

Saminah Chaudhry

I²C 和 SPI 长期以来一直是嵌入式器件的主要接口选择。虽然这些接口实现起来相对简单并且多年来已被广泛采用，但它们都缺乏某些重要特性，并存在局限性。在深度嵌入式应用中尤其如此，因此会显著影响紧凑型系统的设计。在 I²C 中，这些局限性包括有一个 7 位固定地址可能导致 I²C 总线上发生冲突、无带内中断或目标复位（需要额外的导线/引脚）、受限的数据速率，以及目标能够拉伸时钟（可能在长时间连接的会话中挂起系统）。在 SPI 中，一些主要局限性包括每个器件有一个芯片选择引脚但需要四条通信线路，以及由于缺少明确定义的标准而存在许多不同的实现方式。

随着智能手机、可穿戴设备、IoT（物联网）设备、汽车系统以及服务器环境变得越来越先进和复杂，需要更精简、高性能、可扩展和具有成本效益的通信接口来控制 and 高速传输数据，并需要节能和节省空间的设计。

I3C（改进的内部集成电路）旨在突破传统接口（I²C 和 SPI）的局限性并添加其他增强功能。由 MIPI 联盟制定的 I3C 规范 [1] 是一种智能的多功能接口，根据传统 I²C 和 SPI 接口的关键属性进行了改进，旨在提供新的、统一的、高性能的解决方案。I3C 是一种使用互补金属氧化物半导体 (CMOS) I/O 实现的串行通信接口，使用两线制接口来更大限度地减少引脚数量以及元件之间的信号路径数量。此接口支持在极低的功率级别下使用更高带宽的工作模式，并有助于实现更简单、更灵活的设计。I3C 标准旨在一定程度保留与 I²C 系统的向后兼容性，尤其是在设计中允许将现有的 I²C 器件连接到 I3C 总线，但仍支持切换到更高的数据速率，从而在兼容的 I3C 器件之间以更高的速度进行通信。

图 1 将各种 MIPI I3C 模式与 I²C 进行能耗（每位）的比较（左）以及相应原始比特率的比较（右）[2]。

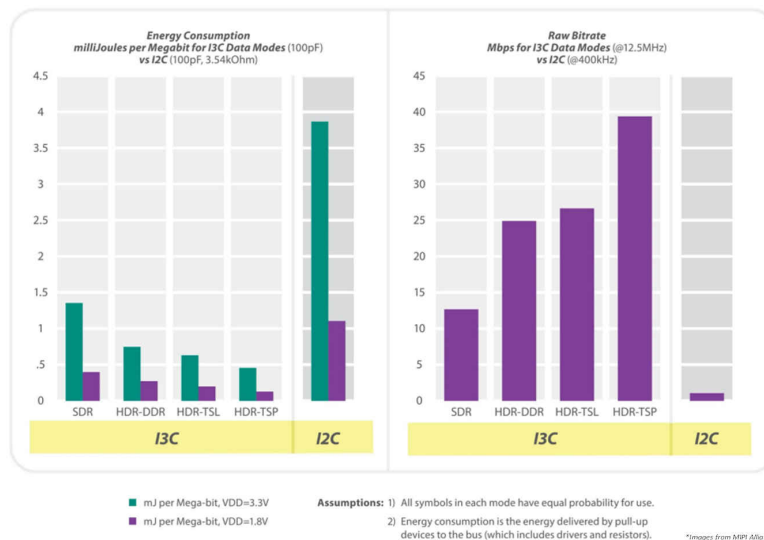


图 1. 更高数据速率下的 I3C 与 I²C 能耗比较（每位）

MIPI I3C 最初专为移动应用设计，作为单一接口，可用于所有数字连接的传感器。但是，它现在适用于所有中速嵌入式和深度嵌入式应用，也包括更广泛的使用案例和行业，例如内存管理、服务器控制以及企业、工厂自动化和通信设备。图 2 汇总了 I3C 接口的主要特性。

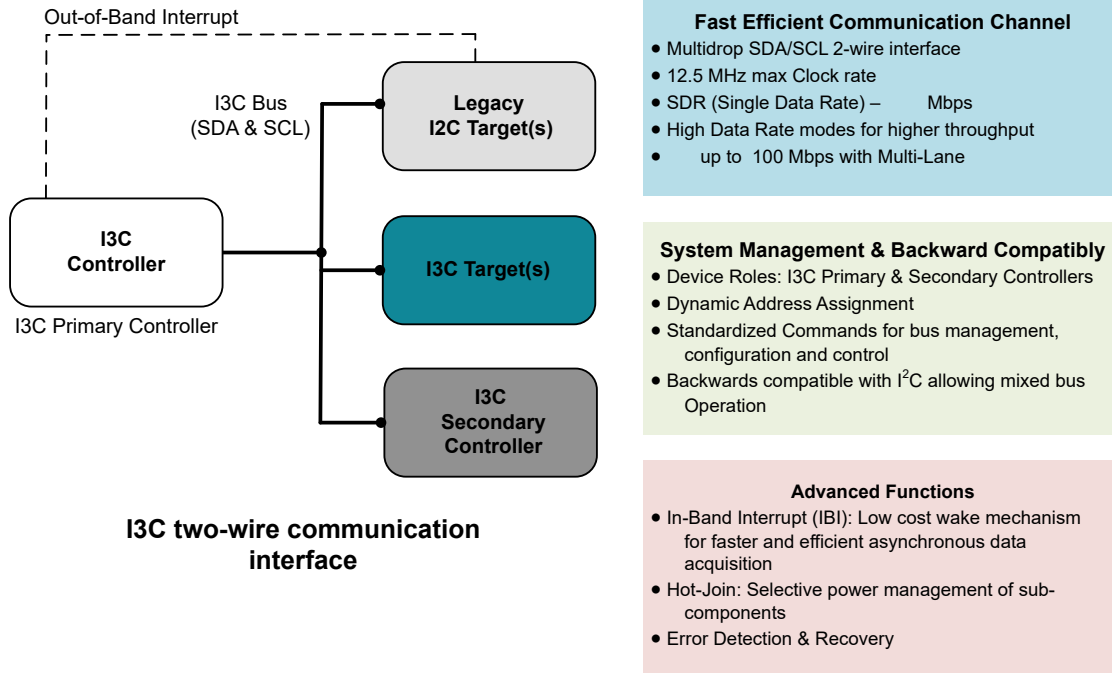


图 2. MIPI I3C 标准化接口 - 主要特性

突出 I3C 主要特性的一些终端设备应用包括：

- 典型的智能手机和物联网设备可能具有 I2C 和 SPI 器件的组合，其中有四条线路用于 SPI，有两条线路用于 I2C，另外每个外设还各有一条中断线路。更多的器件意味着需要更多的逻辑线路并增加总体功耗。I3C 的 *带内中断* 功能可提供低成本唤醒机制，在这种机制下，I3C 目标可以在总线空闲时请求中断；该设计无需为每个目标单独使用通用输入/输出 (GPIO)，从而降低系统成本和复杂性。I3C 还引入了 *动态寻址* 功能，这一功能在更改目标器件的优先级以便增加或减少该器件发出的带内中断时非常重要。
- 在大多数 PC/主板应用中，I3C 器件用于可能存在多个控制器、大量端点器件和较长布线（所有这些都会影响总线复杂性和信号完整性）的情况。I3C 的 *多控制器和多点* 功能具有明确的控制器间切换协议，使总线上的器件能够请求担任控制器角色。因此，总线架构不限于单个固定控制器器件和多个目标器件。
- 在 I3C 中，目标被允许加入已配置的总线，并由 I3C 控制器分配一个动态地址。凭借 I3C 中的这种 *热加入* 功能，可以在运行期间开启和关闭总线上的某些器件，从而实现“分段式供电”设计，仅在需要时才使相关单元保持活动状态。在一些应用中，如果不希望或不可能让系统断电（例如在服务器或无线基站中），或必须正确设计热插拔功能（在背板或外部卡中），此特性将非常重要。
- DDR5 同样采用了 MIPI I3C 作为核心技术之一。DDR5 通过使用 MIPI I3C 而不是 I2C，可以改善内存带宽，从而实现下一代高性能系统和应用，包括客户端系统和高性能服务器。I3C 提供典型值为 10Mbps 的数据速率，并可通过更高性能的高数据速率 (HDR) 模式选项提供超过 30Mbps（单通道模式）和 100Mbps（四通道模式）的速度。

MIPI I3C 总线接口是一种不断发展的规范，可显著提高传统接口的速度和灵活性，从而简化各种产品（如智能手机、可穿戴设备、汽车系统和服务器环境）的创新设计开发。随着该协议的发展势头越来越强，迁移到 I3C 接口将使器件能够通过更好的系统管理和配置实现更高的性能。这使得 I3C 成为企业和计算、PC 和笔记本电脑以及汽车和许多其他应用的主流技术。

参考文献

1. *MIPI Alliance Specification for I3C® (Improved Inter Integrated Circuit)*, version 1.1.1, MIPI Alliance, Inc., 11 June 2021.
2. *MIPI Alliance “Introduction to the MIPI I3C Standardized Sensor Interface”*, August 2016

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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司