

飞兆半导体特稿

2009年4月

一种适用于大范围高亮度 LED 电路的高效调光方法

作者: Alexander Craig

引言

高亮度 LED 是传统白炽灯的一种理想替代方案,因为前者的寿命和效率都比后者高得多,而且不同于紧凑型荧光灯泡,这些 LED 能够在低温下工作。然而,和冷阴极荧光灯(CCFL)灯泡一样,高亮度 LED 也未能摆脱众多家庭和应用中常见的三端双向可控硅 (TRIAC) 调光器。本文将介绍一种具成本优势的高亮度 LED (HB LED) 调光方法。

设计挑战

基本 TRIAC 调光器开关广泛运用于家装店和大多数家庭,要了解有关采用这种调光器开关的设计挑战,我们必须对 TRIAC 电路的基本工作原理以及高亮度 LED 电路的基本设计原理进行深入研究。

高亮度 LED 一般由恒流电源驱动,因为随着 LED 逐渐变热,其电压降将减小;而且,若 LED 串由恒压电源供电的话,电源往往会持续提供过多的电流,使输出电压增大,直到电源达到电流限值或 LED 失效。

基本的 LED 调光方法

高亮度 LED 有两种基本调光方法。第一种是 PWM 调光方法,即在大于 200Hz 的某些频率下以 0% 到 100% 的不同的 *导通时间* 百分比 (占空比) 导通和关断 LED。在 *导通期间* LED 满电流工作,而在 *关断期间* LED 上没有电流流过。这就保证了色彩的一致性。

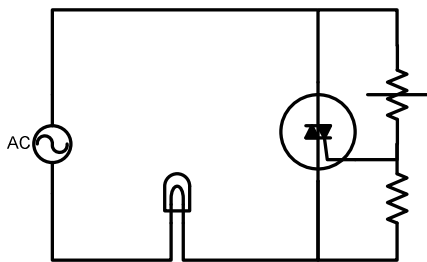
另一种方法是控制流经 LED 串的电流量。这可能导致 LED 串电压下降,并造成轻微的色差。不过,如果观察调光器打开情况下工作的白炽灯,也会看到明显的色彩变化。

TRIAC 调光器的工作原理:

大多数调光器内都有一个简单的 TRIAC 电路,其核心如图 1 所示。我们讨论的重点是 TRIAC 的两个属性。即一旦栅极被触发就允许电流流过,以及若有足

够电流流过，TRIAC 就保持导通。要设计正确的调光电路，必须了解这两个电流，触发电流和保持电流。以调光器开关中常采用的 3A 800V TRIAC 器件 FKPF3N80 为例，该器件的触发电流为 20mA，保持电流为 30mA。当栅极电流接近 20mA 时，该 TRIAC 导通，当流经电流至少为 30mA 时，TRIAC 保持导通状态。

当用户旋开调光器旋钮时，他其实是在改变电阻分压器。分压器在 AC 周期内设置不同的触发电流点，从而设定 TRIAC 的触发点。通过选择 TRIAC 的设置点，用户实际上选择了负载供电所需的 AC 电压的占空比，而这个占空比是 LED 驱动器调节 LED 亮度所需的信息。



为了对 LED 进行调光，需要把 60Hz 占空比转换为可用于上述任一种调光方法的数值。一旦触发导通，必须确保 TRIAC 有足够的电流。第一部分很容易做到，可利用图 2 所示的电路来实现。图中，TRIAC 调光器和双向光耦合器从 AC 线输入获得占空比信息，对简化电路进行供电。

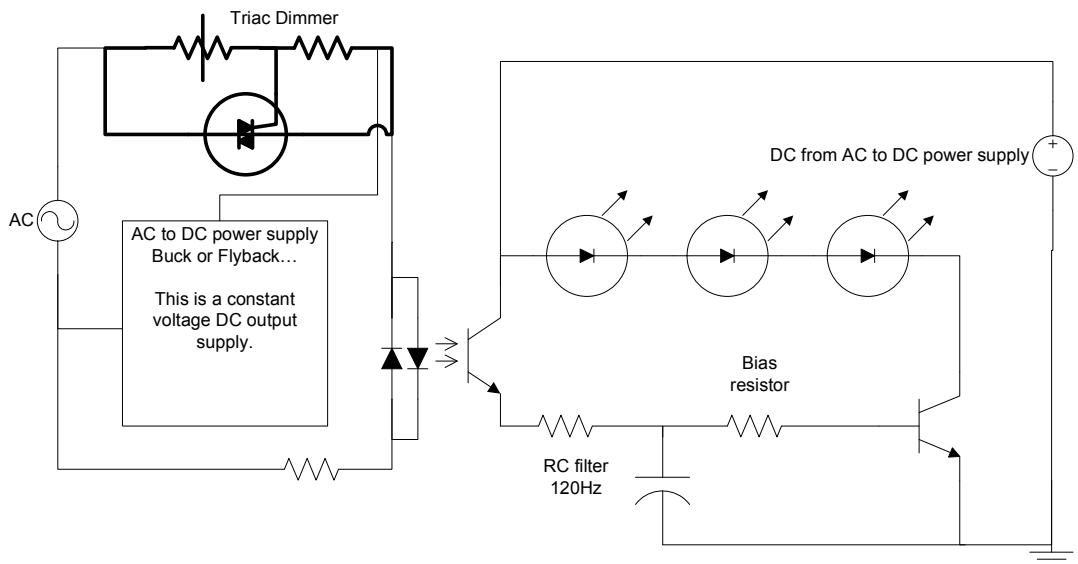


图2 Triac 调光器

120Hz 信号经一个电阻 / 电容滤波器处理为代表 AC 电压占空比的电压，并经由 TRIAC 调光器提供给电源。可通过多种方法利用这个电压来控制 LED 电流。在图示电路中，利用两个电阻把双极结型晶体管 (bipolar junction transistor, BJT) 偏置到所需的最大负载电流，并假设光耦合器完全导通 (占空比 =100%)，滤波器电容被充电到最大电势能量。鉴于 V_{CC} 一般都很低，小于~24V，所以电容的尺寸很小，即使其数值往往相当大，足以作为 120Hz 滤波器。

在上述实现调光器和 LED 电流调节器的方法中，最好是有一个恒压电路。这样一来，就可以利用简单的 BJT 来调节电流。设计人员需要把 BJT 完全偏置到 LED 串允许的最大电流，并在该电流下把输出电压设置到冷 LED 温度所需的值，从而让 BJT 能够以 100% 的占空比控制电流。注意 V_{CE} 低至 ~0.2V，电流最大值一般在 350mA 到 1.35A 间。因此，对于 1.35A 负载电流的设计，功耗为 $V_{CE(SAT)} * I_c \sim 0.27W$ 。随着占空比下降，BJT 开始限制电流，其 V_{CE} 将上升，故在 50% 占空比饱和的情况下，LED 电流将为最大设计点的一半。因此功耗为 $V_{CE} * I_c$ ，并很容易设计为足够低的范围，以便于管理。

这种方案的另一个关键部分是作为恒压电源工作的 AC-DC 电源。这通常会消耗大量电流，使调光器开关中的 TRIAC 一旦触发即闩锁 (latch)。

由于我们有代表 AC 输入 (RC 滤波器输出的) 占空比的电压，故我们能够利用这一信息来控制由其它电路驱动的 LED 的亮度。要在电路中采用逐脉冲 (pulse-by-pulse) 电流限制或 PWM 电流限制技术，基本 AC-DC 电路必须是恒流电路，如图 3 所示。我们因此只需要把电路中的代表占空比的电压加载到比较器上，便可以额外增加一个占空比电压。例如，在图 3 所示的电路中，我们可以让 I_{PEAK} 设置阻抗 R8 与一个在线性区域内偏置并利用上面所示的光耦合器电路进行控制的小型 MOSFET 并联。

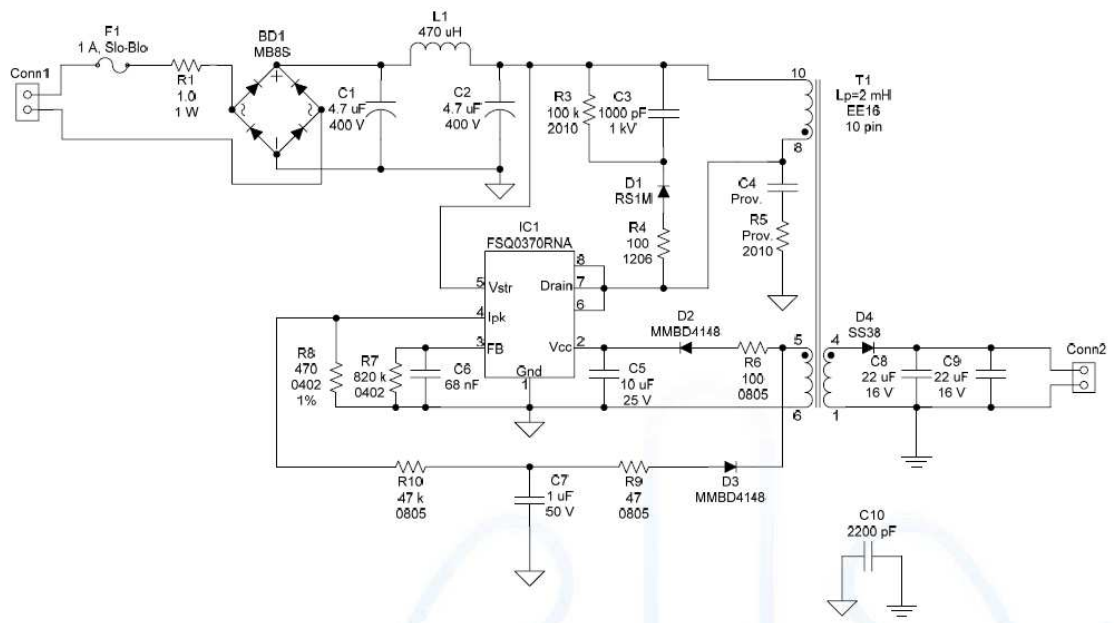


图 3

小结

许多高亮度 LED 驱动器电路都带有一个可作为 LED 调光之用的比较器。其中有些电流输出很小，并可读取引脚上的电压，用以控制初级端开关或低频占空比。在任何一种情况之下，关键都在于把 AC 占空比转换为可用值。光耦合电路可以很好地做到这一点，并提供隔离，故可以在初级端或次级端电路的任何地方使用这些数据。