

LED 灯具损坏常见原因及保护方案

- 大功率白光LED作为新型绿色照明技术，有光转换效率高、能耗低、寿命长、无需维护等优点，逐渐被应用于各种照明领域。LED的长寿命是基于其安全的工作环境，对于LED照明来讲，主要有两种威胁影响其寿命：一是过电冲击，就是LED上施加的电流超过该LED技术数据手册中的最大额定电流，包括过压引起的过电冲击；另一种是过热损伤。这些损坏可以表现为器件的立即失效，也可能发生在过电流冲击事件后许久才失效，缩短LED工作寿命。

LED灯具损坏的原因

LED灯具失效一是来源于电源和驱动的失效，二是来源于LED器件本身的失效。通常LED电源和驱动的损坏来自于输入电源的过电冲击（EOS）以及负载端的断路故障。输入电源的过电冲击往往会造成驱动电路中驱动芯片的损坏，以及电容等被动元件发生击穿损坏。负载端的短路故障则可能引起驱动电路的过电流驱动，驱动电路有可能发生短路损坏或有短路故障导致的过热损坏。LED器件本身的失效主要有以下几种情况。

1. 瞬态过流事件

瞬态过流事件是指流过LED的电流超过该LED技术数据手册中的最大额定电流，这可能是由于大电流直接产生也可能是由高电压间接产生，如瞬态雷击、开关电源的瞬态开关噪声、电网波动等过压事件引起的过流。这些事件都是瞬态的，持续时间极短，通常我们将其称为尖峰，如“电流尖峰”、“电压尖峰”。造成瞬态过流事件的情况还包括LED接通电源，或是带电插拔时的瞬态过电流。

对于汽车中的LED照明，ISO7637-2的瞬态抛负载浪涌冲击则是其正常工作的一个重要威胁。

LED遭受过电冲击后的失效模式并非固定，但通常会导致焊接线损坏，如图1所示。这种损坏通常由极大的瞬态过电流引起。除了导致焊接线烧断外，还可能导致靠近焊接线的其他部分损坏，例如密封材料。



图 1：LED 焊接线烧断损坏。

2. 静电放电事件

静电放电（ESD）损坏是目前高集成度半导体器件制造、运输和应用中最为常见的一种瞬态过压危害，而LED照明系统则须满足IEC61000-4-2 标准的“人体静电放电模式”8kV接触放电，以防止系统在静电放电时有可能导致的过电冲击失效。

LED PN结阵列性能将出现降低或损坏，如图 2 所示。ESD事件放电电路导致的LED芯片的内部失效，这种失效可能只是局部功能损坏，严重的话也会导致LED永久损坏。



图 2：LED 部分 PN 结损坏。

对于接近 80%能量都转化为热量的LED照明设计而言，热管理和故障过热保护是其面临的一个挑战。理论和实践都已经证明，LED的性能和寿命是与LED的PN结工作温度紧密相关。当LED芯片内结温升高 10℃，光通量就会衰减 1%，LED的寿命就会减少 50%。

电源及驱动电路的保护

由于LED电源和驱动电路容易遭受过电冲击和短路故障而损坏，因此在驱动电路设计中要充分考虑到各种故障状态的保护措施，以提高电路的可靠性，从而降低返修率。泰科电子的LVR系列PTC可以实现交流电源的过流和短路保护，ROV用于过电冲击和浪涌保护。

POLYZEN系列是用于直流电源输入口的过压过流综合保护元件，LED灯串中的表面贴系列则是实现负载过流或断路故障保护（图3）。

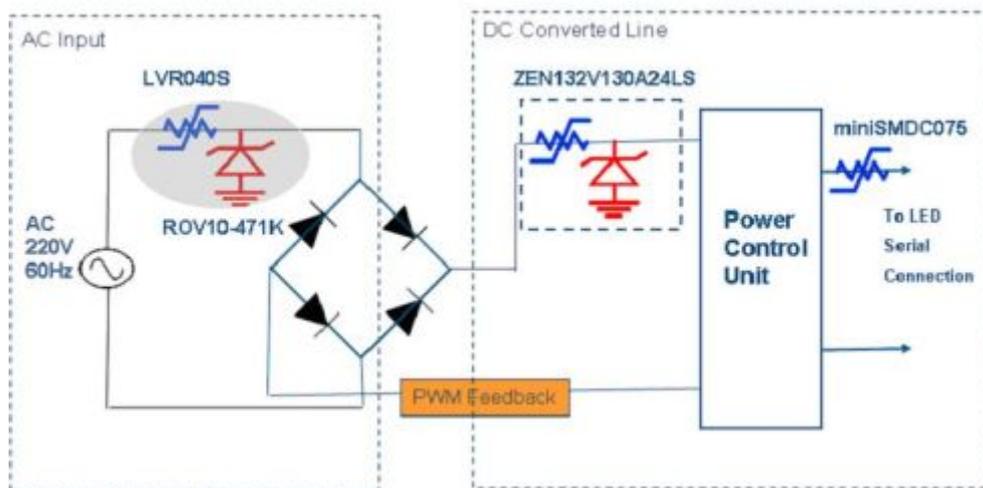


图3: LED 灯具电源及驱动电路的保护设计。

- PPTC 在 LED 照明中的过流和过热保护

虽然许多高端LED驱动器件逐渐集成了过流、过热等保护功能，但在许多场合，特别是过热保护方面，仍然需要分立元器件方案作为协同保护方案，以使灯具具有更高的可靠性和更长的寿命。

PPTC 是指高分子聚合物正温度热敏电阻，是由聚合物与导电粒子等构成，经过特殊加工后，导电粒子在聚合物中构成链状导电通路。当正常工作电流通过（或元件处于正常环境温度）时，PPTC 呈低阻状态。当电路中有异常过电流通过（或环境温度升高）时，大电流（或环境温度升高）所产生的热量使聚合物迅速膨胀，切断了导电粒子所构成的导电通路，PPTC 呈高阻状态。当电路中过电流（超温状态）排除后，聚合物冷却，体积恢复正常，其中导电粒子又重新构成导电通路，PPTC 又呈初始的低阻状态。PPTC 的体积小，成本低，可反复使用，实现了电路保护的自动启动和自动恢复。

在LED照明中，根据灯具应用场合的不同有不同的过热保护方式，通常分为两种。一种方式是达到规定温度立即启动关断保护（图4），此种保护通常应用于道路交通信号灯。另一种方式是到一定温度启动保护，进行降电流驱动（图5），此种保护通常应用于室内照明和道路照明。

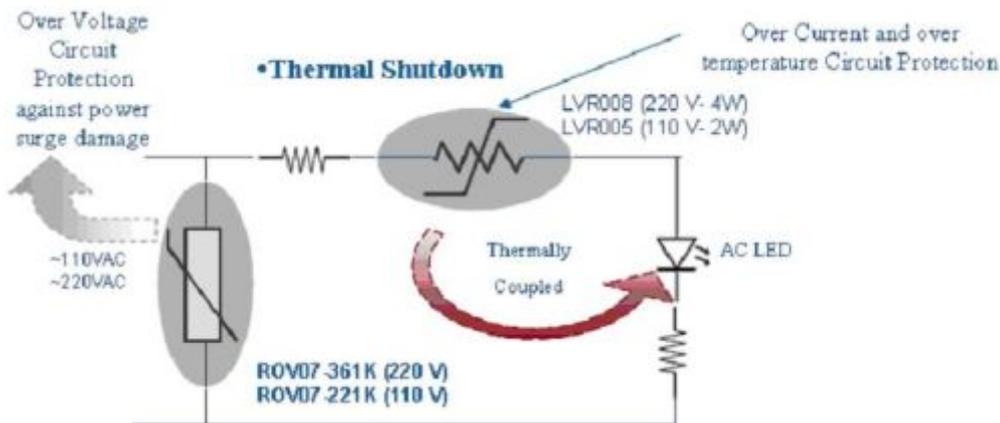


图 4：泰科 LVR 系列产品用于交流 LED 照明系统的过流、过温关断保护。

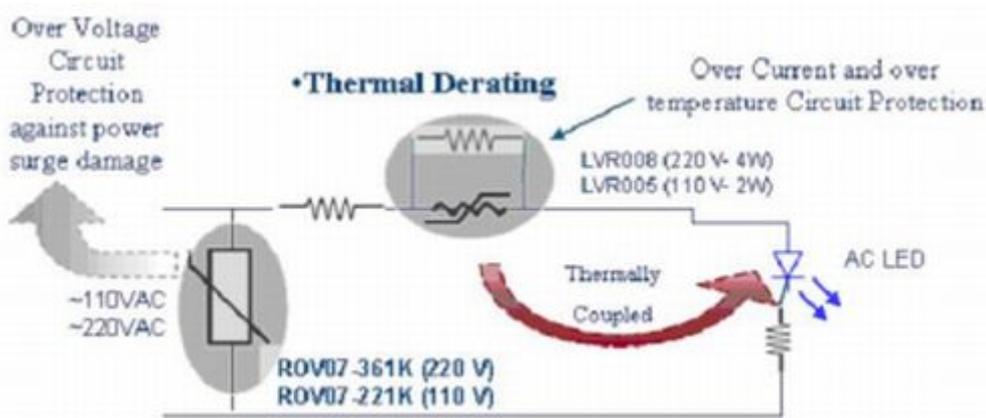


图 5：泰科 LVR 系列产品用于交流 LED 照明系统的过流、过温降电流保护。

泰科电子针对 LED 照明应用开发了一款 PolySwitch 产品。该产品在环境温度 65℃ 下可以保证 350mA 电流正常通过，可在环境温度超过 85℃ 时进行保护，通过合理设计、配置，可以分别以关断或调暗的方式对 LED 灯具进行保护。

串并联相结合的巨型阵列照明或景观灯的过流和过热保护在成本与保护方案的相互平衡中，通常有两种保护方案可以采用。一是分路保护（图 6）：对多串的 LED 系统，可以在每隔支路上串联一颗 PPTC 分别进行保护。这种方式的好处是可以实现精确保护，不会因为某一支路的故障而导致整个灯具的不工作，保护的可靠性好。二是主干路保护（图 7）：这种保护就是在灯具的主回路上串联一颗 PPTC，对整个灯具进行保护。这种方式的好处是成本低，占板面积小。

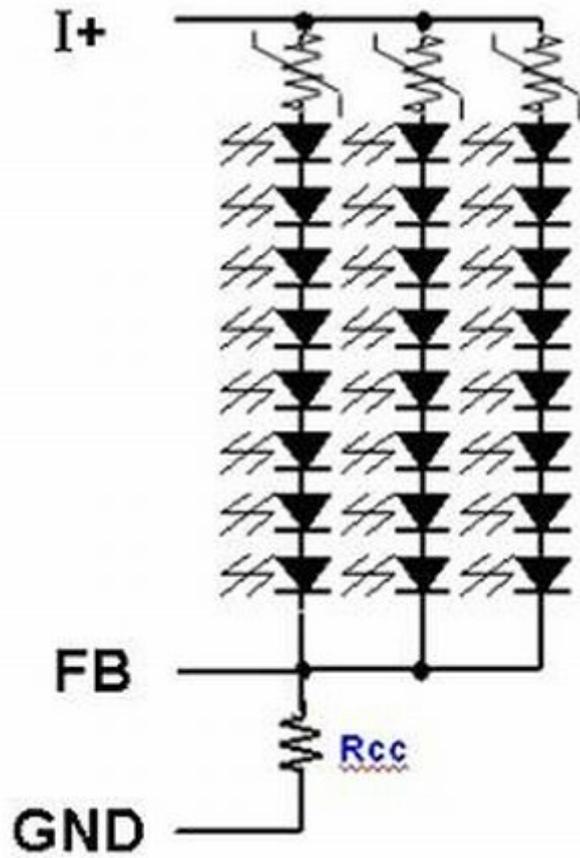


图 6: LED 阵列分路保护方案

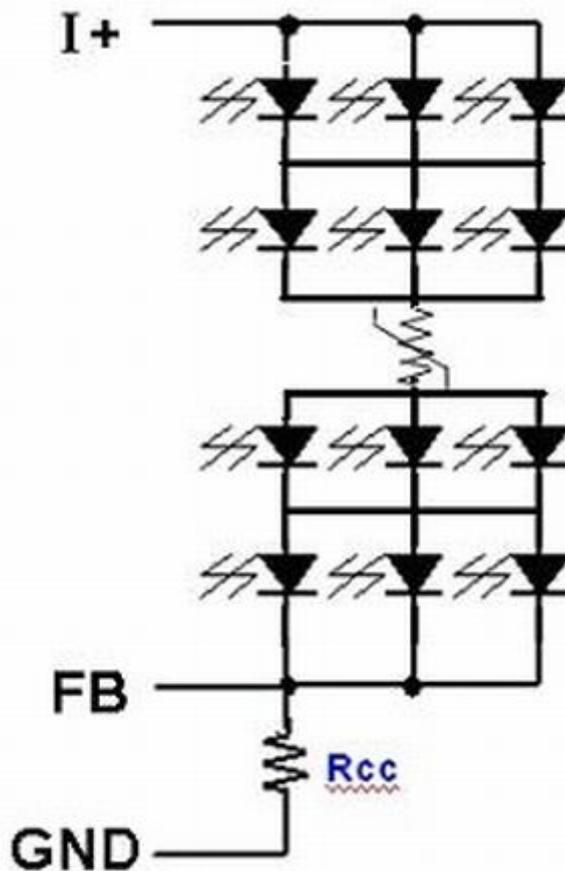


图 7：LED 阵列主干路保护方案。

- 此外，PPTC可以作为温度传感器与LED驱动器配合使用，实现LED阵列照明的过热保护（图 8），在大型阵列照明中，由于LED灯串众多且结构较为复杂，在实际应用中容易出现过热故障的位置，往往并不固定于某个特定的位置，因此单颗过热检测器件很难提供完善的过热保护。PPTC在正常工作下的低电阻以及正温度系数特性，可以方便地将数颗PPTC串联于热保护检测电路，实现多点过热监控。将多个PPTC串联、并安装于可能出现过热的部位。由于PPTC的低电阻，THRM引脚电平为 0，电源电路正常工作。当灯具某处或多处发生过温故障时，THRM回路中的一颗或几颗PPTC受热，电阻急剧上升，THRM引脚电平变为高电平，从而启动LED驱动器设计的过热保护方案，实现过热关断或过热折减驱动。这种解决方案对LED面光源的过热保护而言经济有效。泰科电子可以为客户提供相关的设计及验证服务。

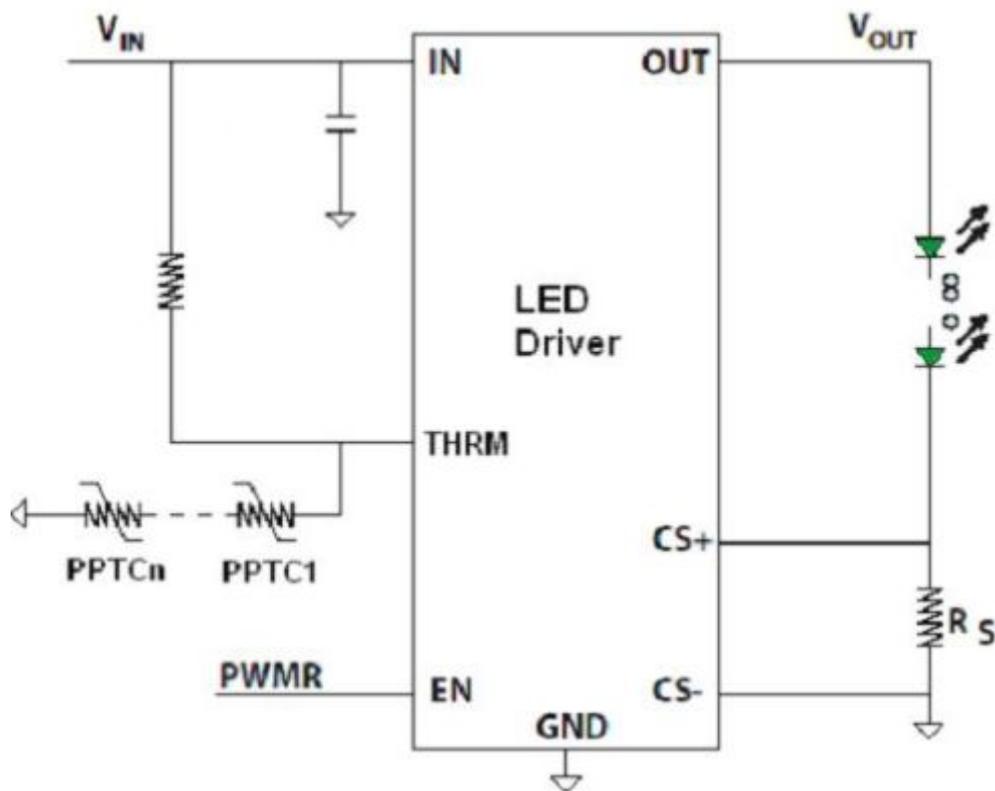


图 8: PPTC 多热点过热保护方案的实现。

本文小结

PPTC由于其本身的诸多特点，非常适合于LED照明系统的过流和过热保护，在设计中可以将PTC安装在金属芯电路板或LED散热板以实现最好的热传导，使PPTC保护更加及时、有效。此外，PPTC产品的封装形式多样，能根据客户要求定制封装，灵活性很强。但过热保护没有标准解决方案，具体设计必须结合实际灯具，并进行充分验证。泰科电子愿意与业内工程师一起，根据实际情况研究解决方案，降低LED照明系统的故障率和维护成本。