

具有双电流调节环路的 LED 控制器可检测故障 LED，并提供 100:1 的模拟调光

Xin (Shin) Qi
(凌力尔特公司)

LT3796-1 是一款 DC/DC 控制器，其专为在输出端上调节一个恒定电流或恒定电压而设计，这是驱动 LED 必不可少的要求。该器件独一无二地拥有两个独立的电流检测放大器，而且它的高压侧 PMOS 断接开关驱动器既可以与开关稳压器组合运作（采用 PWM 引脚），也可以独立运作（采用 TGEN 引脚）。

这些特点使得 LT3796-1 能够满足某些特殊 LED 应用的需要。例如，在高可靠性照明中，该控制器可被配置为驱动两个并联的 LED 灯串，以便能检测任一灯串中的单个故障 LED（采用另一个灯串为基准）。或者，对于那些要求准确模拟调光的应用，可以对两个电流检测放大器进行扩展以把 LED 电流调节在两个范围：高和低，从而将一个高功率 LED 驱动器的模拟调光能力扩展至 100:1，与采用单个电流控制环路时通常可以获得的调光范围相比改善了 10 倍。

1 利用故障 LED 检测能力 驱动两个相同的并联 LED 灯串

要想检测灯串中单个出现性能劣化或短路的 LED 是件很棘手的事情，这是因为正向电压会在整个负载、温度和制造容差范围内发生非常大的变化。消除此类变化的一种方法是采用两个并联的匹配灯

串，这样一来两个灯串之间的任何正向电压相对偏差都可以指示某种故障的发生。在这类解决方案中，灯串最初是采用拣选零部件制作的，其挑选的宗旨是实现总正向电压降的匹配。

由单个输出驱动两个并联灯串的一个潜在问题是，倘若其中的一个灯串变至开路或不导通状态，那么另一个灯串中就可能流过两倍的电流。LT3796-1 中的双电流调节环路可用于避免发生这种电流扰乱的情况。

图 1 示出了怎样在一个升压 LED 驱动器中配置 ISP/ISN 和 CSP/CSN 电流检测放大器。在正常操作中，ISP/ISN 电流环路起主导作用并设定 LED 电流。流过 LED 灯串 1 的电流在 ISMON 上报告。CSP/CSN 电流环路一般负责在 CSOUT 引脚上提供监视，因为它被设定在比 FB2 的调节点低 25%。CSOUT 引脚按下式报告 LED 灯串 2 的电流：

$$V_{CSOUT} = 1V \frac{I_{LED2}}{500mA}$$

如果两个灯串呈现不平衡，则报告引脚 ISMON 和 CSOUT 将以电压来显示相对的 LED 电流偏差。通过在外部比较两个模拟信号，可利用一个外部控制器触发故障信号。

图 2 示出了灯串 1 中的一个 LED 短路时的示波器波形。ISP/ISN 电流检测放大器可即时检出过流事件，并将两个 PMOS 开关全部断接。在一个软起动

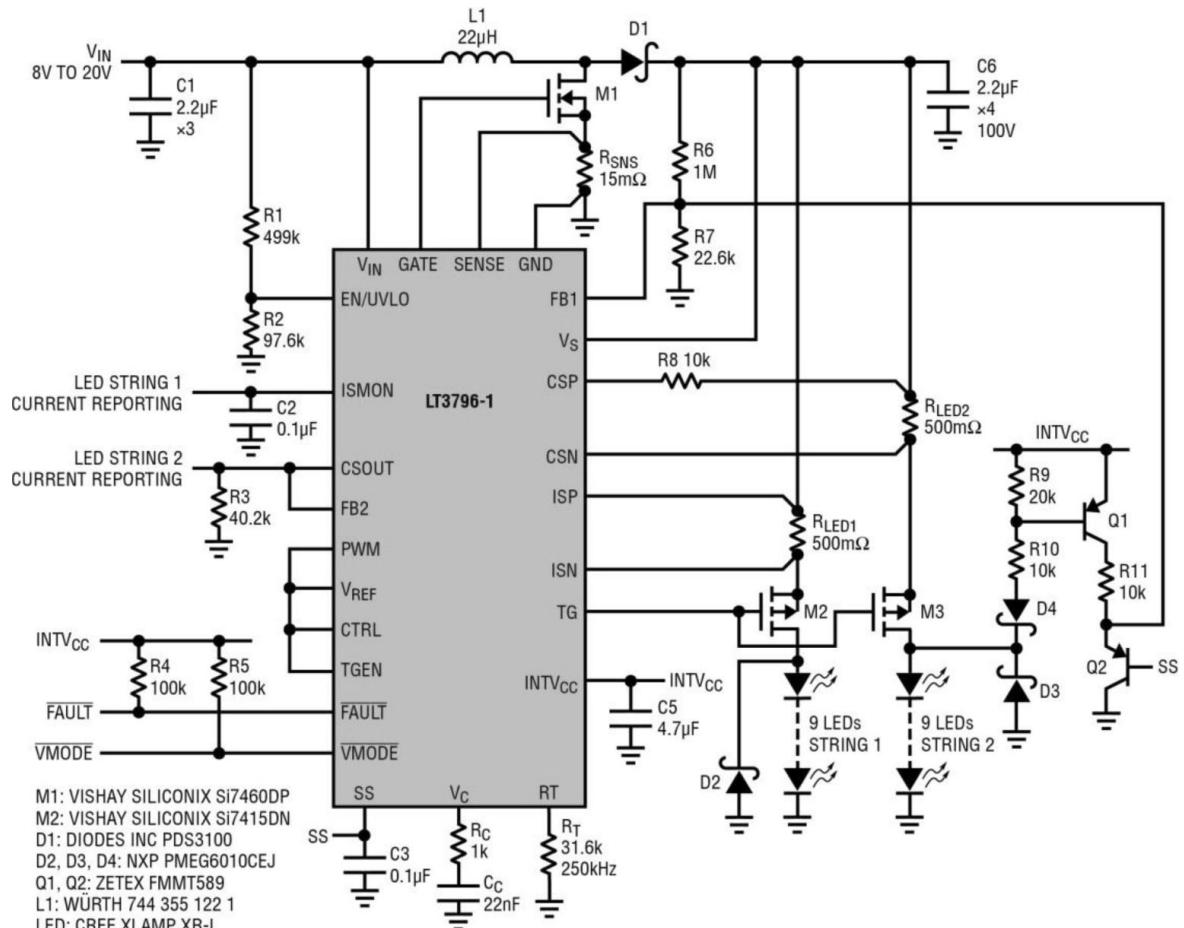


图 1 用于成对 LED 灯串的升压 LED 驱动器, 其具有针对任一灯串中的故障 LED 之检测和保护功能

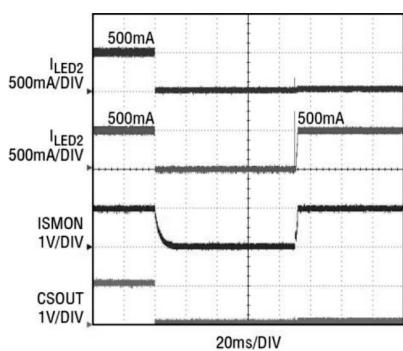


图 2 将灯串 1 中一个 LED 短路 (针对图 1 所示电路)

周期之后,ISP/ISN 电流环路开始将 LED 灯串调节在一个新的输出电压,此电压对应于 8 个 LED 的正向电压降。由于新的输出电压不能驱动 9 个 LED,因此 LED 灯串 2 停止传导电流且 CSOUT 报告 0V。同样,假如灯串 2 中的一个 LED 短路,则 CSP/CSN 电流环路接管控制并通过 FB2 引脚将输出电流调

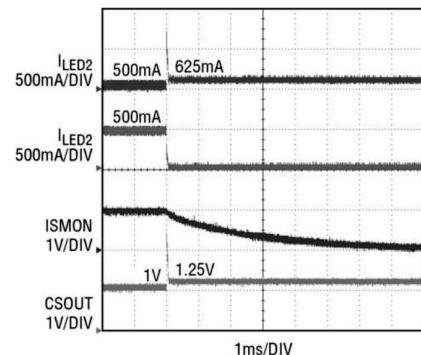


图 3 将灯串 2 中一个 LED 短路 (针对图 1 所示电路)

节至 625mA,如图 3 所示。LED 灯串 1 此时停止传导电流且 ISMON 报告 0V。

另外，该转换器还通过高压侧 PMOS 断接开关驱动器引脚 TG 为两个灯串提供了高性能 PWM 调光和稳健的短路保护。位于 ISP/ISN 电流检测放大器内部的内置过流比较器负责保护灯串 1 免遭短路

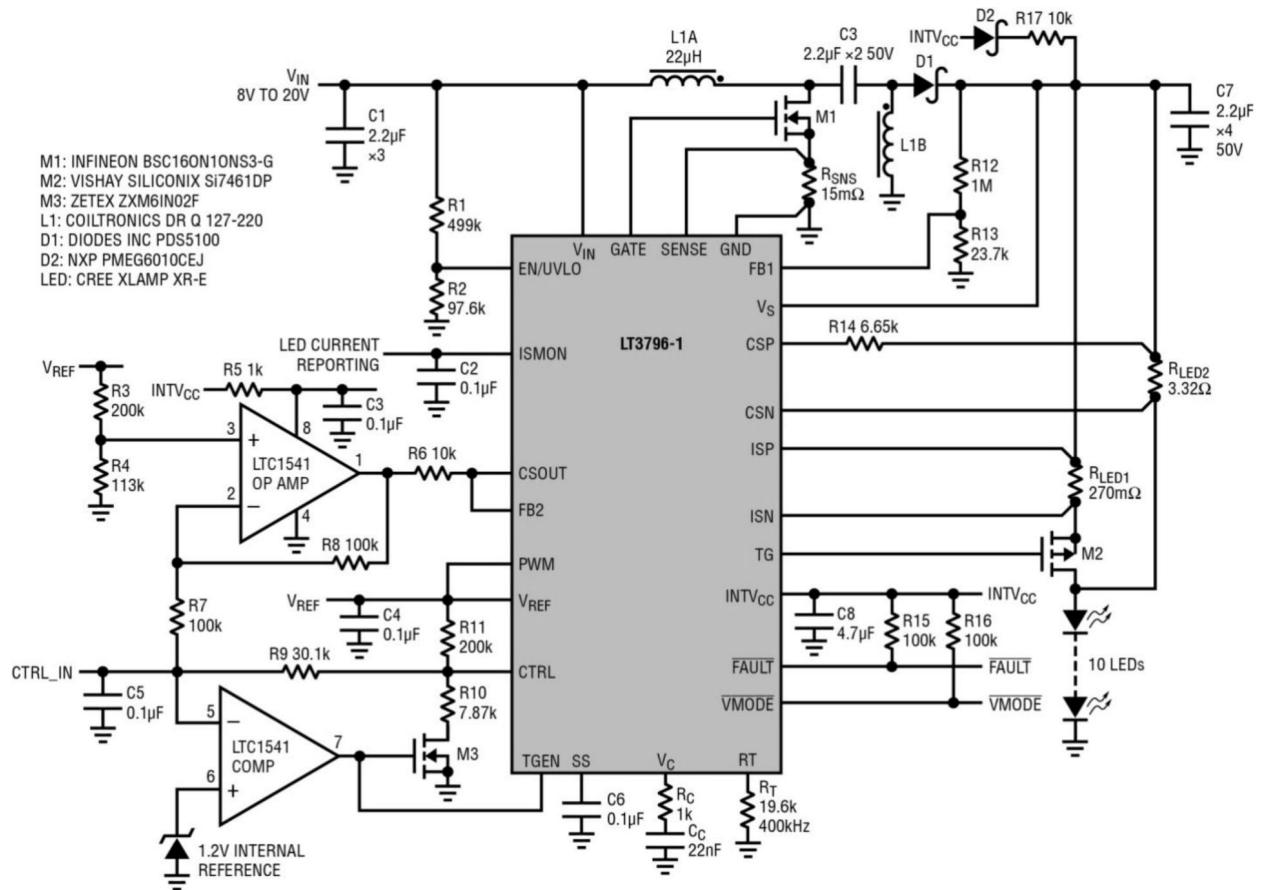


图 4 一款具 100:1 模拟调光比的 SEPIC 模式 LED 驱动器

的损坏,而由 D4、Q1 和 R9~R11 形成的电路则用于检测灯串 2 的短路、将 FB1 引脚驱动至高电平和关断 PMOS 开关 (M2 和 M3)。

2 具 100:1 模拟调光比的 LED 驱动器

许多高功率 LED 应用要求一个很高的模拟调光比,而这依靠单个电流检测通路是很难实现的。问题在于动态范围:在高电流条件下,需要一个低差分电压(通常为 250mV 或更低)以限制检测电阻器中的功率耗散,但由于可用信号如此之小,因此即使面对 10% 的模拟调光,几 mV 的电流检测放大器准确度也会对检测电压中的误差产生相当可观的影响。

LT3796-1 的两个电流检测环路通过在两个环路之间分割电流调节任务而使其能够产生一个高的

模拟调光比。一个环路具有用于限制高电流通路中功率耗散的低值检测电阻器,而另一个环路则在低电流通路中使用了一个较高的检测信号以在不太担心功率耗散的场合提升准确度。图 4 示出了通过采用 LTC1541 (一款内置于单个封装中的高精度基准、运放和比较器)而将 LT3796-1 配置为在 SEPIC 模式中产生 100:1 模拟调光比的情形。

假设 M2 的 $R_{DS(ON)}$ 可忽略不计,那么在介于 200mA 和 1A 之间的高电流范围中,ISP/ISN 电流环路将输出电流调节在:

$$I_{LED} = \frac{V_{CTRL_IN} - 0.2V}{20 \cdot (R_{LED1} \parallel R_{LED2})}$$

当 V_{CTRL} 降至低于 1.2V 时,LTC1541 的比较器将强制 TGEN 引脚为低电平并断接 M2。于是,LED 灯串仅由 CSP/CSN 环路进行检测和调节。当 CSP/CSN 环路负责控制时,FB2 引脚电压被调节在

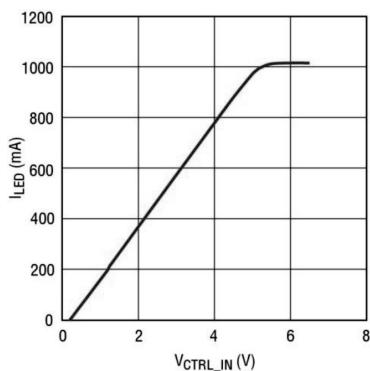


图 5 I_{LED} 与 CTRL 的关系 (针对图 4 中的解决方案)

1.25V, 而 CTRL_IN 输入通过从 CSOUT 引脚拉出电流 (经由 R6) 来设定 CSP/CSN 门限。CSP/CSN 调光范围从 668mV 至 33.4mV, 可检测介于 200mA 至 10mA 之间的低 LED 电流, 同时保持准确度。总之,

组合的双电流环路可提供 100:1 的模拟调光范围, 如图 5 所示。

3 结论

LT3796-1 是一款 LED 控制器, 其具有两个带报告功能的独立电流检测放大器、两个 FB 引脚和一个高压侧断接开关驱动器。另外, 该器件还拥有稳健的故障保护功能和一个通用的工具集, 可应对诸如高可靠性和高性能模拟调光等富有挑战性的 LED 应用。

作者简介

Xin (Shin) Qi, 凌力尔特公司高级设计工程师。