

**摘要:** 本文讨论了如何针对汽车照明应用合理选择 HB LED 驱动器, 介绍了不同类型的 HB LED 驱动器拓扑, 并根据各种汽车照明设计(包括: 内部照明、外部照明、显示器背光等)的要求给出了推荐配置。

## 引言

随着消费者环保理念的加强, 固态照明方案迅速成为汽车应用中首选的照明技术。按照市场调研公司 Strategies Unlimited 得出的结论, 通用照明、背光及汽车应用将是高亮 LED (HB LED)市场在今后几年的主要增长动力, 到 2011 年, 整个市场规模将会达到 19 亿美元<sup>1</sup>。

与传统的照明技术相比, HB LED 具有几个关键优势: 它们不含任何有害物质, 例如 CCFL 中的汞元素; 消耗较低的功率而且具有更长的使用寿命。另外, HB LED 比传统方案具有更高的成本竞争优势, 大大降低了系统的整体成本(例如: 运行和维护成本)。当然, HB LED 的使用也面临一些特殊挑战, 特别是汽车等嘈杂的工作环境。本文讨论了 HB LED 驱动器选择的基本原则, 比较了不同的驱动器拓扑, 针对不同的汽车照明应用提供了配置方案, 其中包括: 汽车顶灯、日间行驶灯(DRL)、尾灯(RCL)、雾灯和近光灯/远光灯等。

## HB LED 需要恒流驱动

HB LED 驱动器用于管理 HB LED 的供电, 驱动电路保持恒定的电流和最小的电压波动非常关键。过大的驱动电流会提高 HB LED 的结温, 加快 HB LED 的退化。照明应用中, 为了获得更高的流明, 需要使用大功率 HB LED。这些 HB LED 的正向导通电流一般为 350mA 到 1A。白光、蓝光和绿光 HB LED 的正向电压在 2.8 至 4.5V 范围内, 红光和琥珀光 HB LED 的正向电压在 2.3 至 3.5V 范围。为了保持固定的色谱和亮度, HB LED 驱动必须满足特定的额定电流要求。用电压源驱动 HB LED、串联电阻限流, 可能产生不可接受的亮度及光谱的变化。

## HB LED 亮度调节

HB LED 的发光颜色会随着电流的变化而发生变化, 因此, 采用脉宽调制(PWM)方式对固定电流进行调节效果优于调节实际电流的幅度, 即将直流电流保持在 HB LED 厂商规定的固定值, 按照一定的频率和占空比进行电流斩波, 利用脉宽调制调节亮度可以在不同的亮度等级保持一致的光谱。为了避免视觉闪烁, 调光频率应高于 100Hz。调光范围取决于 HB LED 驱动器所允许的最小占空比。

大部分 LED 驱动器需要由微处理器或外部定时器产生亮度控制信号。MAX16806 等 HB LED 驱动器则由内部产生 PWM 信号, 通过 DIM 输入端作用的外部电压进行调制(图 1)。这种配置在汽车内部照明等应用中可以省去微处理器。

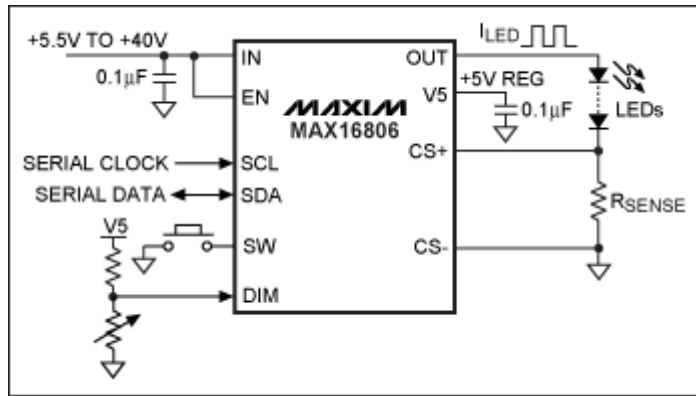


图 1. 350mA 线性 HB LED 驱动器 IC, MAX16806 能够省去微控制器或开关模式转换器

### 汽车内部照明——线性驱动器

驱动 HB LED 的最佳方案是使用恒流源。实现恒流源的简单电路是：用一个 MOSFET 与 HB LED 串联，对 HB LED 的电流进行检测并将其与基准电压相比较，比较信号反馈到运算放大器，进而控制 MOSFET 的栅极。这种电路如同一个理想的电流源，可以在正向电压、电源电压变化时保持固定的电流。线性驱动器相对于开关模式驱动器的优点是：电路结构简单，易于实现，因为没有高频开关，所以也不需要考虑 EMI 问题。此外，线性驱动器的外围元件少，可有效降低系统的整体成本。

线性 HB LED 驱动器，例如：MAX16806，内部集成了 MOSFET 和高精度基准，能够使每串 LED 保持一致的亮度(图 1)。例如：MAX16806 所要求的输入电压只需比 LED 总压升高出 1V。利用外部检流电阻测量 HB LED 的电流，从而在输入电压和 LED 正向电压变化时，MAX16806 能够保证输出恒定的电流。线性驱动器的功耗等于 HB LED 电流乘以内部（或外部）串联调整管的压降。当 HB LED 电流或输入电源电压增大时，功耗也会增大，从而限制了线性驱动器的应用。由于过热会影响 HB LED 的使用寿命——这也是这类灯源的一个缺陷——限制灯管的功耗非常重要。

值得庆幸的是，可以通过调节 HB LED 的亮度避免出现过热。为了降低功耗，MAX16806 对输入电压进行监测，如果输入电压超过预先设定值，它将减小 HB LED 的驱动电流以降低功耗。该项功能可以在某些应用中避免使用开关电源，例如：汽车顶灯或 DRL 等，这些应用中通常会在出现不正常的高电池电压时将灯光调暗。

### 汽车外部照明——开关模式降压驱动器

当输入电压远远高于串联 HB LED 的总压降时，最好使用开关模式降压(buck)转换驱动器(图 2)，能够使电源功耗降至最低，从而获得较高的驱动器效率。与一般 HB LED 驱动的 buck 控制器不同，MAX16819、MAX16820、MAX16822 和 MAX16832 采用滞回控制，没有控制环路补偿，从而简化了设计，有助于减少外部器件数量。集成高压电流检测放大器，能够工作在高达 2MHz 的开关频率，有效降低电路板空间和元件数量，可理想用于汽车照明(RCL、DRL、雾灯/近光灯)。

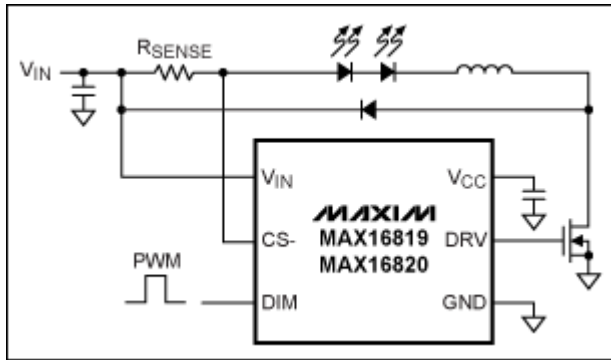


图2. 利用开关模式降压转换驱动器降低功耗并提高照明组件的驱动效率

### 汽车雾灯——开关模式 Buck-Boost (SEPIC) 驱动器

当输入电压高于或低于 HB LED 的总导通电压时，必须使用 buck-boost 模式驱动器。在 buck-boost 配置中，需要一个浮动的电流检测放大器检测并调节 HB LED 电流。另外还需要提供额外的保护，例如过压保护，在 HB LED 发生开路或短路失效时保护系统不被损坏。对于汽车雾灯，输入电压的变化范围可能在 5.5V (冷启动)至 24V (电池倍压)，此时，比较理想的选择是 buck-boost 电路，用于提供大功率 LED 的驱动。驱动器还必须能够承受 40V 以上的抛负载峰值电压。

高度集成的 HB LED 驱动器，例如：MAX16812 或 MAX16831，在汽车前灯设计中有助于减少元件数量、降低成本。例如：MAX16812 内部集成了差分电流检测放大器和额定电压为 76V 的 0.2Ω 功率 MOSFET，用于控制单串 HB LED 的电流(图 3)。此外，内部调光 MOSFET 驱动器在抛负载时可以自动关闭 LED 串电源，增强了系统的可靠性。

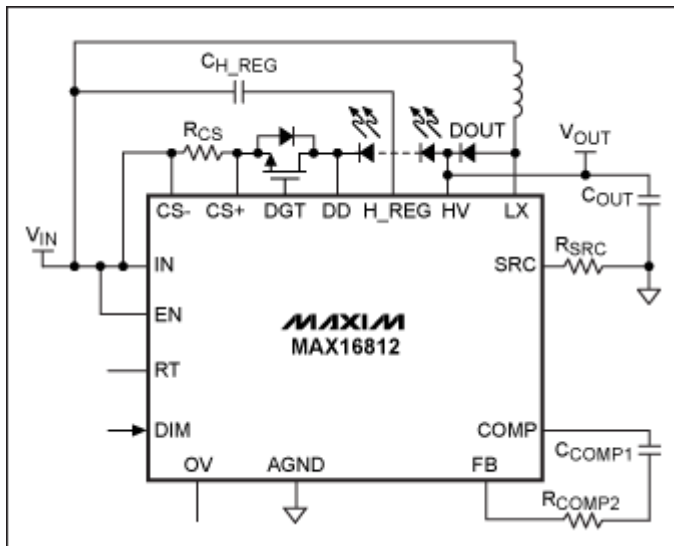


图3. 当输入电压可能高于或低于串联 HB LED 的总电压时，应该选择 buck-boost 驱动器拓扑

### 汽车中的 LCD 背光方案——开关模式 boost 驱动器

如果输入电压始终低于 HB LED 串的总电压，则需要使用 boost 转换器。在 2010 年的新

车型中，普遍增加了平视显示器，升压转换器非常适合这类应用或 LCD 背光。这些应用需要 3000:1 的亮度调节范围，以适应车内宽范围的环境光照条件。驱动器必须提供一个额外的调光 MOSFET 驱动器，以便在极短的时间内接通/关闭 LED。调光 MOSFET 还能够在抛负载时保护 LED。图 4 所示 HB LED 驱动器电路用于汽车中 LCD 背光，MAX16834 集成了高边检流放大器、PWM 调光 MOSFET 驱动器和高度可靠的保护电路，大大简化了 LCD 背光电路的设计。该款 HB LED 驱动器能够提供 3000:1 PWM 调光范围，输入电压范围为 4.75V 至 28V，在冷启动和抛负载状况下确保稳定工作。

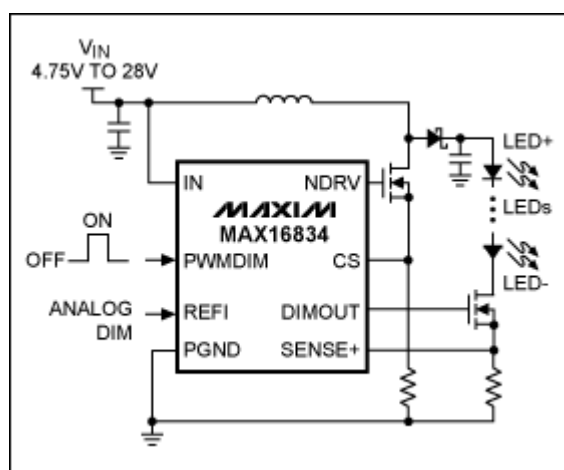


图 4. 具有 3000:1 调光范围的 boost 驱动器，内置保护电路，可理想用于汽车娱乐设施的 LCD 背光

## 结论

合理选择 HB LED 驱动器需要了解具体 LED 照明装置的要求，以优化系统设计。设计人员首先需要确定电参数，例如：输入电压、LED 电流、LED 正向导通电压以及这些参数的变化范围。安全性、EMI、热管理、机械性能以及可以利用的电路板面积也是必须考虑的因素。线性驱动器比较适合低成本、低 EMI 应用，例如：汽车内部照明，设计简单。开关型驱动器则适用于大功率、高效率 and 宽输入电压范围等应用场合，例如：汽车的外部照明，但成本较高，需要考虑 EMI 问题。

Maxim 针对不同应用提供广泛的 HB LED 驱动解决方案，能够在汽车固态照明中减小系统尺寸，降低设计复杂度和成本。所有汽车照明方案均可工作在  $-40^{\circ}\text{C}$  至  $+125^{\circ}\text{C}$  温度范围，并且满足汽车应用中对短路保护和热关断的要求。