



SMARTSENS

SmartSens™ SC438HAI 数据手册

V1.0

2024-10-16

■ 应用领域

- ◆ 安防监控系统
- ◆ 网络摄像机
- ◆ 行车记录仪
- ◆ 可移动设备相机
- ◆ PDA
- ◆ 视频电话会议设备
- ◆ 工业和环境系统

■ 产品特性

- ◆ 高光敏度
- ◆ 外部控制帧率及多传感器同步
- ◆ 水平/垂直窗口调整
- ◆ 水平/垂直窗口翻转
- ◆ 高动态范围
 - 行交叠宽动态
- ◆ 高信噪比
- ◆ 79.7x 模拟增益, 16x 数字增益
- ◆ 2 x 2 binning 模式
- ◆ I²C 接口寄存器编程
- ◆ 低功耗
- ◆ 动态 DPC

■ 关键参数（典型值）

参数	描述
分辨率	4 MP
像素阵列	2696 (H) x 1528 (V)
像素尺寸	2.0 μm x 2.0 μm
镜头光学尺寸	1/2.9"
最大图像传输速率	2688 (H) x 1520 (V) @ 60 fps
输出接口	10/8-bit 1/2/4Lane MIPI
输出格式	RAW RGB
CRA	13.96°
灵敏度	4150 mV/lux•s
动态范围	● 线性模式: 82 dB ● 宽动态模式: >100 dB
信噪比	39.03 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 = 2.8 $\pm$ 0.1 V, DVDD = 1.5 $\pm$ 0.06 V, DOVDD = 1.8 $\pm$ 0.1 V
封装尺寸	CSP: 6.086 mm x 4.760 mm, 41-pin
ESD 等级	HBM: 等级 2

目录

目录.....	3
图片索引	4
表格索引	5
1. 系统描述	6
1.1. 芯片概述	6
1.2. 系统框架	6
1.3. 芯片初始化.....	8
1.3.1. 上电时序.....	8
1.3.2. 下电时序.....	9
1.3.3. 睡眠模式	9
1.3.4. 复位模式	9
1.4. 配置接口	10
1.5. SENSOR ID	11
1.6. 数据接口	11
1.7. 锁相环	14
2. 功能介绍	15
2.1. LED STROBE	15
2.2. SLAVE MODE.....	15
2.3. 宽动态	18
2.4. AEC/AGC.....	20
2.4.1. AEC/AGC 的控制策略.....	20
2.4.2. AEC/AGC 控制寄存器说明.....	20
2.5. GROUP HOLD	27
2.6. DPC	27
2.7. 视频输出模式.....	27
2.7.1. 读取顺序.....	27
2.7.2. 输出窗口.....	29
2.8. 帧率计算	29
2.9. 测试模式	29
3. 电气特性	31
4. 光学特性	33
4.1. QE 曲线.....	33
4.2. 主光线入射角	33
5. 封装信息	34
5.1. 引脚描述	34
5.2. 封装尺寸图.....	36
6. 订购信息	37
7. 版本变更记录.....	38

图片索引

图 1-1 结构图.....	6
图 1-2 典型应用示意图.....	7
图 1-3 上电时序图.....	8
图 1-4 下电时序图.....	9
图 1-5 I ² C 接口时序	10
图 1-6 MIPI 接口示意图	12
图 1-7 MIPI 底层数据包示意图	12
图 1-8 MIPI 长/短数据包结构示意图.....	13
图 1-9 MIPI 数据包 DI 结构.....	13
图 1-10 PLL 控制示意图	14
图 2-1 Slave Mode 时序图.....	16
图 2-2 Slave Mode 曝光实现图.....	17
图 2-3 行交叠 HDR 使用 virtual channel 数据读出时序.....	18
图 2-4 行交叠 HDR 不使用 virtual channel 数据模式 a 读出时序.....	18
图 2-5 行交叠 HDR 不使用 virtual channel 数据模式 b 读出时序	19
图 2-6 像素阵列图一.....	28
图 2-7 像素阵列图二.....	28
图 2-8 镜像和倒置实例.....	28
图 2-9 测试模式	29
图 3-1 外部时钟（EXTCLK）波形图.....	32
图 4-1 QE 曲线.....	33
图 4-2 CRA 曲线.....	33
图 5-1 封装引脚图（Top View）	35
图 5-2 封装示意图.....	36

表格索引

表 1-1 睡眠模式控制寄存器.....	9
表 1-2 软复位控制寄存器.....	10
表 1-3 I ² C 接口时序详细参数	11
表 1-4 SENSOR ID 寄存器	11
表 1-5 MIPI 数据类型	13
表 1-6 MIPI 调整寄存器	14
表 2-1 LED Strobe 控制寄存器（模式 1）	15
表 2-2 LED Strobe 控制寄存器（模式 2）	15
表 2-3 Slave mode 控制寄存器	17
表 2-4 HDR 控制寄存器.....	19
表 2-5 曝光的手动控制寄存器.....	20
表 2-6 Normal/HDR 模式下增益寄存器控制	21
表 2-7 模拟增益值控制寄存器.....	22
表 2-8 数字增益值控制寄存器.....	25
表 2-9 Group hold 控制寄存器	27
表 2-10 DPC 控制寄存器	27
表 2-11 镜像和倒置模式控制寄存器.....	29
表 2-12 输出窗口寄存器.....	29
表 2-13 帧率相关寄存器.....	29
表 2-14 测试模式控制寄存器.....	30
表 3-1 绝对最大额定值（所有电压都是 to pad 电压）	31
表 3-2 直流电气特性（所有电压都是 to pad 电压）	31
表 3-3 外部时钟特性.....	32
表 5-1 引脚描述.....	34
表 5-2 封装尺寸表.....	36
表 6-1 订购信息表.....	37

1. 系统描述

1.1. 芯片概述

SC438HAI 是监控相机领域先进的数字 CMOS 图像传感器，最高支持 2688 (H) x 1520 (V) @ 60 fps 的传输速率。SC438HAI 输出 raw 格式图像，有效像素窗口为 2696 (H) x 1528 (V)，支持复杂的片上操作，例如窗口化、水平镜像、垂直倒置等。

SC438HAI 可以通过标准的 I²C 接口进行配置。

SC438HAI 可以通过 EFSYNC/FSYNC 引脚实现外部控制曝光。

1.2. 系统框架

图 1-1 展示了 SC438HAI 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。

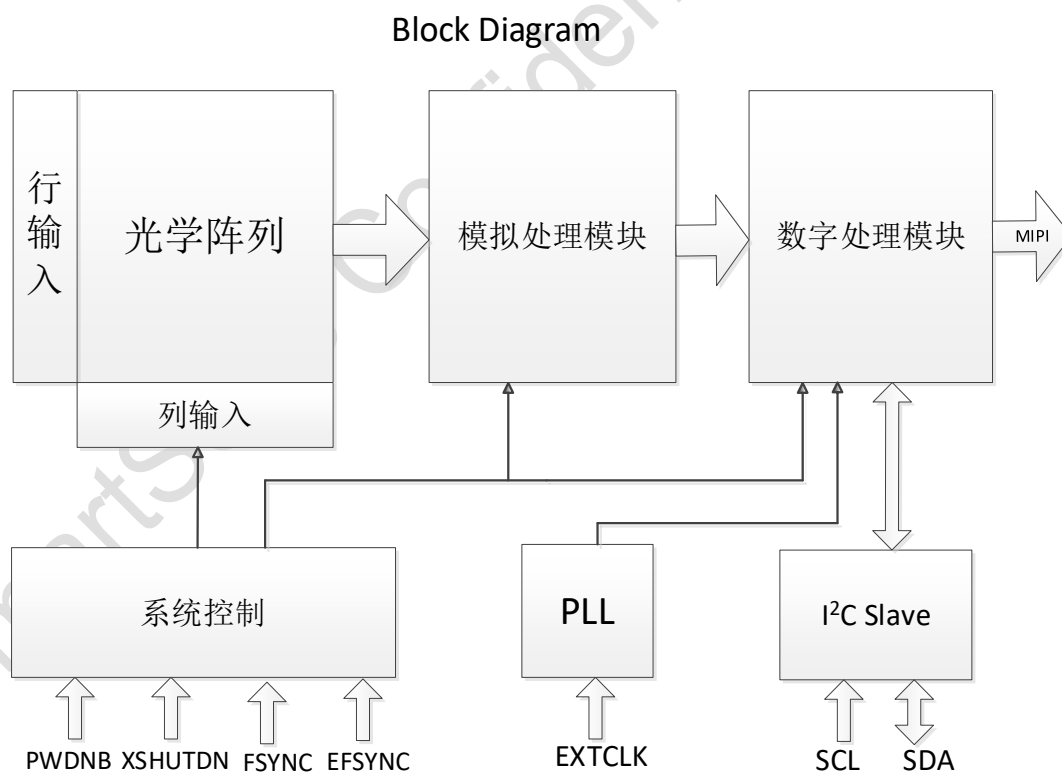


图 1-1 结构图

SC438HAI 支持 MIPI 接口，下图是其典型应用示意图。

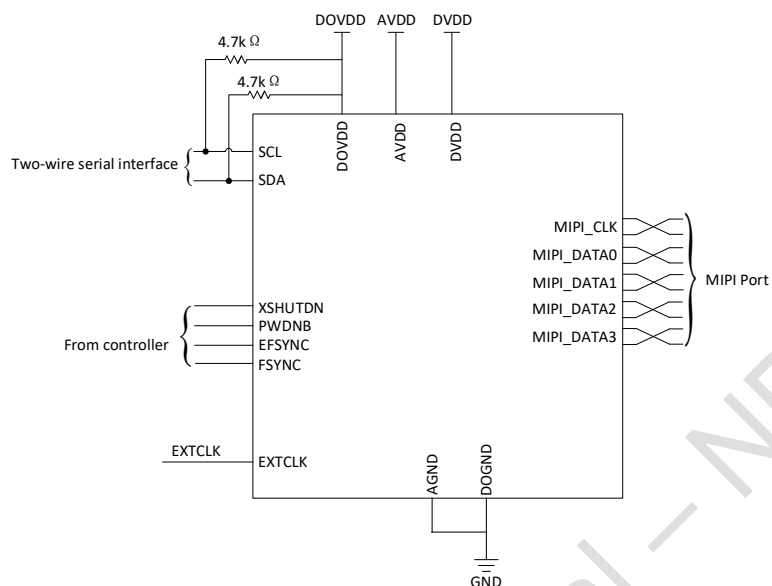


图 1-2 典型应用示意图

1.3. 芯片初始化

1.3.1. 上电时序

在上电过程中，具体上电时序要求如下：

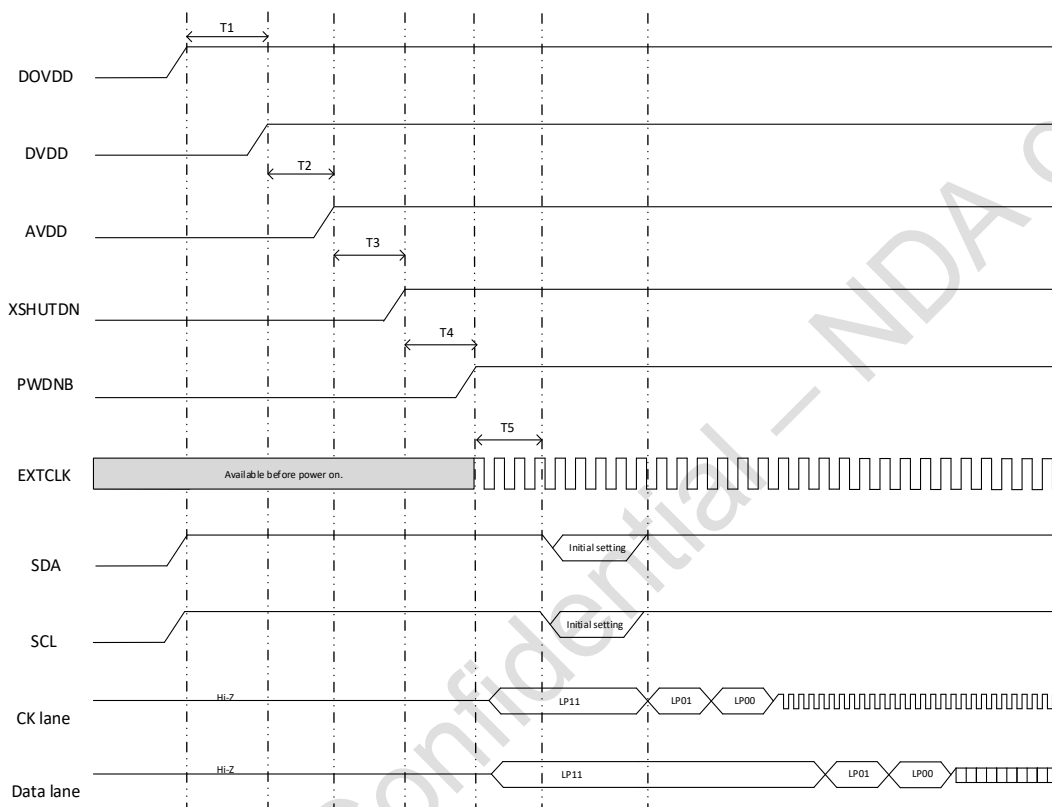


图 1-3 上电时序图

注： $T_1 \geq 0\text{ms}$, $T_2 \geq 0\text{ms}$, $T_3 \geq 0\text{ms}$, $T_4 \geq 0\text{ms}$, $T_5 \geq 4\text{ms}$ 。

1.3.2. 下电时序

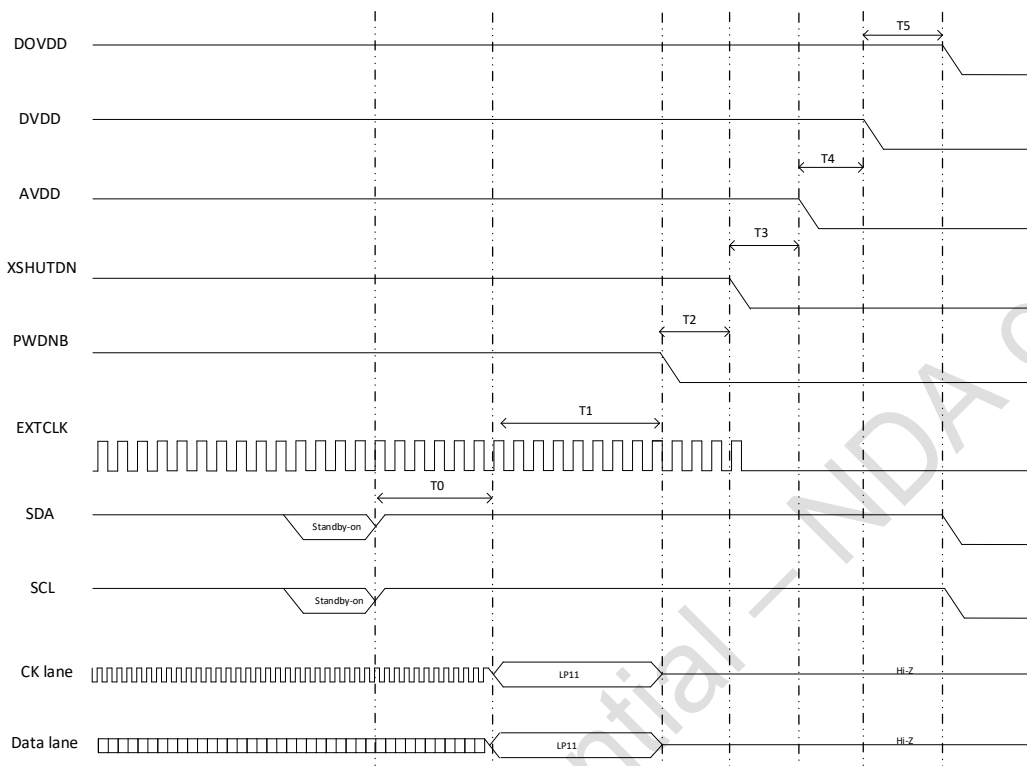


图 1-4 下电时序图

注：T0≥6EXTCLKs，T1≥0ms，T2≥0ms，T3≥0ms，T4≥0ms，T5≥0ms。

1.3.3. 睡眠模式

SC438HAI 提供两种方式进入睡眠模式：

- 1) 将 PWDNB 拉低，此时不支持 I²C 读写。
- 2) 将寄存器 16'h0100[0]写入 0，此时支持 I²C 读写。

表 1-1 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	16'h0100	8'h0	Bit[0]: manual sleep mode ctrl 1 ~ sleep mode disable 0 ~ sleep mode enable

1.3.4. 复位模式

SC438HAI 含一个 XSHUTDN 引脚，低电平有效。硬复位时，XSHUTDN 拉低，SC438HAI 设置并将其重置为默认值。同时也可通过 I²C 接口将寄存器 16'h0103 的 Bit[0]设置为高位来实现软复位功能。

表 1-2 软复位控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
软复位使能	16'h0103	8'h0	Bit[0]: soft reset

1.4. 配置接口

SC438HAI 控制寄存器通过标准的 I²C 总线进行读写，PAD SID 拉低时，I²C 总线设备地址为 7'h30，PAD SID 拉高时，I²C 总线设备地址为 7'h32。PAD SID 内部有下拉电阻。

消息类型：16-bit 地址、8-bit 数据和 7-bit 设备地址

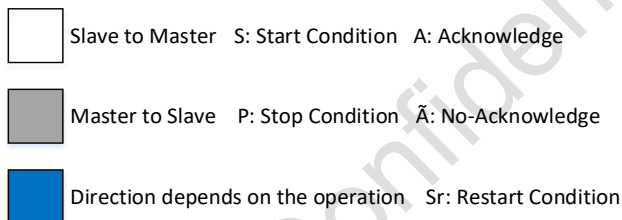
S	Slave Address	R/W	A	Sub Address [15:8]	A	Sub Address [7:0]	A	data	A/ $\bar{A}$	P
---	---------------	-----	---	--------------------	---	-------------------	---	------	--------------	---

I²C Write

S	Slave Address	0	A	Sub Address [15:8]	A	Sub Address [7:0]	A	data	A/ $\bar{A}$	P
---	---------------	---	---	--------------------	---	-------------------	---	------	--------------	---

I²C Read

S	Slave Address	0	A	Sub Address [15:8]	A	Sub Address [7:0]	A	Sr	Slave Address	1	A	data	$\bar{A}$	P
---	---------------	---	---	--------------------	---	-------------------	---	----	---------------	---	---	------	-----------	---



I²C 时序

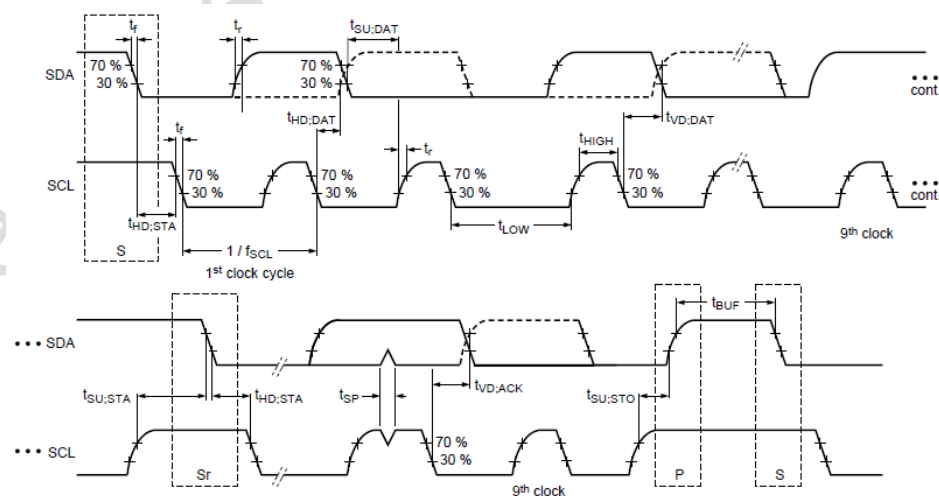


图 1-5 I²C 接口时序

表 1-3 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	-	300	ns
t _f	fall time of both SDA and SCL signals	-	300	-	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 1-4 SENSOR ID 寄存器

功能	寄存器地址	寄存器值	描述
SENSOR ID 高位	16'h3107	8'hce	SENSOR ID[15:8]
SENSOR ID 低位	16'h3108	8'h78	SENSOR ID[7:0]
标识位	16'h8037	8'h0f	Bit [3:0]非空

1.6. 数据接口

SC438HAI 提供串行视频端口（MIPI）。SC438HAI MIPI 接口支持 8/10-bit, 1/2/4lane 串行输出，每个 lane 传输速率推荐不大于 1.1Gbps。图 1-6 是 MIPI 数据接口示意图。

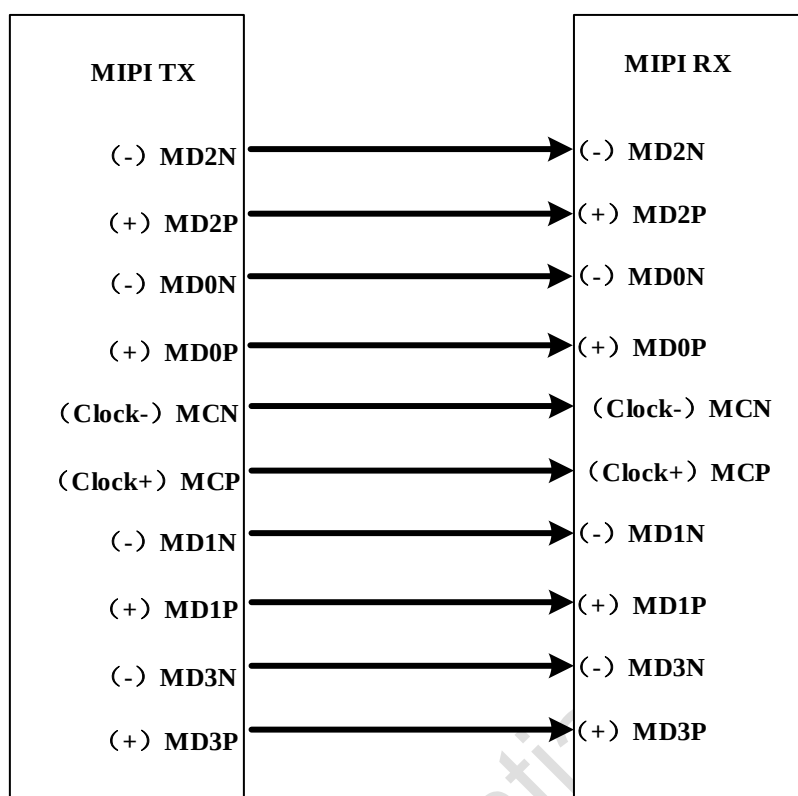


图 1-6 MIPI 接口示意图

图 1-7 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。

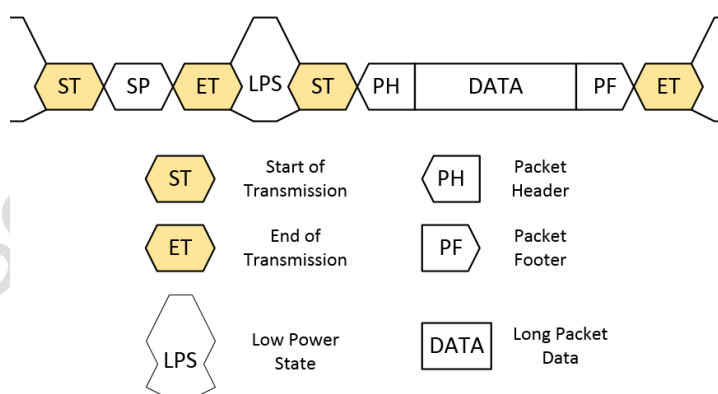


图 1-7 MIPI 底层数据包示意图

图 1-8 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 1-9 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 1-5 所示。

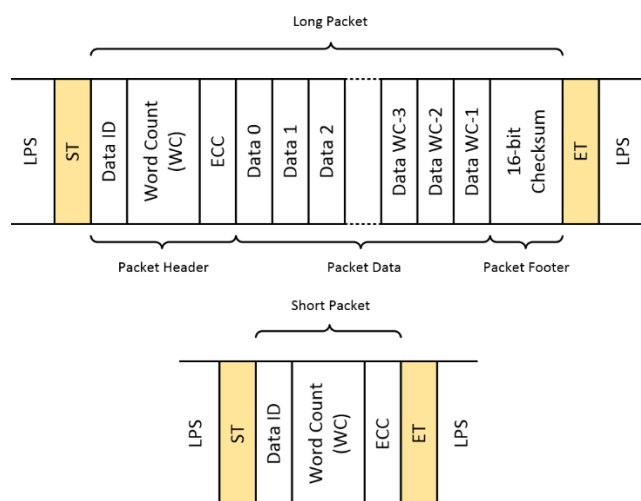


图 1-8 MIPI 长/短数据包结构示意图

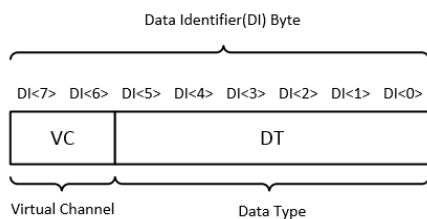


图 1-9 MIPI 数据包 DI 结构

表 1-5 MIPI 数据类型

DT	描述
0x00	帧起始短包
0x01	帧结束短包
0x02	行起始短包
0x03	行结束短包
0x2a	8-bit 模式下数据长包
0x2b	10-bit 模式下数据长包

表 1-6 MIPI 调整寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
MIPI lane 数量	16'h3018	8'h7f	Bit[7:5]: MIPI lane num 3'h0 ~ 1 lane mode 3'h1 ~ 2 lane mode 3'h3 ~ 4 lane mode
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
MIPI LP 驱动	16'h3650	8'h31	Bit[1:0]: MIPI LP 驱动能力调整, 默认 2'h1
MIPI HS 驱动	16'h3651	8'h8d	Bit[3:0]: MIPI HS 驱动能力调整, 默认 4'hd
MIPI clock 设置	16'h303f	8'h01	Bit[7]: pclk sel 1'b0 ~ sel pll pclk
MIPI Lane 0 延时	16'h3652	8'h00	Bit[3]: lane0 相位反向, 默认 1'b0 Bit[1:0]: lane0 延时, 40ps/step, 默认 2'b0
MIPI Lane 1 延时	16'h3652	8'h00	Bit[7]: lane1 相位反向, 默认 1'b0 Bit[5:4]: lane1 延时, 40ps/step, 默认 2'b0
MIPI Lane 2 延时	16'h3653	8'h00	Bit[3]: lane2 相位反向, 默认 1'b0 Bit[1:0]: lane2 延时, 40ps/step, 默认 2'b0
MIPI Lane 3 延时	16'h3653	8'h00	Bit[7]: lane3 相位反向, 默认 1'b0 Bit[5:4]: lane3 延时, 40ps/step, 默认 2'b0
MIPI Clock 延时	16'h3654	8'h00	Bit[7:4]: Reserved Bit[3]: 时钟反向, 默认 1'b0 Bit[1:0]: 时钟延时, 40ps/step, 默认 2'b0

1.7. 锁相环

SC438HAI 的 PLL 模块允许的输入时钟频率范围为 12~48 MHz，其中 VCO 输出频率 (F_{VCO}) 的范围为 400 MHz-1200 MHz。PLL 结构示意图如下图所示。

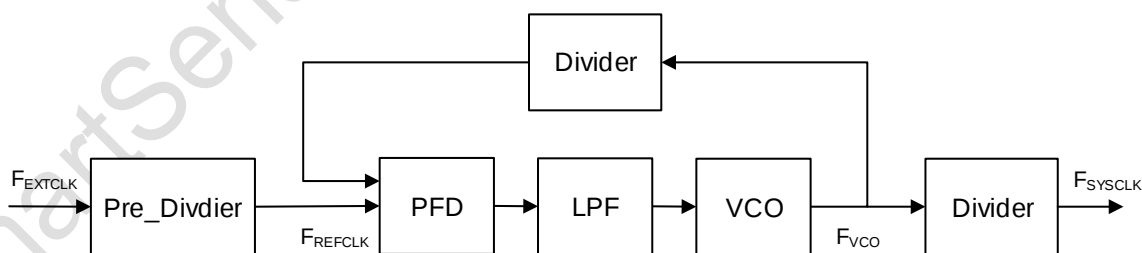


图 1-10 PLL 控制示意图

2. 功能介绍

2.1. LED Strobe

SC438HAI 支持 LED Strobe 功能，可通过 FSYNC 引脚输出。

表 2-1 LED Strobe 控制寄存器（模式 1）

功能	寄存器地址	默认值	说明
LED Strobe 使能	16'h3362[0]	8'h72	Bit[0] LED Strobe 使能控制 1'b0 ~ LED Strobe 功能关闭 1'b1 ~ LED Strobe 功能打开
LED Strobe 输出引脚	16'h300a[1] 16'h300a[2] 16'h3033[4]	-	通过 FSYNC 引脚输出 LED Strobe 信号： 16'h300a[1] = 0 16'h300a[2] = 1 16'h3033[4] = 1
LED Strobe 脉冲输出 信号开始位置时间控 制	{16'h3392, 16'h3382, 16'h3383}	17'h00000	配合 LED Strobe 使能，值越大，输出信号 变化越早于帧开始位置，开始位置为 {16'h320e, 16'h320f} - 1 - {16'h3392, 16'h3382, 16'h3383}
LED Strobe 脉冲输出 信号结束位置时间控 制	{16'h339d, 16'h3386, 16'h3387}	17'h00000	配合 LED Strobe 使能，值越大，输出信号 变化越早于帧开始位置，结束位置为 {16'h320e, 16'h320f} - 1 - {16'h339d, 16'h3386, 16'h3387}，结束位置 寄存器需小于开始位置寄存器

表 2-2 LED Strobe 控制寄存器（模式 2）

功能	寄存器地址	默认值	说明
LED Strobe 使能	16'h4d0b[0]	8'h00	Bit[0] LED Strobe 使能控制 1'b0 ~ LED Strobe 功能关闭 1'b1 ~ LED Strobe 功能打开
LED Strobe 输出引脚	16'h300a[1] 16'h300a[2] 16'h3033[1]	-	通过 FSYNC 引脚输出 LED Strobe 信号： 16'h300a[1] = 0 16'h300a[2] = 1 16'h3033[1] = 1
Led Strobe 脉冲宽度	{16'h4d0c, 16'h4d0d}	16'h0000	LED Strobe 脉冲输出信号开始位置为第一个 量化行开始曝光的位置，脉冲输出信号宽度由 {16'h4d0c, 16'h4d0d}控制，该寄存器值以 {16'h320c, 16'h320d}为单位。

2.2. Slave Mode

Slave Mode 是主控芯片通过 EFSYNC/FSYNC 信号触发帧读出，以达到多个 sensor 同步成像。当 EFSYNC/FSYNC 信号发生时，SC438HAI 开始输出图像数据，帧率受外部控制。

当 SC438HAI 工作在 Slave Mode 时，主控芯片通过 EFSYNC/FSYNC 引脚控制视频数据输出，具体时序如图 2-1

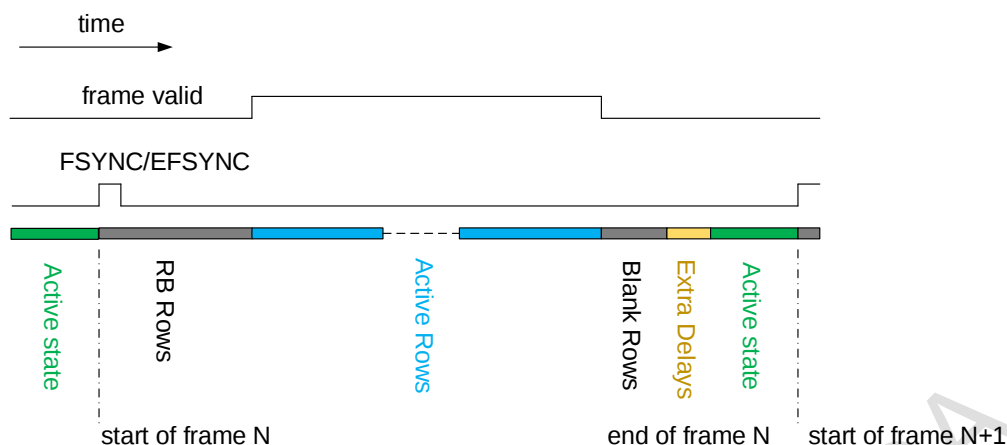


图 2-1 Slave Mode 时序图

Slave Mode 工作流程:

- 1) 当 SC438HAI 工作在 Slave Mode 时, 芯片自动进入 Active state 状态, 等待 EFSYNC/FSYNC 触发。
- 2) 当 EFSYNC 触发后, 芯片进入 RB Rows, RB Rows 是有效数据读出之前的等待时间, 由寄存器控制, 以行为单位
- 3) Active Rows 时读出芯片图像数据, 由寄存器控制, 以行为单位
- 4) Blank Rows 时读出芯片图像数据之后的消隐时间, 由寄存器控制, 以行为单位
- 5) Extra Delays = $4 T_{PCLK}$ (PCLK 周期)
- 6) Active state 时芯片等待下一次 EFSYNC/FSYNC 触发

Slave Mode 注意事项:

只有当 SC438HAI 处于 Active state 时, EFSYNC/FSYNC 触发才有效

SC438HAI Slave mode 下的曝光实现如图 2-2 所示:

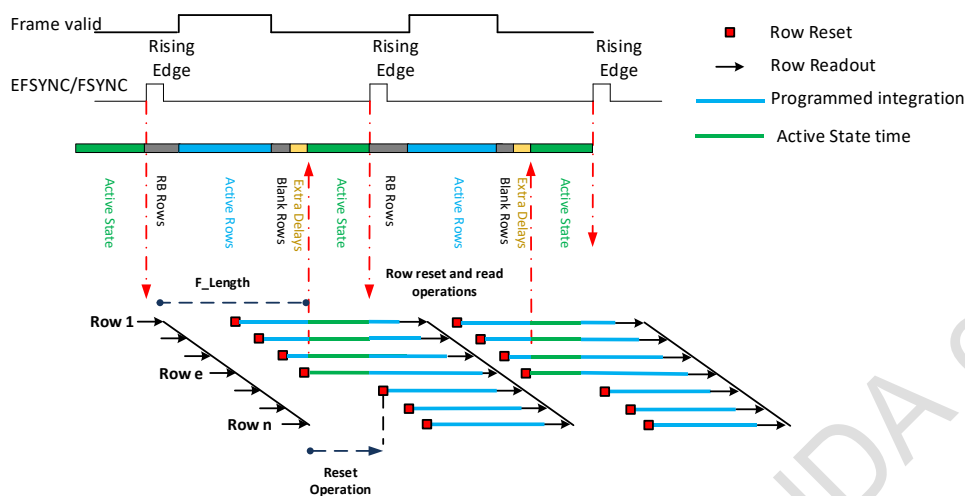


图 2-2 Slave Mode 曝光实现图

注:

- 1) Row Reset 开始曝光操作, Row Readout 开始前结束曝光操作, 曝光包括 Active State 时间;
- 2) VTS 表示帧长, $VTS = RB\ Rows + Active\ Rows + Blank\ Rows$;
- 3) Active State 时, 芯片停止输出及停止 Row reset 操作, 会导致一帧图像 Row 1~Row e 行与 Row (e+1)~Row n 行的曝光时间不同, Row 1~Row e 行的曝光时间比 Row (e+1)~Row n 行的曝光时间大, 多出的时间为 Active State time。为避免这种曝光差异, 要求外部精确控制 EFSYNC/FSYNC, 使 Active State 控制在 40ns 以内, 保证一帧内的每行曝光时间基本一致;
- 4) 当 RB Rows 大于曝光时间时, 注释 3) 中帧内曝光时间不一致的情况便不会出现, 一帧内的每行曝光时间一致, 此时 EFSYNC/FSYNC 引脚可实现同步曝光。

表 2-3 Slave mode 控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
Slave mode enable	16'h3222	8'h00	Bit[0]: Slave mode 使能控制 1 ~ slave mode 0 ~ master mode
Trigger Pad sel	16'h3224	8'hc2	Bit[4]: trigger pad sel 1 ~ sel FSYNC 0 ~ sel EFSYNC
FSYNC OEN	16'h300a	8'h20	Bit[2]: FSYNC output en 1 ~ FSYNC as output PAD 0 ~ FSYNC as input PAD
EFSYNC OEN	16'h300a	8'h20	Bit[6]: EFSYNC output en 0 ~ EFSYNC as output PAD 1 ~ EFSYNC as input PAD
RB rows	{16'h3230,16'h3231}	16'h0000	Rows Before Read 控制寄存器
Active Rows, Blank Rows	-	-	Active Rows + Blank Rows= VTS – RB Rows
VTS	{16'h320e,16'h320f}	16'h0118	帧长, 最大值为 16'hfff0

2.3. 宽动态

SC438HAI 宽动态(HDR)是指通过把两帧相同场景、不同曝光时间的图片合成一帧，从而提高图像的动态范围。SC438HAI 支持行交叠 HDR。

SC438HAI 行交叠 HDR 是指两种不同长短曝光时间的图像在帧内行交替输出。SC438HAI 行交叠 HDR 的优势是同一像素的长短曝光时间间隔短，这样进行 HDR 合成时，可以一定程度上避免拖尾现象。

SC438HAI 可以通过 MIPI 接口的 virtual channel 来区分长短曝光数据，默认长曝光的 virtual channel 为 2'b00，默认短曝光的 virtual channel 为 2'b01。

SC438HAI 行交叠 HDR 使用 virtual channel 数据读出时序图如图 2-3 所示。

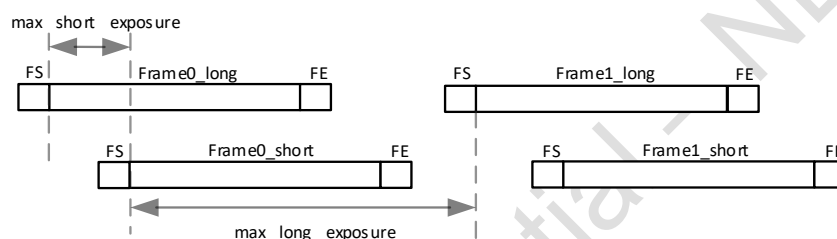


图 2-3 行交叠 HDR 使用 virtual channel 数据读出时序

SC438HAI 也可不通过 Virtual channel 区分长短曝光数据，通过长短曝光数据读出行偏差来区分。这其中，又分为两种模式，模式 a 与模式 b。模式 a 时，长短曝光数据只输出有效行。模式 b 时，长短曝光数据插入无效 dummy 行数据。

SC438HAI 行交叠 HDR 不使用 virtual channel 数据模式 a 时读出时序图如图 2-4 所示。

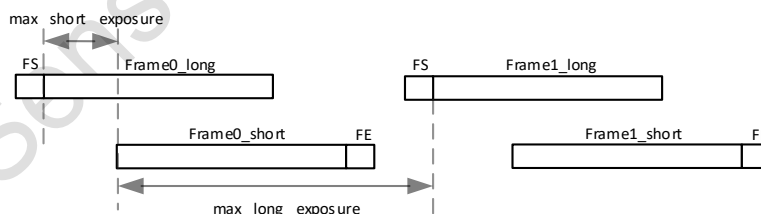


图 2-4 行交叠 HDR 不使用 virtual channel 数据模式 a 读出时序

注：

- 1) 长曝光数据和短曝光数据按行交替输出，先输出 $\text{max short exposure} / 2$ 行长曝光数据，然后长曝光数据、短曝光数据按行交替输出，最后输出 $\text{max short exposure} / 2$ 行短曝光数据。
- 2) $\text{max long exposure} = \text{帧长}(\{16'h320e, 16'h320f\}) - \text{max short exposure} - 4$ 。

SC438HAI 行交叠 HDR 不使用 virtual channel 数据模式 b 时读出时序图如图 2-5 所示。

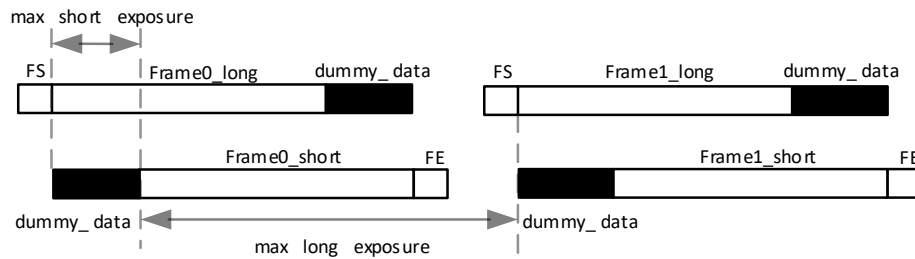


图 2-5 行交叠 HDR 不使用 virtual channel 数据模式 b 读出时序

表 2-4 HDR 控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	说明
HDR mode enable	16'h3281	8'h00	Bit[0]: HDR mode 使能控制 1 ~ HDR mode enable 0 ~ HDR mode disable
MAX short exposure	{16'h3e23,16'h3e24}	16'h0020	Max short exposure
VC (Virtual Channel)	16'h4853	8'hf8	Bit[3]: hdr_vc_en 1'b1 ~ hdr vc mode enable 1'b0 ~ hdr vc mode disable
VC_L (Virtual Channel)	16'h4814	8'h2a	Bit[7:6]: vc_l In HDR mode, vc_l is long frame vc In non-HDR mode, vc_l is normal vc
VC_S (Virtual Channel)	16'h4851	8'h6b	Bit[7:6]: vc_s In HDR mode, vc_s is short frame vc In non-HDR mode, vc_s is reserved

2.4. 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。

2.4.1. AEC/AGC 的控制策略

SC438HAI 本身没有 AEC/AGC 功能，需要通过后端平台实现 AEC/AGC。在整个 AEC/AGC 过程中，不是独立的调整 sensor 的曝光时间或者增益，调整策略为：曝光时间优先，曝光时间已经最长无法继续调整时，调整增益。

以图像过暗的情况为例，调控的先后顺序为：

- 1) 不开启任何增益，直到曝光时间达到上限；
- 2) 曝光时间达到上限后，再开始调用自动增益控制。需要明确指出的是，增益开启，将直接导致平均噪声呈倍数放大；而曝光时间加大，则有助于提升信噪比。

反之，当图像过亮时，则优先关闭增益，当所有增益关闭，图像仍旧过亮，才会降低曝光时间。

曝光时间与增益是一个交互的调节体系，在调试的时候，应该综合考虑。

2.4.2. AEC/AGC 控制寄存器说明

AEC 的控制寄存器如表 2-5 所示。

表 2-5 曝光的手动控制寄存器

功能	寄存器地址	说明	调节步长	最小值	最大值
长曝光时间	{16'h3e00[3:0], 16'h3e01[7:0], 16'h3e02[7:4]}	Normal 模式手动曝光时间	1	2	Normal 模式： {16'h320e, 16'h320f} - 8
		行交叠 HDR 模式下的手动长曝光时间，寄存器值以一行为单位	1	2	行交叠 HDR 模式： {16'h320e, 16'h320f} - {16'h3e23, 16'h3e24} - 11
短曝光时间	{16'h3e22[3:0], 16'h3e04[7:0], 16'h3e05[7:4]}	行交叠 HDR 模式下手短曝光时间，寄存器值以一行为单位	1	2	{16'h3e23, 16'h3e24} - 9

AEC 控制说明如下：

- 1) AEC 的调节步长为一行曝光时间，一行曝光时间等于行长乘以 T_{PCLK} （其中的 T_{PCLK} 为 PCLK 的一个周期），行长 = 寄存器{16'h320c, 16'h320d}的值。
- 2) 曝光时间及增益都是在第一帧（第 N 帧）写入，第三帧（第 N+2 帧）生效。
- 3) 曝光时间上限不能超过一倍当前帧长减去 8 行，帧长 = 寄存器 {16'h320e, 16'h320f} 的值，即在同一时刻，写入曝光寄存器 {16'h3e00[3:0], 16'h3e01[7:0], 16'h3e02[7:4]} 的最大值为 {16'h320e, 16'h320f} - 8。如果曝光时间大于等于一倍帧长，为了避免时序错误而闪烁，sensor 会自动加大真实帧长（此时真实帧长会在 {16'h320e, 16'h320f} 基础上按需加一个值），以避免闪烁，但同时也带来帧率的下降。

AGC 控制说明如下：

将 16'h3e03 设置为 8'h0b，此时对应的长曝光模拟增益值如表 2-7 所示，数字增益值如表 2-8 所示。模拟和数字增益值控制寄存器均区分 Normal 模式和 HDR 模式，如表 2-6 所示。

表 2-6 Normal/HDR 模式下增益寄存器控制

模式/寄存器地址	ANA gain register	ANA fine gain register	DIG gain register	DIG fine gain register
Normal 模式/HDR 模式下的长曝光	16'h3e08	16'h3e09	16'h3e06	16'h3e07
HDR 模式下的短曝光	16'h3e12	16'h3e13	16'h3e10	16'h3e11

SC438HAI 的数字小数增益 (DIG FINE GAIN) 的精度为 1/32。表 2-8 以 1/32 的精度为例，列出数字小数增益的控制方法。

表 2-7 模拟增益值控制寄存器

ANA GAIN	ANA FINE GAIN	GAIN Value	dB Value	ANA GAIN	ANA FINE GAIN	GAIN Value	dB Value
8'h00	8'h20	1.000	0.000	8'h01	8'h28	2.500	7.959
8'h00	8'h21	1.031	0.267	8'h80	8'h20	2.530	8.062
8'h00	8'h22	1.063	0.527	8'h80	8'h21	2.609	8.330
8'h00	8'h23	1.094	0.778	8'h80	8'h22	2.688	8.589
8'h00	8'h24	1.125	1.023	8'h80	8'h23	2.767	8.841
8'h00	8'h25	1.156	1.261	8'h80	8'h24	2.846	9.085
8'h00	8'h26	1.188	1.493	8'h80	8'h25	2.925	9.323
8'h00	8'h27	1.219	1.718	8'h80	8'h26	3.004	9.555
8'h00	8'h28	1.250	1.938	8'h80	8'h27	3.083	9.781
8'h00	8'h29	1.281	2.153	8'h80	8'h28	3.163	10.001
8'h00	8'h2a	1.313	2.362	8'h80	8'h29	3.242	10.215
8'h00	8'h2b	1.344	2.566	8'h80	8'h2a	3.321	10.424
8'h00	8'h2c	1.375	2.766	8'h80	8'h2b	3.400	10.629
8'h00	8'h2d	1.406	2.961	8'h80	8'h2c	3.479	10.828
8'h00	8'h2e	1.438	3.152	8'h80	8'h2d	3.558	11.024
8'h00	8'h2f	1.469	3.339	8'h80	8'h2e	3.637	11.215
8'h00	8'h30	1.500	3.522	8'h80	8'h2f	3.716	11.401
8'h00	8'h31	1.531	3.701	8'h80	8'h30	3.795	11.584
8'h00	8'h32	1.563	3.876	8'h80	8'h31	3.874	11.763
8'h00	8'h33	1.594	4.048	8'h80	8'h32	3.953	11.939
8'h00	8'h34	1.625	4.217	8'h80	8'h33	4.032	12.111
8'h00	8'h35	1.656	4.383	8'h80	8'h34	4.111	12.279
8'h00	8'h36	1.688	4.545	8'h80	8'h35	4.190	12.445
8'h00	8'h37	1.719	4.704	8'h80	8'h36	4.269	12.607
8'h00	8'h38	1.750	4.861	8'h80	8'h37	4.348	12.767
8'h00	8'h39	1.781	5.014	8'h80	8'h38	4.428	12.923
8'h00	8'h3a	1.813	5.166	8'h80	8'h39	4.507	13.077
8'h00	8'h3b	1.844	5.314	8'h80	8'h3a	4.586	13.228
8'h00	8'h3c	1.875	5.460	8'h80	8'h3b	4.665	13.376
8'h00	8'h3d	1.906	5.604	8'h80	8'h3c	4.744	13.522
8'h00	8'h3e	1.938	5.745	8'h80	8'h3d	4.823	13.666
8'h00	8'h3f	1.969	5.884	8'h80	8'h3e	4.902	13.807
8'h01	8'h20	2.000	6.021	8'h80	8'h3f	4.981	13.946
8'h01	8'h21	2.063	6.288	8'h81	8'h20	5.060	14.083
8'h01	8'h22	2.125	6.547	8'h81	8'h21	5.218	14.350
8'h01	8'h23	2.188	6.799	8'h81	8'h22	5.376	14.610
8'h01	8'h24	2.250	7.044	8'h81	8'h23	5.534	14.861
8'h01	8'h25	2.313	7.282	8'h81	8'h24	5.693	15.106
8'h01	8'h26	2.375	7.513	8'h81	8'h25	5.851	15.344
8'h01	8'h27	2.438	7.739	8'h81	8'h26	6.009	15.576

ANA GAIN	ANA FINE GAIN	GAIN Value	dB Value	ANA GAIN	ANA FINE GAIN	GAIN Value	dB Value
8'h81	8'h27	6.167	15.801	8'h83	8'h30	15.180	23.625
8'h81	8'h28	6.325	16.021	8'h83	8'h31	15.496	23.805
8'h81	8'h29	6.483	16.236	8'h83	8'h32	15.813	23.980
8'h81	8'h2a	6.641	16.445	8'h83	8'h33	16.129	24.152
8'h81	8'h2b	6.799	16.649	8'h83	8'h34	16.445	24.321
8'h81	8'h2c	6.958	16.849	8'h83	8'h35	16.761	24.486
8'h81	8'h2d	7.116	17.044	8'h83	8'h36	17.078	24.648
8'h81	8'h2e	7.274	17.235	8'h83	8'h37	17.394	24.808
8'h81	8'h2f	7.432	17.422	8'h83	8'h38	17.710	24.964
8'h81	8'h30	7.590	17.605	8'h83	8'h39	18.026	25.118
8'h81	8'h31	7.748	17.784	8'h83	8'h3a	18.343	25.269
8'h81	8'h32	7.906	17.959	8'h83	8'h3b	18.659	25.418
8'h81	8'h33	8.064	18.131	8'h83	8'h3c	18.975	25.564
8'h81	8'h34	8.223	18.300	8'h83	8'h3d	19.291	25.707
8'h81	8'h35	8.381	18.466	8'h83	8'h3e	19.608	25.848
8'h81	8'h36	8.539	18.628	8'h83	8'h3f	19.924	25.987
8'h81	8'h37	8.697	18.787	8'h87	8'h20	20.240	26.124
8'h81	8'h38	8.855	18.944	8'h87	8'h21	20.873	26.391
8'h81	8'h39	9.013	19.098	8'h87	8'h22	21.505	26.651
8'h81	8'h3a	9.171	19.249	8'h87	8'h23	22.138	26.903
8'h81	8'h3b	9.329	19.397	8'h87	8'h24	22.770	27.147
8'h81	8'h3c	9.488	19.543	8'h87	8'h25	23.403	27.385
8'h81	8'h3d	9.646	19.687	8'h87	8'h26	24.035	27.617
8'h81	8'h3e	9.804	19.828	8'h87	8'h27	24.668	27.843
8'h81	8'h3f	9.962	19.967	8'h87	8'h28	25.300	28.062
8'h83	8'h20	10.120	20.104	8'h87	8'h29	25.933	28.277
8'h83	8'h21	10.436	20.371	8'h87	8'h2a	26.565	28.486
8'h83	8'h22	10.753	20.630	8'h87	8'h2b	27.198	28.691
8'h83	8'h23	11.069	20.882	8'h87	8'h2c	27.830	28.890
8'h83	8'h24	11.385	21.127	8'h87	8'h2d	28.463	29.085
8'h83	8'h25	11.701	21.365	8'h87	8'h2e	29.095	29.276
8'h83	8'h26	12.018	21.596	8'h87	8'h2f	29.728	29.463
8'h83	8'h27	12.334	21.822	8'h87	8'h30	30.360	29.646
8'h83	8'h28	12.650	22.042	8'h87	8'h31	30.993	29.825
8'h83	8'h29	12.966	22.256	8'h87	8'h32	31.625	30.001
8'h83	8'h2a	13.283	22.466	8'h87	8'h33	32.258	30.173
8'h83	8'h2b	13.599	22.670	8'h87	8'h34	32.890	30.341
8'h83	8'h2c	13.915	22.870	8'h87	8'h35	33.523	30.507
8'h83	8'h2d	14.231	23.065	8'h87	8'h36	34.155	30.669
8'h83	8'h2e	14.548	23.256	8'h87	8'h37	34.788	30.828
8'h83	8'h2f	14.864	23.443	8'h87	8'h38	35.420	30.985

ANA GAIN	ANA FINE GAIN	GAIN Value	dB Value	ANA GAIN	ANA FINE GAIN	GAIN Value	dB Value
8'h87	8'h39	36.053	31.139	8'h8f	8'h2d	56.925	35.106
8'h87	8'h3a	36.685	31.290	8'h8f	8'h2e	58.190	35.297
8'h87	8'h3b	37.318	31.438	8'h8f	8'h2f	59.455	35.484
8'h87	8'h3c	37.950	31.584	8'h8f	8'h30	60.720	35.667
8'h87	8'h3d	38.583	31.728	8'h8f	8'h31	61.985	35.846
8'h87	8'h3e	39.215	31.869	8'h8f	8'h32	63.250	36.021
8'h87	8'h3f	39.848	32.008	8'h8f	8'h33	64.515	36.193
8'h8f	8'h20	40.480	32.145	8'h8f	8'h34	65.780	36.362
8'h8f	8'h21	41.745	32.412	8'h8f	8'h35	67.045	36.527
8'h8f	8'h22	43.010	32.671	8'h8f	8'h36	68.310	36.690
8'h8f	8'h23	44.275	32.923	8'h8f	8'h37	69.575	36.849
8'h8f	8'h24	45.540	33.168	8'h8f	8'h38	70.840	37.006
8'h8f	8'h25	46.805	33.406	8'h8f	8'h39	72.105	37.159
8'h8f	8'h26	48.070	33.637	8'h8f	8'h3a	73.370	37.310
8'h8f	8'h27	49.335	33.863	8'h8f	8'h3b	74.635	37.459
8'h8f	8'h28	50.600	34.083	8'h8f	8'h3c	75.900	37.605
8'h8f	8'h29	51.865	34.297	8'h8f	8'h3d	77.165	37.748
8'h8f	8'h2a	53.130	34.507	8'h8f	8'h3e	78.430	37.890
8'h8f	8'h2b	54.395	34.711	8'h8f	8'h3f	79.695	38.029
8'h8f	8'h2c	55.660	34.911				

表 2-8 数字增益值控制寄存器

DIG GAIN	DIG FINE GAIN	GAIN Value	dB value	DIG GAIN	DIG FINE GAIN	GAIN Value	dB Value
8'h00	8'h80	1.000	0.000	8'h01	8'ha4	2.563	8.173
8'h00	8'h84	1.031	0.267	8'h01	8'ha8	2.625	8.383
8'h00	8'h88	1.063	0.527	8'h01	8'hac	2.688	8.587
8'h00	8'h8c	1.094	0.778	8'h01	8'hb0	2.750	8.787
8'h00	8'h90	1.125	1.023	8'h01	8'hb4	2.813	8.982
8'h00	8'h94	1.156	1.261	8'h01	8'hb8	2.875	9.173
8'h00	8'h98	1.188	1.493	8'h01	8'hbc	2.938	9.360
8'h00	8'h9c	1.219	1.718	8'h01	8'hc0	3.000	9.542
8'h00	8'ha0	1.250	1.938	8'h01	8'hc4	3.063	9.722
8'h00	8'ha4	1.281	2.153	8'h01	8'hc8	3.125	9.897
8'h00	8'ha8	1.313	2.362	8'h01	8'hcc	3.188	10.069
8'h00	8'hac	1.344	2.566	8'h01	8'hd0	3.250	10.238
8'h00	8'hb0	1.375	2.766	8'h01	8'hd4	3.313	10.403
8'h00	8'hb4	1.406	2.961	8'h01	8'hd8	3.375	10.565
8'h00	8'hb8	1.438	3.152	8'h01	8'hdc	3.438	10.725
8'h00	8'hbc	1.469	3.339	8'h01	8'he0	3.500	10.881
8'h00	8'hc0	1.500	3.522	8'h01	8'he4	3.563	11.035
8'h00	8'hc4	1.531	3.701	8'h01	8'he8	3.625	11.186
8'h00	8'hc8	1.563	3.876	8'h01	8'hec	3.688	11.335
8'h00	8'hcc	1.594	4.048	8'h01	8'hf0	3.750	11.481
8'h00	8'hd0	1.625	4.217	8'h01	8'hf4	3.813	11.624
8'h00	8'hd4	1.656	4.383	8'h01	8'hf8	3.875	11.765
8'h00	8'hd8	1.688	4.545	8'h01	8'hfc	3.938	11.904
8'h00	8'hdc	1.719	4.704	8'h03	8'h80	4.000	12.041
8'h00	8'he0	1.750	4.861	8'h03	8'h84	4.125	12.308
8'h00	8'he4	1.781	5.014	8'h03	8'h88	4.250	12.568
8'h00	8'he8	1.813	5.166	8'h03	8'h8c	4.375	12.820
8'h00	8'hec	1.844	5.314	8'h03	8'h90	4.500	13.064
8'h00	8'hf0	1.875	5.460	8'h03	8'h94	4.625	13.302
8'h00	8'hf4	1.906	5.604	8'h03	8'h98	4.750	13.534
8'h00	8'hf8	1.938	5.745	8'h03	8'h9c	4.875	13.759
8'h00	8'hfc	1.969	5.884	8'h03	8'ha0	5.000	13.979
8'h01	8'h80	2.000	6.021	8'h03	8'ha4	5.125	14.194
8'h01	8'h84	2.063	6.288	8'h03	8'ha8	5.250	14.403
8'h01	8'h88	2.125	6.547	8'h03	8'hac	5.375	14.608
8'h01	8'h8c	2.188	6.799	8'h03	8'hb0	5.500	14.807
8'h01	8'h90	2.250	7.044	8'h03	8'hb4	5.625	15.002
8'h01	8'h94	2.313	7.282	8'h03	8'hb8	5.750	15.193
8'h01	8'h98	2.375	7.513	8'h03	8'hbc	5.875	15.380
8'h01	8'h9c	2.438	7.739	8'h03	8'hc0	6.000	15.563
8'h01	8'ha0	2.500	7.959	8'h03	8'hc4	6.125	15.742

DIG GAIN	DIG FINE GAIN	GAIN Value	dB value	DIG GAIN	DIG FINE GAIN	GAIN Value	dB Value
8'h03	8'hc8	6.250	15.918	8'h07	8'ha4	10.250	20.214
8'h03	8'hcc	6.375	16.090	8'h07	8'ha8	10.500	20.424
8'h03	8'hd0	6.500	16.258	8'h07	8'hac	10.750	20.628
8'h03	8'hd4	6.625	16.424	8'h07	8'hb0	11.000	20.828
8'h03	8'hd8	6.750	16.586	8'h07	8'hb4	11.250	21.023
8'h03	8'hdc	6.875	16.745	8'h07	8'hb8	11.500	21.214
8'h03	8'he0	7.000	16.902	8'h07	8'hbc	11.750	21.401
8'h03	8'he4	7.125	17.056	8'h07	8'hc0	12.000	21.584
8'h03	8'he8	7.250	17.207	8'h07	8'hc4	12.250	21.763
8'h03	8'hec	7.375	17.355	8'h07	8'hc8	12.500	21.938
8'h03	8'hf0	7.500	17.501	8'h07	8'hcc	12.750	22.110
8'h03	8'hf4	7.625	17.645	8'h07	8'hd0	13.000	22.279
8'h03	8'hf8	7.750	17.786	8'h07	8'hd4	13.250	22.444
8'h03	8'hfc	7.875	17.925	8'h07	8'hd8	13.500	22.607
8'h07	8'h80	8.000	18.062	8'h07	8'hdc	13.750	22.766
8'h07	8'h84	8.250	18.329	8'h07	8'he0	14.000	22.923
8'h07	8'h88	8.500	18.588	8'h07	8'he4	14.250	23.076
8'h07	8'h8c	8.750	18.840	8'h07	8'he8	14.500	23.227
8'h07	8'h90	9.000	19.085	8'h07	8'hec	14.750	23.376
8'h07	8'h94	9.250	19.323	8'h07	8'hf0	15.000	23.522
8'h07	8'h98	9.500	19.554	8'h07	8'hf4	15.250	23.665
8'h07	8'h9c	9.750	19.780	8'h07	8'hf8	15.500	23.807
8'h07	8'ha0	10.000	20.000	8'h07	8'hfc	15.750	23.946

2.5. Group Hold

SC438HAI 具有 Group hold 功能，Group hold 指的是把寄存器打包在一帧特定时刻生效的功能。SC438HAI 最多支持 10 个寄存器打包；支持帧延迟写入功能，延迟帧数由寄存器控制。

使用方法：寄存器 16'h3812 写 8'h00，需要打包生效的寄存器写入 group，打包结束后寄存器 16'h3812 写 8'h30；打包生效的时刻为 16'h3812 写 8'h30 之后第 N 个帧内生效时刻，N=0 表示当前帧，N=1 表示下一帧.....，延迟帧数由寄存器 16'h3802 控制。

表 2-9 Group hold 控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
帧延迟控制	16'h3802	8'h00	Bit[1:0]:帧延迟控制，生效时间帧延迟控制，写 0 表示当前帧，写 N 表示 N 帧延迟

注：如需使用 group hold 功能，请联系 FAE 获取使用方法和注意事项。

2.6. DPC

SC438HAI 支持 DPC 功能。SC438HAI 坏点判断的原理是当前 pixel 值比周围相同颜色的 pixel 值都大（或者小），并且差值都大于设定阈值。SC438HAI 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图所示。

表 2-10 DPC 控制寄存器

功能	描述	寄存器地址	默认值	描述
亮坏点消除功能开关	线性模式/行交叠 HDR 长曝光	16'5000[2]	1'b0	white pixel cancellation enable 1 ~ enable 0 ~ disable
暗坏点消除功能开关	线性模式/行交叠 HDR 长曝光	16'5000[1]	1'b0	black pixel cancellation enable 1 ~ enable 0 ~ disable

2.7. 视频输出模式

2.7.1. 读取顺序

图 2-6 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）。

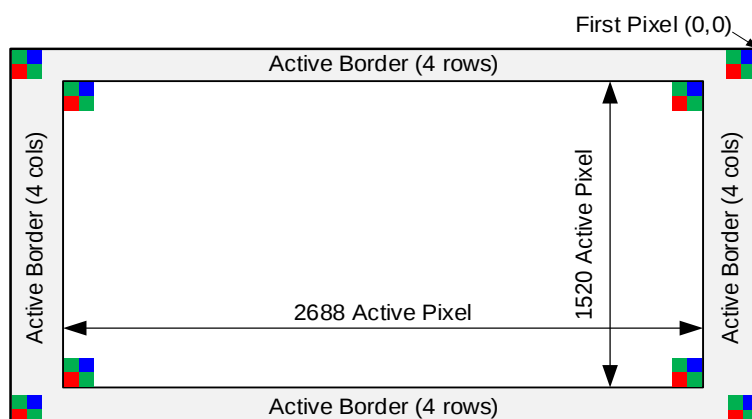


图 2-6 像素阵列图一

图 2-7 给出了 first pixel 的数据颜色格式。

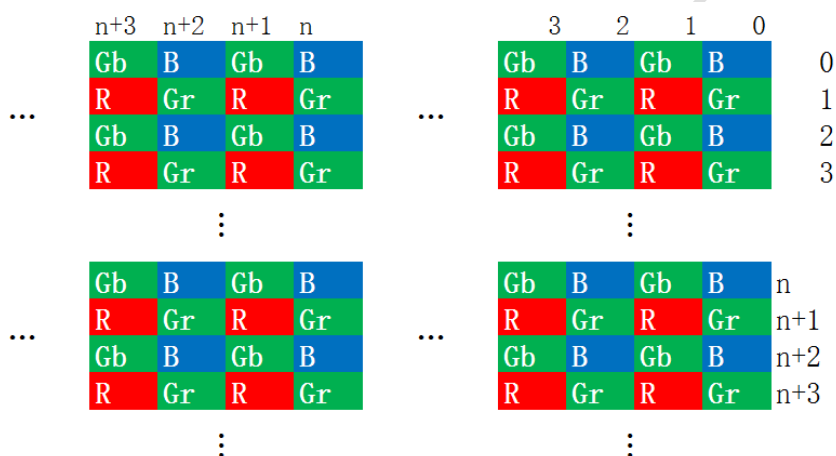


图 2-7 像素阵列图二

SC438HAI 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。如图 2-8 所示。



图 2-8 镜像和倒置实例

表 2-11 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

2.7.2. 输出窗口

表 2-12 输出窗口寄存器

功能	寄存器	默认值	描述
窗口宽度	{16'h3208, 16'h3209}	16'h0148	输出窗口宽度
窗口高度	{16'h320a, 16'h320b}	16'h00f0	输出窗口高度
列起始	{16'h3210, 16'h3211}	16'h0002	输出窗口列起始
行起始	{16'h3212, 16'h3213}	16'h0002	输出窗口行起始

2.8. 帧率计算

SC438HAI 帧率由 FAE 提供，在此给出一种简单的计算一行时间的方法：

$$\text{一行时间} = 1 / (\text{帧率} \times \text{帧长})$$

表 2-13 帧率相关寄存器

功能	寄存器地址	默认值	最大值	调节步长	描述
帧长	{16'h320e[7:0], 16'h320f}	16'h0118	16'hfff0	1 行	帧长 ={16'h320e[7:0], 16'h320f}

2.9. 测试模式

为方便测试，SC438HAI 提供一种递增测试模式，递增的步长设置为 1，如图 2-9 所示。

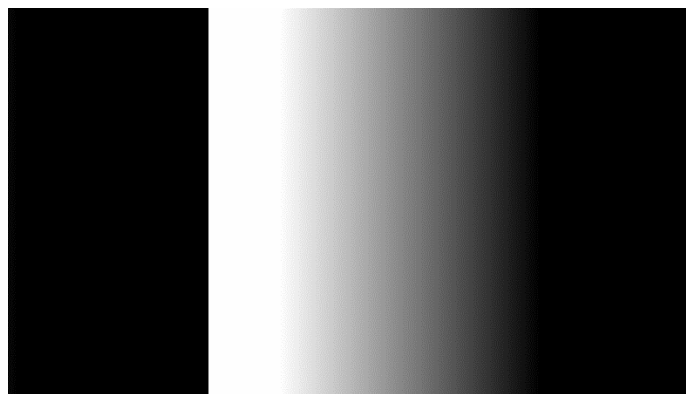


图 2-9 测试模式

表 2-14 测试模式控制寄存器

功能	寄存器地址	寄存器值	默认值	描述
灰度渐变模式	16'h4501	8'hcc	8'hc4	Bit[3]: incremental pattern enable 0 ~ normal image 1 ~ incremental pattern

3. 电气特性

表 3-1 绝对最大额定值（所有电压都是 to pad 电压）

项目	符号	绝对最大额定值	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 ~ 2.2	V
数字电源电压	V_{DVDD}	-0.3 ~ 1.8	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 3-2 直流电气特性（所有电压都是 to pad 电压）

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}	1.7	1.8	1.9	V
数字电源	V_{DVDD}	1.44	1.5	1.56	V
电流（工作电流^{*1} 线性模式 60fps MIPI 4-lane fullsize output）					
模拟电源电流	I_{AVDD}	-	31.3	42.255	mA
I/O 电源电流	I_{DOVDD}	-	0	0	mA
数字电源电流	I_{DVDD}	-	117.4	176.1	mA
总功耗	Power(*)		263.74	397.26	mW
电流（工作电流^{*1} 线性模式 30fps MIPI 4-lane fullsize output）					
模拟电源电流	I_{AVDD}	-	20.4	27.54	mA
I/O 电源电流	I_{DOVDD}	-	0	0	mA
数字电源电流	I_{DVDD}	-	70.5	105.75	mA
总功耗	Power(*)		162.87	244.84	mW
电流（待机电流^{*1}）					
模拟电源电流	I_{AVDD}	-	0.4	2	μA
I/O 电源电流	I_{DOVDD}	-	2	4	μA
数字电源电流	I_{DVDD}	-	664.6	996.9	μA
总功耗	Power(*)	-	1001.62	1568.56	μW
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 工作电流和待机电流典型值：工作电压 2.8V/1.8V/1.5V；Tj=25℃；最大模拟增益；亮度输出值 100 LSB

表 3-3 外部时钟特性

项目	符号	最小值	典型值	最大值	单位
EXTCLK 频率	f_{EXTCLK}	12	-	48	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	%

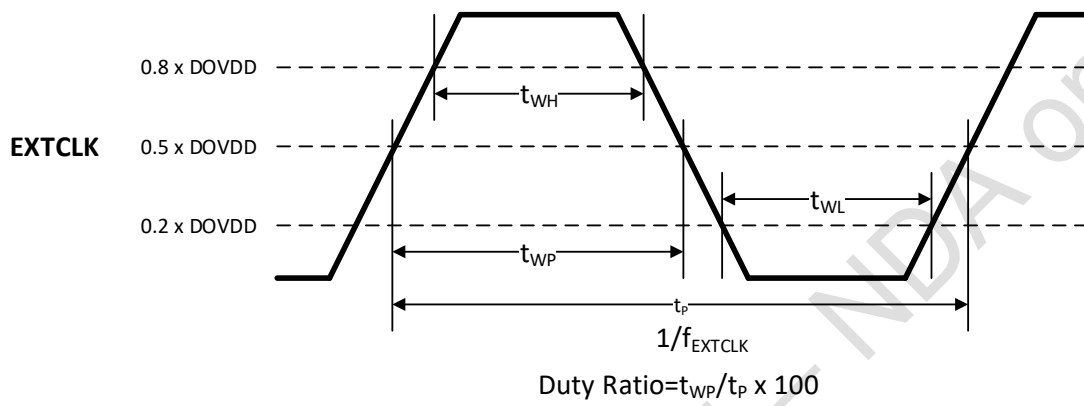


图 3-1 外部时钟（EXTCLK）波形图

4. 光学特性

4.1. QE 曲线

SC438HAI QE 曲线如图 4-1 所示。

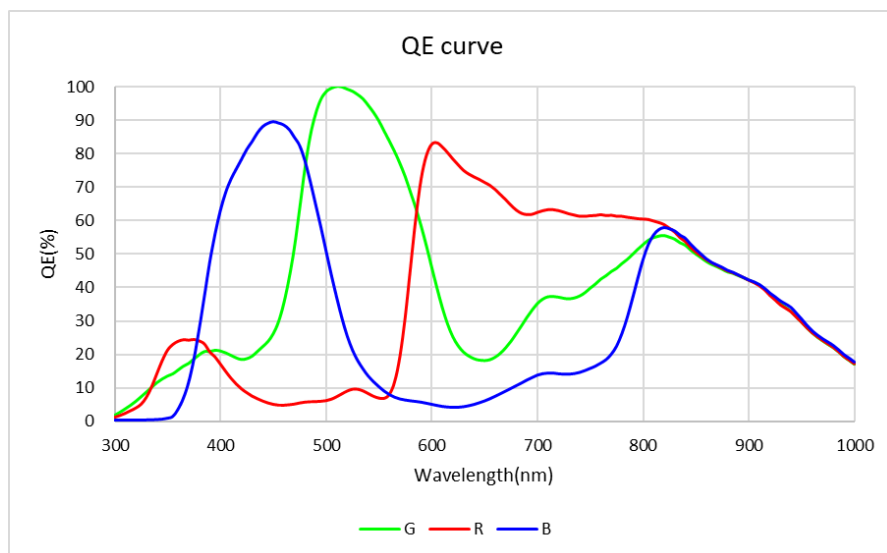


图 4-1 QE 曲线

4.2. 主光线入射角

SC438HAI 主光线入射角 (Chief Ray Angel, CRA) 曲线如下图所示。

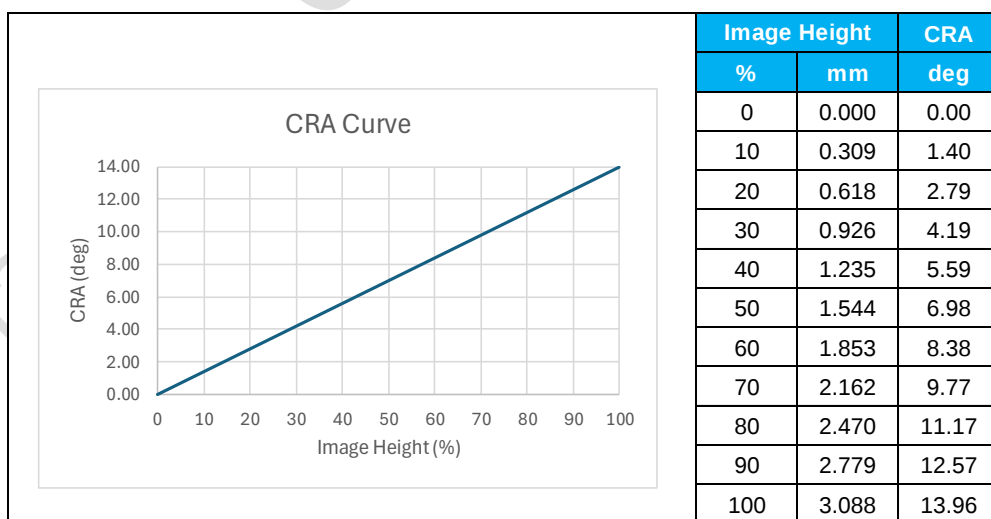


图 4-2 CRA 曲线

5. 封装信息

5.1. 引脚描述

表 5-1 列出了 SC438HAI 图像传感器的引脚信息及相关描述。

表 5-1 引脚描述

序号	编号	信号名	引脚类型	描述
1	A1	AVDD	电源	2.8V 模拟电源
2	A2	NC	-	NC
3	A3	SCL	输入	I ² C 时钟线
4	A4	PWDNB	输入	Power Down 信号输入（内置上拉电阻，低电位有效）
5	A5	SID	输入	I ² C Device ID (内置下拉电阻，对应 Device ID 是 7'h30)
6	A6	NC	-	NC
7	A7	AVDD	电源	2.8V 模拟电源
8	B1	AGND	地线	模拟地
9	B2	FSYNC	输入/输出	输入时作为外部帧同步信号 输出时作为帧同步信号
10	B3	SDA	输入/输出	I ² C 数据线(open drain)
11	B5	DVDD	电源	1.5V 数字电源
12	B6	EFSYNC	输入	外部同步触发
13	B7	AGND	地线	模拟地
14	C1	DVDD	电源	1.5V 数字电源
15	C2	EXTCLK	输入	时钟输入
16	C3	DOGND	地线	I/O 地
17	C4	XSHUTDOWN	输入	复位信号输入（内置上拉电阻，低电位有效）
18	C5	MD2P	输出	MIPI 数据 2 正极信号
19	C6	NC	-	NC
20	C7	AVDD	电源	2.8V 模拟电源
21	D1	DOGND	地线	I/O 地
22	D2	DOGND	地线	I/O 地
23	D3	MD3P	输出	MIPI 数据 3 正极信号
24	D4	DOVDD	电源	1.8V IO 电源
25	D5	MD2N	输出	MIPI 数据 2 负极信号
26	D6	DVDD	电源	1.5V 数字电源
27	D7	VREFN2	输出	内部参考电压（外接电容至 AGND）
28	E1	NC	-	NC
29	E2	NC	-	NC
30	E3	MD1N	输出	MIPI 数据 1 负极信号
31	E4	MCN	输出	MIPI 时钟负极信号
32	E5	MD0P	输出	MIPI 数据 0 正极信号
33	E6	DOGND	地线	I/O 地
34	E7	VREFN	输出	内部参考电压（外接电容至 AGND）
35	F1	NC	-	NC

序号	编号	信号名	引脚类型	描述
36	F2	MD3N	输出	MIPI 数据 3 负极信号
37	F3	MD1P	输出	MIPI 数据 1 正极信号
38	F4	MCP	输出	MIPI 时钟正极信号
39	F5	MD0N	输出	MIPI 数据 0 负极信号
40	F6	DOGND	地线	I/O 地
41	F7	VREFH	输出	内部参考电压（外接电容至 AGND）

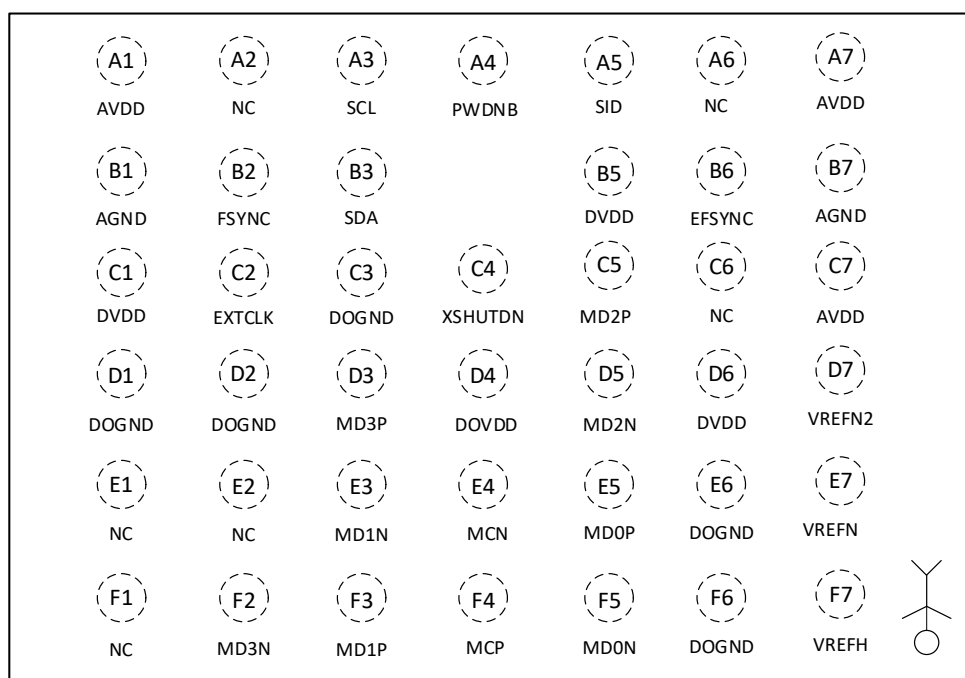


图 5-1 封装引脚图（Top View）

5.2. 封装尺寸图

SC438HAI 提供 41-pin CSP 的封装，封装尺寸如图 5-2 所示。

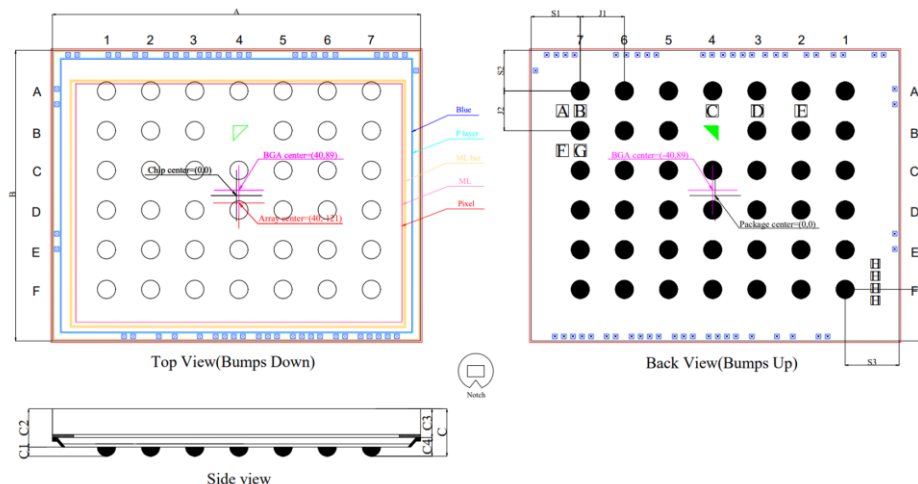


图 5-2 封装示意图

注：芯片的封装中心（Package center）与光学中心（Array center）不重合。以封装中心为原点，BGA 中心为（40，89），光学中心为（40，-121），单位为 μm 。

表 5-2 封装尺寸表

Parameter	Symbol	Nominal	Min	Max	Nominal	Min	Max
		Millimeters			Inches		
Package Body Dimension X	A	6.086	6.061	6.111	0.240	0.239	0.241
Package Body Dimension Y	B	4.760	4.735	4.785	0.187	0.186	0.188
Package Height	C	0.690	0.630	0.750	0.027	0.025	0.030
Ball Height	C1	0.150	0.120	0.180	0.006	0.005	0.007
Package Body Thickness	C2	0.540	0.505	0.575	0.021	0.020	0.023
Thickness from top glass surface to wafer	C3	0.345	0.325	0.365	0.014	0.013	0.014
Image plane height	C4	0.345	0.300	0.390	0.014	0.012	0.015
Ball Diameter	D	0.300	0.270	0.330	0.012	0.011	0.013
Total Ball Count	N	41(4NC)	-	-	-	-	-
Pins Pitch X axis	J1	0.730	-	-	-	-	-
Pins Pitch Y axis	J2	0.650	-	-	-	-	-
Edge to Pin Center Distance along X1	S1	0.813	0.783	0.843	0.032	0.031	0.033
Edge to Pin Center Distance along Y1	S2	0.666	0.636	0.696	0.026	0.025	0.027
Edge to Pin Center Distance along X2	S3	0.893	0.863	0.923	0.035	0.034	0.036
Edge to Pin Center Distance along Y2	S4	0.844	0.814	0.874	0.033	0.032	0.034

6. 订购信息

表 6-1 订购信息表

产品编号	封装形式	描述
SC438HAI-CSMNN00	41-pin CSP	4.0 Megapixel, RAW/RGB, MIPI output

7. 版本变更记录

日期	版本	修改内容以及说明
2024-03-12	0.1	初始版本
2024-03-14	0.2	增加 DPC 章节
2024-03-22	0.3	更新分辨率
2024-03-26	0.4	从“SC435HAI” 改名为 “SC438HAI”
2024-04-10	0.5	● 增加 LED strobe 章节 ● 表 5-1 引脚描述和图 5-1 封装引脚图 (Top View) : 更新 E1, F1 引脚为 NC ● 表 5-2 封装尺寸表: 更新 C4 参数
2024-04-26	0.6	● 表 2-4 HDR 控制寄存器: 更新 HDR mode enable 描述 ● 表 2-5 曝光的手动控制寄存器: 短曝光时间补充 16'h3e22[3:0] 寄存器 ● 补充 CRA、灵敏度、动态范围、信噪比数据, 和 QE 曲线
2024-10-16	1.0	表 3-2 直流电气特性 (所有电压都是 to pad 电压): 更新功耗

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@smartsenstech.com

网址：<http://www.smartsenstech.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雅宝路 1 号星河 WORLD B 座 2801 室

电话：0755-23739713

思特威技术支持邮箱

support@smartsenstech.com