

Application Note

使用 TI I²C 扩展器 P82B96 和 P82B715 延长 I²C 通信距离

Bill Xu, Wendy Wang

摘要

由于结构简单、成本低廉，I²C 总线在电子系统中得到广泛应用。例如，在超声成像、MRI、CT 等医疗系统中，常使用带 I²C 接口的高精度 DAC 来调节高压电源的输出电压。通常，I²C 用于主机与各类从机之间的板级通信，例如低速 ADC、低速 DAC、GPIO、存储器以及传感器等。然而，设计人员有时必须要通过 I²C 接口控制位于另一块板上的远程从机，两者之间的距离可能达到约 10 米。较长的电缆往往意味着更大的总线电容。I²C 标准规定标准模式和快速模式的最大总线电容为 400pF，快速增强模式的最大总线电容为 550pF。因此，使用长电缆时，总线电容往往会超出 I²C 规范限制，从而可能导致更高的误差数据速率。为解决这一问题，TI 推出了两款器件（P82B96 和 P82B715）。

内容

1 简介.....	2
2 延长 I ² C 通信距离的方法.....	2
3 通过 P82B96 延长 I ² C 通信距离.....	3
4 通过 P82B715 延长 I ² C 通信距离.....	4
5 系统应用.....	5
6 总结.....	6
7 参考资料.....	6

1 简介

在电子系统中，I²C 总线常用于主机与从机之间的通信。I²C 总线的最大距离取决于总线的电容负载。在典型应用中，标准模式下的通信距离通常限制在几米以内。这是因为系统必须满足 I²C 总线规范中的上升时间要求：在标准模式和快速模式下，总线最大电容为 400pF，而在快速增强模式下则规定为 550pF。

在实际项目中，设计人员往往需要控制距离主控板至少 10 米的远程从机，因此必须在 I²C 主机和从机之间使用较长的电缆。然而，较长的电缆会带来更大的电容，这往往会超出 I²C 总线规范的限制，从而可能导致较大的误差数据速率。

为了在超过最大允许总线电容的情况下实现更长的通信距离，I²C 总线规范允许采用多种方法，例如降低通信速率、使用驱动能力更强的输出器件、通过总线缓冲器将总线分段，或使用可切换的上拉电路。虽然这些方法表面上看似可行，但要么难以满足长距离通信需求，要么会显著增加系统成本。因此，可以采用 [P82B96](#) 或 [P82B715](#) I²C 缓冲器作为替代方案。

2 延长 I²C 通信距离的方法

[P82B96](#) 和 [P82B715](#) 芯片可用于延长 I²C 主机和从机之间的通信距离。这两款芯片在主 I²C 总线侧允许 400pF 的 I²C 总线电容，而在传输侧则允许 3000pF 或 4000pF 的总线电容。凭借这一性能，[P82B96](#) 和 [P82B715](#) 最长可将 I²C 电缆长度扩展至 10 米。

3 通过 P82B96 延长 I²C 通信距离

P82B96 器件是一款总线缓冲器，支持在 I²C 总线与具有不同电压和电流电平的多种总线配置之间进行双向数据传输。P82B96 的优势之一是支持更长的电缆和走线，并允许在每条 I²C 总线上连接更多器件，因为此芯片能够隔离总线电容，使新总线或远程 I²C 节点的总负载（器件数量和走线长度）不会影响其他 I²C 总线（或节点）。因此，由于电容限制或器件之间物理距离带来的系统中 I²C 器件数量限制可以得到显著改善。P82B96 的主要特性为

- 工作电源电压范围为 2V 至 15V
- 可在不同逻辑电平（2V 至 15V）的 I²C 总线之间进行接口连接
- 主侧（S_x/S_y）允许 400pF 的总线电容，传输侧（T_x/T_y）允许 4000pF 的总线电容，从而支持更长的电缆连接
- 传输侧的输出（T_x/T_y）具有高电流下拉能力，可驱动低阻抗或高电容总线
- 可在至少 20 米长的导线上实现 400kHz 的快速 I²C 总线通信。

图 3-1 显示了 P82B96 的典型应用电路。

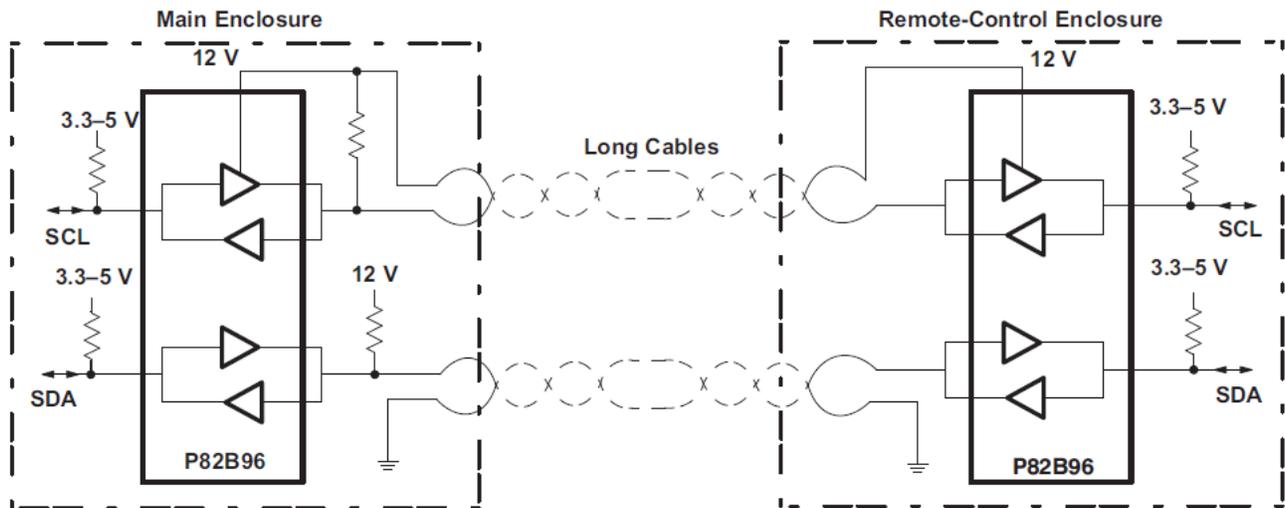


图 3-1. 基于 P82B96 的长距离 I²C 通信

请注意，在任何设计中，不同 P82B96 器件的 S_x 引脚绝不能相互连接，否则系统将非常容易受到感应噪声干扰，并且无法支持所有 I²C 运行模式。请参阅图 3-2（为简化方框图，已省略上拉电阻。下面的系统方框图表达的是相同的含义）。这意味着在同一节点上，P82B96 的两个或多个 S_x 或 S_y I/O 不能相互连接。P82B96 的设计不支持此配置。原因在于双向 I²C 信号没有方向控制引脚，因此在 S_x/S_y 端采用略有差异的逻辑低电平，以避免缓冲器发生锁存。

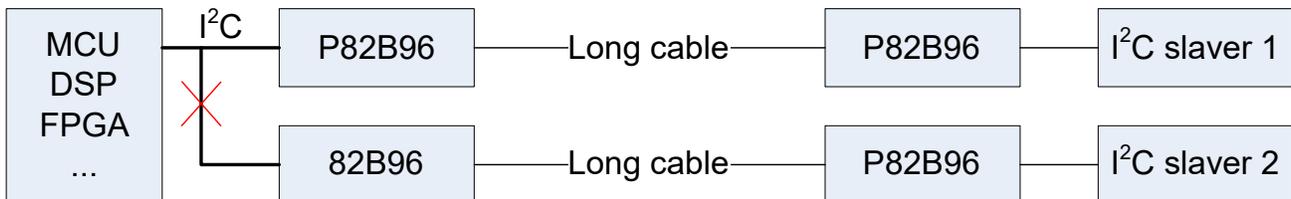


图 3-2. P82B96 不支持 S_x 引脚互连

4 通过 P82B715 延长 I²C 通信距离

与 P82B96 类似，P82B715 也是一款用于缓冲高电容 I²C 总线系统的器件，同时也支持通过 I²C 总线进行双向数据传输。P82B715 对 I²C 总线上的串行数据 (SDA) 和串行时钟 (SCL) 信号进行缓冲，从而实现 I²C 总线的扩展，同时保留 I²C 系统的所有工作模式和功能。P82B715 的主要特性为

- 工作电源电压范围为 3V 至 12V
- 支持 I²C 总线信号的双向数据传输
- 主 I²C 总线 (S_x/S_y 侧) 允许 400pF 的总线电容，传输侧 (L_x/L_y 侧) 允许 3000pF 的总线电容
- 双通道双向单位电压增益缓冲器，无需外部方向控制
- 可驱动阻抗降低 10 倍的总线线路，从而提高防噪性能
- 可通过低成本双绞线实现 I²C 信号的多点分布
- 可在超过 50 米的双绞线上实现 I²C 总线运行

P82B715 的典型应用如图 4-1 所示。

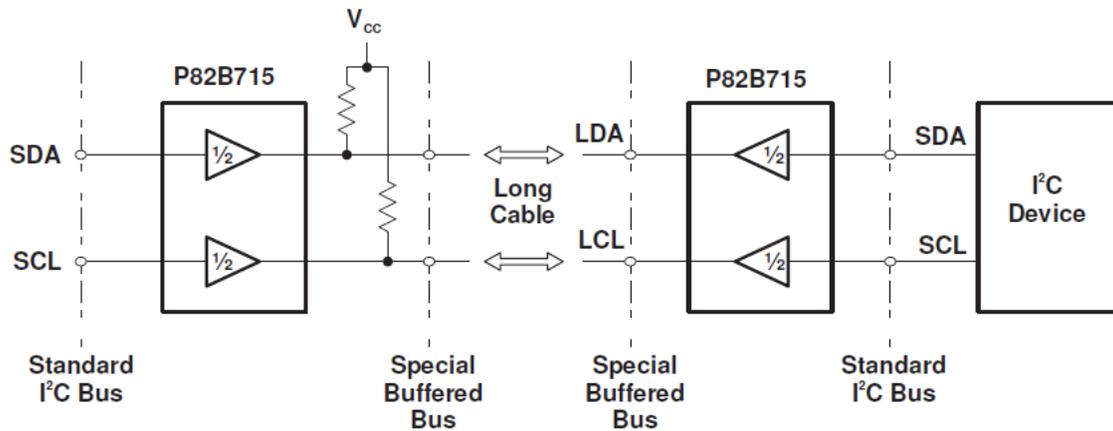


图 4-1. 基于 P82B715 的长距离 I²C 通信

与 P82B96 相比，P82B715 的两个或多个 S_x 或 S_y I/O 可以互连，并且与使用电压电平偏移的总线缓冲器（例如，TCA9517）完全兼容，因为它能够复制并传输该偏移电压。请参阅图 4-2。

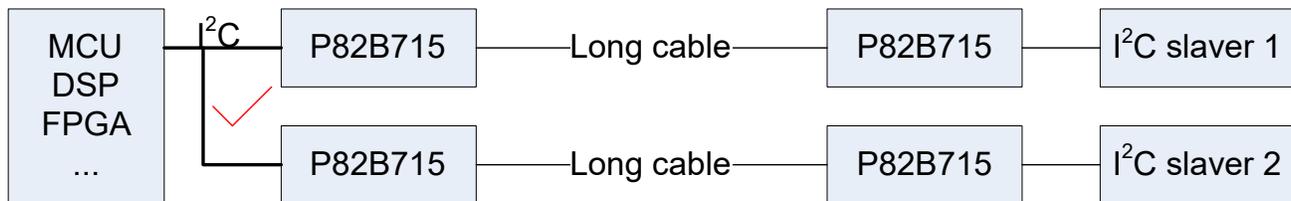


图 4-2. 基于 P82B715 的长距离 I²C 通信

5 系统应用

在实际应用中，设计人员可以使用 P82B96 或 P82B715 来控制远程 I²C 从机。如果不同 PCBA 板上存在两个或多个远程从机，则需要与主机进行通信。典型应用可以按照图 5-1 所示方式实现。在这种情况下，由于有两个 I²C 端口可用，因此可以使用 P82B96 或 P82B715 来扩展外部 I²C 通信距离。

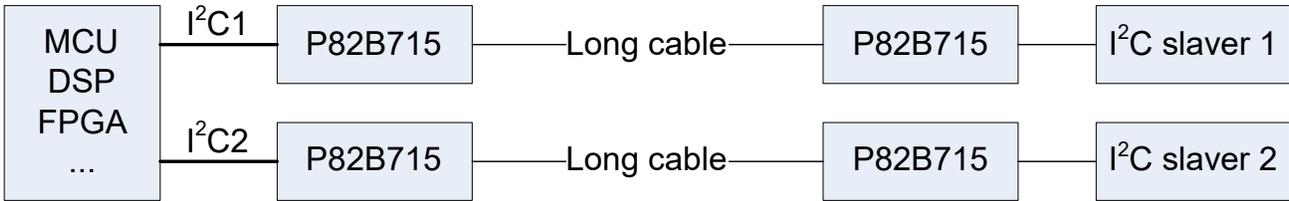


图 5-1. 通过两个 I²C 接口连接两个远程从机

如果主机仅提供一个 I²C 端口，则设计人员必须按图 4-2 所示配置使用 P82B715，或采用图 5-2 所示的另一种配置方式。如图 5-2 所示，可以使用 P82B96 或 P82B715。

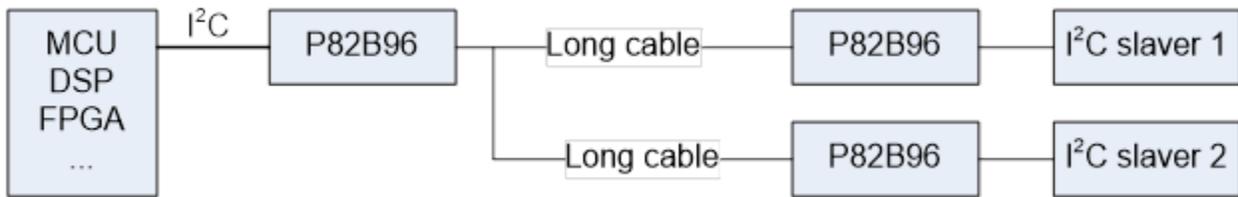


图 5-2. 通过两个 I²C 接口连接两个远程从机

在某些应用中，可能有两个或更多从机位于远端，但位于同一块 PCBA 板上。在这种情况下，可以按照图 5-3 所示方式使用 P82B715 与远程从机进行通信。

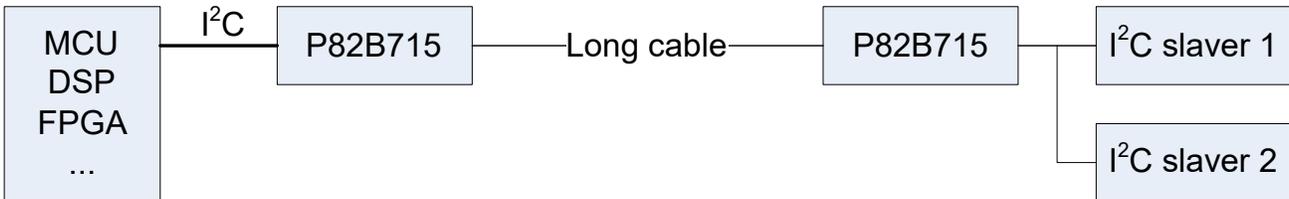


图 5-3. 通过两个 I²C 接口连接两个远程从机

一些设计人员可能会问，是否可以如图 5-4 所示在 I²C 链路中同时使用 P82B96 和 P82B715。TI 不建议将 P82B96 和 P82B715 组合使用。

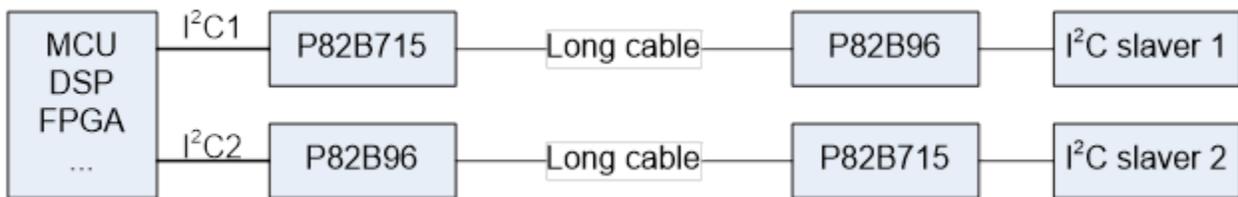


图 5-4. 通过两个 I²C 接口（混合使用 P82B96 和 P82B715）连接两个远程从机

6 总结

P82B96 和 P82B715 均可用于扩展 I²C 总线。P82B96 和 P82B715 的优势在于支持更长的电缆和布线，并允许在每条 I²C 总线上连接更多器件。这是因为这些器件能够隔离总线电容，使得新总线或远程 I²C 节点的总负载（包括器件数量和布线长度）不会影响其他 I²C 总线（或节点）。因此，由于电容限制或器件之间物理距离带来的系统中 I²C 器件数量限制可以得到显著改善。表 6-1 列出了 P82B96 和 P82B715 之间的差异。应根据功能、性能、成本、封装等因素为具体应用选择合适的器件。

表 6-1. P82B96 和 P82B715 之间的比较

条目	P82B96	P82B715
电源电压范围	2~15V	4.5~12V
主侧总线电容	400pF	400pF
传输侧总线电容	4000pF	3000pF
S _x 、S _y 是否可以互连？	否	是
电隔离	是	否
封装	SOIC8、VSSOP8、PDIP8、TSSOP8	SOIC8、PDIP8

7 参考资料

1. 德州仪器 (TI), [了解 I²C 总线](#) 应用手册。
2. 德州仪器 (TI), [使用 I²C 缓冲器的原因、情形和方法](#) 应用手册。
3. 德州仪器 (TI), [P82B715 I²C 总线扩展器](#) 数据表。
4. 德州仪器 (TI), [P82B96 I²C 总线扩展器](#) 数据表。
5. 德州仪器 (TI), [TCA9517 电平位移 I²C 总线中继器](#) 数据表。
6. 德州仪器 (TI), [I²C 基本指南](#), 应用手册。

重要通知和免责声明

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月