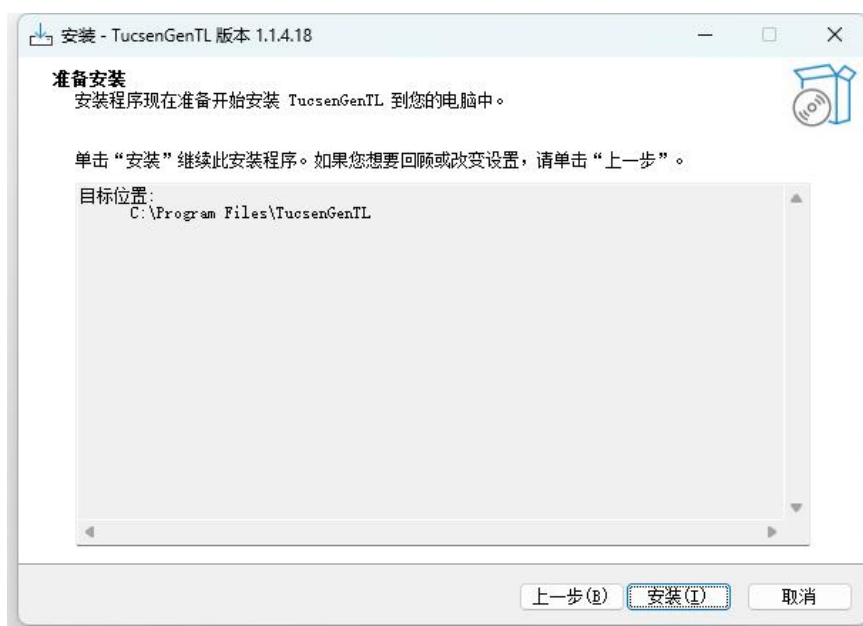


图 4-9

- 6) 单击“完成”结束安装。注意，结束后请将电脑关机再重新开机（不可直接重启，否则会导致驱动安装失败），电脑将会在开机后完成驱动安装；

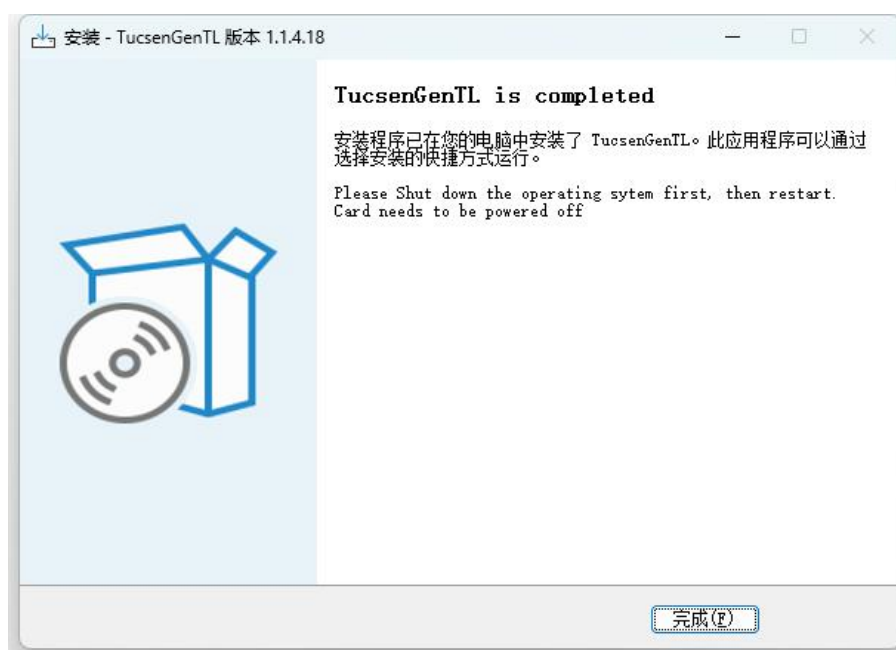


图 4-10

Samadhi 驱动安装完成后，打开电脑设备管理器，当驱动安装成功时，Samadhi 采集卡将会出现在设备管理器下，显示 Samadhi Coaxlink QSFP+,如下图所示：



图 4-11

4.6. 软件安装

相机软件 SamplePro 在随机附带的 U 盘（或者联系测试人员获得）中，为绿色版软件，直接解压无需安装即可使用。

注意：

- 1) 采集卡软件和 SamplePro 软件不可同时运行，否则会出现无法识别相机的情况；
- 2) 相机正常工作时绿灯闪烁，异常时红色闪烁。
- 3) 当软件提示 No Camera, 请尝试以下操作
 - (1) 确认安装驱动后是否有关机开机动作。
 - (2) 确认相机是否指示灯是否常亮绿色。
 - (3) 确认线缆安装正确，每个光模块完全卡紧。

5. SamplePro 软件说明

SamplePro 为基础控制软件，用于实现相机的基本控制、参数设置及图像存储功能。我司标准商用软件 Mosaic V3 将在后续版本迭代中增加对本相机型号的支持。

注意：

SamplePro 软件界面可能因相机固件更新而调整。若本手册描述的界面与实际显示存在差异，请以实际界面为准；后续版本中若本章节内容发生变更，恕不另行通知。

5.1. 开机界面

双击 SamplePro 开启软件，软件开启界面左上角有连接耗时统计，如图 5-1 所示，等待加载完成。



图 5-1 软件开启界面

注意:

第一次启动软件时，以右键管理员身份运行，后续使用软件直接双击即可。

5.2. 窗口组成

SamplePro 软件主界面由“预览窗口”、“软件窗口”、“图像摄像”、“相机模块”和“图片调整”五部分组成，如图 5-2 所示。

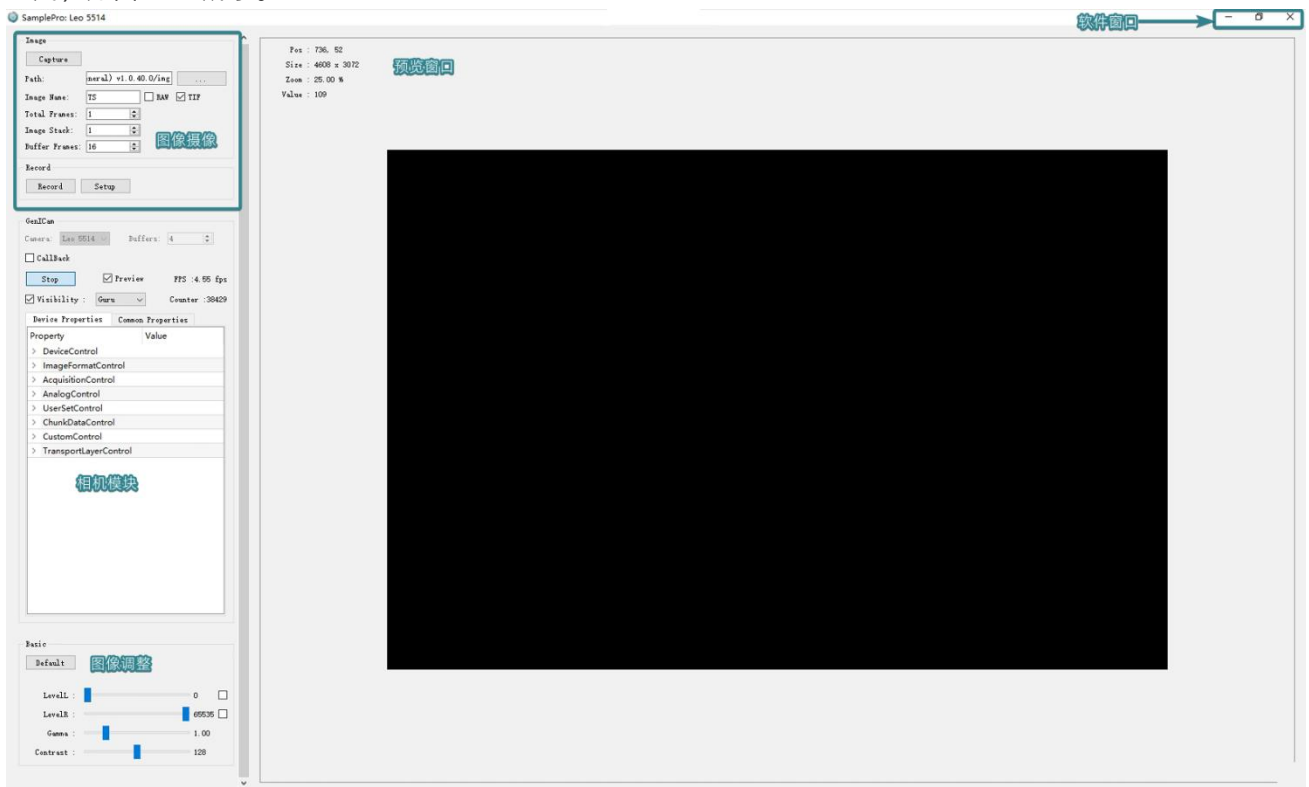


图 5-2 软件界面

5.2.1. 预览窗口

预览窗口在流模式下显示相机实时拍摄画面。预览窗口支持实时缩放，用户可依据实际需求，通过鼠标滚轮放大或者缩小预览窗口画面。

预览窗口左上角会显示图像分辨率大小、图像缩放比例、及根据鼠标在实时画面中所在的位置显示像元灰

度值及坐标。如图 5-3 所示。

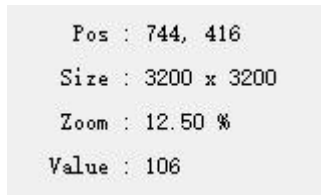


图 5-3

5.2.2. 软件窗口

软件窗口为常见的 “—” --窗口最小化功能, “□” “▣” --最大化、向下还原功能, “×” --关闭窗口功能。

5.2.3. 图像摄像

图像摄影模块为相机的基本拍图、录像功能。用户可根据使用需求, 选择不同的图片格式进行抓图和自定义时长录像, 默认会保存在软件根目录下的 img 文件夹中。

5.2.4. 相机模块

相机的主要功能均在此模块下展开, 同时相机的出图方式在此控制。用户可根据使用需求在相应的功能模块下进行展开使用。

5.2.5. 图像调整

用户可以在图像调整界面, 根据实时预览效果和实际样本的差距, 调节图像伽马值、对比度值, 设置左右色阶增强以达到需要的图像效果。当勾选[CallBack]选项时隐藏, 默认隐藏。

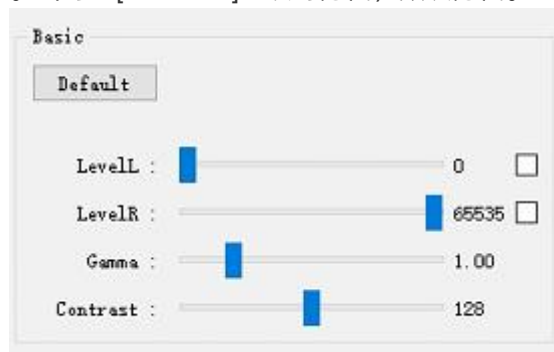


图 5-4 图像调整界面

5.3. 图像摄像功能说明

如图 5- 4 所示，图像摄像模块支持相机的基本拍图、录像功能。

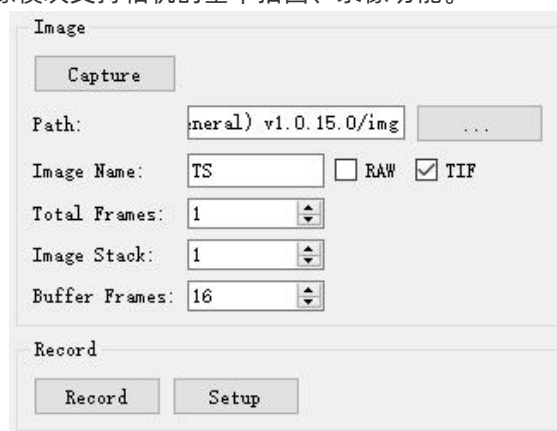


图 5-5

- 1) Capture: 点击按钮进行拍照；拍摄过程中支持点击 Stop Capture 手动停止；
- 2) Path: 抓取图像与视频的保存路径，点击 可进行自定义存图路径选择；
- 3) Image Name: 名称命名，支持自定义，默认 TS 前缀；
- 4) 图片格式: 图片格式选取，支持原图 RAW 和 TIF 格式，默认 TIF 格式，单选；
- 5) Total Frames: 拍图张数自定义，默认存图 1 张；
- 6) Image Stack: 堆栈帧数设置，默认为 1 即不对拍摄的图片进行堆栈存储，若设置值不为 1 则按照设置数值将拍取的图合并为 1 张进行存储；
- 7) Buffer Frames: 默认值为 16，可根据实际应用需求进行调整。在高速采集场景下，建议搭配高速 SSD 硬盘使用，并尽可能增大缓冲帧数设置，以避免因硬盘写入速度不足或波动导致的图像存储丢失（即预防丢帧现象）。若需完全避免丢图情况，应将缓冲帧数设置为与单次采集图像总张数一致。
- 8) Record: 点击按钮手动开始录像；拍摄过程中支持点击 Stop Record 手动停止；
- 9) Setup: 如图 5-5 设置录像压缩格式和播放速率，压缩支持 Full Frame (No Compression) 无压缩格式、MPEG-4 压缩格式；

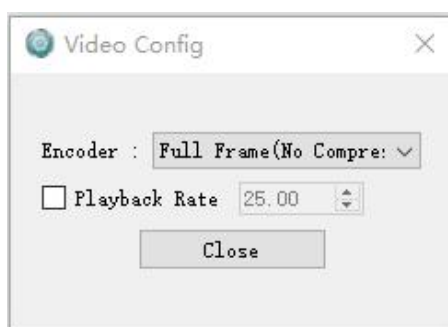


图 5-6

5.4. 相机模块功能说明

相机的主要功能均在此模块下展开，同时相机的出图方式在此控制。如图 5-6 所示。

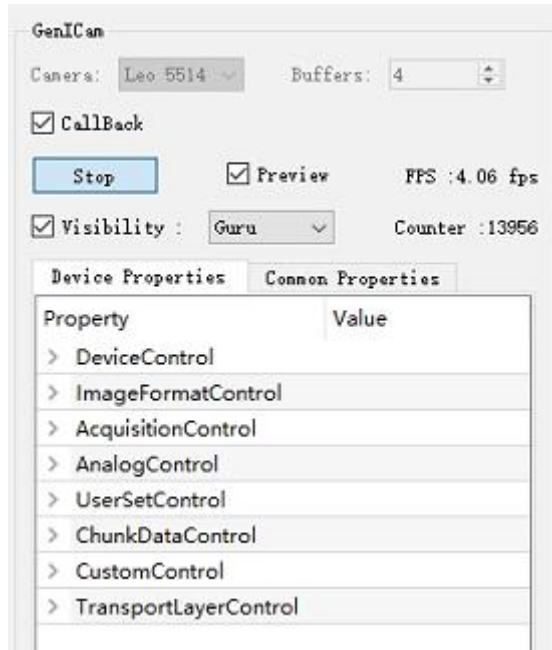


图 5-7

- 1) Camera: 多相机连接时用于切换相机列表；
- 2) Buffer: 内存缓存帧数量申请，用于缓存从相机端上传到计算机的图像数据，默认值为 4，建议设置值与相机帧率一致；
- 3) CallBack: 勾选时表示预览画面数据从 CallBack 接口获取，勾选后图像调整模块（Basic）功能失效，所以画面隐藏；
- 4) Stop: 相机处于流模式，预览窗口实时出图，外触发模式下，根据触发信号出图；
- 5) Live: 相机正常工作，处于停流状态；
- 6) Preview: 勾选时预览区实时刷新图像，去掉勾选时只出流关闭预览刷新；
- 7) FPS: 帧率；
- 8) Visibility: 勾选时显示 Properties，去掉勾选时隐藏 Properties；
- 9) Counter: 软件实时统计 PC 端收到的帧数量；

5.4.1. Device Control

用于显示相机的基本信息(只读)、UserID 编辑、相机复位、温度。如图 5-7 所示。

▼ DeviceControl	
DeviceScanType	Areascan
DeviceVendorName	Tucsen
DeviceModelName	Leo 5514
DeviceManufacture...	Tucsen CXP Ca...
DeviceVersion	1A0125091200...
DeviceSerialNumber	5514sensor27
DeviceUserID	
DeviceSFNCVersion...	2
DeviceSFNCVersion...	5
DeviceSFNCVersion...	0
DeviceTLType	CoaXPress
DeviceTLVersionM...	1
DeviceTLVersionMi...	1
DeviceTLVersionSu...	0
DeviceReset	Execute
DeviceTemperature...	Sensor
DeviceTemperature...	5.00
TimestampReset	Execute

图 5-8

- 1) DeviceScanType: 显示相机出图扫描方式, Areascan 只读;
- 2) DeviceVendorName: 显示设备供应商;
- 3) DeviceModeName: 显示相机型号;
- 4) DeviceManufactureInfo: 显示设备制造商;
- 5) DeviceVersion: 显示相机固件版本号;
- 6) DeviceSeriaNumber: 显示当前相机的设备序列号, SN 码与产品外观标签一致;
- 7) DeviceUserID: 支持自定义, 默认为空;
- 8) DeviceReset: 点击 Execute 后, 相机软重启;
- 9) DeviceTemperatureSelector: 温度选择器, 提供 Sensor、FPGA 两种类型;
- 10) DeviceTemperature: 显示温度选择器所选类型的温度;
- 11) TimestampReset: 点击 Execute 后, TimestampLatchValue 重新刷新;
- 12) TimestampLatch: 点击后记录时刻, 并且在 TimestampLatchValue 上显示;
- 13) TimestampLatchValue: TimestampLatchValue 显示;

5.4.2. ImageFormatControl

相机的增益模式、图像宽度、起始 Offset、Binning、镜像、位深、测试模式模块在此展开, 如图 5-8 所示。

ImageFormatControl	
SensorOperationM...	Dynamic
WidthMax	4,608
HeightMax	3,072
Width	4,608
Height	3,072
OffsetX	0
OffsetY	0
BinningSelector	BinOff
BinningMode	Sum
ReverseX	<input type="checkbox"/> False
ReverseY	<input type="checkbox"/> False
PixelFormat	Mono16
TestPattern	Off
SenTestPattern	Off

- 1) SensorOperationMode: 用于设置相机的工作模式，默认 Dynamic, 可选模式包括：Dynamic (16-bit), Standard (8-bit, 10-bit, 12-bit), StandardBin2 (8-bit, 10-bit, 12-bit);
- 2) WidthMax: 显示水平分辨率 Width 最大值，数值大小受 SensorOperationMode 参数影响;
- 3) HeightMax: 显示垂直分辨率 Height 最大值，数值大小受 SensorOperationMode 参数影响;
- 4) Width: 当前分辨率下 ROI 水平方向设置，最大不超过 WidthMax，最小可设 256，调节步进 32;
- 5) Height: 当前分辨率下 ROI 垂直方向设置，最大不超过 HeightMax，最小可设置 32，调节步进 32;
- 6) OffsetX: 当前分辨率下 ROI 水平方向起始位置设置，最小可设置 0，调节步进 32;
- 7) OffsetY: 当前分辨率下 ROI 垂直方向起始位置，该参数为系统自动计算值（固定取中间位置），用户不可手动调整;
- 8) BinningSelector: 支持选择 BinOff、Bin2x2、Bin4x4。Bin2x2 设置后水平垂直分辨率减半，Bin4x4 设置后水平垂直分辨率减小为原始的 1/4;
- 9) BinningMode: 支持设置 Sum 与 Average。设置 Sum, BinningSelector 为 Bin2x2 时灰度值提高到原来的 4 倍，BinningSelector 为 Bin4x4 时灰度值提高到 16 倍;
- 10) ReverseX: 水平镜像，勾选时开启;
- 11) ReverseY: 垂直镜像，勾选时开启;
- 12) PixelFormat: 用于设置图像像素数据格式，其可选值受 SensorOperationMode 参数约束。具体规则如下：
 - (1) 当 SensorOperationMode 为 Dynamic 时，仅支持 Mono16 格式;
 - (2) 当 SensorOperationMode 为 Standard 或 StandardBin2 时，支持 Mono8、Mono10 及 Mono12 格式。
- 13) TestPattern: 相机出图模式选择，支持选择 Off 实时数据，水平灰度渐变、垂直灰度渐变、斜角灰度渐变、斜角灰度移动渐变；如图 5-9;

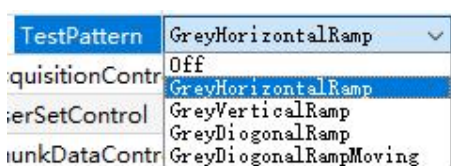


图 5-9

- (1) 水平灰度渐变: 如图 5-10 所示, 预览为水平方向的静止灰度渐变图;
- (2) 垂直灰度渐变: 如图 5-11 所示, 预览为垂直方向的静止灰度渐变图;
- (3) 斜角灰度渐变: 如图 5-12 所示, 预览为水平斜对角方向的静止灰度渐变图;
- (4) 斜角灰度移动渐变: 如图 5-13 所示, 预览为斜对角方向的运动灰度渐变图;

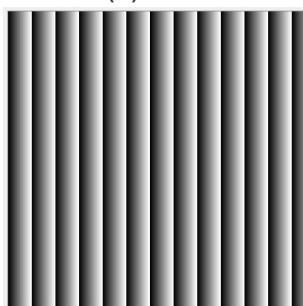


图 5-10

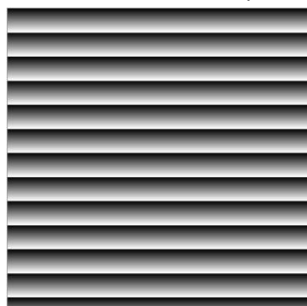


图 5-11

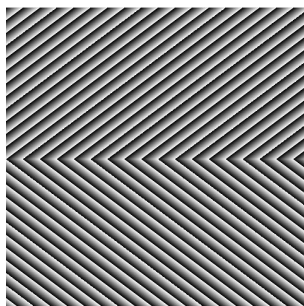


图 5-12

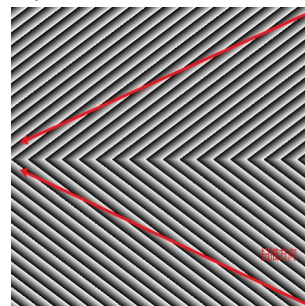


图 5-13

14) TestPattern: sensor 出图模式选择, 支持选择 Off 实时数据, Gradient Grey 如图 5-14 所示;

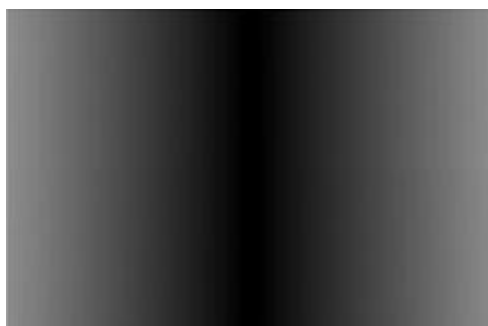


图 5-14

5.4.3. AcquisitionControl

相机帧率、曝光、触发设置模块如图 5-14 所示。

▼ AcquisitionControl		▼ TriggerHardwarePort	
AcquisitionMode	Continuous	TriggerExposur...	TriggerTimed
AcquisitionStart	Execute	TriggerPort	Port1
AcquisitionStop	Execute	TriggerPortEna...	<input checked="" type="checkbox"/> True
AcquisitionMaxFrameRat...	87.63	TriggerDirectio...	TriggerIn
AcquisitionFrameRate(Hz)	40.17	TriggerLevelSel...	TTLLevel
CurrentFrameRate(Hz)	40.17	▼ TriggerInputControl	
BlackLevel	100	TriggerInput...	0
AutoTargetGray(%)	90	TriggerInput...	RisingEdge
AutoMeteringRatio(%)	0.10	TriggerInput...	0
▼ ExposureControl		▼ TriggerOutputControl	
ExposureTime(us)	181	TriggerOutp...	Low
ExposureAuto	Once	TriggerOutp...	Rising
ExposureAutoOnceP...	Execute	TriggerOutp...	0
AutoControlStatus	Idle	TriggerOutp...	5,000,000
TriggerMode	FreeRunning		
TriggerMultipleImages	100		
TriggerSoftwarePulse	Execute		
▶ TriggerHardwarePort			

图 5-15

- 1) AcquisitionMode: 采集模式，默认 Continuous，不可修改；
- 2) AcquisitionStart: 流模式下暂停后重新开始出流，界面 Counter 不会清零；
- 3) AcquisitionStop: 流模式下可设置暂停出流，重新 AcquisitionStart 后启流；
- 4) AcquisitionMaxFrameRate (Hz) : 显示最大帧率；
- 5) AcquisitionFrameRate (Hz) : 帧率设置，最小 0.01，最大到 MaxFrameRate；
- 6) CurrentFrameRate (Hz) : 显示生效的帧率；
- 7) BlackLevel: 偏置，增加或减少图片本底灰度值，可调节范围 12bit -255~255，16bit -65535~65535；
- 8) AutoTargetGtay(%): 曝光目标值，范围 10%~90%，默认 90%；
- 9) AutoMeteringRato(%): 测光像素比例，范围 0.01%~50%，默认 0.10%；
- 10) ExposureControl: 用于相机的曝光控制；
 - (1) ExposureTime(us): 曝光时间设置；
 - (2) ExposuerAuto: 自动曝光，软件根据图像亮度自动调整曝光时间以获得合适亮度的图像并最终锁定曝光时间，设置 Off 时关闭，设置 Once 时开启使能开关，配合 ExposureAutoOncePulse 参数的 Execute 按钮使用；
 - (3) ExposureAutoOncePulse: 当 ExposuerAuto 设置为 Once 时可点击；
 - (4) AutoControlStatus: 自动曝光状态显示，只读；
- 11) TriggerMode: 数据流模式选择，支持 FreeRunning (内部触发方式出流)、Standard (硬件触发方式出流)、Software (软件触发方式)；
- 12) TriggerMultipleImages: 可设置自动持续采图的总张数，收到一个触发信号后将按照设置的张数持续采图。

默认 1, 范围 1~65535;

13) TriggerSoftwarePulse: TriggerMode 设置为 Software 时可点击;

14) TriggerHardwarePort: 用于配置相机的外触发功能模块, 当 TriggerMode 设置为 Standard 时可设置;

(1) TriggerExposureType: 触发输入信号类型选择, 支持 TriggerTimed (曝光时间由软件界面设置决定) 和 TriggerWidth (曝光时间由外触发电平宽度决定);

(2) TriggerPort: 用于选择外部触发信号的输入端口, 可选端口包括 Port1、Port2、Port3、Port4 (共四个接口);

(3) TriggerPortEnable: Port1 默认开启且不可关闭, Port2、Port3、Port4 可通过配置选择是否启用;

(4) TriggerDirection: 用于配置所选 TriggerPort 的功能方向, 可选模式包括:

- TriggerIn: 将选中端口设置为触发输入接口, 用于接收外部触发信号以控制相机启动图像采集;
- TriggerOut: 将选中端口设置为触发输出接口, 用于向外部设备发送与触发事件相关的响应信号;

(5) TriggerLevelSelect: 用户触发信号的选择, 可支持 TTL, LVDS 和 RS422/RS485;

(6) TriggerInputControl: 触发输入设置模块, 仅在 TriggerDirection 设置为 TriggerIn 时可设置;

- TriggerInputFilterWidth (ns): 用于滤除触发信号中低电平与高电平上的毛刺干扰 (抑制外触发噪声), 参数单位为纳秒 (ns), 设置范围为 0 至 10,000,000 ns (即 0~10 ms), 调节步进为 40 ns, 默认值为 0 ns (禁用滤波);
- TriggerInputEdge: 用于选择触发输入信号的触发沿极性, 支持 Rising (上升沿触发) 与 Falling (下降沿触发);
- TriggerInputDelay(ns): 用于配置触发输入信号的延迟时间, 参数单位为纳秒 (ns), 设置范围为 0 至 10,000,000,000 ns (即 0~10 s), TriggerWidth 信号模式不支持此功能 (即该参数对 TriggerWidth 模式无效);

(7) TriggerOutputControl: 触发输出设置模块, 仅在 TriggerDirection 设置为 TriggerOut 时可设置;

- TriggerOutputSignal: 触发输出信号选择, 如图 5-16 所示支持 High、Low、ReadoutEnd、ExposureStart、Exposure 和 TriggerReady 6 种信号。

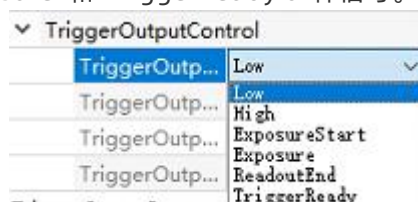


图 5-16

- TriggerOutputEdge: 触发输出信号极性选择, 支持 Rising、Falling;
- TriggerOutputDelay (ns): 触发输出信号延时配置, 参数单位为纳秒 (ns), 设置范围为 0 至 10,000,000,000 ns (即 0~10 s), 调节步进为 40 ns;

- TriggerOutputWidth (ns) : 触发输出信号脉宽配置, 参数单位为纳秒 (ns) , 设置范围为 40 至 10,000,000,000 ns (即 40ns~10 s) 调节步进为 40 ns;

15) TriggerStatusCounter: 触发输入输出功能相关模块;

- (1) CounterClear: 点击 Execute 清除统计数据;
- (2) FrameTriggerCounter: 相机接收到的触发数量统计;
- (3) ExposureStartCounter: 相机输出的曝光开始触发数量统计;
- (4) SensorReadOutCounter: 相机输出的读出结束触发数量统计;
- (5) FrameTransferEndCounter: 相机输出的图像计数;

5.4.4. AnalogControl

AnalogControl 模块用于显示模拟增益和数字增益参数, 界面如图 5-17 所示, Dynamic 模式下相关参数不可修改。Standard/StandardBin2 模式下, AnalogGain 支持设置 Gain0~Gain4, DigitalGain 支持设置 1~16。

▼ AnalogControl	
AnalogGain	Gain2
DigitalGain	1.0000

图 5-17

5.4.5. UserSetControl

用户配置模块如图 5-18 所示。

▼ UserSetControl	
UserSetSelector	Default
UserSetLoad	Execute
UserSetSave	Execute
UserSetDefault	Default

图 5-18

- 1) UserSetSelector: 用户设置存储, 提供 Default、UserSet1、UserSet2 三种配置;
- 2) UserSetLoad: 相机加载选择的 Default、UserSet1、UserSet2 一组参数;
- 3) UserSetSave: 对修改参数后的配置保存在选择的 UserSet1、UserSet2 组中;
- 4) UserSetDefault: 相机复位或断电重启后默认加载的一组用户配置;

5.4.6. ChunkDataControl

串口数据显示, 整个模块只读, 如图 5-19 所示。

▼ ChunkDataControl	
ChunkModeActive	<input type="checkbox"/> False
ChunkFrameCounter	-1
ChunkTimestamp	-1
ChunkExposureTime	-1
ChunkOffsetX	-1
ChunkOffsetY	-1
ChunkWidth	-1
ChunkHeight	-1
ChunkBitDepth	-1
ChunkAutoExposure	-1
ChunkAnalogGain	-1
ChunkDigitalGain	-1.0000
ChunkHorizontal	-1
ChunkVertically	-1
ChunkOverallSystemGainK	-1.00
ChunkAverageBlackLevel	-1.00

图 5-19

- 1) ChunkModeActive: 功能使能按钮;
- 2) ChunkFrameCounter: 当次传输帧计数;
- 3) ChunkTimeStamp : 时间戳功能;
- 4) ChunkExposureTime : 内部操作 sensor 曝光开始到曝光结束的总时间;
- 5) ChunkOffsetX: 图像 X 方向起始偏移量;
- 6) ChunkOffsetY: 图像 Y 方向起始偏移量;
- 7) ChunkWidth: 图像宽度;
- 8) ChunkHeight: 图像高度;
- 9) ChunkBitDepth: 位深显示;
- 10) ChunkAutoExposure: 自动曝光状态标识, 为 1 时表示图像正在曝光;
- 11) ChunkAnalogGain: 模拟增益值;
- 12) ChunkDigitalGain: 数字增益值;
- 13) ChunkHorizontal: 图像 X 方向翻转标识, 为 1 标识图像 X 方向翻转;
- 14) ChunkVertically: 图像 Y 方向翻转标识, 为 1 标识图像 Y 方向翻转;
- 15) ChunkOverallSystemGainK: 图像 GainK 值;
- 16) ChunkAverageBlackLevel: 图像本底均值;

5.4.7. CustomControl

分辨率、相机运行时长及校正等设置模块。

- 1) DeviceMonitor: 相机基本信息设置与现实模块;
 - (1) DeviceWorkingDuration(H): 用于显示相机的工作时间;
- 2) PeriopheralControl 外设控制如图 5-20, 此功能模块用于相机的温度设置和监控;

PeripheralControl	
DeviceCoolingEnable	<input checked="" type="checkbox"/> True
DeviceTemperatureTarget	5
DeviceWarningTemperature...	93.0
DeviceFanEnable	<input checked="" type="checkbox"/> True
DeviceFanSpeed	20
DeviceLedEnable	<input checked="" type="checkbox"/> True

图 5-20

- (1) DeviceCoolingEnable: 相机制冷开关, 默认开启;
 - (2) DeviceTemperatureTarget(C): Sensor 目标温度设置, 支持选择-5,5 和 10;
 - (3) DeviceWarningTemperature(C): 报警警示温度显示, 当 FPGA 温度达到该数值时会触发报警。若 FPGA 温度继续升高到 93°C, 会触发保护机制, 自动关闭 TEC 制冷片和开启风扇最高转速进行制冷, 当 FPGA 温度再次降至 70°C恢复原状态;
 - (4) DeviceFanEnable: 风扇开关控制, 勾选时启用, 未勾选时禁用;
 - (5) DeviceFanSpeed: 风扇转速设置, 当 DeviceFanEnable 勾选时支持数值;
 - (6) DeviceLedEnable: 网口和相机状态指示灯控制, 勾选时灯亮起, 未勾选时灯熄灭;
- 3) MultiROIControl: 用于设置相机的 ROI 区域, Libra 5514 支持多 ROI 设置, 具体设置界面如图 5-21 所示。

MultiROIControl	
MultiROIMode	<input type="checkbox"/> False
MultiROISelector	Region0
MultiROIWidth	3,200
MultiROIHeight	3,200
MultiROIOffsetX	0
MultiROIOffsetY	0

图 5-21

- (1) MultiROIControl: 多 ROI 开关控制, 勾选后可对参数进行设置和开启多 ROI;
 - (2) MultiROISelector: 多 ROI 组选择, 最多支持同时设置 Region0~3 共 4 组参数;
 - (3) MultiROIWidth: 水平方向设置, 设置范围为 256 至 4608, 调节步进 32;
 - (4) MultiROIHeight: 垂直方向设置, 设置范围为 32 至 3072, 调节步进 32;
 - (5) MultiROIOffsetX: 水平方向起始位置设置, 最小可设置 0, 调节步进 32;
 - (6) MultiROIOffsetY: 垂直方向起始位置设置, 最小可设置 0, 调节步进 32;
- 4) DPCControl: Libra 5514 支持动态和静态坏点校正, SamplePro 设置界面如所示。

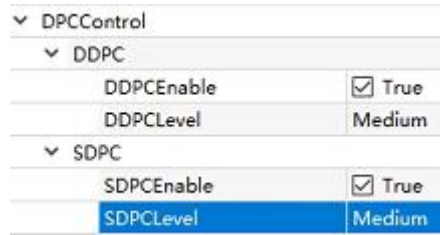


图 5-22

- (1) DDPCEnable: 动态坏点校正使能开关, 减少图像坏点;
 - (2) DDPCLLevel: 支持选择 Low、Medium、High 3 个档位;
 - (3) SDPCEnable: 静态坏点校正使能开关, 只支持开和关;
 - (4) SDPCLLevel: 支持选择 Low、Medium、High 3 个档位;
- 5) DSNUControl: SamplePro 下, DSNU 校正界面如图 5-23 所示。

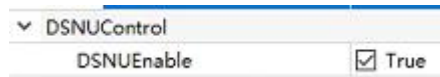


图 5-23 DSNU 设置界面

- (1) DSNUEnable: DSNU 校正使能开关, 勾选时开启 DSNU;
- 6) PRNUControl: SamplePro 下, PSNU 校正界面如图 5-24 所示。



图 5-24 PRNU 设置界面

- (1) PRNUEnable: PRNU 校正使能开关, 勾选时开启 PRNU;

5.4.8. TransportLayerControl

此模块设置界面如图 5-25 所示。此模块不详细展开说明。

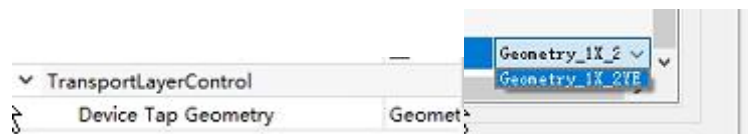


图 5-25

5.5. 图像调整

此模块包括直方图、伽马和对比度设置, 设置界面如图 5-26 所示。

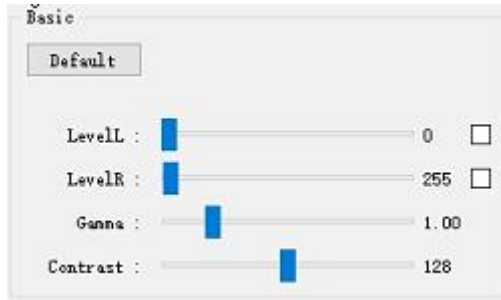


图 5-26

- 1) **Default:** 点击后将图像调整模块的参数恢复至默认状态；
- 2) **LevelL:** 用户可通过手动拖动色阶滑块，或勾选勾选框开启自动模式，改变左色阶值；
- 3) **LevelR:** 用户可通过手动拖动色阶滑块，或勾选勾选框开启自动模式，改变右色阶值；
- 4) **Gamma:** 伽马值可以改变画面明暗，增加对比度，数值越大，灰阶越大，亮度越高范围 0.64~2.55，默认 1.00；
- 5) **Contrast:** 一幅图像中明暗区域最亮的白和最暗的黑之间不同亮度层级的差异，范围 0~255，默认 128；

6. 维护

由未经授权的维护或程序造成的损坏将导致保修失效。

6.1. 定期检查

应定期检查产品状态，特别是外部电源和主电缆的完整性、电源线的完整性，请勿使用损坏的设备。

6.2. 电气安全检查

- 1) 建议每年检查交流/直流转换器的绝缘和保护接地的完整性
- 2) 不要使用损坏的设备

6.3. 基本使用

- 1) 避免在灰尘较大的环境中打开镜头防尘盖；
- 2) 打开镜头防尘盖和安装镜头时，相机口朝下，避免灰尘落在窗片表面；
- 3) 长期不用时，请装好防尘盖。

6.4. 窗片清洁

当发现相机拍到的图像有污渍或脏点时，请排除是否相机接口处镜头/显微镜/物镜等表面脏污。如果以上都不是，确定是相机本身带来的，可以按照以下步骤进行窗片清洁：

- 1) 优先使用气吹，使用洗耳球或气吹吹掉一般性粉尘；再配合毛刷可去除大部分灰尘；
- 2) 对于顽固的油性灰尘，需准备无尘棉签（或专用擦镜纸、无纺布等）以及无水乙醇等专用工具；
- 3) 使用无尘棉签蘸取适量无水乙醇沿窗片表面擦拭，擦拭时不要过于用力，且始终沿一个方向进行，避免来回擦拭；
- 4) 擦拭好后使用气吹等物品，让窗片表面酒精挥发完全再继续使用。

注意：

- 1) 如不能保证独立完成清洁步骤或者没有所需的物品，请务必联系我们；
- 2) 如按以上步骤操作之后，脏污仍然存在，可以尝试按以上步骤再擦一次。如果无法解决，考虑是芯片内部脏污。此时请务必联系我们。

7. 故障排除

7.1. 电脑无法识别相机

- 1) 确认相机正常通电且开机；
- 2) 确认相机与电脑正常连接；
- 3) 确认驱动正常工作，可在电脑设备管理器查看驱动状态。

7.2. 软件暂停工作、卡死

- 1) 电脑可能开启了节能模式，系统 CPU 性能降低，导致软件不能正常工作，出现掉帧或者软件卡死等情况。可检查保证电脑处于高性能模式下。
- 2) 电脑开启了太多应用，导致电脑 CPU 占用过高，软件 CPU 利用率低而不能正常工作。可关闭多余的应用程序。
- 3) 数据线连接异常，当数据线松动，或者经转接过长延长也会导致软件连接异常，不能正常工作。

7.3. 相机达不到目标制冷温度

- 1) 确认环境温度，相机最大制冷温差为 15°C（风冷）；
- 2) 确认出风口是否堵塞；
- 3) 确认风扇是否正常转动。
- 4) 如使用水冷请确认水冷循环是否正常运行。

7.4. 帧率达不到标称

- 1) 确认曝光时间是否影响了帧率，可设置最小曝光时间确认帧率；
- 2) 表中帧率是理想带宽下的实测帧率，实际使用场景的帧率会受到数据传输的影响，跟采用的数据接口类型、传输线长度相关；
- 3) 确认是否使用正确的 PCIe 插槽，我们建议的使用 PCIe4.0 及以上插槽，否则帧率可能无法达到标称帧率；
- 4) 如果确认带宽够，但存图时帧率明显达不到预览时的帧率，需要检查磁盘写速是否足够，例如图像分辨率为 3200*3200，帧率为 83 fps，当需要将图像数据保存到硬盘，需要磁盘具有至少 1620M/S 的写速。

8. FAQs

8.1. 为什么拍摄下来的图片亮度与预览窗口不一致？

当第一次使用相机且拍摄目标较暗时，软件预览图可能会是全黑的图像。建议在直方图设置区域勾选自动左色阶和自动右色阶，此时，软件预览会显示最合适的亮度和对比度。但实际存图时，软件默认保存的图片不会将自动色阶的效果保存，导致预览图片与拍摄图片不一致。

可尝试以下解决方案：

- 1) 关闭软件的自动色阶功能，预览图跟存的图片将保持一致；
- 2) 使用专业图片查看工具例如 ImageJ 打开 tif 图片，调整色阶；
- 3) 使用 Mosaic V3 软件在采集部分勾选“保存调整后的图像”（不需要原始图像数据值时可使用）。

8.2. 为什么 Libra 5514 和 Libra 5514 Pro 相机的 OffsetY 不可设置？

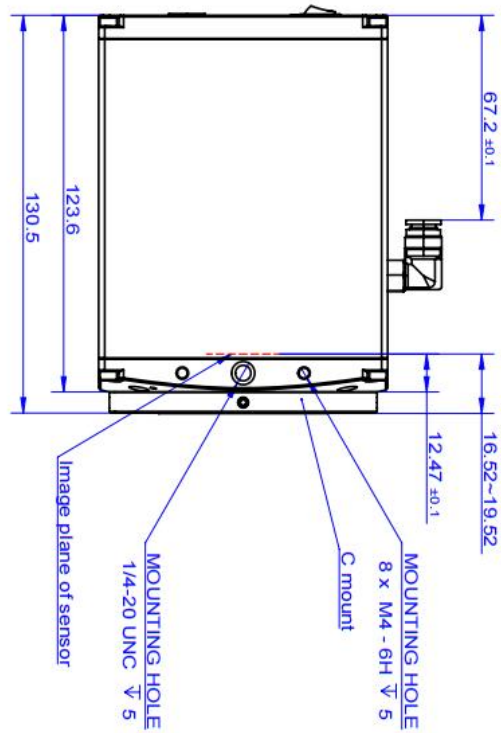
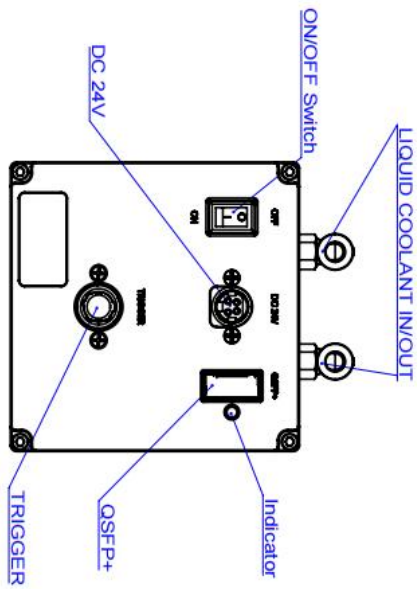
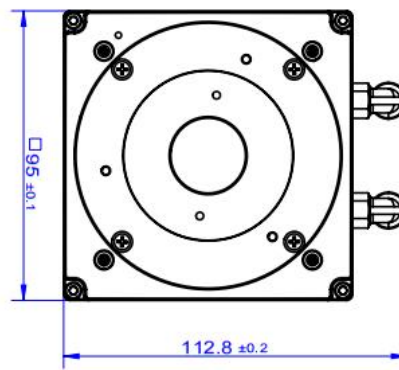
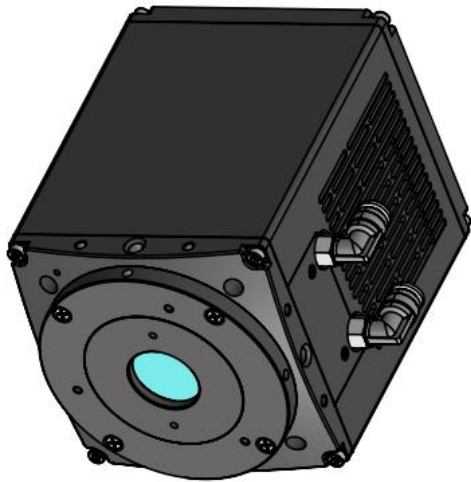
此 sensor 采用分区同步传输机制，只有对称的数据才能正确传输。受此限制只能支持从中间选取 ROI。

9. 售后

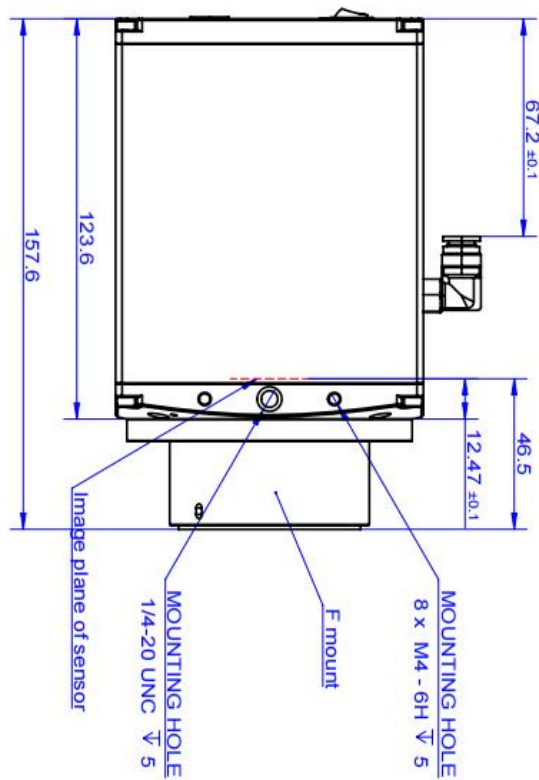
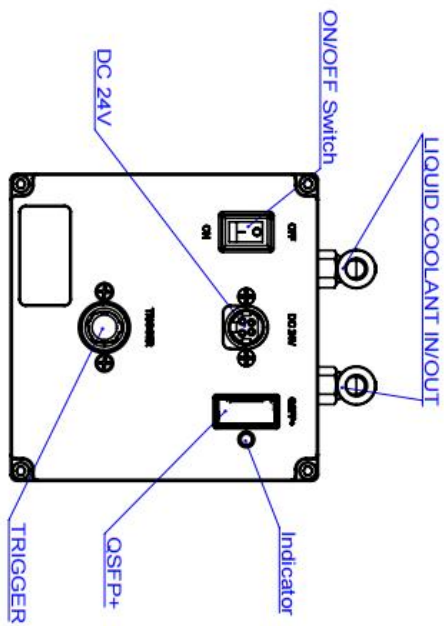
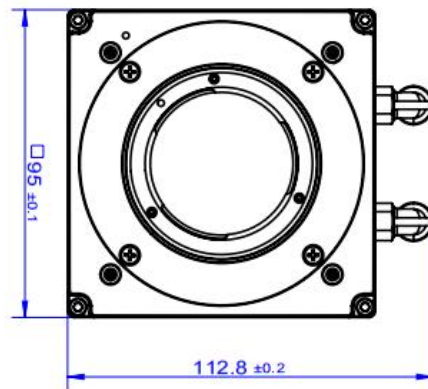
- 1) 登录官网，点击[技术支持]模块，获得常见问题解答。
- 2) 质保：
 - 产品质保期从发货日开始算起，共 24 个月。在此期间的损坏，符合质保要求的我们将免费整修；
 - 质保范围仅限于产品材料和制造的缺陷。自行拆卸、进水、抛物等人为损坏以及自然灾害引起的损坏不在质保范围内。
- 3) 联系专业人员，获得技术支持：
 - TEL: 400-075-8880 0591-28055080-818
 - Email: service@tucsen.com
 - 登录鑫图官网留言: <http://www.tucsen.net>.
- 4) 请提前准备以下信息：
 - 相机型号和 S/N(产品序列号);
 - 软件版本号和电脑系统信息;
 - 问题的描述及任何和问题相关的图像。

附录 1：结构线条图

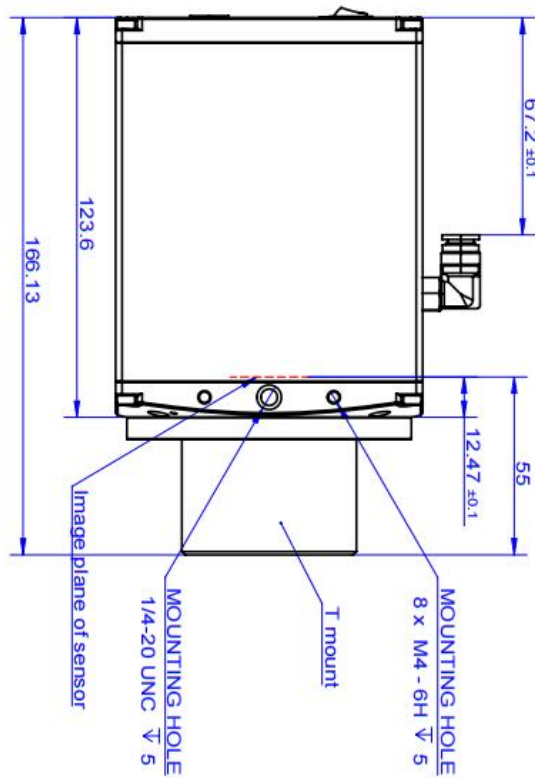
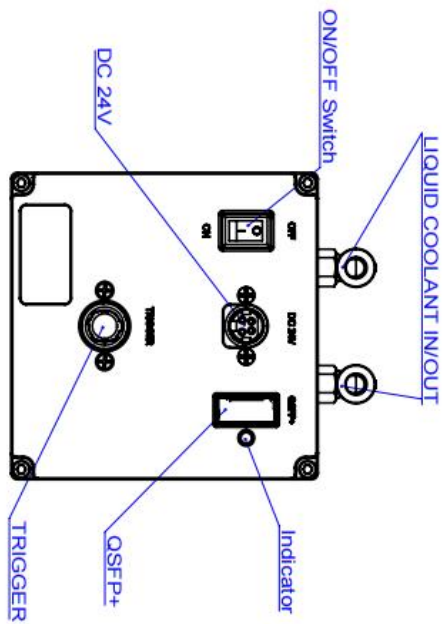
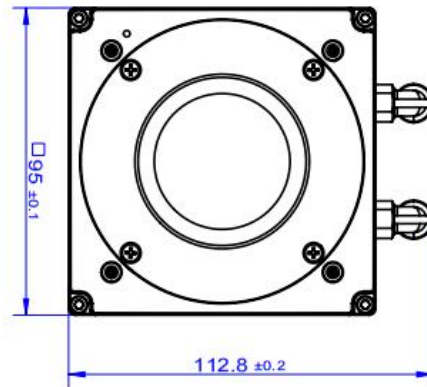
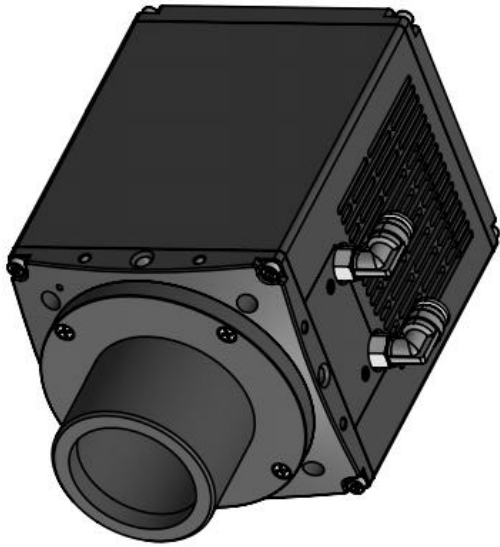
C 接口



F 接口



T 接口



附录 2：相机参数表

相机

型号	Libra 5514			
品名	L5514			
传感器类型	BSI sCMOS			
传感器型号	GSPRINT5514BSI			
峰值量子效率	83%			
彩色 / 黑白	黑白			
对角线尺寸	30.5 mm			
有效面积	25.34 mm x 16.90 mm			
分辨率	4608 (H) x 3072 (V)			
像素尺寸	5.5 μm x 5.5 μm			
读出模式	Standard 8 bit	Standard 10 bit	Standard 12 bit	HDR
位深	8 bit	10 bit	12 bit	16 bit
帧率	330 fps	230 fps	220 fps	80 fps
读出噪声(中值)	< 2 e ⁻ (HDR & Standard 12 bit Gain 4)			
满阱容量	15 Ke ⁻ @ HDR; 30 Ke ⁻ @ After Binned			
动态范围	66.4 dB (12、10、8-bit) 78.2 dB (Dual 12-bit HDR)			
快门类型	全局			
曝光时间	2 μs - 10 s			
制冷方式	风冷 / 水冷			
制冷温度	风冷: 5°C (环境温度 25°C) ; 水冷: -5°C (液体温度 20°C)			
暗电流	< 1 e ⁻ /pixel/s @ -5°C; < 5 e ⁻ /pixel/s @ 5°C			
图像校正	DPC			
Binning	2 x 2, 4 x 4			

感兴趣区域 (ROI)	支持
时间戳精度	1 μ s
触发模式	硬件, 软件
外触发输出	低电平, 高电平, 读出结束, 曝光, 开始曝光, 读出, 触发准备
触发接口	Hirose-12-pin
数据接口	40 G QSFP+
光学接口	T / F / C Mount
电源	24 V / 6.67 A
功耗	≤ 100 W
相机尺寸*	95 mm (H) x 95mm (W) x 123.6 mm (L)
重量	1850g
软件	Mosaic V3, SamplePro, LabVIEW, MATLAB, Micro-manager 2.0
SDK	C / C++ / C#
操作系统	Windows, Linux
操作环境	工作: 温度 0~40 $^{\circ}$ C, 湿度 0~85%; 储存 (长期): 温度 15-30 $^{\circ}$ C, 湿度 35~75%

型号	Libra 5514 Pro
品名	L5514 Pro
传感器类型	BSI sCMOS
传感器型号	GSPRINT5514BSI
峰值量子效率	83%
彩色 / 黑白	黑白
对角线尺寸	30.5 mm
有效面积	25.34 mm x 16.90 mm
分辨率	4608 (H) x 3072 (V)
像素尺寸	5.5 μ m x 5.5 μ m

读出模式	Standard 8 bit	Standard 10 bit	Standard 12 bit	HDR
位深	8 bit	10 bit	12 bit	16 bit
帧率	670fps	480 fps	350 fps	80 fps
读出噪声(中值)	< 2 e ⁻ (HDR & Standard 12 bit Gain 4)			
满阱容量	15 Ke ⁻ @ HDR; 30 Ke ⁻ @ After Binned			
动态范围	77.5 dB			
快门类型	全局			
曝光时间	1 us - 10 s			
制冷方式	风冷 / 水冷			
制冷温度	风冷: 5°C (环境温度 25°C) ; 水冷-5°C (液体温度 20°C)			
暗电流	< 1 e ⁻ /pixel/s @ -5°C; < 5 e ⁻ /pixel/s @ 5°C			
图像校正	DPC			
Binning	2 x 2, 4 x 4			
感兴趣区域 (ROI)	支持			
时间戳精度	1 μs			
触发模式	硬件, 软件			
外触发输出	低电平, 高电平, 读出结束, 曝光, 开始曝光, 读出, 触发准备			
触发接口	Hirose-12-pin			
数据接口	100G QSFP28			
光学接口	T / F / C Mount			
电源	24 V / 6.67 A			
功耗	≤120W			
相机尺寸*	95 mm (H) x 95mm (W) x 123.6 mm (L)			
重量	2000g			
软件	Mosaic V3, SamplePro, LabVIEW, MATLAB, Micro-manager 2.0			
SDK	C / C++ / C#			

操作系统	Windows, Linux
操作环境	工作: 温度 0~40 °C, 湿度 0~85%; 储存 (长期): 温度 15-30 °C, 湿度 35~75%

注: 本表中参数均为典型值, 如有变动, 恕不再另行通知

* 此表标注的相机尺寸为裸机尺寸, 即未考虑水冷接头、转接环以及相机接口的尺寸。详细结构参数请参考结构线条图。

采集卡

Libra 5514

品牌	TUCSEN
型号	Samadhi Coaxlink QSFP+ Frame Grabber
操作系统	Windows
总线	PCIe 3.0 x 8

附录 3：产品认证





验证报告

编号: CANEC25030424906

日期: 2026年03月30日

第1页, 共29页

客户名称: 福州鑫图光电有限公司
客户地址: 福建省福州市鼓楼区软件大道89号软件园D区西1号楼

样品名称: 科学级高灵敏相机
测试基本型号: L5514 Pro-100G
客户参考信息: L5514; L5514 Pro-40G
以上样品及信息由客户提供。

SGS工作编号: XMP25-005724
样品接收时间: 2025年12月05日
验证周期: 2025年12月05日~2026年03月27日
验证要求: 参考欧盟RoHS指令2011/65/EU的修正指令(EU)2015/863。
验证方法: 见后续页。
验证程序和结果: 见后续页。

检测结果总结:

Table with 2 columns: 检测项目, 结论. Row 1: 欧盟RoHS指令2011/65/EU附录II的修正指令(EU)2015/863-铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯(PBB)、多溴二苯醚(PBDE)、邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯(DEHP)、邻苯二甲酸丁苄酯(BBP)、邻苯二甲酸二丁酯(DBP)和邻苯二甲酸二异丁酯(DIBP) | 符合

通标标准技术服务有限公司广州分公司
授权签名

张鹰

Tyler-Y Zhang 张鹰
批准签署人

Scan to see the report



670DE2F5



Unless otherwise agreed in writing, this document is issued by the Company subject to its General Conditions of Service printed overleaf, available on request or accessible at https://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein. Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its Client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. This document cannot be reproduced except in full, without prior written approval of the Company. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law. Unless otherwise stated the results shown in this test report refer only to the sample(s) tested. Attention: To check the authenticity of testing /inspection report & certificate, please contact us at telephone: (86-755) 8307 1443, or email: CN.Doccheck@sgs.com

SGS-CS Standards Technical Services Co., Ltd. Guangzhou Branch Chemical Laboratory.

No.198, Kezhu Road, Science City, Economic & Technological Development Area, Guangzhou, Guangdong, China 510663
中国·广东·广州高新技术产业开发区科学城科珠路198号 邮编: 510663
t (86-20) 82155555 www.sgs.com.cn
t (86-20) 82155555 sgs.china@sgs.com

Member of the SGS Group (SGS SA)

福建鑫图光电有限公司

福建省福州市鼓楼区

软件大道89号福州软件园D区西1#楼

鑫图热线：400-075-8880

服务邮箱：Support@tucsen.com

商标声明

“Tucsen”及相关标识为福建鑫图光电有限公司的注册商标。

文中所提及的其他产品、服务及公司名称可能为其各自所有者的商标或注册商标。

免责声明

本文件所载信息可能包含预测性表述，包括但不限于对未来业务发展、产品组合及技术演进的陈述。

实际结果可能因多种因素而与预测存在显著差异。

本文档所提供内容仅供参考，不构成任何承诺或保证。

福建鑫图光电有限公司有权在未经通知的情况下对文件内容进行修改。

版权声明

版权所有 © 2025 福建鑫图光电有限公司。保留一切权利。

未经书面许可，本文件的任何部分不得以任何形式复制、传播或使用。