

# LED 照明和太阳能电池充电技术问题详解

作为一种既环保又节能的解决方案,LED 照明在汽车、家庭、办公楼、酒店、机场和路灯等广泛的应用场合找到了自己的用武之地。但它的大规模商用除了还要克服成本障碍以外,还需要解决调光闪烁、散热、色彩均匀性等技术难题。此外,对清洁能源的关注和太阳能电池板成本的下降,也带动了当前业内的太阳能商用热潮。为了帮助读者更快更好地把握这一商机,本刊特别邀请到了 Linear 电源专家 Tony Armstrong 来分享他的独到见解。

## 问: 采用 PWM 或模拟调光时, 如何消除 LED 的光闪烁现象?

答: 面对高功率、高亮度 LED 普及率的日益提高,电子照明设计师必须提供高效、准确和简单的 LED 驱动解决方案。由于高功率照明灯(如汽车前照灯或大型 LCD 显示器背光源)实现了与商用化串联 LED 阵列的互换性,因而使得此项任务变得更加困难。

传统上,利用准确的电流来驱动高功率 LED 串与实现简单性和高效率这两者之间是相抵触的,通常需要采用某种效率低下的线性稳压器方案或更加精细复杂的多 IC 开关稳压器配置。此外,确保每个 LED 具有均匀的亮度且不产生任何闪烁也成为了主要的设计障碍。

人们普遍接受的 LED 亮度控制方法有两种,即模拟调光和 PWM 数字调光。当采用模拟调光时,LED 电流的调节范围在某个最大值至该最大值的约 10%之间(10:1 调光范围)。由于 LED 的色谱与电流有关,因此这种方法并不适合于某些应用。然而,PWM 数字调光方式则是以某种快至足以掩盖视觉闪烁的速率(通常高于 100kHz)在零电流和最大 LED 电流之间进行切换。该占空比改变了有效平均电流,从而实现了高达 3000:1 的调光范围(仅受限于最小占空比)。由于 LED 电流要么处于最大值,要么被关断,所以该方法还具有能够避免发生 LED 色偏的优点,而在采用模拟调光时这种 LED 色偏现象是很常见的。

## 问: 大功率 LED 照明的散热问题应该如何解决?

答: 两种用量最大、功率最高的 LED 照明应用是大屏幕 LCD TV 显示器的背面照明和汽车前照灯。您不妨看看 Lexus(雷克萨斯)、Audi(奥迪)、甚至 GM(通用)公司的 Cadillac Escalade 所使用的标准 LED 汽车前照灯。所有这些汽车的总体照明结构均很相似。每个汽车前照灯包括 5 种专为各种照明要求而优化的 LED 供电光束,包括:近光灯、远光灯、转弯辅助灯、昼间行驶灯和转向信号指示灯。

标准 LED 照明光束通常将需要 35W 至 50W 的供电功率。这或许看似不是很多的功率;然而,LED 提供的亮度却达到了 HID 卤素灯的 10 倍,因此 LED 的光输出

就相当于 500W 的卤素灯。远光灯所需的功率一般与标准照明光束相同或略为高一点，而转弯辅助灯、昼间行驶灯和转向信号指示灯所需的功率则较低。不过，该总体汽车前照灯会消耗 200W 以上的电能，因而有可能产生重大的热功率耗散问题。这确实不是什么好事，因为随着工作温度的升高，LED 的光输出和工作寿命将迅速降低。

处理该散热问题方法有很多种。一种是增加大量的散热器以把热量从照明灯移走。然而，这会产生另一组问题，包括因为散热材料的使用而导致的成本和重量的增加。解决这一问题最有效的方法是采用一个具极高效率的驱动器(效率>93%)来最大限度地减少 LED 驱动电路的热耗散。这并不像听起来那么困难，原因是一个 50W 的远光灯通常可由 14 个串联的 1A LED 组成。由于整个温度范围内的正向电压降约为每个 LED 4V，因此升压转换器 LED 驱动器拓扑结构能够以 93%的效率将 12V 的标称电池电压提升至刚好超过 56V。这使得仅需耗散 3.5W 的功率，对于该功率耗散值，在安装了 LED 汽车前照灯的印刷电路板内布设低等级的铜散热器便可轻松地满足要求。

**问：用太阳能电池板采集来的电能对蓄电池进行充电时，关键的设计挑战有哪些？**

答：作为在商业和住宅环境中均具实用性的一种发电方法而言，太阳能电池板已经被人们所广泛接受。然而，尽管在技术方面取得了进步，太阳能电池板的造价仍然很昂贵。这种高昂的成本有很大部分来自于电池板本身，这里，电池板的尺寸（因而也包括其成本）将随着所需输出功率的增加而增加。因此，为了造就外形尺寸最小、成本效益性最佳的解决方案，最大限度地提升电池板性能是很重要的。

一般而言，太阳能电池板所获取的能量用于给电池充电，电池的储能反过来将在没有阳光照射的情况下为终端应用电路的操作提供支持。如欲实现太阳能电池充电器的最佳设计，则必需对太阳能电池板的特性有所了解。首先，由于具有很大的结合区，因此太阳能电池板会发生泄漏，在黑暗条件下电池将通过电池板放电。而且，每块太阳能电池板都拥有一个具最大功率点的特征 IV 曲线，所以，当负载特性与电池板特性不相匹配时，能量提取将有所减少。理想的情况是：电池板将在最大功率点上被持续加载，以充分地利用可用的太阳能，并由此最大限度地缩减电池板成本。

一般情况下，可以采用一个与电池板相串联的肖特基二极管来解决电池板的泄漏问题。反向泄漏被减小至一个很低的数值；然而，肖特基二极管的正向电压降（它在大电流条件下会消耗大量的功率）仍然会造成能量损失。因此，需要采用昂贵的散热器和精细的布局来把肖特基二极管保持于低温状态。解决该功率耗散问题的一种更加有效方法是用一个基于 MOSFET 的理想二极管来替代肖特基二极管。这将把正向电压降减小到低至 20mV，从而显著地减少功耗，同时降低散热布局的复杂性、外形尺寸和成本。幸运的是，由于已经有一些 IC 供应商制造

出了具有这种规格的理想二极管（比如：由凌力尔特公司提供的 LTC4412），因此上述目标得以轻松实现。

不过，有两个问题依然存在，即：“至满充电电池的浮动电压控制”和“在最佳发电点给电池板加载”。这些问题常常可以通过采用一个开关模式充电器和一个高效率降压型稳压器来加以解决。

凌力尔特已经开发出了这样一款电路，它由 LTC1625 No RESNSE (无检测电阻器) 同步降压型控制器、LTC1541 微功率运算放大器、比较器和基准、以及 LTC4412 理想二极管组成。下面给出了该电路以供参考：

图 1 中的电路被置于太阳能电池板和电池之间，用于调节电池浮动电压。基于 LTC1541 的附加控制环路强制充电器在最大电池板功率点上运作。这种效率的提升缩减了所需的电池板尺寸，因而降低了总体解决方案的成本。当电池板峰值电源电压和电池电压之间存在失配时，这款电路的重要优点表现得尤为突出。

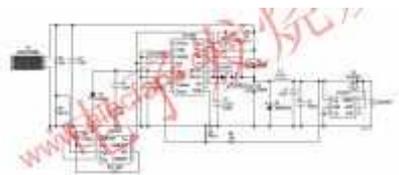


图 1：峰值功率跟踪降压充电器最大限度地提高了效率

#### 问：Linear 提供了哪些独特的解决方案来解决以上设计挑战？

答：为了满足 LED 驱动以及太阳能电池板电池充电器的设计需要，凌力尔特提供了各种各样的产品。LT3595、LT3518 和 LT3755 便是其中一些产品。

此类产品和 LED 驱动器 IC 的一个实例是凌力尔特的 LT3595 降压模式 LED 驱动器，它具有 16 个单独的通道，每个通道能够从高达 45V 的输入来驱动一个由多达 10 个 50mA LED 所组成的 LED 串。每个通道可用于驱动 10 个串联 LED 以提供局部调光。于是，每个 LT3595 都能够驱动多达 160 个 50mA 白光 LED。一台 46 英寸 LCD TV 将需要为每部 HDTV 配用约 10 个 LT3595。它的 16 个通道均可以独立控制，并具有一个能够提供高达 5000:1 PWM 调光比的单独 PWM 输入。

每个通道只需要一个纤巧的片式电感器和一个甚至更加小巧的陶瓷输出电容器。所需的其他元件仅为单个输入电容器和电流设定电阻器（图 2）。所有 16 个通道的箝位二极管、电源开关和具补偿功能的控制逻辑电路都被压缩在 LT3595 的相对较小 56 引脚、5mm x 9mm QFN 封装之内。

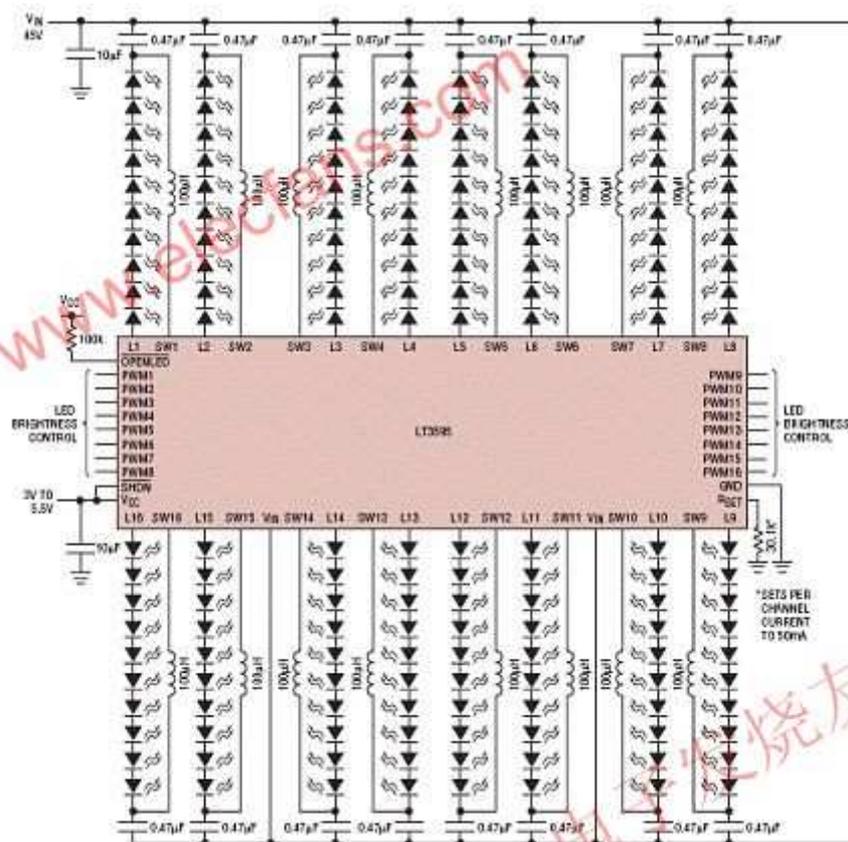


Figure 3. A 16-channel LED driver for 160 white LEDs from a 45V input. PWM dimming ratio is 5000:1.

图 2：一个从 45V 输入来驱动 160 个白光 LED 的 16 通道 LED 驱动器。PWM 调光比为 5000:1。

大多数电池供电型便携式产品均具有一个或多个显示屏，用于向用户传递图形信息。然而，TFT-LCD 显示屏（甚至 OLED 屏）的供电需要系统设计师给予特别的关注。为了实现 TFT-LCD 屏的正确供电，一个 DC/DC 转换器必需要能够以正确上电和断电排序来提供三个独立的输出电压，即：AVDD、VON 和 VOFF。凌力尔特认识到了这一点，并开发出了专门针对该用途的专用单片式 DC/DC 转换器。最新推出的一款器件是我们的 LT3513。该转换器具有 5 个独立受控的稳压器，用于提供一个 TFT-LCD 屏内部所有必要的电源轨。

其降压型稳压器能够为逻辑电源轨输送高达 1.2A 的连续输出电流。可以利用 LDO 控制器和一个外部 NPN MOSFET 产生一个较低电压辅助逻辑电源。一个高功率升压型转换器（ISW = 1.5A）、一个较低功率升压型转换器（ISW = 250mA）和一个负输出转换器（ISW = 250mA）提供了三个独立的输出电压，即：LCD 屏通常需要的 AVDD、VON 和 VOFF。一个集成高压侧 PNP 提供了 VON 信号的延迟接通，而显示屏保护电路则将在 4 个输出中的任一个低于其编程输出电压达 10% 以上时停用 VON，从而起到保护 TFT-LCD 屏的作用。其他特点包括集成肖特基二极管、

---

用于 AVDD 引脚的 PGOOD 引脚、输出断接以及用于降压型稳压器的电感器电流检测功能。

LT3755/-1 是一款 60V、高压侧电流检测 DC/DC 控制器，专为从一个 4.5V 至 40V 的输入电压范围来驱动高电流 LED 而设计。LT3756/-1 采用了相同的设计，但可以从 6V 至 100V 的输入来提供至 100V 的输出。这两款器件的“-1”版本均具备外部同步能力，而标准器件版本则用一个开路 LED 状态指示器替代了该引脚的功能。这两款器件都非常适合于众多的应用，包括汽车、工业和建筑照明。

对于那些需要高于 40V 输入电压（比如：48V 电源轨）的应用，LT3756/-1 将是优选的解决方案。LT3755/-1 和 LT3756/-1 均采用一个外部 N 沟道 MOSFET，并能够从一个 12V（标称值）输入来驱动多达 14 个 1A 白光 LED，从而提供了 50W 以上的功率。它们内置了一个高压侧电流检测电路，因而使其能够在升压、降压、降压-升压或 SEPIC 和反激式拓扑结构中使用。LT3755/-1 和 LT3756/-1 在升压模式中能提供超过 94% 的效率，从而免除了任何增设外部散热装置的需要。一个频率调节引脚允许用户在 100kHz 至 1MHz 的范围内设置频率，因而优化了效率，并最大限度地缩减了外部元件的尺寸和成本。再加上所采用 3mm×3mm QFN 封装或耐热性能增强型 MSOP-16E 封装，LT3755/-1 和 LT3756/-1 提供了一款非常紧凑的高功率 LED 驱动器解决方案。

LT3755/-1 和 LT3756/-1 均采用了 True Color PWM 调光，这种调光方式提供了恒定的 LED 彩色和高达 3000:1 的调光范围。对于不太苛刻的调光要求，可采用 CTRL 引脚来提供一个 10:1 的模拟调光范围。其固定频率、电流模式架构在一个很宽的电源电压和输出电压范围内实现了稳定的操作性能。一个参考于地电压的 FB 引脚用作多个 LED 保护功能电路的输入，从而使转换器能够起一个恒定电压源的作用。