



# CameraLink 通信协议

适用产品 **CameraLink** 高可靠性、短波红外相机等

文档版本 **Rev. 3**

发布日期 **2023.09.07**

---

**版本变更：**

版本	变更说明	变更日期
r1	初始发布	2023.03.07
r2	增加对于外同步、外触发及曝光时间相关参数的说明	2023.06.11
r3	增加 IMX990 机型	2023.09.07

## 目 录

1. 概述 .....	4
2. 开发指南 .....	4
2.1 概述 .....	4
2.2 参数区 .....	4
2.3 串口协议概述 .....	4
2.4 寄存器写操作 .....	5
2.5 寄存器读操作 .....	6
2.6 错误码 .....	7
2.7 数据格式 .....	8
2.8 外同步/外触发控制 .....	8
3. 寄存器列表 .....	9
3.1 存储空间 .....	9
3.2 控制指令 .....	9
3.3 引导区控制 .....	9
3.4 相机信息 .....	10
3.5 存储区控制 .....	11
3.6 图像参数及 AOI 控制 .....	11
3.7 数据输出控制 .....	12
3.8 触发、IO、时序发生器控制 .....	15
3.9 其他寄存器 .....	18

## 1. 概述

本文档介绍了重庆港宇科技的 CameraLink 接口系列相机编程开发相关信息，包括参数区规划、串口通信协议等。

## 2. 开发指南

### 2.1 概述

港宇科技的 CameraLink 相机通过采集卡提供的串口与上位机进行通信控制，并支持 CC1 等端口的外触发或外同步功能。

### 2.2 参数区

相机内部共有 5 组参数存储空间（参数区），一组为不可修改的出厂默认参数（factory），其余 4 组可由用户自行读写。用户参数区具体参数定义根据不同产品型号，可能有所差异。

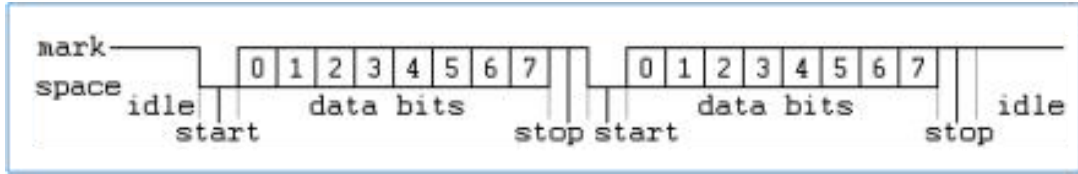
同时可通过命令选择相机上电时加载的参数区，以达到快速配置相机工作的目的。

### 2.3 串口协议概述

相机使用串口对寄存器进行访问，串口协议格式包括 **1 位起始位、8 位数据位及 1 位停止位**（无握手，无校验）。

默认波特率 **115200**，可以配置波特率为 9600, 19200, 38400, 57600, or 115200。

串口协议格式如下图



串口命令格式：**1 字节命令头+2 字节寄存器地址+4 字节数据。**

## 2.4 寄存器写操作

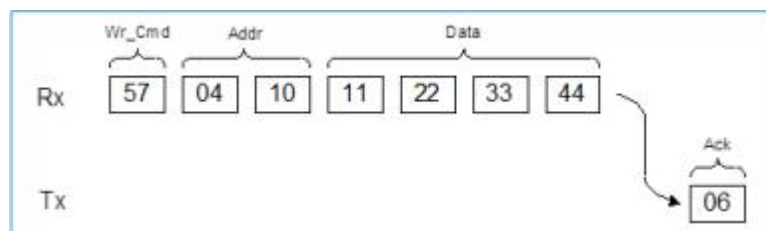
写操作向相机发送 7 字节序列写入寄存器，如果无误，相机会返回一个字节写应答。

写操作 (7 Bytes): <写命令> <寄存器地址> <数据>

Byte	Word
1	0x57 (写命令)
2	<Register Address_High> MSB
3	<Register Address_Low> LSB
4	<Register Data Byte 4> MSB
5	<Register Data Byte 3> ...
6	<Register Data Byte 2> ...
7	<Register Data Byte 1> LSB

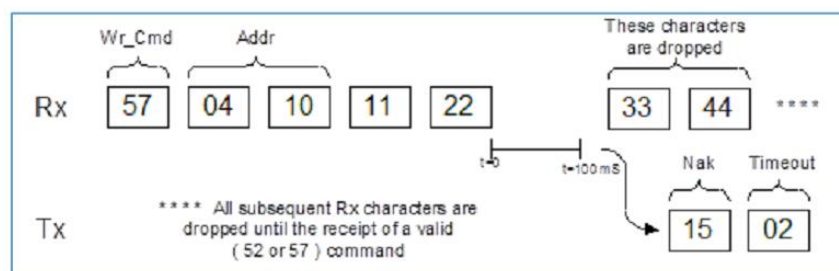
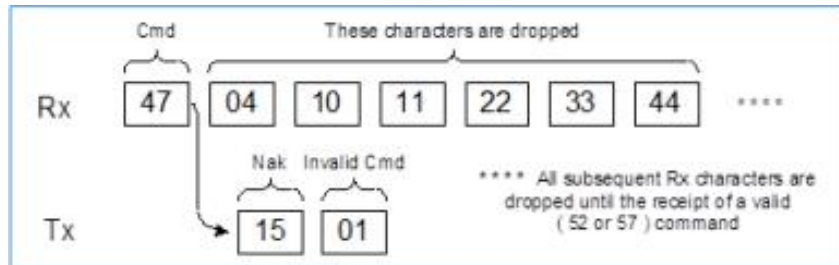
写应答(1 Byte): <Ack>

Byte	Word
1	0x06 (应答)



如果存在错误，相机返回两个字节错误码，1 字节 NCK+1 字节 Error Code。

Byte	Word
1	0x15 (NCK)
2	<XX> (Error Code. 错误码可查看错误码描述章节)



## 2.5 寄存器读操作

读操作向相机发送 3 字节序列读寄存器，如果无误，相机返回 5 字节，1 字节应答+4 字节数据。错误情况下，读操作也会返回 1 字节非应答+1 字节错误码，但是如果指定错误的地址，会返回 1 字节应答+4 字节 0 数据。

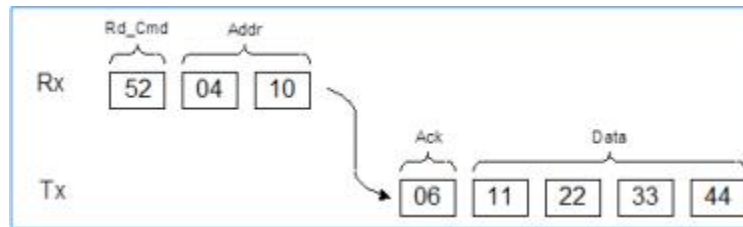
读操作 (3 Bytes): <读命令> <地址>

Byte	Word
1	0x52 (读命令)
2	<Register Address_ High>
3	<Register Address_ Low>

相机返回(5 bytes): <应答> <数据>

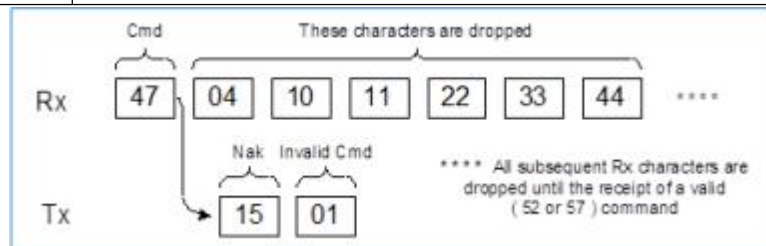
Byte	Word
1	0x06 (应答)

2	<Register Data Byte 4> MSB
3	<Register Data Byte 3> ...
4	<Register Data Byte 2> ...
5	<Register Data Byte 1> LSB



如果存在错误，相机返回两个字节错误码，1 字节 NCK+1 字节 Error Code。

Byte	Word
1	0x15 (NCK)
2	<XX> (Error Code. 错误码可查看错误码描述章节)



## 2.6 错误码

串口通信出错时，系统返回错误代码，见下表

错误码	描述
0X15	非应答码，指示当前有错误发生。
0x01	非法命令，命令码不是 0x52 或 0x57。
0x02	超时，读写命令超时时间为 100ms。

## 2.7 数据格式

相机工作参数遵循 GenICam 规范，参数类别参照 GenICam SFNC v2.7 中的相关规定。开发及调试过程中，0x0044 当前曝光时间、0x0058 最小曝光时间、0x005C 最大曝光时间等参数，需要使用 float 型（IEEE754 规范）进行下发。若使用串口助手进行调试，可使用转换工具进行辅助转换；若在程序代码中，可直接使用 float 类型转换即可。

曝光时间最小步距为 1 $\mu$ s，SAP-0130SW-CL 为 1 行周期。

## 2.8 外同步/外触发控制

相机可接收从外部信号源提供的触发，通过内部 FPGA 实现精准的同步、触发相应。

向 0x0500 发 0x1 可将相机至于外部响应模式，此后 0x0518 发送 0x0 设置为外触发模式，0x1 为外同步模式。当使用外同步工作模式时，如果同步频率出现变化时系统会检测为同步信号失准，并停止外同步工作。因此如果要改变外同步频率时（例如从 50Hz 变化到 100Hz），建议先向 0x0500 发 0x0 设置 Freerun 模式，切换外同步频率后再发送 0x1 回复到外同步/外触发模式。

外触发控制范例，将相机设置为外同步模式，同步信号由 CC1 输入。

```
57 05 00 00 00 00 01
57 05 04 00 00 00 03
57 05 18 00 00 00 01
```



### 3. 寄存器列表

#### 3.1 存储空间

- 相机本地空间：起始地址 0x6000，测试、复位和当前相机状态信息。
- 相机 EEPROM：起始地址 0x5000，相机的启动信息。
- 相机功能空间：起始地址：0x0000，0x0100，0x0500，相机工作时使用。

#### 3.2 控制指令

Address	Register Name	Data	Type	Usage
0x600C	测试		RW	发送相机的串行连接状态。
0x601C	相机复位	相机复位命令 = 0xDEADBEEF	WO	相机复位。
0x6030	软件触发		WO	命令指示摄像机生成一个短触发脉冲。

#### 3.3 引导区控制

Address	Register Name	Data	Type	Usage
0x6060	用户参数区选择	Data (2:0) 0x0 – factory 0x1 – user 1 0x2 – user 2 0x3 – user 3 0x4 – user 4 0x5 to 0x7 – reserved	RW	指示相机将访问哪个 FLASH 扇区：工厂空间或 4 个 User 空间之一。
0x6064	用户设置加载		WO	命令相机从 x6060 所选参数区加载工作参数。
0x6068	用户设置保存		WO	命令相机从 x6060 所选参数区保存工作参数。
0x606C	用户设置删除		WO	命令相机从 x6060 所选参数区删除工作参数。

### 3.4 相机信息

Address	Register Name	Data		Type	Usage
0x6000	固件版本	Data (11:0)	16 进制:1.0.0 为 0x100	RO	读取当前固件版本
0x6004	固件时间	Data (31:0)	16 进制:0x20220208	RO	读取当前固件日期
0x6078	系统分辨率	Data (31:0)	Data (31:16):高度 Data (15:0):宽度	RO	读取当前输出分辨率。
0x6080	帧周期	Data(31:0)	帧周期	RO	读取当前输出周期, 以 us 为单位。
0x6084	最小帧周期	Data(31:0)	最小帧周期	RO	读取当前模式下支持的最小周期, 以 us 为单位。
0x6088	曝光时间	Data(31:0)	曝光时间	RO	读取实际曝光时间, 以 us 为单位。
0x608C	最小曝光时间	Data(31:0)	最小曝光时间	RO	读取当前模式下支持的最小曝光时间, 以 us 为单位。
0x6090	最大曝光时间	Data(31:0)	最大曝光时间	RO	读取当前模式下支持的最大曝光时间, 以 us 为单位。
0x60A0	Agc_Lum_Agn	Data (11:0) Data (23:12) Data (25:24) Data (27:26) Data (29:28)	当前模拟增益; 平均亮度 ; 增益最大值 (25) / 最小 (24) 限制 达到; (27: 26) N/A; 曝光最大 (29) /最小 (28) 达到 限制;	RO	在 AEC 和 AGC 操作期间, 返回当前模拟增益和当前平均图像亮度。

### 3.5 存储区控制

Address	Register Name	Data	Type	Usage
0x5000	启动参数区选择	Data (2:0) 0x0 – Boot from Factory 0x1 – Boot from User #1 0x2 – Boot from User #2 0x3 – Boot from User #3 0x4 – Boot from User #4	RW+	上电后从该寄存器设置的参数区取出工作参数。

### 3.6 图像参数及 AOI 控制

Address	Register Name	Data	Type	Usage
0x0000	模拟增益	Data (9:0) 0–480 增益设置	RW	设置 Sensor 增益, 范围 0–48db, 步进 0.1db
0x0008	AD 位数	Data (1:0) 0x0 - 8bit 0x1 - 10bit 0x2 - 12bit	RW	设置传感器输出位数
0x0010	AOI 控制	Data (1:0) 0x0 - MAOI 禁用 0x1 - MAOI 使能帧率增加	RW	控制 AOI 参数。
0x0014	AOI 水平偏移	Data (12:0) MAOI 在水平方向上偏移	RW	设置主 AOI 水平偏移。
0x0018	AOI 水平宽度	Data (12:0) MAOI 在水平方向上大小	RW	设置主 AOI 水平大小。
0x001C	AOI 垂直偏移	Data (12:0) MAOI 在垂直方向上偏移	RW	设置主 AOI 垂直偏移。
0x0020	AOI 垂直高度	Data (12:0) MAOI 在垂直方向上大小	RW	设置主 AOI 垂直大小。
0x0030	水平翻转	Data (0) 0x0 - 水平翻转失能 0x1 - 水平翻转使能	RW	水平翻转图像
0x0034	垂直翻转	Data (0) 0x0 - 垂直翻转失能 0x1 - 垂直翻转使能	RW	垂直翻转图像
0x0044	曝光时间	Data (31:0) 32 位 float 型数值, 曝光时间, 单位 us。	RW	设置曝光时间。

0x0048	帧周期使能	Data (0)	0x0 - 失能帧周期 0x1 - 使能帧周期	RW	帧周期设置使能
0x004C	帧周期	Data (23:0)	实际帧周期设置值, 单位 us。	RW	设置帧周期时长, 以 us 为单位。
0x0058	最小曝光时间	Data (23:0)	32 位 float 型数值, 自动控光最小曝光值	RW	设置最小曝光时间, 以 us 为单位。
0x005C	最大曝光时间	Data (23:0)	32 位 float 型数值, 自动控光最大曝光值	RW	设置最大曝光时间, 以 us 为单位。

### 3.7 数据输出控制

Address	Register Name	Data	Type	Usage
0x0100	Camera Link_bit	Data (1:0)	0x0 - 8- bit 0x1 - 10- bit 0x2 - 12- bit	RW Camera Link 输出位数, 仅 Camera Link 接口相机支持。
0x0104	Camera Link_tap	Data (2:0)	0x5 - Base (1 taps) 0x0 - Base (2 taps) 0x1 - Base (3 taps) 其他 - reserved	RW Camera Link 输出通道数, 仅 Camera Link 接口相机支持。
0x0108	测试图像	Data (3:0)	0x0 - 无测试图像 0x1 - 棋盘格 0x2 - 均匀灰度 0x3 - reserved 0x4 - 水平斜坡 0x5 - 垂直斜坡 0x6 - 对角斜坡 0x7 - 移动对角斜坡 0x8 - 垂直条 0x9 - 十字准心 0xA to 0xF - reserved	RW 选择测试图像模式
0x010C	测试图像亮度	Data (11:0)	亮度值	RW 设置测试图像亮度

0x011C	疵点使能	Data (1:0)	0x0 - DPC 失能 0x1 - DPC 使能	RW	启用 疵点校正 (DPC) 。
0x0128	负像处理	Data (0)	0x0 - 负像处理失能 0x1 - 负像处理失能	RW	负像处理
0x0140	自动曝光	Data (0)	0x0 - 自动曝光失能 0x1 - 自动曝光使能	RW	使能自动曝光 (AEC)控制.
0x0144	自动增益	Data (0)	0x0 - 自动增益失能 0x1 - 自动增益使能	RW	使能自动增益 (AGC)控制.
0x0148	亮度值	Data (11:0)	期望亮度值	RW	设置期望亮度值。
0x0150	最小增益	Data(31:0)	32位 float 型数值, 最小 AGC 增益值	RW	设置 AGC 增益 下限(最小值) (0 dB 至 to24 dB, 每步 0.1 dB) 。
0x0154	最大增益	Data(31:0)	32位 float 型数值, 最大 AGC 增益值	RW	设置 AGC 增益 上限(最大值) (0 dB 至 to24 dB, 每 步 0.1 dB) 。

0x0158	数据移位	Data (3:0)	0x0 - 不移位 0x1 - 左移 1 位 0x2 - 左移 2 位 0x3 - 左移 3 位 0x4 - 左移 4 位 0x5 - 左移 5 位 0x6 - 左移 6 位 0x7 - 左移 7 位 0x8 reserved 0x9 - 右移 1 位 0xA - 右移 2 位 0xB - 右移 3 位 0xC - 右移 4 位 0xD - 右移 5 位 0xE - 右移 6 位 0xF - 右移 7 位	RW	设置相机输出数据的数据移位。
0x015C	数字增益偏置	Data (13:0)	数字增益偏置 0-16383	RW	设置数字增益的偏置
0x0160	数字增益	Data (13:0)	放大倍数 1-16 倍，1024 代表 1 倍，最大 16383	RW	设置数字增益
0x0164	AGCAEC 自动控制调节速度		0x0 - 01x speed (slow) 0x1 - 2x speed 0x2 - 3x speed 0x3 - 4x speed (fast)	RW	设置 AGC/AEC 的调节速度。
0x0170	PRNU 图像校正使能	Data (1:0)	0x0 - PRNU 失能 0x1 - PRNU 使能	RW	启用 PRNU 图像校正
0x0200	图像增强	Data (7:0)	0x0-100	RW	图像增强系数
0x0210	图像锐化	Data (7:0)	0x0-100	RW	图像锐化系数

### 3.8 触发、IO、时序发生器控制

Address	Register Name	Data	Type	Usage
0x0500	工作模式	Data (0)	RW	设置工作模式。
		0x0 - 触发模式失能，自由运行。 0x1 - 触发模式使能		
0x0504	触发源选择	Data (2:0)	RW	设置触发源 CC1 和 CC2 仅 Camera Link 接口相机支持
		0x0 - N/A 0x1 - External 1; 外部触发 IN1。 0x2 - Internal; 内部脉冲源。 0x3 - CC1: Camera Link 触发源 1; 0x4 - software trigger; 软件触发 0x5 - External 2; 外部触发 IN2 0x6 - CC2: Camera Link 触发源 2;		
0x0508	触发沿	Data (0)	RW	设置触发有效边沿。
		0x0 - 上升沿 0x1 - 下降沿		
0x050C	去抖时间	Data (15:0)	RW	设置去抖时间，以 us 为单位。
0x0510	滤波时间	Data (15:0)	RW	设置滤波时间，任何低于该时间的脉冲会被忽略。
0x0518	触发模式	Data (3:0)	RW	设置触发模式
		0x0 - 标准模式 0x1 - 快速模式 0x2 - reserved 0x3 to 0xF - reserved N/A		
0x051C	捕获帧数量	Data (15:0)	RW	设置每个触发信号后捕获的帧数。
0x0520	曝光延迟	Data (23:0)	RW	设置曝光延迟在触发信号开始后曝光

					开始前。
0x0544	内部脉冲单位	Data (1:0)	0x0 - x1 0x1 - x10 0x2 - x100 0x3 - x1000	RW	设置脉冲单位，实际值=设置值 x 单位。
0x0548	内部脉冲值	Data (23:0)	脉冲宽度值	RW	设置内部产生脉冲宽度值。
0x054C	内部脉冲周期	Data (23:0)	周期值	RW	设置脉冲周期值，以 us 为单位。
0x0550	内部脉冲数量	Data (15:0) Data (16)	0-65535: 脉冲数 65536: 持续产生	RW	产生内部脉冲的数量。
0x0554	内部脉冲使能	Data (0)	0x0 - 内部脉冲失能 0x1 - 内部脉冲使能	RW	设置内部脉冲的控制。
0x0558	输出信号极性	Data (0)	0x0 - 低有效 0x1 - 高有效	RW	设置 OUT1 的输出信号极性。



0x055C	OUT1_Map_Sel	Data (7:0)	<p>0x0 - 无映射</p> <p>0x1 - 表征曝光开始的短脉冲 (2us)</p> <p>0x2 - 表征曝光结束的短脉冲 (2us)</p> <p>0x3 - 表征曝光中间的短脉冲 (2us)</p> <p>0x4 - 表征相机曝光时间的信号</p> <p>0x5 - 相机行同步的短脉冲 (2us)</p> <p>0x6 - 相机帧同步的短脉冲 (2us)</p> <p>0x7 - 用于指示奇数或偶数帧</p> <p>0x8 - 输入的触发脉冲无延时输出</p> <p>0x9 - 输入的触发脉冲根据曝光延时寄存器的设置值进行延时输出</p> <p>0xA - reverse</p> <p>0xB - 将内部脉冲发生器波形映射到输出</p>	RW	映射各种内部信号到 OUT1 输出。
0x0560	输出信号极性	Data (0) Data (31:1)	<p>0x0 - 低有效</p> <p>0x1 - 高有效</p>	RW	设置 OUT2 的输出信号极性。
0x0564	输出信号映射	Data (7:0)	<p>0x0 - 无映射</p> <p>0x1 - 表征曝光开始的短脉冲 (2us)</p> <p>0x2 - 表征曝光结束的短脉冲 (2us)</p> <p>0x3 - 表征曝光中间的短脉冲 (2us)</p> <p>0x4 - 表征相机曝光时间的信号</p> <p>0x5 - 相机行同步的短脉冲 (2us)</p> <p>0x6 - 相机帧同步的短脉冲 (2us)</p>	RW	映射各种内部信号到 OUT2 输出。

			<p>0x7 - 用于指示奇数或偶数帧</p> <p>0x8 - 输入的触发脉冲无延时输出</p> <p>0x9 - 输入的触发脉冲根据曝光延时寄存器的设置值进行延时输出</p> <p>0xA - reverse</p> <p>0xB - 将内部脉冲发生器波形映射到输出</p>		
--	--	--	---	--	--

### 3.9 其他寄存器

Address	Register Name	Data	Type	Usage
0x0650	控温使能	Data (1:0)	RW	设置设备自动温度控制。
0x0654	控温目标温度	Data(31:0)	RW	设置设备温度控制目标温度。
0x0658	控温模式	Data (1:0)	RW	设置控温模式