



安森美半导体
ON Semiconductor®

AC-DC、DC-DC、线性 LED 驱动器方案选型实例



[前言]

随着 LED 在性能和成本等几乎各个方面的改进，其应用范围越来越广，除了已经开始小型移动设备背光、汽车内部照明和尾灯等应用中普及开来，还在加快向中大尺寸 LCD 背光以及通用照明市场渗透。对于通用照明设计工程师而言，需要为其应用选择适合的 LED 驱动器方案。但 LED 照明应用涉及到 AC-DC、DC-DC 或电池等不同供电电源，应用功率也大小有异，往往需要不同拓扑结构的驱动电源，这就会为设计工程师带来了挑战。此外，一些特定应用，如要求低电流的 LED 应用，也需要采用更优化的 LED 驱动解决方案。

本电子书将重点分析 AC-DC、DC-DC 等不同 LED 驱动应用的设计要求，介绍安森美半导体相应的各种拓扑结构的 LED 开关驱动器方案。此外，还介绍安森美半导体专门针对低电流 LED 应用的新颖的恒流稳流器(CCR)方案，以及公司主要的线性 LED 驱动器方案。安森美半导体身为应用于高能效电子产品的首要高性能硅方案供应商，针对 LED 照明应用提供完整的系统方案，除了 LED 驱动器方案，还包括电源、通信、光传感器、MOSFET、整流器、保护、滤波器及热管理产品等。安森美半导体还提供数款高能效 LED 照明参考设计及 GreenPoint®网上设计工具，帮助设计工程师更快地选择适合的 LED 驱动器方案，缩短设计周期，加快产品上市进程。

目录

第一章：低功率 AC-DC LED 通用照明设计挑战暨安森美半导体高效方案.....	3
低功率 LED 照明应用选择驱动器须考虑的因素.....	3
改善低功率 LED 住宅照明应用能效的方案.....	4
应对更高功率因数及 TRIAC 调光挑战的方案	5
后续方案展望.....	6
小结:	6
第二章：应用于 LED 区域照明的电源、保护及联网方案.....	7
LED 街灯及区域照明驱动电源选择.....	7
1) 基于 NCL30001 的电流可调节恒流功率因数校正区域照明 LED 电源.....	7
2) 基于 NCP1607 和 NCP1397 的超高能效大功率 LED 街灯电源方案	8
增强 LED 串可靠性的保护方案.....	9
构建联网的 LED 街灯智能控制系统.....	9
小结:	10
第三章：如何为不同 DC-DC LED 照明应用选择适合的高效驱动器方案?	11
LED DC-DC 开关稳压器拓扑结构.....	11
LED DC-DC 降压驱动器方案.....	11
LED DC-DC 升压驱动器方案.....	13
LED DC-DC 降压-升压驱动器方案	13
GreenPoint®网上设计仿真工具加快 DC-DC LED 照明设计	14
小结:	14
第四章：线性 LED 驱动器方案概览及其典型应用.....	15
针对低电流 LED 驱动的线性 CCR 及应用示例	15
应用于可寻址标志、建筑物装饰光等应用的线性 LED 驱动器.....	17
小结:	19
参考资料:.....	20

第一章：

低功率 AC-DC LED 通用照明设计挑战暨安森美半导体高能效方案

近年来，照明已经成为世界各国推动节能环保所瞄准的一个重要领域。据统计，全球每年约有 20% 的电能用于照明，这些电能中又有约 40% 用于低效的白炽灯照明。而随 LED 在光输出性能、成本等几乎各个方面的持续改进，LED 通用照明已经成为白炽灯等传统照明的一种极引人注目的替代解决方案。

典型的 LED 通用照明应用包括电灯泡和荧光灯管替代、嵌灯、街灯及停车灯、工作照明灯(台灯、橱柜内照明)、景观照明、广告牌文字电路、建筑物照明等。LED 街灯的功率较高，一般在 50 W 至 300 W 之间；LED 建筑物及区域照明应用的功率一般在 40 W 到 125 W 之间，属于中等功率范围；30 W 以下的可统称作低功率 LED 照明应用，包括特定指向照明，如橱柜内照明、嵌灯、射灯



PAR20/30/38 灯光替代、台灯等，以及全向照明，如重点照明、家电、通用照明 A 型灯替代、装饰性灯具及吊扇灯等。本文将重点探讨 30 W 以下功率的低功率 LED 通用照明应用，以及安森美半导体相应的高能效方案。

图 1：常见低功率 LED 照明应用。

低功率 LED 照明应用选择驱动器须考虑的因素

LED 驱动器的主要功能，就是无论输入及输出条件如何变化，都能在工作条件范围下限制电流，其应用设计面临多种限制条件，如高能效(低损耗)、高性价比、宽环境条件、高可靠性、灵活、符合电磁干扰(EMI)及谐波含量等方面的标准、可改造用于已有应用及能采用传统控制方式工作等。

要为低功率 LED 应用选择适合的驱动器并不容易，需要顾及不同的因素。例如，商业和住宅市场对 LED 灯具在工作温度、使用时长、性能及“能源之星”等行业标准方面的要求并不相同。此外，灯泡替代应用也存在着独特挑战，如 LED 电源及驱动器的热度限制、尺寸受限及兼容的调光技术等。

就 LED 通用照明适用的标准而言，主要有美国“能源之星”要求的功率因数校正(PFC)标准以及欧盟的国际电工委员会(IEC)对总谐波失真的限制标准。其中，“能源之星”V1 版灯具标准要求 LED 照明灯具具备 PFC，适用于嵌灯、橱柜灯及台灯等特定产品，但与功率电平无关。这标准要求住宅应用的功率因数(PF)高于 0.7，而商业应用高于 0.9。这标准是自愿性标准，将于 2011 年 9 月实施。而“能源之星”的 1.1 版整体式 LED 灯泡标准已于 2010 年 8 月生效，要求输入功率高于 5 W 的灯泡功率因数高于 0.7。

如前所述，为低功率 LED 照明应用选择适合的驱动器须考虑众多因素，这其中，

有关功率因数等行业标准尤为重要。接下来，我们以安森美半导体的相关产品为例，探讨如何在低功率照明应用中提供高功率因数。

改善低功率 LED 住宅照明应用能效的方案

以住宅照明的台灯和橱柜灯等应用为例，功率一般在 3 W 到 8 W 之间。这样的低功率应用最适合采用隔离型反激拓扑结构。但传统离线反激电源转换器在开关稳压器前面采用全波整流桥及大电容，这种配置的功率利用率或输入线路波形的 PF 较低，仅在 0.5 至 0.6 的范围。

这就要引入 PFC。如可在反激转换器前采用 NCP1607B 这样的有源 PFC，能提供高于 0.98 的 PF，但增加了元件数量及复杂性，且最适合的功率远高于本应用要求。无源 PFC 方案众多，可改善 PF，但通常都使用较多额外元件，增加成本及电路板占用空间，并降低可靠性。

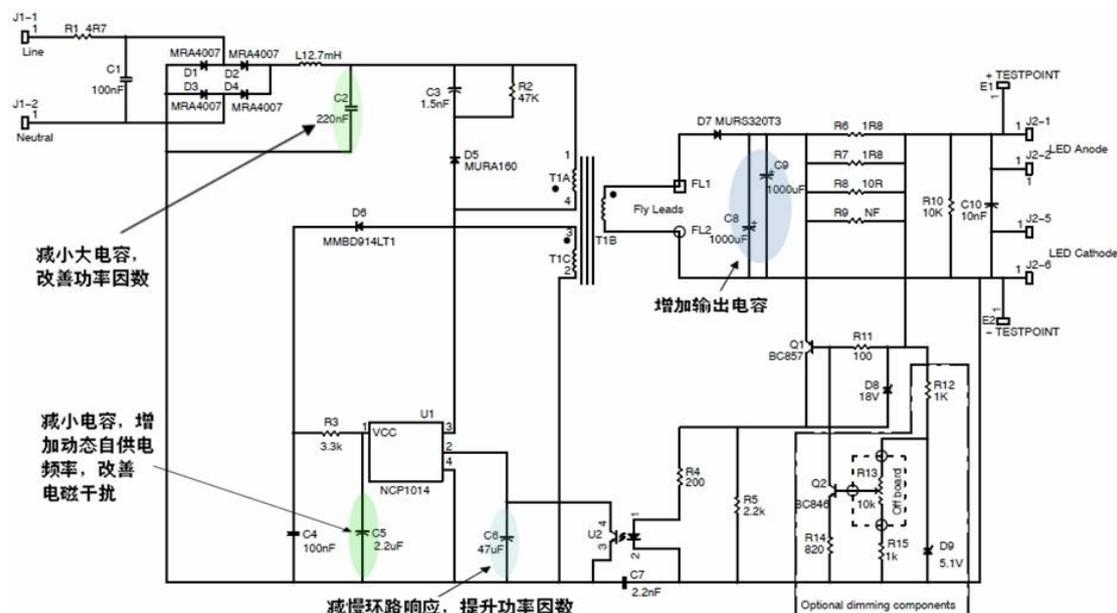
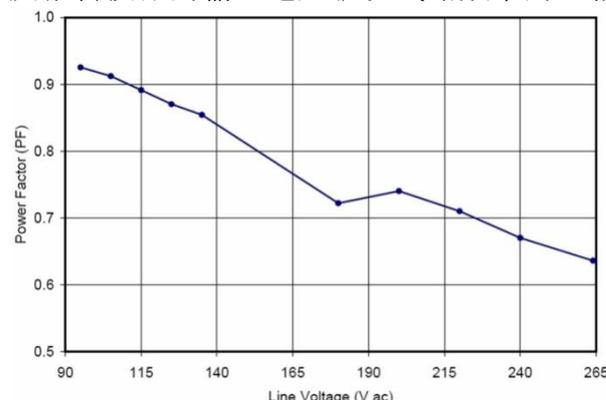


图 2：改善了功率因数的 NCP1014 应用电路图。

实际上，高功率因数通常需要正弦线路电流，且要求线路电流及电压之间的相位差极小。修改传统设计的第一步就是在开关段前获得极低电容，从而支持更贴近正弦波形的输入电流。这使整流电压跟随线路电压，产生更合意的正弦输入电流，反激转换器的输入电压就以线路频率的 2 倍跟随整流正弦电压波形。如果输入电流保持在相同波形，功率因数就高。



安森美半导体的 NCP1014 自供电单片开关稳压器采用固定频率工作，电流不能上升到高于某个特定点；这个点由输入电压及开关周期或导电时间结束前的初级电感来确定。由于导电时间的限制，输入电流将跟随输入电压的波形，从而提供更高的功率因数。

图 3：基于 NCP1014 的演示板在 20°C 环境温度及 8.0 W 输出功率下提供更高功率因数。

应对更高功率因数及 TRIAC 调光挑战的方案

要针对低功率 LED 照明应用提供高于 0.9 的功率因数及低总谐波失真，以适合商业应用要求，就有必要使用新的拓扑结构。在这种情况下，传统的两段式拓扑结构(PFC 升压+反激转换)就无法满足要求了。相应的，我们可以使用基于安森美半导体 NCL30000 临界导电模式(CrM)反激控制器的单段式 CrM 反激拓扑结构。单段式拓扑结构省下专用的 PFC 升压段，帮助减少元器件数量，降低系统总成本，并提供高功率因数。图 4 显示的是安森美半导体基于 NCL30000 的单段式高功率因数反激拓扑结构的简化功能框图。

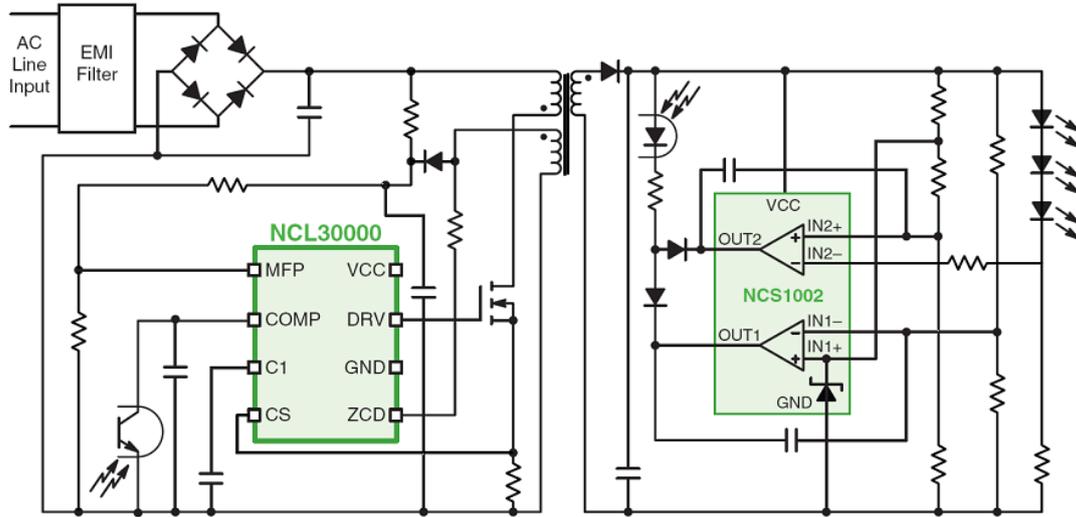
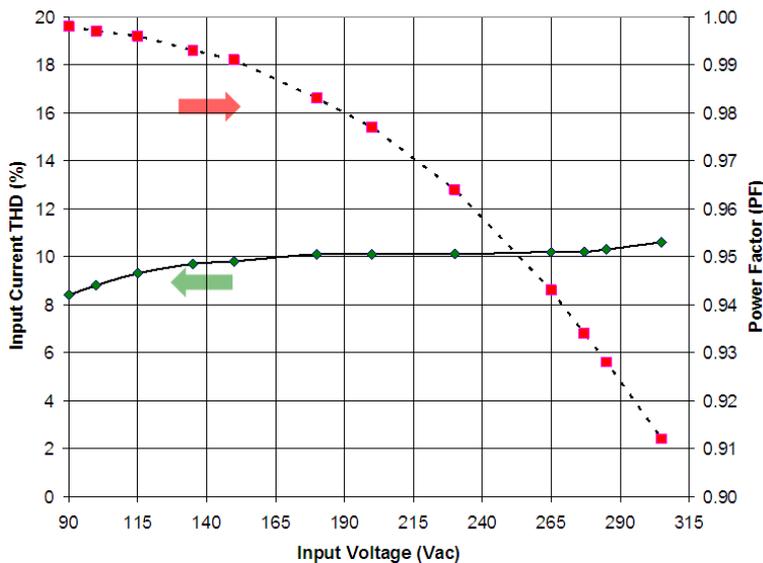


图 4: 基于 NCL30000 的单段 CrM 反激 LED 驱动器 GreenPoint®参考设计框图。

值得一提的是，与前述针对住宅应用使用开关稳压器(内置 FET 等旁路元件)的方案不同，我们在针对商业照明的应用中使用的是宽动态范围的精确导通时间控制器方案 NCL30000。设计中采用控制器(外置 FET 等旁路元件)方案的原因包括易于在能效和成本之间



于在能效和成本之间实现折衷、能以单颗控制器支持宽功率范围(5 到 30 W)、及便于优化散热及灵活布线等。基于 NCL3000 构建的 90 到 305 Vac EFD25 演示板($V_{out} = 12 \text{ LED}, 37 \text{ Vdc}$)测试显示，功率因数远高于 0.9，部分输入电压条件下甚至高于 0.95(见图 5)，能效极高。

图 5: 基于 NCL30000 的演示板 PF 及 THD 测试结果。

此外, TRIAC 调光器应用广泛, 故 LED 驱动方案的一项挑战就是兼容 TRIAC 调光这样的已有调光技术, 因为 TRIAC 调光器设计针对的是电阻型负载的白炽灯泡(功率因数约为 1)。有利的是, 基于 NCL30000 的设计提供极高的功率因数, 轻松符合商业应用的功率因数要求。且用示波器截取的波形显示, 优化设计的 NCL30000 单段式 CrM 反激电源的基本电流波形与输入电压波形保持同相, 输入电流波形看上去象是电阻型负载的波形, 能够兼容 TRIAC 调光。

为了支持客户在低功率 LED 商业照明应用中应用 NCL30000 PFC 控制器, 安森美半导体提供设计目标功率低于 18 W、旨在以 350 mA 电流驱动 4 到 15 颗 LED 的三款 NCL30000 评估演示电路板, 分别是 NCL30000LED1GEVB(输入电压 90 至 135 Vac, TRIAC 可调光)、NCL30000LED2GEVB(输入电压 180 至 265 Vac, TRIAC 可调光)及 NCL30000LED3GEVB (输入电压 90 至 305 Vac)。当然, 客户可能需要支持更大功率及更大电流的选择。这时候就需要优化变压器及输出整流器和电容等关键元器件, 并将输出绕组由串联改为并联方式。而且有利的是, NCL30000 作为控制器方案, 支持宽功率范围。

后续方案展望

LED 在通用照明中替代白炽灯泡的应用前景极为广阔, 但仍有不少挑战有待解决。A 型灯、E26、E27 等传统白炽灯包含不同功率等级, 如 40 W 白炽灯一般提供约 450 流明(lm)的光输出。如今一流暖白光 LED 的光效约为 100 lm/W, 考虑到热效应及光电转换效率问题, 要提供 450 lm 光输出, 大约需要 5 到 7 颗 LED, 而将这些 LED 装配在灯泡内存在着空间及性能方面的挑战。有利的是, 安森美半导体正在开发相应的 LED 驱动器方案。

此外, 在上述方案中, NCL30000 用于隔离型高功率因数拓扑结构。实际上, 这器件也可配置为非隔离型降压或降压-升压拓扑结构。

小结:

为低功率 LED 通用照明应用选择适合的驱动器方案需要顾及跟应用相关的多种因素, 如空间、能效、环境条件及兼容的调光技术等。本文以安森美半导体的 NCP1014 单片开关稳压器及 NCL30000 功率因数校正 TRIAC 可调光 LED 驱动器为例, 重点探讨如何应对低功率住宅及商业 LED 照明应用针对功率因数要求等方面的挑战, 分享了这些方案的相关能效测试结果, 显示它们非常适合用于设计满足“能源之星”等相关规范标准功率因数要求的低功率照明应用。这两款产品仅是安森美半导体宽范围 LED 驱动器方案的少数示例, 客户利用这些高能效、高性能 LED 驱动器方案, 辅以安森美半导体提供的 GreenPoint®网上设计仿真工具, 能够缩短设计周期, 加快产品上市。

第二章：

安森美半导体应用于 LED 区域照明的电源、保护及联网方案

高压钠灯(HPS)等高强度气体放电灯(HID)具有光强度高、寿命长等特点，广泛应用于诸如街道照明、停车场及公园等公共场合的区域照明应用。另一方面，高亮度白光发光二极管(LED)在性能和成本等方面持续改进，非常适合区域照明应用，并且提供一些 HID 所不具备的优势，如方向性更好、色彩质量更佳、环保，并且其开启和关闭能够更方便地控制，便于自动检测环境光从而改变亮度；此外，LED 的可靠性也更佳，利于降低维护成本及总体拥有成本。

当然，要在街道和区域照明应用中采用 LED 来替代 HID 并产生同等的光输出，就要求采用大阵列的 LED。要驱动这些大阵列的 LED，设计人员可以选择不同的方案。另外，不同 LED 串的亮度需要保持一致，如果某个 LED 发生开路故障，可能造成整串 LED 关闭的后果，故需要顾及为 LED 串提供保护的方案。此外，要构建联网的智能化 LED 街灯控制系统，也需要采用适合的通信及线路驱动方案。下文将探讨这些问题及相应的安森美半导体解决方案。

LED 街灯及区域照明驱动电源选择

区域照明应用的功率一般高于 40 W。根据应用条件或要求的不同，可以采用不同的电源方案来驱动 LED 阵列。安森美半导体身为应用于绿色电子产品的首要高性能、高能效硅方案供应商，提供用于 LED 街灯及区域照明的不同电源方案，满足客户不同需求。

1) 基于 NCL30001 的电流可调节恒流功率因数校正区域照明 LED 电源

有些区域照明应用场合要求提供带输入功率因数校正的隔离型稳压输出电压。这些应用通常采用两段式的电源转换架构，其中的升压功率因数校正(PFC)将交流输入线路电压转换及预稳压为直流 400 V 电压，然后提供电压给可以是任何适当拓扑结构的常规直流-直流(DC-DC)转换器(功率不超过 150 W 的应用中通常是反激转换器)。

我们能够采用一种更简单的方法来改进这种传统的两段式转换架构，使其成为一种集成功率因数校正和主转换器(即 DC-DC 转换器)的单段式架构。这种单段式架构提供具备显著的应用优势，因为无需使用大尺寸的升压电感、高压 MOSFET、功率整流器和大电容。当然，这种单段式架构会带来某些方面的一些性能折衷，但却是一种高效及高性价比的方案，适合于负载相对恒定的应用，如 LED 区域照明。

NCL30001 就是一种单段式控制器，集成了功率因数校正和隔离型降压 DC-DC 转换电路，帮助减少元件数量、降低系统成本，支持更高的 LED 电源总体能效。NCL30001 提供稳流恒流来直接驱动 LED，省下了 LED 光条中集成的线性或 DC-DC 转换(参见图 1)。安森美半导体的设计笔记 AND8427 中描述了一种基于 NCL30001 单段连续电流模式(CCM) PFC 控制器和 NCS1002 次级端恒压恒流(CVCC)控制器的 LED 电源，适合街灯等区域照明应用。

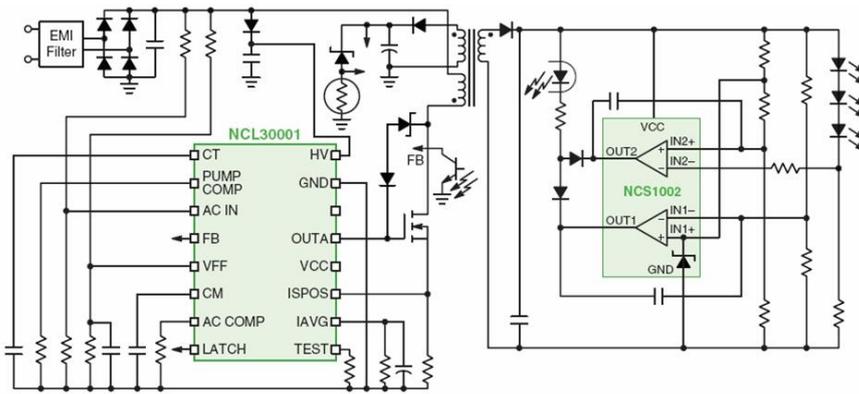


图 1：基于 NCL30001 的 LED 驱动电源方案适合 40 到 125 W 区域照明应用。

测试表明，在 90 至 264 Vac 输入电压条件下，基于 NCL30001 的 LED 电源提供高于 85% 的高能效，功率因数也高于 0.9，并提供短路和过压保护。设计人员略微调整次级端控制电路中的电阻，就可以调节稳流电流及稳压电压，从而支持终端产品的具体应用要求。另值一提的是，虽然这种电源是设计旨在提供紧密稳流的固定电流，但也可以工作在恒定电压模式，因为其电流和电压根据 NCS1002 中集成的紧密稳压的 2.5 V 参考电压来稳流和稳压。

2) 基于 NCP1607 和 NCP1397 的超高能效大功率 LED 街灯电源方案

近年来，业界对超高能效的 LED 照明拓扑结构兴趣日浓，期望在功率电平相对较低(<50 W)时提供高于 90% 的能效，这个能效目标甚至比“能源之星”2.0 版外部电源能效要求(功率不超过 49 W 时能效高于 87%)更高。要达到这样高的能效，需要采用新的拓扑结构，如从反激拓扑结构转向谐振半桥拓扑结构，从而充分发挥零电压开关(ZVS)的优势。有利的是，安森美半导体早已着手开发能用于 LED 驱动电源的高能效半桥解决方案，如 NCP1396 及其升级版 NCP1397 高性能谐振模式控制器。NCP1397 内置高端和低端驱动器，支持可调节及精确的最低频率，提供极高能效，并具备多种故障保护特性。基于 NCP1607 PFC 控制器和 NCP1397 双电感加单电容(LLC)半桥谐振控制器的 LED 电源方案(见图 2)非常适合功率在 50 到 300 W 范围的高能效 LED 街道照明应用。

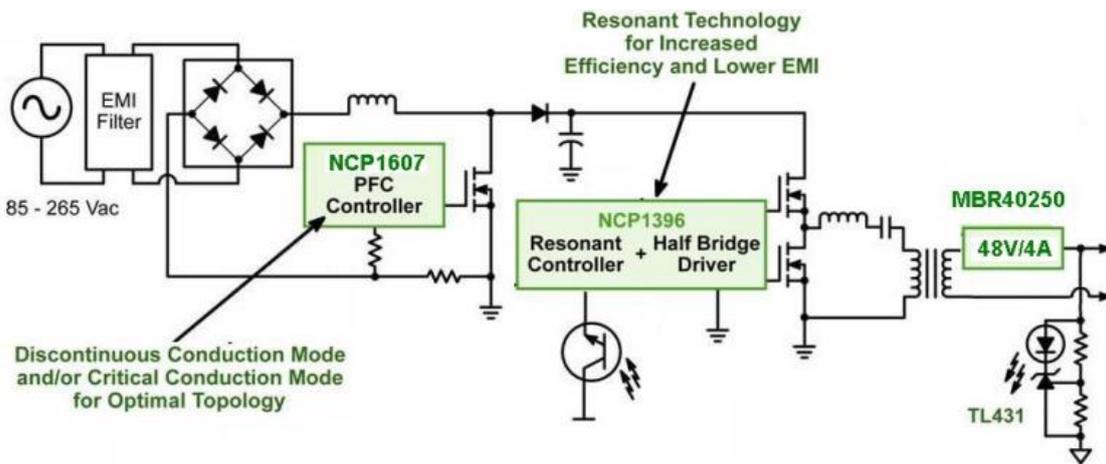


图 2：基于 NCP1607 和 NCP1397 的街道照明高能效 LED 电源方案。

除了这些方案，设计人员还可以根据设计需求选择安森美半导体的其它 LED 电源方案，如 NCP1607 PFC 控制器+NCP1377 准谐振控制器，或 NCP1607+NCP1392/3 等。

增强 LED 串可靠性的保护方案

如前所述，区域照明应用中通常会采用多串 LED。虽然 LED 本身的可靠性很高，但如果 LED 串中的某个 LED 发生开路故障，那么整串 LED 就可能关闭，而街道照明等应用中就要避免这种状况，从而降低后期维护成本。有鉴于此，安森美半导体推出了 NUD4700 LED 电流旁路保护器(见图 3)。这器件是一款分流器件，万一 LED 串中某个 LED 开路，则会提供电流旁路，确保在某个 LED 故障的条件下整串 LED 不会关闭；而且恰当处理散热的话，还可支持大于 1 A 的大电流。

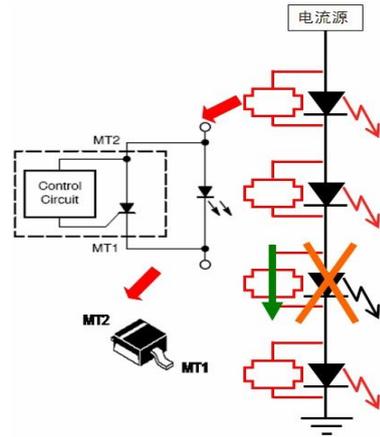


图 3: LED 分流保护。

构建联网的 LED 街灯智能控制系统

对于 LED 街道照明而言，可以在集中控制中心与街灯之间应用双向通信，构建完全联网的智能街道照明系统。这样，政府机构、电力公司或商业团体能够远程调节 LED 街灯的光输出，并因此降低街道照明网络的总能耗，并降低费用支出。另外，也可以在系统中集成环境光传感器，根据环境光的亮度来自动调节 LED 的光输出，从而帮助节能。

有利的是，设计人员采用安森美半导体的 AMIS-49587 电力线载波(PLC)调制解调器、PLC 线路驱动器 NCS5650 和诸如 NOA1302 这样的环境光传感器，基于电力线轻易地构建联网型 LED 街灯智能控制系统(参见图 4)。其中，安森美半导体的环境光传感器包含的输出类型，如 NOA1302 和 NOA1305 提供的是数字输出，而 NOA1211 为模拟输出。这些光传感器的工作电流极低，在 100 流明光输出条件下分别仅为 58 μA 、550 μA 和 115 μA ，因而对系统能效的影响极小。

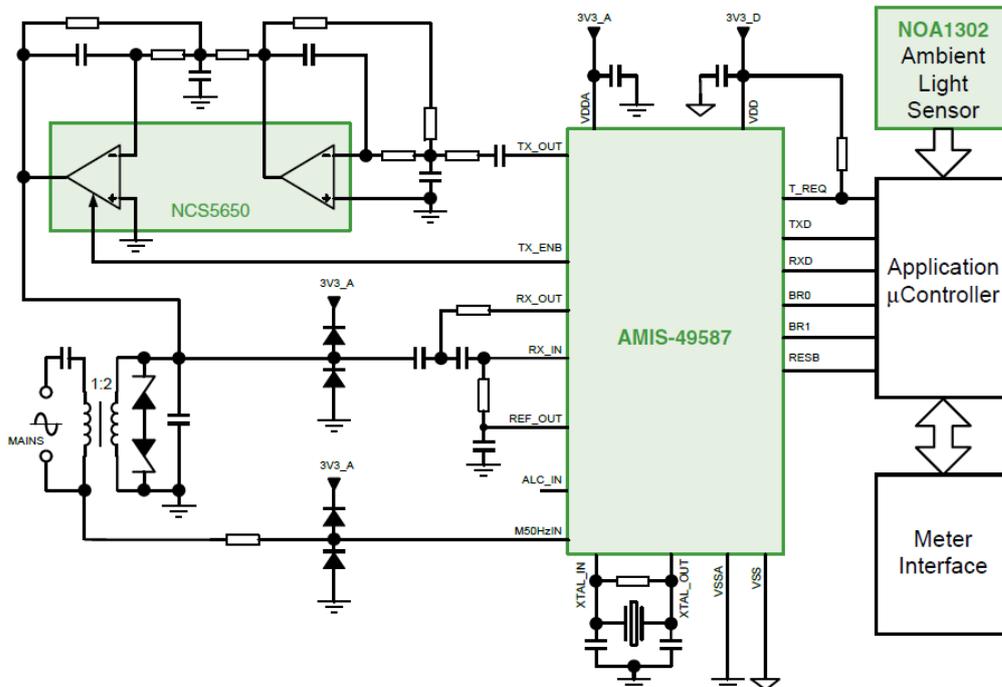


图 4: 基于 AMIS-49587 等器件的联网型 LED 街灯智能控制系统。

小结:

安森美半导体身为应用于绿色电子产品的首要高性能、高效能硅方案供应商，为 LED 区域照明应用提供完全的解决方案，如基于 NCL30001 的电流可调节恒流功率因数校正方案和基于 NCP1607 及 NCP1397 的超高能效大功率方案等驱动电源方案，基于 NUD4700 的 LED 串保护方案，基于 AMIS-49587、NCS5650 和 NOA1302 的联网型 LED 街灯控制方案，以及相关的 MOSFET、整流器、滤波器和热保护产品等，为用户提供丰富的选择，帮助他们缩短设计周期，加快产品上市进程。

第三章：

如何为不同 DC-DC LED 照明应用选择适合的高能效驱动器方案？

近年来，高亮度 LED 的应用领域不断增多，涵盖从移动设备背光、中大尺寸 LCD 背光、汽车内部及外部照明及通用照明等宽广范围。常见 DC-DC LED 照明应用包括景观照明、内部低压道路照明、太阳能供电照明、汽车照明、应用车辆照明、船舶应用、低压卤素类替代及飞机内部照明等。本文将重点探讨如何为不同 DC-DC LED 照明应用选择适合的安森美半导体高能效驱动器方案。

输入电源	应用	电压及稳压要求
离线交流 稳压适配器	中小功率应用， 降低安全要求	常见电压为12、24、36及 48 Vdc，稳压精度达±5%
(密封) 铅酸电池	汽车或太阳能供电， 船舶	宽松稳压，8至14+VDC， 在汽车应用电压范围为更 宽的7至27 V
12 V直流及 12 V交流	常见于内部道路照 明及户外景观应用	若是镇流器则宽松稳压， 若是电子镇流器则稳压精 度达±5%，可能有最小负 载要求，会有线路损耗

表 1：常见 DC-DC LED 照明应用。

LED DC-DC 开关稳压器拓扑结构

根据输入电压与输出电压之间的关系，我们可将 LED DC-DC 开关稳压器的拓扑结构分为以下几种类型：

降压：适合于在所有工作条件下最小输入电压始终高于 LED 串最大电压的应用。例如，以 12 V 电源驱动单颗 1 W LED 时，使用这种拓扑结构。

升压：适合于在所有工作条件下最大输入电压始终低于 LED 串最小电压时的应用。例如，以 5 V 电源驱动 6 颗 LED 时，使用这种拓扑结构。

降压-升压，或单端初级电感转换器(SEPIC)：适合于输入电压与输出电压有交迭的应用。例如，以 12 V 汽车电池驱动 4 颗 LED 时，可使用这种拓扑结构。

不同拓扑结构适合采用不同的 LED 驱动器方案。安森美半导体身为应用于高能效电子产品的首要高性能硅方案供应商，运用公司在电源管理方面的专业技术及专知，针对各种 LED 照明应用提供宽广范围的高能效驱动器方案，其中包括各种高能效 DC-DC LED 照明方案。

LED DC-DC 降压驱动器方案

典型 LED DC-DC 降压应用有如在线槽灯、书架灯及展示柜灯等中使用的高亮度模块化灯条，一般每条(11.5 x 1 英寸) 4 颗 LED，根据颜色的不同，光效为 23 至 47 lm/W，电压为 23 至 25 V。

根据频率及电流的不同，这类应用中可以使用安森美半导体提供不同的 LED DC-DC 降压驱动器方案，包括 NCL30100 控制器、CAT4201 稳压器，以及能够配置为降压稳压器的 NCP3065/NCV3065、NCP3066/NCV3066 稳压器及控制器等(见图 1)。这些方案各有其特点。

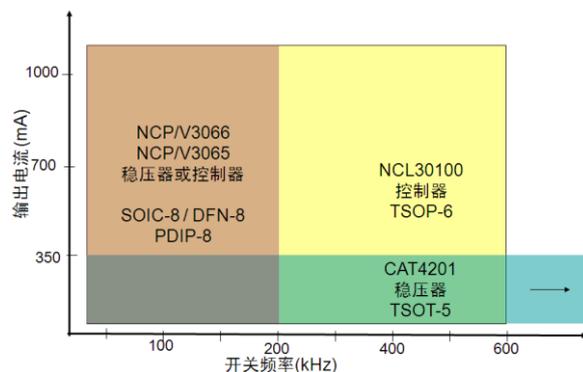


图 1：不同 LED DC-DC 降压驱动器方案。

例如, NCL30100 作为控制器, 本身并未集成 FET, 但它支持使用高性价比的 N 沟道 MOSFET 作为外部元件, 能够调节电流, 并以 100% 的占空比工作。但这器件的电源电压(V_{CC})能达 18 V, 需要外部器件以支持较高电压, 且需要用于确定数量的 LED 设计。NCL30100 适合 MR16 灯泡、12 V 景观照明、太阳能供电 LED 照明、线性照明及广告牌文字电路和标志背光等应用。

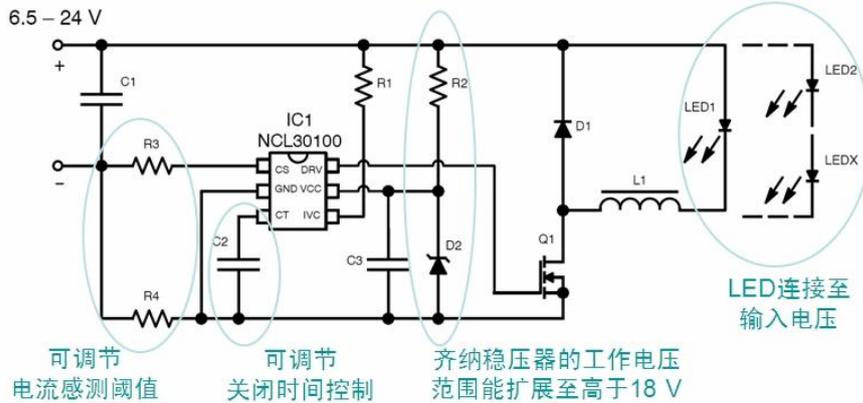


图 2: NCL30100 LED 降压控制器基本应用电路图。

CAT4201 则是集成了 MOSFET 开关的完整电源转换器, 采用小型 TSOT5 封装, 最高电压 36 Vdc(可承受 40 V 瞬态电压), 能驱动总电压达 32 V 的 7 颗串联 LED, 电源能效高达 94%, 提供限流及热保护。但这器件在大多数应用中要求输出电容, 且 LED 输出电流限流为最大 350 mA。CAT4201 适用于 12 V 及 24 V 照明系统、汽车及飞机照明和通用照明等应用。

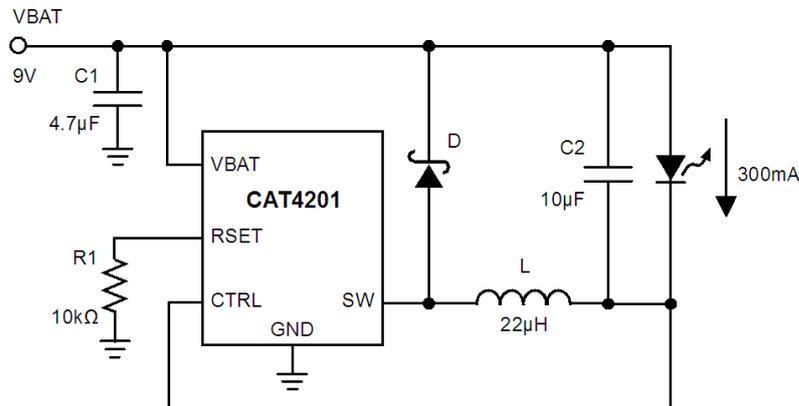


图 3: CAT4201 LED 降压驱动器典型应用电路图。

NCP3065 和 NCP3066, 以及相应通过汽车认证的版本 NCV3065 和 NCV3066, 是灵活的开关稳压器, 能够配置为降压、升压及降压-升压等不同结构。配置为 LED 降压稳压器时, 能在不采用输出大电容的条件下工作, 支持+40 V/1.5 A 典型峰值开关电流, 可以设定 350 mA、700 mA 及 1,000 mA 等不同输出电流, 还能够配合调光需求。NCP3065/6、NCV3065/6 适合于汽车及船舶照明、大功率 LED 驱动器、恒流源、低压 LED 照明(景观、道路、太阳能及 MR16 替代)等应用。

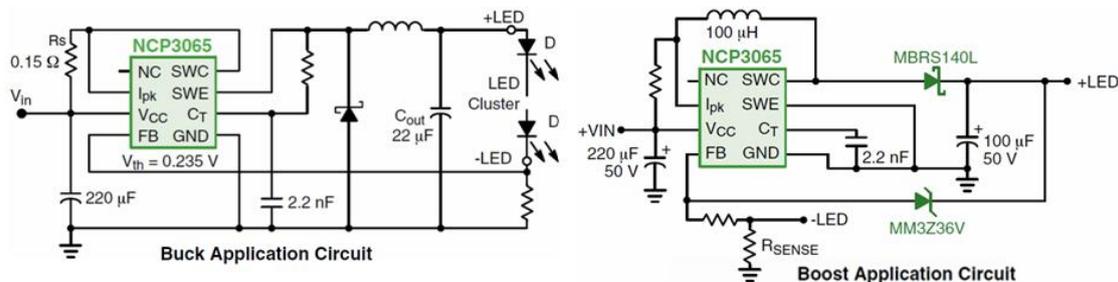


图 4: NCP3065 典型 LED 降压应用电路(左)及典型 LED 升压应用电路(右)。

LED DC-DC 升压驱动器方案

如上所述，NCP3065/6、NCV3065/6 能够配置为不同结构，图 4 右显示的是配置为升压结构的应用电路图。

此外，安森美半导体还将推出专门用于高效升压模式的 NCL30131 LED 升压驱动器，适合于驱动长串高亮度 LED。NCL30131 是一款能够采用 N 沟道 FET 的开关升压控制器，能够用于构建高效的 LED 升压驱动器。这器件使用电压模式脉宽调制(PWM)反馈机制，带有运算跨导放大器(OTA)。这器件具有高驱动能力，能够驱动大电流/高效 MOSFET。输入电压范围极宽，介于 4.5 V 至 28 V 之间。NCL30131 提供 300/600/1,000 kHz 开关频率，提供可编程限流、短路保护、热关闭、过压保护及欠压锁定等丰富的保护功能，适合于 MR-16 建筑物照明、灯条、景观照明及橱柜内照明等应用。

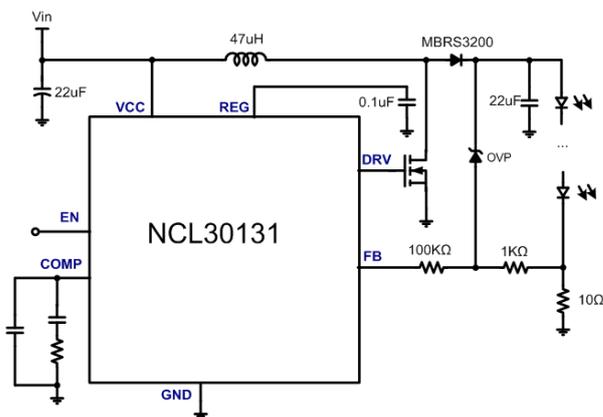


图 5: NCL30131 高效升压 LED 驱动器典型电路图。

基于 NCL30131 构建的驱动 10 颗高亮度 LED 的 +12 V V_{in} @ ~700 mA 演示板测试显示，能效高于 90%，线路稳压精度达到低于 0.2%。

除了 NCL30131，安森美半导体还提供另一款 LED DC-DC 升压转换器——CAT4240。这器件采用 1 MHz 的固定开关频率工作，能够使用小量值的外部陶瓷电容及电感。这器件的高压输出段极适合驱动包含多达 10 个串联白光 LED 的中等尺寸及大尺寸面板显示屏，能效高达 94%。

LED DC-DC 降压-升压驱动器方案

典型 LED 降压-升压应用包括以 12 V 交流或 12 V 直流电源驱动包含 3 至 4 颗 LED 的模块。这种应用中就可以采用配置为降压-升压拓扑结构的 NCP3065/6 控制器，从而满足输入电压与输出电压有交迭的应用需求。图 6 显示的是 NCP3065 在这类应用中的电路图。

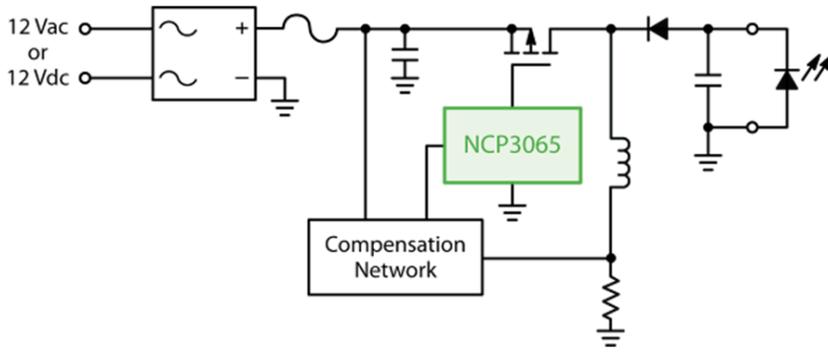
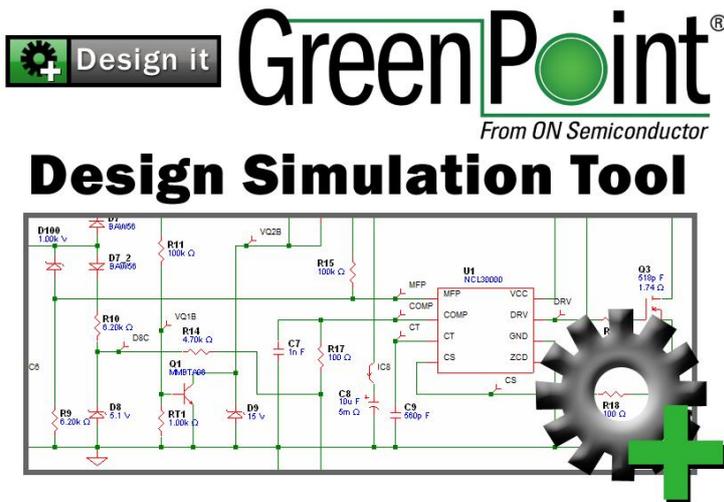


图 6: NCP3065 LED 降压-升压应用电路图。

GreenPoint®网上设计仿真工具加快 DC-DC LED 照明设计

安森美半导体身为应用于高效电子产品的首要高性能硅方案供应商，针对各种 LED 照明应用(包括 DC-DC LED 照明应用)提供完整的系统方案，包括电源、通信、光传感器、MOSFET、整流器、保护、滤波器及热管理产品等。

此外，为了帮助设计人员加快 LED 照明设计，安森美半导体还提供 GreenPoint® 网上设计仿真工具，让设计人员坐在工作台前，即可以轻松地通过“选定 LED 驱动器”、“确定设计要求”、“自动产生设计电路图”、“仿真及验证”、“产生物料单及报告”、“下载报告为 PDF 文件”及“保存文件和分享”等几个步骤，大幅缩短开发时间，加快产品上市进程。



这网上设计工具目前已经支持多款安森美半导体的高效 LED 驱动器产品的应用设计，其中支持的 DC-DC LED 驱动器包括 NCP3065、NCP3066、NCL30100、CAT4201、NCP1529(降压方案)、NCP5030(降压-升压方案)及 NCP5050(升压方案)等。后续还将支持更多产品。

图 7: 安森美半导体 GreenPoint®网上设计工具帮助加快 LED 照明设计。

小结:

安森美半导体身为应用于高效电子产品的首要高性能硅方案供应商，提供不同的高效 DC-DC LED 照明产品，方便用户根据应用需求来选择。安森美半导体同时提供在线仿真设计工具、演示板及多款参考设计，帮助客户简化设计中标及使用。安森美半导体的 LED 驱动器产品的设计持续趋向小尺寸、高效及低成本，帮助推动 LED 照明市场不断向前发展。

第四章： 线性 LED 驱动器方案概览及其典型应用

如今，高亮度 LED 的应用领域越来越宽，涵盖从移动设备背光、中大尺寸 LCD 背光、汽车内部及外部照明及通用照明等宽广范围。不同领域的 LED 应用需要不同的 LED 驱动器/控制器方案，反之亦然。本文将重点探讨线性 LED 驱动器/控制器方案及其典型应用。

针对低电流 LED 驱动的线性 CCR 及应用示例

在电流低于 350 mA 的许多低电流 LED 应用中，如汽车组合尾灯、霓虹灯替代、交通信号灯、大型显示屏背光、建筑物装饰光及指示器等，可以采用普通的线性调节器或是电阻来提供 LED 驱动方案。电阻用于限制 LED 串的电流，是成本最低的方案，易于设计，且没有电磁兼容性问题。但是，使用电阻时，LED 正向电流由电压确定，在低电压条件下，正向电流较低，会导致 LED 亮度不足，且在负载突降等瞬态条件下，LED 可能受损。电阻方案的能效也最低，不利于节能，这在强调高低能耗的应用中尤为不利。此外，电阻方案也存在 LED 热失控及筛选问题。线性调节器方案的提供较佳的稳流精度($\pm 2\%$)，支持过功率自调节，也没有 EMI 问题。这种方案的能效较低，成本适中。

客户需要比普通线性调节器经济、但在性能上又比电阻高出许多的驱动方案。安森美半导体运用待批专利的自偏置晶体管(SBT)技术，结合自身超强的工艺控制能力，推出了新颖的 LED 驱动方案——NSI45 系列线性恒流稳流器(CCR)。与电阻相比，线性 CCR 在宽电压范围下亮度恒定，在高输入电压时保护 LED，使其免于过驱动，在低输入电压时提供更高亮度。得益于其恒流特性，客户可以减少或消除不同供应商提供的不同 LED 的编码成本，降系统总成本。CCR 也无 EMI 问题，采用高功率密度封装，并通过汽车行业 AEC-Q101 认证。

安森美半导体的 CCR 包含双端固定输出和三端可调节输出两种类型，电流等级分别涵盖 10 至 350 mA 及 20 至 160 mA，阳极-阴极最大电压 V_{AK} 分别为 50 V 和 45 V。高 V_{AK} 电压帮助抑制浪涌，保护 LED。这系列 CCR 在电流流动前无电压偏移，其快速导通/关闭特性提供宽范围及精确的脉宽调制(PWM)调光能力。市场上没有跟 CCR 一样的“即插即用”器件，其它器件都需最低 0.5 V 的电压导通，而不会像 CCR 一样立即导通(见图 1 左)。CCR 能以外部双极结晶体管(BJT)来提供精确的 PWM 调光(见图 1 右)，典型 PWM 调光频率是 0.1 到 3 kHz，调光过程中并无色彩漂移，因为 LED 始终以优化的电流导通。

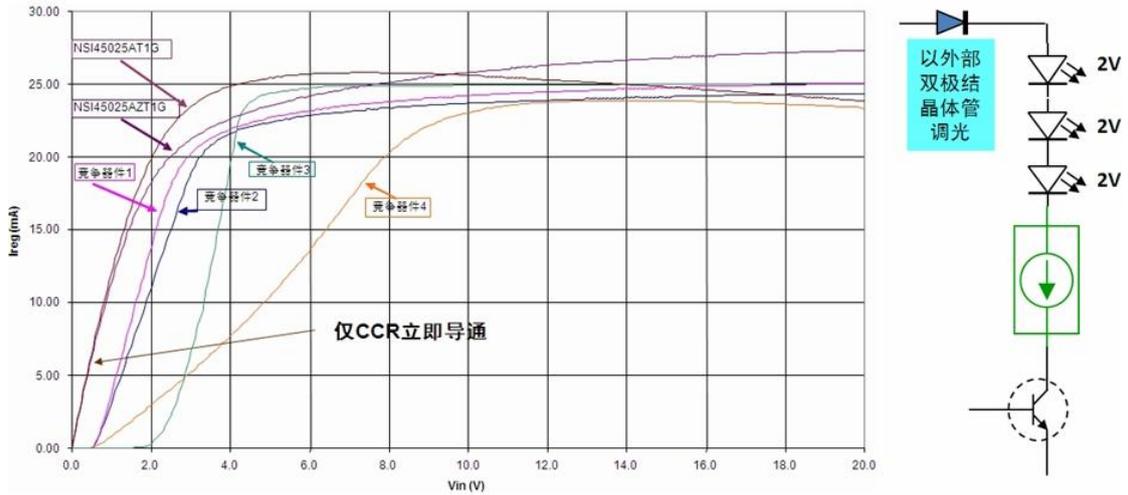


图 1: 25 mA CCR 与竞争器件的 I_{reg} - V_{in} 曲线比较(左); CCR 调光应用示例(右)。

CCR 带有负温度系数(NTC)特性, 在极端电压和工作温度下保护 LED 免受热失控影响。CCR 易于设计, 适合高端(High-side)及低端(Low-side)应用(见图 2a), 不需外部元件, 非常简单, 适合更宽的应用范围; 相比较而言, 有些供应商提供跟安森美半导体 CCR 类似的功能或性能, 但需要额外的外部元件、不能配置为高端或低端驱动器、封装不同或是热可靠性较逊。

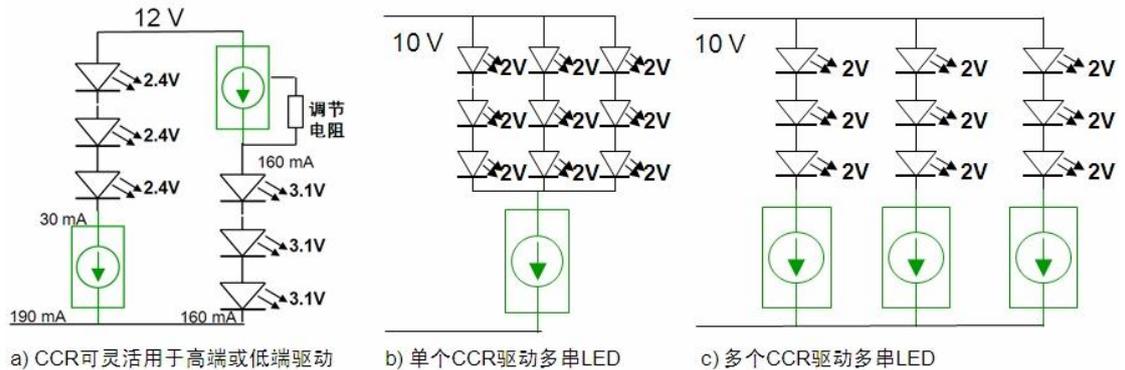


图 2: CCR 可灵活用于高端或低端驱动, 亦可驱动多串 LED。

CCR 还能用于驱动多串 LED(见图 2b 和 2c), 同样是既可用于高端, 也可用于低端。图 2b 显示的是单个 CCR 驱动多串 LED 的应用示例, 这种配置的成本最低, 但不同 LED 的正向压降必须匹配, 且某串 LED 故障则其它串 LED 的电流增加, 加大故障风险。这种配置中较多功率耗散在单个 CCR 封装之中。图 2c 显示的是多个 CCR 驱动多串 LED, 这种配置的保护性能最佳, 既不需要匹配 LED, 某串 LED 故障对其它串也没有影响, 且功率在多个 CCR 封装中耗散。

除了以单个 CCR 驱动单串或多串 LED, 还能并联多个 CCR 来提供更大电流, 驱动单串或多串 LED。其中, 使用三端可调节输出 CCR 有助于满足特定电流设置要求, 可调节电阻能耗不到 150 mW。

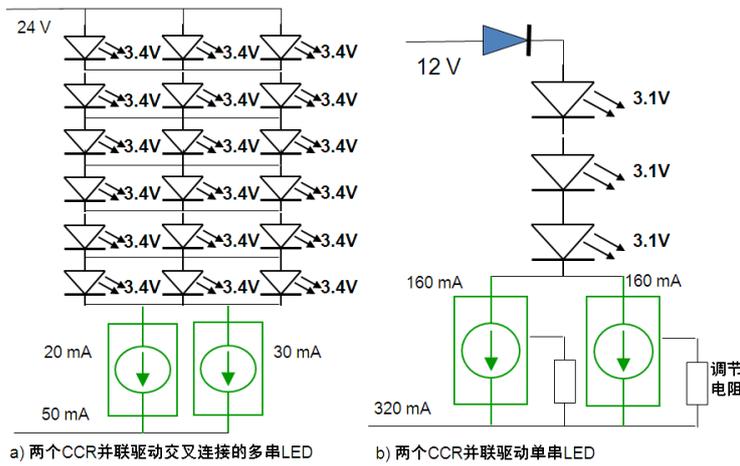


图 3: 并联多个 CCR 提供更大电流，驱动单串多串 LED。

CCR 可以用于直接采用交流电源供电的应用。交流市电输入经过桥式整流后，只需要保证输入电压减去 LED 串总电压后所剩下的电压不超过 CCR 的 V_{AK} 即可。CCR 也可用于 T8 荧光灯管 LED 替代应用。采用 CCR 来驱动 LED T8 灯管

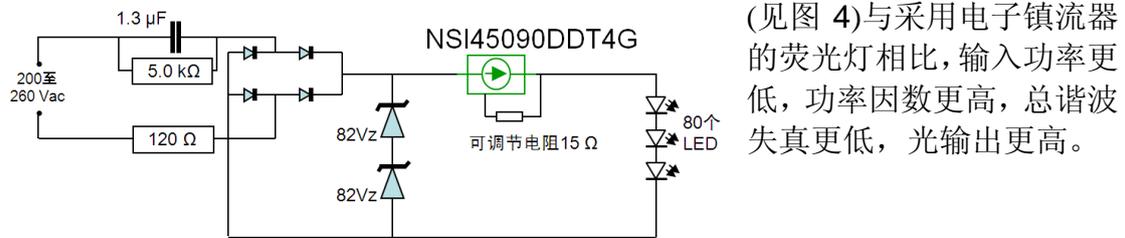


图 4: NSI45090DDT4G CCR 在驱动 LED T8 灯管应用中的电路图。

安森美半导体的 NSI45 系列 CCR 包含 10、15、20、25 或 30 mA 固定输出版本，60 至 160 mA 的可调节输出版本，以及通过汽车标准认证的 20 至 160 mA 可调节输出版本。安森美半导体并提供 CCR 样品套件和评估板供客户申请试用。

应用于可寻址标志、建筑物装饰光等应用的线性 LED 驱动器

安森美半导体除了提供新的线性 CCR 这样的低电流 LED 驱动器，更提供其它多种线性驱动器，用于显示屏驱动、可寻址标志、建筑物装饰光等应用领域。

诸如广告牌标志、滚动横幅、智能车辆标志和体育计分板等 LED 应用需要采用多颗 LED，通常包含多串 LED，要求 LED 驱动方案提供恒定的光输出，不同通道

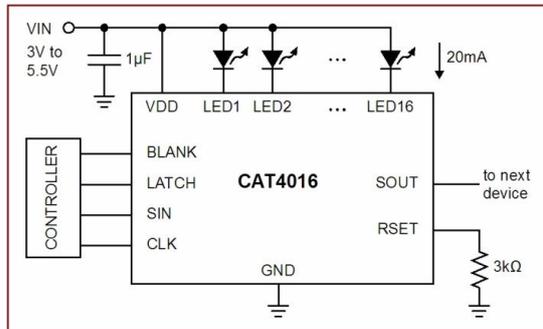


图 5: CAT4016 典型应用电路图。

间电流匹配精度要高，要提供易用的接口来控制不同 LED 通道，并且要具备可靠的保护功能。安森美半导体针对这类应用的方案包括 CAT4008 和 CAT4106 等恒流 LED 汲入型驱动器，其中前者支持 8 通道，后者支持 16 通道，LED 电流范围均为 2 至 100 mA，此电流由外部电阻设定。

某些旨在营造高视觉冲击力效果的建筑物装饰照明应用使用高亮度的 LED，要求 LED 驱动器能够驱动高亮度 LED，并且要具备高速接口，从而支持高数据率并确保维持高数据完整性，还需要具备超低的压降，从而提供更高的能效。安森美半导体适合这类应用的 LED 驱动器包括 CAT4101、CAT4103 和 CAT4109 等。

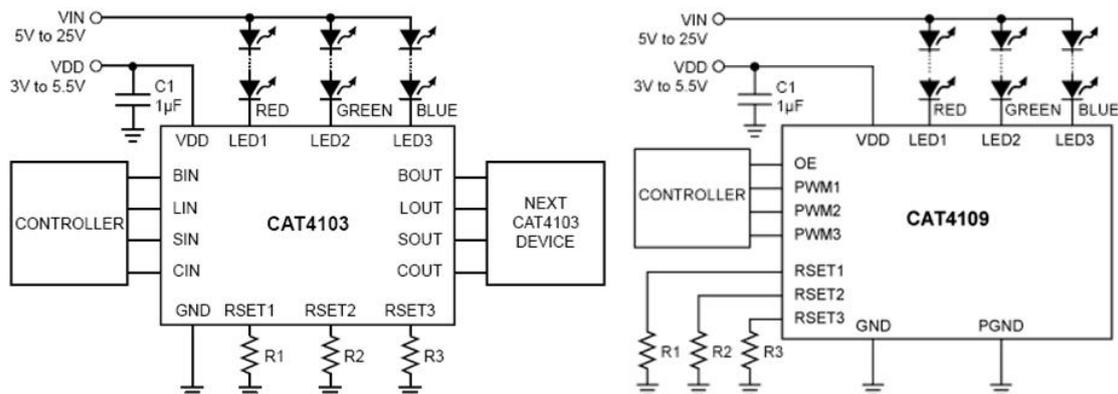


图 6: CAT4103 及 CAT4109 RGB 像素 LED 驱动器典型应用电路图。

其中，CAT4101 是 1 A 高亮度线性 LED 驱动器，不要求电感，消除开关噪声，将元件数量减至最少，并简化设计，针对要求大电流的建筑物 LED 装饰照明应用。CAT4103 是 3 通道串行可编程恒流 RGB LED 像素驱动器，为高端、多色彩、“智能”LED 建筑物照明应用而设计，具有高速串行接口，能支持达 25 MHz 的数据率，提供完全缓冲的数据输出，确保在分布式(长距离)、菊花链型照明系统中维持最高的数据完整性。CAT4109 也是三通道 RGB LED 像素驱动器，使用并行接口，每条通道具有专门的脉宽调制(PWM)控制，非常适合更常规的 LED 视觉效果应用，如混色和建筑物重点照明。

此外，在中大尺寸液晶电视应用中，LED 背光也在加速替代传统的 CCFL 背光。安森美半导体的 CAT4026 是一款 6 通道线性 LED 驱动器，用于大面板 LED 背光应用。设计人员可以在液晶电视的 LED 背光部分结合采用安森美半导体的 NCP1397 半谐振双电感加单电容(LLC)谐振控制器及 CAT4026 侧光式 LED 线性驱动器，支持电路板高度低至 8 mm 的 LED 背光液晶电视设计。CAT4026 以单颗 IC 支持 6 通道，且易于分级为多达 12 个或 18 个通道(相应采用 2 个或 3 个控制器)，目标能效高于 90%，典型能效达 94%。此外，该驱动器还提供正向电压监测功能，可以限制总体功耗；还能为 LED 开路及过多 LED 短路等不同 LED 串故障提供保护。

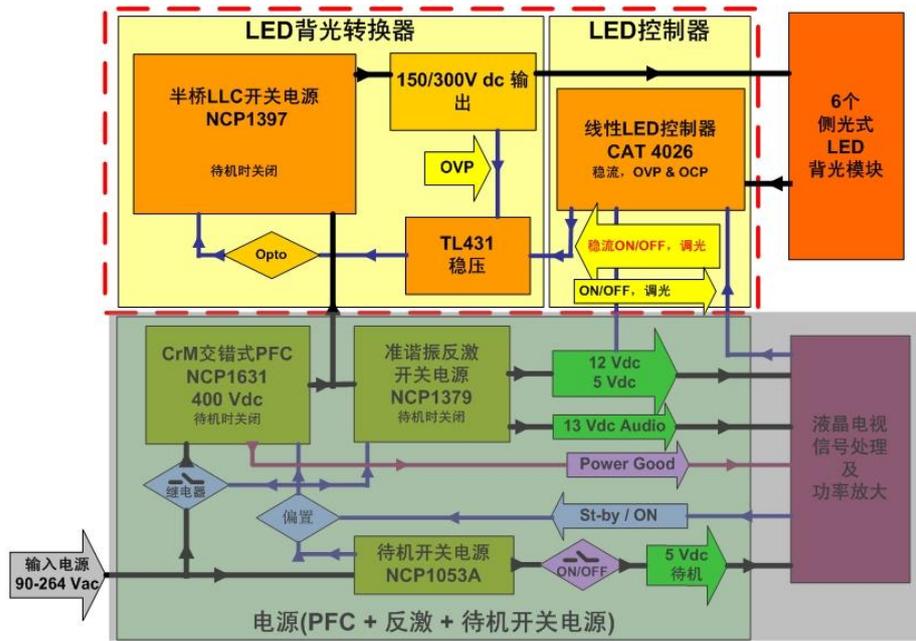


图 7：背光部分采用 NCP1397 和 CAT4026 的 46 英寸 LED 背光液晶电视电源示意图。

小结：

安森美半导体身为应用于高效电子产品的首要高性能硅方案供应商，提供应用于各种 LED 照明/背光应用的高效驱动器解决方案，包括 AC-DC LED 方案、DC-DC LED 开关稳压器方案以及不同线性 LED 驱动器方案等。本文重点探讨了安森美半导体的不同线性 LED 驱动器方案，包括应用于低电流应用的新颖的线性 CCR 方案，以及应用于可寻址标志和建筑物装饰照明应用的线性 LED 驱动器方案。客户可以根据实际应用需求选择适合的安森美半导体线性 LED 驱动器方案，缩短设计周期，并加快产品上市进程。

参考资料:

1. 安森美半导体网站 LED 照明应用专区:
www.onsemi.cn/PowerSolutions/content.do?id=15102
2. 安森美半导体 LED 驱动器设计资源专门网站: www.thinkonsemi.com
3. 《LED 通用照明应用》培训教程, 安森美半导体,
www.onsemi.cn/pub_link/Collateral/LED%20-%20High%20Brightness%20LED%20Driver%20Solutions%20for%20General%20Lighting%20-%20bilingual.rev2pdf.pdf
4. 《离线高功率因数 TRIAC 调光 LED 驱动器 GreenPoint®参考设计》, 安森美半导体,
www.onsemi.com/pub/Collateral/TND398-D.PDF
5. 《NCL30000 数据手册》, 安森美半导体,
www.onsemi.com/pub/Collateral/NCL30000-D.PDF
6. 《NCL30001 数据手册》, 安森美半导体,
http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/NCL30001%20DATA%20SHEET.PDF
7. 《NCL30000 单段 CrM 反激 LED 驱动器电源段设计指引》, 安森美半导体,
www.onsemi.com/pub/Collateral/AND8451-D.PDF
8. 《NCL30000 评估板手册》, 安森美半导体,
www.onsemi.cn/pub_link/Collateral/NCL3000LED2GEVB-D.PDF
9. 美国“能源之星”1.1 版固态照明要求,
www.energystar.gov/index.cfm?c=new_specs.ssl_luminaires
10. MR16 LED 用 1 W 至 5 W LED 驱动器参考设计,
www.onsemi.cn/pub/Collateral/NCP3065.PDF
11. NCP3065: 12 Vac 或 12 Vdc MR16 Sharp ZENIGATA LED 模块设计笔记
www.onsemi.com/pub/Collateral/DN06048-D.PDF
12. NCP3065 单片稳压器数据表, www.onsemi.cn/pub/Collateral/NCP3065.PDF
13. 《可调节 0.7 至 1.5 A 恒流、高达 55 Vdc 电压的单段功率因数校正 PFC 电源》, 安森美半导体应用笔记 AND8427, www.onsemi.com/pub/Collateral/AND8427-D.PDF