

磁耦数字隔离技术的应用及发展趋势

摘要：本应用报告概述了高速数字电路中电子隔离的必要性、实施以及特性，简单介绍了光、磁(电感)和电气(电容)信号传输的优点和缺点，并重点介绍了 ADI 公司 ADUM 系列磁耦在数字隔离中的应用。

关键字：隔离 磁耦 ADUM

引言：隔离就是将一部分与其他部分中的非理想影响分离开来。在电子电路中，电介质通过阻断直流电(DC)实现电路中两个通信点之间的隔离。那么怎样才能进行有效的隔离，从而更好的保护电路呢？

随着美国模拟器件公司(ADI)和其他供应商推出的产品数量不断增加，隔离信号的传输选项也随之增加，从而使设计人员在产品选择上变得更加复杂。本报告阐述了隔离器的重要特性，并说明了各产品之间的差异和相似之处。

1、电路中隔离的必要性

隔离电路的主要原因是保护电路不受危险电压和电流的损坏。在图 1 的医疗应用实例中，即使是少量的 AC 电流也有可能造成致命的伤害，因此需要采用一个隔离层来保护病人。隔离还可对敏感电路进行保护，使其免于受到工业应用中出现的高压损坏。图 2 的工业实例仅为一个高压测量法。将传感器与实际高压相隔离使得对低压电路的测量成为可能。

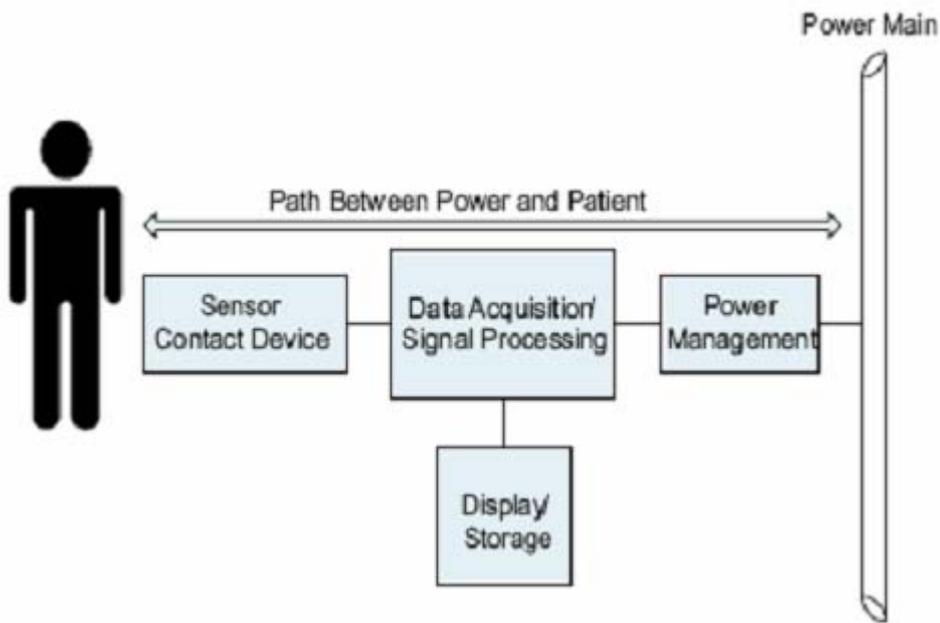


图 1、电源和病人之间可能的电路通路

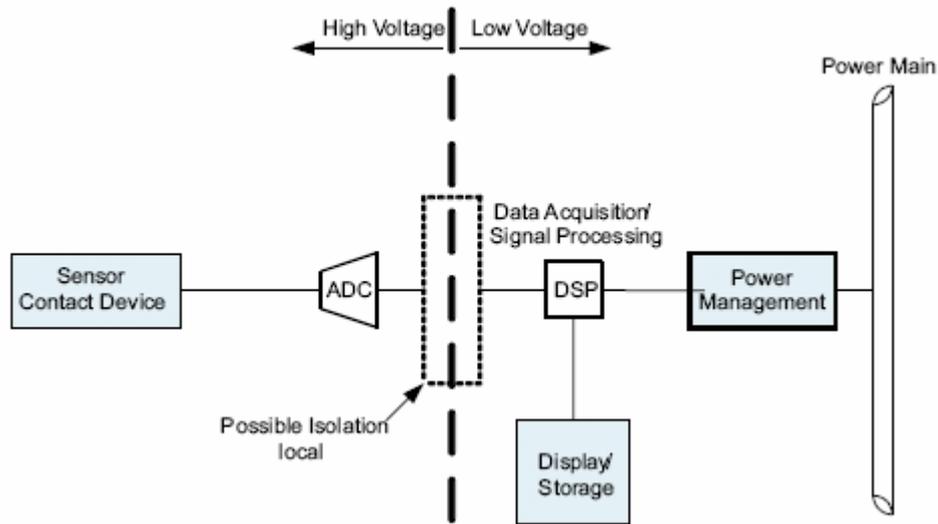


图 2、高压和低压之间的电路隔离

保护原理是将高电压电位(potential)隔离，其可能出现在各系统或电路中，如图 3 中的线缆应用所示，其中的长距离可以将一个驱动器和接收机隔离。经过如此的长距离，接地可能处在不同电压中。通过隔离，在隔离器而非敏感电路中形成电压差。

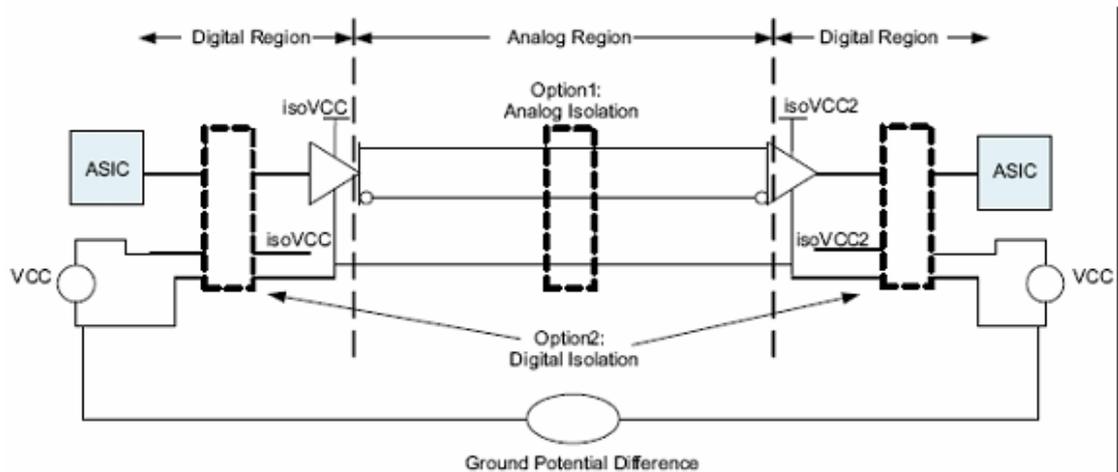


图 3、设备之间的接地电压差

如图 4 所示，通过相对于其他电路组件而言的高阻抗，隔离中断了由电路通路形成的环路。通过中断该环路，噪声电压出现在隔离层上，而非出现在接收机或更为敏感的组件上。噪声电压的高电平可以由外部电流或电压源(例如：电感马达和闪电(lightning))耦合。

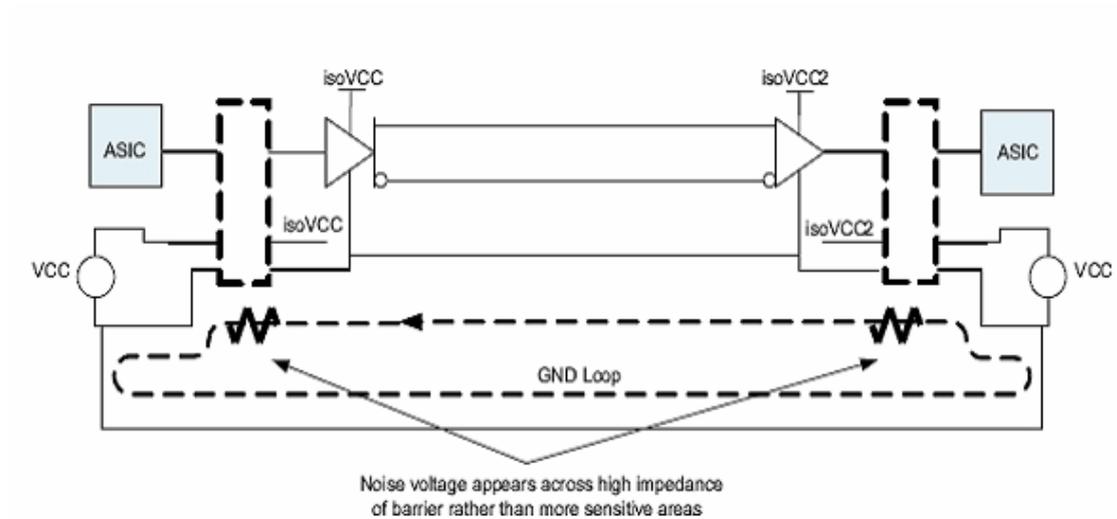


图 4、各隔离中断节点之间的接地环路。

2、隔离器件的种类

在允许通过电磁或光链路进行模拟或数字信号传输的同时，电路隔离器阻碍了各电路之间的低频电流。数字隔离器传输二进制信号，模拟隔离器则在隔离层上传输连续信号。在模拟和数字隔离器中，工作和峰值额定电压以及共模瞬态抗扰度均为这种隔离层的重要特性。当对数字信号进行隔离时，隔离电路的这些重要特性为输入和输出逻辑电压电平、信号速率、数据运行长度以及自动防护响应。

传统上而言，为满足特殊需求时，变压器、电容器或光电二极管晶体管及分立电路以输入和输出信号为条件。这种方法是有效的，但却不能将其从一种应用转移至另一种应用中。尽管这样可能会保持模拟隔离器的情况，但市场中已经出现了新一代数字隔离器，其使用创新电路在超过 100Mbps 直流信号速率的条件下对标准数字信号进行隔离。这些通用数字隔离器均具有其各自的优点和缺点。

隔离一般分三种类型：光电隔离、电磁隔离和电气（电容）隔离。下面分别介绍一下各种类型隔离的优缺点。

A、光电隔离器件

光耦合技术是在透明绝缘隔离层(例如：空气间隙)上的光传输，以达到隔离目的。光耦合器一般由三部分组成：光的发射、光的接收及信号放大。输入的电信号驱动发光二极管（LED），使之发出一定波长的光，被光探测器接收而产生光电流，再经过进一步放大后输出。这就完成了电—光—电的转换，从而起到输入、输出、隔离的作用。

光耦合技术的主要优点是，光具有对外部电子或磁场内在的抗扰性，而且，光耦合技术允许使用恒定信息传输。光耦合器的不足之处主要体现在速度限制、功耗以及 LED 老化上。

一个光耦合器的最大信号速率取决于 LED 能够开启和关闭的速度。从当前可供使用的产品来看，最快的光耦合器是 HCPL-0723，其可以达到 50Mbps 的信号速率。

从输入到输出的电流传输比(CTR)是光耦合器的一个重要特性，LED 一般会要求 10mA 的输入电流，以用于高速数字传输。这种比率对用于驱动 LED 的电流和由光电晶体管产生的电流进行调节。随着时间的推移，LED 变得更为低效，同时要求更多的电流来产生相同等级的亮度以及相同等级的光电晶体管输出电流。在许多数字隔离器中，内部电路控制 LED 驱动电流，并且用户无法对逐渐下降的 CTR 进行补偿。LED 的优势减弱了，并且随着时间的推移隔离器不再像以前那样有效了。

B、电容隔离

电容耦合技术是在隔离层上采用一个不断变化的电场传输信息。各电容器极板之间的材料是一个电介质隔离器，并形成隔离层。该极板尺寸、极板之间的间隔和电介质材料等都决定着电气性能。

使用一个电容隔离层的好处是，在尺寸大小和能量传输方面的高效率，以及对磁场的抗扰度。电容耦合技术的缺点是其没有差分信号和噪声，并且信号共用相同的传输通道，这一点与变压器不同。这就要求信号频率要大大高于噪声预期频率，这样隔离层电容就呈现出信号的低阻抗，以及噪声的高阻抗。

C、电磁隔离

电感耦合技术使用两个线圈之间的变化磁场在一个隔离层上进行通信。最常见的例子就是变压器，其磁场大小取决于主级和次级绕组的线圈结构(匝数/单位长度)、磁芯的介电常数，以及电流振幅。图 5 显示了一款具有信号调节电路模块的变压器。

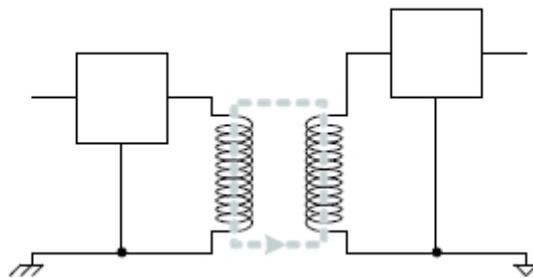


图 5 电磁隔离

电感耦合技术的优点是，可能存在的共模差异和差分传输特性。变压器的精心设计允许噪声和信号频率重叠，但是会呈现出噪声高共模阻抗和信号低差分阻抗。另一个优点是，信号能量传输可以为近 100%的效率，从而使低功耗隔离器成为可能。

电感耦合技术的主要缺点是对外部磁场(噪声)的磁化。工业应用通常要求磁场隔离,例如:马达控制。数字变压器传输中另一个缺点是数据运行长度。一个信号转换器在某一频率和振幅范围内传输信号,并且其失真可以接受。需要数据运行长度限制或时钟编码来将该信号保持在可用变压器带宽内。采用电感耦合技术的通用数字隔离器要求信号处理随同传输低频率信号(1 或 0 长字符)的方法共同对数字信号进行传输和重新构建。ADI(美国模拟器件公司)推出的 iCoupler 就使用了编码功能,并提供了支持从 DC 到 100Mbps 运行范围的数字隔离解决方案。

ADuM1100 是 ADI 推出的 iCoupler 技术的一个例子。ADuM1100 使用一个基本的变压器来实现在一个隔离层上传输信息。这种 iCoupler 技术使用一个如图 6 所示的电阻器网络来替换次级线圈。该电阻器由 GMR(巨磁电阻)材料组成,这样当磁场发挥作用时该电阻会发生变化。电路感应电阻的变化,并满足其条件,以用于输出。这种技术被首次引入市场时就切实地提高了 AC 性能,超过了现有光耦合器的性能。现在,随着 ADI 最近推出了更多的数字隔离器,这些 iCoupler 器件的性能已越来越完善。

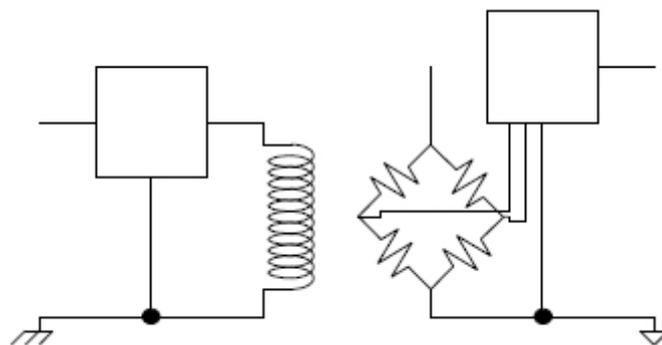


图 7 GMR 结构图

3、ADI 推出的 ADUM 系列磁耦产品

iCoupler-----ADuM 系列简介

ADuM 系列高性能数字隔离器是 ADI 公司推出的新型产品。采用的 iCoupler 技术是基于芯片尺寸的变压器,该技术集成变压器驱动和接收电路,从而实现了光电隔离器无法比拟的性能优势;由于使用晶片级制造工艺直接在芯片上制造 iCoupler 变压器,所以 iCoupler 通道比光电耦合器有效地实现通道之间的集成,以及比较容易地实现其他半导体功能。

电磁耦合的主要缺点是对外部磁场(噪声)的磁化和受外部磁场干扰,那么 ADUM 系列在这方面的性能如何呢? iCoupler 器件受外部磁场的影响较小,因为变压器的尺寸极小,其直径大约只有 0.3mm。例如我们将一个频率为 1MHZ 的电流置于距离 iCoupler 变压器 5mm 远处,要想破坏 iCoupler 的性能,其电流必须达到 500A。这是一个频率较高强度较

大的磁场。尽管采用 iCoupler 器件的系统中包含了发电机、电动机和其它涉及到强磁场的设备，但是还没有任何一个客户的应用会达到甚至接近这么高的磁场，所以，iCoupler 产品抗外部磁场干扰能力极强。

ADuM 系列数字隔离芯片的优点：

- 1、速度更高--最高速率可以达到 100Mbps；
- 2、功耗更低—由于没有光电耦合器中的影响效率的光电转换环节，所以 iCoupler 产品无需驱动 LED 的外部电路，功耗低于同数据传输率时传统光电隔离器的 1/10，最小工作电流为 0.8mA；
- 3、性能更高--时序精度，瞬态共模抑制力，通道间匹配程度均优于传统光电隔离器；
瞬态抗扰度可高达 25kV/us。其额定隔离电压是高隔离度光电耦合器的两倍，并且数据传输速率和时序精度是其 10 倍。
- 4、体积更小--集成度更高，最多一个芯片上集成了 4 个通道；PCB 节省 60-70%左右，采用了低成本、小体积的 SOIC 封装；
- 5、价格更便宜--每通道成本为传统高速光电隔离器的 40%；
- 6、应用更灵活----同一芯片内提供正向和反向通信通道。

总结：

随着工业发展速度的增快，对隔离器件的要求也越来越高，光耦由于种种原因在高速场合的应用已越来越少了，所以磁耦已然成了一种趋势，被越来越多的产品所应用。

器件	类型	VCC (V)	信号速率 Mbps	UL1577 (vrms)	瞬态抗扰度 (KV/ μ S)	功耗 Mw	封装
Iso721	电容隔离	3,3/5	150	2500	25	60	SO-8
ADUM1400 (四通道)	电磁隔离	5	100	2500	25	4.0/c	SO-16
		3.3	50			1.3/c	
HCPL-0721	光耦合	5	25	2500	10	95	SO-8 DIP-8
HCPL-0723	光耦合	5	50	3750		137.5	SO-8 DIP-8

参考文献：

1. 《HCPL-0721 产品说明书》，安华高科技；
2. 《HCPL-0723 产品说明书》，安华高科技
3. 《ISO72x 产品说明书》，TI(SLLS629)；
- 4、《ADuM1100 产品说明书修订版 E》，美国模拟器件公司