

设计范例报告

标题	使用HiperLCS™ LCS700HG设计的100 W超薄(11 mm) LLC DC-DC转换器
规格	380 VDC输入；24 V，3 A和12 V，2.32 A输出
应用	LCD电视机
作者	应用工程部
文档编号	DER-282
日期	2011年9月13日
修订版本	1.2

特色概述

- 元件数量极少
 - 可实现低元件数和小尺寸的高集成度解决方案
 - 低成本SMD (D-PAK)输出二极管可消除散热片及安装成本
- 高工作频率(270 kHz)可缩减尺寸和成本
 - 允许使用陶瓷输出电容
 - 可减小变压器尺寸 - 本设计使用了超薄EFD30变压器
 - 脉冲串模式可确保在空载条件下实现稳压
- 高效率
 - 在100%负载点的效率>94%，在50%负载点的效率>93%
 - 通过电容电流检测进一步降低功耗

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	重要说明.....	4
2	简介.....	5
3	电源规格.....	7
4	电路原理图.....	8
5	电路描述.....	9
5.1	初级.....	9
5.2	输出整流.....	11
6	PCB布局.....	12
7	物料清单(BOM).....	13
8	变压器规格.....	15
8.1	电气原理图.....	15
8.2	电气规格.....	15
8.3	材料.....	15
8.4	变压器结构图.....	16
8.5	骨架 – 编号惯例.....	16
8.6	变压器构造.....	17
8.7	绕制演示.....	18
9	输出电感规格.....	23
9.1	电气规格.....	23
9.2	材料列表.....	23
10	LLC谐振转换器设计表格.....	24
11	散热片组件.....	30
12	性能数据.....	31
12.1	效率 – 在100%、50%、20%和10%负载下.....	31
12.1.1	效率数据.....	31
12.2	输出交叉稳压.....	31
12.2.1	交叉稳压数据.....	31
12.3	启动与关断体电压.....	31
13	波形.....	32
13.1	半桥电压和电流, 正常工作.....	32
13.1.1	在380 VDC输入下测得.....	32
13.2	输出电压启动特征.....	33
13.3	负载瞬态响应 (380 VDC输入下的5%至100%负载阶跃).....	34
13.4	输出电压跌落.....	36
13.5	输出二极管峰值反向电压.....	37
13.6	短路.....	37
13.7	输出纹波测量.....	38
13.7.1	纹波测量技巧.....	38
13.7.2	输出纹波测量结果.....	39



14	温度测量.....	40
14.1	条件: 380 VDC, 满载, 连续工作 1 小时.....	40
15	版本历史.....	42

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。此外, 变压器要求采用合适的罩壳以便满足初级至磁芯至次级间距要求。



1 重要说明

为确保正常工作，必须在电路板的+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的大容量电容。

电路板要求采用一个12 V外部偏置电源以确保正常工作。请勿施加高于15 V的电压，否则IC将损坏。

该电源具有短路保护功能，但不提供输出过压保护。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快速升高，足以击穿输出肖特基整流管(D2-D3)并损坏它们。因此，在执行此测试前必须添加过压保护电路。

脉冲串模式功能在轻载和高输入电压条件下可导致稍微较高的纹波电压。本设计选用了LCS700HG的脉冲串模式-2¹。

根据适用的规格选取合适的电容C3值可对软启动性能进行优化。

本设计使用了表面贴装型肖特基二极管整流管。采用本设计时必须仔细评估电压降额要求。应根据降额要求换用更高额定值的元件。

¹ 请参阅HiperLCS数据手册了解有关脉冲串模式工作原理的详细信息。



2 简介

本文档是一份工程报告，介绍一款使用集成LCS700HG的LLC控制/功率级IC设计的12 V/24 V、100 W LLC DC-DC谐振转换器。该电源适用于带LED背光的LCD电视机。电视机电路板要求提供+12 VDC和+380 VDC输入。

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。

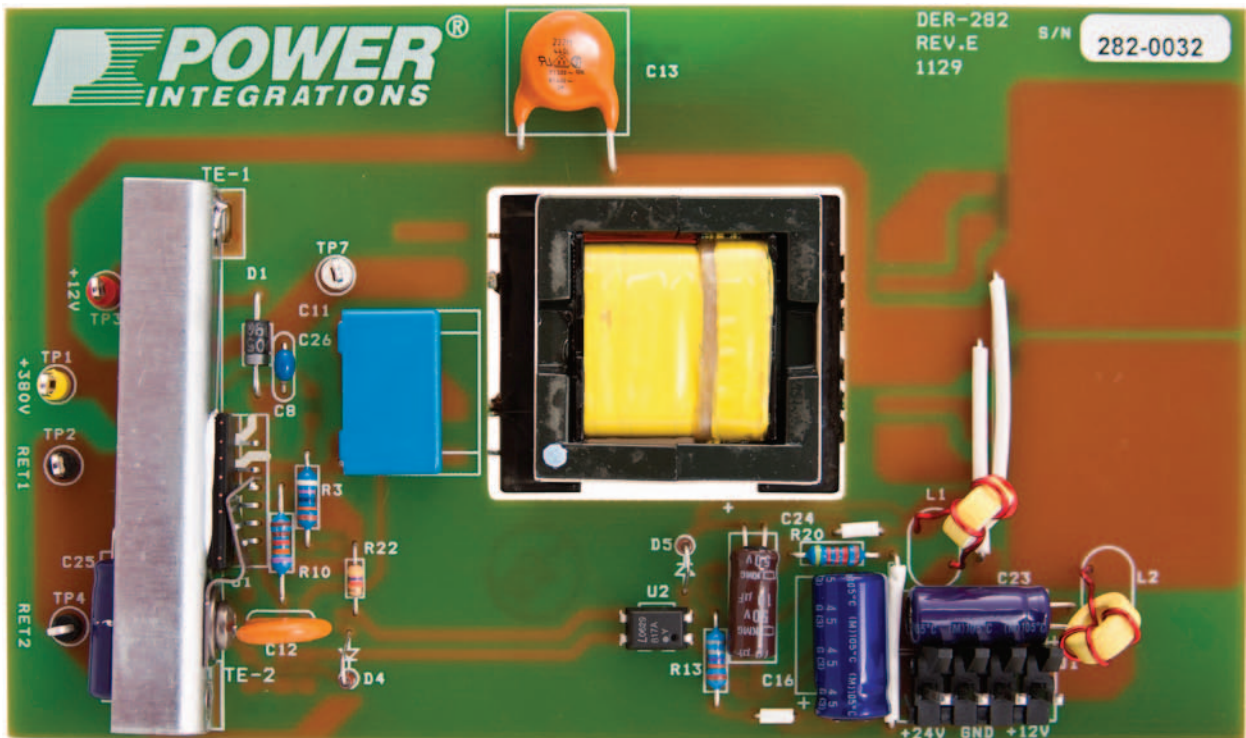


图1 – 装配后的电路板图片，顶视图（长：136.27 mm x 宽：79.88 mm）



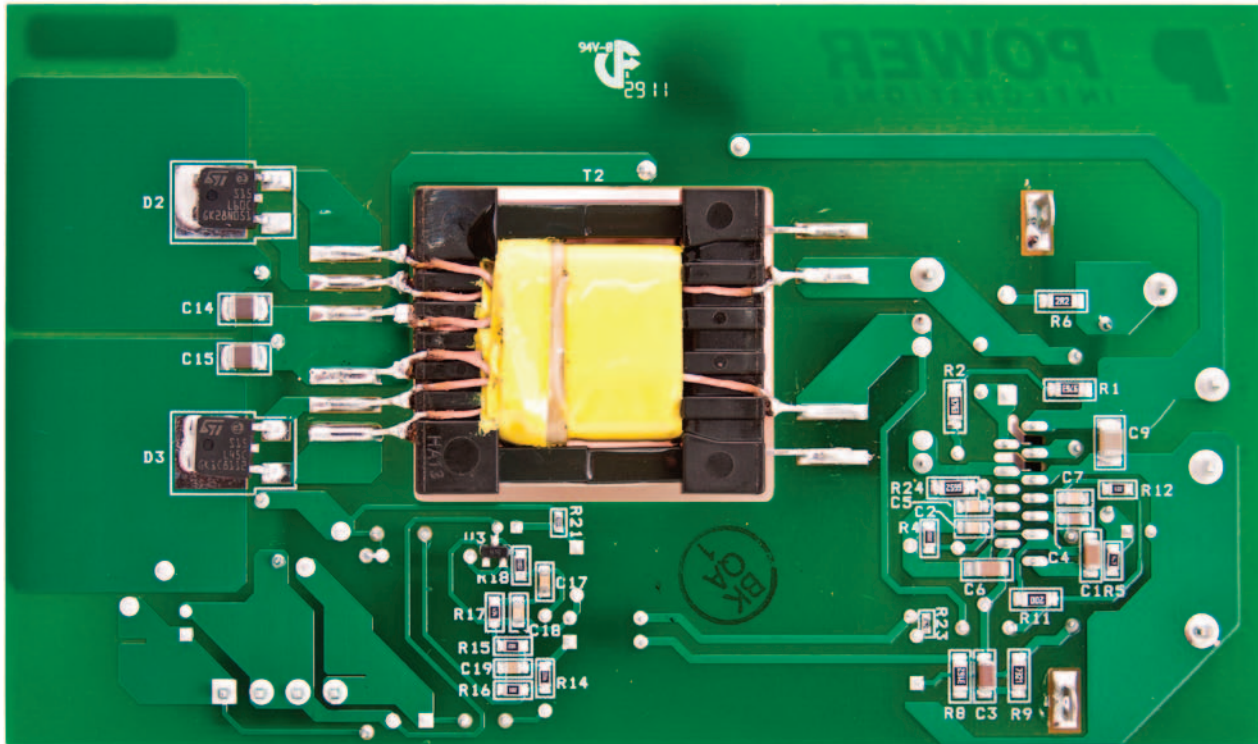


图2 – 装配后的电路板图片，底视图

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}	300	380	420	VDC	仅直流输入。
输出 输出电压1	V_{OUT1}	11.4	12	12.6	V	±5% 20 MHz带宽 两个输出的总负载≤ 100 W
输出峰-峰值纹波电压1	$V_{RIPPLE1}$			120	mV	
输出电流1	I_{OUT1}	0.01	2.33	3.00	A	
输出电压2	V_{OUT2}	22.8	24	25.2	V	±5% 20 MHz带宽 两个输出的总负载≤ 100 W
输出峰-峰值纹波电压2	$V_{RIPPLE2}$			240	mV	
输出电流2	I_{OUT2}	0.01	3.00	3.00	A	
总输出功率 连续输出功率	P_{OUT}			100	W	
峰值输出功率	P_{OUT_PEAK}			100	W	
效率 20%负载	η	89.5	90		%	DC-DC转换器目标效率, 在25°C、 380 VDC输入条件下测得
50%负载	η	93.3	94		%	DC-DC转换器目标效率, 在25°C、 380 VDC输入条件下测得
100%负载	η	94	94.5		%	DC-DC转换器目标效率, 在25°C、 380 VDC输入条件下测得



4 电路原理图

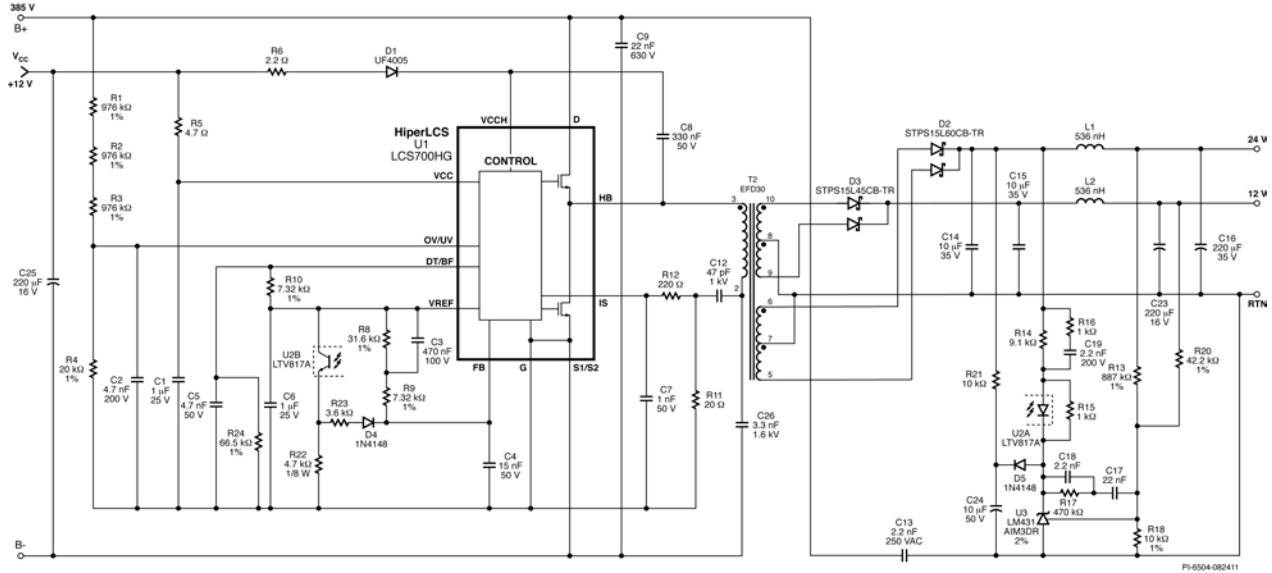


图3 - 示意图



5 电路描述

图3所示为一款使用LCS700HG器件设计的12 V/24 V、100 W LLC DC-DC转换器的电路图，适用于LCD电视机应用。该电路要求提供+12 V和+380 V的输入电源以进行工作。

为确保正常工作，必须在电路板的+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的大容量电容。

请勿对12 V输入施加高于15 V的电压，否则IC将损坏。

5.1 初级

集成电路U1集成了LLC谐振半桥转换器所需的控制电路、驱动器和输出器件。U1的HB输出引脚经由隔直电容/谐振电容(C26)驱动输出变压器T2。该电容的额定值应根据工作纹波电流来确定，所选取的电压额定值必须能够耐受故障条件下的电压水平。电容C26可满足这些要求。

变压器T2的设计漏感为100 μ H。T2与谐振电容C26根据以下公式共同将初级串联谐振频率设定为约280 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(C26)（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。次级绕组圈数的选择是在磁芯损耗与铜损耗之间进行折中的结果。AWG #42用于初级绕组和次级绕组。该线规可在约270 kHz下提供良好的效率。每种线规股数的选择是在适配性与铜损耗之间进行折中的结果。所采用的磁芯材料为Ferroxcube 3F3，该材料适用于高频率工作。TDK PC95也比较适用。测试发现，270 kHz的工作频率是在变压器尺寸、输出滤波器电容和效率之间折中后的最佳频率点。

元件D1、R6和C8形成自举电路，为U1的顶侧驱动器供电。元件R5和C1对+12 V输入进行滤波和旁路。分压器R1至R4用于设定U1的高压导通和过压阈值。当额定输入过压点为473 VDC时，所选取的分压器值可将LLC导通阈值设定在360 VDC，将关断阈值设定在285 VDC。



电容C9是用于+380 V输入的高频率旁路电容。

电容C12与C26一起形成分流器，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，应采用薄膜或NPO/COG陶瓷等稳定的低损耗介质。根据以下公式，所选取的值可将1周期（快速）流限值设定在3.2 A左右，将8周期（慢速）流限值设定在1.8 A左右：

$$I_{CL} = \frac{0.5}{\left(\frac{C12}{C26 + C12}\right)(R11)}$$

I_{CL} 是8个周期流限值（单位A），R11是限流电阻（单位Ohms），C26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，可在上面公式的分子中用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的设定值为220 Ω，这是最大容许电阻。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。这些元件应直接放置在IS引脚，以便发挥最大效用。

电阻R10将死区时间设定为320 ns。反馈(FB)引脚具有每μA流入反馈引脚的电流的频率为2.6 kHz的近似特性。注入FB引脚的电流可提高U1的工作频率，从而降低输出电压。R8与R9相串联可设定U1的最小工作频率。该设定值通常略低于在输出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FB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。当R9值小于R10值时，将会在开关开始之前造成延迟。

光耦器U2对IC U1的反馈引脚提供驱动。电容C4对FB引脚进行滤波。为防止FB引脚上的耦合噪声导致初级占空比不对称，本设计中的C4选用了15 nF电容。将C4增至非常高的值通常会导致不稳定。

电阻R22为光耦器提供负载，并在脉冲串模式下加快强信号瞬态响应的响应速度。建议值为~4.7 kΩ。二极管D4可防止在光耦器截止时R22与R8形成负载通路。电阻R23可增强电源的抗ESD及抗浪涌能力。它还可以改善脉冲串模式工作时输出端的输出纹波电压。其最大值必须满足当光耦器饱和且FB引脚电压为2.0 V时，FB引脚电流等于DT/BF引脚电流（请参见PIXIs中的HiperLCS设计表格）。这样是为了确保，在HiperLCS没退出启动模式的情况下（因为反馈环路不允许开关频率降到 F_{STOP} 以下），HiperLCS仍可以以 F_{MAX} 频率的脉冲串工作方式，对轻载条件下的输出电压实现稳压。



在脉冲串模式期间，功率转换电路可经历部分ZVS失去（非完全ZVS失去）。如果一大部分开关脉冲失去ZVS，效率将会降低。有时，在某些输入电压和负载范围内效率会明显降低。当脉冲串占空比较高(15~30%)以及大部分脉冲都明显失去ZVS时，会发生这一情况。在高输入电压及轻载条件下（如1%负载，420 VDC输入），这一情况会变得更为严重。ZVS失去可导致器件过热和关断，甚至是损坏。减小死区时间（提高 F_{MAX} ）和提高 F_{START} 时可使这一情况更加恶化，因为更高的工作频率会降低变压器的励磁电流，从而导致变压器没有足够的储能对MOSFET输出电容(C_{OSS})进行充放电。在实际设计中，PFC输出电压不会无限期地保持异常高的值。在负载突变的情况下，而是会很快返回额定值。这表明，在确定脉冲串模式ZVS失去时，只需考虑最大额定PFC输出电压。

5.2 输出整流

变压器T2的输出由二极管D2和D3以及电容C14和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介质电容将不适用于此应用。其他的输出滤波由L1、L2、C16和C23提供。电阻R13、R18和R20与U3参考电压相配合，可设定电源的输出电压。电压检测电阻经过设置后，可使12 V输出主导总调节。误差放大器U3经由R14对反馈光耦器U2提供驱动。元件C17-19和R14-17可决定转换器的增益相位特性。



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。



6 PCB布局

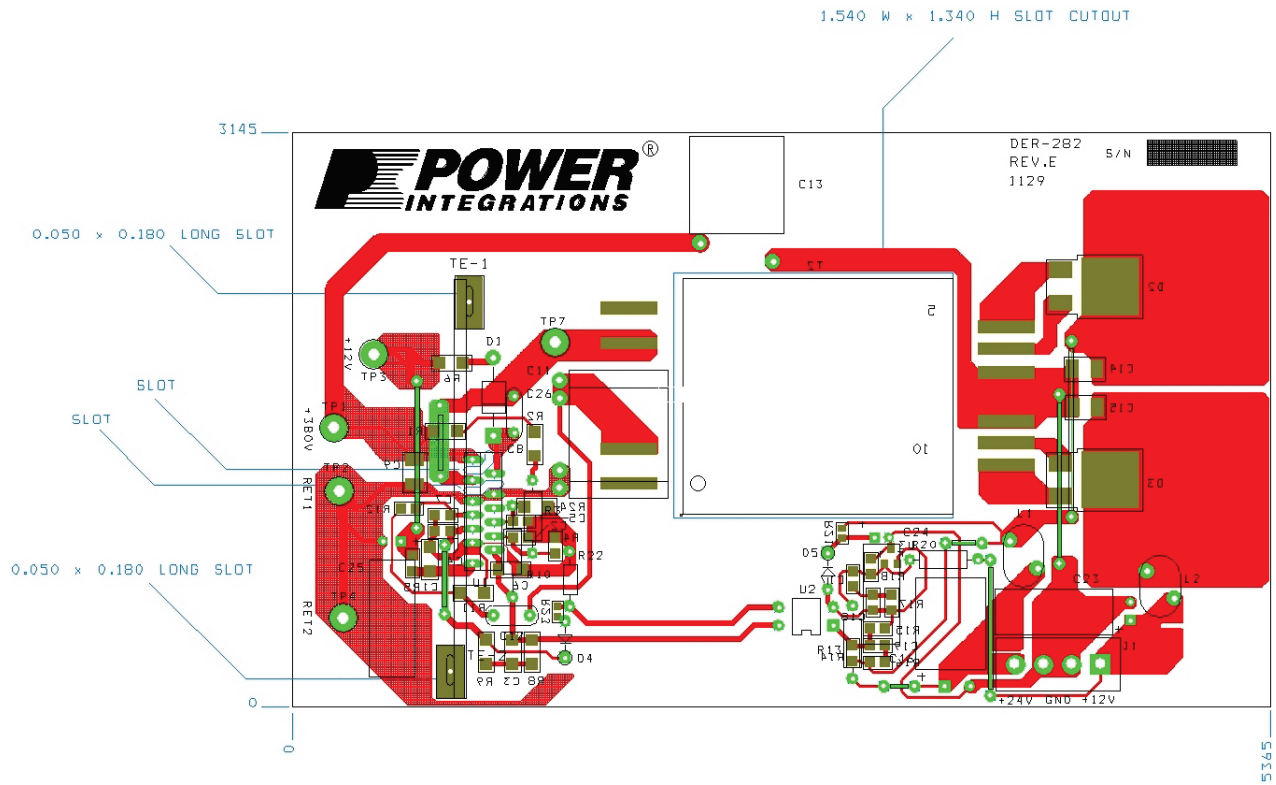


图4 - 印刷电路板布局



7 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	1	C2	4.7 nF, 200 V, 陶瓷, X7R, 0805	08052C472KAT2A	AVX
3	1	C3	470 nF, 100 V, 陶瓷, X7R, 1206	C3216X7R2A474K	TDK
4	1	C4	15 nF, 50 V, 陶瓷, X7R, 0805	ECJ-2VB1H153K	Panasonic
5	1	C5	4.7 nF, 50 V, 陶瓷, X7R, 0805	ECJ-2VB1H472K	Panasonic
6	1	C7	1 nF, 50 V, 陶瓷, X7R, 0805	ECJ-2VB1H102K	Panasonic
7	1	C8	330 nF, 50 V, 陶瓷, X7R	B37984M5334K000	Epcos
8	1	C9	22 nF, 630 V, 陶瓷, X7R, 1210	GRM32QR72J223KW01L	Murata
9	1	C12	47 pF, 1000 V, 圆盘状陶瓷	DEA1X3A470JC1B	Murata
10	1	C13	2.2 nF, 陶瓷, Y1	440LD22-R	Vishay
11	2	C14 C15	10 μ F, 35 V, 陶瓷, X5R, 1210	GMK325BJ106KN-T	Taiyo Yuden
12	1	C16	220 μ F, 35 V, 电解, 低ESR, 90 m Ω , (8 x 15)	ELXZ350ELL221MH15D	Nippon Chemi-Con
13	1	C17	22 nF, 200 V, 陶瓷, X7R, 0805	08052C223KAT2A	AVX
14	1	C18	2.2 nF, 200 V, 陶瓷, X7R, 0805	08052C222KAT2A	AVX
15	1	C19	2.2 nF, 50 V, 陶瓷, X7R, 0805	ECJ-2VB1H222K	Panasonic
16	2	C23 C25	220 μ F, 16 V, 电解, 低ESR, 180 m Ω , (6.3 x 15)	ELXZ160ELL221MF15D	Nippon Chemi-Con
17	1	C24	10 μ F, 50 V, 电解, 通用, (5 x 11)	EKMG500ELL100ME11D	Nippon Chemi-Con
18	1	C26	3.3 nF, 1600 V, 薄膜	B32652J1332J	Epcos
19	1	D1	600 V, 1 A, 超快速恢复, 75 ns, DO-41	UF4005-E3	Vishay
20	1	D2	60 V, 7.5 A, 肖特基, SMD, DPAK	STPS15L60CB-TR	ST
21	1	D3	45 V, 7.5 A, 双向肖特基, TO-252AA (D-PAK)	STPS15L45CB-TR	ST
22	2	D4 D5	75 V, 300 mA, 快速开关, DO-35	1N4148TR	Vishay
23	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
24	1	GREASE1	散热硅脂, 5盎司管	CT40-5	ITW Chemtronics
25	1	HS1	散热片, 自定义, 铝, 3003, 0.62厚		自定义
26	1	J1	4位(1 x 4)接头, 0.156间距, 垂直	26-48-1045	Molex
27	4	JP1 JP2 JP3 JP4	跳线, 绝缘, [高温, 如特富龙] 绝缘, #22 AWG, 1英寸	2855/1 WH005	AlphaWire
28	2	JP5 JP6	跳线, 绝缘, [高温, 如特富龙] 绝缘, #22 AWG, 0.5英寸	2855/1 WH005	AlphaWire
29	2	JP7 JP8	跳线, 绝缘, [高温, 如特富龙] 绝缘, #22 AWG, 0.25英寸	2855/1 WH005	AlphaWire
30	2	L1 L2	536 nH, 铁粉螺线管, 2引脚, 输出		
31	1	NUT1	螺母, 六角, Kep 4-40, 符合RoHS的S ZN Cr3 镀层	4CKNTZR	任何符合RoHS 标准的生产商
32	2	R1 R2	976 k Ω , 1%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8ENF9763V	Panasonic
33	1	R3	976 k Ω , 1%, 1/4 W, 金属膜	MFR-25FBF-976K	Yageo
34	1	R4	20 k Ω , 1%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6ENF2002V	Panasonic
35	1	R5	4.7 Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ4R7V	Panasonic
36	1	R6	2.2 Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ2R2V	Panasonic
37	1	R8	31.6 k Ω , 1%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8ENF3162V	Panasonic
38	1	R9	7.32 k Ω , 1%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8ENF7321V	Panasonic
39	1	R10	7.32 k Ω , 1%, 1/4 W, 金属膜	MFR-25FBF-7K32	Yageo
40	1	R11	20 Ω , 5%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8GEYJ200V	Panasonic



41	1	R12	220 Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ221V	Panasonic
42	1	R13	887 k Ω , 1%, 1/4 W, 金属膜	MFR-25FBF-887K	Yageo
43	1	R14	9.1 k Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ912V	Panasonic
44	2	R15 R16	1 k Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ102V	Panasonic
45	1	R17	470 k Ω , 5%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ474V	Panasonic
46	1	R18	10 k Ω , 1%, 1/8 W, 厚膜, 0805	ERJ-6ENF1002V	Panasonic
47	1	R20	42.2 k Ω , 1%, 1/4 W, 金属膜	MFR-25FBF-42K2	Yageo
48	1	R21	10 k Ω , 5%, 1/10 W, 厚膜, 0603	ERJ-3GEYJ103V	Panasonic
49	1	R22	4.7 k Ω , 5%, 1/8 W, 碳膜	CFR-12JB-4K7	Yageo
50	1	R23	3.6 k Ω , 5%, 1/10 W, 厚膜, 0603	ERJ-3GEYJ362V	Panasonic
51	1	R24	66.5 k Ω , 1%, 1/4 W, 厚膜, 1206	ERJ-8ENF6652V	Panasonic
52	1	SCREW1	十字机械螺钉4-40 X 1/4, 不锈钢	PMSSS 440 0025 PH	Building Fasteners
53	1	T2	自定义变压器, EFD30, 水平, 10引脚 (4初级 x 6次级)		Power Integrations
54	1	TE1 TE2	端子, 孔眼, 镀锡黄铜, Zierick PN 190	190	Zierick
55	1	TP1	测试点, 黄色, 直插式安装	5014	Keystone
56	2	TP2 TP4	测试点, 黑色, 直插式安装	5011	Keystone
57	1	TP3	测试点, 红色, 直插式安装	5010	Keystone
58	1	TP7	测试点, 白色, 直插式安装	5012	Keystone
59	1	U1	HiperLCS, ESIP16/13	LCS700HG	Power Integrations
60	1	U2	光耦器, 35 V, CTR 80-160%, 4-DIP	LTV-817A	Liteon
61	1	U3	IC, 齐纳并联稳压器ADJ SOT-23	LM431AIM3/NOPB	National Semi
62	1	WASHER1	#4平面垫圈, 不锈钢	FWSS 004	Building Fasteners



8 变压器规格

8.1 电气原理图

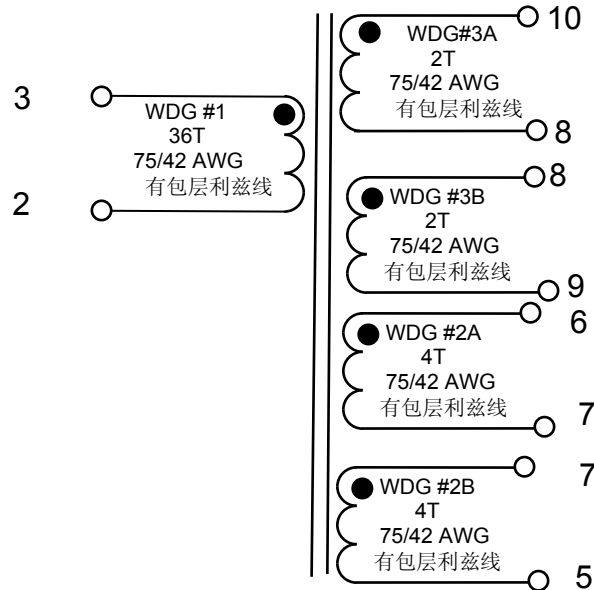


图5 – 变压器电气原理图

8.2 电气规格

绝缘强度	1秒, 60 Hz, 从引脚3-2到引脚6-10	500 VAC
初级电感量	引脚3-2, 所有其他绕组开路, 在100 kHz、 0.4 V _{RMS} 条件下测得	440 μH ±5%
谐振频率	引脚3-2, 所有其他绕组开路	1400 kHz (最小)
初级漏感	引脚3-2, 引脚5、6、7、8、9和10短接, 在 100 kHz、 0.4 V _{RMS} 条件下测得	100 μH

8.3 材料

项	说明
[1]	磁芯对: EFD30 Ferroxcube 3F3材料或同等材料
[2]	骨架: EFD30水平, 10引脚 (4初级 x 6次级) 自定义SMT骨架
[3]	胶带: 聚酯网胶带: 3M #44或同等材料, 3.0 mm宽
[4]	胶带: 聚酯薄膜, 3M 1350F-1或同等材料, 12.2 mm宽
[5]	胶带: 聚酯薄膜, 3M 1350F-1或同等材料, 5 mm宽
[6]	漆包线: 75/#42单层, 有包层利兹线
[7]	变压器浸漆, Dolph BC-359或同等材料

注: 对于有些应用, 可能需要重新设计变压器, 以便满足安全要求。



8.4 变压器结构图

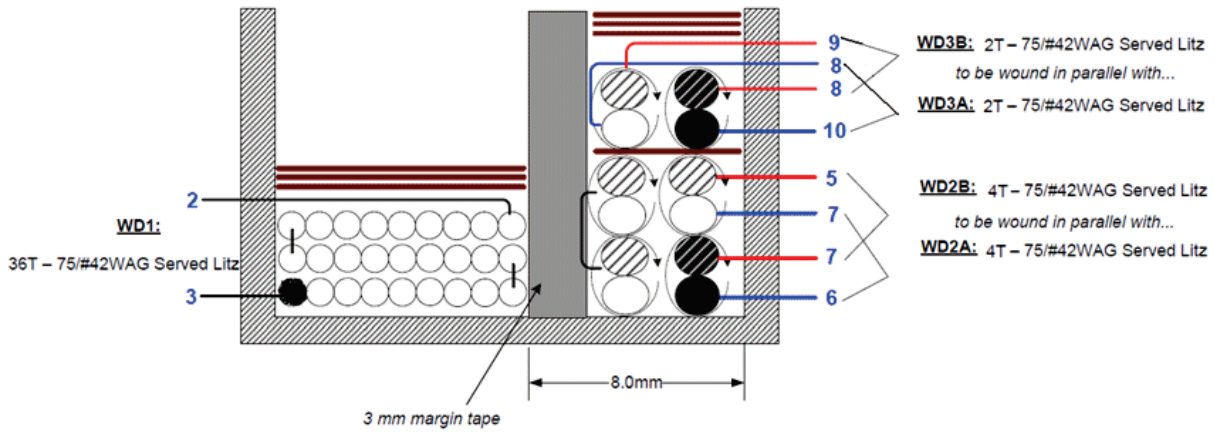


图6 – 变压器结构图

8.5 骨架 – 编号惯例

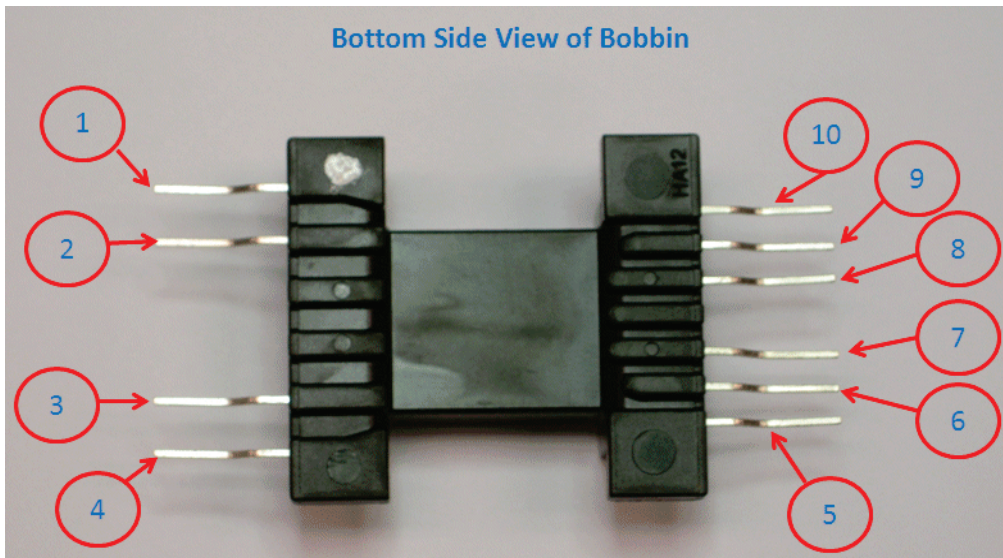


图7 – 骨架编号惯例

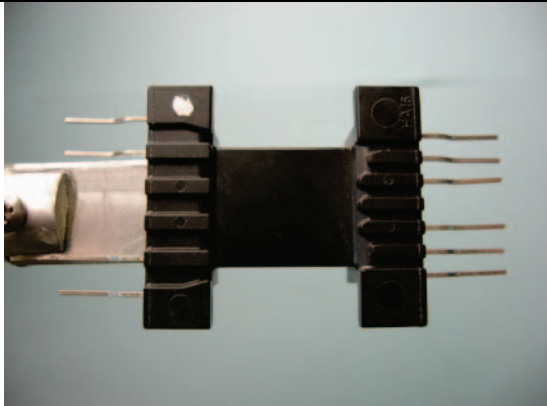


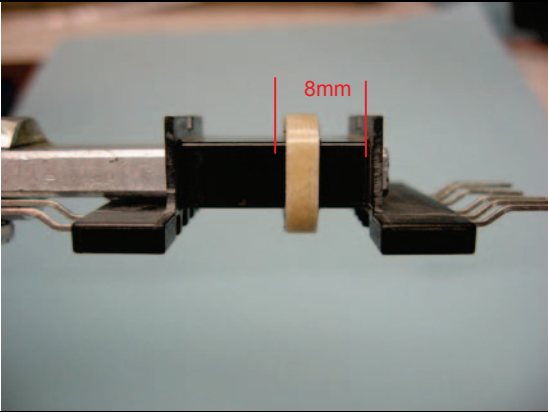
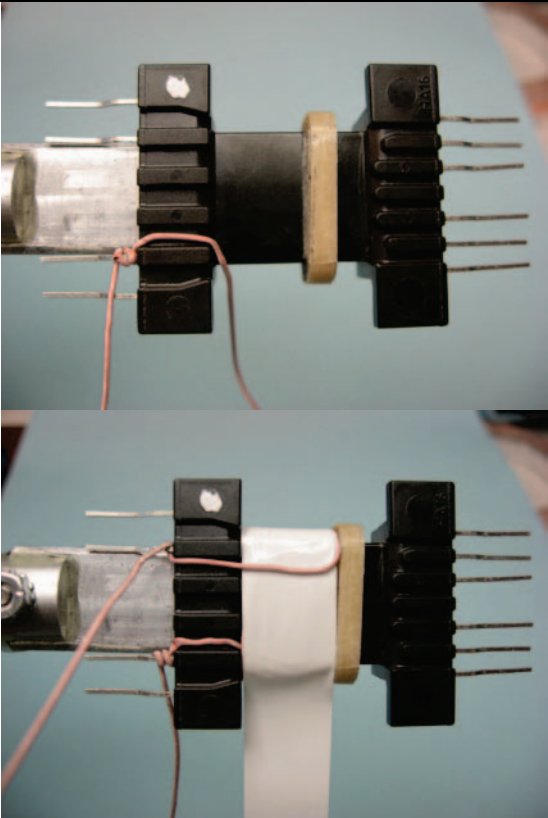
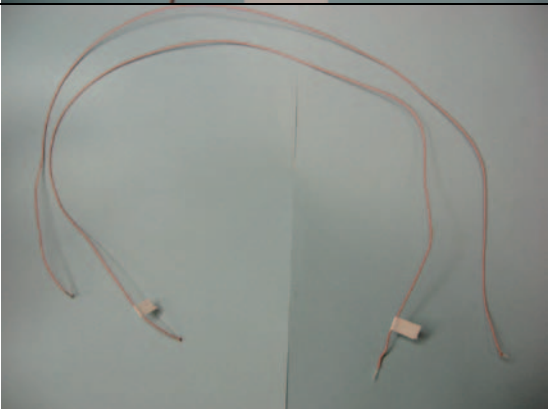
8.6 变压器构造

绕组准备	为了正确装入半磁芯，应使用细纹横割锉刀从初级和次级侧上的短凸缘锉去约 0.5 mm 的骨架材料。如图所示，将挡墙胶带[3]放到骨架右侧，使胶带最左侧边缘与骨架右侧距离 8 mm。
WD1 (初级)	从所示的位置开始，在骨架左侧缠绕 36 圈利兹线[6]，共缠 3 层左右。用 1 层胶带[4]来固定绕组。
次级导线准备	准备 2 股利兹线项[6]，长 15”，两端镀锡，将这 2 股利兹线沿其长度均匀缠卷 ~65 圈，在每端留出 1”的长度。将电缆一端标为 6 和 7，另一端则为 7 和 5。
WDG2A 和 WDG2B (次级)	如图所示，从 6 和 7 开始，在挡墙胶带与骨架右侧之间的槽内缠绕 4 圈导线，然后在 7 和 5 结束。
绝缘层	缠 1 圈胶带[5]以固定绕组。
次级导线准备	准备 2 股利兹线项[6]，长 7.5”，两端镀锡。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。将电缆一端标为 10 和 8，另一端则为 8 和 9。
WDG3A 和 WDG3B (次级)	如图所示，从 10 和 8 开始，在挡墙胶带与骨架右侧之间的槽内缠绕 2 圈导线，然后在 8 和 9 结束。
绝缘层	用 1 层胶带项[5]来固定绕组。
结束	打磨一个半磁芯的中心柱，使引脚 2 和 3 之间的电感感量达到 440 $\mu\text{H} \pm 5\%$ 。装配半磁芯，并使带接地中心柱的磁芯骨架初级侧。用清漆[7]浸渍。

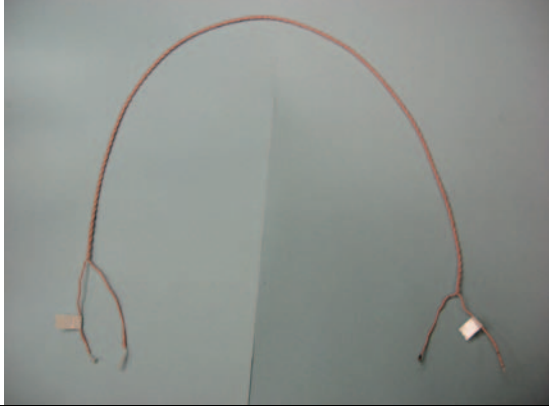
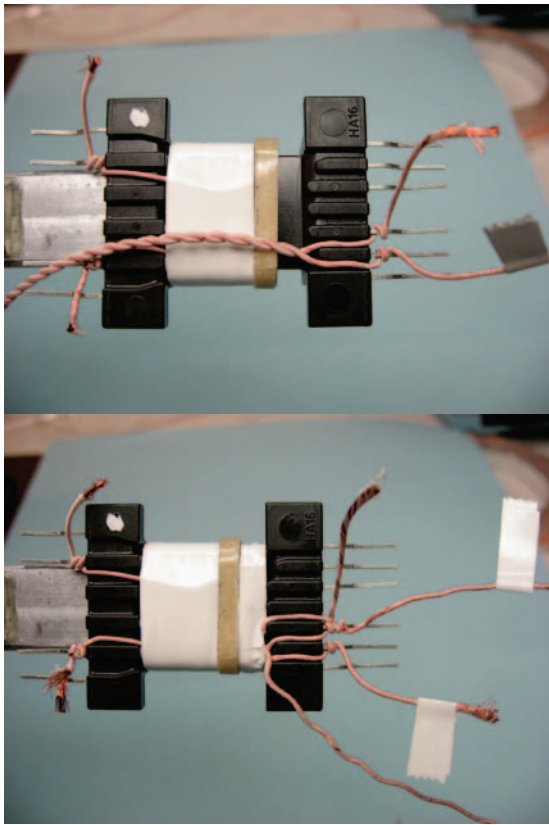
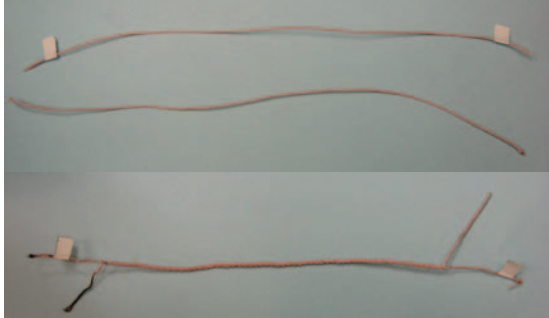


8.7 绕制演示

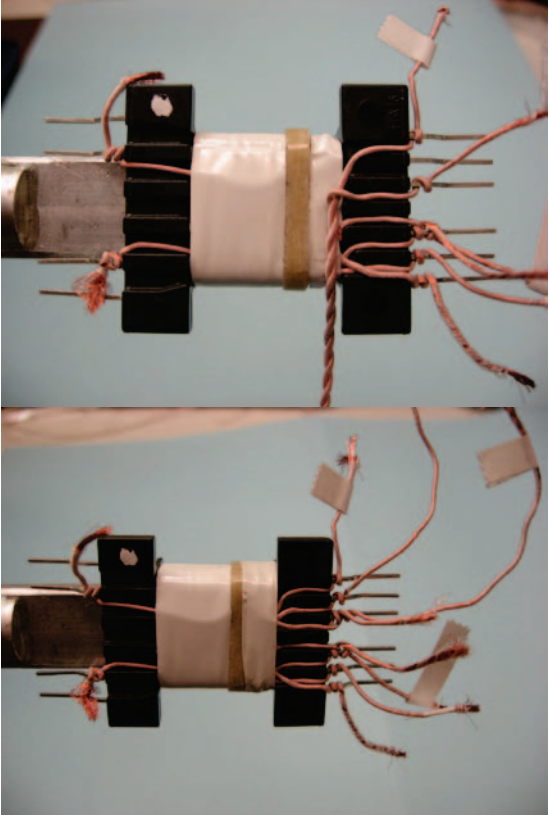
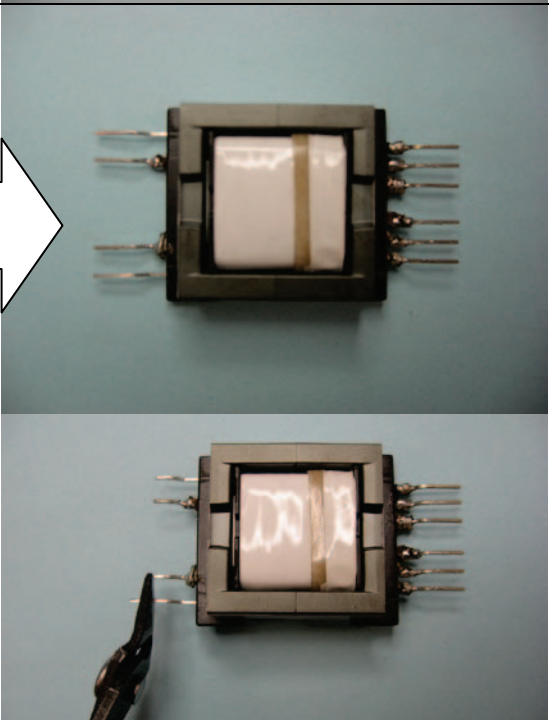
<p>骨架准备</p>		<p>为了正确装入半磁芯，应使用细纹横割锉刀从初级和次级侧上的短凸缘锉去约.5 mm的骨架材料。</p>
<p>隔离带</p>		<p>将骨架项[2]放在绕线轴上，引脚1位于左侧。</p> <p>从次级边缘测量出8 mm的距离，缠绕20圈3 mm隔离带[3]。隔离带高度应与骨架边缘高度齐平。</p>

		
<p>WD1 (初级)</p>		<p>从引脚3开始，缠绕有包层利兹线[6] 36圈，共缠3层，最后在引脚2结束。缠3圈胶带[4]以固定绕组。</p>
<p>WD2准备</p>		<p>剪切2股有包层利兹线[6]，使每股长度为15英寸。在其中一股导线上，用胶带或其他类型的标记材料在两端作标记。将这2股利兹线缠卷~65圈。在每端留出约1英寸的长度。</p>



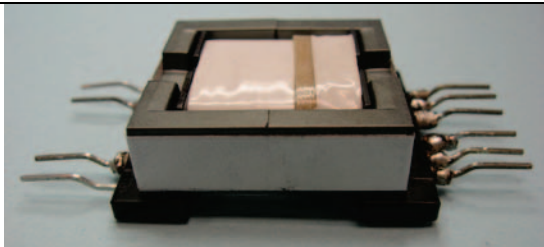
		
<p>WD2A和WD2B (次级)</p>		<p>使用在上一步准备好的有包层利兹线装配件, 从引脚6上的有标记端和引脚7上的无标记端开始, 缠绕4圈。最后在引脚7上的有标记端和引脚5上的无标记端结束。缠1圈胶带[5]以固定绕组。</p>
<p>WD3准备</p>		<p>剪切2股有包层利兹线[6], 使每股长度为7英寸。在其中一股导线上, 用胶带或其他类型的标记材料在两端作标记。将这2股利兹线缠卷~30圈。在每端留出约1英寸的长度。</p>



<p>WD3A和WD3B (次级)</p>		<p>使用在上一步准备好的有包层利兹线装配件，从引脚10上的有标记端和引脚8上的无标记端开始，缠绕2圈。最后在引脚8上的有标记端和引脚9上的无标记端结束。缠3圈胶带[5]以固定绕组。</p>
<p>结束</p> <p>将带接地中心柱的磁芯插到骨架左侧</p>		<p>焊接所有接线端子。</p> <p>打磨一个半磁芯[1]的中心柱，使引脚2和3之间的电感感量达到$440 \mu\text{H} \pm 5\%$。装配并固定半磁芯，并使接地磁芯位于初级侧（图片左侧）。</p> <p>从每个骨架引脚剪去 3.5 mm。</p>



结束 (续)



用清漆[7]浸渍。



9 输出电感规格

电感L1和L2都是在Micrometals T30-26环形铁粉磁芯上缠绕了4圈#22 AWG漆包线。

9.1 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	536 nH, ±15%
-------	--	--------------

9.2 材料列表

项	说明
[1]	铁粉芯环形磁芯: Micrometals T30-26
[2]	漆包线: #22 AWG, 可焊接双涂层



10 LLC谐振转换器设计表格

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			69	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	12.00		12.0	V	主输出电压。设计表格假定这是稳压输出
IO1	2.32		2.3	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			28	W	来自第一LLC输出的输出功率
VO2	24.00		24.0	V	第二输出电压
IO2	3.00		3.0	A	第二输出电流
VD2	0.60		0.60	V	第二输出中所用二极管的正向电压
PO2			72.00	W	来自第二LLC输出的输出功率
P_LLC			100	W	指定的LLC输出功率
选择LCS器件					
器件	自动		LCS700		LCS器件
RDSON (MAX)			2.78	ohms	所选器件的RDSON (最大值)
Coss			125	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			1.3	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			10.1	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			103	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			31	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			103	W	来自LLC转换器的输出, 包括二极管损耗
Vo			12.60	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			340	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	440.00		440	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	100.00		100.0	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			3.4		Lpar与Lres的比值。保持K值以使2.1 < K < 11。首选Lres可使K<7



Cres	3.30		3.3	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In_RATIO_red_graph留空，它们将由设计表格自动计算得出
Lsec			1.358	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			15.82		LLC等效电路理想变压器的匝数比
Npri	36.0		36.0		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	2.0		2.0		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			247	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			277	kHz	串联谐振频率（由串联电感Lres和C定义）
f_brownout			192	kHz	VBULK_MIN和满载下的开关频率
f_par			132	kHz	并联谐振频率（由Lpar + Lres和C定义）
f_inversion			179	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			252	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			0.68	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			4.1	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			1.1	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			2.3	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			1.4	A	较高次级电压电容的RMS电流
Cres_Vrms			133	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			36.0		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			2.0		试验变压器的次级绕组圈数；默认值来自谐振部分
新Lpri			440	uH	试验变压器的开路电感；默认值来自谐振部分
新Cres	3.30		3.3	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			100.0	uH	试验变压器的Lres估计值
新的估计Lpar			340	uH	试验变压器的Lpar估计值
新的估计Lsec			1.358	uH	次级漏感的估计值
新Kratio			3.4		试验变压器的Lpar与Lres的比值
新的等效电路变压器匝数比			15.82		估计的有效变压器匝数比
V powertrain inversion new			252	V	大容量电容的电压，低于此值将失去ZVS
f_res_trial			277	kHz	新的串联谐振频率
f_predicted_trial			247	kHz	新的额定工作频率
IRMS_LLC_Primary			0.68	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			4.1	A	流经输出1绕组的RMS电流，假定为半正弦波形；输出2绕组AC叠加在输出1绕组上
较低次级电压电容的RMS电流			1.1	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			2.3	A	流经输出2绕组的RMS电流
较高次级电压电容的RMS电流			1.4	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	自动		EFD30		变压器磁芯
Ae			0.7	cm ²	输入变压器磁芯的截面积
Ve			4.7	cm ³	输入磁芯的体积
Aw			52.3	mm ²	窗口面积
Bw			20.1	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			3.7	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			0.9	W	估计的磁芯损耗
Bpkfmin			119	mT	最小频率下第一象限的峰值磁通密度
BAC			185	mT	AC峰峰值磁通密度(在f_predicted、Vbulk和满载下计算)
初级绕组					
Npri			36.0		初级绕组圈数; 在LLC谐振部分确定
初级绕组线规格	42		42	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			0.060	mm	采用公制单位的等效线径
初级绕组利兹线股数	75		75		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			22	mm ²	初级侧的绕组空间面积
填充系数			57%	%	初级绕组的填充率(典型最大填充率为60%)
Resistivity_25 C_Primary			79.06	m-ohm/m	电阻率, 单位为milli-ohm/m
初级DCR 25 C			105.25	m-ohm	25 C下的估计电阻
初级DCR 100 C			141.03	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			0.68	A	流经初级绕组的实测RMS电流
ACR_Trif_Primary			225.65	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			0.11	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			12.00	V	输出电压(假定采用AC叠加绕组)
槽1圈数			2.00		次级绕组圈数(每相)
槽1 RMS电流(总和, AC+DC)			4.1	A	流经输出1绕组的RMS电流, 假定为半正弦波形; 输出2绕组AC叠加在输出1绕组上
绕组电流(DC分量)			2.66	A	绕组电流的DC分量
绕组电流(AC RMS分量)			3.17	A	绕组电流的AC分量
槽1线规格	42		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	75		75		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			79.06	m-ohm/m	电阻率, 单位为milli-ohm/m
DCR_25C_Sec1			5.85	m-ohm	25 C下每相的估计电阻(供参考)
DCR_100C_Sec1			7.84	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			0.44	W	DC电阻造成的估计功率损耗（两个次级相位）
ACR_Sec1			12.54	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			0.25	W	估计AC铜损耗（两个次级相位）
绕组1总铜损耗			0.70	W	两个次级相位的总(AC + DC)绕组铜损耗
电容RMS电流			1.1	A	输出电容的RMS电流
Co1	10.00		10.0	uF	次级1输出电容
电容纹波电压			1.2	%	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			24.00	V	输出电压（假定采用AC叠加绕组）
槽2圈数			2.00		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）			2.3	A	流经输出2绕组的RMS电流
绕组电流（DC分量）			1.5	A	绕组电流的DC分量
绕组电流（AC RMS 分量）			1.8	A	绕组电流的AC分量
槽2线规格	42		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	75		75		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			79.06	m-ohm/m	电阻率，单位为milli-ohm/m
变压器次级MLT			3.70	cm	平均每圈长度
DCR_25C_Sec2			5.85	m-ohm	25 C下每相的估计电阻（供参考）
DCR_100C_Sec2			7.84	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			0.14	W	DC电阻造成的估计功率损耗（两个次级半绕组）
ACR_Sec2			12.54	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			0.08	W	估计AC铜损耗（两个次级半绕组）
绕组2总铜损耗			0.22	W	两个次级半绕组的总(AC + DC)绕组铜损耗
电容RMS电流			1.4	A	输出电容的RMS电流
Co2	10.00		10.0	uF	次级2输出电容
电容纹波电压			0.8	%	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）			0.11	W	85 C下的总初级绕组铜损耗
级绕组铜损耗			0.92	W	次级绕组的总铜损耗
变压器总铜损耗			1.02	W	变压器的总铜损耗（初级 + 次级）
AW_S			22.25	mm^2	次级绕组的窗口面积
次级绕组填充率			13%	%	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			320	ns	死区时间
脉冲串模式	自动		2		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			797	kHz	最大内部时钟频率，取决于死区时间设置
f_burst_start			299	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			349	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			7.21	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			65	k-ohm	从DT/BF引脚到G引脚的电阻



Rstart	7.32		7.32	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			31.8	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	1		1.0	uF	软启动电容。建议值介于0.1 uF和10 uF之间
Ropto			3.8	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			1.91	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			3.44	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	20		18.6	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			1.3	W	额定输入电压和满载下的导通损耗
输出二极管损耗			1.4	W	估计的二极管损耗
变压器估计总铜损耗			1.02	W	变压器的总铜损耗 (初级 + 次级)
变压器估计总磁芯损耗			0.9	W	估计的磁芯损耗
总变压器损耗			2.0	W	总变压器损耗
总估计损耗			4.7	W	LLC级总损耗
估计效率			96%	%	估计效率
PIN			104	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			12.00	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			2.00		针对Vo1的总圈数
V1_Actual			12.00	V	预期输出电压
V2			24.00	V	目标输出电压Vo2
V2d2			0.60	V	针对Vo2的二极管电压降
N2			4.00		针对Vo2的总圈数
V2_Actual			24.60	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			100.00	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			13		初级绕组圈数
BP_fnom			1501	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			1.9	A	预期峰值初级电流
BP_fmin			2802	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

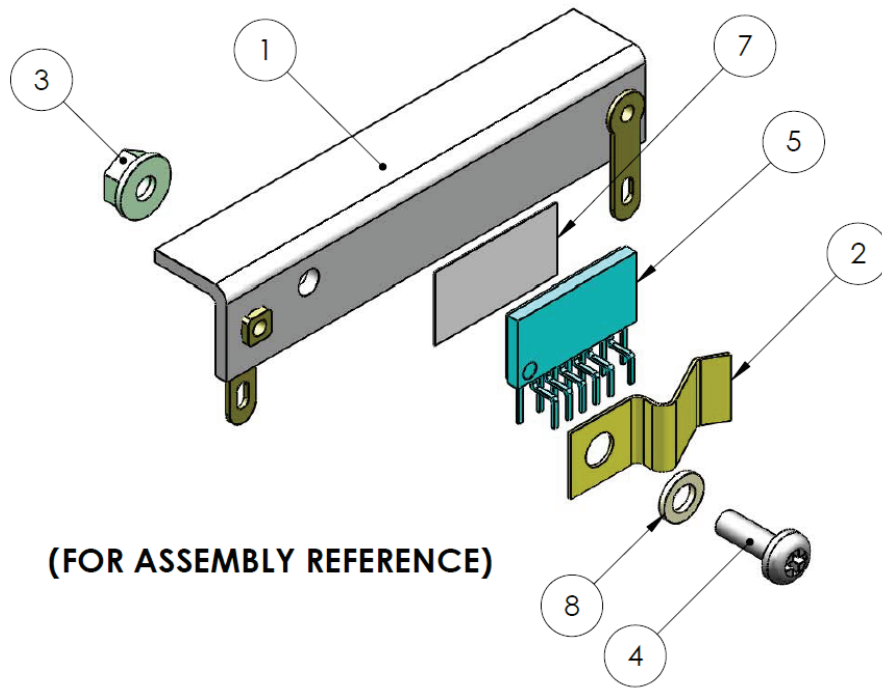


电感MLT			7.00	cm	平均每圈长度
电感DCR 25 C			68.6	m-ohm	25 C 下的估计电阻（供参考）
电感DCR 100 C			92.0	m-ohm	100 C 下的估计电阻（约比25 C 下的估计电阻高33%）
ACR_Sep_Inductor			147.1	m-ohm	测得的AC电阻（100 kHz下，室温），乘以1.33 可达到约100 C绕组温度
电感铜损耗			0.07	W	85 C 下的总初级绕组铜损耗

注：设计表格在计算次级绕组圈数时假定输出绕组采用AC叠加方式。在本设计中的变压器构建部分并未采用AC叠加方式。



11 散热片组件



(FOR ASSEMBLY REFERENCE)

项目号	项目说明
1	散热片
2	金属夹
3	Kep螺母
4	螺钉
5	HiperLCS IC
6	无
7	散热硅脂
8	平面垫圈

图8 装配前

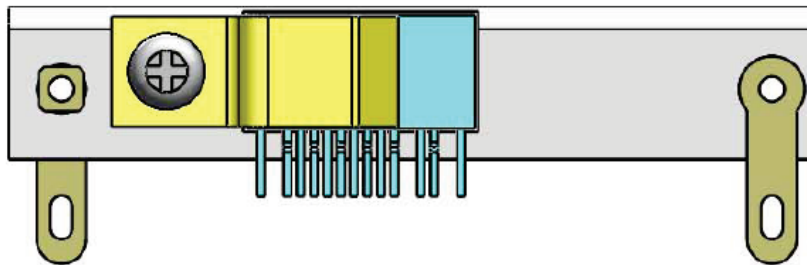


图9 装配后



12 性能数据

12.1 效率 – 在100%、50%、20%和10%负载下

12.1.1 效率数据

P_{IN}	V_{OUT} (24 V)	I_{OUT} (24 V)	V_{OUT} (12 V)	I_{OUT} (12 V)	P_{OUT}	效率 (%)
107.05	24.27	2.999	11.99	2.327	100.686	94.06
53.97	24.24	1.503	11.99	1.164	50.389	93.36
22.365	24.22	0.6027	11.99	0.4608	20.122	89.97
11.985	24.22	0.3027	11.99	0.2266	10.048	83.84

12.2 输出交叉稳压

为获取如下数据，将一个输出调整到了最大负载(3 A)，而另一个输出则在零负载与最大负载之间变化，同时将最大总输出功率保持在100 W不变。

12.2.1 交叉稳压数据

交叉稳压 (12 V, 3 A)				交叉稳压 (24 V, 3 A)			
V_{OUT} (24 V)	I_{OUT} (24 V)	V_{OUT} (12 V)	I_{OUT} (12 V)	V_{OUT} (24 V)	I_{OUT} (24 V)	V_{OUT} (12 V)	I_o (12 V)
25.31	0.0105	11.94	3	22.84	3	12.07	0.012
25.25	0.0206	11.94	3	23.21	3	12.05	0.02
25.21	0.0318	11.94	3	23.28	3	12.05	0.0314
25.16	0.0514	11.95	3	23.35	3	12.04	0.0507
25.08	0.1024	11.95	3	23.46	3	12.04	0.1008
24.98	0.2506	11.95	3	23.64	3	12.03	0.251
24.9	0.5014	11.96	3	23.79	3	12.02	0.4997
24.78	0.9992	11.96	3	23.96	3	12.01	1.0016
24.6	2	11.97	3	24.21	3	11.99	2.001
24.49	2.645	11.98	3	24.29	3	11.99	2.324

12.3 启动与关断电压

在对VCC输入施加+12 VDC电压的情况下，输出启动电压为357.4 VDC，输出关断出现在283.9 VDC。



13 波形

13.1 半桥电压和电流, 正常工作

13.1.1 在380 VDC输入下测得

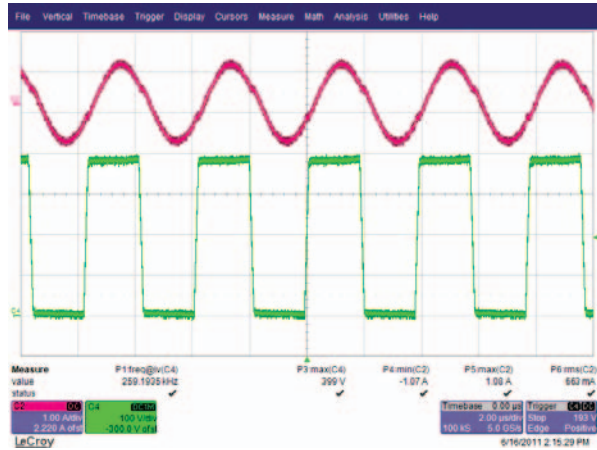


图10 – 初级V-I, 满载
 上: 初级电流, 1 A/格
 下: 反馈至初级接地电压, 100 V, 2 μs/格

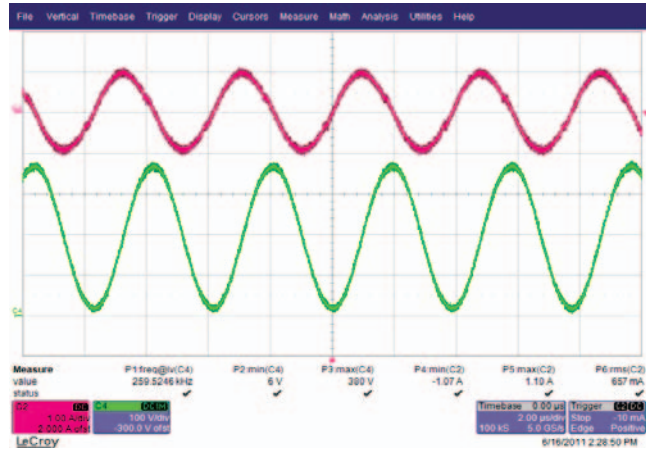


图11 – 初级V-I, 满载
 上: 初级电流, 1 A/格
 下: 谐振电容(C11)电压, 100 V, 2 μs/格



13.2 输出电压启动特征

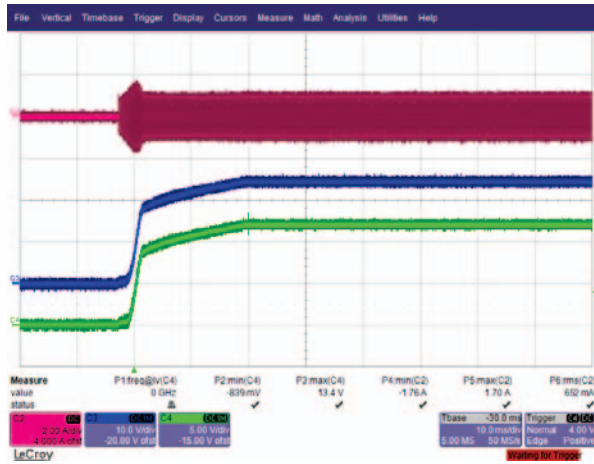


图12 – 满载启动

上: 初级电流, 1 A/格
中: 24 V_{OUT}, 10 V/格,
下: 12 V_{OUT}, 5 V, 10 ms/格

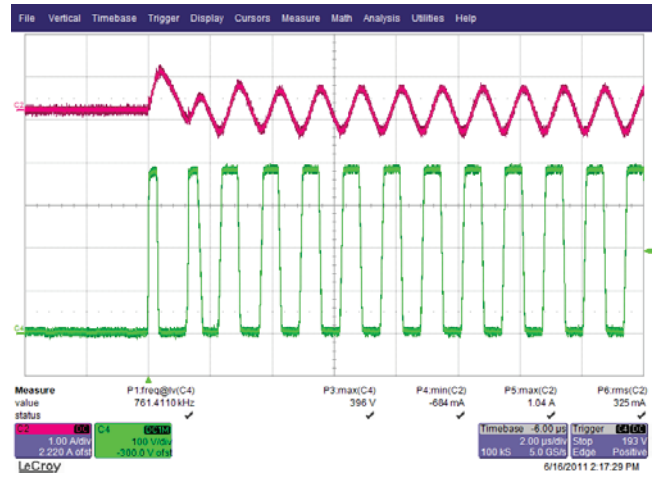


图13 – 满载启动

上: 初级电流, 1 A/格
下: 反馈至初级接地电压, 100 V, 2 μ s/格

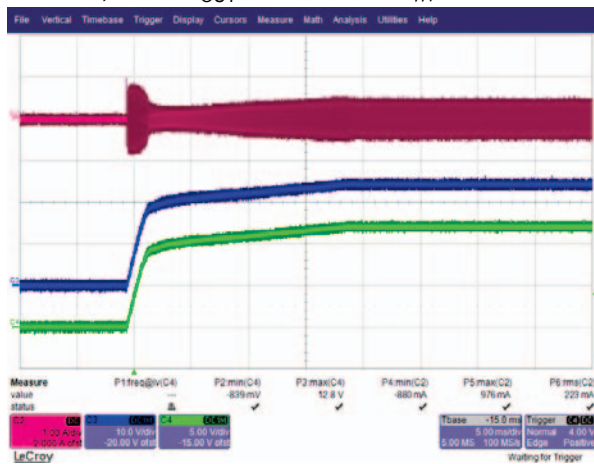


图14 – 启动时的输出电压,

空载上: 初级电流, 1 A/格
中: 24 V_{OUT}, 10 V/格,
下: 12 V_{OUT}, 5 V, 5 ms/格



13.3 负载瞬态响应 (380 VDC输入下的5%至100%负载阶跃)

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

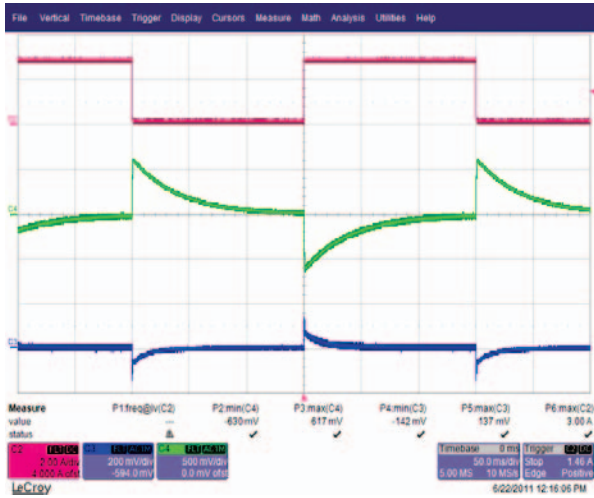


图15 – 24 V_{OUT}上的5%-100%负载瞬态，
12 V_{OUT}上的10%负载
上：24 V_{OUT}负载电流，2 A/格
中：24 V_{OUT} AC耦合，500 mV/格
下：12 V_{OUT} AC耦合，200 mV/格，
50 mS/格

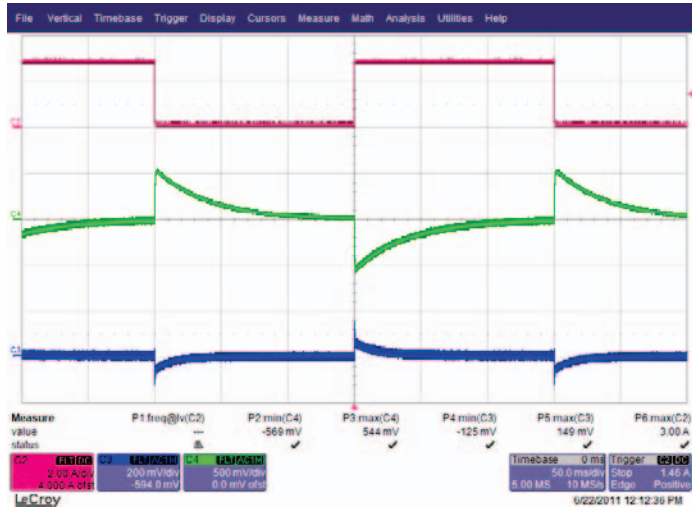


图16 – 24 V_{OUT}上的5%-100%负载瞬态，
12 V_{OUT}上的100%负载
上：24 V_{OUT}负载电流，2 A/格
中：24 V_{OUT} AC耦合，500 mV/格
下：12 V_{OUT} AC耦合，200 mV/格，
50mS/格



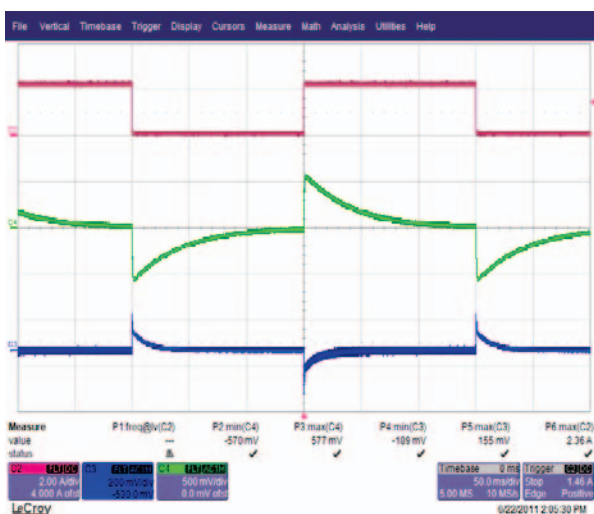


图17 – 12 V_{OUT}上的5%-100%负载瞬态，
24 V_{OUT}上的10%负载
上：12 V_{OUT}负载电流，2 A/格
中：24 V_{OUT} AC耦合，500 mV/格
下：12 V_{OUT} AC耦合，200 mV/格，
50 mS/格

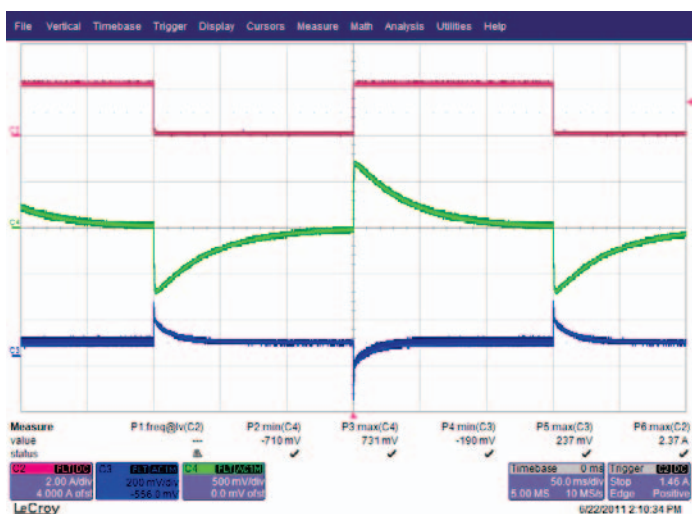


图18 – 12 V_{OUT}上的5%-100%负载瞬态，
24 V_{OUT}上的100%负载
上：12 V_{OUT}负载电流，2 A/格
中：24 V_{OUT} AC耦合，500 mV/格
下：12 V_{OUT} AC耦合，200 mV/格，
50 mS/格



13.4 输出电压跌落

图12和13是通过在24 V输出的下降沿关断输入电压供电和触发示波器获取的。

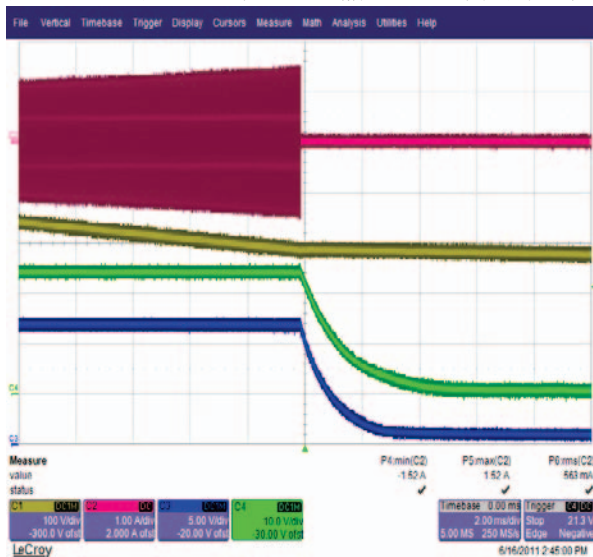


图19 – 输出电压跌落
 上: 初级电流, 1 A/格
 第2条迹线: 初级总线电压, 100 V/格
 第3条迹线: 24 V_{OUT}, 10 V/格
 第4条迹线: 12 V_{OUT}, 5 V, 2 ms/格

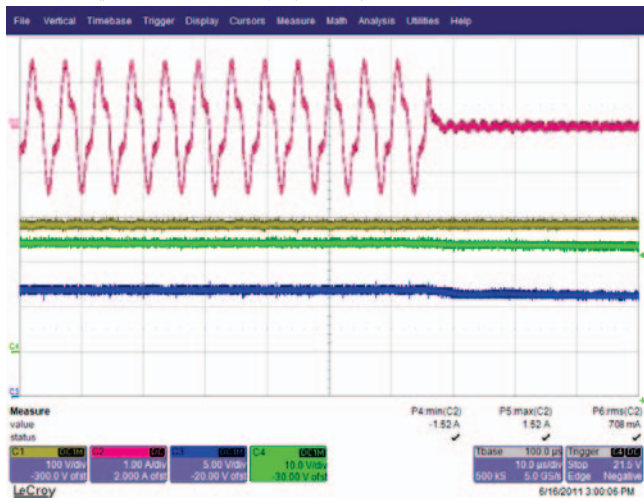


图20 – 输出电压跌落
 上: 初级电流, 1 A/格
 第2条迹线: 初级总线电压, 100 V/格
 第3条迹线: 24 V_{OUT}, 10 V/格
 第4条迹线: 12 V_{OUT}, 5 V, 10 μs/格



13.5 输出二极管峰值反向电压

下面的波形是在满载和380 VDC输入下测得的。

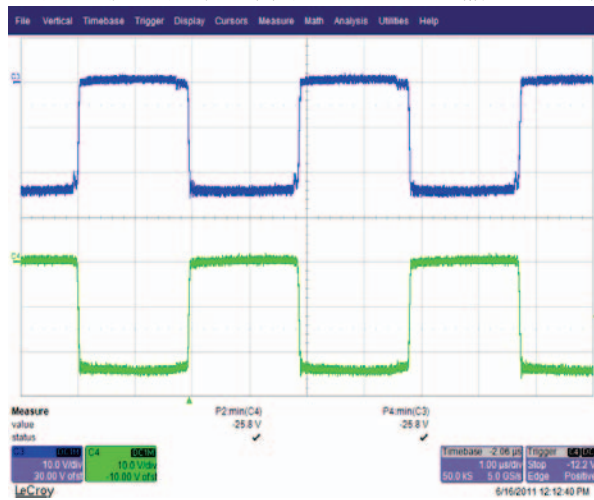


图21 – 12 V输出二极管（D3双列封装共阴极），380 VDC输入，10 V，1 μ s/格

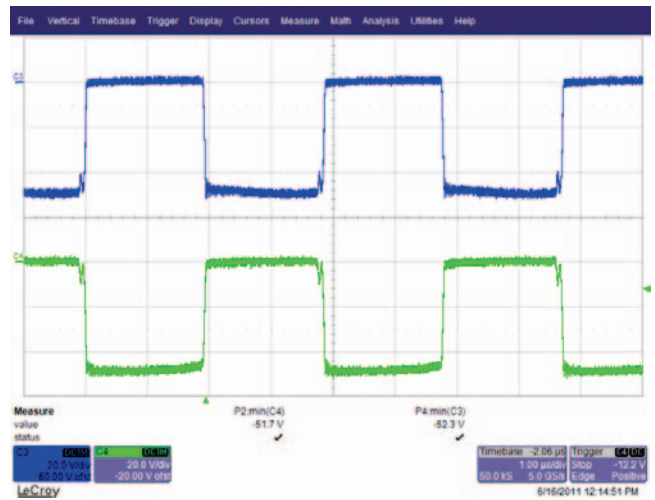


图22 – 24 V输出二极管（D2列封装共阴极），380 VDC输入，20 V，1 μ s/格

13.6 短路

为进行以下测试，在100 W负载、380 VDC输入下使用一个汞位移继电器对电源输出进行短路。示波器设置为在电流上升时触发。

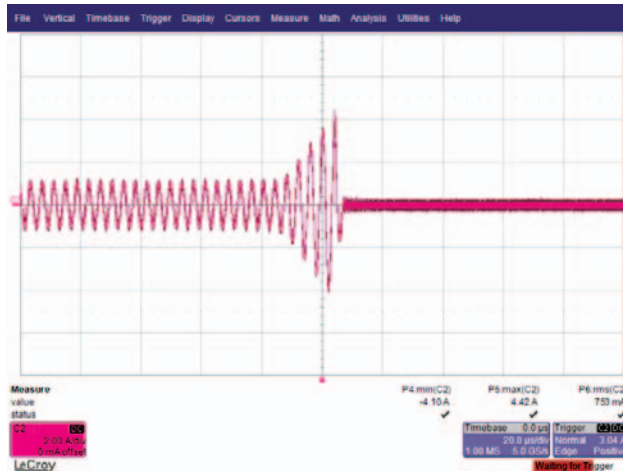


图23 – 12 V输出短路时的初级电流波形，2 A，20 μ s/格

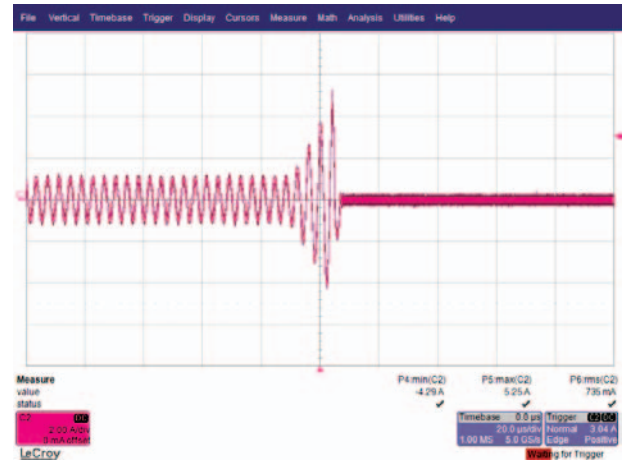


图24 – 24 V输出短路时的初级电流波形，2 A，20 μ s/格



13.7 输出纹波测量

13.7.1 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，以便降低拾波造成的低杂散信号。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）。

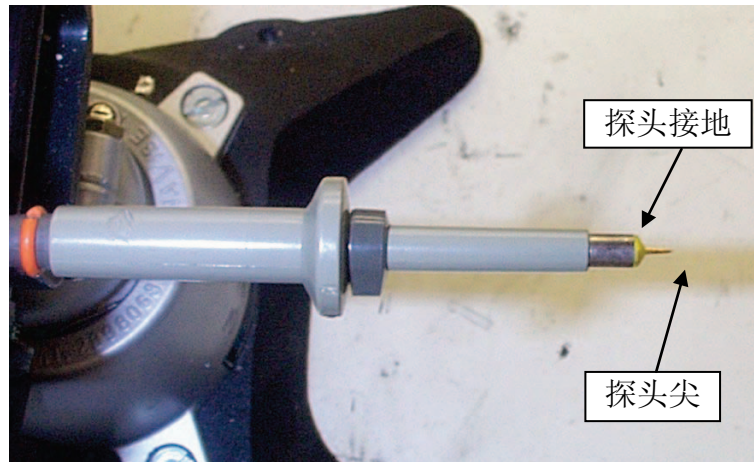


图25 – 准备用于纹波测量的示波器探头。（端盖和接地引线已拆下）



图26 – 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）

13.7.2 输出纹波测量结果

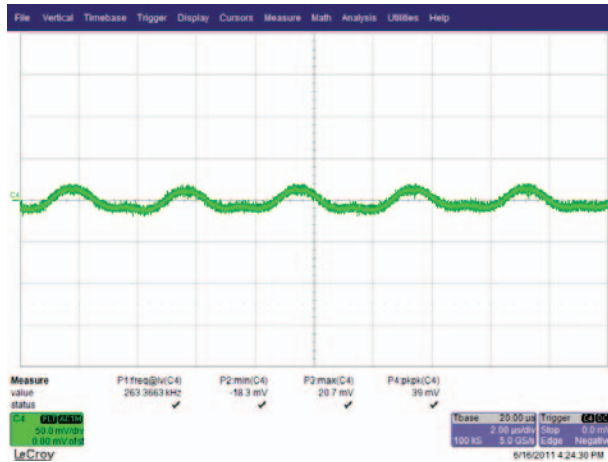


图27 – 12 V_{ripple}, 380 VDC,
满载 50 mV, 2 μs/格

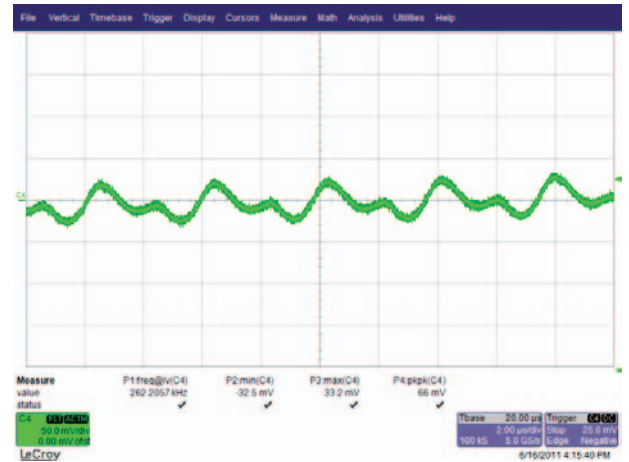


图28 – 24 V_{ripple}, 380 VDC,
满载 50 mV, 2 μs/格

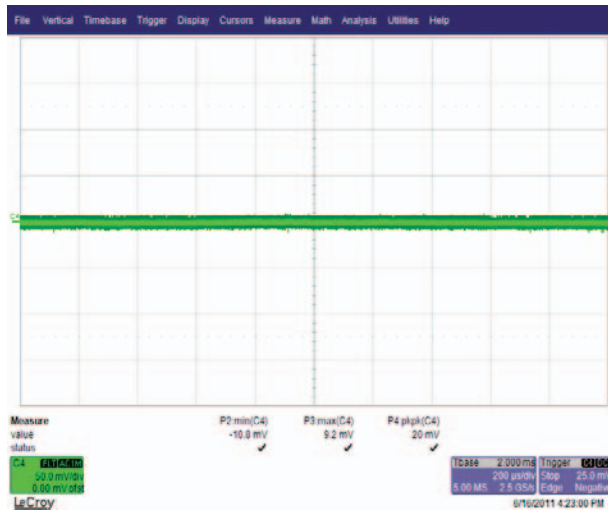


图29 – 12 V_{ripple}, 380 VDC,
空载 50 mV, 200 μs/格
(电源未处于脉冲串模式)

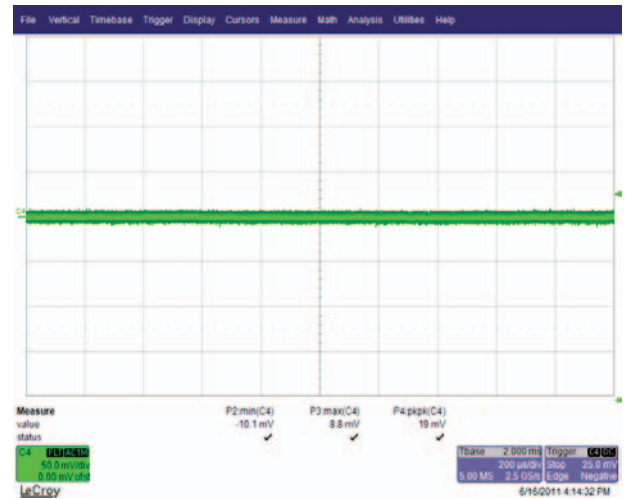


图30 – 24 V_{ripple}, 380 VDC, 空载
50 mV/格, 200 μs/格
(电源未处于脉冲串模式)



14 温度测量

14.1 条件: 380 VDC, 满载, 连续工作1小时

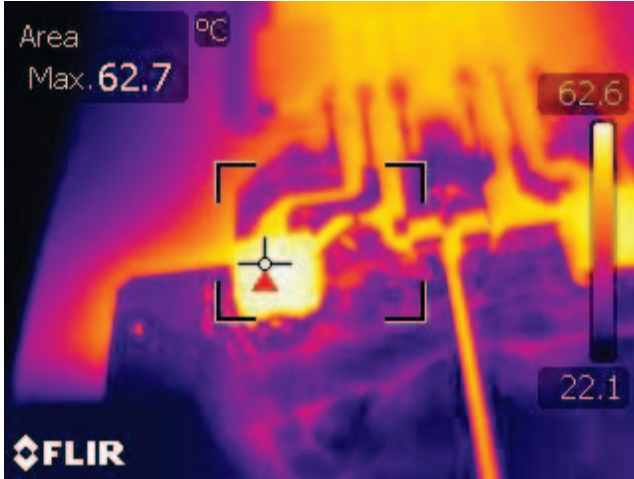


图31 – 满载下24 V整流管(D2)顶视图, 室温

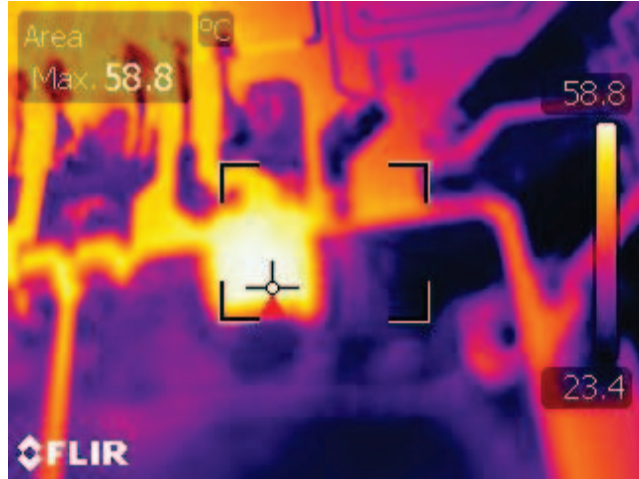


图32 – 满载下12 V整流管(D3)顶视图, 室温

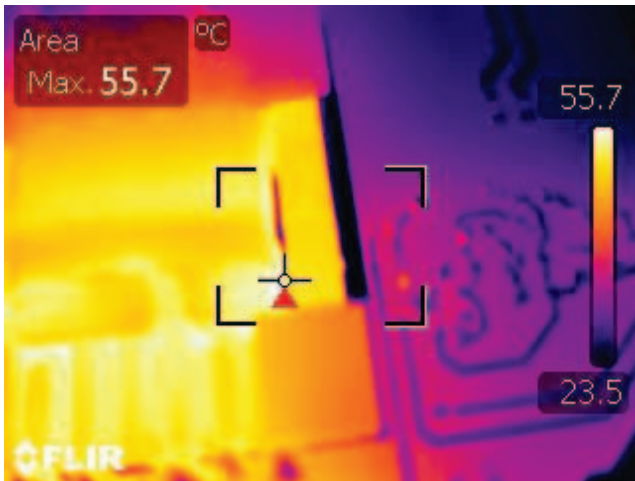


图33 – 满载下变压器(T1)热像视图, 室温

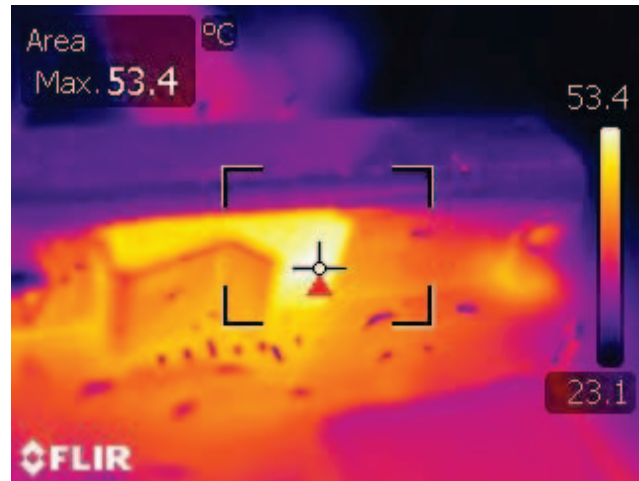


图34 – 满载下HiperLCS (U1)热像视图, 室温

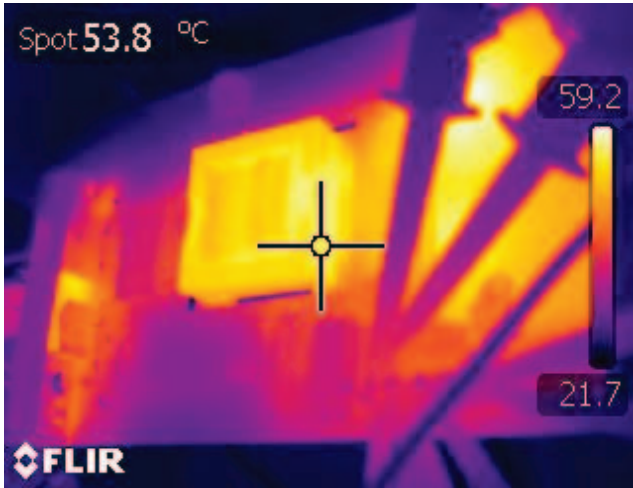


图35 - 电路板顶部



图36 - 电路板底部



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	SS	1.2	初始版本	Apps and 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

