

先升压后降压 LED 驱动器利用宽广的输入电压实现宽 PWM 调光范围

Keith Szolusha, Taffy Wong

(凌力尔特公司)

多通道 LED 驱动器主要是为采用单个 IC 来给多个 LED 或多个 LED 灯串 (这些灯串有时具有不同的色彩或长度) 供电而设计的。然而, 此类驱动器包括了诸多的特性, 可实现其他引人注目的用途。例如, LT3797 三通道 LED 驱动器就能够通过配置以提供“先升压后降压”(boost-then-buck) 的能力, 其中一个通道被配置为升压预调节器, 而另两个通道则被配置为降压模式 LED 驱动器。

当输入电压源具有很宽的变化范围并且会高于和低于 LED 灯串的额定电压时, 人们通常采用一种降压 - 升压或 SEPIC 拓扑。与单纯降压或单纯升压的稳压器相比, 这些拓扑具有一些缺点, 即: 相比于单纯降压的转换器, 其效率和带宽较低 (PWM 调光能力下降); 而与单纯升压的稳压器相比则是效率较低和传导 EMI 较高。

避免此类问题的方法之一是利用一个电压预调节器对宽范围的输入进行升压, 并将之用作一个单纯降压 LED 驱动器的输入。这种做法的优点是可实施升压和降压并具有高 PWM 调光带宽和较低的传导 EMI。由于 LT3797 具有三个可用于电压调节或 LED 驱动的通道, 因此一个通道可用来把输入电压提升至一个较高的电压, 该电压随后可用于给两个采用另两个通道形成的高带宽降压模式 LED 驱动器供电。

采用降压 LED 驱动器可实现比采用升压模式

驱动器时更高的 PWM 调光比。为了在采用一个宽范围输入的情况下实现高的 LED 调光比, 可利用一个预调节器将低输入电压提升至一个中间电压。这个经过升压的中间输出充当降压模式 LED 驱动器的输入。图 2 示出了采用单个 LT3797 实现的先升压后降压方案。

1 三路输出 LED 驱动器 (多拓扑、高效率)

LT3797 是一款三路输出 LED 驱动器控制器 IC, 其可用于以多种拓扑 (包括升压、降压、降压 - 升压和 SEPIC) 为三个 LED 灯串提供电流。每个通道的运作独立于其他的通道, 但它们共用时钟相位。LED 电流、开路 LED 保护、模拟和 PWM 调光控制功能电路可以单独地进行操控。

当 LED 灯串未回接至 GND 时, 高压侧反馈引脚 FBH 可在降压模式和降压 - 升压模式中均提供通用的过压保护, 从而免除了增设一个电平移位反馈晶体管的需要。2.5V 至 40V 的 VIN 范围和 100V 的输出范围使 LED 驱动器拥有了高电压和高供电能力, 其可用于汽车和工业应用以及电池供电型设备。

图 1 示出了一款效率达 93% 的三路输出升压型 LED 驱动器, 其采用一个汽车输入为三个 50W

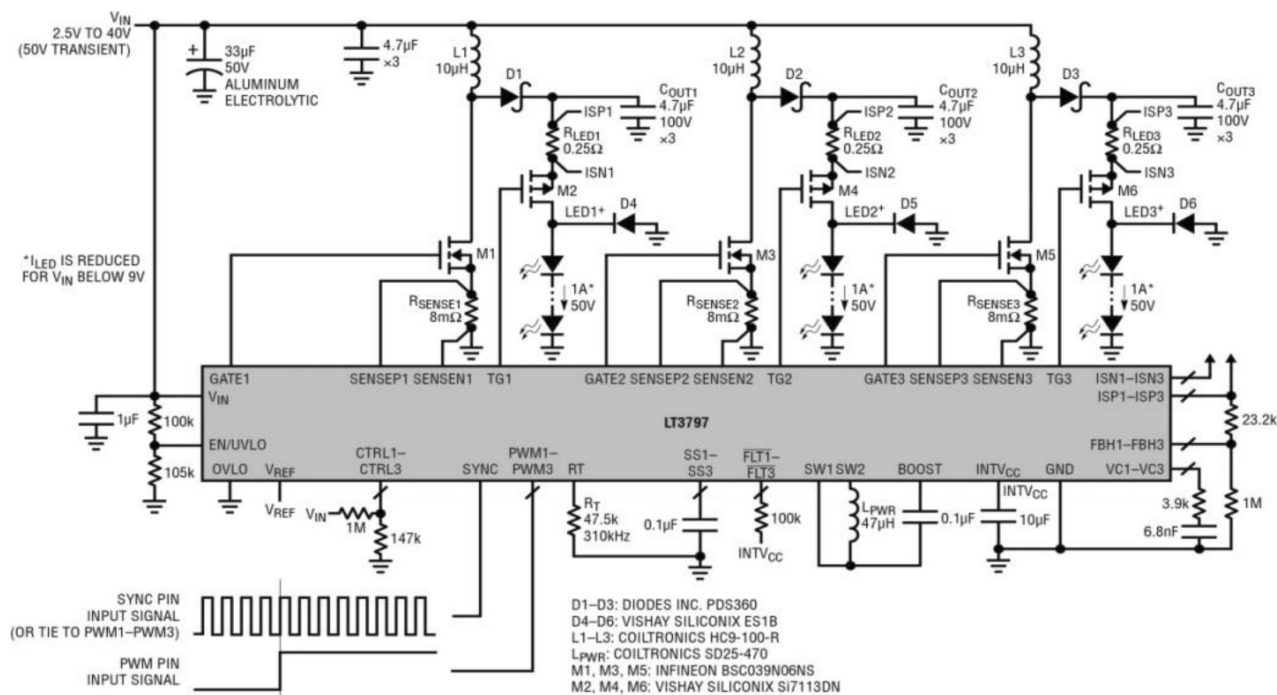


图1 LT3797 三路输出 LED 驱动器被配置为 3 x 50V 1A 升压 LED 驱动器

(50V、1A) LED 灯串供电。该器件具有 250:1 PWM 调光比 (在 120Hz) 和短路保护功能。一个内部降压 - 升压 $INTV_{CC}$ 电源可向电源开关输送 7.8V 的栅极充电电压 (即使当 V_{IN} 降低至 2.5V 时也不例外), 从而使之成为一款具有非常宽输入范围的转换器。

2 双输出先升压 后降压模式 LED 驱动器

最高的 PWM 调光比可利用降压 LED 驱动器 (其提供了最高的工作带宽) 来实现。为了采用宽范围汽车输入电压来实现高的 LED 调光比, 必须首先采用一个预调节器提升汽车电压。经过提升的输出电压随后可作为降压模式 LED 驱动器的输入。图 2 示出了怎样利用单个 IC 做到这一点, 其运用的方法是将 LT3797 的一个通道用作升压预调节器, 而将它的另两个通道用作降压模式 LED 驱动器。

与增设单独的升压 IC 作为预调节器相比, 这种单 IC 方案的优点除了可减少组件数目和成本之外,

还在于升压型稳压器的 PWM 引脚可用于在 PWM 关闭时间里禁止执行开关操作和冻结控制环路的状态。这使得升压转换器能够快速恢复至其先前的 PWM 接通状态, 并且其输出不会在降压模式 LED 驱动器重新接通时出现骤降。如果升压稳压器的 PWM 在 PWM 关闭时间里未关断, 或采用一个单独的升压 IC, 则升压转换器的带宽会限制最大 PWM 调光比。

与额定规格相似的降压 - 升压型稳压器相比, 先升压后降压模式驱动器的一个额外好处是其传导 EMI 有所降低。升压转换器由于与输入相串联的主电感器位置之原因, 其在 AM 频段周围的传导 EMI 通常低于降压转换器。在先升压后降压方案中电感器与输入相串联, 而不是在降压级和升压级之间布设单个降压 - 升压电感器。虽然基本的降压 - 升压拓扑仅需单个电感器, 但在高功率 LED 驱动器应用中常常需要使用第二个输入滤波电感器以降低传导 EMI。

图 2 中所示的 LT3797 双输出先升压后降压 LED 驱动器直接采用一个汽车输入来给两个 35W

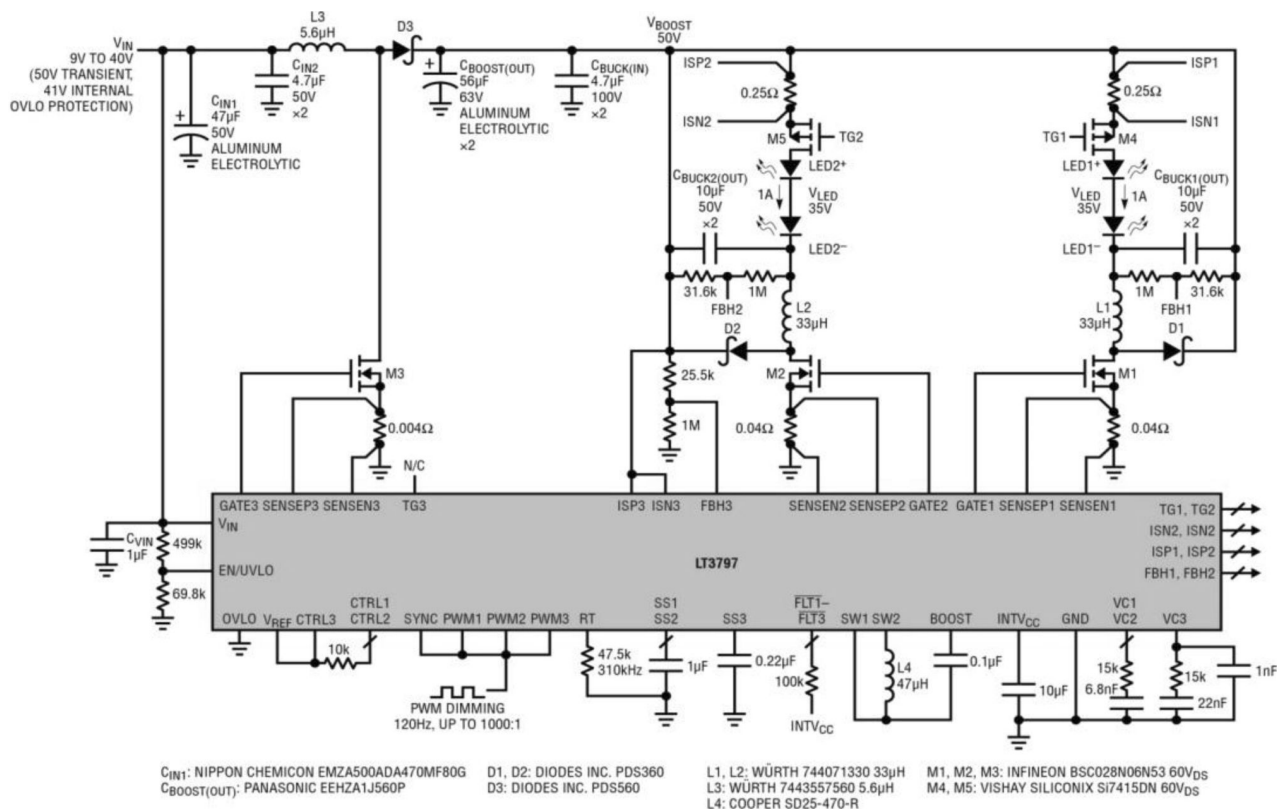


图2 具1000:1 PWM调光比的LT3797双输出先升压后降压LED驱动器

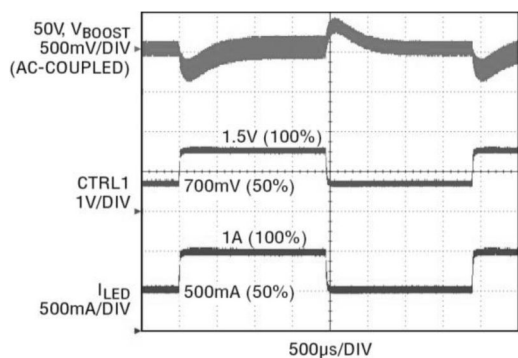


图3 从50%(500mA)至100%(1A)全标度电流的模拟调光瞬变显示出了降压模式的高带宽(即使当升压级以其自己的常规速度恢复时也不例外)。

(35V、1A) LED灯串供电。其在120Hz频率下具有1000:1的PWM调光比。另外,它还拥有短路保护和LED开路保护功能。所有3个PWM调光输入引脚都连接至同一个PWM调光输入,以最大限度地提高PWM调光比并在PWM关闭时冻结所有3个通道的控制环路状态。升压通道的输出为稳定的50V。较高的升压输出电压将产生更高的PWM调光

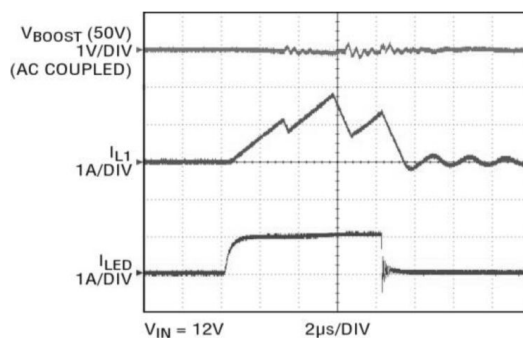


图4 双路输出先升压后降压模式LED驱动器PWM调光波形。在120Hz频率下可实现1000:1的调光比

比,但代价是需要使用额定电压较高的功率组件,并且效率有所下降。两个降压模式LED驱动器通道采用50V输入对两个1A、35V LED灯串进行高效供电。整体转换器效率为87%。

3 高的PWM调光比

如上所述,降压和降压模式LED驱动器可提供



高于升压拓扑驱动器（包括降压 - 升压和 SEPIC 转换器）的带宽，因而有可能实现较高的 PWM 调光比。与升压拓扑不同，降压拓扑在占空比增加时将继续向输出端输送更多的电能，而前者的输出则在占空比增加时短暂地接收较少的电能以提高瞬变期间的电感器电流。为此，在较高的带宽条件下降压转换器的控制环路可得以优化（与升压转换器分开）。

此外，在 PWM 调光期间，在每个周期的起点，降压稳压器中的电感器电流不必非得像在升压稳压器中那样进行那么大幅度的斜坡上升，因为其电流近似等于（而不是高于）LED 电流。这使得降压转换器在瞬态响应和 PWM 调光比方面均优于升压转换器。只要升压预调节器在瞬变期间不失去其输出充电电压，那么先升压后降压模式转换器就能够模仿降压转换器的高带宽。

4 短路和开路 LED 保护

图 1 和图 2 中示出的 LT3797 LED 驱动器具有很强的抗短路性能。断接高压侧 PMOS 不仅用于 PWM 调光，而且也用于短路保护（当一个 LED+ 端子短接至地）。独特的内部电路可监察输出电流过高的情况，随之关断该通道上的断接 PMOS 并报告故障。同样，假如一个 LED 灯串被移除或发生开路，则 IC 将限制该通道上的最大输出电压并报告故障。

5 结论

LT3797 是一款 2.5V 至 40V 输入和高达 100V 输出的三通道 LED 驱动器，其可在多种拓扑中使用。当需要进行升压和降压时，对于最高 PWM 调光比为 1000:1 或更高时，该器件的一个通道可用作升压预调节器，而另两个通道则用作降压模式 LED 驱动器。在所有的拓扑中均提供了短路保护，从而使得该 IC 成为一款坚固和强大的解决方案，适合在众多的应用中驱动 LED。CIC