
LED 通用照明的 AC-DC 电源设计方案

LED 通用照明设计工程师会遇到许多挑战，如功率密度、功率因数校正 (PFC)、空间受限和可靠性等。这些 LED 照明设计挑战和电源设计挑战类似，具体讲，LED 通用照明有以下几个挑战：由于总光效要求及散热限制的影响，即使是低功率应用能效也很重要；在许多情况下，较低功率也要求功率因数校正和谐波处理；在空间受限应用中，特别是替代灯泡应用时，对驱动功率密度的要求很高；总体电源可靠性对提高整个灯的寿命非常重要；宽输入电源电压范围应该支持高达 277Vac；兼容 TRIAC 调光等传统特定照明要求。

本文主要介绍用于 LED 照明的 AC-DC 电源设计方案及相关电路，帮助工程师应对上述挑战，设计出满足通用照明要求的产品。下面我们先来了解 AC-DC 电源转换拓扑结构。

AC-DC 电源转换拓扑结构比较

对于低功率 AC-DC LED 电源转换而言，可以选择隔离型反激或非隔离降压等不同拓扑结构。所谓“隔离”，是指输入与输出之间采用变压器等进行电气隔离。这两种拓扑结构各有其特点。相比较而言，非隔离拓扑结构设计及电路板配置简单、电路板尺寸小、元件数量少、能效更高，而隔离拓扑结构易于满足安规要求，但磁学设计复杂，要求较大的电路板尺寸。本文将聚集于隔离型拓扑结构的 AC-DC LED 驱动器方案。

LED 驱动器应用要求

对于 LED 通用照明应用而言，目前成本还相对较高，故高性价比的 LED 驱动器无疑会更受青睐。此外，LED 驱动器也应该具有高能效（低损耗）、高可靠性、符合电磁干扰 (EMI) 及谐波含量或功率因数 (PF) 等标准、灵活、适应宽环境条件、可改造用于已有应用、支持传统控制方式工作（兼容传统调光）等。

其中，就功率因数要求而言，美国“能源之星”项目固态照明标准中对 PFC 带有强制性要求（而无论是何种功率等级），适用于特定产品，如嵌灯、橱柜灯及台灯等。该标准针对住宅应用部分要求功率因数高于 0.7，针对商业应用部分要求功率因数高于 0.9，而整体式 LED 灯泡的要求是输入功率高于 5W 的灯泡功率因数大于 0.7。当然，并非所有国家都绝对强制要求在照明应用中改善功率因数，但某些应用可能有这方面的要求。例如，公用事业机构可能大力推动拥有高功率因数的产品在公用设施中的商业应用。

提供高功率因数的 NCL30000 隔离型 LED 驱动器方案

要提供高功率因数，同时符合其它应用要求，就有必要使用高功率因数的电路架构。这样一来，传统的两段式架构（PFC 升压+脉宽调制（PWM）反激转换）就无法满足要求了。有利的是，诸如安森美半导体 NCL30000 功率因数校正可调光 LED 驱动器采用单段式架构（见图 1），可以提供达 0.9 甚至更高的功率因数。这器件采用紧凑的 8 引脚表面贴装封装，使用临界导电模式（CrM）反激架构，以单段式拓扑结构提供大于 0.95 的高功率因数，省下专门的 DC-DC 转换电源段，帮助减少元器件数量，降低系统总成本。

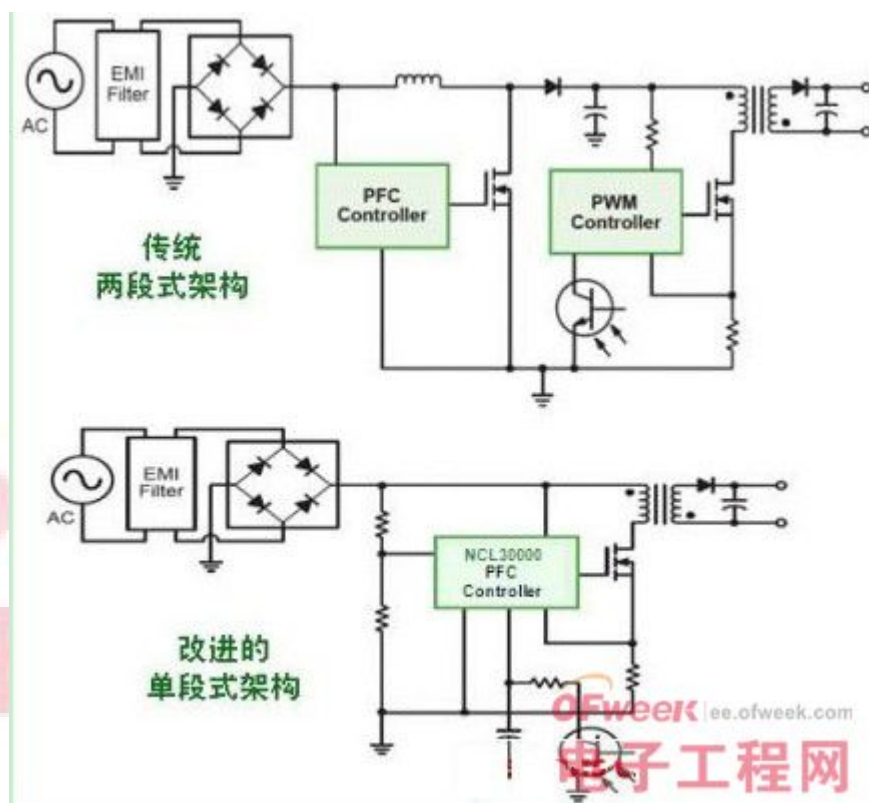


图 1 传统两段式架构与改进的单段式架构对比

NCL30000 采用的恒定导通时间 CrM 工作特别适合于隔离型反激 LED 应用，因为控制原理简单，即使在低功率电平时，也能够提供极高能效。NCL30000 工作温度范围为-40 至+125℃，确保能用于大多数 LED 通用照明应用中规定的不同环境工作范围。NCL30000 拥有典型值 24 微安的低启动电流及典型值 2mA 的低工作电流，配合高能效设计。这器件也集成前沿消隐（LEB）电路，防止故障触发，还集成强固的故障处理能力。

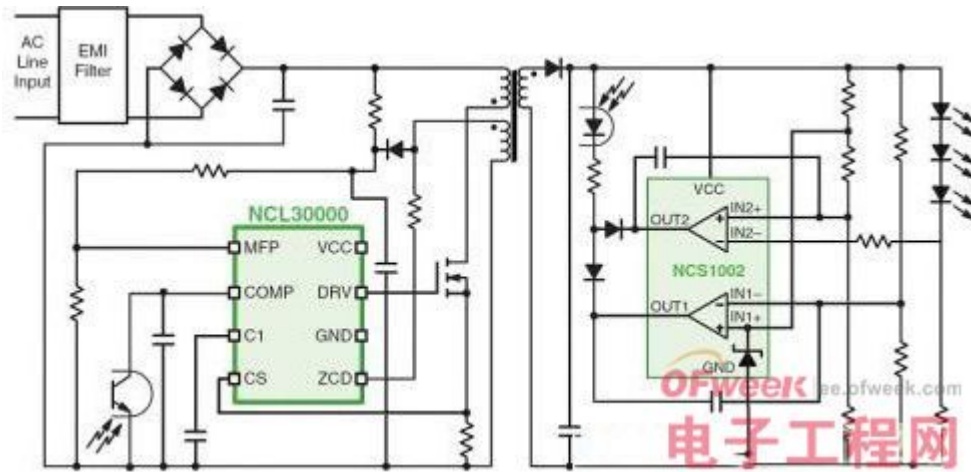


图 2 基于 NCL30000 的隔离型反激 LED 驱动器 GreenPoint 参考设计简化框图

配合 TRIAC 调光

除了要提供相关规范标准所要求的高能效及高功率因数，考虑特定的终端应用需求也很重要。如目前最常用的灯光亮度调控方法是叁端双向可控硅开关器件（TRIAC）调光。但 TRIAC 调光器原本针对电阻型负载的白炽灯（白炽灯在电路中的作用就象是电阻）。因此，LED 驱动器兼容 TRIAC 调光器也很重要，这样有利于用户沿用已有壁式 TRIAC 调光器，节省支出。



图 3 NCL30000 调光性能演示（通过改变调光器位置来在 350mA 至 1.7mA 之间调光）

有利的是，NCL30000 兼容尾沿晶体管调光器及前沿 TRIAC 调光器，能够提供高于 0.95 的高功率因数，使输入电流波形看上去像是电阻型负载的波形，而这对兼容 TRIAC 调光器非常重要，因为用示波器截取的波形显示，优化设计的 NCL30000 单段式 CrM 反激 LED 驱动器的基本电流波形与输入电压波形保持同相（参见图 3）。

演示板能效测试结果

安森美半导体基于 NCL30000 开发了目标功率低于 18W、支持 4 至 15 颗 LED350mA 且支持 TRIAC 调光（针对 12 颗 LED 进行预配置）的参考设计演示电路板。输入电压范围为 90 至 305Vac 的 NCL30000 演示电路板的能效测试结果显示，宽输入电压范围下的功率因数达到或超过 0.95，且在宽 LED 正向电压条件下维持极佳稳流效果和高能效。

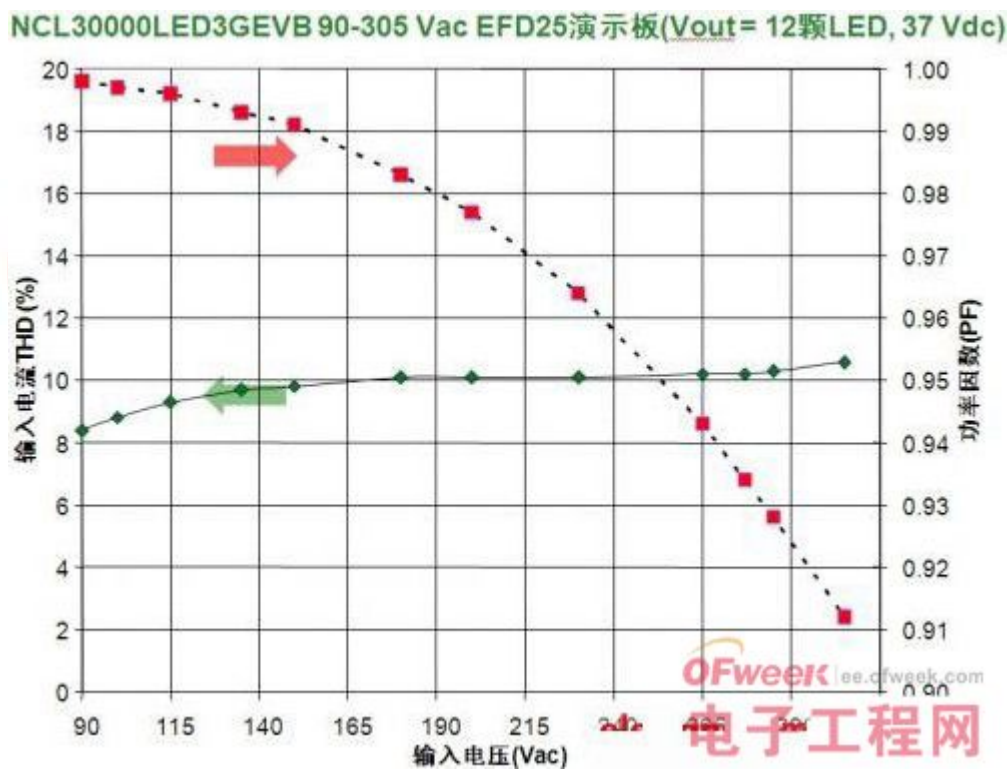


图 4 演示板测量能效结果

应用示例

对于 LED 照明应用而言，灯泡替代是重要的应用领域，如抛物形渗铝反射器（PAR）替代（PAR20/30/38）、A 型灯替代（如 A19）等。但灯泡替代应用存在独特挑战，如散热限制、尺寸受限及兼容的调光技术等。

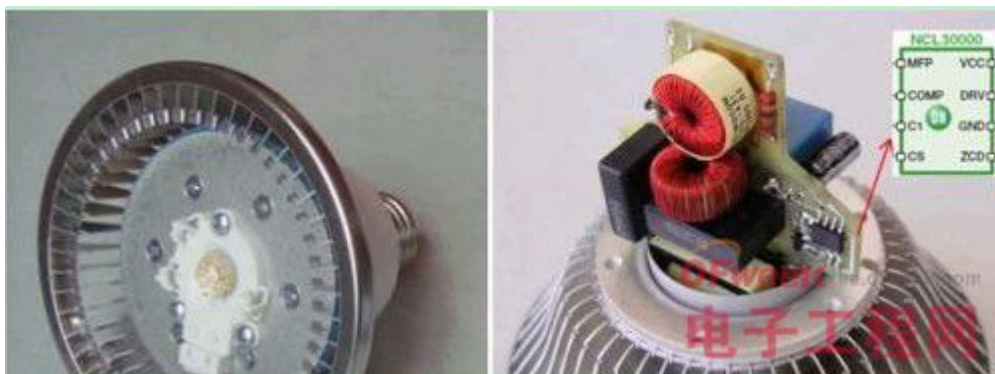


图 5 NCL30000 的 11W LED PAR30 灯泡改造示例

以 PAR30 灯泡替代应用为例，AND8463/D 介绍了如何使用 NCL30000 单段式功率因数校正隔离型反激控制器来设计 LED PAR30 灯的完整电源转换方案，用于驱动串联-并联配置的 3 串共 24 颗 LED（每串 8 颗 LED，每串电流 150mA，3 串共 450mA）。这参考设计使用市场上购得的 LED 散热片和 E27 Edison 底座，有效处理散热及尺寸受限问题。此设计的目标输出功率为 11W，包含 115Vac 版本（功率因数高于 0.9，输入电流 THD < 20%）和 230Vac（遵从 IEC61000-3-2 规范）两种版本，LED 电流稳流精度达 $\pm 5\%$ ，LED 电压范围 21 至 27Vdc，能效高于 82%，兼容 TRIAC 及电子低压调光器调光，且遵从 FCCB 类导电型 EMI 标准。

PAR30 灯泡是特定指向照明的一个示例。现实中也存在许多全向照明应用，如 A 型灯。LEDA 型灯以标准 A 型灯尺寸来替代传统 A 型白炽灯，是商业及住宅照明应用的极佳节能替代解决方案，不仅更环保，而且更易于维护和替代。传统白炽灯存在不同功率等级，如 40W（光输出约 450lm）或 60W（光输出约 600 至 800lm）。如今一流的暖白光 LED 的光效处在 100lm/W 范围内。考虑到热效应及光电转换效率，要提供 450lm 光输出，大约需要 5 至 7 颗 LED。安森美半导体目前正在开发应用于 LEDA 型灯的 NCL30000 TRIAC 可调光方案。

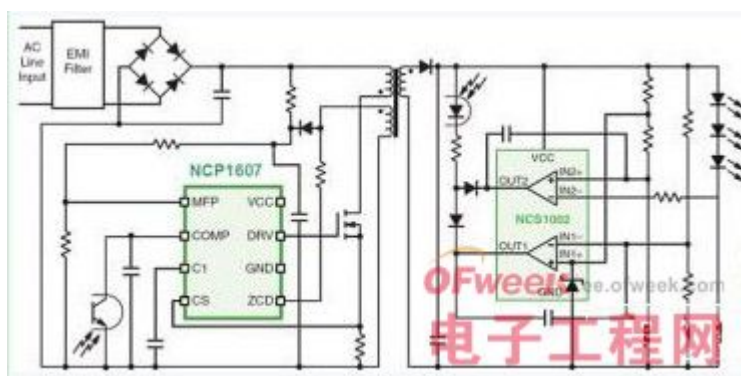


图 6 NCP1607 的高功率因数 A19 灯泡 E26/E27 驱动器

有利的是,此方案是基于临界导电模式功率因数校正控制器 NCP1607 开发出了 A19 灯泡 LED 驱动器设计(见图 6)。这设计的输入电压范围为 90 至 265Vac, 额定输出功率约为 6.4W, 采用隔离型单段式设计, 在输入电压范围内功率因数高于 0.9, 能效高于 80%, 符合 IEC61000-3-2C 类谐波含量标准(输入 THD<15%), 遵从 FCCB 类导电型辐射标准, 设计时就顾及到了符合 UL8750 安规, 并符合“能源之星”针对整体式 LED 灯泡的 1.1 版规范要求。

设计方案

对用于 LED 照明的 AC-DC 电源设计方案, 1 至 10W 的照明应用中推荐使用 NCP1010~5, 1 至 15W 可使用 NCP1027/8, 这些方案集成了 MOS 管, 适用于隔离和非隔离应用, 支持次级 PWM 调光、模拟调光或双亮度等级调光, 能效高达 75-80%; 1 至 30W 的应用可以使用 LV5026、5027、5028, 支持隔离方案, 典型能效 85%左右; 1 至 40W 推荐使用 NCL30000, 可进行初级可控硅调光, 适用于隔离和非隔离方案, 隔离方案能效 80-85%。40 至 150W 推荐使用 NCL30001, 它是一个连续导电模式 (CCM) 控制芯片, 隔离方案的典型能效 85-90%; 更大功率推荐使用 NCL30051。下图 7 是这些方案输出功率与能效的对比。以下将具体介绍这些方案的功能和特点。

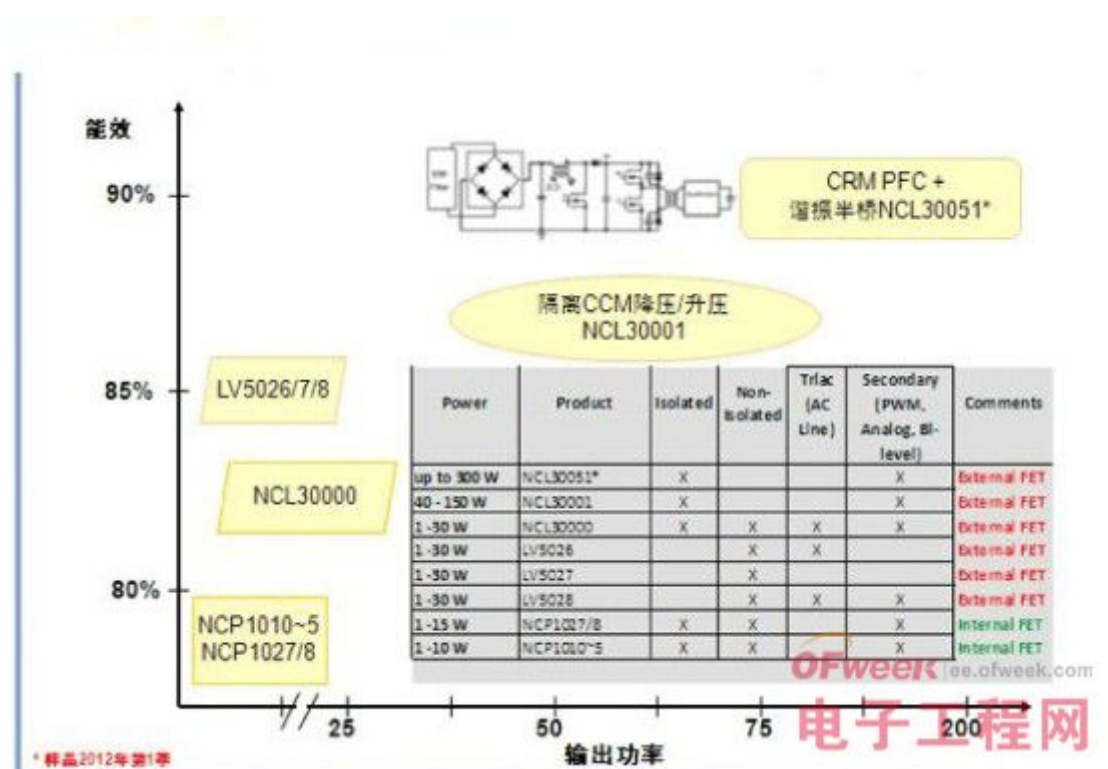


图 7 LED 照明的 AC-DC 电源方案输出功率与效率的对比

总结

本文围绕低功率 AC-DC LED 通用照明应用, 着重分析了隔离型 LED 驱动器的应用设计方案, 相应的介绍了单段式隔离型高功率因数 LED 驱动器方案 NCL30000,

并分析了 NCL30000 如何配合相关要求，如支持 TRIAC 调光、提供高能效、恰当散热及符合相关能效规范标准，并利用在高能效电源及封装方面的核心专长及优势，为 LED 照明应用，特别是通用照明提供了符合各种规范要求控制和驱动器件。这些方案采用独特的 LED 驱动电源架构、模拟及调光技术、反激转换器及非隔离拓扑结构，配合广泛的应用范围，为实现各种通用照明设备提供更多的选择。

OFweek 电子工程网