

标题	参考设计报告：使用LinkSwitch™-PL LNK457DG设计的5 W可调光、带功率因数校正的LED驱动器（非隔离式）
规格	90 VAC – 265 VAC，>0.9功率因数(PF)输入； 12 V – 18 V，350 mA ±10%输出
应用	用于A19白炽灯替换灯的LED驱动器
作者	应用工程部
文档编号	RDR -251
日期	14.12.10
修订版本	1.9

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
- 卓越的性能及最终用户体验
 - 即使低成本的前沿可控硅调光器也可达到>100:1的调光范围
 - 干净单向启动 – 无输出闪烁
 - 快速启动(<300 ms) – 无可见延迟
 - 产品间具有一致的调光性能
- 极高能效
 - 115 VAC/230 VAC时效率>73%（可调光模式）
 - 115 VAC/230 VAC时效率>78%（非调光模式）
- 集成的保护及可靠性能
 - 输出开路保护/输出短路保护，带自动恢复功能
 - 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AC电压缓慢降落期间不会造成任何损坏
 - 器件漏极引脚和其他引脚之间的爬电距离非常大，在潮湿高污染的环境下保证电源可靠工作
- 满足IEC振铃波和EN55015传导EMI要求
- 115 VAC/230 VAC时PF >0.9
- 115 VAC时总谐波失真度(%ATHD) <10%，230 VAC时总谐波失真度(%ATHD) <15%
- 满足EN61000-3-2谐波含量要求

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	5
2	电源规格	7
3	电路原理图	8
4	电路描述	9
4.1	调光性能电路设计指南	9
4.2	输入 EMI 滤波和输入整流	10
4.3	有源衰减电路	10
4.4	泄放电路	10
4.5	LinkSwitch-PL 初级	10
4.6	输出整流	11
4.7	输出反馈	11
5	PCB 布局	12
6	物料清单(BOM)	13
7	变压器设计表格	14
8	变压器规格	17
8.1	电气原理图	17
8.2	电气规格	17
8.3	材料	17
8.4	变压器结构图	18
8.5	变压器构造	19
8.6	绕制演示	20
9	性能数据	23
9.1	带载模式效率	23
9.2	非调光配置	24
9.3	可调光	24
9.4	谐波	25
9.5	功率因数	27
9.6	线电压调整	28
9.7	调光性能	29
9.7.1	调光范围	29
9.7.2	调光器间的轨迹跟踪	33
10	热性能	35
10.1	热环境设置	35
10.2	所用设备	36
10.3	热结果	36
10.4	热扫描	37
11	波形	38
11.1	漏极电压和电流	38
11.1.1	正常稳态工作	38



11.1.2	AC 启动	40
11.1.3	115 V 可控硅与 AC 输入串联.....	40
11.1.4	230 V 可控硅与 AC 输入串联.....	42
11.1.5	故障情况 (输出短路/开路)	43
11.2	输出电流启动特征.....	44
11.3	输入及输出波形	45
11.3.1	正常工作 (V_{IN} 、 I_{IN} 、 V_O 及 I_O)	45
11.4	调光工作 (V_{IN} 、 I_{IN} 、 V_O 及 I_O)	46
11.5	输入瞬态响应.....	48
12	输入浪涌.....	52
13	传导 EMI	53
13.1	设备	53
13.2	EMI 测试设置.....	53
14	调光兼容性.....	56
15	版本历史.....	57

重要说明:

本电路板为非隔离式应用而设计，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LinkSwitch-PL系列器件LNK457DG设计的非隔离式LED驱动器（电源）。

RD-251在12 V和18 V的LED灯串电压下可提供350 mA单路恒流输出。使用标准的AC市电可控硅调光器可将输出电流降低至1% (3 mA)，这不会造成LED负载性能不稳或发生闪烁。该电路可同时兼容低成本的前沿调光器和更复杂的后沿调光器。

该电路用于在通用AC输入电压范围内（85 VAC至265 VAC，47 Hz至63 Hz）进行工作，但在0 VAC至300 VAC的输入电压范围内也不会造成损坏。这样可以提升现场应用可靠性，延长在线电压跌落和浪涌条件下的使用寿命。基于LinkSwitch-PL的设计可提供高功率因数(>0.9)，有助于满足所有现行国际标准的要求，可使单个设计全球通用。

该电源所选用的外形可满足标准梨形(A19) LED替换灯的要求。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、变压器文档、印刷电路板布局及性能数据。

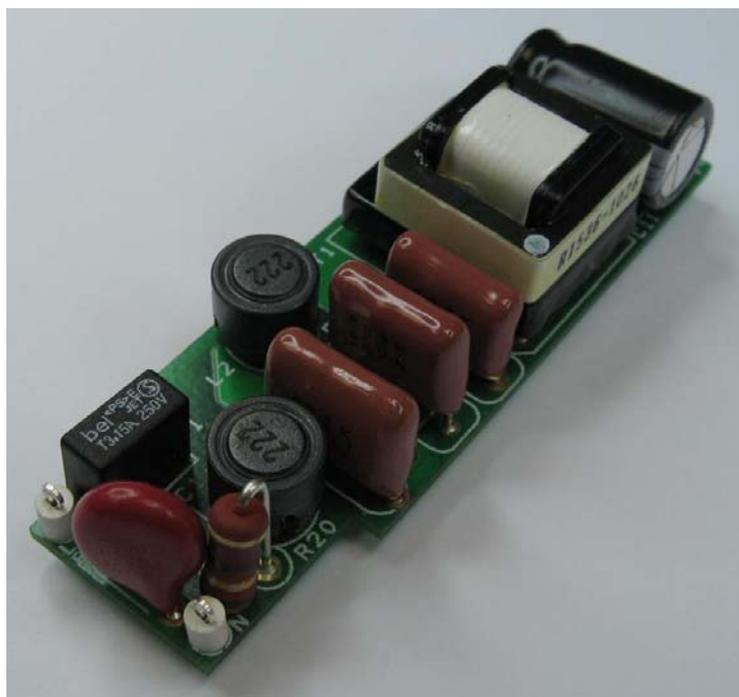


图1 – 装配后的电路板图片（顶视图）



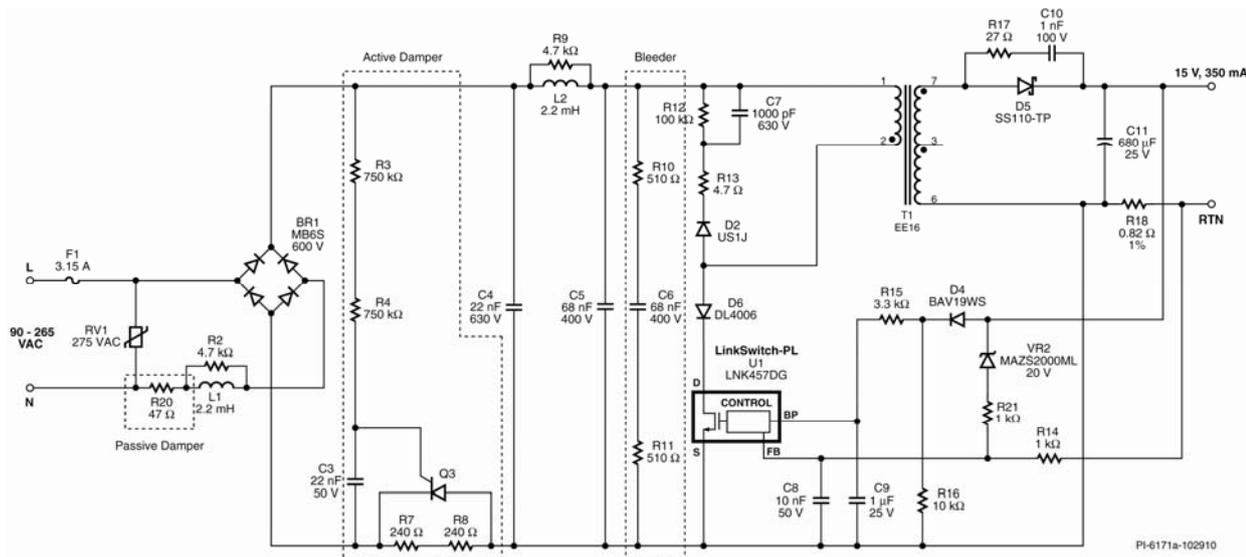
2 电源规格

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	$V_{IN(NOM)}$		115/230		VAC	额定线电压
	$V_{IN(EXT)}$	90		265	VAC	额定工作电压范围
	$V_{IN(ND)}$	0		300	VAC	电源不会发生损坏的电压范围
频率	f_{LINE}	47	50/60	63	Hz	
输出						
输出电压	V_{OUT}	12	15	18	V	使用15 V LED灯串验证了热结果
输出电流	$I_{OUT(N)}$	322	350	378	mA	(+/-8%)额定115/230 VAC输入, 达到热平衡后
	$I_{OUT(E)}$	315	350	385	mA	(+/-10%)扩展的90-265 VAC输入, -20 °C到80 °C
输出功率	P_{OUT}		5		W	
效率						
可调光模式	η		73		%	在 P_{OUT} 25 °C条件下测得
非调光模式			78			
环境						
传导EMI		满足CISPR22B/EN55015要求				装入A19鳍片式金属外壳, 并在接地平面进行测量 (以模拟最终应用)
%ATHD 230 V			< 18			
安全			非隔离			
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)				2500	V	200 A短路 串联电阻: 差模
尺寸						0.83" (20.86 mm) x 2.52" (63.9 mm)
板级环境温度	T_{AMB}	-20		80	°C	自然对流, 海平面



3 电路原理图



注释:

C1、R22及C12未装配。

对于非调光应用，可去除有源衰减电路和泄放电路，以便检测到以下元件：Q3、R20、R3、R4、R10、R11、C6及C3。将R7、R8及R20替换为0Ω电阻。

对于仅高压应用，要想匹配如REV 300 W这样的高漏感调光器，可微调Busch 2250 (600 W) 或下列类似元件。将F1替换为47 Ω/2 W可熔电阻，将R7和R8替换为20Ω，将C6替换为220 nF，将R10和R11替换为最小值510 Ω/0.5 W，将C3替换为150nF，并将R16替换为1 kΩ/0.25 W。

图4 – 电路图 – (去除突出显示的结构框即可用于非调光应用。)



4 电路描述

本电路为非隔离式、非连续导通模式反激转换器电路，以350 mA的输出电流为电压为12 V到18 V的LED灯串提供驱动。驱动器完全能够在宽输入电压范围内工作，并提供高功率因数。本电路可同时满足输入浪涌和EMI要求，其元件数较少，能够使电路板尺寸满足LED灯泡替换应用的要求。

4.1 调光性能电路设计指南

对于使用低成本的可控硅前沿相控调光器提供输出调光的要求，我们需要在设计时进行全面的权衡。

由于LED照明的功耗非常低，整灯吸收的电流通常要小于调光器内可控硅的维持电流。这样会产生调光范围受限和/或闪烁等不良情况。由于LED驱动器的阻抗相对较大，因此在可控硅导通时，会产生很严重的振荡。在可控硅导通的一瞬间，一股非常大的浪涌电流会流入驱动器的输入电容，从而激发线路电感并造成电流振荡。这同样会造成类似不良情况，因为振荡会使可控硅电流降至零并关断，同时造成LED灯闪烁。

为克服这些问题，电路中采用了两个电路功能块 – 一个有源衰减电路和一个泄放电路。这些电路功能块的缺点是会增大功耗，进而降低电源的效率。

在本设计中衰减电路和泄放电路的取值能够使一个电路板与的绝大多数调光器（600 W以下的调光器并包括低成本前沿可控硅调光器）在整个输入电压范围内正常工作。这一设计可实现在高压输入时将一个灯连接一个调光器来实现无闪烁照明。

一个灯在高压下工作会导致最小输出电流和最大浪涌电流（可控硅导通时），这代表最差情况。因此，主动衰减电路和泄放电路的作用非常明显：泄放电路可降低阻抗，衰减电路可提高阻抗。但这会增加功耗，进而降低驱动器的效率和整个系统的效能。

要求将多个灯连接到一个调光器以便正常工作会降低泄放电路所需的电流，此时可增大R10和R11的值并减小C6的值。

如果使灯具仅在低压（85 VAC至132 VAC）下工作时，可在前沿可控硅调光器导通时出现的峰值电流大幅降低时降低R7和R8的值。

这两种更改都会降低散耗和提高效率。

对于非调光应用，可直接省去这些元件，用跳线替代R7和R8，从而提高效率，但不会改变其他性能特性。



4.2 输入EMI滤波和输入整流

EMI滤波器经优化可降低对调光性能的影响。电阻R20为可熔电阻。如果某个元件故障会导致输入电流过大，应选择可熔电阻来使开路失效。与非PFC设计或无源PFC设计相比，薄膜电阻（相对于线绕电阻）是可以接受的。这会在输入电容充电时降低瞬间功率耗散，但对于在高压下工作的设计建议使用2 W的额定值。此外，它们可以限制相位超前可控硅调光器导通以及电容C4和C5充电时所产生的浪涌电流。当可控硅以90度或270度角导通时出现最差条件（浪涌电流达到最大），它对应于AC波形的波峰。最后，它们可以在前沿可控硅导通时衰减在AC输入阻抗与电源输入级之间由浪涌电流再次导致的任何电流振荡。

两个 π 型差模滤波器EMI级与C1、R2、L1和C2一起形成一个级，C4、L2、R9和C5形成第二个级。在测试时发现，没有要求C1满足传导EMI限值，因此没有装配。

AC输入由BR1进行整流，由C4和C5进行滤波。所选取的总等效输入电容（C4、C5与C6的和）可确保LinkSwitch-PL器件对AC输入进行正确的过零点检测，这对于在调光期间维持正常工作和实现最佳性能很有必要。

4.3 有源衰减电路

有源衰减电路用于限制调光器内的可控硅导通时所产生的浪涌电流、相关电压尖峰和振荡。该电路在每个AC半周期的短暂时间内连接与输入整流管串联的阻抗（R7和R8），在剩下的AC周期则通过一个并联SCR（Q3）旁路。电阻R3、R4和C3决定Q3导通前的延迟时间。

4.4 泄放电路

电阻R10、R11和C6形成泄放电路，确保初始输入电流量足以满足可控硅的维持电流要求，特别是在可控硅导通角不够大的情况下。

对于非调光应用，可同时去除有源衰减电路和泄放电路。为此，可删除下列元件：Q3、R20、R3、R4、R10、R11、C6及C3。将R7、R8及R20替换为0 Ω 电阻。

4.5 LinkSwitch-PL初级

LNK457DG器件(U1)集成了功率开关器件、振荡器、输出恒流控制、启动以及保护功能。集成的725 V MOSFET提供更宽的电压裕量，即使在发生输入浪涌的情况下仍可确保高可靠性。该器件通过去耦电容C9从旁路引脚获得供电。启动后，C9由U1从内部电流源并由漏极引脚进行充电，然后在正常工作期间则由输出经由R15和D4进行供电。

经整流和滤波的输入电压加在T1初级绕组的一端。U1中集成的MOSFET驱动变压器初级绕组的另一侧。D2、R13、R12和C7形成RCD-R箝位电路，对漏感引起的漏极电压尖峰进行限制。

二极管D6用于防止IC在功率MOSFET因反射输出电压超过DC总线电压而关断时产生负向振荡（漏极电压振荡低于源极电压），确保以最小输入电容实现较高的功率因数。



4.6 输出整流

变压器的次级由D5整流，由C11滤波。选用肖特基势垒二极管来提高效率。由于C11在AC过零点期间提供能量存储，因此它的值决定了线电压频率输出纹波的幅值（因采用全波整流而为 $2 \times f_L$ ）。因此可根据所需的输出纹波来调整该值。对于所显示的680 μF 值，输出纹波为 $\pm I_o$ 的50%。电阻R17和C10用来衰减高频振荡，改善传导及辐射EMI。

4.7 输出反馈

恒流模式设定点由R18上的电压降决定，然后馈入U1的反馈引脚。输出过压保护由VR2和R14提供（R14对电流检测信号的影响微不足道，可忽略不计）。



5 PCB布局

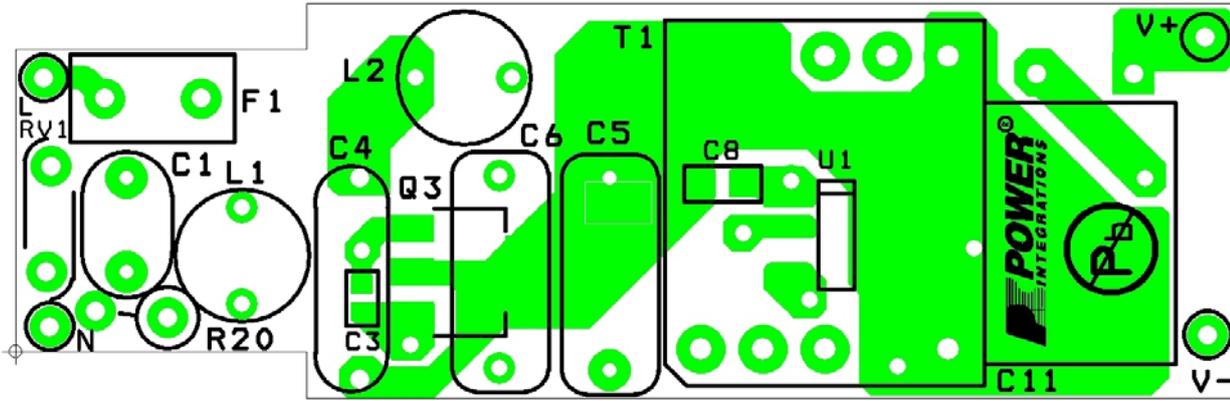


图5 - 印刷电路板顶部布局 0.83" (20.86 mm) x 2.52" (63.9 mm)

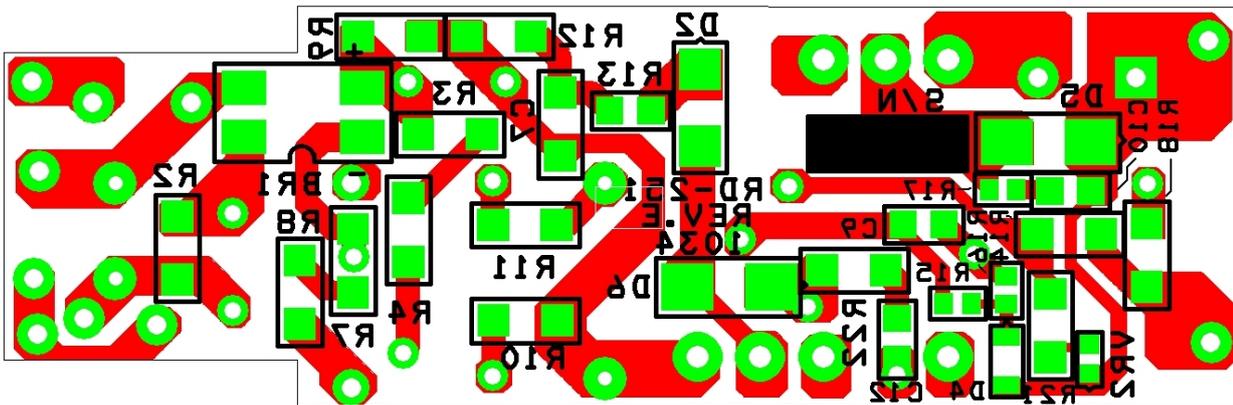


图6 - 印刷电路板底部布局



6 物料清单(BOM)

项	数量	参考序号	说明	生产商元件编号	生产商
1	1	BR1	桥式整流二极管 MBS GPP 0.8A 1000V	B10S-G	Comchip Technology
		BR1 (sub)	600 V, 0.5 A, 桥式整流器, SMD, MBS-1, 4-SOIC	MB6S-TP	Micro Commercial
2	1	C3	22 nF, 50 V, 陶瓷, Y5V, 0603	ECJ-1VF1H223Z	Panasonic
3	1	C4	22 nF, 630V, 薄膜	ECQ-E6223KZ	Panasonic
4	1	C5 C6	68 nF, 400 V, 薄膜	ECQ-E4683KF	Panasonic
5	1	C7	1000 pF, 630 V, 陶瓷, X7R, 1206	ECJ-3FB2J102K	Panasonic
6	1	C8	10 nF, 50 V, 陶瓷, X7R, 0805	ECJ-2VB1H103K	Panasonic
7	1	C9	1 μ F, 25 V, 陶瓷, X7R, 0805	ECJ-2FB1E105K	Panasonic
8	1	C10	1 nF, 100 V, 陶瓷, X7R, 0805	ECJ-2VB2A102K	Panasonic
9	1	C11	680 μ F, 25 V, 电解, 极低ESR, 32 m Ω , (10 x 16)	25ZLH680MEFC10X16	Rubycon
10	0	C1	不装配 (不安装/仅可选位置)		
11	0	C12	不装配 (不安装/仅可选位置)		
12	1	D4	100 V, 0.2 A, 快速开关, 50 ns, SOD-323	BAV19WS-7-F	Diode Inc.
13	1	D2	超快二极管, SW 600V, 1A, SMA	US1J-13-F	Diodes, Inc
14	1	D5	100 V, 1 A, 肖特基, DO-214AC (SMA)	SS110-TP	Micro commercial.
15	1	D6	800 V, 1 A, 整流管, 玻璃钝化, DO-213AA (MELF)	DL4006-13-F	Diodes Inc
		D6 (sub)	200 V, 1 A, 快速恢复, 150 ns, SMA	RS1D-13-F	Diodes Inc
16	1	F1	3.15 A, 250V, 慢, RST	507-1181	Belfuse
17	2	L1 L2	2.2 mH, 0.15 A, 铁氧体磁芯	CTSCH875DF - 222K	CTParts
18	1	Q3	SCR, 400 V, 0.8 A, SMD, SOT-223	P0102DN 5AA4	ST Microelectroics
19	2	R2 R9	4.7 k Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ472V	Panasonic
20	2	R3 R4	750 k Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ754V	Panasonic
21	2	R7 R8	240 Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ241V	Panasonic
22	2	R10 R11	510 Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ511V	Panasonic
23	1	R12	100 k Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ104V	Panasonic
24	1	R13	4.7 Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ4R7V	Panasonic
25	1	R14 R21	1 k Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ102V	Panasonic
26	1	R15	3.3 k Ω , 5%, 1/10 W, 厚膜, 0603	ERJ-3GEYJ332V	Panasonic
27	1	R16	10 k Ω , 5%, 1/10 W, 厚膜, 0603	ERJ-3GEYJ103V	Panasonic
28	1	R17	27 Ω , 5%, 1/10 W, 厚膜, 0603	ERJ-3GEYJ270V	Panasonic
29	1	R18	0.82 Ω , 1%, 1/2 W, 厚膜, 1206	RL1632R-R820-F	Susumu Co Ltd
30	2	R19 R20	47 Ω , 5%, 2 W, MF可熔	NFR0200004709JR500	Vishay/BC Components
31	0	R22	不装配 (不安装/仅可选位置)		
32	1	RV1	275 V, 23 J, 7 mm, 径向	V275LA4P	Littlefuse
33	1	T1	自定义变压器, EE16.参见报告中的规格	SNX-R1536	Santronics
34	1	U1	LinkSwitch-PL, LNK457DG, SO-8C	LNK457DG	Power Integrations
35	1	VR2	20 V, 5%, 150 mW, SSMINI-2	MAZS2000ML	Panasonic-SSG
36	1	J1 J2	测试点, 白色, 微型直插式安装	5002	Keystone
37	1	J3	测试点, 红色, 微型直插式安装	5000	Keystone
38	1	J4	测试点, 黑色, 微型直插式安装	5001	Keystone



7 变压器设计表格

ACDC_LinkSwitch-PL-F1b_042910; 修订版1.0; 版权所有 Power Integrations 2010	输入	信息	输出	单位	ACDC_LinkSwitch-PL_F1b_042910; LinkSwitch-PL反激式变压器设计表格
输入应用变量					使用LinkSwitch-PL LNK457DG设计的 5 W可调光的功率因数校正LED驱动器 (非隔离式)
VACMIN	85		85	V	最小AC输入电压
VACMAX	265		265	V	最大AC输入电压
FL	50		50	Hz	最小线电压频率
VO_MAX	18		18	V	最大输出电压
VO_MIN			10.0	V	器件在VACMAX下以周期跳频模式工作前的最小输出电压
IO	0.35		0.350	A	平均输出电流
N	0.7		0.7	%/100	电源总效率
Z	0.7		0.7		损耗分配因子。Z值越大意味着次级侧损耗越大，Z值越小意味着初级侧损耗越大。
壳体	敞开式		敞开式		壳体选择决定了热条件和最大功率
PO			6.30	W	平均输出功率
VD			0.7	V	输出二极管正向电压降
LinkSwitch-PL设计变量					
器件	LNK457		LNK457		在“敞开式”中选择最大PO: 7.357W; 替换灯最大 6.893125 W。
VOR			120.7	V	反射输出电压
匝数比			6.5		初级与次级匝数比
TON			3.27	us	MOSFET在低压及PO下的预期导通时间
FSW			122.1	kHz	低压及PO下的预期开关频率
占空比			39.9	%	低压及PO下的预期工作占空比
VDRAIN			620	V	预计漏极电压
IRMS			0.154	A	初级RMS电流
IPK			0.595	A	峰值初级电流



ACDC_LinkSwitch-PL-Fib_042910; 修订版1.0; 版权所有 Power Integrations 2010	输入	信息	输出	单位	ACDC_LinkSwitch-PL_Fib_042910; LinkSwitch-PL反激式变压器设计表格
ILIM_MAX			0.910	A	器件峰值电流
KDP			1.51		开关导通时间与磁芯复位时间的比值
LinkSwitch-PL外围元件的计算					
RSENSE			0.829	Ohms	输出电流检测电阻
标准RSENSE			0.83	Ohms	与RSENSE最小相差1%
PSENSE			0.102	W	RSENSE的功耗
输入变压器磁芯/结构变量					
磁芯类型	EE16		EE16		磁芯类型
磁芯元件编号			PC40EE16-Z		磁芯元件编号 (如有)
骨架元件编号			BE-16-118CPH		骨架元件编号 (如有)
AE			19.20	mm ²	磁芯等效截面积
LE			35.00	mm	磁芯等效路径长度
AL			1140	nH/T ²	无气隙磁芯等效电感量
BW			8.6	mm	骨架绕线宽度
L			3		初级绕组层数
NS			20	匝数	次级绕组匝数
变压器初级绕组设计参数					
LP			0.660	mH	初级电感量
LP容差			10	%	初级电感量容差
NP			130	匝数	初级绕组匝数
ALG			39	nH/T ²	带气隙磁芯等效电感量
BM			1574	高斯	最大值(BM < 3000 G)
BAC			787	高斯	磁芯损耗曲线中的AC磁通密度 (0.5 X 峰值-峰值)
BP_TARGET	2650		2650	高斯	目标峰值磁通密度。BP_TARGET 建议值 < 3700 G。
BP			2647	高斯	峰值磁通密度(BP < 3700 G)



ACDC_LinkSwitch-PL-Fib_042910; 修订版1.0; 版权所有 Power Integrations 2010	输入	信息	输出	单位	ACDC_LinkSwitch-PL_Fib_042910; LinkSwitch-PL反激式变压器设计表格
LG			0.618	mm	气隙长度(Lg > 0.1 mm)
BWE			25.8	mm	等效骨架宽度
OD			0.20	mm	初级绕组最大线径(包括绝缘层)
INS			0.04	mm	估计的总绝缘层厚度(= 2 * 膜厚度)
DIA			0.16	mm	裸线直径
AWG			35	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, 则使用较小线规的导线)
CM			32	Cmil	以Cmil为单位的裸线等效面积
CMA			208	Cmil/Amp	初级绕组电流容量(200 < CMA < 500)
初级电流密度(J)			9.61	A/ mm^2	初级绕组电流密度 (3.8 < J < 9.75 A/mm^2)
次级绕组设计参数					
ISP			3.87	A	峰值次级电流
ISRMS			0.91	A	次级RMS电流
IO			0.35	A	输出电流
PIVS			83.6	V	为反向恢复电压尖峰增加10%的裕量后输出二极管中的峰值反向电压
CMS1			183	Cmil	输出绕组裸线最小圆密耳(mil)数
AWGS			27	AWG	线规(舍入到下一个较大的标准AWG值)
DIAS			0.36	mm	Minimum Bare Conductor Diameter
ODS			1.29	mm	三层绝缘线的最大外径



8 变压器规格

8.1 电气原理图

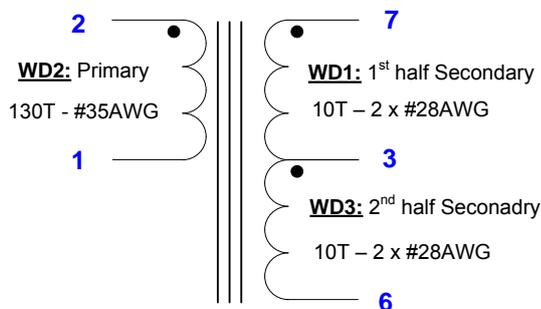


图7 – 变压器电气原理图

8.2 电气规格

绝缘强度	3秒, 60 Hz, 从引脚1-2到引脚6-7	500 VAC
初级电感量	引脚1-2, 所有其他绕组开路, 在100 kHz条件下测得, 0.4 VRMS	660 μ H, \pm 10 %
谐振频率	引脚1-2, 所有其他绕组开路	1200 kHz (最小)
初级漏感	引脚1-2, 引脚7-9短接, 在 100 kHz条件下测得, 0.4 VRMS	15 μ H (最大)

8.3 材料

项	说明
[1]	磁芯: EE16/PC40
[2]	骨架: EE16, 水平, 10个引脚, (5/5), TF1613 (台湾树林) 或同等材料。
[3]	漆包线: #28 AWG, 双涂层。
[4]	漆包线: #35 AWG, 双涂层。
[5]	胶带: 3M 1298聚酯薄膜, 8.0 mm宽, 2.0mil厚或同等材料。
[6]	浸漆。

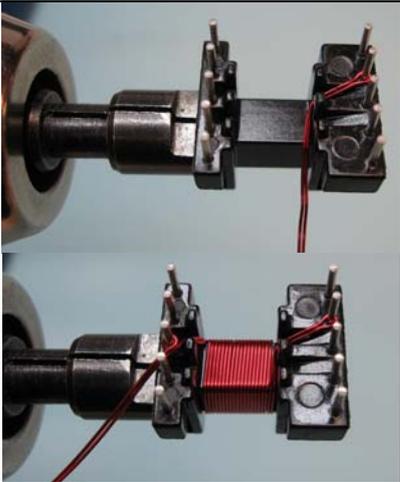
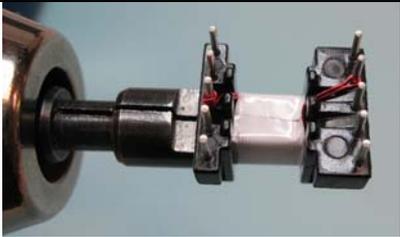
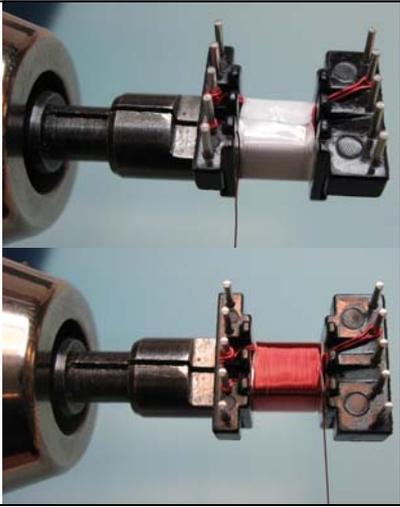


8.5 变压器构造

绕组准备	将骨架放在绕线轴上，使初级绕组位于左侧，次级绕组位于右侧。绕制方向为顺时针方向。
WD1 第1半次级绕组	从引脚7开始，用双线并绕的方法从右到左绕10匝导线项[3]，最后在引脚3终止。
绝缘层	一层胶带项[5]。
WD2 初级绕组	从引脚2开始，分3层绕130匝导线项[4]：44T+43T+43T，在分层之间放两层胶带项[5]，参见上面的图7，最后在引脚1终止。
绝缘层	一层胶带项[5]。
WD3 第2半次级绕组	从引脚3开始，用双线并绕的方法从左到右绕10匝导线项[3]，最后在引脚6终止。
绝缘层	两层胶带项[5]。
结束	打磨两个半磁芯，使磁芯间的漏感量达到660 μH ，并用胶带装配。浸漆。



8.6 绕制演示

<p>绕组准备</p>		<p>将骨架放在绕线轴上，使初级绕组位于左侧，次级绕组位于右侧。绕制方向为顺时针方向。</p>
<p>WD1 第1半次级绕组</p>		<p>从引脚7开始，用双线并绕的方法从右到左绕10匝导线项[3]，最后在引脚3终止。</p>
<p>绝缘层</p>		<p>一层胶带项[5]。</p>
<p>WD2 初级绕组</p>		<p>从引脚2开始，分3层绕130匝导线项[4]：44T+43T+43T，在分层之间放两层胶带项[5]。</p>



<p>WD2 初级绕组 (续上)</p>		<p>参见上面的图7，最后在引脚1终止。</p>
<p>绝缘层</p>		<p>一层胶带项[5]。</p>



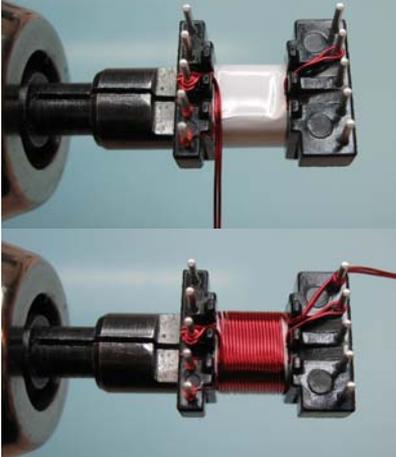
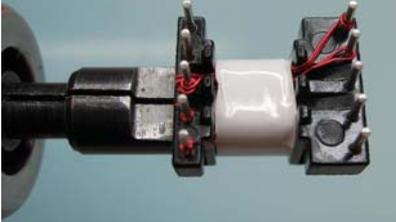
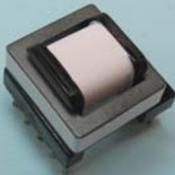
<p>WD3 第2半次级绕组</p>		<p>从引脚3开始，用双线并绕的方法从左到右绕10匝导线项[3]，最后在引脚6终止。</p>
<p>绝缘层</p>		<p>两层胶带项[5]。</p>
<p>结束</p>		<p>打磨两个半磁芯，使磁芯间的漏感量达到660 μH，（参见图3），并用胶带装配。浸漆。</p>

图10 – 变压器构造



9 性能数据

所有测量均在室温下进行，除非另有指定。

9.1 带载模式效率

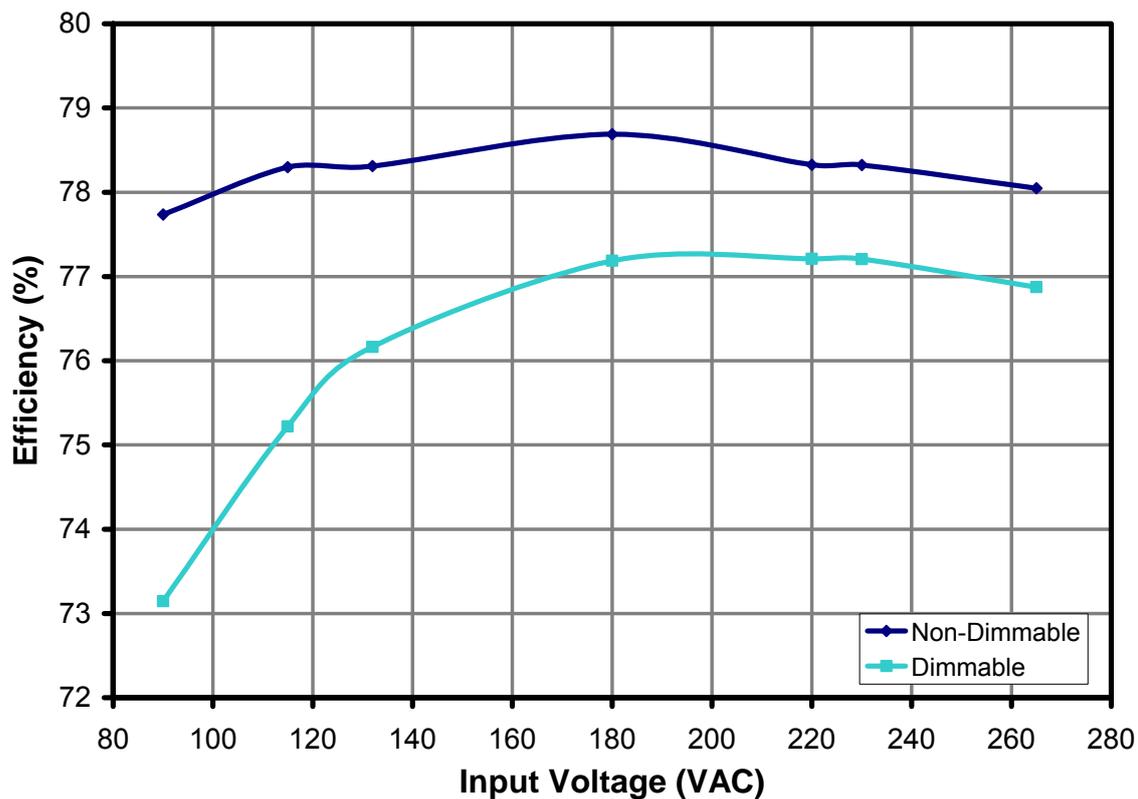


图11 – 调光或非调光配置（去除有源衰减电路和泄放电路）中相对于输入电压的满载（15 V，350 mA）效率



9.2 非调光配置

已去除有源衰减电路和泄放电路。

输入		输入测量				负载测量			效率 (%)
VAC (V _{RMS})	频率 (Hz)	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PF	%THD	V _O (V _{DC})	I _O (mA _{DC})	P _O (W)	
90	47	75.020	6.728	0.9973	6.6400	15.12	342.80	5.23	77.73
115	60	61.030	6.981	0.9950	8.36	15.17	358.10	5.47	78.30
132	60	53.870	7.054	0.9924	10.09	15.17	361.90	5.52	78.31
180	50	39.540	7.010	0.9853	12.02	15.15	361.10	5.52	78.69
220	50	32.160	6.902	0.9755	12.35	15.13	354.60	5.41	78.33
230	50	31.040	6.934	0.9717	12.21	15.13	356.20	5.43	78.32
265	63	27.800	6.915	0.9384	12.07	15.13	354.80	5.40	78.05
230	50	29.932	6.676	0.9700	12.53	15.08	343.50	5.22	78.21
220	50	30.723	6.577	0.9731	12.59	15.07	339.60	5.16	78.39
180	50	37.740	6.682	0.9839	12.37	15.08	345.10	5.25	78.51
132	60	50.848	6.653	0.9914	10.77	15.08	343.90	5.22	78.40
115	60	58.278	6.665	0.9945	8.7100	15.08	343.80	5.22	78.24
90	47	74.710	6.700	0.9973	6.67	15.06	342.80	5.21	77.73

9.3 可调光

输入		输入测量				负载测量			效率 (%)
VAC (V _{RMS})	频率 (Hz)	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PF	%THD	V _O (V _{DC})	I _O (mA _{DC})	P _O (W)	
90	47	81.250	7.29	0.9974	6.0100	15.13	349.10	5.33	73.14
115	60	65.400	7.47	0.9941	7.18	15.18	368.00	5.62	75.22
132	60	55.980	7.31	0.9895	9.6	15.16	364.90	5.57	76.16
180	50	41.920	7.35	0.9746	12.23	15.16	371.20	5.67	77.19
220	50	34.910	7.30	0.9507	13.43	15.15	369.20	5.64	77.21
230	50	33.690	7.30	0.9423	13.09	15.14	369.30	5.64	77.21
265	63	30.110	7.09	0.8886	22.46	15.11	359.00	5.45	76.88
230	50	31.986	6.89	0.9370	13.85	15.07	350.00	5.31	77.12
220	50	33.249	6.91	0.9448	13.71	15.07	351.60	5.34	77.25
180	50	39.671	6.94	0.9719	12.7	15.07	352.10	5.35	77.07
132	60	52.683	6.87	0.9877	10.57	15.05	346.60	5.25	76.42
115	60	63.186	7.22	0.9938	7.3500	15.08	358.40	5.44	75.34
90	47	79.780	7.15	0.9974	5.98	15.03	345.50	5.24	73.22

表1 – 满载特性，用5个白色LED灯串进行验证



9.4 谐波

满足EN61000-3-2谐波含量标准。

顺序	输入电流谐波(mA)				EN 61000-3-2
	不可调光		可调光		
	115 V	230 V	115 V	230 V	
1	61.87	32.40	62.19	32.52	
3	1.45	1.25	1.92	1.51	P
5	3.72	1.26	3.22	1.57	P
7	0.81	1.61	1.51	1.72	P
9	0.29	1.55	0.84	1.64	P
11	1.69	1.58	1.02	1.63	P
13	0.79	1.61	0.17	1.55	P
15	0.65	1.30	0.69	1.31	P
17	0.90	0.81	1.37	1.05	P
19	1.08	0.69	1.50	0.73	P
21	0.58	0.30	0.81	0.99	P
23	0.81	0.22	1.00	0.53	P
25	0.61	0.13	0.62	0.66	P
27	0.64	0.11	0.34	0.50	P
29	0.67	0.15	0.52	0.45	P
31	0.70	0.14	0.59	0.36	P
33	0.53	0.11	0.57	0.30	P
35	0.43	0.12	0.57	0.39	P
37	0.33	0.12	0.55	0.35	P
39	0.20	0.12	0.43	0.36	P
41	0.06	0.14	0.24	0.28	
43	0.13	0.15	0.21	0.24	
45	0.20	0.09	0.12	0.27	
47	0.15	0.11	0.24	0.18	
49	0.10	0.13	0.27	0.15	

表2 - 谐波含量



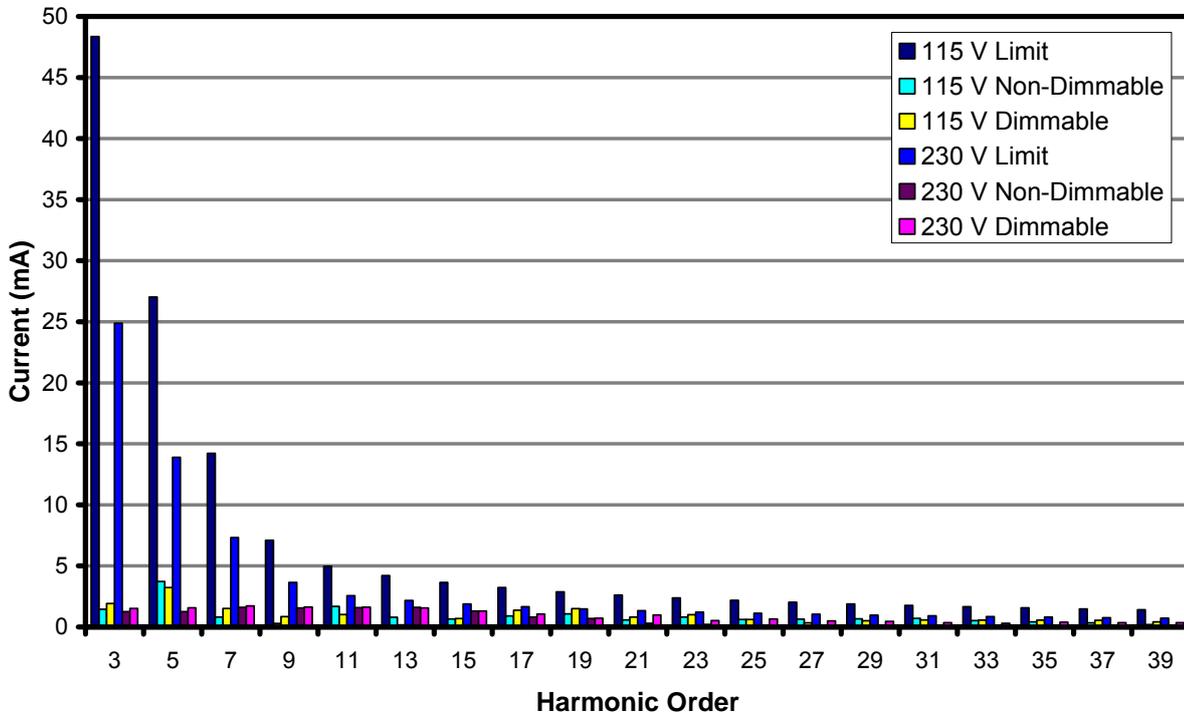


图12 - 被测调光器谐波含量



9.5 功率因数

输入电压从最小值到最大值进行扫描，然后再返回。表现出的差异是由于内部控制器的工作状态之间存在迟滞，这种差异具有确定性。

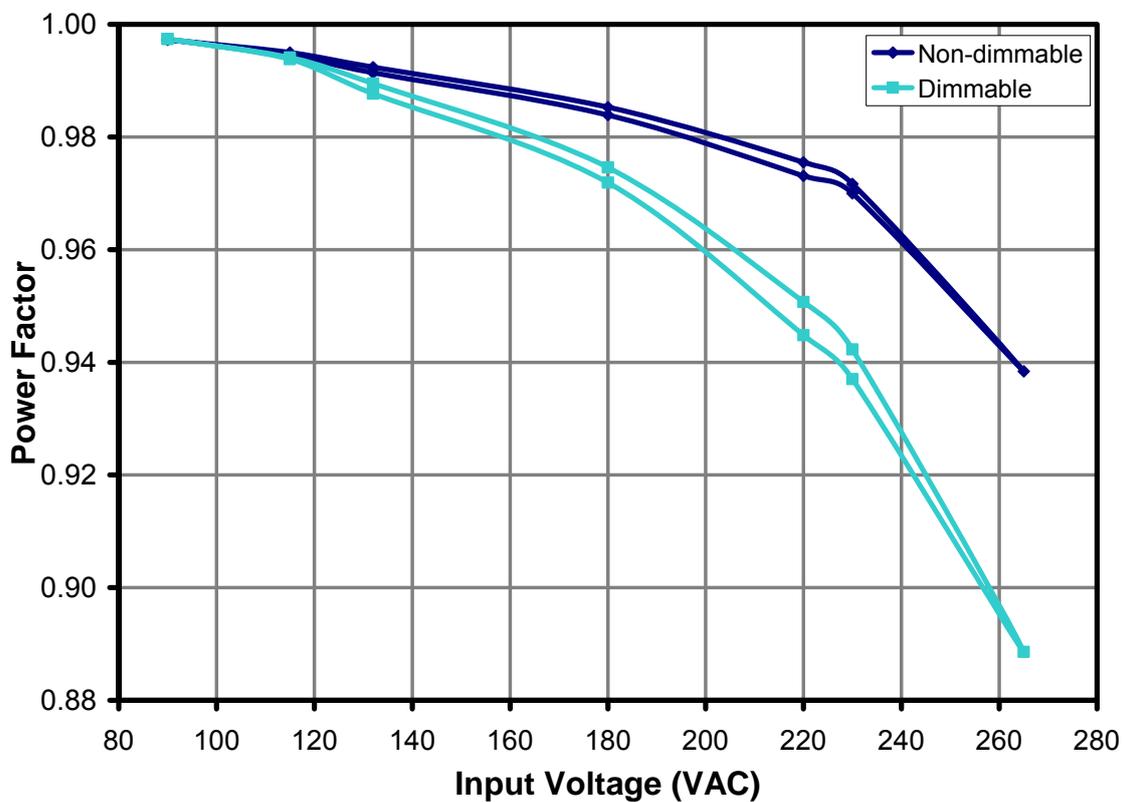


图13 – 不同AC输入电压下的满载功率因数



9.6 线电压调整

输入电压从最小值到最大值进行扫描, 然后再返回。表现出的差异是由于内部控制器的工作状态之间存在迟滞, 这种差异具有确定性。

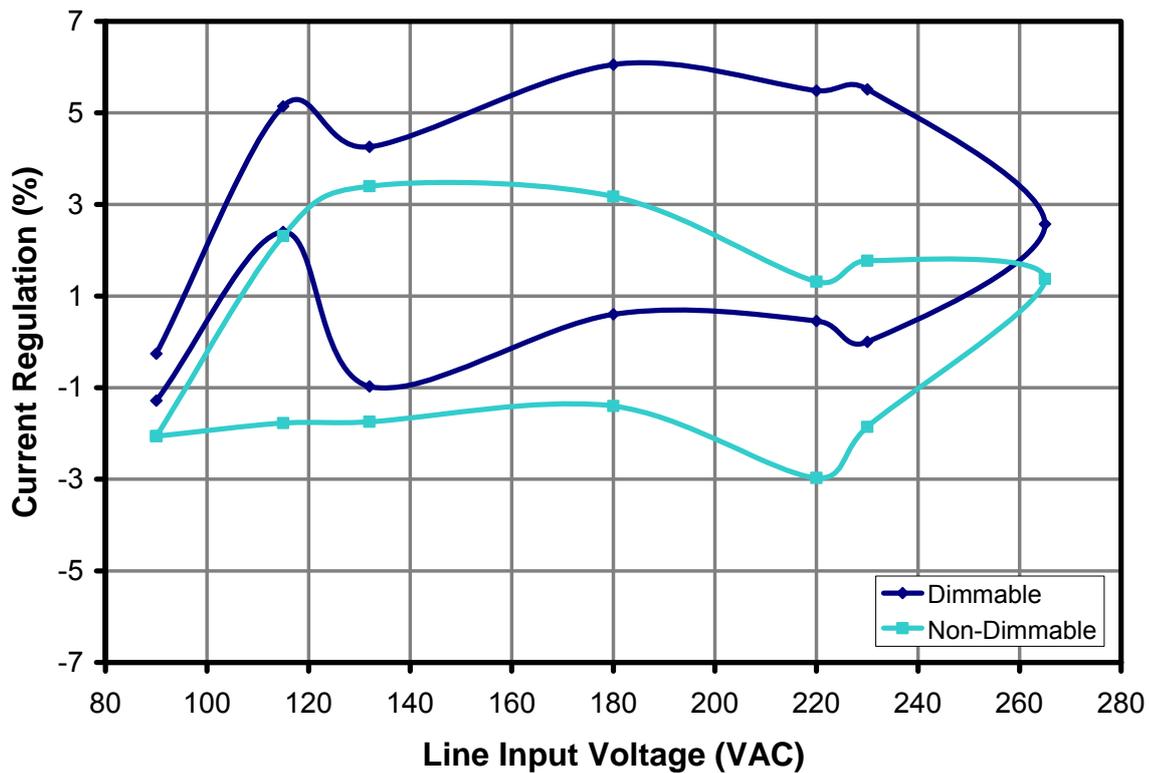


图14 – 线电压调整, 室温, 满载



9.7 调光性能

9.7.1 调光范围

该设计使用可编程交流电源供应器模拟前沿可控硅调光器。数据以每1度相位角进行采集。

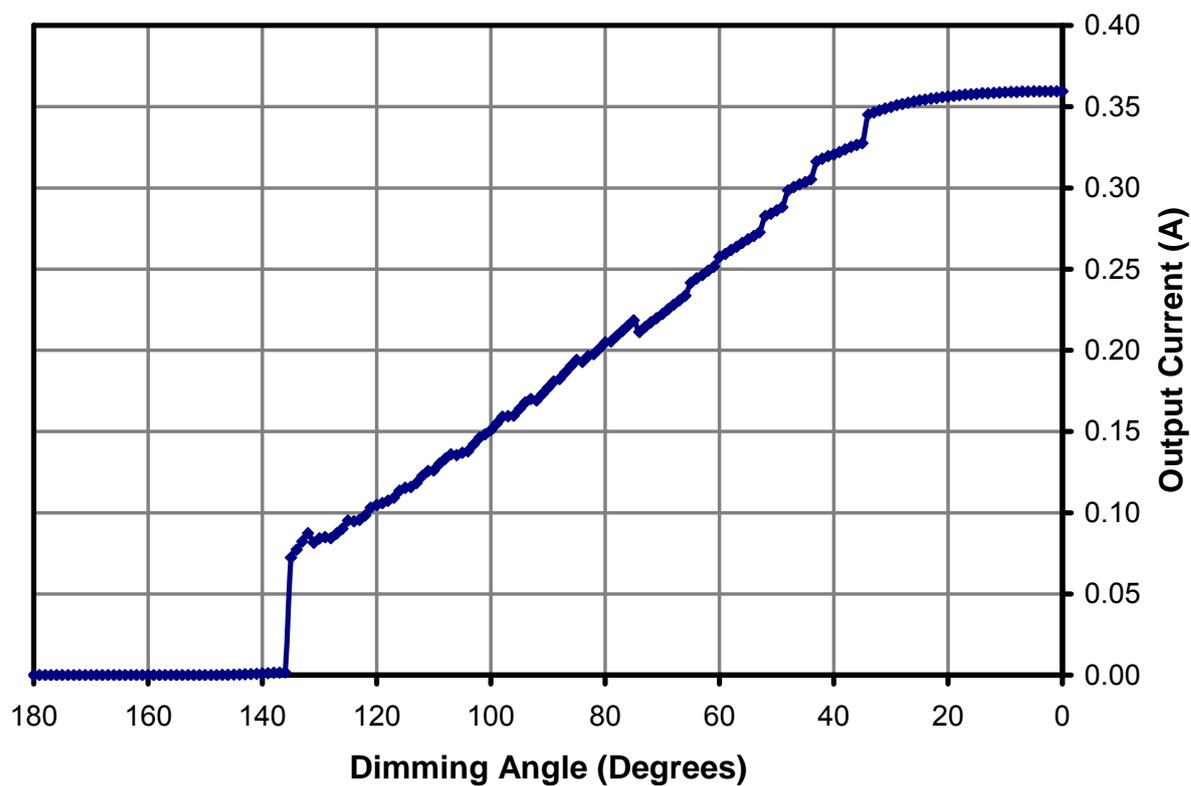


图15 – 115 V相位角调光特性 (增大输出电流)



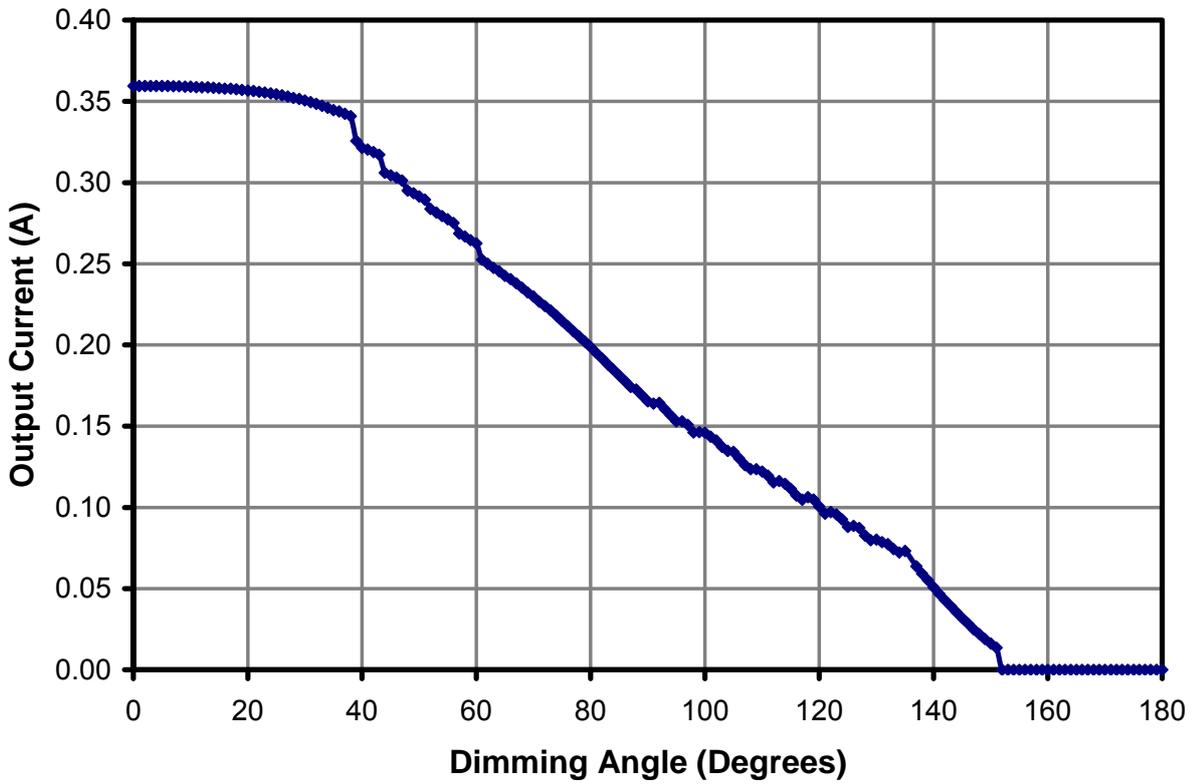


图16 – 115 V相位角调光特性 (减小输出电流)



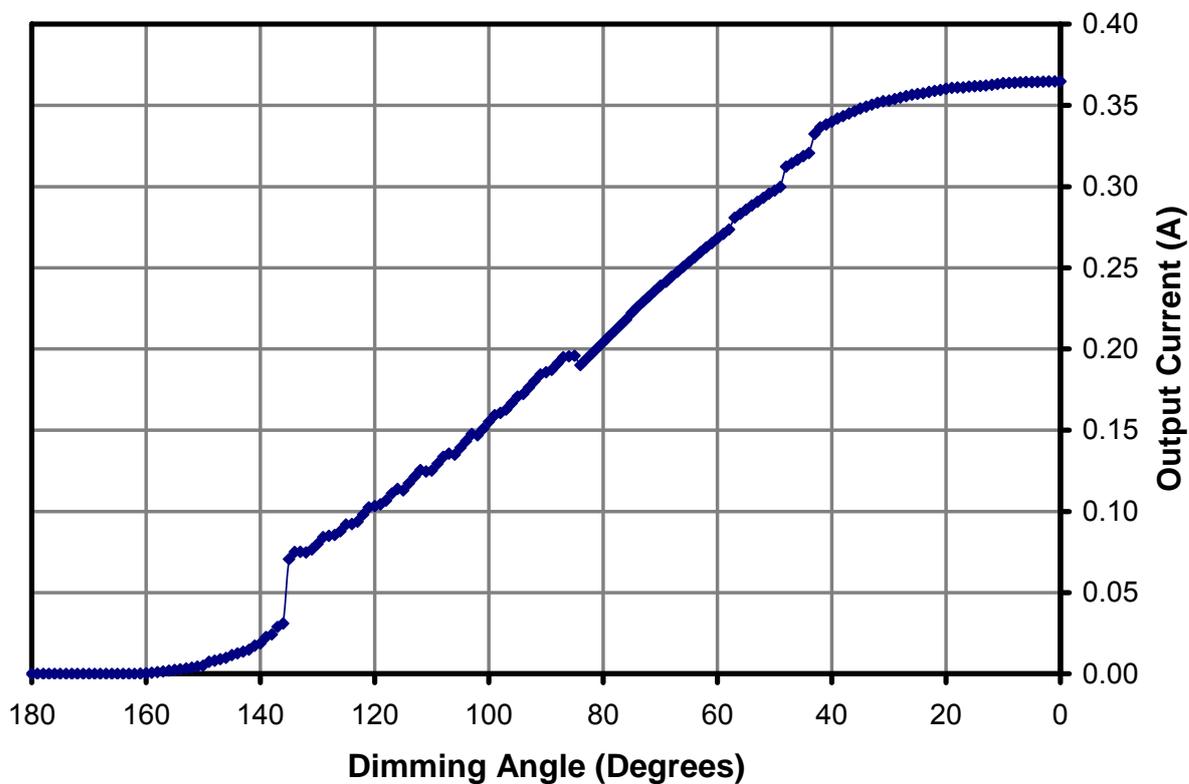


图17 - 230 V相位角调光特性 (增大输出电流)



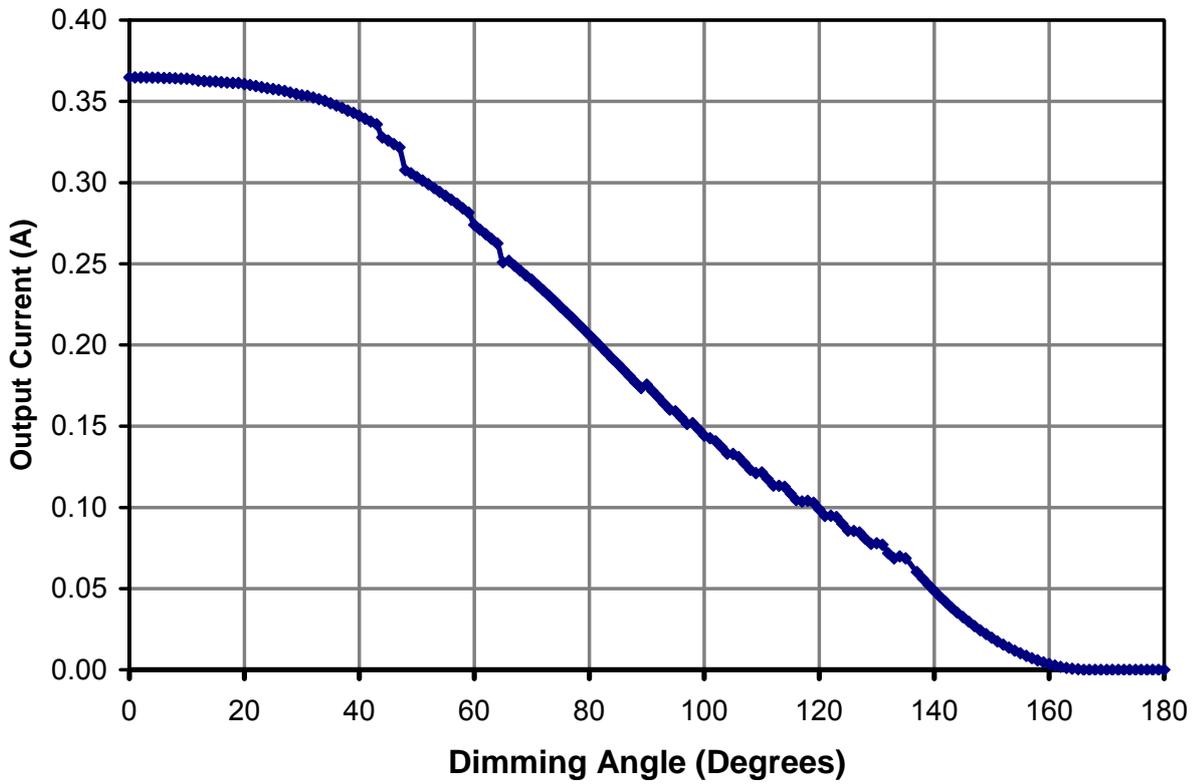


图18 - 230 V相位角调光特性 (增大输出电流)



9.7.2 调光器间的轨迹跟踪

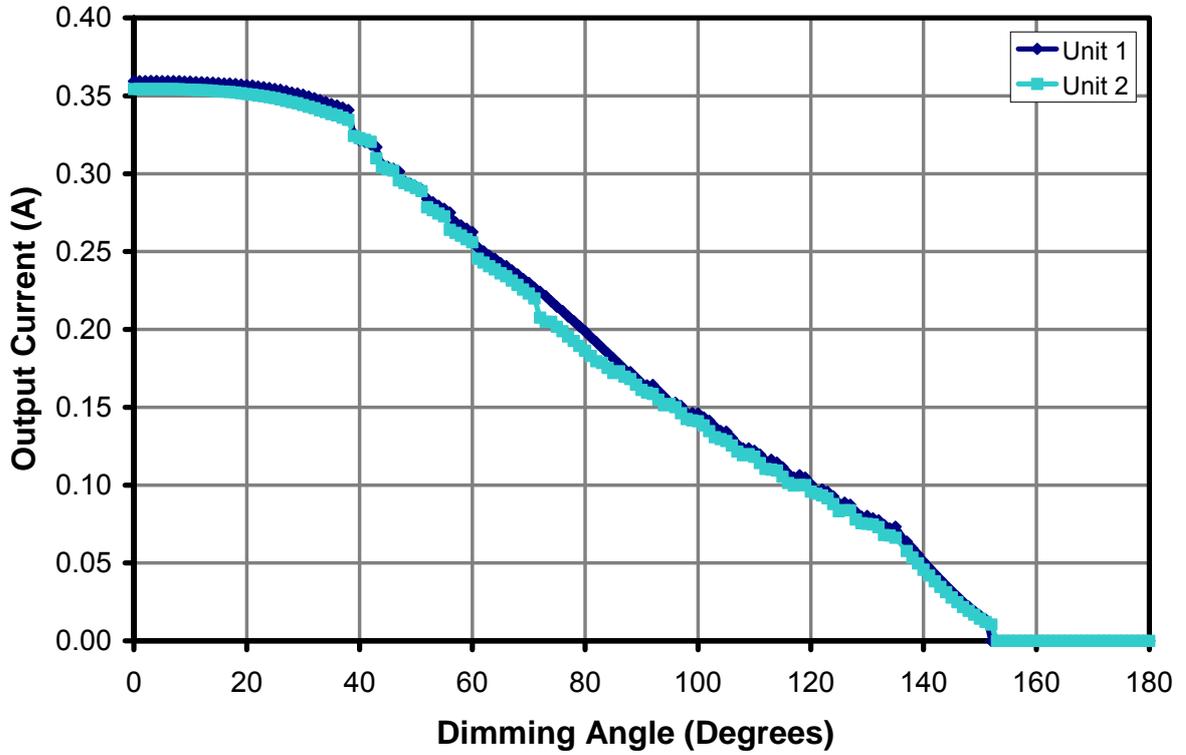


图19 – 115 V/60 Hz下调光器间输出电流调光性能曲线范例



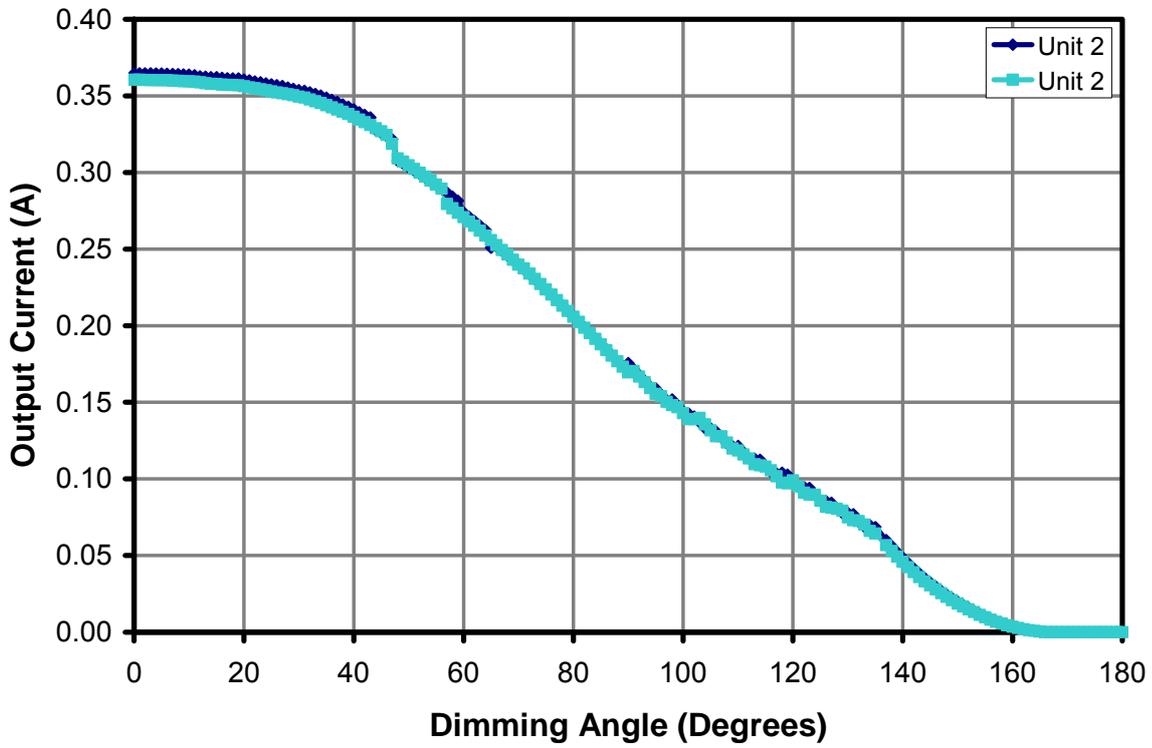


图20 – 230 V/50 Hz下调光器间输出电流调光性能曲线范例



10 热性能

10.1 热环境设置

调光元件的验证在纸板箱中进行，以避免热处理室内的循环空气对它造成影响。



图21 – 用来防止气流通过被测电源的纸板箱所在的热处理室



图22 – 纸板箱内的被测电源

10.2 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:	Monogram 序列号: 1290492

10.3 热结果

负载: 5个串联LED (15 V/350 mA)。采用80°C环境温度模拟密闭的LED替换灯壳体内的工作情况。电源在-30°C下正常启动和工作。

项	正常工作(°C)				输出 短路	冷启动 (PASS)	
	90 V 50 Hz	115 V 60 Hz	230 V 50 Hz	265 V 60 Hz		90 V 50 Hz	265 V 60 Hz
环境温度(°C)	80	80	80	80	80	-30	-30
桥式整流器(BR1)	101	112	104	97	92		
Fet (衰减电路) (Q2)	99	110	104	100	93		
输入电感(L2)	96	105	101	99	88		
变压器磁芯(T1)	101	109	107	106	88		
变压器绕组(T1)	105	114	112	111	87		
LNK457 (U1)	113	126	122	120	95		
输出电容(C11)	96	103	101	101	81		
输出二极管(D5)	110	120	118	118	89		

表3 – 可调光元件的热数据



10.4 热扫描

负载: 5个串联LED (15 V/350 mA)



图23 – LNK457DG器件在25°C开敞空间内的温度



图24 – PCB背面、走线及器件温度



11 波形

11.1 漏极电压和电流

11.1.1 正常稳态工作

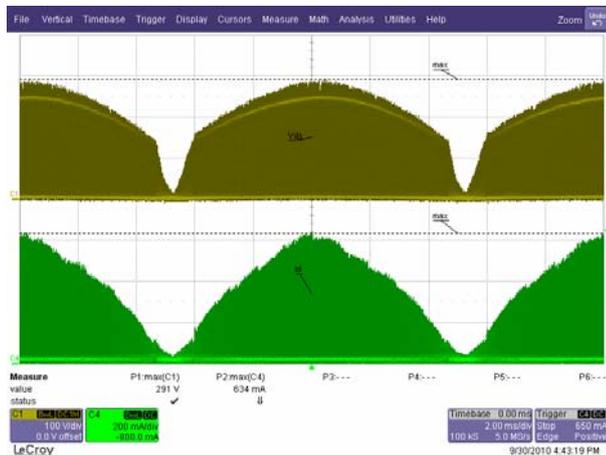


图25 – 90 VAC / 50 Hz,
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
上: V_{DRAIN}, 100 V/格, 2 ms/格
下: I_{DRAIN}, 0.2 A/格

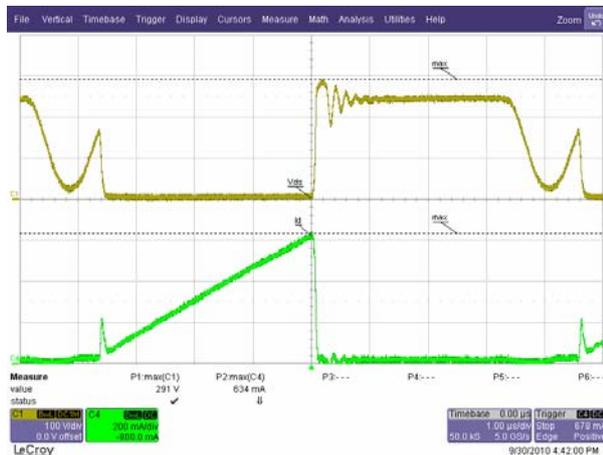


图26 – 90 VAC / 50 Hz,
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
上: V_{DRAIN}, 100 V/格, 1 µs/格
下: I_{DRAIN}, 0.2 A/格

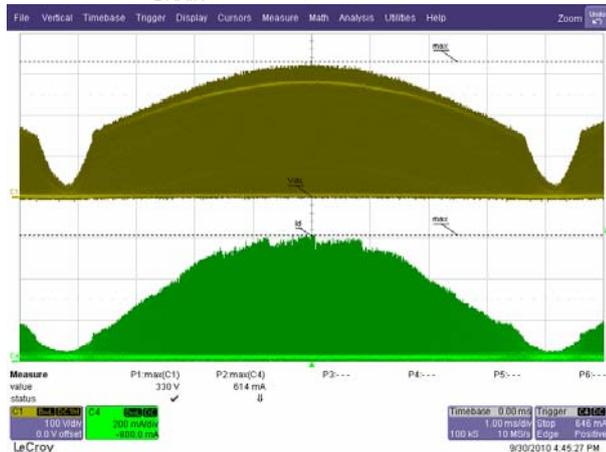


图27 – 115 VAC / 60 Hz,
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
上: V_{DRAIN}, 100 V/格, 1 ms/格
下: I_{DRAIN}, 0.2 A/格

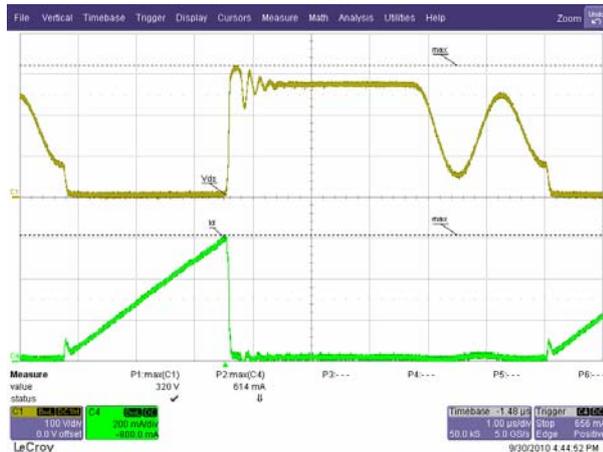


图28 – 115 VAC / 60 Hz,
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
上: V_{DRAIN}, 100 V/格, 1 µs/格
下: I_{DRAIN}, 0.2 A/格



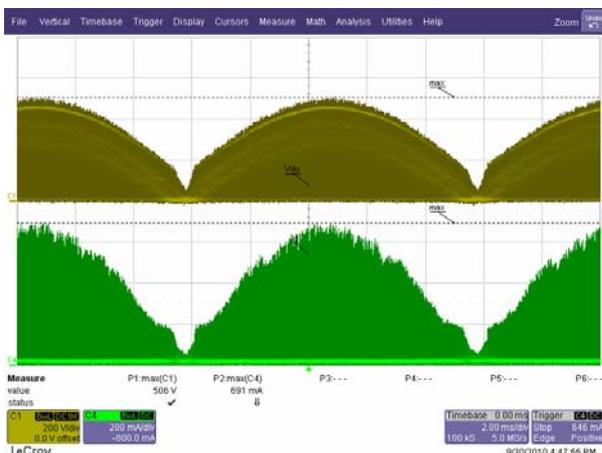


图29 – 230 VAC / 50 Hz,
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
上: VDRAIN, 200 V/格, 5 ms/格
下: IDRAIN, 0.2 A/格

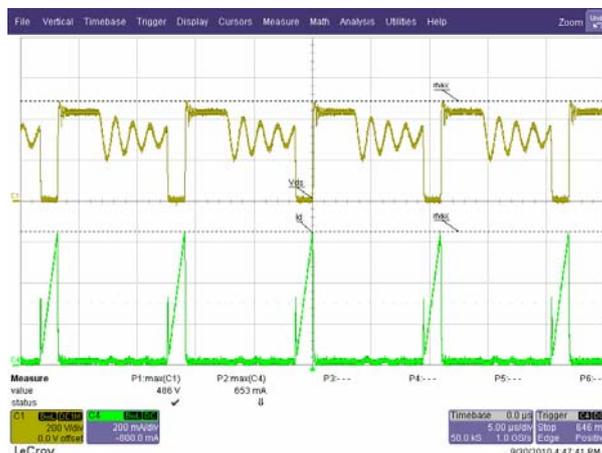


图30 – 230 VAC / 50 Hz,
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
上: VDRAIN, 200 V/格, 5 µs/格
下: IDRAIN, 0.2 A/格

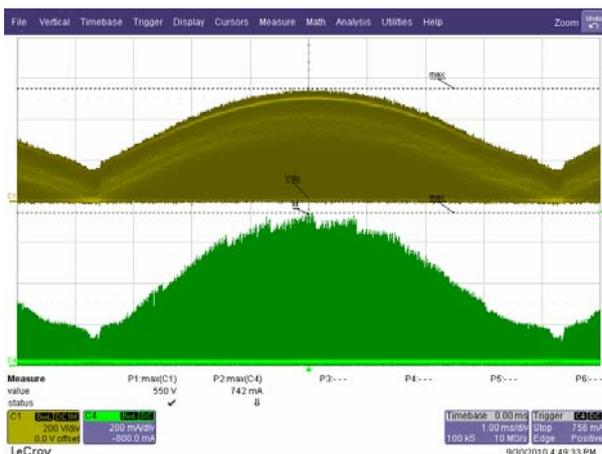


图31 – 265 VAC / 63 Hz,
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
上: VDRAIN, 200 V/格, 1 ms/格
下: IDRAIN, 0.2 A/格

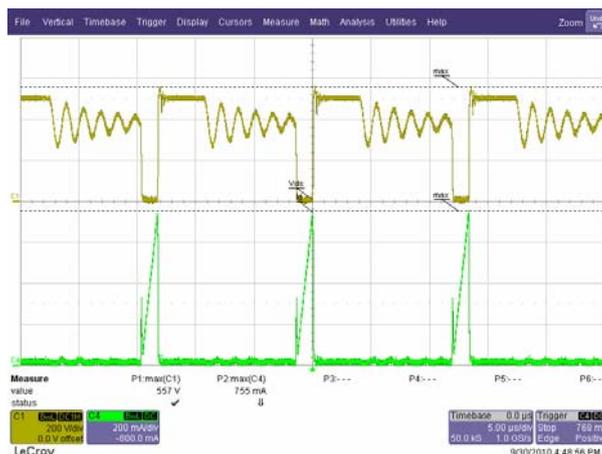


图32 – 265 VAC / 63 Hz,
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
上: VDRAIN, 200 V/格, 5 µs/格
下: IDRAIN, 0.2 A/格



11.1.2 AC启动

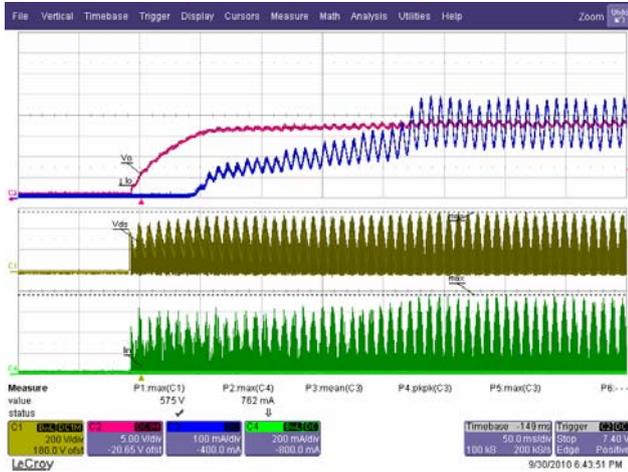


图33 – 265 VAC / 63 Hz,
 6个串联LED (18.2 V/350 mA)
 Ch1 (黄色) : VDS, 200 V/格
 Ch2 (红色) : VO, 5 V/格
 Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 50 ms/格

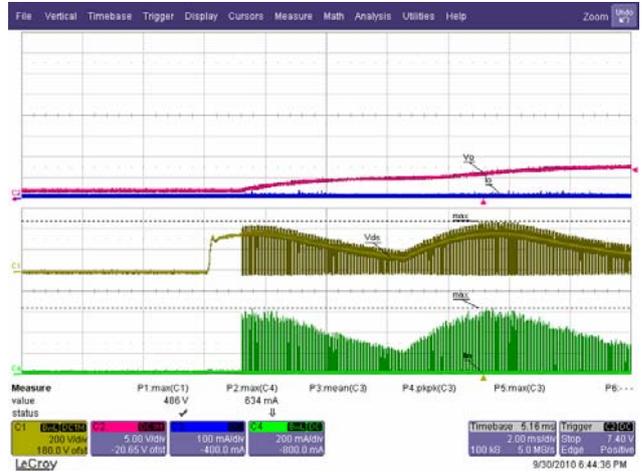


图34 – 265 VAC / 63 Hz,
 6个串联LED (18.2 V/350 mA)
 Ch1 (黄色) : VDS, 200 V/格
 Ch2 (红色) : VO, 5 V/格
 Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 2 ms/格

11.1.3 115 V可控硅与AC输入串联



图35 – 115 VAC / 60 Hz,
 45° 调光相位角
 6个串联LED (18.2 V/350 mA)
 Ch1 (黄色) : VDS, 100 V/格
 Ch2 (红色) : VIN, 50 V/格
 Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 2 ms/格



图36 – 115 VAC / 60 Hz,
 45° 调光相位角
 6个串联LED (18.2 V/350 mA)
 Ch1 (黄色) : VDS, 100 V/格
 Ch2 (红色) : VIN, 50 V/格
 Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 100 μ s/格





图37 – 115 VAC / 60 Hz,
90° 调光相位角
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
Ch1 (黄色): VDS, 100 V/格
Ch2 (红色): VIN, 50 V/格
Ch4 (绿色): I_{DS} , 200 mA/格, 2 ms/格

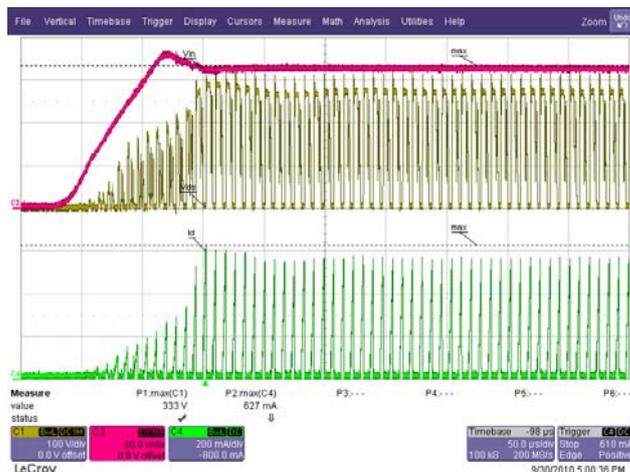


图38 – 115 VAC / 60 Hz,
90° 调光相位角
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
Ch1 (黄色): VDS, 100 V/格
Ch2 (红色): VIN, 50 V/格
Ch4 (绿色): I_{DS} , 200 mA/格, 50 μ s/格

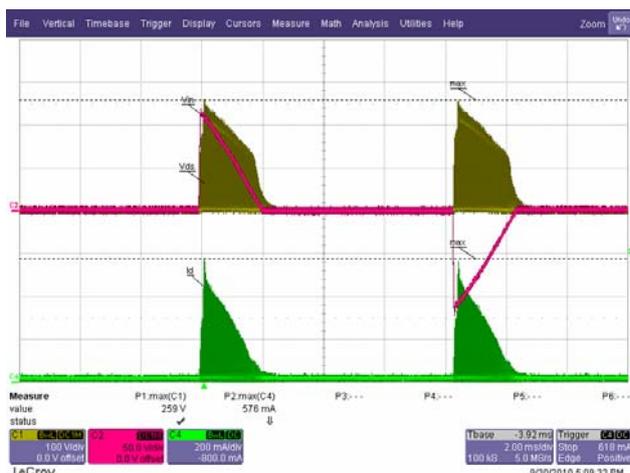


图39 – 115 VAC / 60 Hz,
135° 调光相位角
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
Ch1 (黄色): VDS, 100 V/格
Ch2 (红色): VIN, 50 V/格
Ch4 (绿色): I_{DS} , 200 mA/格, 2 ms/格

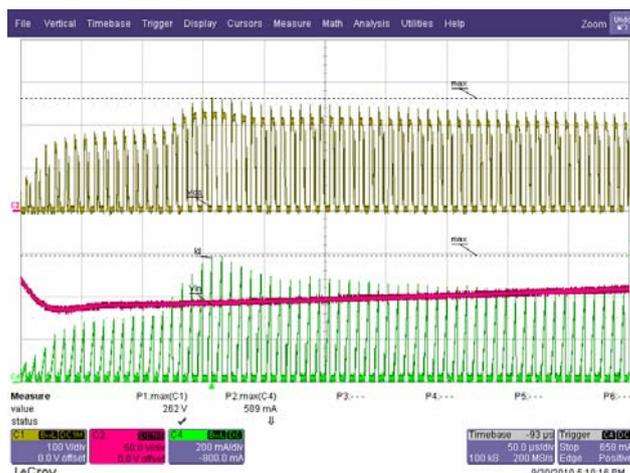


图40 – 115 VAC / 60 Hz,
135° 调光相位角
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
Ch1 (黄色): VDS, 100 V/格
Ch2 (红色): VIN, 50 V/格
Ch4 (绿色): I_{DS} , 200 mA/格, 50 μ s/格

11.1.4 230 V可控硅与AC输入串联



图41 – 230 VAC / 50 Hz,
45° 调光相位角
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
Ch1 (黄色) : VDS, 200 V/格
Ch2 (红色) : VIN, 200 V/格
Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 2 ms/格

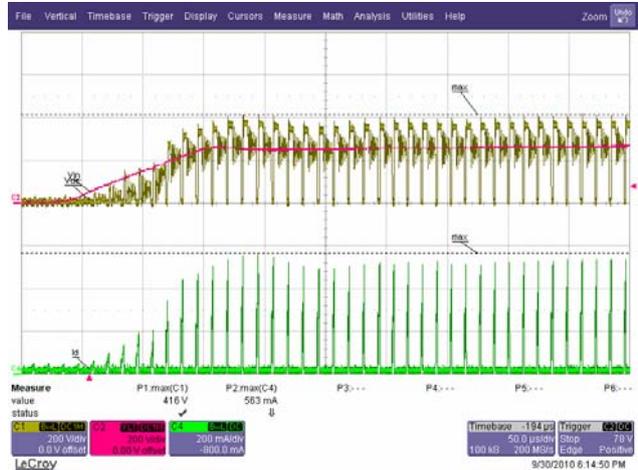


图42 – 230 VAC / 50 Hz,
45° 调光相位角
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
Ch1 (黄色) : VDS, 200 V/格
Ch2 (红色) : VIN, 200 V/格
Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 50 μ s/格

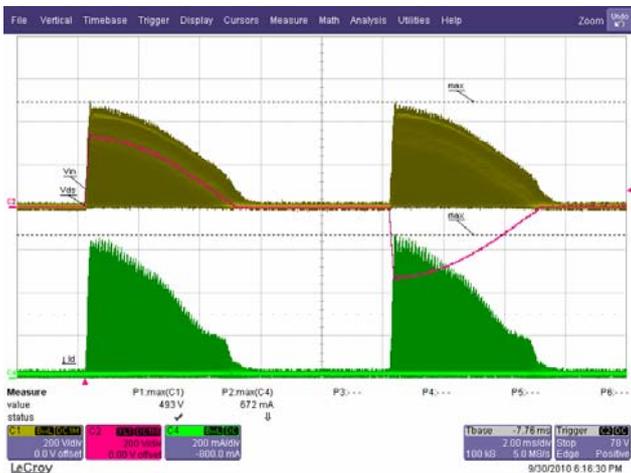


图43 – 230 VAC / 50 Hz,
90° 调光相位角
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
Ch1 (黄色) : VDS, 200 V/格
Ch2 (红色) : V_{IN} , 200 V/格
Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 2 ms/格

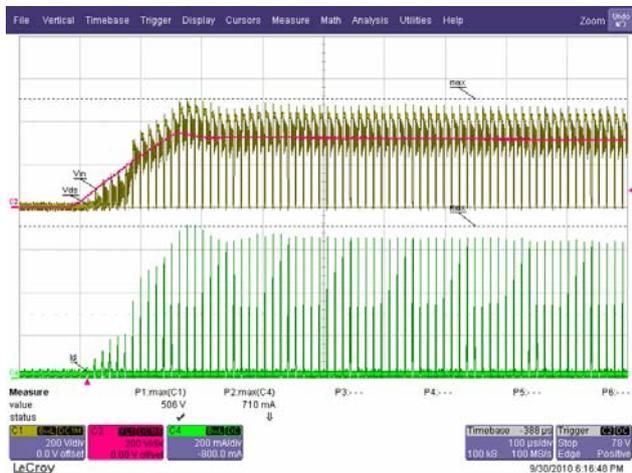


图44 – 230 VAC / 50 Hz,
90° 调光相位角
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
Ch1 (黄色) : VDS, 200 V/格
Ch2 (红色) : V_{IN} , 200 V/格
Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 100 μ s/格



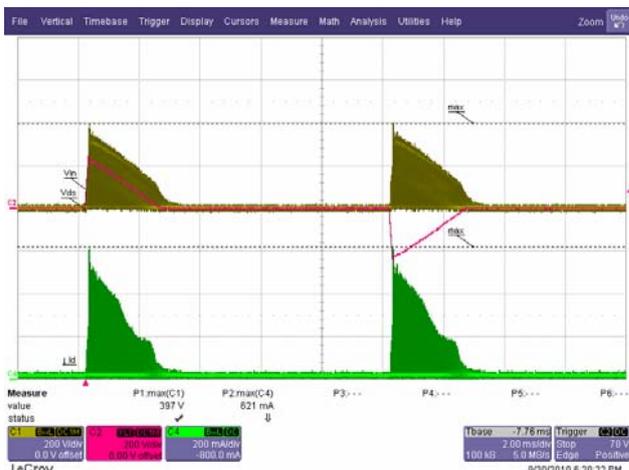


图45 – 230 VAC / 50 Hz,
135° 调光相位角
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
Ch1 (黄色) : VDS, 200 V/格
Ch2 (红色) : VIN, 200 V/格
Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 2 ms/格

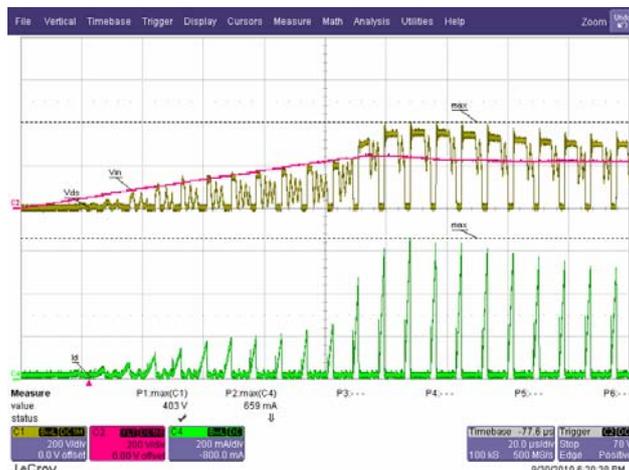


图46 – 230 VAC / 50 Hz,
135° 调光相位角
6个串联LED (18.2 V/350 mA)
Ch1 (黄色) : VDS, 200 V/格
Ch2 (红色) : VIN, 200 V/格
Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 20 μ s/格

11.1.5 故障情况 (输出短路/开路)

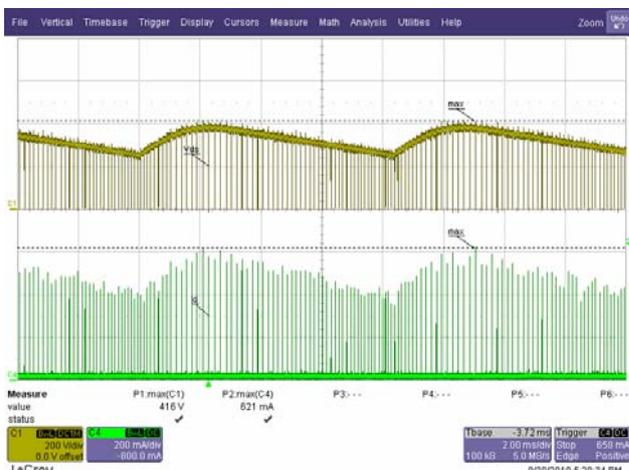


图47 – 265 VAC
负载短路
上: VDRAIN, 200 V/格
下: IDRAIN, 0.2 A/格, 2 ms/格

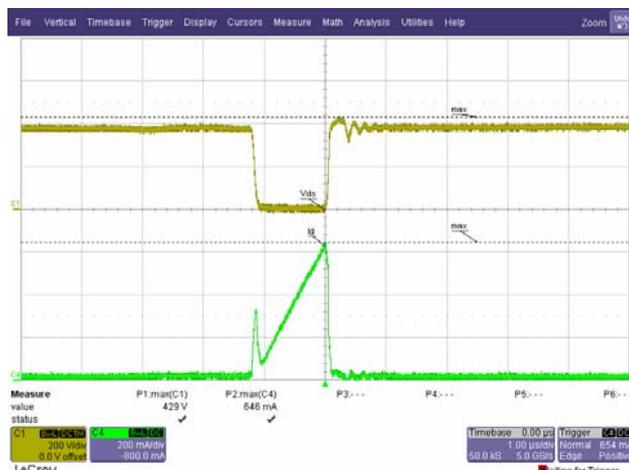


图48 – 265 VAC
负载短路
上: VDRAIN, 200 V/格
下: IDRAIN, 0.2 A/格, 1 μ s/格

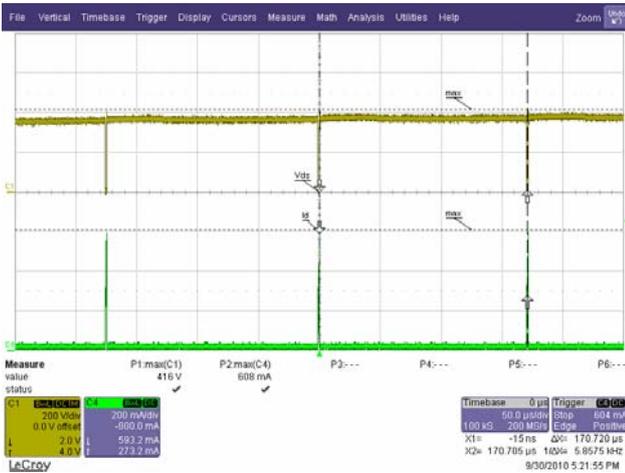


图49 – 265 VAC
 负载短路
 上: VDRAIN, 200 V/格
 下: IDRAIN, 0.2 A/格, 50 µs/格



图50 – 265 VAC
 负载开路
 Ch1 (黄色): VDS, 200 V/格
 Ch2 (红色): VO, 10 V/格
 Ch4 (绿色): IDS, 200 mA/格, 20 µs/格

11.2 输出电流启动特征

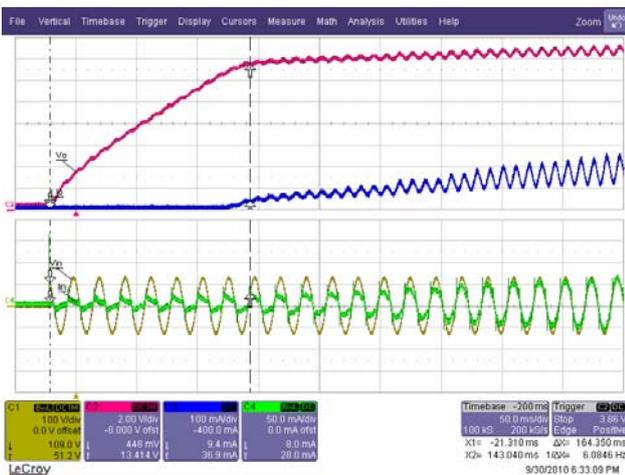


图51 – 90 VAC / 47 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色): VIN, 100 V/格
 Ch2 (红色): VO, 2 V/格
 Ch3 (蓝色): IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色): IIN, 500 mA/格, 50 ms/格

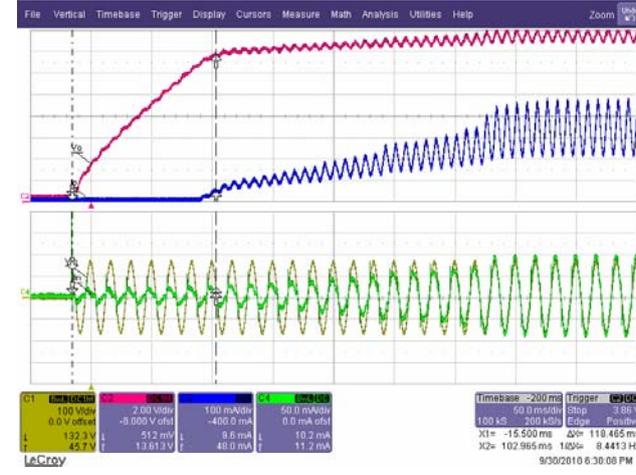


图52 – 115 VAC / 60 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色): VIN, 100 V/格
 Ch2 (红色): VO, 2 V/格
 Ch3 (蓝色): IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色): IIN, 500 mA/格, 50 ms/格



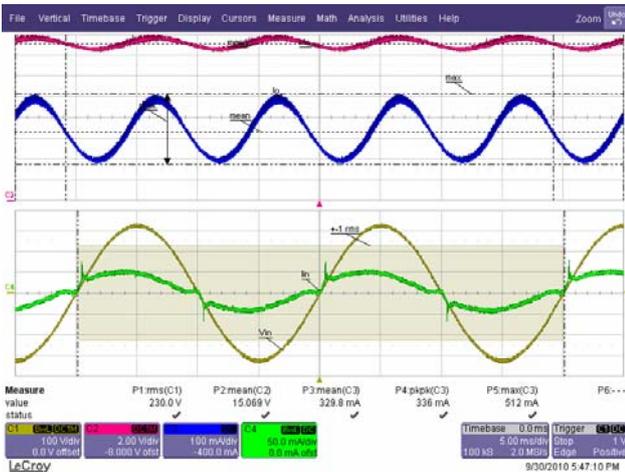


图57 – 230 VAC / 50 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : V_{IN} , 100 V/格
 Ch2 (红色) : V_O , 2 V/格
 Ch3 (蓝色) : I_O , 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{IN} , 50 mA/格, 5 ms/格

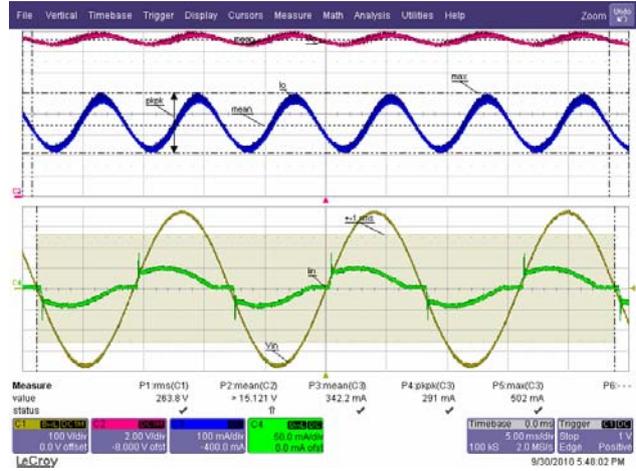


图58 – 265 VAC / 63 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : V_{IN} , 100 V/格
 Ch2 (红色) : V_O , 2 V/格
 Ch3 (蓝色) : I_O , 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{IN} , 50 mA/格, 5 ms/格

11.4 调光工作 (V_{IN} , I_{IN} , V_O 及 I_O)

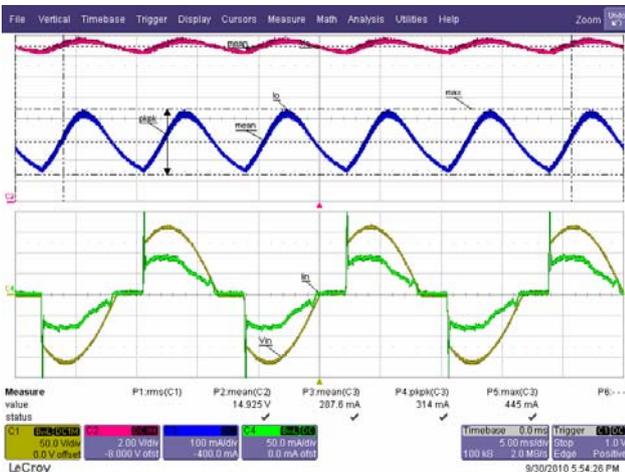


图59 – 115 VAC / 60 Hz
 45° 调光相位角
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : V_{IN} , 50 V/格
 Ch2 (红色) : V_O , 2 V/格
 Ch3 (蓝色) : I_O , 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{IN} , 50 mA/格, 5 ms/格

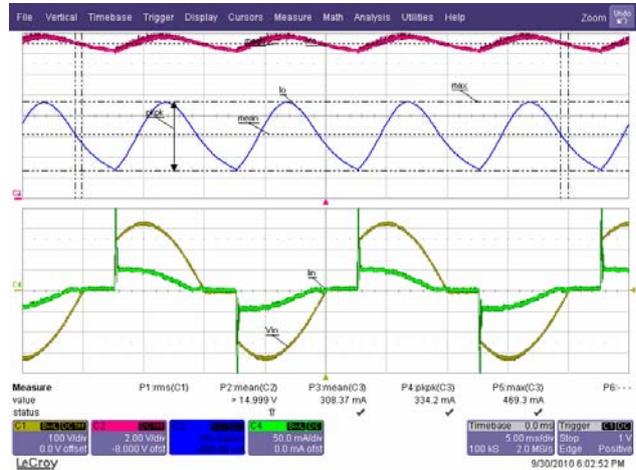


图60 – 230 VAC / 50 Hz
 45° 调光相位角
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : V_{IN} , 100 V/格
 Ch2 (红色) : V_O , 2 V/格
 Ch3 (蓝色) : I_O , 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{IN} , 50 mA/格, 5 ms/格



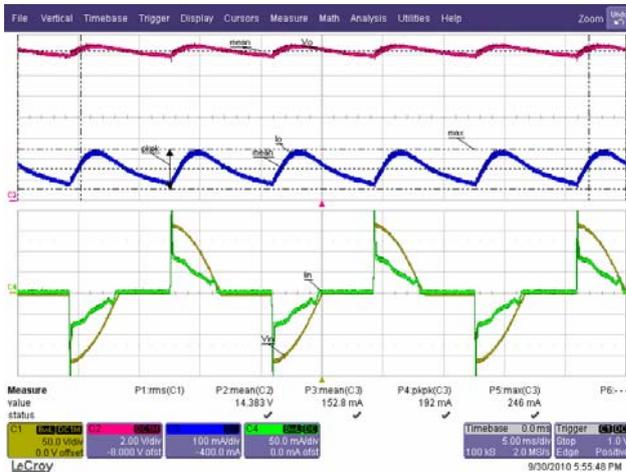


图61 – 115 VAC / 60 Hz
 45° 调光相位角
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : VIN, 50 V/格
 Ch2 (红色) : VO, 2 V/格
 Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{IN}, 50 mA/格, 5 ms/格

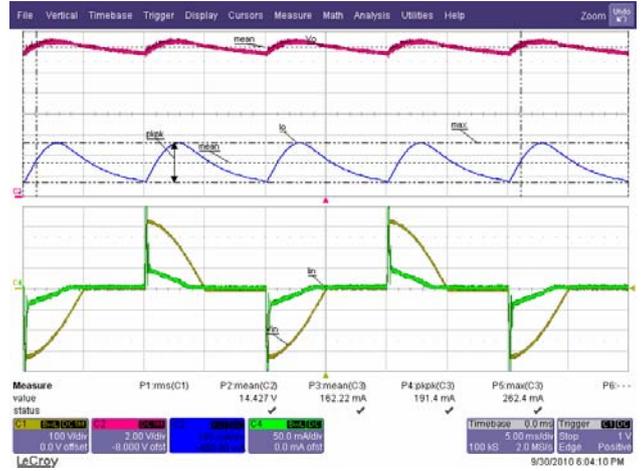


图62 – 230 VAC / 50 Hz
 45° 调光相位角
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : VIN, 100 V/格
 Ch2 (红色) : VO, 2 V/格
 Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{IN}, 50 mA/格, 5 ms/格

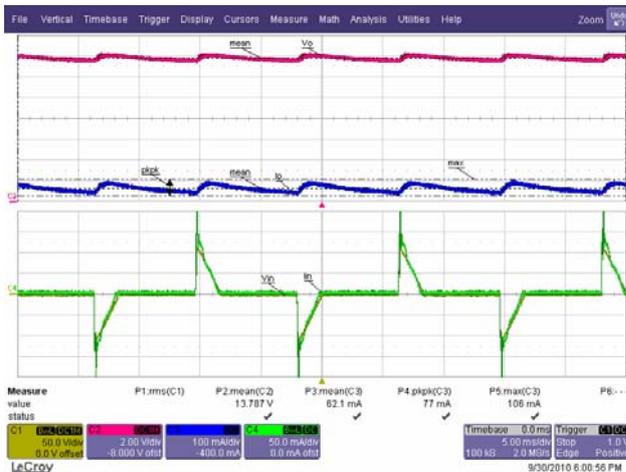


图63 – 115 VAC / 60 Hz
 45° 调光相位角
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : VIN, 50 V/格
 Ch2 (红色) : VO, 2 V/格
 Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{IN}, 50 mA/格, 5 ms/格

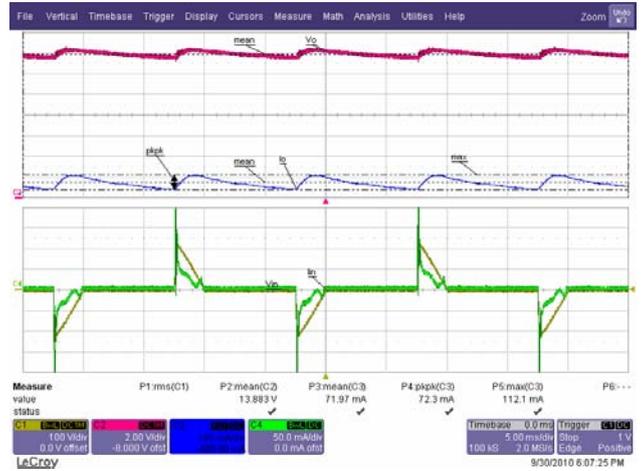


图64 – 230 VAC / 50 Hz
 45° 调光相位角
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : VIN, 100 V/格
 Ch2 (红色) : VO, 2 V/格
 Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{IN}, 50 mA/格, 5 ms/格

11.5 输入瞬态响应

在下面的图示中，信号平均法用来更好地显示负载瞬态响应。负载电流阶跃作为触发源对示波器进行触发。由于输出开关和输入频率在负载瞬态方面在本质上具有随机性，因此这些环节对于输出纹波的影响将会平均化，仅剩余来自负载阶跃响应的影响。

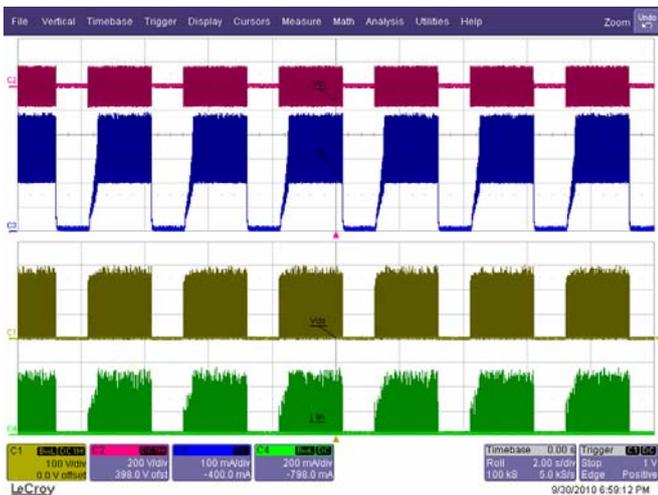


图65 – 115-0-115 VAC / 60 Hz

5个串联LED (15 V)

Ch1 (黄色) : VDS, 100 V/格

Ch2 (红色) : VIN, 200 V/格

Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格

Ch4 (绿色) : IDS, 200 mA/格, 2 s/格

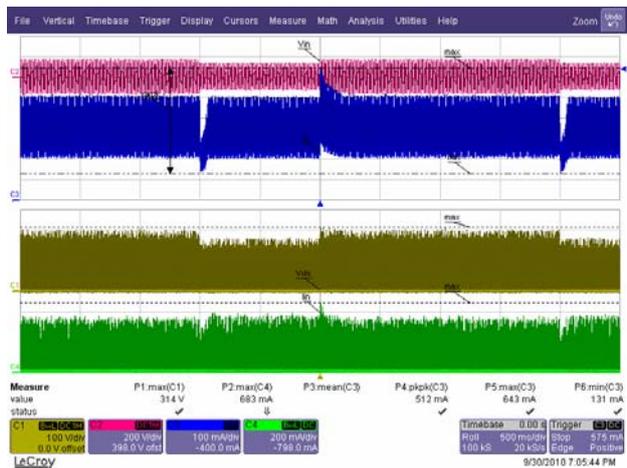


图66 – 115-85-115 VAC / 60 Hz

5个串联LED (15 V)

Ch1 (黄色) : VDS, 100 V/格

Ch2 (红色) : VIN, 200 V/格

Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格

Ch4 (绿色) : IDS, 200 mA/格, 2 s/格



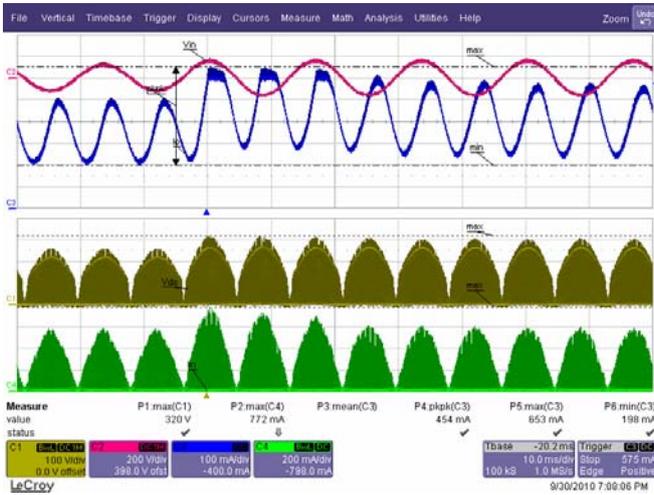


图67 – 115-85-115 VAC / 60 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色): VDS, 100 V/格
 Ch2 (红色): VIN, 200 V/格
 Ch3 (蓝色): IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色): I_{DS} , 200 mA/格, 10 ms/格

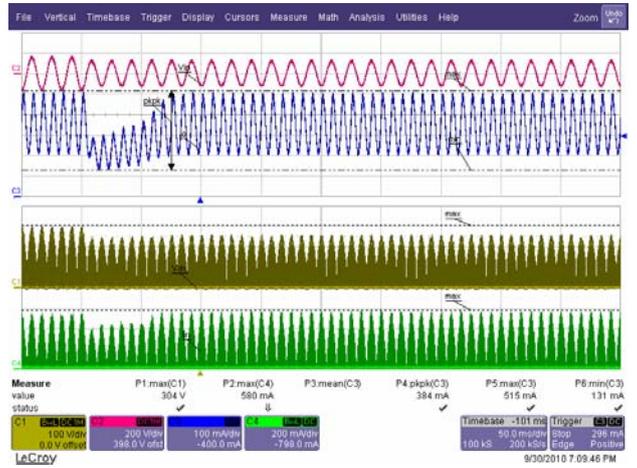


图68 – 115-85-115 VAC / 60 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色): VDS, 100 V/格
 Ch2 (红色): VIN, 200 V/格
 Ch3 (蓝色): IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色): I_{DS} , 200 mA/格, 50 ms/格

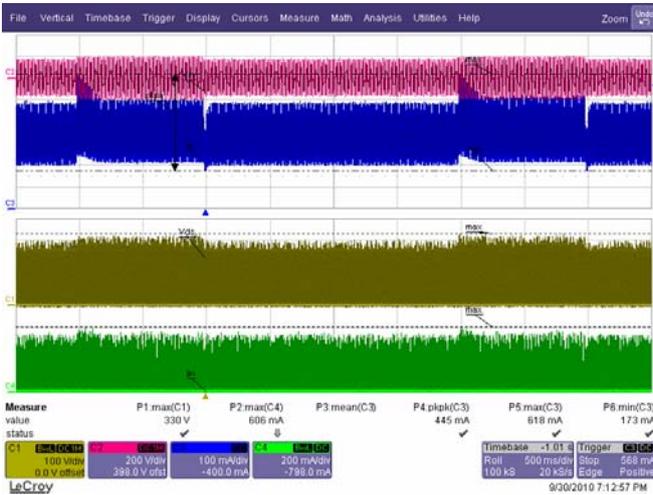


图69 – 115-132-115 VAC / 60 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色): VDS, 100 V/格
 Ch2 (红色): VIN, 200 V/格
 Ch3 (蓝色): IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色): I_{DS} , 200 mA/格, 500 ms/格

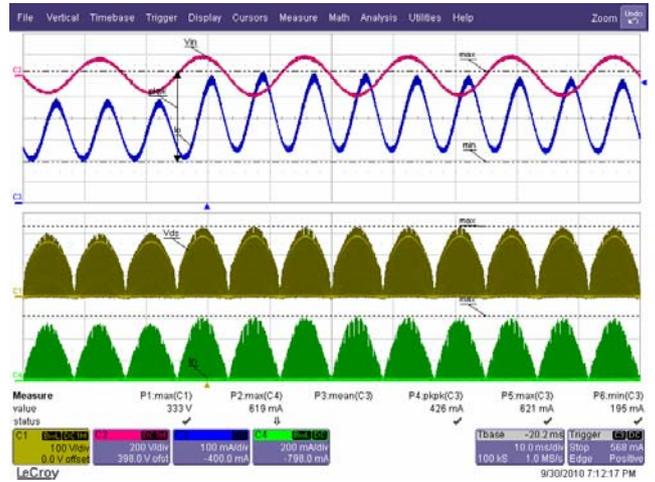


图70 – 115-132-115 VAC / 60 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色): VDS, 100 V/格
 Ch2 (红色): VIN, 200 V/格
 Ch3 (蓝色): IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色): I_{DS} , 200 mA/格, 10 ms/格

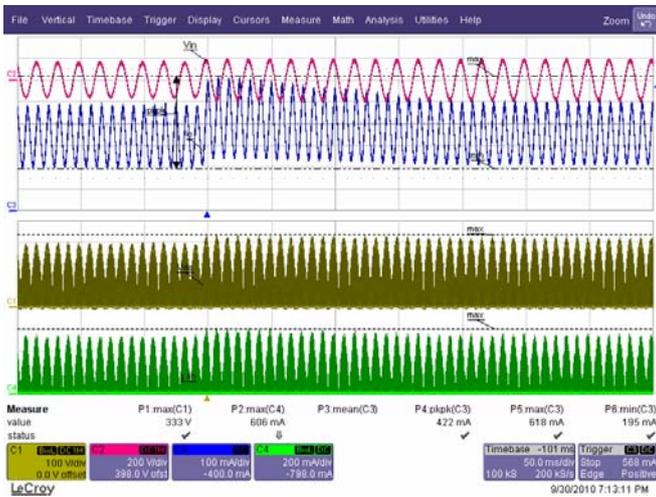


图71 – 115-132-115 VAC / 60 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : VDS, 100 V/格
 Ch2 (红色) : VIN, 200 V/格
 Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 50 ms/格

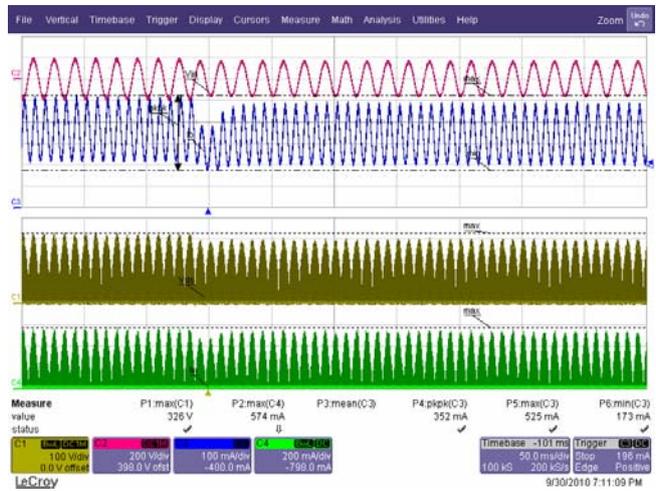


图72 – 115-132-115 VAC / 60 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : VDS, 100 V/格
 Ch2 (红色) : VIN, 200 V/格
 Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 50 ms/格

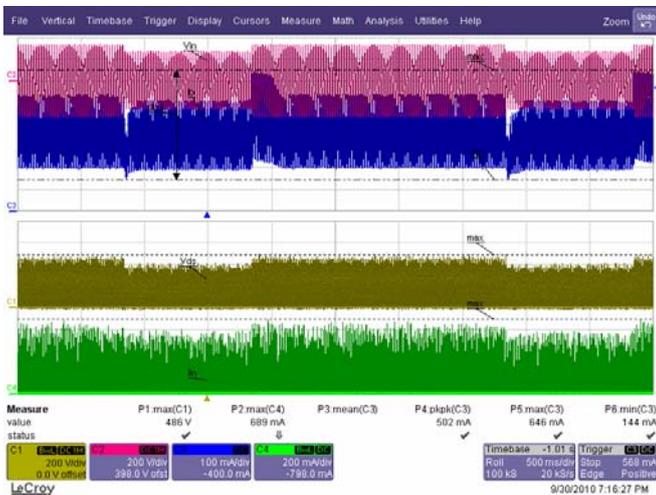


图73 – 230-180-230 VAC / 50 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : VDS, 200 V/格
 Ch2 (红色) : VIN, 200 V/格
 Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 50 ms/格

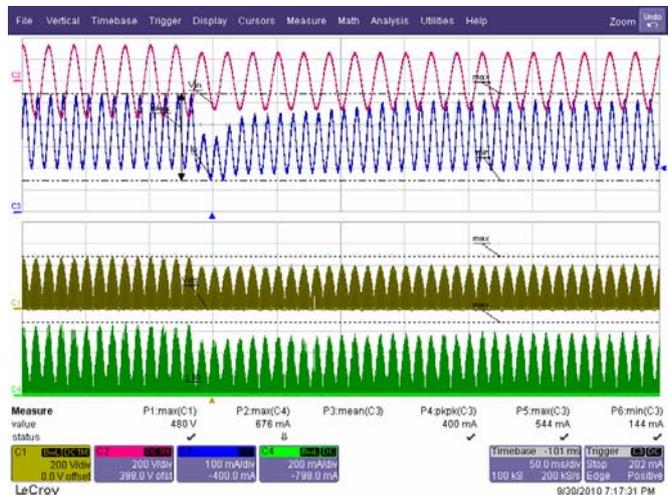


图74 – 230-180-230 VAC / 50 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : VDS, 200 V/格
 Ch2 (红色) : VIN, 200 V/格
 Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 50 ms/格



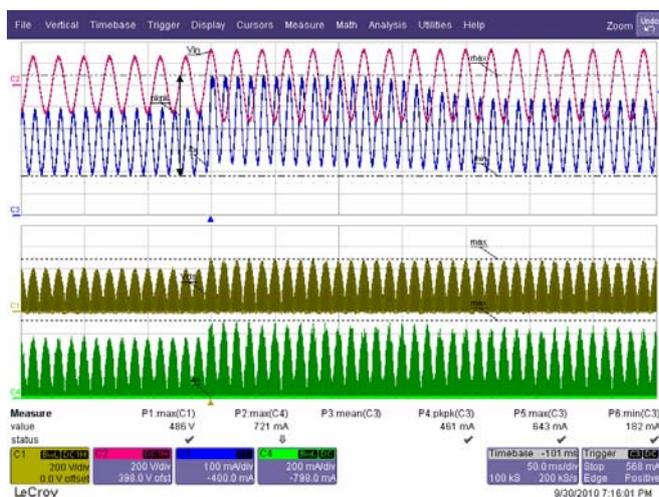


图75 – 230-180-230 VAC / 50 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : VDS, 200 V/格
 Ch2 (红色) : VIN, 200 V/格
 Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 50 ms/格

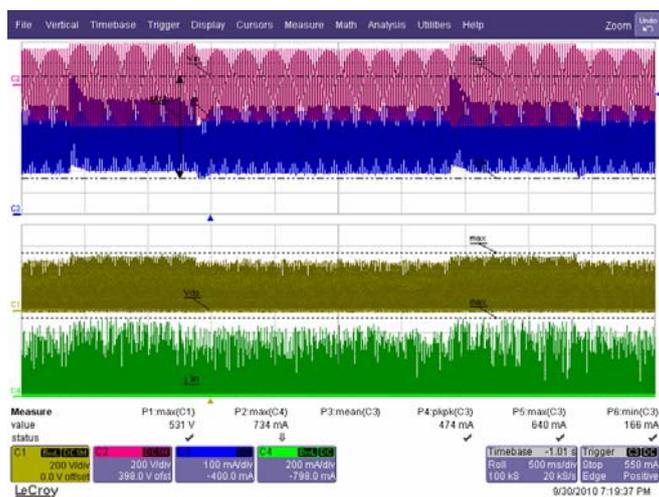


图76 – 230-265-230 VAC / 50 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : VDS, 200 V/格
 Ch2 (红色) : VIN, 200 V/格
 Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 50 ms/格

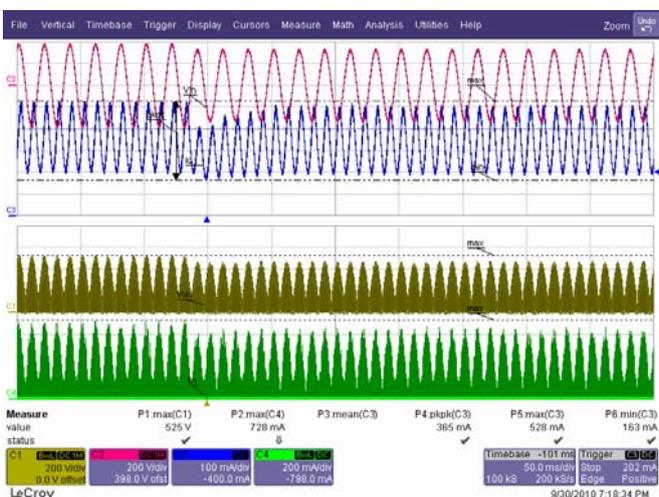


图77 – 230-180-230 VAC / 50 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : VDS, 200 V/格
 Ch2 (红色) : VIN, 200 V/格
 Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 50 ms/格

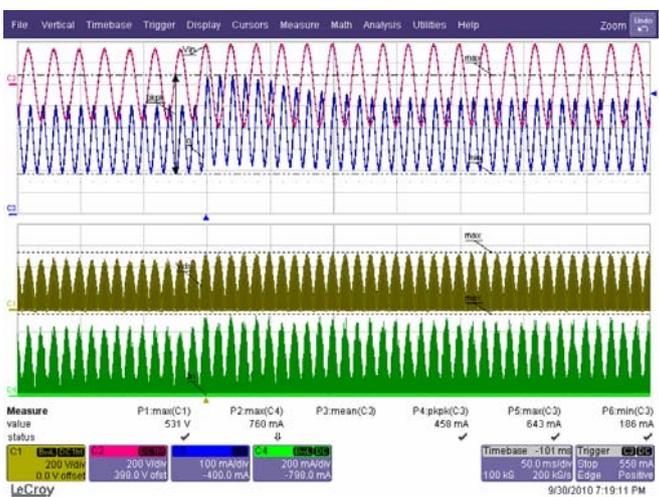


图78 – 230-265-230 VAC / 50 Hz
 5个串联LED (15 V)
 Ch1 (黄色) : VDS, 200 V/格
 Ch2 (红色) : VIN, 200 V/格
 Ch3 (蓝色) : IO, 100 mA/格
 Ch4 (绿色) : I_{DS} , 200 mA/格, 50 ms/格

12 输入浪涌

根据IEC61000-4-5, 差模输入线1.2/50 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。输出端加载5个串联LED (14.5 V/350 mA), 在每次浪涌测试后验证工作状况。

浪涌水平 (V)	输入电压 (VAC)	注入位置	注入相位 (°)	浪涌类型	测试结果 (通过/失败)
+500	230	L1到L2	90	相线	通过
-500	230	L1到L2	90	相线	通过
+2500	230	L1到L2	90	振铃波(200 A)	通过
-2500	230	L1到L2	90	振铃波(200 A)	通过

被测电源在所有测试条件下均通过测试。



13 传导EMI

13.1 设备:

接收器:

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

LISN:

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

13.2 EMI测试设置

LED驱动器置于圆锥形金属壳体中（针对自镇流灯泡；CISPR15第7.2版）。

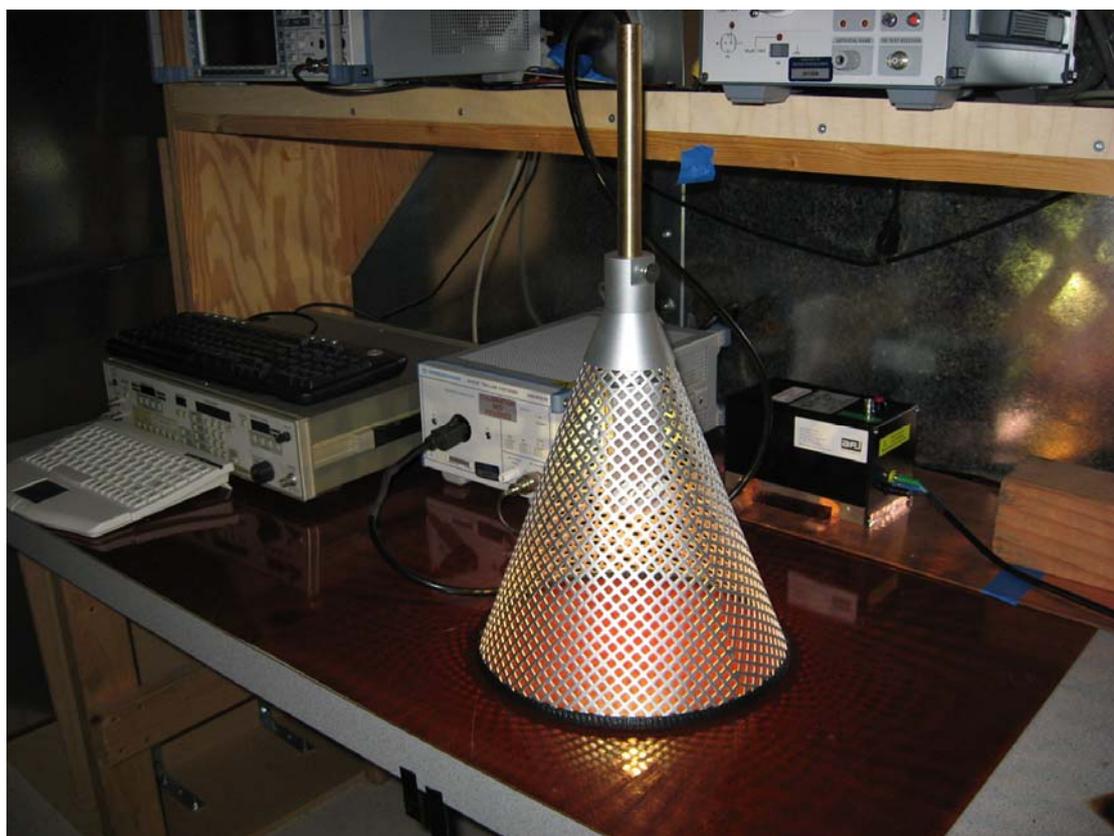


图79 – 传导辐射测试设置
(圆锥形接地面中安装了被测电源)

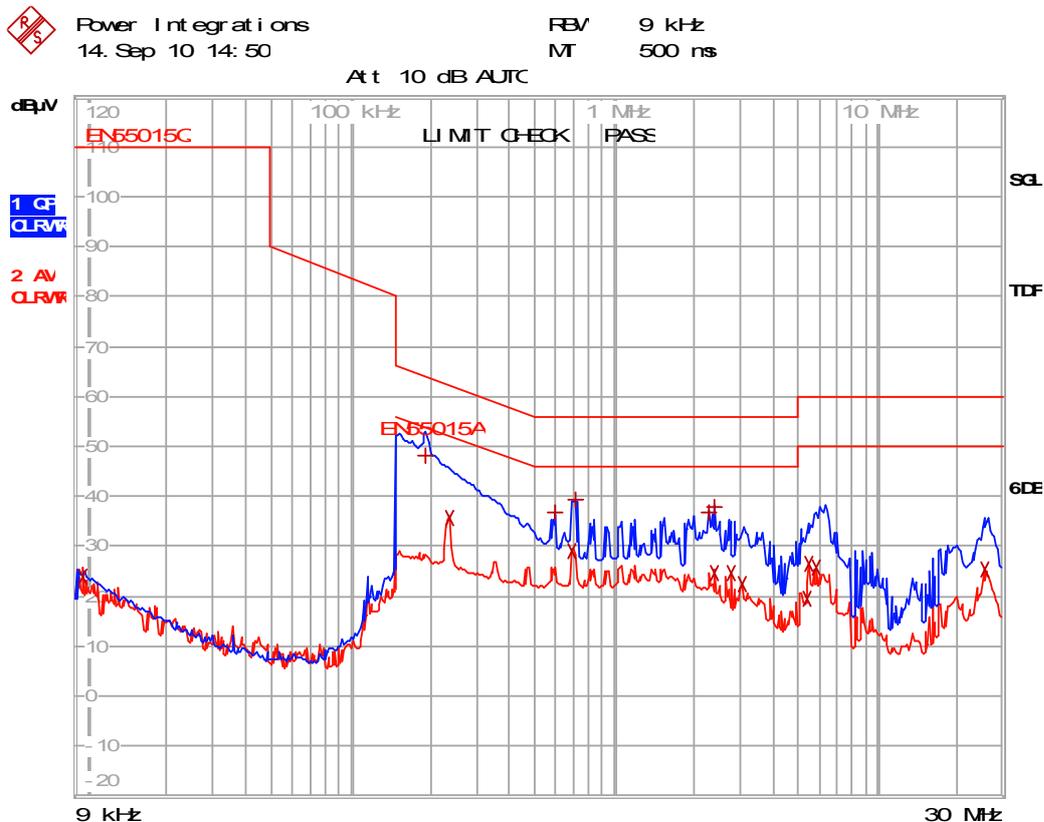


图80- 预扫描 传导EMI, 最大稳态负载, 115 VAC, 60 Hz及EN55015限值。
注意: 蓝线表示相对于QP极限线的峰值结果 - 参见下表了解QP裕量。

EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)					
TRACE	FREQUENCY	LEVEL dBµV		DELTA LIMIT dB	
Trace1:	EN55015Q				
Trace2:	EN55015A				
Trace3:	---				
2	Average	9.55368135541 kHz	23.74	N gnd	
1	Quasi Peak	192.364799253 kHz	48.15	L1 gnd	-15.78
2	Average	234.721612085 kHz	35.78	N gnd	-16.49
1	Quasi Peak	598.084042089 kHz	36.58	N gnd	-19.41
2	Average	694.357005568 kHz	29.14	N gnd	-16.85
1	Quasi Peak	708.31358138 kHz	39.40	N gnd	-16.59
1	Quasi Peak	2.29164676133 MHz	36.68	N gnd	-19.31
1	Quasi Peak	2.40854377744 MHz	37.70	N gnd	-18.29
2	Average	2.40854377744 MHz	24.64	N gnd	-21.35
2	Average	2.76855896362 MHz	24.55	N gnd	-21.44
2	Average	3.08879360159 MHz	22.42	N gnd	-23.57
2	Average	5.39244619915 MHz	19.52	N gnd	-30.48
2	Average	5.50083436776 MHz	26.60	N gnd	-23.39
2	Average	5.89763899176 MHz	25.57	N gnd	-24.42
2	Average	25.7182553901 MHz	25.22	N gnd	-24.77

表4 - 传导EMI, 最大稳态负载, 115 VAC, 60 Hz及EN55015裕量。



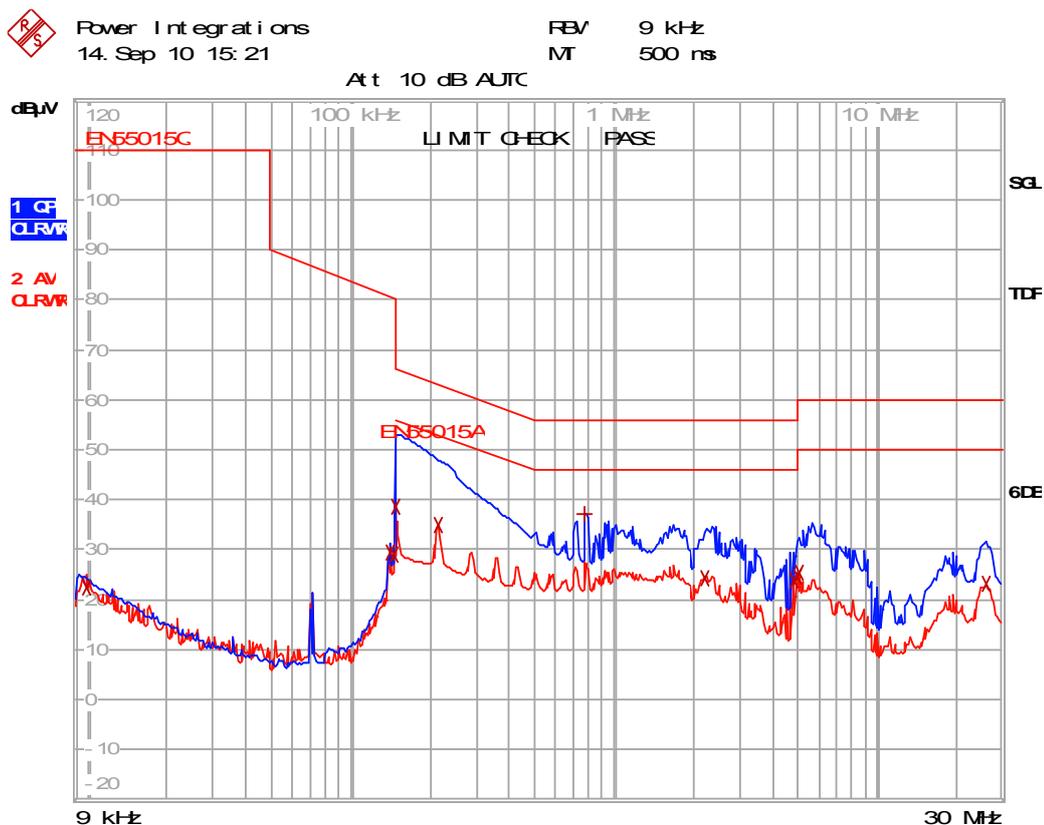


图81 – 预扫描 传导EMI, 最大稳态负载, 230 VAC, 60 Hz及EN55015限值。
注意: 蓝线表示相对于QP极限线的峰值结果 – 参见下表了解QP裕量。

EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)				
TRACE	FREQUENCY	LEVEL dBµV	DELTA LIMIT dB	
Trace1:	EN55015Q			
Trace2:	EN55015A			
Trace3:	---			
2 Average	9.74571035065 kHz	22.61 N gnd		
2 Average	140.262331674 kHz	29.46 N gnd		
2 Average	147.417330442 kHz	29.17 L1 gnd		
2 Average	150 kHz	38.55 L1 gnd		-17.44
2 Average	214.615317539 kHz	34.76 N gnd		-18.26
1 Quasi Peak	774.672132397 kHz	37.07 N gnd		-18.92
2 Average	2.20222749414 MHz	24.22 N gnd		-21.77
2 Average	4.83337742374 MHz	24.00 N gnd		-21.99
2 Average	4.97983359306 MHz	24.81 N gnd		-21.18
2 Average	5.07992824828 MHz	25.47 N gnd		-24.53
2 Average	26.2351923234 MHz	23.25 N gnd		-26.75

表5 – 传导EMI, 最大稳态负载, 230 VAC, 60 Hz及EN55015裕量。



14 调光兼容性

使用下表中的调光器对单个电源的工作情况进行了测试。

测试电压	测试频率	额定功率		生产商	元件编号	调光器类型	应用/备注	单个电源		2个电源并联	
		最小值	最大值					最小值 (mA)	最大值 (mA)	最小值 (mA)	最大值 (mA)
115 V	60 Hz	N.S.	500 W	DIING CHUNG	WS-5005	可控硅	宽角度工作	0.024	360	0.083	352.2
115 V	60 Hz	N.S.	600W	Lutron	TGLV-600PR	可控硅	有限角度工作	7.6	286.9	16.4	296.7
115 V	60 Hz	N.S.	600 W	Lutron (Skylark)	S-600PR-WH	可控硅	有限角度工作	1.5	286	6.89	298
115 V	60 Hz	N.S.		Smartlabs	2476D	电子	电子调光器	2.66	324	0.082	320.6
115 V	60 Hz	N.S.	800W	Hsien Long Co.,Ltd	Y-25082A	可控硅	白炽灯/卤素灯	0.036	357.3	0.014	352
115 V	60 Hz	N.S.	300 W	Leviton	6615-POW	电子低压	后沿调光器	91.8	365.8	82.9	354.1
115 V	60 Hz	N.S.	600 W	Lutron	D-600R-WH	可控硅		0.008	282.6	0.008	282.2
100 V	60 Hz	40 W	400 W	Panasonic	WN575149	可控硅		***	***	14.16	294.4
100 V	60 Hz	40 W	500 W	Panasonic	WT57615K	可控硅		***	***	22.54	303.9
100 V	60 Hz	40 W	500 W	Toshiba	NWD9051	可控硅		***	***	1.75	331.1
110 V	60 Hz		500 W	Songkung				***	***	2.843	346.4
230 V		40 W	500 W	Relco	RTM 34LED DAX S	双路开关 - MOS-FET; 内置软启动	白炽灯 电子变压器 电子机械变压器	25.14	284.9	21.91	281.1
230 V	50 Hz	40 W	160 W	Relco	RM34DMA	可控硅	白炽灯	***	***	87.5*	362*
230 V	50 Hz	100 W	500 W	Relco	RT34DMA			***	***	78.1**	347**
230 V	50 Hz				RH34LED	电子	后沿调光器	8.31	381	2.23	375.9
230 V	50 Hz	40 W	300 W	Relco	RTS 34.43 RLI	可控硅	白炽灯	***	***	36.29*	353.8**
230 V	50 Hz	100 W	500 W	Relco	RT34DSL	可控硅 (DIAC在栅极, 2 1.2mH与可控硅串联, 调光器端子间电容为 150nF)	高功率白炽灯	***	***	76.2**	363**
230 V	50 Hz			Clipmei				1	347	0.79	359.3

注释:

**** 调光器的维持电流远高于被测电源的吸收电流

** 6个电源并联

* 3个电源并联

N.S. – 未指定。



15 版本历史

日期	作者	修订版本	说明和变更	审核人
20.10.10	JDC	1.8	初始版本	Apps & Mktg
2010年12月14日	JDC	1.9	对BOM进行了更新	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, EcoSmart, Clampless, E-Shield, Filterfuse, StakFET, PI Expert and PI FACTS are trademarks of Power Integrations, Inc. Other trademarks are property of their respective companies. © 2010, 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

中国 (上海)

Room 1601 /1610, Tower 1
Kerry Everbright City
No. 218 Tianmu Road West
Shanghai, P.R.C. 200070
Phone: +86-21-6354-6323
Fax: +86-21-6354-6325
e-mail:
chinasales@powerint.com

中国 (深圳)

Rm A, B & C 4th Floor, Block C,
Electronics Science and
Technology Bldg., 2070
Shennan Zhong Rd,
Shenzhen, Guangdong,
China, 518031
Phone: +86-755-8379-3243
Fax: +86-755-8379-5828
e-mail:
chinasales@powerint.com

德国

Rüeckertstrasse 3
D-80336, Munich
Germany
Phone: +49-89-5527-3910
Fax: +49-89-5527-3920
e-mail:
eurossales@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

意大利

Via De Amicis 2
20091 Bresso MI
Italy
Phone: +39-028-928-6000
Fax: +39-028-928-6009
e-mail:
eurossales@powerint.com

日本

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

新加坡

51 Newton Road
#15-08/10 Goldhill Plaza
Singapore, 308900
Phone: +65-6358-2160
Fax: +65-6358-2015
e-mail:
singapore@powerint.com

台湾

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

欧洲总部

1 st 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:
eurossales@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