

数据耦合器的增强隔离

作者：Mark Cantrell, ADI公司应用工程师

内容提要

数字隔离器中的强化绝缘经设计和认证后可提供双重绝缘系统的保护，同时具有单个绝缘栅的数据传输性能。

触电安全的主要原则是，在危险加电电路与电气器件用户可接触的任何导体间必须存在相当于两个独立绝缘系统的屏障。绝缘系统之一可为安全接地机壳加上单个内部绝缘层。另一种方法是配置两个绝缘系统以提供冗余保护。因此，使用双重绝缘方法的复杂电气系统要求在不损失信号完整性的前提下通过两个绝缘层

进行电流隔离通信，这就需要具有等效电气强度和双冗余绝缘系统可靠性的器件。这种器件称为加强绝缘器件，依靠结构、型式试验和生产中持续监控来确保与两个独立系统具有同等的安全性。

本文将讨论如何根据IEC 60950、相关的IEC 60747-5-5及VDE-0884-10标准的结构和测试要求在光耦合器和数字隔离器中实现加强绝缘，以及与其他适用于两类隔离器的公认IEC标准的差异。

安全隔离

现代系统需要隔离有许多原因，比如与电池充电系统或电机驱动器中的高压端器件通信，中断通信系统中的接地环路，或保护用户免受危险线路或副边电压伤害。隔离水平取决于具体应用所要求的安全水平。功能隔离无法为用户

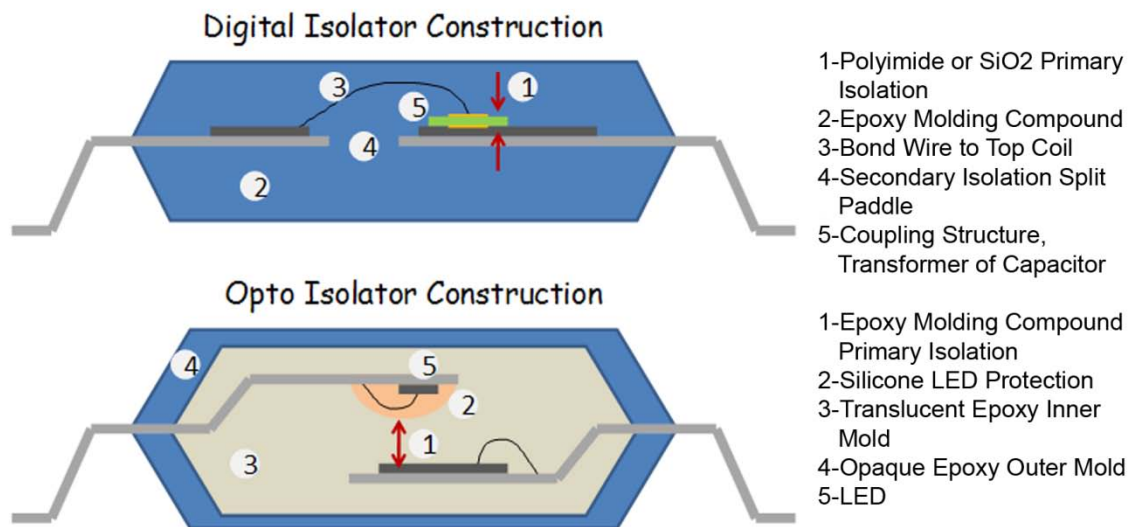


图1.

提供保护，仅提供器件正常工作所需的绝缘。绝缘完好无损时，基本绝缘的触电保护水平足以保护操作员。但为了保护人员免受危险电压伤害，法规要求提供两个独立绝缘系统：针对触电保护的基本绝缘以及一个补充层，以便一个绝缘系统发生故障时，另一个冗余系统仍能保证操作员的安全。这种设计称为双重绝缘。评估绝缘系统时，首要要求是安全性而非电气功能，因此评估期间的故障准则是隔离栅在认证后是否完好无损，如果器件仍符合原有技术规格则更佳。

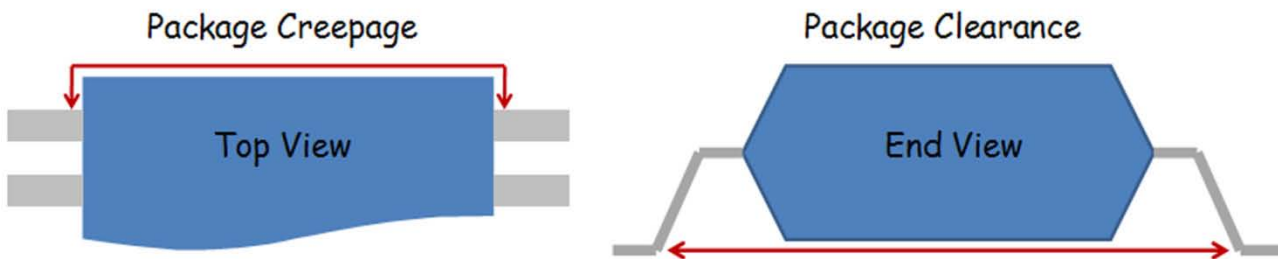
加强绝缘系统的一个例子是电源中的反馈控制环路。关于当前输出电压电平的信息必须从交流/直流转换器的SELV(安全特低电压)端流向电源的线路端。操作员可能会接触电源的SELV端，因此，数据路径中必须存在两个独立隔离系统或一个加强隔离系统，以便保护操作员免遭电击。电阻或电容等无源器件可以串联运行，功能不会明显下降，但是将两个数据隔离器放在路径中却并不可行，原因有多个。首先，模拟数据将失去保真度，而且数字数据将具有长传播延迟和附加抖动。其次，需要中间电源才能在两个绝缘层间运行耦合器接口。由于双重串联数据隔离器件不切实

际，因此需要直接跨越双重绝缘边界连接的单个器件，同时不牺牲安全性。此类器件(图1)归类为加强绝缘器件。

器件级要求

器件强化绝缘通过两种方法评估，一种是器件的外部尺寸，例如爬电距离、间隙和漏电指数，另一种是内部电气性能。内部和外部要求的处理方法大不相同。

爬电距离是指电气隔离两端的导电结构(如器件引脚)之间沿器件表面的最短距离。电气间隙是指器件中隔离导电结构之间的最短距离，但它不限于表面上，路径可以跳过沟槽，悬在脊背上。在简单的几何形状中，爬电路径与间隙路径常常相同。插图显示了JEDEC标准SOIC封装的爬电路径，许多隔离器件都采用这种封装。对于此类封装，爬电和间隙具有相同的路径和长度。爬电距离总是大于或等于电气间隙。对于绝缘额定值而言，器件还有一个重要的外部特性，那就是相对漏电指数(CTI)。它衡量一种绝缘材料受漏电侵蚀的容易程度。较高的漏电电压允许爬电距离较小，同时仍能保持安全性。



AC Mains	Mains Category	Class II Transient Voltage	Basic Creepage/Clearance	Reinforced Creepage/Clearance
240Vrms	300Vrms	2500Vrms	2.5mm/2mm	5mm/4mm
400Vrms	600Vrms	4000Vrms	4mm/3.2mm	8mm/6.4mm

图2.

外部尺寸必须等于由双重绝缘系统基本层和补充层提供的总距离。一般而言，强化器件的所有爬电距离和电气间隙两倍于基本/补充额定器件。图2例示了两个常见工作条件及所需的爬电距离和电气间隙。之所以采用这种方法，是因为外部环境和表面特性可以决定外部间距要求，其中包括预期污染物数量、气压，以及器件外表面被表面放电侵蚀的倾向，这称为漏电起痕。

关于器件的内部特性，绝缘质量比具备特定数量或厚度的绝缘更重要。制造商可证明器件具有所需的电气特性，可耐受长短期电压应力。

IEC 60950标准的要求适用于办公和电信设备，很大程度上也适用于医疗器件。外部尺寸和材料可利用测微计轻松验证，并通过散装材料测试验证漏电指数。对于内部要求，有三种认证器件的方法。

- 可在假设器件仅包含固体绝缘的条件下进行评估。这是最简单的方法，它要求绝缘层内或沿粘合接头的所有内部距离大于0.4 mm。无需任何进一步测试。不过，符合这些要求的高性能数据耦合器难以制造。人们普遍认为0.4 mm最低绝缘厚度适用于所有强化隔离器件；事实并非如此，许多工程师容易混淆。
- 如果器件是光耦合器，则应采用IEC 60747-5-5标准。这是专为认证光耦合器强化绝缘而设计的严格标准，包含一连串类型测试和寿命测试，且每个测试后安排隔离耐受验证测试。
- 器件可视为半导体器件。此类器件具有一组类似于IEC 60747-5-5要求的类型测试。该方法由数字隔离器使用，因为光耦合器标准的测试要求是专为光耦合器结构而定制的。

强化额定值的认证和维护分三个阶段完成。

1. 评估材料和尺寸，实施电气类型测试。测试包括热循环、有限寿命测试和电气过应力，有可能造成加热或灾难性绝缘故障。隔离完整性通过每种环境或测试后的电压耐受测试来检查。表1中总结了IEC 60747类型测试。

表1. 类型测试

材料	电气	机械
CTI 可燃性	耐压 局部放电 绝缘电阻 电涌 过载	热循环 热冲击 振动 高温存储 爬电距离/电气间隙

2. 根据尺寸和类型测试认证器件后，与制造阶段一样，通过电压耐受测试检查每个器件的绝缘完整性。采用IEC 60747-5-5或同等认证时，应对每个器件进行局部放电绝缘质量测试。
3. 认证机构执行定期审查，以验证材料组合和尺寸未改变，所有装配线测试使用已校准的设备正确实施。某些类型测试以采样形式定期重复，并接受审查员审查。

隔离要求发展趋势

上文主要讨论应用最广泛的标准之一。不同的标准在器件级具有完全不同的要求。一个标准的各个版本之间甚至也会发生变化。由于IEC趋向于制定统一的方法，这一问题正在得到解决。由于各标准委员会仍具有很大独立性，解决此问题可能需要很长时间。系统级标准应用的统一趋势体现在器件级标准的出现，例如IEC 60747-5-5。此类器件

MS-2242

级标准可以取代系统级标准的特定要求。目前此标准仅适用于光耦合器，而不适合其他更新的数字隔离器；不过，VDE已经制定标准草案VDE0884-10，将IEC 60747-5-5标准的绝缘测试应用于数字隔离器。

这两个标准均为强化绝缘提出了高要求，包括10 kV或更高水平下的电涌测试。极薄的绝缘层无法通过该测试，已经证明它对许多光耦合器和数字隔离器的强化绝缘认证具有很好的鉴别效果。不满足要求的器件通常会转而依据IEC 60747-5-2标准，该标准适用于基本绝缘。这是另一个隔离系统设计人员容易混淆的地方，就是误以为IEC 60747-5认证自动赋予强化状态。IEC委员会目前正在修订IEC 60747-5-5标准，以纳入数字隔离器。下一个统一标准未来将覆盖所有IEC系统级标准，可避免此类混淆。

结论

数字隔离器中的强化绝缘经设计和认证后可提供双重绝缘系统的保护，同时具有单个绝缘栅的数据传输性能。从外部来看，器件的爬电距离和间隙要求相当于基本绝缘要求的两倍。从内部来看，绝缘要么符合包括最短绝缘距离在内的固体绝缘要求，要么在生产期间接受型式测试和装配

线测试。通过测试验证强化绝缘额定值，而不是提供详细结构要求，这有利于绝缘技术创新的认证，同时不必为每种新技术重写标准。

资源

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

Mark Cantrell是ADI公司数字隔离器部门的应用工程师。加入ADI公司之前，Mark在加利福尼亚东部实验室工作了六年，负责NEC光电耦合器和固态继电器产品线的应用支持。Mark还曾在洛克希德·马丁公司导弹与空间部门工作了17年，作为辐射效应测试工程师参与了引力探测器B卫星计划。Mark拥有美国印第安纳大学物理学硕士学位。联系方式：mark.cantrell@analog.com

