

水星三代（MERCURY3）CoaXPress 数字相机 应用说明书

本手册中所提及的其它软硬件产品的商标与名称，都属于相应公司所有。

本手册的版权属于中国大恒（集团）有限公司北京图像视觉技术分公司所有。未得到本公司的正式许可，任何组织或个人均不得以任何手段和形式对本手册内容进行复制或传播。

本手册的内容若有任何修改，恕不另行通知。

© 2026 中国大恒（集团）有限公司北京图像视觉技术分公司版权所有

网 站： www.daheng-imaging.com

公 司 总 机： 010-82828878

客户服务热线： 400-999-7595

销 售 信 箱： sales@daheng-imaging.com

支 持 信 箱： support@daheng-imaging.com

前言

首先感谢您选用大恒图像产品，水星三代（MERCURY3）CoaXPress 接口数字相机是我公司最新推出的高分辨率高速接口小体积工业数字相机，它具有高清晰度、低噪声、极小体积、极低功耗等特点。相机采用了 CoaXPress 标准接口，传输速度快、传输稳定性高。适用于工业检测、医疗、科研、教育等领域。

本手册详细介绍了水星三代 CoaXPress 接口数字相机的应用。

目录

- 1. 概述 1
 - 1.1. 系列概述 1
 - 1.2. 型号名称说明 1
 - 1.3. 遵循的标准 1
 - 1.4. 相关文档及软件下载 1
- 2. 注意事项及认证声明 2
 - 2.1. 安全声明 2
 - 2.2. 使用注意事项 2
 - 2.3. EMI、ESD 注意事项 3
 - 2.4. 使用环境注意事项 3
 - 2.4.1. 相机使用温度注意事项 3
 - 2.4.2. 相机外壳散热的基本过程 3
 - 2.4.3. 相机外壳散热方案 3
 - 2.4.4. 相机使用过程中注意事项 4
 - 2.5. 相机机械安装注意事项 5
 - 2.6. 认证声明 5
- 3. 安装指南 6
 - 3.1. 主机端准备 6
 - 3.1.1. 用户软件组成 6
 - 3.1.2. 用户软件接口 6
 - 3.2. 相机供电 7
 - 3.3. 相机连接 7
 - 3.4. 第三方采集卡控制相机 8
- 4. 性能参数 10
 - 4.1. 重要参数解释 10
 - 4.1.1. 关于光谱响应图 10

4.2. MER3-CXP 系列	10
4.2.1. MER3-514-235X2M/C	10
4.2.2. MER3-515-131X2M/C	12
4.2.3. MER3-800-86X2M/C	13
4.2.4. MER3-1221-68X2M/C	15
4.2.5. MER3-1250-94X2M/C	16
4.2.6. MER3-1610-52X2M/C	18
4.2.7. MER3-2020-42X2M/C	19
4.2.8. MER3-2440-35X2M/C	21
4.3. MER3-CXP-SWIR 系列	22
4.3.1. MER3-321-176X2M-SWIR \ MER3-321-224X2M-SWIR	22
4.3.2. MER3-533-134X2M-SWIR \ MER3-533-170X2M-SWIR	24
5. 机械尺寸	26
5.1. 相机尺寸	26
5.2. 光学接口	27
5.3. 固定块尺寸	27
6. 滤光片	28
7. 电气接口	29
7.1. LED 灯状态	29
7.2. CXP 接口	29
7.3. I/O 接口	30
7.3.1. I/O 接口定义	30
7.3.2. I/O 电气特性	30
7.3.2.1. Line0（光耦隔离输入）电路	30
7.3.2.2. Line2/3 GPIO（双向）电路	32
7.3.2.2.1. Line2/3 配置成输入管脚	33
7.3.2.2.2. Line2/3 配置成输出管脚	34
8. 功能定义	37
8.1. I/O 控制	37
8.1.1. 配置输入引脚	37
8.1.2. 配置输出引脚	38
8.1.3. 读取引脚状态	42

8.2. 图像采集控制	42
8.2.1. 开始采集/停止采集	42
8.2.1.1. 开始采集	42
8.2.1.2. 停止采集	43
8.2.2. 采集模式	44
8.2.3. 触发类型选择	45
8.2.4. 触发模式切换	46
8.2.5. 连续采集及其配置	48
8.2.6. 软触发采集及其配置	48
8.2.7. 外触发采集及其配置	48
8.2.8. CXPTrigger 采集及配置	49
8.2.9. 交叠曝光和非交叠曝光	50
8.2.10. 设置曝光	51
8.2.10.1. 设置曝光模式	51
8.2.10.2. 设置 Sensor 曝光模式	53
8.2.10.3. 设置曝光时间模式	55
8.2.10.4. 设置曝光时间值	56
8.2.11. 曝光延迟	56
8.3. 基本属性设置	58
8.3.1. 增益	58
8.3.2. Sensor 位深	58
8.3.3. PGA 增益	59
8.3.4. 像素格式	59
8.3.5. ROI	63
8.3.6. 自动曝光和自动增益	63
8.3.7. 测试图	65
8.3.8. 参数组	66
8.3.9. 用户自定义名称	68
8.3.10. 像素抽样	69
8.3.11. 镜像翻转	71
8.3.12. 采集状态	73

8.3.13. 黑电平和自动黑电平	73
8.3.13.1. 黑电平	73
8.3.13.2. 自动黑电平	73
8.3.14. 取消参数范围限制	73
8.3.15. 用户数据区	75
8.3.16. 定时器	75
8.3.17. 计数器	76
8.4. 图像处理	77
8.4.1. 环境光源预设	77
8.4.2. 自动白平衡	78
8.4.3. 颜色转换	78
8.4.4. Gamma	79
8.4.5. 查找表	80
8.4.6. 静态坏点校正	81
8.4.7. 饱和度	82
8.4.8. 色相	82
8.4.9. 对比度	83
8.4.10. 亮度	84
8.4.11. 锐化	84
8.4.12. 降噪	85
8.5. 图像传输	85
8.5.1. 帧率计算	85
8.5.2. CoaXPress 接口带宽	86
8.5.3. 设备链路带宽限制	86
8.5.4. 相机采集时间计算	87
8.6. 序列	91
8.6.1. 设置界面	91
8.6.2. 使用说明	92
8.7. 过温保护	93
8.7.1. 设备温度	93
8.7.2. 设备温度状态	93

8.7.3. 过温保护机制说明.....	94
8.7.3.1. 温度上升过程.....	94
8.7.3.1.1. 临界温度阈值.....	94
8.7.3.1.2. 超温阈值	94
8.7.3.2. 温度下降过程.....	94
8.7.3.2.1. 超温阈值	95
8.7.3.2.2. 临界温度阈值.....	95
9. 软件工具.....	96
9.1. 查找表生成插件	96
9.1.1. 界面.....	96
9.1.2. 使用说明	97
9.1.2.1. 使用场景	97
9.1.2.2. 基准 LUT 选择.....	98
9.1.2.3. 调整 LUT	101
9.1.2.4. 保存查找表	101
9.1.2.5. 读取 LUT	102
9.2. 帧率计算工具	102
9.3. 静态坏点校正插件	103
9.3.1. 界面.....	104
9.3.2. 使用说明	105
9.3.2.1. 执行静态坏点校正步骤	105
9.3.2.2. 捕获图像	106
9.3.2.3. 静态坏点校正.....	106
9.3.2.4. 坏点数据文件使用	107
10. 常见问题处理.....	108
11. 版本说明.....	109
12. 联系方式.....	110
12.1. 销售联系方式	110
12.2. 技术支持联系方式	110

12.3. 总部及各办事处联系方式..... 110

1. 概述

1.1. 系列概述

水星三代 (MERCURY3) CoaXPress 系列数字相机是由大恒图像自主研发的新系列产品，多种分辨率、帧率的相机型号可供选择，具有图像质量清晰、超低功耗、体积极小、传输速度快、传输稳定性高的特点。

水星三代 CoaXPress 系列数字相机通过 CoaXPress 数据接口进行图像数据的传输，能稳定工作在各种恶劣环境下，是高可靠性、高传输速度、高图像质量的工业数字相机产品，适用于新能源检测、PCB 检测、装配验证以及消费电子等对图像传输速度及稳定性要求严格、相机尺寸有使用限制的领域。

1.2. 型号名称说明

水星三代 (MERCURY3) CoaXPress 接口数字相机的详细信息在下文功能/性能列表给出。每一个相机型号由其 Sensor 最大分辨率、最大分辨率下最大帧率，以及 Sensor 的彩色/黑白类型确定。



图 1-1 相机型号定义说明

1.3. 遵循的标准

相机遵循 CoaXPress2.0 标准，可以配合当前主流厂商 Matrox、Euresys、大恒图像的采集卡进行图像采集及控制。

1.4. 相关文档及软件下载

产品相关说明文档、CAD/3D 图，驱动软件，相关工具可以访问大恒图像官网[下载中心](#)下载。

2. 注意事项及认证声明

2.1. 安全声明

安装和使用大恒图像产品之前，请仔细阅读本说明书并严格遵守使用要求，本产品应在符合规格要求的环境下使用，否则可能造成故障，对于因未正确使用本产品以及忽略安全说明而造成的任何损坏或伤害，本公司将不承担任何法律责任。

对于文档中出现的符号，说明如下所示。

符号	说明
	说明：表示对正文的补充和解释
	注意：表示有潜在风险，提醒用户一些重要操作或防范潜在的伤害和财产损失危险
	警告：表示有潜在风险，如果不加避免，有可能造成伤害事故、设备损坏或业务中断
	危险：表示有高度潜在风险，如果不加避免，有可能造成人员伤亡的重大危险

2.2. 使用注意事项

产品使用	
 警告	1) 请勿在有振动、高温、潮湿、灰尘、强磁场、爆炸性/腐蚀性烟雾或气体的极端环境中安装和操作产品，可能会损坏相机设备、引起火灾或电击危险。 2) 禁止将产品直接对准高强度光源，可能会损坏图像传感器。 3) 若产品出现机身损坏、冒烟或发出杂音等不正常现象，请立即关掉电源并拔掉电源线，及时与大恒图像技术支持联系。 4) 禁止私自拆卸、修理或改装产品，可能会损坏相机设备或引起电击危险。 5) 产品安装使用过程中，必须严格遵守国家和使用地区的各项电气安全规定。 6) 请使用正规厂商提供的符合相机功率限制要求的电源适配器，否则会损坏相机。
 注意	1) 开箱前请检查产品包装是否完好，有无破损、变形等现象。 2) 开箱后请仔细查验产品及配件数量、外观有无异常。 3) 请按照产品规定的储存与运输条件进行储存与运输，储存温度、湿度应满足要求。
人身安全	
 警告	1) 严禁在通电状态下进行设备接线、拆线、检修等操作，否则可能会有触电的风险。 2) 必须按照规定进行相机安装及使用，否则可能会有掉落、砸伤的风险。 3) 相机镜头接口和风扇的边缘较为锋利，安装或使用，注意划伤风险。 4) 散热条件不好的情况下，相机长时间运行，相机温度较高，禁止用手触摸，注意烫伤风险。

2.3. EMI、ESD 注意事项

在使用过程中应从电磁干扰（EMI，Electro Magnetic Interference）和静电释放（ESD，Electro-Static discharge）两个方面保证相机工作在相对较好的电磁环境中，主要措施包括：

- 1) 推荐使用 CoaXPress 官方认证的线缆。
- 2) 高质量的线缆有屏蔽层能有效防止电磁干扰，屏蔽线的屏蔽层应就近接地，不能甩出很长才接地；有多个设备需要接地时，应采用单点接地方式，防止形成地环路。
- 3) 相机应尽量远离高压、高电流等强干扰设备，如电机、变频器、继电器等。如无法避免，应想办法做屏蔽保护。
- 4) 人体或者其他设备接触相机前，应先接触金属机架释放静电，以免对相机造成损坏。
- 5) 如果条件允许尽量将相机外壳接地处理（例如：安装点位的机架接地）。

2.4. 使用环境注意事项

2.4.1. 相机使用温度注意事项

工业相机内部的感光元器件是实现图像采集的核心部件，其性能对温度变化极为敏感。相机工作过程中温度升高，超过要求工作温度，会影响图像采集质量与系统运行稳定性。因此，了解温度参数并合理规划现场安装，是提升工业相机性能的关键所在。

相机工作温度：0℃~45℃，湿度 10%~80%；储存温度：-20℃~70℃。

2.4.2. 相机外壳散热的基本过程

电子元器件（如芯片、传感器）工作时产生的热量，通过导热胶垫等结构传导至相机外壳。在无额外散热措施时，外壳主要依靠自然对流（空气与外壳表面的热交换）和热辐射（以红外形式向周围环境散热）释放热量。随着散热过程进行，外壳温度逐渐上升，当单位时间内散热量与元器件产热量相等时，达到热平衡状态，此时相机温度趋于稳定。

2.4.3. 相机外壳散热方案

工业相机在运行时会产生热量，大部分相机通过安装件固定于设备或平台。利用安装件散热的核心原理是热传导：将相机产生的热量通过安装件导至金属安装平台（如铝、钢等导热性良好的材质），再借助平台与空气的接触或额外散热装置（如风扇、散热片）将热量散出。这种方式可大幅提高散热效率，避免相机因过热导致性能下降或硬件损坏。

相机推荐散热方案：

- 1) 镜头散热：相机使用时需必须安装镜头使用，来辅助相机散热。

- 2) 安装散热器: 如下图所示, 为保证相机良好的图像质量, 可以安装相机适配的散热器来为相机散热。

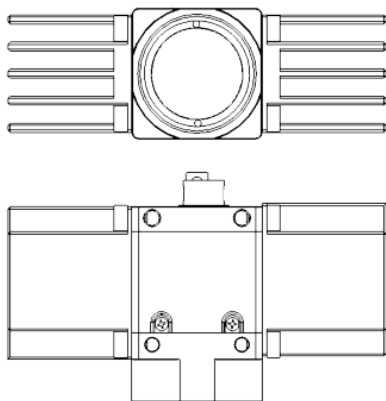


图 2-1 加装散热翅

- 3) 相机安装: 相机与导热良好的金属板固定, 如下图所示, 固定板可以将相机大部分热量传导至固定系统中, 从而将热量散出。建议相机安装时使用高导热系数固定板, 固定板面积越大, 与相机贴合面积越大相机散热效果越好, 同时固定相机时需注意均匀拧紧螺钉, 避免局部压力不均导致接触面积减小。



图 2-2 相机安装固定板

- 4) 空气散热: 可以通过风扇和空调等通风设备, 增加相机表面的空气流动和降低相机周围的空气温度, 加强相机向空气中的对流散热。

2.4.4. 相机使用过程注意事项

- 1) 相机传感器有防尘密封设计, 可有效防止尘土进入传感器表面。但打开镜头盖会使尘土进入滤色片/增透片表面, 所以相机未使用时, 应保持镜头盖拧紧。
- 2) CXP 采集卡建议选取大恒图像采集卡、Matrox、Euresys 品牌厂商的 CXP 采集卡, 且关注采集卡与相机速率否匹配。
- 3) 多通道相机应使用符合 CoaXPress 官方认证的 75Ω 同轴电缆作为高速数据传输的物理介质。
- 4) 请带着原始包装运输, 到达相机使用地点后再打开包装。

2.5. 相机机械安装注意事项

1. 相机安装要求

- 1) 相机安装螺纹孔均采用 M3 螺钉，安装要求螺钉与相机的旋合长度在 2.5mm ~ 2.7mm 之间。
- 2) 螺钉装配扭矩 $\leq 1\text{N}\cdot\text{m}$ 。如螺钉装配扭矩过大，可能会造成相机螺纹滑丝。

2. 大恒配套固定块使用说明

- 1) 相机安装螺钉要求使用 M3*6 内六角圆柱头螺钉。
- 2) 螺钉通过固定板后，直接与相机螺纹装配。
- 3) 大恒配套固定块不需使用弹垫。

2.6. 认证声明

1) CE、RoHS 认证：

本公司声明大恒图像水星三代 CoaXPress 数字相机通过以下欧盟认证指令：

- 2014/30/EU—电磁兼容性指令
- 2011/65/EU—特定危险物质禁用指令（RoHS），及其修订指令 2015/863/EU

2) FCC 认证

此设备符合 FCC 规则第 15 部分且操作须符合以下条件：

- 设备可能产生有害干扰
- 设备能接受其他干扰，包括可能影响设备工作的干扰



根据 FCC 规则第 15 部分的规定，本设备经过测试，符合 A 类数字设备的限制。

3. 安装指南

3.1. 主机端准备

3.1.1. 用户软件组成

大恒图像 Galaxy SDK 软件包，用于控制相机来提供稳定、实时的图像传输，并提供了免费的 SDK 和丰富的二次开发示例源码，该软件包由以下模块组成：

- 1) 驱动包（Driver），提供了相机的驱动程序，如：GigE Vision 相机的过滤驱动；
- 2) 接口库（API），包括相机控制接口库和图像处理接口库，支持用户进行二次开发；
- 3) 演示程序（GalaxyView.exe），用于展示相机的控制、采集和图像处理功能，用户可以直接通过演示程序来控制相机，也可以基于相机的接口库开发自己的控制程序；
- 4) 示例程序（Sample），演示相机功能的示例源码，用户可以方便的使用这些示例程序来进行简单控制，也可以参考这些示例程序来开发自己的控制程序；
- 5) 软件开发说明书，该说明书是用户编程指引，用于指导用户如何配置编程环境，如何通过相机的接口库来实现相机的控制和采集。

您可以从 www.daheng-imaging.com 下载中心，下载最新版的相机软件包。

3.1.2. 用户软件接口

Galaxy SDK 相机软件包安装之后，用户除了可以使用我们提供的演示程序和示例程序控制相机，也可以通过编写自己的程序来控制相机，我们给用户提供了三种编程接口，用户可以根据自己的需求选择使用：

1) API 接口

为了简化用户的编程复杂度，为用户提供了用户控制相机的通用编程接口 GxI API 和图像处理算法接口 DxImageProc，并提供了基于此接口开发的示例程序和软件开发说明。API 接口支持 C/C++/C#/Python 等语言。

2) GenTL 接口

此接口是 Gen<i>Cam 标准中通用传输层（General Transport Layer）的标准输出接口，我们遵循 Gen<i>Cam 标准给用户提供了 GenTL 接口，用户可以直接通过 GenTL 接口开发自己的控制程序。此外，用户也可以使用一些支持 Gen<i>Cam 标准的第三方软件来控制相机，比如：HALCON。

3) CoaXPress Vision 接口

相机遵循 CoaXPress Vision2.0 协议，用户可以自行开发基于 CoaXPress Vision 协议的上位机软件来控制相机。

● 备注

GENiCAM 标准：是由欧洲机器视觉协会（EMVA）颁布，目标是为所有类型的相机提供一个统一的编程接口。无论相机使用的是哪种传输协议或者实现了哪些功能，编程接口（API）都是一样的。主要包含以下模块：

- GenAPI：主要负责 XML 文件的解析，解决如何去配置相机的问题
- GenTL：传输层，用于设备枚举、属性控制，以及图像采集
- SFNC：属性标准命名协议

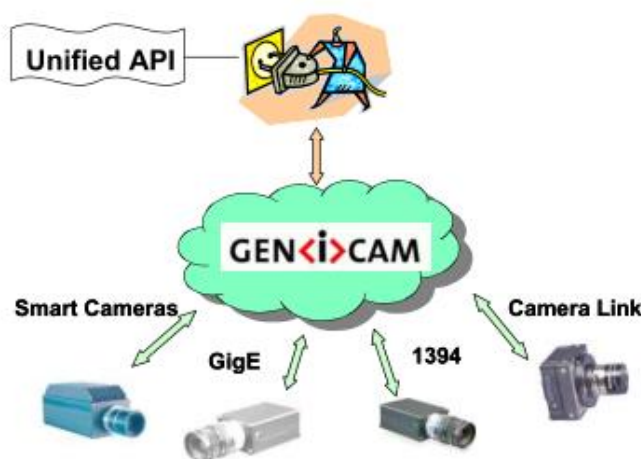


图 3-1 GENiCAM 标准示意图

3.2. 相机供电

水星三代（MERCURY3）CoaXPress 系列数字相机采用 PoCXP 供电方式，不支持外接电源供电。

3.3. 相机连接

首先需要在计算机中安装了 CoaXPress 2.0 的采集卡及相关配套软件，准备同轴电缆用于相机和 CXP-12 采集卡之间的链路连接。

要将相机连接到电脑，请按照以下步骤操作。

- 1) 将同轴电缆的一端插入相机上 CXP 连接器，将同轴电缆另一端插入计算机中 CXP-12 采集卡的同轴通道。
- 将官方适配线缆 6-pin 的航插接口连接到相机上的航插接头上
- 2) 验证所有电缆连接是否牢固。
- 3) 相机本身支持采集卡的 PoCXP 供电，需要在计算机断电的条件下将采集卡的电源接口与计算机机箱供电先连接好。

3.4. 第三方采集卡控制相机

用户需要先安装好采集卡厂商提供的安装包,使用采集卡对应的演示程序及 API 接口对相机进行控制,目前主要支持 Matrox、Euresys 以及美乐威采集卡。大恒图像也同时提供了演示程序 (GalaxyView.exe), 用于展示相机的控制、采集和图像处理功能,用户可以直接通过演示程序加载不同采集卡厂商 TL 库的方式来控制相机。当使用 GalaxyView.exe 加载不同厂商采集卡的 TL 库的方式控制相机时,由于不同厂商采集卡 TL 库实现的差异性, GalaxyView.exe 软件可能会遇到一些兼容的问题,具体参见第 9.3.2 章使用说明章节。对于相机的一些功能需要使用配套软件进行操作,如 LUT、静态坏点功能,Matrox 采集卡推荐使用提供的小工具来进行控制。您可以与技术支持联系,获取支持第三方 TL 库功能的相机演示程序安装包及 LUT 和静态坏点工具。

1. GalaxyView 增加打开第三方 TL 库功能。具体操作步骤如下:

- 1) 打开 GalaxyView, 鼠标右键设备列表中的加载 GenTL, 弹出菜单栏添加 cti 文件和清除 cti 文件。
- 2) 选择添加 cti 文件, 弹出 TL 文件选择对话框。



图 3-2 加载采集卡提供的 TL 文件

3) 选择 TL 文件后 GalaxyView 自动加载当前选择的 cti 文件。

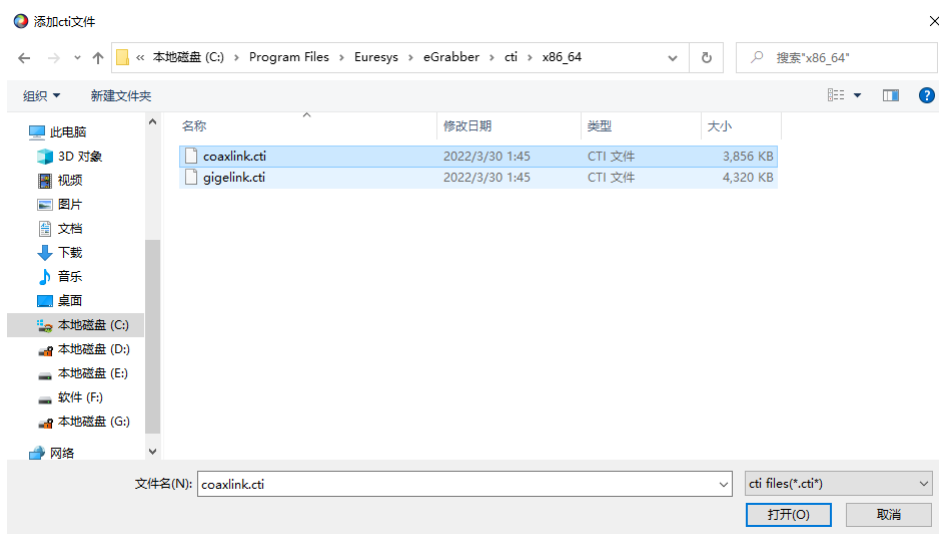


图 3-3 Euresys 卡加载 TL 文件

- 4) 此时“加载 GenTL”下会显示当前采集卡名称，双击采集卡名称加载采集卡连接的 CXP 相机。



使用 CXP 相机请自行加载 CXP 卡对应的 TL 文件。

2. 使用第三方采集卡 TL 库对相机进行升级。

如果用户使用第三方采集卡对相机进行升级，可以打开在线升级工具，右键点击加载 GenTL，选择采集卡的 TL 库即可进行大恒图像 CXP 相机的固件升级。



图 3-4 Euresys 卡在线升级相机固件

4. 性能参数

4.1. 重要参数解释

4.1.1. 关于光谱响应图

QE 为量子效率，它是在某一特定波长下单位时间内产生的平均光电子数与入射光子数之比。

灵敏度是传感器输出信号相对入射光能量的变化，常用的灵敏度单位为 $V/((W/m^2) \cdot s)$ 、 $V/lux \cdot s$ 、 $e^-/((W/m^2) \cdot s)$ 或 $DN/((W/m^2) \cdot s)$ 。

不同厂家给出的光谱响应图不同，有的光谱响应图纵坐标是相对灵敏度响应，横坐标是波长。有的光谱响应图纵坐标是量子效率，横坐标是波长。

4.2. MER3-CXP 系列

4.2.1. MER3-514-235X2M/C

规格	MER3-514-235X2C	MER3-514-235X2M
分辨率	2448 × 2048	
传感器	定制 global shutter CMOS	
靶面尺寸	2/3 inch	
像元尺寸	3.4μm × 3.4μm	
帧率	235.5fps @ 2448 × 2048	
模数转换精度	10bit, 12bit	
像素深度	8bit, 10bit, 12bit	
黑白/彩色	彩色	黑白
像素格式	Bayer GB8 / Bayer GB10/ Bayer GB12	Mono8 / Mono10 / Mono12
信噪比	39.3dB	39.3dB
曝光模式	Global shutter	
曝光时间	标准：6μs ~ 1s，实际步长：1μs	
增益	数字增益：0dB ~ 16dB；默认值 0dB，步长 0.1dB 模拟增益：10bit：1×~2.02×；12bit：1×~6.47×；默认值 1×	
Binning	不支持	
像素抽样	水平 FPGA，垂直 Sensor：1×1，1×2，1×4，2×1，2×2，2×4，4×1，4×2，4×4	

同步方式	外触发、软触发
I/O 接口	1 路光耦隔离输入，2 路双向 GPIO
工作温度	0°C ~ 45°C
储存温度	-20°C ~ 70°C
工作湿度	10% ~ 80%
散热方式	无主动散热，可配装散热翅
功率	3.6W@PoCXP
镜头接口	C
数据接口	CXP-12 × 1 (HD-BNC)
机械尺寸	29mm × 29mm × 34mm（不含 C 接口长度、航插长度）
重量	60g
操作系统	支持 Win7，Win8，Win10，Win11 配置
可编程控制	图像尺寸，增益，曝光时间，触发极性，闪光灯极性等
认证	CE, RoHS, FCC, ICES, UKCA, CoaXPress2.0, GenICam

表 4-1 MER3-514-235X2M/C 相机性能规格

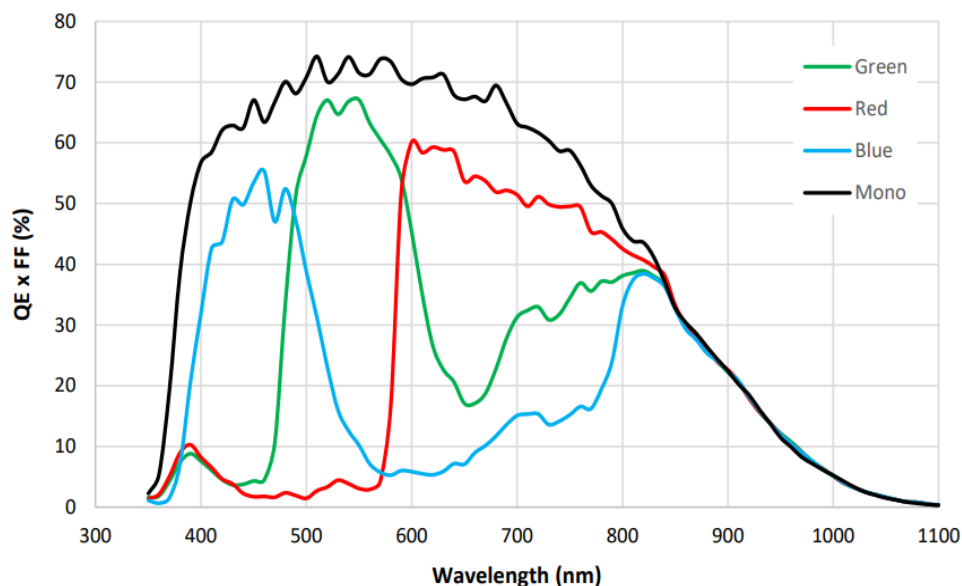


图 4-1 MER3-514-235X2M/C SENSOR 响应曲线

4.2.2. MER3-515-131X2M/C

规格	MER3-515-131X2C	MER3-515-131X2M
分辨率	2448 × 2048	
传感器	Sony IMX548 global shutter CMOS	
靶面尺寸	1/1.8 inch	
像元尺寸	2.74μm × 2.74μm	
帧率	130.9fps @ 2448 × 2048	
模数转换精度	10bit, 12bit	
像素深度	8bit, 10bit, 12bit	
黑白/彩色	彩色	黑白
像素格式	Bayer RG8 / Bayer RG10/ Bayer RG12	Mono8 / Mono10 / Mono12
信噪比	Bayer RG10: 38.728dB Bayer RG12: 38.597dB	Mono10: 39.8dB Mono12: 39.797dB
曝光模式	Global shutter	
曝光时间	极小: 1μs ~ 2.4μs, 实际步长: 0.1μs 标准: 3μs ~ 1s, 实际步长: linetime	
增益	数字增益: 0dB ~ 16dB; 默认值 0dB, 步长 0.1dB 模拟增益: 10bit: 1×; 12bit: 1×~12.19×; 默认值 1×	
Binning	不支持	Sensor: 1×1, 2×2
像素抽样	Sensor: 1×1, 2×2	
同步方式	外触发、软触发	
I/O 接口	1 路光耦隔离输入, 2 路双向 GPIO	
工作温度	0°C ~ 45°C	
储存温度	-20°C ~ 70°C	
工作湿度	10% ~ 80%	
散热方式	无主动散热, 可配装散热翅	
功率	3.24W@PoCXP	
镜头接口	C	
数据接口	CXP-12 × 1 (HD-BNC)	
机械尺寸	29mm × 29mm × 34mm (不含 C 接口长度、航插长度)	
重量	60g	

操作系统	支持 Win7，Win8，Win10，Win11 配置
可编程控制	图像尺寸，增益，曝光时间，触发极性，闪光灯极性
认证	CE，RoHS，FCC，ICES，UKCA，CoaXPress2.0，GenICam

表 4-2 MER3-515-131X2M/C 相机性能规格

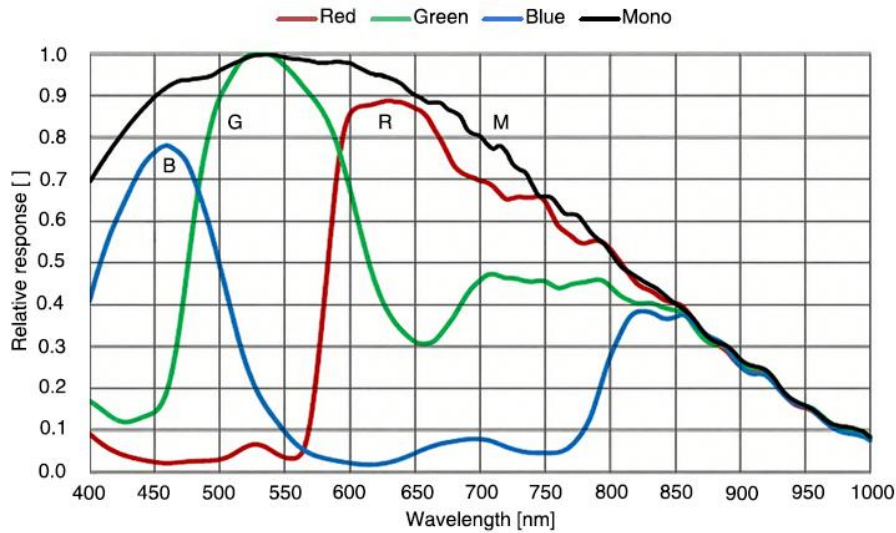


图 4-2 MER3-515-131X2M/C SENSOR 响应曲线

4.2.3. MER3-800-86X2M/C

规格	MER3-800-86X2C	MER3-800-86X2M
分辨率	2840 × 2840	
传感器	Sony IMX546 global shutter CMOS	
靶面尺寸	2/3 inch	
像元尺寸	2.74μm × 2.74μm	
帧率	86.76fps @ 2840 × 2840	
模数转换精度	8bit, 10bit, 12bit	
像素深度	8bit, 10bit, 12bit	
黑白/彩色	彩色	黑白
像素格式	Bayer RG8 / Bayer RG10/ Bayer RG12	Mono8 / Mono10 / Mono12
信噪比	Bayer RG8: 39.914dB Bayer RG10: 39.948dB Bayer RG12: 40.082dB	Mono8: 39.663dB Mono10: 39.58dB Mono12: 39.917dB
曝光模式	Global shutter	

曝光时间	极小：1 μ s ~ 2.4 μ s，实际步长：0.1 μ s 标准：3 μ s ~ 1s，实际步长：linetime	
增益	AnalogALL：0dB ~ 24dB；默认值 0dB，步长 0.1dB	
Binning	不支持	Sensor：1 $\times$ 1，2 $\times$ 2
像素抽样	Sensor：1 $\times$ 1，2 $\times$ 2	
同步方式	外触发、软触发	
I/O 接口	1 路光耦隔离输入，2 路双向 GPIO	
工作温度	0 $^{\circ}$ C ~ 45 $^{\circ}$ C	
储存温度	-20 $^{\circ}$ C ~ 70 $^{\circ}$ C	
工作湿度	10% ~ 80%	
散热方式	无主动散热，可配装散热翅	
功率	3.235W@PoCXP	3.164W@PoCXP
镜头接口	C	
数据接口	CXP-12 $\times$ 1 (HD-BNC)	
机械尺寸	29mm $\times$ 29mm $\times$ 34mm（不含 C 接口长度、航插长度）	
重量	60g	
操作系统	支持 Win7，Win8，Win10，Win11 配置	
可编程控制	图像尺寸，增益，曝光时间，触发极性，闪光灯极性等	
认证	CE，RoHS，FCC，ICES，UKCA，CoaXPress2.0，GenICam	

表 4-3 MER3-800-86X2M/C 相机性能规格

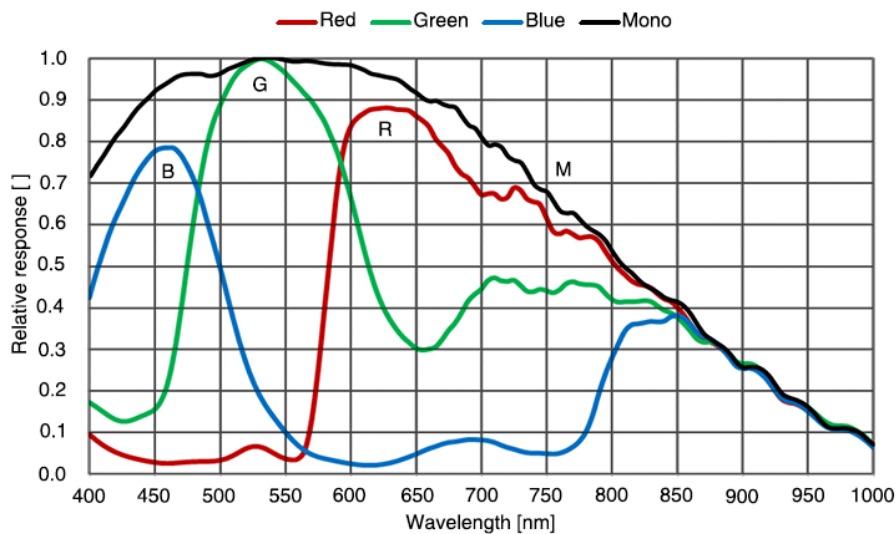


图 4-3 MER3-800-86X2M/C SENSOR 响应曲线

4.2.4. MER3-1221-68X2M/C

规格	MER3-1221-68X2C	MER3-1221-68X2M
分辨率	4096 × 3000	
传感器	Sony IMX545 global shutter CMOS	
靶面尺寸	1/1.1 inch	
像元尺寸	2.74μm × 2.74μm	
帧率	68.24fps @ 4096 × 3000	
模数转换精度	8bit, 10bit, 12bit	
像素深度	8bit, 10bit, 12bit	
黑白/彩色	彩色	黑白
像素格式	Bayer RG8 / Bayer RG10/ Bayer RG12	Mono8 / Mono10 / Mono12
信噪比	Bayer RG8: 39.192dB Bayer RG10: 39.241dB Bayer RG12: 39.944dB	Mono8: 39.084dB Mono10: 39.333dB Mono12: 40.008dB
曝光模式	Global shutter	
曝光时间	极小: 1μs ~ 2.4μs, 实际步长: 0.1μs 标准: 3μs ~ 1s, 实际步长: linetime	
增益	AnalogALL: 0dB ~ 24dB; 默认值 0dB, 步长 0.1dB	
Binning	不支持	Sensor: 1×1, 2×2
像素抽样	Sensor: 1×1, 2×2	
同步方式	外触发、软触发	
I/O 接口	1 路光耦隔离输入, 2 路双向 GPIO	
工作温度	0°C ~ 45°C	
储存温度	-20°C ~ 70°C	
工作湿度	10% ~ 80%	
散热方式	无主动散热, 可配装散热翅	
功率	3.155W@PoCXP	3.255W@PoCXP
镜头接口	C	
数据接口	CXP-12 × 1 (HD-BNC)	
机械尺寸	29mm × 29mm × 34mm (不含 C 接口长度、航插长度)	
重量	60g	

操作系统	支持 Win7，Win8，Win10，Win11 配置
可编程控制	图像尺寸，增益，曝光时间，触发极性，闪光灯极性
认证	CE，RoHS，FCC，ICES，UKCA，CoaXPress2.0，GenICam

表 4-4 MER3-1221-68X2M/C 相机性能规格

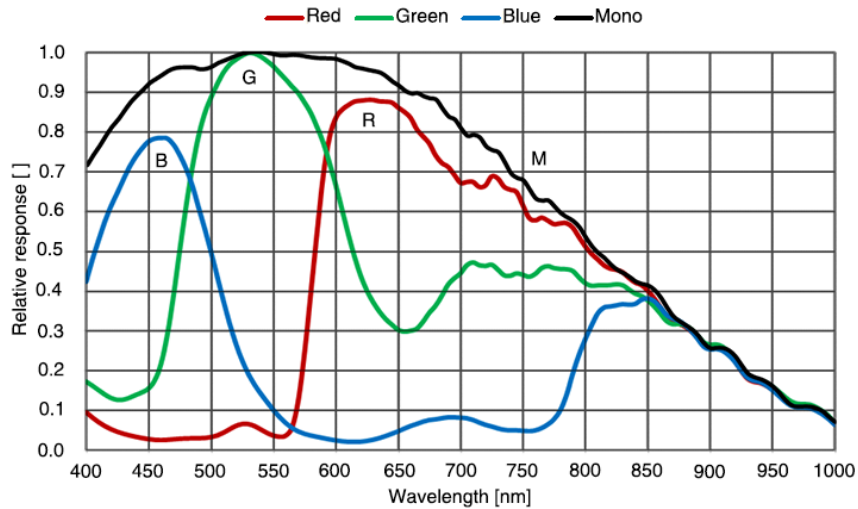


图 4-4 MER3-1221-68X2M/C SENSOR 响应曲线

4.2.5. MER3-1250-94X2M/C

规格	MER3-1250-94X2C	MER3-1250-94X2M
分辨率	4096 × 3072	
传感器	GMAX3412 global shutter CMOS	
靶面尺寸	1.1 inch	
像元尺寸	3.4μm × 3.4μm	
帧率	94.1fps @ 4096 × 3072	
模数转换精度	10bit, 12bit	
像素深度	8bit, 10bit, 12bit	
黑白/彩色	彩色	黑白
像素格式	Bayer GB8 / Bayer GB10/ Bayer GB12	Mono8 / Mono10 / Mono12
信噪比	39.8dB	39.8dB
曝光模式	Global shutter	
曝光时间	极小：6.5μs ~ 27.9μs，实际步长：0.1μs 标准：28μs ~ 1s，实际步长：1μs	

增益	数字增益：0dB ~ 16dB；默认值 0dB，步长 0.1dB 模拟增益：10bit：1×；12bit：1×~12.19×；默认值 1×
Binning	不支持
像素抽样	水平 FPGA，垂直 Sensor：1×1，1×2，1×4，2×1，2×2，2×4，4×1，4×2，4×4
同步方式	外触发、软触发
I/O 接口	1 路光耦隔离输入，2 路双向 GPIO
工作温度	0℃ ~ 45℃
储存温度	-20℃ ~ 70℃
工作湿度	10% ~ 80%
散热方式	无主动散热，可配装散热翅
功率	4.6W@PoCXP
镜头接口	C
数据接口	CXP-12 × 1 (HD-BNC)
机械尺寸	29mm × 29mm × 33.9mm（不含 C 接口长度、航插长度）
重量	60g
操作系统	支持 Win7，Win8，Win10，Win11 配置
可编程控制	图像尺寸，增益，曝光时间，触发极性，闪光灯极性等
认证	CE，RoHS，FCC，ICES，UKCA，CoaXPress2.0，GenICam

表 4-5 MER3-1250-94X2M/C 相机性能规格

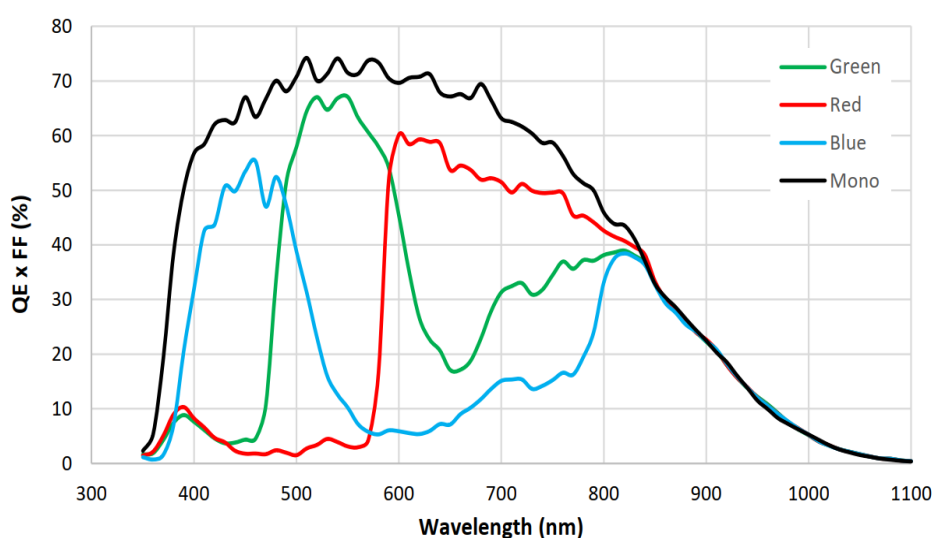


图 4-5 MER3-1250-94X2M/C SENSOR 响应曲线

4.2.6. MER3-1610-52X2M/C

规格	MER3-1610-52X2C	MER3-1610-52X2M
分辨率	5320 × 3032	
传感器	Sony IMX542 global shutter CMOS	
靶面尺寸	1.1 inch	
像元尺寸	2.74μm × 2.74μm	
帧率	52.58fps @ 5320 × 3032	
模数转换精度	8bit, 10bit, 12bit	
像素深度	8bit, 10bit, 12bit	
黑白/彩色	彩色	黑白
像素格式	Bayer RG8 / Bayer RG10/ Bayer RG12	Mono8 / Mono10 / Mono12
信噪比	Bayer RG8: 40.293dB Bayer RG10: 40.422dB Bayer RG12: 40.319dB	Mono8: 40.149dB Mono10: 40.21dB Mono12: 40.324dB
曝光模式	Global shutter	
曝光时间	极小: 1μs ~ 2.4μs, 实际步长: 0.1μs 标准: 3μs ~ 1s, 实际步长: linetime	
增益	AnalogALL: 0dB ~ 24dB; 默认值 0dB, 步长 0.1dB	
Binning	不支持	Sensor: 1×1, 2×2
像素抽样	Sensor: 1×1, 2×2	
同步方式	外触发、软触发	
I/O 接口	1 路光耦隔离输入, 2 路双向 GPIO	
工作温度	0°C ~ 45°C	
储存温度	-20°C ~ 70°C	
工作湿度	10% ~ 80%	
散热方式	无主动散热, 可配装散热翅	
功率	3.627W@PoCXP	3.75W@PoCXP
镜头接口	C	
数据接口	CXP-12 × 1 (HD-BNC)	
机械尺寸	29mm × 29mm × 34mm (不含 C 接口长度、航插长度)	
重量	60g	

操作系统	支持 Win7，Win8，Win10，Win11 配置
可编程控制	图像尺寸，增益，曝光时间，触发极性，闪光灯极性
认证	CE，RoHS，FCC，ICES，UKCA，CoaXPress2.0，GenICam

表 4-6 MER3-1610-52X2M/C 相机性能规格

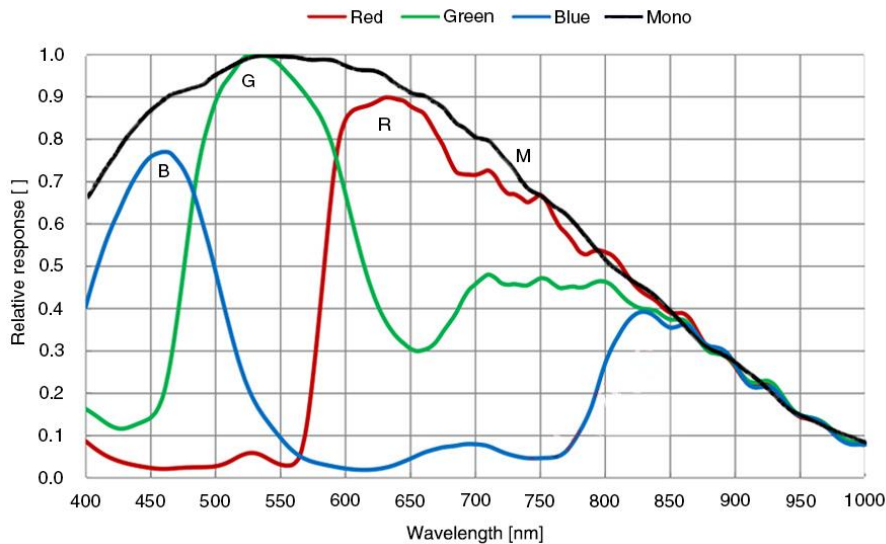


图 4-6 MER3-1610-52X2M/C SENSOR 响应曲线

4.2.7. MER3-2020-42X2M/C

规格	MER3-2020-42X2C	MER3-2020-42X2M
分辨率	4504 × 4504	
传感器	Sony IMX541 global shutter CMOS	
靶面尺寸	1.1 inch	
像元尺寸	2.74μm × 2.74μm	
帧率	42.74fps @ 4504 × 4504	
模数转换精度	8bit, 10bit, 12bit	
像素深度	8bit, 10bit, 12bit	
黑白/彩色	彩色	黑白
像素格式	Bayer RG8 / Bayer RG10/ Bayer RG12	Mono8 / Mono10 / Mono12
信噪比	Bayer RG8: 40.505dB Bayer RG10: 40.588dB Bayer RG12: 40.493dB	Mono8: 40.144dB Mono10: 40.224dB Mono12: 40.162dB
曝光模式	Global shutter	

曝光时间	极小：1 μ s ~ 2.4 μ s，实际步长：0.1 μ s 标准：3 μ s ~ 1s，实际步长：linetime	
增益	AnalogALL：0dB ~ 24dB；默认值 0dB，步长 0.1dB	
Binning	不支持	Sensor：1 $\times$ 1，2 $\times$ 2
像素抽样	Sensor：1 $\times$ 1，2 $\times$ 2	
同步方式	外触发、软触发	
I/O 接口	1 路光耦隔离输入，2 路双向 GPIO	
工作温度	0 $^{\circ}$ C ~ 45 $^{\circ}$ C	
储存温度	-20 $^{\circ}$ C ~ 70 $^{\circ}$ C	
工作湿度	10% ~ 80%	
散热方式	无主动散热，可配装散热翅	
功率	3.582W@PoCXP	3.614W@PoCXP
镜头接口	C	
数据接口	CXP-12 $\times$ 1 (HD-BNC)	
机械尺寸	29mm $\times$ 29mm $\times$ 34mm（不含 C 接口长度、航插长度）	
重量	60g	
操作系统	支持 Win7，Win8，Win10，Win11 配置	
可编程控制	图像尺寸，增益，曝光时间，触发极性，闪光灯极性等	
认证	CE，RoHS，FCC，ICES，UKCA，CoaXPress2.0，GenICam	

表 4-7 MER3-2020-42X2M/C 相机性能规格

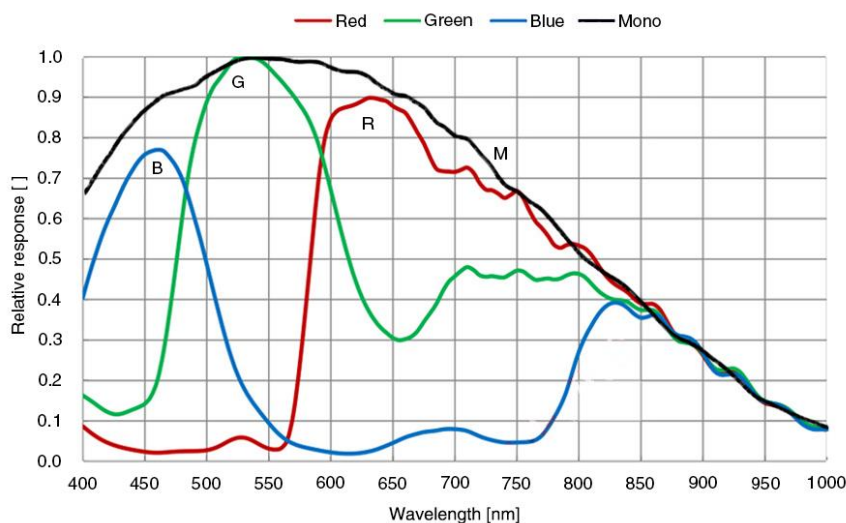


图 4-7 MER3-2020-42X2M/C SENSOR 响应曲线

4.2.8. MER3-2440-35X2M/C

规格	MER3-2440-35X2C	MER3-2440-35X2M
分辨率	5320 × 4600	
传感器	Sony IMX540 global shutter CMOS	
靶面尺寸	1.2 inch	
像元尺寸	2.74μm × 2.74μm	
帧率	35.10fps @ 5320 × 4600	
模数转换精度	8bit, 10bit, 12bit	
像素深度	8bit, 10bit, 12bit	
黑白/彩色	彩色	黑白
像素格式	Bayer RG8 / Bayer RG10/ Bayer RG12	Mono8 / Mono10 / Mono12
信噪比	Bayer RG8: 40.145dB Bayer RG10: 40.278dB Bayer RG12: 40.205dB	Mono8: 40.149dB Mono10: 40.175dB Mono12: 40.311dB
曝光模式	Global shutter	
曝光时间	极小: 1μs ~ 2.4μs, 实际步长: 0.1μs 标准: 3μs ~ 1s, 实际步长: linetime	
增益	AnalogALL: 0dB ~ 24dB; 默认值 0dB, 步长 0.1dB	
Binning	不支持	Sensor: 1×1, 2×2
像素抽样	Sensor: 1×1, 2×2	
同步方式	外触发、软触发	
I/O 接口	1 路光耦隔离输入, 2 路双向 GPIO	
工作温度	0°C ~ 45°C	
储存温度	-20°C ~ 70°C	
工作湿度	10% ~ 80%	
散热方式	无主动散热, 可配装散热翅	
功率	3.593W@PoCXP	3.551W@PoCXP
镜头接口	C	
数据接口	CXP-12 × 1 (HD-BNC)	
机械尺寸	29mm × 29mm × 34mm (不含 C 接口长度、航插长度)	
重量	60g	

操作系统	支持 Win7，Win8，Win10，Win11 配置
可编程控制	图像尺寸，增益，曝光时间，触发极性，闪光灯极性
认证	CE，RoHS，FCC，ICES，UKCA，CoaXPress2.0，GenICam

表 4-8 MER3-2440-35X2M/C 相机性能规格

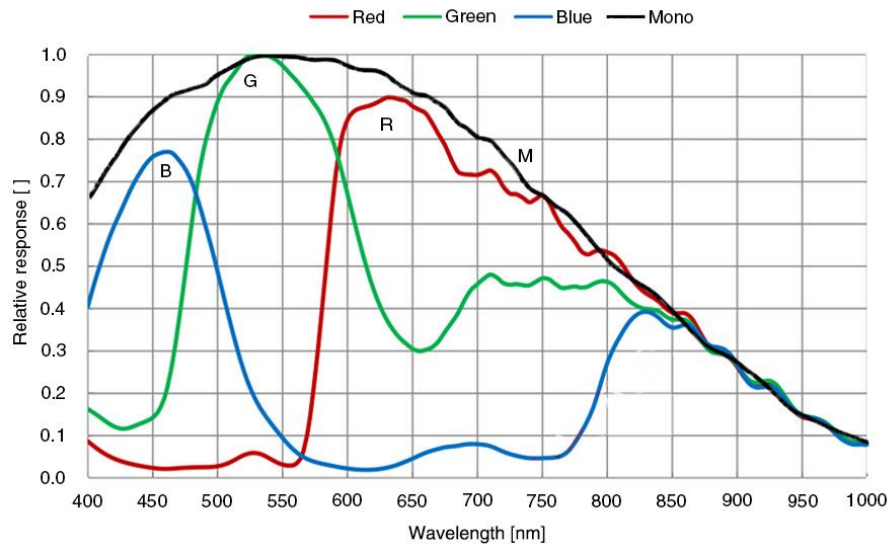


图 4-8 MER3-2440-35X2M/C SENSOR 响应曲线

4.3. MER3-CXP-SWIR 系列

4.3.1. MER3-321-176X2M-SWIR \ MER3-321-224X2M-SWIR

规格	MER3-321-176X2M-SWIR	MER3-321-224X2M-SWIR
分辨率	2080 × 1544	
传感器	Sony IMX993 global shutter CMOS	
靶面尺寸	1/1.8 inch	
像元尺寸	3.45μm × 3.45μm	
帧率	176.30fps @ 2080 × 1544	224.42fps @ 2080 × 1544
模数转换精度	8bit, 10bit, 12bit	
像素深度	8bit, 10bit, 12bit	
黑白/彩色	黑白，短波红外	
像素格式	Mono8 / Mono10 / Mono12	
信噪比	46.252dB	46.114dB
曝光模式	Global shutter	

曝光时间	极小：6 μ s ~ 26 μ s，实际步长：1 μ s 标准：27 μ s ~ 1s，实际步长：1 μ s	
增益	数字增益：0dB ~ 16dB；默认值 0dB，步长 0.1dB	
Binning	不支持	
像素抽样	Sensor：1 $\times$ 1，2 $\times$ 2	
同步方式	外触发，软触发	
I/O 接口	1 路光耦隔离输入，2 路双向 GPIO	
工作温度	0 $^{\circ}$ C ~ 45 $^{\circ}$ C	
储存温度	-20 $^{\circ}$ C ~ 70 $^{\circ}$ C	
工作湿度	10% ~ 80%	
散热方式	无主动散热，可配装散热翅	
功率	3.76W@PoCXP	4W@PoCXP
镜头接口	C	
滤色片/透光片	无	
数据接口	CXP-12 $\times$ 1 (HD-BNC)	
机械尺寸	29mm $\times$ 29mm $\times$ 34mm（不含 C 接口长度、航插长度）	
重量	60g	
操作系统	支持 Win7，Win8，Win10，Win11 配置	
可编程控制	图像尺寸，增益，曝光时间，触发极性，闪光灯极性	
认证	CE，RoHS，FCC，ICES，UKCA，CoaXPress2.0，GenICam	

表 4-9 MER3-321-176X2M-SWIR \ MER3-321-224X2M-SWIR 相机性能规格

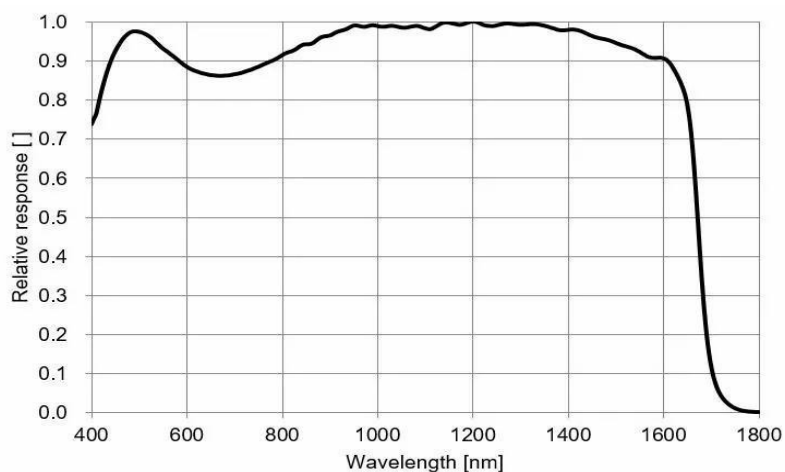


图 4-9 MER3-321-176X2M-SWIR \ MER3-321-224X2M-SWIR 响应曲线

4.3.2. MER3-533-134X2M-SWIR \ MER3-533-170X2M-SWIR

规格	MER3-533-134X2M-SWIR	MER3-533-170X2M-SWIR
分辨率	2592 × 2056	
传感器	Sony IMX992 global shutter CMOS	
靶面尺寸	1/1.4 inch	
像元尺寸	3.45μm × 3.45μm	
帧率	134.12fps @ 2592 × 2056	170.71fps @ 2592 × 2056
模数转换精度	8bit, 10bit, 12bit	
像素深度	8bit, 10bit, 12bit	
黑白/彩色	黑白, 短波红外	
像素格式	Mono8 / Mono10 / Mono12	
信噪比	46.245dB	46.238dB
曝光模式	Global shutter	
曝光时间	极小: 6μs ~ 26μs, 实际步长: 1μs 标准: 27μs ~ 1s, 实际步长: 1μs	
增益	数字增益: 0dB ~ 16dB; 默认值 0dB, 步长 0.1dB	
Binning	不支持	
像素抽样	Sensor: 1×1, 2×2	
同步方式	外触发, 软触发	
I/O 接口	1 路光耦隔离输入, 2 路双向 GPIO	
工作温度	0°C ~ 45°C	
储存温度	-20°C ~ 70°C	
工作湿度	10% ~ 80%	
散热方式	无主动散热, 可配装散热翅	
功率	4.0W@PoCXP	4.3W@PoCXP
镜头接口	C	
滤色片/透光片	无	
数据接口	CXP-12 × 1 (HD-BNC)	
机械尺寸	29mm × 29mm × 34mm (不含 C 接口长度、航插长度)	
重量	60g	

操作系统	支持 Win7，Win8，Win10，Win11 配置
可编程控制	图像尺寸，增益，曝光时间，触发极性，闪光灯极性 等
认证	CE，RoHS，FCC，ICES，UKCA，CoaXPress2.0，GenICam

表 4-10 MER3-533-134X2M-SWIR \ MER3-533-170X2M-SWIR 相机性能规格

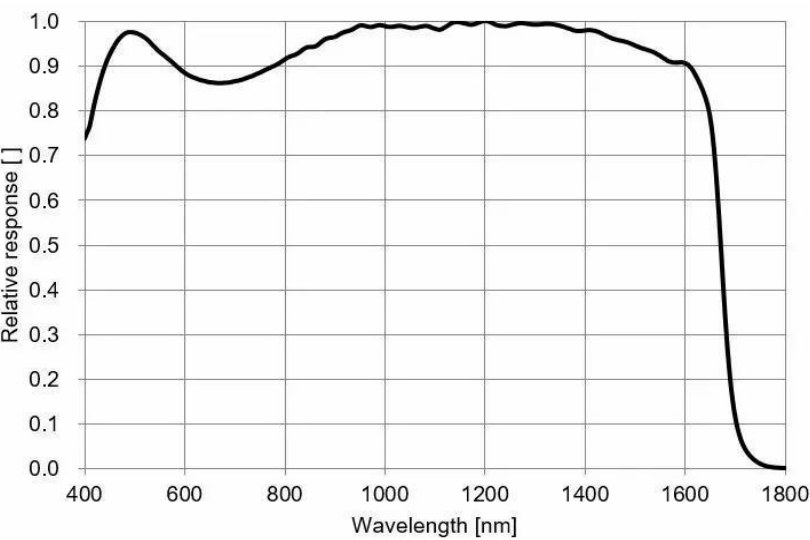


图 4-10 MER3-533-134X2M-SWIR \ MER3-533-170X2M-SWIR SENSOR 响应曲线

5.2. 光学接口

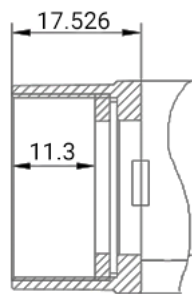


图 5-3 MER3-CXP 机械尺寸图

相机支持标准 C 口镜头。镜头安装基准面到 sensor 感光面距离为 17.526mm（空气中）。如图 5-2 所示。可接受的镜头螺纹长度应小于 11.3mm。

彩色相机都加装了可见光滤色片，其截止频率为 700nm，减小了不可见光部分对图像的影响；黑白相机都加了增透片。滤色片/增透片对后焦有影响，去掉可能导致对焦不清晰。若必须拆除，请联系技术支持。

5.3. 固定块尺寸

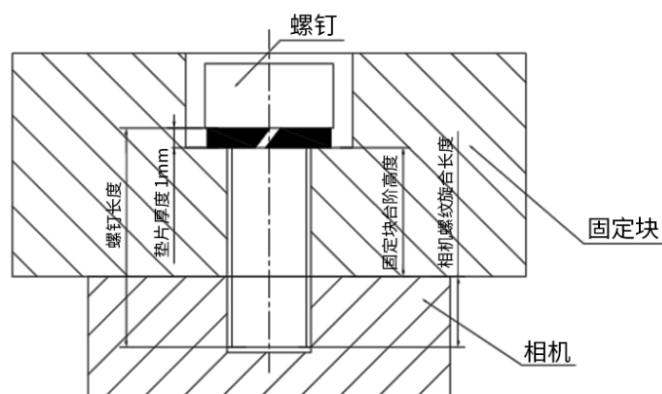


图 5-4 螺钉规格、固定块台阶厚度、弹垫厚度关系图

建议客户从下表中选用螺钉规格及固定块台阶厚度：

安装螺钉规格	固定块台阶厚度 (mm)	弹垫厚度 (mm)	相机螺纹旋合长度 (mm)
M3*6 内六角圆柱头螺钉	2.5	0.8	2.7
M3*8 内六角圆柱头螺钉	4.5	0.8	2.7
M3*10 内六角圆柱头螺钉	6.5	0.8	2.7



如使用螺钉规格与固定块厚度不符合上表，可能会造成相机装配不牢螺纹滑丝或顶穿。

6. 滤光片

水星三代系列彩色相机安装有红外截止滤色片，黑白相机安装有透光片。

若必须拆除，请联系技术支持。

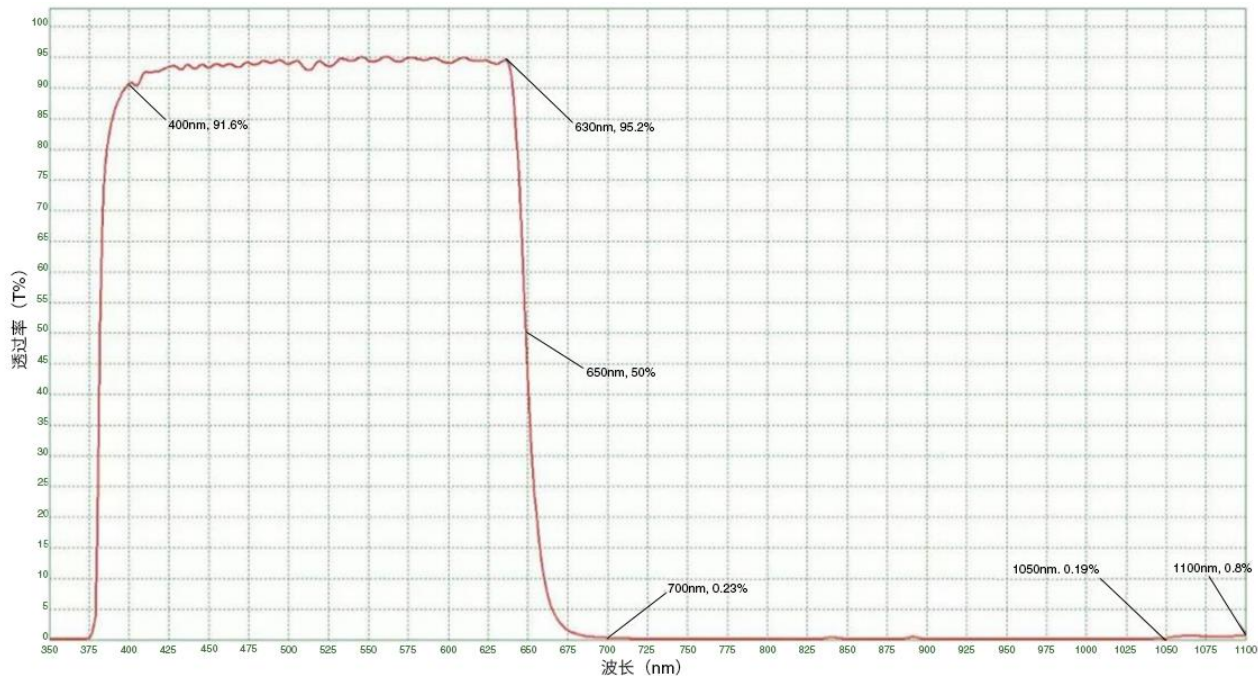


图 6-1 彩色相机滤色片透过率曲线

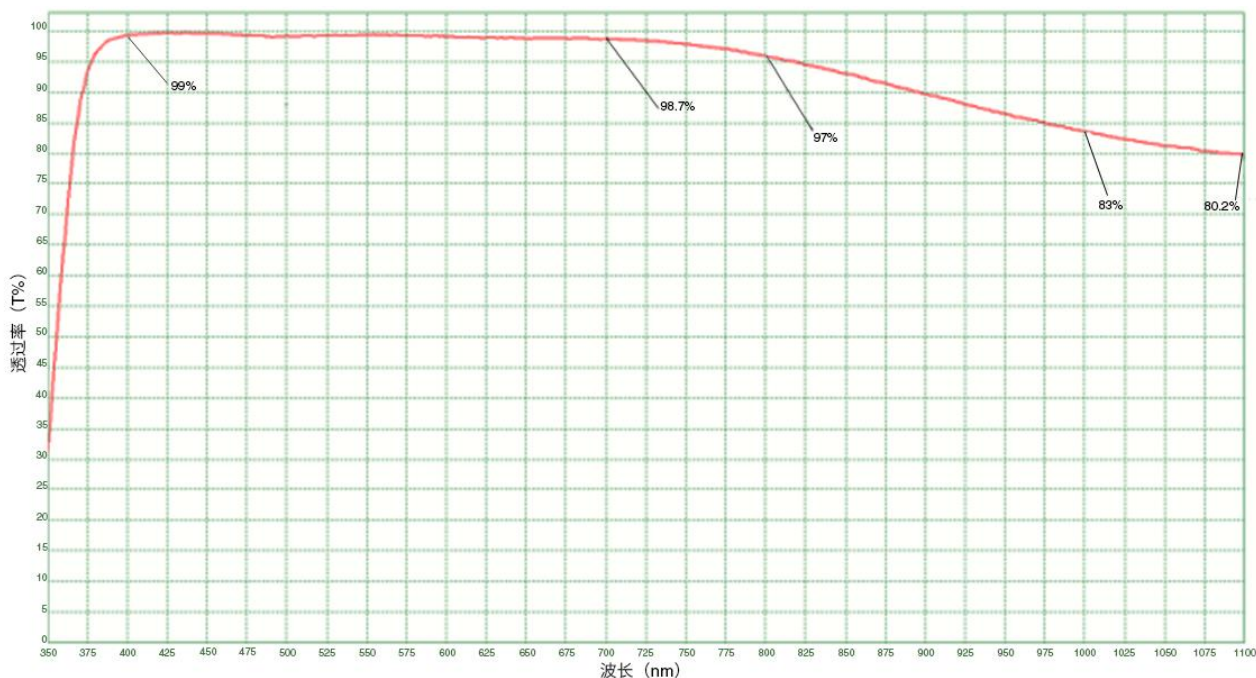


图 6-2 黑白相机滤色片透过率曲线

7. 电气接口

7.1. LED 灯状态

相机的后壳上装有 LED 指示灯，用于指示相机的状态，见表 7-1。LED 指示灯可以显示 3 种颜色，分别是红色、黄色和绿色。

LED 状态	指示相机状态
熄灭	相机未上电/连接未使能
黄灯常亮	相机未加载
黄绿 12.5Hz 交替闪烁	PoCXP 供电相机建立连接
黄灯 12.5Hz 闪烁	辅助电源供电相机建立连接
红灯 1Hz 闪烁	相机连接断开
绿灯常亮	相机正常连接，无数据流传输
绿灯 12.5Hz 闪烁	相机开采
黄灯 1Hz 闪烁	相机等待触发信号
黄绿 0.5Hz 交替闪烁	相机连接测试
红绿 0.5Hz 交替闪烁	PoCXP 供电相机协议匹配异常
红黄 0.5Hz 交替闪烁	辅助电源供电相机协议匹配异常
黄灯 0.5Hz 闪烁	相机初始化失败
红灯 12.5Hz 闪烁	相机出现内部错误
绿灯 1s 红灯 0.5s 闪烁	相机处于过温保护状态

表 7-1 相机状态显示

7.2. CXP 接口

相机配备的连接器是 1 路标准速度为 12.5Gbps 的 HD-BNC 接口端子；采集卡端的 CoaXPress 连接器根据厂家的不同，连接器的端子可能会有差异（常见为 DIN 或者 HD-BNC）；请依据实际采用相机端与采集卡端 CoaXPress 连接器的类型，选取 CoaXPress 组织官方认证的适配线缆。例如：常见的 HD-BNC to HD-BNC 接口线缆（L 为线缆长度）如图 7-1。

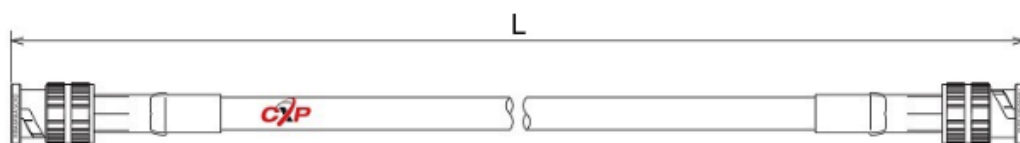


图 7-1 HD-BNC to HD-BNC 接口 CoaXPress 电缆

7.3. I/O 接口

7.3.1. I/O 接口定义

相机 I/O 接口使用的是 Hirose 的 6-pin 圆形公头插座，型号为 HR10A-7R-6PB(73)，与其匹配的插头型号为 HR10A-7P-6S(73)

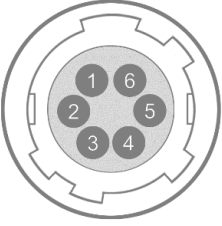
示意图	Pin	定义	说明
	1	—	未引出
	2	Line0+	光耦输入正
	3	Line2	GPIO 输入/输出
	4	Line3	GPIO 输入/输出
	5	Line0-	光耦输入负
	6	GND	相机源地、GPIO 地

表 7-2 I/O 接口定义（从相机背面看）



- 1) 此航插线缆无电源引出，无法给相机供电，相机仅能通过 POCXP 供电。
- 2) GPIO 正负极性不能接反，否则可能会烧坏相机或相机连接的其他设备。

7.3.2. I/O 电气特性

7.3.2.1. Line0（光耦隔离输入）电路

光耦隔离输入电路原理图如图 7-2 所示。

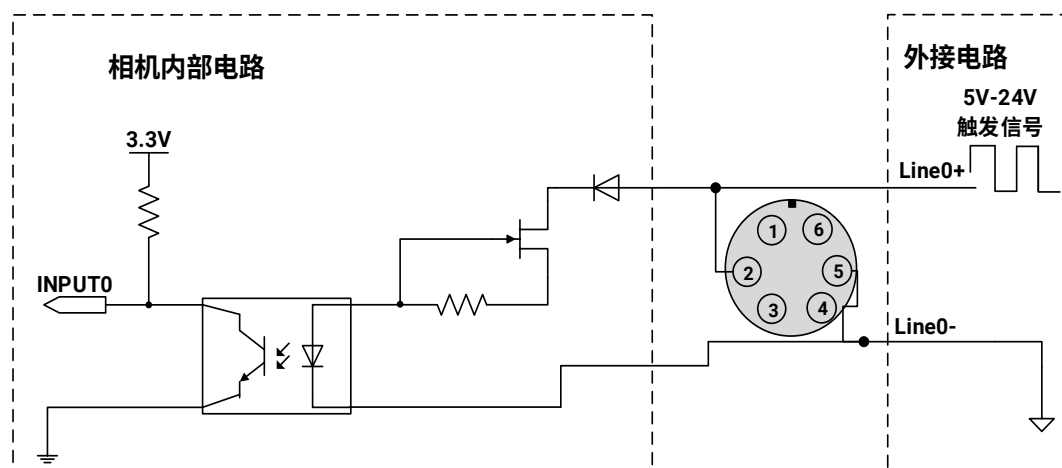


图 7-2 光耦隔离输入电路

- 逻辑 0 输入电压：0V~+2.5V（Line0+端电压）
- 逻辑 1 输入电压：+5V~+24V（Line0+端电压）

- 最小输入电流：7mA
- 输入电压在+2.5V~+5V 之间为不确定状态，应避免输入这一区间内的电压值
- 外接输入电压等于 5V 时，Line0+外部不需要串联电阻，如有串联需要应保证串联阻值小于 90Ω；
外接输入电压高于 9V 时，为避免 Line0+损坏，Line0+外部需要串联限流电阻。推荐阻值见表 7-3

外接输入电压	限流电阻 Rlimit	Line0+输入电压
5V	不接；或者<90Ω	约 5V
9V	680Ω	约 5.5V
12V	1kΩ	约 6V
24V	2kΩ	约 10V

表 7-3 Line0+串联限流电阻的推荐阻值

光耦隔离输入电路和 NPN 型、PNP 型光电传感器的连接方法见图 7-3 和图 7-4。上拉电阻阻值和外接电源电压的关系见表 7-3。

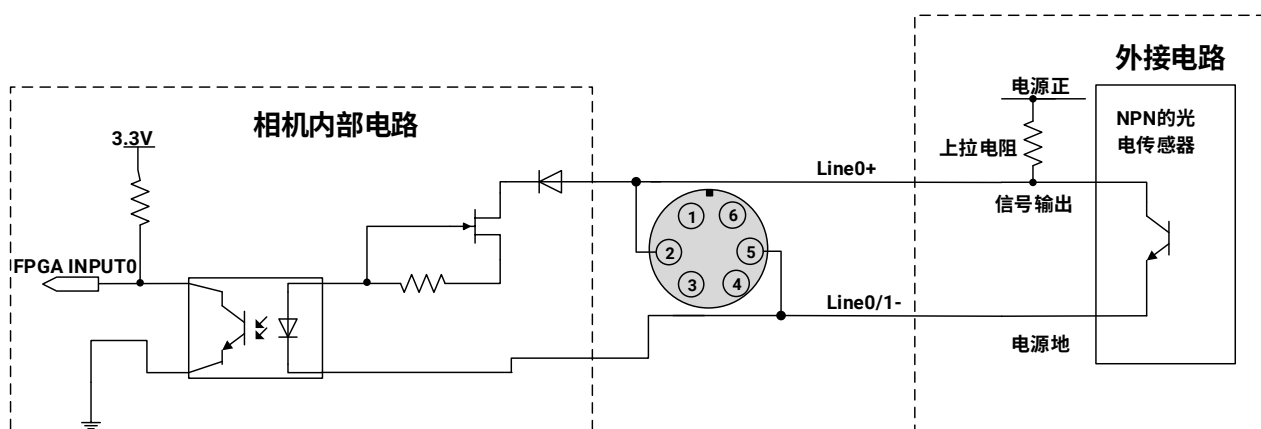


图 7-3 NPN 型光电传感器连接到光耦隔离输入电路

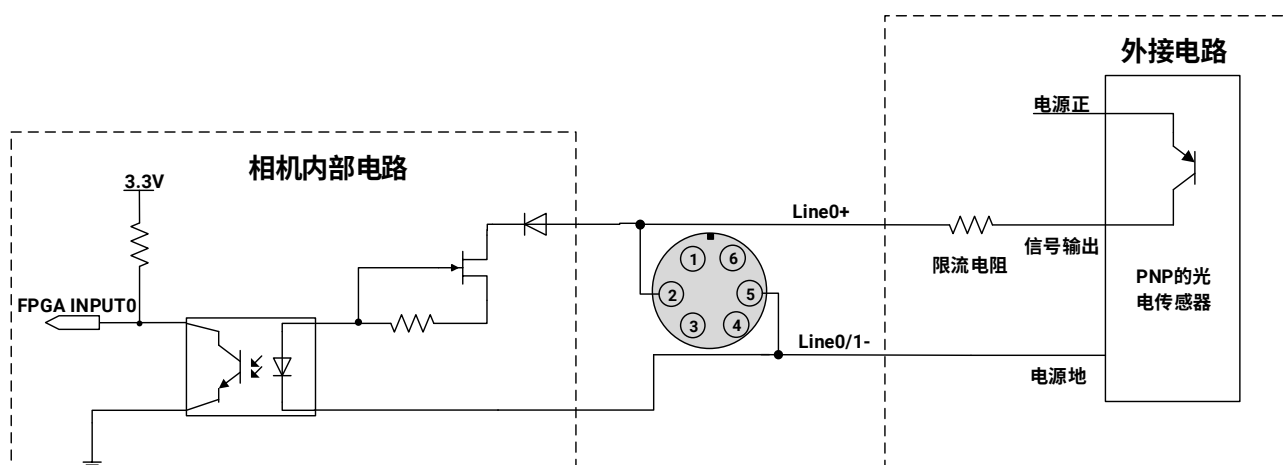


图 7-4 PNP 型光电传感器连接到光耦隔离输入电路

- 上升沿延时时间：<50μs(0°C~45°C)，参数说明见图 7-5。

- 下降沿延时时间： $<50\mu\text{s}$ ($0^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$)，参数说明见图 7-5。
- 不同的环境温度和输入电压都会对延时时间有影响。环境温度 25°C 时典型应用环境下的延时时间见表 7-4

参数	测试条件	值 (μs)		
上升沿延时	VIN=5V	3.02	~	6.96
	VIN=12V	2.46	~	5.14
下降沿延时	VIN=5V	6.12	~	17.71
	VIN=12V	8.93	~	19.73

表 7-4 典型应用环境下，光耦隔离输入电路延时时间

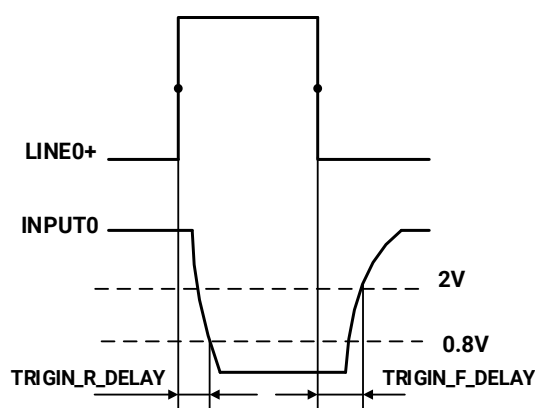


图 7-5 光耦隔离输入电路参数

- 上升沿延时 TRIGIN_R_DELAY：从 LINE0+ 上升到幅值的一半到 INPUT0 下降到 0.8V 的时间
- 下降沿延时 TRIGIN_F_DELAY：从 LINE0+ 下降到幅值的一半到 INPUT0 上升到 2V 的时间

7.3.2.2. Line2/3 GPIO（双向）电路

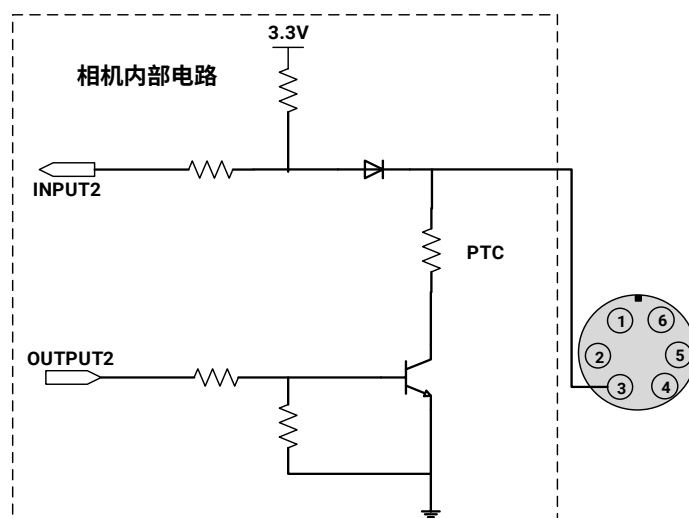


图 7-6 GPIO Line2（双向）电路

7.3.2.2.1. Line2/3 配置成输入管脚

- Line2/3 配置为输入引脚时，相机内部等效电路如下图所示，以 Line2 为例

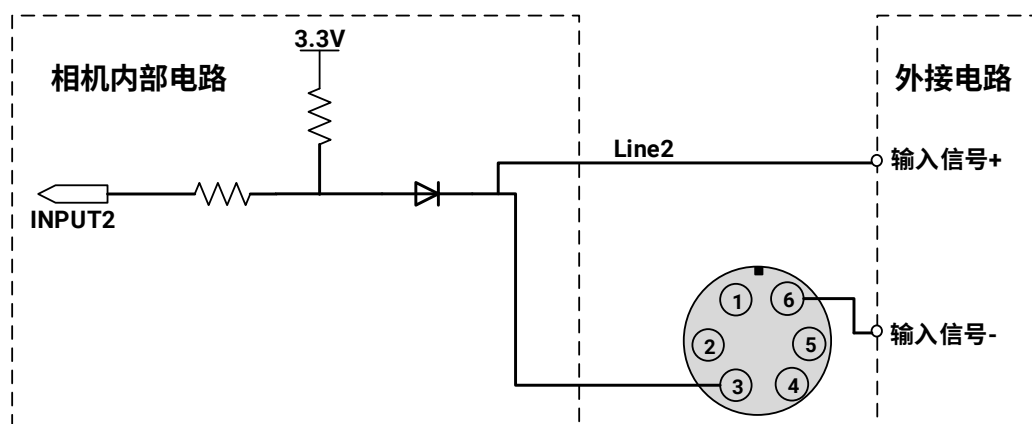


图 7-7 Line2 配置为输入引脚时相机内部等效电路



为了防止 GPIO 管脚损坏，请先连接地（GND）管脚，然后再向 Line2/3 管脚输入电压。

- 逻辑 0 的输入电压：0V~+0.6V（Line2 端电压）
- 逻辑 1 的输入电压：+1.9V~+24V（Line2 端电压）
- 输入电压在 0.6V~1.9V 之间为不确定状态，输入信号应避免进入这一电压区间
- Line2 输入高电平时，输入电流小于 100 μ A；Line2 输入低电平时，输入电流小于-1mA。

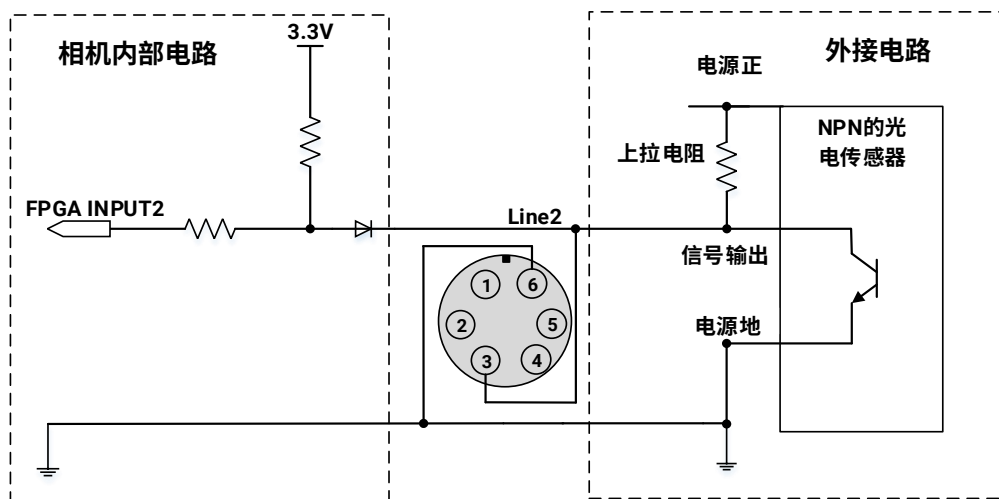


图 7-8 NPN 型光电传感器连接到 Line2 输入电路

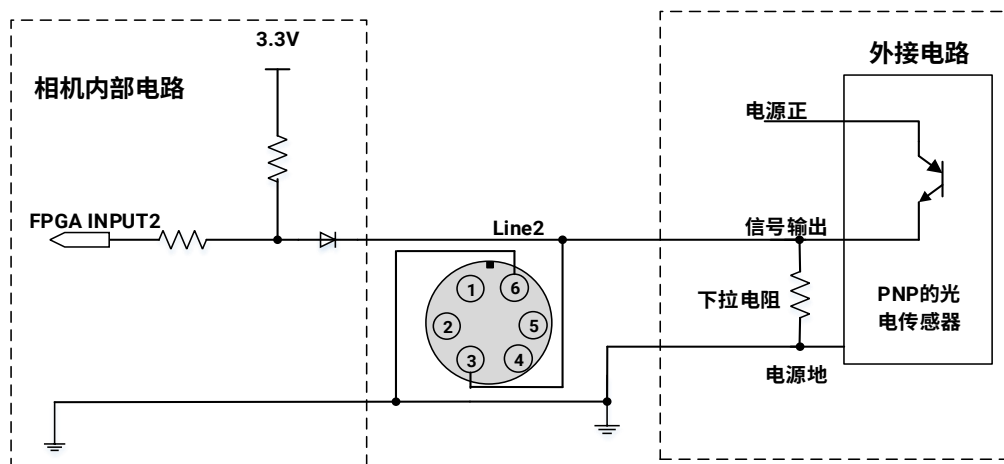


图 7-9 PNP 型光电传感器连接到 Line2 输入电路

- Line2/3 作为输入时，其下拉电阻不要超过 1K，否则会导致 Line2/3 输入电压超过 0.6V，不能稳定识别为逻辑 0
- 输入上升沿延时: $<2\mu\text{s}$ ($0^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$)，参数说明见图 7-10
- 输入下降沿延时: $<2\mu\text{s}$ ($0^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$)，参数说明见图 7-10

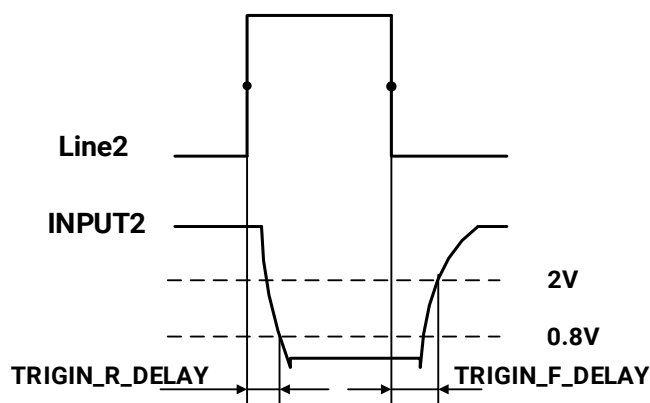


图 7-10 Line2 输入电路参数

7.3.2.2.2. Line2/3 配置成输出管脚

- 外接电压 EXVCC 范围为 5~24V
- Line2/3 的最大输出电流为 25mA，输出阻抗 40Ω
- 环境温度 25°C 时典型应用环境下的输出压降和输出电流见表 7-5。

外接电压 EXVCC	外接电阻 Rexternal	输出压降 (V)	输出电流 (mA)
5V	1kΩ	0.19	4.8
12V		0.46	11.6
24V		0.92	23.1

表 7-5 典型应用环境下的 Line2 端输出压降值和输出电流值

- 上升沿延时= t_d+t_f : $<20\mu s$ ($0^{\circ}C\sim 45^{\circ}C$), 参数说明见图 7-11
- 下降沿延时= t_s+t_r : $<20\mu s$ ($0^{\circ}C\sim 45^{\circ}C$), 参数说明见图 7-11

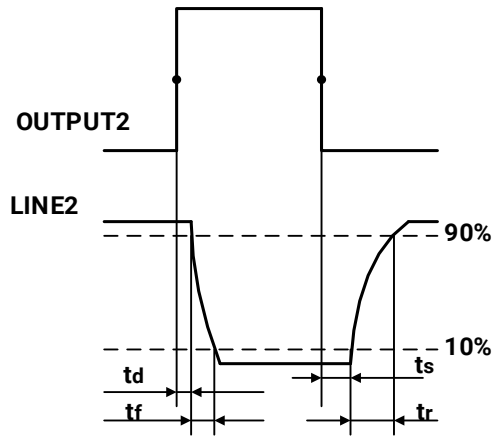


图 7-11 Line2 输出电路参数

- 延时时间 t_d : 从 OUTPUT2 幅值的一半到 Line2 下降到 Line2 幅值 90%的时间
- 下降时间 t_f : Line2 从 90%下降到 10%的时间
- 贮存时间 t_s : 从 OUTPUT2 幅值的一半到 Line2 上升到 Line2 幅值 10%的时间
- 上升时间 t_r : Line2 从 10%上升到 90%的时间
- 延时参数受外接电源电压、外接上拉电阻影响较大, 受温度影响很小。环境温度 $25^{\circ}C$ 时典型应用环境下的输出延时时间见表 7-6

参数	测试条件	值 (μs)		
贮存时间 t_s	外接电源 5V, 上拉电阻 1k Ω	0.17	~	0.18
延时时间 t_d		0.08	~	0.09
上升时间 t_r		0.11	~	0.16
下降时间 t_f		1.82	~	1.94
上升沿延时= t_d+t_f		0.19	~	0.26
下降沿延时= t_s+t_r		1.97	~	2.09

表 7-6 典型应用环境下 GPIO 配置成输出管脚时的延时时间

- Line2/3 配置为输出引脚时，相机内部等效电路见图 7-12

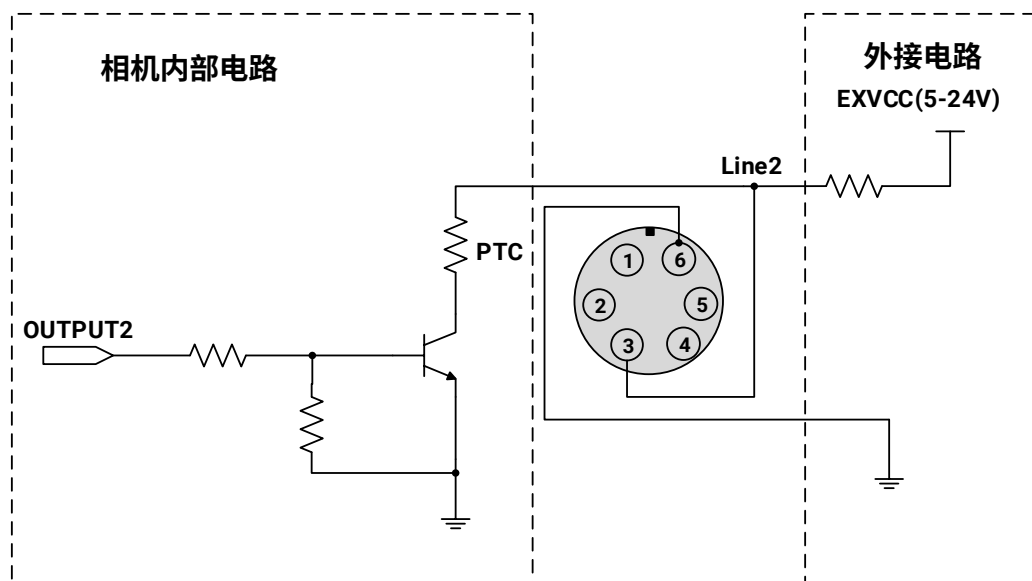


图 7-12 Line2 配置为输出引脚时相机内部等效电路

8. 功能定义

大恒图像水星三代 CoaXPress 系列相机支持多种标准及高级功能，不同型号相机功能支持情况略有差异，具体功能支持情况请参考《相机功能汇总稿》。

8.1. I/O 控制

8.1.1. 配置输入引脚

1) 选择引脚为输入信号源

相机 Line0 为单向光耦输入 I/O，Line2、Line3 为可配置方向的 I/O。

相机上电默认输入为 Line0。Line2、Line3 默认为输入，可通过更改“引脚方向”配置引脚为输入或输出。

2) 触发滤波

为了抑制外触发的干扰信号，相机具有外触发滤波功能，包括上升沿滤波和下降沿滤波。用户通过设置“上升沿触发滤波”或“下降沿触发滤波”设置触发滤波功能，触发滤波功能设置范围为[0, 5000] μ s，步长 1 μ s。

例 1：设置上升沿滤波值为 1ms，则上升沿脉冲宽度小于 1ms 的脉冲将被滤掉，如图 8-1 所示。

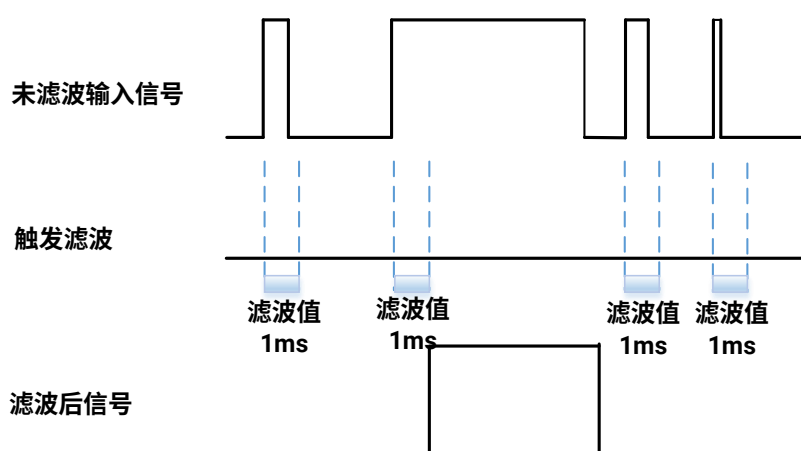


图 8-1 输入信号滤波示意图

3) 触发延迟

相机具有触发延迟功能。用户通过设置“触发延迟”设置触发延迟功能，触发延迟功能设置范围为[0, 3000000] μ s，步长 1 μ s。

例 1：设置触发延迟为 1000ms，则触发信号将延迟 1000ms 后有效，如图 8-2 所示。

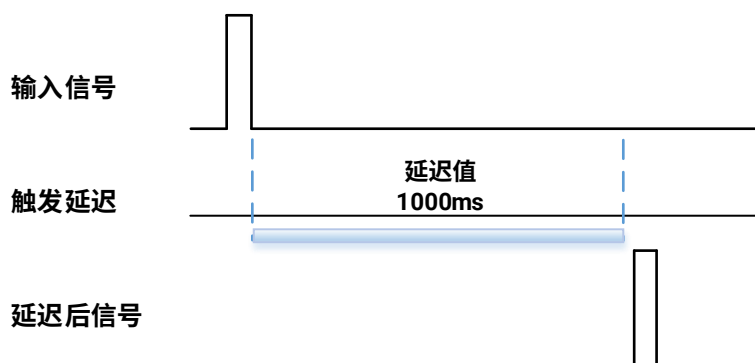


图 8-2 触发延迟示意图

4) 设置输入引脚反向

相机具有输入引脚电平可配置功能。用户可以通过设置“引脚电平反转”选择输入电平是否反向。

相机上电默认输入引脚电平为 False，表示输入引脚电平不反向。设置 True 表示输入引脚电平反向。

如图 8-3 所示。

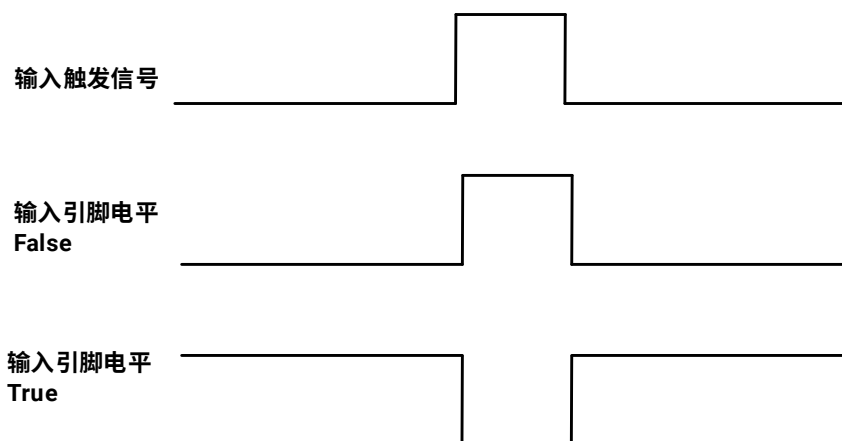


图 8-3 设置输入引脚反向

8.1.2. 配置输出引脚

1) 选择引脚为输出信号源

相机提供 2 路输出信号，分别是 Line2、Line3。其中 Line2、Line3 为可配置方向的 I/O。

Line2、Line3 通过更改“引脚方向”配置引脚为输出。

相机 2 路输出信号中的每路输出源是可配置的，输出源包含：Strobe、UserOutput0、UserOutput1、UserOutput2、ExposureActive、FrameTriggerWait、AcquisitionTriggerWait、Timer1Active。

相机上电默认输出源为 UserOutput0。

输出信号的高或低电平有效，取决于具体的外接电路，下面的信号示意图以低电平有效为例进行介绍。

● Strobe

在此模式下相机发送触发信号来激活闪光灯。Strobe 信号低电平有效，接收到触发信号后，Strobe 信号电平拉低。全局曝光模式（Global shutter）、全局复位释放曝光模式（Global Reset Release shutter）下，Strobe 拉低时间为曝光延迟和曝光时间之和。逐行曝光模式（Electronic rolling shutter）模式下，Strobe 拉低时间为所有行公共曝光时间，并且仅在曝光时间大于帧周期时，有 Strobe 信号输出。

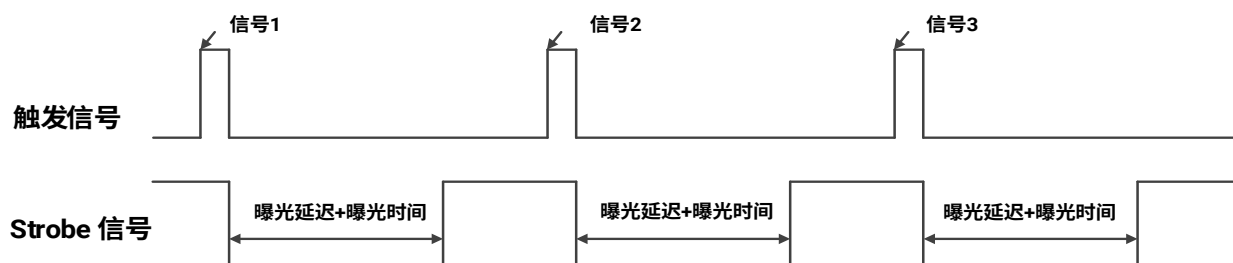


图 8-4 Strobe 信号示意图（Global shutter、Global Reset Release shutter）

● UserOutput

在此模式下用户可以自己设定相机恒定的输出电平来做特别处理，比如控制常亮光源或报警灯（电平分为高电平或者低电平）。

例如：选择 Line2 作为输出引脚，输出源选择为 UserOutput1，输出值定义为 true。

“引脚选择”选择“Line2”，“引脚方向”设置“Output”，“引脚输出源”设置为“UserOutput1”，“用户自定义输出选择”选择“UserOutput1”，“用户自定义输出值”设置为“true”。

● ExposureActive

可以使用“曝光活动”信号监视相机当前是否正在曝光。曝光开始时信号变低，曝光结束时信号变高。在逐行曝光模式和全局复位释放曝光模式下，当最后一行的曝光结束时，信号变为高电平。

逐行曝光模式支持交叠曝光，当帧周期-曝光时间 $\leq$ 读出时间时，处于交叠曝光模式，此时 ExposureActive 信号波形一直为低电平。

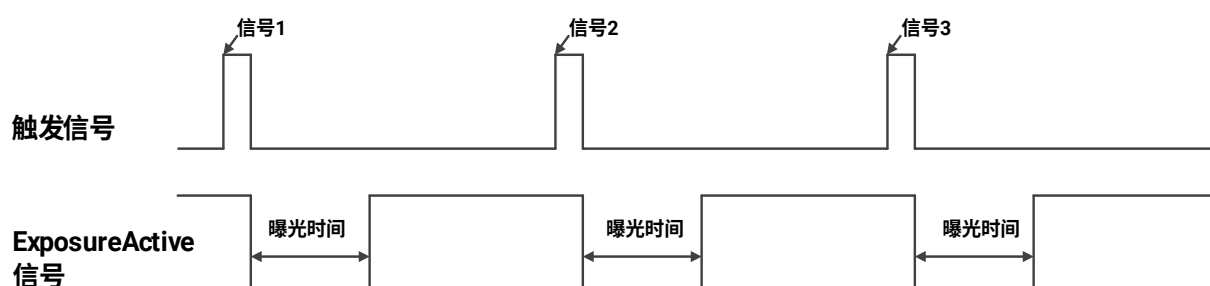


图 8-5 全局曝光模式 ExposureActive 信号示意图

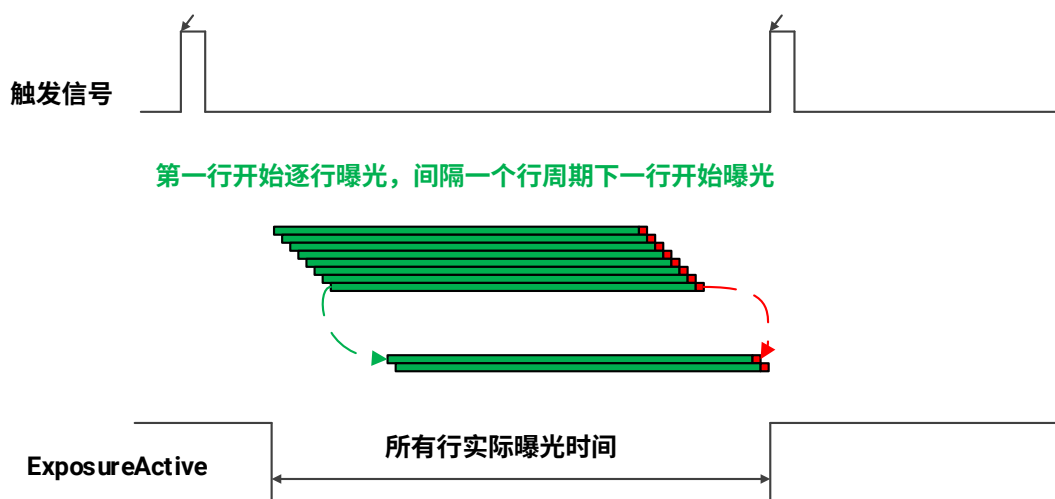


图 8-6 逐行曝光模式 ExposureActive 信号示意图

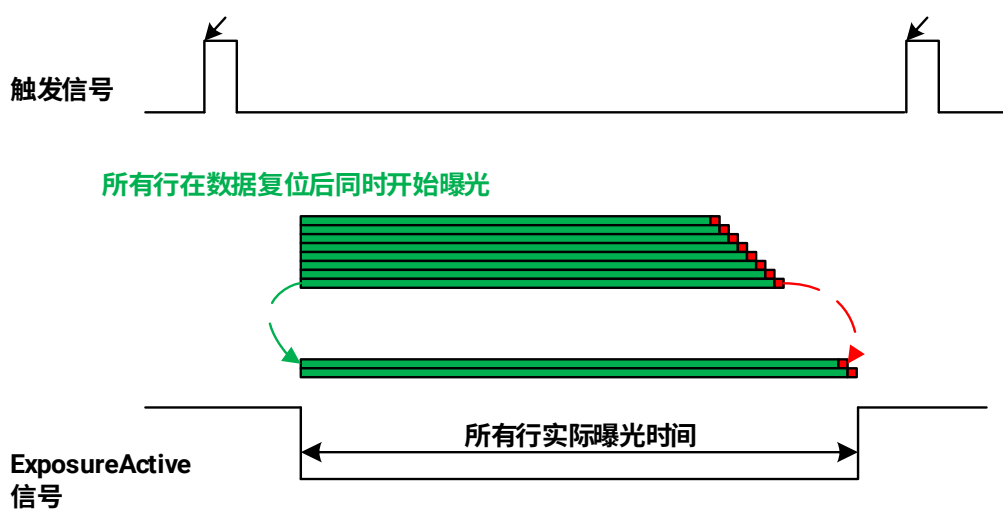


图 8-7 全局复位释放曝光模式 ExposureActive 信号示意图

在相机或目标物体移动的情况下，该信号也很有用。例如，假设相机安装在能将相机移动到不同位置的机械臂上。通常，不希望相机在曝光期间移动。在这种情况下，可以监控曝光活动信号以了解曝光是否结束，从而避免在此期间移动相机。

● TriggerWait

可以使用相机的“触发等待”信号来优化触发图像采集并可以有效避免过度触发的问題。

建议仅在相机配置为外触发时使用触发等待信号。对于软触发，请使用“采集状态”功能。当相机准备好接收相应触发类型的触发信号时，触发等待信号变为低电平。当使用相应的触发信号时，触发等待信号变为高电平。它保持高电平，直到相机准备好接收下一个触发信号。

触发类型为 FrameStart 时，相机每接收到一个触发信号仅有一帧图像到来，接收到触发信号后，FrameTriggerWait 信号拉低，相机开始曝光传输，传输完成后，FrameTriggerWait 信号拉高。

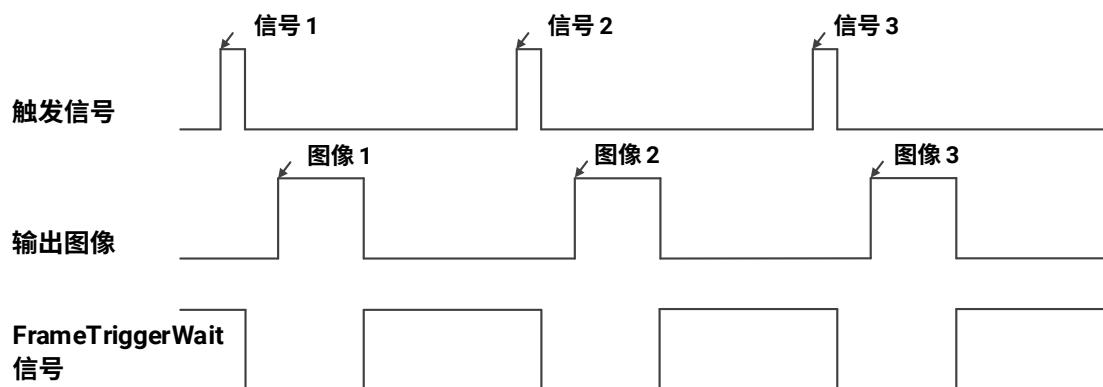


图 8-8 FrameTriggerWait 信号示意图

触发类型为 FrameBurstStart 时，相机每接收到一个触发信号会有 AcquisitionFrameCount 帧图像到来，接收到触发信号后,AcquisitionTriggerWait 信号拉低，相机开始曝光传输，传输完成，AcquisitionFrameCount 帧图像都传输完成后，AcquisitionTriggerWait 信号拉高。

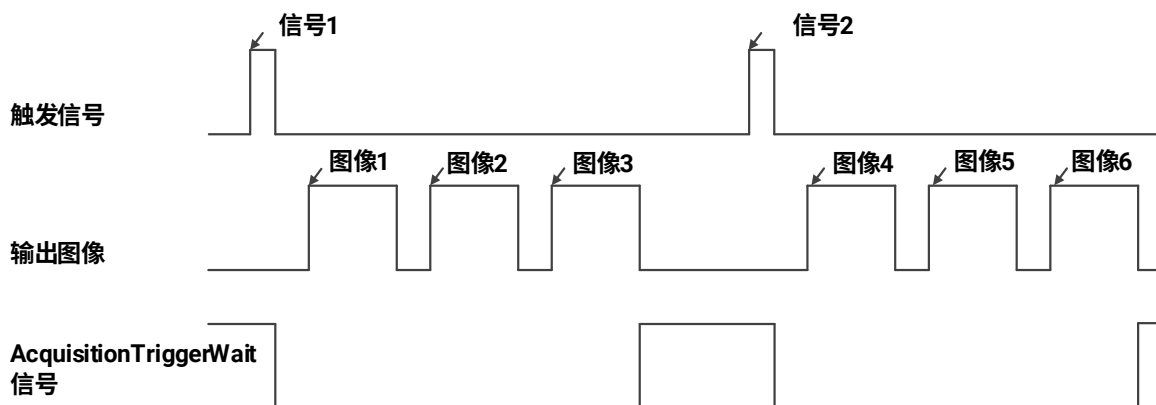


图 8-9 AcquisitionTriggerWait 信号示意图

2) 设置输出引脚用户状态

相机可以通过设置“引脚输出源”选择用户自定义输出，通过设置“用户自定义输出值”配置输出信号。

通过设置“用户自定义输出选择”选择输出 UserOutput0、UserOutput1、UserOutput2。

通过设置“用户自定义输出值”选择用户自定义输出，上电默认值为 False。

3) 设置输出引脚反向

为了方便相机 I/O 配置与连接，相机具有输出引脚电平可配置功能。用户可以通过设置“引脚电平反转”选择输出电平是否反向。

相机上电默认输出引脚电平为 False，表示输出引脚电平不反向。设置 True 表示输出引脚反向。如图 8-10 所示。

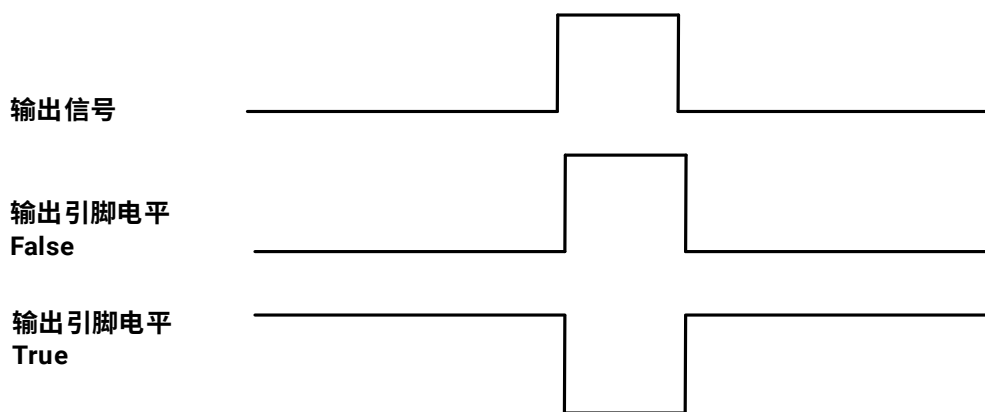


图 8-10 设置输出引脚反向

8.1.3. 读取引脚状态

1) 读取单独引脚电平

相机可以获取单独引脚信号状态。Line0 上电默认引脚状态为 False，Line2、Line3 上电默认引脚状态为 True。

2) 读取所有引脚电平

相机可以获取所有引脚信号的当前状态。包括两方面，一方面，信号状态是外部 I/O 经过极性翻转之后的状态。另外一方面，信号状态电平能够反应外部 I/O 电平。MER3 系列相机所有引脚电平状态位如表 8-1 所示，上电默认值为 0xe。

Line3	Line2	Line0
1	1	0

表 8-1 相机引脚状态位

8.2. 图像采集控制

8.2.1. 开始采集/停止采集

8.2.1.1. 开始采集

用户打开相机后，可以在任意时刻向相机发送开采命令。在连续采集和触发采集模式下，开采过程如图 8-11 和图 8-12 所示。

● 连续采集

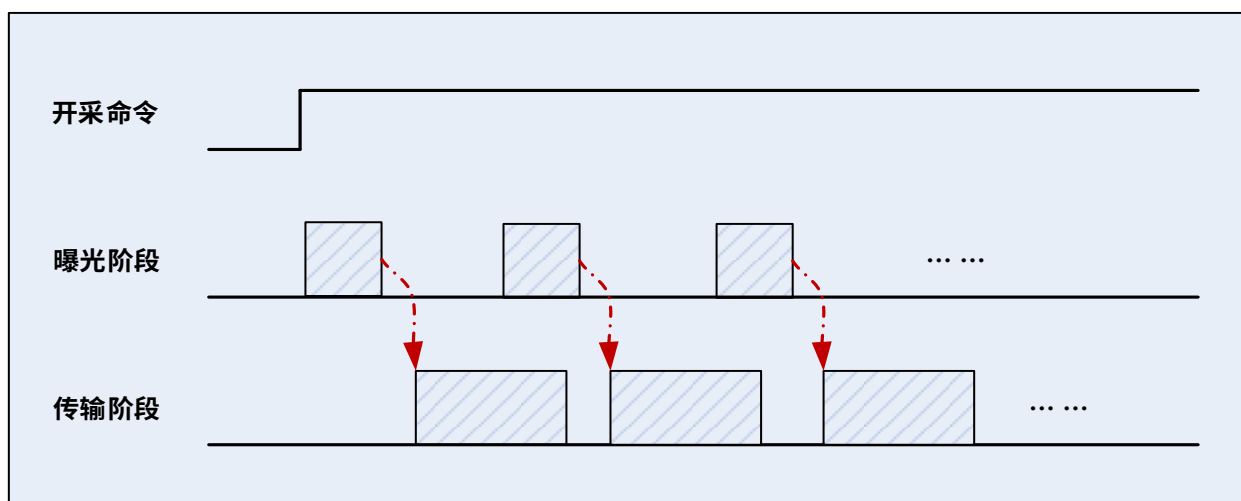


图 8-11 连续采集时序图

连续模式下，相机接收到开采命令后，根据曝光时间和相关参数的设置，以一定帧率进行采集和传输。

● 触发采集

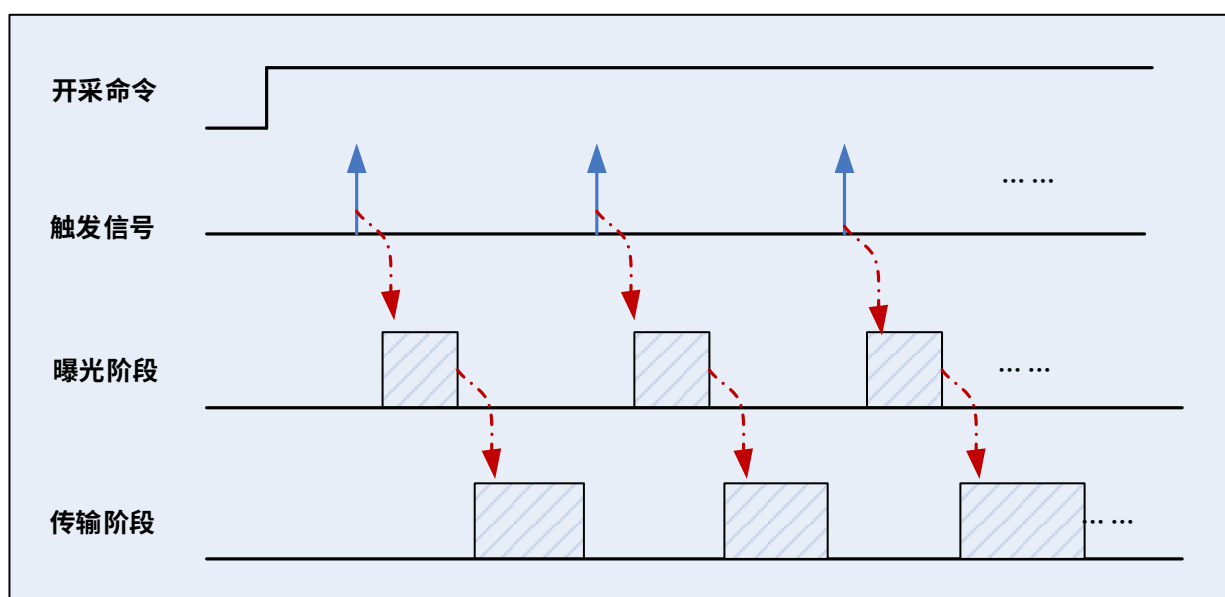


图 8-12 触发采集时序图

触发模式下，相机接收到开采命令后，每接收到一个有效的触发信号（包括软触发或者外触发），根据曝光时间和相关参数的设置，产生一触发帧。

8.2.1.2. 停止采集

用户对相机的停采操作，可以在任意时刻发生。相机的停采操作的处理和采集模式没有关系。不同时刻的停采操作，执行时间可能有所差异，停采过程可能如图 8-13 和图 8-14 所示。

● 传输过程中停采

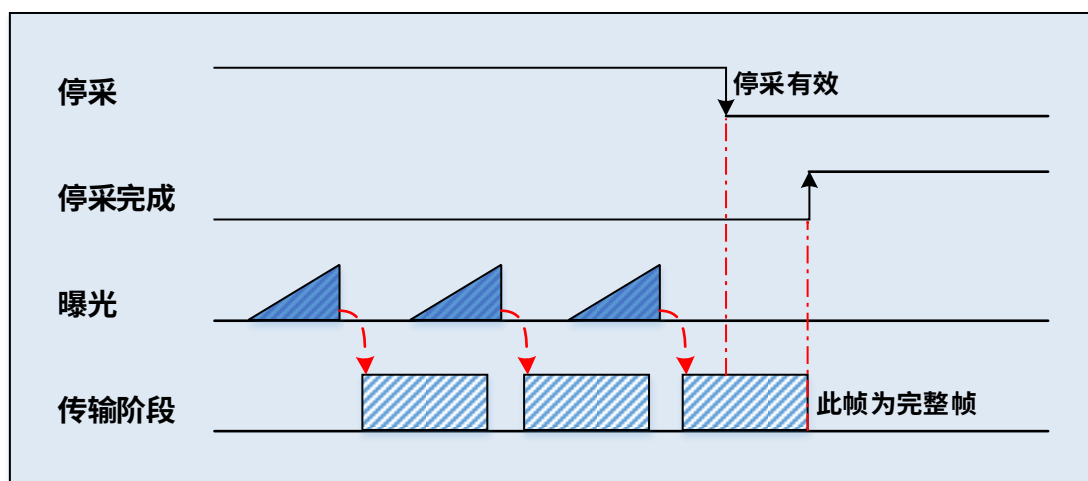


图 8-13 传输过程中停采时时序图

如图 8-13，在帧传输阶段，相机接收到停采命令，相机不会再次进行曝光，正在传输的帧会继续完成传输。

● 正在曝光时停采

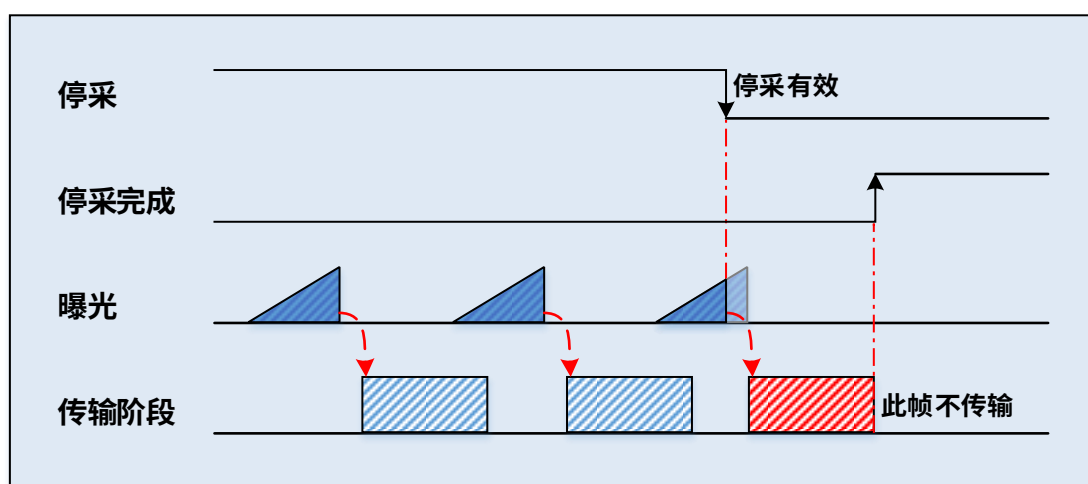


图 8-14 正在曝光时停采时序图

如图 8-14，相机传输一个完整帧后，在正在曝光期间，用户向相机发出停采命令，相机会立即停止当前曝光，并完成该曝光异常帧的读出之后完成停采。停采后的曝光异常帧不会给用户。

8.2.2. 采集模式

相机的采集模式分为单帧采集和连续采集模式。

● 单帧采集模式：在单帧采集模式下，相机每次开采将只能采集到一帧图像

1) 触发模式设置为 On 时，触发类型任意：

执行开始采集命令后，相机等待触发信号，触发信号可以是相机的软触发或者外触发。当相机接收触发信号并且获取到图像时，相机将自动停止图像采集。如果想要获取另一帧图像，必须再次执行开始采集命令。

2) 触发模式设置为 Off:

执行开始采集命令后，相机获取一帧图像，然后将自动停止图像采集。如果想要获取另一帧图像，必须再次执行开始采集命令。



单帧模式下，也必须设置停采命令后才能够设置开采状态下不能够设置的功能，比如 ROI、包长等。

- 连续采集模式：在连续采集模式下，相机会连续采集和传输图像，直到停止采集为止

1) 触发模式设置为 On 时，触发类型为 FrameStart:

执行开始采集命令后，相机等待触发信号，触发信号可以是相机的软触发或者外触发。相机每接收到一个触发信号时，就可以获取到一帧图像，直到执行停采命令为止，不需要每次都执行开采命令。

2) 触发模式设置为 On 时，触发类型为 FrameBurstStart:

执行开始采集命令后，相机等待触发信号，触发信号可以是相机的软触发或者外触发。相机每接收到一个触发信号时，就可以连续获取到设置的 AcquisitionFrameCount 帧图像。如果在采集过程中接收到停止采集命令，可能会中断正在传输的图像，导致本次采集到的图像数量未达到 AcquisitionFrameCount 帧图像。

3) 触发模式设置为 Off:

执行开始采集命令后，相机将连续获取图像，直到接收到停止采集命令为止。



可以通过相机的触发等待信号或使用采集状态功能来检查相机是否处于等待触发信号状态。

8.2.3. 触发类型选择

相机的触发类型分为 FrameStart（帧开始）和 FrameBurstStart（帧高速连拍开始）。不同的触发类型都对应着各自的一组触发配置，包含触发模式、触发延迟、触发源、触发极性、软触发命令。

● 帧开始触发模式

帧开始触发用于采集单个图像。相机每次接收到帧开始触发信号时，相机都会开始采集一张图像。

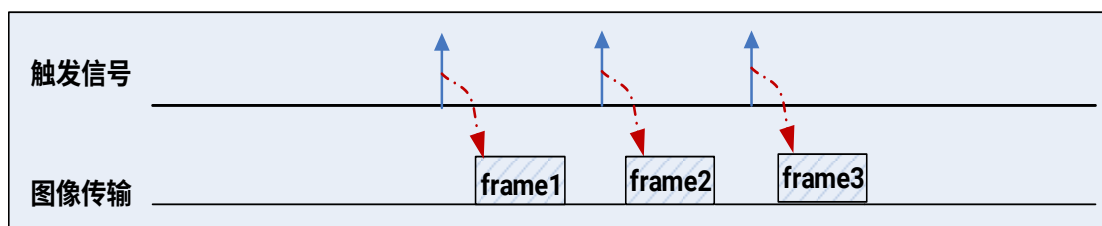


图 8-15 帧开始触发时序图

● 帧高速连拍开始触发模式

可以使用帧高速连拍触发采集一系列图像（图像的“连拍”）。相机每次接收到帧高速连拍开始触发信号时，相机都会开始采集一系列图像。采集的图像帧数由“帧高速连拍帧数”参数指定，“帧高速连拍帧数”范围为 1~65535，默认为 1。

例如，如果“帧高速连拍帧数”参数设置为 3，则相机会自动获取 3 张图像。然后，相机等待下一个帧高速连拍开始触发信号。在下一个触发信号到来时，相机会再拍摄 3 张图像，依此类推。

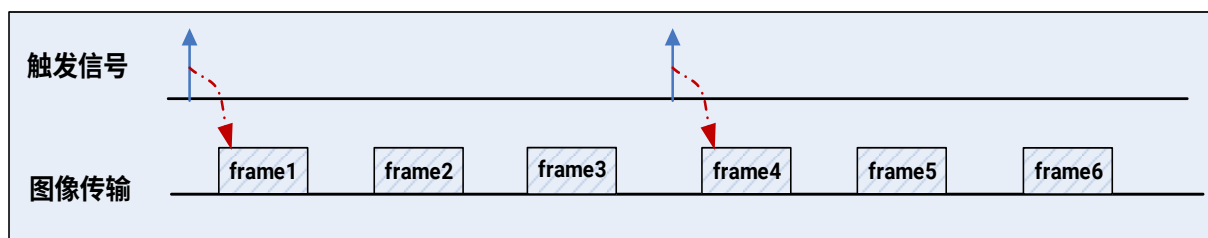


图 8-16 帧高速连拍开始触发时序图

● 帧开始触发模式和帧高速连拍开始触发模式同时打开

如果帧开始触发模式和帧高速连拍开始触发模式同时打开，触发顺序为先给帧高速连拍开始触发模式的触发信号，然后给帧开始触发模式下的触发信号，每一个帧开始触发模式下的触发信号都会触发一帧图像，直到达到“帧高速连拍帧数”参数设置值。

例如，帧开始触发模式和帧高速连拍开始触发模式同时打开，如果“帧高速连拍帧数”参数设置为 3，此时给相机一个帧高速连拍开始触发信号，不会采图，当出现帧开始触发信号，相机会采集 1 张图像，每一个帧开始触发信号都会使相机采集 1 张图像，当采集满 3 张图像后，相机等待下一个帧高速连拍开始触发信号，依此类推。

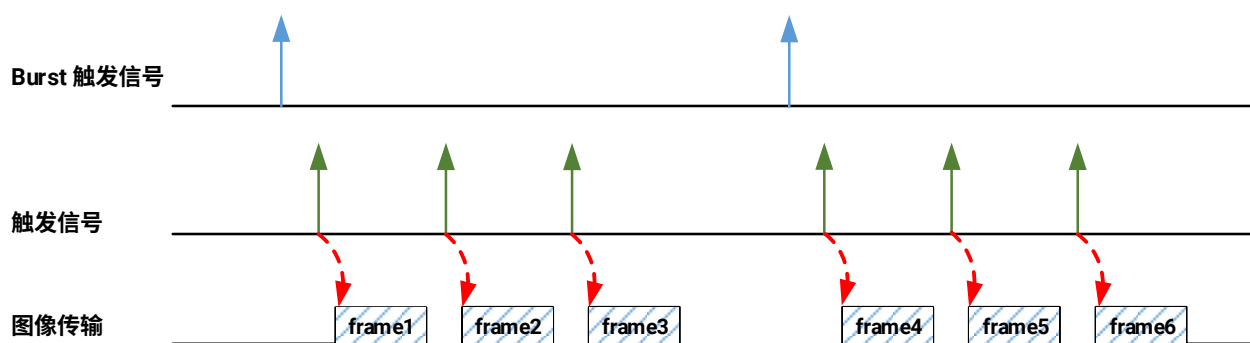


图 8-17 触发模式同时打开触发时序图

8.2.4. 触发模式切换

流采集过程中，用户可以不需要停采相机操作，就可以完成对相机的触发模式切换。

相机在用户切换触发模式时，图像传输处于不同的阶段，处理方式如下：

● 传输时切换触发模式

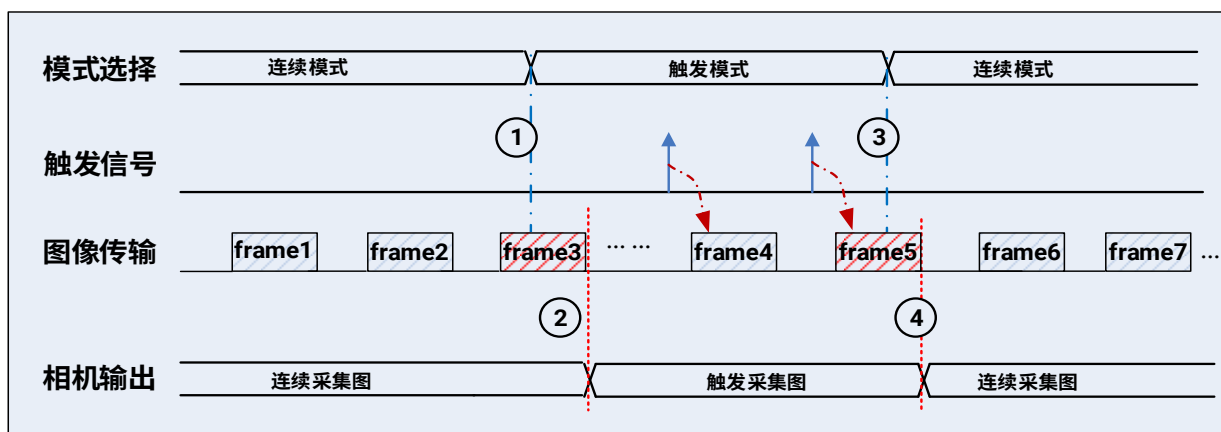


图 8-18 传输时切换触发模式

如图 8-18，相机开始采集后，为连续模式。

在时间点 1，用户切换相机由连续模式切换到触发模式，相机正在传输连续模式产生的数据流 frame3。

相机需要对 frame3 的所有数据流发送完毕后（即时间点 2），触发模式才会生效。

由触发切换到连续模式时，如图 8-18 时间点 3 和时间点 4，采取同样的处理方式。

● 传输等待时切换触发模式

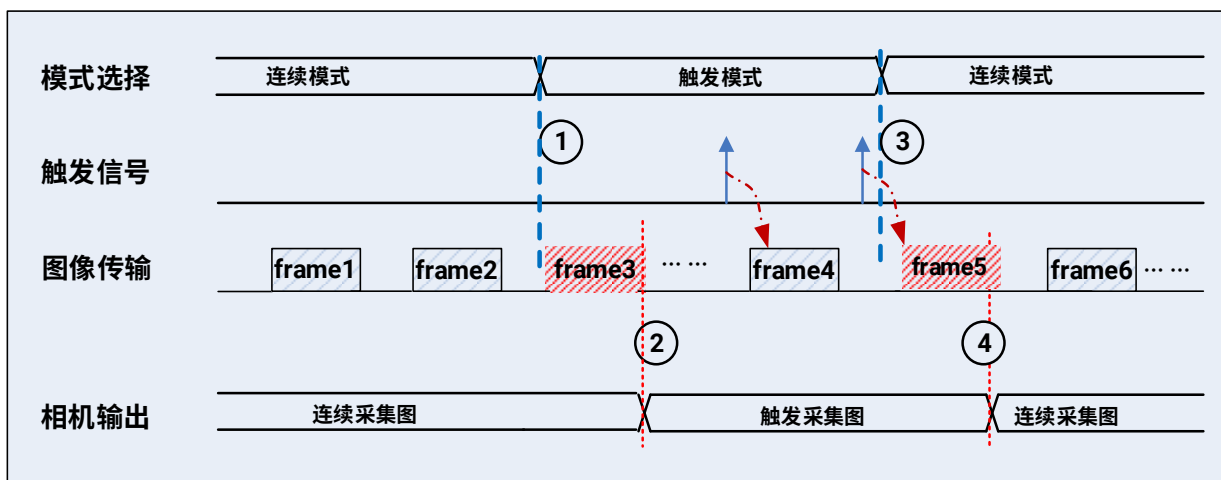


图 8-19 传输等待时切换触发模式

如图 8-19，相机开始采集后，为连续模式。

在时间点 1，用户对相机由连续模式切换到触发模式，相机处于传输等待阶段。相机在接收到切换到触发模式命令后，相机需要对连续模式产生的 frame3 的所有数据流传输完毕后（即时间点 2），才可以发送触发模式下产生的图像数据流。

同样，在由触发切换到连续模式时，相机处于传输等待阶段，如图 8-19 时间点 3 和时间点 4，采取同样的处理方式。

8.2.5. 连续采集及其配置

● 连续采集配置

相机支持连续采集功能。在应用程序中，如果用户想要使用连续采集功能，需要在“采集控制”选项中，“触发模式”选择“off”即可。相机的默认工作方式为连续采集。

打开相机后，用户可以使用相机的默认配置参数进行连续模式的采图操作。也可以重新设置相机的采集参数，然后在连续模式下进行采图操作。

● 连续采集特性

相机在连续模式下采集图像时，根据参数设置默认值输出图像。



设置 ROI 尺寸有可能会影响连续采集的的帧率。

8.2.6. 软触发采集及其配置

● 软触发使用配置

相机支持软触发采集功能。在应用程序中，如果用户想要使用软触发采集功能，需要在“采集控制”选项中：

- 1) “触发模式”选择“On”；
- 2) “触发源”选择“Software”；
- 3) 每对“软触发”按钮的“TriggerSoftware”点击一次，将产生一帧软触发图像。

所有的软触发命令，都是主机通过 CoaXPress 协议发送命令触发相机采集和传输图像。

● 软触发使用特性

相机切换到软触发模式后，相机会等待用户发送软触发命令，然后软触发命令来后开始采集图像。一般来说，相机输出的帧率会和软触发频率一致。用户使用软触发功能时，相关特性如下：

- 1) 软触发的触发频率小于当前配置下的最大帧率时，帧率将和软触发频率一致；如果软触发的频率大于最大帧率时，会有软触发信号被屏蔽，帧率将小于软触发频率；
- 2) 触发延迟，即对接收的软触发信号，进行延迟处理后触发产生图像帧，默认配置为不进行触发延迟操作。

8.2.7. 外触发采集及其配置

● 外触发使用配置

相机支持外触发采集功能。在应用程序中，如果用户想要使用外触发采集功能，需要在“采集控制”选项中：

- 1) “触发模式”选择“On”；

- 2) “触发源”选择“Line0”，“Line2”，“Line3”中的一个。

同时根据触发源的选择项，在相机的航插接口中，完成好外触发的物理连接。

相机的外触发输入，包含一个外触发光耦接入接口，和一路可配置的外触发 GPIO 接口。关于一路配置输入管脚，可以参考 8.1.1 章。

● 外触发使用特性

相机对外触发输入信号处理，支持的特性包括：

- 1) 触发极性，是否对输入外触发信号进行极性翻转操作。默认配置为不翻转；
- 2) 触发滤波功能，是否对输入外触发信号进行滤波操作，相机支持分别对上升沿和下降沿进行滤波设置。默认配置为不滤波操作。触发滤波有触发延迟作用；
- 3) 触发延迟，相机对接收的外触发信号，是否进行延迟处理后触发产生图像帧，默认配置为不进行触发延迟操作。

在应用程序中，外触发的“触发极性”，“触发延迟”，“上升沿触发滤波”，“下降沿触发滤波”，在“采集控制”中都可以通过选项进行选择。



Line0 内部使用光耦隔离电路，对信号有一定的延迟作用，且上升沿的延迟要稍小于下降沿的延迟。上升沿延时约几个 μs 到十几个 μs ，下降沿延时十几个 μs 到几十个 μs ，所以一个正脉冲触发信号经过 Line0 后，到达相机内部实际被加宽了（约 $20\mu\text{s}\sim 40\mu\text{s}$ ）；反之一个负脉冲触发信号经过 Line0 后，到达相机内部实际被变窄了（约 $20\mu\text{s}\sim 40\mu\text{s}$ ）。如果此时使用了滤波，且对滤波系数要求严格，可以根据有效触发脉冲的高低适当微调滤波参数，对滤波参数要求不严格的用户可以忽略这一差异。

8.2.8. CXPTrigger 采集及配置

● CXPTrigger 使用配置

相机支持使用 LinkTrigger 触发采集功能，也就是 CXPTrigger。在应用程序中，如果用户想要使用 CXPTrigger 采集功能，需要在“采集控制”选项中：

- 1) “触发模式”选择“On”；
- 2) “触发源”选择“CXPTrigger0”，“CXPTrigger1”中的一个。

同时根据触发源的选择项，配置 CoaXPress 采集卡的 CXPTrigger 发送功能，选择和相机触发源相同的模式。

● CXPTrigger 使用特性

相机对 CXPTrigger 信号处理，支持的特性包括：

- 1) 触发延迟，相机对接收的 CXPTrigger 信号，是否进行延迟处理后触发产生图像帧，该特性配置不影响相机回复 CXPTrigger 应答。



CXPTrigger 是由采集卡以命令包的方式发送给相机的高实时性的控制包，但受限于上行连接数据传输速率及相机控制包解析的时间消耗，实际从采集卡发出 CXPTrigger 到相机接收并解析出触发信号，仍存在 1.5μs~3μs 的延迟。

8.2.9. 交叠曝光和非交叠曝光

相机获取一帧图像由两个阶段组成：曝光和读出。相机被触发后开始曝光，曝光完成后，CMOS 光电转换得到的数据会马上被读出。

相机支持两种模式的曝光：交叠曝光和非交叠曝光。用户不能直接指定相机使用交叠曝光或非交叠曝光，但可以通过设置曝光时间或触发间隔来间接的获得交叠曝光或非交叠曝光的现象。下面对这两种曝光模式进行说明：

● 非交叠曝光

非交叠曝光是指当前帧的曝光和读出都完成后，再进行下一帧的曝光和读出。如图 8-20 所示，第 N 帧读出，经过一段时间后，第 N+1 帧才开始曝光。

非交叠曝光帧周期计算公式：

$$\text{非交叠曝光帧周期} > \text{曝光时间} + \text{读出时间}$$

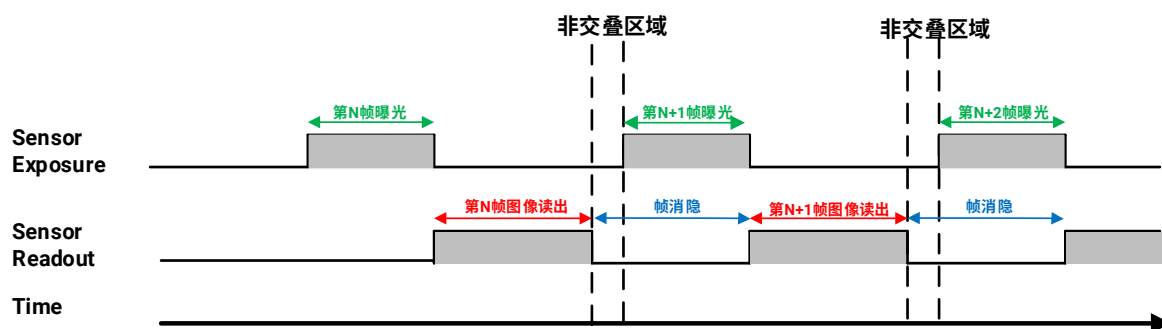


图 8-20 非交叠曝光模式下曝光时序图

● 触发采集模式

如果设置触发间隔大于曝光时间和读出时间的总和，则不会出现交叠曝光，如图 8-21 所示。

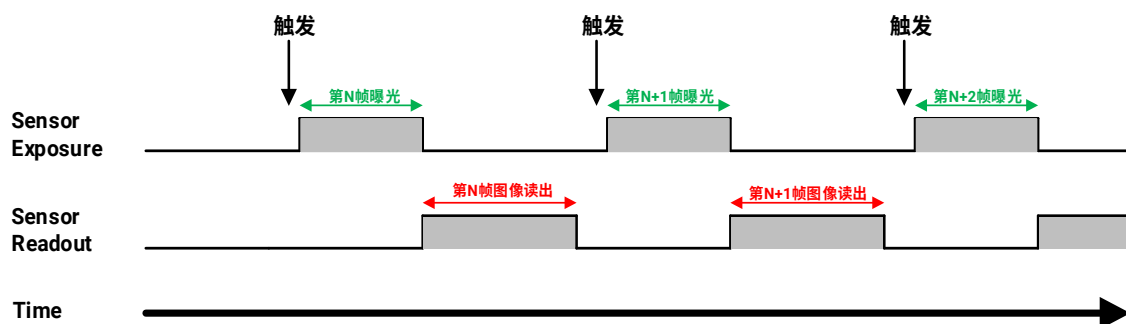


图 8-21 非交叠曝光模式下触发采集曝光时序图

● 交叠曝光

交叠曝光是指当前帧的曝光和前一帧的读出过程有重叠，即前一帧读出的同时，下一帧已经开始曝光。

如图 8-22 所示，当第 N 帧读出的同时，第 N+1 帧已经开始曝光了。

交叠曝光帧周期计算公式：

$$\text{交叠曝光帧周期} \leq \text{曝光时间} + \text{读出时间}$$

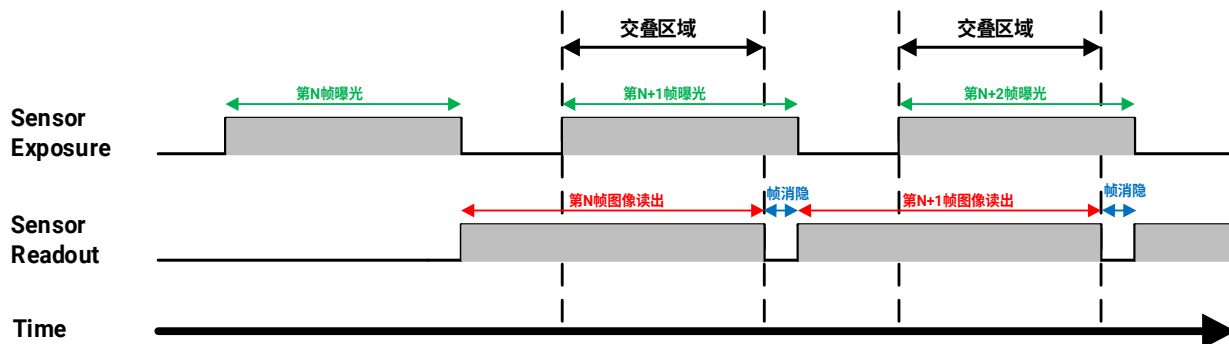


图 8-22 交叠曝光模式下曝光时序图

● 连续采集模式

如果设置曝光时间大于帧消隐的时间，曝光时间和读出时间会产生交叠，如图 8-22 所示。

● 触发采集模式

当触发间隔小于曝光时间和读出时间的和，会出现交叠曝光，如图 8-23 所示。

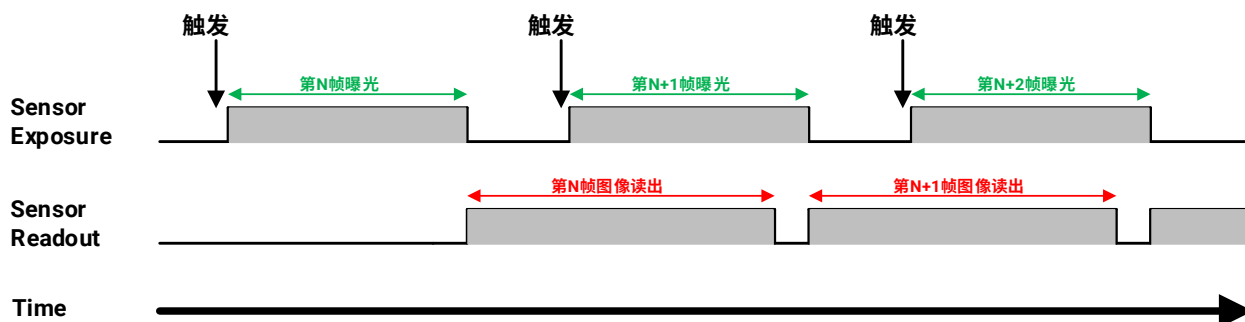


图 8-23 交叠曝光模式下触发采集曝光时序图

和非交叠曝光模式相比，交叠曝光能够使相机获得更高的帧率。

8.2.10. 设置曝光

8.2.10.1. 设置曝光模式

相机允许用户使用 Exposure Mode 功能来选择使用的曝光模式：Timed 模式和 TriggerWidth 模式，其中 TriggerWidth 模式为用户将相机配置为外触发时,通过触发信号宽度来确定曝光时间，具体曝光时间取决于 Trigger Activation 设置的上升沿（下降沿）触发极性所持续的触发信号宽度。

1) 定时曝光模式 (Timed 模式)

定时曝光模式在所有型号的相机上均可用。在此模式下，曝光时间由相机的 Exposure Time 设置确定。如果将相机配置为软件触发，则曝光在接收到软件触发信号时开始，并一直持续到曝光时间结束为止。

如果将相机配置为外触发，则适用以下条件：

- 如果启用上升沿触发，曝光会在触发信号上升时开始，一直持续到曝光时间结束，如图 8-24 所示



图 8-24 上升沿触发定时曝光模式时序图

- 如果启用下降沿触发，曝光会在触发信号下降时开始，一直持续到曝光时间结束，如图 8-25 所示

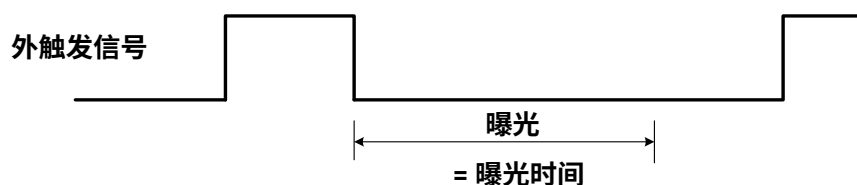


图 8-25 下降沿触发定时曝光模式时序图

避免在定时曝光模式中进行过度触发。如果启用了定时曝光模式，则在前一次曝光仍在进行过程中，请勿尝试发送新的触发信号。否则，触发信号将被忽略，并且将生成帧开始触发溢出事件。

2) 触发宽度曝光模式 (TriggerWidth 模式)

触发宽度曝光模式下，曝光的长度由外触发信号的宽度决定，此功能可以满足用户更改每帧图像曝光时间的需求。

- 如果启用上升沿触发，曝光会在触发信号上升时开始，一直持续到触发信号下降结束，如图 8-26 所示

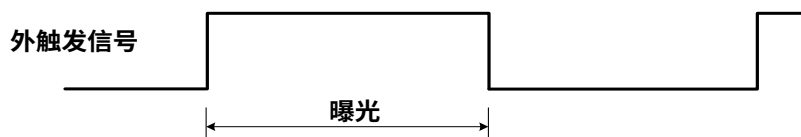


图 8-26 上升沿触发宽度曝光模式时序图

- 如果启用下降沿触发，曝光会在触发信号下降时开始，一直持续到触发信号上升结束，如图 8-27 所示



图 8-27 下降沿触发宽度曝光模式时序图

避免在触发宽度曝光模式中进行过度触发。如果启用了触发宽度曝光模式，请勿以过高的速率发送触发信号。否则，触发信号将被忽略，并且将生成帧开始触发出事件。

相机的交叠曝光时间最大值（ExposureOverlapTimeMax）功能可以优化交叠图像采集。用户可以通过调节“交叠曝光时间最大值”，最大程度地提高相机帧率，即以最高速率触发。

● 前置条件

- a) 将 TriggerMode 参数设置为 On。
- b) 将 TriggerSource 参数设置为可用的外触发源，例如 Line0。
- c) 设置曝光模式为触发宽度曝光模式（TriggerWidth 模式）。

● 工作原理

用户可以设置交叠图像采集来提高相机的帧率。即相机读取前一帧图像的传感器数据时，下一帧图像已经开始曝光。

在触发宽度曝光模式下，相机“不知道”在触发时间结束之前图像曝光多长时间。因此，相机无法完全优化重叠图像采集。为避免此问题，用户可为 ExposureOverlapTimeMax 参数设值，该值表示用户打算使用的最短曝光时间（以 μs 为单位）。这有助于相机优化交叠的图像采集。

● 设置最长曝光交叠时间

为优化相机采集帧率，曝光模式应设置为触发宽度曝光模式：

- a) 将 ExposureMode 参数设置为 TriggerWidth。
- b) ExposureOverlapTimeMax 参数输入一个值，该值表示用户打算使用的最短曝光时间（单位： μs ）。

示例：假设用户需要触发相机来获得 $3000\mu\text{s}\sim 5500\mu\text{s}$ 范围内的曝光时间，在这种情况下，用户需将相机的 ExposureOverlapTimeMax 参数设置为 3000。

- 1) 外触发所施加触发信号宽度不要低于输入的交叠曝光时间最大值（ExposureOverlapTimeMax）参数值。



- 2) ExposureOverlapTimeMax 参数的最大可设置值与相机连接配置、图像 ROI 高度等相关，当因修改上述配置导致参数最大可设置值减小时，可能会影响到输入 ExposureOverlapTimeMax 参数的当前值。

8.2.10.2. 设置 Sensor 曝光模式

● 全局曝光模式（global shutter）

全局曝光 sensor 实现如图 8-28 所示，Sensor 的所有行同时开始曝光，并同时结束曝光，在曝光结束后，Sensor 将所有电子从感光区转到存储区，之后逐行的读出像素数据。

这样曝光的好处是获得图像每一行的曝光时间比较一致，并且在拍摄运动物体时图像不会出现偏移和歪斜。

闪光灯信号宽度可由以下公式得出：

$$T_{\text{strobe}} = T_{\text{exposure}}$$

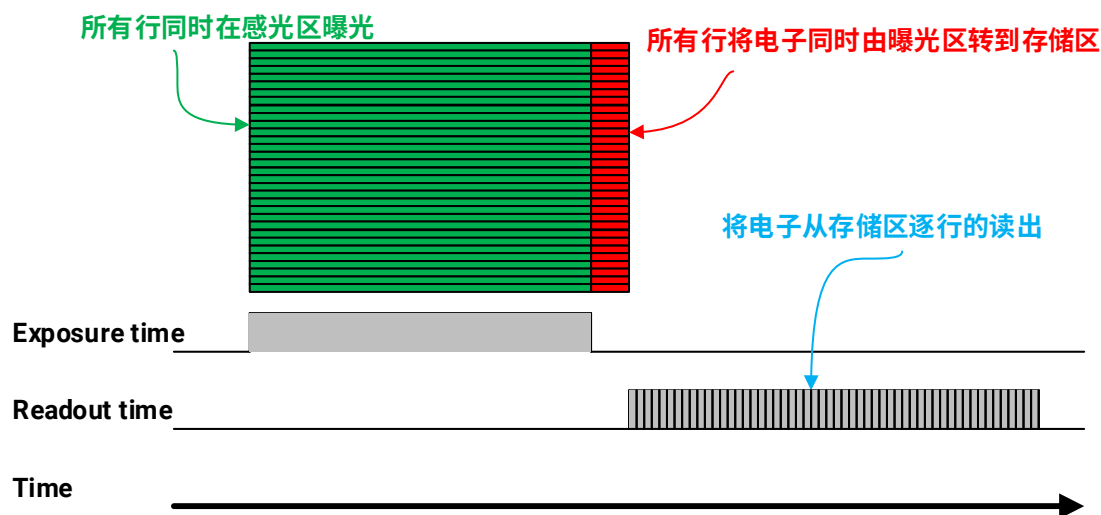


图 8-28 全局曝光模式

● 逐行曝光模式 (Electronic rolling shutter)

逐行曝光 sensor 实现如图 8-29 所示。与全局曝光不同，逐行曝光从第一行开始曝光，一个行周期之后第二行才开始曝光。依次类推，经过 $N-1$ 行后第 N 行开始曝光。第一行曝光结束后开始读出数据，读出一行需要一行周期时间（含行消隐时间）。至第一行完全读出后，第二行刚好开始读出，依次类推，当第 $N-1$ 行读完后，第 N 行开始读出，直到整幅图像完全读出。

逐行曝光的 sensor 技术难度较全局曝光 sensor 低，价格便宜，且分辨率较大，对于一些静态图像拍摄是不错的选择。

闪光灯信号宽度可由以下公式得出：

$$T_{\text{strobe}} = T_{\text{exposure}} - (N-1) \times T_{\text{row}}$$

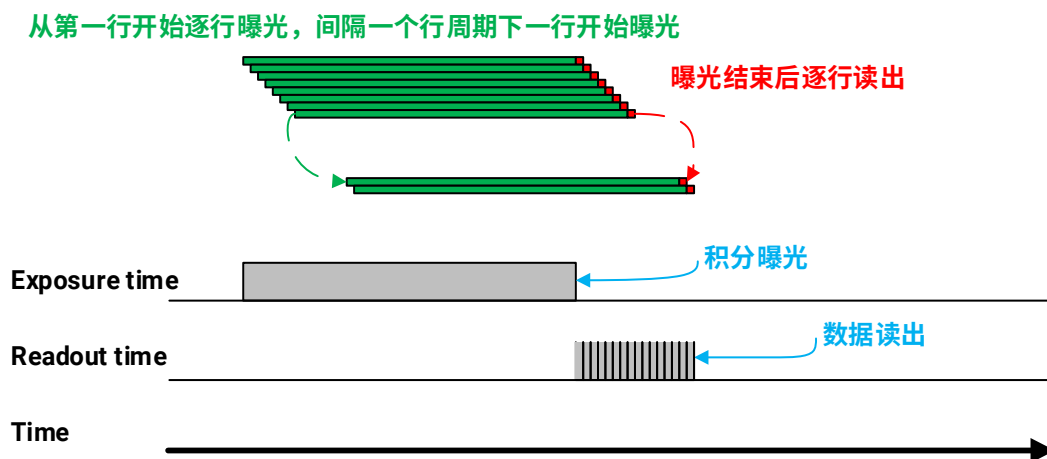


图 8-29 逐行曝光模式

● 全局复位释放曝光模式（Global Reset Release shutter）

由于逐行曝光的 sensor 开始曝光时，在拍摄快速移动的物体时同一帧图像上部和下部曝光起始点、终止点不同，会出现拖影现象，采用全局复位释放（Global Reset Release）的曝光方式可有效避免拖影，但必须配合闪光灯使用。

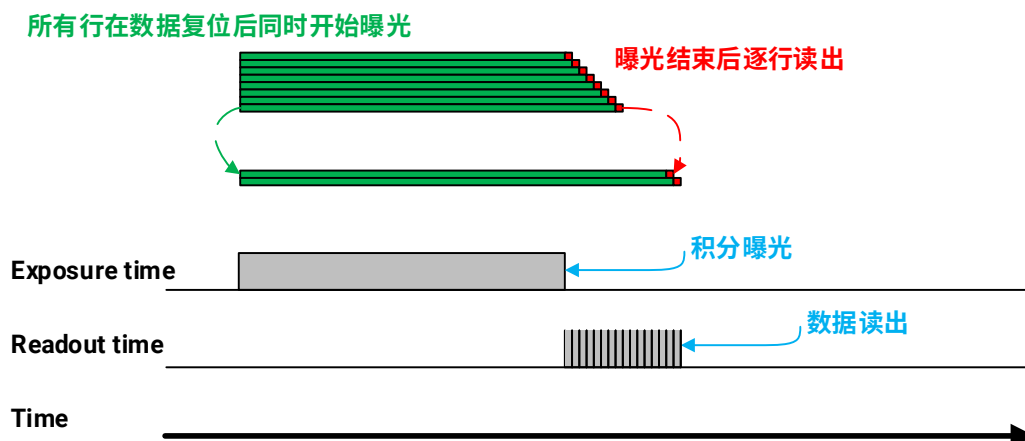


图 8-30 全局复位释放模式

逐行曝光的 sensor 在 GRR 模式下所有行同时开始曝光，从上到下依次结束曝光，积分曝光区间即为公共曝光区间，也是闪光灯需要配合作用的区间。闪光灯在公共曝光区间后熄灭，否则图像上下曝光时间长度递增，图像会出现上暗下亮的现象，还会因为曝光终点不同，导致拖影现象。

在 GRR 模式下支持曝光延时功能，同时由于闪光灯点亮有一定延时，实际闪光灯维持时间如下：

$$T_{\text{strobe}} = T_{\text{exposure}} + T_{\text{exp_delay}} + T_{\text{row}} \times 18$$

设置条件：

- 1) 将 SensorShutterMode 设置为“Global Reset”；
- 2) 将相机外接闪光灯。

8.2.10.3. 设置曝光时间模式

根据曝光时间的长短，相机的曝光时间模式分为两种，分别为标准曝光时间模式和极小曝光时间模式。

相机在标准曝光时间模式下，支持 3 种曝光时间调节模式，分别为手动调节、一次自动调节和连续自动调节。相机默认为即标准曝光时间模式，此模式下手动调节曝光时间说明参见 8.2.9 节交叠曝光和非交叠曝光，一次自动调节曝光时间和连续自动调节曝光时间说明参见 8.3.6 节自动曝光和自动增益。

极小曝光时间模式下，相机仅支持手动方式调节曝光时间。由于相机默认为标准曝光时间模式，如果要设置极小曝光时间模式，首先需要调整可见级别为 guru，并在采集控制属性下设置参数曝光时间模式为 UltraShort，如图 8-31。

上升沿触发滤波	0.0000 (us)
下降沿触发滤波	0.0000 (us)
曝光模式	Timed
曝光时间模式	UltraShort
曝光时间	2.4000 (us)
交叠曝光时间最大值	Not Available
曝光延迟	0.0000 (us)
自动曝光	Off

图 8-31 极小曝光时间模式



极小曝光时间模式下，相机不支持自动调节曝光时间，只支持手动调节曝光时间。

8.2.10.4. 设置曝光时间值

相机支持曝光时间可设，步长 $1\mu\text{s}$ 。

使用行曝光 sensor 的相机，曝光精度受 sensor 限制，用户接口和 demo 步长显示为 $1\mu\text{s}$ ，实际是 1 个行周期。当输入值曝光值不能被行周期整除时，上取整处理，比如最大窗口时行周期为 $36\mu\text{s}$ ，设置 $80\mu\text{s}$ 曝光时间，实际曝光时间为 $108\mu\text{s}$ 。

当外部光源为日光或直流光源时，相机对曝光无特殊要求；当使用交流光源时，为滤除交流光源闪烁影响，建议曝光时间为光源周期的整数倍，如 100Hz 的光源，曝光时间最好设置为 10ms 的整数倍（我们通常使用的日光灯的频率为 50Hz ）。

相机支持自动曝光，设置为自动曝光后，相机会根据外部光源的变化自动调节曝光时间，详细见 8.3.6 节。

8.2.11. 曝光延迟

曝光延迟功能可以有效解决闪光灯延时问题。绝大部分闪光灯从触发到点亮至少有几十微秒以上的延时，当相机工作在小曝光模式下，闪光灯的补光效果就会受影响。为了减小由于闪光灯延时导致的曝光时间不同步，可以通过曝光延迟进行补偿。曝光延迟以 μs 为单位，范围为 $0\mu\text{s}\sim 5000\mu\text{s}$ ，最小值为 0。

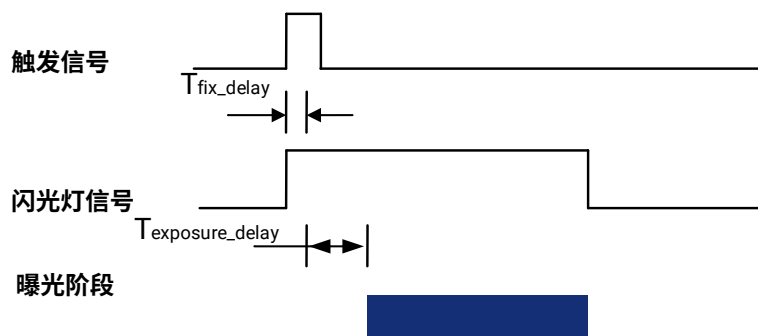


图 8-32 交叠曝光模式下曝光延迟时序图

除了用户可配置的曝光延迟参数以外，相机从收到触发信号到控制 sensor 实际真正开始曝光之间，还有一小段延迟，加上曝光延迟参数，共包含五部分时间：

T1：外部信号经过光耦或 GPIO 时，硬件电路引入的延时。值一般在几 μs 到几十 μs ，延时主要受连接方式、驱动强度和温度影响，外部环境不变时，该延时一般稳定；

T2：触发滤波引入的延时，比如设置触发滤波时间为 $50\mu\text{s}$ ，则 T2 对应 $50\mu\text{s}$ ，CXPTrigger 不受该延时影响；

T3：触发延迟 (trigger_delay)，相机还支持触发延迟功能，如果触发延迟设置 $200\mu\text{s}$ ，则 T3 为 $200\mu\text{s}$ ；

T4：曝光延迟 (exposure_delay)，即前文描述的曝光延迟时间，如果曝光延迟设置 $200\mu\text{s}$ ，则 T4 为 $200\mu\text{s}$ ；

T5：Sensor 时序延时，Sensor 内部真正开始曝光是与行时序对齐，所以 T5 最大有几个行周期的抖动，每款 Sensor 该数值不一样。

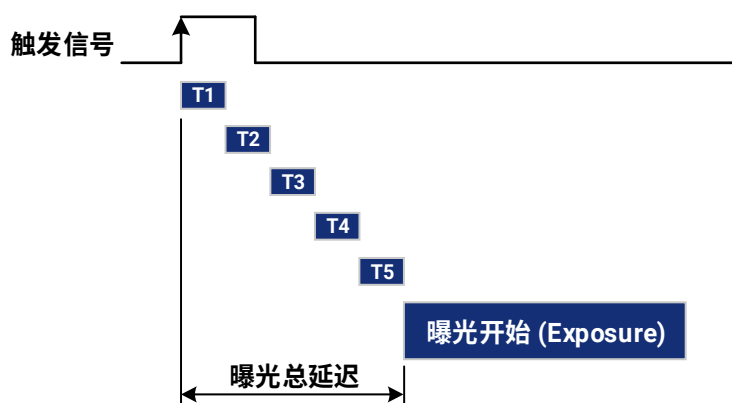


图 8-33 曝光延迟

下表是每款相机型号的最小曝光总延迟，其中：

T1 按照外触发 Line0 的典型延时 $5\mu\text{s}$ 计算，如果是 Line2 或 CXPTrigger，T1 可以忽略。

T2/3/4 按照 $0\mu\text{s}$ 计算。

T5 按照每款 sensor ROI 设置和自身特点计算。

每款产品的最小曝光延迟时间数据如下。

相机型号	最小曝光延迟 (μs)
MER3-514-235X2M/C	交叠曝光与非交叠曝光：9~10
MER3-515-131X2M/C	交叠曝光与非交叠曝光：33~36
MER3-800-86X2M/C	交叠曝光与非交叠曝光：46~50
MER3-1221-68X2M/C	交叠曝光与非交叠曝光：46~51
MER3-1250-94X2M/C	交叠曝光与非交叠曝光：11~12
MER3-1610-52X2M/C	交叠曝光与非交叠曝光：60~66
MER3-2020-42X2M/C	交叠曝光与非交叠曝光：50~55

MER3-2440-35X2M/C	交叠曝光与非交叠曝光：60~66
MER3-321-176X2M-SWIR	交叠曝光与非交叠曝光：7~12
MER3-321-224X2M-SWIR	交叠曝光与非交叠曝光：6~10
MER3-533-134X2M-SWIR	交叠曝光与非交叠曝光：7~12
MER3-533-170X2M-SWIR	交叠曝光与非交叠曝光：6~10

8.3. 基本属性设置

8.3.1. 增益

相机可以调节增益，各型号增益的可调范围见章节 4 性能参数。当增益改变时，相机的响应曲线会发生变化，如图 8-34 所示。图中横轴表示相机内传感器的输出信号，纵轴表示相机输出图像的灰度值。当传感器输出信号幅值保持不变时，提高增益会使响应曲线变得更加陡峭，从而使图像变得更亮。增益每提高 6dB，图像灰度值将增加一倍。例如，当相机增益为 0dB 时图像灰度为 126，如果将增益提高到 6dB，图像灰度将增加到 252 附近。因此提高增益可以作为增加图像亮度的一种方式。在环境亮度和曝光时间保持不变时，另一种提高图像亮度的方法为通过修改查找表改变相机的数字增益，详见章节 8.4.5 查找表。请注意，提高模拟增益或者数字增益都将会放大图像噪声。

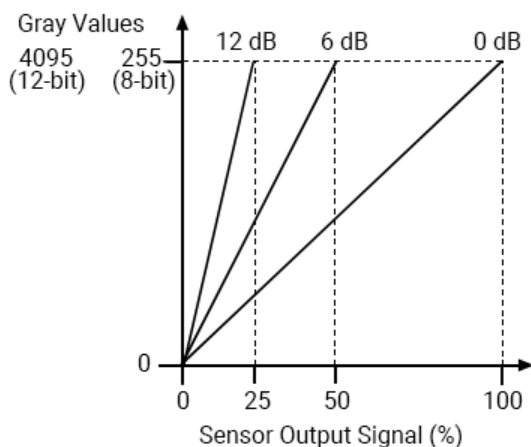


图 8-34 相机响应曲线

8.3.2. Sensor 位深

相机的 Sensor Bit Depth 功能可以更改图像传感器输出数据的位深。减小传感器位深度可以提高相机的帧速率，增加传感器位深度可以提高图像质量。

Sensor 位深的功能与像素格式关联，像素格式为 8bit 时，Sensor 位深可以选择 BPP10 或 BPP12；像素格式为 10bit 时，Sensor 位深仅支持 BPP10；像素格式为 12bit 时，Sensor 位深仅支持 BPP12。无论是彩色或者黑白相机，可供选择的 Sensor 位深与相机的具体型号相关。

8.3.3. PGA 增益

PGA 增益相较数字增益不会放大模数转换带来的噪声，因此对信噪比的影响会小一些。在设置 PGA 增益时，用户设置的步长与实际步长有差异，例如 MER3-514-235X2M/C 相机的 PGA 增益在取消标准参数范围的有效参数为 $[0.5x-5.2x]$ ，其中 $[0.5x-2.8x]$ 区间步长为 $0.1x$ ， $[2.8x-5.2x]$ 区间步长显示为 $0.1x$ ，实际有效步长为 $0.4x$ ，当设置值在两个有效参数之间时，参数会向下取到有效参数，如设置值为 $3.1x$ 时，此时会向下取 $2.8x$ 作为有效 PGA 增益设置并生效。并且需要注意，当该相机在开采下修改 PGA 增益，设置后第一帧可能出现异常图像，第二帧以后图像正常采集。

8.3.4. 像素格式

通过设置像素格式，可以选择相机输出图像数据的格式。相机输出的图像数据以左上角为起点，从左至右、从上到下逐行输出每个像素点的亮度值。

● Mono8 格式

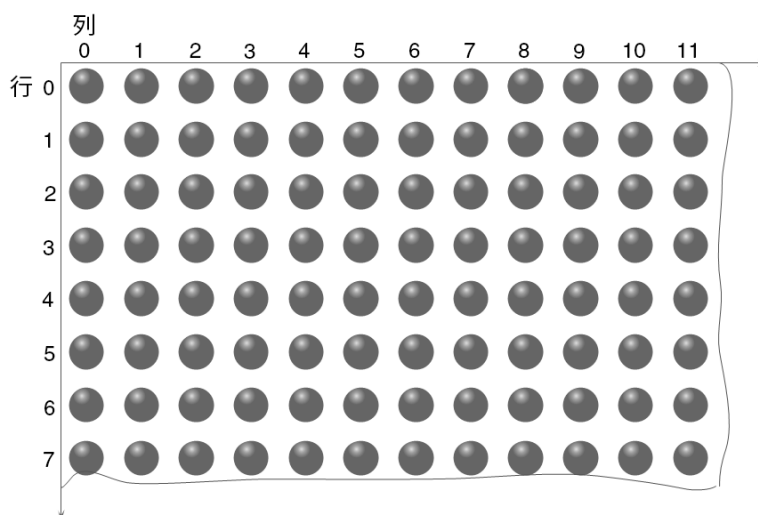


图 8-35 Mono8 的像素排列示意图

当像素格式设置为 Mono8 的时候，相机输出图像中每个像素的亮度值为 8 bits 数据。在内存中的排列格式如下：

Y00	Y01	Y02	Y03	Y04	.....
Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	.....
.....					

其中 Y00、Y01、Y02.....为从图像第一行开始的每个像素点的灰度值。紧接着是图像第二行像素点的灰度值 Y10、Y11、Y12.....

● Mono10、Mono12、Mono14、Mono16 格式

当像素格式设置为 Mono16 的时候，相机输出图像中每个像素的亮度值为 16bits 数据，Mono16 格式有效数据为 16bits；当像素格式设置为 Mono14 的时候，相机输出图像中每个像素的亮度值为 16bits 数据，Mono14 格式有效数据为 14bits，高 2bits 补 0；当像素格式设置为 Mono12 的时候，相机输出图像中每个像素的亮度值为 16bits 数据，Mono12 格式有效数据为 12bits，高 4bits 补 0；Mono10 格式有效数据为 10bits，高 6bits 补 0。注意，每个像素点的亮度值包含两个字节，以小端格式排列。排列格式如下：

Y00	Y01	Y02	Y03	Y04	.....
Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	.....
.....					

其中 Y00、Y01、Y02.....为从图像第一行开始，每个像素点的灰度值。每个像素的第一个字节为亮度值低 8bits，第二个字节为高 8bits。

● BayerRG8 格式

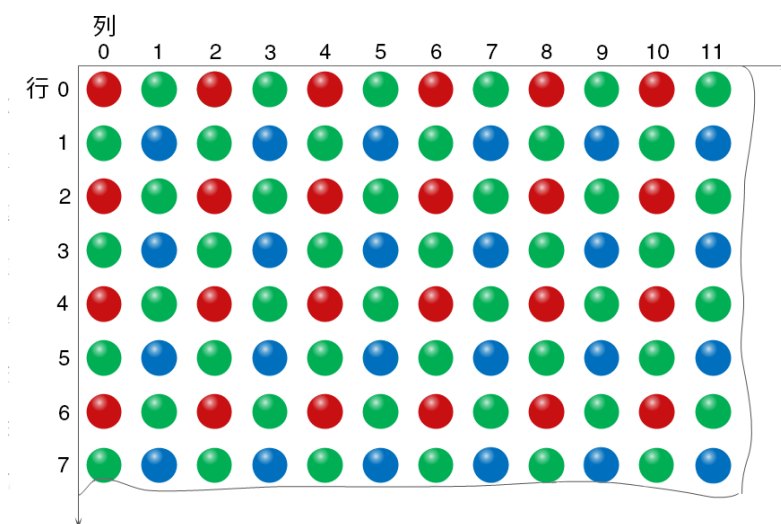


图 8-36 BayerRG8 的像素排列示意图

当像素格式设置为 BayerRG8 的时候，相机输出图像中每个像素的亮度值为 8bits 数据，根据像素点所在位置的差异，分别亮度值表示红、绿、蓝三个分量。在内存中的排列格式如下：

R00	G01	R02	G03	R04	.....
G10	B11	G12	B13	G14	.....
.....					

其中 R00 为第一行第一个像素值（为红分量），G01 表示第二个像素值（为绿分量），依次类推，完成第一行像素值的排列。G10 为第二行第一个像素值（为绿分量），B11 为第二个像素值（为蓝分量），依次类推，完成第二行像素值的排列。

● BayerRG10、BayerRG12、BayerRG14、BayerRG16 格式

当像素格式设置为 BayerRG10、BayerRG12、BayerRG14、BayerRG16 的时候，相机输出图像中每个像素的值为 16bits 数据，根据位置差异，分别表示红、绿、蓝三个分量。在内存中的排列格式如下：

R00	G01	R02	G03	R04	.....
G10	B11	G12	B13	G14	.....
.....					

其中每个像素的排列位置与 BayerRG8 相同，区别在于每个像素值由两个字节组成，第一个字节为像素值的低 8bits，第二个字节为像素值的高 8bits。

● BayerGR8 格式

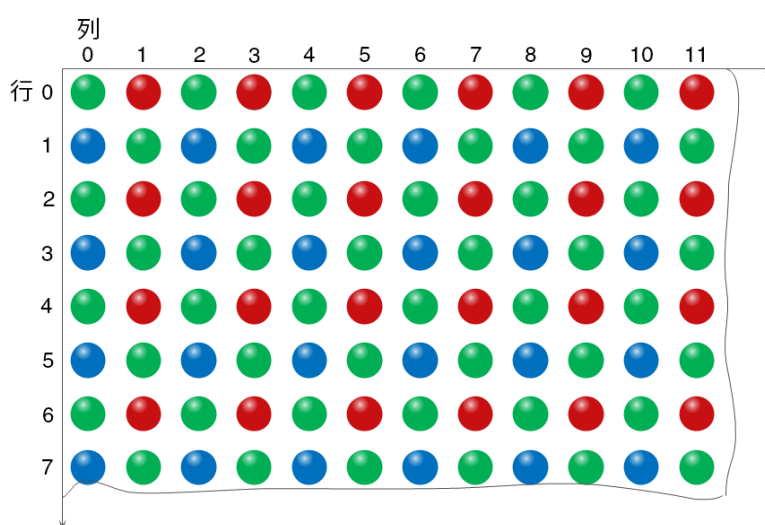


图 8-37 BayerGR8 的像素排列示意图

当像素格式设置为 BayerGR8 的时候，相机输出图像中每个像素的值为 8bits 数据，根据位置差异，分别表示红、绿、蓝三个分量。在内存中的排列格式如下：

G00	R01	G02	R03	G04	.....
B10	G11	B12	G13	B14	.....
.....					

其中 G00 为第一行第一个像素值（为绿分量），R01 表示第二个像素值（为红分量），依次类推，完成第一行像素值的排列。B10 为第二行第一个像素值（为蓝分量），G11 为第二个像素值（为绿分量），依次类推，完成第二行像素值的排列。

● BayerGR10、BayerGR12、BayerGR14、BayerGR16 格式

当像素格式设置为 BayerGR10、BayerGR12、BayerGR14、BayerGR16 的时候，相机输出图像中每个像素的值为 16bits 数据，根据位置差异，分别表示红、绿、蓝三个分量。在内存中的排列格式如下：

G00	R01	G02	R03	G04	.....
B10	G11	B12	G13	B14	.....
.....					

其中每个像素的排列位置与 BayerGR8 相同，区别在于每个像素值由两个字节组成，第一个字节为像素值的低 8bits，第二个字节为像素值的高 8bits。

- **BayerGB8 格式**

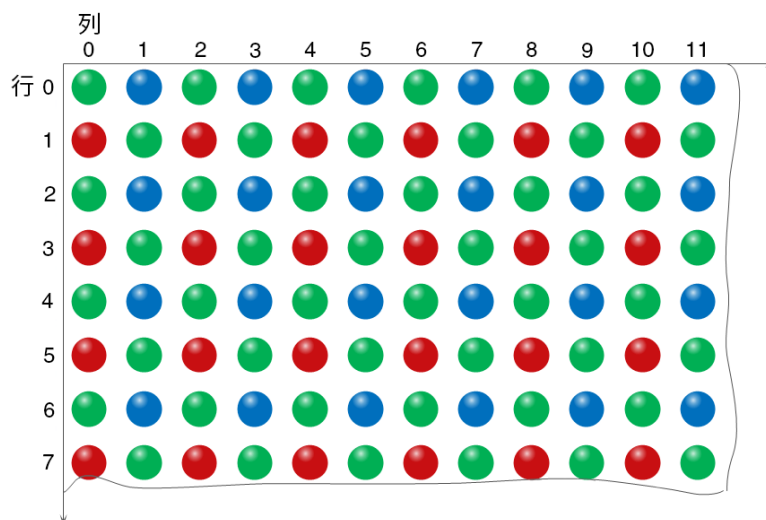


图 8-38 BayerGB8 的像素排列示意图

当像素格式设置为 BayerGB8 的时候，相机输出图像中每个像素的值为 8bits 数据，根据位置差异，分别表示红、绿、蓝三个分量。在内存中的排列格式如下：

G00	B01	G02	B03	G04	.....
R10	G11	R12	G13	R14	.....
.....					

其中 G00 为第一行第一个像素值（为绿分量），B01 表示第二个像素值（为蓝分量），依次类推，完成第一行像素值的排列。R10 为第二行第一个像素值（为红分量），G11 为第二个像素值（为绿分量），依次类推，完成第二行像素值的排列。

- **BayerGB10、BayerGB12、BayerGB14、BayerGB16 格式**

当像素格式设置为 BayerGB10、BayerGB12、BayerGB14、BayerGB16 的时候，相机输出图像中每个像素的值为 16bits 数据，根据位置差异，分别表示红、绿、蓝三个分量。在内存中的排列格式如下：

G00	B01	G02	B03	G04	.....
R10	G11	R12	G13	R14	.....
.....					

其中每个像素的排列位置与 BayerGB8 相同，区别在于每个像素值由两个字节组成，第一个字节为像素值的低 8bits，第二个字节为像素值的高 8bits。

8.3.5. ROI

通过设置相机的图像感兴趣区域可以只传输图像的特定区域，输出区域的参数包括输出区域的水平偏移、垂直偏移、宽度和高度。相机仅从传感器的指定区域读取图像数据到缓存中，并传输到主机端，传感器其他区域的图像将被丢弃。

默认情况下，相机的图像感兴趣区域为传感器的全分辨率区域。通过修改水平偏移、垂直偏移、宽度和高度可以改变图像感兴趣区域的位置和大小。水平偏移指感兴趣区域的起始列，垂直偏移为感兴趣区域的起始行。其中，水平/垂直偏移、宽度的调节步长在不同相机型号下存在差异。

图像感兴趣区域的坐标以传感器的左上角为原点，定义为第 0 行和第 0 列。如图 8-39 所示的感兴趣区域，水平偏移为 4，垂直偏移为 4，高度为 8，宽度为 12。

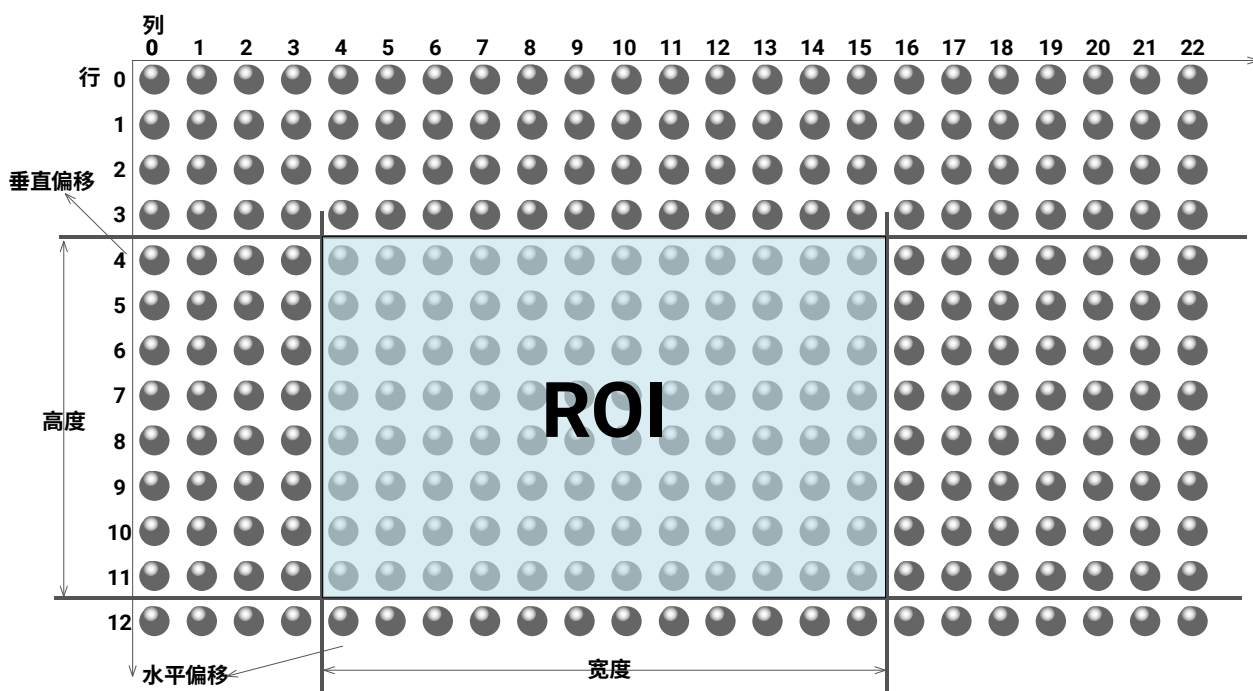


图 8-39 ROI 示意图

当减小图像感兴趣区域的高度时，可以提高相机的最大允许采集帧率。对采集帧率的具体影响请详见 8.5.1 节帧率计算。

8.3.6. 自动曝光和自动增益

● 自动曝光自动增益 ROI 设置

自动曝光自动增益采用感兴趣区域（ROI）中的图像数据计算相机参数，从而对相机的曝光时间和增益值进行调节。ROI 通过如下方式定义：

AAROIOffsetX: X 轴方向偏移

AAROIOffsetY: Y 轴方向偏移

AAROIWidth: ROI 区域的宽

AAROIHeight: ROI 区域的高

Offset 是相对于图像左上角为原点的偏移值。水平及垂直方向的设置步长分别与 ROI 的水平及垂直方向步长一致。ROI 的设置依赖于当前图像的大小, 不能超出当前图像的范围, 即: 假定当前图像宽为 Width, 高为 Height, 那么设置的 ROI 区域满足条件 1:

$$\text{AAROIWidth} + \text{AAROIOffsetX} \leq \text{Width}$$

$$\text{AAROIHeight} + \text{AAROIOffsetY} \leq \text{Height}$$

如不满足条件 1, 不能设置 ROI。

ROI 的默认值是整幅图像, 可根据需要设置感兴趣的区域。其中, AAROIWidth 可设置的最小值为 ROI 水平步长, 最大值为当前图像宽; AAROIHeight 可设置的最小值为 ROI 垂直步长, 它们均需满足条件 1。

假如当前图像的宽为 1024, 高为 1000, ROI 的设置为:

$$\text{AAROIOffsetX} = 100$$

$$\text{AAROIOffsetY} = 50$$

$$\text{AAROIWidth} = 640$$

$$\text{AAROIHeight} = 480$$

则, ROI 与图像的相对位置关系如图 8-40 所示。

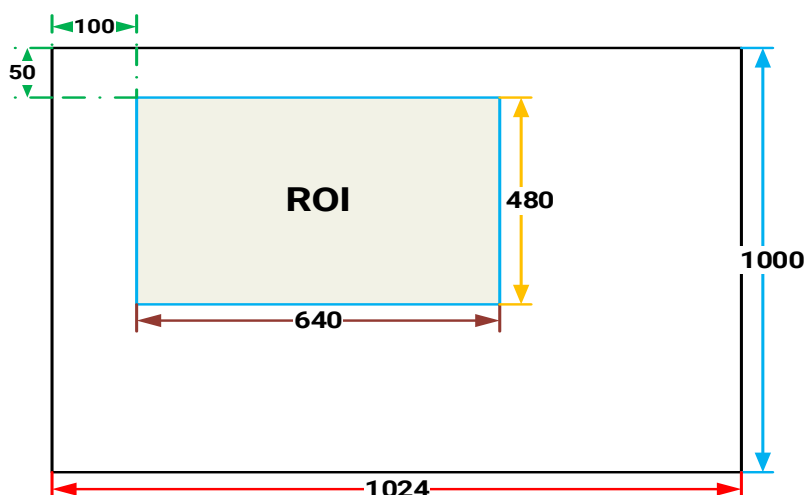


图 8-40 ROI 与当前图像位置关系示例

● 自动曝光和自动增益设置

自动曝光自动调节相机的曝光值, 自动增益自动调节相机的增益值, 二者均会使 AAROI 中的平均灰度达到期望灰度值。自动曝光或自动增益均可采用“once”和“continuous”模式进行控制。

当采用“once”模式时，将 ROI 中数据调节至期望灰度值，然后关闭自动曝光或自动增益功能；当采用“continuous”时，相机一直根据 ROI 中数据自动调节相机曝光值或增益值，使 ROI 中数据保持在期望灰度附近。

期望灰度值由用户设置，其值与数据位宽有关，对于 8 位像素数据，期望灰度的范围是 0 ~ 255；对于 10 位像素数据，期望灰度的范围是 0 ~ 1023；对于 12 位像素数据，期望灰度的范围是 0 ~ 4095。

相机在自动曝光和自动增益设置的最小调节值和最大调节值范围内调节曝光值和增益值。

自动增益可以和自动曝光同时使用，调节采用曝光优先，即：曝光达到设置的最大值后，才调节增益值。

8.3.7. 测试图

相机支持三种测试图：灰度值渐变测试图，静止斜条纹测试图和斜条纹滚动测试图。当为 RAW12 时，测试图灰度值变化为：RAW8 的像素灰度值乘以 16 后，作为 RAW12 的像素灰度值输出。

● 灰度渐变测试图

灰度渐变测试图中，帧内所有像素的灰度值都相等。相邻帧中，相邻帧的后一帧比上一帧的灰度值递增 1，递增到 255 后，下一帧灰度值回到 0，依次循环。某一帧截图如下所示。



图 8-41 灰度渐变测试图

● 斜条纹滚动测试图

斜条纹滚动测试图中，每帧图像内，相邻行的第一个像素值依次递增 1，直到最后一行。像素灰度值递增到 255 后，下一灰度值回到 0。相邻列的第一个像素值依次递增 1，直到最后一列。像素灰度值递增到 255 后，下一灰度值回到 0。

斜条纹滚动测试图中，相邻图像中，下一帧的第一个像素灰度值比上一帧的第一个像素递增 1。因此，在动态的图像显示时为向左上滚动的图像。截取一斜条纹滚动测试图如下所示。

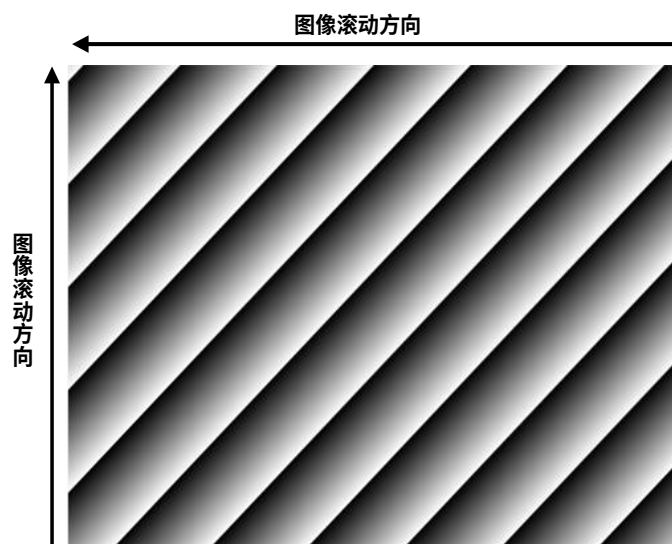


图 8-42 斜条纹滚动测试图

- 静止斜条纹测试图

静止斜条纹测试图中，第一个像素灰度值为 0，相邻行的第一个像素值依次递增 1，直到最后一行。像素灰度值递增到 255 后，下一灰度值回到 0。相邻列的第一个像素值依次递增 1，直到最后一列。像素灰度值递增到 255 后，下一灰度值回到 0。

静止斜条纹测试图与滚动测试图相比，相邻图像中，相同位置灰度值保持不变。静止斜条纹测试图如下。



图 8-43 静止斜条纹测试图

8.3.8. 参数组

通过设置相机的各种参数，可以使相机在不同的环境中能够发挥最佳的性能。设定参数的方法有两种：一种是手动修改各项参数，另一种是通过加载参数组的方式。为了能够保存用户使用的特定参数环境，避免每次打开相机时都要重新设置参数，相机提供了参数组保存功能，可以轻松实现对整套参数进行保存，包括控制相机所需的参数。配置参数分为三种类型：当前生效的配置参数、厂商默认配置参数（Default）、用户配置参数（UserSet0、UserSet1、UserSet2）。

对配置参数可以进行三种操作，包括保存参数、加载参数、设置启动参数组。保存参数是指保存生效的配置参数到设定的用户配置参数组中。加载参数是指将厂商默认配置参数或用户配置参数加载到当前生效的配置参数中。选择启动参数组是指用户可以指定一组参数，在相机复位或重新上电后，这组参数会自动加载到生效的配置参数中，相机会在这组参数下进行工作。这组参数可以是厂商默认配置参数，也可以是用户配置参数。

- 配置参数的类型

配置参数的类型包括：生效的配置参数、厂商默认配置参数、用户配置参数。

生效的配置参数：生效的配置参数是指相机当前所用的控制参数。使用 API 函数或 Demo 程序修改当前相机的控制参数就是在修改生效的配置参数，生效的配置参数存放在相机的易失性存储器中，所以在相机复位或重新上电后，生效的配置参数会丢失。

厂商默认配置参数（Default）：在相机出厂前，相机的生产厂商会对相机进行测试以评估相机的性能并优化相机的配置参数。厂商默认配置参数就是生产厂商在特定环境下优化后的相机配置参数，厂商默认配置参数存放在相机的非易失性存储器中，故在相机复位和重新上电后，厂商默认配置参数是不会丢失的，并且厂商默认配置参数是不可修改的。

用户配置参数（UserSet0、UserSet1、UserSet2）：生效的配置参数存放在相机的易失性存储器中，在相机复位和重新上电后会丢失。可以将生效的配置参数保存到用户配置参数，用户配置参数位于相机的非易失性存储器中。在相机复位和重新上电后，用户配置参数不会丢失。相机可以保存三组用户配置参数。

- 配置参数的操作

对配置参数的操作包括以下三种：保存参数、加载参数、设置启动参数组。

保存参数：存储当前生效的配置参数到用户配置参数组中。存储的步骤如下：

- 1) 修改相机的配置参数，直到相机的运行到达用户的需求；
- 2) 执行保存参数命令，将生效的配置参数保存到用户参数组中。

用户参数组中保存的相机配置参数包括：

- 带宽限制开关、带宽限制值
- 像素抽样模式、值
- 水平、垂直镜像
- 采集模式、高速连拍帧数
- 曝光时间、曝光模式、曝光延迟
- 像素格式
- 水平偏移、垂直偏移、图像宽度、图像高度
- 触发模式、触发源、触发极性、触发延迟

- 上升沿触发滤波、下降源触发滤波
- I/O 引脚方向、引脚电平反转、引脚输出源、用户自定义输出
- 测试图选择
- 计时器时间、计时器延时、计时器触发源、计数器事件触发源、计数器复位源
- 期望灰度值
- 自动曝光使能、自动曝光最大值、最小值
- 增益值、PGA 增益值、自动增益使能、自动增益最大值、最小值
- 自动调节感兴趣区域 x 坐标、y 坐标、宽度、高度
- 自动白平衡
- 自动白平衡感兴趣区域 x 坐标、y 坐标、宽度、高度
- 白平衡系数 R、G、B 分量
- LUT 查找表、Gamma
- 黑电平值、自动黑电平
- 取消参数范围限制使能
- 静态坏点校正使能
- 颜色转换使能、颜色校正系数、环境预设光源、饱和度使能、饱和度值
- 色相使能、色相值
- 亮度使能、亮度值
- 对比度使能、对比度值

加载参数：将厂商默认配置参数或用户配置参数加载到生效的配置参数中。执行这一操作后，生效的配置参数将被用户选择加载的参数覆盖，形成新生效的配置参数。执行这一操作的步骤如下：

- 1) 选择加载参数功能项；
- 2) 选中希望加载的参数组，完成加载参数。

设置启动参数组：用户能够选择厂商默认配置参数或用户配置参数作为默认的启动参数组。在相机复位和重新上电后，启动参数组中的参数将加载到生效的配置参数中。

8.3.9. 用户自定义名称

相机提供了用户可编程的自定义名称功能，用户可以给相机设置一个自己设计的唯一标识，并可以通过这个自定义的唯一标识来打开并控制相机。

用户自定义名称是一个字符串，最大长度为 16 字节，用户可以通过以下方式设置：

- 1) 通过 GalxyView 设置，如下所示。

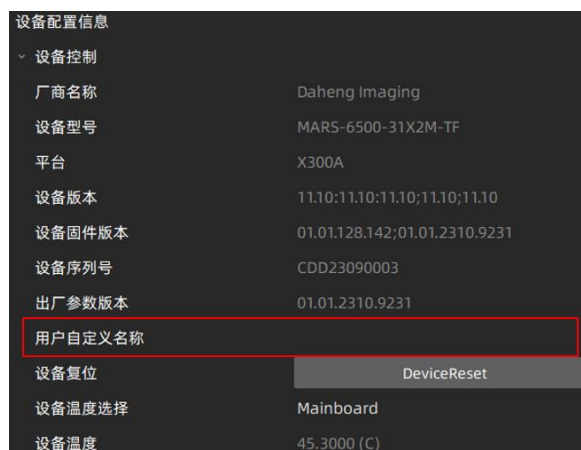


图 8-44 用户自定义名称设置

2) 通过调用软件接口来设置，详见软件开发说明书。



多个相机同时使用时，需保证每个相机的用户自定义名称的唯一性，否则造成打开相机时定位设备异常。

8.3.10. 像素抽样

像素抽样功能可减少相机传输的传感器像素列数或行数，从而减少需要传输的数据量，减少带宽资源占用。

● 垂直像素抽样工作原理

在黑白相机上，如果设定垂直像素抽样系数 n ，则相机仅采集每第 n 行。例如，当设置垂直像素抽样系数为 2 时，相机会跳过第 1 行，采集第 2 行，跳过第 3 行，以此类推。

在彩色相机上，如果设定垂直像素抽样系数 n ，则相机仅采集每第 n 对行。例如，当设置垂直像素抽样系数为 2 时，相机会跳过第 1 行和第 2 行，采集第 3 行和第 4 行，跳过第 5 行和第 6 行，以此类推。

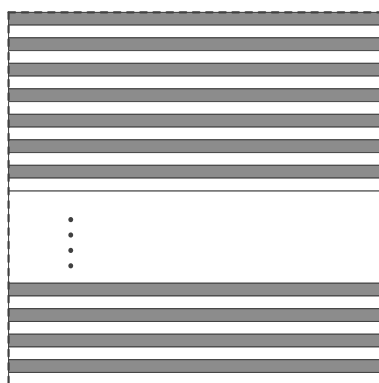


图 8-45 黑白相机垂直像素抽样原理

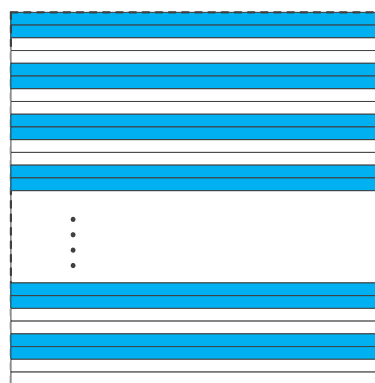


图 8-46 彩色相机垂直像素抽样原理

垂直像素抽样会降低图像高度，当设定垂直像素抽样系数为 2 时，相机传输的图像高度将会减少一半，此时相机会自动调整图像的 ROI 设置。

垂直像素抽样可能会改变相机的帧率，具体可见水星三代 CoaXPress 相机帧率计算工具。

● 水平像素抽样工作原理

在黑白相机上，如果设定水平像素抽样系数 n ，则相机仅采集每第 n 列。例如，当设置水平像素抽样系数为 2 时，相机会跳过第 1 列，采集第 2 列，跳过第 3 列，以此类推。

在彩色相机上，如果设定水平像素抽样系数 n ，则相机仅采集每第 n 对列。例如，当设置垂直像素抽样系数为 2 时，相机会跳过第 1 列和第 2 列，采集第 3 列和第 4 列，跳过第 5 列和第 6 列，以此类推。

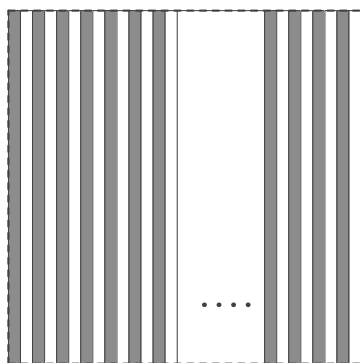


图 8-47 黑白相机水平像素抽样原理图

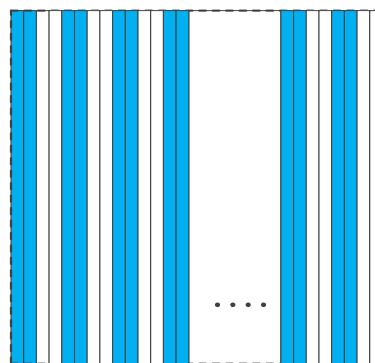


图 8-48 彩色相机水平像素抽样原理

水平像素抽样会减少图像宽度，当设定水平像素抽样系数为 2 时，相机传输的图像宽度将会减少一半，此时相机会自动调整图像的 ROI 设置。水平像素抽样几乎不会提高相机的帧率。

● 配置像素抽样

要配置垂直像素抽样，请调整垂直像素抽样的值；要配置水平像素抽样，请调整水平像素抽样的值。像素抽样系数为 1 时禁用该功能，系数为 2 时启用该功能。

● 像素抽样使用注意事项

1) 对 ROI 设置的影响

使用像素抽样功能时，ROI 区域大小为抽样后的行数和列数。以 MER3-514-235X2M/C 为例，相机的默认分辨率为 2448×2048 ，当水平像素抽样系数和垂直像素抽样系数都设置为 4，ROI 的尺寸最大为 608×512 。

2) 降低相机分辨率

像素抽样功能会导致相机传感器的分辨率降低，以 MER3-514-235X2M/C 为例，相机的默认分辨率为 2448×2048 ，当开启水平像素抽样和垂直像素抽样时，当水平像素抽样系数和垂直像素抽样系数都设置为 4 时，ROI 的尺寸最大为 608×512 。

3) 图像失真

同时开启水平像素抽样和垂直像素抽样时，显示的图像将不会失真。对于仅开启水平像素抽样或者仅开启垂直像素抽样时，显示的图像将会降低高度或者减少宽度。

4) 与 Binning 功能互斥

与 Binning 功能在同一方向上不能同时使用。当水平像素抽样设置为非 1 的值的时候，水平 Binning 功能将不能使用；当垂直像素抽样设置为非 1 的值的时候，垂直 Binning 功能将不能使用。

像素抽样有 FPGA 实现和 Sensor 实现两种方式，区别是 Sensor 实现方式可以提高帧率。

8.3.11. 镜像翻转

相机的镜像翻转功能可提供水平翻转、垂直翻转以及水平垂直翻转。

● 使能水平翻转

将水平翻转选项设置为 true 即可使能水平翻转模式，此时相机将输出水平翻转后的图像。



图 8-49 原始图像



图 8-50 水平翻转图像

● 使能垂直翻转

将垂直翻转选项设置为 true 即可使能垂直翻转模式，此时相机将输出垂直翻转后的图像。



图 8-51 原始图像



图 8-52 垂直翻转图像

● 水平垂直翻转

同时将水平翻转选项与垂直翻转选项设置为 true 即可使能水平垂直翻转模式，此时相机将输出水平垂直翻转后的图像。



图 8-53 原始图像



图 8-54 水平垂直翻转图像

● 在水平翻转或垂直翻转模式下使用 ROI 功能

在启用镜像功能的情况下使用 ROI 功能时，请注意 ROI 的区域范围相对于采集图像的位置不变，因此开启镜像功能后 ROI 区域的图像会发生变化。



图 8-55 原始图像



图 8-56 水平翻转图像

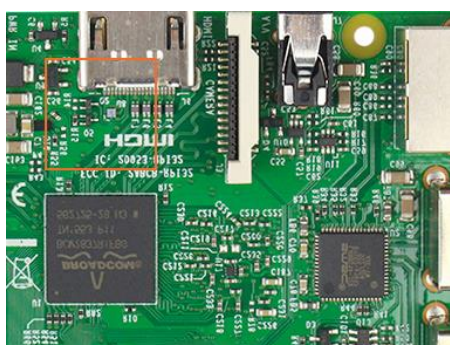


图 8-57 垂直图像

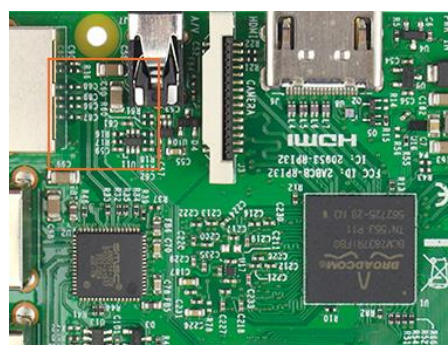


图 8-58 水平垂直翻转图像

相机在使用翻转功能时，由于实现方式的不同，一些相机的 Bayer 格式的对齐方式不会发生变化；另外一些相机的 Bayer 格式的对齐方式则会发生变化。

8.3.12. 采集状态

采集状态功能是用来确定相机是否在等待触发信号。此功能可以优化触发图像采集并避免过度触发。

● 判断相机等待触发信号状态

- 将采集状态选择设置为所需的触发器类型。触发类型分为 FrameTriggerWait 和 AcquisitionTriggerWait。如果要确定相机是否正在等待 FrameStartTrigger，请将采集状态选择设置为 FrameTriggerWait。如果要确定相机是否正在等待 FrameBurstStartTrigger，请将采集状态选择设置为 AcquisitionTriggerWait。
- 如果采集状态参数为 true，则相机正在等待所选触发类型的触发信号；如果采集状态参数为 false，则相机正忙。

8.3.13. 黑电平和自动黑电平

8.3.13.1. 黑电平

黑电平功能可以通过更改指定数量像素的灰度值的方法来更新相机图像的整体亮度，目前黑电平值应用范围只能选择为全部像素，不支持像素选择。

黑电平值越低，对应图像越暗；黑电平值越高，对应图像越亮。

8.3.13.2. 自动黑电平

暗电流受环境温度影响较大，并且对于分辨率较大的相机个体差异性较大，自动黑电平功能可以保证相机在暗场时，12bit 图像平均灰度值为 0，该功能默认为 Continuous 状态，黑电平持续调节；当黑电平设为 Once 时，进行一次调整后置为 Off；当黑电平状态为 Off 时，不进行自动黑电平调节。

8.3.14. 取消参数范围限制

相机参数设置值范围通常是有限制的，这些出厂限制主要是为了保证最佳的相机性能和良好的图像质量。但是对于某些特殊使用场景，可能希望设置超出这些出厂限制的参数值，此时就需要通过取消参数范围限制功能来扩大参数的范围值。不同相机支持的扩大范围的参数不同，范围也可能不同，具体见表 8-2。

相机型号	功能	开关为 off	开关为 on
MER3-514-235X2M/C	曝光	6~1000000	6~60000000
	自动曝光	6~1000000	6~1000000
	增益	0~16	0~24
	自动增益	0~16	0~24
	PGA Gain	10bit: 1~2.02 12bit: 1~6.47	10bit: 1~2.02 12bit: 1~16.76

	黑电平	10bit: 0~1023 12bit: 0~4095	10bit: 0~1023 12bit: 0~4095
	锐度	0~7	0~63
	锐化噪声抑制阈值	0~1	0~2
	白平衡分量系数	0~15.998	0~31.998
	自动白平衡	0~15.998	0~31.998
MER3-515-131X2M/C MER3-800-86X2M/C MER3-1221-68X2M/C	曝光	3~1000000	3~60000000
	自动曝光	3~1000000	3~1000000
	数字增益	0~16	0~24
	自动增益	0~16	0~24
	模拟增益	0~24	0~48
	黑电平	10bit: 0~1023 12bit: 0~4095	10bit: 0~1023 12bit: 0~4095
	锐度	0~7	0~63
	锐化噪声抑制阈值	0~1	0~2
	白平衡分量系数	0~15.998	0~31.998
	自动白平衡	0~15.998	0~31.998
MER3-1250-94X2M/C	曝光	6~1000000	6~60000000
	自动曝光	6~1000000	6~1000000
	增益	0~16	0~24
	自动增益	0~16	0~24
	PGA Gain	10bit: 1~2.02 12bit: 1~6.47	10bit: 1~2.02 12bit: 1~16.76
	黑电平	10bit: 0~1023 12bit: 0~4095	10bit: 0~1023 12bit: 0~4095
	锐度	0~7	0~63
	锐化噪声抑制阈值	0~1	0~2
	白平衡分量系数	0~15.998	0~31.998
	自动白平衡	0~15.998	0~31.998
MER3-1610-52X2M/C MER3-2020-42X2M/C MER3-2440-35X2M/C	曝光	3~1000000	3~60000000
	自动曝光	3~1000000	3~1000000
	数字增益	0~16	0~24
	自动增益	0~16	0~24

	模拟增益	0~24	0~48
	黑电平	10bit: 0~1023 12bit: 0~4095	10bit: 0~1023 12bit: 0~4095
	锐度	0~7	0~63
	锐化噪声抑制阈值	0~1	0~2
	白平衡分量系数	0~15.998	0~31.998
	自动白平衡	0~15.998	0~31.998
MER3-321-176X2M-SWIR MER3-321-224X2M-SWIR	曝光	27~1000000	27~60000000
	自动曝光	27~1000000	27~1000000
	增益	0~16	0~24
	自动增益	0~16	0~24
	黑电平	10bit: 0~1023 12bit: 0~4095	10bit: 0~1023 12bit: 0~4095
	锐度	0~7	0~63
MER3-533-134X2M-SWIR MER3-533-170X2M-SWIR	曝光	27~1000000	27~60000000
	自动曝光	27~1000000	27~1000000
	增益	0~16	0~24
	自动增益	0~16	0~24
	黑电平	10bit: 0~1023 12bit: 0~4095	10bit: 0~1023 12bit: 0~4095
	锐度	0~7	0~63
	锐化噪声抑制阈值	0~1	0~2

表 8-2 各型号相机取消参数范围限制前后支持范围变化的参数范围

8.3.15. 用户数据区

用户数据区是为用户预留出来的一块 FLASH 数据区域，用户可以使用该区域保存算法系数、参数配置等。

用户数据区域共 512K 字节大小，读取和写入必须从首地址开始。用户可通过 API 接口的方式访问该用户数据区，数据写入后立即保存到相机 Flash 区域中，掉电后不会消失。

8.3.16. 定时器

相机只支持 1 个定时器（Timer1），该定时器可以由指定的事件或者信号来启动定时器（只支持曝光开始信号），定时器启动之后，开始延迟一段时间，延时的时间到指定值之后，定时器输出的信号开始有效，

同时开始另一段时间的计时，计时时间到指定值之后，定时器输出的信号无效，同时计时器清零。定时器工作过程的示意图如下所示。

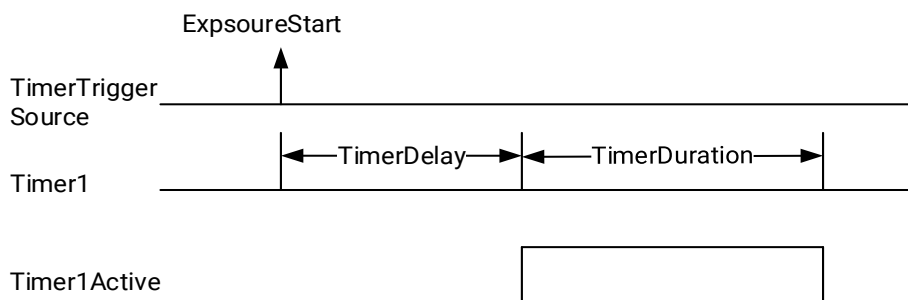


图 8-59 Timer1Active 示意图

定时器的配置过程如下：

- 1) 设置 TimerSelector，目前只支持 Timer1；
- 2) 设置 LineSelector；
- 3) 设置 LineSource 为 Timer1Active；
- 4) 设置 TimerTriggerSource，目前只支持 ExposureStart；
- 5) 设置 TimerDelay，TimerDelay 的范围为[0, 16777215]，单位为 μs ；
- 6) 设置 TimerDuration，TimerDuration 的范围为[0, 16777215]，单位为 μs 。

- 1) 从定时器开始启动到 Timer1Active 完整输出，这个过程不会被曝光开始信号打断，即 Timer1Active 必须完整输出，才能根据下一个曝光开始信号开始计时。如下所示，红色的曝光开始信号是被忽略的。

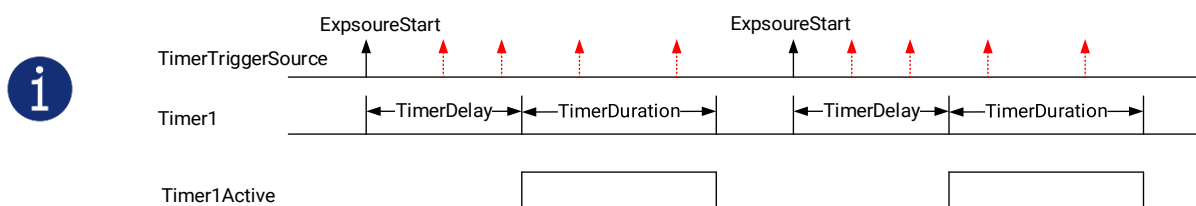


图 8-60 Timer1Active 与曝光开始信号的关系

- 2) 停采之后，计时器立即清零，Timer1Active 信号立即置为低电平。

8.3.17. 计数器

相机只支持 1 个计数器(Counter1)，该计数器可以统计相机内部收到的帧开始触发信号(FrameTrigger)、帧高速连拍开始触发信号(AcquisitionTrigger)、图像帧(FrameStart)的个数，计数器从 0 开始计数。通过 CounterEventSource 选择上述三者之一进行统计。计数器统计的帧开始触发信号(FrameTrigger)和帧

高速连拍开始触发信号，（AcquisitionTrigger）是指经过了触发滤波而没有经过触发延迟的信号。相机的 CounterValue 值直接以 Polling 的形式反馈。

计数器可以被外部信号复位，通过 CounterResetSource 选择复位源，目前 CounterResetSource 的选项支持 Off, SoftWare, Line0, Line2, Line3, CXPTTrigger0, CXPTTrigger1，其中选择 Off 表示不复位，SoftWare 表示软复位，Line0, Line2, Line3 表示支持通过 I/O 接口输入信号进行复位，CXPTTrigger0, CXPTTrigger1 表示可以通过采集卡发送 CXPTTrigger 进行复位，复位信号的极性仅支持 RisingEdge，即在复位信号的上升沿复位 Counter。

计数器的配置：

- 1) 设置 CounterSelector，目前只支持 Counter1；
- 2) 设置 CounterEventSource，可以设置的值为 FrameStart, FrameTrigger, AcquisitionTrigger；
- 3) 设置 CounterResetSource，可以设置的值为 Off, SoftWare, Line0, Line2, Line3, CXPTTrigger0, CXPTTrigger1；
- 4) 设置 CounterResetActivation，目前只支持 RisingEdge。



- 1) 停采之后，Counter 仍在继续工作，不会清零，相机掉电会清零。
- 2) CounterReset，该功能可软复位计数器。

8.4. 图像处理

8.4.1. 环境光源预设

相机支持环境光源预设功能，并提供 Off 模式和四种指定常见色温光源模式。

● Off 模式

Off 模式下默认不对图像进行白平衡，需手动输入白平衡系数或者采用自动白平衡功能；在 Off 模式下不进行颜色转换处理，和没有进行颜色转换一样。

● Custom 模式

相机支持用户手动输入白平衡系数，同时支持手动输入颜色转换系数达到对图像效果的控制。

● 指定色温模式（例如 Daylight6500K）

默认对图像进行白平衡处理，同时支持手动修改当前色温下的白平衡系数或者采用自动白平衡功能。如果使用的外界环境光源为 D65 光源，图像不产生偏色。即使环境光源预设选择了当前光源，白平衡系数依旧可以手动调整。打开颜色转换使能开关，按照 Daylight6500K 光源的颜色转换系数进行校正（不支持手动输入颜色转换系数）。Daylight5000K、CoolWhiteFluorescence、INCA 选项操作同 Daylight6500K。

8.4.2. 自动白平衡

● 自动白平衡 ROI

自动白平衡采用白平衡“白点”区域（ROI）中的图像数据计算白平衡系数，然后根据计算的系数对图像的各分量进行处理。

ROI 通过如下方式定义：

AWBROIOffsetX: X 轴方向偏移；

AWBROIOffsetY: Y 轴方向偏移；

AWBROIWidth: ROI 区域的宽；

AWBROIHeight: ROI 区域的高；

Offset 是相对于图像左上角为原点的偏移值。步长同 ROI 步长。

ROI 的默认值是整幅图像，可以根据需要设置“白点”区域。步长同 ROI 步长。

● 自动白平衡调节

自动白平衡根据 ROI 中的数据计算白平衡系数，然后根据系数对图像的各分量进行调节，使 ROI 区域中的红、绿、蓝三分量的值一致。自动白平衡只对彩色传感器有效。

自动白平衡可以采用“once”和“continuous”模式进行控制。

当采用“once”模式时，相机只调节一次，采用“continuous”模式时，相机不断根据 ROI 中的数据调节白平衡系数。

8.4.3. 颜色转换

相机颜色转换功能用来校正传感器输出的颜色信息，提高相机色彩还原度，使图像更接近人眼视觉感受。



图 8-61 样板

可以使用一个包含 24 种颜色的这个样板为基准，用相机对这个色板进行拍摄，也许得到的每种颜色的 RGB 值和样板颜色的标准 RGB 不一样，厂商可以利用软件或者硬件将读到的 RGB 转换为标准的 RGB 值，因为颜色空间是连续的，所以所有读到的其他 RGB 颜色都可以用这 24 种颜色建立起来的映射表转换成标准的 RGB 值。

1) 前置条件

要使颜色转换正常工作，必须先做白平衡。

2) 配置颜色转换

配置颜色转换模式：默认模式（RGBtoRGB）。

默认模式（RGBtoRGB）：出厂时给相机提供的默认颜色转换系数。

3) 如何工作

颜色转换功能使用变换矩阵的方式，修改每个像素的红色，绿色和蓝色像素数据。

通过将包含 R, G 和 B 像素值的 3×1 矩阵乘以包含颜色变换值的 3×3 矩阵来执行颜色变换：

$$\begin{bmatrix} \text{Gain00} & \text{Gain01} & \text{Gain02} \\ \text{Gain10} & \text{Gain11} & \text{Gain12} \\ \text{Gain20} & \text{Gain21} & \text{Gain22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix}$$

4) 效果图



图 8-62 颜色转换前



图 8-63 颜色转换后

8.4.4. Gamma

相机允许用户使用 Gamma 功能来优化采集图像的亮度，以便在显示器上显示出用户想要的图像亮度。

1) 前置条件

如果 GammaEnable 参数可用，则必须将其设置为 true。

2) 如何工作

相机根据以下公式将 Gamma 校正值 (γ) 应用于每个像素，来改变每个像素的亮度值（作为示例给出的彩色相机的红色分量的像素值 (R) 的校正公式）：

$$R_{\text{corrected}} = \left(\frac{R_{\text{uncorrected}}}{R_{\text{max}}} \right)^{\gamma} \times R_{\text{max}}$$

对于 8 位像素格式，最大像素值 (R_{max}) 等于 255。

对于 12 位像素格式，最大像素值 (R_{max}) 等于 4095。

3) Gamma 校正

使能 Gamma 校正后，请设置 GammaValue 来改变图像亮度。GammaValue 值范围是 0 到 4.00。

- a) 当设置 $\text{Gamma} = 1.0$ 时，整体亮度保持不变。
- b) 当设置 $\text{Gamma} < 1.0$ 时，整体亮度增加。
- c) 当设置 $\text{Gamma} > 1.0$ 时，整体亮度降低。

在所有情况下，黑色的像素（灰度值=0）和白色的像素（灰度值=最大值）将不调整其亮度。



如果使用 Gamma 校正并且像素格式设置为 12 位像素格式，则某些图像信息将丢失。像素数据输出仍然是 12 位，但像素值将在 Gamma 校正过程中进行插值，会造成精度损失，从而造成图像信息丢失。如果要求使用 Gamma 功能没有图像信息丢失，请避免在 12 位像素格式下使用 Gamma 功能。

4) 自定义参数

根据相机型号，可以使用以下自定义参数：

- a) GammaEnable：启用或禁用 Gamma 校正功能；
- b) GammaMode：允许选择以下 Gamma 校正模式之一。

用户自定义模式：可以根据需要设置 Gamma 校正值。

默认模式 sRGB：相机内部默认 Gamma 校正值。此功能为配合颜色转换功能使用，将图像有 RGB 转换为 sRGB。开启颜色转换功能后建议将 Gamma 调整至 sRGB 模式。

8.4.5. 查找表

Sensor 读出的模拟信号经转换后，原始数据位深常大于 8bits，有 12bits、10bits 等。查找表功能是根据用户设置的值，来改变本相机中 8bits、12bits 图像中某些点的像素值。

查找表可以是线性查找表，也可以是非线性查找表，完全由用户创建。

用户还可以使用 LUTValueAll 功能来创建整个查找表。

1) 如何工作

- a) 查找表的缩写为 LUT，用索引来确定值的映射数字列表；
- b) 在查找表中，可以为各个像素值定义要替换的值。例如：将灰度值为 0 的像素点替换为灰度值为 255（像素格式为 8 位时的灰度最大值），此时图像中所有黑色像素更改为全白像素；
- c) 设置 LUT 可以优化图像的亮度。通过将预定义替换的值设置到相机的 LUT 中，在相机内部进行对图像实时处理。相机本身存在出厂默认查找表，默认查找表不影响图像亮度。

2) 创建自定义查找表

创建查找表，相机无论在 8 位还是 12 位下 LUTIndex 和 LUTValue 的范围都为[0,255]。

创建自定义查找表，具体步骤如下：

- 选择要使用的查找表选项，由于相机内只有一个用户自定义的查找表，因此默认不需要选择；
- 将 LUTIndex 参数设置为要替换的目标像素值；
- 将 LUTValue 参数设置为新的像素值；
- 对于更改的所有像素值需要重复步骤 1 和 2 依次将参数设置为目标像素值；
- 将 LUTEnable 参数设置为 true，代表开启查找表功能。默认为不开启。



如果要更改所有像素值，建议使用 LUTValueAll 功能。具体请参阅开发说明书下的 LUTValueAll 示例代码。

8.4.6. 静态坏点校正

由于图像传感器的工艺缺陷，相机或多或少存在坏点，这些坏点有的固定在同一灰度值不随场景发生变化，称之为死点。有的感光表现与周围像素明显不一致，导致灰度值与周围像素也存在明显的亮暗差异，称之为噪点。

亮场场景标定，通过整幅图像平均灰度值与每个像素灰度值作差，当差值高于用户设置的阈值则判定为死点，适用于图像灰度值较均匀的场景；实际场景则通过当前像素与周围临近像素的差值与阈值进行比较，当差值大于阈值则判定为噪点。

静态坏点校正需要点击采张新图，得到图像后点击自动标记得到的噪点（坏点）的坐标，当噪点（坏点）个数小于等于 1024 个时，点击保存至设备进行坏点校正（硬件端校正），此时标定的噪点（坏点）坐标信息会保存在相机中，并对这些点进行校正；当噪点（坏点）个数大于 1024 个时，在点击自动标记时即在软件端进行静态坏点校正，此时标定点的坐标不可保存到设备，当噪点（坏点）大于 500000 时不可保存在文件中。当噪点（坏点）较少且位置相对固定时，适合开启静态坏点功能，该功能默认开启。



亮场校正前



亮场校正后

图 8-64 亮场校正效果图



图 8-65 实际场景坏点校正效果图



使用静态坏点功能需要在全画幅的基础上进行标定。

8.4.7. 饱和度

饱和度功能可以使得图像变得更加鲜艳或者更加灰暗，以便达到用户想要的图像效果。

1) 前置条件

如果饱和度使能可用，则必须将其设置为 **On**。

2) 配置饱和度

输入饱和度参数的所需值。参数的值范围是 0 到 128，默认值为 64，此时图像不进行饱和度处理。

3) 效果图

如下图，图 8-66 为饱和度调节前图像，图 8-67 为饱和度调节后图像。



图 8-66 饱和度调节前图像



图 8-67 饱和度调节后图像

8.4.8. 色相

部分相机支持色相功能。色相功能可以改变不同颜色的色相，从而使图像中的色彩看起来更加协调统一，以便达到用户想要的图像效果。

1) 前置条件

如果色相使能可用，则必须将其设置为 **On**。

2) 配置色相

输入色相参数的所需值。参数的值范围是-180 到 180，默认值为 0，此时图像不进行色相处理。

3) 效果图

如下图，图 8-68 为色相调节前图像，图 8-69 为色相调节后图像。



图 8-68 色相调节前图像

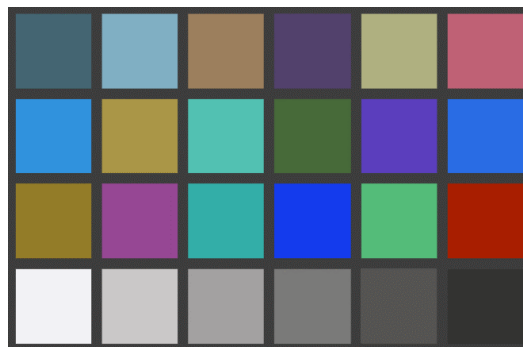


图 8-69 色相调节后图像

8.4.9. 对比度

相机允许用户使用对比度功能来调整采集图像的明暗层级，以便增大或缩小图像前景和背景区域差异。

1) 前置条件

如果对比度模式可用，则需要将其设置为 **SCurve**。

2) 调节效果

使能对比度后，请设置 Contrast 来改变图像对比度。该值范围是-150 到 150。

- a) 当设置 Contrast = 0.0 时，不调节。
- b) 当设置 Contrast < 0.0 时，减小对比度。
- c) 当设置 Contrast > 0.0 时，增大对比度。

随着对比度系数的增大，处理后的结果图动态范围更大，视觉上图像更加清晰。



图 8-70 对比度调节前图像



图 8-71 对比度调节后图像



修改对比度相关功能用时比较长，不建议在相机工作过程中频繁修改相关参数。

8.4.10. 亮度

相机允许用户使用 Brightness 功能来优化采集图像的亮度,以便在显示器上显示出用户想要的图像亮度。

1) 前置条件

如果亮度模式可用,则需要将其设置为 **Curve**。

2) 调节效果

使能亮度后,请设置 Brightness 来改变图像亮度。该值范围是-150 到 150。

- 当设置 Brightness = 0.0 时,整体亮度基本不变。
- 当设置 Brightness > 0.0 时,整体亮度增加。
- 当设置 Brightness < 0.0 时,整体亮度降低。

在所有情况下,黑色的像素(灰度值=0)和白色的像素(灰度值=最大值)将不调整其亮度。

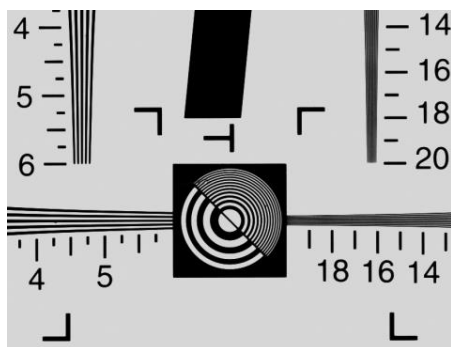


图 8-72 亮度调节前图像

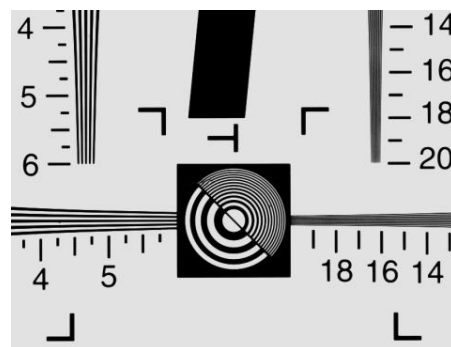


图 8-73 亮度调节后图像



修改亮度相关功能用时比较长,不建议在相机工作过程中频繁修改相关参数。

8.4.11. 锐化

集成在相机中的锐化算法可显著提高图像边缘的清晰度,清晰度越高,图像对应的轮廓就越清晰,这一功能可提高图像分析的准确性,从而提高边缘检测、OCR 光学识别的辨识度。

- 开启锐化功能

将锐化模式选择为 ON 即可开启相机的锐化功能。

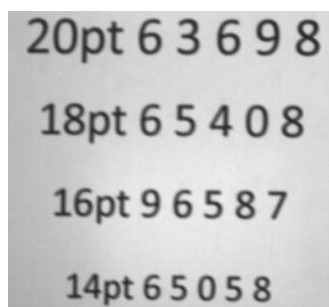


图 8-74 原始图像

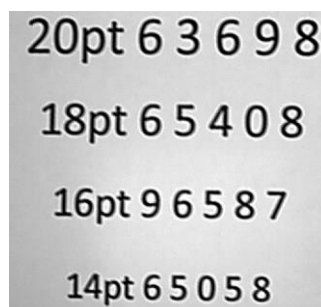


图 8-75 锐化后图像

● 调节锐度

调节锐度值可调整相机对图像的锐度，调节范围为 0~7.0，取消用户参数限制后调节范围为 0~63.0。数值越大，相机对图像的锐化程度越高。

8.4.12. 降噪

数字图像在数字化、传输过程中常受到成像设备与外部环境的噪声干扰，会产生含有噪声的图像，减少或抑制数字图像中噪声的过程称为图像降噪。

调节降噪值可调整相机对图像的降噪强度，调节范围为 0-4.0。数值越大，相机对图像的降噪程度越高。

降噪模式：决定是否开启降噪功能。ON 表示开启降噪功能；OFF 表示关闭降噪功能。

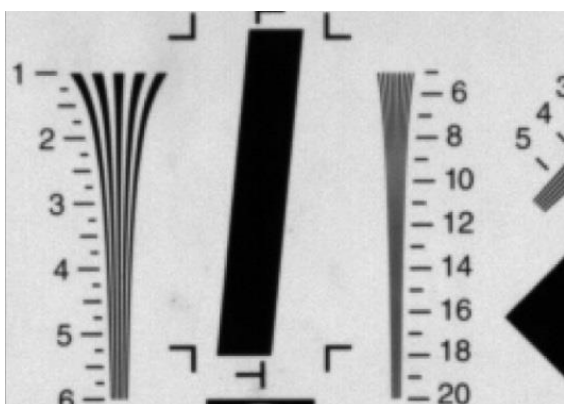


图 8-76 降噪前图像

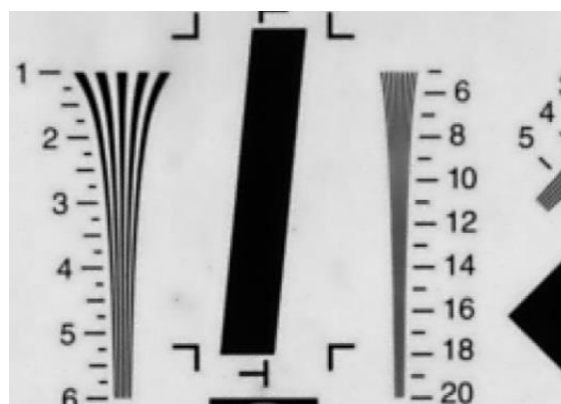


图 8-77 降噪后图像

8.5. 图像传输

8.5.1. 帧率计算

1) 帧周期

水星三代（MERCURY3）CoaXPress 相机的帧周期由以下公式来决定：

$$T_f = \text{Max}(\frac{\text{ImageSize} \times 10^6}{\text{BandWidth}_{\text{CoaXPress}}}, \frac{\text{ImageSize} \times 10^6}{\text{DeviceLinkThroughputLimit}}, T_{\text{acq}}, T_{\text{exp}})$$

其中：

$$\text{ImageSize} = (\text{Width} \times \text{Height} \times \text{PixelSize}) \div 8 + 25 + 2 \times \text{Height} + \text{PacketNum} \times 32$$

T_f ：相机帧周期，单位 μs 。

Width：图像当前宽度。

Height：图像当前高度。

PixelSize：像素尺寸，8bit 模式下值为 8，10bit 模式下值为 10 和 12bit 模式下该值为 12。

BandWidthCoaXPress: CoaXPress 接口带宽, 单位 Bps。

DeviceLinkThroughputLimit: 设备链路带宽限制, 单位 Bps。

T_{acq}: 相机采集时间, 单位 μs。

T_{exp}: 相机曝光时间, 单位 μs。

PacketNumL: 流包个数。

2) 帧率 (单位: fps)

$$F = \frac{10^6}{T_f}$$



用户可以使用帧率计算工具进行水星三代 CoaXPress 相机当前参数配置条件下的帧率估算。

8.5.2. CoaXPress 接口带宽

水星三代 CoaXPress 相机可以在以下 CoaXPress 接口理论速度下运行:

CXP Speed	Bit Rate(Gbps)
CXP-3	3.125
CXP-6	6.250
CXP-12	12.500

表 8-3 支持高速连接比特率

相机可以通过使用多条同轴电缆, 以提高上述最大速度 (不超过 4 根)



传输使用的同轴电缆数量变化会影响行曝光 Sensor 的行周期, 进而影响相机曝光时间范围和曝光时间精度, 详见 8.2.10.4 节。

8.5.3. 设备链路带宽限制

CoaXPress 相机提供带宽限制功能, 用来控制单台设备的带宽上限。当设备链路带宽限制大于当前设备采集带宽值时, 当前设备采集带宽将不发生改变; 当设备链路带宽限制小于当前设备采集带宽时, 当前设备采集带宽将会下降到设备链路带宽限制以下。

带宽限制将会通过限制图像的最小帧周期对最大传输带宽进行限制。

例 1: MER3-514-235X2M/C 工作在连续模式下, 当前设备采集带宽是 1237,500,000Bps, 设备链路带宽限制为 1250,000,000Bps, 当前设备采集带宽仍为 1237,500,000Bps; 当前设备采集带宽是 1237,500,000Bps, 设备链路带宽限制为 1000,000,000Bps, 当前设备采集带宽将变为 1000,000,000Bps。

例 2：MER3-514-235X2M/C 工作在连续模式下，当设备链路带宽限制为 1250,000,000Bps 时，最大分辨率、8bit 下允许的最大触发频率是 235.5Hz；当设备链路带宽限制 1000,000,000Bps 时，最大分辨率、8bit 下允许的最大触发频率是 193.57Hz。

8.5.4. 相机采集时间计算

相机采集时间和 ROI 设置中的垂直偏移、高度相关。当 ROI 设置中垂直偏移和高度发生变化时，会影响相机前端采集的帧周期，进而影响采集帧率。

具体计算公式如下：

- MER3-514-235X2M/C 相机

Sensor 位深为 10bit 像素格式为 8bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=2.04$$

Sensor 位深为 10bit 像素格式为 10bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=2.56$$

Sensor 位深为 12bit 像素格式为 8bit/12bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=3.20$$

相机采集时间（单位：μs）：

$$T_{acq} = (Height+12) \times T_{row} + T_{FOT}$$

Height：相机图像高度。

T_{row} ：实际行周期（单位：μs）。

T_{FOT} ：FOT 实际时间，单位 ns。

- MER3-515-131X2M/C 相机

Sensor 位深为 10bit 像素格式为 8bit/10bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=3.448$$

Sensor 位深为 12bit 像素格式为 8bit/12bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=3.829$$

相机采集时间（单位：μs）：

$$T_{acq} = (Height+168) \times T_{row}$$

Height：相机图像高度。

T_{row} ：实际行周期（单位：μs）。

- MER3-800-86X2M/C 相机

Sensor 位深为 8bit 像素格式为 8bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=4.426$$

Sensor 位深为 10bit 像素格式为 10bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=5.538$$

Sensor 位深为 12bit 像素格式为 12bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=6.649$$

相机采集时间（单位：μs）：

$$T_{acq} = (Height+144) \times T_{row}$$

Height：相机图像高度。

T_{row} ：实际行周期（单位：μs）。

- MER3-1221-68X2M/C 相机

Sensor 位深为 8bit 像素格式为 8bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=4.649$$

Sensor 位深为 10bit 像素格式为 10bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=5.778$$

Sensor 位深为 12bit 像素格式为 12bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=6.889$$

相机采集时间（单位：μs）：

$$T_{acq} = (Height+130) \times T_{row}$$

Height：相机图像高度。

T_{row} ：实际行周期（单位：μs）。

- MER3-1250-94X2M/C 相机

Sensor 位深为 10bit 像素格式为 8bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=3.42$$

Sensor 位深为 10bit 像素格式为 10bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=4.26$$

Sensor 位深为 12bit 像素格式为 8bit/12bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=6.8$$

相机采集时间（单位：μs）：

$$T_{acq} = (Height+12) \times T_{row} + T_{FOT}$$

Height：相机图像高度。

T_{row} ：实际行周期（单位：μs）。

T_{FOT} ：FOT 实际时间，单位 ns。

- MER3-1610-52X2M/C 相机

Sensor 位深为 8bit 像素格式为 8bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=6.038$$

Sensor 位深为 10bit 像素格式为 10bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=7.408$$

Sensor 位深为 12bit 像素格式为 12bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=8.834$$

相机采集时间（单位：μs）：

$$T_{acq} = (Height+110) \times T_{row}$$

Height：相机图像高度。

T_{row} ：实际行周期（单位：μs）。

- MER3-2020-42X2M/C 相机

Sensor 位深为 8bit 像素格式为 8bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=5.056$$

Sensor 位深为 10bit 像素格式为 10bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=6.334$$

Sensor 位深为 12bit 像素格式为 12bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=7.519$$

相机采集时间（单位：μs）：

$$T_{acq} = (Height+112) \times T_{row}$$

Height：相机图像高度。

T_{row} ：实际行周期（单位：μs）。

- MER3-2440-35X2M/C 相机

Sensor 位深为 8bit 像素格式为 8bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=6.038$$

Sensor 位深为 10bit 像素格式为 10bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=7.408$$

Sensor 位深为 12bit 像素格式为 12bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=8.834$$

相机采集时间（单位：μs）：

$$T_{acq} = (Height+110) \times T_{row}$$

Height：相机图像高度。

T_{row} : 实际行周期 (单位: μs)。

- MER3-321-176X2M-SWIR 相机

Sensor 位深为 10bit 像素格式为 8bit/10bit 时, 行周期 (单位: μs) :

$$T_{row}=3.48$$

Sensor 位深为 12bit 像素格式为 8bit/12bit 时, 行周期 (单位: μs) :

$$T_{row}=5.93$$

相机采集时间 (单位: μs) :

$$T_{acq} = (Height+12) \times T_{row} + T_{FOT}$$

Height: 相机图像高度。

T_{row} : 实际行周期 (单位: μs)。

T_{FOT} : FOT 实际时间, 单位 ns。

- MER3-321-224X2M-SWIR 相机

Sensor 位深为 10bit 像素格式为 8bit/10bit 时, 行周期 (单位: μs) :

$$T_{row}=2.74$$

Sensor 位深为 12bit 像素格式为 8bit/12bit 时, 行周期 (单位: μs) :

$$T_{row}=4.75$$

相机采集时间 (单位: μs) :

$$T_{acq} = (Height+12) \times T_{row} + T_{FOT}$$

Height: 相机图像高度。

T_{row} : 实际行周期 (单位: μs)。

T_{FOT} : FOT 实际时间, 单位 ns。

- MER3-533-134X2M-SWIR 相机

Sensor 位深为 10bit 像素格式为 8bit/10bit 时, 行周期 (单位: μs) :

$$T_{row}=3.48$$

Sensor 位深为 12bit 像素格式为 8bit/12bit 时, 行周期 (单位: μs) :

$$T_{row}=5.93$$

相机采集时间 (单位: μs) :

$$T_{acq} = (Height+12) \times T_{row} + T_{FOT}$$

Height: 相机图像高度。

T_{row} : 实际行周期 (单位: μs)。

T_{FOT} : FOT 实际时间, 单位 ns。

- MER3-533-170X2M-SWIR 相机

Sensor 位深为 10bit 像素格式为 8bit/10bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=2.74$$

Sensor 位深为 12bit 像素格式为 8bit/12bit 时，行周期（单位：μs）：

$$T_{row}=4.75$$

相机采集时间（单位：μs）：

$$T_{acq} = (Height+12) \times T_{row} + T_{FOT}$$

Height：相机图像高度。

T_{row} ：实际行周期（单位：μs）。

T_{FOT} ：FOT 实际时间，单位 ns。

8.6. 序列

序列功能可以预先设置 N 组相同或不同的参数，设置完成之后，在序列模式开启时，相机采集图像会依次逐个使用所配置的 N 组序列参数，示意图如下所示。

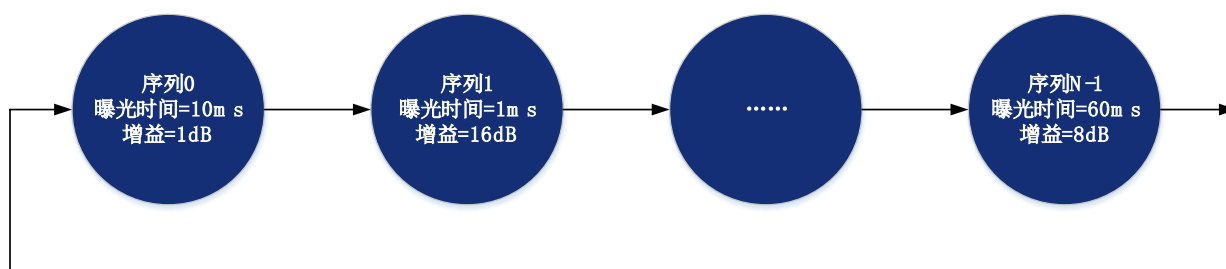


图 8-76 序列功能示意图

8.6.1. 设置界面

序列功能的设置界面如下图所示：

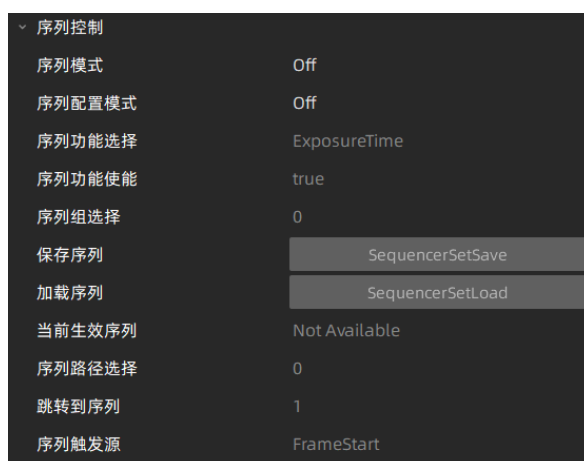


图 8-77 序列功能设置界面

【序列模式】设置为 On，开启序列模式；设置为 Off，关闭序列模式。开启序列模式之后，相机以序列模式运行，每采集一帧就切换到下一个序列参数。关闭序列模式时，相机以非序列模式运行，不能切换参数。

【序列配置模式】设置为 On 时，“保存序列”和“载入序列”按键才可以使用。设置为 Off 时，“保存序列”和“载入序列”不可以使用，设置的参数无法保存到序列组。

【序列功能选择】选择哪些功能支持序列，例如曝光时间、增益和平场校正等。

【序列功能使能】设置为 true 表示“序列功能选择”对应的功能支持序列，目前仅支持 true，不可更改。

【序列组选择】设置序列组编号，范围根据相机型号决定。

【保存序列】保存当前参数到“序列组选择”设置的序列组。

【加载序列】点击“加载序列”会使“序列组选择”对应序列组编号的参数更新到当前界面。

【当前生效序列】在“序列模式”为 On 时，显示当前待使用的序列组编号，示意图如下所示。相机内部在收到触发信号之后，当前生效序列值就会变化，示意图如下所示。在“序列模式”为 Off 时，显示为“Not Available”。

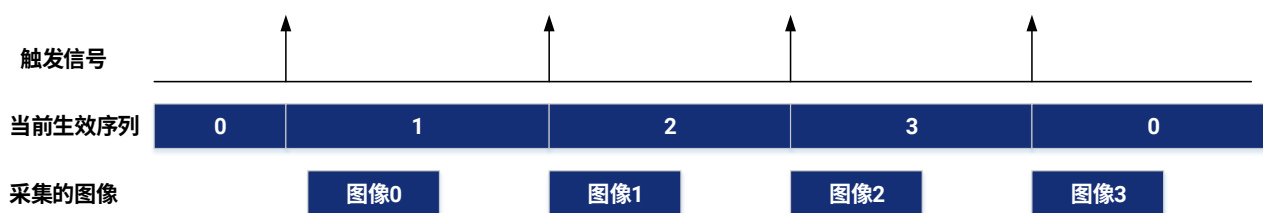


图 8-78 当前生效序列与触发信号和采集图像的关系

【序列路径选择】暂不支持，设置值固定为 0。

【跳转到序列】“序列组选择”设置的序列组下一次跳转到的序列组编号。举例说明，“序列组选择”设置为 1，“跳转到序列”设置为 2，则相机使用序列组 1 的参数采集一帧图像之后，序列参数切换到序列组 2。目前仅支持顺序跳转，即“序列组选择”设置为 N，则“跳转到的序列”只能设置为 N+1 或者 0，N+1 的最大值为“支持的最大序列组个数-1”。如果相机的序列最大个数为 16，则 N+1 的最大值为 15。

【序列触发源】触发序列开始运行的条件，仅支持 FrameStart。表示每采集一帧图像，序列就会切换到下一个序列组。

8.6.2. 使用说明

● 序列参数设置

- 1) “序列模式”设置为 Off，“序列配置模式”设置为 On
- 2) 设置“序列组选择”
- 3) 点击“加载序列”，此时会将“序列组选择”对应的参数更新到当前界面
- 4) 设置序列参数，曝光、增益等

5) 点击“保存序列”

● 更改序列组的使用个数

在默认情况下，序列组按照 0->1->2->3.....->N-1 的顺序运行，但是在某些情况下我们可能希望序列组按照 0->1->2->3->0->1->2->3 的顺序运行，此时可以通过“跳转到序列”来实现这种运行顺序。

假设我们希望序列组运行的顺序是 0->1->2->0->1->2，则设置如下：

1) 设置“序列组选择”的值为 2。

2) 设置“跳转到序列”的值为 0。



1) 设置“序列模式”为 On 之前，必须先关闭 3A 功能（自动曝光、自动增益、自动白平衡都设置为 Off）。

2) 序列参数无法保存到参数组。

8.7. 过温保护

正常相机操作要求温度始终处于“Ok”状态且外壳温度保持在允许的范围内。为确保这一点，请在相机标称的“工作温度”下使用相机。

相机在高温状态下，相机可能会损坏，相机的使用寿命会缩短，并且图像质量可能会下降。所以一些对温度比较敏感的相机型号增加了温度过温保护功能。

8.7.1. 设备温度

相机的 Device Temperature 功能可让您确定相机内部不同位置的相机温度，例如传感器（Sensor）、主芯片（Mainboard）等。

要确定 Device Temperature，请执行以下操作：

1) 将 DeviceTemperatureSelector 参数设置为应该测量温度的所需位置，例如传感器（Sensor）。

2) 获取 DeviceTemperature 参数的值。

温度以摄氏度为单位给出浮点值。

8.7.2. 设备温度状态

设备温度状态包括以下四种可能出现状态：

OK：代表设备温度在正常工作温度范围内。

Critical：代表设备温度接近或达到允许的最高温度。需要给相机增加散热措施。

Error：设备温度高于允许的最高温度。立即给相机增加散热措施。在进入这个温度状态后，相机的过温保护功能会自动启动，会停止正在进行的图像采集，相机的指示灯会变成红绿闪烁的状态（绿灯 1s，红灯 0.5s）。

Invalid：代表温度传感器出现了异常，正常不会出现。

8.7.3. 过温保护机制说明

由于相机在高温状态下，相机可会损坏，相机的使用寿命会缩短，并且图像质量可能会下降，所以对设备温度定义了三种状态，具体参考 8.7.2 节。

8.7.3.1. 温度上升过程

由于相机工作环境原因，相机温度可能会逐渐上升，随着设备温度的上升，相机状态会发生以下变化。

8.7.3.1.1. 临界温度阈值

当设备温度达到临界温度阈值时，相机即将过热。在这种情况下，相机将设备温度状态值由“OK”状态更改为“Critical”状态

不同相机临界温度阈值不同。

相机型号	OK 到 Critical	Critical 到 Error	Error 到 Critical	Critical 到 OK
MER3-1250-94X2M/C	85°C	96°C	91°C	86°C
MER3-321-176X2M-SWIR	71°C	81°C	76°C	70°C
MER3-321-224X2M-SWIR	71°C	81°C	76°C	70°C
MER3-533-134X2M-SWIR	71°C	81°C	76°C	70°C
MER3-533-170X2M-SWIR	71°C	81°C	76°C	70°C

表 8-4 各型号相机临界温度阈值

8.7.3.1.2. 超温阈值

当设备温度达到超温阈值时，则表明相机过热，必须立即对相机增加散热措施，否则，相机可能会发生不可挽回的损坏。

在这种情况下，设备将有以下动作：

- 1) 设备温度状态值由“Critical”状态更改为“Error”状态。
- 2) 相机的会自动停止采集图像，相机功耗会降低。
- 3) 相机的指示灯会变成红绿闪烁的状态（绿灯 1s，红灯 0.5s）。

不同相机超温阈值不同。在设备温度状态为 Error 状态情况下，进行开采操作，相机将不会有图像采集和输出。

8.7.3.2. 温度下降过程

由于对相机散热措施生效或者过温保护机制生效，相机温度可能会逐渐下降，随着设备温度的下降，相机状态会发生以下变化。

8.7.3.2.1. 超温阈值

当设备温度降低到比过温阈值低 5°C 时，相机将有以下动作：

- 1) 设备温度状态值由“Error”状态更改为“Critical”状态。
- 2) 相机进入可以正常开采的状态，但您必须手动进行停采和再次开采或者程序中调用停采和开采的编程接口。
- 3) 相机的指示灯会变成红绿。

8.7.3.2.2. 临界温度阈值

当设备温度降到临界温度阈值时，相机设备温度状态值由“Critical”状态更改为“OK”状态。

9. 软件工具

9.1. 查找表生成插件

9.1.1. 界面

LUT 查找表生成工具，支持大恒图像全系相机使用，该插件集成到 GalaxyView.exe 中，再通过该软件打开想要操作的设备后，从菜单栏插件列表中打开查找表生成工具。使用插件可实现以下功能：

- 1) 调整图像 Gamma、亮度、对比度值；
- 2) 从参数组加载保存的 LUT 查找表；
- 3) 将调整好的 LUT 保存到参数组；
- 4) 从 LUT/CSV 文件中读取保存的 LUT 查找表；
- 5) 将调整好的 LUT 保存到文件。

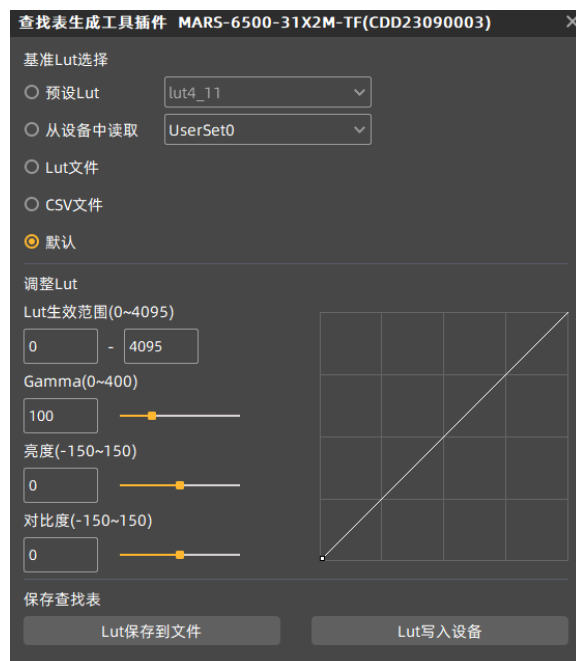


图 9-1 查找表生成工具界面

通过 GalaxyView.exe 打开设备并启动查找表生成工具后，界面初始默认值如图 9-1 所示，界面控件布局和功能说明如下：

【基准 LUT 选择】可从“预设 LUT”、“从设备中读取”、“LUT 文件”、“CSV 文件”、“默认”中选择基准 LUT。其中“预设 LUT”提供八组出厂预设 LUT 值，“从设备中读取”可以读取已经写入过的 LUT 值，“LUT 文件”和“CSV 文件”可读取已经保存过的 LUT 值，“默认”为相机出厂时的默认值。如果不做选择，该选项默认选择“默认”模式，表示 LUT 为相机出厂时的默认值。

【调整 LUT】调整 LUT 生效范围、Gamma、亮度、对比度值在基准 LUT 上叠加效果。

【保存查找表】将当前生成的查找表保存到参数组、保存 LUT/CSV 文件。

【折线绘图区】将当前生成的查找表以曲线形式表示。

9.1.2. 使用说明

9.1.2.1. 使用场景

当您选择好基准 LUT，并调整 LUT 参数达到满意的效果后，如果您想要保存当前设置的参数值，并且相机重新上电后可以还原参数值，那么需要点击“LUT 写入设备”按键，此时 LUT 参数会写入下拉框所选择的参数组中，待设备重新上电后，点击基准 LUT 中“从设备中读取”即可加载下拉框所选择的参数组并还原参数值。“从设备中读取”为复选框，下拉框切换参数组时，不会进行从参数组加载操作，需要点击“从设备中读取”后触发从参数组加载操作。

点击基准 LUT 选择中“从设备中读取”，若下拉框中选择的参数组为“Default”，则弹窗提示“default 无法进行加载 LUT 操作，请在下拉框中选择要加载的用户参数组”，点击“是”或者“否”复选框回到基准 LUT 选择中“默认”上，点击“保存到参数组”按键，若下拉框中选择的参数组为“Default”，同上弹窗提示“default 无法进行保存 LUT 操作，请在下拉框中选择要保存的用户参数组”如图 9-3。

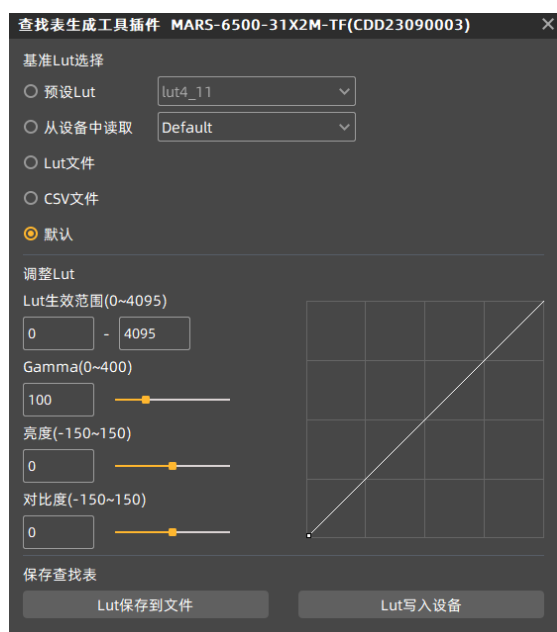


图 9-2 查找表生成工具界面

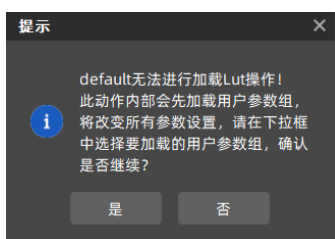


图 9-3 提示框

如果设备不支持读写 LUT 功能或者通过此终端调整好 LUT 效果后将 LUT 应用到其它终端的设备上，那么您可使用“LUT 保存到文件”功能，当调整好 LUT 后，点击“LUT 保存到文件”按键，选择保存类型为.lut 即可，然后再次选择基准 LUT 选择中的“LUT 文件”并选择保存的 LUT 文件即可还原参数值。将文件拷贝到其它终端并读取，依然可以还原参数值。

查找表读写设备和调整 LUT 时需要依赖安装包目录下的某些文件，故不要随意改动安装包目录结构，以免出现读写失败的情况。

9.1.2.2. 基准 LUT 选择

1. 预设 LUT

在“基准 LUT 选择”中选择“预设 LUT”时，右侧下拉列表框中提供八组可选的预设 LUT 值，如下图所示。这八组值由出厂预设生成，可以达到图像的最优效果。选择不同预设值时，折线和图像效果随之变化。通过修改 LUT 生效范围、Gamma、亮度、对比度值来叠加图像效果，直至您最满意的效果。

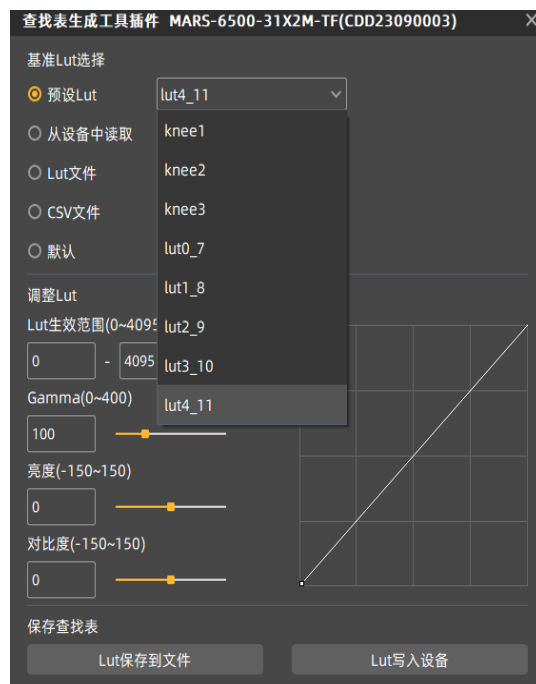


图 9-4 基准 LUT 选择预设

2. 从设备中读取

当选择“从设备中读取”后，工具会自动加载参数组 UserSet0，然后加载设备保存的 LUT 值，如果设备支持 LUTEnable，会自动将 LUTEnable 设置为 true，便可实时显示图像效果。

不支持 LUT 设备，控件禁用时界面如图 9-5 所示，“从设备中读取”、“从设备中读取”下拉框、“LUT 写入设备”按钮禁用，单参数组设备控件禁用时界面如图 9-6 所示，“从设备中读取”下拉框禁用。

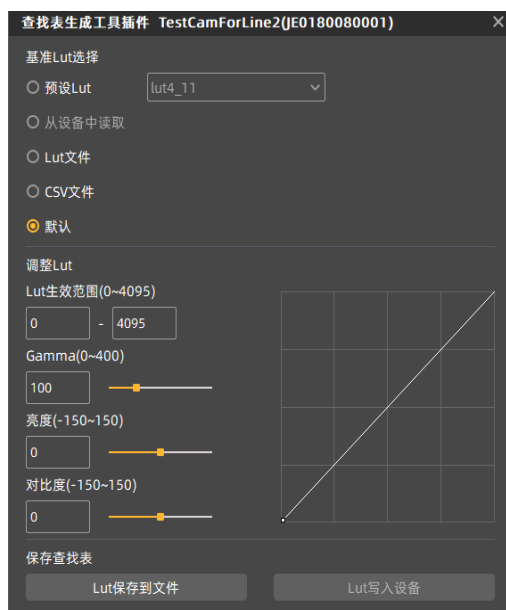


图 9-5 不支持 LUT 设备

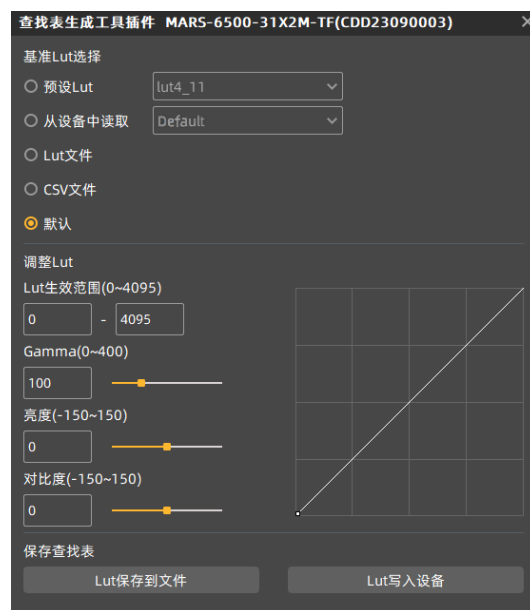


图 9-6 单参数组 LUT 设备

选择“从设备中读取”时，折线图和图像效果均更新为设备中的查找表，并且如果该设备通过“基准 LUT 选择”为“预设 LUT”或“默认”调整 LUT 并写入设备时，那么读取时，会将写入的参数更新到界面各参数值。例如：“基准预设 LUT”选择“预设 LUT”，预设值选择“knee2”、LUT 生效范围输入 0~1023、Gamma 输入 110、亮度输入 100、对比度输入 100，点击“LUT 写入设备”后从设备中读取，界面效果如图 9-7 所示。

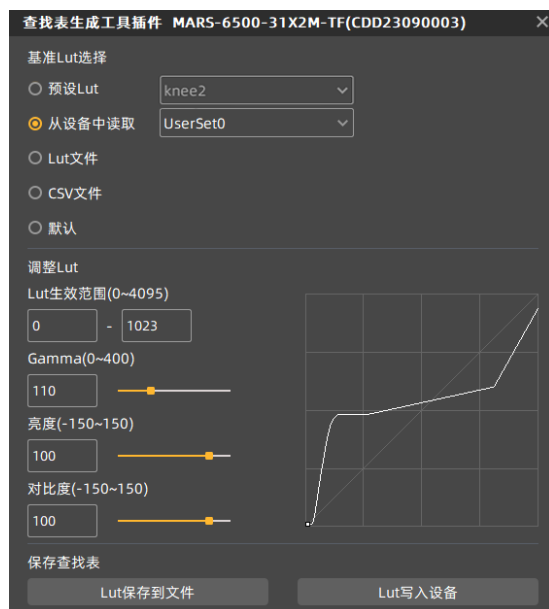


图 9-7 基准 LUT 选择从设备中读取

从设备中读取时，会加载下拉框当前选择的参数组，会导致之前修改的设备属性信息丢失，故从设备中读取前应及时保存信息。

3. LUT 文件

点击“LUT 文件”后，弹出文件选择对话框，可以选择已经存在的后缀为.lut 的文件，并更新工具界面折线图、设备采集图像效果。如果该文件是通过“基准预设 LUT”为“预设 LUT”或“默认”调整 LUT 并保存时，那么控件界面将更新存入时的参数值（更新的参数值包含 LUT 生效范围、Gamma、亮度、对比度以及预设 LUT 下拉框所选值）。

4. CSV 文件

点击“CSV 文件”后，弹出文件选择对话框，可以选择已经存在的后缀为.csv 的文件，选择成功后更新工具界面折线图、设备采集图像效果。选择 CSV 文件后，调整 LUT group 中控件全部禁用不可调节，如图 9-8 所示。

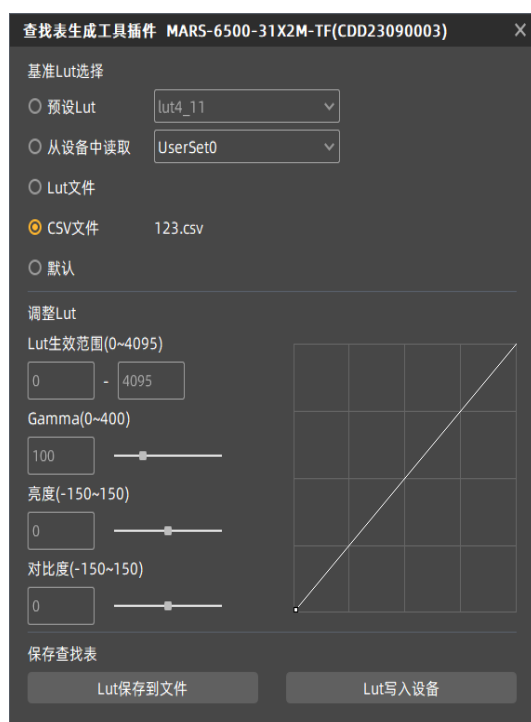


图 9-8 基准 LUT 选择 CSV 文件

CSV 文件用户可手动修改，目前 CSV 存储格式为以每四字节的十进制数保存到文件中每行的第一个单元格，并且每个单元格中数最大值为 4095，共 4096 行，其中界面折线图是根据每 16 行的第一行数来更新曲线。如果手动修改时不遵守该格式会造成读取文件失败。

5. 默认

“默认”选项为设备出厂情况下的 LUT 数据，并且为各种情况下的初始值，如果操作其他情况时出错，会主动切换为默认情况。此时折线图为对角线。

9.1.2.3. 调整 LUT

“调整 LUT”中共有五组参数，LUT 生效范围最大值（默认值 4095，范围 0~4095）、最小值（默认值 0，范围 0~4032）、Gamma（默认值 100，范围 0~400）、亮度（默认值 0，范围-150~150）、对比度（默认值 0，范围-150~150），其中 LUT 生效范围的最大值与最小值的差值需要大于等于 63。

选择好“基准 LUT 选择”后，然后通过修改上述参数值时，修改的参数会实时生效，但是因为没有点击“保存到参数组”按钮，设备掉电重启后，会丢失当前 LUT 数据，通过“从设备中读取”按钮无法还原生成的 LUT。

如果“基准 LUT 选择”为“默认”或“预设 LUT”时，此时调整 LUT 中各参数值生成 LUT 后，此时保存 LUT 文件时，会将各参数值一同保存到文件中，再次读取该文件，会还原保存文件时的现场情况。

9.1.2.4. 保存查找表

该 group 中共两个控件，“LUT 保存到文件”和“LUT 写入到设备”。

- 1) 选择“LUT 保存到文件”中时，可以将当前的 LUT 查找表数据保存到本次文件中，保存的文件包含两种格式.lut 和.csv，如图 9-9 所示。

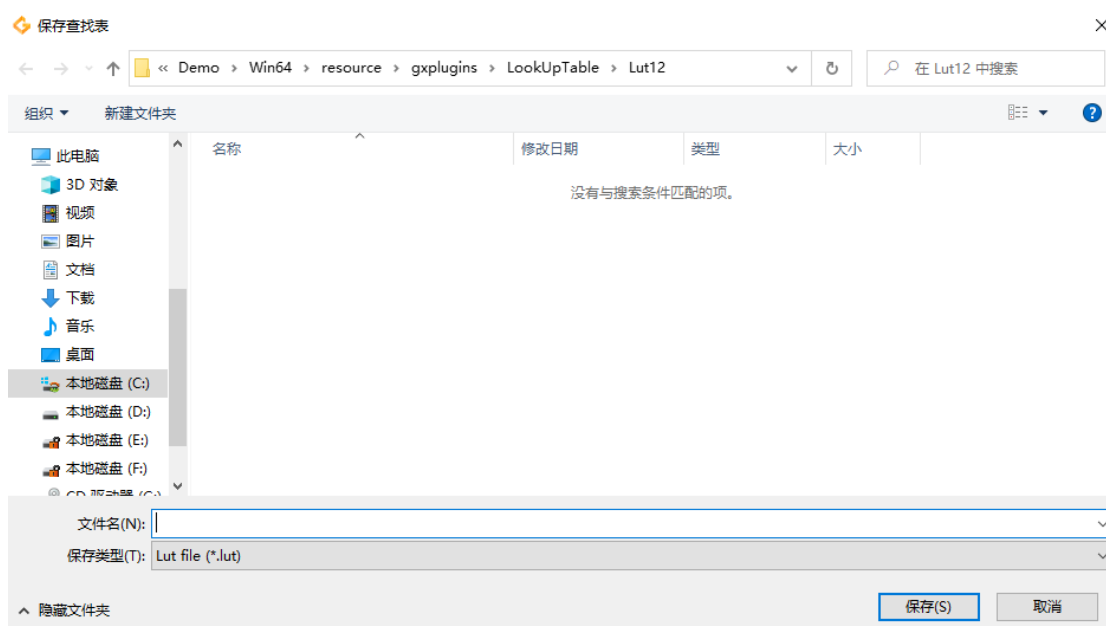


图 9-9 LUT 保存到文件

保存文件时可切换保存类型，文件默认的保存路径为“.\resource\gxplugins\LookUpTable\Lut12”，安装包中 GalaxyView.exe 所在目录。

- 2) 选择“LUT 写入到设备”时，会将当前的 LUT 数据写入到设备用户参数组（下拉框当前选择的参数组）中。



Default 参数组不能当做被写入修改的对象参数组。

9.1.2.5. 读取 LUT

读取该插件保存的 LUT 文件并设置到相机内，有如下两种方式：

- 1) 使用插件读取。点击 LUT 文件后，弹出文件选择对话框，选择已经存在的后缀为.lut 的文件。点击保存到参数组，可将 LUT 文件数据设置到相机内部。
- 2) 使用 API 接口读取。用户可以通过通用编程接口 GxI API 库和图像处理算法接口 DxImageProc 库中的读取 LUT 文件接口获取 LUT 文件数据，并解析成可设置到相应相机内的查找表数据。具体使用步骤如下：
 - a. 获取相机查找表长度。
 - b. 根据查找表长度申请相应大小的查找表 Buffer 资源。
 - c. 读取后缀为 lut 的文件，获取查找表 Buffer 数据。
 - d. 将查找表 Buffer 数据设置到相机内。（确认开启查找表使能）
 - e. 可以将当前查找表数据保存到设备用户参数数组中（下拉框当前选择的参数组），再次从数组加载时相机会加载 LUT 文件中数据。

API 接口支持 C/C++/C#语言，接口介绍及示例程序 C 语言详见《C 软件开发说明书》DxReadLutFile 接口、C++详见《C++软件开发说明书》IGXImageSpecialFunction::ReadLutFile 接口、C#详见《DotNET 软件开发说明书》IGXImageSpecialFunction::ReadLutFile 接口。



此插件为 Euresys 采集卡及 GalaxyView 对相机进行操作时使用，如果为 Matrox 采集卡使用此工具请联系技术支持询问工具使用方法，详见《相机工具说明书》第 2 章节。

9.2. 帧率计算工具

参数输入：		
图像宽度最大值	WidthMax	2448
图像高度最大值	HeightMax	2048
图像宽度	Width	2448
图像高度	Height	2048
水平像素抽样	DecimationHorizontal	1
垂直像素抽样	DecimationVertical	1
曝光时间	ExposureTime(us)	10000
曝光延迟	ExposureDelay(us)	0
像素格式	PixelFormat(8/12)	0
Sensor位深	SensorBitDepth	10
最大数据包长度	StreamPacketSizeMax	8192
触发模式	TriggerMode	0
帧率控制值	FrameRateABS	235
帧率控制	FrameRateAbsEn	0
连接速度	Connection speed	12.5
连接个数	Number of connections	1
带宽限制模式	DeviceLinkThroughputLimitMod	0
带宽限制值	DeviceLinkThroughputLimit	1250000000
计算结果：		
帧率	FPS	99.78

图 9-10 帧率计算工具

帧率计算工具目前是以 Excel 表格的形式提供，使用时首先在表格中选取相机型号，然后通过修改相机的参数值来查看该参数下的帧率。主要有四大类影响因素，图像读出时间（图像宽度、图像高度、像素格式）、曝光时间、曝光延迟、最大流包长、触发模式、连接速度、连接个数、采集帧率控制值、设备链路带宽限制值。

表格参数解释：

- 1) 图像宽度及图像高度为设置的 ROI 尺寸。
- 2) 水平像素抽样、垂直像素抽样的含义见 8.3.10 节，参数会影响图像数据的传输时间。
- 3) 曝光时间为相机采集每一帧图像时的曝光时长。
- 4) 像素格式为对应相机输出图像的像素格式 8 位、10 位或者 12 位。
- 5) 带宽限制值表示在启用带宽限制的情况下相机传输图像的最大带宽，相机图像传输能否达到设置的带宽值还受到其他采集参数影响。
- 6) 带宽限制控制开关表示是否启用带宽限制，On 代表打开带宽限制，Off 代表关闭带宽限制，当打开带宽限制控制时，相机采集传输图像会以不高于带宽限制值的带宽进行传输，触发采集模式下不受带宽限制影响，但相机采集传输图像的带宽不会超过硬件支持的最大带宽。
- 7) 采集帧率控制值表示在启用帧率控制的情况下，帧率控制的最大值，该最大值能否达到还要看相机是否受到其他采集参数的影响。
- 8) 采集帧率控制开关表示是否启用帧率控制，On 代表打开帧率控制，Off 代表关闭帧率控制，当打开帧率控制时，相机采集图像会以不高于采集帧率控制值的帧率进行采集，当关闭帧率控制时，相机采集图像不受到帧率控制值的影响。

在使用帧率计算工具时，请将相机的上述信息分别填写到对应的表格中，当填写的数值超出范围，或者数值不符合规则时，计算工具将会报错，请根据提示修改后重新填入正确的数值。当所有参数填写无误时，表格最下一列的帧率即为相机当前采集的理论帧率，通常情况下该值与相机的实际采集帧率误差不会超过 1%。

9.3. 静态坏点校正插件

静态坏点校正插件支持大恒图像全系相机使用，集成于 GalaxyView.exe 中。通过 GalaxyView 打开目标操作设备，在菜单栏“插件”选项中可以使用该插件。使用该插件可实现以下功能：

- 1) 分析设备当前状态下采集图像中存在的坏点，包括亮暗场场景和实际场场景；
- 2) 对采集图像执行静态坏点校正；
- 3) 如果设备支持静态坏点校正，可以将分析的坏点信息保存至设备；
- 4) 将分析的坏点信息保存至文件。

9.3.1. 界面

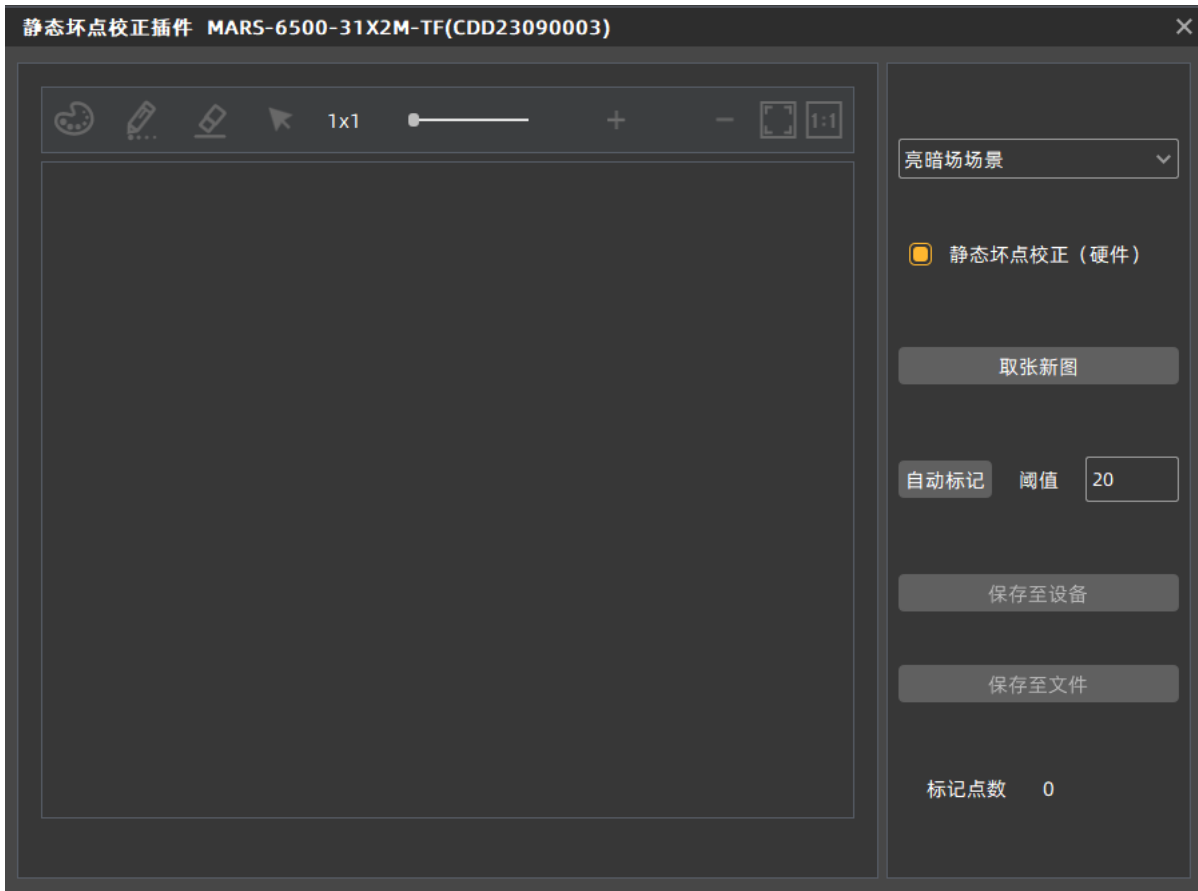


图 9-11 静态坏点校正插件界面

通过 GalaxyView.exe 打开设备并启动静态坏点校正插件后，界面初始默认值如图 9-11 所示，界面控件布局和功能说明如下：

序号	控件	功能
1	取张新图	捕获一张图像用于分析缺陷点和噪点的位置
2	阈值	设置缺陷点/噪点判定的阈值
3	亮暗场场景	统计缺陷点
4	实际场场景	统计噪点
5	自动标记	统计缺陷点/噪点位置
6	静态坏点校正（硬件）	选择是否执行静态坏点校正。
7	保存到设备	将坏点数据保存到设备
8	保存到文件	将坏点数据保存到文件
9	图像显示区域	显示捕获到的图像，统计坏点后，显示图像上会标记出坏点位置
10	标记点数	显示统计的缺陷点数量
11		改变手动标记点颜色

12		图像上可以手动标记坏点
13		擦除图像上原有标点
14		恢复鼠标为箭头
15		改变标点大小
16		放大图像
17		缩小图像
18		图像自适应显示
19		图像 100%显示

表 9-1 静态坏点校正插件控件功能介绍

【图像】通过取张新图按钮可以捕获一张图像，并显示在插件中间的图像显示区域。捕获的图像用于分析缺陷点和噪点。

【坏点分析】用户通过设置阈值确定想要处理的坏点范围，根据下拉框选择不同的坏点类型。点击自动标记按钮后，插件会分析当前图像中坏点的位置，并将图像上坏点的位置标记为红色，在图像显示区域下方显示标记点数。

如果当前设备支持静态坏点校正功能，并且合并后坏点数量小于设备支持处理的数量 8192。坏点信息将写入设备的 FLASH 中。

【坏点处理】静态坏点校正可以由硬件或软件执行。如果当前设备支持静态坏点校正且合并后坏点数量小于 8192，则优先使用硬件执行静态坏点校正，否则可以选择通过软件执行。用户勾选静态坏点校正复选框后，GalaxyView 上显示的图像为执行静态坏点校正后的图像。

保存到设备：按钮实现将坏点信息写入设备 Flash 区域。

保存到文件：按钮实现将坏点信息保存至 dp 或 csv 文件。

【图像显示区域】显示捕获的图像以及坏点位置。

【图像显示区域下方】显示坏点的数量信息。

9.3.2. 使用说明

9.3.2.1. 执行静态坏点校正步骤

- 1) 点击“取张新图”按钮捕获一张图像。具体说明参考 9.3.2.2；
- 2) 设置阈值确定统计坏点的范围；
- 3) 下拉框选择“亮暗场场景”或“实际场场景”统计坏点的类型；
- 4) 点击“自动标记”按钮完成坏点分析。统计的坏点会在图像上对应位置标记，并且在图像显示区域下方显示标记点数量；

- 5) 勾选“静态坏点校正”，GalaxyView 采集的图像会执行静态坏点校正；
- 6) 当设备支持静态坏点校正且坏点数量小于 8192 时，用户可以通过“保存至设备”按钮将统计的坏点信息写入设备，并且断电重启后仍然生效；
- 7) 用户可以点击“保存至文件”按钮将统计的坏点信息保存为文件。坏点数据文件使用参考 9.3.2.4。

9.3.2.2. 捕获图像

- 1) 设备处于停采状态时，点击“取张新图”按钮，GalaxyView 采集界面中会显示图像。
- 2) 设备处于开采状态时，点击“取张新图”按钮，直接完成图像的采集。
- 3) 统计坏点时要求采集图像为灰度均匀的图像。如：检测偏暗的坏点时使用亮场图像，检测偏亮的坏点时使用暗场图像。
- 4) 阈值一定时，图像中坏点数量会受曝光时间、增益影响，曝光时间、增益的值越大，坏点数量就越多。
- 5) 设备在最大分辨率下统计的坏点适用于任何 ROI 的图像，设备在感兴趣区域内统计的坏点仅适用于感兴趣区域内的图像。
- 6) 点击“”按钮，选择手动标记点颜色。
- 7) 点击“”按钮，鼠标变化为铅笔形状，在图像上点击可以进行标记坏点。
- 8) 点击“”按钮，擦除图像上的点。
- 9) 点击“”按钮，图像放大显示。
- 10) 点击“”按钮，图像缩小显示。
- 11) 点击“”按钮，图像自适应显示。
- 12) 点击“”按钮，图像 100%显示。
- 13) 进行图像缩放操作时会显示当前图像缩放比例。
- 14) 图像显示区域下方显示当前图像宽高、鼠标位置的像素坐标、鼠标位置 RGB 值数据信息。

9.3.2.3. 静态坏点校正

- 1) “静态坏点校正”复选框实际显示为“静态坏点校正（软件）”和“静态坏点校正（硬件）”。
- 2) 当设备可以执行静态坏点校正时，插件优先选择硬件实现静态坏点校正，显示为“静态坏点校正（硬件）”，否则显示为“静态坏点校正（软件）”。
- 3) 设备执行静态坏点校正的条件是设备支持静态坏点校正功能和坏点数量小于 8192。
- 4) 当 GalaxyView 采集时，用户可以勾选或取消勾选“静态坏点校正”查看校正效果。



硬件实现静态坏点校正时，暂时无法去掉左右边界处的坏点，黑白相机为距离边界出的 3 个像素点，彩色相机为距离边界处的 6 个像素点范围内的坏点。

9.3.2.4. 坏点数据文件使用

- 1) 坏点数据文件后缀为“.dp”和“.csv”，默认保存路径为安装包目录下：`*\Daheng Imaging\GalaxySDK\Demo\Win64\resource\gxplugins\DefectPixelCorrection。`
- 2) 当用户需要使用 SDK 自己实现静态坏点校正功能时，可以通过读取保存的坏点数据文件，调用图像处理库的函数:DxStaticDefectPixelCorrection 实现采集图像静态坏点校正。



此插件为 Euresys 采集卡及 GalaxyView 对相机进行操作时使用，如果为 Matrox 采集卡使用此工具请联系技术支持询问工具使用方法，详见《相机工具说明书》第 3 章节。

10. 常见问题处理

序号	常见问题	解决办法
1	MER3-514-235X2M/C 使用 Matrox 采集卡开采无图	更换 24H2 以上版本安装包
2	使用 Euresys 采集卡 GalaxyView 对相机进行属性读写，若相机信息显示“未知设备”情况下，进行打开相机操作，报错“A given address is out of range or invalid”	等待约 10s 后，重新枚举相机，枚举到相机的 ModelName(SN)后再进行打开相机操作
3	使用 Matrox 采集卡 GalaxyView 对相机进行开采操作，设置相机像素格式为 GB8，能够正常开采；切换像素格式为 GB12，开采无图	切换像素格式后需要关闭相机并重新打开相机后再进行采集
4	使用 Euresys 采集卡 eGrabber Studio 进行开采，当相机 ROI 宽度为 32 时，开采只来一帧图像	使用相机宽度需要大于等于 64
5	相机使用过程中出现不明原因自动停采	可以先读取相机的 DeviceTemperatureErrorCount 节点判断是否出现过 sensor 过温保护，如果出现过，可以通过改善相机散热的方式解决问题。

11. 版本说明

序号	修订版本号	所做改动	发布日期
1	V1.0.0	1. 初始发布	2025-03-25
2	V1.0.1	1. 增加 MER3-1250-94X2M/C 型号信息 2. 增加 8.4.8 节色相、8.4.9 节对比度、8.4.10 节亮度、8.4.11 节锐化、8.7 节过温保护 3. 更新 7.1 节 LED 灯状态、8.3.8 节参数组、8.3.15 节用户数据区、8.4.7 节饱和度、10 节常见问题处理	2025-07-02
3	V1.0.2	1. 增加 MER3-321-176X2M-SWIR、MER3-321-224X2M-SWIR、MER3-533-134X2M-SWIR、MER3-533-170X2M-SWIR 型号信息 2. 更新 3.2 节相机供电、7.3.1 节 I/O 接口定义、8.3.14 节取消参数范围限制	2025-08-18
4	V1.0.3	1. 增加 MER3-515-131X2M/C 型号信息	2025-09-16
5	V1.0.4	1. 增加 MER3-800-86X2M/C、MER3-1221-68X2M/C、MER3-1610-52X2M/C、MER3-2020-42X2M/C、MER3-2440-35X2M/C 型号信息	2026-06-25

12. 联系方式

12.1. 销售联系方式

如果您需要订购产品或咨询产品相关信息，请联系：

电话：400-999-7595（转 01）

邮箱：sales@daheng-imaging.com

12.2. 技术支持联系方式

您在使用大恒图像产品的过程中有任何问题，请联系：

电话：400-999-7595（转 02）

邮箱：support@daheng-imaging.com

12.3. 总部及各办事处联系方式

北京总部：010-82828878

深圳办事处：0755-83479565

成都办事处：028-86925034

厦门办事处：0592-5500803

苏州办事处：0512-69882038

上海办事处：021-35312826

武汉办事处：027-87223690

西安办事处：029-84501012

广州办事处：020-66850865