

编号：2025-ZZ-BG-005

密级：非密

总页数：共 7 页

AS32S601ZIT2 型 MCU

质子单粒子效应试验报告

北京中科芯试验空间科技有限公司



前言

本报告规定了对 AS32S601ZIT2 型 MCU 进行质子单粒子试验的流程与结果。

本报告起草单位：北京中科芯试验空间科技有限公司

本报告主要起草人：上官士鹏、王天文

本报告主要审查人：上官士鹏

1. 试验目的

本方案详细说明了 AS32S601ZIT2 型 MCU 质子单粒子试验评估的具体要求，试验目的是获得 AS32S601ZIT2 型 MCU 在 100 MeV 能量 10^{10} 通量下的单粒子效应敏感度。

2. 适用范围

本报告适用于 AS32S601ZIT2 型 MCU 的质子单粒子试验。

3. 引用标准及文件

下列文件中的有关条款通过引用而成为本方案的条款。凡注日期或版次的引用文件，其后的任何修改单（不包括勘误的内容）或修订版本都不适用于本方案，但提倡使用本方案的各方探讨使用其最新版本的可能性。凡不注日期或版次的引用文件，其最新版本适用于本方案。

- (1) GJB 548B 微电子器件试验方法和程序
- (2) GJB 9397-2018 军用电子元器件中子辐射效应试验方法
- (3) GB/T 32304 航天电子产品静电防护要求
- (4) GJB 2712-1996 测量设备的质量保证要求计量确认体系
- (5) GB 18871-2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
- (6) AS32S601ZIT2 型 MCU 产品手册。

4. 器件特征

4.1 器件特征表

器件特征如下表 1 所示。

表 1 AS32S601ZIT2 型 MCU 特征表

样品名称	MCU	样品型号	AS32S601ZIT2
生产批次	/	生产单位	国科环宇
质量等级	商业航天级	封装	LQFP144
封装形式	LQFP144	电源电压	2.7V~5.5V
样品数量	1	工作温度	-55~+125℃

4.2 器件结构图

AS32S601ZIT2 型 MCU 内部结构包括存储区 and 外围电路。

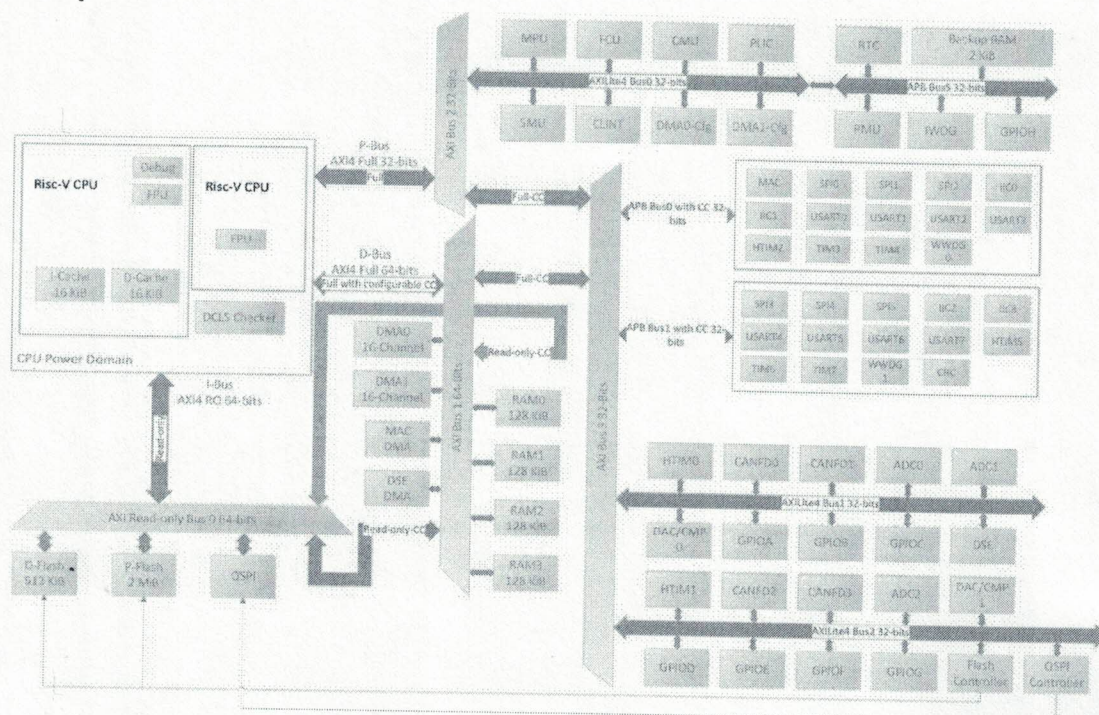


图 1 AS32S601ZIT2 型 MCU 结构图

4.3 器件功能表

AS32S601ZIT2 是一款基于 32 位 RISC-V 指令集 MCU 产品,产品具有丰富的 Flash 容量,按照 ASIL-B 功能安全等级设计,采用先进抗辐照加固技术,同时具有高安全、低失效、多 IO、低成本等特点,应用于商业航天、核电站等高安全需求场景。

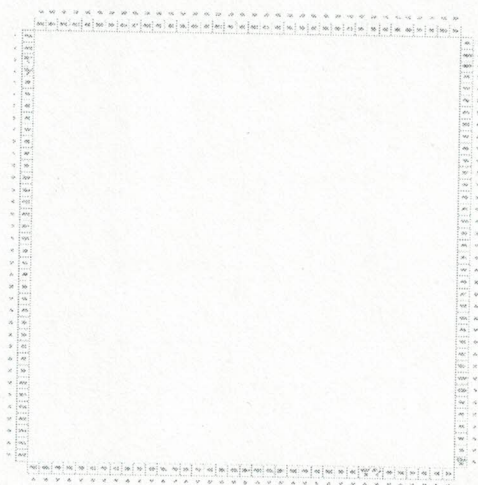


图 2 AS32S601ZIT2 型 MCU 管脚分布

- ◆ 工作频率高达 180MHz
- ◆ 工作输入电压支持：2.7V~5.5V
- ◆ 512KiB 内部 SRAM（带 ECC）

- ◆ 512KiB D-Flash（带 ECC）
- ◆ 2MiB P-Flash（带 ECC）
- ◆ 3 个 12 位的模数转换器（ADC），最多支持 48 通道模拟通路
- ◆ 2 个模拟比较器（ACMP）
- ◆ 2 个 8 位的数模转换器（DAC）
- ◆ 1 个温度传感器
- ◆ 6 路 SPI，支持主从模式标准 SPI 协议，速率最高可达 30MHz
- ◆ 4 路 CAN，支持 CANFD
- ◆ 4 路 USART 模块，支持 LIN 模式、同步串口模式
- ◆ 2 路 IIC，支持主从模式标准 IIC 协议
- ◆ 符合 AEC-Q100 grade1 认证标准
- ◆ 封装工艺：LQFP144

4.4 电特性参数表

AS32S601ZIT2 型 MCU 电特性参数如表所示。

表 2 AS32S601ZIT2 型 MCU 直流电特性参数表

参数	标志	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
模拟供电	V _{DDIO}	2.97	3.3	3.63	V	
核供电电压	V _{DD}	1.08	1.2	1.32	V	

参数	标志	值			单位	备注/测试条件
		最小	典型	最大		
低电平输入电压	V _{IL}	-	-	1.2	V	
高电平输入电压	V _{IH}	1.5	-	-	V	
低电平输出电压	V _{OL}	-	-	0.5	V	
高电平输出电压	V _{OH}	V _{DDIO} -0.5			V	
输入上拉电阻	R _{PU}	-	48	-	KΩ	
输入下拉电阻	R _{PD}	-	48	-	KΩ	
模拟模式电阻	R _{ANA}	-	50	-	Ω	
输入漏电电流	I _{In}	-10	-	+10	uA	
输出漏电电流	I _{IO}	-10	-	+10	uA	

IO 驱动模式			4.5		mA	
IO 驱动模式			9		mA	
IO 驱动模式			13.5		mA	
IO 驱动模式			18		mA	

5. 试验分析

辐照试验项目及要求如表所示。利用质子加速器对该器件的进行单粒子效应试验。根据《宇航用半导体器件质子单粒子实验方法》的要求，选择 100MeV 质子对被测器件芯片开展质子单粒子效应试验。单粒子效应判定标准如表所示。

表 3 辐照试验项目表

试验项目	样品数量	试验源	测试地点	指标要求
单粒子效应	1	质子	中国原子能科学研究院	/

表 4 单粒子效应判定标准

器件类型	单粒子效应类型	测试项目	测试条件	单粒子效应判定标准
AS32S601ZIT2 型 MCU	单粒子翻转	单粒子	Data 注量率 1e7 总注量 1e10	器件功能是否正常
	单粒子锁定	单粒子	器件电流判断 注量率 1e7 总注量 1e10	器件功能是否正常

6. 辐照试验要求

6.1 一般要求

质子单粒子效应辐照试验符合本试验方案的规定。

试验人员在辐射源区的操作应满足 GB 18871 的要求。经历过辐射环境的被试器件、试验板、测试仪器和电线电缆应按 GB 18871 和辐射实验室的相关规定进行处理和贮存。

6.2 试验样品选择和处置

试验样品总数按 5 辐照试验项目表要求。样品编号如表所示。

表 5 质子辐照试验样品编号

AS32S601ZIT2 型 MCU	R3-1#（参照）
	P3-1#

样品试验前需进行常温测试，以确认试验样品参数、功能正常。

6.3 辐照源

质子辐照试验在中国原子能科学研究院 100MeV 质子回旋加速器上进行, 质子加速器核心技术指标如表 6 所示。

表 6 核心技术指标

质子能量	10-100MeV
注量率	$5E5-5E9 \text{ P} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$
辐照面积	$20\text{cm} \times 20\text{cm}$

试验环境:

- (1) 温度: $15^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$
- (2) 相对湿度: 20%~80%
- (3) 静电防护应满足 GB/T 32304 的要求

6.4 测试电路板

根据测试目的和技术要求进行测试电路板的定制开发或改造, 进行辐照测试的电路板由甲方提供。

6.5 单粒子效应测试系统

单粒子效应测试试验系统由质子加速器、电路板、程控电源、PC 等组成。靶室外测试仪器包括控制计算机, 辐照试验在大气中开展。

(1) 试验板和电缆

被试器件放在试验板上, 试验板放置在试验环境中。试验板和电缆必须具备以下几个要求:

- a) 如果辐照试验板上采用了除被试器件外的其它元器件, 应保证其它元器件的性能不受试验环境的影响;
- b) 试验板应具有良好的机械稳定性、可移动性和抗振动;
- c) 试验板和电缆应具有良好的抗电磁干扰能力。

7 试验程序及流程

试验过程中, 被试器件吸收的电离总剂量不得超过其抗电离总剂量能力的 80%,。若质子产生的累积总剂量超过其抗辐照能力的 80% (包括抗电离总剂量能力和抗位移损伤能力), 则应另换 1 只被试器件, 继续进行试验, 2 只器件的单粒子效应总数或累

积注量达到要求的值。

8 辐照试验工序单

编制对应试验的试验工序单，并进行原始数据记录。

试验板号：#3 ； 能量：100 MeV；

表 2 质子辐照试验工序单

开始时间	结束时间	注量率	注量	电参数	测试程序	是否出现单粒子效应	数据记录文件名	备注
11:11	11:24	1e7	1e10	/	Data	未出现单粒子效应	/	

9 试验报告和结论

AS32S601ZIT2 型 MCU 器件利用 100MeV 质子能量 1e7 的注量率，总注量为 1e10，在试验后，器件功能正常，未出现单粒子效应，判定合格。

10 试验用主要仪器设备清单

表 3 辐照试验仪器设备清单

序号	设备名称	型号	用途及主要指标	校准有效期
1	CANFD 分析仪	UTA0503	接收 MCU 工作、擦写 FLASH\RAM 状态	
2	电源	GPD-4303S	给测试 MCU 供电	
3				