

矩阵式LED调光器准确控制RGBW LED组的色彩并产生准确图案

凌力尔特公司(现隶属ADI公司)电源产品部应用工程部负责人 || Keith Szolusha

RGB (红、绿和蓝光) LED 组用于需要高效率、明亮输出的投影、建筑、显示、舞台和汽车照明系统。为了让 RGB LED 产生可预测的色彩，每个组件LED (红、绿和蓝光) 都需要单独、准确的调光控制。高端系统可使用光反馈环路，以使微控制器能够调节LED组的色彩准确度。给RGB LED增加一个白光LED以产生一个RGBW LED组，可扩展彩色系统中可用的色彩、饱和度和亮度值。每个 RGBW LED 都需要对 4 个组件 LED 准确调光。两个RGBW LED组需要8个“通道”。

对RGBW LED组进行驱动和调光的一种方式是使用4个单独的LED驱动器，每种色彩(红、绿、蓝和白)各一个。在这样的系统中，每个单独的LED或 LED 串的电流或 PWM 调光是由单独的驱动器和控制信号驱动的。然而，在这种解决方案中，随着 RGBW LED 组数量的增加，LED 驱动器的数量迅速增加。任何有大量 RGBW LED 组的照明系统都需要大量驱动器，并需要同步用于这些驱动器的大量控制信号。

一种简单得多(也更简洁)的方法是，用一个驱动器/转换器以固定电流驱动所有LED组，同时用一个并联功率 MOSFET 矩阵对各个 LED 进行 PWM 调光，以实现亮度控制。此外，用单条通信总线控制 LED 的调光矩阵使得 RGBW 混色 LED 系统相对容易产生。

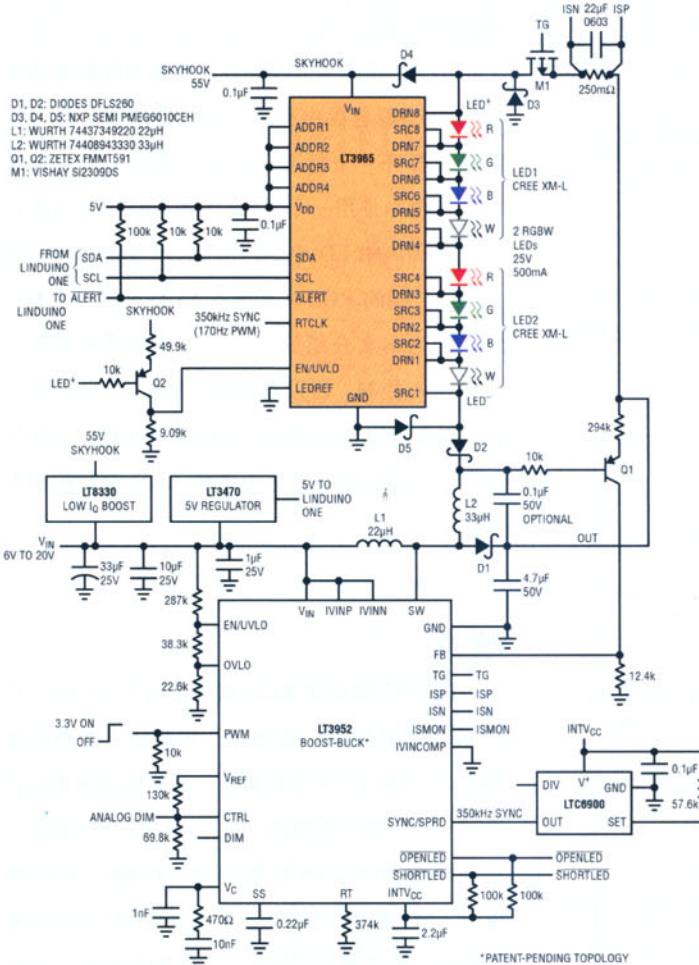
LT3965矩阵式 LED 调光器实现了这样的设计，如图1 所示。每个LT3965 8开关矩阵式调光器都正好可与两个RGBW LED组配对使用，从而允许以1/256 PWM步进、在零至100% 亮度之间单独控制每个 LED (红、绿、蓝和白) 的亮度。两线 I²C 串行命令提供色彩和亮度控制。提供给 LT3965 的 I²C 串行数据决定所有 8 个 LED 的亮度状态，并可在故障状态下检查开路和短路的 LED。

采用 LT3952 升压-降压型 LED 驱动器的矩阵式 LED 混色器

矩阵式调光器需要合适的 LED 驱动器从各种输入给 8 个 LED 组成的 LED 串供电，这些输入包括：标准12V ±10%、9V至16V (汽车) 或 6V至8.4V (锂离子)。一个这类解决方案是 LT3952 升压-降压型LED 驱动器，该驱动器提高和降低输入至 LED 的电压，同时提供低纹波输入和输出电流。在其浮置输出拓扑中，用很小的输出电容器或不用输出电容器，该驱动器就能够在以PWM 调光方式单独接通和断开 LED 时，快速响应 LED 电压的变化。

图 1 所示LT3952 500mA 升压-降压型 LED 驱动器与 LT3965 8 开关矩阵式 LED 调光器和两个 RGBW 500mA LED 组配合使用。这种新

图1 LT3965 矩阵式 LED 调光器与 LT3952 升压-降压型 LED 驱动器一起，单独控制两个 500mA RGBW LED 组的色彩，以串行控制方式控制色彩和图案



型拓扑能够在 0 至 8 个串联 LED 的整个范围内平滑运行，这时电压范围为 0V 至 25V。瞬时串联 LED 电压在变化，大小取决于在任意给定瞬间，矩阵式调光器启动了哪些 LED 以及多少 LED。这个转换器/拓扑的 60V OUT 电压 (VIN 和 VLED 之和) 以及转换器的占空比是在 6V 至 20V 的整个输入范围内以及 500mA 时 0V 至 25V 的输出电压 (LED 串联电压) 范围内规定的。

这种升压-降压型浮置输出拓扑使用 LT3965 矩阵式调光器能够很好地运行。这款矩阵式调光器通过用并联功率 MOSFET 对 LED 电流分流来控制 LED 亮度。这些 LED 不需要连接至地。只要 LT3965 的 VIN 引脚连至 SKYHOOK (其电压至少比 LED+ 高 7.1V)，所有并联 MOSFET

就都正常运行。SKYHOOK 可以用一个由开关转换器构成的充电泵提供，或者可以用一个稳定电源供电。采用 3mm x 2mm DFN 封装的纤巧 LT8330 升压型转换器是个很好的选择以产生 SKYHOOK。

一种可选的外部时钟器件可用来将系统同步至 350kHz，这适合汽车环境，效率相对较高，允许使用紧凑型组件。尽管这种系统也可以在 2MHz (高于 AM 波段) 运行，但是当所有 LED 都通过矩阵式调光器短路且 LED 串电压降至 $330m\Omega \cdot 500mA \cdot 8 = 1.3V$ 时，350kHz (低于 AM 波段) 使这款升压-降压型转换器无需采用脉冲跳跃模式就能够稳定。这个频率也支持高调光比，而且没有可见 LED 闪烁。

既然每个 RGBW LED 都设计为单点光源，那么红、绿、蓝和白光相结合可产生各种色彩，而且饱和度、色彩和亮度可控。每个 LED 都可在 0 (0/256) 至 100% (256/256) 之间以 1/256 步进设定。

准确的 0 至 256 种 RGBW 色彩和亮度控制

通过对单独的红、绿、蓝和白光组件 LED 进行 PWM 调光，RGBW LED 可产生准确的色彩和亮度。单独的 PWM 亮度控制可支持 256:1 或更高的调光比。一种可替代 PWM 调光的方法是简单地降低每个 LED 的驱动电流，但是这种方法的准确度受限，因此仅允许 10:1 的调光比，并导致 LED 本身的色移。在色彩和亮度的准确度方面，采用 PWM 调光的矩阵式调光方法表现好于驱动电流方法。

LED 驱动器的带宽和瞬态响应影响色彩准确度。在超过 10kHz 交叉频率以及使用很小的输出电容器或没有输出电容器的情况下，当矩阵式调光器接通和断开其开关时，紧凑的升压-降压型转换器快速响应所驱动的 LED 数量的变化。

为了说明这一点对准确度而言有多重要，让红、绿和蓝光 LED 以不同的 PWM 占空比单

图 2 RGBW 500mA LED 电流由 LT3965 矩阵式调光器进行 PWM 调光和调相，以产生各种色彩和图案。LT3952 升压-降压型转换器/LED 驱动器在对单独的 LED 进行 PWM 调光时，非常容易跟上 LED 电压的快速变化

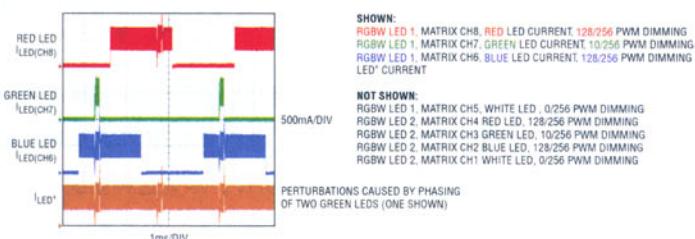
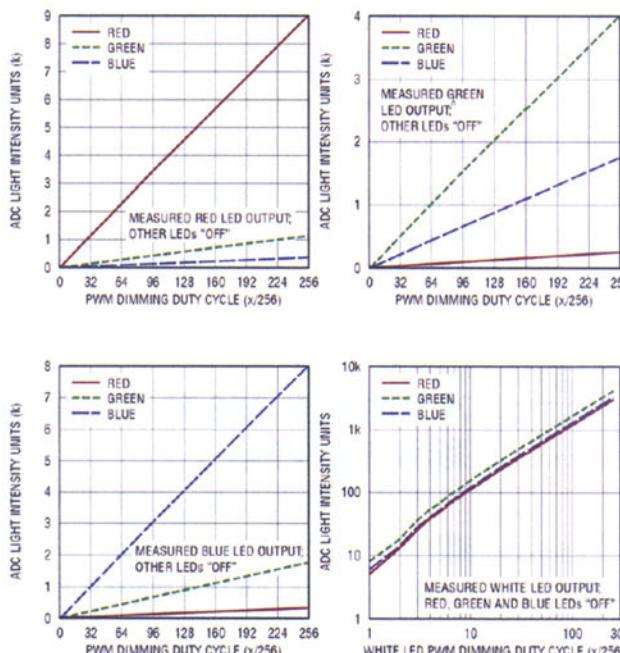


图 3 当与图 1 所示 LT3952 升压-降压型 LED 驱动器一起使用时，红、绿、蓝和白光亮度控制与 0 至 256 (总共 256) 种由矩阵式 LED 调光器控制的 PWM 调光占空比



独运行，并用一个 RGB 光传感器测量其光输出。图 3 中的结果显示，每种色彩从 4/256 至 256/256 有一致的斜率，低于这个范围时，斜率有轻微变化。当然，红、绿和蓝光 LED 在色彩性能方面也不是完美的，因此，甚至仅驱动一种色彩的 LED 时，有些色彩还是会从其他波段泄漏出来。总体而言，这是一个高度准确的系统。

使用带宽非常大 ($>40\text{kHz}$) 之 LT3952 LED 驱动器的降压型转换器版本，准确度直至 1/256 都可以改善，但是这或者涉及增加另一个升压型转换器以产生稳定和高于 30V 输出电压所带来的费用增加，或者涉及需要一个高于 30V 的输

入电压源。除非在很低的光输出时必须有很高的准确度，几乎没有理由增加一个额外的转换器，而放弃升压-降压型驱动器的通用性、简单性和紧凑的尺寸。

LT3965 的 256 级调光方法非常容易转换成典型的 RGB 着色程序和常见的混色算法。例如，如果你打开一个标准 PC 着色程序，那么你会看到，色彩是用一个 256 个值的 RGB 系统混合的。图 2 中的 LED 电流波形从一个由基本 PC 着色程序控制的 RGBW 矩阵式 LED 系统产生紫色光。因为本文介绍的设计产生准确的电流驱动和 PWM 控制，所以通过调节组件 LED 的占空比，就能够以可预测的方式校准 RGBW LED 的色彩，从而非常容易地考虑到 LED 亮度的固有变化。

结论

LT3965 矩阵式 LED 调光器可与 LT3952 升压-降压型转换器一起使用，以构成一个色彩准确的 RGBW LED 混色系统。该器件还可用来在 6V 至 20V 输入范围内，以 350kHz 开关频率，在 500mA 时驱动两个 RGBW LED 组。升压-降压型 LED 驱动器拓扑 (正在申请专利) 的快速瞬态响应，加之通过 256:1 I²C 控制的矩阵式系统实现之可预测调光控制，就可以产生很高的色彩准确度。**CEM**