

设计范例报告

标题	使用LYTSwitch™-0 LYT0006P/D设计的12 W 非调光、非隔离降压式LED驱动器
规格	190 VAC – 265 VAC输入； 85 V _{NOM} ， 135 mA输出
应用	T8灯管替换应用
作者	应用工程部
文档编号	DER-384
日期	2013年10月8日
修订版本	1.0

特色概述

- 单级高功率因数校正（在230 VAC下PF>0.7）与精确恒流(CC)输出相结合
- 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VAC输入范围内效率>90%
- 快速启动时间(<100 ms) – 无可见延迟
- 集成的保护及可靠性能
 - 单脉冲空载保护
 - 输出短路保护，带自动恢复功能
 - 自动恢复迟滞热关断可同时保护元件和印刷电路板
 - 在AC电压缓降条件下不会造成任何损坏
- 满足IEC振铃波、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。

目录

1	简介	3
2	电源规格	5
3	电路原理图.....	6
4	电路描述	7
4.1	输入EMI滤波.....	7
4.2	LYTSwitch-0	7
4.3	输出整流.....	8
4.4	输出反馈.....	8
4.5	空载保护	8
5	PCB布局.....	9
6	物料清单(BOM).....	10
7	电感设计表格.....	11
8	性能数据	13
8.1	带载模式效率.....	14
8.2	输出电流调整.....	15
8.2.1	不同线电压和负载下的输出电流调整	15
8.3	负载调整.....	16
8.4	功率因数.....	17
9	热性能.....	18
9.1	所用设备.....	18
9.2	热结果.....	19
9.3	热扫描.....	20
10	波形	22
10.1	漏极电压和电流, 正常工作.....	22
10.2	输出短路时的漏极电压和电流	25
10.3	漏极电压和电流启动特征	26
10.4	输出电流启动特征	27
10.5	输入-输出特征	28
10.6	电压跌落和浪涌.....	30
10.7	一次性空载保护.....	31
10.8	电压跌落/缓升	32
11	输入浪涌	33
12	传导EMI.....	35
13	版本历史.....	40

重要说明:

虽然本电路板的设计满足安全隔离要求, 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

本文档介绍的是一款使用LYTSwitch™-0系列器件(LYT0006D)设计的高度紧凑、高性价比的降压式电源。

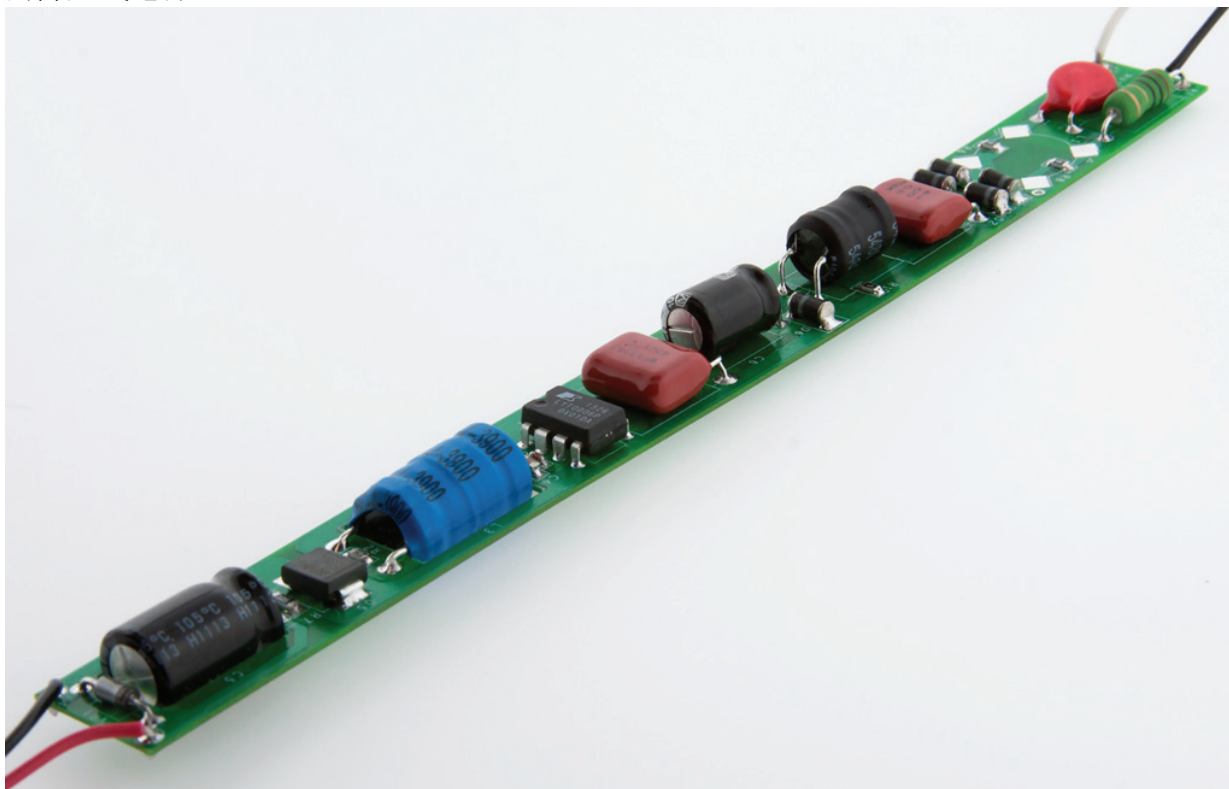


图1 - 装配后的电路板

该电源可以在190 VAC至265 VAC的输入电压范围内进行工作。DC总线电压非常高，足以在使用降压拓扑时支持85 V输出。在降压式转换器中，输出电压必须始终低于输入电压。此外，输出电压还受到LYTSwitch-0最大占空比的限制（这也要求输入电压必须高于输出电压）。

本参考设计并不局限于镇流灯应用的LED灯管；由于设计简单，设计布局可轻易进行修改，以装入替换灯中。

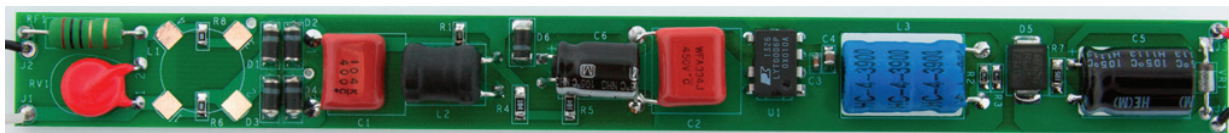


图2 - 装配后的电路板，P封装（顶视图）





图3 - 装配后的电路板, P封装 (底视图)

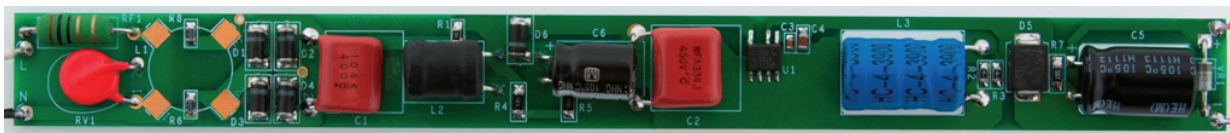


图4 - 装配后的电路板, D封装 (顶视图)



图5 - 装配后的电路板, D封装 (底视图)

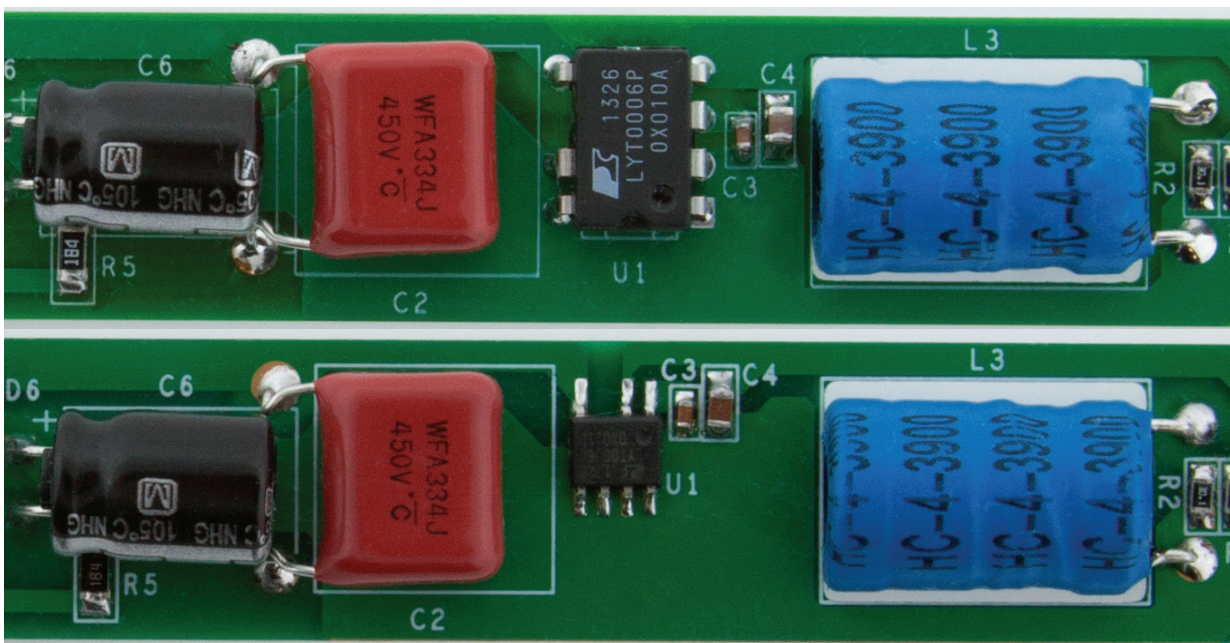


图6 - 有2个LYTSwitch-0封装选项可供该应用选用 - 唯一的差异是温升, P封装低5 °C



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 输入电压	V_{IN}	190		265	VAC	双导线 - 无P.E. 工作频率不受限制。如果应用 采用400 Hz线电压频率, 则请调整检测电阻。	
频率	f_{LINE}	47	50/60		Hz		
输出 输出电压	V_{OUT}	83	85	88	V	200 VAC - 240 VAC时为±4%	
输出电流	I_{OUT}		82		mA		
总输出功率 连续输出功率	P_{OUT}			12	W		
效率 240 VAC; 85 V LED	η	90			%	在 P_{OUT} 、25°C条件下测得	
功率因数 240 VAC; 85 V LED	PF	0.7				在 P_{OUT} 、25°C条件下测得	
环境 传导EMI		满足CISPR22B / EN55015B要求					1.2/50 μ s浪涌, IEC 1000-4-5, 串联电阻: 差模: 2 Ω 500 A短路串联电阻: 差模: 2 Ω
输入浪涌 差模(L1-L2)			1		kV		
振铃波(100 kHz) 差模(L1-L2)			2.5		kV		



3 电路原理图

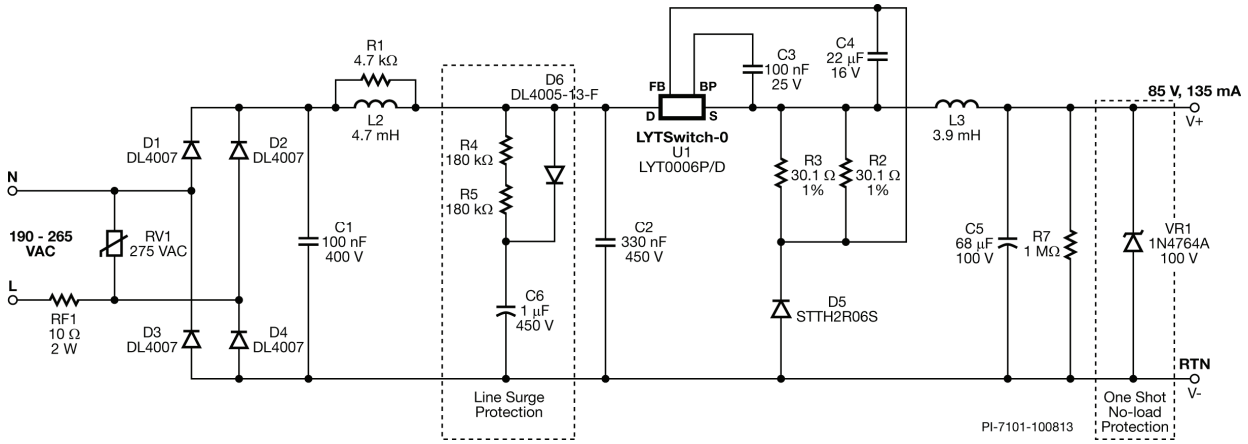


图7 - 电路原理图

注意: 齐纳二极管VR1是可选元件，用于提供一次性空载保护。有关其他的OVP保护选项，请参考应用指南AN-60。



4 电路描述

图7所示的电源在高端降压式配置中采用了LYT0006P (U1)，用以提供135 mA的恒流输出，输出电压为85 VDC。该电源用于驱动LED，而LED需要始终获得恒流(CC)电源的驱动。

4.1 输入EMI滤波

保险丝RF1提供短路保护。二极管D1、D2、D3和D4共同形成一个提供全波整流的全桥，可获得良好的功率因数。在布局中使用四个单独的二极管，而不是一个单独的封装，用以平均分配功率耗散（热量）并降低成本。电容C1和C2以及差模扼流圈L2形成一个 π 滤波器，用以满足传导EMI标准。电容C1和C2还可用来储存能量，以降低线路噪声和提供输入浪涌保护。在电路板上放置了一个额外的共模扼流圈(L1)，以便需要提供更大的电感量来满足系统的EMI要求。

对于1 kV及以上的差模输入浪涌，RCD (C6、D6、R4和R5) 电路和MOV (RV1)用来箝位来自输入线路的浪涌能量。对于2 kV及以上的浪涌，可使用一个具有较高 I^2t 额定值的普通保险丝来替代RF1。对于500 V差模输入浪涌，可去除RCD电路。2.5 kV的差模输入浪涌只需要RV1来提供AC整流器保护。

本参考设计的滤波器经过优化，能够实现高PF。通过正确的组合以及 π 滤波器和输出电压的优化，可在额定输入下实现0.7的PF值。

4.2 LYTSwitch-0

使用LYTSwitch-0能够设计出简单的高性价比LED驱动器，它不仅具有良好的线电压调整率，而且温度调整范围介于0至100°C之间（LYTSwitch-0壳体温度）。PIXIs设计表格通过平衡功率电感和检测电阻可以实现最佳的线电压调整率。总输入电容经过优化，能够提供尽可能高的功率因数，具体做法是降低输入电流中的失真度并将输入电流扩散到整个AC周期。

LYTSwitch-0产品系列具有内置的发热限制，可以在灯泡的工作温度过高时对电源提供保护。

降压式转换器级包括LYT0006D (U1)内的集成功率MOSFET开关、续流二极管(D5)、检测电阻 (R2和R3)、功率电感L3和输出电容(C5)。转换器大部分时间都在非连续导通模式(DCM)下工作，以便提供所需的输出电流。该设计选用了快速续流二极管，用来将开关损耗降至最小。

在电源转换器中使用了一个现成有售的标准电感，用来降低设计成本。

降低输出电容(C5)的电容值并不会限制驱动器的工作。实际上，可以在要求低输出电流纹波的直接驱动应用中去除C5。



4.3 输出整流

对于此功率水平，功率电感大部分时间都在连续导通模式下进行工作，设计中采用了一个快速输出二极管(D5)，用来降低反向电流（建议 $t_{RR} < 35 \text{ nS}$ ），从而实现高效率 and 低热工作。

4.4 输出反馈

调整通过跳过开关周期得以维持。当输出电流增大时，进入反馈(FB)引脚的电压将随之升高。如果该电压超过 V_{FB} ，将跳过随后的开关周期，直到电压降低到 V_{FB} 以下。输出电流由R2和R3检测并由C4滤波，然后反馈至FB引脚并与内部参考进行比较，从而提高调整精度。实现良好的线电压调整率的关键在于，在计算出最小电感量后平衡功率电感和检测电阻的取值。这可以通过PIXIs设计表格来完成。

旁路电容(C4)连接在FB引脚和源极(S)引脚之间，有助于在检测输出电流时降低功耗。电容可以为FB引脚提供采样和维持反馈电流的信息。在FB引脚和C4之间不需要放置限流电阻，因为峰值电压不会超出器件的最大额定值。

4.5 空载保护

本设计中集成了可选的一次性空载保护电路。在出现意外空载工作的情况，输出电容将受到VR1的保护。齐纳二极管VR1需要在故障后进行更换。有关其他的OVP保护选项，请参考应用指南AN-60。

在实际工作中（LED替换灯），负载是始终保持连接，VR1并非必要元件，因此可去掉VR1以节省成本。对于意外负载断开，特别是在制造过程中的板级测试期间，可以先向输入端施加70 VAC的电压，然后测量输出电流以确定负载是否已断开。这种测试允许对电路板进行安全无损的初始上电，而不需要过压保护电路。



5 PCB布局

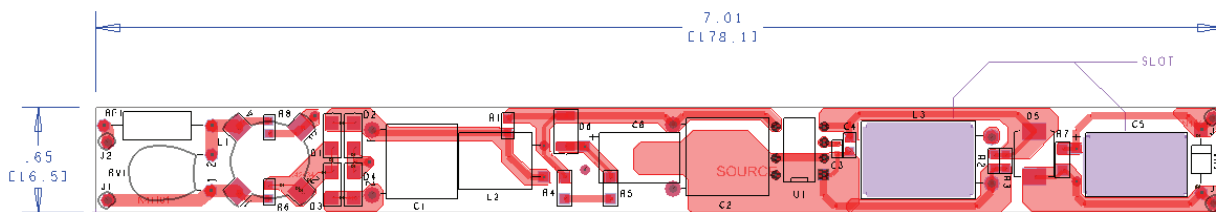


图8 – DIP-8 P封装印刷电路板布局 (顶视图)

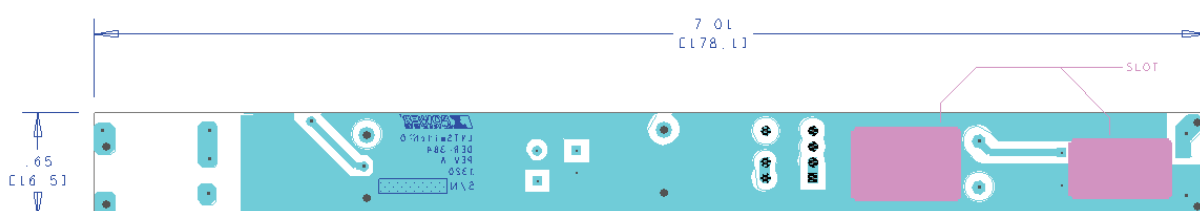


图9 – P封装印刷电路板布局 (底视图)

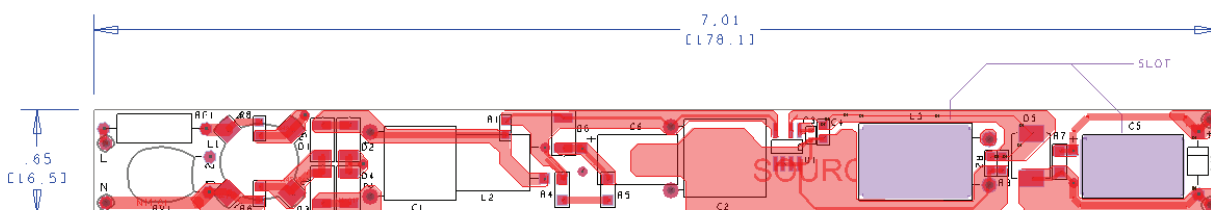


图10 – SO-8 D封装印刷电路板布局 (顶视图)

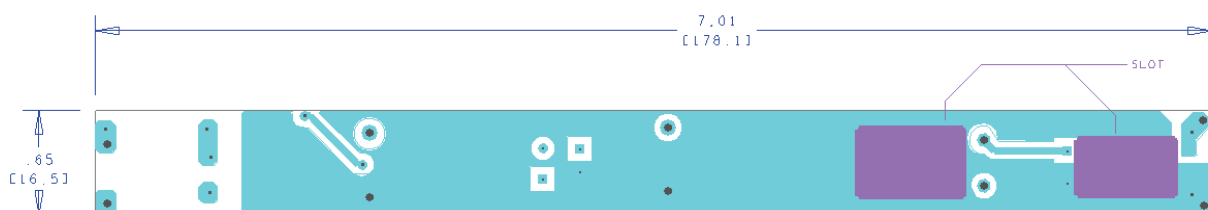


图11 – D封装印刷电路板布局 (底视图)



6 物料清单(BOM)

项	数量	参考序号	说明	生产商元件编号	生产厂商
电气					
1	1	C1	100 nF, 400 V, 薄膜	ECQ-E4104KF	Panasonic
2	1	C2	330 nF, 450 V, METALPOLYPRO	ECW-F2W334JAQ	Panasonic
3	1	C3	100 nF, 25 V, 陶瓷, X7R, 0603	VJ0603Y104KNXAO	Vishay
4	1	C4	22 μ F, 16 V, 陶瓷, X7R, 0805	C2012X5R1C226K	TDK
5	1	C5	68 μ F, 100 V, 电解, 通用, (10 x 16)	UHE2A680MPD	Nichicon
6	1	C6	1.0 μ F, 450 V, 电解, NHG, (8 x 11.5)	ECA-2WHG010	Panasonic
7	4	D1 D2 D3 D4	1000 V, 1 A, 整流管, 玻璃钝化, DO-213AA (MELF)	DL4007-13-F	Diodes, Inc.
8	1	D5	超快二极管, 600 V, 2 A HE SMC, DO-214AB	STTH2R06S	ST Micro
9	1	D6	600 V, 1 A, 整流管, 玻璃钝化, DO-213AA (MELF)	DL4005-13-F	Diodes, Inc.
10	1	L2	4.7 mH, 0.150 A, 20%	RL-5480-3-4700	Renco Elect
11	1	L3	3.9 mH, 0.250 A, 20%	RL-5480HC-4-3900	Renco Elect
12	1	R1	4.7 k Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ472V	Panasonic
13	2	R2 R3	31/8 Ω , 1%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6ENF30R1V	Panasonic
14	2	R4 R5	180 k Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ184V	Panasonic
15	1	R7	1 M Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ105V	Panasonic
16	1	RF1	10 Ω , 5%, 2 W, 线绕, 可熔	FW20A10R0JA	Bourns
17	1	RV1	275 V, 23 J, 7 mm, 径向	V275LA4P	Littlefuse
18	1	U1	LYTSwitch-0, DIP-8B	LYT0006P/D	Power Integrations
19	1	VR1	100 V, 5%, 1 W, DO-41	1N4764A-TAP	Vishay
机械					
16	1	WIRE(V-)	导线, UL1007,# 24 AWG, 黑色, PVC, 4"	1007-24/7-0	Anixter
17	1	WIRE (L)	导线, UL1007,# 24 AWG, 蓝色, PVC, 4"	1007-24/7-6	Anixter
18	1	WIRE(V+)	导线, UL1007,# 24 AWG, 红色, PVC, 4"	1007-24/7-2	Anixter
19	1	WIRE(N)	导线, UL1007,# 24 AWG, 白色, PVC, 4"	1007-24/7-9	Anixter
20	1	PCB	FR4, 0.31, 1 Oz Cu (0.65" X 7.0")		



7 电感设计表格

ACDC_LYTSwitchZero_052813: 修订版0.8; 版权所有 Power Integrations 2013	输入	信息	输出	单位	LYTSwitchZero_Rev_0-8.xls: LYTSwitchZero设计表格
输入变量					
VACMIN	190		190	Volts	最小AC输入电压
VACNOM	230		230		
VACMAX	265		265	Volts	最大AC输入电压
FL	50		50	Hertz	线电压频率
VO	85		85	Volts	输出电压
IO	135		135	mA	输出电流
Pout			11.5	W	
效率	0.90		0.90		总体效率估计值 (调整以匹配计算值, 或输入实测效率)
CIN	0.43		0.43	uF	输入滤波电容
DC输入变量					
VMIN			85.70624	Volts	最小DC总线电压
VMAX			374.7666	Volts	
LYTSwitchZero					
LYTSwitchZero	LYT0006		LYT0006		
ILIMIT			0.375	Amp	典型电流限制
ILIMIT_MIN			0.33275	Amp	最小电流限制
ILIMIT_MAX			0.401	Amp	最大电流限制
FSMIN			62000	Hertz	最小开关频率
IRMS			110.4053	mA	通过LYTSwitch的预计RMS电流
VDS			4.8375	Volts	最大导通状态漏-源极电压降
二极管					
VD			0.7	Volts	续流二极管正向电压降
VRR			400	Volts	续流二极管推荐的PIV额定值
IF			1	Amp	推荐的二极管连续电流额定值
二极管推荐			BYV26C		建议的续流二极管
输出电感					
磁芯类型	现成有售		现成有售		在铁氧体磁芯与现成有售磁芯之间进行选择
磁芯尺寸					选择磁芯尺寸
自定义磁芯					输入定制磁芯描述 (如使用)
AE			不适用	mm ²	磁芯等效截面积
LE			不适用	mm	磁芯等效路径长度
AL			不适用	nH/T ²	无气隙磁芯等效电感量
BW			不适用	mm	骨架绕线宽度
NL			不适用		电感的圈数
BP			不适用	高斯	峰值磁通密度
LG			不适用	mm	气隙长度
OD			不适用		初级绕组最大线径 (包括绝缘层)
INS			不适用		估计的总绝缘层厚度 (= 2 * 膜厚度)
DIA			不适用		裸线直径
AWG			不适用		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			不适用		以Cmil为单位的裸线等效面积
CMA			不适用		!!! 提高 CMA > 200 (增加L (初级绕组层数), 减小NS, 使用较大磁芯)



L			不适用		
LP	3510		3510	uH	输出电感, 推荐的标准值
IO_Average			135.7396	mA	平均输出电流
ILRMS			174.5175	mA	估计的RMS电感电流 (在VMAX下)
FEEDBACK COMPONENTS					
RFB	15.05		15.05	Ohms	反馈电阻。使用最接近标准1%的值。
CFB			22	uF	反馈电容
输出调整					
IO_VACMIN			135.7396	mA	输出电流 (在VACMIN下)
IO_VACNOM			136.7358	mA	输出电流 (在VACNOM下)
IO_VACMAX			135.3795	mA	输出电流 (在VACMAX下)



8 性能数据

所有测量均在室温($\approx 25\text{ }^{\circ}\text{C}$)下进行, 除非另有指定。

输入		输入测量				LED负载测量			调整率 (%)	效率 (%)
VAC (V _{RMS})	频率 (Hz)	V _{IN} (V _{RMS})	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PF	V _{OUT} (V _{DC})	I _{OUT} (mA _{DC})	P _{OUT} (W)		
V_{OUT}最小值										
190	50	189.93	83.76	12.377	0.778	82.0	136.2	11.190	0.89	90.41
200	50	199.89	81.65	12.432	0.762	82.0	136.6	11.230	1.19	90.33
220	50	219.95	78.22	12.460	0.724	82.0	136.6	11.220	1.19	90.05
240	50	239.93	75.75	12.459	0.686	82.0	136.2	11.180	0.89	89.73
265	50	264.97	73.32	12.464	0.642	81.9	135.8	11.140	0.59	89.38
V_{OUT}额定值										
190	50	189.95	84.98	12.777	0.792	85.0	135.7	11.580	0.52	90.63
200	50	199.89	82.94	12.818	0.773	85.0	136.1	11.600	0.81	90.50
220	50	219.95	79.45	12.924	0.740	85.1	136.9	11.670	1.41	90.30
240	50	239.93	76.78	12.922	0.701	85.1	136.5	11.630	1.11	90.00
265	50	264.97	74.40	12.930	0.656	85.1	136.1	11.590	0.81	89.64
V_{OUT}最大值										
190	50	189.95	86.14	13.173	0.805	88.1	135.4	11.970	0.30	90.87
200	50	199.89	84.04	13.230	0.788	88.1	135.8	12.000	0.59	90.70
220	50	219.95	80.51	13.307	0.752	88.2	136.3	12.050	0.96	90.55
240	50	239.93	77.84	13.391	0.717	88.2	136.7	12.080	1.26	90.21
265	50	264.97	75.55	13.417	0.670	88.2	136.4	12.050	1.04	89.81

表1 – 被测电源测试数据



8.1 带载模式效率

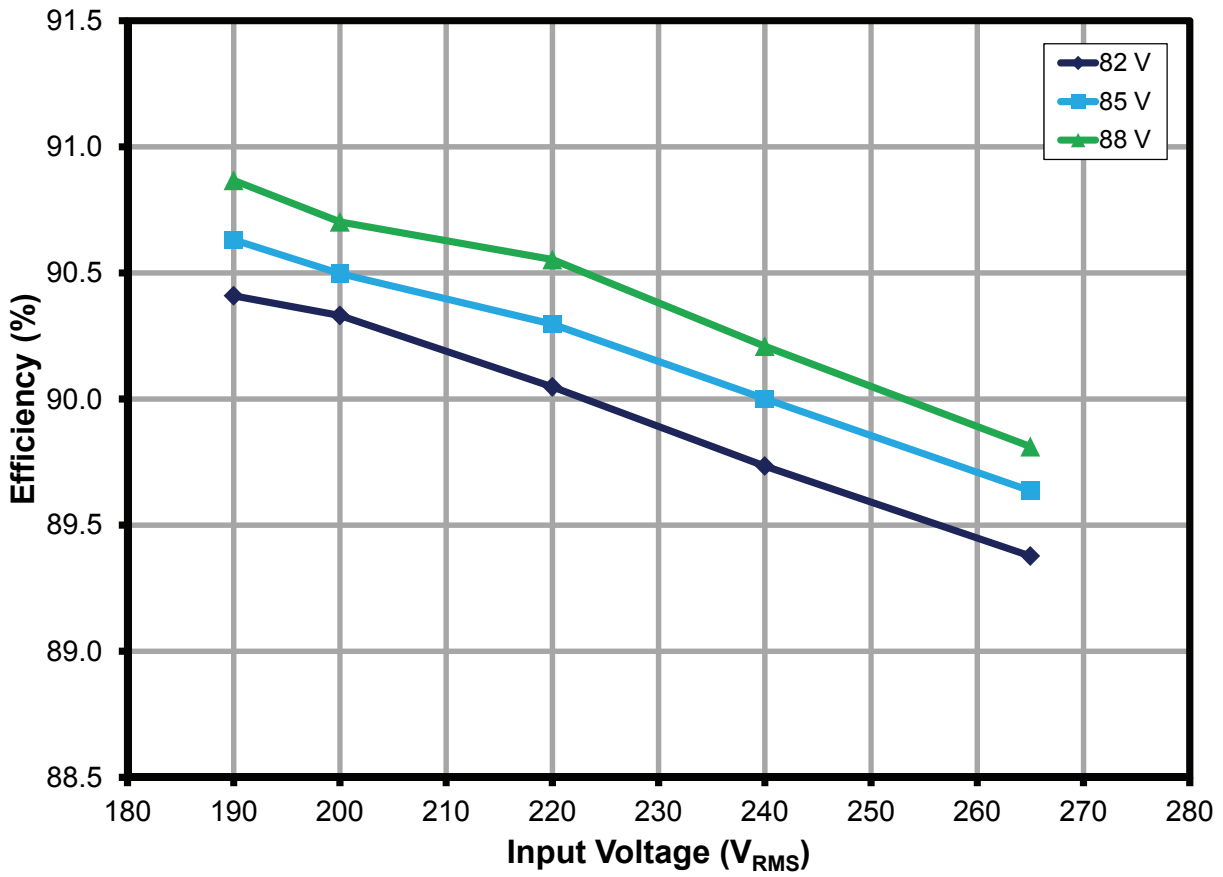


图12 – 不同AC输入电压下的效率，190-265 VAC (60 Hz)输入



8.2 输出电流调整

8.2.1 不同线电压和负载下的输出电流调整

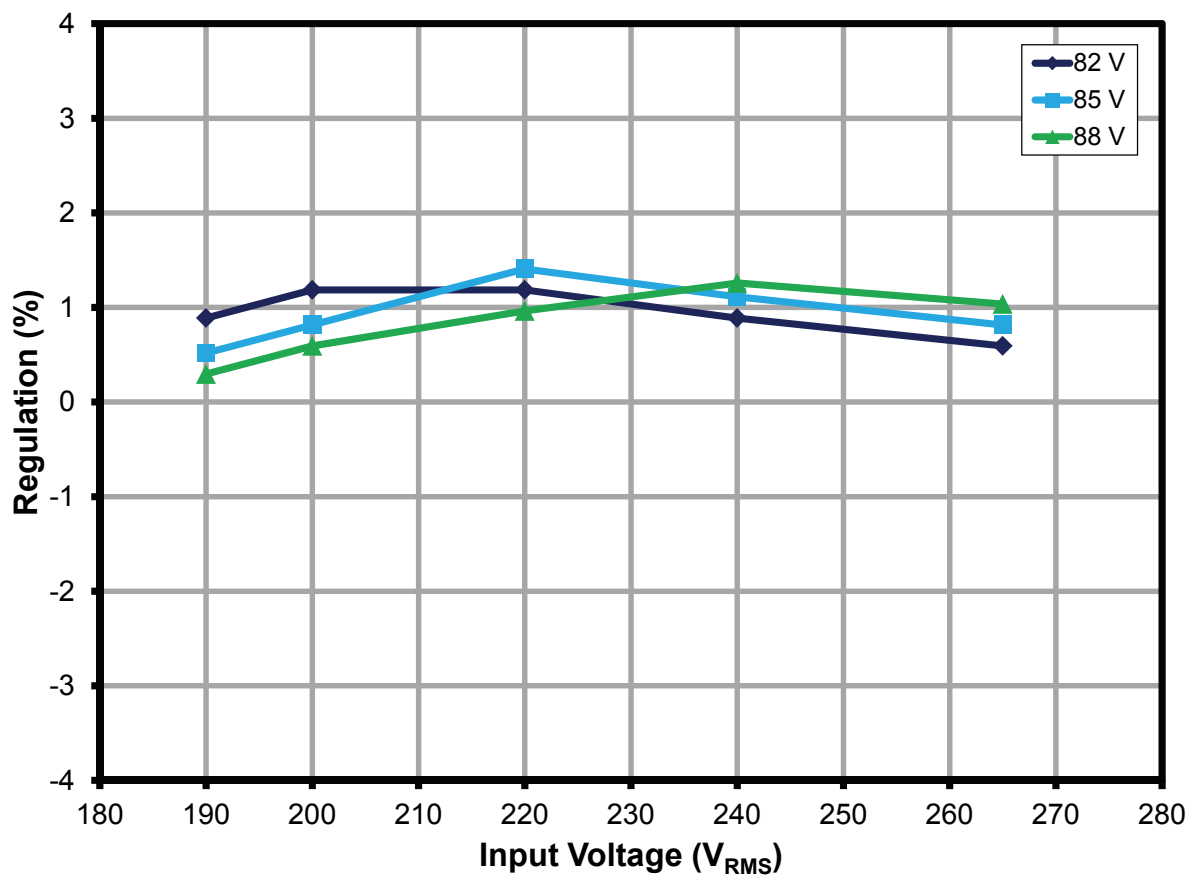


图13 – 负载调整率, 室温



8.3 负载调整

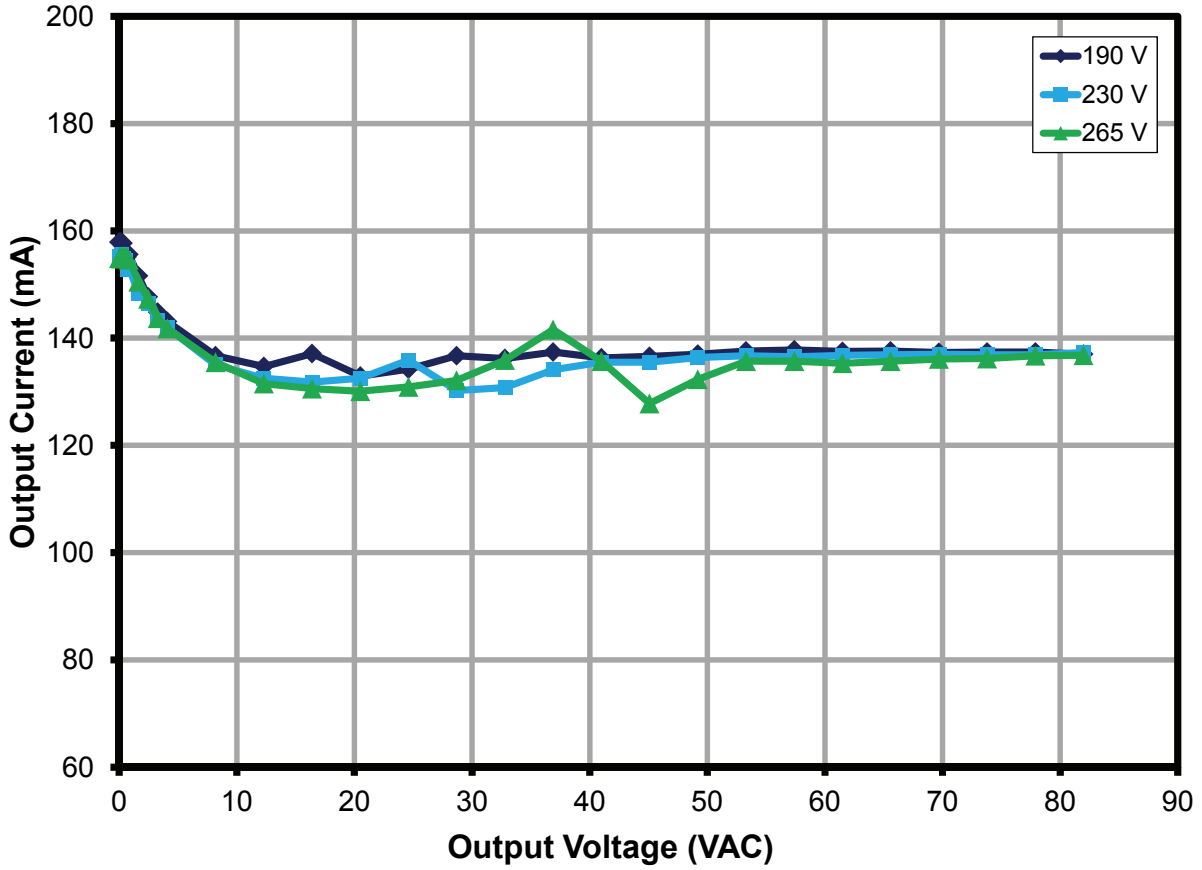


图14 – 190 V、230 V和265 V下的负载调整率。本设计可以在较宽的工作输出电压范围内工作。



8.4 功率因数

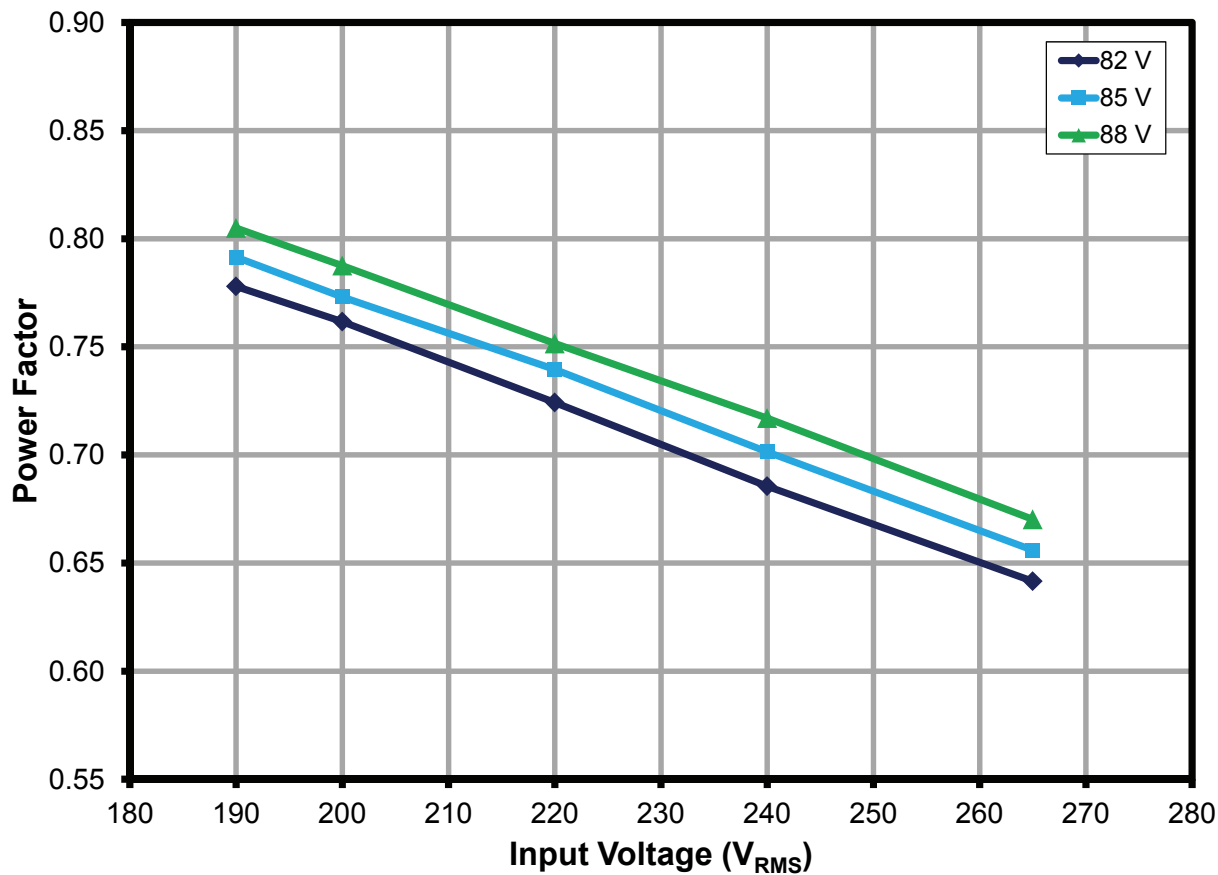


图15 – 不同LED电压下的功率因数性能



9 热性能

9.1 所用设备

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:

Agilent



图16 – LED驱动器插入T8（2英寸灯管）进行热评估

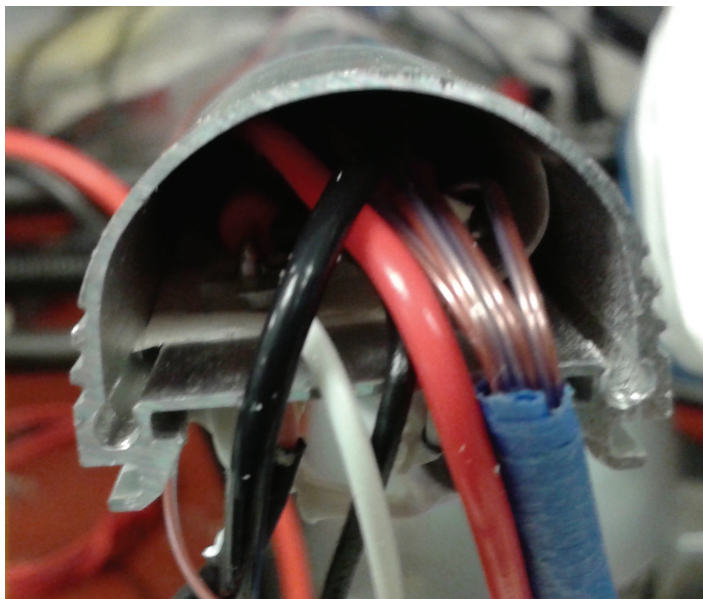


图17 – LED驱动器热装置装入T8灯管壳体

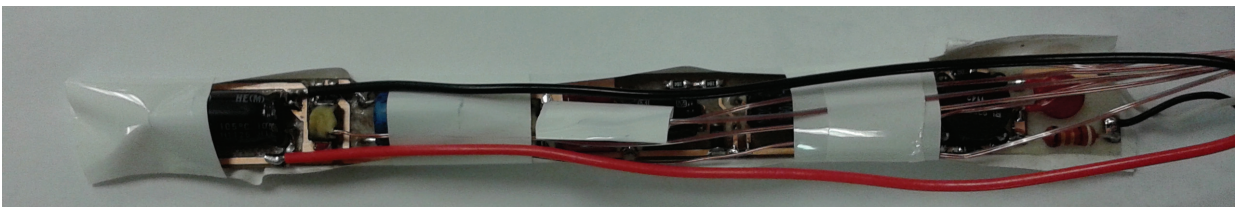


图18 – 采用热电偶设置的热装置



9.2 热结果

输入: 190 V/50 Hz

负载: 85 V/135 mA LED负载

器件位置	单位	测量
外部环境温度	°C	36.8
内部环境温度	°C	42.7
桥(D2)	°C	50.0
LYT0006P/D (U1)	°C	49.0
功率电感(L2)	°C	44.0
输出二极管(D5)	°C	50.0

表2 - 热测量



9.3 热扫描

在25°C环境温度下进行敞开式热测量。在测量之前，被测电源连续工作1小时，以达到稳态。

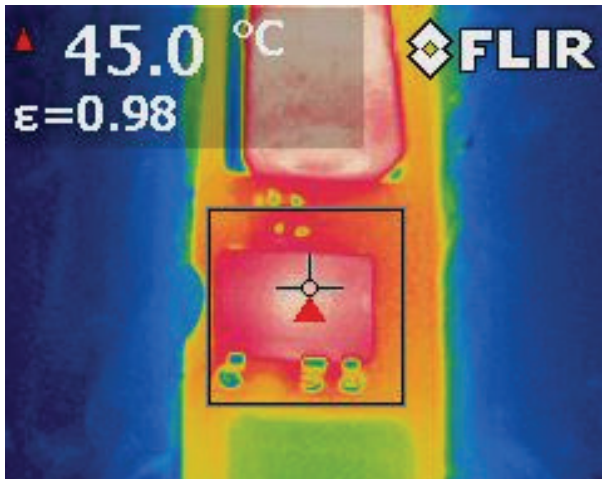


图19 – LYT0006P器件温度(°C)



图20 – LYT0006D器件温度(°C)

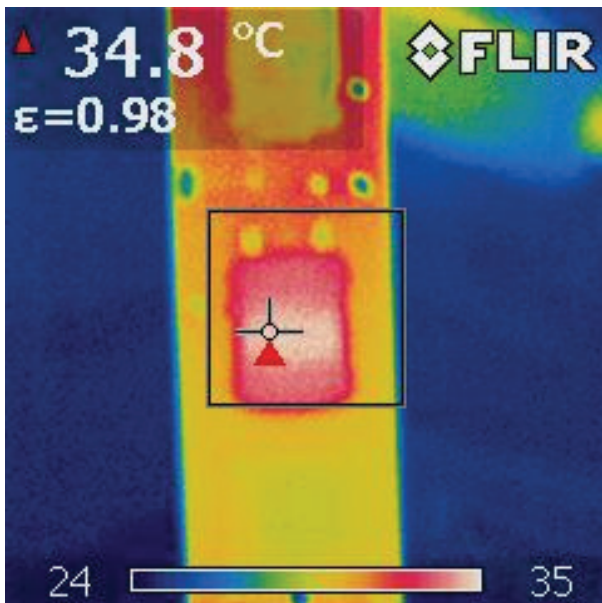


图21 – EMI扼流圈；L1温度(°C)

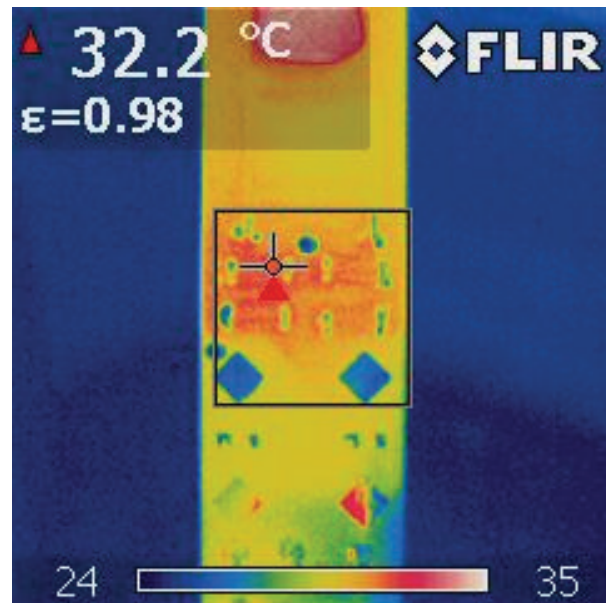


图22 – D1温度(°C)



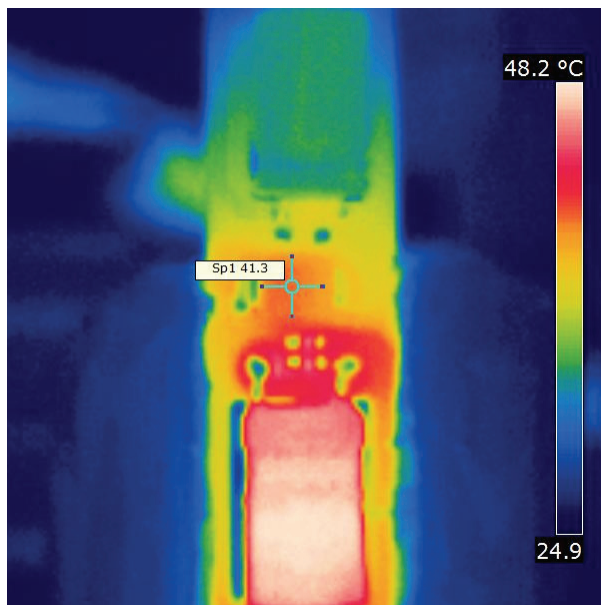


图23 - D5续流二极管温度(°C)

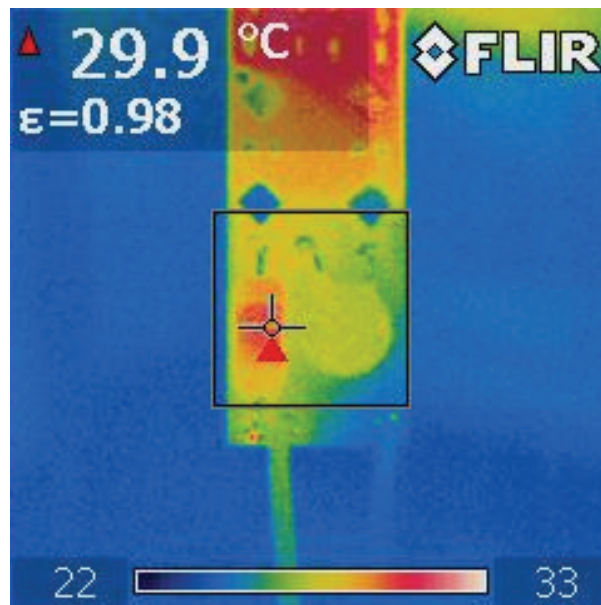


图24 - PCB底部的温度(°C)



10 波形

10.1 漏极电压和电流, 正常工作

跳过周期是正常的, 因为它们是用来调整输出电流的模式。这些跳过周期每次在检测电阻 (R2和R3) 的电压降达到1.65 V时出现。如果在50 ms内没有至少一次脉冲丢失, 电源将进入自动重新启动模式。

在有些具有较高功率电感且大部分时间都在CCM模式下工作的设计中, 可能会出现反向电流。通过增大器件尺寸、增大输入电容或添加一个漏极阻断二极管可以避免这种情况。有关详细信息, 请参阅应用指南AN-60。

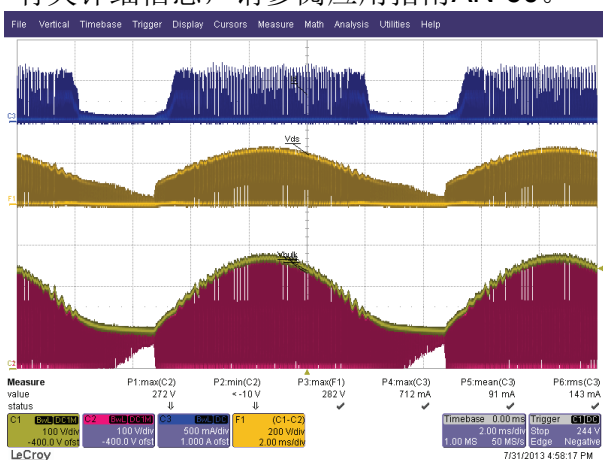


图25 – 190 VAC, 50 Hz, 额定 V_{LED} 负载
 F1 (橙色): V_{D-S} , 200 V/格
 Ch1 (黄色): $V_{BULK-GROUND}$, 100 V/格
 Ch2 (黄色): V_{S-G} , 100 V/格
 Ch3 (蓝色): I_{DRAIN} , 500 mA/格
 时间量程: 2 ms/格

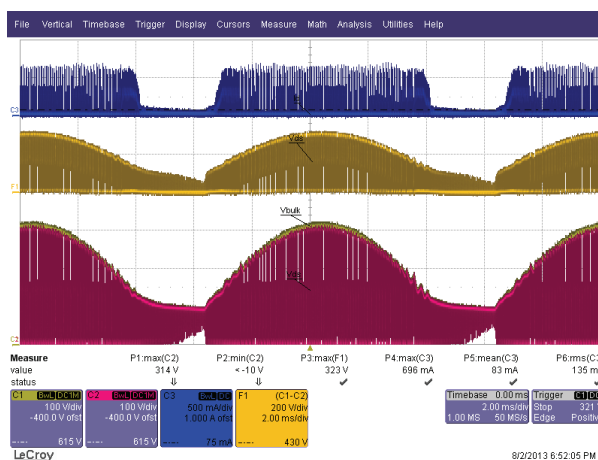


图26 – 220 VAC, 50 Hz, 额定 V_{LED} 负载
 F1 (橙色): V_{D-S} , 200 V/格
 Ch1 (黄色): $V_{BULK-GROUND}$, 100 V/格
 Ch2 (黄色): V_{S-G} , 100 V/格
 Ch3 (蓝色): I_{DRAIN} , 500 mA/格
 时间量程: 2 ms/格



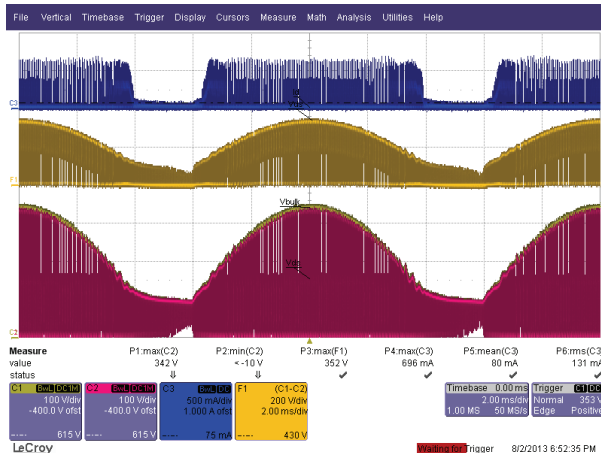


图27 – 240 VAC, 50 Hz, 额定 V_{LED} 负载
 F1 (橙色): V_{D-S} , 200 V/格
 Ch1 (黄色): $V_{BULK-GROUND}$, 100 V/格
 Ch2 (黄色): V_{S-G} , 100 V/格
 Ch3 (蓝色): I_{DRAIN} , 500 mA/格
 时间量程: 2 ms/格

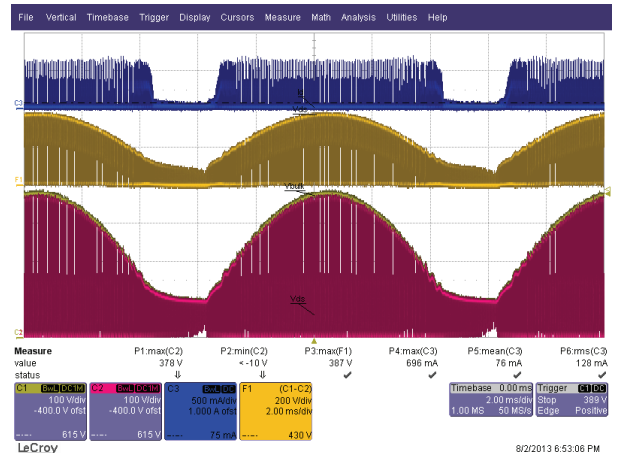


图28 – 265 VAC, 50 Hz, 额定 V_{LED} 负载
 F1 (橙色): V_{D-S} , 200 V/格
 Ch1 (黄色): $V_{BULK-GROUND}$, 100 V/格
 Ch2 (黄色): V_{S-G} , 100 V/格
 Ch3 (蓝色): I_{DRAIN} , 500 mA/格
 时间量程: 2 ms/格

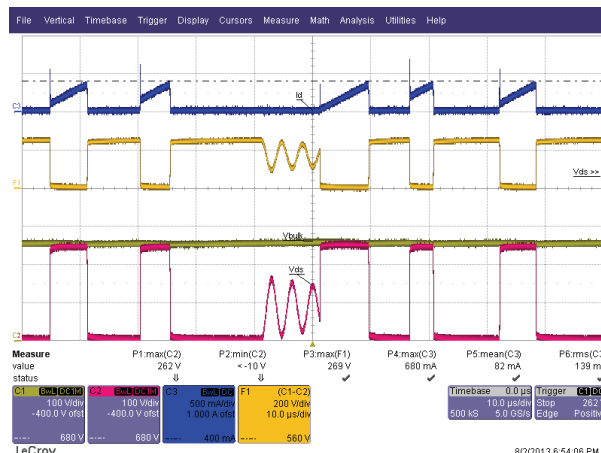


图29 – 190 VAC, 50 Hz, 额定 V_{LED} 负载
 F1 (橙色): V_{D-S} , 200 V/格
 Ch1 (黄色): $V_{BULK-GROUND}$, 100 V/格
 Ch2 (黄色): V_{S-G} , 100 V/格
 Ch3 (蓝色): I_{DRAIN} , 500 mA/格
 时间量程: 10 μ s/格

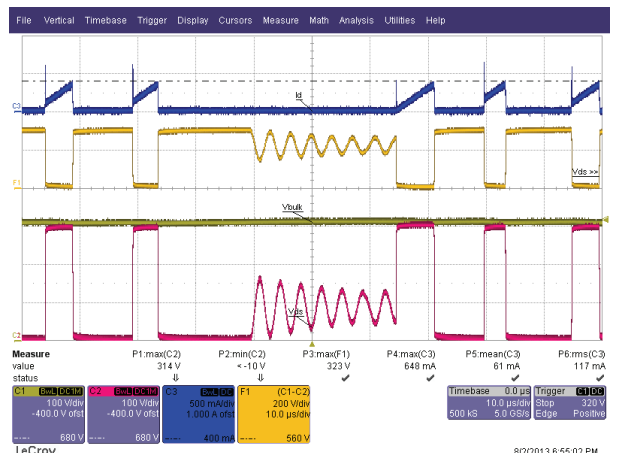


图30 – 220 VAC, 50 Hz, 额定 V_{LED} 负载
 F1 (橙色): V_{D-S} , 200 V/格
 Ch1 (黄色): $V_{BULK-GROUND}$, 100 V/格
 Ch2 (黄色): V_{S-G} , 100 V/格
 Ch3 (蓝色): I_{DRAIN} , 500 mA/格
 时间量程: 10 μ s/格

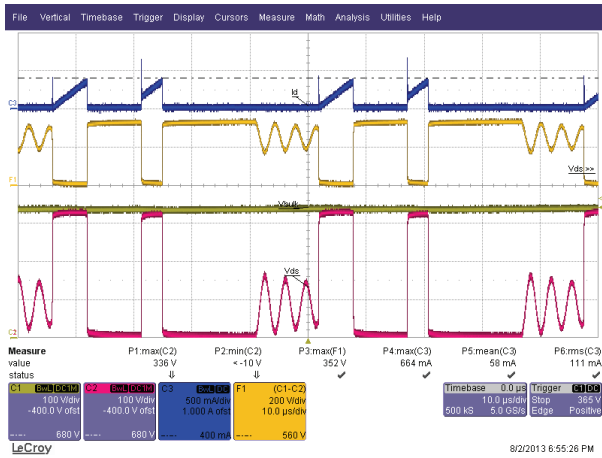


图31 – 240 VAC, 50 Hz, 额定 V_{LED} 负载

- F1 (橙色): V_{D-S} , 200 V/格
- Ch1 (黄色): $V_{BULK-GROUND}$, 100 V/格
- Ch2 (黄色): V_{S-G} , 100 V/格
- Ch3 (蓝色): I_{DRAIN} , 500 mA/格
- 时间量程: 10 μ s/格

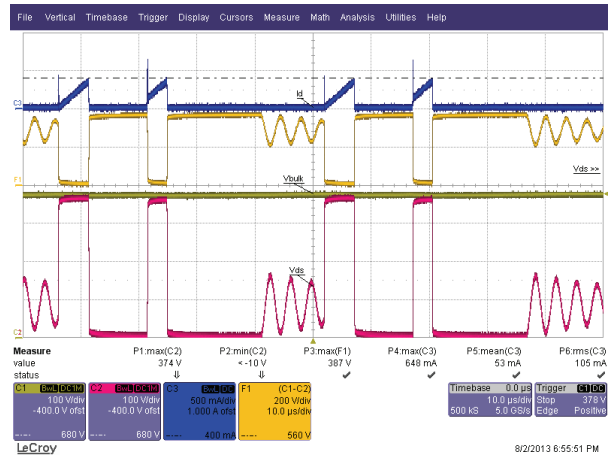


图32 – 265 VAC, 50 Hz, 额定 V_{LED} 负载

- F1 (橙色): V_{D-S} , 200 V/格
- Ch1 (黄色): $V_{BULK-GROUND}$, 100 V/格
- Ch2 (黄色): V_{S-G} , 100 V/格
- Ch3 (蓝色): I_{DRAIN} , 500 mA/格
- 时间量程: 10 μ s/格



10.2 输出短路时的漏极电压和电流

器件在规格范围内工作，没有发现电感饱和。



图33 – LYT0006D输出短路。190 VAC。
 Ch1: V_{BULK} , 100 V/格
 Ch2: V_{S-G} , 100 V/格
 Ch3: I_{DRAIN} , 0.5 A/格
 时间量程: 2 ms/格

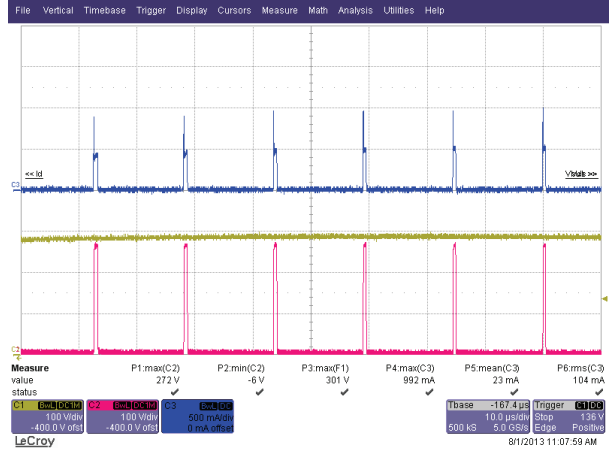


图34 – LYT0006D输出短路。190 VAC。
 Ch1: V_{BULK} , 100 V/格
 Ch2: V_{S-G} , 100 V/格
 Ch3: I_{DRAIN} , 0.5 A/格
 时间量程: 10 μ s/格



图35 – LYT0006D输出短路。265 VAC。
 Ch1: V_{BULK} , 100 V/格
 Ch2: V_{S-G} , 100 V/格
 Ch3: I_{DRAIN} , 0.5 A/格
 时间量程: 2 ms/格

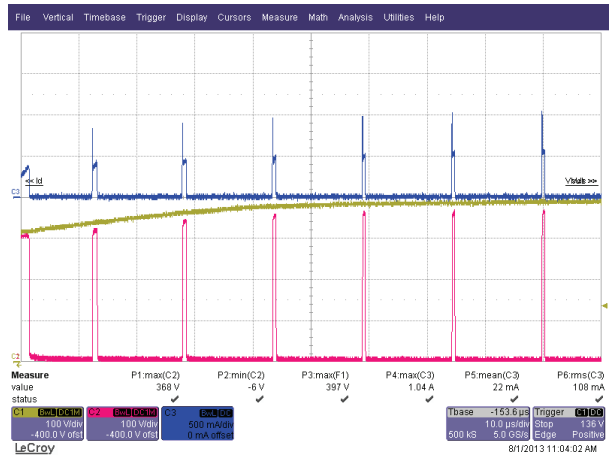


图36 – LYT0006D输出短路。265 VAC。
 Ch1: V_{BULK} , 100 V/格
 Ch2: V_{S-G} , 100 V/格
 Ch3: I_{DRAIN} , 0.5 A/格
 时间量程: 10 μ s/格

10.3 漏极电压和电流启动特征

器件在规格范围内工作，没有发现电感饱和。

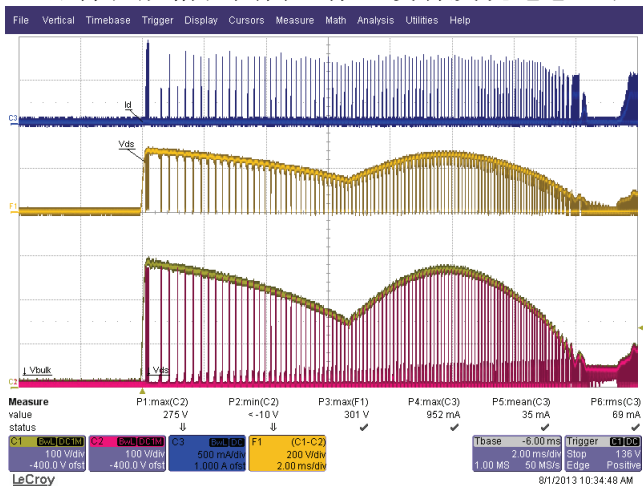


图37 – 190 VAC/50 Hz启动
 Ch1: V_{BULK} , 100 V/格
 Ch2: V_{S-G} , 100 V/格
 Ch3: I_{DRAIN} , 0.5 A/格
 F1: V_{D-S} , 200 V/格
 时间量程: 2 ms/格

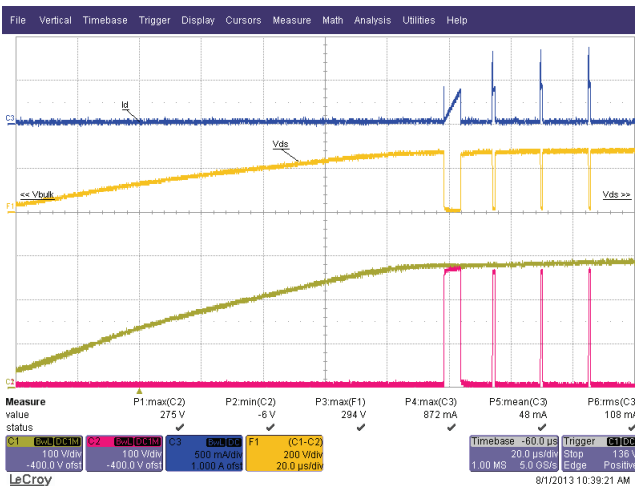


图38 – 190 VAC/50 Hz启动
 Ch1: V_{BULK} , 100 V/格
 Ch2: V_{S-G} , 100 V/格
 Ch3: I_{DRAIN} , 0.5 A/格
 F1: V_{D-S} , 200 V/格
 时间量程: 20 μ s/格

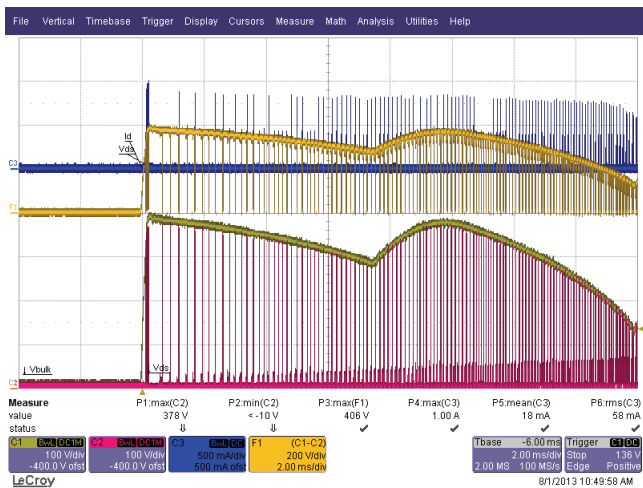


图39 – 265 VAC/50 Hz启动
 Ch1: V_{BULK} , 100 V/格
 Ch2: V_{S-G} , 100 V/格
 Ch3: I_{DRAIN} , 0.5 A/格
 F1: V_{D-S} , 200 V/格
 时间量程: 2 ms/格

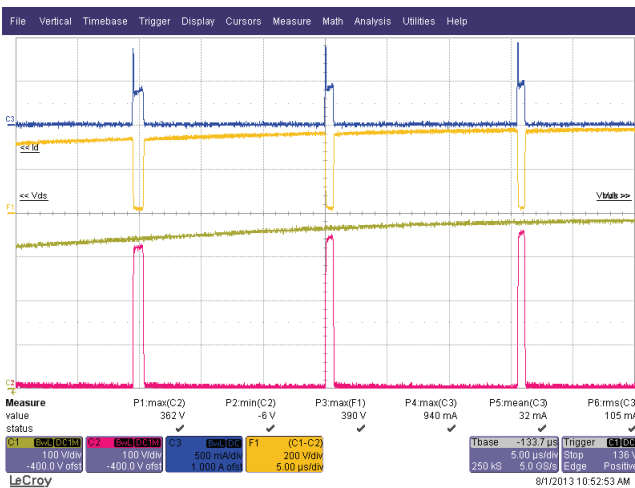


图40 – 265 VAC/50 Hz启动
 Ch1: V_{BULK} , 100 V/格
 Ch2: V_{S-G} , 100 V/格
 Ch3: I_{DRAIN} , 0.5 A/格
 F1: V_{D-S} , 200 V/格
 时间量程: 5 μ s/格



10.4 输出电流启动特征

输出电流/光在一个AC周期(100 ms)内即会出现。

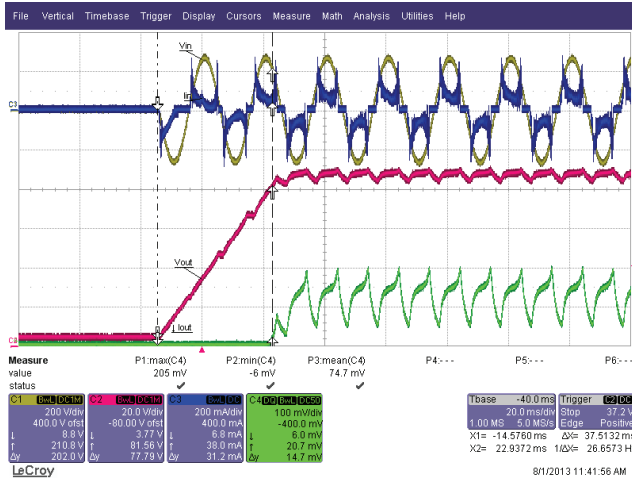


图41 - 190 VAC, 50 Hz, 额定 V_{LED} 负载

Ch1 (黄色): V_{IN} , 200 V/格
 Ch2 (红色): V_{OUT} , 20 V
 Ch3 (蓝色): I_{IN} , 200 mA/格
 Ch4 (绿色): I_{OUT} , 100 mA/格
 时间量程: 20 ms/格

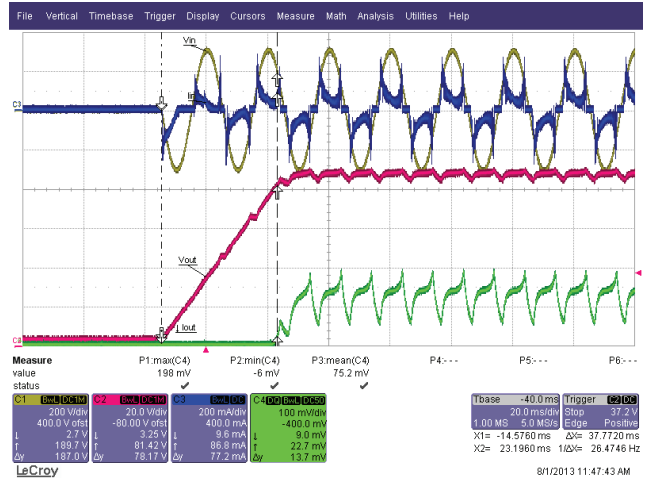


图42 - 220 VAC, 50 Hz, 额定 V_{LED} 负载

Ch1 (黄色): V_{IN} , 200 V/格
 Ch2 (红色): V_{OUT} , 20 V
 Ch3 (蓝色): I_{IN} , 200 mA/格
 Ch4 (绿色): I_{OUT} , 100 mA/格
 时间量程: 20 ms/格

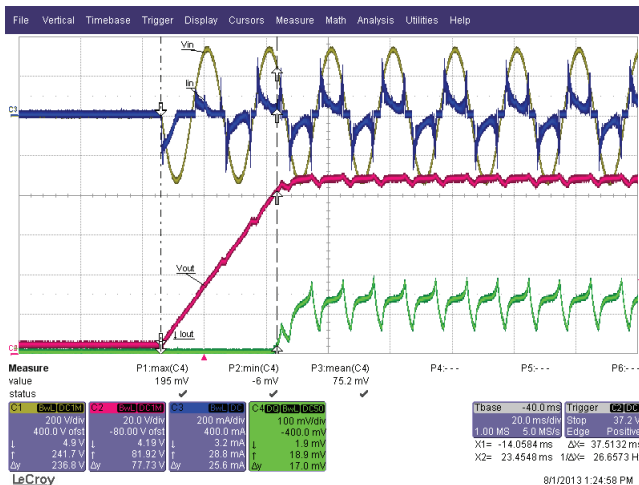


图43 - 240 VAC, 50 Hz, 额定 V_{LED} 负载

Ch1 (黄色): V_{IN} , 200 V/格
 Ch2 (红色): V_{OUT} , 20 V
 Ch3 (蓝色): I_{IN} , 200 mA/格
 Ch4 (绿色): I_{OUT} , 100 mA/格
 时间量程: 20 ms/格

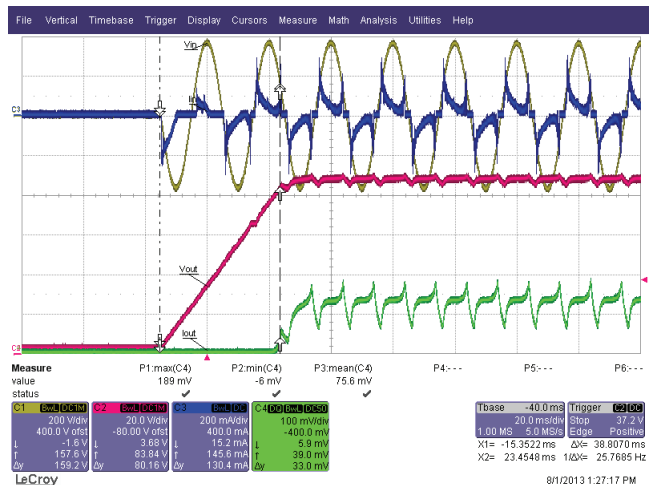


图44 - 265 VAC, 50 Hz, 额定 V_{LED} 负载

Ch1 (黄色): V_{IN} , 200 V/格
 Ch2 (红色): V_{OUT} , 20 V
 Ch3 (蓝色): I_{IN} , 200 mA/格
 Ch4 (绿色): I_{OUT} , 100 mA/格
 时间量程: 20 ms/格



10.5 输入-输出特征

对可以添加的输出电容量没有限制。如果应用要求较小的输出电流纹波，则增加输出电容值，直至达到所需的水平。请注意，下面的输出电流波形将根据不同的LED负载阻抗而变化，也因LED类型而异。具有较高体电阻（低额定电流LED）的LED与具有较低体电阻的高电流LED相比，要达到相同的外加电流，其纹波将会更小。

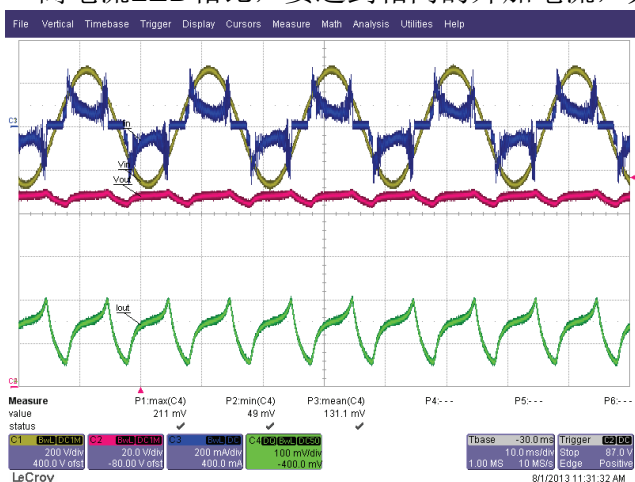


图45 – 190 VAC/50 Hz, 额定 V_{LED} 负载

Ch1 (黄色): V_{IN} , 200 V/格
 Ch2 (红色): V_{OUT} , 20 V
 Ch3 (蓝色): I_{IN} , 200 mA/格
 Ch4 (绿色): I_{OUT} , 100 mA/格
 时间量程: 10 ms/格

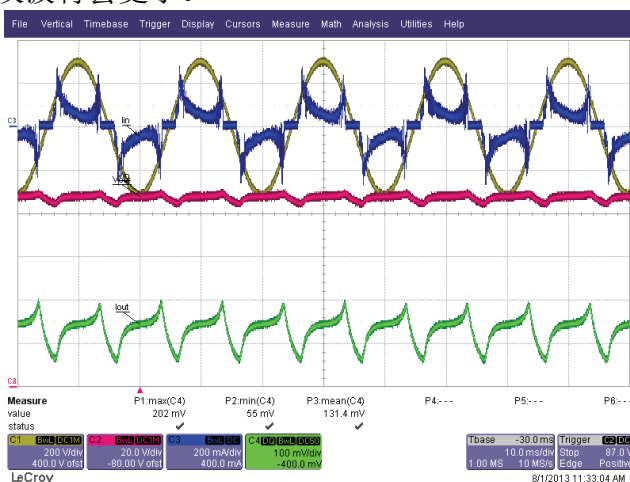


图46 – 220 VAC/50 Hz, 额定 V_{LED} 负载

Ch1 (黄色): V_{IN} , 200 V/格
 Ch2 (红色): V_{OUT} , 20 V
 Ch3 (蓝色): I_{IN} , 200 mA/格
 Ch4 (绿色): I_{OUT} , 100 mA/格
 时间量程: 10 ms/格



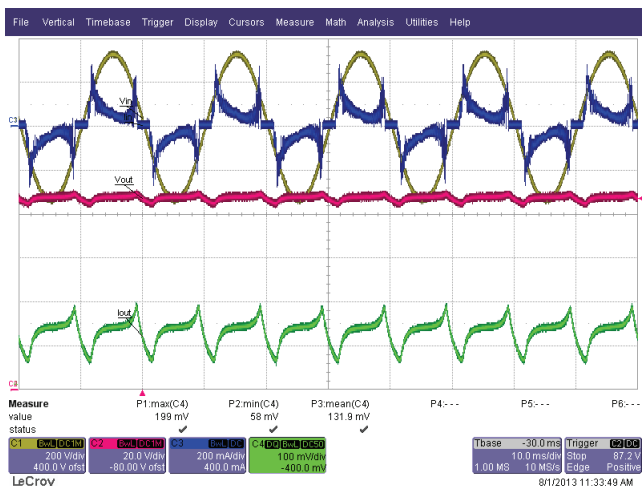


图47 – 240 VAC/50 Hz, 额定 V_{LED} 负载
 Ch1 (黄色): V_{IN} , 200 V/格
 Ch2 (红色): V_{OUT} , 20 V
 Ch3 (蓝色): I_{IN} , 200 mA/格
 Ch4 (绿色): I_{OUT} , 100 mA/格
 时间量程: 10 ms/格

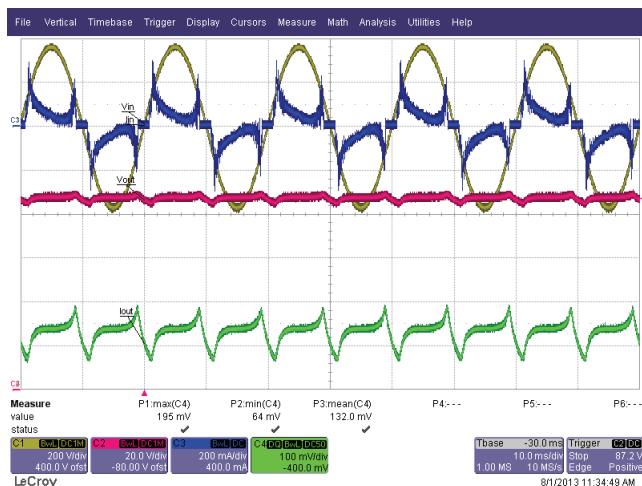


图48 – 265 VAC/50 Hz, 额定 V_{LED} 负载
 Ch1 (黄色): V_{IN} , 200 V/格
 Ch2 (红色): V_{OUT} , 20 V
 Ch3 (蓝色): I_{IN} , 200 mA/格
 Ch4 (绿色): I_{OUT} , 100 mA/格
 时间量程: 10 ms/格



10.6 电压跌落和浪涌

通过LYTSwitch-0器件实现的降压式转换器的一项内在优势是极难觉察的启动延迟，驱动器将在100 ms内导通，如下面图表所示。在线电压波动测试期间，没有任何元件发生故障。

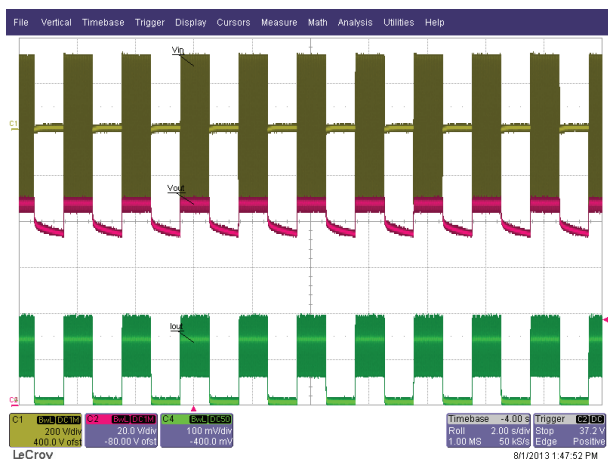


图49 – 线电压跌落测试，230 - 0 V，间隔1秒
 Ch1: V_{IN} ，200 V/格
 Ch2: V_{OUT} ，20 V/格
 Ch4: I_{OUT} ，100 mA/格
 时间量程：2 s/格

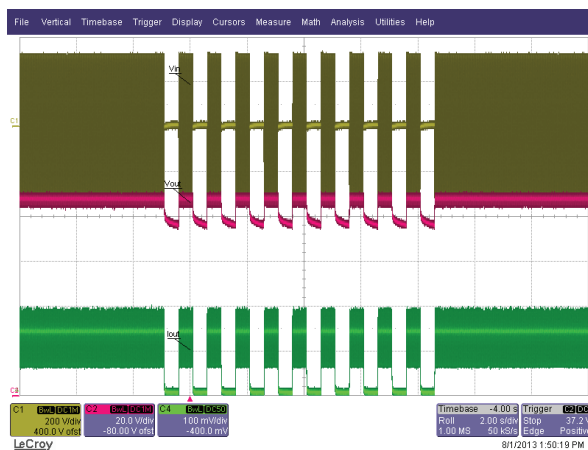


图50 – 线电压跌落测试，230 - 0 V，间隔0.5秒
 Ch1: V_{IN} ，200 V/格
 Ch2: V_{OUT} ，20 V/格
 Ch4: I_{OUT} ，100 mA/格
 时间量程：2 s/格

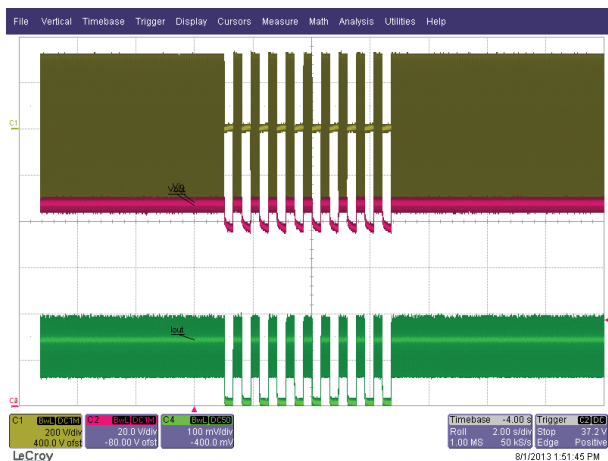


图51 – 线电压跌落测试，230 - 0 V，间隔0.3秒
 Ch1: V_{IN} ，200 V/格
 Ch2: V_{OUT} ，20 V/格
 Ch4: I_{OUT} ，100 mA/格
 时间量程：2 s/格

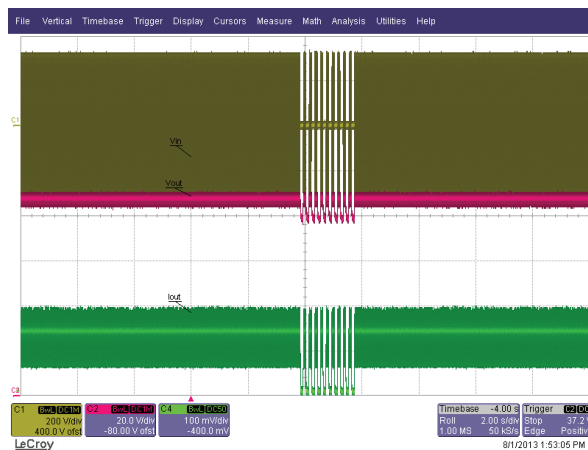


图52 – 线电压跌落测试，230 - 0 V，间隔0.1秒
 Ch1: V_{IN} ，200 V/格
 Ch2: V_{OUT} ，20 V/格
 Ch4: I_{OUT} ，100 mA/格
 时间量程：2 s/格



10.7 一次性空载保护

本参考设计具备一次性空载保护。故障后替换VR1。已发现SMD齐纳二极管在故障时很容易发生短路。建议使用SMD二极管(500 mW)。

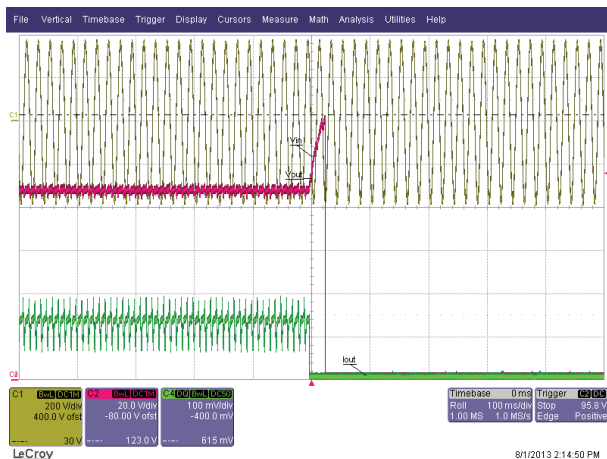


图53 – 负载断开时的空载保护。265 V/50 Hz Ch2: V_{IN} , 200 V/格
Ch2: V_{OUT} , 20 V/格
Ch3: I_{OUT} , 100 mA/格
时间量程: 100 ms/格

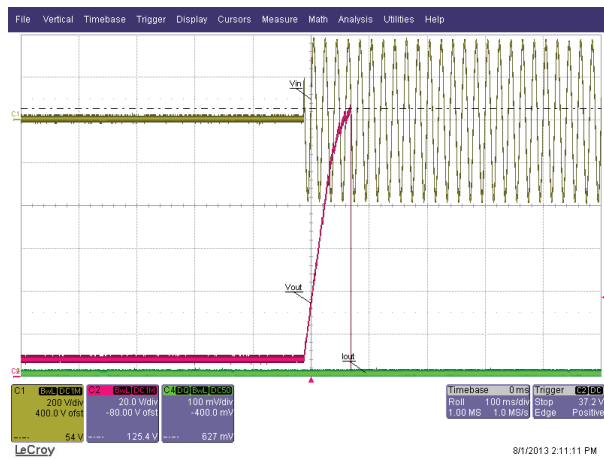


图54 – 空载启动。265 V/50 Hz Ch2: V_{IN} , 200 V/格
Ch2: V_{OUT} , 20 V/格
Ch3: I_{OUT} , 100 mA/格
时间量程: 100 ms/格



10.8 电压跌落/缓升

在1 V/秒和10 V/秒AC切入和截止的电压跌落测试期间，无任何元件发生故障。

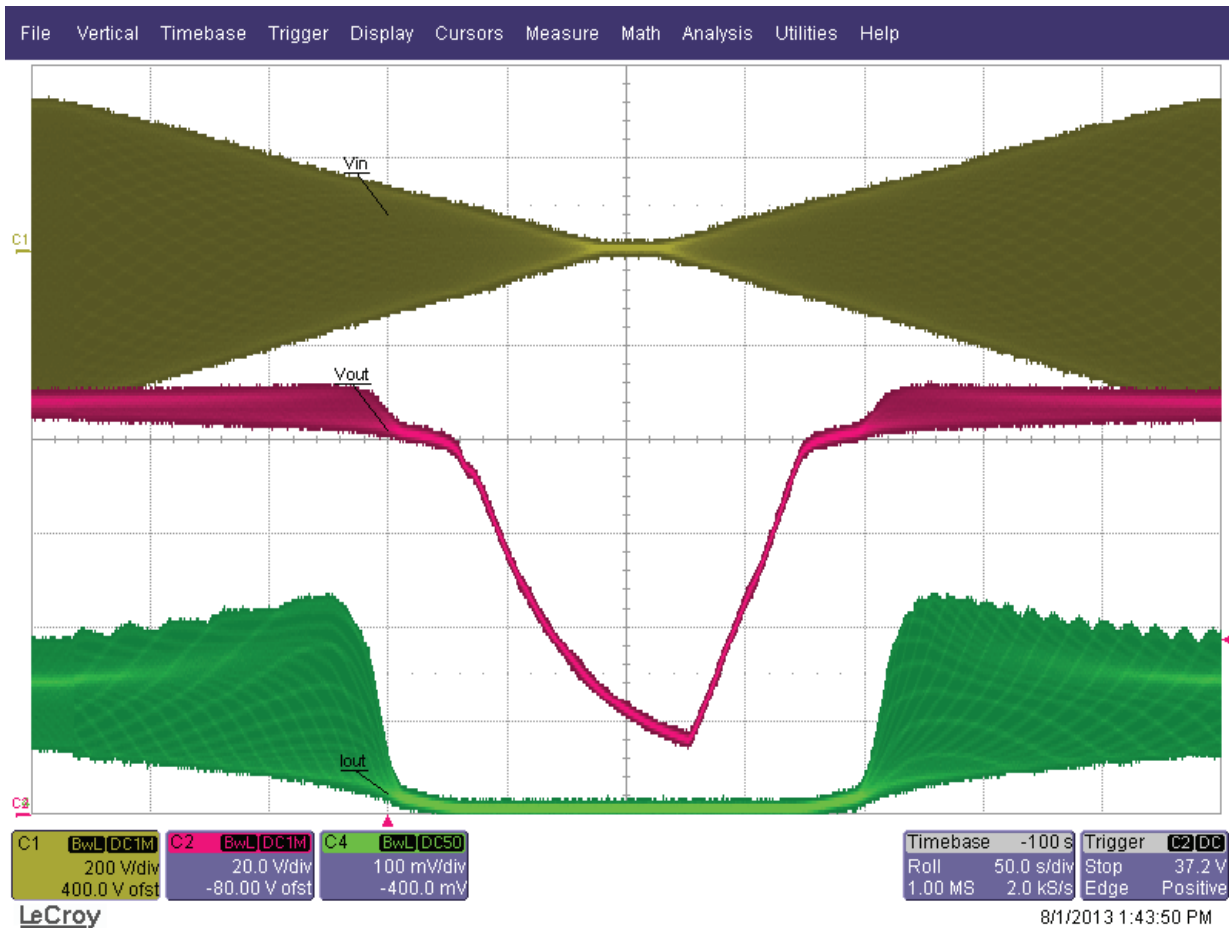


图55 – 电压跌落测试，1 V/秒。

电源能够正常操作，而无人任何故障和闪烁。

230 V - 0 - 230 V

Ch1: V_{in} , 200 V/格

Ch2: V_{out} , 20 V/格

Ch3: I_{out} , 100 mA/格

时间量程: 50 s/格



11 输入浪涌

根据IEC61000-4-5中规定的测试方法，差模输入线1 kV/50 μ s浪涌测试在单个测试电源上完成。输入电压设置为230 VAC/60 Hz。输出加满载，在每次浪涌测试后验证工作状态。

浪涌水平 (kV)	输入电压(VAC)	注入位置	注入相位(°)	测试结果 (通过/失败)
+1	230	L到N	90	通过
-1	230	L到N	90	通过
+1	230	L到N	270	通过
-1	230	L到N	270	通过
+1	230	L到N	0	通过
-1	230	L到N	0	通过

被测电源在所有测试条件下均通过测试。测试电压提高至30%，并未发现故障情况。

根据IEC61000-4-5中规定的测试方法，差模振铃输入浪涌测试在单个测试电源上完成。输入电压设置为230 VAC/60 Hz。输出加满载，在每次浪涌测试后验证工作状态。

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	230	L到N	90	通过
-2500	230	L到N	90	通过
+2500	230	L到N	270	通过
-2500	230	L到N	270	通过
+2500	230	L到N	0	通过
-2500	230	L到N	0	通过

被测电源在所有测试条件下均通过测试。测试电压提高至30%，并未发现故障情况。



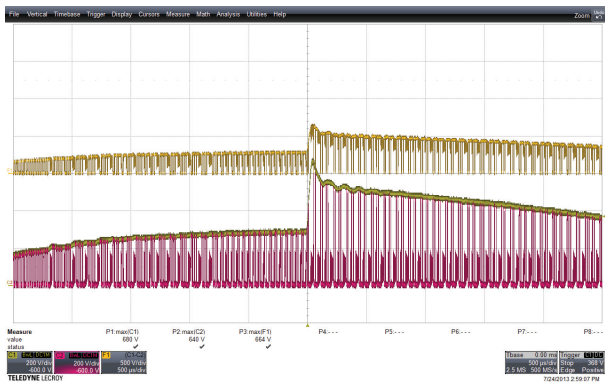


图56 – 差模输入浪涌，1 kV/90°记录的漏极峰值电压为664 V
 Ch1: $V_{BULK-GROUND}$, 200 V/格
 Ch2: V_{S-G} , 200 V/格
 F1: V_{DRAIN} , 500 V/格
 时间量程: 500 μ s/格

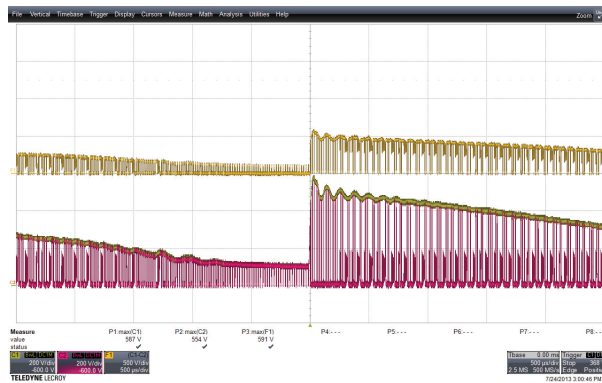


图57 – 差模输入浪涌，1 kV/0°记录的漏极峰值电压为591 V
 Ch1: $V_{BULK-GROUND}$, 200 V/格
 Ch2: V_{S-G} , 200 V/格
 F1: V_{DRAIN} , 500 V/格
 时间量程: 500 μ s/格

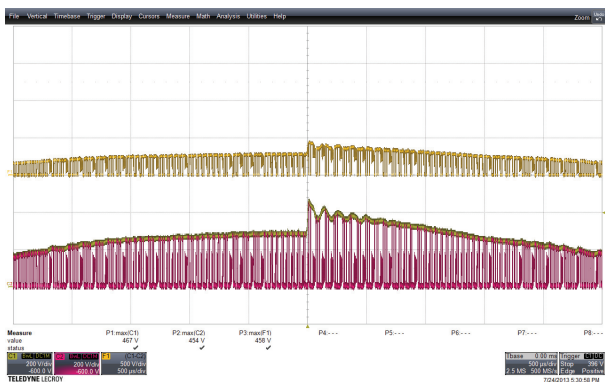


图58 – 差模振铃浪涌，2500 V/90°记录的漏极峰值电压为458 V
 Ch1: $V_{BULK-GROUND}$, 200 V/格
 Ch2: V_{S-G} , 200 V/格
 F1: V_{DRAIN} , 500 V/格
 时间量程: 500 μ s/格

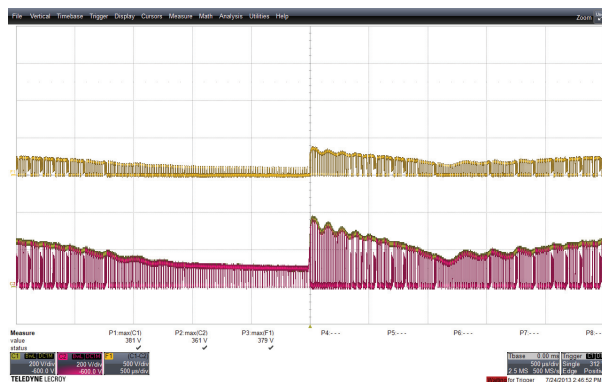


图59 – 差模振铃浪涌，2500 V/0°记录的漏极峰值电压为380 V
 Ch1: $V_{BULK-GROUND}$, 200 V/格
 Ch2: V_{S-G} , 200 V/格
 F1: V_{DRAIN} , 500 V/格
 时间量程: 500 μ s/格



12 传导EMI

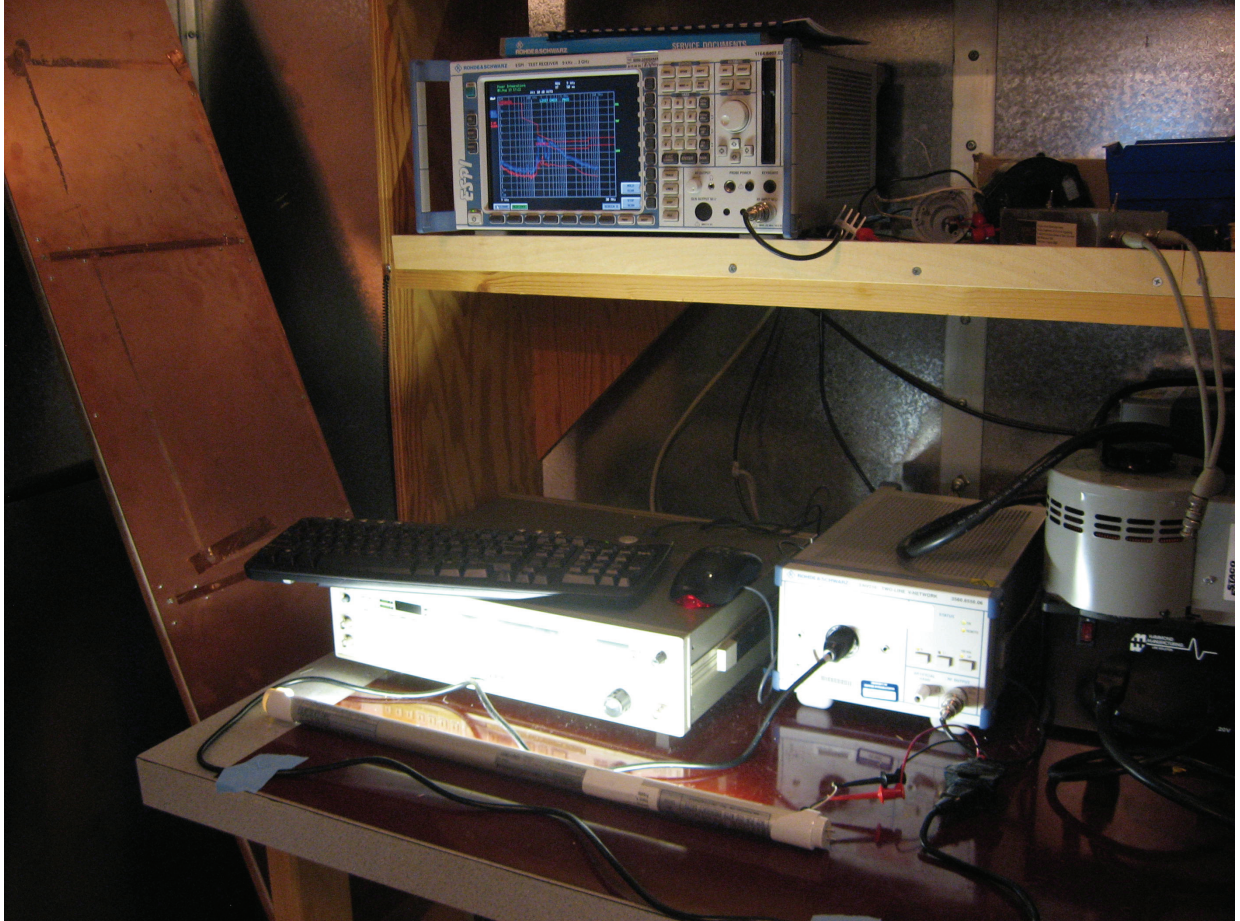


图60 – 驱动器在灯管中进行测试。将AC输入端尽量靠近末端放置，以获得最佳EMI性能。让DC输出线跨接驱动器。



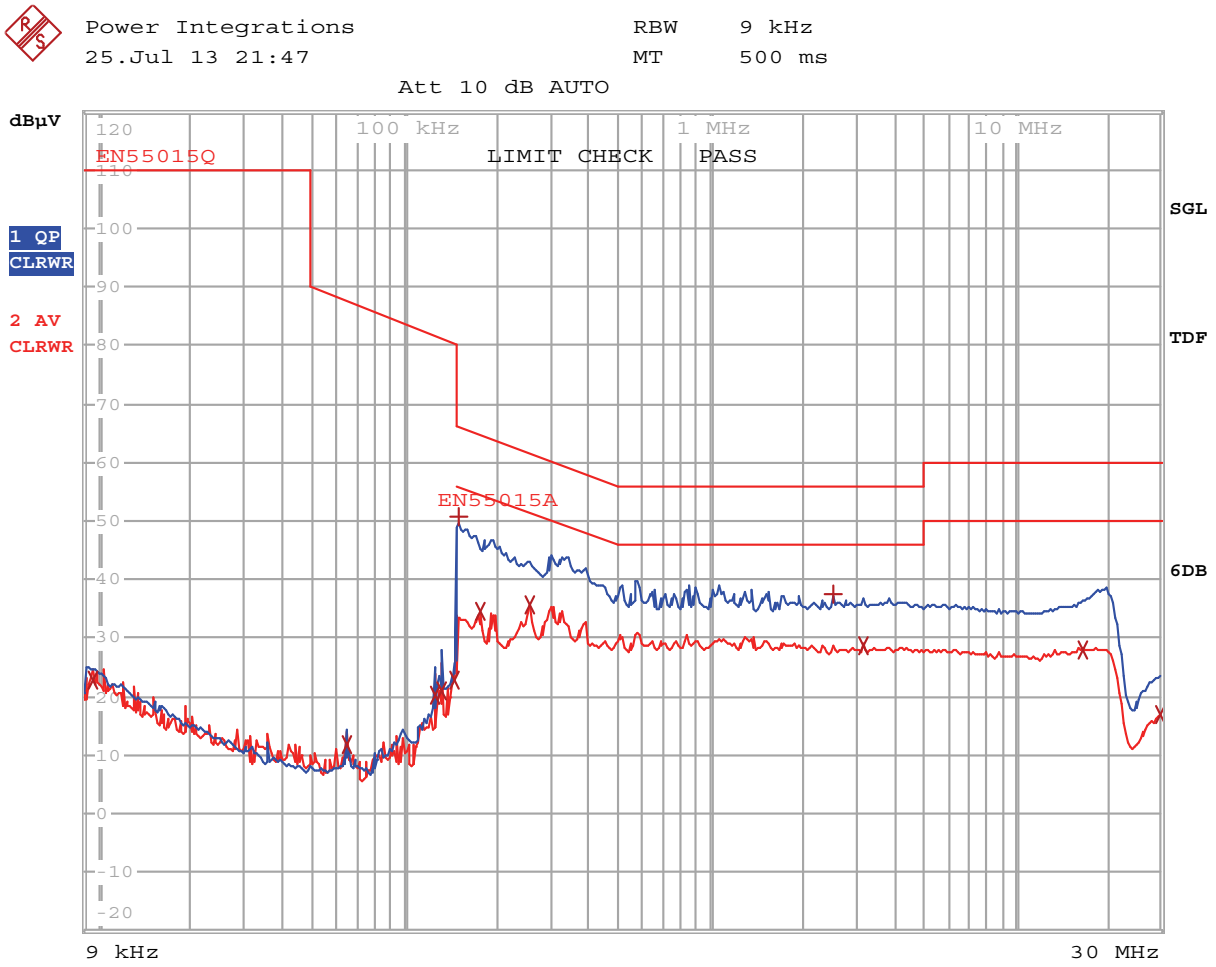


图26 – 传导EMI，最大稳态负载，230 VAC/60 Hz，EN55015 B限值。被测电源装入T8灯管壳内。



EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)				
Trace1:	EN55015Q			
Trace2:	EN55015A			
Trace3:	---			
TRACE	FREQUENCY	LEVEL	dB μ V	DELTA LIMIT
2 Average	9.4590904509 kHz	22.77	N gnd	
2 Average	64.5467705779 kHz	11.79	N gnd	
2 Average	125.720633819 kHz	20.27	L1 gnd	
2 Average	130.825395691 kHz	21.01	N gnd	
2 Average	148.891503746 kHz	22.87	L1 gnd	
1 Quasi Peak	151.5 kHz	50.87	N gnd	-15.04
2 Average	175.886796739 kHz	34.50	L1 gnd	-20.17
2 Average	256.711570318 kHz	35.64	L1 gnd	-15.89
1 Quasi Peak	2.50634031306 MHz	37.58	N gnd	-18.41
2 Average	3.15087835298 MHz	28.85	L1 gnd	-17.15
2 Average	16.4353775277 MHz	27.83	L1 gnd	-22.16
2 Average	30 MHz	16.88	L1 gnd	-33.11

表3 – 传导EMI，最大稳态负载，230 VAC/60 Hz，EN55015 B限值。被测电源装入T8灯管壳内。



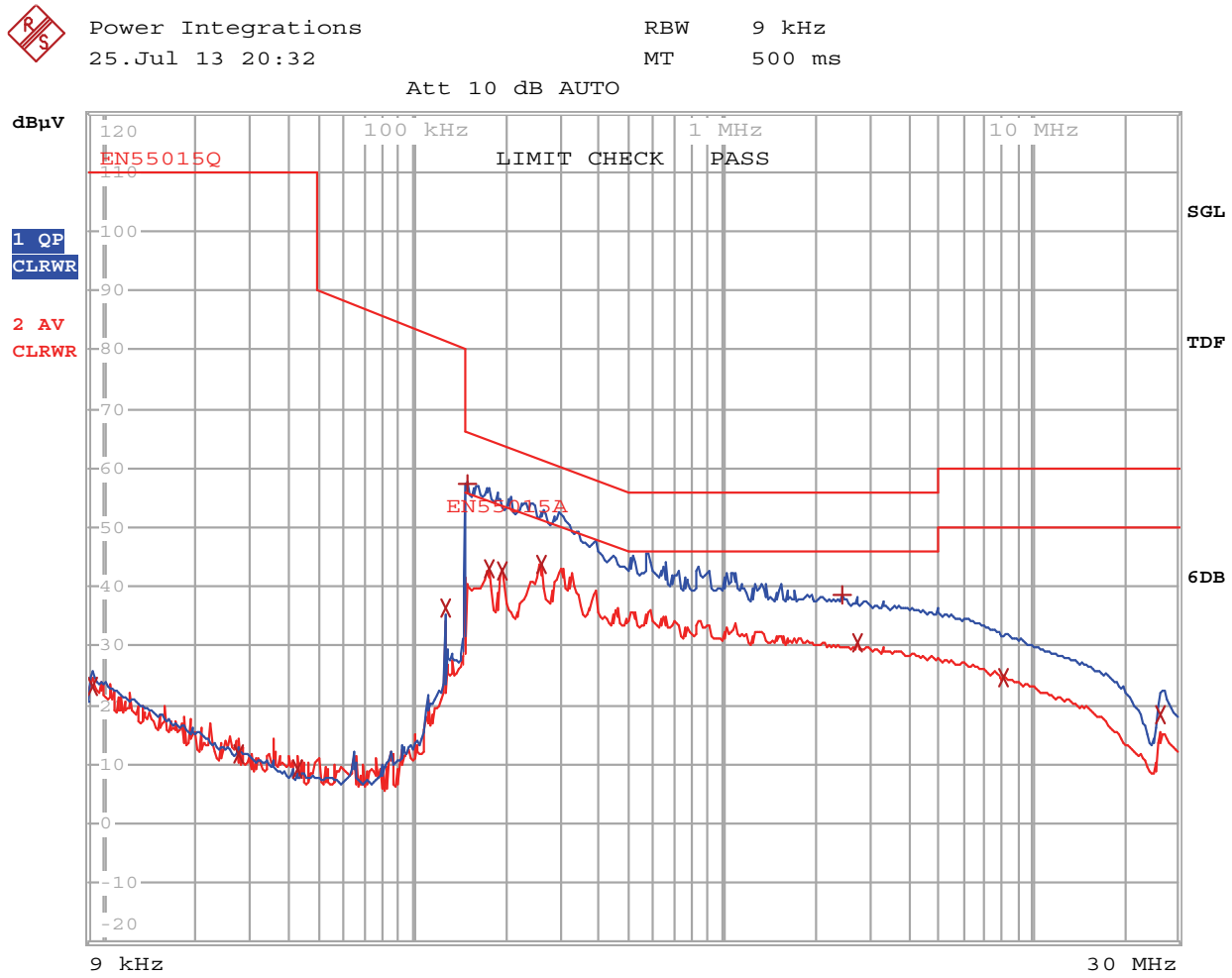


图61 – 传导EMI，最大稳态负载，230 VAC/60 Hz，EN55015 B限值。被测电源未放入灯管壳内。



EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)					
Trace1:	EN55015Q				
Trace2:	EN55015A				
Trace3:	---				
TRACE	FREQUENCY	LEVEL	dB μ V		DELTA LIMIT dB
2 Average	9.1809 kHz	23.11	L1	gnd	
2 Average	27.159076558 kHz	11.76	L1	gnd	
2 Average	42.0780345374 kHz	9.26	N	gnd	
2 Average	128.247618558 kHz	36.48	L1	gnd	
1 Quasi Peak	151.5 kHz	57.33	N	gnd	-8.57
2 Average	175.886796739 kHz	42.89	L1	gnd	-11.78
2 Average	194.288447245 kHz	42.76	L1	gnd	-11.08
2 Average	259.278686021 kHz	43.74	L1	gnd	-7.70
1 Quasi Peak	2.45695550736 MHz	38.72	L1	gnd	-17.27
2 Average	2.71400741459 MHz	30.37	L1	gnd	-15.62
2 Average	8.10890375706 MHz	24.58	L1	gnd	-25.41
2 Average	26.2351923234 MHz	18.47	N	gnd	-31.52

表4 – 传导EMI，最大稳态负载，230 VAC/60 Hz，EN55015 B限值。被测电源未放入灯管壳内。



13 版本历史

日期	作者	修订版本	说明和变更	审核者
2013年10月8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

