

横跨隔离栅的电涌：数字隔离器为加强绝缘确立标准

简介

传统上，光耦合器用于隔离多种电气设备中潜在的危险电压。如今，基于变压器或容性耦合技术的现代数字隔离器得到了广泛应用。基于变压器的数字隔离器拥有诸多优势，比如高性能、集成功能、低功耗、出色的长期可靠性以及更高的易用性等。

需要隔离的原因有多种。通过隔离，在使用不同的接地基准电压或电源电压时，功能电路可以正常工作。在系统长期工作期间，必须保护设备操作员或病人，使其免受电击或危险电流的伤害。必须防止敏感和/或昂贵的系统因电涌而损坏——比如雷击。

随着时间的推移，各种国家标准和国际标准不断涌现，目的都是为隔离器或采用隔离技术的电气系统提供统一的规范和测试。安全认证可以在元件和最终系统两个层面实现，即使以相同的基本安全标准为参照，认证要求也可能因地区而异。符合全面安全标准规范的隔离器为设备供应商提供了最大的灵活性，使其可以轻松满足这些不同的要求。

电气系统需要电流隔离的原因多种多样。最明显也是最重要的原因是，保护操作人员，使其免受致命性电击的影响。电击危险可能来自设备使用的市电，也可能来自

外壳中产生的高电压。保护人员免受致命电击的伤害需要加强绝缘额定值。

在大型工业设置下，物理隔离的接地点之间可能存在电位差，结果可能导致无用的电流。接地环路也可能导致系统中的噪声和嗡嗡声。

高可靠性、高可用性的系统往往要求对个别电路故障进行控制，使整个系统受影响的程度不超过可接受的水平。在这些系统中，可以通过隔离来控制故障，以使邻近电路保持正常运行。

电气系统的不同部分可能存在无基准地，也可能以不相关于高端电源电压为基准，同样带来隔离的需要。最后，可能需要控制电路特定部分的噪声，以消除对敏感电子元件的干扰。

安全标准

国际电工委员会(IEC)发布了与电气安全相关的众多国际标准，而像美国保险商实验室(UL)以及德国电气工程师协会(VDE)一类的国家机构也发布了诸多地区规范。有多个实体提供了标准测试和认证服务，包括UL、VDE、加拿大标准协会(CSA)和德国技术监督联合会(TÜV)。这些认证的选择取决于元件或系统的销售地区以及最终用户。在某些情况下，设备供应商可能要求来自特定公司(如TÜV)的IEC标准认证，即使已通过另一机构(如CSA)获得相同标准的认证。有时候，这取决于偏好或前期经验，但这些要求也可能存在认证水平上的差异。

表1.与要求隔离的应用相关的系统级标准(按市场和地区分)

	家用	工业	信息技术	测量与控制	医疗	电信
国际	IEC 60065	IEC 60204	IEC 60950	IEC 61010-1	IEC 60601	IEC 60950
德国	VDE 860		EN 60950	VDE 410/0411	VDE 0750	VDE 0804
美国	UL 60065	UL 508, UL 60947	UL 60950	UL 61010	UL 60601	UL 60950
加拿大		CSA 14-10	CSA 60950	CSA 61010	CSA 601	CSA 60950

标准机构一直在努力统一国际和地区标准文件，以简化认证过程。但进展十分缓慢，因为标准的数量众多、复杂程度高。在实现这一目标之前，元件供应商最好满足全面的不同标准，以便为最终设备在全球的销售提供最大的灵活性。

使问题复杂化的是，隔离还存在系统级标准和元件级标准。与要求隔离的应用最相关的系统级标准为：

此方法提供的系统隔离规范可以向下延伸到元件级。系统要求用于定义构成系统的各器件的隔离特性。遵循系统标准可以预知最终系统设计的安全等级。

适用于具体隔离元素的标准为

- IEC 60747：半导体器件——第1部分：总则
- UL 1577：光学隔离器标准
- VDE 0884-10：半导体器件——用于安全隔离的磁性耦合器和容性耦合器

这些标准保证数字隔离器元件符合具体的安全要求，但不保证整个系统的隔离等级。系统设计人员需要根据整体安全要求来确定单个数字隔离器的适用性。

另一个考虑因素是各机构对各种参数的处理方式。例如，UL 1577会记录实现的爬电距离和电气间隙，并验证对指定耐受电压的承受能力。对于爬电距离和电气间隙并无具体的要求，只要元件通过测试即可。另一方面，IEC 60950则根据工作电压规定了具体的爬电距离和电气间隙要求。无论测试结果如何，元件都必须符合给定电压的爬电距离和电气间隙。

部分元件级标准是专门针对隔离栅采用光学通信的产品而制定的。这些产品被称为光耦合器，进入实用已有一段时间，遵循IEC 60747和UL 1577两项标准。现在，横跨隔离栅使用变压器或容性耦合技术的现代数字隔离器被广泛用作光耦合器的替代方案。标准机构已开始紧跟隔离产品中的技术变化。例如，VDE 0884-10于2006年发布，主要针对采用基于变压器或容性隔离技术的元件。IEC目前正在努力统一这些标准。

各类安全标准中规定了多种物理和电气隔离器特性。其中规定了元件的绝缘特性以及封装和绝缘栅的物理尺寸，以承受特定电压应力。不同的应力是基于幅度和持续时间来定义的。

工作电压

工作电压是元件在其寿命周期中可以承受的额定连续直流或交流电压。IEC 60950规定了三个等级的工作电压： $250 V_{RMS}$ 、 $320 V_{RMS}$ 和 $400 V_{RMS}$ 。

耐受电压

耐受电压——也称为隔离电压——是元件最多可以承受一分钟的过压条件。常见的耐受电压额定值是UL 1577规定的 $1 kV_{RMS}$ 、 $2.5 kV_{RMS}$ 、 $3.5 kV_{RMS}$ 和 $5 kV_{RMS}$ 。

浪涌电压

浪涌电压定义了元件在经受连续短暂高压脉冲之后的抗冲击能力(见图1)。隔离器必须通过10 kV浪涌电压测试，才能取得符合VDE 0884-10规范的加强绝缘等级。能否通过该测试主要取决于隔离厚度(亦称为隔离距离，缩写为DTI)以及隔离材料的质量。应用的电场往往在绝缘体内部的缺陷点聚集，因此，较低的缺陷密度一般会带来较高的击穿额定值。较厚的材料对击穿的抗击能力更强，因为场强与绝缘体任一端的导体之间的距离成反比。

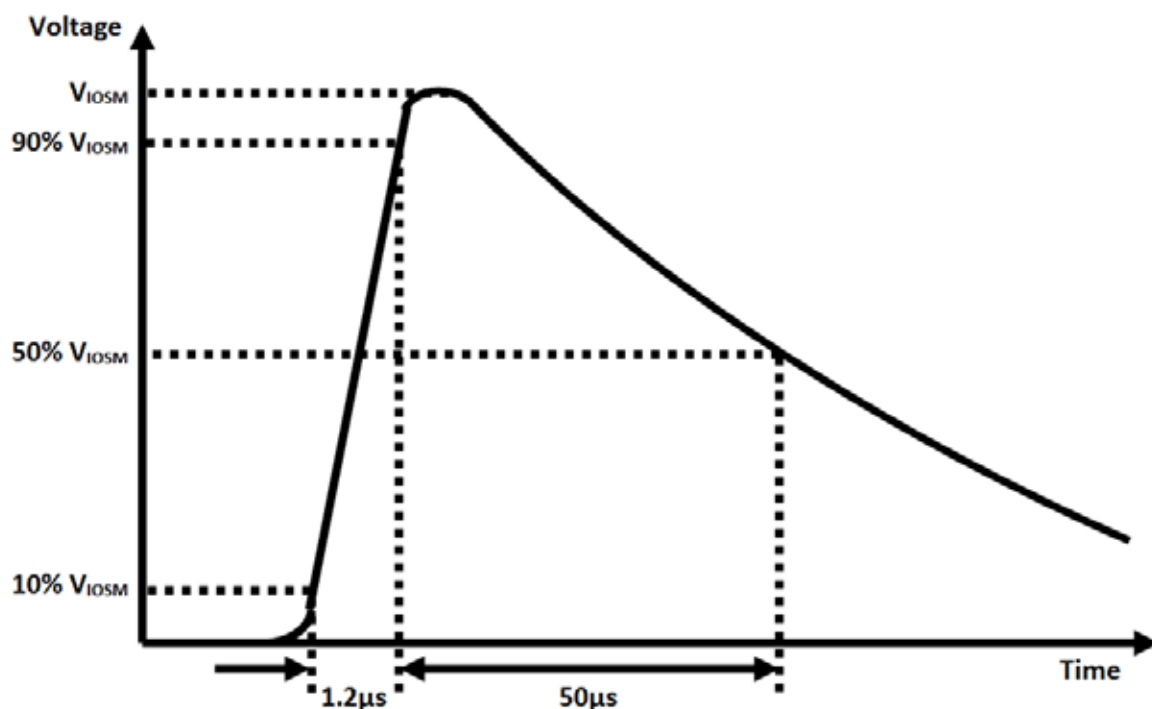


图1. 浪涌电压波形

光耦合器通常符合这一要求，因为DTI的典型值为400 μm，这会降低绝缘质量对击穿特性的影响。简单而言，绝缘层很厚，因此不需优质材料也可通过10 kV测试。基于变压器的数字隔离器采用一种优质的20 μm聚酰亚胺层，存放于洁净的室内环境中。由于这种材料的缺陷水平远远低于光耦合器中使用的注射成型环氧树脂，因此，厚度薄得多的绝缘层也可达到10 kV的要求。电容性隔离器同样采用优质绝缘层，这里是在晶圆制造过程

中沉淀的二氧化硅(SiO₂)。二氧化硅具有较高的介电强度，但一般情况下，如果不在薄膜中造成机械应力，则无法沉淀得很厚。较厚的SiO₂同时也可降低电容，这又会导致隔离栅耦合效率的下降。为此，电容性隔离器一般不能通过10 kV浪涌测试，因此，无法通过VDE的加强绝缘认证。

电平可以指定为峰值电压或均方根值，因此，必须关注各种标准的细节。

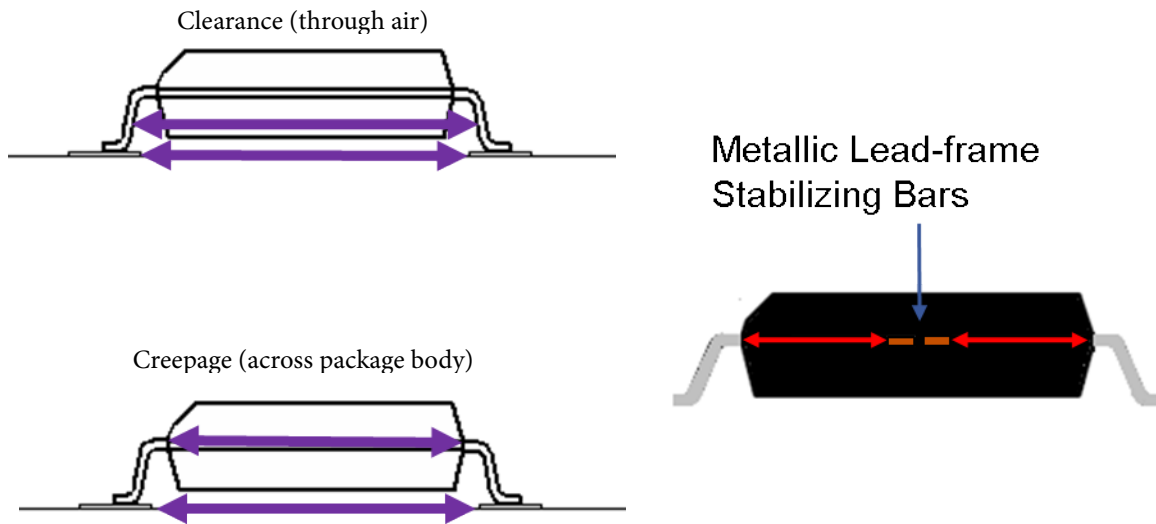


图2. 爬电距离和电气间隙

物理和环境影响

各安全标准都规定了两种基本的绝缘等级。功能绝缘是电路正常工作所需要的绝缘等级。一个例子是，对两个电路之间的不同接地电位进行隔离，以避免发生过压状况。功能绝缘不具有电击保护能力。具有电击保护能力的绝缘被称为基本绝缘，或者是IEC标准中的加强绝缘。基本绝缘可以为最终设备用户提供电击保护。加强绝缘是一种单一绝缘系统，可以提供相当于两个冗余的单一绝缘系统的保护能力。安全规定经常要求冗余独立绝缘或者加强绝缘，以保护用户免受致命电击的伤害。加强绝缘更实用，因为冗余的单一绝缘系统在两个隔离边界之间是需要功率的。

隔离栅所需要的物理距离主要取决于目标额定电压，但环境特性也会产生一定的影响。爬电距离和电气间隙这两个参数用于描述隔离距离。爬电距离是沿固体表面横跨隔离栅的最短距离，电气间隙则是横跨隔离栅的最短空间视距路径。

图2展示了爬电距离和电气间隙在一种鸥翼形封装(如SOIC，即小型集成电路)中的定义。一个重要考虑因素是，必须从爬电距离值中减去封装端可见的金属稳定杆。

在存在电场和电解杂质时，电感路径将沿着一个表面延伸。这一过程被称为漏电，用相比漏电指数(CTI)表示。给定材料的CTI指在表面存在一定量的电解质时会发生漏电的电压。CTI值越高表明材料对漏电的抑制能力越强，并且允许较低的爬电距离值。

决定爬电距离要求的最后一个因素是环境的污染程度，即污染度。依据存在的干燥污染物和凝结量，环境被分为四类。污染和凝结程度越高，对爬电距离的要求就越高。标准中列出的表格用于在已知额定电压、CTI和污染度的情况下确定爬电距离要求。

结束语

电流隔离是许多电气系统设计中必不可少的一个要素。人们制定了多种国际标准和地区标准，以确保对隔离器元件和系统进行统一的规范和测试。有多种技术可以针对特定的系统要求实现必要的隔离，且各有自己的优势。符合全面的国际标准和地区标准——包括10kV浪涌测试——的隔离器为设备供应商满足这些差异极大的要求提供了最大的灵活性。

有关数字隔离器的更多信息，请访问
www.analog.com/icoupler。

资源

分享本文

