

## 安森美半导体 AC-DC 非隔离高功率因数 LED 驱动方案

采用交流-直流(AC-DC)电源供电的 LED 通用照明应用中，常见隔离拓扑结构与非隔离拓扑结构。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，非隔离拓扑结构的优势包括磁性元件尺寸更小、能效更高、元件数量更少、总物料单成本更低，以及能以机械设计满足安规等。安森美半导体提供多种非隔离高功率因数 LED 驱动方案，不仅可提供更高的能效，而且设计紧凑，适合不同的中低功率 LED 通用照明应用，如线性荧光灯替代和大功率嵌灯及聚光灯等。

### 常见降压非隔离应用应用 LED 驱动器方案

在 MR16 灯泡、12 V 景观照明、太阳能供电 LED 照明及广告牌文字电路和标志背光等应用中，可以采用灵活的降压驱动器 NCL30160。这器件是针对单电压输入的高能效、峰值电流控制降压控制器，为 MR16 LED 灯泡等空间受限且讲究高能效的应用提供极佳方案。但严格地说，NCL30160 是一款 DC-DC 非降压隔离驱动器方案。

在 G13、GU10、PAR16、PAR20 及嵌灯等 1 至 8 W 低功率 LED 照明应用方面，可以采用安森美半导体的 NCP1015 自供电单片开关控制 IC。这器件集成了 700V 高压 MOSFET，采用 PDIP-7 或 SOT-223 封装，提供构建坚固、低成本的 AC-DC LED 电源转换方案所需的全部特性。这器件既可用于隔离型方案，也可用于非隔离方案，用于满足不同应用要求。其中，基于 NCP1015 的非隔离方案采用抽头电感来隔离交流信号，提高 MOSFET 工作的占空比，提高系统能效及电路性能可以通过减小电容或是谷底填充电路来实现功率因数大于 0.7 的要求。

在照明应用中，如果输出功率要求高于 25 W，LED 驱动器则面临着功率因数校正(PFC)的问题。如美国“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)，即针对住宅应用部分要求功率因数高于 0.7，而针对商业应用部分要求功率因数高于 0.9。在这类应用中，可以采用安森美半导体的 NCP1607 临界导电模式(CrM)方案这器件既可用于隔离型方案，也可用于非隔离方案，

### 支持调光的高功率因数非隔离 LED 器方案

一些 AC-DC 非隔离 LED 照明应用既要求高功率因数，又要求支持调光，如模拟、数字(PWM)或三端双向可控硅开关器件(TRIAC)调光等。在这些应用中，客户可以采用安森美半导体的 NCL30000 功率因数校正 TRIAC 可调光 LED 驱动器，或是 LV5026/29 系列高功率因数可调光 LED 驱动器。

#### 一、NCL30000/2 非隔离可调光高功率因数 LED 驱动器拓扑结构及应用

NCL30000 是用于住宅及商业照明等 LED 照明应用的功率因数校正可调光 LED 驱动器。NCL30000/2 采用紧凑型的 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，因而省却直流

-直流(DC-DC)转换段。典型应用包括 LED 驱动器电源、LED 嵌灯、三端双向可控硅开关组件(TRIAC)可调光 LED 灯及功率因数校正恒压电源。这器件与前沿 TRIAC 调光器和尾沿晶体管调光器兼容。视乎所使用的调光器，LED 输出可调节低至 2%。

NCL30000 采用恒定导通时间 CrM 工作，非常适合于隔离型反激应用，但也可以配置为非隔离型高功率因数拓扑结构。而在非隔离型拓扑结构下，NCL30002 在-40 至 125°C 工作温度条件下有较高电流精度( $<\pm 3.1\%$ )，包含降压及降压-升压拓扑结构等不同选择，下文将进行比较。

### 1) NCL30000 非隔离降压及降压-升压拓扑结构对比

从拓扑结构来讲，降压拓扑结构的不足是输入电流波形取决于输出电压。在这种配置下，由于电感与 LED 串采用串联配置，仅在输入电压超过 LED 正向压降(VF) 时有电流流过；CrM 及恒定导通时间工作可提供高功率因数；直接感测 LED 电流；低环路带宽支持高功率因数工作；MOSFET 电流等于 LED 峰值电流；MOSFET 电压应力等于峰值主电源电压；功率因数(PF)及总谐波失真(THD%)性能取决于输出压降与输入电压之比(VF/Vin)，比例越高，PF 越低；比例越高，THD 越高。

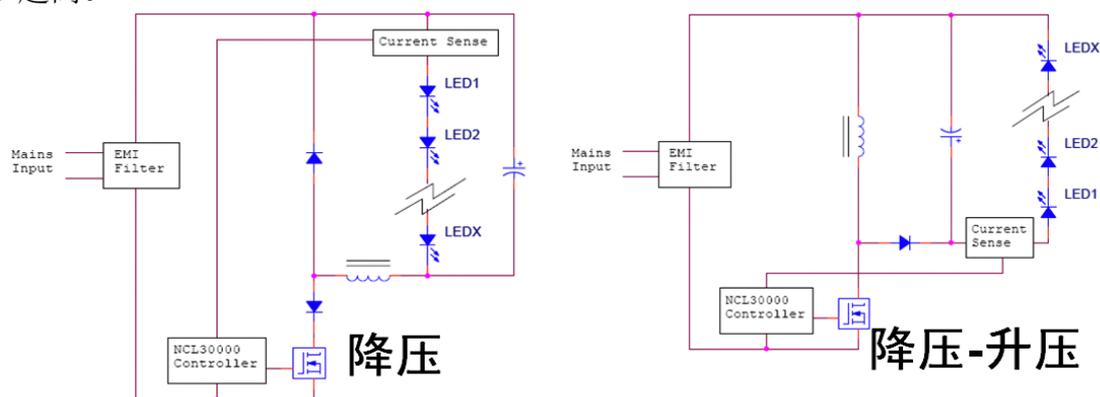


图 1：降压及降压-升压配置比较

相比较而言，降压-升压拓扑结构的输入电流波形跟负载无关，具有高功率因数、良好的总谐波失真性能。降压-升压配置下，电感与 LED 串并未串联，输入电流波形或失真与输出压降(VF)无关；固有的 LED 故障保护功能可在 MOSFET 短路时提供保护；LED 正向压降可以高于或低于输入电压；MOSFET 开关电压应力为输入电压与输出压降之和( $V_{in}+V_{out}$ )。

### 2) 基于 NCL30000 的非隔离降压-升压 LED 驱动器方案

本文将重点探讨降压-升压拓扑结构的 NCL30000 非隔离型 LED 驱动器方案。

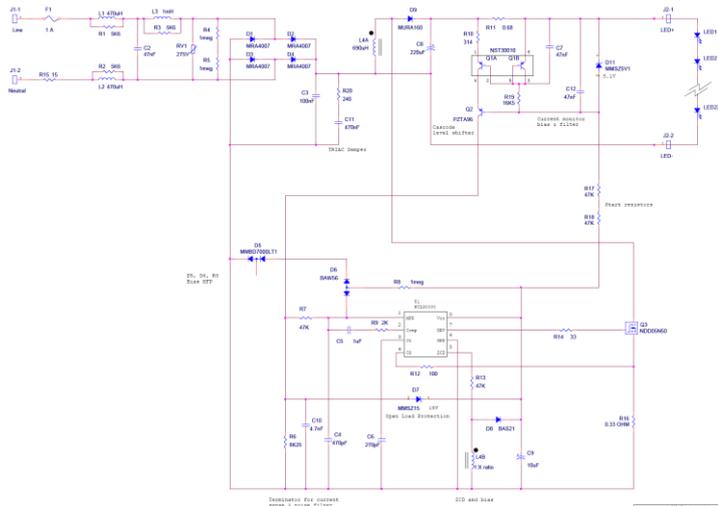


图 2: NCL30000 非隔离降压-升压拓扑结构电路图

如图 2 所示，在 NCL30000 非隔离降压-升压拓扑结构应用中，LED 平均电流被稳流，可稳定线路电压变化和负载变化；可实现 LED 开路及短路保护；如果 FET 短路，LED 仍然安全。

NCL30000 降压-升压拓扑结构的工作原理包括：

- 直接感测 LED 电流，提供真正的平均模式反馈。可以在宽 LED 电压范围内维持紧密的稳流；感测电阻(R9)的阻值很小，可提升能效至最高；匹配的晶体管对(Q1)产生与 LED 电流成正比的电流。
- 分级电平转换晶体管(Q2)将正比例电流耦合至低边控制器；省去了光耦；第二个分级晶体管(Q5)用于“高输入+输出”电压的方案。
- 端接电阻(R14)将正比例电流转换为电压；将电压用作提供给控制器的反馈信号；在 LED 平均电流处关闭反馈环路。
- 低环路带宽提供高功率因数。

### 3) 基于 NCL30000 的 T8 灯管 LED 驱动器演示板

安森美半导体为采用 NCL30000 的 T8 灯管 LED 驱动器提供了高 PF 演示板，用来替代常见的线性荧光灯管。25 W 设计示例在 350 mA 电流时的电压为 72 V，主电源电压范围的能效高于 88%，典型功率因数高于 0.96，尺寸为 18 mm x 200 mm (总高度 19 mm)。

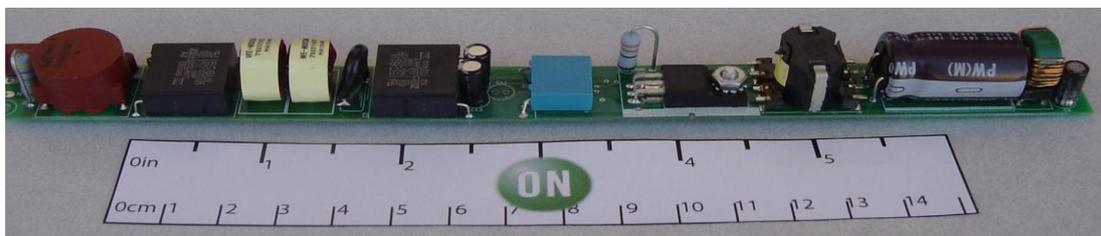


图 3: 基于 NCL30000 的非隔离降压-升压 T8 灯管驱动器演示板

该演示板具有诸多特性：控制器以交流整流回路电压为参考，可降低系统噪声；LED 以交流整流电压为参考，可减少产生的 EMI；直接感测 LED 电流实现真正

的平均模式控制；在宽 LED 电压范围内维持紧密稳压；恒定导通时间提供高功率因数及低总谐波失真；使用偏置绕组提供负载开路保护；热反走，带自动恢复；监控 LED 电流，提供短路保护；感测 FET 电流，用于故障保护。

25 W T8 灯管 LED 驱动器设计示例的设计要求包括：输入电压范围为 90 至 305 Vac；为 LED 提供 350 mA 恒定电流；LED 串最大电压为 71.4 V；LED 串最小电压为 55 V；最小交流主电压的峰值时开关频率为 70 kHz；能效约为 90%。

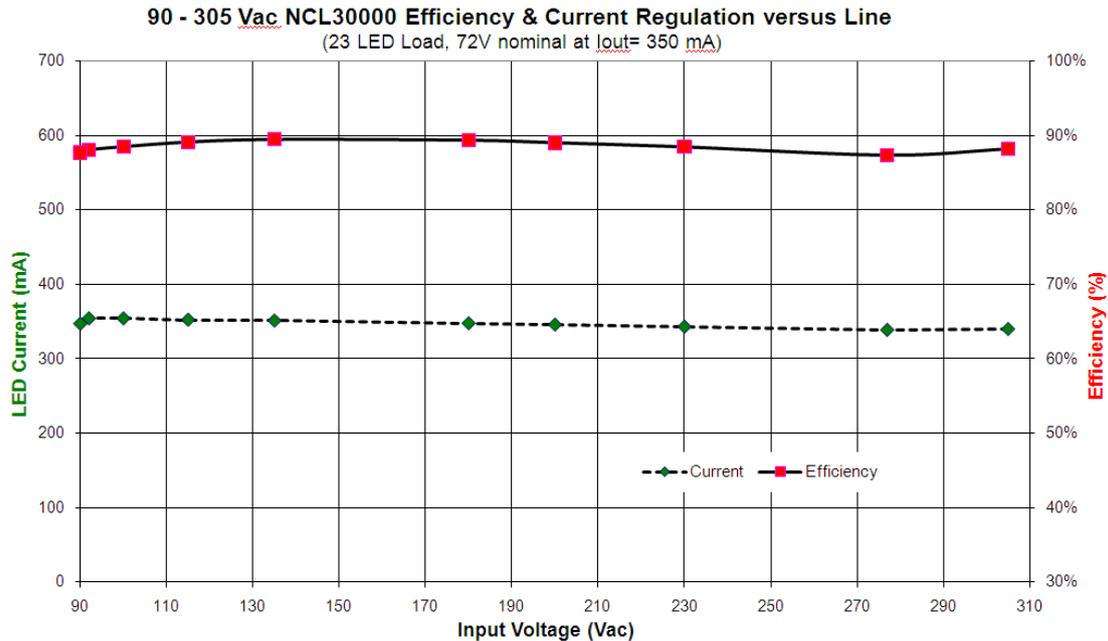


图 4：NCL30000 降压-升压非隔离 LED 驱动器演示板性能测试结果

#### 4) 基于 NCL30000 的 TRIAC 可调光高功率因数 GU10 LED 驱动器方案

对上述方案进行一些必要的修改，还可配合 TRIAC 调光。修改措施包括：在偏置绕组上增加更多匝数、增加偏置稳压器用于宽范围调光、可选加速调光电路以优化调光响应、优化 EMI 滤波器以适应 TRIAC 导通时的大阶跃电压等。

修改后方案的电源规范摘要包括：输入电压 100 至 130 Vac；3 个 LED 的输出为 470 mA；额定输出功率约 4.7 W；非隔离设计 TRIAC 调光；功率因数校正 > 0.85；100 至 130 Vac 的能效 > 82%。

## 二、LV5026MD/29MC 系列非隔离降压 LED 驱动器方案

除了 NCL30000，客户也可以采用安森美半导体成员公司三洋半导体的 LV5026MD/29MC 系列非隔离降压 LED 驱动器，并根据实际调光要求，选择适合的产品。例如，若需要同时支持 TRIAC 调光、PWM 调光及模拟调光，则应选择 LV5026M；若只需要支持 PWM 及模拟调光，则可选择 LV5029MC。

以非隔离可调光高功率因数 LED 驱动器 LV5026MD 为例，它可驱动大功率场效应管电路，采用步进控制方式，具有频率振荡、基准电压外部调整、兼容数字调光和模拟调光、内置软启动、过电流保护、过热保护、过电压保护电路等特性。电路图如图 6 所示。

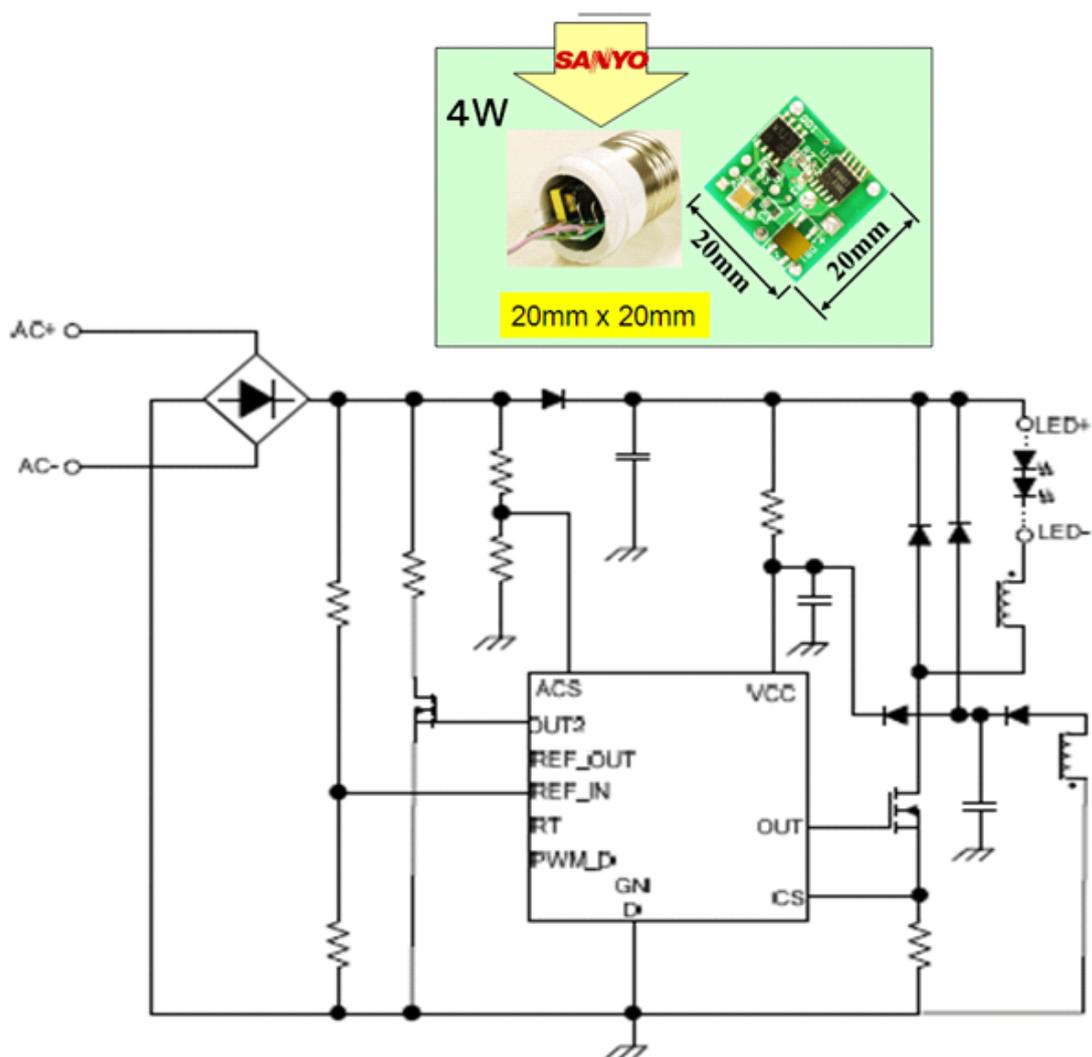


图 6: 采用 LV5026MD 的非隔离降压 LED 驱动器

使用 LV5026MD 的 LED 照明驱动电路时，改变电路构成可以提高功率因数。对应方法包括：减小 AC 电压平滑用电容器，扩大 AC 电流的导通角；控制功率场效应管中流的电流同输入的 AC 电压成比例。

### 总结

NCL30000 和 LV5026MD 均支持隔离及非隔离拓扑结构，可以提供更高的能效，在主电源输入电压及 LED 负载范围内提供紧密的 LED 稳流；同时，具有高功率因数和低 THD 特性，可以优化切相调光器应用。安森美半导体提供的宽范围的 LED 驱动器方案，配以相关工具及支持，有助于实现紧凑设计，适合不同的中低功率 LED 照明应用，同时帮助客户加快产品上市。

供稿：安森美半导体