

LED 照明系统设计技巧

LED 照明将会取代主流的白炽照明和其他照明技术，占据市场主导位置。但从旧技术到新技术的转换还需要多年时间。在此期间，LED 灯设计师所面临的挑战是如何确保新设计与原本为白炽照明开发的现有控制器和布线架构实现兼容和可靠工作。本文所介绍的是可同时适用于低功率和高功率 LED 照明系统的解决方案，它久经考验，非常成熟。

LED 灯泡的构造

一个 LED 灯包含一个到十几个甚至更多的 LED 芯片，它们通常串联在一起。每个芯片的发光亮度由通过其中的电流大小决定。由于采用串联连接方式，灯泡内每个 LED 芯片会自动通过相同的电流，但每个芯片上的电压各不相同。LED 的正向电压降通常为 3.4V，但会在 2.8V 到 4.2V 之间变化。可以对 LED 进行分类以限制电压变动幅度，但这会增加成本，并且正向电压降仍会随温度和使用时间发生变化。要想提供一致的光输出，LED 灯必须由严格规定的高效恒流电源驱动。作为白炽灯的替代品 LED 灯，该电源必须集成在灯壳内。典型集成 LED 灯包括驱动电路、LED 集束以及可同时为驱动器和 LED 芯片提供机械保护和散热的外壳。

LED 驱动器的要求非常严格。它必须是高效节能的，必须满足严格的 EMI 和功率因数规格，并能安全地耐受各种故障条件。其中最为困难的要求之一是要有调光功能。由于 LED 灯的特性与专为白炽灯所设计的调光控制器之间存在不匹配，因此容易造成性能不佳。问题可能表现为启动速度慢、闪烁、光照不均匀、或在调整光亮度时出现闪烁。此外，还存在各个单元性能不一致以及 LED 灯发出可闻噪声等问题。这些负面情况通常是由误触发或过早关断控制器以及 LED 电流控制不当等因素共同造成的。

调光控制器

照明控制器以线路调光或 PWM 调光的方式进行工作。最简单的线路调光方式是前沿可控硅控制器。这是目前最常用的照明控制方式，但不幸的是，使用可控硅控制器对 LED 灯进行调光时会产生大量问题。更先进的线路调光器是电子前沿或后沿调光器。PWM 调光器则用于专业照明系统。

使用前沿可控硅调光器时，调光控制是通过改变可控硅导通每个半周期的相位角来实现的。灯泡的输入功率与调光信号的相位角成一定的函数关系，相位角的变化范围介于接近 0° 到 180° 之间。

可控硅的重要参数之一是维持电流 (IH)。这是可控硅在不使用栅极驱动的情况下保持导通所必须维持的最小负载。为维持可控硅的稳定工作，该电流不能为零，IH 的典型值介于 8mA 到 40mA。因此，白炽灯的相位角调光器通常有一个规定的最小负载，230V 额定交流电压下通常为 40W。这是为了确保流经内部可控硅的电流始终高于所规定的维持电流阈值。由于 LED 照明的功耗非常低，维持电流将成为一个问题。

另一个潜在问题是浪涌电流。可控硅导通时，高浪涌电流会流入 LED 灯。最差情况就是相位角达到 90° ，而此时 AC 输入电压达到峰值。对白炽灯来说，浪涌电流不会构成问题。但在 LED 灯中，驱动器的输入级阻抗和线路电容会造成振荡。发生振荡时，可控硅电流将立即降到维持电流以下，使可控硅停止导通。要想解决这些问题，就必须修改 LED 驱动器的规格和设计。

非隔离式可调光 LED 驱动器

图 1 所示为可用于替换白炽灯的 LED 灯的非隔离式可调光 LED 驱动器的基本应用电路图。下面将介绍驱动器的功能，以便阐明该驱动器在成为可控硅调光器的负载时将会出现的问题。

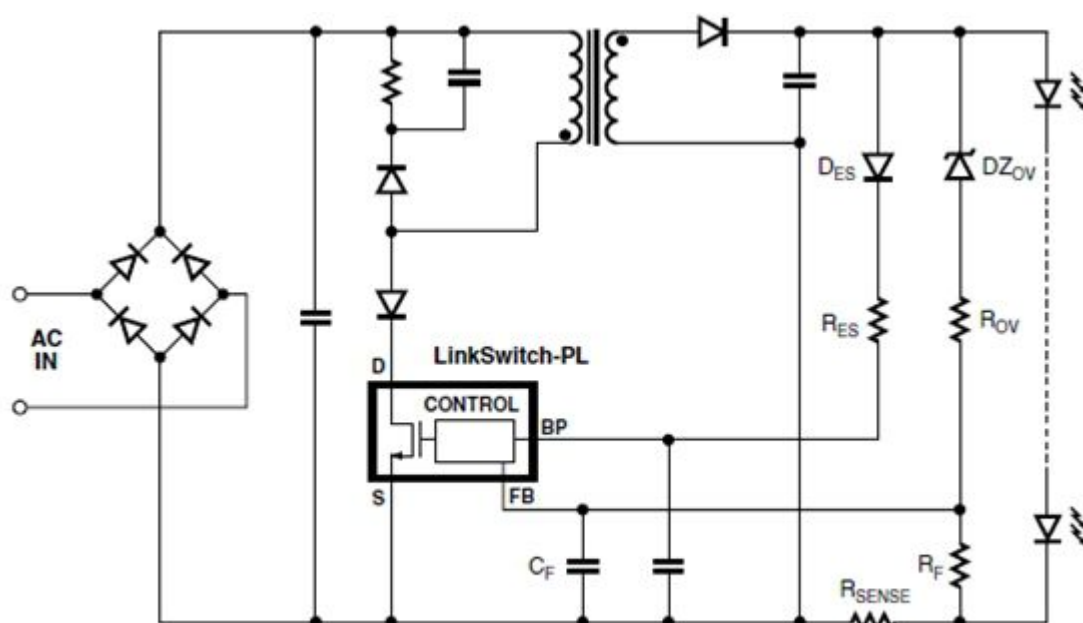


图 1: 非隔离式 LED 驱动器的应用电路图。

该控制器是 Power Integrations (PI) 推出的 LinkSwitch-PL 器件。它在一个单片 IC 上集成了高压功率 MOSFET 开关和电源控制器。该器件提供单级功率因数校正 (PFC) 和 LED 电流控制。该电路可用作非连续模式、可变频率、可变导通时间反激式转换器。整流后的交流电源输入由集成的 725V 功率 MOSFET 通过高频变压器进行开关。次级绕组上产生的电压在变成 LED 负载之前会被整流和平滑。LED 负载电流还流经检测电阻 RSENSE。RSENSE 上产生的电压

(典型值为 290mV)会通过 RF 出现在反馈 (FB) 引脚, 从而提供精确的恒流反馈控制。DES 和 RES 为 LinkSwitch-PL 供电, DZOV 和 ROV 在 LED 开路时提供过压保护。

本设计中的输出电流与电源变压器的特性无关。电感变化对恒流特性无任何影响。因此, 这能使恒流特性具有非常严格的容差, 这在单级转换器中非常突出。

在执行调光控制时, LinkSwitch-PL 器件会同时检测输入电压过零点和可控硅调光器的导通角。输入电压过零点的检测是通过漏极节点内部完成的。控制电路会处理此数据并设定需要的反馈电压, 从而设定 LED 负载电流。

浪涌电流

如图 1 所示, 驱动器对可控硅控制器构成高阻抗、大电容负载。此外, 还将有电容和电感所构成的输入 EMI 滤波电路。在每个半周期, 都会产生浪涌电流, 从而造成振荡 (如上所述)。

要想实现无故障的调光工作, 驱动器必须能够限制振荡并防止可控硅电流降到维持电流值以下。图 2 所示为具备此功能的驱动器的完整电路图。

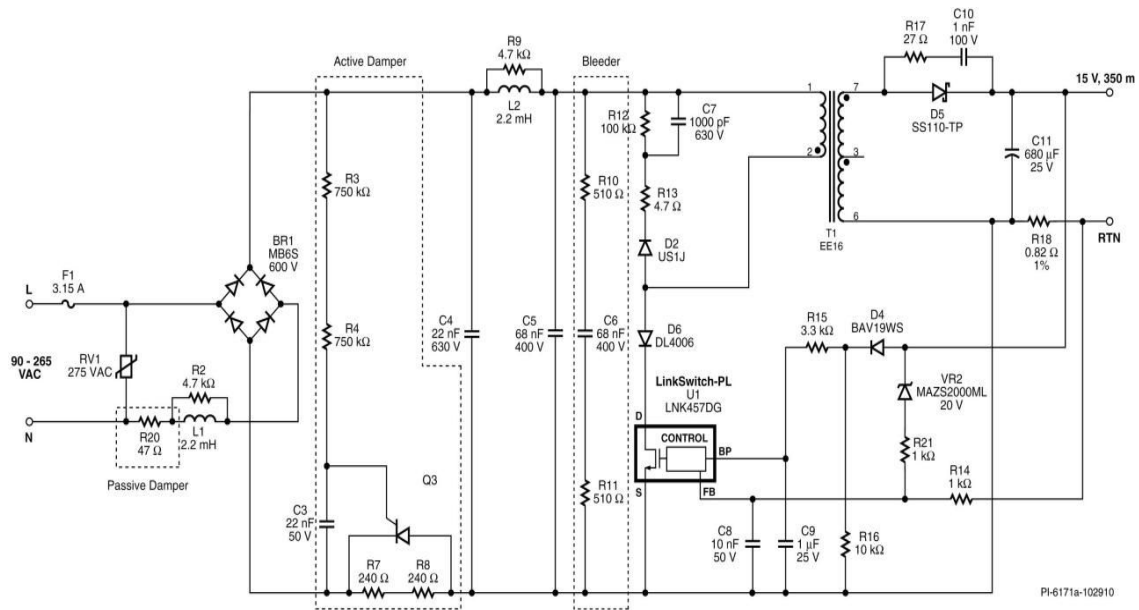


图 2: 用于 A19 白炽灯替换灯的 5W、15V 可控硅调光 LED 驱动器的电路图。

图 2 中的电路提供 350mA 的单路恒流输出和 15V 的 LED 串电压。使用标准交流电源可控硅调光器可将输出电流减小 1% (3mA), 并且不会造成 LED 负载不稳定或闪烁。该驱动器可同时兼容低成本的可控硅调光器和更复杂的电子前沿及后沿调光器。

该驱动器的功能增加了输入 EMI 滤波和三个可控硅调光所特有的元件: 一个无源衰减电路、一个有源衰减电路和一个泄放电路。输入 EMI 滤波可确保符合 IEC 环形波和 EN55015

传导 EMI 规定。然而，关键点在于 LinkSwitch-PL 控制器集成了内置的频率抖动特性。该特性可分散开关频率和降低 EMI 峰值，使 EMI 滤波电路的尺寸远低于正常要求。这有助于大幅减小对可控硅带来的电感性负载，从而降低发生振荡的可能性。

电阻 R20 构成无源衰减电路。有源衰减电路在每个交流半周期通过输入整流管连接串联电阻 (R7 和 R8)，在剩下的交流周期则通过并联可控硅整流器 (Q3) 绕过该电阻。电阻 R3、R4 和 C3 决定 Q3 导通前的延迟时间，然后将衰减电阻 R7 和 R8 短路。无源衰减电路和有源衰减电路可在每个半周期可控硅导通时，共同限制峰值浪涌电流。

电阻 R10、R11 和 C6 形成泄放电路，确保初始输入电流可以满足可控硅的维持电流要求，特别是在导通角较小的情况下。对于非调光应用，则可以省去无源衰减电路、有源衰减电路以及泄放电路。

隔离式 LED 驱动器

图 2 中的驱动器针对低功率、电气非隔离式集成 LED 替换灯专门优化过。PI 针对要求电气隔离的更高功率 LED 照明系统，推出了 LinkSwitch-PH 控制器。图 3 所示 (详见本刊网站) 为使用 LinkSwitch-PH 的隔离式 LED 驱动器的电路图。

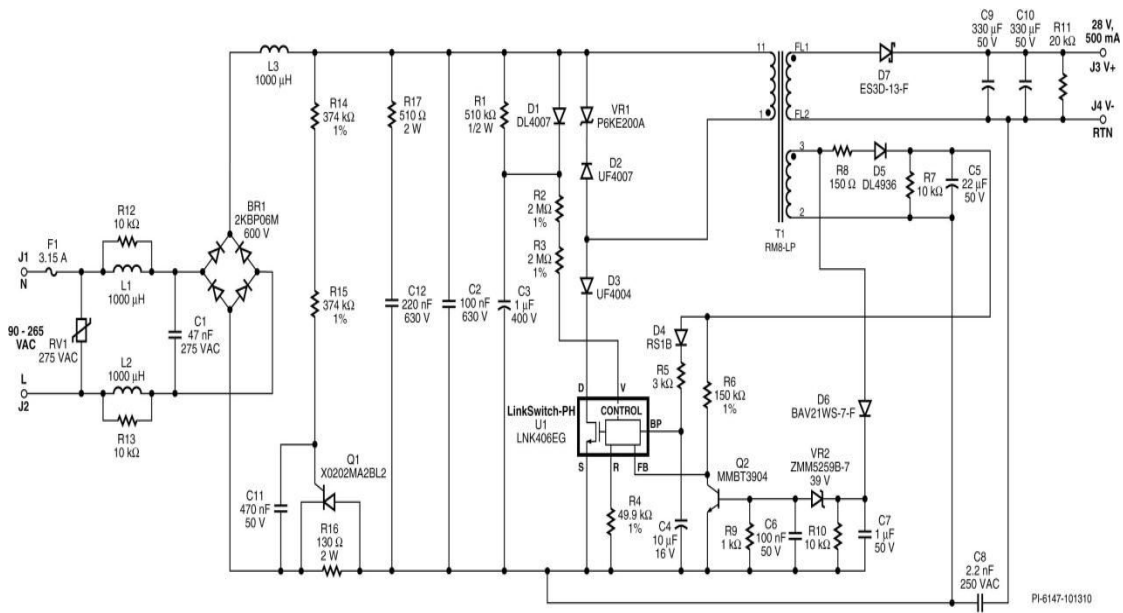


图 3: 14W 可控硅调光的高功率因数 LED 驱动器的电路图。

该电路能够在 90VAC 至 265VAC 的输入电压范围内对 28V 的额定 LED 串电压提供 0.5A 驱动电流，其特性包括超宽调光范围、无闪烁工作 (即使使用低成本交流输入可控硅调光器) 以及快速平滑的导通。

它所使用的拓扑结构是运行于连续导通模式下的隔离反激式结构。输出电流调节完全从初级侧检测，因此无需使用次级反馈元件。单级内部控制器调整高压功率 MOSFET 的占空比，以保持输入电流为正弦交流电，从而确保高功率因数和低谐波电流。

该电路的功能与图 2 中的电路大体相似，最明显的差异是该电路采用了电气隔离，没有使用与负载串联的检测电阻。反馈控制通过变压器上的偏置绕组提供。反馈控制具有两项功能：经由旁路 (BP) 输入对 LinkSwitch-PH 供电，经由反馈 (FB) 输入提供电流反馈。

LinkSwitch-PH 提供的另一个重要输入是电压监测 (V)。该引脚与外部输入电压峰值检测器接口相连，后者由 D1、C3、R1、R2 和 R3 构成。外加电流用于控制输入欠压 (UV) 和过压 (OV) 的停止逻辑，并提供前馈信号以控制输出电流和远程开/关功能。该电路集成了衰减电路和泄放电路，以确保可控硅工作 (见图 6)。

在任何 LED 照明装置中，驱动器的性能都决定着最终用户的照明体验，包括启动时间、调光、无闪烁工作和各单元之间的一致性。14 W 驱动器可同时在 115 VAC 和 230 VAC 下兼容各种调光器并兼容尽可能宽的调光范围。因此，衰减电路和泄放电路会起到相对积极的作用，但这会让效率下降。即使如此，该电路的效率仍能在 115 VAC 下 $\geq 85\%$ ，在 230 VAC 下 $\geq 87\%$ 。如果不需要调光功能，可省去衰减电路和泄放电路，可取得更高的效率。

随着 LED 照明市场潜力的不断扩大，上述设计折衷凸显出了一系列哲学问题。既然新技术的功耗只是旧技术的十分之一，在会降低效率 (即增加功耗) 的情况下，是否真的有必要与所有旧的可控硅控制器实现兼容？当使用一个最低负载规格为 40W 的 1000W 可控硅控制器提供驱动时，我们能否让一个 5W LED 灯正确工作呢？是的，这是可以做到的，也许应该尽快做到。但我们必须谨记，完整照明解决方案的最终目标是实现最大效率和最低生命周期成本。

相关会议：2016' 第十九届（宁波站）LED 通用照明技术研讨会

会议时间：2016 年 5 月 26 日

会议地址：浙江.宁波威斯汀酒店

会议内容：

- ◆ 基于 ZigBee 技术的无线智能照明系统
- ◆ 智能照明平台解决方案
- ◆ 光传感器在智能照明控制系统中的应用
- ◆ LED 智能照明控制系统的设计
- ◆ 智能照明控制开关的发射与接收电路模块设计
- ◆ LED 灯具系统设计

- ◆ 基于 HBS 的分布式智能照明及安防系统的研制
- ◆ 无线远程调光系统控制
- ◆ 基于 ZigBee 技术的无线智能照明系统
- ◆ 智能照明产业在中国的发展和市场需求
- ◆ 基于单片机实现智能照明控制系统的设计

- 1、低成本、高性能驱动方案设计
- 2、小尺寸、高 PF、无频闪驱动方案
- 3、LED 高效驱动技术方案
- 4、LED 驱动电源原理设计
- 5、LED 智能调光技术
- 6、LED 光源产品
- 7、LED 灯具智能驱动系统设计
- 8、LED 照明系统的浪涌防护
- 9、无线远程调光系统控制
- 10、LED 路灯驱动及智能调光系统设计
- 11、LED 智能照明市场与热点话题分享

参会即可活动:

- 1、获得免费参会;
- 2、获得会刊 1 份;
- 3、获得会议当天午餐补贴券;
- 4、参与会议现场抽奖和抢千元微信红包活动;
- 5、会议结束后可获得精美礼品一份;
- 6、推荐 2 位或两位以上朋友参与, 可获得品牌 U 盘一个。

报名方式:

- 1, 扫描二维码, 快速报名



2, 点击官网: <http://www.big-bit.com/Meeting/2016led/bmch.html> 登记报名

3, 主办方组委会: 020-3788032、1821120559 胡小姐 在线 QQ: 775142157