

GOWIN 22nm FPGA 软错误率 (SER) 测试报告

范围

本文总结了 GOWIN 22nm FPGA 器件软错误率 (SER) 的测试结果。

背景

GOWIN 的 FPGA 器件基于 SRAM，即用户逻辑由内部配置 SRAM 单元进行编程和控制。由阿尔法粒子或中子粒子引入的 SRAM 单元的单粒子翻转 (SEU) 已为业界所知，并且需要在任务关键型、功能安全性和高可靠性应用的系统故障率计算中加以考虑。

测试流程

测试的 SRAM 单元数

SRAM 单元的数量可以从比特流文件中得出。比特流文件包含需要编程到 FPGA SRAM 单元阵列中的所有数据。因此，从阵列的大小，我们可以得到 SRAM 的单元数。然而，这些阵列包括两种类型的 SRAM 单元：一种是与 SER 相关的配置单元；另一种是 Block SRAM，在用户设计中用于内存存储，不涉及逻辑控制。

表 1 和 表 2 显示由单粒子翻转引起的软错误率，这些软错误率影响配置 SRAM 存储单元及块存储器 BSRAM。

测试方法

中子横截面由中国散裂中子源 (CSNS) 光束测试根据 JESD89/6 加速高能中子测试程序确定，热中子横截面根据 JESD89/7 加速热中子测试确定。在纽约市，中子软错误率(以 FIT/Mb 为单位)进行了更正。

阿尔法粒子横截面由镅-241 源作为阿尔法粒子放射源根据 JESD89/5 加速阿尔法粒子测试程序确定，阿尔法粒子软错误率 (以 FIT/MB 为单位) 根据封装材料的阿尔法发射率 0.001 counts/cm²/hr 进行修正。

配置 SRAM 软错误率

表 1 列出了配置 SRAM 中由单粒子翻转引起的软错误率。

表 1 配置 SRAM 软错误率^{[1] [2]}

工艺节点	产品家族	CSNS 中子 ^[3]			热中子			阿尔法粒子 (典型) ^[4]		
		横截面 (cm ² /bit)	FIT/Mb ^[5]	标准差	横截面 (cm ² /bit)	FIT/Mb ^[5]	标准差	横截面 (cm ² /bit)	FIT/Mb	标准差
22nm	晨熙®	4.30*10 ⁻¹⁵	58.6	2	1.80*10 ⁻¹⁵	12.3	7	1.69*10 ⁻¹¹	17.7	2

注!

- ^[1] 实验在 GW5A-25 产片上进行, SRAM 单元为 650 Kbytes;
- ^[2] 实验在典型电源电压的环境温度下进行;
- ^[3] 数据来源于中国散裂中子源;
- ^[4] 典型的阿尔法数据是基于阿尔法发射率每小时每平方厘米 0.001 计数 (counts/cm²/hr);
- ^[5] 在纽约市, 中子软错误率 (以 FIT/Mb 为单位) 根据 JESD89A 进行了更正。
- 在开启 ECC 功能的测试过程中, 测试期间检测到的所有 SEU 均已纠正, SER 为 0。

配置 SRAM ECC 功能

GOWIN 22nm FPGA 器件支持 ECC 功能。

在相同的 FLUX 实验条件下, SRAM 的回读频率为 15MHz, 回读和比较周期为 44610us, 在回读过程中可以观察到 SEU, 其中观察到 SBU, 但没有发现 MBU。所有观察到的 SBU 都会被 ECC 电路纠正, 并维护整个比特流, 使设备正常工作。

块状 SRAM 软错误率

表 2 列出了块状 SRAM 中由单粒子翻转引起的软错误率。

表 2 配置 SRAM 软错误率^{[1] [2]}

工艺节点	产品家族	CSNS 中子 ^[3]			热中子			阿尔法粒子 (典型) ^[4]		
		横截面 (cm ² /bit)	FIT/Mb ^[5]	标准差	横截面 (cm ² /bit)	FIT/Mb ^[5]	标准差	横截面 (cm ² /bit)	FIT/Mb	标准差
22nm	晨熙®	1.34*10 ⁻¹⁴	183.0	9	1.16*10 ⁻¹⁴	79.3	30	9.63*10 ⁻¹¹	101.3	7

注!

- ^[1] 实验在 GW5A-25 产片上进行, SRAM 单元为 126 Kbytes;
- ^[2] 实验在典型电源电压的环境温度下进行;
- ^[3] 数据来源于中国散裂中子源;
- ^[4] 典型的阿尔法数据是基于阿尔法发射率每小时每平方厘米 0.001 计数 (counts/cm²/hr);
- ^[5] 在纽约市, 中子软错误率 (以 FIT/Mb 为单位) 根据 JESD89A 进行了更正。

功能性中断率估算

功能性中断率与 SRAM SER 直接相关。表 3 提供了用于评估功能故障风险的配置 SRAM 大小。然而，只需考虑关键位，因为用户逻辑设计实际上依赖于 SRAM 中一小部分关键位来确保正常运行。

表 3 配置 SRAM 大小

工艺节点	产品家族	器件	配置 SRAM 大小 (Mbits)
22nm	Arora V	GW5AT-15	3.33
		GW5A-25 / GW5AR-25 / GW5AS-25	5.08
		GW5A-45	Under design
		GW5AT-60	11.97
		GW5AT-75	31.56
		GW5A-138 / GW5AT-138 GW5AS-138 / GW5AST-138	31.56

中国散裂中子源(CSNS)

基于中国散裂中子源科学装置，建设的专用大气中子辐照试验平台。具备与国际标准推荐谱型相同的大气中子束流，可开展航空装备电子器件/模块/系统的大气中子辐照试验评估。

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

E-mail：support@gowinsemi.com

Tel: 00 86 0755 82620391

版本信息

日期	版本	说明
09/15/2023	1.0	初始版本。
10/31/2023	1.1	增加功能性中断率估算及 CSNS 描述。
11/23/2023	1.2	更正块状 SRAM 软错误率数据。

版权所有 © 2023 广东高云半导体科技股份有限公司

GOWIN高云、Gowin、小蜜蜂、晨熙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, 其所有权利属其所有者所有。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。