

# 拓展多种数字隔离器技术在IT与 新能源设备中的特征与应用

## Expand the features and applications of various digital isolator technologies in IT and new energy equipment

叶云燕

**摘要:** 本文将基于无磁芯变压器 (CT) 隔离技术构建的数字隔离器与 iCouple 脉冲调制变压器隔离器特征与应用作分析说明, 由此对其应用前景作说明。

**关键词:** 数字隔离, 无磁芯变压器, 电平转换, 高速数据传输

**Abstract:** This paper will analyze the characteristics and applications of digital isolators and iCouple pulse modulation transformer isolators based on coreless transformer (CT) isolation technology, and then explain their application prospects.

**Keywords:** digital isolation, coreless transformer, level conversion, high-speed data transmission

随着服务器、通信和工业 SMPS、工业自动化系统、电机控制和驱动、储能系统及太阳能逆变器等各种发展应用, 必需要有全新数字隔离器才能融合数字化转型的潮流之中。

为此研发新型数字隔离器是厂商与工程师迫切应解决的课题。如今数字隔离电路分类较广, 但基本上可为两大类新型的数字隔离器技术。按照数字隔离电路的电气结构和传输原理及应用, 又拓展出应用无磁芯变压器 (CT) 隔离技术构建的数字隔离器与 iCouple 数字隔离技术的脉冲调制变压器隔离器, 并已广泛在智能化设备改造中获得广泛应用。

值为此本文将基于无磁芯变压器 (CT) 隔离技术构建的数字隔离器与 iCouple 脉冲调制变压器隔离器特征与应用作分析说明, 由此对其应用前景作说明。

### 1 适用于半桥驱动芯片的新技术 - 无铁芯变压器技术架构与应用特征

#### 1.1 面对挑战如何应对?

由于要在半桥配置中驱动半桥开关, 必须将信号从微控制器传输到悬浮另一方面, 光耦合器确实能够提供安全隔离, 但它们的性能会随着时间推移而下降。另一方面,

光耦合器确实能够提供安全隔离, 但它们的性能会随着时间推移而下降。面对挑战如何应对呢? 由此引出如下举措。

\* 高性价比解决方案呈现 那就是通过在硅芯片上集成双绕组无铁芯变压器。尽管分立式变压器非常昂贵, 但它们是常用解决方案。此方案特征是将变压器的优点融入芯片中, 成为构建出半桥驱动器芯片技术。鉴于能够将各种功能集成到芯片中, 由此可知半桥驱动器的潜在特性。

\* 无铁芯变压器的相关的栅极驱动与电平转换新方法的应用

其一、栅极驱动 MOS 控制的功率半导体是工业界中的现有技术。信号从微控制器传输到高边的功率半导体, 需要在驱动这些器件在驱动应用中必须给栅极对某种信号转换。可以说栅极驱动发射极施加的电压是可类同微控制器的 PWM 信号。但由于的微控制器输出信号不够强并且额定电压较低, 因此需要进行增强和电平转换。微控制器的输出信号不够强并且额定电压较低, 因此必须增强信号并调整电压电平。而从电子电路中常见的配置中, 很容易看出微控制器与高边发射极之间的电压不仅不同, 而且会工作期间发生变化。为此要将 PWM 信号从微控制器传输到高边的功率半导体应需要某种信号转换。由此可以说栅极驱动的最低功能进行增强及电平转换。

其二、电平转换的概念。由行业标准要求变频器的功率级与控制台之间具有安全电气隔离。在大多数低性能驱动应用中,在控制台与微控制器之间实施此隔离实现了更高的性价比。由于微控制器与功率级之间不再需要进一步绝缘,因此可以使用具有单片集成电平转换电路的高压芯片。而无铁芯变压器单片集成的平面器件是一种新解决方案。

### 1.2 无铁芯变压器技术基本架构与解析

\* 无铁芯变压器技术的主要理念是将变压器的两个线圈集成到一个芯片中,见图 1 (a) 所示的无铁芯变压器基本架构示意。尽管分立式变压器需要铁芯来引导磁通量,但是芯片中的两个线圈可以放置在足够近的位置以省去铁芯。这归功于线圈的设计和尺寸,可以将耦合电容降低到极低水平,即输入和输出之间的总电容受外壳的引线框架设计控制。智能线圈设计也可以使其对外部磁场不敏感。

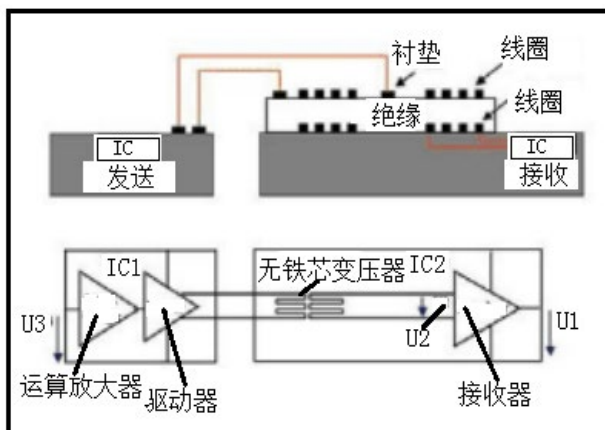


图 1 (a) 无铁芯变压器基本架构示意

\* 二氧化硅是一项在芯片中用于隔离的常用技术,但仅在具备合适的生产技术的情况下,能形成足够的厚度。通过标准测试,实现了主要针对汽车应用开发的BCD(双极型-互补金属氧化物半导体)芯片技术,此技术支持实现平面型高隔离变压器流程。由于变压器仅能传输窄脉冲,因此将集成专用发射器和对应的接收器。接收器与变压器放置在同芯片中,而发射器位于另一芯片中,焊线将此发射器连接到变压器的主线圈。图 1 (b) 展示了发射器、焊线连接、线圈以及接收器实物基物本组成示意图。

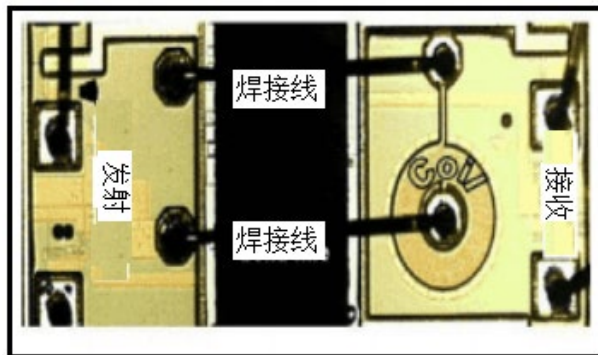


图 1 (b) 显示了无铁芯变压器实物组成示意图

### 1.3 无铁芯变压器信号传输优势

众所周知,平面型变压器的脉冲响应通常不超过 2ns。另外,随时间或温度变化,它几乎未表现出性能下降。因此,平面型变压器需要能够快速处理信号的发射器和接收器。通过适当的变压器设计,几乎可以完全抑制外部噪声。另外,针对极其嘈杂环境中的应用,提供了智能信号传输和过滤。通过此方式,可以承受外部磁通瞬变及高达 50kV/us 的瞬态高边基准电压突变。平面型变压器及其发射器和接收器的传输延迟大约为 20ns,而所开发的 1GBT 驱动器的总体传输延迟大约为 50ns。由于传输速率高达 100MHz,因此无铁芯变压器技术不仅适用于栅极驱动单元。还可以将其适用于需要安全绝缘以及高数据速率的各类产品的基础技术。

由上可知使用无铁芯变压器技术是一种设计具有电流隔离的信号发射器的新方法。因此与数字隔离一样,无铁芯变压器信号传输优势是在通过数字信号传输数据时,其传输速率较高,适用于高速信号传输。故在通信系统、数据采集等领域中,该无铁芯变压器信号(CT)信号传输能够实现高速数据传输和处理。它是拓展了放大和电平转换各种技术作为栅极驱动的主要新方法理念所至。

## 2 基于无磁芯变压器(CT)隔离技术的双通道数字隔离器应用特征

### 2.1 双通道数字隔离器技术特征

最新推出数字隔离器以无芯变压器(CT)技术为基础,

是高密度电源设计中隔离栅极信号传输以及隔离 UART、CAN 和 SPI 等通信接口的首选。双通道数字隔离器进一步壮大的隔离产品组合,可广泛适用于服务器、通信和工业 SMPS、工业自动化系统、电机控制和驱动、储能系统及太阳能逆变器等各种应用。这全新的先进 IC 采用无磁芯变压器 (CT) 隔离技术,能够帮助降低系统成本、简化设计流程,并加快产品的上市速度。它的综合全面的产品系列提供多种通道配置、默认失效防护输出、可变或固定输入阈值以及输出使能配置,可满足不同应用的需求。

该双通道数字隔离器系列产品采用窄体 DSO-8 封装,提供两个数据通道,可支持高达 40Mbps 的数据传输速率,并确保在宽工作温度范围和整个生产范围内的信号完整性。强大的 CT 技术使得 CMTI 能够超过 100kV/ $\mu$ s,确保了对系统噪声具有高抗干扰性。该数字隔离器系列产品可承受高达 3000VRMS 的隔离电压,从而使系统在嘈杂的环境中具有可预测的数据通信能力,能够可靠地运行,为广泛的应用提供强大的高压隔离。

这款器件的架构有助于打造简单、高功率密度的设计,实现低功耗和精准的定时功能,进而提高系统效率。用户可以选择高电平和低电平两种默认输出状态。另外,该器件还集成了故障过滤、通信调制、监控、欠压锁定 (UVLO) 等功能,使其即使在具有高电压和噪声的极端工业环境中,也能实现稳健的故障安全数据传输。这个系列产品的隔离水平也已达到 UL-1577 和 IEC 60747-17 (VDE 0884-17) 等最严格的器件标准,并获得 IEC 62368-1 等系统认证。

数字隔离器凭借经过优化的系统物料清单 (BOM)、更小的 PCB 占板面积以及精准的定时特性和低功耗等诸多优点,成为许多现代化设计的首选。此外,数字隔离器还具有更高的共模瞬态抗扰度 (CMTI)、经过认证的绝缘寿命、集成功能和输出使能选项。为了满足市场对稳健高压隔离产品日益增长的需求,该双通道数字隔离器,能够与其他供应商的产品组合实现引脚兼容。

## 2.2 基于无磁芯变压器 (CT) 隔离技术的应用

由于它是具有精确的定时和低功率消耗的稳健的高压隔离器。故数字隔离器被用于为高压应用的安全提供电隔离,并为具有不同接地电位和电平转换要求的系统提供功能隔离。它们与非隔离式栅极驱动器一起用于高密度电源

设计中的隔离式栅极信号传输,以提高整体系统效率。例如,它们被广泛用于通信 DC/DC 隔离器的应用中。其应用场景为新能源汽车、光伏新能源。此外,数字隔离器又是多种 IT 与终端应用中隔离通信 (包括隔离 CAN、SPI 或 UART) 的完美选择。

## 3 脉冲调制变压器隔离器件应用特征

脉冲调制变压器隔离器件是电感式隔离器范围,电感耦合使用不断变化的磁场来通过隔离层实现通信。电感耦合的优势之一是在在不明显降低差模信号的情况下最小化变压器的共模噪声。另一个优势是信号能量的转换效率极高,因而可以实现低功耗隔离器。那么脉冲调制变压器隔离器件是何引出的呐?

### \* 挑战与应对

在电源隔离技术上设计工程师面临的挑战是:其一、一方面不想在系统中增加电流隔离而另一方面,为了满足国内或国际安全法规要求,他们不得不这样做。但增加电流隔离的弊端是隔离直接放在数据路径中,会导致延迟并使系统变慢。此外还会增加功耗、尺寸和成本。其二、要求单封装内数据通道和电源隔离器件节省成本和封装尺寸,并简化工业总线隔离及总线隔离的工业系统,这也是设计工程师经常面对电源隔离的难题。直到现在,设计工程师只有两种选择:要么使用一些分立器件构建一个尺寸很大的隔离电源,要么购买一个价格很贵的隔离 DC/DC 更换器。鉴于现有的和其它解决方案都受尺寸和成本限制,尤其是当多总线必须隔离时这个问题变得更加困难。

面对此挑战则由此引出基于 iCouple 数字隔离技术的脉冲调制变压器是有效的应对与选择。那么 iCouple 数字隔离技术有什么独特的应用特征呐?

### \* iCouple 数字隔离技术特征

iCoupler 隔离器是基于芯片尺寸变压器的磁耦合器,是采用脉冲调制方式实现的数字隔离器件。脉冲调制变压器隔离器件是属电感式隔离器范围,电感耦合使用不断变化的磁场来通过隔离层实现通信。电感耦合的优势之一是在在不明显降低差模信号的情况下最小化变压器的共模噪声。另一个优势是信号能量的转换效率极高,因而可以实现低功耗隔离器。

而脉冲调制变压器隔离器件典例是 iCouple 数字隔离技术,它采用芯片级微变压器通过高达 5kVRMS 额定隔

离电压的电缆传送高达 100Mbps 的数据。晶片级信号处理提供了一种在单颗芯中集成多个隔离通道以及其它半导体功能的低成本方法。iCoupler 技消除了与光耦合器相关的不确定电流传送比率、非线性传送特性及随时间漂移和随温度漂移问题, 功耗降低了 90%, 并且无需外部动器或分立器件。

iCoupler 系列数字隔离器, 采用 isoPowered 创新技术, 通过将隔离的电源和数据通道集成到一个表贴封装的单芯片解决了这个难题。基于 iCoupler 系列数字隔离器技术的脉冲调制变压器提了供隔离的 50mW 稳压电源和 10Mbps 数据通道, 它们既可单独使用也可与其它 iCouper 产品配合使用以隔离工业应用中常见的总线, 包括 RS—485, RS—232, SPI 和 I<sup>2</sup>C 接口。采用 iCoupler 系列数字隔离器的解决方案能够节省成本达 70%, 减小封装尺寸达 80%。独特的 iCoupler 数字隔离器基本结构示意图 2 所示。如今已有不少数字隔离技术的芯片问世, 而其中 ADuM524x 数字隔离器为一典例。

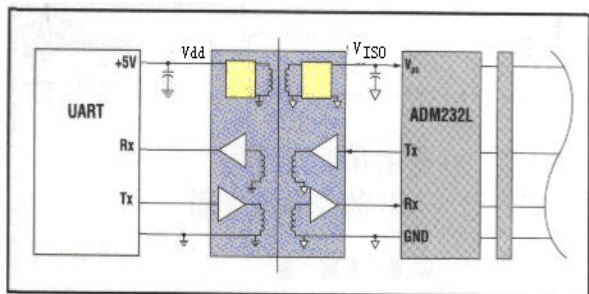


图 2 所示为 iCoupler 数字隔离器基本结构示意图

而 iCoupler 的 ADuM524x 特征为: 隔离的 5V/10mA 输出稳压电源, 是 10Mbps 双数据通道, 温度范围 -40℃ ~+105℃, 其隔离度为 2.5kVrms, 数据传送速率为 10Mbps 最大值, 其隔离的输出电源电 10mA 最大值而尺寸为 5mm×6mm, 8 引脚窄体 SOIC 封装。

**\*iCouple 的数字信号传输应用技术**

从图 2 可知, 数字信号的传送是通过发送约 1ms 宽的短脉冲到变压器另一端来实现的, 两个连续的短脉冲表示为一个上升沿, 单个短脉冲表示为下降沿。次级端有一个不可重复触发的单稳态电路产生检测脉冲。如果检测到两个脉冲, 输出就被置为高电平。相反的, 如果检测到单个脉冲, 输出就置为低电平。采用一个输入滤波器有助于

提高噪声抗扰能力。如果 1ms 左右没有检测到信号边缘, 发送刷新脉冲信号给变压器来保证直流的正确性(直流校正功能)。如果输入为高电平, 就产生两个连续的短脉冲作为刷新脉冲, 如果输入为低电平, 就产生单个短脉冲刷新。这对于上电状态和具有低数据速率的输入波形或恒定的直流输入是很重要的。

**\*iCouple 数字隔离技术的脉冲变压器在太阳能逆变器中的应用**

真因为具有独特数字隔离技术与数字信号传输应用特征的脉冲调制变压器隔离器件, 故它在新能源、工业控制等领域获得了广泛的应用。使其这类系统的可靠性与稳定性有了保证。在此仅以离网发电太阳能逆变器中脉冲变压器应用为例作一说明。图 3 为以基于 MC56F8013 和 MC56F8036 数字信号控制器构建的离网发电太阳能逆变器框图。

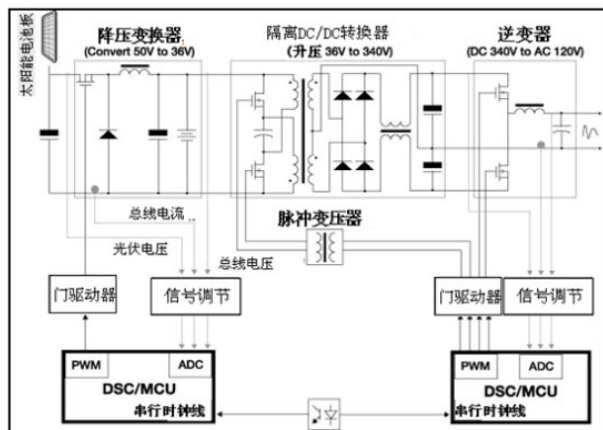


图 3 为以基于 MC56F8013 和 MC56F8036 数字信号控制器为例构建的离网发电太阳能逆变器框图

从图可知隔离 DC/DC 转换器是基于 MC56F8023 的太阳能电池板逆变器稳定可靠的关键脉部件, 而它的稳定可靠又取决于栅级驱动功率管的可靠工作, 为此必须应用脉冲变压器将门驱动器输出信号可靠的作用于功率管的栅做级, 即起到了数字隔离与信号传输的作用, 才能保证逆变器隔离 DC/DC 转换器可长期稳定的工作。这是因为该离网发电太阳能逆变器的设计是应用 16 位数字信号控制器 (DSC)MC56F80xx 来控制整个逆变器功能, 而该逆变器是将太阳能电池板的输入电压转换为隔离的单相 AC 输出电压。所以它必须包括应用脉冲变压器及用于功率转



换、控制和测量的电路,才能保证其典型特性与指标的实现,即从太阳能电池板流入的DC输入电压额定值为36V,可串联使用一个36V或两个18V太阳能电池板;并包括用于3个串联在一起的12V铅酸累加器的电池充电器,隔离输出电压230V,频率50Hz,高达400W的输出功率与真正的正弦波形输出电压及用于外部通信的RS-485隔离接口;而又无需连接电池及实施过压、过电流和过温保护的离网嵌入式软件的应用。

#### 4 后话——拓展数字隔离器的应用

随着互联网和通信基础设施的蓬勃发展,数字控制技术 在电信、网络和计算机的电源系统中越来越受欢迎,因为这类技术具备灵活性、器件数量减少、先进的控制算法、系统通信、对外部噪声和参数变化不太敏感等极具吸引力

的优势。并且可在数字电源广泛用于高端服务器、存储、电信砖式模块等经常会有隔离需求的应用。

隔离在数字电源中的挑战是在紧凑的面积下如何快速准确地传输数字信号或模拟信号通过隔离边界。然而,传统光耦的解决方案有带宽比较低,电流传输比(CTR)会随温度和时间发生大幅变化等问题。而变压器的解决方案有体积庞大、磁饱和等问题。这些问题限制了光耦合器或变压器在某些高可靠性应用、紧凑型应用以及长寿命应用中的使用。

为此无磁芯变压器(CT)隔离技术构建的数字隔离器与iCouple数字隔离技术的脉冲调制变压器隔离器的应用是在应对智能化设备改造与高质量发展中遇到的各种挑战的有效选择。

### 上接148页

#### 参考文献

- [1] 吴敏. 汽车起动机的检修. 汽车工程师 2012年第5期62-63页.
- [2] 李婷. 汽车起动机故障的检修技巧. 山东农机化 2011年第1期36-37页.

- [3] 胡春红. 汽车起动机故障诊断与分析. 中国设备工程 2017年第16期61-62页.
- [4] 王秋花,刘永春,高发廷. 起动机故障原因诊断分析. 汽车电器 2016年第3期19-21页.

### 上接151页

汽车微机控制ABS系统的空气排除:ABS中有空气侵入时,就会感到制动踏板无力,制动踏板形成过长,致使制动不足,甚至制动失灵。因此,ABS修理后,必须对其进行空气排除。ABS中的空气要完全排除比较困难,特别是当制动压力调节装置中有空气存留时,往往需要依照特定的程序并借助于专用的工具或仪器才能将其中的空气完全排除。

#### 6 结束语

总之,汽车微机控制防抱死制动系统(ABS)是在常规制动装置的基础上研究发展起来的一种机电一体化的新型制动系统,其结构、使用、维护等都有其特点。ABS是行车安全的重要保障措施之一,但其提供的主动安全也是有限的。在使用时应该避免使用维护的误区,合理有效地

使用该设备,让该系统发挥其最大效能,提高行驶的安全性,减少事故的发生。

#### 参考文献

- [1] 朱冬伟浅析汽车防抱死制动系统. 湖北农机化 2012年第6期44-44页.
- [2] 是云飞. 汽车防抱死制动系统的分析与诊断检测探讨. 汽车与驾驶维修:维修版 2017年第0卷第6期91-92页.
- [3] 王磊,陈秀群. 汽车防抱死制动系统研究. 科技经济导刊 2017年第0卷第9期100-100页.
- [4] 贤美亮. 试论汽车防抱死制动系统的维护与检修. 时代汽车 2017年第0卷第12期121-122页.