

TTS103MCXP10-24M/C 面扫描 相机使用说明书

(V0.2 2023.09.12)



合肥埃科光电科技股份有限公司

<http://www.i-tek.cn/>

版本记录

版本号	修改日期	说明
0.1	2023/04/06	● 初始版本
0.2	2023/09/12	● 更新第 7 章内容

联系方式

合肥埃科光电科技股份有限公司

电话: +86-551-65318597

传真: +86-551-65318597

网址: www.i-tek.cn

地址: 安徽省合肥市高新区望江西路中安创谷科技园二期 J2 栋 3F

邮编: 230088

目 录

版本记录	2
联系方式	3
目 录	4
1 警告	6
2 产品命名规则	7
3 产品外形	9
4 产品规格	10
4.1 主要特性	10
4.2 相机规格	10
4.3 相机结构	11
4.4 光谱响应	11
4.5 相机 Bayer 排列	12
4.6 相机使用	12
4.7 认证 RoHS	12
5 机械尺寸和接口	13
5.1 机械设计	13
5.2 电气接口	13
5.2.1 相机状态指示灯	14
5.2.2 电源接口	14
5.2.3 控制接口	15
5.2.4 数据接口	16
6 相机特性	18
6.1 触发模式	18
6.1.1 自由运行模式	18
6.1.2 外部脉冲模式	18
6.1.3 外部脉宽调制模式	19
6.2 感兴趣区域	20
6.3 像素合并	21
6.4 相机扫描方向	21
6.5 查找表	22
6.6 缺陷像素校正	22
6.7 白平衡	23
6.8 平场校正	24
6.9 测试图像	25
6.10 闪光灯	26
6.11 数据格式	26
6.12 增益&偏置	27
6.13 相机温度	27
6.14 加载/保存配置参数	27
7 相机控制	28
7.1 GenICam 标准	28
7.2 GenAPI 参数属性	28

7.3	寄存器分类	29
7.3.1	Bootstrap CoaXPress 寄存器	29
7.3.2	设备控制寄存器	34
7.3.3	图像格式控制寄存器	34
7.3.4	采集控制寄存器	36
7.3.5	IO 控制寄存器	37
7.3.6	模拟控制寄存器	39
7.3.7	数字控制寄存器	39
7.3.8	查找表控制寄存器	41
7.3.9	平场校正寄存器	41
7.3.10	竖纹校正寄存器	42
7.3.11	缺陷像素寄存器	42
7.3.12	制冷寄存器	43
7.3.13	用户配置控制寄存器	44
8	常见问题	45

1 警告

● 一般警告

- ① 禁止摔打，损坏，拆卸，修复或者自行改变相机。
- ② 禁止让儿童自行接触相机。
- ③ 禁止将相机用作规范要求以外的其它用途。
- ④ 如果相机出现问题，请及时联系技术支持。

● 安装维护

- ① 尽量不要在太阳直射下或湿度较高或者灰尘较多环境下安装相机。
- ② 尽量让相机远离强磁场环境。
- ③ 尽量让相机远离热源。
- ④ 注意不要让相机泡在液体中，如水，饮料等。
- ⑤ 尽量时常清除相机外部灰尘，避免灰尘进入相机造成异常。
- ⑥ 清除相机灰尘时，不要用水洗，请用柔软物体进行擦除。

● 电源

- ① 推荐+12~24V ($\pm 10\%$) 电压接入，电流要求 5.0A。
- ② 合肥埃科光电科技股份有限公司不提供外接电源，请用户自行处理电源接入。

● 文档

- ① 合肥埃科光电科技股份有限公司不保证该文档为最终版本，文档在产品升级或者修改后也会进行更新，如用户需要最新文档，请主动联系 market@i-tek.cn 索取，对于授权用户，合肥埃科光电科技股份有限公司将无偿提供对应产品的最新文档。

2 产品命名规则

● 相机产品型号

简称	名称	含义
线扫描相机:		
PA	Panther	黑豹（单线工业线阵相机）
PL	Plasma	等离子（多线工业线阵相机）
PH	Phoenix	凤凰（高阶 TDI 工业线阵相机）
TPH	TEC-Phoenix	凤凰（制冷高阶 TDI 工业线阵相机）
PN	Pneuma	普纽玛（基础款工业线扫相机）
PR	Prometheus	普罗米修斯（高分辨率工业线扫相机）
PU	PupMaya	玛雅（高位宽工业线扫相机）
PT	Ptepare	有准备（特殊定制工业线扫相机）
PM	Prism	棱镜线扫相机
面扫描相机:		
TM	Taurus-Prism	棱镜面扫相机
HS	Hercules	大力神（CCD 工业面阵相机）
TS	Taurus	金牛座（CMOS 工业面阵相机）
THS	TEC-Hercules	半导体冷却—大力神（CCD 制冷工业面阵相机）
TTS	TEC-Taurus	半导体冷却—金牛座（CMOS 工业面阵相机）
XS	XStream	极速（超高速相机）

● 接口规格

简称	接口类型
GV	GigE Vision
CL	Camera Link
CXP/CXP10/CXP12	CoaXPress
U30	USB3.0
XGV	10 GigE Vision
PCIe	PCI-Express
SFP	Small Form Pluggable

● 色彩形式

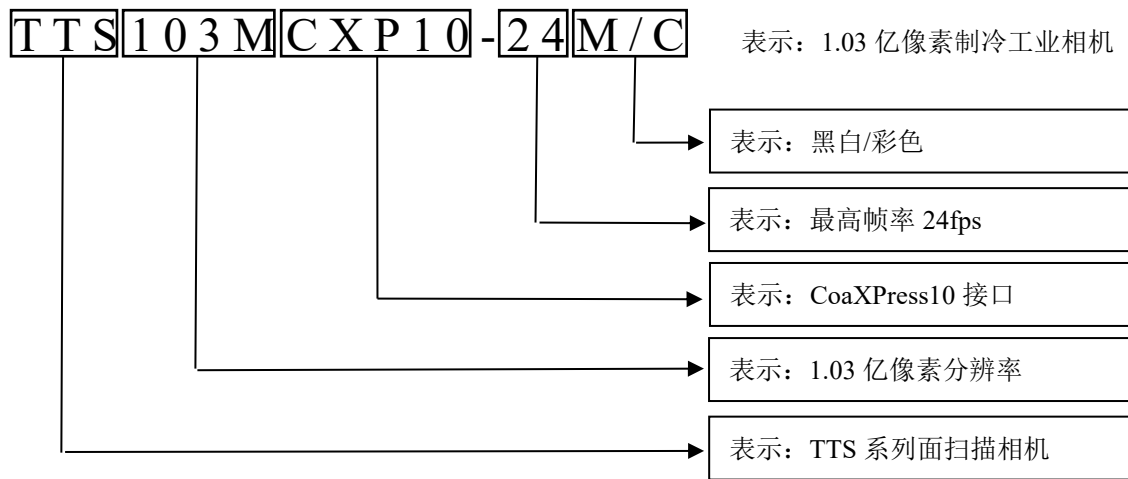
简称	图像模式
M	Monochrome（黑白）
C	Color（彩色）
F	Full Color（RGBC 四线输出，支持 RGBC）
T	黑白 TDI（多线时间延迟积分）
X	分时相机
U	UV（紫外）
N	NIR（近红外）

S	SWIR（短波红外）
W	MWIR（中波红外）
L	LWIR（长波红外）

● 行频或帧率

相机类型	说明
线扫描相机	最高行频，如 30kHz
面扫描相机	最高帧率，如 4000fps

e.g.



3 产品外形



图 1 相机外形图

注意：

- ① 相机前端面和侧边均提供了螺丝孔，用于接圈和相机的安装固定。
- ② 相机详细尺寸说明请参考下文“机械尺寸和接口”章节。

4 产品规格

TTS103MCXP10 相机采用了先进的全局快门 CMOS 图像传感器和 CoaXPress 数据接口，是专门用于工业测量及检测领域的高速面阵相机，具备高可靠性和稳定性，适用于对图像采集具有高要求（高分辨率、高速度）的场合，如表面检测、电子贴装检测等。

4.1 主要特性

- 全局快门 CMOS 传感器
- 全分辨率最高帧率 24fps
- 高灵敏度及低噪声
- 曝光模式灵活控制（外触发，自由运行）
- 输出像素 8/10/12bit
- 感兴趣区域
- 像素合并
- 查找表
- 缺陷像素校正
- 白平衡
- 平场校正
- 闪光灯
- 模拟增益/数字增益/偏置控制
- 扫描方向用户配置
- 实时温度监控
- 电子制冷

4.2 相机规格

表 1 TTS103MCXP10-24M/C 相机规格

型号	TTS103MCXP10-24M/C
产品描述	1.03 亿像素制冷工业相机
分辨率	11248 x 9200
像元规格	3.2um x 3.2um
传感器类型	全局快门 CMOS
图像类型	黑白/彩色
传感器尺寸	46.50mm（对角线）
动态范围	≥64.5dB
信噪比	38.9dB
数据率	3700MB/s
模拟增益	X1/X2/X3.7
数字增益	0.004~8
数字偏置	-4095~4095
镜头接口	M72
最高帧率	24.85fps@8/10bit, 23.87fps@12bit

触发模式	外触发，自由运行
触发信号	外部 IO/CXP 信号
曝光控制	定时，脉宽控制
曝光时间	19us~548s（步长：1us）
数据格式	8/10/12bit
工作温度	0~55℃
数据接口	CoaXPress10
电源	DC 12~24V（±10%） 5.0A
功耗	42.5W（TEC 打开）
机械尺寸	111mm x 111mm x 89.27mm（不含接圈）
冷却方式	电子制冷以及一个外部风扇
冷却性能	低于环境温度约 20℃

注意：本表格为 1.3-2.0 版本 TTS103MCXP10 相机规格，不同版本的相机规格可能略有不同。

4.3 相机结构

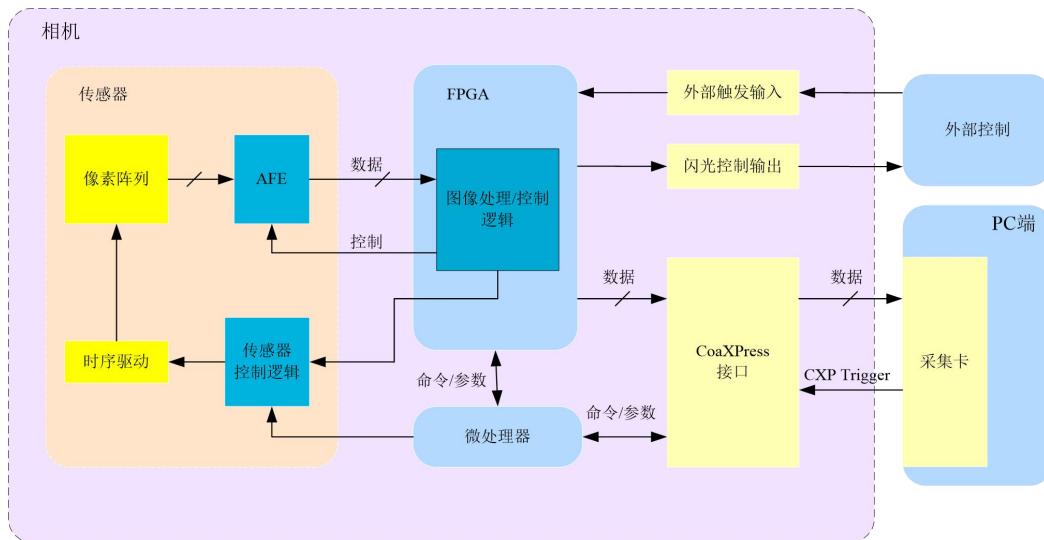


图 2 相机内部实现结构

TTS103MCXP10 相机使用统一的体系结构实现了不同分辨率的图像传感器控制、数据传输和嵌入式算法处理，相机内部结构如上图所示。像素阵列由全局快门控制系统进行统一采样保持，经过模拟前端转换为数字信号，通过 FPGA 和微处理器进行相关的算法处理后，经由 CoaXPress 接口传输给 PC 端采集卡。

相机可接受外部信号触发采集，来源为 IO 信号或 CoaXPress 接口的 CXP 信号。

4.4 光谱响应

TTS103MCXP10 相机的光谱响应图如下所示。

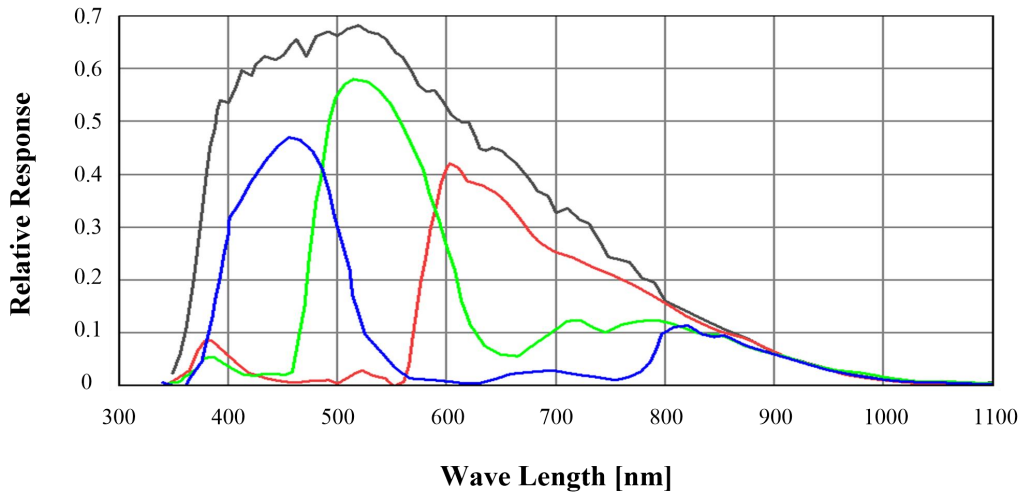


图 3 相机光谱响应

4.5 相机 Bayer 排列

TTS103MCXP10 相机支持彩色模式，Bayer 排列如下图所示（HR 为水平分辨率，VR 为垂直分辨率）：



图 4 相机 Bayer 排列

4.6 相机使用

- (1) 工作温度：0℃~55℃，湿度 10%~80%；储存温度：-20℃~75℃。
- (2) 相机内传感器有防尘密封设置，可有效防止尘土进入传感器表面。如果镜头盖打开，则可能会使尘土进入，故相机未使用时，请拧紧镜头盖。

4.7 认证 RoHS

相机所有部件（包括元器件、PCB、外壳）均符合 RoHS 标准。

5 机械尺寸和接口

5.1 机械设计

TTS103MCXP10-24M(C) Camera Mechanical Dimensions(in mm)

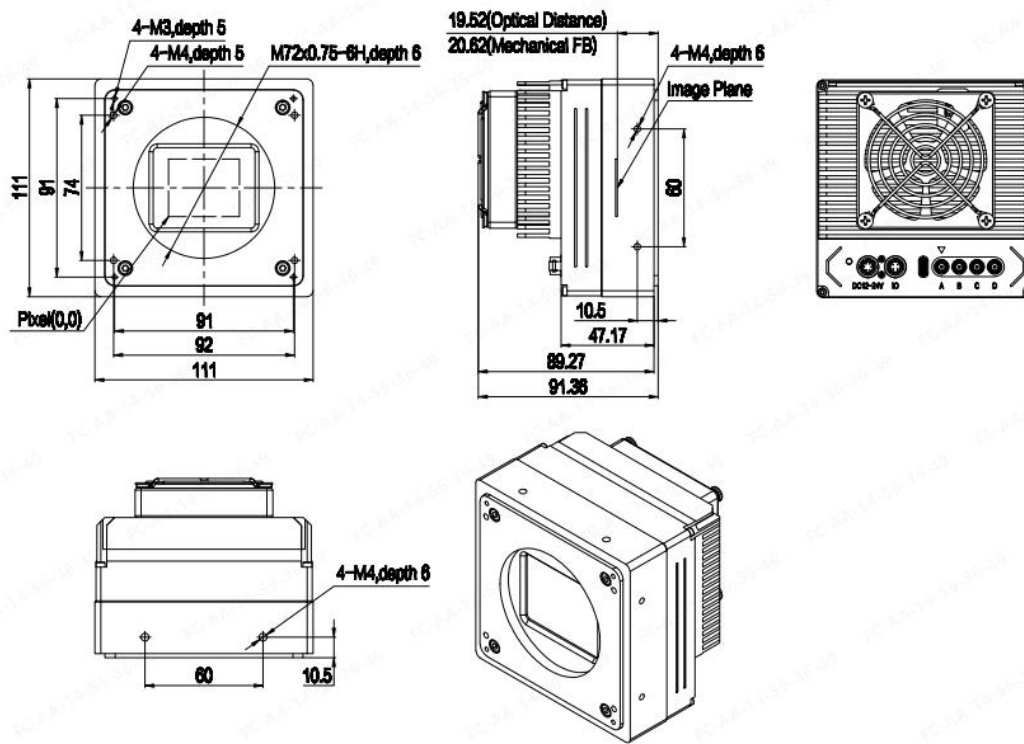


图 5 相机机械尺寸

5.2 电气接口

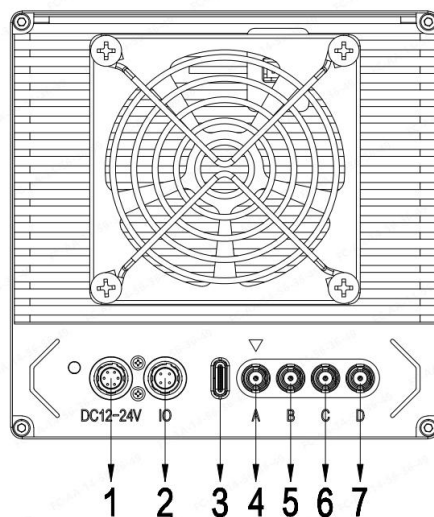


图 6 相机接口定义

- ① 6 芯电源输入
- ② 4 芯控制接口 (Trigger 输入以及 Strobe 输出)

- ③ Type-C 接口
- ④ CoaXPress Connection A (**Master**)
- ⑤ CoaXPress Connection B
- ⑥ CoaXPress Connection C
- ⑦ CoaXPress Connection D

5.2.1 相机状态指示灯

相机状态指示灯用于反映相机的实时状态，如下表所示：

表 2 相机状态指示灯信息

LED 三色状态指示灯	相机状态
绿灯常亮	正常
绿灯闪烁	外触发模式下，3 秒内未检测到触发信号
红灯常亮	处理器复位或故障
红灯闪烁	相机异常（联系维修人员）
黄灯常亮	相机初始化或执行命令中

5.2.2 电源接口

电源接口采用 6 芯插座（针），其规格型号为：
Hirose HR10A-7R-6PB(Male)。

对应的电源线端插头规格型号为：
Hirose HR10A-7P-6S(Female)。

相机背部电源接口如下图所示：

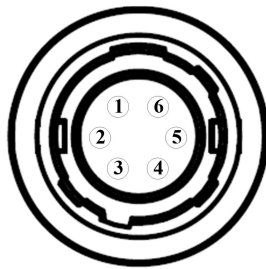


图 7 电源接插件

表 3 电源接插件管脚定义

信号	管脚	信号	管脚
VCC	1	GND	4
VCC	2	GND	5
VCC	3	GND	6

5.2.3 控制接口

控制接口采用 4 芯插座（针），其规格型号为：
Hirose HR10A-7R-4PB(Male)。

对应的插头规格型号为：
Hirose HR10A-7P-4S(Female)。

相机背部控制接口如下图所示：

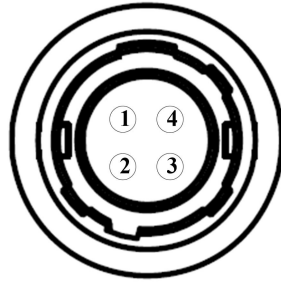


图 8 控制接口插件

表 4 控制接口插件管脚定义

信号	管脚	信号	管脚
Trigger In +	1	GND	3
Trigger In -	2	Strobe Out	4

外部触发电路如下所示：

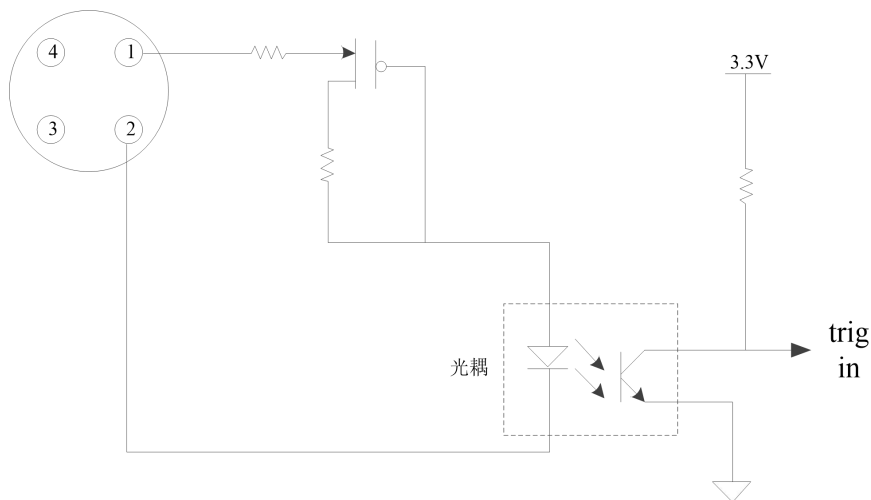


图 9 Trigger 输入电路示意图

- 外部触发电压范围：大于 3.3V

闪光灯输出电路如下所示：

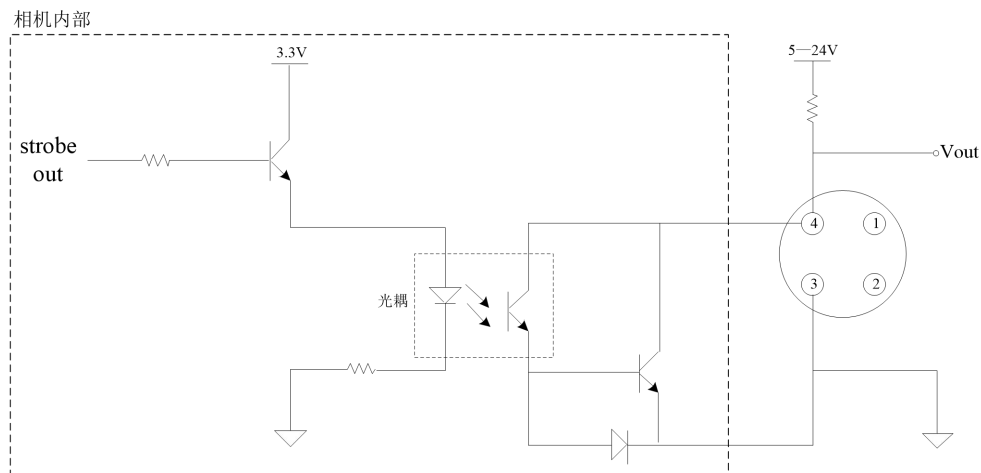


图 10 Strobe 输出电路示意图

- 闪光信号上拉电压范围：5~24V

5.2.4 数据接口

TTS103MCXP10 相机实现了标准的 Quad CoaXPress 协议，数据接口为相机背面的四个 Micro BNC 插座。相机背部数据接口如下图红色框所示：

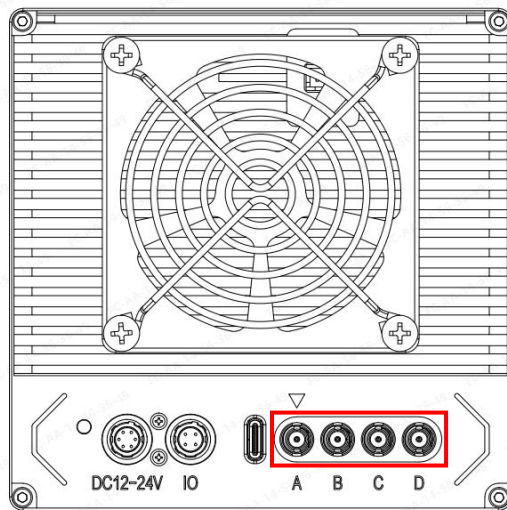


图 11 数据接口

Micro BNC 直插接口机械图如下：

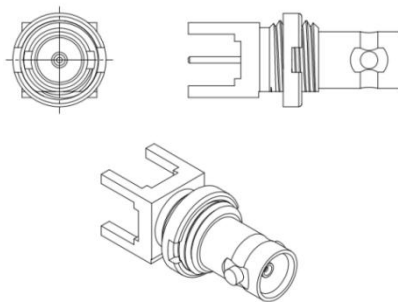


图 12 Micro BNC 直插接口

6 相机特性

本章对 TTS103MCXP10 相机的内部特性做详细介绍。

6.1 触发模式

TTS103MCXP10 相机支持 3 种触发模式：自由运行模式，外部脉冲模式，外部脉宽调制模式。

6.1.1 自由运行模式

自由运行模式下（Trigger = Off, Exposure Mode = Timed），相机依据用户配置的帧周期和曝光时间参数内部产生相关控制时序，输出图像。

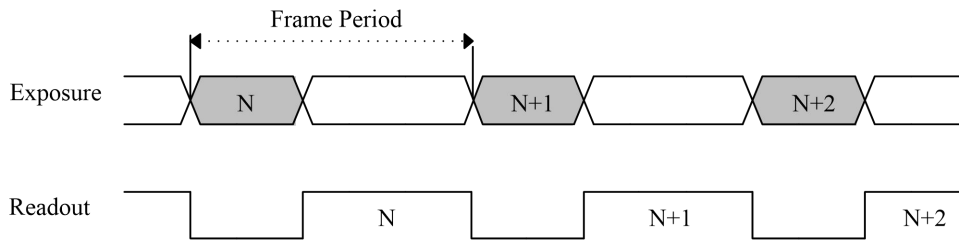


图 13 自由运行模式

为实现正常的图像输出，TTS103MCXP10 相机限制了帧周期和曝光时间的范围，最短帧周期应同时大于曝光时间和一帧数据的读出时间。

6.1.2 外部脉冲模式

外部脉冲模式下（Trigger = On, Exposure Mode = Timed），相机在外触发信号上升沿开始曝光，曝光时间长度通过用户指令配置（和自由运行模式一致）。此时相机输出图像帧率由外触发脉冲上升沿之间的间隔决定，如下图所示。

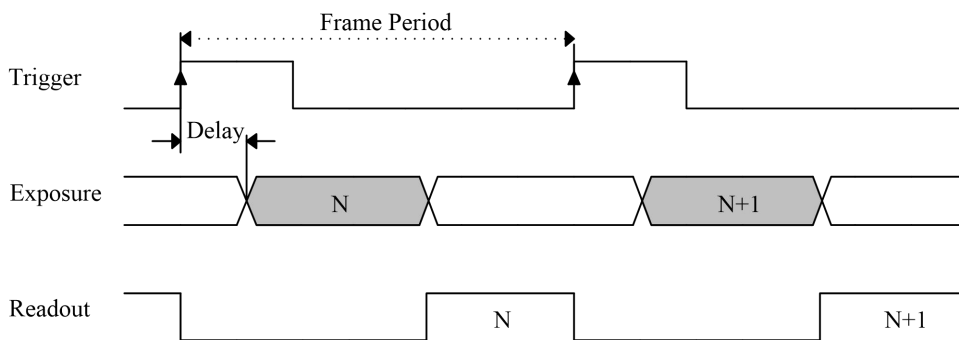


图 14 外部脉冲模式

外部触发信号可选择从 CoaXPress 接口或者 4 芯接口输入，输入源由用户通过指令进行选择。为了得到更高的帧率，可以在上一帧曝光结束后，相机读取数据的同时，发起新的触发脉冲。在这种快速模式下，由于必须保证前后两帧的读取阶段不冲突，因此间隔小于 1 帧读出时间的外触发将会被相机自动忽略，如下图所示。

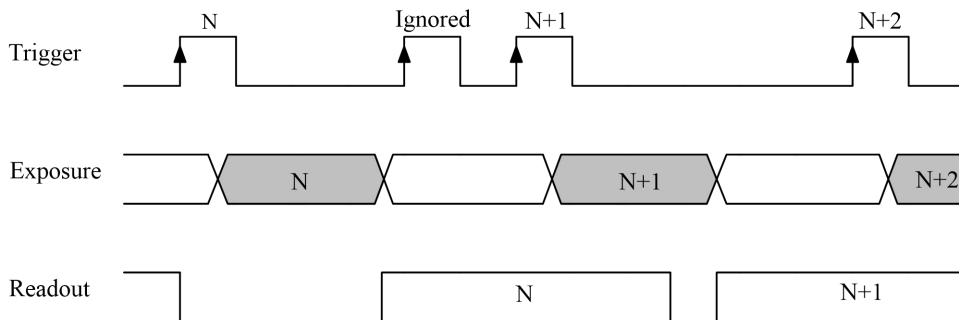


图 15 外触发间隔太短

6.1.3 外部脉宽调制模式

外部脉宽调制模式下（Trigger = On, Exposure Mode = TriggerWidth），相机曝光开始于外触发的上升沿，在外触发信号的下降沿结束。也就是说，实际曝光时间等于外触发的高电平持续时间，而帧周期等于脉冲间隔。

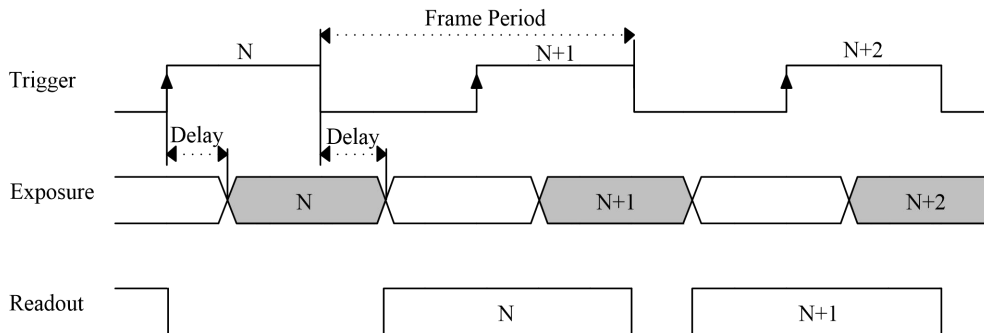


图 16 高电平触发模式

需要注意的是，本模式下外触发高电平宽度应保证大于最小曝光时间；实际上，对于小于最小曝光时间的脉冲，相机将一律按照最小曝光时间处理。

如果外触发间隔过短，会导致相机前后两帧读出时间冲突，这时相机内部会忽略不满足要求的脉冲，使得相机能维持正常运行。因此该模式下，应保证相邻外触发的下降沿间距大于一帧读出时间。

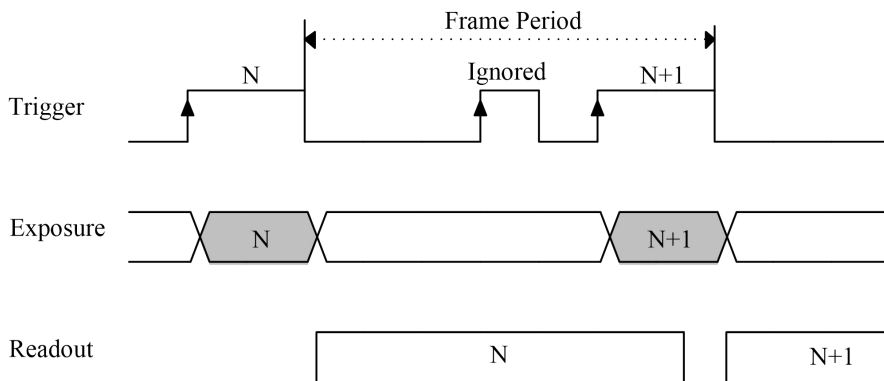


图 17 外触发间隔太短

6.2 感兴趣区域

感兴趣区域（ROI）为指定传感器阵列的一部分。用户可以从传感器阵列的指定部分获取帧数据，同时保证与从整个传感器阵列所获取帧质量相同。当在水平和垂直方向上指定起点和像素行数时，ROI 被确定为两个区域的重叠区域，如下图所示。

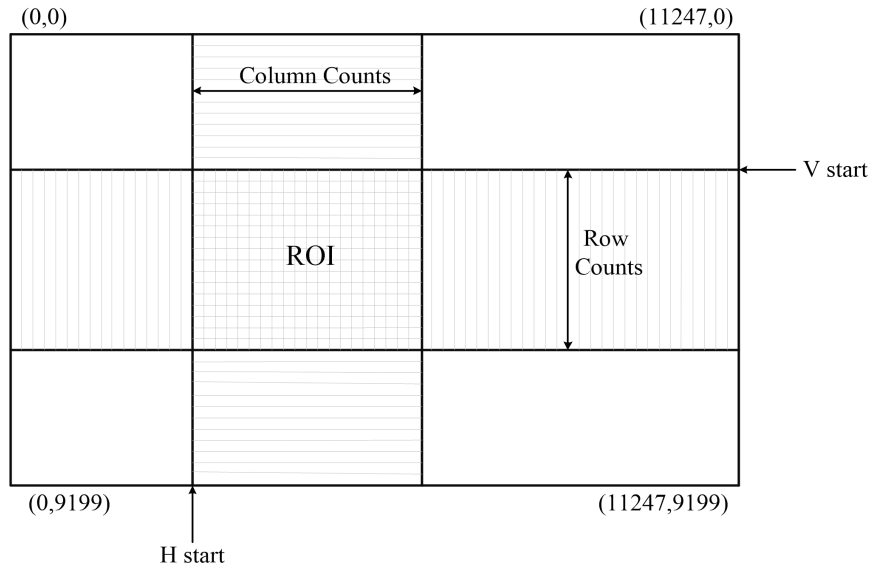


图 18 ROI

表 5 不同 ROI 参数下相机的最大帧率

ROI Size H	ROI Size V	8bit	10bit	12bit
11248	9200	24.851fps	24.851fps	23.869fps
8992	9200	24.851fps	24.851fps	23.869fps
8000	9200	24.851fps	24.851fps	23.869fps
6992	9200	24.851fps	24.851fps	23.869fps
6000	9200	24.851fps	24.851fps	23.869fps
4992	9200	24.851fps	24.851fps	23.869fps
4000	9200	24.851fps	24.851fps	23.869fps
2992	9200	24.851fps	24.851fps	23.869fps
2000	9200	24.851fps	24.851fps	23.869fps
992	9200	24.851fps	24.851fps	23.869fps
11248	8000	28.458fps	28.458fps	27.333fps
11248	7000	32.373fps	32.373fps	31.094fps
11248	6000	37.538fps	37.538fps	36.054fps
11248	5000	44.663fps	44.663fps	42.898fps
11248	4000	55.127fps	55.127fps	52.949fps
11248	3000	71.994fps	71.994fps	69.152fps
11248	2000	103.734fps	103.734fps	99.641fps
11248	1000	185.529fps	185.529fps	178.221fps

6.3 像素合并

TTS103MCXP10 黑白相机支持 2x2 或 4x4 像素合并，相机在正常曝光采集后，把相邻像素的数值做求和运算，然后作为一个单独的像素值输出。

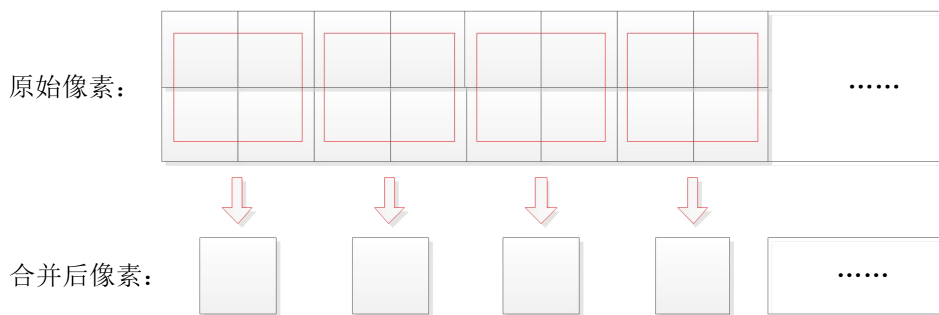


图 19 2x2 Binning

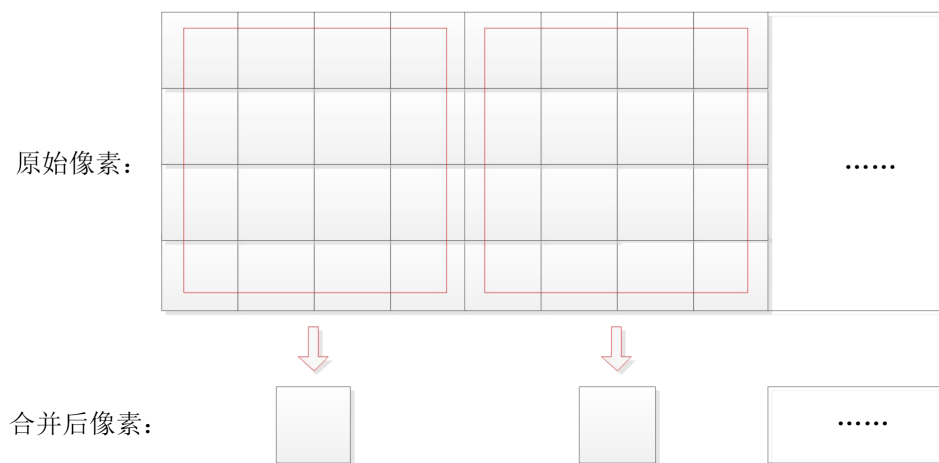


图 20 4x4 Binning

6.4 相机扫描方向

TTS103MCXP10 相机扫描方向分为水平扫描方向和垂直扫描方向，水平扫描方向支持从左往右和从右往左两种，垂直扫描方向支持从上到下和从下到上两种。

水平和垂直扫描方向示意图如下，两者也可组合使用。

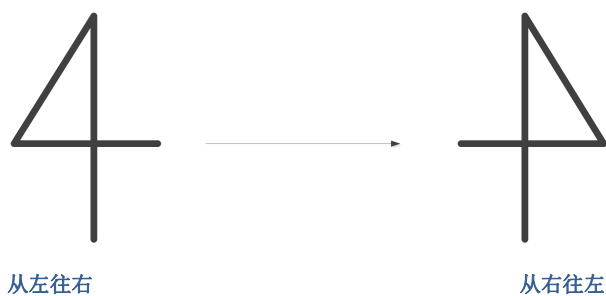


图 21 水平扫描方向



图 22 垂直扫描方向

6.5 查找表

LUT 利用一个 12bit 输入，12bit 输出查找表，将原始图像的值进行映射转换，用户可以利用该功能实现伽玛校正。



图 23 LUT 结构

下图为实现 Gamma=0.5 的 LUT 映射曲线：

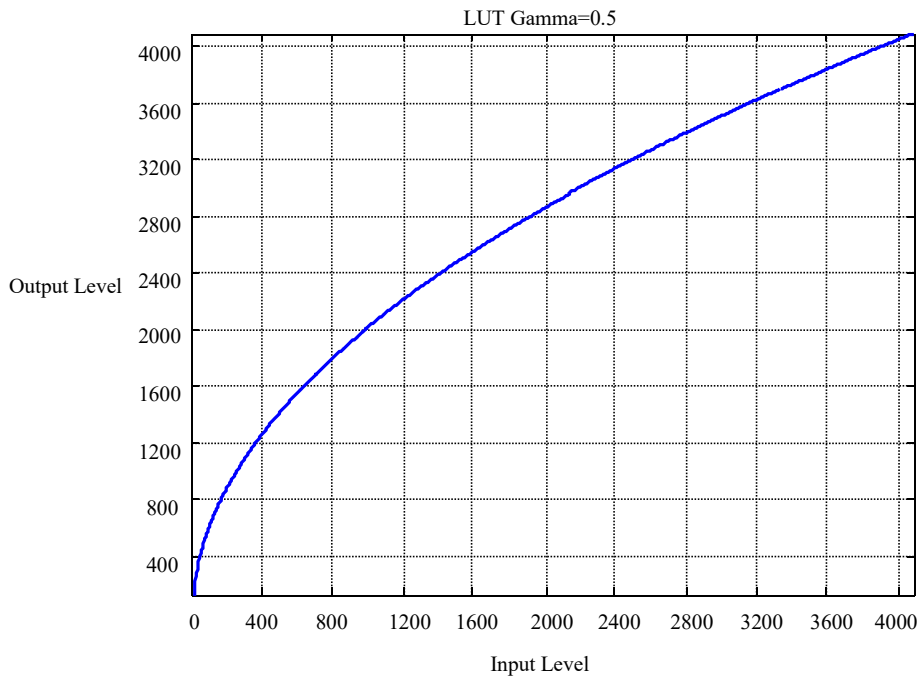


图 24 Gamma 为 0.5 对应的查找表

6.6 缺陷像素校正

由于材料自身缺陷以及半导体生产工艺流程，面阵图像传感器通常存在一定数量对输入光强响应不正常的像素，我们称之为缺陷像素。TTS103MCXP10 相机提供了对缺陷像素自动校正的

功能。相机在出厂前，会将图像传感器的缺陷像素信息写入到相机中。用户可以通过指令控制缺陷像素校正功能是否使能、以及添加缺陷像素和从相机读出当前的缺陷像素列表。

缺陷像素的校正方法是基于在同一行中相邻的有效像素值进行计算后输出，黑白和彩色相机的校正方法有些不同：

- 对于黑白相机，利用相邻的像素值对缺陷像素值进行替换。
- 对于彩色相机，利用隔列的像素值对缺陷像素值进行替换。

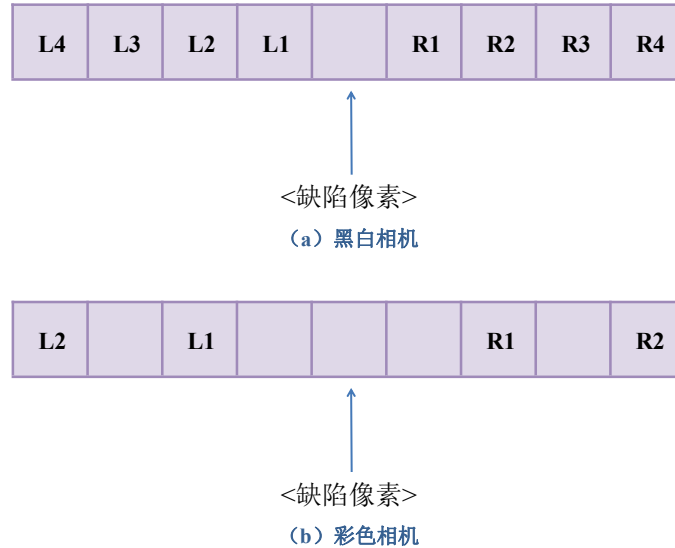


图 25 不同相机的缺陷像素校正方法

如上图所示，缺陷像素的修正值会根据周围像素是否是缺陷像素，按下表的规则运算得到。

表 6 缺陷像素值计算表

Adjacent Defect Pixel (s)	Correction value of Current Pixel
None	L1
L1	R1
R1	L1
L1,R1	L2
L1,R1,L2	R2
L1,R1,L2,R2	L3
L1,R1,L2,R2,L3	R3
L1,R1,L2,R2,L3,R3	L4
L1,R1,L2,R2,L3,R3,L4	R4

6.7 白平衡

白平衡是彩色工业相机的重要参数，它直接影响重现图像的彩色效果，当工业相机的白平衡设置不当时，重现图像就会出现偏色现象。

TTS103MCXP10 彩色相机内部提供了白平衡功能，即平衡传感器每个通道的输出数值。自动白平衡通过对传感器中的局部像素进行采样来计算白平衡系数，然后根据系数对图像的各分量进行调节，使输出图像中的红、绿、蓝三分量的值一致。其效果图如下：



(a) 白平衡前



(b) 白平衡后

图 26 白平衡效果

6.8 平场校正

通常，面阵相机在应用过程中，由于镜头的渐晕效应和光照的不一致性等原因，导致相机输出的图像和实际信号存在一定差异，亦即对相同亮度的信号，相机输出数据存在一定差别。TTS103MCXP10 相机内部提供了平场校正功能，用于修正此问题。用户可以在实际使用时，通过对均匀强度目标的信号校正参数，来实现平场效果。

考虑到面阵相机的像素阵列规模和渐晕效应，本相机通过使用 $64*64$ 像素大小的块数据，结合图像算法实现实时的平场校正算法。基本原理如下图所示：



图 27 平场校正原理图

6.9 测试图像

相机提供了 3 幅测试图像。与数据来源于传感器的采集获得的图像不同，测试图像是预先编辑并存储在相机内部的固定样式的图像。测试图像可以用于测试数据链路是否通畅。

本相机提供了如下图所示的测试图像：

- 水平测试图像：水平方向灰度渐变的固定图像
- 垂直测试图像：竖直方向灰度渐变的固定图像
- 斜条纹图像：滚动斜条纹图像

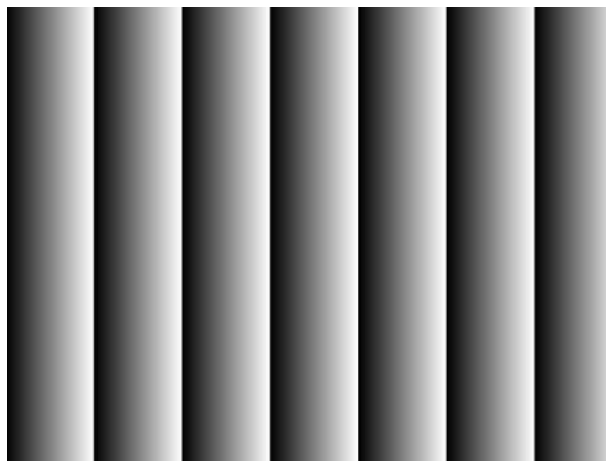


图 28 水平测试图像



图 29 垂直测试图像



图 30 斜条纹图像

6.10 闪光灯

闪光灯信号用于外部光源与相机同步。闪光灯的时序和相机曝光时序完全相同，相机曝光开始，闪光信号会拉低/拉高电平；相机曝光结束，闪光灯信号会恢复初始电平。

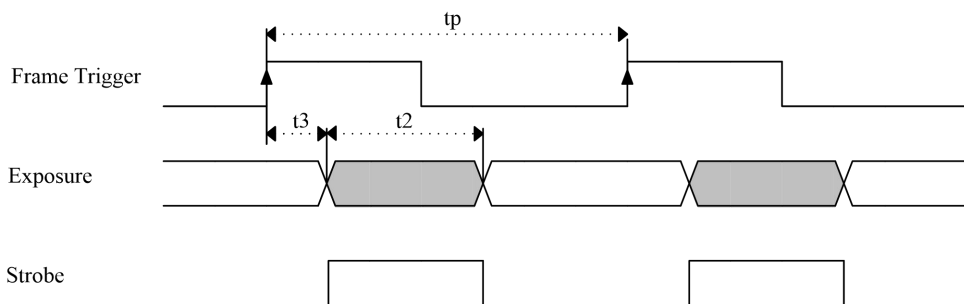


图 31 闪光灯信号

6.11 数据格式

TTS103MCXP10 相机处理数据时以 12bit 的数据格式进行处理，但是在输出时提供 8bit, 10bit, 12bit 三种数据格式的输出方式。当相机输出 8bit 数据时，将删除最低位的 4bit 数据；当相机输出 10bit 数据时，将删除最低位的 2bit 数据。



图 32 数据格式

6.12 增益&偏置

相机增益分为模拟增益和数字增益。

模拟增益作用于模拟信号，通常提高模拟增益可以获得弱光照下的更强响应，从而获得更高的信噪比。用户可以配置本相机模拟增益。

数字增益对光电转换的信号经过 AD 之后的数据进行放大或者缩小，通常用于增大输出图像的动态范围，数字增益也可以用于调节图像亮度。数字偏置通常用于调整图像的整体背景亮度。

数字增益对输出数据的影响可以归结为以下公式：

$$\text{输出数值} = \text{数字增益为 1 且数字偏置为 0 时的输出数值} \times \text{数字增益参数}$$

数字偏置对输出数据的影响可以归结为以下公式（输出数值<0 的部分将会输出为 0）：

$$\text{输出数值} = \text{数字偏置为 0 时的输出数值} + \text{数字偏置参数}$$

数字偏置是针对 12 bit 数据设置的，如果图像数据为 10bit 或 8 bit，实际的数字偏置会除以 4 或 16。

6.13 相机温度

TTS103MCXP10 相机支持温度实时获取，用户可以通过读取相机温度值监测前端传感器当前温度值或者根据温度值作出某些反应。

本相机工作环境温度建议 0°C~55°C，如用户检测到相机内部温度异常（如超过 65°C），建议立刻停止相机工作，以避免故障导致相机损坏，应及时断电并联系我司技术支持。

6.14 加载/保存配置参数

TTS103MCXP10 相机支持 3 套工作参数集，其中出厂参数集不允许用户进行修改，其中的参数已进行过优化配置，可以应对大多数场景的使用。为满足用户具体使用环境的差异，本相机同时提供了 2 套用户工作参数集，其内部参数可被用户修改保存；保存后的工作参数集将在下次上电后被自动加载。

若用户修改保存参数后出现相机工作异常的情况，用户可以恢复到出厂默认参数集，然后在此基础上再进行重新配置。

7 相机控制

7.1 GenICam 标准

GenICam 标准由欧洲机器视觉协会（EMVA）颁布，为所有类型的工业相机提供一个统一的编程接口。无论相机使用哪种传输协议或者实现了哪些功能，编程接口（API）都是一样的。主要包含以下三个模块：

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

相机 XML 描述文件存储在 PC 本地，采集软件会根据相机型号选择最为合适的 XML 文件。应用程序和相机之间通过 SFNC、GenAPI 和 CoaXPress 的通信如下图所示。

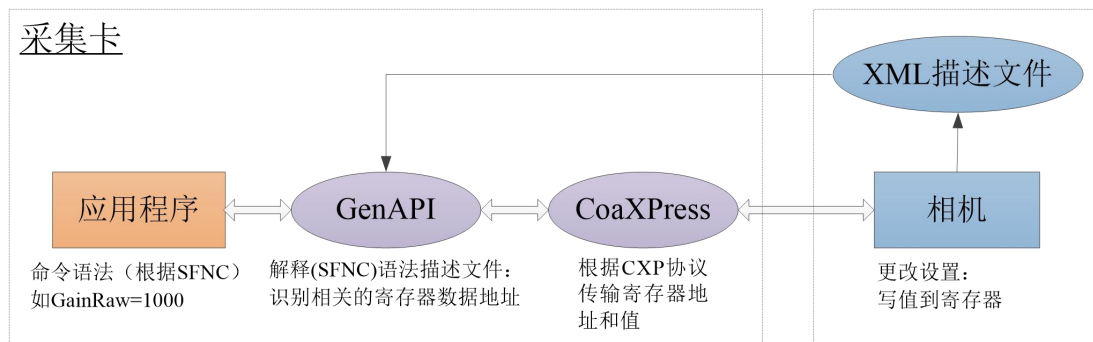


图 33 应用程序与相机的通信原理图

实际上，如果用户想要更改相机设置，例如增益，GenICam(SFNC)规定了标准化的语法：

```
if( IsAvailable(Camera.GainRaw) )
    Camera.GainRaw = 1000;
```

GenAPI 可以通过描述文件解析这些命令，例如，为了将增益设置为 1000，必须将 0x3E8(HEX) 的值写入位于地址 0x0815(HEX) 的寄存器。其他涉及的任务可能是提前检查相机是否具有增益特性，并检查新值是否与允许的增益范围一致。该寄存器消息经由协议传输和解析，被应用于相机内。

7.2 GenAPI 参数属性

控制相机的实际方法与采集卡的软件实现和 SDK 密切相关。大多数采集卡的软件都提供了从 XML 文件自动生成的图形用户界面（GUI）。本说明书的重点是相机的功能，详细描述了具体的命令及其对相机操作的影响，列出了每个 GenAPI 参数的名称、接口、访问、描述、范围和默认值。

（1）寄存器名称

每个参数都由唯一的名称标识。大多数名称是 SFNC 的一部分，对于非标准的参数使用相机自定义的名称。

(2) 寄存器地址

此参数代表寄存器的地址值（十六进制格式）。

(3) 寄存器大小

此参数代表寄存器值大小（单位为字节）。

(4) 寄存器接口

参数接口代表参数的类型，这主要用于采集卡的 GUI，为参数分配一个显示类型。

表 7 参数接口概述

接口	表接口名称	描述
Integer	I	具有值、最小、最大和增量的整数
Float	F	具有值、最小、最大和物理单位的浮点数
String	S	字符串
Enumeration	E	枚举类型
Command	C	执行的命令
Boolean	B	布尔类型

(5) 参数访问

此参数代表用户是否可以读取（RO）、写入（WO）或读/写（RW）参数。

(6) 参数范围

对于每个参数，在设置时会检测输入值是否在参数有效范围内。

7.3 寄存器分类

7.3.1 Bootstrap CoaXPress 寄存器

表 8 Bootstrap CoaXPress 寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
Standard	0x0	4	I	RO	Beginner
Revision	0x4	4	I	RO	Beginner
XmlManifestSize	0x8	4	I	RO	Guru
XmlManifestSelector	0xc	4	I	RW	Guru
XmlVersion	0x10	4	I	RO	Guru
XmlSchemeVersion	0x14	4	I	RO	Guru
XmlUrlAddress	0x18	4	I	RO	Guru
Iidc2Address	0x1c	4	I	RO	Guru
ConnectionReset	0x4000	4	I	RW	Guru
DeviceConnectionID	0x4004	4	I	RO	Guru
MasterHostConnectionID	0x4008	4	I	RW	Guru
ControlPacketSizeMax	0x400c	4	I	RO	Guru

StreamPacketSizeMax	0x4010	4	I	RW	Guru
ConnectionConfig	0x4014	4	E	RW	Beginner
ConnectionConfigDefault	0x4018	4	E	RO	Beginner
ConnectionConfigDefaultPreferred	0x6008	4	E	RW	Beginner
TestMode	0x401c	4	E	RW	Guru
TestErrorCountSelector	0x4020	4	I	RW	Guru
TestErrorCount	0x4024	4	I	RW	Guru
TestPacketCountTx	0x4028	8	I	RW	Guru
TestPacketCountRx	0x4030	8	I	RW	Guru
ElectricalComplianceTest	0x4038	4	E	RW	Guru
WidthAddress	0x3000	4	I	RO	Guru
HeightAddress	0x3004	4	I	RO	Guru
AcquisitionModeAddress	0x3008	4	I	RO	Guru
AcquisitionStartAddress	0x300c	4	I	RO	Guru
AcquisitionStopAddress	0x3010	4	I	RO	Guru
PixelFormatAddress	0x3014	4	I	RO	Guru
DeviceTapGeometryAddress	0x3018	4	I	RO	Guru
Image1StreamIDAddress	0x301c	4	I	RO	Guru
Image2StreamIDAddress	0x3020	4	I	RO	Guru
HsUpconnection	0x403c	4	I	RO	Guru

- **Standard**
CoaXPress 标准的唯一标识。
- **Revision**
CoaXPress 协议版本号。
- **XmlManifestSize**
可用 XML 清单的数目。
- **XmlManifestSelector**
选择 XML 清单条目。
- **XmlVersion**
XmlManifestSelector 引用的 XML 文件版本。
- **XmlSchemeVersion**
XmlManifestSelector 引用的 XML 文件格式方案版本。
- **XmlUrlAddress**
XmlManifestSelector 引用的 XML 文件的 URL 地址。
- **Iidc2Address**

如果设备支持 IIDC 2 协议，则此寄存器应提供 IIDC 2 寄存器空间的起始地址。

- **ConnectionReset**

重置设备的所有连接。

- **DeviceConnectionID**

提供读取此寄存器的设备连接的 ID。

- **MasterHostConnectionID**

主连接设备 ID。

- **ControlPacketSizeMax**

提供最大控制数据包数据大小，大小是以字节为单位定义的，并且应该是 4 个字节的倍数。

- **StreamPacketSizeMax**

提供主机可以接受的最大流数据包数据大小，大小是以字节为单位定义的，并且应该是 4 个字节的倍数。

- **ConnectionConfig**

当前设备链路速度和链接通道数量。枚举项名称与数值如下：

- CXP1_X1 (0x00010028)
- CXP2_X1 (0x00010030)
- CXP3_X1 (0x00010038)
- CXP5_X1 (0x00010040)
- CXP6_X1 (0x00010048)
- CXP10_X1 (0x00010050)
- CXP1_X2 (0x00020028)
- CXP2_X2 (0x00020030)
- CXP3_X2 (0x00020038)
- CXP5_X2 (0x00020040)
- CXP6_X2 (0x00020048)
- CXP10_X2 (0x00020050)
- CXP1_X4 (0x00040028)
- CXP2_X4 (0x00040030)
- CXP3_X4 (0x00040038)
- CXP5_X4 (0x00040040)
- CXP6_X4 (0x00040048)
- CXP10_X4 (0x00040050)

- **ConnectionConfigDefault**

设备默认链路速度和链接通道数量。枚举项名称与数值如下：

- CXP1_X1 (0x00010028)
- CXP2_X1 (0x00010030)
- CXP3_X1 (0x00010038)

- CXP5_X1 (0x00010040)
- CXP6_X1 (0x00010048)
- CXP10_X1 (0x00010050)
- CXP1_X2 (0x00020028)
- CXP2_X2 (0x00020030)
- CXP3_X2 (0x00020038)
- CXP5_X2 (0x00020040)
- CXP6_X2 (0x00020048)
- CXP10_X2 (0x00020050)
- CXP1_X4 (0x00040028)
- CXP2_X4 (0x00040030)
- CXP3_X4 (0x00040038)
- CXP5_X4 (0x00040040)
- CXP6_X4 (0x00040048)
- CXP10_X4 (0x00040050)

- **ConnectionConfigDefaultPreferred**

设备连接速度和动态连接数的首选默认模式。枚举项名称与数值如下：

- CXP6_X1 (0x00010048)
- CXP6_X2 (0x00020048)
- CXP6_X4 (0x00040048)
- CXP10_X1 (0x00010050)
- CXP10_X2 (0x00020050)
- CXP10_X4 (0x00040050)

- **TestMode**

使能从设备到主机的测试数据包传输。枚举项名称与数值如下：

- Off (0)
- Model (1)

- **TestErrorCountSelector**

测试模式选择。参数范围如下：

- 最大值：3
- 最小值：0
- 增量：1

- **TestErrorCount**

测试错误数量。

- **TestPacketCountTx**

测试错误帧数量。

- **TestPacketCountRx**

测试读取数据帧数量。

- **ElectricalComplianceTest**

电气兼容性测试。枚举项名称与数值如下：

- NormalOperatingMode (0)
- CXP3_X1 (65592)
- CXP5_X1 (65600)
- CXP6_X1 (65608)
- CXP3_X2 (131128)
- CXP5_X2 (131136)
- CXP6_X2 (131144)
- CXP3_X4 (262200)
- CXP5_X4 (262208)
- CXP6_X4 (262216)

- **WidthAddress**

相机宽度寄存器的地址。

- **HeightAddress**

相机高度寄存器的地址。

- **AcquisitionModeAddress**

相机采集模式寄存器的地址。

- **AcquisitionStartAddress**

相机开启采集寄存器的地址。

- **AcquisitionStopAddress**

相机停止采集寄存器的地址。

- **PixelFormatAddress**

相机像素格式寄存器的地址。

- **DeviceTapGeometryAddress**

相机 Tap 排列寄存器的地址。

- **Image1StreamIDAddress**

相机数据流 1 寄存器的地址。

- **Image2StreamIDAddress**

相机数据流 2 寄存器的地址。

- **HsUpconnection**

相机是否支持上行通道寄存器的地址。

7.3.2 设备控制寄存器

表 9 设备控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
DeviceVendorName	0x2000	32	S	RO	Beginner
DeviceModelName	0x2020	32	S	RO	Beginner
DeviceManufacturerInfo	0x2040	48	S	RO	Beginner
DeviceVersion	0x2070	32	S	RO	Beginner
DeviceSerialNumber	0x20b0	16	S	RO	Expert
DeviceUserId	0x20c0	16	S	RW	Beginner
DeviceTemperature	0xa004	4	F	RO	Beginner
DeviceHumidity	0xa008	4	F	RO	Beginner
DeviceTapGeometry	0xa00c	4	E	RO	Beginner

- **DeviceVendorName**
设备制造商名称。
- **DeviceModelName**
设备型号名称。
- **DeviceManufacturerInfo**
设备制造商信息。
- **DeviceVersion**
设备版本。
- **DeviceSerialNumber**
设备序列号。
- **DeviceUserId**
用户自定义名称。
- **DeviceTemperature**
设备温度。
- **DeviceHumidity**
设备湿度。
- **DeviceTapGeometry**
Tap 排列方式。

7.3.3 图像格式控制寄存器

表 10 图像格式控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
Width	0xa800	4	I	RW	Beginner
Height	0xa804	4	I	RW	Beginner
OffsetX	0xa80c	4	I	RW	Beginner
OffsetY	0xa82c	4	I	RW	Beginner
SensorWidth	0xa808	4	I	RO	Expert
SensorHeight	0xa828	4	I	RO	Expert
Binning	0xa810	4	E	RW	Beginner
PixelFormat	0xa830	4	E	RW	Beginner
VideoMode	0xa834	4	E	RW	Beginner
HorizontalScanDirection	0xa838	4	E	RW	Beginner
VerticalScanDirection	0xa850	4	E	RW	Beginner

● Width

输出图像实际宽度。参数范围如下：

- 最小值：256
- 增量：16

● Height

输出图像实际高度。参数范围如下：

- 最小值：8
- 增量：2

● OffsetX

水平方向偏移位置。参数范围如下：

- 最小值：0
- 增量：16

● OffsetY

垂直方向偏移位置。参数范围如下：

- 最小值：0
- 增量：2

● SensorWidth

传感器宽度。

● SensorHeight

传感器高度。

● Binning

像素合并。枚举项名称与数值如下：

- Binning_1X1 (1)

- Binning_2X2 (2) : 仅黑白相机支持该选项
- Binning_4X4 (4) : 仅黑白相机支持该选项

● PixelFormat

像素格式。枚举项名称与数值如下：

- Mono8 (0x01080001) : 黑白图像 8bit
- Mono10 (0x01100003) : 黑白图像 10bit
- Mono12 (0x01100005) : 黑白图像 12bit
- BayerGB8 (0x0108000A) : Bayer 图像 GBRG 排列 8bit
- BayerGB10 (0x0110000E) : Bayer 图像 GBRG 排列 10bit
- BayerGB12 (0x01100012) : Bayer 图像 GBRG 排列 12bit

● VideoMode

输出图像模式。枚举项名称与数值如下：

- Original (0) : 原始图像
- Corrected (1) : 校正图像
- VerticalPattern (3) : 垂直测试图像
- HorizontalPattern (2) : 水平测试图像
- DiagonalPattern (4) : 斜条纹测试图像

● HorizontalScanDirection

水平扫描方向。枚举项名称与数值如下：

- LeftToRight (0) : 从左到右
- RightToLeft (1) : 从右到左

● VerticalScanDirection

垂直扫描方向。枚举项名称与数值如下：

- TopToBottom (0) : 从上到下
- BottomToTop (1) : 从下到上

7.3.4 采集控制寄存器

表 11 采集控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
AcquisitionMode	0xb050	4	E	RO	Beginner
AcquisitionStart	0xb054	4	C	RW	Beginner
AcquisitionStop	0xb058	4	C	RW	Beginner
AcquisitionFrameRateEnable	0xb064	4	B	RW	Expert
AcquisitionFrameRate	/	/	F	/	Beginner
AcquisitionFramePeriod	0xb028	4	I	RW	Beginner
AcquisitionMaxFrameRate	0xb02c	4	C	WO	Beginner
ExposureMode	0xb03c	4	E	RW	Beginner
ExposureTime	0xb040	4	I	RW	Beginner

● AcquisitionMode

采集模式，通常默认为连续采集。枚举项名称与数值如下：

- Continuous (0)：连续采集

● AcquisitionStart

开始采集命令。

● AcquisitionStop

停止采集命令。

● AcquisitionFrameRateEnable

使能采集帧率设置。勾选该项，用户可自行设置采集帧率，否则默认将帧率设置为当前允许的最大值。

● AcquisitionFrameRate

采集帧率，单位 Hz。参数范围如下：

- 最小值：0.002

● AcquisitionFramePeriod

采集帧周期，单位 us。参数范围如下：

- 最大值：549000000
- 增量：1

● AcquisitionMaxFrameRate

设置采集帧率为最大值。

● ExposureMode

曝光模式，具体描述参见 6.1 小节。枚举项名称与数值如下：

- Timed (2)：定时
- TriggerWidth (3)：脉宽控制

● ExposureTime

曝光时间，单位 us。参数范围如下：

- 最大值：548000000
- 最小值：19
- 增量：1

7.3.5 IO 控制寄存器

表 12 IO 控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
TriggerMode	0xb008	4	E	RW	Beginner
TriggerSource	0xb014	4	E	RW	Beginner

TriggerDelay	0xb020	4	I	RW	Beginner
TriggerActivation	0xb030	4	E	RW	Beginner
TriggerFrameCount	0xf800	4	I	RW	Beginner
TriggerDebouncingPeriod	0xf830	4	I	RW	Beginner
FlashStrobeEnable	0xf848	4	B	RW	Beginner
FlashStrobePolarity	0xf854	4	E	RW	Beginner

● TriggerMode

触发模式开启/关闭。枚举项名称与数值如下：

- Off (0)：关闭触发功能
- On (1)：开启触发功能

● TriggerSource

触发源选择。枚举项名称与数值如下：

- CXP (0)：CXP 信号
- IO (1)：4 芯接口信号

● TriggerDelay

触发延迟时间，单位 us。参数范围如下：

- 最大值：1000000
- 最小值：0
- 增量：1

● TriggerActivation

触发极性。枚举项名称与数值如下：

- FallingEdge (1)：下降沿触发采集
- RisingEdge (0)：上升沿触发采集

● TriggerFrameCount

触发帧数，即接收到一个触发信号所采集的图像个数。参数范围如下：

- 最大值：65536
- 最小值：1

● TriggerDebouncingPeriod

输入信号去抖窗口长度，低于该脉宽的信号会被视为毛次信号过滤掉，单位 us。参数范围如下：

- 最大值：2600
- 最小值：0

● FlashStrobeEnable

使能闪光信号。

● FlashStrobePolarity

闪光信号极性。枚举项名称与数值如下：

- Low (1)：默认高电平，产生闪光灯信号时拉低电平
- High (0)：默认低电平，产生闪光灯信号时拉高电平

7.3.6 模拟控制寄存器

表 13 模拟控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
AnalogGain	0xb808	4	E	RW	Beginner

● AnalogGain

模拟增益。枚举项名称与数值如下：

- Gain_x1 (14)
- Gain_x2 (28)
- Gain_x3p7 (52)

7.3.7 数字控制寄存器

表 14 数字控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
BlackLevel	0xc000	4	I	RW	Beginner
DigitalGain	/	/	F	/	Beginner
GainRaw	0xc028	4	I	RW	Beginner
DigitalOffset	0xc004	4	I	RW	Beginner
WhiteBalanceRedGain	0xc008	4	I	RW	Expert
WhiteBalanceG1Gain	0xc00c	4	I	RW	Expert
WhiteBalanceG2Gain	0xc010	4	I	RW	Expert
WhiteBalanceBlueGain	0xc014	4	I	RW	Expert
WhiteBalanceEnable	0xc018	4	B	RW	Expert
WhiteBalanceInitialize	0xc01c	4	C	WO	Expert
WhiteBalanceCalibrate	0xc020	4	C	WO	Expert

● BlackLevel

黑电平，用来调节暗场条件下相机输出的底值。黑电平数值越小，图像在暗场环境下的灰度值也越小。参数范围如下：

- 最大值：4095
- 最小值：0
- 增量：1

● DigitalGain

数字增益。参数范围如下：

- 最大值：8
- 最小值：0.004
- 增量：0.004

- **GainRaw**

数字增益原始数据。该参数的含义与功能和 DigitalGain 参数一致，继承自旧版相机，仅在命名上作区分。参数范围如下：

- 最大值：32768
- 最小值：0
- 增量：1

- **DigitalOffset**

数字偏置。参数范围如下：

- 最大值：4095
- 最小值：-4095
- 增量：1

- **WhiteBalanceRedGain**

白平衡 R 通道增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：28671
- 最小值：0
- 增量：1

- **WhiteBalanceG1Gain**

白平衡 G1 通道增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：28671
- 最小值：0
- 增量：1

- **WhiteBalanceG2Gain**

白平衡 G2 通道增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：28671
- 最小值：0
- 增量：1

- **WhiteBalanceBlueGain**

白平衡 B 通道增益，仅彩色相机允许设置该项。参数范围如下：

- 最大值：28671
- 最小值：0
- 增量：1

- **WhiteBalanceEnable**

使能白平衡功能，仅彩色相机允许设置该项。

- **WhiteBalanceInitialize**

白平衡校正初始化，可使白平衡参数恢复出厂设置。仅彩色相机允许设置该项。

● WhiteBalanceCalibrate

执行白平衡校正，可进行当前条件下的白平衡校正功能。仅彩色相机允许设置该项。

7.3.8 查找表控制寄存器

表 15 查找表控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
LUTEnable	0xd004	4	B	RW	Expert
LUTIndex	0xd008	4	I	RW	Expert
LUTValue	0xd00c	4	I	RW	Expert

● LUTEnable

使能查找表功能。

● LUTIndex

查找表数据索引，即经过查找表映射前的图像灰度值。参数范围如下：

- 最大值：4095
- 最小值：0
- 增量：1

● LUTValue

查找表数据数值，即经过查找表映射后的图像灰度值。参数范围如下：

- 最大值：4095
- 最小值：0
- 增量：1

7.3.9 平场校正寄存器

表 16 平场校正寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
PRNUEnable	0xd800	4	B	RW	Expert
PRNUStart	0xd814	4	C	WO	Expert
PRNUReset	0xd818	4	C	WO	Expert

● PRNUEnable

使能平场校正功能。

● PRNUStart

执行平场校正。

● PRNUReset

平场校正恢复出厂设置。

7.3.10 竖纹校正寄存器

表 17 竖纹校正寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
VFPNEnable	0xd900	4	B	RW	Expert
VFPNStart	0xd904	4	C	WO	Expert
VFPNReset	0xd908	4	C	WO	Expert

- **VFPNEnable**
使能竖纹校正功能。
- **VFPNStart**
执行竖纹校正。
- **VFPNReset**
竖纹校正恢复出厂设置。

7.3.11 缺陷像素寄存器

表 18 缺陷像素寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
DefectPixelCorrectionEnable	0xe000	4	B	RW	Expert
DefectPixelTestMode	0xe008	4	E	RW	Expert
DefectPixelTotal	0xe010	4	I	RO	Expert
DefectPixelSelect	0xe014	4	I	RW	Expert
DefectPixelReadX	0xe018	4	I	RO	Expert
DefectPixelReadY	0xe01c	4	I	RO	Expert
DefectPixelWriteX	0xe020	4	I	RW	Expert
DefectPixelWriteY	0xe024	4	I	RW	Expert
DefectPixelAdd	0xe028	4	C	WO	Expert
DefectPixelRemove	0xe02c	4	C	WO	Expert
DefectPixelClearAll	0xe030	4	C	WO	Expert
DefectPixelSave	0xe034	4	C	WO	Expert

- **DefectPixelCorrectionEnable**
使能缺陷像素校正功能。
- **DefectPixelTestMode**
缺陷像素测试模式选择。枚举项名称与数值如下：
 - Replace (0)：替代模式，可用水平插值、垂直插值或水平最近邻值代替缺陷像素，具体取决于局部缺陷分布
 - MarkDefectsWhiteOnVideo (1)：标记缺陷像素

- **DefectPixelTotal**
缺陷像素总数。
- **DefectPixelSelect**
缺陷像素索引选择。
- **DefectPixelReadX**
读取当前索引缺陷像素的横坐标。
- **DefectPixelReadY**
读取当前索引缺陷像素的纵坐标。
- **DefectPixelWriteX**
设置待写入的缺陷像素横坐标。
- **DefectPixelWriteY**
设置待写入的缺陷像素纵坐标。
- **DefectPixelAdd**
添加缺陷像素。
- **DefectPixelRemove**
移除当前索引缺陷像素。
- **DefectPixelClearAll**
清除全部缺陷像素。
- **DefectPixelSave**
保存缺陷像素。

7.3.12 制冷寄存器

表 19 制冷寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
FanSpeed	0xe700	4	I	RW	Expert
TECCoolerEnable	0xe704	4	B	RW	Expert
TECTemperature	0xe708	4	I	RW	Guru

- **FanSpeed**
风扇转速。参数范围如下：
 - 最大值：3
 - 最小值：0
 - 增量：1

- **TECCoolerEnable**
使能 TEC 制冷功能。
- **TECTemperature**
设置 TEC 制冷目标温度。参数范围如下：
 - 最大值：55
 - 最小值：-10
 - 增量：1

7.3.13 用户配置控制寄存器

表 20 用户配置控制寄存器

名称	地址	大小	接口	访问	可视性
UserSetSelector	0xe800	4	E	RW	Beginner
UserSetLoad	0xe804	4	C	WO	Beginner
UserSetSave	0xe808	4	C	WO	Beginner

- **UserSetSelector**
用户配置参数集选择。枚举项名称与数值如下：
 - Default (0)：出厂配置
 - UserSet1 (1)：用户配置 1
 - UserSet2 (2)：用户配置 2
- **UserSetLoad**
加载选择的用户配置。
- **UserSetSave**
保存选择的用户配置。

8 常见问题

● 无法连接到相机

- ① 确认 CoaXPress 接口线缆本身无问题。
- ② 确认 CoaXPress 接口中串口通道参数设置无误。

● CoaXPress 接口接收不到相机时钟信号

- ① 确认相机已正常启动（即状态指示灯为常绿）。
- ② 如果采用第三方采集卡获取图像，确认采集卡及配套软件运行正常，可重启机器试验。
- ③ 确认 CoaXPress 接口线缆本身无问题。

● 外触发模式下相机无图像输出

- ① 确认外部输入脉冲正常。
- ② 确认相机正确接收到了触发脉冲（可通过状态指示灯显示来确认）。
- ③ 如果使用 CoaXPress 接口信号作为触发输入信号，则确认采集卡配置正确。

● 相机外壳温度异常

- ① 确认外部接入电源电压范围正常。
- ② 如果出现外壳烫手或者相机冒烟，则立刻断电停止使用相机，联系我司技术支持。

● 相机图像很暗

- ① 确认外壳 sensor 进光口没有被封闭。
- ② 确认曝光时间及增益设置正确。

● 相机图像有污物

- ① 确认相机 sensor 玻璃面干净。
- ② 确认相机状态指示灯显示正常。

● 相机无图像输出

- ① 确认 CoaXPress 接口正常，可通过测试图像进行确认。
- ② 确认电源提供正常，检测相机指示灯状态以确认。
- ③ 外触发模式下，确认外部脉冲输入正常，可通过相机指示灯确认。

对于用户在相机使用过程中出现的任何问题，请及时联系我司技术支持，我司将第一时间为您提供服务。