



SMARTSENS

SmartSens™

SC031IoT 数据手册

V0.5

2022.04.02

■ 应用领域

- ◆ 智能家用摄像头
- ◆ IoT 摄像机
- ◆ 安防监控系统
- ◆ 工业内窥探测器
- ◆ 可移动设备相机
- ◆ 水下探测器
- ◆ 视频电话会议设备

■ 产品特性

- ◆ 高灵敏度
- ◆ 低功耗
- ◆ 高信噪比
- ◆ 水平/垂直窗口调整
- ◆ 32x 模拟增益, 8x 数字增益
- ◆ I2C 接口寄存器编程
- ◆ 动态 DPC

■ 关键参数（典型值）

参数	描述
分辨率	30 万
像素阵列	644H x 484V
像素尺寸	3.40 μm x 3.40 μm
镜头光学尺寸	1/6.5"
最大图像传输速率	640H x 480V@60fps 10bit
输出接口	8-bit DVP (60fps) / 8-bit 1-lane MIPI (60fps)
输出格式	RAW RGB/YUV422
CRA	25°
灵敏度	9480 mV/lux $\cdot$ s
动态范围	81 dB
信噪比	41 dB
工作温度范围	-30°C ~ +85°C
最佳工作温度范围	-20°C ~ +60°C
电源电压	AVDD= 2.8V $\pm$ 0.1V, DOVDD = 2.8V $\pm$ 0.1V 注: DVDD 默认内部供电; 外部供电方案, 请联系 FAE
封装尺寸	CSP, 2.800 mm x 2.680 mm, 20-pin
ESD 等级	■ HBM: Classification 2 ■ CDM: Classification C3

目录

目录.....	3
图片索引	5
表格索引	6
1. 系统描述.....	7
1.1. 芯片概述	7
1.2. 系统框架	7
1.3. 引脚描述	8
1.4. 芯片初始化	10
1.4.1. 上电时序.....	10
1.4.2. I2C 分页模式.....	11
1.4.3. 睡眠模式.....	11
1.4.4. 复位模式.....	11
1.5. Sensor ID	14
1.6. 数据模式	14
1.7. 数据接口	14
1.7.1. DVP.....	14
1.7.2. MIPI.....	15
1.8. 锁相环	17
1.9. 视频输出模式	18
1.9.1. 读取顺序.....	18
1.10. 测试模式	20
1.11. Gamma	21
1.12. 去坏点	22
1.13. 噪声去除	22
1.14. 边缘增强	23
1.15. AEC/AGC.....	23
1.15.1. 手动曝光设置.....	23
1.15.2. 自动曝光设置.....	26
1.16. AWB.....	27
1.17. 色彩校正	27
1.18. 饱和度	28
1.19. 对比度	28
2. 电气特性.....	29
3. 光学特性.....	31
3.1. QE 曲线	31
3.2. 主光线入射角 (CRA)	31
4. 封装信息	32
5. 订购信息	34

6. 版本变更记录	35
-----------------	----

SmartSens Confidential - NDA Only

图片索引

图 1-1 结构图	7
图 1-2 典型应用示意图	8
图 1-3 封装引脚图	9
图 1-4 上电时序图	10
图 1-5 I2C 接口时序	13
图 1-6 DVP 时序	14
图 1-7 MIPI 接口示意图	15
图 1-8 MIPI 底层数据包示意图	15
图 1-9 MIPI 长/短数据包结构示意图	16
图 1-10 MIPI 1lane 模式数据包传输示意图	16
图 1-11 MIPI 数据包 DI 结构	16
图 1-12 PLL 控制示意图	17
图 1-13 像素阵列图一	18
图 1-14 像素阵列图二	19
图 1-15 镜像和倒置实例	19
图 1-16 测试模式	20
图 1-17 AE 窗口设置	26
图 2-1 外部时钟 (EXTCLK) 波形图	30
图 3-1 QE Curve	31
图 3-2 CRA Curve	31
图 4-1 封装示意图	32

表格索引

表 1-1 引脚描述	8
表 1-2 睡眠模式控制寄存器	11
表 1-3 软复位控制寄存器	11
表 1-4 I2C 接口时序详细参数	13
表 1-5 SENSOR ID 寄存器	14
表 1-6 DVP 同步调整寄存器	14
表 1-7 MIPI 数据类型	17
表 1-8 MIPI 调整寄存器	17
表 1-9 镜像和倒置模式控制寄存器	19
表 1-10 测试模式控制寄存器	20
表 1-11 GAMMA 控制寄存器	21
表 1-12 去坏点控制寄存器	22
表 1-13 噪声去除控制寄存器	22
表 1-14 边缘增强控制寄存器	23
表 1-15 手动曝光控制寄存器	23
表 1-16 增益寄存器控制	24
表 1-17 模拟 gain 值控制寄存器	24
表 1-18 数字 gain 值控制寄存器	25
表 1-19 自动曝光控制寄存器	26
表 1-20 AWB 控制寄存器	27
表 1-21 色彩校正控制寄存器	27
表 1-22 饱和度控制寄存器	28
表 1-23 对比度控制寄存器	28
表 2-1 绝对最大额定值	29
表 2-2 直流电气特性	29
表 2-3 交流特性 (TA=25℃, AVDD=2.8V, DOVDD=2.8V)	30
表 4-1 封装尺寸表	32
表 5-1 订购信息表	34

1. 系统描述

1.1. 芯片概述

SC031IoT 是监控相机领域先进的数字 CMOS 图像传感器。SC031IoT 有效像素窗口为 640H x 480V，支持 8bit RAW RGB/YUV422 DVP 输出及 1C1D MIPI 输出。

SC031IoT 可以通过标准的 I2C 接口读写寄存器。

1.2. 系统框架

图 1-1 展示了 SC031IoT 图像传感器的功能模块。图 1-2 展示了一个典型的应用示例。

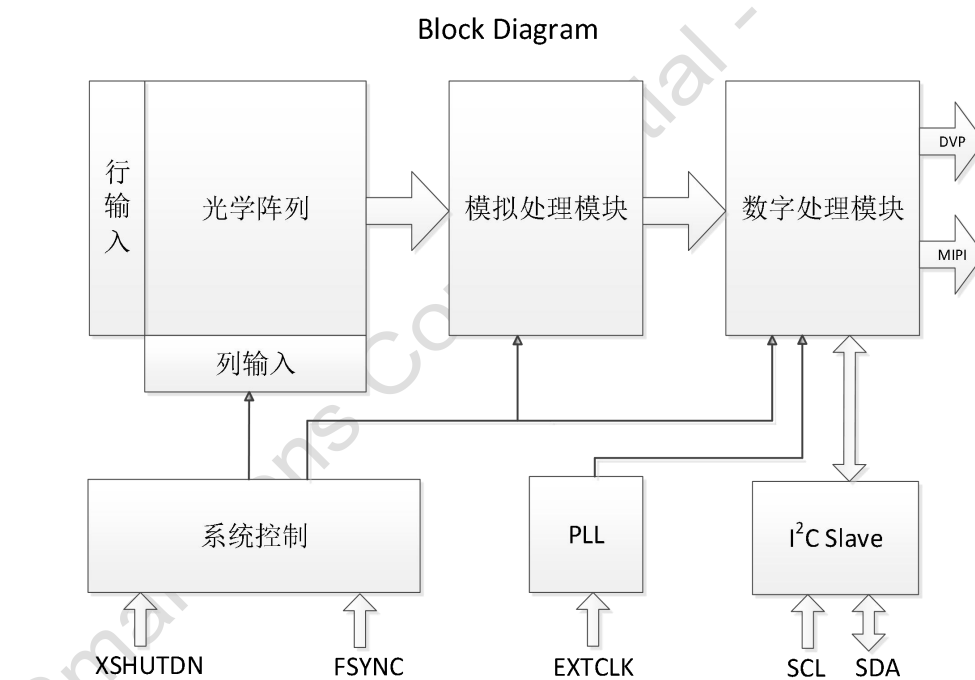


图 1-1 结构图

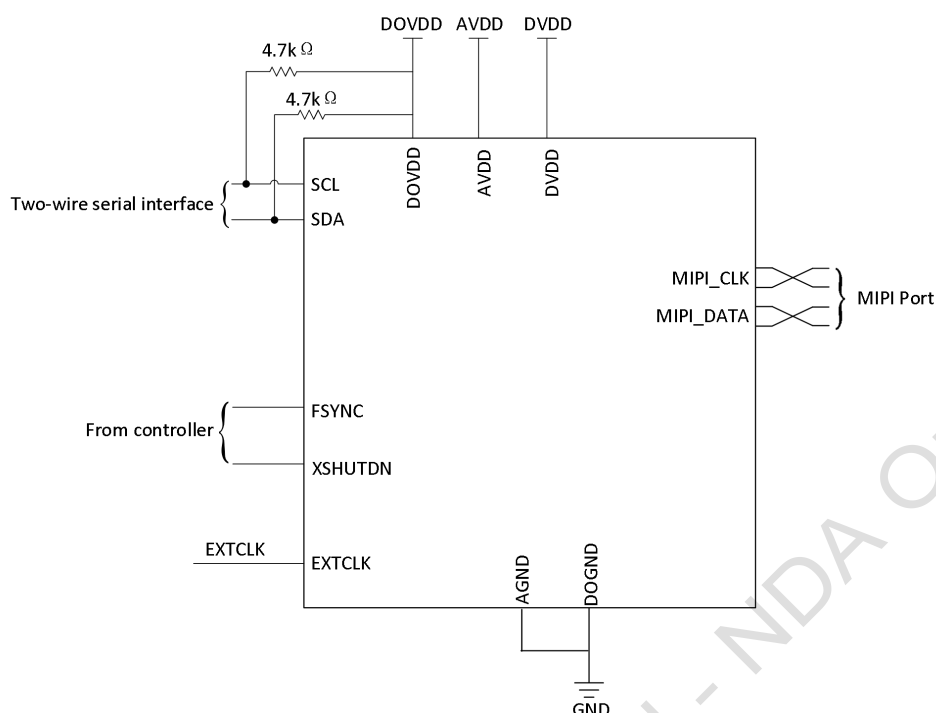


图 1-2 典型应用示意图

1.3. 引脚描述

表 1-1 列出了 SC031IoT 图像传感器的引脚信息及相关描述。

表 1-1 引脚描述

序号	编号	信号名	引脚类型	描述
1	A1	D<5>	输出	DVP 输出 bit[5]
2	A2	XSHUTDOWN	输入	复位信号输入（内置上拉电阻，低电位有效）
3	A3	FSYNC	输出	DVP 帧同步信号
4	A4	SCL	输入/输出	主从 I2C 时钟线(open drain)
5	A5	AVDD	电源	2.8V 模拟电源
6	B1	PCLK	输出	DVP 时钟
7	B2	LREF	输出	DVP 行同步
8	B3	D<7>	输出	DVP 输出 bit[7]
9	B4	DOVDD	电源	2.8V I/O 电源
10	B5	VREFN	输出	内部参考电压（外接电容至 GND）
11	C1	D<0>/MDP	输出	DVP 输出 bit[0] / MIPI 数据正极信号
12	C2	D<6>	输出	DVP 输出 bit[6]
13	C3	XCLKI	输入	晶振输入时钟 / 外部输入时钟
14	C4	DVDD	电源	默认内部供电；外部供电方案，请联系 FAE
15	C5	SDA	输入/输出	I2C 数据线(open drain)

序号	编号	信号名	引脚类型	描述
16	D1	D<1>/MDN	输出	DVP 输出 bit[1] / MIPI 数据负极信号
17	D2	D<4>	输出	DVP 输出 bit[4]
18	D3	D<2>/MCP	输出	DVP 输出 bit[2] / MIPI 时钟正极信号
19	D4	D<3>/MCN	输出	DVP 输出 bit[3] / MIPI 时钟负极信号
20	D5	GND	地线	接地

Top View

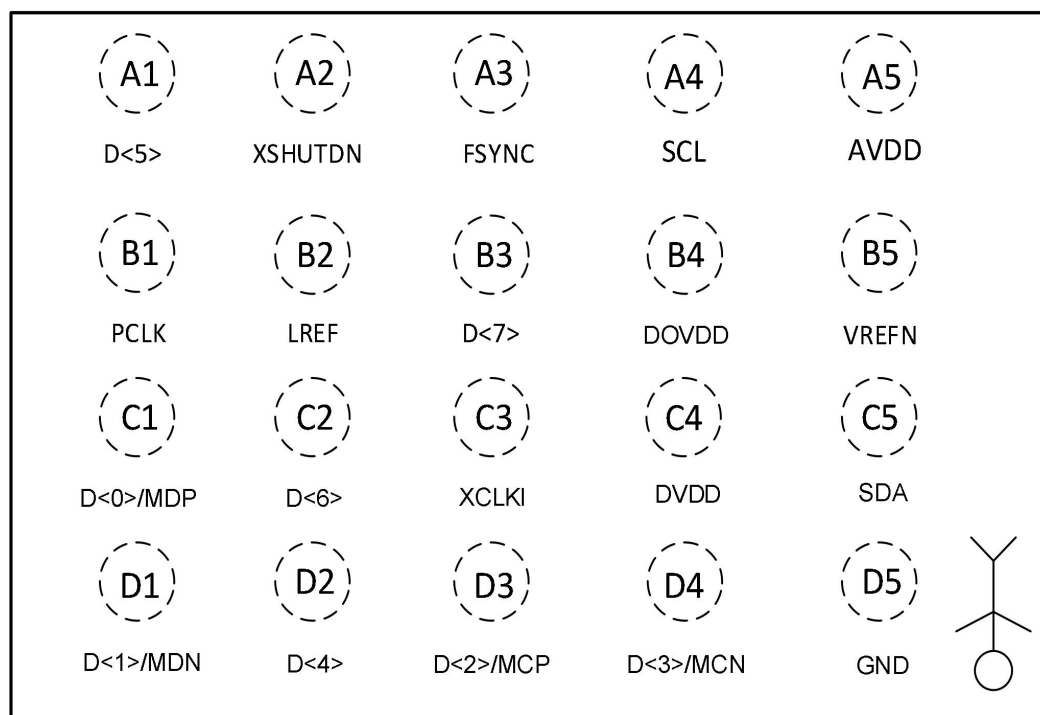


图 1-3 封装引脚图

1.4. 芯片初始化

1.4.1. 上电时序

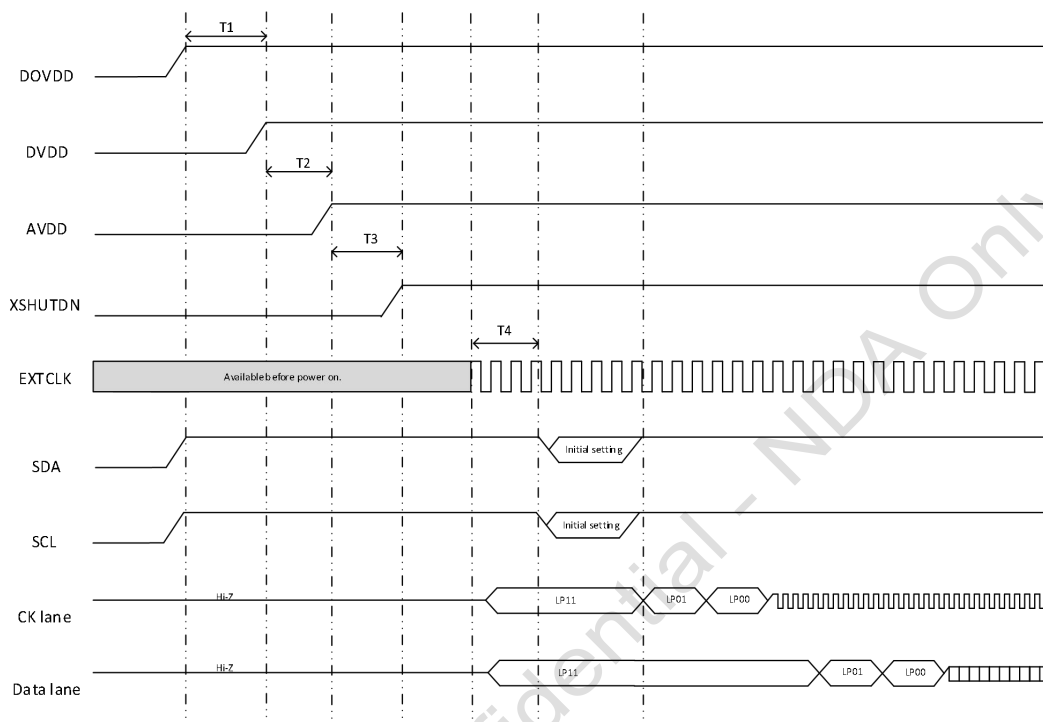


图 1-4 上电时序图

注: $T_1 \geq 0\text{ms}$, $T_2 \geq 0\text{ms}$, $T_3 \geq 0\text{ms}$, $T_4 \geq 4\text{ms}$ 。

1.4.2. I2C 分页模式

SC031IoT 的寄存器使用了分页模式，寄存器表中描述的 16bit 的 I2C 地址，分为高 8 位地址和低 8 位地址，高 8 位地址作为寄存器值固定写入地址 0xf0，对应的寄存器值写入低 8 位地址即可。示例如下：

写 0x3103,0x01

实际的 I2C 写入顺序应为：

0xf0,0x31

0x03,0x01

1.4.3. 睡眠模式

睡眠模式下，SC031IoT 停止输出图像数据流，工作在低功耗状态，保持当前寄存器值。SC031IoT 提供以下方式进入睡眠模式：将寄存器 16'h3100[0]写入 0，此时支持 I2C 读写。

表 1-2 睡眠模式控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
软睡眠模式使能	16'h3100	8'h0	Bit[0]: manual sleep mode ctrl 1~sleep mode disable 0~ sleep mode enable

1.4.4. 复位模式

复位模式下，SC031IoT 停止输出图像数据流，工作在低功耗状态，重置所有寄存器，SC031IoT 提供两种方式进入复位模式，硬件复位和软件复位：

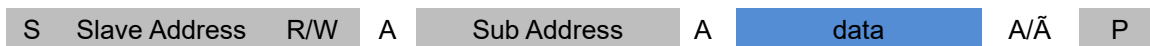
- 1) 硬件复位：将 XSHUTDN 拉低，此时不支持 I2C 读写；
- 2) 软件复位：将寄存器 16'h3103[0]写入 1，此复位模式持续 150ns。

表 1-3 软复位控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
分页寄存器	8'hf0	8'h31	分页
软复位使能	8'h03	8'h00	Bit[0]: soft reset

SC031IoT 提供标准的 I2C 总线配置接口对寄存器进行读写，I2C 设备地址 8'hd0，如下图所示。

消息类型：7-bit 设备地址+ R/W、8-bit 地址、8-bit 数据



I²C 读操作



I²C 写操作



从机到主机

S: 起始条件

A: 答复



主机到从机

P: 终止条件

Ā: 拒绝答复



方向取决于具体操作

Sr: 重复起始条件

I²C 时序

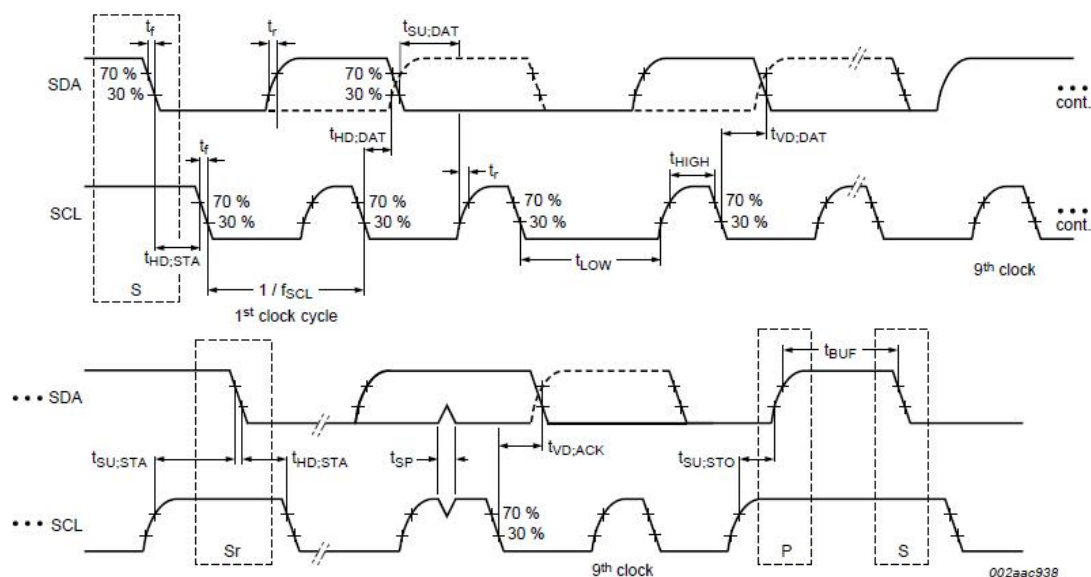


图 1-5 I2C 接口时序

表 1-4 I2C 接口时序详细参数

Symbol	Parameter	Standard-mode		Fast-mode		Unit
		Min	Max	Min	Max	
f_{SCL}	SCL clock frequency	0	100	0	400	kHz
$t_{HD,STA}$	hold time (repeated) START condition	4.0	-	0.6	-	μs
t_{LOW}	LOW period of the SCL clock	4.7	-	1.3	-	μs
t_{HIGH}	HIGH period of the SCL clock	4.0	-	0.6	-	μs
$t_{SU,STA}$	set-up time for a repeated START condition	4.7	-	0.6	-	μs
$t_{HD,DAT}$	data hold time	0	-	0	-	μs
$t_{SU,DAT}$	data set-up time	250	-	100	-	ns
t_r	rise time of both SDA and SCL signals	-	1000	20	300	ns
t_f	fall time of both SDA and SCL signals	-	300	20	300	ns
$t_{SU,STO}$	set-up time for STOP condition	4.0	-	0.6	-	μs
t_{BUF}	bus free time between a STOP and START condition	4.7	-	1.3	-	μs
$t_{VD,DAT}$	data valid time	-	3.45	-	0.9	μs
$t_{VD,ACK}$	data valid acknowledge time	-	3.45	-	0.9	μs
t_{SP}	pulse width of spikes that must be suppressed by the input filter	-	-	0	50	ns

注：判断上升沿起始或下降沿终止的电平阈值为 30%；判断上升沿终止或下降沿起始的阈值为 70%。

1.5. Sensor ID

表 1-5 SENSOR ID 寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
SENSOR ID 高位	8'hf7	8'h9a	SENSOR ID[15:8]
SENSOR ID 低位	8'hf8	8'h46	SENSOR ID[7:0]

1.6. 数据模式

SC031IoT 提供两种数据模式：YUV422 和 RAW10。

1.7. 数据接口

SC031IoT 提供两种数据接口：DVP 和 MIPI。

1.7.1. DVP

SC031IoT 支持并行视频端口（DVP），输出 8-bit 并行数据。做输入时的 FSYNC 脉冲信号表示新一帧数据的开始，LREF 表示数据行同步信号，PCLK 表示输出数据时钟。下图是 DVP 时序示意图。

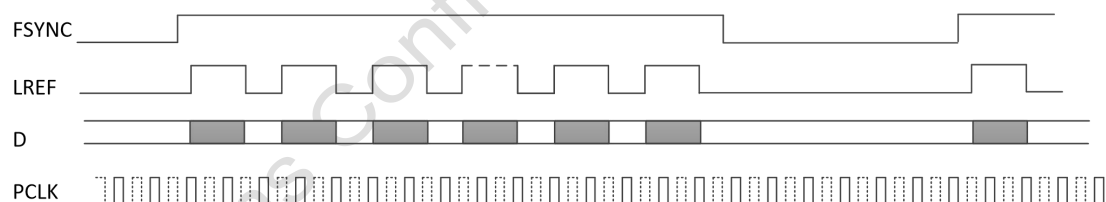


图 1-6 DVP 时序

表 1-6 DVP 同步调整寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
DVP 信号极性	16'h017a	8'h06	Bit[5]: FSYNC polarity Bit[4]: LREF polarity
	16'h0177	8'h80	Bit[2]: PCLK polarity
PAD 驱动能力	16'h3641	8'h00	Bit[1:0]: adjust PAD driver capability
PCLK 延迟	16'h3640	8'h00	Bit[1:0]: PCLK DLY 2ns/step

1.7.2. MIPI

SC031IoT 提供串行视频端口（MIPI）。SC031IoT MIPI 接口支持 8/10bit, 1lane 串行输出，传输速率推荐不大于 1.0Gbps。下图 MIPI 数据接口示意图。

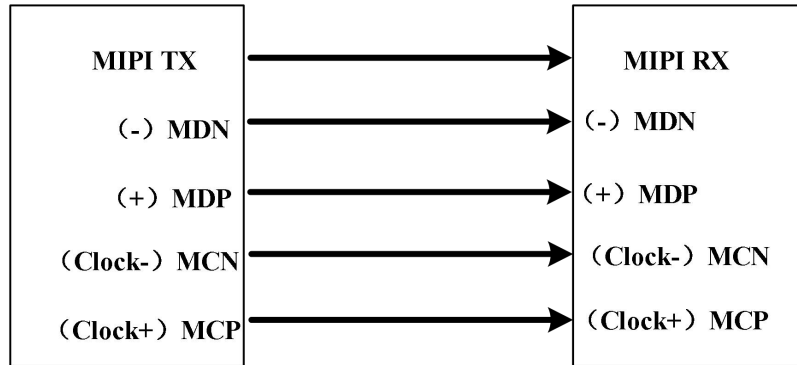


图 1-7 MIPI 接口示意图

下图是 MIPI 底层数据包的简略示意图，其中分别展示了一个短数据包和长数据包的传输过程。

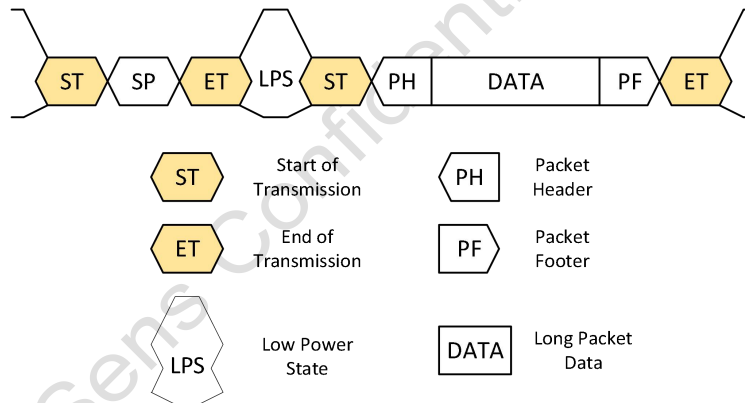


图 1-8 MIPI 底层数据包示意图

图 1-9 展示了 MIPI 长、短数据包结构示意图。其中数据标识 DI(Data Identifier)用来区分不同的数据包类型。图 1-10 展示了 MIPI 工作在 1lane 模式下的数据包传输示意图。图 1-11 中，DI 包括两部分，分别是虚拟通道 (VC) 和数据类型 (DT)。默认情况下，Sensor 给出的 MIPI 数据 VC 值都是 0，而 DT 值如表 1-7 所示。

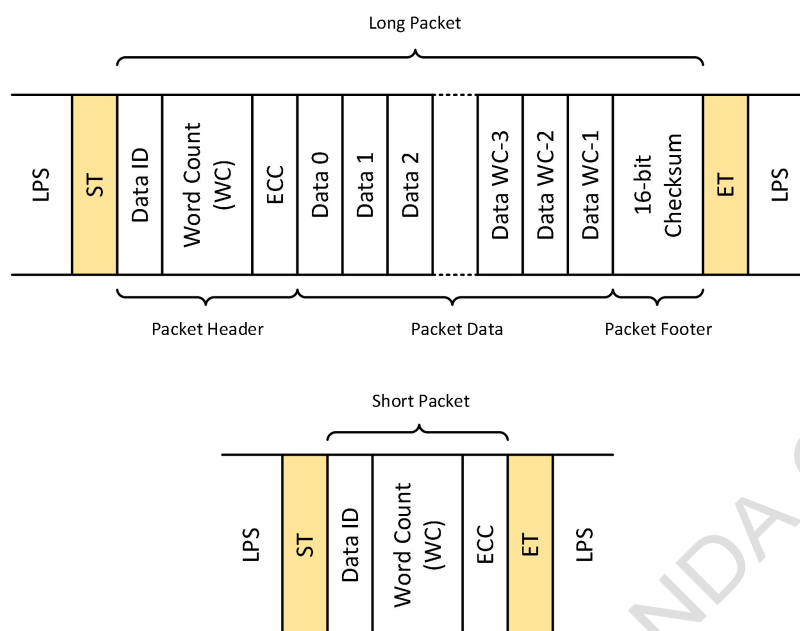


图 1-9 MIPI 长/短数据包结构示意图

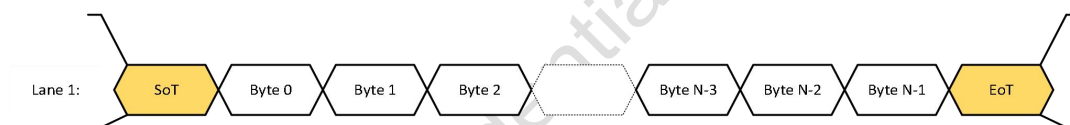


图 1-10 MIPI 1lane 模式数据包传输示意图

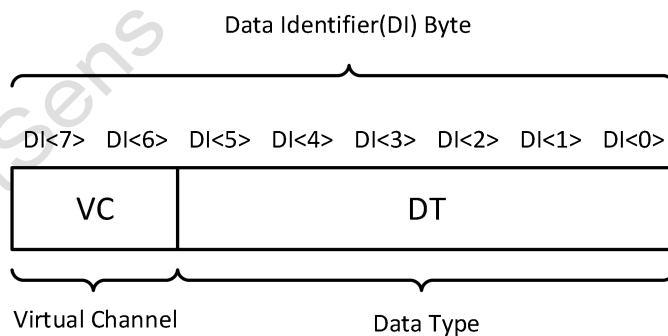


图 1-11 MIPI 数据包 DI 结构

表 1-7 MIPI 数据类型

DT	描述
6'h00	帧起始短包
6'h01	帧结束短包
6'h02	行起始短包
6'h03	行结束短包
6'h2a	8-bit 模式下数据长包
6'h2b	10-bit 模式下数据长包

表 1-8 MIPI 调整寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
MIPI 输出数据模式	16'h3031	8'h0a	Bit[3:0]: MIPI bit mode 4'h8~ raw8 mode 4'ha~ raw10 mode
PHY 数据模式	16'h3037	8'h20	Bit[6:5]: phy bit mode 2'h0~ 8bit mode 2'h1~ 10bit mode
MIPI 数据使能	16'h4603	8'h00	Bit[0]: MIPI read 1'h1~ disable 1'h0~ enable
MIPI LP 驱动	16'h3651	8'h7d	Bit[3:0]: MIPI LP 驱动能力调整, 默认 4'hd
MIPI Lane 0 延时	16'h3650	8'h00	Bit[3]: lane0 相位反向, 默认 1'h0
MIPI Clock 延时	16'h3650	8'h00	Bit[2]: 时钟反向, 默认 1'h0

1.8. 锁相环

SC031IoT 的 PLL 模块允许的输入时钟频率范围为 6~40MHz, 其中 VCO 输出频率 (F_{VCO}) 的范围为 400MHz-1200MHz。PLL 结构示意图如下图所示。

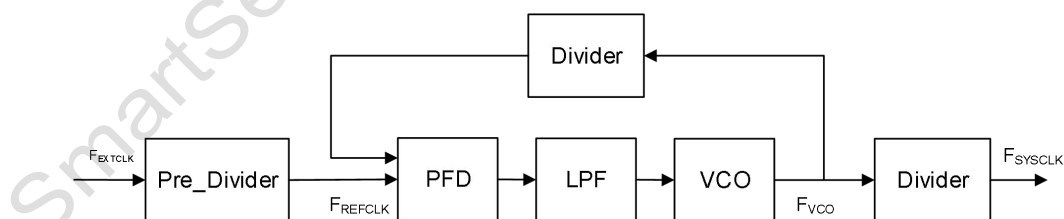


图 1-12 PLL 控制示意图

1.9. 视频输出模式

1.9.1. 读取顺序

下图提供了芯片工作的时候，第一个读取的 pixel 位置，以及整个 array 的结构示意图。此图是在 A1 pin 脚置于左上方的时候得到（top view）。

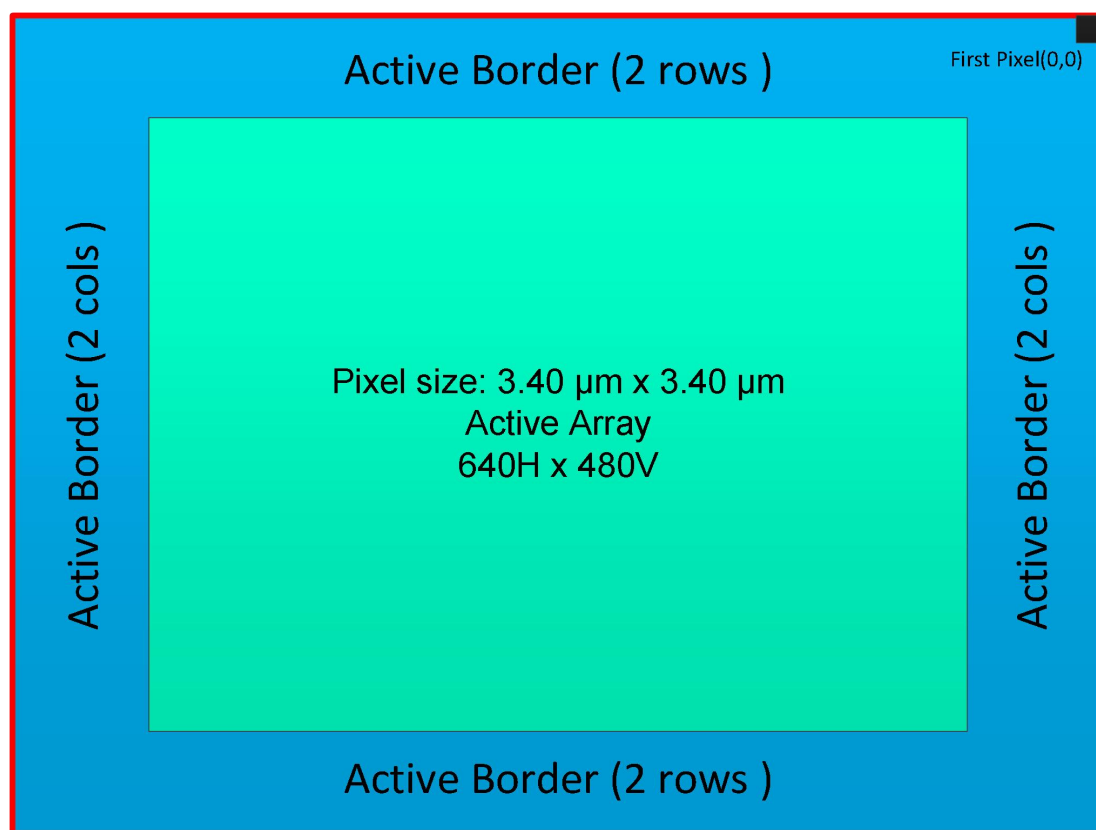


图 1-13 像素阵列图一

下图给出了 first pixel 的数据颜色格式。

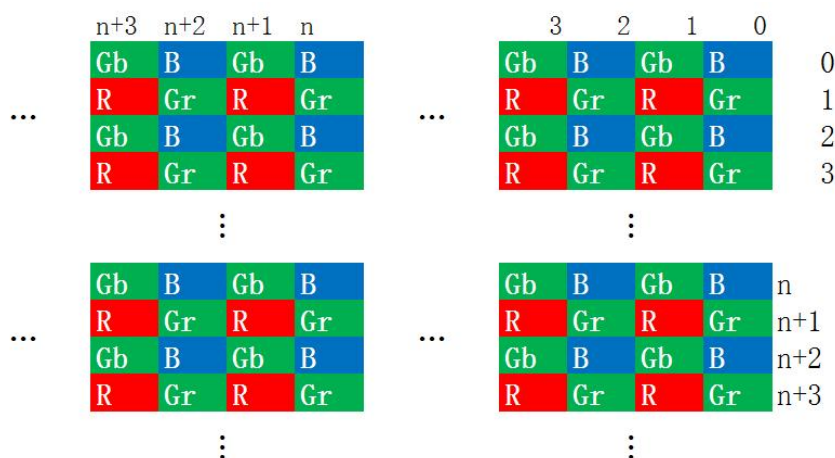


图 1-14 像素阵列图二

SC031IoT 提供镜像模式和倒置模式。前者会水平颠倒传感器的数据读出顺序；而后者会垂直颠倒传感器的读出顺序，如下图所示。



图 1-15 镜像和倒置实例

镜像模式和倒置模式有软件控制模式和硬件控制模式。

软件模式通过寄存器控制，如下表所示。

表 1-9 镜像和倒置模式控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
镜像模式	16'h3221	8'h00	Bit[2:1]: mirror ctrl
			2'b00 ~ mirror off
			2'b11 ~ mirror on
倒置模式	16'h3221	8'h00	Bit[6:5]: flip ctrl
			2'b00 ~ flip off
			2'b11 ~ flip on

硬件控制镜像和倒置请查看引脚描述章节。

1.10. 测试模式

为方便测试，SC031IoT 提供 color bars 模式，如下图所示。



图 1-16 测试模式

表 1-10 测试模式控制寄存器

功能	寄存器地址	寄存器配置值	描述
测试模式	16'h0100	8'h00	Bit[7]: 1: test pattern enable 0: bypass test pattern
			Bit[6]: 1: shade test pattern, 0: disable
			Bit[5]: reserved
			Bit[4]: manual write R/G/B
			Bit[3]: 0: vertical pattern 1: horizontal pattern
			Bit[2:0]: select the color
	16'h0101	8'h80	define R value
	16'h0102	8'h80	define G value
	16'h0103	8'h80	define B value

1.11. Gamma

由于显示设备对图像亮度的非线性衰减,所以需要对图像信号做补偿,即为伽马调整, SC031IoT 中 GAMMA 控制寄存器如下表所示。

表 1- 11 GAMMA 控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
GAMMA 开关	16'h00f5[1]	1'b0	GAMMA enable 0~enable; 1~disable
Gamma 端点 1	16'h0041	8'h0e	Gamma coefficient1
Gamma 端点 2	16'h0042	8'h1c	Gamma coefficient2
Gamma 端点 3	16'h0043	8'h32	Gamma coefficient3
Gamma 端点 4	16'h0044	8'h54	Gamma coefficient4
Gamma 端点 5	16'h0045	8'h70	Gamma coefficient5
Gamma 端点 6	16'h0046	8'h86	Gamma coefficient6
Gamma 端点 7	16'h0047	8'h97	Gamma coefficient7
Gamma 端点 8	16'h0048	8'ha4	Gamma coefficient8
Gamma 端点 9	16'h0049	8'hb0	Gamma coefficient9
Gamma 端点 10	16'h004a	8'hbb	Gamma coefficient10
Gamma 端点 11	16'h004b	8'hc5	Gamma coefficient11
Gamma 端点 12	16'h004c	8'hcf	Gamma coefficient12
Gamma 端点 13	16'h004d	8'he0	Gamma coefficient13
Gamma 端点 14	16'h004e	8'hf1	Gamma coefficient14
Gamma 端点 15	16'h004f	8'hff	Gamma coefficient15

1.12. 去坏点

SC031IoT 支持实时坏点识别和去除。可实现 1 个像素，1*2 同色像素坏点簇，以及 3 个或者 4 个同色坏点簇的识别和去除。SC031IoT 坏点判断的原理是当前像素值比周围相同颜色的像素值都大（或者小），并且差值都大于设定阈值。SC031IoT 根据坏点判断的原理把坏点分为亮坏点（white pixel）和暗坏点（black pixel），具体控制寄存器如下表所示。

表 1-12 去坏点控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
单个坏点消除功能开关	16'h00e0[2]	1'b1	Single bad pixel cancellation enable 1~enable; 0~disable
亮坏点簇消除功能开关	16'h00e0[3]	1'b1	Bright couplet bad pixels cancellation enable 1~enable; 0~disable
暗坏点簇消除功能开关	16'h00e0[5]	1'b0	Dark couplet bad pixels cancellation enable 1~enable; 0~disable
大坏点簇消除功能开关	16'h00e2[3]	1'b0	Big bad cluster pixels cancellation enable 1~enable; 0~disable

1.13. 噪声去除

SC031IoT 去噪声通过 lpf1~lpf3 实现，去噪强度通过增益实现自适应变化，具体控制寄存器如下表所示。

表 1-13 噪声去除控制寄存器

功能	描述	寄存器地址	默认值	描述
LPF1	开关	16'h00e0[0]	1'b1	lpf1 enable 1~enable; 0~disable
	基准强度	16h00d5[3:0]	4'h4	The base strength of lpf 1
	强度变化率	16h00d6[3:0]	4'h4	The rate of change of lpf1 strength
LPF2	开关	16'h00e0[0]	1'b1	lpf2 enable 1~enable; 0~disable
	基准强度	16h00d5[7:4]	4'h0	The base strength of lpf2
	强度变化率	16h00d6[7:4]	4'h4	The rate of change of lpf2 strength
LPF3	开关	16'h00e0[0]	1'b1	lpf3 enable 1~enable; 0~disable
	基准强度	16h00d3[7:4]	4'h8	The base strength of lpf3
	强度变化率	16h00d8[7:4]	4'h4	The rate of change of lpf3 strength

1.14. 边缘增强

SC031IoT 支持边缘增强功能，可实现输入图像正负边缘的分开控制，边缘增强可根据增益的变化来实现自适应控制，具体控制寄存器如下表所示。

表 1-14 边缘增强控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
边缘增强开关	16'h00e0[1]	1'b1	Edge enhancement enable 1~enable; 0~disable
负边缘增强基准	16h00d0[3:0]	4'h6	Edge enhancement strength control for negative edge
正边缘增强基准	16h00d0[7:4]	4'h6	Edge enhancement strength control for positive edge
负边缘增强限制系数	16'h00d2[3:0]	4'h6	Lower limit of edge enhancement (0~1.875)
正边缘增强限制系数	16h00d2[7:4]	4'h6	Upper limit of edge enhancement (0~1.875)

1.15. AEC/AGC

AEC/AGC 都是基于亮度进行调节的，AEC 调节曝光时间，AGC 调节增益值，最终使图像亮度落在设定亮度阈值范围内。SC031IoT 支持手动曝光和自动曝光

1.15.1. 手动曝光设置

当 16'h0070[0]置 0 时，进入积分时间手动配置模式。

当 16'h0070[1]置 0 时，进入全局增益和数字增益手动配置模式，当 16'h0072[7]置 0 时，全局增益和数字增益合并配置，SC031IoT 自动计算相应的全局增益和数字增益；当 16'h0072[7]置 1 时，全局增益和数字增益分开配置，具体控制寄存器如下表所示。

表 1-15 手动曝光控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
AEC 控制开关	16'h0070[0]	1'b1	AEC control 1~auto; 0~manual
AGC 控制开关	16h0070[1]	1'b1	AGC control 1~auto; 0~manual
全局增益，数字增益控制模式	16h0072[7]	1'b0	Global gain and digital gain control 1~independent; 0~non independent
曝光时间	{16'h008d, 16'h008e}	16'h136	以半行为单位，最小值为 1，最大值为 $2 * \{16'h320e, 16'h320f\} - 'd8$ ，调节步长为 1
全局增益	{16h008b[3:0], 16h008c}	12'h032	Global gain

功能	寄存器地址	默认值	描述
数字增益	16'h009e	8'h50	Digital gain

若由外部主控控制进行自动曝光，需先写以下寄存器，进入手动模式：

0x53, 0x00
0x70, 0x4c
0x72, 0xc0
0xb0, 0xc0
0xc8, 0x10
0xc9, 0x10
0x00f5, 0xff

由于模拟 gain 只有 coarse gain，没有 fine gain，所以在调节模拟 gain 时需要 DIG GAIN（1~2 倍）代替模拟 fine gain，平滑过渡，避免 AGC 震荡的现象。

表 1-16 增益寄存器控制

ANA GAIN register	ANA GAIN register	DIG GAIN register
16'h0070[4]	16'h008b[4:0]	16'h009e[7:0]

表 1-17 模拟 gain 值控制寄存器

ANA GAIN(0x0070[4])	ANA GAIN(0x008b[4:0])	GAIN Value	dB Value
1'b0	8'h00	1.00	0.00
1'b1	8'h00	1.95	5.80
1'b1	8'h01	3.90	11.82
1'b1	8'h03	7.80	17.84
1'b1	8'h07	15.60	23.86
1'b1	8'h0F	31.20	29.88
1'b1	8'h1F	62.40	35.90

表 1-18 数字 gain 值控制寄存器

DIG GAIN	GAIN Value	dB Value	DIG GAIN	GAIN Value	dB Value	DIG GAIN	GAIN Value	dB Value
8'h10	1.00	0.00	8'h36	3.38	10.57	8'h5C	5.75	15.19
8'h11	1.06	0.53	8'h37	3.44	10.72	8'h5D	5.81	15.29
8'h12	1.13	1.02	8'h38	3.50	10.88	8'h5E	5.88	15.38
8'h13	1.19	1.49	8'h39	3.56	11.04	8'h5F	5.94	15.47
8'h14	1.25	1.94	8'h3A	3.63	11.19	8'h60	6.00	15.56
8'h15	1.31	2.36	8'h3B	3.69	11.33	8'h61	6.06	15.65
8'h16	1.38	2.77	8'h3C	3.75	11.48	8'h62	6.13	15.74
8'h17	1.44	3.15	8'h3D	3.81	11.62	8'h63	6.19	15.83
8'h18	1.50	3.52	8'h3E	3.88	11.77	8'h64	6.25	15.92
8'h19	1.56	3.88	8'h3F	3.94	11.90	8'h65	6.31	16.00
8'h1A	1.63	4.22	8'h40	4.00	12.04	8'h66	6.38	16.09
8'h1B	1.69	4.54	8'h41	4.06	12.18	8'h67	6.44	16.17
8'h1C	1.75	4.86	8'h42	4.13	12.31	8'h68	6.50	16.26
8'h1D	1.81	5.17	8'h43	4.19	12.44	8'h69	6.56	16.34
8'h1E	1.88	5.46	8'h44	4.25	12.57	8'h6A	6.63	16.42
8'h1F	1.94	5.74	8'h45	4.31	12.69	8'h6B	6.69	16.51
8'h20	2.00	6.02	8'h46	4.38	12.82	8'h6C	6.75	16.59
8'h21	2.06	6.29	8'h47	4.44	12.94	8'h6D	6.81	16.67
8'h22	2.13	6.55	8'h48	4.50	13.06	8'h6E	6.88	16.75
8'h23	2.19	6.80	8'h49	4.56	13.18	8'h6F	6.94	16.82
8'h24	2.25	7.04	8'h4A	4.63	13.30	8'h70	7.00	16.90
8'h25	2.31	7.28	8'h4B	4.69	13.42	8'h71	7.06	16.98
8'h26	2.38	7.51	8'h4C	4.75	13.53	8'h72	7.13	17.06
8'h27	2.44	7.74	8'h4D	4.81	13.65	8'h73	7.19	17.13
8'h28	2.50	7.96	8'h4E	4.88	13.76	8'h74	7.25	17.21
8'h29	2.56	8.17	8'h4F	4.94	13.87	8'h75	7.31	17.28
8'h2A	2.63	8.38	8'h50	5.00	13.98	8'h76	7.38	17.36
8'h2B	2.69	8.59	8'h51	5.06	14.09	8'h77	7.44	17.43
8'h2C	2.75	8.79	8'h52	5.13	14.19	8'h78	7.50	17.50
8'h2D	2.81	8.98	8'h53	5.19	14.30	8'h79	7.56	17.57
8'h2E	2.88	9.17	8'h54	5.25	14.40	8'h7A	7.63	17.64
8'h2F	2.94	9.36	8'h55	5.31	14.51	8'h7B	7.69	17.72
8'h30	3.00	9.54	8'h56	5.38	14.61	8'h7C	7.75	17.79
8'h31	3.06	9.72	8'h57	5.44	14.71	8'h7D	7.81	17.86
8'h32	3.13	9.90	8'h58	5.50	14.81	8'h7E	7.88	17.93
8'h33	3.19	10.07	8'h59	5.56	14.91	8'h7F	7.94	17.99
8'h34	3.25	10.24	8'h5A	5.63	15.00			
8'h35	3.31	10.40	8'h5B	5.69	15.10			

1.15.2. 自动曝光设置

当 16'h0070[1:0]置 2'b11 时, 进入自动曝光模式。SC031IoT 根据当前的图像的亮度特征设定相应的积分时间, 全局增益和数字增益。SC031IoT 把图像分为 16 个窗口评估亮度特征。另外, 可以设置顺光和逆光模式, 或者顺光和逆光自动转换模式。窗口设置见下图。

Win1	Win2	Win3	Win4
Win5	Win6	Win7	Win8
Win9	Win10	Win11	Win12
Win13	Win14	Win15	Win16

图 1-17 AE 窗口设置

自动曝光的寄存器控制见下表。

表 1-19 自动曝光控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
AEC 控制开关	16'h0070[0]	1'b1	AEC control 1~auto; 0~manual
AGC 控制开关	16'h0070[1]	1'b1	AGC control 1~auto; 0~manual
自动曝光目标值	16'h0072[6:0]	7'h40	*2, AE target
顺光模式开关	16'h0070[6]	1'b1	Front light control enable 1~enable; 0~disable
逆光模式开关	16'h0086[7]	1'b0	Back light control enable 1~enable; 0~disable
窗口权重设置 1	16'h0068	8'h60	[7:6]: Weight1 of window4 [5:4]: Weight1 of window3 [3:2]: Weight1 of window2 [1:0]: Weight 1 of window1
窗口权重设置 2	16'h0069	8'hff	[7:6]: Weight1 of window8 [5:4]: Weight1 of window7 [3:2]: Weight1 of window6 [1:0]: Weight1 of window5
窗口权重设置 3	16'h006a	8'hff	[7:6]: Weight1 of window12 [5:4]: Weight1 of window11 [3:2]: Weight1 of window10 [1:0]: Weight1 of window9
窗口权重设置 4	16'h006b	8'hff	[7:6]: Weight1 of window16 [5:4]: Weight1 of window15 [3:2]: Weight1 of window14 [1:0]: Weight1 of window13

1.16. AWB

由于不同的色温下，白色物体呈现出不同的颜色，比如低色温下（A 光），白色物体偏红色，高色温下（D65）白色物体偏蓝色，为了确保视觉的真实性，需要把不同色温下的白色物体最后呈现为白色，这就需要对蓝色增益和红色增益做相应调整，这就是白平衡。SC031IoT 支持自动白平衡和手动白平衡。自动时，sensor 根据图像特征自动计算蓝色和红色增益；手动时，可以直接设置蓝色和红色增益。具体的控制寄存器见下表。

表 1-20 AWB 控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
自动白平衡开关	16'h00b0[0]	1'b1	AWB enable 1~enable; 0~disable
蓝色增益	16'h00c8	8'h35	Blue gain
红色增益	16'h00c9	8'h1c	Red gain

1.17. 色彩校正

由于像素之间存在光学串扰的问题，所以经过图像传感器产生的色彩和自然界的色彩存在差异，为了弥补这种差异，在信号处理中需要进行色彩校正。SC031IoT 采用 3*3 的颜色校正矩阵对输入图像的色彩进行校正。

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} CMatrix11 & CMatrix12 & CMatrix13 \\ CMatrix21 & CMatrix22 & CMatrix23 \\ CMatrix31 & CMatrix32 & CMatrix33 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

这里， $\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$ 为未经校正的像素的色彩值， $\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix}$ 为经过校正的像素色彩值。

具体寄存器配置如下表。

表 1-21 色彩校正控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
色彩校正开关	16'h00f5[2]	1'b0	Color correction control enable 0~enable; 1~disable
CMatrix11	16'h0120	8'h10	color matrix coefficient 1
CMatrix12	16'h0121	8'h88	color matrix coefficient 2
CMatrix13	16'h0122	8'h88	color matrix coefficient 3
CMatrix21	16'h0123	8'h8a	color matrix coefficient 4

功能	寄存器地址	默认值	描述
CMatrix22	16'h0124	8'h15	color matrix coefficient 5
CMatrix23	16'h0125	8'h8b	color matrix coefficient 6
CMatrix31	16'h0126	8'h08	color matrix coefficient 7
CMatrix32	16'h0127	8'hb0	color matrix coefficient 8
CMatrix33	16'h0128	8'h28	color matrix coefficient 9

1.18. 饱和度

SC031IoT 可以对蓝色和红色分别做饱和度控制。具体寄存器配置如下表。

表 1-22 饱和度控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
饱和度开关	16'h00f5[5]	1'b0	Saturation control enable 0~enable; 1~disable
蓝色饱和度	16'h0149	8'he0	Cb saturation gain (/128)
红色饱和度	16'h014a	8'he0	Cr saturation gain (/128)

1.19. 对比度

通过对亮度的线性操作，可实现图像对比度的变化，具体寄存器配置如下表。

表 1-23 对比度控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
对比度开关	16'h00f5[6]	1'b0	Contrast control enable 0~enable; 1~disable
对比度	16'h014b	8'h48	Contrast coefficient (/64)

2. 电气特性

表 2-1 绝对最大额定值

项目	符号	绝对最大额定值范围	单位
模拟电源电压	V_{AVDD}	-0.3~3.4	V
I/O 电源电压	V_{DOVDD}	-0.3~3.4	V
I/O 输入电压	V_I	-0.3~ $V_{DOVDD}+0.3$	V
I/O 输出电压	V_O	-0.3~ $V_{DOVDD}+0.3$	V
工作温度	T_{OPR}	-30~+85	°C
最佳工作温度	T_{SPEC}	-20~+60	°C
贮存温度	T_{STG}	-40~+85	°C

表 2-2 直流电气特性

项目	符号	最小值	典型值	最大值	单位
电源					
模拟电源电压	V_{AVDD}	2.7	2.8	2.9	V
I/O 供电电压	V_{DOVDD}	2.7	2.8	2.9	V
电流（工作电流）					
模拟电源电流	I_{AVDD}	-	9.8	-	mA
I/O 电源电流	I_{DOVDD}	-	16.1	-	mA
总功耗	Power (*)	-	72.52	-	mW
数字输入					
输入低电平	V_{IL}	-	-	0.3 x DOVDD	V
输入高电平	V_{IH}	0.7 x DOVDD	-	-	V
输入电容	C_{IN}	-	-	10	pF
数字输出（25pF 标准负载）					
输出高电平	V_{OH}	0.9 x DOVDD	-	-	V
输出低电平	V_{OL}	-	-	0.1 x DOVDD	V
串行接口输入（SCL 和 SDA）					
输入低电平	V_{IL}	- 0.5	0	0.3 x DOVDD	V
输入高电平	V_{IH}	0.7 x DOVDD	DOVDD	DOVDD+0.5	V

注：

- 1) 工作电流：（典型值）工作电压 2.8V/2.8V， $T_J=25^{\circ}\text{C}$ ；亮度条件：芯片亮度达到最大亮度 1/3 时。
- 2) DVDD 默认内部供电；外部供电方案，请联系 FAE。

表 2-3 交流特性 (TA=25℃, AVDD=2.8V, DOVDD=2.8V)

项目	符号	最小值	典型值	最大值	单位
交流参数					
直流微分线性误差	DLE	-	<1	-	LSB
直流积分线性误差	ILE	-	<2	-	LSB
晶振和时钟输入					
EXTCLK 频率	f_{EXTCLK}	6	-	40	MHz
EXTCLK 高电平脉冲宽度	t_{WH}	5	-	-	ns
EXTCLK 低电平脉冲宽度	t_{WL}	5	-	-	ns
EXTCLK 占空比	-	45	50	55	%

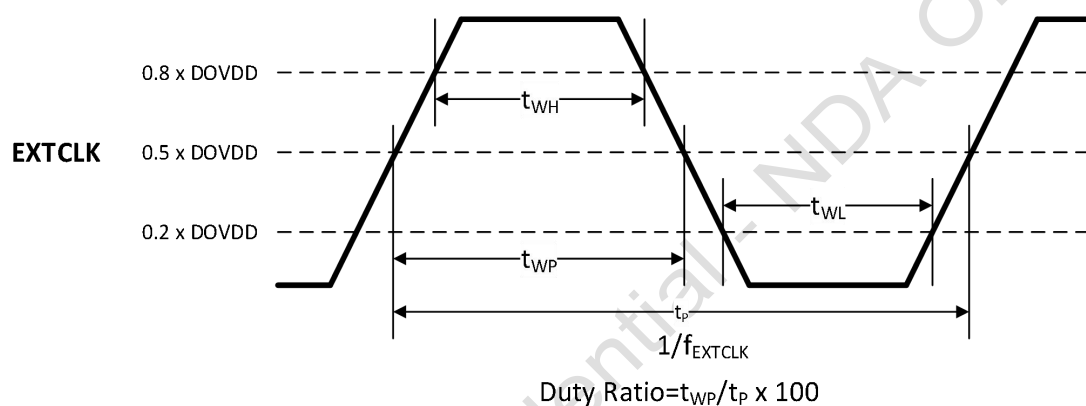


图 2-1 外部时钟 (EXTCLK) 波形图

3. 光学特性

3.1. QE 曲线

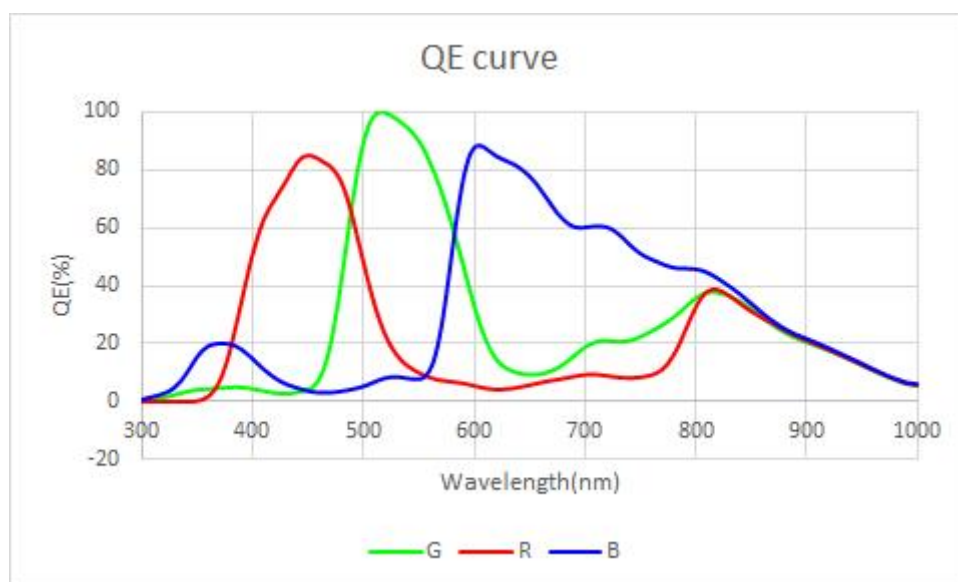


图 3-1 QE Curve

3.2. 主光线入射角（CRA）

SC031IoT CRA 曲线如下图所示。

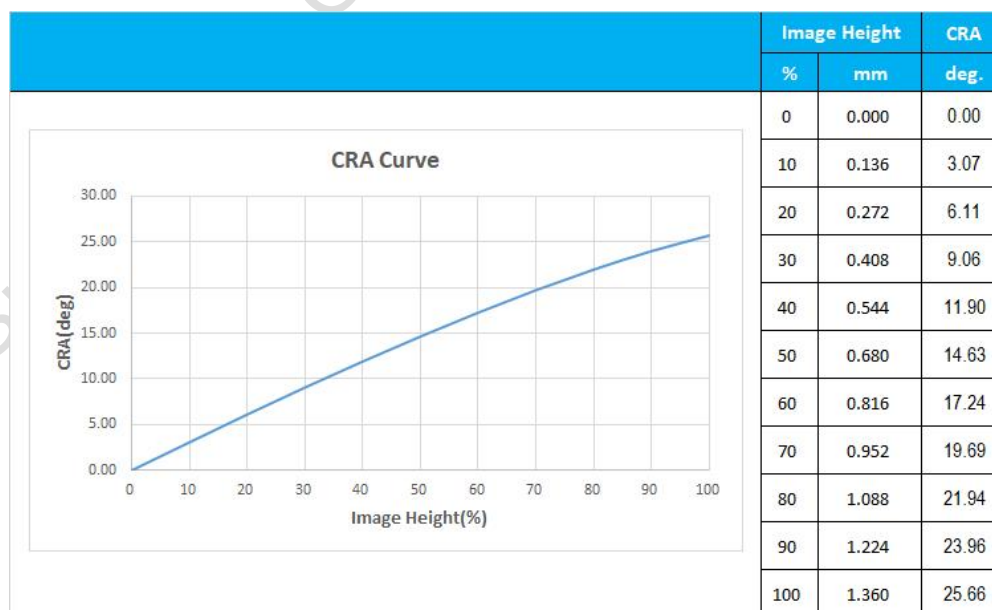


图 3-2 CRA Curve

4. 封装信息

SC031IoT 提供 20-pin CSP 的封装，封装尺寸图如下图所示。

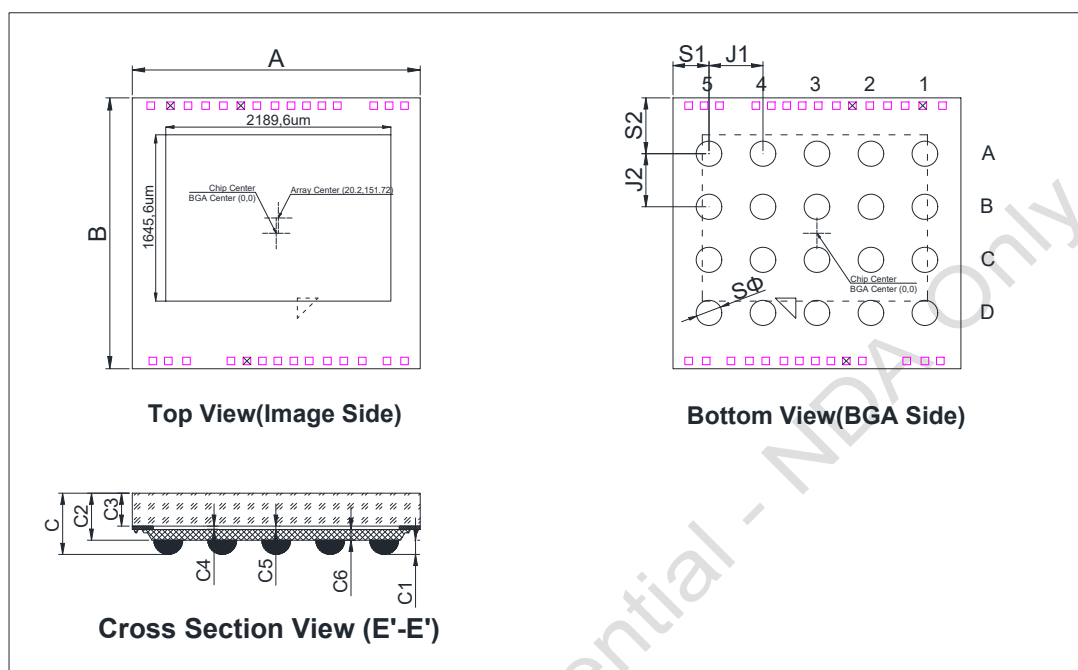


图 4-1 封装示意图

注:

- 1) 芯片的 Chip Center 与 Array Center (Optical Center)不重合，BGA Center 与 Chip Center 重合。以 Chip Center 为原点，Array Center 为 (20.2, 151.72)，单位为μm。
- 2) Bottom View 中，三角形直角指向 A1 所在位置，如图上所示，Bottom View 右上角锡球为 A1 所在位置，三角形实际位置以实物为准。

表 4-1 封装尺寸表

Parameter	Symbol	Nominal	Min	Max	Nominal	Min	Max
		Millimeters			Inches		
Package Body Dimension X	A	2.8000	2.7750	2.8250	0.11024	0.10925	0.11122
Package Body Dimension Y	B	2.6800	2.6550	2.7050	0.10551	0.10453	0.10650
Package Height	C	0.6650	0.6100	0.7200	0.02618	0.02402	0.02835
Cavity wall height	C4	0.0410	0.0370	0.0450	0.00161	0.00146	0.00177
Cavity wall + epoxy thickness (glass to the wafer bonding top point)	C5	0.0435	0.0385	0.0485	0.00171	0.00152	0.00191
Si Thickness	C6	0.1500	0.1400	0.1600	0.00591	0.00551	0.00630
Glass Thickness	C3	0.3000	0.2900	0.3100	0.01181	0.01142	0.01220
Package Body Thickness	C2	0.5350	0.5000	0.5700	0.02106	0.01969	0.02244
Ball Height	C1	0.1300	0.1000	0.1600	0.00512	0.00394	0.00630

Parameter	Symbol	Nominal	Min	Max	Nominal	Min	Max
		Millimeters			Inches		
Ball Diameter	SΦ	0.2500	0.2200	0.2800	0.00984	0.00866	0.01102
Total Ball Count	N	20	-	-	-	-	-
Ball Count X axis	N1	5	-	-	-	-	-
Ball Count Y axis	N2	4	-	-	-	-	-
Pins Pitch X axis1	J1	0.5250	0.5150	0.5350	0.02067	0.02028	0.02106
Pins Pitch X axis2	J2	0.5250	0.5150	0.5350	0.02067	0.02028	0.02106
BGA ball center to package center offset in X-direction	X	0.00000	-0.0250	0.0250	0.00000	-0.00098	0.00098
BGA ball center to package center offset in Y-direction	Y	0.00000	-0.0250	0.0250	0.00000	-0.00098	0.00098
Edge to Ball Center Distance along X1	S1	0.35000	0.32000	0.38000	0.01378	0.01260	0.01496
Edge to Ball Center Distance along Y1	S2	0.55250	0.52250	0.58250	0.02175	0.02057	0.02293

5. 订购信息

表 5-1 订购信息表

产品编号	封装形式	描述
SC031IoT-CSBNN00	20-pin CSP	0.3 Megapixel, RAW / YUV, DVP / MIPI output
SC031IoT-CSBNF00	20-pin CSP	0.3 Megapixel, RAW / YUV, DVP / MIPI output

6. 版本变更记录

版本	修改内容以及说明	Owner and date
0.1	初始版本	Vicky Song/2021.9.6
0.2	更新 sensor ID 值	Vicky Song/2021.9.23
0.3	8-bit DVP (30fps)更新为 8-bit DVP (60fps) - 增加灵敏度、动态范围、信噪比和 QE 曲线	Vicky Song/2021.10.21
0.4	I2C 分页模式章节：更新实际的 I2C 写入顺序 手动曝光设置章节： - 增加曝光时间功能 - 增加手动模式曝光，增益说明等 - 增加贴膜料号	Vicky Song/2021.11.10
0.5	增加 ESD 等级	Rina Yang/2022.04.02

联系我们

总部

地址：上海市闵行区田林路 889 号绿洲四期 8 号楼

电话：021-64853570

邮箱：sales@smartsensotech.com

网址：<http://www.smartsensotech.com>

美国分公司

地址：4340 Stevens Creek Blvd. Suite 280, San Jose, CA 95129

电话：+1 (408) 981-6626

深圳分公司

地址：深圳市龙岗区坂田街道五和大道南星河 WORLD B 座 2908

电话：0755-23739713

思特威技术支持邮箱

support@smartsensotech.com