

高效可调光LED照明解决方案的快速开发策略

Joseph DeNicholas
照明事业部总监
美国国家半导体

照明系统设计师几乎要对各种光源(除钨丝灯外)的灯具进行调光,一直以来,调光都是极具挑战性的工作。在许多应用中,调光都十分重要,因为调光技术可使客户根据实际需要设置所需的亮度,而且还能大幅节省电费。目前最常见的调光控制器是舍相(phase-cut)调光器,无论所提及的设备中实际是否包含三端双向可控硅(TRIAC)器件,这类调光器通常都是指TRIAC调光器。将舍相调光器与小型荧光灯以及现今的LED灯相连是一个高难度的设计挑战。目前市面上的相关解决方案都不是很理想:一些方案的调光范围非常有限;有些方案甚至出现闪烁。针对上述挑战,美国国家半导体、科锐(Cree)和艾睿电子联合发布了全新的解决方案,该方案可以使用传统的舍相调光器更有效地实现可调光固态照明。

LED驱动电路

该解决方案通过使用美国国家半导体PowerWise® LM3445 LED驱动器将90~135V_{RMS}交流主电源输入(入墙式电源插座)转换为350mA直流恒定电流源,从而驱动大功率Cree白光LED。在住宅、商用和工业建筑中,交流主电源通常经由标准入墙式调光器进行舍相或斩波,以削减LED的灯光输出。如图1所示的电路设计可确保用户不会无意中接触电路中的高电压。

在图1中,该电路未经隔离处理,这意味着从输入(交流主电源)至输出(LED灯具)是一条直流路径。隔离的解决方案也就是电流隔离通常需要使用变压器。两类方案各有利弊。隔离的解决方案通常拥有较大的体积和较小效率,因为需要使用变压器,并且可能使用输出反馈的光电耦合器。不过,通过在交流主电源和用户之间提供内置保护可以更容易地通过诸如UL60950这样的安全法规。相反,无隔离的解决方案体积较小,因此更适合灯泡翻新应用所需的小尺寸,但需要利用灯泡材料和结构的机械隔离以通过安全法规。与其它方案相比,美国国家半导体LM3445 LED驱动器适用于多种外形、尺寸和功率级别的应用,同时支持隔离和无隔离解决方案。

功率因数校正

当经由入墙式交流主电源供电时,可能在输入电流和电压,甚至输入电压波形的尖峰和低谷之间产生相移。有功功率和视在功率的比称为功率因数,以0和1之间的数字表示。商业固态照明应用的能源之星规范要求功率因数达到0.9以上。当输入电压的谐波成分很低或为0时,功率因数计算如下: E_{q1}

第一项考虑电流中不连续(尖峰和低谷)引起的谐波成分,第二项余弦项考虑电压和电流之间的相移。

这种应用中,采用了许多不同的技术来提高含有高谐波成分或相移电路中的功率因数。这个过程被称为功率因数校正(PFC)。PFC技术分为主动式和被动式。本文所介绍的解决方案使用被动式PFC技术无隔离设计,称为“填谷(Valley-Fill)”电路。该“填谷”电路工作原理如图2所示。

输入电压大于先前峰值电压除以“填谷”级数(电容器数量)时,负载直接从线路传输。另外,作为二极管配置的结果,电容器以串联方式充电,因而以串联的电容器数目均分电压。当输入电压低于其峰值除以级数时,电容器被迫在该放电阶段以并联方式为负载供电。该“保持”电压是初始输入峰值电压除以“填谷”级数。在此演示平台上实现的电路使用双级“填谷”电路,该电路非常重要。首先,它提供PFC,因为回路中负载的功率来自输入。其次,电容器在并行放电中提供能量储存,所以LED电流中无120Hz纹波。最后,因为它迫使大部分电流从输入线路中吸取,调光器开关仅接受所需电流)用于无闪烁操作。

采用LM3445 LED驱动器进行相位调光

舍相调光器的调光已经成为各种非钨丝照明技术面临的挑战。舍相调光器分为两类:正相和反相,如图3所示。相位调光器需要“泄放”电流以允许内部定时电路正常工作,许多调光器需要额外的“保持”电流以维

持整个回路的正常工作。LM3445 LED驱动器的BLDR引脚提供泄放电流，外部电阻器R5在必要时可提供保持电流。美国国家半导体还可提供其他演示板，包括调光范围和增加效率的交流120Hz回路中调制保持电流的另外电路。

对于宽泛的调光范围，LM3445 LED驱动器充当了相位调光器的导通角或发射角，并将其转换至合适的LED电流，从而可以实现100:1的调光比。一些质量更高的调光器可提供更宽的范围，但是大多数应用不需要使用这类调光器。LM3445驱动器使用低侧驱动的降压稳压器调节LED电流。

峰值电流在ISNS引脚处测量，纹波保持恒定以保持平均电压恒定。通过执行一个与输出电压 V_{LED} 成反比的假恒定关断时间，纹波得以保持恒定。这种方法通过保持纹波电流恒定以保持LED堆叠的平均电流恒定，而无需考虑输入和输出电压变化，这基于电感器固有的基本工作原理。下列等式体现了标准电感器中电压、电流、电感和时间之间的关系。简言之，可以不考虑续流二极管的正向电压与LED堆叠电压之间的关系。

Eq2

若可避免磁芯饱和，则可假设电感值(L)是恒量，如果 t_{OFF} 与 V_{LED} 成反比，那么电感中的纹波电流也是恒量。恒定的峰值电流配合恒定的纹波则能得到所需的恒定平均电流。

WEBENCH LED设计工具

设计LED驱动器，特别是相位调光应用具有一定的难度。为了帮助设计师应对设计挑战，美国国家半导体开发出功能强大的在线设计环境，称为WEBENCH LED Designer，其中包含多种Cree LED器件，可以直接使用LED的电子模式在特定的电路上进行设计。图4是Cree LED选择图表的界面图。

WEBENCH LED Designer可快速提供可靠的基础设计工作，但是其他一些因素会使相位调光设计变得复杂，例如电磁兼容。通常用在离线式电路输入端的共模和差模滤波器可与正相和反相调光器中的多种电路配置相互干扰。本演示单元中的滤波器经过多种正相和反相调光器的测试，但是仍有可能与未经测试的调光器相互干扰。

综上所述，利用LM3445 LED驱动器、大功率Cree LED和WEBENCH LED Designer设计工具，设计人员可以快速开发高效、可靠、美观的相位控制可调光固态照明系统。

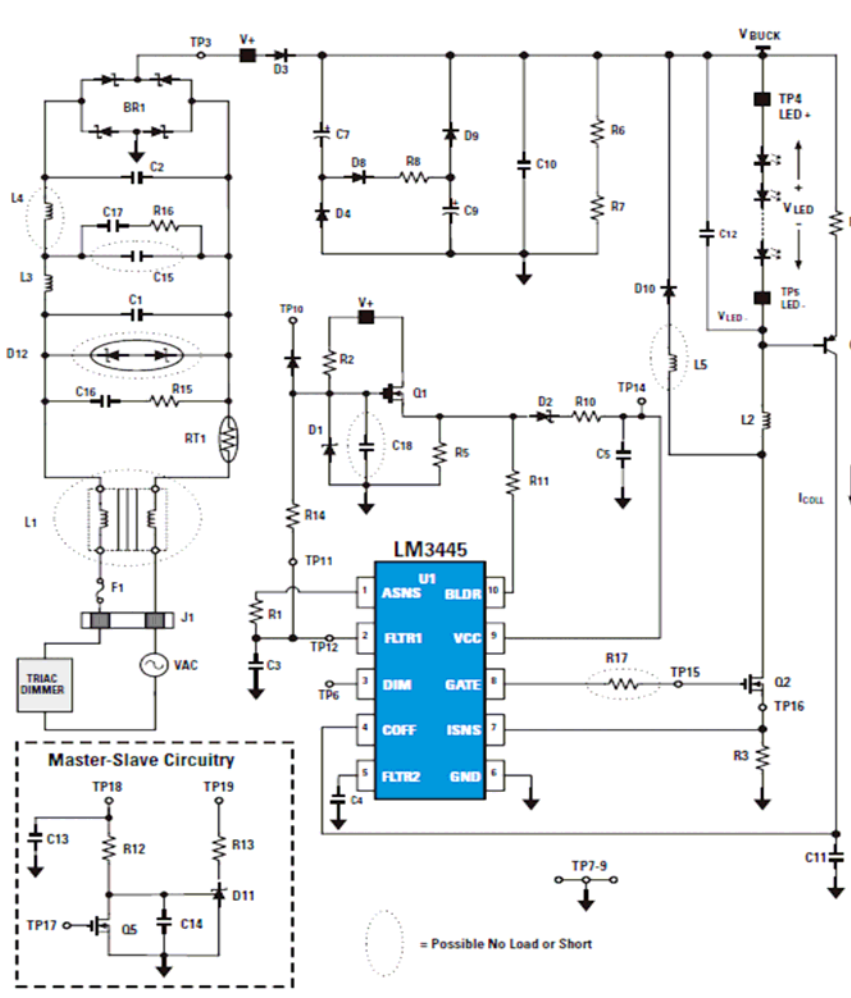


图1、无隔离 LM3445 LED 驱动电路。

Master-Slave Circuitry：主从电路系统

Possible No Load or Short：可能无负荷或短路

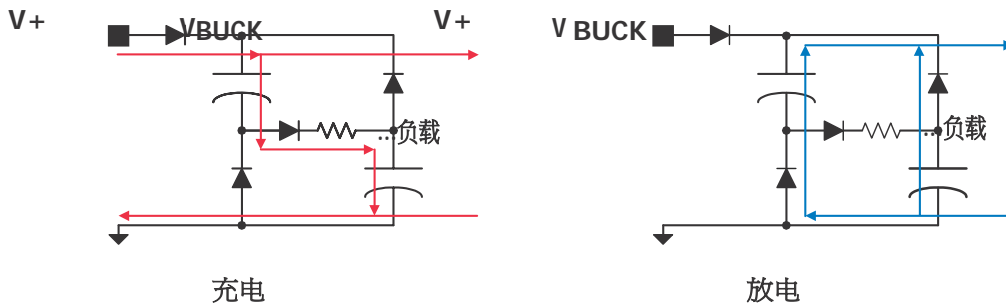


图 2、双级“填谷”电路工作原理。(print)

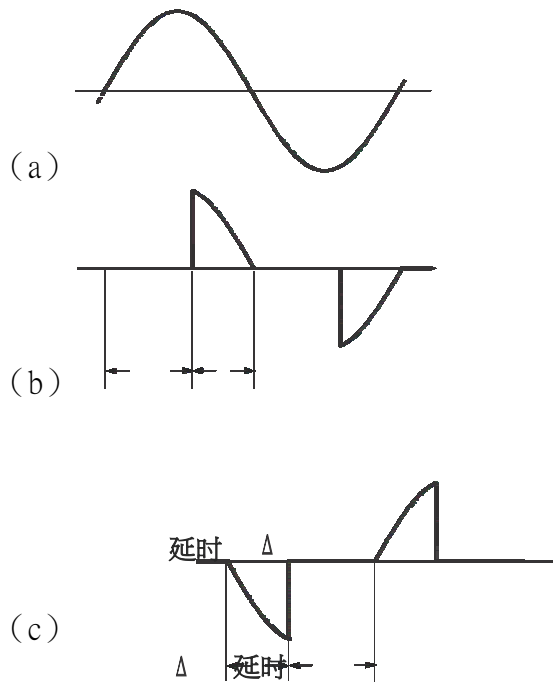


图3、全波正相和反相调光器波形。



图4、WEBENCH LED设计师的Cree LED 选择图。

Eq1 :

$$PF = \frac{\text{Real Power in Watts}}{\text{Apparent Power in V x A}} = \left(\frac{I_1}{\sqrt{2}} \right) \times \cos(\varphi_1 - \Theta_1) \left| \sqrt{I_0^2 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{I_n^2}{2}} \right.$$

Real Power in Watts: 实际功率 (W)
 Apparent Power in V x A : 表现功率 (V x A)

Eq2 :

$$V_L = L \times \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \text{so...} \quad V_{LED} = L \times \frac{I_{RIPPLE}}{t_{OFF}} \quad |$$