设计范例报告

标题	*使用**LinkSwitch™-PH LNK406EG**设计的高效率(≥85%)、高功率因数(>0.9) 15* **W** *T8隔离式**LED**驱动器*
规格	90 VAC – 265 VAC输入；50 V，0.3 A输出
应用	T8灯LED驱动器
作者	应用工程部
文档编号	DER-256
日期	2010年10月7日
修订版本	1.2

特色概述

- 超薄设计，元件高度<10 mm
  - 允许将驱动板置于LED后面，使T8替换灯泡发光均匀
- 卓越的性能及最终用户体验
  - 单晶片启动—无输出闪烁
  - 快速启动(<200 ms) —无可觉察的延迟
- 极高能效
  - ≥86%，115 VAC；≥87%，230 VAC
- 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，可降低EMI滤波元件的数量及尺寸
- 集成的保护及可靠性能
  - 使用自动重启动实现输出开路/输出短路保护

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

  - 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 61000-3-2 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。

目录

1 简介 4
2 电源规格 6
3 电路原理图 7
4 电路描述 9
4.1 输入 EMI 滤波和保护 9
4.2 LinkSwitch-PH 初级 9
4.2.1 偏置绕组和输出 OVP 检测 10
4.3 输出电压检测 10
4.4 输出整流 10
5 PCB 布局 11
6 物料清单 13
7 变压器规格 15
7.1 电气原理图 15
7.2 电气规格 15
7.3 材料 15
7.4 变压器结构图 16
7.5 变压器构造 16
8 变压器设计表格 17
9 性能数据 21
9.1 效率与输入 21
9.2 恒流与输入 23
9.3 功率因数与输入，满载 24
10 热性能 26
11 谐波数据 28
12 波形 30
12.1 输入线电压和电流 30
12.2 漏极电压和电流 30
12.3 输出电压和纹波电流 31
12.4 漏极电压和电流启动特征 31
12.5 输出短路时的输出电流和漏极电压 32
12.6 开路负载输出电压 32
13 传导 EMI 33
14 辐射 EMI 35
15 版本历史 37

重要说明：虽然本电路板的设计满足安全隔离要求，但工程原型仍未获得机构认证。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功率因数校正LED驱动器，它可以在90 VAC至265 VAC的输入电压范围内为LED灯串提供额定电压50 V、额定电流0.3 A的驱动。该LED驱动器采用了Power Integrations的LinkSwitch-PH系列IC中的LNK406EG器件。

LinkSwitch-PH IC可以帮助您设计出具有成本效益且元件数量极少的LED驱动器，不仅能满足功率因素和谐波限值，同时还能为最终用户带来不同凡响的使用体验。其特性包括超宽调光范围（本样板未采用）、无闪烁工作（即使使用的是低成本的AC输入可控硅调光器）以及快速、平滑的开启上电过程。

所使用的拓扑结构是运行于连续导通模式下的隔离反激。输出电流调节完全从初级侧检测，因此无需配备次级反馈元件。在初级侧也无需检测外部电流，而是在IC内部进行，从而进一步减少了元件和损耗。内部控制器调整MOSFET占空比以保持输入电流为正弦交流电，从而确保高功率因数和低谐波电流。

LNK406EG也可提供各种复杂的保护功能，包括环路开环或输出短路条件下自动重新启动。输入过压可帮助电源改善对输入电压故障和浪涌的耐受能力，输出过压可避免在负载断开时可能对电源造成的损坏，精确的迟滞热关断可确保在所有条件下PCB板平均温度都处于安全范围内。

此设计的主要目标是超薄和高效率。这样有助于使驱动器板适应T8灯管内LED负载板后的空间，并将工作时的温升保持在可接受的范围以内。为此，必须认真选择元件和安装方法，但这相比于方案的更换更加简单，因为初级侧调节的LinkSwitch-PH设计所需的元件数量很少。

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

图1—装配后的电路板图片（顶视图）。

图2—装配后的电路板图片（底视图），电路板尺寸为260.44 mm x 19.53 mm。

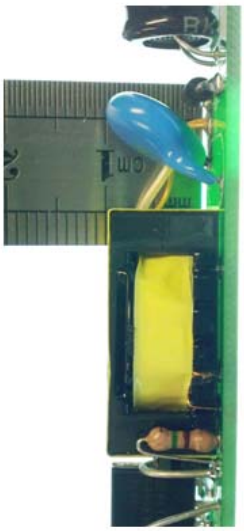


图3—元件高度(10 mm)。

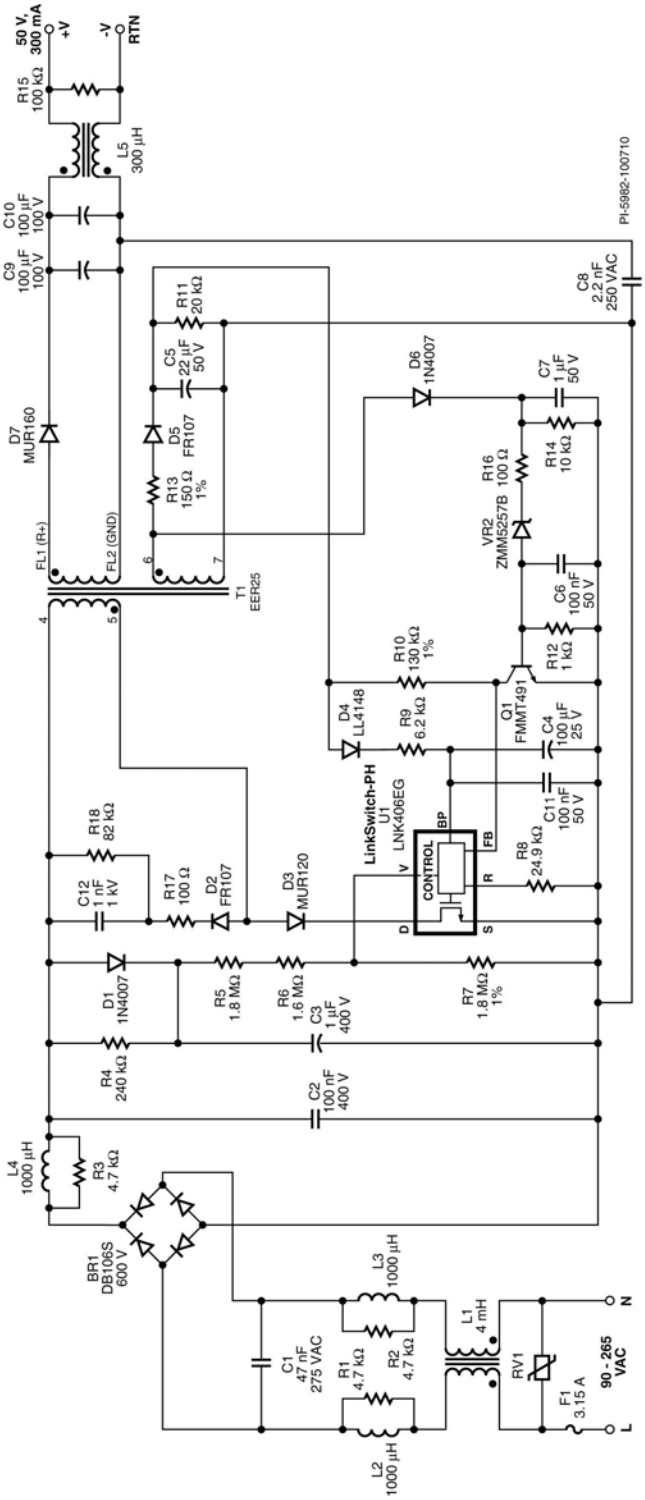
Power Integrations
电话：+1 408 414 9200 传真：+1 408 414 9201
www.powerint.com

2 电源规格

下表给出的是设计的最低可接受指标。实际性能在后续的测试结果部分给出。

说明	符号	最小值	典型值	最大值	单位	建议
输入						
电压	V_{IN}	90	115/230	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}	45	50	55	V	
输出电流	I_{OUT}		0.3		A	
总输出功率						
连续输出功率	P_{OUT}		15		W	
效率						
满载	η	85			%	在115 / 230 VAC条件下测得
环境						
传导EMI		符合CISPR 15B / EN55015B				
辐射EMI		FCC B级 / EN55015				
安全		其设计符合IEC950 / UL1950 II类要求				
功率因数		0.9				在$V_{OUT(TYP)}$、$I_{OUT(TYP)}$和115 VAC / 230 VAC条件下测得
谐波		EN 61000-3-2 C级和D级				
电路板尺寸		260.44 x 19.53 x 13 (10)			mm	设计适应T8灯管中LED负载板后的空间。包括PCB和负载突出部位的总高度为13 mm，PCB的元件最大高度为10 mm
环境温度	T_{AMB}		40		°C	自然对流，海平面

3 电路原理图



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

图4—电路原理图。

4 电路描述

LinkSwitch-PH器件由集成控制器以及725 V功率MOSFET构成，用于LED驱动器应用。LinkSwitch-PH配置为应用于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。

4.1 输入EMI滤波和保护

保险丝F1可以在元件发生严重故障时提供保护，而RV1 (MOV)可提供箝位以限制元件在差模浪涌期间的最大电压应力。MOV的使用在此设计中非常关键，因为输入电容的容值很低。由于电容值很低，在设定的差模浪涌发生时会使得整流总线电压（C2两端）显著升高。所选器件的额定电压为275 VAC，略高于最大指定工作电压265 VAC。二极管桥堆BR1对AC线电压进行整流，电容C2为初级开关电流提供低阻抗通路（去耦）。为使功率因数保持在0.9以上，需要确保较低的电容（C1、C2和C3总和）值。

EMI滤波功能由电感L1、L2、L3和L4以及C1和有Y1安全要求的C8提供。L2、L3和L4两端的电阻R1、R2和R3可抑制输入电感、电容和AC输入阻抗之间在传导EMI升高时可能出现的任何共振。

4.2 LinkSwitch-PH初级

二极管D1和C3检测峰值AC线电压。此电压通过R5、R6和R7转换为电流并注入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FB引脚电流在内部用来控制平均输出LED电流。LinkSwitch的非调光模式通过R引脚上的24.9 kΩ电阻进行选择。在非调光配置下，LinkSwitch-PH在整个输入电压范围内对电源进行优化，保证在整个输入电压范围内保持恒定的输出电流。电阻R8还用于设置内部参考，以选择输入电压渐升和渐降过程以及输入过压保护的工作阈值。电阻R7进一步提供线电压补偿，在此设计中线电压调节率达到±3%。

反激式变压器一端连接到DC总线，另一端由U1中的集成的725 V功率MOSFET驱动。在功率MOSFET打开期间，初级电流升高，将能量存储在变压器中。这些能量在功率MOSFET关闭时传递到次级绕组。为减小高度，使用EER25磁芯；同时使用带有飞线的三层绝缘次级绕组以满足安全间距要求。

由于功率MOSFET关闭时漏极会出现漏感电压尖峰，二极管D2、R17、C12和R18将漏极电压加以箝位，保证漏极电压在安全范围以内。当初级绕组两端的电压（V_{OR}或反激电压）超过C2两端的电压和瞬态AC正弦波时，需要借助D3防止LinkSwitch-PH器件上产生反向电流。

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

4.2.1 偏置绕组和输出OVP检测

二极管D5、C5、R13和R11利用变压器的反馈绕组产生直流电压。此电压通过D4和R9向U1的旁路引脚供应工作电流。电容C4对旁路引脚进行局部去耦。在启动期间，内部连接至漏极引脚的高压恒流源对此电容充电至约6 V。在充电后，存储的能量用于为U1供电，直到输出达到稳定状态。

二极管D6、R16、C7、R14、VR2、C6、R12和Q1提供负载开路保护功能。如果断开输出负载，输出电压将会升高，导致偏置电压上升，C7上的电压也随之升高。使用单独的二极管和低值电容（D6和C7）对偏置绕组进行整流是为了缩短触发OV之前的延时，从而限制最大输出电压。一旦C7上的电压超过VR2设置的阈值（约为33 V），Q1将会偏置，使进入FB引脚的电流降到自动重新启动阈值以下。一旦进入自动重新启动模式，开关将交替停止和开启，确保输出电压在重新连接负载之前一直处在可接受的限制内。这样可以避免在生产测试时负载断开的情况下可能出现的过高电压对电容C9和C10造成的损坏。

4.3 输出电压检测

与输出电压成比例的电流通过R10从初级偏置供电注入至反馈引脚。此电流与V引脚电流一起用于确保平均输出电流在输入和输出电压发生变化时保持恒定。

4.4 输出整流

二极管D7对次级绕组进行整流，电容C9和C10对输出进行滤波。用作假负载的 R15，可限制空载情况下的输出电压。电感L5用于降低辐射EMI。

5 PCB布局

PCB设计确保驱动器板可直接安装于LED负载PCB后，且适合T8灯管内部的结构。这样的要求需要进行一些特殊考量。

- 1 mm的PCB厚度
  - 此选择增加元件的可用高度。
- SMD元件方向
  - 由于板形细长，因此在处理时灵活性非常高。为了防止元件被机械应力损坏，所有SMD元件在板上的方向均为元件长边与板长边成90度角。
- SMD元件仅布置在PCB顶面
  - PCB底面未放置任何SMD元件，这样可降低板整体高度—LinkSwitch-PH解决方案的元件数量少，很容易达到此要求。

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

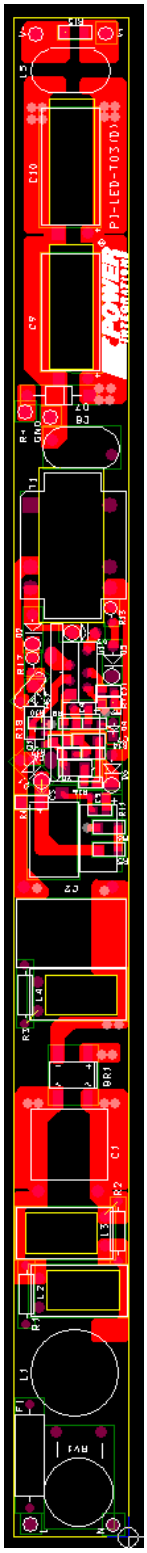


图5—印刷电路板布局（顶部）。

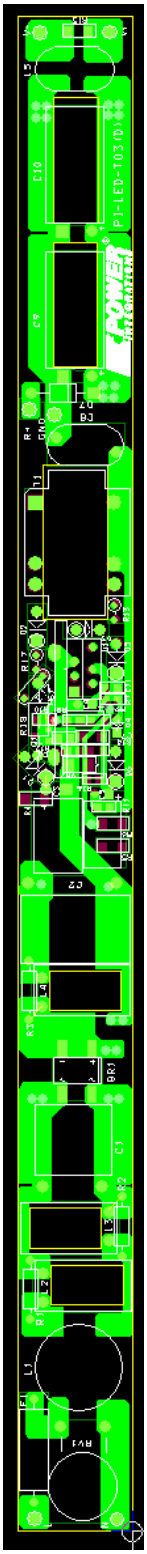


图6—印刷电路板布局（底部）。

6 物料清单

项	数量	参考描述	说明	值
1	1	BR1	600 V，1 A，桥式整流器，玻璃钝化	DB106S
2	1	C1	47 nF，275 VAC，薄膜，X2	47 nF
3	1	C2	100 nF，400 V，薄膜	100 nF
4	1	C3	1 μF，400 V，电解，(6.3 x 11)	1 μF
5	1	C4	100 μF，25 V，电解，低ESR，130 mΩ，(6.3 x 11)	100 μF
6	1	C5	22 μF，50 V，电解，低ESR，900 mΩ，(5 x 11.5)	22 μF
7	2	C6 C11	100 nF，50 V，陶瓷，X7R，0805	100 nF
8	1	C7	1.0 μF，50 V，陶瓷，X7R，1206	1.0 μF
9	1	C8	2.2 nF，陶瓷，Y1	2.2 nF
10	2	C9 C10	100 μF，63，电解，低ESR，255 mΩ，(10 x 12.5)	100 μF
11	1	C12	1 nF，1 kV，圆盘状陶瓷	1 nF
12	2	D1 D6	1000 V，1 A，整流器，DO-41	1N4007
13	2	D2 D5	1000 V，1 A，快速恢复，500 ns，DO-41	FR107
14	1	D3	200 V，1 A，超快速恢复，50 ns，DO-41	MUR120
15	1	D4	75 V，0.15 A，快速开关，DO-35	LL4148
16	1	D7	600 V，1 A，超快速恢复，75 ns，DO-41	MUR160
17	1	F1	3.15 A，250 V，慢	3.15 A
18	1	L1	4 mH，0.2 A，T13，U10000，35匝	4 mH
19	3	L2 L3 L4	1000 μH，0.18 A，8 x 10 mm	1000 μH
20	1	L5	300 μH，1 A，T8，U10000，10匝	300 μH
21	1	Q1	NPN，60 V 1000 MA，SOT-23	FMMT491
22	3	R1 R2 R3	4.7 kΩ，5%，1/4 W，碳膜	4.7 kΩ
23	1	R4	240 kΩ，5%，1/4 W，金属膜，1206	240 kΩ
24	1	R5	1.8 MΩ，1%，1/4 W，金属膜，1206	1.8 MΩ
25	1	R6	1.6 MΩ，1%，1/4 W，金属膜，1206	1.6 MΩ
26	1	R7	1.8 MΩ，1%，1/8 W，金属膜，0805	1.8 MΩ
27	1	R8	24.9 kΩ，1%，1/4 W，金属膜	24.9 kΩ
28	1	R9	6.2 kΩ，5%，1/8 W，金属膜，0805	6.2 kΩ
29	1	R10	130 kΩ，1%，1/8 W，金属膜，0805	130 kΩ
30	1	R11	20 kΩ，5%，1/8 W，金属膜，0805	20 kΩ
31	1	R12	1 kΩ，5%，1/8 W，金属膜，0805	1 kΩ
32	1	R13	150 Ω，5%，1/8 W，碳膜	150 Ω
33	1	R14	10 kΩ，5%，1/8 W，金属膜，0805	10 kΩ
34	1	R15	56 kΩ，5%，1/4 W，金属膜，1206	56 kΩ
35	1	R16	100 Ω，5%，1/8 W，金属膜，0805	100 Ω
36	1	R17	100 Ω，5%，1/4 W，金属膜，1206	100 Ω

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

37	1	R18	82 kΩ，5%，1/2 W，碳膜	82 kΩ
38	1	RV1	275 V，80J，10 mm，径向	10D431
39	1	T1	EER25，特有的超薄外形，5 + 5	EER2510
40	1	U1	LinkSwitch-PH，LNK406EG，eSIP	LNK406EG
41	1	VR2	33 V，5%，500 mW，DO-213AA (MELF)	ZMM5257B

7 变压器规格

7.1 电气原理图

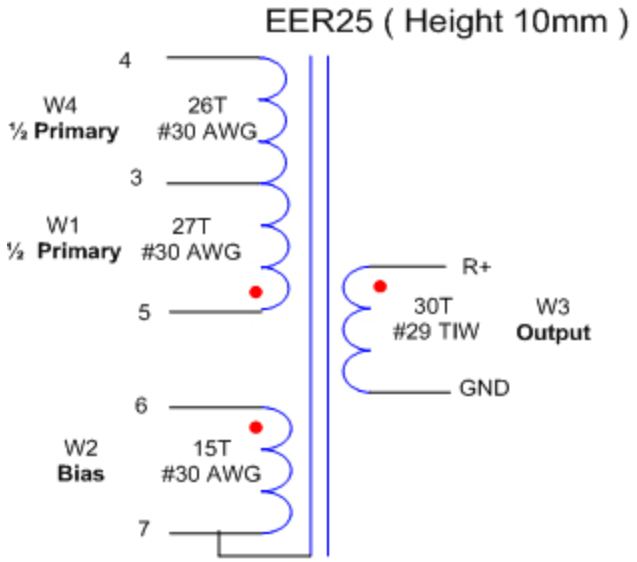


图7—变压器电气原理图。

7.2 电气规格

绝缘强度	1秒，60 Hz，从引脚3、4、5、6、7到R+和GND	3000 VAC
初级电感量	引脚4-5，所有其他绕组开路，在100 kHz条件下测得，0.4 VRMS	0.8 mH ±10%
初级漏感	引脚4-5，R+和GND短路，在100 kHz条件下测得，0.4 VRMS	20 µH ±10%

7.3 材料

项	说明
[1]	磁芯：PC40 EER25或同等材料。
[2]	骨架：10引脚，垂直。
[3]	漆包线：#30 AWG。
[4]	漆包线：#29 AWG T.I.W。
[5]	胶带：3M 1298聚酯薄膜，4 mm宽。

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

7.4 变压器结构图

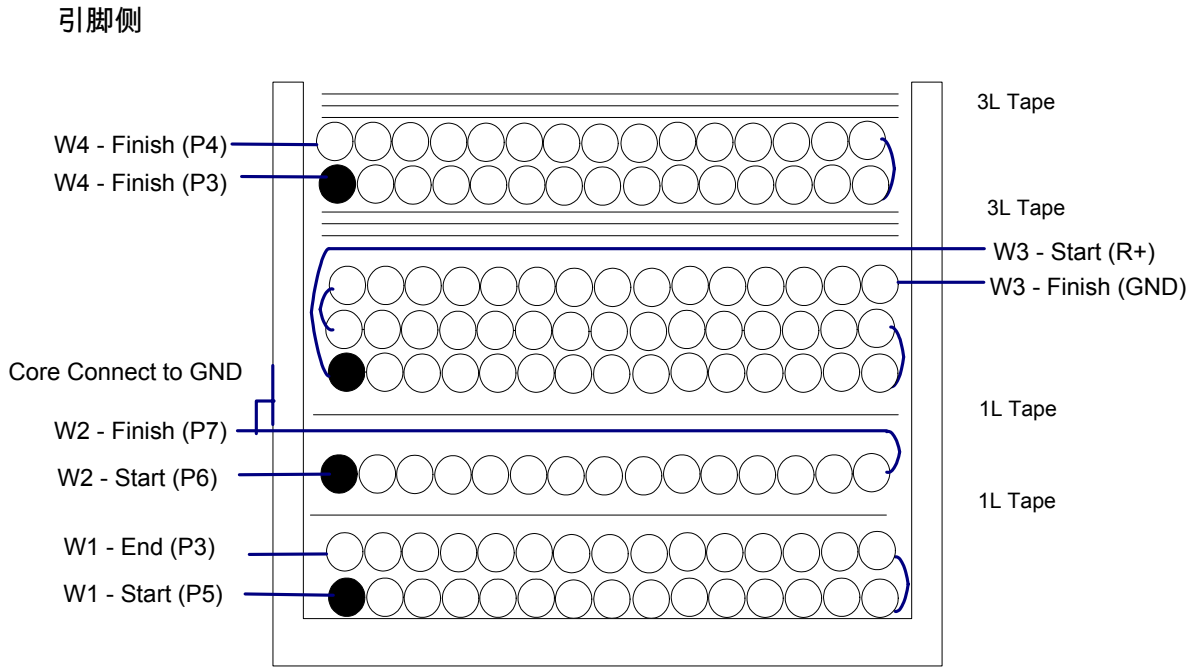


图8—变压器结构图。

7.5 变压器构造

骨架准备	将骨架项[2]放在心轴上，例如左侧的引脚侧。绕组方向为顺时针方向。
WD 1	从引脚5开始，从左到右分两层缠绕27匝#30 AWG项[3]。在引脚3结束。
绝缘层	缠一层胶带[5]作为绝缘层。
WD 2	从引脚6开始，从左到右缠绕15匝#30 AWG [3]导线。在引脚7结束。留出足够长度的浮动导线以连接磁芯。
绝缘层	缠一层胶带[5]作为绝缘层。
WD 3	从导线项[4]的R+（飞线）开始，分三层缠绕30匝。在GND（飞线）结束。
绝缘层	缠一层胶带[5]作为绝缘层。
WD 4	从引脚3开始，从左到右分两层缠绕26匝#30 AWG [3]导线。在引脚4结束。
绝缘层	缠三层胶带[5]作为绝缘层。
总装	除去WD2的浮动导线上的绝缘层，连接到磁芯，使用胶带扎好并浸漆。

8 变压器设计表格

ACDC_LinkSwitch-PH_061010；修订版**1.1**；版权所有 **Power Integrations 2010**	输入	信息	输出	单位	**LinkSwitch-PH_061010**：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		90	V	最小AC输入电压
VACMAX	265		265	V	最大AC输入电压
fL			50	Hz	AC电网频率
VO	50.00			V	LED灯串满载时的典型输出电压
VO_MAX			55.00	V	最大预期LED灯串电压。
VO_MIN			45.00	V	最小预期LED灯串电压。
V_OVP			60.50	V	过压保护设定点
IO	0.30				典型满载LED电流
PO			15.0	W	输出功率
n	0.80		0.8		估计工作效率
VB	20		20	V	偏置电压
输入LinkSwitch-PH变量					
LinkSwitch-PH	**LNK406**			宽电压范围	115倍压/230 V
所选器件		LNK406	输出功率	22.5 W	22.5 W
电流限流模式	完全		完全		选择“有限”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			1.48	A	最小电流限制
ILIMITMAX			1.69	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	130.00		130.0	uA	FB引脚电流(85 uA < IFB < 210 uA)
RFB1			130.8	k-ohm	FB引脚电阻
VDS			10	V	LinkSwitch-PH导通状态漏极—电源电压
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	1.05		1.05		纹波电流与峰值电流的比例（PF > 0.9时，0.4 < KP < 0.9）
LP			809	uH	初级电感量
VOR	90.00		90	V	反射输出电压。
预期IO（平均）			0.29	A	预期平均输出电流
KP_VACMAX		*信息*	1.28		!!! 信息。较高线电压的PF可能会低于0.9。降低KP以获得更高的PF
TON_MIN			1.62	us	最高AC输入电压时的最大导通时间
PCLAMP			0.11	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	**EER2510**		**EER2510**		
骨架		*不适用*		*P/N:*	不适用
AE	0.5400		0.54	cm^2	磁芯等效截面积
LE	3.6000		3.6	cm	磁芯等效路径长度

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

AL			不适用	nH/T^2	无气隙磁芯等效电感量
BW	4.2		4.2	mm	骨架绕线宽度
M			0	mm	安全挡墙宽度（初级至次级爬电距离的一半）
L	4.00		4		初级绕组层数
NS	30		30		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			0.42		对应于VACMIN峰值的最小占空比
IAVG			0.18	A	平均初级电流
IP			1.04	A	峰值初级电流（在最小输入电压VACMIN下计算）
IRMS			0.31	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			809	uH	初级电感量
NP			53		初级绕组匝数
NB			12		偏置绕组匝数
ALG			283	nH/T^2	带气隙磁芯等效电感量
BM			2917	高斯	PO的最大磁通密度，VMIN (BM < 3100)
BP			3530	高斯	峰值磁通密度(BP < 3700)
BAC			1459	高斯	磁芯损耗曲线中的AC磁通密度（0.5 X 峰值-峰值）
ur			不适用		无气隙磁芯的相对磁导率
LG		*不适用*	不适用	mm	不适用
BWE			16.8	mm	等效骨架宽度
OD			0.31	mm	初级绕组最大线径（包括绝缘层）
INS			0.05	mm	估计的总绝缘层厚度（= 2 * 膜厚度）
DIA			0.26	mm	裸线直径
AWG			30	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			102	Cmil	以Cmil为单位的裸线等效面积
CMA			325	Cmil/Amp	初级绕组电流容量(200 < CMA < 600)
LP_TOL			10		初级电感量容差
变压器次级绕组设计参数（多路输出）					
汇总参数					
ISP			1.86	A	峰值次级电流
ISRMS			0.60	A	次级RMS电流
IRIPPLE			0.52	A	输出电容RMS纹波电流
CMS			120	Cmil	次级绕组裸线最小Cmil数
AWGS			29	AWG	次级导线规格（舍入到下一个较大的标准AWG值）
DIAS			0.29	mm	次级绕组裸线最小直径
ODS			0.14	mm	三层绝缘线的次级绕组最大外径
电压应力参数					
VDRAIN			563	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			271	V	输出整流器最大反向峰值电压（在VOVP下计算，不包括漏感尖峰）
PIVB			110	V	偏置整流器最大反向峰值电压（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			0.30	A	在VAC1时测得的输出电流

IO_VAC2			0.30	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

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

FB引脚电阻微调					
RFB1			131	k-ohm	FB引脚电阻值上限
RFB2			1E+012	k-ohm	FB引脚电阻值下限
VB1			18.0	V	测试偏置电压条件1
VB2			22.0	V	测试偏置电压条件2
IO1			0.30	A	在Vb1时测得的输出电流
IO2			0.30	A	在Vb2时测得的输出电流
RFB1（新）			130.8	k-ohm	新RFB1
RFB2（新）			1.00E+12	k-ohm	新RFB2

注：以下实际值分别为：R_{V1} = 3.4 MΩ，R_{V2} = 1.8 MΩ。在230 VAC条件下测得的PF为0.9。

9 性能数据

所有测量均在室温下进行。使用Yokogawa WT210功率表测量输入功率和输出功率。

9.1 效率与输入

V_{IN} (VAC)	P_{IN} (W)	V_O (V)	I_O (A)	P_O (W)	效率 (%)
90	16.63	49.53	0.286	14.17	85.18
100	16.97	49.54	0.293	14.52	85.53
110	17.30	49.77	0.300	14.93	86.31
120	17.57	49.87	0.305	15.21	86.57
130	17.72	49.93	0.308	15.38	86.79
140	17.78	49.96	0.310	15.49	87.11
150	17.81	49.97	0.311	15.54	87.26
160	17.78	49.96	0.311	15.54	87.39
170	17.68	49.92	0.310	15.48	87.53
180	17.55	49.87	0.308	15.36	87.52
190	17.39	49.8	0.306	15.24	87.63
200	17.23	49.74	0.304	15.12	87.76
210	17.04	49.68	0.301	14.95	87.76
220	16.83	49.6	0.298	14.78	87.82
230	16.62	49.52	0.294	14.56	87.60
240	16.39	49.53	0.290	14.36	87.64
250	16.12	49.33	0.286	14.11	87.52
265	15.71	49.17	0.279	13.72	87.32

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

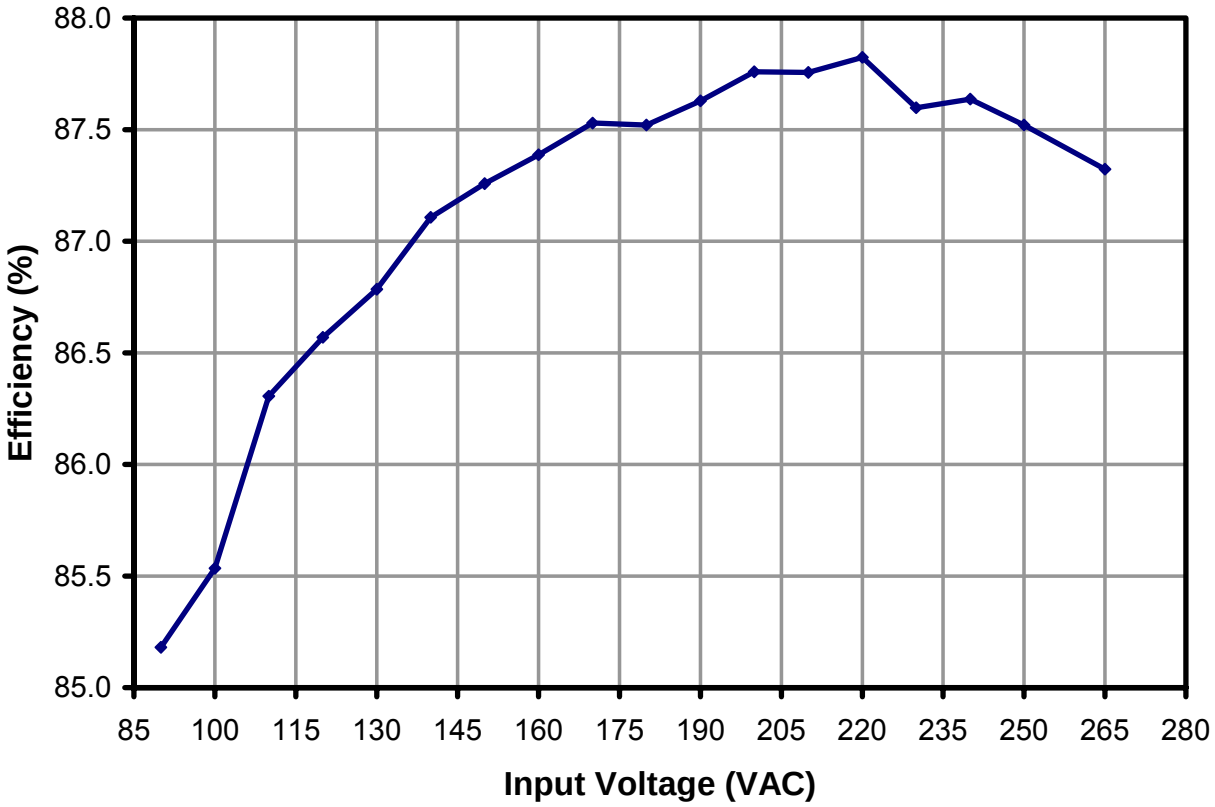


图9—效率随输入电压的变化，室温。

9.2 恒流与输入

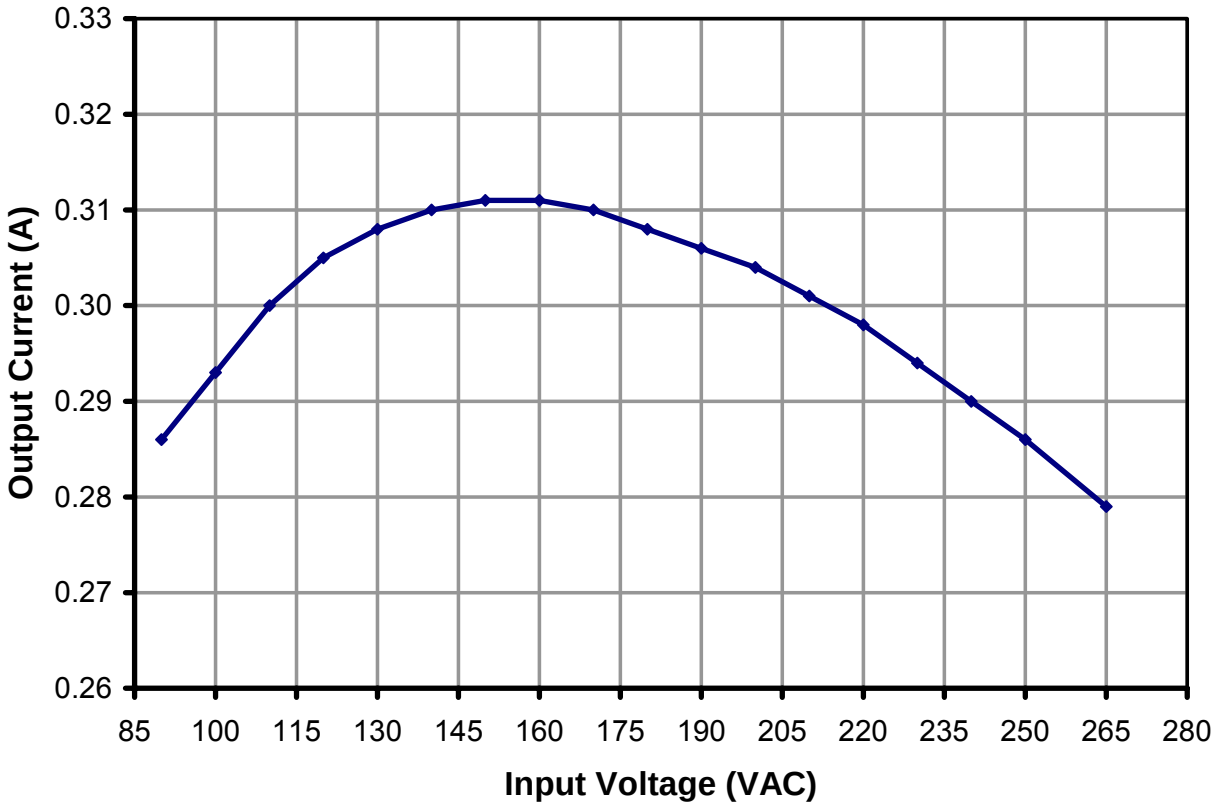


图10—输出电流随输入电压的变化，室温。

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

9.3 功率因数与输入，满载

V_{IN} (VAC)	P_{IN} (W)	V_O (V)	I_O (A)	P_O (W)	PF
90	16.63	49.53	0.286	14.17	0.9796
100	16.97	49.54	0.293	14.52	0.9745
110	17.30	49.77	0.300	14.93	0.9715
120	17.57	49.87	0.305	15.21	0.9687
130	17.72	49.93	0.308	15.38	0.966
140	17.78	49.96	0.310	15.49	0.9638
150	17.81	49.97	0.311	15.54	0.9615
160	17.78	49.96	0.311	15.54	0.9592
170	17.68	49.92	0.310	15.48	0.9571
180	17.55	49.87	0.308	15.36	0.955
190	17.39	49.8	0.306	15.24	0.9528
200	17.23	49.74	0.304	15.12	0.9505
210	17.04	49.68	0.301	14.95	0.9484
220	16.83	49.6	0.298	14.78	0.9459
230	16.62	49.52	0.294	14.56	0.9431
240	16.39	49.53	0.290	14.36	0.9401
250	16.12	49.33	0.286	14.11	0.9362
265	15.71	49.17	0.279	13.72	0.9279

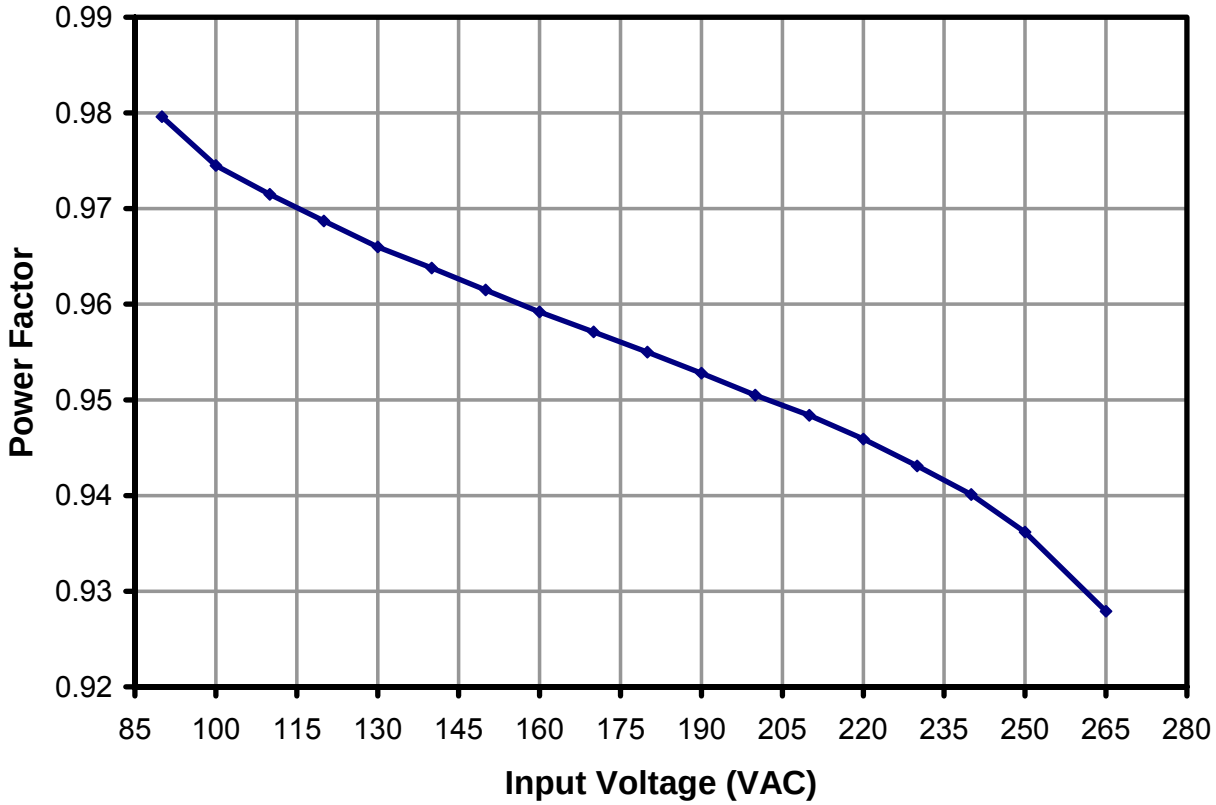


图11—功率因数随输入电压的变化，室温，满载。

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

10 热性能

在室温(25 °C)下运行30分钟后采集的图像，满载(50 V, 0.3 A)。这表示LinkSwitch-PH (U1)在40 °C的外部板环境下工作温度为大约80 °C。U1是板上温度最高的元件，因此它可通过内部热关断为整个系统提供热保护。由于底侧没有任何元件，因此下面的所有数据都是顶侧的数据。

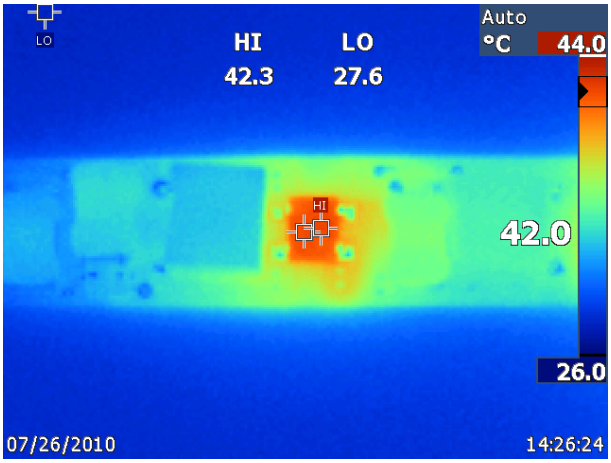


图12—115 VAC EMI和整流器。

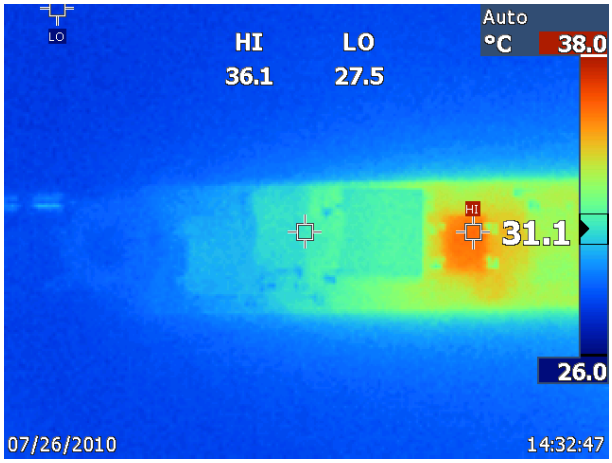


图13—230 VAC EMI和整流器。

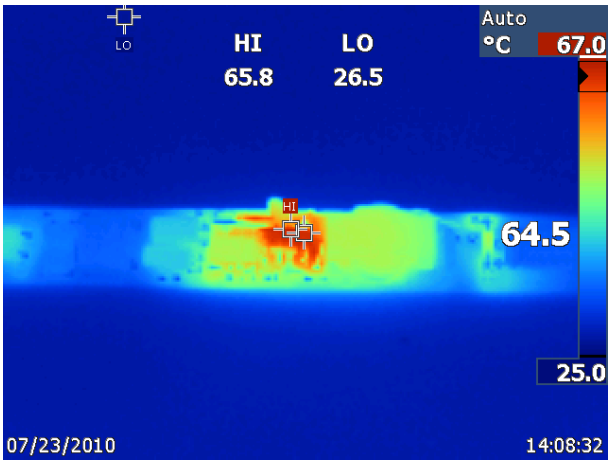


图14—115 VAC主开关和变压器。

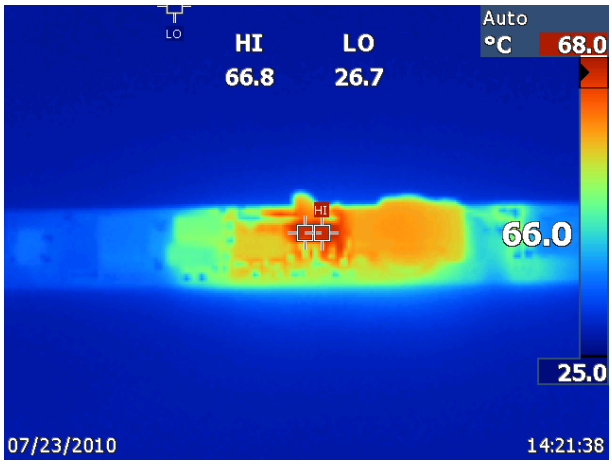


图15—230 VAC主开关和变压器。

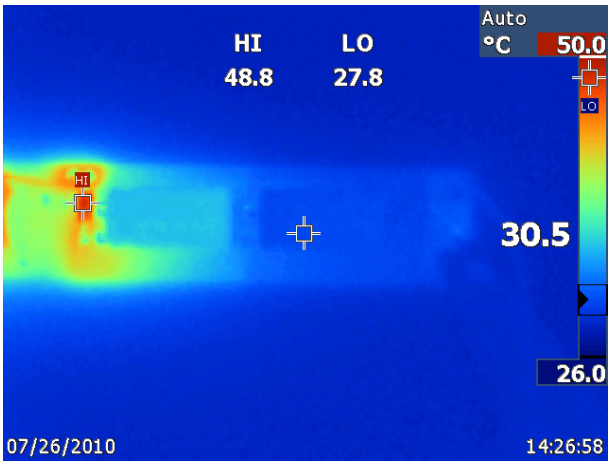


图16—115 VAC输出整流器。

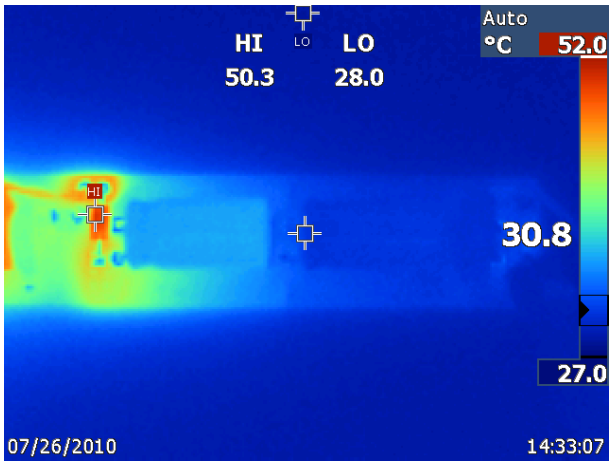


图17—230 VAC输出整流器。

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

11 谐波数据

此设计通过了IEC61000-3-2 C级要求。

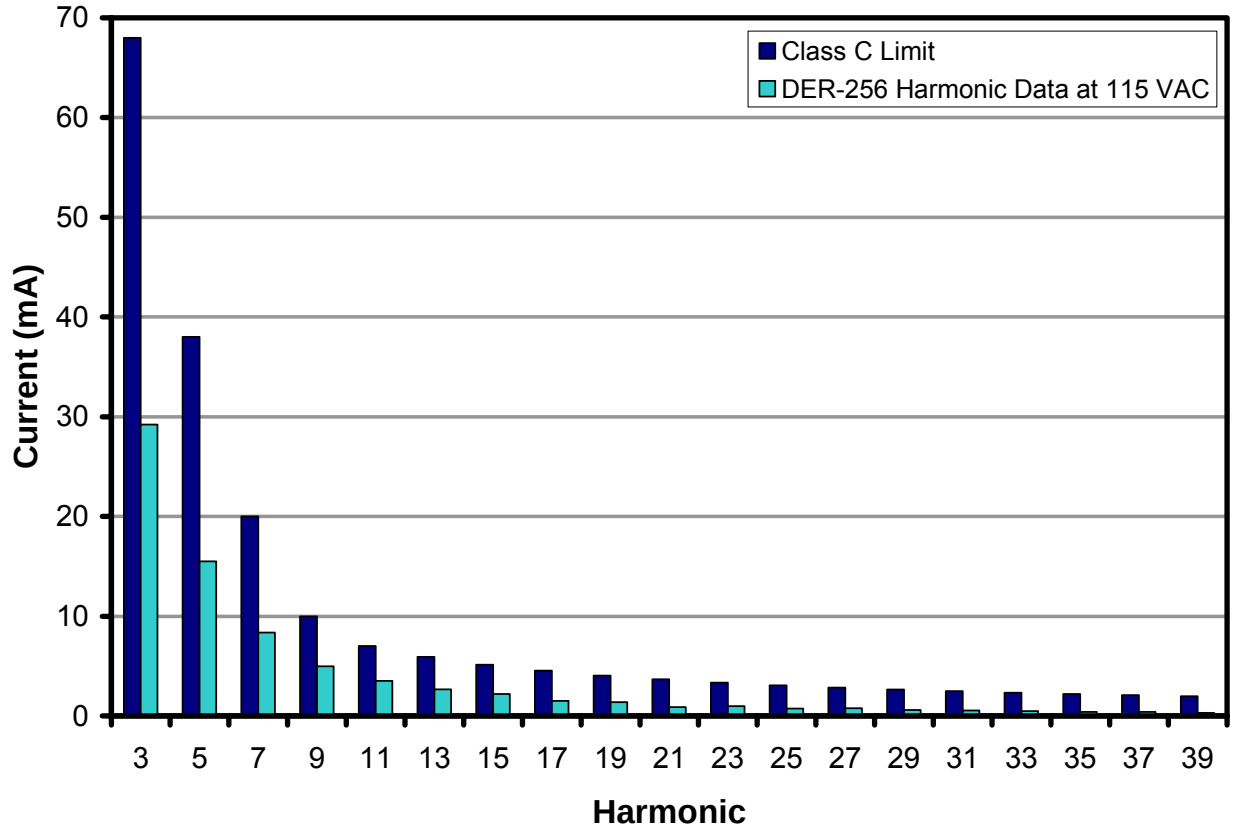


图18—115 VAC谐波，室温，满载。

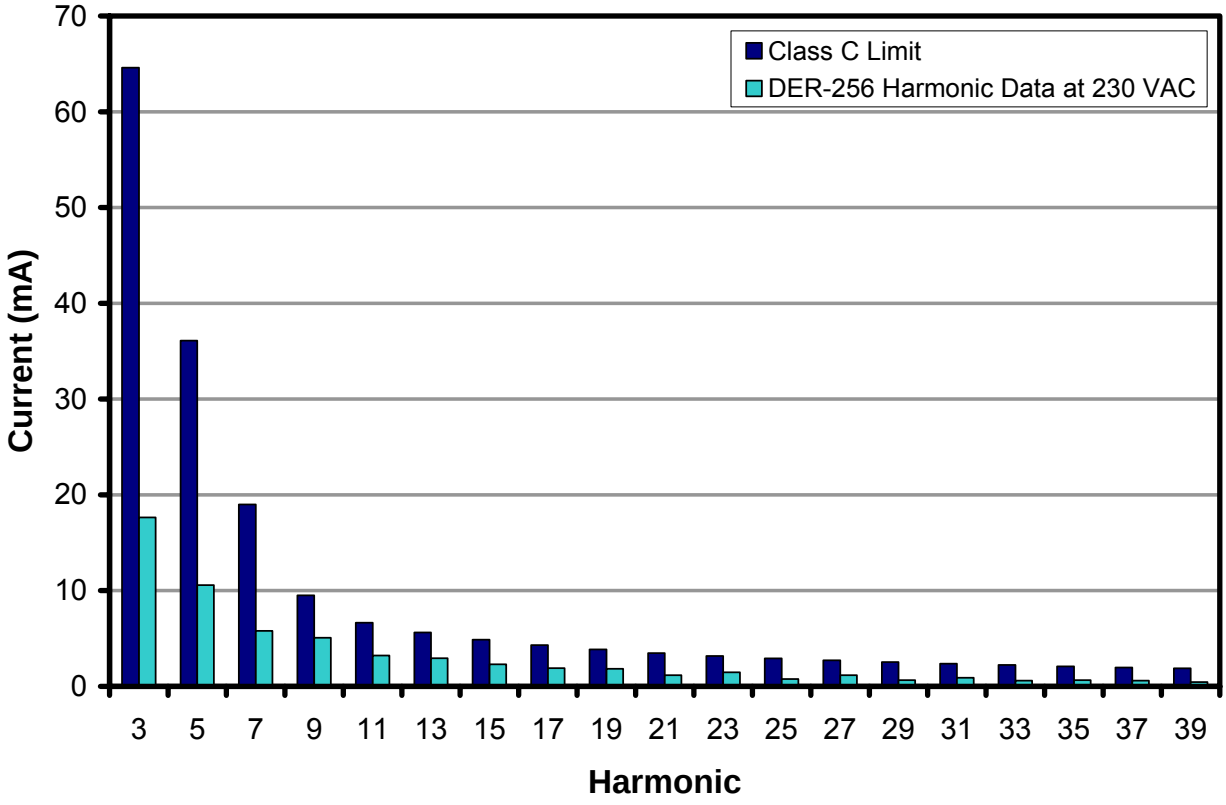


图19—230 VAC谐波，室温，满载。

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

12 波形

12.1 输入线电压和电流

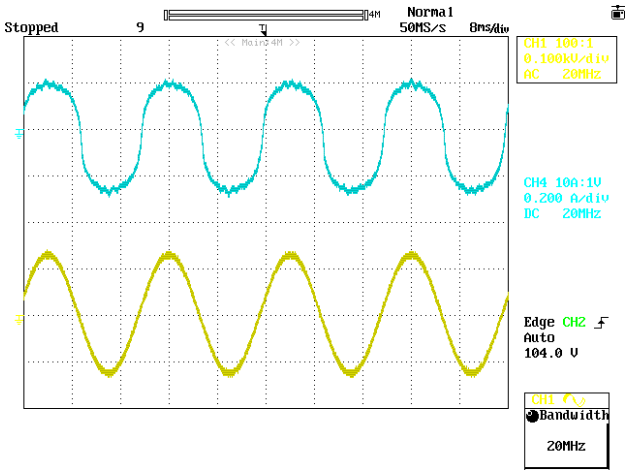


图20—90 VAC，满载。
上：I_{IN}，0.2 A/格
下：V_{IN}，100 V，8 ms/格

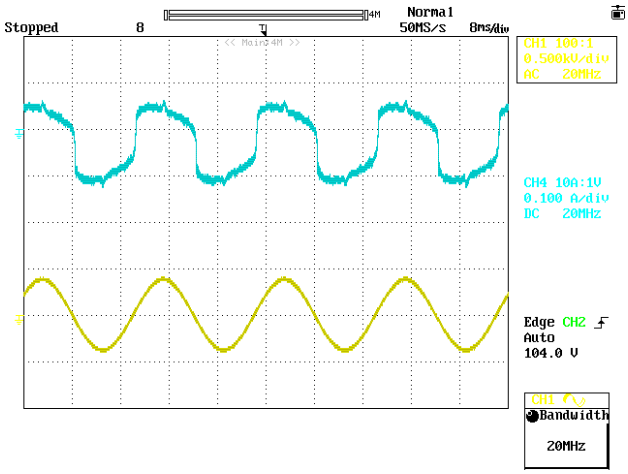


图21—265 VAC，满载。
上：I_{IN}，0.1 A/格
下：V_{IN}，500 V/格，8 ms/格

12.2 漏极电压和电流

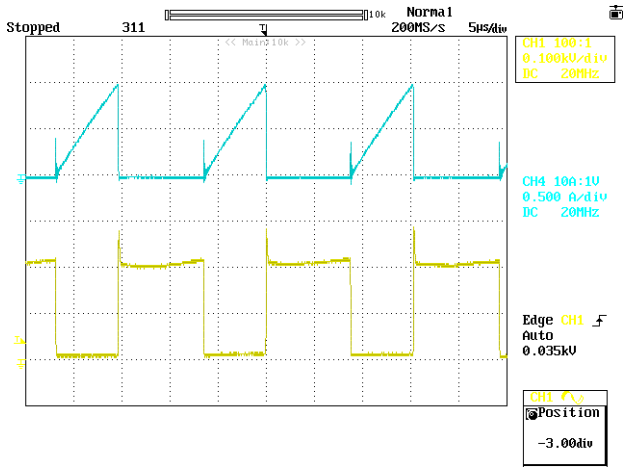


图22—90 VAC，满载。
上：I_{DRAIN}，0.5 A/格
下：V_{DRAIN}，100 V，5 µs/格

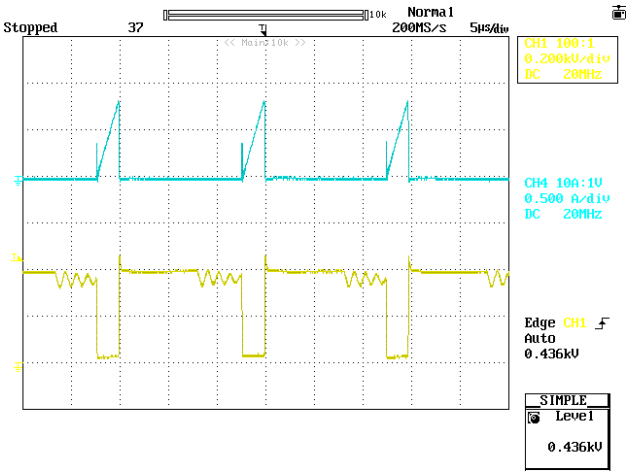


图23—265 VAC，满载。
上：I_{DRAIN}，0.5 A/格
下：V_{DRAIN}，200 V/格，5 µs/格

12.3 输出电压和纹波电流

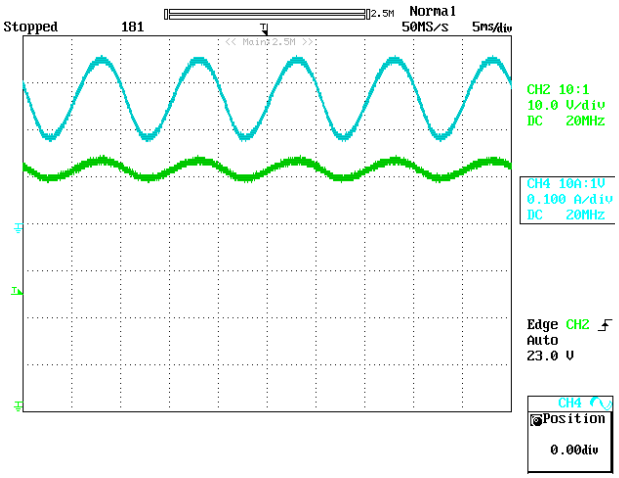


图24—90 VAC，满载。

上：I_{RIPPLE}，0.1 A/格

下：V_{OUTPUT} 10 V，5 ms/格

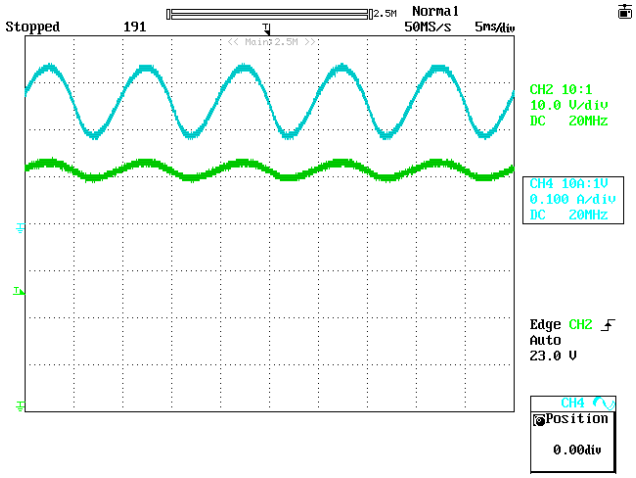


图25—265 VAC，满载。

上：I_{RIPPLE}，0.1 A/格

下：V_{OUTPUT} 10 V，5 ms/格

12.4 漏极电压和电流启动特征

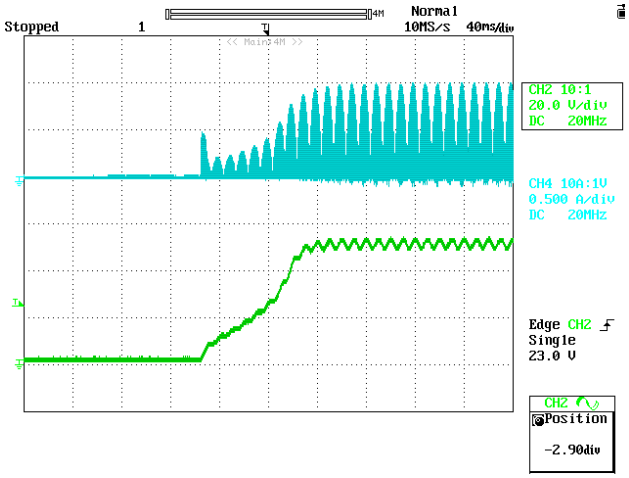


图26—90 VAC，满载。

上：I_{DRAIN}，0.5 A/格

下：V_{OUTPUT}，20 V，40 ms/格

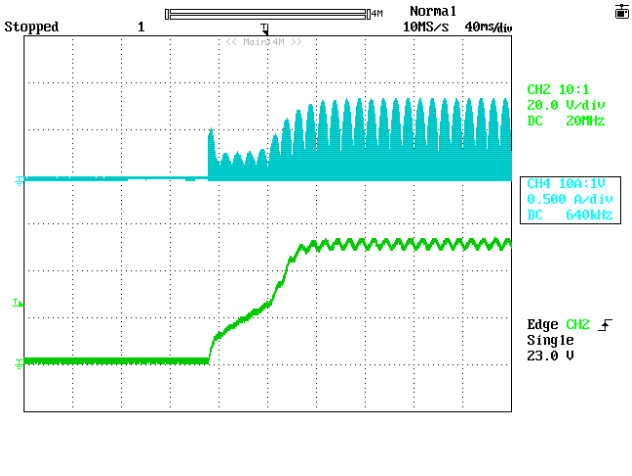


图27—265 VAC，满载。

上：I_{RIPPLE}，0.5 A/格

下：V_{OUTPUT}，20 V，40 ms/格

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

12.5 输出短路时的输出电流和漏极电压

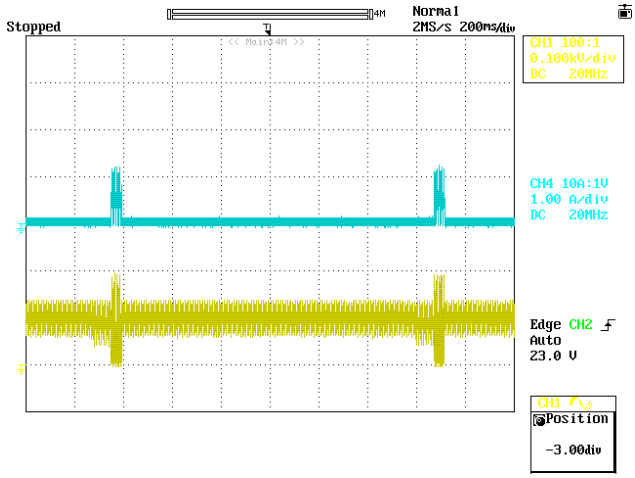


图28—90 VAC，满载。
上：I_{OUTPUT}，1 A/格
下：V_{DRAIN}，100 V，200 ms/格

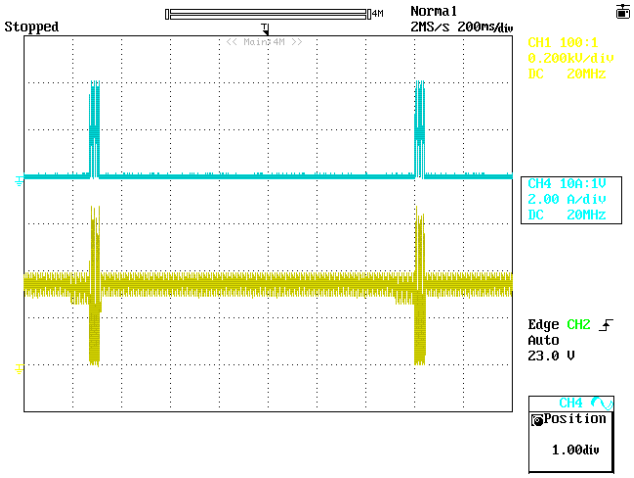


图29—265 VAC，满载。
上：I_{OUTPUT}，2 A/格
下：V_{DRAIN}，200 V，200 ms/格

12.6 开路负载输出电压

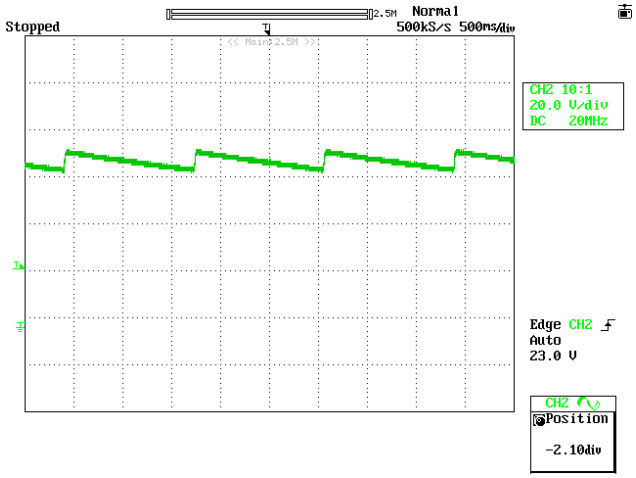


图30—输出电压：115 VAC。
V_{OUT}，20 V/格，500 ms/格。

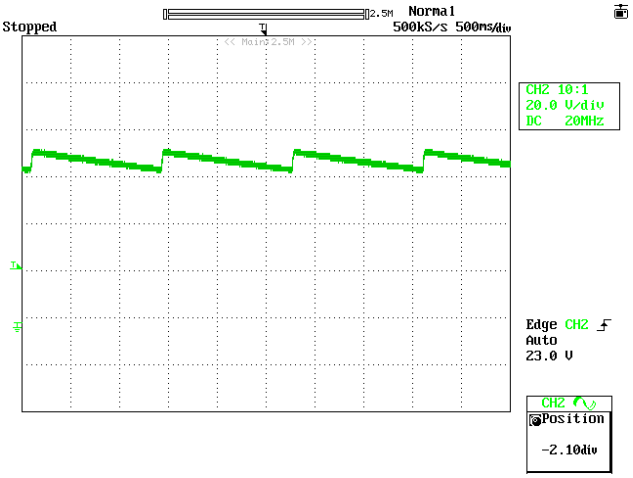


图31—输出电压：230 VAC。
V_{OUT}，20 V/格，500 ms/格

13 传导EMI

进行测量时，电源满载工作，且板放置在10 mm外，并与AC接地线上连接的金属板成90度角。

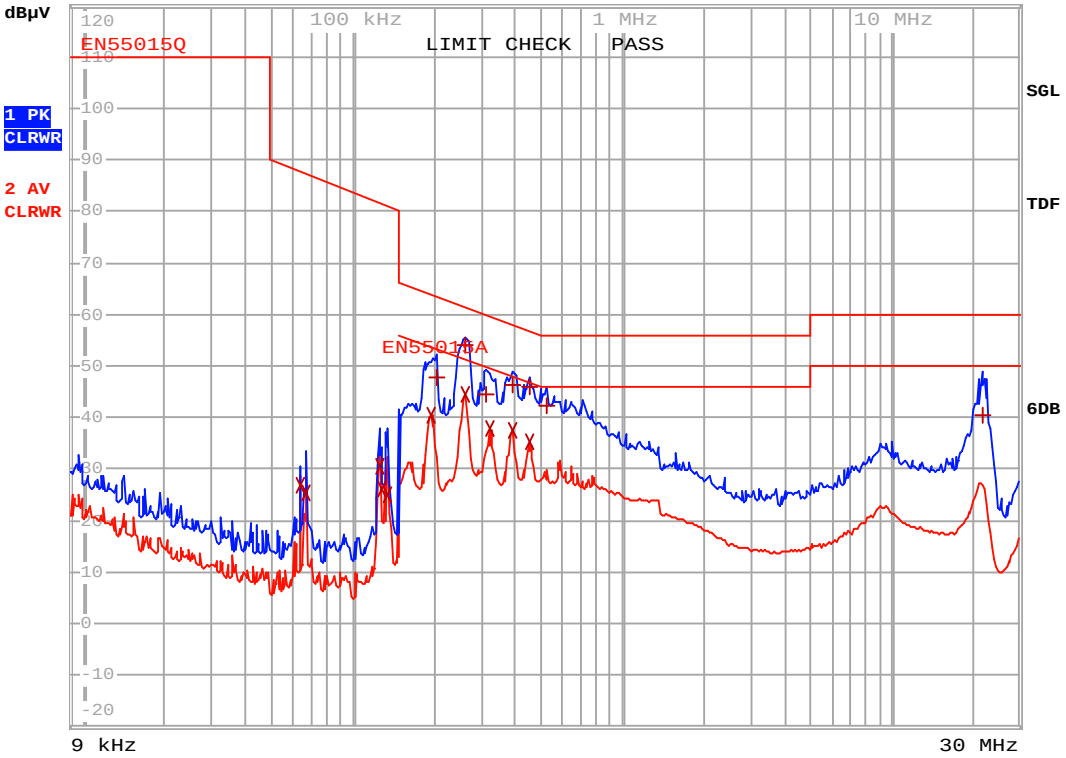


图32—传导EMI，最大稳态负载，115 VAC，60 Hz

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

图33—传导EMI，最大稳态负载，230 VAC，50 Hz。

14 辐射EMI

注：关于余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。RFI测试数据适用于整个系统，测量时样板安装于铝壳的T8 LED灯管内，且输出达到最大稳态负载。

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

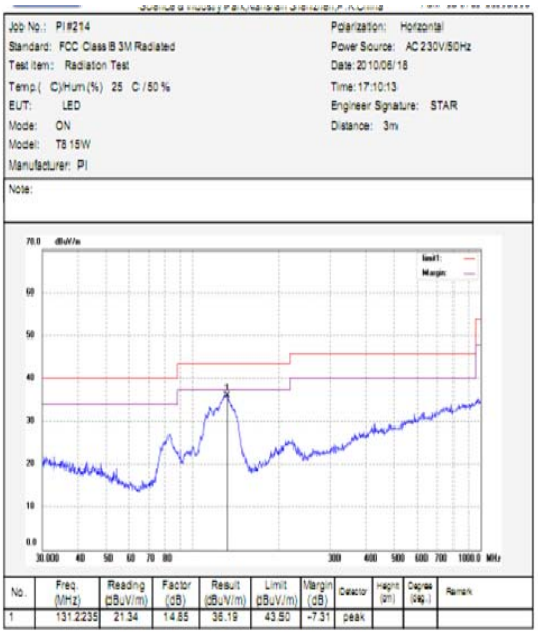


图34—115 V / 60 Hz，水平。

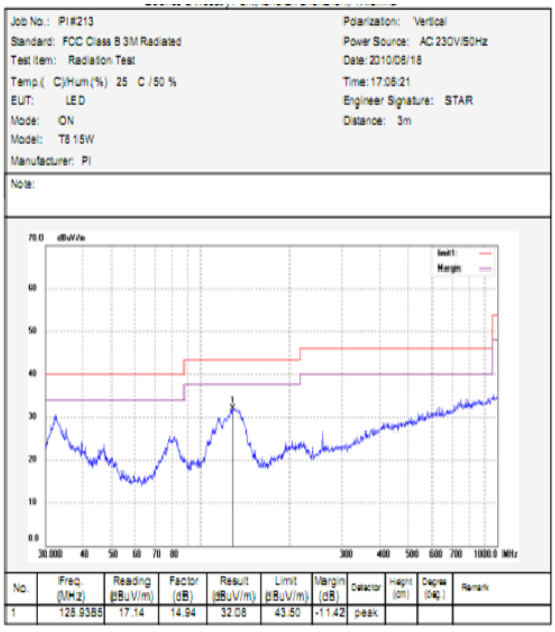


图35—115 V / 60 Hz，垂直。

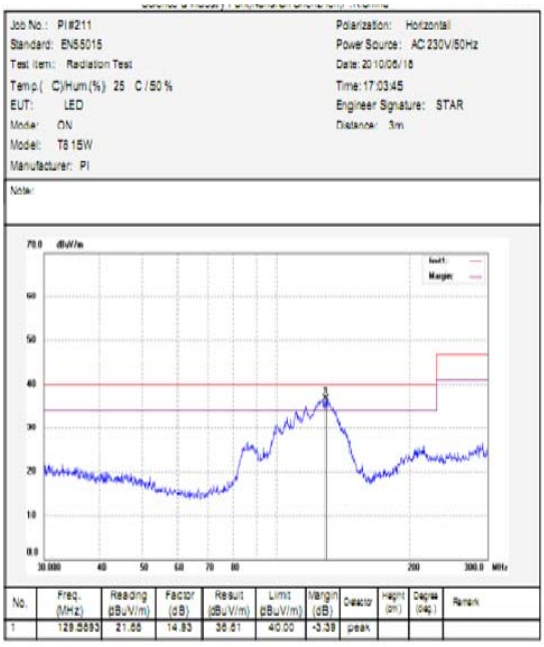


图36—230 V / 50 Hz，水平。

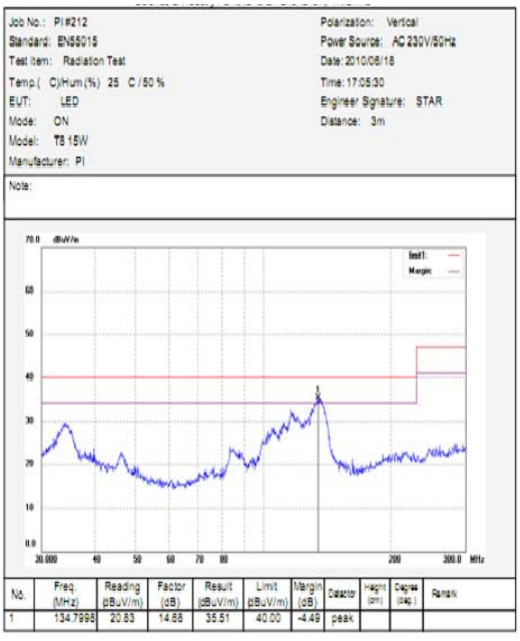


图37—230 V / 50 Hz，垂直。

15 版本历史

日期	作者	修订版本	说明和变更	修订者
2010年10月7日	KM	1.2	初始版本	Apps & 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, 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:
eurosales@powerint.com

印度
#1, 14th Main Road
Vasanthanagar
Bangalore-560052 I nd ia
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 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:
singaporesales@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:
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