

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

GO[₩]IN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

E	l录i
图	引目录ii
表	ē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
	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
	4.1 SEU Handler IP 例化 11
	4.2 SEU 功能配置13

目录

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



1.1 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 <u>www.gowinsemi.com</u>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
- <u>DS1105, GW5AS-25 器件数据手册</u>
- 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: <u>www.gowinsemi.com.cn</u>

E-mail: <u>support@gowinsemi.com</u>

Tel: 86 755 8262 0391



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。



3.1 SEU Handler IP 概述

表 3-1 SEU Handler IP 概述

Gowin IES IP		
	GW5A 系列	
	GW5AT 系列	
适用器件	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



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





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 [[]	output	8	ECC 错误包含错误数量和位置信息
seu_busy_o	output	1	ECC 模块注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_ecccorr_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_ecccorr_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



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。

Target Device: GW5AST-LV138FPG676	AES 🛅		
ilter			
Name	Version	SEU Handler	
✓ Image: Hard Module		Information	
 BandGap CLOCK DSP I3C IO 		Type: SEU Handler Vendor: GOWIN Semiconductor Summary	
MIPI DPHY Memory SEU SEU SPU SPU User Flash Soft IP Core	1.0	An SEU (Single Event Upsets) with sufficient energy changes the logic state of the configuration memory element (i.e. SRAM), which is the heart of FPGAs. The Gowin SEU Handler core within GWSA family adopts an SEU mitigation technique so as to protect the configuration memory from soft errors. This module enables the soft error detection and correction by Error correction code (ECC) and cyclic redundancy check (CRC) algorithm per configuration memory frame. Error injection is supported for functional verification and evaluation.	
 BackGround Configuration DSR and Mathematics 		Peference	
Soft and Mathematics Soft and Mathematics Memory Control Microprocessor System Multimedia Soft and Soft		Reference documents(CN) - IP reference designs and user guide Reference documents(EN) - IP reference designs and user guide	

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

🐝 IP Customization				?	\times
SEU Handler					
	General Device: Part Number: File Name: Create In: Options Mode: User	GW5AST-138 GW5AST-LV138FPG67 seu_handler ebug\iptest\seu_handl	Device Version: Language: Module Name: er_138k\src\seu_	B Verilog andler_1 handler	rop
			ОК	Canc	el

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。

🐳 Configuration			\times
	sysControl		
 Global General Voltage Synthesize General Place & Route Dual-Purpose Pin Unused Pin BitStream General sysControl Feature sysCon 	sysControl Program Done Bypass Wake Up Mode: User Code ● Default ○ Custom 000000 Loading Rate (MHz): Background Programming: Enable External Master Config Clock Enable SEU Handler Enable SEU Handler CheckSum Enable SEU Handler CheckSum Enable Error Detection and Correction Stop SEU Handler when detected unc or CRC checksum mismatch error Mode UserLogic ✓ Enable Error Injection	0 35.000 (default) OFF	>
		OK Cancel App	ly

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。

