

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 开机延迟时间测试/Turn On Delay Time Test
- 3.5 EMI 测试/EMI Test
- 3.6 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 TO 封装
- 5.2 650V/160m TO-220 CoreGaN 器件

1.Demo 介绍/Introduction

1.1 系统描述/System Description

60W 适配器 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 60W 的适配器 demo 板; 拓扑方案采用低成本的 QR 反激电路, 主控芯片采用华源智信公司的 HY1602E, 开关频率为 89KHz, 同步 IC 采用必易微的 KP4050, 系统峰值效率可以达到 92.1%, 待机损耗 85mW.

CoreGaN 器件耐压 650V, 瞬态耐压 900V, 导通内阻 160mOhm, 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; 另外其驱动电压范围 +20V, 大大提高了系统可靠性, 并且和传统的 Si MOSFET 驱动兼容; 这颗器件采用 TO-220 封装, 成本低, 热容大而且热阻小, 这种封装可以拓展器件的功率应用范围, 有很强的散热能力和耐热冲击能力, 使系统具有更高的热可靠性。

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}		12.3		V	
输出功率	P_{out}		60		W	
输出纹波	V_{ripple}	275			mV	
工作频率	f_s	50		89	KHz	
系统效率	eff	90		92.1	$\%$	老化一小时后测试
待机损耗	$P_{standby}$		85		mW	Measured@230V
PCBA 尺寸		72.7	43.1	20	mm	

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

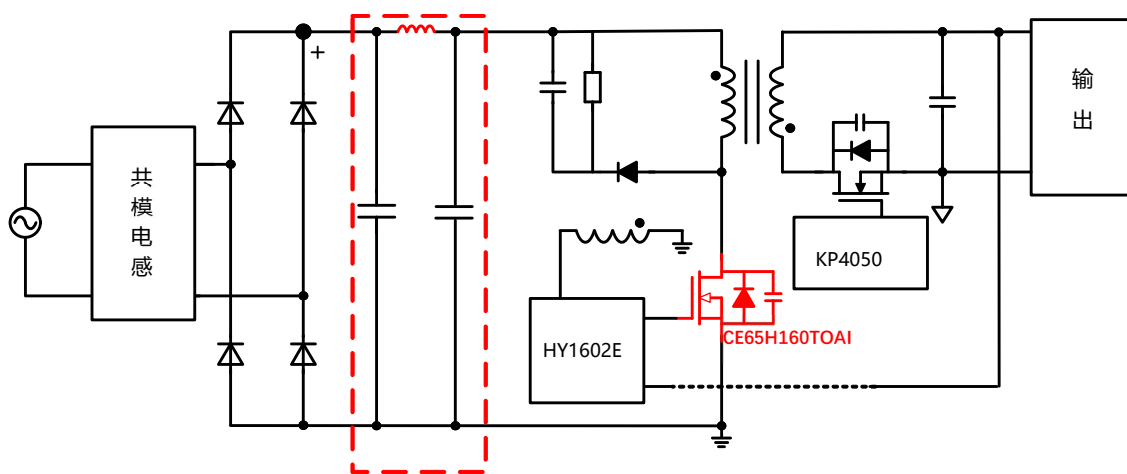


图 2.1 60W 适配器 Demo 板系统原理框图

图 2.1 显示的是 60W 适配器 demo 板的系统原理框图，系统主要由 EMI 滤波器、输入整流桥、主电路拓扑、主开关 HEMT 器件、主控 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

主功率 HEMT 器件是来自能华半导体的 CoreGaN 器件 CE65H160TOAI，耐压 650V，瞬态耐压 750V，导阻为 $160\text{m}\Omega$ 。封装 TO-220，成本低，同时热容大、热阻小，有较强的散热能力和耐热冲击能力，这颗 CoreGaN 器件能大大提升系统效率、功率密度，系统热应力可靠性大为提高。

5. 主控 IC/同步整流 IC

采用华源智信的 QR PWM 控制器 HY1602 作为主控 IC 来控制反激电路工作。同步整流控制 IC 是必易微的 KP4050 来控制同步整流 MOSFET 是系统输出更优的能效；



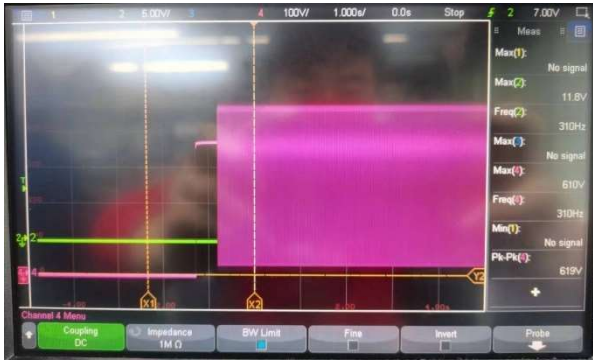

3.系统测试/Test

3.1 系统效率/Efficiency Test

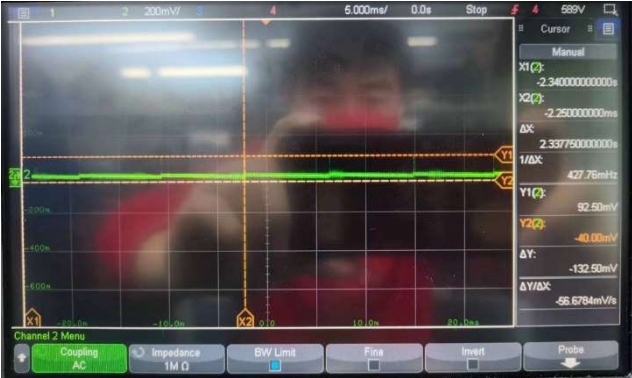
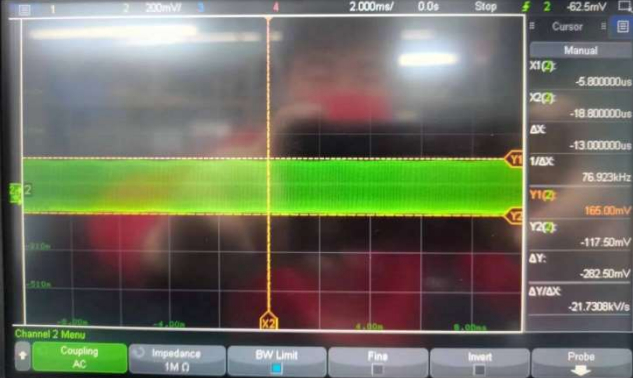


输入电压(V)	负载	输入功率(W)	输出电压(V)	输出电流(A)	效率(%)	平均效率(%)
90Vac/60Hz	12V/0.5A(10%)	6.76	12.29	0.5	90.87	-
	12V/1.25A(25%)	16.86	12.29	1.25	91.08	90.51
	12V/2.5A(50%)	33.92	12.28	2.5	90.54	
	12V/3.75A(75%)	50.91	12.28	3.75	90.48	
	12V/5A(100%)	68.27	12.28	5	89.95	
115Vac/60Hz	12V/0.5A(10%)	6.74	12.29	0.5	91.14	-
	12V/1.25A(25%)	16.76	12.29	1.25	91.63	91.33
	12V/2.5A(50%)	33.62	12.28	2.5	91.35	
	12V/3.75A(75%)	50.52	12.28	3.75	91.18	
	12V/5A(100%)	67.37	12.28	5	91.15	
230Vac/50Hz	12V/0.5A(10%)	6.81	12.29	0.5	90.22	-
	12V/1.25A(25%)	16.75	12.29	1.25	91.70	91.98
	12V/2.5A(50%)	33.39	12.29	2.5	91.99	
	12V/3.75A(75%)	50.01	12.28	3.75	92.12	
	12V/5A(100%)	66.66	12.28	5	92.13	
264Vac/50Hz	12V/0.5A(10%)	6.87	12.29	0.5	89.43	-
	12V/1.25A(25%)	16.82	12.29	1.25	91.32	91.80
	12V/2.5A(50%)	33.46	12.29	2.5	91.80	
	12V/3.75A(75%)	50.08	12.29	3.75	91.99	
	12V/5A(100%)	66.69	12.28	5	92.10	

输入电压	230V/50Hz
空载损耗(mW)	85





3.2 动态应力测试/Dynamic Stress Test

90Vac 输入/12V5A 输出	
	
PK-PK:356V	PK-PK:336V
264Vac 输入/12V5A 输出	
	
PK-PK:590V	PK-PK:583V

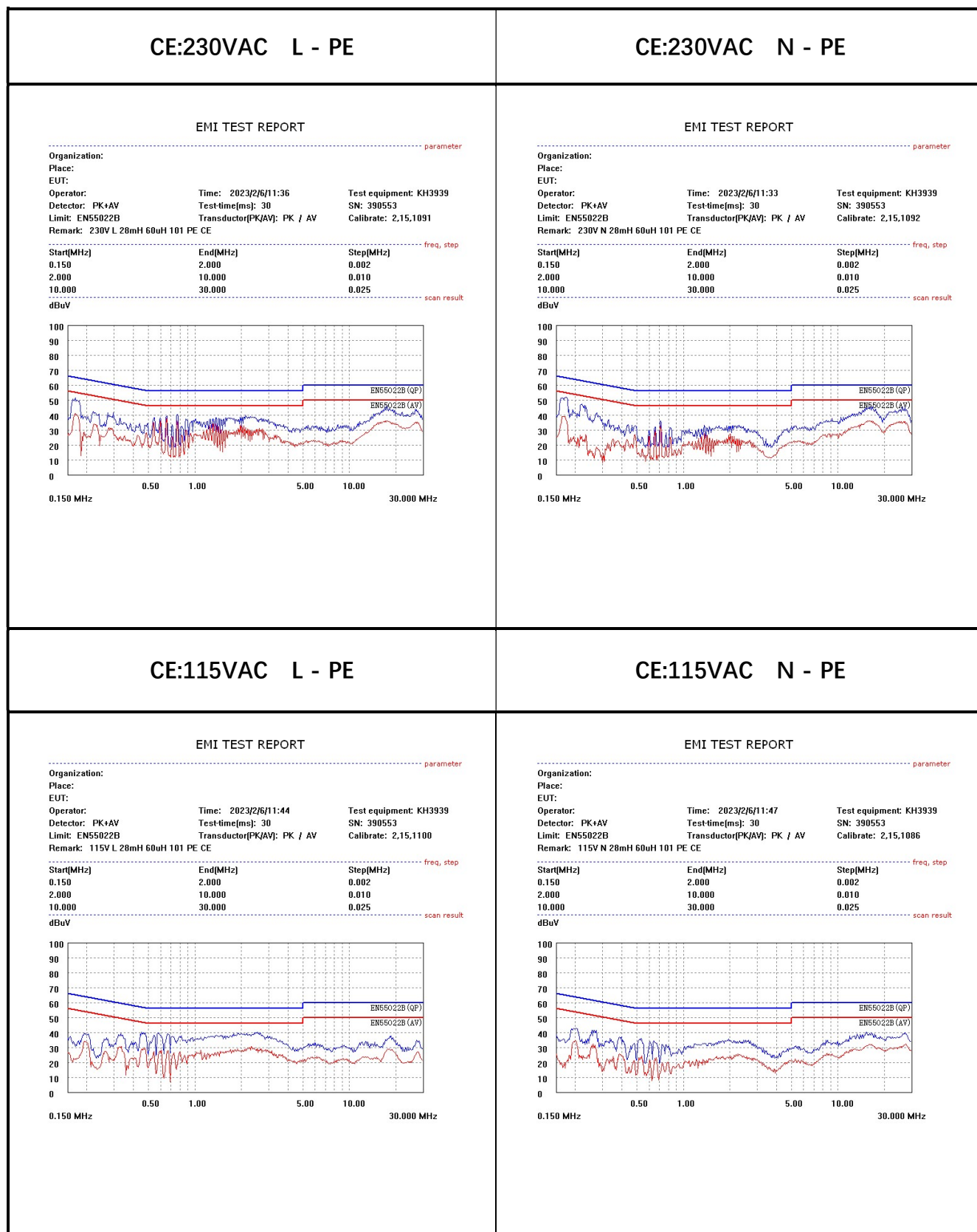
3.3 纹波测试/Ripple Test (满载/空载)

90Vac 输入/12V0A 输出	90Vac 输入/12V5A 输出
	
PK-PK:132mV	PK-PK:282mV
264Vac 输入/12V0A 输出	264Vac 输入/12V5A 输出
	
PK-PK:145mV	PK-PK:275mV

3.4 开机延迟时间测试/Turn On Delay Time Test

90Vac 输入/12V5A 输出	
	
T:2.44S	T:2.5S
264Vac 输入/12V5A 输出	
	
T:540mS	T:760mS

3.5 EMI 测试/EMI Test



CE:230VAC L

EMI TEST REPORT

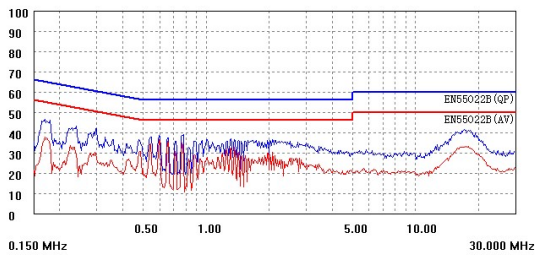
Organization:
 Place:
 EUT:
 Operator:
 Detector: PK+AV
 Limit: EN55022B
 Remark: 230V L 20mH 60uH 101 CE

Time: 2023/2/6/11:41
 Test-time(ms): 30
 Transducer(PK/AV): PK / AV

Test equipment: KH3939
 SN: 390553
 Calibrate: 2.15.1092

Start(MHz)	End(MHz)	Step(MHz)
0.150	2.000	0.002
2.000	10.000	0.010
10.000	30.000	0.025

scan result



CE:230VAC N

EMI TEST REPORT

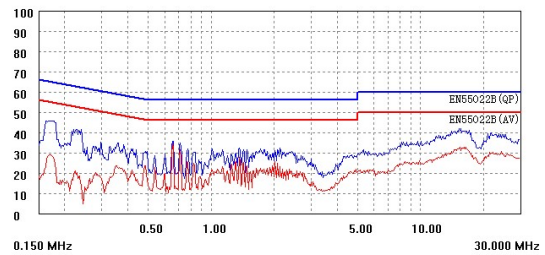
Organization:
 Place:
 EUT:
 Operator:
 Detector: PK+AV
 Limit: EN55022B
 Remark: 230V N 20mH 60uH 101 CE

Time: 2023/2/6/11:39
 Test-time(ms): 30
 Transducer(PK/AV): PK / AV

Test equipment: KH3939
 SN: 390553
 Calibrate: 2.15.1104

Start(MHz)	End(MHz)	Step(MHz)
0.150	2.000	0.002
2.000	10.000	0.010
10.000	30.000	0.025

scan result



CE:115VAC L

EMI TEST REPORT

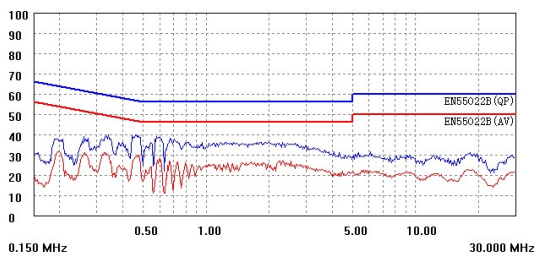
Organization:
 Place:
 EUT:
 Operator:
 Detector: PK+AV
 Limit: EN55022B
 Remark: 115V L 20mH 60uH 101 CE

Time: 2023/2/6/11:51
 Test-time(ms): 30
 Transducer(PK/AV): PK / AV

Test equipment: KH3939
 SN: 390553
 Calibrate: 2.15.1077

Start(MHz)	End(MHz)	Step(MHz)
0.150	2.000	0.002
2.000	10.000	0.010
10.000	30.000	0.025

scan result



CE:115VAC N

EMI TEST REPORT

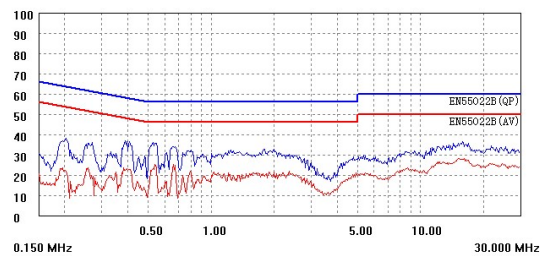
Organization:
 Place:
 EUT:
 Operator:
 Detector: PK+AV
 Limit: EN55022B
 Remark: 115V N 20mH 60uH 101 CE

Time: 2023/2/6/11:49
 Test-time(ms): 30
 Transducer(PK/AV): PK / AV

Test equipment: KH3939
 SN: 390553
 Calibrate: 2.15.1090

Start(MHz)	End(MHz)	Step(MHz)
0.150	2.000	0.002
2.000	10.000	0.010
10.000	30.000	0.025

scan result

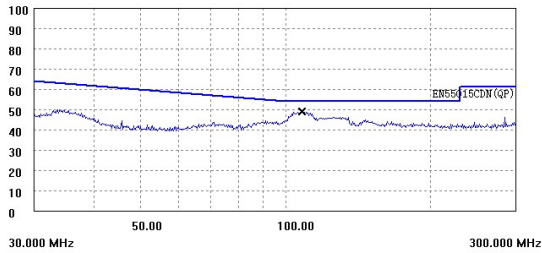


RE:230VAC

EMI TEST REPORT

Organization: ----- parameter
Place: -----
EUT: -----
Operator: ----- Time: 2023/2/6/11:55 Test equipment: KH3939
Detector: PK Test time(ms): 30 SN: 390553
Limit: EN55015CDN Transducer(PK/AV): CDN / CDN Calibrate: 2.15,1084
Remark: 230V L 20mH 60uH 101 RE

Start(MHz) End(MHz) Step(MHz) ----- freq, step
30.000 300.000 0.100
----- scan result
dBuV



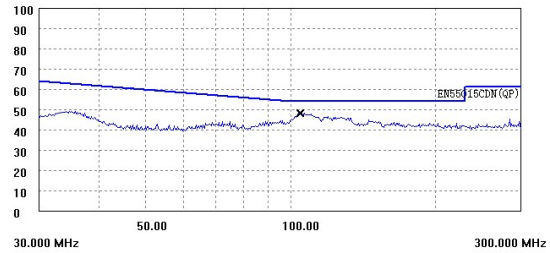
----- final test
[QP] freq(MHz) lev(dBuV) Lim(dBuV) Δ(lev-Lim)
108.300 48.9 54.0 -5.1

RE:230VAC

EMI TEST REPORT

Organization: ----- parameter
Place: -----
EUT: -----
Operator: ----- Time: 2023/2/6/11:58 Test equipment: KH3939
Detector: PK Test time(ms): 30 SN: 390553
Limit: EN55015CDN Transducer(PK/AV): CDN / CDN Calibrate: 2.15,1088
Remark: 230V N 20mH 60uH 101 RE

Start(MHz) End(MHz) Step(MHz) ----- freq, step
30.000 300.000 0.100
----- scan result
dBuV



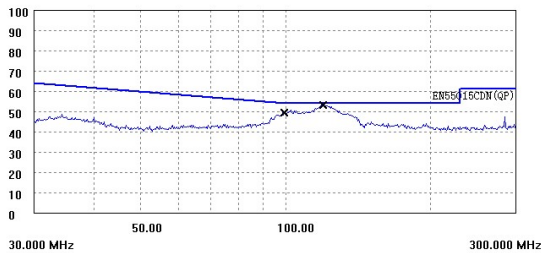
----- final test
[QP] freq(MHz) lev(dBuV) Lim(dBuV) Δ(lev-Lim)
104.800 48.1 54.0 -5.9

RE:115VAC

EMI TEST REPORT

Organization: ----- parameter
Place: -----
EUT: -----
Operator: ----- Time: 2023/2/6/12:2 Test equipment: KH3939
Detector: PK Test time(ms): 30 SN: 390553
Limit: EN55015CDN Transducer(PK/AV): CDN / CDN Calibrate: 2.15,1078
Remark: 115V L 28mH 60uH 101 RE

Start(MHz) End(MHz) Step(MHz) ----- freq, step
30.000 300.000 0.100
----- scan result
dBuV



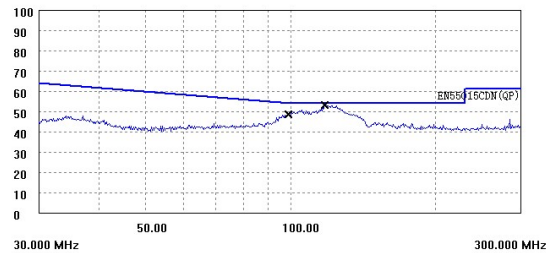
----- final test
[QP] freq(MHz) lev(dBuV) Lim(dBuV) Δ(lev-Lim)
99.500 49.3 54.0 -4.8
119.800 53.2 54.0 -0.8

RE:115VAC

EMI TEST REPORT

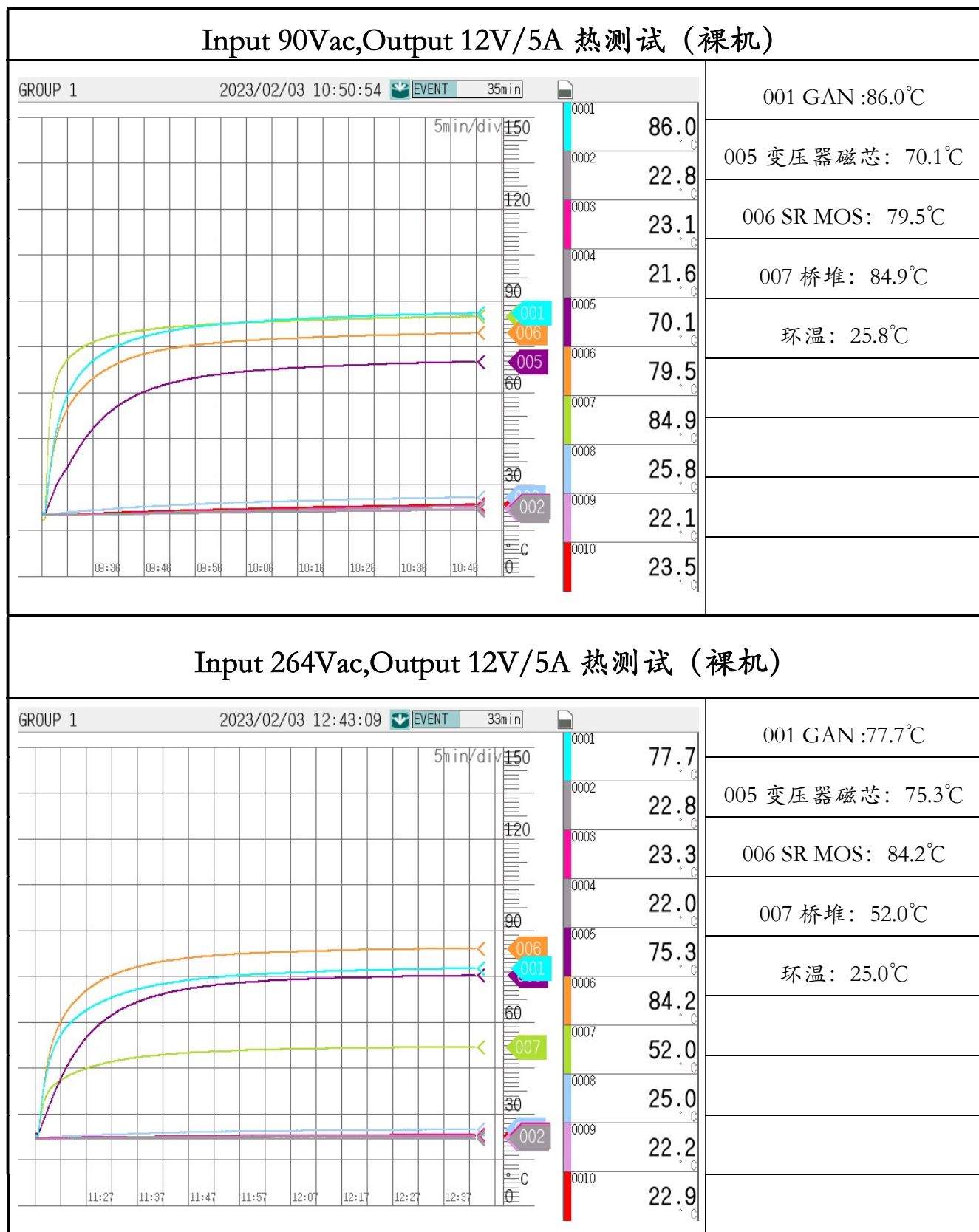
Organization: ----- parameter
Place: -----
EUT: -----
Operator: ----- Time: 2023/2/6/12:0 Test equipment: KH3939
Detector: PK Test time(ms): 30 SN: 390553
Limit: EN55015CDN Transducer(PK/AV): CDN / CDN Calibrate: 2.15,1095
Remark: 115V N 28mH 60uH 101 RE

Start(MHz) End(MHz) Step(MHz) ----- freq, step
30.000 300.000 0.100
----- scan result
dBuV

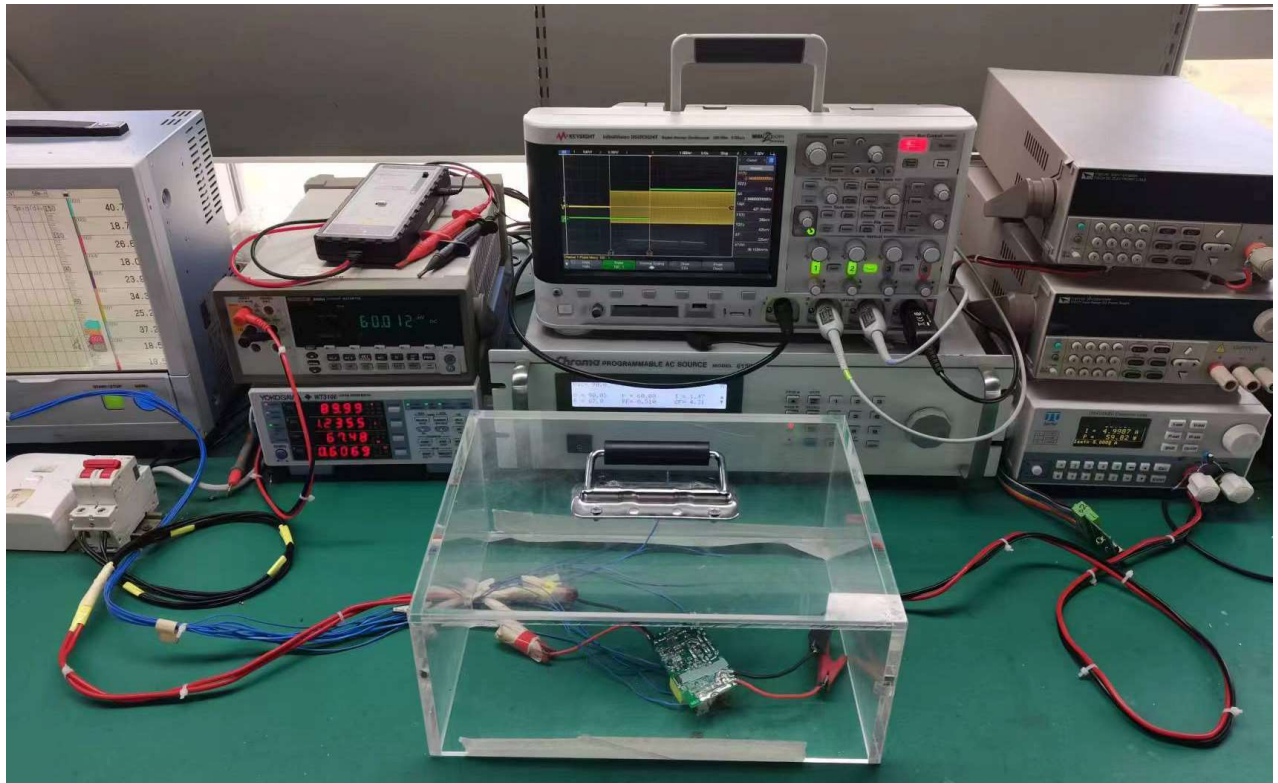


----- final test
[QP] freq(MHz) lev(dBuV) Lim(dBuV) Δ(lev-Lim)
98.800 48.6 54.1 -5.5
117.700 53.0 54.0 -1.0

3.6 热测试 Thermal Test (90V/264V 满载)

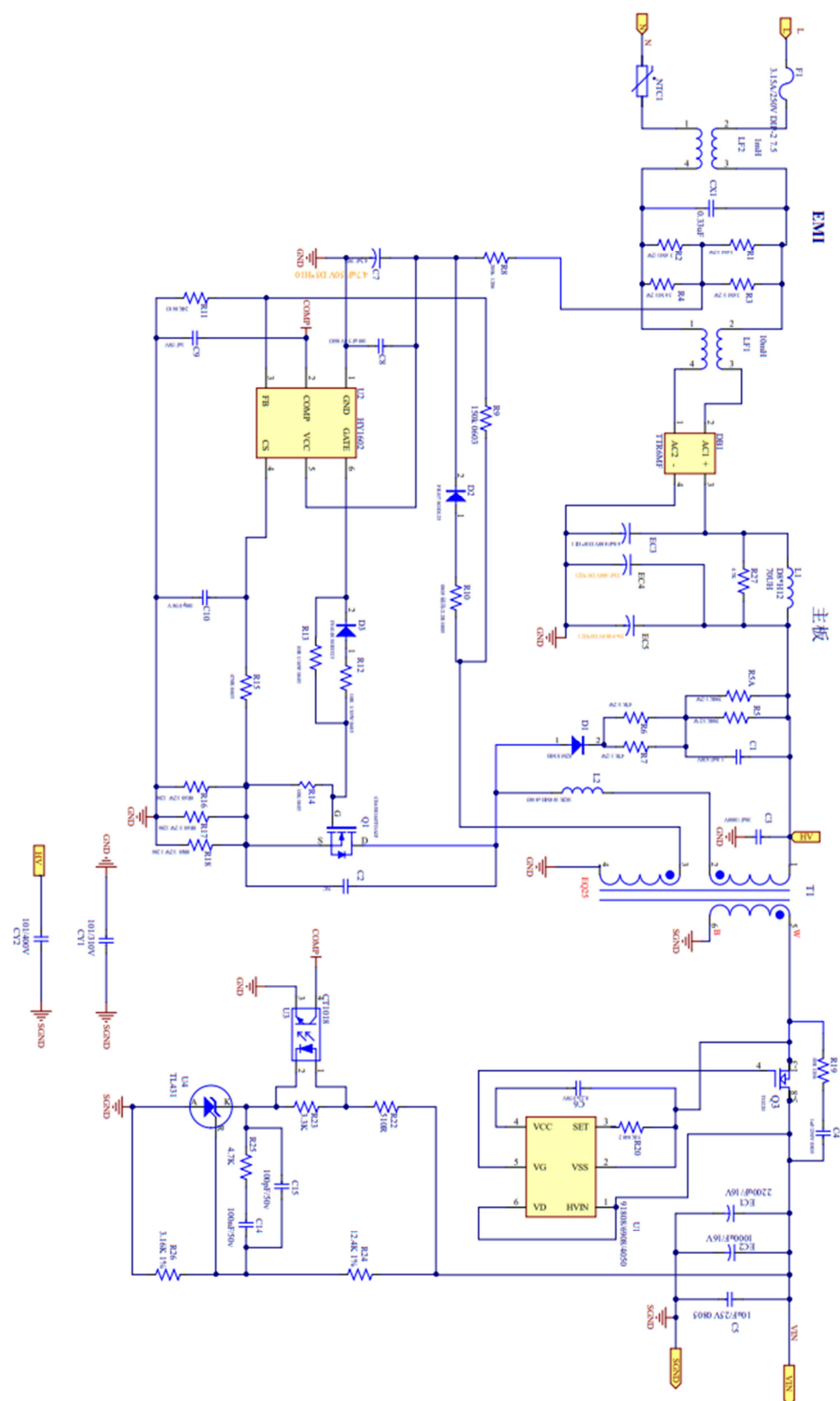


热测试 Setup



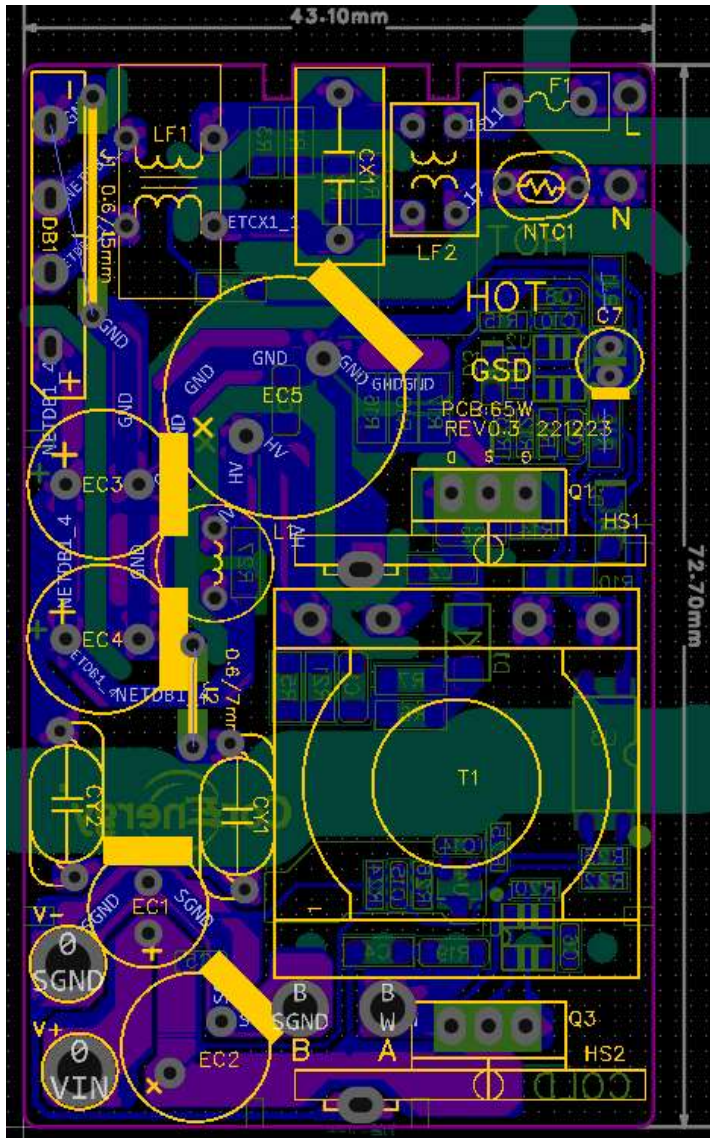
4.主要文件

4.1 原理图/Schematics

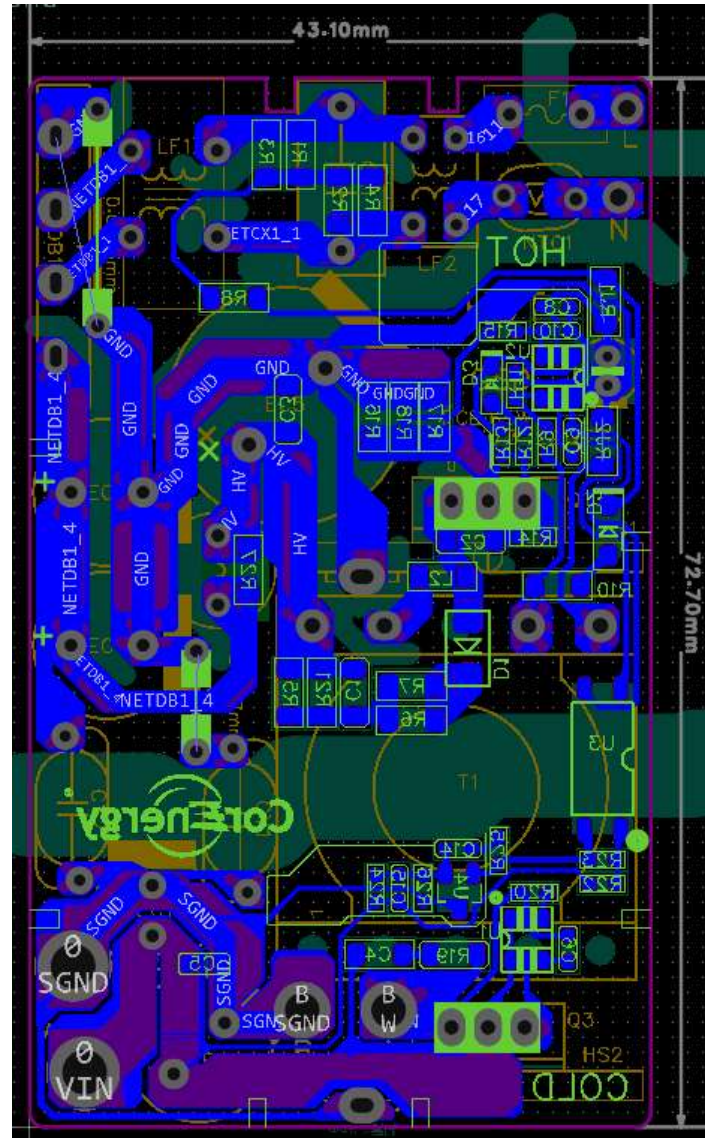


4.2 PCB 板/PCB

TOP Layer



Bottom Layer



4.3 系统 BOM

贴片料		
Device	Designator	Footprint
1nF/1kV	C1	1206C
10pF/1kV	C2	1206C
10nF/1kV	C3	1206C
1nF/250V	C4	1206C
10uF/25V	C5	0805C
2. 2uF/50V	C6	0603C
100nF 50V	C8	0603C
1nF/50V	C9	0603C
100pF/50V	C10	0603C
100nF/50V	C14	0603C
NC	C15	0603C
RS2M SMAF	D1	SMAF
FR107 SOD123	D2	123
1N4148 SOD323	D3	323
磁珠 OR	L2	1206R
3. 6M	R1, R2, R3, R4	1206R
390K	R5, R21	1206R
47R	R6, R7	1206R
200K	R8	1206R
150K	R9	0603R
2. 2R	R10	1206R
24K	R11	0603R
10R	R12	0603R
10R	R13	0603R
10K	R14	0603R
470R	R15	0603R
OR68	R16, R17, R18	1206R
10R	R19	1206R
100K	R20	0603R
1k	R22	0603R
3. 3K	R23	0603R
12. 4K	R24	0603R
4. 7K	R25	0603R
3. 16K	R26	0603R
4. 7K	R27	1206R

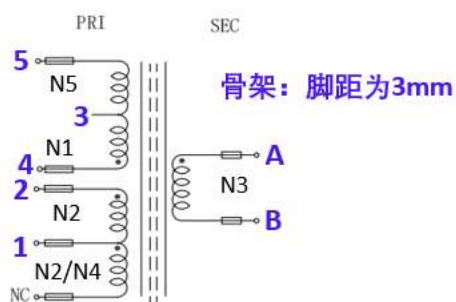
POWER THE WORLD GREENER

OR	RJ1, RJ2	1206R
KP4050	U1	SOT-23-6
HY1602	U2	SOT-23-6
EL1018	U3	SO-4 (P10)-
TL431	U4	SOT-23
插件料		
Device	Designator	Footprint
4.7uF/50V	C7	EC-4X7-P2-C-1
0.33uF/315Vac	CX1	XC-13X8-P10
100pF/1kV	CY1, CY2	YC-8X6-P10-V
GBU810A	DB1	BD-22X3.4-P5.08-+
1000uF/16V	EC1	EC8
2200uF/16V	EC2	EC10
33uF/400V	EC3, EC4	EC10
68uF/400V	EC5	EC-16X21-P7.5-C
3.15A/250V	F1	FUSE
HS-PIN6	HS1, HS2	HS-PIN6
JUMP-0.6/15	J1	JUMP-0.6/15
JUMP-0.6/7.5	J2	JUMP-0.6/7.5
HWR8*12/60uH	L1	T8*10
T9*5*3/1mH	LF2	T9*5*3
T14*9*6/25mH	LF1	T14*9*6
1.5D-7	NTC1	NTC-6.5X4.5-P5
CE65H160TOAI/160m/650V	Q1	Cascode-T0220-3L-T
LH130N100/4mohm/100V	Q3	T0-220-3P-P2.54
EQ2516/27:3:4/320uH	T1	EQ25

4.4 关键器件图纸/Drawing

4.4.1 变压器

➤ 原理图



Pin 定义



➤ 材料

No.	名称	匝比/材质	备注
1	Bobbin	EQ2516(5+5)	
2	Core	EQ2516 PC94	

➤ 感量要求

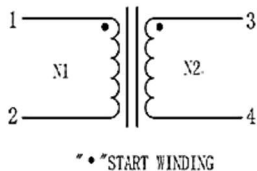
No.	绕组	感量	测试条件
1	PIN4~PIN5	320uH \pm 5uH	CH1062 1KHz, 0.25V
2	PIN4~PIN5 (short Others)	< 5uH	CH1062 1KHz/0.25V

➤ 绕线方法

No.	Terminal	Wire Gauge	Turns	Tape	Layer	Remarking
N1	4-3	2UEW \varnothing 0.1mm*20P	18	2		密绕 2 层
N2	2-1	2UEW \varnothing 0.15mm*1P	4	2		均绕
N3	A-B	TEX \varnothing 0.1mm*50*2P	3	2		密绕 1 层
N4	1-NC	2UEW \varnothing 0.15mm*1P	19	2		均绕
N5	3-5	2UEW \varnothing 0.1mm*20P	9	2		密绕 1 层

4.4.2 共模电感-LF1

➤ 原理图



➤ 材料

图 1 原理图

➤ 外形

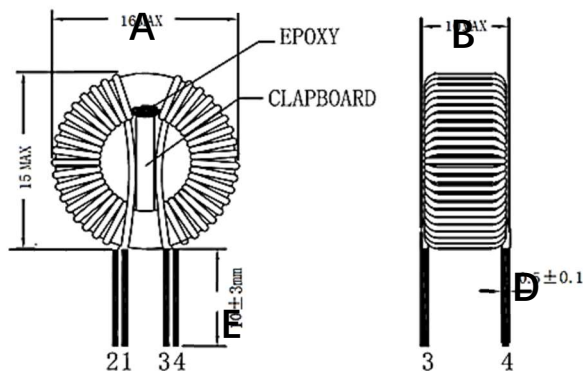


图 2 正视图

图 3. 侧视图

➤ 尺寸

A	15mm_Max
B	7.5mm_Max
C	15.5mm_Max
D	0.9mm_Max
E	3.5mm

No.	物料	规格型号及材质	备注
1	磁芯	T14*9*6C 锰锌铁氧体	
2	线材(N1)	漆包线 (线径 0.4mm)	
3	线材(N2)	漆包线 (线径 0.4mm)	

➤ 参数

名称	电感值	匝数	测量条件: 额定电流
共模电感	25mH	54	2A

4.4.2 共模电感-LF2

➤ 原理图

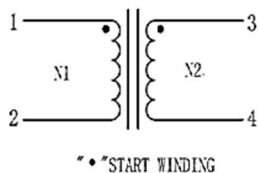


图 1 原理图

➤ 外形

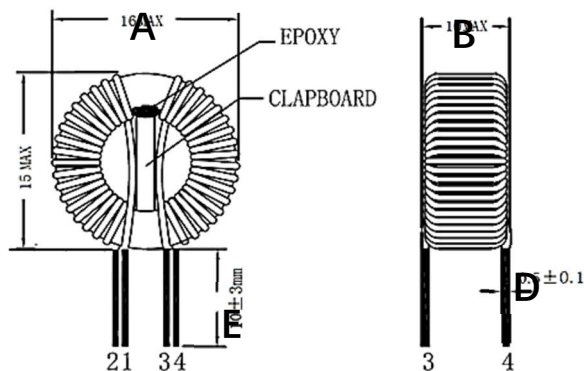


图 2 正视图

图 3. 侧视图

➤ 尺寸

A	11mm_Max
B	6.5mm_Max
C	11.5mm_Max
D	0.7mm_Max
E	3.5mm_Max

➤ 材料

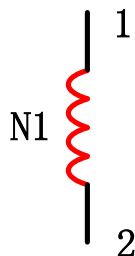
No.	物料	规格型号及材质	备注
1	磁芯	T9*5*3 锰锌铁氧体	
2	线材(N1)	漆包线 (线径 0.4mm)	
3	线材(N2)	三层绝缘线 (线径 0.4mm)	

➤ 参数

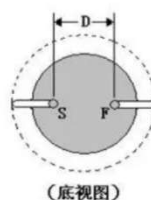
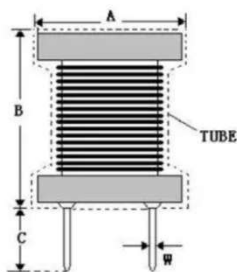
名称	电感值	匝数	测量条件: 额定电流
共模电感	1mH	13	2A

4.4.3 差模电感

➤ 原理图



➤ 外形



➤ 尺寸

A	8.3mm_Max
B	10mm_Max
C	4mm_Max
D	5mm
E	1mm_Max

➤ 材料

No.	物料	规格型号及材质	备注
1	磁芯	铁氧体: 工字电感 (D8*H10)	
2	线材	漆包线 (0.5*1)	

➤ 参数

名称	电感值	匝数	测量条件: 额定电流
工字电感	1-2 >60uH	43.5	2A

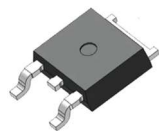
5.高可靠性 Cascode 产品

5.1.1 TO 封装简介

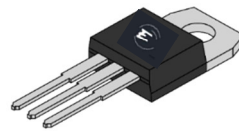
TO 封装有两种类型，一种是表贴 TO 封装，它的引脚和焊盘可以安装在 PCB 上，最常见的是通过锡膏固定在 PCB 上，然后通过回流焊和 PCB 的线路电气相连，这种 TO 封装一般通过 PCB 散热，比如 TO252,TO263 等。

另外一种是通过孔 TO 封装，这种封装的引脚比较长且笔直，可以插入 PCB 的钻孔中，并通过波峰焊和 PCB 上的线路连接，可以将这种 TO 封装安装在散热器上紧贴来帮忙散热；比如 TO 220, TO262,TO251,TO247 等。

这两种封装工艺比较成熟，且市场量巨大，封装成本比较低廉。



TO-252



TO-220

图 5.1 TO 封装

5.1.2 TO 封装性能

封装在散热器上的热性能可以通过器件的 Junction 到环境的热阻 R_{thJA} 来描述，热阻 R_{thJA} 可以通过图示所示的模型和等式来计算：

$$R_{thJA} = R_{thJC} + R_{thCS} + R_{thS} + R_{thSA} \quad (1)$$

R_{thJA} : Junction 到环境的热阻 (K/W)

R_{thJC} : Junction 到 case 的热阻 (K/W)

R_{thCS} : case 到散热器的热阻 (K/W)

R_{thS} : 散热器的热阻 (K/W)

R_{thSA} : 散热器到环境的热阻

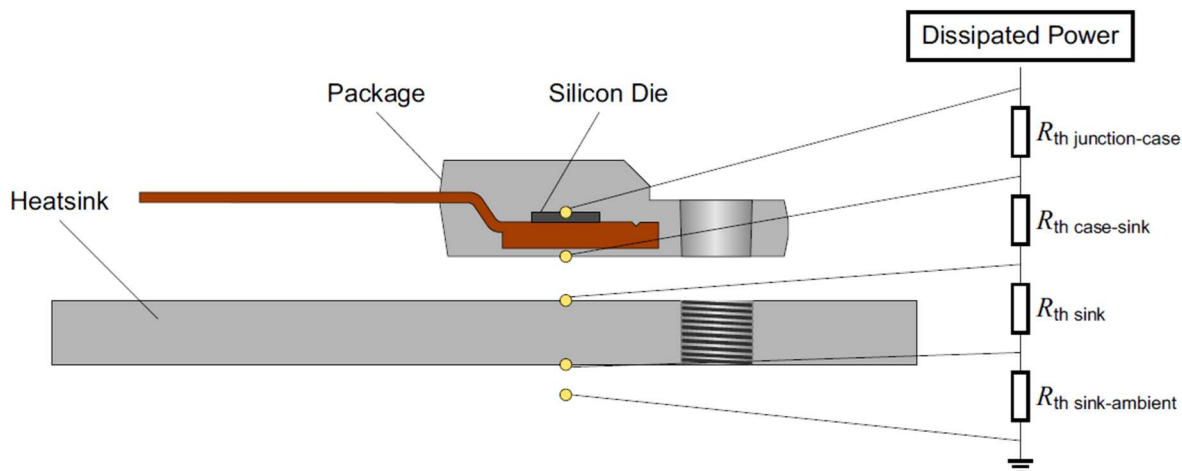


图 5.2 TO 封装热模型

当安装 TO 封装器件在散热器上时，要特别注意两个接触面之间，也就是器件面和散热器接触面之间的热阻 R_{thCS} ，理想情况下热阻 R_{thCS} 为 0，但实际情况这个接触面存在小的空气间隙，这个小的空气间隙是以下原因导致的：

1. 器件和散热器之间的表面并不是理想光滑的
2. 器件和散热器的表面不是理想水平的
3. 不正确安装导致的器件错位

因此热阻 R_{thCS} 一般大于 0，为了尽可能降低热阻 R_{thCS} ，一般需要使用散热膏来填充两个接触面之间的空隙，散热膏大约可以降低热阻 1.5K/W 左右。

5.2 650V/160m TO220 CoreGaN 器件

POWER THE WORLD GREENER



CE65H160TOAI

CoreGaN 650V GaN HEMT

Description

The CE65H160TOAI 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 onresistance, 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

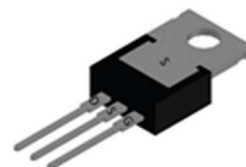
Reduced system size and weight

Ordering Information

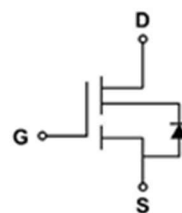
Part Number	Package	Package Configuration
CE65H160TOAI	TO220	Source



Top



Bottom



Circuit Symbol

Features

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