为LED灯供电并提供保护

凌力尔特公司电源产品部 产品市场总监 || Tony Armstrong

在本文中，我想谈一谈 LED，例如为什么LED灯将成为首选照明源、怎样为LED灯供电以及怎样保护LED灯免受各自解决方案中有害因素的影响。LED照明应用包括高顶灯照明、建筑照明、室外路灯照明、以及甚至用来取代75W白炽灯。

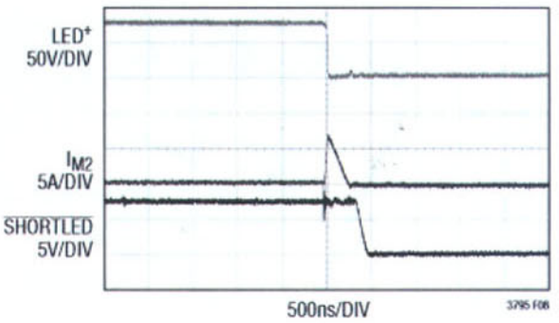
不过我认为，为慎重起见，在我们开始探讨这些有关 LED 的问题之前，应该先考虑几个基本问题：

1) 究竟为什么使用LED灯？LED照明成本是白炽灯的13倍，那么哪些优势使LED照明如此富有吸引力？

2) LED灯需要用什么系统供电？事情可不是将一个LED灯拧到现有白炽灯灯具中那么简单。那么，正确安装LED灯并为其供电必须达到哪些要求？

3) 哪些因素对LED灯以及LED驱动器电路有负面影响？

图 1 LT3795 的短路电流示波图



LED 需要什么？

与白炽灯不同，LED 灯不是“加热器”，白炽灯本质上是个电阻器，LED 本质上则是个二极管。因此，LED 需要相对严格的稳定电流和电压，这一般由 LED 灯驱动器电路提供。不过这种电路容易出现开路或短路情况，因此设计时必须小心，以防止这类情况的发生。另外高温对 LED 灯的可用光输出也有负面影响，因此设计 LED 驱动器电路及电路安装方法时也要小心。

白炽灯可以直接接受AC电源电压，与此不同，LED需要稳定的DC电压和电流。因此，视电源不同而不同，可能需要AC至DC转换。无论何时，只要发生转换，事情就总是有可能出错。在很多情况下，这类故障可能有损于甚至毁掉LED驱动器电路，而没有了驱动器电路，LED本身不可能发光。因此，必须提供能够防止这类故障发生的LED驱动器电路。所以，本身纳入 LED保护功能的驱动器是非常有用的。本文稍后将提供一些内置保护功能的LED驱动器IC的例子，用这些驱动器 IC，LED灯可以获得很长的使用寿命。

LED及其他解决方案

表 1 显示了对LED、CFL及白炽灯的比较结

表 1 LED、CFL和白炽灯光源比较

光源特性	LED	CFL	白炽灯
效率 (流明/瓦)	80 至 180 未来 >200	40 至 70	10 至 15
所用电量 (单位：瓦) (等效于 60W 灯)	8 - 10	13 - 15	60
寿命 (小时)	>50K	2K 至 10K	1K 至 2K
驱动器电源	DC	AC	离线式 AC
TRIAC 可调光	是	否	是
即时接通	是	否	是
功率因数	无 PFC 时为 0.5 有 PFC 时 >0.90	0.5	1
对电源周期敏感	否	是	是
含有害的水银	否	是	否
故障模式	无	有，可能着火、冒烟或发出异味	有一些
60W (或等效) 灯的价格	13 美元	3 美元	1 美元

果，其中突显部分有助于快速识别相应光源特性的好处和优势。

正如表中所示，LED 灯的主要特点之一是高效率。当光输出为每瓦80流明时，LED灯的电源效率至少是白炽灯的8倍。或者换一种说法，LED灯仅用相当于白炽灯1/8的电功率，就可提供同样的光输出。这等于在整个使用期内节省了能耗成本。现在看一下表中所列的寿命，可以看到，LED灯的使用寿命至少是白炽灯的50倍。因此，到一定时间，LED灯较高的初始成本就由其能耗成本的降低抵消了。为说明方便，假定只替换普通家庭中5个最常用的照明灯，那么在不到一年时间内，能耗成本降低就可以抵消较高的初始成本。当然，使用 LED 灯还有其他一些好处，例如LED灯不含有害材料并且没有故障模式（如电源设计能够正确地为LED灯供电并提供保护）。

LED的维护和供电

正如已经提到的那样，LED 在电特性上相当于二极管。因此，LED是一种电流驱动器件。只要给LED提供合适的电流，就可以使LED提供规定的光输出。相应地，提供较小的电流会限制LED提供的光输出量。对于单个LED而言，这也许不是什么大事。但是，如果由很多LED串联形成LED串，而且这些LED的电流大小不一致，那么光输出就会有很大和非常明显的变化。

当然，还必须克服LED固有的正向压降，该压降视所用 LED 类型以及灯具系统最终配置的不同而有所分别。对于一个典型的白光LED而言，这一正向压降通常为3.5V左右，不过当温度升高时，会变得略高一些。因此，视输入电源的不同而不同，可能需要多种转换拓扑。LED串有各种不同的配置，包括串联（LED 正向压降相加）、并联（LED 电流相加）或串并联组合（LED 正向压降及其电流都相加），这使问题进一步复杂化了。

到现在为止，我们已经谈到了LED 正确工作需要哪些保证，但是哪些事情可能对LED及其驱动器电路的工作产生负面影响？答案是，很多事情都可能对 LED 输出产生负面影响，甚至使 LED 发生灾难性故障。这些事情包括：过压，通常在 LED 开路时发生；过流，通常在短路或重新插入 LED 串时发生。当然，如前面所述，热环境不佳也可能对 LED 的使用寿命造成负面影响，因此良好的整体热设计也是至关重要的。此外，为防遗忘，这里再强调一次，LED 驱动器电路也很重要，因此设计该电路时同样需要小心谨慎，以使该电路能够保护自己、保护 LED，避免受到开路、短路和热环境欠佳的影响。但所有的这些问题，在大多数汽车、航空电子和工业环境中是很常见。

给 LED 供电的关键是正确提供严格调节的电流。正是在这里，LED 驱动器电路发挥了关键作用，因为无论输入电源是什么样的（输入电源变化范围会很大，因为应用的范围很广），驱动器电路都必须接受，并将其转换为使 LED 性能最优化所需的电压和电流。因为随时间变化，过压或过流可能对LED 寿命或其光输出产生负面影响，所以电压和电流的调节越严格，系统就越坚固。因此，提供 ±5% 的电压和电流调节对无故障地实现长的工作寿命而言是很有益处。

另一个关键标准是提供过压保护。因此，先决条件是，LED 驱动器电路能够应对高于正常工作所要求的较高瞬态电压情况。一个很有

图 2 具输入限流及扩展频谱频率调制的LT3795升压型LED驱动器

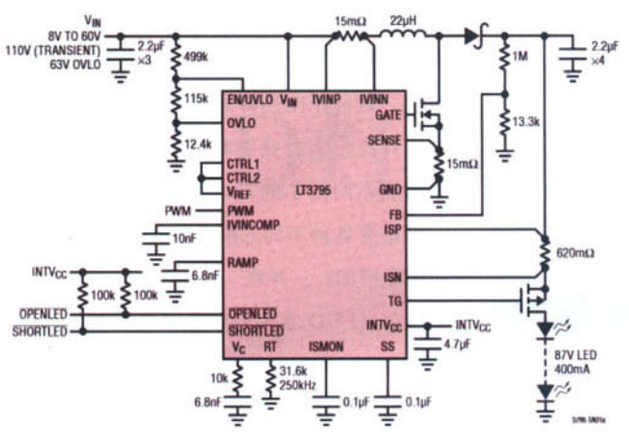
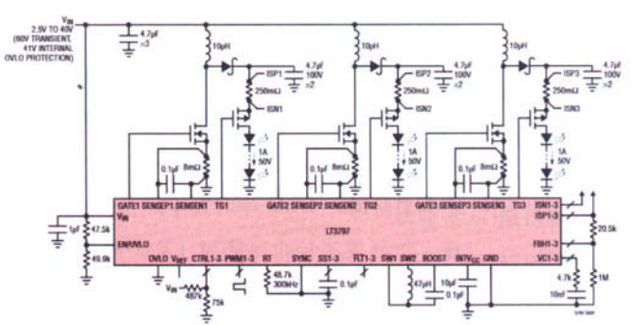


图3 配置为3输出升压型LED驱动器的LT3797



说服力的例子是汽车环境，这种环境中的负载突降可能达到42V甚至更高。

保护 LED 免受过热影响更加富有挑战性。LED 灯具常常很小、很紧凑，几乎没什么散热途径，而且可能没有风扇增加空气流动，提供冷却。因此大部分热量不得不通过传导来散出。这样一来，在设计阶段必须考虑良好的散热。此外，LED 驱动器电路若能以非常高的转换效率工作也会非常有帮助，因为转换效率越高，以转换功耗形式产生的热量越少。因此，具备 90% 以上效率的 LED 驱动器对于良好的热设计极有帮助。

另一种有助于减少热量的有趣方式是，在 LED 驱动器电路上采用一个内置温度传感器，这样一来，如果有一个系统微控制器监视这个温度信号，那么就可以在需要时停止整个系统运行，以降低电流，产生较少热量。当然，这么做的代价是降低了光输出，但是这总好于让整个系统发生故障。一旦故障情况消失，就可以恢复正常运行。

当然，老话说得好，适用于此者亦适用于彼。因此，以上探讨针对 LED 的实用方法推广开来，同样也适用于 LED 驱动器电路。而将这些方法纳入整个系统中，是一个非常好的想法。

LED 驱动器解决方案

既然我们已经探讨了给 LED 供电需要达到哪些要求，必须采取哪些措施保护 LED，才能使 LED 保持很长的寿命和不出现故障，那么我想再花一些时间，展示几款 LED 驱动器IC，这些IC整合了很多上述保护机制。

第一个例子是 LT3795，这是一款基于升压型拓扑的LED 驱动器，该驱动器还提供一些特殊功能以提高性能。第一种特殊功能称为扩展频谱频率调制，这种调制方法可为系统时钟引入高频抖动以降低噪声。第二种特殊功能是短路保护。与降压型转换器不同，面向升压型转换器的短路保护并不容易实现。对降压型转换器而言，由于其降压型拓扑以及 VIN 与 VOUT 之间的开关，所以短路保护功能是固有的。对于一个升压型转换器而言，要提供短路保护，必须在 LED 串上方增加一个断接 FET，如图 2 中的M2所示。这种P沟道MOSFET为监视流经其自身的电流创造了条件，因为如果发生短路，流经 M2 的电流就会迅速升高。这有可能毁坏下游 LED 串中的 LED。为了防止毁坏情况发生，我们必须监视 LED的电流，电流监视可用 LED 上方的检测电阻RLED 实现。因此，当发生短路时，为了保护LED，M2必须迅速断开。尽管迅速断开并不容易实现，因为必须在不到 1us 的时间内完成，但是 LT3795 做到了，如图 1 所示。

在图1中，上部的曲线是流经LED串的电流，中部的曲线是流经P-MOS 的电流。底部的曲线代表轨之间的瞬态短路状态。正如图中所示，LT3795 断开 P-FET，其电流仅在500ns时间内即上升至12A峰值，从而保护了LED串发生过

流情况。如果没有这么迅速的响应，该电流可能上升至高达50A。

第二个想要展示的 LED 驱动器 IC是LT3797。这是一款多拓扑三输出LED驱动器，具集成的轨至轨电流检测放大器，电压范围为0V至100V。这3个通道每一个的工作模式都可以配置为降压型、升压型或SEPIC，输出之间都可以自主运行。

这款IC增加了几项功能以提供额外的系统保护，显然，保护功能之一是，通道以升压模式工作时的短路保护。然而，该IC还纳入了开路LED保护，这是由FBH电压反馈引脚提供的。LT3797具 2.5V至40V宽输入范围，非常适合工业、航空电子、医疗及汽车 LED 照明应用。此外，因为该 IC 是一款控制器，所以可提供数安培的电流范围。

图3 显示了配置为三输出升压型 LED 驱动器的LT3797，3个通道的每一个都是升压型控制器。正如图中所示，每个LED串上方都放置了P-MOS MOSFET和检测电阻器。因此，像LT3795一样，当发生短路情况时，该 IC可以迅速断接LED串，防止LED串损坏。

与 LT3795的另一个类似之处是，LT3797允许打嗝模式闭锁以重启各个通道。通过增加或去掉 VREF与SS引脚之间的R13，可以非常容易地设定短路保护模式的重启。

结论

希望您愉快地度过了这次“怎样给LED灯及其驱动器电路供电并提供保护”的旅程。正如本文所示，设计一个完整系统时，有很多因素需要考虑，包括电压、电流及热量限制。不过，已有一些IC可以减轻设计负担，为满足设计需求提供了方便，同时优化了所有性能参数。CEM