

高压、高亮度 LED 的驱动

作者：Dave Priscak，德州仪器 (TI) 系统应用经理

由于现在各国都在不断减少白炽灯泡的使用而且各大公司也都意识到转向使用一些替代照明方法可以实现节能，而这其中发光二极管 (LED) 和紧凑型荧光灯 (CFL) 便是主要的选择，因此对于低成本、低环境影响照明解决方案的需求比以往任何时候都要强烈。虽然差异明显，但上述两种替代照明方法都较为可行。CFL 照明的主要缺点是较长的启动时间和较低的亮度调节性能，但相比 LED 解决方案其成本极低。另一方面，LED 具有“快速开启”特性且亮度调节性能较好，但因成本问题普及较慢。半导体厂商们不断制造新的 LED 驱动器组件，旨在降低系统复杂度和成本。同时，LED 厂商不断提升高亮度 LED 的功效（发光效率），目的是减少要求 LED 数目，以及降低调节它们所需的功耗。

这种创新之一是使用高压、高亮度 (HVHB) LED。这些 LED 要求更高的电压来启动电流，从而开始发光。这些新型 LED 面临着许多新的挑战，同时也带来了许多新的机遇。尽管一开始只是为直接通过 AC 线自驱动而设计，但诸如低效率、低功率因数和不可调节等因素限制了它们的应用数量。

从图 1，我们可以看到直接通过 AC 线驱动这些 LED 存在许多问题。为了满足整个电压范围要求（90-135 Vac 或者 207-253 Vac），正向压降 (Vf) 必须为最低 AC 电压或者更低。这就意味着电压位于量程上限时，限流电阻器电压下降。这样便产生损耗，极大地降低了效率。它还会产生热，从而限制 LED 的使用寿命。

现在，让我们来看图 1 所示开启时间。由于 LED 仅在达到或者超出 Vf 时导通，因此仅有峰值电压用于发光。如此小的总 AC 时间百分比时，功率因数会非常的低（远低于美国、欧洲和印度要求的额定值，让它们无法用于这些国家的住宅和商业照明应用）。这就是说，如果要满足这些 LED 的峰值功率需求的话，电力公司需要提供超出正常工作所要求的电量。最后，由于大多数调光器（TRIAC 或电子类产品）都是通过对提供给灯的 AC 波形进行限幅处理来工作的，因此仅在灯导通的短暂时间内进行亮度调节。这就意味着，亮度调节范围的 90% 以上时，灯可以为全部开启，也可以为全部关闭。

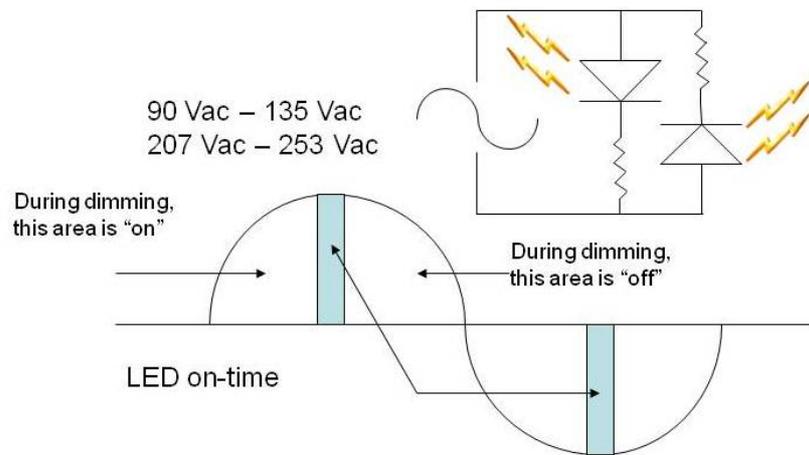


图 1 无驱动器的 HVHB LED 特性

综上所述，相比其低压版本，HVHB LED 拥有许多优点。从驱动器的角度来说，通过一个升压功率因数校正 (PFC) 电源就可以将它们较好地直接驱动（请参见图 2）。这种拓扑结构通过将电流消耗与 AC 电压波形匹配来控制提供给负载的电量，从而确保了较好的功率因数（一般为 .97 或者更好）。使用这种 PFC，其很容易便超出了 .7 或 .9 的管理机构规定，而在美国、欧洲和印度销售商业和住宅照明灯具时必须遵守这一规定。提高输入电压的另一个好处是能够获得足够高的电压，以便可以使用某种电源设计（无论输入电压大小）。所以，可以实现一种通用输入 LED 灯 (90-253 Vac)。过去，通用输入也存在一些折中和妥协。同时满足 120 Vac 和 220 Vac 应用要求的设计具有一种产品设计、一次制造和一种采购项目的好处。但是，要实现这些，您必须让设计能够处理高于 110 Vac 运行需要的电压，以及高于高压应用需要的更大电流。相比针对每个电压范围的优化解决方案，这就相当于更高的材料清单 (BOM) 成本和更大的组件。

高压还意味着给定输出功率的低电流。例如，要构建一个 380 Vdc 总 Vf 的 16W LED 光源（使用 4 个串联/并联 4W LED），要求电流仅为 42 mA。这种低电流意味着更小的存储电容，从而允许使用长寿命低成本的陶瓷电容器。使用这种电容器可以增加整体光源的寿命，因为它不需要电解质电容器。典型的“长寿命”电解质电容标称使用寿命为 20000 小时，但在过热情况下会急剧缩短，而 LED 拥有长达 50000 小时的寿命。在诸如路灯、顶棚照明以及其他高环境温度照明应用中，这是一个巨大的进步。

从效率方面来看，开关模式 LED 驱动器的主要损耗组件是 LED 本身：开关电源 (IC)、驱动 FET 和整流器。让开关频率维持在一个合理的频率（例如：150 KHz）可以最小化 FET 的开关损耗，同时整流器中低电流就意味着低功耗。90% 以上的效率是可以达到的，其在整个 V_{IN} 范围仅稍有不同。

通过下列几种方法可以达到功率因数校正：

- 1) 有源法: 利用一个具有内置算法的 IC, 让电流消耗与输入电压匹配;
- 2) 填谷法: 要求路由二极管和存储电容在 AC 输入处在过渡阶段时提供电流;
- 3) 自然法: 一般为间断运行反向结构的一个开关式电源即 SMPS。

由于要求低寿命的电解质, 填谷法限制了驱动器的寿命。反向运行要求一个变压器, 从而使成本增加, 并且会形成较多的电磁干扰 (EMI) 辐射 (通过变压器的磁通损耗) 以及导通系数 (通过间断运行引起的高压和电流峰值, 以及等于 $V_{IN} + V_{OUT}$ 的反射电压。)

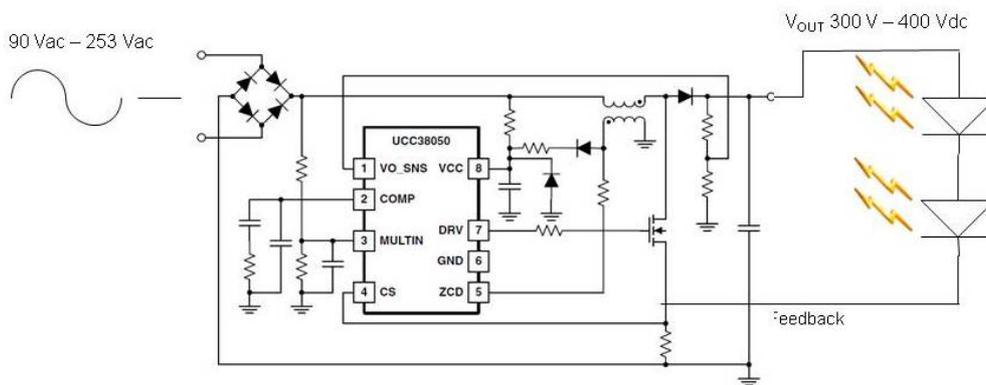


图 2 使用一个有源 PFC 器件的简单升压设计

将相同方法用于驱动低压 LED, 意味着您必须首先升高 PFC 的输入电压, 然后将该电压降至 LED 串的 V_f 压降。这样便增加了驱动器的复杂度和成本, 且通常还要增加整个功率级来将高 PFC 电压转换为 LED 电流。一种更常见的低压 LED 驱动方法是在间断模式下运行的反向拓扑中使用电源 (请参见图 3)。变压器的匝数比有助于桥接 V_{IN} 和 V_f 之间的电压差。这种拓扑的缺点是复杂性 (以及与之相关的高成本), 无法接受通用 AC 输入, 高 EMI 导通系数以及辐射 (由反射电压和变压器磁通损耗引起)。另外, 在没有大容量电容的情况下进行设计会更加困难。高压大容量电容一般为电解质型, 且寿命有限, 特别是在高热环境下。另外, 更低电压会形成更高的电流, 从而使温度升高, 增大电源路径组件尺寸, 同时也限制了选定 LED 的输出。

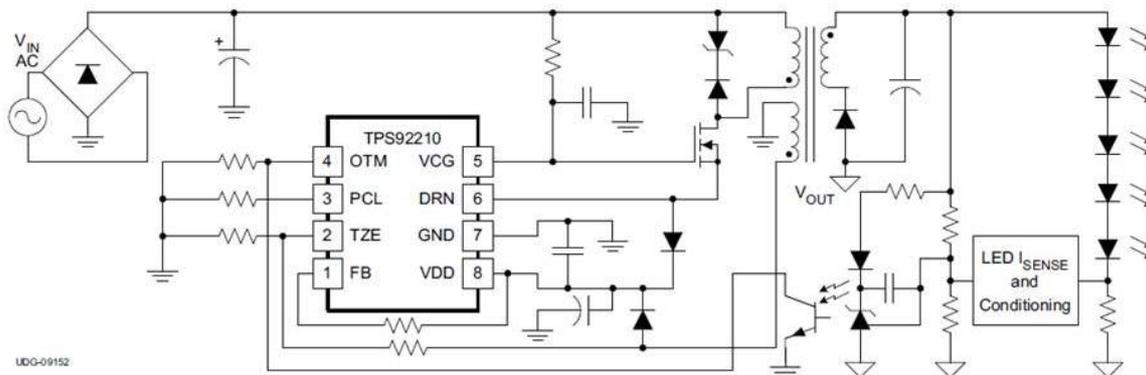


图 3 基于低压变压器的 LED 驱动器

LED 照明的一个重要属性是能够使用现有亮度调节解决方案进行亮度调节（主要是基于 TRIAC）。这种在整个 TRIAC 范围进行亮度调节的能力也就是较好驱动 LED 和较差或者自驱动 LED 之间的差别，而 CFL 方法也是这样一种情况。必须注意避免闪烁（TRIAC 失败），并提供足够的亮度调节负载，以让调节器维持在导通模式下。若想要降低 60 Hz 波形对 LED 驱动电压的影响，并限制传导 EMI 传回输入波形（其会违反 FCC 规范），必需对 AC 线路进行滤波处理。

在 TRIAC 调节和将调节结果转换成等效电压或者电流期间“解码” AC 签名，而其可以被直接插入到电源中，也可以被转换成脉宽调制 (PWM) 信号来根据调节百分比对 LED “开启”时间进行调节，这样便实现了亮度调节。

进行亮度调节时需要做出许多折中。在驱动器反馈路径中注入模拟电压或者电流是最为高成本的一种方法，其要求最小附加电路。但是，它也有一些缺点。PWM SMPS 中可能会牺牲环路稳定性，并且在电压瞬态期间会出现振荡或者振铃。这种现象会以 LED 光线输出闪烁的形式出现。另一个缺点是模拟调节减少了 LED 的电流，从而引起调节范围的颜色改变。例如，全电流下的蓝白色 LED 在低电流时可能会变得更像黄白色。

利用数字亮度调节（例如：PWM）可以通过一个并联 FET 使其“短路”来开关 LED 串，也可以通过将一个 FET 与电流检测电阻器并联来让 LED 串同接地断开。使用这种方法，电流便可保持恒定流过 LED，但是点亮一段时间后会变暗。这样做的优点是颜色在整个调节范围内都不会发生变化。

如 Everlight HiVo 系列的 LED 具有可适应 110Vac 和 220 Vac 电压的 V_f 范围。使用两个串联 220Vac 可确保有源 PFC 升压设计适应所有输入电压（90-277 Vac）。将它们串联或者并联都可以提供覆盖许多电源和电压配置的灵活性。

总结

总之，以 PFC 升压配置结构驱动时，HVHB LED 具有小尺寸、高 PFC、高效率、低成本和低复杂度的优点。所有这些优点为今天市售的一些 CFL 照明解决方案提供了一种极具竞争力和引人注目的解决方案。

参考文献

- Everlight 电子有限公司提供了有关 [HVHB LED](#) 的更多详情。
- 如欲了解 TILED 解决方案的更多详情，敬请访问：www.ti.com/led-ca。

作者简介

Dave Priscak 现任 TI 全球终端设备解决方案营销小组的一名系统应用经理。Dave 毕业于 ETI 技术学院 (ETI Technical College, Cleveland, Ohio/USA)，获 BSET。