

标题	参考设计报告：使用LinkSwitch™-TN2 LNK3209D设计的9.6W非隔离降压式变换器
规格	85VAC – 265VAC输入；12V/800mA输出
应用	小家电
作者	应用工程部
文档编号	RDR-723
日期	2022年6月9日
修订版本	1.0

特色概述

- 725V最大漏极电压
- 高度集成的解决方案
- 元件数目已降至最小
- 无需光耦器进行调整
- 热过载保护提供自动恢复
- 启机软启动功能
- 可在高达50°C的环境温度下满载工作
- 满载效率>80%
- 负载调整率<±5%

专利信息

本文档中所介绍的产品和应用（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.power.com。Power Integrations 按照在 <https://www.power.com/company/intellectual-property-licensing/> 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.power.com

目录

1	简介	4
2	电源规格.....	5
3	电路原理图	6
4	电路描述.....	7
4.1	输入EMI滤波	7
4.2	LinkSwitch-TN2	7
4.3	输出整流.....	7
4.4	输出反馈.....	7
5	PCB布局	8
6	物料清单(BOM).....	9
6.1	主BOM.....	9
6.2	其他元件.....	9
7	设计表格.....	10
8	性能数据.....	12
8.1	效率相对于输入电压的变化	12
8.2	效率相对于负载的变化.....	13
8.3	平均效率.....	14
8.3.1	85VAC/60Hz	14
8.3.2	115VAC/60Hz	14
8.3.3	230VAC/50Hz	14
8.3.4	265VAC/50Hz	14
8.4	待机效率.....	15
8.4.1	0.2W输入功率.....	16
8.4.2	0.3W输入功率.....	16
8.4.3	0.5W输入功率.....	16
8.4.4	1.0W输入功率.....	16
8.5	空载输入功率	17
8.6	负载调整率.....	18
8.7	满载下的输入电压调整率.....	19
9	温升性能.....	20
9.1	环境温升性能	20
9.2	50°C温升性能.....	21
10	波形.....	23
10.1	开关波形.....	23
10.1.1	LNK3209D正常工作时的 V_{DS} 和 I_{DS} 波形	23
10.1.2	LNK3209D启动期间的漏极电压和电流波形	26
10.1.3	输出短路时的漏极电流和输出波形.....	28
10.1.4	正常工作时的续流二极管波形	29
10.1.5	启动期间的续流二极管波形.....	31
10.1.6	启动期间的输出电压和电流波形（CC模式）	33



10.1.7	启动期间的输出电压和电流波形 (CR模式)	34
10.1.8	启动期间的输出电压和电流波形 (最小负载)	35
10.2	输出纹波测量	36
10.2.1	纹波测量方法	36
10.2.2	测量结果	37
10.2.3	纹波电压波形	38
10.3	动态响应	43
11	传导EMI	46
11.1	800mA电阻性负载, 输出悬空(QPK/AV)	46
11.1.1	115VAC	46
11.1.2	230VAC	47
12	雷击浪涌	48
12.1	差模测试	48
12.1.1	1000V 90° 差模浪涌	48
13	版本历史	50

重要说明:

虽然本电路板的设计满足安全隔离要求, 但工程原型尚未获得机构认证。因此, 必须使用隔离变压器向原型板提供AC输入, 以执行所有测试。



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。

描述	符号	最小值	典型值	最大值	单位	备注	
输入 电压	V_{IN}	85		265	VAC	双导线 - 无P.E.	
频率	f_{LINE}	47	50/60	64	Hz		
空载输入功率(230VAC)				<50	mW		
输出 输出电压	V_{OUT}		12		V	±5% 20MHz带宽。	
输出纹波电压	V_{RIPPLE}			150	mV		
输出电流	I_{OUT}		800		mA	接入时的系统负载。	
最小输出电流	$I_{OUT,MIN}$		80		mA		
总输出功率							
连续输出功率	P_{OUT}		9.6		W		
效率 满载(115VAC)	η	81			%	在PCB板端测得 25°C	
满载(230VAC)		80			%		
平均效率(额定)		80			%		
环境 传导EMI		符合CISPR22B/EN55022B要求					1.2/50 μ s浪涌, IEC 61000-4-5, 串联阻抗: 差模: 2 Ω .
输入浪涌 差模(L1-L2)			1		kV		
环境温度	T_{AMB}	0		50	°C	自然对流, 海平面	

3 电路原理图

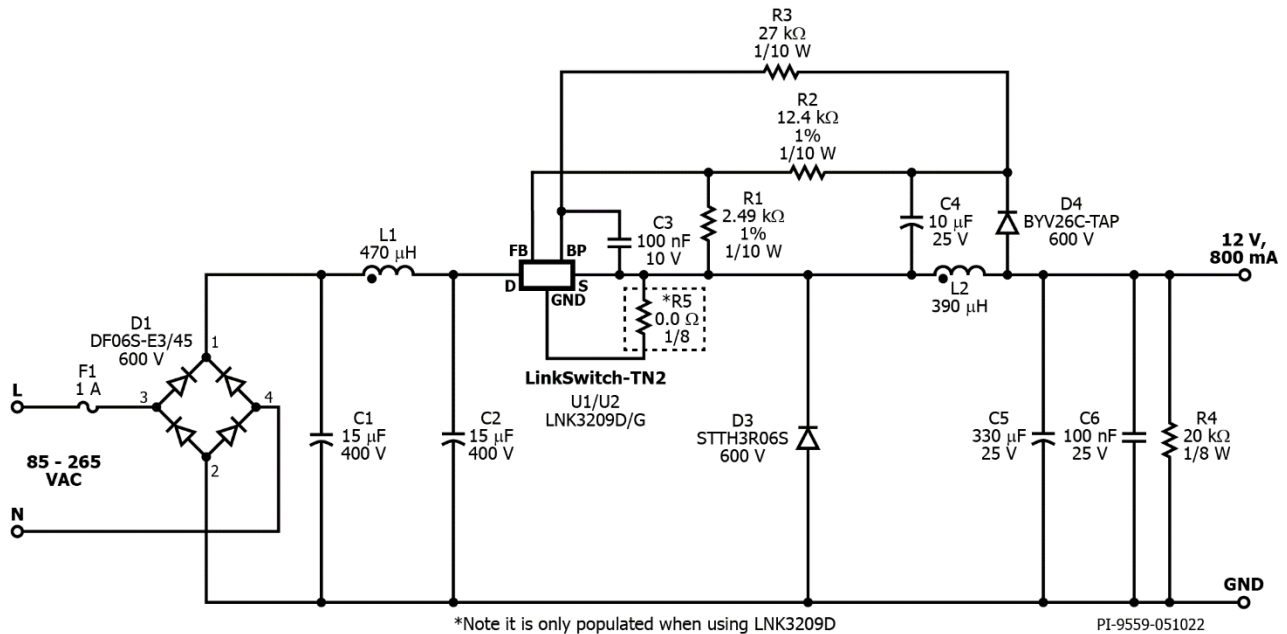


图3 - 电路原理图

注:

1. U1可用LNK3209D实现，U2可用LNK3209G实现。
2. 仅当使用LNK3209D作为U1时才需要安装R5。

4 电路描述

图3所示为使用LNK3209D/G设计的降压式变换器的电路原理图/该电路提供非隔离12V、800mA连续输出。

4.1 输入EMI滤波

输入级由保险丝F1、整流桥D1和EMI抑制电路组成，而EMI抑制电路则采用由C1、电感L1和C2组成的 π 型滤波器结构。

4.2 LinkSwitch-TN2

LinkSwitch-TN2将高压功率MOSFET和电源控制器集成到一个单片IC当中。

首次通入交流电时，连接到漏极(D)引脚的内部电流源对C3充电，为IC内部的控制器供电。输出电压建立后，器件控制器将通过反馈二极管D4和限流电阻R3从输出端供电，以尽量减少损耗。

所用的控制方法与TinySwitch™中使用的开/关控制类似。LinkSwitch-TN2系列控制器采用开/关控制原理工作，它通过跳周期来对施加到反馈(FB)引脚的信号做出响应，以此实现输出调整。流入FB引脚的电流大于49 μ A将抑制内部功率MOSFET的开关，而低于此值的电流则允许发生开关周期。在满载工作期间，只会跳过（禁止）几个开关周期，从而产生较高的有效开关频率。随着负载的减小，一些开关周期会被跳过，从而降低有效开关频率。

当使用LNK3209G时，引脚8（接地(GND)引脚）用作旁路(BP/M)和FB引脚的专用接地参考。这是为了尽量减少从源极(S)引脚到BP/M和FB电路的噪声耦合。仅当使用LNK3209D将控制电路连接到S引脚时，才需要安装电阻R5。

4.3 输出整流

当内部功率MOSFET导通时，电流通过L2逐渐增大，直到达到内部限流点。然后，这将关断内部功率MOSFET，并允许电感电流在开关周期的剩余时间内通过二极管D3续流。对于此设计，由于需要在满载下连续工作，因此为D3选择了超快速二极管（tRR为30ns）。所选用的电容C5应具有足够纹波电流额定值（低ESR型）。电容C6对高频输出电压纹波进行滤波。

4.4 输出反馈

在功率MOSFET关断期间，电容C4通过D4充电至输出电压。C4上产生的电压可跟踪输出电压。该电压用于通过由电阻R1和R2组成的电阻分压器为IC提供反馈。R1和R2所选取的值要确保在额定输出电压下，FB引脚上的电压为2V。在每个开关周期内，U1内部的控制器都会对反馈(FB)引脚进行采样。

5 PCB布局

层数: 两(2)层
 板材: FR4
 板厚: 1.6mm
 铜重: 2盎司

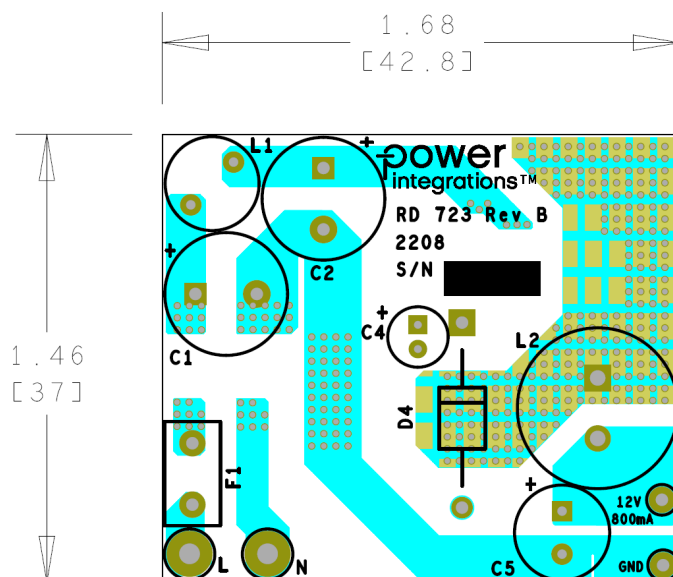


图4 - 印刷电路布局, 顶视图 (1.46" [37mm]长 x 1.68" [42.8mm]宽)

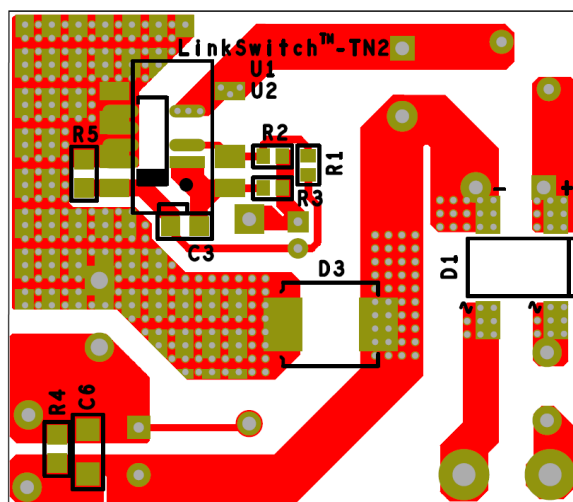


图5 - 印刷电路板, 底视图

6 物料清单(BOM)

6.1 主BOM

项	数量	参考标号	描述	生产厂商型号	生产厂商
1	2	C1 C2	15 μ F, 400V, 电解, (10 x 16)	UVC2G150MPD	Nichicon
2	1	C3	100nF, 0.1 μ F, 10V, 陶瓷, X7R, 0805	0805ZC104MAT2A	AVX
3	1	C4	10 μ F, 25V, 铝电解, 径向, Can - 1000Hrs @ 85° C, (5 x 5) Is2.5mm	ECE-A1EKS100I	Panasonic
4	1	C5	330 μ F, 25V, 电解, 极低ESR, 56m Ω , (8 x 15)	EKZE250ELL331MH15D	Nippon Chemi-Con
5	1	C6	100nF, 25V, 陶瓷, X7R, 1206	C1206F104K3RACTU	Kemet
6	1	D1	600V, 1A, 整流桥, SMD, DFS	DF06S-E3/45	Vishay
7	1	D3	600V, 3A, SMC, DO-214AB	STTH3R06S	ST Micro
8	1	D4	600V, 1A, 超快速恢复, 30ns, SOD57	BYV26C-TAP	Vishay
9	1	F1	1A, 250V, 慢速, 长延时, RST 1	RST 1	Belfuse
10	1	L1	470 μ H, 0.49A	SBC3-471-491	Tokin
11	1	L2	固定电感, RFS1113, 390 μ H, 10%, 0.317 Ω , 径向, 13.3mm直径, 16mm长	RFS1317-394KL	Coilcraft
12	1	R1	电阻, 2.49k Ω , 1%, 1/10W, 厚膜, 0603	ERJ-3EKF2491V	Panasonic
13	1	R2	电阻, 12.4k Ω , 1%, 1/10W, 厚膜, 0603	ERJ-3EKF1242V	Panasonic
14	1	R3	电阻, 27k Ω , 5%, 1/10W, 厚膜, 0603	ERJ-3GEYJ273V	Panasonic
15	1	R4	电阻, 20k Ω , 5%, 1/8W, 厚膜, 0805	ERJ-6GEYJ203V	Panasonic
16	1	R5*	RES, 0 Ω , 5%, 1/8W, 厚膜, 0805	RMCF0805ZT0R00	Stackpole
17	1	U1/ U2	LinkSwitch-TN2	LNK3209D/G	Power Integrations

* 仅当使用LNK3209D时, 才会安装R5。

6.2 其他元件

项	数量	参考标号	描述	生产厂商型号	生产厂商
1	1	L	测试点, 白色, 直插式安装	Keystone	5012
2	1	N	测试点, 黑色, 直插式安装	Keystone	5011
3	1	12V	测试点, 红色, 微型直插式安装	Keystone	5000
4	1	GND	测试点, 黑色, 微型直插式安装	Keystone	5001



7 设计表格

1	ACDC_LinkSwitchTN2-Buck_092421; Rev.1.5; Copyright Power Integrations 2021	INPUT	INFO	OUTPUT	UNIT	ACDC_LinkSwitchTN2 Buck
2	ENTER APPLICATION VARIABLES					
3	LINE VOLTAGE RANGE			Universal		交流输入电压范围
4	VACMIN	85.00		85.00	V	最小交流输入电压
5	VACTYP			115.00	V	典型交流输入电压
6	VACMAX	265.00		265.00	V	最大交流输入电压
7	fL			60.00	Hz	交流电网频率
8	LINE RECTIFICATION TYPE	F		F		选择“全波整流”或“半波整流”
9	VOUT	12.00		12.00	V	输出电压
10	IOUT	0.800		0.800	A	平均输出电流
11	EFFICIENCY_ESTIMATED			0.80		输出端的估计效率
12	EFFICIENCY_CALCULATED			0.74		计算效率基于实际元件和工作点
13	POUT			9.60	W	连续输出功率
14	CIN	30.00		30.00	uF	输入电容
15	VMIN			97.0	V	整流输入电压的波谷
16	VMAX			374.8	V	整流最大输入交流电压的峰值
17	T_AMBIENT			50	degC	工作环境温度（摄氏度）
18	INPUT STAGE RESISTANCE			10	Ohms	输入级电阻，单位欧姆（包括保险丝、热敏电阻、滤波元件）
19	PLOSS_INPUTSTAGE			0.199	W	输入级损耗估计值
23	ENTER LINKSWITCH-TN2 VARIABLES					
24	OPERATION MODE			MCM		深度连续导通工作模式
25	CURRENT LIMIT MODE	STD		STD		选择“RED”表示降低电流限流点，或者选择“STD”表示标准电流限流点
26	PACKAGE	SO-8C		SO-8C		选择器件封装
27	DEVICE SERIES	Auto		LNK32X9		通用LinkSwitch-TN2器件
28	DEVICE CODE			LNK3209D		要求的LinkSwitch-TN2器件
29	ILIMITMIN			1.200	A	器件的最小限流点
30	ILIMITTYP			1.300	A	器件的典型限流点
31	ILIMITMAX			1.400	A	器件的最大限流点
32	RDSON			3.20	ohms	在100°C下的MOSFET导通漏源极电阻
33	FSMIN			62000	Hz	最小开关频率
34	FSTYP			66000	Hz	典型开关频率
35	FSMAX			70000	Hz	最大开关频率
36	VDSO			2.00	V	MOSFET导通漏源极电压估算值
37	DUTY			0.13		最大占空比
38	TIME_ON			2.141	us	最小输入电压下的MOSFET导通时间
39	TIME_ON_MIN			1.299	us	最大输入电压下的MOSFET导通时间
40	KP_TRANSIENT		Info	0.119		动态KP值低于0.2可能导致前沿SOA触发
41	IRMS_MOSFET			0.303	A	MOSFET有效值电流
42	PLOSS_MOSFET			0.887	W	初级MOSFET损耗估计值
46	BUCK INDUCTOR PARAMETERS					
47	INDUCTANCE_MIN			351	uH	功率输出所需的最小设计电感量
48	INDUCTANCE_TYP	390		390	uH	功率输出所需的典型设计电感量
49	INDUCTANCE_MAX			429	uH	功率输出所需的最大设计电感量
50	TOLERANCE_INDUCTANCE			10	%	设计电感的公差
51	DC RESISTANCE OF INDUCTOR			2.0	ohms	降压电感器的直流电阻
52	FACTOR_LOSS			0.900		可表示电感器提供的关断状态下的功率损耗的因子
53	IRMS_INDUCTOR			0.833	A	电感有效值电流
54	PLOSS_INDUCTOR			1.387	W	电感损耗
58	FREEWHEELING DIODE PARAMETERS					
59	VF_FREEWHEELING			0.70	V	续流二极管的正向电压降



60	PIV			468	V	续流二极管的峰值反向电压
61	IRMS_DIODE			0.775	A	二极管有效值电流
62	TRR			30	ns	所选二极管所需的反向恢复时间
63	PLOSS_DIODE			0.829	W	续流二极管损耗
64	RECOMMENDED DIODE			BYV26C	W	推荐的续流二极管
68	BIAS/FEEDBACK PARAMETERS					
69	VF_BIAS			0.70	V	偏置二极管的正向电压降
70	RBIAS			2490	Ohms	偏置电阻
71	CBP			0.1	uF	BP引脚电容
72	RFB			11800	Ohms	反馈电阻
73	CFB			10	uF	反馈电容
74	C_SOFTSTART			1-10	uF	如果输出电压大于12V或者总输出和系统电容大于100uF, 建议使用介于1uF到10uF之间的软启动电容
75	PLOSS_FEEDBACK			0.010	W	反馈部分损耗
79	OUTPUT CAPACITOR					
80	OUTPUT VOLTAGE RIPPLE			240	mV	所需的输出电容纹波
81	IRIPPLE_COUT			0.800	A	输出电容的纹波电流
82	ESR_COUT			300	mOhms	输出电容的最大ESR



8 性能数据

所有测量均在室温下进行。

8.1 效率相对于输入电压的变化

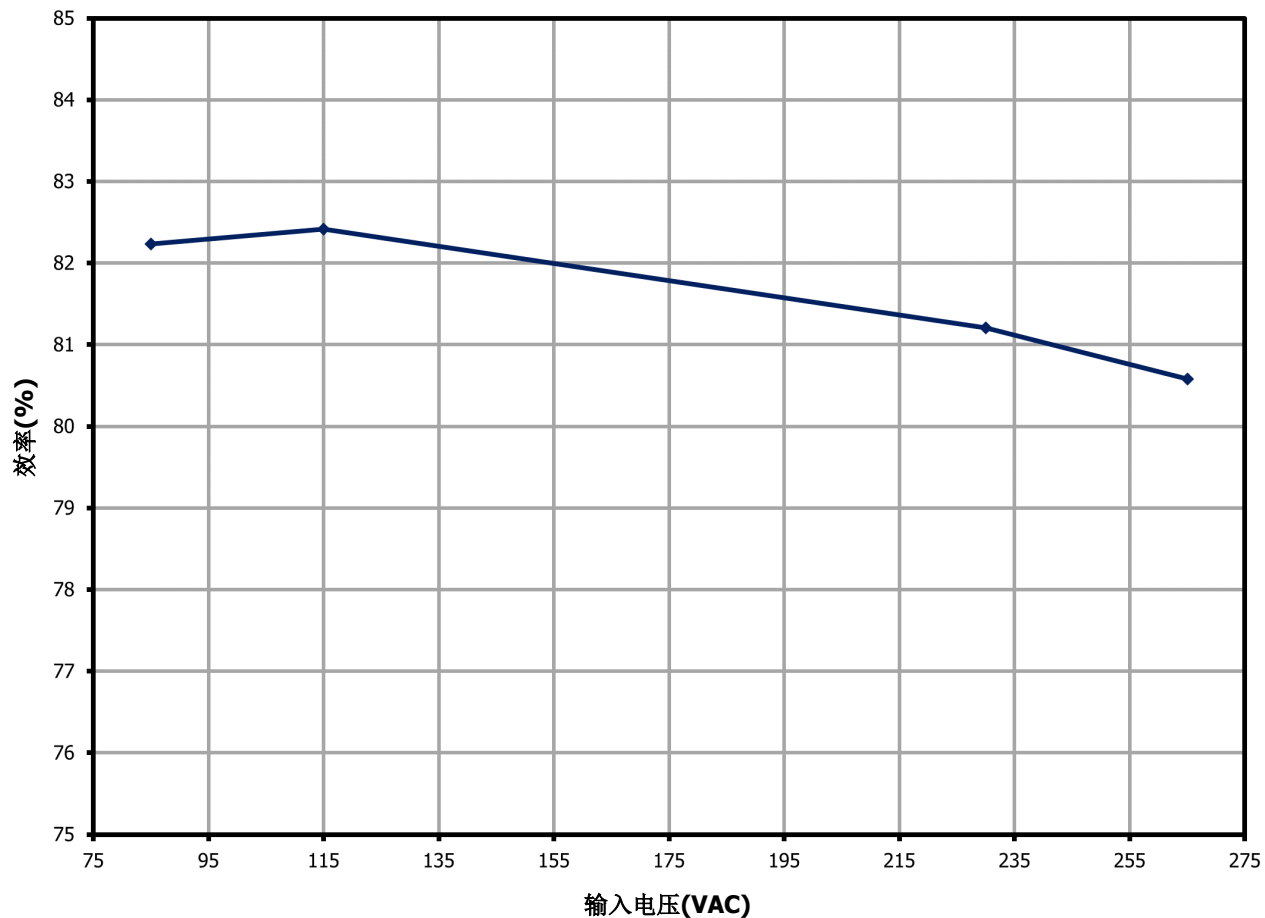


图6 - 满载(800mA)效率相对于输入电压的变化, 室温

8.2 效率相对于负载的变化

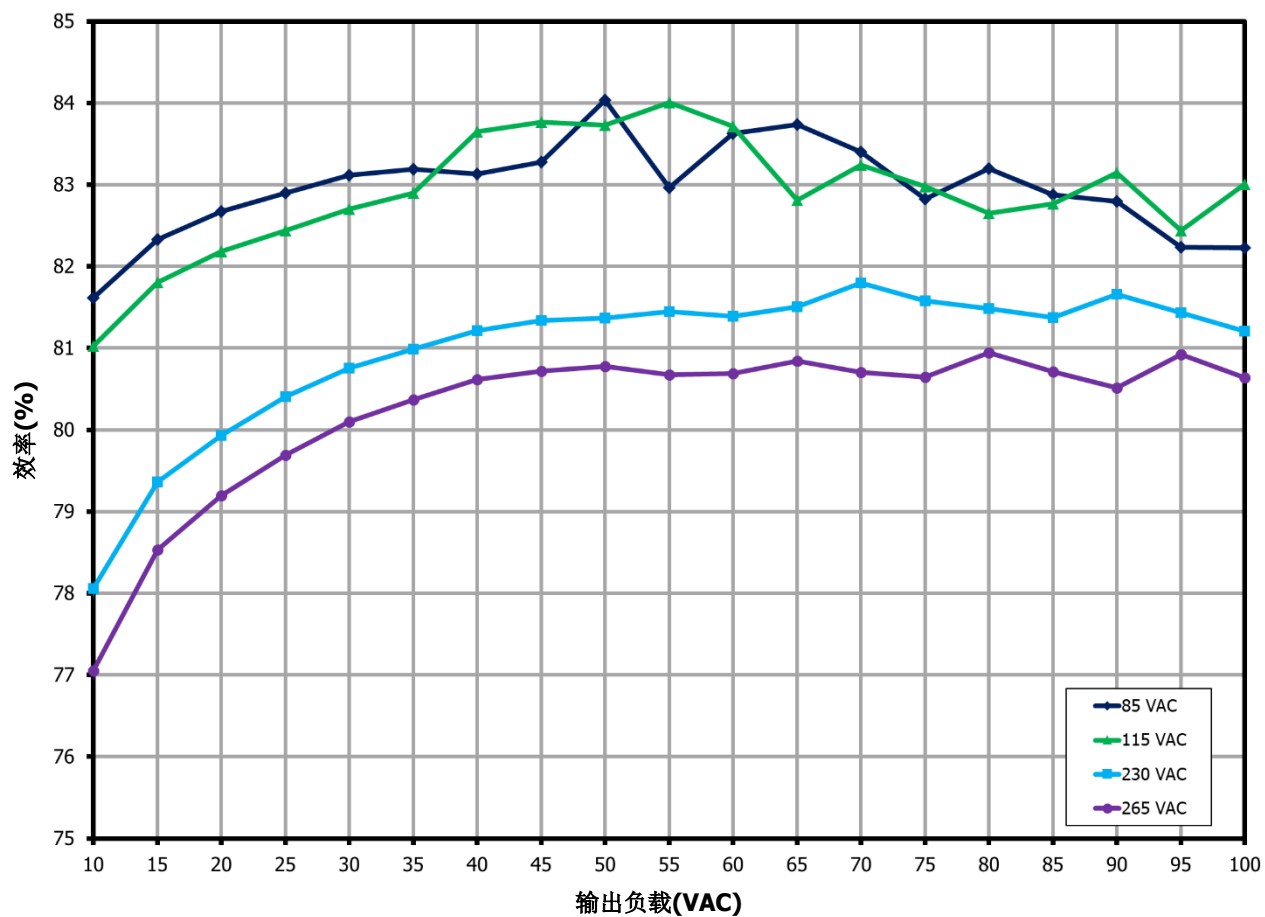


图7 - 效率相对于负载的变化, 室温

8.3 平均效率

8.3.1 85VAC/60Hz

负载 (A)	V _{IN} (V _{RMS})	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PCB上的V _{OUT} (V _{DC})	I _{OUT} (mA _{DC})	P _{OUT} (W)	PCB上的效率 (%)
100%	85	256.76	11.69	12.02	799.80	9.61	82.23
75%	85	202.72	8.72	12.04	599.80	7.23	82.83
50%	85	146.56	5.76	12.09	399.80	4.84	84.03
25%	85	84.33	2.93	12.14	199.69	2.42	82.90
						平均	83.00

8.3.2 115VAC/60Hz

负载 (A)	V _{IN} (V _{RMS})	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PCB上的V _{OUT} (V _{DC})	I _{OUT} (mA _{DC})	P _{OUT} (W)	PCB上的效率 (%)
100%	115	213.51	11.57	12.01	799.80	9.61	83.00
75%	115	170.75	8.70	12.04	599.90	7.22	82.98
50%	115	123.85	5.77	12.09	399.80	4.83	83.73
25%	115	72.10	2.94	12.13	199.67	2.42	82.44
						平均	83.04

8.3.3 230VAC/50Hz

负载 (A)	V _{IN} (V _{RMS})	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PCB上的V _{OUT} (V _{DC})	I _{OUT} (mA _{DC})	P _{OUT} (W)	PCB上的效率 (%)
100%	230	143.17	11.83	12.01	799.80	9.61	81.21
75%	230	115.73	8.85	12.04	599.80	7.22	81.58
50%	230	82.66	5.94	12.08	399.80	4.83	81.37
25%	230	45.69	3.01	12.12	199.69	2.42	80.40
						平均	81.14

8.3.4 265VAC/50Hz

负载 (A)	V _{IN} (V _{RMS})	I _{IN} (mA _{RMS})	P _{IN} (W)	PCB上的V _{OUT} (V _{DC})	I _{OUT} (mA _{DC})	P _{OUT} (W)	PCB上的效率 (%)
100%	265	136.19	11.91	12.01	799.80	9.60	80.64
75%	265	110.30	8.96	12.05	599.80	7.23	80.65
50%	265	75.60	5.97	12.07	399.80	4.83	80.78
25%	265	41.22	3.04	12.11	199.66	2.42	79.69
						平均	80.44

8.4 待机效率

测试条件：在每个输入电压下，满载时连续工作5分钟，然后将负载降至待机模式5分钟。

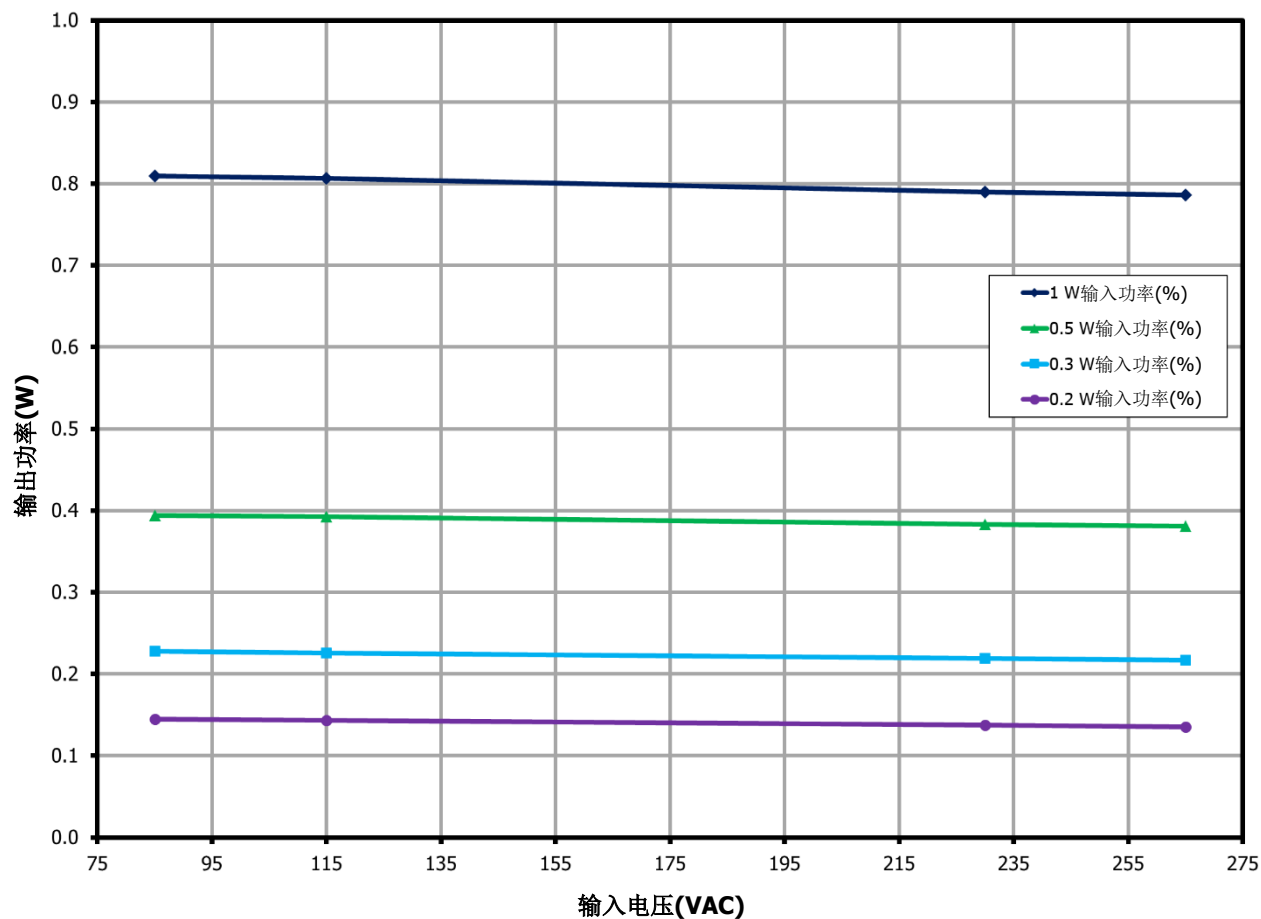


图8 - 每个输入功率对应的可用输出功率

8.4.1 0.2W输入功率

输入测量			输出测量			效率 (%)
V_{IN} (RMS)	I_{IN} (mA)	P_{IN} (W)	V_{OUT} (V)	I_{OUT} (mA)	P_{OUT} (W)	
85	9.58	0.2	12.67	11.40	0.14	72.23
115	7.91	0.2	12.68	11.30	0.14	71.66
230	4.65	0.2	12.71	10.83	0.14	68.79
265	4.04	0.2	12.73	10.63	0.14	67.63

8.4.2 0.3W输入功率

输入测量			输出测量			效率 (%)
V_{IN} (RMS)	I_{IN} (mA)	P_{IN} (W)	V_{OUT} (V)	I_{OUT} (mA)	P_{OUT} (W)	
85	12.97	0.3	12.51	18.22	0.23	75.98
115	10.55	0.3	12.51	18.03	0.23	75.17
230	6.33	0.3	12.54	17.48	0.22	73.02
265	5.51	0.3	12.54	17.28	0.22	72.20

8.4.3 0.5W输入功率

输入测量			输出测量			效率 (%)
V_{IN} (RMS)	I_{IN} (mA)	P_{IN} (W)	V_{OUT} (V)	I_{OUT} (mA)	P_{OUT} (W)	
85	19.58	0.5	12.37	31.82	0.39	78.73
115	15.81	0.5	12.36	31.74	0.39	78.46
230	9.55	0.5	12.37	30.98	0.38	76.65
265	8.58	0.5	12.37	30.78	0.38	76.17

8.4.4 1.0W输入功率

输入测量			输出测量			效率 (%)
V_{IN} (RMS)	I_{IN} (mA)	P_{IN} (W)	V_{OUT} (V)	I_{OUT} (mA)	P_{OUT} (W)	
85	35.16	1	12.24	66.13	0.81	80.95
115	28.44	1	12.24	65.94	0.81	80.68
230	17.28	1	12.23	64.62	0.79	79.00
265	15.481	1	12.23	64.33	0.79	78.64

8.5 空载输入功率

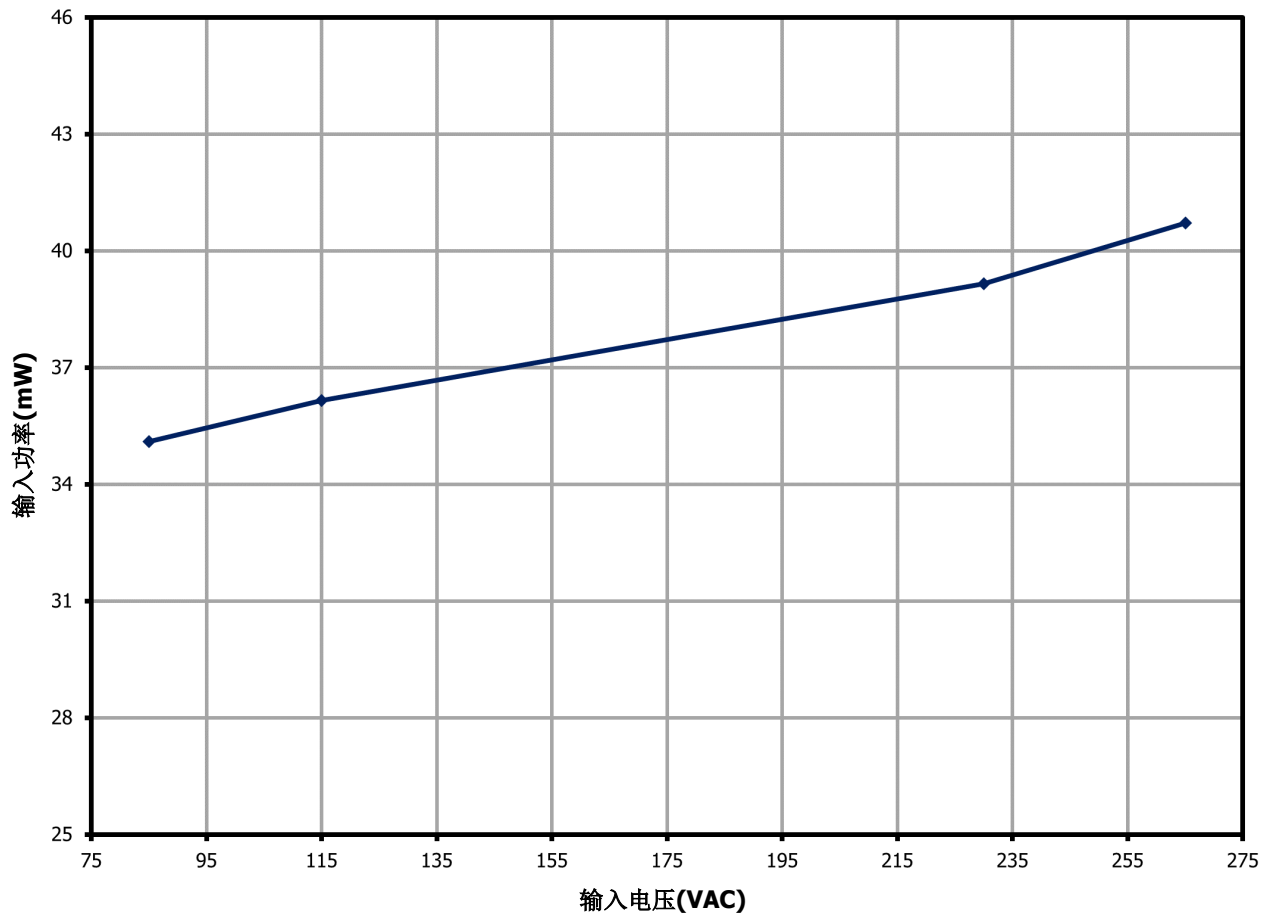


图9 - 空载输入功率相对于输入电压的变化，室温

8.6 负载调整率

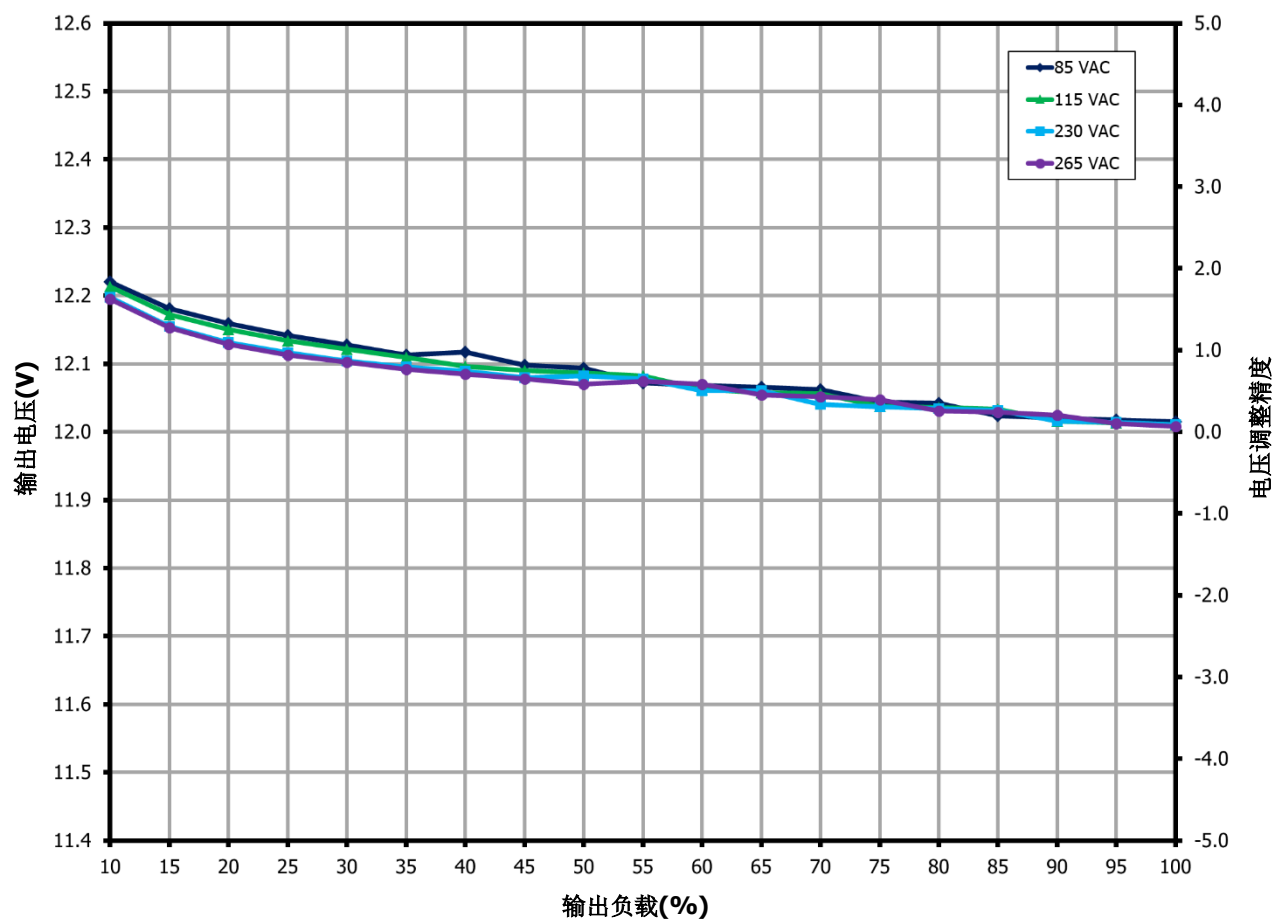


图10 - 输出电压相对于输出负载的变化, 室温

8.7 满载下的输入电压调整率

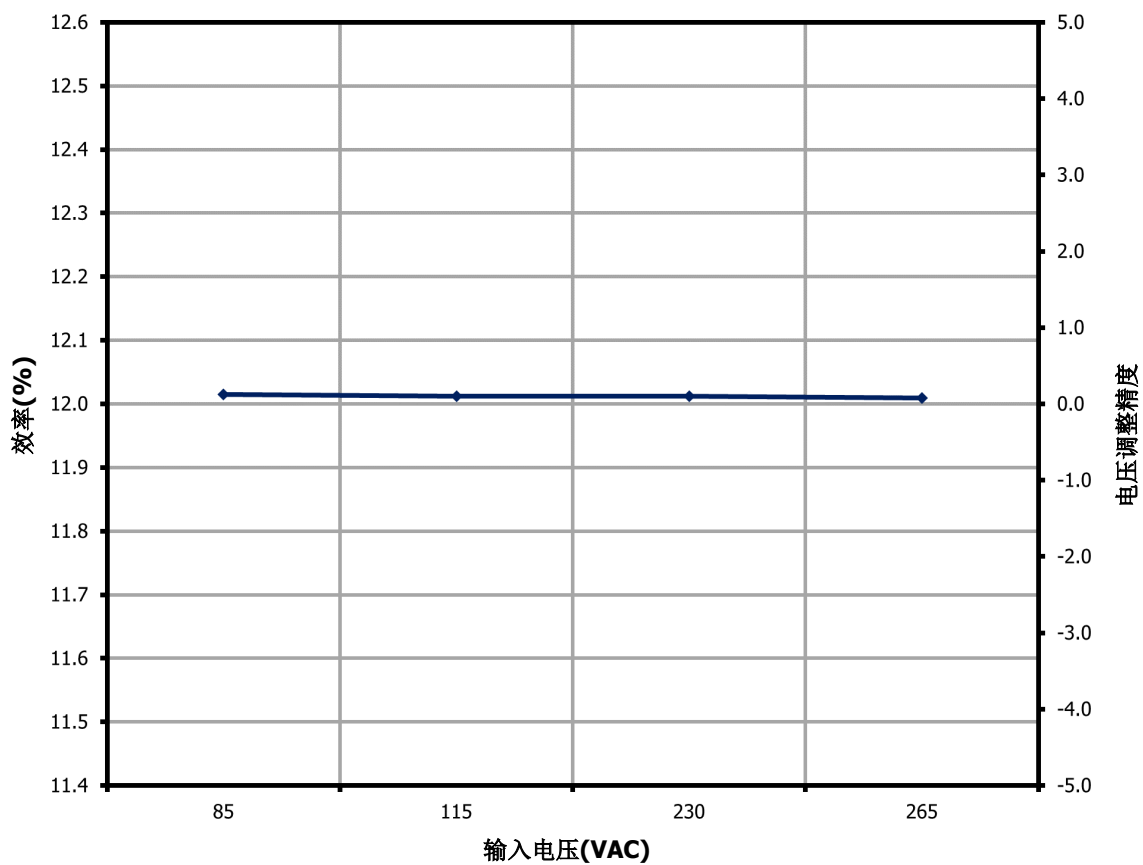


图11 - 输出电压相对于输入电压的变化, 室温

9 温升性能

9.1 环境温升性能



图12 – 降压扼流圈(E1), 62.7°C
85 VAC, 800mA输出

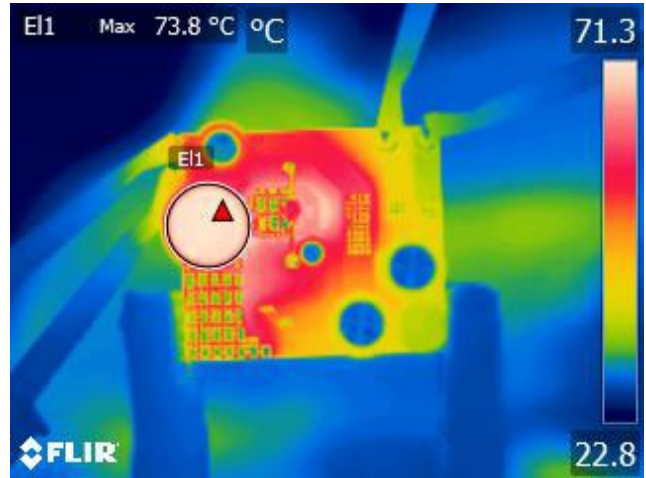


图13 – 降压扼流圈(E1), 73.8°C
265VAC, 800mA输出



图14 – LNK3209D (Bx1), 65.8°C
降压二极管(Bx2), 69.6°C
85 VAC, 800mA 输出

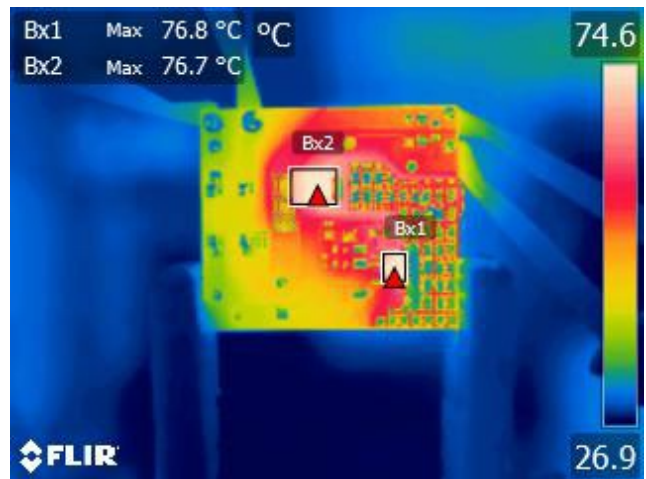


图15 – LNK3209D (Bx1), 76.8°C
降压二极管(Bx2), 76.7°C
265VAC, 800mA输出

9.2 50°C温升性能

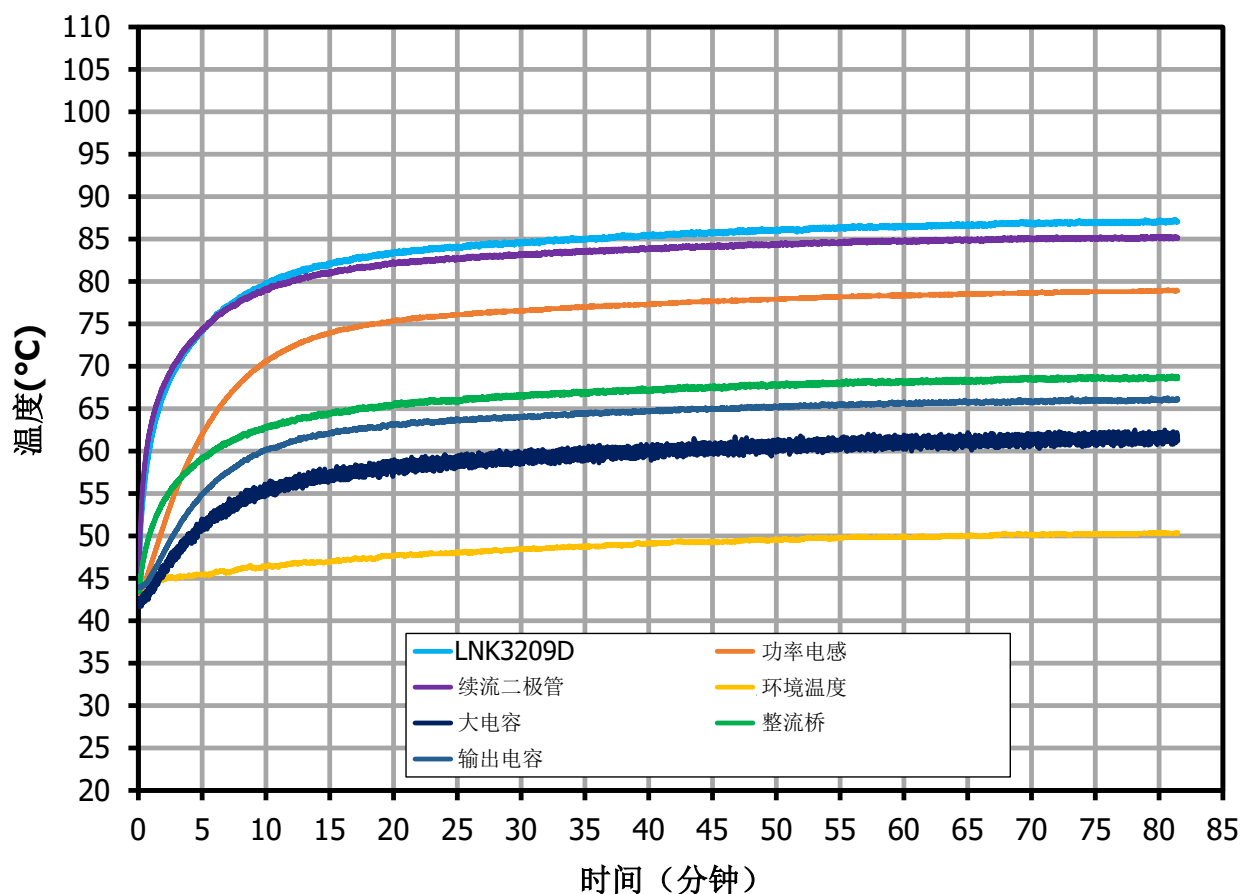


图16 - 85VAC输入下满载时的温升性能

元件	温度(°C)
LNK3209D, U1/U2	86.58
降压扼流圈, L2	78.46
降压二极管, D3	84.83
降压电容, C2	61.12
整流桥, D1	68.24
输出电容, C5	65.7
环境	49.93

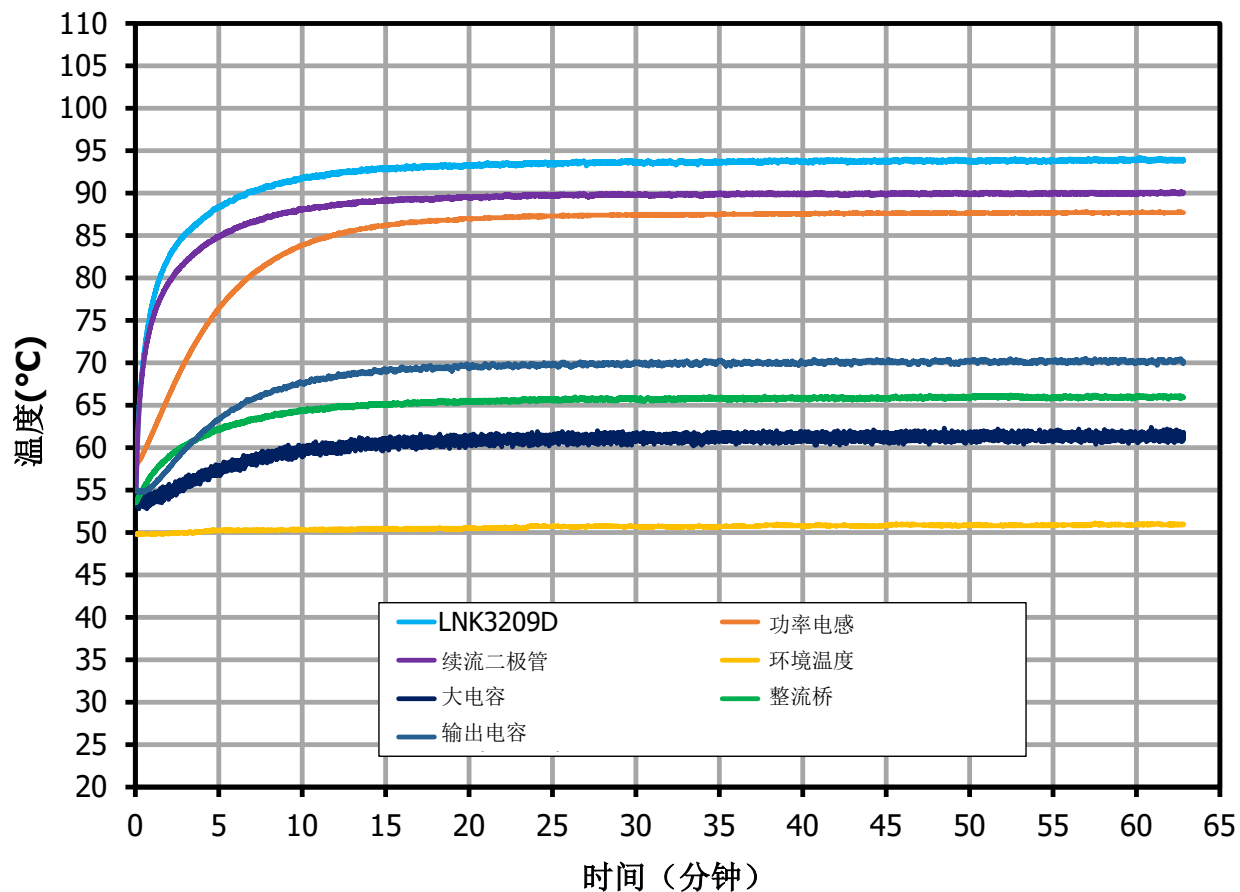


图17 - 265VAC输入下满载时的温升性能

元件	温度(°C)
LNK3209D, U1/U2	93.91
降压扼流圈, L2	87.7
降压二极管, D3	90.03
降压电容, C2	61.33
整流桥, D1	65.96
输出电容, C5	70.19
环境	50.95

10 波形

10.1 开关波形

10.1.1 LNK3209D正常工作时的 V_{DS} 和 I_{DS} 波形

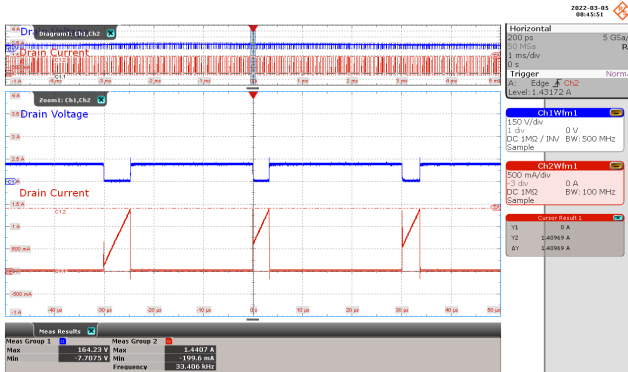


图18 - 漏极电压和电流波形
 85VAC, 800mA输出
 漏极电压: 150V/格, 1ms/格
 漏极电流: 500mA/格, 1ms/格
 缩放 = 10 μ s/格
 $I_{DS(MAX)} = 1.44A$, $V_{DS(MAX)} = 164.23V$

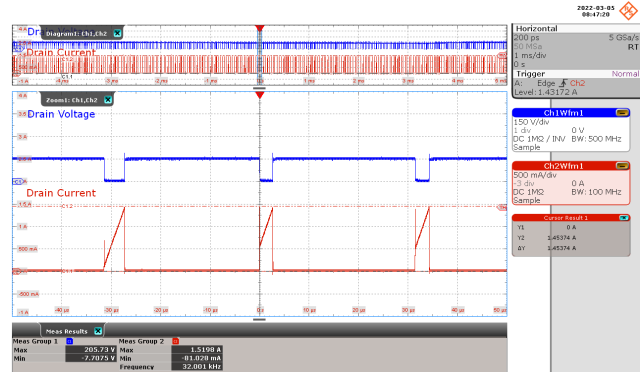


图19 - 漏极电压和电流波形
 115VAC, 800mA输出
 漏极电压: 150V/格, 1ms/格
 漏极电流: 500mA/格, 1ms/格
 缩放 = 10 μ s/格
 $I_{DS(MAX)} = 1.52A$, $V_{DS(MAX)} = 205.73V$

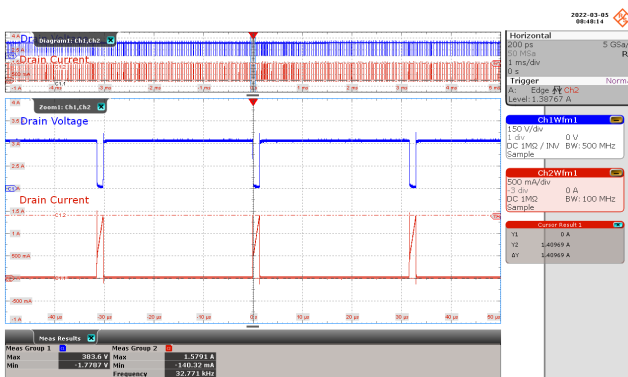


图20 - 漏极电压和电流波形
 230VAC, 800mA输出
 漏极电压: 150V/格, 1ms/格
 漏极电流: 500mA/格, 1ms/格
 缩放 = 10 μ s/格
 $I_{DS(MAX)} = 1.58A$, $V_{DS(MAX)} = 383.6V$

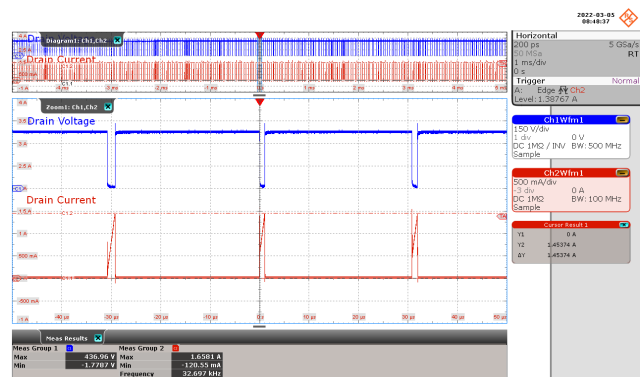


图21 - 漏极电压和电流波形
 265VAC, 800mA输出
 漏极电压: 150V/格, 1ms/格
 漏极电流: 500mA/格, 1ms/格
 缩放 = 10 μ s/格
 $I_{DS(MAX)} = 1.66A$, $V_{DS(MAX)} = 436.96V$



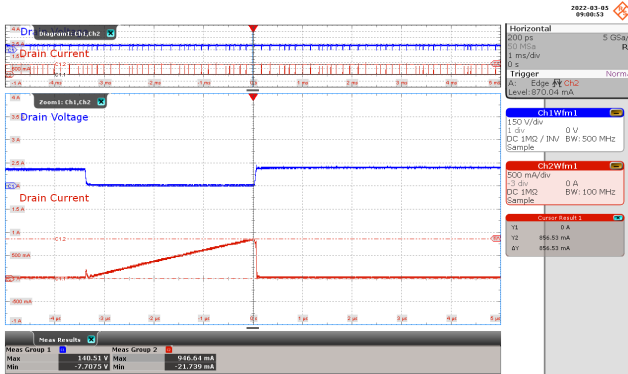


图22 - 漏极电压和电流波形
 85VAC, 80mA输出
 漏极电压: 150V/格, 1ms/格
 漏极电流: 500mA/格, 1ms/格
 缩放 = 1μs/格
 $I_{DS(MAX)} = 946.64\text{mA}$, $V_{DS(MAX)} = 140.51\text{V}$

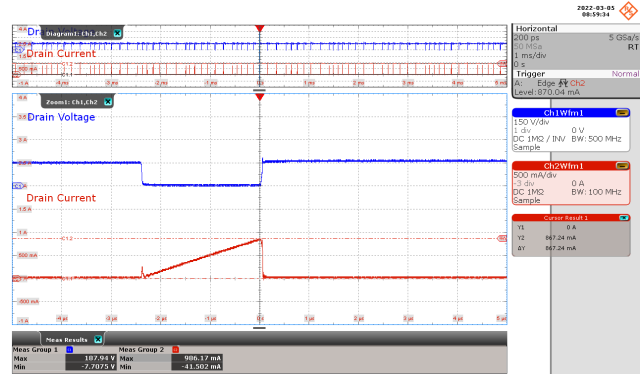


图23 - 漏极电压和电流波形
 115VAC, 80mA输出
 漏极电压: 150V/格, 1ms/格
 漏极电流: 500mA/格, 1ms/格
 缩放 = 1μs/格
 $I_{DS(MAX)} = 986.17\text{mA}$, $V_{DS(MAX)} = 187.94\text{V}$

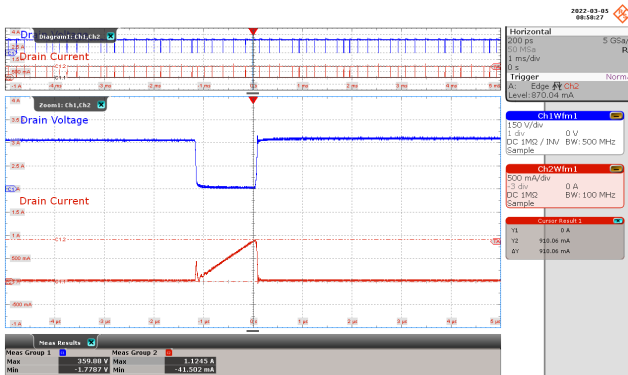


图24 - 漏极电压和电流波形
 230VAC, 80mA输出
 漏极电压: 150V/格, 1ms/格
 漏极电流: 500mA/格, 1ms/格
 缩放 = 1μs/格
 $I_{DS(MAX)} = 1.12\text{mA}$, $V_{DS(MAX)} = 359.88\text{V}$

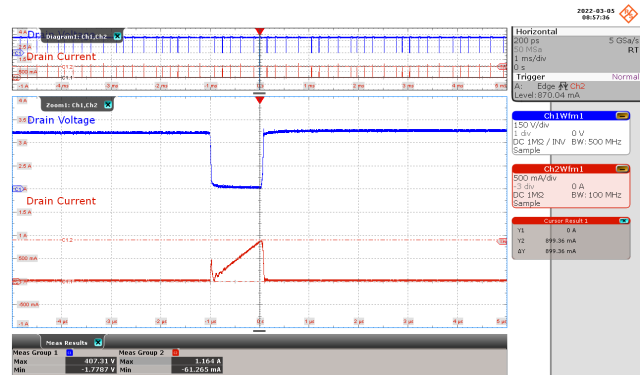


图25 - 漏极电压和电流波形
 265VAC, 80mA输出
 漏极电压: 150V/格, 1ms/格
 漏极电流: 500mA/格, 1ms/格
 缩放 = 1μs/格
 $I_{DS(MAX)} = 1.16\text{mA}$, $V_{DS(MAX)} = 407.31\text{V}$

10.1.2 LNK3209D启动期间的漏极电压和电流波形

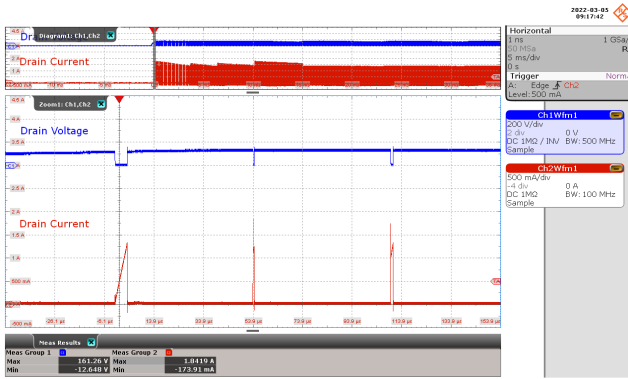


图26 - 漏极电压和电流波形
 85VAC, 800mA输出
 漏极电压: 200V/格, 5ms/格
 漏极电流: 500mA/格, 5ms/格
 缩放 = 20μs/格
 $I_{DS(MAX)} = 1.84A$, $V_{DS(MAX)} = 161.26V$

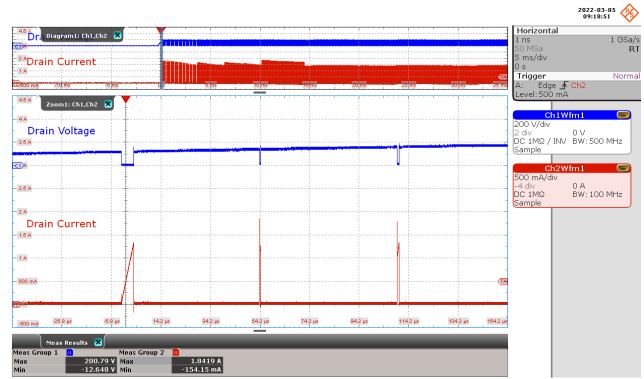


图27 - 漏极电压和电流波形
 115VAC, 800mA输出
 漏极电压: 200V/格, 5ms/格
 漏极电流: 500mA/格, 5ms/格
 缩放 = 20μs/格
 $I_{DS(MAX)} = 1.84A$, $V_{DS(MAX)} = 200.79V$

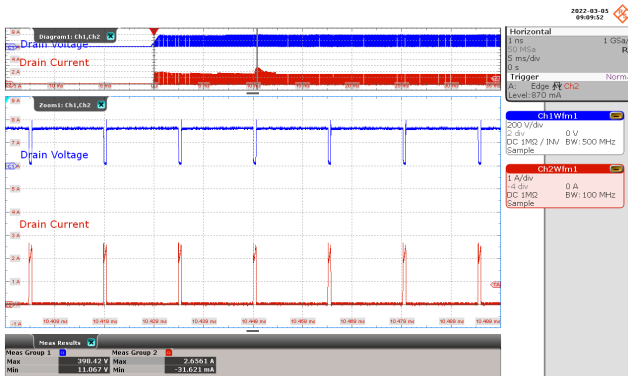


图28 - 漏极电压和电流波形
 230VAC, 800mA输出
 漏极电压: 200V/格, 5ms/格
 漏极电流: 1A/格, 5ms/格
 缩放 = 10μs/格
 $I_{DS(MAX)} = 2.66A$, $V_{DS(MAX)} = 398.42V$

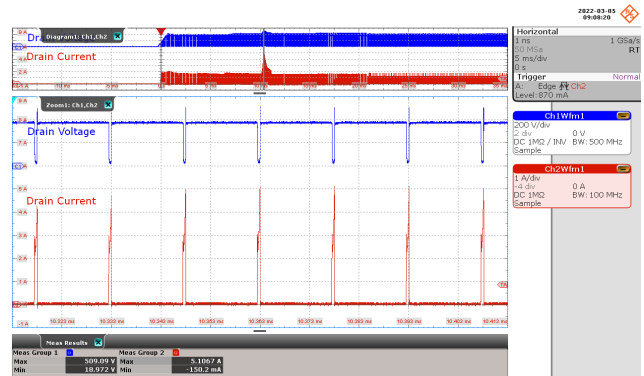


图29 - 漏极电压和电流波形
 265VAC, 800mA输出
 漏极电压: 200V/格, 5ms/格
 漏极电流: 1A/格, 5ms/格
 缩放 = 10μs/格
 $I_{DS(MAX)} = 5.11A$, $V_{DS(MAX)} = 509.09V$

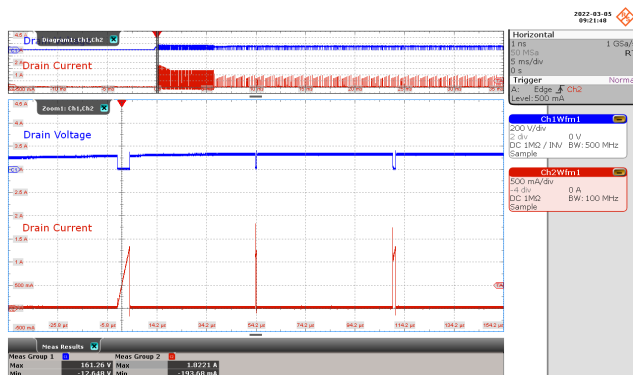


图30 - 漏极电压和电流波形
85VAC, 80mA输出
漏极电压: 200V/格, 5ms/格
漏极电流: 500mA/格, 5ms/格
缩放 = 20µs/格
 $I_{DS(MAX)} = 1.82A$, $V_{DS(MAX)} = 161.26V$

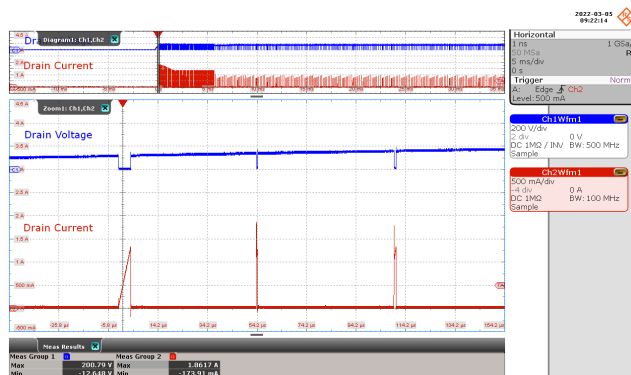


图31 - 漏极电压和电流波形
115VAC, 80mA输出
漏极电压: 200V/格, 5ms/格
漏极电流: 500mA/格, 5ms/格
缩放 = 20µs/格
 $I_{DS(MAX)} = 1.86A$, $V_{DS(MAX)} = 200.79V$

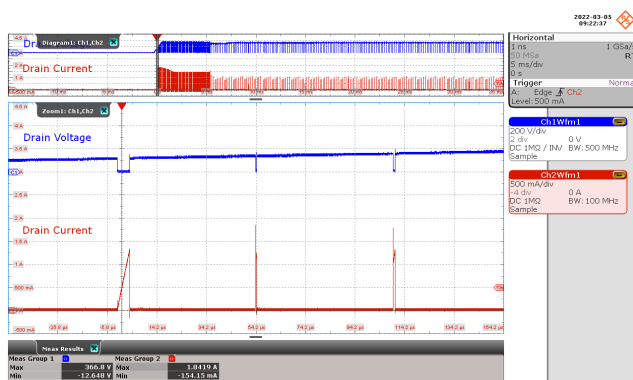


图32 - 漏极电压和电流波形
230VAC, 80mA输出
漏极电压: 200V/格, 5ms/格
漏极电流: 500mA/格, 5ms/格
缩放 = 20µs/格
 $I_{DS(MAX)} = 1.84A$, $V_{DS(MAX)} = 366.8V$

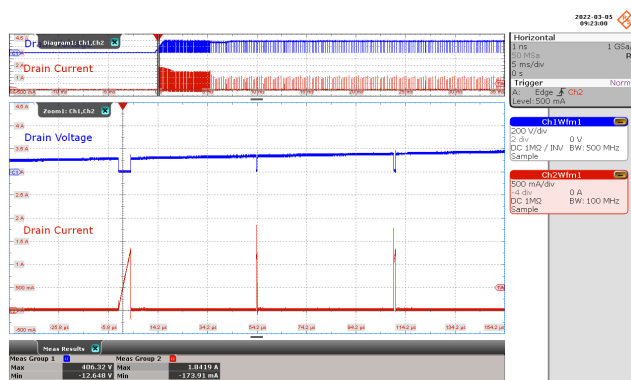


图33 - 漏极电压和电流波形
265VAC, 80mA输出
漏极电压: 200V/格, 5ms/格
漏极电流: 500mA/格, 5ms/格
缩放 = 20µs/格
 $I_{DS(MAX)} = 1.84A$, $V_{DS(MAX)} = 406.32V$

10.1.3 输出短路时的漏极电流和输出波形



图34 - 漏极电流和输出波形

85VAC输入

漏极电流: 2A/格, 1s/格

输出电压: 6V/格, 1s/格

输出电流: 2A/格, 1s/格

缩放 = 10ms/格



图35 - 漏极电流和输出波形

265VAC输入

漏极电流: 2A/格, 1s/格

输出电压: 6V/格, 1s/格

输出电流: 2A/格, 1s/格

缩放 = 10ms/格

10.1.4 正常工作时的续流二极管波形

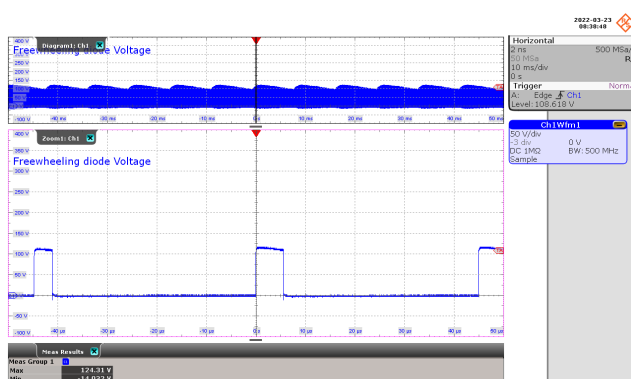


图36 - 续流二极管电压波形
85VAC, 800mA输出
二极管电压: 50V/格, 10ms/格
缩放: 10μs/格
V_{MAX}: 124.31V

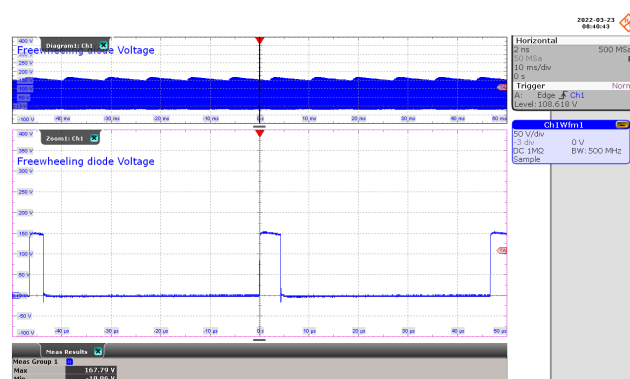


图37 - 续流二极管电压波形
115VAC, 800mA输出
二极管电压: 50V/格, 10ms/格
缩放: 10μs/格
V_{MAX}: 167.79V

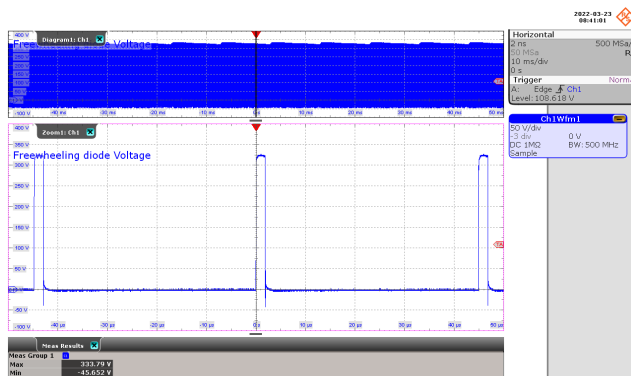


图38 - 续流二极管电压波形
230VAC, 800mA输出
二极管电压: 50V/格, 10ms/格
缩放: 10μs/格
V_{MAX}: 333.79V

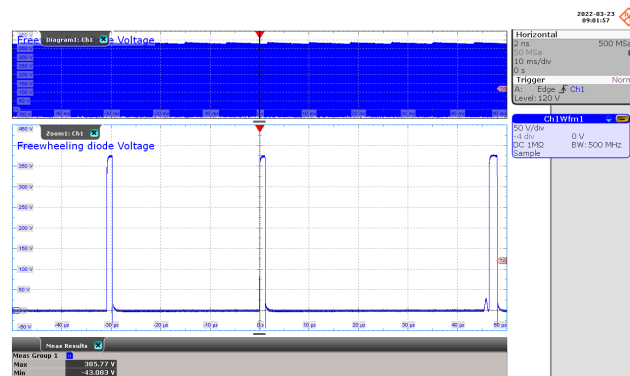


图39 - 续流二极管电压波形
265VAC, 800mA输出
二极管电压: 50V/格, 10ms/格
缩放: 10μs/格
V_{MAX}: 385.77V

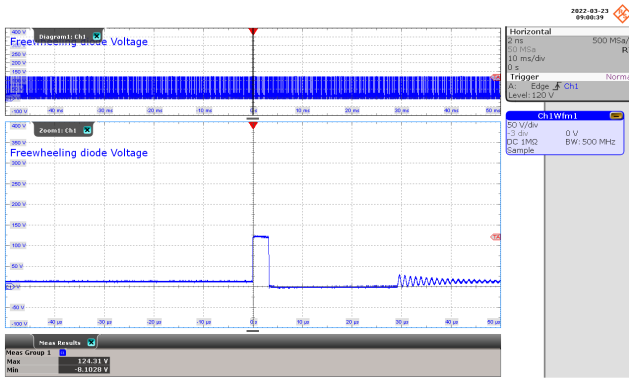


图40 - 续流二极管电压波形
 85VAC, 80mA输出
 二极管电压: 50V/格, 10ms/格
 缩放: 10μs/格
 VMAX: 124.31V

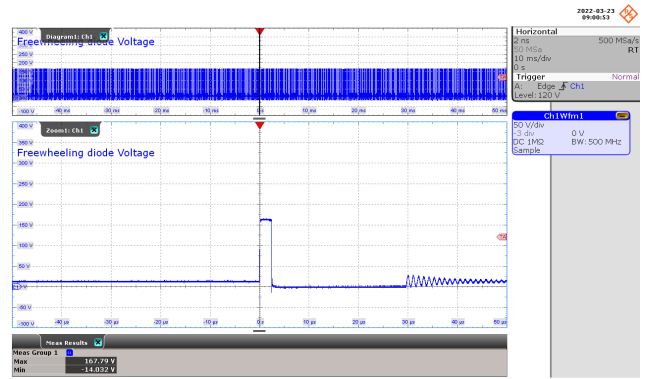


图41 - 续流二极管电压波形
 115VAC, 80mA输出
 二极管电压: 50V/格, 10ms/格
 缩放: 10μs/格
 VMAX: 167.79V

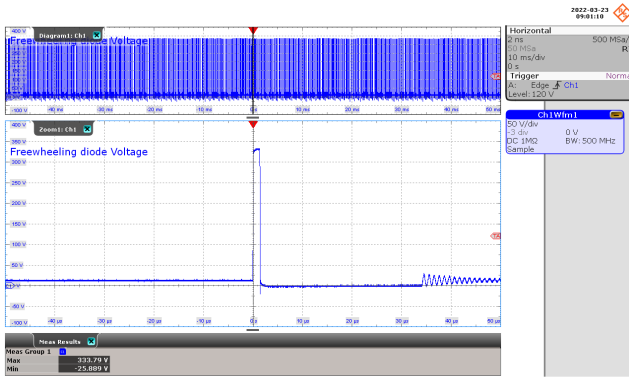


图42 - 续流二极管电压波形
 230VAC, 80mA输出
 二极管电压: 50V/格, 10ms/格
 缩放: 10μs/格
 VMAX: 333.79V

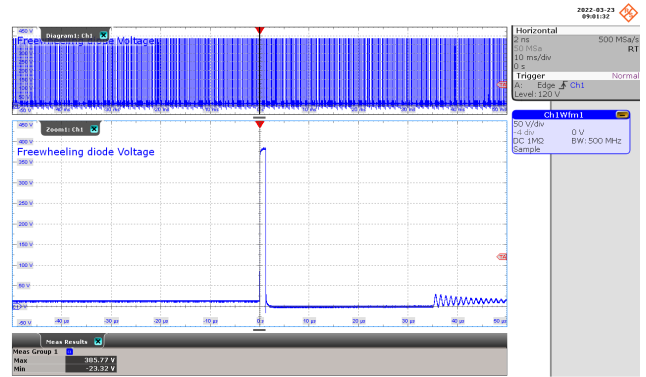


图43 - 续流二极管电压波形
 265VAC, 80mA输出
 二极管电压: 50V/格, 10ms/格
 缩放: 10μs/格
 VMAX: 385.77V

10.1.5 启动期间的续流二极管波形

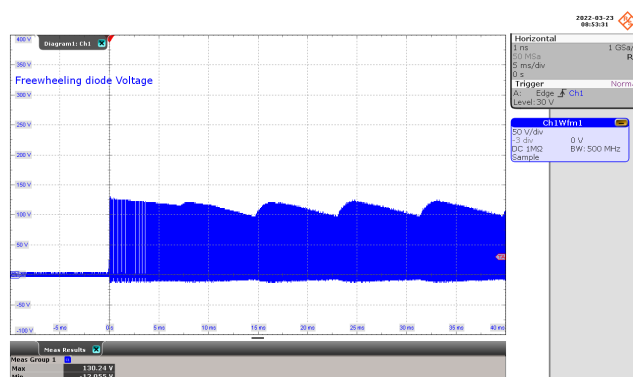


图44 - 续流二极管电压波形
85VAC, 800mA输出
二极管电压: 50V/格, 5ms/格
V_{MAX}: 130.24V

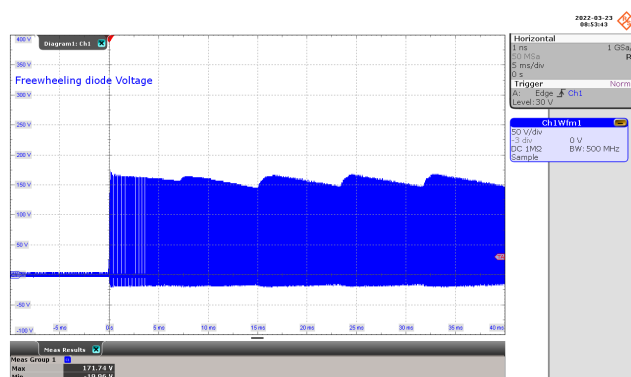


图45 - 续流二极管电压波形
115VAC, 800mA输出
二极管电压: 50V/格, 5ms/格
V_{MAX}: 171.74V

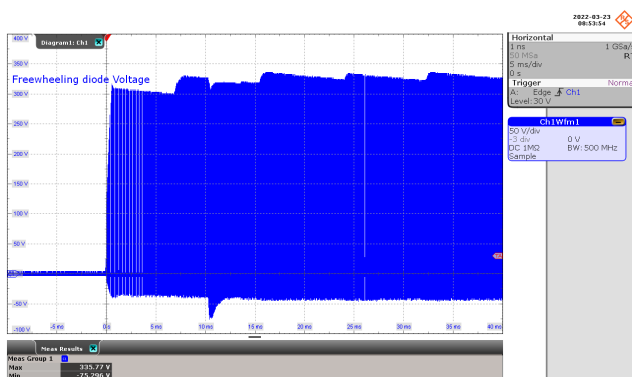


图46 - 续流二极管电压波形
230VAC, 800mA输出
二极管电压: 50V/格, 5ms/格
V_{MAX}: 335.77V

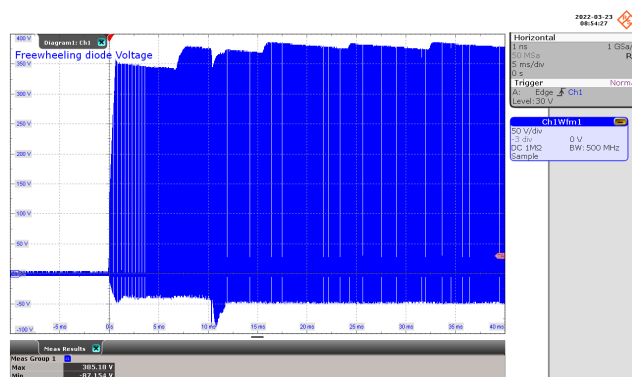


图47 - 续流二极管电压波形
265VAC, 800mA输出
二极管电压: 50V/格, 5ms/格
V_{MAX}: 385.18V

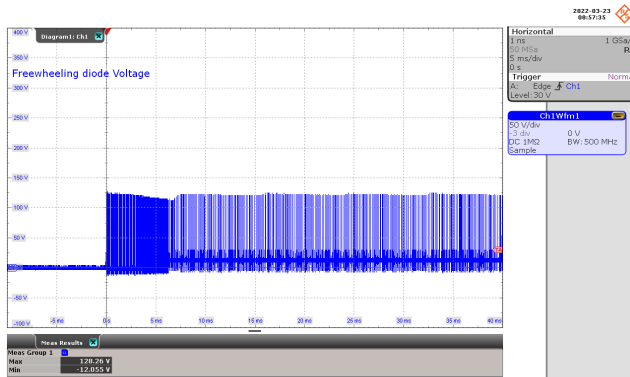


图48 - 续流二极管电压波形
85VAC, 80mA输出
二极管电压: 50V/格, 5ms/格
V_{MAX}: 128.26V

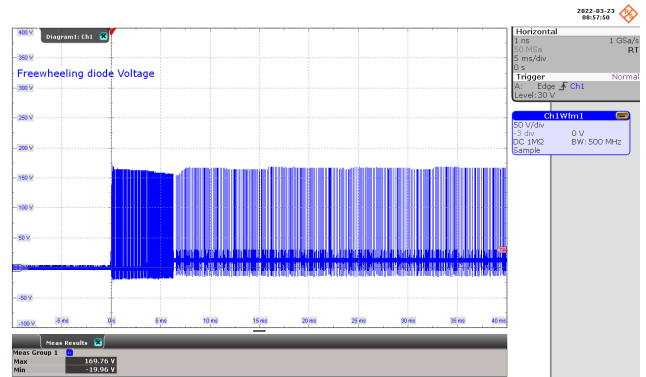


图49 - 续流二极管电压波形
115VAC, 80mA输出
二极管电压: 50V/格, 5ms/格
V_{MAX}: 169.76V

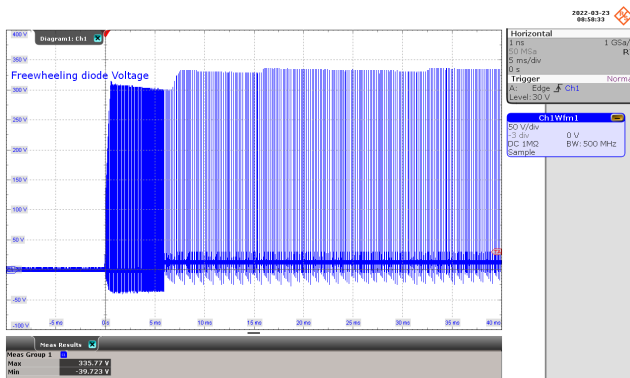


图50 - 续流二极管电压波形
230VAC, 80mA输出
二极管电压: 50V/格, 5ms/格
V_{MAX}: 335.77V

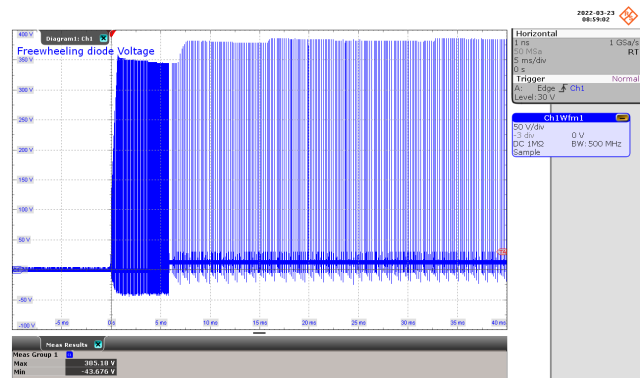


图51 - 续流二极管电压波形
265VAC, 80mA输出
二极管电压: 50V/格, 5ms/格
V_{MAX}: 385.18V

10.1.6 启动期间的输出电压和电流波形 (CC模式)

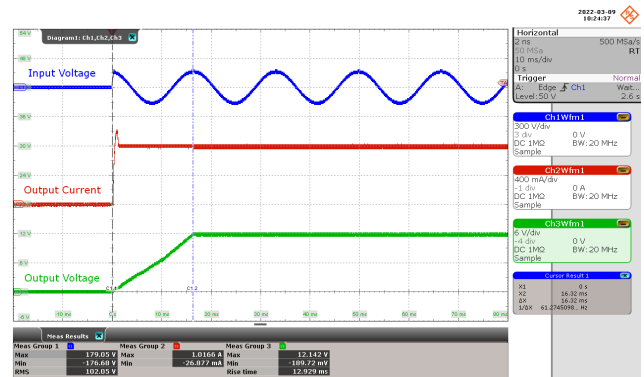
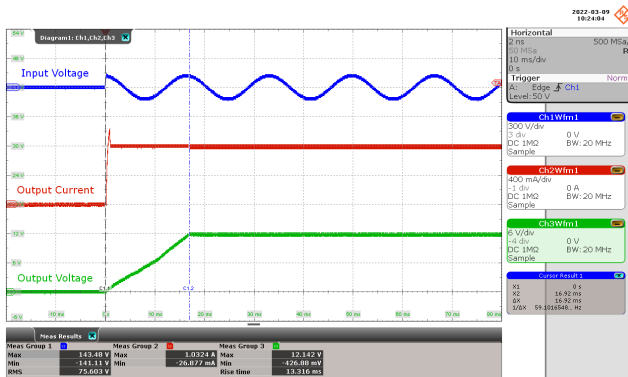


图52 - 输出电压和电流波形
 85VAC, 800mA输出
 输入电压: 300V/格, 10ms/格
 输出电流: 400mA/格, 10ms/格
 输出电压: 6V/格, 10ms/格
 上升时间 = 13.316ms

图53 - 输出电压和电流波形
 115VAC, 800mA输出
 输入电压: 300V/格, 10ms/格
 输出电流: 400mA/格, 10ms/格
 输出电压: 6V/格, 10ms/格
 上升时间 = 12.929ms

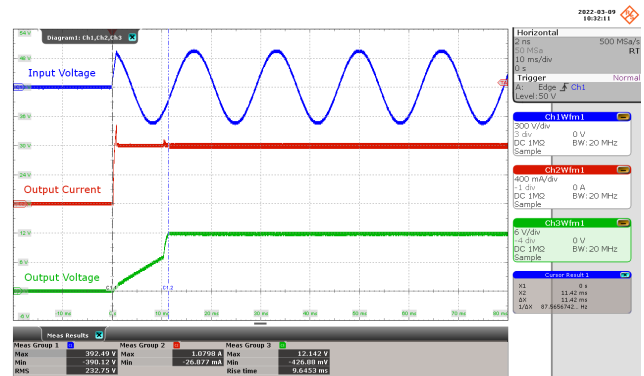
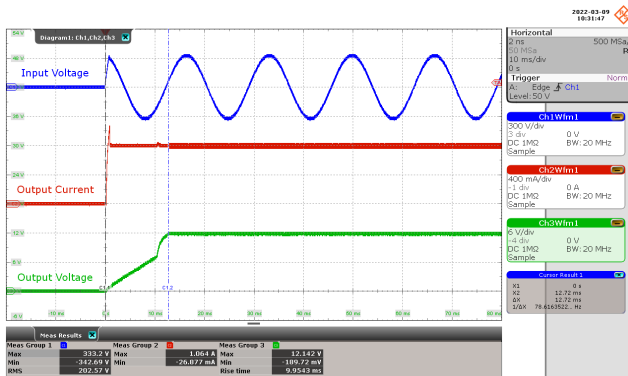


图54 - 输出电压和电流波形
 230VAC, 800mA输出
 输入电压: 300V/格, 10ms/格
 输出电流: 400mA/格, 10ms/格
 输出电压: 6V/格, 10ms/格
 上升时间 = 9.9543ms

图55 - 输出电压和电流波形
 265VAC, 800mA输出
 输入电压: 300V/格, 10ms/格
 输出电流: 400mA/格, 10ms/格
 输出电压: 6V/格, 10ms/格
 上升时间 = 9.6453ms

10.1.7 启动期间的输出电压和电流波形 (CR模式)

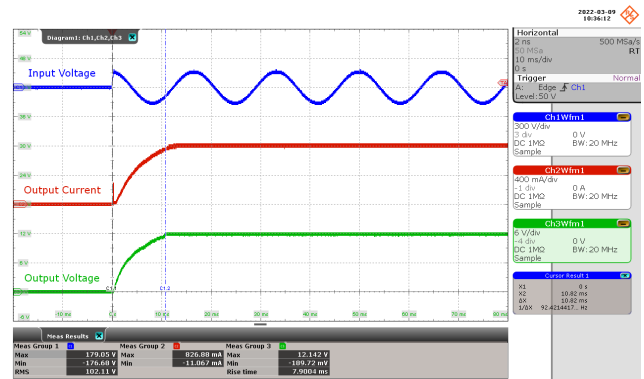
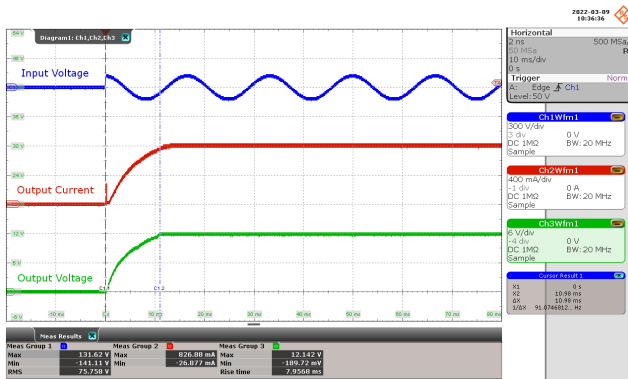


图56 - 输出电压和电流波形
 85VAC, 15Ω 负载
 输入电压: 300V/格, 10ms/格
 输出电流: 400mA/格, 10ms/格
 输出电压: 6V/格, 10ms/格
 上升时间 = 7.9568ms

图57 - 输出电压和电流波形
 115VAC, 15Ω 负载
 输入电压: 300V/格, 10ms/格
 输出电流: 400mA/格, 10ms/格
 输出电压: 6V/格, 10ms/格
 上升时间 = 7.9004ms

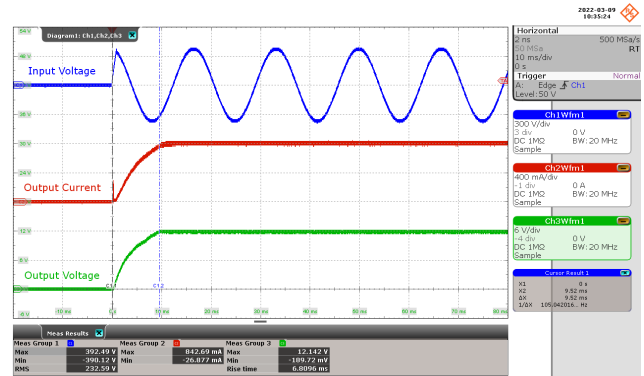
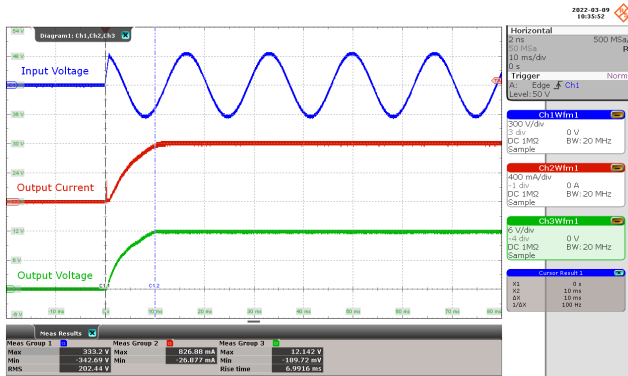


图58 - 输出电压和电流波形
 230VAC, 15Ω 负载
 输入电压: 300V/格, 10ms/格
 输出电流: 400mA/格, 10ms/格
 输出电压: 6V/格, 10ms/格
 上升时间 = 6.9916ms

图59 - 输出电压和电流波形
 265VAC, 15Ω 负载
 输入电压: 300V/格, 10ms/格
 输出电流: 400mA/格, 10ms/格
 输出电压: 6V/格, 10ms/格
 上升时间 = 6.8096ms

10.1.8 启动期间的输出电压和电流波形（最小负载）

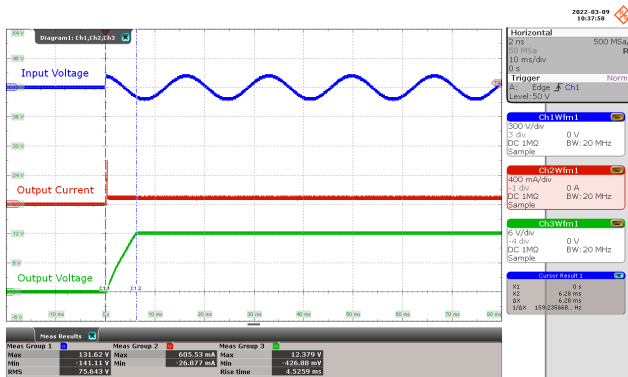


图60 - 输出电压和电流波形
 85VAC, 80mA输出
 输入电压: 300V/格, 10ms/格
 输出电流: 400mA/格, 10ms/格
 输出电压: 6V/格, 10ms/格
 上升时间 = 4.5259ms

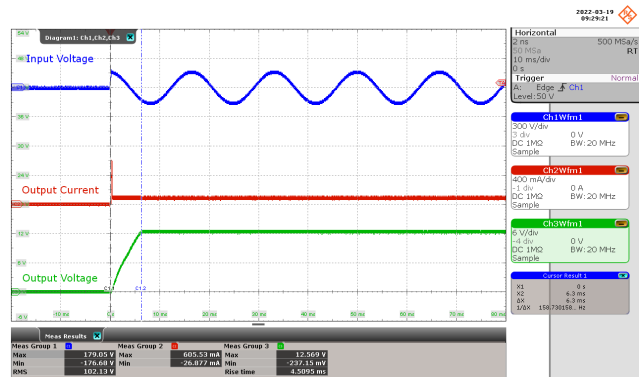


图61 - 输出电压和电流波形
 115VAC, 80mA输出
 输入电压: 300V/格, 10ms/格
 输出电流: 400mA/格, 10ms/格
 输出电压: 6V/格, 10ms/格
 上升时间 = 4.5095ms

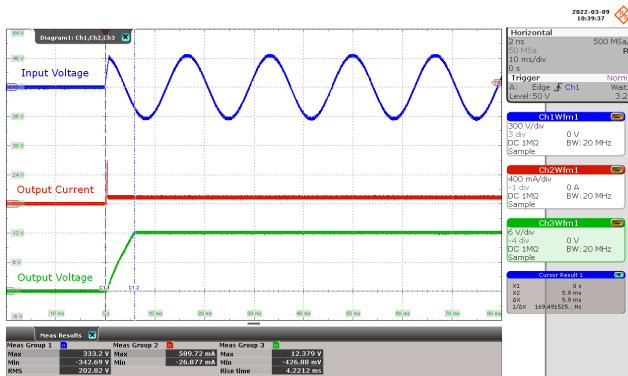


图62 - 输出电压和电流波形
 85VAC, 80mA输出
 输入电压: 300V/格, 10ms/格
 输出电流: 400mA/格, 10ms/格
 输出电压: 6V/格, 10ms/格
 上升时间 = 4.2212ms

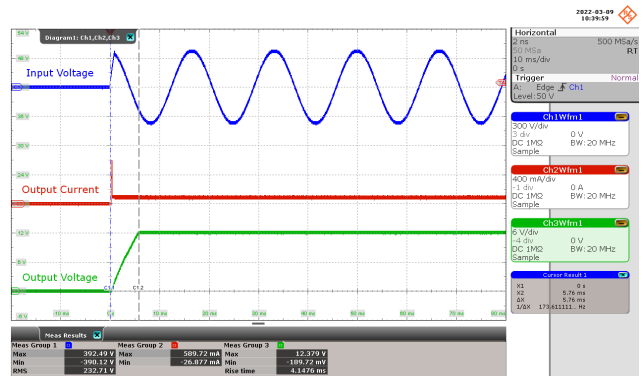


图63 - 输出电压和电流波形
 265VAC, 80mA输出
 输入电压: 300V/格, 10ms/格
 输出电流: 400mA/格, 10ms/格
 输出电压: 6V/格, 10ms/格
 上升时间 = 4.1476ms

10.2 输出纹波测量

10.2.1 纹波测量方法

在测量直流输出纹波时，必须使用经改装的示波器测试探头，以减少干扰引起的杂散信号。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 μ F/50V陶瓷电容和一(1)个1 μ F/50V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）。

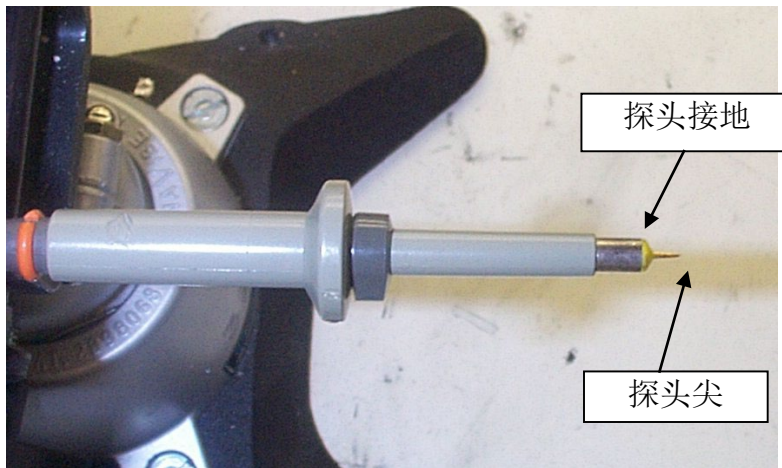


图64 - 准备用于纹波测量的示波器探头。（端盖和接地引线已拆下）

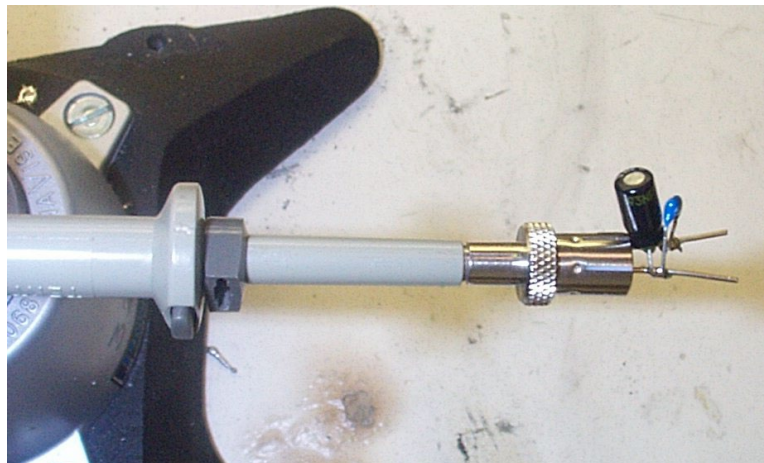


图65 - 附加Probe Master (www.probemaster.com) 4987A BNC适配器的示波器探头（改用导线进行纹波测量，并添加两个并联的去耦电容）

10.2.2 测量结果

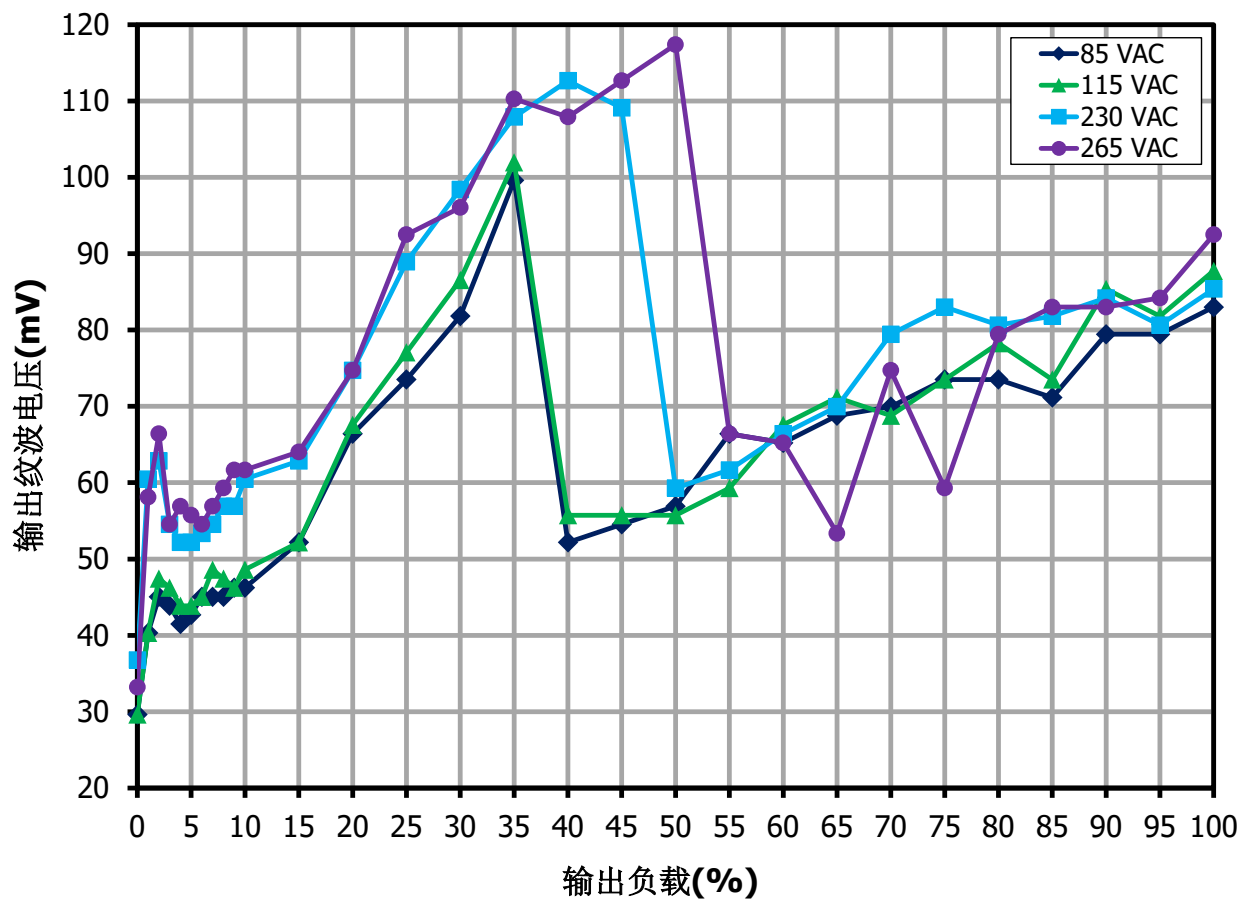


图66 - 输出纹波电压

10.2.3 纹波电压波形

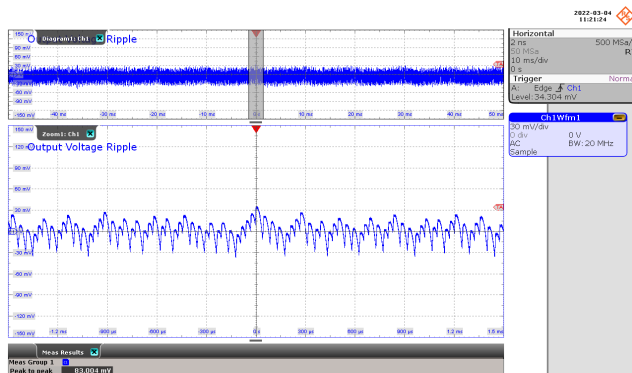


图67 - 输出电压纹波波形
 85VAC, 800mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 83.004mV

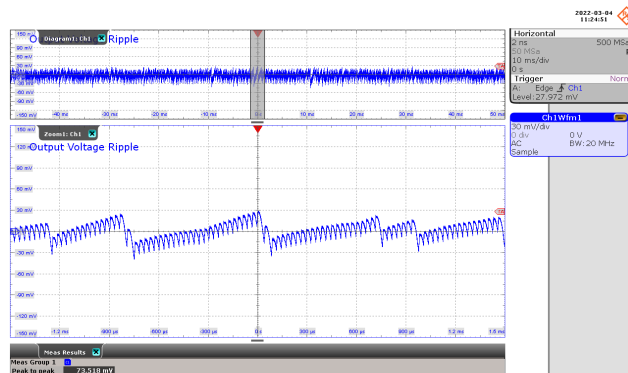


图68 - 输出电压纹波波形
 85VAC, 600mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 73.518mV

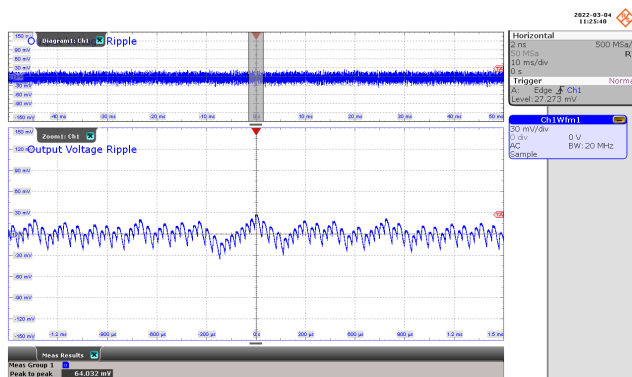


图69 - 输出电压纹波波形
 85VAC, 400mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 64.032mV

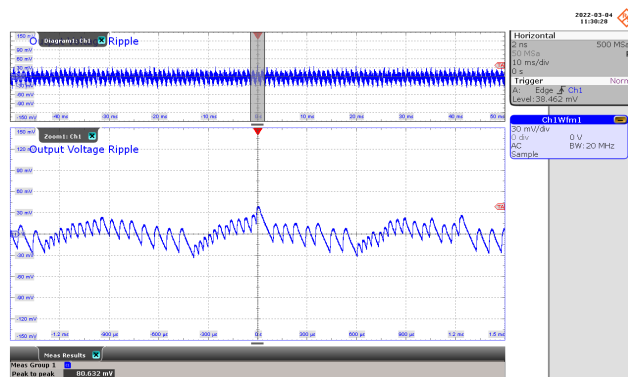


图70 - 输出电压纹波波形
 85VAC, 200mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 80.632mV

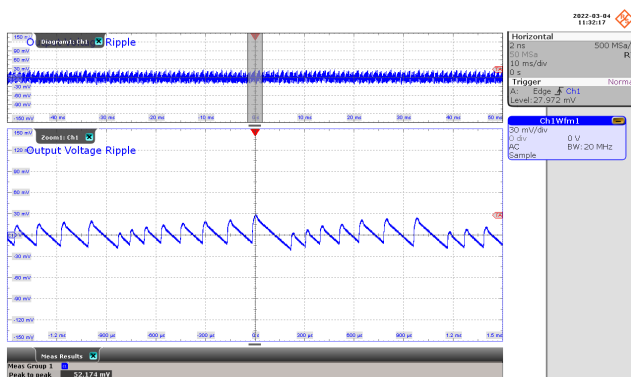


图71 - 输出电压纹波波形
 85VAC, 80mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 52.174mV

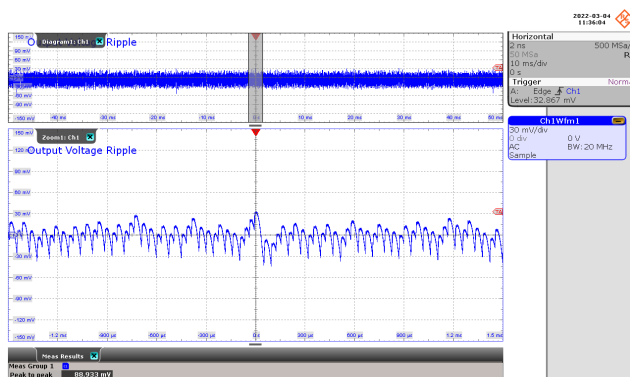


图72 - 输出电压纹波波形
 115VAC, 800mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 88.933mV

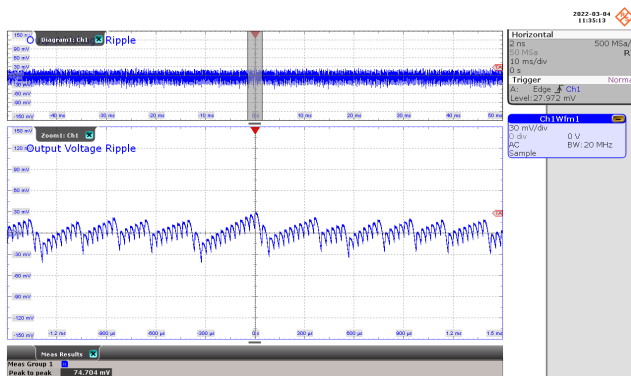


图73 - 输出电压纹波波形
 115VAC, 600mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 74.704mV

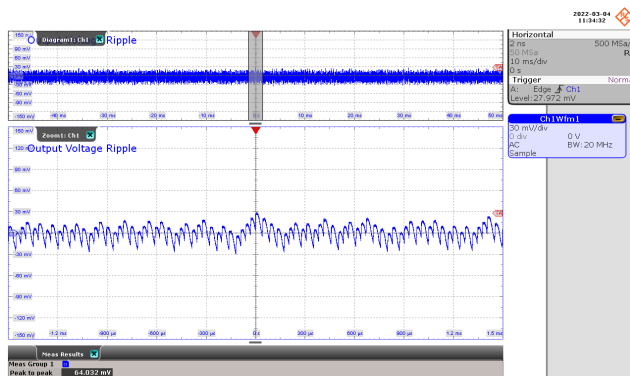


图74 - 输出电压纹波波形
 115VAC, 400mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 64.032mV

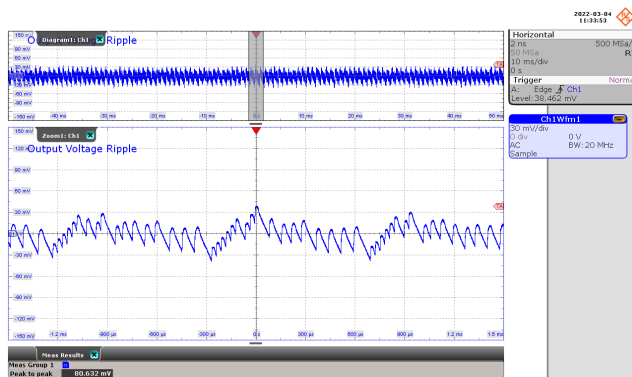


图75 - 输出电压纹波波形
 115VAC, 200mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 80.632mV

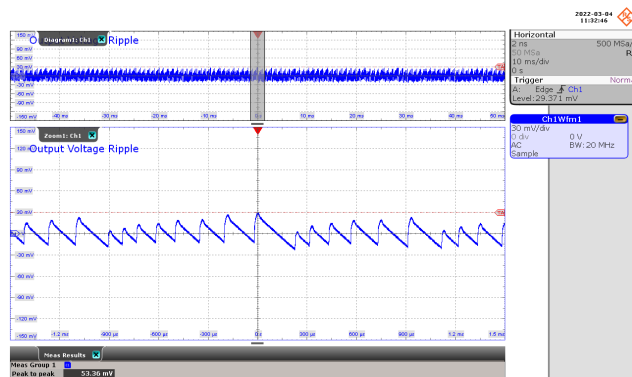


图76 - 输出电压纹波波形
 115VAC, 80mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 53.36mV

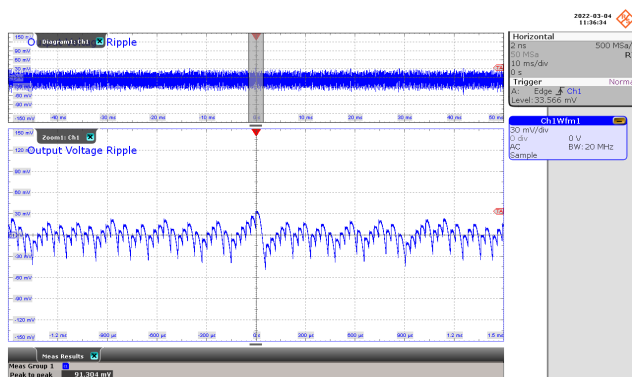


图77 - 输出电压纹波波形
 230VAC, 800mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 91.304mV

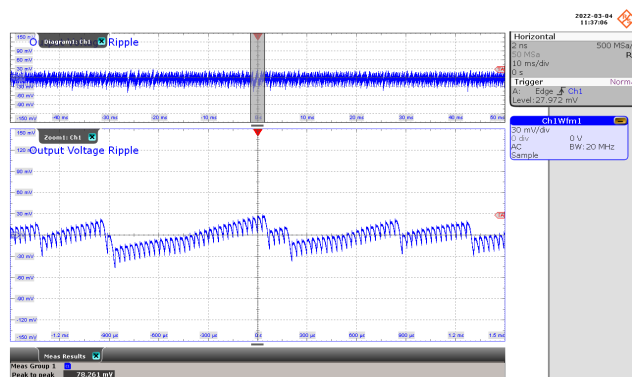


图78 - 输出电压纹波波形
 230VAC, 600mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 78.261mV

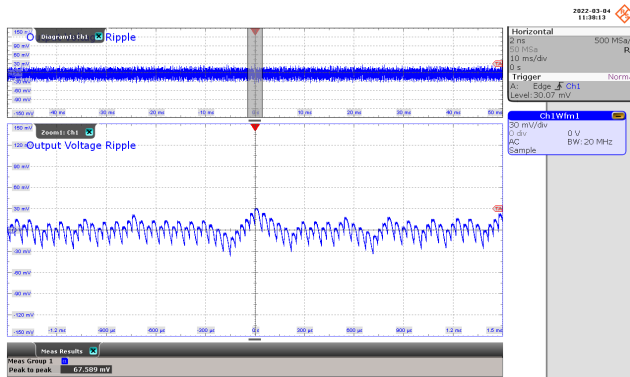


图79 - 输出电压纹波波形
 230VAC, 400mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 67.589mV

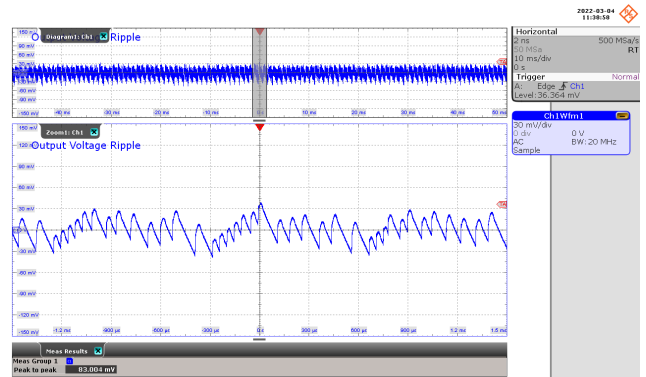


图80 - 输出电压纹波波形
 230VAC, 200mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 83.004mV

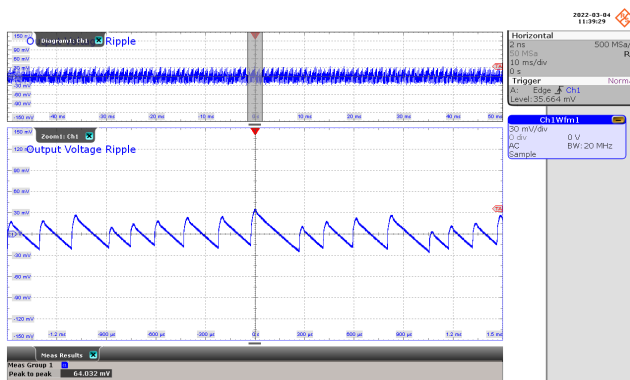


图81 - 输出电压纹波波形
 230VAC, 80mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 64.032mV

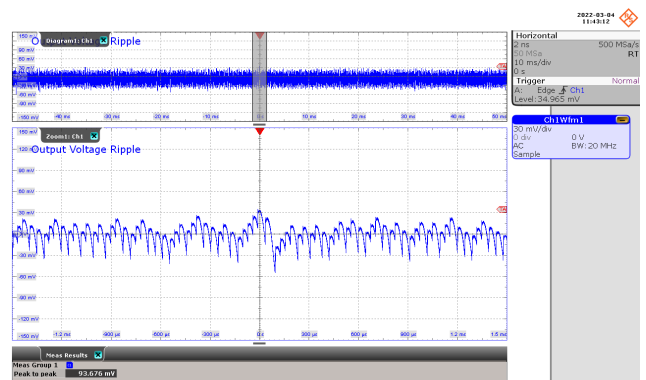


图82 - 输出电压纹波波形
 265VAC, 800mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 93.676mV

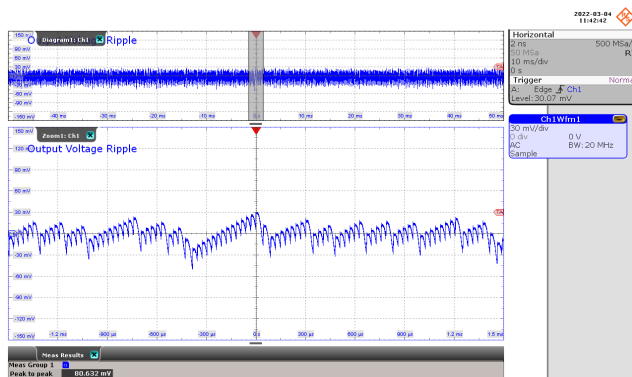


图83 - 输出电压纹波波形
 265VAC, 600mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 80.632mV

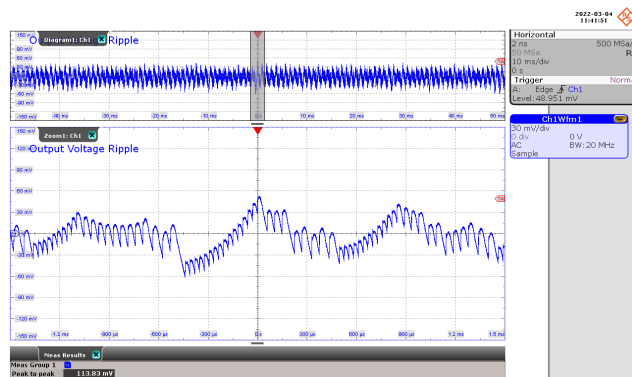


图84 - 输出电压纹波波形
 265VAC, 400mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 113.83mV

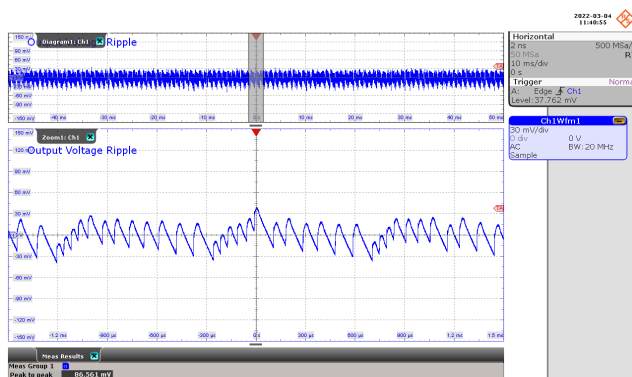


图85 - 输出电压纹波波形
 265VAC, 200mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 86.561mV

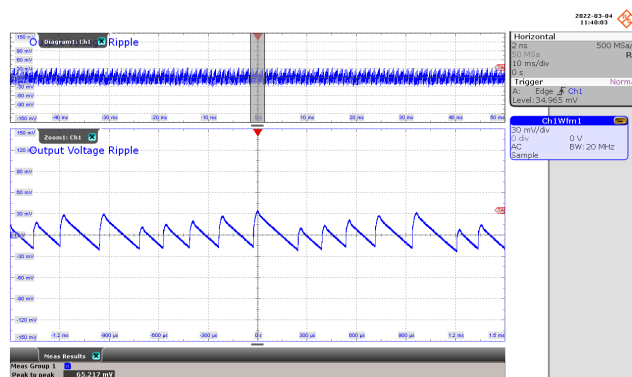


图86 - 输出电压纹波波形
 265VAC, 80mA输出
 纹波: 30mV/格, 10ms/格
 缩放: 300μs/格
 V_{PK-PK}: 65.217mV

10.3 动态响应

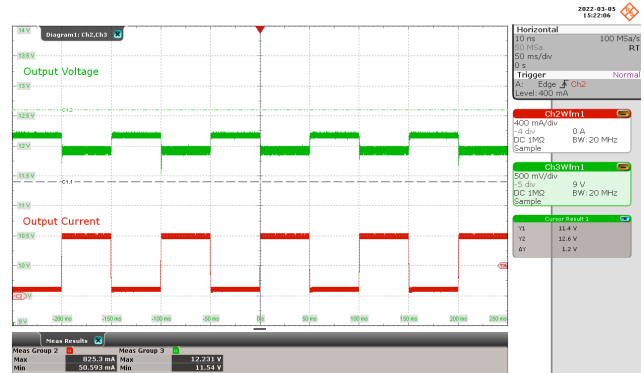
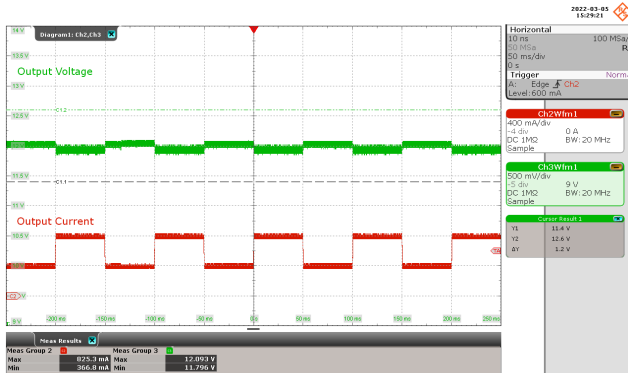


图87 - 动态输出波形
 85VAC
 输出电流: 400mA/格, 50ms/格
 输出电压: 500mA/格, 50ms/格
 负载动态: 50% - 100%
 占空比, 电压变化率: 50%, 0.8A/ μ s
 频率: 10Hz
 V_{MAX} : 12.093V, V_{MIN} : 11.796V

图88 - 动态输出波形
 85VAC
 输出电流: 400mA/格, 50ms/格
 输出电压: 500mA/格, 50ms/格
 负载动态: 10% - 100%
 占空比, 电压变化率: 50%, 0.8A/ μ s
 频率: 10Hz
 V_{MAX} : 12.231V, V_{MIN} : 11.54V

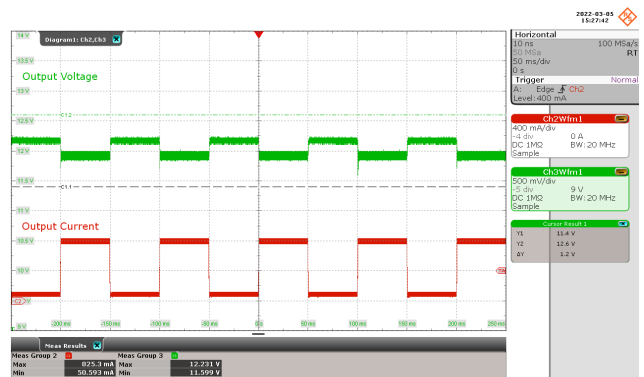
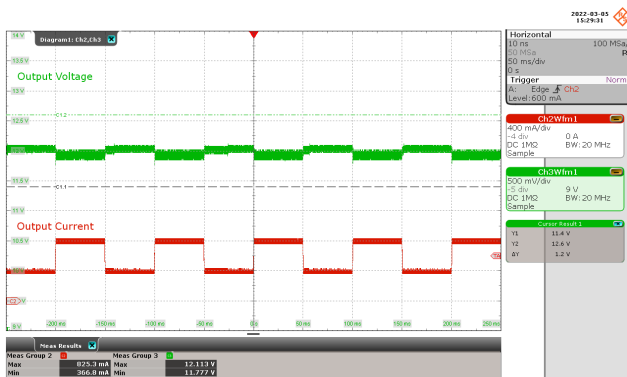


图89 - 动态输出波形
 115VAC
 输出电流: 400mA/格, 50ms/格
 输出电压: 500mA/格, 50ms/格
 负载动态: 50% - 100%
 占空比, 电压变化率: 50%, 0.8A/ μ s
 频率: 10Hz
 V_{MAX} : 12.113V, V_{MIN} : 11.777V

图90 - 动态输出波形
 115VAC
 输出电流: 400mA/格, 50ms/格
 输出电压: 500mA/格, 50ms/格
 负载动态: 10% - 100%
 占空比, 电压变化率: 50%, 0.8A/ μ s
 频率: 10Hz
 V_{MAX} : 12.231V, V_{MIN} : 11.599V



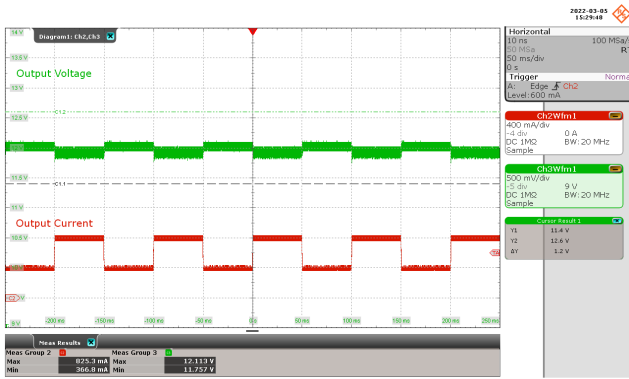


图91 - 动态输出波形
 230VAC
 输出电流: 400mA/格, 50ms/格
 输出电压: 500mV/格, 50ms/格
 负载动态: 50% - 100%
 占空比, 电压变化率: 50%, 0.8A/ μ s
 频率: 10Hz
 V_{MAX} : 12.113V, V_{MIN} : 11.757V

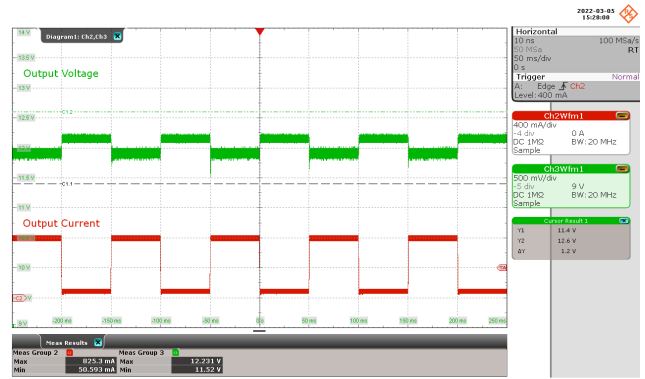


图92 - 动态输出波形
 230VAC
 输出电流: 400mA/格, 50ms/格
 输出电压: 500mV/格, 50ms/格
 负载动态: 10% - 100%
 占空比, 电压变化率: 50%, 0.8A/ μ s
 频率: 10Hz
 V_{MAX} : 12.231V, V_{MIN} : 11.52V

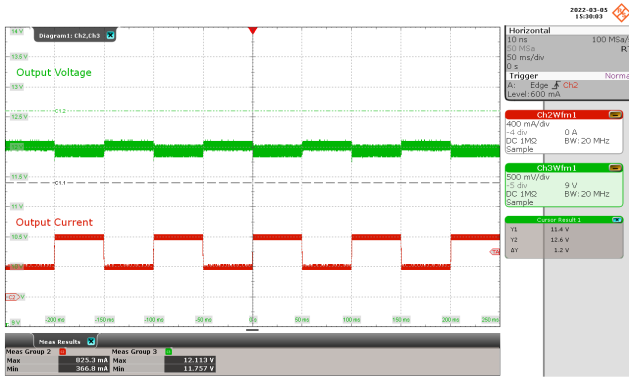


图93 - 动态输出波形
 265VAC
 输出电流: 400mA/格, 50ms/格
 输出电压: 500mV/格, 50ms/格
 负载动态: 50% - 100%
 占空比, 电压变化率: 50%, 0.8A/ μ s
 频率: 10Hz
 V_{MAX} : 12.113V, V_{MIN} : 11.757V

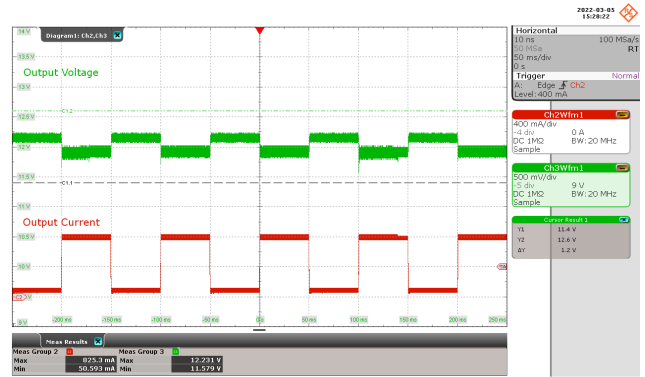


图94 - 动态输出波形
 265VAC
 输出电流: 400mA/格, 50ms/格
 输出电压: 500mV/格, 50ms/格
 负载动态: 10% - 100%
 占空比, 电压变化率: 50%, 0.8A/ μ s
 频率: 10Hz
 V_{MAX} : 12.231V, V_{MIN} : 11.579V

11 传导EMI

11.1 800mA电阻性负载，输出悬空(QPK/AV)

运行15分钟后。

11.1.1 115VAC

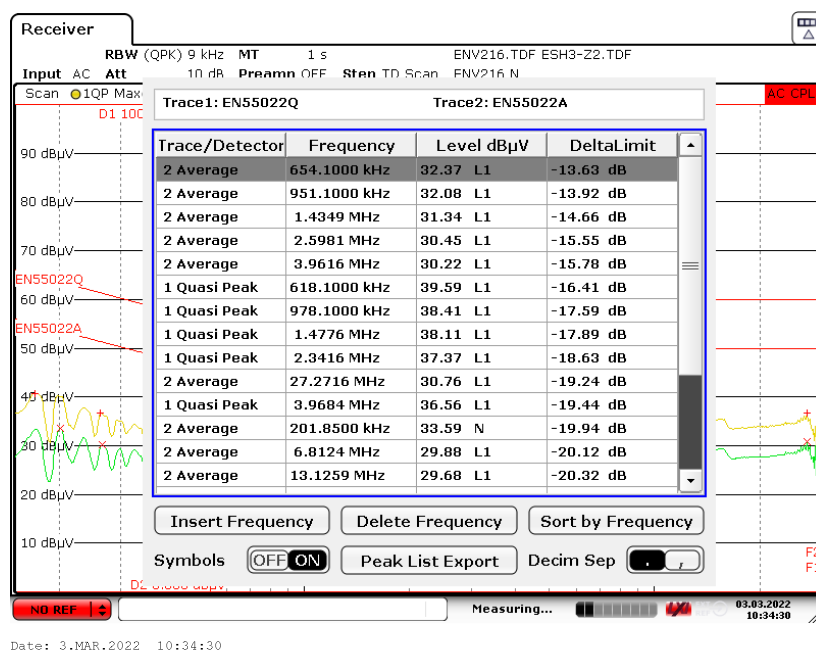
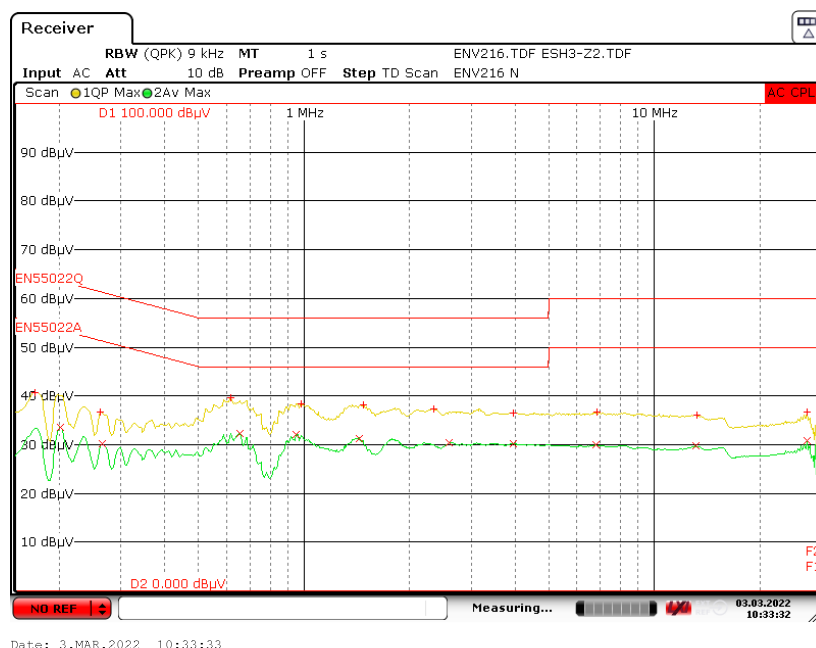
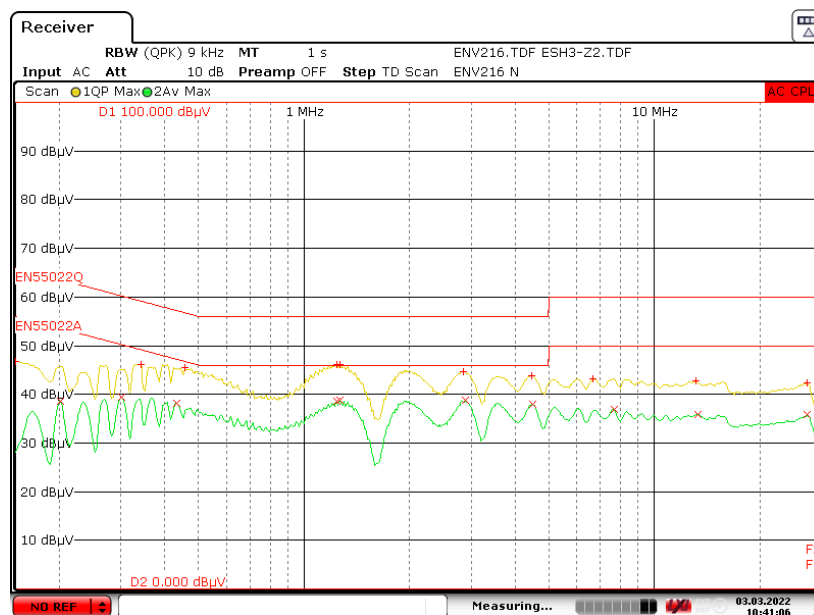
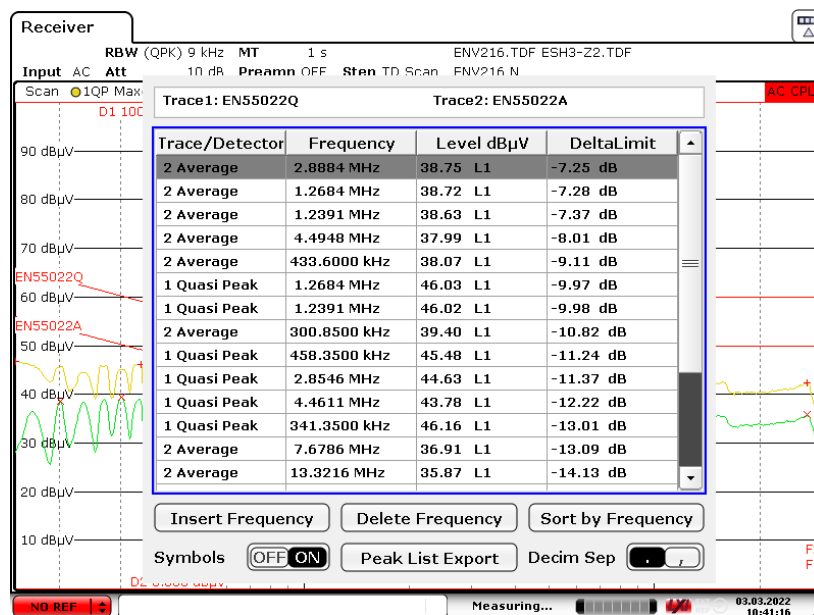


图95 - 115VAC输出地悬空EMI

11.1.2 230VAC



Date: 3.MAR.2022 10:41:07



Date: 3.MAR.2022 10:41:17

图96 - 230VAC输出地悬空EMI



12 雷击浪涌

12.1 差模测试

通过 $\pm 1\text{kV}$ 浪涌测试。

浪涌电压 (kV)	相位角 (°)	IEC耦合	发生器阻抗 (Ω)	冲击次数	结果	备注
+1	0	L1/L2	2	10	通过	无自动重启动
-1	0	L1/L2	2	10	通过	无自动重启动
+1	90	L1/L2	2	10	通过	无自动重启动
-1	90	L1/L2	2	10	通过	无自动重启动
+1	180	L1/L2	2	10	通过	无自动重启动
-1	180	L1/L2	2	10	通过	无自动重启动
+1	270	L1/L2	2	10	通过	无自动重启动
-1	270	L1/L2	2	10	通过	无自动重启动

12.1.1 1000V 90° 差模浪涌



图97 - 漏极电压, 230VAC, 满载



13 版本历史

日期	作者	修订版本	说明和变更	审核者
2022/6/9	JD/MMT	1.0	初始版本	Apps & Mktg



有关最新产品信息, 请访问: www.power.com

Reference Designs are technical proposals concerning how to use Power Integrations' gate drivers in particular applications and/or with certain power modules. These proposals are "as is" and are not subject to any qualification process. The suitability, implementation and qualification are the sole responsibility of the end user. The statements, technical information and recommendations contained herein are believed to be accurate as of the date hereof. All parameters, numbers, values and other technical data included in the technical information were calculated and determined to our best knowledge in accordance with the relevant technical norms (if any). They may base on assumptions or operational conditions that do not necessarily apply in general. We exclude any representation or warranty, express or implied, in relation to the accuracy or completeness of the statements, technical information and recommendations contained herein. No responsibility is accepted for the accuracy or sufficiency of any of the statements, technical information, recommendations or opinions communicated and any liability for any direct, indirect or consequential loss or damage suffered by any person arising therefrom is expressly disclaimed.

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.power.com. Power Integrations grants its customers a license under certain patent rights as set forth at www.power.com/ip.htm.

Power Integrations, the Power Integrations logo, CAPZero, ChiPhy, CHY, DPA-Switch, EcoSmart, E-Shield, eSIP, eSOP, HiperPLC, HiperPFS, HiperTFS, InnoSwitch, Innovation in Power Conversion, InSOP, LinkSwitch, LinkZero, LYTSwitch, SENZero, TinySwitch, TOPSwitch, PI, PI Expert, SCALE, SCALE-1, SCALE-2, SCALE-3 and SCALE-iDriver, are trademarks of Power Integrations, Inc. Other trademarks are property of their respective companies. ©2019, 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:
Worldwide: +1-65-635-64480
Americas: +1-408-414-9621
e-mail: usasales@power.com

中国 (上海)

徐汇区漕溪北路88号圣爱广场
1601-1603室
上海|中国, 200030
电话: +86-21-6354-6323
电子邮箱: chinasales@power.com

中国 (深圳)

南山区科技南八路二号豪威科技
大厦17层
深圳|中国, 518057
电话: +86-755-8672-8689
电子邮箱:
chinasales@power.com

德国 (AC-DC/LED业务销售)

Einsteiniring 24
85609 Dornach/Aschheim
Germany
Tel: +49-89-5527-39100
e-mail: eurosales@power.com

德国 (门极驱动器销售)

HellwegForum 1
59469 Ense
Germany
Tel: +49-2938-64-39990
e-mail: igbt-driver.sales@power.com

印度

#1, 14th Main Road
Vasanthanagar
Bangalore-560052
India
Phone: +91-80-4113-8020
e-mail: indiasales@power.com

意大利

Via Milanese 20, 3rd. Fl.
20099 Sesto San Giovanni (MI) Italy
Phone: +39-024-550-8701
e-mail: eurosales@power.com

日本

Yusen Shin-Yokohama 1-chome Bldg.
1-7-9, Shin-Yokohama, Kohoku-ku
Yokohama-shi,
Kanagawa 222-0033 Japan
Phone: +81-45-471-1021
e-mail: japansales@power.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
e-mail: koreasales@power.com

新加坡

51 Newton Road,
#19-01/05 Goldhill Plaza
Singapore, 308900
Phone: +65-6358-2160
e-mail: singaporesales@power.com

台湾地区

5F, No. 318, Nei Hu Rd.,
Sec. 1
Nei Hu District
Taipei 11493, Taiwan R.O.C.
Phone: +886-2-2659-4570
e-mail: taiwansales@power.com

英国

Building 5, Suite 21
The Westbrook Centre
Milton Road
Cambridge
CB4 1YG
Phone: +44 (0) 7823-557484
e-mail: eurosales@power.com

