

对多个 LED 串调光可实现色彩可调的灯具

本文发表于《LED 杂志》2013 年第七 / 八月期。

在建筑、区域以及射灯等众多固态照明 (SSL) 应用中，色彩精度非常重要。此外，越来越多的产品都支持动态色彩调节，其不仅可设置白点或 CCT，也可实现动态全色彩产品。LED 是一种可获得精确色彩的理想光源。可通过混合不同 LED 色彩（例如赤、黄、绿、蓝和白）来改变 LED 照明色彩。在混合 LED 色彩时，需要对一个或更多 LED 串进行调光，获得所需的色彩混合。实现 LED 调光的方法有多种，现在让我们来看一下 LED 色彩混合所使用的各种调光技术。

单个 LED 裸片只能发出单色光。要生成更多颜色，可使用红、绿、蓝 (RGB) 三个原色 LED 进行色彩混合。通过转换红、绿、蓝 LED 通道即可产生七种基本颜色（赤、黄、绿、青、蓝、紫和白）。要想获得更多的颜色，每个 LED 通道必须能够改变亮度。通过调节经过每个 LED 串的电，便可实现对 LED 通道的调光。混合三个可调光 RGB LED 串，便可产生很多种色彩。改变白光 LED 色温，经常使用的方法是：使用一个红色 LED 串并改变相对于白光串的亮度来获得所需的 CCT。

实现 LED 调光基本上有两种方法：模拟（或线性）电流控制以及脉宽调制 (PWM)。两种调光方法都是通过控制通过 LED 串的平均电流来改变 LED 亮度，这两种方法既可通过开关模式实施，也可通过线性 LED 驱动器实施。图 1 是包含一个降压转换开关和一个线性稳压器并基于 TPS92660 的双串 LED 驱动器。两个 LED 串既可通过模拟进行调光，也可采用 PWM 技术调节。每种方法都各有优势与不足。在大多数应用中，可根据色彩混合性能要求选择调光方法。

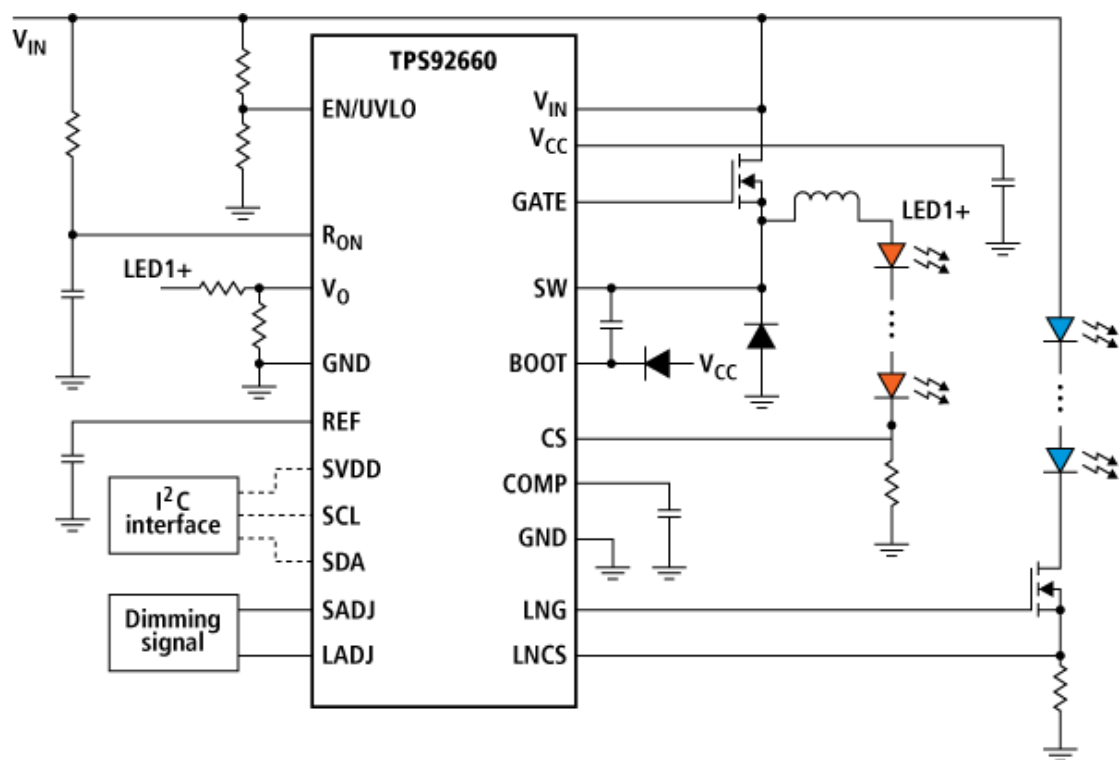


图 1

模拟调光选项

您可调节经过 LED 串的恒流等级来实施模拟调光。实现模拟调光，可调整 IC 内部的 LED 电流参考电压或者 IC 外部的 LED 电流传感电压。首先我们来讨论改变 LED 电流参考电压的调光方法。

对于大多数 LED 驱动器（包括开关稳压器和线性稳压器）来说，LED 电流可通过以下方程式确定：

$$I_{LED} = \frac{V_{REF}}{R_{SNS}}$$

其中 V_{REF} 是内部 IC LED 电流参考电压，而 R_{SNS} 则是电流传感电阻。

在某些情况下，可通过改变 V_{REF} 来调节 LED 电流。注意：并不是所有 LED 驱动器 IC 都允许用户改变 LED 电流参考电压。对于允许改变 LED 电流参考的 IC 来说，改变方法通常有两种。第一种是在 IC 提供的参考电压调节引脚上应用模拟电压，例如德州仪器 (TI) 的 LM3409。用户可通过调节 IADJ 引脚上的电压来调节 LED 电流。第二种方法是通过数字通信接口（例如 I²C）来调节参考电压，例如 TI 的 TPS92660，该器件具有 I²C 接口，允许用户通过 I²C 命令调节 LED 电流参考电压。

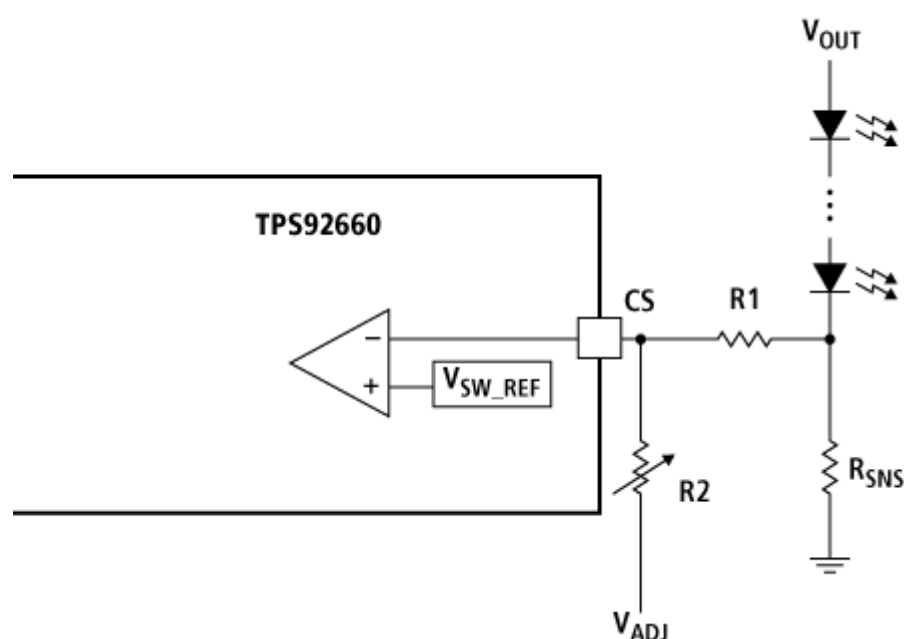


图 2

另一种普及型模拟调光执行方法是改变 LED 电流传感电压。在大多数应用中，电流传感电阻器都小于 1 欧姆，通过使用电位计来改变电流传感电阻器值根本不实际。相反，我们可通过注入外部 DC 电压来改变 IC 电流传感 (CS) 引脚上的电压。图 2 是典型模拟调光电路，其工作原理就是改变电流传感电压。CS 引脚上的电压可通过以下方程式确定：

$$V_{CS} = \frac{R1}{R1+R2} V_{ADJ} - \frac{R2}{R1+R2} I_{LED} R_{SNS}$$

在稳定状态下，CS 引脚电压等于参考电压。可通过调节外部 DC 电压 V_{ADJ} 或可变电阻器 R2 的值来改变 LED 电流。

在色彩混合应用中使用模拟调光存在一个不利条件。LED 色温会随 LED 电流变化而变化。LED 的亮度和色彩可能会在模拟调光过程中发生变化，尤其是在电流变化明显的情况下。系统在这些条件下可能无法生成所需的色彩。

PWM 调光

脉宽调制调光实际上是在固定占空比和频率下开关 LED。如果开关或多路复用速度足够快（一般是 200Hz 或更高），人眼就会认为 LED 是连续不断亮着的。PWM 调光的 LED 电流可通过以下方程式确定：

$$I_{DIM} = D \times I_{LED}$$

其中 I_{DIM} 是调光 LED 电流， D 是 PWM 调光信号的开启占空比，而 I_{LED} 则是提供给开关型 LED 串的恒定电流。

很多 LED 驱动器 IC 都具有一个 PWM 调光输入引脚，其可接收微控制器生成的 PWM 调光输入信号。一般来说，驱动器 IC 只有在 PWM 调光信号为低的情况下才关闭 MOSFET 驱动器。在 PWM 调光信号为高时 MOSFET 驱动器会重新开启。内部电路在 PWM 调光关断周期过程中是完全运行的。这样可以防止 IC 重启，避免在 PWM 调光上升沿引起延迟。

对于开关模式 LED 驱动器来说，一般在 LED 串上安放一个用来过滤高频率开关噪声的电容器。这个电容器可延缓 PWM 调光 LED 电流的上升及下降沿。因此对于高频率、低占空比的 PWM 调光应用来说，这个电容器应该去除。图 3 是无输出电容器的 LED 降压转换器 PWM 调光波形。

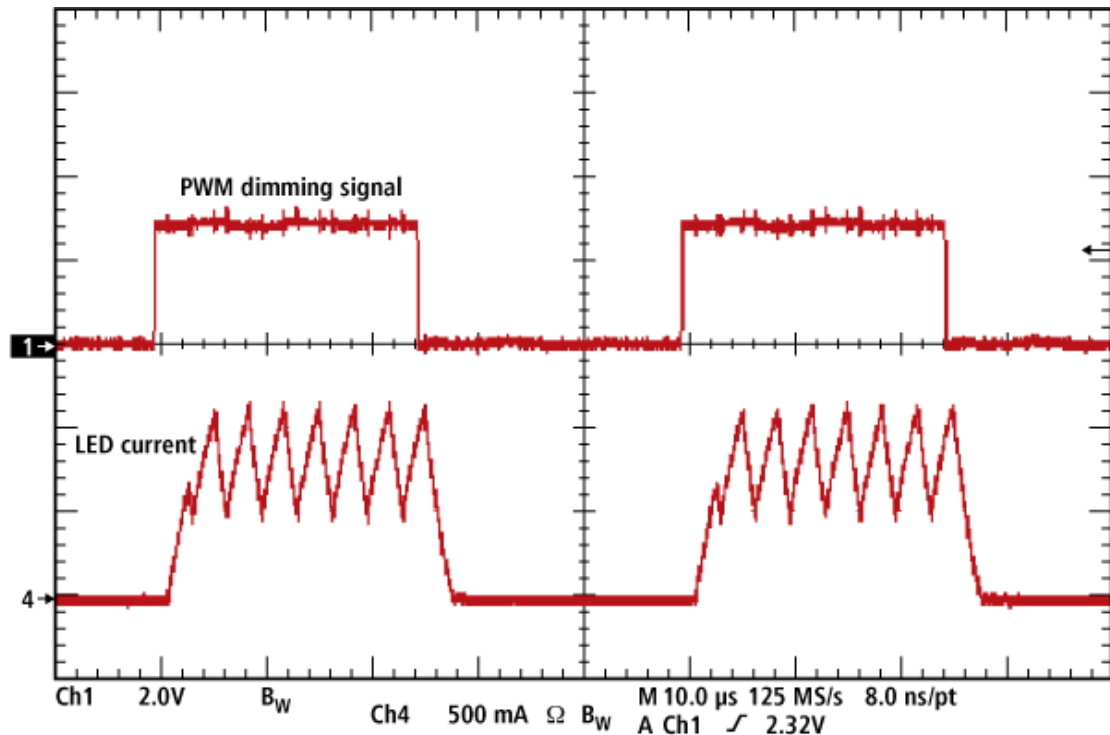


图 3

模拟至 PWM 调光

一些 LED 驱动器 IC 提供一种名为模拟至 PWM 的调光功能。该 IC 的调光引脚可接收模拟信号并将其转换为 PWM 调光信号。PWM 调光频率是固定的，而 PWM 调光占空比则与一个输入模拟信号级成比例。

模拟至 PWM 调光对于不提供微控制器的照明应用来说非常实用。此外，它还可用来实施热折返功能，即在 LED 电路板温度升高到设定点以上时，可通过 PWM 调光减少 LED 电流。

分流 FET PWM 调光

分流场效应晶体管 (FET) PWM 调光技术通常可用于实现极高频率的 LED PWM 调光。图 4 是基于降压稳压器的分流 FET PWM 调光电路。将外部分流 FET 与 LED 串并行安放，可快速旁路（短路）转换器输出电流。在分流 FET 接通时 LED 串关断，而当分流 FET 关断时 LED 串则接通。因此，LED 串可有效通过这种分流 FET 进行 PWM 调光。有些 LED 驱动器 IC 集成分流 FET PWM 调光所需的 MOSFET 驱动器，因此无需使用外部 MOSFET 驱动器。

开关稳压器的电感电流在分流 FET PWM 调光过程中保持连续。电感器电流的上升或下降并不会造成延迟。利用功能强大的 MOSFET 驱动器，分流 FET 可在极高速度下接通和关闭。PWM 调光 LED 电流也因此具有非常锐利的上升及下降沿。分流 FET PWM 调光技术是高频率 PWM 调光应用的理想选择。

调光对于在 LED 色彩混合应用中实现所需的色彩和亮度来说非常重要。有许多对 LED 进行调光的方法。模拟调光和 PWM 调光是两种主要的调光分类。模拟调光通过可通过相对简单的电

路实现，通常成本较低，而且适合不提供微控制器的系统。但是这种方法对于需要恒定色温的应用来说并不适合。然而，PWM 调光可通过降低与 LED 电流电平有关的色彩变化，实现非常精确的色温。PWM 调光通常需要一个由微控制器生成的输入数字信号，而这会增加系统成本。

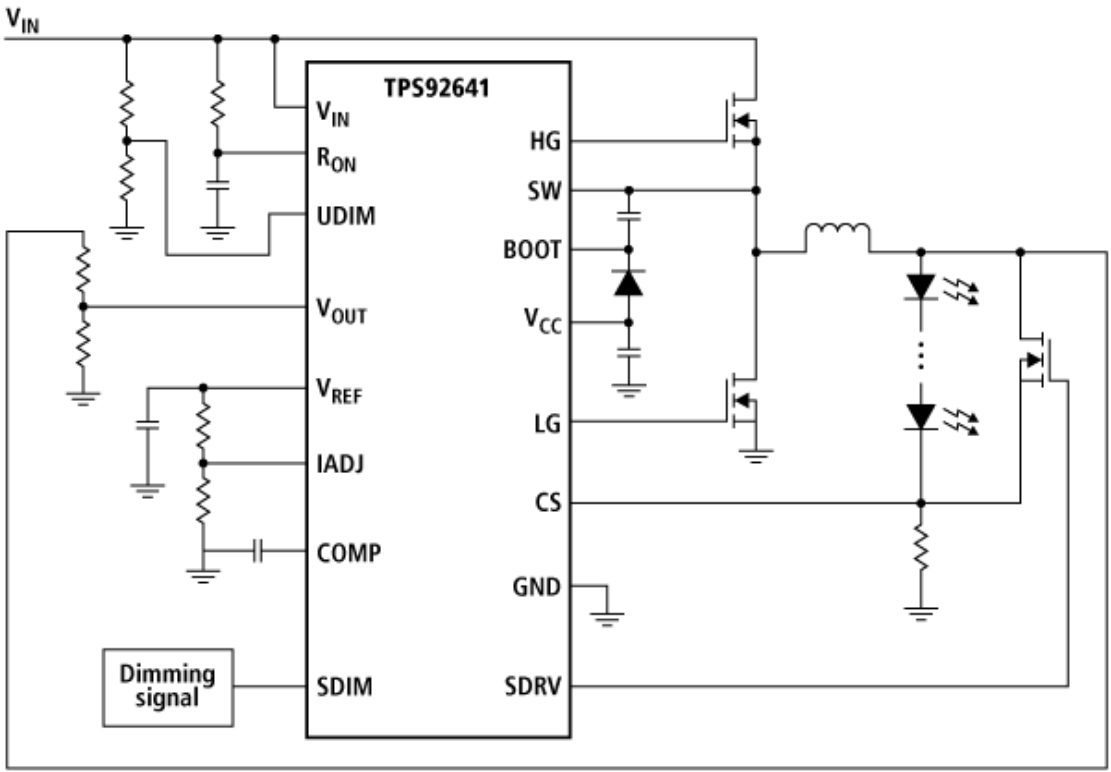


图 4

关于作者

David Zhang 现任 TI LED 电源产品部系统应用工程师，主要负责 LED 照明 IC 系统应用。David 先后毕业于坐落在德克萨斯州达拉斯 Richardson 的德克萨斯大学以及位于威斯康星州密尔沃基的马凯特大学，分别获电子工程硕士学位以及物理硕士学位。David 的联系方式是：
ti_davidzhang@list.ti.com。