

100W USB PD 适配器参考设计（采用 VIPERGAN100）



引言

本文档描述了 100 W QR 模式反激式适配器参考设计（面向 USB Type-C™ PD 适配器）EVLVIPGAN100PD，具有以下特征：

- 峰值效率：> 92%。
- 即使减小了电磁干扰滤波器尺寸，依旧符合 IEC55022 Class B 传导电磁干扰标准。
- 通过 RoHS 认证。

该评估板采用 VIPERGAN100，是意法半导体出品的一款新型高级离线开关，具有以下特点：

- 650 V 功率 GaN，内嵌 senseFET (Si) 和高压启动特性。
- QR 工作模式并采用动态消隐时间和可调谷值同步延迟功能，以最大限度地提高任何输入线路和负载条件下的效率。
- 谷值锁定确保持续谷底开通。
- 针对独立电源 OPP 干预的输入电压前馈补偿。
- 支持自适应突发模式，可在轻载条件下实现高级电源管理。
- 抖频功能，用于 EMI 抑制。

1 概述

EVLVIPGAN100PD 的主要特性为：

- 输入电压：90 V_{AC} 至 264 V_{AC} 通用交流电，47 至 63 Hz 频率
- 输出电压：单一 Type-C 输出 5V_{DC} – 20V_{DC}
- 输出功率：20 V 5 A 100 W（最高）
- 尺寸：83.3 X 40.7 X 20 mm（长 X 宽 X 高）
- 功率密度（无外壳包装）：> 24W/in³
- PCB 铜箔厚度是 2.0 oz。
- 效率：满足 CoC Tier 2 和 DoE Level 6 效率要求，峰值效率 > 92%（230 V_{AC} 100 W）
- PFC 级基于 L6564（在临界模式（TM）下运行的电流模式 PFC）
- 反激级基于 VIPerGaN100 高压转换器，采用光耦反馈电压调节和 SRK1001 自适应同步整流控制器提高系统效率
- 准谐振操作采用动态消隐时间和可调谷值同步延迟功能，以最大限度地提高任何输入线路和负载条件下的效率
- 集成 GaN IC VIPERGAN100 带来了简化的紧凑型 PCB 布局，且减少了材料清单
- 支持 USB Power Delivery。

图 1. EVLVIPGAN100PD 参考设计 – 顶部

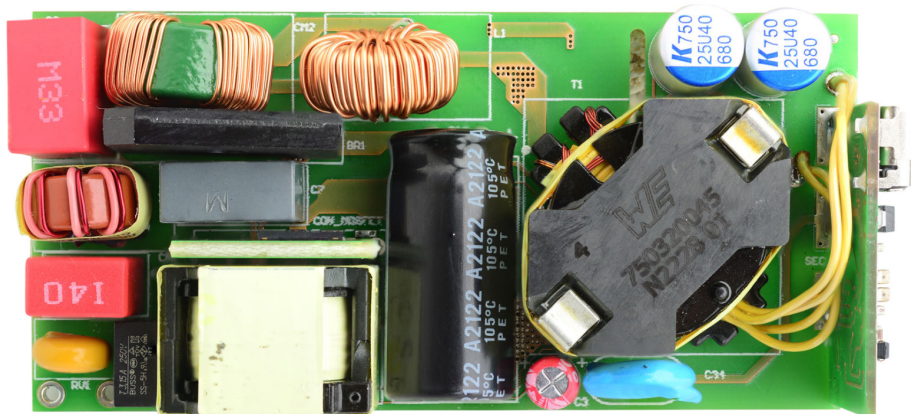
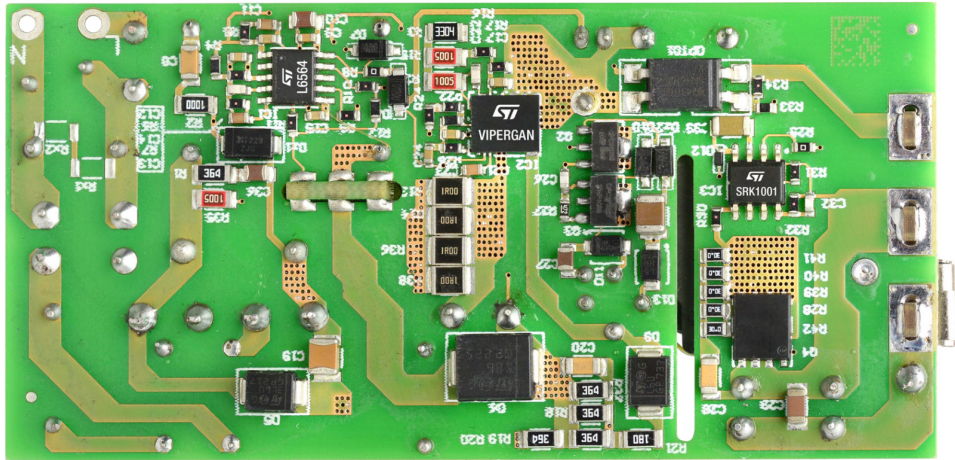


图 2. EVLVIPGAN100PD 参考设计 – 底部



2 测试板：设计和评估

评估板的电气规格在表 1 中列出，请参见 USB Power Delivery 规范版本 3.1。

表 1. 电气规格

参数	最小值	典型值	最大值	单位
交流电源输入电压	90		264	V _{AC}
电源频率 (f _L)	47		63	Hz
待机输入功率 – 5 V _{OUT} @ 230 V _{AC}			90.6	mW
环境工作温度			60	°C
输出参数 – 5 V 设置				
输出电压	4.75	5	5.25	V
输出电流	2.85	3	3.15	A
输出参数 – 9 V 设置				
输出电压	8.55	9	9.45	V
输出电流	2.85	3	3.15	A
输出参数 – 12 V 设置				
输出电压	11.4	12	12.6	V
输出电流	2.85	3	3.15	A
输出参数 – 15 V 设置				
输出电压	14.25	15	15.75	V
输出电流	2.85	3	3.15	A
输出参数 – 20 V 设置				
输出电压	19	20	21	V
输出电流	4.987	5	5.25	A

3

图 3. 输入级原理图

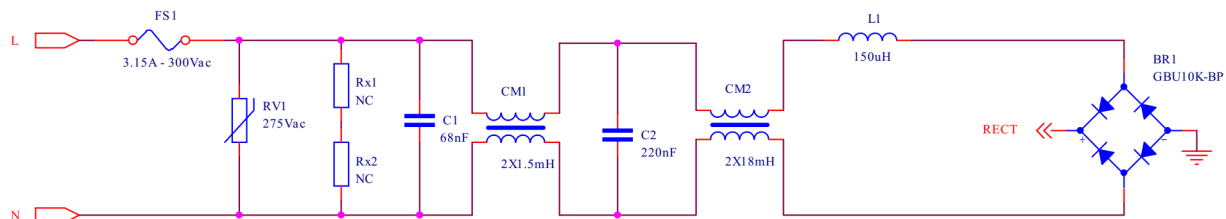


图 4. PFC 级原理图

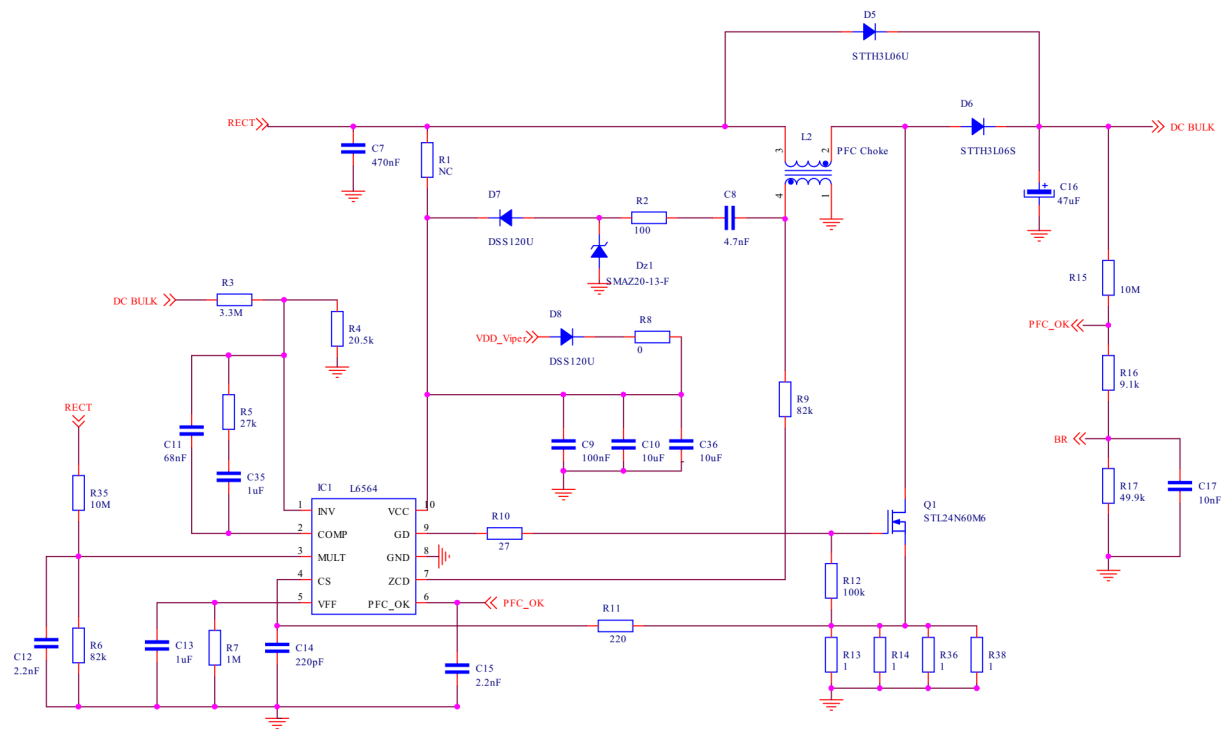


图 5. 反激级原理图

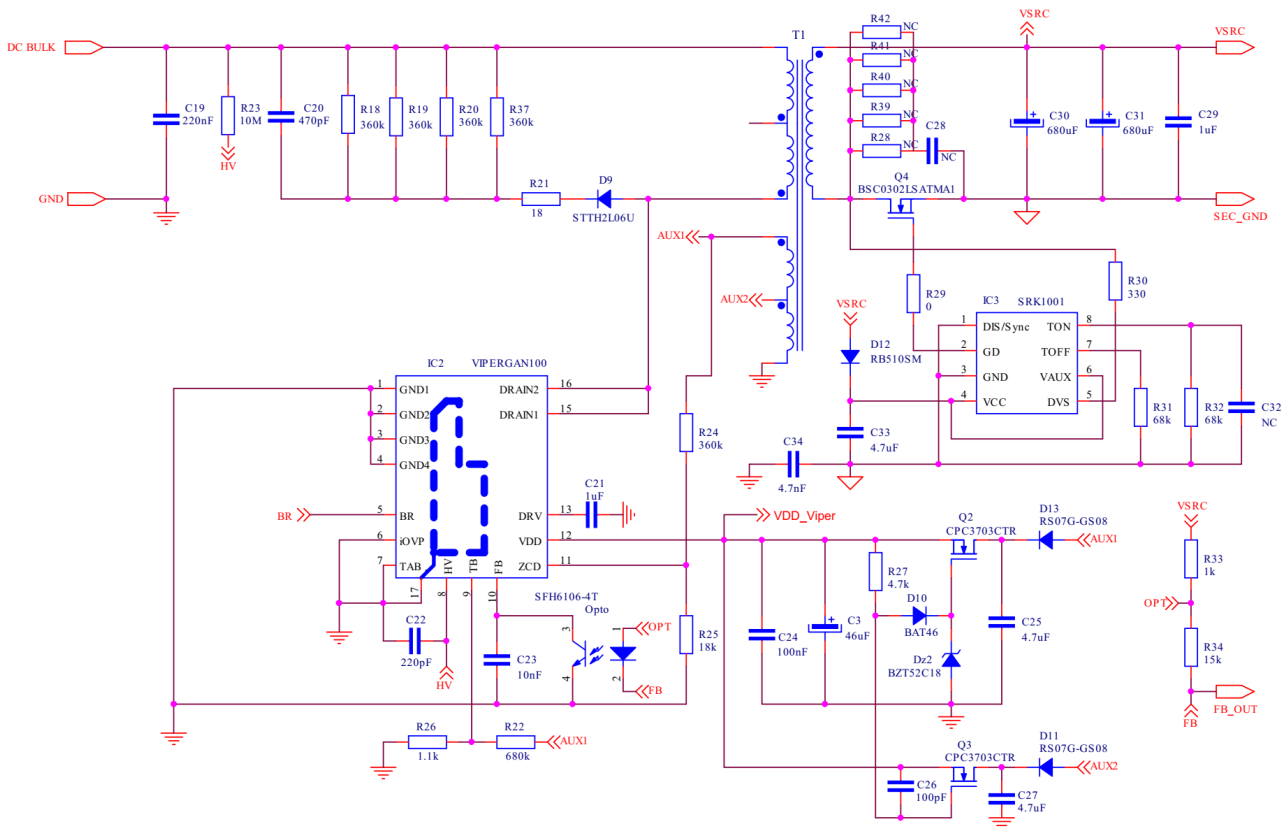


图 6. 插板原理图

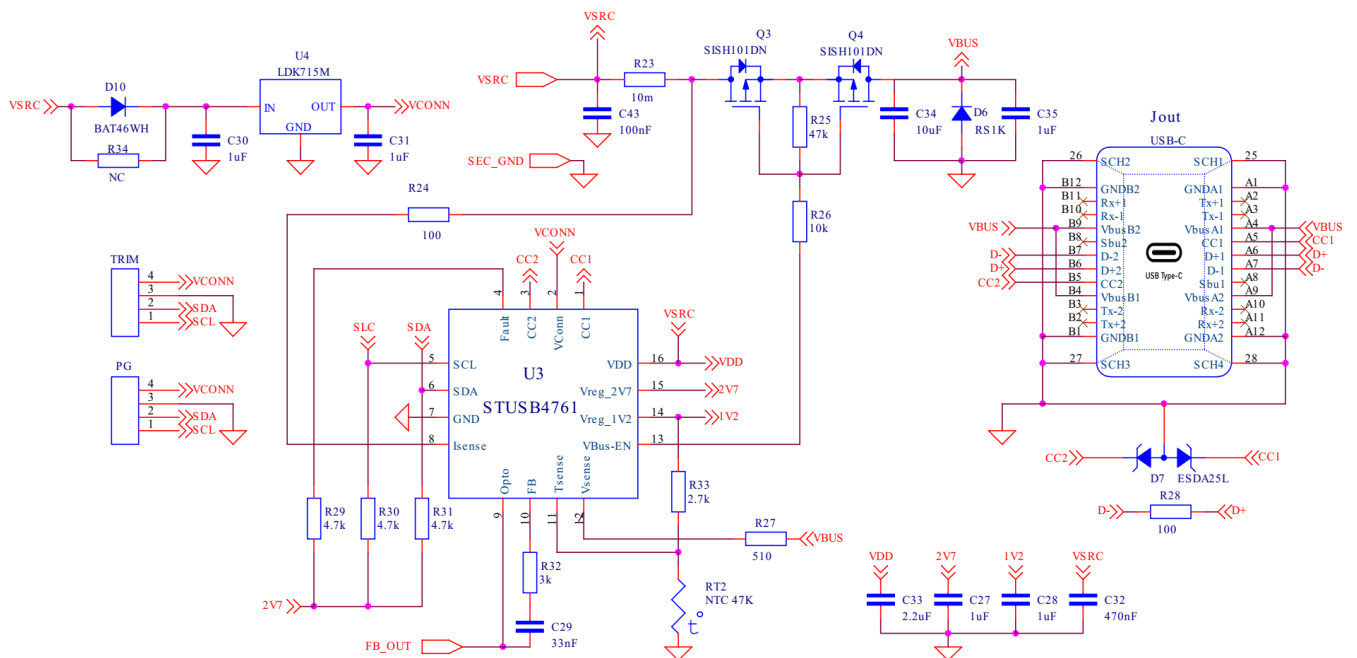


表 2. 参考设计材料清单 – 输入级

参考	部件/值	说明	制造商	订购代码
BR1	800 V – 10 A	桥式整流器	微型商用元件 (MCC)	GBU10K-BP
C1	68 nF – 275 Vac	聚丙烯 X2 电容器	Würth Elektronik	890324022017
C2	220 nF – 275 Vac	聚丙烯 X2 电容器	Würth Elektronik	890324023028
CM1	1.5 mH	共模扼流圈	Würth Elektronik	750320246
CM2	18 mH	共模扼流圈	Sumida	04291-T231
FS1	3.15 A – 250 Vac	FUSE	Eaton Bussmann	SS-5H-3-15A-BK
L1	150 μ H – 2.5 A	电源扼流圈	Würth Elektronik	7447018
RV1	275 Vac	盘式压敏电阻	Würth Elektronik	820572711

表 3. 参考设计材料清单 – PFC 级

参考	部件/值	说明	制造商	订购代码
C7	470 nF – 450 Vdc	薄膜电容	Kemet	R71XF347050H0M
C8	4.7 nF – 100 V	MLCC 电容	Würth Elektronik	885012208110
C9	100 nF – 50 V	MLCC 电容	Würth Elektronik	885012206095
C10	10 μ F – 50 V	MLCC 电容	Murata	GRM21BR61H106KE43K
C11	68 nF – 50 V	MLCC 电容	Würth Elektronik	885012206094
C12	2.2 nF – 50 V	MLCC 电容	Murata	GCJ188R71H222KA01D
C13	1 μ F – 50 V	MLCC 电容	TDK	C1608X5R1H105K080AB
C14	220 pF – 50 V	MLCC 电容	Würth Elektronik	885012006059
C15	2.2 nF – 50 V	MLCC 电容	Murata	GCJ188R71H222KA01D
C16	47 μ F – 450 V	电解电容	Rubycon	450HXW47MEFR12.5X25
C17	10 nF – 100 V	MLCC 电容	Würth Elektronik	885012206114
C36	10 μ F – 50 V	MLCC 电容	Murata	GRM21BR61H106KE43K
D5	3 A – 600 V	超快开关二极管	意法半导体	STTH3L06U
D6	3 A – 600 V	超快开关二极管	意法半导体	STTH3L06S
D7	1 A – 200 V	肖特基二极管	SMC 二极管解决方案	DSS120U
D8	1 A – 200 V	小信号开关二极管	SMC 二极管解决方案	DSS120U
Dz1	20 V – 1 W	齐纳二极管	二极管	SMAZ20-13-F
L2	420 μ H – 4 A	PFC 扼流圈	Yu Jing technology	11999-130H600110
R1	NC	厚膜电阻	Panasonic	ERJ-P08F3603V
R2	100 Ω $\pm$ 1% – 0.66 W	厚膜电阻	Panasonic	ERJ-P08F1000V
R3	3.3 M Ω $\pm$ 1% – 0.25 W	厚膜电阻	Bourns	CHV1206-FX-3304ELF
R4	20.5 k Ω $\pm$ 1% – 0.25 W	厚膜电阻	Panasonic	ERJ-PA3F2052V
R5	27 k Ω $\pm$ 1% – 0.25 W	厚膜电阻	Panasonic	ERJ-UP3F2702V
R6	82 k Ω $\pm$ 1% – 0.25 W	厚膜电阻	Panasonic	ERJ-UP3F8202V
R7	1 M Ω $\pm$ 1% – 0.25 W	厚膜电阻	Panasonic	ERJ-UP3F1004V
R8	0 Ω	厚膜电阻	Yageo	RC0603FR-100RL
R9	82 k Ω $\pm$ 1% – 0.25 W	厚膜电阻	Panasonic	ERJ-UP3F8202V
R10	27 Ω $\pm$ 1% – 0.25 W	厚膜电阻	Panasonic	ERJ-UP3F27R0V

参考	部件/值	说明	制造商	订购代码
R11	220 Ω ±1% – 0.25 W	厚膜电阻	Panasonic	ERJ-UP3F2200V
R12	100 k Ω ±0.5% – 0.1 W	厚膜电阻	Panasonic	ERJ-UP3D1003V
R13	1 Ω ±1% – 0.5 W	厚膜电阻	ROHM Semiconductor	ESR25JZPF1R00
R14	1 Ω ±1% – 0.5 W	厚膜电阻	ROHM Semiconductor	ESR25JZPF1R00
R15	10 M Ω ±1% – 0.25 W	厚膜电阻	Bourns	CHV1206-FX-1005ELF
R16	9.1 k Ω ±1% – 0.25 W	厚膜电阻	Panasonic	ERJ-UP3F9101V
R17	49.9 k Ω ±1% – 0.25 W	厚膜电阻	Panasonic	ERJ-UP3F4992V
R35	10 M Ω ±1% – 0.25 W	厚膜电阻	Bourns	CHV1206-FX-1005ELF
R36	1 Ω ±1% – 0.5 W	厚膜电阻	ROHM Semiconductor	ESR25JZPF1R00
R38	1 Ω ±1% – 0.5 W	厚膜电阻	ROHM Semiconductor	ESR25JZPF1R00
Q1	600 V, 0.175 Ohm, 15 A	N 沟道功率 MOSFET	意法半导体	STL24N60M6

表 4. 参考设计材料清单 – 反激级

参考	部件/值	说明	制造商	订购代码
C3	46 μ F-35 V	电解电容	Würth Elektronik	860040572002
C19	220 nF – 450 V	MLCC 电容	TDK	C3225X7T2W224M200AE
C20	470 pF – 1000 V	MLCC 电容	Würth Elektronik	885342208017
C21	1 μ F – 50 V	MLCC 电容	TDK	C1608X5R1H105K080AB
C22	220 pF – 50 V	MLCC 电容	Würth Elektronik	885012006059
C23	10 nF – 100 V	MLCC 电容	Würth Elektronik	885012206114
C24	100 nF – 50 V	MLCC 电容	Würth Elektronik	885012206095
C25	4.7 μ F – 100 V	MLCC 电容	AVX	12101C475K4T2A
C26	100 pF – 100 V	MLCC 电容	Würth Elektronik	885012006079
C27	4.7 μ F – 50 V	MLCC 电容	Murata	GRM21BC71H475ME11L
C28	NC	MLCC 电容	Würth Elektronik	885342208008
C29	1 μ F – 100 V	MLCC 电容	TDK	C3216X7R2A105K160AA
C30	680 μ F – 25 V	导电聚合物混合 ECAP	Kemet	A750KW687M1EAAE016
C31	680 μ F – 25 V	导电聚合物混合 ECAP	Kemet	A750KW687M1EAAE016
C32	NC	MLCC 电容	Kemet	C0603C101F1GACTU
C33	4.7 μ F – 50 V	MLCC 电容	Würth Elektronik	885012208094
C34	4.7 nF – 250 Vac	Y1 安全陶瓷盘式电容器	Murata	DE1E3RA472MA4BN1F
D9	2 A – 600 V	快速开关整流器	意法半导体	STTH2L06U
D10	250 mA – 100 V	小信号开关二极管	NXP	BAT46WH,115
D11	1.4 A – 400 V	标准开关整流器	Vishay	RS07G-GS08
D12	100 mA – 40 V	小信号肖特基二极管	Rohm	RB510SM-40FHT2R
D13	1.4 A – 400 V	标准开关整流器	Vishay	RS07G-GS08
Dz2	18 V – 500 mW	齐纳二极管	二极管	BZT52C18
IC2		HV 转换器	意法半导体	ViperGAN100®
IC3		同步整流控制器	意法半导体	SRK1001
OPTO1	70 V – 100 mA	光耦合器	Vishay	SFH6106-4T

参考	部件/值	说明	制造商	订购代码
Q2	250 V – 4 Ω	N 沟道 – dep 模式	IXYS 集成电路	CPC3703CTR
Q3	250 V – 4 Ω	N 沟道 – dep 模式	IXYS 集成电路	CPC3703CTR
Q4	120 V – 8 m Ω – 逻辑电平	N 沟道功率 MOSFET	Infineon	BSC0302LSATMA1
R18	360 k Ω ±1% – 0.66 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-P08F3603V
R19	360 k Ω ±1% – 0.66 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-P08F3603V
R20	360 k Ω ±1% – 0.66 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-P08F3603V
R21	18 Ω ±5% – 0.66 W	防浪涌厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJP08J180V
R22	680 k Ω ±1% – 0.25 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-UP3F6803V
R23	10 M Ω ±1% – 0.25 W	厚膜片式电阻器	Bourns	CHV1206-FX-1005ELF
R24	360 k Ω ±1% – 0.25 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-UP3F3603V
R25	18 k Ω ±1% – 0.25 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-UP3F1802V
R26	1.1 k Ω ±1% – 0.25 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-PA3F1101V
R27	4.7 k Ω ±1% – 0.25 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJPA3F4701V
R28	NC	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-P06F30R0V
R29	0 Ω		Yageo	603-RC0603FR-100RL
R30	330 Ω ±1% – 0.25 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-UP3F3300V
R31	68 k Ω ±1% – 0.25 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-UP3F6802V
R32	68 k Ω ±1% – 0.25 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-UP3F6802V
R33	1 k Ω ±1% – 0.25 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-UP3F1001V
R34	15 k Ω ±1% – 0.25 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-UP3F1502V
R37	360 k Ω ±5% – 0.5 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-P08F3603V
R39	NC	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-P06F30R0V
R40	NC	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-P06F30R0V
R41	NC	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-P06F30R0V
R42	NC	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-P06F30R0V
TF1	500 μ H	反激式变压器	Würth Elektronik	750320045 rev.02

表 5. 参考设计材料清单 – 子板

参考	部件/值	说明	制造商	订购代码
C27	1 uF – 50 V	MLCC 电容	Würth Elektronik	885012207103
C28	1 uF – 50 V	MLCC 电容	Würth Elektronik	885012207103
C29	33 nF – 50 V	MLCC 电容	Würth Elektronik	885012206092
C30	1 uF – 100 V	MLCC 电容	TDK	C3216X7R2A105K160AA
C31	1 uF – 100 V	MLCC 电容	TDK	C3216X7R2A105K160AA
C32	470 nF – 100 V	MLCC 电容	AVX	08051C474KAT2A
C33	2.2 uF – 50 V	MLCC 电容	Murata	GRM188R61H225KE11D
C34	10 uF – 50 V	MLCC 电容	Murata	GRT31CR61H106KE1L
C35	1 uF – 100 V	MLCC 电容	Murata	GCM21BC72A105KE36L
C43	100 nF – 100 V	MLCC 电容	Murata	GCM21BR72A104KA7K
D6	1 A – 800 V	快速开关整流器	VISHAY	RS1K
D7	1.2 V – 10 mA	双线 TRANSIL 阵列, 用于 ESD 保护	意法半导体	ESDA25LY
D10	250 mA – 100 V	小信号开关二极管	NXP	BAT46WH,115
Jout		USB 3.1 连接器, Type C, 90°	Molex	201267-0005
Q3	30 V – 10 m	P 沟道功率 MOSFET	Vishay	SISH101DN-T1-GE3
Q4	30 V – 10 m	P 沟道功率 MOSFET	Vishay	SISH101DN-T1-GE3
R23	10 mΩ±1% – 0.75 W	金属箔低电阻片式电阻器	Susumu	KRL1632E-C-R010-F-T1
R24	100 Ω±1% – 0.5 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJP06F1000V
R25	47 kΩ±1% – 0.1 W	厚膜片式电阻器	Vishay	CRCW060347K0FKEA
R26	10 kΩ±1% – 0.25 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-UP3F1002V
R27	510 Ω±1% – 0.25 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-PA3F5100V
R28	100 Ω±1% – 0.25 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-UP3F1000V
R29	4.7 kΩ±1% – 0.1 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-3EKF4701V
R30	4.7 kΩ±1% – 0.1 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-3EKF4701V
R31	4.7 kΩ±1% – 0.1 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-3EKF4701V
R32	3 kΩ±1% – 0.25 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-UP3F3001V
R33	2.7 kΩ±1% – 0.1 W	厚膜片式电阻器	Panasonic	ERJ-3EKF2701V
R34	NC			
RT2	47 kΩ±5% – 0.125 W	NTC 热敏电阻	Vishay	NTCS0603E3473JHT
U3		独立 USB PD 控制器	意法半导体	STUSB4761QTR
U4	5 V – 85 mA	LDO 稳压器	意法半导体	LDK715M50R
TRIM		SMT 垂直排针	Würth Elektronik	6651041318

表 6. 变压器特性

变压器特性如下表所示

参数	值
制造商	Würth Elektronik
产品编号	750320045 rev.02
初级电感	500 $\mu\text{H} \pm 10\%$
泄漏电感	最大 7.5 μH
初级 (12-1) 与辅助 1 (10-2) 匝数比	2.53
初级 (12-1) 与辅助 2 (3-2) 匝数比	3.43
初级 (12-1) 与次级 (FL1-FL2) 匝数比	6

图 7. 尺寸图和引脚放置图 – 间距、底视图

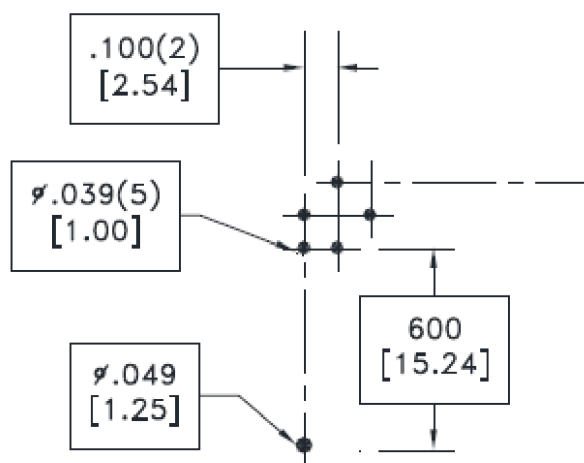


图 8. 尺寸图和引脚放置图 – 电气图

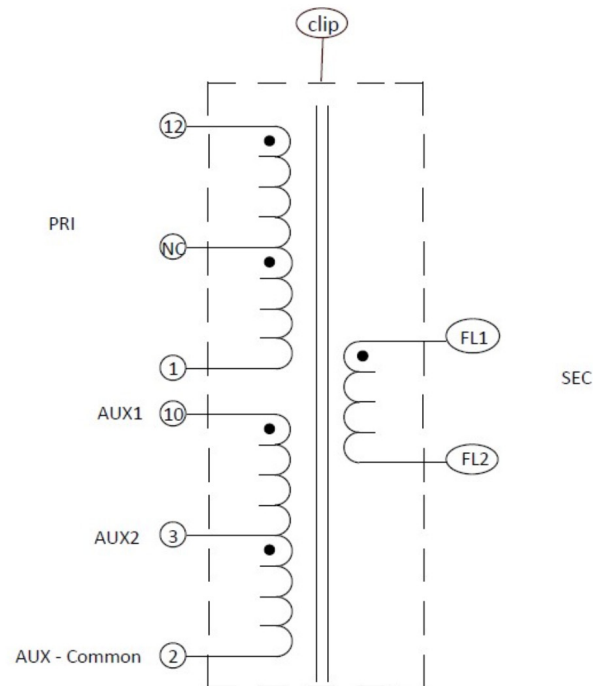


图 9. 尺寸图和引脚放置图 – 底视图、侧视图和顶视图

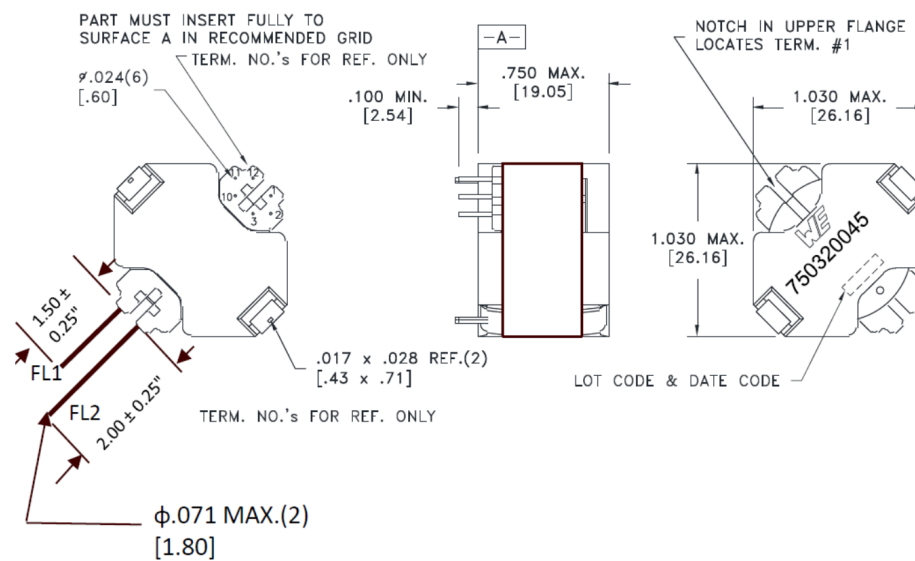


表 7. PFC 电感器特性

PFC 电感器特性如下表所示

参数	值
制造商	Yu Jing Technology
产品编号	11999-130H600110
初级电感	420 $\mu\text{H} \pm 10\%$
峰值初级电流	4.1 A
初级 (2-3) 与辅助 (4-1) 匝数比	10.5

图 10. 尺寸图和引脚放置图 – 底视图、侧视图和顶视图

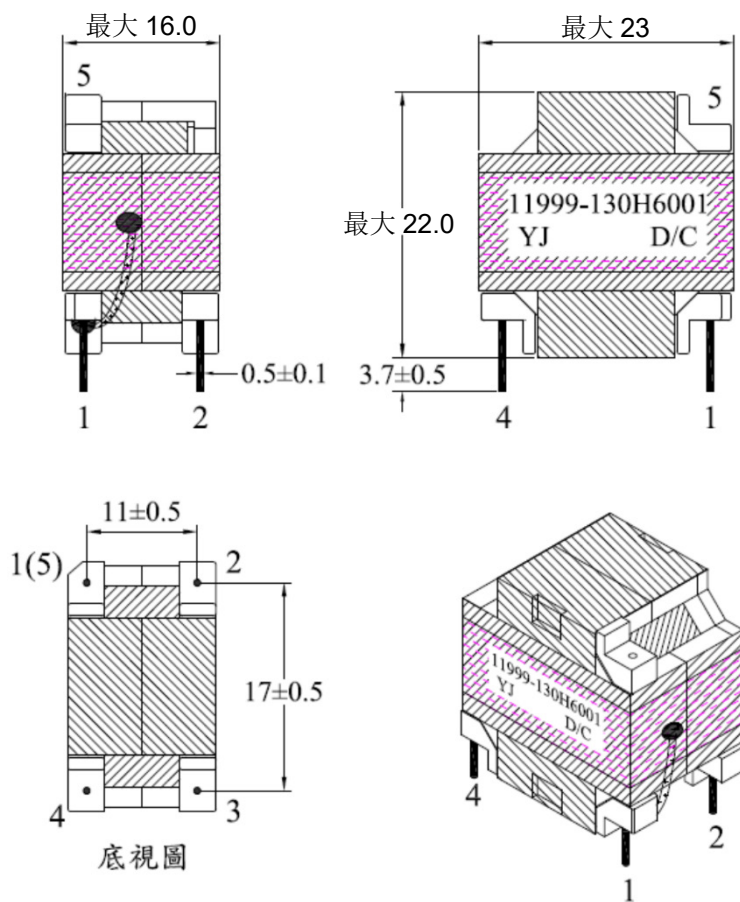
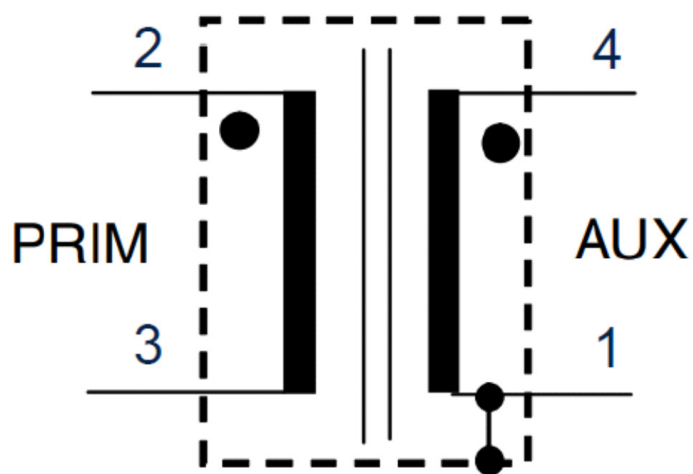


图 11. 尺寸图和引脚放置图 – 电气图



4 效率测量

效率定义为在标称输入电压 ($V_{IN} = 115\text{ V}_{AC}$ 且 $V_{IN} = 230\text{ V}_{AC}$) 下, 在额定输出功率的 25%、50%、75% 和 100% 下测得的效率的平均值。

外置电源 (包含在与作为供电对象的最终设备分开的外壳中的电源) 需要符合行为准则第 5 版 “效率” 标准, 该标准规定功率为 100W 的 SMPS 应具有高于 89% 的效率。

另一个要应用的标准是 DOE (美国能源部) 建议, 其对相同功率的效率要求为 88%。

表 8–表 9 显示效率测量结果。

表 8. 115 V_{AC} 时的平均效率

输出负载 (%)	I_{OUT} (A)	V_{OUT} (V)	P_{IN} (W)	P_{OUT} (W)	效率 (%)
5 V 输出					
25%	0.753	5.024	5.364	3.78	70.53
50%	1.505	5.024	9.57	7.56	79.01
75%	2.257	5.024	13.86	11.34	81.81
100%	3.004	5.021	17.95	15.08	84.03
平均效率					78.84
9 V 输出					
25%	0.7502	9.047	8.621	6.79	78.73
50%	1.505	9.047	16.11	13.62	84.52
75%	2.257	9.046	23.55	20.42	86.70
100%	3.002	9.044	30.74	27.15	88.32
平均效率					84.57
12 V 输出					
25%	0.751	12.068	11.29	9.06	80.28
50%	1.506	12.067	20.99	18.17	86.58
75%	2.258	12.066	30.86	27.25	88.29
100%	3.004	12.063	40.45	36.24	89.59
平均效率					86.18
15 V 输出					
25%	0.7504	15.087	13.75	11.32	82.34
50%	1.506	15.086	25.89	22.72	87.75
75%	2.258	15.085	38.15	34.06	89.28
100%	3.003	15.082	50.13	45.29	90.35
平均效率					87.43
20 V 输出					
25%	1.253	20.115	28.84	25.20	87.39
50%	2.506	20.112	55.53	50.40	90.76
75%	3.756	20.109	82.84	75.53	91.18
100%	5.022	20.105	110.6	100.97	91.29
平均效率					90.16

表 9. 230 V_{AC} 时的平均效率

输出负载 (%)	I _{OUT} (A)	V _{OUT} (V)	P _{IN} (W)	P _{OUT} (W)	效率 (%)
5 V 输出					
25%	0.7513	5.024	4.861	3.77	77.65
50%	1.505	5.024	9.258	7.56	81.67
75%	2.258	5.023	13.68	11.34	82.91
100%	3.005	5.022	17.94	15.09	84.12
平均效率					81.59
9 V 输出					
25%	0.7527	9.047	8.306	6.81	81.99
50%	1.505	9.047	16.01	13.62	85.05
75%	2.256	9.046	23.52	20.41	86.77
100%	3.003	9.044	31.02	27.16	87.55
平均效率					85.34
12 V 输出					
25%	0.75	12.067	10.9	9.05	83.03
50%	1.505	12.067	21.02	18.16	86.40
75%	2.257	12.066	31.13	27.23	87.48
100%	3.004	12.063	40.71	36.24	89.01
平均效率					86.48
15 V 输出					
25%	0.7505	15.087	13.5	11.32	83.87
50%	1.506	15.086	25.85	22.72	87.89
75%	2.258	15.084	38.46	34.06	88.56
100%	3.005	15.082	50.14	45.32	90.39
平均效率					87.68
20 V 输出					
25%	1.251	20.116	28.99	25.17	86.81
50%	2.506	20.112	55.41	50.40	90.96
75%	3.756	20.108	81.95	75.53	92.16
100%	5.016	20.105	108.9	100.85	92.60
平均效率					90.63

表 10. 10% 最大输出负载时的平均效率

表 10 显示在额定输出功率的 10% 时测得的效率。

V_{IN} [V _{AC}]	I_{OUT} (A)	V_{OUT} (V)	P_{IN} (W)	P_{OUT} (W)	效率 (%)
5 V 输出					
115	0.3014	5.025	2.327	1.51	65.09
230	0.3018	5.024	2.208	1.52	68.67
9 V 输出					
115	0.3012	9.047	3.981	2.72	68.45
230	0.3009	9.046	3.606	2.72	75.48
12 V 输出					
115	0.3017	12.067	5.178	3.64	70.31
230	0.3013	12.067	4.605	3.64	78.95
15 V 输出					
115	0.3016	15.086	6.251	4.55	72.79
230	0.3016	15.087	5.761	4.55	78.98
20 V 输出					
115	0.5004	20.115	12.59	10.07	79.95
230	0.503	20.115	12.27	10.12	82.46

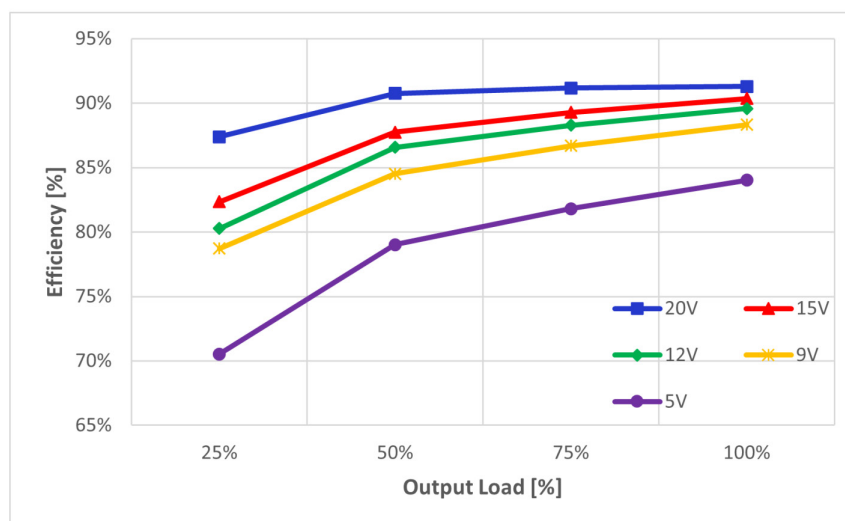
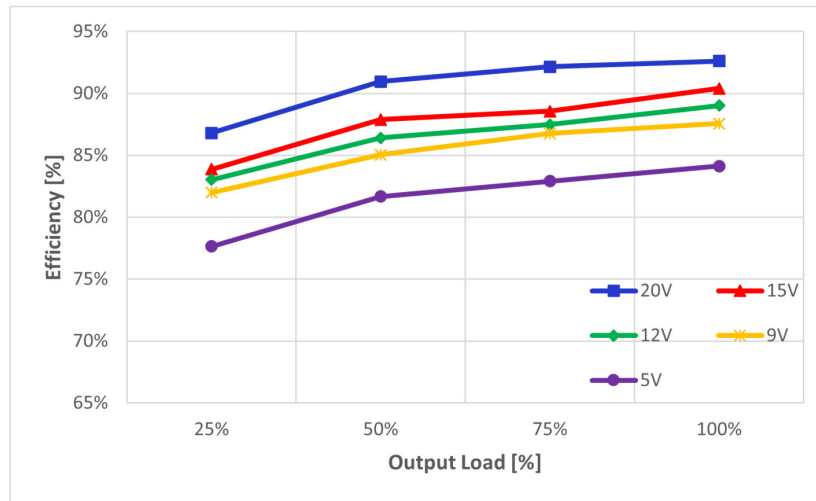
图 12. 115 V_{AC}时的效率


图 13. 230 V_{AC} 时的效率


4.1 空载功耗

在空载下测量了转换器的输入功率；在这种情况下，转换器以突发模式工作，从而降低了平均开关频率，以及频率相关损耗。在 USB Type-C® 端口留空的情况下实现空载条件，由此打开子板中的旁路 MOSFET Q3 和 Q4，并将转换器的输出电压设置为 5V。

表 11. 无负载功耗

V _{IN} [V _{AC}]	P _{IN} (mW)
5 V 输出	
115	38.06
230	90.6

5 典型波形

下图显示了在最大输出功率下，最低和最高交流输入电压情况下的 GaN（初级侧）和 SR MOSFET（次级侧）漏-源电压。

图 14. 90 V_{AC} (20 V – 5 A) 时的 VIPerGaN 和 SR MOSFET V_{DS}

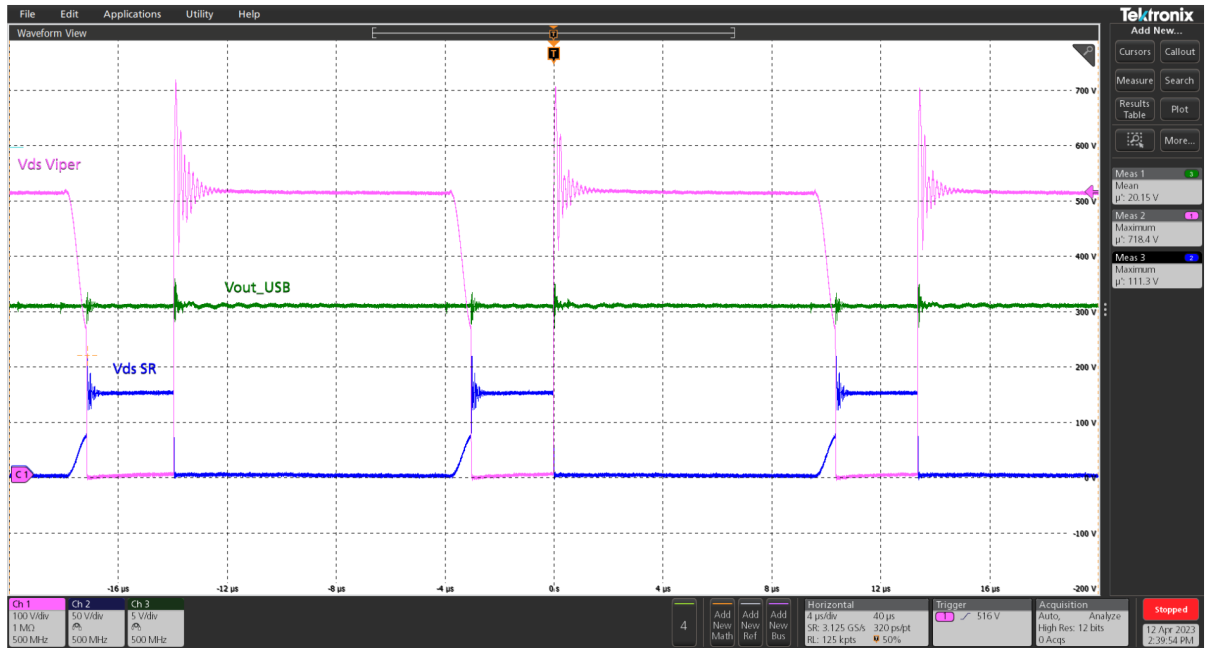
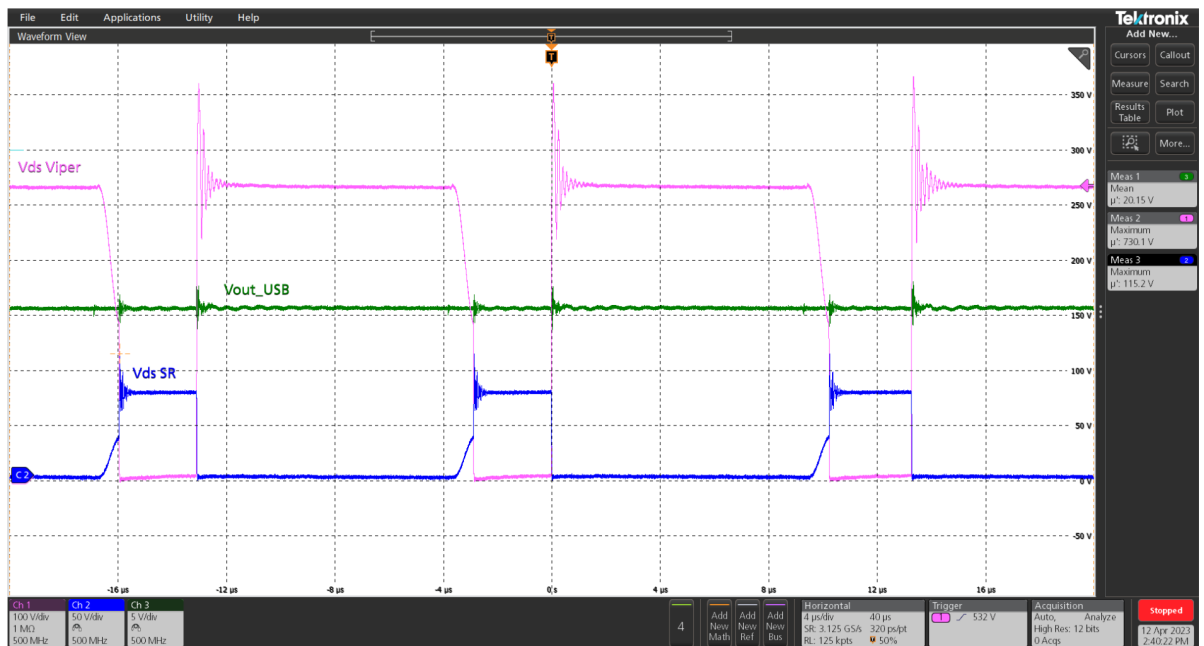


图 15. 265 V_{AC} (20 V – 5 A) 时的 VIPerGaN 和 SR MOSFET V_{DS}



在两种不同负载（0 A 和最大可用电流）情况下针对不同输出电压测量了输出电压纹波。在标称输入电压（115 V_{AC} 和 230 V_{AC}）下进行了测试。

图 16. 115 V_{AC} @ 5 V – 0 A 时的纹波

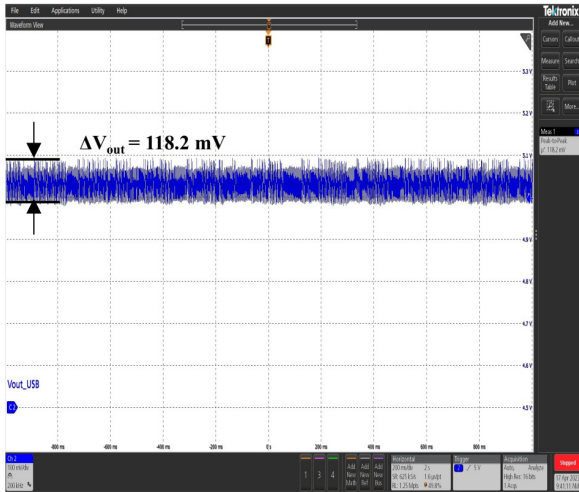


图 17. 230 V_{AC} @ 5 V – 0 A 时的纹波

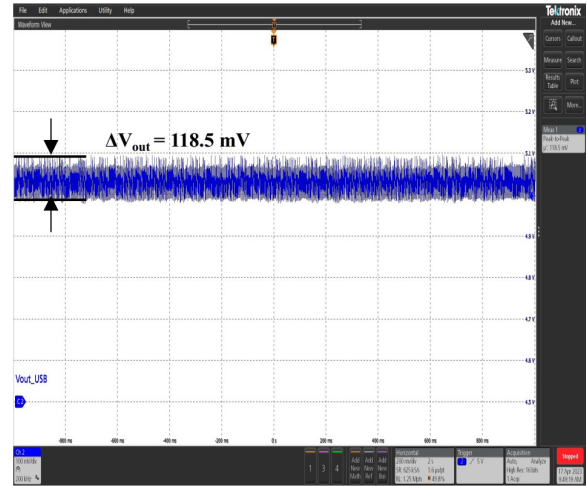


图 18. 115 V_{AC} @ 5 V – 3 A 时的纹波

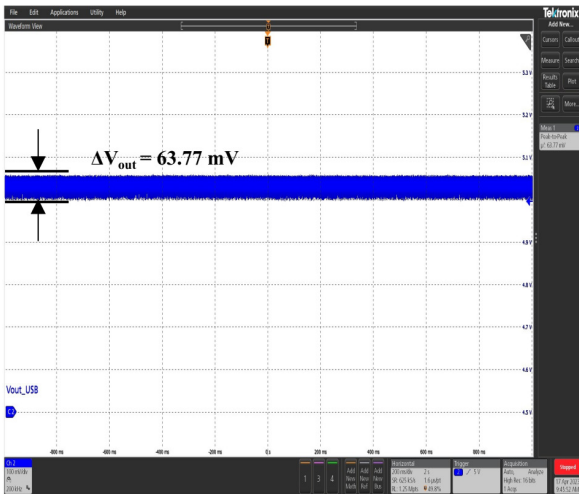


图 19. 230 V_{AC} @ 5 V – 3 A 时的纹波

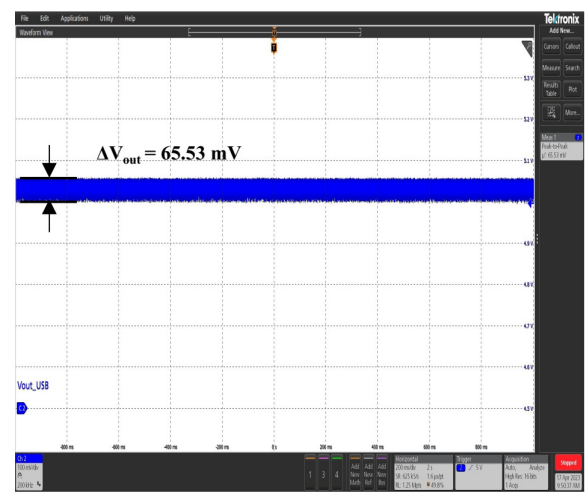


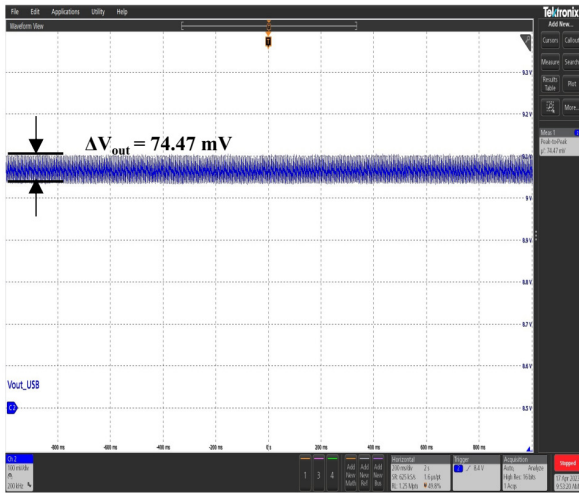
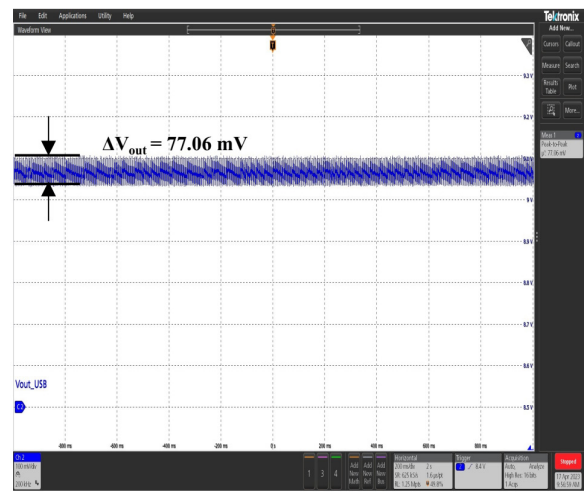
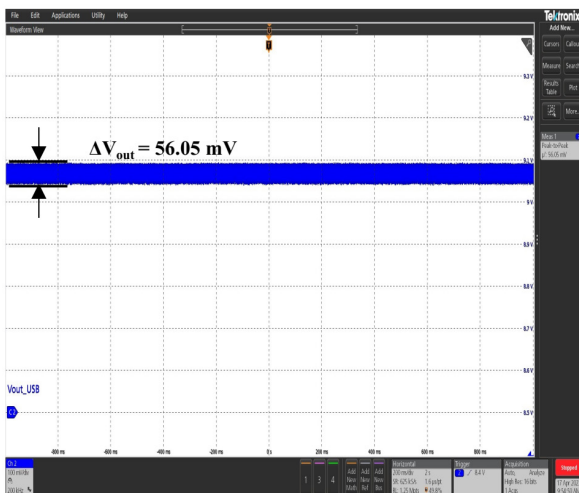
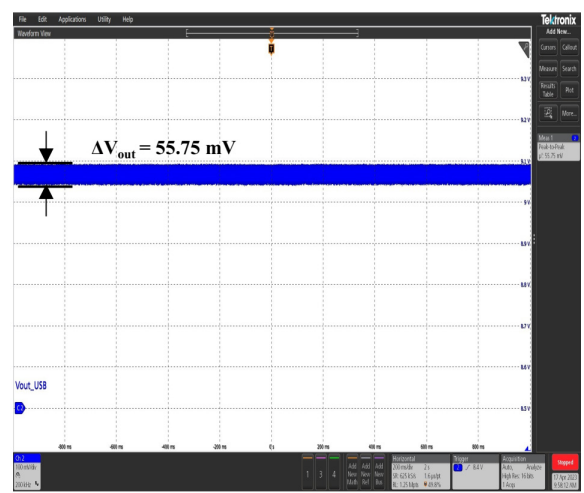
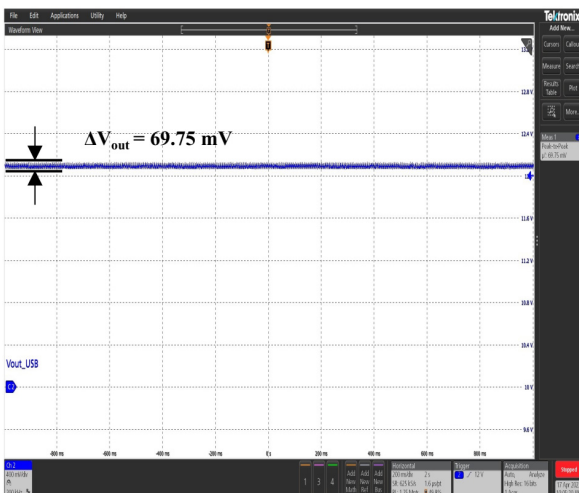
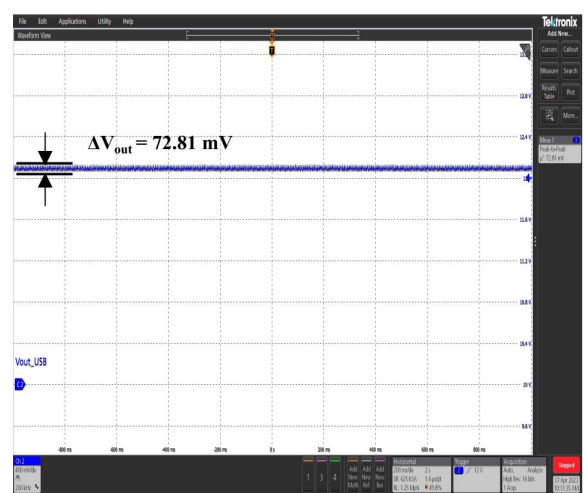
图 20. 115 V_{AC} @ 9 V – 0 A 时的纹波

图 21. 230 V_{AC} @ 9 V – 0 A 时的纹波

图 22. 115 V_{AC} @ 9 V – 3 A 时的纹波

图 23. 230 V_{AC} @ 9 V – 3 A 时的纹波

图 24. 115 V_{AC} @ 12 V – 0 A 时的纹波

图 25. 230 V_{AC} @ 12 V – 0 A 时的纹波


图 26. 115 V_{AC} @ 12 V – 3 A 时的纹波

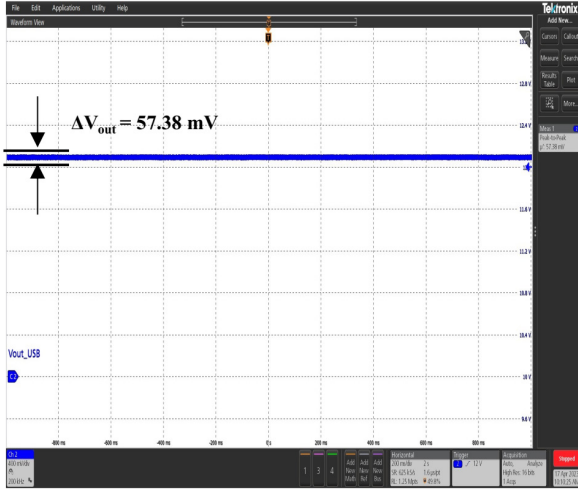


图 27. 230 V_{AC} @ 12 V – 3 A 时的纹波

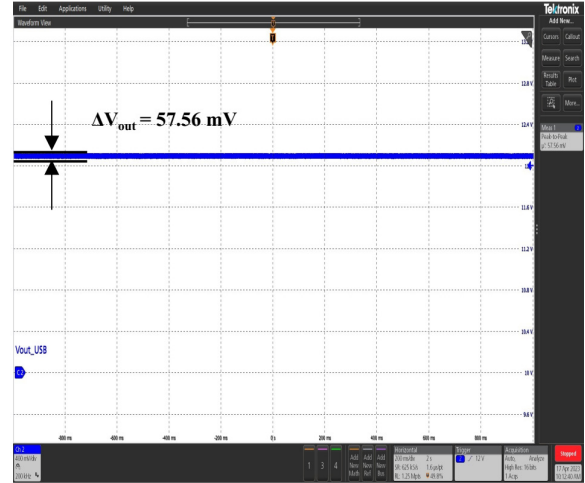


图 28. 115 V_{AC} @ 15 V – 0 A 时的纹波

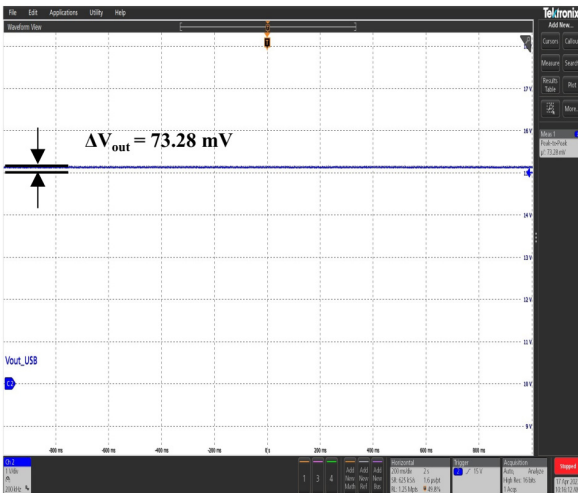


图 29. 230 V_{AC} @ 15 V – 0 A 时的纹波

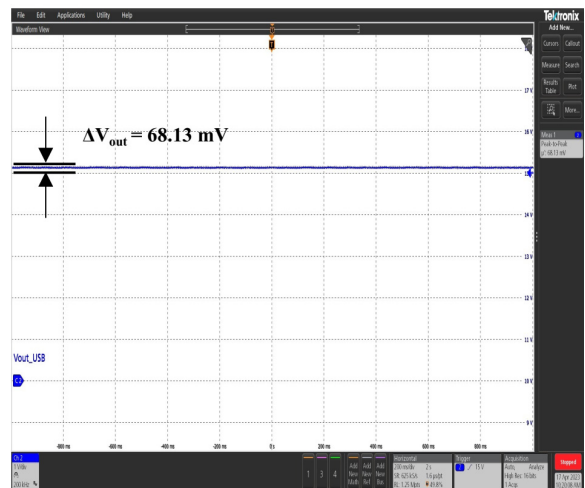


图 30. 115 V_{AC} @ 15 V – 3 A 时的纹波

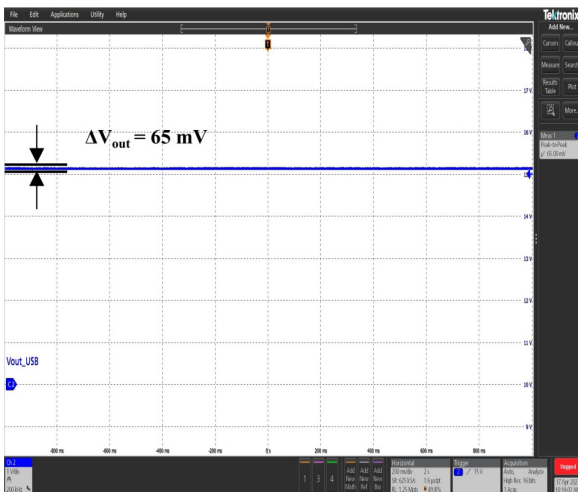


图 31. 230 V_{AC} @ 15 V – 3 A 时的纹波

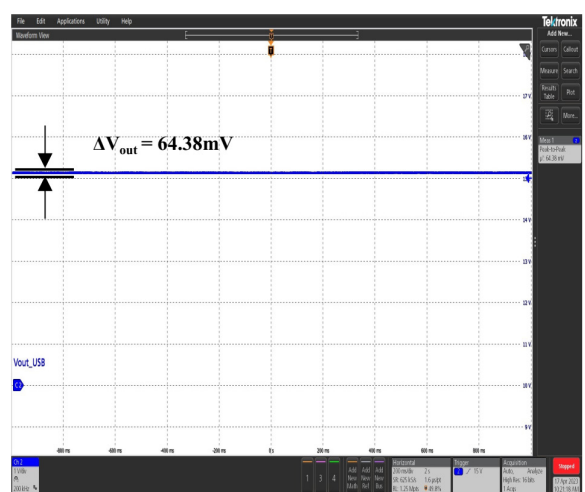


图 32. 115 V_{AC} @ 20 V – 0 A 时的纹波

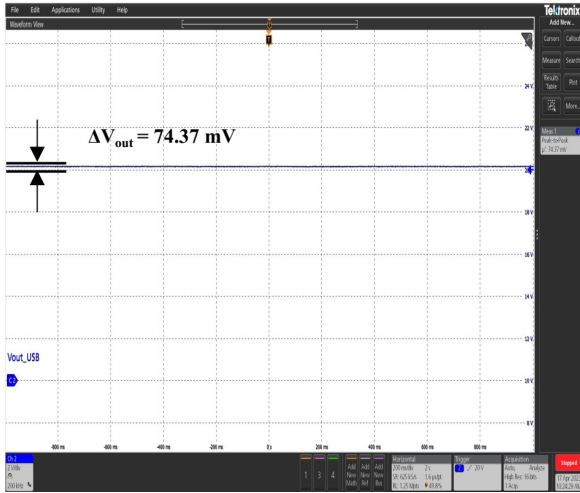


图 33. 230 V_{AC} @ 20 V – 0 A 时的纹波

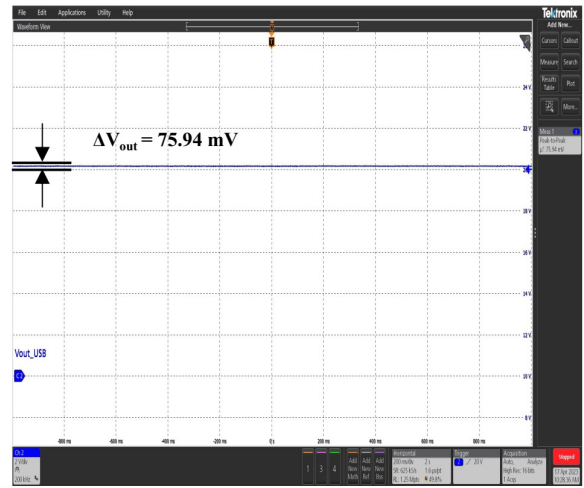


图 34. 115 V_{AC} @ 20 V – 5 A 时的纹波

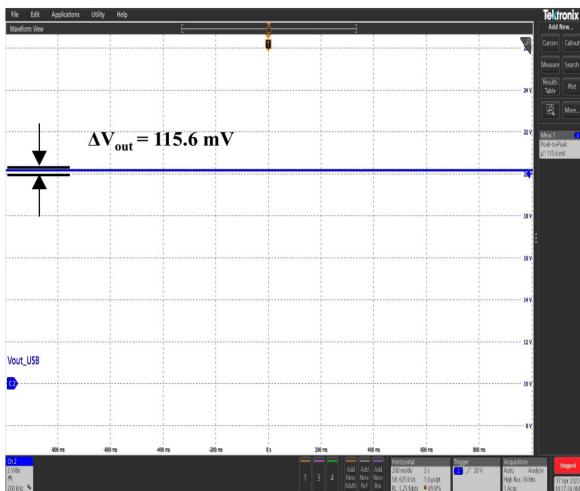


图 35. 230 V_{AC} @ 20 V – 5 A 时的纹波

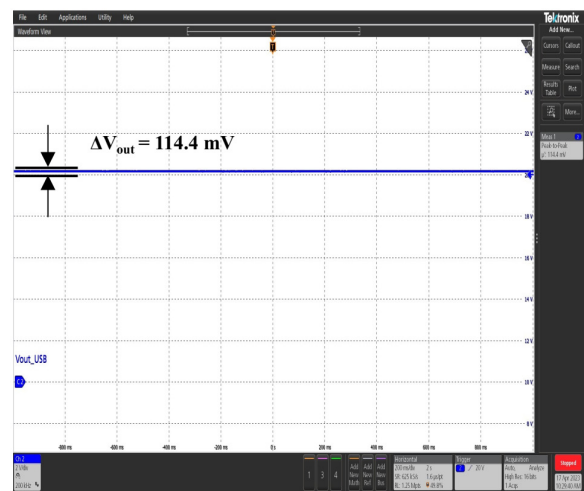


表 12. 输出电压纹波测试结果

V_{IN} [V_{AC}]	V_{OUT} (V)	I_{OUT} (A)	纹波 (mV)	最大值 USB PD 规范允许的纹波 (mV)
115 V_{AC}	5	0	± 118.2	± 250
	5	3	± 63.77	± 250
	9	0	± 74.47	± 450
	9	3	± 56.05	± 450
	12	0	± 69.75	± 600
	12	3	± 57.38	± 600
	15	0	± 73.28	± 750
	15	3	± 65	± 750
	20	0	± 74.13	± 1000
	20	5	± 115.6	± 1000
230 V_{AC}	5	0	± 118.5	± 250
	5	3	± 65.53	± 250
	9	0	± 77.06	± 450
	9	3	± 55.75	± 450
	12	0	± 72.81	± 600
	12	3	± 57.56	± 600
	15	0	± 68.13	± 750
	15	3	± 64.38	± 750
	20	0	± 75.94	± 1000
	20	5	± 114.4	± 1000

6 动态步进负载调节

下图显示了转换器在 115 V_{AC} 和 230 V_{AC} 电压下从零负载到满负载的反复动态负载转换时的负载瞬态响应。转换周期为 200 ms，占空比为 50%，转换速度为 150 mA/μs。输出电压无异常振荡，过冲和下冲均在可接受范围内。

图 36. 115 V_{AC} 时的动态步进负载 ($V_{OUT} = 5\text{ V}$, I_{OUT} 从 0 至 3 A)

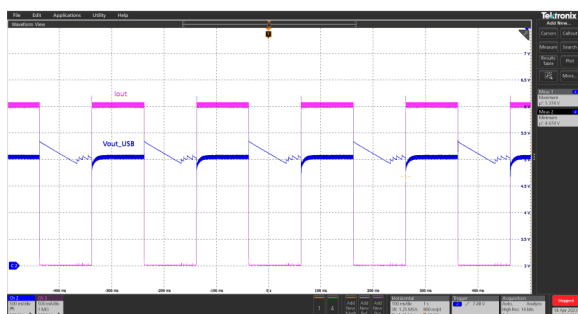


图 37. 230 V_{AC} 时的动态步进负载 ($V_{OUT} = 5\text{ V}$, I_{OUT} 从 0 至 3 A)

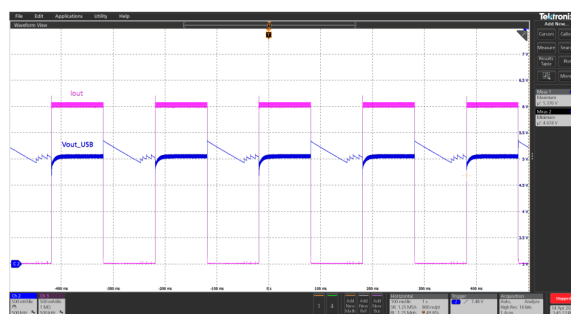


图 38. 115 V_{AC} 时的动态步进负载 ($V_{OUT} = 9\text{ V}$, I_{OUT} 从 0 至 3 A)

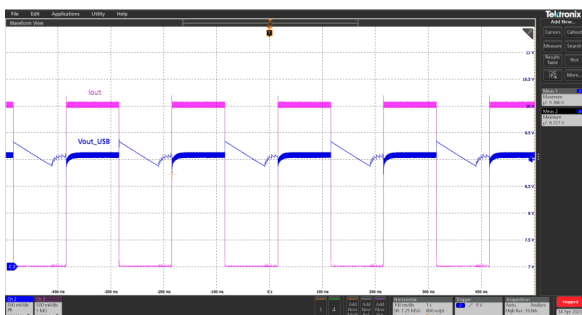


图 39. 230 V_{AC} 时的动态步进负载 ($V_{OUT} = 9\text{ V}$, I_{OUT} 从 0 至 3 A)

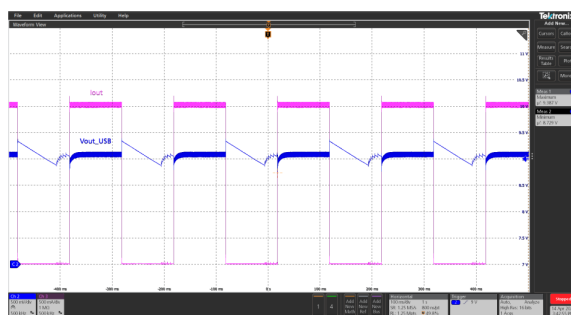


图 40. 115 V_{AC} 时的动态步进负载 ($V_{OUT} = 12\text{ V}$, I_{OUT} 从 0 至 3 A)

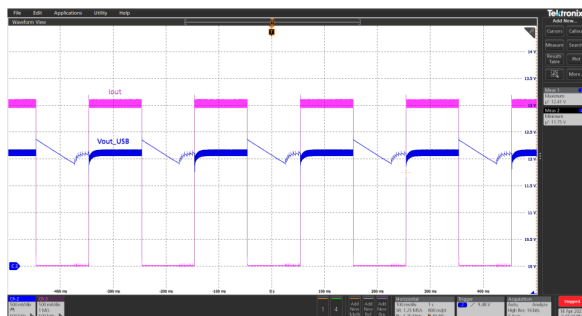


图 41. 230 V_{AC} 时的动态步进负载 ($V_{OUT} = 12\text{ V}$, I_{OUT} 从 0 至 3 A)

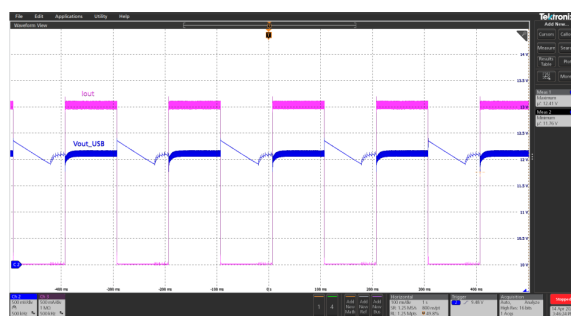


图 42. 115 V_{AC} 时的动态步进负载 ($V_{OUT} = 15\text{ V}$, I_{OUT} 从 0 至 3 A)

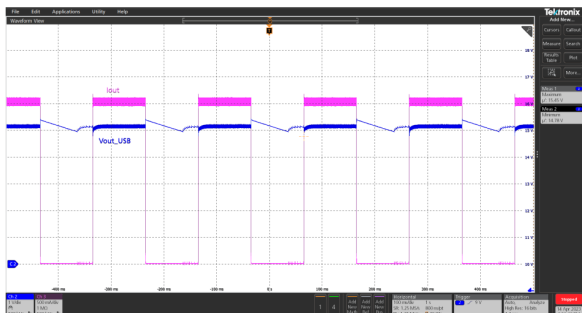


图 43. 230 V_{AC} 时的动态步进负载 ($V_{OUT} = 15\text{ V}$, I_{OUT} 从 0 至 3 A)

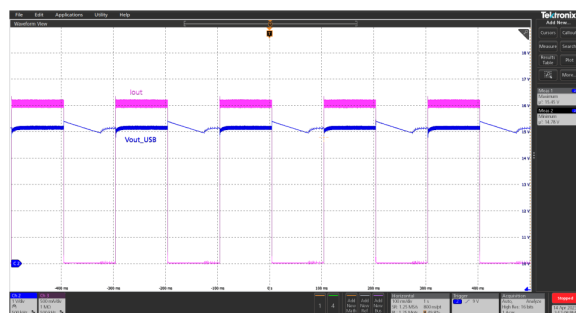


图 44. 115 V_{AC} 时的动态步进负载 ($V_{OUT} = 20\text{ V}$, I_{OUT} 从 0 至 5 A)

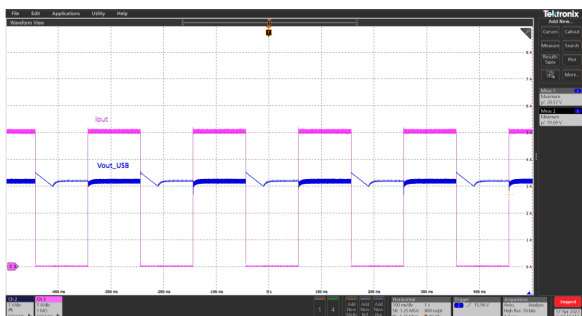
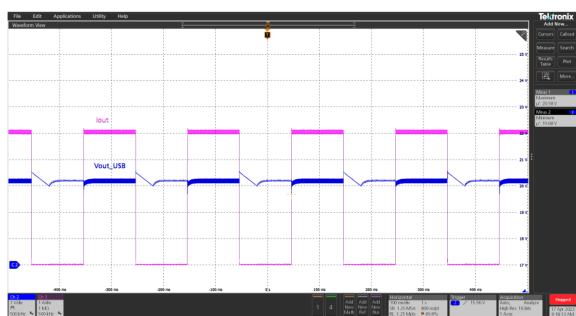


图 45. 230 V_{AC} 时的动态步进负载 ($V_{OUT} = 20\text{ V}$, I_{OUT} 从 0 至 5 A)



7 传导噪声测量

VIPERGAN100® 频率抖动特性允许频谱分布在多个频带上，而不是集中在单个频率值上。特别是当用平均检测法测量传导发射时，电平的降低可以达到几个 dB μ V。

对 EN55022 (B 类) 欧洲标准进行了合规性预先测试，在标称市电电压（输出设置为 20 V，最大负载 (5 A)）下，传导噪声排放的平均测量结果如下图所示。

图 46. 115 V_{AC} (V_{OUT} = 20V, I_{OUT} = 5 A) 时的 CE 平均测量结果

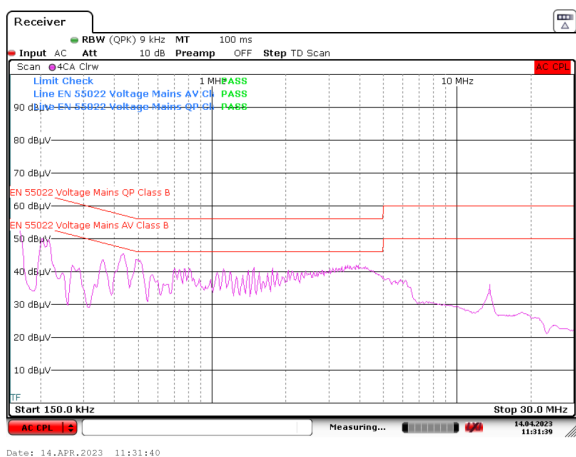
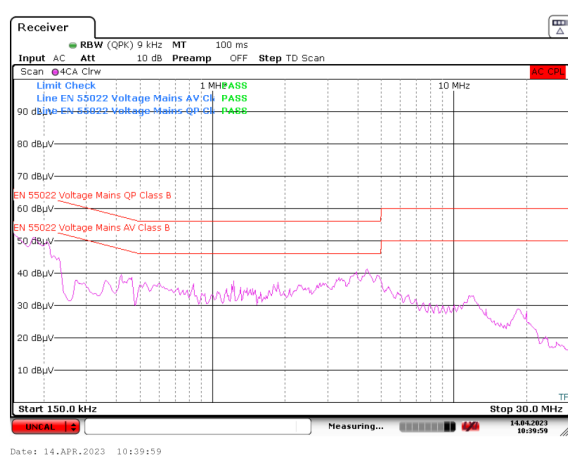


图 47. 230 V_{AC} (V_{OUT} = 20 V, I_{OUT} = 5 A) 时的 CE 平均测量结果



8 热测量

使用 IR 相机模块执行了该板的热分析。进行测试时，将两个标称输入电压（115 V_{AC} 和 230 V_{AC}）在满载条件下的输出电压设置为 20 V。结果如下所示。

图 48. 115 V_{AC} (20 V – 5 A) 时的热图，底层

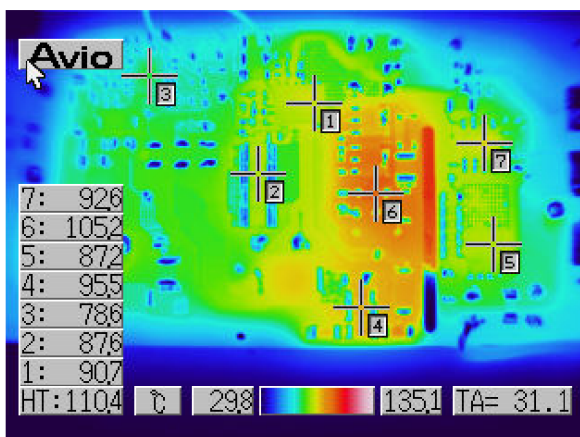


图 49. 115 V_{AC} (20 V – 5 A) 时的热图，顶层

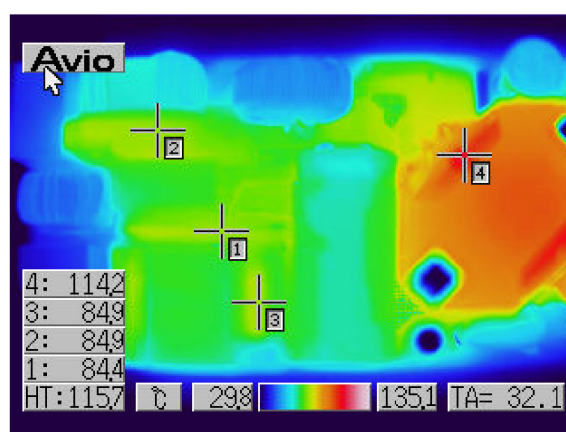


图 50. 230 V_{AC} (20 V – 5 A) 时的热图，底层

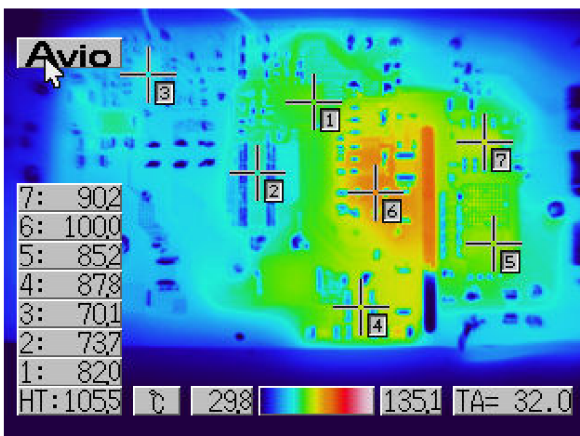


图 51. 230 V_{AC} (20 V – 5 A) 时的热图，顶层

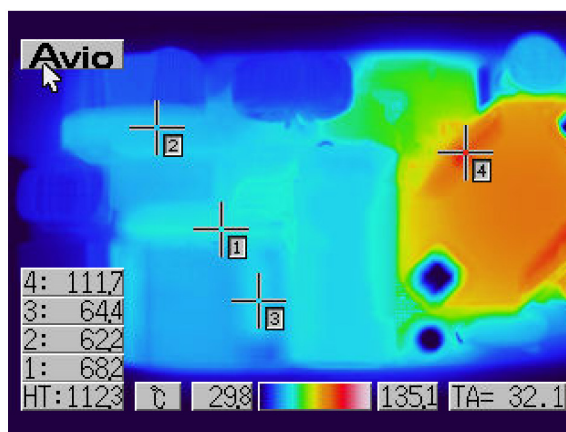


表 13. 底部关键组件的温度 ($T_{AMB} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 辐射系数 = 0.95, 对于所有点)

点	温度 ($^{\circ}\text{C}$)		参考
	115 V _{AC}	230 V _{AC}	
1	90.7	82	VIPerGaN
2	87.6	73.7	PFC 感应电阻
3	78.6	70.1	L6564
4	95.5	87.8	缓冲电阻
5	87.2	85.2	SR MOSFET
6	105.2	100	Q2-Q3N 沟道, 耗尽模式
7	92.6	90.2	SRK1001

表 14. 顶部关键组件的温度 ($T_{AMB} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 辐射系数 = 0.95, 对于所有点)

点	温度 ($^{\circ}\text{C}$)		参考
	115 V _{AC}	230 V _{AC}	
1	84.4	68.2	Mos PFC
2	84.9	62.2	桥式二极管
3	84.9	64.4	PFC 电感器
4	114.2	111.7	变压器

9 结论

测试结果表明，EVLVIPGAN100PD 具有良好的性能。

参考设计显示峰值效率 > 92%。它还满足 CoC Tier2 和 DoE Level 6 对于平均效率的要求。准谐振拓扑结构有助于将开关损耗最小化。低静态电流消耗，具有同类产品中出色的空载功耗性能。

VIPerGaN100[®] 是一种离线准谐振（开关开启时的谷底导通）反激式转换器。根据转换器的负载情况，该器件能够在不同模式下工作。基于准谐振技术，有效降低初级开关损耗。采用经过优化的高效同步整流控制器，有效降低次级损耗。

高度集成的 VIPerGaN100[®] IC 提高了应用的稳健性，用户可以享受 GaN 技术的优点，无需再考虑 GaN 驱动的复杂性。

版本历史

表 15. 文档版本历史

日期	版本	变更
2023 年 6 月 17 日	1	初始版本。

目录

1	概述	2
2	测试板：设计和评估	4
3	原理图和材料清单	5
4	效率测量	14
4.1	空载功耗	17
5	典型波形	18
6	动态步进负载调节	24
7	传导噪声测量	26
8	热测量	27
9	结论	29
	版本历史	30
	表一览	32
	图一览	33

表一览

表 1.	电气规格	4
表 2.	参考设计材料清单 – 输入级	7
表 3.	参考设计材料清单 – PFC 级	7
表 4.	参考设计材料清单 – 反激级	8
表 5.	参考设计材料清单 – 子板	10
表 6.	变压器特性	11
表 7.	PFC 电感器特性	12
表 8.	115 V _{AC} 时的平均效率	14
表 9.	230 V _{AC} 时的平均效率	15
表 10.	10% 最大输出负载时的平均效率	16
表 11.	无负载功耗	17
表 12.	输出电压纹波测试结果	23
表 13.	底部关键组件的温度 (T _{AMB} = 25 °C, 辐射系数 = 0.95, 对于所有点)	28
表 14.	顶部关键组件的温度 (T _{AMB} = 25 °C, 辐射系数 = 0.95, 对于所有点)	28
表 15.	文档版本历史	30

图一览

图 1.	EVLVIPGAN100PD 参考设计 – 顶部	2
图 2.	EVLVIPGAN100PD 参考设计 – 底部	3
图 3.	输入级原理图	5
图 4.	PFC 级原理图	5
图 5.	反激级原理图	6
图 6.	插板原理图	6
图 7.	尺寸图和引脚放置图 – 间距、底视图	11
图 8.	尺寸图和引脚放置图 – 电气图	12
图 9.	尺寸图和引脚放置图 – 底视图、侧视图和顶视图	12
图 10.	尺寸图和引脚放置图 – 底视图、侧视图和顶视图	13
图 11.	尺寸图和引脚放置图 – 电气图	13
图 12.	115 V _{AC} 时的效率	16
图 13.	230 V _{AC} 时的效率	17
图 14.	90 V _{AC} (20 V – 5 A) 时的 VIPerGa _N 和 SR MOSFET V _{DS}	18
图 15.	265 V _{AC} (20 V – 5 A) 时的 VIPerGa _N 和 SR MOSFET V _{DS}	18
图 16.	115 V _{AC} @ 5 V – 0 A 时的纹波	19
图 17.	230 V _{AC} @ 5 V – 0 A 时的纹波	19
图 18.	115 V _{AC} @ 5 V – 3 A 时的纹波	19
图 19.	230 V _{AC} @ 5 V – 3 A 时的纹波	19
图 20.	115 V _{AC} @ 9 V – 0 A 时的纹波	20
图 21.	230 V _{AC} @ 9 V – 0 A 时的纹波	20
图 22.	115 V _{AC} @ 9 V – 3 A 时的纹波	20
图 23.	230 V _{AC} @ 9 V – 3 A 时的纹波	20
图 24.	115 V _{AC} @ 12 V – 0 A 时的纹波	20
图 25.	230 V _{AC} @ 12 V – 0 A 时的纹波	20
图 26.	115 V _{AC} @ 12 V – 3 A 时的纹波	21
图 27.	230 V _{AC} @ 12 V – 3 A 时的纹波	21
图 28.	115 V _{AC} @ 15 V – 0 A 时的纹波	21
图 29.	230 V _{AC} @ 15 V – 0 A 时的纹波	21
图 30.	115 V _{AC} @ 15 V – 3 A 时的纹波	21
图 31.	230 V _{AC} @ 15 V – 3 A 时的纹波	21
图 32.	115 V _{AC} @ 20 V – 0 A 时的纹波	22
图 33.	230 V _{AC} @ 20 V – 0 A 时的纹波	22
图 34.	115 V _{AC} @ 20 V – 5 A 时的纹波	22
图 35.	230 V _{AC} @ 20 V – 5 A 时的纹波	22
图 36.	115 V _{AC} 时的动态步进负载 (V _{OUT} = 5 V, I _{OUT} 从 0 至 3 A)	24
图 37.	230 V _{AC} 时的动态步进负载 (V _{OUT} = 5 V, I _{OUT} 从 0 至 3 A)	24
图 38.	115 V _{AC} 时的动态步进负载 (V _{OUT} = 9 V, I _{OUT} 从 0 至 3 A)	24
图 39.	230 V _{AC} 时的动态步进负载 (V _{OUT} = 9 V, I _{OUT} 从 0 至 3 A)	24
图 40.	115 V _{AC} 时的动态步进负载 (V _{OUT} = 12 V, I _{OUT} 从 0 至 3 A)	24
图 41.	230 V _{AC} 时的动态步进负载 (V _{OUT} = 12 V, I _{OUT} 从 0 至 3 A)	24
图 42.	115 V _{AC} 时的动态步进负载 (V _{OUT} = 15 V, I _{OUT} 从 0 至 3 A)	25
图 43.	230 V _{AC} 时的动态步进负载 (V _{OUT} = 15 V, I _{OUT} 从 0 至 3 A)	25
图 44.	115 V _{AC} 时的动态步进负载 (V _{OUT} = 20 V, I _{OUT} 从 0 至 5 A)	25
图 45.	230 V _{AC} 时的动态步进负载 (V _{OUT} = 20 V, I _{OUT} 从 0 至 5 A)	25

图 46.	115 V _{AC} (V _{OUT} = 20V, I _{OUT} = 5 A) 时的 CE 平均测量结果.....	26
图 47.	230 V _{AC} (V _{OUT} = 20 V, I _{OUT} = 5 A) 时的 CE 平均测量结果.....	26
图 48.	115 V _{AC} (20 V – 5 A) 时的热图, 底层	27
图 49.	115 V _{AC} (20 V – 5 A) 时的热图, 顶层	27
图 50.	230 V _{AC} (20 V – 5 A) 时的热图, 底层	27
图 51.	230 V _{AC} (20 V – 5 A) 时的热图, 顶层	27

重要通知-仔细阅读

意法半导体公司及其子公司（“ST”）保留随时对 ST 产品和/或本文档进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。买方在订货之前应获取关于意法半导体产品的最新信息。ST 产品的销售依照订单确认时的相关 ST 销售条款。

买方自行负责对意法半导体产品的选择和使用，意法半导体概不承担与应用协助或买方产品设计相关的任何责任。

意法半导体不对任何知识产权进行任何明示或默示的授权或许可。

转售的意法半导体产品如有不同于此处提供的信息的规定，将导致意法半导体针对该产品授予的任何保证失效。

ST 和 ST 徽标均为意法半导体的商标。关于意法半导体商标的其他信息，请访问 www.st.com/trademarks。其他所有产品或服务名称是其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代本文档所有早期版本中提供的信息。

©2023 STMicroelectronics – 保留所有权利