



Is Now Part of



ON Semiconductor®

To learn more about ON Semiconductor, please visit our website at
www.onsemi.com

ON Semiconductor and the ON Semiconductor logo are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf. ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

AN-9745

使用 FL7730 的 TRIAC 可调光 LED 驱动器设计指南

引言

LED 照明是一种理想的照明光源，可以取代传统的照明系统，例如荧光灯和白炽灯。特别是在传统的 TRIAC 调光灯体系中，已经投入了大量的研究，试图开发一种兼容 TRIAC 调光器的 LED 灯泡。因为白炽灯光源消耗功率大，而且寿命短，所以 LED 灯泡便成为其理想的替代品，具有功耗非常低、寿命非常长等优势。

对于 TRIAC 调光 LED 灯泡，目前最大的问题在于调光器的兼容性。传统 TRIAC 调光器的原始设计是要处理数百瓦白炽灯泡消耗的功率。消耗功率小于 20 W 的 LED 灯泡，会和采用由大功率开关器件构成的调光器产生相互影响。如果调光器和 LED 灯泡的相互影响不稳定，会出现可见闪烁。

为了防止闪烁，需要考虑一些调光器工作的要求。TRIAC 调光器在 TRIAC 触发后需要擎住电流，且在触发后的导通期间需要维持电流。如果不能满足这两种电流，TRIAC 调光器会出现误触发和 LED 照明闪烁。图 1 给出了 TRIAC 调光器和 LED 灯泡的接线图。如图 2 所示，在电源周期开始时，TRIAC 调光器的电路阻断电源，触发后接通输入电源和 LED 灯泡。如图 3 所示，如果流过调光器的擎住电流和维持电流不足，TRIAC 调光器将会关断。

对于不同的调光器模型，关断电流和维持电流也会不同。典型的擎住电流和维持电流范围大约为 5~50 mA。由于消耗较大的功率，采用白炽灯照明时，不会出现这些工作要求。功率输出小于 20 W 的单只 LED 灯泡在整个电源周期中无法维持所需电流量。

本应用指南提供了 TRIAC 调光 LED 灯泡电路板设计的实用指南。无源和有源泄放设计指南详细说明了如何保持擎住电流和维持电流，而不出现闪烁现象。通过将外部器件数量降到最小，有源阻尼设计能够改善效率。针对功率因数 (PF)、总谐波失真 (THD) 以及电磁干扰 (EMI) 等方面，输入滤波器设计一节讲述了滤波器件的滤波效果。

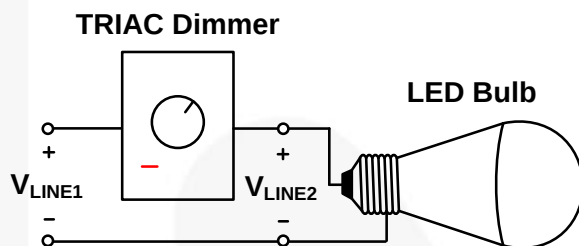


图 1. TRIAC 调光器和 LED 灯泡

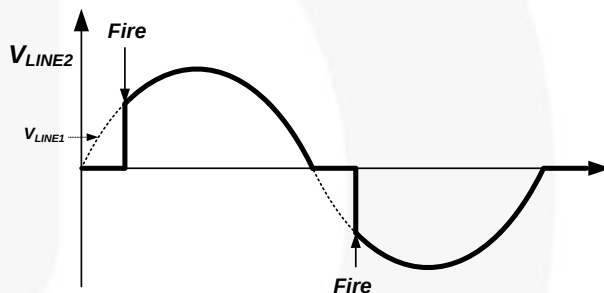


图 2. 擎住电流/维持电流足够时的调光器工作

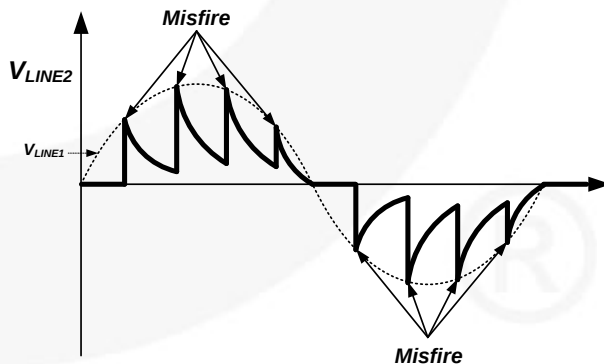


图 3. 擎住电流/维持电流不足时的调光器工作

1. 无源泄放设计

设计无源泄放电路是为了提供擎住电流和维持电流，消除误触发和闪烁。图 4 展示了采用无源泄放电路的电路板原理。

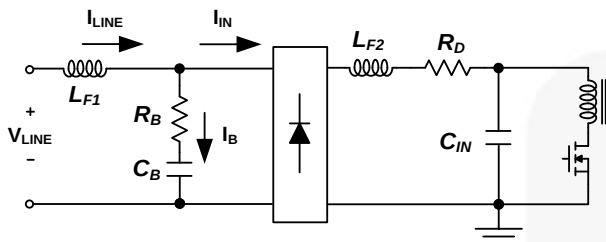


图 4. 采用无源泄放电路的 LED 驱动器原理

无源泄放电路由电阻 (R_B) 和电容 (C_B) 构成。 L_{F1} 和 L_{F2} 为输入滤波电感。 C_{IN} 为输入滤波电容， R_D 为阻尼电阻。

在调光电路板设计中，如果电容位于电源线之间，电阻（如 R_B , R_D ）需要与电容（如 C_B , C_{IN} ）串联。如果不串联电阻，由于调光器触发时电容的快速充电作用，将会出现较高的电压和电流尖峰。电流尖峰将会破坏 TRIAC 调光器，特别当多个 LED 灯泡并联时尤为如此，因为来自每个 LED 灯泡的电流尖峰之和将会超过 TRIAC 调光器的额定电流。电流尖峰之后会出现电流振荡，由于振荡中会出现低于维持电流的负电流，还会引起调光灯误触发。电压尖峰如果超出额定击穿电压，将会破坏外部元件。

无源泄放电路包括几百 nF 的电容 (C_B)，用于提供擎住电流和维持电流。为了消除上述电压与电流尖峰，有必要采用泄放电阻 (R_B) 阻尼该尖峰。

1.1 无源泄放电容 (C_B) 选择

C_B 的容量决定保持 TRIAC 开通的泄放电流。对于 TRIAC 调光， C_B 越大，泄放电流越大，调光控制的稳定性越高。图 5 和图 6 给出了较小与较大泄放电容时的电源电流。输入电流 (I_{IN}) 为来自桥式二极管后的反激转换器电流。在 FL7730 的功率因数校正作用下， I_{IN} 与电源电压同相位。 I_B 为泄放电流，电源电流 (I_{LINE}) 为 I_{IN} 和 I_B 之和。

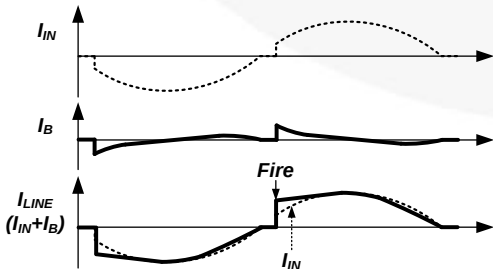


图 5. 较小泄放电容 (C_B) 时的电源电流

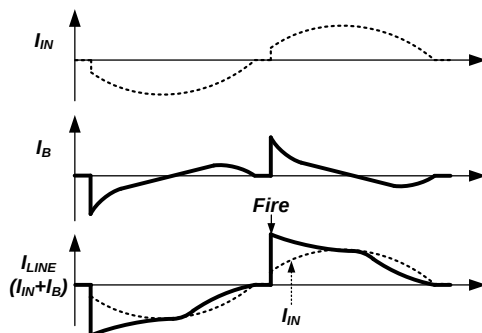


图 6. 较大泄放电容 (C_B) 时的电源电流

I_{LINE} 应高于擎住电流和维持电流，这是因为 I_{LINE} 直接流过 TRIAC 调光器。在图 5 中，触发时的 I_{LINE} 不够大，原因是 C_B 较小。TRIAC 调光器将发生误触发，如图 3 所示。在图 6 中，在调光器触发时， I_{LINE} 足够高，原因是 C_B 较大，这样可以保持 TRIAC 正常的导通状态，如图 2 所示。因此，较大的 C_B 调光器触发效果优于较小的 C_B ，原因是可以提供较高的 I_B 。

但是， C_B 较大时也有不足，对功率因数 (PF)、总谐波失真 (THD) 和效率产生影响。表 1 中给出了 C_B 在 100 nF 至 220 nF 之间变化时的系统性能比较。可见， C_B 对 PF 和 R_B 功耗的影响较为严重。相比于 100 nF C_B ，220 nF C_B 显著降低了 PF 并增加了 R_B 的功耗，原因是 C_B 的充电与放电电流过大。

表 1. C_B 对系统性能的影响

测试条件: $V_{IN} = 230 V_{AC}$, $P_{OUT} = 8 W$, $R_B = 2 k\Omega$			
	PF	THD	R_B 中的 PD
C_B [100 nF]	0.93	13%	162 mW
C_B [220 nF]	0.85	11%	684 mW

因此，对于无源泄放电路，在选择 C_B 时，应在 TRIAC 调光控制和 PF 大小之间权衡利弊。尤其对于要求高功率因数的高压灯泡应用，权衡这两个因素，确定合理的 C_B 是一个挑战。在选择 C_B 时，第一步是检查调光器触发时的 I_B 。通过改变 C_B 的大小，校验在调光器触发时是否出现由于 I_B 不足引起的误触发。在调光器触发中没有出现工作异常的 C_B 选择范围内，选择最小的 C_B ，可以获得较高的 PF 和效率。EMI 不受 C_B 的影响，因为 R_B 与之串联，阻断了 C_B 对噪声的滤波。

1.2 无源泄放电阻 (R_B) 选择

R_B 起到阻尼作用，可以抑制由于触发时 C_B 快速充电引起的尖峰电流。图 7 给出了 R_B 过大时的电源电流。过大的 R_B 可以显著地阻尼 I_B ，导致 I_B 在触发时低于擎住电流。在受到触发后，TRIAC 调光器会误触发，出现可见闪烁。

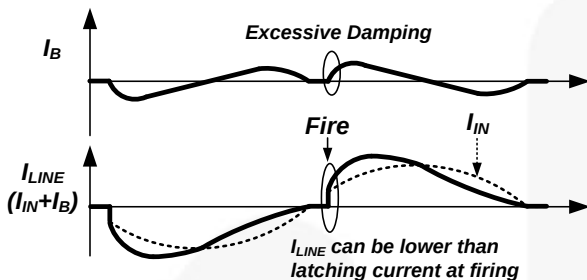


图 7. R_B 过大时的电源电流

图 8 给出了 R_B 过小时的电源电流 I_{LINE} 。如果 R_B 过小， R_B 不能完全阻尼尖峰电流，就会出现电流振荡。振荡电流波动低于负 I_B ，引起 TRIAC 调光器的误触发，出现可见闪烁。

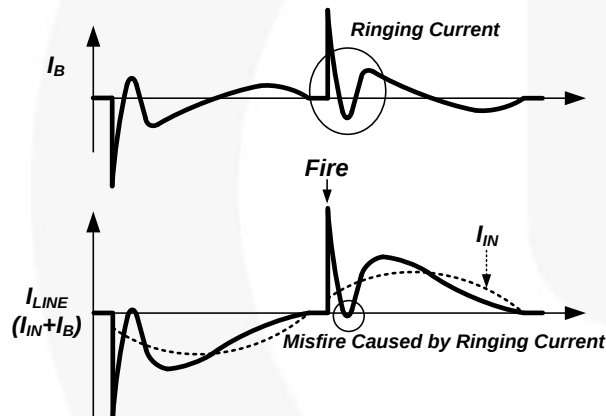


图 8. R_B 过小时的电源电流

关于 R_B 选择的另一个考虑是功耗。表 2 给出了采用两种不同泄放电阻时的系统性能比较。在系统指标中， R_B 不影响 PF 和 THD。但是， R_B 越大， R_B 自身的功耗就越大。

表 2. R_B 对系统性能的影响

测试条件: $V_{in} = 230 V_{AC}$, $P_{OUT} = 8 W$, $C_B = 100 nF$			
	PF	THD	R_B 中的 P_D
$R_B [1 k\Omega]$	0.93	13%	100 mW
$R_B [2 k\Omega]$	0.93	13%	162 mW

在选择 R_B 时，应该首先找出过大或过小的 R_B 取值。然后，在可以获得较高效率的合适 R_B 取值范围内，挑选取值最小的 R_B 。

2. 有源泄放设计

保持 TRIAC 维持电流的另外一种方法是有源泄放技术。相比无源泄放电路，在电源输入周期中，有源泄放电路可以覆盖更宽范围的 TRIAC 导通。推荐的有源泄放电路能够通过调节输入电流保持 TRIAC 的维持电流，能够降低泄放电路的功耗。

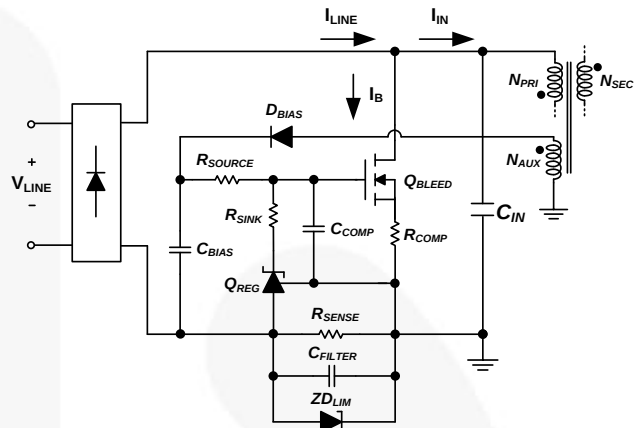


图 9. 有源泄放电路原理图

图 9 中， I_{LINE} 为 I_B (有源泄放电流) 和 I_{IN} (反激输入电流) 之和。 R_{SENSE} 为检测电阻，负责检测电源电流 I_{LINE} 。 C_{FILTER} 为滤波电容，负责滤除 R_{SENSE} 电压上的开关噪声。 Q_{REG} 为分流调节器，例如 KA431。在调光器触发时，较大的电流尖峰将会在 R_{SENSE} 上引起较大的压降。 ZD_{LIM} 能够限制 R_{SENSE} 电压，进而保护 Q_{REG} 的参考电路。驱动 Q_{BLEED} (泄放 MOSFET) 的偏置电流属于线性调节器，由辅助绕组供电。偏置电路由 D_{BIAS} 和 C_{BIAS} 构成。 Q_{BLEED} 的栅极受控于 C_{BIAS} 偏置电压和 Q_{REG} 的阴极。驱动电流总量受限于 R_{SOURCE} 和 R_{SINK} 。 C_{COMP} 能够减缓调节环的响应。 R_{COMP} 用作负反馈电阻，负责补偿控制环。

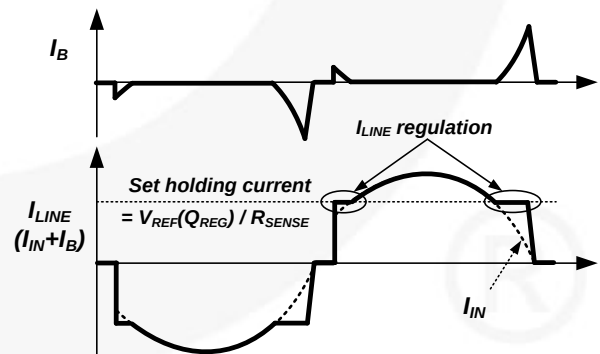


图 10. 采用有源泄放电路的电源电流

工作原理如图 10 所示。在该有源泄放电路中，当 R_{SENSE} 电压低于 Q_{REG} 的 V_{REF} 时， Q_{BLEED} 的 V_{GS} （栅源极电压）增加， I_B 升高。保持电流为：

$$I_{HOLD} = \frac{V_{REF}(Q_{REG})}{R_{SENSE}} \quad (1)$$

在选择 I_{HOLD} 时，需要在调光兼容性和系统效率之间做出折衷。如果 I_{HOLD} 设置值较高，则有源泄放电路会与更多的调光器兼容。但是， I_B 增加，意味着泄放电路的功耗更大。

R_{SOURCE} 、 R_{SINK} 、 C_{COMP} 、 R_{COMP} 和 C_{FILTER} 与有源泄放电路的反馈响应之间存在密切关系。电阻值（ R_{SOURCE} 、 R_{SINK} 、 R_{COMP} ）和电容值（ C_{COMP} 和 C_{FILTER} ）较小时，能够加快反馈环的速度。如果反馈环过快， I_B 将会大致地振荡。

有源泄放电路的工作需要与 IC 的正常工作周期同步。当 IC 工况出现异常时，例如 LED 出现短路或开路，由于栅极信号已经被封锁，不会出现 I_{IN} 。如果在异常条件下有源泄放电路仍然处于活跃状态，在没有 I_{IN} 的情况下，该电路应保持维持电流，该电路的功耗变得较高， Q_{BLEED} 发生热损坏。因此，偏置电流应来自辅助绕组。这样，当开关作用关闭后，有源泄放电路也被迫停止。

图 11 显示了有源泄放电路的设计实例。检测地连接到分流调节器 (KA431) 的 V_{REF} 引脚。C1 表示 R_{SENSE} 电压，C2 表示输入电压。C3 表示泄放 MOSFET 源极电压，该电压与泄放电流成正比。C4 表示检测到的电源电流。

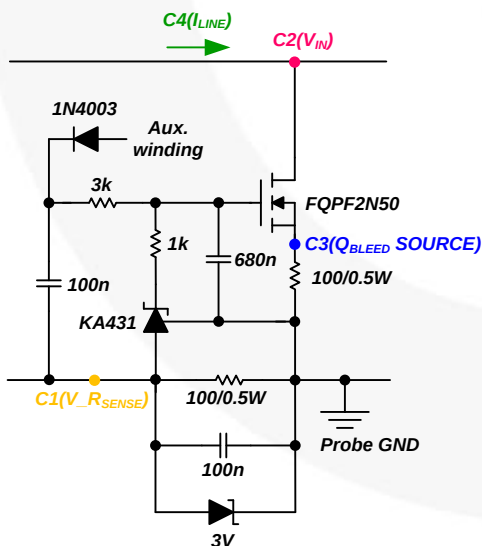


图 11.8 W 灯泡有源泄放电路范例

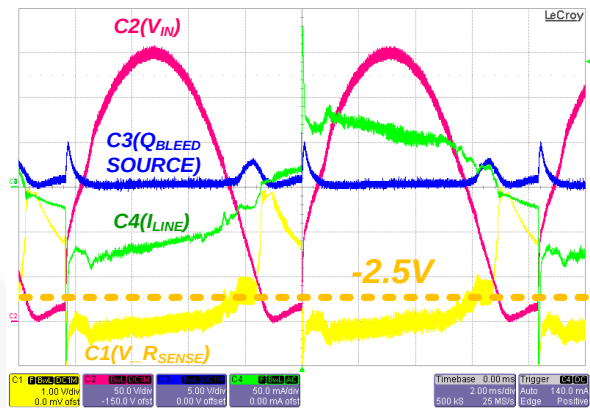


图 12. 高调光角时的实测波形

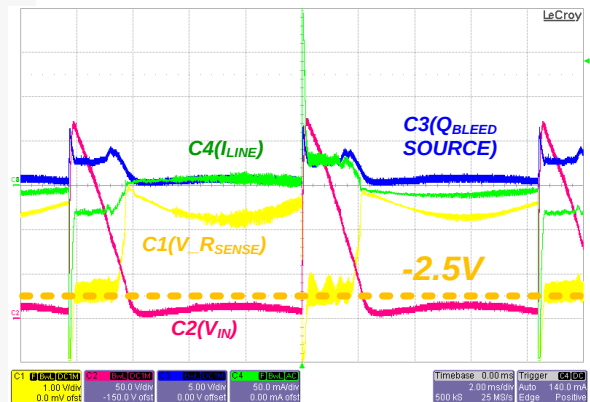


图 13. 低调光角时的实测波形

图 12 和图 13 给出了在高调光角和低调光角时有源泄放电路的波形。在低调光角时，通过 FL7730 的调光作用，输出电流减少。由于 I_{IN} (C3) 的减少，有源泄放电路应该补偿更多的电流 I_B 。这就是有源泄放电路的功耗处于中等调光角范围的原因。如要校验泄放电路的最高温度，测试条件应为中等调光角和最大电源电压。

3. 有源阻尼设计

在调光器触发时，有必要采用与输入滤波电容 (C_{IN}) 串联的阻性阻尼。在调光器触发时，引起较大的电流尖峰，通过电源线路，为电容 C_{IN} 快速充电。如果没有阻性阻尼，该较大电流尖峰将引起电源电流振荡、调光器误触发并破坏 TRIAC 调光器。虽然采用阻尼电阻可以抑制尖峰电流，但阻尼电阻的功耗也会非常高。阻尼电阻不仅可抑制尖峰电流，还可处理来自反激器件的输入电流。

鉴于此，飞兆半导体提出了一种有源阻尼电路的专利线路，可以降低功耗，并尽量减少外围器件。在图 14 中， R_{AD} 为有源阻尼电阻， Q_{AD} 为有源 MOSFET，用于降低 R_{AD} 的功耗。 R_D 和 C_D 为延时电路元件。 D_D 为复位二极管，用于泄放 C_D 。

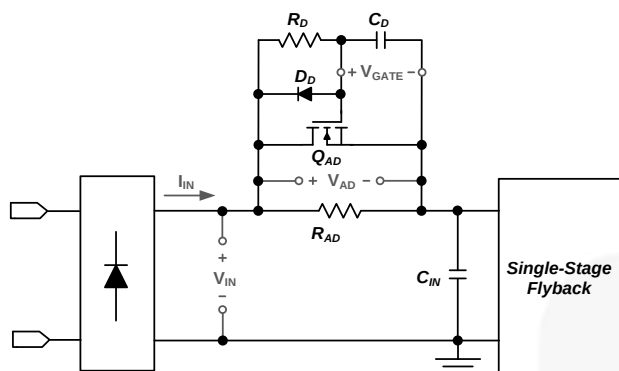


图 14. 有源阻尼电路原理图

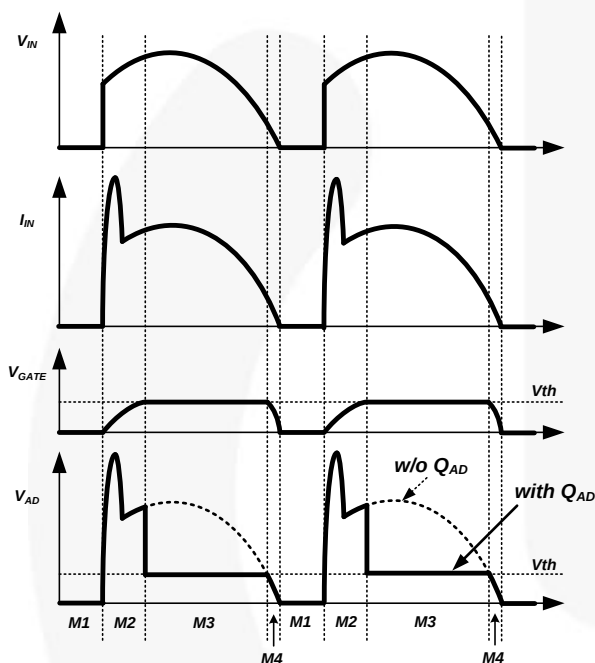


图 15. 有源阻尼电路波形

图 15 显示了有源阻尼的工作波形。按照顺序的模式分析如下：

- M1: 调光器关断时间； Q_{AD} 关断。
- M2: 调光器触发，出现尖峰电流。
 V_{GATE} 在延时电路 (R_D 和 C_D) 作用下逐渐增加。
- M3: Q_{AD} 在充电 V_{GATE} 作用下开通。
 V_{AD} 被调节为 Q_{AD} 的阈值电压 V_{th} 。
- M4: C_D 在 D_D 作用下放电。 V_{GATE} 复位，为下一个电源周期做好准备。泄放电流路径为 $D_D - R_{AD} - C_D$ 。

在 M3 阶段， Q_{AD} 可以显著降低 R_{AD} 的功耗，方法是将 V_{AD} 电压调节成为阈值电压 (V_{TH})。表 3 显示了无源和有源阻尼电路的功耗比较。有源阻尼电路的功耗远远低于无源阻尼电路的电阻功耗。在低电源电压 (110 V_{AC}) 时，输入电流较高，阻尼电阻需要处理较大的电流。因此，在低电源电压时，强烈推荐采用有源阻尼电路。

表 3. 无源与有源阻尼功耗

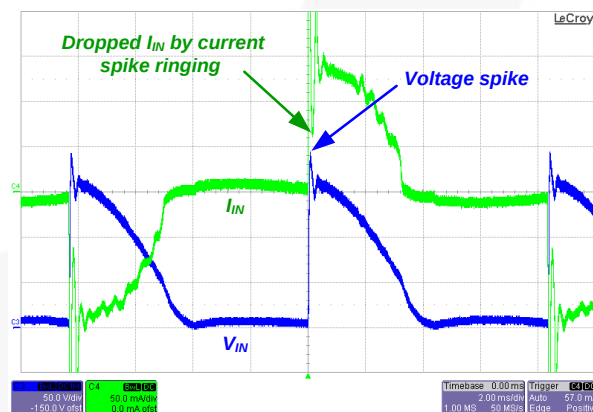
$P_{OUT} = 8\text{ W}$	阻尼功耗 [mW]	
	$V_{IN}: 110\text{ V}_{AC}$	$V_{IN}: 220\text{ V}_{AC}$
无源阻尼, 200 Ω	1200	290
有源阻尼, 200 Ω + FQN1N50C ($V_{TH}: 2\sim 4\text{ V}$)	278	161
有源阻尼, 200 Ω + FDD10N20LZ ($V_{TH}: 1\sim 2.5\text{ V}$)	171	113

3.1 有源阻尼电阻 (R_{AD}) 选择

在选择 R_{AD} 时，应首先校验电压与电流尖峰。超过额定电压时，电压尖峰能够破坏 MOSFET 和滤波电容。在调光器触发时，电流尖峰引起电流振荡。如图 16 所示，在触发时， I_{IN} 在使用较小的 R_{AD} 时发生振荡。该振荡电流使 I_{IN} 下降，进而下降的 I_{IN} 可能导致出现误触发和可见闪烁。另外，采用较小的 R_{AD} 时，过大的峰值电流尖峰，将会破坏 TRIAC 调光器，尤其当调光 LED 灯泡并联时更为如此。因此，在选择 R_{AD} 时，应该注意以下几个要点：

- 电压尖峰（应该低于器件的击穿电压。）
- 电流尖峰（应该低于 TRIAC 调光器的额定电流。如果考虑 LED 灯泡并联，电流尖峰的降低应与 LED 灯泡数量成反比。）
- 电流振荡（校验触发时 I_{IN} 的降低程度，判定是否足够高于 TRIAC 的维持电流。）

完成上述事项的校验后，为获得最大效率，选择最小的 R_{AD} 值。

图 16. V_{IN} 和 I_{IN} （阻尼电阻 (R_{AD}) 较小时）

3.2 有源阻尼 MOSFET (Q_{AD}) 选择

最大 V_{AD} 应该低于 Q_{AD} 的击穿电压。选择 R_{AD} 之后，可以在 90° 调光角和最高输入电源电压时检验最大 V_{AD} 。然后，选择击穿电压裕量合适的 Q_{AD} 。对于 8 W LED 灯泡，选择 1~2 A 的额定电流，电流裕量充足。如表 3

所示, 具有较低阈值电压的逻辑电平 MOSFET 能够额外地降低损耗, 原因是 V_{AD} 已被调节成 Q_{AD} 的阈值电压。

3.3 有源阻尼二极管 (D_D) 选择

有源阻尼二极管对 CD 放电, 用来复位 $VGATE$ 。额定正向电流 1A 的二极管足够用来对 CD 放电。对 Q_{AD} 的选择同样如此, 在选择 DD 反向电压时, 应该首先在 90° 调光角和最高输入电源电压时检验最大 V_{AD} 。

3.4 有源阻尼延时电路 (R_D 和 C_D) 选择

延时电路 (R_D 和 C_D) 在 Q_{AD} 开通之前应该产生一个足够长的延时时间, 用于 R_{AD} 阻尼电流尖峰。对于尖峰电流, 最坏的情况是调光角为 90° 。应该首先在调光角为 90° 时, 对尖峰电流振荡进行校验, 以确定阻尼尖峰电流需要多长时间。然后, 调节 R_D 和 C_D , 保证足够的阻尼时间。建议的 C_D 和 R_D 值为几百 nF 和几十 k Ω 。如果 C_D 过大且 R_D 非常小, 在 M4 阶段, D_D 不能完全对 C_D 放电, 如图 15 所示。

设计范例

图 17 给出了一个 8 W LED 灯泡系统有源阻尼的设计范例。如图 18 和图 19 所示, 80 k Ω R_D 和 100 nF C_D 产生的延时大约为 1 ms。在延时期间, 220 Ω R_{AD} 阻尼电压和电流尖峰, 没有出现电流振荡或调光器误触发。

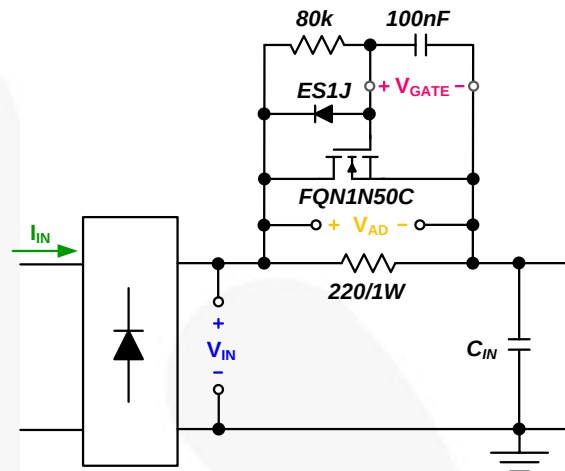


图 17. 设计范例: 8 W 灯泡的有源阻尼

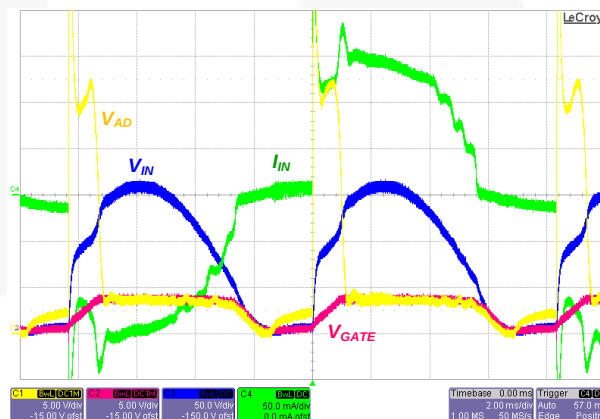


图 18. 高调光角时的实测波形

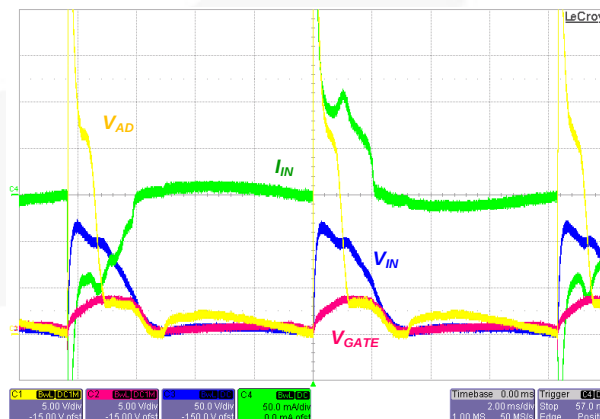


图 19. 低调光角时的实测波形

4. FL7730 的特征

FL7730 是一种适合采用单级反激拓扑的有源功率因数校正 (PFC) 控制器。采用模拟检测方式, 实现调光控制, 没有闪烁。采用的初级端调节和单级拓扑减少了外部器件数量, 例如输入大电容和反馈电路, 由此降低了成本。为了改善功率因数和总谐波失真, 采用了内部误差放大器和低带宽的补偿器, 实现了恒定导通时间控制。高精度恒流控制能够精确调节输出电流, 不受输入电压和输出电压的限制。随着输出电压变化, 工作频率成比例地调节, 确保工作在 DCM 模式, 由此带来较高的效率和简化的设计。FL7730 拥有多种保护, 例如, LED 开路、LED 短路和过温保护。

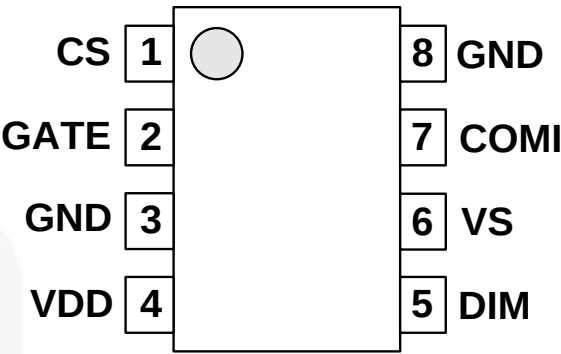


图 20.封装图

表 4. 引脚定义

引脚号	名称	说明
1	CS	电流检测。 该引脚需要连接到电流检测电阻, 用来检测 MOSFET 电流, 在恒流调节中用于调节输出电流。
2	栅极	PWM 信号输出。 此引脚采用内部图腾柱输出驱动器, 用于驱动功率 MOSFET。
3	GND	接地
4	VDD	电源。 IC 工作电流和 MOSFET 驱动电流均通过此引脚提供。
5	DIM	调光。 该引脚用于控制 LED 照明的调光工作。
6	VS	电压检测。 该引脚检测输出电压信息和放电时间, 用于线性频率控制和恒流调节。该引脚需要连接到与辅助绕组相连的分压电阻。
7	COMI	恒流环路补偿。 该引脚为跨导误差放大器的输出。
8	GND	接地

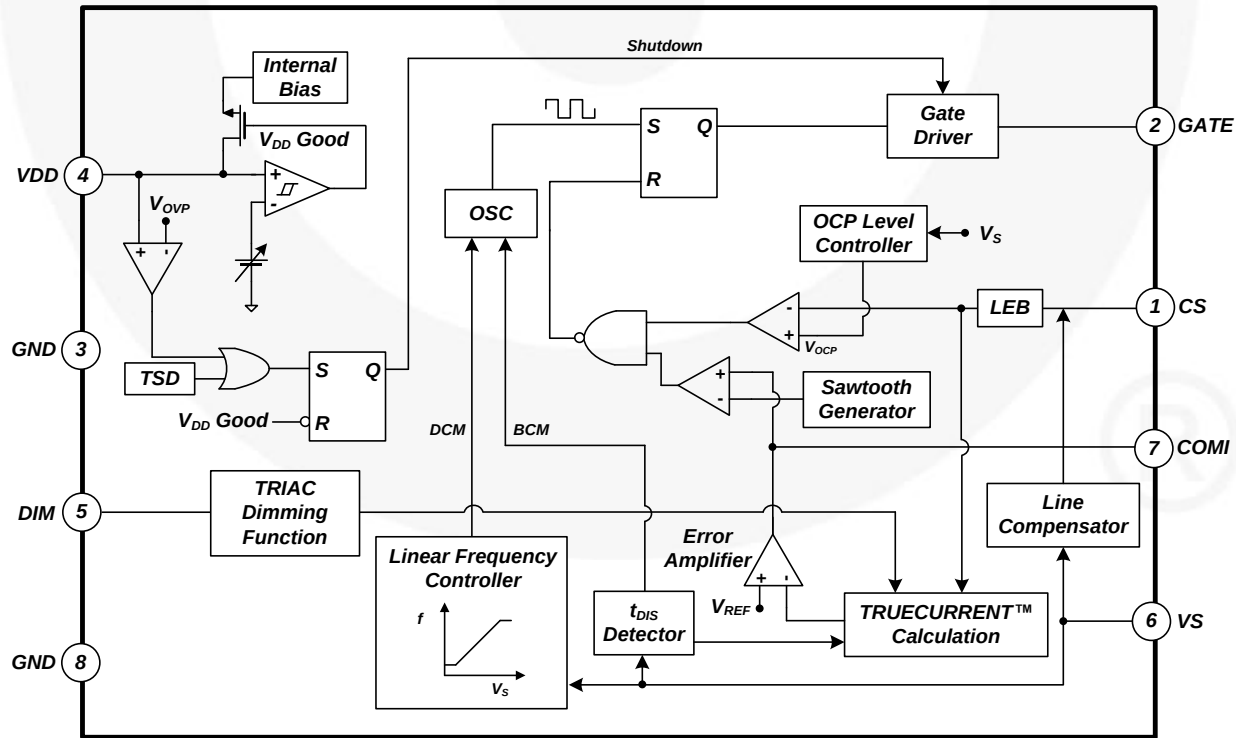


图 21.功能框图

设计总结

图 22 给出了采用 FL7730 的 TRIAC 调光 LED 驱动器原理图，这种专用于线路电压较低的情况 ($90 \sim 140 \text{ V}_{AC}$)。AN-9750 带有 FL7732 PSR 控制器的 LED 驱动器高功率因数反激转换器中说明了单级反激设计的原则。与 FL7732 不同，FL 7730 的反馈环也能提供调光能力。因此，FL7730 和 FL7732 的 LED 电流计算器中有一个系

数不同。在 AN-9750 中, 方程式 (10) 和 (11) 的匝比选择采用常系数 (10.5)。而该系数在 FL7730 设计中应为 14.3。用在 FL7730 设计中时, AN-9750 中这两种型号的其余设计要求相同。

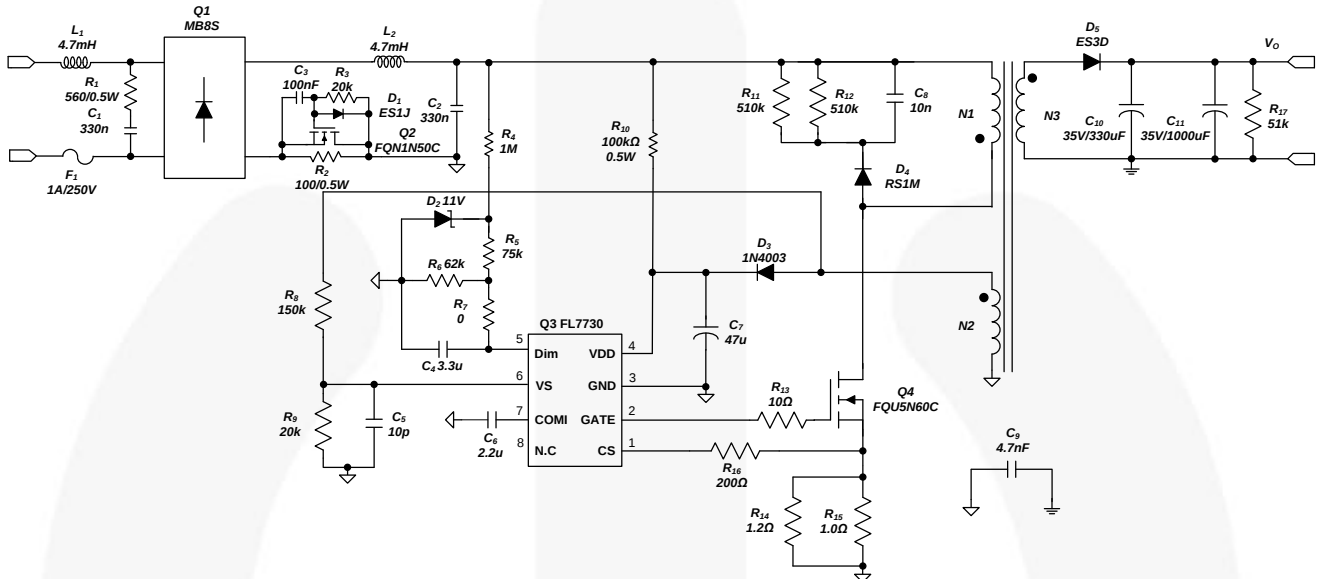


图 22.采用 FL7730 的 TRIAC 调光 LED 驱动器原理 (低电源电压: 90~140 V_{AC})

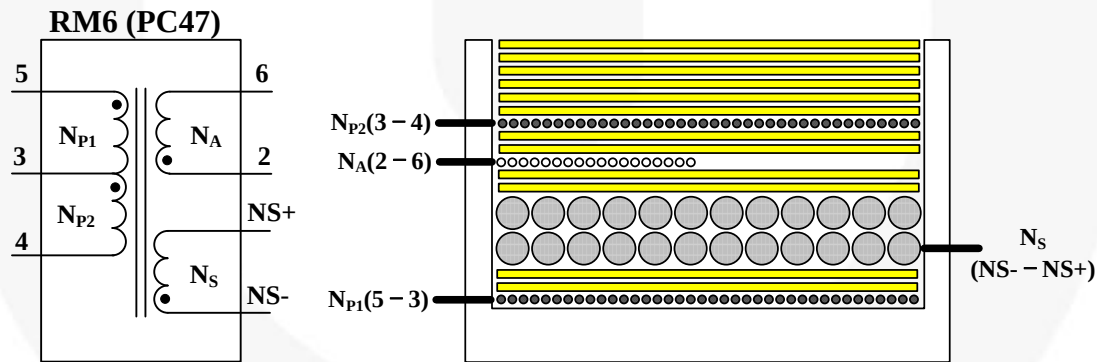


图 23.变压器结构

表 5. 绕组规格

否	绕组	引脚 (S → F)	绕线	匝数	绕线方式
1	NP1	5 → 3	0.13 φ	38 Ts	螺线管绕制
2	绝缘: 聚酯带, t = 0.025 mm, 2 层				
3	NS	NS- → NS+	0.3 φ (TIW)	24 Ts	螺线管绕制
4	绝缘: 聚酯带, t = 0.025 mm, 2 层				
5	NA	2 → 6	0.13 φ	18 Ts	螺线管绕制
6	绝缘: 聚酯带, t = 0.025 mm, 2 层				
7	NP2	3 → 4	0.13 φ	38 Ts	螺线管绕制
8	绝缘: 聚酯带, t = 0.025 mm, 6 层				

表 6. 电气特性

	引脚	技术规格	备注
电感量	1 – 2	1 mH ±10%	50 kHz, 1 V
漏感量	1 – 2	8 µH	50 kHz, 1 V, 短路全部输出引脚

实验验证

采用 8 W LED 照明系统来验证采用无源泄放电路和有源阻尼电路的设计实例。

图 24 显示了在输入电压和输出电压变化时的恒流调节。在较宽输出电压范围 10 V 到 28 V 内，对于每种电源输入电压，恒流偏差率低于 2.1%。在额定输出电压 (22 V) 时，电源调整率低于 3.9%。

工作波形如图 25、图 26 和图 27 所示。在该调光电路板上，TRIAC 的调光触发非常稳定，没有任何误触发。FL7730 保持 t_{ON} 恒定，使得 V_{CS} 与 V_{IN} 同相。 I_{IN} 的最大尖峰电流仅为 1.2 A。图 28 显示了调光曲线。RMS 输入电压指示 TRIAC 调光角。FL7730 的调光功能和外部电路（比如无源泄放电路和有源阻尼电路）能够平滑控制 LED 电流。表 7 显示了在没有明显闪烁的前提下该设计与常规调光器设计的兼容性。最大与最小电流并不一致，这是因为每种调光器的最大与最小调光角皆有差异。

在电源输入电压较低 (90 ~ 140 V_{AC}) 时，系统效率范围为 80.7% 至 82.9%。有源阻尼有助于提升效率，而且设计紧凑，成本低廉。表 8 显示了在较低电源输入电压范围 90~140 V_{AC} 内的 PF 和 THD。在 FL7730 的恒定 t_{ON} 和线性频率控制下，PF 大于 0.9，THD 低于 30%。

本设计范例中获得了很多优异性能，充分显示出这是一种功能强大的 LED 照明解决方案，具有高精度的恒流调节、稳定的调光控制、高效率、高功率因数、低 THD 和低 BOM 成本等特征。

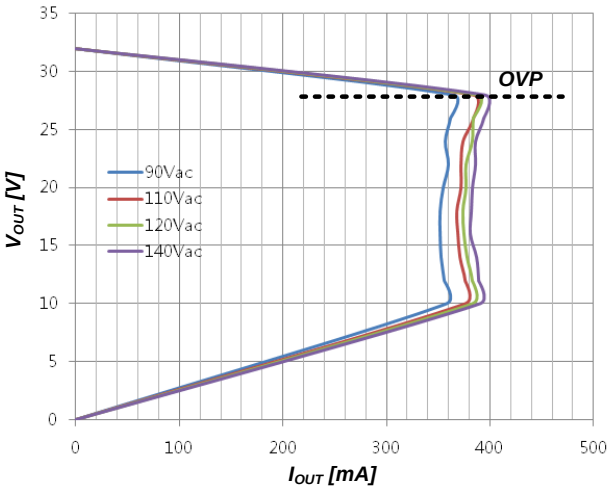


图 24. 恒流调节，CR- 负载下实测

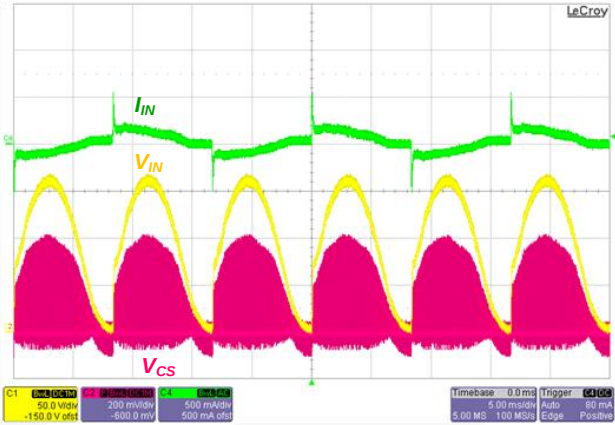


图 25. 最大调光角时的波形

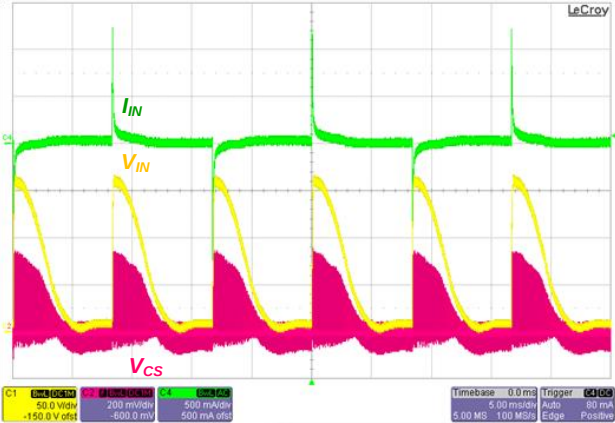


图 26. 半调光角时的波形

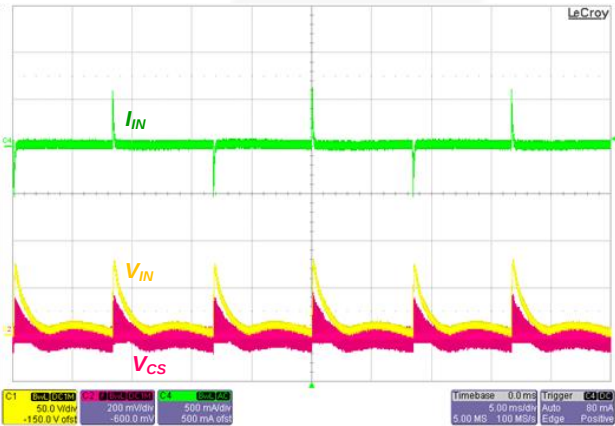


图 27. 最小调光角时的波形

表 7. 调光器兼容性

生产厂商	调光器	最大电流	最小电流	闪烁
LUTRON	S-600P-WH	330 mA	40 mA (12%)	否
LUTRON	CN-600P-WH	328 mA	11 mA (3.4%)	否
LUTRON	GL-600H	365 mA	8 mA (2.2%)	否
LUTRON	TG-603PGH-WH	252 mA	12 mA (4.8%)	否
LUTRON	TG-600PH-WH	333 mA	14 mA (4.2%)	否
LUTRON	LG-600P	327 mA	3 mA (0.9%)	否
LUTRON	CTCL-153PD	320 mA	58 mA (18%)	否
LEVITON	IP106	380 mA	36 mA (9.5%)	否
LEVITON	1C4005	344 mA	0 mA (0%)	否
LEVITON	6631-LW	340 mA	0 mA (0%)	否
Legrand	F 165H	344 mA	3 mA (0.9%)	否

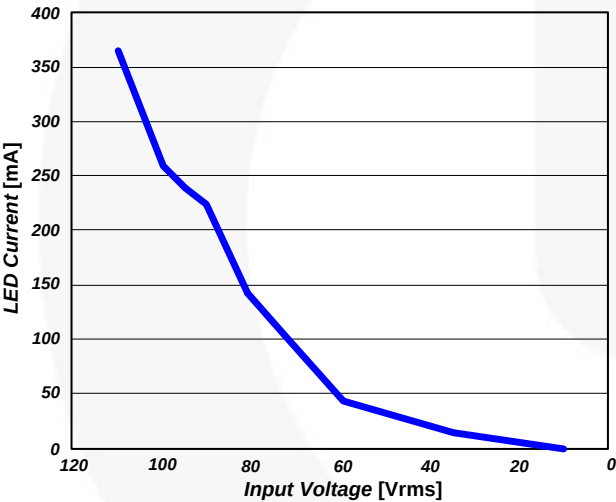


图 28. 调光曲线 (输入电压-LED 电流)

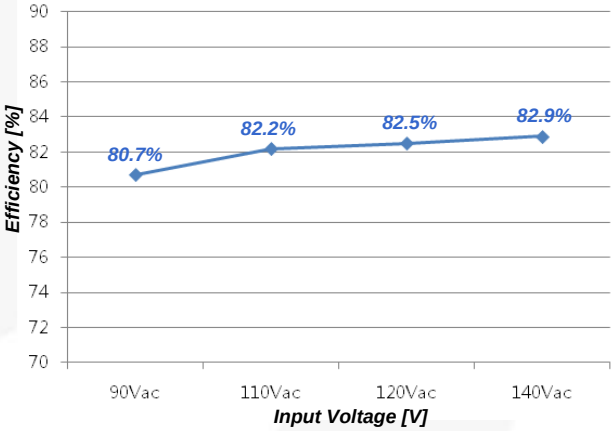


图 29. 效率

表 8. 功率因数 (PF) 和总谐波失真 (THD)

输入电压	输出电流	输出电压	PF	THD
90 V _{AC}	360 mA	21.70 V	0.98	7.4%
110 V _{AC}	376 mA	21.77 V	0.96	9.5%
120 V _{AC}	380 mA	21.77 V	0.95	10.4%
140 V _{AC}	386 mA	21.79 V	0.91	12.4%

相关数据手册

[FL7730MY — 用于 PFC 和 LED 调光驱动的单级初级端调节 PWM 控制器](#)

[KA431 — 可编程分流调节器](#)

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION, OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITSPATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

ON Semiconductor and  are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf. ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada

Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910

Japan Customer Focus Center
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com

Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local
Sales Representative