

采用传统壁挂式 TRIAC 调光器 调控 LED 亮度



采用传统壁挂式 TRIAC 调光器 调控 LED 亮度

李云龙

美国国家半导体
电源管理产品应用工程师



内容纲要

- 目前半导体照明采用的光源及其相关的配套设施
- 传统 Triac 调光器的工作原理以及利用 TRIAC 调光器调控 LED 亮度时所面对的问题
- 美国国家半导体最新推出支持 TRIAC 调光器的离线 LED 驱动器可以直接替换现有的照明系统
- 总结

半导体照明及其应用

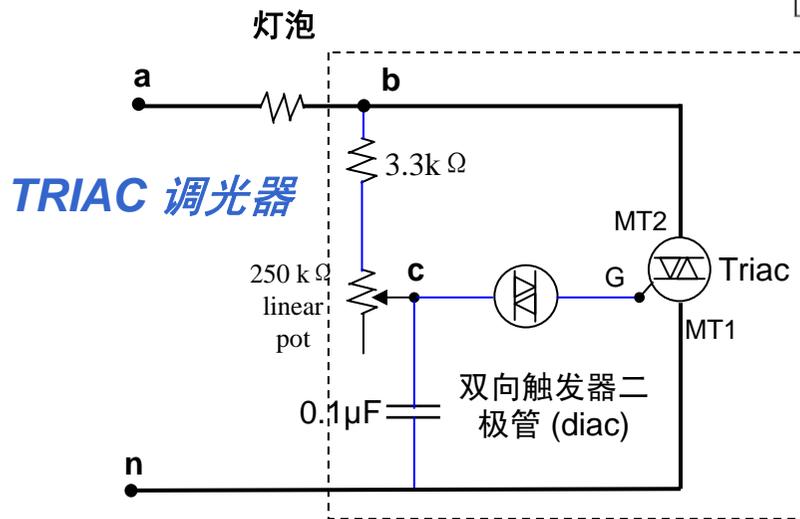
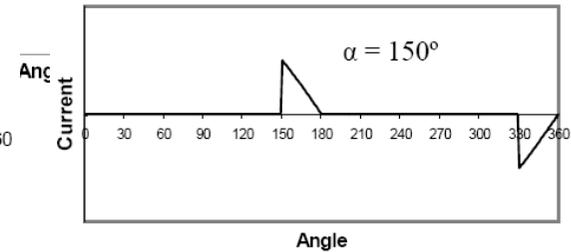
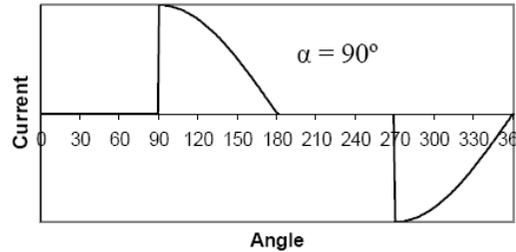
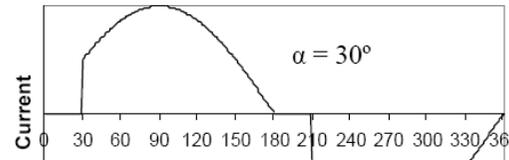


半导体照明的未来发展趋势

- 高亮度 LED 的成本持续下降，而且性能不断的提高。
- 预计在不久的将来，LED 的光效将可媲美小巧的荧光灯，而且...
 - LED 的寿命更长，以及
 - 不含水银
- 一般半导体照明产品必须满足以下条件...
 - 必须符合照明系统的标准规格，例如 PAR30/38, T5/T8..
 - 必须与包括壁挂式调光器开关等现有的配套装置兼容

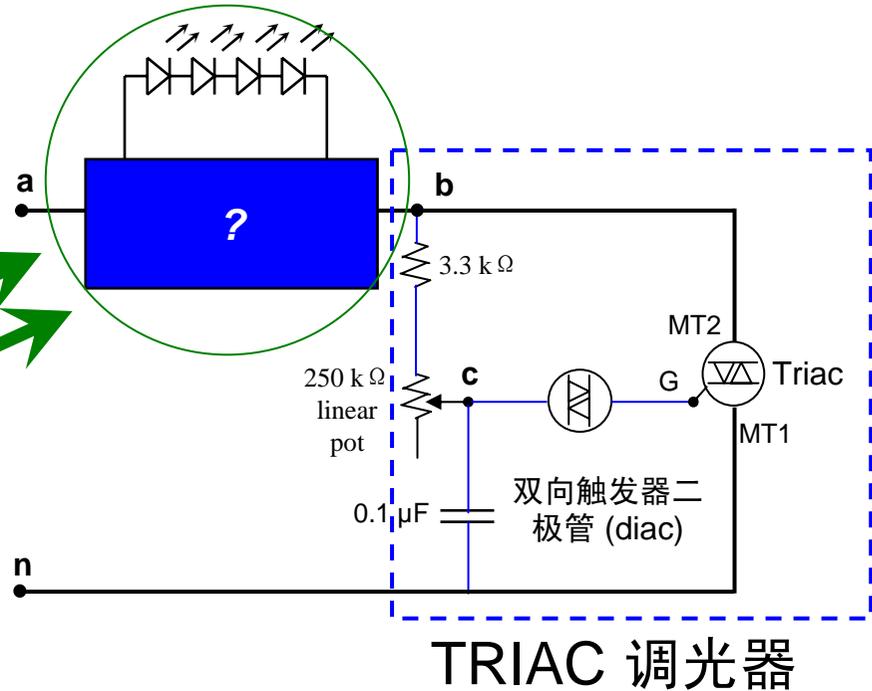
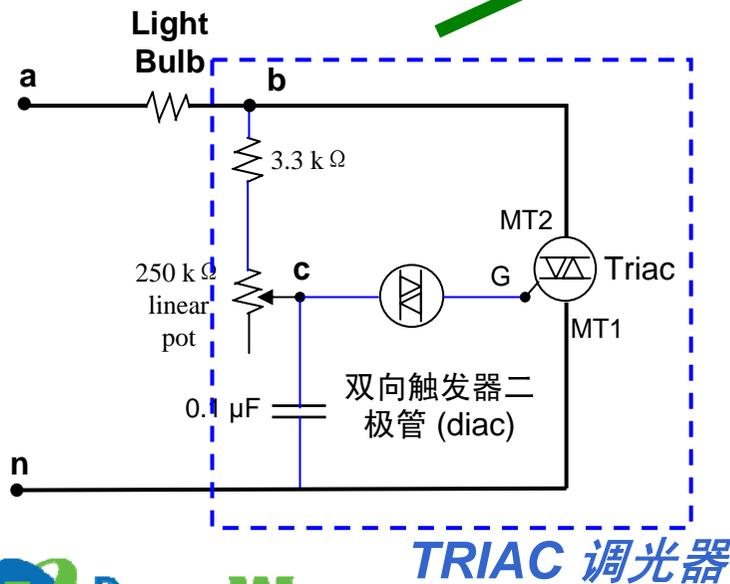
控制亮度的 TRIAC 调光器

目前最常用的亮度调控方法是采用 TRIAC (三端双向可控硅) 调光器进行调控, 但其缺点是只适用于白炽灯泡或卤素灯!!



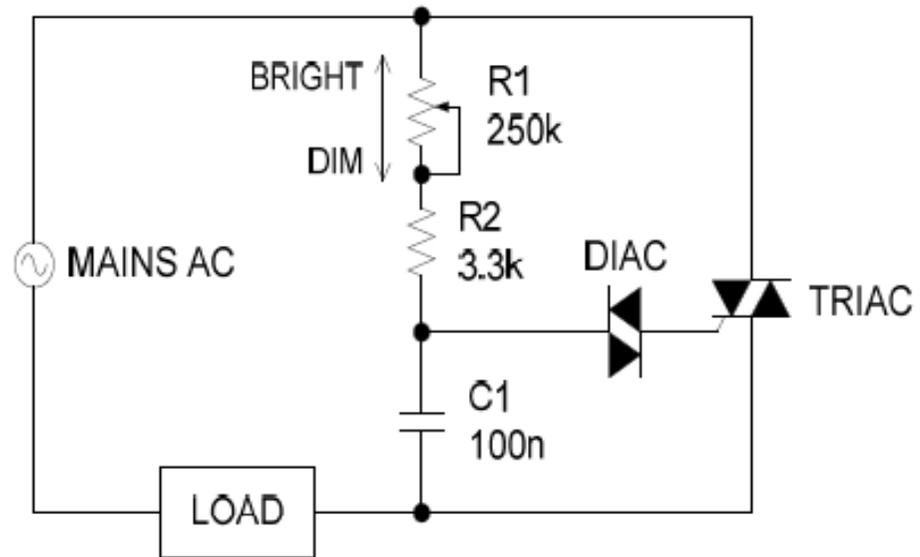
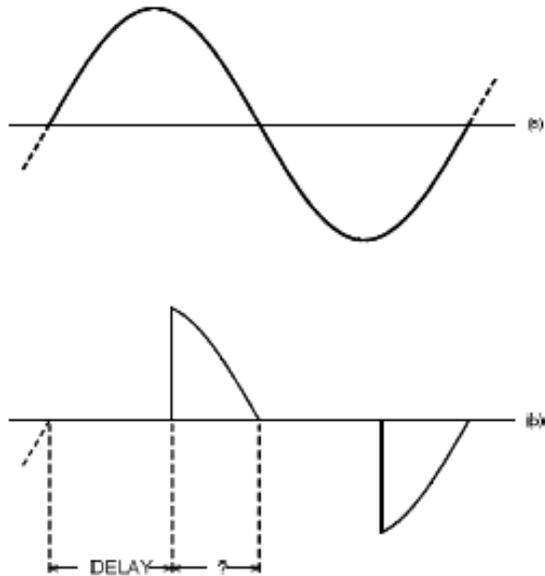
利用传统 TRIAC 调光器调控 LED 的亮度

用 LED 替换白炽灯并且可以沿用原有的照明设施，保留原有的低成本 TRIAC 调光器及相关配套装置!!



传统 TRIAC 调光器的工作原理 及 利用 TRIAC 调光器调控 LED 亮 度时所面对的问题

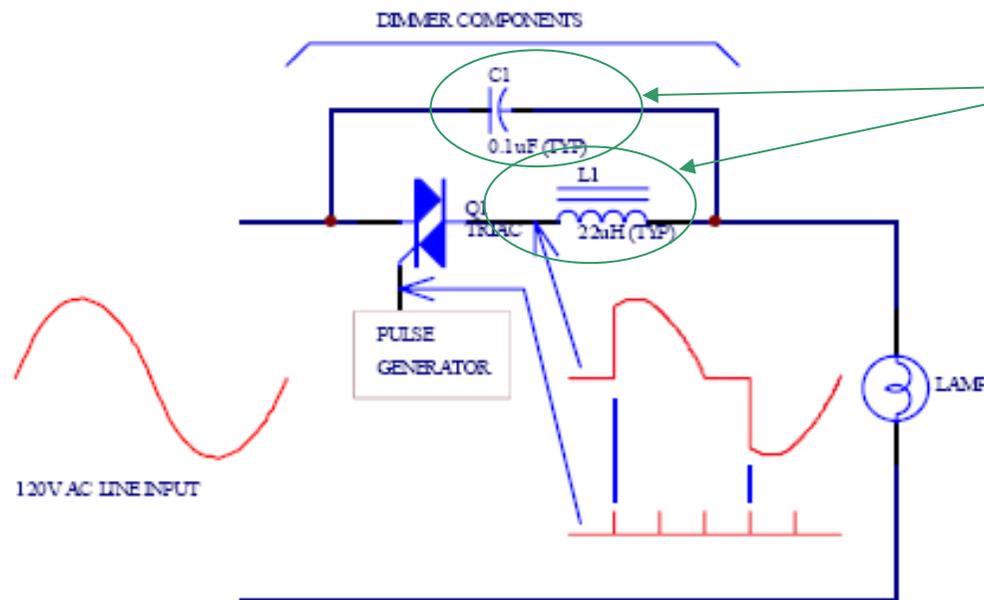
TRIAC 调光器的工作原理



- 由 R1、R2 及 C1 组成的 RC 延时电路可以令 TRIAC 调光器延迟启动，直到 C1 的电压上升至触发交流二极管 (Diac) 的触发电压。
- 电位器的电阻越大 (滑动指针越向下滑移)，启动延迟时间便越长。这样可缩短 TRIAC 调光器的“导通时间”或“导通角” (θ)。
→ 负载获得的平均能量就会减少。

TRIAC 调光器适用于白炽灯

- 由于白炽灯是真正的阻性负载，因此 TRIAC 调光器可用于白炽灯。
- 脉冲发生器启动时，闸流晶体管会突然启动。当电流跌至维持电流以下时，闸流晶体管会在电压接近过零点时断开。

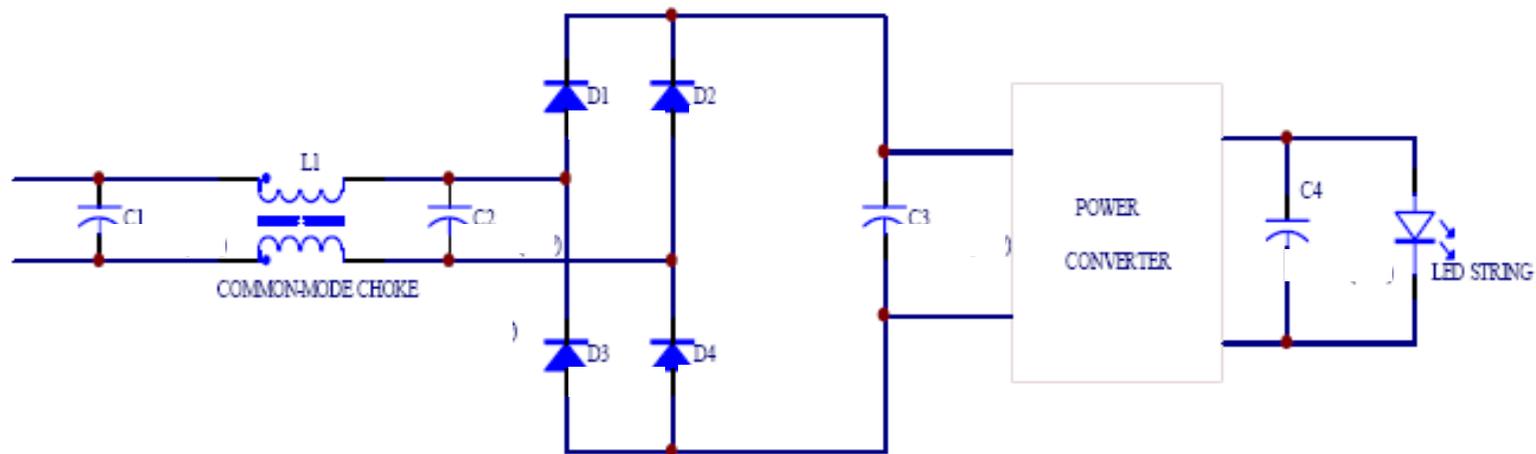


电感器及电容器会抑制电压尖峰，以便减少传导型的电磁干扰。

电灯本身会对 L-C 滤波器产生阻尼，而且可为闸流晶体管提供持续导通电流。

TRIAC Dimmer 不适用于一般的交流/直流 LED 驱动器

- 大部分荧光灯、小型荧光灯以及 LED 都贴有一张说明纸声明“**不适用于连接 TRIAC 调光器调控亮度**”
→ 因为对于调光器来说，这类灯具并非真正的阻性负载
- 一般的交流/直流开关模式 LED 驱动器



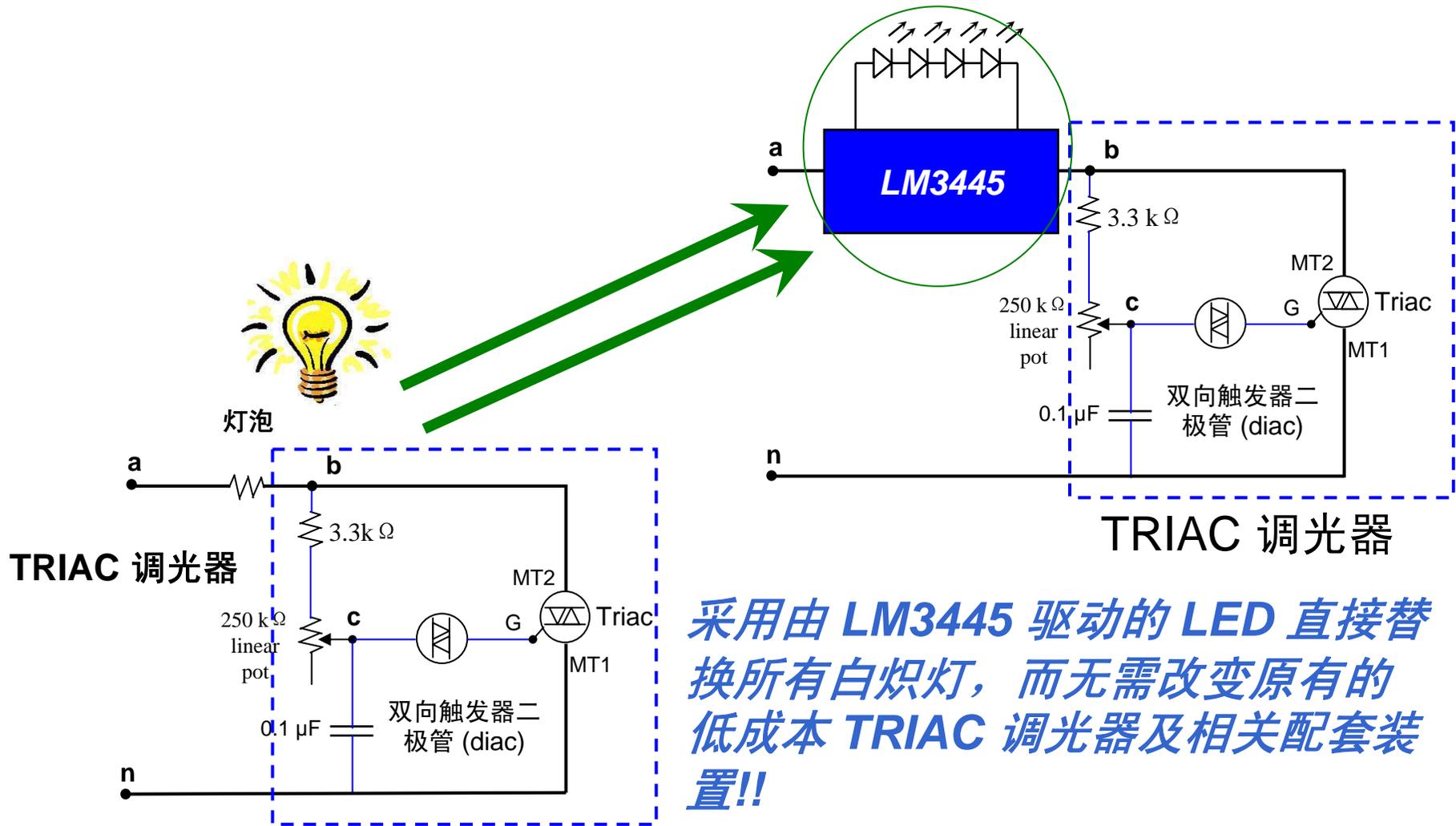
TRIAC 调光器与交流/直流 SMPS 的接口问题

- 当 TRIAC 调光器导通时, 交流电压会突然对输入端的 LC 滤波器充电, 这样可能会引起输入电流的震荡。
- 典型的 TRIAC 调光器开关内含可抑制电磁干扰的电容器 (10-100 nF), 由于这个电容器与 TRIAC 调光器并联连接, 因此可能会造成较大的浪涌电流流入输入电容器。
→ 尤其是调光器关断后, 这个电流可能导致输入电压大幅上升。
- 许多交流/直流 LED 驱动器采用简单的桥式整流方法。根据这个方法, 驱动器只会在这段时间内汲取电源供应的电流。
→ 因此 TRIAC 调光器没有维持持续导通的电流, 所以无法正常工作
- 若直接连接 AC/DC SMPS 系统, TRIAC 调光器便没有维持导通的电流, 也不会产生阻尼效应 !!

支持TRIAC调光的离线 LED 驱动器 可实现灯泡的直接替换

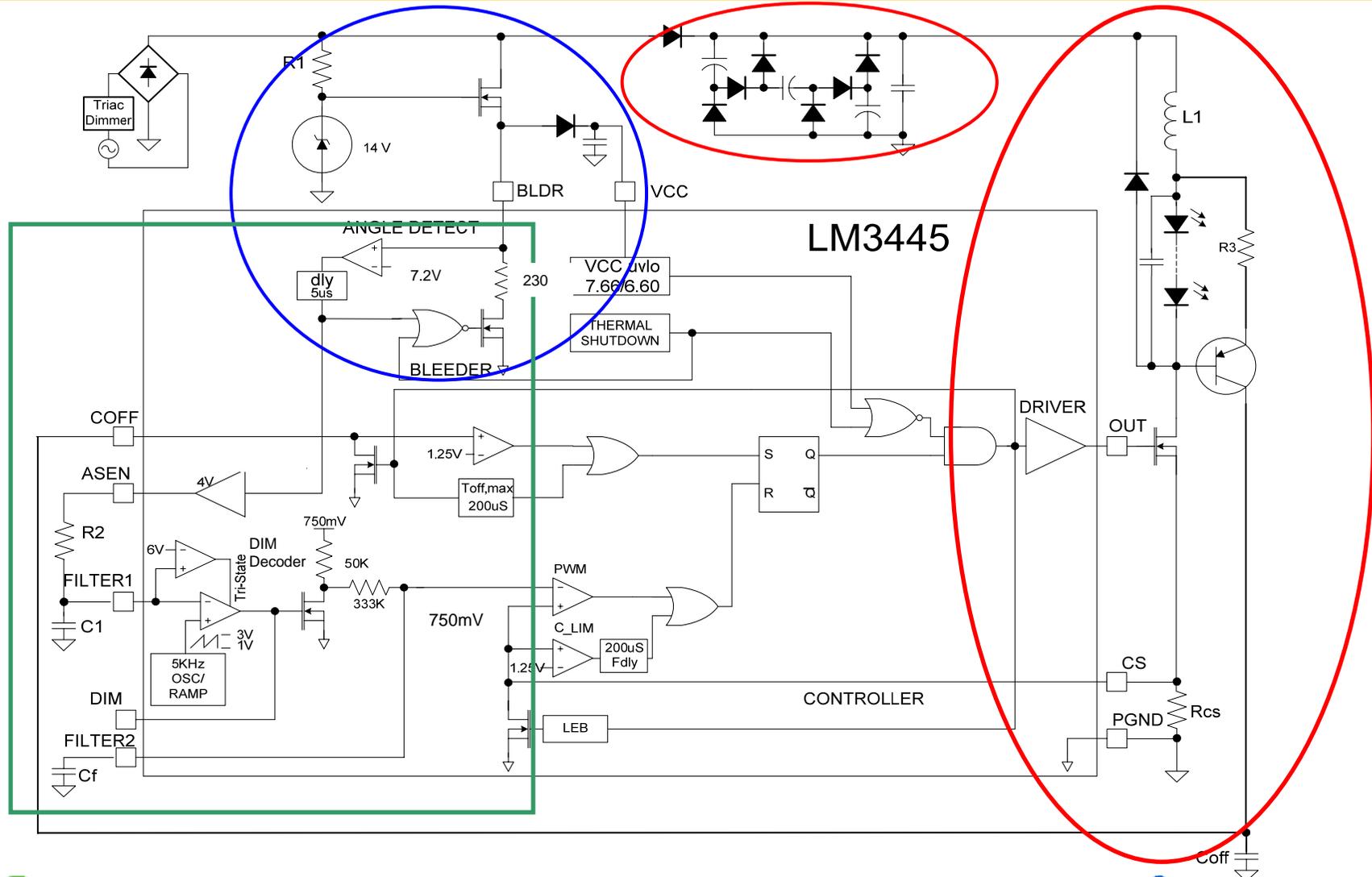


支持 TRIAC 调光的离线 LED 驱动器 – LM3445

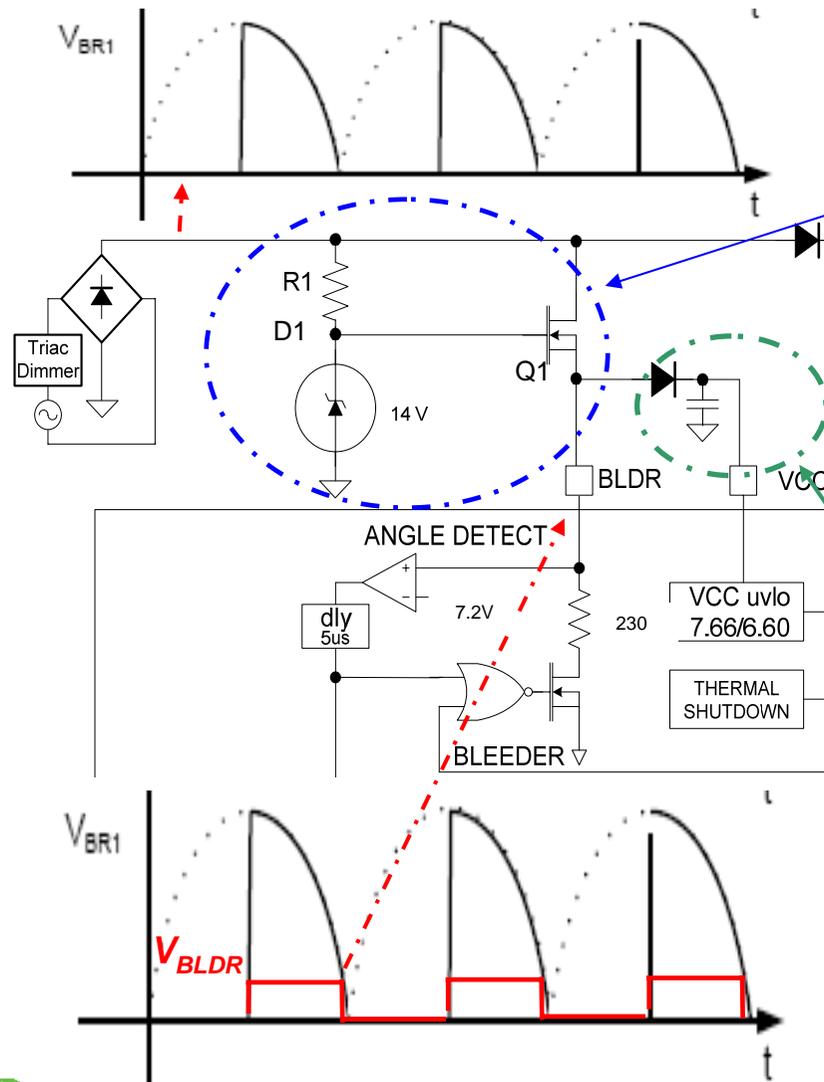


采用由 LM3445 驱动的 LED 直接替换所有白炽灯，而无需改变原有的低成本 TRIAC 调光器及相关配套装置!!

支持 TRAC 调光的 LM3445 LED 驱动器： 电路图及结构框图

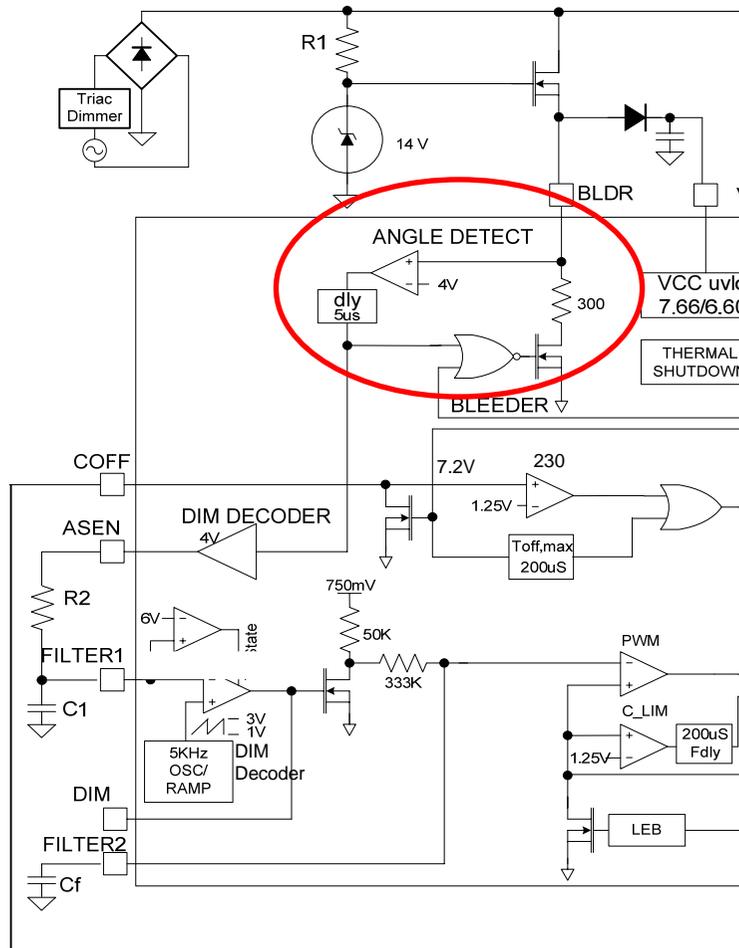


LM3445 – “导通角” 检测电路



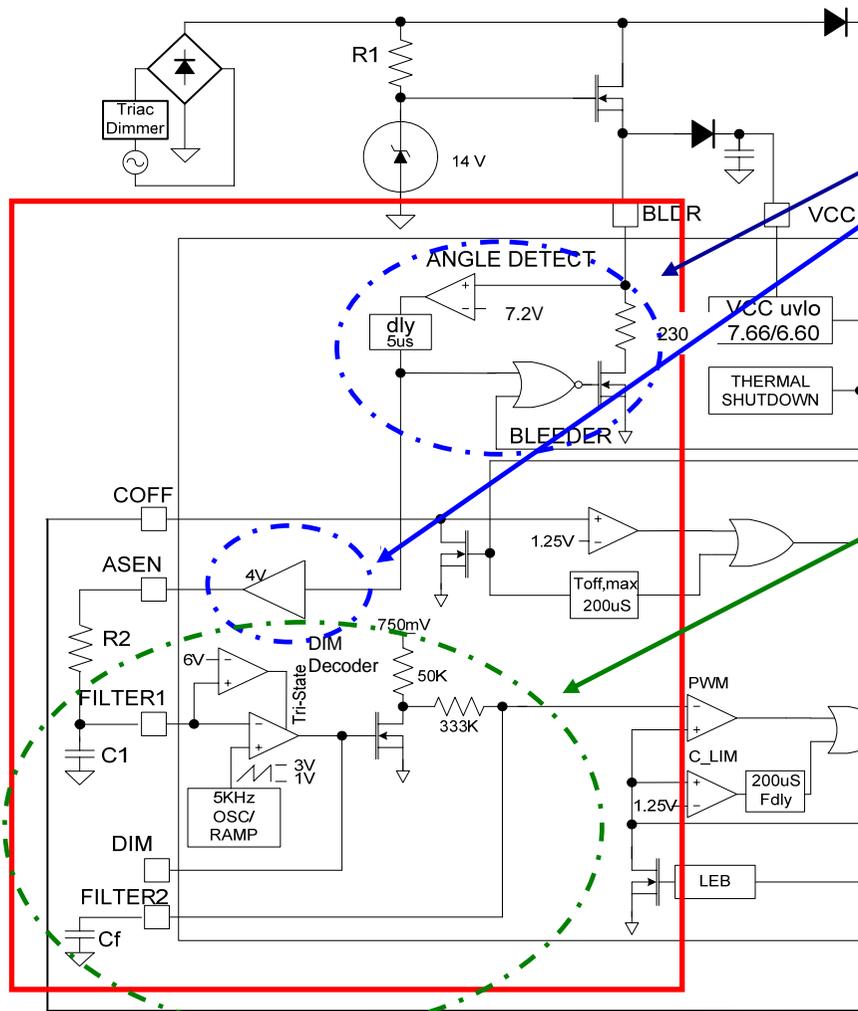
- 外置串行稳压器将 TRIAC调光器的整流电压转换为一个 LM3445 芯片的 BLDR 引脚可以检测的电平。
- 由于 Q1 的源极没有电容，因此 BLDR 引脚的电压就跟随 TRIAC整流电压一同上升或下降。
- 当 TRIAC 处于关态时维持 VCC 引脚的电压 → 为 LM3445 芯片提供正常的工作电压。

LM3445 – 电流泄放电阻



- 为何必须加设电流泄放电阻? -- 在 TRIAC 调光器没有启动前, 必须为其提供直流通路, 以确保其调控电路可以正常工作
→ 仿真 TRIAC 维持导通的效果!!
- 当 BLDR 引脚电压低于 7.21V 的阈值时 (即 TRIAC 仍未启动)
→ 电流泄放 MOSFET 先导通, 给稳压器提供一个小负载 (230 ohm)。
- 在 TRIAC 没有启动前, 需要有一个电流路径来给延迟电路充电, 所以一个预置的负载是非常必要的 !!
- BLDR 引脚电压高于 7.21V 时 (即 TRIAC 调光器已启动)
→ 电流泄放电阻会断开, 以便提高效率。

LM3445 – 相位检测及 DIM 调光信号译码器



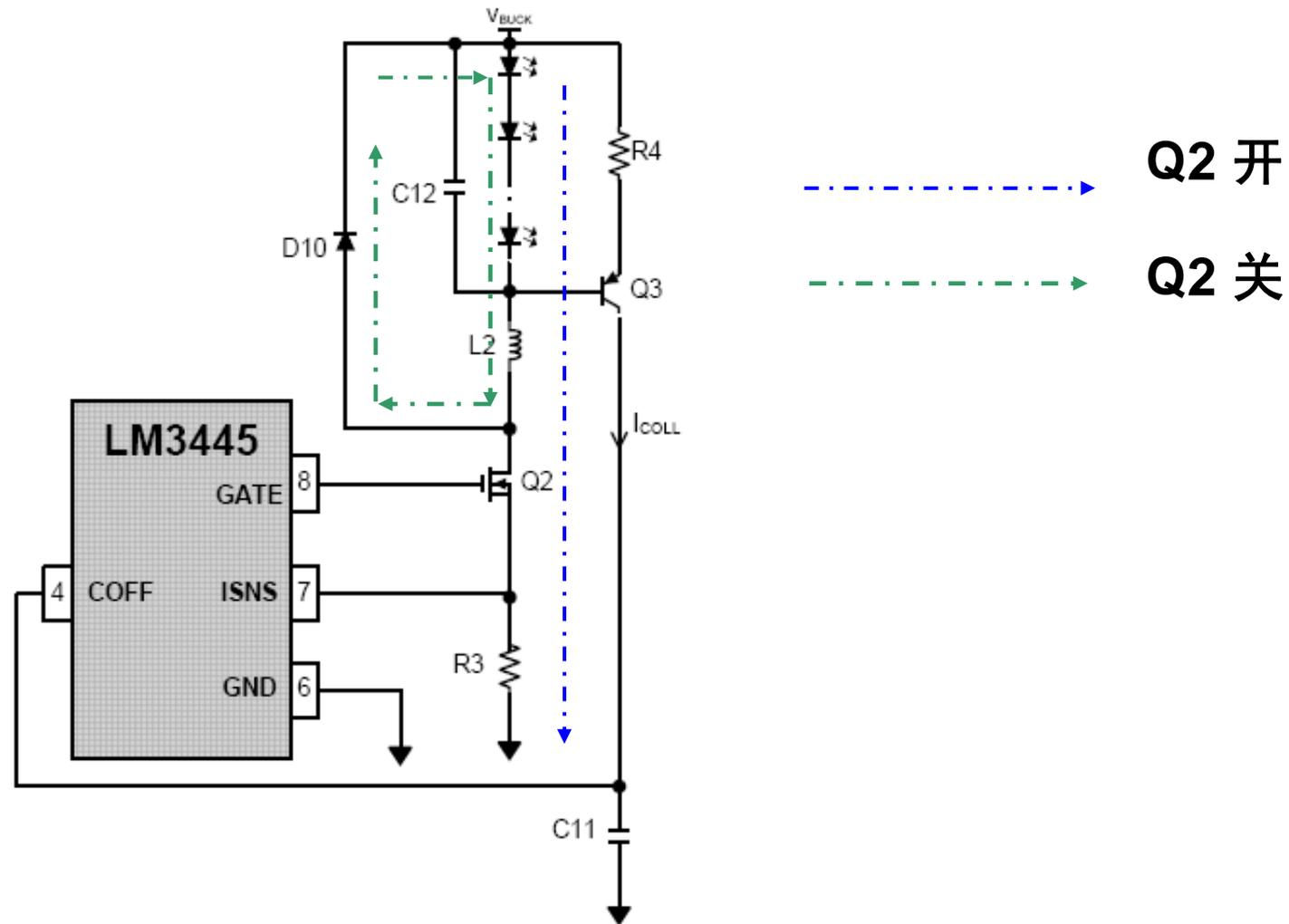
相位检测

- 导通角检测电路及其滤波器可在滤波器1 (FILTER1) 引脚产生直流电平，而这一电平与 TRIAC 调光器的导通角是相对应的。

DIM 调光信号译码器

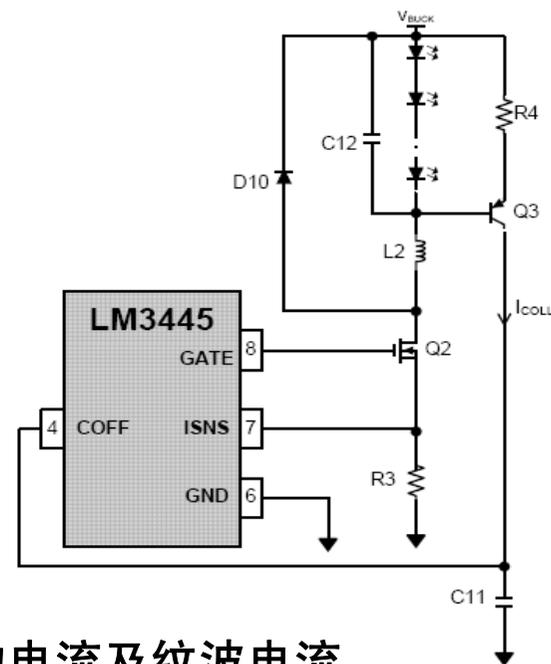
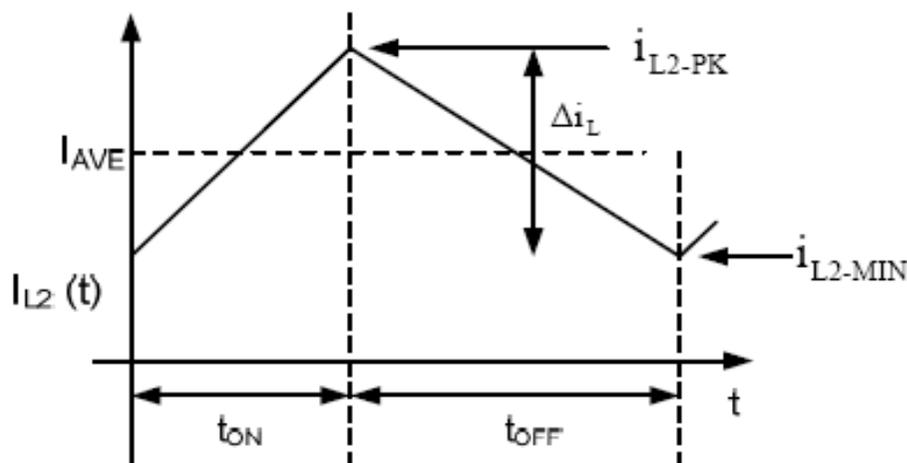
- FILTER1 引脚的直流电压和 5 kHz 的锯齿波比较，所得到的脉冲宽度和 FILTER1) 引脚的平均电压成反比。
- 由于 MOSFET 翻转比较器的输出，因此 MOSFET 漏极电压的持续时间与输入 TRIAC 电压的占空比成正比。
- RC 滤波器将该电压平滑滤波，得到一个稳定的 FILTER2 电压，然后将这个平均电压用作 PWM 控制器的参考电压，来调整 LED 的连续电流。

LM3445 – 浮动的恒流降压稳压器



固定的关断时间控制方法简介

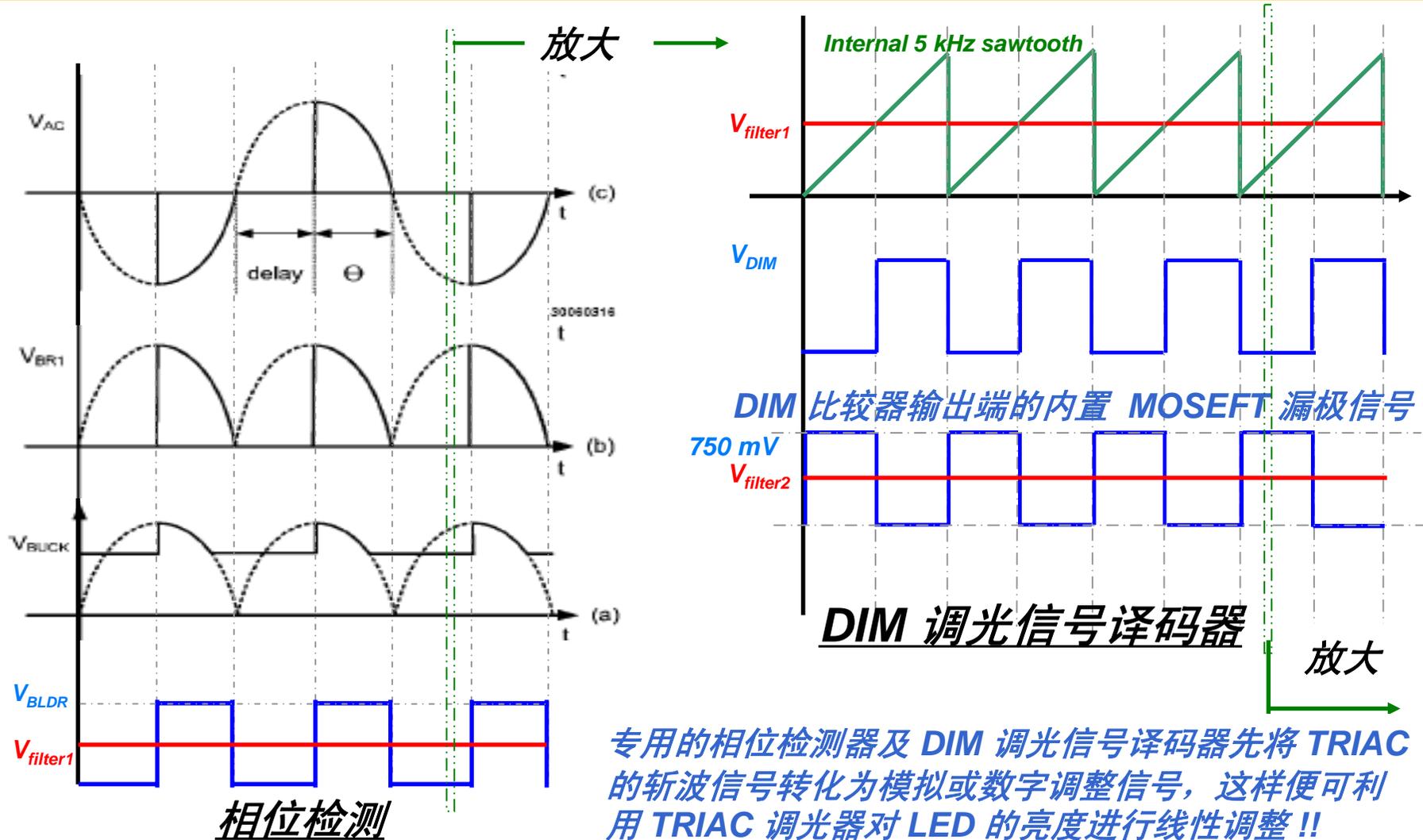
- 固定关断时间控制架构：其运作原理非常简单，也就是设定关断时间和允许导通时间。这样，开关频率是随着输入或输出电压的改变而变化



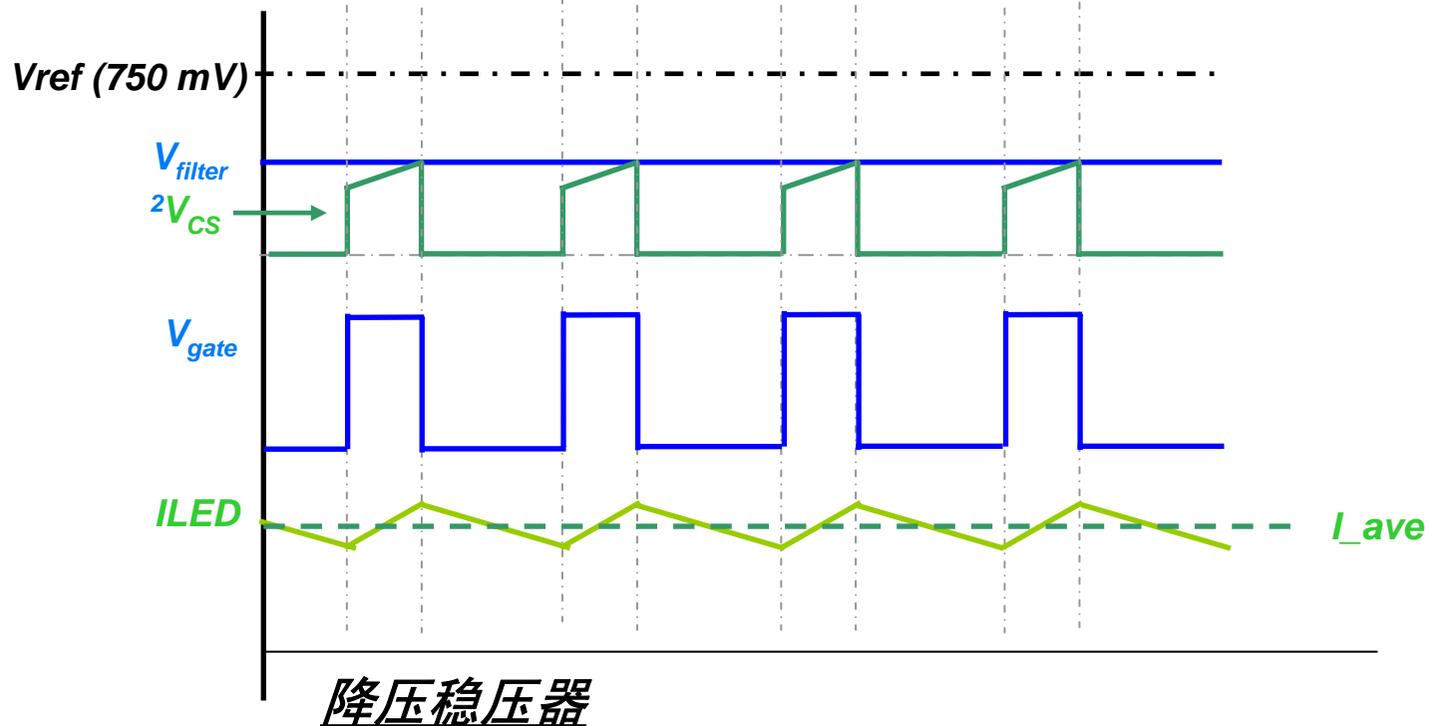
固定关断时间控制功能的优点

- 当输入或输出电压改变时，都能确保流过 LED 的平均电流及纹波电流恒定不变 → 即使输入电压改变或 LED 的压降 (V_{LED}) 随着温度变化而出现漂移，LED 都有一致的亮度!!
- 低端电流检测，检测电阻不是总与 LED 串联一起 → 这样可提高效率。

LM3445 LED 驱动器的典型波形 (I)



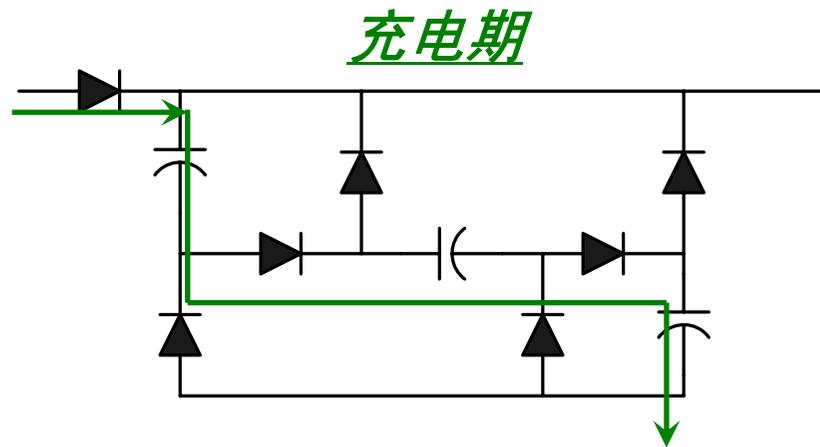
LM3445 LED 驱动器的典型波形 (II)



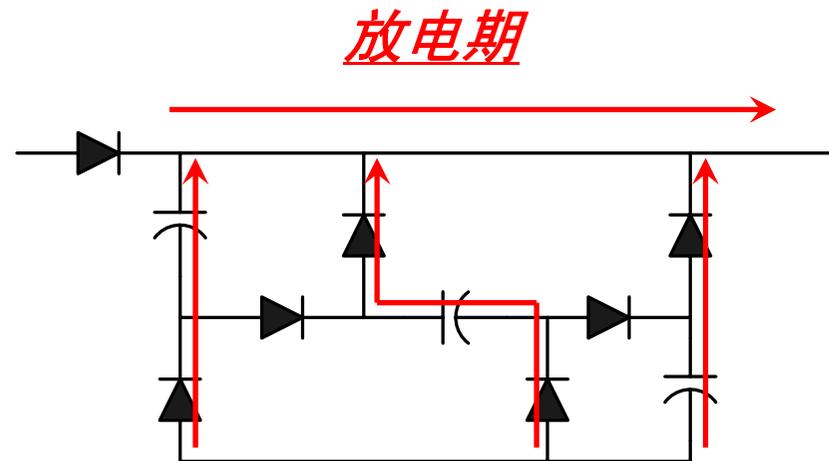
随着 TRIAC 调光器的导通角逐渐缩小, LM3445 会降低它内部比较器的参考电压 ($V_{filter2}$)。

→ 只要调低降压转换器的占空比, 便可调低 LED 的连续电流。这样可以免去 120 Hz 的闪烁!!

谷底填充方式的功率因数校正电路



$$V_{in} > \frac{V_{AC-RMS} \sqrt{2}}{3}$$



$$V_{in} < \frac{V_{AC-RMS} \sqrt{2}}{3}$$

谷底填充电路的作用:

- 让降压稳压器可在整个交流周期都能够取用输入线路的供电 – **无源功率因数校正功能** → 在 100%亮度时, 功率因数可以达到 0.9, 可以满足美国环保局能源之星的规定!
- 这样, 即使在 **TRIAC** 调光器导通角较小时, 也可以保证降压转换器正常工作 → 避免出现 120 Hz 的闪烁!

LM3445 – 主/从系统的操作

- LM3445 可以允许级连的方式工作，这样便可利用一个 TRIAC 调光器来控制多串 LED 的亮度。→ 可以实现对多串 LED 亮度一致的控制!!
- 当 LM3445 芯片的 FLTR1 引脚电压高过 4.9V (典型值)，最理想是连接到 VCC 时，斜坡比较器被关闭，使调光信号译码器失效。→ 成为被动控制的 LM3445
- 只要将单一或多片 LM3445 驱动器或 PWM LED 驱动器 (从属器) 的 DIM 引脚连接一起，便可利用一颗 LM3445 芯片 (主控器) 控制多颗从属芯片。

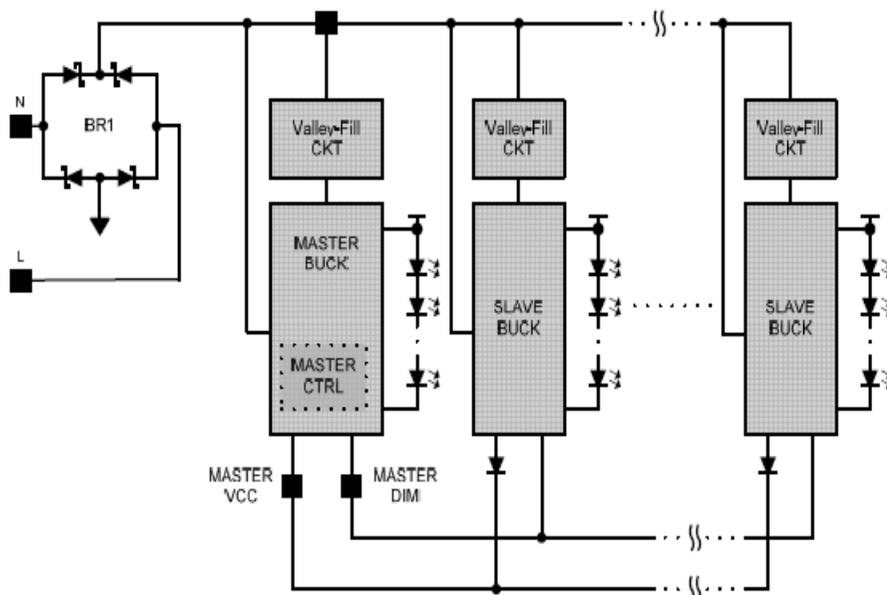


Figure 14: Master/Slave configuration with separate valley-fill circuits

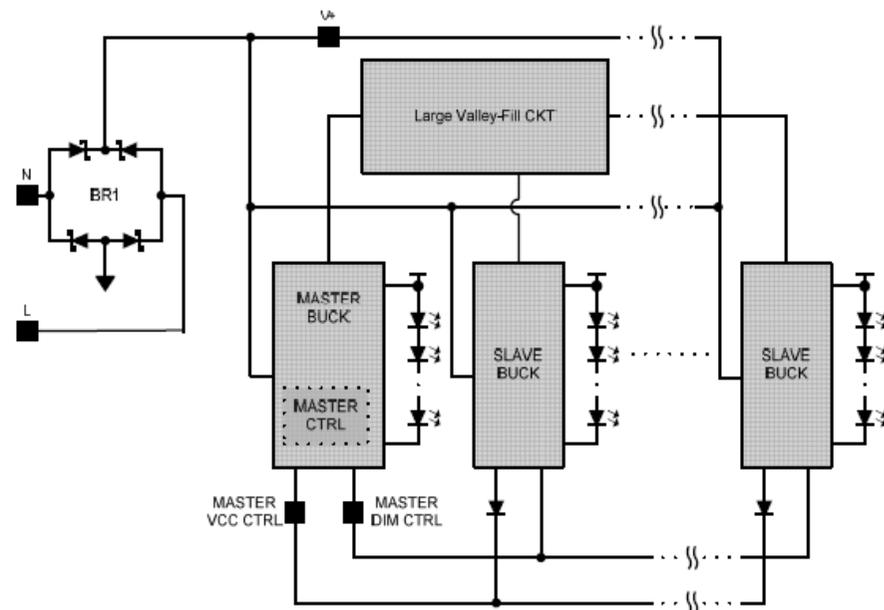
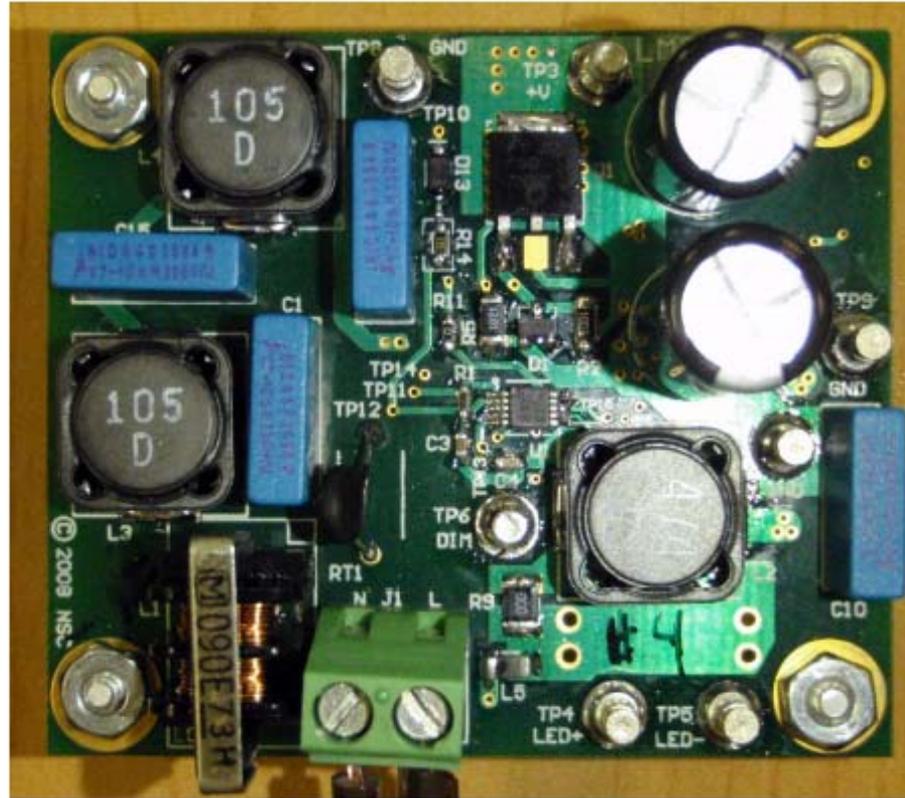


Figure 15: Master/Slave configuration with one valley-fill circuit

LM3445 120 VAC 演示板



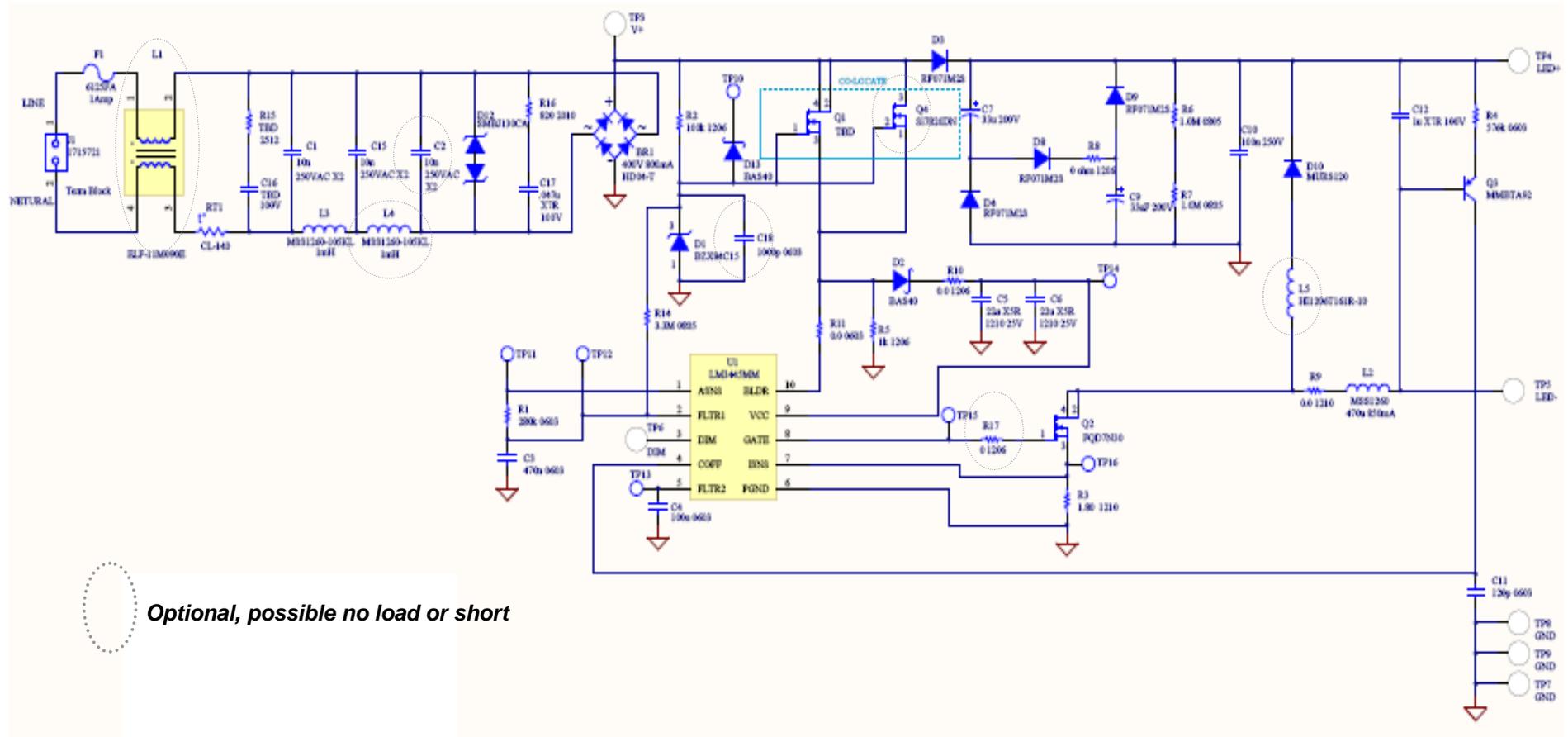
boardphoto

网上订购网址:

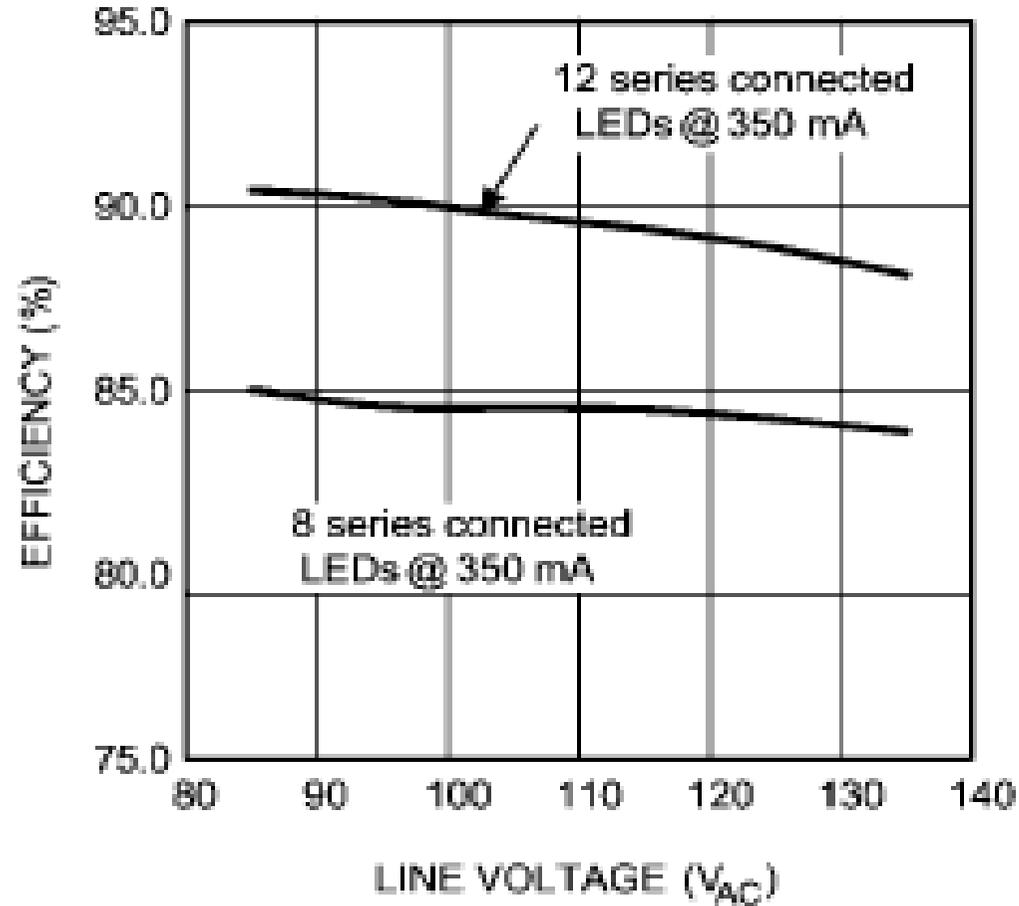
http://www.national.com/store/view_item/index.html?nsid=LM3445TRIACEVAL



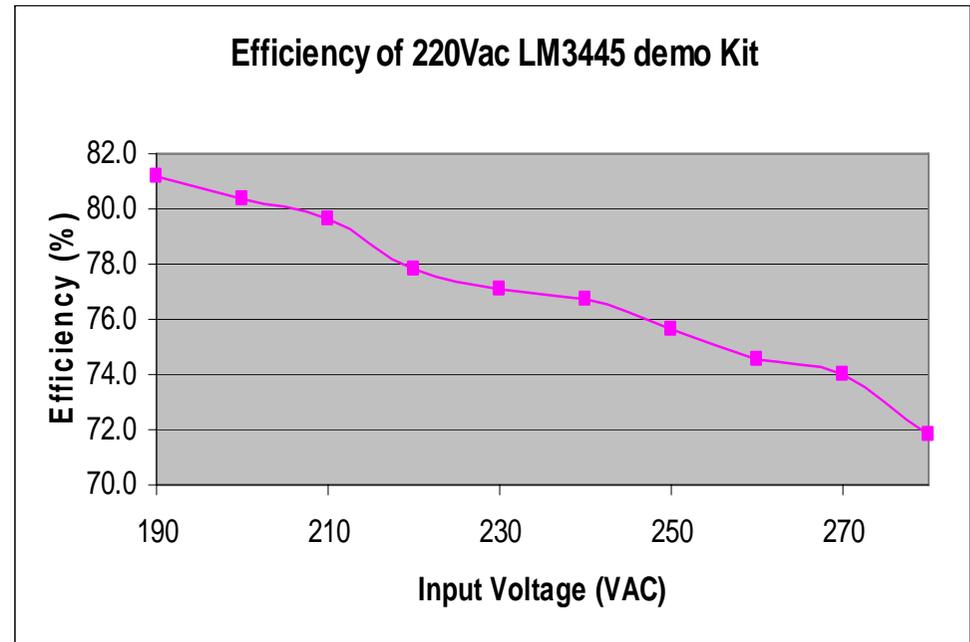
LM3445 120 VAC 演示板的详细电路图



LM3445 120 VAC 演示板的效率



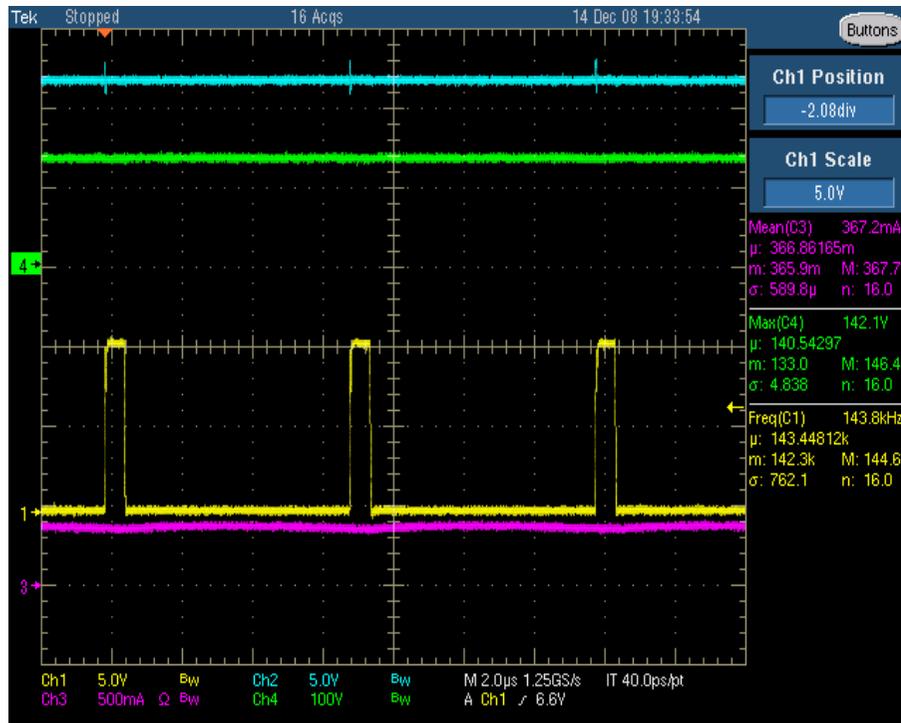
LM3445 220Vac 演示套件



8个串联 1W LED

LM3445 LED 驱动器的测试波形

全亮



低亮



- CH1: Buck MOSFET 的栅极信号
- CH2: LM3445 芯片 Vcc 引脚的电压
- CH3: LED 电流
- CH4: Buck的输入电压

随着 TRIAC 调光器的导通角的缩小, Buck 电路是通过调低占空比来减小 LED 的平均电流的。这样可免去 120 Hz 的闪烁 !!

总结

- 一般的交流/直流 LED 驱动器无法支持传统壁挂式 TRIAC 调光器。
- 美国国家半导体最新推出支持 TRIAC 调光器的离线 LED 驱动器能够解决这个问题，确保 LED 可以替换已配有标准 TRIAC 壁挂式调光器的白炽灯或卤素灯系统。
- 这款驱动器可在 100:1 的亮度范围内进行线性调整，而且保证不会产生 120 Hz 的闪烁。此外，这款驱动器还有功率因数校正 (PFC) 功能，以及可以支持主/从系统操作。

更多有关信息...

- **TRIAC 调光离线 LED 驱动器:**

http://www.national.com/analog/led/triac_dimming

- **通用照明:**

<http://www.national.com/led>

- **Webench LED Designer – 网上设计工具:**

<http://www.national.com/webench/led>

- **LED 参考设计:**

<http://webench.national.com/webench/ledrefdesigns.do>

