



标题	参考设计报告：使用HiperLCS™ LCS702HG设计的150 W LLC高压DC-DC谐振转换器
规格	380 VDC输入；24 V，6.25 A输出
应用	HiperLCS评估
作者	应用工程部
文档编号	RDR-239
日期	2011年9月13日
修订版本	1.0

特色概述

- 低元件数、低成本、设计简单的谐振(LLC)转换器
 - 器件集成了控制器、上管和下管MOSFETS以及驱动器，可减少元件数和降低设计复杂度
- 高工作频率(250 kHz)
 - 减小了变压器磁芯型号(EEL25)和转换器尺寸
 - 可用陶瓷电容取代电解输出电容
- 高效率
 - 满载时效率 >95%
 - 平均效率>95% (20%、50%及100%负载点)
- 通过电容电流检测进一步降低功耗
- 脉冲串模式可确保在空载条件下实现稳压

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
1.1	重要说明	4
2	电源规格	9
3	电路原理图	10
4	电路描述	11
4.1	初级	11
4.2	输出整流	13
5	PCB布局	15
6	物料清单(BOM)	17
7	变压器设计表格	19
8	变压器规格	25
8.1	电气原理图	25
8.2	电气规格	25
8.3	材料	25
8.4	变压器结构图	26
8.5	变压器构造	26
8.6	绕制演示	27
9	输出电感规格	30
9.1	电气原理图	30
9.2	电气规格	30
9.3	材料列表	30
10	散热片组件	31
10.1	二极管散热片	31
10.1.1	二极管散热片工程图	31
10.1.2	二极管散热片加工装配图	32
10.1.3	二极管和散热片装配图	33
10.2	HiperLCS散热片	34
10.2.1	HiperLCS散热片工程图	34
10.2.2	HiperLCS散热片加工装配图	35
10.2.3	HiperLCS和散热片装配图	36
11	性能数据	37
11.1	效率曲线 – 在100%、50%、20%和10%负载下	37
11.2	负载调整率曲线 – 在100%、50%、20%、10%及零负载下	38
11.3	表格化数据	38
12	波形	39
12.1	半桥电压和电流, 正常工作	39
12.2	输出电压启动特征	40
12.3	输出电压跌落	41
12.4	输出过载	41



12.5	输出二极管峰值反向电压.....	42
12.6	短路.....	42
12.7	负载阶跃响应, 380 VDC输入	43
12.8	负载阶跃响应, 400 VDC输入	46
12.9	输出纹波测量	49
12.9.1	纹波测量技巧.....	49
12.9.2	输出纹波测量结果.....	50
13	温度测量.....	51
13.1	条件: 380 VDC, 满载, 连续工作1小时	51
14	增益相位图	54
15	版本历史.....	55

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。



1 简介

本文档是一份工程报告，介绍一款使用集成LCS702HG的LLC功率级IC设计的24 V、150 W LLC DC-DC转换器。本报告和电路板用作一个通用测试平台，用来演示HiperLCS系列器件的工作原理和功能。

本设计的输入工作电压范围为300 V至420 V DC，要求提供一个12 V的辅助电源。典型系统中的高压DC输入将由PFC级提供，12 V电源将由系统偏置电路或待机电源提供。

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

1.1 重要说明

为确保正常工作，在RD-239电源中，必须在+380 V输入端和直接跨接端子的输入回路之间使用一个至少为10 μ F的电容。

在此转换器用作次级侧监测电路或输出过压(OV)消弧电路的大多数系统中，都提供输出过压保护。因此，本设计具有短路保护功能，但不提供过压保护。通过禁用TL431 (U3)或光耦器(U2)来执行过压测试将导致输出电压升高，从而超出输出肖特基整流管(D2)的额定电压并使其失效。



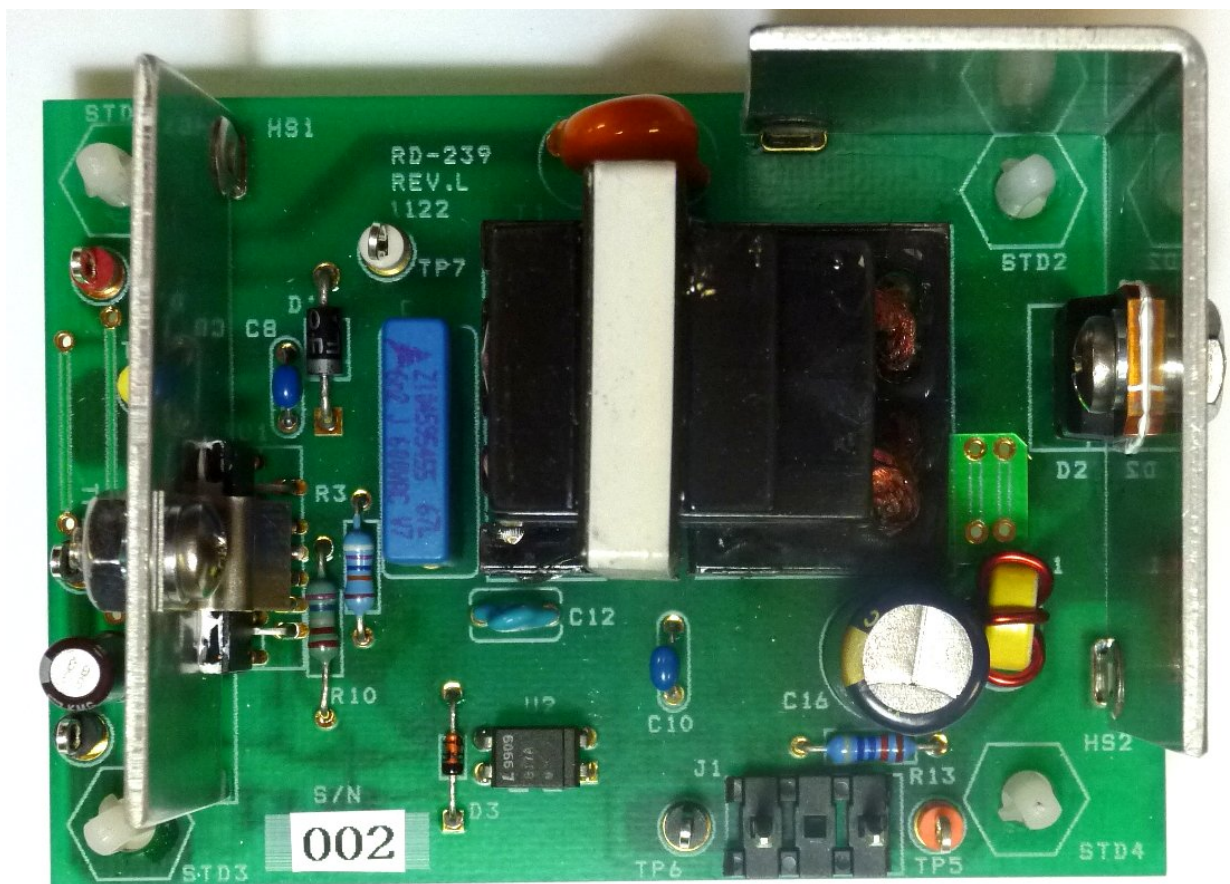


图1 - 装配后的电路板图片，顶视图



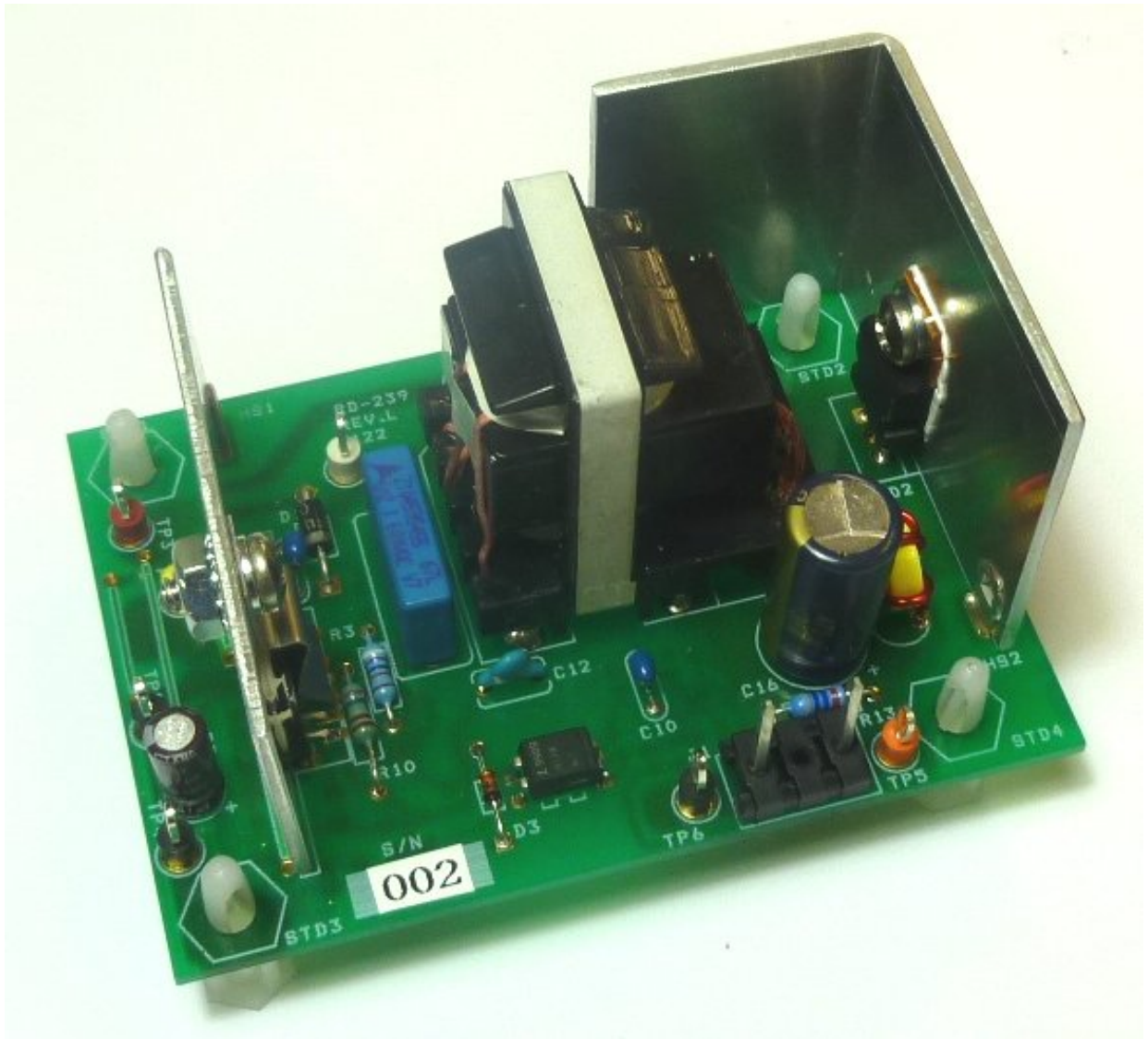


图2 - 装配后的电路板图片，侧视图(1)



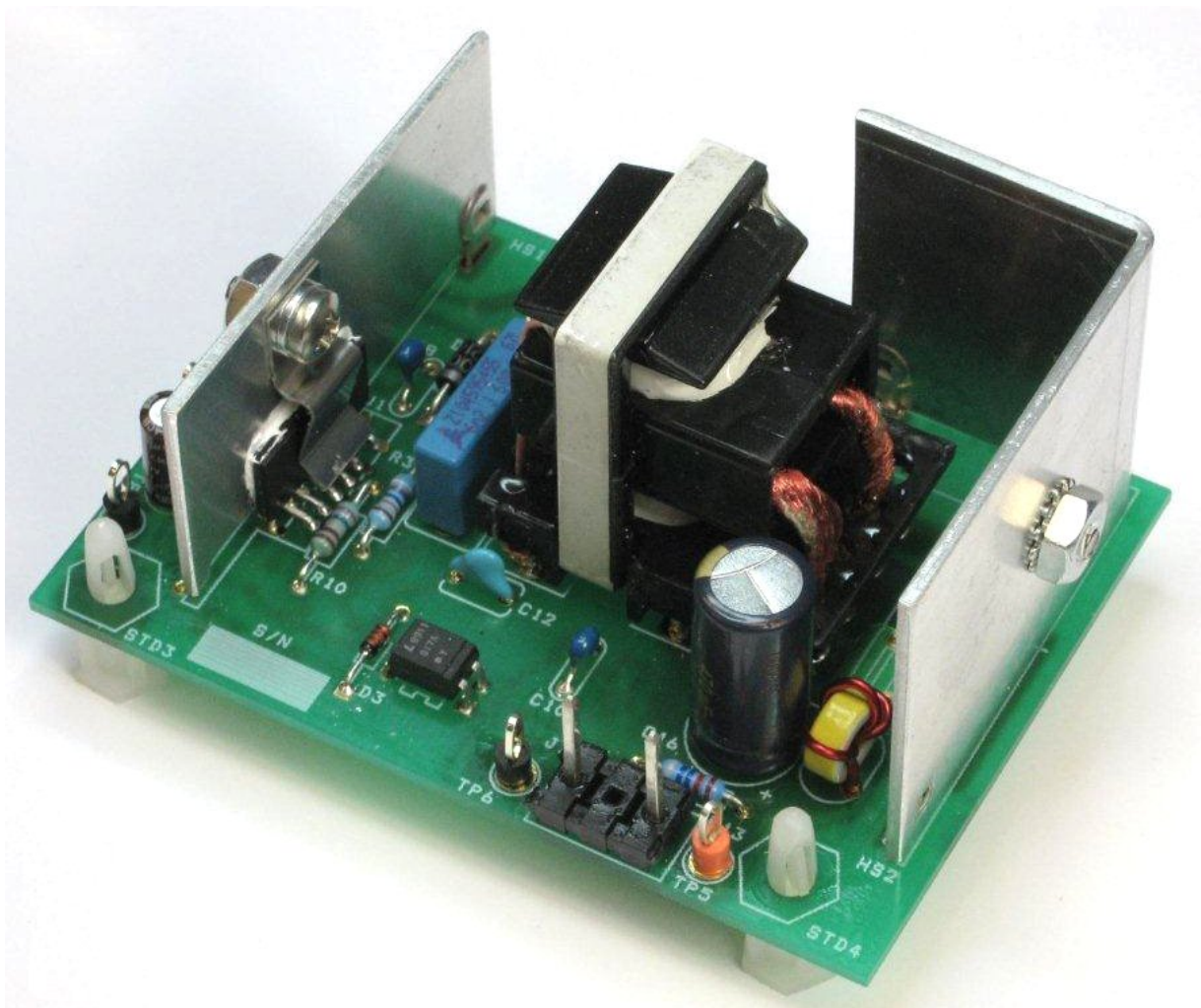


图3 - 装配后的电路板图片，侧视图(2)



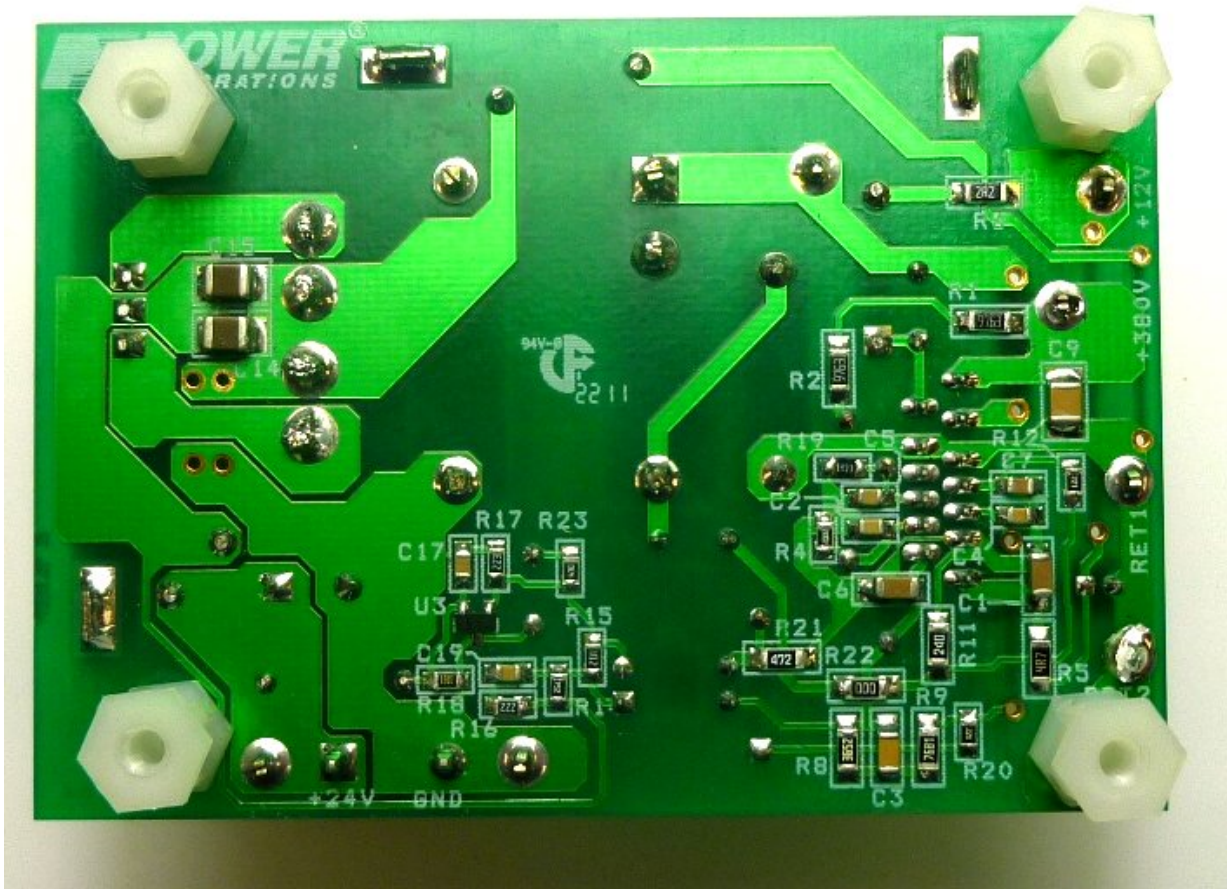


图4 - 装配后的电路板图片，底视图



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						
直流总线电压	V_{IN}	300	380	420	VDC	仅直流输入。 >15 V时可损坏U1
VCC电压	V_{CC}	11.4		14.5	VDC	
空载输入功率(380 VDC)			不适用		W	
启动电压	V_{START}		360		VDC	
关断电压	V_{STOP}		285		VDC	
输出						
输出电压	V_{OUT}	22.8	24	25.2	V	±5% 20 MHz带宽
输出峰-峰值纹波电压	V_{RIPPLE}			240	mV	
输出电流	I_{OUT}	0	6.25	6.25	A	
总输出功率						
连续输出功率	P_{OUT}			150	W	
峰值输出功率	P_{OUT_PEAK}			150	W	
效率						在25 °C、380 VDC输入下测得
20%负载	η	93.0	93.5		%	
50%负载	η	95.0	96		%	
100%负载	η	94.7	95.5		%	
尺寸		82.5 x 58.4 x 34.8			mm	长 x 宽 x 高
环境温度	t_{AMB}	0		40	°C	环境温度更高时，需要对IC1和输出二极管采用热阻更低的散热片



3 电路原理图

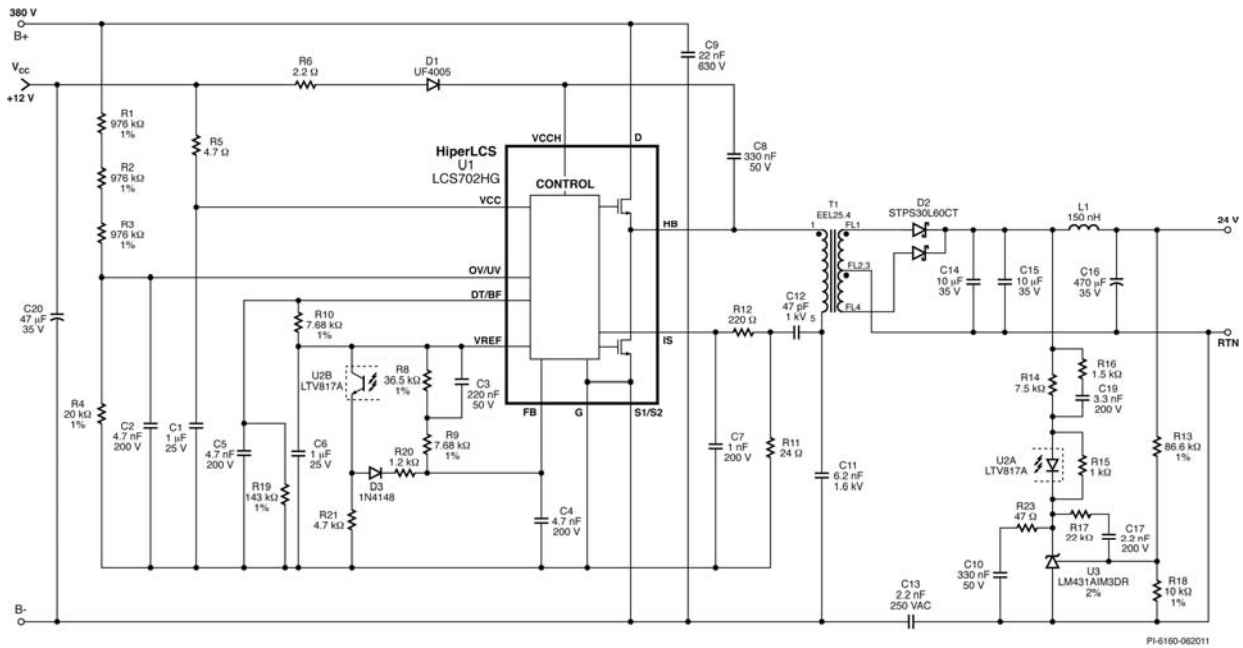


图5 - 电路原理图



4 电路描述

图5所示为一款使用LCS702HG设计的24 V、150 W LLC DC-DC转换器的电路图，适用于演示HiperLCS器件的工作原理。根据设计，它由380 V额定直流输入电压和12 V偏置电源供电。

为确保正常工作，在RD-239电源中，必须在+380 V输入端(B+)和直接跨接端子的输入回路(0 V)之间使用一个至少为10 μ F的大容量电容。

4.1 初级

集成电路U1集成了LLC谐振半桥(HB)转换器所需的控制电路、驱动器和输出MOSFET。U1的HB输出经由隔直电容/谐振电容(C11)驱动输出变压器T1。该电容的额定值应根据工作纹波电流来确定，并能够耐受故障条件下的高电压。

变压器T1的设计漏感为53 μ H。T1与谐振电容C11根据以下公式共同将初级串联谐振频率设定为约278 kHz:

$$f_R = \frac{1}{6.28\sqrt{L_L \times C_R}}$$

其中， f_R 是串联谐振频率（单位Hz）， L_L 是变压器漏感（单位H）， C_R 是谐振电容的值(C11)（单位F）。

变压器匝数比已通过调整初级绕组圈数进行设定，以使额定输入电压和满载下的工作频率接近但略小于前面所介绍的谐振频率。

测试发现，250 kHz的工作频率是在变压器尺寸、输出滤波器电容（可使用陶瓷电容）和效率之间折中后的最佳频率点。

所选取的次级绕组圈数在磁芯和铜损耗之间达到了良好的平衡。AWG #44利兹线用于初级绕组，AWG #42利兹线用于次级绕组，这一组合可在工作频率(~250 kHz)下提供高效率。每种线规利兹线的股数的选择是在绕组适配性与铜损耗之间进行折中的结果。

所选用的磁芯材料是NC-2H（Nicer产品）。这种材料表现出了可接受的（低损耗）性能，但选择一种更适用于高频率工作的材料，如PC95（TDK产品），将会进一步降低磁芯损耗并提高效率。

元件D1、R6和C8形成自举电路，为U1的内部上管驱动器供电。

元件C20、R5和C1对+12 V输入提供滤波和旁路，该输入是U1的V_{CC}电源。

注：V_{CC}电压>15 V时可损坏U1。



分压器R1-R4用于设定U1的高压导通、关断和过压阈值。当输入过压关断点为473 VDC时，所选取的分压器值可将LLC导通点设定在360 VDC，将关断点设定在285 VDC。内置的迟滞特性可将输入欠压关断点设定在280 VDC。

电容C9是+380 V的高频率旁路电容，在U1的D与S1/S2引脚之间以短走线连接。

电容C12与C11一起形成分流器，用于对一部分初级电流进行采样。电阻R11可检测此电流，所产生的信号由R12和C7进行滤波。电容C12的额定值应根据故障条件下出现的峰值电压来确定，应采用金属膜、SL陶瓷或NPO/COG陶瓷等稳定的低损耗介质。RD-239所使用的电容为具有“SL”温度特性的圆盘状陶瓷电容，它常用于CCFL管的驱动器。根据以下公式，所选取的值可将1周期（快速）流限值设定在5.5 A，将7周期（慢速）流限值设定在3 A：

$$I_{CL} = \frac{0.5}{\left(\frac{C12}{C11+C12}\right) \times R11}$$

I_{CL} 是7周期流限值（单位A），R11是限流电阻（单位Ohms），C11和C12分别是谐振电容和电流采样电容的值（单位nF）。对于1个周期流限值，可在上面公式中用0.9 V替代0.5 V。

电阻R12和电容C7对传送到IS引脚的初级电流信号进行滤波。电阻R12设定为最小建议值220 Ω 。C7的设定值为1 nF，以避免因噪声导致的误触发，并该值并不足以影响上面计算出的流限设定值。这些元件应靠近IS引脚放置，以发挥最大效用。IS引脚可承受负向电流，因此电流检测不需要采用复杂的整流方案。

电阻R10将死区时间设定为330 nS，将U1的最大工作频率设定为773 kHz。U1的 F_{MAX} 输入由C5进行滤波。R10和R19相结合还可为U1选择脉冲串模式“1”。这样可将脉冲串阈值频率的下限和上限分别设定为338 kHz和386 kHz。

反馈引脚具有每 μ A流入反馈引脚的电流的频率为2.6 kHz的近似特性。随着注入反馈引脚的电流的增大，U1的工作频率就越高，从而降低输出电压。R8与R9相串联可将U1的最小工作频率设定为115 kHz左右。该设定值通常略低于在满载和最低大容量电容电压下实现稳压所需的频率。电阻R8被C3旁路以在启动时提供输出软启动，工作方式是：在反馈环路开环时，最初允许更高的电流流入反馈引脚。这可使开关频率在开始时较高，随后在输出电压达到稳压后降低。电阻R9的设定值通常与R10相同，以便软启动时的初始频率等于R10所设定的最大开关频率。如果R9的值小于该值，它将会在施加输入电压后开关开始之前造成延迟。

光耦器U2经由R20来驱动U1的反馈引脚，R20可限制流入反馈引脚的最大光耦器电流。电容C4用于对反馈引脚进行滤波。电阻R21可加载光耦器输出，以强制它以相对较高的静态电流进行工作，从而提高其增益。电阻R20和R21还可改善强信号阶跃响应和脉冲串模式输出纹波。二极管D3可将R21从 F_{MAX} /软启动网络隔离。



4.2 输出整流

变压器T1的输出由D2以及C14、C15进行整流和滤波。这些电容都是X5R介质，根据输出纹波电流额定值仔细选出。标准Z5U电容将不适用于此应用。输出整流管D2选用60 V肖特基整流管，可实现高效率。将变压器次级半绕组相互缠绕（详见第8部分中的变压器结构）可降低两个次级半绕组之间的漏感，这样可将最差情况PIV降至57 V，从而允许使用能进一步提高效率的60 V肖特基二极管。L1和C16提供额外的输出滤波。电容C16还可以阻尼~30 kHz频率下的由LLC“虚拟”输出串联R-L和陶瓷输出电容C14和C15导致的LLC输出阻抗峰值。它还可提升对快速、高幅负载阶跃的响应速度。电阻R13、R18与U3参考电压相配合，可设定电源的输出电压。误差放大器U3经由R14对反馈光耦器U2提供驱动。元件C17、C19、R14、R16、R17和R21可决定电源的增益相位特性。这些选取的值可在额定和极端负载/不同输入电压下提供稳定的工作。当光耦器U2的LED中无电流经过时，电阻R15允许最小要求工作电流流入U3。元件C10与R23形成软结束网络，用来消除导通时的输出过冲。电阻R23为C23提供一个人为的高ESR，以使TL431 (U3)的输出电阻控制增益相位响应。





需要了解更多信息?

使用您的智能手机和来自的
www.neoreader.com 的免费软件
(或任何其他来自您智能手机应用程序商店的免费 QR 码阅读器) 即可连接到我们网站上的相关内容。



5 PCB布局

0.042 DIA. SLOTS x 2

0.050 DIA.x 0.180 LONG SLOTS x 3

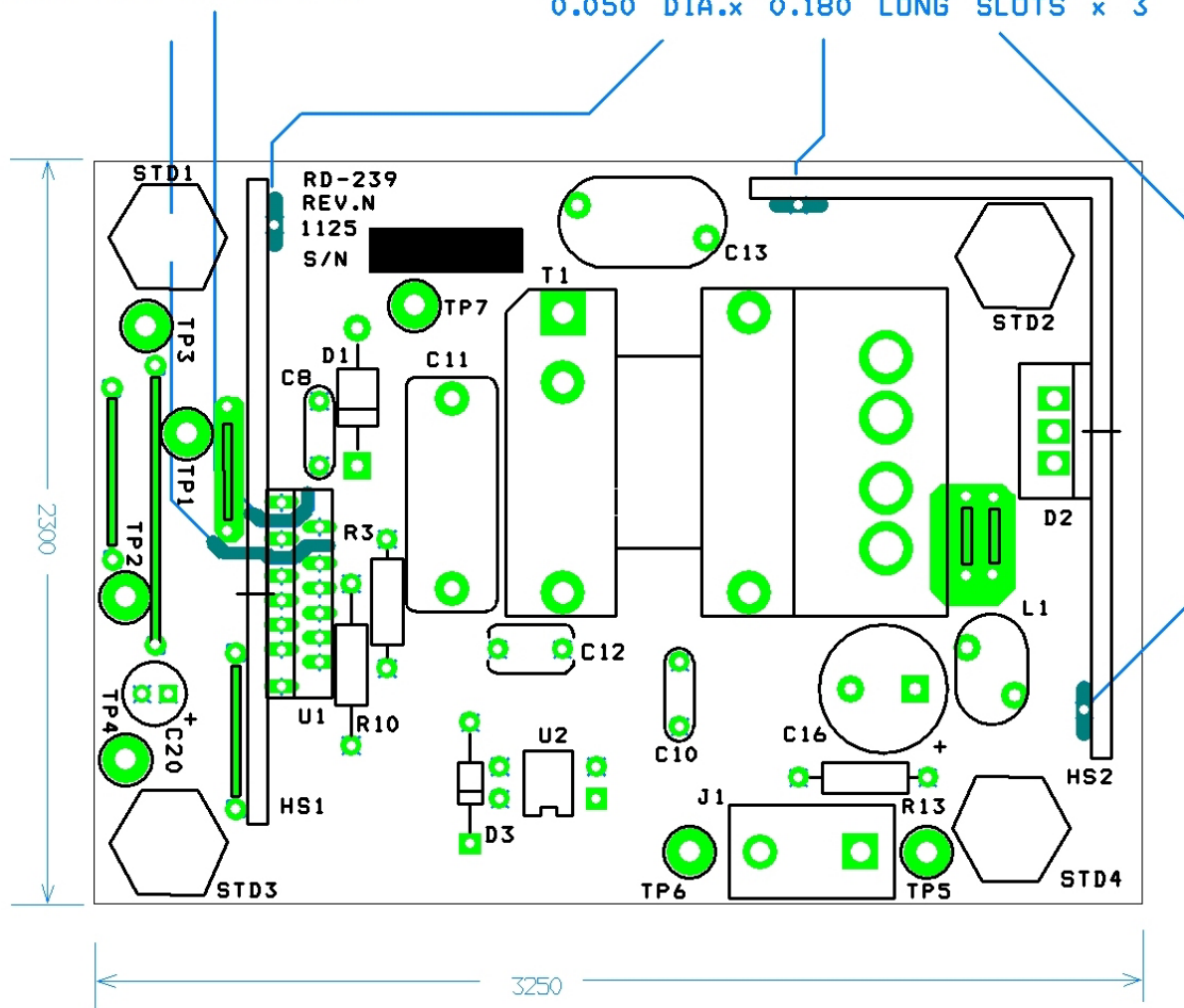


图6 - 印刷电路板布局顶视图



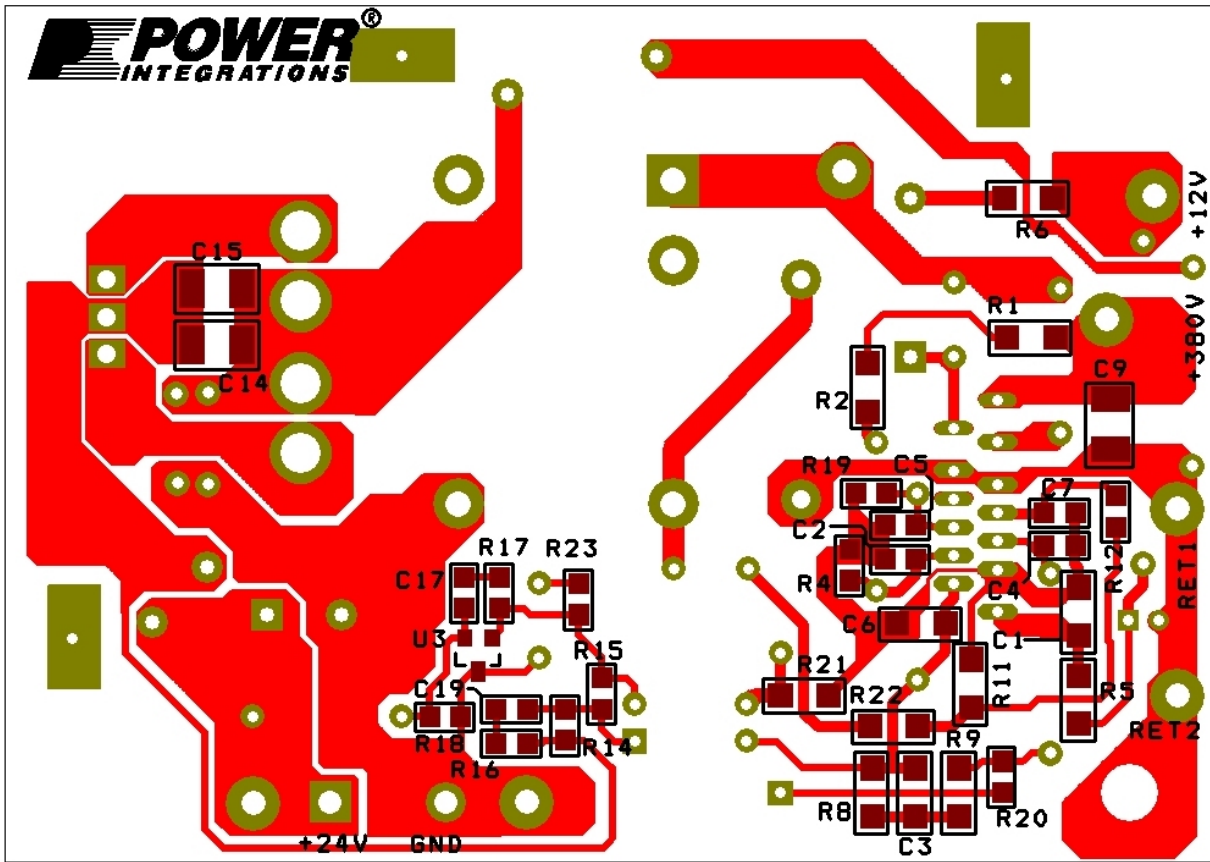


图7 - 印刷电路板布局底视图



6 物料清单(BOM)

项	数量	参考序号	说明	生产商型号	生产商
1	2	C1 C6	1 μ F, 25 V, 陶瓷, X7R, 1206	C3216X7R1E105K	TDK
2	3	C2 C4 C5	4.7 nF, 200 V, 陶瓷, X7R, 0805	08052C472KAT2A	AVX
3	1	C3	220 nF, 50 V, 陶瓷, X7R, 1206	ECJ-3YB1H224K	Panasonic
4	1	C7	1 nF, 200 V, 陶瓷, X7R, 0805	08052C102KAT2A	AVX
5	2	C8 C10	330 nF, 50 V, 陶瓷, X7R	FK24X7R1H334K	TDK
6	1	C9	22 nF, 630 V, 陶瓷, X7R, 1210	GRM32QR72J223KW01L	Murata
7	1	C11	6.2 nF, 1600 V, 薄膜	B32672L1622J000	Epcos
8	1	C12	47 pF, 1 kV, 圆盘状陶瓷	DEA1X3A470JC1B	Murata
9	1	C13	2.2 nF, 陶瓷, Y1	440LD22-R	Vishay
10	2	C14 C15	10 μ F, 35 V, 陶瓷, X5R, 1210	GMK325BJ106KN-T	Taiyo Yuden
11	1	C16	470 μ F, 35 V, 电解, 极低ESR, 23 m Ω , (10 x 20)	EKZE350ELL471MJ20S	Nippon Chemi-Con
12	1	C17	2.2 nF, 200 V, 陶瓷, X7R, 0805	08052C222KAT2A	AVX
13	1	C19	3.3 nF, 200 V, 陶瓷, X7R, 0805	08052C332KAT2A	AVX
14	1	C20	47 μ F, 35 V, 电解, 通用, (5 x 11)	ECA-1VHG470	Panasonic
15	1	D1	600 V, 1 A, 超快速恢复, 75 ns, DO-41	UF4005-E3	Vishay
16	1	D2	60 V, 30 A, 双向肖特基二极管, TO-220AB	STPS30L60CT	ST Micro
17	1	D3	75 V, 300 mA, 快速开关, DO-35	1N4148TR	Vishay
18	1	ESIPCLIP M4 METAL1	散热片硬件, 夹簧铆接端, 20.76 mm长 x 8 mm宽 x 0.015 mm厚	NP975864	Aavid Thermalloy
19	1	HS1	散热片, 二极管, 自定义, 铝, 3003, 0.62厚		Custom
20	1	HS2	散热片, 二极管, 自定义, 铝, 3003, 0.062厚		Custom
21	1	J1	3位(1 x 3)接头, 0.156间距, 垂直, 中间引脚移除	26-48-1031	Molex
22	1	L1	自定义, 150nH, \pm 15%, 基于Micrometals T30-26环形磁芯构建	SNX R1595	Santronics USA
23	2	NUT1 NUT2	螺母, 六角, Kep 6-32, 镀锌	6CKNTZR	任何符合RoHS标准的生产商
24	2	R1 R2	976 k Ω , 1%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8ENF9763V	Panasonic
25	1	R3	976 k Ω , 1%, 1/4 W, 金属膜	MFR-25FBF-976K	Yageo
26	1	R4	20 k Ω , 1%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6ENF2002V	Panasonic
27	1	R5	4.7 Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ4R7V	Panasonic
28	1	R6	2.2 Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ2R2V	Panasonic
29	1	R8	36.5 k Ω , 1%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8ENF3652V	Panasonic
30	1	R9	7.68 k Ω , 1%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8ENF7681V	Panasonic
31	1	R10	7.68 k Ω , 1%, 1/4 W, 金属膜	MFR-25FBF-7K68	Yageo
32	1	R11	24 Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ240V	Panasonic
33	1	R12	220 Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ221V	Panasonic
34	1	R13	86.6 k Ω , 1%, 1/4 W, 金属膜	MFR-25FBF-86K6	Yageo
35	1	R14	7.5 k Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ752V	Panasonic
36	1	R15	1 k Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ102V	Panasonic
37	1	R16	1.5 k Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ152V	Panasonic
38	1	R17	22 k Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ223V	Panasonic
39	1	R18	10 k Ω , 1%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6ENF1002V	Panasonic
40	1	R19	143 k Ω , 1%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6ENF1433V	Panasonic
41	1	R20	1.2 k Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ122V	Panasonic
42	1	R21	4.7 k Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ472V	Panasonic
43	1	R22	0 Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEY0R00V	Panasonic



44	1	R23	47 Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ470V	Panasonic
45	2	RTV1 RTV2	导热硅脂	120-SA	Wakefield
46	2	SCREW1 SCREW2	十字机械螺丝6-32 X 5/16, 不锈钢	PMSSS 632 0031 PH	Building Fasteners
47	4	STD1 STD2 STD3 STD4	接线柱, 电路板, 内孔, 六角, 6-32, 按入式, 0.375L, 尼龙	561-0375A	Eagle Hardware
48	1	T1	自定义变压器, 骨架, EEL25.4, 垂直, 11引脚, (2个安装引脚)	SNX R1545	Santronics USA
49	1	TP1	测试点, 黄色, 直插式安装	5014	Keystone
50	3	TP2 TP4 TP6	测试点, 黑色, 直插式安装	5011	Keystone
51	1	TP3	测试点, 红色, 直插式安装	5010	Keystone
52	1	TP5	测试点, 橙色, 直插式安装	5013	Keystone
53	1	TP7	测试点, 白色, 直插式安装	5012	Keystone
54	1	U1	HiperLCS, ESIP16/13	LCS702HG	Power Integrations
55	1	U2	光耦器, 35 V, CTR 80-160%, 4-DIP	LTV-817A	Liteon
56	1	U3	IC, 齐纳并联稳压器ADJ SOT-23	LM431AIM3/NOPB	National Semr
57	2	WASHER1 WASHER2	#6平面垫圈, 不锈钢, 镀锌, 0.267外径x 0.143内径x 0.032厚	620-6Z	Olander



7 变压器设计表格

HiperLCS_041311; 修订版1.0; 版权所有 Power Integrations 2011	输入	信息	输出	单位	HiperLCS_041311_Rev1-0.xls; HiperLCS半桥. 连续模式LLC谐振转换器设计表格
输入输入参数					
VBULK_NOM			380	V	额定LLC输入电压
Vbrownout			280	V	电压跌落阈值电压。如果电压低于此值, HiperLCS将关断。容许值介于VBULK_NOM的65%和76%之间。设定为65%以获得最大维持时间。
Vbrownin			353	V	大容量电容的启动阈值
VOV_shut			465	V	对体电压的OV保护
VOV_restart			448	V	OV保护后的重新启动电压
CBULK			103	uF	大容量电容满足维持时间要求的最小值; 调整维持时间和Vbulkmin可更改大容量电容值
tHOLDUP			21.8	ms	大容量电容维持时间
输入LLC (次级) 输出			设计表格假定次级绕组采用AC叠加		
VO1	24.00		24.0	V	主输出电压。设计表格假定这是稳压输出
IO1	6.25		6.3	A	主输出最大电流
VD1	0.60		0.60	V	主输出中二极管的正向电压
PO1			150	W	来自第一LLC输出的输出功率
VO2			0.0	V	第二输出电压
IO2			0.0	A	第二输出电流
VD2			0.70	V	第二输出中所用二极管的正向电压
PO2			0.00	W	来自第二LLC输出的输出功率
P_LLC			150	W	指定的LLC输出功率
选择LCS器件					
器件	LCS702		LCS702		LCS器件
RDSON (MAX)			1.39	ohms	所选器件的RDSON (最大值)
Coss			250	pF	所选器件的等效Coss
Cpri			40	pF	变压器初级绕组的杂散电容
PCOND_LOSS			1.4	W	额定输入电压和满载下的导通损耗
TMAX_HS			90	deg C	最大散热片温度
Theta J-HS			9.1	deg C/W	结到散热片的热阻 (涂有散热膏, 但无绝缘垫片)
预期的结温度			102	deg C	预期的结温度
Ta max			50	deg C	预期的最大环境温度
Theta HS-A			29	deg C/W	要求的结到环境热阻
LLC谐振参数和变压器计算 (生成红色曲线)					
Po			154	W	来自LLC转换器的输出, 包括二极管损耗
Vo			24.60	V	变压器绕组的主输出 (包括二极管压降)
f_target			250	kHz	PFC和LLC所需的满载开关频率。66 kHz到300 kHz, 建议值为250 kHz
Lpar			287	uH	并联电感。(对于集成变压器, Lpar = Lopen - Lres; 对于非集成低漏感变压器, Lpar = Lmag)
Lpri			340	uH	对于集成变压器, 此值为初级开路电感; 对于非集成低漏感变压器, 此值为初级漏感与串联电感之和。如果将其留空, 自动计算将显示在Vnom的80%下ZVS损耗所需的值



Lres	53.00		53.0	uH	集成变压器的串联电感或初级漏感；如果将其留空，自动计算将基于K=4
Kratio			5.4		Lpar与Lres的比值。保持K值以使 $2.1 < K < 11$ 。首选Lres可使 $K < 7$
Cres	6.20		6.2	nF	串联谐振电容。红色背景单元格生成红色图形。如果将Lpar、Lres、Cres和n_RATIO_red_graph留空，它们将由设计表格自动计算得出
Lsec			5.098	uH	主输出一个相位的次级侧电感；测量并输入此值，或调整此值，直到f_predicted与测量值相匹配
m			50	%	漏感分布因子（初级到次级）。99%表示大部分漏感都在初级侧
n_eq			7.50		LLC等效电路理想变压器的匝数比
Npri	49.0		49.0		初级绕组圈数；如果输入为空，默认值将自动计算得出，以使f_predicted = f_target
Nsec	6.0		6.0		次级绕组圈数（主输出的每个相位）。默认值是保持BAC<=2000高斯的估计值
f_predicted			280	kHz	额定输入电压和满载下的预期频率；很大程度上受到n_Ratio和初级绕组圈数的影响
f_res			278	kHz	串联谐振频率（由串联电感Lres和C定义）
f_brownout			180	kHz	VBULK_MIN和满载下的开关频率
f_par			110	kHz	并联谐振频率（由Lpar + Lres和C定义）
f_inversion			164	kHz	Vbrownout和满载下的最小频率。将HiperLCS最小频率设为此值。在低于此频率下工作可导致在增益反转区域工作
Vinversion			256	V	LLC功率转换电路在达到在低频率增益反转点之前的最小输入电压。最佳值应等于Vbrownout
RMS电流和电压					
IRMS_LLC_Primary			0.99	A	在满载、额定输入电压(Vbulk)和fnominal_actual下的初级绕组RMS电流
绕组1（较低次级电压）的RMS电流			4.8	A	绕组1（较低次级电压）的RMS电流
较低次级电压电容的RMS电流			2.8	A	较低次级电压电容的RMS电流
绕组2（较高次级电压）的RMS电流			0.0	A	绕组2（较高次级电压）的RMS电流
较高次级电压电容的RMS电流			0.0	A	较高次级电压电容的RMS电流
Cres_Vrms			91	V	在满载和额定输入电压下的谐振电容AC RMS电压
虚拟变压器试验（生成蓝色曲线）					
新的初级绕组圈数			49.0		试验变压器的初级绕组圈数；默认值来自谐振部分
新的次级绕组圈数			6.0		试验变压器的次级绕组圈数；默认值来自谐振部分
新Lpri			340	uH	试验变压器的开路电感；默认值来自谐振部分
新Cres			7.6	nF	串联电容的试验值（如果将其留空，所选的计算值应使f_res = f_target）
新的估计Lres			53.0	uH	试验变压器的Lres估计值
新的估计Lpar			287	uH	试验变压器的Lpar估计值
新的估计Lsec			5.098	uH	次级漏感的估计值
新Kratio			5.4		试验变压器的Lpar与Lres的比值
新的等效电路变压器匝数比			7.50		估计的有效变压器匝数比
V powertrain inversion new			246	V	大容量电容的电压，低于此值将失去ZVS
f_res_trial			250	kHz	新的串联谐振频率
f_predicted_trial			252	kHz	新的额定工作频率



IRMS_LLC_Primary			1.01	A	在满载、额定输入电压(Vbulk)和f_predicted_trial下的初级绕组RMS电流
绕组1(较低次级电压)的RMS电流			5.0	A	流经输出1绕组的RMS电流, 假定为半正弦波形
较低次级电压电容的RMS电流			3.2	A	较低次级电压电容的RMS电流
绕组2(较高次级电压)的RMS电流			5.0	A	流经输出2绕组的RMS电流; 输出1绕组AC叠加在输出2绕组上
较高次级电压电容的RMS电流			0.0	A	较高次级电压电容的RMS电流
变压器磁芯计算(从谐振参数部分计算)					
变压器磁芯	EEL25		EEL25		变压器磁芯
Ae			0.4	cm^2	输入变压器磁芯的截面积
Ve			3.0	cm^3	输入磁芯的体积
Aw			107.9	mm^2	窗口面积
Bw			22.0	mm	骨架总宽度
损耗密度			200.0	mW/cm^3	输入开关频率和BAC下每单位体积的损耗(单位与kW/m^3相同)
MLT			3.1	cm	平均每圈长度
N_CHAMBERS			2.0		骨架室数
W_SEP			3.0	mm	绕组分隔板距离(将产生绕组面积的损耗)
Ploss			0.6	W	估计的磁芯损耗
Bpkfmin			141	mT	最小频率下第一象限的峰值磁通密度
BAC			181	mT	AC峰值磁通密度(在f_predicted、Vbulk和满载下计算)
初级绕组					
Npri			49.0		初级绕组圈数; 在LLC谐振部分确定
初级绕组线规格			44	AWG	用于初级绕组的独立线股规格
等效初级绕组公制线规格			0.050	mm	采用公制单位的等效线径
初级绕组利兹线股数	125		125		利兹线的股数; 对于未使用利兹线的初级绕组, 设为1
初级绕组分配因子			50	%	初级绕组窗口分配因子 - 分配到初级侧的绕组空间百分比
AW_P			47	mm^2	初级侧的绕组空间面积
填充系数			43%	%	初级绕组的填充率(典型最大填充率为60%)
Resistivity_25 C_Primary			75.42	m-ohm/m	电阻率, 单位为milli-ohm/m
初级DCR 25 C			114.42	m-ohm	25 C下的估计电阻
初级DCR 100 C			153.32	m-ohm	100 C下的估计电阻(约比25 C下的估计电阻高33%)
初级RMS电流			0.99	A	流经初级绕组的实测RMS电流
ACR_Trif_Primary			245.31	m-ohm	测得的AC电阻(100 kHz下, 室温), 乘以1.33可达到约100 C绕组温度
初级绕组铜损耗			0.24	W	85 C下的总初级绕组铜损耗
次级绕组1(较低次级电压或单路输出)				注 - 功率损耗计算针对次级绕组的每个半绕组	
输出电压			24.00	V	输出电压(假定采用AC叠加绕组)
槽1圈数			6.00		次级绕组圈数(每相)
槽1 RMS电流(总和, AC+DC)			4.8	A	流经输出1绕组的RMS电流, 假定为半正弦波形
绕组电流(DC分量)			3.13	A	绕组电流的DC分量
绕组电流(AC RMS分量)			3.68	A	绕组电流的AC分量



槽1线规格		42	AWG	用于次级绕组的独立线股规格
等效次级绕组1公制线规格		0.060	mm	采用公制单位的等效线径
槽1利兹线股数	270	270		利兹线采用的股数；对于未使用利兹线的非集成变压器，设为1
Resistivity_25 C_sec1		21.96	m-ohm/m	电阻率，单位为milli-ohm/m
DCR_25C_Sec1		4.08	m-ohm	25 C下每相的估计电阻（供参考）
DCR_100C_Sec1		5.47	m-ohm	100 C下每相的估计电阻（约比25 C下的估计电阻高33%）
DCR_Ploss_Sec1		0.43	W	DC电阻造成的估计功率损耗（两个次级相位）
ACR_Sec1		8.75	m-ohm	测得的每相AC电阻（100 kHz下，室温），乘以1.33可达到约100 C绕组温度。ACR的默认值是100 C下DCR值的两倍
ACR_Ploss_Sec1		0.24	W	估计AC铜损耗（两个次级相位）
绕组1总铜损耗		0.66	W	两个次级相位的总(AC + DC)绕组铜损耗
电容RMS电流		2.8	A	输出电容的RMS电流
Co1		4.8	uF	次级1输出电容
电容纹波电压		3.0	%	次级1输出电容上的峰峰值纹波电压
次级绕组2（较高次级电压）				注 - 功率损耗计算针对次级绕组的每个半绕组
输出电压		0.00	V	输出电压（假定采用AC叠加绕组）
槽2圈数		0.00		AC叠加于次级绕组1上的次级绕组圈数（每相）
槽2 RMS电流（总和，AC+DC）		4.8	A	流经输出2绕组的RMS电流；输出1绕组AC叠加在输出2绕组上
绕组电流（DC分量）		0.0	A	绕组电流的DC分量
绕组电流（AC RMS分量）		0.0	A	绕组电流的AC分量
槽2线规格		42	AWG	用于次级绕组的独立线股规格
等效次级绕组2公制线规格		0.060	mm	采用公制单位的等效线径
槽2利兹线股数		0		利兹线采用的股数；对于未使用利兹线的非集成变压器，设为1
Resistivity_25 C_sec2		59292.53	m-ohm/m	电阻率，单位为milli-ohm/m
变压器次级MLT		3.10	cm	平均每圈长度
DCR_25C_Sec2		0.00	m-ohm	25 C下每相的估计电阻（供参考）
DCR_100C_Sec2		0.00	m-ohm	100 C下每相的估计电阻（约比25 C下的估计电阻高33%）
DCR_Ploss_Sec1		0.00	W	DC电阻造成的估计功率损耗（两个次级半绕组）
ACR_Sec2		0.00	m-ohm	测得的每相AC电阻（100 kHz下，室温），乘以1.33可达到约100 C绕组温度。ACR的默认值是100 C下DCR值的两倍
ACR_Ploss_Sec2		0.00	W	估计AC铜损耗（两个次级半绕组）
绕组2总铜损耗		0.00	W	两个次级半绕组的总(AC + DC)绕组铜损耗
电容RMS电流		0.0	A	输出电容的RMS电流
Co2		不适用	uF	次级2输出电容
电容纹波电压		不适用	%	次级1输出电容上的峰峰值纹波电压



变压器损耗计算					不包括来自气隙的边缘磁通损耗
级绕组铜损耗 (来自初级绕组部分)			0.24	W	85 C下的总初级绕组铜损耗
级绕组铜损耗			0.66	W	次级绕组的总铜损耗
变压器总铜损耗			0.91	W	变压器的总铜损耗 (初级 + 次级)
AW_S			46.59	mm ²	次级绕组的窗口面积
次级绕组填充率			33%	%	次级绕组的填充率; 有包层利兹线次级绕组的典型最大填充率为60%, 无包层利兹线则为75%
信号引脚电阻值					
死区时间	330		330	ns	死区时间
脉冲串模式	1		1		选择脉冲串模式: 1、2和3具有迟滞, 且有不同的频率阈值
f_max			773	kHz	最大内部时钟频率, 取决于死区时间设置
f_burst_start			338	kHz	脉冲串模式的较低阈值频率, 提供迟滞控制。这是在脉冲串关断期间后重新启动时的开关频率
f_burst_stop			386	kHz	脉冲串模式的阈值频率上限; 这是在脉冲串关断期间结束时的开关频率
DT/BF引脚上侧分压器电阻			7.62	k-ohm	从DT/BF引脚到VREF引脚的电阻
DT/BF引脚下侧分压器电阻			145	k-ohm	从DT/BF引脚到G引脚的电阻
Rstart			7.62	k-ohm	启动电阻 - 与软启动电容串联的电阻; 启动时从FB引脚到VREF引脚的等效电阻
启动延迟			0.0	ms	启动延迟; 开关开始前的延迟。减小R_START可增大延迟
Rfmin			34.7	k-ohm	从VREF引脚到FB引脚的电阻, 用于设定最小开关频率; 此电阻和Rstart可决定f_MIN
C_softstart	0		0.2	uF	软启动电容。建议值介于0.1 uF和10 uF之间
Ropto			3.9	k-ohm	与光耦发射极串联的电阻
OV/UV引脚下侧电阻	20.00		20.0	k-ohm	OV/UV引脚分压器中电压较低的电阻
OV/UV引脚上侧电阻			2.92	M-ohm	OV/UV引脚分压器中的总上电阻
LLC电容分压器电流检测电路					
慢速流限			2.78	A	8周期限流点 - 在电压跌落和启动期间检查正半周期
快速流限			5.00	A	1周期限流点 - 在启动期间检查正半周期
LLC检测电容			47	pF	HV检测电容, 与主谐振电容一起形成分流器
RLLC检测电阻			23.9	ohms	LLC电流检测电阻, 用于检测检测电容中的电流
IS引脚限流电阻			220	ohms	当检测R的电压 < -0.5V时, 限制从检测电阻流入IS引脚的电流
IS引脚噪声滤波电容			1.0	nF	IS引脚旁路电容, 与IS引脚限流电容一起形成一极
IS引脚噪声滤波器极点频率			724	kHz	此极可衰减IS引脚信号
损耗预算					
LCS器件导通损耗			1.4	W	额定输入电压和满载下的导通损耗
输出二极管损耗			3.8	W	估计的二极管损耗
变压器估计总铜损耗			0.91	W	变压器的总铜损耗 (初级 + 次级)
变压器估计总磁芯损耗			0.6	W	估计的磁芯损耗
总变压器损耗			1.5	W	总变压器损耗
总估计损耗			6.6	W	LLC级总损耗
估计效率			96%	%	估计效率
PIN			157	W	LLC输入功率



次级绕组圈数和电压居中计算器					这部分用于帮助您选择次级绕组圈数 - 输出未关联到设计表格的任何其他部分。
V1			24.00	V	目标稳压输出电压Vo1。更改此值可对从输出产生影响
V1d1			0.60	V	针对Vo1的二极管电压降
N1			6.00		针对Vo1的总圈数
V1_Actual			24.00	V	预期输出电压
V2			0.00	V	目标输出电压Vo2
V2d2			0.70	V	针对Vo2的二极管电压降
N2			0.00		针对Vo2的总圈数
V2_Actual			-0.70	V	预期输出电压
独立串联电感 (仅限于非集成变压器)					如果采用集成磁芯则不适用 - 未关联到设计表格的任何其他部分
Lsep			53.00	uH	独立电感所需的电感值
Ae_Ind			0.53	cm^2	电感磁芯截面积
电感圈数			10		初级绕组圈数
BP_fnom			1502	高斯	用于磁芯损耗计算的AC磁通量 (在f_predicted和满载下)
预期峰值初级电流			2.8	A	预期峰值初级电流
BP_fmin			2804	高斯	峰值磁通密度, 在最小频率fmin下计算
电感器线规			44	AWG	用于初级绕组的独立线股规格
等效电感公制线规格			0.050	mm	采用公制单位的等效线径
电感利兹线股数			125.00		利兹线采用的股数
电感并绕线数			1		构成利兹线的并绕线的数量
Resistivity_25 C_Sep_Ind			75.4	m-ohm/m	电阻率, 单位为milli-ohm/m
电感MLT			7.00	cm	平均每圈长度
电感DCR 25 C			52.8	m-ohm	25 C下的估计电阻 (供参考)
电感DCR 100 C			70.7	m-ohm	100 C下的估计电阻 (约比25 C下的估计电阻高33%)
ACR_Sep_Inductor			113.2	m-ohm	测得的AC电阻 (100 kHz下, 室温), 乘以1.33可达到约100 C绕组温度
电感铜损耗			0.11	W	85 C下的总初级绕组铜损耗



8 变压器规格

8.1 电气原理图

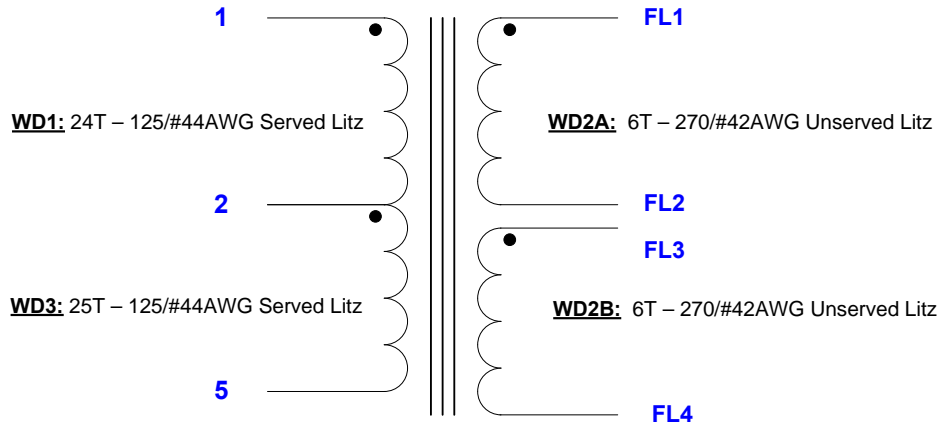


图8 – 变压器电气原理图

8.2 电气规格

绝缘强度	1秒, 60 Hz, 从引脚1-5到FL1、FL2、FL3、FL4	3000 VAC
初级电感量	引脚1-5, 所有其他绕组开路, 在300 kHz、0.4 V _{RMS} 条件下测得	350 μH, ± 10%
谐振频率	引脚1-5, 所有其他绕组开路	1400 kHz (最小)
初级漏感	引脚1-5, FL1、FL2、FL3、FL4短路, 在 300 kHz、0.4 V _{RMS} 条件下测得	53 μH ±7%

8.3 材料

项	说明
[1]	磁芯对: EEL25.4 Nippon Ceramic FEEL25.4-NC-2H, 无气隙
[2]	骨架: EEL25垂直, 3槽, 5引脚。PI P/N 25-00960-05
[3]	骨架罩壳, PI P/N 25-00961-00
[4]	胶带: 聚酯薄膜, 3M 1350F-1或同等材料, 7.0mm宽
[5]	利兹线: 270/#42单层, 无包层
[6]	利兹线: 125/#44单层, 有包层
[7]	变压器清漆: Dolph BC-359或同等材料



8.4 变压器结构图

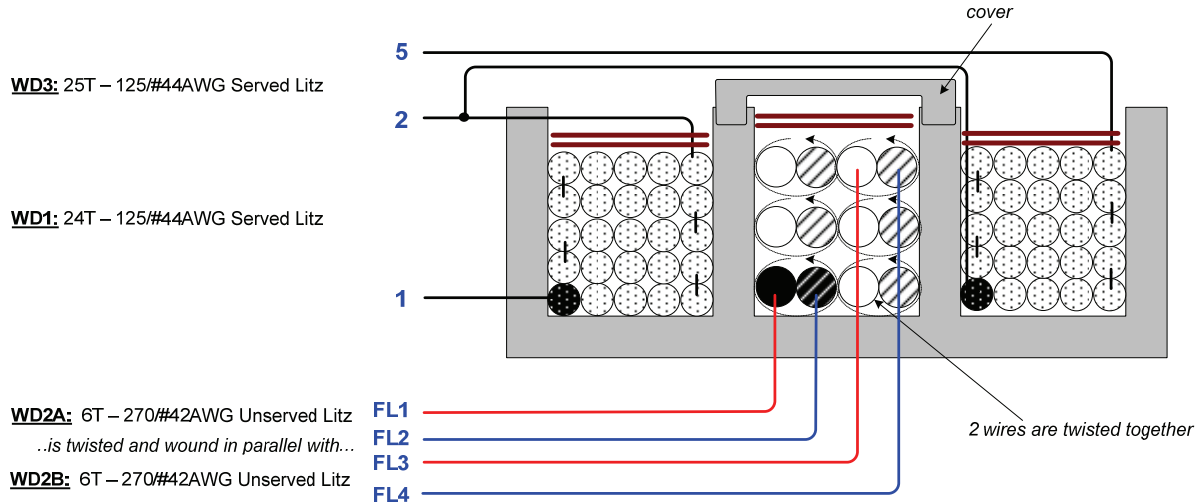


图9 -变压器结构图

8.5 变压器构造

次级导线准备	准备2股导线项[5]，长13”；两端镀锡，标记其中一股导线使两者相区分，将其命名为FL1、FL2。将另一股导线命名为FL3和FL4。将这两股导线沿其长度均匀缠卷~30圈，在每端留出1”的长度。参见下图。
WD1 (初级)	将骨架项[2]放在绕线轴上，引脚侧位于左侧。 从引脚1开始，缠绕有包层利兹线[6] 24圈，共缠5层，最后在引脚2结束。缠1圈胶带[4]以固定绕组。
WD2A和WD2B (次级)	使用在步骤1中准备的无包层利兹线组件，开始时先将FL1和FL3插入骨架[2]下凸缘上的孔1和孔2（参见图示）。在骨架中间槽中紧紧缠绕6圈。最后将FL2穿过骨架下凸缘上的孔3，将FL4穿过孔4。缠1圈胶带[4]以固定绕组。
骨架罩壳	如图所示，将骨架罩壳[3]套住骨架凸缘的凹槽，罩壳的闭合端指向骨架的引脚1-5一侧（参见图示）。确保罩壳固定到位。
WD 3 (初级)	从骨架[2]的引脚2开始，缠绕有包层利兹线[6] 25圈，最后在引脚5结束。按照图示用胶带[4]固定和绝缘绕组的开始引线。缠1圈胶带[4]以固定绕组。
结束	打磨半磁芯[1]，使漏感达到 $350 \mu\text{H} \pm 10\%$ 。将两个半磁芯安装固定好，用清漆均匀的浸渍。按照图示将所有次级引线镀锡至距骨架孔约 $\frac{1}{4}$ ”的地方，然后剪至 $\frac{1}{2}$ ”。用清漆[7]浸渍。



8.6 绕制演示

<p>次级导线准备</p>		<p>准备2股导线项[5]，长13”；两端镀锡，标记其中一股导线使两者相区分，将其命名为FL1、FL2。将另一股导线命名为FL3和FL4。将这两股导线沿其长度均匀缠卷~15圈，在每端留出1”的长度。参见下图。</p>
<p>WD1 (初级)</p>		<p>将骨架项[2]放在绕线轴上，引脚侧位于左侧。</p>
<p>WD1 (初级) (续)</p>		<p>从引脚1开始，缠绕有包层利兹线[6] 24圈，共缠5层，最后在引脚2结束。缠1圈胶带[4]以固定绕组。</p>



<p>WD2A和WD2B (次级)</p>		<p>使用在步骤1中准备的无包层利兹线组件, 开始时先将FL1和FL3插入骨架[2]下凸缘上的孔1和孔2(参见图示)。在骨架中间槽中紧紧缠绕6圈。最后将FL2穿过骨架下凸缘上的孔3, 将FL4穿过孔4。缠1圈胶带[4]以固定绕组。</p>
<p>骨架罩壳</p>		<p>如图所示, 将骨架罩壳[3]套住骨架凸缘的凹槽, 罩壳的闭合端指向骨架的引脚1-5一侧(参见图示)。确保罩壳固定到位。</p>
<p>WD 3 (初级)</p>		<p>从骨架[2]的引脚2开始, 缠绕有包层利兹线[6] 25圈, 共缠5层, 最后在引脚5结束。 按照图示用胶带[4]固定和绝缘绕组的开始引线。缠1圈胶带[4]以固定绕组。</p>



		
<p style="text-align: center;">结束</p>		<p>打磨半磁芯[1]，使漏感达到 $350\mu\text{H} \pm 10\%$。将两个半磁芯安装固定好，用清漆均匀的浸渍。按照图示将所有次级引线镀锡至距骨架孔约$\frac{1}{4}$”的地方，然后剪至$\frac{1}{2}$”。用清漆[7]浸渍。</p>



9 输出电感规格

9.1 电气原理图

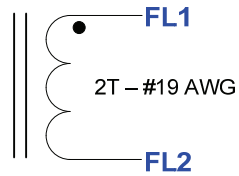


图10 – 电感电气原理图

9.2 电气规格

变压器漏感	引脚FL1-FL2, 所有其他绕组开路, 在100 kHz、0.4 V _{RMS} 条件下测得	150 nH, ±15%
-------	--	--------------

9.3 材料列表

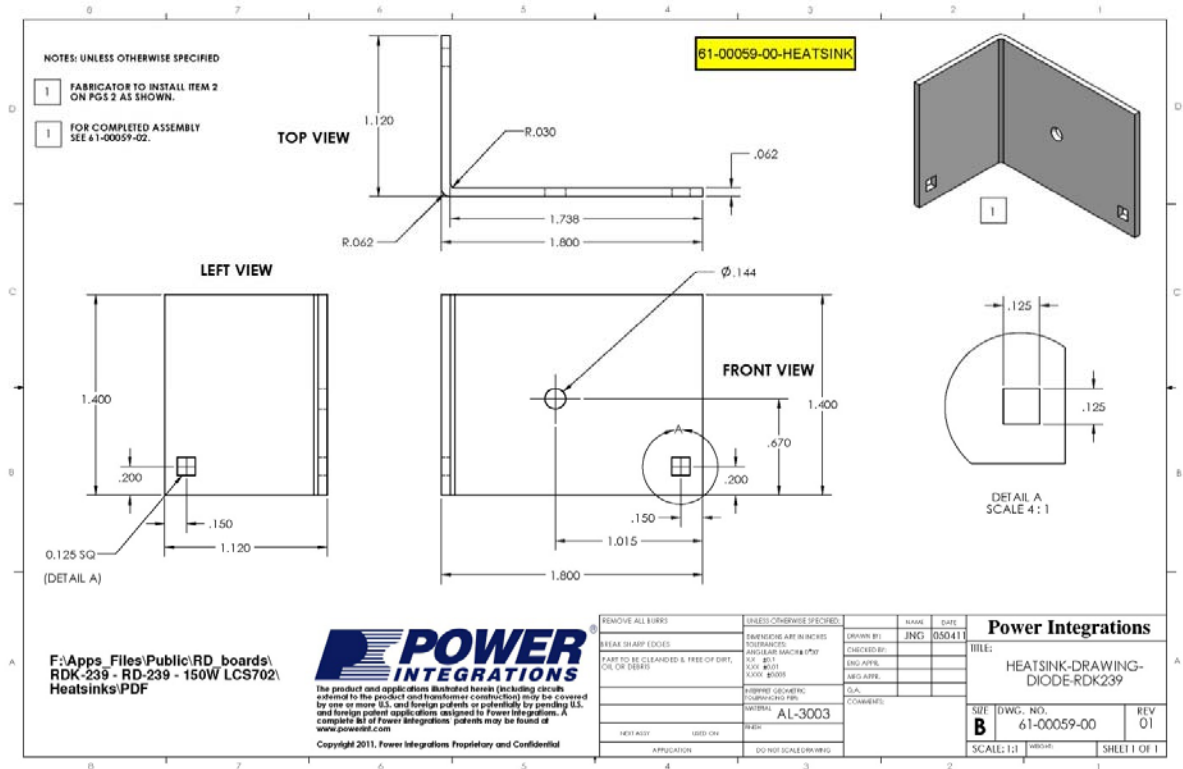
项	说明
[1]	铁粉芯环形磁芯: Micrometals T30-26
[2]	漆包线: #19 AWG, 可焊接双涂层



10 散热片组件

10.1 二极管散热片

10.1.1 二极管散热片工程图



10.1.2 二极管散热片加工装配图

2 FOR COMPLETED ASSEMBLY
SEE 61-00059-02

(FOR FABRICATION REFERENCE
TO INSTALL ITEM 2.)

61-00059-01-HEAT

1 FABRICATOR TO INSTALL
ITEM 2 AS SHOWN.

F:\Apps Files\Public\RD boards\
RDK-239 - RD-239 - 150W LCS702\
Heatsinks\PDF

POWER INTEGRATIONS
The product and applications illustrated herein (including circuits external to the product and transformer construction) 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
Copyright 2011, Power Integrations
Proprietary and Confidential

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	61-00059-01	HEATSINK, DIODE, CUSTOM AL, 3003, .062 THK	1
2	60-00016-00	TERMINAL, EYELET, ZIERICK PN 190	2

REMOVE ALL BURRS	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE	Power Integrations
BREAK SHARP EDGES	DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES: ANGULAR: MACH ± 0°30'	DRAWN BY: JNG	050411	
PART TO BE CLEANED & FREE OF DIRT, OIL OR DEBRIS	XX ±0.1 XXX ±0.01 XXXX ±0.005	CHECKED BY:		TITLE:
	ASME Y14.5	ENG APPR:		HEATSINK, FAB, DIODE WITH BRKTS, RDK239, PI CUSTOM
NEXT ASSY	MATERIAL	MFG APPR:		Q.A.
USED ON	FINISH	COMMENTS:		SIZE A
APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING			DWG. NO. 61-00059-01
				REV 01
				SCALE: 1:1
				WEIGHT:
				SHEET 1 OF 1



10.1.3 二极管和散热片装配图

(FOR ASSEMBLY REFERENCE)

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	61-00059-01	HEATSINK, DIODE, CUSTOM AL, 3003, .062 THK	1
3	15-00820-00	60V, 30 A, DUAL SCHOTTKY TO-220AB	1
4	75-00002-00	SCREW MACHINE PHIL 6-32 X 5/16 SS	1
5	75-00069-00	NUT, HEX, KEP 6-32, ZINC PLATE	1
6	66-00084-00	THERMAL CONDUCTIVE SILICONE GREASE	1
7	75-00167-00	WASHER FLAT #6, SS, ZINC PLATE	1

F:\Apps_Files\Public\RD_boards\
RDK-239 - RD-239 - 150W LCS702\
Heatsinks\PDF

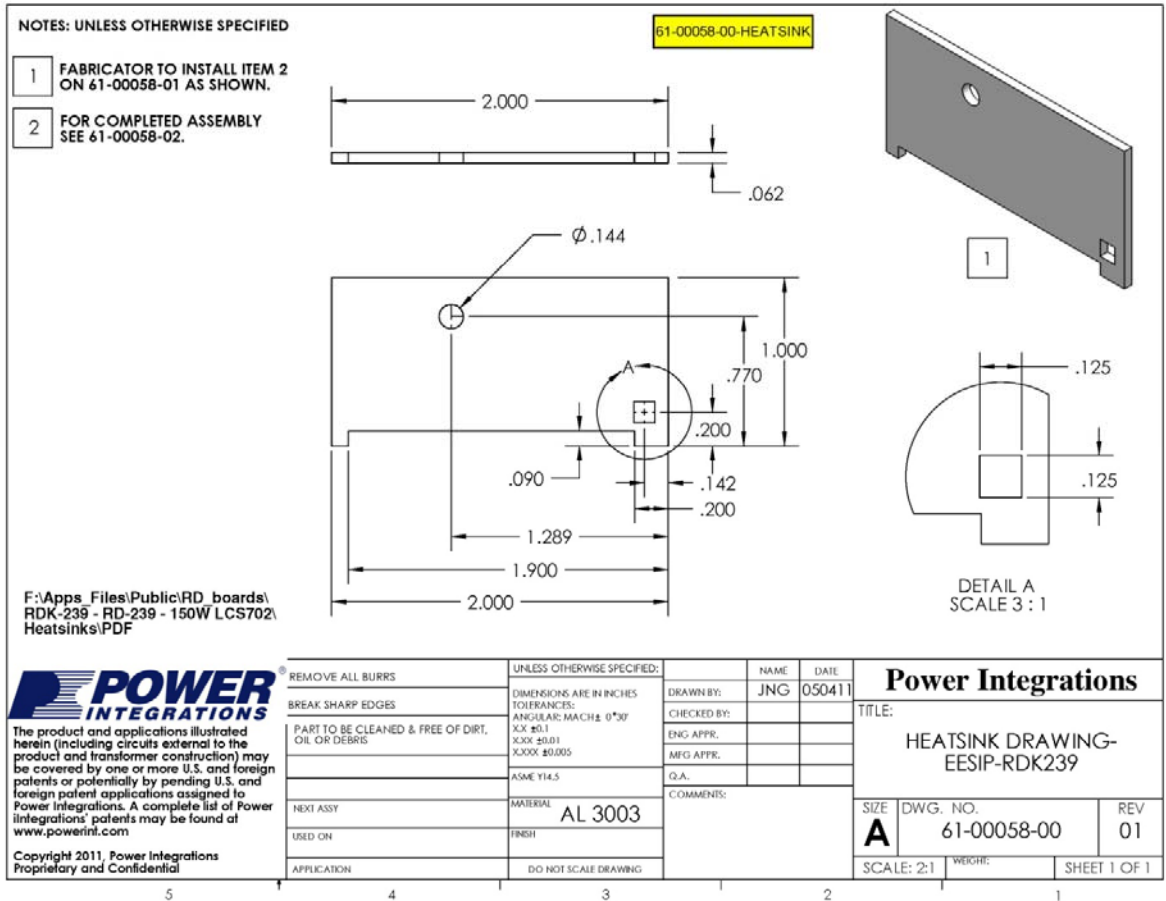
REMOVE ALL BURRS	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE	Power Integrations
BREAK SHARP EDGES	DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES: ANGULAR: MACH ± 0°30'	DRAWN BY: JNG	050411	
PART TO BE CLEANED & FREE OF DIRT, OIL OR DEBRIS	XX ±0.1 XXX ±0.01 XXXX ±0.005	CHECKED BY:		TITLE:
	ASME Y14.5	ENG APPR.		HEATSINK, ASSY, DIODE WITH BRKTS, RDK239, PI CUSTOM
NEXT ASSY	MATERIAL	MFG APPR.		Q.A.
USED ON	FINISH	COMMENTS:		SIZE DWG. NO. REV
APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING			A 61-00059-02 01
				SCALE: 1:2 WEIGHT: SHEET 1 OF 1

5 4 3 2 1



10.2 HiperLCS 散热片

10.2.1 HiperLCS散热片工程图



10.2.2 HiperLCS 散热片加工装配图

2 FOR COMPLETED ASSEMBLY
SEE 61-00058-02

1

2

FABRICATOR TO INSTALL
ITEM 2 AS SHOWN.

F:\Apps_Files\Public\RD_boards\
RDK-239 - RD-239 - 150W LCS702\
Heatsinks\PDF

1

2

61-00058-01-HEATSINK

BOM Table			
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	61-00058-01	HEATSINK-EESIP-RD239	1
2	60-00016-00	TERMINAL, EYELET, ZIERICK PN 190	1

<p>REMOVE ALL BURRS</p> <p>BREAK SHARP EDGES</p> <p>PART TO BE CLEANED & FREE OF DIRT, OIL OR DEBRIS</p> <p>NEXT ASSY</p> <p>USED ON</p> <p>APPLICATION</p>	<p>UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:</p> <p>DIMENSIONS ARE IN INCHES</p> <p>TOLERANCES:</p> <p>ANGULAR: MACH ± 0°30'</p> <p>XX ±0.1</p> <p>XXX ±0.01</p> <p>XXXX ±0.005</p> <p>ASME Y14.5</p> <p>MATERIAL</p> <p>FINISH</p> <p>DO NOT SCALE DRAWING</p>	<p>NAME</p> <p>DATE</p> <p>DRAWN BY: JNG 050411</p> <p>CHECKED BY:</p> <p>ENG APPR.</p> <p>MFG APPR.</p> <p>Q.A.</p> <p>COMMENTS:</p>	<p style="text-align: center;">Power Integrations</p> <p>TITLE:</p> <p>HEATSINK, FAB, EESIP WITH BRKTS, RDK239, PI CUSTOM</p> <p>SIZE A DWG. NO. 61-00058-01 REV 01</p> <p>SCALE: 2:1 WEIGHT: SHEET 1 OF 1</p>
---	---	---	--

POWER INTEGRATIONS

The product and applications illustrated herein (including circuits external to the product and transformer construction) 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

Copyright 2011, Power Integrations
Proprietary and Confidential



10.2.3 HiperLCS 和散热片装配图

(FOR ASSEMBLY REFERENCE)

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	61-00058-01	HEATSINK-EESIP-RD239	1
2	61-00058-02	HEATSINK BRACKET	1
3	10-00342-00	LCSwitch, LCS702HG, ESIP16/13	1
4	66-00084-00	THERMALLY CONDUCTIVE SILICONE GREASE	1
5	60-00042-00	EDGE CLIP, 20.76mm L x 8 mm WX 0.015mm THK	1
6	75-00002-00	SCREW MACHINE PHIL 6-32 X 5/16 SS	1
7	75-00069-00	NUT, HEX, KEP 6-32, ZINC PLATE	1
8	75-00167-00	WASHER FLAT #6, SS, 0.267 OD x 0.143 ID x 0.032 Thk	1

F:\Apps_Files\Public\RD_boards\
RDK-239 - RD-239 - 150W LCS702\
Heatsinks\PDF

REMOVE ALL BURRS	UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:	NAME	DATE	Power Integrations
BREAK SHARP EDGES	DIMENSIONS ARE IN INCHES TOLERANCES: ANGULAR: MACH ± 0°30'	DRAWN BY: JNG	050411	
PART TO BE CLEANED & FREE OF DIRT, OIL OR DEBRIS	XX ±0.1 XXX ±0.01 XXXX ±0.005	CHECKED BY:		TITLE:
	ASME Y14.5	ENG APPR.		HEATSINK, ASSY, EESIP WITH BRKTS, RDK239, PI CUSTOM
NEXT ASSY	MATERIAL	MFG APPR.		Q.A.
USED ON	FINISH	COMMENTS:		SIZE DWG. NO. REV
APPLICATION	DO NOT SCALE DRAWING			A 61-00058-02 01
				SCALE: 1:1 WEIGHT: SHEET 1 OF 1

5 4 3 2 1



11 性能数据

11.1 效率曲线 – 在100%、50%、20%和10%负载下

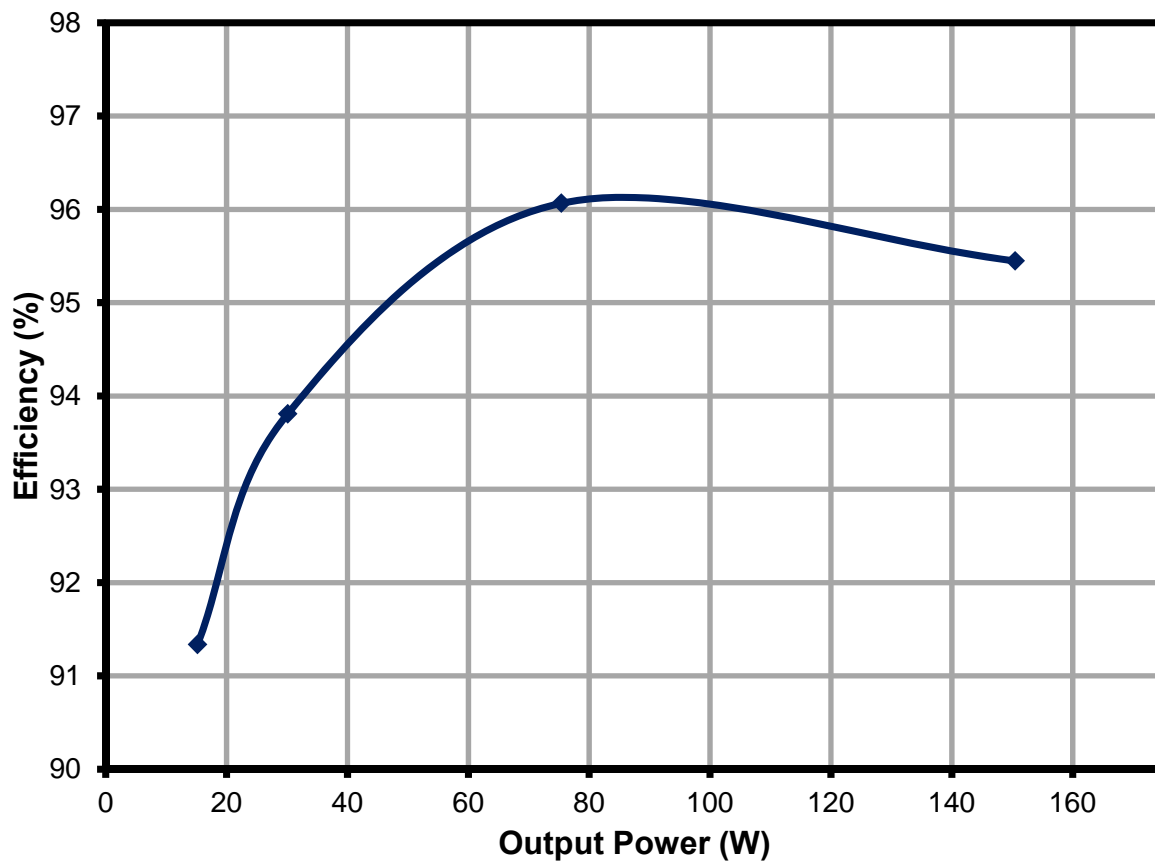


图11 – 效率数据



11.2 负载调整率曲线 – 在 100%、50%、20%、10%及零负载下

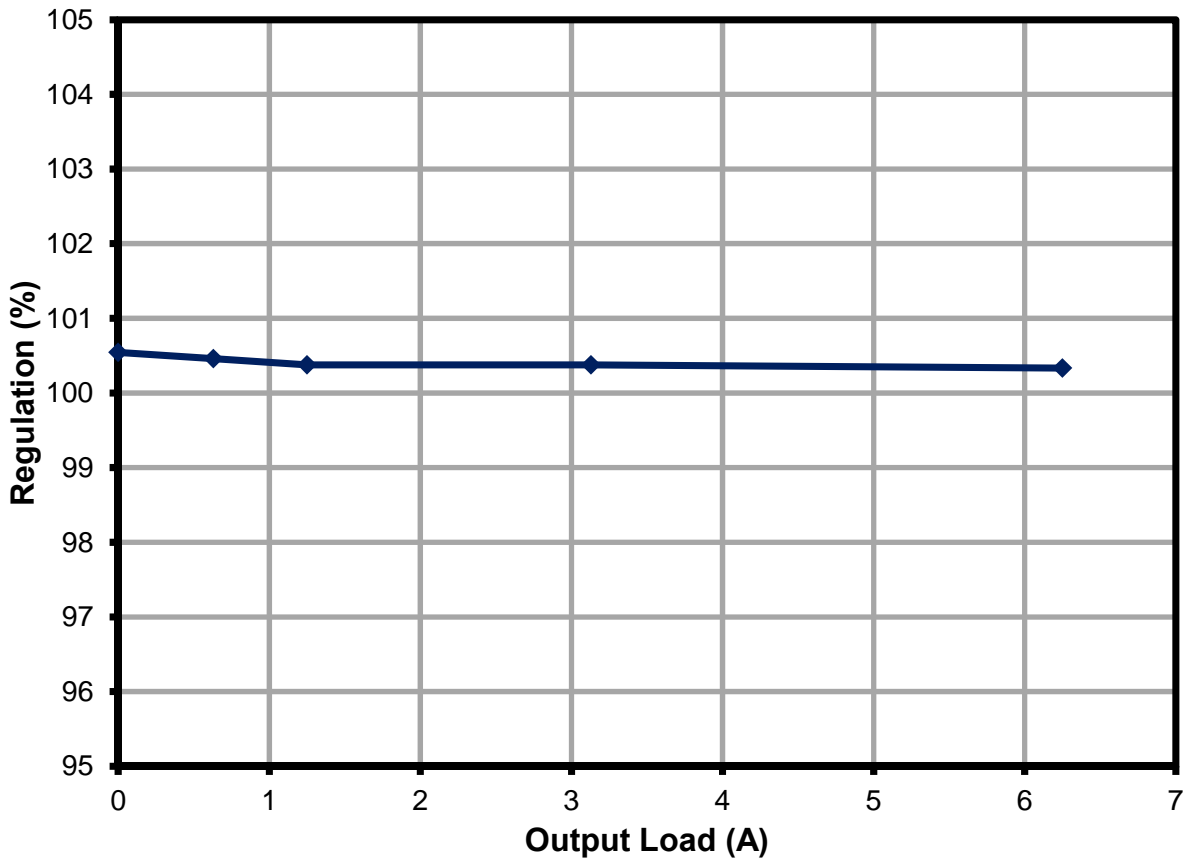


图12 – 输出负载调整率

11.3 表格化数据

V _{IN} (V)	P _{IN} (W)	V _{OUT} (V)	I _{OUT} (A)	f _{OP} (kHz)	P _{OUT} (W)	效率(%)	调整率(%)	V _{TON} (V)	V _{TOFF} (V)
380	157.68	24.08	6.25	245.1	150.500	95.45	100.333	357	283
380	78.49	24.09	3.13	255.1	75.402	96.07	100.375		
380	32.1	24.09	1.25	257.1	30.113	93.81	100.375		
380	16.63	24.11	0.63	260.4	15.189	91.34	100.458		
380	0.42	24.13	0	BM	0.000	0.00	100.542		



12 波形

12.1 半桥电压和电流, 正常工作

在380 VDC输入下测得

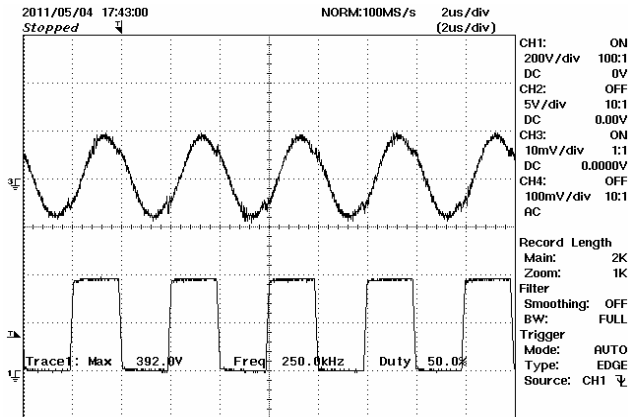


图13 - 初级V-I, 半桥

上: 初级电流, 1 A/格

下: 初级电压, 100 V, 2 μ S/格

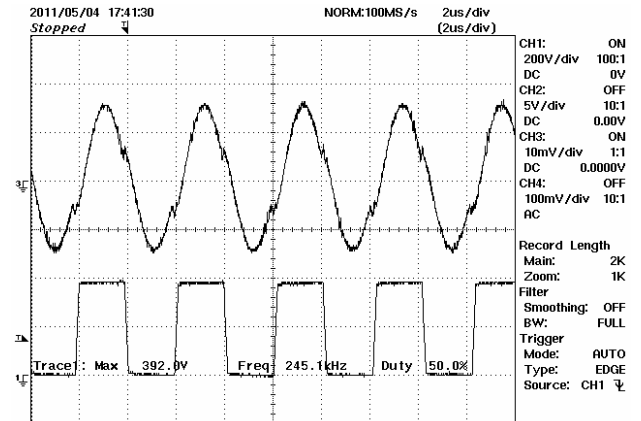


图14 - 初级V-I, 满载

上: 初级电流, 1 A/格

下: 初级电压, 100 V, 2 μ S/格



12.2 输出电压启动特征

图15和16是在使用无源电阻负载的情况下获取的。

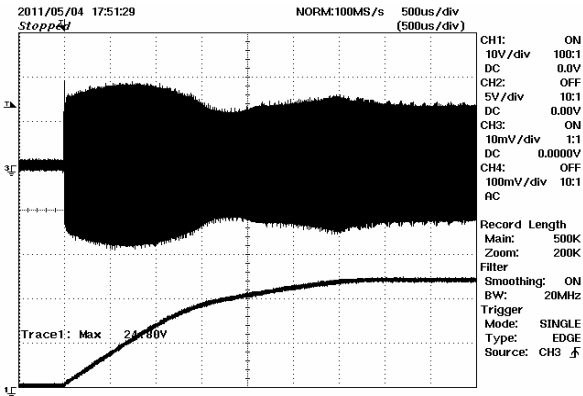


图15 - 满载启动, 电阻性负载
上: 初级电流, 2 A/格
下: V_{OUT} , 10 V, 500 μ S/格

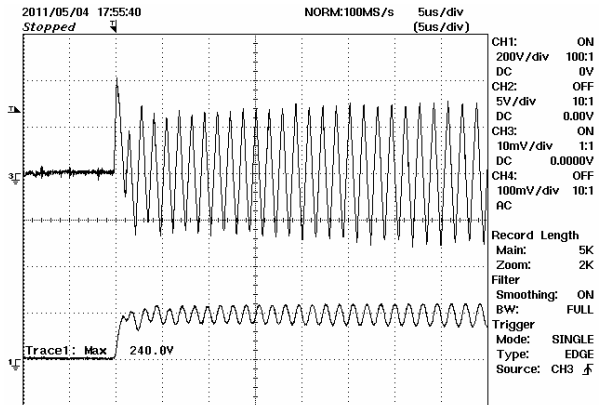


图16 - 满载启动, 电阻性负载
上: 初级电流, 2 A/格
下: 谐振电容(C11)电压, 200 V, 5 μ S/格

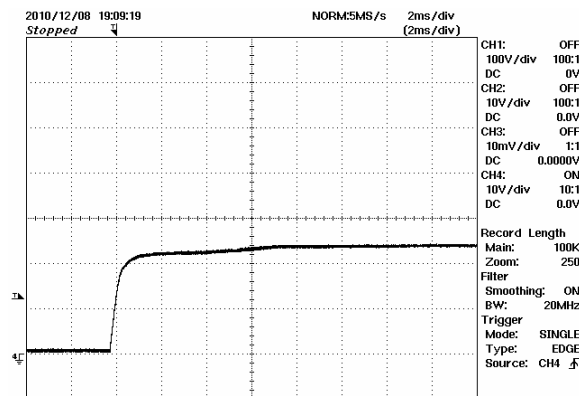


图17 - 启动时的空载输出电压, 10 V, 2 ms/格



12.3 输出电压跌落

图18和19是通过在初级电流上升时关断输入电压供电和触发示波器获取的。

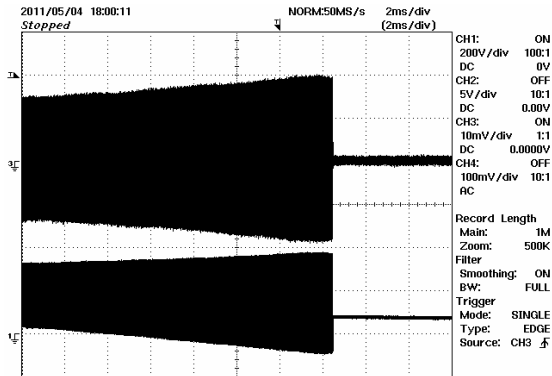


图18 - 输出电压跌落
上: 初级电流, 2 A/格
下: 初级电压, 200 V, 2 ms/格

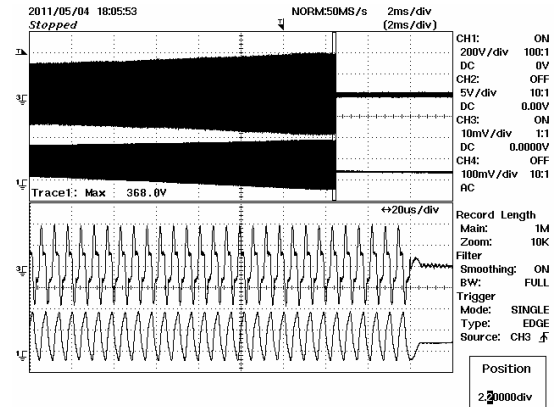


图19 - 输出电压跌落, 放大视图
上: 初级电流, 2 A/格
下: 谐振电容电压, 200 V, 20 μs/格

12.4 输出过载

图20是通过逐步增大输出负载, 直至触发初级过流和电源进入自动重启模式而获取的。

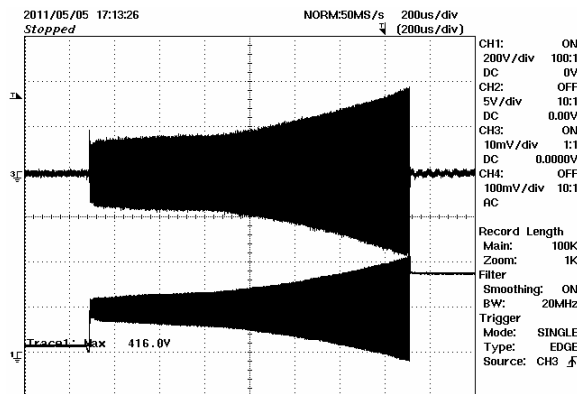


图20 - 输出过载
上: 初级电流, 2 A/格
下: 谐振电容电压, 200 V, 200 μs/格



12.5 输出二极管峰值反向电压

下面的波形是在满载和380/420 VDC输入下测得的。

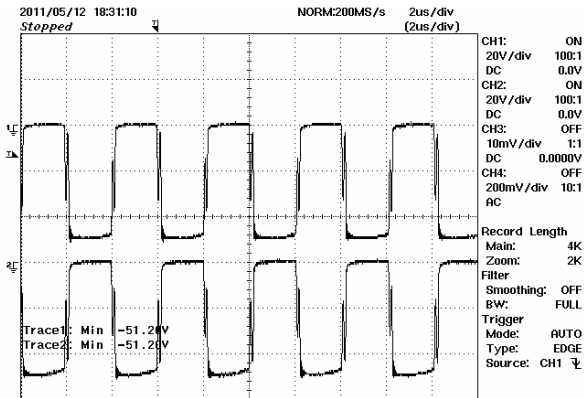


图21 – 输出二极管峰值反向电压，380 VDC输入，20 V，2 μs/格

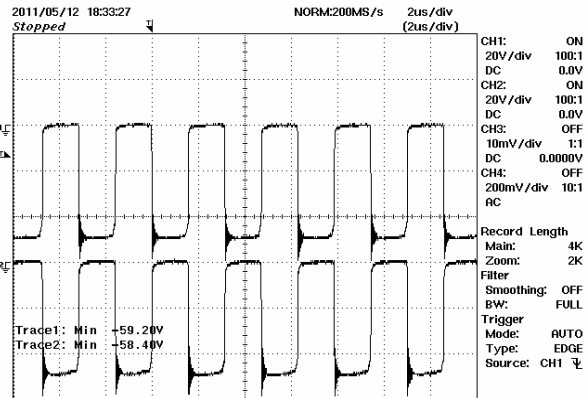


图22 – 输出二极管峰值反向电压，420 VDC输入，20 V，2 μs/格

12.6 短路

为进行以下测试，在150 W负载、380 VDC输入下使用一个汞位移继电器（无触点抖动且阻抗极低）对电源输出进行短路。示波器设置为在电流上升时触发。

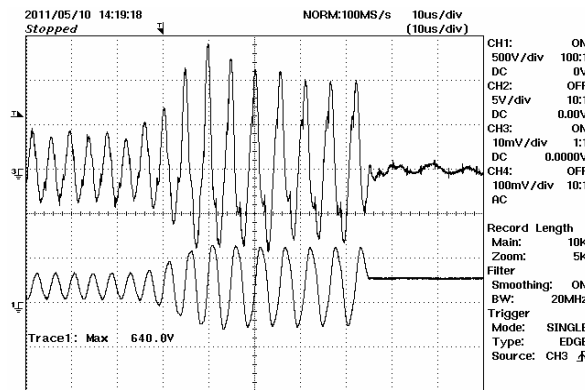


图23 – 输出短路时的初级波形
上：初级电流，2 A/格
下：谐振电容电压，500 V，10 μs/格



12.7 负载阶跃响应, 380 VDC 输入

在下面的图形中, 负载电流阶跃作为触发源对示波器进行触发。在图24中, 信号平均模式用于将电源阶跃响应信号与输出纹波相分离。

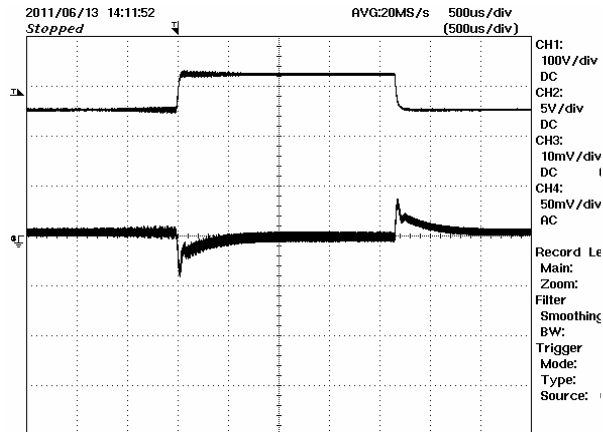


图24 - 瞬态响应, 75%-100%-75%负载阶跃
上: I_{OUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 50 mV, 500 μ s/格

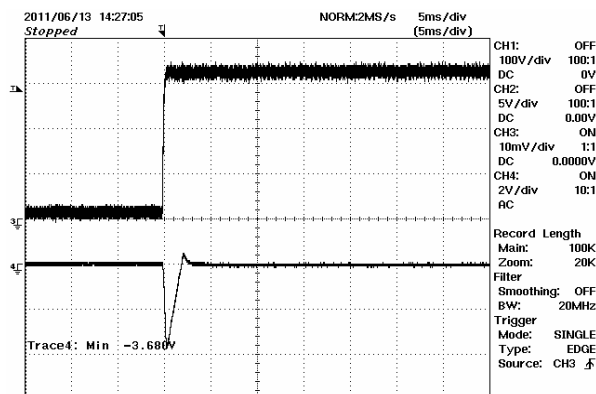


图25 - 负载阶跃, 0-100%负载, 380 V输入
上: I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 2 V, 5 ms/格

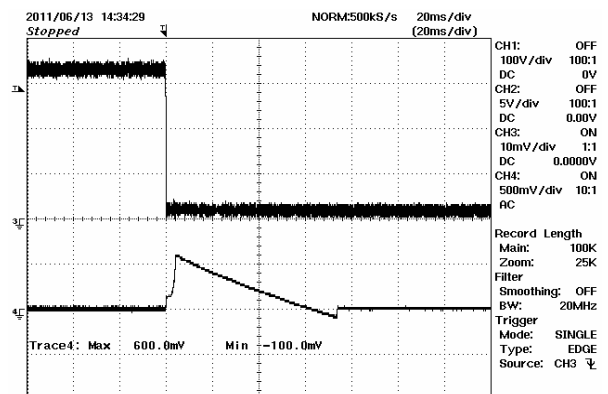


图26 - 负载阶跃, 100%-0%负载, 380 V输入
上: I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 500 mV, 20 ms/格



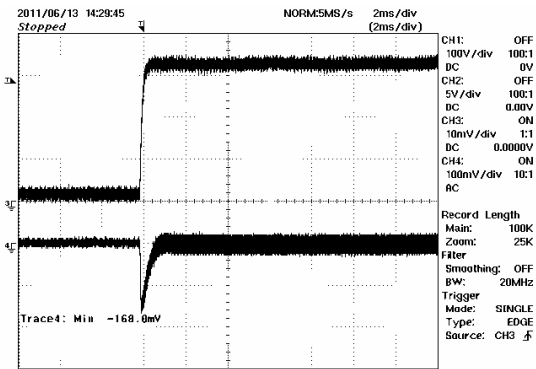


图27 - 负载阶跃, 20 mA-100%负载, 380 V输入上: I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 100 mV, 2 ms/格

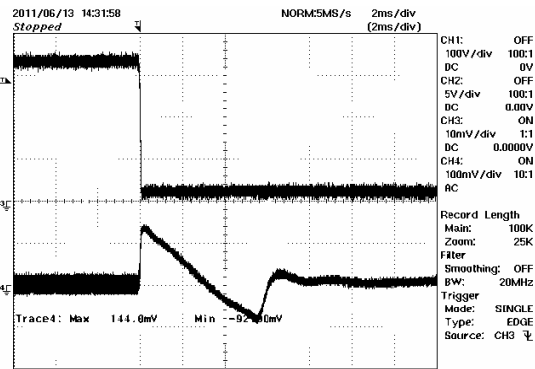


图28 - 负载阶跃, 100%-20 mA负载, 380 V输入上: I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 100 mV, 2 ms/格

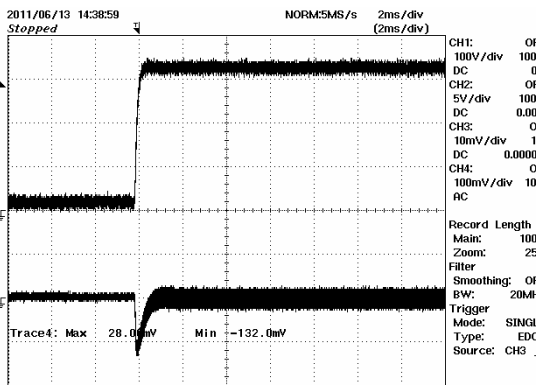


图29 - 负载阶跃, 1%-100%负载, 380 V输入上: I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 100 mV, 2 ms/格

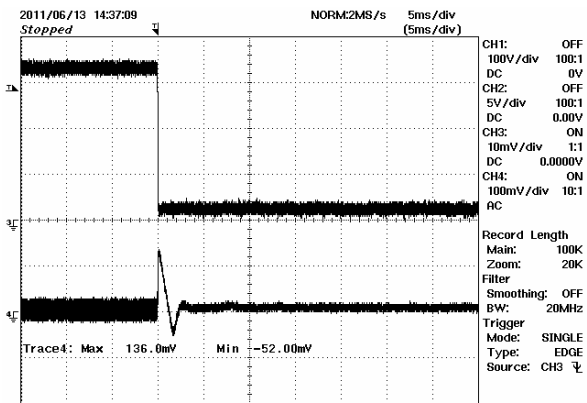


图30 - 负载阶跃, 100%-1%负载, 380 V输入上:
 I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 100 mV, 5 ms/格



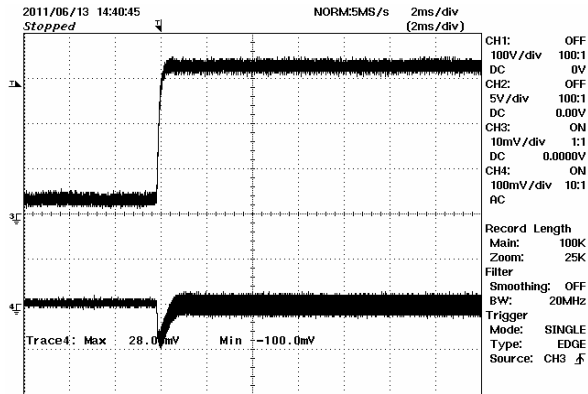


图31 - 负载阶跃, 5%-100%负载, 380 V输入
上: I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 100 mV, 2 ms/格

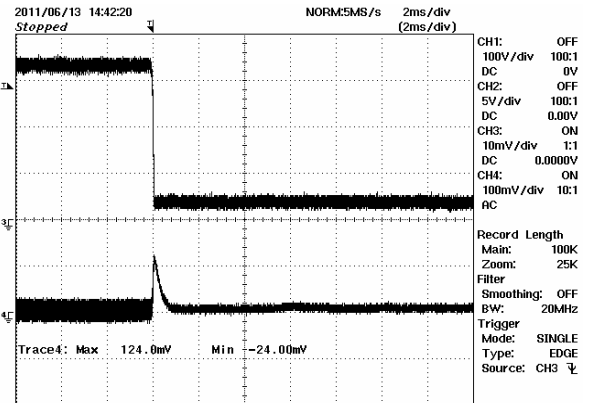


图32 - 负载阶跃, 100%-5%负载, 380 V输入
上: I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 100 mV, 2 ms/格

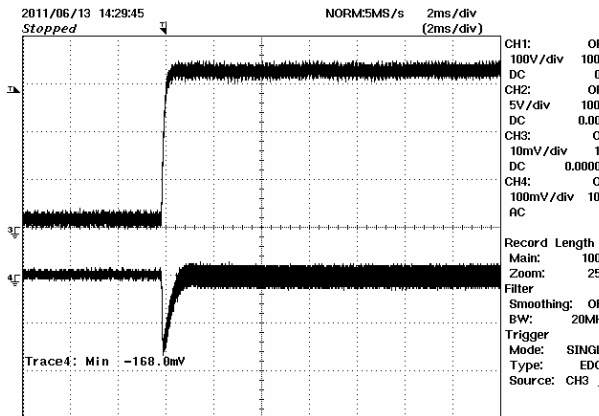


图33 - 负载阶跃, 10%-100%负载, 380 V输入
上: I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 100 mV, 2 ms/格

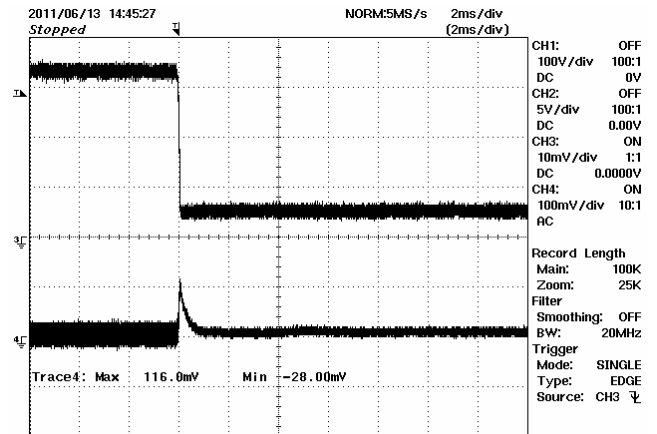


图34 - 负载阶跃, 100%-10%负载, 380 V输入
上: I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 100 mV, 2 ms/格



12.8 负载阶跃响应, 400 VDC输入

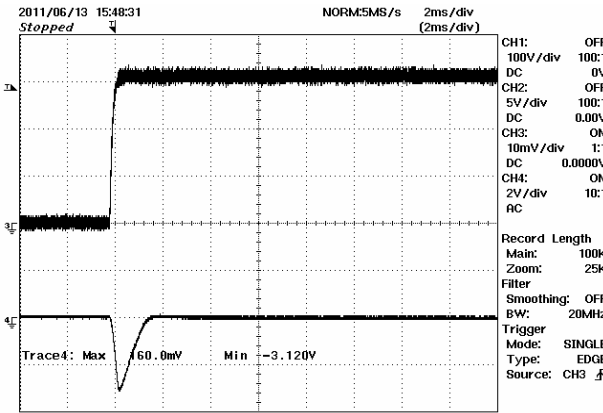


图35 - 负载阶跃, 0-100%负载, 400 V输入
上: I_{OUTPUT}, 2 A/格
下: V_{OUT}, 2 V, 2 ms/格

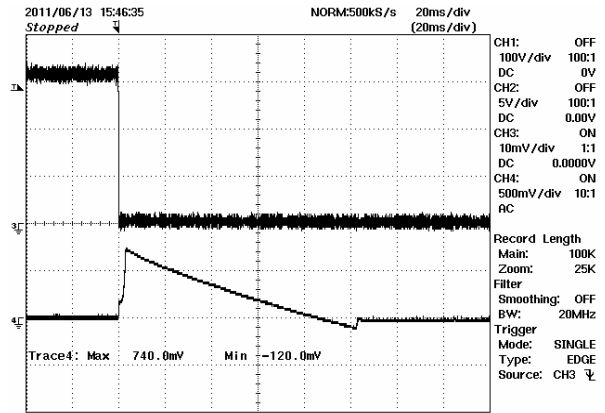


图36 - 负载阶跃, 100%-0负载, 400 V输入
上: I_{OUTPUT}, 2 A/格
下: V_{OUT}, 500 mV, 20 ms/格

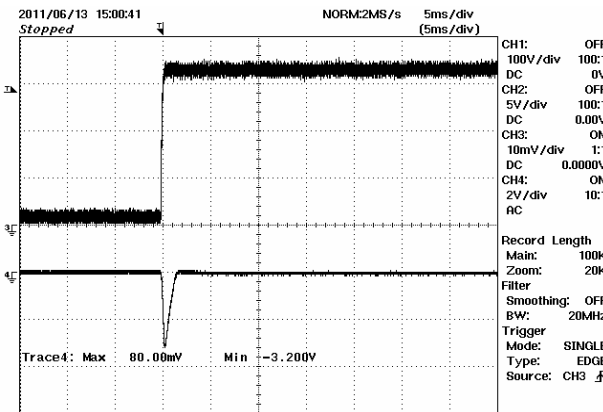


图37 - 负载阶跃, 20 mA-100%负载, 400 V输入
上: I_{OUTPUT}, 2 A/格
下: V_{OUT}, 2 V, 5 ms/格

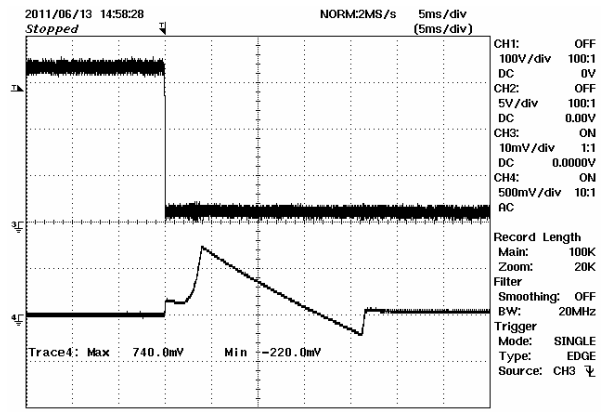


图38 - 负载阶跃, 100%-20 mA负载, 400 V输入
上: I_{OUTPUT}, 2 A/格
下: V_{OUT}, 500 mV, 5 ms/格



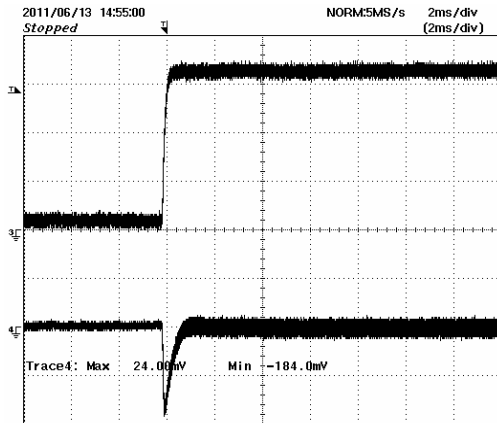


图39 - 负载阶跃, 1%-100%负载, 400 V输入上:
上: I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 100 mV, 2 ms/格

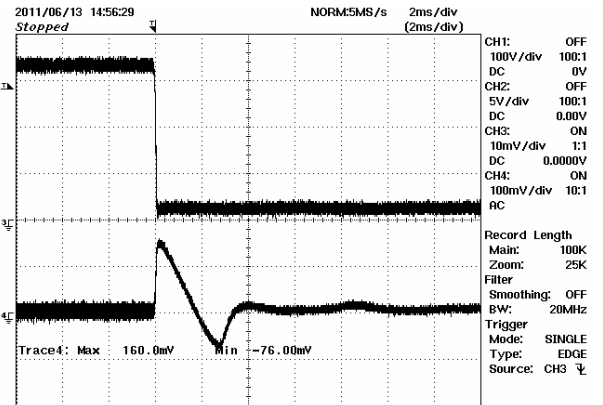


图40 - 负载阶跃, 100%-1%负载, 400 V输入
上: I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 100 mV, 2 ms/格

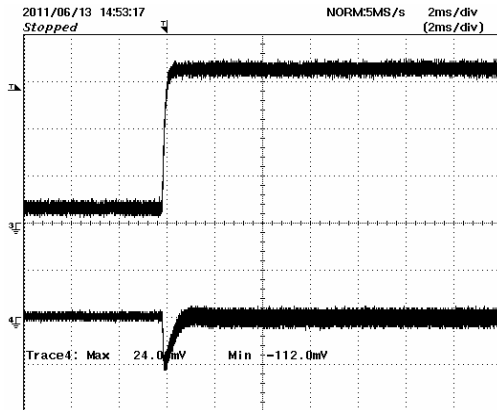


图41 - 负载阶跃, 5%-100%负载, 400 V输入上:
上: I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 100 mV, 2 ms/格

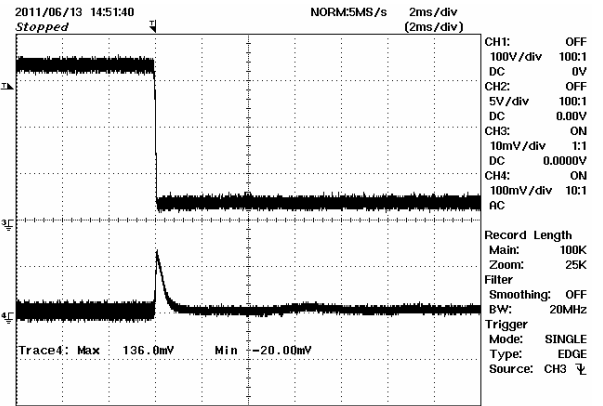


图42 - 负载阶跃, 100%-5%负载, 400 V输入
上: I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 100 mV, 2 ms/格



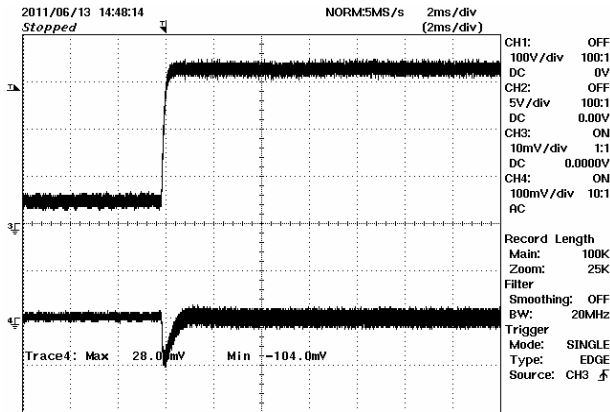


图43 - 负载阶跃, 10%-100%负载, 400 V输入
上: I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 100 mV, 2 ms/格

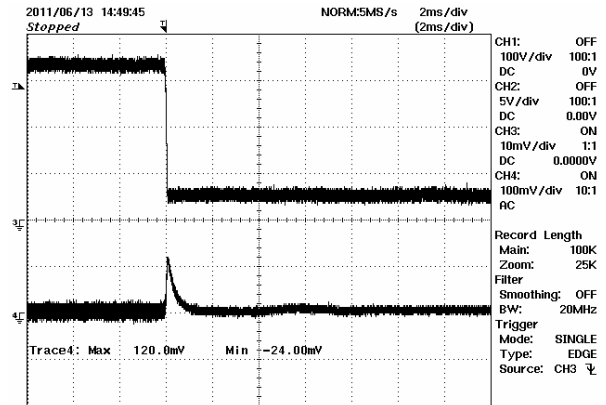


图44 - 负载阶跃, 100%-10%负载, 400 V输入
上: I_{OUTPUT} , 2 A/格
下: V_{OUT} , 100 mV, 2 ms/格



12.9 输出纹波测量

12.9.1 纹波测量技巧

为进行DC输出纹波测量，必须采用经改装的示波器测试探头，以便降低噪声拾取造成的低杂散信号。探头改装细节如下图所示。

在4987BA探头适配器上附加两个电容，这两个电容在探头尖上并联。它们分别是一(1)个0.1 μF /50 V陶瓷电容和一(1)个1.0 μF /50 V铝电解电容。铝电解电容经过极化处理，因此必须在DC输出上保持适当的极性（见下图）。

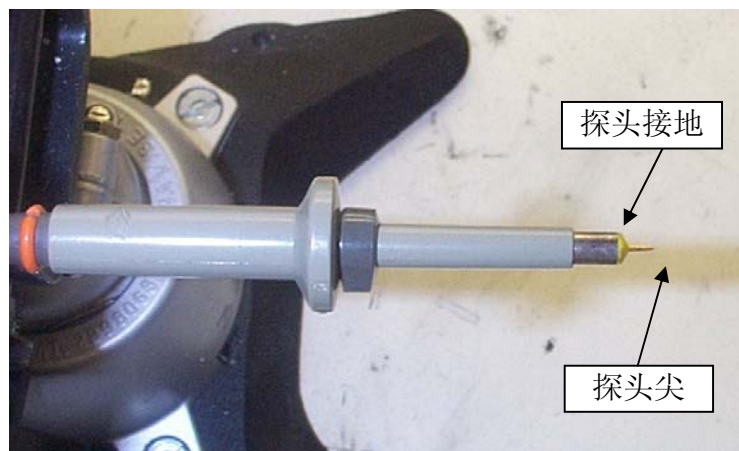


图45 - 准备用于纹波测量的示波器探头。（端盖和接地引线已拆下）



图46 - 附加Probe Master (www.probemaster.com) 4987A BNC适配器的示波器探头。（使用纹波测量用导线进行了改装，添加了两个并联的去耦电容）



12.9.2 输出纹波测量结果

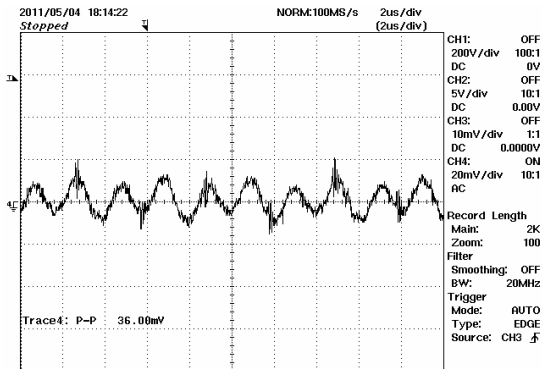


图47 - 纹波, 380 VDC输入, 100%负载上: 输出纹波电压, 20 mV/格, 2 μ s/格

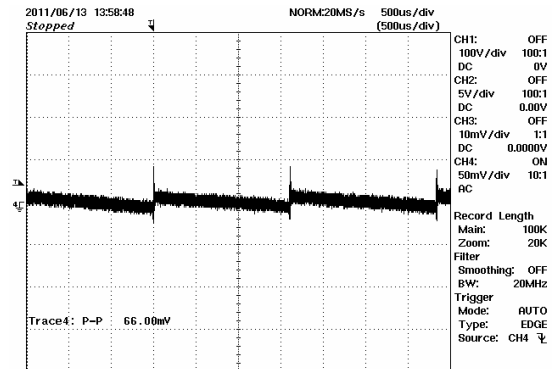


图48 - 纹波, 400 VDC输入, 空载上: 输出纹波电压, 50 mV/格, 500 μ s/格。电源处于脉冲串模式。



13 温度测量

13.1 条件: 380 VDC, 满载, 连续工作1小时



图49 – 可见光下变压器前视图

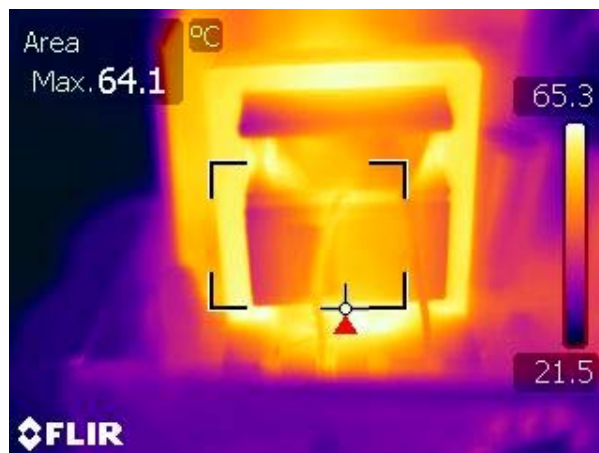


图50 – 满载下变压器热像前视图, 室温

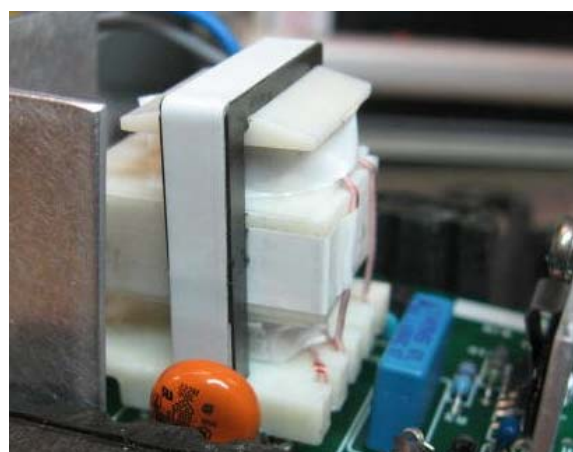


图51 – 可见光下变压器侧视图

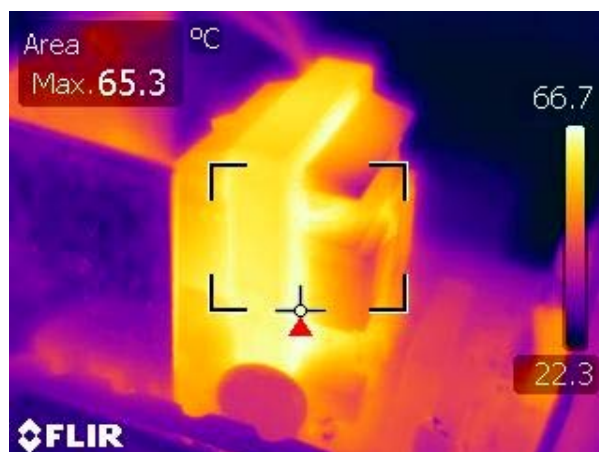


图52 – 满载下变压器热像侧视图, 室温



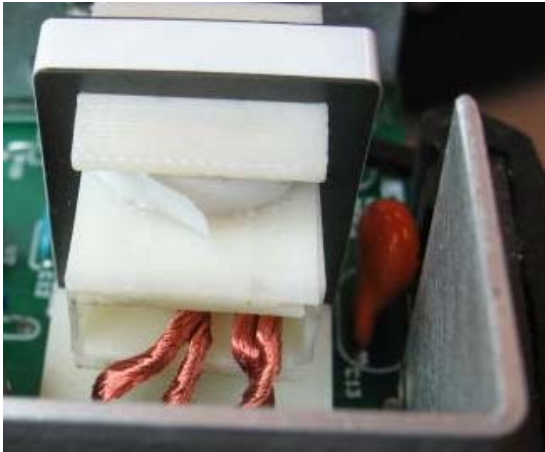


图53 - 可见光下变压器后视图

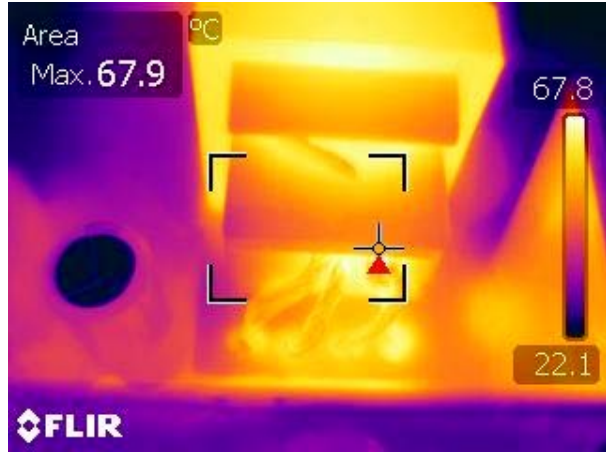


图54 - 满载下变压器热像后视图, 室温



图55 - 可见光下输出整流管前视图

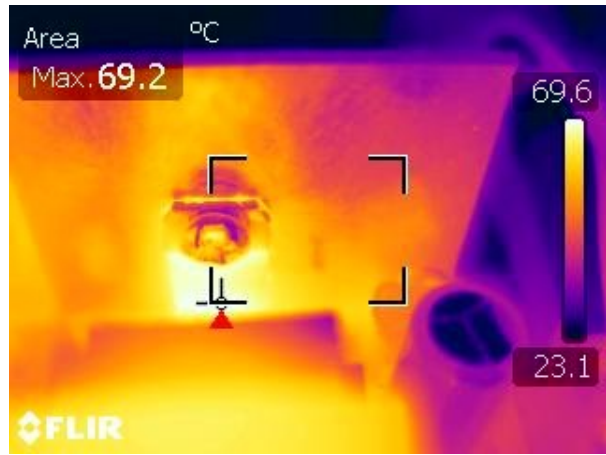


图56 - 满载下输出整流管热像视图, 室温

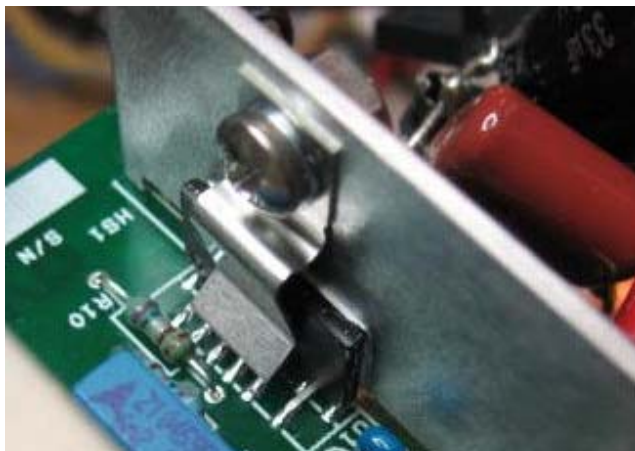


图57 – 可见光下HiperLCS前视图

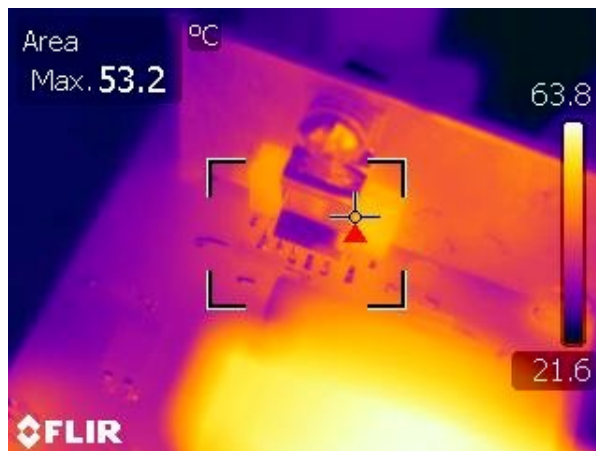


图58 – 满载下HiperLCS热像视图，室温



14 增益相位图

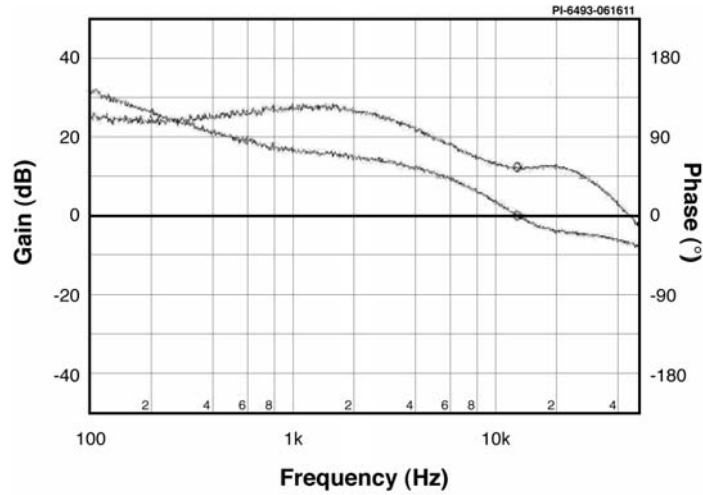


图59 – 增益相位，0.06 V激励电压增益交叉频率12.9 kHz，相位增益57度



15 版本历史

日期	作者	修订版本	说明与变更	审核人
2011年9月13日	RH	1.0	初始版本	Apps & Mktg



有关最新产品信息, 请访问: www.powerint.com

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

PATENT INFORMATION

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

The PI logo, TOPSwitch, TinySwitch, LinkSwitch, DPA-Switch, PeakSwitch, CAPZero, SENZero, LinkZero, HiperPFS, HiperTFS, HiperLCS, Qspeed, EcoSmart, Clampless, E-Shield, Filterfuse, 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: +86-021-6354-6323
Fax: +86-021-6354-6325
e-mail:
chinasales@powerint.com

中国 (深圳)

Rm A, B & C 4th Floor, Block C,
Electronics Science and
Technology Building
2070 Shennan Zhong Road
Shenzhen, Guangdong,
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: +49-89-5527-3911
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 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:
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