

设计适合恶劣环境下工业应用的鲁棒隔离式 RS-232 数据接口

作者: Maurice O'Brien

简介

工业和仪器仪表(I&I)应用的一个关键要求是具有可靠的数据接口,用于通过诊断端口检查相连系统。**RS-232 总线标准**是I&I应用中使用最早也最广泛的物理层总线设计标准之一。RS-232最初于 1962 年推出,是一种单端数据传输标准;尽管有谣传称其很快消亡,但其实它现在仍然是短线通信行业广泛采用的一种通信标准。

要在恶劣的工业环境下实现鲁棒的数据通信链路,RS-232 诊断端口必须在 RS-232 电缆网络与相连系统之间提供一个隔离

接口,以预防高噪声环境中的电压尖峰和接地环路并提高系统稳定性(图 1)。RS-232 通信链路的电源隔离利用隔离式 DC/DC 电源或 ADI 公司的 *isoPower*® 集成式 DC/DC 转换器技术实现。RS-232 通信链路的信号隔离利用光耦合器或 ADI 公司的 *iCoupler*® 技术实现。

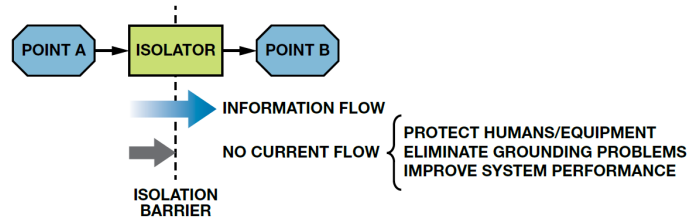


图 2. 隔离功能

如图 2 所示,隔离栅在 RS-232 总线和与该总线相连的每个系统之间提供电隔离,既允许在两点之间传输数字数据,又可防止接地环路电流流过;这样可以消除耦合到通信电缆上的噪声,从而降低信号失真和误差。

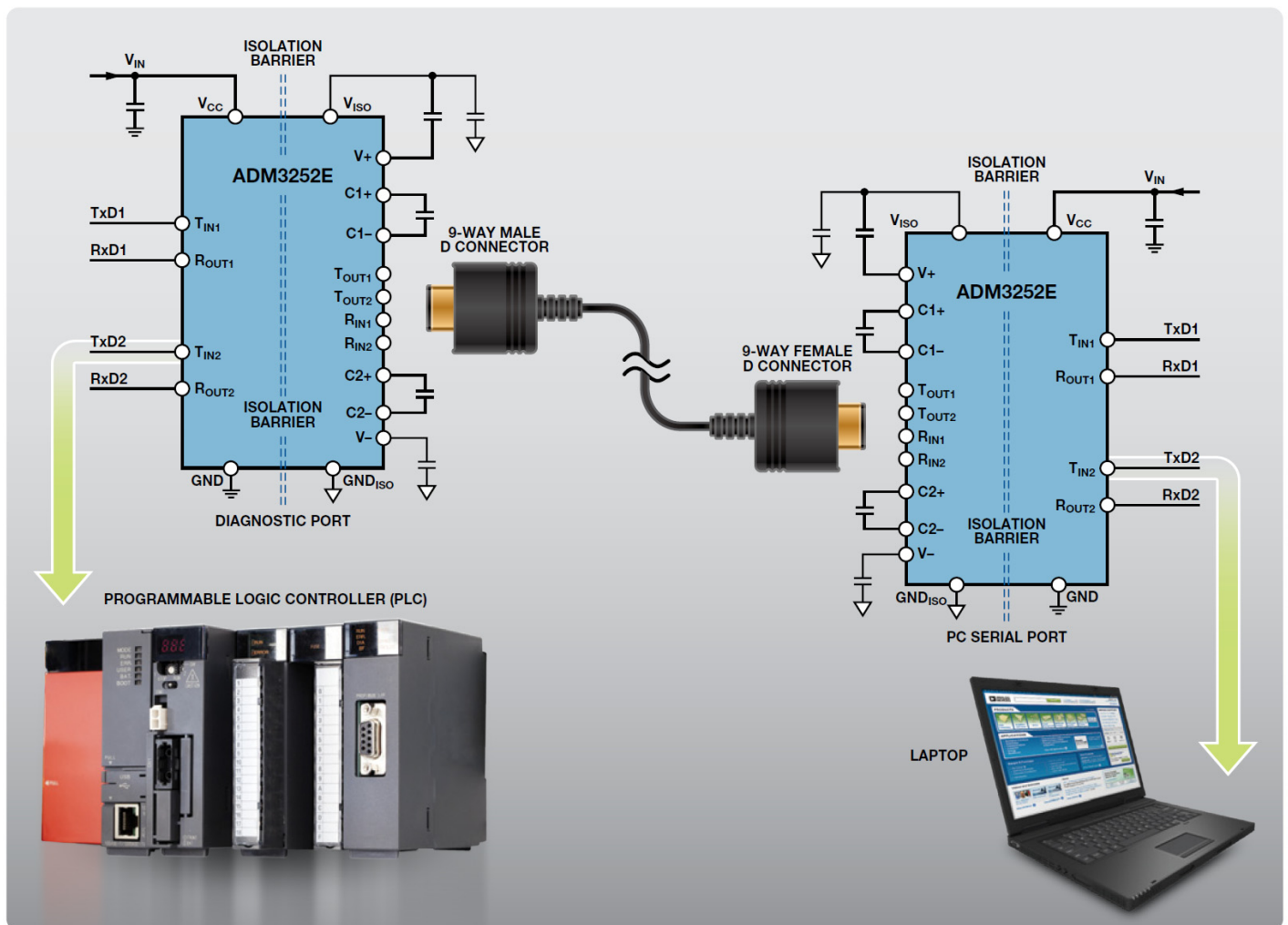


图 1. 典型的隔离式 RS-232 通信链路

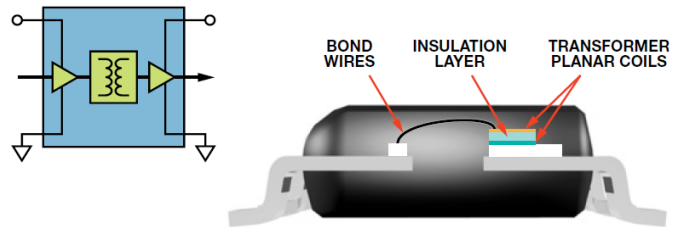
实现隔离式 RS-232 接口

要提供隔离式 RS-232 通信接口，两端的器件必须与所连的 RS-232 电缆相互隔离。要隔离数据链路，则必须对数据信号线路和用于驱动该电缆的电源进行隔离。来自诊断端口上 UART 的数据需要跨越隔离栅并传输至隔离总线侧上的 RS-232 收发器。本地 5 V/3.3 V 电源也需要跨越隔离栅来为隔离总线侧上的 RS-232 收发器供电。工业 PC 端也同样需要如此：数据和电源均需跨越隔离栅（图 3）。

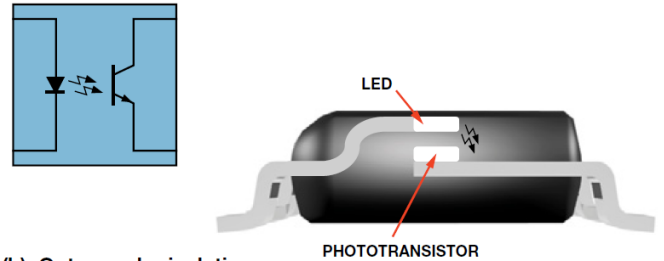
通过将器件与 RS-232 电缆网络隔离开来，诊断端口和工业 PC 电路均受到保护，不受恶劣环境下可能耦合到 RS-232 电缆上的瞬变影响。隔离还可以中断因诊断端口和工业 PC 端存在不同接地电位而可能出现的接地环路。RS-232 总线上可能出现的高共模电压不能跨越隔离栅，从而保护隔离数据的用户。

隔离技术：数据和电源

图 4 比较了两种主要隔离技术。*iCoupler* 技术（图 4(a)）利用厚膜工艺技术构建可实现 2.5 kV 隔离的微型片上变压器，从而在 RS-232 系统中提供信号隔离。较古老但广泛采用的光耦合器解决方案（图 4(b)）则采用发光二极管(LED)和光电二极管。LED 用于将电信号转换为光，光电检测器则用于将光转换回为电信号。电光转换本身的低转换效率导致功耗相对较高；光电检测器的慢速响应则限制其速度；而老化问题会限制其使用寿命。



(a). *iCoupler* isolation.



(b). Optocoupler isolation.

图 4. 隔离技术比较

通过使用晶圆级工艺直接在片上制造变压器，*iCoupler*通道能以较低成本相互集成以及与其它半导体功能集成在一起。[ADM3252E](#)即是这样的一个例子，它是一个紧凑器件中的隔离式双通道RS-232收发器。*iCoupler*隔离技术至少在以下五个方面克服了旧式光耦合器解决方案所造成的限制：集成（由于*iCoupler*支持双向操作，因此可缩小总体尺寸并降低系统成本）、性能更高、功耗更低、易于使用且可靠性更高。

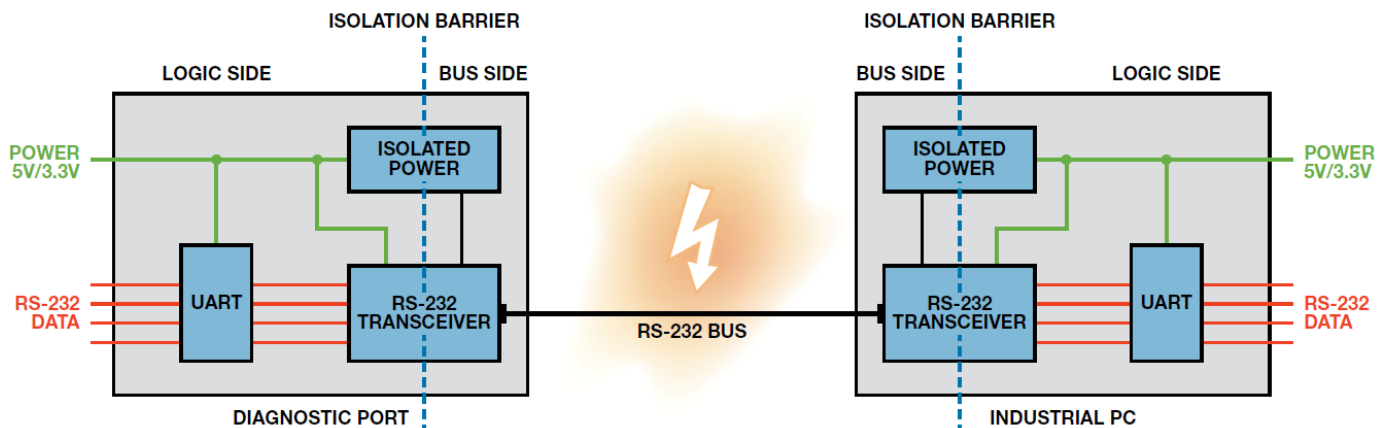


图 3. 隔离式 RS-232 接口

直到最近, 跨越隔离栅传输电源需要使用单独的 DC/DC 转换器或定制分立方法, 前者体积相对较大、价格昂贵且隔离不充分, 后者则体积庞大且难以设计。即使是在隔离式 RS-232 数据通信等只需少量隔离电源的应用中, 这些方法也一直是唯一可行的替代方案。

为了解决这一问题, ADI 公司研发并制造了一款完整的全集成式解决方案, 利用微变压器跨越隔离栅实现信号和电源传输。这是对我们完善 iCoupler 技术的延伸, 是一种突破性的替代方案, 称为 *isoPower*。在单个器件中便可实现高达 2.5 kV 的信号和电源隔离, 因而无需体积庞大、价格昂贵且难以设计的隔离电源。它可以显著缩减典型隔离式 RS-232 接口的电路板面积、设计时间和隔离系统总成本。下文介绍两种适用该技术的典型 RS-232 设计情况。

隔离、高速双通道 RS-232 接口

图 5 将使用分立元件的传统解决方案与完全集成式解决方案进行了比较。

实施完全隔离式双通道 RS-232 接口 (图 5(a)) 的传统方式是采用光耦合器来提供 RS-232 链路的数据隔离。每条数据线路 (TIN1、TIN2、ROUT1、ROUT2) 需要一个光耦合器以及一个外部缓冲器。隔离电源采用变压器驱动器 IC 来驱动分立变压器, 并与简单的整流电路和 LDO (低压差稳压器) 一起来净化隔离式 5 V 或 3.3 V ISO V_{CC} 供电轨。实施时, 该设计需要八个 IC 和若干无源元件, 并需占用极大的电路板面积。

在图 5(b)所示的单芯片解决方案中, 可利用一个 IC (ADM3252E)、两个去耦电容和四个电荷泵电容来为所有四路信号实现一个完全隔离式(2.5kV)双通道 RS-232 接口。

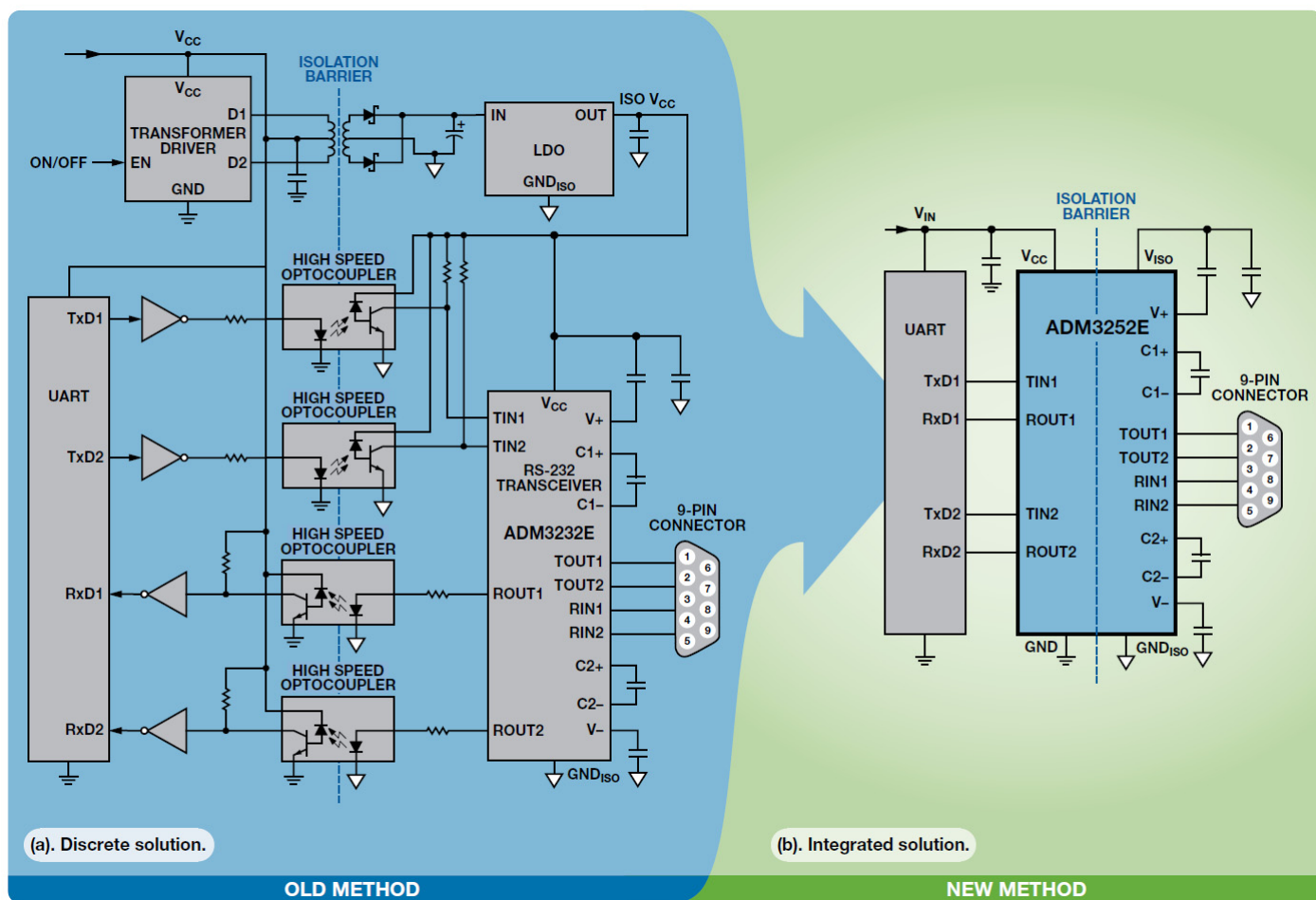


图 5. 隔离式 RS-232 设计比较

ADM3252E (图 6) 将一个标准 RS-232 收发器与一个 4 通道 iCoupler 结合, 用于提供 RS-232 数据信号的信号隔离。它还集成 isoPower 技术, 以提供片内电源隔离。通过将 iCoupler 和 isoPower 隔离技术相结合而集成 RS-232 收发器, ADM3252E 能够在单个封装(12 mm × 12 mm)内提供具有 2.5 kV rms 隔离性能的完全隔离式 RS-232 接口, 并且只需六个外部电容。

该单芯片解决方案能够显著缩减隔离式 RS-232 接口所需的设计时间和电路板面积。由于 PCB 上的元件数量明显减少, 因此能够降低制造成本并提高可靠性。此外, ADM3252E 无需进行任何修改, 便可用于 5 V 或 3.3 V 应用, 避免了分立设计所必须进行的设计更改。

isoPower 技术能够直接在 44 引脚 BGA 封装的芯片上提供 2.5 kV 电源隔离, 因而无需传统解决方案中所用的昂贵分立变压器。此外, iCoupler 技术能够提供信号(数据)隔离, 因而无需四个分立式光耦合器通道。

ESD 保护

因为 RS-232 电缆要由用户亲手连接和断开, 因此 RS-232 发射(Tx)和接收(Rx)引脚(TxD1、TxD2、RxD1、RxD2)的 ESD (静电放电) 保护非常重要, 以确保接口稳定可靠。ADM3252E 在 RINx 和 TOUTx 上的 ESD 保护能力符合 IEC 1000-4-2 (801.2) 标准, 具体如下所示:

- 接触放电: ±8 kV
- 气隙放电: ±15 kV

瞬变保护

为使 RS-232 收发器能够在工业应用中极其恶劣的工作条件下工作, 隔离技术(iCoupler 和 isoPower)提供高共模瞬变抗扰度(>25 kV/μs), 该抗扰度是指在维持额定工作时能保持的最大共模电压(逻辑和总线端电位差)压摆率。瞬变幅度是共模电压压摆的范围。共模电压压摆率适用于共模电压的上升沿和下降沿。该规格确保恶劣环境下耦合到 RS-232 电缆上的任何瞬变无法损坏 RS-232 收发器或导致传输错误数据, 从而使数据链路具有极高稳定性。

2.5 kV 隔离保护和认证

隔离收发器能够在器件的逻辑和总线端之间提供 2.5 kV 的隔离。该隔离额定值确保逻辑端没有电流能够进出 RS-232 电缆。它还确保不会有电压或瞬态耦合到 RS-232 电缆进而到达逻辑端。2.5 kV 隔离保护还意味着, 可保护逻辑端的用户不受 RS-232 电缆上可能出现的高电压或瞬变影响。ADM3252E 的 2.5 kV 隔离额定值正在接受下列机构的认证: 美国保险商实验所(UL)、德国电气工程师协会(VDE)和加拿大标准协会(CSA)。UL 1577 认证要求所有 ADM3252E 器件的隔离栅(与光耦合器一样)都要 100% 经过生产测试:

- UL 认证
 - 1 分钟 2,500 V rms, 符合 UL 1577
- VDE 合格证书
 - IEC 60747-5-2 (VDE 0884, Part 2)
 - $V_{IORM} = 560$ V 峰值
- CSA 元件验收通知#5A

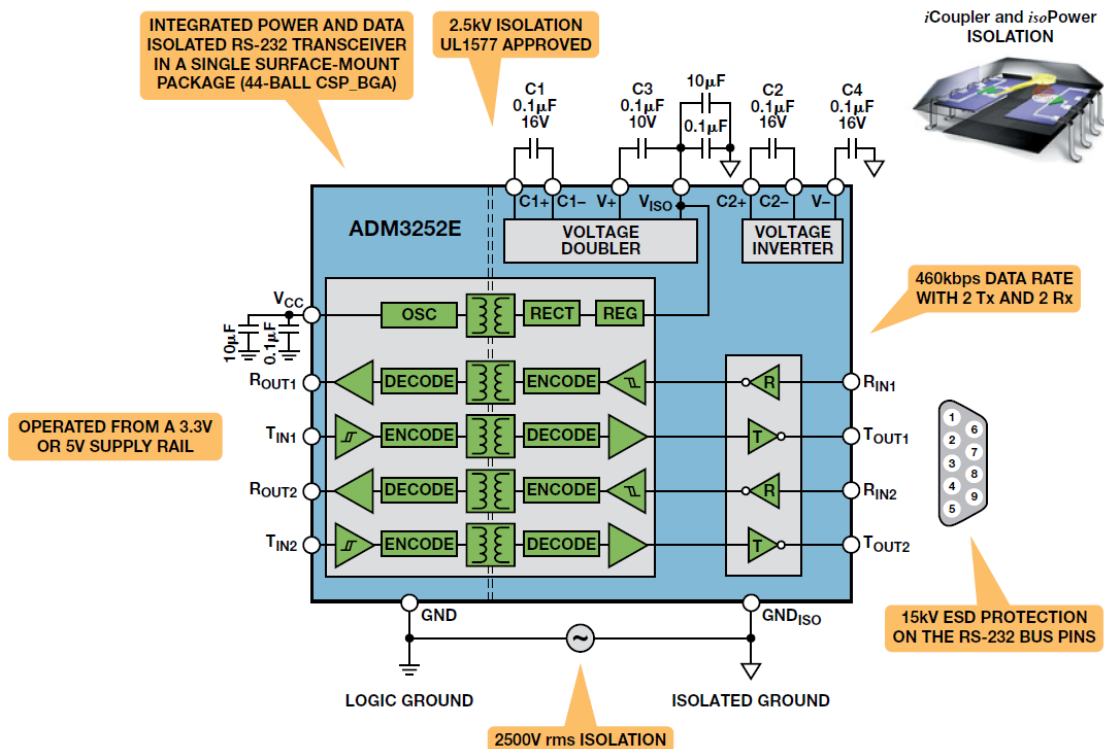


图 6. ADM3252E 隔离、双通道 RS-232 收发器

ADM3252E 规格

ADM3252E 是一款双通道、高速、全隔离式（数据和电源）RS-232 收发器，非常适合在电气条件恶劣的环境下工作，或频繁插拔 RS-232 电缆的场合。它集成了四个独立的 iCoupler 数字隔离通道（两个发射，两个接收）和一个 isoPower 芯片级 DC/DC 转换器，提供 2.5 kVrms 隔离，25 kV/ μ s 瞬变抗扰度和 ± 15 kV ESD 保护。它符合 TIA/EIA-232E 规范，最高通信数据速率为 460 kbps。片内倍压器和反相器支持单电源工作。ADM3252E 采用 3.0 V 至 5.5 V 单电源供电，无负载时功耗为 20 mA。它采用 12 mm \times 12 mm 的 44 引脚 CSP BGA 封装，额定温度范围为 -40°C 至 $+85^{\circ}\text{C}$ ，千片订量报价为 8.49 美元/片。

PCB 布局

隔离收发器的 PCB 布局对于确保在实际设计中实现 2.5 kV 的额定隔离性能至关重要。主要考虑因素是逻辑端 GND 和总线端 GND 之间的爬电距离（沿壳体最短距离）和电气间隙（最短空气距离）。ADM3252E 的逻辑接口不需要外部电路。输入和输出供电引脚需要电源旁路（图 7）。欲了解有关 PCB 布局指南和辐射 (EMI) 控制结构的更多信息，请参考 AN-0971 应用笔记“isoPower 器件的辐射控制建议”。

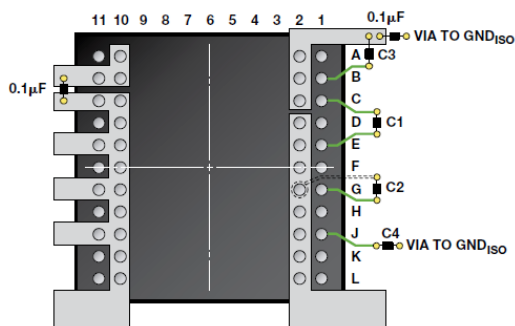


图 7. ADM3252E 推荐的印刷电路板布局

隔离、高速单通道 RS-232 接口

对于只需单通道（1 Tx、1 Rx）5 V 隔离式 RS-232 接口的收发器应用，ADM3251E 提供一个 20 引脚宽体 SOIC 封装的单芯片解决方案。ADM3251E 收发器整合 iCoupler 和 isoPower 隔离技术，也是第一款能提供数据线路与电源二者完全隔离的表面贴片 RS-232 收发器。它具有 2.5 kV 隔离额定值，符合工业标准隔离要求 (UL1577 和 DIN VDE 0884-10)。这可确保达到高噪声工作环境中所要求的鲁棒性，如工业自动化和控制应用中的隔离式 RS-232 诊断数据端口。与传统 IC 相比，表贴 (SMT) 封装可使电路板空间减少 45%，有助于加速制造工艺并降低系统开发成本（图 8）。

结论

如今，工业和仪器仪表应用中的 RS-232 接口链路需要尺寸小、性能可靠、成本低且隔离良好。通过将芯片级变压器隔离与标准 RS-232 接口收发器相集成，可以通过单芯片、全隔离式 RS-232 收发器（含隔离电源）来提供上述优势。双通道 ADM3252E 和单通道 ADM3251E 能够显著缩短设计时间，并为这些要求苛刻的应用提供一种紧凑、可靠、低成本的高性能解决方案。

我邀请您在中文技术论坛上的 ADI 社区对隔离式 RS-232 接口发表评论。

更多信息

- 数字隔离器
- 数字隔离器产品选型与资源指南

作者简介

Maurice O'Brien [maurice.obrien@analog.com] 于 2002 年毕业于爱尔兰利默里克大学，获得电子工程学士学位，毕业之后即加入 ADI 公司。他目前是电源管理产品线的产品营销经理。业余时间，Maurice 喜欢骑马、室外运动和旅游。



Part Number	Min Positive Supply (V)	Data Rate (kbps)	Isolation (kV rms)	No. of Tx	No. of Rx	ESD Protection (kV)	Low Power Shutdown	Package	Price (\$U.S.) ¹
ADM3251E	4.5	460	2.5	1	1	15	No	20-lead, wide-body SOIC	2.99

¹1000 to 4999

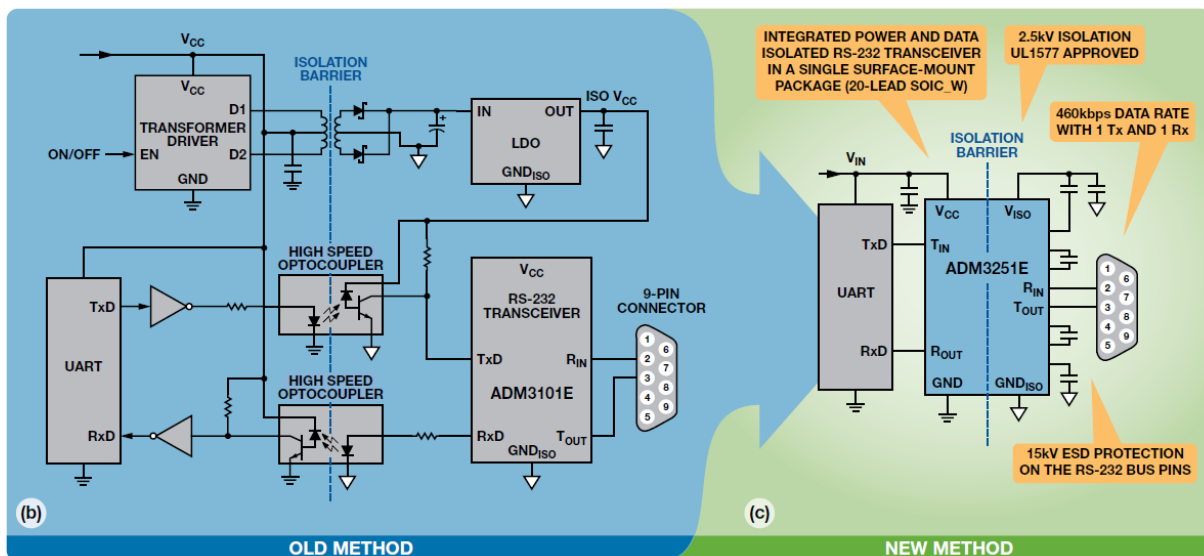


图 8. 单通道 RS232 收发器应用 (a) ADM3251E 规格 (b) 传统方法 (c) iCoupler + isoPower 方法