



设计范例报告

标题	使用LYTSwitch™ LYT4313E设计的12 W可控硅调光的、高效率(>88%)、带功率因数校正的、降压-升压式LED驱动器
规格	90 VAC – 132 VAC输入； 72 V _{TYPICAL} ， 170 mA输出
应用	BR40灯替换
作者	应用工程部
文档编号	DER-357
日期	2013年4月9日
修订版本	1.0

特色概述

- 单级功率因数校正(PFC)及精确恒流(CC)输出
- 元件数量少、印刷电路板(PCB)占用面积小的低成本解决方案
- 极高能效，在120 VAC输入下效率>88%
- 快速启动时间(<250 ms) – 无可见延迟
- 集成的保护及可靠性能
 - 空载保护/硬短路保护
 - 更大迟滞的自动恢复热关断可同时保护元件和印刷电路板
 - 在输入电压跌落或缓升期间不会造成损坏
- 在120 VAC下，PF 0>.9
- 在120 VAC下，%A THD <25%
- 可选的热输出电流折返，可扩展工作温度
- 满足IEC 2.5 kV振铃波、500 V差模输入浪涌和EN55015传导EMI要求

专利信息

此处介绍的产品和应用（包括产品之外的变压器结构和电路）可能包含一项或多项美国及国外专利，或正在申请的美国或国外专利。有关Power Integrations专利的完整列表，请参见www.powerint.com。Power Integrations按照在<http://www.powerint.com/ip.htm>中所述规定，向客户授予特定专利权利的许可。

Power Integrations

5245 Hellyer Avenue, San Jose, CA 95138 USA.

电话: +1 408 414 9200 传真: +1 408 414 9201

www.powerint.com

目录

1	简介	4
2	电源规格	5
3	电路原理图	6
4	电路描述	7
4.1	输入级	7
4.2	衰减电路级	7
4.3	使用 LYTSwitch 器件的降压-升压式拓扑结构	8
4.4	输出反馈	8
4.5	负载断开保护	8
4.6	准相位检测有源假负载	8
4.7	热输出电流折返	9
5	PCB 布局和轮廓	10
6	装配后 PCB 板	11
7	物料清单(BOM)	12
8	电感规格	14
8.1	电气原理图	14
8.2	电气规格	14
8.3	材料	14
8.4	电感结构图	15
8.5	电感结构	15
9	电感设计表格	16
10	性能数据	19
10.1	带载模式效率	20
10.2	线电压调整	21
10.3	功率因数	22
10.4	%THD	23
10.5	谐波含量	24
10.6	谐波测量	25
10.7	调光特性	26
10.8	参考设计与调光器的兼容性	30
11	热性能	32
11.1	所用设备	32
11.2	热结果	33
11.3	热扫描	35
12	波形	38
12.1	漏极电压和电流, 正常工作	38
12.2	漏极电压和电流启动特征	38
12.3	输出电压启动特征	39
12.4	输入与输出电压和电流的波形	39



12.5	漏极电压和电流波形: 正常工作到输出短路	40
12.6	漏极电压和电流波形: 输出短路时启动	41
12.7	空载工作	41
12.8	交流电循环上电	42
12.9	调光示例波形	43
12.9.1	输入浪涌波形	44
12.9.2	差模输入浪涌	44
12.9.3	差模振铃浪涌	44
13	输入浪涌	45
14	传导 EMI	46
14.1	设备	46
14.2	EMI 测试设置	46
14.3	EMI 测试结果	47
15	版本历史	49

重要说明:

虽然本电路板的设计满足非隔离LED驱动器安全要求, 但工程原型尚未获得机构认证。因此, 必须使用隔离变压器向原型板提供AC输入, 以执行所有测试。



1 简介

本文档是一份工程报告，介绍使用LYTSwitch系列器件LYT4313E设计的非隔离、降压-升压式LED驱动器（电源）。

DER-357提供单个12 W可控硅调光的恒流输出。

主要设计目标是实现高效率，以提升发光效率并减小尺寸。这样可使驱动器装入BR40灯并尽可能接近生产设计。

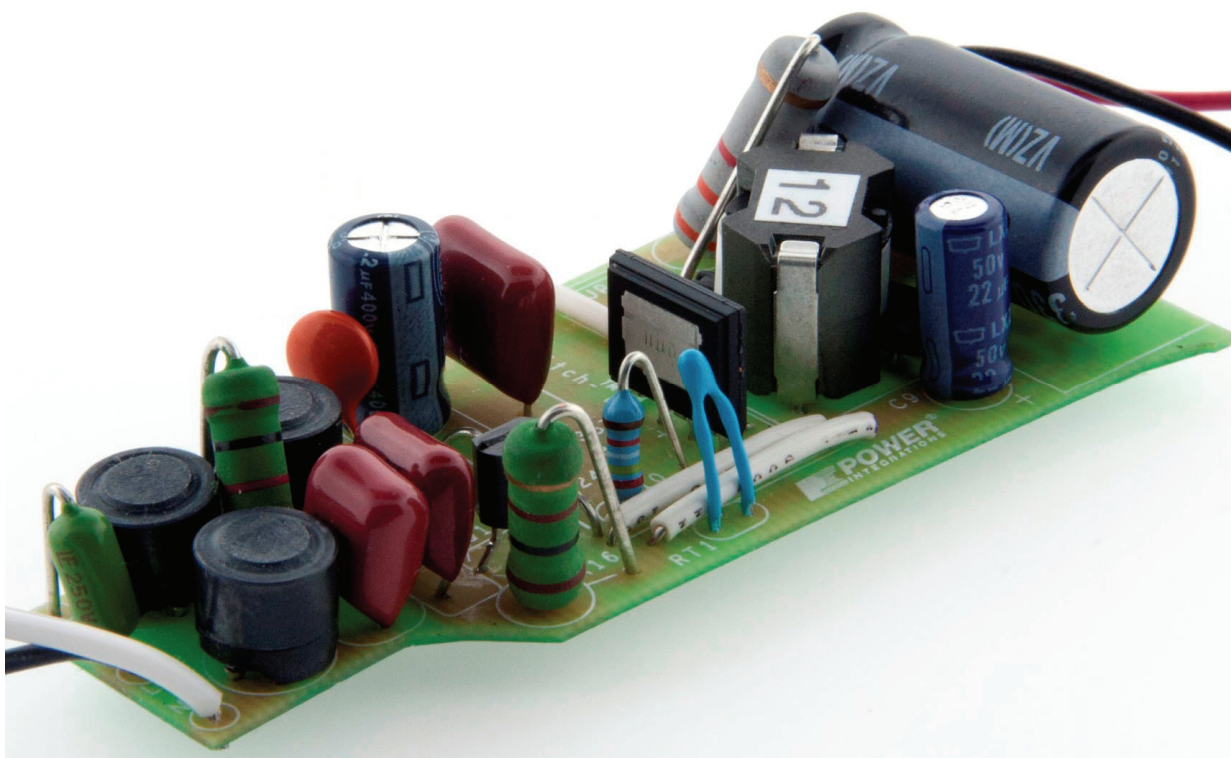


图1 – PCB装配

电路板经过优化，可在低AC输入电压范围（90 VAC至132 VAC，47 Hz至63 Hz）内进行工作。基于LYTSwitch IC的设计可提供高功率因数($\text{PF} > 0.95$)，这有助于满足所有现行国际标准的要求。

该电路板所选用的外形可装入标准BR40 LED替换灯。输出采用非隔离式，要求外壳的机械设计能够将电源输出和LED负载与用户隔离。

本文档包括电源规格、电路图、物料清单、变压器规格文件、印刷电路板布局、设计表格及性能数据。



2 电源规格

下表所列为设计的最低可接受性能。实际性能可参考测量结果部分。

说明	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注
输入						
电压	V_{IN}	90	120	132	VAC	双导线 - 无P.E.
频率	f_{LINE}	47	50/60	63	Hz	
功率因数		0.9				在230 VAC下
%ATHD				25		
输出						
输出电压	V_{OUT}	69	72	75	V	在230 VAC下
输出电流	I_{OUT}	161.5	170	178.5	mA	
总输出功率						
连续输出功率	P_{OUT}		12		W	
效率						
额定	η		88		%	在 P_{OUT} 、25°C、 230 VAC条件下测得
环境						
传导EMI		满足CISPR22B/EN55015要求				
输入浪涌 差模(L1-L2)			500		V	1.2/50 μ s浪涌, IEC 1000-4-5, 串联电阻: 差模: 2 Ω
振铃波(100 kHz) 差模(L1-L2)			2.5		kV	2 Ω 短路 串联电阻



3 电路原理图

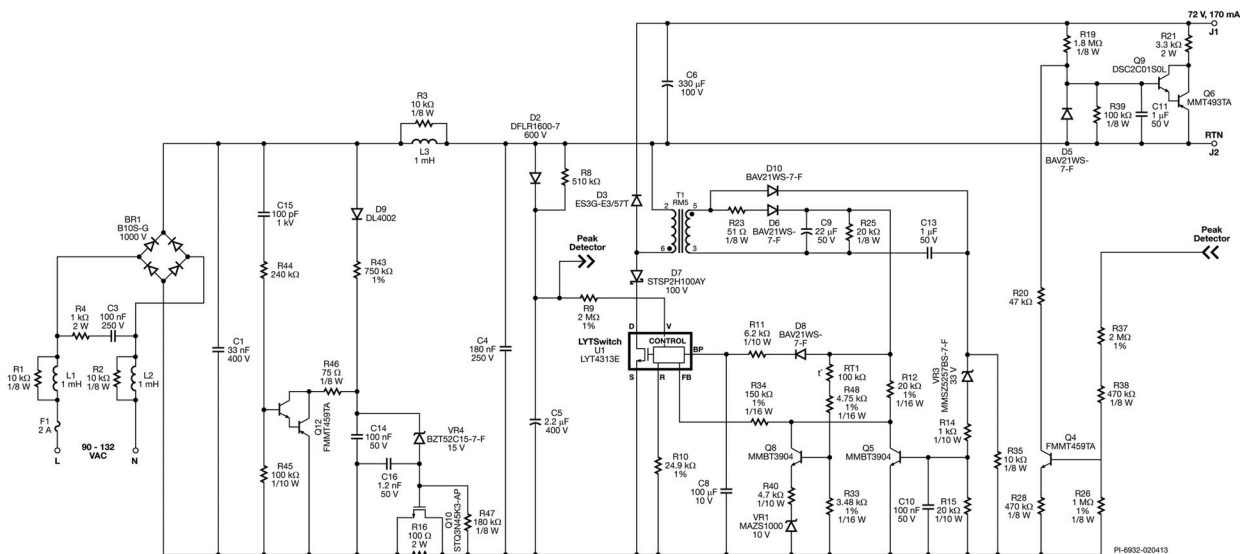


图2 - 72 V、170 mA替换灯电路原理图

注：将R33更改为11 kΩ可激活热折返。请参见结果部分了解温度响应信息。可通过调整电阻R33来微调所想要的折返特性。



4 电路描述

LYTSwitch (U1)系列器件是一款适用于LED驱动器应用的高集成度功率IC。LYTSwitch IC能够在单级转换拓扑结构中提供高功率因数，同时特别对LED驱动器应用中常见的各种输入(90 VAC-132 VAC)和输出电压条件下的输出电流进行调节。所有提供这些功能的控制电路以及高压功率MOSFET都集成在该IC中。

4.1 输入级

保险丝F1提供元件故障保护。需要使用一个额定值相对较高的2 A快速恢复二极管来防止在输入浪涌下误开路。如要以降低效率为代价来降低成本，可用可熔电阻(2 W, 3.3 Ω)来替代保险丝。

BR1对AC输入进行全波整流以获得良好的功率因数和THD。

差模扼流圈L1和L2为前端EMI滤波器，用来抑制包括桥式整流管开关在内的噪声。RC泄放电阻R4和C3位于桥式整流管的前面，帮助可控硅正常工作。电容C3和R4可放置在L1和L2前面，以进一步增强调光兼容性，同时还可降低可能因磁致伸缩所产生的音频噪声。电阻R1和R2可在必要时衰减EMI滤波器的谐振。如果辐射EMI频谱在系统级应用中存在显著的裕量，可去除R1和R2。

电容C1、C4和差模扼流圈L3形成位于桥式整流管后面的EMI滤波器。滤波电容受到限制，可维持较高的功率因数。该输入 π 滤波器网络与LYTSwitch的频率调制特性相结合，可使设计满足Class B干扰限值。电阻R3可在必要时衰减EMI滤波器的谐振，从而防止当在系统(驱动器加外壳)中测量时EMI频谱中出现峰值。将电容C1优化为33 nF的最小电容，可避免在输入浪涌期间对BR1造成电压应力。

4.2 衰减电路级

本设计采用PI专有的有源衰减电路来实现高效率、良好的调光器兼容性、输入电涌保护以及热管理。对RC截止频率滤波器C15和R44进行了微调，使其作出响应的频率达到140 Hz以上，以便在调光工作期间对Q12进行偏置。只要有调光器存在，晶体管Q12就会在每个半线周期对C14中电势进行放电。

晶体管Q10在非调光工作条件下正常导通，以便维持高效率。Q10的栅极通过R43、VR4和R47的分压器被偏置，并及时被C14和C16滤波。C14中电势在非调光工作条件下不会被放电，因此对Q10的栅极维持连续偏置。



在调光过程中，Q10会在达到输入电流的初始尖峰时关断，以便衰减由输入大电容容量和EMI滤波器产生的浪涌电流。然后，R47与C14和C16的等效电容对Q10进行时序设定，使其在调光工作期间进行线性工作。

在差模浪涌和输入电压波动期间，Q12将关断Q10，以便在出现输入电压浪涌时限制U1的元件应力。

4.3 使用LYTSwitch器件的降压-升压式拓扑结构

降压-升压功率转换电路由U1（功率开关 + 控制）、D3（续流二极管）、C6（输出电容）以及T1（电感）构成。二极管D7用来防止U1的漏-源极出现负电压，从而防止电流从源极引脚流回，特别是在输入电压在接近过零点时。旁路电容C8为U1提供内部供电，它会在启动时的MOSFET关断期间通过漏极被充电，以提高效率。对于调光工作，它会在放电工作期间通过D6的整流和C9的滤波经由电感的额外辅助绕组获得供电。IC的内部电流限制和自动重新启动可防止出现输出过载和短路。

4.4 输出反馈

偏置绕组电压用来间接地反映输出电压的高低，而无需使用次级侧反馈元件。偏置绕组上的电压与输出电压成比例（由偏置绕组与主绕组之间的匝数比决定）的。电阻R12和R34将偏置电压转换为电流，注入至U1的反馈(FB)引脚。U1中的内部引擎综合FB引脚电流、电压监测(V)引脚电流和内部漏极电流信息，提供恒定的输出电流，同时保持较高的输入功率因数。电阻R23的作用是限制在整流时出现电压振铃，从而有助于获得良好的输入电压和负载调整率。

4.5 负载断开保护

当在输出端无负载连接的情况下对电路板上电时，输出电容将受到保护，不会出现过压。这种情况在生产测试线较为常见。一旦因无负载情况出现过压，偏置绕组电压将会升高，VR3将导通Q5，将FB引脚电流拉低 $I_{FB(AR)}$ 阈值点以下。驱动器将进入自动重新启动模式，限制输出电压升高到输出电压额定值以上，从而使其不会因过压而泄放。

4.6 准相位检测有源假负载

使用准相位检测有源假负载后，可以映射调光特性，以实现良好的调光性能和高调光比。PI专有的准相位有源假负载电路（R21、R19、R39、R20、R28、R37、R38、D5、Q9、Q6及Q4）在非调光工作时处于非激活状态（非耗散），以便维持高效率。当从峰值电路进行调光且开关转换器有效工作时，该电路将以低于70°的导通角线性激活。晶体管Q9和Q6被线性偏置，并通过R21均分功耗，以达到输出电流补偿的水平。当Q9和Q6被完全偏置且R21的电阻对电流进行限制时，将进行最大补偿。



4.7 热输出电流折返

本参考设计提供可选电路来激活热输出电流折返，以便扩大工作环境温度范围，从而避免达到过热保护阈值。该电路由热敏电阻RT1、R48、R33、R40、Q8和VR1构成。Q8的集电极从U1的FB引脚吸收一些电流，以降低LED驱动器的输出电流。吸收电流与LED驱动器的内部环境温度成正比。当内部温度升高时，吸收电流就会随之增大，从而降低输出电流。如果R33为11 k Ω ，这种电流均分将从U1达到约110°C时开始。请根据最终系统设计的所需阈值水平调整该值。



5 PCB布局和轮廓

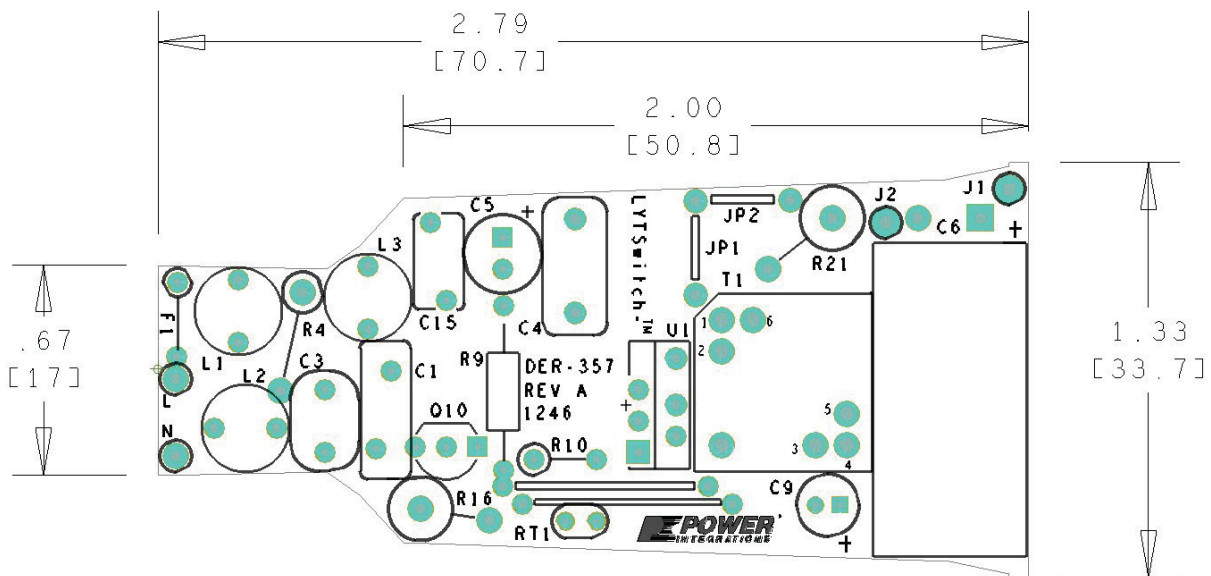


图3 - 印刷电路板布局顶视图

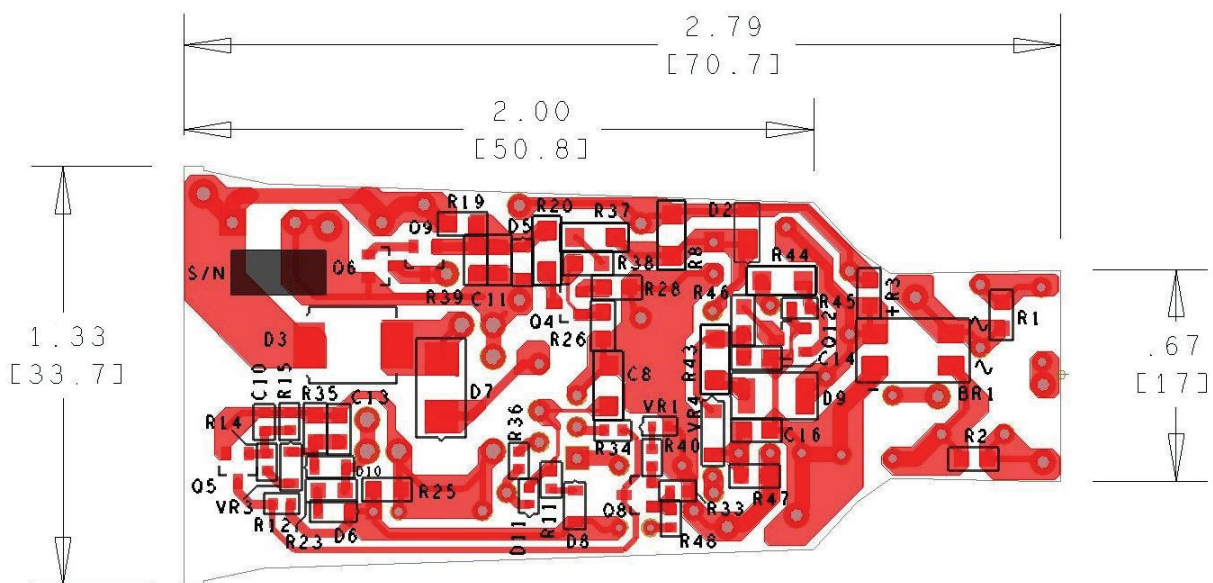


图4 - 印刷电路板布局底视图



6 装配后PCB板

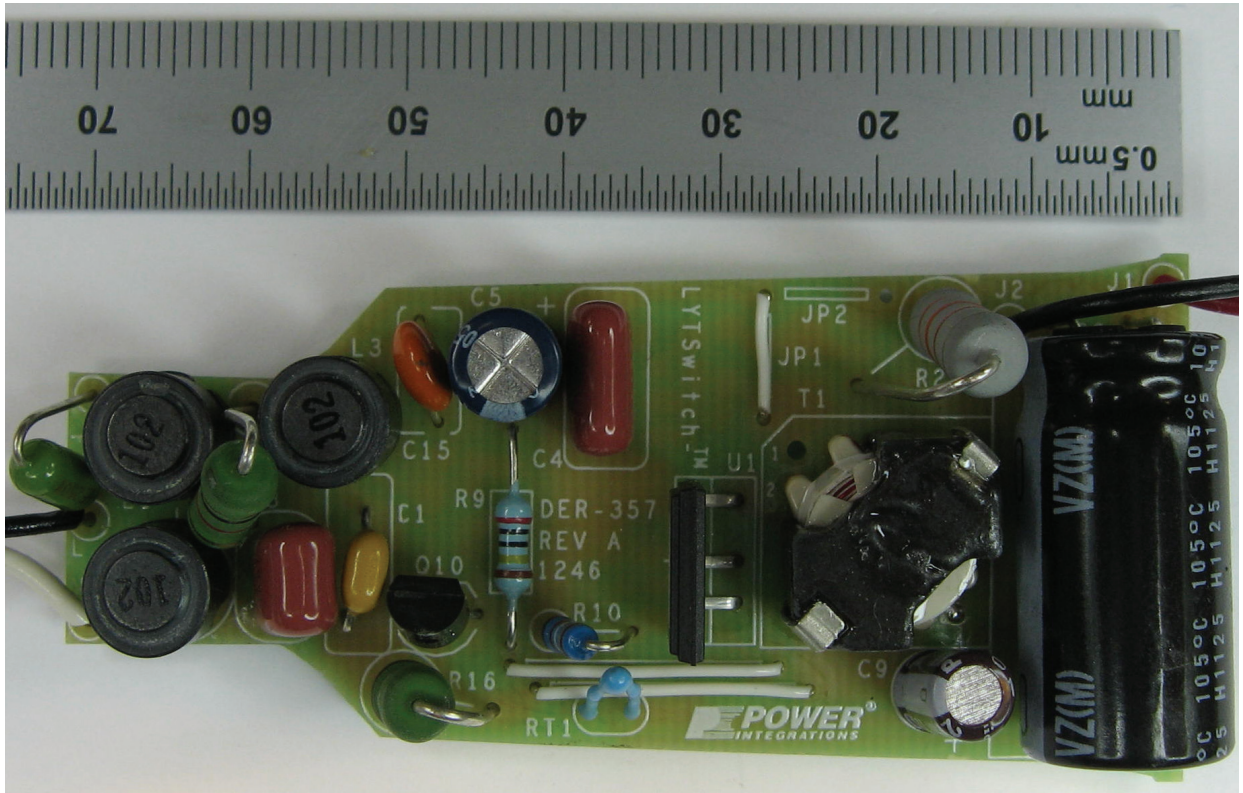


图5 - 装配后的电路板（顶视图）；板高：20 mm

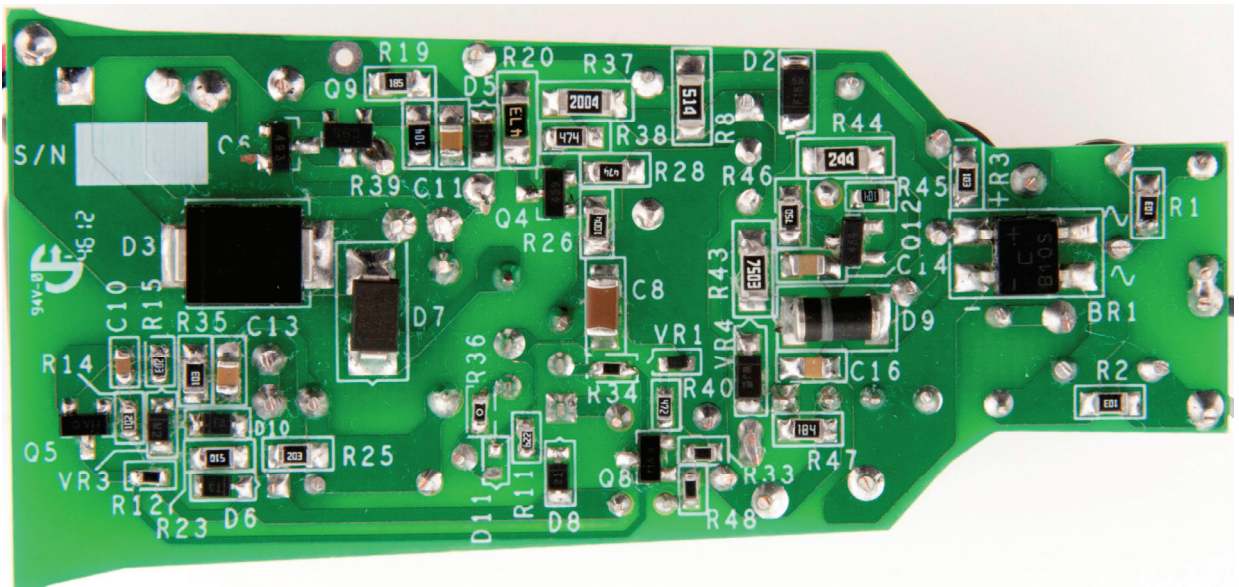


图6 - 装配后的电路板（底视图）



7 物料清单(BOM)

下表是参考设计的BOM。

项	数量	参考序号	说明	生产商型号	生产厂商
1	1	BR1	1000 V, 0.8 A, 桥式整流管, SMD, MBS-1, 4-SOIC	B10S-G	Comchip
2	1	C1	33 nF, 400 V, 薄膜	ECQ-E4333KF	Panasonic
3	1	C3	100 nF, 250 V, 薄膜	ECQ-E2104KB	Panasonic
4	1	C4	180 nF, 250 V, 薄膜	ECQ-E2184KB	Panasonic
5	1	C5	2.2 μ F, 400 V, 电解, (6.3 x 11)	TAB2GM2R2E110	Ltec
6	1	C6	3300 μ F, 100 V, 电解, (12.5 x 25)	UVZ2A331MHD	Nichicon
7	1	C8	100 μ F, 10 V, 陶瓷, X5R, 1206	C3216X5R1A107M	TDK
8	1	C9	22 μ F, 50 V, 电解, (5 x 11)	UPW1H220MDD	Nichicon
9	1	C10	100 nF, 50 V, 陶瓷, X7R, 0603	C1608X7R1H104K	TDK
10	2	C11 C13	1 μ F, 50 V, 陶瓷, X5R, 0805	08055D105KAT2A	AVX
11	1	C14	100 nF, 50 V, 陶瓷, X7R, 0805	CC0805KRX7R9BB104	Yageo
12	1	C15	100 pF, 1 kV, 圆盘状陶瓷	562R5GAT10	Vishay
13	1	C16	1.2 nF, 50 V, 陶瓷, X7R, 0805	08055C122KAT2A	AVX
14	1	D2	600 V, 1 A, 整流管, 玻璃钝化, POWERDI123	DFLR1600-7	Diodes, Inc.
15	1	D3	超快二极管, 400 V, 3 A, DO-214AB	ES3G-E3/57T	Vishay
16	4	D5 D6 D8 D10	250 V, 0.2 A, 快速开关, 50 ns, SOD-323	BAV21WS-7-F	Diodes, Inc.
17	1	D7	100 V, 2 A, 肖特基, SMA	STPS2H100AY	ST Micro
18	1	D9	100 V, 1 A, 整流管, 玻璃钝化, DO-213AA (MELF)	DL4002-13-F	Diodes Inc
19	1	F1	保险丝, Pico, 2 A, 250V, 快速熔断轴向	0263002.MXL	Littlefuse Inc.
20	3	L1 L2 L3	1 mH, 0.23 A, 铁氧体磁芯	CTSCH875DF-102K	CT Parts
21	2	Q4 Q12	NPN, 小信号BJT, 450 V, 0.5 A, 150 MA, SOT-23	FMMT459TA	Diodes, Inc.
22	2	Q5 Q8	NPN, 小信号BJT, 40 V, 0.2 A, SOT-23	MMBT3904LT1G	On Semi
23	1	Q6	NPN, 100 V, 1000 Ma, SOT23-3	FMMT493TA	Diodes, Inc.
24	1	Q9	NPN, 100 V, 20 Ma, SOT23-3	DSC2C01S0L	Panasonic
25	1	Q10	450 V, 0.6 A, 3.8 Ω , N通道, TO-92	STQ3N45K3-AP	ST Micro
26	4	R1 R2 R3 R35	10 k Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ103V	Panasonic
27	1	R4	1.0 k Ω , 5%, 2 W, 金属氧化物	RSMF2JT1K00	Stackpole
28	1	R8	510 k Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ514V	Panasonic
29	1	R9	2.00 M Ω , 1%, 1/4 W, 金属膜	RNF14FTD2M00	Stackpole
30	1	R10	24.9 k Ω , 1%, 1/4 W, 金属膜	MFR-25FBF-24K9	Yageo
31	1	R11	6.2 k Ω , 5%, 1/10 W, 厚膜, 0603	ERJ-3GEYJ622V	Panasonic
32	1	R12	20 k Ω , 1%, 1/16 W, 厚膜, 0603	ERJ-3EKF2002V	Panasonic
33	1	R14	1 k Ω , 5%, 1/10 W, 厚膜, 0603	ERJ-3GEYJ102V	Panasonic
34	1	R15	20 k Ω , 5%, 1/10 W, 厚膜, 0603	ERJ-3GEYJ203V	Panasonic
35	1	R16	100 Ω , 5%, 2 W, 金属氧化物	RSMF2JT100R	Stackpole
36	1	R19	1.8 M Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ185V	Panasonic
37	1	R20	47 k Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ473V	Panasonic
38	1	R21	3.3 k Ω , 5%, 2 W, 金属氧化物	RSF200JB-3K3	Yageo
39	1	R23	51 Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ510V	Panasonic
40	1	R25	20 k Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ203V	Panasonic
41	1	R26	1 M Ω , 1%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6ENF1004V	Panasonic
42	2	R28 R38	470 k Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ474V	Panasonic



项	数量	参考序号	说明	生产商型号	生产厂商
43	1	R33	3.48 k Ω , 1%, 1/16 W, 厚膜, 0603	ERJ-3EKF3481V	Panasonic
44	1	R34	150 k Ω , 1%, 1/16 W, 厚膜, 0603	ERJ-3EKF1503V	Panasonic
45	1	R37	2.00 M Ω , 1%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8ENF2004V	Panasonic
46	1	R39	100 k Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ104V	Panasonic
47	1	R40	4.7 k Ω , 5%, 1/10 W, 厚膜, 0603	ERJ-3GEYJ472V	Panasonic
48	1	R43	750 k Ω , 1%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8ENF7503V	Panasonic
49	1	R44	240 k Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ244V	Panasonic
50	1	R45	100 k Ω , 5%, 1/10 W, 厚膜, 0603	ERJ-3GEYJ104V	Panasonic
51	1	R46	75 Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ750V	Panasonic
52	1	R47	180 k Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ184V	Panasonic
53	1	R48	4.75 k Ω , 1%, 1/16 W, 厚膜, 0603	ERJ-3EKF4751V	Panasonic
54	1	RT1	NTC热敏电阻, 100 k Ohms, 0.00046 A	NTSD0WF104EE1B0	Murata
55	1	T1	骨架, RM5, 垂直, 4引脚	自定义	自定义
56	1	U1	LYTSwitch, eSIP-7C	LYT4313E	Power Integrations
57	1	VR1	10.0 V, 5%, 150 mW, SOD-323	DZ2S100ML	Panasonic
58	1	VR3	33 V, 5%, 200 mW, SOD-323	MMSZ5257BS-7-F	Diodes, Inc.
59	1	VR4	15 V, 5%, 500 mW, SOD-123	BZT52C15-7-F	ON Semi



8 电感规格

8.1 电气原理图

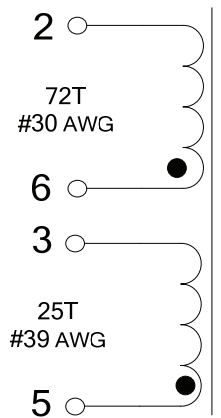


图7 – 变压器电气原理图

8.2 电气规格

初级电感量	引脚2-6, 所有其他绕组开路, 在100 kHz、0.4 V _{RMS} 条件下测得	450 μH ±7%
-------	--	------------

8.3 材料

项	说明
[1]	磁芯: RM5。
[2]	骨架: RM-5; 2/2引脚, 垂直。
[3]	漆包线: #30 AWG
[4]	漆包线: #39 AWG
[5]	变压器胶带4.8 mm。
[6]	磁芯夹片。



8.4 电感结构图

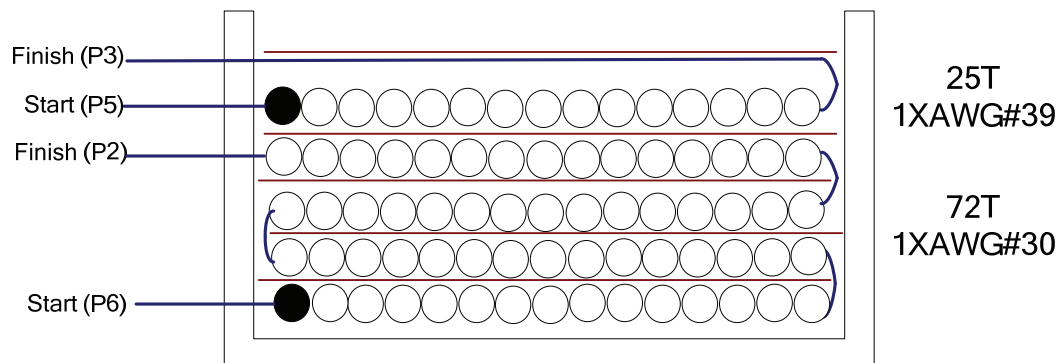


图8 – 变压器结构图

8.5 电感结构

骨架准备	为了便于说明，骨架在卷绕器上的方向均为引脚1侧位于左侧。绕制方向为逆时针方向。对于2/2骨架，请遵照规格中的引脚编号分配方法。
WDG 1	从引脚6开始。缠绕72圈材料项[3]，并在引脚1终止。请注意，每层有一圈变压器胶带项[5]。
绝缘层	添加1层胶带项[5]。
WDG 2	从引脚5开始。缠绕25圈材料项[4]，并在引脚3终止。
缠胶带	添加1层胶带来固定绕组。
总装	打磨磁芯，以达到规定的漏感量。用夹片项[6]固定磁芯。



9 电感设计表格

ACDC_LYTSwitch_101 712: 修订版1.0: 版权所有Power Integrations 2012	输入	信息	输出	单位	LYTSwitch_101712: 反激式变压器设计表格
输入应用变量					
需要调光	是		是		如果需要调光则选择“是”。否则, 选择“否”。
VACMIN	90		90	V	最小AC输入电压
VACMAX	132		132	V	最大AC输入电压
fL	60		60	Hz	AC电网频率
VO	72.00		72	V	LED灯串满载时的典型输出电压
VO_MAX			79.20	V	最大预期LED灯串电压。
VO_MIN			64.80	V	最小预期LED灯串电压。
V_OVP			87.12	V	过压保护设定点
IO	0.17		0.17	A	典型满载LED电流
PO			12.2	W	输出功率
n	0.85		0.85		估计工作效率
VB			25	V	偏置电压
输入LYTSwitch变量					
LYTSwitch	LYT4313		LYT4313		所选LYTSwitch
电流限流模式	红色		红色		选择“红色”设置为降低的电流限制模式, 或选择“完全”设置为完全电流限制模式。
ILIMITMIN			1.00	A	最小电流限制
ILIMITMAX			1.16	A	最大电流限制
fS			132000	Hz	开关频率
fSmin			124000	Hz	最小开关频率
fSmax			140000	Hz	最大开关频率
IV			79.8	uA	V引脚电流
RV	2.00		2	M-ohm	V引脚电阻上限
RV2			1E+012	M-ohm	V引脚电阻下限
IFB	144.00		144.0	uA	FB引脚电流(85 uA < IFB < 210 uA)
RFB1			152.8	k-ohm	FB引脚电阻
VDS			10	V	LYTSwitch导通状态漏-源极电压
VD			0.50	V	输出绕组二极管正向电压降 (对肖特基二极管取值0.5 V, 对PN结二极管取值0.8 V)
VDB			0.70	V	偏置绕组二极管正向电压降
关键设计参数					
KP	0.95		0.95		纹波电流与峰值电流的比例 (PF > 0.9时, 0.4 < KP < 0.9)
LP			448	uH	初级电感量
VOR	72.00		72	V	反射输出电压。
预期IO (平均)			0.16	A	预期平均输出电流
KP_VACMAX			1.04		在VACMAX时的预期纹波电流比率
TON_MIN			1.54	us	最高AC输入电压时的最大导通时间
PCLAMP			0.10	W	初级箝位的估计损耗
输入变压器磁芯/结构变量					
磁芯类型	RM5		RM5		
骨架			RM5S_BOBBIN	P/N:	
AE	0.2400		0.24	cm^2	磁芯等效截面积
LE	2.3200		2.32	cm	磁芯等效路径长度



AL	1700.0	1700	nH/T^2	无气隙磁芯等效电感量
BW	4.8	4.8	mm	骨架绕线宽度
M	0.0	0	mm	安全挡墙宽度 (初级至次级爬电距离的一半)
L	4.00	4		初级绕组层数
NS	73	73		次级绕组匝数
DC输入电压参数				
VMIN		127	V	对应于VACMIN的峰值输入电压
VMAX		187	V	对应于VACMAX的峰值输入电压
电流波形参数				
DMAX		0.38		对应于VACMIN峰值的最小占空比
I _{AVG}		0.15	A	平均初级电流
I _P		0.92	A	峰值初级电流 (在最小输入电压VACMIN下计算)
I _{RMS}		0.26	A	初级RMS电流 (在最小输入电压VACMIN下计算)
变压器初级绕组设计参数				
LP		448	uH	初级电感量
LP_TOL	10	10		初级电感量容差
NP		72		初级绕组匝数
NB		26		偏置绕组匝数
ALG		85	nH/T^2	带气隙磁芯等效电感量
BM		2376	高斯	PO的最大磁通密度, VMIN (BM<3100)
BP		2875	高斯	峰值磁通密度(BP<3700)
BAC		1129	高斯	磁芯损耗曲线中的AC磁通密度 (0.5 X 峰值-峰值)
μ _r		1308		无气隙磁芯的相对磁导率
LG		0.34	mm	气隙长度(Lg > 0.1 mm)
BWE		19.2	mm	等效骨架宽度
OD		0.26	mm	初级绕组最大线径 (包括绝缘层)
INS		0.05	mm	估计的总绝缘层厚度 (= 2 * 膜厚度)
DIA		0.22	mm	裸线直径
AWG		32	AWG	初级绕组的导线规格 (如果计算出的线径在两种标准线径之间, 则使用较小线径的导线)
CM		64	Cmil	以Cmil为单位的裸线等效面积
CMA		248	Cmil/Amp	初级绕组电流容量(200 < CMA < 600)
变压器次级绕组设计参数 (单路输出等效设计)				
汇总参数				
ISP		0.92	A	峰值次级电流
ISRMS		0.30	A	次级RMS电流
IRIPPLE		0.25	A	输出电容RMS纹波电流
CMS		60	Cmil	次级绕组裸线最小Cmil数
AWGS		32	AWG	次级导线规格 (舍入到下一个较大的标准AWG值)
DIAS		0.20	mm	次级绕组裸线最小直径
ODS		0.07	mm	三层绝缘线的次级绕组最大外径
电压应力参数				
VDRAIN		341	V	假定LED灯串电压达到最大时的估计最大漏极电压 (包括漏感效应)
PIVS		275	V	输出整流管最大反向峰值电压 (在VOVP下计算, 不包括漏感尖峰)
PIVB		97	V	偏置整流管最大反向峰值电压 (在VOVP下计算, 不包括漏感尖峰)



微调 (输入从原型测得的值)			
V引脚电阻微调			
RV1	2.00	M-ohm	V引脚电阻值上限
RV2	1E+012	M-ohm	V引脚电阻值下限
VAC1	115.0	V	测试输入电压条件1
VAC2	230.0	V	测试输入电压条件2
IO_VAC1	0.17	A	在VAC1时测得的输出电流
IO_VAC2	0.17	A	在VAC2时测得的输出电流
RV1 (新)	2.00	M-ohm	新RV1
RV2 (新)	10455.82	M-ohm	新RV2
V_OV	161.1	V	触发OV关断的典型AC输入电压
V_UV	34.5	V	超过此值即可使电源启动的典型AC输入电压
FB引脚电阻微调			
RFB1	153	k-ohm	FB引脚电阻值上限
RFB2	1E+012	k-ohm	FB引脚电阻值下限
VB1	22.4	V	测试偏置电压条件1
VB2	27.6	V	测试偏置电压条件2
IO1	0.17	A	在Vb1时测得的输出电流
IO2	0.17	A	在Vb2时测得的输出电流
RFB1 (新)	152.8	k-ohm	新RFB1
RFB2 (新)	1.00E+12	k-ohm	新RFB2
输入电流谐波分析			
谐波	最大电流(mA)	限值(mA)	
1次谐波			
3次谐波	22.25	533.12	通过。3次谐波电流含量低于限值
5次谐波	20.4	297.92	通过。5次谐波电流含量低于限值
7次谐波	19.3	156.80	通过。7次谐波电流含量低于限值
9次谐波	15.18	78.40	通过。9次谐波电流含量低于限值
11次谐波	9.43	54.88	通过。11次谐波电流含量低于限值
13次谐波	4.48	46.43	通过。13次谐波电流含量低于限值
15次谐波	2.75	40.23	通过。15次谐波电流含量低于限值
THD	38.3	%	估计总谐波失真(THD)

表1 – 设计表格计算示例



10 性能数据

除非另有说明，所有测量均在25 °C室温、60 Hz输入频率下进行。

输入		输入测量					LED负载测量			%稳压	效率 (%)
VAC (V _{RMS})	频率 (Hz)	V _{IN} (V _{RMS})	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PF	%ATHD	V _{OUT} (V _{DC})	I _{OUT} (mA _{DC})	P _{OUT} (W)		
90	60	90.10	150.17	13.262	0.980	19.35	68.88	166.60	11.49	-2.00	86.60
100	60	100.13	135.81	13.268	0.976	21.17	68.90	167.96	11.58	-1.20	87.30
110	60	110.15	124.88	13.330	0.969	23.64	68.94	169.93	11.73	-0.04	87.96
120	60	120.15	115.31	13.371	0.965	24.61	68.97	171.39	11.83	0.82	88.48
132	60	132.17	105.68	13.425	0.961	25.07	69.00	172.58	11.92	1.52	88.77
90	60	90.10	157.34	13.899	0.980	19.28	72.00	166.04	11.97	-2.33	86.09
100	60	100.12	142.06	13.893	0.977	20.77	72.04	167.73	12.09	-1.34	87.04
110	60	110.15	130.66	13.957	0.970	23.49	72.08	169.86	12.25	-0.08	87.79
120	60	120.16	120.71	14.008	0.966	24.56	72.11	171.17	12.35	0.69	88.19
132	60	132.18	110.65	14.075	0.962	24.87	72.15	173.14	12.50	1.85	88.82
90	60	90.10	164.53	14.540	0.981	19.15	75.00	165.93	12.46	-2.39	85.66
100	60	100.12	148.26	14.509	0.977	20.5	75.03	167.29	12.56	-1.59	86.57
110	60	110.15	136.27	14.568	0.971	23.34	75.08	169.47	12.73	-0.31	87.40
120	60	120.16	125.99	14.630	0.966	24.51	75.13	171.56	12.90	0.92	88.16
132	60	132.18	115.53	14.711	0.963	24.73	75.17	173.37	13.04	1.98	88.65

表2 – 此设计测试结果汇总



10.1 带载模式效率

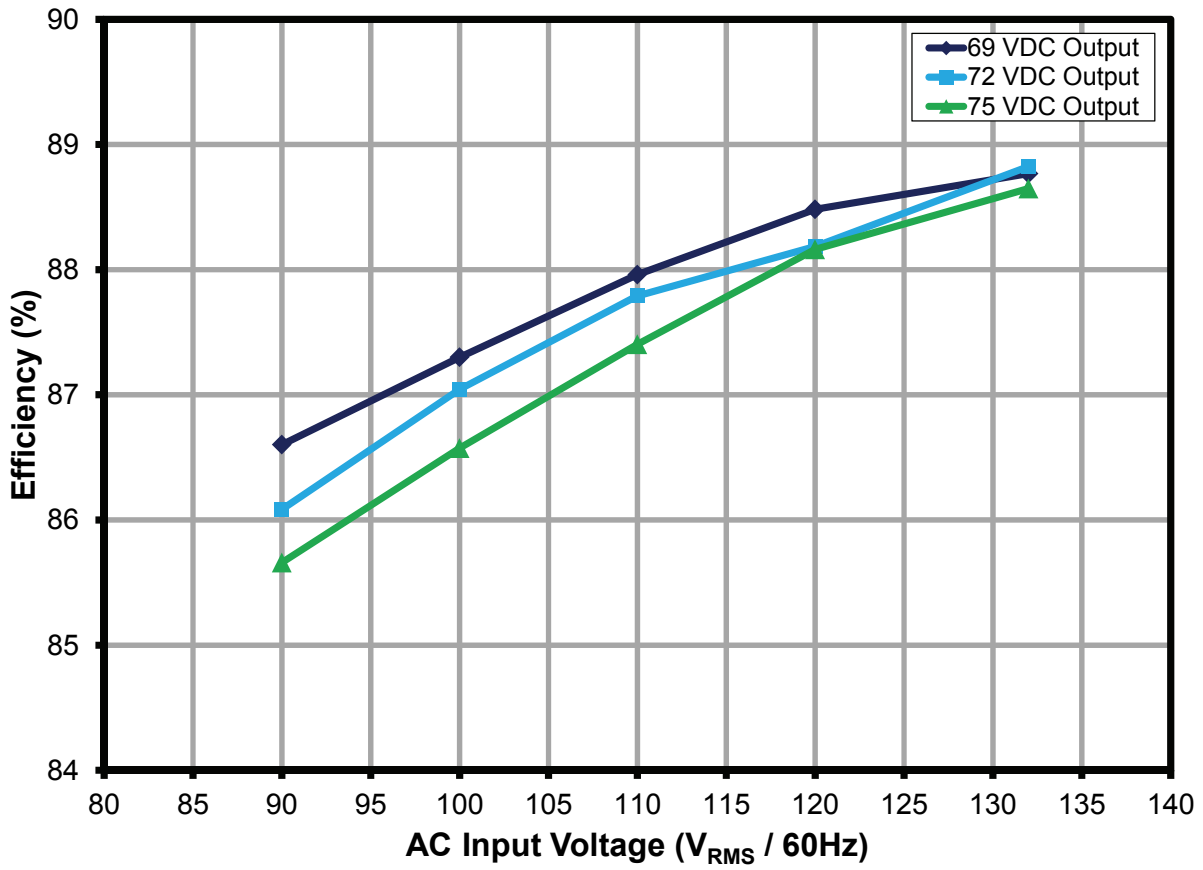


图9 - 不同AC输入电压下的效率



10.2 线电压调整

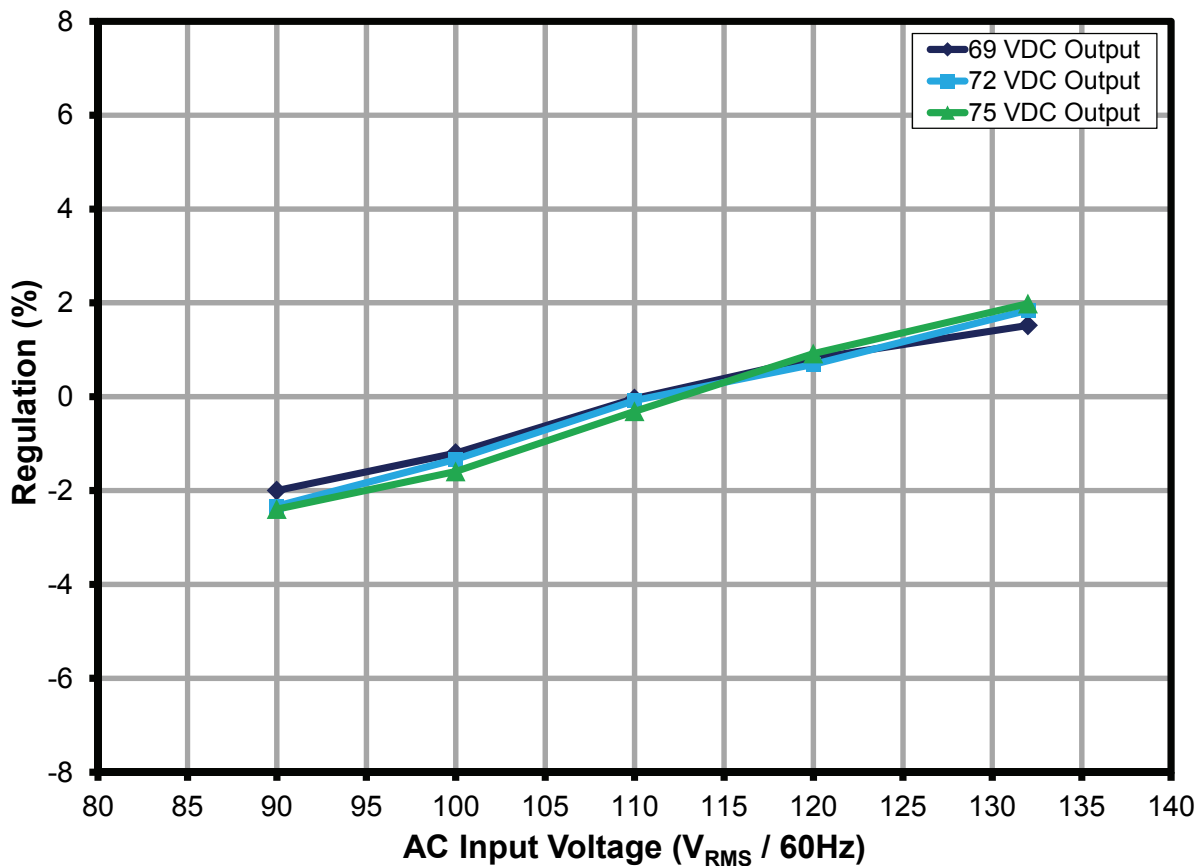


图10 – 线电压调整, 室温



10.3 功率因数

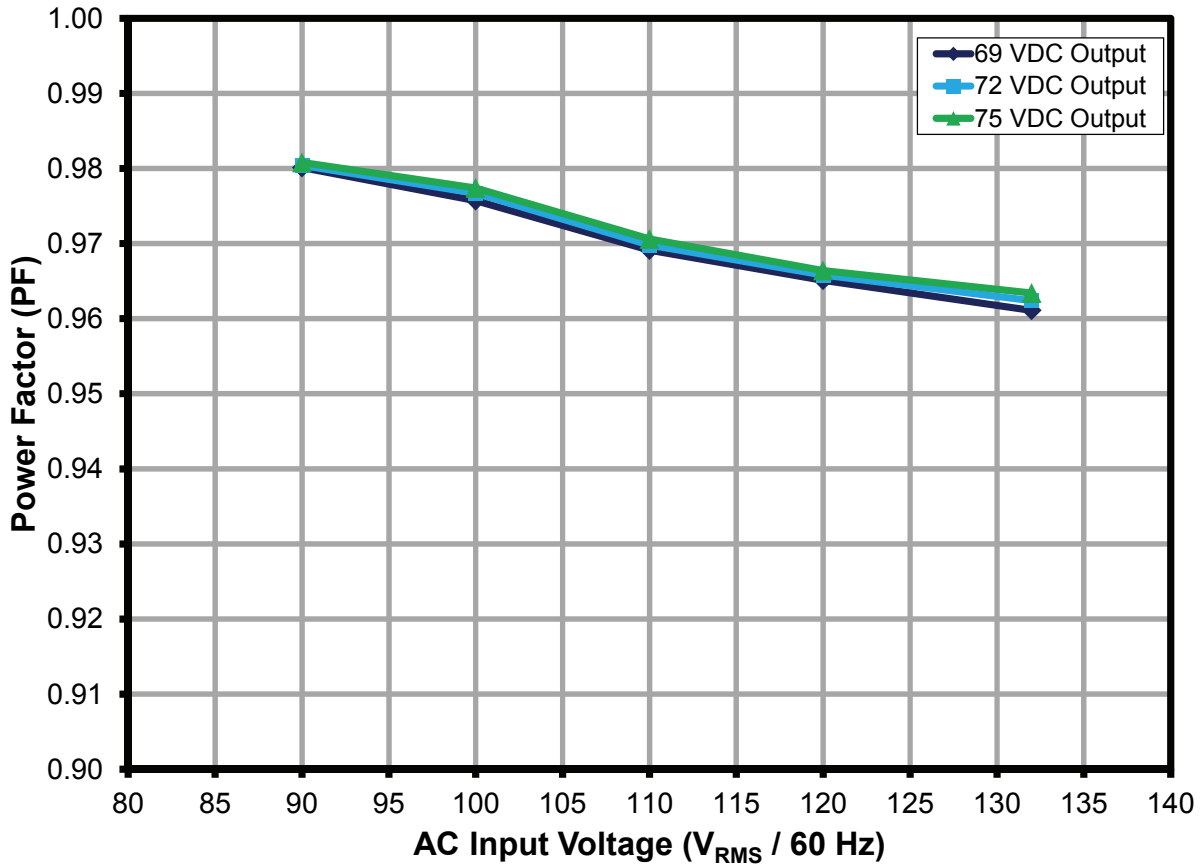


图11 – 工作范围内的高功率因数



10.4 %THD

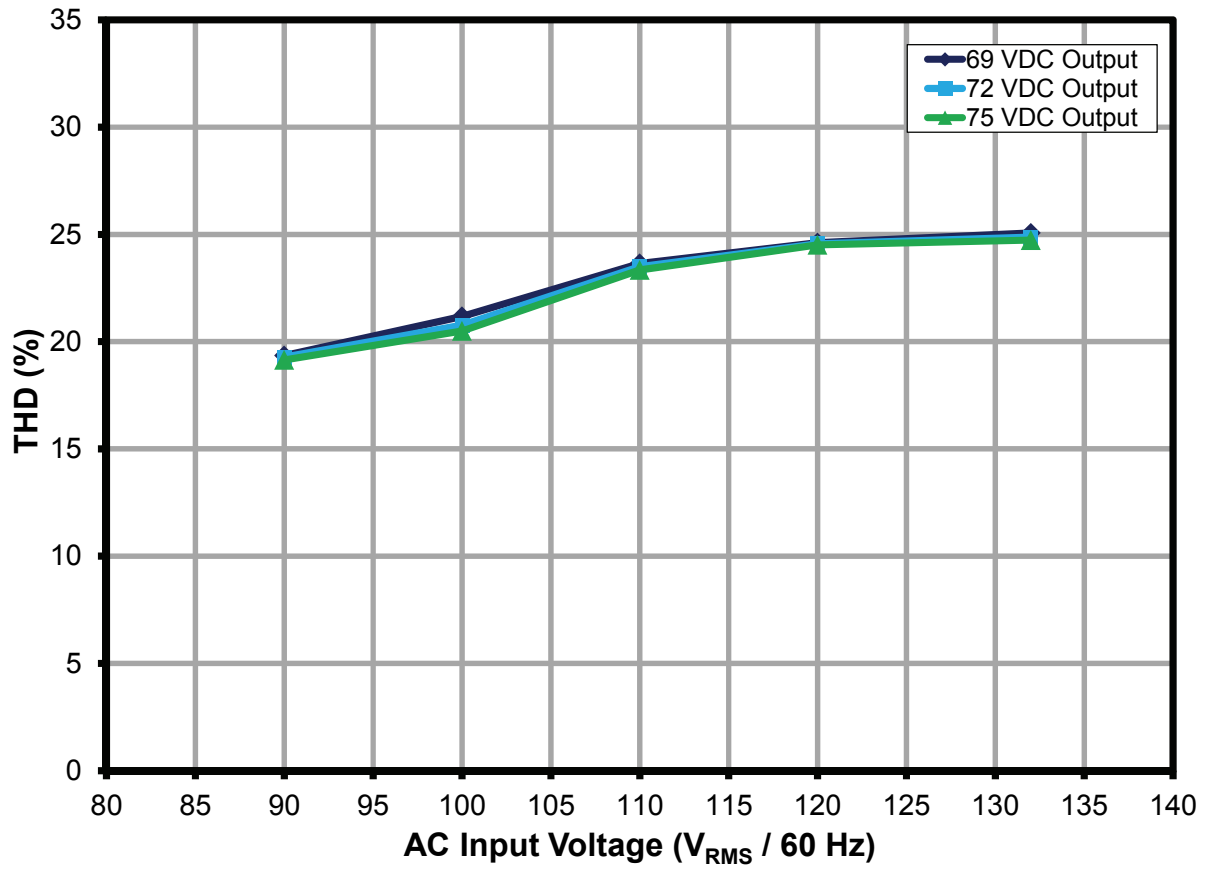


图12 - 120 VAC下具有极低%THD



10.5 谐波含量

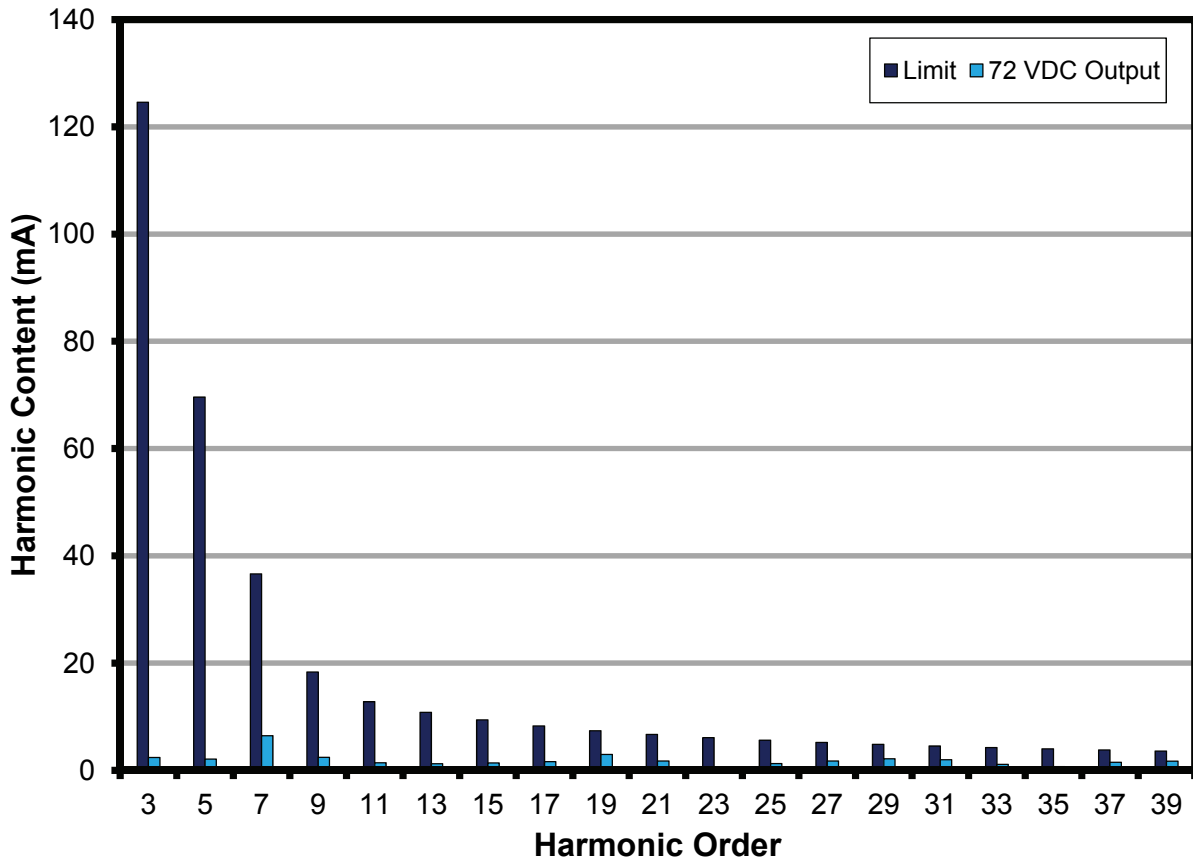


图13 – 满足EN61000-3-2波含量标准 (72 V LED输出的额定值<25 W)



10.6 谐波测量

VAC (V _{RMS})	频率 (Hz)	I (mA)	P	PF
120	60.00	45.91	9.6660	0.9139
n阶	mA 含量	% 含量	限值 (mA) <25 W	备注
1	151.10			
2	0.19	0.13%		
3	2.42	1.60%	124.5692	通过
5	2.14	1.42%	69.6122	通过
7	6.49	4.30%	36.6380	通过
9	2.46	1.63%	18.3190	通过
11	1.43	0.95%	12.8233	通过
13	1.24	0.82%	10.8505	通过
15	1.40	0.93%	9.4038	通过
17	1.65	1.09%	8.2974	通过
19	2.99	1.98%	7.4240	通过
21	1.75	1.16%	6.7170	通过
23	0.57	0.38%	6.1329	通过
25	1.28	0.85%	5.6423	通过
27	1.77	1.17%	5.2243	通过
29	2.17	1.44%	4.8640	通过
31	2.01	1.33%	4.5502	通过
33	1.13	0.75%	4.2744	通过
35	0.71	0.47%	4.0302	通过
37	1.51	1.00%	3.8123	通过
39	1.74	1.15%	3.6168	通过
41	1.61	1.07%		
43	1.15	0.76%		
45	1.07	0.71%		
47	1.43	0.95%		
49	1.24	0.82%		

表3 – 72 V LED的120 VAC输入电流谐波测量



10.7 调光特性

通过一个受控交流电源供应器的调光特性来仿真可控硅的导通模式。本参考设计满足美国电气制造商协(NEMA)标准发行物SSL 1-2010 (LED装置、阵列或系统的电子驱动器) 和 SSL 6-2010 (白炽灯替换调光的固态照明) 所规定的调光要求。

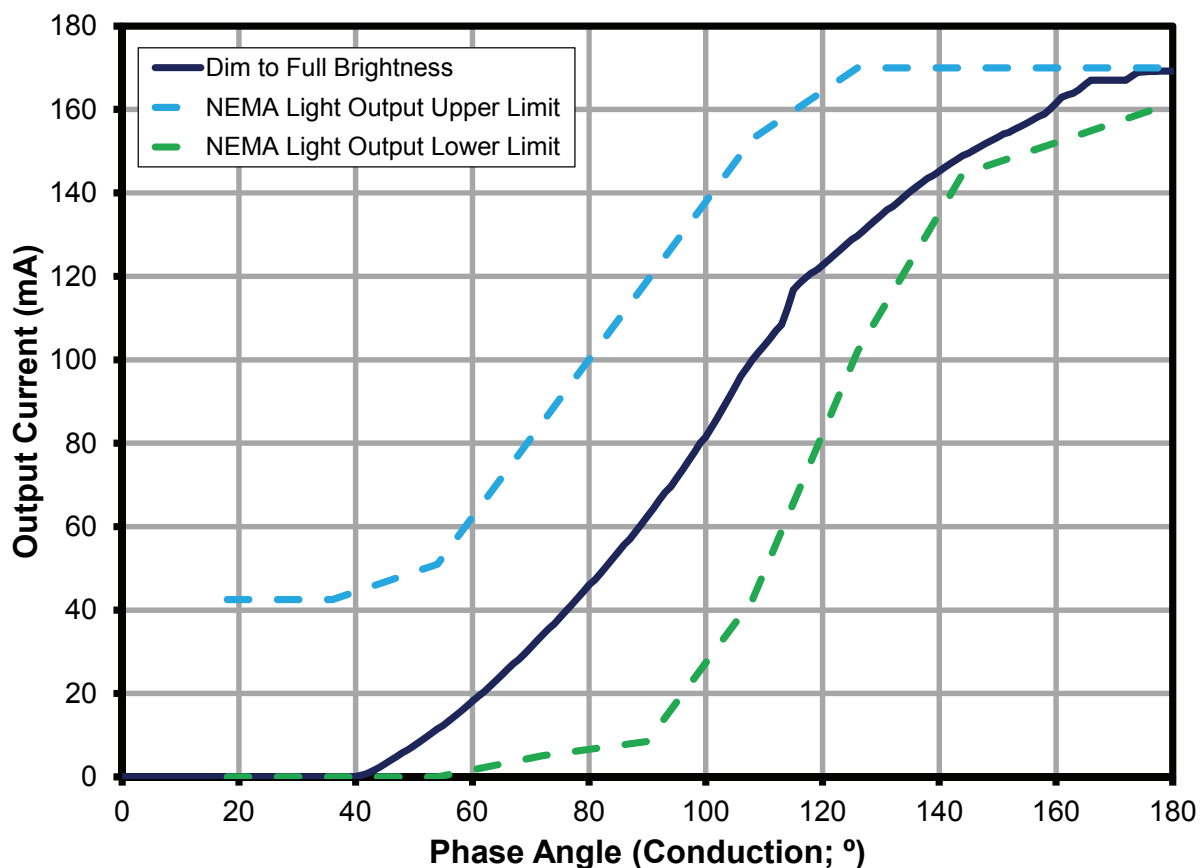


图14 – 从全调光到全亮度的调光曲线特性。满足NEMA SSL 6-2010标准



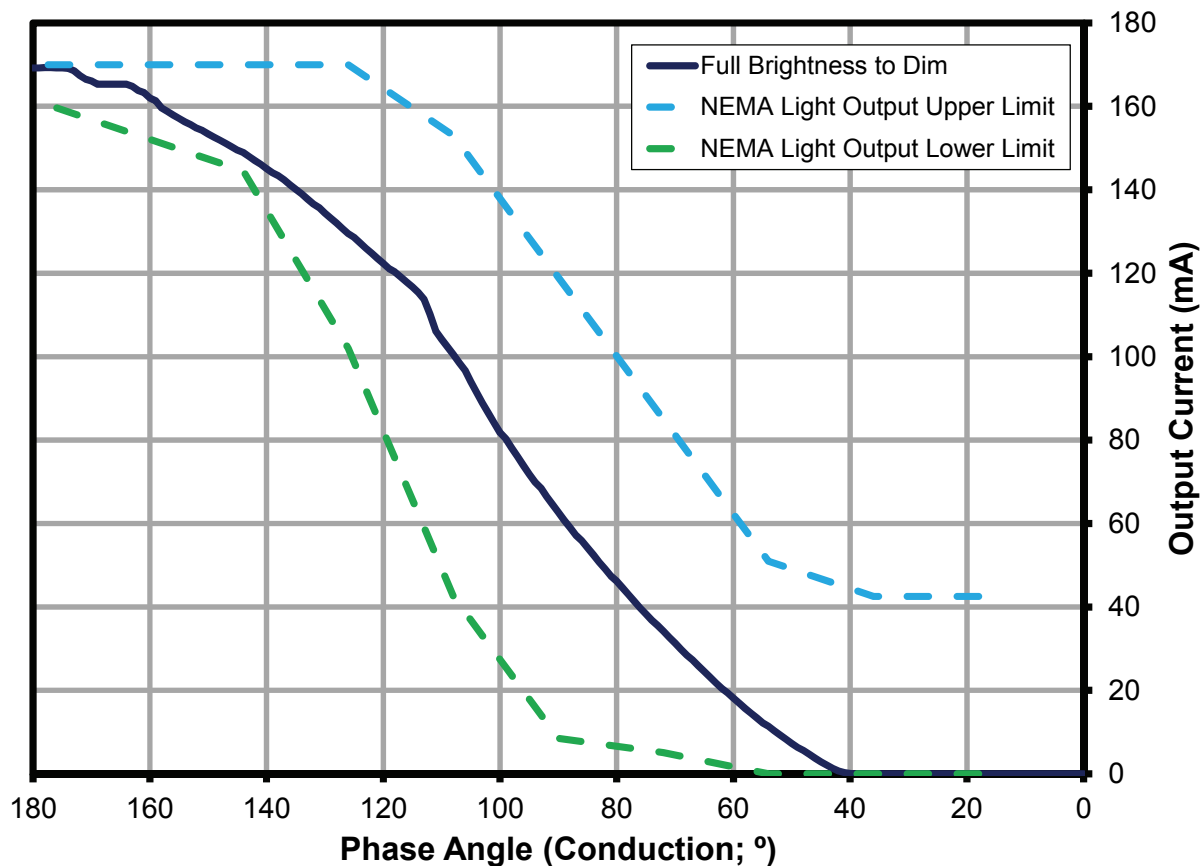


图15 – 满足EN61000-3-2谐波含量标准 (72 V LED输出的额定值<25 W)



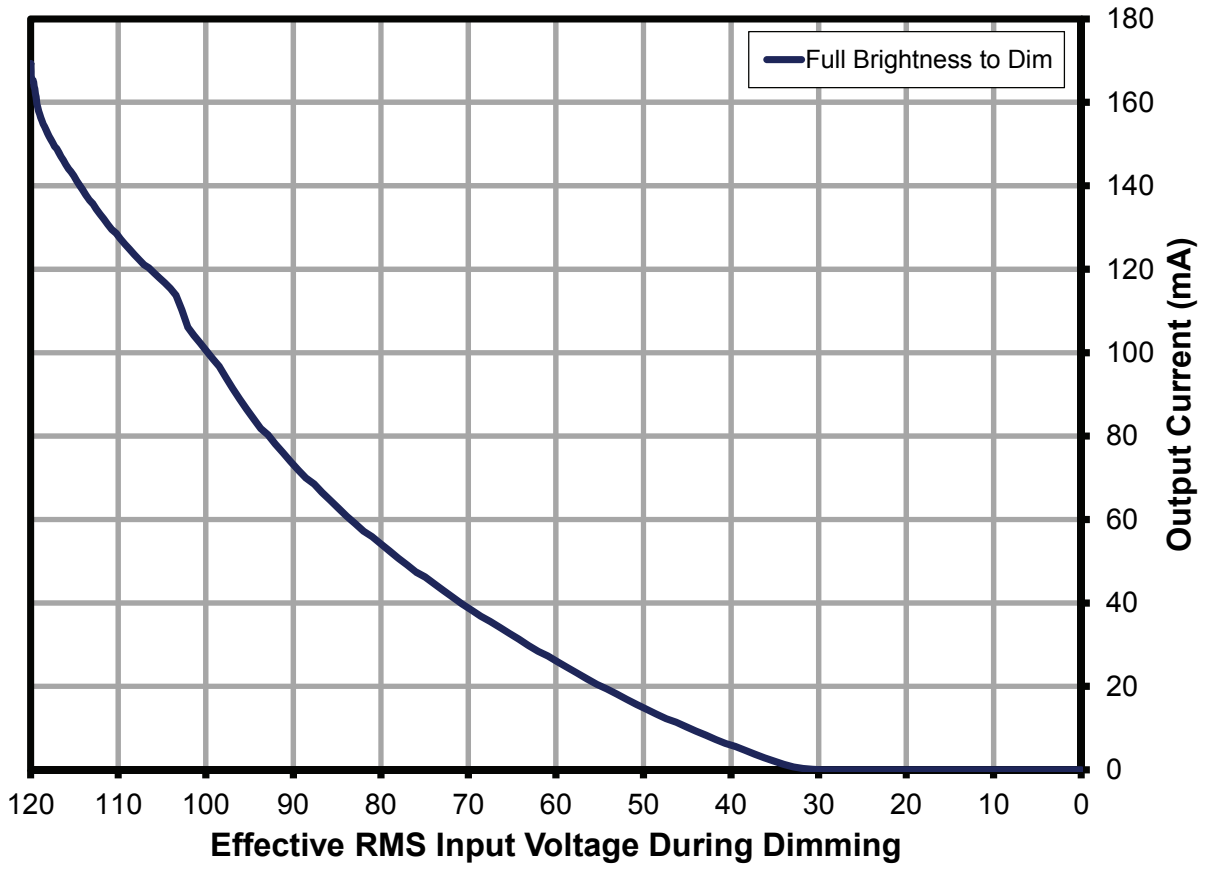


图16 – 调光过程中与RMS输入电压有关的调光特性



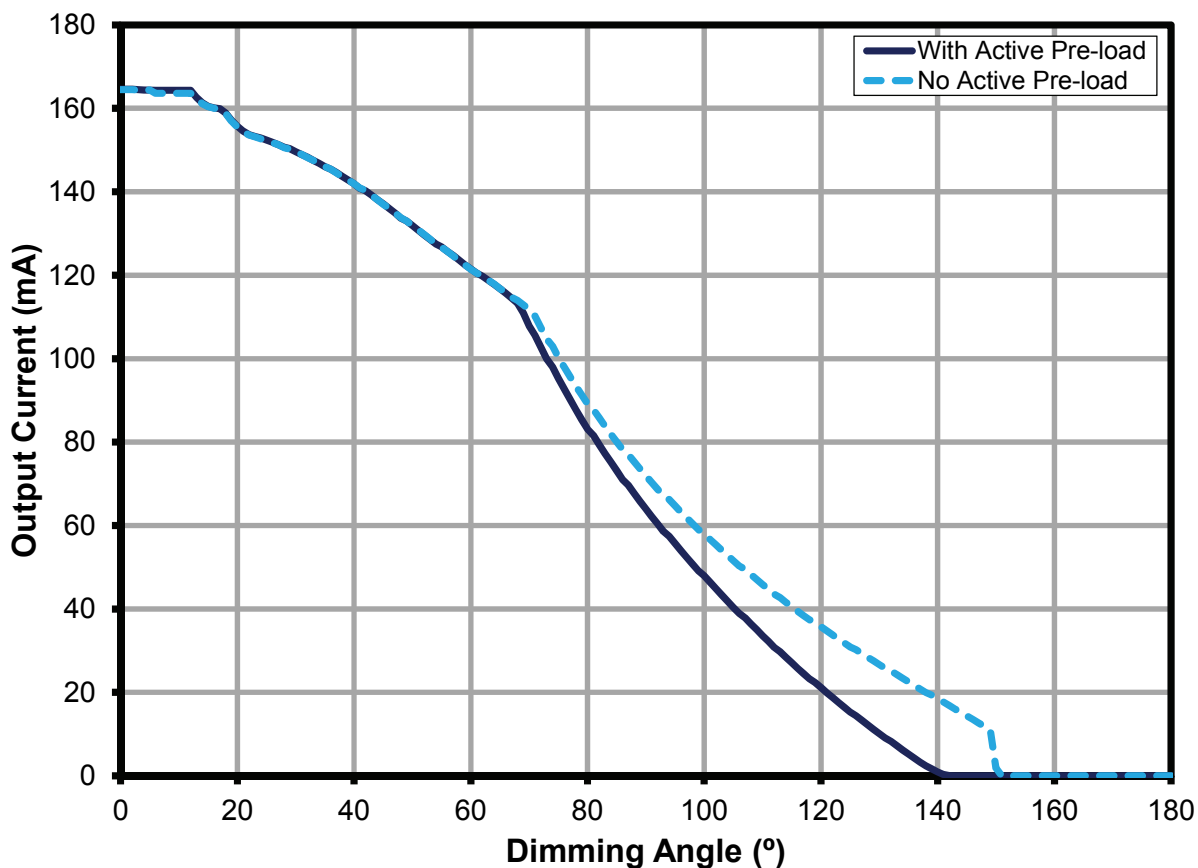


图17 - 带假负载与不带假负载配置在调光角方面的调光曲线比较



10.8 参考设计与调光器的兼容性

下面是经过本参考设计验证的调光器列表。用户不用局限于下表所列调光器。请确保采用推荐的工作线电压输入频率进行测试，以避免闪烁。

调光器	调光器品牌	功率	元件编号	I _{MIN} (mA)	I _{MAX} (mA)	调光率
1	LUTRON	600W	LG-600PH-WH	0	145	1450
2	LUTRON	600W	S-603P-WH	0	146	1460
3	LUTRON	600W	SLV600P-WH	0	148	1480
4	LUTRON	600W	S-600-WH	0	157	1570
5	LUTRON	600W	S-600PH-WH	0	146	1460
6	LUTRON	600W	DVWCL-153-PLH-WH	2	141	71
7	LUTRON	600W	DV-603P-WH	0	145	1450
8	LUTRON	600W	DV-600P-WH	0	145	1450
9	LUTRON	600W	TG-600PH-WH	2	150	75
10	LUTRON	600W	Q-600P-WH aka FA-600	0	147	1470
11	LUTRON	600W	AY-600P-WH	3	148	49
12	LUTRON	600W	GL-600P-WH	0	146	1460
13	LEVITON	600W	R62-06633-1LW	0	167	1670
14	LEVITON	600W	R62-06631-1LW	0	152	1520
15	LEVITON	600W	R60-IP106-1LM	5	163	33
16	LEVITON	500W	R52-06161-00W	0	147	1470
17	LEVITON	600W	R52-IP106-1LM	0	168	1680
18	LEVITON	600W	R60-06681-0IW	0	150	1500
19	LEVITON	1KVA	TGM10-1LW	0	143	1430
20	LEVITON	600W	R60-06684-1IW	0	167	1670
21	LEVITON	600W	6683	0	168	1680
22	LEVITON	450W	R02-06613-PLW	0	167	1670
23	COOPER		SLC03P-W-K-L	0	150	1500
24	LUTRON	600W	GL-600-WH	0	157	1570
25	LUTRON	200W	DVPDC-203P-WH	32	154	5
26	LUTRON	500W	LX-600PL-wh	0	153	1530
27	LUTRON	600W	D-600P-WH	0	141	1410
28	LUTRON	600W	CTCL-153PDH	0	142	1420
29	LUTRON	600W	S-600P	0	146	1460
30	LUTRON		TGLV-600P	0	151	1510
31	LUTRON	450W	TGLV-600PR	0	148	1480
32	LUTRON	300W	TT-300NLH-WH	0	160	1600
33	LUTRON	300W	TT-300H-WH	0	160	1600
34	LUTRON	800W	NLV-1000-WH	0	150	1500
35	LUTRON		MAELV-600	2	164	82
36	LUTRON		S-600P	0	154	1540
37	LUTRON		S-600P	0	166	1660
38	COOPER		S106P	0	164	1640
39	LUTRON	1000	S-103P-WH	4	156	39
40	LUTRON	1000	S-10P-WH	0	153	1530



调光器	调光器品牌	功率	元件编号	I _{MIN} (mA)	I _{MAX} (mA)	调光率
41	LUTRON	600	S-600PNLH-WH	0	157	1570
42	LUTRON	600	S-603PNL-WH	0	157	1570
43	LUTRON	600	SLV-603P-WH	0	156	1560
44	LUTRON	600	S-603PGH-WH	0	130	1300
45	LUTRON	600	AYLV-600P-WH	0	157	1570
46	LUTRON	600	AYLV-603P-WH	0	154	1540
47	LUTRON	1000	AY-103PNL-WH	2	162	81
48	LUTRON	1000	AY-103P-WH	1	163	163
49	LUTRON	1000	AY-10PNL-WH	0	174	1740
50	LUTRON	1000	AY-10P-WH	0	163	1630
51	LUTRON	600	AY-603PNL-WH	0	149	1490
52	LUTRON	600	AY-603PG-WH	1	123	123
53	LUTRON	600	AY-603P-WH	4	153	38
54	LUTRON	600	AY-600PNL-WH	0	156	1560
55	LUTRON	300	DVELV-300P-WH	0	153	1530
56	LUTRON	1000	DVLV-10P-WH	0	144	1440
57	LUTRON	1000	DVLV-103P-WH	0	145	1450
58	LUTRON	600	DVLV-603P-WH	0	146	1460
59	LUTRON	1000	S-1000-WH	0	156	1560
60	LUTRON	300	SELV-300P-WH	0	149	1490
61	LUTRON	600	S-600P-WH	0	145	1450
62	LUTRON	1000	S-103PNL-WH	2	144	72
63	LUTRON		SPSELV-600-WH	1	153	153
64	LUTRON	600	GLV-600-WH	0	156	1560
65	LUTRON		LG-603PGH-WH	0	130	1300
66	LUTRON		DVW-603PGH-WH	0	129	1290
67	LEVITON		VPI06	0	158	1580
68	LUTRON		TG-10PR-WH	8	163	20
69	LUTRON		NT-600	0	166	1660
70	LUTRON		NT-1000	0	167	1670
71	LUTRON		LGCL-153PLH-WH	14	150	11
72	LUTRON		CTCL-153PDH-WH	4	151	38
73	LUTRON		TGCL-153PH-WH	5	148	30
74	LUTRON		DVWCL-153PH-LA	6	152	25
75	LEVITON		81000-W	0	167	1670
76	LUTRON		TTCL-100LH-WH	5	150	30
			Average	1	153	1161



11 热性能

11.1 所用设备

热处理室:	Tenney环境试验箱 型号: TJR-17 942
交流电源供应器:	Chroma可编程交流电源供应器 型号: 6415
瓦特表:	Yokogawa功率表 型号: WT2000
数据记录器:	Yokogawa MV2000



图18 – 用来防止气流通过被测电源的纸板箱所在的热处理室



11.2 热结果

本参考设计的验证在箱体中进行，以避免热处理室内的循环空气对它造成影响（LED负载在处理室外）。

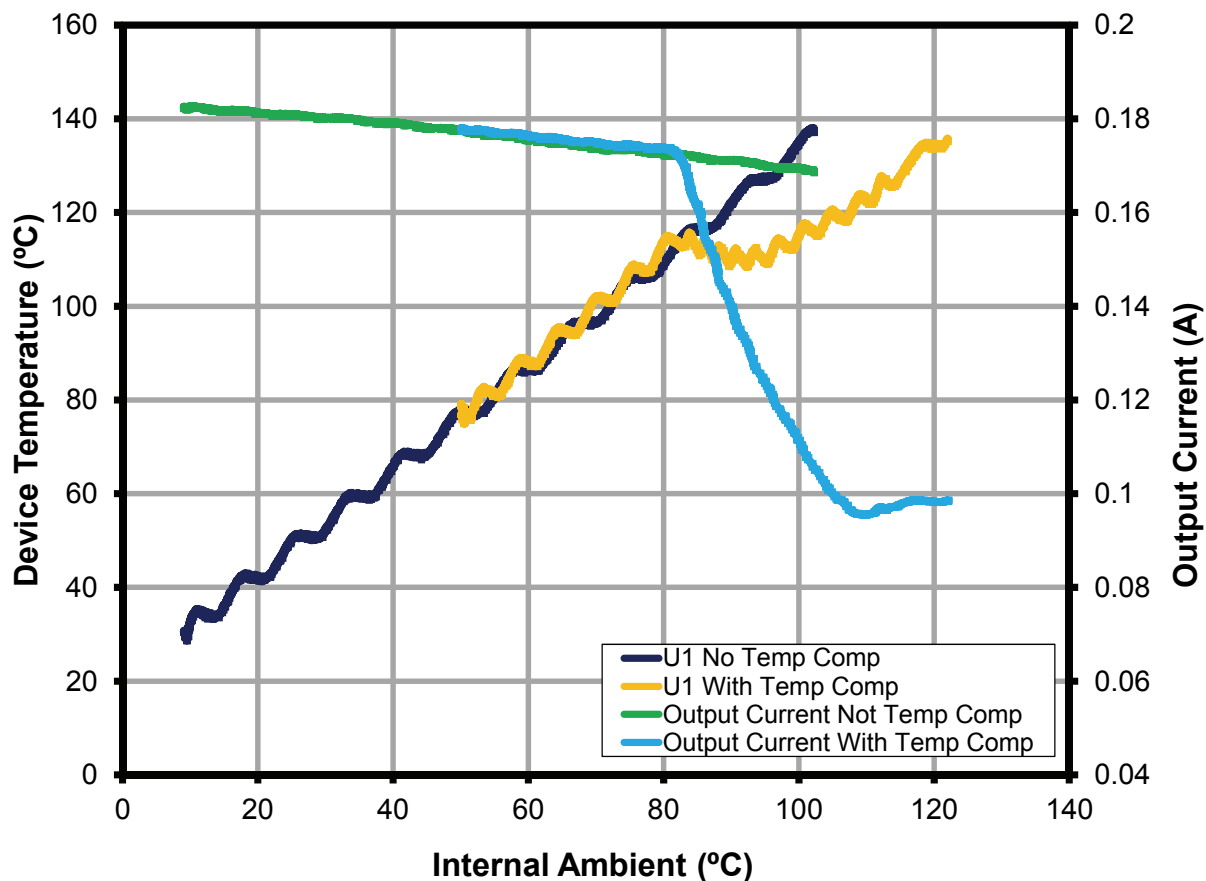


图19 – 在90 V/60 Hz输入下，带温度补偿与不带温度补偿的温度特性。驱动器采用了灌封处理

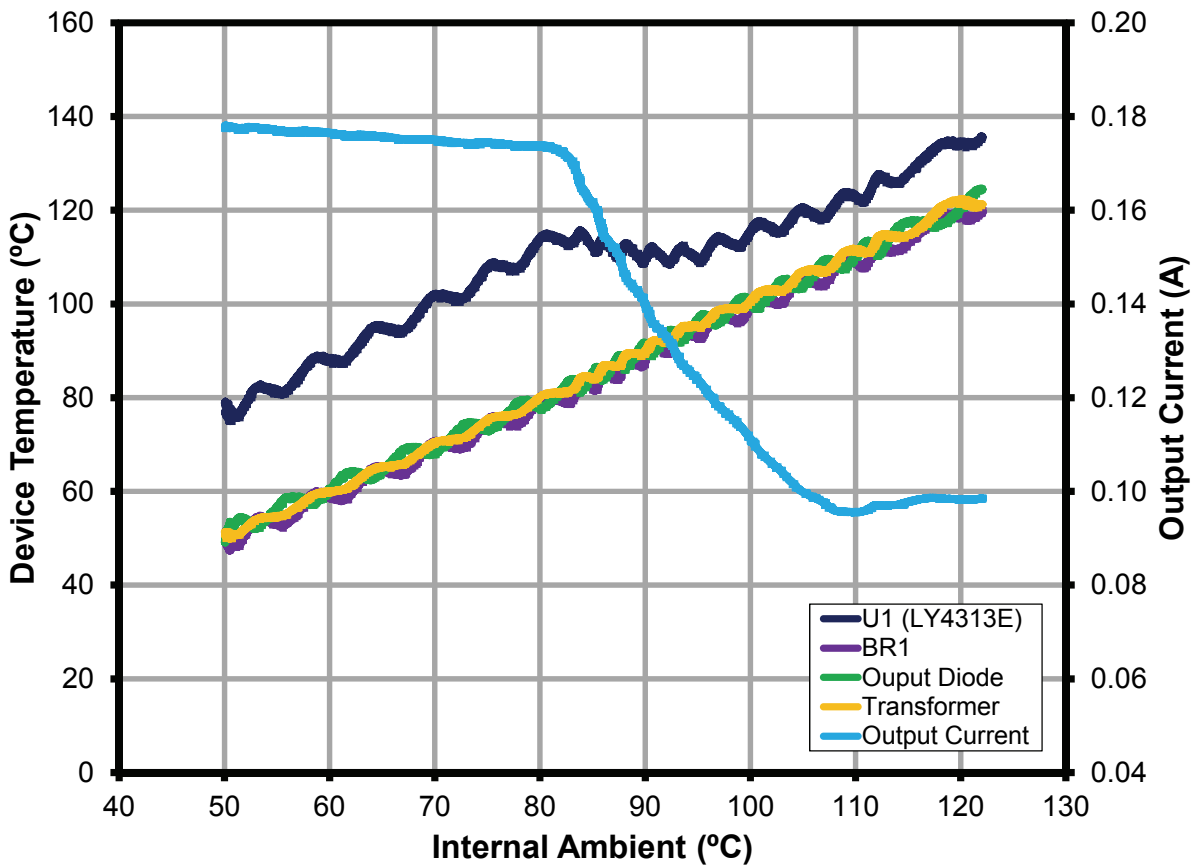


图20 – LED驱动器在采用灌封处理和热补偿情况下的温度特性。
可以根据实际系统的所需特性对驱动器进行设计。



11.3 热扫描

在环境温度25 °C、90 VAC/60 Hz输入下进行扫描。

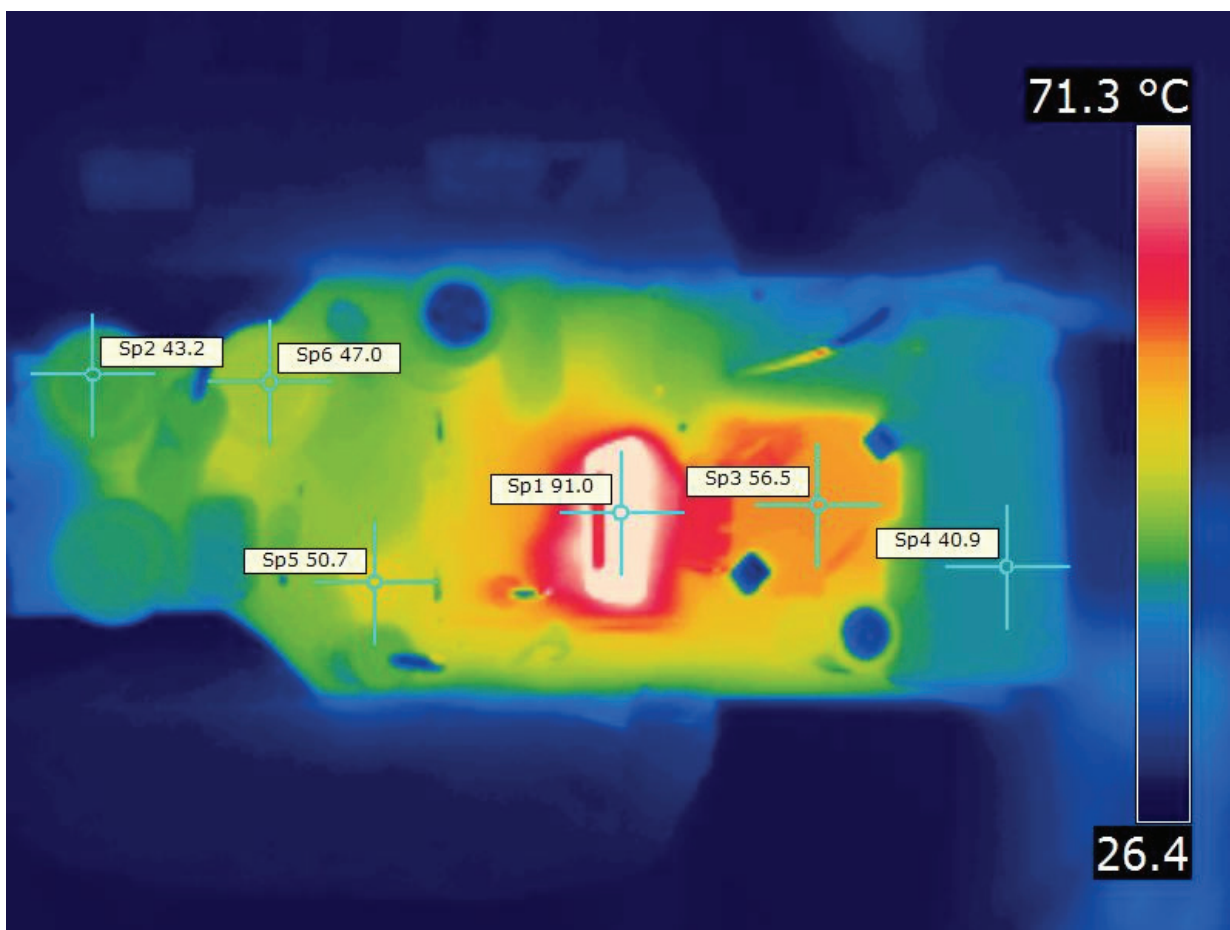


图21 – 敞开式热扫描。U1不带散热片

图例:

- Sp1 – LTY4313E U1
- Sp2 – EMI扼流圈L1
- Sp3 – 功率变压器T1
- Sp4 – 输出电容C6
- Sp5 – 衰减电路MOSFET Q10
- Sp6 – EMI扼流圈L3

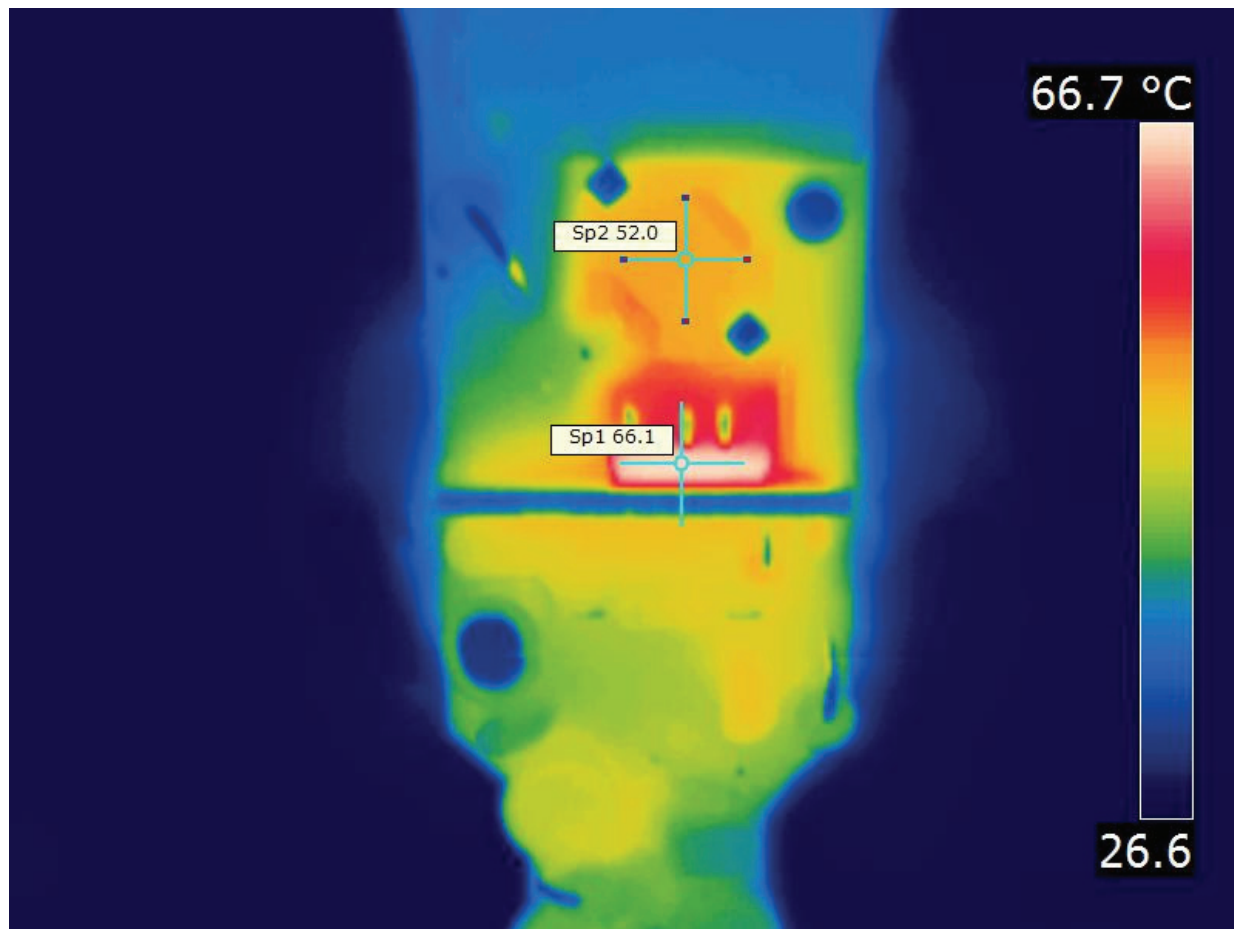


图22 – 当安装15 mm x 25 mm的铝质散热片后，器件(U1)温度降至66 °C



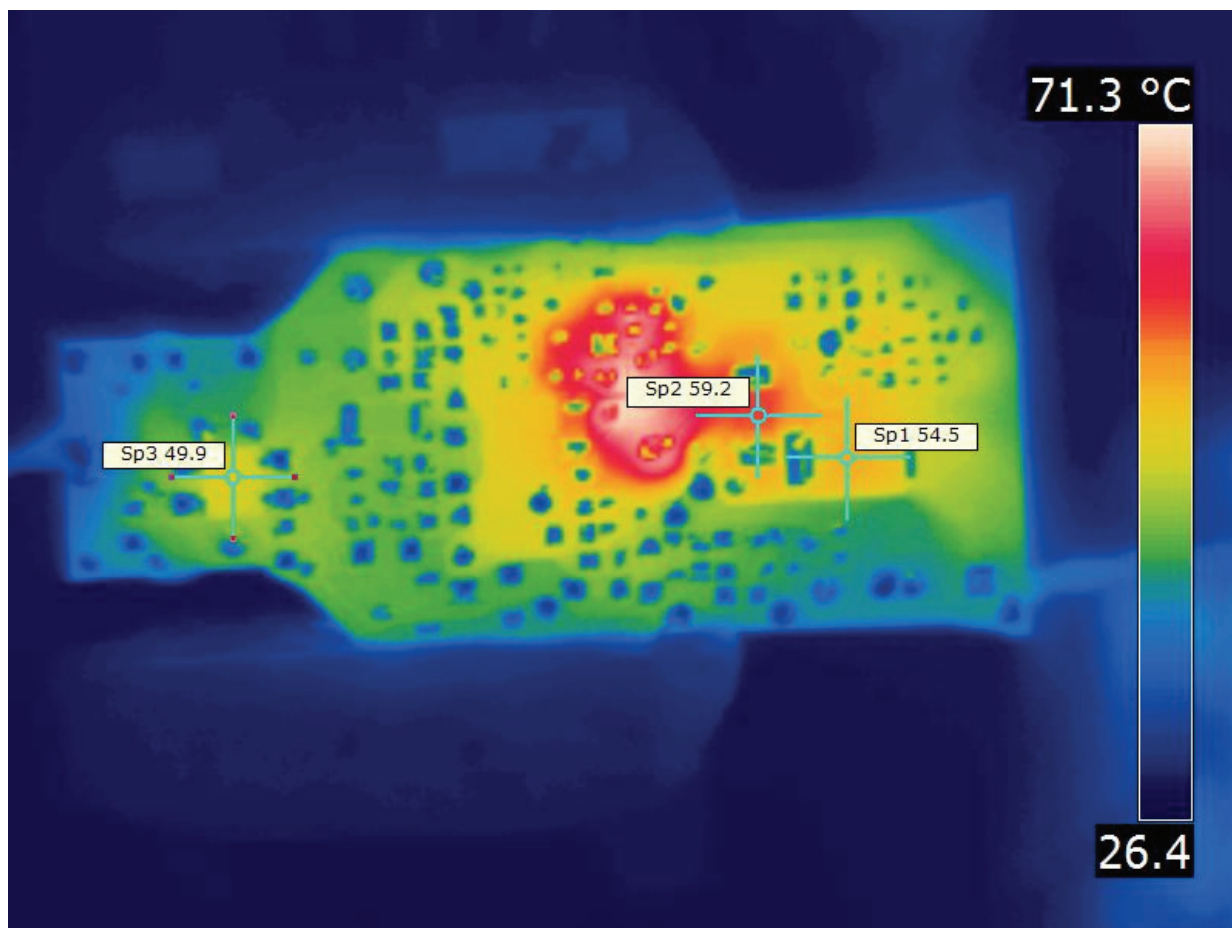


图23 – 敞开式设计中的底部板温

图例:

- Sp1 – 输出二极管D3
- Sp2 – 阻断二极管D7
- Sp3 – 桥式整流二极管BR1



12 波形

12.1 漏极电压和电流, 正常工作

电感中未出现饱和, 可确保在工作输入电压范围内以连续导通模式下工作。

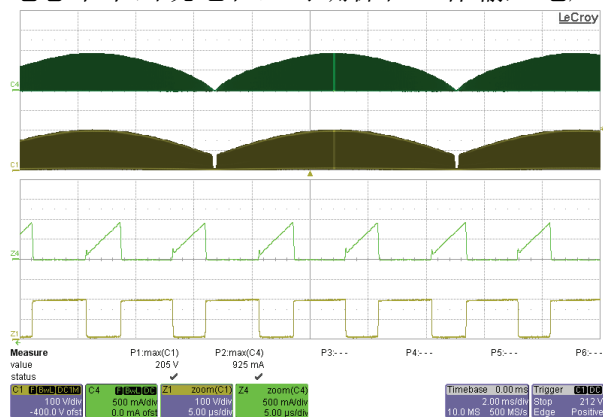


图24 – 90 VAC/60 Hz, 72 V LED灯串

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V/格
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A/格
 时间量程: 2 ms/格
 缩放时间量程: 5 μ s/格

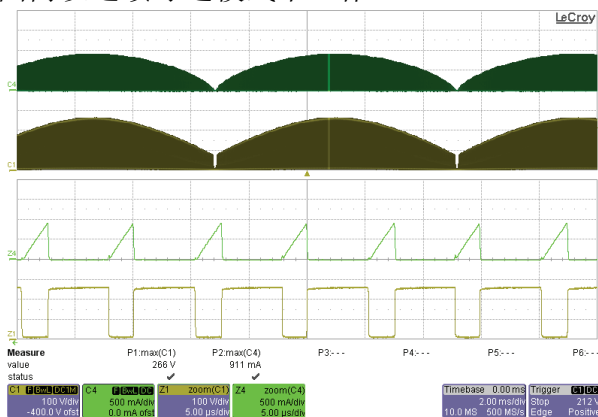


图25 – 132 VAC/60 Hz, 72 V LED灯串

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V/格
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A/格
 时间量程: 2 ms/格
 缩放时间量程: 5 μ s/格

12.2 漏极电压和电流启动特征

器件内置有软启动功能, 因此可降低器件、变压器和输出二极管的应力。

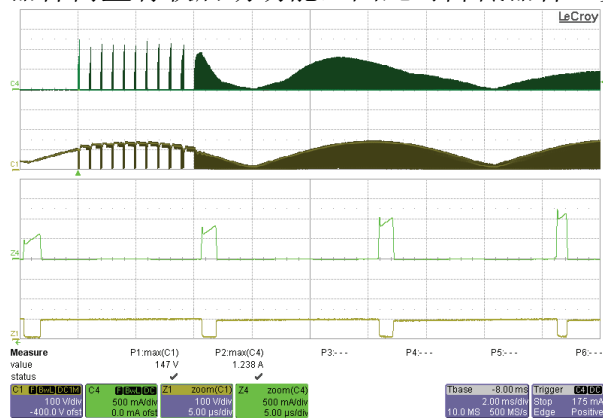


图26 – 90 VAC/60 Hz, 72 V LED灯串

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V/格
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A/格
 时间量程: 2 ms/格
 缩放时间量程: 5 μ s/格

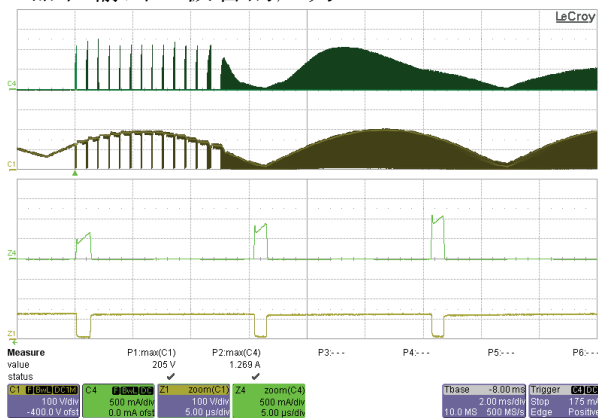


图27 – 132 VAC/60 Hz, 72 V LED灯串

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V/格
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A/格
 时间量程: 2 ms/格
 缩放时间量程: 5 μ s/格



12.3 输出电压启动特征

启动时间<250 ms; 参考设计在非调光模式下将在250 ms内发光。

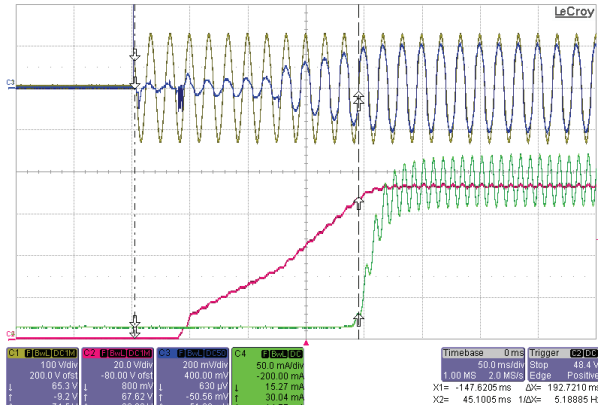


图28 – 90 VAC/60 Hz, 72 V LED

- Ch1: V_{IN} , 100 V/格
- Ch2: V_{IN} , 20 V/格
- Ch3: I_{IN} , 200 mA/格
- Ch4: I_{OUT} , 50 mA/格, 50 ms/格

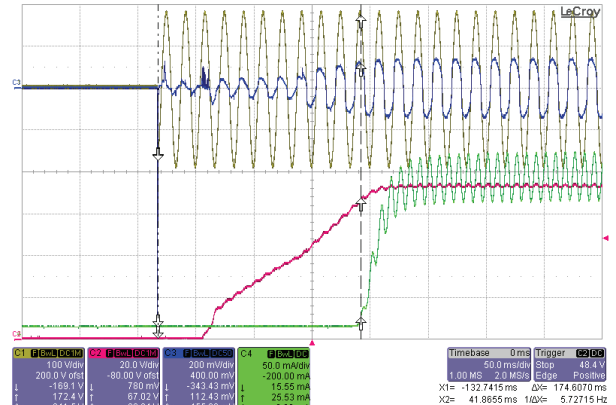


图29 – 132 VAC/60 Hz, 72 V LED

- Ch1: V_{IN} , 100 V/格
- Ch2: V_{IN} , 20 V/格
- Ch3: I_{IN} , 200 mA/格
- Ch4: I_{OUT} , 50 mA/格, 50 ms/格

12.4 输入与输出电压和电流的波形

输出电流纹波与LED的电阻成反比。需验证要在系统中使用的实际LED的实际电流纹波。有意通过增加输出电容来降低输出电流纹波。

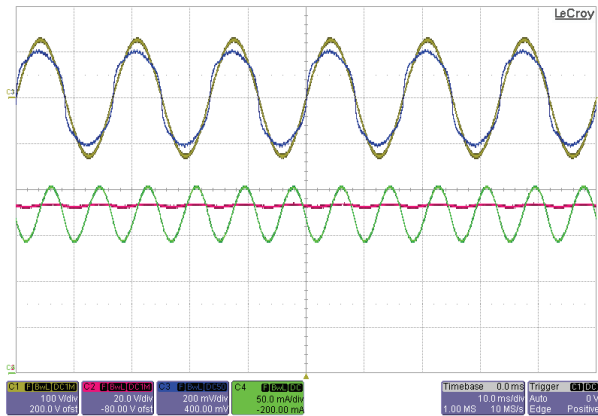


图30 – 90 VAC/60 Hz, 72 V LED

- 灯串 $C_{OUT} = 330 \mu F$
- Ch1: V_{IN} , 100 V/格
- Ch2: V_{OUT} , 20 V/格
- Ch3: I_{IN} , 200 mA/格
- Ch4: I_{OUT} , 50 mA/格, 10 ms/格

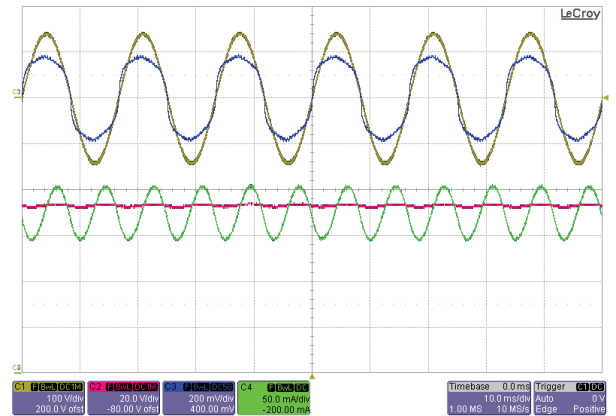


图31 – 100 VAC/60 Hz, 72 V LED

- 灯串 $C_{OUT} = 330 \mu F$
- Ch1: V_{IN} , 100 V/格
- Ch2: V_{OUT} , 20 V/格
- Ch3: I_{IN} , 200 mA/格
- Ch4: I_{OUT} , 50 mA/格, 10 ms/格



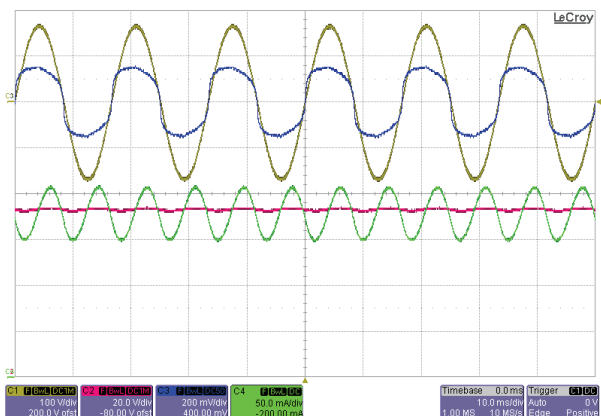


图32 – 115 VAC/60 Hz, 72 V LED灯串

$C_{OUT} = 330 \mu F$
 Ch1: V_{IN} , 100 V/格
 Ch2: V_{OUT} , 20 V/格
 Ch3: I_{IN} , 200 mA/格
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA/格, 10 ms/格

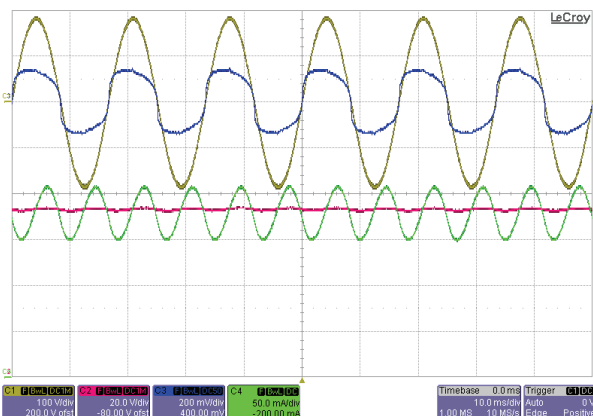


图33 – 132 VAC/60 Hz, 72 V LED灯串

$C_{OUT} = 330 \mu F$
 Ch1: V_{IN} , 100 V/格
 Ch2: V_{OUT} , 20 V/格
 Ch3: I_{IN} , 200 mA/格
 Ch4: I_{OUT} , 50 mA/格, 10 ms/格

12.5 漏极电压和电流波形: 正常工作到输出短路

在短路期间电感中未出现饱和, 电感电流由 I_{LIM} 限制。

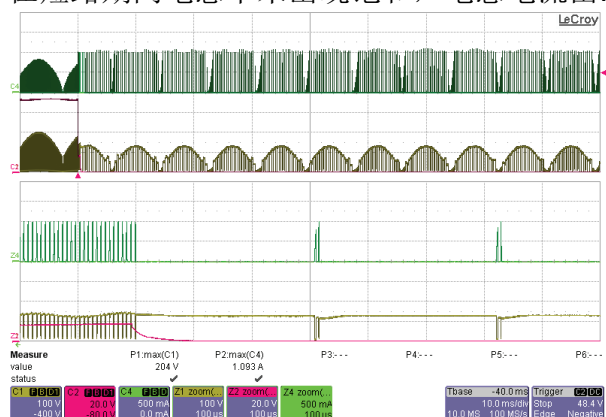


图34 – 90 VAC/60 Hz, 正常工作然后发生短路

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V/格
 Ch2: V_{OUT} , 20 V/格
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A/格, 10 ms/格
 Z4: I_{DRAIN} , 0.5A/格, 100 μs /格

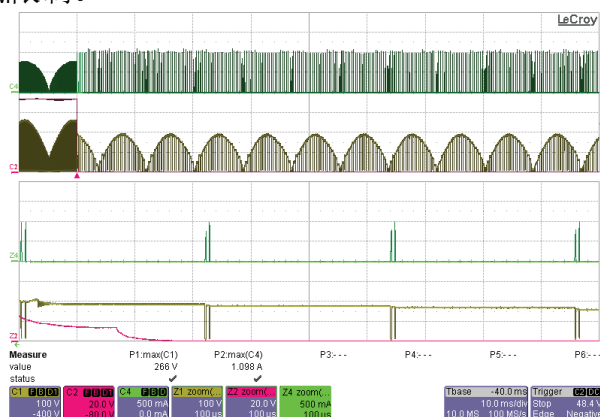


图35 – 132 VAC/60 Hz, 正常工作然后发生短路

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V/格
 Ch2: V_{OUT} , 20 V/格
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A/格, 10 ms/格
 Z4: I_{DRAIN} , 0.5A/格, 100 μs /格



12.6 漏极电压和电流波形: 输出短路时启动

在输出短路的情况下启动时, 电感中未出现饱和, 原因在于器件内置了软启动功能。

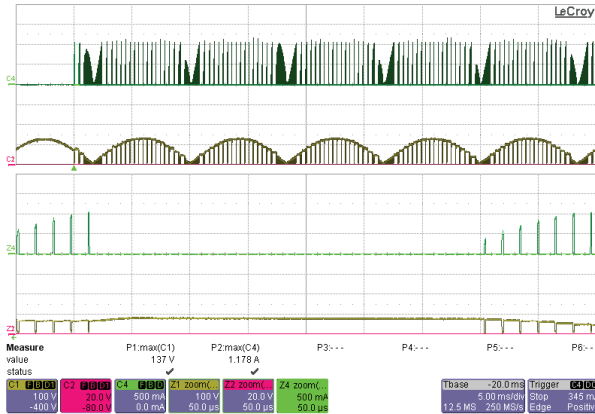


图36 – 90 VAC/50 Hz, 输出短路

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V/格
 Ch2: V_{OUT} , 20 V/格
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A/格, 5 ms/格
 Z4: I_{DRAIN} , 0.5A/格, 50 μ S/格

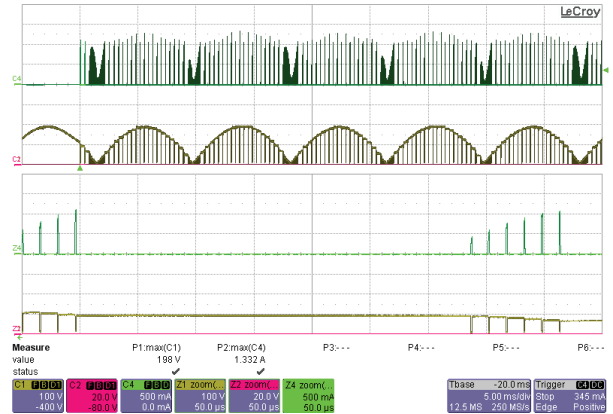


图37 – 132 VAC/50 Hz, 输出短路

Ch1: V_{DRAIN} , 100 V/格
 Ch2: V_{OUT} , 20 V/格
 Ch4: I_{DRAIN} , 0.5 A/格, 5 ms/格
 Z4: I_{DRAIN} , 0.5A/格, 50 μ S/格

12.7 空载工作

驱动器在空载工作时受到保护, U1采用跳周期工作方式。

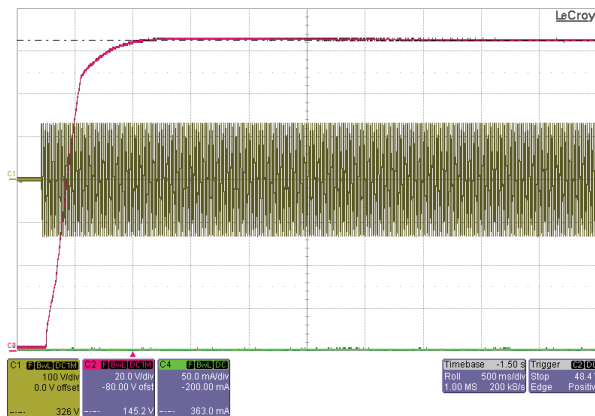


图38 – 90 VAC/60 Hz, 空载启动

Ch2: V_{OUT} , 100 V/格
 Ch1: V_{IN} , 20 V/格
 时间量程: 500 ms/格

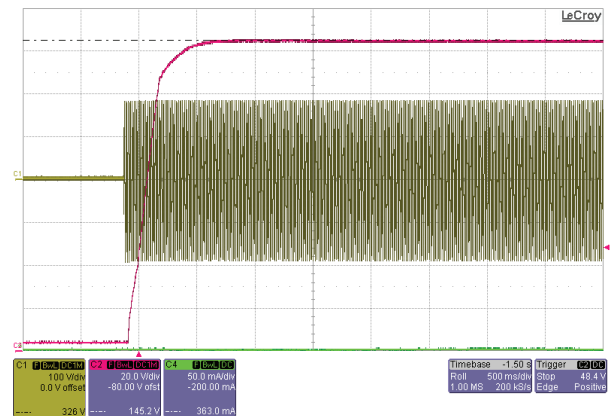


图39 – 132 VAC/60 Hz, 空载启动

Ch2: V_{OUT} , 100 V/格
 Ch1: V_{IN} , 20 V/格
 时间量程: 500 ms/格



12.8 交流电循环上电

本参考设计未出现可见延迟。

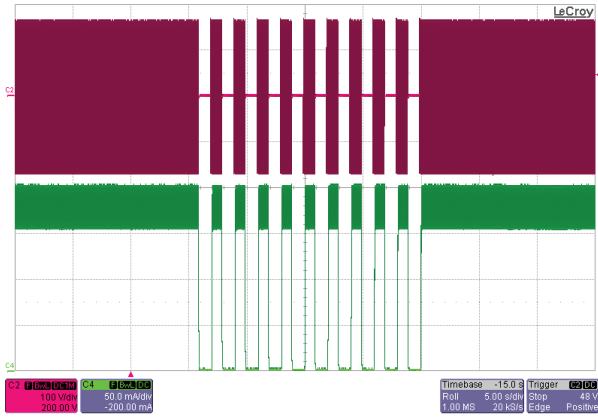


图40 – 120 VAC/60 Hz,
1 s导通 – 1 s关断
负载: 72 V LED灯串
Ch1: V_{IN} , 100 V/格
Ch4: I_{OUT} , 50 mA/格
时间量程: 5 s/格

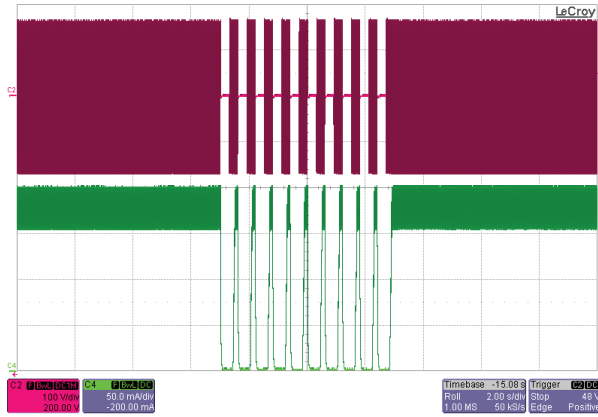


图41 – 120 VAC/60 Hz,
300 ms导通 – 300 ms关断
负载: 72 V LED灯串
Ch1: V_{IN} , 100 V/格
Ch4: I_{OUT} , 50 mA/格
时间量程: 5 s/格



12.9 调光示例波形

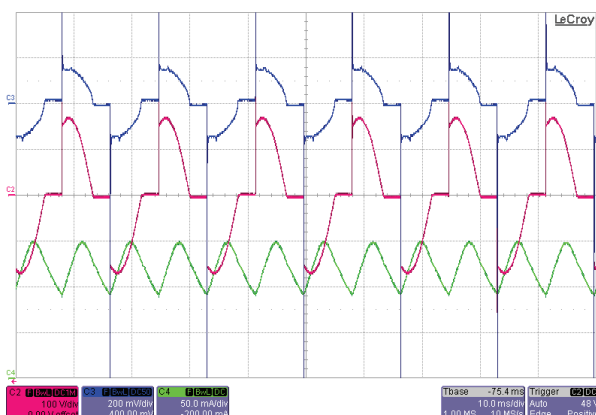


图42 – 120 VAC/60 Hz, LG-603PGH调光器

完全可控硅导通

负载: 72 V LED灯串

Ch2: V_{OUT} , 100 V/格Ch3: I_{IN} , 200 mA/格Ch4: I_{OUT} , 50 mA/格

时间量程: 10 ms/格

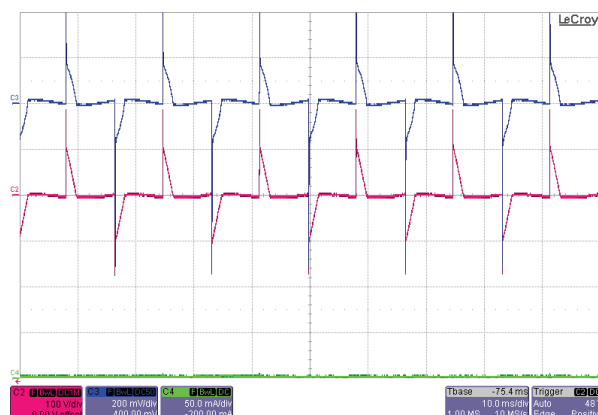


图43 – 120 VAC/60 Hz, LG-603PGH调光器

最小可控硅导通

负载: 72 V LED灯串

Ch2: V_{OUT} , 100 V/格Ch3: I_{IN} , 200 mA/格Ch4: I_{OUT} , 50 mA/格

时间量程: 10 ms/格

请参见“参考设计与调光器的兼容性”部分，了解针对此LED驱动器所评估的各调光器。



12.9.1 输入浪涌波形

12.9.2 差模输入浪涌

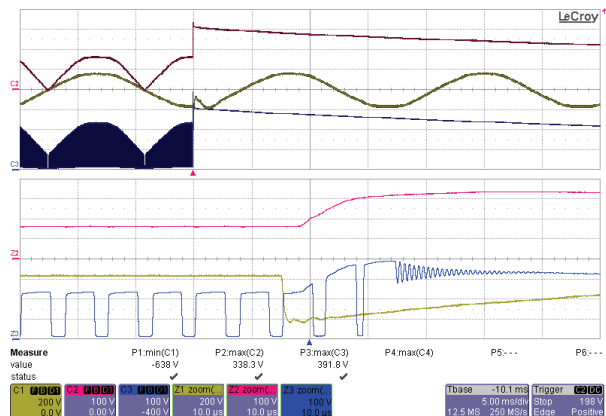


图44 – 120 VAC/60 Hz, 72 V负载,
 $V_{DS} = 391.8 V_{PK}$
 (+) 50 V差模输入浪涌, 导通角度 90°
 Ch1: V_{IN} , 200 V/格
 Ch2: V_{BULK} , 100 V/格
 Ch4: V_{DS} , 100 V/格, 5 ms/格
 缩放时间量程: 10 μ s/格

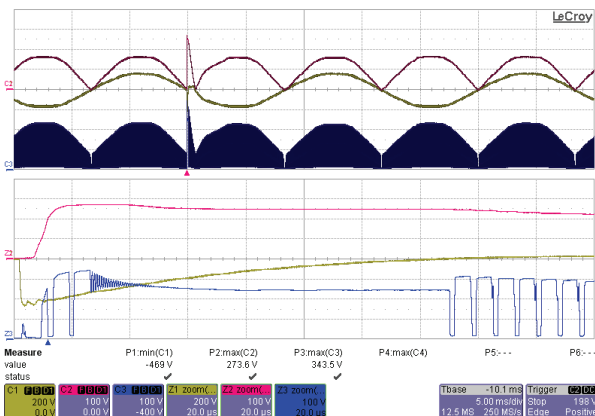


图45 – 120 VAC/60 Hz, 72 V负载,
 $V_{DS} = 343.5 V_{PK}$
 (+) 50 V差模输入浪涌, 导通角度 0°
 Ch1: V_{IN} , 200 V/格
 Ch2: V_{BULK} , 100 V/格
 Ch4: V_{DS} , 100 V/格, 5 ms/格
 缩放时间量程: 20 μ s/格

12.9.3 差模振铃浪涌

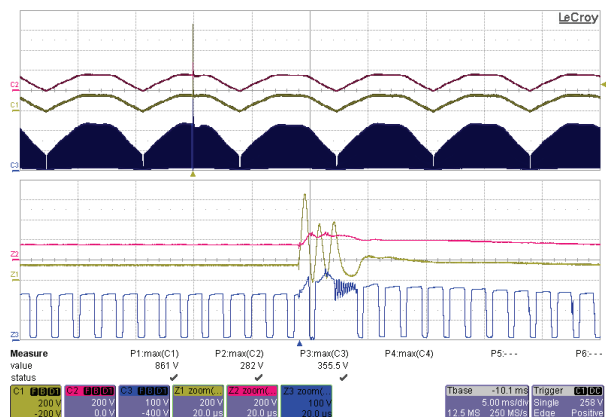


图46 – 120 VAC/60 Hz, 72 V负载,
 $V_{DS} = 391.8 V_{PK}$
 (+) 50 V差模振铃浪涌, 导通角度 90°
 Ch1: V_{BRIDGE} , 200 V/格
 Ch2: V_{BULK} , 200 V/格
 Ch4: V_{DS} , 100 V/格, 5 ms/格
 缩放时间量程: 20 μ s/格

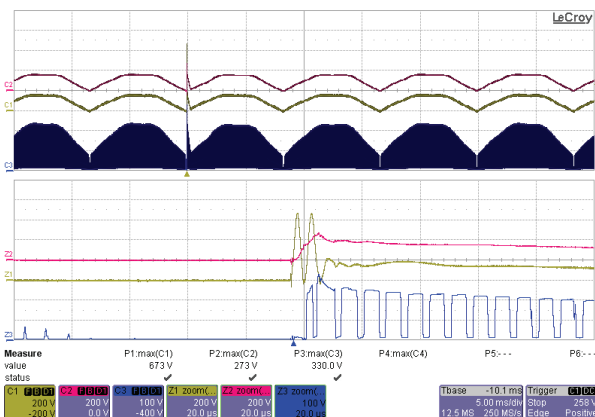


图47 – 120 VAC/60 Hz, 72 V负载,
 $V_{DS} = 343.5 V_{PK}$
 (+) 50 V差模振铃浪涌, 导通角度 0°
 Ch1: V_{BRIDGE} , 200 V/格
 Ch2: V_{BULK} , 200 V/格
 Ch4: V_{DS} , 100 V/格, 5 ms/格
 缩放时间量程: 20 μ s/格



13 输入浪涌

将输入电压设定在120 VAC/60 Hz。输出加载了72 V LED灯串，在每次浪涌事件后验证工作状况。在下面两种条件下对两个驱动器进行了验证。

根据IEC61000-4-5标准，差模输入线1.2/50 μ s浪涌测试在一个测试电源上完成。

浪涌水平 (V)	输入电压 (VAC)	注入位置	注入相位 (°)	测试结果 (通过/失败)
+500	120	L到N	0	通过
-500	120	L到N	270	通过
+500	120	L到N	90	通过
-500	120	L到N	180	通过

根据IEC61000-4-5标准，差模输入线振铃浪涌测试在一个测试电源上完成。

浪涌水平 (V)	输入电压 (VAC)	注入位置	注入相位 (°)	测试结果 (通过/失败)
+2500	120	L到N	0	通过
-2500	120	L到N	270	通过
+2500	120	L到N	90	通过
-2500	120	L到N	180	通过

被测电源在所有测试条件下均通过测试。



14 传导EMI

14.1 设备

接收器:

Rohde & Schwartz
ESPI - 测试接收器(9 kHz – 3 GHz)
型号: ESPI3

LISN:

Rohde & Schwartz
Two-Line-V-Network
型号: ENV216

14.2 EMI测试设置

通常情况下, LED驱动器会放置在圆锥形金属壳体内(针对自镇流灯泡; CISPR15第7.2版), 但由于在对被测电源进行测试时, 没有灯壳体可用, 而是采用了下图所示的方法进行评估。



图48 – 传导辐射测试设置



14.3 EMI测试结果

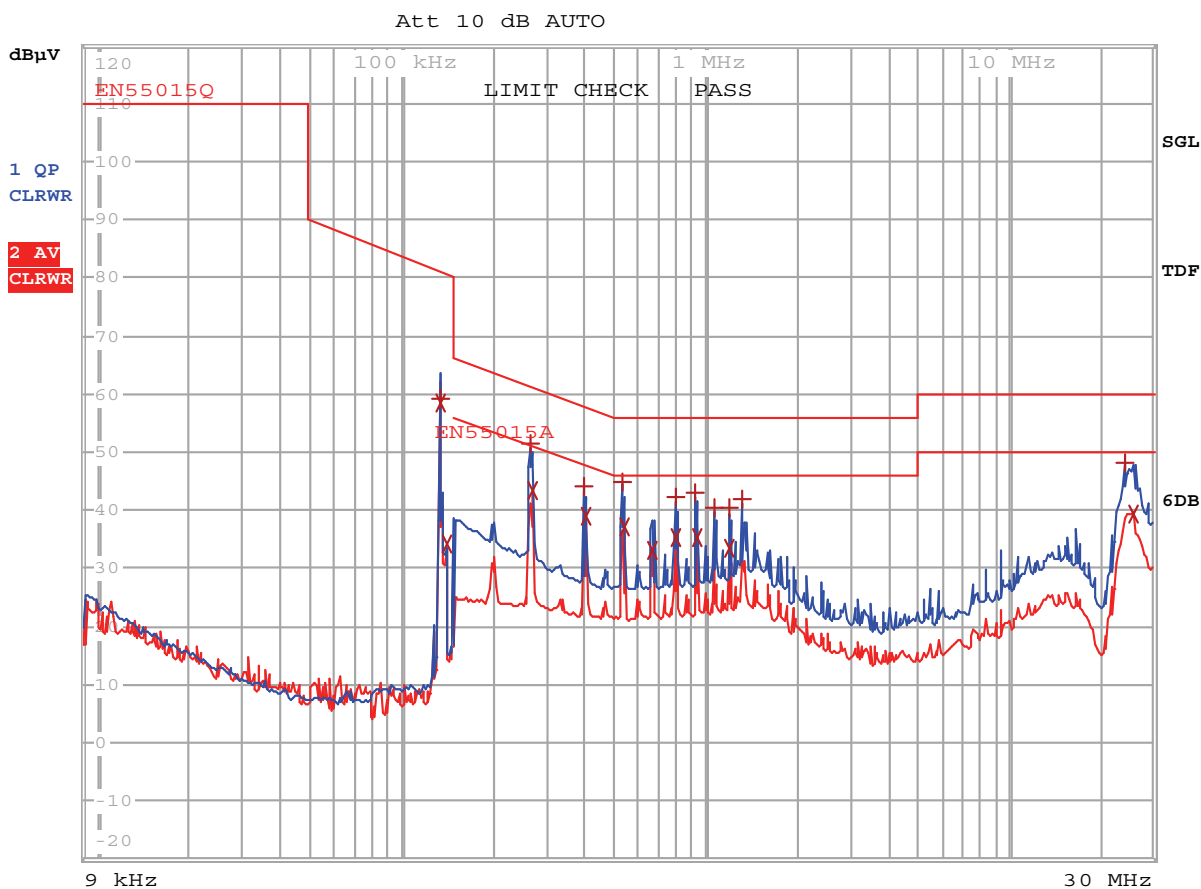


图49 – 传导EMI, 72 V输出/170 mA稳态负载, 120 VAC, 60 Hz, EN55015限值



EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)

```
Trace1:      EN55015Q
Trace2:      EN55015A
Trace3:      ---
```

TRACE	FREQUENCY	LEVEL	dB μ V	DELTA LIMIT	dB
1 Quasi Peak	133.454986145 kHz	59.23	N gnd	-21.83	
2 Average	133.454986145 kHz	58.28	L1 gnd		
2 Average	140.262531674 kHz	34.24	L1 gnd		
1 Quasi Peak	264.49018761 kHz	51.33	N gnd	-9.95	
2 Average	267.135089486 kHz	43.45	N gnd	-7.75	
1 Quasi Peak	397.727746704 kHz	44.12	N gnd	-13.77	
2 Average	401.705024172 kHz	39.02	N gnd	-8.79	
1 Quasi Peak	530.769219795 kHz	44.94	N gnd	-11.05	
2 Average	536.076911993 kHz	37.24	N gnd	-8.75	
2 Average	667.263434405 kHz	33.13	N gnd	-12.86	
1 Quasi Peak	798.145472681 kHz	42.15	N gnd	-13.84	
2 Average	798.145472681 kHz	35.34	N gnd	-10.65	
1 Quasi Peak	926.622115652 kHz	43.07	N gnd	-12.92	
2 Average	935.888336808 kHz	35.13	N gnd	-10.86	
1 Quasi Peak	1.06512822736 MHz	40.39	N gnd	-15.60	
1 Quasi Peak	1.20021314689 MHz	40.43	N gnd	-15.56	
2 Average	1.20021314689 MHz	33.33	N gnd	-12.66	
1 Quasi Peak	1.32578199726 MHz	41.85	N gnd	-14.14	
1 Quasi Peak	23.9878811379 MHz	48.01	L1 gnd	-11.98	
2 Average	25.4636191981 MHz	39.24	L1 gnd	-10.75	

图50 – 传导EMI, 72 V/170 mA稳态负载, 120 VAC, 60 Hz, EN55015限值相线和零线扫描设计裕量测量



15 版本历史

日期	作者	修订版本	说明与变更	审核者
2013年4月9日	JDC	1.0	初始版本	Apps & Mktg



有关最新产品信息, 请访问: www.powerint.com

Power Integrations reserves the right to make changes to its products at any time to improve reliability or manufacturability. Power Integrations does not assume any liability arising from the use of any device or circuit described herein. POWER INTEGRATIONS MAKES NO WARRANTY HEREIN AND SPECIFICALLY DISCLAIMS ALL WARRANTIES INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY RIGHTS.

PATENT INFORMATION

The products and applications illustrated herein (including transformer construction and circuits' external to the products) may be covered by one or more U.S. and foreign patents, or potentially by pending U.S. and foreign patent applications assigned to Power Integrations. A complete list of Power Integrations' patents may be found at www.powerint.com. Power Integrations grants its customers a license under certain patent rights as set forth at <http://www.powerint.com/ip.htm>.

The PI Logo, TOPSwitch, TinySwitch, LinkSwitch, DPA-Switch, PeakSwitch, CAPZero, SENZero, LinkZero, HiperPFS, HiperTFS, HiperLCS, Qspeed, EcoSmart, Clampless, E-Shield, Filterfuse, StackFET, PI Expert and PI FACTS are trademarks of Power Integrations, Inc. Other trademarks are property of their respective companies. ©Copyright 2012 Power Integrations, Inc.

Power Integrations全球销售支持网络**全球总部**

5245 Hellyer Avenue
San Jose, CA 95138, USA.
Main: +1-408-414-9200
Customer Service:
Phone: +1-408-414-9665
Fax: +1-408-414-9765
e-mail: usasales@powerint.com

德国

Lindwurmstrasse 114
80337, Munich
Germany
Phone: +49-895-527-39110
Fax: +49-895-527-39200
e-mail: eurosales@powerint.com

日本

Kosei Dai-3 Building
2-12-11, Shin-Yokohama,
Kohoku-ku, Yokohama-shi,
Kanagawa 222-0033
Japan
Phone: +81-45-471-1021
Fax: +81-45-471-3717
e-mail: japansales@powerint.com

台湾

5F, No. 318, Nei Hu Rd.,
Sec. 1
Nei Hu District
Taipei 114, Taiwan R.O.C.
Phone: +886-2-2659-4570
Fax: +886-2-2659-4550
e-mail: taiwansales@powerint.com

中国 (上海)

Rm 1601/1610, Tower 1
Kerry Everbright City
No. 218 Tianmu Road West
Shanghai, P.R.C. 200070
Phone: +86-021-6354-6323
Fax: +86-021-6354-6325
e-mail: chinasales@powerint.com

印度

#1, 14th Main Road
Vasanthanagar
Bangalore-560052
India
Phone: +91-80-4113-8020
Fax: +91-80-4113-8023
e-mail: indiasales@powerint.com

韩国

RM 602, 6FL
Korea City Air Terminal B/D,
159-6
Samsung-Dong, Kangnam-Gu,
Seoul, 135-728 Korea
Phone: +82-2-2016-6610
Fax: +82-2-2016-6630
e-mail: koreasales@powerint.com

欧洲总部

1st Floor, St. James's House
East Street, Farnham
Surrey GU9 7TJ
United Kingdom
Phone: +44 (0) 1252-730-141
Fax: +44 (0) 1252-727-689
e-mail: eurosales@powerint.com

中国 (深圳)

3rd Floor, Block A, Zhongtuo
International Business Center, No.
1061, Xiang Mei Road, FuTian District,
ShenZhen, China, 518040
Phone: +86-755-8379-3243
Fax: +86-755-8379-5828
e-mail: chinasales@powerint.com

意大利

Via Milanese 20, 3rd Fl.
20099 Sesto San Giovanni
(MI) Italy
Phone: +39-024-550-8701
Fax: +39-028-928-6009
e-mail: eurosales@powerint.com

新加坡

51 Newton Road,
#19-01/05 Goldhill Plaza
Singapore, 308900
Phone: +65-6358-2160
Fax: +65-6358-2015
e-mail: singaporesales@powerint.com

技术支持热线

World Wide +1-408-414-9660

技术支持传真

World Wide +1-408-414-9760



Power Integrations, Inc.

电话: +1 408 414 9200 传真: +1 408 414 9201
www.powerint.com