

理解LED驱动器拓扑结构选择

安森美半导体 Tim Kaske Bernie Weir

过去几年来,高亮度发光二极管(HB-LED)在每封装流明输出和光效(单位为 lm/W)方面的性能快速提升。商用的1W LED已提供有冷色温LED(色温5000K)的每封装流明输出超过100lm,光效达 100lm/W ,而相同功率等级的暖色温白光LED(色温3000~3500K)也超过了 $70\sim 80\text{lm}$ 。与两年前相比,这些性能等级提高了30%~40%。有了这样的性能,LED如今正逐步发展成为众多高性能应用中传统白炽灯、卤素灯和荧光灯的切实可行的替代光源。因此,固态照明(SSL)相当多地渗入到了汽车、商业和景观照明,以及城市街道照明之中。LED还能用于新应用,如基于实际太阳能板的远程照明,因为这很容易借可充电电池产生LED所要求的直流驱动电流。此外,如果恰当设计,LED灯具的工作寿命可达3~5万小时,因而显著降低替代灯泡方面常见的维护成本。

然而,就控制及驱动这些LED而言,在使用方面存在不少矛盾之处。例如,许多照明系统设计所使用或修改的已有电源方案并没有充分顾及HB-LED的独特驱动要求。如果设计人员要优化LED照明所能提供的优势,必须仔细考

虑驱动及控制这些器件所使用的技术,从而提供高效及高性价比的方案。

HB-LED照明系统的主要组件包括LED发射器、电源转换、控制及驱动、热管理,以及众多应用中会涉及到的光学组件。如果不充分考虑所有这些组件,相应的LED照明系统就不太可能得到优化。LED与大多数灯泡不一样,是带有指向性的光源,故在诸多应用中,使用镜头、反射镜或扩散板来提供所需的发光图案以及灯具的照明外观至关重要。同样,如果不恰当处理热管理问题,照明系统的工作寿命也会大幅缩短,从而冲抵使用长寿命LED的主要优势。电源和驱动方面对照明系统的长期工作同等重要。HB-LED照明设计中的供电电压源取决于所投入应用的类型。就建筑物及室内照明而言,电压源通常是交流主电源。户外照明可能采用宽泛稳压的电源,如低压交流电源、带备用电池的太阳能板或交流主电源。在汽车应用中,电源通常是铅酸电池(12Vdc)。

如果没有某种形式的电源转换,应当避免使用电压源来驱动LED发射器,这是由于正常的电压波动会造成LED电流大幅变化,因为LED的电压/电流(V/I)曲线非常陡峭;在不同驱动

电流、温度和生产(不同批次)差异条件下,LED正向电压变化范围较宽。此外,出于安全因素,大多数交流主电源应用都有基于电子开关电源或磁变压器的隔离电源转换,将高线路电压转换为适合驱动LED的安全低电压。

LED驱动电路的其中一项主要功能是在多种工作条件下稳流,而不论输入条件如何及正向电压如何变化。驱动电路必须符合能效、电容容限、外形因数、成本及安全性方面的应用要求。与此同时,所选的方法必须易用及足够坚固,从而适应特定应用的极端环境。

有几种不同的稳流方法。采用固定电压电源供电的电阻是最简单、最低成本的稳流方法。实际上,它们并不稳流,只是在LED正向电压变化及源电压变化并导致电流变化从而引起亮度变异时,简单地限制最大电流。对于低电流指示器应用而言,这可能可以接受,但随着电流增大及串联的LED数量增加,问题就出现了。要克服这个问题,需要费钱又费时地对LED进行编码及选择恰当的电阻来匹配LED串正向电压。即使采取这些步骤,仍然会有由输入电压变化导致的亮度变化问题。

另一种稳流方法选择是恒流线性稳

压器(CCR)。它们易于设计,能够提供有效的恒流及更多的特性,如高温时电流反走及调光控制。CCR可以涵盖简单的双端稳压器到灵活的可调节电流设定点线性稳压器集成电路。CCR的主要局限是输入电压源必须永远高于输出正向电压以恰当工作,而且它们可能能效较低,热耗散较高。后一点(即热耗散)是LED驱动电流、输入电源变化及正向电压变化的直接函数。

因此,在设计及选择过程中,封装及总体散热能力是关键考虑因素。通常线性驱动器能并行配置以扩散热耗散,或者必须装配在有散热能力的封装内。安森美半导体的NSI45030是一款CCR示例,该器件的稳流电平为30mA,是将CAT4201采用紧凑型双端SOD123封装而成的器件;CAT4201能支持高达1A电流,具有调光控制接口,采用D2PAK封装,能够耗散大量功率。

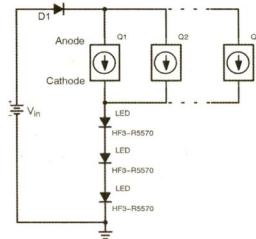


图1 并行配置30mA NSI45030 恒流稳压器以提高电流能力示例

出于能效因素及灵活性,开关稳压器被广泛使用。这种方法成本较高,技术也较复杂,但能提供显著优势,如支持任何类型的输入电压与输出电压关系,且根据输入/输出条件,能效高于

90%。与线性稳压器不同,它们对电磁干扰(EMI)很敏感,给设计人员带来另一项需要注意的设计约束。对于中到大功率应用或涉及宽输入电压范围的应用而言,开关稳压器是唯一可行的选择;且许多应用中优化了开关稳压器型LED驱动器,从而应用LED调光控制。

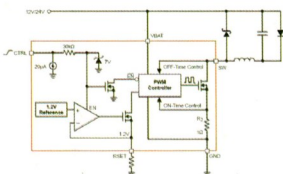


图2 CAT4201高集成度350mA LED降压驱动器,可以驱动多达7颗LED

由于LED发射的光与通过LED的平均电流成正比,CCR同样也提供调节光输出的能力,通过模拟或数字脉宽调制(PWM)技术提供调光。模拟方法注入模拟信号至反馈电压,从而使平均输出电流减小。数字方法使用输入PWM信号来抑制稳压器的开关,并降低平均输出电流。典型调光频率介于200Hz与1000Hz之间,因为人眼不能察觉频率高于100Hz时的细微变化。

三种基本的驱动器/稳压器拓扑结构分别是降压、升压、降压-升压(又称为单端初级电感转换,简称SEPIC)。在降压电路中,最低输入电压(Vin)在所有工作条件下永远高于LED串的最大电压,而在最大输入电压始终低于LED串最小电压时使用升压电路。由于恒流驱动器的升压拓扑结构属性,它要求额外的电路,用于LED开路及输出短路保护。图1显示了典型的LED降压配置。

注意跟传统降压架构不同,这配置中开关接地参考,LED串是浮接(floating)的。这拓扑结构基于专利的临界导电模式(CrM)降压架构,即使没有直接检测到流过LED串的电流,也会对LED平均电流进行稳流。

SEPIC技术用于输入电压与输出电压交叠的应用。耦合电感领域的进步使这些方案更易于应用,且与降压或升压拓扑结构相比,不会滋生尺寸方面的不利影响。实际上,如果理解透彻,与更常用的拓扑结构相比,SEPIC可以提供众多优势,提供更高的能效等级、更小的外形因数及更低的成本。输入和输出电压交叠时,除了SEPIC,也可使用一种非隔离型降压-升压拓扑结构,但在这种情况下,LED不再连接至地及直接检测LED平均电流。图3是这种拓扑结构的一个示例,在这种结构中,LED负载可以是3颗或4颗串联的1W LED。输入电压是12Vac,这种电压常用于MR16及低压景观照明等轨道灯。

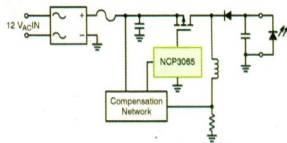


图3 安森美半导体Greenpoint 3~5W MR16参考设计简化框图

针对给定应用去评估最恰当的LED驱动器方案时,有多种拓扑结构可供选择,但也须考虑不同的取舍。虽然大多数应用采用可以产生12V、24V或36V电压的离线AC/DC电源供电,但采用太阳能供电/电池组、汽车或低压

(下转第45页)

(上接第41页)

交流等宽泛稳压电源供电的应用也非常多。这些宽泛稳压的电源带来更多设计挑战，在输入电压范围与输出电压范围交叠时要求更多的拓扑结构选择。理想

情况下，如果设计人员能够灵活地选择LED配置，最好选择输入电压始终高于最坏情况正向电压的配置，从而简化设计要求。由于高亮度LED技术持续演进

及改良，LED照明转向实用的应用数量应该会大幅增加，而且由于它们的低压特性，将涌现不需要离线交流电源的新应用。

EPC