

分析LED照明的电源拓扑结构

引言

随着LED的生产成本下降，其使用愈发普遍，所涵盖的应用范围从手持终端设备到车载，再到建筑照明。LED的高可靠性(使用寿命超过50,000个小时)、较高的效率(>120流明/瓦)以及近乎瞬时的响应能力使其成为极具吸引力的光源。与白炽灯泡200ms的响应时间相比，LED会在短短5ns响应时间内发光。因此，目前它们已在汽车行业的刹车灯中得到广泛采用。

驱动LED并非没有挑战。可调的亮度需要用恒定电流来驱动LED，并且无论输入电压如何都必须要保持该电流的恒定。这与仅仅将白炽灯泡连接到电池来为其供电相比更具有挑战性。

LED具有类似于二极管的正向V-I特性。在低于LED开启阈值(白光LED的开启电压阈值大约为3.5V)时，通经该LED的电流非常小。在高于该阈值时，电流会以正向电压形式成指数倍递增。这就允许将LED定型为带有一个串联电阻的电压源，其中带有一则警示说明：本模型仅在单一的工作DC电流下才有效。如果LED中的DC电流发生改变，那么该模型的电阻也应随即改变，以反映新的工作电流。在大的正向电流下，LED中的功率耗散会使设备发热，此举将改变正向压降和动态阻抗。在确定LED阻抗时充分考虑散热环境是非常重要的。

当通过降压稳压器驱动LED时，LED常常会根据所选的输出滤波器排列来传导电感的AC纹波电流和DC电流。这不仅会提高LED中电流的RMS振幅，而且还会增大其功耗。这样就可提高结温并对LED的使用寿命产生重要影响。如果我们设定一个70%的光输出限制作为LED的使用寿命，那么LED的寿命就会从74摄氏度下的15,000小时延长到63摄氏度下的40,000小时。LED的功率损耗由LED电阻乘以RMS电流的平方再加上平均电流乘以正向压降来确定。由于结温可通过平均功耗来确定，因此即使是较大的纹波电流对功耗产生的影响也不大。例如，在降压转换器中，等于DC输出电流($I_{pk-pk}=I_{out}$)的峰至峰纹波电流会增加不超过10%的总功率损耗。如果远远超过上面的损耗水平，那么就需要降低来自电源的AC纹波电流以便使结温和工作寿命保持不变。一条非常有用的经验法则是结温每降低10摄氏度，半导体寿命就会提高两倍。实际上，由于电感器的抑制作用，因此大多数设计就趋向于更低的纹波电流。此外，LED中的峰值电流不应超过厂商所规定的最大安全工作电流额定值。

所显示的信息有助于为LED驱动器选择最佳的开关拓扑。除这些拓扑之外，您还可使用简易的限流电阻器或线性稳压器来驱动LED，但是此类方法通常会浪费过多功率。所有相关的设计参数包括输入电压范围、驱动的LED数量、LED电流、隔离、EMI抑制以及效率。大多数的LED驱动电路都属于下列拓扑类型：降压型、升压型、降压-升压型、SEPIC和反激式拓扑。

备选的LED电源拓扑

显示了三种基本的电源拓扑示例。第一个示意图所显示的降压稳压器适用于输出电压总小于输入电压的情形。在降压稳压器会通过改变MOSFET的开启时间来控制电流进入LED。电流感应可通过测量电阻器两端的电压获得，其中该电阻器应与LED串联。对该方法来说，重要的设计难题是如何驱动MOSFET。从性价比的角度来说，推荐使用需要浮动栅极驱动的N通道场效应晶体管(FET)。这需要一个驱动变压器或浮动驱动电路(其可用于维持内部电压高于输入电压)。

还显示了备选的降压稳压器(buck#2)。在此电路中，MOSFET对接地进行驱动，从而大大降低了驱动电路要求。该电路可选择通过监测FET电流或与LED串联的电流感应电阻来感应LED电流。后者需要一个电平移位电路来获得电源接地的信息，但这会使简单的设计复杂化。另外，还显示了一个升压转换器，该转换器可在输出电压总是大于输入电压时使用。由于MOSFET对接地进行驱动并且电流感应电阻也采用接地参考，因此此类拓扑设计起来就很容易。该电路的一个不足之处是在短路期间，通过电感器的电流会毫无限制。您可以通过保险丝或电子断路器的形式来增加故障保护。此外，某些更为复杂的拓扑也可提供此类保护。

简单的降压和升压型拓扑为LED供电

显示了两款降压-升压型电路，该电路可在输入电压和输出电压相比时高时低时使用。两者具有相同的折衷特性(其中折衷可在有关电流感应电阻和栅极驱动位置的两个降压型拓扑中显现)。图2中的降压-升压型拓扑显示了一个接地参考的栅极驱动。它需要一个电平移位的电流感应信号，但是该反向降压-升压型电路具有一个接地参考的电流感应和电平移位的栅极驱动。如果控制IC与负输出有关，并且电流感应电阻和LED可交换，那么该反向降压-升压型电路

就能以非常有用的方式进行配置。适当的控制IC，就能直接测量输出电流，并且MOSFET也可被直接驱动。

降压-升压型拓扑可调节大于或小于 V_{out} 的输入电压

该降压-升压方法的一个缺陷是电流相当高。例如当输入和输出电压相同时，电感和电源开关电流则为输出电流的两倍。这会对效率和功耗产生负面的影响。在许多情况下，图3中的“降压或升压型”拓扑将缓和这些问题。在该电路中，降压功率级之后是一个升压。如果输入电压高于输出电压，则在升压级刚好通电时，降压级会进行电压调节。如果输入电压小于输出电压，则升压级会进行调节而降压级则通电。通常要为升压和降压操作预留一些重叠，因此从一个模型转到另一模型时就不存在静带。中国照明网技术论文·LED照明

当输入和输出电压几乎相等时，该电路的好处是开关和电感器电流也近乎等同于输出电流。电感纹波电流也趋向于变小。即使该电路中有四个电源开关，通常效率也会得到显著的提高，在电池应用中这一点至关重要。图3中还显示了SEPIC拓扑，此类拓扑要求较少的FET，但需要更多的无源组件。其好处是简单的接地参考FET驱动器和控制电路。此外，可将双电感组合到单一的耦合电感中，从而节省空间和成本。但是像降压-升压拓扑一样，它具有比“降压或升压”和脉动输出电流更高的开关电流，这就要求电容器可通过更大的RMS电流。

降压或升压型以及SEPIC拓扑提供了更高的效率

出于安全考虑，可能规定在离线电压和输出电压之间使用隔离。在此应用中，最具性价比的解决方案是反激式转换器它要求所有隔离拓扑的组件数最少。变压器匝比可设计为降压、升压或降压-升压输出电压，这样就提供了极大的设计灵活性。但其缺点是电源变压器通常为定制组件。此外，在FET以及输入和输出电容器中存在很高的组件应力。在稳定照明应用中，可通过使用一个“慢速”反馈控制环路(可调节与输入电压同相的LED电流)来实现功率因数校正(PFC)功能。通过调节所需的平均LED电流以及与输入电压同相的输入电流，即可获得较高的功率因数。

反激式转换器可提供隔离和功率因数校正功能

需要对LED进行调光是一件很平常的事。例如，可能需要调节显示屏或调节建筑灯的亮度。实现此操作的方式有两种：即降低LED电流或快速打开LED再关闭，然后使眼睛最终得到平衡。因为光输出并非完全与电流呈线性关系，因此降低电流的方法效率最低。此外，LED色谱通常会在电流低于额定值时发生改变。请记住：人对亮度的感知成指数倍增，因此调光就需要电流出现更大的百分比变动。因为在全电流下，3%的调节误差由于电路容差缘故可在10%的负载下放大成30%甚至更大的误差，因此这会对电路设计产生重大的影响。尽管存在响应速度问题，但通过脉宽调制(PWM)来调节电流仍更为精确。当照明和显示时，需要100Hz以上的PWM才能使人眼不会察觉到闪烁。10%的脉冲宽度处于毫秒范围内，并且要求电源具有高于10kHz以上的带宽。

在许多应用中使用LED正变得日益普遍。它将会采用各种电源拓扑来为这些应用提供支持。通常，输入电压、输出电压和隔离需求将规定正确的选择。在输入电压与输出电压相比总是时高时低时，采用降压或升压可能是显而易见的选择。但是，当输入和输出电压的关系并非如此受抑制时，该选择就变的更加困难，需要权衡许多因素，其中包括效率、成本和可靠性。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/132113.html>