

Application Brief

TI 增强型航天塑料逻辑器件概述及在近地轨道卫星平台中的应用



Michael Marinello, Malcolm Lyn

摘要

过去，德州仪器 (TI) 仅提供采用较大陶瓷封装的航天级逻辑器件，其中许多器件是在 20 世纪 80 年代、90 年代和 21 世纪初发布的。在这些旧器件中，许多器件的电源电压范围也受限，客户只能选择 3.3V 或 5.0V V_{cc}。LEO (近地轨道) 卫星平台在航天行业的新兴趋势包括：采用增强型航天塑料 (SEP) 封装取代传统陶瓷封装，以及 FPGA (现场可编程门阵列) 向 1.8V 甚至 1.2V 等更低的电源电压规格发展。为了更好地帮助客户设计下一代航天电子系统，TI 以航天 CMOS (SC) 逻辑器件系列的形式发布了一组全新的 SEP 逻辑器件。这个新系列具有现成的 TID (电离辐射总剂量) + SEE (单粒子门锁) 辐射报告、1.2V 至 5.5V 电源电压支持能力和集成单电源升/降电平转换功能。

引言

随着许多现代 LEO (近地轨道) 卫星的尺寸不断减小，印刷电路板 (PCB) 的尺寸和功耗限制正在迅速成为许多卫星系统设计人员面临的重大设计障碍。尽管一些现代 FPGA 的尺寸越来越小，电压规格越来越低，随后功效也得到了提高，但这也带来了额外的问题。较小的 FPGA 很快会在 GPIO (通用输入/输出) 上受到限制，更常见的是，许多周围外设 I/O 电压上仍然受到限制，从而导致所谓的电压不匹配。为了克服这些新的设计挑战，需要高效且灵活的接口设计。

逻辑接口设计是卫星系统设计人员历来寻求的一种常见接口设计类型。无论是缓冲器、电平转换器、触发器还是移位寄存器，这些器件都提供了一种可靠且具有成本效益的方法来解决简单的系统设计难题并完成卫星设计。早在 20 世纪 70 年代和 80 年代，许多工程师就利用德州仪器 (TI) 可靠的 5V 双极性航天逻辑器件来解决各种类型的简单系统设计问题。虽然这些逻辑器件目前大多数仍在供货，但其中许多器件的封装尺寸太大，或电源电压规格与许多新的 FPGA 不兼容。

为了满足并超越现代卫星系统的要求，德州仪器 (TI) 从零开始进行了航天 CMOS (SC) 逻辑器件系列的全新开发，其中集成了许多新的特性和优势。

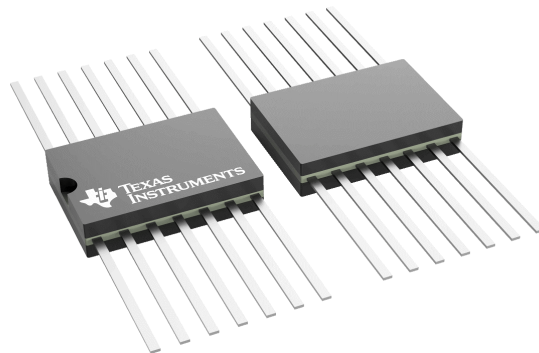


图 1. 采用 14 引脚 CFP (W) 封装的双极性航天逻辑与门 (SN54LS08-SP)

备注

于 1983 年首次发布，由于封装尺寸较大和引线成型困难，可能难以在持续时间较短、成本较低的 LEO（近地轨道）平台上使用

新参数和功能 - TI 航天 CMOS 逻辑器件系列

1. 宽泛的电源电压规格

SC（航天 CMOS）逻辑器件系列旨在对接许多不同的系统要求和 FPGA I/O 电压。无论是以 5V、3.3V 还是 1.2V 电压运行，SC 系列都能够直接连接各种类型的 FPGA，并使用同一电源运行。

表 1. 按电源电压范围（建议运行条件）列出的系列比较表

系列	常见逻辑产品系列					
	AC	ACT	HC	LS	LVC	SC (新品!)
电源电压 - 最小值	2.0V	4.5V	2.0V	4.5V	1.65V	1.2V
电源电压 - 最大值	6.0V	5.5V	6.0V	5.5V	3.6V	5.5V

2. 集成单电源升/降电平转换

在使用 FPGA 和更低的电源电压进行设计时，许多工程师都会遇到一个问题：系统控制器和外设之间的电压不匹配。例如，FPGA 在 1.2V 的 Vcc 下运行，而外设在 5V、3.3V 或 1.8V 逻辑电平下运行。尤其要注意的是，如果已经在这两个器件之间使用某种逻辑，则可以利用 SCxT 逻辑器件的集成电平转换特性来解决该问题：

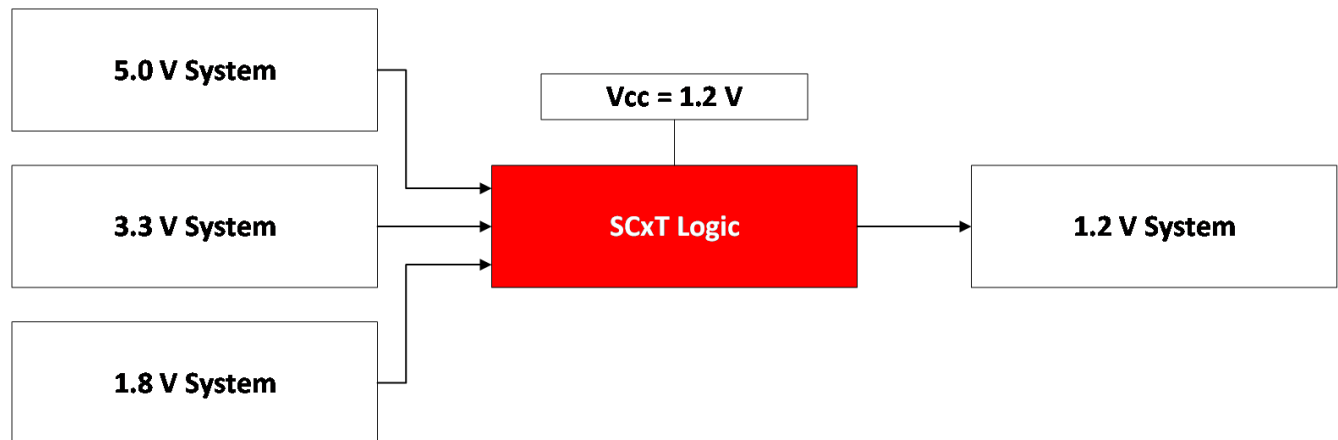


图 2. 新型航天逻辑产品的单电源转换特性视图

3. TI.com 上提供了 TID (电离辐射总剂量) 和 SELU (单粒子闩锁) 报告

SC 系列在设计时充分考虑了抗辐射能力，尤其是在 1.2V 和 1.8V 等较低电源电压下 (30krad、43MeV)。如需查看 SC 系列逻辑器件的辐射数据报告，并查看数据表、库存和其他设计资源，请访问 TI.com。

Technical documentation

★ = Top documentation for this product selected by TI

Type	Title	
All	Filter title by keyword	🔍
★ Data sheet	SN54SC245-SEP Radiation-Tolerant, 1.2-V to 5.5-V, Octal Bus Transceivers With 3-State Outputs datasheet	PDF HTML
★ Radiation & reliability report	SN54SC245-SEP Single Event Latch-Up Report	PDF HTML
★ Radiation & reliability report	SN54SC245-SEP Reliability Report	PDF HTML
★ Radiation & reliability report	SN54SC245-SEP Total Ionizing Dose Report	PDF HTML

图 3. TI.com 上航天 CMOS 逻辑器件系列的“技术文档”部分

4. 更小的塑料封装可以显著节省电路板面积并减轻重量

对于低成本的 LEO 任务，许多系统设计人员必须克服的一个限制因素是较小的 PCB 尺寸。TI 提供采用更小塑料 TSSOP 封装的航天 CMOS 逻辑器件系列，而不是试图修整和形成更大陶瓷封装的引线。

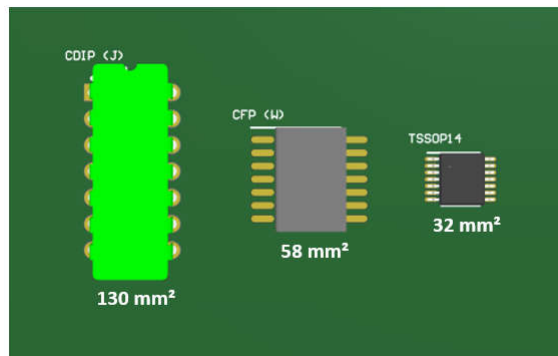


图 4. 两种陶瓷封装与新型塑料封装之间的面积比较

5. 可通过引脚配置的新逻辑功能有助于提高系统设计灵活性

SN54SC3T97-SEP 和 SN54SC3T98-SEP 是可在单个芯片内实现多种逻辑功能的独特器件。尤其是在设计的早期阶段寻找逻辑器件时，这些器件可以提供快速、具有成本效益且可定制的设计来解决常见的系统级设计问题。

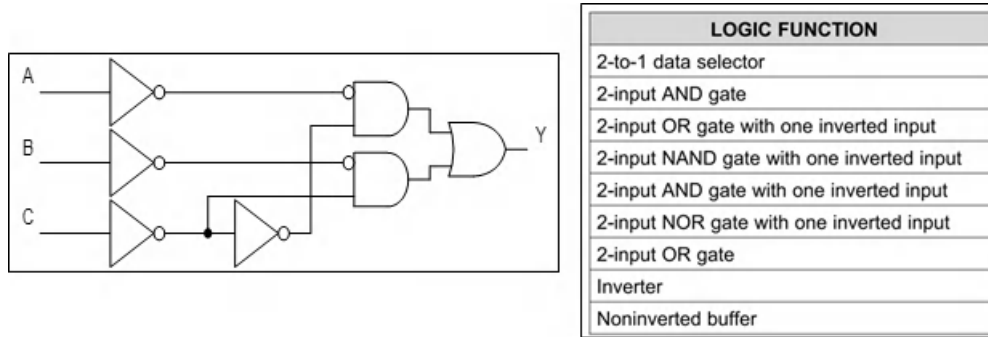


图 5. 97 功能 (SN54SC3T97-SEP) 的逻辑图和功能表

6. D 型触发器 (SN54SC2T74-SEP) 和其他顺序器件的集成三模冗余功能

为了充分防止 SEU (单粒子翻转) 和后续位翻转，航天 CMOS (SC) 系列中的所有顺序器件 (如触发器和移位寄存器) 都具有集成的三模冗余功能。其中，顺序器件的每个输出都连接到一个 3 通道多数表决器型电路，如果有 1 个通道发生翻转，另外 2 条冗余路径可使器件保持功能和信号完整性而不发生故障。

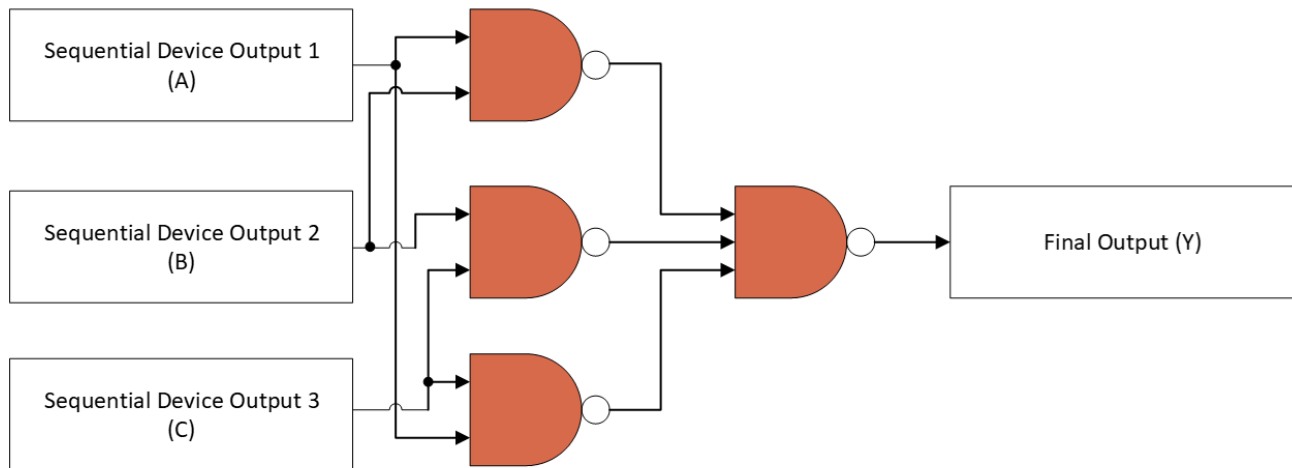


图 6. 三模冗余功能图 (A/B/C 的多数表决状态 = Y)

SC 系列逻辑器件在卫星有效载荷中的常见应用

1. 逻辑与门 (SN54SC4T08-SEP)

SN54SC4T08-SEP 是一款具有集成式单电源电平转换器的双输入、4 通道与门。如今，许多现代卫星有效载荷都使用比较器测量来自各种不同传感器的模拟信号。通常需要多个逻辑门来整合这些比较器输出，并向 MCU 或 FPGA 提供单一数字设计。新增的电平转换功能允许直接连接 FPGA，无需其他器件。

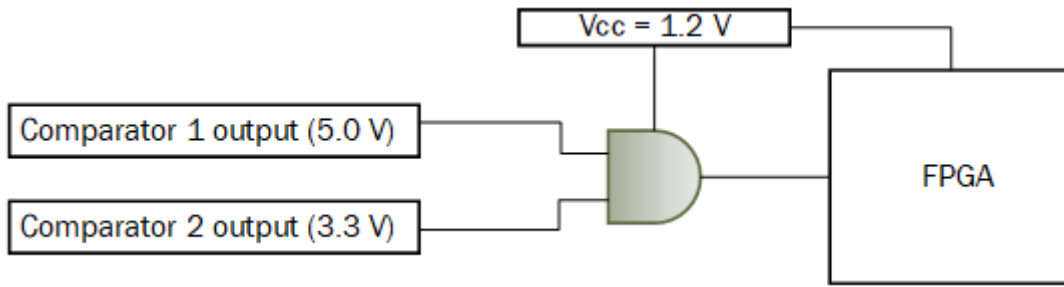


图 7. SN54SC4T08-SEP 比较器整合用例

2. 八通道总线收发器 (SN54SC245-SEP)

SN54SC245-SEP 是一款具有三态输出的八通道总线收发器。凭借高达 25mA 的输出驱动电流，该器件非常适合在长电路板布线或传输线路上驱动数字信号。输入还可接受高达 5.5V 的电压，因而该器件支持单电源降压转换。

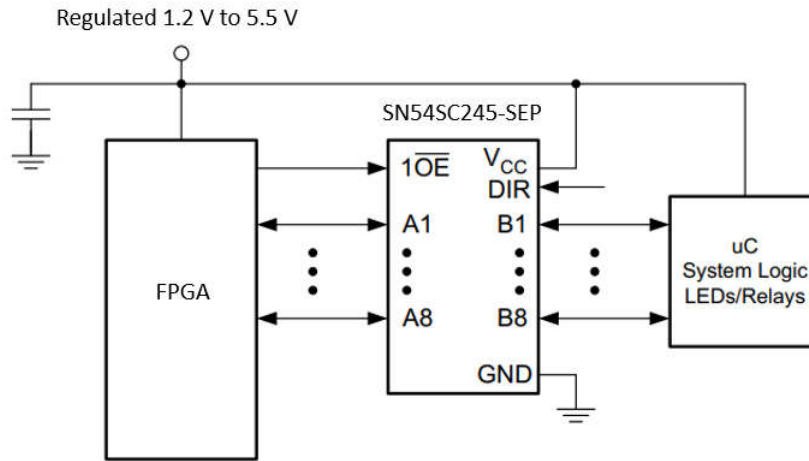


图 8. SN54SC245-SEP 驱动器示例用例

3. 双电源电压电平转换器 (SN54SLC8T245-SEP)

SN54SLC8T245-SEP 是一款双电源电压电平转换器。该器件可解决在最新电压节点 (0.7V、0.8V 和 0.9V) 和业界通用电压节点 (1.8V、2.5V 和 3.3V) 上运行的器件之间常见的电压电平不匹配问题。随着现代 FPGA 向更低的电源电压发展，电压转换型器件在现代航天系统中变得越来越常用。

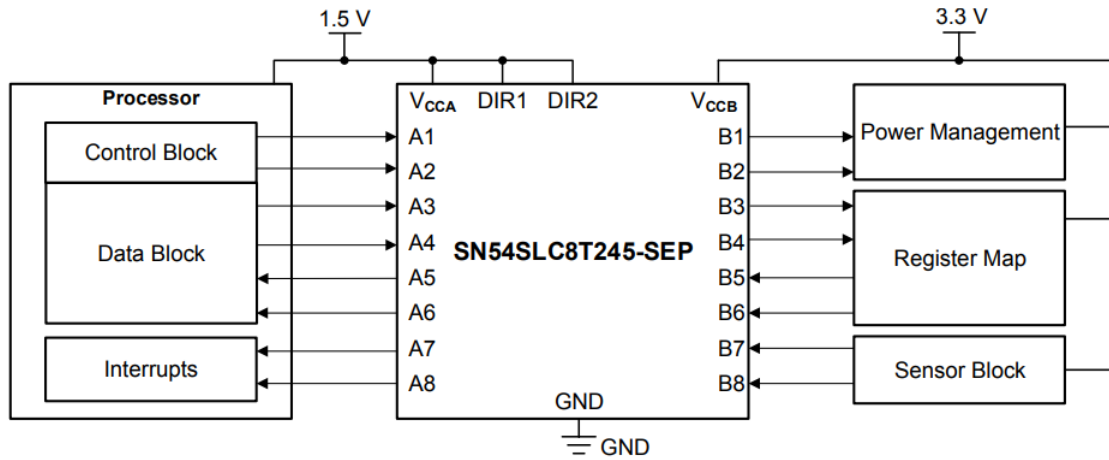


图 9. SN54SLC8T245-SEP 示例电平转换用例

产品选型表

表 2. 产品选型表

逻辑和电压转换 - SEP 产品					
器件	功能	Vcc	通道编号	TID 和 SEE 额定值	Ti.com 链接 (数据表、库存和辐射报告)
SN54SC4T00-SEP	与非门	1.2V 至 5.5V	4	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC4T00-SEP
SN54SC4T02-SEP	或非门	1.2V 至 5.5V	4	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC4T02-SEP
SN54SC6T06-SEP	反相器; 开漏	1.2V 至 5.5V	6	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC6T06-SEP
SN54SC6T07-SEP	缓冲器; 开漏	1.2V 至 5.5V	6	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC6T07-SEP
SN54SC4T08-SEP	与门	1.2V 至 5.5V	4	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC4T08-SEP
SN54SC6T14-SEP	反相器; 施密特触发	1.2V 至 5.5V	6	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC6T14-SEP
SN54SC6T17-SEP	缓冲器; 施密特触发	1.2V 至 5.5V	6	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC6T17-SEP
SN54SC4T32-SEP	或门	1.2V 至 5.5V	4	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC4T32-SEP
SN54SC2T74-SEP	D 型触发器	1.2V 至 5.5V	2	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC2T74-SEP

表 2. 产品选型表 (续)

逻辑和电压转换 - SEP 产品					
器件	功能	Vcc	通道编号	TID 和 SEE 额定值	TI.com 链接 (数据表、库存和辐射报告)
SN54SC4T86-SEP	异或门	1.2V 至 5.5V	4	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC4T86-SEP
SN54SC3T97-SEP	可配置多功能门	1.2V 至 5.5V	3	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC3T97-SEP
SN54SC3T98-SEP	可配置多功能门；反相	1.2V 至 5.5V	3	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC3T98-SEP
SN54SC4T125-SEP	缓冲器；三态	1.2V 至 5.5V	4	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC4T125-SEP
SN54SC8T138-SEP	3 线至 8 线解码器/多路信号分离器	1.2V 至 5.5V	8	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC8T138-SEP
SN54SC245-SEP	八通道总线收发器；三态	1.2V 至 5.5V	8	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC245-SEP
SN54SLC8T245-SEP	双电源电压转换器	0.65V 至 3.6V	8	20krad - 特性 20krad - RLAT 43MeV	SN54SLC8T245-SEP
SN54SC8T541-SEP	缓冲器；三态输出	1.2V 至 5.5V	8	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC8T541-SEP
SN54SC8T595-SEP	移位寄存器	1.2V 至 5.5V	8	50krad - 特性 30krad - RLAT 43MeV	SN54SC8T595-SEP

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司