



**SMARTSENS**

SmartSens™

# SC200AI 数据手册

---

**Preliminary V0.6**

**2020.5.29**

SmartSens Confidential NDA Only

## 应用

- 工业监控摄像头
- 微光摄像机
- 家用 IoT 摄像机

## 特性

- 高动态范围
  - 行交叠宽动态
- 高灵敏度
- 高信噪比
- 像素双转换增益
- 低功耗
- 53 x 模拟增益, 32 x 数字增益
- 高速 DPC
- 外部控制帧率及多 sensor 同步
- 水平/垂直窗口调整
- 水平/垂直窗口翻转
- 2 x 2 binning 模式
- I<sup>2</sup>C 接口寄存器编程

## 关键指标 (典型值)

- 分辨率: 200 万
- 像素阵列: 1928H x 1088V
- 像素尺寸: 2.9 μm x 2.9 μm
- 镜头光学尺寸: 1/2.8"
- 最大图像传输速率:
  - 1920H x 1080V@60fps 10bit
- 输出接口:
  - 10/8-bit 1/2Lane MIPI
  - 10-bit DVP
- 输出格式: RAW RGB
- CRA: 15°
- 灵敏度:
  - 8200 mV/lux·s @HCG
  - 2450 mV/lux·s @LCG
- 动态范围:
  - 线性模式: 83 dB
  - 宽动态模式: >100 dB
- 信噪比: 42 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:
  - Analog = 2.8V±0.1V
  - Digital = 1.2V±0.1V
  - I/O = 1.8V±0.1V
- 封装: 41-pin CSP
- 封装尺寸: 6.260 mm x 4.069 mm
- ESD 等级:
  - HBM: Classification 2
  - CDM: Classification C3

## 目录

目录.....	3
图片索引 .....	4
表格索引 .....	5
<b>1. 系统描述 .....</b>	<b>6</b>
1.1. 芯片概述 .....	6
1.2. 系统框架 .....	6
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. 睡眠模式.....	10
1.4.3. 复位模式.....	10
1.5. 配置接口 .....	11
1.6. SENSOR ID .....	13
1.7. 数据接口 .....	13
1.7.1. DVP .....	13
1.7.2. MIPI .....	14
1.8. 锁相环 .....	18
<b>2. 功能介绍 .....</b>	<b>19</b>
2.1. SLAVE MODE .....	19
2.2. 宽动态 .....	21
2.2.1. 行交叠HDR.....	21
2.3. AEC/AGC.....	23
2.3.1. AEC/AGC 的控制策略.....	23
2.3.2. AEC 控制寄存器说明.....	23
2.3.3. AGC 控制寄存器说明.....	24
2.4. GROUP HOLD .....	35
2.5. DPC.....	35
2.6. 视频输出模式 .....	36
2.6.1. 读取顺序.....	36
2.6.2. 输出窗口.....	37
2.7. 帧率计算 .....	38
2.8. 测试模式 .....	38
<b>3. 电气特性 .....</b>	<b>39</b>
<b>4. 光学特性 .....</b>	<b>41</b>
4.1. QE 曲线.....	41
4.2. 主光线入射角 (CRA) .....	41
<b>5. 封装信息 .....</b>	<b>42</b>
<b>6. 订购信息 .....</b>	<b>44</b>
<b>7. 版本变更记录.....</b>	<b>45</b>

## 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 封装引脚图 .....	9
图 1-4 上电时序图 .....	10
图 1-5 I <sup>2</sup> C 接口时序 .....	12
图 1-6 DVP 时序 .....	13
图 1-7 MIPI 接口示意图 .....	14
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 .....	15
图 1-10 MIPI 1/2lane 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 .....	18
图 2-1 Slave Mode 时序图 .....	19
图 2-2 Slave Mode 曝光实现图 .....	20
图 2-3 行交叠 HDR 使用 virtual channel 数据读出时序 .....	21
图 2-4 行交叠 HDR 不使用 virtual channel 数据模式 a 读出时序 .....	21
图 2-5 行交叠 HDR 不使用 virtual channel 时数据模式 b 的读出时序 .....	22
图 2-6 像素阵列图一 .....	36
图 2-7 像素阵列图二 .....	36
图 2-8 镜像和倒置实例 .....	37
图 2-9 测试模式 .....	38
图 3-1 外部时钟 (EXTCLK) 波形图 .....	40
图 4-1 QE 曲线 .....	41
图 4-2 CRA Curve .....	41
图 5-1 封装示意图 .....	42

## 表格索引

表 1-1 Pin 脚描述 .....	8
表 1-2 睡眠模式控制寄存器 .....	10
表 1-3 软复位控制寄存器 .....	10
表 1-4 I <sup>2</sup> C 设备地址控制 .....	11
表 1-5 I <sup>2</sup> C 接口时序详细参数 .....	12
表 1-6 SENSOR ID 寄存器 .....	13
表 1-7 DVP 同步调整寄存器 .....	14
表 1-8 MIPI 数据类型 .....	16
表 1-9 MIPI 调整寄存器 .....	17
表 2-1 Slave mode 控制寄存器 .....	20
表 2-2 HDR 控制寄存器 .....	22
表 2-3 曝光的手动控制寄存器 .....	23
表 2-4 增益寄存器控制 .....	24
表 2-5 模拟 gain 值控制寄存器 .....	25
表 2-6 数字 gain 值控制寄存器 .....	30
表 2-7 Group hold 控制寄存器 .....	35
表 2-8 DPC 控制寄存器 .....	35
表 2-9 镜像和倒置模式控制寄存器 .....	37
表 2-10 输出窗口寄存器 .....	37
表 2-11 帧率相关寄存器 .....	38
表 2-12 测试模式控制寄存器 .....	38
表 3-1 绝对最大额定值（以上所有电压都是 to pad 电压） .....	39
表 3-2 直流电气特性（以上所有电压都是 to pad 电压） .....	39
表 3-3 交流特性（TA=25°C，AVDD=2.8V，DOVDD=1.8V） .....	40
表 5-1 封装尺寸表 .....	43
表 6-1 订购信息表 .....	44

## 1. 系统描述

### 1.1. 芯片概述

SC200AI 是监控相机领域先进的数字 CMOS 图像传感器，最高支持 1920H x 1080V@60fps 的传输速率。SC200AI 输出 raw 格式图像，有效像素窗口为 1928H x 1088V，支持复杂的片上操作——例如窗口化、水平镜像、垂直倒置等。

SC200AI 可以通过标准的 I<sup>2</sup>C 接口读写寄存器。

SC200AI 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 SC200AI 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。

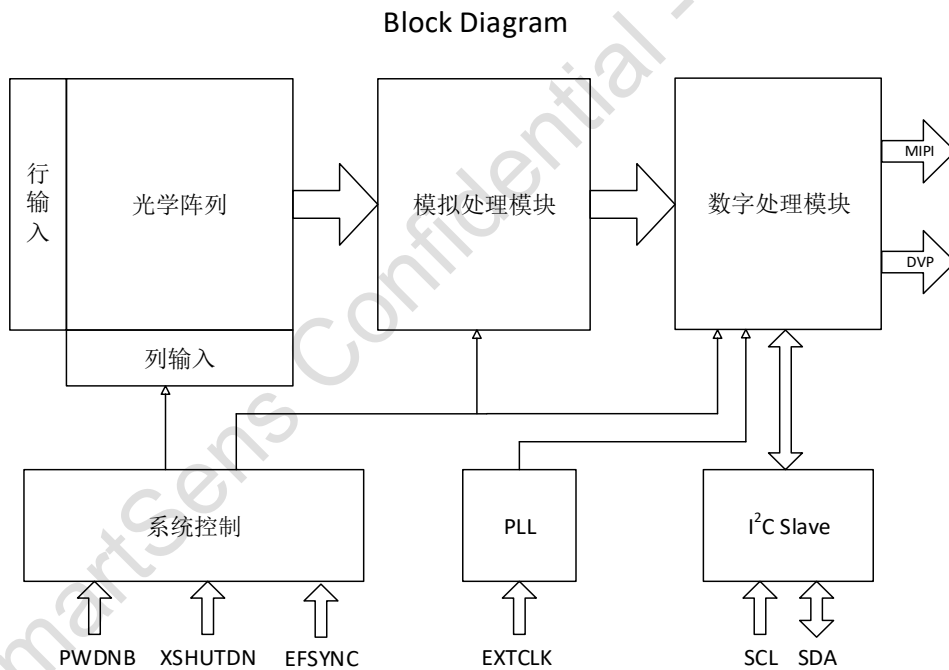


图 1-1 结构图

SC200AI 支持 DVP、MIPI 接口，以 MIPI 接口为例：

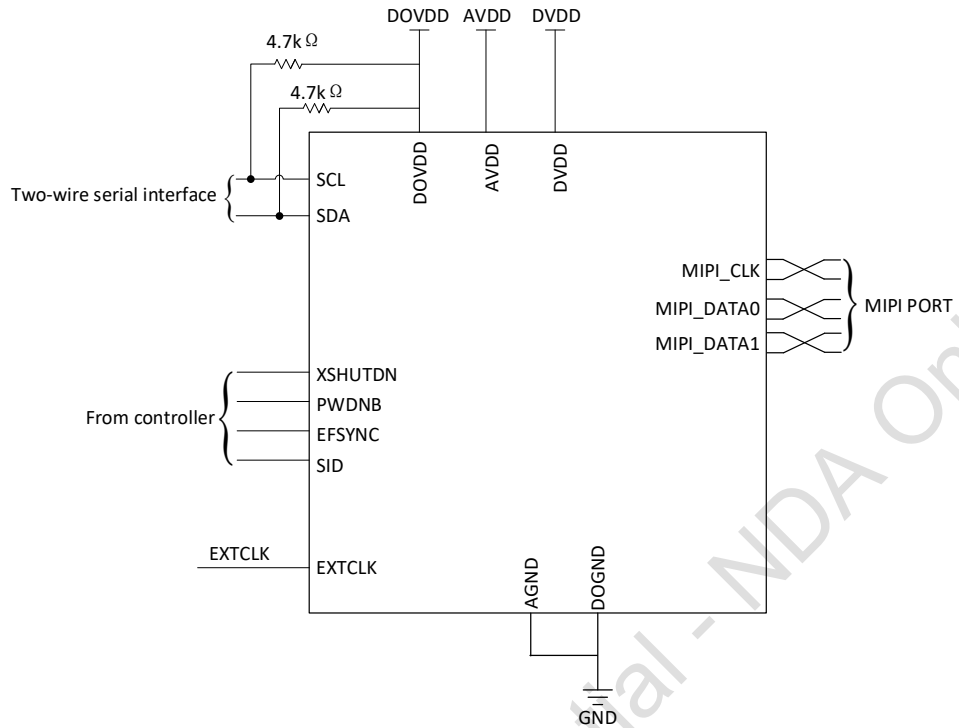


图 1-2 典型应用示意图

### 1.3. 引脚描述

下表列出了 SC200AI 图像传感器的引脚信息及相关描述。

表 1-1 Pin 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	LREF	输出	DVP 行同步
3	A3	SCL	输入	I <sup>2</sup> 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 <sup>2</sup> C Device ID (内置下拉电阻, 默认为低电平, 对应 Device ID 是 7'h30)
6	A6	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 DVP 帧同步信号
10	B3	SDA	输入/输出	I <sup>2</sup> C 数据线(open drain)
11	B5	DVDD	电源	1.2V 数字电源
12	B6	EFSYNC	输入	外部帧同步信号
13	B7	AGND	地线	模拟地
14	C1	DVDD	电源	1.2V 数字电源
15	C2	EXTCLK	输入	时钟输入
16	C3	DOGND	地线	I/O 地
17	C4	XSHUTDN	输入	复位信号输入 (内置上拉电阻, 低电位有效)
18	C5	D<11>	输出	DVP 输出 bit[11]
19	C6	NC	-	-
20	C7	AVDD	电源	2.8V 模拟电源
21	D1	D<0>	输出	DVP 输出 bit[0]
22	D2	DOGND	地线	I/O 地
23	D3	D<4>	输出	DVP 输出 bit[4]
24	D4	DOVDD	电源	1.8V I/O 电源
25	D5	D<10>	输出	DVP 输出 bit[10]
26	D6	DVDD	电源	1.2V 数字电源
27	D7	NC	-	-
28	E1	D<1>	输出	DVP 输出 bit[1]
29	E2	DOVDD	电源	1.8V I/O 电源
30	E3	D<5>/MD1N	输出	DVP 输出 bit[5]/MIPI 数据 1 负极信号
31	E4	D<7>/MCN	输出	DVP 输出 bit[7]/MIPI 时钟负极信号
32	E5	D<9>/MD0P	输出	DVP 输出 bit[9]/MIPI 数据 0 正极信号



序号	编号	信号名	引脚类型	描述
33	E6	DOGND	地线	I/O 地
34	E7	VREFH	输出	内部参考电压（外接电容至 AGND）
35	F1	D<2>	输出	DVP 输出 bit[2]
36	F2	D<3>	输出	DVP 输出 bit[3]
37	F3	D<6>/MD1P	输出	DVP 输出 bit[6] /MIPI 数据 1 正极信号
38	F4	PCLK/MCP	输出	DVP 时钟/MIPI 时钟正极信号
39	F5	D<8>/MD0N	输出	DVP 输出 bit[8]/MIPI 数据 0 负极信号
40	F6	DOGND	地线	I/O 地
41	F7	VREFN	输出	内部参考电压（外接电容至 AGND）

Top View

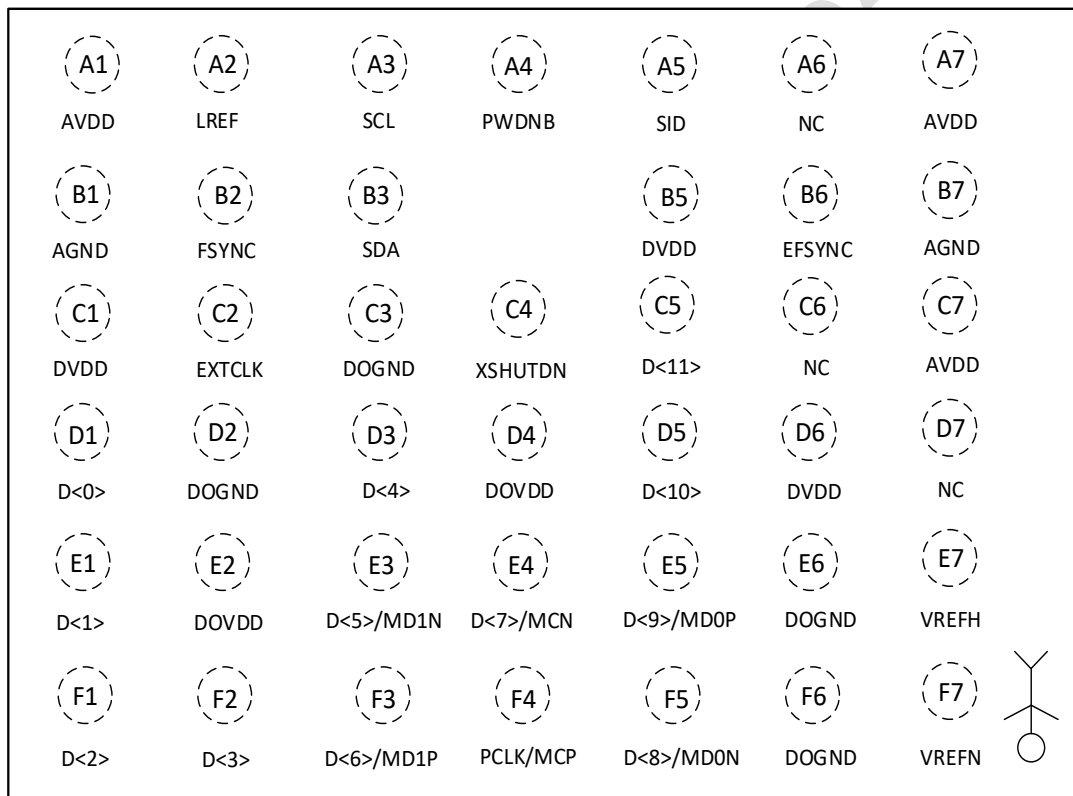


图 1-3 封装引脚图

## 1.4. 芯片初始化

### 1.4.1. 上电时序

在上电过程中，具体上电时序要求如下图所示。

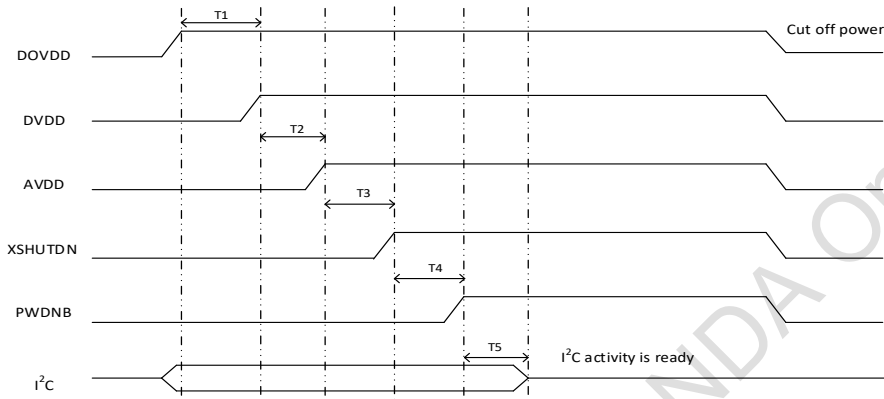


图 1-4 上电时序图

注：T1≥0ms, T2≥0ms, T3≥0ms, T4≥0ms, T5≥4ms。

### 1.4.2. 睡眠模式

睡眠模式下，SC200AI 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。SC200AI 提供两种方式进入睡眠模式：

- 1) 将 PWDNB 拉低，此时不支持 I<sup>2</sup>C 读写；
- 2) 将寄存器 16'h0100[0]写入 0，此时支持 I<sup>2</sup>C 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'h0100	8'h0	Bit[0]: manual sleep mode ctrl 1~sleep mode disable 0~ sleep mode enable

### 1.4.3. 复位模式

复位模式下，SC200AI 停止输出图像数据流，工作在低功耗状态，重置所有寄存器，SC200AI 提供两种方式进入复位模式：

- 1) 将 XSHUTDN 拉低，此时不支持 I<sup>2</sup>C 读写；
- 2) 将寄存器 16'h0103[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
软复位使能	16'h0103	8'h0	Bit[0]: soft reset

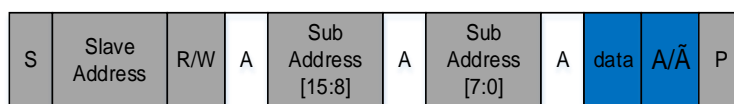
## 1.5. 配置接口

SC200AI 提供标准的 I<sup>2</sup>C 总线配置接口对寄存器进行读写，I<sup>2</sup>C 设备地址由 PAD SID 的电平值决定，如下表所示。PAD SID 内部有下拉电阻。Slave Address 即设备地址（从机地址），Sub Address 与寄存器相关。

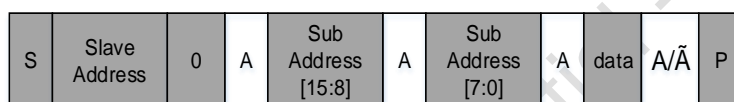
表 1-4 I<sup>2</sup>C 设备地址控制

7-bit I <sup>2</sup> C 设备地址	SID
7'h30	低电平
7'h32	高电平

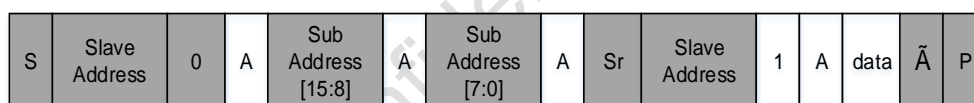
消息类型：16-bit 地址、8-bit 数据和 7-bit 设备地址



I<sup>2</sup>C Write



I<sup>2</sup>C Read



Slave to Master S: Start Condition A: Acknowledge



Master to Slave P: Stop Condition  $\bar{A}$ : No-Acknowledge



Direction depends on the operation Sr: Restart Condition

I<sup>2</sup>C 时序

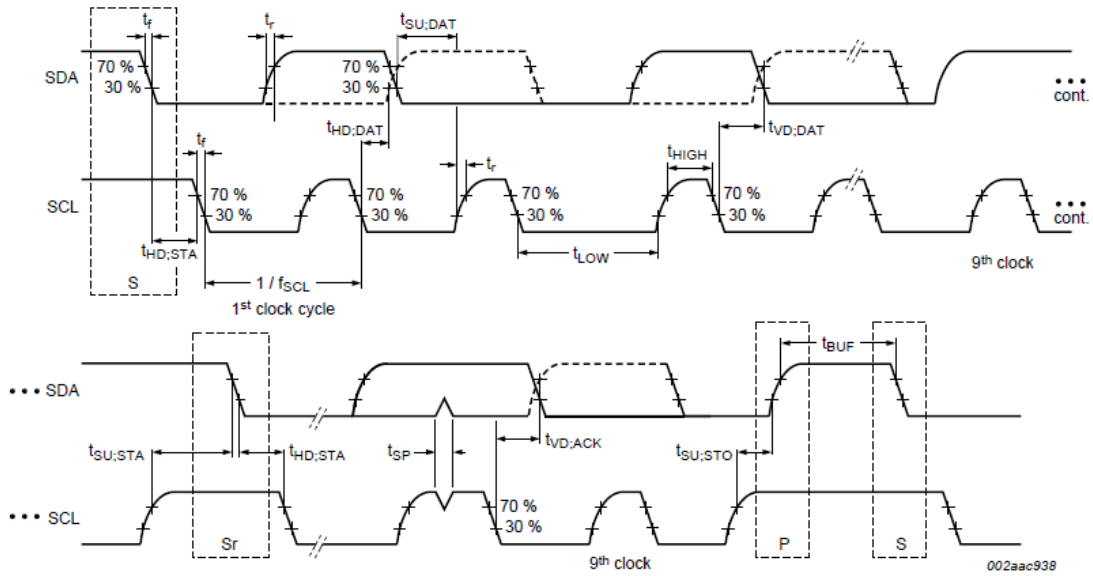


图 1-5 I<sup>2</sup>C 接口时序

表 1-5 I<sup>2</sup>C 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	-	$\mu$ s
$T_{low}$	LOW period of the SCL clock	4.7	-	1.3	-	$\mu$ s
$T_{high}$	HIGH period of the SCL clock	4.0	-	0.6	-	$\mu$ s
$T_{su,STA}$	set-up time for a repeated START condition	4.7	-	0.6	-	$\mu$ s
$T_{hd,DAT}$	data hold time	0	-	0	-	$\mu$ s
$T_{su,DAT}$	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	-	$\mu$ s
$T_{buf}$	bus free time between a STOP and START condition	4.7	-	1.3	-	$\mu$ s
$T_{vd,DAT}$	data valid time	-	3.45	-	0.9	$\mu$ s
$T_{vd,ACK}$	data valid acknowledge time	-	3.45	-	0.9	$\mu$ s
$T_{sp}$	pulse width of spikes that must be suppressed by the input filter	-	-	0	50	-

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%。

## 1.6. Sensor ID

表 1-6 SENSOR ID 寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
SENSOR ID 高位	16'h3107	8'hcb	SENSOR ID[15:8]
SENSOR ID 低位	16'h3108	8'h1c	SENSOR ID[7:0]

## 1.7. 数据接口

SC200AI 提供两种数据接口：DVP、MIPI。

### 1.7.1. DVP

SC200AI 支持并行视频端口（DVP），输出 10-bit 并行数据。做输出时的 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。

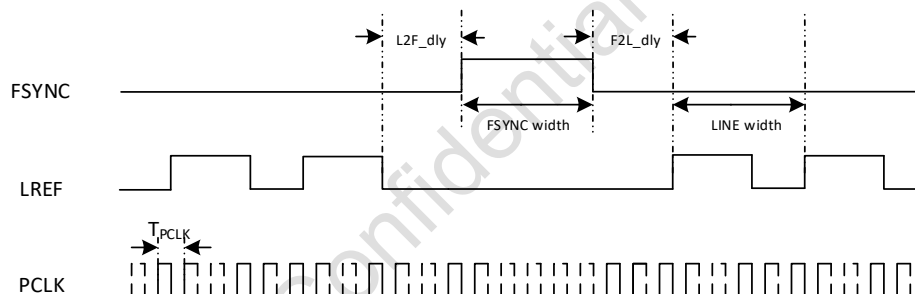


图 1-6 DVP 时序

注：

- 1)  $T_{PCLK}$  表示 PCLK 的周期；
- 2) L2F\_dly 表示最后的 LREF 下降沿至 FSYNC 上升沿间时延；
- 3) F2L\_dly 表示 FSYNC 下降沿至第一条 LREF 上升沿间时延；
- 4) LINE width 表示一行宽度，由寄存器{16'h'320c,16'h'320d}控制；
- 5) FSYNC width 默认值为一行宽度，以 1 行为单位，由寄存器 16'h3d01 调节。

表 1-7 DVP 同步调整寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
FSYNC 输出使能	16'h300a	8'h20	Bit[2]:FSYNC output en 1~FSYNC as output PAD 0~FSYNC as input PAD
FSYNC 信号宽度	16'h3d01	8'h01	FSYNC length
DVP 信号极性	16'h3d08	8'h01	Bit[2]: LREF polarity Bit[1]: FSYNC polarity Bit[0]: 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

SC200AI 提供串行视频端口 (MIPI)。SC200AI MIPI 接口支持 8/10bit, 1/2lane 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。

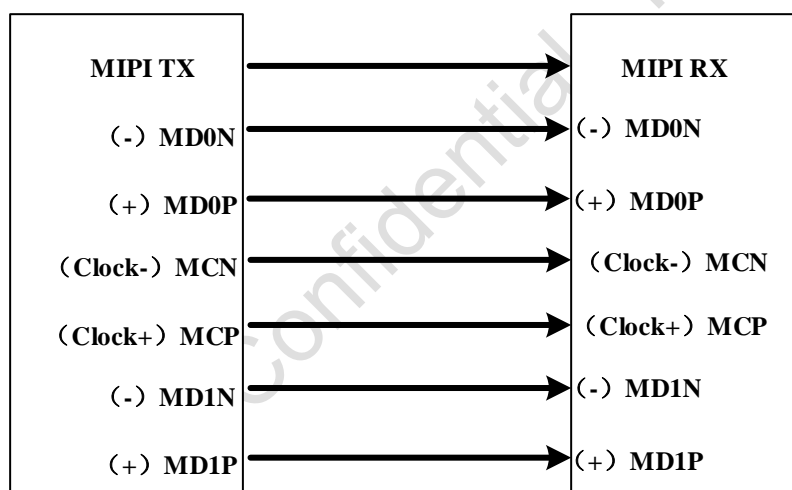


图 1-7 MIPI 接口示意图

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。

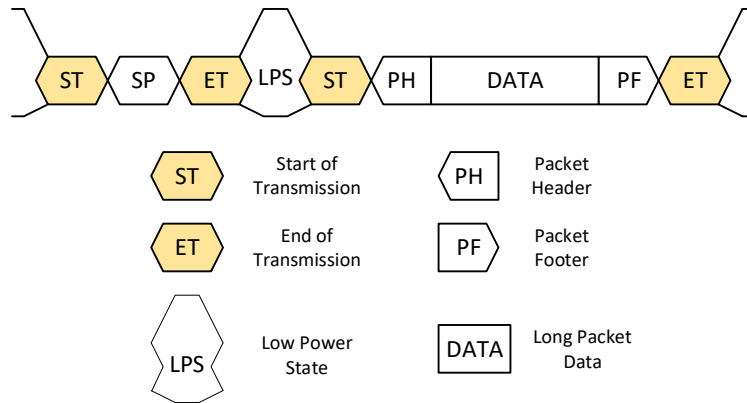


图 1-8 MIPI 底层数据包示意图

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 和 2lane 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 1-8 所示。

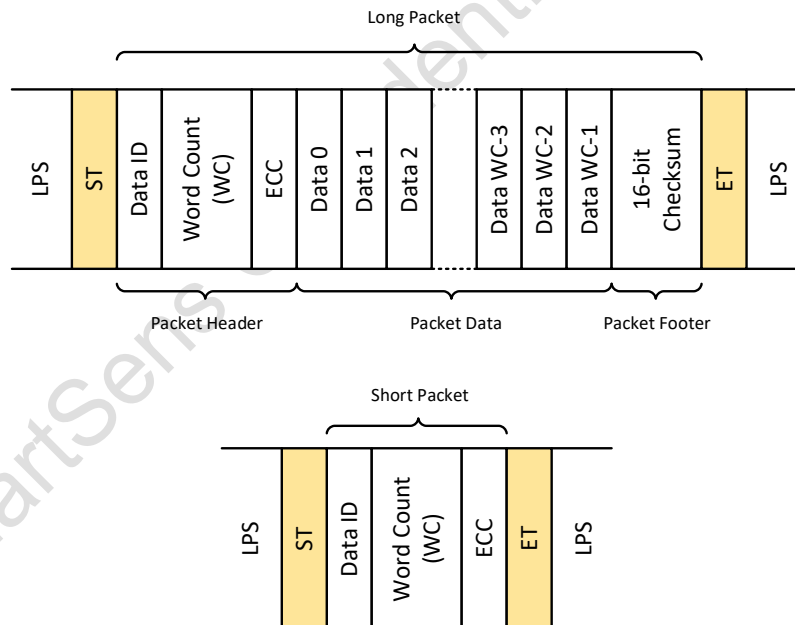


图 1-9 MIPI 长/短数据包结构示意图

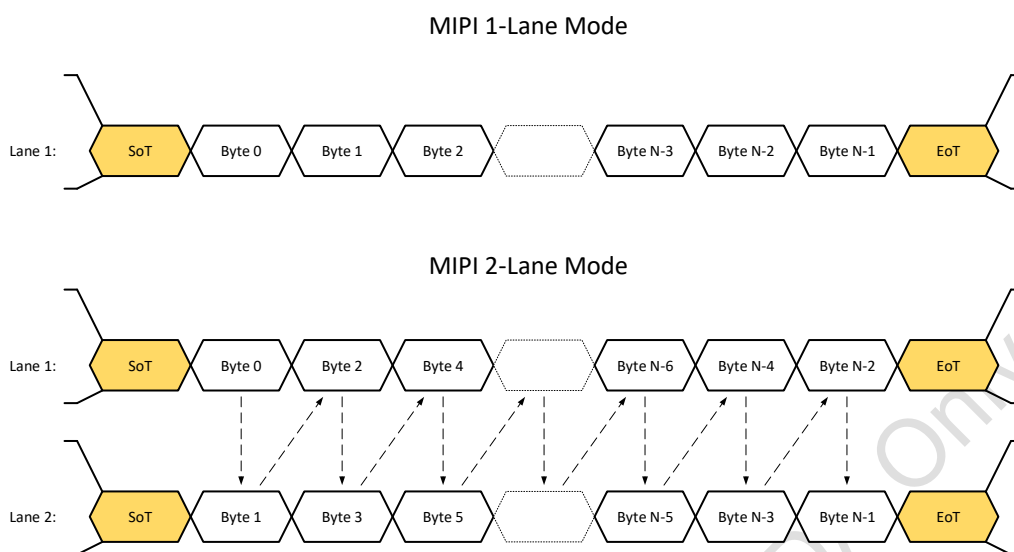


图 1-10 MIPI 1/2lane 模式数据包传输示意图

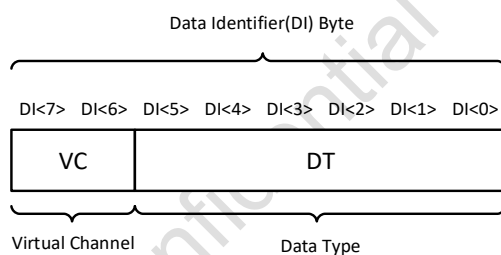


图 1-11 MIPI 数据包 DI 结构

表 1-8 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 1-9 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'h32	Bit[7:5]: MIPI lane num-1 3'h0~ 1 lane mode 3'h1~ 2 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
PHY 数据模式	16'h3037	8'h20	Bit[6:5]: phy bit mode 2'h0~ 8bit mode 2'h1~ 10bit mode
MIPI clock 设置	16'h303f	8'h01	Bit[7]: pclk sel 1'h0~ sel MIPI_pclk 1'b1~ sel DVP_pclk
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[2:1]:MIPI LP 驱动能力调整, 默认 3'h1
MIPI Lane 0 延时	16'h3652	8'h00	Bit[3]: lane1 相位反向, 默认 1'h0 Bit[2:0]: lane1 延时, 40ps/step, 默认 3'h0
MIPI Lane 1 延时	16'h3652	8'h00	Bit[7]: lane0 相位反向, 默认 1'h0 Bit[6:4]: lane0 延时, 40ps/step, 默认 3'h0
MIPI Clock 延时	16'h3654	8'h00	Bit[3]: 时钟反向, 默认 1'h0 Bit[2:0]: 时钟延时, 40ps/step, 默认 3'h0

## 1.8. 锁相环

SC200AI 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。

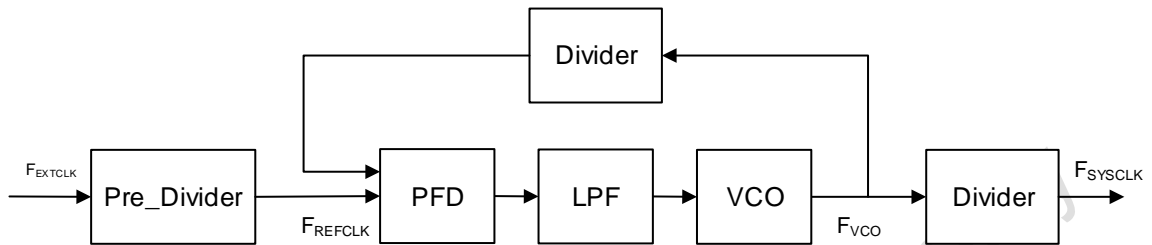


图 1-12 PLL 控制示意图

## 2. 功能介绍

### 2.1. SLAVE MODE

Slave Mode 是主控芯片通过 EFSYNC 或者做输入时的 FSYNC 信号触发帧读出，以达到多个 sensor 同步成像的工作模式。

当 SC200AI 工作在 Slave Mode 时，主控芯片通过 EFSYNC/FSYNC 引脚控制图像数据输出，并以此决定图像帧率，具体时序如下图：

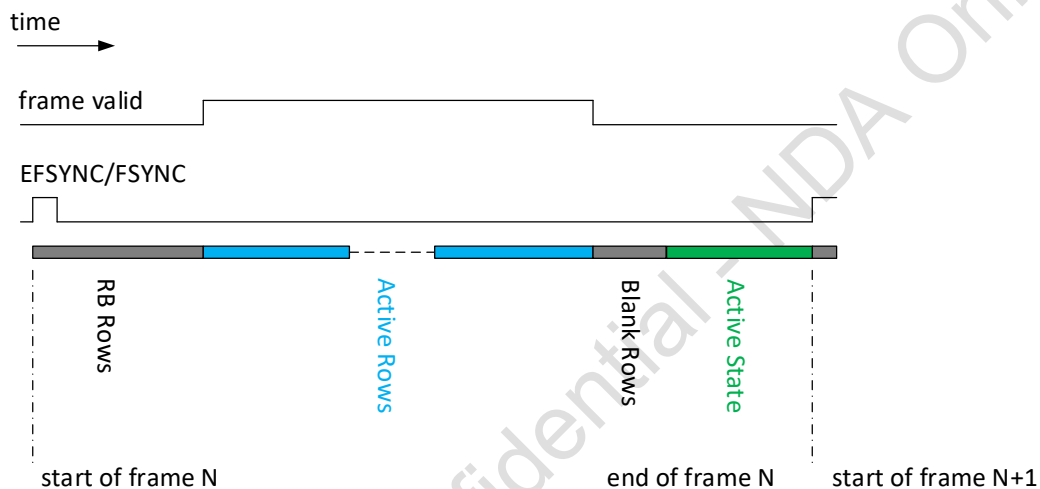


图 2-1 Slave Mode 时序图

#### Slave Mode 工作流程

- 1) 当 SC200AI 工作在 Slave Mode 时，芯片自动进入 Active State 状态，等待 EFSYNC/FSYNC 触发；
- 2) EFSYNC/FSYNC 触发上升沿有效，EFSYNC 高电平持续时间不小于 4 个 EXTCLK 周期；
- 3) 当 EFSYNC/FSYNC 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；
- 4) Active Rows 时读出芯片图像数据，由寄存器控制，以行为单位；
- 5) 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；
- 6) Active State 时芯片等待下一次 EFSYNC/FSYNC 触发，Active State 应尽量小，建议为 0；
- 7) EFSYNC/FSYNC 上升沿间隔为一帧时间，EFSYNC/FSYNC 上升沿间隔允许有 40ns 偏差。

注：

- 1) 只有当 SC200AI 处于 Active State 时，EFSYNC/FSYNC 触发才有效；
- 2) Sensor 会提前 40ns 退出 Blank Rows 进入 Active State。

SC200AI Slave mode 下的曝光实现如下图:

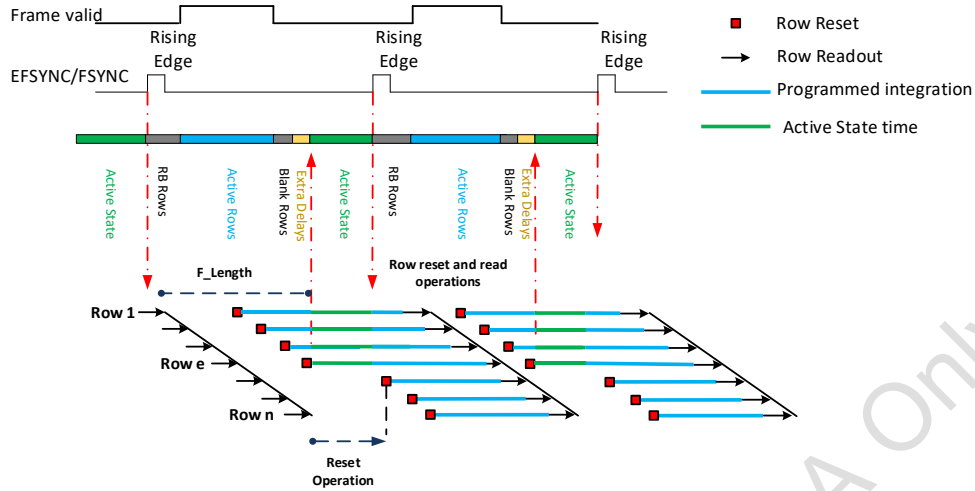


图 2-2 Slave Mode 曝光实现图

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, 如图 2-2 所示, 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 2-1 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[1]:Slave mode 使能控制 1~slave mode 0~master mode
Merge enable	16'h3225	8'h10	Bit[4]:Active Rows Blank Rows merge enable
Trigger Pad sel	16'h3224	8'h82	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
RB rows	{16'h3230,16'h3231}	16'h0004	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'h0465	帧长

## 2.2. 宽动态

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。SC200AI 支持行交叠 HDR。

### 2.2.1. 行交叠 HDR

SC200AI 行交叠 HDR 是指两种不同长短曝光时间的图像在帧内逐行交替输出。SC200AI 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合成带来的拖尾现象；SC200AI 行交叠 HDR 是通过不同曝光实现的，具有噪声小的优势。

SC200AI 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。

SC200AI 行交叠 HDR 使用 virtual channel 数据读出时序图如下图所示。

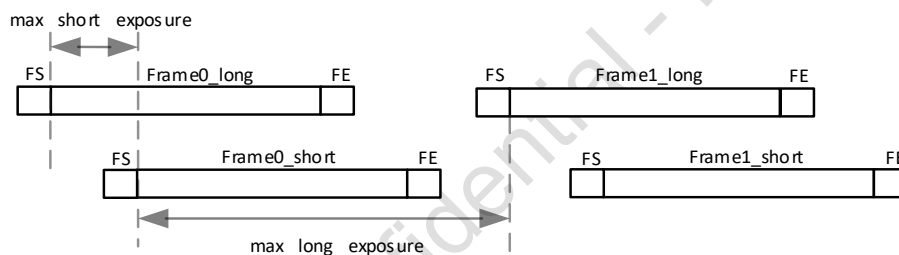


图 2-3 行交叠 HDR 使用 virtual channel 数据读出时序

SC200AI 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。

SC200AI 行交叠 HDR 不使用 virtual channel 时数据模式 a 的读出时序图如下图所示。

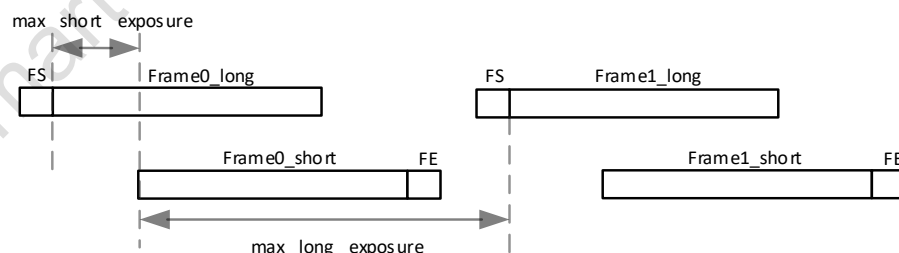


图 2-4 行交叠 HDR 不使用 virtual channel 数据模式 a 读出时序

注：

- 1) 长曝光数据，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)  $\text{max long exposure} = \text{帧长}(\{16'h320e, 16'h320f\}) - \text{max short exposure}$ 。

SC200AI 行交叠 HDR 不使用 virtual channel 时数据模式 b 的读出时序如下图所示。

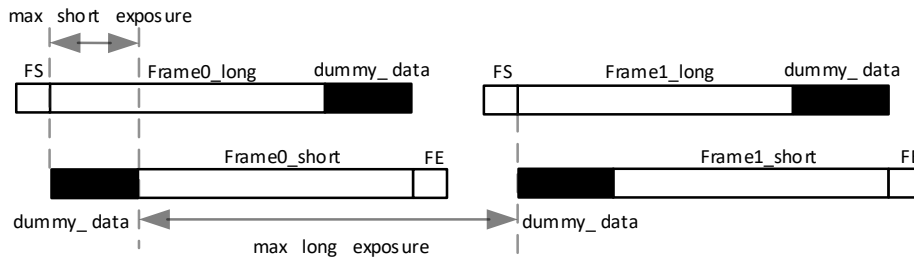


图 2-5 行交叠 HDR 不使用 virtual channel 时数据模式 b 的读出时序

表 2-2 HDR 控制寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
HDR mode enable	16'h3220	8'h13	Bit[6]: HDR mode 使能控制 1~HDR mode enable 0~HDR mode disable
MAX short exposure	{16'h3e23,16'h3e24}	16'h013e	Max short exposure
VC(Virtual Channel)	16'h4816	8'h71	Bit[4]: vc_s_en 1~short frame vc enable 0~ short frame vc disable Bit[3:2] :vc_l In HDR mode, vc_l is long frame vc In non-HDR mode, vc_l is normal vc Bit[1:0]:vc_s In HDR mode, vc_s is short frame vc In non-HDR mode, vc_s is reserved
In HDR no virtual channel mode select	16'h4503, 16'h3928, 16'h5002	8'h20 8'he1 8'h00	16'h4503[6]: sync href always enable 16'h3928[1]: blc keep black href 16'h5002[0]: isp dumd mode

## 2.3. 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。

### 2.3.1. AEC/AGC 的控制策略

SC200AI 本身没有 AEC 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，则降低曝光时间。

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。

### 2.3.2. AEC 控制寄存器说明

AEC 的控制寄存器如下表所示。

表 2-3 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]}	线性模式下手动曝光时间，寄存器值以半行为单位	1	1	2*{16'h320e,16'h320f} - 'd8
		行交叠 HDR 模式下的长曝光时间，寄存器值以半行为单位	4	1	2*{16'h320e,16'h320f} - 2*{16'h3e23,16'h3e24} - 'd10
短曝光时间	{16'h3e22[3:0] 16'h3e04[7:0], 16'h3e05[7:4]}	行交叠 HDR 模式下手动短曝光时间，寄存器值以半行为单位	4	1	2*{16'h3e23,16'h3e24} - 'd10

AEC 控制说明如下：

- 1) AEC 的调节步长为半行时间，半行时间为一行时间除以 2，一行时间计算方法参考 2.7 章节；
- 2) 曝光时间及增益若在第 N 帧写入，第 N+2 帧生效；
- 3) 曝光时间及增益的写入点：线性模式下建议在帧开始之后写入。行交叠 HDR 模式下建议长曝光数据的曝光时间及增益在长曝光数据帧开始之后写入，短曝光数据的曝光时间及增益在短曝光数据帧开始之后写入。

### 2.3.3. AGC 控制寄存器说明

AGC 的控制寄存器如下表所示。

表 2-4 增益寄存器控制

模式	ANA GAIN register	ANA FINE GAIN register	DIG GAIN register	DIG FINE GAIN register
线性模式/HDR 模式 长曝光	16'h3e08	16'h3e09	16'h3e06	16'h3e07
HDR 模式短曝光	16'h3e12	16'h3e13	16'h3e10	16'h3e11

SC200AI AGC 控制方法：将寄存器 16'h3e03 的 Bit[3:0] 设置为 4'hb:

模拟 gain 值如表 2-5 所示，数字 gain 值如表 2-6 所示。一般情况下，优先调节模拟 gain 值，模拟 gain 调节到上限时，如果要继续增大图像亮度，可以调节数字 gain 值。SC200AI 的 DIG FINE GAIN 的精度为 1/128，表 2-6 以 1/64 的精度为例，列出了 DIG FINE GAIN 的控制方法。



表 2-5 模拟 gain 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'h03	8'h40	1.000	0.00	8'h03	8'h66	1.594	4.05
8'h03	8'h41	1.016	0.13	8'h03	8'h67	1.609	4.13
8'h03	8'h42	1.031	0.27	8'h03	8'h68	1.625	4.22
8'h03	8'h43	1.047	0.40	8'h03	8'h69	1.641	4.30
8'h03	8'h44	1.063	0.53	8'h03	8'h6A	1.656	4.38
8'h03	8'h45	1.078	0.65	8'h03	8'h6B	1.672	4.46
8'h03	8'h46	1.094	0.78	8'h03	8'h6C	1.688	4.54
8'h03	8'h47	1.109	0.90	8'h03	8'h6D	1.703	4.62
8'h03	8'h48	1.125	1.02	8'h03	8'h6E	1.719	4.70
8'h03	8'h49	1.141	1.14	8'h03	8'h6F	1.734	4.78
8'h03	8'h4A	1.156	1.26	8'h03	8'h70	1.750	4.86
8'h03	8'h4B	1.172	1.38	8'h03	8'h71	1.766	4.94
8'h03	8'h4C	1.188	1.49	8'h03	8'h72	1.781	5.01
8'h03	8'h4D	1.203	1.61	8'h03	8'h73	1.797	5.09
8'h03	8'h4E	1.219	1.72	8'h03	8'h74	1.813	5.17
8'h03	8'h4F	1.234	1.83	8'h03	8'h75	1.828	5.24
8'h03	8'h50	1.250	1.94	8'h03	8'h76	1.844	5.31
8'h03	8'h51	1.266	2.05	8'h03	8'h77	1.859	5.39
8'h03	8'h52	1.281	2.15	8'h03	8'h78	1.875	5.46
8'h03	8'h53	1.297	2.26	8'h03	8'h79	1.891	5.53
8'h03	8'h54	1.313	2.36	8'h03	8'h7A	1.906	5.60
8'h03	8'h55	1.328	2.46	8'h03	8'h7B	1.922	5.67
8'h03	8'h56	1.344	2.57	8'h03	8'h7C	1.938	5.74
8'h03	8'h57	1.359	2.67	8'h03	8'h7D	1.953	5.81
8'h03	8'h58	1.375	2.77	8'h03	8'h7E	1.969	5.88
8'h03	8'h59	1.391	2.86	8'h03	8'h7F	1.984	5.95
8'h03	8'h5A	1.406	2.96	8'h07	8'h40	2.000	6.02
8'h03	8'h5B	1.422	3.06	8'h07	8'h41	2.031	6.16
8'h03	8'h5C	1.438	3.15	8'h07	8'h42	2.063	6.29
8'h03	8'h5D	1.453	3.25	8'h07	8'h43	2.094	6.42
8'h03	8'h5E	1.469	3.34	8'h07	8'h44	2.125	6.55
8'h03	8'h5F	1.484	3.43	8'h07	8'h45	2.156	6.67
8'h03	8'h60	1.500	3.52	8'h07	8'h46	2.188	6.80
8'h03	8'h61	1.516	3.61	8'h07	8'h47	2.219	6.92
8'h03	8'h62	1.531	3.70	8'h07	8'h48	2.250	7.04
8'h03	8'h63	1.547	3.79	8'h07	8'h49	2.281	7.16
8'h03	8'h64	1.563	3.88	8'h07	8'h4A	2.313	7.28
8'h03	8'h65	1.578	3.96	8'h07	8'h4B	2.344	7.40

ANA GAIN	ANA FINE GAIN	GAIN Value	dB Value	ANA GAIN	ANA FINE GAIN	GAIN Value	dB Value
8'h07	8'h4C	2.375	7.51	8'h23	8'h46	3.719	11.41
8'h07	8'h4D	2.406	7.63	8'h23	8'h47	3.772	11.53
8'h07	8'h4E	2.438	7.74	8'h23	8'h48	3.825	11.65
8'h07	8'h4F	2.469	7.85	8'h23	8'h49	3.878	11.77
8'h07	8'h50	2.500	7.96	8'h23	8'h4A	3.931	11.89
8'h07	8'h51	2.531	8.07	8'h23	8'h4B	3.984	12.01
8'h07	8'h52	2.563	8.17	8'h23	8'h4C	4.038	12.12
8'h07	8'h53	2.594	8.28	8'h23	8'h4D	4.091	12.24
8'h07	8'h54	2.625	8.38	8'h23	8'h4E	4.144	12.35
8'h07	8'h55	2.656	8.49	8'h23	8'h4F	4.197	12.46
8'h07	8'h56	2.688	8.59	8'h23	8'h50	4.250	12.57
8'h07	8'h57	2.719	8.69	8'h23	8'h51	4.303	12.68
8'h07	8'h58	2.750	8.79	8'h23	8'h52	4.356	12.78
8'h07	8'h59	2.781	8.88	8'h23	8'h53	4.409	12.89
8'h07	8'h5A	2.813	8.98	8'h23	8'h54	4.463	12.99
8'h07	8'h5B	2.844	9.08	8'h23	8'h55	4.516	13.09
8'h07	8'h5C	2.875	9.17	8'h23	8'h56	4.569	13.20
8'h07	8'h5D	2.906	9.27	8'h23	8'h57	4.622	13.30
8'h07	8'h5E	2.938	9.36	8'h23	8'h58	4.675	13.40
8'h07	8'h5F	2.969	9.45	8'h23	8'h59	4.728	13.49
8'h07	8'h60	3.000	9.54	8'h23	8'h5A	4.781	13.59
8'h07	8'h61	3.031	9.63	8'h23	8'h5B	4.834	13.69
8'h07	8'h62	3.063	9.72	8'h23	8'h5C	4.888	13.78
8'h07	8'h63	3.094	9.81	8'h23	8'h5D	4.941	13.88
8'h07	8'h64	3.125	9.90	8'h23	8'h5E	4.994	13.97
8'h07	8'h65	3.156	9.98	8'h23	8'h5F	5.047	14.06
8'h07	8'h66	3.188	10.07	8'h23	8'h60	5.100	14.15
8'h07	8'h67	3.219	10.15	8'h23	8'h61	5.153	14.24
8'h07	8'h68	3.250	10.24	8'h23	8'h62	5.206	14.33
8'h07	8'h69	3.281	10.32	8'h23	8'h63	5.259	14.42
8'h07	8'h6A	3.313	10.40	8'h23	8'h64	5.313	14.51
8'h07	8'h6B	3.344	10.48	8'h23	8'h65	5.366	14.59
8'h07	8'h6C	3.375	10.57	8'h23	8'h66	5.419	14.68
8'h23	8'h40	3.400	10.63	8'h23	8'h67	5.472	14.76
8'h23	8'h41	3.453	10.76	8'h23	8'h68	5.525	14.85
8'h23	8'h42	3.506	10.90	8'h23	8'h69	5.578	14.93
8'h23	8'h43	3.559	11.03	8'h23	8'h6A	5.631	15.01
8'h23	8'h44	3.613	11.16	8'h23	8'h6B	5.684	15.09
8'h23	8'h45	3.666	11.28	8'h23	8'h6C	5.738	15.17

ANA GAIN	ANA FINE GAIN	GAIN Value	dB Value	ANA GAIN	ANA FINE GAIN	GAIN Value	dB Value
8'h23	8'h6D	5.791	15.25	8'h27	8'h54	8.925	19.01
8'h23	8'h6E	5.844	15.33	8'h27	8'h55	9.031	19.11
8'h23	8'h6F	5.897	15.41	8'h27	8'h56	9.138	19.22
8'h23	8'h70	5.950	15.49	8'h27	8'h57	9.244	19.32
8'h23	8'h71	6.003	15.57	8'h27	8'h58	9.350	19.42
8'h23	8'h72	6.056	15.64	8'h27	8'h59	9.456	19.51
8'h23	8'h73	6.109	15.72	8'h27	8'h5A	9.563	19.61
8'h23	8'h74	6.163	15.80	8'h27	8'h5B	9.669	19.71
8'h23	8'h75	6.216	15.87	8'h27	8'h5C	9.775	19.80
8'h23	8'h76	6.269	15.94	8'h27	8'h5D	9.881	19.90
8'h23	8'h77	6.322	16.02	8'h27	8'h5E	9.988	19.99
8'h23	8'h78	6.375	16.09	8'h27	8'h5F	10.094	20.08
8'h23	8'h79	6.428	16.16	8'h27	8'h60	10.200	20.17
8'h23	8'h7A	6.481	16.23	8'h27	8'h61	10.306	20.26
8'h23	8'h7B	6.534	16.30	8'h27	8'h62	10.413	20.35
8'h23	8'h7C	6.588	16.37	8'h27	8'h63	10.519	20.44
8'h23	8'h7D	6.641	16.44	8'h27	8'h64	10.625	20.53
8'h23	8'h7E	6.694	16.51	8'h27	8'h65	10.731	20.61
8'h23	8'h7F	6.747	16.58	8'h27	8'h66	10.838	20.70
8'h27	8'h40	6.800	16.65	8'h27	8'h67	10.944	20.78
8'h27	8'h41	6.906	16.78	8'h27	8'h68	11.050	20.87
8'h27	8'h42	7.013	16.92	8'h27	8'h69	11.156	20.95
8'h27	8'h43	7.119	17.05	8'h27	8'h6A	11.263	21.03
8'h27	8'h44	7.225	17.18	8'h27	8'h6B	11.369	21.11
8'h27	8'h45	7.331	17.30	8'h27	8'h6C	11.475	21.20
8'h27	8'h46	7.438	17.43	8'h27	8'h6D	11.581	21.28
8'h27	8'h47	7.544	17.55	8'h27	8'h6E	11.688	21.35
8'h27	8'h48	7.650	17.67	8'h27	8'h6F	11.794	21.43
8'h27	8'h49	7.756	17.79	8'h27	8'h70	11.900	21.51
8'h27	8'h4A	7.863	17.91	8'h27	8'h71	12.006	21.59
8'h27	8'h4B	7.969	18.03	8'h27	8'h72	12.113	21.66
8'h27	8'h4C	8.075	18.14	8'h27	8'h73	12.219	21.74
8'h27	8'h4D	8.181	18.26	8'h27	8'h74	12.325	21.82
8'h27	8'h4E	8.288	18.37	8'h27	8'h75	12.431	21.89
8'h27	8'h4F	8.394	18.48	8'h27	8'h76	12.538	21.96
8'h27	8'h50	8.500	18.59	8'h27	8'h77	12.644	22.04
8'h27	8'h51	8.606	18.70	8'h27	8'h78	12.750	22.11
8'h27	8'h52	8.713	18.80	8'h27	8'h79	12.856	22.18
8'h27	8'h53	8.819	18.91	8'h27	8'h7A	12.963	22.25

ANA GAIN	ANA FINE GAIN	GAIN Value	dB Value	ANA GAIN	ANA FINE GAIN	GAIN Value	dB Value
8'h27	8'h7B	13.069	22.32	8'h2F	8'h62	20.825	26.37
8'h27	8'h7C	13.175	22.40	8'h2F	8'h63	21.038	26.46
8'h27	8'h7D	13.281	22.46	8'h2F	8'h64	21.250	26.55
8'h27	8'h7E	13.388	22.53	8'h2F	8'h65	21.463	26.63
8'h27	8'h7F	13.494	22.60	8'h2F	8'h66	21.675	26.72
8'h2F	8'h40	13.600	22.67	8'h2F	8'h67	21.888	26.80
8'h2F	8'h41	13.813	22.81	8'h2F	8'h68	22.100	26.89
8'h2F	8'h42	14.025	22.94	8'h2F	8'h69	22.313	26.97
8'h2F	8'h43	14.238	23.07	8'h2F	8'h6A	22.525	27.05
8'h2F	8'h44	14.450	23.20	8'h2F	8'h6B	22.738	27.13
8'h2F	8'h45	14.663	23.32	8'h2F	8'h6C	22.950	27.22
8'h2F	8'h46	14.875	23.45	8'h2F	8'h6D	23.163	27.30
8'h2F	8'h47	15.088	23.57	8'h2F	8'h6E	23.375	27.38
8'h2F	8'h48	15.300	23.69	8'h2F	8'h6F	23.588	27.45
8'h2F	8'h49	15.513	23.81	8'h2F	8'h70	23.800	27.53
8'h2F	8'h4A	15.725	23.93	8'h2F	8'h71	24.013	27.61
8'h2F	8'h4B	15.938	24.05	8'h2F	8'h72	24.225	27.69
8'h2F	8'h4C	16.150	24.16	8'h2F	8'h73	24.438	27.76
8'h2F	8'h4D	16.363	24.28	8'h2F	8'h74	24.650	27.84
8'h2F	8'h4E	16.575	24.39	8'h2F	8'h75	24.863	27.91
8'h2F	8'h4F	16.788	24.50	8'h2F	8'h76	25.075	27.98
8'h2F	8'h50	17.000	24.61	8'h2F	8'h77	25.288	28.06
8'h2F	8'h51	17.213	24.72	8'h2F	8'h78	25.500	28.13
8'h2F	8'h52	17.425	24.82	8'h2F	8'h79	25.713	28.20
8'h2F	8'h53	17.638	24.93	8'h2F	8'h7A	25.925	28.27
8'h2F	8'h54	17.850	25.03	8'h2F	8'h7B	26.138	28.35
8'h2F	8'h55	18.063	25.14	8'h2F	8'h7C	26.350	28.42
8'h2F	8'h56	18.275	25.24	8'h2F	8'h7D	26.563	28.49
8'h2F	8'h57	18.488	25.34	8'h2F	8'h7E	26.775	28.55
8'h2F	8'h58	18.700	25.44	8'h2F	8'h7F	26.988	28.62
8'h2F	8'h59	18.913	25.53	8'h3F	8'h40	27.200	28.69
8'h2F	8'h5A	19.125	25.63	8'h3F	8'h41	27.625	28.83
8'h2F	8'h5B	19.338	25.73	8'h3F	8'h42	28.050	28.96
8'h2F	8'h5C	19.550	25.82	8'h3F	8'h43	28.475	29.09
8'h2F	8'h5D	19.763	25.92	8'h3F	8'h44	28.900	29.22
8'h2F	8'h5E	19.975	26.01	8'h3F	8'h45	29.325	29.34
8'h2F	8'h5F	20.188	26.10	8'h3F	8'h46	29.750	29.47
8'h2F	8'h60	20.400	26.19	8'h3F	8'h47	30.175	29.59
8'h2F	8'h61	20.613	26.28	8'h3F	8'h48	30.600	29.71

ANA GAIN	ANA FINE GAIN	GAIN Value	dB Value	ANA GAIN	ANA FINE GAIN	GAIN Value	dB Value
8'h3F	8'h49	31.025	29.83	8'h3F	8'h65	42.925	32.65
8'h3F	8'h4A	31.450	29.95	8'h3F	8'h66	43.350	32.74
8'h3F	8'h4B	31.875	30.07	8'h3F	8'h67	43.775	32.82
8'h3F	8'h4C	32.300	30.18	8'h3F	8'h68	44.200	32.91
8'h3F	8'h4D	32.725	30.30	8'h3F	8'h69	44.625	32.99
8'h3F	8'h4E	33.150	30.41	8'h3F	8'h6A	45.050	33.07
8'h3F	8'h4F	33.575	30.52	8'h3F	8'h6B	45.475	33.16
8'h3F	8'h50	34.000	30.63	8'h3F	8'h6C	45.900	33.24
8'h3F	8'h51	34.425	30.74	8'h3F	8'h6D	46.325	33.32
8'h3F	8'h52	34.850	30.84	8'h3F	8'h6E	46.750	33.40
8'h3F	8'h53	35.275	30.95	8'h3F	8'h6F	47.175	33.47
8'h3F	8'h54	35.700	31.05	8'h3F	8'h70	47.600	33.55
8'h3F	8'h55	36.125	31.16	8'h3F	8'h71	48.025	33.63
8'h3F	8'h56	36.550	31.26	8'h3F	8'h72	48.450	33.71
8'h3F	8'h57	36.975	31.36	8'h3F	8'h73	48.875	33.78
8'h3F	8'h58	37.400	31.46	8'h3F	8'h74	49.300	33.86
8'h3F	8'h59	37.825	31.56	8'h3F	8'h75	49.725	33.93
8'h3F	8'h5A	38.250	31.65	8'h3F	8'h76	50.150	34.01
8'h3F	8'h5B	38.675	31.75	8'h3F	8'h77	50.575	34.08
8'h3F	8'h5C	39.100	31.84	8'h3F	8'h78	51.000	34.15
8'h3F	8'h5D	39.525	31.94	8'h3F	8'h79	51.425	34.22
8'h3F	8'h5E	39.950	32.03	8'h3F	8'h7A	51.850	34.29
8'h3F	8'h5F	40.375	32.12	8'h3F	8'h7B	52.275	34.37
8'h3F	8'h60	40.800	32.21	8'h3F	8'h7C	52.700	34.44
8'h3F	8'h61	41.225	32.30	8'h3F	8'h7D	53.125	34.51
8'h3F	8'h62	41.650	32.39	8'h3F	8'h7E	53.550	34.58
8'h3F	8'h63	42.075	32.48	8'h3F	8'h7F	53.975	34.64
8'h3F	8'h64	42.500	32.57				

表 2-6 数字 gain 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	0.00	8'h00	8'hcc	1.594	4.05
8'h00	8'h82	1.016	0.13	8'h00	8'hce	1.609	4.13
8'h00	8'h84	1.031	0.27	8'h00	8'hd0	1.625	4.22
8'h00	8'h86	1.047	0.40	8'h00	8'hd2	1.641	4.30
8'h00	8'h88	1.063	0.53	8'h00	8'hd4	1.656	4.38
8'h00	8'h8a	1.078	0.65	8'h00	8'hd6	1.672	4.46
8'h00	8'h8c	1.094	0.78	8'h00	8'hd8	1.688	4.54
8'h00	8'h8e	1.109	0.90	8'h00	8'1	1.703	4.62
8'h00	8'h90	1.125	1.02	8'h00	8'hdc	1.719	4.70
8'h00	8'h92	1.141	1.14	8'h00	8'hde	1.734	4.78
8'h00	8'h94	1.156	1.26	8'h00	8'he0	1.750	4.86
8'h00	8'h96	1.172	1.38	8'h00	8'he2	1.766	4.94
8'h00	8'h98	1.188	1.49	8'h00	8'he4	1.781	5.01
8'h00	8'h9a	1.203	1.61	8'h00	8'he6	1.797	5.09
8'h00	8'h9c	1.219	1.72	8'h00	8'he8	1.813	5.17
8'h00	8'h9e	1.234	1.83	8'h00	8'hea	1.828	5.24
8'h00	8'ha0	1.250	1.94	8'h00	8'hec	1.844	5.31
8'h00	8'ha2	1.266	2.05	8'h00	8'hee	1.859	5.39
8'h00	8'ha4	1.281	2.15	8'h00	8'hf0	1.875	5.46
8'h00	8'ha6	1.297	2.26	8'h00	8'hf2	1.891	5.53
8'h00	8'ha8	1.313	2.36	8'h00	8'hf4	1.906	5.60
8'h00	8'haa	1.328	2.46	8'h00	8'hf6	1.922	5.67
8'h00	8'hac	1.344	2.57	8'h00	8'hf8	1.938	5.74
8'h00	8'hae	1.359	2.67	8'h00	8'hfa	1.953	5.81
8'h00	8'hb0	1.375	2.77	8'h00	8'hfc	1.969	5.88
8'h00	8'hb2	1.391	2.86	8'h00	8'hfe	1.984	5.95
8'h00	8'hb4	1.406	2.96	8'h01	8'h80	2.000	6.02
8'h00	8'hb6	1.422	3.06	8'h01	8'h82	2.031	6.16
8'h00	8'hb8	1.438	3.15	8'h01	8'h84	2.063	6.29
8'h00	8'hba	1.453	3.25	8'h01	8'h86	2.094	6.42
8'h00	8'hbc	1.469	3.34	8'h01	8'h88	2.125	6.55
8'h00	8'hbe	1.484	3.43	8'h01	8'h8a	2.156	6.67
8'h00	8'hc0	1.500	3.52	8'h01	8'h8c	2.188	6.80
8'h00	8'hc2	1.516	3.61	8'h01	8'h8e	2.219	6.92
8'h00	8'hc4	1.531	3.70	8'h01	8'h90	2.250	7.04
8'h00	8'hc6	1.547	3.79	8'h01	8'h92	2.281	7.16
8'h00	8'hc8	1.563	3.88	8'h01	8'h94	2.313	7.28
8'h00	8'hca	1.578	3.96	8'h01	8'h96	2.344	7.40

DIG GAIN	DIG FINE GAIN	GAIN value	dB value	DIG GAIN	DIG FINE GAIN	GAIN value	dB value
8'h01	8'h98	2.375	7.51	8'h01	8'he6	3.594	11.11
8'h01	8'h9a	2.406	7.63	8'h01	8'he8	3.625	11.19
8'h01	8'h9c	2.438	7.74	8'h01	8'hea	3.656	11.26
8'h01	8'h9e	2.469	7.85	8'h01	8'hec	3.688	11.33
8'h01	8'ha0	2.500	7.96	8'h01	8'hee	3.719	11.41
8'h01	8'ha2	2.531	8.07	8'h01	8'hf0	3.750	11.48
8'h01	8'ha4	2.563	8.17	8'h01	8'hf2	3.781	11.55
8'h01	8'ha6	2.594	8.28	8'h01	8'hf4	3.813	11.62
8'h01	8'ha8	2.625	8.38	8'h01	8'hf6	3.844	11.70
8'h01	8'haa	2.656	8.49	8'h01	8'hf8	3.875	11.77
8'h01	8'hac	2.688	8.59	8'h01	8'hfa	3.906	11.84
8'h01	8'hae	2.719	8.69	8'h01	8'hfc	3.938	11.90
8'h01	8'hb0	2.750	8.79	8'h01	8'hfe	3.969	11.97
8'h01	8'hb2	2.781	8.88	8'h03	8'h80	4.000	12.04
8'h01	8'hb4	2.813	8.98	8'h03	8'h82	4.063	12.18
8'h01	8'hb6	2.844	9.08	8'h03	8'h84	4.125	12.31
8'h01	8'hb8	2.875	9.17	8'h03	8'h86	4.188	12.44
8'h01	8'hba	2.906	9.27	8'h03	8'h88	4.250	12.57
8'h01	8'hbc	2.938	9.36	8'h03	8'h8a	4.313	12.69
8'h01	8'hbe	2.969	9.45	8'h03	8'h8c	4.375	12.82
8'h01	8'hc0	3.000	9.54	8'h03	8'h8e	4.438	12.94
8'h01	8'hc2	3.031	9.63	8'h03	8'h90	4.500	13.06
8'h01	8'hc4	3.063	9.72	8'h03	8'h92	4.563	13.18
8'h01	8'hc6	3.094	9.81	8'h03	8'h94	4.625	13.30
8'h01	8'hc8	3.125	9.90	8'h03	8'h96	4.688	13.42
8'h01	8'hca	3.156	9.98	8'h03	8'h98	4.750	13.53
8'h01	8'hcc	3.188	10.07	8'h03	8'h9a	4.813	13.65
8'h01	8'hce	3.219	10.15	8'h03	8'h9c	4.875	13.76
8'h01	8'hd0	3.250	10.24	8'h03	8'h9e	4.938	13.87
8'h01	8'hd2	3.281	10.32	8'h03	8'ha0	5.000	13.98
8'h01	8'hd4	3.313	10.40	8'h03	8'ha2	5.063	14.09
8'h01	8'hd6	3.344	10.48	8'h03	8'ha4	5.125	14.19
8'h01	8'hd8	3.375	10.57	8'h03	8'ha6	5.188	14.30
8'h01	8'i	3.406	10.65	8'h03	8'ha8	5.250	14.40
8'h01	8'hdc	3.438	10.72	8'h03	8'haa	5.313	14.51
8'h01	8'hde	3.469	10.80	8'h03	8'hac	5.375	14.61
8'h01	8'he0	3.500	10.88	8'h03	8'hae	5.438	14.71
8'h01	8'he2	3.531	10.96	8'h03	8'hb0	5.500	14.81
8'h01	8'he4	3.563	11.04	8'h03	8'hb2	5.563	14.91

DIG GAIN	DIG FINE GAIN	GAIN value	dB value	DIG GAIN	DIG FINE GAIN	GAIN value	dB value
8'h03	8'hb4	5.625	15.00	8'h07	8'h82	8.125	18.20
8'h03	8'hb6	5.688	15.10	8'h07	8'h84	8.250	18.33
8'h03	8'hb8	5.750	15.19	8'h07	8'h86	8.375	18.46
8'h03	8'hba	5.813	15.29	8'h07	8'h88	8.500	18.59
8'h03	8'hbc	5.875	15.38	8'h07	8'h8a	8.625	18.72
8'h03	8'hbe	5.938	15.47	8'h07	8'h8c	8.750	18.84
8'h03	8'hc0	6.000	15.56	8'h07	8'h8e	8.875	18.96
8'h03	8'hc2	6.063	15.65	8'h07	8'h90	9.000	19.08
8'h03	8'hc4	6.125	15.74	8'h07	8'h92	9.125	19.20
8'h03	8'hc6	6.188	15.83	8'h07	8'h94	9.250	19.32
8'h03	8'hc8	6.250	15.92	8'h07	8'h96	9.375	19.44
8'h03	8'hca	6.313	16.00	8'h07	8'h98	9.500	19.55
8'h03	8'hcc	6.375	16.09	8'h07	8'h9a	9.625	19.67
8'h03	8'hce	6.438	16.17	8'h07	8'h9c	9.750	19.78
8'h03	8'hd0	6.500	16.26	8'h07	8'h9e	9.875	19.89
8'h03	8'hd2	6.563	16.34	8'h07	8'ha0	10.000	20.00
8'h03	8'hd4	6.625	16.42	8'h07	8'ha2	10.125	20.11
8'h03	8'hd6	6.688	16.51	8'h07	8'ha4	10.250	20.21
8'h03	8'hd8	6.750	16.59	8'h07	8'ha6	10.375	20.32
8'h03	8'l	6.813	16.67	8'h07	8'ha8	10.500	20.42
8'h03	8'hdc	6.875	16.75	8'h07	8'haa	10.625	20.53
8'h03	8'hde	6.938	16.82	8'h07	8'hac	10.750	20.63
8'h03	8'he0	7.000	16.90	8'h07	8'hae	10.875	20.73
8'h03	8'he2	7.063	16.98	8'h07	8'hb0	11.000	20.83
8'h03	8'he4	7.125	17.06	8'h07	8'hb2	11.125	20.93
8'h03	8'he6	7.188	17.13	8'h07	8'hb4	11.250	21.02
8'h03	8'he8	7.250	17.21	8'h07	8'hb6	11.375	21.12
8'h03	8'hea	7.313	17.28	8'h07	8'hb8	11.500	21.21
8'h03	8'hec	7.375	17.36	8'h07	8'hba	11.625	21.31
8'h03	8'hee	7.438	17.43	8'h07	8'hbc	11.750	21.40
8'h03	8'hf0	7.500	17.50	8'h07	8'hbe	11.875	21.49
8'h03	8'hf2	7.563	17.57	8'h07	8'hc0	12.000	21.58
8'h03	8'hf4	7.625	17.64	8'h07	8'hc2	12.125	21.67
8'h03	8'hf6	7.688	17.72	8'h07	8'hc4	12.250	21.76
8'h03	8'hf8	7.750	17.79	8'h07	8'hc6	12.375	21.85
8'h03	8'hfa	7.813	17.86	8'h07	8'hc8	12.500	21.94
8'h03	8'hfc	7.875	17.93	8'h07	8'hca	12.625	22.02
8'h03	8'hfe	7.938	17.99	8'h07	8'hcc	12.750	22.11
8'h07	8'h80	8.000	18.06	8'h07	8'hce	12.875	22.19



DIG GAIN	DIG FINE GAIN	GAIN value	dB value	DIG GAIN	DIG FINE GAIN	GAIN value	dB value
8'h07	8'hd0	13.000	22.28	8'h0f	8'h9e	19.750	25.91
8'h07	8'hd2	13.125	22.36	8'h0f	8'ha0	20.000	26.02
8'h07	8'hd4	13.250	22.44	8'h0f	8'ha2	20.250	26.13
8'h07	8'hd6	13.375	22.53	8'h0f	8'ha4	20.500	26.24
8'h07	8'hd8	13.500	22.61	8'h0f	8'ha6	20.750	26.34
8'h07	8'hd	13.625	22.69	8'h0f	8'ha8	21.000	26.44
8'h07	8'hdc	13.750	22.77	8'h0f	8'haa	21.250	26.55
8'h07	8'hde	13.875	22.84	8'h0f	8'hac	21.500	26.65
8'h07	8'he0	14.000	22.92	8'h0f	8'hae	21.750	26.75
8'h07	8'he2	14.125	23.00	8'h0f	8'hb0	22.000	26.85
8'h07	8'he4	14.250	23.08	8'h0f	8'hb2	22.250	26.95
8'h07	8'he6	14.375	23.15	8'h0f	8'hb4	22.500	27.04
8'h07	8'he8	14.500	23.23	8'h0f	8'hb6	22.750	27.14
8'h07	8'hea	14.625	23.30	8'h0f	8'hb8	23.000	27.23
8'h07	8'hec	14.750	23.38	8'h0f	8'hba	23.250	27.33
8'h07	8'hee	14.875	23.45	8'h0f	8'hbc	23.500	27.42
8'h07	8'hf0	15.000	23.52	8'h0f	8'hbe	23.750	27.51
8'h07	8'hf2	15.125	23.59	8'h0f	8'hc0	24.000	27.60
8'h07	8'hf4	15.250	23.67	8'h0f	8'hc2	24.250	27.69
8'h07	8'hf6	15.375	23.74	8'h0f	8'hc4	24.500	27.78
8'h07	8'hf8	15.500	23.81	8'h0f	8'hc6	24.750	27.87
8'h07	8'hfa	15.625	23.88	8'h0f	8'hc8	25.000	27.96
8'h07	8'hfc	15.750	23.95	8'h0f	8'hca	25.250	28.05
8'h07	8'hfe	15.875	24.01	8'h0f	8'hcc	25.500	28.13
8'h0f	8'h80	16.000	24.08	8'h0f	8'hce	25.750	28.22
8'h0f	8'h82	16.250	24.22	8'h0f	8'hd0	26.000	28.30
8'h0f	8'h84	16.500	24.35	8'h0f	8'hd2	26.250	28.38
8'h0f	8'h86	16.750	24.48	8'h0f	8'hd4	26.500	28.46
8'h0f	8'h88	17.000	24.61	8'h0f	8'hd6	26.750	28.55
8'h0f	8'h8a	17.250	24.74	8'h0f	8'hd8	27.000	28.63
8'h0f	8'h8c	17.500	24.86	8'h0f	8'hd	27.250	28.71
8'h0f	8'h8e	17.750	24.98	8'h0f	8'hdc	27.500	28.79
8'h0f	8'h90	18.000	25.11	8'h0f	8'hde	27.750	28.87
8'h0f	8'h92	18.250	25.23	8'h0f	8'he0	28.000	28.94
8'h0f	8'h94	18.500	25.34	8'h0f	8'he2	28.250	29.02
8'h0f	8'h96	18.750	25.46	8'h0f	8'he4	28.500	29.10
8'h0f	8'h98	19.000	25.58	8'h0f	8'he6	28.750	29.17
8'h0f	8'h9a	19.250	25.69	8'h0f	8'he8	29.000	29.25
8'h0f	8'h9c	19.500	25.80	8'h0f	8'hea	29.250	29.32

DIG GAIN	DIG FINE GAIN	GAIN value	dB value	DIG GAIN	DIG FINE GAIN	GAIN value	dB value
8'h0f	8'hec	29.500	29.40	8'h0f	8'hf6	30.750	29.76
8'h0f	8'hee	29.750	29.47	8'h0f	8'hf8	31.000	29.83
8'h0f	8'hf0	30.000	29.54	8'h0f	8'hfa	31.250	29.90
8'h0f	8'hf2	30.250	29.61	8'h0f	8'hfc	31.500	29.97
8'h0f	8'hf4	30.500	29.69	8'h0f	8'hfe	31.750	30.03

SmartSens Confidential - NDA Only

## 2.4. GROUP HOLD

SC200AI 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。SC200AI 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 2-7 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[3:0]: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

## 2.5. DPC

SC200AI 支持 DPC 功能。SC200AI 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。SC200AI 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），具体控制寄存器如表 2-8。

表 2-8 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'b1	white dead 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'b1	black dead pixel cancellation enable 1~enable 0~disable
亮坏点消除功能开关	行交叠 HDR 短曝光	16'5002[2]	1'b1	white dead pixel cancellation enable 1~enable 0~disable
暗坏点消除功能开关	行交叠 HDR 短曝光	16'5002[1]	1'b1	black dead pixel cancellation enable 1~enable 0~disable

## 2.6. 视频输出模式

### 2.6.1. 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)。

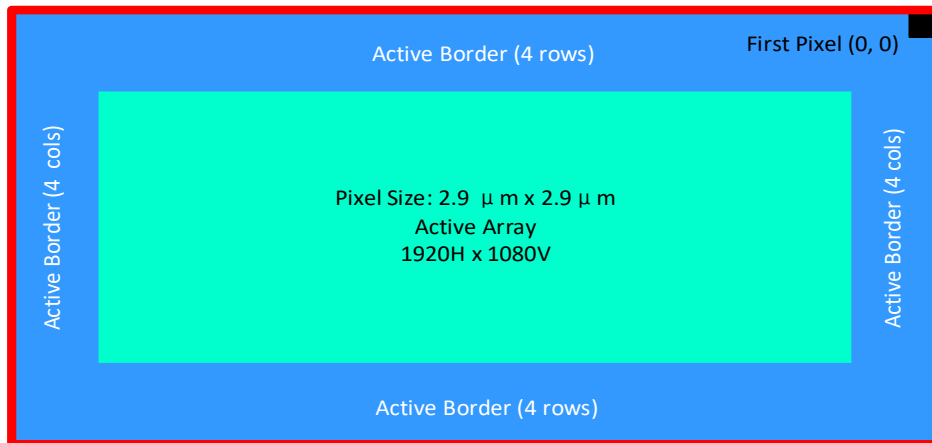


图 2-6 像素阵列图一

下图给出了 first pixel 的数据颜色格式。

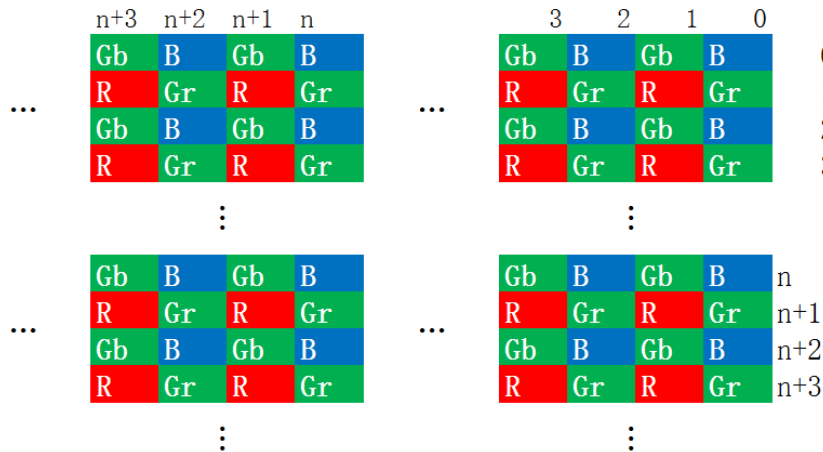


图 2-7 像素阵列图二

SC200AI 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 2-8 镜像和倒置实例

表 2-9 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

## 2.6.2. 输出窗口

表 2-10 输出窗口寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
窗口宽度	{16'h3208, 16'h3209}	16'h0780	输出窗口宽度
窗口高度	{16'h320a, 16'h320b}	16'h0438	输出窗口高度
列起始	{16'h3210, 16'h3211}	16'h0004	输出窗口列起始位置
行起始	{16'h3212, 16'h3213}	16'h0004	输出窗口行起始位置

## 2.7. 帧率计算

SC200AI 帧率由 FAE 提供，在此给出一种简单的计算一行时间的方法：

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

表 2-11 帧率相关寄存器

功能	寄存器地址	默认值	描述
帧长	{16'h320e[6:0],16'h320f}	16'h0465	帧长={16'h320e[6:0],16'h320f}

## 2.8. 测试模式

为方便测试，SC200AI 提供一种灰度递增测试模式，如下图所示。



图 2-9 测试模式

表 2-12 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'hbc	8'hb4	Bit[3]: incremental pattern enable 0~ normal image 1~ incremental pattern
	16'h3902	8'h85	8'hc5	Bit[6]:BLC auto enable 0~ BLC auto enable 1~ BLC manual enable
	16'h3e07	8'h40	8'h80	Bit[7:0]: digital fine gain

### 3. 电气特性

表 3-1 绝对最大额定值（以上所有电压都是 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	$V_{DVDD}$	-0.3~1.4	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 3-2 直流电气特性（以上所有电压都是 to pad 电压）

项目	符号	最小值	典型值	最大值	单位
<b>电源</b>					
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	$V_{DVDD}$	1.1	1.2	1.3	V
<b>电流（工作电流*1 线性模式 60fps MIPI 2-lane output）</b>					
模拟电源电流	$I_{AVDD}$	—	17.4	—	mA
I/O 电源电流	$I_{DOVDD}$	—	0.4	—	mA
数字电源电流	$I_{DVDD}$	—	35.9	—	mA
<b>数字输入</b>					
输入低电平	$V_{IL}$	—	—	$0.3 \times DOVDD$	V
输入高电平	$V_{IH}$	$0.7 \times DOVDD$	—	—	V
输入电容	$C_{IN}$	—	—	10	pF
<b>数字输出（25pF 标准负载）</b>					
输出高电平	$V_{OH}$	$0.9 \times DOVDD$	—	—	V
输出低电平	$V_{OL}$	—	—	$0.1 \times DOVDD$	V
<b>串行接口输入（SCL 和 SDA）</b>					
输入低电平	$V_{IL}$	-0.5	0	$0.3 \times DOVDD$	V
输入高电平	$V_{IH}$	$0.7 \times DOVDD$	$DOVDD$	$DOVDD + 0.5$	V

注：\*1 工作电流：（典型值）工作电压 2.8V/1.8V/1.2V， $T_J=25^\circ\text{C}$ ；

亮度条件：芯片亮度达到最大亮度 1/3 时。

表 3-3 交流特性 (TA=25° C, AVDD=2.8V, DOVDD=1.8V)

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

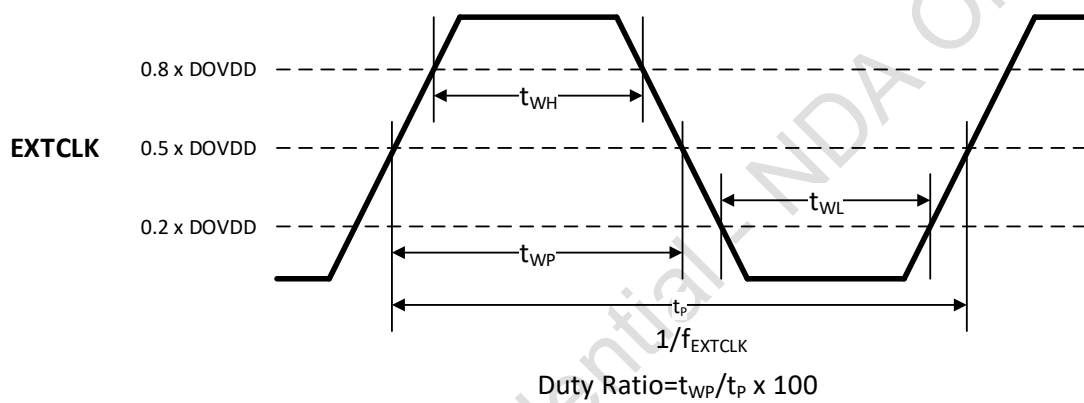


图 3-1 外部时钟 (EXTCLK) 波形图



## 4. 光学特性

### 4.1. QE 曲线

SC200AI QE 曲线如下图所示。

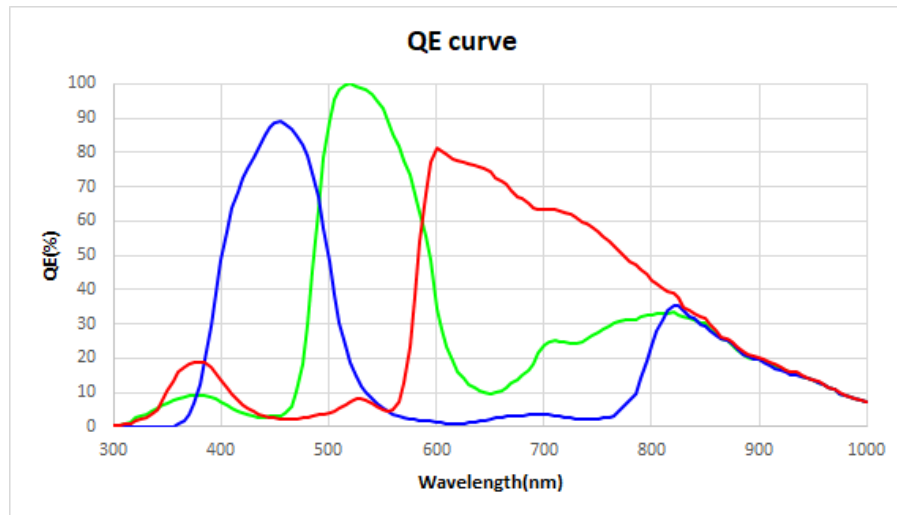


图 4-1 QE 曲线

### 4.2. 主光线入射角 (CRA)

SC200AI CRA 曲线如下图所示 4-2 所示。

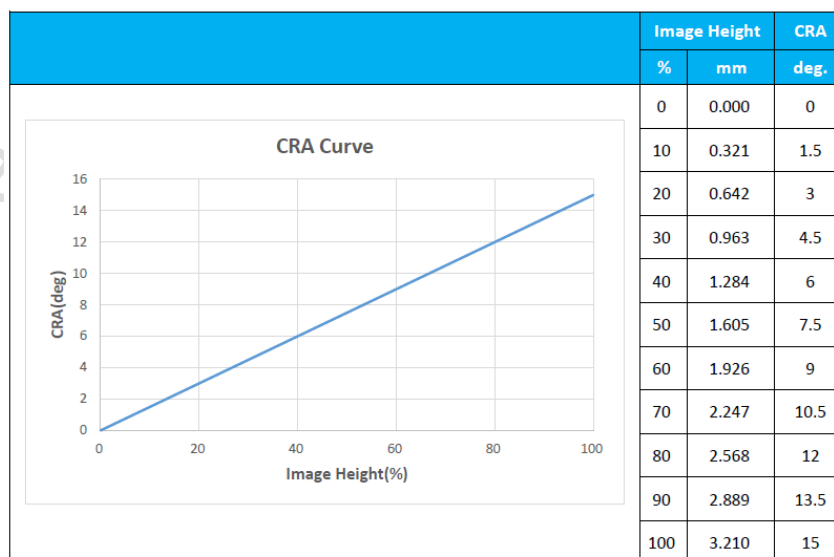


图 4-2 CRA Curve

## 5. 封装信息

SC200AI 提供 41-pin CSP 的封装，封装尺寸如图 5-1 所示。

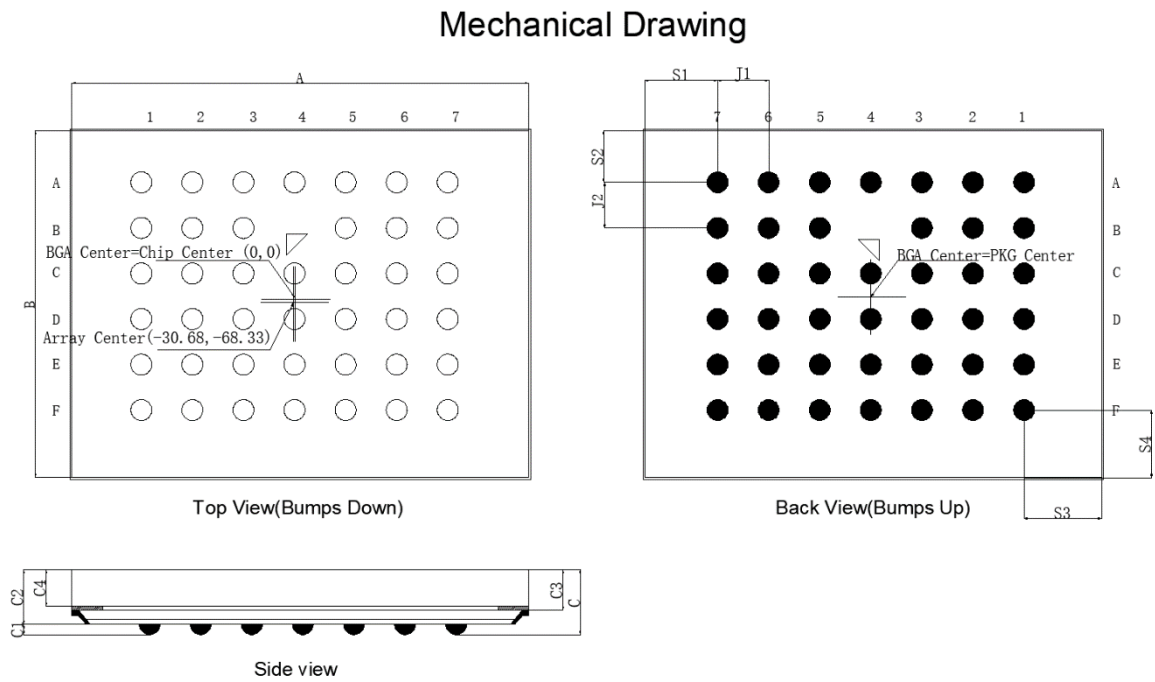


图 5-1 封装示意图

注：芯片的 Chip Center 与 Array Center (Optical Center) 不重合，BGA Center 与 Optical Center 也不重合。以 BGA Center 为原点，Optical Center 为 (-30.68, -68.33)，Chip Center 为 (0, 0)，单位为  $\mu\text{m}$ 。

表 5-1 封装尺寸表

Parameter	Symbol	Nominal	Min	Max	Nominal	Min	Max
		Millimeters			Inches		
Package Body Dimension X	A	6.260	6.235	6.285	0.247	0.246	0.247
Package Body Dimension Y	B	4.069	4.044	4.094	0.160	0.159	0.161
Package Height	C	0.68	0.625	0.735	0.027	0.025	0.029
Thickness from top glass surface to wafer	C3	0.344	0.339	0.349	0.014	0.013	0.014
Glass Thickness	C4	0.300	0.290	0.310	0.012	0.011	0.012
Package Body Thickness	C2	0.53	0.495	0.565	0.021	0.019	0.022
Ball Height	C1	0.150	0.120	0.180	0.006	0.005	0.007
Ball Diameter	D	0.300	0.270	0.330	0.012	0.011	0.013
Total Ball Count	N	41	-	-	-	-	-
Ball Count X axis	N1	7	-	-	-	-	-
Ball Count Y axis	N2	6	-	-	-	-	-
Pins Pitch X axis1	J1	0.730	0.720	0.740	0.029	0.028	0.029
Pins Pitch Y axis1	J2	0.650	0.640	0.660	0.026	0.025	0.026
Edge to Ball Center Distance along X	S1	0.940	0.910	0.970	0.037	0.036	0.038
Edge to Ball Center Distance along Y	S2	0.410	0.380	0.440	0.016	0.015	0.017
Edge to Ball Center Distance along X	S3	0.940	0.910	0.970	0.037	0.036	0.038
Edge to Ball Center Distance along Y	S4	0.410	0.380	0.440	0.016	0.015	0.017

SmartSens

## 6. 订购信息

表 6-1 订购信息表

产品编号	封装形式	描述
SC200AI-CSBNN00	41-pin CSP	2.0 Megapixel, RAW / RGB, DVP/MIPI output

SmartSens Confidential - NDA Only

## 7. 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/2020.3.12
0.2	增加灵敏度、动态范围、信噪比和 QE 曲线	Vicky Song/2020.4.3
0.3	<ul style="list-style-type: none"><li>更新首页应用领域</li><li>图 5-1 封装示意图中的实心指示箭头改为空心指示箭头</li></ul>	Vicky Song/ 2020.4.8
0.4	增加订购料号	Vicky Song/ 2020.5.6
0.5	删除近红外增强特性	Vicky Song/ 2020.5.25
0.6	增加 ESD 等级	Vicky Song/ 2020.5.29

**联系我们：**

**总部：**

地址：上海市徐汇区宜山路 1009 号 11 楼

电话：021-64853570

传真：021-64853570-8009

邮箱：[sales@smartsensotech.com](mailto: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](mailto:support@smartsensotech.com)