

LED 照明驱动选择与设计技巧揭秘

一、LED 驱动器通用要求

LED 的排列方式及 LED 光源的规范决定着基本的驱动器要求。LED 驱动器的主要功能就是在一定的工作条件范围内限制流过 LED 的电流，而无论输入及输出电压如何变化。LED 驱动器基本的工作电路示意图如图 1 所示，其中所谓的“隔离”表示交流线路电压与 LED（即输入与输出）之间没有物理上的电气连接，最常用的是采用变压器来电气隔离，而“非隔离”则没有采用高频变压器来电气隔离。

值得一提的是，在 LED 照明设计中，AC-DC 电源转换与恒流驱动这两部分电路可以采用不同配置：

(1) 整体式 (integral) 配置，即两者融合在一起，均位于照明灯具内，这种配置的优势包括优化能效及简化安装等；

(2) 分布式 (distributed) 配置，即两者单独存在，这种配置简化安全考虑，并增加灵活性。

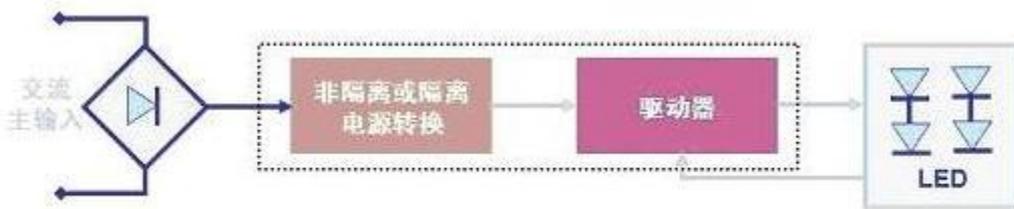


图 1 LED 驱动器的基本工作电路示意图

二、如何选择 LED 驱动方式

如今在市场上典型的 LED 驱动器包括两类，即线性驱动器和开关驱动器；大概的适用范围见图 2。如电流大于 500mA 的大电流应用采用开关稳压器，因为线性驱动器限于自身结构原因，无法提供这样大的电流；而在电流低于 200mA 的低电流应用中，通常采用线性稳压器或分离稳压器；而在 200 至 500mA 的中等电流应用中，既可以采用线性稳压器，也可以采用开关稳压器。

开关稳压器的能效高，且提供极佳的亮度控制。线性稳压器结构比较简单，易于设计，提供稳流及过流保护，且没有电磁兼容性 (EMC) 问题。



图 2 LED 驱动器分类

在低电流 LED 应用中，电阻型驱动器尽管成本较低且结构简单，但这种驱动器在低电压条件下，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；并且电阻是耗能元件，整个方案的能效较低，见图 3。

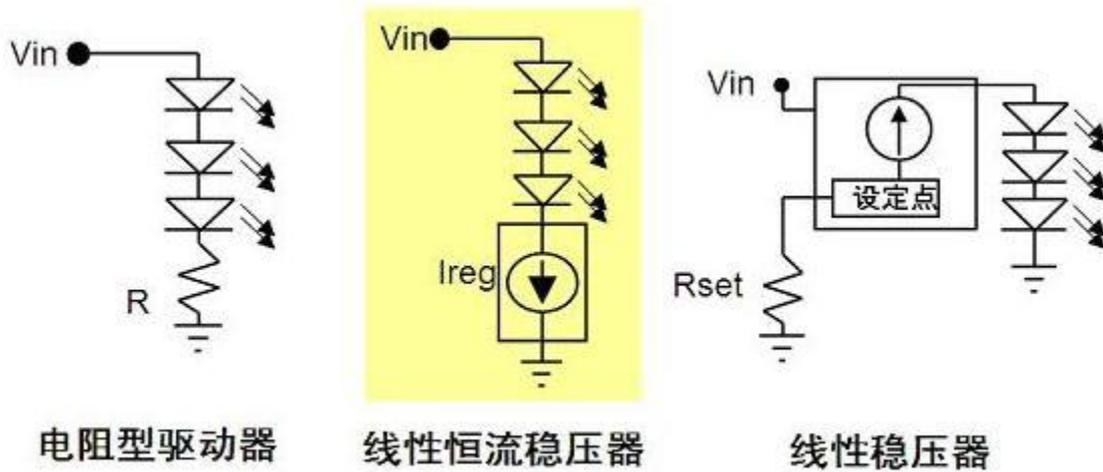


图 3 电阻型与线性驱动器对比

例如在采用 DC-DC 电源的 LED 照明应用中，可以采用的 LED 驱动方式有电阻型、线性稳压器及开关稳压器等，基本的应用示意图见图 4。

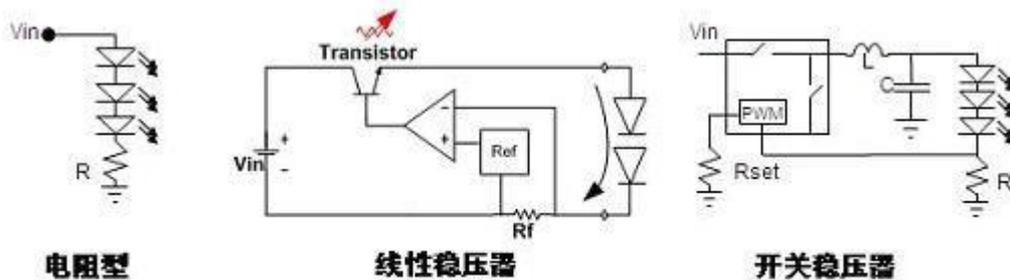


图 4：常见的 DC-DC LED 驱动方式。

电阻型驱动方式中，调整与 LED 串联的电流检测电阻即可控制 LED 的正向电流，这种驱动方式易于设计、成本低，且没有电磁兼容 (EMC) 问题，劣势是依赖于电压、需要筛选 (binning) LED，且能效较低。

线性稳压器同样易于设计且没有 EMC 问题，还支持电流稳流及过流保护 (fold back)，且提供外部电流设定点，不足在于功率耗散问题，及输入电压要始终高于正向电压，且能效不高。开关稳压器通过 PWM 控制模块不断控制开关 (FET) 的开和关，进而控制电流的流动。

开关稳压器具有更高的能效，与电压无关，且能控制亮度，不足则是成本相对较高，复杂度也更高，且存在电磁干扰 (EMI) 问题。LED DC-DC 开关稳压器常见的拓扑结构包括降压 (Buck)、升压 (Boost)、降压-升压 (Buck-Boost) 或单端初级电感转换器 (SEPIC) 等不同类型。

其中,所有工作条件下最低输入电压都大于 LED 串最大电压时采用降压结构,如采用 24 Vdc 驱动 6 颗串联的 LED;与之相反,所有工作条件下最大输入电压都小于最低输出电压时采用升压结构,如采用 12 Vdc 驱动 6 颗串联的 LED;而输入电压与输出电压范围有交集时可采用降压-升压或 SEPIC 结构,如采用 12 Vdc 或 12 Vac 驱动 4 颗串联的 LED,但这种结构的成本及能效最不理想。

三、LED 驱动器标准

LED 驱动器本身也在不断演进,着重于进一步提高能效、增加功能及功率密度。美国“能源之星”的固态照明规范提出的是照明器具级的能效限制,涉及包括功率因数在内的特定产品要求。而欧盟的 IEC 61347-2-13 (5/2006) 标准针对采用直流或交流供电的 LED 模块的要求包括:

最大安全特低电压 (SELV) 工作输出电压 $\leq 25 V_{rms}$ (35.3 Vdc)

不同故障条件下“恰当”/安全的工作

故障时不冒烟或易燃

此外,ANSI C82. xxx LED 驱动器规范仍在制定之中。而在安全性方面,需要遵从 UL、CSA 等标准,如 UL1310 (Class 2)、UL 60950、UL1012.此外,LED 照明设计还涉及到产品寿命周期及可靠性问题。

四、LED 驱动设计 5 大技巧要领

1、芯片发热

这主要针对内置电源调制器的高压驱动芯片。假如芯片消耗的电流为 2mA,300V 的电压加在芯片上面,芯片的功耗为 0.6W,当然会引起芯片的发热。驱动芯片的最大电流来自于驱动功率 mos 管的消耗,简单的计算公式为 $I=cvf$ (考虑充电的电阻效益,实际 $I=2cvf$,其中 c 为功率 MOS 管的 c_{gs} 电容, v 为功率管导通时的 gate 电压,所以为了降低芯片的功耗,必须想办法降低 c、v 和 f. 如果 c、v 和 f 不能改变,那么请想办法将芯片的功耗分到芯片外的器件,注意不要引入额外的功耗。再简单一点,就是考虑更好的散热吧。

2、功率管发热

功率管的功耗分成两部分,开关损耗和导通损耗。要注意,大多数场合特别是 LED 市电驱动应用,开关损害要远大于导通损耗。开关损耗与功率管的 c_{gd} 和 c_{gs} 以及芯片的驱动能力和工作频率有关,所以要解决功率管的发热可以从以下几个方面解决:

A、不能片面根据导通电阻大小来选择 MOS 功率管,因为内阻越小, c_{gs} 和 c_{gd} 电容越大。如 1N60 的 c_{gs} 为 250pF 左右,2N60 的 c_{gs} 为 350pF 左右,5N60 的 c_{gs} 为 1200pF 左右,差别太大了,选择功率管时,够用就可以了。

B、剩下的就是频率和芯片驱动能力了,这里只谈频率的影响。频率与导通损耗也成正比,所以功率管发热时,首先要想想是不是频率选择的有点高。想办法降低频率吧!不过要注意,当频率降低时,为了得到相同的负载能力,峰值电流必然要变大或者电感也变大,这都有可能导电感进入饱和区域。如果电感饱和和电流够大,可以考虑将 CCM (连续电流模式) 改变成 DCM (非连续电流模式),这样就需要增加一个负载电容了。

3、工作频率降频

这个也是用户在调试过程中比较常见的现象，降频主要由两个方面导致。输入电压和负载电压的比例小、系统干扰大。对于前者，注意不要将负载电压设置的太高，虽然负载电压高，效率会高点。

对于后者，可以尝试以下几个方面：

a、将最小电流设置的再小点；

b、布线干净点，特别是 sense 这个关键路径；

c、将电感选择的小点或者选用闭合磁路的电感；

d、加 RC 低通滤波吧，这个影响有点不好，C 的一致性不好，偏差有点大，不过对于照明来说应该够了。无论如何降频没有好处，只有坏处，所以一定要解决。

4、电感或者变压器的选择

很多用户反应，相同的驱动电路，用 a 生产的电感没有问题，用 b 生产的电感电流就变小了。遇到这种情况，要看看电感电流波形。有的工程师没有注意到这个现象，直接调节 sense 电阻或者工作频率达到需要的电流，这样做可能会严重影响 LED 的使用寿命。所以说，在设计前，合理的计算是必须的，如果理论计算的参数和调试参数差的有点远，要考虑是否降频和变压器是否饱和。变压器饱和时，L 会变小，导致传输 delay 引起的峰值电流增量急剧上升，那么 LED 的峰值电流也跟着增加。在平均电流不变的前提下，只能看着光衰了。

5、LED 电流大小

我们都知道 LED ripple 过大的话，LED 寿命会受到影响。对于 LED ripple 过高影响有多大，一些 LED 厂表示 30%以内都可以接受，不过后来没有经过验证。建议还是尽量控制小点。如果散热解决的不好，LED 一定要降额使用。也希望有专家能给个具体指标，要不然影响 LED 的推广。

针对本文，相信你会觉得 LED 驱动设计并不难，一定要做到心中有数，只要做到调试前计算，调试时测量，调试后老化，相信我们都可以轻松搞 LED 了。