设计范例报告

标题	***使用LinkSwitch™-PH LNK417EG设计的高效率(≥90%)，高功率因数(>0.9) 15 W无电解电容LED驱动器***
规格	90 VAC – 265 VAC输入；30 V，500 mA输出
应用	LED驱动器
作者	应用工程部
文档编号	DER-284
日期	2011年7月8日
修订版本	1.0

特色概述

- 无电解电容
- 干净的单向启动 – 无输出闪烁
- 快速启动(<100 ms) – 无可见延迟
- 极高能效
  - 在115 VAC和230 VAC输入下均≥90%
- 元件数量少、印刷电路板占用面积小的低成本解决方案
  - 无需电流检测
  - 采用频率抖动技术，使用尺寸更小、成本更低的EMI滤波元件
- 集成的保护及可靠性能
  - 输出开路/输出短路保护，带自动恢复功能
  - 输入过压关断可扩展输入故障时的电压耐受范围。
  - 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
  - 在电压缓慢升高和降落期间不会造成损坏
- 满足IEC 61000-4-5振铃波、IEC 61000-3-2 C级谐波和EN55015 B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 装配后的电路板 5
3 电源规格 6
4 电路原理图 7
5 PCB布局 8
6 说明 10
6.1 输入滤波 10
6.2 LinkSwitch-PH初级 10
6.3 偏置电源和输出过压检测 10
6.4 输出反馈 10
6.5 输出整流和滤波 11
6.6 实现更高效率的设计考量 11
7 物料清单(BOM) 12
8 变压器规格 13
8.1 电气原理图 13
8.2 电气规格 13
8.3 材料 13
8.4 变压器结构图 14
8.5 变压器构造 14
9 变压器设计表格 15
10 性能数据 18
10.1 效率相对于输入和输出（LED灯串）电压的变化 18
10.1.1 27 V 18
10.1.2 30 V 18
10.1.3 33 V 18
10.2 效率图 19
10.3 调节 20
10.3.1 线电压调整 20
11 热性能 22
11.1 V_{IN} = 115 VAC 22
11.2 V_{IN} = 230 VAC 22
12 谐波电流，PF和THD数据 23
12.1 谐波电流 23
12.2 PF和THD数据 24
13 波形 25
13.1 输入线电压和电流 25
13.2 漏极电压和电流 25
13.3 输出电压和纹波电流 26
13.4 输出整流管电压和电流 27

13.5 输出电压和电流启动特征 27
13.6 输出短路时的输出电流和漏极电压 28
13.7 输出短路时的输出电流和输出电压 28
13.8 开路负载输出电压 29
14 输入浪涌 30
15 传导EMI 31
16 版本历史 35

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。

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

1 简介

本文档介绍的是一款隔离式、带功率因数校正的、极高效率LED驱动器，它可以为30 V LED灯串提供500 mA（额定）的电流驱动。输入电压范围为90 VAC到265 VAC。

该LED驱动器采用了LinkSwitch-PH系列IC中的LNK417EG器件。该器件集成了控制器和725 V MOSFET，可大幅降低设计的复杂性和元件数量。

本设计的主要目标是实现最高效率和省去电解电容。二者均为提高LED驱动器寿命和可靠性的关键因素，可使本解决方案适用于工业及商业应用。

本文档包含LED驱动器规格、电路原理图、物料清单、变压器规格文件和典型性能特征。

2 装配后的电路板

图1 – 装配后的电路板图片（顶视图）。3.115”（长）x 1.525”（宽）

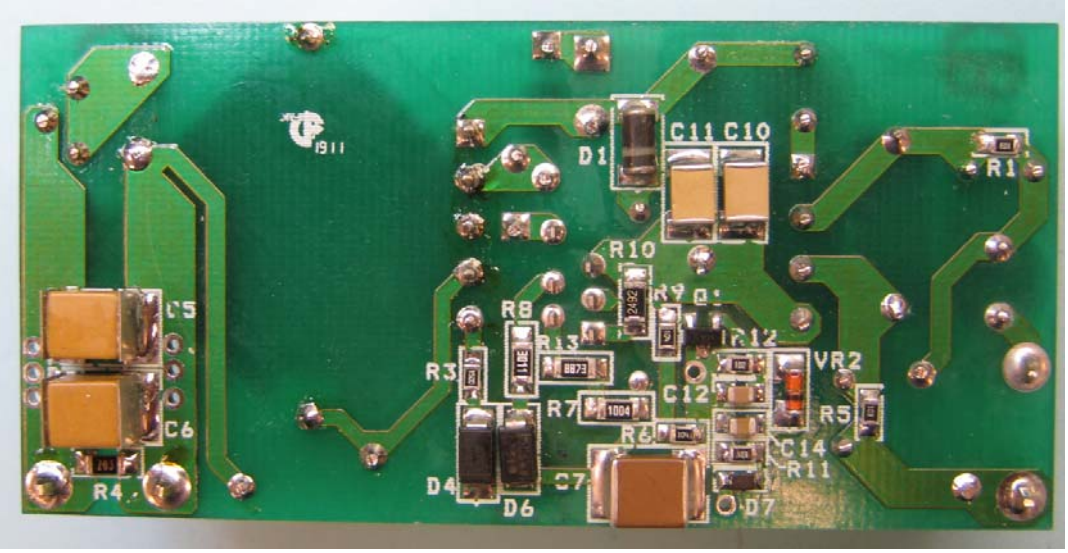


图2 – 装配后的电路板图片（底视图）

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

3 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	115	265	VAC	双导线 – 无P.E.
频率	f_{LINE}	47	50/60	64	Hz	
输出						
输出电压	V_{OUT}	27	30	33	V	
输出电流	I_{OUT}		0.50		A	
总输出功率						
连续输出功率	P_{OUT}		15		W	
效率						
满载	$\eta_{(115)}$	90				在P_{OUT}、25 °C、115 VAC条件下测得
	$\eta_{(230)}$	91			%	在P_{OUT}、25 °C、230 VAC条件下测得
环境						
传导EMI		符合CISPR 15B / EN55015B				
安全		其设计符合IEC950 / UL1950 II类要求				
振铃波(100 kHz)						
差模(L1-L2)			2.5		kV	IEC 61000-4-5，200 A
共模(L1-L2)						
功率因数		0.9				在$V_{OUT(TYP)}$、$I_{OUT(TYP)}$和115/230 VAC条件下测得
谐波		EN 61000-3-2 Class C				在P_{IN} ≤25 W条件下，Class C限值与Class D限值相同。
环境温度[a]	T_{AMB}		40		°C	自然对流，海平面

注释：

[a] 在LinkSwitch-PH器件上添加一个小散热片可使电源工作于更高的环境温度。

4 电路原理图

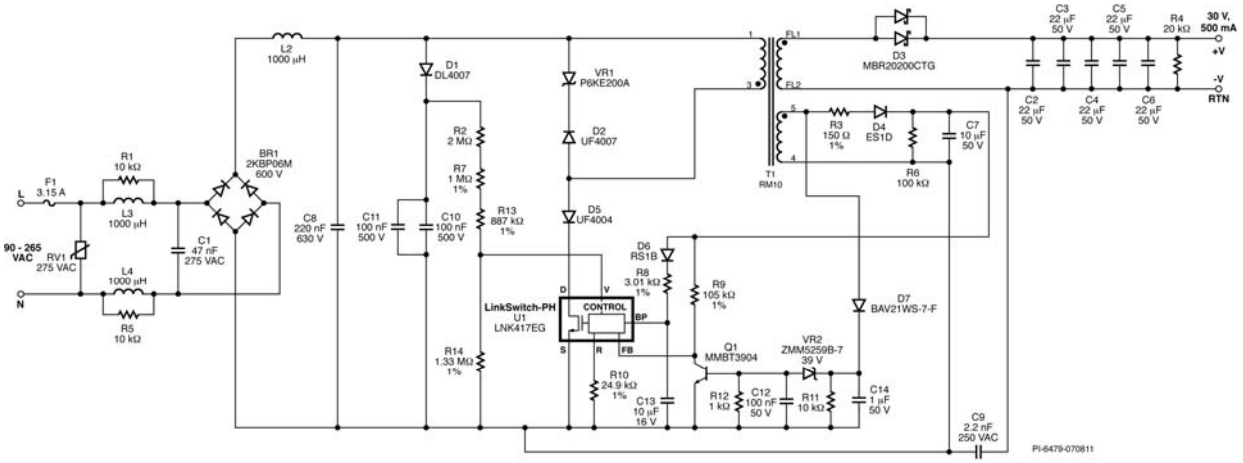


图3 – 电路原理图

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

5 PCB布局

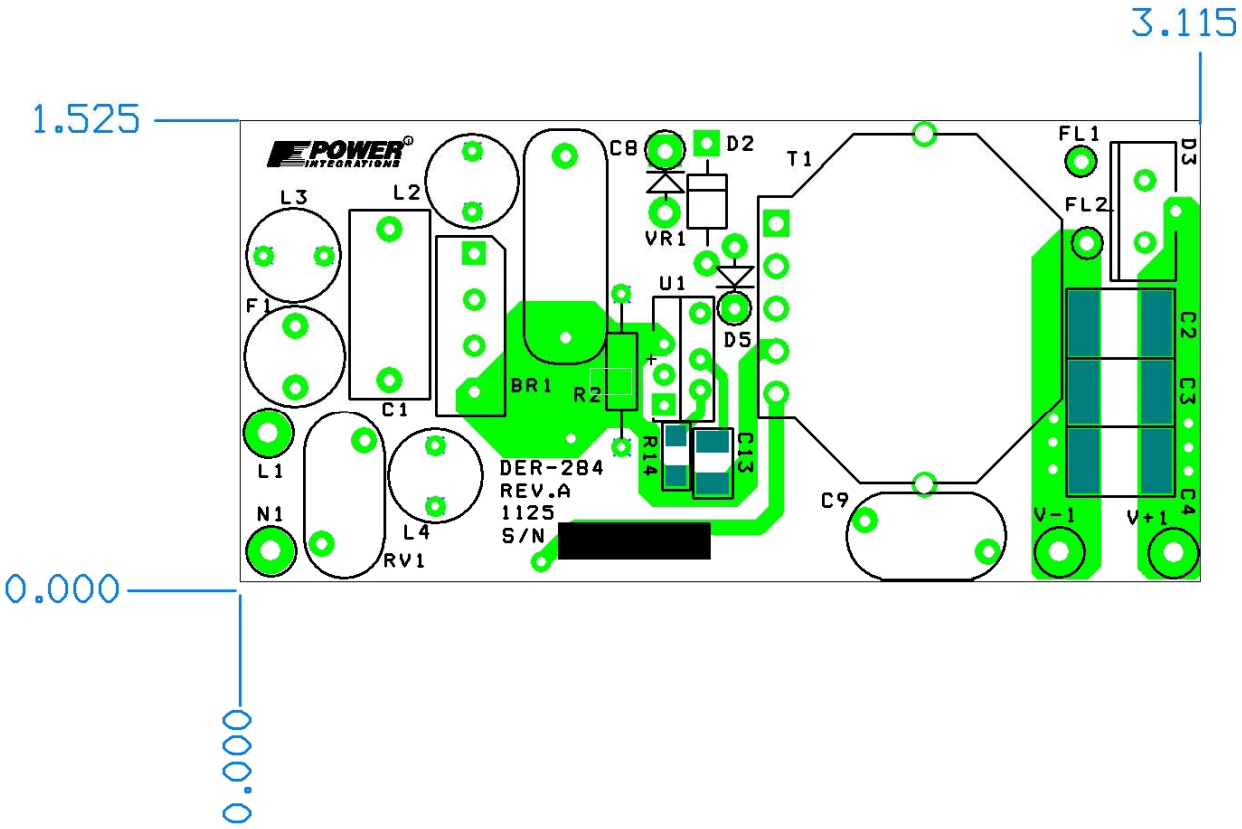


图4 – 顶部布局

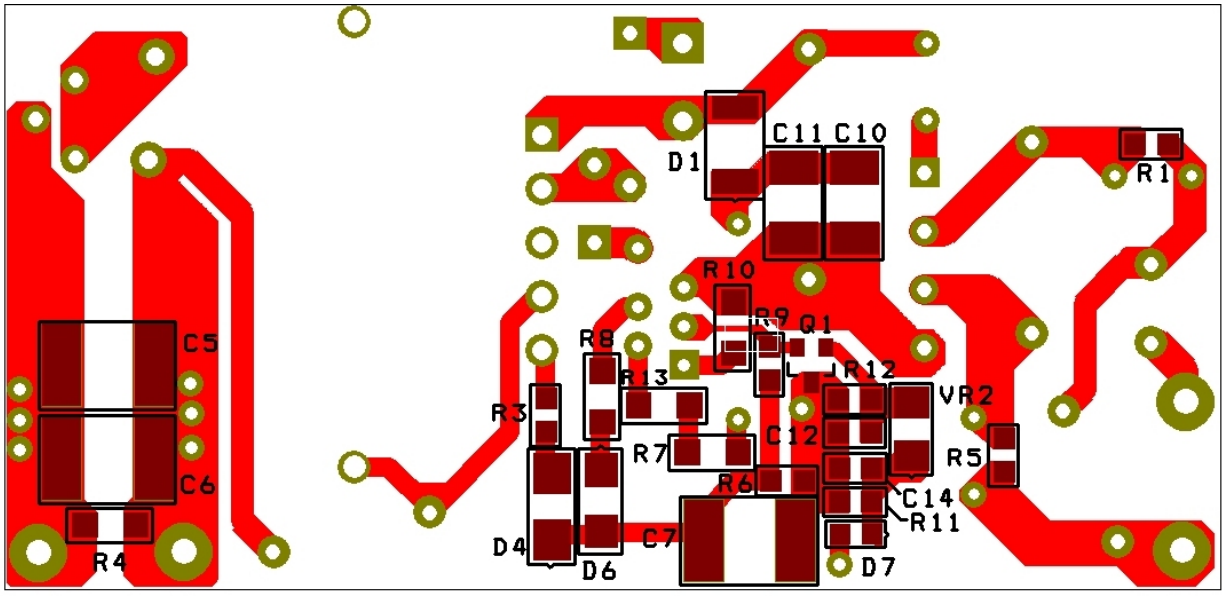


图5 – 底部布局

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

6 说明

LinkSwitch-PH器件是一种将控制器和725 V MOSFET集成在一起的器件，用于LED驱动器应用。LinkSwitch-PH采用单级连续导通模式反激式拓扑结构，提供初级侧调节的恒流隔离输出，同时使AC输入保持高功率因数。

6.1 输入滤波

保险丝F1保护输入，BR1对AC线电压进行整流。电感L2-L4、C1、R1和R5构成EMI滤波器，再加上C9（Y1安全）电容，可使设计符合EN55015B传导EMI限值。电容C8为初级侧开关电流提供低阻抗通道。为使功率因数保持在0.9以上，需要确保较低的电容值。

6.2 LinkSwitch-PH初级

二极管D1和高压SMD陶瓷电容C11及C10用于检测峰值AC线电压。此电压通过R2、R7和R13转换为电流并注入电压监测(V)引脚。器件也会利用此电流来设置输入过压/欠压保护阈值。V引脚电流和反馈(FB)引脚电流在内部用来控制LED平均输出电流。非调光设计要求在参考(R)引脚(R10)和V引脚(R2+R7+R13)上分别使用24.9 kΩ电阻和3.9 MΩ电阻。电阻R10还可选取线电压欠压阈值。本设计添加了电阻R14，以进一步改善线电压调整率，从而可在指定的整个输入电压范围内提供恒流输出。

二极管D2和VR1对漏极电压进行箝位，使其低于U1内部功率MOSFET的BV_{DSS}额定值(725 V)。二极管D5可阻止反向电流流经LinkSwitch-PH器件（即最小输入电容导致的结果）。

6.3 偏置电源和输出过压检测

二极管D4、D6、C7、R3、R6和R8构成初级偏置电源。在正常工作时，该电源通过D6和R8将IC工作电流馈入旁路(BP)引脚。电阻R3提供滤波以改善输出稳压，R6则充当最小负载。

电容C13为LinkSwitch-PH去耦。在启动期间，与器件漏极(D)引脚相连的内部高压电流源将C13充电至约6 V。充电后，C13中储存的能量用于器件工作，直到输出和偏置绕组电压上升且通过R8供电。

负载断开/过压关断功能由D7、C14、R11、VR2、C12、R12和Q1提供。一个独立的偏置绕组输出电压用于消除较大C7值（相对C14）引起的延迟。如果LED输出负载被切断，输出电压（进而C14上的偏置绕组电压）将升高。一旦该值超过VR2额定电压值与Q1的V_{BE}值之和，Q1将被偏置，同时拉低FB引脚。当进入U1的FB引脚的电流低于$I_{FB(AR)}$时，器件进入自动重启动模式，以限制输出电压。电阻R11和C12提供滤波，R12定义在Q1导通时的齐纳二极管电流。

6.4 输出反馈

与来自初级偏置绕组的输出电压成比例的电流通过R9注入到FB引脚。此信息与输入线电压和漏极电流一起用于维持恒定的输出电流。

6.5 输出整流和滤波

二极管D3对次级绕组进行整流，陶瓷电容C2、C3、C4、C5和C6对输出进行滤波。本设计选用一个20 A、200 V肖特基二极管来提高效率。电阻R4提供最小负载，以确保LED灯输出在AC断电时降为零。

6.6 实现更高效率的设计考量

下列更改依据标准RD-195作出，以便获得更高效率。

- 采用更大型号的LinkSwitch-PH器件（LNK417EG，之前为LNK416EG）。
- 改用20 A肖特基输出二极管，之前为4 A。
- 磁芯尺寸由RM8增加为RM10，以降低绕组电流密度（以及降低绕组损耗）。

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

7 物料清单(BOM)

项	数量	参考序号	说明	生产商型号	生产商
1	1	BR1	600 V，2 A，桥式整流管，玻璃钝化	2KBP06M-E4/51	Vishay
2	1	C1	47 nF，275 VAC，薄膜，X2	ECQU2A473ML	Panasonic
3	5	C2 C3 C4 C5 C6	22 μF，50 V，陶瓷，X7R	KTJ500B226M55BFT00	United Chemi-con
4	1	C7	10 μF，50 V，陶瓷，X7R，2220	C5750X7R1H106M	TDK
5	1	C8	220 nF，630 V，薄膜	ECQ-E6224KF	Panasonic
6	1	C9	2.2 nF，陶瓷，Y1	440LD22-R	Vishay
7	2	C10 C11	100 nF，500 V，陶瓷，X7R，1812	VJ1812Y104KXEAT	Vishay
8	1	C12	100 nF，50 V，陶瓷，X7R，0805	ECJ-2YB1H104K	Panasonic
9	1	C13	10 μF，16 V，陶瓷，X5R，1210	C1210C106K4PACTU	Kemet
10	1	C14	1 μF，50 V，陶瓷，X7R，0805	08055D105KAT2A	AVX
11	1	D1	1000 V，1 A，整流管，玻璃钝化，DO-213AA (MELF)	DL4007-13-F	Diodes, Inc.
12	1	D2	1,000 V，1 A，超快速恢复，75 ns，DO-41	UF4007-E3	Vishay
13	1	D3	200 V，10 A，双向肖特基二极管，TO-220AB	MBR20200CTG	ON Semi
14	1	D4	200 V，1 A，超快速恢复，25 ns，DO-214AC	ES1D	Vishay
15	1	D5	400 V，1 A，超快速恢复，50 ns，DO-41	UF4004-E3	Vishay
16	1	D6	100 V，1 A，快速恢复，150 ns，SMA	RS1B-13-F	Diodes, Inc.
17	1	D7	250 V，0.2 A，快速开关，50 ns，SOD-323	BAV21WS-7-F	Diodes, Inc.
18	1	F1	3.15 A，250 V，慢速，TR5	37213150411	Wickman
19	3	L2 L3 L4	1000 μH，0.3 A	RLB0914-102KL	Bourns
20	1	Q1	NPN，弱信号BJT，40 V，0.2 A，SOT-23	MMBT3904LT1G	On Semi
21	3	R1 R5 R11	10 kΩ，5%，1/8 W，厚膜，0805	ERJ-6GEYJ103V	Panasonic
22	1	R2	2.0 MΩ，5%，1/4 W，碳膜	CFR-25JB-2M0	Yageo
23	1	R3	150 Ω，1%，1/8 W，厚膜，0805	ERJ-6ENF1500V	Panasonic
24	1	R4	20 kΩ，5%，1/4 W，厚膜，1206	ERJ-8GEYJ203V	Panasonic
25	1	R6	100 kΩ，5%，1/8 W，厚膜，0805	ERJ-6GEYJ104V	Panasonic
26	1	R7	1.00 MΩ，1%，1/4 W，厚膜，1206	ERJ-8ENF1004V	Panasonic
27	1	R8	3.01 kΩ，1%，1/4 W，厚膜，1206	ERJ-8ENF3011V	Panasonic
28	1	R9	105 kΩ，1%，1/8 W，厚膜，0805	ERJ-6ENF1053V	Panasonic
29	1	R10	24.9 kΩ，1%，1/8 W，厚膜，0805	ERJ-6ENF2492V	Panasonic
30	1	R12	1 kΩ，5%，1/8 W，厚膜，0805	ERJ-6GEYJ102V	Panasonic
31	1	R13	887 kΩ，1%，1/4 W，厚膜，1206	ERJ-8ENF8873V	Panasonic
32	1	R14	1.33 MΩ，1%，1/4 W，厚膜，1206	MCR18EZHF1334	Rohm
33	1	RV1	275 V，80J，10 mm，径向	ERZ-V10D431	Panasonic
34	1	T1	自定义变压器，RM10，垂直，5引脚	P-1031	Pin Shine
35	1	U1	LinkSwitch, eSIP	LNK417EG	Power Integrations
36	1	VR1	200 V，5 W，5%，TVS，DO204AC (DO-15)	P6KE200ARLG	On Semi
37	1	VR2	39 V，5%，500 mW，DO-213AA (MELF)	ZMM5259B-7	Diodes, Inc.

8 变压器规格

8.1 电气原理图

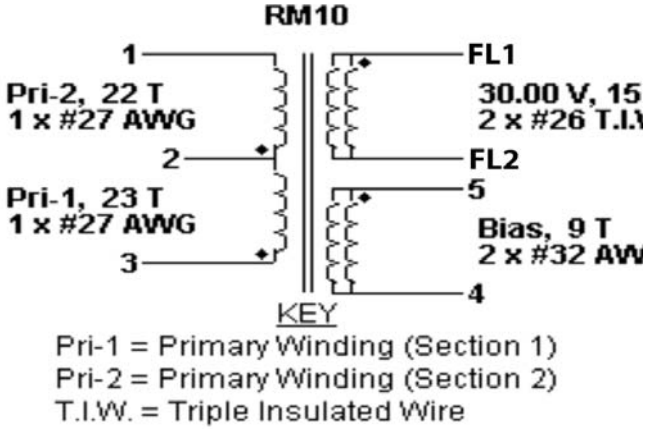


图6 – 变压器电气原理图。

8.2 电气规格

绝缘强度	1秒，60 Hz，从引脚1、2、3、4、5到引脚FL1和FL2	3000 VAC
初级电感量	于1 V pk-pk、典型开关频率、在引脚1到引脚3之间测量，此时所有其他绕组均开路。	1.6 mH ±10%
谐振频率	引脚1 - 3，所有其他绕组开路	750 kHz（最小）
初级漏感	在引脚1到引脚3之间测量，此时所有其他绕组均短路。	40 μH ±10%

8.3 材料

项	说明
[1]	磁芯：PC95RM10Z-12或同等材料，气隙间距ALG为792 nH/t²
[2]	骨架：通用，5个初级 + 0个次级
[3]	隔离带：聚酯薄膜[1 mil (25 μm) 基膜厚度]，10.00 mm宽
[4]	分离带：聚酯薄膜[1 mil (25 μm) 基膜厚度]，10.0 mm宽
[5]	浸渍
[6]	漆包线：#27 AWG，可焊接双涂层
[7]	三层绝缘线：#26 AWG
[8]	漆包线：#32 AWG，可焊接双涂层
[9]	安装夹：CLI/P-RM10/I

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

8.4 变压器结构图

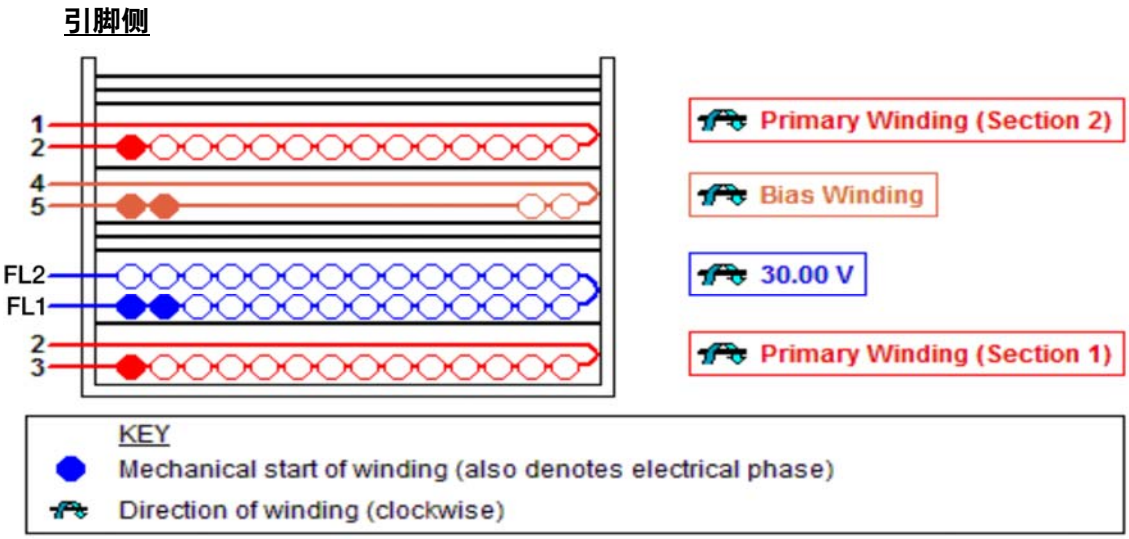


图7 – 变压器结构图。

8.5 变压器构造

骨架准备	将骨架项[2]放在绕线轴上，使引脚侧位于左侧。绕制方向为顺时针方向。
初级绕组1	从引脚3开始，每层从左到右分缠绕23圈（x1股）材料项[6]。在每个初级绕组层之间添加1层胶带（材料项[4]）。在最后一层上，使绕组均匀分布在整个骨架上。在引脚2结束该绕组。
绝缘层	添加1层胶带（材料项[3]）进行绝缘。
次级绕组	从引脚FL1开始，缠绕15圈（x2股）材料项[7]。使绕组均匀分布在整个骨架上。沿与初级绕组相同的旋转方向进行绕制。在引脚FL2结束该绕组。
绝缘层	添加3层胶带（材料项[3]）进行绝缘。
偏置绕组	从引脚5开始，缠绕9圈（x2股）材料项[8]。沿与初级绕组相同的旋转方向进行绕制。使绕组均匀分布在整个骨架上。在引脚4结束该绕组。
绝缘层	添加1层胶带（材料项[3]）进行绝缘。
初级绕组2	从引脚2开始，每层从左到右分缠绕22圈（x1股）材料项[6]。在每个初级绕组层之间添加1层胶带（材料项[4]）。在最后一层上，使绕组均匀分布在整个骨架上。在引脚1结束该绕组。
绝缘层	添加3层胶带（材料项[3]）以进行绝缘。
总装	将两个半磁芯安装固定好，用清漆均匀的浸渍。材料项[1]与材料项[9]一起。在材料项[5]中均匀浸渍。不要采用真空浸渍。

9 变压器设计表格

ACDC_LinkSwitch-PH_011111；修订版1.2；版权所有 Power Integrations 2011	输入	信息	输出	单位	LinkSwitch-PH_011111：反激式变压器设计表格
输入应用变量					
需要调光	**无**		**无**		如果需要调光则选择“是”。否则，选择“否”。
VACMIN			90	V	最小AC输入电压
VACMAX			265	V	最大AC输入电压
fL			50	Hz	AC电网频率
VO	30.00			V	LED灯串满载时的典型输出电压
VO_MAX			33.00	V	最大预期LED灯串电压。
VO_MIN			27.00	V	最小预期LED灯串电压。
V_OVP			36.30	V	过压保护设定点
IO	0.50				典型满载LED电流
PO			15.0	W	!!! 对于通用输入，将连续输出功率PO_CONT降低到12 W以下（或使用更大型号的LinkSwitch-PH）
n	0.90		0.9		估计工作效率
VB	17		17	V	偏置电压
输入LinkSwitch-PH变量					
LinkSwitch-PH	**LNK417**			宽电压范围	115倍压/230 V
所选器件		LNK417	输出功率	12 W	5.5 W
电流限流模式	**红色**		红色		选择“红色”设置为有限电流限制模式，或选择“完全”设置为完全电流限制模式。
ILIMITMIN			1.42	A	最小电流限制
ILIMITMAX			1.66	A	最大电流限制
fS			66000	Hz	开关频率
fSmin			62000	Hz	最小开关频率
fSmax			70000	Hz	最大开关频率
IV			38.7	uA	V引脚电流
RV			3.909	M-ohm	V引脚电阻上限
RV2			1.402	M-ohm	V引脚电阻下限
IFB			126.3	uA	FB引脚电流(85 uA < IFB < 210 uA)
RFB1			110.8	k-ohm	FB引脚电阻
VDS			10	V	LinkSwitch-PH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	0.78		0.78		纹波电流与峰值电流的比例（PF > 0.9时，0.4 < KP < 0.9）
LP			1603	uH	初级电感量
VOR	91.50		91.5	V	反射输出电压。
预期IO（平均）			0.48	A	预期平均输出电流
KP_VACMAX			1.02		在VACMAX时的预期纹波电流比率
TON_MIN			2.28	us	最高AC输入电压时的最大导通时间
PCLAMP			0.12	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	**RM10**		**RM10**		
骨架		*RM10_BOBBIN*		*P/N：*	CPV-RM10-1S-12PD
AE			0.966	cm^2	磁芯等效截面积
LE			4.46	cm	磁芯等效路径长度
AL			4050	nH/T^2	无气隙磁芯等效电感量
BW	10.0		10	mm	骨架绕线宽度

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

M			0	mm	安全挡墙宽度（初级至次级爬电距离的一半）
L	2.00		2		初级绕组层数
NS	15		15		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			375	V	对应于VACMAX的峰值输入电压
电流波形参数					
DMAX			0.44		对应于VACMIN峰值的最小占空比
IAVG			0.17	A	平均初级电流
IP			0.81	A	峰值初级电流（在最小输入电压VACMIN下计算）
IRMS			0.28	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			1603	uH	初级电感量
NP			45		初级绕组匝数
NB			9		偏置绕组匝数
ALG			792	nH/T^2	带气隙磁芯等效电感量
BM			2986	高斯	PO的最大磁通密度，VMIN (BM<3100)
BP			3613	高斯	峰值磁通密度(BP<3700)
BAC			1164	高斯	磁芯损耗曲线中的AC磁通密度（0.5 X 峰值-峰值）
ur			1488		无气隙磁芯的相对磁导率
LG			0.12	mm	气隙长度(Lg > 0.1 mm)
BWE			20	mm	等效骨架宽度
OD			0.44	mm	初级绕组最大线径（包括绝缘层）
INS			0.06	mm	估计的总绝缘层厚度（= 2 * 膜厚度）
DIA			0.38	mm	裸线直径
AWG			27	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			203	Cmil	以Cmil为单位的裸线等效面积
CMA		*告警*	724	Cmil/Amp	!!! 降低CMA (200 < CMA < 600)，减少L（初级绕组层数），增加NS，缩小磁芯
LP_TOL			10		初级电感量容差
变压器次级绕组设计参数（单路输出等效设计）					
汇总参数					
ISP			2.43	A	峰值次级电流
ISRMS			0.90	A	次级RMS电流
IRIPPLE			0.75	A	输出电容RMS纹波电流
CMS			180	Cmil	次级绕组裸线最小Cmil数
AWGS			27	AWG	次级导线规格（舍入到下一个较大的标准AWG值）
DIAS			0.36	mm	次级绕组裸线最小直径
ODS			0.67	mm	三层绝缘线的次级绕组最大外径
电压应力参数					
VDRAIN			566	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			161	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			93	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			3.91	M-ohm	V引脚电阻值上限
RV2			1.40	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			0.50	A	在VAC1时测得的输出电流
IO_VAC2			0.50	A	在VAC2时测得的输出电流
RV1（新）			3.91	M-ohm	新RV1
RV2（新）			1.40	M-ohm	新RV2
V_OV			318.3	V	触发OV关断的典型AC输入电压
V_UV			70.8	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			111	k-ohm	FB引脚电阻值上限
RFB2			1E+012	k-ohm	FB引脚电阻值下限
VB1			15.3	V	测试偏置电压条件1
VB2			18.7	V	测试偏置电压条件2
IO1			0.50	A	在Vb1时测得的输出电流
IO2			0.50	A	在Vb2时测得的输出电流
RFB1（新）			110.8	k-ohm	新RFB1
RFB2（新）			1.00E+12	k-ohm	新RFB2

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

10 性能数据

所有测量均在室温下进行。

10.1 效率相对于输入和输出（LED灯串）电压的变化

10.1.1 27 V

输入		输入测量					负载测量			计算		
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)	P_{CAL} (W)	效率 (%)	损耗 (W)
90	60	89.88	194.41	17.30	0.99	14.07	29.81	500.21	15.43	14.91	89.17	1.87
100	60	99.92	174.93	17.28	0.99	15.05	29.77	504.49	15.52	15.02	89.84	1.76
115	60	114.94	151.83	17.21	0.99	16.22	29.75	506.53	15.57	15.07	90.46	1.64
135	60	134.94	129.71	17.16	0.98	18.36	29.75	508.64	15.61	15.13	90.95	1.55
190	50	189.92	93.54	17.10	0.96	23.7	29.75	510.32	15.63	15.18	91.41	1.47
210	50	209.88	84.97	16.98	0.95	25.43	29.73	507.92	15.53	15.10	91.45	1.45
230	50	229.95	77.75	16.80	0.94	26.78	29.69	503.62	15.36	14.95	91.42	1.44
265	50	264.96	67.69	16.40	0.91	27.57	29.64	492.64	14.98	14.60	91.34	1.42

10.1.2 30 V

输入		输入测量					负载测量			计算		
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)	P_{CAL} (W)	效率 (%)	损耗 (W)
90	60	89.88	176.89	15.72	0.99	14.84	26.80	506.33	14.03	13.57	89.26	1.69
100	60	99.93	158.62	15.65	0.99	15.91	26.76	509.11	14.08	13.62	89.98	1.57
115	60	114.95	137.68	15.58	0.98	17.1	26.75	510.73	14.11	13.66	90.56	1.47
135	60	134.95	117.74	15.54	0.98	19.29	26.75	512.59	14.14	13.71	91.01	1.40
190	50	189.92	84.94	15.46	0.96	24.09	26.75	513.37	14.13	13.73	91.41	1.33
210	50	209.87	77.16	15.33	0.95	25.73	26.73	509.91	14.01	13.63	91.40	1.32
230	50	229.95	70.66	15.16	0.93	26.84	26.70	504.77	13.85	13.48	91.33	1.31
265	50	264.96	61.76	14.78	0.90	27.5	26.65	492.53	13.47	13.13	91.14	1.31

10.1.3 33 V

输入		输入测量					负载测量			计算		
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)	P_{CAL} (W)	效率 (%)	损耗 (W)
90	60	89.89	221.24	19.71	0.99	13.22	32.58	519.63	17.53	16.93	88.93	2.18
100	60	99.93	196.62	19.45	0.99	14.12	32.52	518.61	17.45	16.86	89.70	2.00
115	60	114.95	168.61	19.15	0.99	15.31	32.48	515.51	17.31	16.75	90.41	1.84
135	60	134.95	142.57	18.92	0.98	17.25	32.47	513.47	17.21	16.67	90.97	1.71
190	50	189.93	102.07	18.72	0.97	23.15	32.46	512.55	17.13	16.64	91.51	1.59
210	50	209.87	92.45	18.56	0.96	25.01	32.44	509.27	16.99	16.52	91.57	1.56
230	50	229.95	84.44	18.35	0.95	26.54	32.41	504.78	16.81	16.36	91.59	1.54
265	50	264.96	73.22	17.91	0.92	27.47	32.36	494.06	16.41	15.99	91.59	1.51

10.2 效率图

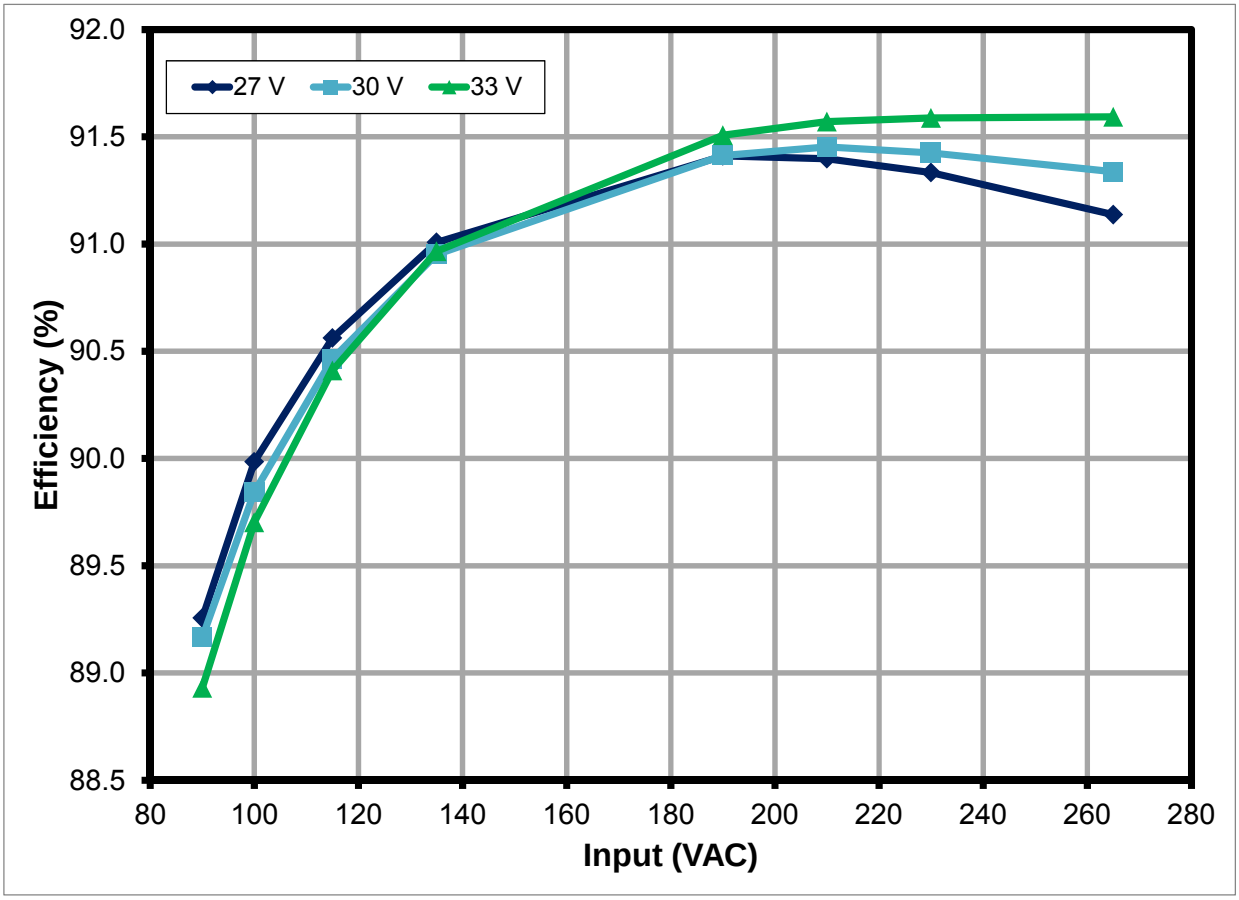


图8 – 效率随输入电压的变化，室温

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

10.3 调节

10.3.1 线电压调整

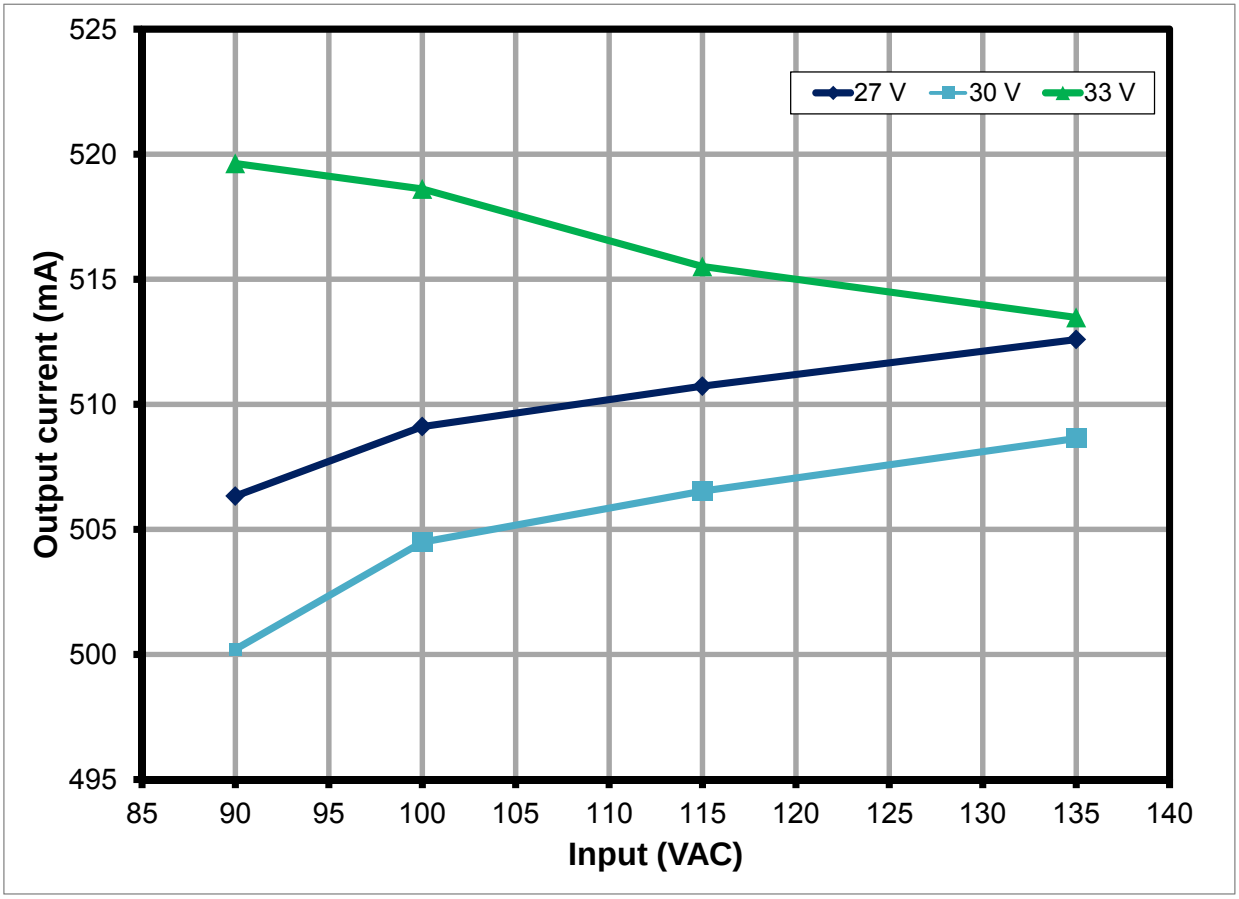


图9 – 低线电压调整，室温，满载

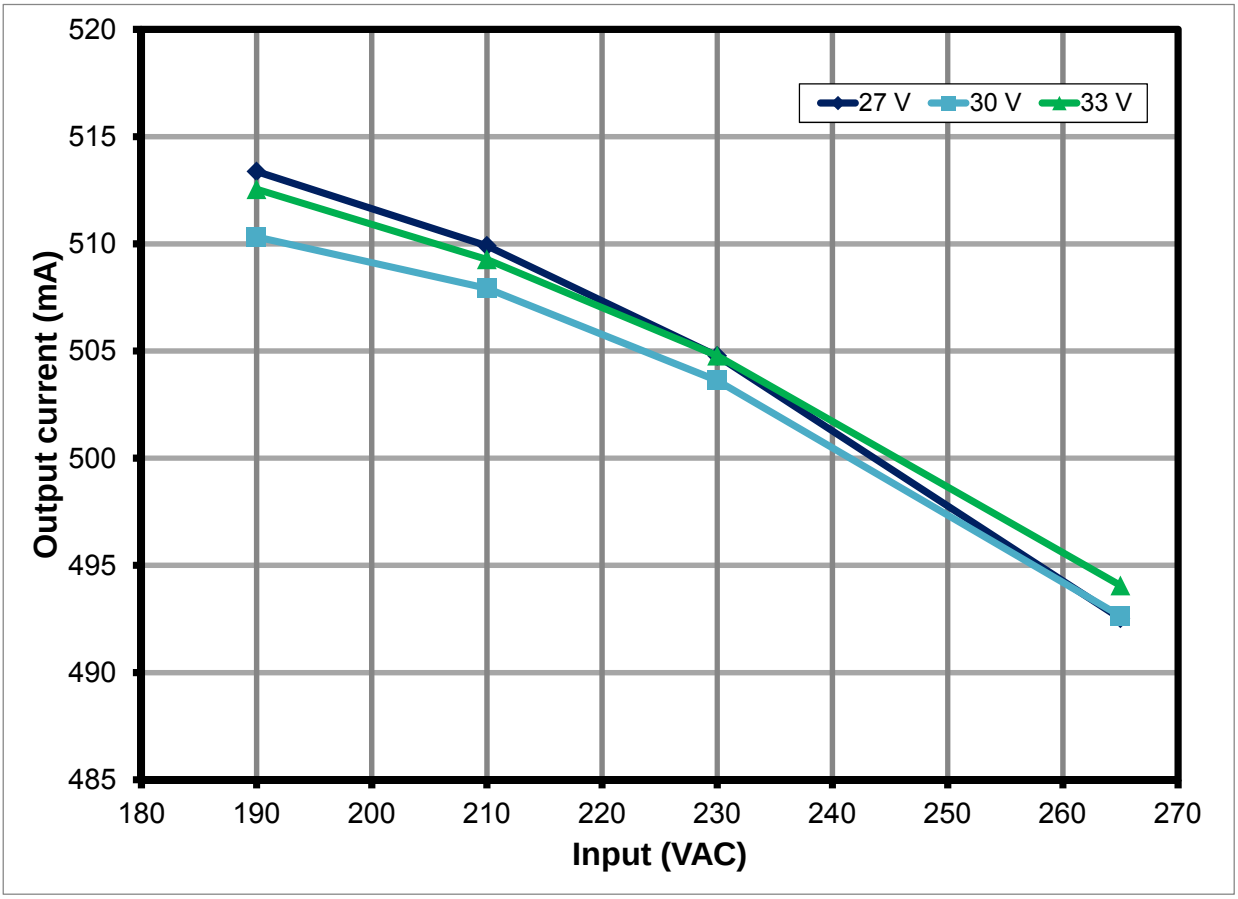


图10 – 高线电压调整，室温，满载

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

11 热性能

在室温(25 °C)下运行30分钟后采集的图像，满载（30 V，500 mA）。温度最高的元件是U1，它可以通过内部迟滞热关断功能为系统提供过热保护。

11.1 V_{IN} = 115 VAC

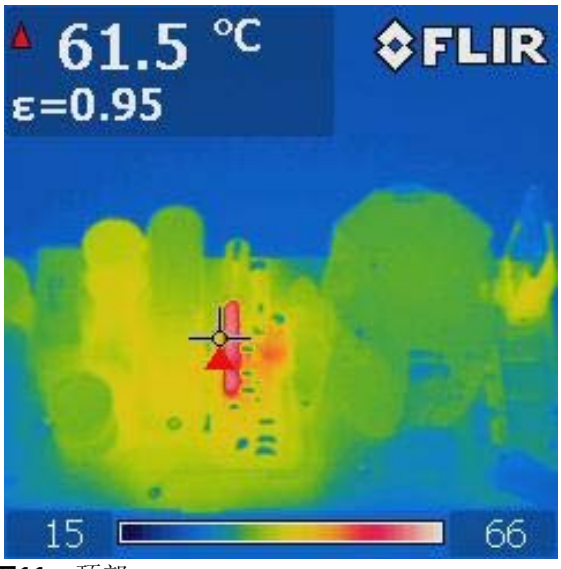


图11 – 顶部

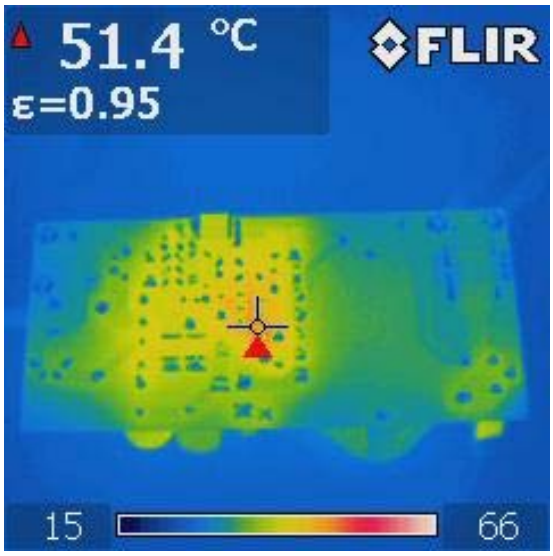


图12 – 底部

11.2 V_{IN} = 230 VAC

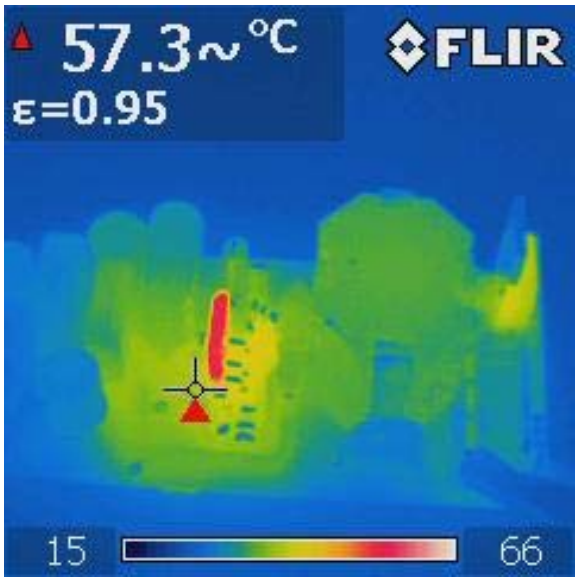


图13 – 顶部

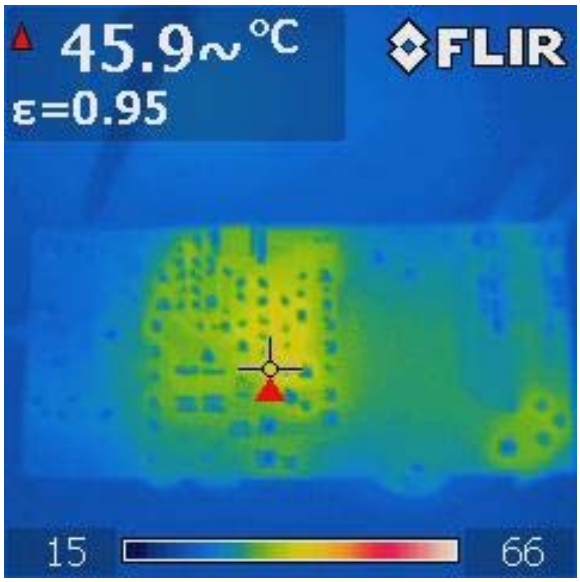


图14 – 底部

12 谐波电流，PF和THD数据

12.1 谐波电流

此设计通过了Class C要求。

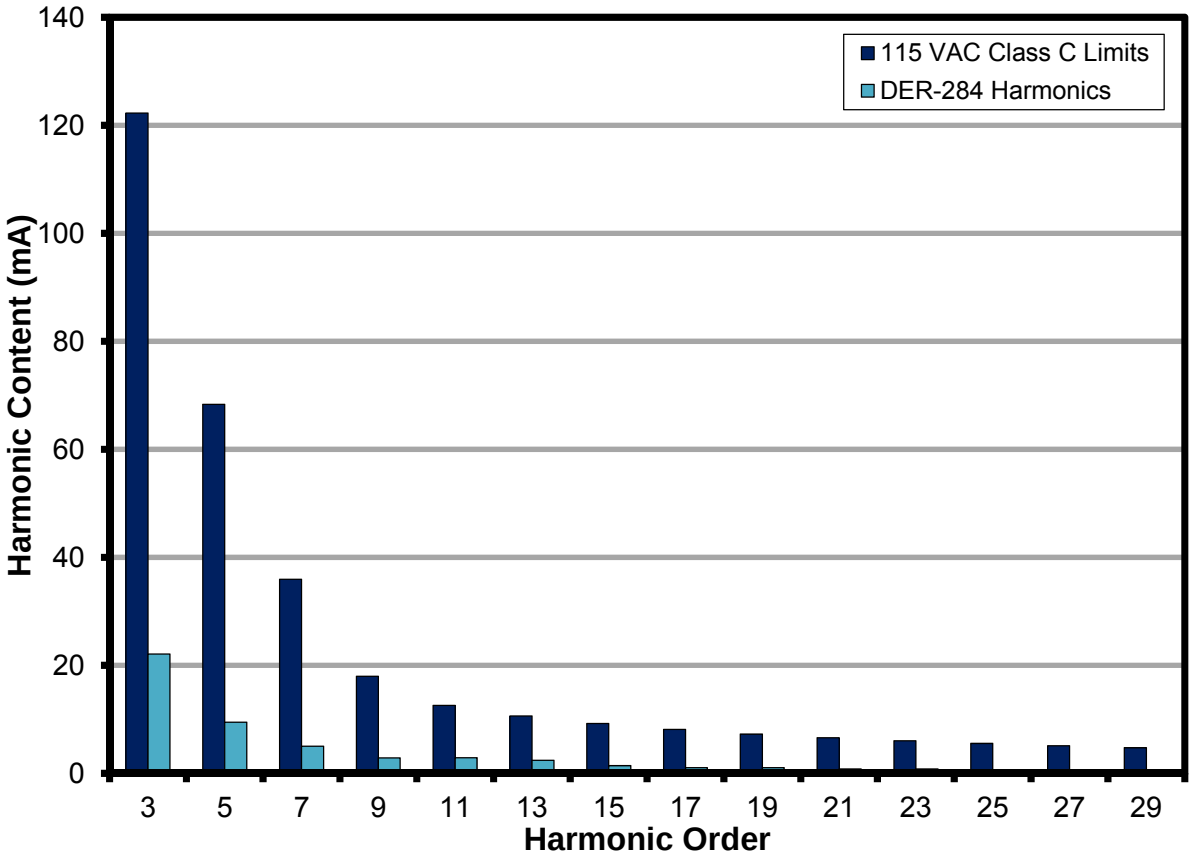


图15 – 115 VAC谐波，室温，满载

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

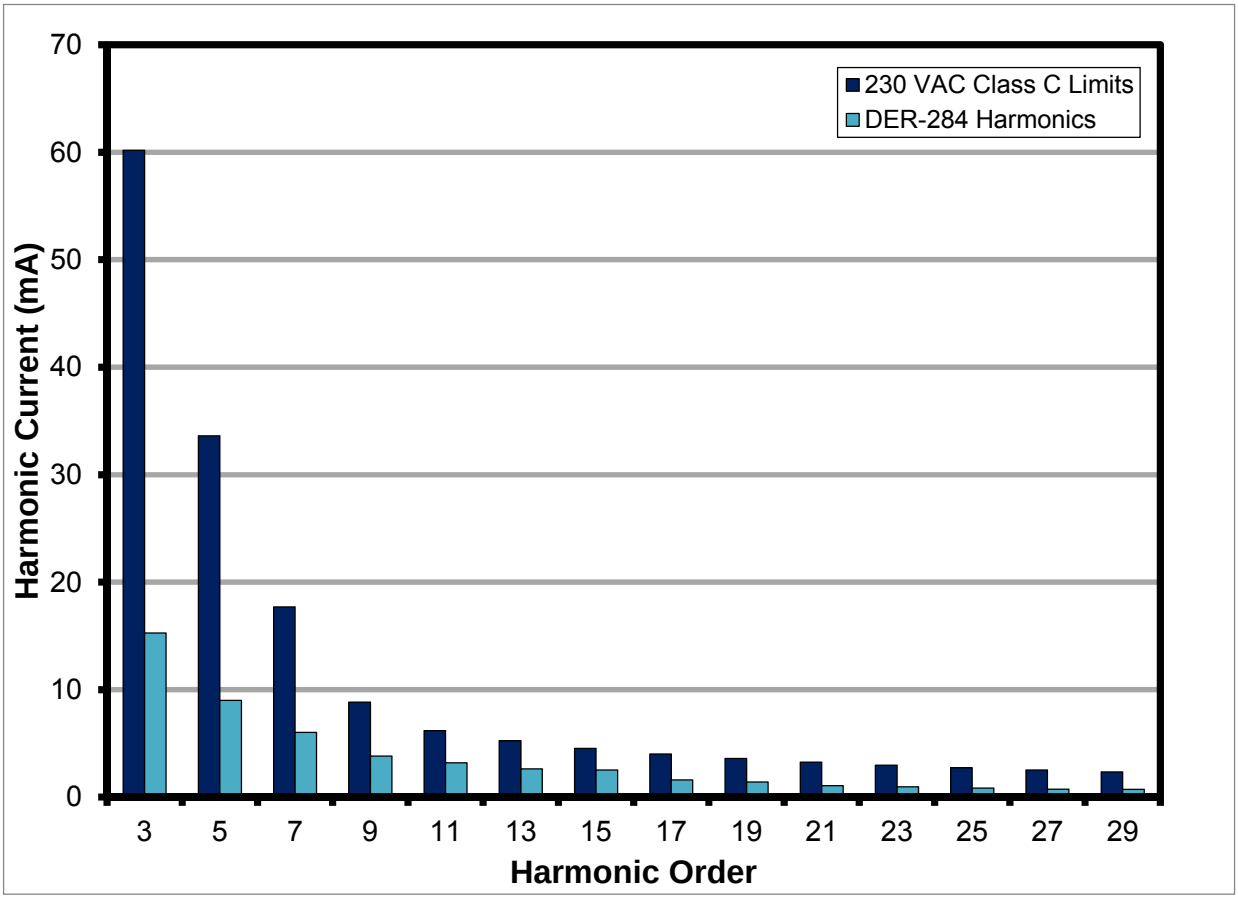


图16 – 230 VAC谐波，室温，满载

12.2 PF和THD数据

输入电压(VAC)	功率因数	I_{THD}(%)
112	0.99	16
230	0.96	26

13 波形

13.1 输入线电压和电流

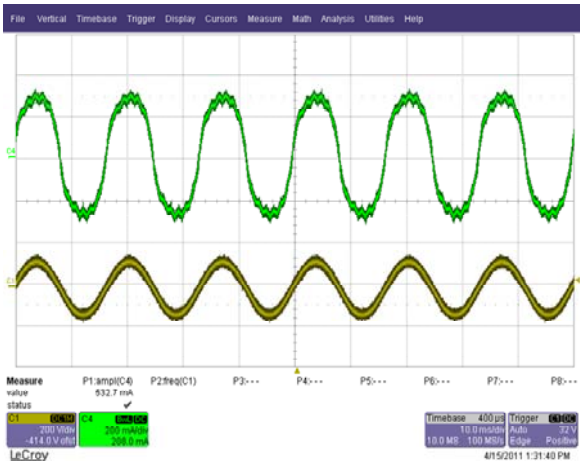


图17 – 90 VAC，满载。
上：I_{IN}，0.2 A/格
下：V_{IN}，200 V，10 ms/格

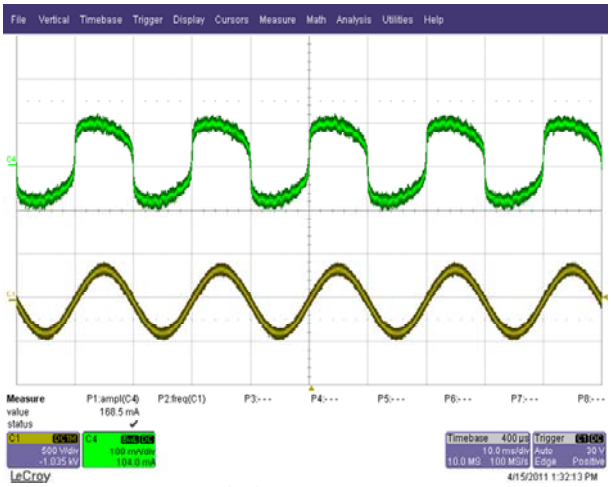


图18 – 265 VAC，满载。
上：I_{IN}，0.1 A/格
下：V_{IN}，500 V/格，10 ms/格

13.2 漏极电压和电流

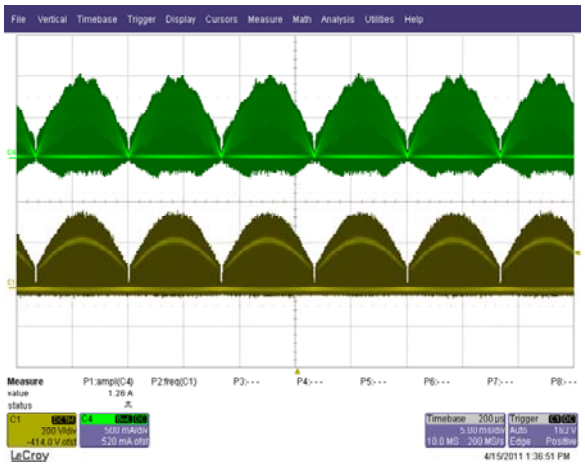


图19 – 90 VAC，满载。
上：I_{DRAIN}，0.5 A/格
下：V_{DRAIN}，200 V，5 ms/格

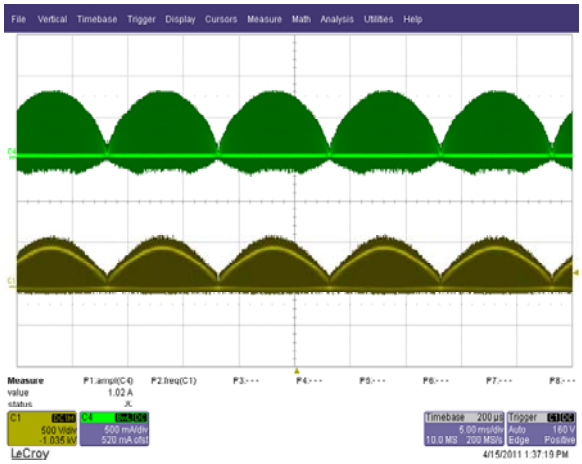


图20 – 265 VAC，满载。
上：I_{DRAIN}，0.5 A/格
下：V_{DRAIN}，500 V/格，5 ms/格

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

13.3 输出电压和纹波电流

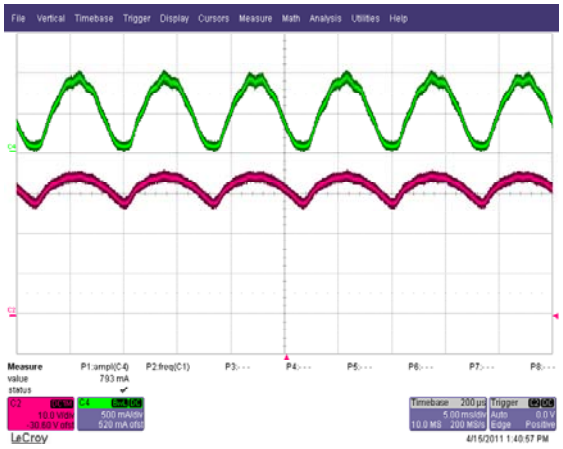


图21 – 90 VAC，满载。
上：I_{RIPPLE}，0.5 A/格
下：V_{OUT}，10 V，5 ms/格

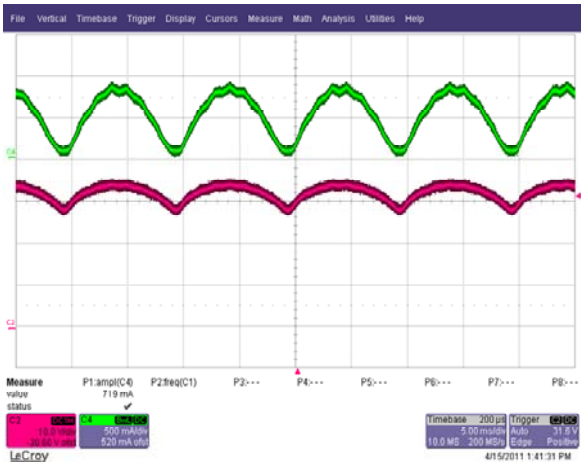


图22 – 265 VAC，满载。
上：I_{RIPPLE}，0.5 A/格
下：V_{OUT}，10 V，5 ms/格

13.4 输出整流管电压和电流

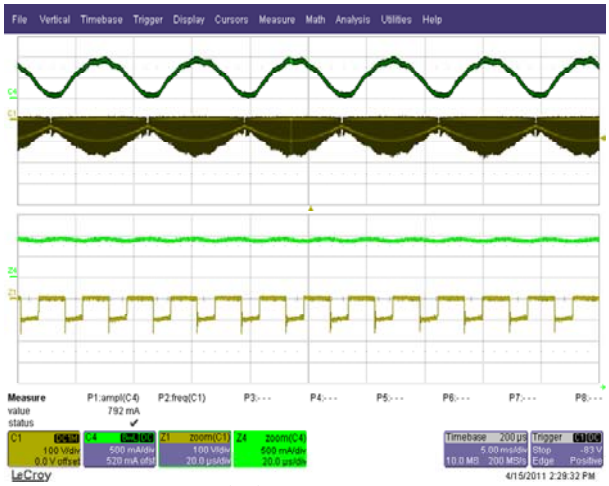


图23 – 110 VAC，满载
上：I_{RIPPLE}，0.5 A/格
下：V_{DIODE}，100 V，5 ms/200 µs/格

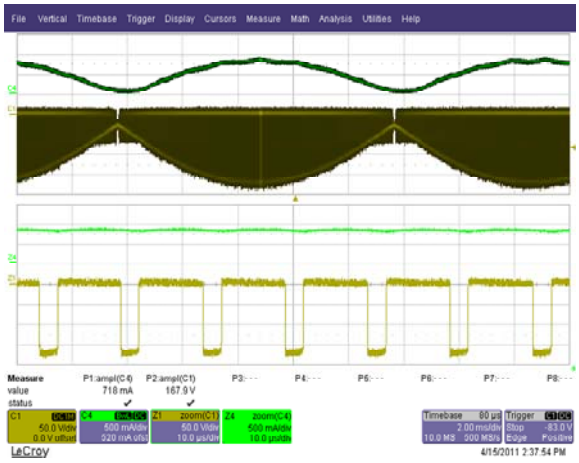


图24 – 265 VAC，满载
上：I_{RIPPLE}，0.5 A/格
下：V_{DIODE}，50 V，5 ms/200 µs/格

13.5 输出电压和电流启动特征

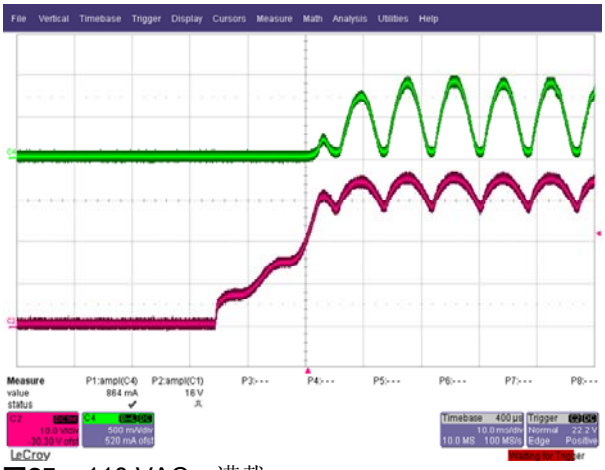


图25 – 110 VAC，满载
上：I_{OUTPUT}，0.5 A/格
下：V_{OUT}，10 V，10 ms/格

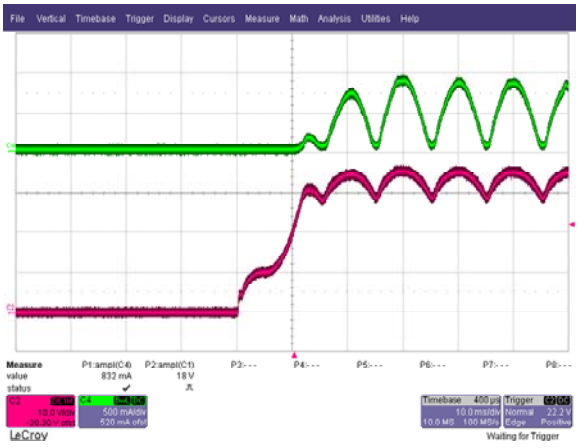


图26 – 230 VAC，满载
上：I_{OUTPUT}，0.5 A/格
下：V_{OUT}，10 V，10 ms/格

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

13.6 输出短路时的输出电流和漏极电压

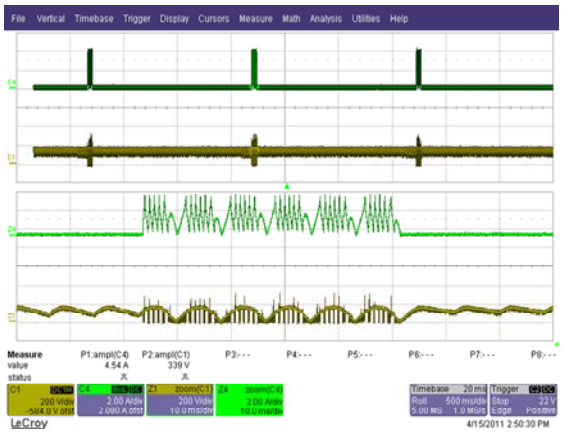


图27 – 90 VAC，满载。
上：I_{OUTPUT}，2 A/格
下：V_{DRAIN}，200 V，500 ms/格

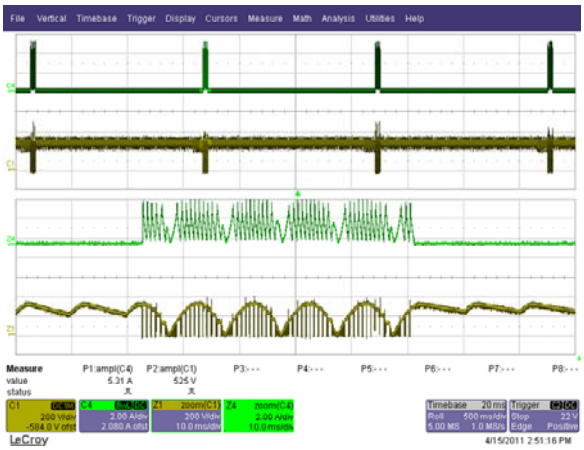


图28 – 265 VAC，满载
上：I_{OUTPUT}，2 A/格
下：V_{DRAIN}，200 V，500 ms/格

13.7 输出短路时的输出电流和输出电压

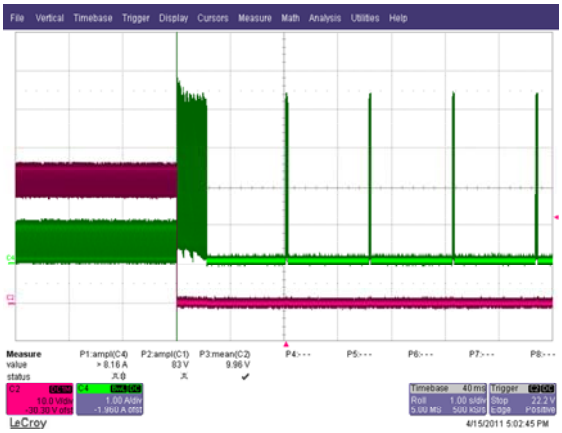


图29 – 110 VAC，满载
上：I_{OUTPUT}，1 A/格
下：V_{DRAIN}，10 V，1 s/格

13.8 开路负载输出电压

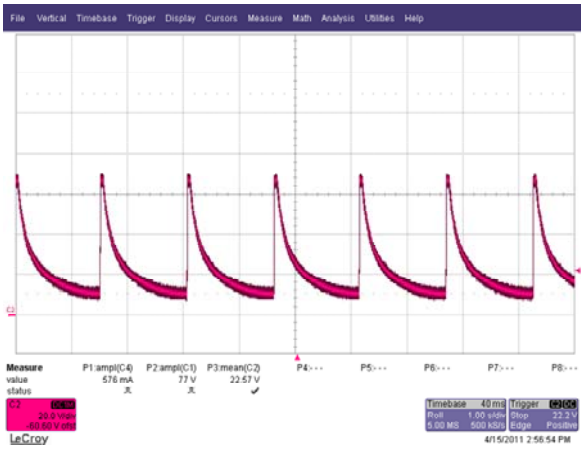


图30 – 输出电压：110 VAC。
V_{OUT}，20 V/格，1 s/格

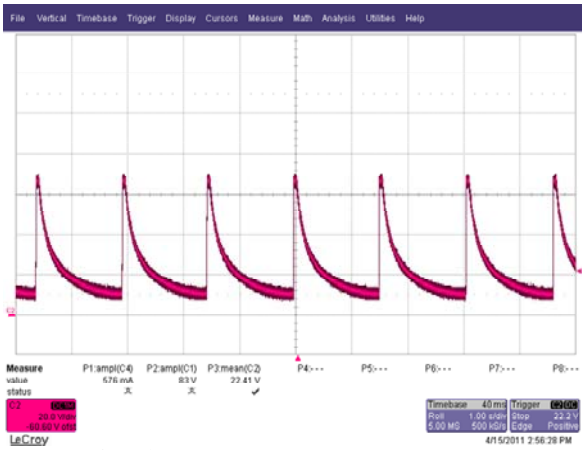


图31 – 输出电压：230 VAC。
V_{OUT}，20 V/格，1 s/格

注释：在开路负载条件下，过压关断功能可阻止输出电压超出SELV限值(45 V)。虽然可实现这一点，但会超出输出电容的电压额定值，不过这在故障条件下是可接受的。

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

14 输入浪涌

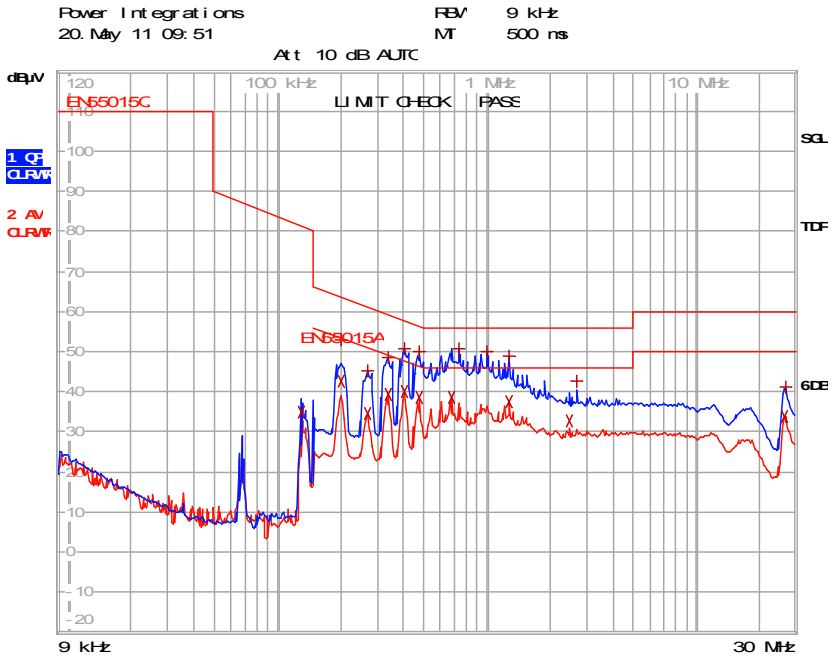
根据IEC61000-4-5，差模和共模输入线200 A振铃波测试在单个测试电源上完成。输入电压设置为230 VAC / 60 Hz。输出加满载，在每次浪涌测试后验证工作状况。

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PE	90	通过
2500	230	L到PE	90	通过
2500	230	N到PE	90	通过
2500	230	N到PE	90	通过

被测电源在所有测试条件下均通过测试。

15 传导EMI

注释：关于裕量的大小请参见表格中的数据 – 蓝线表示峰值测量的数值，但限制线为准峰值。



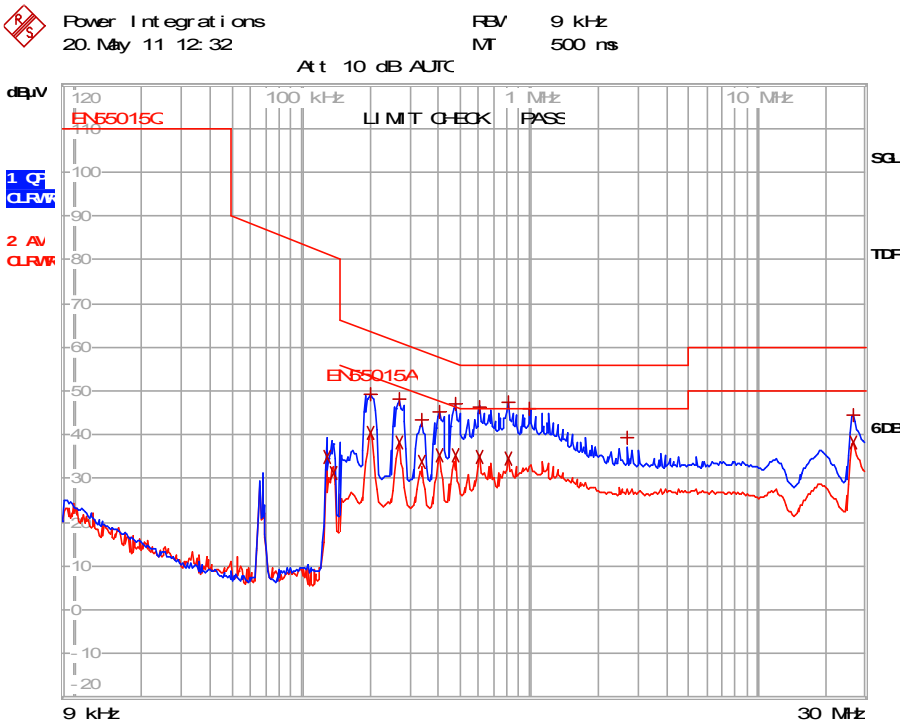
EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)

Trace1: EN55015Q
Trace2: EN55015A
Trace3: ---

TRACE	FREQUENCY	LEVEL dBµV		DELTA LIMIT dB
2 Average	129.530094744 kHz	35.95	L1 gnd	
1 Quasi Peak	200.175581485 kHz	52.81	N gnd	-10.79
2 Average	202.1773373 kHz	42.64	N gnd	-10.87
1 Quasi Peak	269.806440381 kHz	45.18	L1 gnd	-15.93
2 Average	269.806440381 kHz	34.74	L1 gnd	-16.38
1 Quasi Peak	335.832355405 kHz	48.52	L1 gnd	-10.78
2 Average	335.832355405 kHz	39.33	L1 gnd	-9.97
1 Quasi Peak	401.705024172 kHz	50.78	L1 gnd	-7.03
2 Average	401.705024172 kHz	39.84	L1 gnd	-7.97
1 Quasi Peak	471.030732902 kHz	49.88	N gnd	-6.61
2 Average	471.030732902 kHz	38.39	N gnd	-8.09
1 Quasi Peak	673.936068749 kHz	50.60	L1 gnd	-5.39
2 Average	673.936068749 kHz	38.39	L1 gnd	-7.60
1 Quasi Peak	1.00339897152 MHz	49.91	L1 gnd	-6.08
1 Quasi Peak	1.27405044044 MHz	48.88	N gnd	-7.11
2 Average	1.27405044044 MHz	37.38	N gnd	-8.61
2 Average	2.48152506244 MHz	32.47	N gnd	-13.52
1 Quasi Peak	2.68713605405 MHz	42.58	N gnd	-13.41
1 Quasi Peak	26.4975442467 MHz	40.33	L1 gnd	-19.67
2 Average	26.4975442467 MHz	33.40	L1 gnd	-16.59

图32 – 传导EMI，最大稳态负载，230 VAC，相线，60 Hz，EN55015 B限值

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

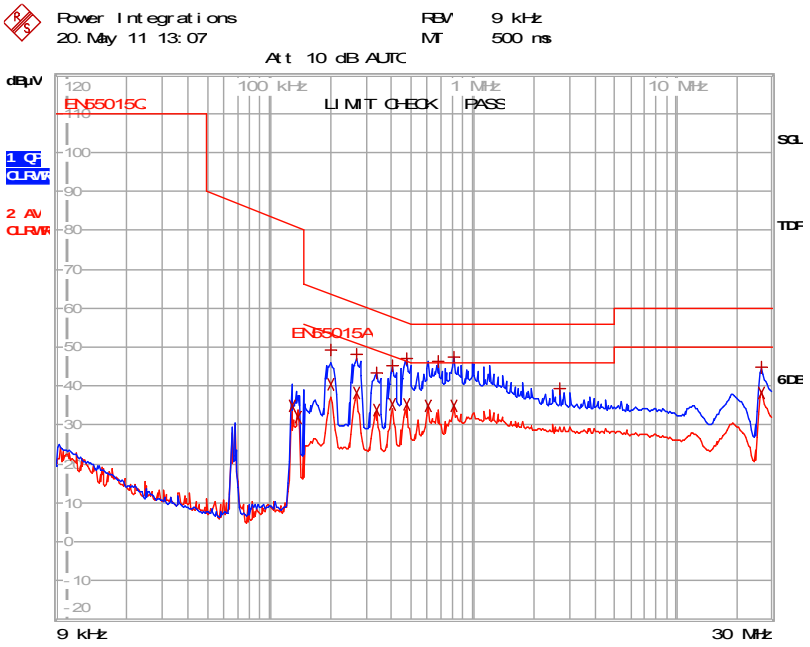


EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)

Trace1: EN55015Q
Trace2: EN55015A
Trace3: ---

TRACE		FREQUENCY	LEVEL dBµV		DELTA LIMIT dB
2	Average	129.530094744 kHz	34.89	N gnd	
2	Average	138.873793737 kHz	31.26	N gnd	
1	Quasi Peak	202.1773373 kHz	49.31	L1 gnd	-14.20
2	Average	202.1773373 kHz	40.53	L1 gnd	-12.99
1	Quasi Peak	269.806440381 kHz	48.00	L1 gnd	-13.12
2	Average	269.806440381 kHz	38.13	L1 gnd	-12.98
1	Quasi Peak	335.832355405 kHz	43.28	N gnd	-16.02
2	Average	335.832355405 kHz	33.71	N gnd	-15.58
1	Quasi Peak	401.705024172 kHz	45.29	L1 gnd	-12.52
2	Average	401.705024172 kHz	35.13	L1 gnd	-12.68
1	Quasi Peak	471.030732902 kHz	47.20	N gnd	-9.28
2	Average	471.030732902 kHz	35.35	N gnd	-11.13
1	Quasi Peak	604.06488251 kHz	46.47	L1 gnd	-9.52
2	Average	604.06488251 kHz	34.78	L1 gnd	-11.21
1	Quasi Peak	806.126927408 kHz	47.44	L1 gnd	-8.55
2	Average	806.126927408 kHz	34.72	L1 gnd	-11.28
1	Quasi Peak	1.00339897152 MHz	46.12	L1 gnd	-9.87
1	Quasi Peak	2.68713605405 MHz	39.24	N gnd	-16.75
1	Quasi Peak	26.4975442467 MHz	44.55	N gnd	-15.44
2	Average	26.4975442467 MHz	38.30	L1 gnd	-11.69

图33 – 传导EMI，最大稳态负载，110 VAC，相线，60 Hz，EN55015 B限值



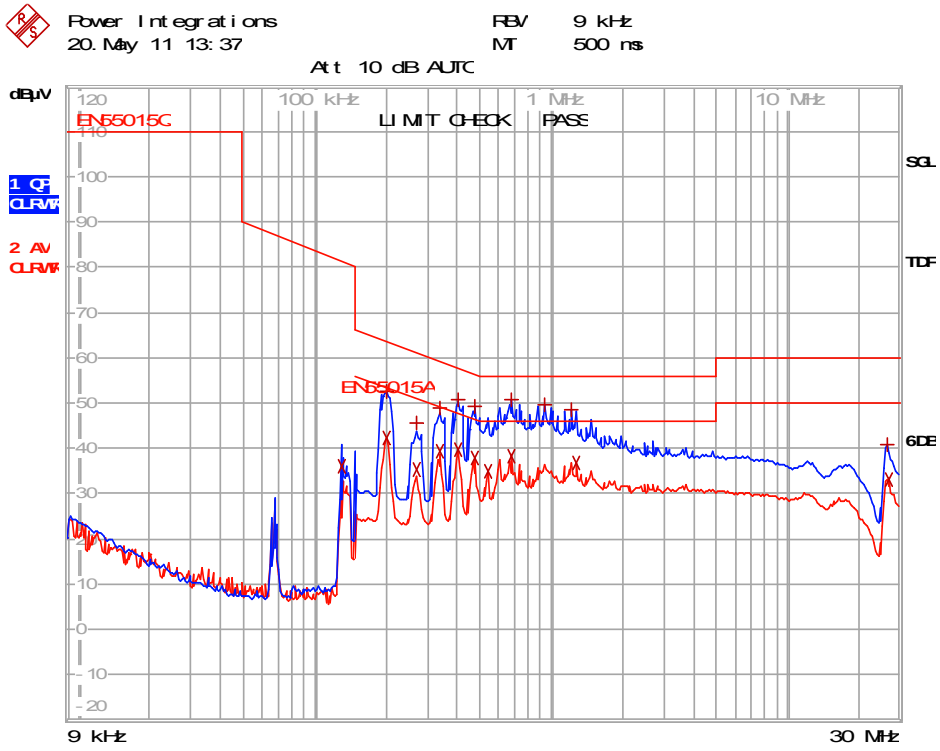
EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)

Trace1: EN55015Q
Trace2: EN55015A
Trace3: ---

TRACE		FREQUENCY	LEVEL dBµV		DELTA LIMIT dB
2	Average	129.530094744 kHz	35.08	N gnd	
2	Average	138.873793737 kHz	32.16	N gnd	
1	Quasi Peak	202.1773373 kHz	49.32	L1 gnd	-14.19
2	Average	202.1773373 kHz	40.56	L1 gnd	-12.96
1	Quasi Peak	269.806440381 kHz	48.00	L1 gnd	-13.12
2	Average	269.806440381 kHz	38.19	L1 gnd	-12.92
1	Quasi Peak	335.832355405 kHz	43.26	N gnd	-16.04
2	Average	335.832355405 kHz	33.71	N gnd	-15.58
1	Quasi Peak	401.705024172 kHz	45.34	L1 gnd	-12.47
2	Average	401.705024172 kHz	35.24	L1 gnd	-12.57
1	Quasi Peak	471.030732902 kHz	47.17	N gnd	-9.32
2	Average	471.030732902 kHz	35.36	N gnd	-11.13
2	Average	604.06488251 kHz	34.86	L1 gnd	-11.13
1	Quasi Peak	673.936068749 kHz	46.31	N gnd	-9.68
1	Quasi Peak	806.126927408 kHz	47.47	L1 gnd	-8.52
2	Average	806.126927408 kHz	34.78	L1 gnd	-11.21
1	Quasi Peak	2.68713605405 MHz	39.33	N gnd	-16.67
1	Quasi Peak	26.4975442467 MHz	44.69	L1 gnd	-15.30
2	Average	26.4975442467 MHz	38.39	L1 gnd	-11.60

图34 – 传导EMI，最大稳态负载，110 VAC，零线，60 Hz，EN55015 B限值

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



EDIT PEAK LIST (Final Measurement Results)

Trace1: EN55015Q
Trace2: EN55015A
Trace3: ---

TRACE		FREQUENCY	LEVEL dBµV		DELTA LIMIT dB
2	Average	129.530094744 kHz	35.87	N gnd	
1	Quasi Peak	202.1773373 kHz	52.66	N gnd	-10.85
2	Average	202.1773373 kHz	42.36	N gnd	-11.15
1	Quasi Peak	269.806440381 kHz	45.66	L1 gnd	-15.45
2	Average	269.806440381 kHz	35.44	L1 gnd	-15.68
1	Quasi Peak	335.832355405 kHz	48.74	L1 gnd	-10.56
2	Average	335.832355405 kHz	39.49	L1 gnd	-9.81
1	Quasi Peak	401.705024172 kHz	50.62	L1 gnd	-7.18
2	Average	401.705024172 kHz	39.57	N gnd	-8.24
1	Quasi Peak	471.030732902 kHz	49.08	N gnd	-7.40
2	Average	471.030732902 kHz	37.96	N gnd	-8.53
2	Average	536.076911993 kHz	34.96	N gnd	-11.03
1	Quasi Peak	673.936068749 kHz	50.80	L1 gnd	-5.19
2	Average	673.936068749 kHz	38.39	L1 gnd	-7.61
1	Quasi Peak	945.247220176 kHz	49.46	L1 gnd	-6.53
1	Quasi Peak	1.21221527836 MHz	48.43	N gnd	-7.57
2	Average	1.27405044044 MHz	36.86	N gnd	-9.13
1	Quasi Peak	26.4975442467 MHz	40.99	L1 gnd	-19.00
2	Average	26.7625196891 MHz	33.19	L1 gnd	-16.80

图35 – 传导EMI，最大稳态负载，230 VAC，零线，60 Hz，EN55015 B限值

16 版本历史

日期	作者	修订版本	说明与变更	审核人
2011年7月8日	DK	1.0	初始版本	Apps and Mktg

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

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, StakFET, PI Expert and PI FACTS are trademarks of Power Integrations, Inc. Other trademarks are property of their respective companies. ©Copyright 2011 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）
Rm 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）
3rd Floor, Block A,
Zhongtou International
Business Center,
No 1061 Xiang Mei Road,
Futian District, Shenzhen, China
P.R.C, 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:
eurosales@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:
eurosales@powerint.com

日本
Kosei Dai-3 Building
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,
#19-01/05 Goldhill Plaza
Singapore, 308900
Phone: +65-6358-2160
Fax: +65-6358-2015
e-mail:
singaporesales@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

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:
eurosales@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