

利用功能隔离断开接地环路，减少数据传输错误

作者：Nikolas Ledoux，ADI公司应用工程师

内容提要

本文阐释接地环路如何形成，并且讨论如何利用电流隔离来消除接地环路。

长 距离传输数据充满着各种各样的潜在问题。接地环路可能是一个干扰源，它能在传输两端的接地之间产生噪声电压。此电压如果足够大，就可能导致接收端数据错误。本文阐释接地环路如何形成，并且讨论如何利用电流隔离来消除接地环路。本文以USB接口为背景来讨论接地环路，但其他接口，如RS-232、RS-485和CAN，也容易受接地环路影响(参见AN-375、AN-740、AN-770)。虽然本文主要讨论隔离接口的动机之一——中断接地环路，但隔离还有其他重要考虑，如操作员安全和保护电子设备等，这些内容在 [Ott]、AN-375、AN-740、AN-770和AN-727中有更详细的论述(见参考文献部分)。

顾名思义，接地环路是系统接地方案中的一个物理环路，产生于电路之间的多个接地路径。这些接地路径可以充当一个大环路天线，从环境中拾取噪声，从而在接地系统中产生电流。交流电源的50 Hz/60 Hz磁场是接地环路拾取的常见噪声源。类似地，对于分布式接地系统，源于某个位置的地电压噪声也能引起地电流在接地环路中流动。由于地为低阻抗，因此噪声电流往往相当大。数百毫伏的噪声可能会引起数安培的电流流过接地环路。

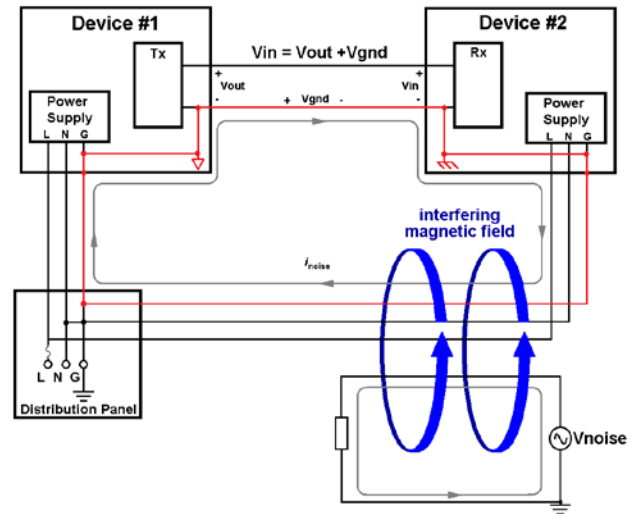


图1. 通用数据传输路径中的接地环路干扰

图1示例说明了一个通用数据传输路径中如何发生接地环路干扰。器件#1驱动一个单端信号，器件#2接收该信号。信号线接地于任一器件。例如，接地连接可以是同轴电缆的屏蔽体等。这些器件的地之间存在另一个低阻抗路径，它通过器件电源的安全地。这两个接地连接构成一个大环路，从邻近干扰源的磁场拾取噪声电压。这种干扰会损害器件#2接收到的信号，影响传输。

设计人员应小心谨慎，通过单点接地来避免形成环路，但有些接口要求在收发器之间进行接地连接。必须中断这种接地连接，同时维持从发送器到接收器的信息流。换言之，两个器件之间需要进行电流隔离。

断开接地环路的可能方法之一是使用光耦合器，如图2所示。器件#1驱动光耦合器的LED，LED激励光电耦合器中的电流。通过电缆的接地连接被消除，防止噪声电流在器件#1与器件#2之间流动，信息以光的形式传输。

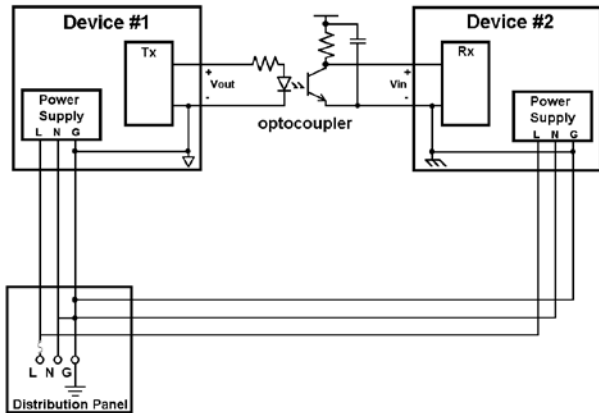


图2.

随着接口的性能和复杂度提高，这种方法会有局限性。光隔离接口可能变得复杂、昂贵，并且需要大量布板空间。光耦合器的传播延迟相当大，只适用于低速信号。使用多个光耦合器时，LED和上拉电阻的功耗可能变得相当高。可以使用数字隔离技术来中断接地环路，接口性能则不受影响，而且应用电路简单，所需器件相对较少。数字隔离器是非光学隔离器，利用CMOS接口IC通过容性或磁性耦合来传输信息(Ott)。

利用一条USB电缆连接两个交流电源供电的器件可能会造成一个接地环路，从而中断总线通信。USB通信在一对双向差分线上进行(图3中的D+和D-信号)。主器件控制总线并与外设通信。数据分组的方向由USB协议确定，而不是通过控制信号确定。主器件为外设提供电源和接地连接。USB电缆的这个接地连接与主机和外设的安全地形成一个接地环路，它可能导致外设的地电位相对主机的地电位移动，使得通信不可靠(参见AN-375、AN-727)。

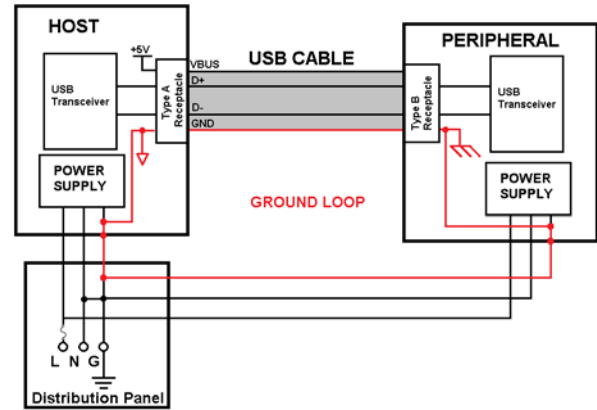


图3.

由于没有控制信号来指示数据是传输到下游(外设)还是上游(主机)，因此隔离USB端口以消除电缆接地连接是一件很困难的事情。在无法访问控制总线的串行接口引擎(SIE)内部信号的情况下，确定数据方向的唯一办法是通过总线处理。SIE的信号之所以不可用，是因为SIE常常被集成到处理器中。

有多种方法可以隔离USB。例如，可以利用一个外部SIE来避免隔离D+和D-的难题，该SIE由一个采用单向信号的串行接口(如SPI等)控制。SPI为单向接口，因而更容易隔离。图4说明了这种方法。光耦合器的传播延迟会严重限制隔离SPI的速度，因此使用一个四通道数字隔离器。外部USB控制器从其缓冲器发送数据，缓冲器通过SPI接口加载。虽然外部SIE以外设最快的数据速率传输数据，但总线的有效数据速率受制于控制器使SIE缓冲器保持填满的能力。这种情况下，数字隔离器的传播延迟可能是一个瓶

颈。由于使用外部SIE，这种方法会占用较大的板空间，而且可能需要修改外设驱动。

更简单的方法是利用单芯片USB隔离器ADuM3160直接隔离D+和D-线路，如图5所示。使用这款数字隔离器时，主机和外设的驱动均无需修改，其内部逻辑通过USB协议确定D+和D-的方向，并且相应地激活或者停用驱动。2.5 kV 隔离栅断开通过USB电缆的接地连接，如若不然，就会形成一个接地环路(Cantrell)。

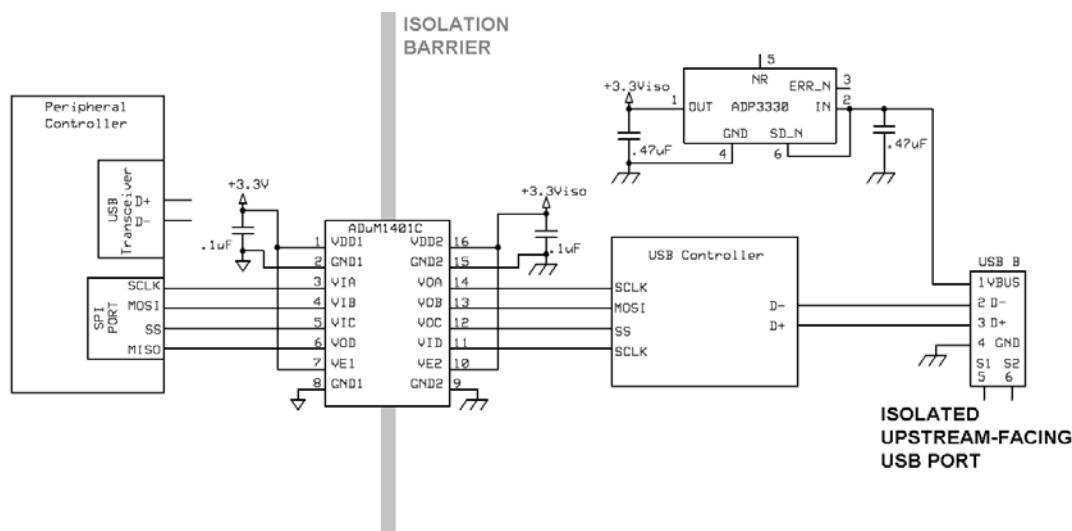


图4.

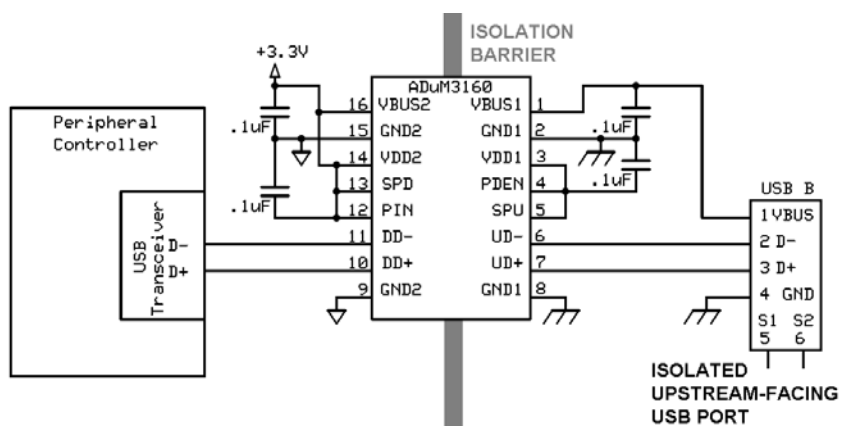


图5.

我们设计了一个接地环路的简单硬件仿真模型，以此说明有线通信中接地环路的危害，以及通过电流隔离来中断接地环路的有效性。测试设置产生的接地环路连接到USB电缆以及USB集线器和外设的电源，通过一台笔记本电脑进行控制。此设置将交流电源线的60 Hz信号通过一个互感器耦合到接地线路，这与电源线的磁场在接地环路中产生噪声的原理相似，因为它依赖的是同一噪声源。可变串联电阻使得流经接地环路的电流是可调的。测量从集线器地到外设地的电压，并且提高流经接地环路的电流，直到它中断与集线器的通信。测试中使用了两个不同的外设，当外设地由于仿真接地环路电流提高而比集线器地高出1 V rms以上时，两个外设一致地失去与集线器和笔记本电脑的通信。利用ADuM3160 USB隔离器隔离集线器端口中断了通过USB电缆的接地连接，防止互感器耦合的电流流动，从而有效地恢复了PC与任一外设的通信，这说明可以利用数字隔离来防止形成接地环路。

总之，在有线通信中，接地环路可能会带来问题。器件之间的多个接地连接会形成一个环路，接地环路可能拾取邻近交流磁场的干扰噪声。此外，如果存在地电位差(长距离通信可能会有这种现象)，则它也会贡献接地环路噪声电流。以上任一种现象都可能造成数据错误。USB接口是可能遭受接地环路干扰影响的接口之一，而且不容易通过分立数字隔离器进行隔离。接地环路的硬件仿真提供了一个实际的例子，说明了接地环路如何影响USB接口，以及USB隔离器ADuM3160如何解决这种问题。接地环路对USB之外的其他接口也可能造成问题。有关如何隔离这些接口的资源以及有关数字隔离的更多信息，请访问：www.analog.com/iCoupler。

参考文献

AN-375应用笔记，面向RS-232通信的ADM2xxL系列，ADI公司，1994年5月。

AN-727应用笔记，RS-485应用中的iCoupler®隔离，ADI公司，2004年6月。

AN-740应用笔记，RS-232应用中的iCoupler®隔离，ADI公司，2004年7月。

AN-770应用笔记，CAN总线应用中的iCoupler®隔离，ADI公司，2005年3月。

Cantrell, Mark, “使用数字隔离器简化医疗和工业应用中的USB隔离”，《模拟对话》，43-6，2009年6月

Ott, Henry, 电子系统的降噪技术，第二版，Wiley-Interscience, 1988。

资源

本文提到的产品

产品	描述
ADuM3160	全速/低速USB数字隔离器

有关隔离产品的信息和资源，请访问www.analog.com/iCoupler

分享本文

facebook

twitter

欲浏览Twitter网站上的ADI新闻，请访问：www.twitter.com/ADI_News

作者简介

Nikolas Ledoux于2010年加入ADI公司，担任iCoupler元件部的应用工程师。他于2009年获得伍斯特理工学院电气和计算机工程学士学位(BS)，并于2010年获得伍斯特理工学院电气和计算机工程硕士学位。

