

SCL1024 控制板使用说明

一、控制板功能

控制板主要完成两项功能：

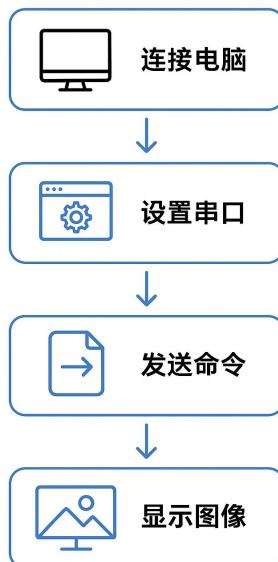
1. 设置探测器参数（SPI 控制）

用来写入探测器的工作寄存器。

2. 控制曝光与读出（曝光驱动）

控制探测器的曝光时间、读出周期，并启动数据发送。

SCL1024线列探测器评估板 使用流程



二、与电脑连接

1. 用 USB 转串口线将电脑与评估板的 UART 接口相连，控制板及探测器供电均由

USB-A 5V 提供，工作电流<1A。

2. 串口设置如下：

o 波特率：115200

o 数据位：8

o 校验位：无

- o 停止位: 1
3. 打开上位机软件（或串口助手），选择正确的串口号。

三、串口命令格式

每次控制板执行命令都需要发送一帧数据，格式如下：

0x08 command para 0x3E 0x09 0xD7

| 名称 | 说明 |
|----------------|----------------|
| 0x08 | 帧头（固定） |
| command | 指令代码（控制不同功能） |
| para | 三个字节参数，内容视命令而定 |
| 0x3E 0x09 0xD7 | 帧尾（固定） |

四、常用指令

| 功能 | command 指令码 | 说明 |
|---------|-------------|--------------------|
| 写入下方寄存器 | 0xD0 | 向探测器下方一行寄存器写入参数 |
| 写入上方寄存器 | 0xD1 | 向探测器上方一行寄存器写入参数 |
| 设置曝光时间 | 0xA4 | 调整探测器曝光时长（单位：时钟周期） |
| 设置读出周期 | 0xA5 | 调整探测器每帧读出时间 |
| 启动图像发送 | 0x6B | 触发一次 UDP 数据传输 |

五、 操作步骤

1. 上电后，确认 FPGA 已正常运行（电源指示灯亮）。
2. 打开串口助手或上位机软件。
3. 按顺序发送命令：
 - 1.1 （可选）用 0xA4 命令设置曝光时间，开机默认 186 μs；
如：08 A4 00 04 36 3E 09 D7 修改曝光时间 200μs (186ns/LSB)
 - 1.2 （可选）用 0xA5 命令设置读出周期，开机默认 64 μs；
如：08 A5 00 00 90 3E 09 D7 修改读出周期 217μs (1488ns/LSB)
 - 1.3 （可选）用 0xD0 或 0xD1 配置探测器寄存器；
如：08 D1 00 00 90 3E 09 D7 修改上行读出反向
 - 1.4 发送 0x6B 命令，开始采集与发送数据。
如：08 D1 AF 11 03 3E 09 D7 开始发送数据/停止发送数据
4. 上位机接收 UDP 数据并显示图像。

六、 注意事项

串口每次必须发送完整的一帧命令，帧头和帧尾不可缺失。

SPI 控制一次仅支持一行寄存器写入。

发送 0x6B 后若无图像，请确认网络连接及上位机 UDP 接收设置。

电脑配置地址 ipv4：192.168.1.102。

七、 驱动及配置总览

该评估板包含两部分重要逻辑：

SPI 寄存器配置模块：负责把上位机/串口收到的 24-bit 参数（器件地址+寄存器地址+数据）通过 SPI（两个片选，分别对应上/下两排探测器）串行下发到器件。通过 command 指令选择写“上行”或“下行”寄存器。

曝光驱动与控制模块：基于板上主时钟（周期 $93\text{ ns} \approx 10.752\text{ MHz}$ ），实现曝光（integration）周期、读出周期和触发信号输出（int 与 mc），并通过串口命令修改曝光时间和读出周期、启动/停止发送等。

时钟说明：输入时钟周期为 **93 ns**，频率 $\approx 10.752\text{ MHz}$ 。所有基于 clk 的计数以 93 ns 为周期。

八、 SPI 控制与曝光驱动模块说明

a) 总体架构

SCL1024 线列探测器评估板采用 **FPGA** 作为核心控制器，通过 **UART 串口接口** 接收上位机命令，并完成对探测器内部寄存器的配置（SPI 总线控制）以及曝光时序与读出周期的控制。

输入时钟周期为 **93 ns**（约 10.75 MHz），所有时序均基于此主时钟生成。

b) 串口通信协议

评估板通过 UART 与上位机通信，波特率为 **115200bps**，数据格式如下：

| 参数 | 设置 |
|-----|------------|
| 波特率 | 115200 bps |
| 数据位 | 8 bit |

| | |
|-----|----------------------------------|
| 校验位 | 无 |
| 停止位 | 1 bit |
| 帧格式 | 0x08 command para 0x3E 0x09 0xD7 |

帧结构说明

| 字节序号 | 内容 | 说明 |
|---------|----------------|------------------------|
| Byte0 | 0x08 | 帧头标识 |
| Byte1 | command | 指令码，用于指定写入目标或控制模式 |
| Byte2~4 | para[23:0] | 参数字段，包括器件地址、寄存器地址与写入数据 |
| Byte5~7 | 0x3E 0x09 0xD7 | 帧尾标识（固定） |

九、 SPI 寄存器配置模块

a) 模块功能

该模块接收来自串口模块的 command (8 位) 与 para (24 位) 数据，当接收完整 8 字节后，触发一次 SPI 寄存器配置操作。

根据不同的指令码，模块可对探测器的 **上下两行寄存器** 进行配置，SPI 接口信号包括：

spi_ceb_1、spi_ceb_2：SPI 片选信号，低有效。

mosi_1、mosi_2：SPI 数据输出（连接探测器 SDIN 引脚）。

SPI 时钟由系统时钟 clk 提供（约 10.75 MHz）。

b) 指令定义

| 指令码 (Hex) | 功能说明 |
|-----------|------------------------------------|
| 0xD0 | 向下方寄存器行写入配置数据（对应 spi_ceb_1、mosi_1） |
| 0xD1 | 向上方寄存器行写入配置数据（对应 spi_ceb_2、mosi_2） |

c) 参数字段定义

para[23:0] 字段按以下结构划分:

| 位段 | 内容 | 说明 |
|---------|-------------|-------|
| [23:16] | device_addr | 0xAF |
| [15:8] | reg_addr | 寄存器地址 |
| [7:0] | data | 写入数据 |

d) 时序描述

当接收到完整帧并检测到接收完成标志信号时，进入 SPI 配置状态；

根据 command 选择目标通道；

通过 cnt 计数器依次移出 24 位数据；

数据发送完成后，片选信号拉高结束传输。

十、 探测器曝光驱动与 UDP 发送控制模块

a) 模块功能

该模块负责控制 SCL1024 线列探测器的曝光时序与读出控制。

通过串口命令可动态修改曝光时间（Integration Time）与读出周期（Readout Cycle），

并控制 UDP 发送状态。

主要输出信号：

| 信号名 | 说明 |
|------------|------------------|
| int | 探测器积分控制信号，高电平有效。 |
| mc | 探测器主时钟信号 |
| start_send | UDP 发送启动信号 |

b) 内部参数定义

| 参数名 | 默认值 | 说明 |
|------------|------|---------------------|
| int_time | 2000 | 曝光时间计数值（对应约 200 μs） |
| read_cycle | 692 | 每次读出周期计数值 |

系统主时钟周期为 93ns，因此：

$$\text{曝光时间} = \text{int_time} \times 93\text{ns} \approx 186 \mu\text{s}$$

$$\text{读出周期} = \text{read_cycle} \times 93\text{ns} \approx 64 \mu\text{s}$$

c) 串口命令定义

| 指令码 (Hex) | 功能说明 |
|-----------|----------------------------|
| 0x6B | 触发 UDP 数据发送信号（翻转一次） |
| 0xA4 | 修改积分时间 int_time（单位：时钟周期） |
| 0xA5 | 修改读出周期 read_cycle（单位：时钟周期） |

指令执行时机：

上升沿 (receive_complete_posedge) 触发命令加载；

下降沿 (receive_complete_negedge) 复位命令状态。

d) 状态机工作流程

| 状态 | 代号 | 功能 |
|-------|------------|-------------------------|
| 初始化 | fsm_expo=0 | 读取新的曝光参数，准备曝光 |
| 预曝光同步 | fsm_expo=1 | 维持短暂同步延时 |
| 积分阶段 | fsm_expo=2 | 输出 int=1，控制探测器积分 |
| 读出阶段 | fsm_expo=3 | 关闭积分信号，维持 read_cycle 长度 |
| 循环返回 | — | 回到状态 0，开始下一帧 |

e) 信号说明

| 信号名 | 极性 | 功能说明 |
|------------|------|-------------------|
| int | 高有效 | 探测器曝光信号，高电平期间进行积分 |
| mc | 双沿输出 | 探测器主时钟 |
| start_send | 翻转触发 | 用于同步启动 UDP 图像传输 |

十一、 模块间通信逻辑

1. 串口模块接收完整指令帧 → 生成 command、para、receive_complete 信号；
2. SPI 控制模块根据命令码 0xD0/0xD1 对上下行寄存器配置；
3. 曝光控制模块根据命令 0xA4/0xA5 更新曝光与读出周期；
4. 当 0x6B 指令下发时，触发一次 UDP 发送动作；
5. 各控制信号最终驱动探测器与数据传输模块，实现可控曝光与实时图像传输。