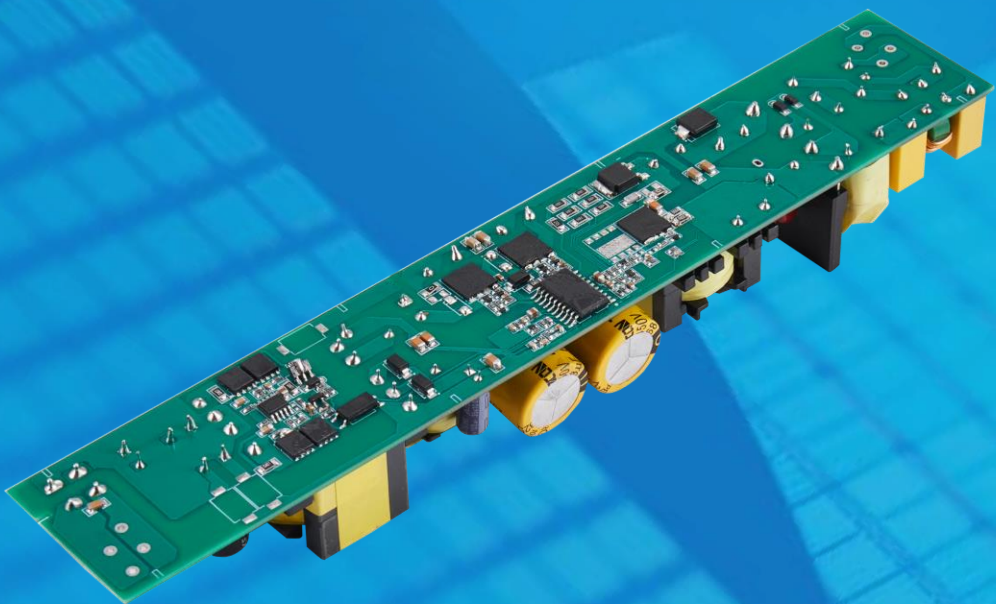
Innoscience
英诺赛科

POWER THE FUTURE

INNDAD240B1

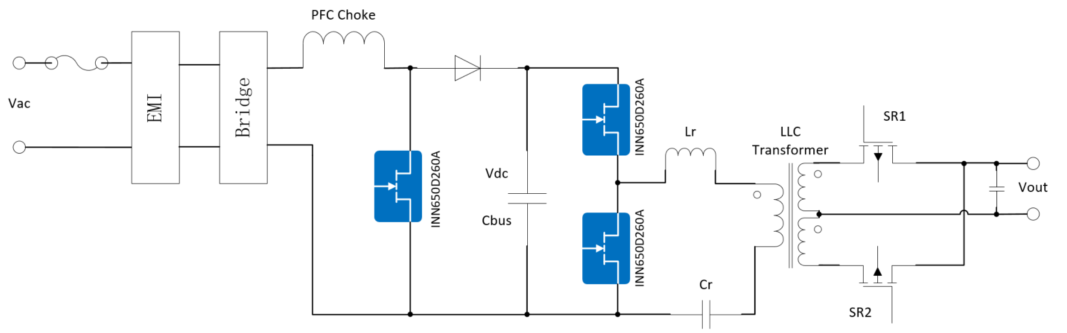
240W PFC+LLC

Demo Manual



24V/10A Power Supply for LED Lighting

- 240W LED照明电源方案

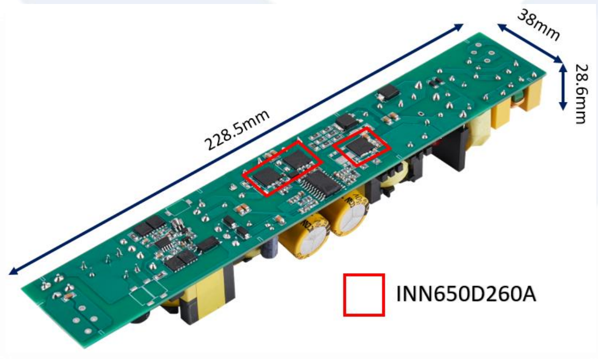


240W LED照明电源方案，输入176Vac-264Vac，输出24V/10A，最大输出功率240W，峰值效率为95.68%@70%负载，满载效率为95.38%，功率密度为15.8W/inch^3，原边侧采用PFC+LLC combo的控制IC，PFC功率部分使用单颗650V GaN HEMT INN650D260A，LLC功率部分使用两颗INN650D260A，副边侧采用同步整流，功率管使用Si MOSFET。

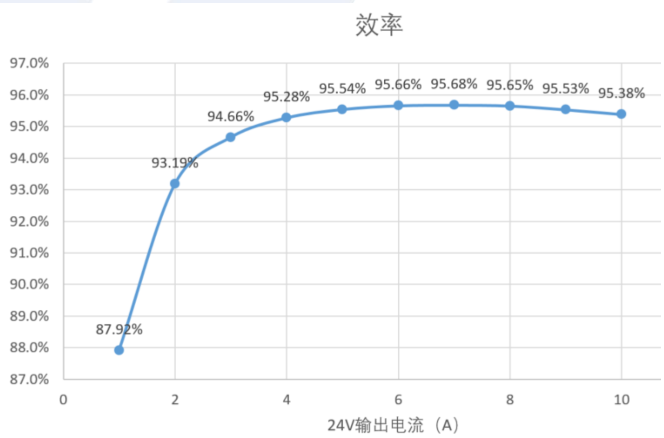
- 重点器件
  - INN650D260A

- 应用场景
  - LED照明电源

- 实物图



- 测试数据



目录

1. 概述

1.1. 引言

INNDAD240B1是一款240W LED照明电源方案，输入176Vac-264Vac，输出24V/10A，最大输出功率240W，峰值效率为95.68%@70%负载，满载效率为95.38%，功率密度为15.8W/inch3，原边侧采用PFC+LLC combo的控制IC，PFC功率部分使用单颗650V GaN HEMT INN650D260A，LLC功率部分使用两颗INN650D260A，副边侧采用同步整流，功率管使用Si MOSFET。

1.2. 特色

- 主要优势
  - 高效率：峰值效率95.68%，满载效率95.38%
  - 高功率密度：15.8W/inch^3（无风密闭环境）
  - 支持热插拔
- 保护功能
  - 输入欠压保护
  - 输出过流保护
  - 输出短路保护

1.3. 应用

- LED照明电源

2. 参数

表 1 INNDAD240B1电气参数表(Ta = 25 ℃)

Symbol	Parameters	Conditions	Min	Nom	Max	Units
系统规格						
Vin	AC输入电压		176	220	264	Vac
Fac	AC输入电压频率		47	50	53	Hz
Fsw,PFC	PFC开关频率		-	110	-	kHz
Fsw,LLC	LLC开关频率		-	130	-	kHz
Vout	输出电压		22.8	24	25.2	V
Pout	输出功率		-	-	240	W
Demo性能						
Eff,pk	峰值效率	Vin=220Vac, Output=24V/7A	-	95.68	-	%
Eff	满载效率	Vin=220Vac, Output=24V/10A	-	95.38	-	%
Cosφ	功率因数	Vin=176-264Vac, Output=24V/10A	0.9711	-	-	-
THD	总谐波失真	Vin=176-264Vac, Output=24V/10A	-	-	12.1	%
$P_{standby}$	空载功耗	Vin=176-264Vac, Output=24V/0A	-	-	286	mW
V_{ripple}	输出电压纹波	Vin=176-264Vac, Output=24V/10A	-	-	355	mV

3. 应用方案

3.1. 方框图

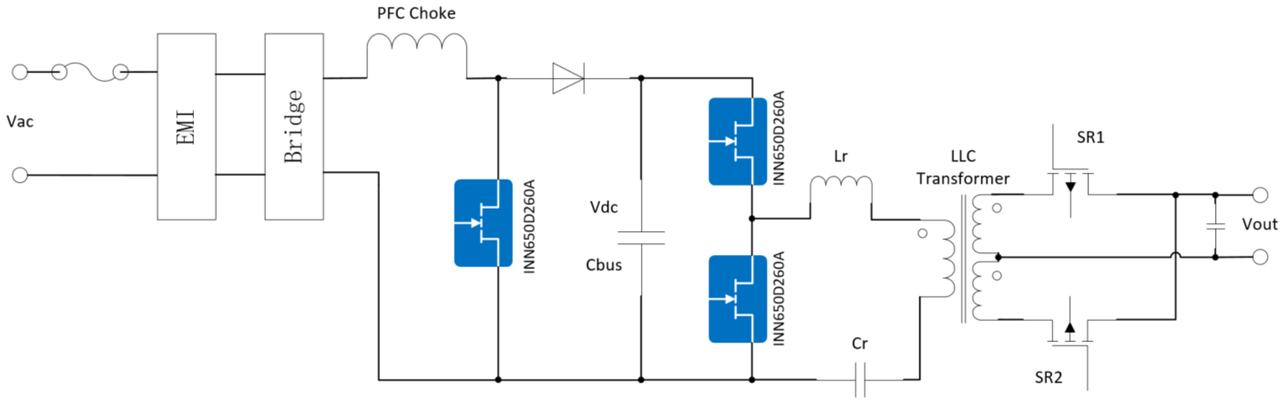


图 1 INNDAD240B1系统框图

3.2. INN650D260A器件介绍

INN650D260A是英诺赛科的一款采用DFN 8mm x 8mm封装的650V硅基氮化镓增强型功率晶体管。相比于具有同等导通电阻的Si MOSFET器件，INN650D260A具有更低的栅极电荷和输出电荷，零反向恢复电荷等优势，从而可降低系统的开关损耗和驱动损耗。

表 2 INN650D260A电气参数表(Tj = 25 ℃)

Parameter	Value	Unit
Vds,max	650	V
Rds(on),max@V_G=6V	260	mΩ
Qg,typ@Vds=400V	2	nC
Id,pulse	22	A
Qoss@Vds=400V	19	nC
Qrr@Vds=400V	0	nC

4. PCBA实物图和原理图

4.1. PCBA 实物图

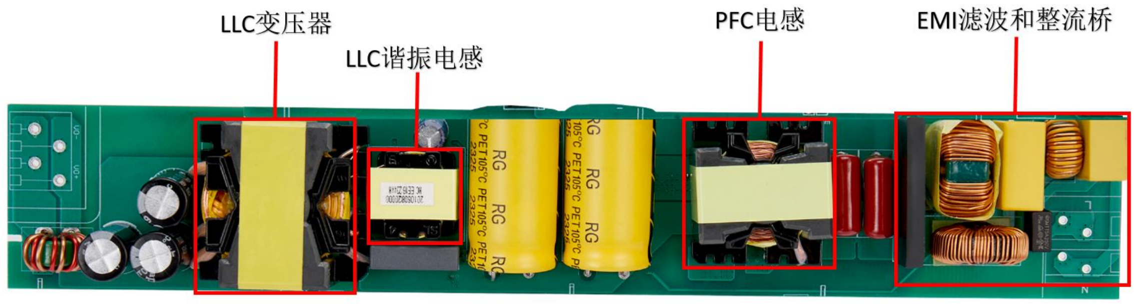


图 2 Top视图

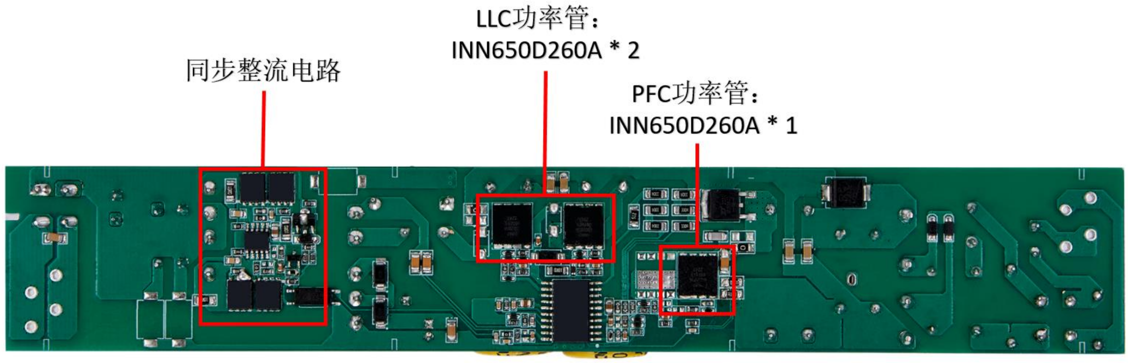


图 3 Bottom视图

4.2. 设计考虑因素

4.2.1. InnoGaN驱动电路设计

由于PFC/LLC主控芯片输出的驱动电压最低为11.3V，而InnoGaN高压器件的驱动电压建议设定在6V至6.5V之间，所以需要分压式的驱动电路设计，如图4所示。为了让Layout中的驱动环路尽可能小，芯片驱动脚需要尽可能靠近GaN器件的栅极，同时避免驱动环路和功率环路的交叠。

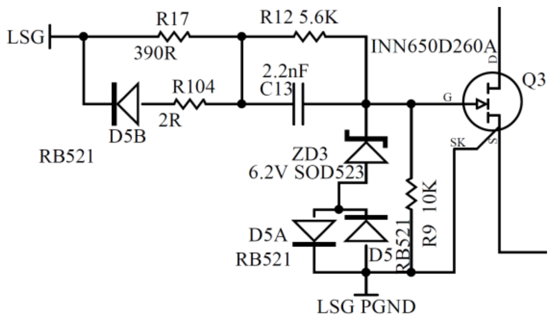


图 4 分压式栅极驱动电路

4.2.2. InnoGaN散热设计

同样是DFN8*8封装，但InnoGaN器件和传统Si MOSFET器件的Thermal Pad差异较大，如图5所示。硅MOS的Thermal Pad连接到Drain，但InnoGaN器件的Thermal Pad连接到Source。所以在使用DFN8*8封装的InnoGaN时，建议PCB的Top层和Bottom层均保留连接到Thermal Pad的散热铜皮并用尽可能多的过孔连接，以达到最佳的散热效果，如图6所示。

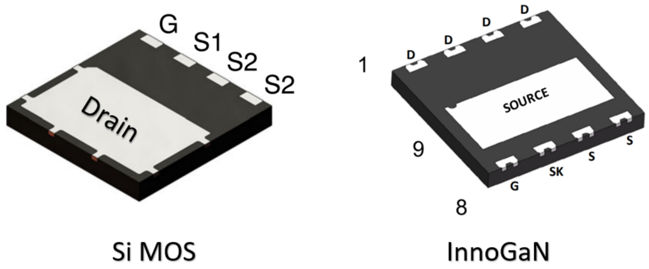


图 5 Si MOS和InnoGaN的Thermal Pad差异

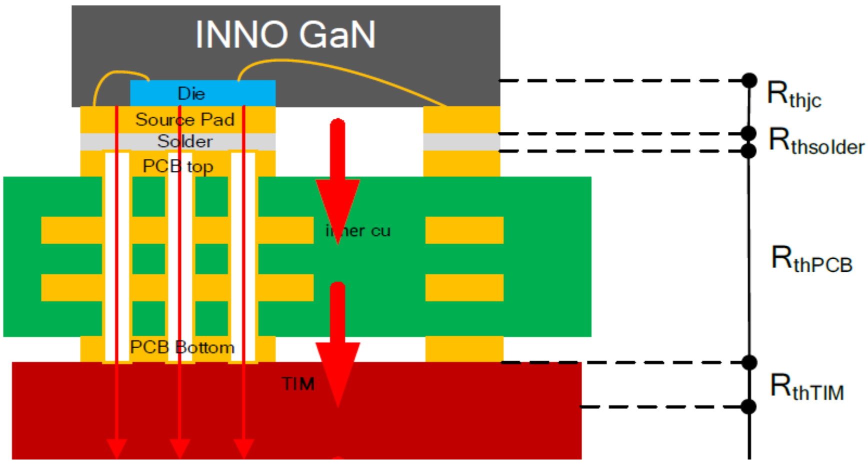


图 6 散热路径示意图

4.3. 原理图

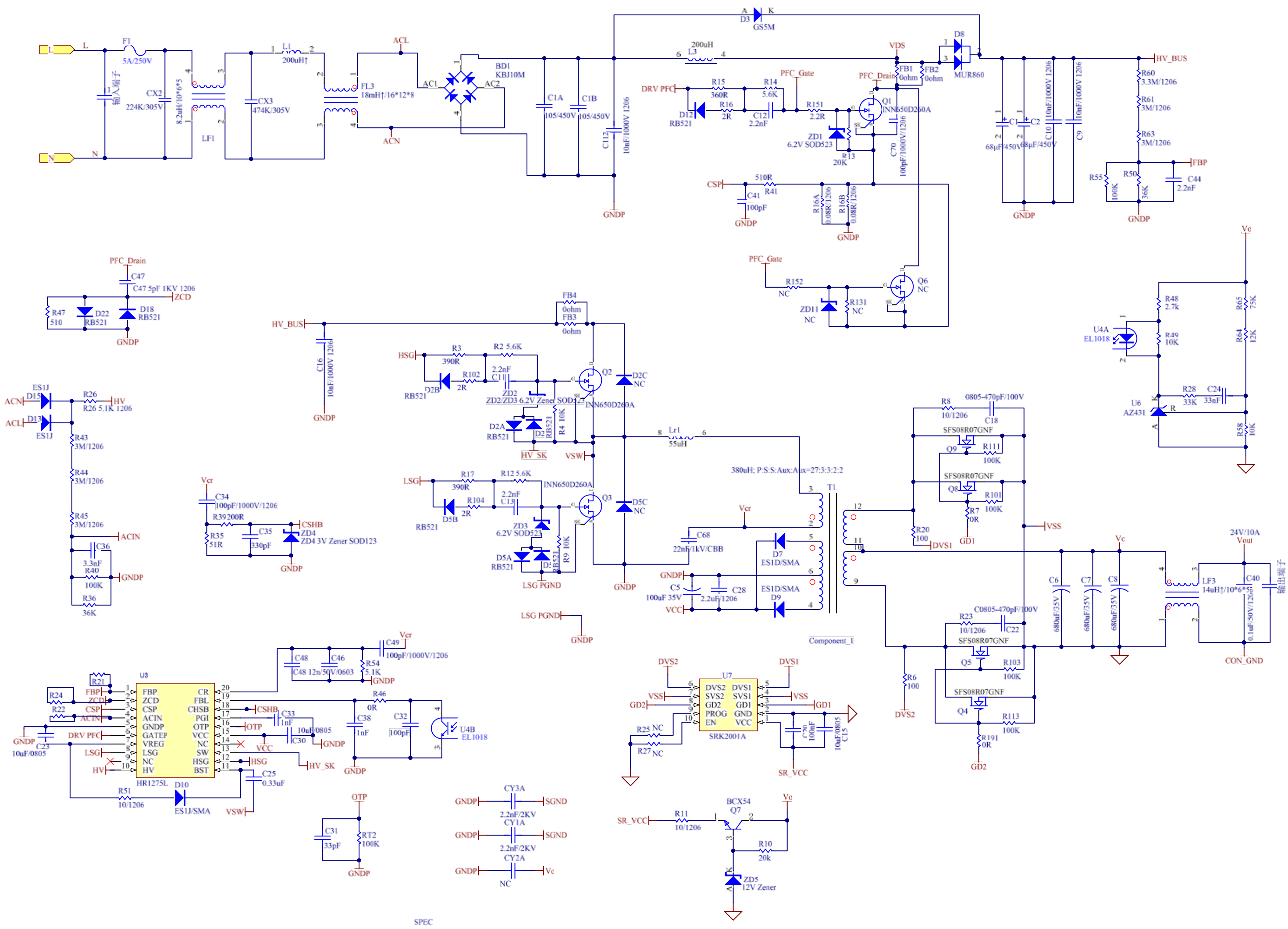


图 7 INNDAD240B1电路原理图

5. 测试指南

图 8 Demo板端口位置图

6. 测试结果

6.1. 效率曲线

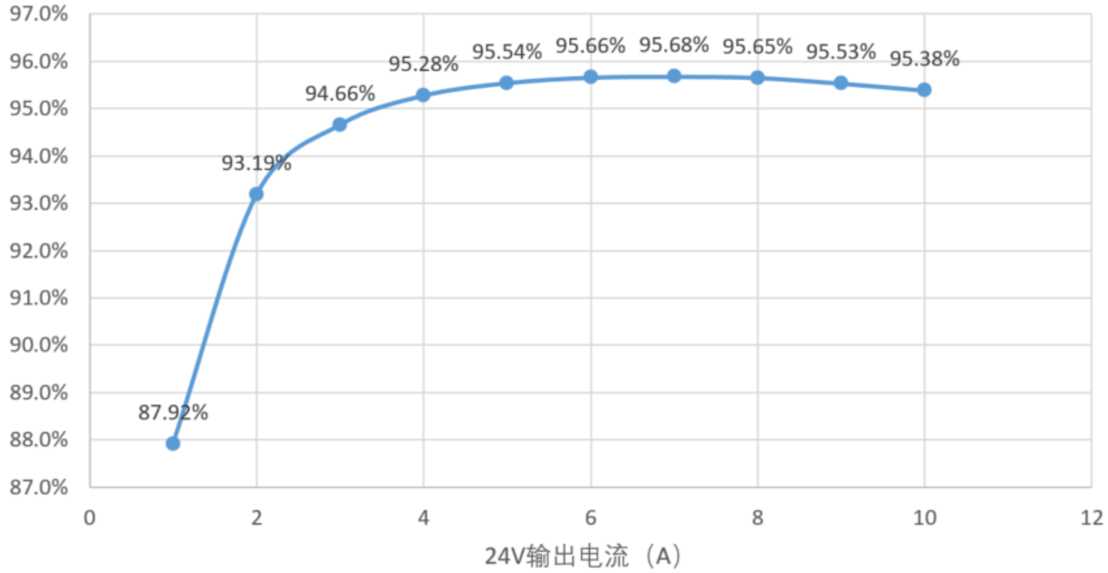
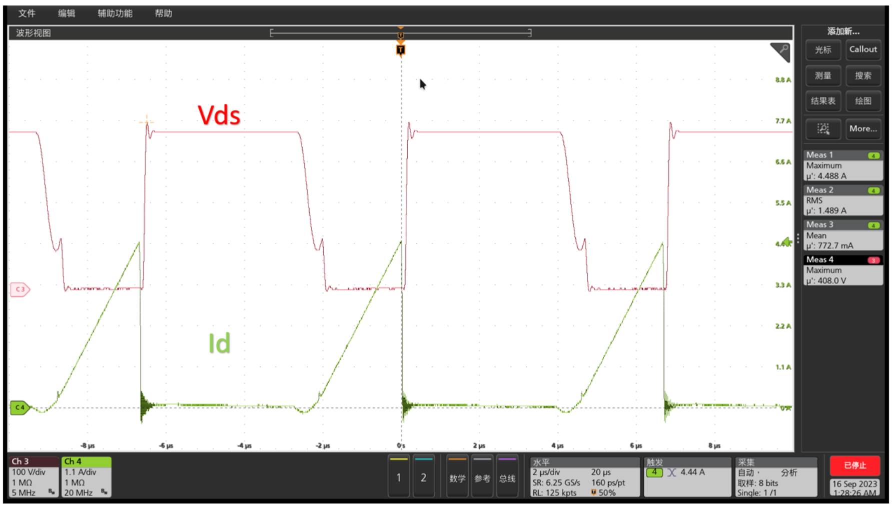


图 9 效率曲线

6.2. 开关波形



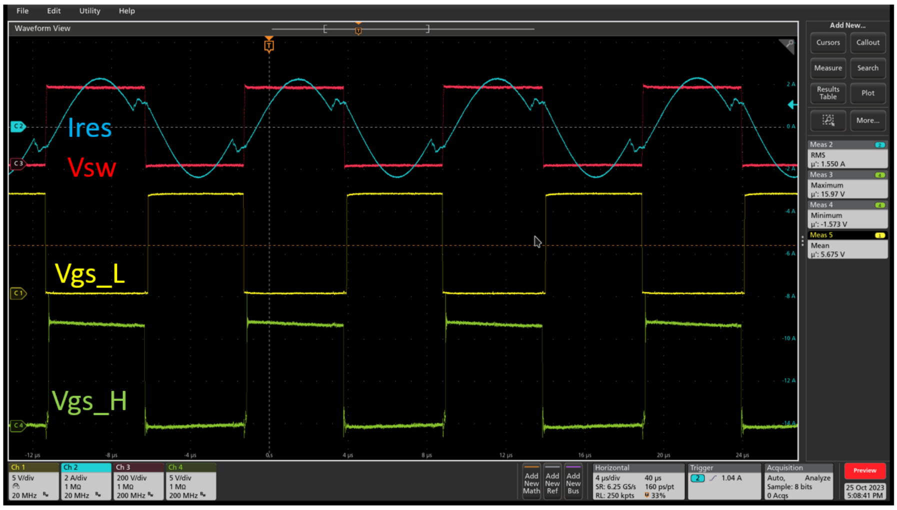
测试条件：

Vin=176Vac

Pout=240W

Channel 3：GaN管Vds波形

Channel 4：GaN管Id波形



测试条件：

Vin=176Vac

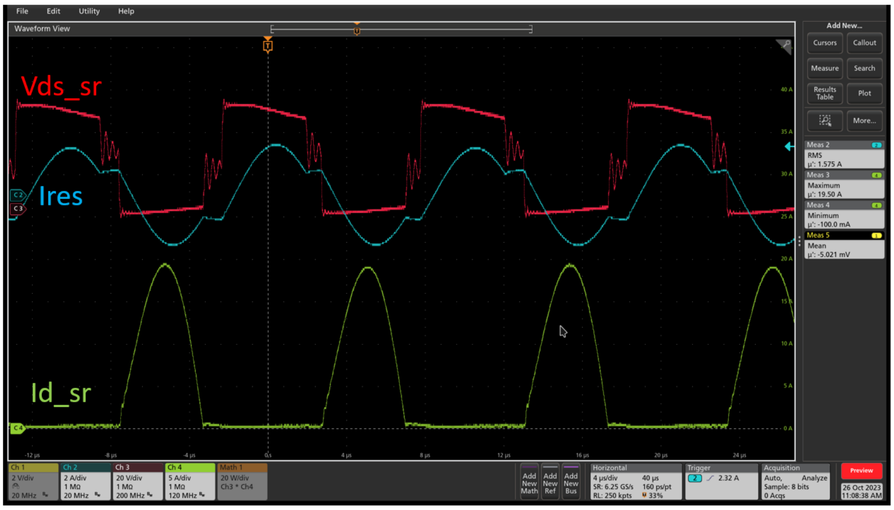
Pout=240W

Channel 1：LLC下管驱动

Channel 2：LLC谐振腔电流

Channel 3：桥臂中点SW波形

Channel 4：LLC上管驱动，高压隔离探头



测试条件：

Vin=176Vac

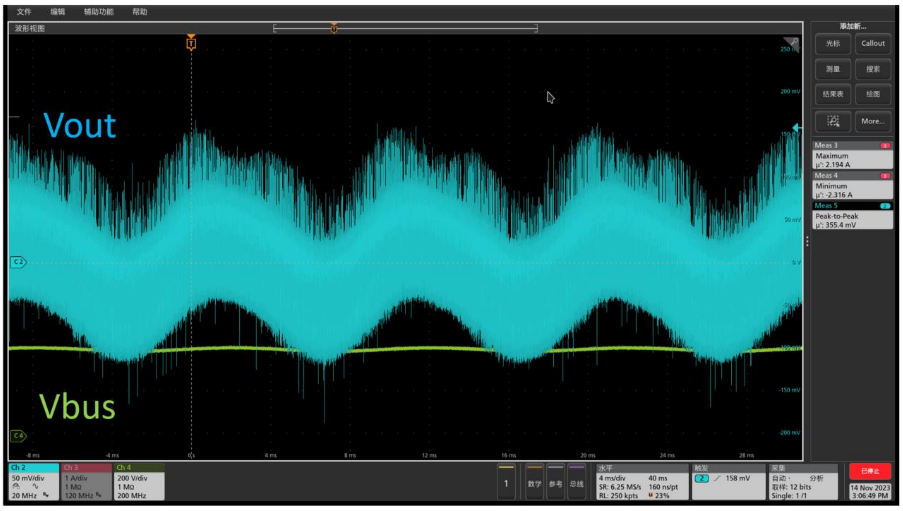
Pout=240W

Channel 2：LLC谐振腔电流

Channel 3：SR MOS管Vds波形

Channel 4：SR MOS电流波形

6.3. 输出电压纹波与动态负载



测试条件：

Vin=220Vac

Vout=24V

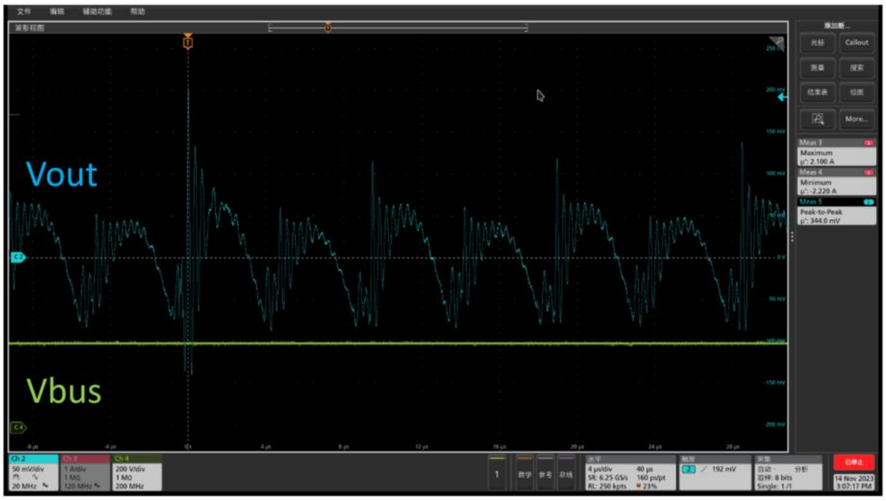
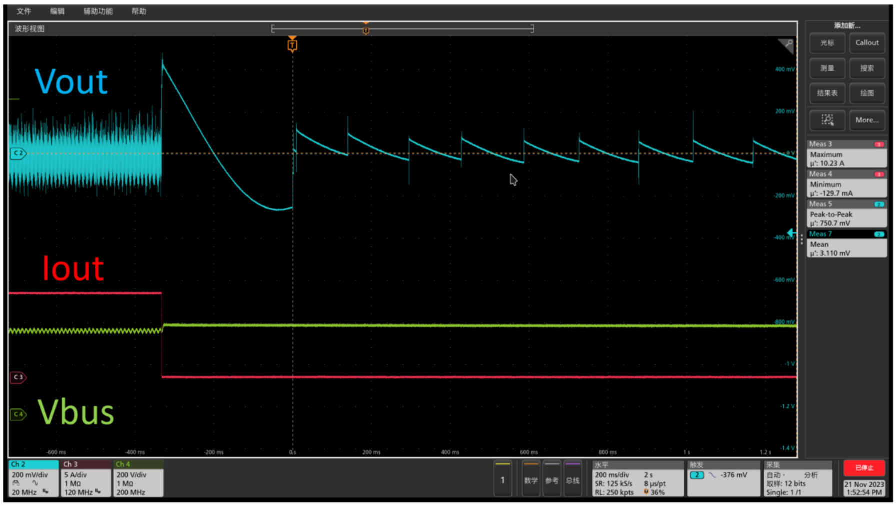
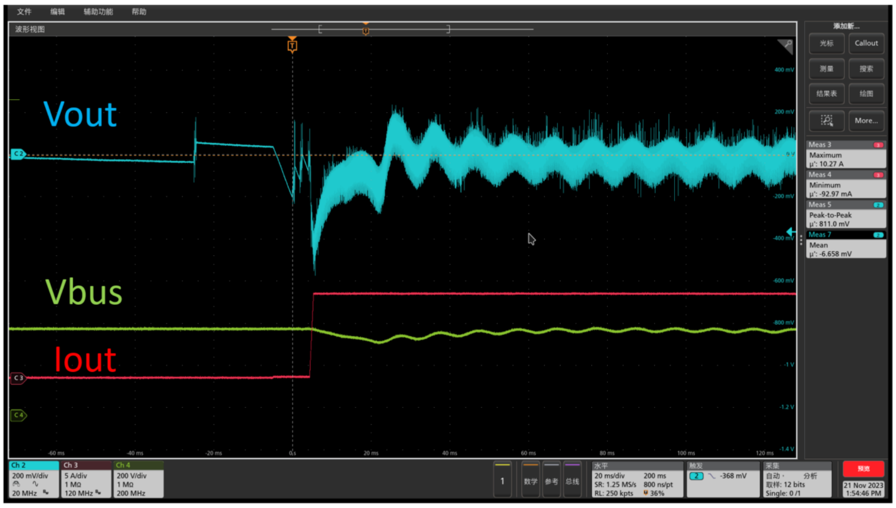
Iout=10A

Channel 2：24V输出电压，AC模式

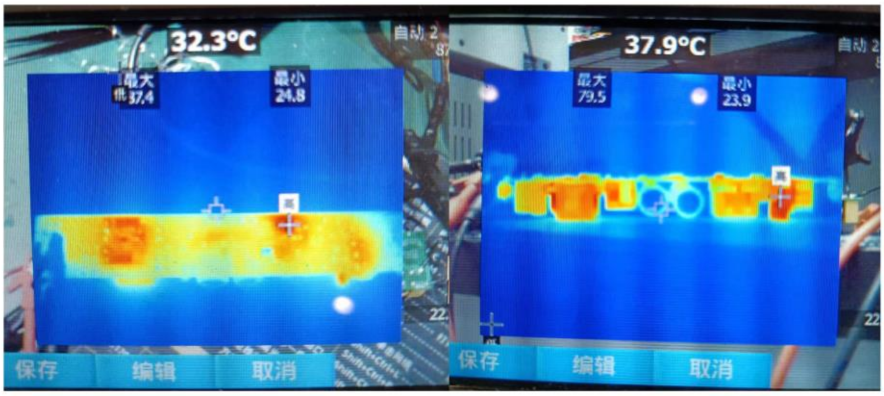
Channel 4：Bus电压

结果：

低频纹波峰峰值最大为355mV

	**测试条件：** Vin=220Vac Vout=24V Iout=10A Channel 2：24V输出电压， AC模式 Channel 4：Bus电压 **结果：** 高频纹波峰峰值最大为344mV
	**测试条件：** Vin=220Vac Vout=24V Iout：10A跳变至0A Channel 2：24V输出电压， AC模式 Channel 3：24V输出电流 Channel 4：Bus电压 **结果：** 动态负载下系统稳定，24V输出电压和Bus电压变化较小
	**测试条件：** Vin=220Vac Vout=24V Iout：0A跳变至10A Channel 2：24V输出电压， AC模式 Channel 3：24V输出电流 Channel 4：Bus电压 **结果：** 动态负载下系统稳定，24V输出电压和Bus电压变化较小

6.4. 温度测试结果



测试条件：

Ta = 25℃

Vin=176Vac

Pout=240W

密闭无风环境

整流桥加散热器

结果 ：

LLC GaN管：93℃

PFC GaN管：90℃

PFC二极管：93℃

整流桥：91℃

PFC电感：88℃

LLC谐振电感：86℃

变压器线包：95℃

变压器磁芯：94℃

外壳温度最高点：62℃

6.5. 短路测试结果

测试条件：

Vin=220Vac

Pout=240W

Channel 1：PFC GaN管电流

Channel 2：24V输出电压

Channel 3：LLC谐振腔电流

Channel 4：Bus电压

结论：

输出短路状态下，芯片工作在Hiccup模式，LLC谐振脉冲电流最高可到8.1A，PFC电流无高脉冲，脉冲电流未超过GaN管的最大电流应力。

7. 附录

7.1. 附件 A. PCB Layout

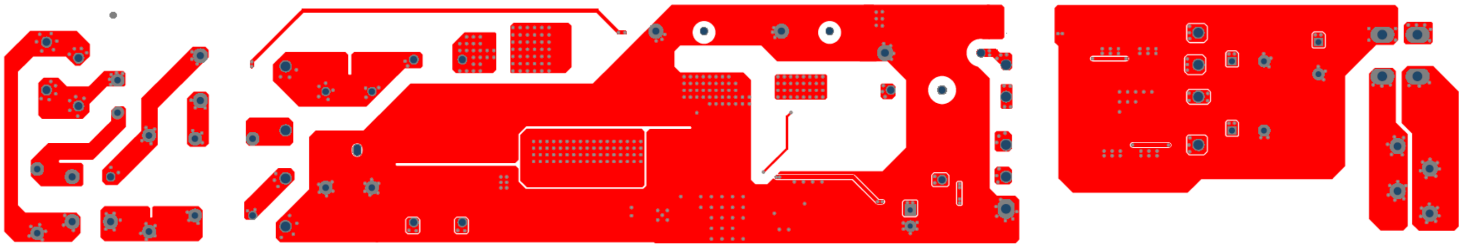


图 10 Top层

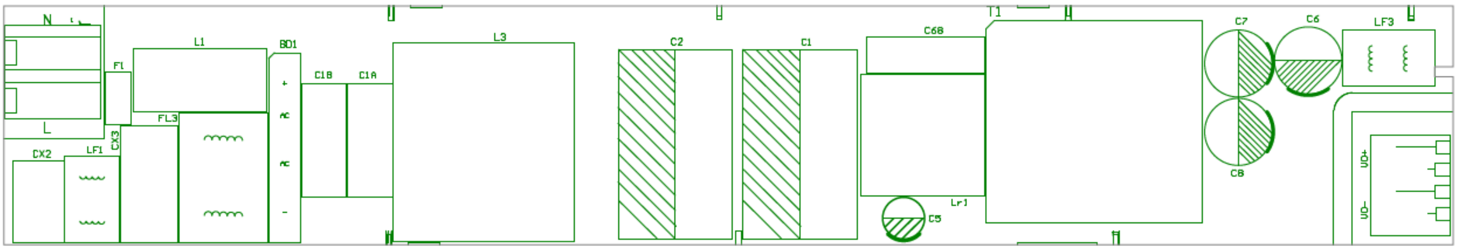


图 11 Top Overlay层

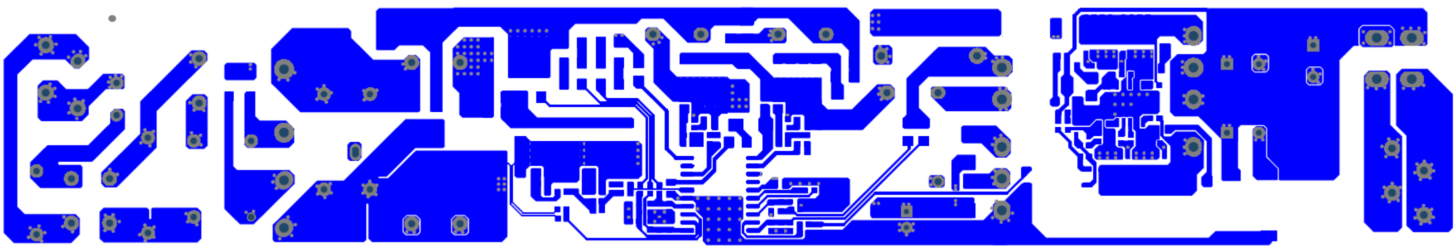


图 12 Bottom层

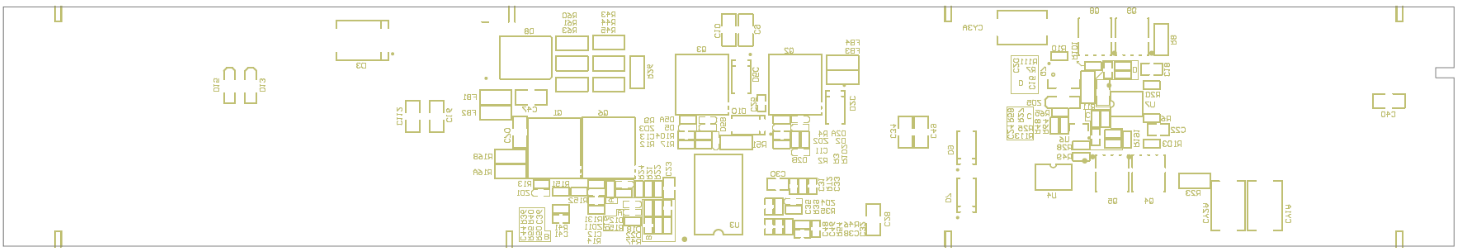


图 13 Bottom Overlay层

7.2. 附件 B．BOM

Designator	Description	Footprint	Quantity	Ordercode
BD1	桥堆；1000V；10A	GBJ1010(KBJ10M)	1	GBJ1010
C1, C2	E-Cap；450V；68uF；10000H@105℃	EC18*35*7.5	2	ERG2W680M1830L7R5
C1A, C1B	CBB；450V；1uF	CBB21 105/450	2	
C5	E-Cap；35V；100uF；5000H@105℃	EG6.3*11*2.5	1	ERS1VM101E12OT
C6, C7, C8	E-Cap；35V；680uF；7000H@105℃	EC8*11.5*3.5	3	ELJ1V681M1020T2
C9, C10, C16, C112	MLCC；10nF；1KV；1206；20%	C1206R	4	
C11, C12, C13, C44	MLCC；2.2nF；50V；0603；20%	C0603R	4	
C15, C23, C30	MLCC；10uF；50V；0805；20%	C0805R	3	
C18, C22	MLCC；470pF；100V；0805；20%	C0805R	2	
C20	MLCC；100nF；50V；0603；20%	C0603R	1	
C24	MLCC；33nF；50V；0603；20%	C0603R	1	
C25	MLCC；0.33uF；50V；0603；20%	C0603R	1	
C28	MLCC；2.2uF；50V；1206；20%	C1206R	1	
C31	MLCC；33pF；50V；0603；20%	C0603R	1	
C32, C41	MLCC；100pF；50V；0603；20%	C0603R	2	
C33, C38	MLCC；1nF；50V；0603；20%	C0603R	2	
C34, C49, C70	MLCC；100pF；1KV；1206；20%	C1206R	3	
C35	MLCC；330pF；50V；0603；20%	C0603R	1	
C36	MLCC；3.3nF；50V；0603；20%	C0603R	1	
C40	MLCC；0.1uF；50V；1206；20%	C1206R	1	
C47	MLCC；5pF；1KV；1206；20%	C1206R	1	
C48	MLCC；12n；50V；0603；20%	C0603R	1	
C68	CBB；630V；22nF	CBB10*4	1	
CX2	X-Cap；220nF；X2	CX 224K/305	1	
CX3	X-Cap；470nF；X2	CX 18.4L8.9W14.9H	1	
CY1A, CY3A	Y-Cap；2.2nF；Y2；SMD	SMD-Y1 7.8*5.4	2	TMY1222M
D2, D2A, D2B, D5, D5A, D5B, D12, D18, D22	Fast Recovery；RB521；30V；200mA；SOD523	SOD-523	9	RB521S-30
D3	GS5M；1KV；5A；SMC	SMC	1	GS5M
D7, D9	ES1D；200V；1A；SMA	SMA	2	ES1D
D8	MUR860；600V；8A；TO-220AC	TO-220AC	1	MUR860D
D10	Fast Recovery；ES1J；600V；1A；SMA	SMA	1	ES1J
D13, D15	Fast Recovery；ES1J；600V；1A；SOD-123	sod-123	2	ES1JFL
F1	Fuse；932 5A 250V	F1 5A250V	1	932 5A 250V
FB1, FB2	500ohm@100MHz；1206	R1206	2	CBW321609U501T
FB3, FB4	150ohm@100MHz；1206	R1206	2	CBW321609U151T
FL2	18mH 共模电感	CMC_22*21*14_12*9	1	3LFT16128-183M
L1	200uH 差模电感	L_22*21*10_7	1	3LCT6845-201M
L3	200uH PFC 电感	PQ2620	1	
LF1	8.2uH 共模电感	CMC_14*13*9_7*6	1	
LF3	14uH 输出共模电感	CMC_15*14*9_6.5*5.5	1	
Lr1	55uH 谐振电感	EE16/10_立_27T_0.12*30_55uH	1	1OPEE16018

Q1, Q2, Q3	InnoGaN HENT；650V；260mohm	DFNWB8x8-8L-D-Q	3	INN650D260A
Q4, Q5, Q8, Q9	NMOSFET；100V；100A；8mohm	PDFN-8-5*6	4	SFS08R07GNF
Q7	BCX54-16,115；NPN；45V；1A	SOT89_L	1	BCX54-16,115
R2, R12, R14	5.6K；1%；0603	R0603	3	
R3, R17	390R；1%；0603	R0603	2	
R4, R9, R49, R58	10K；1%；0603	R0603	4	
R6, R20	100R；1%；0603	R0603	2	
R7, R21, R22, R24, R46, R191	0R；1%；0603	R0603	6	
R8, R11, R23, R51	10R；1%；1206	R1206	4	
R10, R13	20k；1%；0603	R0603	2	
R15	360R；1%；0603	R0603	1	
R16, R102, R104	2R；1%；0603	R0603	3	
R16A, R16B	0.08R；1%；1206	R1206	2	
R26	R26 5.1K；1%；1206	R1206	1	
R28, R50	33K；1%；0603	R0603	2	
R35	51R；1%；0603	R0603	1	
R36	31.6K；1%；0603	R0603	1	
R39	200R；1%；0603	R0603	1	
R41	510R；1%；0603	R0603	1	
R43, R44, R45, R60, R61, R63	3.3M；1%；1206	R1206	6	
R47	510R；1%；0603	R0603	1	
R48	2.7k；1%；0603	R0603	1	
R54	5.1K；1%；0603	R0603	1	
R55	820K；1%；0603	R0603	1	
R64	4.7K；1%；0603	R0603	1	
R65	82K；1%；0603	R0603	1	
R101, R103, R111, R113, RT2	100K；1%；0603	R0603	5	
R151	1R；1%；0603	R0603	1	
T1	LLC 变压器	PQ3220	1	
U3	HR1275L	SOP20_N	1	HR1275L
U4	EL1018（TA)(AES)-VG,SOP-4_P2.54_300mil	SOP4-W2.54_L	1	EL1018(TA)-VG
U6	AZ431	SOT-23	1	AZ431AN-ATRE1
U7	SRK2001A	SSOP10	1	SRK2001A
ZD1, ZD2, ZD3	6.2V Zener SOD523	sod-523	3	BZX585-B6V2,115
ZD4	3V Zener SOD523	sod-523	1	BZX585-B3V0,115
ZD5	12V Zener SOD123	sod-123	1	MMSZ5242BT1G

历史版本

日期	版本	备注	作者
2024/5/10	1.0	第一版	AE 团队

Note:
There is a dangerous voltage on the demo board, and exposure to high voltage may lead to safety problems such as injury or death.
Proper operating and safety procedures must be adhered to and used only for laboratory evaluation demonstrations and not directly to end-user equipment.

Reminder:
This product contains parts that are susceptible to electrostatic discharge (ESD). When using this product, be sure to follow antistatic procedures.