




# Gowin I3C Slave Dual Clock IP 用户指南

IPUG796-1.0,2022-02-24

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、云源以及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
2022/02/24	1.0	初始版本。

# 目录

<b>目录</b> .....	<b>i</b>
<b>图目录</b> .....	<b>iii</b>
<b>表目录</b> .....	<b>iv</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 主要特征 .....	4
3.2 最大频率 .....	4
3.3 资源利用 .....	4
<b>4 功能描述</b> .....	<b>6</b>
4.1 操作模式 .....	6
4.2 用户接口时序 .....	6
<b>5 端口描述</b> .....	<b>8</b>
<b>6 寄存器</b> .....	<b>10</b>
6.1 寄存器的地址映射和描述 .....	10
6.2 各个寄存器的描述 .....	11
6.2.1 SCFG (0x04) .....	11
6.2.2 SSTS (0x08) .....	13
6.2.3 SCONTROL (0x0C) .....	16
6.2.4 SIS (0x10) .....	16
6.2.5 SIC (0x14) .....	18
6.2.6 SIM (0x18) .....	19

---

6.2.7 SERR (0x1C) .....	20
6.2.8 SDATACONTROL (0x2C) .....	21
6.2.9 STXB (0x30) .....	21
6.2.10 SRXB (0x40) .....	21
6.2.11 SDA (0x64) .....	22
6.2.12 SVFVORRV (0x6C) .....	22
6.2.13 SBCRANDDCR (0x70) .....	22
6.2.14 SMMID (0x74) .....	22
6.2.15 DID (0xC4) .....	23
<b>7 通信操作流程 .....</b>	<b>24</b>
7.1 Slave 通信操作流程.....	24
7.1.1 SDR 读写操作 .....	24
7.1.2 ENTDA A 操作 .....	25
7.1.3 SDR 通信的其余 CCC 操作.....	25
7.1.4 /IBI/HJ/MR 操作.....	25
7.1.5 DDR 读写操作 .....	26
<b>8 中断.....</b>	<b>28</b>
<b>9 时钟.....</b>	<b>29</b>
<b>10 调用与配置.....</b>	<b>30</b>

# 图目录

图 4-1 REG 写操作时序.....	7
图 4-2 REG 读操作时序.....	7
图 5-1 I3C Slave Dual Clock IO 端口图.....	8
图 10-1 Gowin I3C Slave Dual Clock IP 工具栏调用实例 .....	30
图 10-2 Gowin I3C Slave Dual Clock IP Options 配置界面.....	31

# 表目录

表 1-1 术语、缩略语 .....	2
表 2-1 Gowin I3C Slave Dual Clock IP 概述 .....	3
表 3-1 Gowin I3C Dual Clock 占用资源 .....	5
表 5-1 I3C Slave Dual Clock 的 IO 端口列表 .....	8
表 6-1 寄存器的地址映射和描述 .....	10
表 6-2 SCFG 寄存器 .....	11
表 6-3 SSTS 寄存器 .....	13
表 6-4 SCONTROL 寄存器 .....	16
表 6-5 SIS 寄存器 .....	16
表 6-6 SIC 寄存器 .....	18
表 6-7 SIM 寄存器 .....	19
表 6-8 SERR 寄存器 .....	20
表 6-9 SDATACONTROL 寄存器 .....	21
表 6-10 STXB 寄存器 .....	21
表 6-11 SRXB 寄存器 .....	21
表 6-12 SDA 寄存器 .....	22
表 6-13 SVFVORRV 寄存器 .....	22
表 6-14 SBCRANDDCR 寄存器 .....	22
表 6-15 SMMID 寄存器 .....	22
表 6-16 DID 寄存器 .....	23
表 10-1 Gowin I3C Slave Dual Clock IP 配置选项说明 .....	31

# 1 关于本手册

## 1.1 手册内容

Gowin® I3C Slave Dual Clock IP 用户指南主要内容包括功能特点、端口描述、时序说明、寄存器描述、配置调用、参考设计等，旨在帮助用户快速了解 Gowin I3C Slave Dual Clock IP 的产品特性、特点及使用方法。

## 1.2 相关文档

通过登录高云®半导体网站 <http://www.gowinsemi.com.cn> 可以下载、查看以下相关文档：

- [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](#)
- [DS861, GW1NSR 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS891, GW1NRF 系列蓝牙 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS881, GW1NSER 系列安全 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](#)
- [DS961, GW2ANR 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS976, GW2AN-55 器件数据手册](#)
- [DS971, GW2AN-18X & 9X 器件数据手册](#)
- [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
IP	Intellectual Property	知识产权
FPGA	Field Programmable Gate Array	现场可编程门阵列
LUT	Look-up Table	查找表
CCC	Common Command Code	通用命令代码
IBI	In-Band Interrupt	带内中断
HJ	Hot-join	热插拔
SDR	Single Data Rate	单倍数据速率
DDR	Double Data Rate	双倍数据速率

## 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：<http://www.gowinsemi.com.cn>

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

Tel: +86 755 8262 0391

# 2 概述

Gowin I3C Slave Dual Clock IP 应用于串行通讯接口和串行传感器接口中,用于接收或者发送数据。Gowin I3C Slave Dual Clock IP 提供了带有 REG 接口以及 APB 总线接口的 I3C 总线从机通讯控制器。

**表 2-1 Gowin I3C Slave Dual Clock IP 概述**

Gowin I3C Slave Dual Clock IP	
IP核应用	
芯片支持	GW1N系列: GW1N-4、GW1N-4B、GW1N-4D、GW1N-9、GW1N-9C; GW1NR系列: GW1NR-4、GW1NR-4B、GW1NR-4D、GW1NR-9、GW1NR-9C; GW1NS系列: GW1NS-4、GW1NS-4C; GW1NSR系列: GW1NSR-4、GW1NSR-4C; GW1NRF系列; GW1NSER系列; GW2A系列; GW2ANR系列; GW2AR系列; GW2AN系列;
逻辑资源	请参见表3-1。
交付文件	
设计文件	Verilog (encrypted)
参考设计	Verilog
TestBench	Verilog
测试设计流程	
综合软件	GowinSynthesis®
应用软件	Gowin Software (V1.9.8.03及以上)

# 3 特征与性能

## 3.1 主要特征

- 符合 MIPI I3C V1.1 的标准
- 支持多种传输模式：SDR 和 DDR
  - SDR 模式仅支持从机，最高数据速率 12.5Mbps
  - DDR 模式仅支持从机，最高数据速率 25Mbps
- 支持地址仲裁检测
- 支持 I3C CCC 命令
  - 支持动态地址分配
  - 支持其他可选的 CCC 命令
- 支持 IBI、Hot-join
- 支持从机复位序列发送
- 支持两种用户接口
  - APB 接口
  - REG 接口

## 3.2 最大频率

Gowin I3C Slave Dual Clock IP 的最大频率主要根据所用器件的速度等级 (speed grade of the devices) 确定，当 i3c\_clk 为 90MHz，fclk 为 40MHz 时，就可与任意符合标准的 I3C 主机进行通信。

## 3.3 资源利用

通过 Verilog 语言实现 Gowin I3C Slave Dual Clock IP。因使用器件的密度、速度和等级不同，其性能和资源利用情况可能不同。

以高云 GW2A-18 系列 FPGA 为例，Gowin I3C Slave Dual Clock IP 其

资源利用情况如表 3-1 所示，有关在其它高云 FPGA 上的应用验证，请关注后期发布信息。

**表 3-1 Gowin I3C Slave Dual Clock IP 占用资源**

器件系列	速度等级	资源利用		备注
GW2A-18	C8/I7	LUT	1833	-
		REG	1056	

# 4 功能描述

## 4.1 操作模式

本软核向用户提供 REG 接口或者 APB 总线接口作为用户接口。用户通过写控制寄存器来配置 IP 运行时的参数，控制 IP 通讯行为并发送数据；通过读控制寄存器读取 IP 运行时的参数以及读取 IP 接收到的数据；IP 通过中断通知用户总线上发生的事件，用户通过读写控制寄存器进行中断处理，中断处理完成后，用户完成了与 IP 的交互操作，也就完成了总线通讯。

为了实现 I3C 总线数据的快速读写，本软核配备了两个深度为 16 的 8 位宽读写 FIFO。这样用户就可以在数据未发送完成时连续写入多个数据，也可以在接收到多个数据之后连续读出多个数据。

## 4.2 用户接口时序

用户可以配置用户接口为 REG 接口或者 APB 总线接口。其中 APB 总线接口符合相关协议。

REG 接口的时序如图 4-1 和图 4-2 所示。

图 4-1 REG 写操作时序

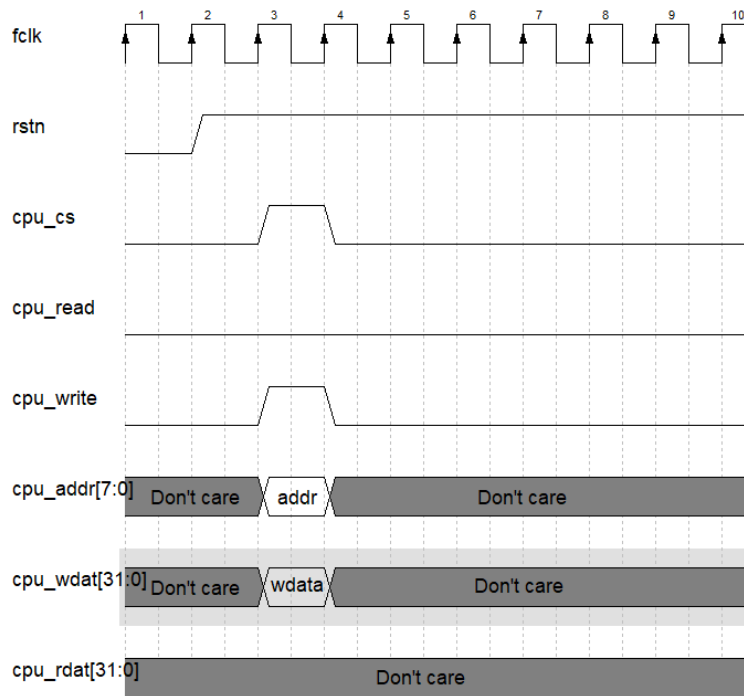
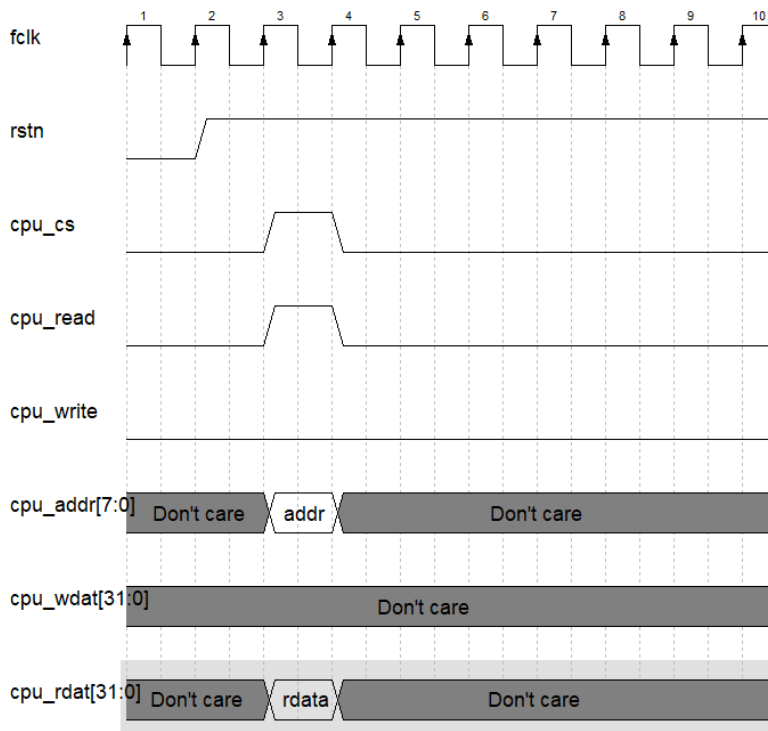


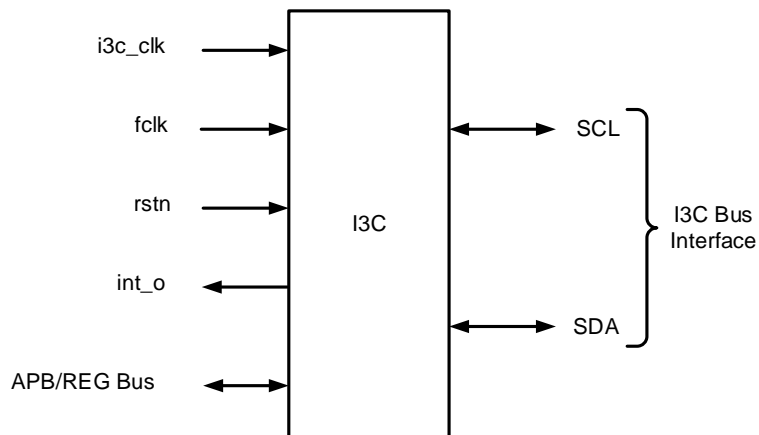
图 4-2 REG 读操作时序



# 5 端口描述

有关 Gowin I3C Slave Dual Clock 的 IO 端口图，如图 5-1 所示。

图 5-1 I3C Slave Dual Clock IO 端口图



有关 Gowin I3C Slave Dual Clcok 的 IO 端口详情，如表 5-1 所示。

表 5-1 I3C Slave Dual Clock 的 IO 端口列表

信号	方向	描述
fclk	input	系统时钟（慢，用于读写寄存器）
i3c_clk	input	I3C 配置时钟（快，用于控制 I3C 总线 SDA 数据的输出）
rstn	input	复位（低有效）
int_o	output	中断输出（低有效）
I3C Bus 接口		
SCL	inout	I3C 串行时钟线
SDA	inout	I3C 串行数据线
用户接口-APB 总线接口（except fclk）		
PADDR[7:0]	input	字节地址

信号	方向	描述
PWDATA[31:0]	input	写数据
PRDATA[31:0]	output	读数据
PSEL	input	从设备选择
PWRITE	input	写/读方向指示
PENABLE	input	使能信号
用户接口-REG 接口 (except fclk)		
cpu_cs	input	片选信号
cpu_read	input	读使能
cpu_write	input	写使能
cpu_addr[7:0]	input	地址信号
cpu_wdat[31:0]	input	写数据
cpu_rdat[31:0]	output	读数据



# 6 寄存器

Gowin I3C Slave Dual Clock IP 使用 256 个地址空间，因此将低 8 位的地址解码为寄存器组的偏移值。它将所有控制寄存器、状态寄存器以及用于访问发送和接收 FIFO 的寄存器映射到此地址空间。

## 6.1 寄存器的地址映射和描述

表 6-1 寄存器的地址映射和描述

寄存器偏移地址	寄存器名称	访问限制	描述
0x04	SCFG	读写	从机配置寄存器：IP被配置为从机后对IP进行初始化配置
0x08	SSTS	读写	从机状态寄存器：显示IP以及I3C总线所处的状态（对应位置写1可将对应寄存器置0）
0x0C	SCONTROL	读写	从机控制寄存器：控制IP在I3C总线上做出相对应的操作
0x10	SIS	读写	从机中断使能寄存器：使能IP的中断
0x14	SIC	只写	从机中断使能清除寄存器：写1清除中断使能
0x18	SIM	只读	从机中断掩码寄存器：SSTS的值与SIS的值
0x1C	SERR	读写	从机错误寄存器：显示目前通讯中产生的错误（对应位置写1可将对应寄存器置0）
0x2C	SDATACONTROL	读写	从机数据控制寄存器：控制并显示FIFO的状态

寄存器偏移地址	寄存器名称	访问限制	描述
0x30	STXB	只写	从机发送数据寄存器：从机写数据到发送FIFO中
0x40	SRXB	只读	从机接收数据寄存器：从机从接收FIFO中读取数据
0x64	SDA	读写	从机动态地址寄存器：用户可读写从机的动态地址
0x6C	SVFVORRV	读写	从机供应商固定值或者随机值寄存器：用户可读写从机的供应商固定值或者随机值
0x70	SBCRANDDCR	读写	从机BCR以及DCR寄存器：用户可读写从机的BCR以及DCR值
0x74	SMMID	读写	从机MIMP制造商ID：用户可读写从机的MIMP制造商ID
0xC4	DID	只读	设备ID寄存器：用户可读取此IP的ID号

## 6.2 各个寄存器的描述

### 6.2.1 SCFG (0x04)

IP 被配置为从机后对 IP 进行初始化配置。

表 6-2 SCFG 寄存器

比特位数	名称	描述	默认复位值
0	SENABLE (表示从机是否被使能)	1: 从机被使能 0: 从机不被使能	0x0
1	SNACK (从机是否NACK发向该从机的请求)	1: 除广播地址外从机将NACK所有发向该从机的请求 0: 从机将ACK发向该从机的请求	0x0
2	MATCHSAORDASS (匹配静态地址或者动态地址的START或者STOP序列)	1: 只有SSTS的MATCHSAORDA被置1, SSTS的START和STOP才会被置1 (SSTS的START和STOP可用于表示和此从机通信的结束)	0x0

比特位数	名称	描述	默认复位值
		0: 只要总线上检测到START以及STOP序列, SSTS的START和STOP就会被置1	
3	ERRIGNORE (错误忽略)	1: IP将不再检测I3C的S0以及S1错误 0: IP将检测I3C的S0以及S1错误	0x0
7: 4	保留位	-	-
8	PIDTYPESELECT (预分配ID类型选择)	1: SVFVORRV. VFVORRV是一个随机值 0: SVFVORRV. VFVORRV是一个生产商固定值	0x0
9	HJWAIT (热插拔等待)	1: 此值为1则从机将等待200us的空闲时间再进行检测START或者拉低SDA总线的操作 0: 此值为0则从机将不等待200us的空闲时间就进行检测START或者拉低SDA总线的操作	0x0
15: 10	保留位	-	-
23: 16	PULLDOWNSDACNT (从机拉低总线计数)	从机在总线处于空闲状态时, 将等待PULLDOWNSDACNT个fclk时钟周期拉低SDA总线	0x00
24	保留位	-	-
31: 25	SA (静态地址)	用户可配置从机的静态地址	0x00

## 6.2.2 SSTS (0x08)

显示从机的状态并可以使用此寄存器来将状态寄存器置 0(对应位置写 1 将状态寄存器置 0)

**表 6-3 SSTS 寄存器**

比特位数	名称	描述	默认复位值
0	STSBUSY (总线繁忙状态)	1: 总线处于繁忙状态 0: 总线处于空闲状态	0x0
1	STSMMSG (总线和此从机进行通信的状态)	1: 总线正在和此从机进行通信 0: 总线处于空闲或者正在和其它从机进行通信	0x0
2	STSCCAH (CCC命令自动处理状态)	1: 总线处于CCC命令被自动处理的状态 0: 总线未处于CCC命令被自动处理的状态	0x0
3	STSREAD (读通信状态)	1: 当前设备正在被执行读取操作或者IBI操作 0: 当前设备没有执行读取操作或者IBI操作	0x0
4	STSWRITE (写通信状态)	1: 当前设备正在被执行写入操作 (静态地址、动态地址或者广播地址) 0: 当前设备没有执行写入操作 (静态地址、动态地址或者广播地址)	0x0
5	STSDAA (动态地址分配状态)	1: 当前设备处于动态地址分配模式 0: 当前设备不处于动态地址分配模式	0x0
6	STSDDR (DDR通信状	1: 当前设备处于	0x0

比特位数	名称	描述	默认复位值
	态)	DDR通信模式 0: 当前设备不处于DDR通信模式	
7	START (START序列被检测)	1: START序列被检测到 0: START序列未被检测到	0x0
8	MATCHEDBA(广播地址匹配状态)	1: 广播写地址被检测到 0: 广播写地址未被检测到	0x0
9	MATCHEDSAORDA (静态地址或者动态地址匹配状态)	1: 静态地址或者动态地址被检测到 0: 静态地址或者动态地址未被检测到	0x0
10	STOP (STOP序列被检测)	1: STOP序列被检测到 0: STOP序列未被检测到	0x0
11	RFIFONOTEMPTY (接收FIFO非空)	1: 接收FIFO非空 0: 接收FIFO为空	0x0
12	SFIFONOTFULL (发送FIFO未满足)	1: 发送FIFO未满足 0: 发送FIFO已满足	0x1
13	DAVALID(动态地址分配模式中动态地址分配成功)	1: 动态地址分配模式中动态地址分配成功 0: 动态地址分配模式中动态地址未分配成功, 设备可能处于未分配动态地址或者动态地址早已被分配完成的状态	0x0
14	CCCRCV(除DAA以及ENTHDR0之外的CCC命令被接收)	1: 除DAA以及ENTHDR0之外的CCC命令被接收 0: 除DAA以及ENTHDR0之外的CCC命令未被接收	0x0

比特位数	名称	描述	默认复位值
15	ERR (错误状态)	1: 设备处于错误状态 0: 设备不处于错误状态	0x0
16	DDRADDRMATCH (DDR地址匹配)	1: DDR地址匹配 0: DDR地址不匹配	0x0
17	CCCAH (CCC命令被自动处理状态)	1: CCC命令被自动处理 0: CCC命令未被自动处理	0x0
18	DATANEED (数据需求状态)	1: 设备处于被读的状态中, 需要用户写入数据 0: 无需用户写入数据	0x0
19	SLVRST (从机复位状态)	1: 设备接收到了从机复位序列 0: 设备未接收到从机复位序列	0x0
20	REQUEST (从机请求状态)	1: IBI、HJ、MR 请求已被成功发送 0: IBI、HJ、MR 请求未被成功发送	0x0
21	REQUESTACK (从机请求ACK状态)	1: 主机对IBI、HJ、MR请求ACK 0: 主机对IBI、HJ、MR请求NACK	0x0
22	DDRRSTART (DDR RESTART序列检测)	1: DDR RESTART 序列被检测到 0: DDR RESTART 序列未被检测到	0x0
31: 23	保留位	-	-

## 6.2.3 SCONTROL (0x0C)

用户控制从机进行对应的操作。

**表 6-4 SCONTROL 寄存器**

比特位数	名称	描述	默认复位值
1: 0	REQUEST (从机请求)	2'h00: 没有请求发送 2'h01: IBI 正在被请求 2'h02: MR 正在被请求 2'h03: HJ 正在被请求	0x0
7: 2	保留位	-	-
15: 8	IBIMDATA	IBI 强制数据字节 (数据为 0 则不发送强制字节, 数据不为 0 则发送)	0x00
17: 16	WRITETERMCNT	从机将在 WRITETERMCNT 个字节之后结束 DDR 写通信	0x0
18	DDRENDWITHOUTCRC (DDR 通信提前结束是否带 CRC)	0: 主机结束 DDR 读通信以及从机结束写通信时带 CRC 1: 主机结束 DDR 读通信以及从机结束写通信时不带 CRC	0x0
31: 19	保留位	-	-

## 6.2.4 SIS (0x10)

用户中断使能设置, 对应位置写 1 使能对应的中断。

**表 6-5 SIS 寄存器**

比特位数	名称	描述	默认复位值
6: 0	保留位	-	-
7	START	START 中断使能, 总线上检测到 START 序列。	0x0
8	MATCHEDBA	广播写地址匹配中断使能, 总线上地址为广播写地址。	0x0
9	MATCHEDSAORDA	静态地址或者动态地址匹配中断使能, 总线上地址为此从机的静态地址或者动态地址。	0x0

比特位数	名称	描述	默认复位值
10	STOP	STOP中断使能，总线上检测到STOP序列。	0x0
11	RFIFONOTEMPTY	接收FIFO非空中断使能，检测到设备接收FIFO非空。	0x0
12	SFIFONOTFULL	发送FIFO非满中断使能，检测到设备发送FIFO非满。	0x0
13	DAVALID	动态地址分配模式中动态地址分配成功中断使能，检测到设备动态地址分配模式中动态地址分配成功。	0x0
14	CCCRCV	除DAA以及ENTHDR0之外的CCC命令接收中断使能，检测到设备接收到除DAA以及ENTHDR0之外的CCC命令。	0x0
15	ERR	错误中断使能，设备检测到通信错误。	0x0
16	DDRADDRMATCH	DDR地址匹配中断使能，DDR通信时，总线上的地址为此从机的动态地址。	0x0
17	CCCAH	CCC命令被自动处理中断使能，设备接收到CCC命令并自动处理。	0x0
18	DATANEED	数据需求中断使能，设备处于被读的状态中，需要用户写入数据进行通信。	0x0
19	SLVRST	从机复位中断使能，设备检测到从机复位序列。	0x0
20	REQUEST	请求中断使能，设备已成功发送IBI、HJ、MR等请求。	0x0
21	保留位	-	-



比特位数	名称	描述	默认复位值
22	DDRRSTART	DDR RESTART中断使能，总线上检测到DDR RESTART序列。	0x0
31: 23	保留位	-	-

## 6.2.5 SIC (0x14)

用户中断使能清除，对应位置写 1 清除对应的中断使能。

**表 6-6 SIC 寄存器**

比特位数	名称	描述	默认复位值
6: 0	保留位	-	-
7	START	START中断使能清除	-
8	MATCHEDBA	广播写地址匹配中断使能清除	-
9	MATCHEDSAORDA	静态地址或者动态地址匹配中断使能清除	-
10	STOP	STOP中断使能清除	-
11	RFIFONOTEMPTY	接收FIFO非空中断使能清除	-
12	SFIFONOTFULL	发送FIFO非满中断使能清除	-
13	DAVALID	动态地址分配模式中动态地址分配成功中断使能清除	-
14	CCCRCV	除DAA以及ENTHDR0之外的CCC命令接收中断使能清除	-
15	ERR	错误中断使能清除	-
16	DDRADDRMATCH	DDR地址匹配中断使能清除	-
17	CCCAH	CCC命令被自动处理中断使能清除	-
18	DATANEED	数据需求中断使能清除	-
19	SLVRST	从机复位中断使能清除	-
20	REQUEST	请求中断使能清除	-
21	保留位	-	-
22	DDRRSTART	DDR RESTART中断使	-

比特位数	名称	描述	默认复位值
		能清除	
31: 23	保留位	-	-

## 6.2.6 SIM (0x18)

中断屏蔽寄存器，将已经使能的中断的状态送给用户，其值为 SSTS & SIS。

**表 6-7 SIM 寄存器**

比特位数	名称	描述	默认复位值
6: 0	保留位	-	-
7	START	START中断掩码寄存器	0x0
8	MATCHEDBA	广播写地址匹配中断掩码寄存器	0x0
9	MATCHEDSAORDA	静态地址或者动态地址匹配中断掩码寄存器	0x0
10	STOP	STOP中断掩码寄存器	0x0
11	RFIFONOTEMPTY	接收FIFO非空中断掩码寄存器	0x0
12	SFIFONOTFULL	发送FIFO非满中断掩码寄存器	0x0
13	DAVALID	动态地址分配模式中动态地址分配成功中断掩码寄存器	0x0
14	CCCRCV	除DAA以及ENTHDR0之外的CCC命令接收中断掩码寄存器	0x0
15	ERR	错误中断掩码寄存器	0x0
16	DDRADDRMATCH	DDR地址匹配中断掩码寄存器	
17	CCCAH	CCC命令被自动处理中断掩码寄存器	0x0
18	DATANEED	数据需求中断掩码寄存器	0x0
19	SLVRST	从机复位中断掩码寄存器	0x0
20	REQUEST	请求中断掩码寄存器	0x0
21	保留位	-	-

比特位数	名称	描述	默认复位值
22	DDRRSTART	DDR RESTART中断掩码寄存器	0x0
31: 23	保留位	-	-

## 6.2.7 SERR (0x1C)

从机错误寄存器，当通信产生错误时，用户可通过错误寄存器来读取错误类型，SERR 寄存器中的值被置 1 时，SSTS.ERR 也会置 1，我们通过对对应比特位写 1 来将寄存器的值置 0。

**表 6-8 SERR 寄存器**

比特位数	名称	描述	默认复位值
0	OVERRCV (过度接收)	接收FIFO已满仍有数据到来	0x0
1	保留位	-	-
2	NACKWITHOUTDATA (由于缺少数据而NACK主机)	由于用户未给IP提供数据, IP自动NACK主机发起的读通信	0x0
7: 3	保留位	-	-
8	SDRPARERR (SDR通信模式中奇偶校验位错误)	SDR通信模式中奇偶校验位错误	0x0
9	DDRPPERR (DDR通信模式中前导码以及奇偶校验位错误)	DDR通信模式中前导码以及奇偶校验位错误	0x0
10	DDRCRCERR (DDR通信模式中CRC错误)	DDR通信模式中CRC错误	0x0
11	S0ORS1ERR (S0或者S1类型的错误发生)	S0或者S1类型的错误发生	0x0
15: 12	保留位	-	-
16	READEMPTY (读空错误)	当接收FIFO为空时, 用户继续读取接收FIFO	0x0
17	WRITEFULL (写满错误)	当发送FIFO为满时, 用户继续写入数据到发送FIFO	0x0
31: 18	保留位	-	-

## 6.2.8 SDATACONTROL (0x2C)

从机数据控制寄存器，控制并显示 FIFO（深度 16）的状态

**表 6-9 SDATACONTROL 寄存器**

比特位数	名称	描述	默认复位值
0	SFIFOCLR（发送 FIFO 清除寄存器）	写 1 清除发送 FIFO 中的数据	0x0
1	RFIFOCLR（接收 FIFO 清除寄存器）	写 1 清除接收 FIFO 中的数据	0x0
15: 2	保留位	-	-
20: 16	SFIFOCNT（发送 FIFO 中数据的数量）	发送 FIFO 中数据的数量	0x00
23: 21	保留位	-	-
28: 24	RFIFOCNT（接收 FIFO 中数据的数量）	接收 FIFO 中数据的数量	0x00
29	保留位	-	-
30	SFIFOFULL（发送 FIFO 已满）	1: 发送 FIFO 已满 0: 发送 FIFO 未满	0x0
31	RFIFOEMPTY（接收 FIFO 已空）	1: 接收 FIFO 已空 0: 接收 FIFO 未空	0x1

## 6.2.9 STXB (0x30)

从机发送数据寄存器，用户可以通过此寄存器向发送 FIFO 中写入数据。

**表 6-10 STXB 寄存器**

比特位数	名称	描述	默认复位值
7: 0	WDATA（写数据）	要写入发送 FIFO 中的数据（发送 FIFO 中不存在数据时，IP 会自动结束发送）	-
31: 8	保留位	-	-

## 6.2.10 SRXB (0x40)

从机读取数据寄存器，用户可以通过此寄存器从接收 FIFO 中读取数据。

**表 6-11 SRXB 寄存器**

比特位数	名称	描述	默认复位值
7: 0	RDATA（读数据）	从接收 FIFO 中读取的数据	0x00
31: 8	保留位	-	-

### 6.2.11 SDA (0x64)

从机动态地址寄存器，用户可通过此寄存器来读写从机的动态地址。

**表 6-12 SDA 寄存器**

比特位数	名称	描述	默认复位值
0	DAVALID	1: 动态地址有效 (写 1 置 1) 0: 动态地址无效 (写 0 置 0)	0x0
7: 1	DA	动态地址值	0x00
31: 8	保留位	-	-

### 6.2.12 SVFVORRV (0x6C)

从机供应商固定值或者随机值寄存器，用户可读写从机的供应商固定值或者随机值

**表 6-13 SVFVORRV 寄存器**

比特位数	名称	描述	默认复位值
31: 0	VFVORRV	从机供应商固定值或者随机值	0x0000

### 6.2.13 SBCRANDDCR (0x70)

从机 BCR 以及 DCR 寄存器，用户可读写从机的 BCR 以及 DCR 值

**表 6-14 SBCRANDDCR 寄存器**

比特位数	名称	描述	默认复位值
7: 0	保留位	-	-
15: 8	DCR	设备特性寄存器值	0x00
23: 16	BCR	总线特性寄存器值	0x00
31: 24	保留位	-	-

### 6.2.14 SMMID (0x74)

从机 MIPI 制造商 ID，用户可读写从机的 MIPI 制造商 ID

**表 6-15 SMMID 寄存器**

比特位数	名称	描述	默认复位值
14: 0	MMID	MIPI制造商ID	0x000
31: 15	保留值	-	-

### 6.2.15 DID (0xC4)

设备 ID 寄存器，用户可读取此 IP 的 ID 号。

**表 6-16 DID 寄存器**

比特位数	名称	描述	默认复位值
1: 0	CLOCKNUMBER	0: 单时钟域设备 1: 双时钟域设备 2: 保留 3: 保留	0x1
3: 2	ROLE	0: 支持主机 1: 支持从机 2: 主从机全部支持 3: 保留	0x1
5: 4	FUNCTION	0: 支持 SDR 通信 1: 支持 DDR 通信 2: 保留 3: 保留	0x1
11: 6	VERSIONNUMBER	版本号	0x00
31: 12	保留位	-	-

# 7 通信操作流程

## 7.1 Slave 通信操作流程

### 7.1.1 SDR 读写操作

1. IP 初始化配置：写 SCFG 寄存器来进行 IP 的初始化配置
2. 从机供应商固定值或者随机值写入：写 SVFVORRV 寄存器来进行从机供应商固定值或者随机值写入
3. 从机 BCR 以及 DCR 值写入：写 SBCRANDDCR 寄存器来进行 BCR 以及 DCR 值写入
4. 从机 MIMP 制造商 ID 写入：写 SMMID 寄存器来进行 MIMP 制造商 ID 写入
5. 中断使能：写 SIS 寄存器来使能对应中断
6. 进行读写操作：用户通过接收中断来判断总线进行的状态，并操作寄存器进行读写操作
  - 接收到 START 中断表示从机在 I3C 总线上检测到 START 序列
  - 接收到 MATCHEDSAORDA 中断表示 I3C 总线上的地址与自己的静态地址或者动态地址相匹配，此时用户可读取 SSTS 寄存器来判断是读通信还是写通信
  - 接收到 RFIFONOTEMPTY 中断表示接收 FIFO 中存在接收的数据用户可通过 SRXB 寄存器读取接收到的数据
  - 由于时序原因，用户需要在进行读操作之前（接收到 START 中断）就将一个数据写入发送 FIFO,接收到 DATANEED 中断表示主机正在进行读操作，需要用户通过 STXB 寄存器写入需要发送的数据，当用户在需要数据时不写入数据则 IP 会自动 NACK 主机的读通信或者在数据的第 9 位处结束主机的读通信
  - 接收到 STOP 中断表示从机在 I3C 总线上检测到 STOP 序列

## 7.1.2 ENTDA A 操作

1. IP 初始化配置：写 SCFG 寄存器来进行 IP 的初始化配置
2. 从机供应商固定值或者随机值写入：写 SVFVORRV 寄存器来进行从机供应商固定值或者随机值写入
3. 从机 BCR 以及 DCR 值写入：写 SBCRANDDCR 寄存器来进行 BCR 以及 DCR 值写入
4. 从机 MIMP 制造商 ID 写入：写 SMMID 寄存器来进行 MIMP 制造商 ID 写入
5. 中断使能：写 SIS 寄存器来使能对应中断
6. 进行 ENTDA A 操作：用户通过接收中断来判断总线进行的状态，并操作寄存器进行 ENTDA A 操作
  - 接收到 START 中断表示从机在 I3C 总线上检测到 START 序列
  - 接收到 MATCHEDBA 中断表示 I3C 总线上的地址为广播写地址
  - 接收到 CCCAH 中断表示 CCC 命令已被自动处理，此时读取状态寄存器可知从机已进入 DAA 模式
  - IP 自动发送 64 位读数据并接收动态地址
  - 接收到 DAVALID 中断表示此从机动态地址已被分配
  - 接收到 STOP 中断表示从机在 I3C 总线上检测到 STOP 序列，则 ENTDA A 完成

## 7.1.3 SDR 通信的其余 CCC 操作

SDR 通信的其余 CCC 命令的操作和 SDR 读写操作类似，区别为用户可接收到 CCCRCV 中断，此中断表示用户接收到除 ENTDA A 以及 ENTHDR0 之外的 CCC 命令，用户可以从接收 FIFO 中读取 CCC 命令获悉接收到的 CCC 命令类型

## 7.1.4 IBI/HJ/MR 操作

1. IP 初始化配置：写 SCFG 寄存器来进行 IP 的初始化配置
2. 从机供应商固定值或者随机值写入：写 SVFVORRV 寄存器来进行从机供应商固定值或者随机值写入
3. 从机 BCR 以及 DCR 值写入：写 SBCRANDDCR 寄存器来进行 BCR 以及 DCR 值写入
4. 从机 MIMP 制造商 ID 写入：写 SMMID 寄存器来进行 MIMP 制造商 ID 写入
5. 中断使能：写 SIS 寄存器来使能对应中断



6. 进行 IBI/HJ/MR 操作：写 SCONTROL 寄存器进行/IBI/HJ/MR 操作（REQUEST 为 1 发出 IBI、REQUEST 为 2 发出 MR、REQUEST 为 3 发出 HJ，HJ 时 SCFG.HJWAIT 需为 1）
7. 执行 IBI/HJ/MR 操作：用户通过接收中断来判断总线进行的状态，并操作寄存器执行/IBI/HJ/MR 操作
  - 接收到 START 中断表示从机在 I3C 总线上检测到 START 序列
  - 接收到 REQUEST 中断表示/IBI/HJ/MR 操作已经被成功发送，此时读取状态寄存器可知主机对/IBI/HJ/MR 请求是否响应
  - 接收到 DATANEED 中断表示 IBI 请求需求除强制字节之外的数据（强制字节通过 SCONTROL 寄存器写入），用户可以向发送 FIFO 中写入数据或者不写入数据（不写入数据从机结束 IBI 操作）
  - 接收到 STOP 中断表示从机在 I3C 总线上检测到 STOP 序列，则此次通信完成

### 7.1.5 DDR 读写操作

1. IP 初始化配置：写 SCFG 寄存器来进行 IP 的初始化配置
2. 从机供应商固定值或者随机值写入：写 SVFVORRV 寄存器来进行从机供应商固定值或者随机值写入
3. 从机 BCR 以及 DCR 值写入：写 SBCRANDDCR 寄存器来进行 BCR 以及 DCR 值写入
4. 从机 MIMP 制造商 ID 写入：写 SMMID 寄存器来进行 MIMP 制造商 ID 写入
5. 中断使能：写 SIS 寄存器来使能对应中断
6. 进行读写操作：用户通过接收中断来判断总线进行的状态，并操作寄存器进行读写操作
  - 接收到 START 中断表示从机在 I3C 总线上检测到 START 序列
  - 接收到 MATCHEDBA 中断表示 I3C 总线上的地址为广播写地址
  - 接收到 CCCAH 中断表示 CCC 命令已被自动处理，此时读取状态寄存器可知从机已进入 DDR 通信模式
  - 在 CCCAH 中断之后，并得知进入 DDR 通信模式，用户接收到 RFIFONOTEMPTY 中断则知 DDR COMMAND 被写入接收 FIFO 中，用户可通过读取接收 FIFO 来获取主机发送的 DDR COMMAND。
  - 接收到 DDRADDRMATCH 中断表示主机正在和此从机进行 DDR 通信
  - 在 DDR 写通信过程中，接收到 RFIFONOTEMPTY 中断表示主机发送的数据已经被成功写入接收 FIFO 中
  - 在 DDR 读通信过程中，用户需要提前（检测到 DDRRSTART 中断）

将从机要发送的前两个字节的读数据写入发送 FIFO 中，检测到 **DATANEED** 中断后，需要用户继续将读数据写入发送 FIFO 中，用户不再写入读数据则 IP 认为此次读通信完成，IP 将自动发送 **CRC**。

- 在进行 **DDR** 写通讯时，用户可通过配置 **SCONTROL.WRITETERMCNT** 以及 **SCONTROL.DDRENDWITHOUTCRC** 来配置从机会在几个字节之后结束 **DDR** 写通信以及提前结束 **DDR** 写通信后是否会有 **CRC** 进行跟随
- 接收到 **DDRRSTART** 中断表示 IP 在总线上检测到了 **DDR RESTART** 序列。
- 接收到 **STOP** 中断表示从机在 **I3C** 总线上检测到 **STOP** 序列，则从机退出 **DDR** 通信模式

# 8 中断

Gowin I3C Slave Dual Clock IP 实现低电平有效的电平中断。它是一种标准机制，所有使能的单个中断源进行或操作，产生最终的中断输出。中断源在 SIS 寄存器中定义，中断使能具有相应的掩码。

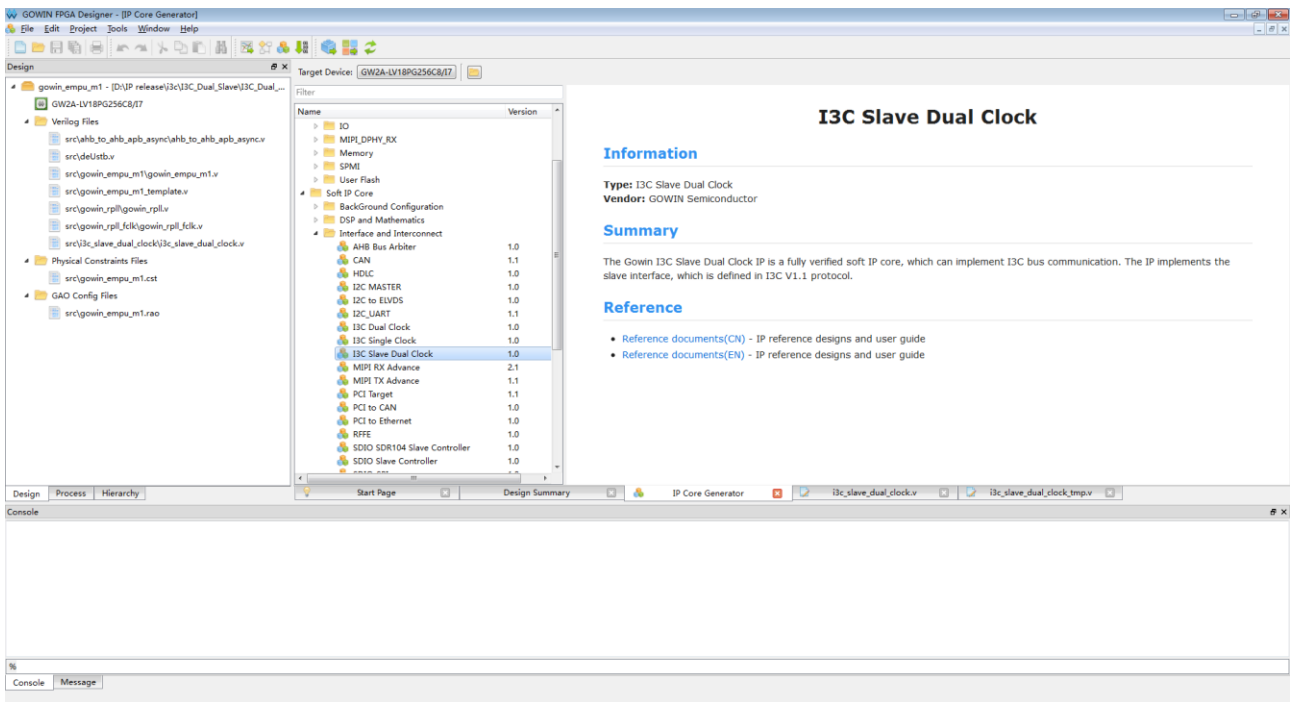
# 9 时钟

Gowin I3C Slave Dual Clock IP 有两个时钟输入源: `i3c_clk` 和 `fclk`。`fclk` 是寄存器的输入时钟, `i3c_clk` 是 SCL 以及 SDA 的采样时钟。`i3c_clk` 频率/`fclk` 频率须在 2~3 之间 (2.5 为最佳), 才能正常地实现 I3C 总线通信。

# 10 调用与配置

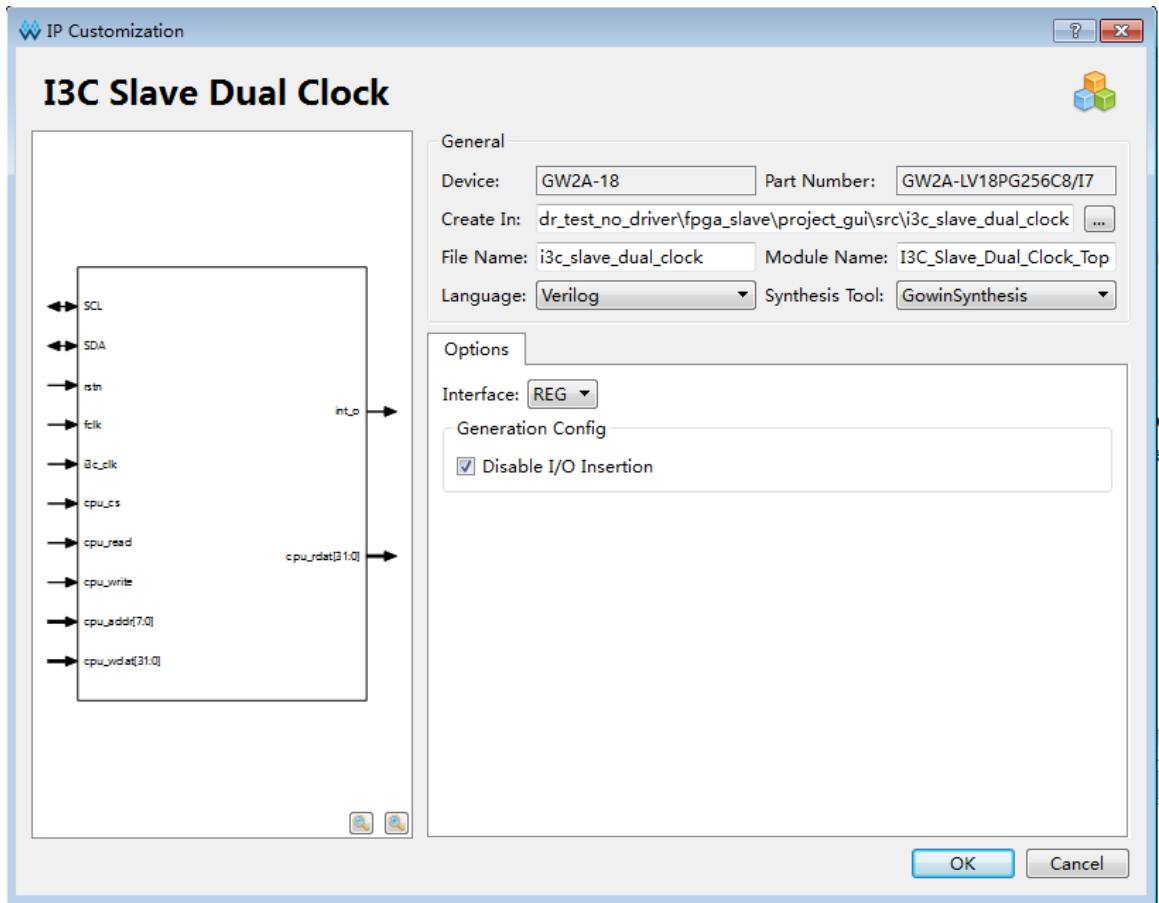
在高云云源<sup>®</sup>软件界面菜单栏“Tools”下，可启动“IP Core Generator”工具，在“Soft IP Core > Interface and Interconnect”分类下，完成调用并配置 Gowin I3C Slave Dual Clock IP。也可使用工具栏图标，按照图示顺序启动 Gowin I3C Slave Dual Clock IP，如图 10-1 所示。

图 10-1 Gowin I3C Slave Dual Clock IP 工具栏调用实例



Gowin I3C Slave Dual Clock IP 配置界面如图 10-2 所示。

图 10-2 Gowin I3C Slave Dual Clock IP Options 配置界面



Gowin I3C Slave Dual Clock IP 的 Options 配置描述如表 10-1 所示。

表 10-1 Gowin I3C Slave Dual Clock IP 配置选项说明

参数名称		描述	备注
Interface	REG	用户接口配置为REG或者APB接口	-
	APB		

