



**SMARTSENS**

**SmartSens™**

# **SC5235 数据手册**

---

**V1.7**

**2018.11.1**

SmartSens Confidential – NDA only

## 应用

- 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

## 特性

- 高光敏度
- 支持外部控制帧率及多 sensor 同步
- 16x 模拟增益, 32x 数字增益
- 水平/垂直窗口调整
- 水平/垂直窗口翻转
- 支持 2x2 binning 模式
- 高动态范围
  - 支持行间宽动态
- 高信噪比
- I2C 接口寄存器编程
- 低功耗

## 关键指标 (典型值)

- 分辨率: 500 万
- 像素阵列: 2592H×1944V
- 像素尺寸: 1.998μm×1.998μm
- 镜头光学尺寸: 1/2.7"
- 最大图像传输速率:
  - 2592H×1944V @20fps
  - 2560H×1440V @30fps
- 输出接口:
  - 12/10/8-bit 2lane MIPI
- 输出格式: RAW RGB
- CRA: 15°
- 灵敏度: 2800mV/Lux-s
- 动态范围:
  - HDR 模式 100dB
  - 非 HDR 模式 74dB
- 信噪比: 39dB
- 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±0.1V
  - DVDD = 1.5V±0.1V
  - DOVDD = 1.8V±0.1V
- 封装: 41pin CSP
- 封装尺寸: 5.965mm×4.922mm

## 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. 睡眠模式.....             | 11 |
| 1.4.3. 复位模式.....             | 11 |
| 1.5. 配置接口.....               | 12 |
| 1.6. Sensor ID .....         | 13 |
| 1.7. 数据接口.....               | 14 |
| 1.8. 锁相环.....                | 16 |
| 2. 功能介绍.....                 | 17 |
| 2.1. SLAVE MODE .....        | 17 |
| 2.2. HDR .....               | 19 |
| 2.3. AEC/AGC.....            | 21 |
| 2.3.1. AEC/AGC 的控制策略 .....   | 21 |
| 2.3.2. AEC/AGC 控制寄存器说明 ..... | 22 |
| 2.4. GROUP_HOLD .....        | 28 |
| 2.5. 视频输出模式.....             | 28 |
| 2.5.1. 读取顺序.....             | 28 |
| 2.5.2. 输出窗口.....             | 30 |
| 2.6. 帧率计算.....               | 30 |
| 2.6.1. Master Mode.....      | 30 |
| 2.6.2. Slave Mode.....       | 31 |
| 2.7. 测试模式.....               | 31 |

---

|              |    |
|--------------|----|
| 3. 电气特性..... | 33 |
| 4. 光学特性..... | 35 |
| 5. 封装信息..... | 36 |

SmartSens Confidential – NDA only

## 图片索引

|  |    |
|--|----|
| 图 1-1 SC5235 结构图 .....                             | 7  |
| 图 1-2 典型应用示意图 .....                                | 8  |
| 图 1-3 SC5235 封装引脚图 .....                           | 10 |
| 图 1-4 上电时序图 .....                                  | 11 |
| 图 1-5 I2C 接口时序 .....                               | 12 |
| 图 1-6 MIPI 时序 .....                                | 14 |
| 图 1-7 MIPI 底层数据包示意图 .....                          | 14 |
| 图 1-8 MIPI 长/短数据包结构示意图 .....                       | 15 |
| 图 1-9 MIPI 数据包 DI 结构 .....                         | 15 |
| 图 1-10 PLL 控制示意图 .....                             | 16 |
| 图 2-1 Slave Mode 时序图 .....                         | 17 |
| 图 2-2 Slave Mode 曝光实现图 .....                       | 18 |
| 图 2-3 行间 HDR 使用 virtual channel 数据读出时序 .....       | 19 |
| 图 2-4 行间 HDR 不使用 virtual channel 数据模式 a 读出时序 ..... | 20 |
| 图 2-5 行间 HDR 不使用 virtual channel 数据模式 b 读出时序 ..... | 20 |
| 图 2-6 像素阵列图一 .....                                 | 29 |
| 图 2-7 像素阵列图二 .....                                 | 29 |
| 图 2-8 镜像和倒置实例 .....                                | 29 |
| 图 2-9 视频有效输出示意图 .....                              | 31 |
| 图 2-10 测试模式 .....                                  | 32 |
| 图 4-1 SC5235 光谱曲线 .....                            | 35 |
| 图 5-1 SC5235 封装示意图 .....                           | 36 |

## 表格索引

|   |    |
|---|----|
| 表 1-1 SC5235 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 .....                          | 12 |
| 表 1-4 I2C 接口时序详细参数 .....                      | 13 |
| 表 1-5 SENSOR ID 寄存器 .....                     | 13 |
| 表 1-6 MIPI 数据类型 .....                         | 15 |
| 表 1-7 MIPI 调整寄存器 .....                        | 16 |
| 表 2-1 Slave mode 控制寄存器 .....                  | 19 |
| 表 2-2 HDR 控制寄存器 .....                         | 20 |
| 表 2-3 增益/曝光的手动控制寄存器 .....                     | 22 |
| 表 2-4 Normal 模式/HDR 模式下增益寄存器控制 .....          | 23 |
| 表 2-5 模拟 gain 值控制寄存器 .....                    | 24 |
| 表 2-6 数字 gain 值控制寄存器 .....                    | 26 |
| 表 2-5 Group hold 控制寄存器 .....                  | 28 |
| 表 2-8 镜像和倒置模式控制寄存器 .....                      | 29 |
| 表 2-9 输出窗口寄存器 .....                           | 30 |
| 表 2-10 帧率相关寄存器 .....                          | 31 |
| 表 2-11 测试模式控制寄存器 .....                        | 32 |
| 表 3-1 绝对最大额定值（以上所有电压都是 to pad 电压） .....       | 33 |
| 表 3-2 直流电气特性（以上所有电压都是 to pad 电压） .....        | 33 |
| 表 3-3 交流特性（TA=25℃，AVDD=2.8V，DOVDD=1.8V） ..... | 34 |
| 表 5-1 封装尺寸表 .....                             | 36 |

## 1. 系统描述

### 1.1. 芯片概述

SC5235 是监控相机领域先进的数字 CMOS 图像传感器，最高支持 2592H×1944V @ 20fps 的传输速率。SC5235 输出 raw 格式图像，有效像素窗口为 2592H×1944V，支持复杂的片上操作——例如窗口化、水平或垂直镜像化等。

SC5235 可以通过标准的 I<sup>2</sup>C 接口进行配置。

SC5235 可以通过 EFSYNC 引脚实现外部控制曝光。

### 1.2. 系统框架

图 1-1 展示了 SC5235 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。

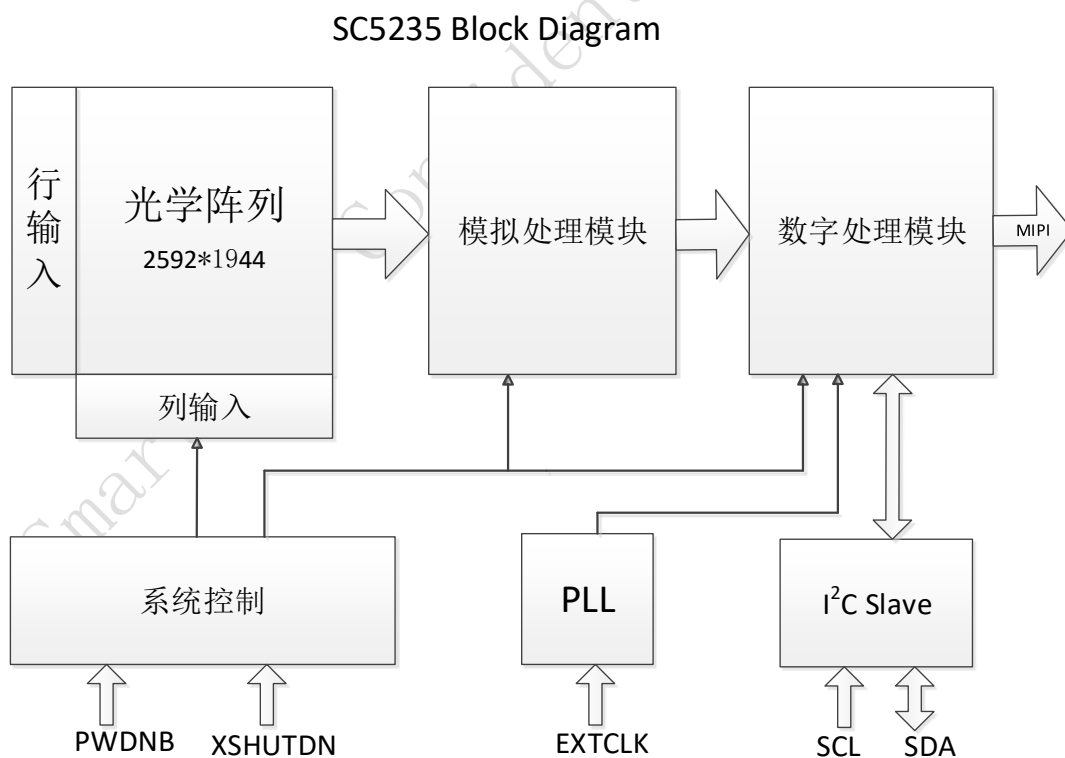


图 1-1 SC5235 结构图

SC5235 支持 MIPI 接口，下是其典型应用示意图。

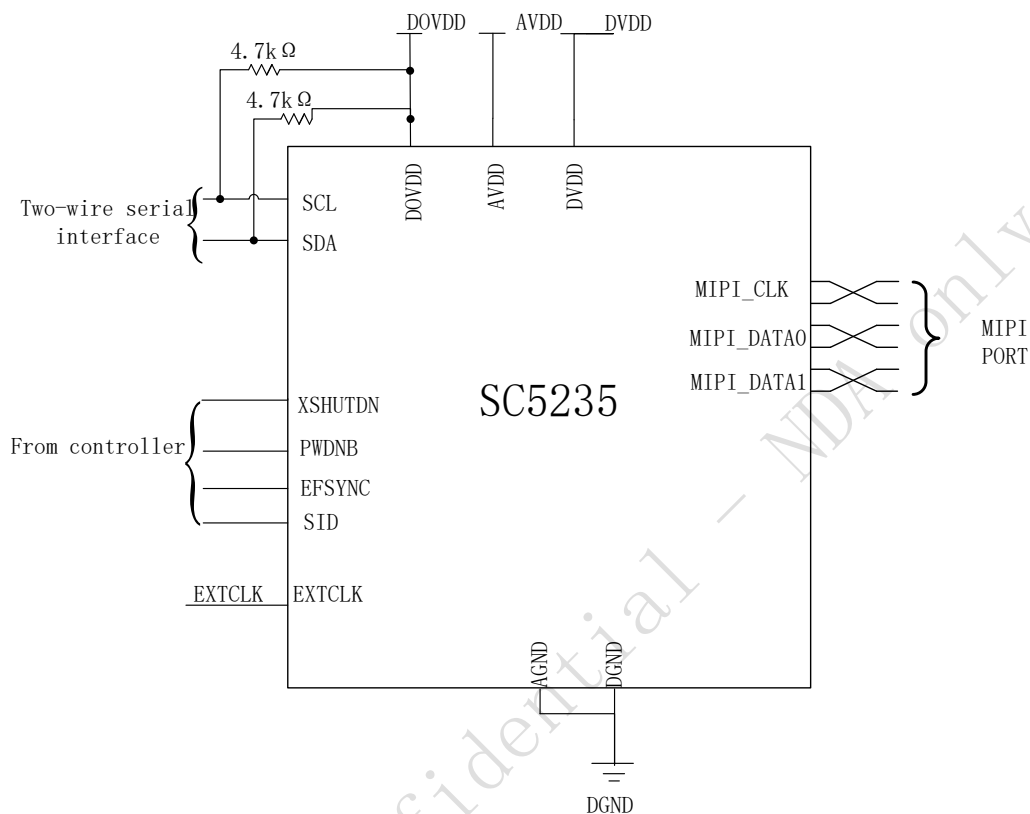


图 1-2 典型应用示意图

### 1.3. 引脚描述

表 1-1 列出了 SC5235 图像传感器的引脚信息及相关描述。

表 1-1 SC5235 引脚描述

| Top View |    |      |      |           |
|----------|----|------|------|-----------|
| 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   | -    | -         |
| 3        | A3 | SCL  | 输入   | I2C 时钟线   |



| 序号 | 编号 | 信号名     | 引脚类型  | 描述  |
|----|----|---------|-------|---|
| 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, 对应 Device ID 是 7'h30) |
| 6  | A6 | VREFN   | 输出    | 内部参考电压 (外接电容至 AGND)                                       |
| 7  | A7 | AVDD    | 电源    | 2.8V 模拟电源   |
| 8  | B1 | AGND    | 地线    | 模拟地   |
| 9  | B2 | FSYNC   | 输出    | 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    | 1.5V 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    | IO 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 | NC      | -     | -   |
| 19 | C6 | NC      | -     | -   |
| 20 | C7 | AVDD    | 电源    | 2.8V 模拟电源   |
| 21 | D1 | NC      | -     | -   |
| 22 | D2 | DOGND   | 地线    | IO 地  |
| 23 | D3 | NC      | -     | -   |
| 24 | D4 | DOVDD   | 电源    | 1.8V IO 电源  |
| 25 | D5 | NC      | -     | -   |
| 26 | D6 | DVDD    | 电源    | 1.5V 数字电源   |
| 27 | D7 | TXVDD   | 输出    | 内部参考电压 (外接电容至 AGND)                                       |
| 28 | E1 | NC      | -     | -   |
| 29 | E2 | DOVDD   | 电源    | 1.8V IO 电源  |
| 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    | IO 地  |
| 34 | E7 | VREFH   | 输出    | 内部参考电压 (外接电容至 AGND)                                       |
| 35 | F1 | NC      | -     | -   |
| 36 | F2 | NC      | -     | -   |

| 序号 | 编号 | 信号名    | 引脚类型 | 描述                  |
|----|----|--------|------|---------------------|
| 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   | IO 地                |
| 41 | F7 | VREFN2 | 输出   | 内部参考电压 (外接电容至 AGND) |

Top View

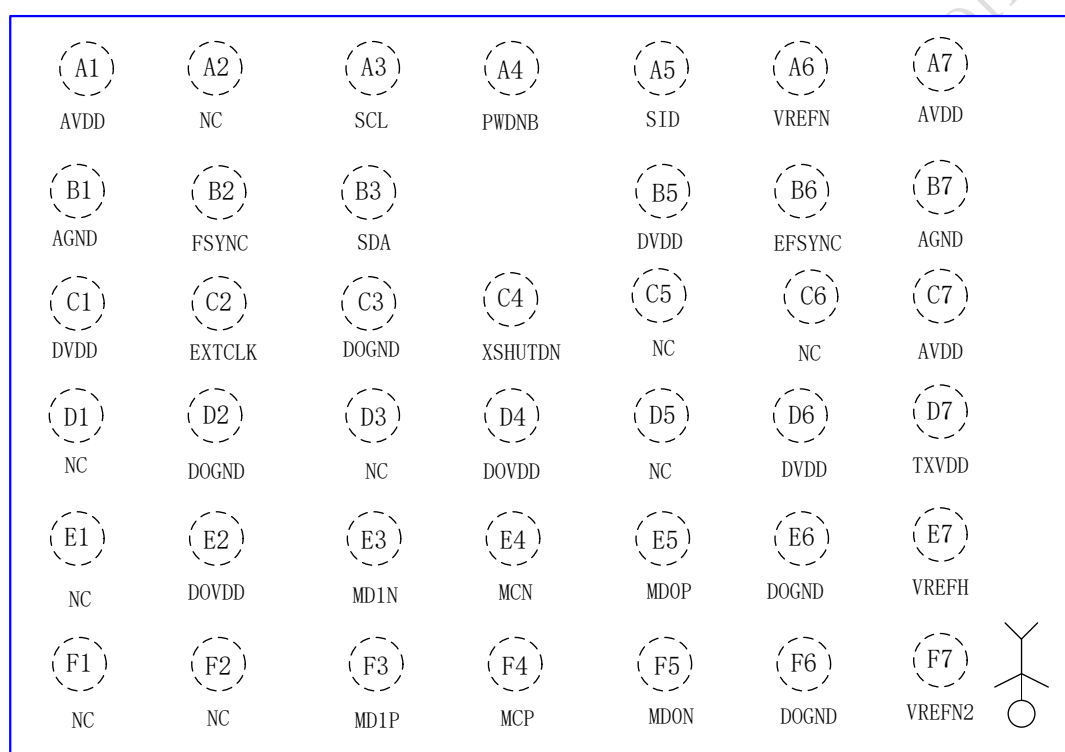


图 1-3 SC5235 封装引脚图

## 1.4. 芯片初始化

### 1.4.1. 上电时序

在上电过程中，必须对 XSHUTDN/PWDNB 信号进行控制。具体上电时序要求如下：

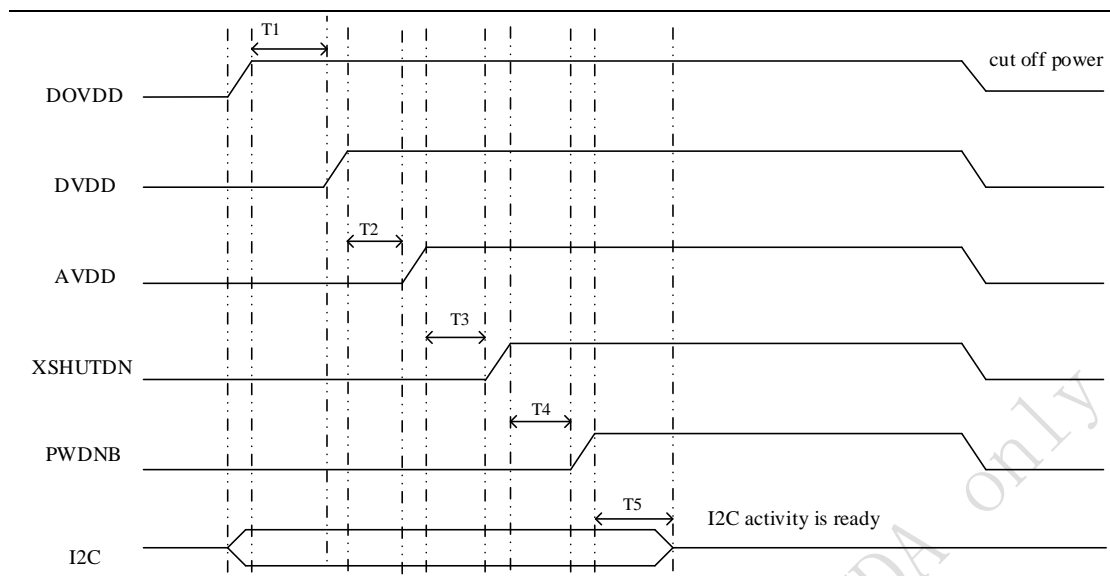


图 1-4 上电时序图

说明:

- 1)  $T1 > 0\text{ms}$ ,  $T2 > 1\text{ms}$ ,  $T3 > 2\text{ms}$ ,  $T4 \geq 0\text{ms}$ ,  $T5 > 2\text{ms}$ ;

#### 1.4.2. 睡眠模式

SC5235 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

| 地址       | 寄存器名       | 默认值 | 读/写 | 描述   |
|----------|------------|-----|-----|--|
| 16'h0100 | Sleep mode | 'b1 | RW  | Bit[0]: manual stream enable<br>Sleep= $\sim$ Bit[0] or $\sim$ PWDNB |

#### 1.4.3. 复位模式

SC5235 含一个 XSHUTDN 引脚, 低电平有效。硬复位时, XSHUTDN 拉低, SC5235 设置并将其重置为默认值。同时也可通过 I<sup>2</sup>C 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 1-3 软复位控制寄存器

| 地址       | 寄存器名    | 默认值 | 读/写 | 描述               |
|----------|---------|-----|-----|------------------|
| 16'h0103 | Rst_pon | 'b0 | W   | Bit[0]: rst soft |

## 1.5. 配置接口

SC5235 控制寄存器通过标准的 I<sup>2</sup>C 总线进行读写，PAD SID 拉低时，I<sup>2</sup>C 总线设备地址为 7'h30，PAD SID 拉高时，I<sup>2</sup>C 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/Ã | P |
|---|---------------|-----|---|-------------------|---|------------------|---|------|-----|---|

### I<sup>2</sup>C 读操作

|   |               |   |   |                   |   |                  |   |    |               |   |   |      |   |   |
|---|---------------|---|---|-------------------|---|------------------|---|----|---------------|---|---|------|---|---|
| S | Slave Address | 0 | A | Sub Address[15:8] | A | Sub Address[7:0] | A | Sr | Slave address | 1 | A | data | Ã | P |
|---|---------------|---|---|-------------------|---|------------------|---|----|---------------|---|---|------|---|---|

### I<sup>2</sup>C 写操作

|   |               |   |   |                   |   |                  |   |      |     |   |
|---|---------------|---|---|-------------------|---|------------------|---|------|-----|---|
| S | Slave Address | 0 | A | Sub Address[15:8] | A | Sub Address[7:0] | A | data | A/Ã | P |
|---|---------------|---|---|-------------------|---|------------------|---|------|-----|---|



从机到主机

S: 起始条件

A: 答复



主机到从机

P: 终止条件

Ã: 拒绝答复



方向取决于具体操作

Sr: 重复起始条件

### I<sup>2</sup>C 时序

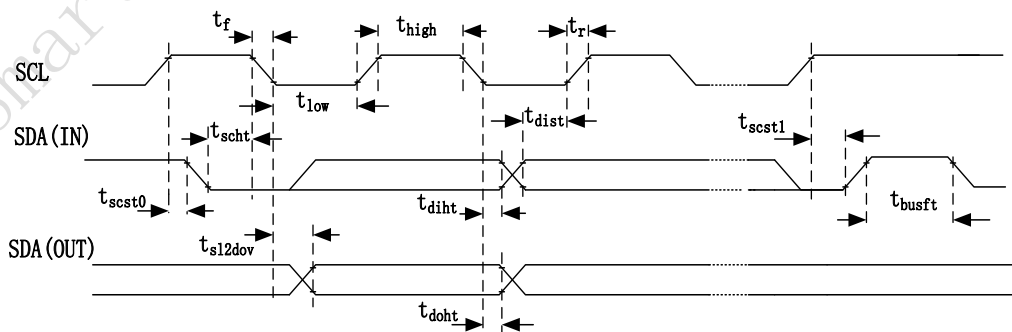


图 1-5 I<sup>2</sup>C 接口时序

表 1-4 I<sup>2</sup>C 接口时序详细参数

| 符号                  | 参数                 | 最小值  | 典型值 | 最大值 | 单位  |
|---------------------|--------------------|------|-----|-----|-----|
| f <sub>I2C</sub>    | 时钟频率               | —    | —   | 400 | kHz |
| t <sub>low</sub>    | 时钟低电平时间            | 1.3  | —   | —   | μs  |
| t <sub>high</sub>   | 时钟高电平时间            | 0.6  | —   | —   | μs  |
| t <sub>cl2dov</sub> | SCL 拉低至输出数据有效间时间间隔 | 0.1  | —   | 0.9 | μs  |
| t <sub>busft</sub>  | 下一个起始状态前总线空闲时间     | 1.3  | —   | —   | μs  |
| t <sub>scht</sub>   | 起始条件保持时间           | 0.6  | —   | —   | μs  |
| t <sub>scst0</sub>  | 起始条件建立时间           | 0.6  | —   | —   | μs  |
| t <sub>diht</sub>   | 输入数据保持时间           | 0    | —   | —   | μs  |
| t <sub>dist</sub>   | 输入数据建立时间           | 0.1  | —   | —   | μs  |
| t <sub>scst1</sub>  | 终止条件建立时间           | 0.6  | —   | —   | μs  |
| t <sub>r</sub>      | 上升时间               | —    | —   | 0.3 | μs  |
| t <sub>f</sub>      | 下降时间               | —    | —   | 0.3 | μs  |
| t <sub>doh</sub>    | 输出数据保持时间           | 0.05 | —   | —   | μs  |

注意：

- 1) 这是在 400kHz 模式下的 I<sup>2</sup>C 时序。
- 2) 判断上升沿起始或下降沿终止的电平阈值为 10%；判断上升沿终止或下降沿起始的阈值为 90%。

## 1.6. Sensor ID

表 1-5 SENSOR ID 寄存器

| 地址       | 寄存器名      | 寄存器值  |
|----------|-----------|-------|
| 16'h3107 | SENSOR ID | 8'h52 |
| 16'h3108 | SENSOR ID | 8'h35 |

## 1.7. 数据接口

SC5235 提供串行视频端口(MIPI)。SC5235 MIPI 接口支持 8/10/12bit, 1/2lane 串行输出，每个 lane 传输速率推荐不大于 960Mbps。图 1-6 是 MIPI 数据接口示意图。

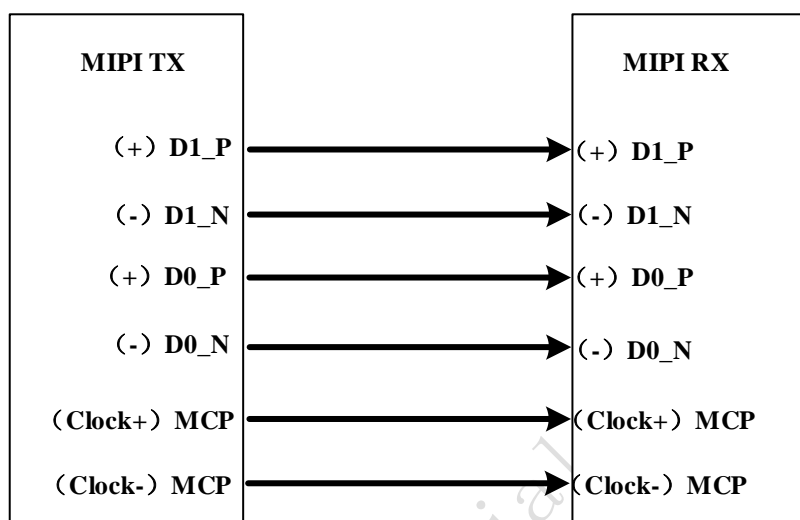


图 1-6 MIPI 时序

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。

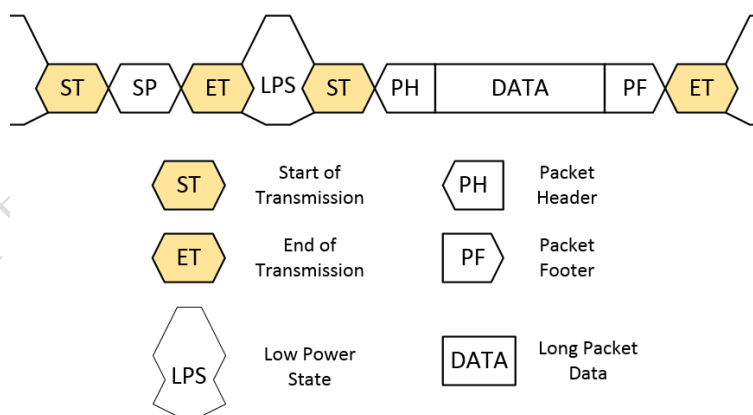


图 1-7 MIPI 底层数据包示意图

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 1-6 所示。

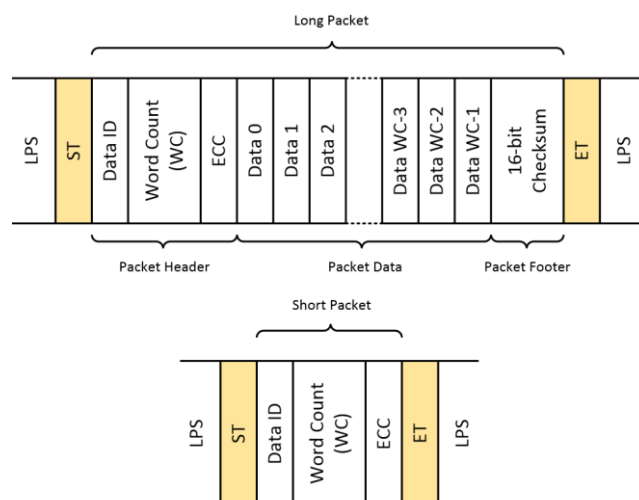


图 1-8 MIPI 长/短数据包结构示意图

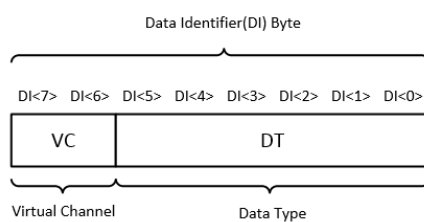


图 1-9 MIPI 数据包 DI 结构

表 1-6 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 |
| 6'h2c | 12-bit 模式下数据长包 |

表 1-7 MIPI 调整寄存器

| 功能               | 寄存器名     | 描述   |
|------------------|----------|--|
| MIPI lane 数量     | 16'h3018 | Bit[7:5]: mipi lane num-1<br>3'h0~ 1 lane mode<br>3'h1~ 2 lane mode  |
| MIPI 输出数据模式      | 16'h3031 | Bit[3:0]: mipi bit mode<br>4'h8~ raw8 mode<br>4'hc~ raw12 mode<br>others~ raw10 mode   |
| MIPI clock 设置    | 16'h303f | Bit[7]: pclk sel<br>1'b0~ sel pll_pclk   |
| MIPI Lane 0&1 延时 | 16'h3652 | Bit[7]: lane0 相位反向, 默认 0<br>Bit[6:4]: lane0 延时, 100ps/step, 默认 3'b100<br>Bit[3]: lane1 相位反向, 默认 0<br>Bit[2:0]: lane1 延时, 100ps/step, 默认 3'b100 |
| MIPI Clock 延时    | 16'h3654 | Bit[7:4]: Reserved<br>Bit[3]: 时钟反向, 默认 0<br>Bit[2:0]: 时钟延时, 100ps/step, 默认 3'b100  |

## 1.8. 锁相环

SC5235 的 PLL 模块允许的输入时钟频率范围为 6~27MHz ,其中 VCO 输出频率( $F_{VCO}$ ) 的范围为 100MHz-1200MHz。PLL 结构示意图在图 1-10 展示。

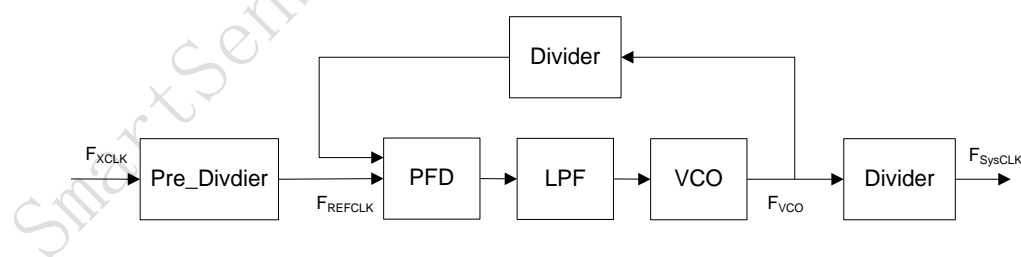


图 1-10 PLL 控制示意图



## 2. 功能介绍

### 2.1. SLAVE MODE

Slave Mode 是主控芯片通过 EFSYNC 信号触发帧读出，以达到多个 sensor 同步成像。当 EFSYNC 信号发生时，SC5235 开始输出图像数据，帧率受外部控制。

当 SC5235 工作在 Slave Mode 时，主控芯片通过 EFSYNC 引脚控制视频数据输出，具体时序如图 2-1:

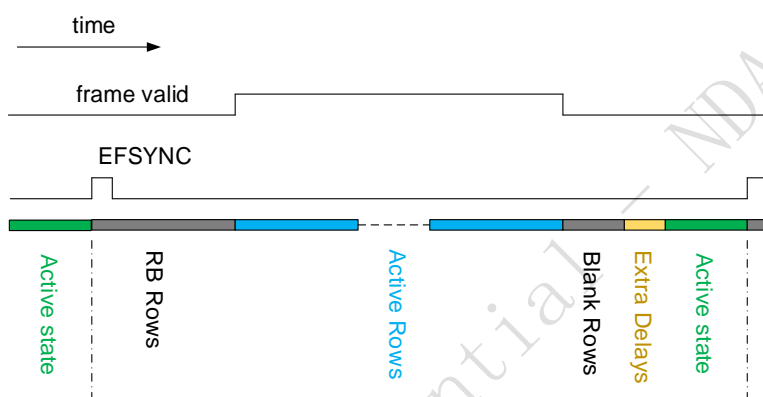


图 2-1 Slave Mode 时序图

#### Slave Mode 工作流程

- 1) 当 SC5235 工作在 Slave Mode 时，芯片自动进入 Active state 状态，等待 EFSYNC 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 触发

#### Slave Mode 注意事项:

- 1) 只有当 SC5235 处于 Active state 时，EFSYNC 触发才有效
- SC5235 Slave mode 下的曝光实现如图 2-2:

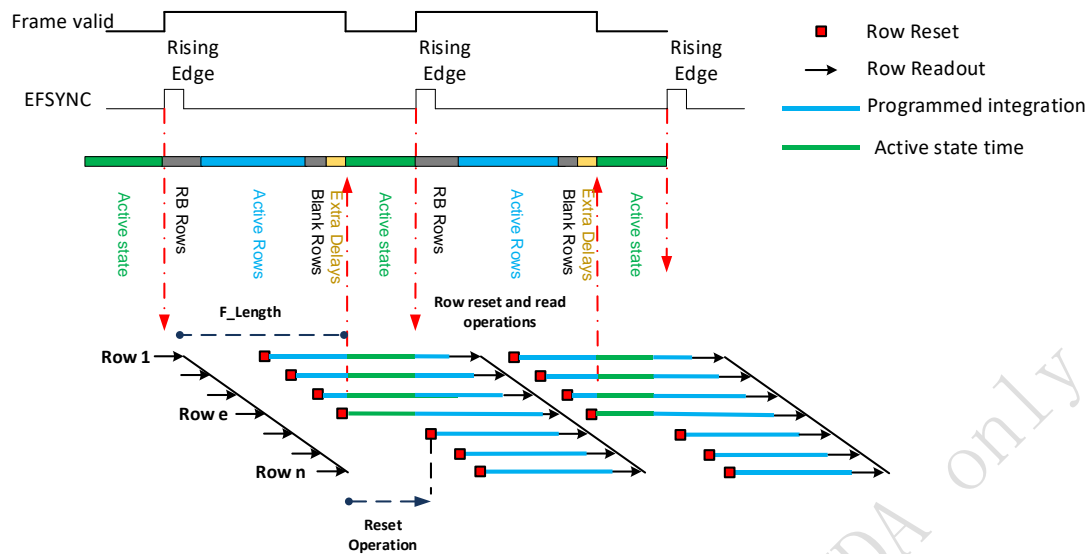


图 2-2 Slave Mode 曝光实现图

注释:

- 1) Row Reset 开始曝光操作, Row Readout 开始前结束曝光操作, 包括 Active state 时间
- 2) F\_Length 表示帧长,  $F\_Length = RB\ Rows + Active\ Rows + Blank\ Rows$
- 3) 当芯片工作在 slave 模式下, 曝光时间需要小于 F\_Length, 为了留一定余量, 我们建议曝光时间最大为帧长 F\_Length-4。
- 4) Active state 时, 芯片停止输出及停止 Row reset 操作, 如上图所示, 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, 使 Active state 控制在  $20T_{PCLK}$  (PCLK 周期) 以内, 保证一帧内的每行曝光时间基本一致。
- 5) 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 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               | 说明   |
|-------------------|---------------------|--|
| Slave mode enable | 16'h3228[4]         | Slave mode 使能控制<br><br>1~slave mode<br><br>0~master mode |
| RB rows           | {16'h3226,16'h3227} | Rows Before Read 控制寄存器                                   |
| Active Rows       | NA                  | 图像传输行数，该值由 FAE 提供  |
| Blank Rows        | {16'h3218,16'h3219} | Blank Rows   |

## 2.2. HDR

SC5235 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。SC5235 支持行间 HDR。

SC5235 行间 HDR 是指两种不同长短曝光时间的图像在帧内行交替输出。SC5235 行间 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。

SC5235 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 00，默认短曝光的 virtual channel 为 01。

SC5235 行间 HDR 使用 virtual channel 数据读出时序图如图 2-3 所示。

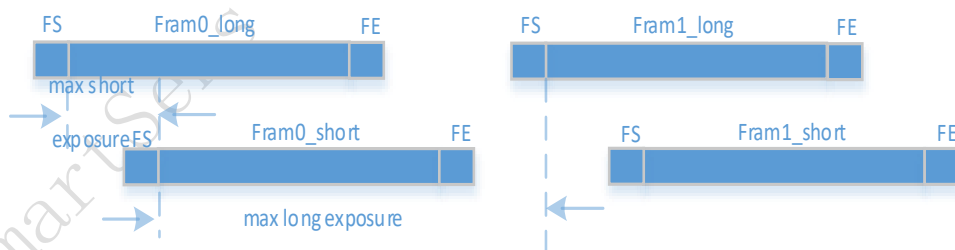


图 2-3 行间 HDR 使用 virtual channel 数据读出时序

SC5235 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。

SC5235 行间 HDR 不使用 virtual channel 数据模式 a 时读出时序图如图 2-4 所示。

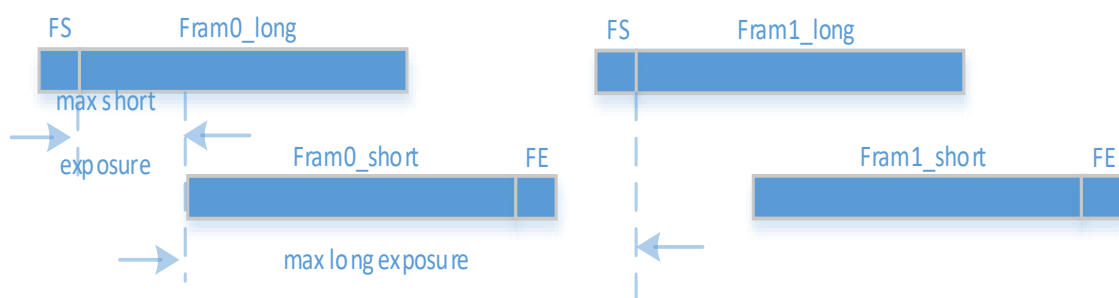


图 2-4 行间 HDR 不使用 virtual channel 数据模式 a 读出时序

注释:

- 1) Fram\_long 与 Fram\_short 输出偏差为 max short exposure。
- 2) max long exposure=帧长({16'h320e,16'h320f})-max short exposure。

SC5235 行间 HDR 不使用 virtual channel 数据模式 b 时读出时序图如图 2-5 所示。

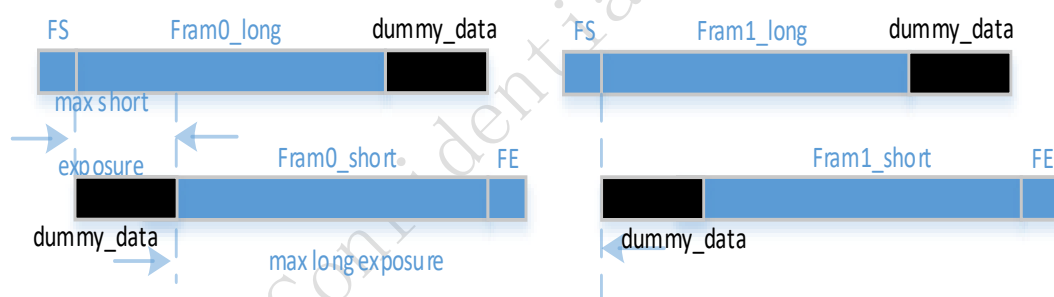


图 2-5 行间 HDR 不使用 virtual channel 数据模式 b 读出时序

表 2-2 HDR 控制寄存器

| 功能                 | 寄存器地址               | 说明  |
|--------------------|---------------------|---|
| HDR mode enable    | 16'h3220[6]         | HDR mode 使能控制<br>1~HDR mode<br>0~HDR mode |
| MAX short exposure | {16'h3e23,16'h3e24} | Max short exposure                        |

| 功能                                    | 寄存器地址   | 说明  |
|---------------------------------------|---|---|
| VC(Virtual Channel)                   | 16'h4816  | Bit[4]: vc_s_en<br>1~short frame vc enable<br>0~ short frame vc disable<br>Bit[3:2] :vc_l<br>In HDR mode, vc_l is long frame vc<br>In non-HDR mode, vc_l is normal vc<br>Bit[1:0]:vc_s<br>In HDR mode, vc_s is short frame vc<br>In non-HDR mode, vc_s is reserved                |
| In HDR no virtual channel mode select | {16'h4503[6:5],3928[1],39a8[1],5001[5],5001[3]} | Bit[5:4]:column adc href always enable<br>Bit[3]:<br>1~long exp blc remove no href<br>0~ long exp blc remove balck href<br>Bit[2]:<br>1~short exp blc remove no href<br>0~ short exp blc remove balck href<br>Bit[1]: short exp isp sof select<br>Bit[0]: long exp isp eof select |

## 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

SC5235 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。

### 2.3.2. AEC/AGC 控制寄存器说明

AEC/AGC 的控制寄存器如表 2-3 所示。

表 2-3 增益/曝光的手动控制寄存器

| 功能    | 寄存器地址                            | 说明                     |
|-------|----------------------------------|------------------------|
| 长曝光时间 | {16'h 3e01[7:0], 16'h 3e02[7:4]} | 手动曝光时间/HDR 模式下的手动长曝光时间 |
| 短曝光时间 | {16'h 3e04[7:0], 16'h 3e05[7:4]} | HDR 模式下手动短曝光时间.        |

AEC 控制说明如下：

- 1) AEC 的调节步长为半行曝光时间，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} \* 2 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两倍当前帧长减去 4 行，帧长 = 寄存器{16'h320e, 16'h320f} 的值，即在同一时刻，写入的{16'h3e01, 16'h3e02[7:4]}值最大为  $2 * \{16'h320e, 16'h320f\} - 4$ 。如果曝光时间大于等于两倍帧长，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 控制方法有两种，具体说明如下：

- 1) 16'h3e03 设置为 8'h03 时的 Gain mapping:
  - a. normal 模式/HDR 模式下的长曝光的 gain 值，gain 值 = {16'h3e08, 16'h3e09}/8'h20,
  - b. HDR 模式下的短曝光的 gain 值，gain 值 = {16'h3e12, 16'h3e13}/8'h20。
- 2) 16'h3e03 设置为 8'h0b 此时对应的长曝光模拟 gain 值如表 2-5 示，数字 gain 值如表 2-6 所示，分为 Normal 模式和 HDR 模式。表 2-4 给出了 Normal 模式/HDR 模式下增益寄存器控制方法。
- 3) 表 2-5 模拟 gain 值控制寄存器中的 ANA gain register，ANA fine gain register 及表 2-6 数字 gain 值控制寄存器中的 DIG gain register，DIG fine gain register 分 Normal 模式及 HDR 模式。

表 2-4 Normal 模式/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               |

表 2-5 描述了模拟 gain 值控制寄存器（ANA gain register，ANA fine gain register）与实际模拟 gain 值的对应关系；错误!未找到引用源。描述了数字 gain 值控制寄存器（DIG gain register，DIG fine gain register）与实际数字 gain 的对应关系。SC5235 具有 Digital Fine Gain, Digital Fine Gain 的精度为 1/128，以 1/32 的精度为列，列出 digital gain 的控制如下表 2-6 所示。模拟及数字 gain 值控制寄存器均区分 Normal 模式及 HDR 模式。

表 2-5 模拟 gain 值控制寄存器

| ANA<br>GAIN | ANA<br>FINE<br>GAIN | GAIN 值 | dB 值 | ANA<br>GAIN | ANA<br>FINE<br>GAIN | GAIN 值 | dB 值  | ANA<br>GAIN | ANA<br>FINE<br>GAIN | GAIN 值 | dB 值  |
|-------------|---------------------|--------|------|-------------|---------------------|--------|-------|-------------|---------------------|--------|-------|
| 8'h03       | 8'h20               | 1.000  | 0.00 | 8'h07       | 8'h25               | 2.313  | 7.28  | 8'h0F       | 8'h2A               | 5.250  | 14.40 |
| 8'h03       | 8'h21               | 1.031  | 0.27 | 8'h07       | 8'h26               | 2.375  | 7.51  | 8'h0F       | 8'h2B               | 5.380  | 14.62 |
| 8'h03       | 8'h22               | 1.063  | 0.53 | 8'h07       | 8'h27               | 2.438  | 7.74  | 8'h0F       | 8'h2C               | 5.500  | 14.81 |
| 8'h03       | 8'h23               | 1.094  | 0.78 | 8'h07       | 8'h28               | 2.500  | 7.96  | 8'h0F       | 8'h2D               | 5.630  | 15.01 |
| 8'h03       | 8'h24               | 1.125  | 1.02 | 8'h07       | 8'h29               | 2.578  | 8.23  | 8'h0F       | 8'h2E               | 5.750  | 15.19 |
| 8'h03       | 8'h25               | 1.156  | 1.26 | 8'h07       | 8'h2A               | 2.625  | 8.38  | 8'h0F       | 8'h2F               | 5.880  | 15.39 |
| 8'h03       | 8'h26               | 1.188  | 1.49 | 8'h07       | 8'h2B               | 2.688  | 8.59  | 8'h0F       | 8'h30               | 6.000  | 15.56 |
| 8'h03       | 8'h27               | 1.219  | 1.72 | 8'h07       | 8'h2C               | 2.750  | 8.79  | 8'h0F       | 8'h31               | 6.130  | 15.75 |
| 8'h03       | 8'h28               | 1.250  | 1.94 | 8'h07       | 8'h2D               | 2.810  | 8.97  | 8'h0F       | 8'h32               | 6.250  | 15.92 |
| 8'h03       | 8'h29               | 1.281  | 2.15 | 8'h07       | 8'h2E               | 2.875  | 9.17  | 8'h0F       | 8'h33               | 6.380  | 16.10 |
| 8'h03       | 8'h2a               | 1.313  | 2.36 | 8'h07       | 8'h2F               | 2.940  | 9.37  | 8'h0F       | 8'h34               | 6.500  | 16.26 |
| 8'h03       | 8'h2b               | 1.344  | 2.57 | 8'h07       | 8'h30               | 3.000  | 9.54  | 8'h0F       | 8'h35               | 6.630  | 16.43 |
| 8'h03       | 8'h2c               | 1.375  | 2.77 | 8'h07       | 8'h31               | 3.060  | 9.71  | 8'h0F       | 8'h36               | 6.750  | 16.59 |
| 8'h03       | 8'h2d               | 1.406  | 2.96 | 8'h07       | 8'h32               | 3.125  | 9.90  | 8'h0F       | 8'h37               | 6.880  | 16.75 |
| 8'h03       | 8'h2e               | 1.438  | 3.15 | 8'h07       | 8'h33               | 3.190  | 10.08 | 8'h0F       | 8'h38               | 7.000  | 16.90 |
| 8'h03       | 8'h2f               | 1.469  | 3.34 | 8'h07       | 8'h34               | 3.250  | 10.24 | 8'h0F       | 8'h39               | 7.130  | 17.06 |
| 8'h03       | 8'h30               | 1.500  | 3.52 | 8'h07       | 8'h35               | 3.310  | 10.40 | 8'h0F       | 8'h3A               | 7.250  | 17.21 |
| 8'h03       | 8'h31               | 1.531  | 3.70 | 8'h07       | 8'h36               | 3.375  | 10.57 | 8'h0F       | 8'h3B               | 7.380  | 17.36 |
| 8'h03       | 8'h32               | 1.563  | 3.88 | 8'h07       | 8'h37               | 3.440  | 10.73 | 8'h0F       | 8'h3C               | 7.500  | 17.50 |
| 8'h03       | 8'h33               | 1.594  | 4.05 | 8'h07       | 8'h38               | 3.500  | 10.88 | 8'h0F       | 8'h3D               | 7.630  | 17.65 |
| 8'h03       | 8'h34               | 1.625  | 4.22 | 8'h07       | 8'h39               | 3.560  | 11.03 | 8'h0F       | 8'h3E               | 7.750  | 17.79 |
| 8'h03       | 8'h35               | 1.656  | 4.38 | 8'h07       | 8'h3A               | 3.625  | 11.19 | 8'h0F       | 8'h3F               | 7.880  | 17.93 |
| 8'h03       | 8'h36               | 1.688  | 4.54 | 8'h07       | 8'h3B               | 3.690  | 11.34 | 8'h1F       | 8'h20               | 8.000  | 18.06 |
| 8'h03       | 8'h37               | 1.719  | 4.70 | 8'h07       | 8'h3C               | 3.750  | 11.48 | 8'h1F       | 8'h21               | 8.250  | 18.33 |
| 8'h03       | 8'h38               | 1.750  | 4.86 | 8'h07       | 8'h3D               | 3.810  | 11.62 | 8'h1F       | 8'h22               | 8.500  | 18.59 |
| 8'h03       | 8'h39               | 1.781  | 5.01 | 8'h07       | 8'h3E               | 3.875  | 11.77 | 8'h1F       | 8'h23               | 8.750  | 18.84 |
| 8'h03       | 8'h3A               | 1.813  | 5.17 | 8'h07       | 8'h3F               | 3.940  | 11.91 | 8'h1F       | 8'h24               | 9.000  | 19.08 |
| 8'h03       | 8'h3B               | 1.844  | 5.31 | 8'h0F       | 8'h20               | 4.000  | 12.04 | 8'h1F       | 8'h25               | 9.250  | 19.32 |
| 8'h03       | 8'h3C               | 1.875  | 5.46 | 8'h0F       | 8'h21               | 4.130  | 12.32 | 8'h1F       | 8'h26               | 9.500  | 19.55 |
| 8'h03       | 8'h3D               | 1.906  | 5.60 | 8'h0F       | 8'h22               | 4.250  | 12.57 | 8'h1F       | 8'h27               | 9.750  | 19.78 |
| 8'h03       | 8'h3E               | 1.938  | 5.74 | 8'h0F       | 8'h23               | 4.380  | 12.83 | 8'h1F       | 8'h28               | 10.000 | 20.00 |
| 8'h03       | 8'h3F               | 1.969  | 5.88 | 8'h0F       | 8'h24               | 4.500  | 13.06 | 8'h1F       | 8'h29               | 10.250 | 20.21 |
| 8'h07       | 8'h20               | 2.000  | 6.02 | 8'h0F       | 8'h25               | 4.630  | 13.31 | 8'h1F       | 8'h2A               | 10.500 | 20.42 |
| 8'h07       | 8'h21               | 2.063  | 6.29 | 8'h0F       | 8'h26               | 4.750  | 13.53 | 8'h1F       | 8'h2B               | 10.750 | 20.63 |
| 8'h07       | 8'h22               | 2.125  | 6.55 | 8'h0F       | 8'h27               | 4.880  | 13.77 | 8'h1F       | 8'h2C               | 11.000 | 20.83 |
| 8'h07       | 8'h23               | 2.188  | 6.80 | 8'h0F       | 8'h28               | 5.000  | 13.98 | 8'h1F       | 8'h2D               | 11.250 | 21.02 |
| 8'h07       | 8'h24               | 2.250  | 7.04 | 8'h0F       | 8'h29               | 5.130  | 14.20 | 8'h1F       | 8'h2E               | 11.500 | 21.21 |



| ANA<br>GAIN | ANA<br>FINE<br>GAIN | GAIN 值 | dB 值  | ANA<br>GAIN | ANA<br>FINE<br>GAIN | GAIN 值 | dB 值  | ANA<br>GAIN | ANA<br>FINE<br>GAIN | GAIN 值 | dB 值  |
|-------------|---------------------|--------|-------|-------------|---------------------|--------|-------|-------------|---------------------|--------|-------|
| 8'h1F       | 8'h2F               | 11.750 | 21.40 | 8'h1F       | 8'h35               | 13.250 | 22.44 | 8'h1F       | 8'h3B               | 14.750 | 23.38 |
| 8'h1F       | 8'h30               | 12.000 | 21.58 | 8'h1F       | 8'h36               | 13.500 | 22.61 | 8'h1F       | 8'h3C               | 15.000 | 23.52 |
| 8'h1F       | 8'h31               | 12.250 | 21.76 | 8'h1F       | 8'h37               | 13.750 | 22.77 | 8'h1F       | 8'h3D               | 15.250 | 23.67 |
| 8'h1F       | 8'h32               | 12.500 | 21.94 | 8'h1F       | 8'h38               | 14.000 | 22.92 | 8'h1F       | 8'h3E               | 15.500 | 23.81 |
| 8'h1F       | 8'h33               | 12.750 | 22.11 | 8'h1F       | 8'h39               | 14.250 | 23.08 | 8'h1F       | 8'h3F               | 15.750 | 23.95 |
| 8'h1F       | 8'h34               | 13.000 | 22.28 | 8'h1F       | 8'h3A               | 14.500 | 23.23 |             |                     |        |       |

表 2-6 数字 gain 值控制寄存器

| DIG<br>GAIN | DIG<br>FINE<br>GAIN | GAIN 值 | dB 值 | DIG<br>GAIN | DIG<br>FINE<br>GAIN | GAIN 值 | dB 值  | DIG<br>GAIN | DIG<br>FINE<br>GAIN | GAIN 值 | dB 值  |
|-------------|---------------------|--------|------|-------------|---------------------|--------|-------|-------------|---------------------|--------|-------|
| 8'h00       | 8'h80               | 1.000  | 0.00 | 8'h01       | 8'h80               | 2.000  | 6.02  | 8'h03       | 8'h80               | 4.000  | 12.04 |
| 8'h00       | 8'h84               | 1.031  | 0.27 | 8'h01       | 8'h84               | 2.063  | 6.29  | 8'h03       | 8'h84               | 4.125  | 12.31 |
| 8'h00       | 8'h88               | 1.063  | 0.53 | 8'h01       | 8'h88               | 2.125  | 6.55  | 8'h03       | 8'h88               | 4.250  | 12.57 |
| 8'h00       | 8'h8C               | 1.094  | 0.78 | 8'h01       | 8'h8C               | 2.188  | 6.80  | 8'h03       | 8'h8C               | 4.375  | 12.82 |
| 8'h00       | 8'h90               | 1.125  | 1.02 | 8'h01       | 8'h90               | 2.250  | 7.04  | 8'h03       | 8'h90               | 4.500  | 13.06 |
| 8'h00       | 8'h94               | 1.156  | 1.26 | 8'h01       | 8'h94               | 2.313  | 7.28  | 8'h03       | 8'h94               | 4.625  | 13.30 |
| 8'h00       | 8'h98               | 1.188  | 1.49 | 8'h01       | 8'h98               | 2.375  | 7.51  | 8'h03       | 8'h98               | 4.750  | 13.53 |
| 8'h00       | 8'h9C               | 1.219  | 1.72 | 8'h01       | 8'h9C               | 2.438  | 7.74  | 8'h03       | 8'h9C               | 4.875  | 13.76 |
| 8'h00       | 8'hA0               | 1.250  | 1.94 | 8'h01       | 8'hA0               | 2.500  | 7.96  | 8'h03       | 8'hA0               | 5.000  | 13.98 |
| 8'h00       | 8'hA4               | 1.281  | 2.15 | 8'h01       | 8'hA4               | 2.563  | 8.17  | 8'h03       | 8'hA4               | 5.125  | 14.19 |
| 8'h00       | 8'hA8               | 1.313  | 2.36 | 8'h01       | 8'hA8               | 2.625  | 8.38  | 8'h03       | 8'hA8               | 5.250  | 14.40 |
| 8'h00       | 8'hAC               | 1.344  | 2.57 | 8'h01       | 8'hAC               | 2.688  | 8.59  | 8'h03       | 8'hAC               | 5.375  | 14.61 |
| 8'h00       | 8'hB0               | 1.375  | 2.77 | 8'h01       | 8'hB0               | 2.750  | 8.79  | 8'h03       | 8'hB0               | 5.500  | 14.81 |
| 8'h00       | 8'hB4               | 1.406  | 2.96 | 8'h01       | 8'hB4               | 2.813  | 8.98  | 8'h03       | 8'hB4               | 5.625  | 15.00 |
| 8'h00       | 8'hB8               | 1.438  | 3.15 | 8'h01       | 8'hB8               | 2.875  | 9.17  | 8'h03       | 8'hB8               | 5.750  | 15.19 |
| 8'h00       | 8'hBC               | 1.469  | 3.34 | 8'h01       | 8'hBC               | 2.938  | 9.36  | 8'h03       | 8'hBC               | 5.875  | 15.38 |
| 8'h00       | 8'hC0               | 1.500  | 3.52 | 8'h01       | 8'hC0               | 3.000  | 9.54  | 8'h03       | 8'hC0               | 6.000  | 15.56 |
| 8'h00       | 8'hC4               | 1.531  | 3.70 | 8'h01       | 8'hC4               | 3.063  | 9.72  | 8'h03       | 8'hC4               | 6.125  | 15.74 |
| 8'h00       | 8'hC8               | 1.563  | 3.88 | 8'h01       | 8'hC8               | 3.125  | 9.90  | 8'h03       | 8'hC8               | 6.250  | 15.92 |
| 8'h00       | 8'hCC               | 1.594  | 4.05 | 8'h01       | 8'hCC               | 3.188  | 10.07 | 8'h03       | 8'hCC               | 6.375  | 16.09 |
| 8'h00       | 8'hD0               | 1.625  | 4.22 | 8'h01       | 8'hD0               | 3.250  | 10.24 | 8'h03       | 8'hD0               | 6.500  | 16.26 |
| 8'h00       | 8'hD4               | 1.656  | 4.38 | 8'h01       | 8'hD4               | 3.313  | 10.40 | 8'h03       | 8'hD4               | 6.625  | 16.42 |
| 8'h00       | 8'hD8               | 1.688  | 4.54 | 8'h01       | 8'hD8               | 3.375  | 10.57 | 8'h03       | 8'hD8               | 6.750  | 16.59 |
| 8'h00       | 8'hDC               | 1.719  | 4.70 | 8'h01       | 8'hDC               | 3.438  | 10.72 | 8'h03       | 8'hDC               | 6.875  | 16.75 |
| 8'h00       | 8'hE0               | 1.750  | 4.86 | 8'h01       | 8'hE0               | 3.500  | 10.88 | 8'h03       | 8'hE0               | 7.000  | 16.90 |
| 8'h00       | 8'hE4               | 1.781  | 5.01 | 8'h01       | 8'hE4               | 3.563  | 11.04 | 8'h03       | 8'hE4               | 7.125  | 17.06 |
| 8'h00       | 8'hE8               | 1.813  | 5.17 | 8'h01       | 8'hE8               | 3.625  | 11.19 | 8'h03       | 8'hE8               | 7.250  | 17.21 |
| 8'h00       | 8'hEC               | 1.844  | 5.31 | 8'h01       | 8'hEC               | 3.688  | 11.33 | 8'h03       | 8'hEC               | 7.375  | 17.36 |
| 8'h00       | 8'hF0               | 1.875  | 5.46 | 8'h01       | 8'hF0               | 3.750  | 11.48 | 8'h03       | 8'hF0               | 7.500  | 17.50 |
| 8'h00       | 8'hF4               | 1.906  | 5.60 | 8'h01       | 8'hF4               | 3.813  | 11.62 | 8'h03       | 8'hF4               | 7.625  | 17.64 |
| 8'h00       | 8'hF8               | 1.938  | 5.74 | 8'h01       | 8'hF8               | 3.875  | 11.77 | 8'h03       | 8'hF8               | 7.750  | 17.79 |
| 8'h00       | 8'hFC               | 1.969  | 5.88 | 8'h01       | 8'hFC               | 3.938  | 11.90 | 8'h03       | 8'hFC               | 7.875  | 17.93 |

| DIG<br>GAIN | DIG<br>FINE<br>GAIN | GAIN<br>值 | dB 值  | DIG<br>GAIN | DIG<br>FINE<br>GAIN | GAIN 值 | dB 值  | DIG<br>GAIN | DIG<br>FINE<br>GAIN | GAIN 值 | dB 值  |
|-------------|---------------------|-----------|-------|-------------|---------------------|--------|-------|-------------|---------------------|--------|-------|
| 8'h07       | 8'h80               | 8.000     | 18.06 | 8'h07       | 8'hD8               | 13.500 | 22.61 | 8'h0F       | 8'hB0               | 22.000 | 26.85 |
| 8'h07       | 8'h84               | 8.250     | 18.33 | 8'h07       | 8'hDC               | 13.750 | 22.77 | 8'h0F       | 8'hB4               | 22.500 | 27.04 |
| 8'h07       | 8'h88               | 8.500     | 18.59 | 8'h07       | 8'hE0               | 14.000 | 22.92 | 8'h0F       | 8'hB8               | 23.000 | 27.23 |
| 8'h07       | 8'h8C               | 8.750     | 18.84 | 8'h07       | 8'hE4               | 14.250 | 23.08 | 8'h0F       | 8'hBC               | 23.500 | 27.42 |
| 8'h07       | 8'h90               | 9.000     | 19.08 | 8'h07       | 8'hE8               | 14.500 | 23.23 | 8'h0F       | 8'hC0               | 24.000 | 27.60 |
| 8'h07       | 8'h94               | 9.250     | 19.32 | 8'h07       | 8'hEC               | 14.750 | 23.38 | 8'h0F       | 8'hC4               | 24.500 | 27.78 |
| 8'h07       | 8'h98               | 9.500     | 19.55 | 8'h07       | 8'hF0               | 15.000 | 23.52 | 8'h0F       | 8'hC8               | 25.000 | 27.96 |
| 8'h07       | 8'h9C               | 9.750     | 19.78 | 8'h07       | 8'hF4               | 15.250 | 23.67 | 8'h0F       | 8'hCC               | 25.500 | 28.13 |
| 8'h07       | 8'hA0               | 10.000    | 20.00 | 8'h07       | 8'hF8               | 15.500 | 23.81 | 8'h0F       | 8'hD0               | 26.000 | 28.30 |
| 8'h07       | 8'hA4               | 10.250    | 20.21 | 8'h07       | 8'hFC               | 15.750 | 23.95 | 8'h0F       | 8'hD4               | 26.500 | 28.46 |
| 8'h07       | 8'hA8               | 10.500    | 20.42 | 8'h0F       | 8'h80               | 16.000 | 24.08 | 8'h0F       | 8'hD8               | 27.000 | 28.63 |
| 8'h07       | 8'hAC               | 10.750    | 20.63 | 8'h0F       | 8'h84               | 16.500 | 24.35 | 8'h0F       | 8'hDC               | 27.500 | 28.79 |
| 8'h07       | 8'hB0               | 11.000    | 20.83 | 8'h0F       | 8'h88               | 17.000 | 24.61 | 8'h0F       | 8'hE0               | 28.000 | 28.94 |
| 8'h07       | 8'hB4               | 11.250    | 21.02 | 8'h0F       | 8'h8C               | 17.500 | 24.86 | 8'h0F       | 8'hE4               | 28.500 | 29.10 |
| 8'h07       | 8'hB8               | 11.500    | 21.21 | 8'h0F       | 8'h90               | 18.000 | 25.11 | 8'h0F       | 8'hE8               | 29.000 | 29.25 |
| 8'h07       | 8'hBC               | 11.750    | 21.40 | 8'h0F       | 8'h94               | 18.500 | 25.34 | 8'h0F       | 8'hEC               | 29.500 | 29.40 |
| 8'h07       | 8'hC0               | 12.000    | 21.58 | 8'h0F       | 8'h98               | 19.000 | 25.58 | 8'h0F       | 8'hF0               | 30.000 | 29.54 |
| 8'h07       | 8'hC4               | 12.250    | 21.76 | 8'h0F       | 8'h9C               | 19.500 | 25.80 | 8'h0F       | 8'hF4               | 30.500 | 29.69 |
| 8'h07       | 8'hC8               | 12.500    | 21.94 | 8'h0F       | 8'hA0               | 20.000 | 26.02 | 8'h0F       | 8'hF8               | 31.000 | 29.83 |
| 8'h07       | 8'hCC               | 12.750    | 22.11 | 8'h0F       | 8'hA4               | 20.500 | 26.24 | 8'h0F       | 8'hFC               | 31.500 | 29.97 |
| 8'h07       | 8'hD0               | 13.000    | 22.28 | 8'h0F       | 8'hA8               | 21.000 | 26.44 |             |                     |        |       |
| 8'h07       | 8'hD4               | 13.250    | 22.44 | 8'h0F       | 8'hAC               | 21.500 | 26.65 |             |                     |        |       |

## 2.4. GROUP\_HOLD

SC5235 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。

使用方法: 寄存器 16'h3812 写 8'h00, 需要打包生效的寄存器写入对应值, 寄存器 16'h3812 写 8'h30。备注: ①需要打包生效的寄存器最多支持 10 个 ②打包生效的时刻为 16'h3812 写 8'h30 之后第一个帧内生效时刻（帧延迟为 0 时），帧内生效时刻由寄存器{16'h3235,16'h3236}控制，{16'h3235,16'h3236}==16'h0 时表示帧开始。

表 2-7 Group hold 控制寄存器

| 功能     | 寄存器名                | 描述  |
|--------|---------------------|---|
| 帧内生效时刻 | {16'h3235,16'h3236} | 帧内生效时刻，以行为单位，当该值等于 0 时表示帧开始                     |
| 帧延迟控制  | 16'h3802            | Bit[7:0]:帧延迟控制，生效时间帧延迟控制，写 0 表示不做帧延迟，写 1 表示一帧延迟 |

## 2.5. 视频输出模式

### 2.5.1. 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）。

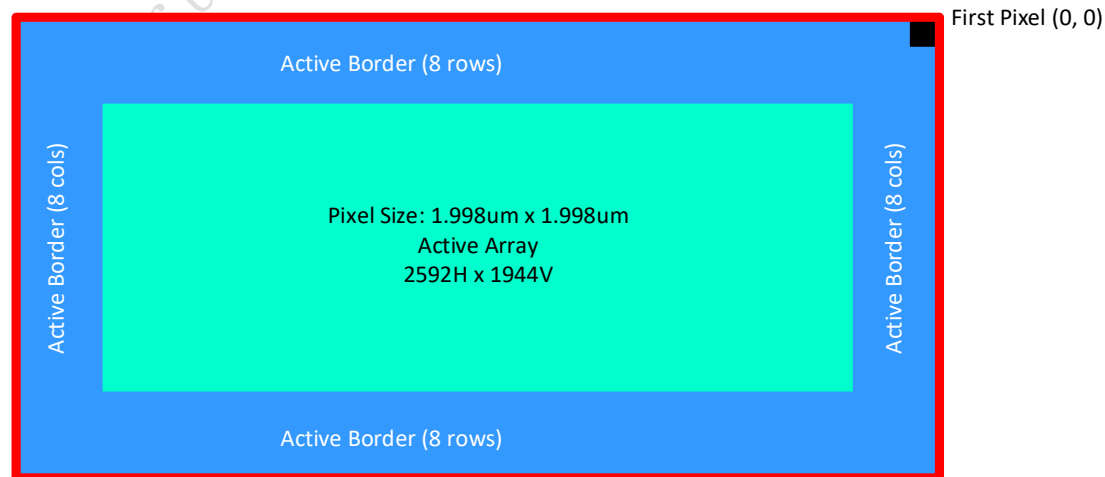


图 2-6 像素阵列图一

图 2-7 给出了 first pixel 的数据颜色格式。

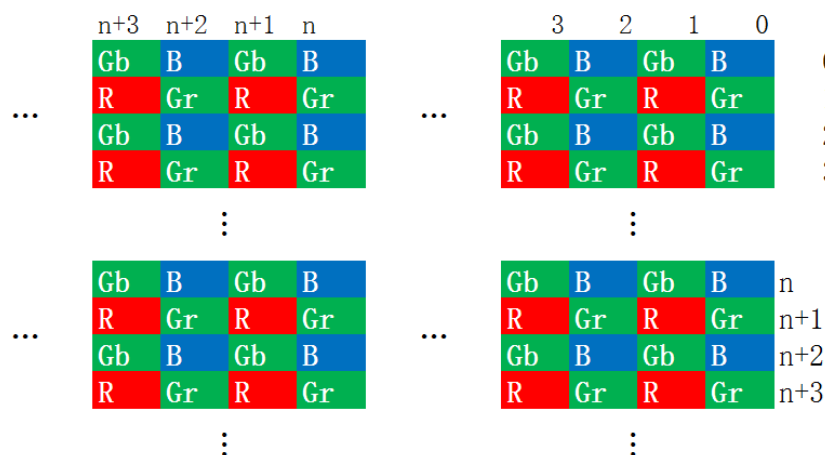


图 2-7 像素阵列图二

SC5235 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 2-8 镜像和倒置模式控制寄存器

| 功能   | 寄存器地址    | 寄存器值  | 描述   |
|------|----------|-------|--|
| 镜像模式 | 16'h3221 | 8'h06 | Bit[2:1]: mirror ctrl<br>2'b00~mirror off<br>2'b11~mirror on |

| 功能   | 寄存器地址    | 寄存器值  | 描述   |
|------|----------|-------|--|
| 倒置模式 | 16'h3221 | 8'h60 | Bit[6:5]: flip ctrl<br>2'b00~ flip off<br>2'b11~ flip on |

## 2.5.2. 输出窗口

表 2-9 输出窗口寄存器

| 功能   | 寄存器                  | 描述                           |
|------|----------------------|------------------------------|
| 窗口宽度 | {16'h3208, 16'h3209} | 输出窗口宽度={16'h3208, 16'h3209}  |
| 窗口高度 | {16'h320a, 16'h320b} | 输出窗口高度={16'h320a, 16'h320b}  |
| 列起始  | {16'h3210, 16'h3211} | 输出窗口列起始={16'h3210, 16'h3211} |
| 行起始  | {16'h3212, 16'h3213} | 输出窗口行起始={16'h3212, 16'h3213} |

## 2.6. 帧率计算

### 2.6.1. Master Mode

图 2-9 为有效输出示意图，可以按照以下公式来计算图像帧率：帧率 =  $F_{PCLK} / (\text{行长} * \text{帧长})$ 。其中  $F_{PCLK}$  指的是 PCLK 的时钟频率，行长包括图像水平方向上，有效区域宽度以及行消隐区宽度之和；帧长包括图像竖直方向上，有效区域高度以及帧消隐去宽度之和。



图 2-9 视频有效输出示意图

表 2-10 帧率相关寄存器

| 功能 | 寄存器                   | 描述                          |
|----|-----------------------|-----------------------------|
| 行长 | {16'h320c, 16'h320d } | 行长 = {16'h320c, 16'h320d}*2 |
| 帧长 | {16'h320e, 16'h320f } | 帧长 = {16'h320e, 16'h320f}*2 |

## 2.6.2. Slave Mode

Slave Mode 下，帧率由外部控制，最大帧率 =  $F_{PCLK} / (\text{行长} * \text{帧长})$ ，公式中的帧长等于中图 2-2 的 F\_length。

## 2.7. 测试模式

为方便测试，SC5235 提供一种递增测试模式，递增的步长设置为 1，如图 2-10 所示。



图 2-10 测试模式

表 2-11 测试模式控制寄存器

| 功能     | 寄存器地址       | 寄存器值 | 描述  |
|--------|-------------|------|---|
| 灰度渐变模式 | 16'h4501[3] | 1'b1 | Bit[3]: incremental pattern enable<br>0~ normal image<br>1~ incremental pattern |
|        | 16'h3900[0] | 1'b0 | Bit[0]:BLC enable<br>0~bypass BLC<br>1~BLC enable                               |



### 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   | AVDD  | -0.3~4.0       | V  |
| IO 电源电压  | DOVDD | -0.3~4.0       | V  |
| 数字电源电压   | DVDD  | -0.3~1.5       | V  |
| I/O 输入电压 | —     | -0.3~DOVDD+0.3 | V  |
| I/O 输出电压 | —     | -0.3~DOVDD+0.3 | V  |
| 工作温度     | —     | -40~+85        | °C |
| 最佳工作温度   | —     | -30~+60        | °C |
| 贮存温度     | —     | -50~+120       | °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  | AVDD               | 2.7                     | 2.8 | 2.9                     | V  |
| IO 供电电压                                       | DOVDD              | V <sub>DOVDD</sub> -0.1 | 1.8 | V <sub>DOVDD</sub> +0.1 | V  |
| 数字电源  | DVDD               | 1.4                     | 1.5 | 1.6                     | V  |
| <b>电流</b> （MIPI 模式，典型条件：AVDD=2.8V，DOVDD=1.8V） |                    |                         |     |                         |    |
| 模拟电源电流  | I <sub>AVDD</sub>  | —                       | 22  | —                       | mA |
| IO 电源电流                                       | I <sub>DOVDD</sub> | —                       | 0.1 | —                       | mA |
| 数字电源电流  | I <sub>DVDD</sub>  | —                       | 62  | —                       | mA |
| <b>数字输入</b> （典型条件：AVDD=2.8V，DOVDD=1.8V）       |                    |                         |     |                         |    |
| 输入低电平   | V <sub>IL</sub>    | —                       | —   | 0.3×DOVDD               | V  |

| 项目                        | 符号       | 最小值                | 典型值   | 最大值                | 单位 |
|---------------------------|----------|--------------------|-------|--------------------|----|
| 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</b> (25pF 标准负载)   |          |                    |       |                    |    |
| 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</b> (SCL 和 SDA) |          |                    |       |                    |    |
| 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  |

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 |
| 软复位设置时间        | —    | —   | —   | 1   | ms  |
| 更改分辨率设置时间      | —    | —   | —   | 1   | ms  |
| 配置寄存器设置时间      | —    | —   | —   | 300 | ms  |
| <b>晶振和时钟输入</b> |      |     |     |     |     |
| 输入时钟频率         | Fosc | 6   | —   | 27  | MHz |
| 输入时钟上升/下降时间    | —    | —   | —   | 5   | ns  |

## 4. 光学特性

SC5235 光谱响应曲线如图 4-1 所示。

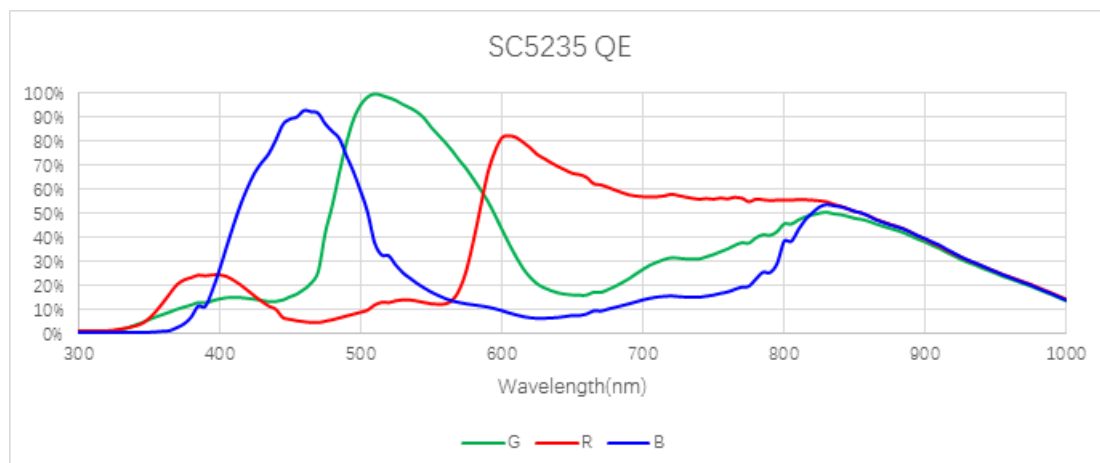


图 4-1 SC5235 光谱曲线

## 5. 封装信息

SC5235 提供 Pin41CSP 的封装，封装尺寸如图 5-1 所示。

Mechanical Drawing

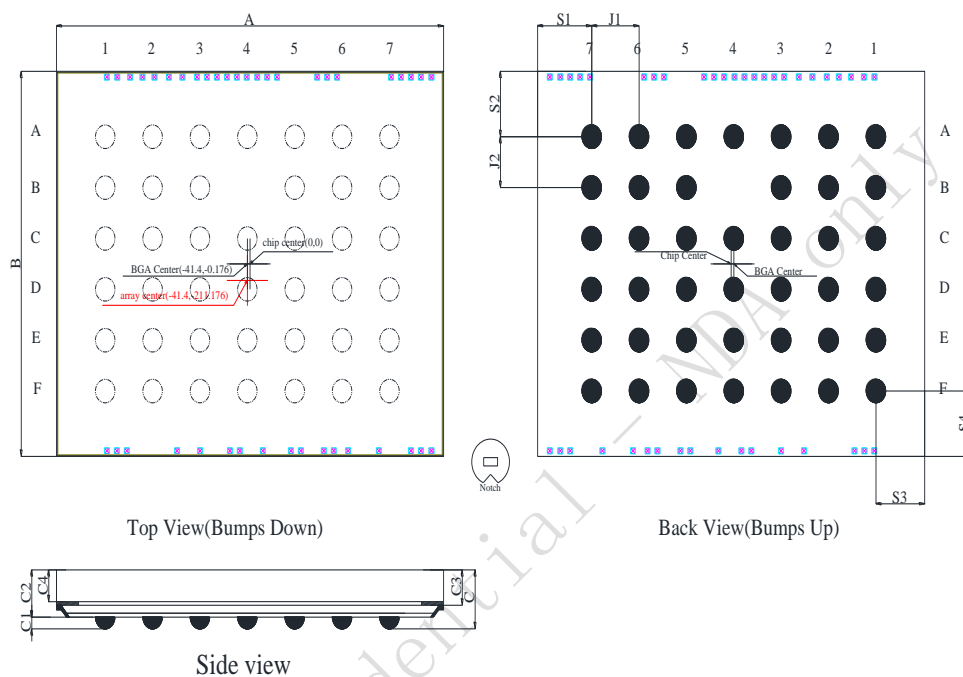


图 5-1 SC5235 封装示意图

表 5-1 封装尺寸表

| Parameter                                 | Symbol | Nominal     | Min   | Max   | Nominal | Min   | Max   |
|---|--------|-------------|-------|-------|---------|-------|-------|
|   |        | Millimeters |       |       | Inches  |       |       |
| Package Body Dimension X                  | A      | 5.965       | 5.940 | 5.990 | 0.235   | 0.234 | 0.236 |
| Package Body Dimension Y                  | B      | 4.922       | 4.897 | 4.947 | 0.194   | 0.193 | 0.195 |
| Package Height                            | C      | 0.710       | 0.650 | 0.770 | 0.028   | 0.026 | 0.030 |
| Ball Height                               | C1     | 0.150       | 0.120 | 0.180 | 0.006   | 0.005 | 0.007 |
| Package Body Thickness                    | C2     | 0.560       | 0.525 | 0.595 | 0.022   | 0.021 | 0.023 |
| Thickness from top glass surface to wafer | C3     | 0.345       | 0.325 | 0.365 | 0.014   | 0.013 | 0.014 |
| Glass Thickness                           | C4     | 0.300       | 0.290 | 0.310 | 0.012   | 0.011 | 0.012 |
| Ball Diameter                             | D      | 0.300       | 0.270 | 0.330 | 0.012   | 0.011 | 0.013 |
| Total Ball Count                          | N      | 41(9NC)     |       |       |         |       |       |
| Pins Pitch X axis                         | J1     | 0.730       |       |       |         |       |       |

|                                      |    |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Pins Pitch Y axis                    | J2 | 0.650 |       |       |       |       |       |
| Edge to Pin Center Distance along X1 | S1 | 0.834 | 0.804 | 0.864 | 0.033 | 0.032 | 0.034 |
| Edge to Pin Center Distance along Y1 | S2 | 0.836 | 0.806 | 0.866 | 0.033 | 0.032 | 0.034 |
| Edge to Pin Center Distance along X2 | S3 | 0.751 | 0.721 | 0.781 | 0.030 | 0.028 | 0.031 |
| Edge to Pin Center Distance along Y2 | S4 | 0.836 | 0.806 | 0.866 | 0.033 | 0.032 | 0.034 |

注：芯片的封装中心与光学中心不是重合的。以封装中心为原点，BGA 中心为(-41.4, -0.176)，光学中心为（-41.4, -211.176），单位为 um。

**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：021-64853572-8004

邮箱：sales@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