




Gowin SPI to I<sup>2</sup>C IP

## 用户指南

IPUG773-1.1,2022-01-11

版权所有 © 2022 广东高云半导体科技股份有限公司

**GOWIN高云**、、Gowin、GowinSynthesis 以及云源高云均为广东高云半导体科技股份有限公司注册商标，本手册中提到的其他任何商标，其所有权利属其拥有者所有。未经本公司书面许可，任何单位和个人都不得擅自摘抄、复制、翻译本档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

### **免责声明**

本档并未授予任何知识产权的许可，并未以明示或暗示，或以禁止发言或其它方式授予任何知识产权许可。除高云半导体在其产品的销售条款和条件中声明的责任之外，高云半导体概不承担任何法律或非法律责任。高云半导体对高云半导体产品的销售和 / 或使用不作任何明示或暗示的担保，包括对产品的特定用途适用性、适销性或对任何专利权、版权或其它知识产权的侵权责任等，均不作担保。高云半导体对档中包含的文字、图片及其它内容的准确性和完整性不承担任何法律或非法律责任，高云半导体保留修改档中任何内容的权利，恕不另行通知。高云半导体不承诺对这些档进行适时的更新。

## 版本信息

日期	版本	说明
2021/03/12	1.0	初始版本。
2022/01/11	1.1	<ul style="list-style-type: none"><li>● 更新 IP 结构框图；</li><li>● 删除参数配置。</li></ul>

# 目录

目录 .....	<b>i</b>
图目录 .....	<b>ii</b>
表目录 .....	<b>iii</b>
<b>1 关于本手册 .....</b>	<b>1</b>
1.1 手册内容 .....	1
1.2 相关文档 .....	1
1.3 术语、缩略语 .....	2
1.4 技术支持与反馈 .....	2
<b>2 概述 .....</b>	<b>3</b>
<b>3 特征与性能 .....</b>	<b>4</b>
3.1 特性 .....	4
3.2 性能 .....	4
3.3 资源占用 .....	4
<b>4 功能描述 .....</b>	<b>5</b>
4.1 SPI 接口控制指令 .....	6
4.1.1 控制指令 .....	6
4.1.2 指令描述 .....	7
4.2 操作流程 .....	10
4.2.1 Wrl2cData .....	10
4.2.2 Rdl2cData .....	10
4.2.3 RdAfterWrl2cData .....	10
4.2.4 WrAfterWrl2cData .....	10
<b>5 端口列表 .....</b>	<b>12</b>
<b>6 界面配置 .....</b>	<b>13</b>
<b>7 参考设计 .....</b>	<b>15</b>

# 图目录

图 4-1 系统框图 .....	5
图 4-2 整体结构 .....	6
图 4-3 Wrl2cData 指令示意图 .....	7
图 4-4 Rdl2cData 指令示意图 .....	7
图 4-5 RdAfterWrl2cData 指令示意图 .....	7
图 4-6 WrAfterWrl2cData 指令示意图 .....	8
图 4-7 RdBuffer 指令示意图 .....	8
图 4-8 WrReg 指令示意图 .....	9
图 4-9 RdReg 指令示意图 .....	9
图 6-1 打开工程 .....	13
图 6-2 调用 SPI to I2C .....	14
图 6-3 例化 SPI to I2C .....	14

# 表目录

表 1-1 术语、缩略语 .....	2
表 2-1 Gowin SPI to I <sup>2</sup> C IP 概述 .....	3
表 3-1 资源占用 .....	4
表 4-1 SPI 接口控制指令 .....	6
表 4-2 寄存器定义 .....	9
表 5-1 信号定义 .....	12

# 1 关于本手册

## 1.1 手册内容

Gowin SPI to I<sup>2</sup>C IP 用户手册主要包括特征性能、功能描述、信号定义、参数介绍、GUI 调用、接口时序等，旨在帮助用户快速了解 Gowin SPI to I<sup>2</sup>C IP 的产品特性和使用方法，加速用户产品开发。

## 1.2 相关文档

通过登录高云<sup>®</sup>半导体网站 [www.gowinsemi.com](http://www.gowinsemi.com) 可以下载、查看 FPGA 产品文档。

- [DS100](#), GW1N 系列 FPGA 产品数据手册
- [DS117](#), GW1NR 系列 FPGA 产品数据手册
- [DS821](#), GW1NS 系列 FPGA 产品数据手册
- [DS102](#), GW2A 系列 FPGA 产品数据手册
- [DS226](#), GW2AR 系列 FPGA 产品数据手册
- [DS841](#), GW1NZ 系列 FPGA 产品数据手册
- [DS861](#), GW1NSR 系列 FPGA 产品数据手册
- [DS871](#), GW1NSE 系列安全 FPGA 产品数据手册
- [DS881](#), GW1NSER 系列安全 FPGA 产品数据手册
- [DS891](#), GW1NRF 系列蓝牙 FPGA 产品数据手册
- [DS961](#), GW2ANR 系列 FPGA 产品数据手册
- [SUG100](#), Gowin 云源软件用户指南

## 1.3 术语、缩略语

表 1-1 中列出了本手册中出现的相关术语、缩略语及相关释义。

表 1-1 术语、缩略语

术语、缩略语	全称	含义
FPGA	Field Programmable Gate Array	现场可编程门阵列
I <sup>2</sup> C	Inter-Integrated Circuit	两线式串行总线
SPI	Serial Peripheral Interface	串行外设接口

## 1.4 技术支持与反馈

高云半导体提供全方位技术支持，在使用过程中如有任何疑问或建议，可直接与公司联系：

网址：[www.gowinsemi.com](http://www.gowinsemi.com)

E-mail：[support@gowinsemi.com](mailto:support@gowinsemi.com)

Tel: +86 755 8262 0391



# 2 概述

SPI (Serial Peripheral Interface)是一种高速、全双工、同步的通信总线。

I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit)总线是一种两线式串行总线，用于连接微控制器及其外围设备。

为了更好地服务 FPGA 用户，降低用户的系统开发难度，Gowin SPI to I<sup>2</sup>C IP 可提高用户产品开发速度。该 IP 位于 SPI 和 I<sup>2</sup>C 接口之间，具有友好的用户操作接口，实现基于 SPI 接口的 I<sup>2</sup>C 数据收发控制功能。

**表 2-1 Gowin SPI to I<sup>2</sup>C IP 概述**

Gowin SPI to I2C IP	
逻辑资源	见表 3-1。
交付文件	
设计文件	Verilog（加密）
测试设计流程	
综合软件	GowinSynthesis <sup>®</sup>
应用软件	Gowin Software（V1.9.7.02Beta 及以上）

# 3 特征与性能

## 3.1 特性

- 实现 SPI 与 I<sup>2</sup>C 接口之间的数据通信；
- SPI 接口为 Slave 模式；
- SPI 接口以中断方式完成与 SPI Master 端的数据交互；
- IP 输入工作时钟必须不小于输入 SPI 时钟速率的 4 倍；
- SPI 接口数据发送顺序为大端对齐；
- I<sup>2</sup>C 接口为 Master 模式；
- I<sup>2</sup>C 接口支持 7bit 地址模式，不支持 10bit 地址模式；
- I<sup>2</sup>C 接口工作速率可通过设置寄存器灵活设置；
- SPI 接口接收 FIFO 深度 510Bytes；
- SPI 接口发送 FIFO 深度 255Bytes；
- 完全可综合；
- 设计语言为 Verilog。

## 3.2 性能

Gowin SPI to I<sup>2</sup>C IP 的工作频率取决于 IP 在所选芯片中支持的最大工作频率。

## 3.3 资源占用

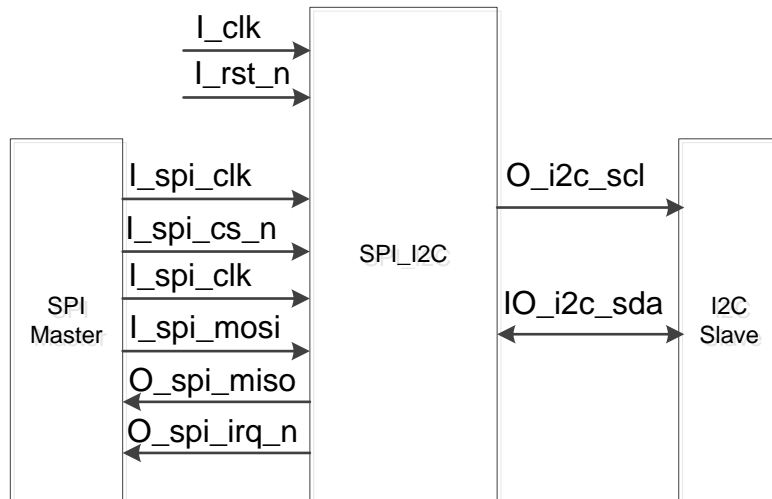
表 3-1 资源占用

芯片型号	编程语言	LUT4 资源	REG 资源
GW2A-LV18PG256C7/I6	Verilog	≤660	≤386

# 4 功能描述

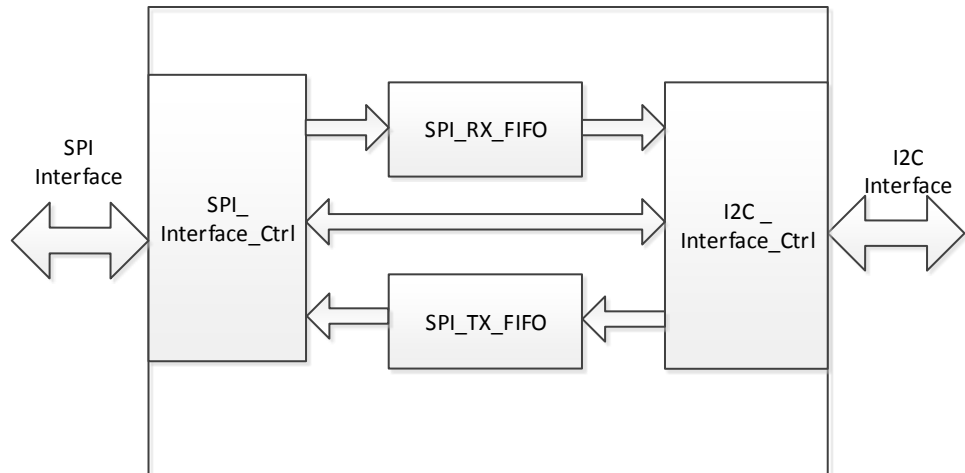
Gowin SPI to I<sup>2</sup>C IP 位于 SPI 接口和 I<sup>2</sup>C 接口之间，SPI 侧主要包括数据、时钟、片选、中断等信号，I<sup>2</sup>C 侧包括数据、时钟信号。

图 4-1 系统框图



Gowin SPI to I<sup>2</sup>C IP 的结构框图如图 4-2 所示。

图 4-2 整体结构



整个 IP 设计包括 SPI\_Interface\_Ctrl、SPI\_RX\_FIFO、SPI\_TX\_FIFO、I2C\_Interface\_Ctrl 模块。

- SPI\_Interface\_Ctrl: 实现与 SPI Master 间的数据通信，完成 SPI 数据接收和发送、中断控制、状态监测等功能；
- SPI\_RX\_FIFO: 存放从 SPI Master 接收来的待发送到 I<sup>2</sup>C 接口的数据；
- SPI\_TX\_FIFO: 存放从 I<sup>2</sup>C Slave 接收来的待发送到 SPI 接口的数据；
- I2C\_Interface\_Ctrl: 实现与 I<sup>2</sup>C Slave 间的数据通信及接口时序控制。

## 4.1 SPI 接口控制指令

### 4.1.1 控制指令

SPI 接口控制指令包括读操作、写操作、读写操作、写写操作、读寄存器操作、写寄存器操作、读缓存操作，详细操作项和定义见下表。

表 4-1 SPI 接口控制指令

序号	SPI接口控制指令名称	指令定义	宽度	类型	描述
1	Wrl2cData	0x00	8 bits	只写	写N Bytes到I <sup>2</sup> C总线从设备（N取值范围1~255）。
2	Rdl2cData	0x01	8 bits	只读	从I <sup>2</sup> C总线从设备读N Bytes（N取值范围1~255）。
3	RdAfterWrl2cData	0x02	8 bits	读/写	先写N Bytes到I <sup>2</sup> C总线从设备1，然后再从I <sup>2</sup> C从设备2读M Bytes(N取值范围1~255,M1取值范围1~255)。
4	WrAfterWrl2cData	0x03	8 bits	只写	先写N Bytes到I <sup>2</sup> C总线从设备1，然后再写M Bytes到I <sup>2</sup> C从设备2(N取值范围1~255,M取值范围1~255)。

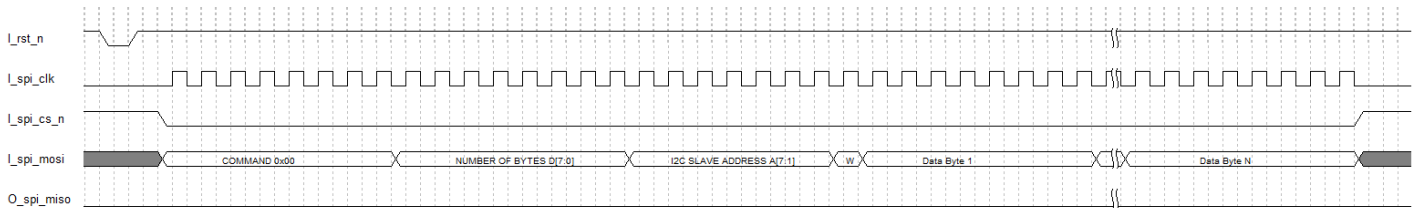
序号	SPI接口控制指令名称	指令定义	宽度	类型	描述
5	RdBuffer	0x06	8 bits	只读	读取本地Buffer中的接收数据( Buffer最大深度255)。
6	WrReg	0x20	8 bits	只写	配置内部寄存器值
7	RdReg	0x21	8 bits	只读	读取内部寄存器值

## 4.1.2 指令描述

### WrI2cData

该指令操作目的就是通过 SPI 接口写 N Bytes 到 I<sup>2</sup>C 总线从设备，其中 N 取值范围 1~255。

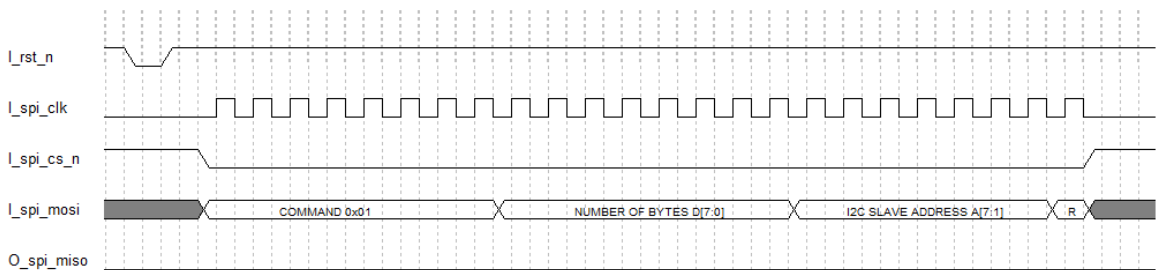
图 4-3 WrI2cData 指令示意图



### RdI2cData

该指令操作目的就是通过 SPI 接口从 I<sup>2</sup>C 总线从设备读取 N Bytes，其中 N 取值范围 1~255。

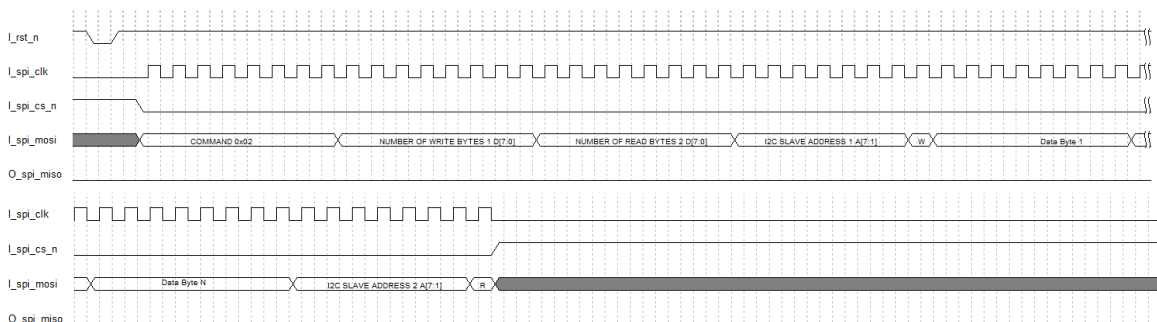
图 4-4 RdI2cData 指令示意图



### RdAfterWrI2cData

该指令操作目的就是通过 SPI 接口从 I<sup>2</sup>C 总线从设备 1 读取 N Bytes，再从 I<sup>2</sup>C 从设备 2 读取 M Bytes，其中 N 取值范围 1~255, M 取值范围 1~255。

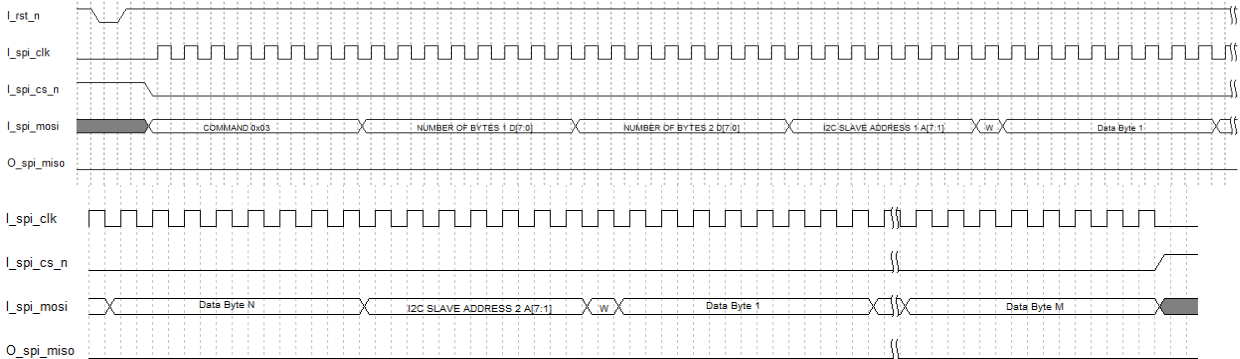
图 4-5 RdAfterWrI2cData 指令示意图



### WrAfterWrI2cData

该指令操作目的就是通过 SPI 接口写 N Bytes 到 I<sup>2</sup>C 总线从设备 1，再写 M Bytes 到 I<sup>2</sup>C 从设备 2，其中 N 取值范围 1~255，M 取值范围 1~255。

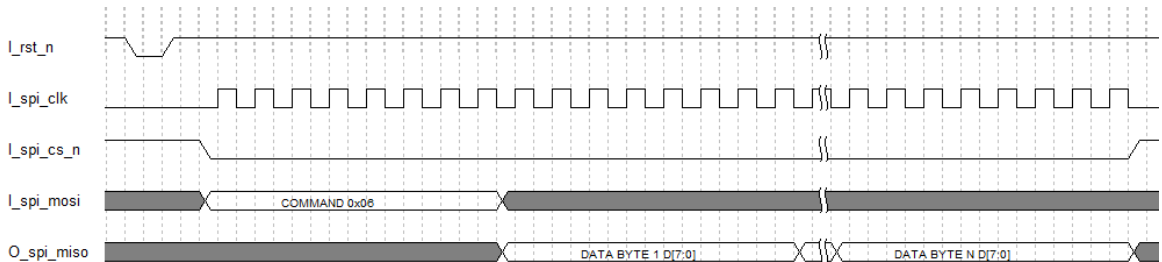
图 4-6 WrAfterWrI2cData 指令示意图



### RdBuffer

该指令操作目的就是通过 SPI 接口从 IP 内部接收 FIFO 中读取 N Bytes，其中 N 取值范围 1~255。

图 4-7 RdBuffer 指令示意图



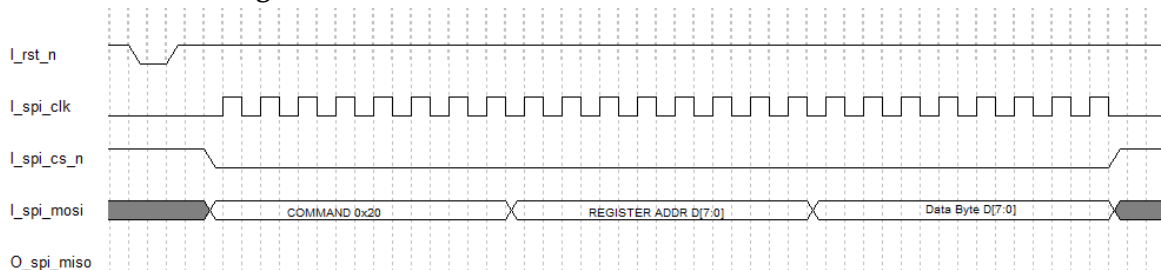
### WrReg

该指令操作目的就是通过 SPI 接口配置内部寄存器。

表 4-2 寄存器定义

名称	地址	位宽	默认值	类型	描述
I2CClk	0x00	8	0x00	读/写	I <sup>2</sup> C 时钟速率配置寄存器： I2C_Bus_Clk_Freq=F 输入工作时钟 /4*(I2CClk+1) I2CClk 取值范围 0~255
I2CAdr	0x01	8	0x00	读/写	I <sup>2</sup> C Master 地址配置寄存器： Bit[7:1]: I <sup>2</sup> C Master Addr Bit[0]: Reserved
I2CStat	0x02	8	0x00	读	I <sup>2</sup> C 状态寄存器： 0xF0: I <sup>2</sup> C 传输成功，触发中断。 0xF1: I <sup>2</sup> C 传输时，当从端设备对 Slave Addr 无 ACK 响应时触发中断。 0xF2: I <sup>2</sup> C 传输时，当从端设备对 Data 无 ACK 响应时触发中断。 0xF3: I <sup>2</sup> C 总线忙，无中断触发。 0x00: I <sup>2</sup> C 空闲 其他: Reserved

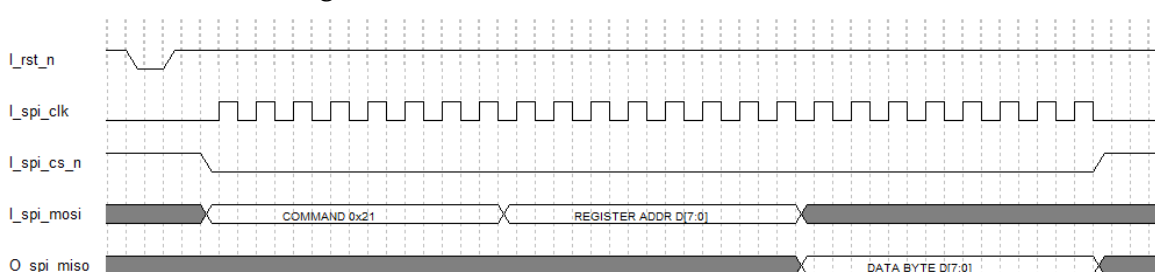
图 4-8 WtReg 指令示意图



### RdReg

该指令操作目的就是通过 SPI 接口读取内部寄存器值。

图 4-9 RdReg 指令示意图



## 4.2 操作流程

### 4.2.1 WrI2cData

1. 首先 SPI Master 端发送指令 0x00, 把要发送到 I<sup>2</sup>C 从端的字节数、I<sup>2</sup>C 地址以及发送数据通过 SPI 接口送到 IP;
2. 然后 IP 会依据 I<sup>2</sup>C 协议把数据发送到 I<sup>2</sup>C 总线上;
3. 当所有的数据都发送完毕后, IP 会设置状态寄存器值为 0xF0, 并触发中断信号给 SPI Master 端; 若 I<sup>2</sup>C 总线发送中出现 ACK 异常时, 会中止发送, 并触发中断信号给 SPI Master 端;
4. SPI Master 端响应中断, 并通过发送指令 0x21 读取状态寄存器值, 再根据读取的寄存器值判断 I<sup>2</sup>C 总线是否发送完成还是发送异常。

### 4.2.2 RdI2cData

1. 首先 SPI Master 端发送指令 0x01, 把要本次 I<sup>2</sup>C 总线读操作的字节数、I<sup>2</sup>C 地址通过 SPI 接口送到 IP;
2. 然后 IP 会依据 I<sup>2</sup>C 协议从 I<sup>2</sup>C 总线从端读取指定的字节数;
3. 当完成指定字节数读取后, IP 会设置状态寄存器值为 0xF0, 并触发中断信号给 SPI Master 端; 若 I<sup>2</sup>C 总线发送中出现 ACK 异常时, 会中止发送, 并触发中断信号给 SPI Master 端;
4. SPI Master 端响应中断, 并通过发送指令 0x21 读取状态寄存器值;
5. 当寄存器值为 0xF0 时, 表示此次 I<sup>2</sup>C 读操作成功, SPI Master 端会发送指令 0x06 从 BUFFER 中读取数据。

### 4.2.3 RdAfterWrI2cData

1. 首先 SPI Master 端发送指令 0x02, 把要本次 I<sup>2</sup>C 总线操作的读写字节数、I<sup>2</sup>C 地址 1 (W)、I<sup>2</sup>C 地址 2 (R) 通过 SPI 接口送到 IP;
2. 然后 IP 会依据 I<sup>2</sup>C 协议对 I<sup>2</sup>C 总线进行指定字节数的读写操作;
3. 当完成指定字节读写操作后, IP 会设置状态寄存器值为 0xF0, 并触发中断信号给 SPI Master 端; 若 I<sup>2</sup>C 总线发送中出现 ACK 异常时, 会中止发送, 并触发中断信号给 SPI Master 端;
4. SPI Master 端响应中断, 并通过发送指令 0x21 读取状态寄存器值;
5. 当寄存器值为 0xF0 时, 表示此次 I<sup>2</sup>C 读操作成功, SPI Master 端会发送指令 0x06 从 BUFFER 中读取数据。

### 4.2.4 WrAfterWrI2cData

1. 首先 SPI Master 端发送指令 0x03, 把要本次 I<sup>2</sup>C 总线操作的写字字节数 1、写字字节数 2、I<sup>2</sup>C 地址 1 (W)、I<sup>2</sup>C 地址 2 (W) 及发送数据通过 SPI 接口送到 IP;
2. 然后 IP 会依据 I<sup>2</sup>C 协议对 I<sup>2</sup>C 总线进行指定字节数的写操作;



3. 当完成指定字节写操作后，IP 会设置状态寄存器值为 **0xF0**，并触发中断信号给 **SPI Master** 端；若 **I<sup>2</sup>C** 总线发送中出现 **ACK** 异常时，会中止发送，并触发中断信号给 **SPI Master** 端；
4. **SPI Master** 端响应中断，并通过发送指令 **0x21** 读取状态寄存器值，再根据读取的寄存器值判断 **I<sup>2</sup>C** 总线是否发送完成还是发送异常。

# 5 端口列表

Gowin SPI to I<sup>2</sup>C IP 的端口列表如表 5-1 所示。

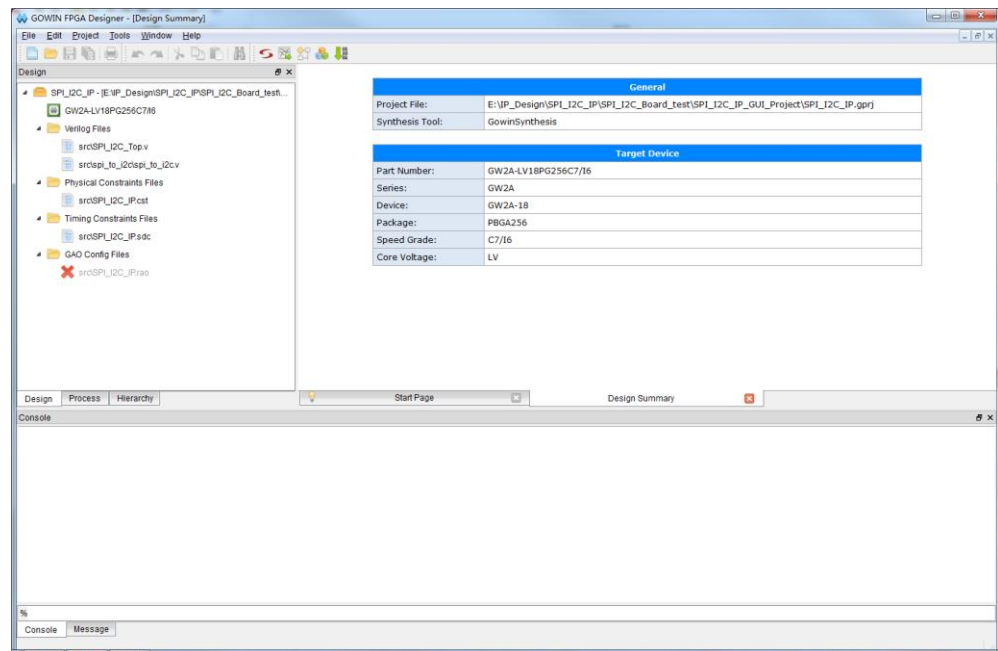
表 5-1 信号定义

序号	信号名称	方向	描述	备注
1	I_clk	I	时钟	所有信号输入输出方向均以 IP 为参考。
2	I_rst_n	I	复位	
3	IO_i2c_sda	I/O	I <sup>2</sup> C 总线数据	
4	O_i2c_scl	O	I <sup>2</sup> C 总线时钟	
5	O_spi_irq_n	O	SPI 接口中断	
6	I_spi_clk	I	SPI 接口时钟	
7	I_spi_cs_n	I	SPI 接口片选	
8	I_spi_mosi	I	SPI 接口输入数据	
9	O_spi_miso	O	SPI 接口输出数据	

# 6 界面配置

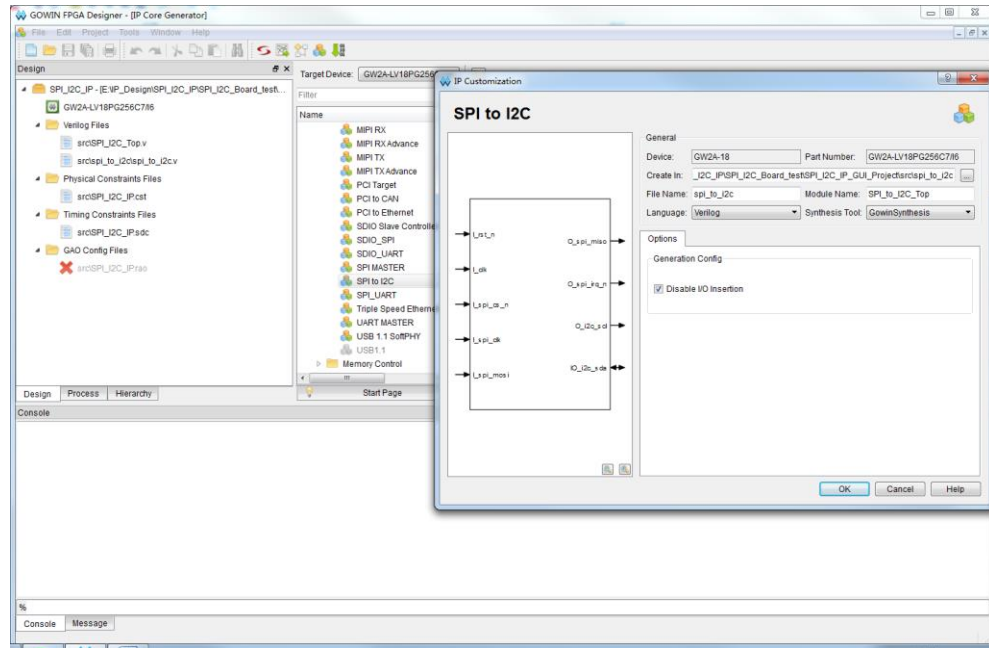
1. 启动高云半导体云源<sup>®</sup>软件后，打开工程，如下图所示：

图 6-1 打开工程



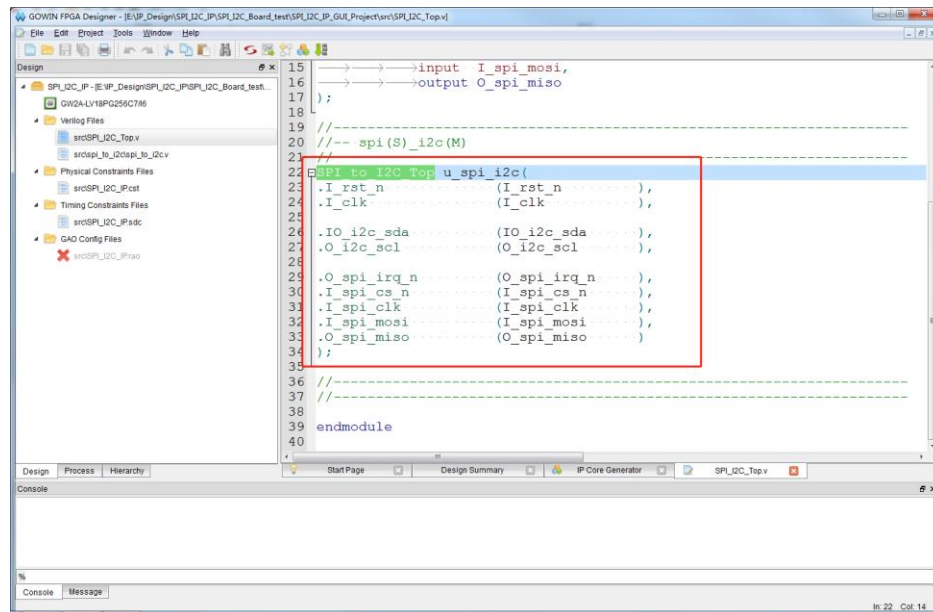
2. 在 Tools 菜单下点击“IP Core Generator”，调用 SPI\_to\_I2C，然后点击“OK”后生成 SPI\_to\_I2C Module。

图 6-2 调用 SPI to I2C



3. 在用户程序中例化 SPI\_to\_I2C 如下图所示：

图 6-3 例化 SPI to I2C



4. 然后综合、P&R、下载 bitstream 文件到 FPGA 芯片，可实现 SPI\_to\_I2C 功能。

# 7 参考设计

可参考 RefDesign 内相关测试案例。

