65 W USB-PD SMPS reference with XDP™ digital power XDPS21081

关于本文档

范围和目的

本文档介绍了使用英飞凌数字 FQR ZVS 反激式控制器 XDP™ 数字电源 XDPS21081 和 MOSFET **IPL60R185C7**、**BSC0802LS** 和 **BSL606SN** 的 65 W 5/9/12/15 V 3 A 或 20 V 3.25 A、90 V AC ~ 265 V AC 输入离线强制准谐振 (FQR) 零电压开关 (ZVS) 反激式转换器演示板。

目标受众

本文档面向希望为笔记本电脑和其他计算机相关应用中的高密度 (HD) 适配器设计 FQR ZVS 反激式转换器的 XDP™ 数字电源 XDPS21081 用户。

目录

About this document **1**
Table of contents **1**
1 Abstract **3**
2 Specifications of the demo board **4**
3 Reference board **5**
4 Features of XDPS21081 ..... **6**
5 Circuit description **7**
5.1 Introduction 7
6 Circuit diagram **8**
7 PCB layout **9**
8 Bill of materials **12**
9 Transformer construction **16**
9.1 Input CMC, L1 16
9.2 Input DMC, L2 16
9.3 FQR ZVS flyback transformer 17
10 Measurement results **19**
10.1 Efficiency 19
10.2 Standby power 24
10.3 Output ripple – steady-state operation 24
10.4 Regulation under different loads 26
10.5 Dynamic load steps 27
10.6 Loop stability 29
10.7 Measurement results 30
10.8 Conducted emissions (EN 55022 class B) 32
10.9 Operational waveforms 33
10.9.1 Main MOSFET switching waveform at low-/high-line 33
10.9.2 Burst mode (BM) waveform 33
10.10 V_{CC} charge time 34

摘要

10.11 Brown-in/brown-out 34
10.12 V_{out} OVP protection 35
10.13 Overload protection 35
10.14 Output short-circuit protection 36
10.15 Current sense (CS) resistor short protection 36
10.16 V_{CC} OVP 37
11 References 38
Revision history 39

1 摘要

这是演示板“REF_XDPS21081_65W”的应用指南。

英飞凌的 XDP™ 数字电源 XDPS21081 65 W FQR ZVS 演示板展示了在增加合理成本的情况下，可通过全新的单级反激强制频率谐振 (FFR) 原理实现的一流功率密度。

演示板采用通用交流输入，并将其转换为大多数现代笔记本电脑和手机可接受的典型 5 至 20 V 直流输出。凭借非常适中的尺寸，此类笔记本电脑适配器可达到 20 W/in^3 的一流功率密度。利用谐振开关转换，可几乎消除所需频带下的主 MOSFET 开关损耗。借助这种方法，可实现允许更小组件（如变压器）所需的高开关频率，同时仍然维持（甚至提高）在非常小的形状系数下管理散热所需的效率。为便于选择 SR IC，XDP™ 数字电源 XDPS21081 在所有条件下均采用有保障的 QR 或非连续导通模式 (DCM) 运行。XDP™ 数字电源 XDPS21081 还实现了降频模式 (FRM) 和突发模式 (BM)，可最大限度地提高中轻负载下的效率。总而言之，总效率可在所有负载和线路范围内提升到 90% 以上，峰值效率可达到 93% 以上。

尽管未经过正式认证，但 65 W FQR ZVS 演示板符合大部分标准合规性要求，例如传导 EMI、隔离要求等。

XDP™ 数字电源 XDPS21081 还具有各种配置特性，可发挥适配器的全部功能，如用于最大功率控制的传播延迟补偿、用于可变输出电压的自适应电流限制以及用于在 QR 和 FQR ZVS 模式之间转换的可配置线路电压。还有各种保护功能（例如输入过压/欠压保护、CS 引脚短路、V_{CC} 过压保护 (OVP)、V_{out} OVP、过流保护 (OCP)、过载保护 (OLP)、过热保护 (OTP)、锁存使能等）。

2 演示板规格

Table 1 DEMO-XDPS21081-65W 规格

输入电压	90 V AC ~ 265 V AC
输入频率	50/60 Hz
输出负载	满载：在 3.25 A 下为 20 V，在 3 A 下为 5/9/12/15 V
效率	EC COCV5 第 2 层和 DOELV6
待机功耗（空载）	小于 65 mW
控制器 IC	XDPS21081
主/SR/安全 MOSFET	IPL60R185C7/BSC0802LS/BSL606SN/BSZ0905PNS
形状系数（长 x 宽 x 高）	60 x 28 x 25 mm = 47.6 cm^3
功率密度 (PCBA)	25 W/in^3

3 参考板

本文档包含功能列表、电源规格、原理图、物料清单 (BOM) 和变压器构造文档。性能曲线和示波器波形等典型的工作特性在文档末尾显示。



Figure 1 REF_XDPS21081_65W FQR ZVS 反激式转换器（顶视图）

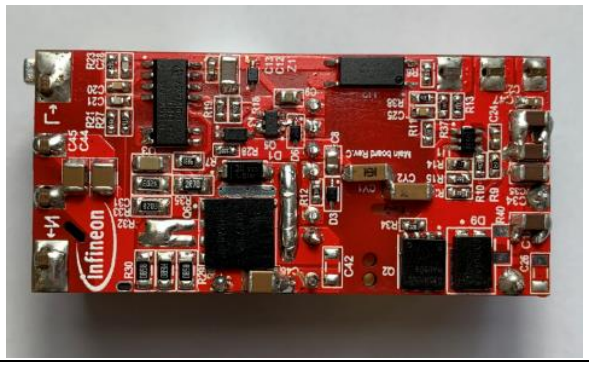


Figure 2 REF_XDPS21081_65W FQR ZVS 反激式转换器（底视图）

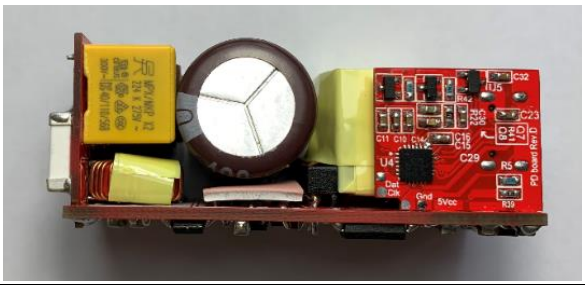


Figure 3 REF_XDPS21081_65W FQR ZVS 反激式转换器（侧视图）

4 XDPS21081 的特点

Table 2 XDPS21081 的特点

具有 ABM、DCM、QR、FQR 模式的多模式操作
低压线路 QR、高压线路 FQR ZVS 可实现最佳效率
用于 QR 和 FQR ZVS 模式之间转换阈值的可配置线路电压
用于电流限制的自适应 V_{CS} 偏移补偿
通过集成的高压启动单元实现输入过压和欠压检测
内置软启动
内置保护模式

5 电路说明

5.1 简介

演示板接受 90 V AC 至 265 V AC 的宽输入范围，输出范围为 5 V 至 20 V，最高功率为 65 W。电路与典型的反激式转换器设计类似。XDPS21081 是一款逐周期峰值电流反激式控制器，通过 MFIO 引脚进行次级侧控制。借助由 GD1 引脚驱动的附加 ZVS 绕组和 ZVS 电路，这种特殊计可以实现接近 ZVS 的效果。凭借 ZVS 功能，高压线路下的开关损耗显著降低，如此则开关频率可设定在 140 kHz 左右。对于低压线路，系统将在高负载下以 QR 模式运行，从而产生自然的 ZVS 效果。除了在满载时具有高效率外，该控制器还可以通过实施 FRM 和 ABM 在中等和轻负载下均实现高效率。该控制器集成了高压启动单元。与体电容器的电阻 R_{HV} (100 kΩ) 连接后，它可以实现 V_{CC} 启动充电以及输入过压和欠压保护功能。此外，它还具有各种保护功能来保护系统免受危害，如 OCP、V_{out} OVP、V_{CC} OVP、OLP、OTP、锁存使能、上电前 CS 引脚短路等。

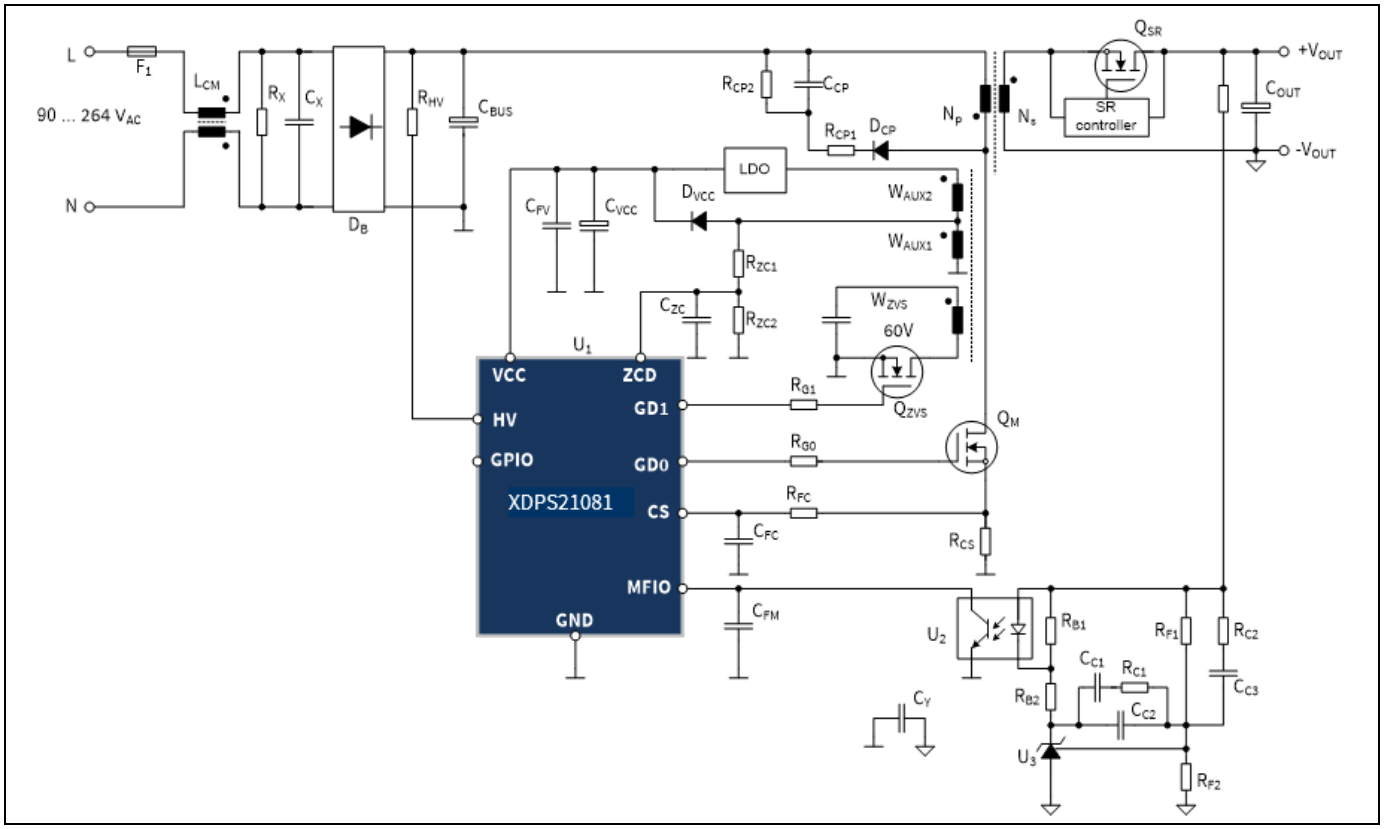


Figure 4 简化演示电路

6 电路图

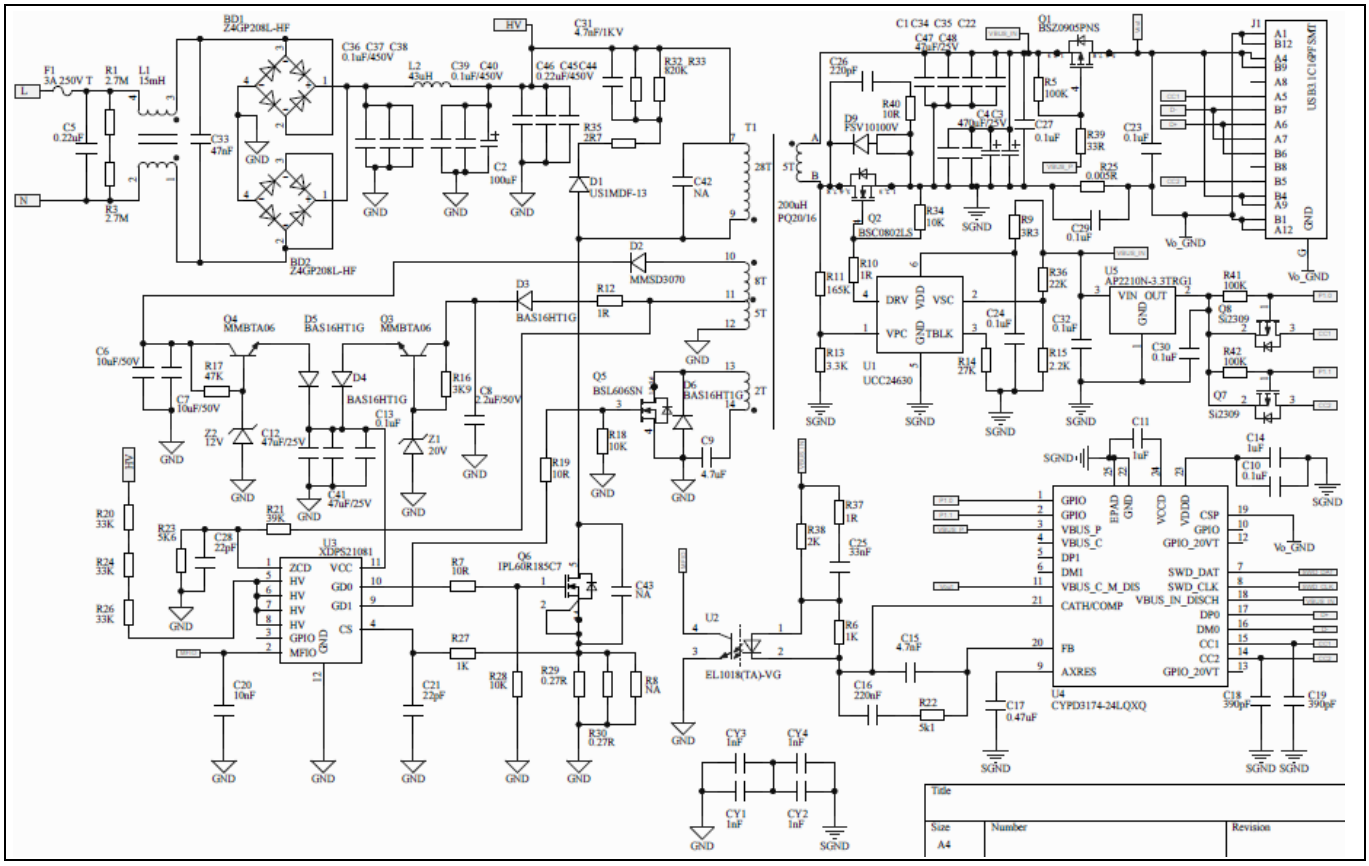


Figure 5 65 W FQR ZVS 反激式原理图

7 PCB 布局

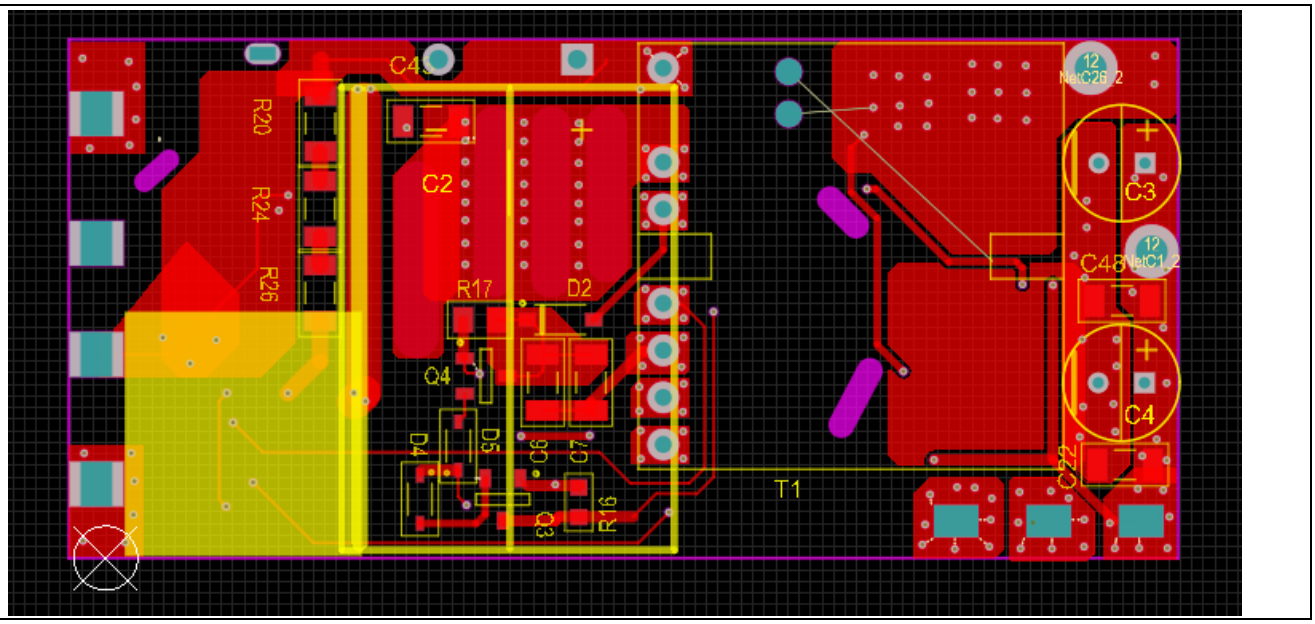


Figure 6 顶面（主板）

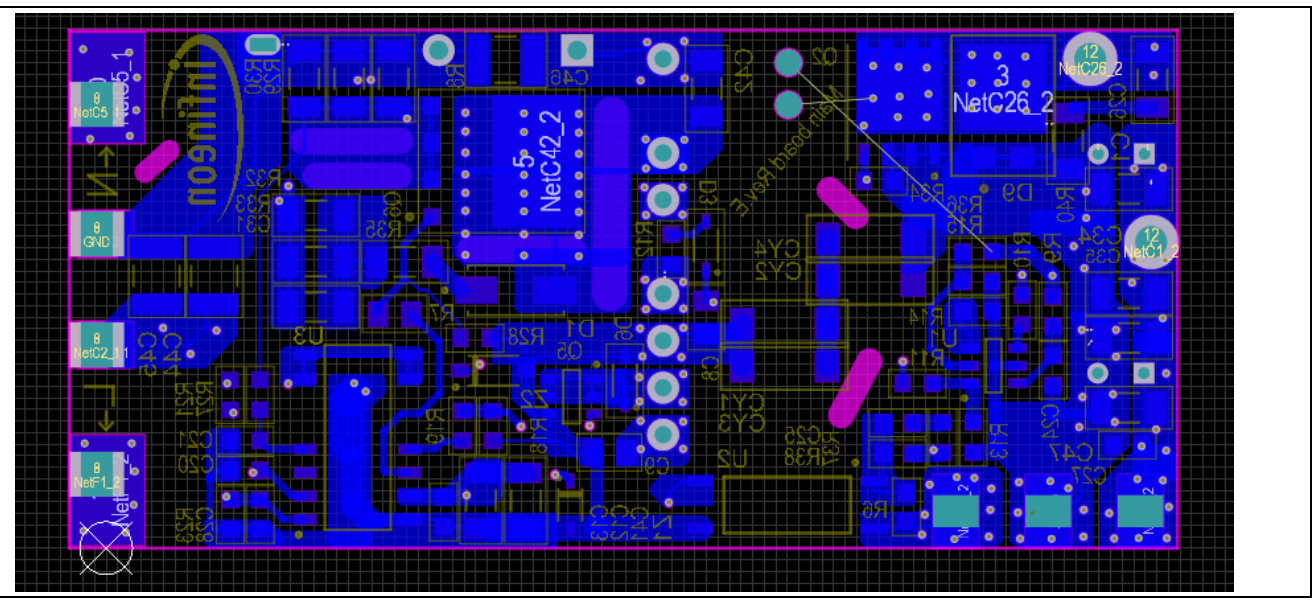


Figure 7 底面（主板）

PCB 布局

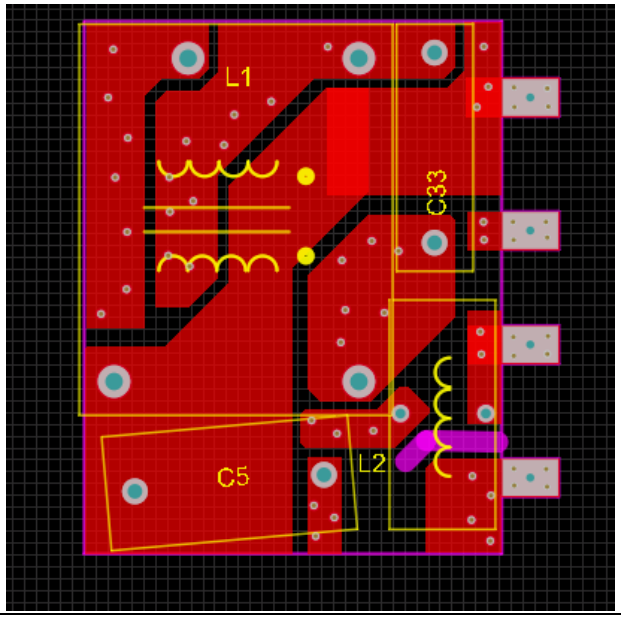


Figure 8 顶面（EMI 板）

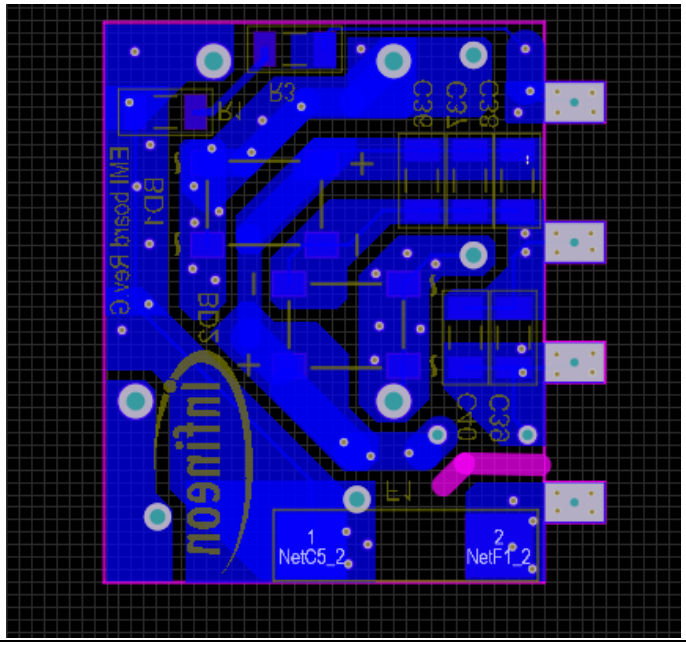


Figure 9 底面（EMI 板）

PCB 布局

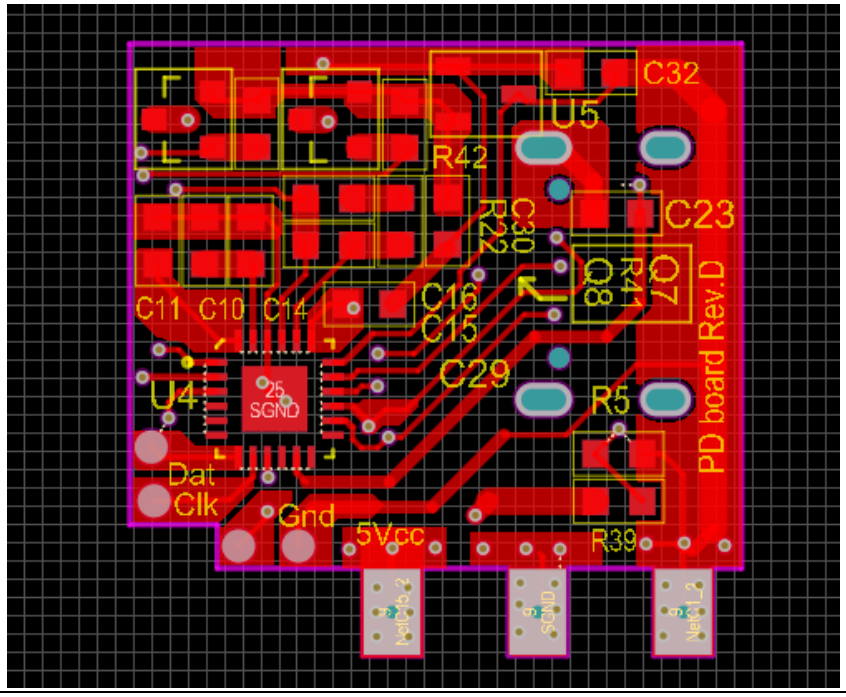


Figure 10 顶面（PD 板）

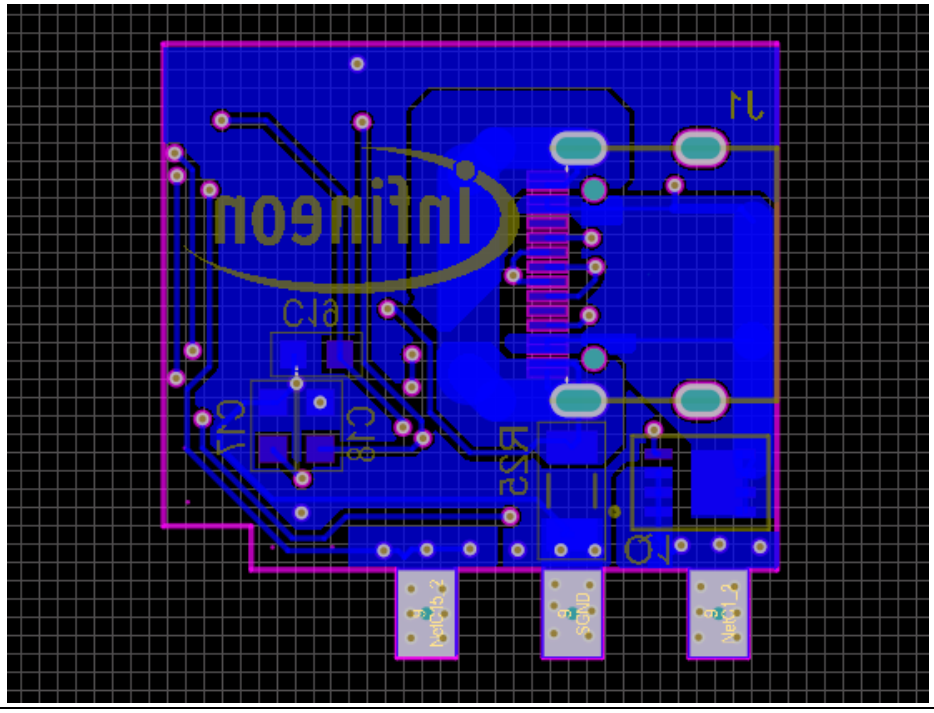


Figure 11 底面（PD 板）

8 物料清单

Table 3 BOM

65 W 主板 BOM

元件称号	数值	说明	制造商零件号	制造商	封装
C1、C12、C22、C34、C35、C41、C47、C48	47 µF/25 V	47 µF (476) ±20% 25 V	GRM31CR61E476ME44L	Murata	1206
C2	100 µF	100 µF 400 V ±20% 105° C 18 x 25 mm	EKMG401ELL101MM25S	NCC	18 x 25 mm
C3、C4	470 µF/25 V	470 µF 25 V ±20% 105° C 6.3 x 14 mm	SPZ1EM471E14O00RAXXX	AiSHi	6.3 x 14 mm
C6、C7	10 µF/50 V	10 µF (106) ±10% 50 V	CL31B106KBHNNNE	三星 (Samsung)	1206
C8	2.2 µF/50 V	2.2 µF (225) 0805 ±10% 50 V X5R	CL21A225KB9LNNC	三星 (Samsung)	0805
C9	4.7 µF	4.7 µF (475) 0805 ±10% 25 V X7R	CL21B475KAFNNNE	三星 (Samsung)	0805
C13、C24、C27	0.1 µF	100 nF (104) 0603 ±10% 50 V X7R	CC0603KRX7R9BB104	国巨 (Yageo)	0603
C20	10 nF	10 nF	通用	通用	0603
C21、C28	22 pF	22 pF	通用	通用	0603
C25	33 nF	33 nF	通用	通用	0603
C26	220 pF	220 pF	通用	通用	1206
C31	4.7 nF/1 kV	4.7 nF (472) 1206 ±10% 1 kV X7R	CC1206KKX7RCBB472	国巨 (Yageo)	1206
C44、C45、C46	0.22 µF/450 V	220 nF (224) ±10% 450 V	C3225X7T2W224KT000N	TDK	1210
CY1、CY2、CY3、CY4	1 nF	1 nF (102) ±10% 250 V AC X1/Y2	SCC1808X102K502T	HEC	1808
D1	US1MDF-13	1 A 1 kV 75 ns	US1MDF-13	二极管	D-FLAT
D2	MMSD3070	0.2 A 200 V 50 ns	MMSD3070	安森美半导体	SOD-123
D3、D4、D5、D6	BAS16HT1G	6 ns 85 V 0.2 A 1.25 V	BAS16HT1G	安森美半导体	SOD-323
D9	FSV10100V	23 ns 100 V 10 A 0.67 V	FSV10100V	安森美半导体	TO-277
Q2	BSC0802LS	N 沟道 100 V 3.5 mΩ MOSFET SuperSO8	BSC0802LS	英飞凌	SuperSO8

物料清单

65 W 主板 BOM					
Q3, Q4	MMBTA06	NPN 晶体管 80 V 0.5 A SOT-23	MMBTA06LT1G	安森美半导体	SOT-23
Q5	BSL606SN	N-MOSFET 60 V 4.5 A PG-TSOP-6	BSL606SN	英飞凌	PG-TSOP-6
Q6	IPL60R185C7	N-MOSFET 600 V 21A ThinPAK 8 x 8	IPL60R185C7	英飞凌	ThinPAK 8 x 8
R6、R27	1%	1%	通用	通用	0603
R7	10 R	10 R	通用	通用	0805
R29、R30	0.27 R	0.27 R	通用	通用	1206
R9	3R3	3R3	通用	通用	0603
R10、R12、R37	1 R	1 R	通用	通用	0603
R11	165 K	165 K	通用	通用	0603
R13	3.3 K	3.3 K	通用	通用	0603
R14	27 K	27 K	通用	通用	0603
R15	2.2 K	2.2 K	通用	通用	0603
R16	3K9	3K9	通用	通用	0603
R17	47 K	47 K	通用	通用	0805
R18、R28、R34	10 K	10 K	通用	通用	0603
R19	10 R	10 R	通用	通用	0603
R20、R24、R26	33 K	33 K	通用	通用	1206
R21	39 K	39 K	通用	通用	0603
R23	5K6	5K6	通用	通用	0603
R32、R33	820 K	820 K	通用	通用	1206
R35	2R7	2R7	通用	通用	1206
R36	22 K	22 K	通用	通用	0603
R38	2 K	2 K	通用	通用	0603
R40	10 R	10 R	通用	通用	1206
T1	PQ20/16	PQ20/16 3C95 200 µH +-5%	750344782	Würth Elektronik	PQ20/16

物料清单

65 W 主板 BOM					
U1	UCC24630	SR IC 稳压反激式控制器	UCC24630DBVR	德州仪器 (Texas Instruments)	SOT-23-6
U2	EL1018(TA)-VG	EL1018(TA)-VG，SOP-4_P2.54	EL1018(TA)-VG	亿光电子 (Everlight)	SOP 4
U3	XDP21081	AC-DC PWM 控制器	XDP21081	英飞凌	PG-DSO-12-20
Z1	20 V	SOD-323 0.3 W 20 V	MM3Z20VT1G	安森美半导体	SOD-323
Z2	12 V	SOD-123 0.5 W 12 V	MMSZ12T1G	安森美半导体	SOD-123

65 W EMI 板 BOM					
元件称号	数值	说明	制造商零件号	制造商	封装
BD1、BD2	Z4GP208L-HF	2 A 800 V ABS (Z4)	Z4GP208L-HF	Comchip	ABS (Z4)
C5	0.22 µF	220 nF (224) 13.0 x 6 x 12/P = 10 ±10% 275 V	MP2224KGC3XLX	SRD	P10 13 x 6 x 12 mm
C33	47 nF	X2 47 nF ±10% 305 V AC	B32921C3473M189	Epcos/TDK	P10
C36、C37、C38、C39、C40	0.1 µF/450 V	100 nF (104) ±10% 450 V	C1206X104K451T	HEC	1206
F1	3 A 250 V T	0443003.DR 3 A 250 V T	0443003.DR	Littelfuse	SMT 10 x 3 x 3 mm
L1	10 mH	R DC =160 m Ω 10 mH SQ1515	不适用	不适用	SQ1515
L2	43 µH	7447034 43 µH 0.06 Ω 13 x 6.5 P = 4.5 mm	7447034	Würth Elektronik	12 x 5.5 mm
R1、R3	2.7 M	2.7 M 1206	通用	通用	1206

物料清单

PD 板 BOM

元件称号	数值	说明	制造商零件号	制造商	封装
C10、C23、C29、C30、C32	0.1 µF	100 nF (104) 0603 ±10% 50 V X7R	CC0603KRX7R9BB104	国巨 (Yageo)	0603
C11、C14	1 µF	1 µF (105) 0603 ±10% 25 V X7R	CL10B105KA8NNNC	三星 (Samsung)	0603
C15	4.7 nF	4.7 nF	通用	通用	0603
C16	220 nF	220 nF	通用	通用	0603
C17	0.47 µF	0.47 µF	通用	通用	0603
C18、C19	390 pF	390 pF	通用	通用	0603
J1	USB3.1C16PF SMT	USB 连接器/USB 3.1 C 16PF SMT 单排，Rev.2.0，母头	USB3.1C16PFSMT 单排，Rev.2.0，母头	精拓金 (Jingtuojin)	SMT
Q1	BSZ0905PNS	MOSFET P 沟道 30 V 13.5 A 8 引脚 $TS_{DS(on)}$	BSZ086P03NS3E G	英飞凌	PG-TSDSON-8
Q7, Q8	Si2309	MOSFET P 沟道 60 V 1.6 A SOT-23	SI2309CDS-T1-GE3	威世	SOT-23
R5、R41、R42	100 K	100 K	通用	通用	0603
R22	5k1	5k1	通用	通用	0603
R25	0.005 R	0.005 R	通用	通用	1206
R39	33 R	33 R	通用	通用	0603
U4	CYPD3174-24LQXQ	PD IC QFN24	CYPD3174-24LQXQ	赛普拉斯半导体 (Cypress)	QFN24
U5	AP2210N-3.3TRG1	LDO.VREG POS 3.3 V 0.3 A SOT-23-3	AP2210N-3.3TRG1	二极管	SOT-23-3

9 变压器构造

9.1 输入 CMC，L1

电感：在 10 kHz 时为 10.5 mH

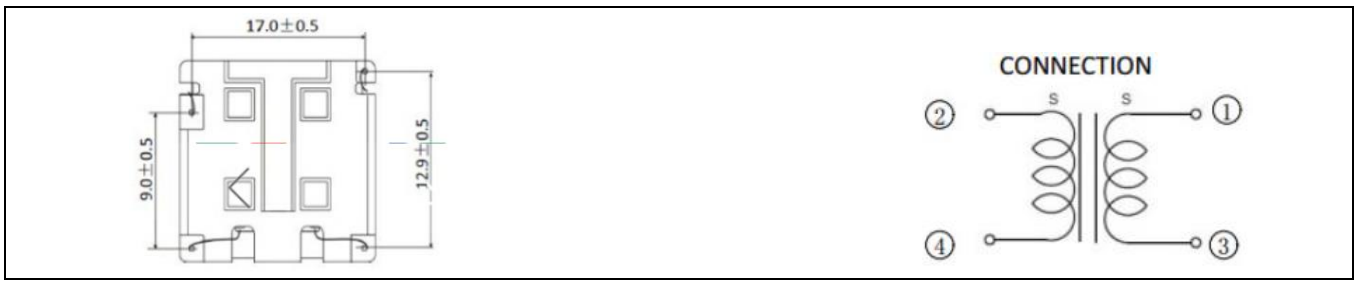


Figure 12 共模扼流圈（底视图）和电气图

9.2 输入 DMC，L2

电感：在 10 kHz 时为 43 µH，R DC 60 m Ω

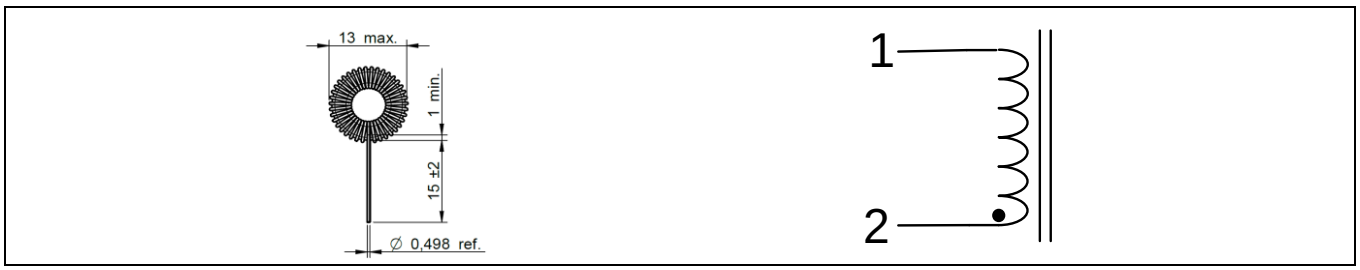


Figure 13 共模扼流圈（侧视图）和电气图

变压器构造

9.3 FQR ZVS 反激式变压器

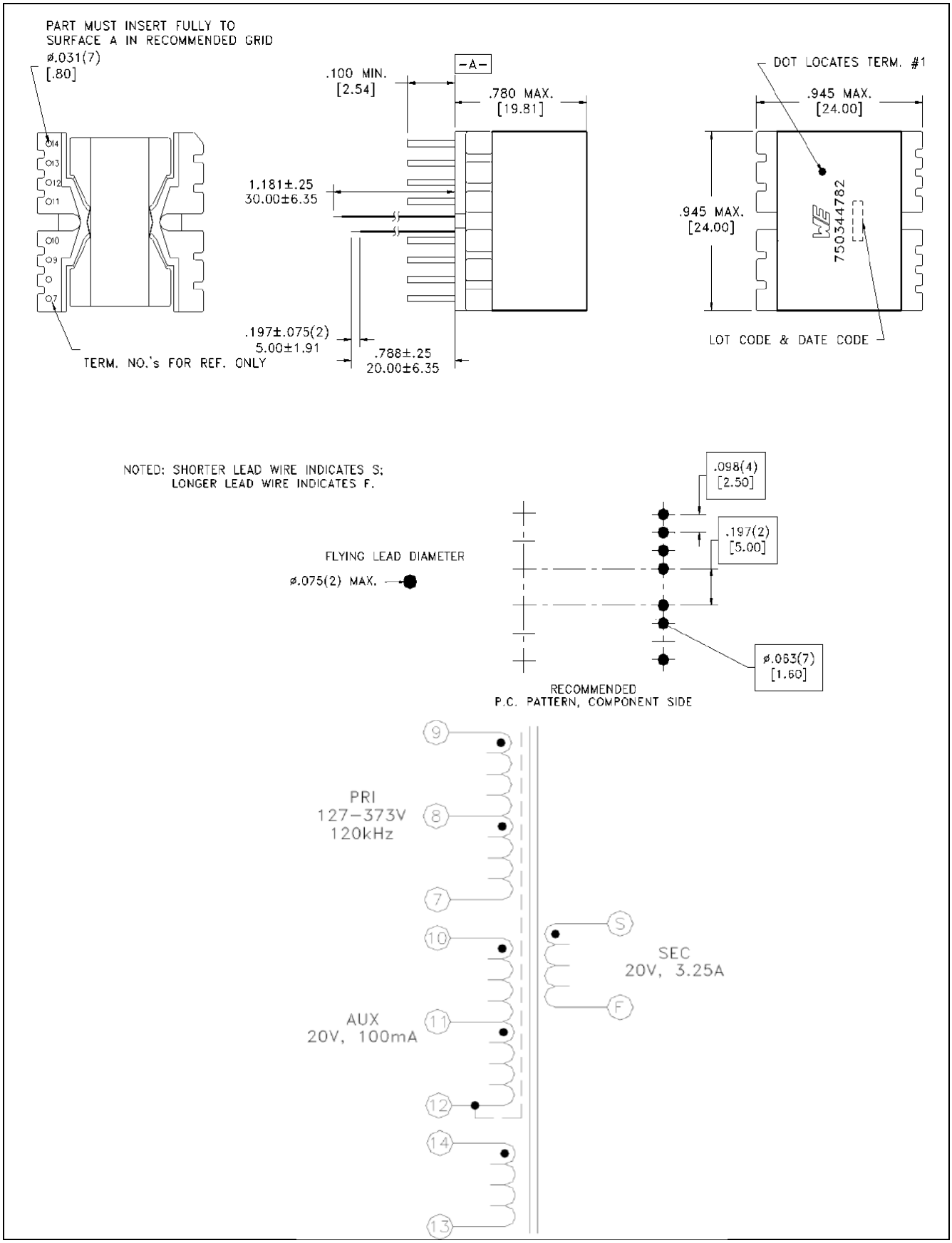


Figure 14 反激式变压器

变压器构造

Table 4 反激式变压器绕组特性

WÜRTH ELEKTRONIK

ELECTRICAL SPECIFICATIONS @ 25° C unless otherwise noted:

PARAMETER		TEST CONDITIONS	VALUE
D.C. RESISTANCE	9-7	@20°C	0.165 ohms max.
D.C. RESISTANCE	10-12	@20°C	0.790 ohms max.
D.C. RESISTANCE	14-13	@20°C	0.050 ohms max.
D.C. RESISTANCE	S-F	@20°C	0.015 ohms max.
INDUCTANCE	9-7	1kHz, 1V, Ls	200.00µH ±5%
LEAKAGE INDUCTANCE	9-7	tie(S+F),1kHz, 1V, Ls	15µH max.
DIELECTRIC	7-S	tie(9+10+11+12+13+14), 4000VAC, 1 second	3200VAC, 1 minute
TURNS RATIO		(9-7):(S-F)	5.6:1
TURNS RATIO		(9-7):(10-11)	3.5:1
TURNS RATIO		(9-7):(11-12)	5.6:1
TURNS RATIO		(9-7):(14-13)	14:1
INSULATION RESISTANCE	9-S	500 Vdc, 60 seconds	100MOhms min.

10 测量结果

10.1 效率

通过直接在 PCB 端子上感应输出电压，并使用外壳外部的装置测量效率。输入交流电压通过 Chroma 交流电压源馈送到受测设备 (DUT)。在恒流 (CC) 模式下使用了电子负载。

10%、25%、50%、75% 和 100% 负载的效率在 115 V AC 和 230 V AC 下测得。25%、50%、75% 和 100% 的平均效率为计算得出。

Table 5 在 PCB 端测得的线路和负载范围内的效率

测量结果

115 V AC

5 V		P_{in}	P_{out}	V_{out}	效率
10%	0.3	1.83	1.51	5.02	82.30%
25%	0.75	4.22	3.77	5.02	89.22%
50%	1.5	8.26	7.53	5.02	91.16%
75%	2.25	12.35	11.30	5.02	91.46%
100%	3	16.42	15.06	5.02	91.72%
	平均值				90.89%

9 V		P_{in}	P_{out}	V_{out}	效率
10%	0.3	3.19	2.70	9	84.64%
25%	0.75	7.48	6.75	9	90.24%
50%	1.5	14.75	13.50	9	91.53%
75%	2.25	22.05	20.25	9	91.84%
100%	3	29.27	27.00	9	92.24%
	平均值				91.46%

12 V		P_{in}	P_{out}	V_{out}	效率
10%	0.3	4.22	3.59	11.96	85.02%
25%	0.75	9.94	8.97	11.96	90.24%
50%	1.5	19.52	17.94	11.96	91.91%
75%	2.25	29.14	26.91	11.96	92.35%
100%	3	38.74	35.88	11.96	92.62%
	平均值				91.78%

15 V		P_{in}	P_{out}	V_{out}	效率
10%	0.3	5.11	4.49	14.95	87.77%
25%	0.75	12.27	11.21	14.95	91.38%
50%	1.5	24.35	22.43	14.95	92.09%
75%	2.25	36.46	33.64	14.95	92.26%
100%	3	48.56	44.88	14.96	92.42%
	平均值				92.04%

20 V		P_{in}	P_{out}	V_{out}	效率
10%	0.325	7.35	6.48	19.93	88.13%
25%	0.8125	17.79	16.19	19.93	91.02%
50%	1.625	35.27	32.40	19.94	91.87%
75%	2.4375	52.78	48.60	19.94	92.09%
100%	3.25	70.392	64.81	19.94	92.06%
	平均值				91.76%

230 V AC

5 V		P_{in}	P_{out}	V_{out}	效率
10%	0.3	1.93	1.51	5.02	78.03%
25%	0.75	4.32	3.77	5.02	87.15%
50%	1.5	8.35	7.53	5.02	90.18%
75%	2.25	12.45	11.30	5.02	90.72%
100%	3	16.54	15.06	5.02	91.05%
	平均值				89.78%

9 V		P_{in}	P_{out}	V_{out}	效率
10%	0.3	3.32	2.70	9	81.33%
25%	0.75	7.52	6.75	9	89.76%
50%	1.5	14.78	13.50	9	91.34%
75%	2.25	22.05	20.25	9	91.84%
100%	3	29.19	27.00	9	92.50%
	平均值				91.36%

12 V		P_{in}	P_{out}	V_{out}	效率
10%	0.3	4.32	3.59	11.96	83.06%
25%	0.75	10.04	8.97	11.96	89.34%
50%	1.5	19.62	17.94	11.96	91.44%
75%	2.25	29.16	26.91	11.96	92.28%
100%	3	38.49	35.88	11.96	93.22%
	平均值				91.57%

15 V		P_{in}	P_{out}	V_{out}	效率
10%	0.3	5.17	4.49	14.95	86.75%
25%	0.75	12.31	11.21	14.95	91.08%
50%	1.5	24.33	22.43	14.95	92.17%
75%	2.25	36.22	33.64	14.95	92.87%
100%	3	48.02	44.88	14.96	93.46%
	平均值				92.40%

20 V		P_{in}	P_{out}	V_{out}	效率
10%	0.325	7.39	6.48	19.93	87.65%
25%	0.8125	17.77	16.19	19.93	91.13%
50%	1.625	35.03	32.40	19.94	92.50%
75%	2.4375	52.12	48.60	19.94	93.25%
100%	3.25	69.32	64.81	19.94	93.49%
	平均值				92.59%

测量结果

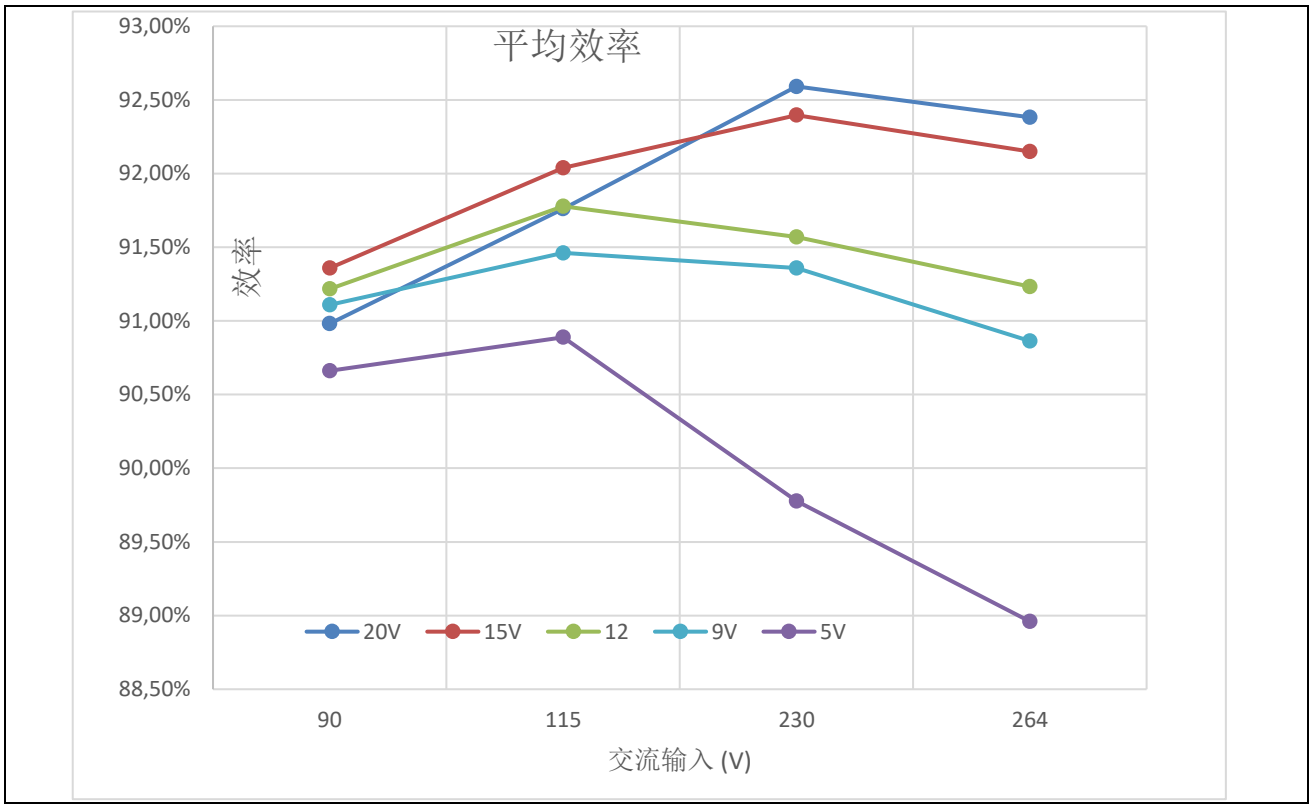


Figure 15　平均效率曲线

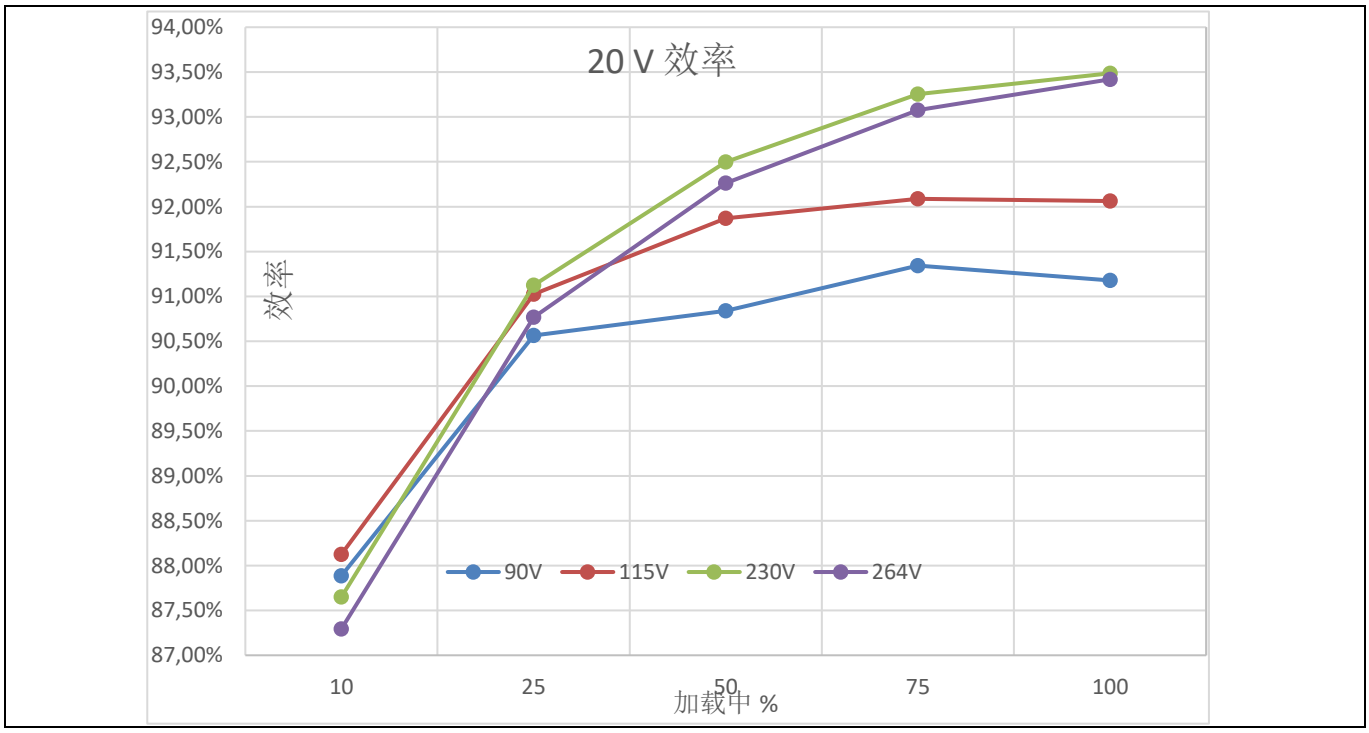


Figure 16　20 V 输出效率曲线

测量结果

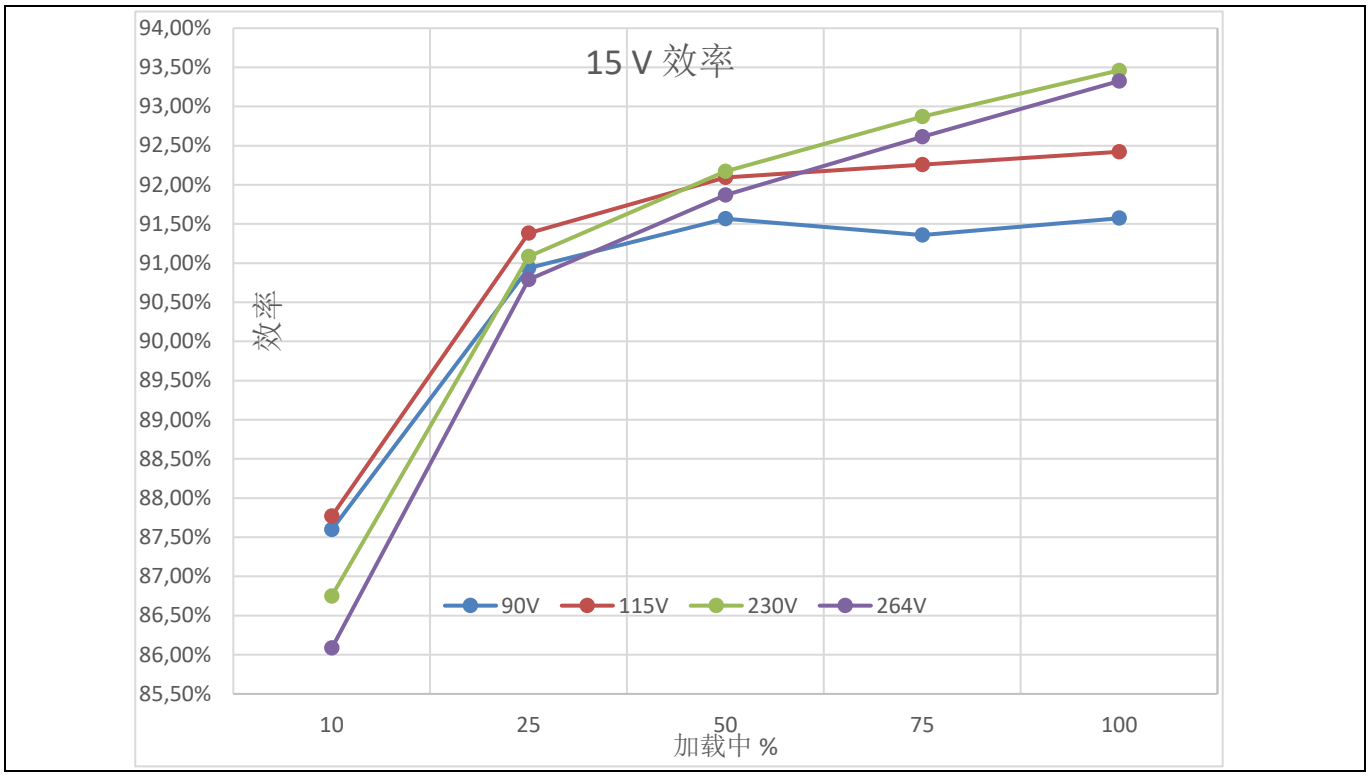


Figure 17　15 V 输出效率曲线

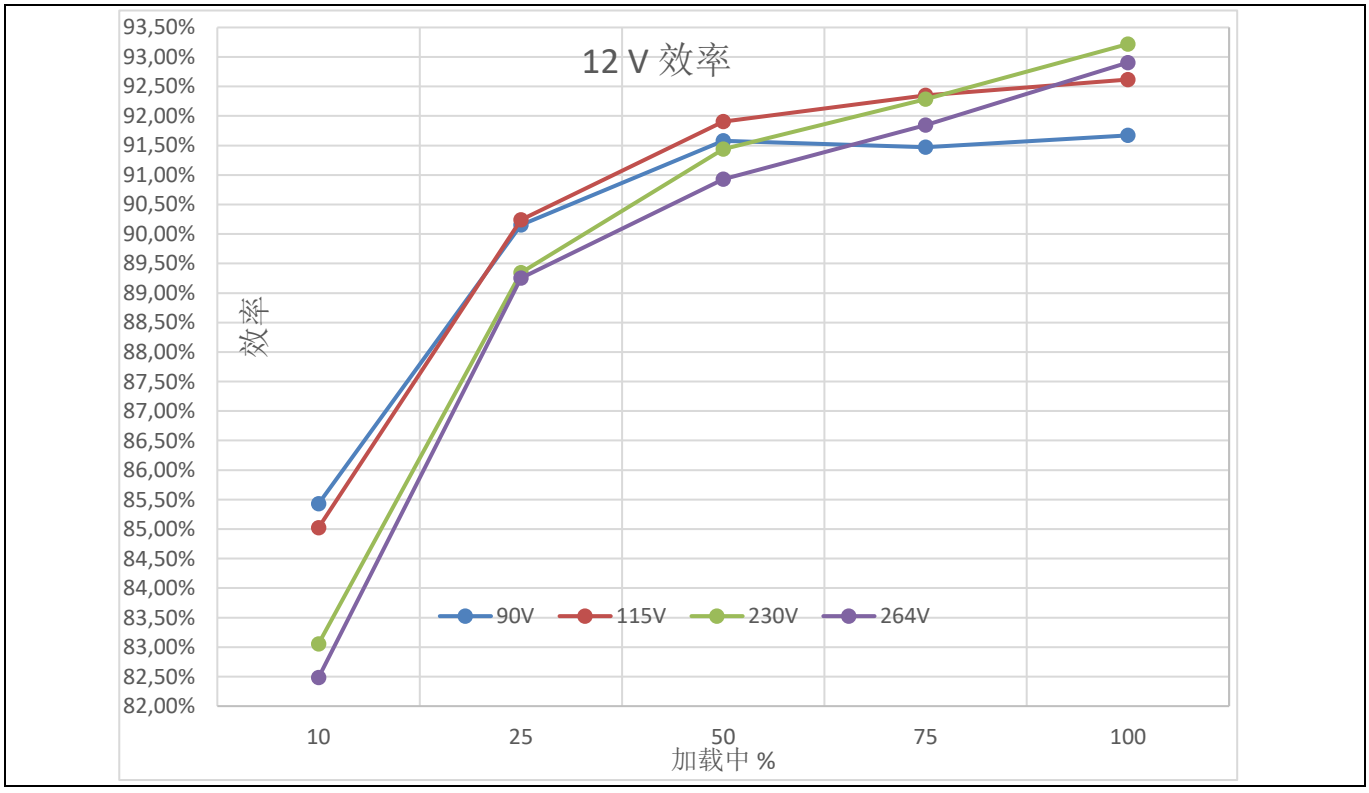


Figure 18　12 V 输出效率曲线

测量结果

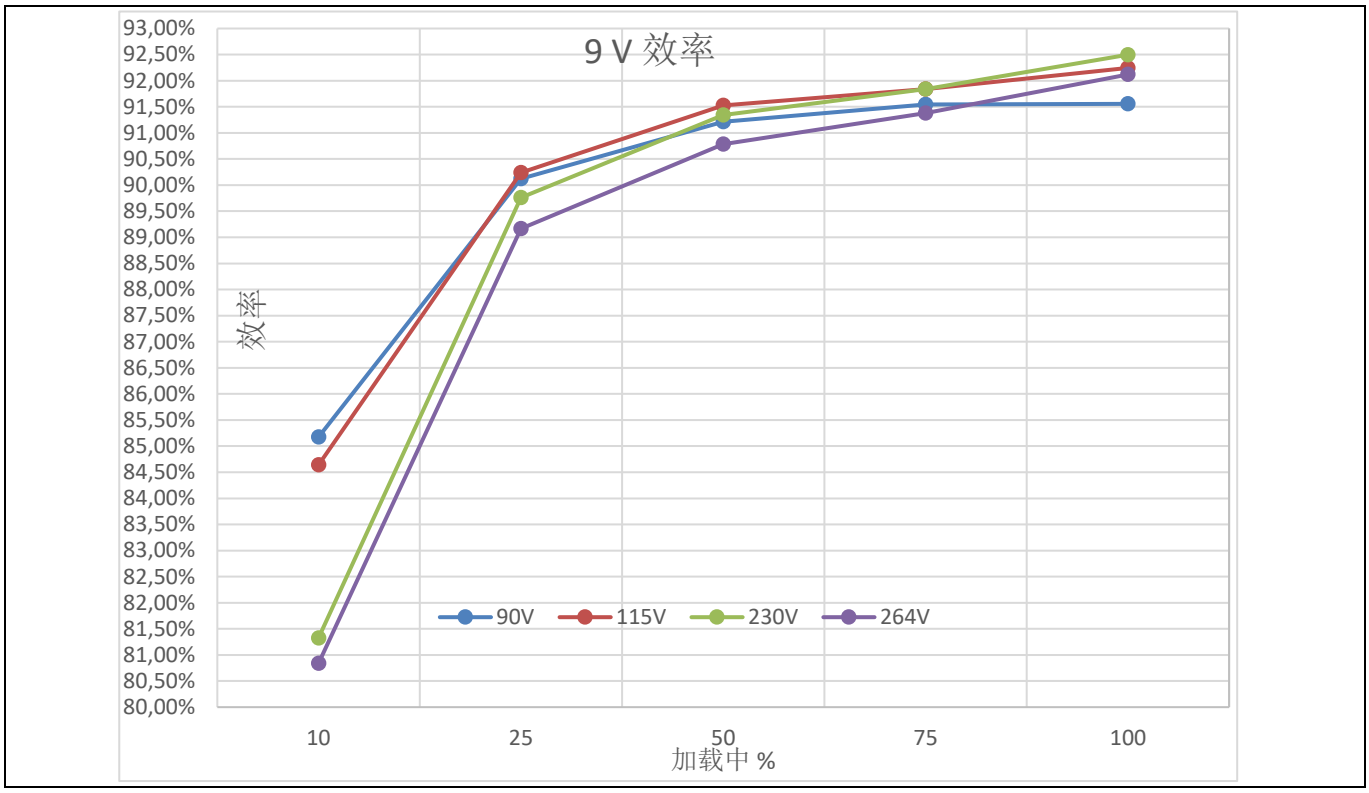


Figure 19　9 V 输出效率曲线

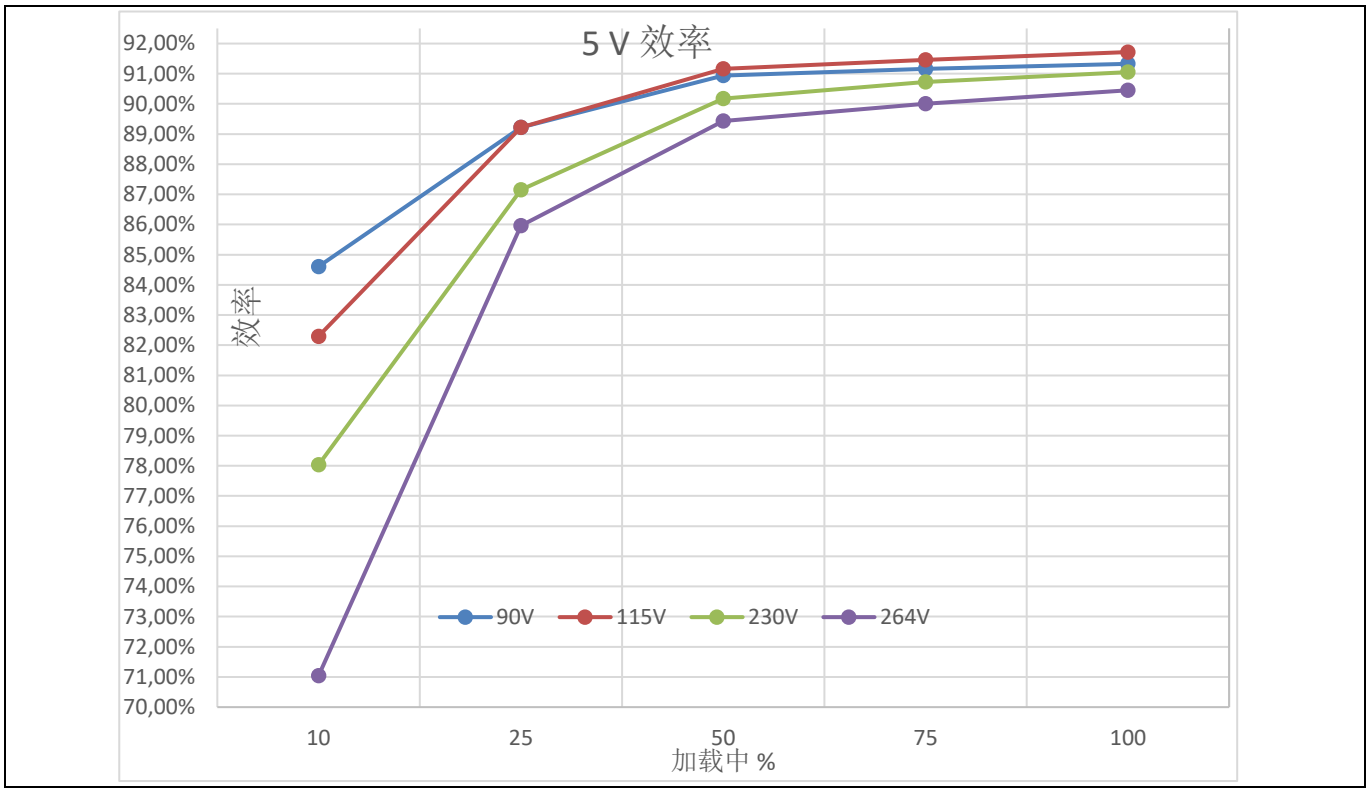


Figure 20　5 V 输出效率曲线

测量结果

10.2 待机功率

待机功耗在默认 5 V 输出下在 90 V AC 至 264 V AC 范围内测得。它们小于 65 mW。待机功率使用横河功率计 WT210 测得，并在一分钟内整合。

Table 6 待机功耗

V_{out} (V)	负载 (A)	输入电压 (AC)	输入功率 (mW)
5	0	90	23.3
		115	24.7
		230	48.2
		264	62.1

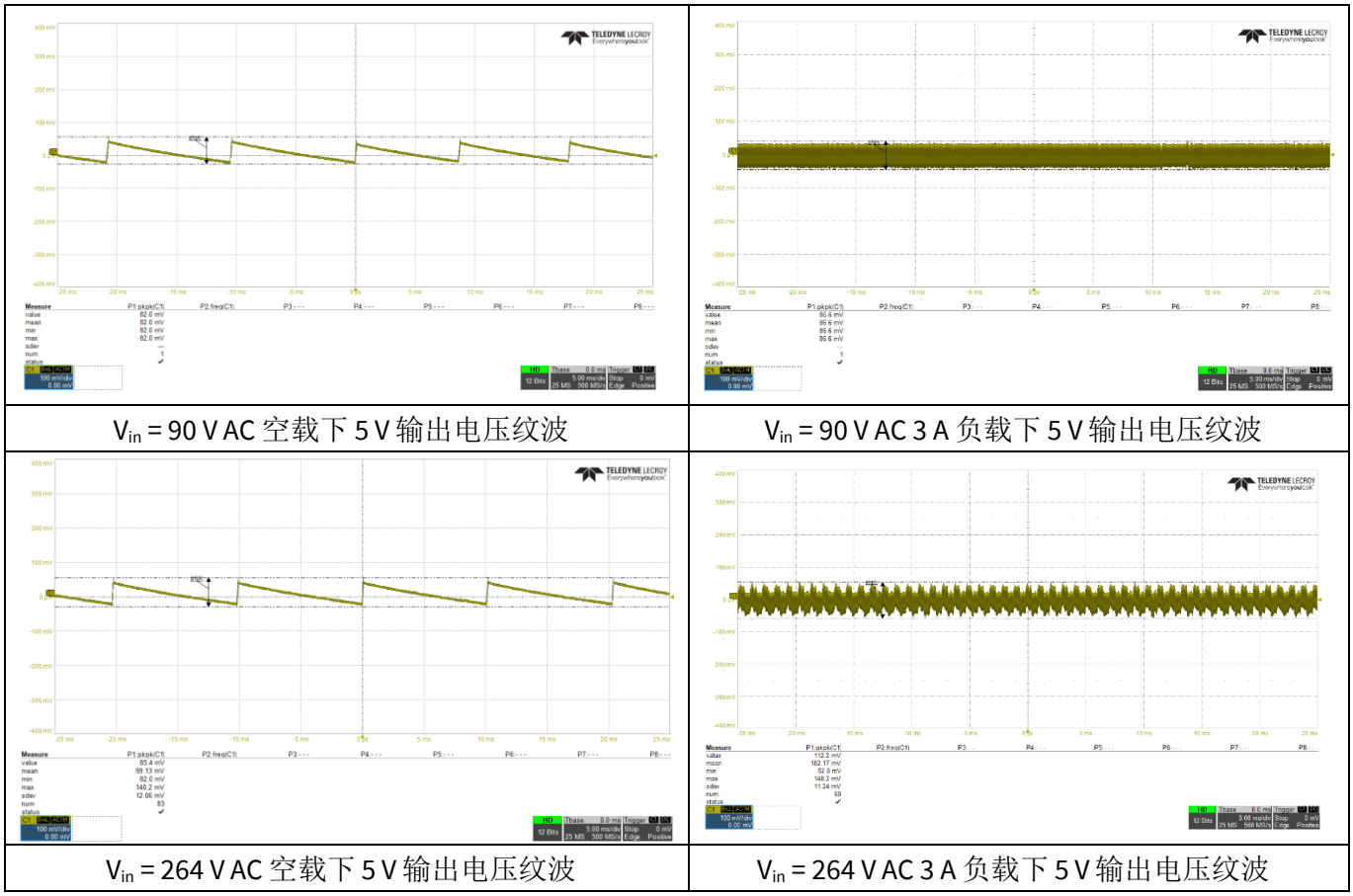
10.3 输出纹波 - 稳态运行

输出纹波在 0 A PCB 端和输入电压为 90 V AC 和 264 V AC 的满载下测得。使用了 0.1 µF 和 10 µF 电容器。测得的输出纹波电压处于稳态（直流负载电流）。

Table 7 输出纹波

V_{out} (V)	V_{in} (AC)	I_{out} (A)	V_{out_ripple} (mV)
5	90	0	82
		3	86
	264	0	85
		3	112
9	90	0	85
		3	102
	264	0	83
		3	129
12	90	0	79
		3	139
	264	0	96
		3	151
15	90	0	91
		3	173
	264	0	91
		3	194
20	90	0	94
		3.25	357
	264	0	124
		3.25	226

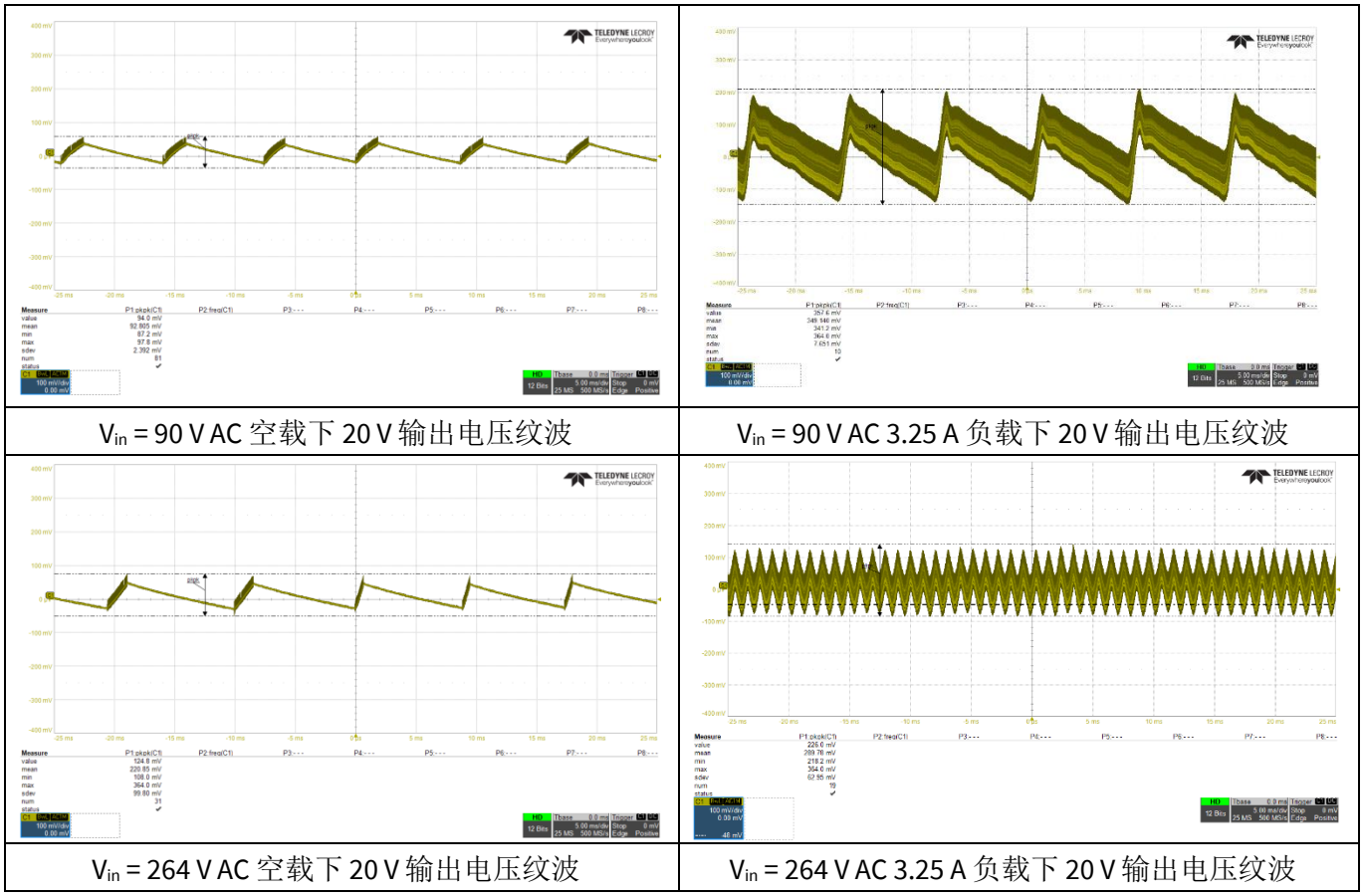
测量结果



V_{in} = 90 V AC 空载下 5 V 输出电压纹波	V_{in} = 90 V AC 3 A 负载下 5 V 输出电压纹波
V_{in} = 264 V AC 空载下 5 V 输出电压纹波	V_{in} = 264 V AC 3 A 负载下 5 V 输出电压纹波

Figure 21　5 V 输出电压纹波

测量结果



V_{in} = 90 V AC 空载下 20 V 输出电压纹波	V_{in} = 90 V AC 3.25 A 负载下 20 V 输出电压纹波
V_{in} = 264 V AC 空载下 20 V 输出电压纹波	V_{in} = 264 V AC 3.25 A 负载下 20 V 输出电压纹波

Figure 22　20 V 输出电压纹波

10.4　不同负载下的稳压

在符合 +/-5% 规范的各种负载和不同输入电压下检查稳态输出稳压。

Table 8　不同负载的 90 V AC 下的稳压检查

90 V AC	空载	50% 负载	满载
5 V	5.06	5.02	4.98
9 V	9.00	8.97	8.94
12 V	11.96	11.93	11.90
15 V	14.95	14.92	14.90
20 V	19.94	19.91	19.89

Table 9　264 V AC 下不同负载下的稳压检查

测量结果

264 V AC	空载	50% 负载	满载
5 V	5.06	5.02	4.98
9 V	9.00	8.97	8.94
12 V	11.96	11.93	11.90
15 V	14.95	14.93	14.90
20 V	19.94	19.91	19.89

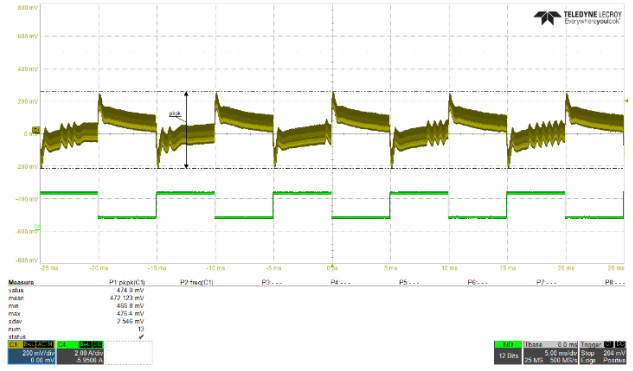
10.5 动态负载阶跃

在压摆率为 0.8 A/µs 的情况下，0.75 A 到 2.25 A、0 A 到 3.25 A 的动态负载阶跃在 90 V AC 和 264 V AC 下测得。

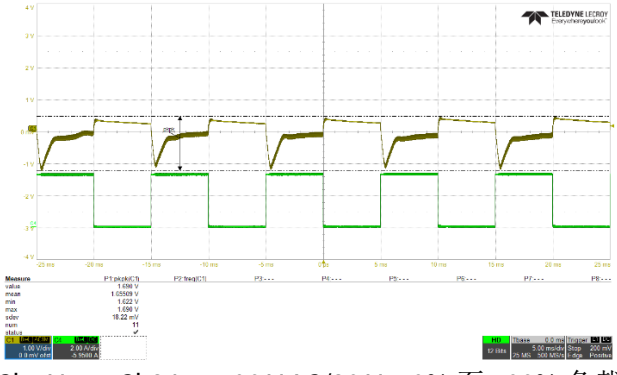
Table 10 负载跳跃的动态负载阶跃性能

测试条件	输出纹波峰峰值 (mV)	
	90 V AC	264 V AC
25% 至 50% 负载，0.8 A/µs，20 V_{out}	474	514
0% 至 100% 负载，0.8 A/µs，20 V_{out}	1690	1590

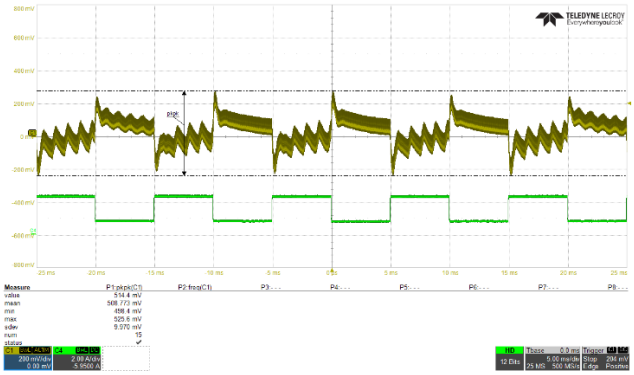
测量结果



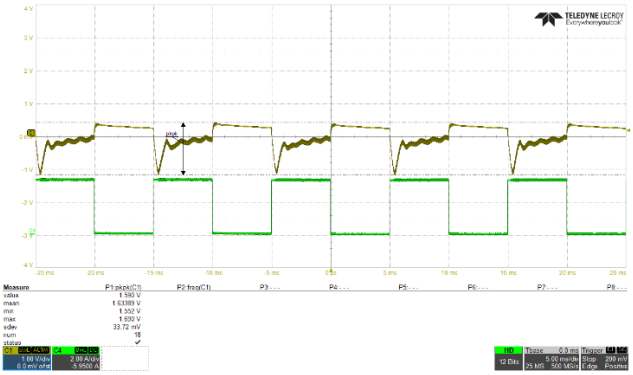
Ch1 V_{out}，Ch4 I_{out}，90 V AC/20 V，25% 至 50% 负载



Ch1 V_{out}，Ch2 I_{out}，90 V AC/20 V，0% 至 100% 负载



Ch1 V_{out}，Ch4 I_{out}，264 V AC/20 V，25% 至 50% 负载



Ch1 V_{out}，Ch2 I_{out}，264 V AC/20 V，0% 至 100% 负载

Figure 23　动态负载测试

测量结果

10.6 环路稳定性

使用行业标准的小信号技术表现波特图。

Table 11 90 V AC 和 264 V AC 的环路带宽 (BW)、增益裕度 (GM) 和相位裕度 (PM)

项目	输出端	90 V AC	264 V AC
BW (kHz)	5 V/3 A	1.41	1.36
相位（度）		46	43
增益 (dB)		12	12
BW (kHz)	9 V/3 A	1.08	1.07
相位（度）		58	50
增益 (dB)		14	12
BW (kHz)	12 V/3 A	1.01	0.97
相位（度）		52	50
增益 (dB)		13	13
BW (kHz)	15 V/3 A	1.02	1.04
相位（度）		53	48
增益 (dB)		14	14
BW (kHz)	20 V/3.25 A	0.84	1.01
相位（度）		52	48
增益 (dB)		16	14

测量结果

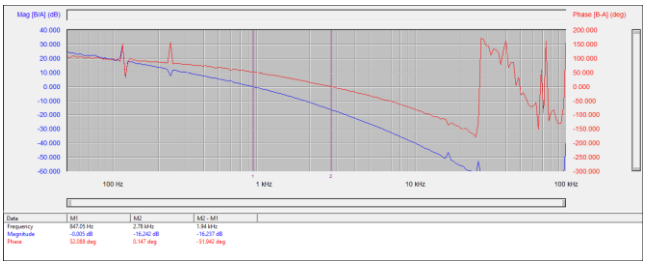
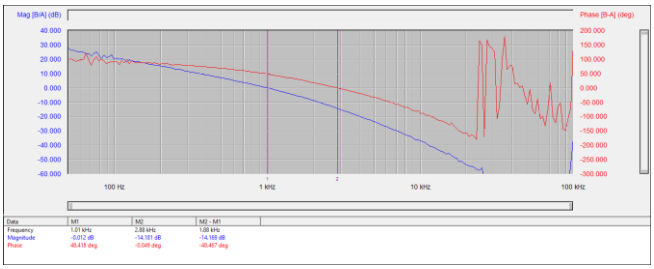
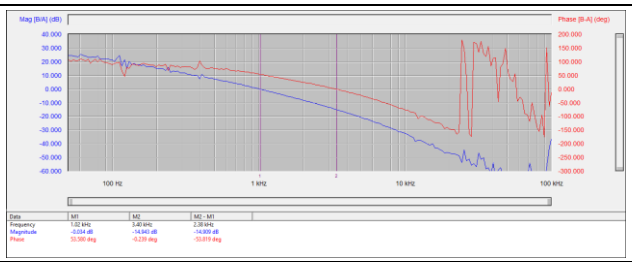
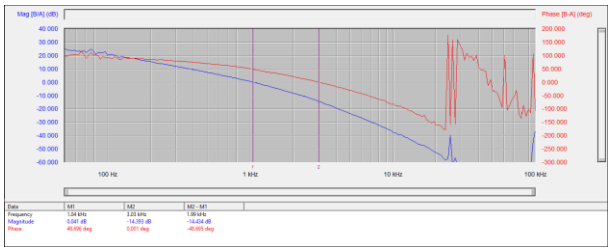
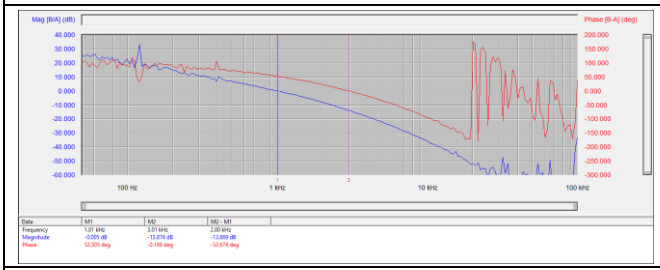
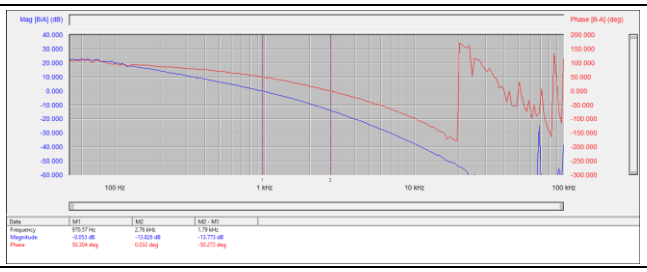
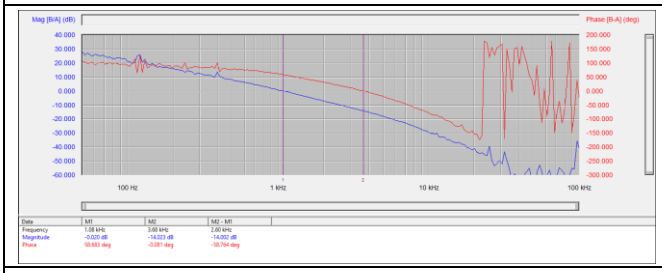
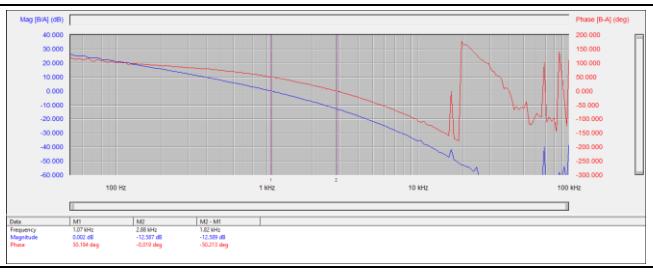
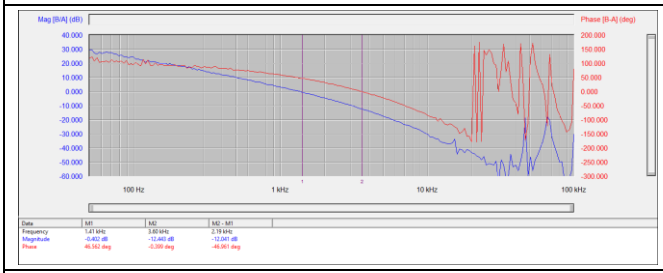
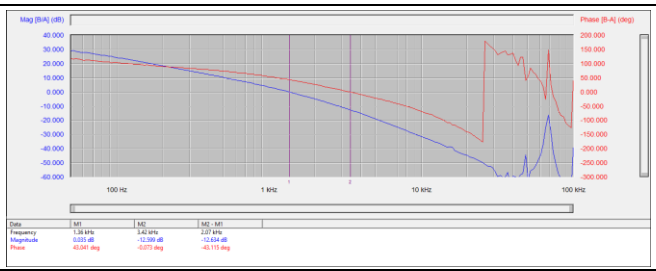
	
V_{in} = 90 V AC，20 V/3.25 A 下的波特图	V_{in} = 264 V AC，20 V/3.25 A 下的波特图
	
V_{in} = 90 V AC，15 V/3 A 下的波特图	V_{in} = 264 V AC，15 V/3 A 下的波特图
	
V_{in} = 90 V AC，12 V/3 A 下的波特图	V_{in} = 264 V AC，12 V/3 A 下的波特图
	
V_{in} = 90 V AC，9 V/3 A 下的波特图	V_{in} = 264 V AC，9 V/3 A 下的波特图
	
V_{in} = 90 V AC，5 V/3 A 下的波特图	V_{in} = 264 V AC，5 V/3 A 下的波特图

Figure 24　波特图

10.7　测量结果

在箱内预烧一小时后，在不同输入电压下，在 20 V/3.25 A 下检查热结果，以保持 PSU 周围的温度在室温下稳定。

测量结果



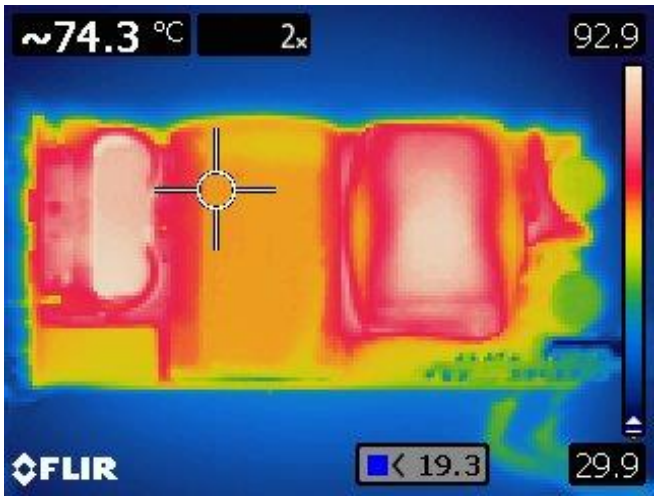
90 V AC，20 V/3.25 A，底面



90 V AC，20 V/3.25 A，顶面



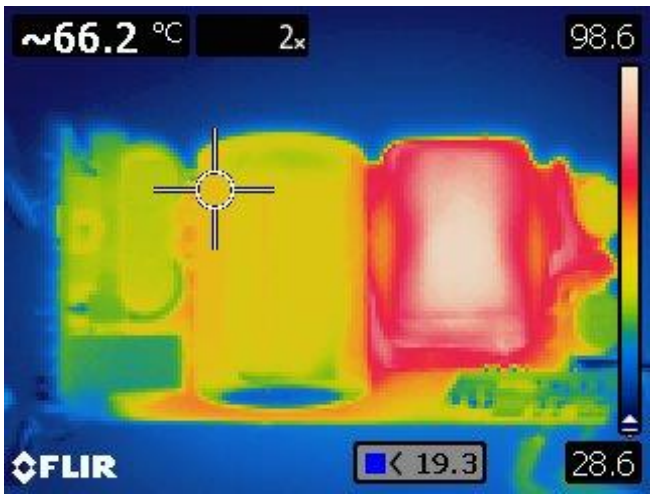
115 V AC，20 V/3.25 A，底部



115 V AC，20 V/3.25 A，顶部



230 V AC，20 V/3.25 A，底部

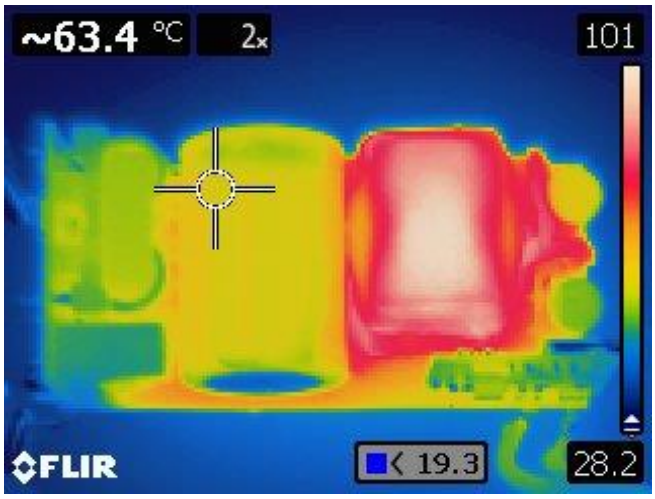


230 V AC，20 V/3.25 A，顶部

测量结果



264 V AC，20 V/3.25 A，底部



264 V AC，20 V/3.25 A，顶部

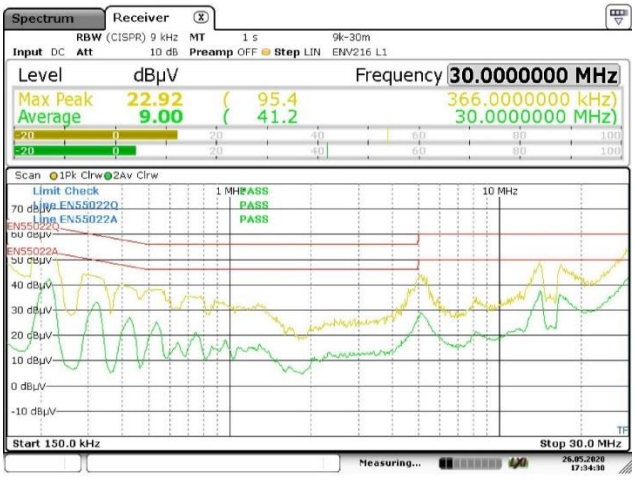
Figure 25　热测量结果

10.8　传导 EMI（EN 55022 B 类）

传导 EMI 由经过认证的安全实验室根据 EN 55022 (CISPR 22) B 类测试标准测得。演示板在不同的输出满载下，在输入电压为 110 V AC 和 230 V AC 时设置。系统通过了 CISPR 22 B 类测试。

Table 12　不同输出电压满载下的 EMI 测试结果

输出电压 (V)	110 V/L	110 V/N	230 V/L	230 V/N
20	通过	通过	通过	通过



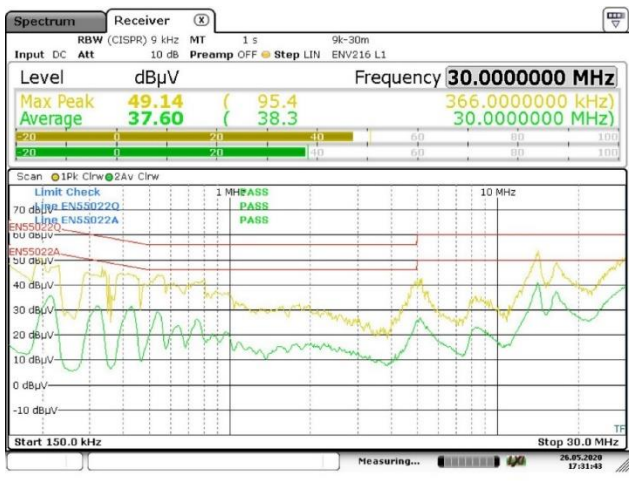


Figure 26　110 V AC 和 20 V/3.25 A 负载下的传导 EMI；中性（左），带电（右）

测量结果

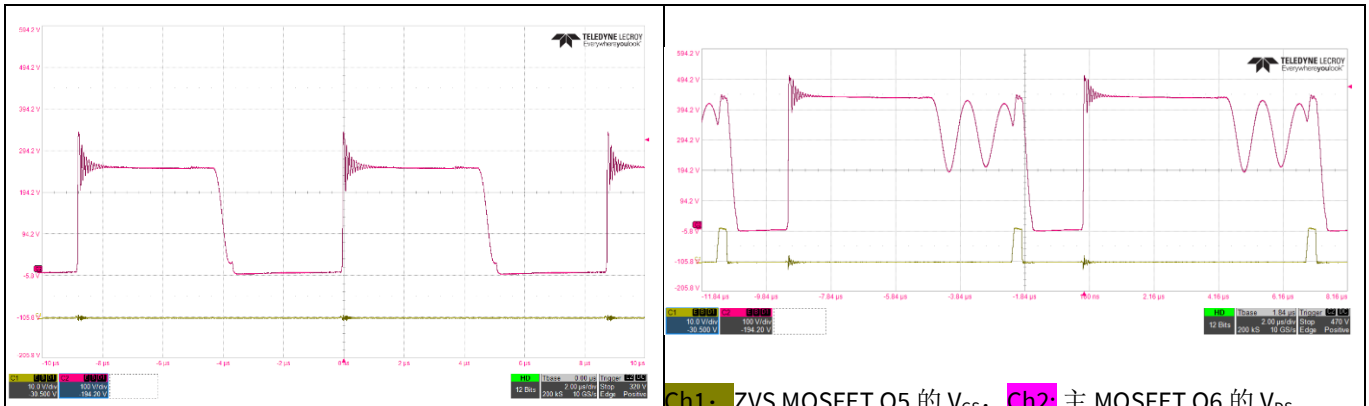


Figure 27　230 V AC 和 20 V/3.25 A 负载下的传导 EMI；中性（左），带电（右）

10.9　操作波形

10.9.1　低压线路/高压线路下的主 MOSFET 开关波形

即使 ZVS MOSFET 未导通，也可以通过低压线路输入的 QR 操作实现自然的 ZVS 开关。对于高压路线输入，ZVS MOSFET Q6 短时导通（导通时间取决于输入电压和输出电压），以便主 MOSFET 的漏源极电压在导通之前下降到较低的电压，从而实现 ZVS。



Ch1：ZVS MOSFET Q5 的 V_{GS}，Ch2: 主 MOSFET Q6 的 V_{DS}
115 V AC 和 20 V/3.25 A

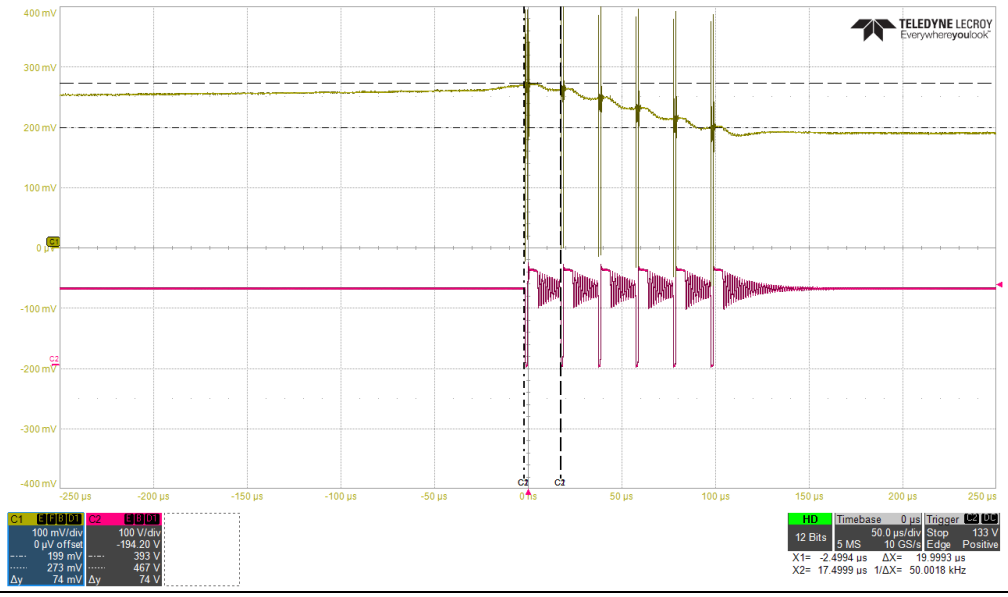
Ch1：ZVS MOSFET Q5 的 V_{GS}，Ch2: 主 MOSFET Q6 的 V_{DS}
264 V AC 和 20 V/3.25 A

Figure 28　开关波形

10.9.2　突发模式 (BM) 波形

当系统轻负载运行时，控制器将进入突发模式，在此控制器仅在输出电压下降到相当于 V_{MFIO} = 0.26 V 的特定电平时导通主 MOSFET，并在输出电压上升到相当于 V_{MFIO} = 0.2 V 的特定电平时关断。在 MOSFET 导通期间，开关频率设定在 50 kHz。

测量结果

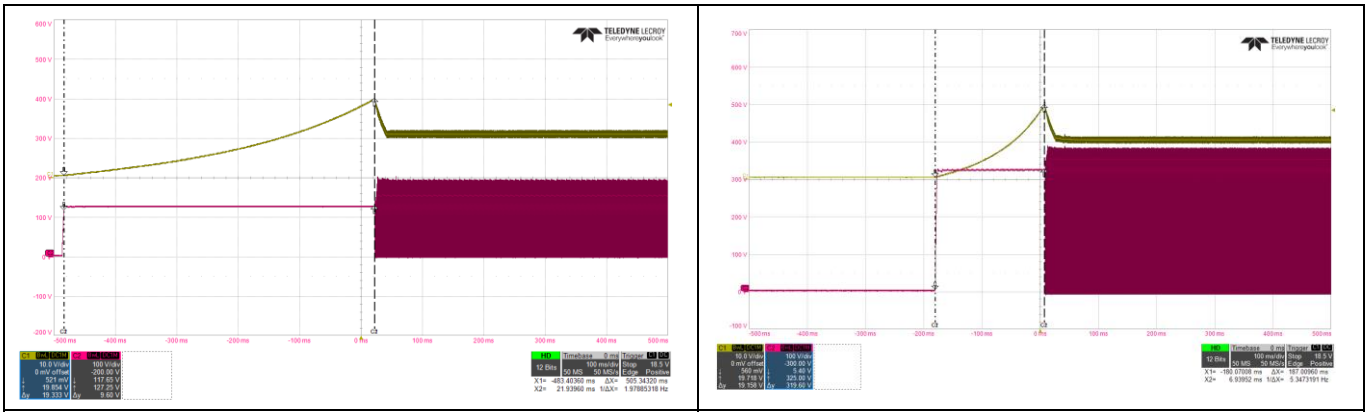


突发模式波形，Ch1: V_{MFIO}，Ch2: V_{DS}，90 V AC，5 V/0 A

Figure 29　突发模式波形

10.10　V_{CC} 充电时间

XDPS21081 将从高压引脚通过从体电容器分接的 R_{HV} 电阻器为 V_{CC} 充电。由于具有 R_{HV} 电阻器，充电电流随着输入电压的不同而变化。在 90 V AC 下测得的启动时间为 505 ms，在 230 V AC 下测得的启动时间为 188 ms。



在 V_{in} = 90 V AC 下，在 5 V 1 A 负载下的启动时间，$t_{Startup}$ = 505 ms	在 V_{in} = 230 V AC 下，在 5 V 1 A 负载下的启动时间，$t_{Startup}$ = 188 ms

Figure 30　V_{CC} 充电时间波形

10.11　缓升/跌落电压

缓升和跌落电压控制通过高压引脚的感应和从体电容器 C2 分接的外部电阻器 R_{HV} (102 kΩ) 实现。测得的缓升电压为 119 V DC，跌落电压为 42 V DC。

测量结果

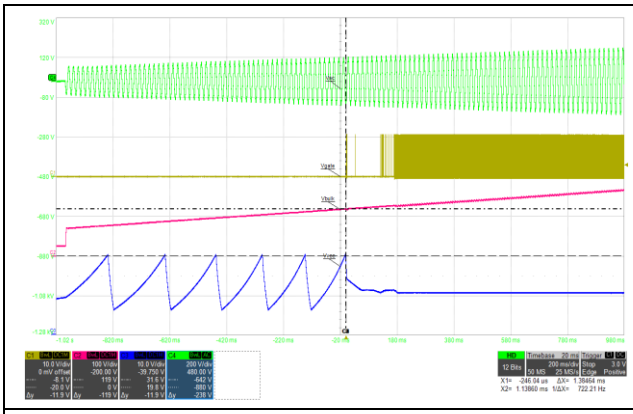
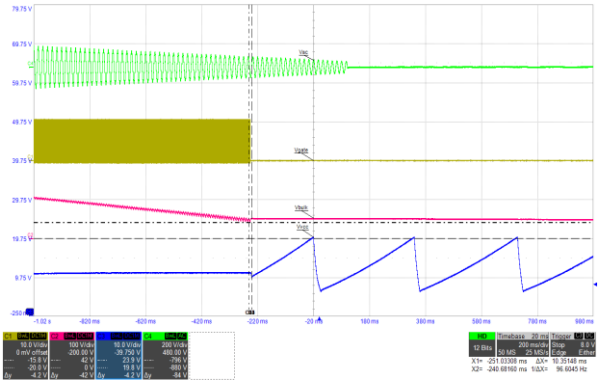
	
Ch1: Pri V_{gs}，**Ch2:** V_{bulk}，**Ch3:** V_{MFIO}，**Ch4:** 交流输入。 在 5 V/1 A 负载下缓升电压为 V_{BULK} = 119 V DC。	**Ch1:** Pri V_{gs}，**Ch2:** V_{bulk}，**Ch3:** V_{MFIO}，**Ch4:** 交流输入。 在 5 V/1 A 负载下跌落电压为 V_{BULK} = 42 V DC。

Figure 31　缓升/跌落电压波形

10.12　V_{out} OVP 保护

V_{out} OVP 通过感应其中具有分压器 R21 和 R23 的 ZCD 绕组在 ZCD 引脚中实现。ZCD 绕组是输出绕组的直接耦合。因此，只要有输出过压，它就会反映到 ZCD 引脚。ZCD 引脚的 V_{out} OVP 触发电平为 2.75 V。V_{out} 输出 OVP 通过将次级侧光耦合器短路触发。图 33 显示了 22.8 V 的 OVP 电平。

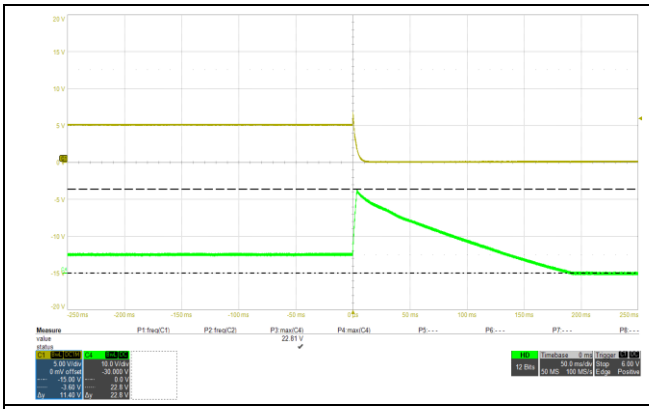
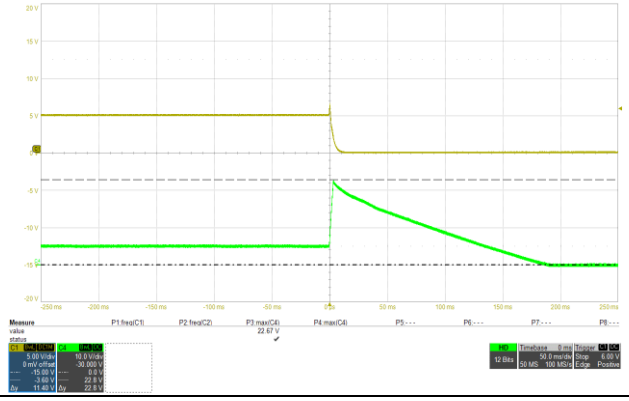
	
Ch1: USB 处的 V_{out}，**Ch4:** 电解电容器输出端处的 V_{out}。 V_{in} = 120 V AC 5 V/0.1 A 负载下的 V_{out} OVP	**Ch1:** USB 处的 V_{out}，**Ch4:** 电解电容器输出端处的 V_{out}。 V_{in} = 230 V AC 5 V/0.1 A 负载下的 V_{out} OVP

Figure 32　V_{out} OVP 波形

10.13　过载 保护

OLP 或输出短路保护可防止输出电流过高，导致元件过热而损坏。在输出过载期间 V_{CS} 达到内部 V_{CS_max} 时，由计数器实现该功能。当消隐时间 30 ms 过后，系统将进入自动重启模式。以下测试是在次级侧 PD CS 电阻短路的情况下执行的。

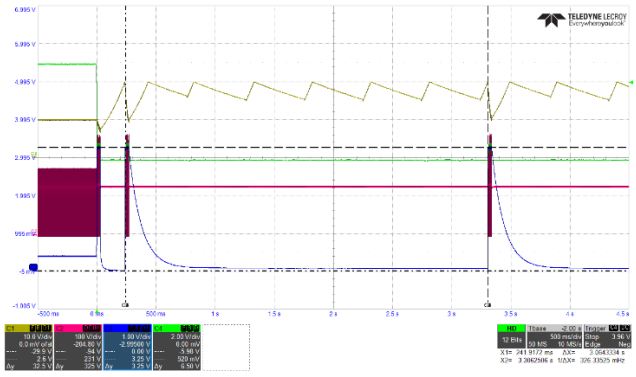
测量结果

Table 13　不同线路条件下的 OLP 电流限制

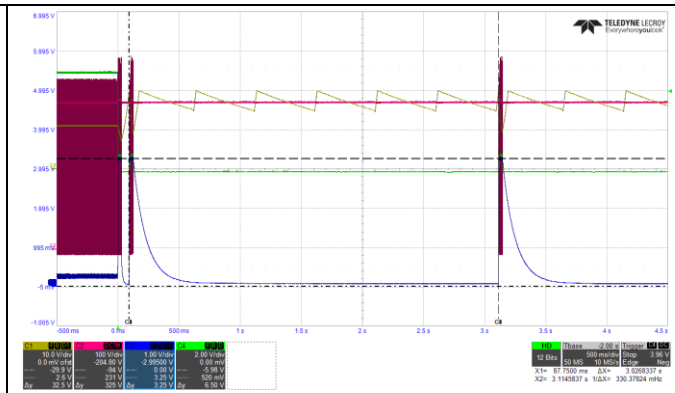
V_{in} (AC) V_{out} (V) I_{out} (A)	90	120	230	264
5	5.84 A	6.12 A	5.87 A	5.88 A
9	4.93 A	5.38 A	5.32 A	5.35 A
12	4.59 A	5.15 A	5.3 A	5.39 A
15	4.28 A	4.96 A	5.24 A	5.32 A
20	3.61 A	4.32 A	4.65 A	4.68 A

10.14　输出短路保护

在满载运行期间，E_{load} 连接电解电容器输出，然后短接 $E_{load\ side}$ 输出；IC 首先由于足够的 V_{CC} 而关闭，然后进入自动重启模式；重启定时器为 3 s，这是 XDPS21081 的自动重启定时器。



V_{in} = 90 V AC 下输出短路。
Ch1: V_{CC}，**Ch2:** V_{DS}，**Ch3:** V_{MFIO}，**Ch4:** V_{out}。

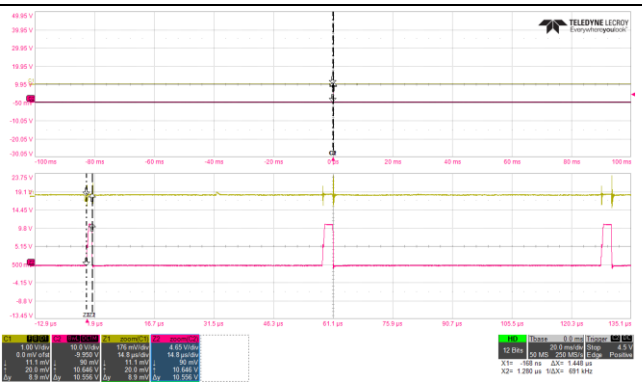


V_{in} = 264 V AC 下输出短路。
Ch1: V_{CC}，**Ch2:** V_{DS}，**Ch3:** V_{MFIO}，**Ch4:** V_{out}。

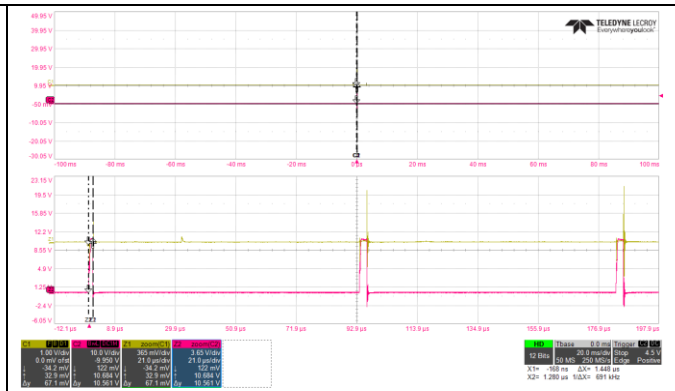
Figure 33　输出短路保护波形

10.15　电流感应 (CS) 电阻短路保护

在启动期间，如果 PWM 主栅极信号连续三个周期长于 1.4 µs，IC 将进入自动重启保护状态。以下结果显示了在 90 V AC 和 264 V AC 上电时的 R_{CS} 短路保护。



90 V AC **Ch1:** V_{CS}，**Ch2:** GD0



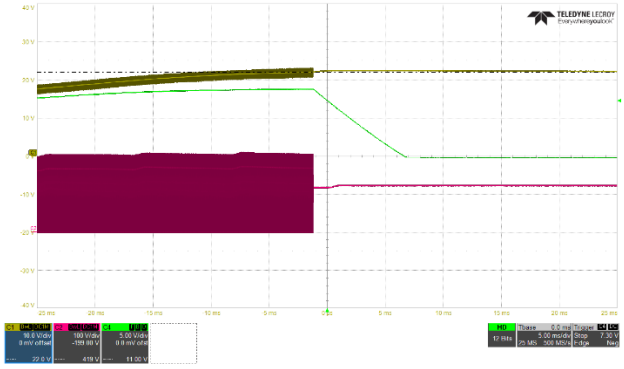
264 V AC **Ch1:** V_{CS}，**Ch2:** GD0

Figure 34　R_{CS} 短路保护波形

测量结果

10.16 V_{CC} OVP

如果 V_{CC} 在运行期间达到 22 V，IC 将在 3 s 定时后进入自动重启模式。此测试在 V_{CC} 稳压器短路的情况下执行。



Ch1： V_{CC}，**Ch2:** 主 V_{DS}，**Ch4:** V_{out}

Figure 35 V_{CC} OVP 波形

11 参考文献

[1] XDPS21081 数据表 V1.0，英飞凌科技股份有限公司，2020 年

[2] IPL60R185C7 数据表，英飞凌科技股份有限公司，2017 年

[3] BSC0802LS 数据表，英飞凌科技股份有限公司，2019 年

[4] BSL606SN 数据表，英飞凌科技股份有限公司，2013 年

修订历史

文件版本	发布日期	变更说明
V 1.0	2020-10-14	第一版
V 1.1	2020-4-12	修正了拼写错误

商标
所有引用的产品或服务名称和商标均为其各自所有者的财产。

版次 2020-12-04

发布方

英飞凌科技股份公司

81726 Munich，德国

© 2022 Infineon Technologies AG.
保留所有权利。

您对本文档有疑问吗？

邮箱：erratum@infineon.com

文档参考

AN_2008_PL21_2009_100531

重要通知

本应用指南中包含的信息仅作为产品实施的提示，在任何情况下均不得视为对产品的某些功能、条件或质量的描述或保证。在产品实施之前，本应用指南的接收方必须验证实际应用中的任何功能和其他技术信息。英飞凌科技不承担与在本应用指南中提供的任何信息有关的任何类型的担保和责任（包括但不限于对任何第三方知识产权的不侵权担保）。

本文档中的数据仅供接受了技术培训的员工使用。客户的技术部门有责任评估产品是否适合预期应用，以及本文档中有关此类应用的产品信息的完整性。

若需获得有关产品、技术、交付条款与条件和价格的更多信息，请联系距离您最近的英飞凌办事处 (**www.infineon.com**)。

警告

由于技术要求，产品可能包含有害物质。若需了解相关物质的类型，请联系距离您最近的英飞凌办事处。

除非英飞凌科技在英飞凌科技授权代表签署的书面文件中明确批准，否则英飞凌科技的产品不得用于可合理预计产品故障或其使用后果会导致人身伤害的应用。