

最新升压-降压型LED驱动器拓扑 具低输入和低输出纹波以实现低EMI

New Boost-Buck LED driver topology has both low input and low output ripple for low EMI

■ Keith Szolusha 凌力尔特公司 电源产品部 应用工程部负责人

摘要：很多汽车 LED 驱动器电路需要恒定电流 DC/DC 转换器拓扑，这种拓扑能够从输入到输出提供升压和降压。然而，这些 LED 驱动器选择都不具备真正的低输入和低输出纹波。本文介绍了一种新型拓扑——最新升压-降压型（升压然后降压的模式）浮置输出 LED 驱动器，因为采用了面朝输入和面朝输出的电感器（或耦合绕组），所以具备低输入纹波和低输出纹波，例如凌力尔特最新推出的 LT3952。本文网络版地址：<http://www.eepw.com.cn/article/277718.htm>

关键词：升压-降压；LED驱动器；拓扑

DOI: 10.3969/j.issn.1005-5517.2015.7.021

很多汽车 LED 驱动器电路都需要恒定电流 DC/DC 转换器拓扑，这种拓扑能够从输入到输出提供升压和降压。在常用的升压型和降压型拓扑中，产生低 EMI（电磁干扰）的拓扑是设计师最想要的。非隔离式 LED 驱动器拓扑的选择有：面向很高功率和很高效率的 4 开关降压-升压型、耦合或非耦合式 SEPIC、单电感器“降压-升压模式”以及正压至负压（基于降压型转换器）单电感器降压-升压型拓扑。不幸的是，这些 LED 驱动器选择不具备真正的低输入和低输出纹波。由于需要这样的转换器，所以人们开发了新型拓扑。

最新升压-降压型（升压然后降压的模式）浮置输出 LED 驱动器因为采用了面朝输入和面朝输出的电感器（或耦合绕组），所以具备低输入纹波和低输出纹波。这种拓扑在不同

方面与单电感器降压-升压型模式、单开关节点 SEPIC 和正压版本 Cuk 转换器都有相像的地方，正压版本 Cuk 转换器也具备低输入和低输出纹波。整合的升压-降压电感器（或耦合电感器）的总体尺寸与降压-升压模式单电感器类似。输入纹波与 SEPIC 类似，但是输出纹波小得多。电感器尺寸与 SEPIC 相同，但采用了单而不是双开关节点（热环路更小），而且降低了复杂性，因为两个绕组之间没有耦合电容器。输入和输出纹波类似于 Cuk 转换器的低输入和低输出纹波（负输出），但是绕组之间仍然没有耦合电容器，而且最重要的是，无需以负压为基准的电路反馈架构。正压升压-降压型拓扑可以用现有升压型 LED 驱动器实现，例如凌力尔特最新推出的 LT3952。

升压-降压型拓扑与浮置 LED 输出

最新单开关 60V 单片 LT3952 LED 驱动器具 4A 峰值开关电流，可用作汽车升压-降压型 LED 驱动器，如图 1 所示。这款 350kHz、1A LED 驱动器可为 6V~18V LED 供电，输入范围为 9V~36V，在负载最大时效率高达 90%。LT3952 升压-降压型转换器之所以效率高，是因为采用了强大的内部 MOS 开关。不同 LED 串电压时的效率如图 2 所示。与其他 LED 驱动器类似，LT3952 的通用低压侧单电源开关架构可用来给浮置输出升压型和降压型转换器供电，例如升压-降压型和单电感器降压-升压模式转换器。LED 串没必要采用接地电压基准，因为 LED 输出仅是可见光。因为这个原因，所以可以使用独特的升压-降压模式和降压-升压模式浮置 LED-驱动器拓扑。

LT3952 能够用 PWM MOSFET 驱动器的顶端浮置栅极“TG”引脚对浮置 LED 串进行 PWM 调光，这非常适合浮置 LED 负载。图 1 中的升压-降压型拓扑能够以 300:1 及更高的调光比（以 120Hz 频率工作）进行 PWM 调光。高压侧 TG 驱动器可以非常容易地为升压型、SEPIC、降压-升压模式、降压模式以及升压-降压型 LED

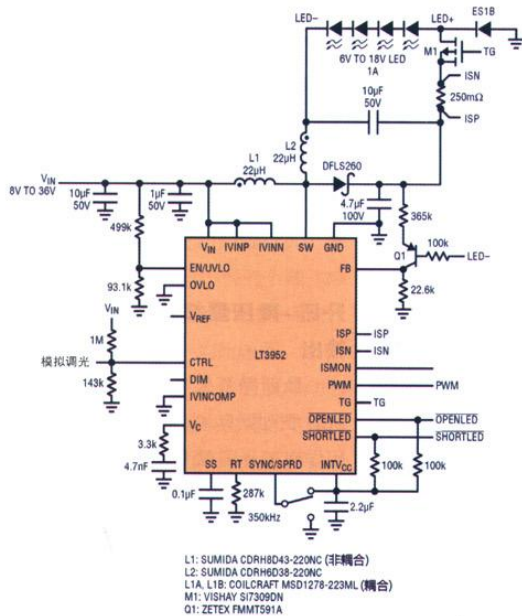


图1 LT3952 从 9V~36V 至 6V~18VLED、1A 升压-降压型 LED 驱动器具低输入和低输出纹波, 在 120Hz 时进行 300:1 PWM 调光, 效率高达 90%

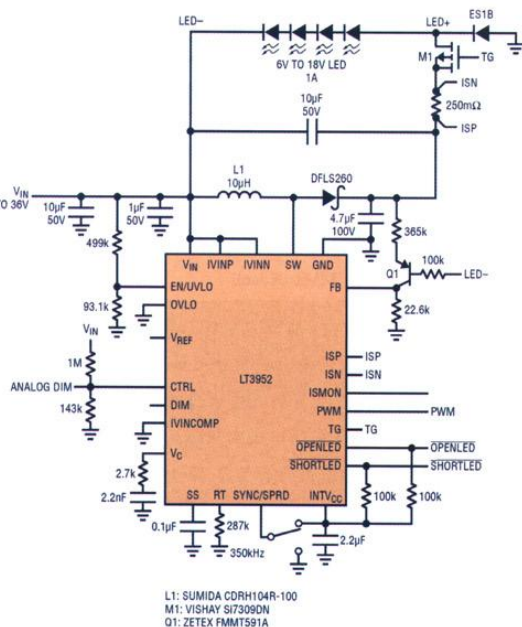


图2 LT3952 单电感器降压-升压模式 LED 驱动器用来与图 1 的升压-降压型拓扑进行比较

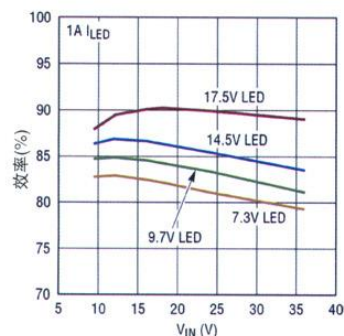


图3 在 12V_{IN} 至 17.5V、1A LED 串时, 图 1 的升压-降压型拓扑之效率高达 90%

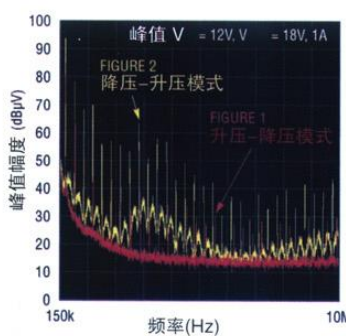
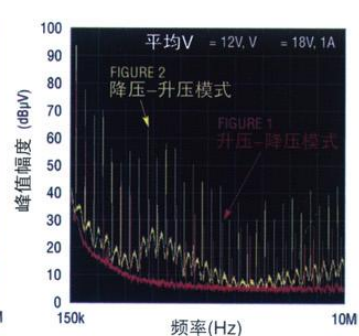


图4 在 12V_{IN} 至 18V_{LED}、1A 时, 图 1 升压-降压型拓扑的传导 EMI 远低于图 2 降压-升压模式的传导 EMI



驱动器提供 PWM 调光。该驱动器甚至还提供短路保护断接功能, 以针对令人极为担心的 LED+ 至 GND 事故提供保护。LT3952 针对升压-降压型拓扑中 LED 短路和开路情况提供保护, 并在出现这类情况时发出报告。

升压-降压型 LED 驱动器拓扑在调节 LED 电流时, 可对输入至输出电压进行升压和降压。升压-降压占空比、效率、开关电流和 OUT 节点电压与单电感器降压-升压模式和 SEPIC 均相同。以下是升压-降压型 LED 驱

动器的一些特性。

- $V_{OUT} = V_{IN} + V_{LED}$
- $DC = V_{LED} / (V_{IN} + V_{LED})$
- $I_{swpk} = I_{IN} + I_{LED} + I_{Lpkpk}/2$
- $I_{Lpkpk} = I_{L1pkpk} + I_{L2pkpk}$
- 在 12V_{IN} 至 18V_{LED} (在 1A) 时,

责任编辑: 叶雷

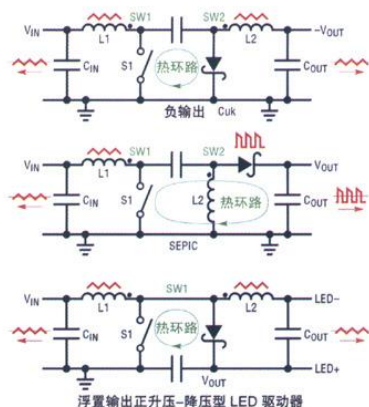


图5 升压-降压型 LED 驱动器与 SEPIC LED 驱动器拓扑类似

图 1 效率约为 88%。

低输入和低输出纹波拓扑=低 EMI

在升压-降压型和单电感器降压-升压模式之间,有很多相似性。图 1 和图 2 之间不同的是输入和输出纹波。图 4 显示升压-降压型与降压-升压模式(分别对应图 1 和图 2)相比,传导 EMI 降低了。输入和输出绕组隔离可防止输出纹波电流耦合到升压-降压型拓扑的输入电容器上,从而降低了 EMI。图 4 的 EMI 曲线显示,从 530kHz 至 1.8MHz 的 AM 频段 EMI 很低,因此较少需要大型 EMI 输入滤波器。

图 5 显示了升压-降压型拓扑的另一种电路图,显示了低输入和低输出纹波通路,相比之下,SEPIC 转换器没有同样的低输出纹波。无论是输入还是输出导线上的高纹波,都可能辐射并提高 EMI,尤其是如果这些导线长达几米时,就像有时汽车中的导线那样。不推荐在 LED 驱动器的输出端采用额外的 LC 滤波,因为这有可能降低 PWM 转换速度,引起不想要的

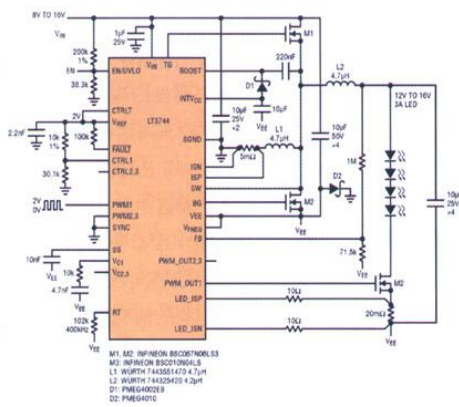


图6 LT3744 的 9 至 16VIN、18VLED/3A 正压至负压升压-降压型 LED 驱动器具低输入和低输出纹波,在 48W LED 时提供 93% 的效率

振铃,从而妨碍最佳 PWM 调光性能的实现。低纹波、面朝输出的电感器就像降压型拓扑一样,可实现 PWM 调光性能和低输出 EMI 的最佳组合。请注意,正压至负压单电感器降压-升压型转换器也具备低输出纹波和大带宽,但是出了名的是,其输入纹波和输出纹波会耦合到系统的大型输入电容中,从而产生大于所希望的传导 EMI。

升压-降压型拓扑中的输入和输出电容器非常容易滤除等于 $I_{Lpk}/\sqrt{12}$ 的三角形低纹波电流。在这种拓扑中,略大一些的电容或电感可以进一步降低 EMI。在该转换器的高 di/dt 热环路中,输入或输出电容器都不是至关重要的。在这种拓扑中,关键热环路仅涉及箝位二极管、OUT 至 GND 电容器以及内部低压侧开关,如图 5 所示,从而简化了布局。当升压-降压型拓扑的两个电感器或绕组连到一起且 LED 节点连接到输入时,该升压-降压型拓扑就变回以前使用的降压-升压模式转换器

了。在这种情况下,热环路电流以及输入和输出纹波电流都有可能进入输入和输出电容器,导致较高的输入和输出纹波。

另一种类似的正压至负压升压-降压型拓扑

另一种正在申请专利和具低纹波输入和输出的升压-降压型 LED 驱动器拓扑如图 6 所示。LT3744 正压至负压升压-降压型(升压模式然后降压)也是一款低输入和低输出纹波

LED 驱动器,但使用了具负压调节功能的同步降压型转换器。这种新型浮置负压输出拓扑利用了具备 PWM 和输出标记电平转换功能的同步降压型 LT3744 LED 驱动器的优势。在大多数情况下,高效率是同步开关型 IC 的主要优势,尤其是驱动大功率 LED 串时,例如图 6 中的 3A、48W LED 负载。同时具备同步升压和降压 LED 驱动器的同步升压和降压型升压-降压 LED 驱动器也可以实现高效率。

结论

凌力尔特公司正在申请专利的最新升压-降压型 LED 驱动器拓扑以低输入纹波和低输出纹波提供输入至 LED 的升压和降压。LT3952 和 LT3744 等最新 LED 驱动器可用于汽车及工业应用中的简单和大功率 LED 串,而不会牺牲 PWM 调光性能,在这类应用中,大功率和低噪声至关重要。EW