



使用说明书

ITALA G SERIES

GigE Vision Cameras



CAMERAS

目录

1	一般信息	7
1.1	免责声明	7
1.2	预期用途	7
1.3	禁止用途	7
1.4	修订记录	9
1.5	订货代码	12
2	保修与认证	15
2.1	保修	15
2.2	CE声明	15
2.3	FCC声明	15
2.4	KC认证	16
2.5	冲击与振动	16
2.5.1	ITALA G - ITALA G.EL	16
2.5.2	ITALA G.IP - ITALA G.EL.IP	17
2.6	RoHS、REACH和WEEE	17
3	引言	18
3.1	手册与说明约定	18
3.2	产品标识数据	18
3.3	存储与使用条件	19
3.3.1	存储条件	19
3.3.2	工作条件	19
3.4	清洁与维护	20

4 快速入门

22

4.1	概述	22
4.2	硬件安装	22
4.2.1	相机安装	22
4.2.2	镜头	22
4.2.3	以太网线缆	24
4.2.4	GPIO 线缆	25
4.2.5	液体透镜	27
4.3	系统配置	36
4.3.1	系统要求	37
4.3.2	相机 Driver	37
4.3.3	网络与配置	39
4.3.4	带宽管理	41
4.3.5	NIC电源管理	43
4.4	Itala SDK	44
4.5	通过 Itala API 使用相机	48
4.5.1	Itala SDK 文档	48
4.6	通过第三方软件使用相机	49
4.7	通过 Itala View 使用相机	49
4.7.1	选项卡与面板	49
4.7.2	IP配置器	50
4.7.3	固件更新	51
4.7.4	LUT向导	53
4.7.5	坏点校正向导	55
4.7.6	色彩校正向导	56

5 技术规格

58

5.1	技术规格	59
5.2	电气规格	62
5.2.1	输入电气规格	62

5.2.2	输出电气规格	64
5.3	传感器光学响应	66
5.4	光学滤镜	71
5.5	机械规格	73
5.5.1	外形尺寸图	73
5.5.2	GigE Vision机械要求	75
5.5.3	传感器定心数据	75
5.6	接口与引脚定义	77
5.7	I/O电路	79
5.7.1	光电隔离输入	79
5.7.2	光电隔离输出	79
5.8	LED指示灯	80

6 相机功能 81

6.1	Device Control	81
6.1.1	Sensor Temperature Status	83
6.1.2	Bandwidth limit	84
6.2	Image Format Control	84
6.2.1	图像处理流水线	86
6.2.2	图像ROI	87
6.2.3	Binning	88
6.2.4	Decimation	89
6.2.5	Readout direction	89
6.2.6	位深与pixel format	90
6.2.7	Debayering	106
6.2.8	Test pattern	109
6.3	Acquisition Control	110
6.3.1	Trigger overlap	112
6.3.2	Dual Exposure	113
6.3.3	Trigger delay	115
6.3.4	<i>Timed</i> 与 <i>TriggerWidth</i> 曝光模式	116

6.3.5	Image Compression	117
6.4	Analog Control	118
6.4.1	Gain	119
6.4.2	白平衡	119
6.4.3	Gamma correction	121
6.4.4	Black level	122
6.5	OE Auto Functions Control	123
6.5.1	OE AutoAOI	124
6.5.2	OE Autoexposure/Autogain	125
6.6	LUT Control	127
6.6.1	LUT	128
6.7	Color transformation control	129
6.7.1	Color Correction Matrix (CCM)	129
6.7.2	如何进行正确的色彩校准	130
6.8	Digital I/O Control	136
6.8.1	Input Stage	137
6.8.2	Debouncer	137
6.8.3	Output stage	139
6.9	Counter and Timer Control	140
6.10	Encoder Control	141
6.10.1	Encoder interface	141
6.10.2	Encoder output mode	142
6.10.3	Encoder mode	142
6.10.4	EncoderValue 回绕管理	143
6.11	Logic Block Control	144
6.11.1	Logic block 模块	144
6.12	Action Control	145
6.12.1	Action Command	146
6.12.2	Scheduled Action Command	146
6.13	Event Control	147
6.13.1	Exposure End Event	149

6.13.2	Frame Trigger Missed Event	149
6.13.3	Frame Trigger Ready Event	150
6.13.4	Line 0 Rising Edge Event	150
6.13.5	Line 1 Rising Edge Event	151
6.13.6	Test Event	151
6.13.7	Autofocus Done Event	151
6.13.8	Sensor Temperature Event	152
6.13.9	Event Lost Event	153
6.13.10	Buffer Full Event	153
6.13.11	Buffer Ready Event	154
6.13.12	Transfer Skipped Event	155
6.14	User Set Control	155
6.15	Chunk Data Control	156
6.15.1	Chunk Data	157
6.15.2	Chunk Data: application example	158
6.15.3	OE Serial Interface Control	159
6.16	Serial interface	160
6.17	OE Liquid Lens Control	162
6.17.1	Liquid Lens interface	164
6.17.2	Autofocus	165
6.18	OE Defective Pixel Correction Control	169
6.18.1	Defective Pixel Correction	169
6.19	Test Control	170
6.20	Transport Layer Control	171
6.20.1	Precision Time Protocol (PTP)	173
6.21	Sequencer Control	173
6.21.1	Sequencer 概述	174
6.21.2	配置 Sequencer set	175

7 使用案例

176

7.1	接线连接示例	176
-----	------------------	-----

7.1.1	通过外部设备触发相机	177
7.1.2	将外部设备与 Itala 相机同步	178
7.2	如何为相机输出线添加延迟	180
7.3	流传输带宽管理	182
7.4	Cognex Vision Pro 兼容性	186
7.5	Sequencer Control 配置示例	193
7.5.1	使用 Sequencer 路径	193

8 故障排除 195

8.1	相机无法在可用设备列表中找到	195
8.2	为什么相机查看器的 GenICam 树中缺少某些功能?	195
8.3	相机为何出现丢帧现象?	195

1 一般信息

1.1 免责声明

请始终按照规定条件使用和存储Opto Engineering®产品，以确保其正常运行。未能遵守以下条件可能会缩短产品寿命和/或导致故障、性能下降或失效。

请注意，本设备的错误运行可能导致危险情况或重大经济损失。用户必须确保相机的操作适合其应用需求。

本文所提及的所有商标均属于各自所有者。

除法律禁止的情况外：

- 所有硬件、软件和文档均按"现状"提供。
- Opto Engineering®不对任何形式的间接损失承担责任。

收到Opto Engineering®产品后，请目视检查是否有运输过程中造成的损坏。如产品在收货时已损坏，请立即通知Opto Engineering®。

1.2 预期用途

本产品是一款用于检测、检查和/或测量物品/物体物理属性的**机器视觉相机**。它通过高速连接向主机设备提供图像流，并可通过各种类型的电信号与其他设备同步运行。

请注意，本产品不适用于视频监控系统中的CCTV相机。

1.3 禁止用途

使用本相机前，请阅读以下注意事项。

如有疑问或需要进一步建议，请联系您的经销商或代理商。

- 请勿自行拆解、改装或维修本产品。这可能导致永久性故障，甚至引发火灾或触电，可能造成严重人身伤害；
- 请勿将本产品放置于灰尘多、潮湿或高温的环境中，或靠近明火。这些条件可能导致故障和损坏，甚至引发火灾或触电，可能造成严重人身伤害；

- 请勿在产品上或周围喷洒杀虫剂或使用其他挥发性化学品；
- 本设备不得用于其故障可能对人体健康造成危害或损坏其他设备的应用场合。请注意，如果设备的使用方式超出制造商预期，其电路和外壳所提供的保护可能会受到损害；
- 本设备为低压供电设备。因此，任何施加信号组合之间的电位差在任何时候都不得超过供电电压；
- 较高的电压可能导致故障，并对人体健康造成危险；
- 本设备对感性负载引起的瞬变具有有限的保护能力。如有必要，请使用外部保护装置，如快速二极管或专用瞬变保护器；
- 请勿让异物进入设备，或落入孔洞、端子及其他开口或间隙中。这可能引发火灾或触电，可能造成严重人身伤害；
- 移动产品前请断开电源线。未遵守此预防措施可能损坏电源线，引发火灾或触电，可能造成严重人身伤害；
- 请勿刮擦、切割、打开或扭曲电源线。这可能导致故障、火灾或触电，可能造成严重人身伤害；
- 如电源线损坏或破裂，请联系我们的技术支持，切勿继续使用本产品。损坏的电缆可能导致故障、火灾或触电，可能造成严重人身伤害；
- 请勿在手湿时插拔电源线插头。这可能导致触电，可能造成严重人身伤害；
- 请勿在易燃气体环境中使用本产品。这可能引发爆炸和火焰，可能造成严重人身伤害；
- 如发现任何异常，如异味、冒烟或过热，请立即关闭电源并断开电源线。在这些情况下继续使用可能引发火灾或触电，可能造成严重人身伤害；
- 如产品跌落或外壳损坏，请关闭电源并断开电源线。在这些情况下继续使用可能引发火灾或触电，可能造成严重人身伤害。

1.4 修订记录

表1列出了所有用户手册的修订记录。
说明列列出了各版本之间所有相关差异。

Rev.	Date	Description	FW ver.
1.0	22/09/2021	首次发布手册	1.0.0 - 1.1.2
1.1	14/06/2022	<ul style="list-style-type: none"> - 新增相机功能参考 - 新增SDK安装章节 - 新增驱动程序安装章节 - 新增Itala View快速入门章节 - 新增Itala View wizards章节 	1.1.3 - 1.1.5
1.2	10/02/2023	<ul style="list-style-type: none"> - 新增CCM校准程序 - 新增TimerDelay功能 - 新增SDK文档参考 - 新增PTP文档 - 更新存储及工作条件 - 更新传感器ADC分辨率 - 新增GigE机械规格参考 - 在"订货代码"章节新增新料号 - 在章节7.2新增使用案例 	1.2.0 - 1.2.2
1.3	07/03/2023	<ul style="list-style-type: none"> - 新增TriggerDelay功能 - 新增Action Commands功能 - 新增串口接口配置 - 新增串口协议（ASCII、Modbus、Binary） - 新增PTP UTC偏移功能 	1.3.0 - 1.3.2
1.4	04/05/2023	<ul style="list-style-type: none"> - 新增DualExposure功能 - 在"订货代码"章节新增新料号 - 在"订货代码"章节新增变体 - 更新"电气规格"中的触发输入延迟 	1.4.0

1.5	30/05/2023	<ul style="list-style-type: none"> - 新增TestControl功能 - 更新带宽限制公式 - 更新部分功能的访问属性 - 新增Action Command章节 - 修正双曝光时序 	1.4.1 - 1.5.3
1.6	04/08/2023	<ul style="list-style-type: none"> - 新增"流带宽管理"使用案例 - 在液体透镜硬件安装章节新增注意事项 - 新增冲击和振动数据 	1.4.1 - 1.5.3
1.7	23/08/2023	<ul style="list-style-type: none"> - 新增FCC声明章节 	1.4.1 - 1.5.3
1.8	27/09/2023	<ul style="list-style-type: none"> - 新增Cognex Vision Pro兼容性测试程序 - 更新编码器输出模式章节 - 新增编码器模式章节 - 更新双曝光时序 	1.5.3 - 2.0.0
1.9	07/11/2023	<ul style="list-style-type: none"> - 更新固件升级程序 - 新增TriggerWidth曝光功能说明 	2.0.0 - 2.0.2
1.10	20/11/2023	<ul style="list-style-type: none"> - 新增DualExposure功能说明 - 新增TriggerWidth曝光功能说明 	2.0.0 - 2.0.2
1.11	16/01/2024	<ul style="list-style-type: none"> - 修正单色测试图案序列 - 更新传感器光学响应曲线图 - 修订文档中引用的所有功能名称 - 新增Sequencer Control章节 - 新增Sequencer配置使用案例 	2.1.0 - 2.1.2

1.12	30/05/2024	<ul style="list-style-type: none"> - 新增IMX990相机的Dual Use分类信息 - 新增ChunkSequencerSetActive功能 - 新增Sequencer路径优先级说明 - 改进Sequencer多路径示例 - 新增IMX249支持（订货代码、双曝光、量子效率曲线） - 修正双曝光时序 - 修正随机振动测试PSD - 新增传感器中心定位数据 - 更新双曝光时序 - 更新订货代码信息 - 新增章节6.3.1 - 新增章节6.10.4 	2.2.0 - 2.2.2
1.13	31/07/2024	<ul style="list-style-type: none"> - 新增自动对焦章节 - 新增图像压缩章节 - 新增编码器和计数器Chunk数据 - 新增偏振像素格式 	2.3.0
1.14	20/12/2024	<ul style="list-style-type: none"> - 新增设备气压信息 - 新增YUV411像素格式 - 新增Linux驱动安装章节 - 新增Itala G.IP规格 - 新增AutofocusDone事件 - 新增oeLiquidLensAutofocusTriggerSource功能 - 新增oeFramesInBuffer功能 - 新增安装螺钉扭矩规格 - 移除F接口选项 - 新增数字输出最大可用电流 - 新增满足62368-1标准的电源要求 	2.4.0 - 2.5.1
1.15	26/08/2025	<ul style="list-style-type: none"> - 增加Sequencer组数量 - 新增章节4.3.5 - 更新Ubuntu版本兼容性 - 更新LED颜色编码 	≥ 3.0.0
1.16	26/09/2025	<ul style="list-style-type: none"> - 新增Ubuntu arm64支持 	≥ 3.0.0

1.17	19/02/2026	<ul style="list-style-type: none"> - 新增arm64平台已测试硬件 - 新增Ubuntu的IP配置 - 新增Ubuntu的巨型帧配置 - 新增Ubuntu的NIC电源管理 - 新增Ubuntu的SDK安装说明 - 新增GigE Vision连接器规格 - 更新相机清洁说明 - 新增Corning® Varioptic®液体透镜功能 - 新增传感器温度状态章节 - 新增事件说明 - 新增去抖和去毛刺章节 - 新增位深和像素格式章节 - 新增去马赛克章节 - 新增Chunk数据章节 - 新增图像处理流程章节 - 新增OE AutoAOI章节 	≥ 3.2.0
1.18	15/06/2026	<ul style="list-style-type: none"> - 新增迭代自动对焦算法 - 新增Corning® Varioptic®液体透镜的自动对焦支持 	≥ 3.3.0
1.19	29/06/2026	<ul style="list-style-type: none"> - 新增Itala G.EL.IP规格 	≥ 3.3.0

Table 1: 手册修订记录

1.5 订货代码

相机料号的组成如下：

ITA000-WX-00Y-ZZ

订货代码说明见表2。

请访问Opto Engineering官网查询所需料号的供货情况。

注意: *ITA13-GM-10C-SWIR* 产品受法定出口管制法规约束, 可能需要提供最终用途及最终目的地的书面说明。

*Dual Use*分类: 6A003.B.4.A.

代码	说明	选项	值
ITA	系列名称		
000	传感器分辨率	04	IMX287 - 0.40 Mpixels
		13	IMX990 - 1.34 Mpixels
		16	IMX273 - 1.58 Mpixels
		23	IMX249 - 2.35 Mpixels
		24	IMX392 - 2.35 Mpixels
		32	IMX265 - 3.19 Mpixels
		50	IMX264 - 5.07 Mpixels
		51	IMX547 - 5.10 Mpixels
		81	IMX546 - 8.13 Mpixels
		89	IMX267 - 8.95 Mpixels
		120	IMX304 - 12.37 Mpixels
			IMX253 - 12.37 Mpixels
		124	IMX545 - 12.41 Mpixels
		162	IMX542 - 16.19 Mpixels
		168	IMX387 - 16.88 Mpixels
		196	IMX367 - 19.66 Mpixels
		204	IMX541 - 20.35 Mpixels
		246	IMX540 - 24.55 Mpixels
		315	IMX342 - 31.49 Mpixels
W	接口	G	以太网
X	黑白/彩色传感器	M	黑白
		C	彩色
00	变体	1X	Sony IMX Pregius™第一/二代传感器
		2X	Sony IMX Pregius S™第四代传感器
Y	接口类型	C	C-mount
		J	J-mount (M42x1 FD 12)
ZZ	可选功能	-	标准版本
		EL	含液体透镜控制器
v1.19 - zho		PL	偏振Polarsens™传感器
		SWIR	VIS-SWIR SenSWIR™传感器
		IP	IP67外壳
		EL-IP	带液体透镜控制器的IP67外壳

2 保修与认证

2.1 保修

设备保修期为自实际交货日期起5年，以设备序列号为准。

保修范围涵盖缺陷零件（组件、设备或其部件）的更换或维修，不包括拆卸及运输费用。

更换一个或多个组件不会延续整台设备的保修期。

由于正常使用或大气环境及外部环境老化引起的电子元件及零件损坏不在保修范围内。此外，由未经授权或不合格人员进行维护保养不当、不足或错误所导致的故障，或因非预期用途、未经授权的更换、改装或维修所导致的故障，均不在保修范围内。

保修的总体有效性取决于：

- 按照设备手册所述正确执行维护；
- 按照本手册规定的预期用途使用设备。

2.2 CE声明

Itala相机符合EMC指令2014/30/EU，因此符合以下标准：

标准	说明
EN 61000-6-2	通用标准 - 工业环境抗扰度标准
EN 61000-6-4	通用标准 - 工业环境发射标准

Table 3: EMC标准

2.3 FCC声明

本设备已经过测试，符合FCC规则第15部分关于B类数字设备的限制要求。这些限制旨在为住宅安装环境提供合理的有害干扰保护。本设备会产生、使用并可能辐射射频能量，如果未按照说明进行安装和使用，可能会对无线电通信造成有害干扰。但不能保证在特定安装环境中不会发生干扰。如果本设备确实对无线电或电视接收造成有害干扰（可通过关闭和开启设备来判断），建议用户尝试通过以下一种或多种措施来消除干扰：

- 重新调整或移动接收天线的方向或位置。
- 增大设备与接收器之间的距离。
- 将设备连接到与接收器所在电路不同的插座上。
- 咨询经销商或有经验的无线电/电视技术人员寻求帮助。

2.4 KC认证

进口到韩国的电气和电子设备须获得KC认证。这是一种强制性认证制度，确保只有经认可机构认证的产品才能进入韩国市场。尤其是，该认证会对电磁兼容性（EMC）要求进行审查。

面向韩国市场销售的Itala相机以KC标志和KC注册号进行标识。

如需了解KC标识数据的更多信息，请扫描产品或其包装上的二维码。

2.5 冲击与振动

Itala相机已按照以下标准和限值进行冲击与振动测试：

2.5.1 ITALA G - ITALA G.EL

标准	发布日期	测试	参数
EN 60068-2-27	2009	Shock	x/y/z axis, 20g, 11ms, 10 pos. / 10 neg. shocks
EN 60068-2-6	2008	Sine vibration	x/y/z axis, 10g, 50-500 Hz, 10 sweep
EN 60068-2-64	2008+A1:2019	Random vibration	x/y/z axis, 5g RMS, 0.056g ² /Hz PSD, 30 min for each axis

Table 4: 冲击与振动标准及限值

2.5.2 ITALA G.IP - ITALA G.EL.IP

标准	发布日期	测试	参数
EN 60068-2-27	2009	Shock	x/y/z axis, 50g, 11ms, 10 pos. / 10 neg. shocks
EN 60068-2-6	2008	Sine vibration	x/y/z axis, 10g, 50-500 Hz, 10 sweep
EN 60068-2-64	2008+A1:2019	Random vibration	x/y/z axis, 5g RMS, 0.056g ² /Hz PSD, 30 min for each axis

2.6 RoHS、REACH和WEEE

Itala相机符合以下指令和标准:

- RoHS 2011/65/EU
- REACH 1907/2006/EC
- WEEE 2012/19/EU

3 引言

3.1 手册与说明约定

Opto Engineering® SpA, 注册地址为 Strada Circonvallazione Sud 15, 46100 Mantova (Mn) - Italy, 以下简称制造商, 在本安装、使用及维护手册中以清晰简洁的方式提供安装、使用和维护产品 Itala 所需的全部信息。

本手册的适用对象为具备理解本手册所述标准、规程及安全措施所需知识、经验和能力的人员。此类人员在后文中称为有资格的人员, 经授权可对本手册中所述产品进行运输、安装、使用和维护。

本资料仅供交付本手册的客户使用, 用于安装、使用和维护该产品。

制造商保留在不事先通知的情况下修改或改进本手册及/或本手册所涉产品的权利。

本文档中使用以下排版约定:

注意: 注释包含重要信息, 在其所指正文之外单独标注显示。



警告: 此类提示强调若未能全部或部分遵守可能导致设备或仪器损坏的操作程序。



危险: 此类提示强调若未能全部或部分遵守可能导致操作人员受伤或影响其健康的操作程序。

3.2 产品标识数据

Itala 相机通过贴于包装箱侧面的标签进行识别。标签的简化版本也贴于相机背面连接器附近。

该标签用于标识每台设备的零件编号、序列号和 MAC 地址。标签示例如图 1 所示。

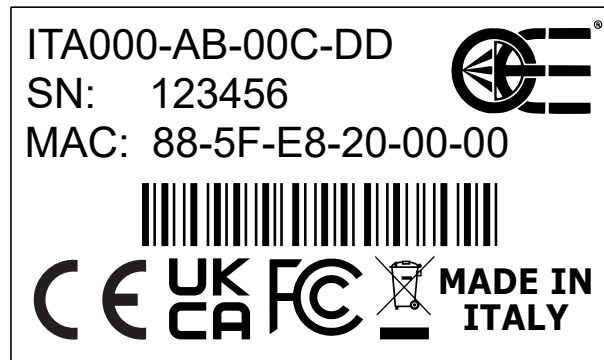


Figure 1: 相机标签示例。

3.3 存储与使用条件

3.3.1 存储条件

存储环境温度范围：-10°C 至 60°C。

避免将产品暴露于温度骤变环境中，以防热冲击。

将产品存放于干燥处：存储环境相对湿度（RH）低于 80%（无冷凝）。

3.3.2 工作条件

极端温度会影响产品功能，尤其是电子元器件。

避免将产品暴露于温度骤变环境中，以防热冲击。

由于产品包含电子元器件，工作时可能产生热量：必须进行充分散热（必要时，应采用强制风冷系统对设备进行冷却）。

在干燥环境中使用产品：工作环境相对湿度（RH）低于 80%（无冷凝）。

一般情况下，应避免在以下环境中存储和使用相机：

- 存在强电场/磁场的环境。
- 暴露于直射阳光、雨水或雪的场所。
- 存在特殊气体和危险物质的环境。
- 振动极为强烈的系统中。
- 多尘场所。
- 极度潮湿的场所。

- 温度过高或过低的环境。

Itala 相机已在气候试验箱中经过测试，以验证其温度适应能力。



警告: 当图像传感器温度超过 $-10^{\circ}\text{C} \div +60^{\circ}\text{C}$ 的范围（结温）时，图像传感器质量会迅速下降。

任何情况下，传感器温度均不得超过绝对最高温度 **100°C**。

请读取 **Device Temperature** → **Sensor GenIcam** 功能以监控传感器温度，避免超过绝对最大额定值。

对于因过热导致的故障，*Opto Engineering* 不承担任何责任。



警告: 外壳温度不得超过 $-25^{\circ}\text{C} \div 65^{\circ}\text{C}$ 的范围。

外壳温度在相机安装座附近的铝制外壳外表面测量。



警告: 在散热不良的情况下，环境温度与外壳温度可能相差悬殊。

在此情形下，仅监控环境温度可能不足以保证安全。

用户必须监控 *Itala* 的外壳温度，并在必要时采取适当的散热措施，以确保温度不超过 65°C 。

对于因过热导致的故障及设备损坏，*Opto Engineering* 不承担任何责任。

3.4 清洁与维护

尽管相机配备了坚固的机械外壳，仍需遵循一些注意事项，以避免损坏相机。



警告: 请勿尝试拆卸相机进行清洁。内部元器件极为敏感，操作不当可能造成永久性损坏或导致保修失效。所有清洁工作均应按照推荐程序在外部进行。

Housing



警告: 避免使用不适当的清洁化学品，如苯、丙酮、稀释剂、喷雾类清洁剂。

清洁相机外壳时，用软布或软刷蘸取少量中性清洁剂擦拭，然后擦干。

Sensor protection glass / filter



警告: 避免使用不适当的清洁化学品，如苯、丙酮、稀释剂、喷雾类清洁剂。



警告: 请勿使用高压压缩空气，以免将灰尘颗粒压入相机内部。若确有必要，仅可使用通过细嘴喷嘴输送并由适当减压阀调节的极低压空气。

使用蘸有少量异丙醇的无绒棉签清洁传感器前方的保护玻璃或光学滤镜。

4 快速入门

4.1 概述

Itala 是一款符合 *GigE Vision* 和 *GenICam* 规范的工业千兆以太网相机。

本相机能够以高 framerate 进行图像数据传输，并支持远距离传输，最长可达数百米。

专为恶劣工业环境设计，Itala 相机可在同类产品中保证可靠运行和顶级性能。 *GigE Vision* 和 *GenICam* 的兼容性使相机的集成与更换更加便捷。凭借灵活的供电选项（12-24 Vdc 以及 **Power over Ethernet**），Itala 相机兼容大多数视觉系统，支持简单灵活的布线配置。

4.2 硬件安装

4.2.1 相机安装

相机每侧均设有 4 个 M3 螺纹孔，可实现灵活且稳固的安装。建议使用金属支架将相机固定在金属物体上，以利于散热。安装相机前，请确保根据应用需求正确对准相机。请注意，您也可以利用相机的 **ReverseX** 和 **ReverseY** 功能，直接在相机内对图像进行 X 轴和 Y 轴翻转，且不会造成性能损失。

应预留足够空间，以确保相机背部的线缆能够良好布设。

注意: 螺钉拧紧力矩为 1.2-1.4 Nm。若设备处于高振动环境，请使用螺纹锁固液。

4.2.2 镜头

ITALA G - ITALA G.EL

采用 **TYPE 1** 机身的相机配备标准 **C-mount**（直径 1 英寸，每英寸 32 牙），法兰距为 17.526 mm。

采用 **TYPE 2** 机身的相机配备 **M42x1** 螺纹接口，法兰距为 12 mm。

相机的外形尺寸图，请参见第 5.5 节。

安装镜头前，请确保镜头和相机保护玻璃完全洁净。清洁说明请参见第 3.4 节。

注意: 对于重型镜头，建议使用合适的夹持系统直接固定镜头，而非依赖相机安装孔。若镜头支持调节接口相位，此操作较为简便；否则，需确保相机在最终拧紧位置后方向正确。

ITALA G.IP

采用 **IP67** 机身的相机配备标准 **C-mount**（直径 1 英寸，每英寸 32 牙），法兰距为 17.526 mm。相机的外形尺寸图，请参见第 5.5 节。

安装镜头前，请确保镜头和相机保护玻璃完全洁净。清洁说明请参见第 3.4 节。



警告: 须配备合适的镜头防护外壳，方可实现完整的 IP67 防护等级。

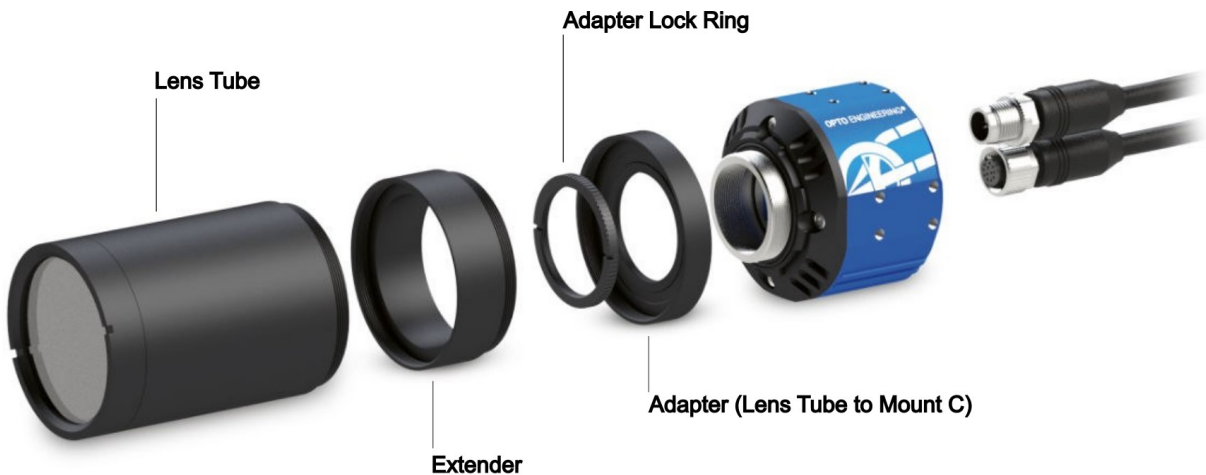


Figure 2: IP67 镜头防护外壳安装示意图。

Adapter（转接环）应牢固拧紧至 C-mount 上以实现良好密封。**Adapter Lock Ring**（转接环锁紧环）用于锁定 **Adapter** 并防止其松动。**Extender**（延伸管）为可选件，是否安装取决于镜头尺寸。**Lens Tube**（镜头筒）也应拧紧以确保良好密封。



警告: 请勿过度拧紧镜头防护外壳各部件，否则可能损坏相机和外壳。

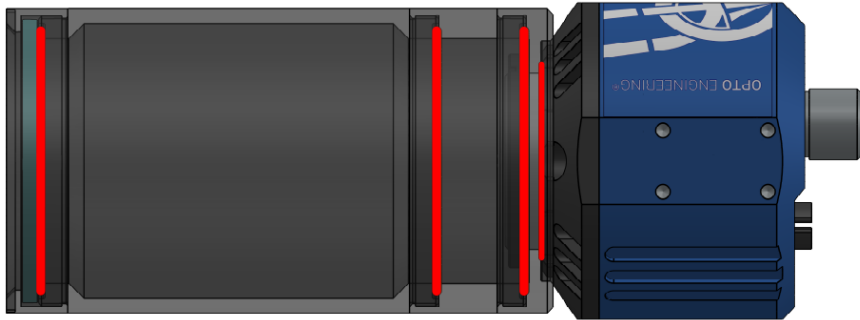


Figure 3: IP67 镜头防护外壳的 O 形圈安装位置。



危险: 请确保镜头防护外壳机械部件所需的所有 O 形圈均已正确安装，以保证良好密封。若未能做到这一点，可能导致相机损坏。

ITALA G.EL.IP

有关在 IP67 组件中安装液体透镜的说明，请参见第 4.2.5 节。

4.2.3 以太网线缆

请使用符合 *ANSI/TIA-568* 标准的 Cat 5e 或更高规格以太网线缆将相机连接至主机设备，最大线缆长度为 100 m。

建议使用屏蔽线缆以提高系统的 EMI 抗扰性，尤其是在恶劣的工业环境中。

如需通过 PoE (Power over Ethernet) 为相机供电，请将线缆连接至合适的 PoE 注入器或 NIC (网络接口卡)。



警告: 请务必使用经认证的 *IEEE 802.3af PoE* 电源、注入器和 NIC。否则可能导致相机损坏。



警告: 请勿同时使用 *Power over Ethernet (PoE)* 和专用 +24V 电源。同时使用可能导致相机在超出其保证规格的条件下运行。



危险: 线缆布设时须小心谨慎，避免夹紧、急弯和过大张力。否则可能导致短路、设备损坏甚至火灾。

ITALA G - ITALA G.EL

Itala G 和 Itala G.EL 相机配有 2 个 M2 螺纹孔，可用于螺纹锁紧型 RJ45 连接器。对于运动应用场景（例如安装在机械臂上的相机），请使用螺纹锁紧连接器和线缆固定装置以确保连接可靠。同时建议使用专为高弯折次数设计的高柔性线缆。

相机的外形尺寸图，请参见第 5.5 节。

ITALA G.IP - ITALA G.EL.IP

Itala G.IP 和 Itala G.EL.IP 相机配备 IP67 防护等级的 M12 X-Coded 母头以太网连接器。动态或运动应用场景无需额外的线缆固定装置。



警告: 为确保正确密封，连接器必须牢固拧紧。典型拧紧力矩范围为 0.4 至 0.6 Nm；但请始终参照线缆制造商规格中的推荐力矩值。

对于运动应用场景（例如安装在机械臂上的相机），请使用螺纹锁紧连接器和线缆固定装置以确保连接可靠。同时建议使用专为高弯折次数设计的高柔性线缆。

相机的外形尺寸图，请参见第 5.5 节。

4.2.4 GPIO 线缆

相机也可通过 GPIO（通用输入/输出）接口使用 GPIO 线缆供电，线缆长度最长可达 30 m，并需配合合适的电源使用。为确保在干扰较强的环境中获得最佳性能和 EMI 抗扰性，请使用屏蔽线缆。有关 GPIO 连接器引脚定义及 Itala 相机完整电气规格的详细信息，请分别参见第 5.6 节和第 5.2 节。



警告: 请勿同时使用 Power over Ethernet (PoE) 和专用 +24V 电源。同时使用可能导致相机在超出其保证规格的条件下运行。



危险: 所用电源的最大功率须符合 62368-1 标准中 PS2 级及附录 Q.1 中 LPS 级的要求，且小于 100W。



危险: 请务必使用满足设备所有规格要求的线缆和电源。否则可能导致相机损坏、火灾或人员伤害。



危险: 线缆布设时须小心谨慎，避免夹紧、急弯和过大张力。否则可能导致短路、设备损坏甚至火灾。

ITALA G - ITALA G.EL

将推拉式连接器牢固插入，注意插入方向正确。对于运动应用场景（例如安装在机械臂上的相机），建议使用专为高弯折次数设计的高柔性线缆。



警告: 若遇到较大阻力，请勿强行插入连接器。请检查连接器方向后重试。

ITALA G.IP - ITALA G.EL.IP

Itala G.IP 相机配备 IP67 防护等级的 M12 A-Coded 公头 GPIO 连接器。动态或运动应用场景无需额外的线缆固定装置。

Itala G.EL.IP 相机配备 IP67 防护等级的 M12 A-Coded 公头 GPIO 连接器，用于连接 IPT 转接环的 M12 A-Coded 母头连接器（标有 CAM）。该转接环提供第二个 M12 A-Coded 公头连接器（标有 HOST），用于 GPIO 输入/输出、电源供电及其他连接。动态或运动应用场景无需额外的线缆固定装置。进行任何连接之前，请遵循第 4.2.5 节的组装说明。



警告: 为确保正确密封, 连接器必须牢固拧紧。典型拧紧力矩范围为 0.4 至 0.6 Nm; 但请始终参照线缆制造商规格中的推荐力矩值。

对于运动应用场景 (例如安装在机械臂上的相机), 建议使用专为高弯折次数设计的高柔性线缆。相机的外形尺寸图, 请参见第 5.5 节。

4.2.5 液体透镜

Itala G.EL 和 Itala G.EL.IP 配备液体透镜控制器, 可通过相机 GPIO 接口直接控制集成了 Optotune® 或 Corning® Varioptic® 电调液体透镜的产品。

ITALA G.EL

共有两种连接透镜的配置:

- 专用点对点线缆适用于相机通过 PoE 供电时液体透镜的简单连接。
- 专用 Y 形线缆可同时连接液体透镜、电源和同步设备。

有关液体透镜连接和操作的详细信息, 请参见第 6.17.1 节。



警告: 使用 Y 形线缆时, 务必先连接相机, 然后连接液体透镜, 最后连接电源。请勿在液体透镜和/或电源已连接的情况下插拔相机连接器。否则可能导致液体透镜内置 EEPROM 损坏。



警告: 请务必使用 Opto Engineering® 提供的专用线缆将液体透镜连接至相机。否则可能导致相机或液体透镜损坏。

注意: 若镜头支持调节接口相位, 请选择能减小线缆张力的安装方向。

镜头安装方向会影响图像质量。在视觉系统最终安装前, 请仔细阅读镜头规格说明。

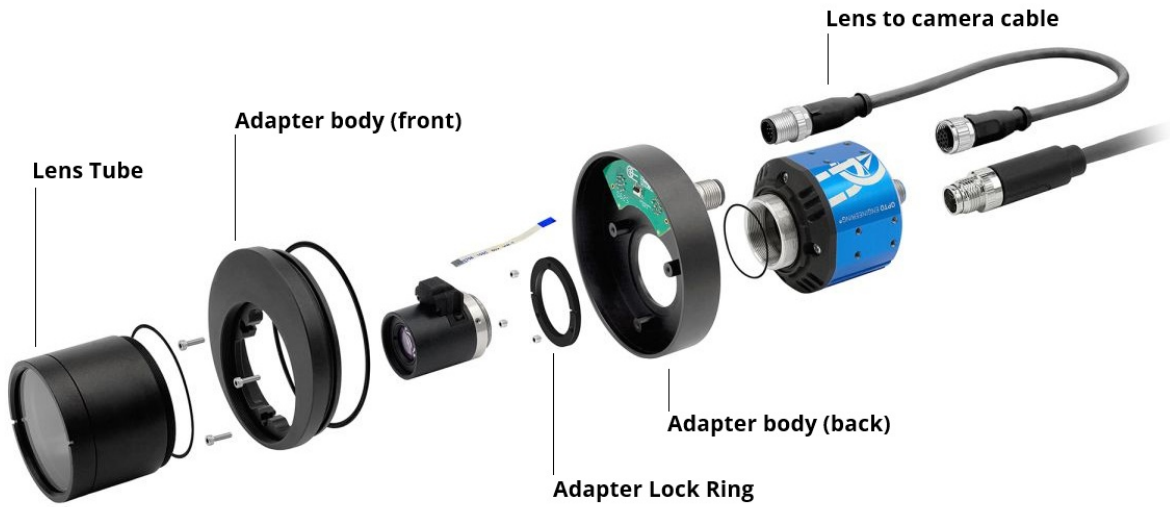


Figure 4: IP67 液体透镜防护外壳安装示意图。

ITALA G.EL.IP

Itala G.EL.IP 需要专用的 IP67 转接环和管件配件，以便在保证 IP67 防护等级的同时实现透镜的电气连接。

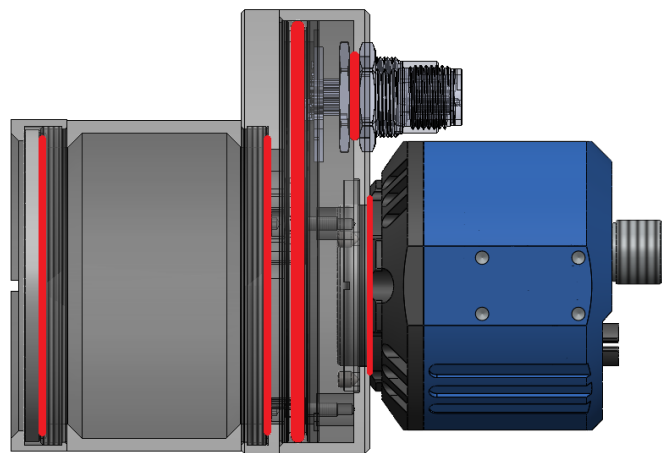


Figure 5: IP67 液体透镜防护外壳的 O 形圈安装位置。



警告: 请勿过度拧紧镜头防护外壳各部件，否则可能损坏相机和外壳。



危险: 请确保镜头防护外壳机械部件所需的所有 O 形圈均已正确安装，以保证良好密封。若未能做到这一点，可能导致相机损坏。

请按照以下说明对 Itala G.EL.IP 相机、透镜以及 IPT 系列所需的全部配件进行机械和电气组装。

1. (可选) 透镜相位调整

- 将透镜安装到相机上。
- 使用带 0.9 mm 刀头的六角扳手拧松接口上的三颗定位螺钉，调整透镜的相位。达到所需相位后，拧紧定位螺钉以固定。
- 请注意，透镜相对于相机的相位，与相机相对于转接环的相位相结合，决定了透镜相对于转接环的位置。对于 EL5MP 系列而言，该因素尤为重要，因为柔性排线引出的壳体部分凸出较多，导致透镜无法在转接环内自由定位。
- 将透镜从相机上取下。

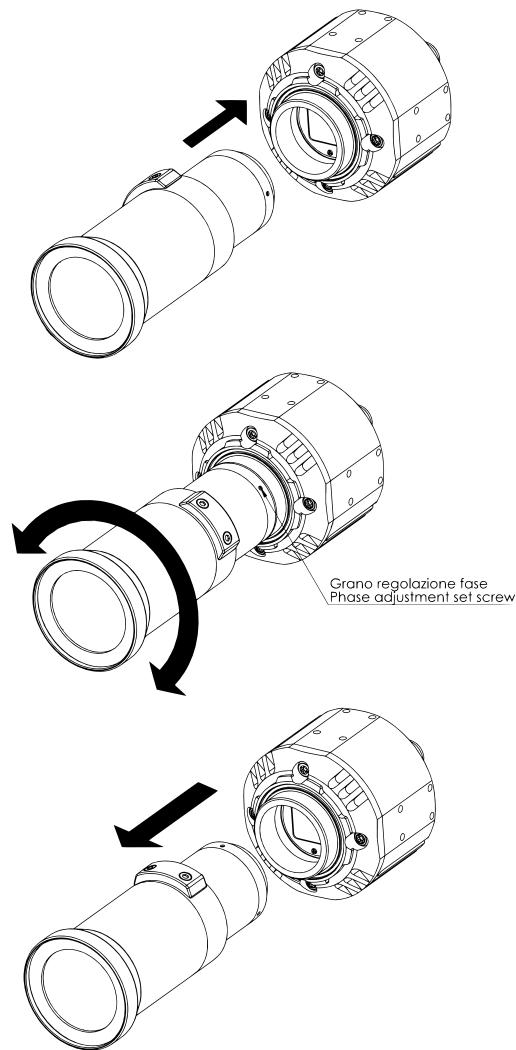


Figure 6: 透镜相位调整。

2. 将相机组装到转接环上

- 将 $\text{Ø}32 \times 1$ O 形圈放入相机正面提供的凹槽内。
- 将相机通过预留孔插入转接环后半壳中。
- 将锁紧环拧到相机接口上，但暂不拧紧，同时注意 O 形圈的位置。
- 调整相机相对于转接环的相位。
- 使用扳手拧紧相机螺纹上的锁紧环，确保相机正确贴合转接环。然后拧紧锁紧环上的 3 颗定位螺钉。

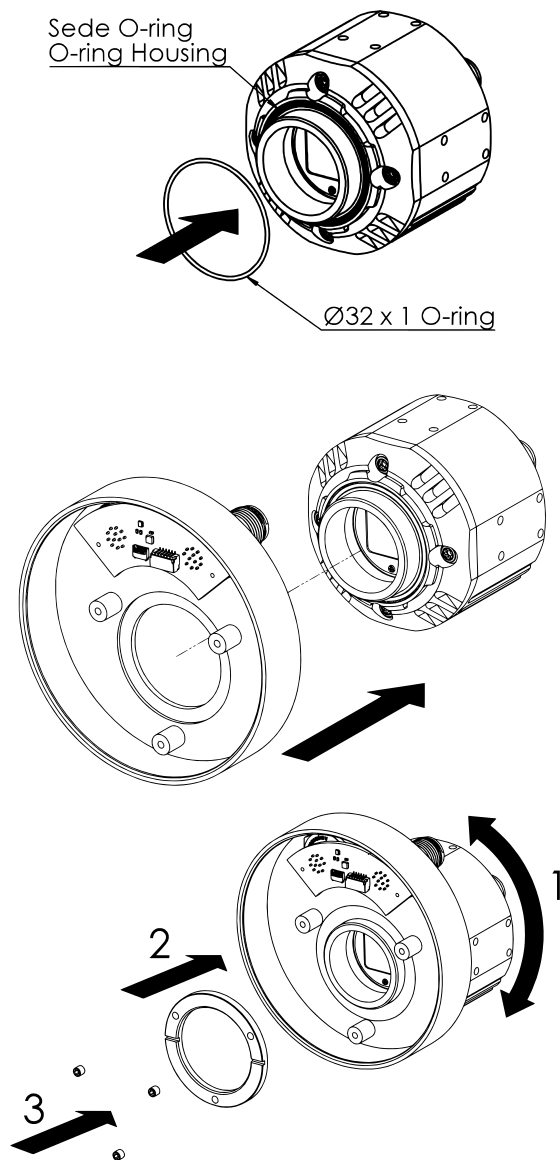


Figure 7: 转接环机身（后部）在相机上的组装。

3. Opto Engineering® 和 Optotune® 透镜组装及电气连接

- 将透镜拧到相机接口上。若步骤 1 操作正确，透镜引出的柔性扁平排线此时应朝向转接环 PCB 上的 FFC 连接器。
- 借助镊子将柔性排线连接至上述连接器。为确定插入方向，请注意排线上有 6 条裸露导线，须朝向透镜一侧。要使排线正确插入，连接器须处于"打开"位置，即卡扣与连接器主体垂直。
- 请注意 EL5MP 和 EL12MP 光学组件在排线出口位置上有所不同（主要区别在于 EL5MP

可更换柔性排线)。不过，在转接环一侧，这一差异不影响组装方式，组装过程保持一致。

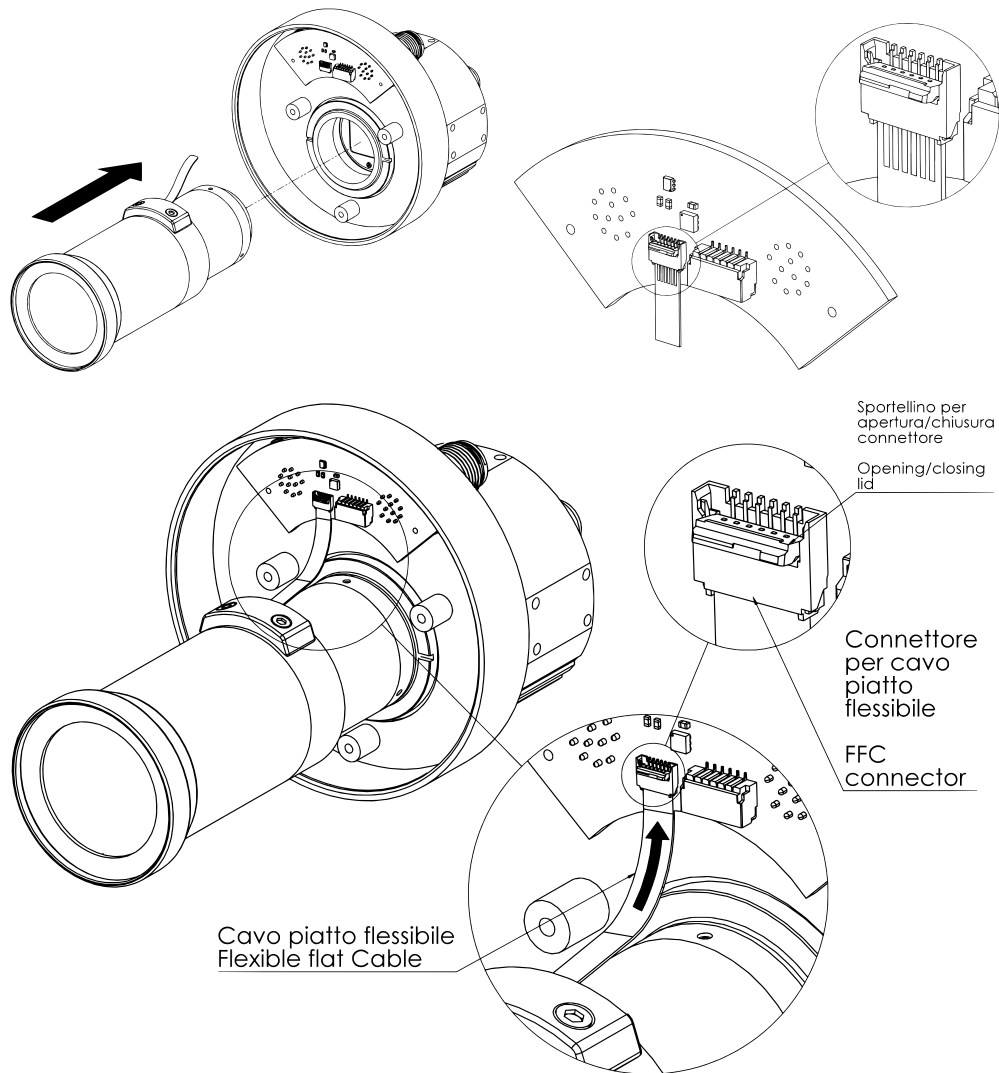


Figure 8: Opto Engineering® 和 Optotune® 透镜组装及电气连接。

4. Corning® Varioptic® 透镜组装及电气连接

- 将透镜拧到相机接口上。
- 借助镊子将透镜线缆连接至转接环 PCB 上的 JST 连接器。建议将线缆缠绕在透镜周围，以减少线缆在管内占用的空间。
- Corning® Varioptic® 透镜可能配有不止一个连接器，但只有一个能够匹配。存在一个未使用的多余连接器属于正常现象。

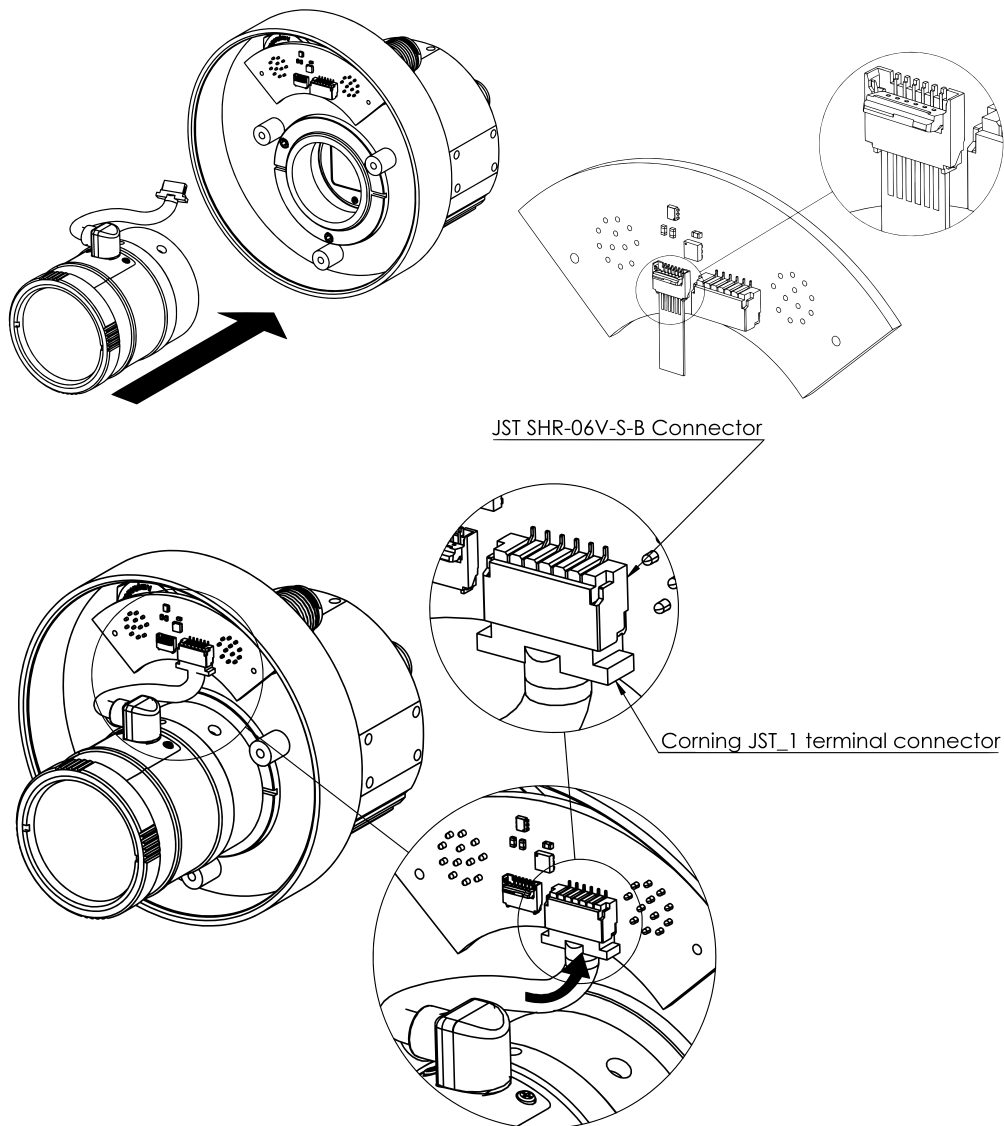


Figure 9: Corning® Varioptic® 透镜组装及电气连接。

5. 转接环闭合

- 检查前半壳上是否存在 $\text{Ø}74 \times 2.5$ O 形圈。
- 将 3 根螺纹柱（位于后半壳上）的孔位与前半壳上对应的槽口对齐。
- 推动前半壳，直至其与后半壳齐平。由于 O 形圈密封产生的摩擦，组装时会有一定阻力属正常现象。
- 如有必要，请调整对齐位置，此时 O 形圈产生的阻力会更大。
- 使用 2mm 内六角扳手拧紧三颗 M2.5 螺钉。

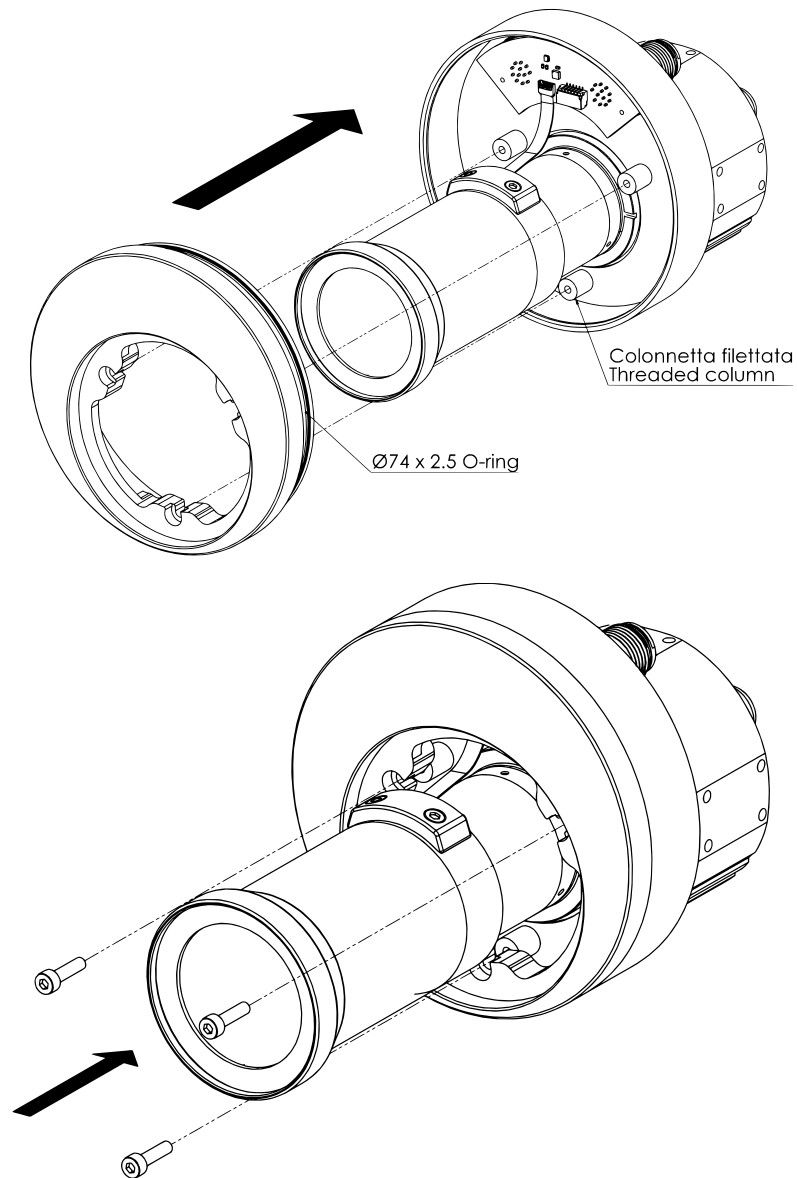


Figure 10: 转接环闭合。

6. (可选) IPT-E51 组装

- 将 O 形圈 Ø53 x 1.5 放入 IPT-E51 相应的凹槽内。
- 使用提供的螺纹将 IPT-E51 拧到转接环上，直至到达止点。
- **重要提示：**由于 O 形圈座起到止点的作用，IPT-E51 与转接环机身之间会存在一个外部可见的间隙 (0.2-0.8 mm)。

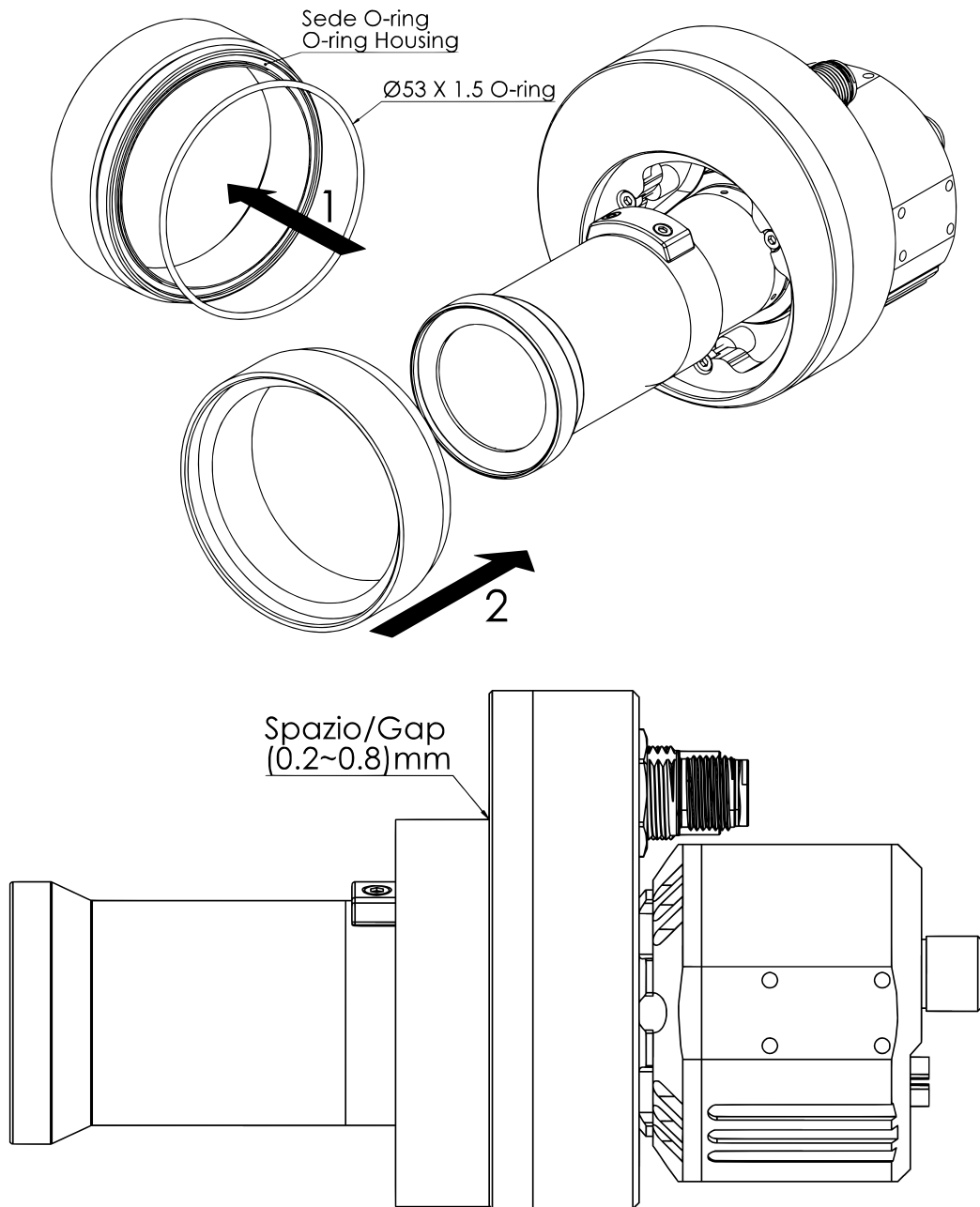


Figure 11: 可选延伸管组装。

7. IPT-D51LXX 管件组装

- 将 O 形圈 $\text{Ø}53 \times 1.5$ 放入 IPT-D51LXX 相应的凹槽内。
- 然后使用提供的螺纹将 IPT-D51LXX 拧到转接环上，直至到达止点。
- **重要提示：** 由于 O 形圈座起到止点的作用，IPT-D51LXX 与 IPT-E51（若已执行步骤 5）

或转接环机身之间会存在一个外部可见的间隙（0.2-0.8 mm）。

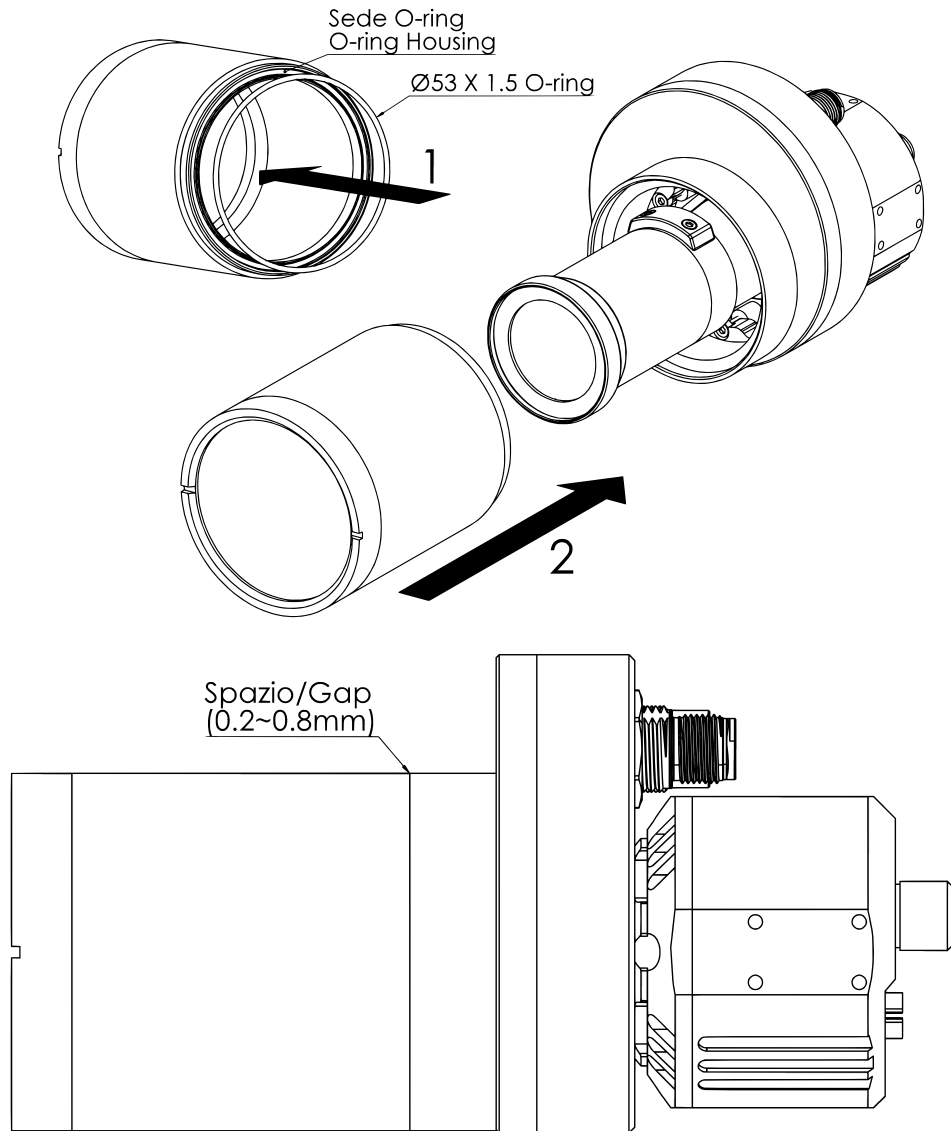


Figure 12: 管件组装。

4.3 系统配置

注意: 相机 *firmware* 会频繁更新以添加新功能并改善现有功能。请定期访问 *Opto Engineering* 官方网站查看是否有新版 *firmware*, 并在安装前更新相机 *firmware*。

4.3.1 系统要求

Itala SDK 可安装在运行以下操作系统之一的系统中：

- Microsoft Windows 10 / 11 (x64)
- Ubuntu 18.04 (x64) or higher
- Ubuntu 18.04 (arm64) or higher
(tested on NVIDIA Jetson AGX Orin, Jetson Orin Nano and Jetson TX2)

相机在其他操作系统和平台上的正常运行未经测试。

如需进一步信息，请联系您的 Opto Engineering 销售代表。

请注意使用支持千兆以太网通信的 NIC（网络接口卡）：尤其需要选择支持 jumbo frame 数据包的 NIC。

Itala 相机是一款高性能设备，能以高数据吞吐量进行图像流传输。为保证最佳性能，主机系统须具备足够的处理能力以处理相机发送的大量数据。建议选择高性能 CPU，并为您的具体应用场景的图像采集和处理配置足够的内存。

4.3.2 相机 Driver

为更好地处理图像流的高吞吐量，建议使用 Itala **filter driver**。filter driver 负责拦截 *GigE Vision* 流媒体协议数据包，重组完整有效载荷，并将其直接发送至应用程序图像缓冲区。这样可以绕过标准网络协议栈，避免增加主机的延迟和 CPU 占用率（图 13）。最终实现底层数据包处理卸载，优化主机系统的资源消耗。

在 Windows 上安装 Driver

Itala SDK 安装程序会自动处理必要的 filter driver，并将其自动安装至主机计算机。

您可以在以太网连接属性窗口中确认 filter driver 是否安装成功。前往 控制面板 > 网络和共享中心 > 更改适配器设置，右键单击您的以太网连接并选择 属性。在 网络 选项卡中，您应能看到带有选中复选框的 filter driver 条目，如图 14 所示。

注意：为避免冲突，建议禁用您系统中其他相机厂商可能已安装的 *filter driver*。

如果在意外卸载后需要重新安装 driver，请按以下步骤操作：

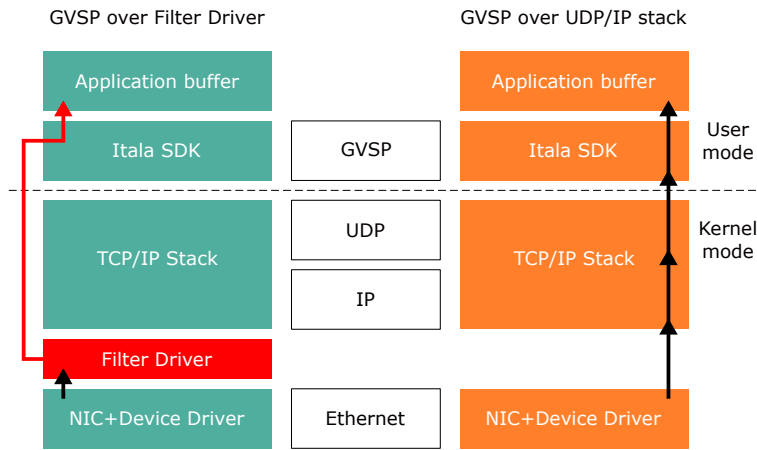


Figure 13: 使用和不使用 filter driver 的 GigE Vision Streaming (GVSP) 对比

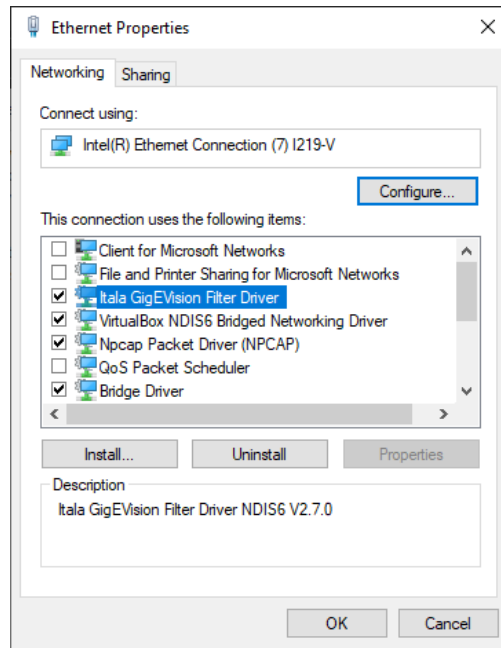


Figure 14: 已成功安装的 filter driver。

1. 前往 Itala SDK 安装目录。
2. 打开 Filterdriver 文件夹。
3. 若操作系统为 Windows 10，请运行 *install_driver_win10.bat*。请注意根据操作系统选择正确的批处理文件。
4. 安装完成后，filter driver 将出现在 NIC 属性窗口中（图 14）。

在 Ubuntu 上安装 Driver

Ubuntu GEV 模块对于 1G 相机并非必需，但强烈推荐用于更高速的相机，尤其是当您遇到数据包不完整或丢包问题时。

在 Ubuntu 上安装 GEV driver (*oegevmodule*) 共有两种方式。

第一种方式是以管理员权限执行脚本 `/opt/itala-sdk/scripts/oegevmodule/install_oegevmodule.sh`。该脚本将尝试自动下载并安装适合您系统的模块版本。

第二种方式是从 Opto Engineering 官方网站手动下载并安装 GEV 模块 (<https://www.opto-e.com/en/resources/itala-drivers>)。选择正确版本前，您需要了解：

- 您的 Itala SDK 版本所支持的 driver 版本：请查看文件 `/opt/itala-sdk/changelog.md`
- 您的内核版本：打开终端并输入 `uname -r`。

所需文件的格式为 `oegevmodule-<driver-version>-<kernel-version>.tar.gz`，例如 `oegevmodule-24.04.0-5-15-119-generic.tar.gz`。下载完成后，解压压缩包，并按照解压文件夹中的 *README* 说明进行操作。

每次内核升级（例如系统升级）后，均需重新安装 driver。

每次升级 Itala SDK 后，您可能也需要同步升级 GEV 模块。请查看 `/opt/itala-sdk/changelog.md` 或 Opto Engineering 官方网站，确认已安装的 GEV 模块版本是否与您的 Itala SDK 版本兼容。

您可以通过在终端执行 `lsmod | grep oegevmodule` 来验证安装是否正确完成。若命令无任何输出，则 *oegevmodule* 未正确安装；否则表示安装成功。您还可以通过执行 Linux 工具 `dmesg` 查看内核日志来评估 *oegevmodule* 的运行状态。

如遇安装问题或您的目标内核版本尚不受支持，请联系 Opto Engineering 技术支持。

4.3.3 网络与配置

相机出厂配置为自动通过 DHCP / LLA 模式（动态 IP）获取 IP 地址。这确保了与不同网络配置的最高兼容性。首次连接时，建议将网络设置配置为使用 DHCP。

若相机无法访问，您可以强制其采用与当前 NIC 设置兼容的 IP 配置。具体操作请参见第 4.7.2 节。

首次连接后，建议尽可能为 NIC 和设备分别设置静态 IP 地址。这可以加快发现过程和 IP 协商速度。

建议连接尽可能简单。为获得最佳性能，请使用与 NIC 直连的方式，或将相机和主机计算机连接至同一台以太网交换机，且不要通过该交换机路由其他大流量数据。

在 Windows 上配置动态 IP

前往 控制面板 > 网络和共享中心 > 更改适配器设置，右键单击您的以太网连接并选择 属性。在网络 选项卡中，从列表中选择 *Internet 协议版本 4 (TCP/IPv4)*，然后单击 属性。选择 自动获得 IP 地址，然后单击 确定。最后，在上一个窗口中单击 确定。

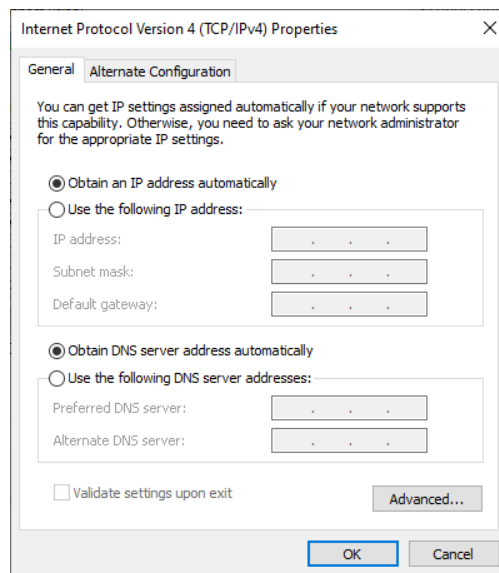


Figure 15: Windows 上网络连接的动态 IP 配置。

在 Ubuntu 上配置动态 IP

前往 设置 > 网络，创建或编辑一个 连接配置文件。进入 *IPv4* 选项卡，设置为 自动 (*DHCP*)，然后单击 应用。

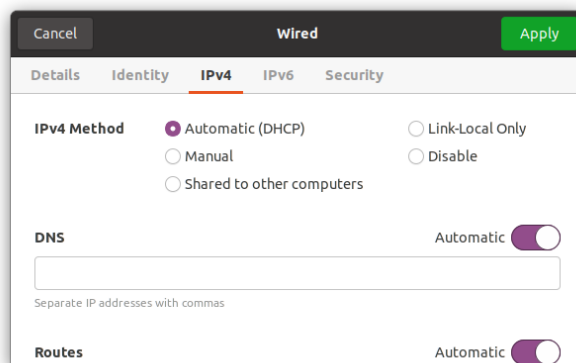


Figure 16: Ubuntu 上网络连接的动态 IP 配置。

4.3.4 带宽管理

为实现最佳流媒体性能、连接可靠性并降低 CPU 占用率，建议将 NIC（网络接口卡）配置为使用 **Jumbo** 帧。Jumbo 帧是大于 1500 字节的以太网帧，可通过减少协议开销来提高连接效率。Opto Engineering® 建议使用支持至少 9000 字节 Jumbo 帧的 NIC。

将多台相机连接至单台计算机时，建议使用多块千兆 NIC 直接连接所有设备。

若通过以太网交换机连接相机，请确保交换机同样支持 jumbo frame。请注意，若多台设备连接至同一台以太网交换机，它们将共享可用带宽。

有关带宽管理和多相机系统配置的详细信息，请参见第 6.1.2 节。

在 Windows 上配置 Jumbo 帧

Jumbo 帧默认通常处于关闭状态。若要启用，请前往 控制面板 > 网络和共享中心 > 更改适配器设置，右键单击您的以太网连接并选择 属性。

在 网络 选项卡中单击 配置，NIC 设置窗口将随即打开。

在 高级 选项卡中找到 *Jumbo frame* 或类似条目并启用（图 17）。所需设置的值可能因具体的 NIC 型号和制造商而有所不同。

若相机连接仍存在问题，您可以尝试：

- 安装最新的 NIC driver。
- 增大 NIC 的接收缓冲区大小。

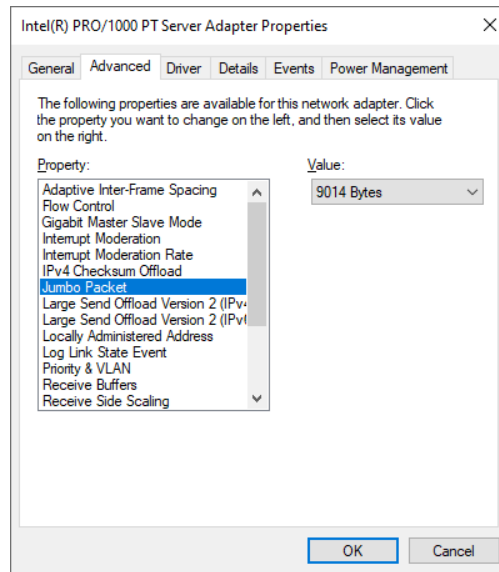


Figure 17: Windows 上已启用 Jumbo 帧的 NIC 高级设置。

在 Ubuntu 上配置 Jumbo 帧

Jumbo 帧默认通常处于关闭状态。若要启用，请前往 设置 > 网络，编辑一个连接配置文件。进入 标识 选项卡，将 *MTU* 设置为 9000（或更大）并单击 应用（图 18）。请注意，您需要验证 MTU 值是否已在 NIC 上实际生效。为此，请将设备连接至 NIC，打开 终端，并使用 `ip a` 或 `ifconfig` 命令。输出结果应类似于图 19。

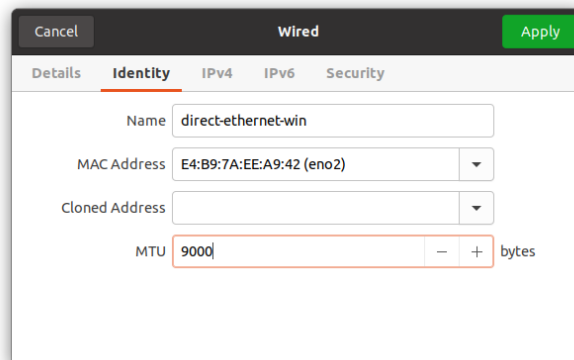


Figure 18: Ubuntu 上的 Jumbo 帧设置。

若相机连接仍存在问题，您可以尝试：

- 安装最新的 NIC driver。

```

eno2: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 9000
    inet6 fe80::b9dc:9a85:3020:f0cc prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether e4:b9:7a:ee:a9:42 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 3 bytes 894 (894.0 B)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 8 bytes 1452 (1.4 KB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
    device interrupt 16 memory 0xd1200000-d1220000
  
```

Figure 19: Ubuntu 上 Jumbo 帧设置的验证 (`ifconfig` 输出)。

- 增大 NIC 的接收缓冲区大小。
- 增大NIC的接收缓冲区大小。

检查最大可用接收和发送缓冲区大小的一种方法是使用 `ethtool -g eth0` 命令 (如果目标NIC为 `eth0`)。该命令的输出内容类似于Fig.20所示。

```

Ring parameters for eno2:
Pre-set maximums:
RX:                4096
RX Mini:            0
RX Jumbo:           0
TX:                4096
Current hardware settings:
RX:                256
RX Mini:            0
RX Jumbo:           0
TX:                256
  
```

Figure 20: 在Ubuntu上检查最大RX和TX缓冲区大小。

然后, 可以使用 `sudo ethtool -g eth0 rx 4096 tx 4096` 命令设置最大缓冲区大小。

在Ubuntu及更广泛的Linux操作系统上, 有多种方式可以设置网络参数, 尤其是高级参数。若要通过终端设置网络参数, 可以使用 `ip`、`ifconfig` 和 `ethtool` 命令。但请注意, 这些设置是临时的, 重启后不会保留。若要进行持久化更改, 请使用 `Netplan`、`NetworkManager` (`nmcli / nmtui`), 或配置 `/etc/network/interfaces` 文件。

4.3.5 NIC电源管理

Windows

电源管理面板可在NIC属性窗口的专属选项卡中访问 (见Fig.21)。

默认情况下, 网络接口卡可能已配置为节能模式。

但此设置可能降低系统的整体性能, 尤其在高带宽情况下导致意外行为。

允许计算机关闭此设备以节省电源设置控制计算机进入睡眠模式时网卡的处理方式。

强烈建议取消选中此复选框, 以防止操作系统电源优化导致性能下降。

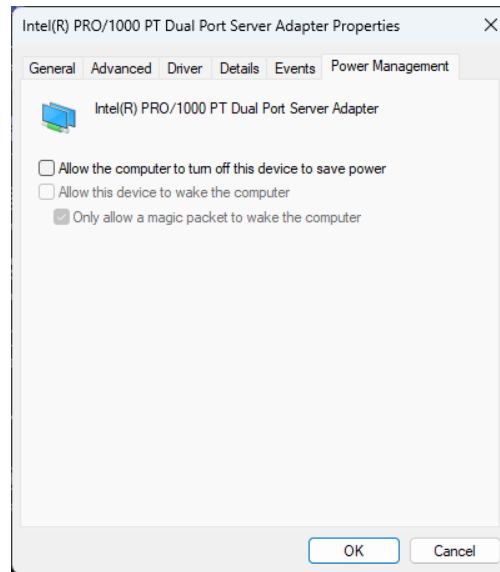


Figure 21: NIC电源管理设置：应禁用设备关闭选项。

Ubuntu

如果遇到与节能功能相关的问题，请考虑将其禁用。首先检查Wake-on功能或Energy Efficient Ethernet (EEE)设置是否导致了问题，因为这些功能有时会影响网络稳定性。

若需要更注重性能的配置，可以尝试禁用PCIe ASPM（主动状态电源管理），以应对系统级节能机制影响网络性能的情况。禁用ASPM将关闭所有PCIe设备的此功能，有助于降低延迟并提高稳定性，但会略微增加功耗。

4.4 Itala SDK

Itala 相机随附完整的软件开发套件 Itala SDK，充分利用了机器视觉行业最新的标准和技术。SDK包含：

- Itala API
- Itala View
- GenTL producer (.cti)
- Filter driver
- 带代码示例的文档

Itala SDK在Windows上的安装

如需正确安装 Itala SDK，请按以下步骤操作：

1. 从Opto Engineering官网下载 Itala SDK 并运行安装程序。
2. Itala SDK 安装向导窗口将会显示：请务必按照所列说明操作（Fig.22）。



Figure 22: Itala SDK 安装向导窗口。

3. 安装 Itala SDK 前请查看许可条款（Fig.23）。

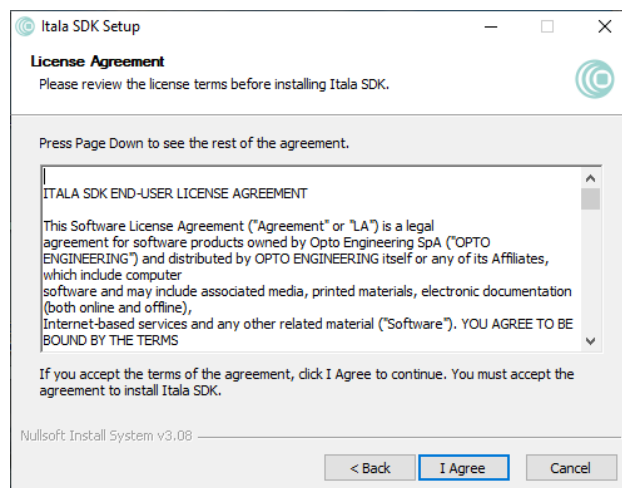


Figure 23: Itala SDK 许可协议窗口。

4. 选择目标安装文件夹（Fig.24）。
5. 选择需要安装的组件（Fig.25）。如果仅安装 filter driver，可跳过第6步。

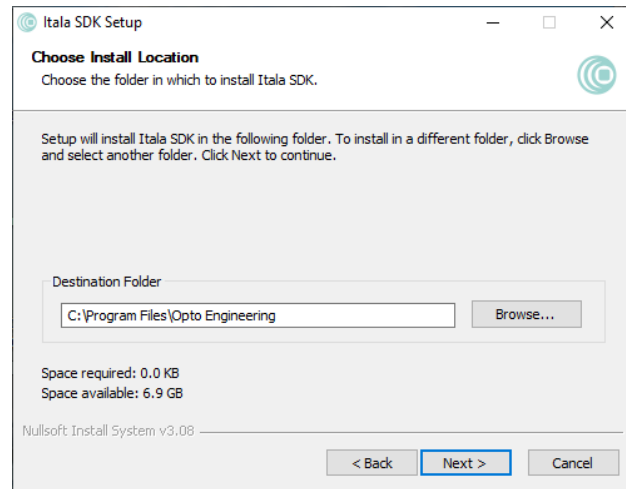


Figure 24: Itala SDK 目标文件夹窗口。

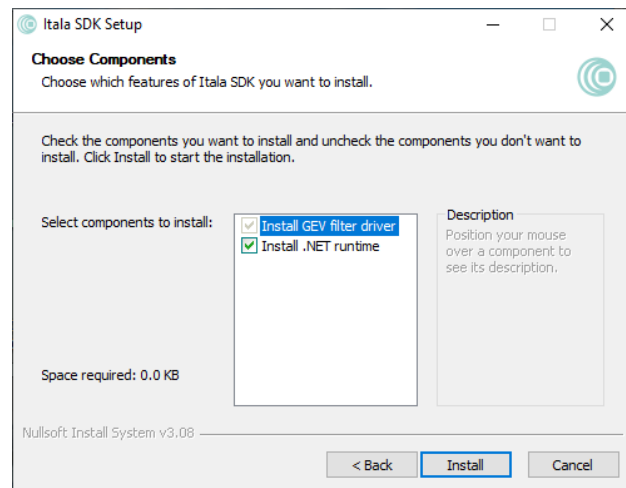


Figure 25: 组件选择窗口。

6. (可选) 如需安装.NET运行时, 请在.NET运行时安装窗口中点击安装 (Fig.26)。安装成功后, 将显示Fig.27所示窗口。
7. Itala SDK 将自动完成安装。可通过进度条监控安装状态。安装完成后, 将显示确认窗口 (Fig.28)。

Itala SDK在Ubuntu上的安装

Itala SDK 以.deb软件包形式提供, 可通过apt或dpkg轻松安装。该软件包除标准系统库外无其他依赖项。需要管理员 (**root**) 权限。
使用以下命令安装或卸载软件包:

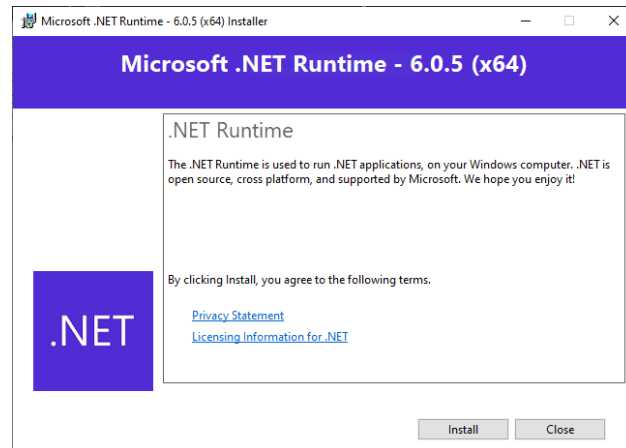


Figure 26: .NET运行时安装窗口。

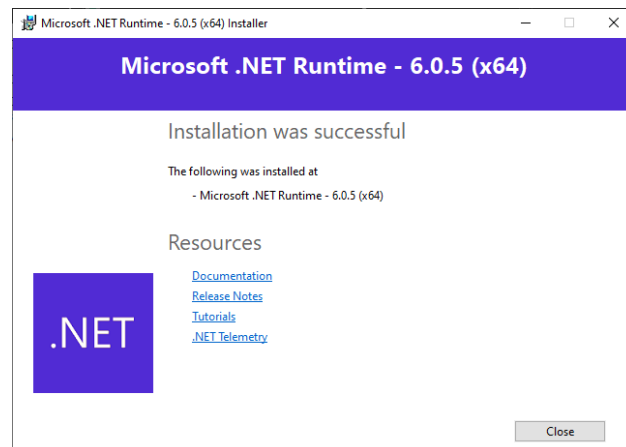


Figure 27: .NET运行时安装成功窗口。

```
dpkg -i itala-sdk_v2025.05.21_amd64.deb # install
```

```
dpkg -r itala-sdk # uninstall (软件包名称, 非文件名!)
```

所有文件位于 `/opt/itala-sdk` 目录下。使用 Itala API 构建软件时，链接器将自动检测 Itala API 共享库。这是通过安装时放置在 `/etc/ld.so.conf.d` 目录中的 `itala-sdk.conf` 文件实现的。该目录包含主链接器配置中包含的配置片段。

注意: 可能需要重启或重新登录以应用对链接器和环境变量（即 `GenTL` 变量）所做的更改。

注意: 通过 `apt` 安装时，软件包大小可能显示为 `115 GB`。此数值有误，并非实际安装大小。

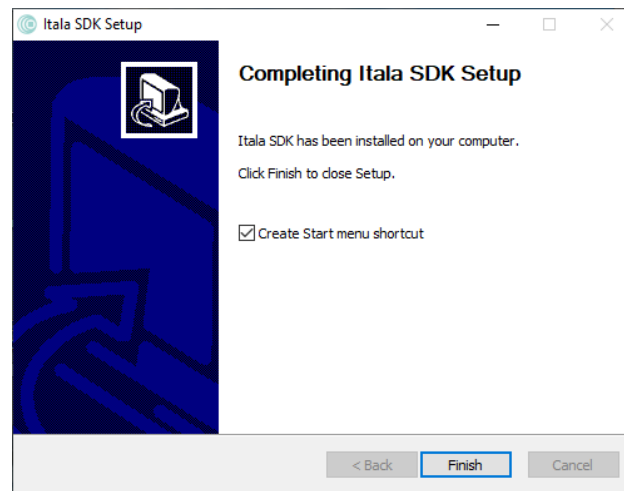


Figure 28: Itala SDK 安装成功完成。

4.5 通过 Itala API 使用相机

借助 Itala API，可以通过丰富的示例代码和完整的文档，轻松将 Itala 设备集成到自定义应用程序中。有关库使用的更多信息，请参阅 SDK 安装文件夹中的 Itala API 文档。

4.5.1 Itala SDK 文档

SDK 文档可在安装目录中找到（Itala SDK > *Development* > *doc* > *html*）。

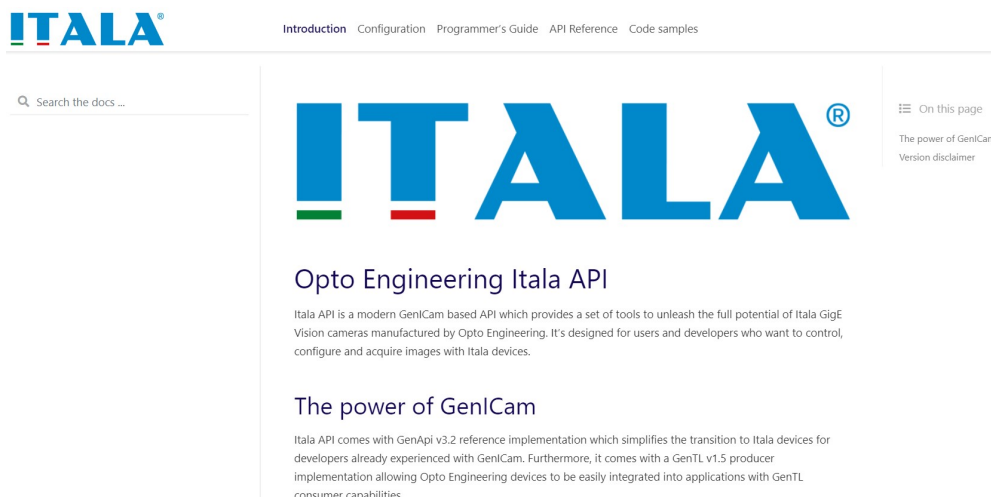


Figure 29: Itala SDK 文档主页。

图 29 显示了 Itala SDK 文档的主页。

4.6 通过第三方软件使用相机

Itala 相机符合**GigEVision**和**GenICam**标准，可轻松与第三方视觉软件集成。此外，SDK还包含符合EMVA GenTL规范的**GenTL producer**（.cti文件），进一步增强了与其他兼容设备和软件的互操作性。

4.7 通过 Itala View 使用相机

Itala View 是一款图形界面工具，用于评估、配置和排查 Itala 相机问题。凭借全面的实用程序和向导，Itala View 可加速围绕 Itala 相机构建的视觉系统的评估和部署。

为便于首次使用，以下各节将提供简要概览。

4.7.1 选项卡与面板

参照Fig.30，Itala View 主窗口可划分为以下不同功能区域：

1. 菜单栏
2. 设备发现
3. 设备信息与控制
4. 视频流
5. 图像数据分析与记录
6. GenICam功能树

菜单栏提供对应用程序设置、工具和向导的访问入口。

设备发现面板列出计算机的NIC及连接到其上的相机。顶部的刷新按钮可用于发现和枚举连接到网络的GigEVision设备。

每个设备都有一个状态图标，指示其是否可访问。设备不可访问可能是IP配置错误，或该设备当前正被其他客户端应用程序占用。

每个设备旁边有一个连接/断开按钮，用于访问该设备。

设备信息选项卡中显示当前在发现面板中所选设备的基本信息，包括设备型号、序列号、MAC地址和当前IP地址。

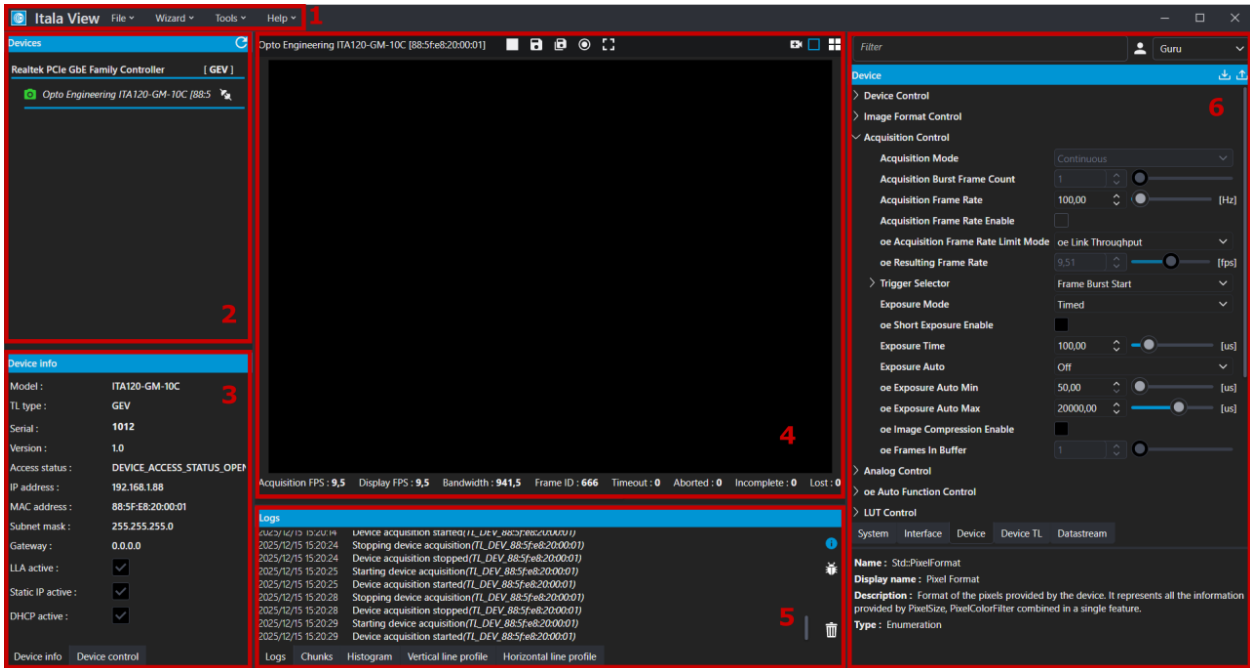


Figure 30: 查看器主窗口。

在设备控制选项卡中，可以选择所需的访问模式以及为图像采集分配的缓冲区数量。

视频流视图用于控制采集过程并查看相机实际采集的图像。

面板顶部有用于启动/停止采集、保存图像和切换全屏模式的快捷按钮。

底部的状态栏显示采集统计信息以及当前图像的相关信息。

通过图像数据分析与记录选项卡，可以查看应用程序日志、当前图像块数据，并对采集的图像进行不同类型的分析。

通过GeniCam功能树可以访问相机参数。各功能按功能类别以层级方式分组，可配置相机外设和/或读取其状态，涵盖曝光时间、增益、trigger设置等基本功能，以及编码器、液体透镜控制器等高级功能。

可使用树形视图下方的选项卡，在GenTL模块和已连接设备（默认选中）的节点映射之间切换。

4.7.2 IP配置器

在工具菜单中，可以访问IP配置器工具。IP配置器专为高效解决 Itala 相机的网络配置问题而设计，包括但不限于：

- 相机和NIC均设置了持久IP，但子网不同

- 相机和NIC均设置了持久IP，但子网掩码不同
- 相机设置为DHCP模式，NIC设置了持久IP
- 相机设置了持久IP，NIC设置为DHCP模式

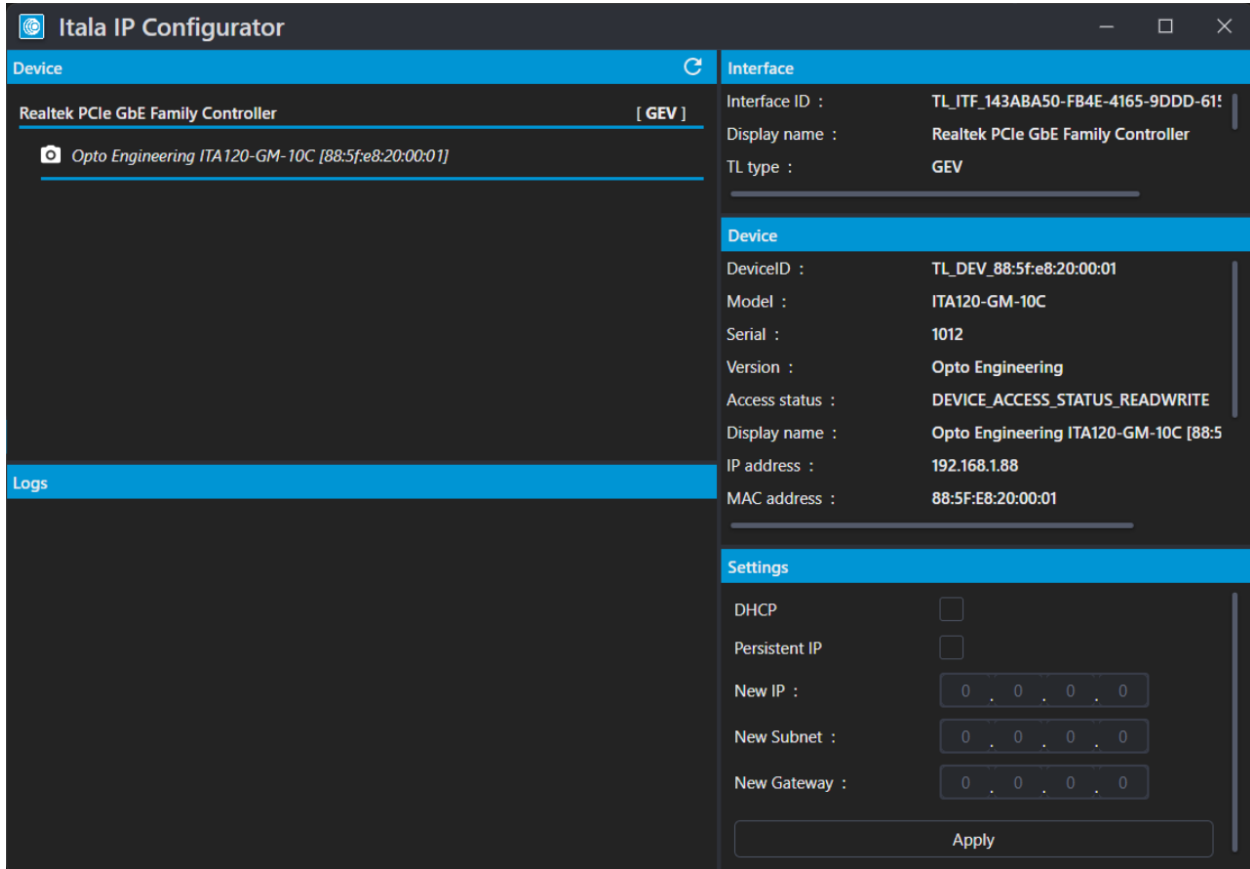


Figure 31: IP配置器窗口。

如Fig.31所示，IP配置器呈现的设备发现和枚举面板与查看器主窗口中的类似。右侧显示当前在上述发现面板中所选设备的相关NIC和相机信息。

IP配置问题可通过右下角的**设置**面板解决。例如，可强制相机采用与当前NIC IP设置一致的持久IP。只需输入正确数据并点击应用按钮，在日志面板中即可查看配置进度，并确认设置已正确应用。与查看器主窗口一样，每个已枚举设备旁边的图标会以红色警告标志显示潜在问题。有关相机IP配置的更多信息，请参阅第4.3.3节。

4.7.3 固件更新

在工具菜单中，可以访问固件更新工具（Fig.32）。可为每个已枚举的设备选择固件文件。Itala 相机的最新固件可从Opto Engineering官网下载。

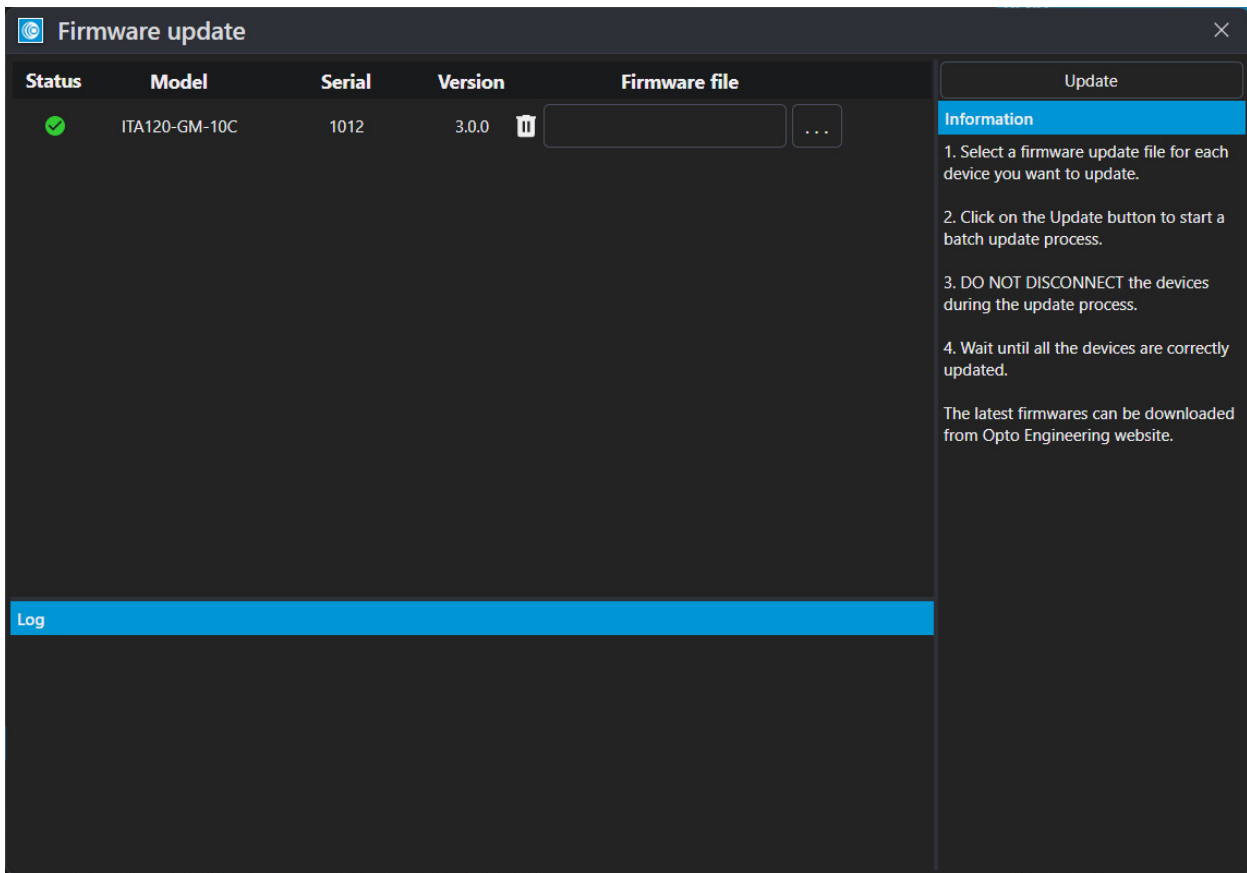


Figure 32: 固件更新工具窗口。

请按以下步骤更新一个或多个设备：

1. 为每个需要更新的设备选择固件更新文件。
2. 点击更新按钮开始批量更新过程。
3. 更新过程中请勿断开或关闭设备电源（Fig.33）。LED闪烁表示相机正在向闪存写入数据。
4. 等待所有设备正确更新完成。

注意：更新过程中请勿断开或关闭设备电源。否则可能导致设备无法启动，需要返回Opto Engineering进行出厂重置。

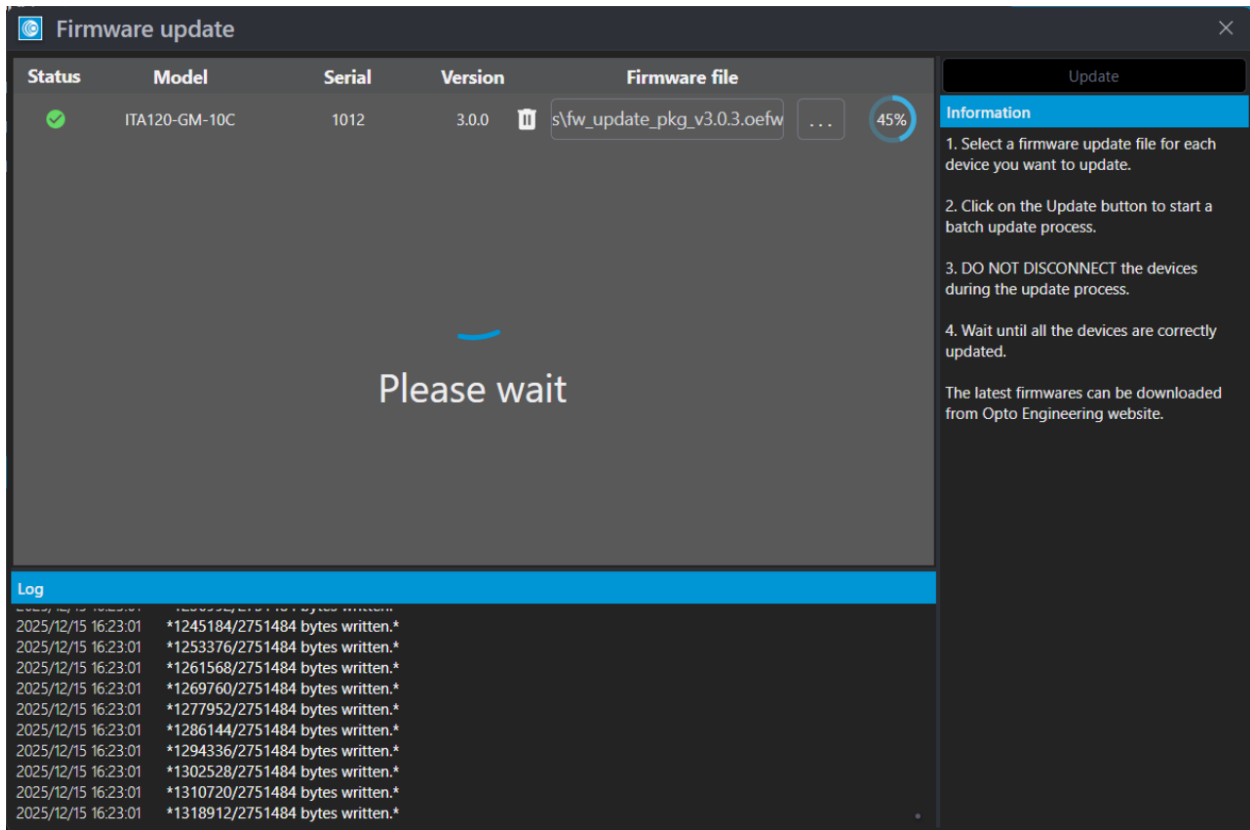


Figure 33: 固件更新进行中。

4.7.4 LUT向导

在向导菜单中，可以访问LUT向导，用于查看和编辑所选相机的LUT。

点击从相机导入，从相机寄存器读取LUT并在图表选项卡中显示（Fig.34）。可在表格选项卡中编辑LUT中的每个值（Fig.35）。设置特定LUT的更好方法是加载一个事先用电子表格编辑器或类似软件生成的CSV文件。也可以将当前LUT写入CSV文件，进行编辑后再重新读取。

对LUT结果满意后，点击应用将其保存到相机存储器中。有关LUT功能的更多信息，请参阅第6.6.1节。

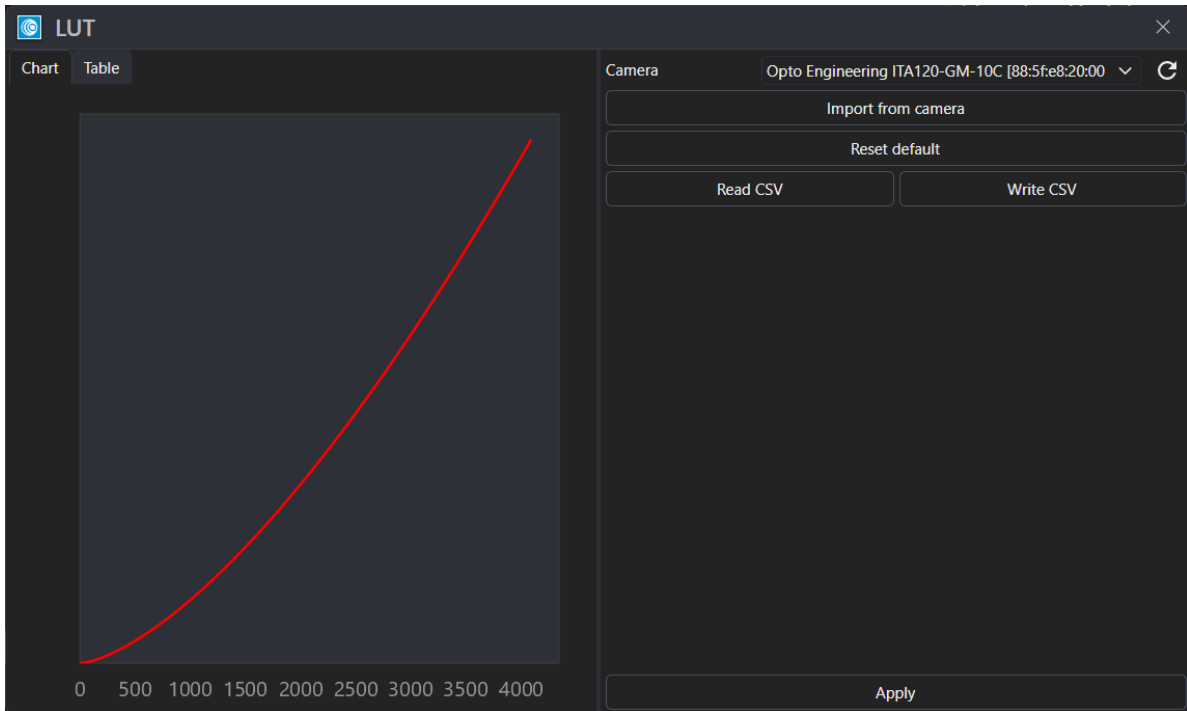


Figure 34: LUT向导。

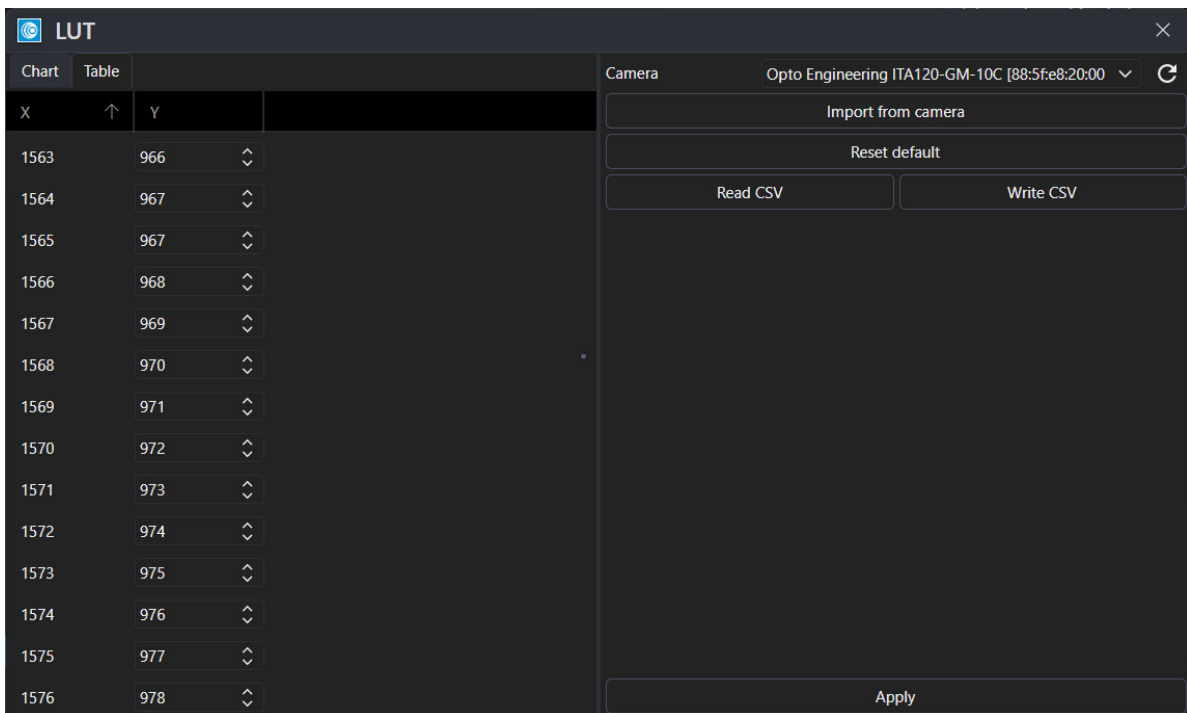


Figure 35: LUT向导。

4.7.5 坏点校正向导

图像传感器的坏点在 Itala 相机的生产和测试过程中进行映射，因为大多数坏点与传感器硅片生产工艺有关。其值随后在相机采集流水线中实时校正。有关坏点校正的更多信息，请参阅第6.18节。此外，在相机使用过程中，其他环境因素可能增加坏点数量。因此，Itala 相机允许用户执行自定义像素校正，以处理这些缺陷。

若要启用用户自定义坏点校正，必须将此操作结果保存在可用的用户设置之一中。实际上，默认用户设置仅校正出厂时检测到的坏点。

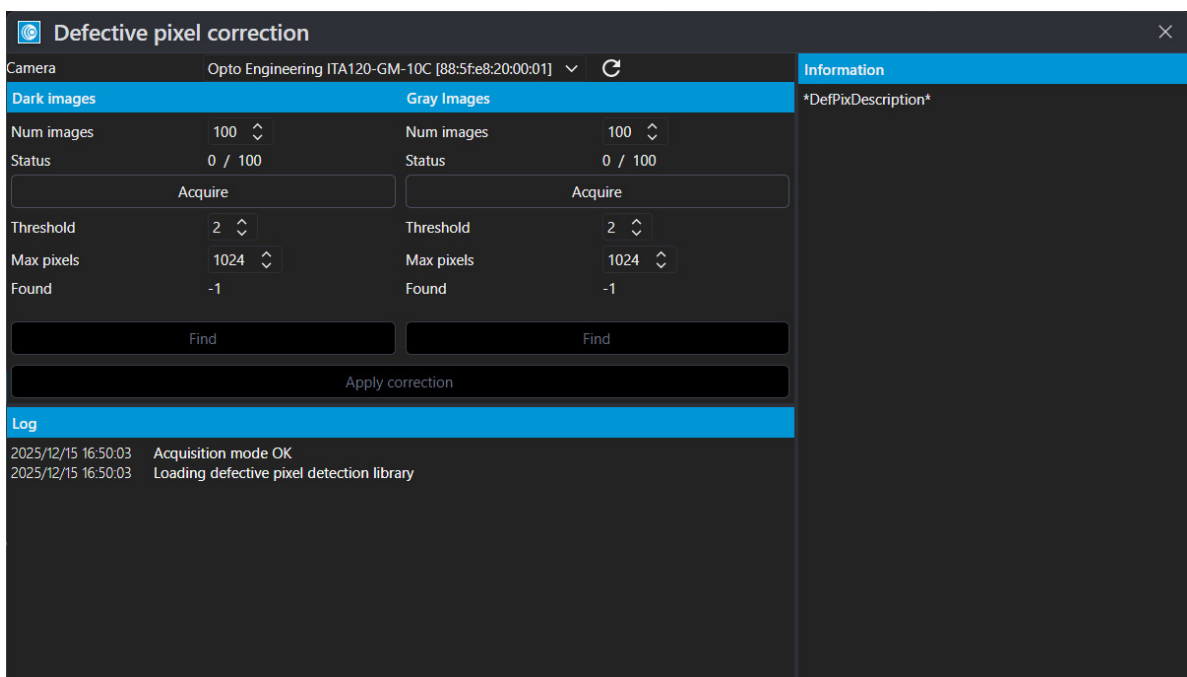


Figure 36: 坏点校正向导。

在向导菜单中，可以访问坏点校正向导（Fig.36）。

1. 将相机设置为自由运行采集模式，或确保有连续的trigger脉冲输入。
2. 为获得最佳效果，建议使用12位深度的原始像素格式，例如Mono12p或BayerRG12。
3. 开始图像采集。
4. 遮盖相机传感器。
5. 点击暗场图像面板中的采集按钮，采集第一批暗场图像。
6. 点击同一面板中的查找按钮，检测漏光像素。

7. 将传感器对准均匀光源（建议均匀度： $>97\%$ ），使图像的平均亮度达到最大饱和度的50%。可通过调整曝光时间达到所需亮度。请注意，采集暗场图像时应使用相同的曝光时间。
8. 点击灰场图像面板中的采集按钮，采集第二批灰场图像。
9. 点击同一面板中的查找按钮，检测过亮和过暗像素。
10. 点击应用校正，将数据上传到相机。

若要使此更改永久生效，应保存当前用户设置。加载默认用户设置将恢复出厂坏点校正。

4.7.6 色彩校正向导

在向导菜单中，可以访问色彩校正向导（Fig.37）。使用参考色卡（Fig.38），可在特定光照条件下对相机进行校准，获得最佳色彩还原效果。有关色彩校正矩阵的更多信息，请参阅第6.7.1节。

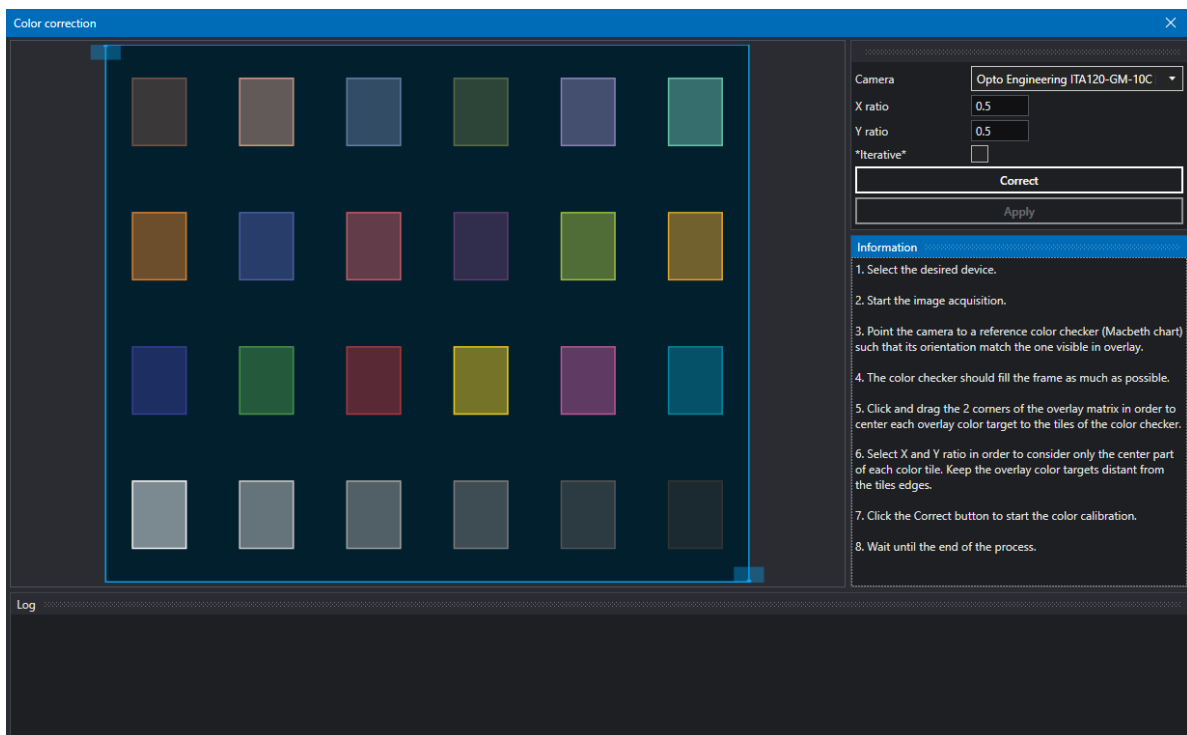


Figure 37: 色彩校正向导。

请按以下步骤进行正确校准：

1. 选择所需设备。
2. 开始图像采集。

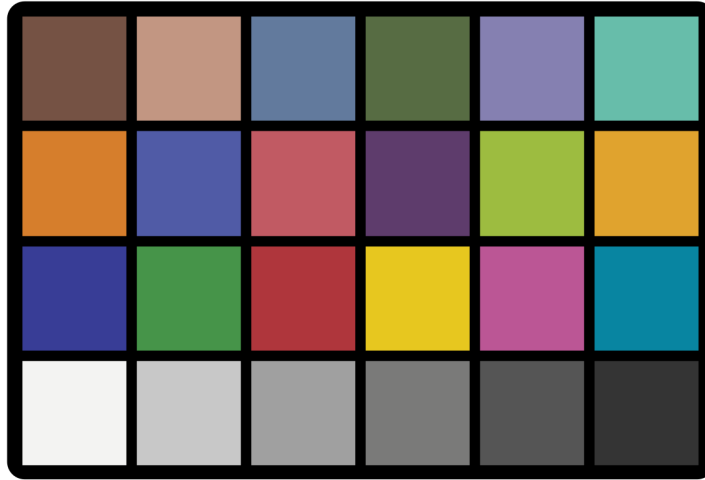


Figure 38: 参考色卡。

3. 打开色彩校正向导（向导 > 色彩校正）（Fig.39）。
4. 将相机对准参考色卡（Macbeth色卡），使其方向与叠加层中显示的方向一致。
5. 色卡应尽量填满画面（Fig.40）。
6. 点击并拖动叠加矩阵的两个角点，使每个叠加色彩目标居中对准色卡的对应色块。
7. 选择X和Y比例，以便仅考虑每个色块的中心区域。保持叠加色彩目标与色块边缘保持距离。
8. 点击校正按钮开始色彩校准。
9. 等待过程结束。

若要使此更改永久生效，应保存当前用户设置。加载默认用户设置将恢复出厂色彩校正矩阵。

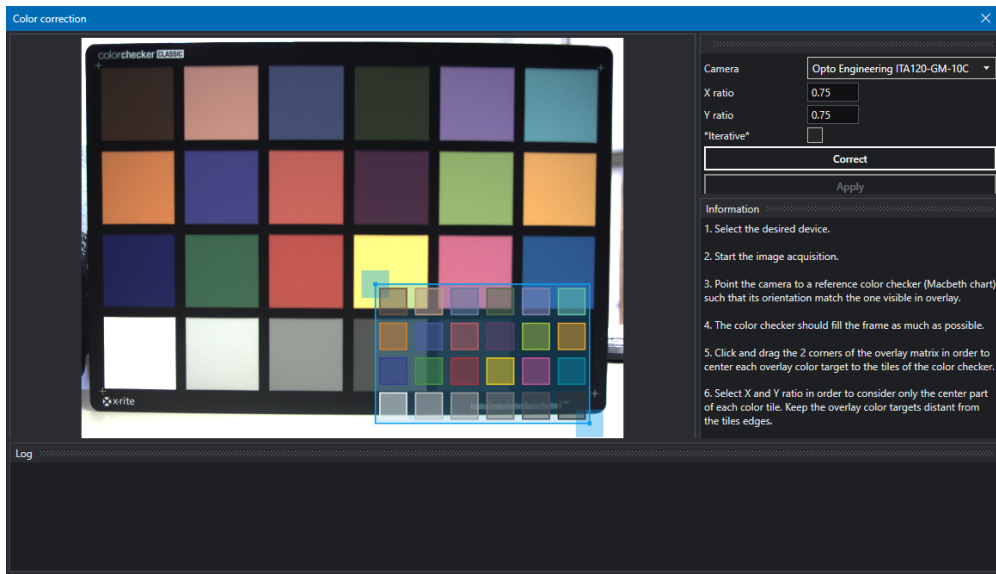


Figure 39: 色彩校正向导窗口。

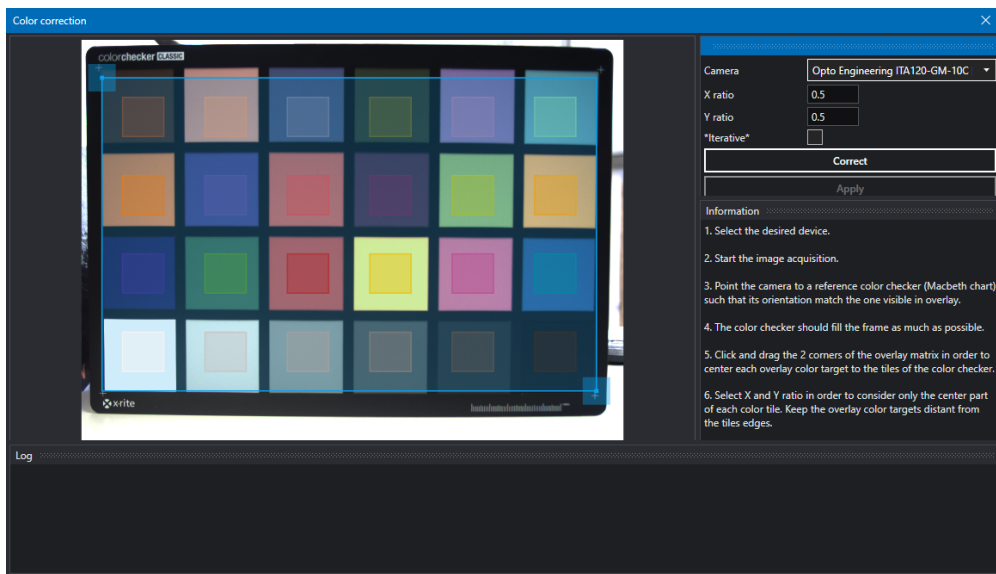


Figure 40: 为获得最佳效果，请确保将向导色彩蒙版与Macbeth色卡的色块对齐。

5 技术规格

5.1 技术规格

表 5.1 汇总了相机的主要功能。
后续章节将提供进一步说明。

Features	Itala G Itala G.IP	Itala G.EL Itala G.EL.IP	Ref. page
图像功能			
ADC 分辨率	10/12bit ¹	10/12bit ¹	-
图像缓冲区大小	384MB	384MB	-
图像镜像 (X/Y)	✓	✓	p.89
ROI 模式	✓	✓	p.87
抽取/合并	✓	✓	p.88
像素格式	Mono8, Mono10Packed, Mono10p, Mono12Packed, Mono12p, RGB8, YUV422, YUV411, BayerRG8, BayerRG10p, BayerRG10Packed, BayerRG12p, BayerRG12Packed, Polarized ²	Mono8, Mono10Packed, Mono10p, Mono12Packed, Mono12p, RGB8, YUV422, YUV411, BayerRG8, BayerRG10p, BayerRG10Packed, BayerRG12p, BayerRG12Packed, Polarized ²	-
LUT/伽马校正	✓	✓	p.121
Test pattern	✓	✓	p.109
增益	✓	✓	p.119
黑电平	✓	✓	p.122
自动曝光	✓	✓	p.125
自动增益	✓	✓	p.125

坏点校正	✓	✓	p.169
Debayering	✓ ³	✓ ³	p.106
白平衡	✓ ³	✓ ³	p.119
色彩校正矩阵	✓ ³	✓ ³	p.129
Chunk data	✓	✓	p.156
相机功能			
状态 LED 指示灯	✓	✓	p.80
操作系统兼容性	Windows 10, 11 (64 bit)	Windows 10, 11 (64 bit)	p.37
PoE (以太网供电)	✓	✓	-
千兆以太网	✓	✓	-
数据包重发选项	✓	✓	-
静态 IP/DHCP	✓	✓	-
IEEE 1588 (PTP)	✓	✓	-
光耦隔离输入	2	2	p.79
光耦隔离输出	4	1	p.79
温度传感器	Image sensor, FPGA	Image sensor, FPGA	-
用户参数组	Factory + 2 user sets	Factory + 2 user sets	-
远程 firmware 更新	✓	✓	p.51
突发采集	✓	✓	-
Trigger hardware	✓	✓	-
Trigger software	✓	✓	-
定时器	2	2	p.140
计数器	4	4	p.140
编码器控制	1 ⁴	1 ⁴	p.141
逻辑块	4	4	p.144
逻辑功能	OR, AND, LUT	OR, AND, LUT	p.144
串行通信	RS232/485		p.159
液体透镜控制器		✓	p.162
认证与符合性			

GigEVision 符合性	✓	✓	-
GenICam 符合性	✓	✓	-
CE 认证	✓	✓	p.15
Shock 与 Vibrations	✓	✓	p.16
RoHS	✓	✓	p.17
REACH	✓	✓	p.17
WEEE	✓	✓	p.17
环境条件			
储存温度	-10°C - 60°C	-10°C - 60°C	p.19
储存湿度	RH < 80%	RH < 80%	p.19
工作外壳温度 ⁵	-25°C - 65°C	-25°C - 65°C	p.19
工作环境温度 ⁶	-25°C - 50°C	-25°C - 50°C	p.19
工作湿度	RH < 80%	RH < 80%	p.19

¹ 传感器特定数据。

² 使用 BayerRG 像素格式时，BayerGR、BayerGB、BayerBG 也包含在可用像素格式中。偏振像素格式包括 Mono 和 Color 两种，以及 8、10p、10Packed、12p 和 12Packed 变体。

³ 单色传感器不支持此功能。

⁴ 兼容的编码器接口请参见第 6.10 节。

⁵ 外壳温度，在相机外壳前部测量。

⁶ 无镜头且无散热措施时的最高环境温度。通过适当的散热措施（例如通过金属板安装相机），可实现更高的工作温度。

5.2 电气规格

Itala 相机的电气规格汇总于表 7。

有关 I/O 电路的说明，请参见第 5.7 节。

Parameter	MIN	TYP	MAX	UNIT
通用				
供电电压	12	-	24	[V]
功耗 ¹	-	-	5	[W]
光耦隔离输入				
输入电压	0	-	30	[V]
输入高电平电压阈值	2.2	-	-	[V]
输入低电平电压阈值	-	-	1.9	[V]
光耦隔离输出				
输出电压	0	-	+Vcc ²	[V]
输出电流	-	-	50 ³	[mA]

¹ 根据 62368-1 和附录 Q.1，用于供电产品 PS2 的最大功率及 LPS 须小于 100W。

² 外部电源连接至数字输出 + 引脚。根据 62368-1 和附录 Q.1，用于供电产品 PS2 的最大功率及 LPS 须小于 100W。

³ 输出电流必须由外部负载或适当的外部电阻限制。

Table 7: 电气规格

5.2.1 输入电气规格

图 41 展示了内部电路如何对 Line0/Line1 上的输入信号进行采样。输入电压在 0–1.9 V 范围内被解释为逻辑低电平，而 2.2–30 V 之间的电压被解释为逻辑高电平。输入电压不得超过 30 V。

图 42 显示了上升沿和下降沿逻辑下的最小/最大输入延迟。

Digital input 表示提供给 Itala 相机光耦隔离输入的信号。

Processed signal 表示经输入电路处理并经内部逻辑采样后的信号。

处理后的信号具有平均延迟时间和 jitter，这是由光耦隔离传播延迟的波动以及内部逻辑采样（因数字输入与内部时钟异步）引起的。此 jitter 在图 42 中以灰色区域表示。最小和最大延迟时间代表该区域的边界。

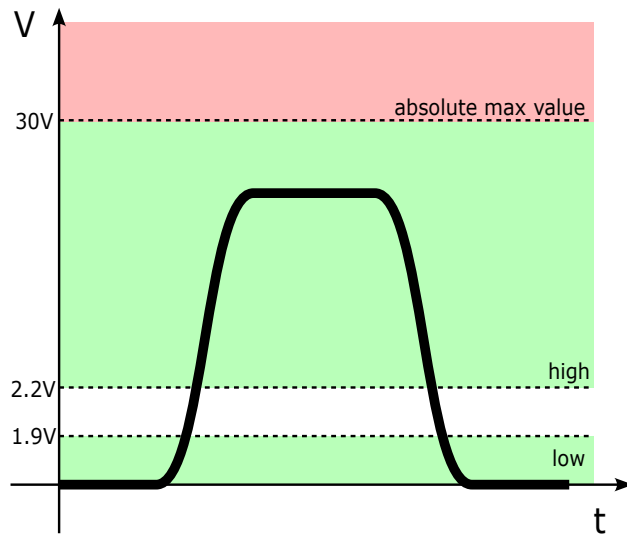


Figure 41: 0V-1.9V 和 2.2V-30V 范围内的输入 trigger 信号分别被采样为低电平和高电平。不得超过最大输入电压阈值。

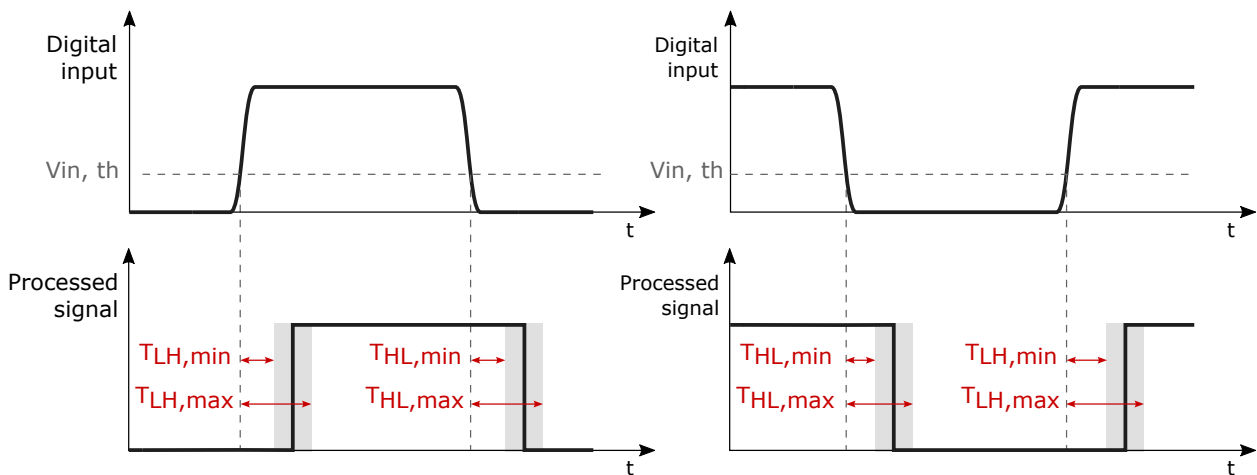


Figure 42: 左图：上升沿逻辑下的输入 trigger 信号和经输入电路处理后的信号。右图：下降沿逻辑下的输入 trigger 信号和经输入电路处理后的信号。

当 Itala 相机被外部设备触发时，最小/最大输入延迟如表 8 所示：*Input voltage* 列定义了输入 trigger 信号的电压等级。

MIN rise delay 和 *MAX rise delay* 列显示了信号从 I/O 接口输入引脚到图像传感器 trigger 引脚的传播延迟时间。如为低电平有效输入信号，则应参考 *MIN fall delay* 和 *MAX fall delay* 列。

最后，*MIN Input pulse* 列定义了输入信号被视为有效 trigger 信号的最短时间（即持续时间低于 *MIN Input pulse* 的信号可能无法被输入电路正确采样）。

注意: 最小延迟与最大延迟之间的差值即为对输入 *trigger* 信号采样所引起的 *jitter*。

注意: *Itala* 相机集成了高性能光耦隔离器, 可以最小延迟处理输入 *trigger* 信号。该光耦隔离器还具有对称性 (即 *MIN/MAX* 上升延迟等于 *MIN/MAX* 下降延迟), 因此上升沿触发性能与下降沿触发性能相同。

Input voltage	MIN rise delay ($t_{LH,min}$)	MAX rise delay ($t_{LH,max}$)	MAX fall delay ($t_{HL,max}$)	MIN fall delay ($t_{HL,min}$)	MIN Input Pulse ($t_{pulse,min}$)
[V]	[us]	[us]	[us]	[us]	[us]
3.3	1.5	2.5	1.5	2.5	2
5	1.5	2.5	1.5	2.5	2
12	1.5	2.5	1.5	2.5	2
24	1.5	2.5	1.5	2.5	2

Table 8: 外部设备触发 *Itala* 相机时的最小和最大输入延迟

5.2.2 输出电气规格

表 9 显示了 *Itala* 光耦隔离输出的电气规格。

Supply Voltage 和 *Load Res* 列分别定义了连接至 *OPTO REF V+* 引脚的供电电压和连接至光耦隔离输出引脚的负载电阻。

Meas Output Current 列显示流过光耦隔离器的测量电流, 而 *Meas Output Voltage* 显示在给定供电电压和负载电阻工作条件下光耦隔离器输出引脚的测量电压。 *MAX Output delay* 列定义了从光耦隔离器输入到输出的最大传播延迟。

图 43 显示了上升沿和下降沿逻辑下的最大输出延迟。

Internal strobe signal 表示用户希望输出到某一光耦隔离输出引脚的内部信号 (例如曝光信号)。

Digital output 表示经输出光耦隔离电路处理后的信号。

数字输出具有因光耦隔离器响应时间引起的输出延迟: 该延迟在图 43 中以灰色区域表示, 可能随工作条件的变化而波动: 供电电压波动、温度变化、输出负载电阻的变化。表 9 规定了最大输出延迟, 以应对最坏情况。

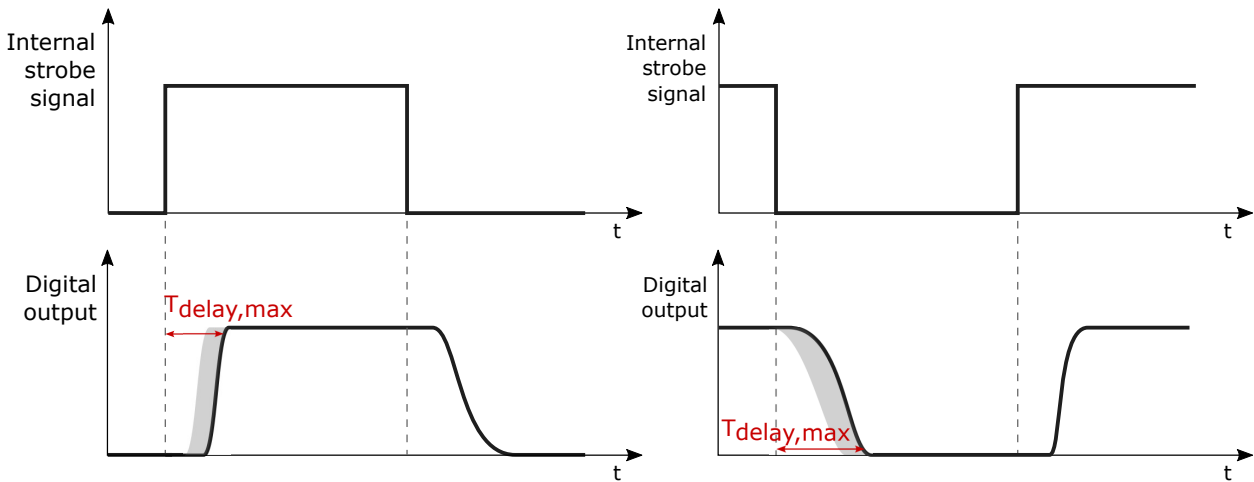


Figure 43: 左图：上升沿逻辑下的内部 strobe 信号和数字输出。右图：下降沿逻辑下的内部 strobe 信号和数字输出。

注意: 输出光耦隔离器不具有对称特性, 即上升沿逻辑和下降沿逻辑在电流和输出延迟方面存在差异。

Supply Voltage [V]	Load Res [ohm]	MAX Output delay [μ s]	Meas Output Voltage [V]	Meas Output Current [mA]
上升沿逻辑				
3.3	150	3.5	2.1	14.0
	330	3.5	3.0	8.8
	560	3.4	3.2	5.6
	1000	3.3	3.2	3.2
5	330	3.5	4	12.1
	560	3.5	4.5	8.0
	1000	3.5	4.7	4.7
	2200	3.4	4.8	2.2
12	330	3.8	8.5	25.6
	560	3.8	10.2	18.2
	1000	3.7	11.4	11.3

	2200	3.6	12.0	5.4
24	560	4.0	16.5	29.5
	1000	4.0	21.0	21.0
	2200	3.9	23.2	10.6
	4700	3.8	23.7	5.1
	下降沿逻辑			
3.3	150	6.6	2.1	14.2
	330	17.3	3.0	9.1
	560	27.3	3.1	5.6
	1000	34.8	3.2	3.2
5	330	9.6	4.0	12.2
	560	20.6	4.6	8.2
	1000	30.7	4.7	4.7
	2200	42.2	4.8	2.2
12	330	1.8	8.4	25.6
	560	4.7	10.2	18.2
	1000	12.0	11.4	11.4
	2200	31.3	12.0	5.4
24	560	1.5	17.0	30.3
	1000	4.0	21.2	21.2
	2200	15.8	23.3	10.6
	4700	36.9	23.8	5.1

Table 9: Itala 相机输出信号的最大输出延迟及电气测量数据

5.3 传感器光学响应

通常，第一代 Sony IMX 传感器均表现出相同的光学响应。单色和彩色传感器的相对透射率分别如图 44 和图 45 所示。请参见第 1.5 节以获取图像传感器系列的相关信息。

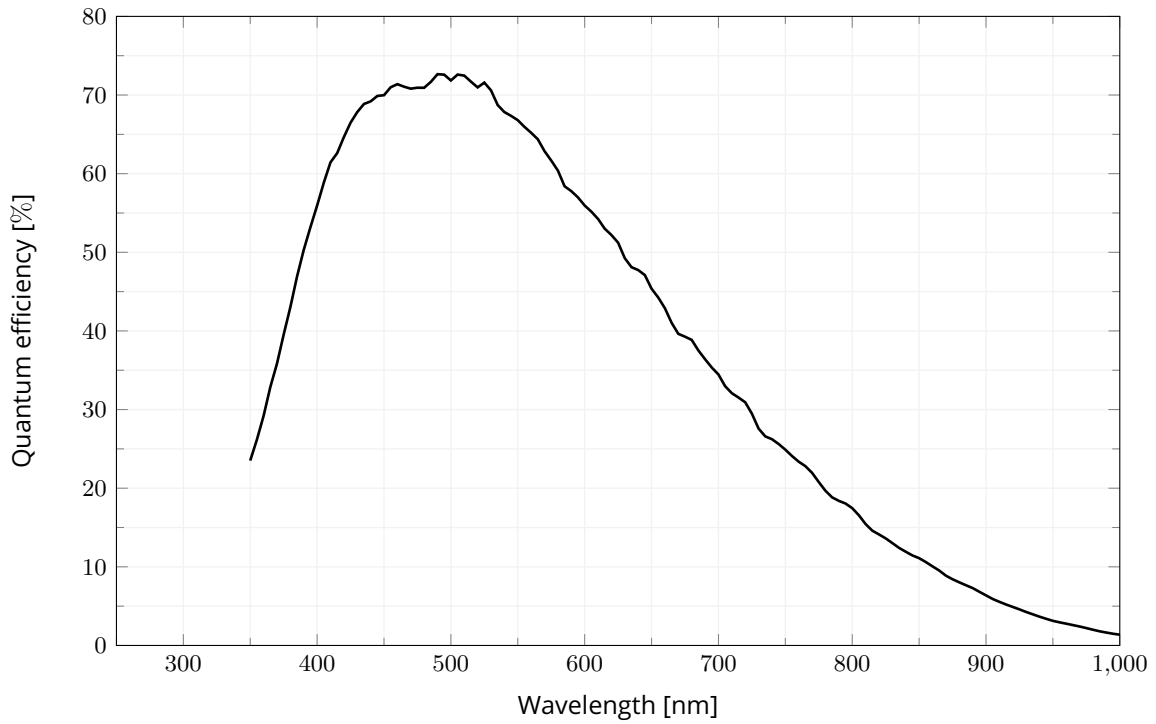


Figure 44: 第一代 Sony IMX 单色传感器。

通常，第二代 Sony IMX 传感器均表现出相同的光学响应。
单色和彩色传感器的相对透射率分别如图 46 和图 5.3 所示。
请参见第 1.5 节以获取图像传感器系列的相关信息。

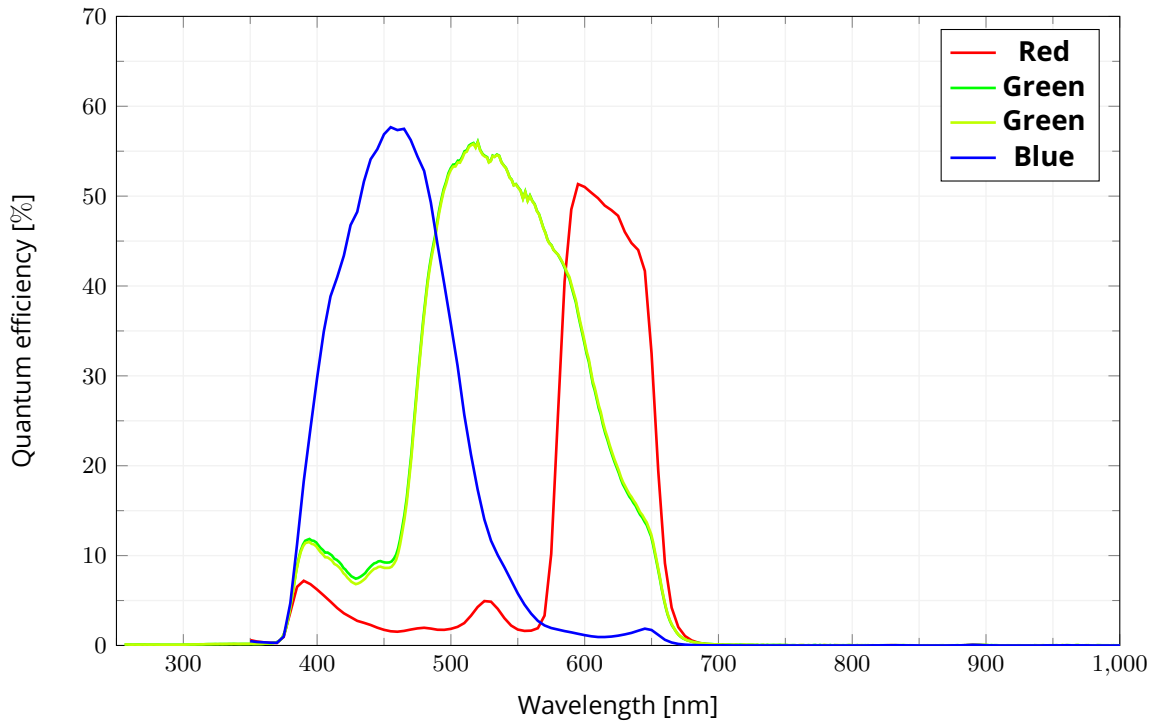


Figure 45: 第一代 Sony IMX 彩色传感器。

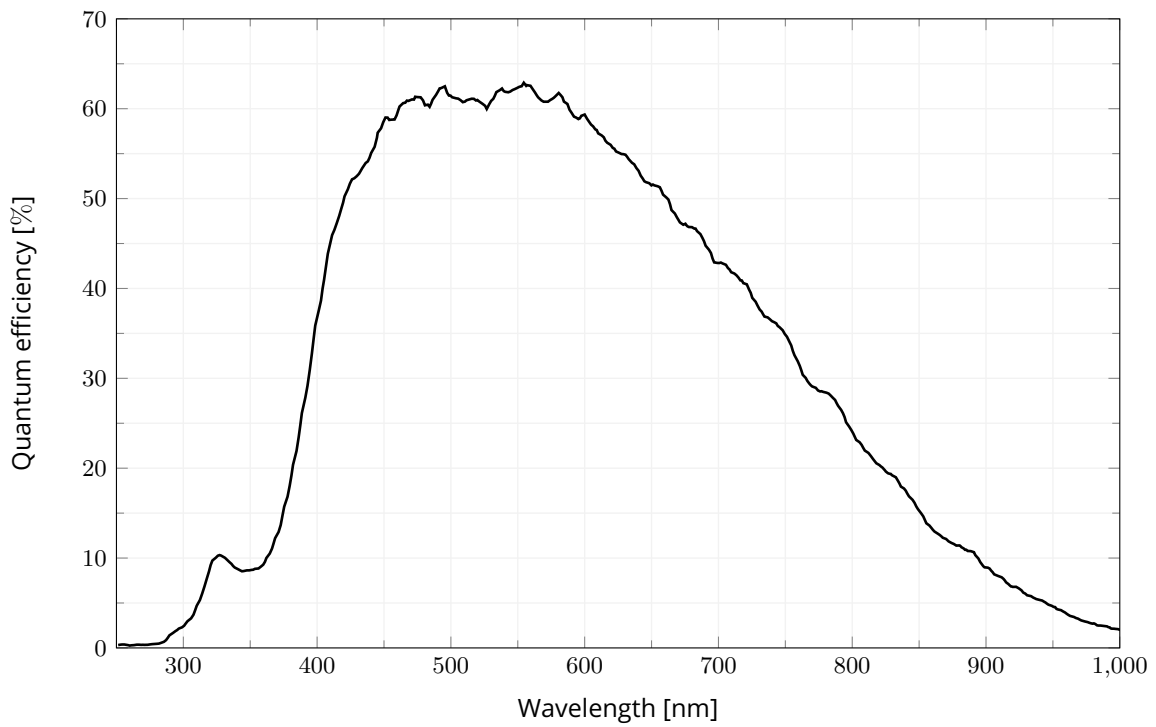


Figure 46: 第二代 Sony IMX 单色传感器。

通常情况下，所有第四代Sony IMX传感器的平均光学响应相同。
单色传感器和彩色传感器的相对透过率分别如Fig.47和Fig.48所示。
请参阅第1.5节，以获取图像传感器系列的相关信息。

Sony IMX990 SenSWIR™传感器的相对透过率如Fig.49所示。
请参阅第1.5节，以获取图像传感器系列的相关信息。

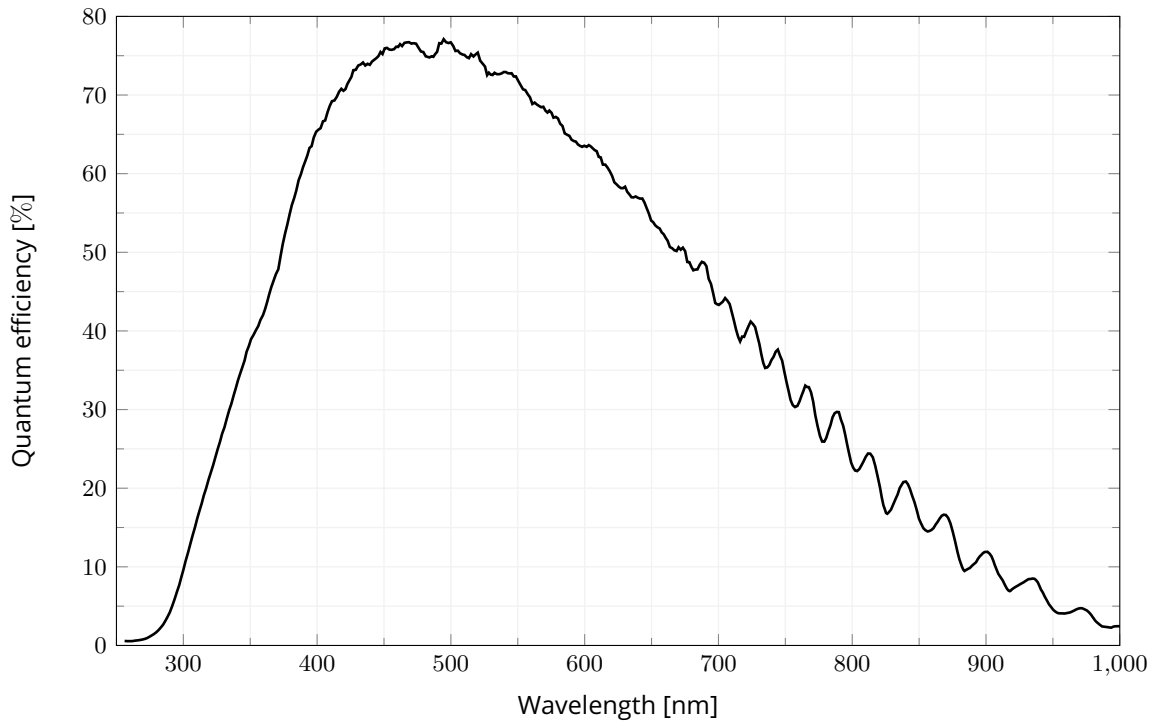


Figure 47: 第四代Sony IMX单色传感器。

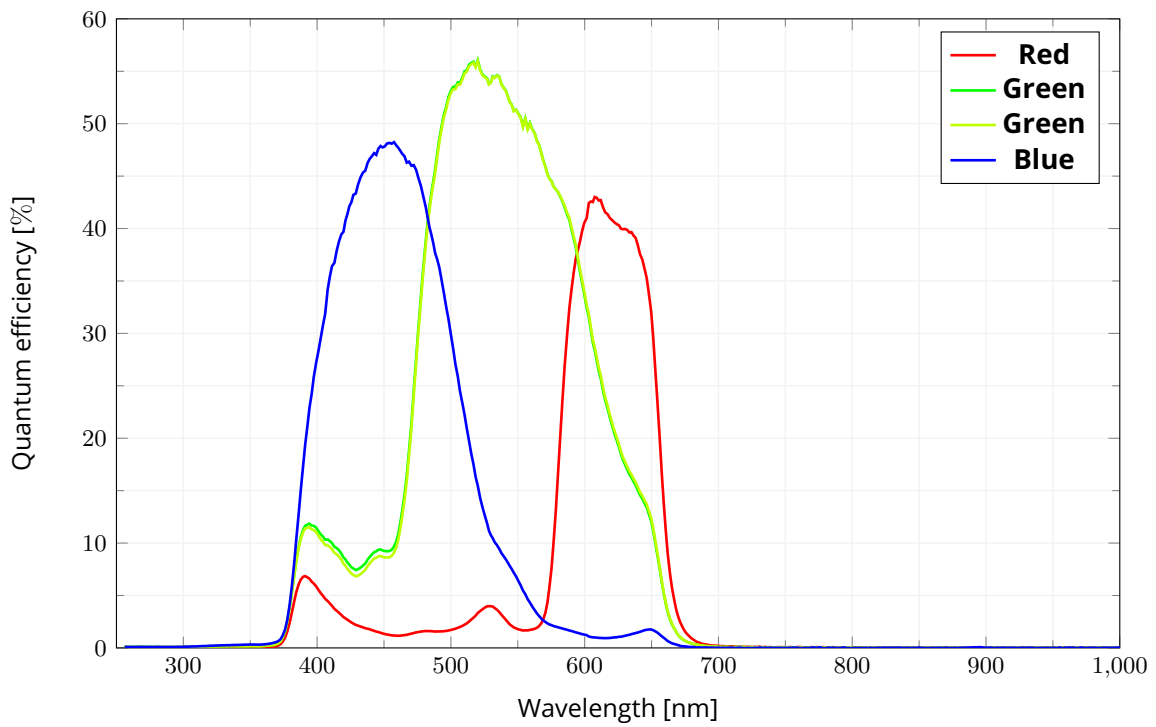


Figure 48: 第四代Sony IMX彩色传感器。

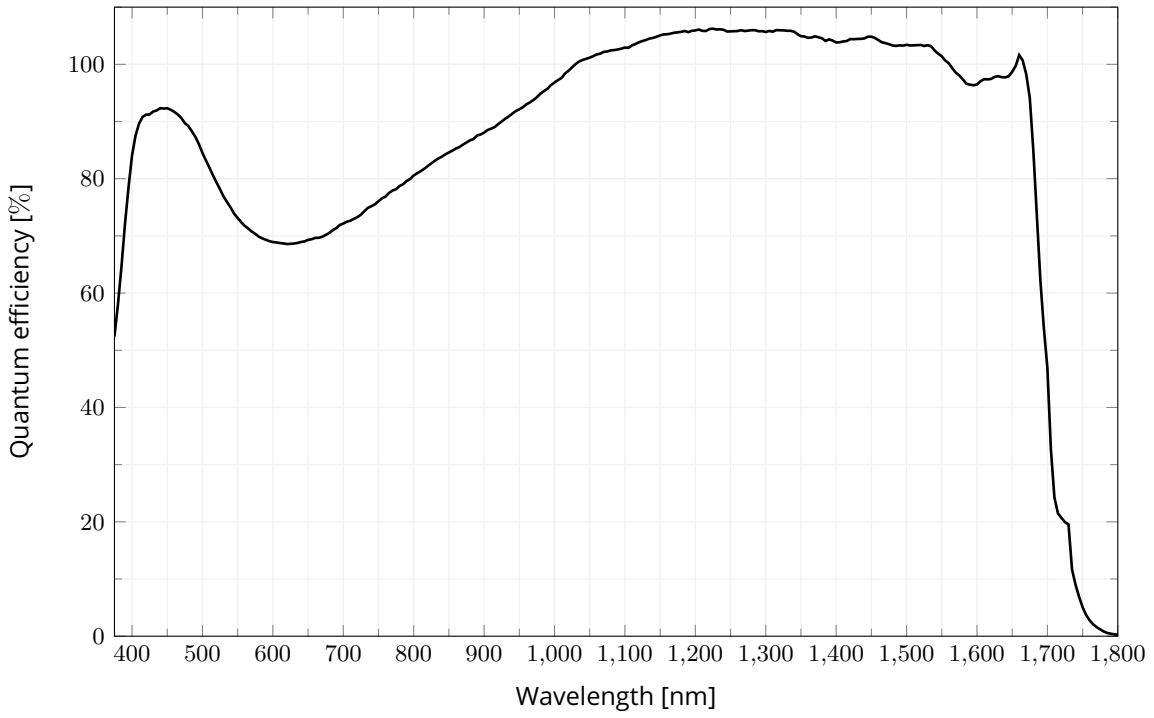
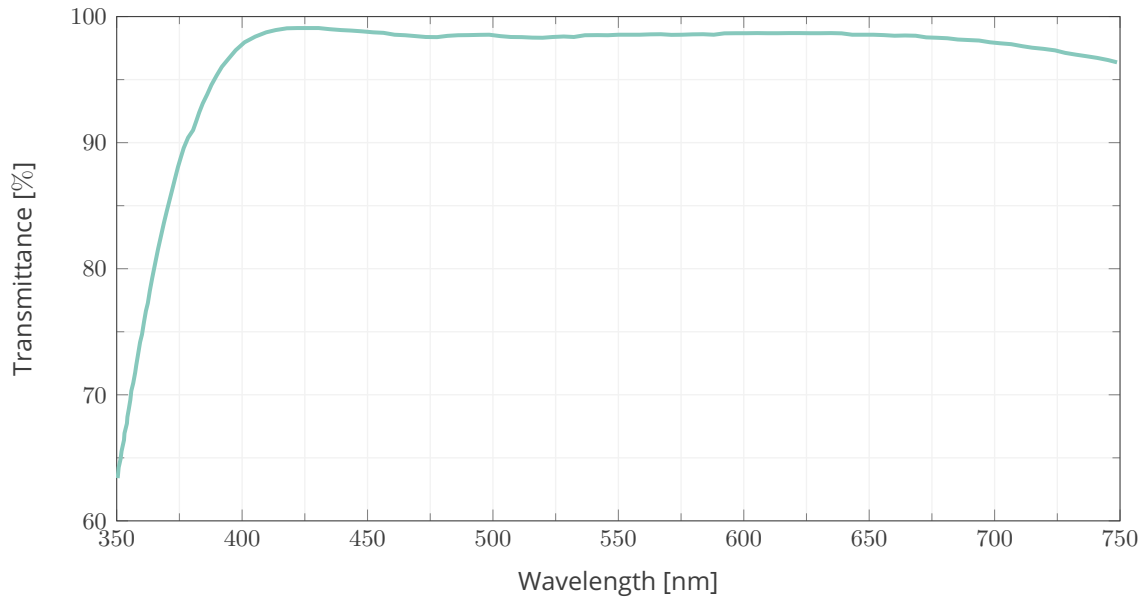


Figure 49: Sony IMX990 SenSWIR™单色传感器。

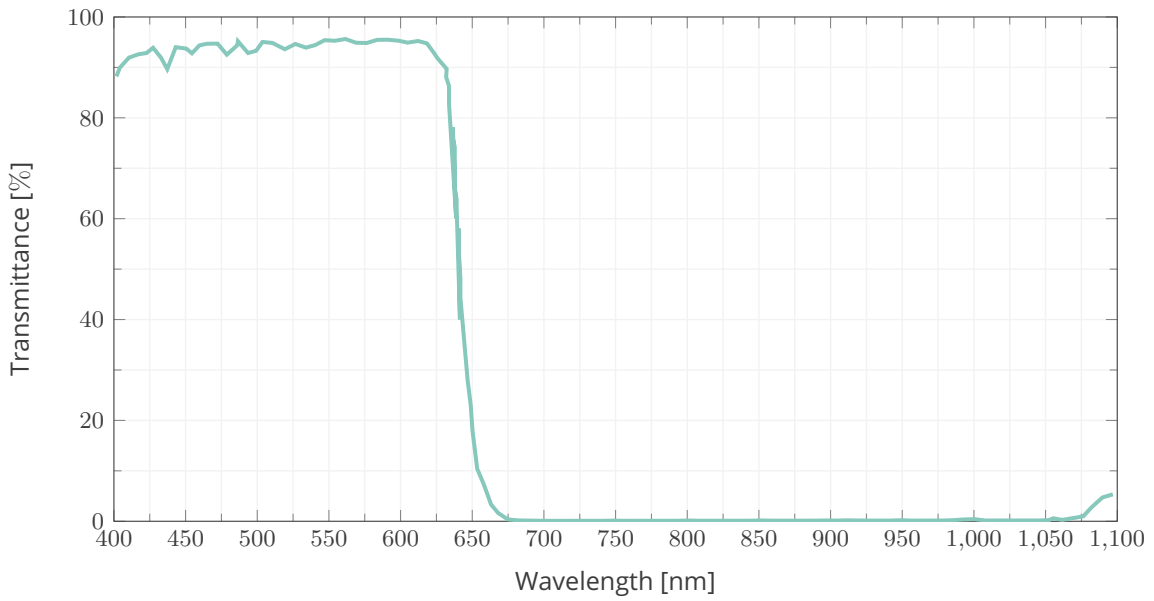
5.4 光学滤镜

以下图表展示了Itala相机系列可用光学滤镜的透过率特性。

玻璃滤镜透过率



IR截止滤镜透过率



5.5 机械规格

5.5.1 外形尺寸图

ITALA G - ITALA G.EL

TYPE 1外形尺寸图（图50）适用于所有传感器图像格式不超过1.2英寸的相机。这些相机配备标准**C mount**（直径1英寸，每英寸32牙），法兰距为**17.526 mm**。

TYPE 2外形尺寸图（图51）适用于所有传感器图像格式介于4/3英寸至APS-C之间的相机。这些相机配备**M42x1**螺纹接口，法兰距为**12 mm**。

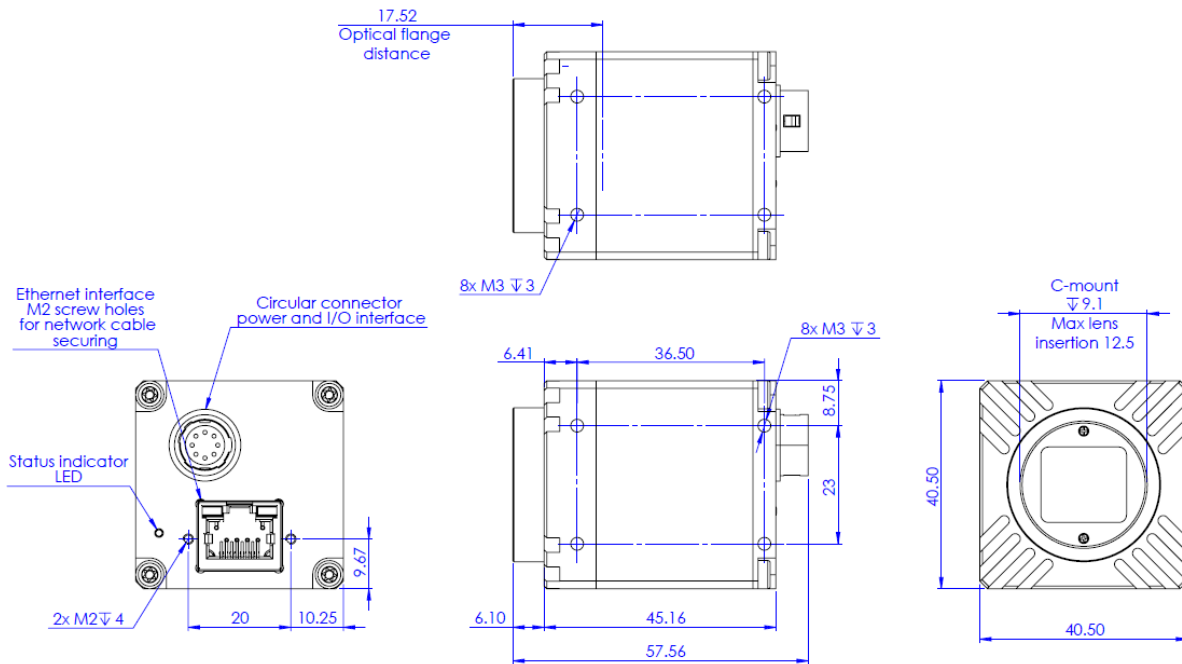


Figure 50: TYPE 1 dimensional drawings.

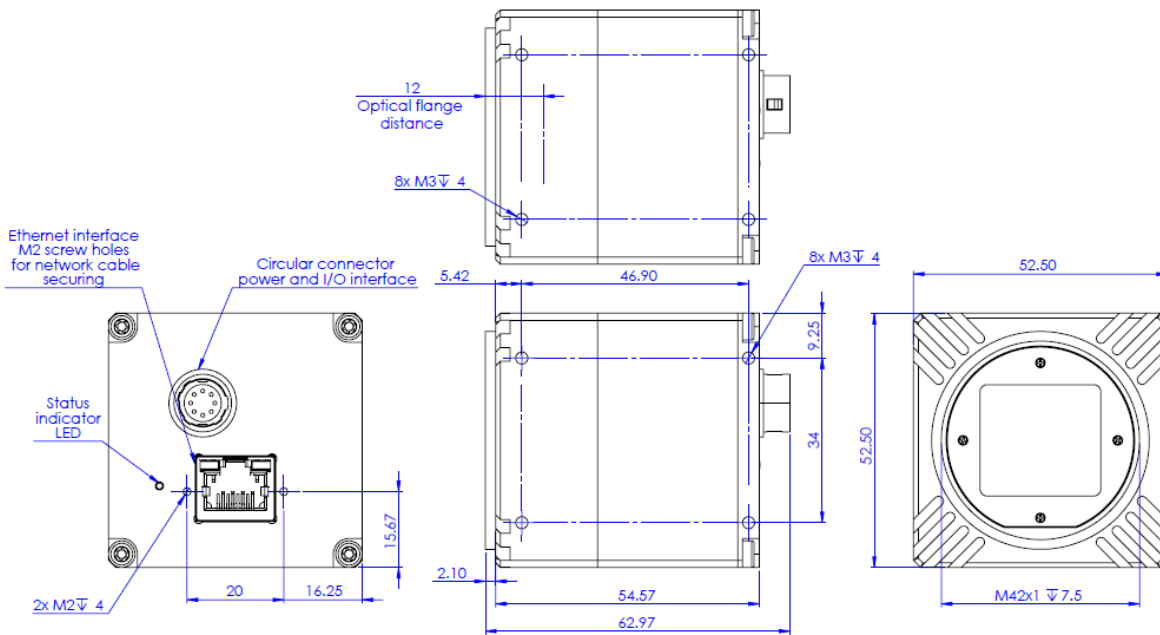


Figure 51: TYPE 2 dimensional drawings.

ITALA G.IP - ITALA G.EL.IP

图52中的外形尺寸图适用于所有IP67相机。这些相机配备标准**C mount**（直径1英寸，每英寸32牙），法兰距为**17.526 mm**。

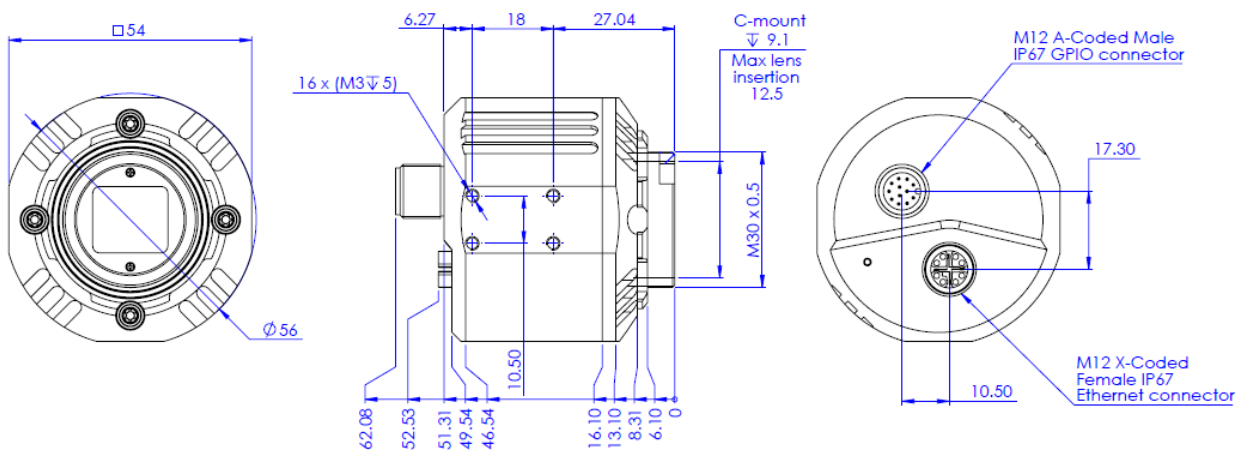
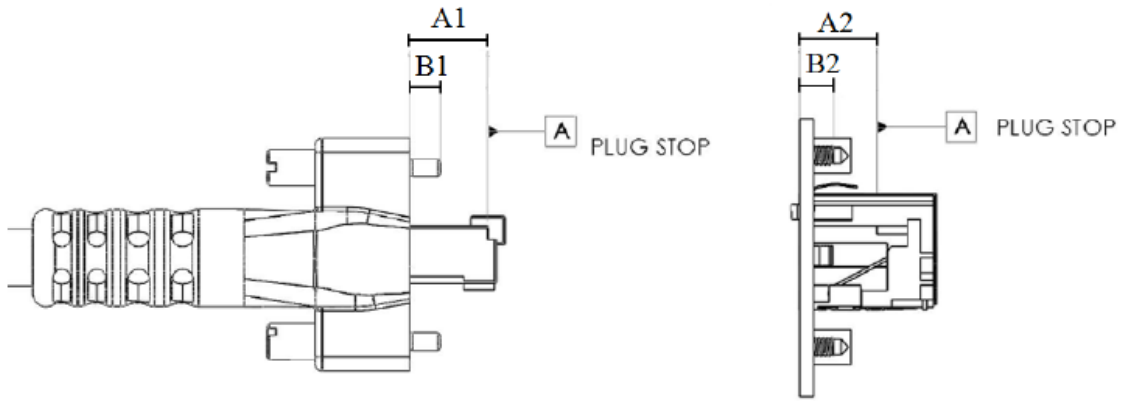


Figure 52: Itala G.IP and Itala G.EL.IP dimensional drawings.

5.5.2 GigE Vision机械要求

Itala相机完全符合GigE Vision机械规格。所采用的配置符合GigE Vision机械补充规范中定义的**TYPE090**标准（图53）。



Dimension – Free connector	TYPE090	TYPE110
From overmold to plug stop (A1)	9.0 mm (-0.47, +0.00)	11.0 mm (-0.47, +0.00)
From overmold to tip of thumbscrews (B1)	4.25 mm (-1.00, +0.25)	4.25 mm (-1.00, +0.25)
Dimension – Fixed Connector	TYPE090	TYPE110
From contact point to plug stop (A2)	9.0 mm (-0.00, +1.00)	11.0 mm (-0.00, +1.00)
From contact point to bottom of thumbscrew thread (B2)	4.5 mm (-0.00, +1)	4.5 mm (-0.00, +1.00)

Figure 53: GigE Vision接口规格

5.5.3 传感器定心数据

所有相机在组装完成后均经过测试，以确保传感器正确定心。测量涵盖相对于镜头接口的全部六个自由度，以保证最佳成像性能。表10和11列出了相对于图54的传感器定心典型生产数值。

轴	标称值	3 σ
Roll	0°	0.4°
Yaw	0°	0.3°
Pitch	0°	0.5°
Horizontal shift (x)	0 mm	0.2 mm
Vertical shift (y)	0 mm	0.2 mm
FD (z)	17.53 mm	0.11 mm

Table 10: C接口相机的传感器定心数据

轴	标称值	3σ
Roll	0°	0.6°
Yaw	0°	0.3°
Pitch	0°	0.5°
Horizontal shift (x)	0 mm	0.2 mm
Vertical shift (y)	0 mm	0.2 mm
FD (z)	12 mm	0.2 mm

Table 11: J接口相机的传感器定心数据

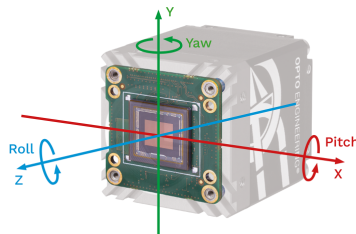


Figure 54: 传感器自由度。

5.6 接口与引脚定义

ITALA G - ITALA G.EL

相机具有两个接口：

- 带锁紧螺钉的标准**RJ45**接口
用于图像传输，以及（可选）通过PoE为相机供电。
- **12针圆形接口 (P/N: HR10G-10R-12PB(71))**
该接口具有多功能引脚：电源、trigger、同步、串行通信、液体透镜驱动器。引脚定义不固定，取决于相机型号（标准版或带液体透镜控制器版）。请参阅表12，查看两种相机型号的引脚定义。

PIN	Itala G	Itala G.EL
1	GND	GND
2	+VIN	+VIN
3	Opto OUT 3	Lens -
4	Opto IN 0	Opto IN 0
5	Opto OUT 2	Lens +
6	Opto OUT 0	Opto OUT 0
7	Opto REF GND	Opto REF GND
8	RS232 RX	Lens SCL
9	RS232 TX	Lens SDA
10	Opto REF V+	Opto REF V+
11	Opto IN 1	Opto IN 1
12	Opto OUT 1	Lens +3.3V

Table 12: Itala G和Itala G.EL型号的引脚定义。

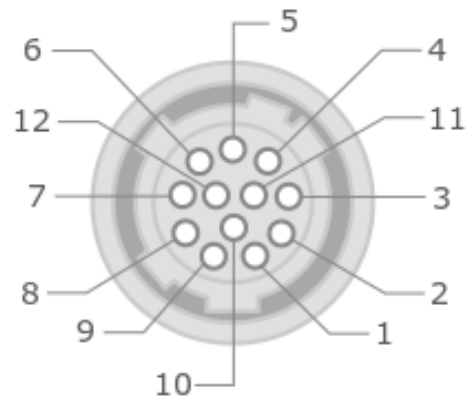


Figure 55: 12针圆形接口引脚定义（相机正面视图）

注意: 如使用CBGPIO001线缆，请查阅Opto Engineering®官网获取“颜色与功能”对应关系。

ITALA G.IP - ITALA G.EL.IP

相机具有两个接口：

- **M12 X编码母头IP67以太网接口 (P/N: 394811-E)**
用于图像传输，以及（可选）通过PoE为相机供电。
- **M12 A编码公头IP67 GPIO接口 (P/N: 494518-E)**
该接口具有多功能引脚：电源、trigger、同步、串行通信、液体透镜驱动器。引脚定义不固定，取决于相机型号（标准版或带液体透镜控制器版）。请参阅表13，查看两种相机型号的引脚定义。

PIN	Itala G.IP	Itala G.EL.IP
1	GND	GND
2	+VIN	+VIN
3	Opto OUT 3	Lens -
4	Opto IN 0	Opto IN 0
5	Opto OUT 2	Lens +
6	Opto OUT 0	Opto OUT 0
7	Opto REF GND	Opto REF GND
8	RS232 RX	Lens SCL
9	RS232 TX	Lens SDA
10	Opto REF V+	Opto REF V+
11	Opto IN 1	Opto IN 1
12	Opto OUT 1	Lens +3.3V

Table 13: Itala G.IP和Itala G.EL.IP型号的引脚定义。

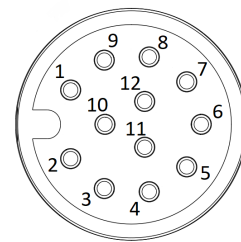


Figure 56: IP67 12针圆形接口引脚定义（相机正面视图）。

注意：如使用RT-MSAS-12BFFM-SL8Dxx线缆，请查阅Opto Engineering®官网获取“颜色与功能”对应关系。

5.7 I/O电路

I/O接口的所有输入和输出引脚均经过电气隔离。
所有电气规格及最大电压/电流额定值列于表7中。

5.7.1 光电隔离输入

光电隔离输入拓扑结构示意图见图57。

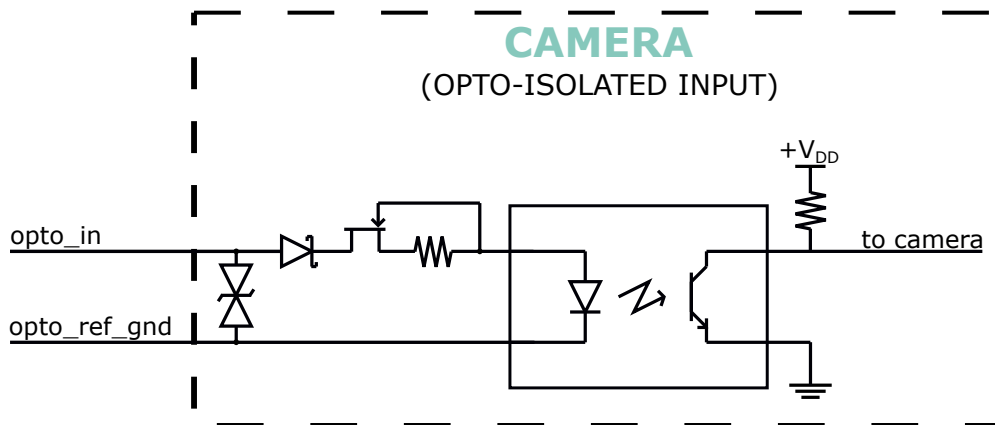


Figure 57: 光电隔离输入拓扑结构。

设计中采用高速输入隔离器，以最小传播延迟处理输入trigger信号。TVS二极管用于防止高压尖峰，串联二极管防止输入极性接反。此外，还包含限流电路以自动调节输入电流。

注意: 请注意，光电隔离输入电路一旦损坏将无法继续使用。

"接线示例"章节（7.1）中提供了部分接线图示例（包括光电隔离和非隔离系统）。

5.7.2 光电隔离输出

光电隔离输出拓扑结构示意图见图58。

如输出引脚发生意外连接，旁路二极管可保护晶体管，为电流提供备用通路。光电隔离输出引脚的参考电压可与电源电压不同，但不得超过表7中列出的最大规格。

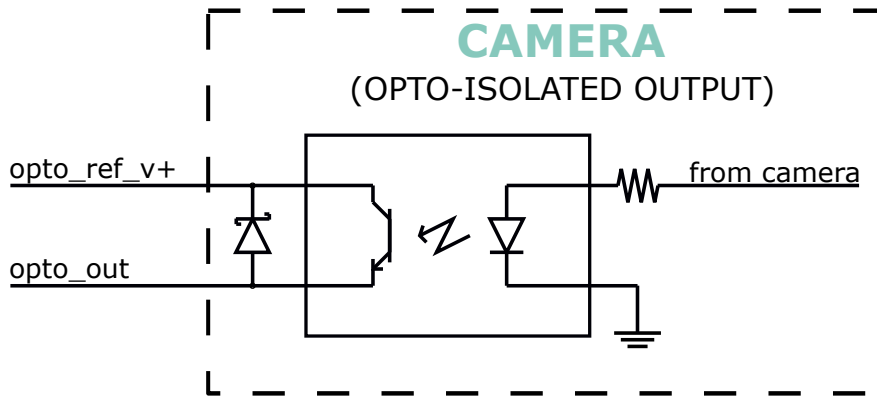


Figure 58: 光电隔离输出拓扑结构。

5.8 LED指示灯

所有Itala相机在机身背面靠近接口处均配有一个LED指示灯（见图50、51和52）。该LED以视觉方式指示相机当前的工作状态。颜色代码列于表14中。

颜色	相机状态
Condition: camera working	
● 黄色闪烁	相机启动引导（开机时）
● 黄色常亮	相机就绪
● 绿色	相机已触发
Condition: camera during firmware update	
● 紫色	相机处于引导模式
● 紫色/青色闪烁	相机正在更新
Condition: fault	
● 红色常亮	硬件故障 - FPGA错误
● 红色快速闪烁 - 周期: 500ms	硬件故障 - RAM错误
● 红色慢速闪烁 - 周期: 4s	硬件故障 - 图像传感器错误

Table 14: 指示相机状态的LED颜色代码

此外，所有Itala相机（IP67型号除外）在机身背面RJ45接口上均配有两个以太网状态LED指示灯

(见图50和51)。

这些LED以视觉方式指示相机当前的以太网连接状态。

颜色代码列于表15中。

颜色	以太网状态
Amber led - Network activity	
● 黄色闪烁	数据正在传输中
● 熄灭	无网络活动
Green led - Connection status	
● 绿色	1000 Mbps链路
● 熄灭	100 Mbps链路或无链路

Table 15: 以太网状态LED颜色代码

6 相机功能

本章对Itala相机系列的标准功能和自定义功能进行概述。各功能依据*Standard Feature Naming Convention (SFNC)*和*GenICam*命名规范定义。以下各节对每项功能进行更详细的说明。

6.1 Device Control

本节包含与设备控制和信息相关的功能。

该部分主要用于在枚举过程中识别设备，并获取设备自身的相关信息。

表16列出了所有Device Control参数。

功能	描述	接口	访问
DeviceType	返回设备类型	IEnumeration	R
DeviceScanType	设备传感器的扫描类型	IEnumeration	R
DeviceVendorName	设备制造商名称	IString	R

DeviceModelName	设备型号	IString	R
DeviceManufacturerInfo	设备制造商信息	IString	R
DeviceVersion	设备版本	IString	R
DeviceFirmwareVersion	设备固件版本	IString	R
DeviceSerialNumber	设备序列号	IString	R
DeviceUserID	用户可编程的设备标识符	IString	RW
DeviceTLType	设备传输层类型	IEnumeration	R
DeviceTLVersionMajor	设备传输层主版本号	Integer	R
DeviceTLVersionMinor	设备传输层次版本号	Integer	R
DeviceLinkSelector	选择要控制的设备链路	Integer	RW
DeviceLinkSpeed	指示在指定链路上协商的传输速度	Integer	R
DeviceLinkThroughputLimitMode	控制DeviceLinkThroughputLimit是否激活	IEnumeration	RW
DeviceLinkThroughputLimit	限制设备在所选链路上流传输数据的最大带宽	Integer	RW
DeviceLinkHeartbeatMode	激活或停用链路心跳	IEnumeration	RW
DeviceLinkHeartbeatTimeout	控制指定链路当前的心跳超时时间	Float	RW
DeviceLinkCommandTimeout	指示指定链路的命令超时时间，即设备响应该链路上所发命令的最大时间	Float	RW
DeviceReset	将设备复位至上电状态。复位后，设备必须重新被发现。请注意，某些传输层要求在开始实际复位之前确认DeviceReset命令	Command	W
DeviceFeaturePersistenceStart	通知设备及GenICam XML准备对所有可流式传输的功能进行持久化	Command	W

DeviceFeaturePersistenceEnd	通知设备功能持久化结束	ICommand	W
DeviceRegistersStreamingStart	使设备准备好进行寄存器流传输，无需一致性检查	ICommand	W
DeviceRegistersStreamingEnd	宣告寄存器流传输结束	ICommand	W
DeviceTemperatureSelector	选择设备内进行温度测量的位置	IEnumeration	RW
DeviceTemperature	设备温度，单位：摄氏度（°C）	IFloat	R
oeSensorTemperatureNormal	图像传感器正常温度上限，单位：摄氏度（°C）	IFloat	R
oeSensorTemperatureHigh	图像传感器高温上限，单位：摄氏度（°C）	IFloat	R
oeSensorTemperatureStatus	显示图像传感器温度状态	IEnumeration	R
oeDevicePressure	设备内部气压，单位：hPa	IFloat	R

Table 16: Device Control功能

6.1.1 Sensor Temperature Status

可使用**oeSensorTemperatureStatus**功能查看传感器温度状态。共有三种可能的状态：**Normal**（正常）、**High**（高温）和**Overheat**（过热），分别由参数**oeSensorTemperatureNormal**（可编辑）和**oeSensorTemperatureHigh**（固定）定义。根据温度状态，可能需要采取相应措施：**Normal**状态下无需干预；**High**状态下建议进行散热；**Overheat**状态下必须强制散热，否则传感器可能损坏。

SensorTemperature事件可在Event Control节中获取。启用该事件后，每次**oeSensorTemperatureStatus**状态发生变化时，您都会收到通知。详情请参阅事件相关章节。

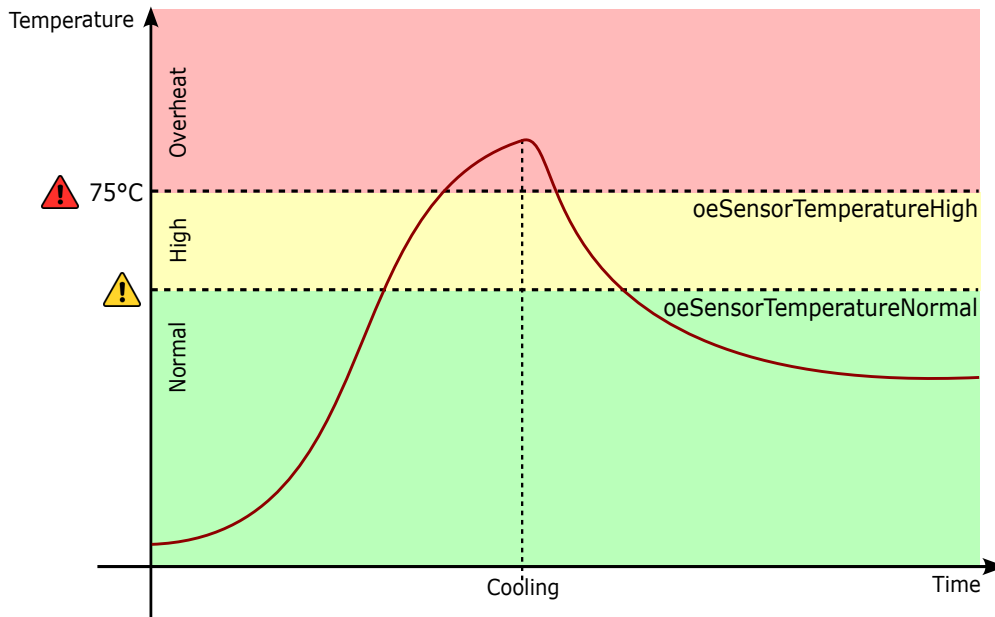


Figure 59: 设备温度曲线（传感器）及状态表示示例。

6.1.2 Bandwidth limit

DeviceLinkThroughputLimit功能可限制相机数据流的可用带宽。系统将在传输层数据包之间均匀插入延迟，以控制峰值带宽。这等效于通过**Transport Layer Control**节中的**GevSCPD**功能直接设置包间延迟值。适当的数据传输延迟可防止相机"超载"传输接口限制。

带宽限制在多相机系统中尤为有用，当已安装的带宽低于各设备带宽之和时，对每台设备设置合适的限制可最大程度减少网络冲突，从而提升性能并改善整体稳定性。

6.2 Image Format Control

Image Format Control节介绍如何配置图像尺寸和格式。

功能	描述	接口	访问
SensorWidth	传感器有效宽度（像素）	Integer	R
SensorHeight	传感器有效高度（像素）	Integer	R

SensorPixelWidth	感光像素单元在x方向上的物理尺寸（像素间距）	IFloat	R
SensorPixelHeight	感光像素单元在y方向上的物理尺寸（像素间距）	IFloat	R
SensorName	图像传感器产品名称	IString	R
WidthMax	图像最大宽度（像素）	Integer	R
HeightMax	图像最大高度（像素）	Integer	R
Width	设备提供的图像宽度（像素）	Integer	RW
Height	设备提供的图像高度（像素）	Integer	RW
OffsetX	从原点到ROI的水平偏移量（像素）	Integer	RW
OffsetY	从原点到ROI的垂直偏移量（像素）	Integer	RW
BinningHorizontalMode	设置使用BinningHorizontal时水平感光像素合并的模式	Enumeration	RW
BinningHorizontal	水平方向合并的感光像素数量	Integer	RW
BinningVerticalMode	设置使用BinningVertical时垂直感光像素合并的模式	Enumeration	RW
BinningVertical	垂直方向合并的感光像素数量	Integer	RW
DecimationHorizontalMode	设置使用DecimationHorizontal时降低水平分辨率所用的模式	Enumeration	RW
DecimationHorizontal	图像水平方向抽取（子采样）	Integer	RW
DecimationVerticalMode	设置使用DecimationVertical时降低垂直分辨率所用的模式	Enumeration	RW
DecimationVertical	图像垂直方向抽取（子采样）	Integer	RW
ReverseX	水平翻转设备发送的图像	Boolean	RW
ReverseY	垂直翻转设备发送的图像	Boolean	RW
PixelFormat	设备提供的像素格式（pixel format）	Enumeration	RW

TestPattern	选择设备作为图像源生成的测试图案类型	IEnumeration	RW
-------------	--------------------	--------------	----

Table 17: Image Format Control功能

6.2.1 图像处理流水线

图60展示了Itala相机内置的图像处理流水线。该流水线由一系列处理阶段组成，将原始传感器数据转换为可供分析和进一步图像处理的有效信息。

主要处理模块如下：

- **ROI**：定义感兴趣区域，即将被采集的传感器区域。
- **Defective pixel correction**（坏点校正）：补偿坏点像素。
- **Decimation**（抽取）：减少需采集和处理的像素数量。
- **Binning**（像素合并）：合并相邻像素以提高灵敏度。
- **AOI**：定义自动功能所使用的感兴趣区域。
- **Autofocus**（自动对焦）：自动确定最佳对焦设置。
- **Autoexposure**（自动曝光）：自动调整曝光时间以达到目标亮度。
- **Autogain**（自动增益）：自动调整gain以达到目标信号水平。
- **White balance**（白平衡）：均衡三个颜色通道（R、G、B）。
- **LUT**（查找表）：用于像素级变换（如gamma校正）。
- **Debayering**（去马赛克）：对原始数据进行插值，重建全彩色R、G、B图像。
- **Color Correction Matrix (CCM)**（色彩校正矩阵）：调整颜色通道以实现准确的色彩还原。

注意： 部分处理阶段仅在特定Itala相机型号上可用。例如，*white balance*、*debayering*和*CCM*仅在彩色相机上可用，而*autofocus*仅在配备集成液体透镜控制器的Itala型号上支持。

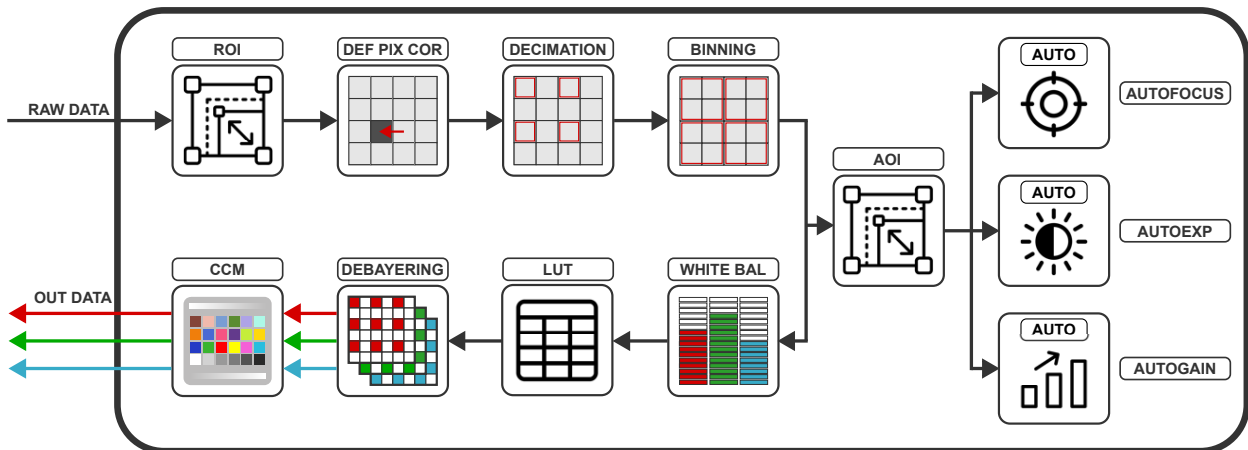


Figure 60: 图像处理流水线。

6.2.2 图像ROI

Width、**Height**、**OffsetX**、**OffsetY**参数用于更改图像格式，并仅传输全分辨率图像的一部分：其中，偏移量设置ROI（感兴趣区域）的位移，宽度和高度参数设置图像的有效尺寸。

OffsetX与**Width**之和不得超过**WidthMax**值，**OffsetY**与**Height**之和不得超过**HeightMax**。

WidthMax和**HeightMax**由传感器决定，用户无法设置。

图61对这些参数进行了图形化说明。

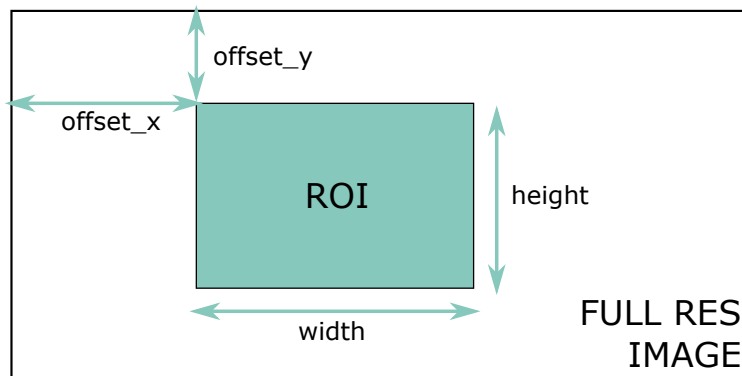


Figure 61: 图像ROI参数示意图。

6.2.3 Binning

Binning模式通过对相邻像素的电荷值求和来提高相机灵敏度，代价是降低有效空间分辨率。如图62所示，**2x1 binning**操作将图像在x轴方向的分辨率降低一半，同时由于两个相邻像素的信号合并，图像整体亮度提高一倍。采用**2x2 binning**配置时，输出图像分辨率为原始图像的四分之一，亮度提高四倍。

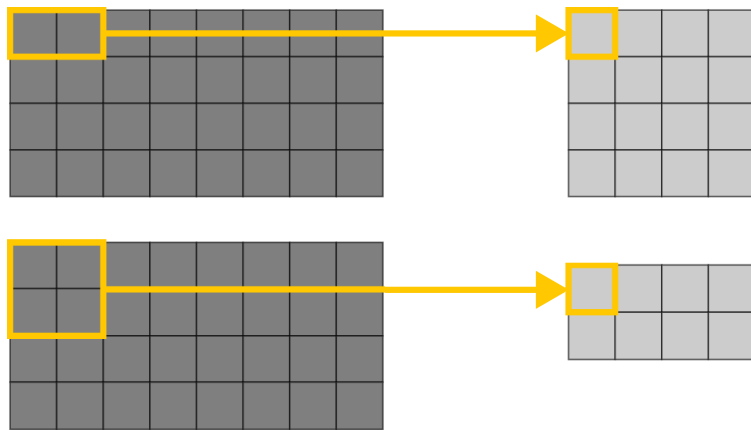


Figure 62: 单色传感器binning示例：上图执行2x1 binning，下图执行2x2 binning。

对于彩色传感器，需考虑拜耳滤色阵列。由于相邻像素对应不同的颜色通道，binning仅对具有相同色彩分量的像素执行，如图63所示。此方法可防止色度失真，避免混合不同颜色信息而产生的伪影。

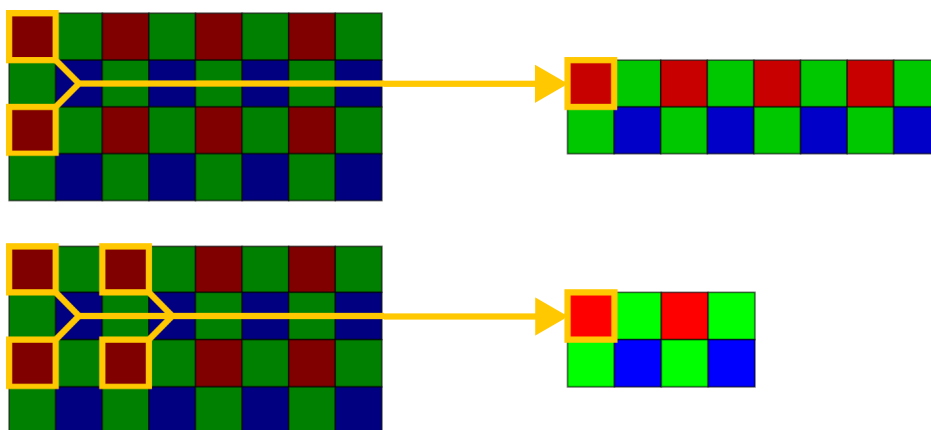


Figure 63: 彩色传感器binning示例：上图执行1x2 binning，下图执行2x2 binning。

6.2.4 Decimation

Decimation模式用于丢弃像素以获取子采样图像。

Decimation模式具有一定优势，例如可提高相机的framerate。

图64展示了两种decimation示例：上图执行**2x1 decimation**，每两个像素中仅保留一个，因此输出图像的水平分辨率降低一半；下图执行**4x1 decimation**，每四个像素中仅采集一个，水平分辨率同样降低（降低因子为4）。

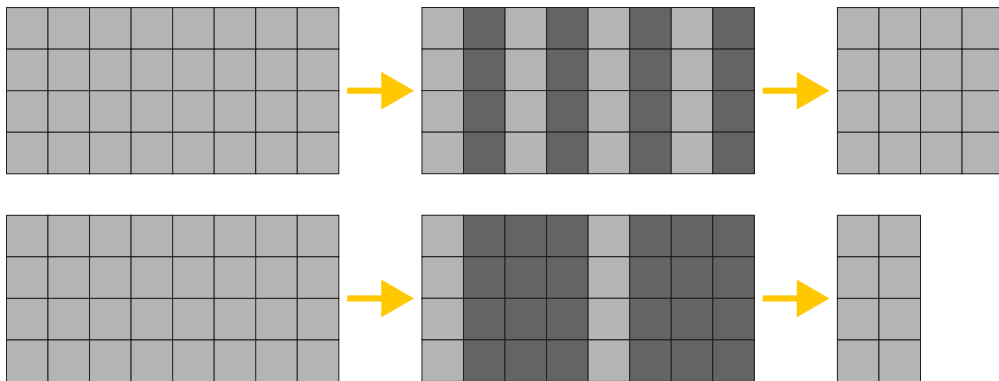


Figure 64: Decimation示例：上图执行2x1 decimation，下图执行4x1 decimation。

对于彩色传感器，需考虑拜耳滤色阵列：由于相邻像素具有不同的色彩信息，decimation通过对交替颜色像素分组来执行，如图65所示。这样可避免算法伪影对色度信息的影响。

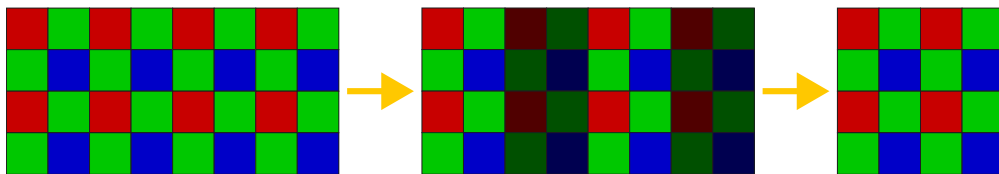


Figure 65: 彩色传感器decimation示例：上图执行2x1 decimation。

6.2.5 Readout direction

相机支持水平和垂直方向的图像镜像，以使相机集成不受安装位置的影响。

图66展示了**ReverseX**和**ReverseY**功能的示例。

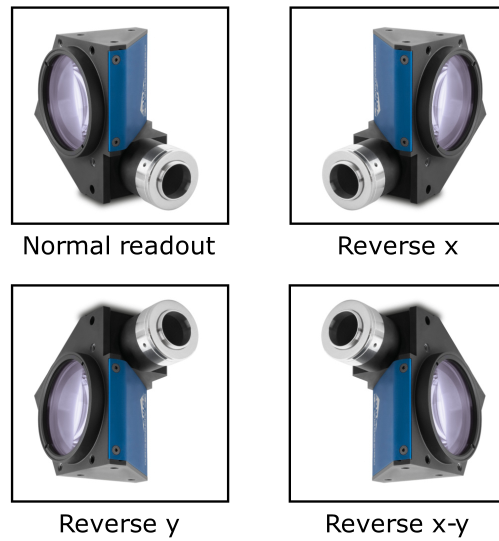


Figure 66: 四种可能读出模式的示意图。

6.2.6 位深与pixel format

位深是指用于表示传感器采集的每个像素强度值的位数。它决定了可用灰度级的数量，并直接影响可实现的动态范围。

图67展示了位深对像素量化的影响：位深较低时，用于编码图像的离散级别较少，可能限制低对比度区域的细节。反之，位深较高时，量化步长更精细，可改善图像的有效分辨率。

然而，提高位深会带来带宽方面的权衡：每像素位数增加，传输的总数据量也随之增大。在固定接口带宽下，数据量增大会降低可达到的最大framerate。

在机器视觉应用中，通常使用8至12位的位深，在图像质量与吞吐量之间取得良好平衡。

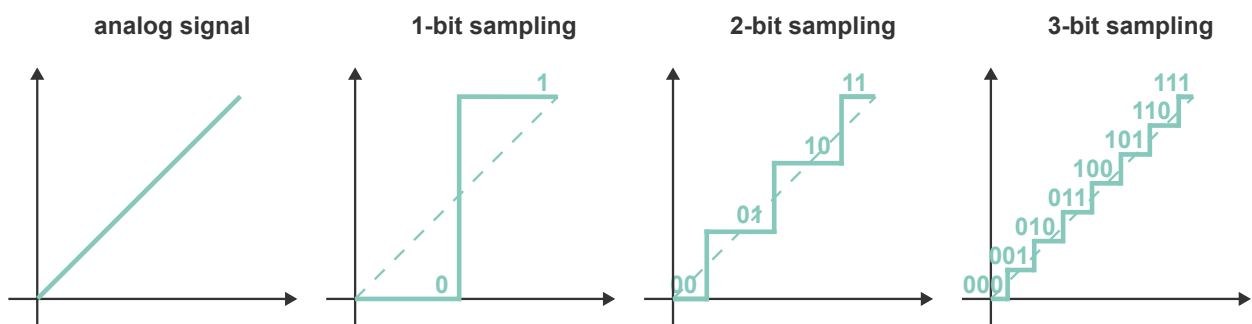


Figure 67: 像素量化示例：随着位深增加（从左至右），可表示的强度级别数量增多，使采集图像的分辨率更加精细。

Pixel format定义像素数据的编码方式，规定每个像素所包含的信息类型（如单色或颜色通道、色

彩空间、通道排列顺序) 及其位数。

虽然位深与pixel format密切相关, 但两者概念不同。例如, pixel format *Mono10Packed*每像素采样分辨率为10位, 但数据存储在12位结构中(10位有效数据加2位填充)。

Itala支持的pixel format如表18所列:

Pixel Format	位/像素	数据信息
单色传感器		
Mono8	8	Grey level data (8-bit)
Mono10p	10	Grey level data (10-bit)
Mono12p	12	Grey level data (12-bit)
Mono10Packed	12	Grey level data (10-bit)
Mono12Packed	12	Grey level data (12-bit)
彩色传感器		
Mono8	8	Luminance data (8-bit)
BayerXX8	8	Un-debayered raw data (8-bit)
BayerXX10p	10	Un-debayered raw data (10-bit)
BayerXX12p	12	Un-debayered raw data (12-bit)
BayerXX10Packed	12	Un-debayered raw data (10-bit)
BayerXX12Packed	12	Un-debayered raw data (12-bit)
YUV411_8_UYVYY	12	Luminance (Y, 8-bit) and Chroma (U-V, 4-bit) data
YUV422_8	16	Luminance (Y, 8-bit) and Chroma (U-V, 8-bit) data
RGB8	24	Red (8-bit), Green (8-bit) and Blue (8-bit) data
单色偏振传感器		
Mono8	8	Grey level raw data (8-bit)
Mono10p	10	Grey level raw data (10-bit)
Mono12p	12	Grey level raw data (12-bit)
Mono10Packed	12	Grey level raw data (10-bit)
Mono12Packed	12	Grey level raw data (12-bit)
PolarizedYYMono8	8	Un-depolarized raw data (8-bit)

PolarizedYYMono10p	10	Un-depolarized raw data (10-bit)
PolarizedYYMono12p	12	Un-depolarized raw data (12-bit)
PolarizedYYMono10Packed	12	Un-depolarized raw data (10-bit)
PolarizedYYMono12Packed	12	Un-depolarized raw data (12-bit)
彩色偏振传感器		
BayerXX8	8	Un-debayered raw data (8-bit)
BayerXX10p	10	Un-debayered raw data (10-bit)
BayerXX12p	12	Un-debayered raw data (12-bit)
BayerXX10Packed	12	Un-debayered raw data (10-bit)
BayerXX12Packed	12	Un-debayered raw data (12-bit)
PolarizedYYBayerXX8	8	Un-depolarized raw data (8-bit)
PolarizedYYBayerXX10p	10	Un-depolarized raw data (10-bit)
PolarizedYYBayerXX12p	12	Un-depolarized raw data (12-bit)
PolarizedYYBayerXX10Packed	12	Un-depolarized raw data (10-bit)
PolarizedYYBayerXX12Packed	12	Un-depolarized raw data (12-bit)

Table 18: Itala相机的pixel format。

图68、69、70、71、72、73、74、75、76、77、78、79、80展示了根据所选pixel format，像素数据的打包和编码方式。

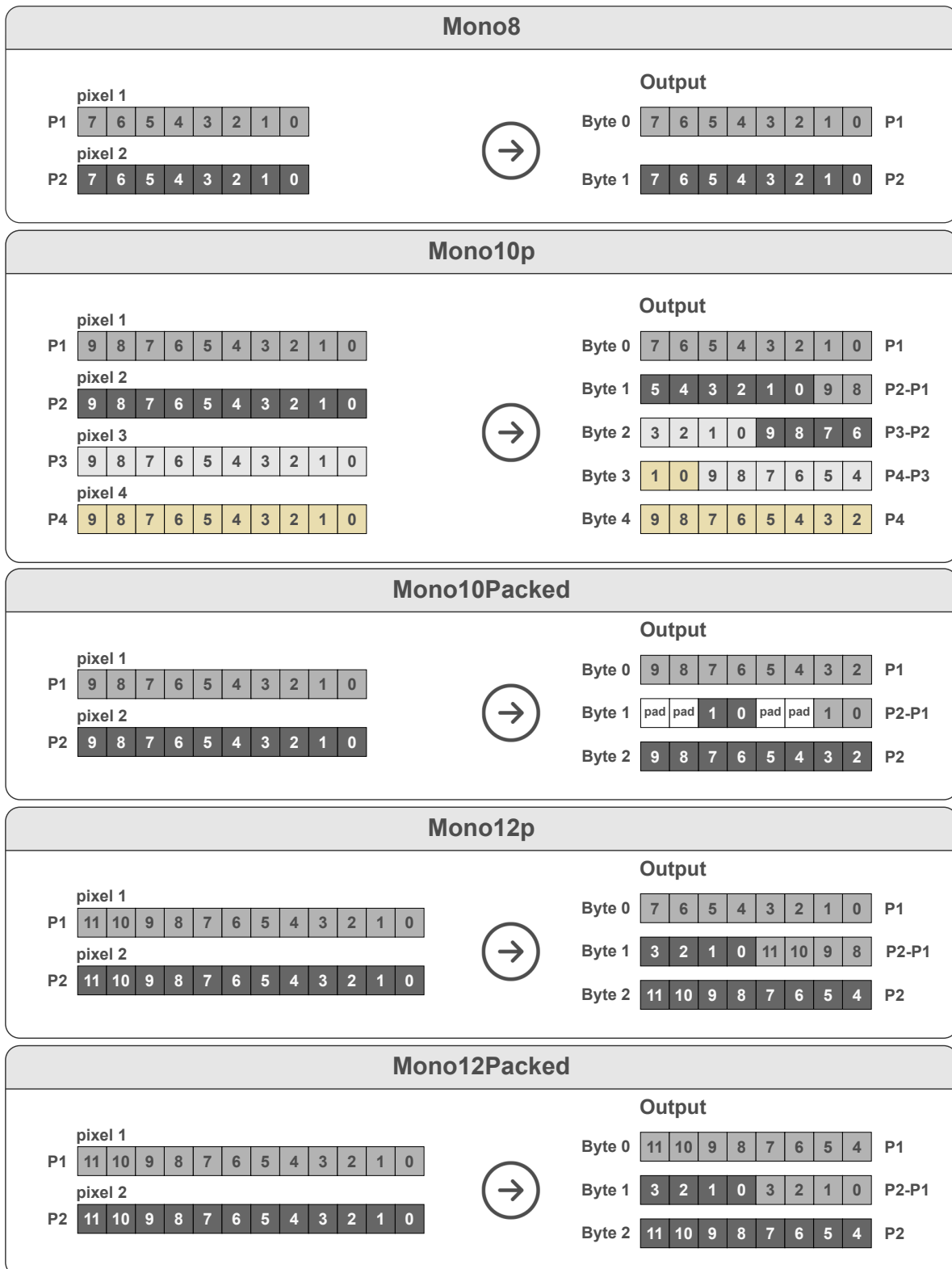
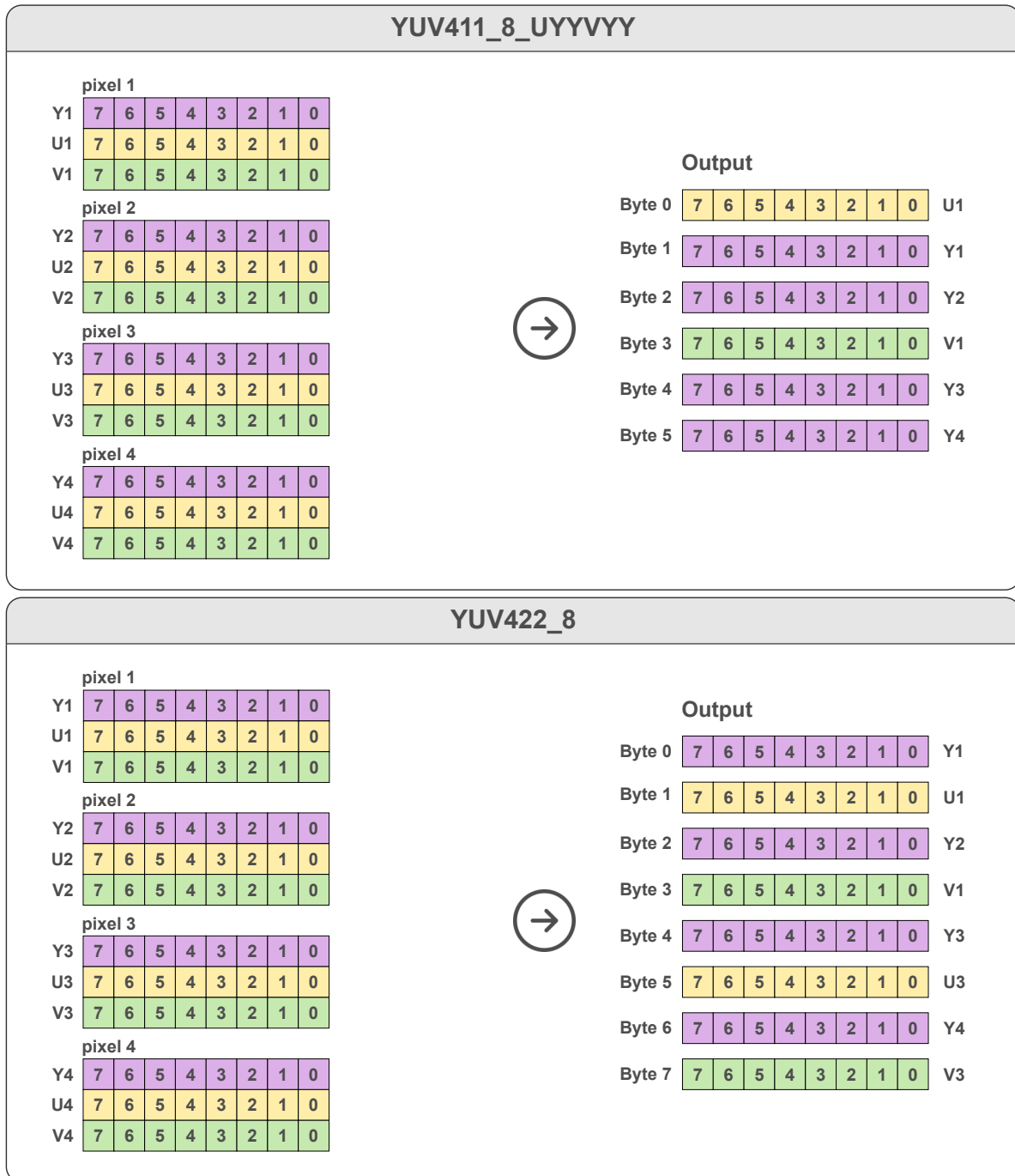
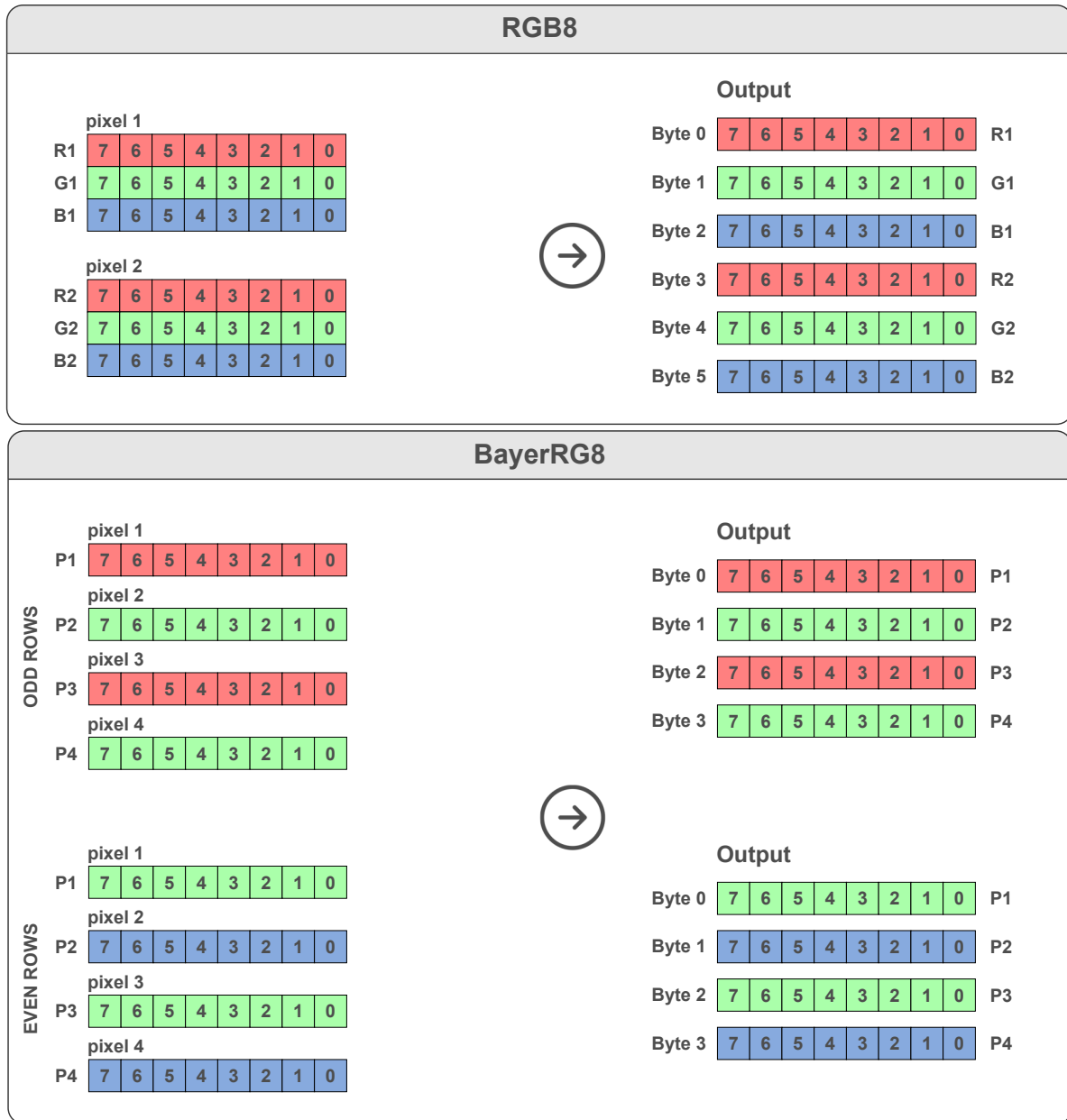


Figure 68: Pixel format编码。





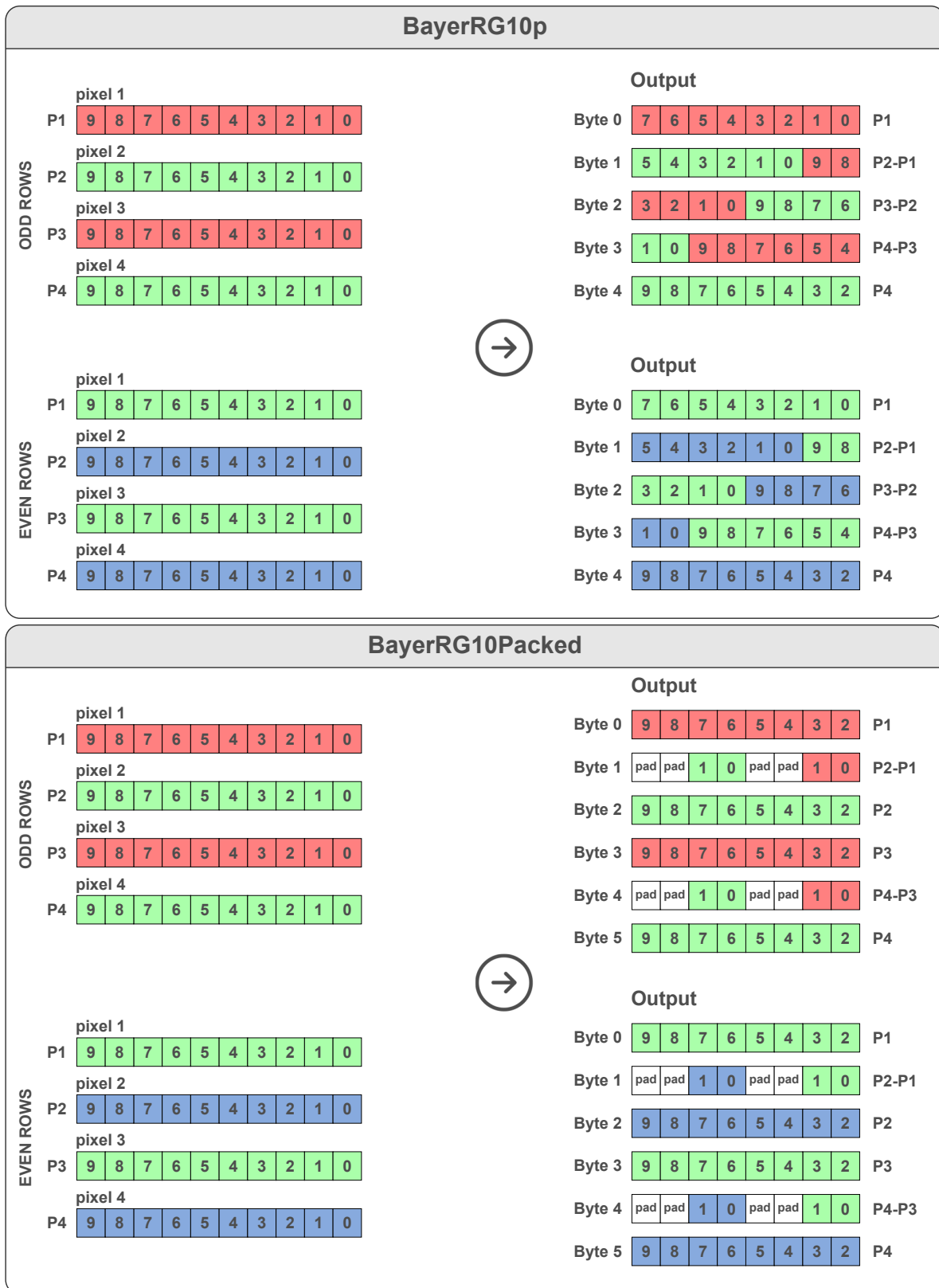


Figure 71: Pixel format编码。

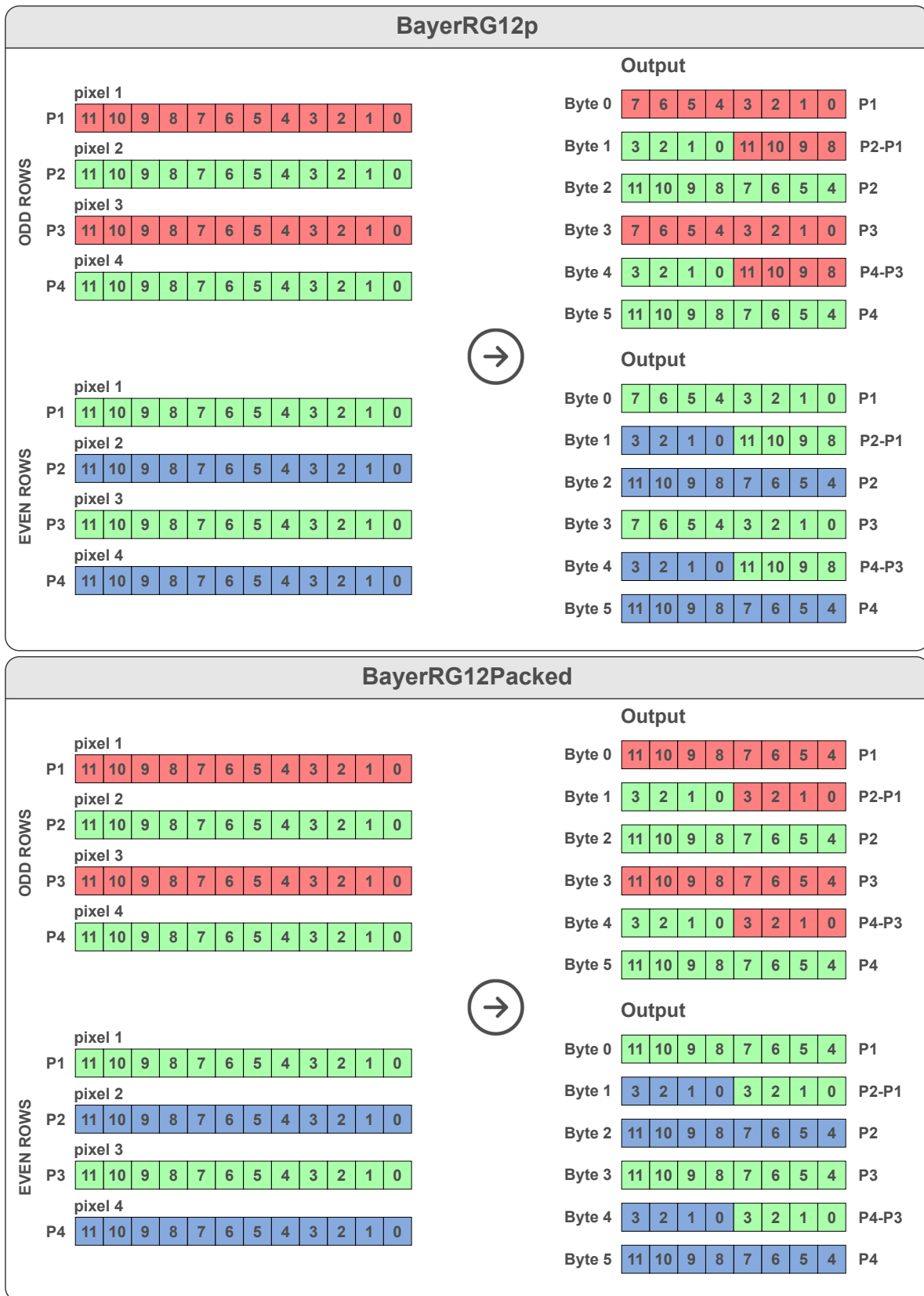


Figure 72: Pixel format编码。

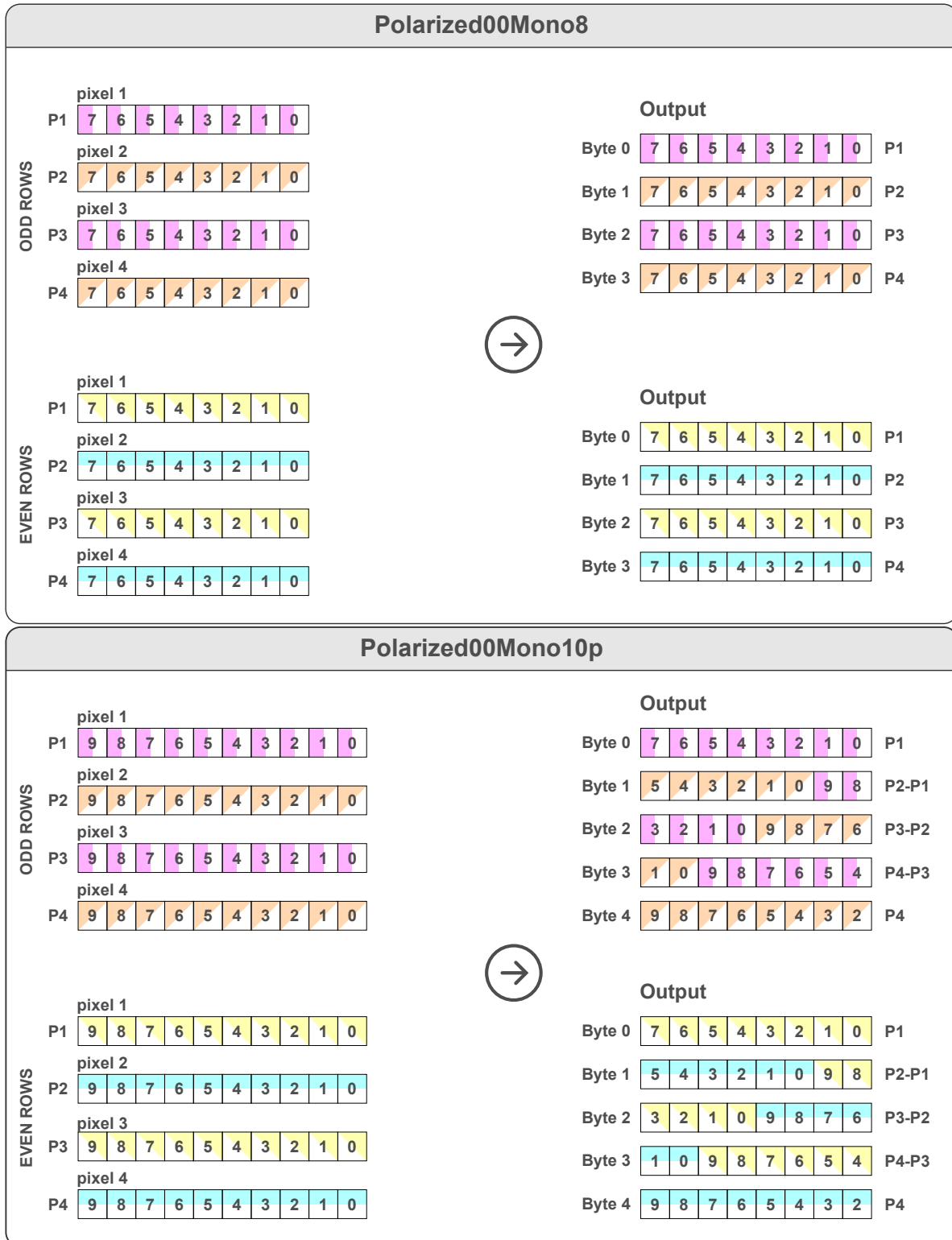


Figure 73: Pixel format编码。

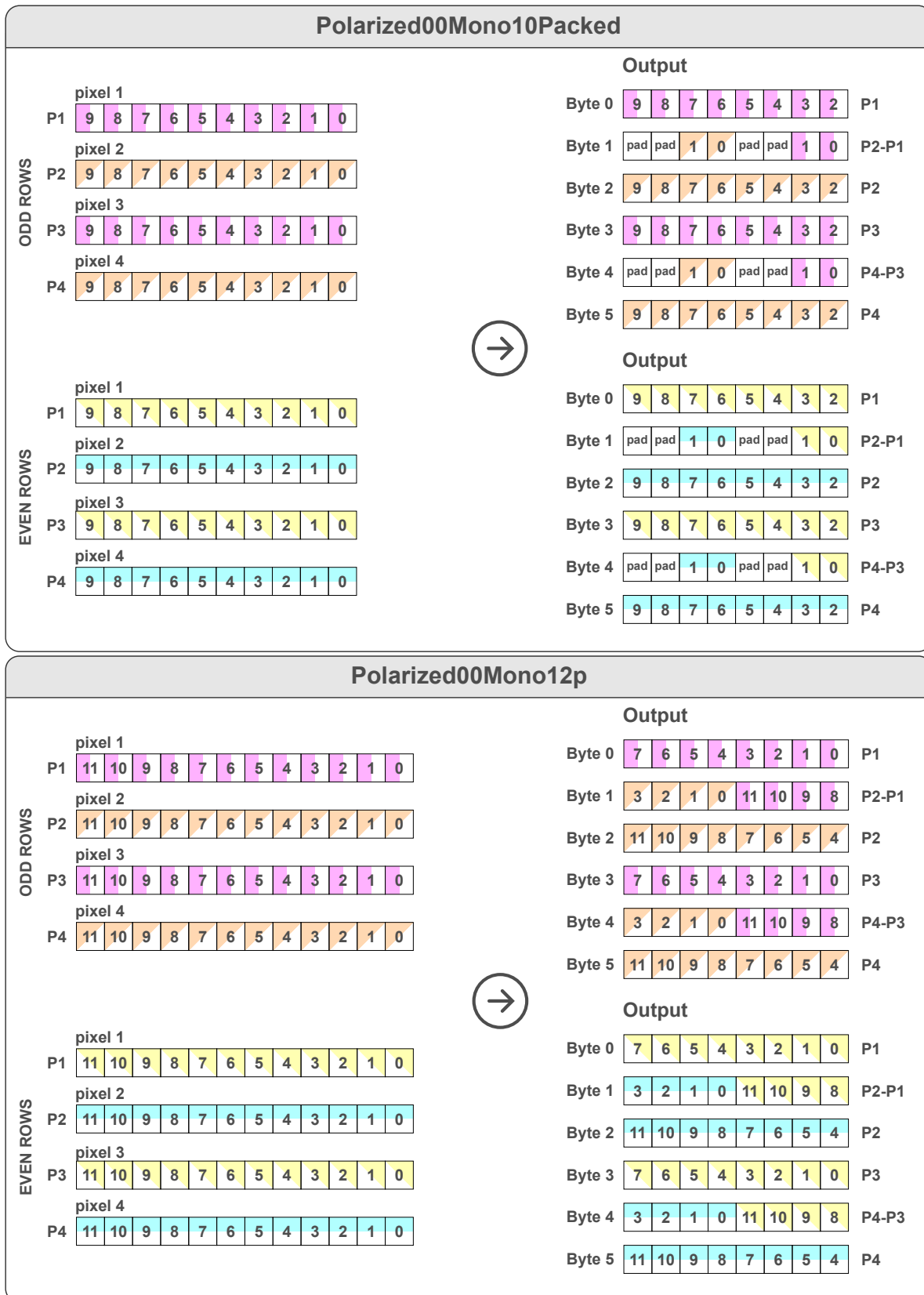


Figure 74: Pixel format编码。

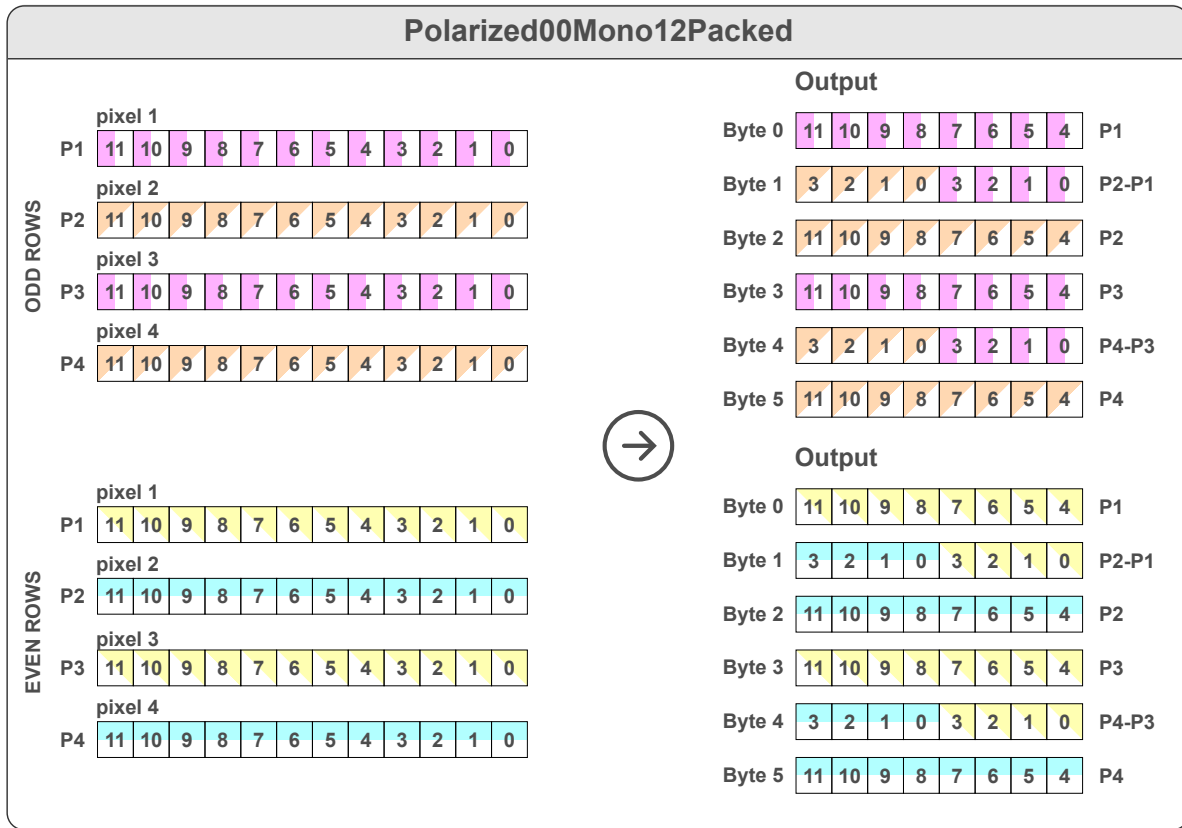


Figure 75: Pixel format编码。



Figure 76: Pixel format编码。



Figure 77: Pixel format编码。



Figure 78: Pixel format编码。



Figure 79: Pixel format编码。



Figure 80: Pixel format编码。

6.2.7 Debayering

Debayering（又称去马赛克）是从配备拜耳滤色阵列的图像传感器所采集的原始数据中生成全彩色图像的过程。

图像传感器无法直接测量颜色：由于传感器表面上方覆盖了拜耳滤色阵列，每个像素只记录一种原色分量（红、绿或蓝）。

如图81所示，debayering的目的是通过对相邻像素的颜色信息进行插值，重建每个像素的全部三个颜色通道。

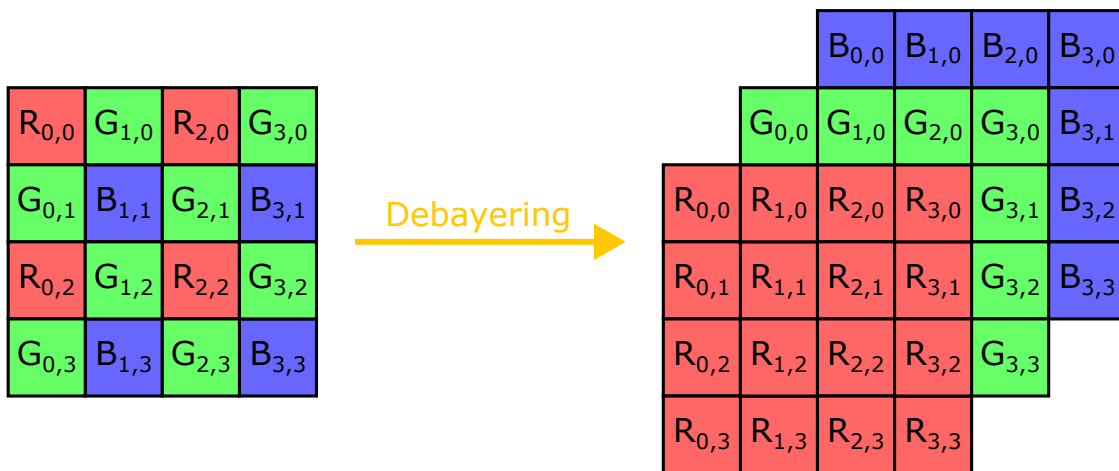


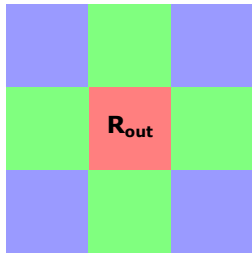
Figure 81: 图像颜色信息在debayering操作前后的对比。

输出图像的色彩准确性取决于debayering算法的效果。

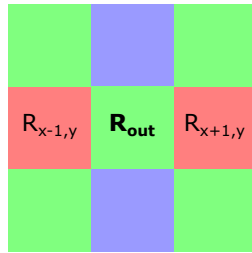
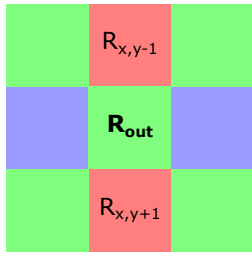
由于算法复杂度与可用硬件资源之间的权衡，工业相机通常采用线性插值算法，该算法计算简单，同时对色彩重建有效。

Itala相机所实现的算法旨在防止重建伪影，例如拉链伪影。

表19、20和21详细说明了用于恢复拜耳阵列中各像素类型的红、绿、蓝分量的插值方案。

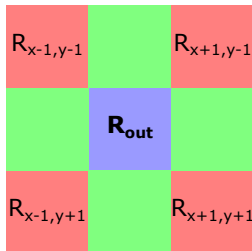


$$R_{out} = R_{x,y}$$



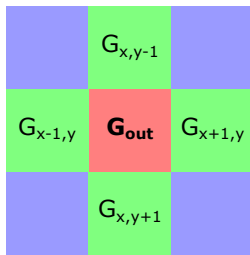
$$R_{out} = \frac{R_{x,y-1} + R_{x,y+1}}{2}$$

$$R_{out} = \frac{R_{x-1,y} + R_{x+1,y}}{2}$$

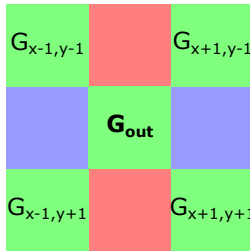


$$R_{out} = \frac{R_{x-1,y-1} + R_{x+1,y-1} + R_{x-1,y+1} + R_{x+1,y+1}}{4}$$

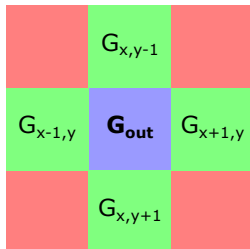
Table 19: 分别在红色（上）、绿色（中）和蓝色（下）像素上的红色分量重建。



$$G_{out} = \frac{G_{x,y-1} + G_{x-1,y} + G_{x+1,y} + G_{x,y+1}}{4}$$

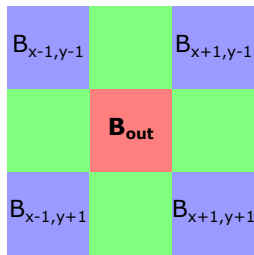


$$G_{out} = \frac{4 * G_{x,y} + G_{x-1,y-1} + G_{x+1,y-1} + G_{x-1,y+1} + G_{x+1,y+1}}{8}$$

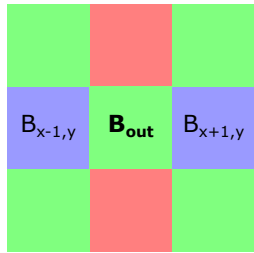


$$G_{out} = \frac{G_{x,y-1} + G_{x-1,y} + G_{x+1,y} + G_{x,y+1}}{4}$$

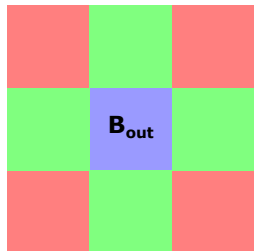
Table 20: 分别在红色（上）、绿色（中）和蓝色（下）像素上的绿色分量重建。



$$B_{out} = \frac{B_{x-1,y-1} + B_{x+1,y-1} + B_{x-1,y+1} + B_{x+1,y+1}}{4}$$



$$B_{out} = \frac{B_{x-1,y} + B_{x+1,y}}{2} \quad \text{or} \quad \frac{B_{x,y-1} + B_{x,y+1}}{2}$$



$$B_{out} = B_{x,y}$$

Table 21: 分别在红色（上）、绿色（中）和蓝色（下）像素上的蓝色分量重建。

6.2.8 Test pattern

Itala相机支持两种不同的test pattern，一种为单色，另一种为彩色。
两种test pattern分别如图82和83所示。

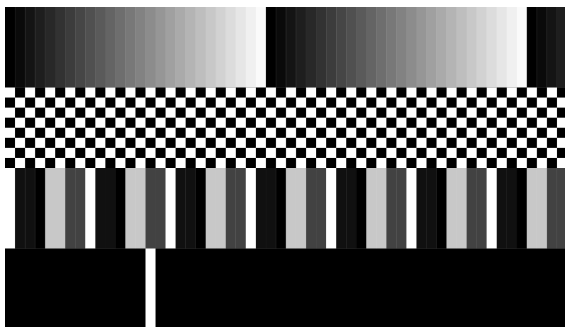


Figure 82: 单色test pattern

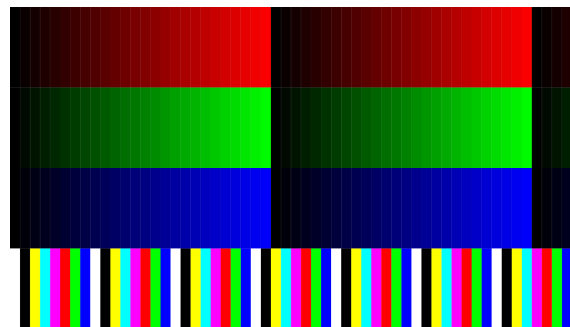


Figure 83: 彩色test pattern

单色图案由4个不同区域组成：

- 固定渐变图案，从黑色渐变至白色；
- 固定棋盘格图案；
- 固定非对称条纹图案（值：0xC8、0x10、0x10、0x42）；
- 黑色背景上的白色移动线条。

彩色图案由4个不同区域组成：

- 固定红色渐变图案，从黑色渐变至红色；
- 固定绿色渐变图案，从黑色渐变至绿色；
- 固定蓝色渐变图案，从黑色渐变至蓝色；
- 固定彩色条纹图案（R、G、B坐标的所有可能组合）。

6.3 Acquisition Control

Acquisition Control节介绍与图像采集相关的所有功能，包括trigger和曝光控制，并描述采集的基本模型和设备的典型行为。

功能	描述	接口	访问
AcquisitionMode	设置设备的采集模式，主要定义一次采集中捕获的帧数以及采集停止方式	IEnumeration	RW
AcquisitionStart	启动设备采集	ICommand	RW
AcquisitionStop	在当前帧结束时停止设备采集	ICommand	RW
AcquisitionBurstFrameCount	每个FrameBurstStart trigger采集的帧数	IInteger	RW
AcquisitionFrameRate	控制帧采集速率（单位：赫兹）	IFloat	RW
AcquisitionFrameRateEnable	控制AcquisitionFrameRate功能是否可写入并用于控制采集速率。否则，采集速率由ExposureTime等其他功能的组合隐式控制。	IBoolean	RW
oeAcquisitionFrameRateLimitMode	选择限制采集framerate的因素	IEnumeration	RW

oeResultingFrameRate	显示实际采集framerate	IFloat	RO
oeMaxFrameRate	显示启用图像压缩时可达到的最大采集framerate	IFloat	RO
TriggerSelector	选择要配置的trigger类型	IEnumeration	RW
TriggerMode	控制所选trigger是否激活	IEnumeration	RW
TriggerSoftware	生成内部trigger	ICommand	RW
TriggerSource	指定用作trigger源的内部信号或物理输入线	IEnumeration	RW
TriggerOverlap	指定与前一帧或前一行允许的trigger重叠类型，定义何时接受（或锁存）新帧或新行的有效trigger	IEnumeration	RW
TriggerDelay	指定接收trigger后到激活之间的延迟时间（单位：微秒）	IFloat	RW
ExposureMode	设置曝光的操作模式	IEnumeration	RW
oeShortExposureEnable	启用短曝光模式	IBoolean	RW
oeDualExposureEnable	启用双曝光模式	IBoolean	RW
ExposureTime	当ExposureMode为Timed且ExposureAuto为Off时设置曝光时间	IFloat	RW
oeWaitTime1	双曝光模式下第一次和第二次曝光之间的时间延迟。	IFloat	RO
oeExposureTime2	双曝光模式下的第二次曝光时间。	IFloat	RO
oeWaitTime2	双曝光模式下第二次曝光后等待新采集的时间。	IFloat	RO
ExposureAuto	当ExposureMode为Timed时设置自动曝光模式	IEnumeration	RW
oeExposureAutoMin	设置自动曝光算法的下限	IFloat	RW
oeExposureAutoMax	设置自动曝光算法的上限	IFloat	RW
oeImageCompressionEnable	启用图像压缩算法	IBoolean	RW

oeFramesInBuffer	显示当前存储在板载内存中的帧数	Integer	RO
------------------	-----------------	---------	----

Table 22: Acquisition Control功能

6.3.1 Trigger overlap

Exposure Time与Frame Readout的关系

默认情况下，**TriggerOverlap**设置为OFF：如图84所示，在当前帧传输结束之前，不允许开始下一个曝光时段，即曝光时间与帧传输不能重叠。但在此配置下，曝光时间与帧传输之间的延迟具有高度可重复性。

综上，可以以较低的有效相机framerate为代价获得更高的确定性。

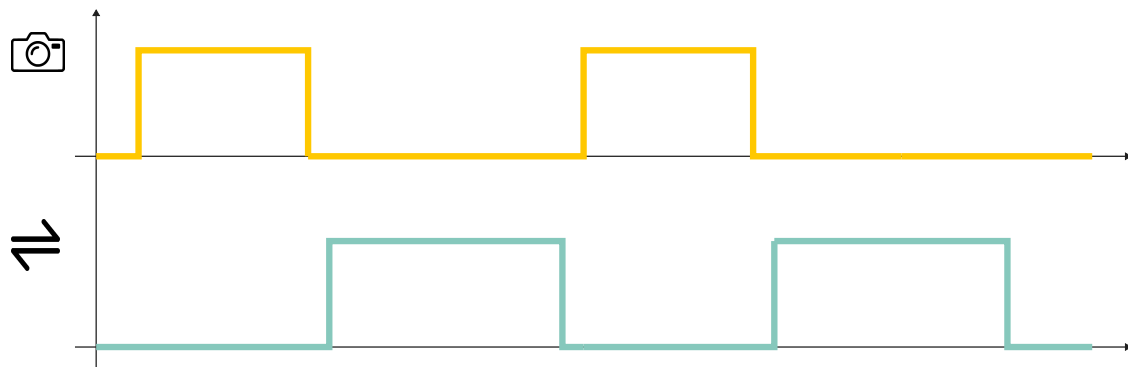


Figure 84: 当TriggerOverlap设置为OFF时，延迟高度可重复，但在当前帧传输至内部存储器之前，不能接受下一个曝光时段。从上至下依次显示传感器曝光和读出信号。

当**TriggerOverlap**配置为Readout时，曝光结束与帧传输开始之间的延迟变化性更大。但在前一帧仍从传感器传输至内存缓冲区期间，可以开始新的曝光。如图85所示，此模式下唯一的限制是避免连续传输间隔相互重叠。因此，可以实现更高的相机framerate（受以太网带宽限制），但帧传输时序的确定性会降低。

Readout模式对曝光时间的影响

ExposureTime的值受以下参数约束：

- **ExposureTimeMin**: 用户可设置的最小曝光时间。
- **ExposureTimeMax**: 用户可设置的最大曝光时间。

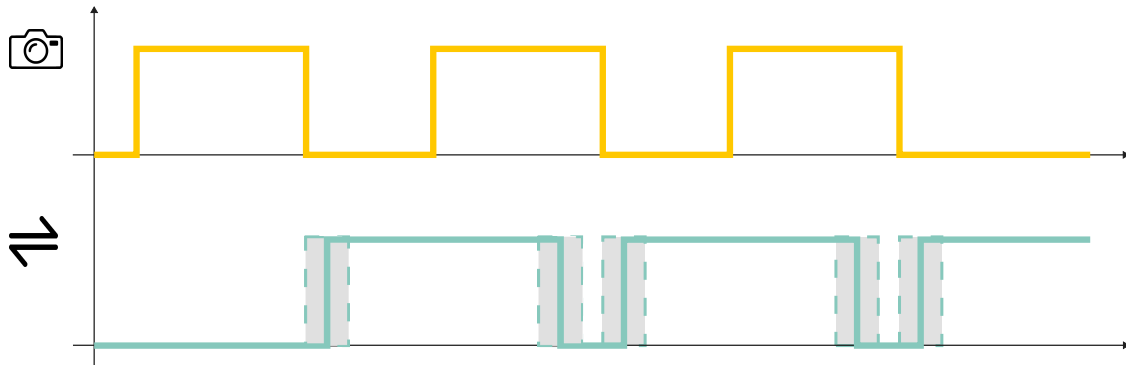


Figure 85: 当TriggerOverlap设置为Readout时，在当前帧传输至内部存储器期间可接受下一个曝光时段，但延迟不确定性更高。从上至下依次显示传感器曝光和读出信号。

- **ExposureTimeInc**: 增大/减小曝光时间的离散步进值。

ExposureTimeMax在两种TriggerOverlap配置（Off和Readout）下均为常数。

TriggerOverlap = Off和TriggerOverlap = Readout之间**ExposureTimeMin**的差异取决于传感器型号，通常可忽略不计。

TriggerOverlap主要影响**ExposureTimeInc**的值。

- 当TriggerOverlap = Off时，曝光时间粒度较细，约为数十纳秒量级。
- 当TriggerOverlap = Readout时，曝光时间粒度与传感器行周期密切相关，即图像传感器读取单行所需的时间。在此配置下，曝光时间增量取决于传感器型号，通常约为数十微秒量级。

无论如何，用户设置的**ExposureTime**会由设备根据当前相机配置自动调整。

6.3.2 Dual Exposure

Dual Exposure功能可以尽可能快地采集两帧图像，便于检测快速运动物体或使用不同光源。实现方式是将第一次传感器读出与第二次传感器曝光重叠，如图86所示。

默认情况下，**oeDualExposureEnable**功能不可用。Dual Exposure仅在TriggerMode设置为ON且TriggerOverlap配置为Readout时可用。当**oeDualExposureEnable**为ON时，**AcquisitionBurstFrameCount**将消失并自动设置为2。

Dual Exposure仅在设置了有效**TriggerSource**时可用。trigger启动以下流程：

- 第一次曝光时间**EXPOSURE TIME 1**遵循**ExposureMode**设置：其持续时间可以是**Timed**或**TriggerWidth**，如第6.3.4节所述。
- 第一次曝光完成后，需要**WAIT TIME 1**用于传感器操作。此时间代表两帧之间可实现的最小时间间隔，该时间固定不变。
- 在**EXPOSURE TIME 2**阶段，发生**trigger**重叠，相机在第一次传感器读出期间开始第二次曝光。**EXPOSURE TIME 2**与**SENSOR READOUT 1**等长，该时间固定不变。
- 第二次曝光结束后发生**WAIT TIME 2**，用于传感器操作和第二帧的传感器读出，该时间固定不变。

所有固定时间均由传感器决定，是双曝光模式下相机正确运行所必需的。这些值取决于传感器配置（ROI、Pixel Format、Binning和Decimation），可从**oeWaitTime1**、**oeExposureTime2**和**oeWaitTime2**功能中读取。

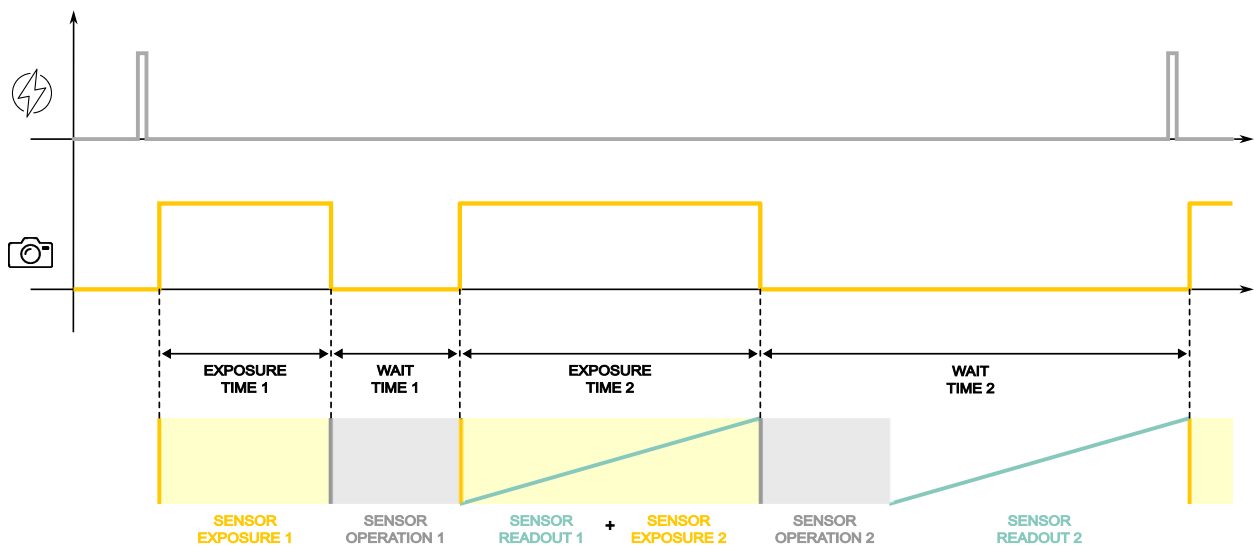


Figure 86: Dual Exposure时序与操作。从上至下依次显示trigger信号、传感器曝光信号和相机操作。

注意: 请注意，第二个hardware trigger只能在整个流程完成后（即WAIT TIME 2之后）触发。在WAIT TIME 1、EXPOSURE TIME 2或WAIT TIME 2期间接收到的所有trigger信号将被忽略。

注意: 在设计机器视觉系统时，应将WAIT TIME 1纳入考量，以根据应用需求正确选择相机型号。

注意: 启用Dual Exposure后，ChunkExposureTime仅显示EXPOSURE TIME 1的设定值（即Exposure Time字段中设置的值）。

6.3.3 Trigger delay

由于照明与曝光之间的同步可能较为复杂，可使用TriggerDelay功能将传感器曝光时段与外部照明准确对齐。

例如，考虑一个同时触发照明和相机曝光的触发设备的情况。若对齐不良，传感器无法收集全部光线（见图87），导致照明效率低下。

可使用TriggerDelay功能来移动Itala相机的曝光时间，以完全覆盖照明器的开启时间（见图88）。

注意: 在有效延迟期间接收到的多个trigger事件将在内部排队，并在设定延迟后依次执行。相机缓冲区最多可存储64个trigger信号，确保在高速率操作期间不丢失任何trigger。

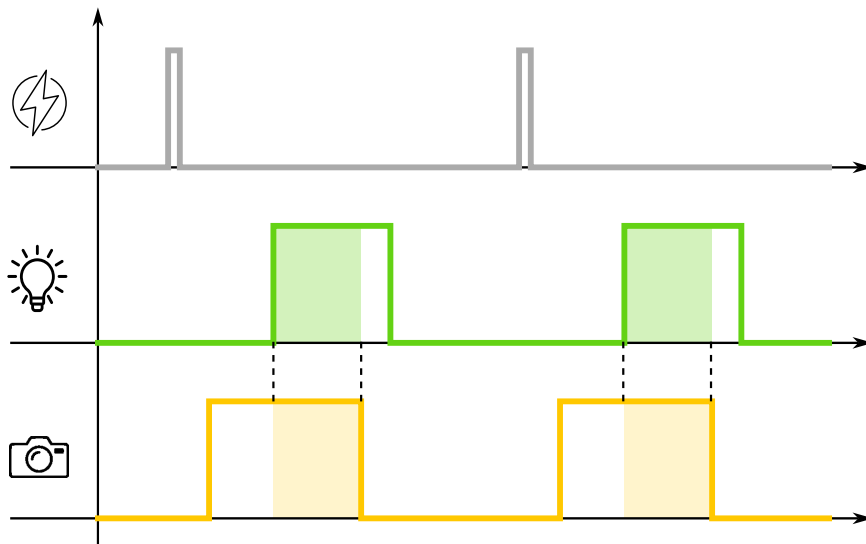


Figure 87: 照明与相机曝光时间未正确对齐。从上至下依次显示trigger信号、照明时段和相机曝光时间。

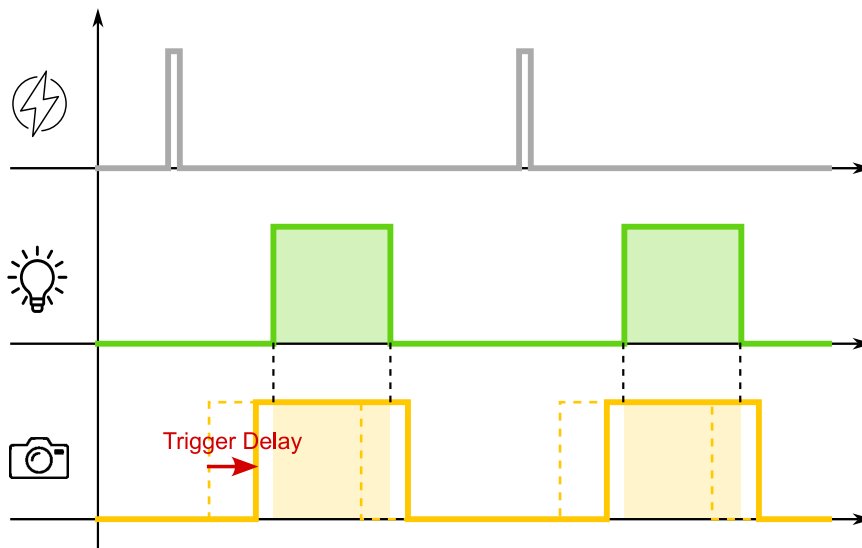


Figure 88: 照明与相机曝光时间正确对齐。从上至下依次显示trigger信号、照明时段和相机曝光时间。

6.3.4 Timed与TriggerWidth曝光模式

曝光模式可以是**Timed**或**TriggerWidth**。

选择**Timed Exposure**时，传感器曝光时间通过**ExposureTime**或**ExposureAuto**功能设置。此情况下，曝光时间可表示为：

$$SensorExposureTime = ExposureTime \quad (1)$$

例如，若 $ExposureTime = 500\mu s$ ，则图像传感器曝光时间为 $500\mu s$ 。

选择**TriggerWidth Exposure**时，曝光时长等于当前trigger信号脉冲的宽度。实际上，对于某些图像传感器，实际曝光时间可按以下公式计算：

$$SensorExposureTime = TriggerPulse + ExposureOffset \quad (2)$$

其中：

- $SensorExposureTime$ 为图像传感器的总曝光时间。
- $TriggerPulse$ 等于外部trigger信号。
- $ExposureOffset$ 为图像传感器收集光线的额外固有时段。

此情况下，若提供给相机的trigger脉冲为 $500\mu s$ ，还需考虑传感器曝光偏移的固有贡献，导致总曝光时间超过 $500\mu s$ 。

一般而言，曝光偏移取决于图像传感器，约为数微秒至数十微秒量级。

注意: 选择**TriggerWidth Exposure**时，**ExposureTime**字段作为允许的最大脉冲宽度。若提供的**trigger**信号脉冲宽度超过该值，采集的帧曝光时间将被限制在**ExposureTime**字段的值。

注意: 选择**TriggerWidth Exposure**时，**ChunkExposureTime**显示**ExposureTime**字段中设置的值。

6.3.5 Image Compression

图像压缩功能可使用无损算法对采集的帧进行压缩。

该算法的压缩比不是恒定值，而是可变的，取决于所采集的图像。尤其是，压缩比与构成图像的像素熵成反比。因此，压缩比受图像噪声影响，建议使用低gain水平。典型压缩比在1.5至2之间。

启用**图像压缩**后，图像有效载荷大小可减小，从而在相同带宽下提高framerate。这是因为图像有效载荷大小（连同曝光时间、采集模式及binning和decimation等其他图像处理功能）在假设链路带宽固定的情况下控制相机的framerate（参见第6.1.2节中的DeviceLinkThroughputLimit功能）。

要启用**图像压缩**，需设置**oeImageCompressionEnable**参数。启用压缩后，相机自动压缩帧，计算新的图像有效载荷大小，并根据新的大小值调整framerate以占用全部可用带宽(DeviceLinkThroughputLimit)。结果是算法尽可能地提升相机速度。

所有这些操作仅在启用压缩时由相机自动执行；用户只需配置其他相机参数即可。

仅在启用图像压缩时相机可达到的最大framerate由**oeMaxFrameRate**参数显示，而绝对最大framerate由图像传感器的速度决定。

注意: 图像压缩仅支持8位像素格式：*Mono8*、*BayerRG8*、*BayerGR8*、*BayerGB8*、*BayerBG8*、*Polarized00Mono8*、*Polarized00BayerRG8*、*Polarized00BayerGR8*、*Polarized00BayerGB8*和*Polarized00BayerBG8*。

注意: 图像压缩在**oeAcquisitionFrameRateLimitMode**设置为**oeLinkThroughput**时受支持。

注意: 启用图像压缩后, 不支持Chunk数据。

解压缩算法已在Opto Engineering® GenTL producer (.cti) 中实现, 因此不依赖Opto Engineering® GenTL producer (.cti) 的第三方软件不支持解压缩。

图89展示了一个实现示例: 两台相机共享1 Gbps带宽, 每台相机可用带宽为0.5 Gbps (DeviceLink-ThroughputLimit = 62500000)。若压缩能达到2倍速度, 两台相机即使只有一半带宽也能达到相同的framerate。

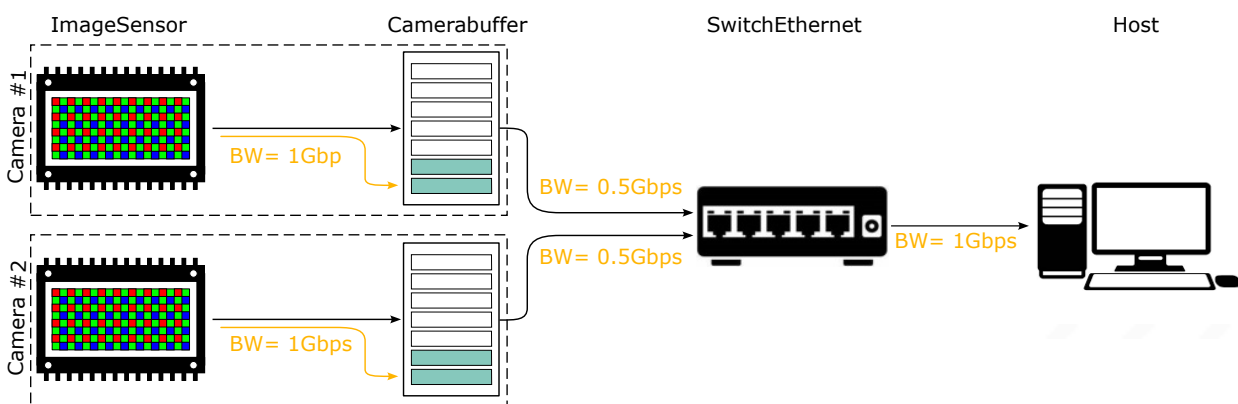


Figure 89: 启用图像压缩的多相机系统示例。

6.4 Analog Control

本节介绍如何调整图像的模拟特性, 如gain、黑电平和gamma。

功能	描述	接口	访问
Gain	以绝对物理值控制所选gain	IFloat	RW
GainAuto	设置自动增益控制 (AGC) 模式	IEnumeration	RW
oeGainAutoMin	设置自动gain算法的下限	IFloat	RW
oeGainAutoMax	设置自动gain算法的上限	IFloat	RW
BlackLevel	以绝对物理值控制模拟黑电平	IFloat	RW
BalanceRatioSelector	选择要控制的白平衡比率	IEnumeration	RW

BalanceRatio	控制所选颜色分量的比率	IFloat	RW
BalanceWhiteAuto	控制颜色通道之间自动white balance的模式，白平衡比率自动调整	IEnumeration	RW
oeGammaEnable	启用gamma校正，LUT功能将被禁用	IBoolean	RW
Gamma	控制像素强度的gamma校正	IFloat	RW

Table 23: Analog Control功能

6.4.1 Gain

Gain是应用于像素值的乘数因子，用于在弱光条件下提高图像亮度。

然而，传感器gain会无差别地放大有用信号和不期望的噪声：如图90所示，图像亮度随gain成比例增加，但在高gain值时，由于噪声过大，图像质量可能下降。



Figure 90: 不同增益下的图像

6.4.2 白平衡

白平衡功能允许调整彩色相机三个颜色通道（R、G、B）的响应。

通常，彩色传感器对三个颜色坐标的灵敏度各不相同：这主要是由于图像传感器上方的拜耳滤光片对不同颜色的响应不同所致。

图91（左图）展示了彩色传感器的典型特性：即使在外部光线完全均匀（即平坦光谱）的情况下，各像素的响应也并不一致（灰度均值不同），因此绿色像素将比红色和蓝色像素更亮。

为消除这种不均匀性，可对三个颜色通道各施加一个缩放因子：

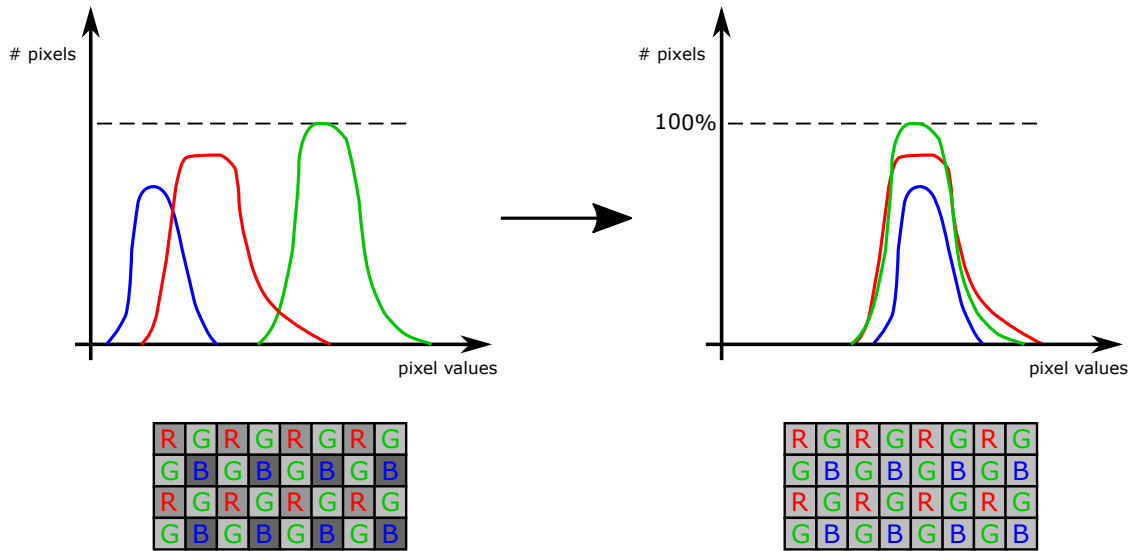


Figure 91: 左图为彩色传感器典型光谱灵敏度的直方图；右图为完成白平衡后相机的直方图。

$$R_{out} = K_{red} * R_{in} \quad (3)$$

$$G_{out} = K_{green} * G_{in} \quad (4)$$

$$B_{out} = K_{blue} * B_{in} \quad (5)$$

为进一步简化此操作，可将某一颜色通道保持不变（通常为绿色通道，因为它是拜耳阵列中占比最大的颜色）。因此，红色和蓝色通道的白平衡系数可写为：

$$R_{out} = K_{red} * R_{in} \quad (6)$$

$$G_{out} = G_{in} \quad (7)$$

$$B_{out} = K_{blue} * B_{in} \quad (8)$$

其中：

$$K_{red} = G_{in}/R_{in} \quad (9)$$

$$K_{blue} = G_{in}/B_{in} \quad (10)$$

如上述公式所示，**BalanceRatio** 用于设置 K_{red} 和 K_{blue} 系数，而 K_{green} 固定为 1。白平衡处理的效果如图91（右图）所示：三个通道经过均衡，显示相同的灰度均值。

Itala 相机提供自动平衡三个颜色坐标的功能：为此，必须启用 **BalanceWhiteAuto** 功能。BalanceWhiteAuto 算法基于灰色世界假设：该假设的前提是，在色彩平衡良好的彩色图像中，所

有颜色的平均值为中性灰。

因此，为获得完美的白平衡，请按照以下步骤操作：

- 开始 free-run 采集；
- 确保在图像的ROI（感兴趣区域）内放置均匀样品（例如白色中性背景）；
- 启用 BalanceWhiteAuto（连续模式或单次模式）；
- 若使用连续模式自动白平衡，校正完成后请禁用 BalanceWhiteAuto；
- 移除均匀中性背景；
- 相机现已完成平衡，可以正常使用。

自动白平衡过程示例如图92所示：左侧显示未校正图像，右侧显示白平衡校正后的图像。

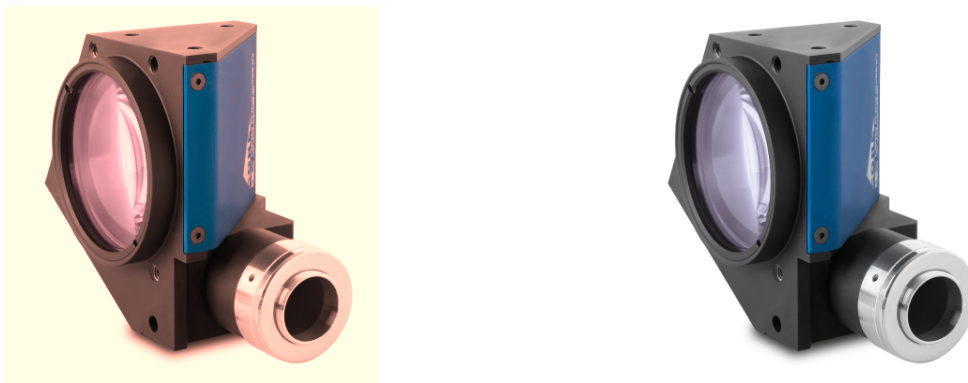


Figure 92: 左侧显示未校正图像，右侧显示白平衡校正后的图像。

6.4.3 Gamma correction

Gamma校正是一种非线性运算，遵循公式11：

$$V_{out} = V_{in}^{\gamma} \quad (11)$$

其中， V_{out} 为gamma校正后第 n 个像素的灰度值， V_{in} 为第 n 个像素的灰度值， γ 为非线性变换系数，通过 **Gamma** 功能设置。

该操作在图93中清晰展示：校正后"黑色"和"白色"像素保持不变，而中间灰度像素则被重新映射到非线性曲线上，根据 γ 值的不同，可增强暗部或亮部特征。

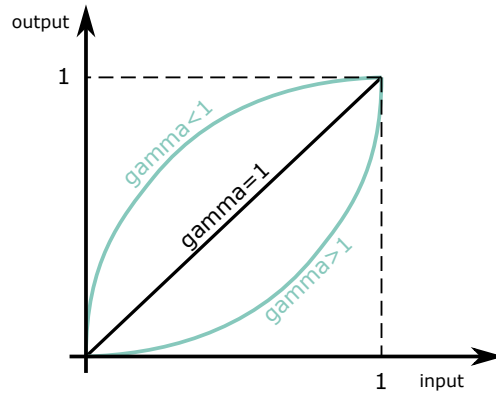


Figure 93: $\gamma = 1$ 、 $\gamma < 1$ 和 $\gamma > 1$ 时的 gamma 校正曲线，X轴和Y轴已归一化。

图94展示了 gamma 校正的应用示例。

$\gamma < 1$ 可扩展暗区的数值范围并压缩亮区，适用于观察图像暗部细节。反之， $\gamma > 1$ 压缩暗区的数值范围并扩展亮区，适用于观察图像亮部细节。

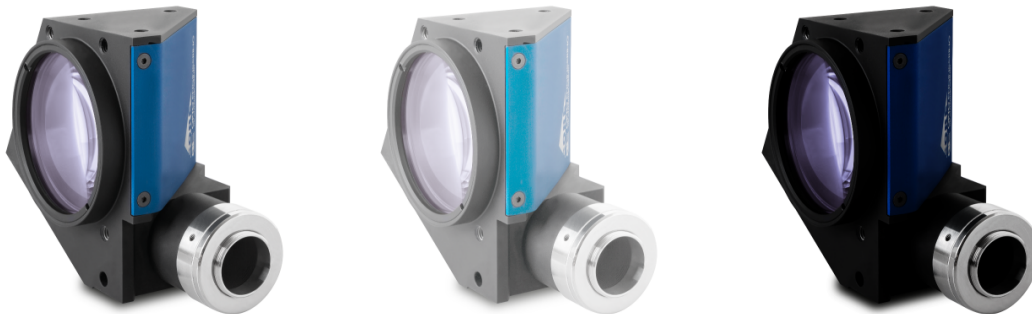


Figure 94: 不同 γ 值下的图像：左图 $\gamma = 1$ ，中图 $\gamma < 1$ ，右图 $\gamma > 1$

请注意，若 LUT 功能已启用，则无法使用 Gamma 校正（参见第 6.6.1 节）。

6.4.4 Black level

BlackLevel 是一个以灰度级表示的偏移值，可叠加到图像的所有像素上。

向图像添加 black level 值的效果是将像素直方图向饱和电平方向移动（如图 95 所示）。

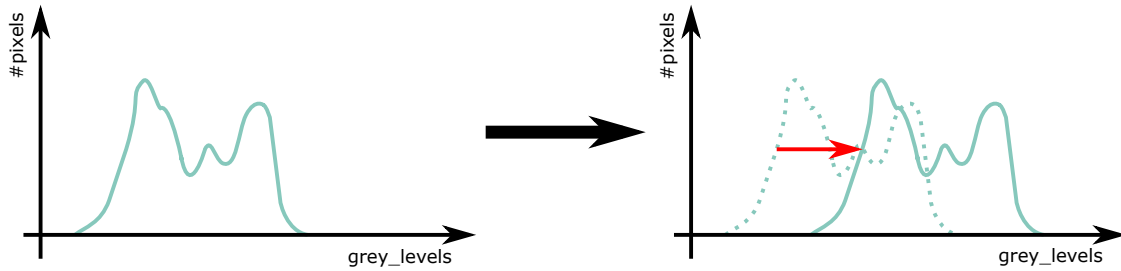


Figure 95: black level 将像素直方图向更高像素值方向移动。

6.5 OE Auto Functions Control

本节包含与自动曝光和自动增益控制相关的所有功能。

功能	描述	接口	访问
oeAutoTargetBrightness	自动增益和自动曝光功能所使用的图像目标亮度水平（百分比）	Integer	RW
oeResultingBrightness	图像的当前实际亮度水平（百分比）	Integer	R
oeAutoDampingFactor	自动增益和自动曝光功能使用的控制值（百分比），用于减少算法振荡	Integer	RW
oeAutoConfidence	自动增益和自动曝光功能使用的目标值迟滞范围。较大的值可提高图像稳定性，但会增加亮度误差	Integer	RW
oeAutoAOIWidth	用于自动功能计算的区域宽度（像素）	Integer	RW
oeAutoAOIHeight	用于自动功能计算的区域高度（像素）	Integer	RW
oeAutoAOIOffsetX	用于自动功能计算的区域相对于原点的水平偏移量（像素）	Integer	RW
oeAutoAOIOffsetY	用于自动功能计算的区域相对于原点的垂直偏移量（像素）	Integer	RW

Table 24: OE Auto Functions Control 功能

6.5.1 OE AutoAOI

ExposureAuto 和 **GainAuto** 可对全帧图像或专用的感兴趣区域（AOI）进行计算。

在第一种情况下，自动功能在整个有效帧范围内计算，即由 **Width** 和 **Height** 参数定义的区域。

在第二种情况下，采集区域与自动功能区域可以解耦，如图96所示。灰色区域代表设备传输的所有有效像素，蓝色区域定义了用于 **ExposureAuto** 和 **GainAuto** 计算的区域。

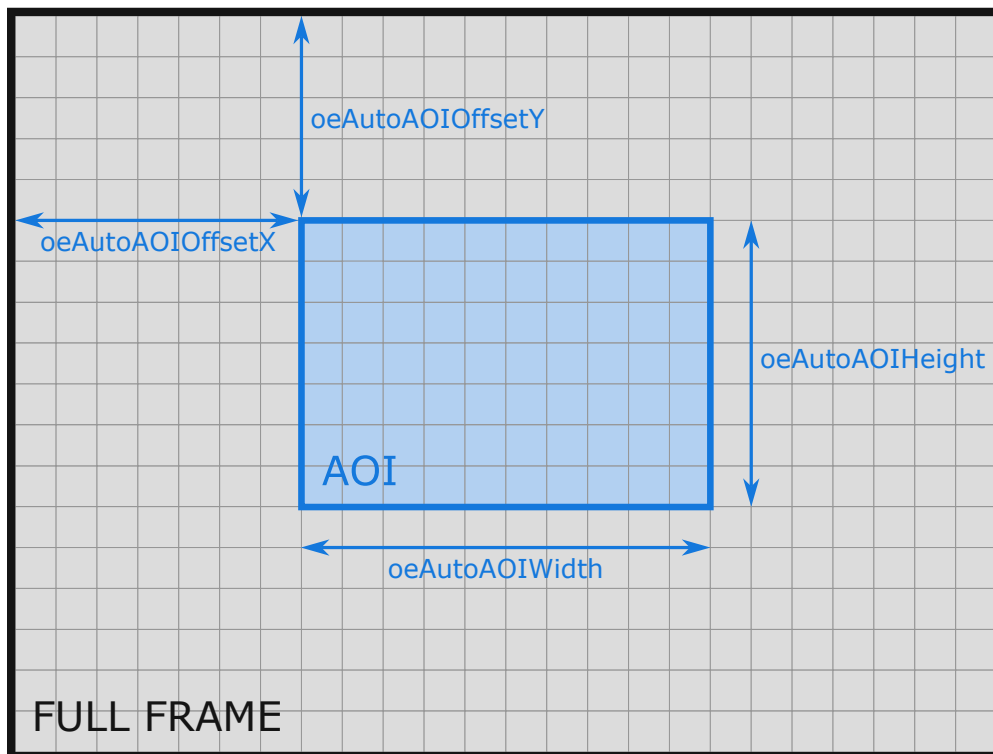


Figure 96: 灰色区域包含采集过程中传输的所有有效像素。蓝色区域定义了用于自动曝光/自动增益计算的区域；该区域之外的像素（灰色区域）不参与自动功能计算。

自动功能的AOI可在 **oeAutoFunctionControl** 类别中进行配置。

参考图96，以下节点可供使用：

- **oeAutoAOIWidth**: 自动功能作用区域的宽度（像素）。
- **oeAutoAOIHeight**: 自动功能作用区域的高度（像素）。
- **oeAutoAOIOffsetX**: 自动功能作用区域的水平偏移量（像素）。
- **oeAutoAOIOffsetY**: 自动功能作用区域的垂直偏移量（像素）。

此外，当配置了缩小的ROI时（例如，为限制传感器区域并减少传输数据量），可单独为自动曝光/自动增益定义一个AOI，如图97所示。

在图97中，AOI（蓝色）定义了用于自动曝光/自动增益计算的区域，ROI（红色）定义了设备传输的有效像素区域，而其余像素（灰色）则被排除在采集和自动功能处理之外。

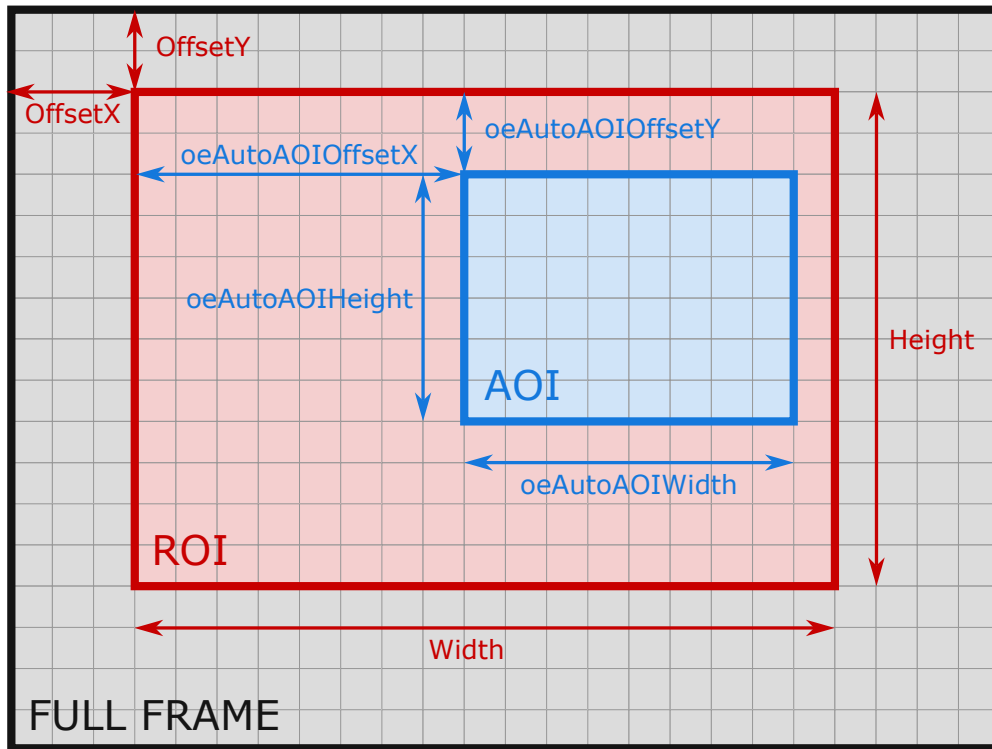


Figure 97: AOI（蓝色）定义自动曝光/自动增益计算区域；ROI（红色）定义有效采集区域；所有灰色像素不参与采集和自动功能计算。

6.5.2 OE Autoexposure/Autogain

当无法预先确定所需的正确曝光时间以获得足够亮度，或目标的照明条件随时间变化时，可使用自动曝光和自动增益功能，在外部光线条件不稳定的情况下获得稳定的亮度水平。

例如，参考图98：在采集开始时（即第一帧），图像的平均灰度值为50。通常，良好的曝光应使平均灰度值位于满量程范围的中间（8位图像约为127），因此可在 **oeAutoTargetBrightness** 功能中将目标亮度设置为全动态范围的50%。如图98所示，平均灰度值将自动调整以达到目标亮度127。

为避免曝光时间的持续调整，可通过 **oeAutoConfidence** 功能设置一个阈值：这样，算法对微小

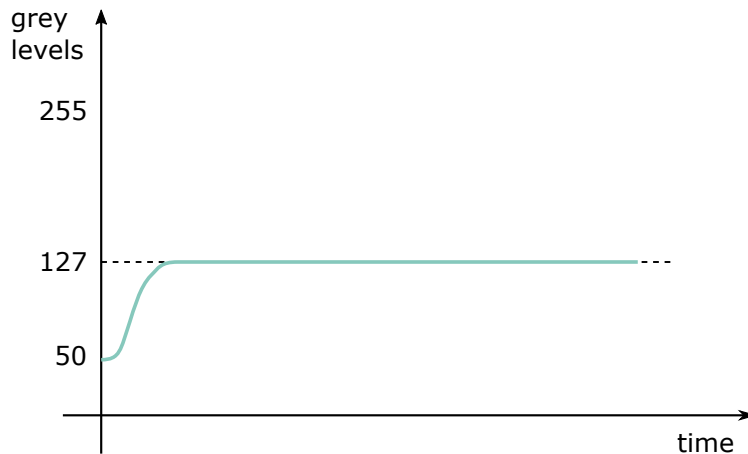


Figure 98: autoexposure 激活时平均灰度值随时间的变化。

的外部光线波动不敏感，仅在灰度值发生明显变化时才启动调整（见图99）。

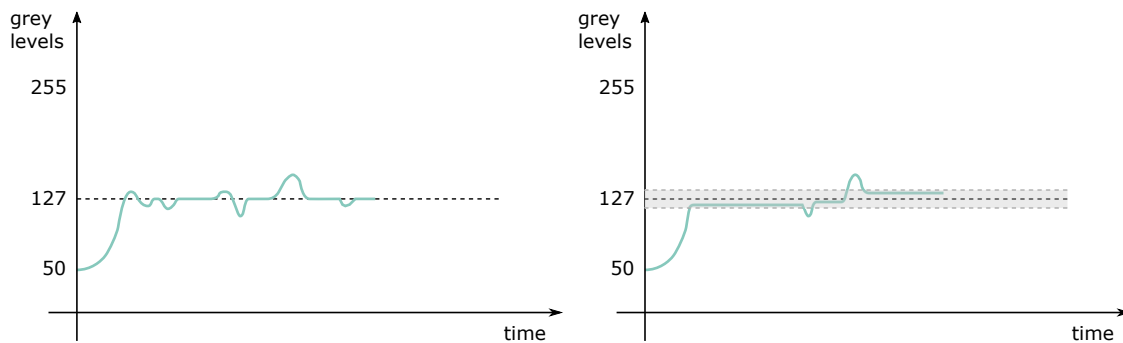


Figure 99: 由于外部光线变化引起的曝光时间持续调整（左图）可通过在目标亮度周围添加置信度范围来减缓（右图）。

autogain/autoexposure 算法的行为可通过 **oeAutoDampingFactor** 节点进行调整：该参数值较低时，稳定性更高但响应速度较慢；反之，较高的值可加快算法响应速度，但可能导致不稳定行为（见图100）。

若光线条件较差，则需要较长的曝光时间才能达到所需亮度：在某些情况下，这可能导致相机帧率不必要地降低。

为避免这种情况，可设置曝光时间的最小值和最大值，以限制 autoexposure 算法计算出的曝光时间（即分别为 **oeExposureAutoMin** 和 **oeExposureAutoMax**）：例如，如图101所示，若达到目标亮度所需的曝光时间超过 **oeExposureAutoMax** 值，则目标灰度值无法达到，但帧率不会因过长的曝光时间而受到影响。

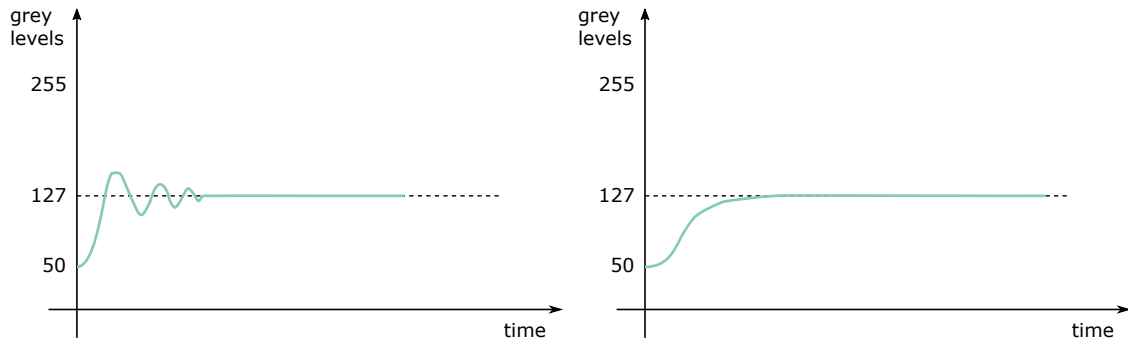


Figure 100: 低阻尼因子情况下（左图）算法响应快，但可能出现振荡；高阻尼因子情况下（右图）算法稳定，但可能需要较长时间才能收敛。

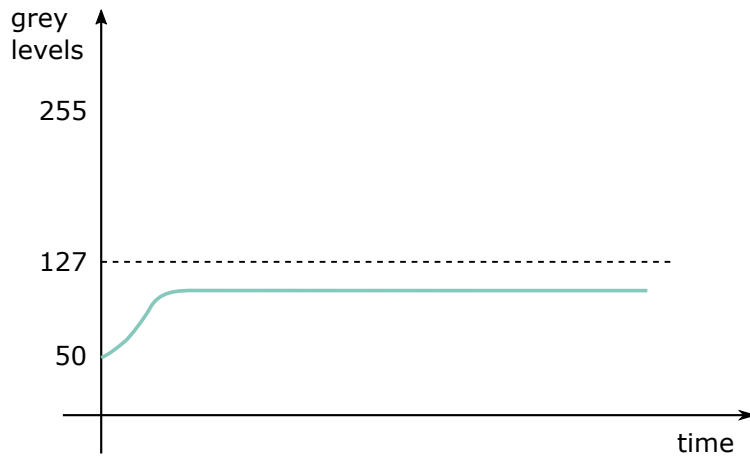


Figure 101: 设置 oeExposureAutoMax 后，目标亮度可能无法达到，但可避免长时间曝光，从而防止相机帧率降低。

6.6 LUT Control

本章功能描述与查找表（LUT）相关的功能。

功能	描述	接口	访问
LUTSelector	选择要控制的LUT	IEnumeration	RW
LUTEnable	激活所选LUT	IBoolean	RW
LUTIndex	控制所选LUT中要访问的系数的索引（偏移量）	IInteger	RW
LUTValue	返回LUTSelector所选LUT中LUTIndex条目处的值	IInteger	RW

Table 25: LUT Control 功能

6.6.1 LUT

LUT（查找表）功能允许用户在像素级别设置变换：LUT输入端特定灰度值可被替换为新的灰度值。所有具有相同灰度值的像素以相同方式处理。

参考图102中的图表：第一个图表未应用LUT，因此输出灰度值等于输入灰度值（例如灰度值127在LUT输出端仍为127）；第二个图表应用了二值阈值化：灰度值低于127（以8位图像为例）的所有像素被设为0（黑色），其余像素被设为255（白色）。

图103展示了上述两种变换的结果。

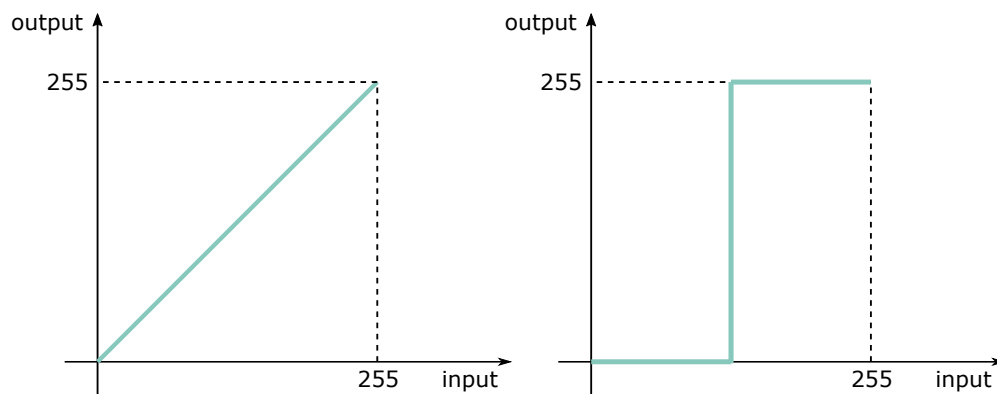


Figure 102: 两种典型的输入输出传递函数：左图未应用LUT，右图采用二值阈值化。

请注意，若Gamma功能已启用，则无法使用LUT（参见第6.4.3节）。
有关 Itala View LUT向导的更多信息，请参阅第4.7.4节。

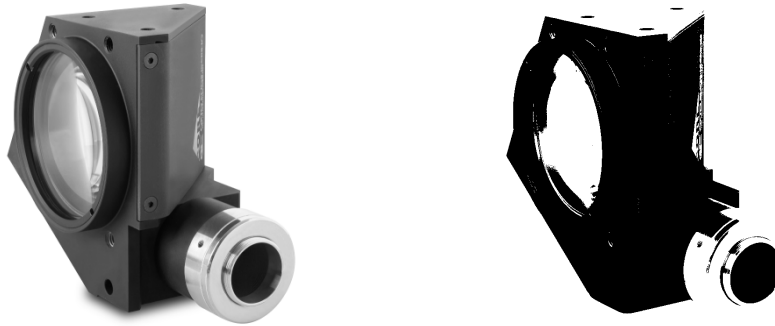


Figure 103: 左图未应用LUT，右图采用二值阈值化。

6.7 Color transformation control

色彩变换部分描述了设备中与色彩变换相关的所有功能。

功能	描述	接口	访问
ColorTransformationSelector	选择由各色彩变换功能控制的色彩变换模块	IEnumeration	RW
ColorTransformationEnable	激活所选色彩变换模块	IBoolean	RW
ColorTransformationValueSelector	选择所选色彩变换模块中变换矩阵的增益因子或偏移量	IEnumeration	RW
ColorTransformationValue	表示变换矩阵中所选增益因子或偏移量的值	IFloat	RW

Table 26: Color Transformation Control 功能

6.7.1 Color Correction Matrix (CCM)

获得良好的色彩保真度颇具挑战，这是因为图像的颜色取决于相机滤光片，尤其取决于照明条件。由于照明条件因应用而异，有时需要对颜色进行校正以获得合适的色彩保真度。

色彩校正矩阵（**CCM**）通过对增益/偏移量进行调整来修正图像的输出颜色，如下所示：

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Gain00 & Gain01 & Gain02 \\ Gain10 & Gain11 & Gain12 \\ Gain20 & Gain21 & Gain22 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Offset_0 \\ Offset_1 \\ Offset_2 \end{bmatrix}$$

其中 R' 、 G' 和 B' 为校正后的颜色坐标， R 、 G 和 B 为未校正的颜色坐标。

增益和偏移量可由用户自由编辑，但为获得最佳校准效果，Itala View 中已提供专用向导。请参阅第4.7.6节了解该校准程序的步骤。

色彩校正矩阵也用于色彩空间之间的转换：例如，若选择YUV像素格式，相机将自动加载正确的系数以从RGB色彩空间转换至YUV色彩空间：

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix}$$

有关CCM系数的正确调整，请参阅第4.7.6节。

6.7.2 如何进行正确的色彩校准

为使用 Itala 相机进行正确的色彩校准，可使用 Itala View 并按以下步骤操作：

1. 在适当的照明条件下，选择水平线分析选项卡（中央下方面板），并绘制一个仅包含色彩测试卡底部灰阶色块的ROI（图104）。
2. 显示图像中的每个灰阶色块应与色彩测试卡规定的参考值匹配。
因此，需要调整 *ExposureTime* 和 *Gamma* 值以实现完美匹配（图105）。此步骤暂时只考虑绿色通道（当前像素值显示在图像显示面板的右下角）。
3. 绿色通道调整完成后，使用 *BalanceRatioSelector* 和 *BalanceRatio* 功能对红色和蓝色通道执行相同操作。
此步骤请勿使用自动白平衡功能，并持续监控水平线分析选项卡。当R、G、B曲线完全重叠时，白平衡达到最佳状态（图106）。
4. 现在可以使用 Itala View 工具面板中的专用向导进行色彩校准：色彩校正向导的正确使用说明详见第4.7.6节（图107）。
校准完成后，结果将类似于图108所示。

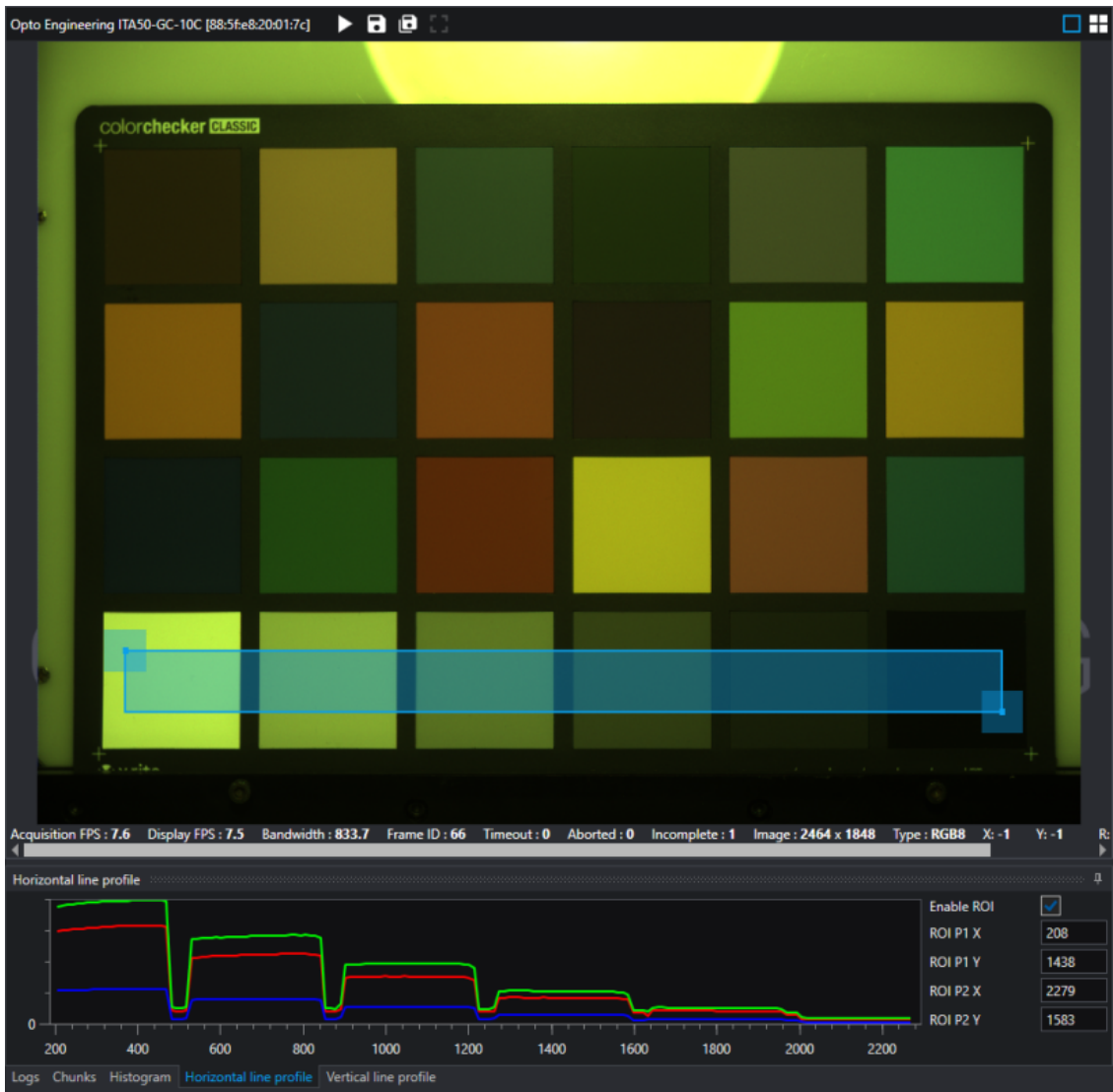


Figure 104: 色彩校准程序第一步：设置适当的ROI（仅包含色彩测试卡的灰阶色块）并在水平线分析仪中查看结果。

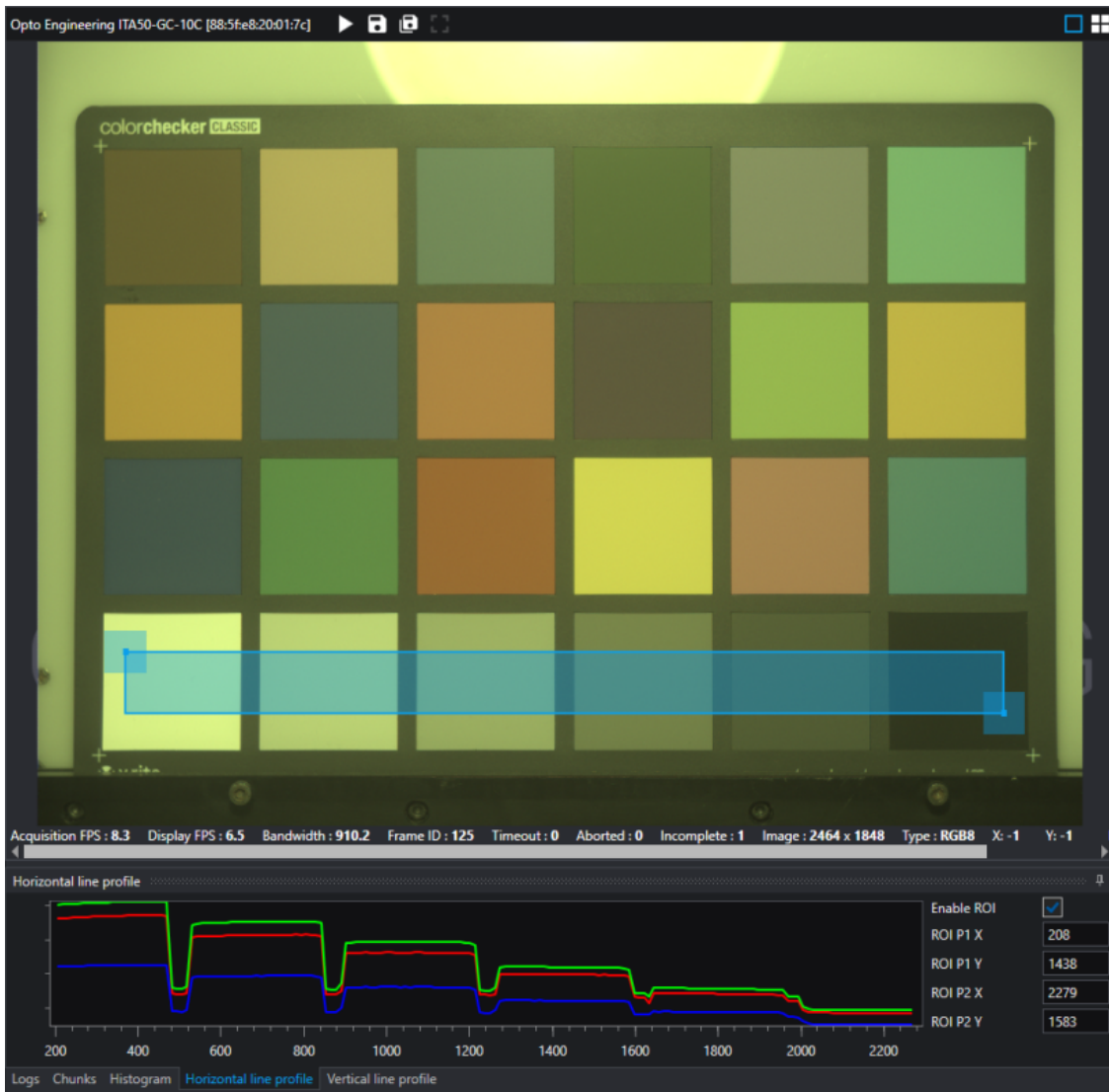


Figure 105: 色彩校准程序第二步：调整曝光时间和 *Gamma*，使绿色通道与色彩测试卡规定值匹配。

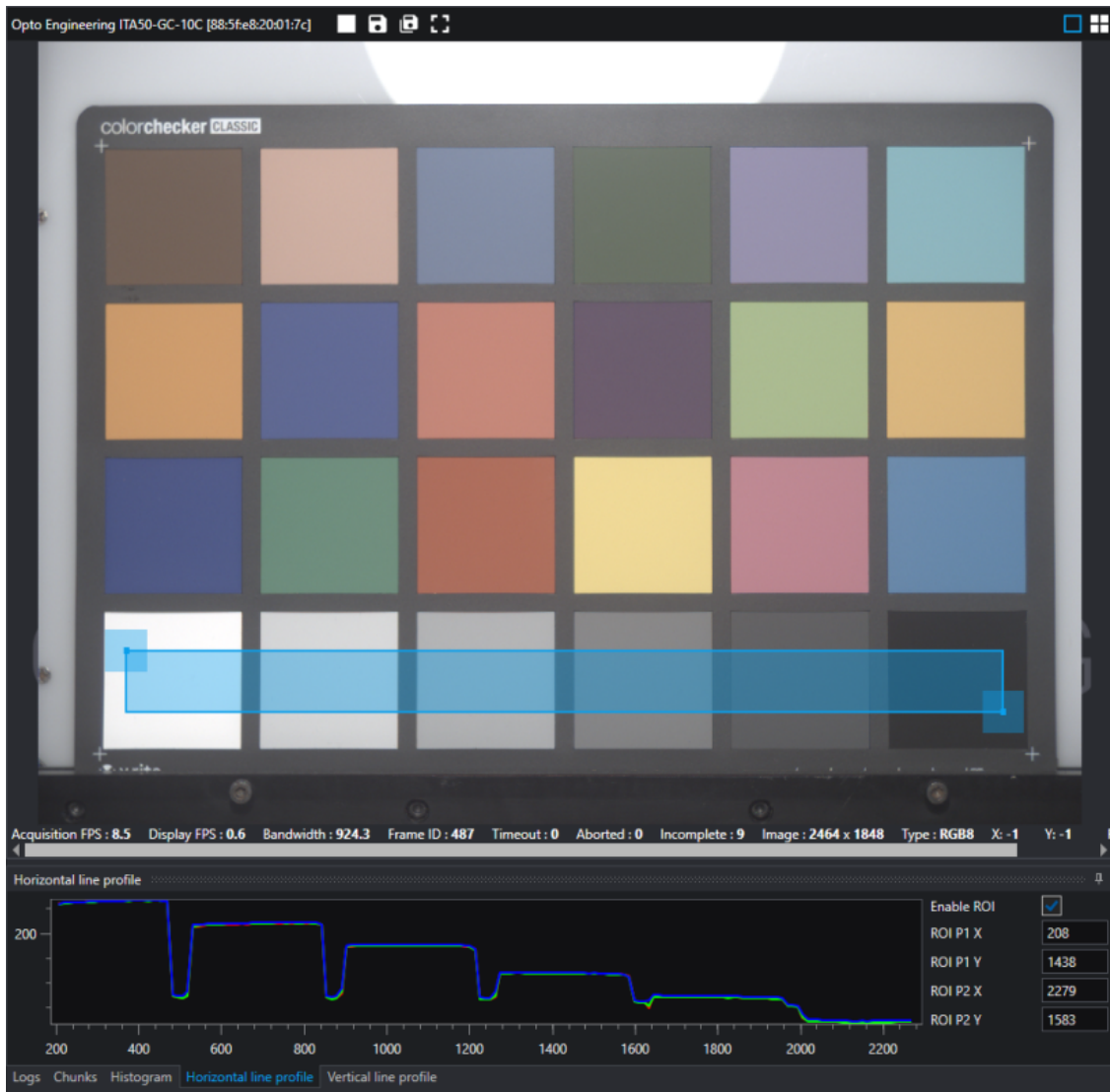


Figure 106: 色彩校准程序第三步：使用 *BalanceRatio* 功能调整红色和蓝色通道，使三条颜色曲线在水平线分析选项卡中完全重叠。

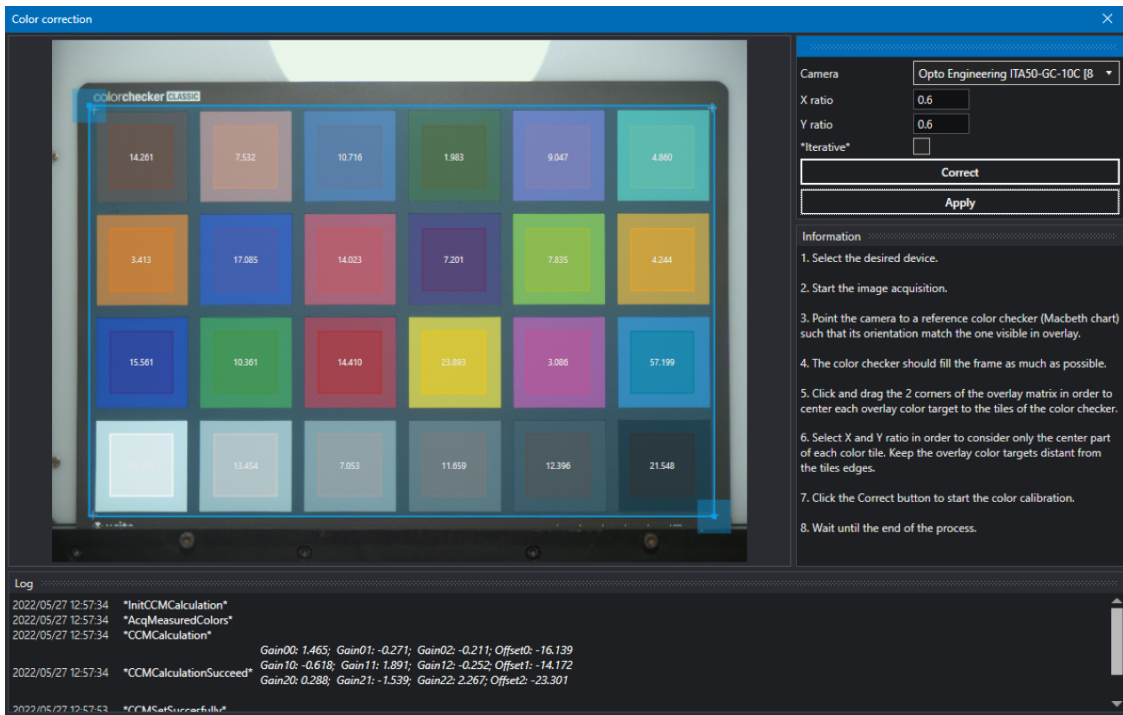


Figure 107: 色彩校准程序第四步：使用 Itala View 的色彩校正向导，按照向导提示完成色彩校准。



Figure 108: 色彩校准程序完成后的色彩测试卡。

6.8 Digital I/O Control

数字I/O章节涵盖了控制设备通用输入和输出信号所需的功能，包括用于触发timer、counter的输入和输出控制信号，以及用户可配置输入或输出位等静态信号。

功能	描述	接口	访问
LineSelector	选择要配置的外部设备连接器物理线路（或引脚）或传输层虚拟线路	IEnumeration	RW
LineMode	控制物理线路用于输入还是输出信号	IEnumeration	RW
LineInverter	控制所选输入或输出线路信号的反相	IBoolean	RW
LineStatus	返回所选输入或输出线路的当前状态	IBoolean	R
LineStatusAll	以单一位字段的形式返回轮询时所有可用线路信号的当前状态	IInteger	R
LineSource	选择在所选线路上输出的内部采集或I/O源信号	IEnumeration	RW
oeDebounceEnable	启用输入去抖电路，用于过滤输入信号并忽略虚假切换。	IBoolean	RW
oeDebounceAmount	输入信号需保持稳定的时间量，以被识别为有效输入	IFloat	RW
oePulseGeneratorEnable	使用由 LineSource 指定的信号上升沿触发的脉冲覆盖输出信号	IBoolean	RW
oePulseGeneratorPeriod	设置输出信号脉冲的持续时间	IFloat	RW
UserOutputSelector	选择由 UserOutputValue 设置的用户输出寄存器位	IEnumeration	RW
UserOutputValue	设置由 UserOutputSelector 选择的位的值	IBoolean	RW
UserOutputValueAll	设置用户输出寄存器所有位的值	IInteger	RW

UserOutputValueAllMask	设置写入掩码，在将 UserOutputValueAll 指定的值写入用户输出寄存器之前应用	Integer	RW
------------------------	--	---------	----

Table 27: Digital I/O Control 功能

6.8.1 Input Stage

数字I/O模块包含一个用于输入trigger信号和同步输出的板载处理级。

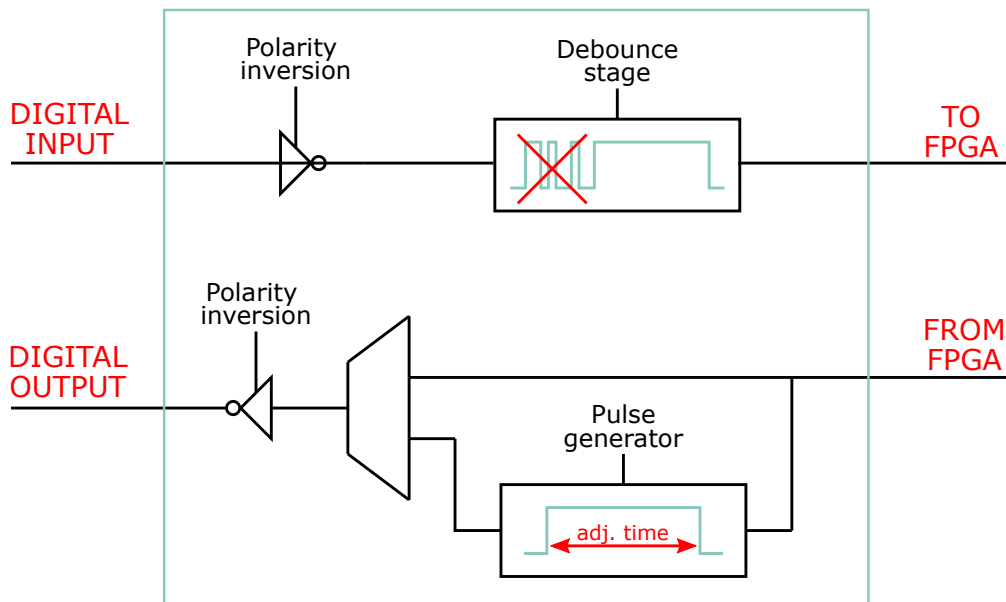


Figure 109: 数字I/O级示意图。

当输入trigger采用低电平有效逻辑时（即需要检测下降沿），必须激活 **LineInverter** 功能。该功能同样适用于同步输出。

6.8.2 Debouncer

去抖器是一种用于抑制输入trigger信号上噪声、尖峰和振荡的功能。它通常用于可能因此类干扰而引发意外触发事件的系统中。

图110展示了去抖逻辑的工作原理。

持续时间短于 $T_{DEBOUNCE}$ （在GenICam树中以 **oeDebounceAmount** 表示）的输入脉冲被视为

虚假脉冲并予以丢弃，而持续时间超过此值的脉冲则被视为有效脉冲。

该级自然会引入固有的处理延迟，因为在判断输入脉冲是否有效之前，必须经过等于 `oeDebounceAmount` 的时间间隔。

注意: 要启用去抖器，必须将布尔功能 `oeDebounceEnable` 设置为 `ON`。

注意: 默认情况下，始终存在 $1\ \mu\text{s}$ 的固有去抖周期，用于抑制光电隔离输入上的高频振荡。

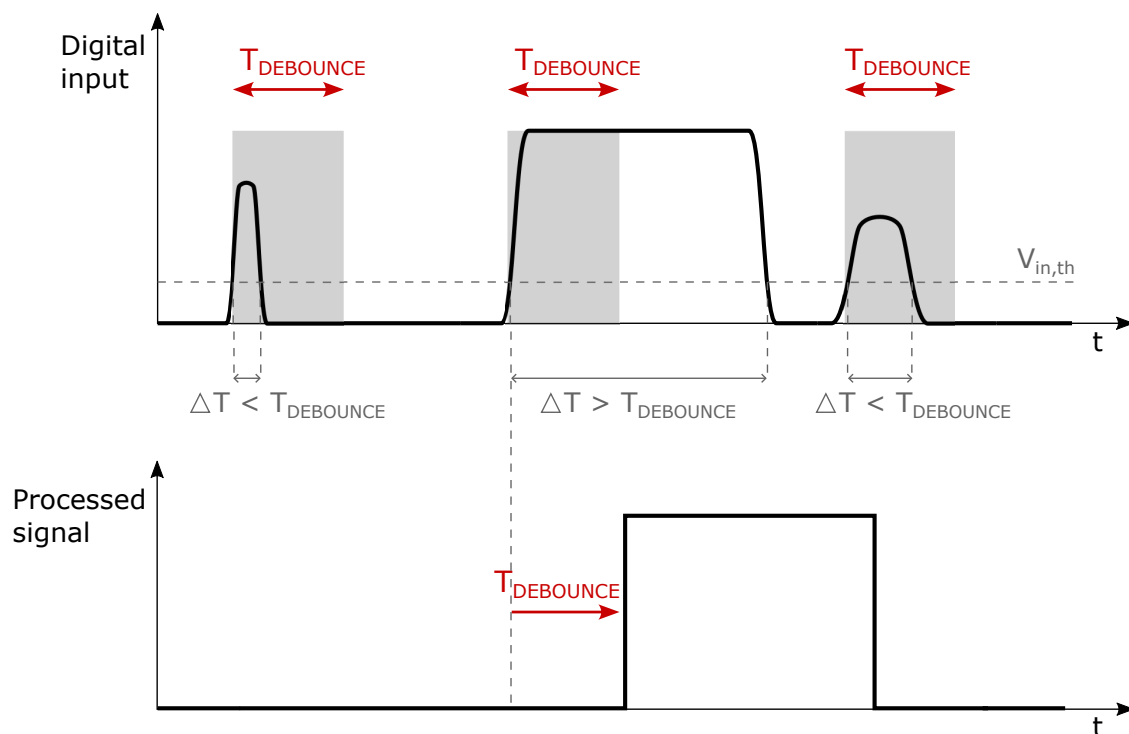


Figure 110: 去抖器工作原理：持续时间短于 `oeDebounceAmount` 的脉冲被视为干扰尖峰而丢弃，持续时间更长的脉冲则被接受为有效trigger信号。

此外，可启用额外的保护机制以进一步提高输入trigger对噪声和干扰的鲁棒性。

启用 `oeDeglitchEnable` 功能后，输入去毛刺电路将过滤持续时间短于 `oeDebounceAmount` 的负向脉冲。去毛刺级仅在去抖器（`oeDebounceEnable`）启用时工作。

图111展示了去毛刺逻辑的功能原理。

注意: 去毛刺周期始终与去抖周期相同。

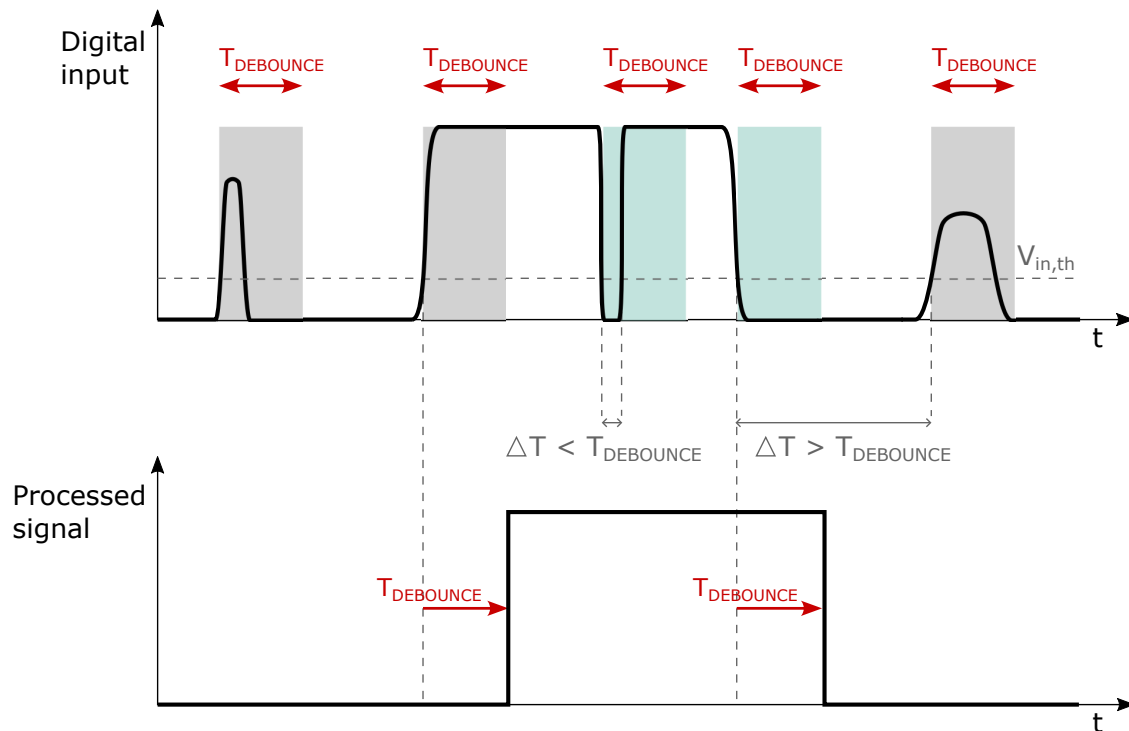


Figure 111: 去毛刺器工作原理：持续时间短于 `oeDebounceAmount` 的负向输入脉冲被视为干扰毛刺而丢弃。当逻辑低电平状态持续时间超过 `oeDebounceAmount` 时，下降沿被视为有效，处理后的信号相应切换为低电平。

6.8.3 Output stage

输出同步信号可在满足条件时断言的内部生成脉冲（例如 `TimerEnd`、`CounterEnd`、`EncoderOut` 等）与专用脉冲发生器之间选择：使用第二种方式的优点在于可以选择脉冲的持续时间，而第一种方式产生的信号可能仅持续一个时钟周期，从设备可能无法检测到。

`oePulseGeneratorEnable` 功能允许在满足 `LineSource` 条件时触发脉冲发生器，而 `oePulseGeneratorPeriod` 功能则设置其导通时间。

6.9 Counter and Timer Control

本节列出了与counter和timer控制及监控相关的所有功能。

功能	描述	接口	访问
CounterSelector	选择要配置的counter	IEnumeration	RW
CounterEventSource	选择作为counter递增源的事件	IEnumeration	RW
CounterResetSource	选择作为counter复位源的信号	IEnumeration	RW
CounterDuration	设置生成 CounterEnd 事件之前的持续时间（或事件数）	IInteger	RW
CounterValue	读取或写入所选counter的当前值	IInteger	RW
CounterReset	对所选counter执行软件复位并启动	ICommand	RW
TimerSelector	选择要配置的timer	IEnumeration	RW
TimerTriggerSource	选择启动timer的trigger源	IEnumeration	RW
TimerDuration	设置timer脉冲的持续时间（微秒）	IFloat	RW
TimerDelay	设置接收到trigger后启动timer之前的延迟持续时间（微秒）	IFloat	RW
TimerValue	读取或写入所选timer的当前值（微秒）	IFloat	RW
TimerReset	对所选timer执行软件复位并启动	ICommand	RW

Table 28: Counter and Timer Control 功能

6.10 Encoder Control

本节列出了用于控制和监控正交encoder的所有功能。

正交encoder也称为增量式encoder、旋转encoder和轴encoder。

功能	描述	接口	访问
EncoderSelector	选择要配置的encoder	IEnumeration	RW
EncoderSourceA	选择作为encoder A输入源的信号	IEnumeration	RW
EncoderSourceB	选择作为encoder B输入源的信号	IEnumeration	RW
EncoderMode	选择encoder计数使用带抖动滤波的 FourPhase 模式还是不带抖动滤波的 HighResolution 模式	IEnumeration	RW
EncoderDivider	设置生成encoder输出脉冲信号所需的encoder递增/递减次数	IInteger	RW
EncoderOutputMode	选择encoder接口生成有效encoder输出信号的条件	IEnumeration	RW
EncoderValue	读取或写入所选encoder位置计数器的当前值	IInteger	RW
EncoderResetSource	选择作为encoder复位源的信号	IEnumeration	RW
EncoderReset	对所选encoder执行软件复位并启动	ICommand	RW

Table 29: Encoder Control 功能

6.10.1 Encoder interface

Itala 可用于监控增量式encoder。

正交encoder的A-B引脚可连接至 Itala 相机的光电隔离输入引脚。

电气规格详见表7和表5.1。

Itala encoder接口的最大输入频率约为30KHz。

这主要受限于光电隔离电路的响应时间。

注意: 若输入频率超过额定规格, 可能会发生采样错误, 进而导致encoder监控过程中出现错误。

6.10.2 Encoder output mode

EncoderOutputMode 功能可选择以下两种驱动模式之一 (见图112):

- **方向模式:** encoder位置仅在一个方向上递增。
当运动方向改变时, encoder计数器停止计数, 直到运动方向再次改变。
在此配置中, 不考虑反向运动。
- **位置模式:** encoder位置仅在一个方向上递增。
当运动方向改变时, encoder计数器开始递减, 直到运动方向再次改变。
在此配置中, 因此考虑反向运动。

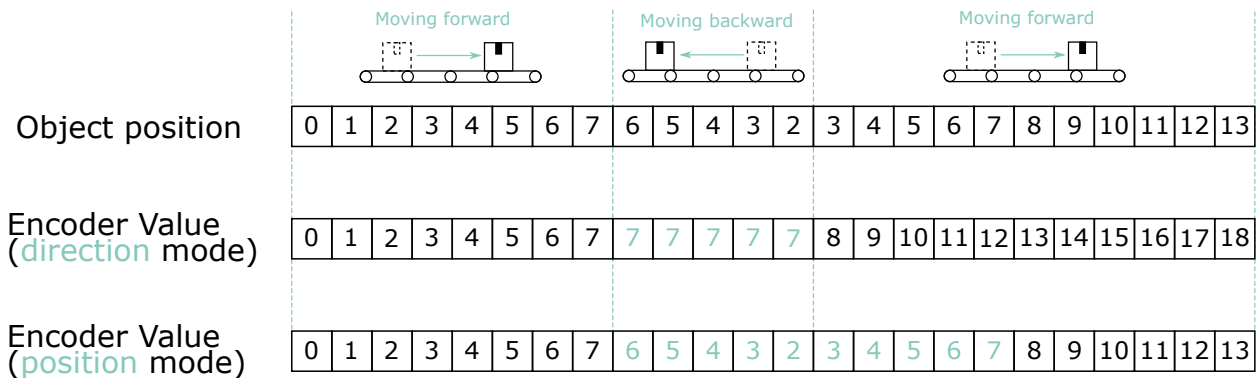


Figure 112: encoder模块的两种不同驱动模式: (上图) 方向模式和 (下图) 位置模式。

6.10.3 Encoder mode

encoder计数器可通过两种不同方式进行递增/递减:

- **高分辨率模式:** encoder计数器在Encoder A或Encoder B信号的每次切换时更新 (递增或递减)。
- **4相模式:** encoder计数器在每个完整周期 (即每个序列 00 - 10 - 11 - 01) 时更新 (递增或递减)。

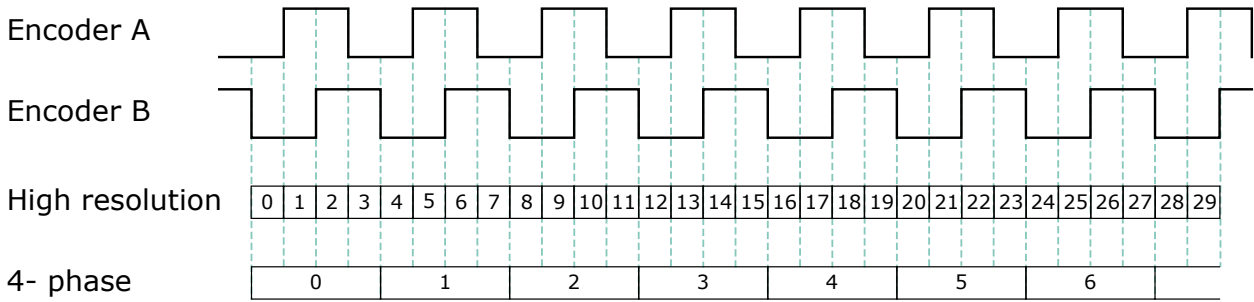


Figure 113: Encoder模式：高分辨率模式（上）与4相模式（下）对比。

6.10.4 EncoderValue 回绕管理

EncoderValue 为正值，范围从0到65535。

当encoder输出模式设置为位置模式时，**EncoderValue** 的计算中考虑了反向运动：由于该值不能为负数，反向运动将导致encoder从65535向0反向计数，如图114所示。

在此情况下，若未正确处理反向运动，可能会产生虚假脉冲。

以下示例中，**EncoderDivider** 设置为20000。

假设反向步数使 **EncoderValue** 等于15000，即小于 **EncoderDivider** 的值。当正向运动重新开始时，当 **EncoderValue** 等于 **EncoderDivider**（即20000）时将产生虚假encoder脉冲。

为避免产生不期望的encoder脉冲，必须满足以下条件：

$$\text{Maximum backward steps} < (2^{16} - 1) - \text{EncoderDivider} \quad (12)$$

若无法保证公式11的条件，则虚假encoder脉冲必须由用户应用程序进行处理。

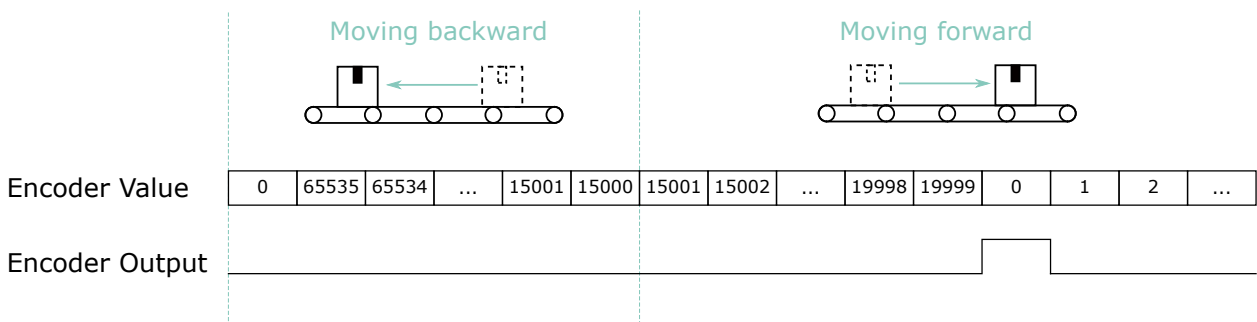


Figure 114: 虚假脉冲产生示例：首先施加反向运动，使 **EncoderValue** 指示值低于 **EncoderDivider**。然后，当恢复正向运动时，在 **EncoderValue** 等于 **EncoderDivider** 时产生虚假脉冲

6.11 Logic Block Control

Logic Block Control 部分描述了与 Logic Block 元件控制和信号生成相关的模型及功能。

功能	描述	接口	访问
LogicBlockSelector	指定要配置的Logic Block	IEnumeration	RW
LogicBlockFunction	选择要配置的Logic Block的组合逻辑函数	IEnumeration	RW
LogicBlockInputNumber	指定Logic Block有效信号输入的数量	IInteger	R
LogicBlockInputSelector	选择要配置的Logic Block输入端	IInteger	RW
LogicBlockInputSource	选择Logic Block输入的源信号	IEnumeration	RW
LogicBlockInputInverter	选择是否对所选Logic Block输入源信号进行反相	IBoolean	RW
LogicBlockLUTIndex	控制所选LUT中真值表的访问索引	IInteger	RW
LogicBlockLUTValue	读取或写入所选LUT中索引 LogicBlockLUTIndex 条目处的值	IBoolean	RW
LogicBlockLUTValueAll	在一次访问中设置所选LUT所有输出位的值，忽略 LogicBlockLUTIndex	IInteger	RW

Table 30: Logic Block Control 功能

6.11.1 Logic block 模块

logic block模块主要用于根据两个输入条件生成输出信号。

该模块具有三种不同的逻辑函数（见图115）：

- **AND**: 当两个输入均为高电平时，logic block 的输出为高电平；
- **OR**: 当至少一个输入为高电平时，logic block 的输出为高电平；
- **LUT**: 用户可自由编辑LUT的真值表：

为实现最大灵活性，该模块的输入端还加入了反相级。

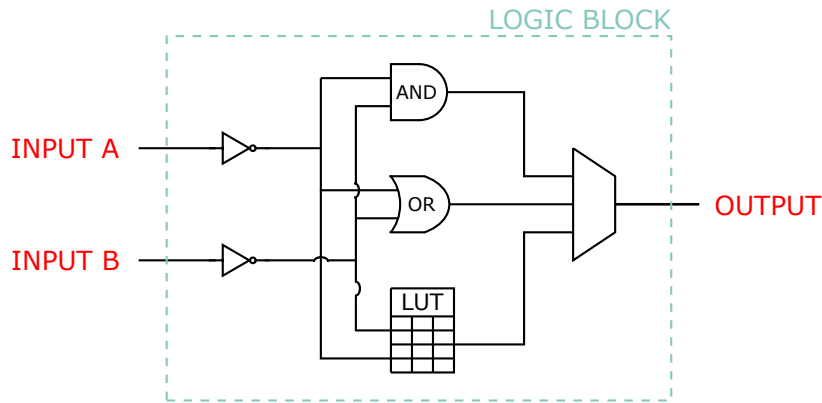


Figure 115: logic block 单元简化示意图。

LogicBlockLUTIndex	Input A	Input B	LogicBlockLUTValue
0	0	0	LogicBlockLUTValue[0]
1	0	1	LogicBlockLUTValue[1]
2	1	0	LogicBlockLUTValue[2]
3	1	1	LogicBlockLUTValue[3]

Table 31: LUT编辑示例。

6.12 Action Control

Action 章节描述了设备中与 动作信号相关的所有功能。

功能	描述	接口	访问
ActionUnconditionalMode	启用无条件action command模式，即使主控制通道关闭，也会处理action command。	IEnumeration	RW
ActionDeviceKey	提供允许设备验证action command有效性的设备密钥	IInteger	W
ActionQueueSize	指示scheduled action commands队列的大小，表示在任意时刻可以挂起的scheduled action commands最大数量。	IEnumeration	R

ActionSelector	选择进一步Action设置适用的动作信号	Integer	RW
ActionGroupKey	提供设备在接收到action协议消息时用于验证动作的密钥	Integer	RW
ActionGroupMask	提供设备在接收到action协议消息时用于验证动作的掩码	Integer	RW

Table 32: Action command Control 功能

6.12.1 Action Command

Action Command 允许用户在以太网网络上同时触发一台或多台GigE相机执行动作。动作信号与硬件trigger不同，并非对所有设备同步，因为系统受以太网网络延迟影响，信号无法同时到达各设备。但是，使用action command可以避免其他硬件连接来触发相机，仅使用以太网线路即可。此外，对于多台相机，action command trigger优于软件trigger，因为只需向所有相机发送一条命令。

Itala 相机支持一条action command，用户可配置 ActionDeviceKey、ActionGroupKey 和 ActionGroupMask。相机验证命令信息与配置的action command匹配后生成trigger。命令可通过单播或广播模式发送，取决于需要触发一台还是多台设备。

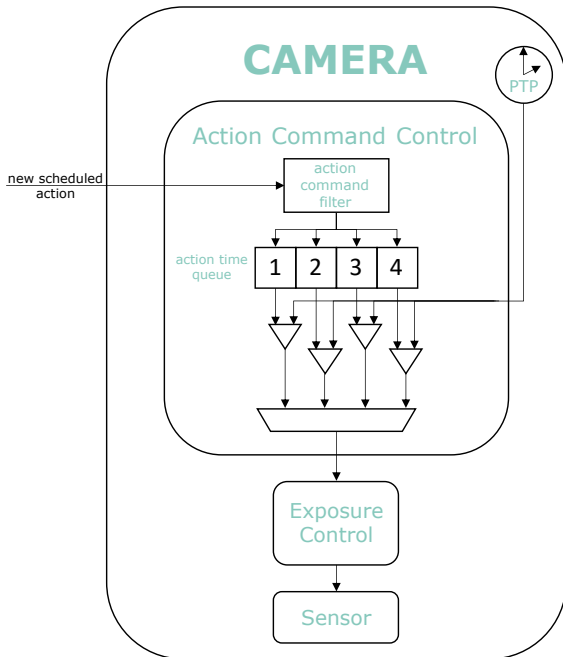
为提高相机trigger的同步性，必须使用**Scheduled Action Commands**（6.12.2）。

6.12.2 Scheduled Action Command

Scheduled Action Commands 允许在未来的特定时刻，以纳秒级精度在一台或多台设备上生成trigger动作。唯一的两个要求是启用 **PTP** 功能，并将相机与PTP主时钟同步（参见6.20.1），否则scheduled action请求将不被处理。

图116展示了scheduled action控制架构的方框图，以下将对其进行详细说明。

当用户发送scheduled action时，相机通过硬件验证命令信息与配置的action command是否匹配。若scheduled action的时间戳已过期，则立即处理该动作，否则将其加入硬件动作时间队列；队列深度为4，最多可处理4个scheduled action。若队列已满，额外的命令将被忽略。当动作时间戳小于或等于参考时间时，将其从队列中移除，并向曝光控制发送硬件trigger信号。



若请求ACK消息，可能的状态码为：

- **GEV_STATUS_NO_REF_TIME:**
相机没有与任何主时钟同步的参考时间；scheduled action请求不被处理。
- **GEV_STATUS_ACTION_LATE:**
相机接收到时间戳已过期（相对于设备时间戳）的scheduled action command。
- **GEV_STATUS_OVERFLOW:**
时间戳队列已满，设备接收到无法入队的action command。

Figure 116: Scheduled Action Command方框图。

由硬件处理引起的硬件延迟（当scheduled action配置为触发传感器曝光时测量）已从时间戳中扣除，以补偿该延迟并提高trigger时间的精度。

若 TriggerOverlap 为ON，曝光时间与帧传输之间的延迟受到较大不确定性影响，因此即使使用Scheduled Action，帧采集的抖动也高于 TriggerOverlap 为OFF时的情况。

6.13 Event Control

本节描述如何控制向主机应用程序发送事件（Event）。事件是发送给主机应用程序的消息，用于通知其内部事件的发生。

事件通常用于确保主机应用程序与设备上的外部事件保持同步。在机器视觉中，典型的用例是主机应用程序等待接收传感器曝光结束的通知，以便在传送带上移动被检测部件。

EventSelector 用于选择要控制的特定事件。事件来源有多种，例如采集、温度和I/O线路。

EventNotification 用于启用或禁用 **EventSelector** 所选内部事件发生时的通知。若 **EventNotification** 设置为 **Off**，则不会生成所选类型的任何事件。

对于 **EventSelector** 枚举中列出的每个事件，都有一个具有标准名称的对应事件标识符功能（例如 **EventExposureEnd**）。控制应用程序可依赖此功能注册回调函数，以便在事件发生时收到通知。该整数型事件功能返回在传输层上标识该事件的唯一标识符值。

功能	描述	接口	访问
EventSelector	选择向主机应用程序发送信号的事件	IEnumeration	RW
EventNotification	激活或停用向主机应用程序发送所选事件发生通知	IEnumeration	RW
EventExposureEndData	包含与 ExposureEnd 事件相关的所有属性的类别	ICategory	-
EventFrameTriggerMissedData	包含与 FrameTriggerMissed 事件相关的所有属性的类别	ICategory	-
EventFrameTriggerReadyData	包含与 FrameTriggerReady 事件相关的所有属性的类别	ICategory	-
EventLine0RisingEdgeData	包含与 Line0RisingEdge 事件相关的所有属性的类别	ICategory	-
EventLine1RisingEdgeData	包含与 Line1RisingEdge 事件相关的所有属性的类别	ICategory	-
EventTestData	包含与 Test 事件相关的所有属性的类别	ICategory	-
EventAutofocusDoneData	包含与 AutofocusDone 事件相关的所有属性的类别	ICategory	-
EventSensorTemperatureData	包含与 SensorTemperatureData 事件相关的所有属性的类别	ICategory	-
EventEventLostData	包含与 EventLost 事件相关的所有属性的类别	ICategory	-
oeEventLostCounter	显示丢失事件的计数	IInteger	-
oeEventLostCounterClear	清除事件丢失计数器	ICommand	-
EventBufferFullData	包含与 BufferFull 事件相关的所有属性的类别	ICategory	-

EventBufferReadyData	包含与 BufferReady 事件相关的所有属性的类别	ICategory	-
EventTransferSkippedData	包含与 TransferSkipped 事件相关的所有属性的类别	ICategory	-

Table 33: Event Control 功能

6.13.1 Exposure End Event

当设备完成一帧（或一行）的曝光时，将生成此事件。

功能	描述	接口	访问
EventExposureEnd	返回曝光结束事件类型的唯一标识符	Integer	R
EventExposureEndTimestamp	返回 ExposureEnd 事件的时间戳	Integer	R
EventExposureEndFrameID	返回生成 ExposureEnd 事件的帧（或图像）的唯一标识符	Integer	R

Table 34: Event Exposure End Data 功能

6.13.2 Frame Trigger Missed Event

当相机无法处理传入的 trigger 信号而导致 trigger 丢失时，将生成此事件。原因可能是在禁止时间间隔内发生了过多 trigger。

功能	描述	接口	访问
EventFrameTriggerMissed	返回帧 trigger 丢失事件类型的唯一标识符	Integer	R
EventFrameTriggerMissedTimestamp	返回帧 trigger 丢失事件的时间戳	Integer	R
EventFrameTriggerMissed-FrameID	返回生成帧 trigger 丢失事件的帧（或图像）的唯一标识符	Integer	R

Table 35: Event Frame Trigger Missed Data 功能

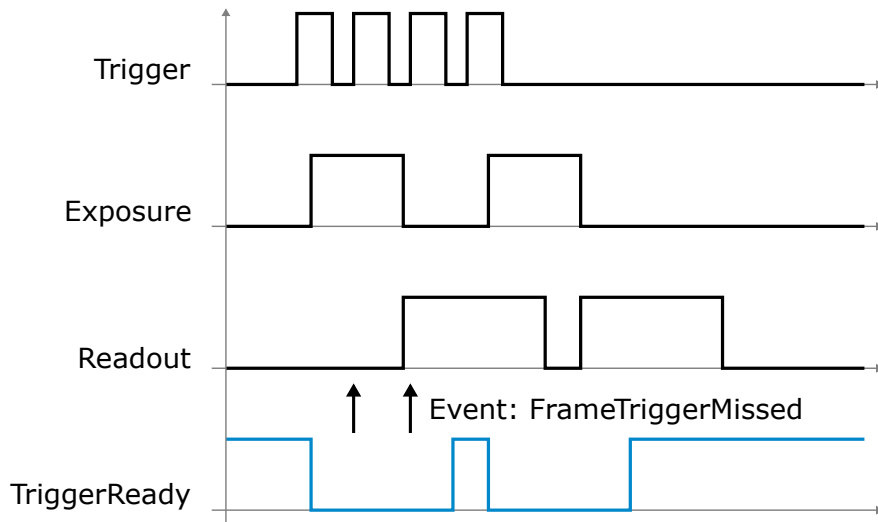


Figure 117: FrameTriggerMissedEvent

6.13.3 Frame Trigger Ready Event

当设备准备好接收 trigger 以开始采集帧时，将生成此事件。

功能	描述	接口	访问
EventFrameTriggerReady	返回帧 trigger 就绪事件类型的唯一标识符	Integer	R
EventFrameTriggerReadyTimestamp	返回帧 trigger 就绪事件的时间戳	Integer	R

Table 36: Event Frame Trigger Ready Data 功能

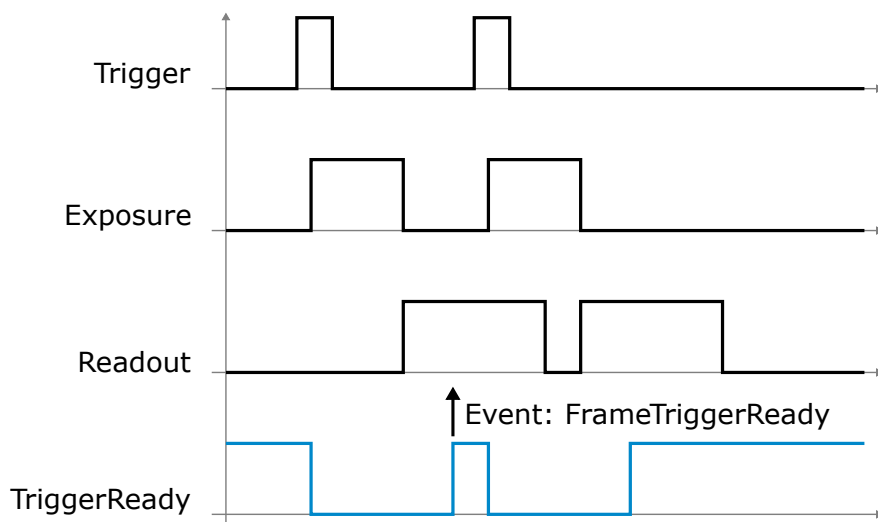


Figure 118: FrameTriggerReady

EventLine0RisingEdgeFrameID	返回生成 Line 0 上升沿事件的帧（或图像）的唯一标识符	Integer	R
-----------------------------	--------------------------------	---------	---

Table 37: Event Line 0 Rising Edge Data 功能

6.13.5 Line 1 Rising Edge Event

当在 Line 1 上检测到上升沿时，将生成此事件。

功能	描述	接口	访问
EventLine1RisingEdge	返回 Line 1 上升沿事件类型的唯一标识符	Integer	R
EventLine1RisingEdgeTimestamp	返回 Line 1 上升沿事件的时间戳	Integer	R
EventLine1RisingEdgeFrameID	返回生成 Line 1 上升沿事件的帧（或图像）的唯一标识符	Integer	R

Table 38: Event Line 1 Rising Edge Data 功能

6.13.6 Test Event

当设备收到 **TestEventGenerate** 命令时，将生成测试事件。

功能	描述	接口	访问
EventTest	返回使用 TestEventGenerate 命令生成的测试类型事件的唯一标识符	Integer	R
EventTestTimestamp	返回测试事件的时间戳	Integer	R

Table 39: Event Test Data 功能

6.13.7 Autofocus Done Event

每当设备完成 autofocus 过程时，将生成此事件。

功能	描述	接口	访问
EventAutofocusDone	返回 autofocus 事件类型的唯一标识符	Integer	R
EventAutofocusDoneTimestamp	返回 autofocus 完成事件的时间戳	Integer	R

Table 40: Event Autofocus Done Data 功能

6.13.8 Sensor Temperature Event

当传感器改变工作温度范围时，将生成此事件。

功能	描述	接口	访问
EventSensorTemperature	返回由图像传感器温度范围变化所生成的传感器温度事件类型的唯一标识符	Integer	R
EventSensorTemperatureTimestamp	返回传感器温度事件的时间戳	Integer	R

Table 41: Event Sensor Temperature Data 功能

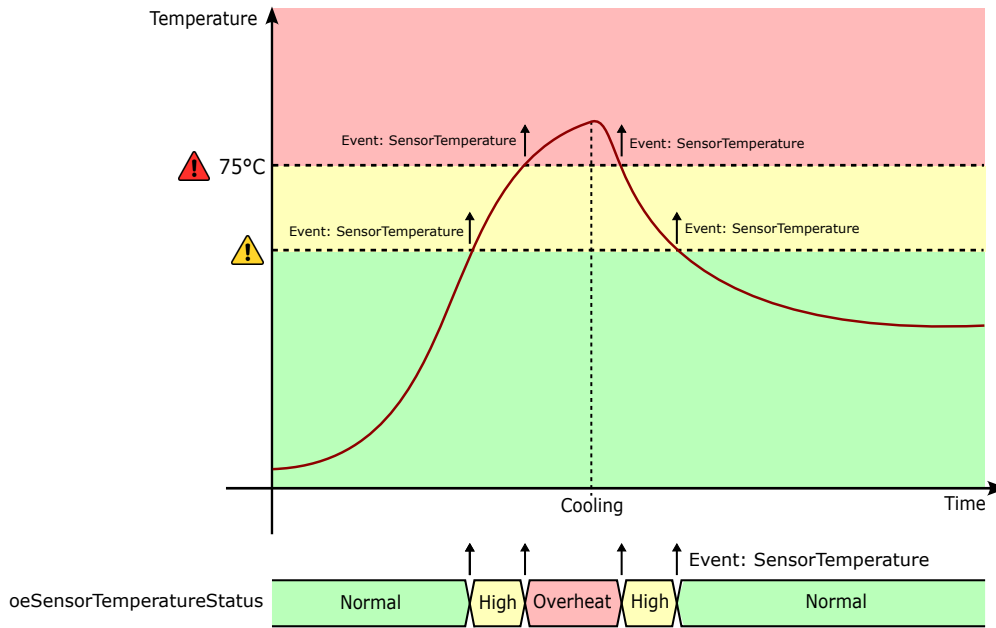


Figure 119: SensorTemperatureEvent

6.13.9 Event Lost Event

当所选事件丢失时，将生成此事件。丢失的原因可能是发生了过多的事件。

功能	描述	接口	访问
EventEventLost	返回事件丢失类型事件的唯一标识符	Integer	R
EventEventLostTimestamp	返回事件丢失事件的时间戳	Integer	R

Table 42: Event Event Lost Data 功能

6.13.10 Buffer Full Event

当设备图像缓冲区已满时，将生成此事件。

功能	描述	接口	访问
EventBufferFull	返回缓冲区已满类型事件的唯一标识符	Integer	R
EventBufferFullTimestamp	返回缓冲区已满事件的时间戳	Integer	R

Table 43: Event Buffer Full Data 功能

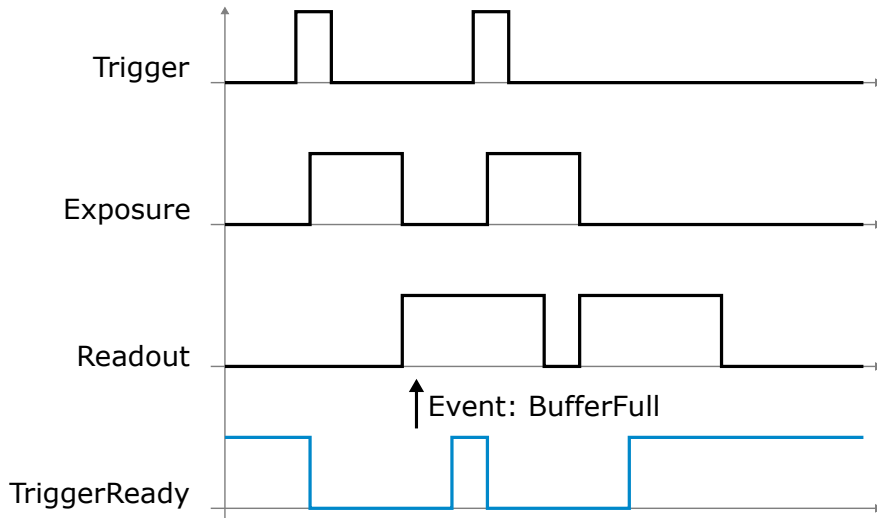


Figure 120: BufferFullEvent

6.13.11 Buffer Ready Event

当设备图像缓冲区准备好接收新帧时，将生成此事件。

Feature	Description	Interface	Access
EventBufferReady	返回缓冲区就绪类型事件的唯一标识符	Integer	R
EventBufferReadyTimestamp	返回缓冲区就绪事件的时间戳	Integer	R

Table 44: Event Buffer Ready Data 功能

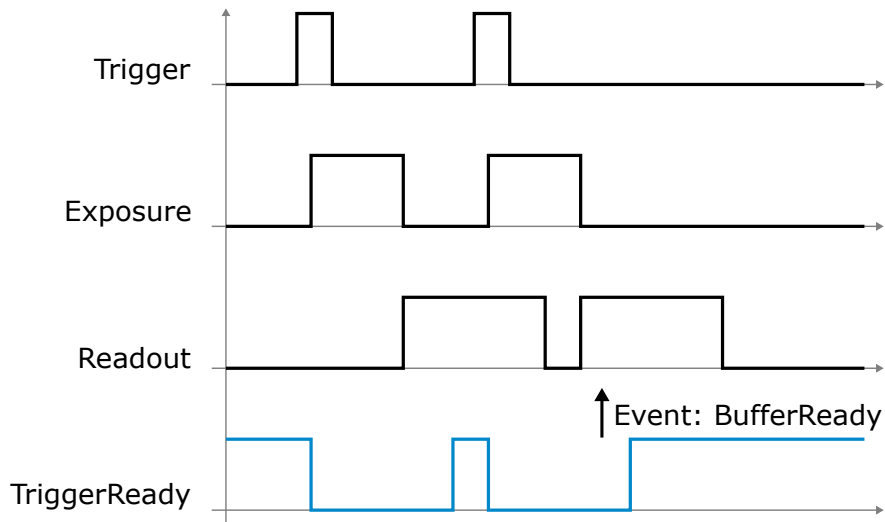


Figure 121: BufferReadyEvent

6.13.12 Transfer Skipped Event

当设备因缓冲区已满而跳过当前帧传输时，将生成此事件。

功能	描述	接口	访问
EventTransferSkipped	返回传输跳过类型事件的唯一标识符	Integer	R
EventTransferSkippedTimestamp	返回传输跳过事件的时间戳	Integer	R

Table 45: Event Transfer Skipped Data 功能

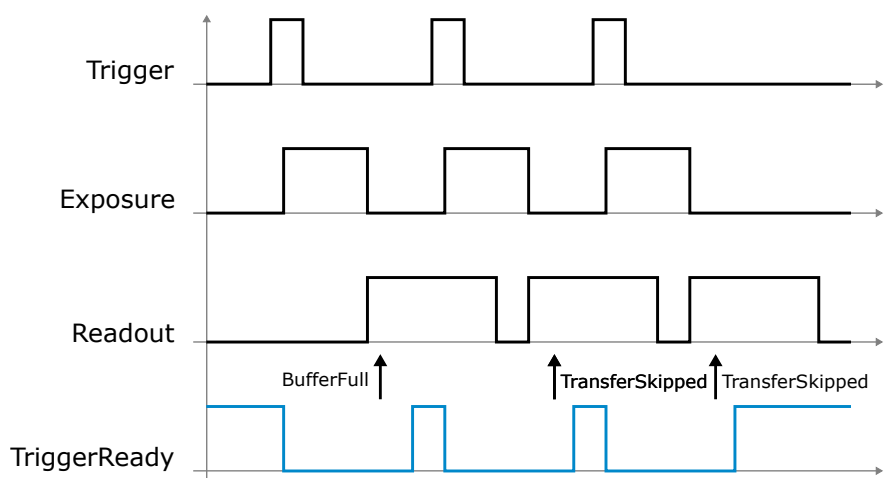


Figure 122: TransferSkippedEvent

6.14 User Set Control

UserSetLoad	将 UserSetSelector 指定的用户设置集加载到设备并使其生效	ICommand	RW
UserSetSave	将 UserSetSelector 指定的用户设置集保存到设备的非易失性存储器	ICommand	RW
UserSetDefault	选择设备复位时默认加载并激活的用户设置集	IEnumeration	RW

Table 46: User Set Control 功能

6.15 Chunk Data Control

本节介绍与 chunk data 相关的所有功能。

功能	描述	接口	访问
ChunkModeActive	激活在图像有效载荷中包含 Chunk data 的功能	IBoolean	RW
ChunkSelector	选择要启用或控制的 Chunk	IEnumeration	RW
ChunkEnable	启用将所选 Chunk data 包含在图像有效载荷中的功能	IBoolean	RW
ChunkWidth	返回有效载荷中图像的宽度	IInteger	R
ChunkHeight	返回有效载荷中图像的高度	IInteger	R
ChunkOffsetX	返回有效载荷中图像的 OffsetX	IInteger	R
ChunkOffsetY	返回有效载荷中图像的 OffsetY	IInteger	R
ChunkPixelFormat	返回有效载荷中图像的像素格式	IEnumeration	R
ChunkExposureTime	返回采集图像时所使用的曝光时间	IFloat	R
ChunkGain	返回采集图像时所使用的增益	IFloat	R
ChunkBlackLevel	返回采集有效载荷中图像时所使用的黑电平	IFloat	R

ChunkTimestamp	返回 FrameStart 内部事件时刻有效载荷中图像的时间戳	Integer	R
ChunkFrameID	返回有效载荷中帧（或图像）的唯一标识符	Integer	R
ChunkSequencerSetActive	返回有效载荷中正在运行的 sequencer 当前激活集的索引	Integer	R
ChunkEncoderValue	返回 FrameStart 事件时刻 Encoder 0 的值	Integer	R
ChunkCounterValue	返回 FrameStart 事件时刻 Counter 0 的值	Integer	R

Table 47: Chunk mode Control 功能

6.15.1 Chunk Data

在机器视觉相机中，**chunk data** 是指直接嵌入图像流（与像素有效载荷并存）的元数据。这些元数据提供了有关图像或采集时相机状态的附加信息。Chunk data 在工业和视觉引导应用中具有重要价值，体现在以下方面：

- **同步**：实现采集图像与外部传感器或事件之间的对齐。
- **动态分析**：允许应用程序访问实时相机参数。
- **减少开销**：无需单独查询设备即可获取元数据。

图 123 展示了 *GigE Vision* 帧的结构：前导包开启传输，随后是包含图像数据的一系列有效载荷包，尾包关闭传输。

当 chunk data 启用时，元数据将附加到最终有效载荷包中的像素流之后。

要启用 chunk data，必须将 **ChunkModeActive** 功能设置为 ON，并通过 **ChunkSelector** 启用至少一种 chunk 类型。

注意：当 chunk 模式激活时，相机将传输**所有** chunk data 类型。无法仅选择其中一个子集。

潜在的缺点是，chunk data 可能降低最大可达帧率，尤其是当元数据大小与有效载荷大小相当时。相反，当图像有效载荷远大于 chunk data 块时，对帧率的影响可忽略不计。

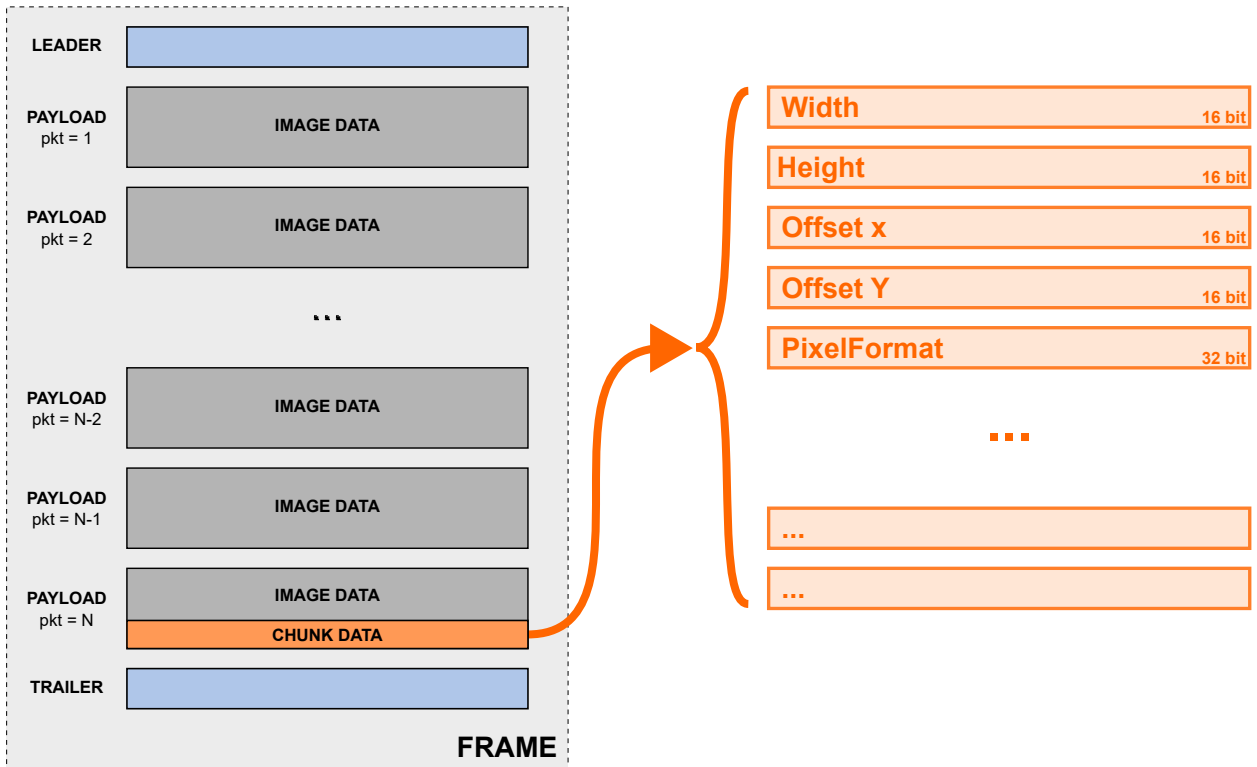


Figure 123: 左：相机输出的 GigE Vision 数据包示意图。右：帧传输结束时附加的 chunk data 结构。

6.15.2 Chunk Data: application example

考虑以下示例：encoder 连接到相机，每 1000 步触发一次采集（图 124）。

通过启用 chunk data 并使用 *ChunkEncoderValue*，每幅采集图像均可与移动样品的精确位置相关联。

此外，*ChunkFrameID* 可用于重建采集图像的精确序列，即使样品交替向前和向后移动（即 *ChunkEncoderValue* 可能既增大也减小）。

注意：*ChunkFrameID* 与 *GigE Vision FrameID* 不同。前者从 0 开始，后者从 1 开始。

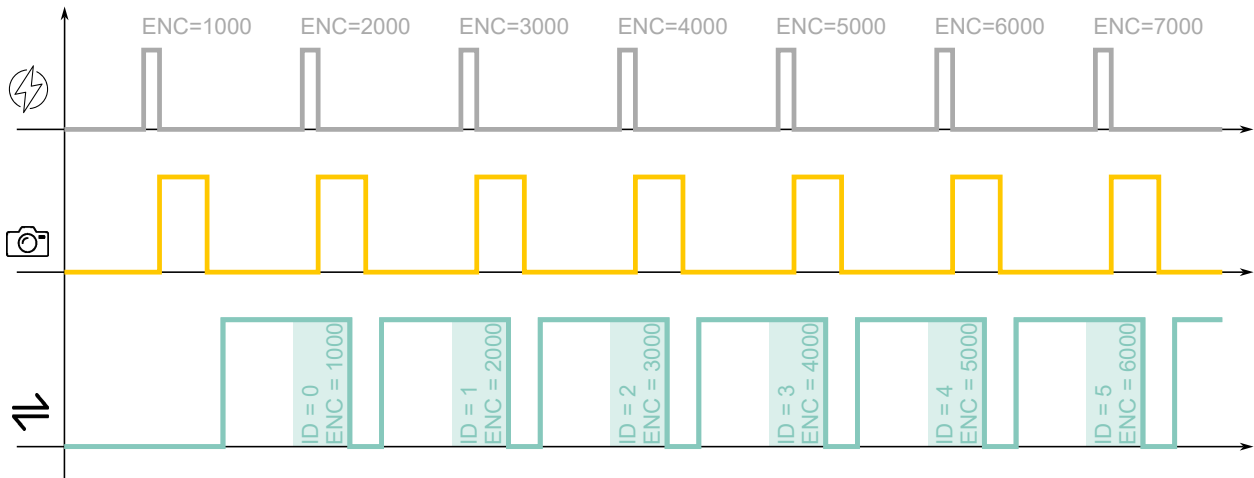


Figure 124: chunk data 应用示例。每 1000 个 encoder 步进触发一次曝光，从而触发一次帧采集。启用 chunk data 后，每帧均标记有相关元数据，如 *ChunkFrameID* 和 *ChunkEncoderValue*。

6.15.3 OE Serial Interface Control

本节介绍串行通信相关功能。

功能	描述	接口	访问
oeSerialEnable	启用 serial interface	IBoolean	RW
oeSerialBaudRate	选择 serial interface 波特率	IEnumeration	RW
oeSerialMode	选择 serial interface 工作模式	IEnumeration	RW
oeSerialProtocol	选择 serial interface 上使用的协议	IEnumeration	RW
oeSerialSlewRate	选择 serial interface 数据的压摆率	IEnumeration	RW
oeSerialASCIIWriteBuffer	serial interface 的字符写缓冲区	IString	RW
oeSerialASCIIWrite	在 serial interface 上启动写操作	ICommand	RW
oeSerialASCIIReadCount	从串行输入缓冲区读取的字节数	IInteger	RW
oeSerialASCIIReadBuffer	serial interface 的字符读缓冲区	IString	R
oeSerialASCIIRead	读取串行输入缓冲区	ICommand	RW
oeSerialModbusSlaveID	目标设备的 Modbus 从站 ID	IInteger	RW

oeSerialModbusAddress	读/写请求的从站寄存器地址	Integer	RW
oeSerialModbusWriteValue	要写入从站寄存器地址的值	Integer	RW
oeSerialModbusWrite	发送"写单个寄存器"请求 (0x06)	Command	RW
oeSerialModbusReadValue	从从站寄存器地址读取的值	Integer	R
oeSerialModbusRead	发送"读保持寄存器"请求 (0x03)	Command	RW
oeSerialBinaryWriteBuffer	通过 serial interface 写入的二进制数据缓冲区	Register	RW
oeSerialBinaryWriteCount	要写入的数据长度	Integer	RW
oeSerialBinaryWrite	向 serial interface 写入数据的命令	Command	RW
oeSerialBinaryReadBuffer	从 serial interface 读取的二进制数据	Register	R
oeSerialBinaryReadCount	要读取的串行字节数	Integer	RW
oeSerialBinaryRead	从 serial interface 读取数据的命令	Command	RW

Table 48: OE Serial Interface Control 功能

6.16 Serial interface

serial interface 允许通过串行连接与外部设备通信。这是一个双模外设，可通过 **oeSerialMode** 功能配置为 **RS232** 或 **RS485** 收发器，如图 125 所示。请根据要连接到相机的外部设备选择适当的工作模式。RS232 模式下的通信信道为全双工，RS485 模式下为半双工。

serial interface 配置如下：

- **Baud Rate:** 9600 至 115200;
- **Data Bits:** 8 位;
- **Stop Bits:** 1 位;
- **Parity:** 无。

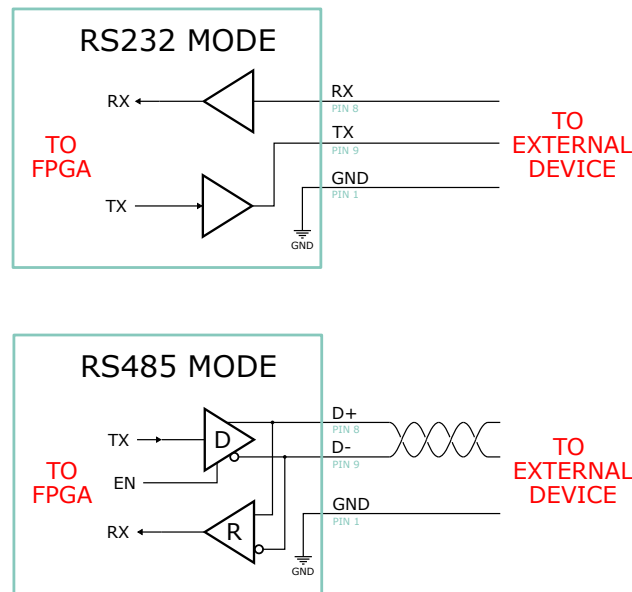


Figure 125: serial interface 在 RS232 和 RS485 工作模式下的等效电路。



警告: 连接外部设备到相机之前，请务必查阅外部设备规格说明并相应设置串行模式。否则可能损坏相机或外部设备。

压摆率控制影响输出信号波形的形状。慢速设置可产生平滑过渡，有助于减少 EMI 辐射。快速设置可产生陡峭过渡，能够使用最高波特率。此功能仅适用于 **RS485** 模式。

ASCII 协议：

ASCII 协议允许通过 serial interface 发送和接收 ASCII 字符（以 NULL 结尾）。适用于 RS232 和 RS485 模式。

Modbus RTU 协议：

Modbus RTU 是一种请求/响应协议，提供串行总线上设备之间的客户端/服务器通信。相机作为客户端，实现 Modbus RTU 功能码的子集，如读保持寄存器和写单个寄存器。仅适用于 RS485 模式。

二进制协议：

二进制协议允许通过 serial interface 发送和接收纯二进制数据。适用于 RS232 和 RS485 模式。

6.17 OE Liquid Lens Control

本节介绍与液体透镜控制相关的所有功能。

功能	描述	接口	访问
oeLiquidLensEnable	启用液体透镜控制器	IBoolean	RW
oeLiquidLensConfigurationData ⁽¹⁾	获取液体透镜的配置	IEnumeration	R
oeLiquidLensManufacturer	显示镜头制造商	IEnumeration	R
oeLiquidLensSerialNumber	液体透镜序列号。此字符串是液体透镜的唯一标识符	IString	R
oeLiquidLensFWVersion ⁽²⁾	Corning® Varioptic® 液体透镜的固件版本	Integer	R
oeLiquidLensFocalLength ⁽²⁾	镜头焦距	Integer	R
oeLiquidLensTemperatureSensorStatus	显示液体透镜温度传感器状态	IEnumeration	R
oeLiquidLensTemperature	液体透镜内置传感器读取的温度（仅特定型号提供）	IFloat	R
oeLiquidLensMode ⁽¹⁾	选择镜头控制模式	IEnumeration	RW
oeLiquidLensMaxPositiveCurrent ⁽¹⁾	可施加到镜头的最大正向电流	IFloat	RW
oeLiquidLensMaxNegativeCurrent ⁽¹⁾	可施加到镜头的最大负向电流	IFloat	RW
oeLiquidLensCurrent ⁽¹⁾	设置液体透镜线圈电流	IFloat	RW
oeLiquidLensPower ⁽¹⁾	设置液体透镜焦距光焦度	IFloat	RW
oeLiquidLensVoltage ⁽²⁾	设置液体透镜电压	IFloat	RW
oeLiquidLensResultingCurrent ⁽¹⁾	液体透镜线圈实际电流	IFloat	R
oeLiquidLensResultingPower ⁽¹⁾	液体透镜实际焦距光焦度	IFloat	R
oeLiquidLensAutofocusEnable	启用 autofocus 控制器	IBoolean	RW
oeLiquidLensAutofocusAOISize	选择 autofocus 区域大小	IEnumeration	RW
oeLiquidLensAutofocusAOIOffsetX	从原点到 autofocus 计算区域的水平偏移量（像素）	Integer	RW

oeLiquidLensAutofocusAOIOffsetY	从原点到 autofocus 计算区域的垂直偏移量（像素）	Integer	RW
oeLiquidLensAutofocusStartCurrent ⁽¹⁾	autofocus 的起始电流值	Float	RW
oeLiquidLensAutofocusStopCurrent ⁽¹⁾	autofocus 的终止电流值	Float	RW
oeLiquidLensAutofocusStartPower ⁽¹⁾	autofocus 的起始光焦度值	Float	RW
oeLiquidLensAutofocusStopPower ⁽¹⁾	autofocus 的终止光焦度值	Float	RW
oeLiquidLensAutofocusStartVoltage ⁽²⁾	autofocus 的起始电压值	Float	RW
oeLiquidLensAutofocusStopVoltage ⁽²⁾	autofocus 的终止电压值	Float	RW
oeLiquidLensAutofocusFrameCount	autofocus 采集的帧数（仅限 Linear 算法）	Integer	RW
oeLiquidLensAutofocusDelay ⁽²⁾	采集与镜头操作之间的延迟（仅限 Linear 算法）	Float	RW
oeLiquidLensAutofocusAlgorithm	选择 autofocus 算法（Linear 或 Iterative）	Enumeration	RW
oeLiquidLensAutofocusTolerance	Iterative autofocus 收敛容差（Corning® Varioptic® 为 V，Optotune® 为 mA）	Float	RW
oeLiquidLensAutofocusMaxIterations	Iterative autofocus 算法粗搜索的最大迭代次数	Integer	RW
oeLiquidLensAutofocusSettleTime	Iterative autofocus 算法每次探测的镜头稳定时间（微秒）	Integer	RW
oeLiquidLensAutofocusStart	启动 autofocus	Command	RW
oeLiquidLensAutofocusTriggerSource	指定用作 autofocus trigger 源的内部信号或物理输入线	Enumeration	RW
oeLiquidLensAutofocusStatus	返回 autofocus 状态	Enumeration	R

Table 49: OE Liquid Lens Control 功能

(1) 仅适用于 Optotune® 镜头的功能 (2) 仅适用于 Corning® Varioptic® 镜头的功能

6.17.1 Liquid Lens interface

液体透镜接口允许直接通过相机设备控制集成了 Optotune® 或 Corning® Varioptic® 液体透镜的产品。得益于 *GigE Vision* 和 *GenTL* 标准，这确保了与相机 SDK 的最大集成度以及与第三方软件的兼容性。

支持以下镜头系列：

- Opto Engineering® 的所有镜头
- 集成 Optotune® 液体透镜模块的第三方镜头：EL-3-10、EL-12-30、EL-16-40；
- Corning® Varioptic® C-C Series 镜头。

相机可自动检测所连接镜头的技术类型，并通过 *GenICam* 功能树公开相应功能；检测到的制造商由 `oeLiquidLensManufacturer` 报告。两种支持的技术——Optotune® 和 Corning® Varioptic®——的控制方式不同，因此公开的功能也有所不同，详见下文。

Optotune® 镜头

Optotune® 镜头为电流驱动型，接口可在两种不同模式下工作：

- EEPROM 模式；
- 手动模式；

在 **EEPROM** 模式下，相机自动检测所连接的镜头并从内置 EEPROM 读取校准数据。通过 *GenICam* 功能树可以读取镜头属性并直接设置镜头焦距光焦度。EEPROM 还集成了温度传感器，供控制器对镜头电流进行温度补偿，从而确保在宽泛的工作温度范围内保持恒定的焦距光焦度。也可以直接控制镜头电流并查看实际产生的焦距光焦度（取决于镜头温度）。

当连接了兼容镜头时，该模式将自动选中。



警告：连接镜头到相机之前，请务必查阅镜头规格说明。若镜头未配备校准 EEPROM，请先检查并设置电流限制，否则可能损坏相机或液体透镜。

在手动模式下，可以控制没有内置 EEPROM 的镜头，直接设置驱动线圈的电流。此时用户有责任设置正确的值，且不得超过镜头规格说明中所列的限制值。

`oeLiquidLensConfigurationData` 显示镜头是否配备校准 EEPROM，或外设是否以手动模式运行。

Corning® Varioptic® 镜头

Corning® Varioptic® 镜头为电压驱动型，相机通过其板载微控制器自动识别该镜头；不涉及校准 EEPROM 或 EEPROM/手动模式选择。焦距光焦度通过 **oeLiquidLensVoltage** 功能直接设置镜头电压来调节，而 **oeLiquidLensFWVersion** 和 **oeLiquidLensFocallenght** 报告镜头固件版本和焦距。对于配备温度传感器的型号，可通过 **oeLiquidLensTemperature** 获取镜头温度。

注意： EEPROM/手动模式区分、**oeLiquidLensMode** 选择器以及电流/光焦度功能 (**oeLiquidLensCurrent**、**oeLiquidLensPower**) 仅适用于 **Optotune®** 镜头。

6.17.2 Autofocus

Autofocus 功能可在相机内部自动为所连接的液体透镜寻找最佳焦点。

Autofocus 算法不作用于整帧图像；因此，必须通过 **oeLiquidLensAutofocusAOISize** 选择器以及 **oeLiquidLensAutofocusAOIOffsetX** 和 **oeLiquidLensAutofocusAOIOffsetY** 参数定义专用 AOI（见图 126）：

- **oeLiquidLensAutofocusAOISize**: autofocus 算法作用区域的宽度和高度（像素）。
- **oeLiquidLensAutofocusAOIOffsetX**: autofocus 区域的水平偏移量（像素）。
- **oeLiquidLensAutofocusAOIOffsetY**: autofocus 区域的垂直偏移量（像素）。

若当前已应用感兴趣区域（ROI，例如仅选择全帧图像的特定区域），则 **oeLiquidLensAutofocusAOISize**、**oeLiquidLensAutofocusAOIOffsetX** 和 **oeLiquidLensAutofocusAOIOffsetY** 的指定须考虑 *Width*、*Height*、*OffsetX* 和 *OffsetY* GenICam 功能，如图 127 所示。

Autofocus 在驱动范围内进行扫描，其物理量取决于所连接的镜头：Optotune® 镜头通过 **oeLiquidLensMode** 功能在电流范围和光焦度范围之间切换，而 Corning® Varioptic® 镜头使用电压范围。此驱动范围与 AOI 由以下两种 autofocus 算法共享。

注意： 一旦触发 **oeLiquidLensAutofocusStart** 命令，相机将等待最后一帧传输完毕，然后启动 *autofocus*。

Autofocus 完成由 **oeLiquidLensAutofocusStatus** 功能和 *AutofocusDone* 事件发出信号。

相机提供两种 autofocus 算法，可通过 **oeLiquidLensAutofocusAlgorithm** 功能选择：

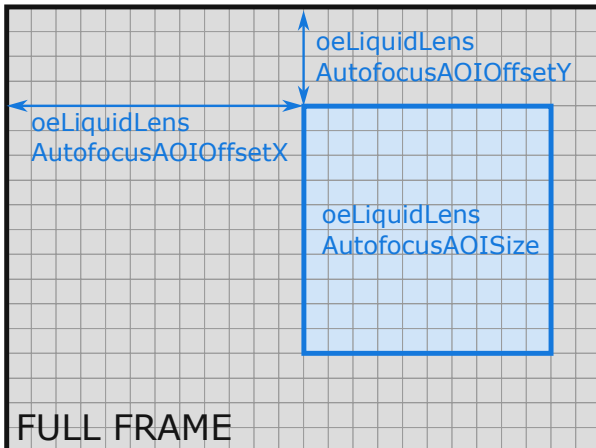


Figure 126: Autofocus 感兴趣区域 (AOI) 的定义: autofocus 算法仅评估 AOI 边界内的像素。

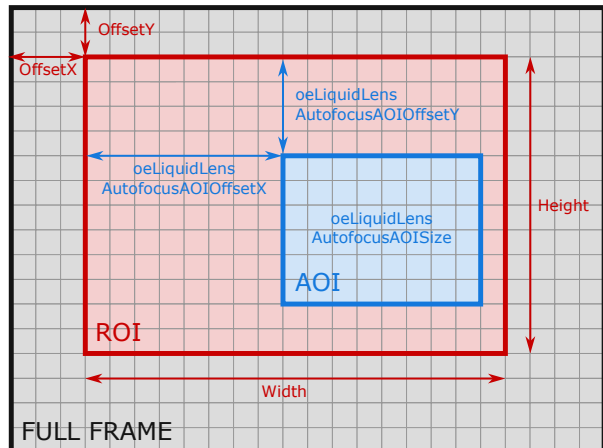


Figure 127: 已应用 ROI 时的 autofocus AOI: AOI 大小和偏移量相对于当前 ROI 进行解释。

- **Linear:** 镜头在整个驱动范围内执行单次扫描，同时采集固定数量的帧。
- **Iterative:** 通过黄金分割搜索自适应探测镜头范围，以更少的帧数收敛至最佳焦点区域。

注意: *Linear* 算法推荐用于 **Optotune®** 镜头，*Iterative* 算法推荐用于 **Corning® Varioptic®** 镜头。由于两种技术驱动镜头的方式不同，这两种组合可获得最佳效果。仍可通过 **oeLiquidLensAutofocusAlgorithm** 手动更改算法。

Linear 算法

使用 **Linear** 算法时，液体透镜在驱动范围内执行一次扫描，并采集固定数量的帧；产生最清晰图像的帧决定最佳焦点。帧数由 **oeLiquidLensAutofocusFrameCount** 功能设置。

当使用 **Corning® Varioptic®** 镜头时，**oeLiquidLensAutofocusDelay** 功能设置采集突发开始与镜头操作之间插入的延迟（微秒），使镜头电压扫描与帧采集保持同步。这是一项与技术相关的要求：与 **Optotune®** 镜头（可直接响应相机发出的每个电流/光焦度命令）不同，**Corning® Varioptic®** 镜头以自身内部电压斜坡执行，其起始延迟虽对给定工作条件具有确定性，但取决于曝光时间、帧率以及 autofocus 使用的帧数；该延迟补偿了此延迟，使每帧采集对应于扫描中预期的点。若最清晰帧相对于预期最佳焦点位置出现系统性偏移，可调整此值。

注意: `oeLiquidLensAutofocusDelay` 仅适用于 *Corning® Varioptic®* 镜头和 *Linear* 算法, *Optotune®* 镜头和 *Iterative* 算法不使用该功能; *Iterative* 算法通过 `oeLiquidLensAutofocusSettleTime` 将每次探测与其采集对齐。

Autofocus 性能受其配置影响:

1. 驱动范围越小, 精度越高。
2. AOI 越小, 对焦时间越短。
3. 曝光时间越短, 精度越高, 对焦时间越短。
4. 帧数越多, 精度越高, 但对焦时间越长。

以下公式确定预期最短对焦时间:

$$MinAutofocusTime[ms] = 1000 \cdot \frac{N_{frame} - 1}{FPS[s^{-1}]} + t_{exp}[ms] \quad (13)$$

其中, FPS 值须在将传感器 ROI 设置为等于 `oeLiquidLensAutofocusAOISize` 且将 `oeAcquisition-FrameRateLimitMode` 设置为 `oe Sensor Throughput` 的情况下进行评估。

对于 *Optotune®* 镜头, 离焦量参数 (以屈光度为单位) 是衡量配置能否产生精确结果的品质因数; 离焦值越高, 对焦精度越差:

$$defocus[dpt] = slope[dpt/ms] \cdot t_{exp}[ms] \quad (14)$$

where,

$$slope[dpt/ms] = \frac{PowerRange[dpt]}{MinAutofocusTime[ms]} \quad (15)$$

注意: 对焦时间可变, 且始终大于最短对焦时间, 取决于相机设置以及 *autofocus* 启动前下载最后一帧所需的时间。

注意: 当 `TriggerOverlap` 设置为 `ReadOut` 时, 曝光开始抖动可能影响对焦精度。

注意: 为获得更高精度, 可通过 *SDK* 实现 **二次扫描** 行为。首先进行粗扫描以确定最佳焦点区域, 然后进行精细扫描以获得更精确的结果, 可通过调整驱动范围来实现。以下所述的 *Iterative* 算法可直接在相机内部提供等效的由粗到精的细化效果。

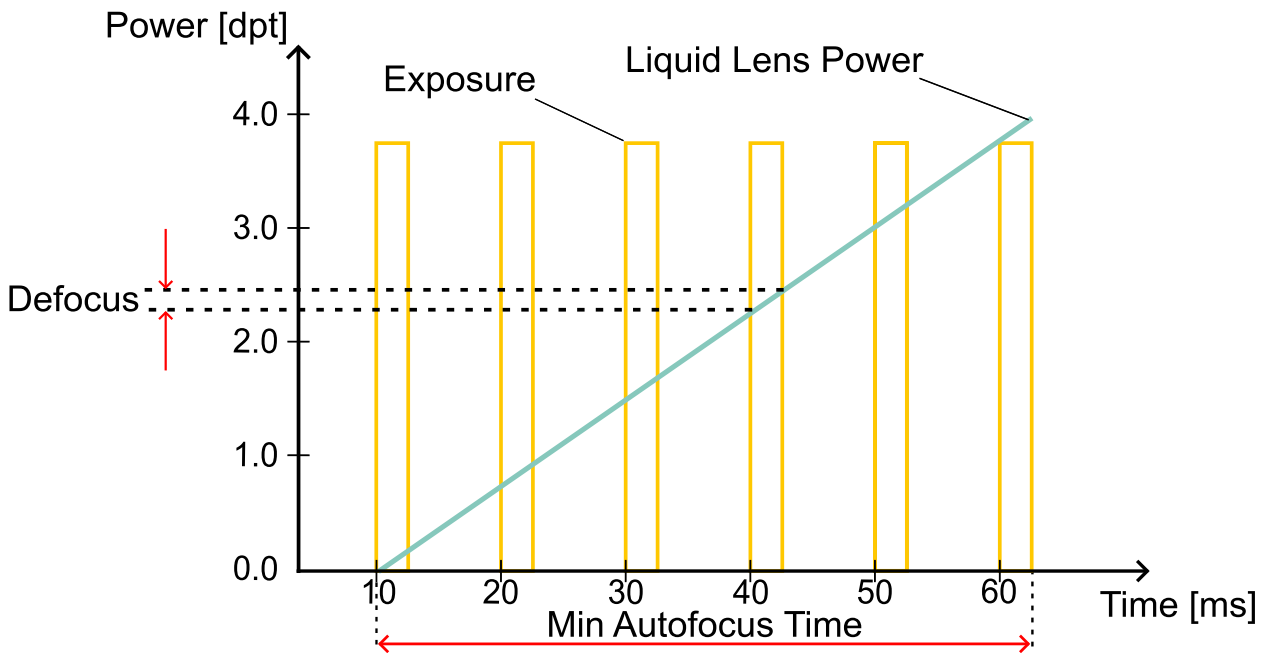


Figure 128: Autofocus 工作原理：描绘了曝光时间和液体透镜行为。液体透镜在驱动范围内执行扫描。

Iterative 算法

使用 **Iterative** 算法时，相机不在整个范围内采集固定的突发帧，而是自适应地探测驱动范围：每次探测采集一帧，根据测量的清晰度，通过黄金分割方法逐步将搜索区间缩小至最佳焦点区域。一旦区间足够小，即将结果细化至子帧精度。这通常比全范围扫描以更少的帧数达到最佳焦点。

Iterative 算法通过以下功能进行配置（AOI 和驱动范围与 Linear 算法共享）：

- **oeLiquidLensAutofocusTolerance**: 搜索区间宽度的收敛阈值；当区间小于此值时搜索停止。容差越小，结果越精确，但所需探测次数越多。该值对于 Corning® Varioptic® 镜头以伏特 [V] 表示，对于 Optotune® 镜头以毫安 [mA] 表示。
- **oeLiquidLensAutofocusMaxIterations**: 粗搜索步数的上限。一旦满足容差，搜索也可提前停止。这充当对焦时间的安全上限。
- **oeLiquidLensAutofocusSettleTime**: 每次探测曝光前插入的延迟（微秒），使镜头在驱动值改变后能够稳定。如果镜头稳定较慢，请增大此值。

注意: 为获得清晰结果, 请首先设置 **oeLiquidLensAutofocusSettleTime**: 若该值短于镜头达到目标驱动值所需的时间, 则每帧都是在镜头仍在运动时测量的, 估计的最佳焦点将出现偏差, 与其他设置无关。然后根据起止范围和 **oeLiquidLensAutofocusTolerance** 合理选择 **oeLiquidLensAutofocusMaxIterations**: 由于每个粗搜索步骤将搜索区间缩小至约 60%, 迭代次数须足够使区间在所选范围内收敛至容差, 否则搜索将在仍处于粗精度时停止。

6.18 OE Defective Pixel Correction Control

本节介绍与 defective pixel correction 相关的所有功能。

功能	描述	接口	访问
oeDefectivePixelCount	显示坏点的数量	Integer	RW
oeDefectivePixelSelector	表示坏点图中坏点的索引	Integer	RW
oeDefectivePixelXCoordinate	表示当前坏点的水平坐标	Integer	RW
oeDefectivePixelYCoordinate	表示当前坏点的垂直坐标	Integer	RW
oeDefectivePixelWriteMap	将坏点图写入相机非易失性存储器	Command	RW

Table 50: OE Defective Pixel Correction Control 功能

6.18.1 Defective Pixel Correction

图像传感器可能因多种原因（温度、老化、宇宙射线、电离辐射等）而发生像素退化。克服这些影响的一种方法是采用 defective pixel correction 策略。该策略将坏点的值替换为邻近良好像素的值。此算法在相机采集流水线中实时执行，依赖于坏点坐标表。

注意: 像素缺陷的自动检测与校正流程在第 4.7.5 节中说明。此处仅介绍单个坏点校正。

oeDefectivePixelCount 是相机内实际校正的坏点数量指标。

选择像素索引（**oeDefectivePixelSelector**）后，可在 **oeDefectivePixelXCoordinate** 和 **oeDefectivePixelYCoordinate** 节点上查看坏点坐标。

以下示例演示如何手动向坏点列表中添加新的坏点。设坐标 (4,2) 处存在一个坏点（见图 129）。要校正此像素：

1. 将 **oeDefectivePixelCount** 的值加 1；
2. 在 **oeDefectivePixelSelector** 节点中选择第一个可用索引：正确的索引是 **oeDefectivePixelXCoordinate** 和 **oeDefectivePixelYCoordinate** 值未初始化的那个（注意像素枚举从 0 开始）；
3. 在 **oeDefectivePixelXCoordinate** 和 **oeDefectivePixelYCoordinate** 字段中输入坏点坐标；
4. 使用 **oeDefectivePixelWriteMap** 命令将新坏点图保存到板载存储器；

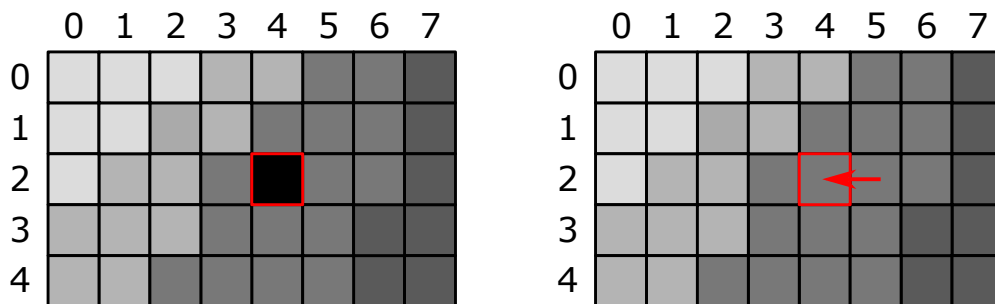


Figure 129: （左）坐标 (4,2) 处存在死像素。（右）通过最近邻算法进行误差校正。

对于彩色相机，颜色校正算法会考虑邻近像素具有不同色度信息的情况，因此校正使用以下像素值，如图 130 所示。

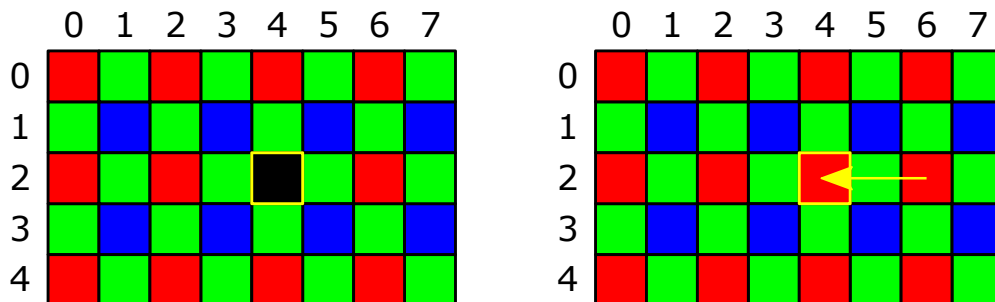


Figure 130: （左）坐标 (4,2) 处存在死像素。（右）通过最近邻（但具有相同色度信息）算法进行误差校正。

6.19 Test Control

包含与测试功能控制相关的功能。

功能	描述	接口	访问
TestEventGenerate	生成测试事件	ICommand	W

Table 51: Test Control 功能

6.20 Transport Layer Control

本节提供 Transport Layer control 功能。

功能	描述	接口	访问
PayloadSize	提供每幅图像或流通道上每个 chunk 传输的字节数	Integer	R
PtpEnable	启用 Precision Time Protocol (PTP)	Boolean	RW
oePtpOffsetFromUtc	启用将当前 IEEE 1588 UTC 偏移量应用于输出时间	Boolean	RW
PtpDataSetLatch	锁存设备 PTP 时钟数据集的当前值	ICommand	W
PtpStatus	返回 PTP 时钟的锁存状态	Enumeration	R
PtpServoStatus	返回时钟伺服的锁存状态	Enumeration	R
PtpOffsetFromMaster	返回与 PTP 主时钟的锁存偏移量 (纳秒)	Integer	R
PtpClockID	返回 PTP 设备的锁存时钟 ID	Integer	R
PtpParentClockID	返回 PTP 设备的锁存父时钟 ID	Integer	R
PtpGrandmasterClockID	返回 PTP 设备的锁存祖父时钟 ID	Integer	R
GevSupportedOptionSelector	选择要查询是否支持的 GEV 选项	Enumeration	RW
GevSupportedOption	返回所选 GEV 选项是否受支持	Boolean	R
GevInterfaceSelector	选择要控制的逻辑链路	Integer	RW
GevMACAddress	逻辑链路的 MAC 地址	Integer	R

GevCurrentIPConfigurationLLA	控制是否在指定逻辑链路上激活链路本地地址 IP 配置方案	Boolean	RW
GevCurrentIPConfigurationDHCP	控制是否在指定逻辑链路上激活 DHCP IP 配置方案	Boolean	RW
GevCurrentIPConfigurationPersistentIP	控制是否在指定逻辑链路上激活 PersistentIP 配置方案	Boolean	RW
GevCurrentIPAddress	报告指定逻辑链路的 IP 地址	Integer	R
GevCurrentSubnetMask	报告指定逻辑链路的子网掩码	Integer	R
GevCurrentDefaultGateway	报告指定逻辑链路的默认网关 IP 地址	Integer	R
GevPersistentIPAddress	控制此逻辑链路的永久 IP 地址	Integer	RW
GevPersistentSubnetMask	控制与此逻辑链路上永久 IP 地址关联的永久子网掩码	Integer	RW
GevPersistentDefaultGateway	控制此逻辑链路的永久默认网关	Integer	RW
GevDiscoveryAckDelay	指示设备在响应发现命令前等待的最大随机延迟	Integer	R
GevMCPHostPort	控制设备发送消息的目标端口	Integer	R
GevMCDA	控制消息通道的目标 IP 地址	Integer	RW
GevMCTT	提供以毫秒为单位的传输超时值	Integer	RW
GevMCRC	控制消息通道消息超时时允许的重传次数	Integer	RW
GevMCSP	此功能指示消息通道的源端口	Integer	R
GevStreamChannelSelector	选择要控制的流通道	Integer	RW
GevSCPIInterfaceIndex	要使用的逻辑链路索引	Integer	RW
GevSCPHostPort	控制所选通道的端口（GVSP 发送端向此端口发送数据流，或 GVSP 接收端从此端口接收数据流）	Integer	R
GevSCPSFireTestPacket	发送测试包。设置此功能后，设备将发送一个测试包	Boolean	RW

GevSCPSDoNotFragment	此功能的状态被复制到每个流包 IP 头的"不分片"位。应用程序可使用此功能防止流通道上的数据包 IP 分片	Boolean	RW
GevSCSPacketSize	此 GigE Vision 特定功能对应于 DeviceStreamChannelPacket-Size，应与其保持同步	Integer	RW
GevSCPD	控制此流通道每个数据包之间插入的延迟（以 GEV 时间戳计数器单位表示）	Integer	R
GevSCDA	控制所选流通道的目标 IP 地址（GVSP 发送端向此地址发送数据流，或 GVSP 接收端从此地址接收数据流）	Integer	RW
GevSCSP	指示流通道的源端口	Integer	R

Table 52: Transport Layer Control 功能

6.20.1 Precision Time Protocol (PTP)

PTP（Precision Time Protocol）是 IEEE 1588 标准的时钟同步协议。它允许精确同步以太网网络上多台 GigE 相机的时钟。PTP 过程规定，网络中时钟精度最高的设备被选为祖父时钟，其他设备成为从设备。从设备定期自动与主设备时钟直接同步。其结果是整个网络的时间戳值与主设备对齐。该协议在 IEEE 标准文件中有详细描述。

注意: Itala 相机只能作为从设备（未实现主设备模式）。

若使用计划动作命令，必须启用 PTP 功能（6.12.2）。

6.21 Sequencer Control

本节介绍与 Sequencer Control 相关的所有功能。

功能	描述	接口	访问
SequencerMode	控制 sequencer 机制是否激活	IEnumeration	RW
SequencerConfigurationMode	控制 sequencer 配置模式是否激活	IEnumeration	RW
SequencerFeatureSelector	选择要控制的 sequencer 功能	IEnumeration	RW
SequencerFeatureEnable	启用所选功能并使其在所有 sequencer 中生效	IBoolean	RW
SequencerSetSelector	选择后续功能设置所应用的 sequencer 集	Integer	RW
SequencerSetSave	将当前设备状态保存到 SequencerSetSelector 所选的 sequencer 集	ICommand	W
SequencerSetLoad	将 SequencerSetSelector 选定的 sequencer 集加载到设备	ICommand	W
SequencerSetActive	包含当前激活的 sequencer 集	Integer	R
SequencerSetStart	设置初始/起始 sequencer 集，即 sequencer 中使用的第一个集	Integer	RW
SequencerPathSelector	选择后续路径设置所应用的分支路径	Integer	RW
SequencerSetNext	指定下一个 sequencer 集	Integer	RW
SequencerTriggerSource	指定用作 sequencer trigger 源的内部信号或物理输入线	IEnumeration	RW
SequencerTriggerActivation	指定 sequencer trigger 的激活模式	IEnumeration	RW

Table 53: Sequencer Control 功能

6.21.1 Sequencer 概述

Sequencer Control 的目的是允许用户定义一系列功能集，这些功能集可在采集过程中依次激活。每次 *sequencer* 集的切换由用户配置的事件触发。

sequencer 的执行完全由设备控制。

6.21.2 配置 Sequencer set

sequencer 集的索引由 **SequencerSetSelector** 给定。最多可配置 64 个 *sequencer* 集。

实际构成 *sequencer* 集的功能定义于表 54。这些功能可通过 **SequencerFeatureSelector** 选择，并由 **SequencerFeatureEnable** 激活。若某功能被启用，则对所有 *sequencer* 集均有效。

要配置 *sequencer* 集，相机须通过 **SequencerConfigurationMode** 切换到配置模式。然后用户用 **SequencerSetSelector** 选择要修改的 *sequencer* 集。更改所需的相机设置后，可通过 **SequencerSetSave** 将所有设置存储到所选的 *sequencer* 集中。也可通过 **SequencerSetLoad** 读回这些设置。

为实现灵活使用，每个 *sequencer* 集之间可有最多两条路径。此类路径由 **SequencerPathSelector** 选择。每条路径（即不同 *sequencer* 集之间的过渡）基于一个已定义的 trigger 和一个目标 *sequencer* 集（由 **SequencerSetNext** 选择）。trigger 发生后，下一个集的设置即变为激活状态。

trigger 由 **SequencerTriggerSource**（表 55）和 **SequencerTriggerActivation** 功能定义。

注意: **SequencerTriggerActivation** 默认设置为 "RisingEdge"，不可更改。

sequencer 集应包含以下值：

- 设备应控制的相机数据
- **SequencerPathSelector**，至少包含一条路径
- 每条可由 **SequencerPathSelector** 选择的路径对应的 **SequencerSetNext**、**SequencerTriggerSource** 和 **SequencerTriggerActivation**。

注意: 若配置了两条路径，**Path 0** 的优先级高于 **Path 1**。若两个不同的 **SequencerTriggerSource** 同时发生，与 **Path 0** 关联的 trigger 源优先。

Sequencer Control 中可用的功能汇总于表 54，表 55 详细列出了 Itala 相机支持的 **SequencerTriggerSource** 选项：

功能	说明
ExposureTime	
CounterDuration	仅配置 Counter0
OffsetX	须预先配置适当的 ROI
OffsetY	须预先配置适当的 ROI
Gain	
oeLiquidLensCurrent	oeLiquidLensMode 须设置为 CurrentMode
oeLiquidLensPower	oeLiquidLensMode 须设置为 PowerMode

Table 54: Sequencer Control 操作的可用功能

功能	说明
Off	禁用 sequencer trigger
ExposureEnd	收到 ExposureEnd 时启动
Counter0End	收到 Counter0End 时启动
Timer0End	收到 Timer0End 时启动
Encoder0	收到 encoder 输出信号时启动

Table 55: Sequencer Control 操作的可用 trigger 源

注意: 已配置的 *sequencer* 程序与其他功能一样，作为 *UserSets* 的一部分存储。

注意: 加载 *sequencer set* 时，相机的实际设置将被覆盖。

7 使用案例

7.1 接线连接示例

7.1.1 通过外部设备触发相机

要在机器视觉系统中触发 Itala 相机，必须进行适当的连接。

考虑到光电隔离输入引脚的电路（第 5.7 节），可能的连接方式如图 131 所示。

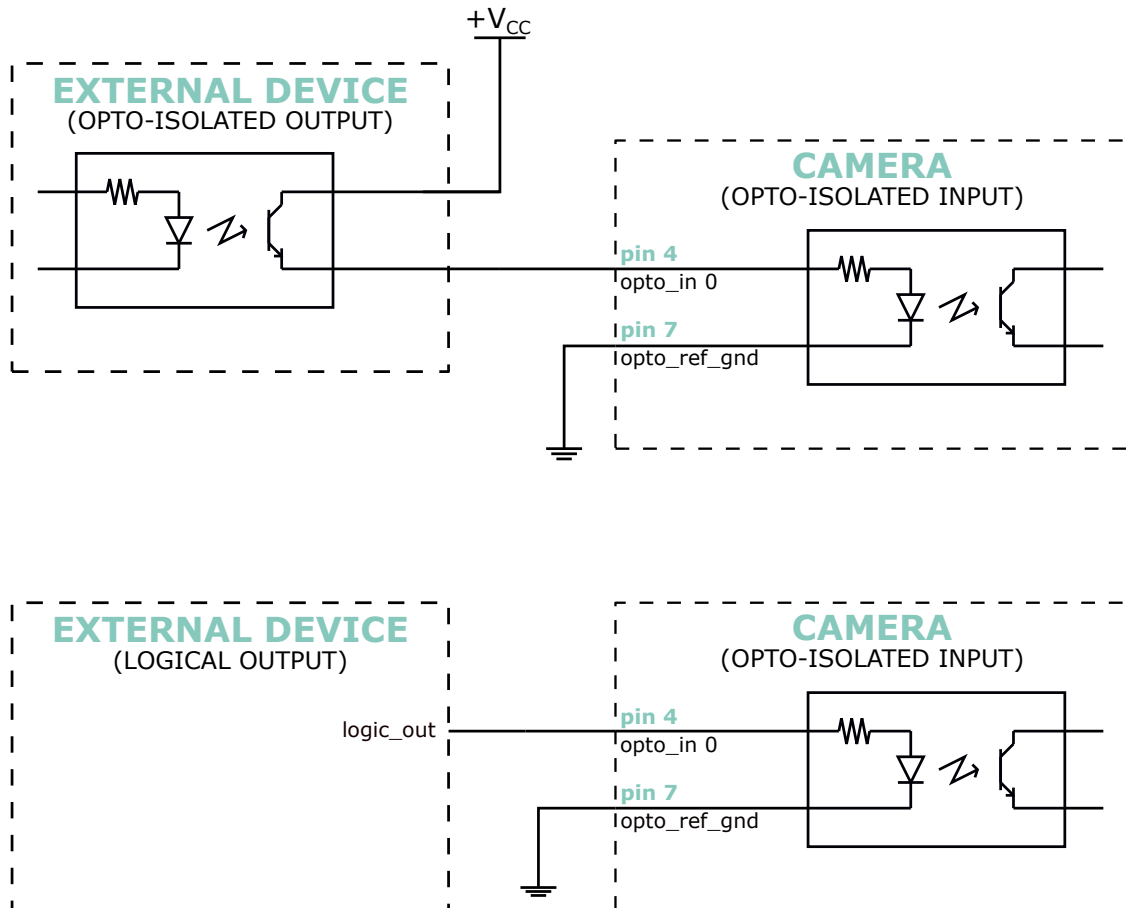


Figure 131: 上图：相机由光电隔离外部设备触发。下图：相机由逻辑输出引脚触发。

当 Itala 相机由外部 **光电隔离** 设备触发时，相机的输入引脚可直接与触发设备的源输出引脚连接。在这种情况下，触发输出级充当开关：当同步信号产生时，开关闭合，外部电源（+V_{CC}）被送至相机输入引脚，切换当前状态，从而触发相机。



警告： 请注意不要超过光电隔离输入引脚的最大电压规格。
 如第 5.2 节所述，+V_{CC} 不得超过 30V。

当 Itala 相机由外部 **逻辑** 引脚（例如 TTL）触发时，输出引脚仍可连接至相机的光电隔离输入引脚：此时逻辑输出引脚必须能够触发电光隔离输入级，即高电平逻辑电平必须大于光电耦合器的阈值

电压（参见第 5.2 节）。

此外，输出引脚必须具有足够的驱动能力，以便切换光电隔离输入级。

7.1.2 将外部设备与 Itala 相机同步

当 Itala 相机用于触发外部设备时，必须进行适当的连接。

考虑到光电隔离输出引脚的电路（第 5.7 节），可能的连接方式如图 132 所示。

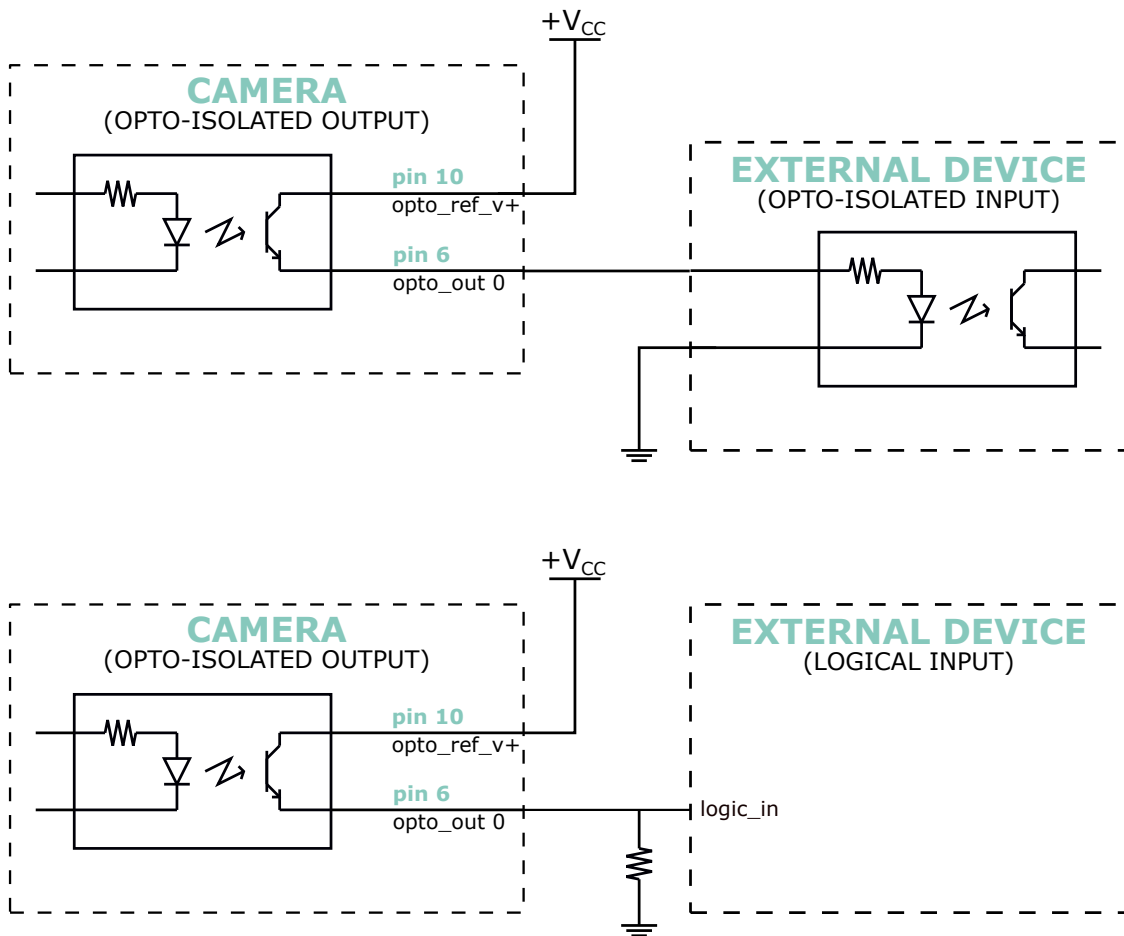


Figure 132: 上图：相机触发光电隔离外部设备。下图：相机触发逻辑输入引脚。

当 Itala 相机触发外部光电隔离设备时，相机的输出引脚可直接连接至被触发设备的输入引脚。在这种情况下，输出级充当开关：当同步信号产生时，开关闭合，外部电源（+V_{CC}）被送至外部设备，切换当前状态，从而触发该设备。



警告: 请注意不要超过光电隔离输入引脚的最大电压规格。
如第 5.2 节所述, $+V_{CC}$ 不得超过 30V。

反之, 当 Itala 相机触发外部 **逻辑** 引脚 (例如 TTL) 时, 输出引脚仍可与相机的光电隔离输入引脚连接, 但需注意: 需要一个外部电阻, 以便在光电隔离输出不活动时将输入引脚拉至地。



警告: 请注意不要超过光电隔离输入引脚的最大电压规格。
如第 5.2 节所述, $+V_{CC}$ 不得超过 30V。



警告: 请务必检查 $+V_{CC}$ 与逻辑引脚最大电压额定值之间的兼容性。

7.2 如何为相机输出线添加延迟

本节介绍如何为 Itala 输出线添加用户自定义延迟。

例如，假设需要在 **Line2** 上生成一个持续时间为 1ms 、延迟 $100\mu\text{s}$ 的输出脉冲，并由 *Exposure End* 功能触发。

该场景如图 133 所示。

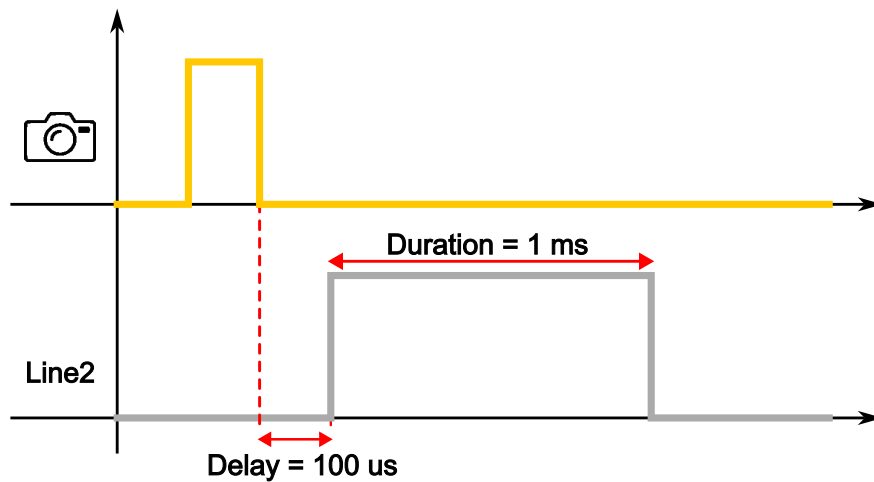


Figure 133: 示例场景：曝光结束后生成一个持续 1ms （延迟 $100\mu\text{s}$ ）的输出脉冲。

为了在 **Line2** 上获得该波形，可采用以下设置：

1. Timer 配置

- 使用 *Timer Selector* 功能选择其中一个定时器（例如 *Timer 0*）。
- 为 *Timer Trigger Source* 功能选择 *Exposure End* 条目。
- 在 *Timer Delay* 字段中设置所需的脉冲延迟（例如 $100\mu\text{s}$ ）。
- 在 *Timer Duration* 字段中设置所需的脉冲持续时间（例如 $1000\mu\text{s}$ ）。

2. Digital IO 配置

- 使用 *Line Selector* 功能选择其中一条输出线（例如 *Line 2*）。
- 为 *Line Source* 功能选择 *Timer 0 Active* 条目。

如果使用 Itala View，上述配置如图 134 所示。

其中，Timer 配置以绿色框标注，Digital IO 配置以黄色框标注。

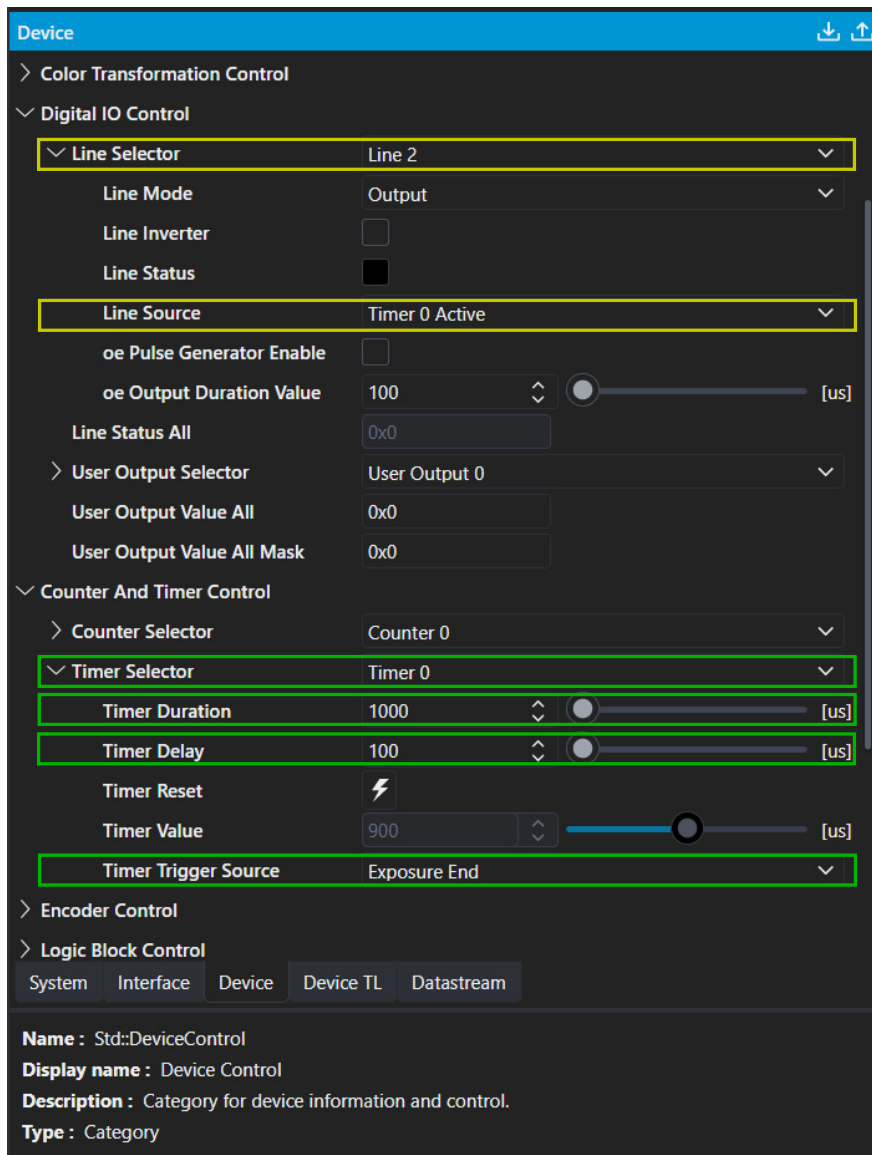


Figure 134: 使用 Itala View 实现输出延迟脉冲

7.3 流传输带宽管理

Itala 支持选择（并调整）图像传感器的整体采集帧率：具体而言，与传感器吞吐量设置相关的 GenICam 自定义功能为 **oeAcquisitionFrameRateLimitMode**。

默认情况下，**oeAcquisitionFrameRateLimitMode** 设置为 **oeLinkThroughput**。

在此配置下，采集帧率受千兆链路带宽限制。

传感器设置（如触发逻辑、消隐周期等）将自动计算，以匹配千兆连接的吞吐量，即 1 Gbps。

该场景如图 135 所示：帧（以青色块表示）从图像传感器采集后存入相机内部 buffer，然后由用户应用程序读取。

图 135 还展示了板载图像 buffer 的行为：由于读取数据速率始终等于写入数据速率，内部存储器不会被完全填满。

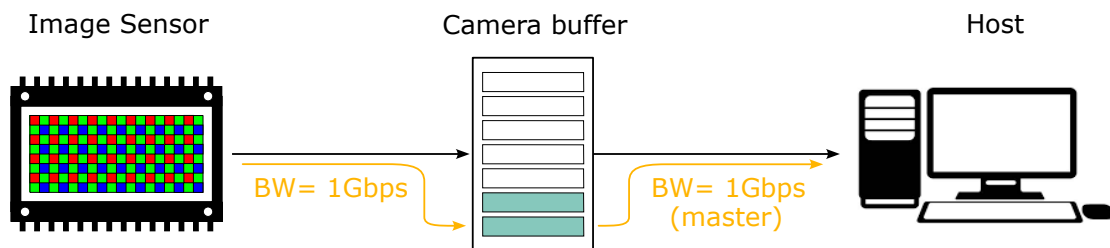


Figure 135: 当 **oeAcquisitionFrameRateLimitMode = oeLinkThroughput** 时，传感器吞吐量自动调整以匹配千兆带宽。

另一方面，当 **oeAcquisitionFrameRateLimitMode** 设置为 **oeSensorThroughput** 时，采集带宽的驱动因素变为图像传感器，如图 136 所示。

在这种情况下，相机与主机之间的总体带宽仍受以太网接口限制，但采集数据速率不再与链路带宽相关，其值可能高于或低于 1 千兆链路速度，具体取决于图像传感器型号及其工作模式。

由于写入数据速率可能高于读取数据速率，相机内部图像 buffer 可能饱和，如图 137 所示。当出现这种情况时，已采集帧的显示可能出现滞后效应。

当 Itala 处于自由运行采集模式且 **oeAcquisitionFrameRateLimitMode** 设置为 **oeSensorThroughput** 时，几乎总会出现此场景。

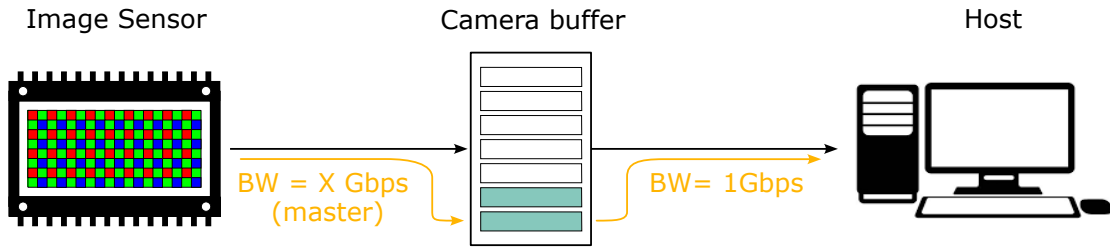


Figure 136: 当 $oeAcquisitionFrameRateLimitMode = oeSensorThroughput$ 时，采集带宽与链路带宽完全无关。

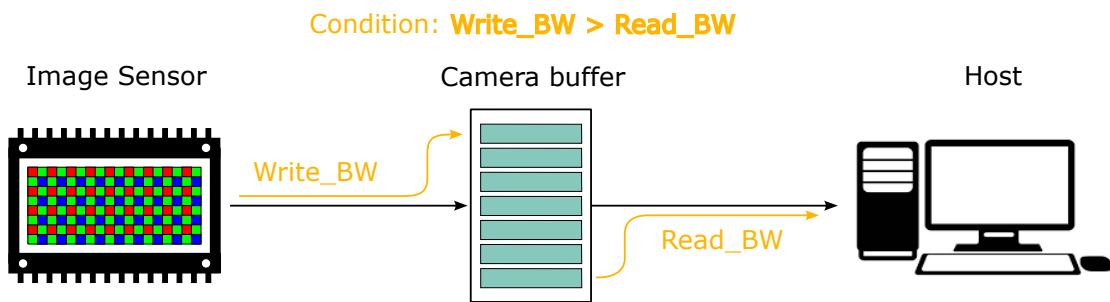


Figure 137: 当 $oeAcquisitionFrameRateLimitMode = oeSensorThroughput$ 时，若写入带宽高于读取带宽，可能发生 *buffer* 满的情况。

$oeSensorThroughput$ 配置在与 *trigger* 模式和 *burst* 采集结合使用时效果最为显著，即当 **Trigger-Mode** 设置为 ON 且 **AcquisitionBurstFrameCount** 大于 1 时。

在这种情况下，可以以非常高的帧率从图像传感器采集图像并存入内部存储 *buffer*（图 138a），之后再以较低的千兆带宽进行读出（图 138b）。

需要考虑的一个重要因素是内部 *buffer* 的有限大小：内存中可存储的帧数严格取决于以下两个参数：图像分辨率和像素格式。

在 *buffer* 饱和之前可采集的最大帧数由以下公式表示：

$$MaxBurstSize = \frac{BufferSize[Mbit]}{Resolution[Mpixel] * BitPerPixel} \tag{16}$$

其中：

- *Buffer Size* 为内部存储 *buffer* 大小（*buffer* 大小信息参见第 5.1 节）。

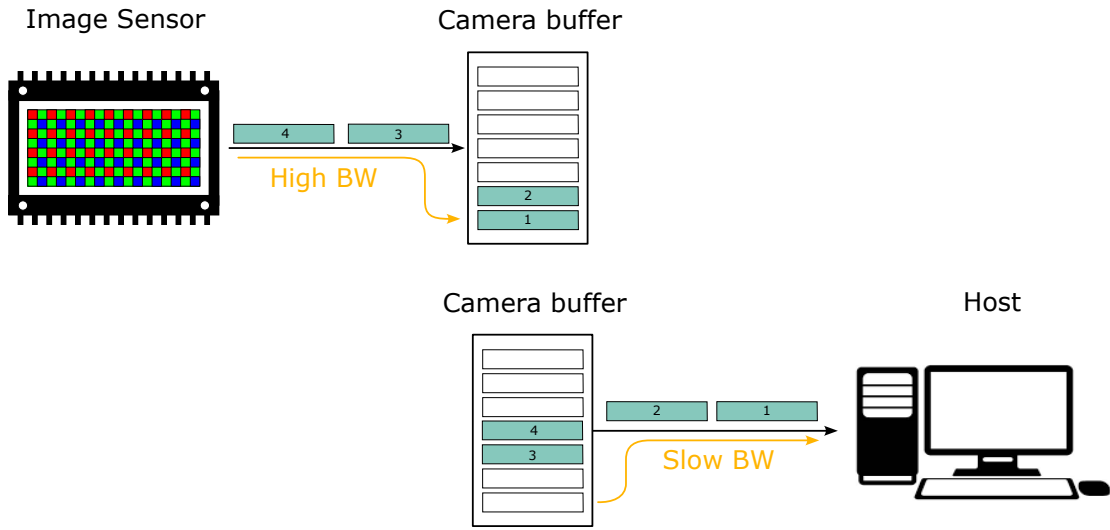


Figure 138: (a) 首先，启用 burst 采集以通过单个输入 trigger 信号采集多帧图像。(b) 其次，图像可以较低的帧率从相机传输至主机。

- *Resolution* 为传感器分辨率（宽×高），以兆像素表示。
- *Bit Per Pixel* 为图像中每个像素所对应的位数。

表 56 简要汇总了 Itala 相机所支持的每种像素格式的 每像素位数 值。

像素格式	每像素位数
Mono8	8
BayerRG8	8
PolarizedXXMono8	8
PolarizedXXBayerRG8	8
Mono10p	10
BayerRG10p	10
PolarizedXXMono10p	10
PolarizedXXBayerRG10p	10
Mono10Packed	12
BayerRG10Packed	12

PolarizedXXMono10Packed	12
PolarizedXXBayerRG10Packed	12
Mono12p	12
BayerRG12p	12
PolarizedXXMono12p	12
PolarizedXXBayerRG12p	12
Mono12Packed	12
BayerRG12Packed	12
PolarizedXXMono12Packed	12
PolarizedXXBayerRG12Packed	12
YUV411	12
YUV422	16
RGB8	24

Table 56: Itala 相机所支持的每种像素格式的每像素位数汇总

以下示例将对不发生 buffer 饱和时的最大 burst 大小进行粗略估算。

注意: 以下示例考虑最坏情况，即帧向主机应用程序的下载在 *burst* 采集结束后才开始。

注意: 以下示例假设 *buffer* 大小为 384 MB (即 3072 Mbit)。实际 *buffer* 大小请参见第 5.1 节。

假设使用 **12 兆像素** 图像传感器，像素格式设置为 **Mono8**，在饱和前可采集的最大帧数为：

$$MaxBurstSize = \frac{3072Mbit}{12Mpixel * 8} = 32frames \quad (17)$$

使用相同传感器、像素格式设置为 **RGB8** 的相机，其最大 burst 大小为：

$$MaxBurstSize = \frac{3072Mbit}{12Mpixel * 24} = 10frames \quad (18)$$

7.4 Cognex Vision Pro 兼容性

本节为简要技术指南，说明如何将 Cognex Vision Pro 与 Itala 配合使用。请按以下步骤操作：

1. 连接相机。
2. 确认 IPv4 配置和相机 IP 模式设置正确。
3. 打开 *Cognex GigE Vision Configuration*。
4. 确认已安装 *Performance driver*。

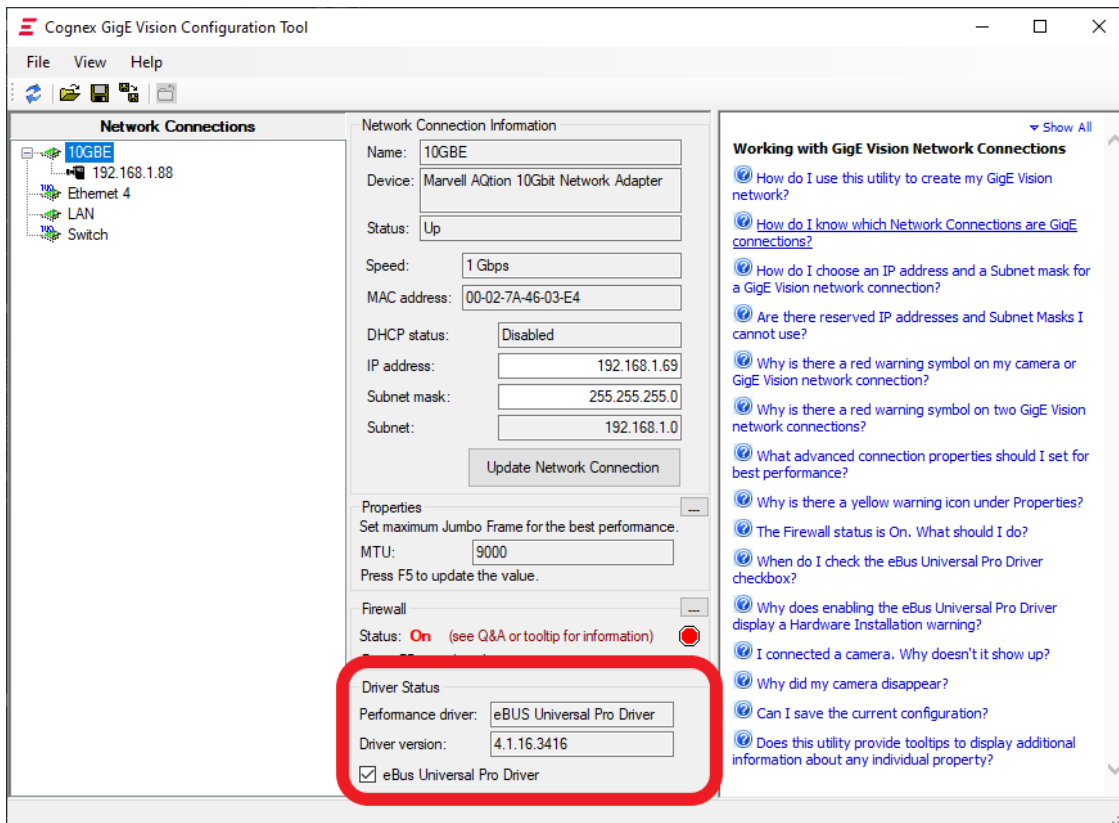
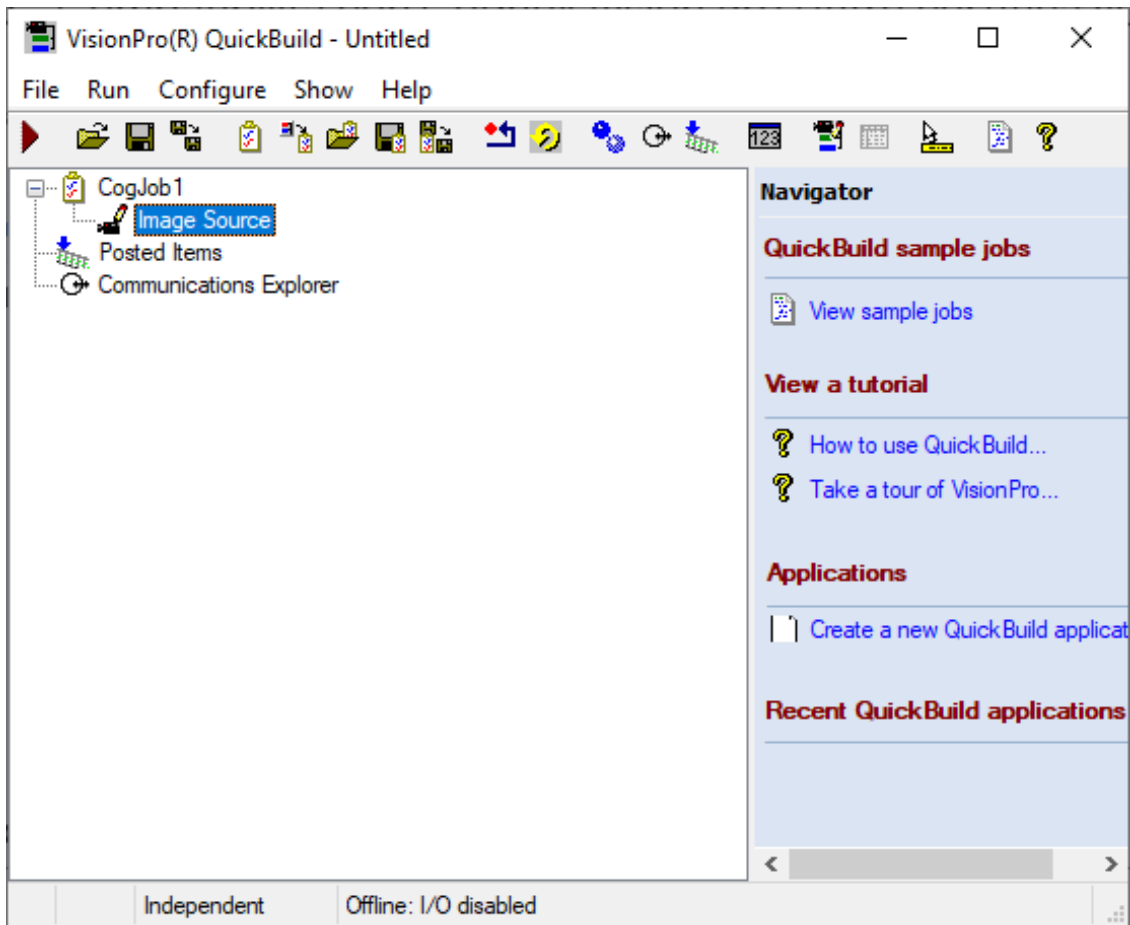
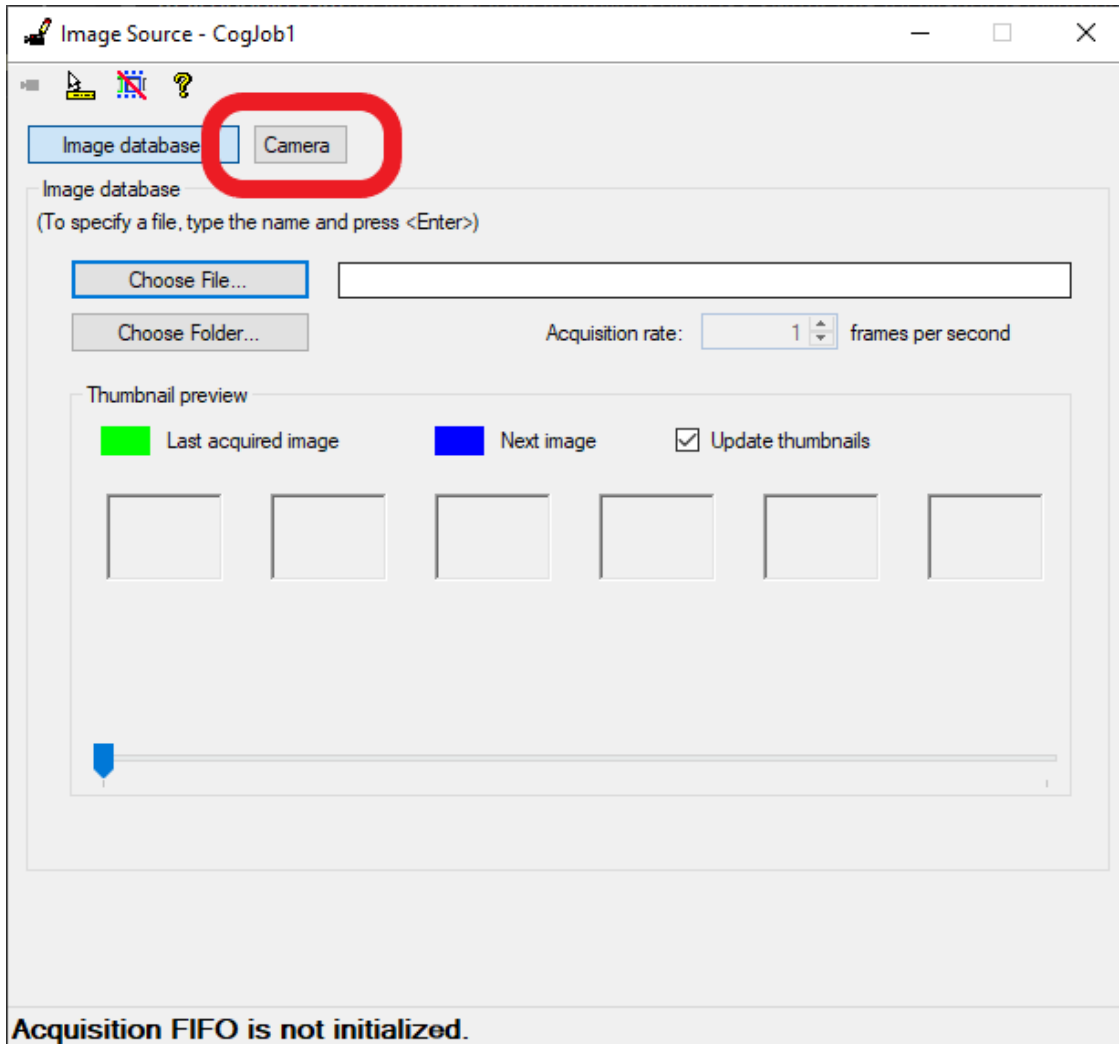


Figure 139: 步骤 4 - *Cognex GigE Vision Configuration Tool* 窗口。

5. 打开 *VisionPro QuickBuild*。Figure 140: 步骤 5 - *VisionPro QuickBuild* 窗口。

6. 双击 *Image Source*。
7. 将弹出两个窗口。在 *Image Source* 窗口中，点击 *Camera* 按钮。

Figure 141: 步骤 7 - *Image Source* 窗口。

8. 从下拉框中选择以 *GigEVision* 开头的条目。

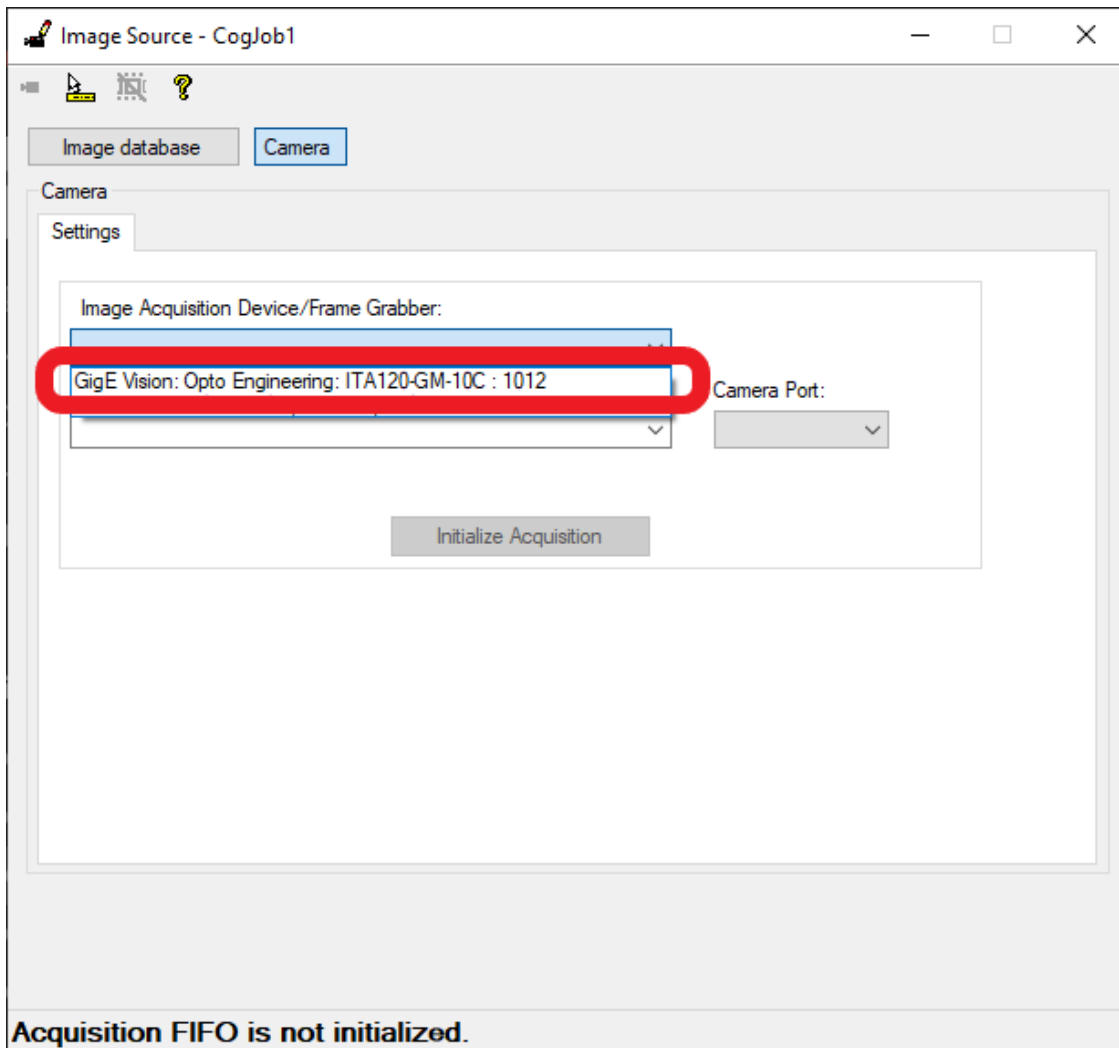


Figure 142: 步骤 8 - *Image Source* 窗口, *Image Acquisition Device* 选择。

9. 点击 *Video Formats* 字段的下拉箭头，选择所需的像素格式。

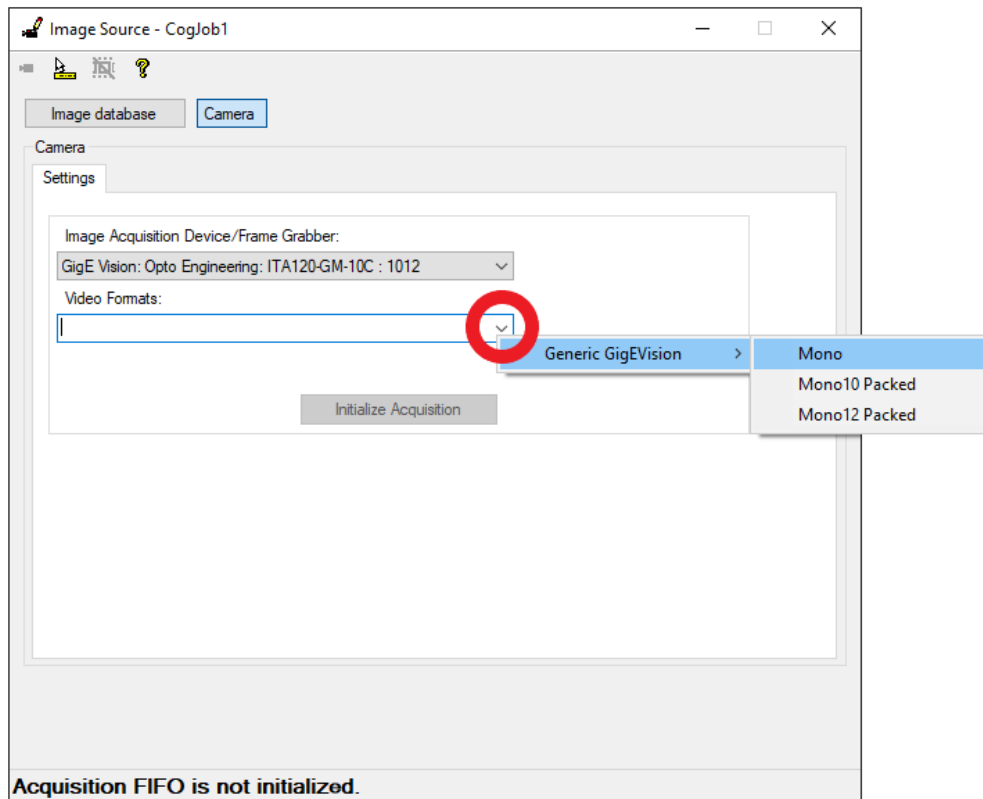


Figure 143: 步骤 9 - *Image Source* 窗口，*Video Formats* 选择。

10. 点击 *Initialize Acquisition*。

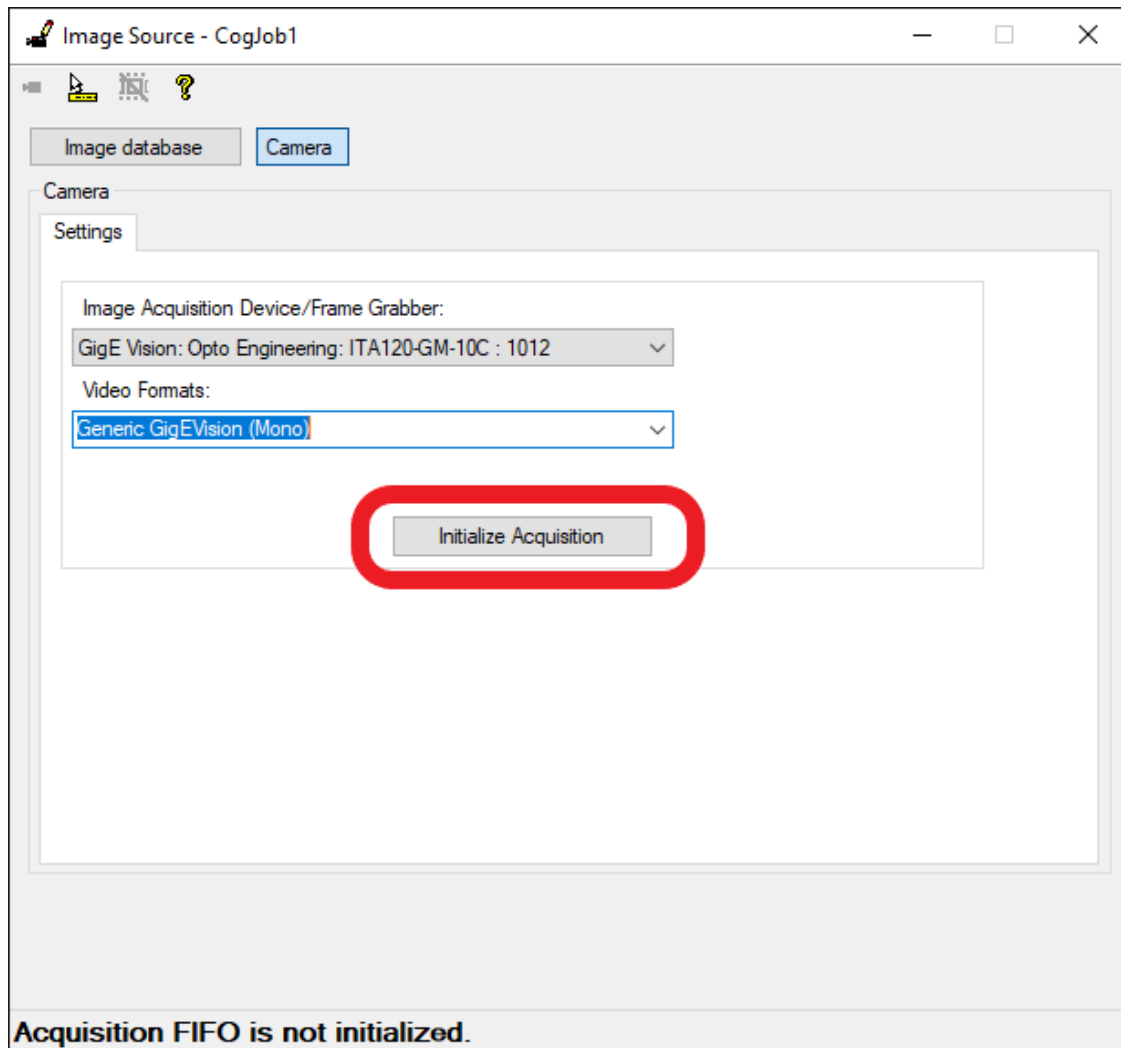


Figure 144: 步骤 10 - *Image Source* 窗口, *Initialize Acquisition*。

11. 如需实时预览，请点击窗口左上角的相机图标。还可设置曝光时间、trigger 模式及其他设置（如 ROI）。

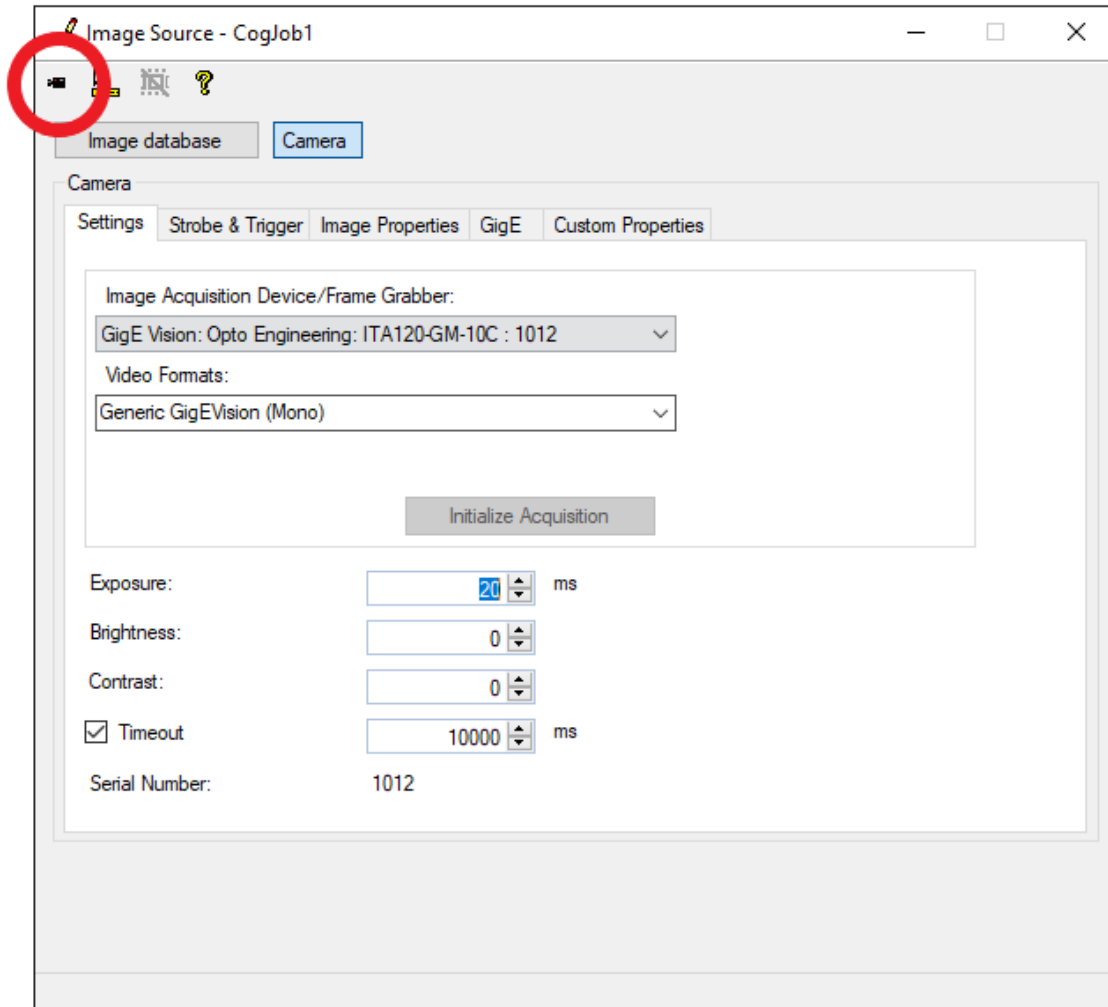


Figure 145: 步骤 11 - *Image Source* 窗口, *Live Preview*。

7.5 Sequencer Control 配置示例

本示例在设备上定义了一个包含四种不同曝光时间的采集序列，其中最后一个步骤重复五次。

所有配置均在设备本身上完成，因此配置完成并启动采集后，设备将在必要时自行应用参数变更。主机应用程序只需采集图像即可。这样可以获得比由主机应用程序逐帧应用参数变更更高的整体帧率。

这将产生以下流程图：

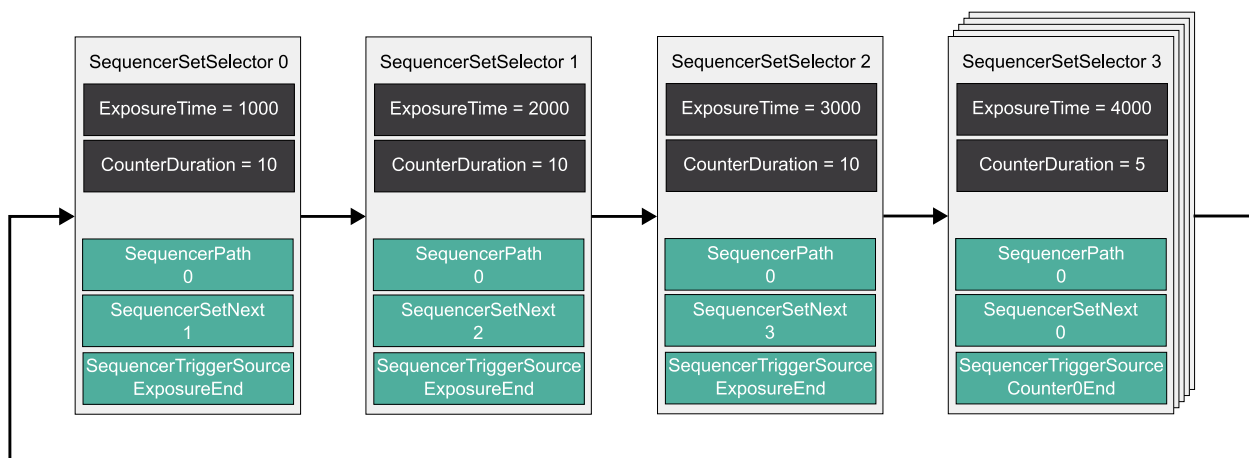


Figure 146: Sequencer Control 示例流程图。

关于 sequencer 路径功能，有以下几点说明：

- 一旦 **SequencerTriggerSource** 为 Off，该路径即处于非活动状态。
- 如果两条路径均处于非活动状态，或没有任何 **SequencerTriggerSource** 被触发，sequencer 将保持在当前集合。
- 如果两条路径的 **SequencerTriggerSource** 均被触发，则遵循最先触发的路径。

7.5.1 使用 Sequencer 路径

每个集合最多可定义两条活动路径。以下图示展示了一个使用 **ExposureTime** 和 **oeLiquidLensPower** 功能的示例，其中在"Set 0"和"Set 1"中定义了两条路径：

- "Set 0"和"Set 1"在每次 "ExposureEnd" 时沿 Path 0 循环。当 Timer0 结束时，下一个集合为"Set 2"，遵循 Path 1。

- "Set 2"在 "ExposureEnd" 后返回"Set 0"。

附加设置:

- **TimerDuration** (Timer 0) = 2000000 μs
- **oeLiquidLensMode** = Power Mode

这将产生以下流程图:

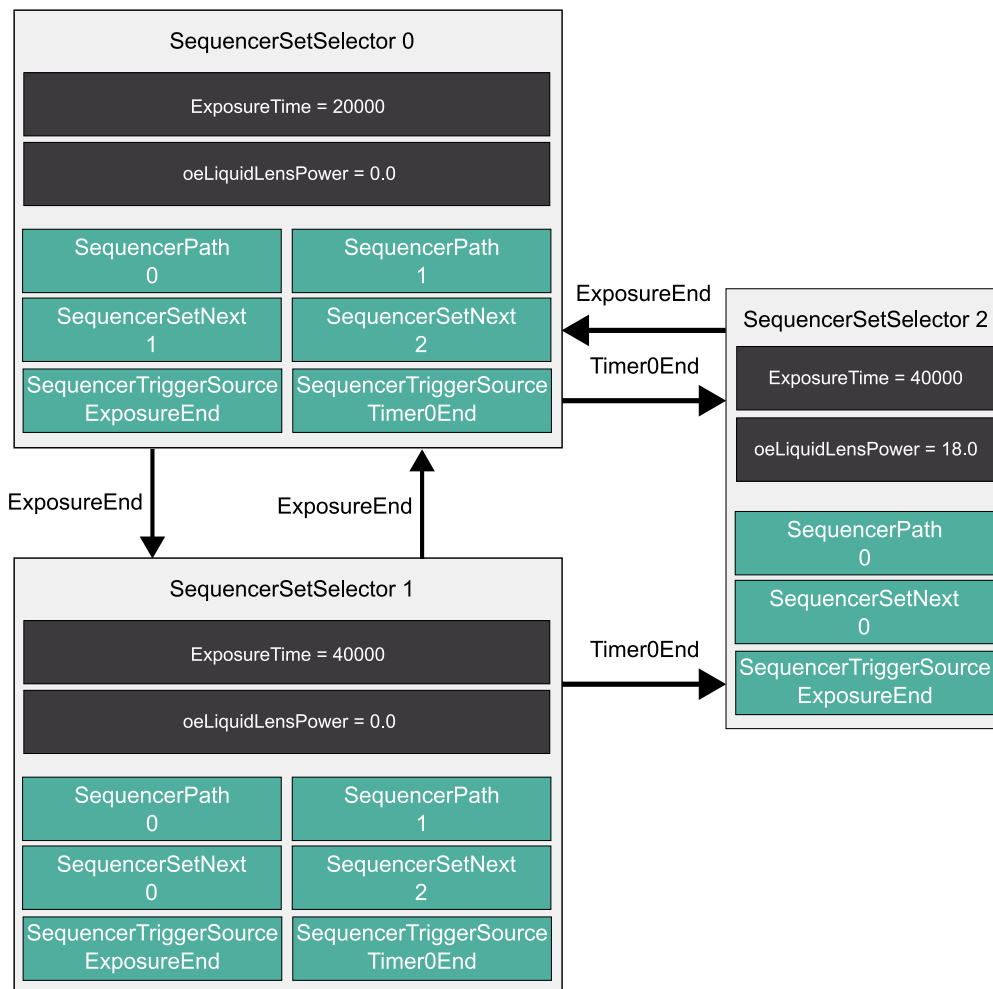


Figure 147: Sequencer Control 路径示例流程图。

8 故障排除

8.1 相机无法在可用设备列表中找到

当相机未被检测到且不在设备列表中时，请检查以下步骤：

1. 检查相机是否已正确供电。相机开机后，状态 LED 在数秒内变为黄色。
2. 检查是否有防火墙正在阻止主机与设备之间的通信。
3. 检查 NIC（网络接口控制器）的配置。
默认情况下，相机配置为通过 DHCP 服务器分配 IP 地址。
用户也可以为相机分配静态 IP 地址：在这种情况下，请确认网络接口卡的 IP 地址与相机 IP 地址兼容。
或者，使用 *IP Configurator tool* 正确配置相机的 IP 地址。
4. 检查网卡 driver 是否已正确安装（并已更新至最新版本）。
5. 如果相机当前正被其他应用程序使用，则该相机对当前进程不可用。在这种情况下，请断开相机与其他应用程序的连接，然后重新将相机连接至所需的应用程序。
6. 检查线缆是否损坏。

8.2 为什么相机查看器的 GenICam 树中缺少某些功能？

当某些功能缺失时，请检查以下几点：

1. 检查所选相机型号是否实际支持该功能。
例如，典型的彩色功能（如 RGB 像素格式）在单色相机上不可用。
2. 检查查看器的可见性模式。
某些功能在 *Beginner mode* 下不可见，只能在 *Expert mode* 或 *Guru mode* 下显示。
3. 某些新功能可能在后续 firmware 版本中添加：请确保相机 FW 始终保持最新。

8.3 相机为何出现丢帧现象？

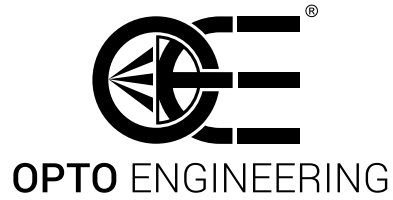
当相机和/或网卡配置不当时，可能会丢失部分帧。

出现此情况时，请检查以下可能原因：

1. 检查 GigE Vision 采集 driver 是否已正确安装。
2. 检查网络接口 driver 是否为最新版本。
3. 检查网络接口卡的 *jumbo packet* 选项是否已启用。
Jumbo packet 支持大于 1500 字节的帧，可在高带宽相机上实现最优性能。
4. 检查网络接口卡的接收 buffer 是否尺寸合理。如出现丢帧，请尝试增大接收 buffer 大小。
5. 检查 PC 是否处于 节能模式。在该工作模式下，CPU 性能大幅降低，可能导致丢帧。
6. 检查当前带宽是否超过链路带宽所支持的速率。
作为经验法则，带宽可由公式 19 较好地近似估算：

$$BW[Mbps] = Resolution[Mpixel] * BitPerPixel[bit/pixel] * FrameRate[fps] \quad (19)$$

在进行上述检查的同时，可使用 *DeviceLinkThroughputLimit* 功能控制相机所使用的带宽量。当该值降低时，可用于传输的带宽减少，最大可用 framerate 也可能随之降低。



Contact us

EUROPE

**Opto Engineering
Headquarters**

str. Circonvallazione Sud, 15
46100 Mantova, IT
phone: +39 0376 699111
eu@opto-e.com

**Opto Engineering
Germany**

Marktplatz 3,
82031 Grünwald, DE
phone: +49 (0)89 693 9671-0
de@opto-e.com

UNITED STATES

**Opto Engineering
USA**

11321 Richmond Ave
Suite M-105, Houston, TX 77082, USA
phone: +1 832 2129391
us@opto-e.com

ASIA

**Opto Engineering
China**

Room 1903-1904, No.885, Renmin RD
Huangpu District 200010
Shanghai, CN
phone: +86 21 61356711
cn@opto-e.com

www.opto-e.com