



Arora V SEU Handler

用户指南

UG297-1.0, 2024-02-02

版权所有 © 2024 广东高云半导体科技股份有限公司

GOWIN高云, Gowin、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、翻译本文档内容的部分或全部, 并不得以任何形式传播。

免责声明

本文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。高云半导体对文档中包含的文字、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文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文档进行适时的更新。

版本信息

日期	版本	说明
2024/02/02	1.0	初始版本。

目录

目录	i
图目录	ii
表目录	iii
1 关于本手册	1
1.1 手册内容	1
1.2 相关文档	1
1.3 术语与缩略语	1
1.4 技术支持与反馈	2
2 概述	3
3 模块说明	4
3.1 SEU Handler IP 概述	4
3.2 SEU Handler 结构	5
3.3 端口示意图	6
3.4 端口介绍	6
3.5 用户设计时序	8
3.5.1 SEU Handler 模块工作中错误检测	8
3.5.2 SEU Handler 模块当检测到错误时停止工作	9
3.5.3 用户逻辑让 SEU Handler 模块开始或者停止工作	9
3.5.4 用户逻辑注入错误	10
4 界面配置	11
4.1 SEU Handler IP 例化	11
4.2 SEU 功能配置	13

图目录

图 3-1 Arora V 配置帧结构	5
图 3-2 138K 器件 SEU Handler 端口示意图	6
图 3-3 25K 器件 SEU Handler 端口示意图	6
图 3-4 ECC 错误检测时序图	8
图 3-5 ECC 检测到错误后 SEU Handler 模块停止工作时序图	9
图 3-6 SEU Handler 模块被用户逻辑停止工作时序图	9

表目录

表 1-1 术语与缩略语	1
表 3-1 1.1 SEU Handler IP 概述	4
表 3-2 SEU Handler 端口介绍	6
表 3-3 不同器件注入错误位置范围	7

1 关于本手册

1.1 手册内容

Arora V SEU Handler 用户指南主要内容包括模块概述和模块说明。

1.2 相关文档

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

- [DS981, GW5AT 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS1103, GW5A 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS1108, GW5AR 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [DS1114, GW5AS-138 器件数据手册](#)
- [DS1105, GW5AS-25 器件数据手册](#)
- [DS1104, GW5AST 系列 FPGA 产品数据手册](#)
- [SUG100, Gowin 云源软件用户指南](#)

1.3 术语与缩略语

本手册中出现的相关术语、缩略语及相关释义如表 1-1 所示。

表 1-1 术语与缩略语

术语与缩略语	全称	含义
CRC	Cyclic Redundancy Check	循环冗余校验
ECC	Error Correction Code	错误校正码
SER	Soft Error Recovery	软错误恢复
SEU	Single Event Upset	单粒子翻转

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.cn

E-mail：support@gowinsemi.com

Tel: 86 755 8262 0391

2 概述

高云半导体 Arora V FPGA 产品搭配的 SEU Handler 模块具有配置内存软错误恢复（Configuration Memory Soft Error Recovery）功能。SEU Handler 模块通过持续监控配置内存检测可能存在的软错误，并尝试在其能力范围内加以纠正。SEU Handler 模块在 FPGA 工作的同时，从后台逐帧读取配置数据，并进行 ECC 解码和 CRC 校验比对来检测错误。如果错误可以被纠正，计算得到的纠错后的数据位，会被重新写回 SRAM，从而达到校正有限错误数量的目的。

SEU Handler 模块功能及特性如下：

- 基于 ECC 和 CRC 检测和校正算法
- CRC 可报告配置 SRAM 过程中任何数量的 bit 错误
- ECC 支持每 64bit SRAM 数据中 1bit 错误报告以及错误纠正，2bits 错误报警。
- 支持用户设计启用，也可以在程序唤醒后自动启用该功能
- 支持用户逻辑单 bit 错误注入操作，用于功能验证和评估。
- 支持更快的错误修正速度^[1]。

注！

^[1]与当地技术支持联系获取更多信息。

3 模块说明

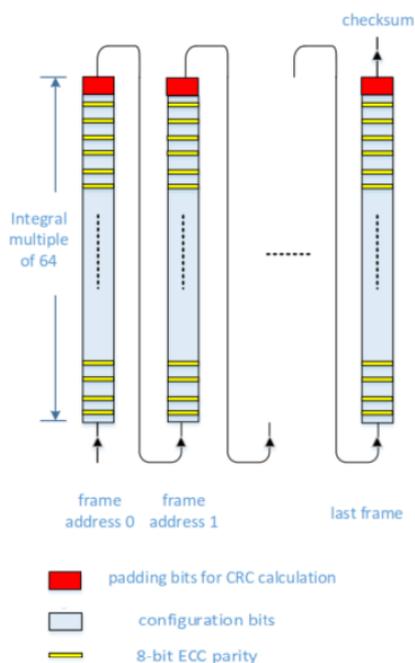
3.1 SEU Handler IP 概述

表 3-1 SEU Handler IP 概述

Gowin IES IP	
适用器件	GW5A 系列 GW5AT 系列 GW5AR 系列 GW5AS 系列 GW5AST 系列
交付文件	
设计文件	Verilog (加密)
参考设计	Verilog
TestBench	
测试设计流程	
综合软件	GowinSynthesis®
应用软件	Gowin Software (V1.9.9.01 及以上)

3.2 SEU Handler 结构

图 3-1 Arora V 配置帧结构



当 ECC 功能启用时，SEU Handler 模块逐帧回读配置到 SRAM 中的数据。在每个 72 bits 数据块内，运行 (72, 64) 汉明码解码运算，用以进行单 bit 纠错和两 bit 错误检测。在这个过程中，可以纠正单 bit 错误，并将纠正后的数据重新写回到配置 SRAM 中；数据块内 2 bits 错误只能检测并报告，同时进行 CRC 校验和计算。该 CRC 计算涵盖整个 SRAM 帧数据。当所有的配置帧回读完成后，将计算得到的 CRC 校验值与加载的 golden 值进行比较，并报告是否存在不匹配。如果 CRC 不匹配意味着配置 SRAM 过程中存在错误位。

SEU Handler 支持错误注入，同时支持自动模式和用户模式两种工作条件。使能自动模式条件下，芯片在配置完成 wake up 之后自动开始运行检测和纠错功能。在用户模式下，可以通过用户逻辑使能或者关闭 SEU 功能。

3.3 端口示意图

图 3-2 138K 器件 SEU Handler 端口示意图

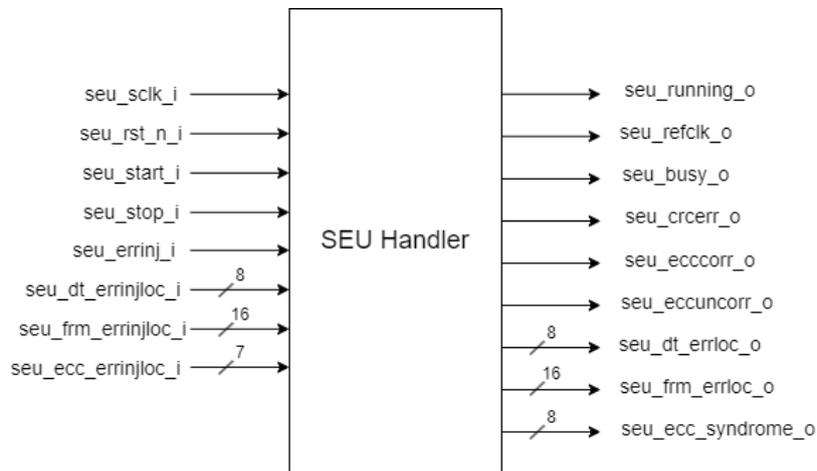
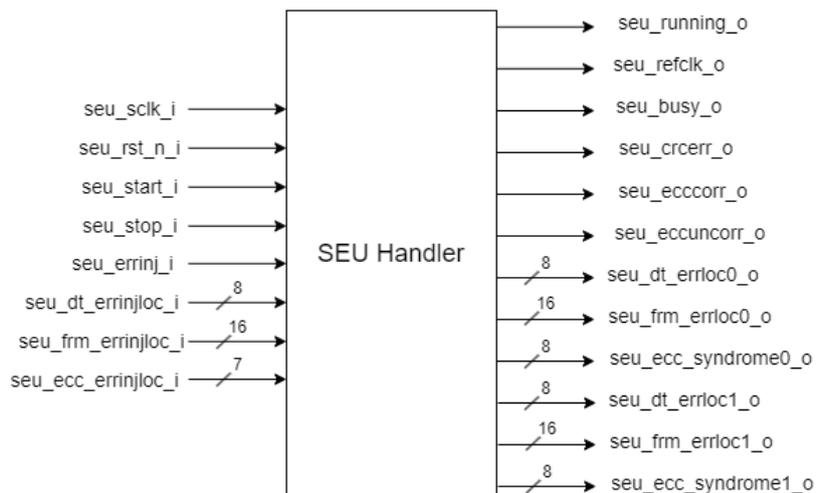


图 3-3 25K 器件 SEU Handler 端口示意图



3.4 端口介绍

表 3-2 SEU Handler 端口介绍

端口	I/O	位宽	描述
seu_sclk_i	Input	1	时钟输入
seu_rst_n_i	Input	1	复位输入，低有效
seu_start_i	Input	1	上升沿启动 SEU Handler
seu_stop_i	Input	1	上升沿关闭 SEU Handler

端口	I/O	位宽	描述
seu_errinj_i	input	1	一个周期高脉冲表明有一个错误需要被注入到 ECC 模块中；这个脉冲必须和注入错误的地址信息在同一时钟周期出现
seu_dt_errinjloc_i ^[1]	input	8	注入错误的数据块位置
seu_frm_errinjloc_i ^[1]	input	16	注入错误的 SRAM 帧位置
seu_ecc_errinjloc_i ^[1]	input	7	注入错误在 ECC 块中的位置
seu_running_o	output	1	信号高电平表示 SEU Handler 正在运行（状态机正处于 IDLE 状态）
seu_crcerr_o	output	1	一个周期高脉冲表示发生了一个 CRC 错误
seu_ecccorr_o	output	1	一个周期高脉冲表示已校正一个 ECC 错误
seu_eccuncorr_o	output	1	一个周期高脉冲表示一个不能校正的 ECC 错误
seu_dt_errloc_o ^[2]	output	8	ECC 错误的数据块地址
seu_frm_errloc_o ^[2]	output	16	ECC 错误的 SRAM 帧地址
seu_ecc_syndrome_o ^[2]	output	8	ECC 错误包含错误数量和位置信息
seu_busy_o	output	1	ECC 模块纠错和纠错功能进行中，此时手动注入错误功能无效。
seu_refclk_o	output	1	用于生成 SEU Handler 用户设计的参考时钟。

不同大小的器件对应不同的地址范围，注入错误的位置范围如表 3-3 所示。

表 3-3 不同器件注入错误位置范围

器件	seu_dt_errinjloc_i	seu_frm_errinjloc_i	seu_ecc_errinjloc_i
GW5A-25 ^[1]	0~'d7	0~'d11071	0_nnnnnn: 64-bit ECC data 地址 例如： 0_000000: the ECC data bit[0] 0_111111: the ECC data bit[63]
GW5A-138	0~'d23	0~'d21871	1_xxxnnn: 8-bit parity 地址

器件	seu_dt_errinjloc_i	seu_frm_errinjloc_i	seu_ecc_errinjloc_i
			(x: "don't care") 例如: 1_xxx000: the ECC parity bit[0] 1_xxx111: the ECC parity bit[7]

注!

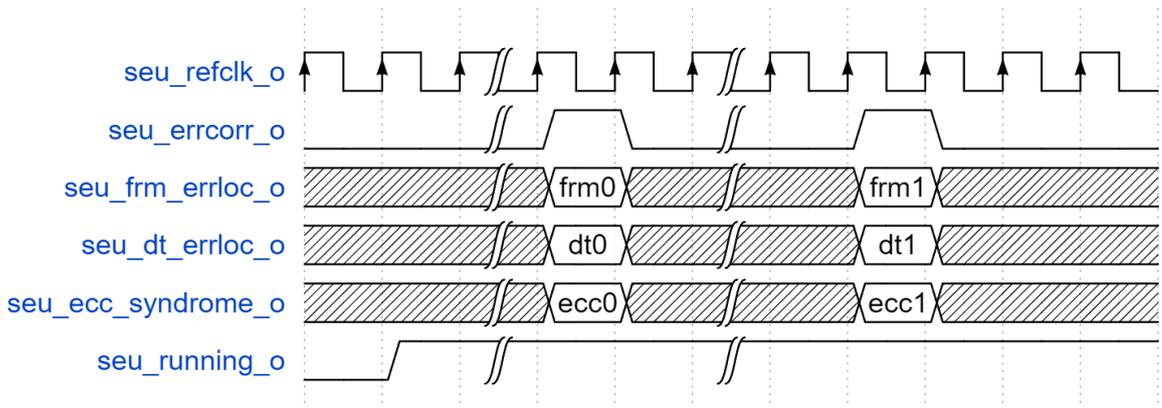
[1] GW5A-25 输出为 2 组错误位置信息，接口定义和 GW5A-138K 位置信息输出一致。

3.5 用户设计时序

3.5.1 SEU Handler 模块工作中错误检测

当 SEU Handler 模块在扫描 SRAM 数据中发现存在 ECC 错误，输出端口 seu_errcorr_o 信号会被置 1。一个脉冲对应一个错误，脉冲同一个周期通过 seu_dt_errloc_o, seu_frm_errloc_o, seu_ecc_syndrome_o 报告错误所在地址。在 seu_errcorr_o 置 1 后，SEU 模块会对可纠错的 1bit 错误进行纠正。

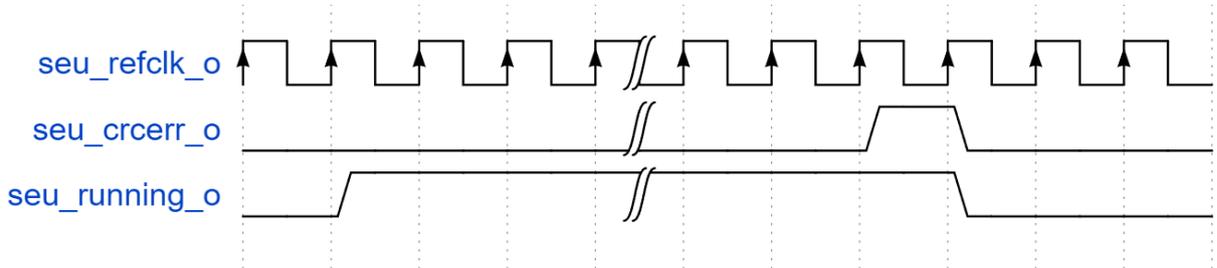
图 3-4 ECC 错误检测时序图



3.5.2 SEU Handler 模块当检测到不可更正的错误时停止工作

当 SEU 模块使能检测到不可更正的 ECC 或者 CRC 错误后停止工作，SEU 模块在扫描到错误时，会在一帧结束时停止，并将 RUNNING 信号拉低。

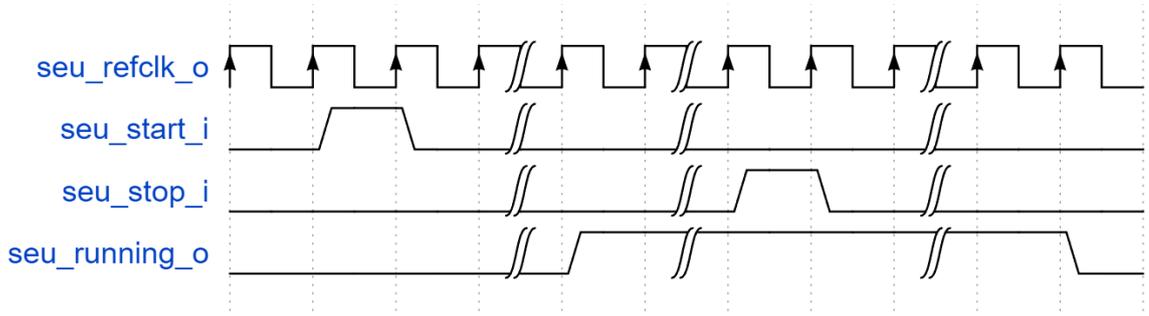
图 3-5 ECC 检测到不可更正的错误后 SEU Handler 模块停止工作时序图



3.5.3 用户逻辑让 SEU Handler 模块开始或者停止工作

用户逻辑可以通过控制 seu_start_i, seu_stop_i 信号，让 SEU Handler 开始或者停止工作。开始工作时 seu_running_o 为 1，停止时为 0。时序参考如图 3-6 所示。

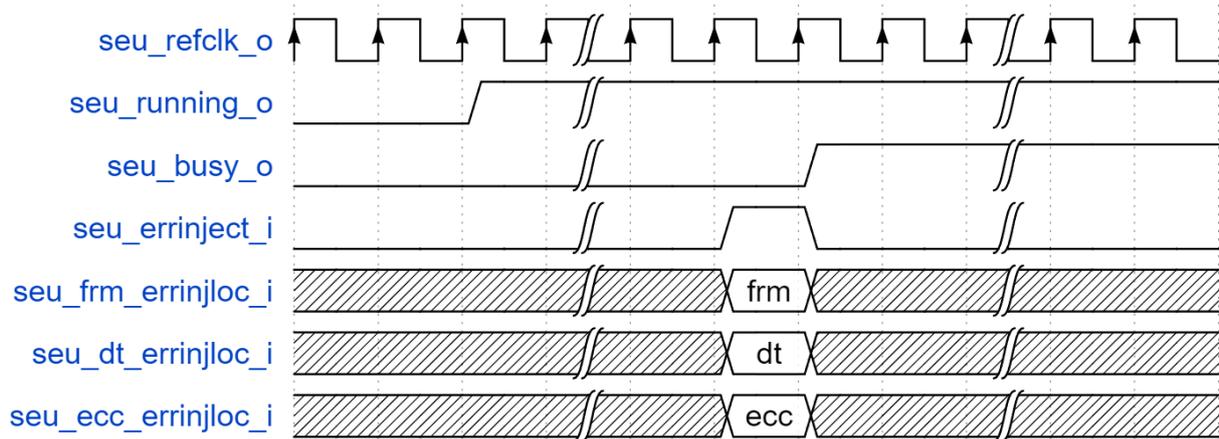
图 3-6 SEU Handler 模块被用户逻辑停止工作时序图



3.5.4 用户逻辑注入错误

当使能 `user_logic` 模式时，用户通过逻辑产生 `seu_errinj_i` 脉冲后，可以对配置位注入错误。用户可以通过 `seu_dt_errinjloc_i`，`seu_frm_errinjloc_i`，`seu_ecc_errinjloc_i` 指定注错地址。

图 3-7 SEU Handler 模块错误注入时序图



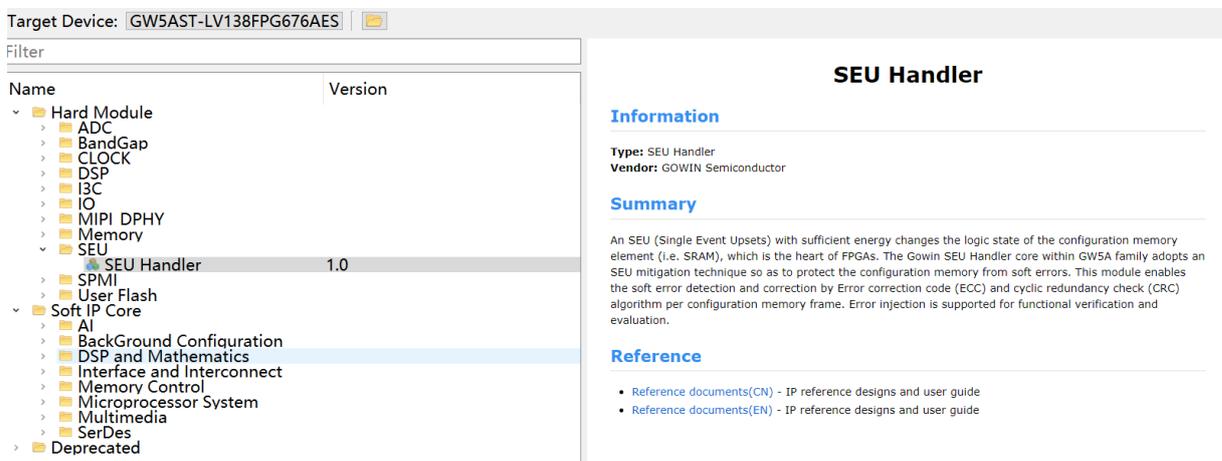
4 界面配置

用户可用高云半导体云源软件中的 IP 内核生成器工具调用高云 SEU Handler IP。SEU Handler IP 的功能选项可以通过 Project -> Configuration -> sysControl 界面进行配置。

4.1 SEU Handler IP 例化

用户建立工程后，单击左上角“Tools”选项卡，下拉单击“IP Core Generator”选项，或者单击工具条上的“IP Core Generator”图标，即可打开 Gowin IP Core Generator，如图 4-1 所示。

图 4-1 Gowin IP Core Generator 界面



在 Gowin IP Core Generator 界面，依次找到“Hard Module”->“SEU”->“SEU Handler”，即可打开 SEU Handler IP 例化界面，如图 4-2 所示。

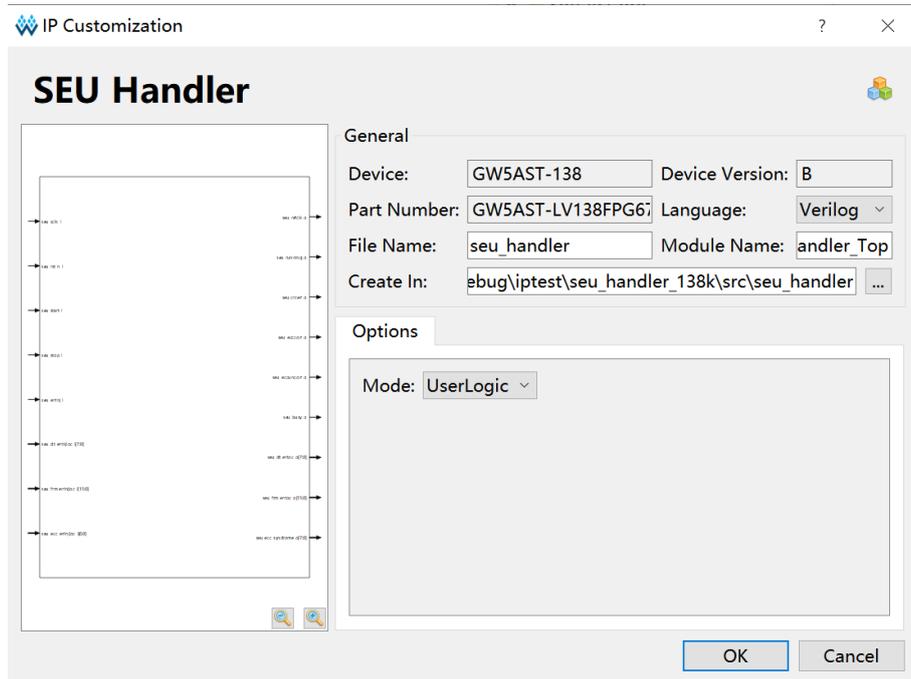
在 Mode 选项里支持“UserLogic”和“Auto”两种模式。

“UserLogic”是有用户逻辑参与，可以实现错误注入、用户控制 SEU Handler 开关等功能。“Auto”模式下，SEU Handler 会自动运行，不受用户控制。

需要注意，这里选择的 Mode 必须和 4.2 章节中功能配置的 Mode 选项

保持一致，否则会导致和预期不对应。

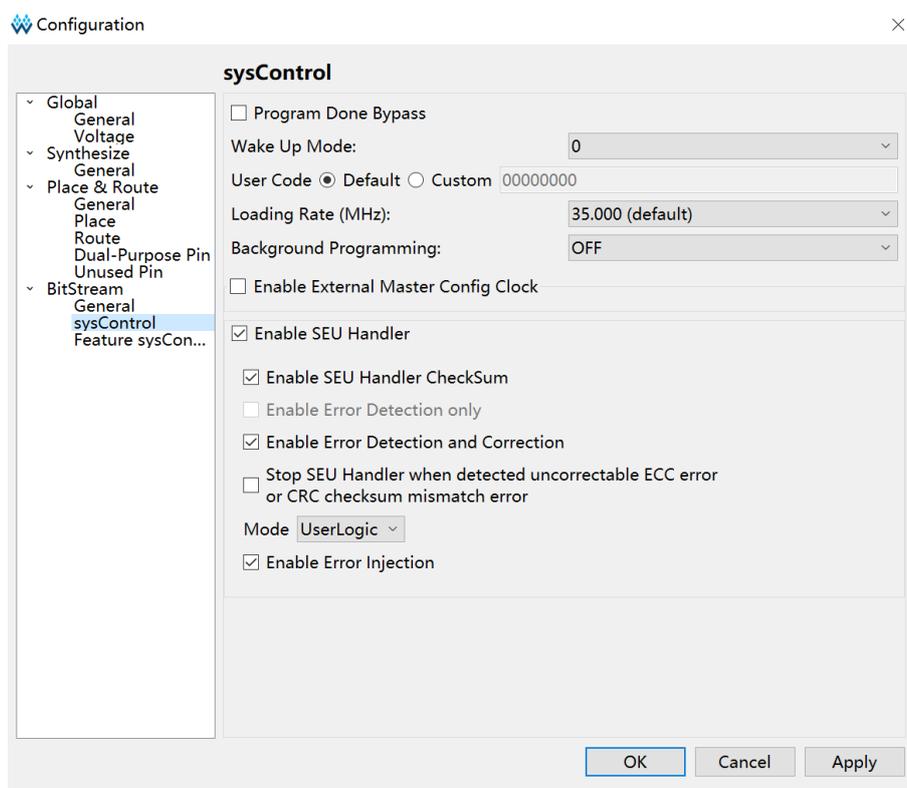
图 4-1 Gowin IP Core Generator 界面



4.2 SEU 功能配置

SEU Handler IP 例化完成后，在 Project->Configuration->sysControl 找到 SEU Handler IP 配置界面。如图 4-3 所示。

图 4-3 SEU Handler IP 配置界面



SEU Handler 用户配置主要功能如下：

- **Enable SEU Handler:**
使能打开 SEU Handler 功能。
- **Enable SEU Handler CheckSum:**
勾选打开 SEU Handler 模块中的 CRC 功能。
- **Enable Error Detection Only:**
勾选打开 SEU Handler 只计算检查错误。
- **Enable Error Detection and Correction:**
勾选打开 SEU Handler 纠错功能。
- **Stop SEU Handler when detected uncorrectable ECC error or CRC checksum mismatch error:**
勾选后，SEU Handler 模块会在检查到不可更正的 ECC 或者 CRC 错误之后停止。
- **Mode:**

模式选择，有 **AUTO** 和 **UserLogic** 两种可选。

选择“**AUTO**”时，SEU Handler 在芯片 **Wake-up** 后自动运行，不受用户逻辑控制干预。

选择“**UserLogic**”时，用户逻辑控制 SEU Handler 模块的启动、停止和手动注错等功能。手动注入错误功能，在勾选 **Enable Error Injection** 后使能。

注！

这里选择的 **Mode** 必须和 4.1 中功能配置的 **Mode** 选项保持一致，否则会导致和预期不对应。

