采用 IPN70R450P7S 的 ICC80QSG 84 W AC-DC 参考设计 #1

适用于 230 V AC 额定输入和高达4 A 恒流 (CC) 输出的电动工具电池充电器

关于本文档

Get exclusive information
Register product

范围和目的

本文档是 84 W AC-DC 转换器参考设计 #1（部件订货号：REFICC80QSG84W1BPA）的工程报告，转换器采用英飞凌 ICC80QSG 反激式控制器和 **IPN70R450P7S** MOSFET。

通过外设电池安全开关和充电曲线控制电路，本参考设计板可用于电池充电应用。更多信息请参阅本文档的测试装置和安全信息章节。

目标受众

电源设计工程师和现场应用工程师

目录

关于本文档 1
目录 1
1 测试装置和安全信息 2
2 设计特点 4
3 电路板规格 5
4 原理图和 PCB 布局 6
5 性能 9
5.1 效率 9
5.2 待机功率 10
5.3 过压和欠压保护 10
5.4 热测试 11
5.5 传导辐射（EN 55022 B 类） 12
6 物料清单和变压器规格 13
6.1 物料清单 13
6.2 变压器规格 16
修订记录 17

1 测试装置和安全信息

本 AC-DC 参考设计由主板和插入板组成，二者相连构成具备次级侧调节 (SSR) 恒流 (CC) 输出的反激式转换器。恒流输出设定点可通过 0 到 5 V 的模拟输入信号调节。

如图 1 所示，欲使用该参考设计板进行电池充电应用测试，则必须外设电池安全开关和充电曲线控制电路，其将根据电路板和电池规格运行。

Attention: *出于安全因素考虑，若未在外部配有电池安全开关和充电曲线控制电路，则严禁将此参考设计板连接至任何电池。*

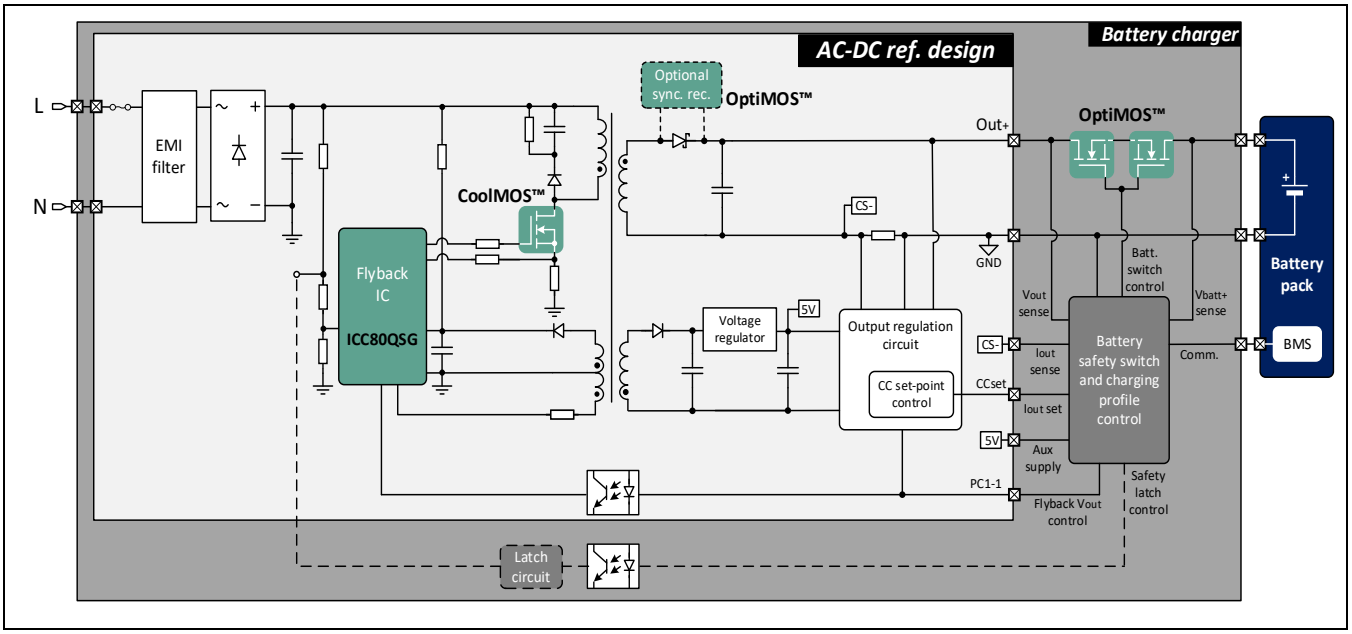

图 1 **接有外部电池安全开关和充电曲线控制电路的 AC-DC 参考设计测试装置，适用于电池充电应用测试**

或者，基于图 2 打造采用电子负载（恒流/恒压模式）和直流电源（用于调节恒流设定点）的测试装置。

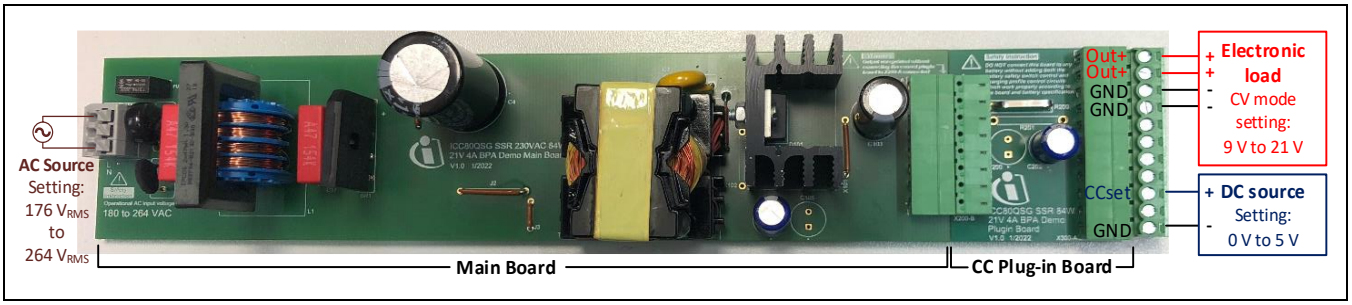

图 2 **采用电子负载和可调恒流设定点（使用直流电源）的测试装置**

Attention: *本参考设计中存在对人体致命的电压。除非受过高压电路操作培训，否则请勿操作该电路板。电路板通电时，确保其有人照管。*

注意: *若断开恒流插入板，主板反激式输出将失去控制。*

欲仅使用最大恒流设定点来测试电路板，则可基于图 3 打造不带直流电源的测试装置。

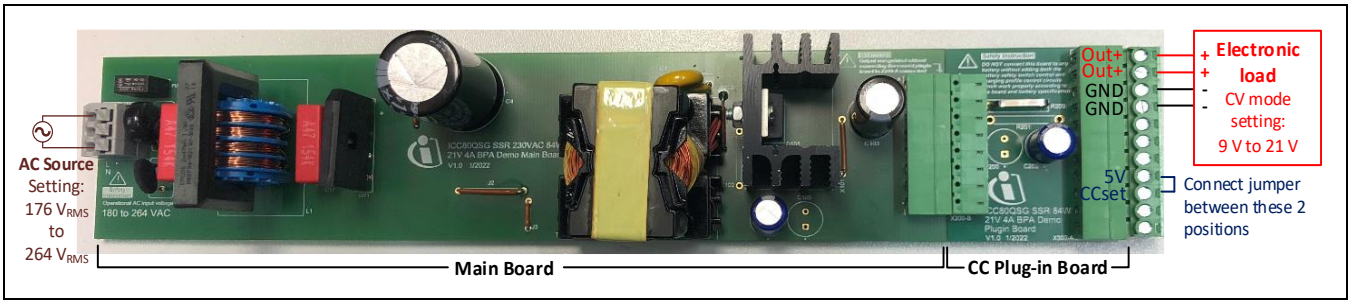

图 3　　采用电子负载和最大恒流设定点 (4 A) 的测试装置

欲仅使用最小恒流设定点来测试电路板，则可基于图 4 打造不带直流电源的测试装置。

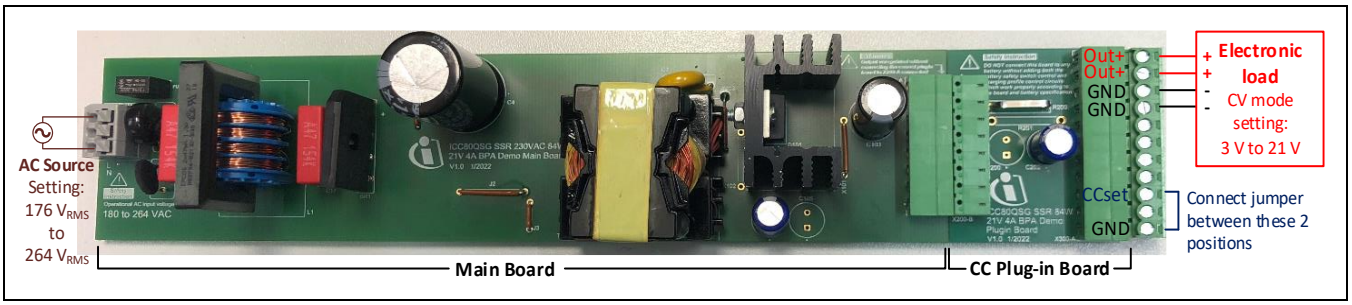

图 4　　采用电子负载和最小调恒流设定点 (0.4 A) 的测试装置

针对全输出功率为 84 W 的 EMI 测试，建议使用图 5 所示的测试装置。

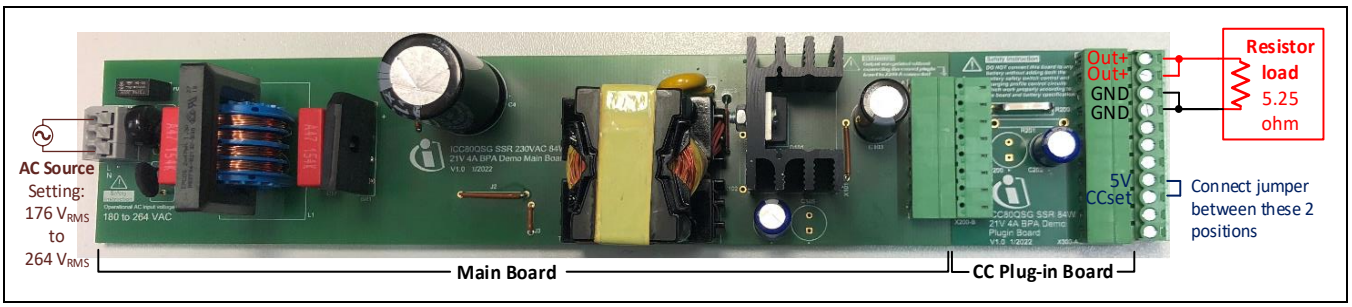

图 5　　采用全输出功率的 EMI 测试装置

针对空载系统待机功率测量，建议使用图 6 所示的测试装置。

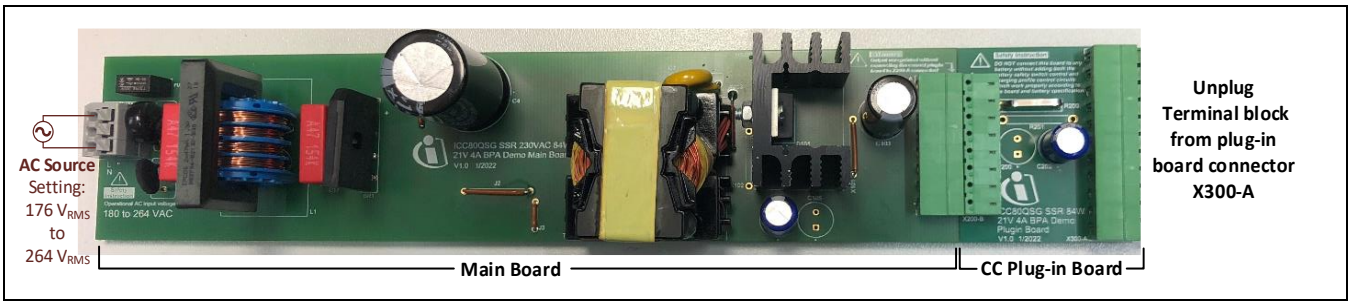

图 6　　空载系统待机功率测试装置

2 设计特点

- 次级侧调节 (SSR)，具备 0.4 到 4 A 的可调节恒流 (CC) 输出设定点
- 支持 3 到 21 V 的宽范围宽范围输出负载（详细信息参见“**电路板规格**”章节）
- 通过准谐振 (QR) 谷值开关实现高效率和低 EMI
- 采用 **SOT-223 封装的 CoolMOS™ P7**，反激式 MOSFET 经济高效，性能优越建议
- 230 V_{RMS} 交流输入下，满载功率效率高于 90%
- 21 V 输出负载下，四点平均效率高于 90%
- 具备低栅极驱动器输出电压的突发模式,实现更低待机功率
- 230 V_{RMS} 交流输入下,系统待机功率低于 180 mW
- 支持通过外部下拉信号禁用 IC
- 过压和欠压迟滞可配置
- 基于总线电压纹波的自适应欠压电平触发，在高功率传输时具备更高的欠压电平，可有效保护初级侧元件免受过热和饱和效应的影响
- 全套保护措施：内部过热保护 (OTP)、输入过电压保护 (OVP)、V_{CC} OVP、初级侧过电流保护(OCP)、过压和欠压保护
- 软启动，用于降低起机期间的元件应力

3 电路板规格

表 1 列出了评估板的电气规格参数。

表 1 电气规格参数

规格参数	符号	数值	单位
正常工作交流输入电压	V AC	176 到 264	V_{RMS}
正常工作交流输入频率	F_{line}	47 到 63	Hz
恒流输出设定点	$I_{out,setpoint}$	0.4 到 4.0	A
恒流输出设定点控制电压 （详细信息见图 7）	CC_{set}	0 到 5	V
输出负载范围 1 （$I_{out,setpoint}$ = 0.4 到 4.0 A）	$V_{load,CV1}$	9 到 21	V
输出负载范围 2 ($I_{out,setpoint}$ = 0.4 A)	$V_{load,CV2}$	3 到 21	V
空载状态下的输入功率 （V AC = 230 V_{RMS}； F_{line} = 50 Hz；输出开路）	$P_{in,no-load}$	低于 180	mW
空载状态下的稳态输出电压限值	$V_{out,FB,limit}$	约 24.6	V
满输出功率下的效率 （V AC = 230 V_{RMS}；输出负载 = 21 V；$I_{out,setpoint}$ = 4.0 A）	η	高于 90	%
四点平均效率 1 （V AC = 176 V_{RMS}；输出负载 = 21 V；I_{out} = 1 A、2 A、3 A 和 4 A）	$\eta_{avg,4-point1}$	高于 90	%
四点平均效率 2 （V AC = 264 V_{RMS}；输出负载 = 21 V；I_{out} = 1 A、2 A、3 A 和 4 A）	$\eta_{avg,4-point2}$	高于 90	%

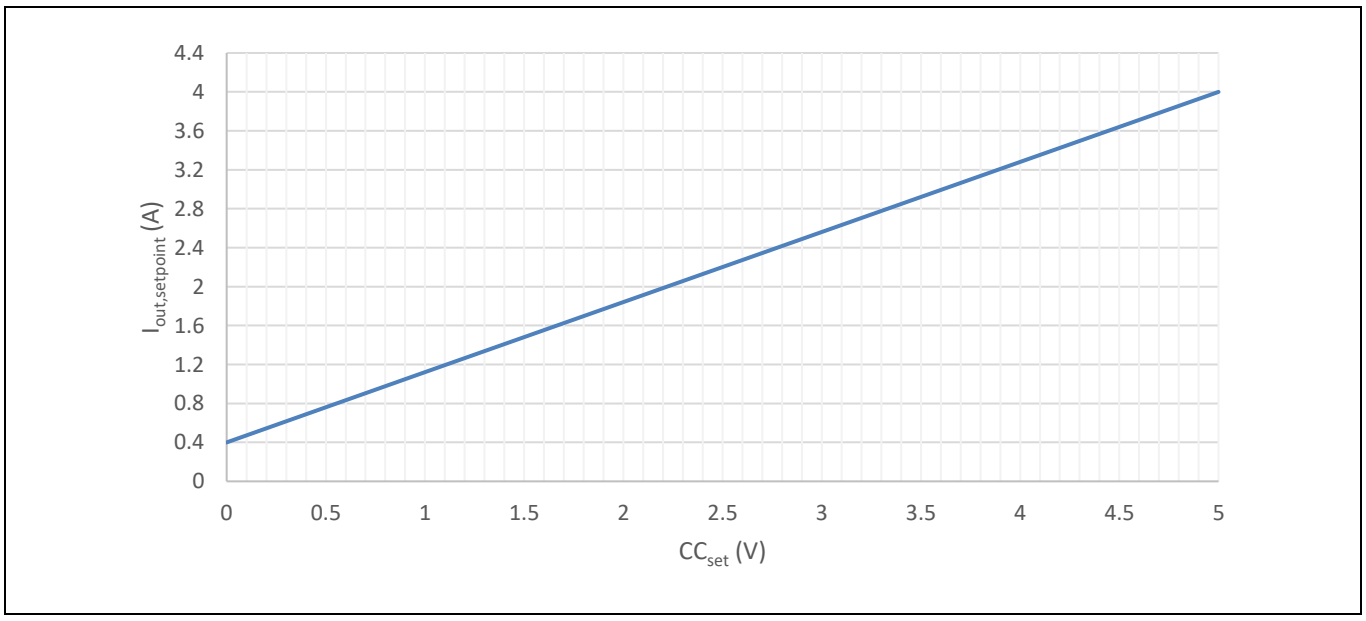

图 7 基于 CC_{set} 输入信号的 $I_{out,setpoint}$ 控制

4 原理图和 PCB 布局

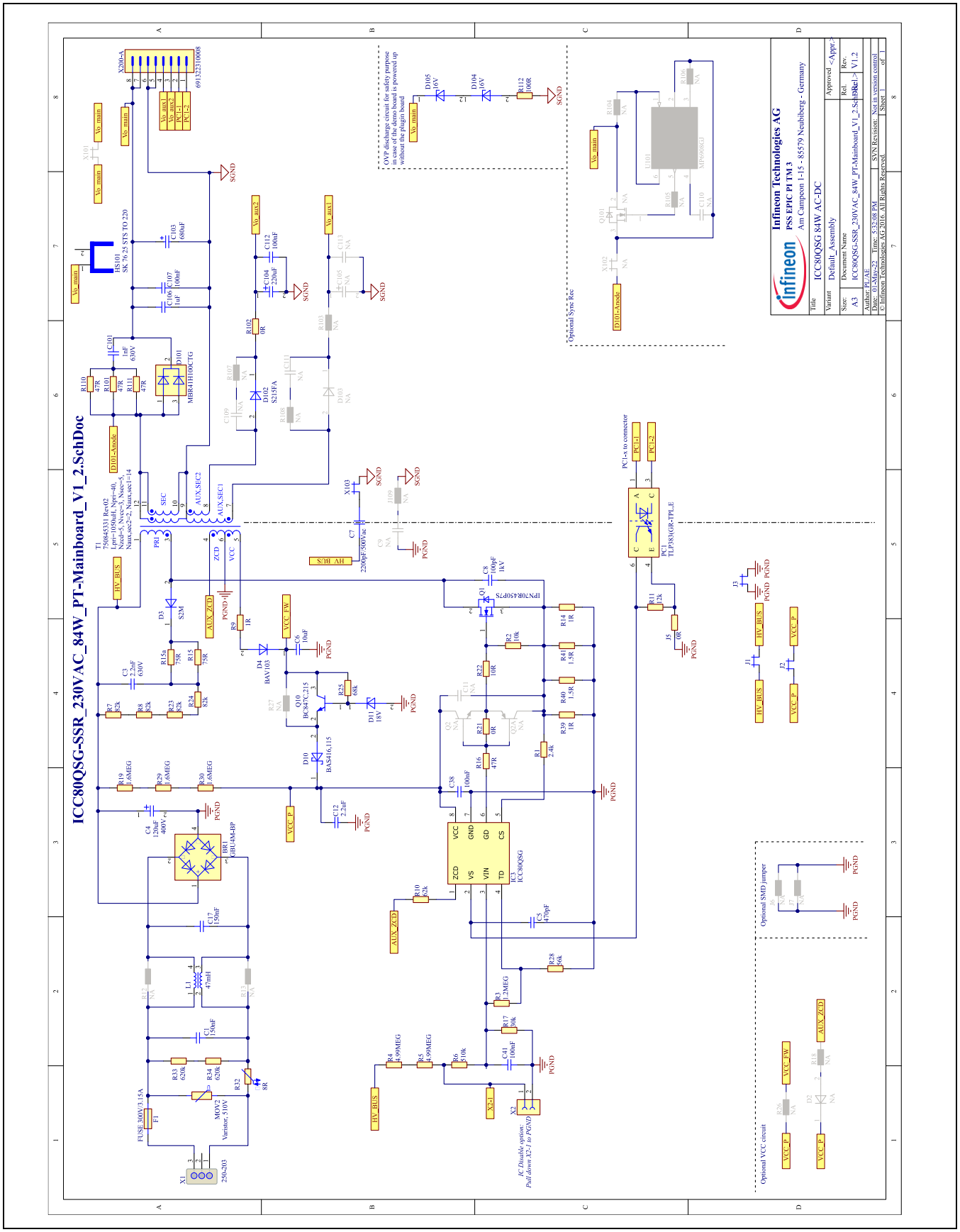

图 8 主板原理图

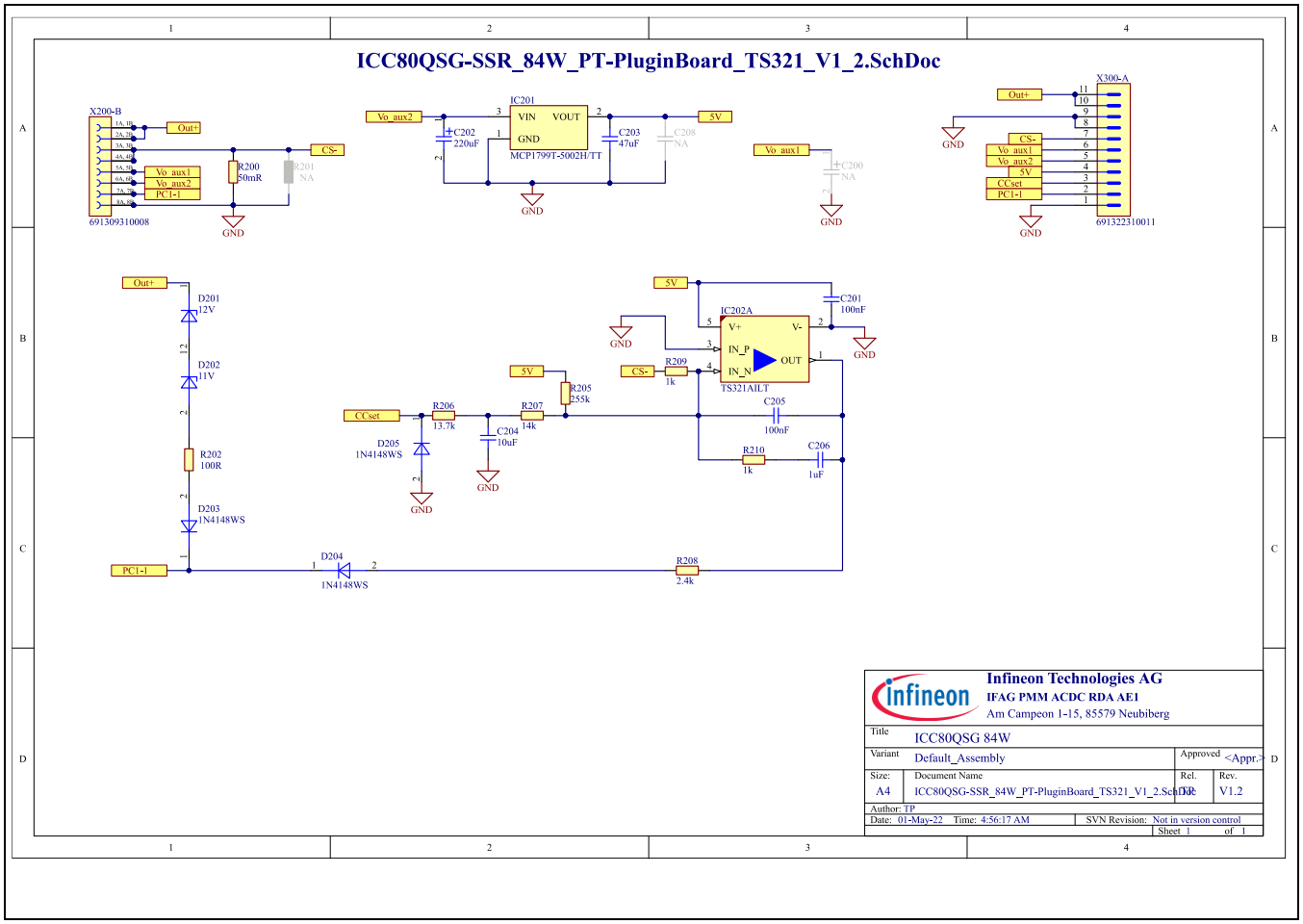

图 9　　恒流 (CC) 插入板原理图

参考设计主板和恒流 (CC) 插入板均采用单层 PCB 布局设计。

图 10 展示了 PCB 顶层（含尺寸）和底层布局。

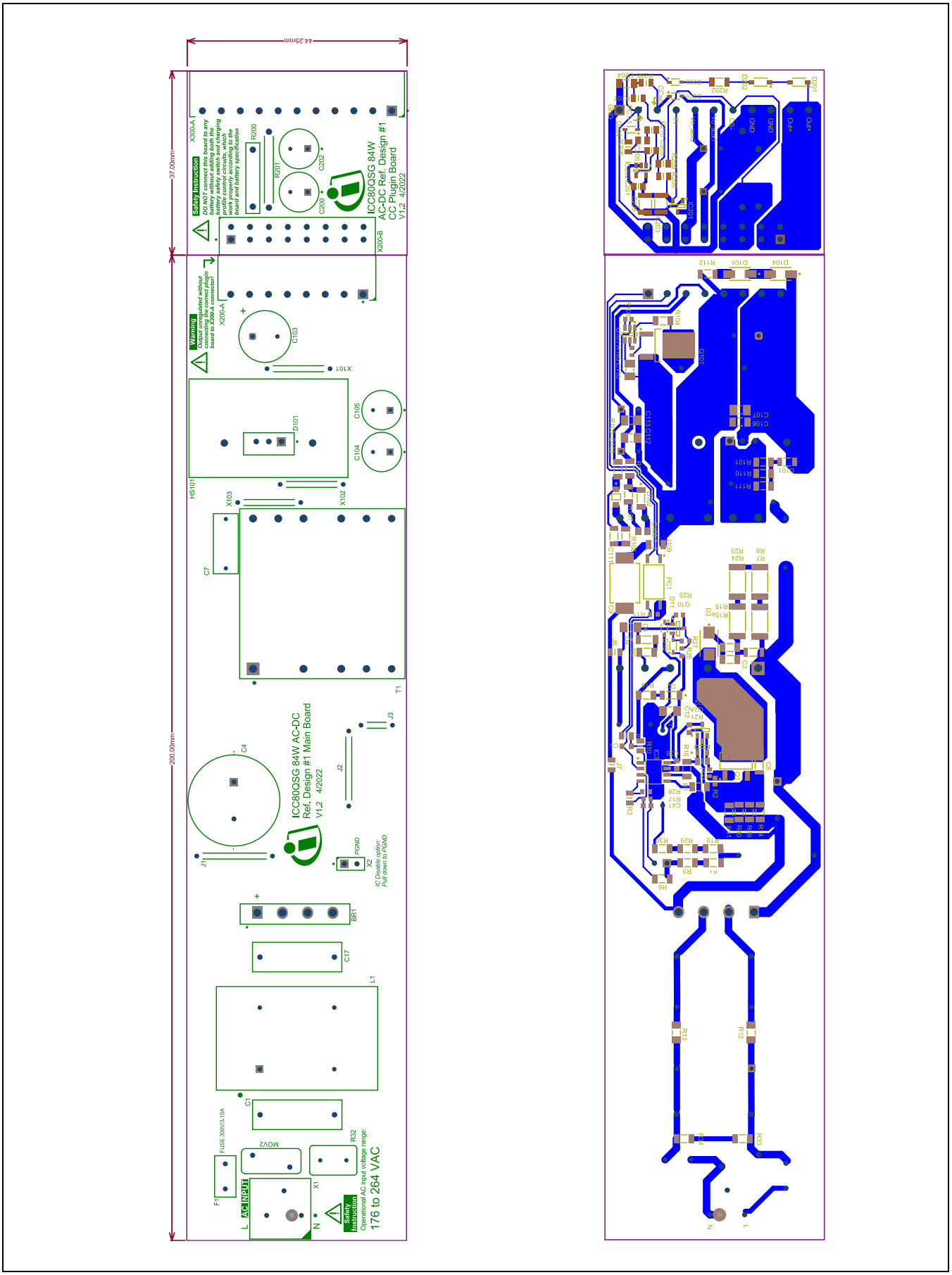

图 10　　主板和恒流 (CC) 插入板的 PCB 顶层（左）和底层（右）布局

5 性能

本节所示结果均基于室温下的单板评估。

5.1 效率

在满输出功率 (84 W) 下，交流电压典型值为 230 V_{RMS} 时的效率超过 90%，整个交流电压范围内的效率超过 89%，如图 11 所示。

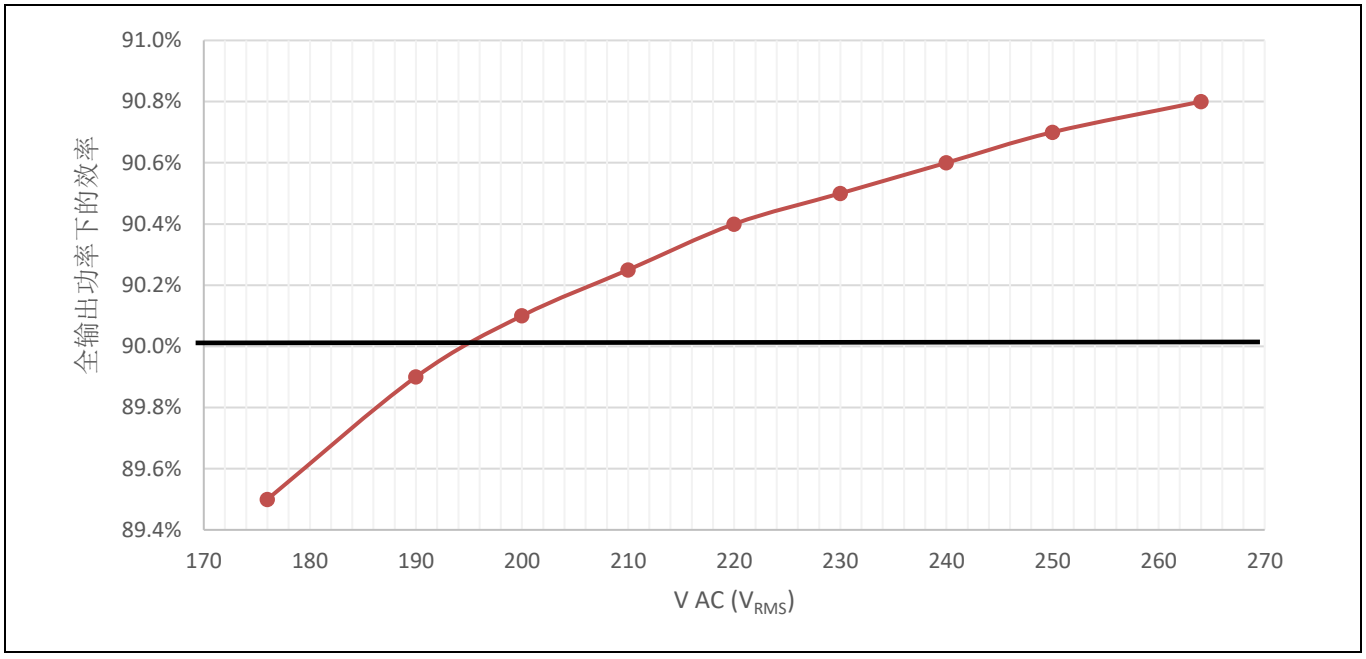

图 11 满输出功率(84 W) 下的效率

四点平均效率在 21 V 负载下测得超过 90%；在 12V 负载下，效率在 86% 到 88% 之间，具体如表 2 所示。

表 2 四点平均效率

V AC (V_{RMS})	输出负载 (V)	$I_{out,setpoint}$ (mA)	$I_{out,setpoint}$ 百分比	效率	四点平均效率
176	21	4000	100%	89.5%	90.6%
		3000	75%	90.7%	
		2000	50%	91.2%	
		1000	25%	91.1%	
264	21	4000	100%	90.8%	90.45%
		3000	75%	91.4%	
		2000	50%	91.0%	
		1000	25%	88.6%	
176	12	4000	100%	87.8%	88.4%
		3000	75%	88.9%	
		2000	50%	89.2%	
		1000	25%	87.7%	
264	12	4000	100%	88.4%	86.85%
		3000	75%	88.8%	
		2000	50%	87.8%	
		1000	25%	82.4%	

5.2 待机功率

在空载状态下，输入功率测量结果如图 12 所示。

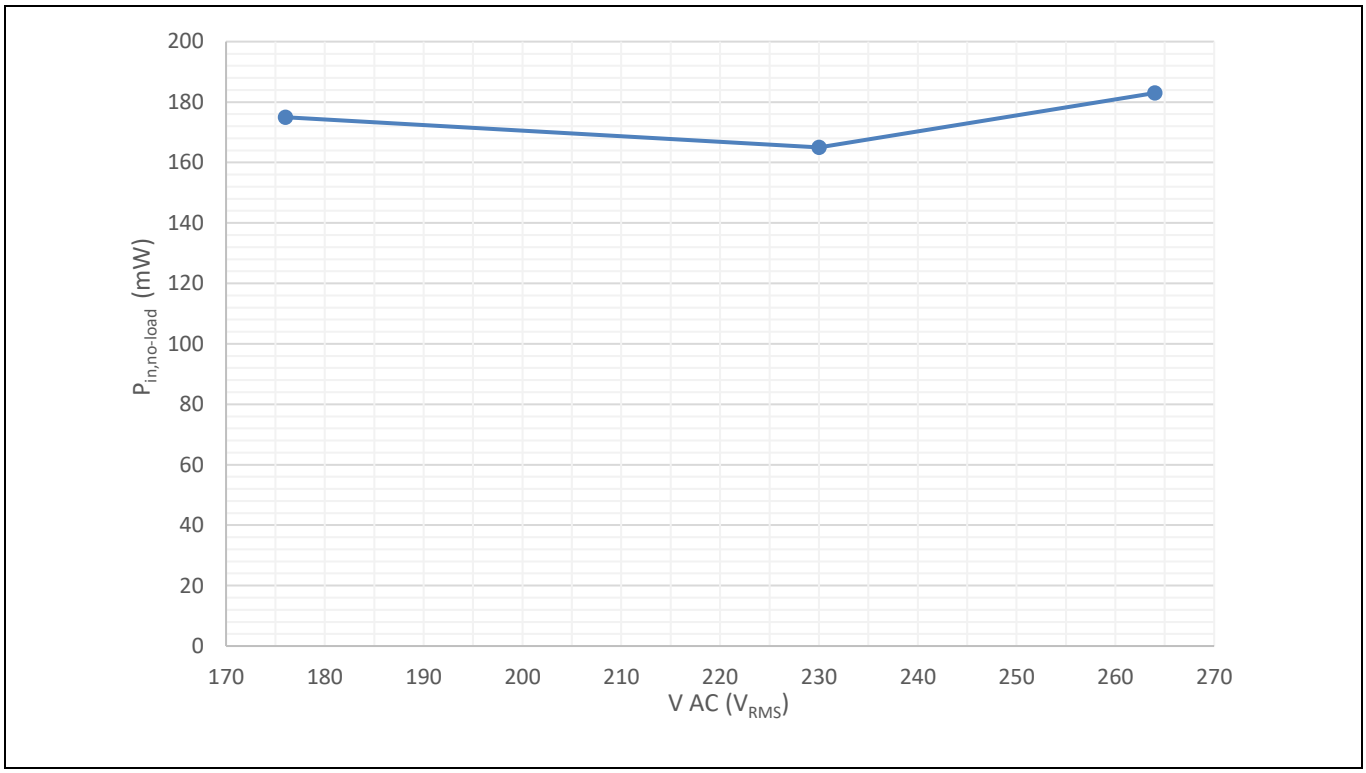

图 12 空载状态下的输入功率

5.3 过压和欠压保护

ICC80QSG 不仅具备过压和欠压间的可配置迟滞，还支持基于总线电压纹波的自适应欠压电平触发。

如表 3 和表 4 所示，本参考设计依托上述功能在高功率传输时展现了更高的欠压电平，同时仍可确保过压和欠压之间存在充足迟滞。因此，ICC80QSG 可在输入欠压时更有效地保护初级侧元件免受过热和饱和效应影响。

表 3 过压测试结果

F_{line} (Hz)	输出负载 (V)	$I_{out,setpoint}$ (mA)	$I_{out,setpoint}$ 百分比	过压 V AC (V_{RMS})
50	21	0	0%	168
		4000	100%	

表 4 欠压测试结果

F_{line} (Hz)	输出负载 (V)	$I_{out,setpoint}$ (mA)	$I_{out,setpoint}$ 百分比	欠压 V AC (V_{RMS})
50	21	0	0%	141.7
		4000	100%	154

5.4 热测试

在满输出功率(84 W) 下，工作一小时后置于开放式框架中使用红外热成像仪进行热测量。环境温度约为 20° C。

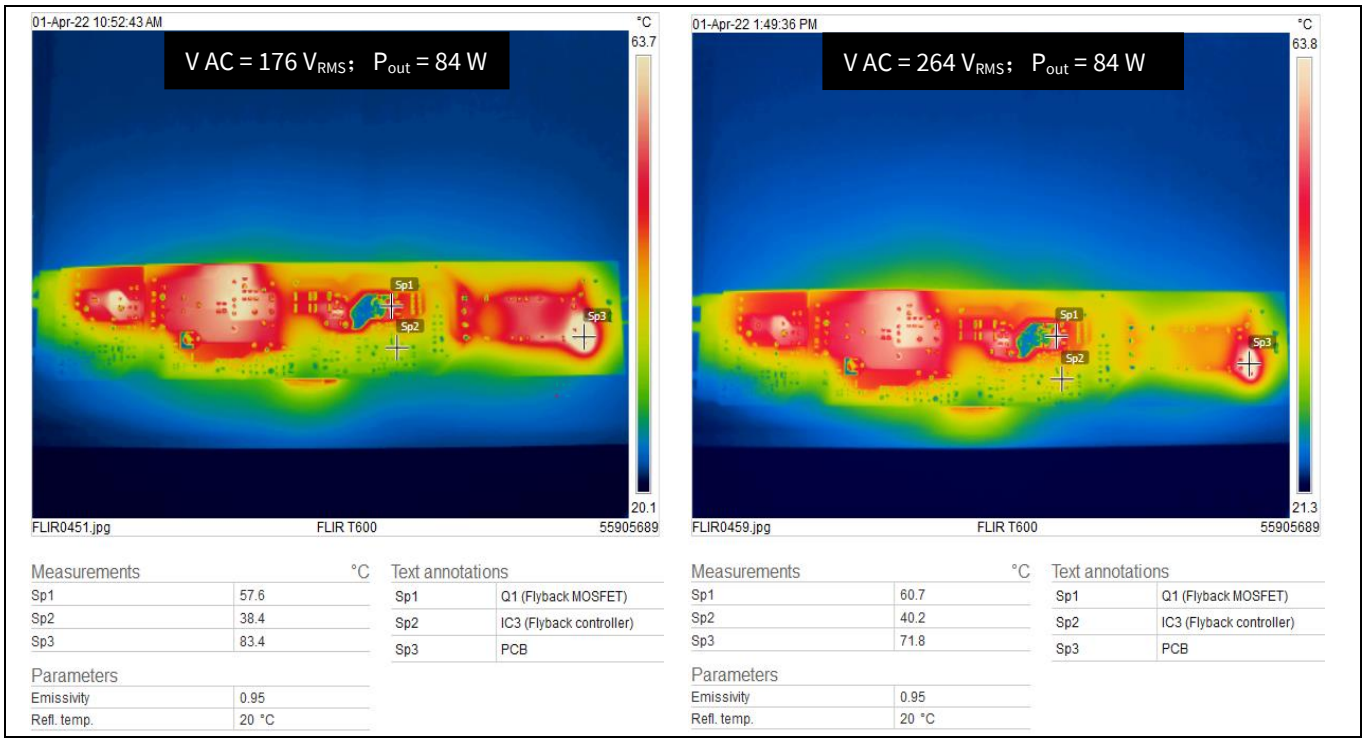

图 13 PCB 底层元件的红外热像结果

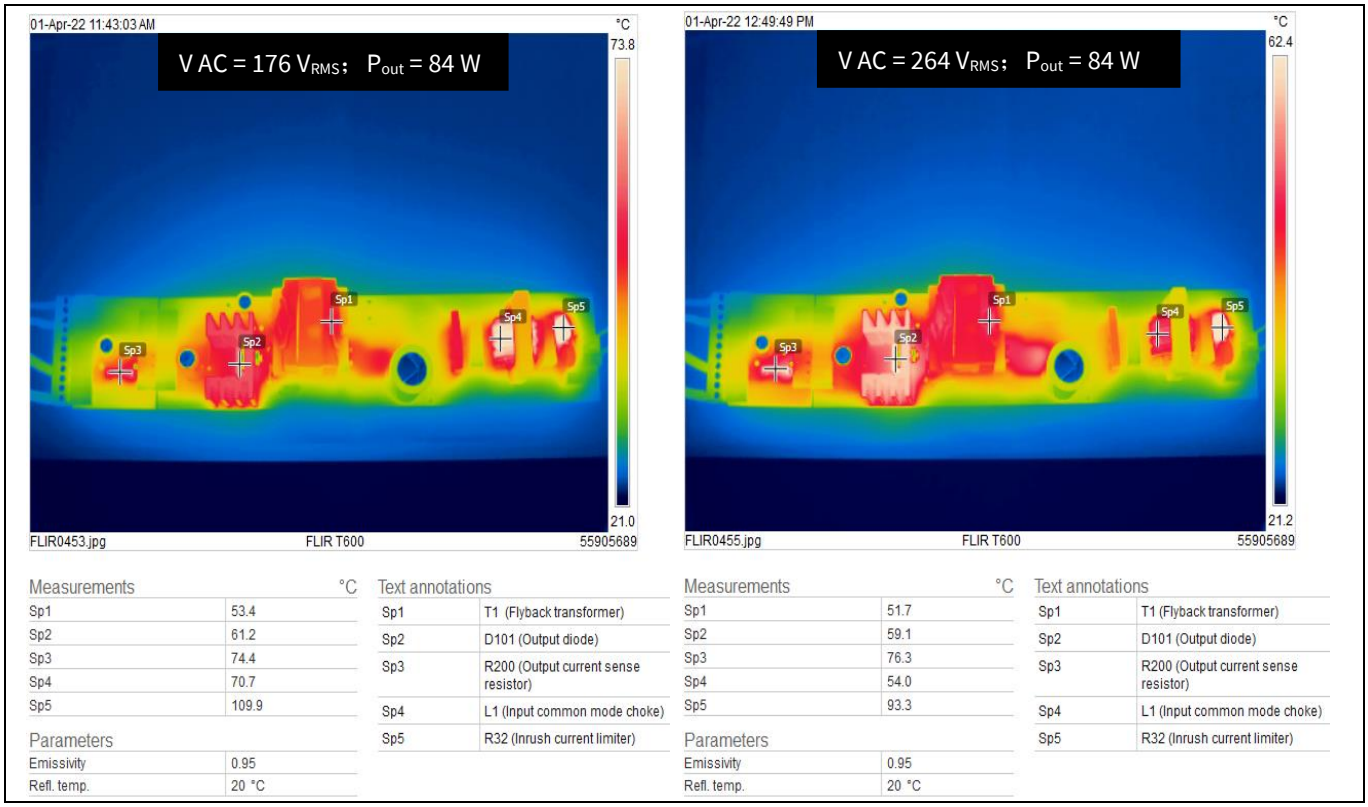

图 14 PCB 顶层元件的红外热像结果

5.5 传导辐射（EN 55022 B 类）

传导辐射测试在全输出功率 (84 W) 状态下进行，根据 EN 55022 标准 B 类限值，火线和中性线测量中均有超过 6 dB 的裕度。

本次传导辐射测试所用测量设备为 Rohde & Schwarz HM6050-2 和 Tektronix RSA503A。

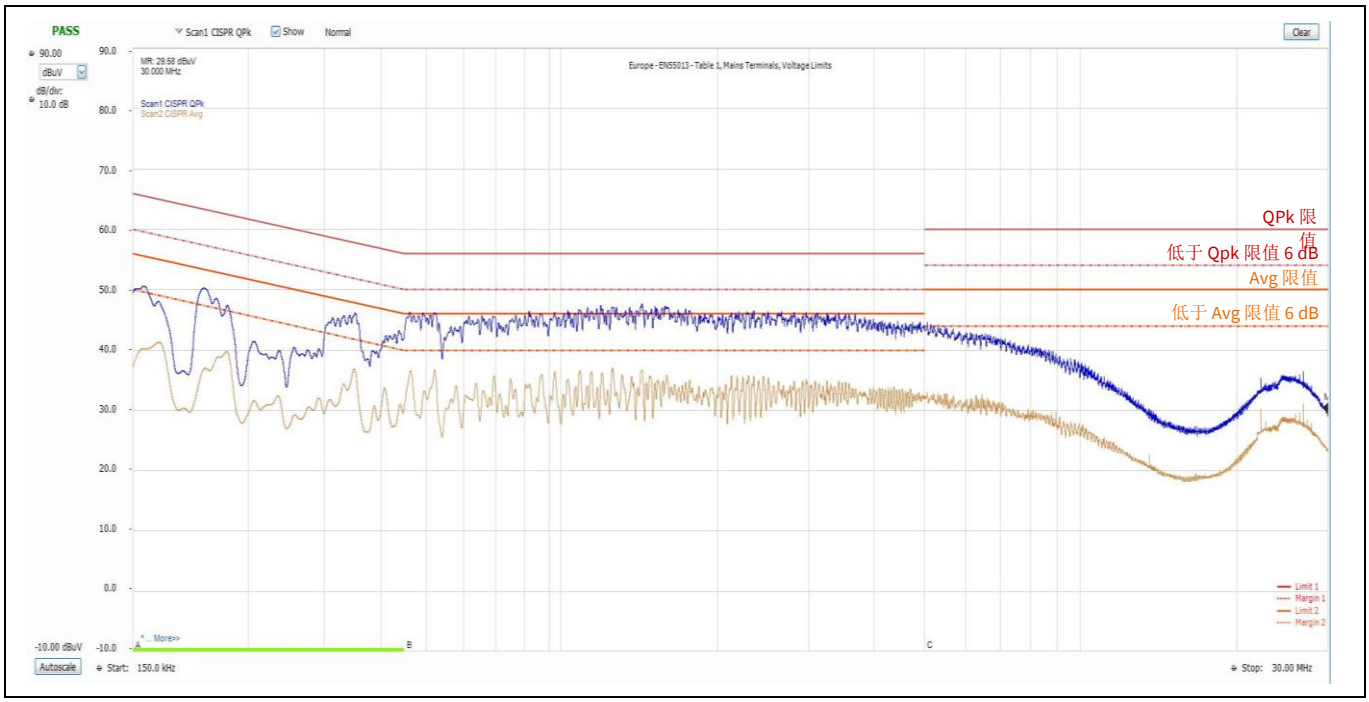

图 15 V AC = 230 V_{RMS}， F_{line} = 50 Hz， P_{out} = 84 W 时的传导辐射（火线）测试结果

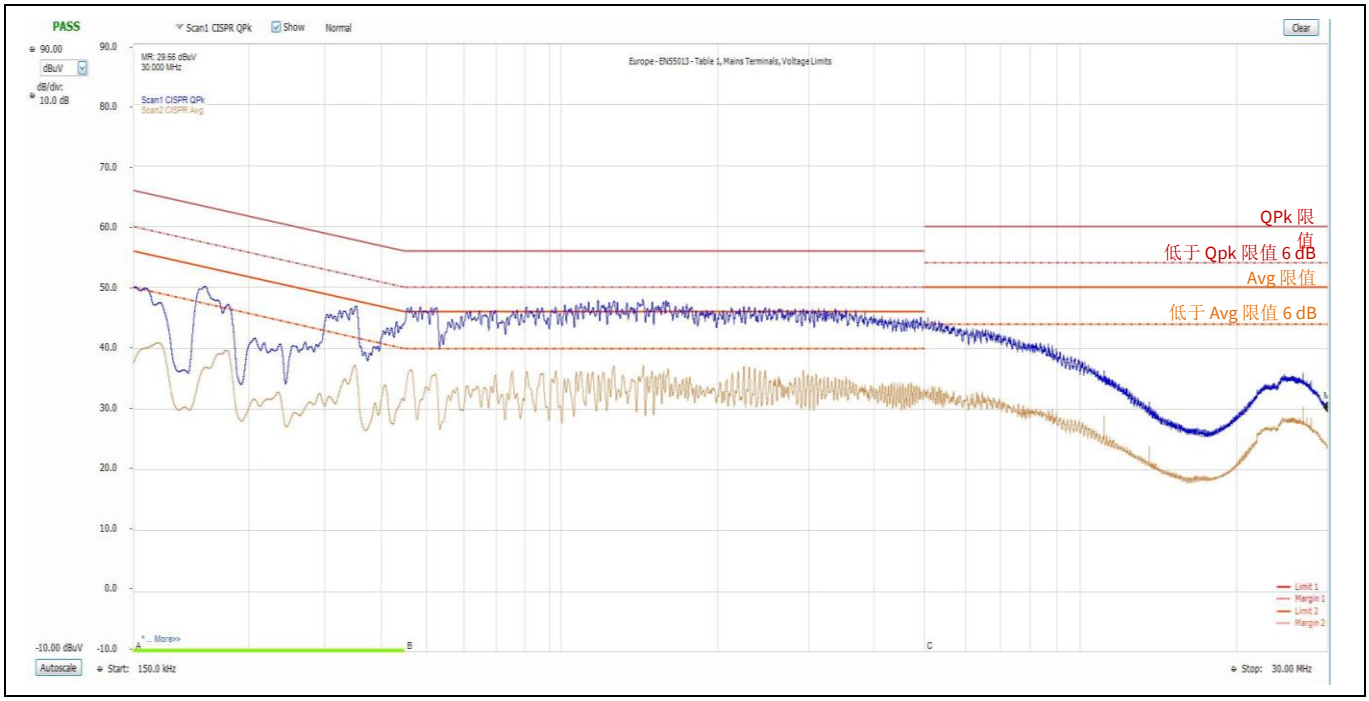

图 16 V AC = 230 V_{RMS}， F_{line} = 50 Hz， P_{out} = 84 W 时的传导辐射（中性线）测试结果

6 物料清单和变压器规格

本节将提供物料清单 (BOM) 和变压器规格。

6.1 物料清单

表 5 主板物料清单

品名	描述	部件编号	制造商
BR1	桥式整流器 4 A/1000 V/ SIP345W114P508L2205H2125Q4B	GBU4M-BP	MCC
C1、C17	电容器 150 nF/310 V AC/径向/10%	890334025022CS	Würth Elektronik
C3	电容器 2.2 nF/630 V/1206/X7R/10%	CGA5H4X7R2J222K115AA	TDK
C4	电容器 120 µF/400 V/18 mm x 30 mm/20%	400BXW120MEFR18X30	Rubycon
C5	电容器 470 pF/50 V/0603/X8L/20%	CC0603KRX7R9BB471	Yageo
C6	10 µF/35 V/1206	GMK316AB7106KL-TR	Taiyo Yuden
C7	2200p/500 V AC/径向/500 V AC/圆片型 /Y5U/20%	VY1222M47Y5UQ63V0	Vishay
C8	电容器 100 pF/1 kV/1206/C0G/5%	GRM31A5C3A101JW01	Murata
C12	电容器 2.2 µF/50 V/1206/X7R/10%	CGA5L3X7R1H225K160AB	TDK Corporation
C38	电容器 100 nF/50 V/0603/X7R/10%	06035C104K4Z2A	AVX
C41	电容器 100 nF/50 V/0603/X7R/10%	06035C104K4Z2A	AVX
C101	1 nF/630 V/CAPC3216X180N-4	CC1206JKNPOZBN102	Yageo
C103	680 µF/35 V/WCAP-ATG8_D10H20	EST687M035AH6AA	KEMET
C104	220 µF/35 V/CAPPRD350W60D825H1300B	ECA1VAM221X	Panasonic
C106	电容器 1 µF/100 V/1206/X7R/10%	12061C105KAT2A	AVX
C107、C112	电容器 100 nF/100 V/3216 (1206)/10%	CGA5H2X8R2A104K115AA	TDK Corporation
D3	二极管 S2M/DO-214AA	S2M	ON Semiconductor
D4	二极管 BAV103/SOD-80C	BAV103,115	Nexperia
D10	BAS416, 115/SOD-323	BAS416,115	Nexperia
D11	二极管 18 V/SOD-323 (SC-76)	BZX384-C18,115	Nexperia
D101	二极管 MBR41H100CTG/TO-220	MBR41H100CTG	ON Semiconductor
D102	S215FA/150 V/SOD-123-FA	S215FA	ON Semiconductor
D104、D105	16 V/DIOM5226X264N	SMAZ16-13-F	DIODES
F1	保险丝 300 V/3.15 A/ FUSRR508W62L835T430H820B	SS-5H-3.15A-APH	Bussmann by Eaton
HS101	散热片 SK 76 25 STS TO 220/THT	SK 76 25 STS TO 220	Fischer Elektronik
IC3	ICC80QSG/SOIC-8	ICC80QSG	英飞凌
J1、J2	连接器 JL-600-25-T/JP-THT-JL-600-25-T	JL-600-25-T（附加套管），JL-600-25-T	Samtec
J3	连接器 JL-250-25-T/JP-THT-JL-250-25-T	JL-250-25-T	Samtec
J5、R21	电阻 0 R/150 V/0805	CRCW08050000Z0	Vishay
L1	47 mH/B82734R	B82734R2132B030	TDK Corporation
MOV2	压敏电阻，510 V/510 V/径向型/10%	ERZE08A511	Panasonic
PC1	TLP383 (GR-TPL，E/TLP383)	TLP383(GR-TPL,E	Toshiba
Q1	IPN70R450P7S/PG-SOT-223-3	IPN70R450P7S	英飞凌科技股份公司
Q10	变压器 BC847C, 215/45/SOT-23	BC847C,215	Nexperia
R1	电阻 2.4 k/200 V/1206/1%	CRCW12062K40FK	Vishay

品名	描述	部件编号	制造商
R2	电阻 10 k/75 V/0603/1%	CRCW060310K0FK	Vishay
R3	电阻 1.2 MEG/150 V/0805/1%	CRCW08051M20FK	Vishay
R4、R5	电阻 4.99 MEG/200 V/1206/1%	CRCW12064M99FK	Vishay
R6	电阻 510 k/200 V/1206/1%	CRCW1206510KFKEA	Vishay
R7、R8、R23、R24	电阻 82 k/500 V/2512/1%	CRCW251282K0FK	Vishay
R9、R14、R39	电阻 1 R/200 V/1206/1%	CRCW12061R00FK	Vishay
R10	电阻 62 k/150 V/0805/1%	CRCW080562K0FK	Vishay
R11	电阻 12 k/75 V/0603/1%	CRCW060312K0FK	Vishay
R15、R15a	电阻 75 R/200 V/1206/1%	CRCW120675R0FK	Vishay
R16	电阻 47 R/200 V/1206/1%	CRCW120647R0FK	Vishay
R17	电阻 30 k/75 V/0603/1%	CRCW060330K0FK	Vishay
R19、R29、R30	电阻 1.6 MEG/200 V/1206/1%	CRCW12061M60FK	Vishay
R22	电阻 10 R/75 V/0603/1%	CRCW060310R0FK	Vishay
R25	电阻 68 k/75 V/0603/1%	CRCW060368K0FKEA	Vishay
R28	电阻 56 k/75 V/0603/1%	CRCW060356K0FK	Vishay
R32	8 R/VARRR525W60L950T600H1400B	B57235S809M54	TDK Corporation
R33、R34	电阻 620 k/200 V/1206/1%	CRCW1206620KFK	Vishay
R40、R41	电阻 1.5 R/200 V/1206/1%	CRCW12061R50FK	Vishay
R101、R110、R111	电阻 47 R/200 V/1206/1%	CRCW120647R0FKEAHP	Vishay
R102	电阻 0 R/200 V/1206/0%	CRCW12060000Z0EA	Vishay
R112	电阻 100 R/200 V/1206/5%	AC1206JR-07100RL	Yageo
T1	750845331 Rev 02/PQ3220	750845331 Rev02	Würth Elektronik
X1	250-203/WAGO_250-203	250-203	WAGO
X103	连接器 JL-500-25-T/ JP-THT-JL-500-25-T	JL-500-25-T	Samtec
X200-A	连接器 691322310008/WR-TBL	691322310008	Würth Elektronik

表 6　　恒流 (CC) 插入板物料清单

品名	描述	部件编号	制造商
C201、C205	100 nF/50 V/0805/X7R/10%	GRM21BR71H104KA01	Murata
C202	220 µF/35 V/CAPPRD350W60D825H1300B	ECA1VAM221X	Panasonic
C203	47 µF/16 V/CAPC3225X270N	GRM32EC81C476KE15K	Murata
C204	10 µF/16 V/CAPC3216X180N	GCM31CR71C106KA64L	Murata
C206	1 µF/50 V/0805/X7R/10%	GCM21BR71H105KA03	Murata
D201	二极管 12 V/SOD-123	MMSZ4699T1G	ON Semiconductor
D202	11 V/SOD-3715X135N-1	MMSZ11T1G	ON Semiconductor
D203、D204、D205	二极管 1N4148WS/SOD-323	1N4148WS-7-F	Diodes Incorporated
IC201	电源 MCP1799T-5002H/TT/SOT-23	MCP1799T-5002H/TT	Microchip Technology
IC202	TS321AILT/SOT-23-5	TS321AILT	ST

物料清单和变压器规格

品名	描述	部件编号	制造商
R200	电阻 50 mR/长度：11.43 mm 宽度：1.65 mm 高度：5.08 mm/1%	OAR1R050FLF	TT Electronics
R202	电阻 100 R/200 V/1206/5%	AC1206JR-07100RL	Yageo
R205	电阻 255 k/150 V/0805/1%	CRCW0805255KFK	Vishay
R206	电阻 13.7 k/150 V/0805/1%	CRCW080513K7FK	Vishay
R207	电阻 14 k/150 V/0805/1%	CRCW080514K0FK	Vishay
R208	电阻 2.4 k/150 V/0805/1%	CRCW08052K40FK	Vishay
R209、R210	电阻 1 k/150 V/0805/1%	CRM0805-FW-1001 E LF	Bourns
X200-B	连接器 691309310008/WR-TBL	691309310008	Würth Elektronik
X300-A	连接器 691322310011/43.1 mm x 9.2 mm	691322310011 和 691361300011	Würth Elektronik

6.2 变压器规格

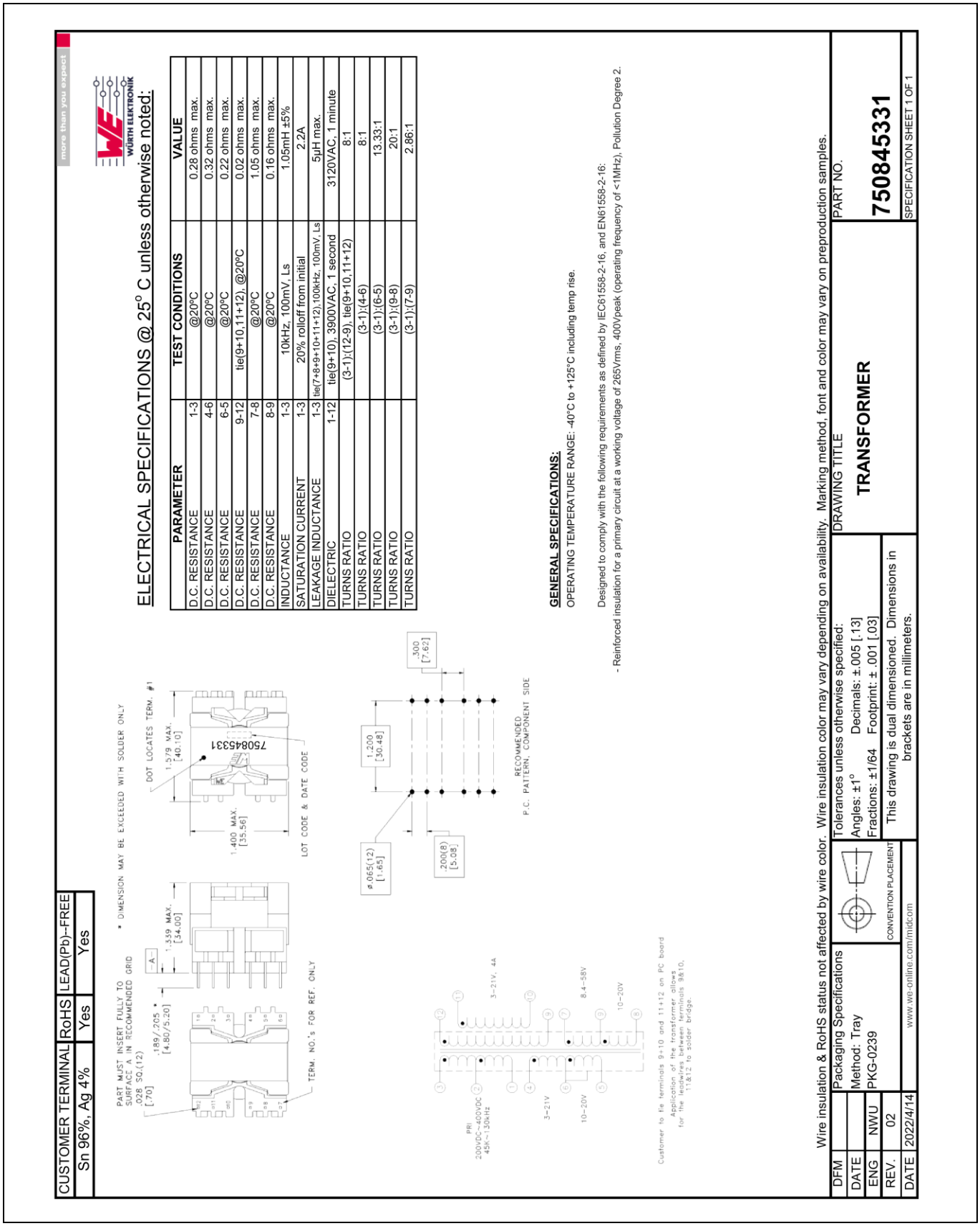

图 17 反激式变压器 (T1) 规格

修订记录

文档版本	发布日期	变更说明
V 1.0	2022/05/20	首次发布

商标
所有提及的产品或服务名称和商标均为其各自所有者的财产。

版本 2022-05-20

出版方

英飞凌科技股份公司

81726，德国慕尼黑

© 2022 英飞凌科技股份有限公司
版权所有。

您对这份文档有疑问吗？

电子邮件：erratum@infineon.com

参考资料

ER_2203_PL21_2204_231108_CN

重要声明
本应用说明中给出的信息仅作为产品使用建议，不得被视为就产品特定功能、条件或质量作出的任何说明或保证。在使用产品前，本应用说明的使用者必须在实际应用中验证本文档描述的任何功能和其他技术信息。对于本应用说明中给出的任何及所有信息，英飞凌科技股份公司特此声明不作任何及所有保证，亦不承担任何形式的责任（包括但不限于对不侵犯任何第三方知识产权的保证）。

本文档所含数据仅供受过技术培训的人员使用。客户的技术部门应负责评估该产品是否适合目标应用，以及本文档中给出的产品信息就该应用而言是否完整。

若需获得有关我司产品、技术、交付条款和条件、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
由于技术需要，我司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。

除非由英飞凌科技授权代表签署的书面文件中另有明确批准，否则不得将我司产品用于任何产品失效或产品使用据合理预计可能导致人身伤害的应用。