

inventronics

非隔离LED驱动电源

www.inventronicsglobal.com

目录内容

介绍	3
什么是隔离电源	4
隔离电源里的电气绝缘	5
非隔离电源里的电气绝缘	5
灌胶	6
新的工作区域	6
<hr/>	
电源性能对比	7
雷击残压	7
余晖	8
输出对地直流电压	8
可靠性 & 寿命	8
THD, PF, EMI	9
<hr/>	
对灯具的影响	10
灯具中的电气绝缘	10
防止触电	10
防止电气打火	12
灯珠的耐久性	14
耐压测试	14
性能	14
接头选择	14
<hr/>	
非隔离电源是否适用?	15
考虑应用情况&目标市场	15
进行经济性分析	16
制定风险管控计划	17

介绍



非隔离驱动是指在输入端和输出端之间没有做安全隔离的电源。这种设计需要的元器件更少, 从而使获取高效率也更简单。高效率降低了产品生命期周期内的能耗成本, 并减少了驱动器产生的热量, 使得可以在保证可靠性的前提下缩小电源尺寸。尺寸的缩小直接转化为更低的产品成本以及与重量和运输相关的成本。因此, 非隔离驱动器降低照明OEM厂商的项目前期投入, 同时通过最优的节能提高了投资回报率。

本文进一步描述了隔离和非隔离驱动器之间的设计和性能差异, 接着是灯具设计和系统适用性的考虑因素。

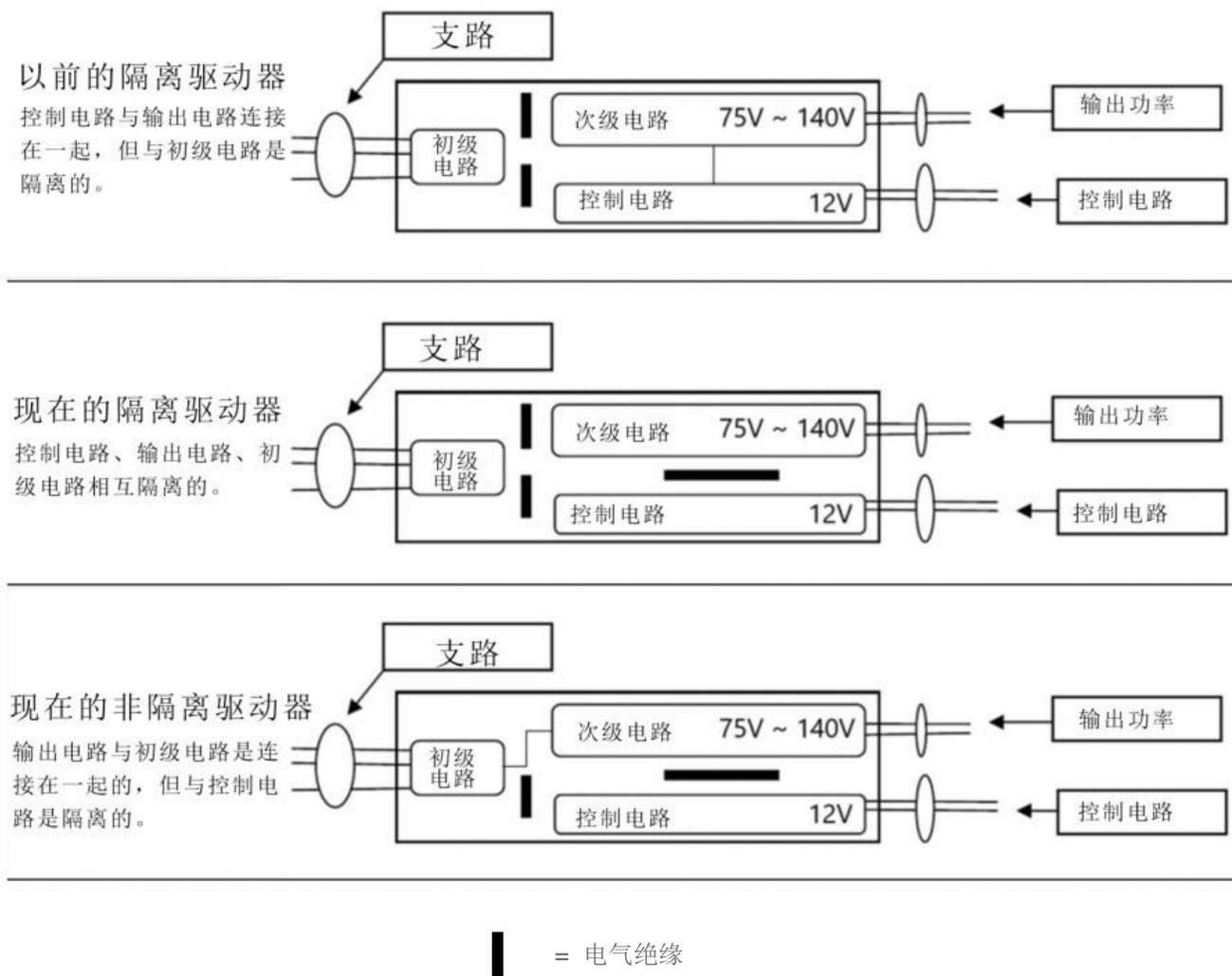
介绍

LED电源中的隔离是指什么？

产品安规标准上主要为防止触电和火灾。产品设计要求是为了防止用户意外触电，并防止电路短路或形成电弧。危险的交流电与人或其它电路之间的屏障被称为电气隔离，是探讨“隔离”或“非隔离”LED驱动器时的独特特征。

值得注意的是，根据UL 8750 (V2) 附录SF和IEC/EN 61347-1第15.4章，即使是非隔离驱动器调光电路也要求电气隔离。图中表1摘录于UL8750，以论述隔离调光/控制电路。

表1: 驱动器分类 VS 电气隔离



引言

隔离LED电源中的绝缘

在LED驱动器设计中，隔离通常通过使用变压器和光耦来实现。变压器至少由两个电感和一个铁芯组成，使用感性(磁)耦合将能量从一个电感绕组转移到另一个电感绕组，而不需要任何直接的电气连接。这和手机无线充电的方式是一样的。

初级电路是连接并消耗交流电源的变压器的一侧，而次级电路是向LED供电的一侧。光耦使驱动器初级侧和副侧之间的反馈回路形成闭环，继而保持变压器提供的隔离的完整性

非隔离LED电源中的电气绝缘

隔离驱动器使用单独的电感（图 2中的 L1）替换变压器（图1中的T1）。这意味着不再需要用于保持初级和次级电路之间隔离的光耦（图1中的Opto1），光耦被移除。

因此，连接AC电网的电路被直接连接到向 LED 供电的电路。这使得驱动器没有初级侧和次级侧的区别，这就是为什么它有时 被称为“直连”或“直接电源”。

图 1: 隔离LED电源的驱动设计图

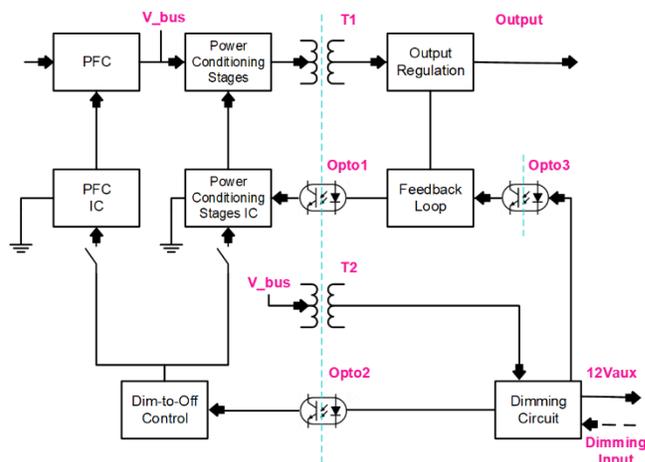
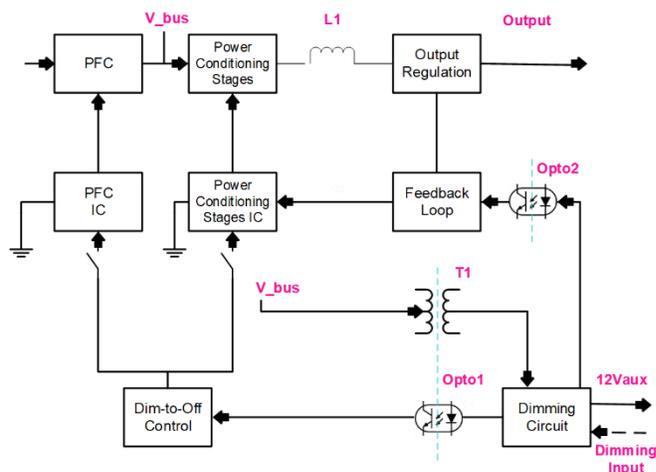


图 2: 非隔离LED驱动的设计框图



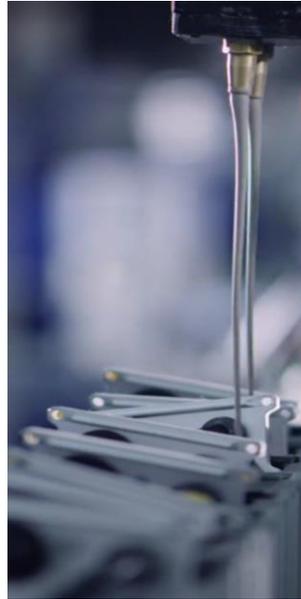
 由于AC端是和输出端是直接相连的，请同样小心非隔离电源输出端的绝缘设计及安全

LED 电源性能对比

灌封

与未灌封的设计相比，完全灌封的驱动器在评估安全性中更具有灵活性。

它降低了短路或打火导致火灾的可能性，但不能直接防止触电。尽管与安全有关，但灌封并不等于隔离，反之亦然。驱动器可以是未灌封或灌封的，也可以是隔离的或非隔离的。



新的工作区域

隔离的驱动器通常有几种型号。SELV和class 2的驱动器都需要隔离，并分别提供不超过120Vdc和60Vdc的直流有限值输出。除此之外，300V以下的设计还有利于优化电缆成本。然而，当从驱动器上移除隔离时，系统必须对于出现的高电压进行保护。例如，如果灯具的额定电压为277Vac，则整个系统必须针对277Vac电压的进行保护，即使LED工作电压仅为54Vdc。这样，使用非隔离驱动器驱动较低的LED电压几乎没有优势。相反，输出小电流、高电压的方案可以减少整个系统线路的损耗，而且通常驱动器的效率也更高。因此，非隔离LED驱动器通常是一个具有输出为小电流、高电压工作区域的型号（比较表2和表3）。

表2：隔离LED电源的输出电流/电压工作区域

满功率电流范围	默认输出电流	输出电压范围	最大输出功率	型号
1.25-1.7A	1.7 A	200~544Vdc	680 W	ESM-680S170Mx
1.8-2.4A	2.1 A	141.5~378Vdc	680 W	ESM-680S240Mx
2.6-3.5A	3.5 A	97.1~262Vdc	680 W	ESM-680S350Mx
4.2-5.6A	5.6 A	60.7~163Vdc	680 W	ESM-680S560Mx
6.3-8.4A	8.4 A	40.4~108Vdc	680 W	ESM-680S840Mx
12.6-15.0A	15.0 A	22.6~54Vdc	680 W	ESM-680S15AMx

表3：非隔离LED电源的输出电流/电压工作区域

满功率电流范围	默认输出电流	输出电压范围	最大输出功率	型号
1100-2200mA	1650mA	150-550Vdc	600 W	NEL-600S220Mx

LED 电源电气性能对比

除了安全的考量之外，非隔离驱动器的性能差异还可能会影响系统可靠性或正常运行。

雷击残压

电磁干扰，如浪涌、跌落、尖峰和快速瞬变，通常被称为“脏电网”，在配电系统中普遍存在。整个配电系统在保护和清洁电力方面的投资是根据使用设备的敏感性和关键性量身定制的。

当防雷器（SPD）触发时，一些电压仍能向其保护的电路或设备的下游传递。这种电压被称为“残压”。

设备应具备合适的规格或额定值，以承受最大的雷击残压。对于LED灯板，驱动器，SPD以及整个配电系统都是如此。

LED驱动器集成了浪涌保护功能，不仅保护其自身，还保护低压控制器和LEDs。驱动器能够承受的浪涌水平是有标准要求的（见图3），但在驱动输出端和LED金属基板间允许的残压在安规中是没有规定的。

LED印刷电路板（PCB）通常设计为能够承受至少2kV的电压。因此，隔离驱动器的残压通常规定在该限值附近或以下（见图4）。传统的非隔离驱动器设计方案会将较高的残压传递到LED灯板。



通过隔离设计，变压器可衰减电磁干扰，从而抑制通过LED噪声干扰。非隔离驱动器中除了隔离变压器，阻尼效率降低，这可能会使LED暴露在更高水平的电噪声中。

在给定浪涌波形条件下，雷击残压可以量化，但现场应用中的电气噪声更具挑战性，不仅要抓取具体残压值，还要考虑其对整个系统的影响。

图3：参考IEC/EN 61000-4-5 LED驱动器的10kV脉冲波形

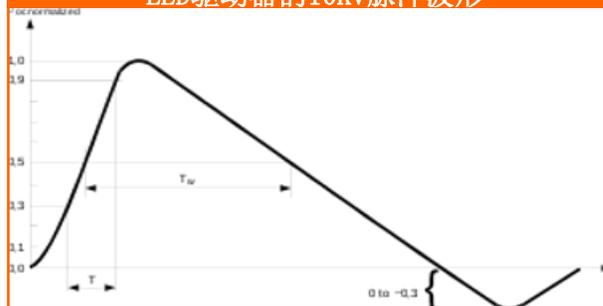
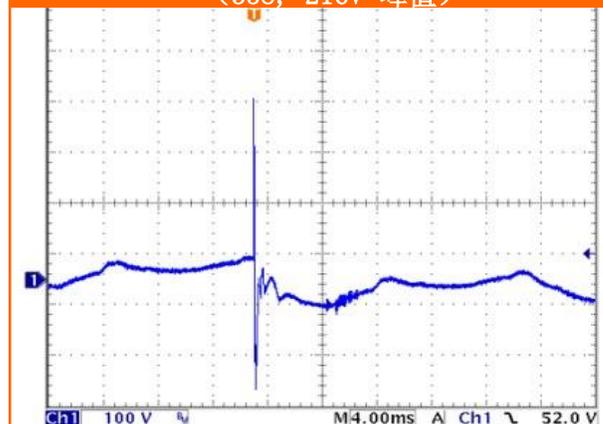


图4：10kV 脉冲下LED端的雷击残压 (358, -216V 峰值)



LED 电源性能对比

余晖

当关闭灯具时，LED仍会发出非常微弱的光，这种现象称之为余晖。在与AC电有直接连接的情况下，LED驱动器会通过地回路形成残余电压和泄漏电流。

如果残压超过LED阈值（最小偏置）电压，泄漏电流可能会在LED中经过，导致余晖。驱动器内的电容充当了分压器，因此残压最坏的情况是等于额定最高输入电压，但灯具的寄生电容也会影响整体性能。采用传统的设计方案，非隔离LED驱动器往往具有更高的残余电压，更容易给灯具造成余晖。有些设计会在输入端或输出端加一个继电器，来避免余晖的产生，但这样做时应注意，避免不期望引入新的磨损机制或故障点。

输出对地直流电压

除了较高的残压以外，非隔离驱动电源位于输出和地之间的直流电压也相对偏高。输出+对地

的电压通常会比输出-对地电压要高

可靠性&寿命

从理论上讲，非隔离驱动器具有更好的可靠性和寿命，实际应用中隔离和非隔离设计也是类似的情况。

非隔离驱动器的元器件相对较少，因此对于MTBF计算值是有改善的，但这是基于相同的制造商的设计和生​​产流程而言的。例如，假设一家制造商设计的关键元器件没有任何电气裕量，而另一家制造商有较大的元器件降额准则。则具有深度降额准则的隔离驱动器通常会更可靠，即使它有更多的元器件。

同样，两种驱动器的寿命都取决于电解电容的热特性。非隔离驱动器可能效率更高，但如果将其转换为较小的外壳尺寸，则散热面积更少，从而产生相似的热分布，从而影响寿命（比较表4和表5）。

表 4: 在隔离电源中平均无故障工作时间和寿命

时间	测试条件	功率密度	型号
MTBF: 200,000	测试条件为：输入480Vac，80%负载和25°C环温（参考MIL-HDBK-217标准）	0.438W/cm ³	ESM-680SxxxMG
寿命: 102,000	测试条件为：输入480Vac，80%负载和70°C壳温	(7.13W/in ³)	

表 5: 在非隔离电源中平均无故障工作时间和寿命

时间	测试条件	功率密度	型号
MTBF: 270,000	测试条件为：输入480Vac，80%负载和25°C环温（参考MIL-HDBK-217标准）	0.833W/cm ³	NEL-600SxxxMG
寿命: 103,000	测试条件为：输入480Vac，80%负载和70°C壳温	(13.63W/in ³)	

LED 电源性能对比



THD, PF, EMI

功率因数校正（PFC）电路负责调节驱动器中的总谐波失真（THD）和功率因数（PF）。该电路位于初级侧，并且始终直接连接到交流电。使用相同的PFC电路设计得到THD和PF性能相近，这与驱动器是否隔离不相关。

同样，隔离和非隔离驱动器的设计都使用相似的电磁干扰（EMI）滤波技术，因此两种设计之间差异不明显。然而，采用非隔离电源设计的系统可能更能受到接地环路的影响导致放大EMI。

对灯具的影响

与任何设计一样，灯具的安全性、性能和寿命对于任何应用和目标市场都是至关重要的。

灯具的电气隔离

与LED驱动器一样，灯具设计也包括电隔离，但具体设计要求因LED板配置和使用的LED驱动器类型而异。如果切换到非隔离驱动器，可能需要增加涂层厚度，或者LED透镜或反光罩可能需要升级到5VA的阻燃等级。LED板必须接地，爬电距离和间隙也可能需要增加。

然而，现有的设计也有可能已经满足安规要求。这可以通过简单的规范审查、额外的测试或遵循安全标准中列出的适当例外情况来证明。例如，如果需要增加间距以防止火灾，则可以考虑进行额外的短路测试，以证明该设计在最坏情况下不会产生火灾风险。

防止触电

UL要求Class 2 LED驱动器具有电气隔离，并根据安装环境位置限制输出能量。Class 2灯具的要求是基于驱动器提供的输出是安全的，因此在灯具设计和现场安装中可以放宽要求（见表6中的系统1）。

UL non-Class 2 设计超过100W或8A，存在起火风险因此被认为是危险的。但是，如果将电压限制在60V或更低，当驱动器是隔离的，它仍然可以被认为在干燥和潮湿的环境中是相对安全的无触电风险（见表6中的系统3）。

一旦系统超过100W和60Vdc，LED灯板携带危险能量。独立于驱动器的隔离，该输出需要额外的隔离，以防止触电和火灾。因此，驱动器隔离引入的便利性就不再适用，驱动器的隔离就变得冗余（参见表6中的系统5）。

表 6: UL 分类 和 驱动器隔离 vs 系统容差

LED 灯板 和 驱动器均需 要满足	系统	驱动器是 否隔离	LED 灯板要求	LED 灯板接地	安装限制和 安规复杂性
UL Class 2	1	是	最宽松的	可选	低
	2	否	严格	要求	高
UL non-Class 2 < 60V	3	是	宽松的	可选	中
	4	否	严格	要求	高
UL non-Class 2 >60V	5	是	严格	要求	高
	6	否	严格	要求	高

对灯具的影响

如果目标应用无法确保整个系统的接地连接的完整性或如果用户可能在灯具仍连接到交流电源时接触到灯具，冗余隔离有助于进一步降低触电风险（见图5）

然而，如果可以确保接地良好，并且只有经过专业的电气培训的专业人员才能与灯具接触（在接触之前总是断开电源），则可以考虑通过优化设计去除这种冗余的隔离（见图6和图7）。优化设计可以带来更具效益化的解决方案，同时支持可持续发展举措，包括但不限于潜在的效率提升，以及材料，重量和运输成本的降低

图 5: UL non-Class 2 灯具，LED驱动和透镜中具有冗余的隔离



图 6: UL Class 2 灯具，具有隔离LED驱动器和最宽松的透镜



图 7: UL non-Class 2 灯具，仅在透镜中隔离



对灯具的影响

防止打火

当设计使用UL non- Class 2驱动器且输出电压超过60V的灯具时，已经采取了独立于驱动器隔离的措施来防止触电。然而，如果使用非隔离驱动器，则可能需要更大的间距来避免由于短路或电弧而引起的电气火灾或部件故障。

间距要求需要同时考虑爬电距离和电气间隙。爬电距离是沿着部件或PCB表面的两个导电但隔离的点之间的最短距离。

该距离也是在最短导电点和接地或可接近的金属部件之间测量的。电气间隙是在相同的点之间但在空气中测量的，并且等于或小于爬电距离。

与使用隔离驱动器相比，在400Vac或480Vac系统上使用非隔离驱动器时，间距要求差异最大。



对灯具的影响

参考UL 8750和IEC 60598-1的要求，表7对比了在不同的输入电压和LED灯板电压以及驱动器是否隔离的情况下，两个带电导体和一个带电导体对地或金属部件之间的最大间距要求。最大的驱动器电压应该考虑最差情况，一般是指驱动器的空载电压。从安规的角度上，存在特定情况可以降低这些要求；请咨询相关国家认可的检测实验室（NRTL）从灯板的角度来评估绝缘距离。

表7: 基于驱动器输入电压与最大输出电压的LED灯板间距要求

绝缘距离	参考标准	驱动器最大输出电压	输入电压	隔离LED驱动器		非隔离LED驱动器			
				电气间隙 (mm)	爬电距离 (mm)	电气间隙 (mm)	爬电距离 (mm)		
带电部件之间	UL8750	60Vdc	277Vac Max	0.50	1.60	1.50	3.00		
			480Vac Max	0.50	1.60	3.00	6.10		
		170Vdc	277Vac Max	1.50	3.00	1.50	3.00		
			480Vac Max	1.50	3.00	3.00	6.10		
		305Vdc	277Vac Max	2.25	4.50	2.25	4.50		
			480Vac Max	2.25	4.50	3.00	6.10		
		600Vdc	277Vac Max	3.00	6.10	3.00	6.10		
			480Vac Max	3.00	6.10	3.00	6.10		
		带电部件和地之间	UL8750	60Vdc	277Vac Max	3.00	3.00	3.90	3.90
					480Vac Max	3.00	3.00	5.60	5.60
170Vdc	277Vac Max			3.90	3.90	3.90	3.90		
	480Vac Max			3.90	3.90	5.60	5.60		
305Vdc	277Vac Max			4.70	4.70	4.70	4.70		
	480Vac Max			4.70	4.70	5.60	5.60		
600Vdc	277Vac Max			5.60	5.60	5.60	5.60		
	480Vac Max			5.60	5.60	5.60	5.60		
IEC 60598-1	60Vdc		277Vac Max	-	-	1.50	2.80		
			480Vac Max	-	-	3.00	4.80		
	170Vdc		277Vac Max	1.50	1.80	1.50	2.80		
			480Vac Max	1.50	1.80	3.00	4.80		
	305Vdc		277Vac Max	3.00	3.10	3.00	3.10		
			480Vac Max	3.00	3.10	3.00	4.80		
600Vdc	277Vac Max	3.00	6.10	3.00	6.10				
	480Vac Max	3.00	6.10	3.00	6.10				

对灯具的影响

LED 耐久性

虽然LED 隔离和非隔离驱动器的寿命可以被认为是相对相似的，但当使用非隔离驱动器时，如果没有额外的措施，LED的寿命会缩短。因此，了解LED驱动器的雷击残压并评估LED灯板或COB是否能够承受是很重要的。例如，如果雷击残压为2kV,则在允许公差的情况下，灯板承受3kV能力来考虑偏差。此外，还要考虑电路板上的输出与地之间持续的、较高的交流和直流电压。



通过改变材料或结构来提高LED板的绝缘耐压，或考虑使用具有更高静电放电（ESD）额定值的LED，从而增强LED灯板的耐用性。在存在过量电噪声或瞬态的情况下，通过增加功率调整装置或滤波器也可以延长LED的寿命。

耐压测试和残压

一些电源也许会使用降低GDT的触发电压来限制残压。但这样也许需要溢出额外的接地螺丝，螺母当去做耐压测试的时候，在一定程度上可能会影响灯具的组装和灯板上的残压

性能

通常防止余晖现象需要一些专门的设计而且和电源的应用情况息息相关。LED电源输出端的残压需要低于最恶劣情况下的残压等级。一些设计或措施比如选择一些残压较低的LED电源，优化PCB板的结构，使用AC继电器或要求在LED电源内部输出端集成一个继电器的设计等都可

以有效地抑制余晖现象，保证灯具的稳定运行通过一起测试几台电源样品和LED灯板，并调光至关断。在高输入电压及调光关断条件下，会增加捕捉到微弱光线的可能性

接头的选择

虽然选择可靠、高质量的连接器一直很重要的，但出于安全考虑，对于非隔离驱动器这一点尤为重要。由于驱动器中没有隔离，因此在产品生命周期内确保接地连接的完整性对于防止触电至关重要。

还要考虑连接器在振动环境下保持稳定连接的能力。这有助于防止触点中的电弧，反过来也降低了整个配电系统的电噪声。

安规机构要求使用通过认证的连接器来确保可以承受设计中的最高电压，不接受商业和市场评级。在进行任何设计和认证工作之前，要求提供连接器的安规认证资料。



非隔离电源适合你么？

非隔离驱动器历来多用于塑料外壳的场合，也用于由专业人员操作、始终采取适当安全注意事项的场合。在欧洲它们已经应用在室内办公室和园艺领域，在北美导入到工矿灯的应用，并被设计用于世界各地的各种区域照明应用。

在新的应用中引入非隔离电源可能会带来不确定性，当然，有的应用场合可能收益会大于风险。

主要应用和目标市场

隔离LED电源会更适用于以下的场合

- ⇒ 通电时电源很容易接近或者触碰
- ⇒ 可靠接地不能被保障
- ⇒ 功率需要 \leq Class 2的限制
- ⇒ LED 灯板的保护等级并不需要很高
- ⇒ 各种接头的绝缘度不需要很高
- ⇒ 相对于非隔离LED电源来说费用提高（但节省了LED板的设计成本费用）
- ⇒ 更新灯具的成本超过ROI产品生命周期的剩余时间

非隔离LED电源会更适用于以下的场合

- ⇒ 需要经过专业训练的人员小心谨慎地操作
- ⇒ 需要确认接地情况良好
- ⇒ 功率需要大于 $>$ Class 2的限制
- ⇒ 效率的提高，重量的较少或者成本的下降是否为关键性因素
- ⇒ 高质量的防水绝缘接头
- ⇒ 装配过程可以适应GDT，螺丝螺母和分流器的拆卸（是否可行取决于LED电源设计）

非隔离电源适合你吗？

如果应用场合和目标市场不能从冗余的安全隔离中获益，则下一步的评估是进行成本效益分析。这将因为不同设计和市场的需求不同而有很大差异。

表8中的注释对基于UL分类从隔离驱动器转换到非隔离驱动器的影响和好处进行了非常全面的介绍。（表6中的信息和表8相同）

进行成本效益分析

表 8: 基于UL分类的非隔离驱动器转换注意事项

驱动和灯板均遵守	系统	驱动是否隔离	LED 灯板要求	LED 灯板接地	安规限制和安规复杂性
(1) UL Class 2	1	是	最宽松的	可选	低
	2	否	严格	需要	高
(2) UL non-Class 2 < 60V	3	是	宽松的	可选	中
	4	否	严格	需要	高
(3) UL non-Class 2 >60V	5	是	严格	需要	高
	6	否	严格	需要	高

注意事项:

- 1) 系统 1 切换到非隔离驱动器（系统 2）获益最少。这需资源的最多和对灯具的改动最大，同时系统级成本增加的最多。这种转换可能会提高效率并减轻重量，但对于功率较低、已经很紧凑的驱动器来说，意义不大。
- 2) 系统 3 切换到非隔离的驱动器（系统 4）可能会受益，也可能不会受益。这需要大量的资源和灯具的改动，而总的系统级成本可能降低或保持相近。这种转换很可能会提高一些效率和减轻重量。
- 3) 系统 5 最有可能受益于切换到一个非隔离的驱动器（系统 6）。这需要最少的资源和对灯具的更改，同时减少的系统级成本最多。这种转换很可能会获得有意义的效率提高和重量减轻。

非隔离电源适用么？

在进行成本效益分析的同时，要考虑与管理任何新的风险或不确定性领域相关的成本。包括和解决与安全性、耐用性、性能相关的问题。

在适合应用的情况下，非隔离驱动器是正确的设计选择。风险可以通过这样的方式进行管理，收益仍然大于

创建一个风险管控计划

- 1 在整个制造和安装寿命期间，驱动器、灯具和连接器的接地连接的完整性是如何保持的？
- 2 如果LED灯在驱动电源之前发生故障，对维护有何影响？PCB的介电耐压、LED的ESD额定值以及驱动器的残压是多少？
- 3 余晖对应用有何影响？使电流能够流过LED的最小阈值电压是多少？当由最高额定输入供电时，LED驱动器的交流残压是多少？当连接到灯具中时，这种情况会发生变化吗

英飞特提供创新的非隔离LED驱动器解决方案，这些解决方案专门设计用于帮助消除余晖和降低残压的风险。要了解更多信息，请立即联系您当地的代表

inventronics

免责声明

本说明仅供参考。客户有责任全面分析客户提出的产品应用的各个方面。客户全权负责最终选择要使用的产品，并确保满足应用场合的所有性能和安全要求。Inventronics对本文所含信息的完整性或准确性不作任何陈述或保证。本文件中规定的产品和规格如有更改，恕不另行通知，Inventronics对此类更改不承担任何责任。

www.inventronicsglobal.com