

Demo 技术手册



CorEnergy[®]

能 华 半 导 体

目录

1.Demo 介绍/Introduction

- 1.1 系统描述/System Description
- 1.2 系统规格/System Specification
- 1.3 系统照片/System Photo

2.Demo 系统 Overview

- 2.1 原理框图 /Principle Block
- 2.2 系统组成 /Key Components

3.系统测试/System Test

- 3.1 系统效率/Efficiency Test
- 3.2 动态应力测试/ Dynamic Stress Test
- 3.3 纹波测试/Ripple Test
- 3.4 EMI 测试/EMI Test
- 3.5 热测试 Thermal Test

4.主要文件/Main Documents

- 4.1 原理图/Schematics
- 4.2 PCB 板/PCB
- 4.3 系统 BOM
- 4.4 关键器件图纸/Drawing

5. 高可靠性 Cascode 产品

- 5.1 低成本高可靠性的 DFN 8X8 封装
- 5.2 650V/160m/270 m DFN 8X8 器件

1.Demo 介绍/Introduction

1.1 系统描述/System Description

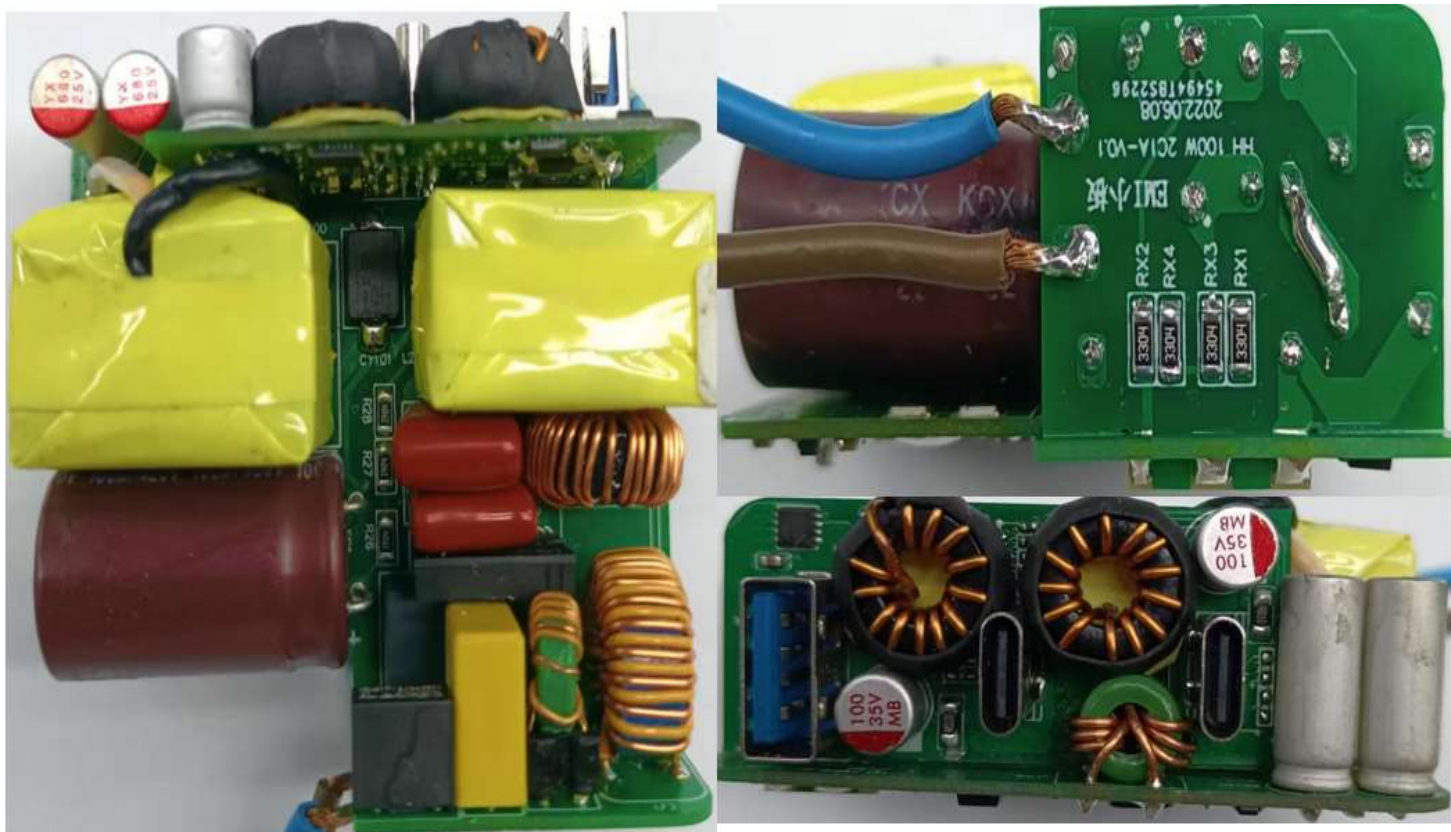
100W PD 2C1A demo 板是基于能华半导体公司的 CoreGaN 器件开发的一款输出功率 100W 的 PD demo 板; 拓扑方案采用 PFC+低成本的 QR 反激电路, PFC 芯片采用杰华特 JW1571, QR 采用茂睿芯公司的 MK2697, 开关频率最大为 130KHz 左右, 同步 IC 采用茂睿芯的 MK91808, 系统峰值效率可以达到 92.8%, 待机损耗 300mW.

PFC 采用 CoreGaN 器件 160m 的级联耗尽型 GaN 器件, 耐压 650V, 瞬态耐压 900V; QR 采用 300m 的增强型 GaN 器件; 极低的门极电荷, 开关速度快, 损耗低, 可以大大提高系统能效; 级联耗尽型 GaN 驱动电压范围 +20V, 和 Si MOSFET 驱动兼容; 增强型 E300 阈值电压 2.5V, 比一般的增强型高 1V 以上, 大大提高了系统可靠性。

1.2 系统规格/System Specification

描述	符号	规格参数			单位	注释
		Min	Typ.	Max		
输入电压	V_{in}	90		264	V_{ac}	
输入频率	f_{line}	47		63	Hz	
输出电压	V_{out}		20		V	
输出功率	P_{out}		100		W	
输出纹波	V_{ripple}	200			mV	
工作频率	f_s	70		150	KHz	Measured@230V
系统效率	eff	92		92.8	%	AC TO DC @220Vac
待机损耗	$P_{standby}$			300	mW	Measured@230V
PCB A 尺寸		61 x 56.3 x 26			mm	W x L x H

1.3 系统照片/System Photo (标尺寸/指出关键器件)



2. Demo 系统 Overview

2.1 原理框图 /Principle Block

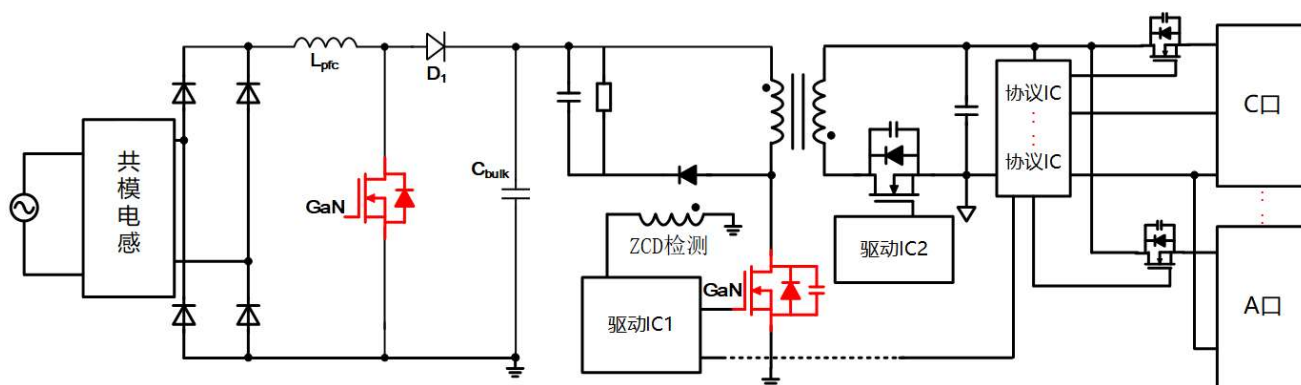


图 2.1 100W PD Demo 板系统原理框图

图 2.1 显示的是 100W PD demo 板的系统原理框图，系统主要由 EMI 滤波器、输入整流

桥、主电路 PFC+QR 拓扑(包含 PFC 电感、QR 变压器、主开关 HEMT 器件和输入同步 MOS)、PFC 和 QR 控制 IC、同步整流 IC 组成。

2.2 系统组成/Key Components

1. EMI 滤波器

本系统的 EMI 滤波器由一个共模电感和 π 型差模滤波器组成，将系统产生的共模噪音和差模噪音衰减到满足测试标准的水平。

2. 输入整流桥

输入整流桥将输入工频电转化为直流电。

3. 主电路拓扑

本系统的主电路拓扑采用 PFC+低成本的 QR 反激电路，由输入电解容、变压器、主功率 HEMT 管以及输出整流 MOSFET 组成，功能是将高压的直流电通过高频变压器转化为低压的直流电，ZCD 检测确保了主功率 HEMT 器件在高压工作下能实现谷底开通，从而实现高效的功率变换。

4. 主开关 HEMT 器件

PFC 主功率 CoreGaN 器件采用耗尽型 GaN 器件 CE65H160DNHI-S，耐压 650V，瞬态耐压 900V，导阻为 $160\text{m}\Omega$ ，其封装为 DFN 8X8，占板面积小，寄生电感小，可以工作在高频开关下提高系统的功率密度。

QR 是采用 CoreGaN 增强型 GaN 器件 CE65E300DHYI 阈值电压 2.5V,封装形式为 DFN 5X6。

5. 主控 IC/同步整流 IC

采用茂睿芯的 QR PWM 控制器 MK2697 作为主控 IC 来控制反激电路工作。同步整流控制 IC 是茂睿芯的 MK90818 来控制同步整流 MOSFET 是系统输出更优的能效。

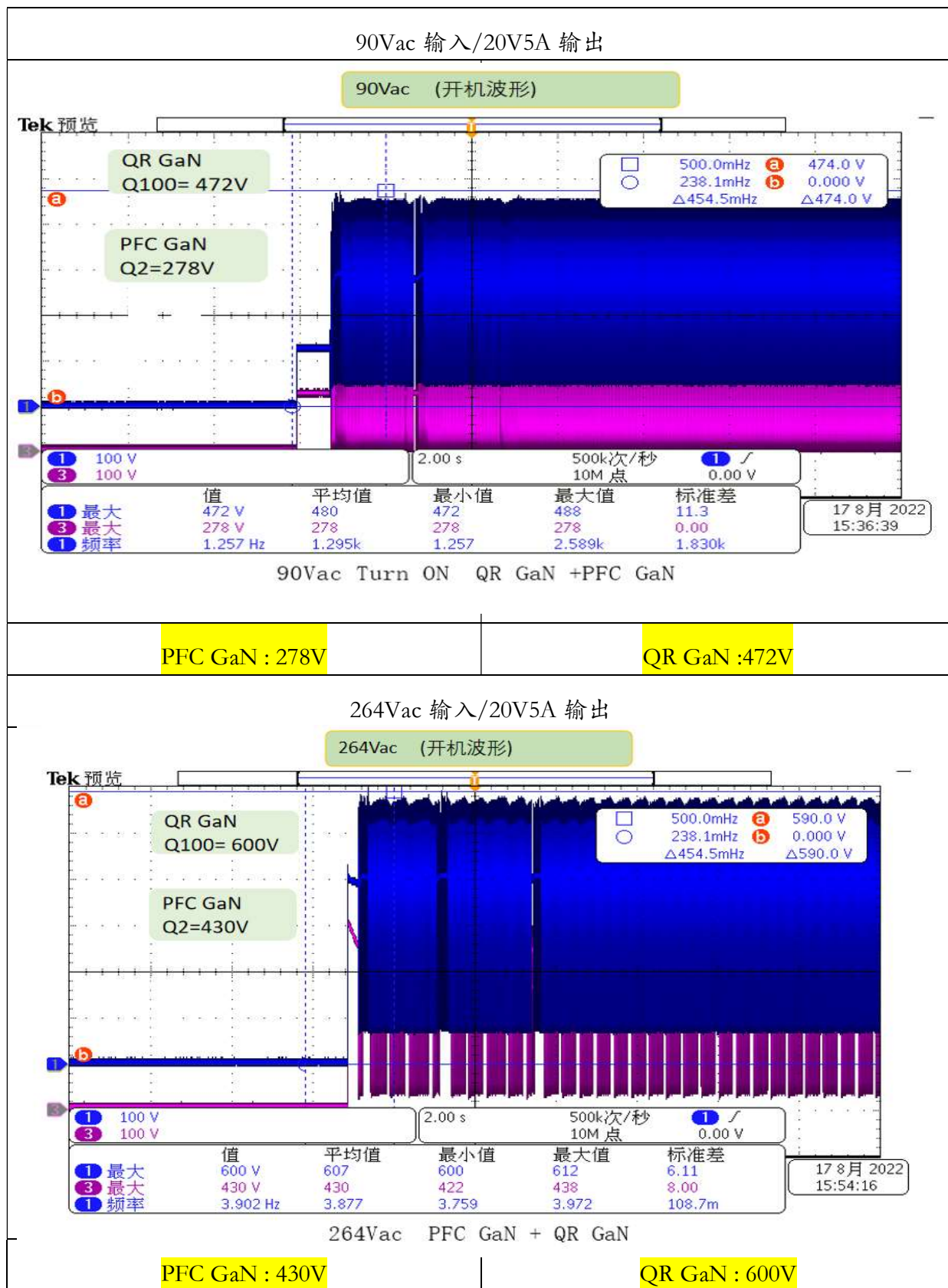
3.系统测试/Test

3.1 系统效率/Efficiency Test C1 口

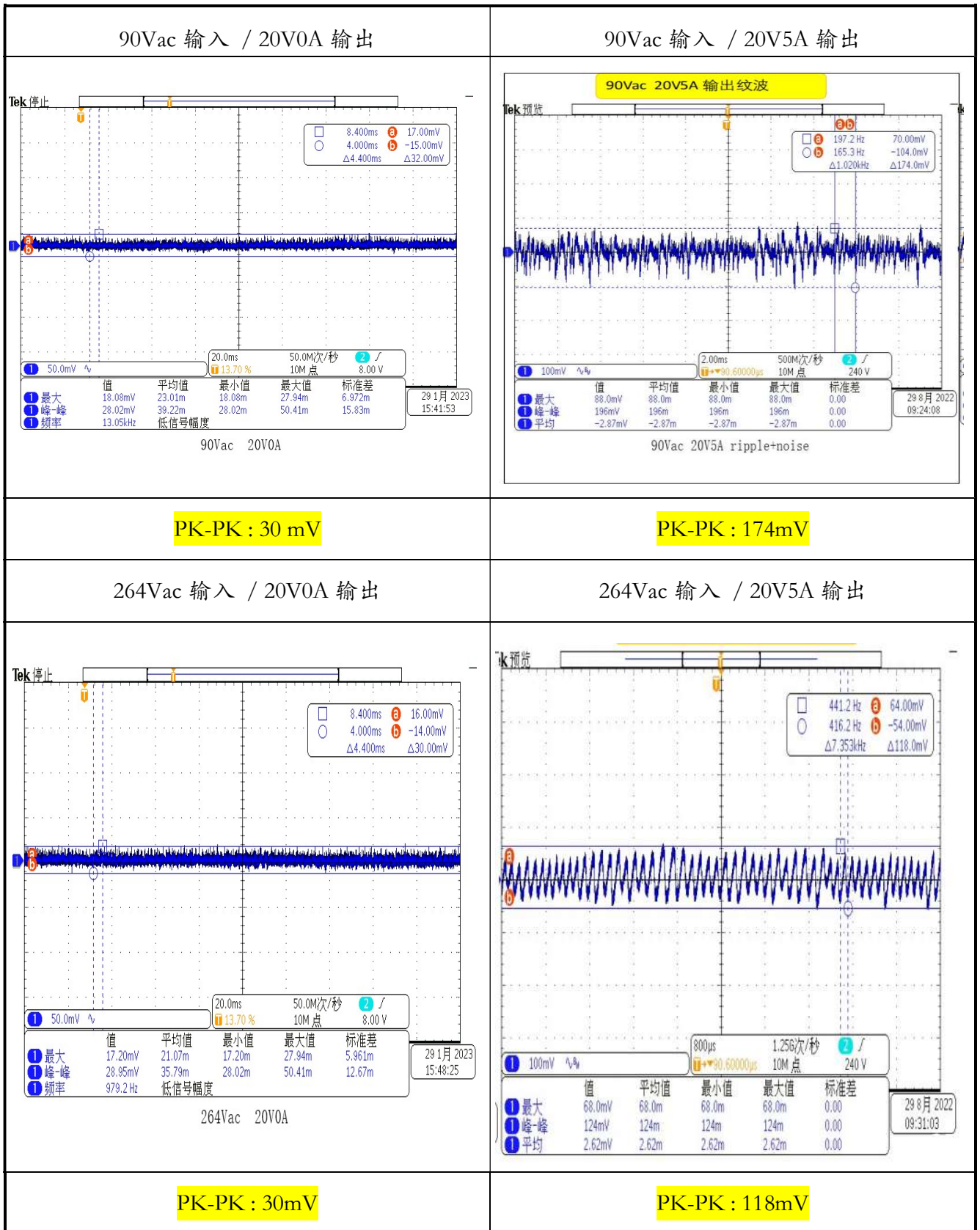
20V/5A	负载	输入功率 (W)	输出电压 (V)	输出电流 (A)	效率	平均效率
90Vac	100%	111.52	20.290	5	90.97%	
115Vac /60Hz	100%	110.46	20.292	5.0	91.85%	91.27%
	75%	82.72	20.316	3.75	92.10%	
	50%	55.18	20.222	2.5	91.62%	
	25%	28.11	20.129	1.25	89.51%	
230Vac /50Hz	100%	109.48	20.326	5.0	92.83%	91.58%
	75%	82.31	20.326	3.75	92.60%	
	50%	55.19	20.233	2.5	91.65%	
	25%	28.20	20.130	1.25	89.23%	
264Vac	100%	109.52	20.325	5	92.79%	

输入电压	230V/50Hz
空载损耗 (mW)	286

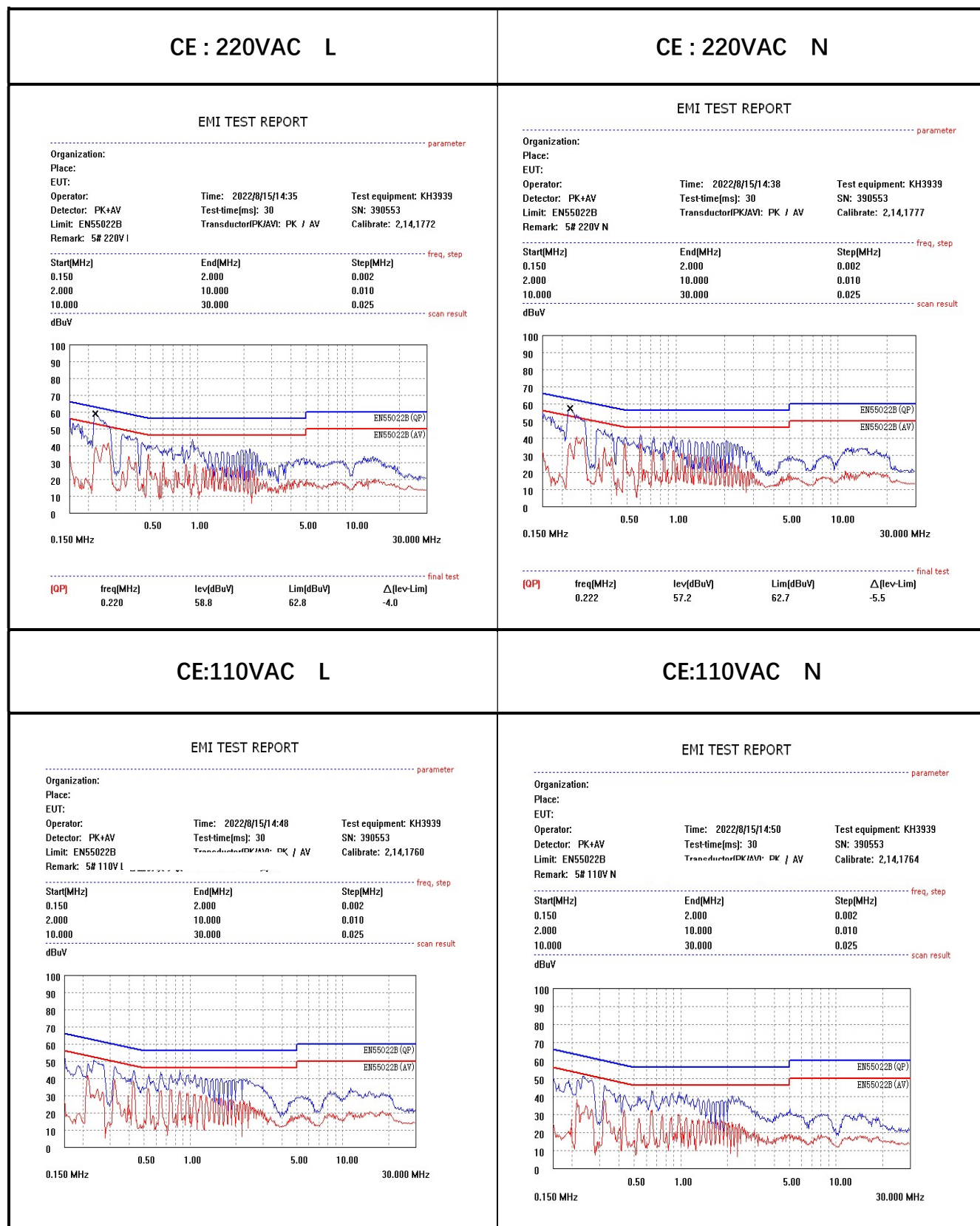
3.2 动态应力测试/Dynamic Stress Test



3.3 纹波测试/Ripple Test (满载/空载)

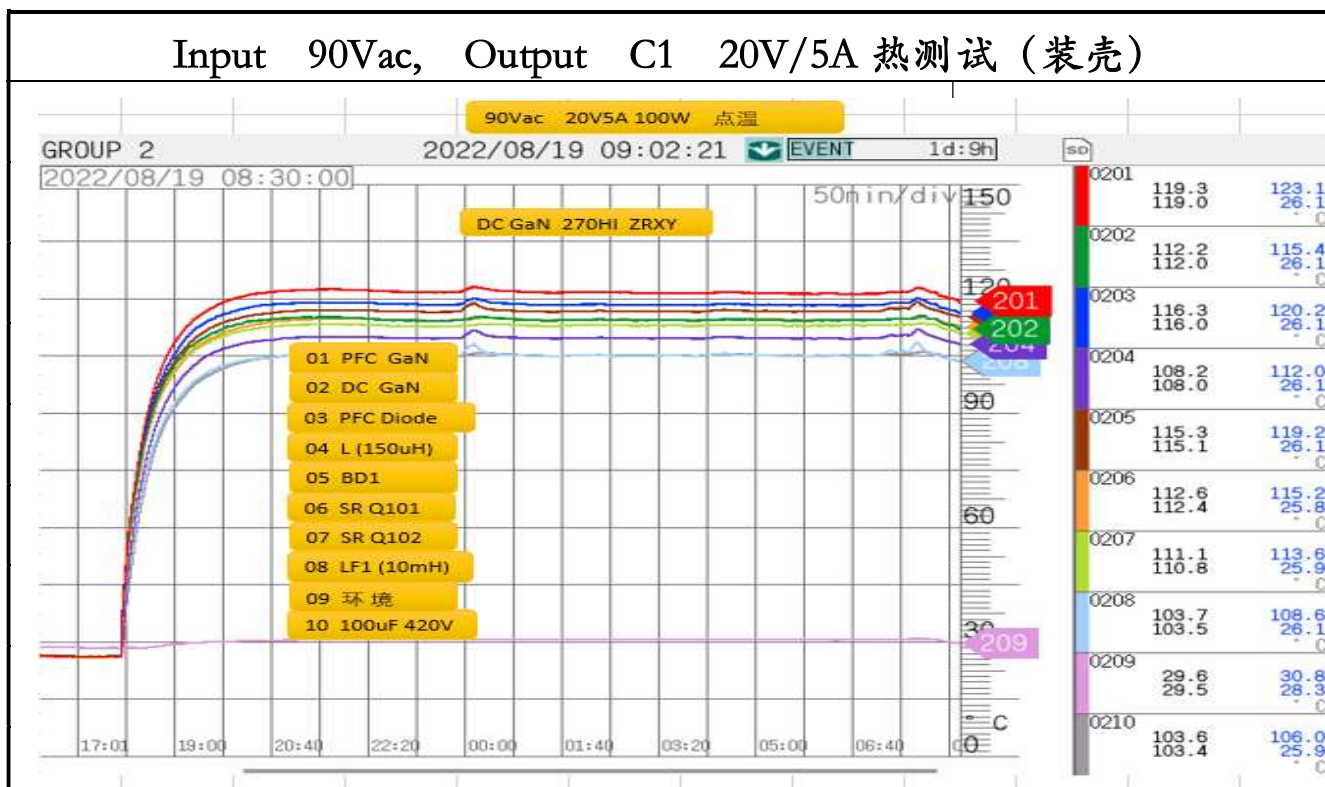


3.4 EMI 测试/EMI Test

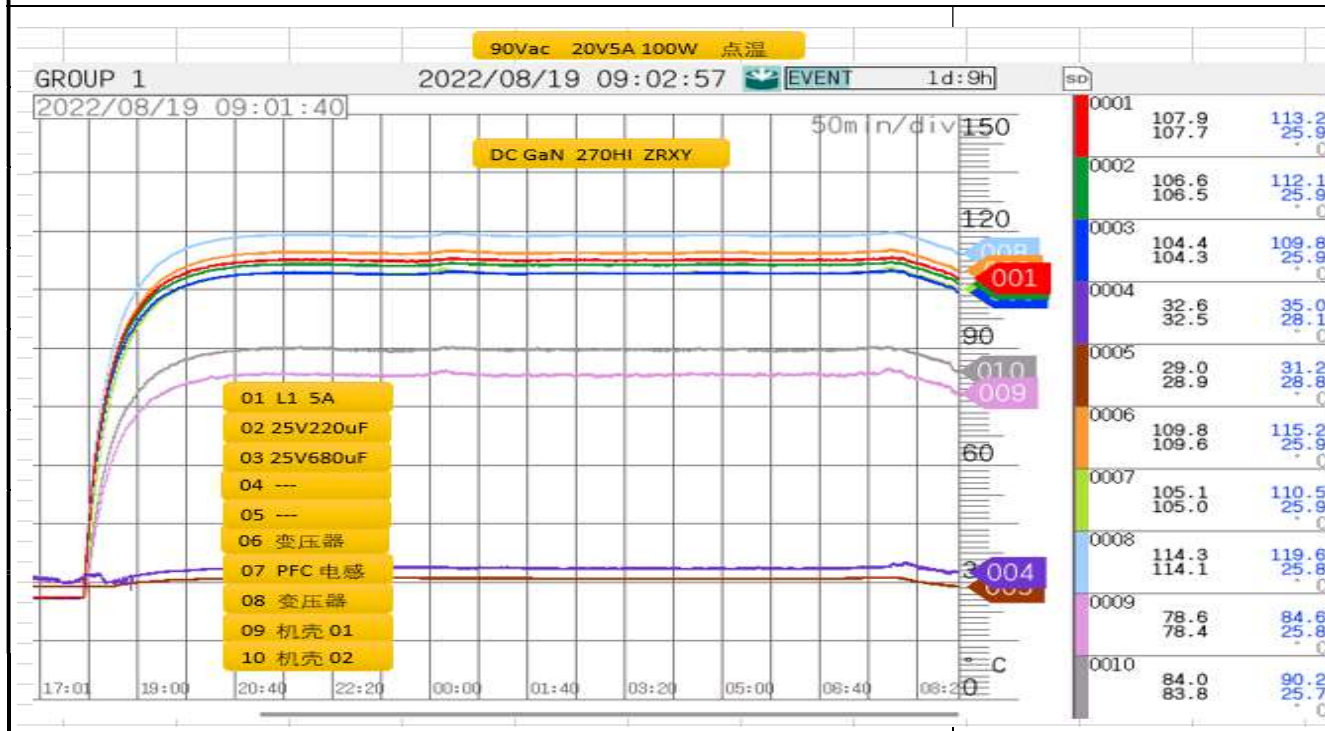


3.5 热测试 Thermal Test (90V/264V 满载)

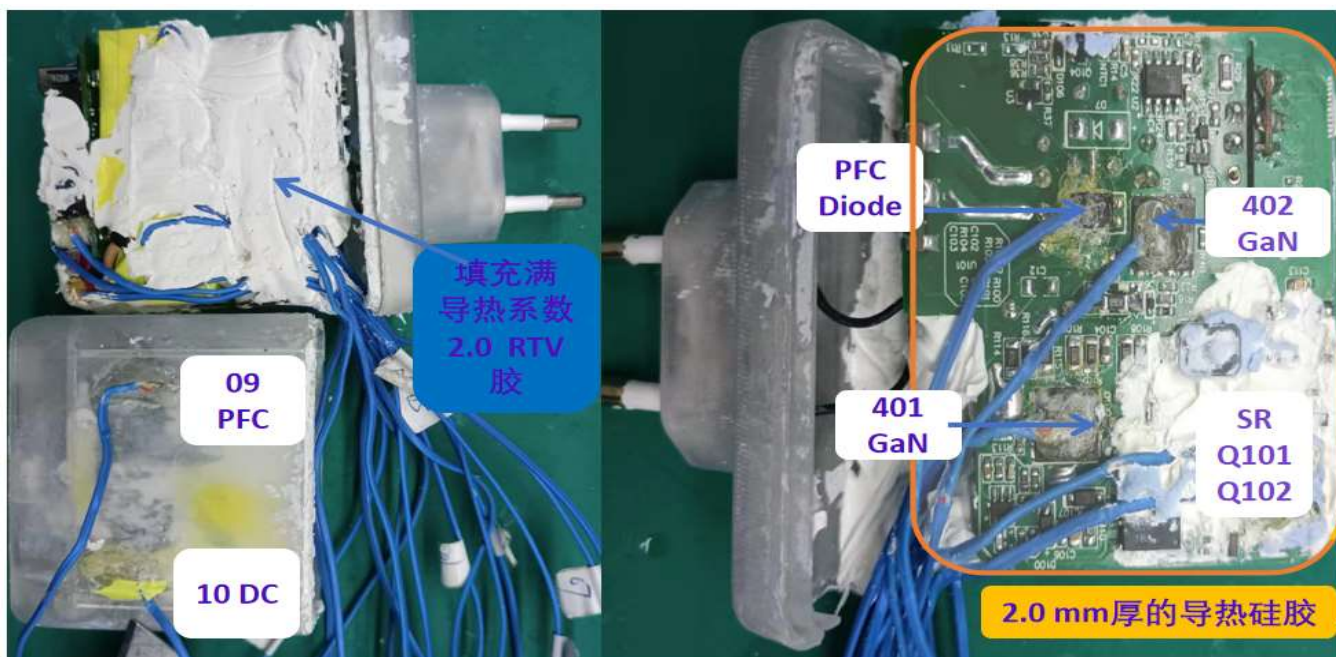
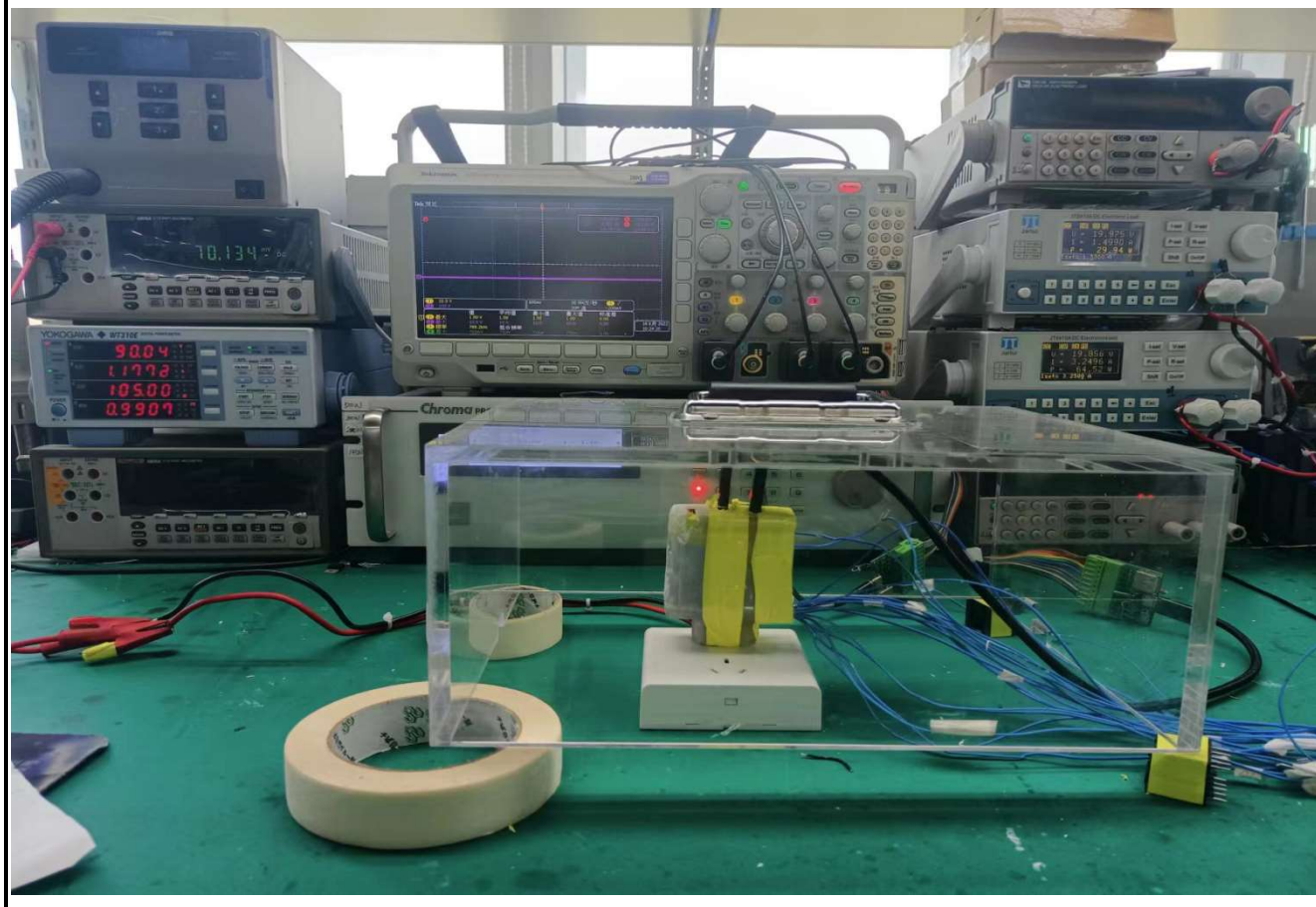
Input 90Vac, Output C1 20V/5A 热测试 (装壳)



Input 90Vac, Output C1 20V/5A 热测试 (装壳)

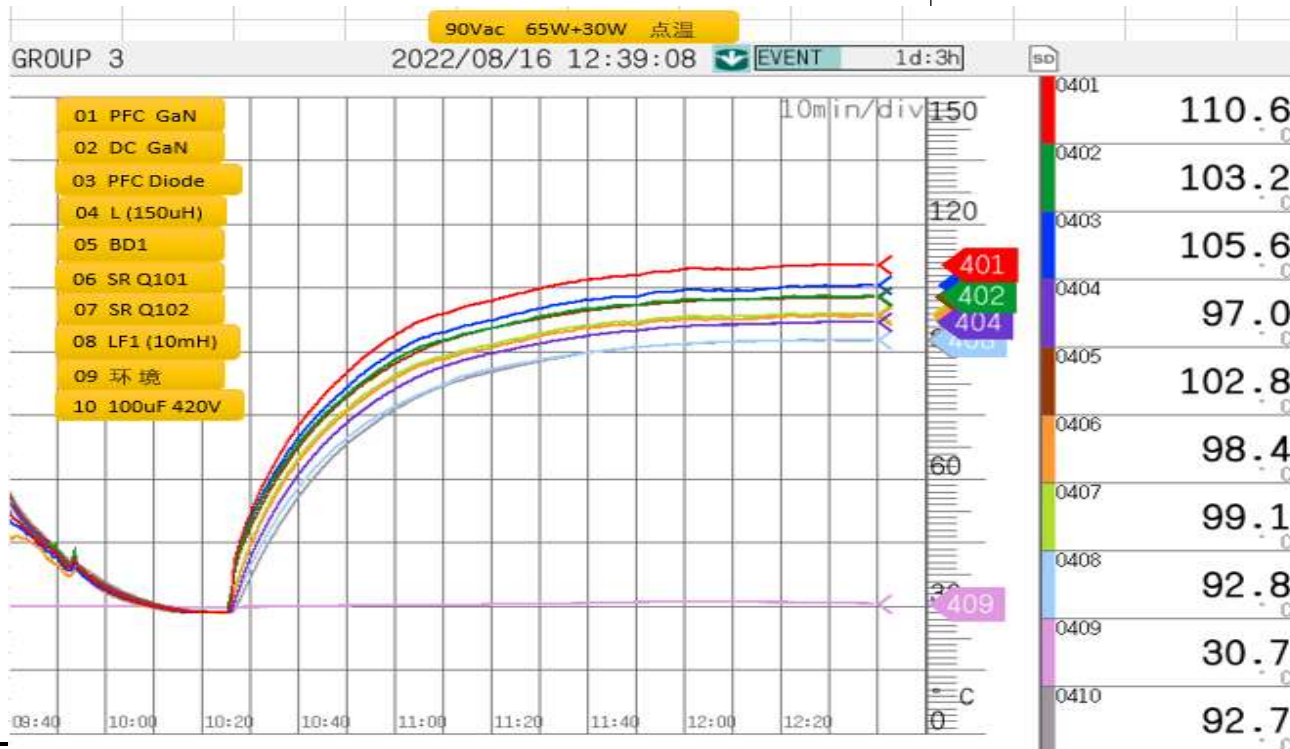


热测试 Setup



点温点

Input 90Vac, Output C1 65W+ C2 30W 热测试 (装壳)



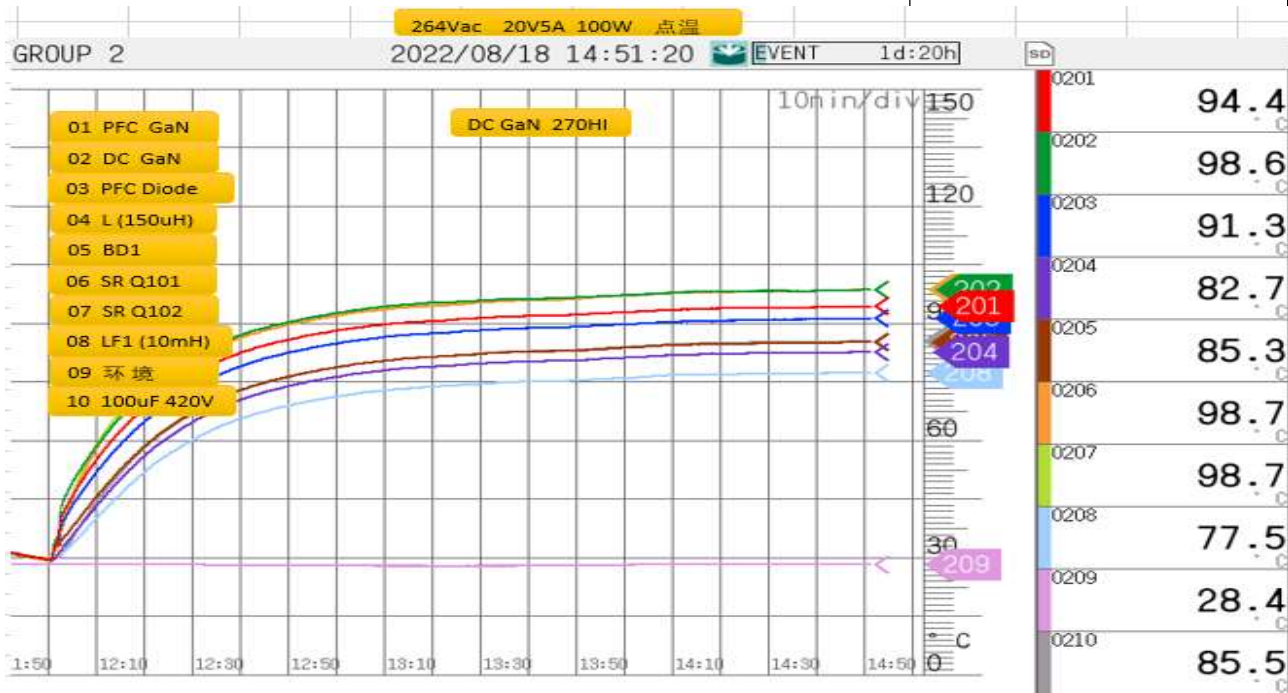
Input 90Vac, Output C1 65W+ C2 30W 热测试 (装壳)



Input 90Vac, Output C1 20V/5A 热测试 (装壳)

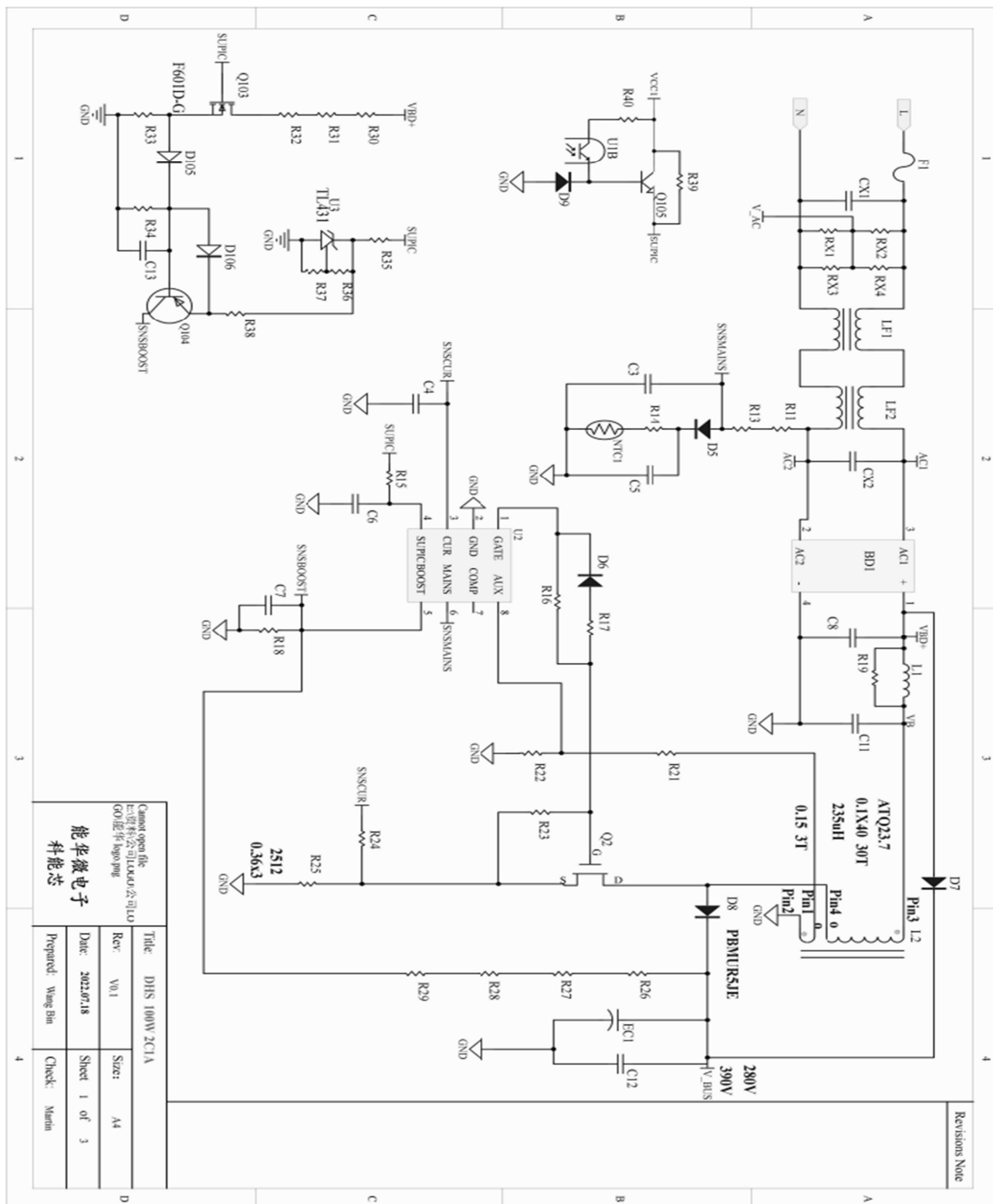


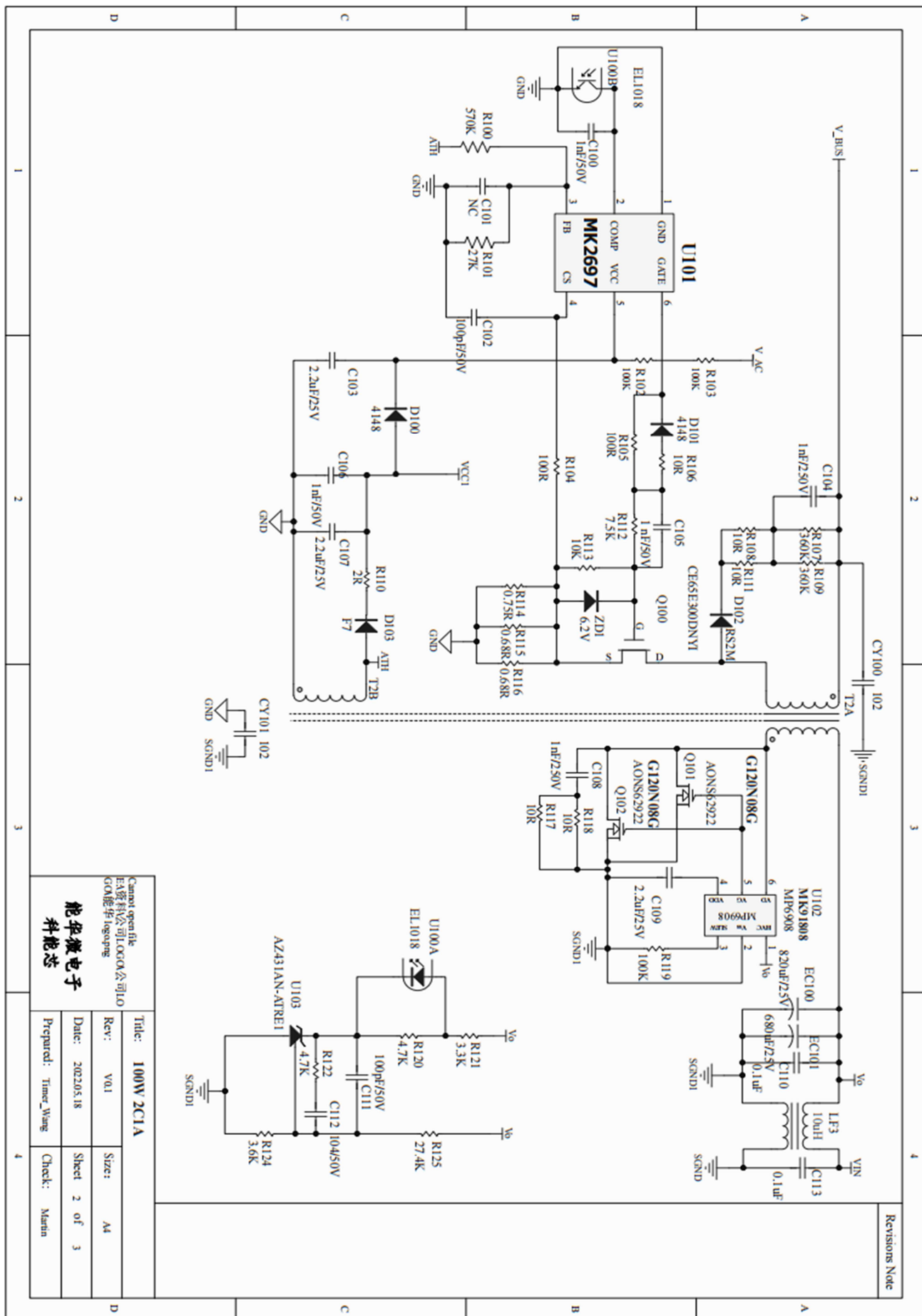
Input 90Vac, Output C1 20V/5A 热测试 (装壳)

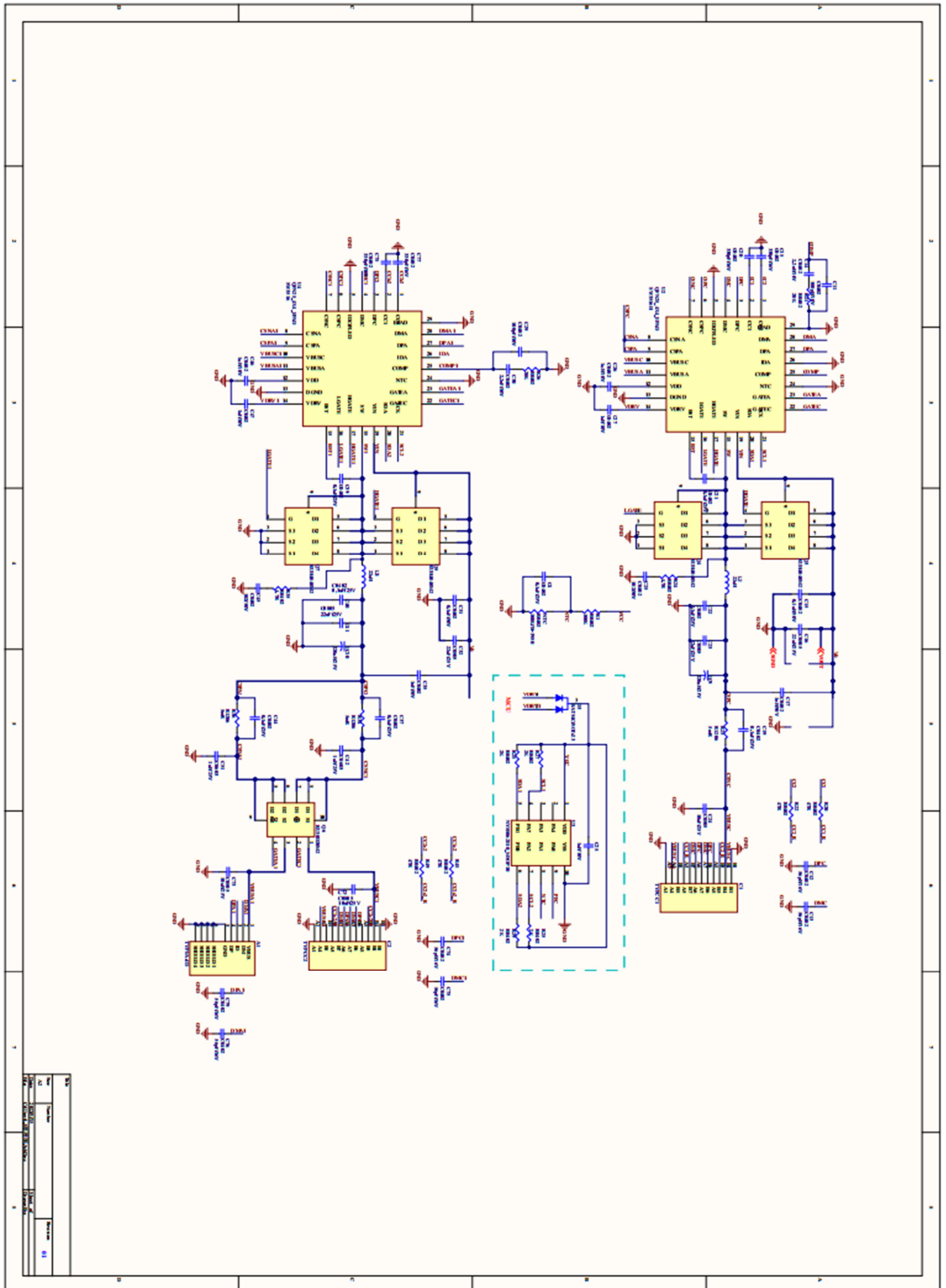


4.主要文件

4.1 原理图/Schematics

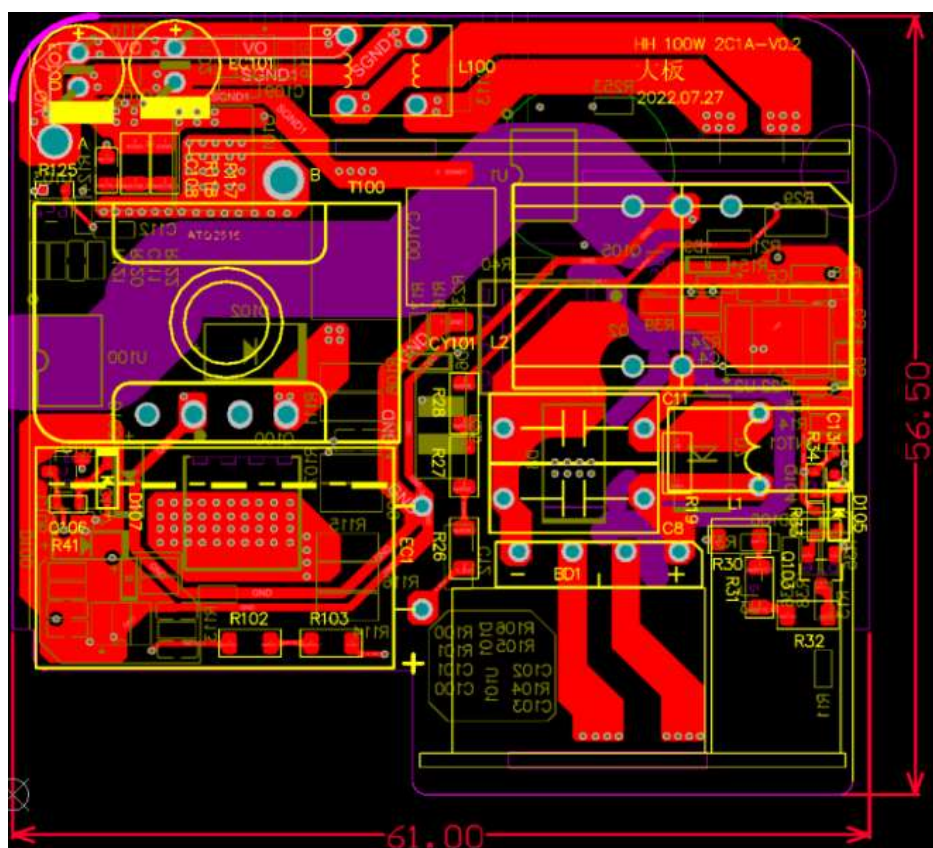




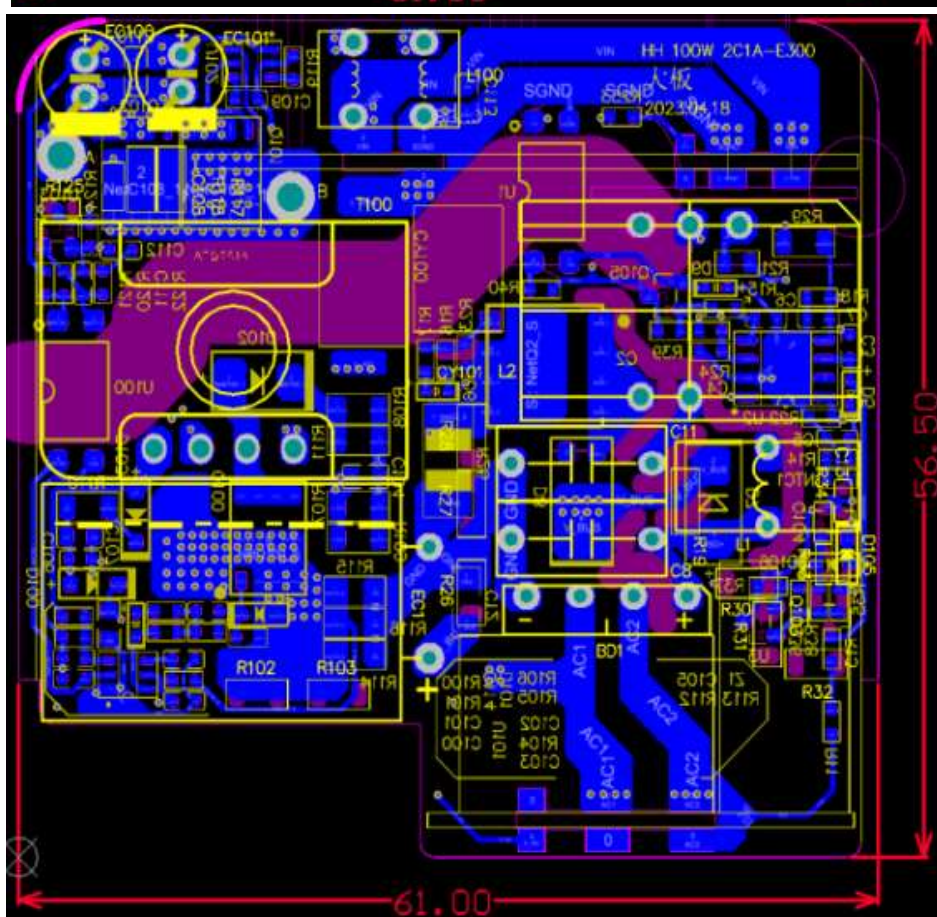


4.2 PCB 板/PCB

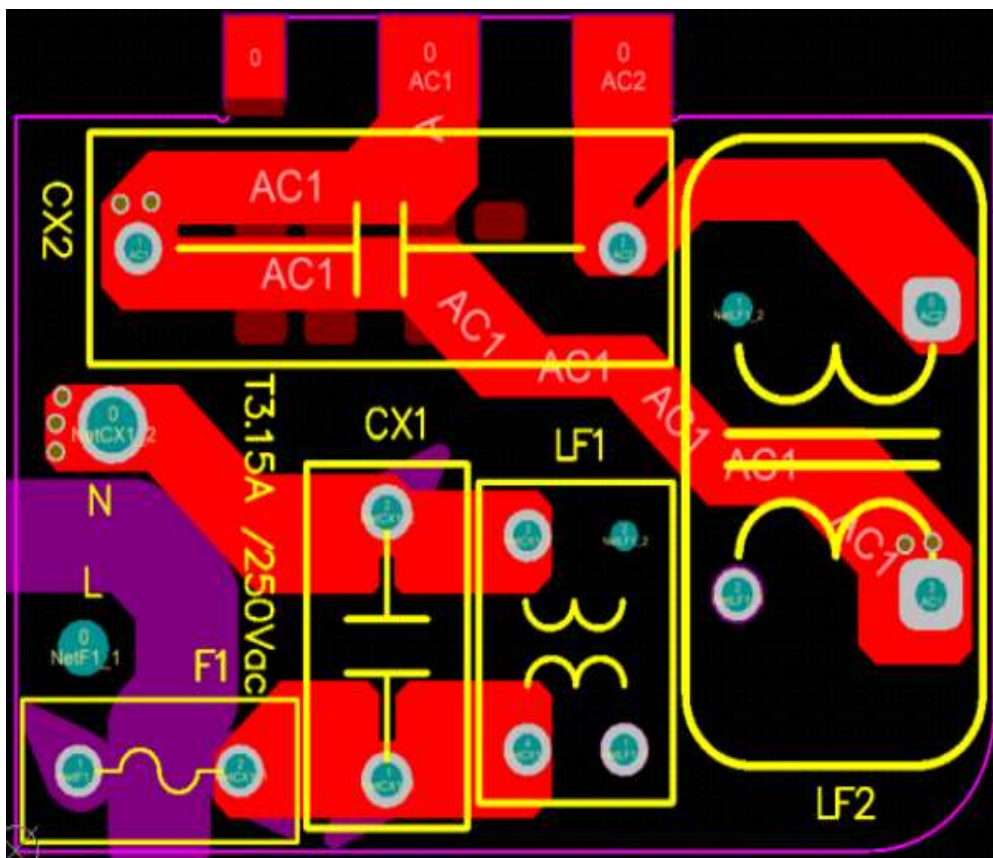
TOP
Layout



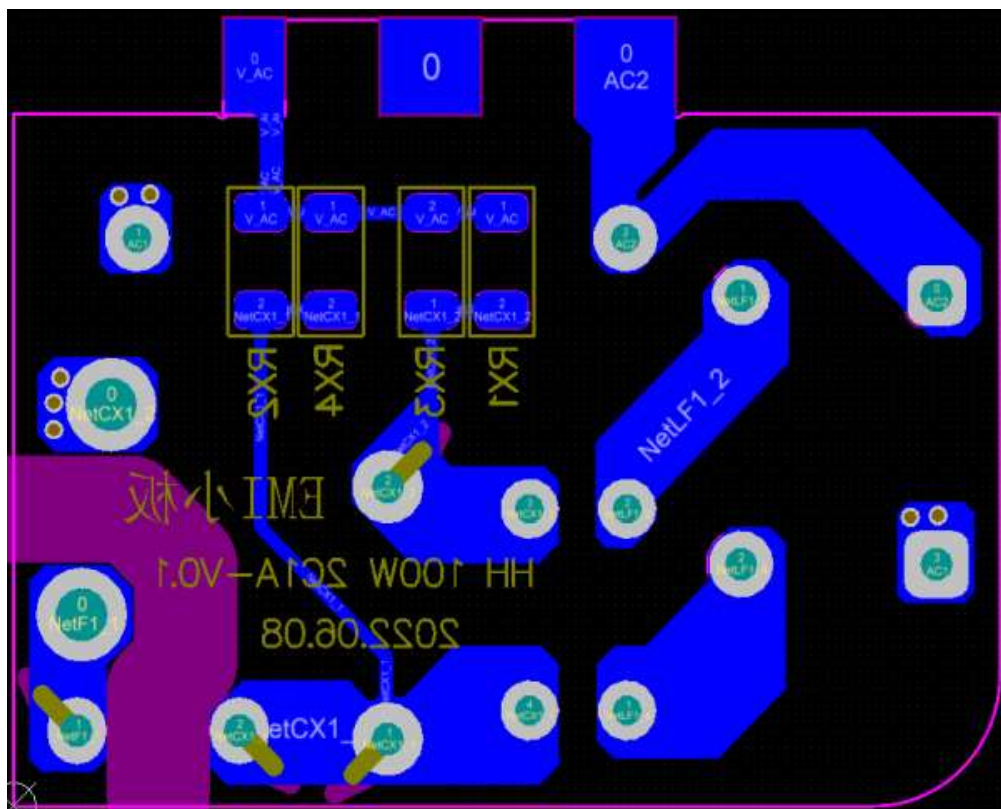
Bottom
Layout



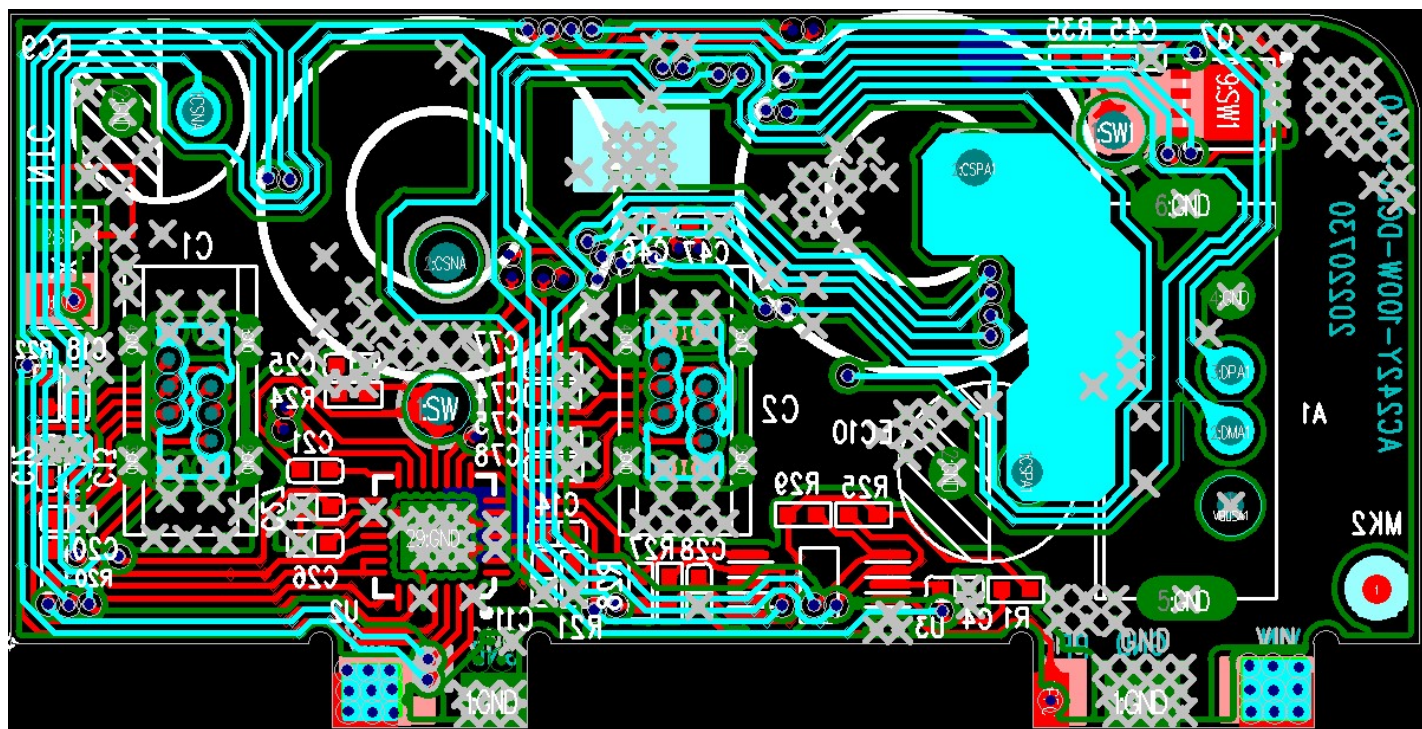
EMI
小板
顶层



EMI
小板
底层



协议 小板 顶层 底层



4.3 系统 BOM

100W 2C1A - 电源板组件 贴片/插件BOM清单 (2C1A)

Comment	物料描述	Designator	Footprint	Quantity
2022-08-16				
贴片物料				
PCB	100W 2C1A 板材: FR-4/四面板 厚度: 1.0mm 铜箔: 2oz 单面: 60.8*56.7x1.0 白字绿油, 过孔盖油, ROHS			1
贴片电容	贴片电容, 100pF, 50V, 0603, YAGEO, NPO, ±5%	C4, C102, C111	C0603	3
贴片电容	贴片电容, 2.2uF, 50V, 0603, YAGEO, X7R, ±5%	C6, C103, C109	C0603	3
贴片电容	贴片电容, 2.2uF, 50V, 0805, YAGEO, X7R, ±5%	C106, C114	C0805	2
贴片电容	贴片电容, 1uF, 50V, 0603, YAGEO, X7R, ±5%	C7, C100, C105, C107	C0603	4
贴片电容	贴片电容, 100nF, 50V, 0603, YAGEO, X7R, ±5%	C5, C13, C112	C0603	3
贴片电容	贴片电容, 1uF, 250V, 0805, YAGEO, NPO, ±5%	C104, C108	C0805	2
贴片电容	贴片电容, 0.1uF, 50V, 0805, YAGEO, X7R, ±5%	C110, C113	C0805	2
贴片电容	贴片电容, 1uF, 630V, 1206, YAGEO, NPO, ±5%	C12	C1206	1
贴片电阻	贴片电阻, 1KΩ, 0603, UniOhm, ±5%	R7, R24	R0603	2
贴片电阻	贴片电阻, 1Ω, 0603, UniOhm, ±5%	R15	R0603	1
贴片电阻	贴片电阻, 100Ω, 0603, UniOhm, ±5%	R16, R104, R105	R0603	3
贴片电阻	贴片电阻, 2.4Ω, 0603, UniOhm, ±5%	R17, R106	R0603	2
贴片电阻	贴片电阻, 68KΩ, 0603, UniOhm, ±1%	R18	R0603	1
贴片电阻	贴片电阻, 33KΩ, 0603, UniOhm, ±5%	R21	R0603	1
贴片电阻	贴片电阻, 5.1KΩ, 0603, UniOhm, ±5%	R22	R0603	1
贴片电阻	贴片电阻, 91KΩ, 0603, UniOhm, ±5%	R30	R0603	1
贴片电阻	贴片电阻, 160KΩ, 0603, UniOhm, ±5%	R31, R32	R0603	2
贴片电阻	贴片电阻, 7.5KΩ, 0603, UniOhm, ±5%	R112	R0603	1
贴片电阻	贴片电阻, 1MΩ, 0603, UniOhm, ±5%	R34	R0603	1
贴片电阻	贴片电阻, 10KΩ, 0603, UniOhm, ±5%	R23, R33, R35, R40, R113, R253	R0603	6
贴片电阻	贴片电阻, 130KΩ, 0603, UniOhm, ±1%	R36	R0603	1
贴片电阻	贴片电阻, 56KΩ, 0603, UniOhm, ±1%	R37	R0603	1

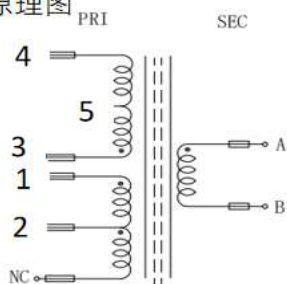
贴片电阻	贴片电阻, 510K Ω , 0603, Uniohm, $\pm 1\%$	R38	R0603	1	
贴片电阻	贴片电阻, 150K Ω , 0603, Uniohm, $\pm 5\%$	R100	R0603	1	
贴片电阻	贴片电阻, 27K Ω , 0603, Uniohm, $\pm 1\%$	R101	R0603	1	
贴片电阻	贴片电阻, 100K, 0603, Uniohm, $\pm 5\%$	R119	R0603	1	
贴片电阻	贴片电阻, 4.7K Ω , 0603, Uniohm, $\pm 5\%$	R120, R122	R0603	2	
贴片电阻	贴片电阻, 3.3K Ω , 0603, Uniohm, $\pm 5\%$	R121	R0603	1	
贴片电阻	贴片电阻, 3.6K Ω , 0603, Uniohm, $\pm 1\%$	R124	R0603	1	
贴片电阻	贴片电阻, 27.4K Ω , 0603, Uniohm, $\pm 1\%$	R125	R0603	1	
贴片电阻	贴片电阻, 3M Ω , 1206, Uniohm, $\pm 5\%$	RX1, RX2, RX3, RX4	R1206	4	
贴片电阻	贴片电阻, 4.7K, 1206, Uniohm, $\pm 5\%$	R19	R1206	1	
贴片电阻	贴片电阻, 3.6M Ω , 1206, Uniohm, $\pm 1\%$	R26, R27,	R1206	2	
贴片电阻	贴片电阻, 3.3M Ω , 1206, Uniohm, $\pm 1\%$	R28	R1206	1	
贴片电阻	贴片电阻, 0 Ω , 1206, Uniohm, $\pm 5\%$	R29	R1206	1	
贴片电阻	贴片电阻, 100K Ω , 1206, Uniohm, $\pm 5\%$	R102, R103	R1206	2	
贴片电阻	贴片电阻, 360K Ω , 1206, Uniohm, $\pm 5\%$	R107, R109	R1206	2	
贴片电阻	贴片电阻, 10 Ω , 1206, Uniohm, $\pm 5\%$	R108, R111, R117, R118	R1206	4	
贴片电阻	贴片电阻, 2 Ω , 1206, Uniohm, $\pm 5\%$	R110	R1206	1	
贴片电阻	贴片电阻, 0.75 Ω , 1206, Uniohm, $\pm 5\%$	R114,	R1206	1	
贴片电阻	贴片电阻, 0.68 Ω , 1206, Uniohm, $\pm 5\%$	R115, R116	R1206	2	
贴片电阻	贴片电阻, 0.12 Ω , 2512, Uniohm, $\pm 5\%$	R25	R2512	1	
贴片二极管	整流二极管, 1N4148, 1A, 100V, SOD-123	D100	SOD-123	1	迪一
贴片二极管	整流二极管, 1N4148, 1A, 100V, SOD-523	D6, D101	SOD-523	2	迪一
贴片二极管	整流二极管, 1N4148, 1A, 100V, SOD-323	D105, D106	SOD-323	2	迪一
贴片二极管	整流二极管, PBMUR5JE	D8	PS-277B	1	平伟
贴片稳压二极管	贴片稳压二极管, 18V, SOD-523	D9	SOD-523	1	迪一
贴片稳压二极管	贴片稳压二极管, 6.2V, SOD-323	ZD1	SOD-323	1	迪一
贴片二极管	快恢复二极管, RS2MF, 2A, 1000V, SMD	D102	SMD	1	迪一
贴片二极管	整流二极管, FR107, 1A, 1KV, SOD-123	D103	SOD-123	1	迪一

贴片二极管	整流二极管, RS2M, 2A, 1KV, SMB	D7	SMB	1	迪一
贴片GaN管	贴片GaN管; CE65H160DNG1; DFN8*8; 能华微; N沟道; 15A; 650V;	Q2,	DFN8*8	1	能华微
贴片GaN管	贴片GaN管; CE65E300DNY1; DFN5*6; 能华微; N沟道; 8A; 650V;	Q100	DFN5*6	1	能华微
贴片MOS管	贴片MOS管; RS100N86G; DFN5*6; 瑞森; N沟道	Q101, Q102	DFN5*6	2	力宏微
贴片MOS管	贴片MOS管; H6N050N10AL; DFN5*6; 100V 5mΩ; Huntack 恒泰柯; N沟道	Q101, Q102 (代用)	DFN5*6	0	恒泰柯
贴片MOS管	贴片MOS管; LH062N100; DFN5*6; 力宏微; N沟道 (代用)	Q101, Q102 (代用)	DFN5*6	0	力宏微
贴片三极管	贴片三极管; MMBT3906LT1G; SOT23-3	Q104	SOT23-3	1	ON
贴片三极管	贴片三极管; MMBT2222LT1G; SOT23-3	Q105	SOT23-3	1	ON
贴片MOS管	贴片MOS管; F601D-G 华润/(OR FDZ501D/) SOT23-3 600V N_MOS	Q103	SOT23-3	1	华润
电源管理芯片	电源管理芯片, JW1571, 功率因数校正, SOP-8, 杰华特	U2	SOP-8	1	杰华特
电源管理芯片	电源管理芯片, MK91808, 同步整流, SOT23-6, MPS	U102	SOT23-6	1	茂睿芯
电源管理芯片	电源管理芯片, MK2697, Flyback-QR, SOT23-6, 茂睿芯	U101	SOT23-6	1	茂睿芯
电压基准芯片	电压基准芯片, TL431, SOT-23	U3, U103	SOT-23	2	维得
贴片光耦	贴片光耦; TD(EL) 1018; SOP-4; 天电/亿光	U1, U100	SOP-4	2	天电
贴片Y电容	贴片Y电容 102, 韦迪 (WEIDY)	CY100,		1	韦迪
贴片Y电容	贴片Y电容 152, 韦迪 (WEIDY)	CY101		1	韦迪
插件物料					
插件整流桥	整流桥堆, D8KBR10A, 8A1000V	BD1		1	平伟
插件整流桥	整流桥堆, D8KB100, 8A1000V	BD1		0	旭茂微
插件电容	X2电容; 150nF; 275VAC; ±10%; 110℃; W6*H12*T10mm; 脚距7.5mm; 脚长2.5mm	CX1	CAPX12*6	1	韦迪

插件电容	X2 电容: 330uF; 310VAC; $\pm 10\%$; 110°C; W6*H18*T12mm; 脚距15mm; 脚长2.5mm	CK2	CAPX13*6	1	韦迪
插件电容	CBB 电容: 474; 450V; $\pm 10\%$; 105°C; W14*H12*T5mm; 脚距10mm, 脚长3.5mm	C8,		1	韦迪
插件电容	CBB 电容: 684; 450V; $\pm 10\%$; 105°C; W14*H12*T6mm; 脚距10mm, 脚长3.5mm	C11		1	韦迪
插件电容	电解电容: 100uF; 420V; $\pm 20\%$; $\Phi 16*25$ mm 脚距7.5mm 卧式左弯 105°C; 3000H;;	EC1	CE16*25	1	万京源/永铭
插件电容	固态电容: 820uF; 25V; $\pm 20\%$; $\Phi 6.3*18$ mm 脚距2.5mm 105°C; 3000H; PXI;	EC100, EC101	$\Phi 6.3$	2	万京源
盒式保险管	盒式保险管: 型号: 3.15A/250VAC; 慢断: 良胜/旭程	F1		1	
PFC 电感	PFC 电感: ATQ23.7(3+3); PC95; $\Phi 0.1*40P$ 30TS; 235uH $\pm 5\%$; 漏感小于4uH, (KB2407-28700)	L2	ATQ23.7	1	德立
高频变压器	高频变压器: ATQ2516(4+4) N95; $\Phi 0.1*15P$ 35TS; 375uH $\pm 5\%$; 漏感小于6uH, (KB2407-28752)	T100	ATQ2516	1	德立
差模电感	差模电感: 铁硅铝电感: 050-125 $\Phi 5.2*13$; $\Phi 0.65$ mm *45TS; 150uH	L1		1	德立
共模电感	立式骨架共模电感: ≥ 42 uH min; TEX-E T9*5*3; $\Phi 0.35$ mm *8.5TS; 镀锌	LP1,		1	德立
共模电感	立式无骨架共模 (非晶) 电感: ≥ 10 mH; TEX-E T14*9*5; $\Phi 0.65$ mm *15TS; 非晶	LF2		1	德立
共模电感	立式无骨架共模电感: ≥ 3 uH; TEX-E T8*4*4; $\Phi 0.65$ mm *3TS; 镀锌	L100		1	德立
EMI 小板 PCB	100W 2C1A EMI 板 板材: FR-4/双面板 厚度: 1.0mm 铜箔: 2oz 单板: 30*23.2x1.0 白字绿油, 过孔盖油, ROHS	EMI 小板 PCB		1	
结构组件					
协议 (小板) 组件					
协议 (小板) 组件	100W 2C1A 协议小板 组件 板材: FR-4/4面板 厚度: 1.0mm 铜箔: 2oz 单板: 47*23.6x1.0 白字绿油, 过孔盖油, ROHS 2C1A 20V5A+20V5A+A	100W 2C1A 协议小板 组件		1	

4.4 关键器件图纸/Drawing 变压器

原理图



N1:N2:N3:N4:N5=22:5:5:22:14

绕线方法

绕线顺序	绕组	线材	起脚	匝数	落脚	胶带	备注
1	N1	Φ 0.1mm*15 2UEW	3	24	5	2	绕二层
2	N2	Φ 0.15mm*2 2UEW	1	5	2	2	双线并绕, 各自出线
		Φ 0.15mm*2 2UEW	2	5	NC	1	
3	N3	Φ 0.10mm*100 利兹线	A	5	B	2	B: 黑色套管, A=总长30mm, B=34mm 锡线长: 3mm, 从8脚上方引出脚
4	N4	Φ 0.17mm*1 2UEW	2	22	NC	2	
5	N5	Φ 0.1mm*15 2UEW	5	12	4	2	磁芯用0.2线接到地

材料

No.	名称	匝比/材质	供应商
1	Bobbin	ATQ 2516 (4+4)	东莞市杨通/ 深圳 博思康
2	Core	ATQ 2516 (PC-95)	安磁/天通/Ferroxcube

感量要求

No.	绕组	感量	测试条件
1	Lp (3-4)	375uH ± 6uH	0.25V/10KHz
2	leakage inductance for Np1	< 5uH	0.25V/10KHz

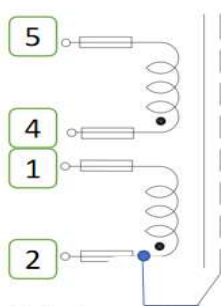
引脚方向



06 PFC 电感

235uH

原理图



N1=30T

绕线方法

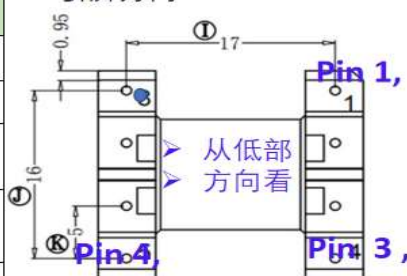
材料

No.	名称	匝比/材质	供应商
1	Bobbin	ATQ23.7 (3+3) 立式	深圳 博思康
2	Core	ATQ23.7 (PC-95)	安磁/天通/或等同

感量要求

No.	绕组	感量	测试条件
1	Lp (3-4)	235uH ± 5uH	0.25V/10KHz
2	leakage inductance	< 3uH	0.25V/10KHz

引脚方向



绕线顺序	绕组	线材	起脚	匝数	落脚	胶带	备注
1	N1	Φ 0.10mm*40 2UEW	4	30	5	1	每层 7.5T
2	N2	Φ 0.17mm*2 2UEW	2	3	1	2	均绕平铺
		余下到PIN1后绕满一层	2		NC		
1) 沿磁芯及线包方向包背胶铜皮, 宽度为: 5mm, 交接地于 PIN2							
2) 磁芯接Pin 2,磁芯点黑胶固定							标识: 235uH

06 共模电感

➤ 材料

序号	物料	规格型号及材质	供应商
1	磁芯	锰 锌 (T9X5X3) +骨架	天通, 东磁, 越峰
2	线材 (N1)	MW30-C (0.35*1)	东莞益达、
3	线材 (N2)	漆包线 (0.35*1) 双线并绕	广州智昌、四会市恒辉电工器材

➤ 原理图

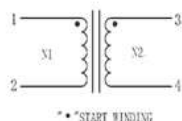


图 1 原理图

双线并绕

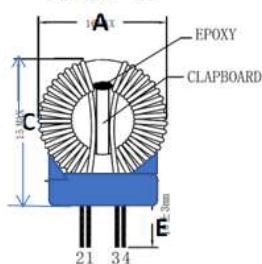


图 2 正视图

➤ 外形尺寸



图 3. 侧视图

A	11mm_Max
B	6.5mm_Max
C	14.5mm_Max
D	0.7mm_Max
E	3.5mm_Max

➤ 参数

名称	Inductance (μH) 电感值	匝数	Rated current (A) 额定电流
共模电感	1--2; 3--4 ≥42uH (Ref.) @10KH Z 0.25V	8	0.8A

06 共模电感

➤ 材料

序号	物料	规格型号及材质	供应商
1	磁芯	纳米晶 (T14X8.5X5)	
2	线材 (N1)	MW30-C (0.65*1)	东莞益达、
3	线材 (N2)	漆包线 (0.7*1) 绕组分绕	广州智昌、四会市恒辉电工器材

➤ 原理图



图 1 原理图

双线并绕

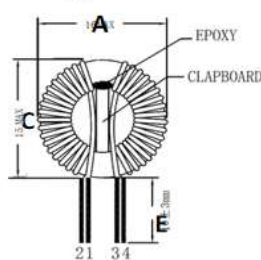


图 2 正视图

➤ 外形尺寸



图 3. 侧视图

A	18mm_Max
B	9.5mm_Max
C	18.3mm_Max
D	0.9mm_Max
E	3.5mm

➤ 参数

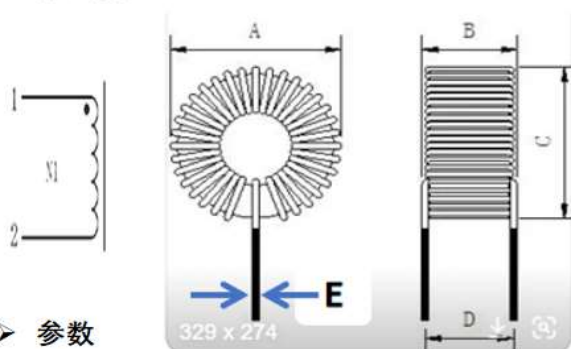
名称	Inductance (μH) 电感值	匝数	Rated current (A) 额定电流
共模电感	1.-2; 3-4 >10mH @10KH Z 0.25V	15 (Ref.)	1A

06 差模电感

➤ 材料

序号	物料	规格型号及材质	供应商
1	磁芯	铁硅铝磁环 050125 5A	北京7星; 深圳铂科
2	线材	漆包线 (0.7*1)	广州智昌、四会市恒辉电工器材

➤ 原理图



➤ 外形尺寸



A	16mm_Max
B	8mm_Max
C	16mm_Max
D	6mm_Max
E	0.9mm_Max

➤ 参数

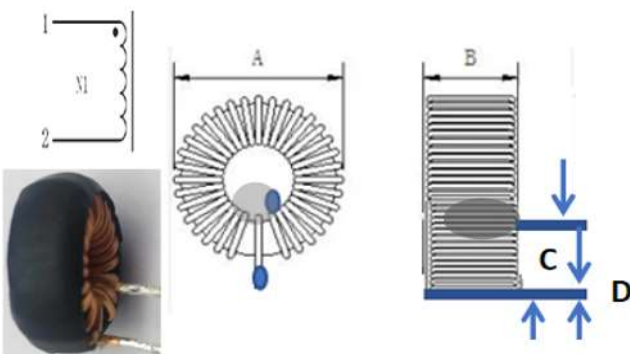
名称	Inductance (μH) 电感值	匝数	Rated current (A) 额定电流
功率电感	1---2 >150uH±6uH @10KH Z 0.25V	45 (Ref.)	2 A

06 Buck电感

➤ 材料

序号	物料	规格型号及材质	供应商
1	磁芯	铁硅铝: 044-125	北京7星; 深圳铂科
2	线材	漆包线 (0.9*1)	广州智昌、四会市恒辉电工器材

➤ 原理图



➤ 外形尺寸



A	14.4mm_Max
B	6.4mm_Max
C	5.5mm_Max
D	1.1mm_Max

➤ 参数

名称	Inductance (μH) 电感值	匝数	Rated current (A) 额定电流
环形电感	1---2 >10uH ±1uH @10KH Z 0.25V	12.5	5A

5.高可靠性 Cascode 产品

5.1 开关器件驱动可靠性

5.1.1 米勒电容对 GaN 驱动可靠性影响

在开关器件关断沿，器件的漏源电压 V_{ds} 上升，器件 D 端电流 I_d 流入米勒电容 C_{gd} ， C_{gd} 两端电压上升。流过米勒电容的电流 I_{cgd} 通过驱动电阻和驱动 IC Sink 到地，该电流大小：

$$I_{cgd} = C_{gd} * \frac{dV_{ds}}{dt}$$

器件关断沿的 dV_{ds}/dt 由器件的关断速度和负载电流决定，在高开关速度、高频和负载电流较大的工况下， I_{cgd} 较大。

电流 I_{cgd} 通过器件的关断电阻 $R_{g(off)}$ 、驱动环路寄生 L_g 、驱动 IC 的 Pin 脚流到地，在 $R_{g(off)}$ 较大、 L_g 较大、驱动 IC Sink 电流能力较小的情况下， I_{cgd} 中的部分电流会流入 C_{gs} 电容，导致器件栅源电压 V_{gs} 出现尖峰。

$$\Delta V_{gs} = \frac{1}{C_{gs}} \int (I_{cgd} - I_{sink}) dt$$

该尖峰电压有可能触发器件误开通甚至桥臂直通，导致器件驱动可靠性问题；另外也会增加器件的开关损耗以及造成驱动环路的振铃从而恶化系统 EMI。

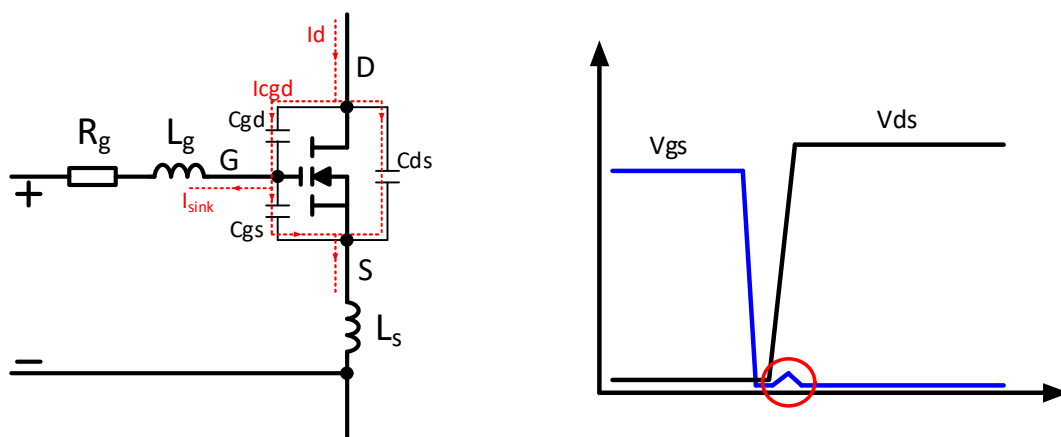


图 5.1 米勒电容对驱动可靠性的影响

5.1.2 源极寄生感对 GaN 驱动可靠性影响

在实际电路中，开关管的源端不可避免存在一些寄生感 L_s ，主要包括开关器件的封装和 Pin 脚寄生感、电路 PCB 走线的寄生感、Sense 电阻的 ESL 等。在开关器件关断沿，器件的电流 I_s 快速降到 0， L_s 上的 di/dt 会产生负电压 V_{Ls} ，该电压大小为：

$$V_{Ls} = L_s * \frac{dI_s}{dt}$$

寄生感电压 V_{Ls} 通过驱动环路耦合到器件的栅极，导致器件栅源电压 V_{gs} 出现尖峰。

$$\Delta V_{gs} = -V_{Ls} = -L_s * \frac{dI_s}{dt}$$

该尖峰电压也可能触发器件误开通甚至桥臂直通，导致器件驱动可靠性问题；另外也会增加器件的开关损耗以及造成驱动环路的振铃从而恶化系统 EMI。

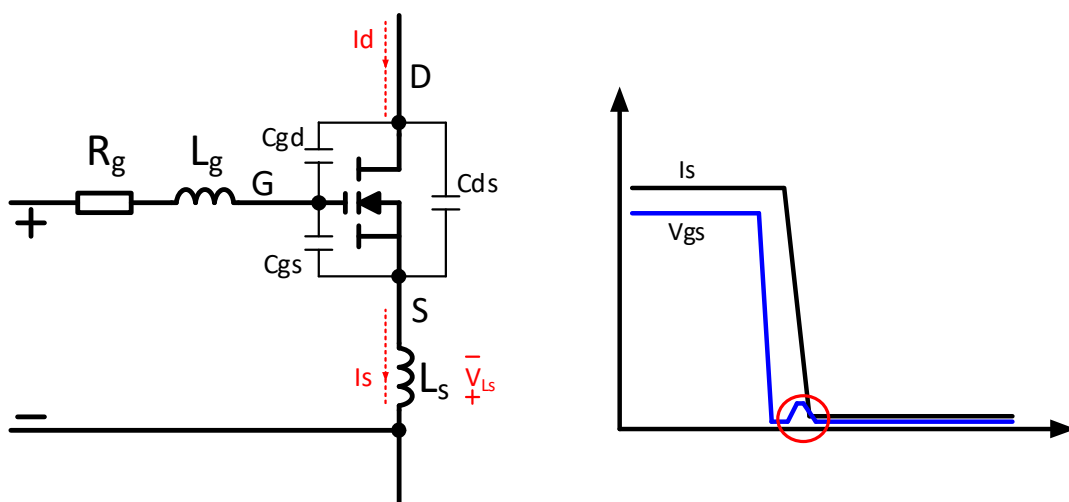


图 5.2 寄生电感对驱动可靠性的影响

5.2 高可靠性的增强型 CoreGaN 器件

5.2.1 Kelvin Source 引脚设计

能华半导体的增强型器件采用 Kelvin Source 引脚设计，这样可以避免功率回路 di/dt 通过功率器件的源极寄生感 L_s 耦合到驱动回路，从而提高系统高频开关时关断可靠性。

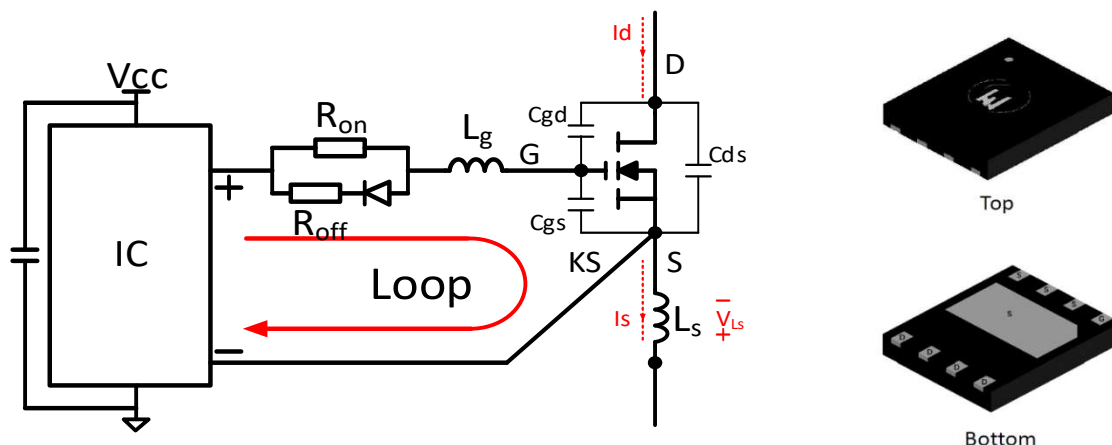


图 5.3 CoreGaN KS 引脚设计提高系统关断可靠性

5.2.2 高阈值电压的增强型 CoreGaN

从 5.1.1 和 5.1.2 分析可知，高频开关过程中的关断瞬间， dv/dt 会通过米勒电容会耦合到门极上，从而在门极形成一个电压尖峰；另外关断时的 di/dt 也会在源极寄生电感两端产生一个反向电动势从而在门极上形成一个电压尖峰，如果这两种情况同时存在就会在门极上叠加形成一个高的电压尖峰，如果门极阈值电压过低，这个尖峰电压就会引起 GaN 误开通。

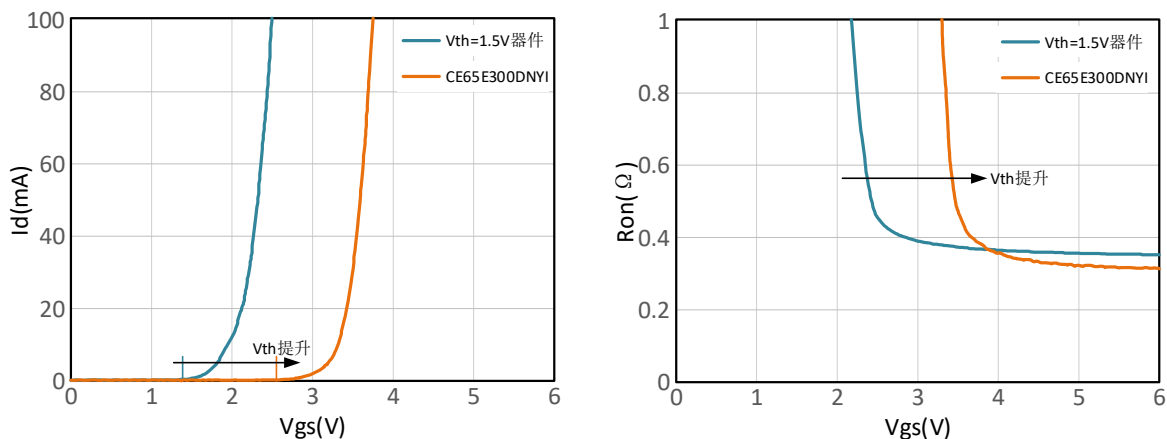


图 5.4 (a) CoreGaN 的 $V_{th}=2.5$ 图 5.4 (b) 导通内阻 R_{dson}

市场上已经量产的增强型 GaN 的门极普遍在 1.5V 左右，过低的门极电压对器件的驱动回路的 layout 要求非常严格，并且在大功率应用中，门极必须负压关断，否则 dv/dt 和 di/dt 在门极上叠加的尖峰电压容易导致器件误开通，降低系统可靠性。能华半导体自主创新外延工艺，将增强型 CoreGaN 的阈值电压提高到 2.5V，大大提高了系统可靠性，图 5 展示当 V_{gs} 接近 5V 左右时， R_{dson} 接近最小，说明驱动电压 5-6V 时，可以保证系统最好的能效输出。

5.3 高可靠性的增强型 CE65E300DNYI

POWER THE WORLD GREENER



CE65H160DNHI

CoreGaN 650V GaN HEMT

Description

The CE65H160DNHI Series 650V, 160mΩ gallium nitride (GaN) FETs are normally-off devices.

Coreenergy GaN FETs offer better efficiency through lower gate charge, faster switching speeds, and lower dynamic on-resistance, delivering significant advantages over traditional silicon (Si) devices.

Coreenergy is a leading-edge wide band gap supplier with world-class innovation.

Automotive

- Adapter
- Renewable energy
- Telecom and data-com
- Servo motors
- Industrial
- Automotive

General Features

Easy to drive—compatible with standard gate drivers

Low conduction and switching losses

RoHS compliant and Halogen-free

Benefits

Increased efficiency through fast switching

Increased power density

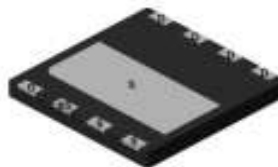
Reduced system size and weight

Ordering Information

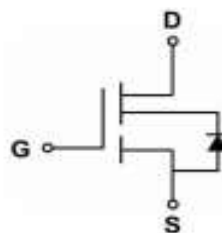
Part Number	Package	Package Configuration
CE65H160DNHI	PDFN 8*8	Source



Top



Bottom



Circuit Symbol

Features

BV_{DSS}	$R_{DS(on)}$	I_{DS}	Q_g
650V	160mΩ	16A	8.5nC

POWER THE WORLD GREENER



CE65E300DNYI

CoreGaN 650V GaN HEMT

Description

The CE65E300DNYI Series 650V, 300mΩ gallium nitride (GaN) FETs are normally-off devices.

Coreenergy GaN FETs offer better efficiency through lower gate charge, faster switching speeds, and smaller reverse recovery charge, delivering significant advantages over traditional silicon (Si) devices.

Coreenergy is a leading-edge wide band gap supplier with world-class innovation.

Application

- Fast charger
- Renewable energy
- Telecom and data-com
- Servo motors
- Industrial
- Automotive

General Features

Low conduction and switching losses
No free-wheeling diode required
RoHS compliant and Halogen-free

Benefits

Increased efficiency through fast switching
Increased power density
Reduced system size and weight

Ordering Information

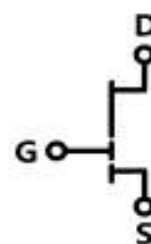
Part Number	Package	Package Configuration
CE65E300DNYI	PQFN(5X6)	Source



Top



Bottom



Circuit Symbol

Features

BV_{DSS}	$R_{DS(on)}$	I_{DS}	Q_g
650V	300mΩ	8A	1.35nC