

## 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 NCL30100。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，NCL30100 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。

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)降压方案，可以通过减小电容或是谷底充电电路来实现功率因数大于 0.7 的要求。。

### 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 LV502x 系列高功率因数可调光 LED 驱动器。

### 一、 NCL30000 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 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,NCL30000 又包含降压及降压-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。

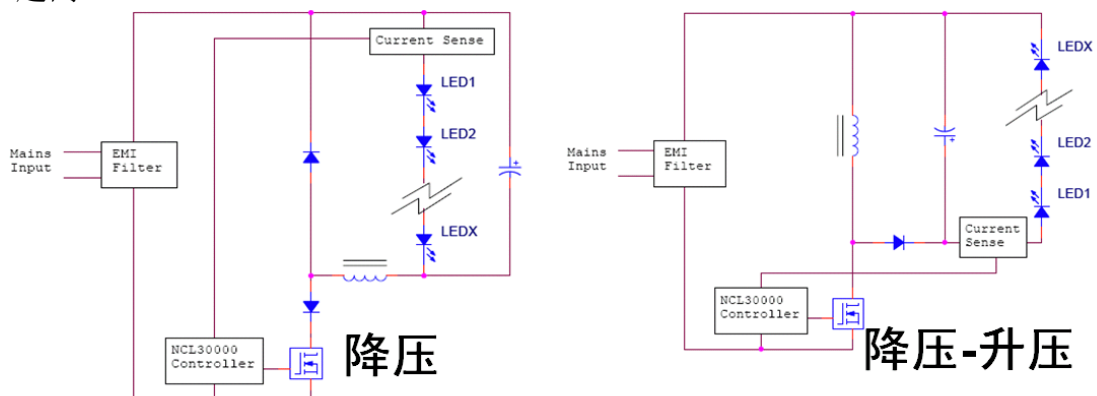


图 1: 降压及降压-升压配置比较

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(Vin+Vout)。

#### 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。

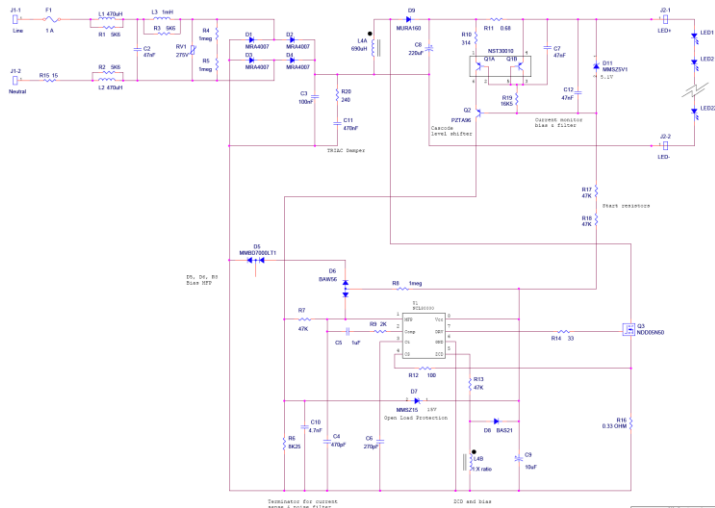


图 2: NCL30000 非隔离降压-升压拓扑结构电路图

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)。

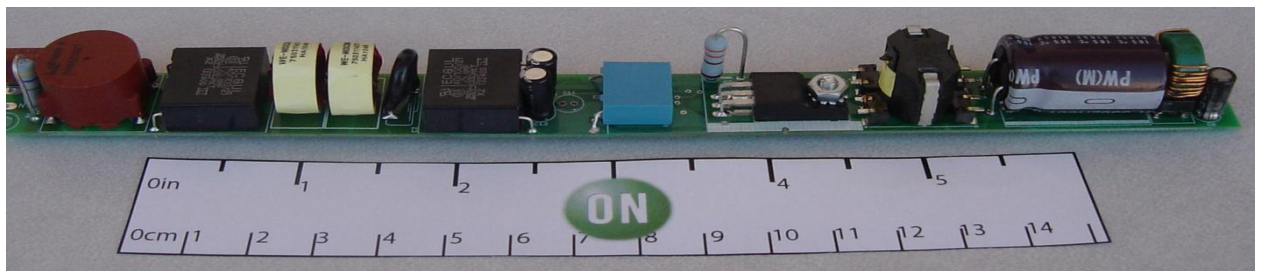


图 3: 基于 NCL30000 的非隔离降压-升压 T8 灯管驱动器演示板

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%。

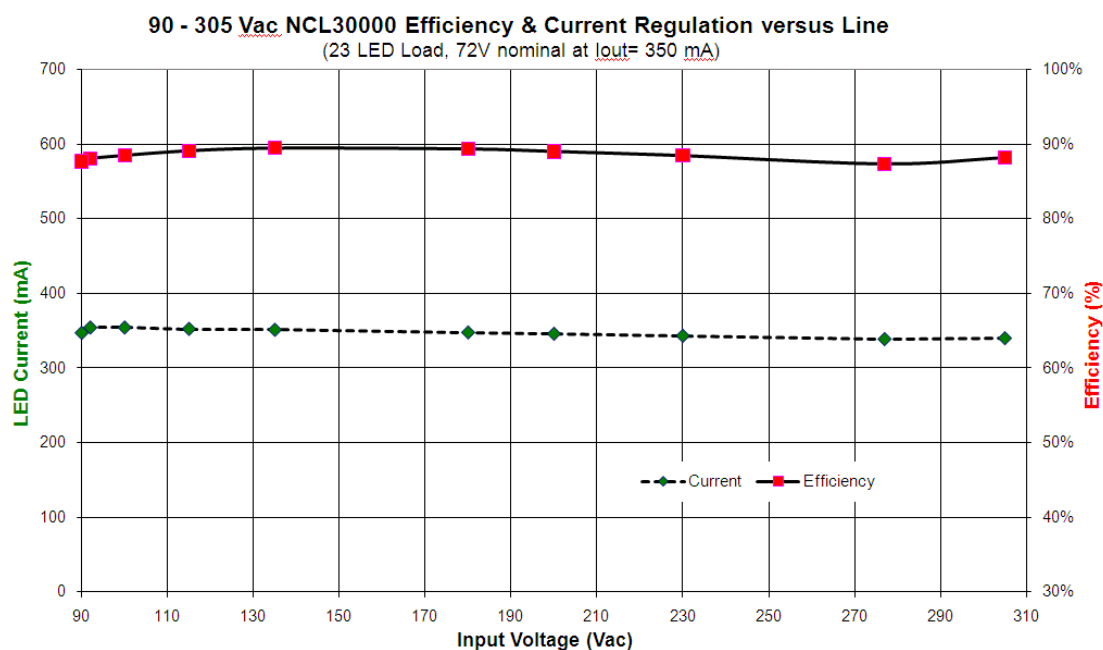


图 4：NCL30000 降压-升压非隔离 LED 驱动器演示板性能测试结果

#### 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、LV502x 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 LV502x 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(见图 5)。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 TRIAC 调光，若不需要支持调光，则可选择简化版的 LV5027T。

器件	TRIAC调光	PWM调光	模拟调光	PFC	封装	尺寸
LV5026M	✓	✓	✓	✓	MFP10S	5.3*6.4
LV5028TT	✓			✓	MSOP8	3.4*4.9
LV5027T					MFP10S	5.3*6.4

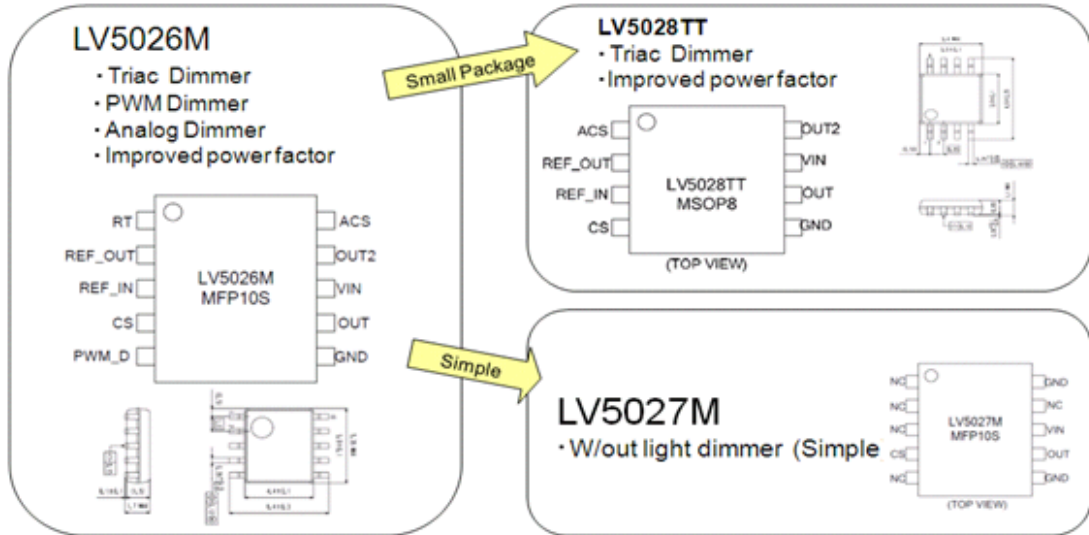


图 5: LV502x 系列非隔离降压 LED 驱动器比较及相互关系

以非隔离可调光高功率因数 LED 驱动器 LV5026 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 5 所示。

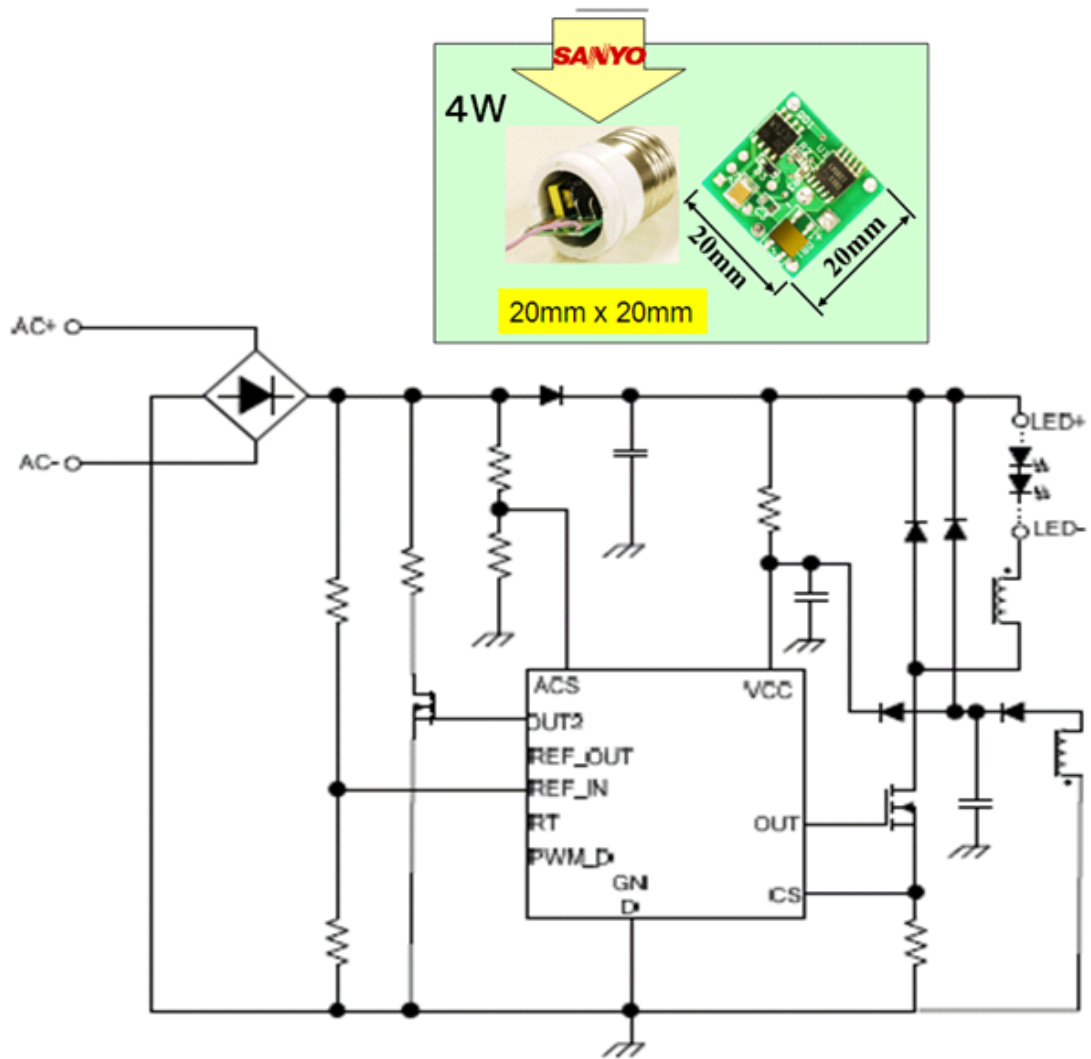


图 5：采用 LV5026 的非隔离降压 LED 驱动器

使用 LV5026M 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 LV5026M 均支持非隔离拓扑结构，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