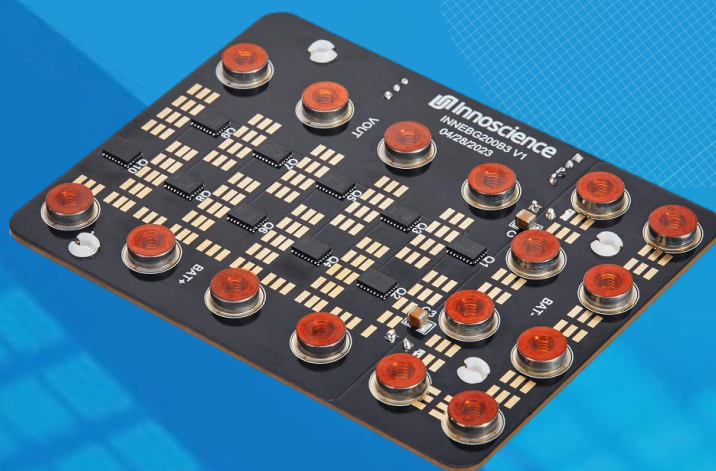


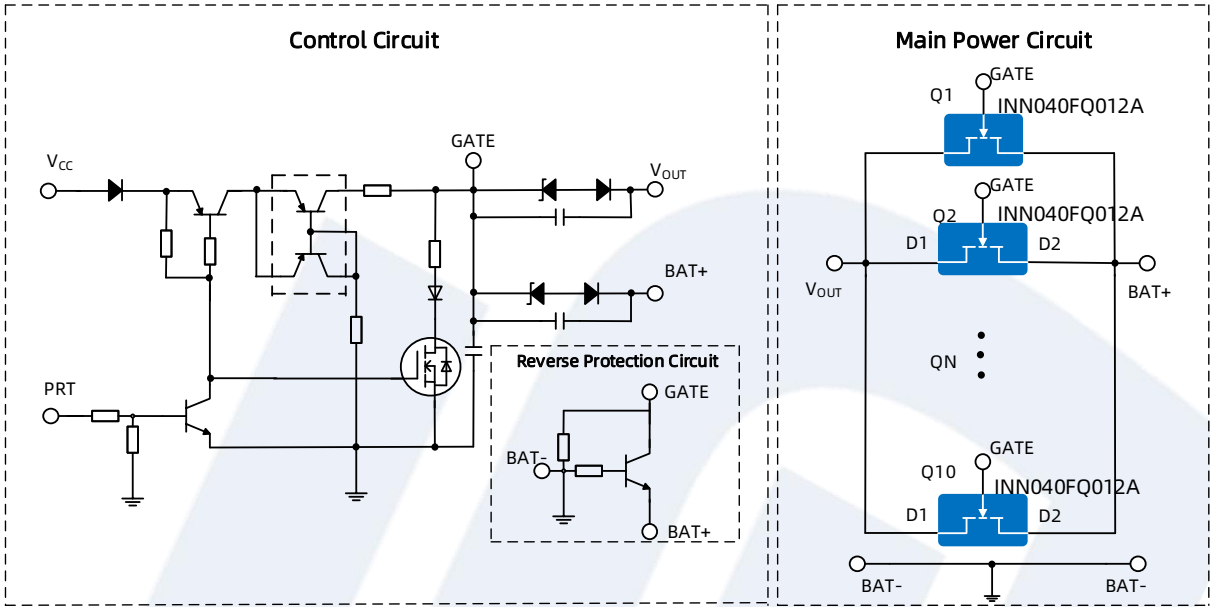
INNEBG200B3

Demo Manual
5V/200A Load Switch



5V/200A Load Switch

● 高功率密度Load Switch方案



系统为双向电流负载开关功能电路，主要用于控制负载连通或断开，支持通过外部 PRT 信号（3~5V）控制开关状态。采用 10 颗英诺赛科 VGaN 器件（INN040FQ012A）并联设计，最大电流 200A，输入/输出电压范围均为 0.5V~5V。

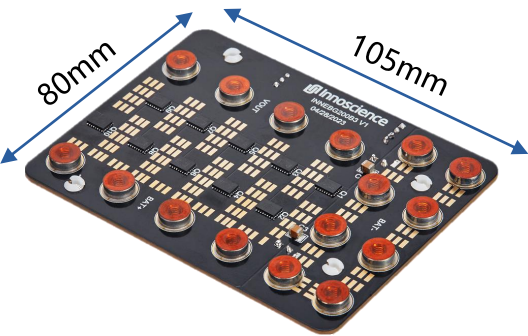
● 重点器件

- INN040FQ012A*3

● 应用场景

- 负载开关

● 实物图



● 测试数据

项目	数据	测试条件
并联数量	10pcs	$I_O = 200A$
负载电流	200A	$V_{OUT} = 5V, V_{GD} = 5V$
最大壳温	50.3℃	200A @ $T_A = 25^\circ C$ 2.5m/s 风
	83.1℃	200A @ $T_A = 25^\circ C$ 无风

目 录

- 1. 概述 1
 - 1.1. 引言 1
 - 1.2. 特性 1
 - 1.3. 应用场景 1
- 2. 关键参数 2
- 3. Demo方案 3
 - 3.1. 拓扑 3
 - 3.2. GaN的应用优势 3
 - 3.3. 重点器件介绍 4
 - 3.3.1. INN040FQ012A 4
- 4. 硬件方案 5
 - 4.1. 硬件介绍 5
 - 4.2. 设计要点 6
 - 4.2.1. InnoGaN驱动电路设计 6
 - 4.2.2. InnoGaN散热设计 6
- 5. Demo测试结果 8
 - 5.1. 开通波形 8
 - 5.2. 关断波形 8
 - 5.3. 负载短路保护 9
 - 5.4. 电池反接保护 9
 - 5.5. 温度测试结果 10
- 附录Appendix 11
 - 附录 A. 测试指导 Testing guidance 11
 - 附录 B. 原理图 13
 - 附录 C. PCB Layout 15
 - 附录 D. BOM 19
- 历史版本 21

1. 概述

1.1. 引言

本演示板为双向电流负载开关功能电路，主要用于控制负载连通或断开，支持通过外部PRT信号（3~5V）控制开关状态。采用10颗英诺赛科VGaN器件（INN040FQ012A）并联设计，最大电流200A，输入/输出电压范围均为0V-5V。演示板尺寸：长105mm×宽80mm×高18mm。

1.2. 特性

- 主要优势
 - 小尺寸：长105mm×宽80mm×高18mm
 - 大电流负载能力：200A
 - 结构简单，控制简单（低：关；高：开）
- 保护功能
 - 电池反接保护

1.3. 应用场景

- 负载开关

2. 关键参数

表格 1 关键电气参数表(T_A = 25 °C)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Nom	Max	Unit
系统规格						
V _{OUT}	输入电压	-	0	5	5.5	V
V _{BAT+}	输出电压	-	0	5	5.5	V
I _O	负载电流	-	-	-	200	A
12V	辅源供电	固定12V	12	-	15	V
PRT	控制信号高	开	3	-	5	V
	控制信号低	关	-	0	-	V

3. Demo方案

3.1. 拓扑

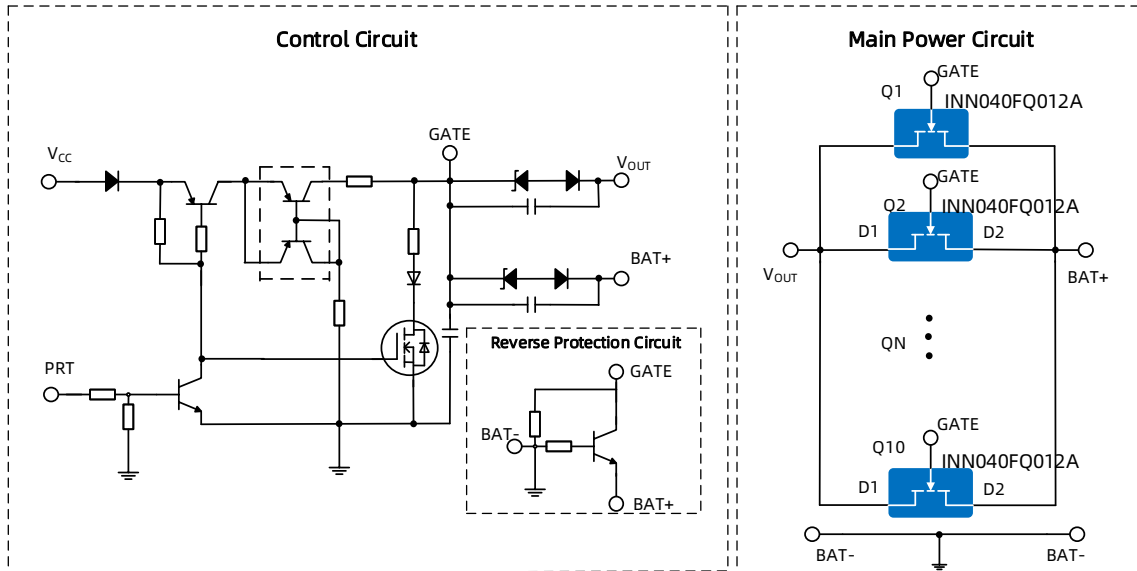


图 1 INNEBG200B3系统框图

驱动电路部分：为功率开关管的驱动供电，通过端口PRT可以实现驱动功率开关管的开关（低：关；高：开）。

主功率电路：可以实现双向同流的电路，主要由10个INN040FQ012A并联组成。

防反电路：主要是防止电池反接，即电池反接时 V_{OUT} 与BAT+断开，即使PRT给高信号也断开。

3.2. GaN的应用优势

- 小封装：FCQFN 6mm X 4mm
- 控制简单可靠
- 双向导通
- 低温升

3.3. 重点器件介绍

3.3.1. INN040FQ012A

INN040FQ012A是英诺赛科的一款基于先进的VGaN技术及极低导通电阻的双向导通40V硅基氮化镓增强型高电子迁移率晶体管，导通电阻1.2mΩ；采用6mm x 4mm FCQFN封装。

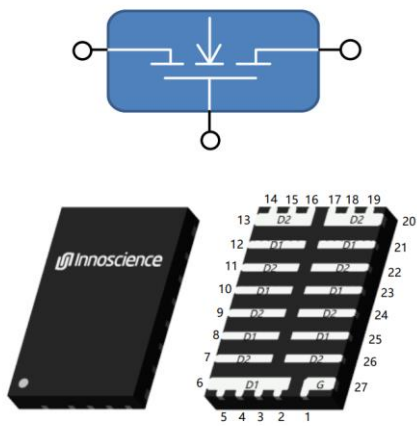


图 1 INN040FQ012A封装图

表格 2 INN040FQ012A电气参数表(T_J= 25 °C)

Parameter	Value	Unit
V _{DD,max}	40	V
R _{DD(on),max} @V _G =5V	1.2	mΩ
Q _{G,typ} @V _{DD} =20V	60	nC
I _{D,DC}	100	A

4. 硬件方案

4.1. 硬件介绍

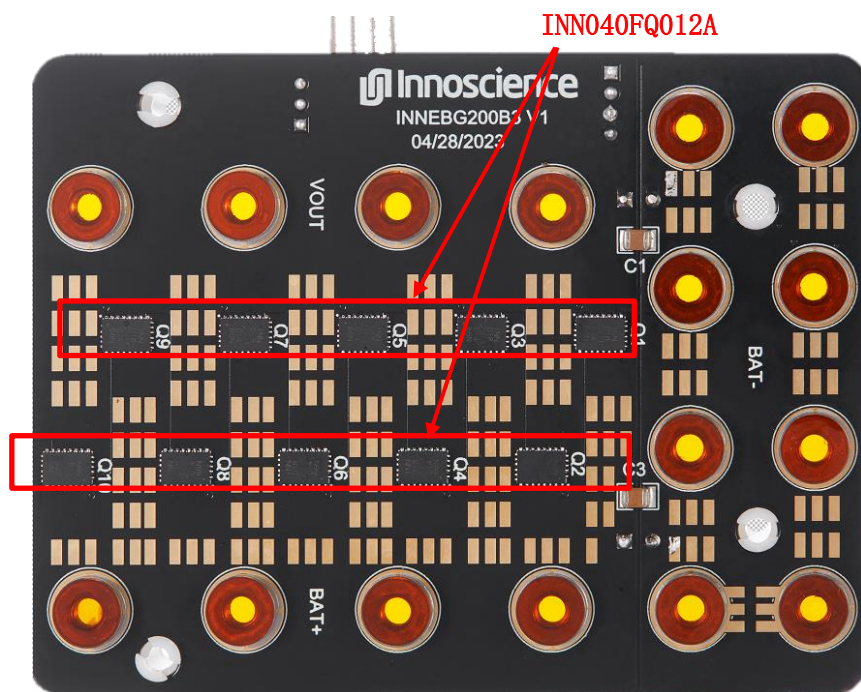


图 3 Top视图

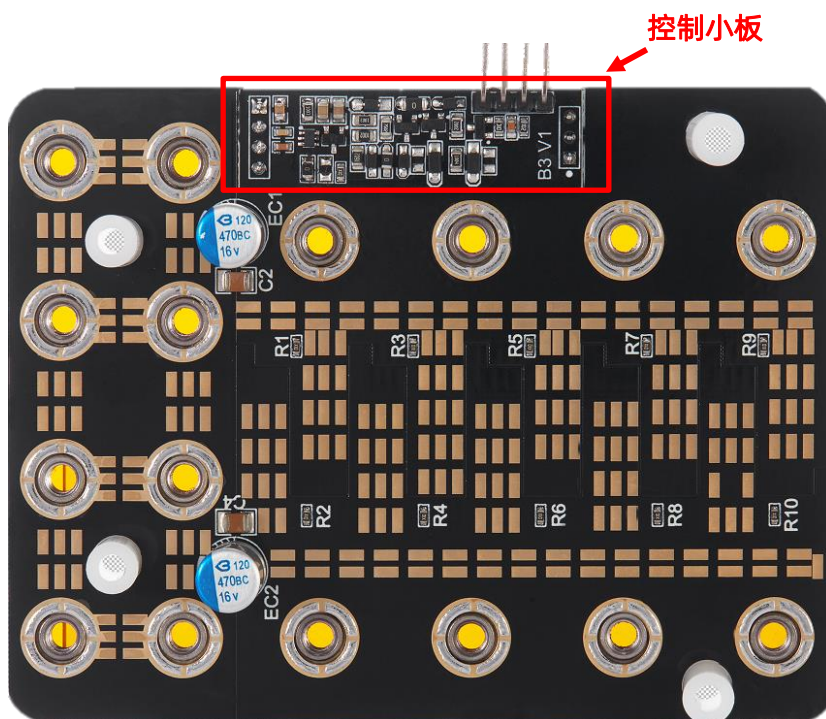


图 4 Bottom视图

驱动电路部分：为功率开关管的驱动供电，通过端口PRT可以实现驱动功率开关管的开/关（低：关；高：开）。

主功率电路：可以实现双向同流的电路，主要由10个INN040FQ012A并联组成。

4.2. 设计要点

4.2.1. InnoGaN驱动电路设计

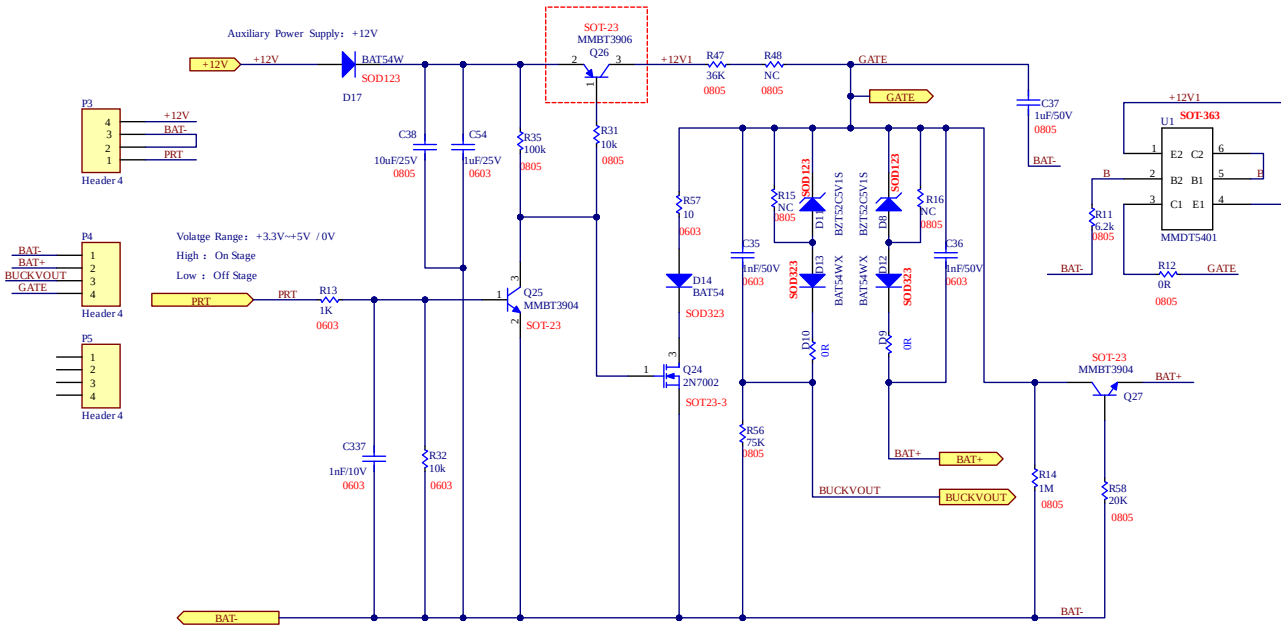


图 5 栅极驱动电路

驱动电路如图5所示，关键器件参数如下表所列：

表格 3 关键器件参数表

型号	参数	位号	数量
BZT52C5V1S	Zener Diode, BZT52C5V1S, SOD-323	D8, D11	2
BAT54WX	Diode, BAT54WX, sod-123	D12, D13, D14, D17	4
MMDT5401	MMDT5401, SOT-363	U1	1

VGaN功率布局采用交错式结构。控制电路的稳压器受温度影响较大，建议尽可能远离热源管布置（详见图4）。

4.2.2. InnoGaN散热设计

针对大电流与散热需求，使用6mm x 4mm FCQFN封装，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交错过孔连接，以达到最佳的散热效果，建议电源板至少采用四层结构，层间设置0.2mm穿孔（详见图6），铜箔厚度推荐2盎司。

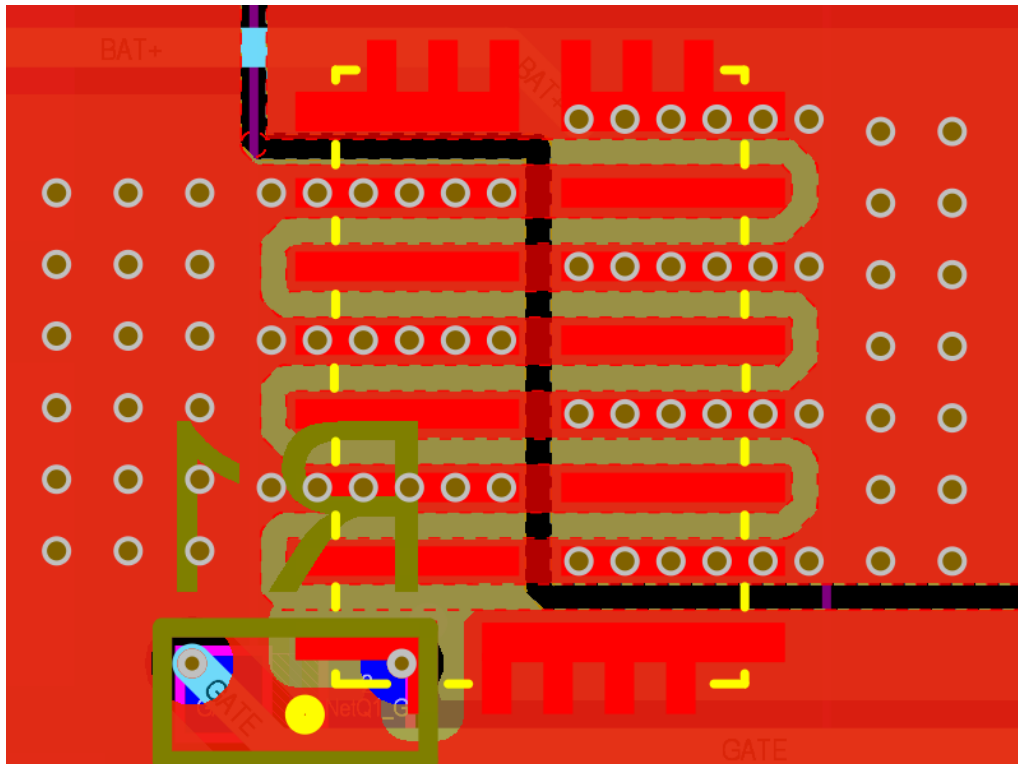
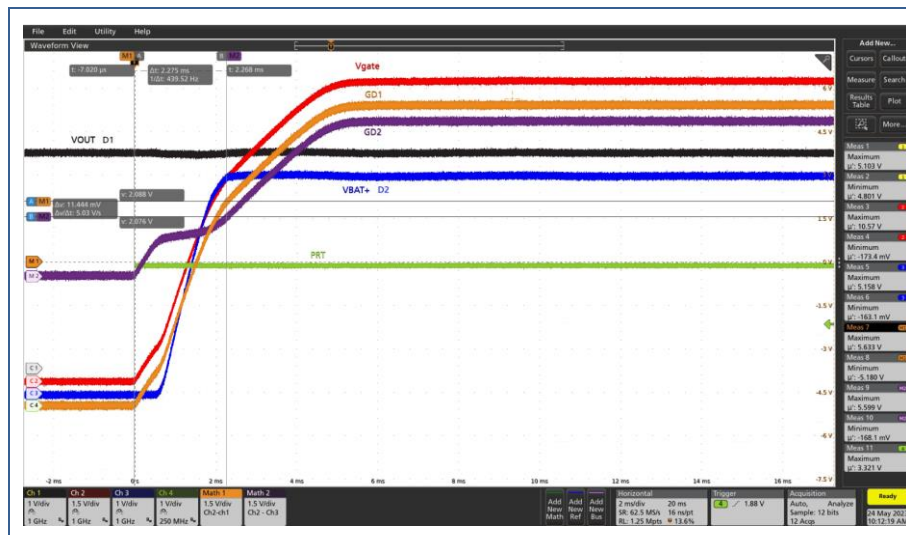


图 6 INN040FQ012A的Thermal Pad与过孔设计

5. Demo测试结果

5.1. 开通波形



测试条件

$V_{OUT}=5V$

Auxiliary Power=12V

$I_O=0A$

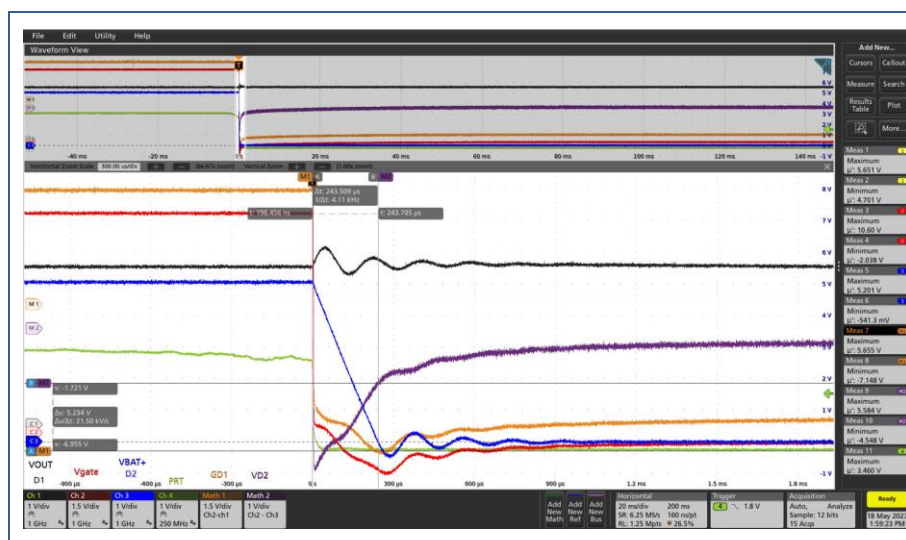
PRT Control Signal: 0V → 3.3V

无风

测试结果

开通过程正常，开通延时2.3ms

5.2. 关断波形



测试条件

$V_{OUT}=5V$

Auxiliary Power=12V

$I_O=10A$

PRT Control Signal: 3.3V → 0V

无风

测试结果

关断过程正常，关断延时243.5us

5.3. 电池反接保护



测试条件

$V_{OUT}=0V$

$V_{BAT+}=-5V$

Auxiliary Power=12V

$I_O=10A$

PRT Control Signal:

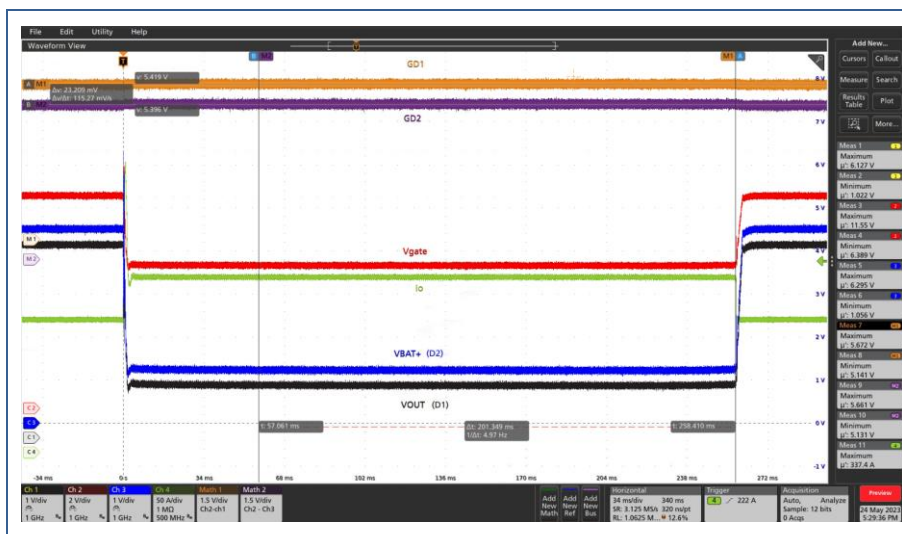
0V→3.3V→0V

无风

测试结果

电池反接，PRT信号上升后下降，整个过程管子正常关断，驱动一直为0。

5.4. 负载短路保护



测试条件

$V_{OUT}=5V$

Auxiliary Power=12V

$I_O=150A$ (最大限流 200A)

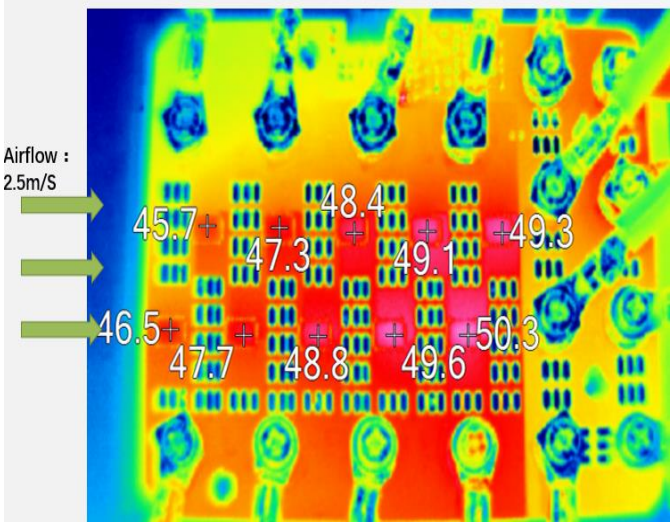
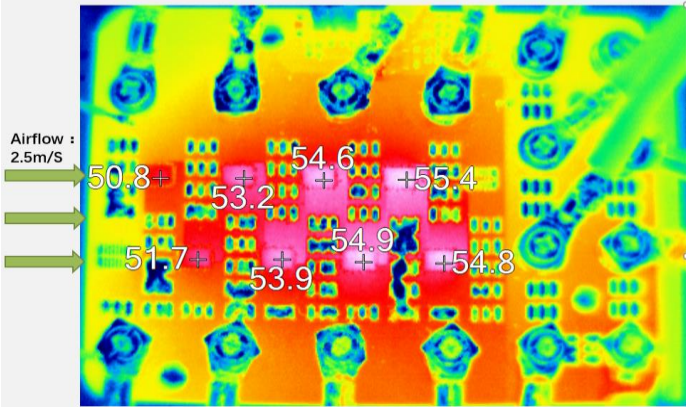
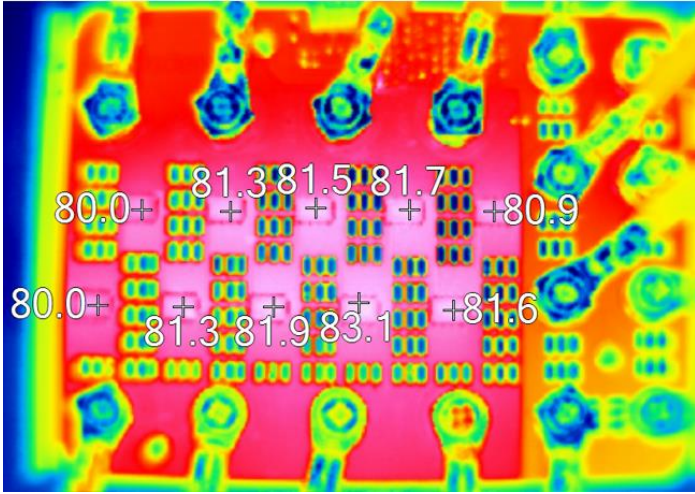
PRT Control Signal: 3.3V

无风

测试结果

系统保持正常运行。

5.5. 温度测试结果

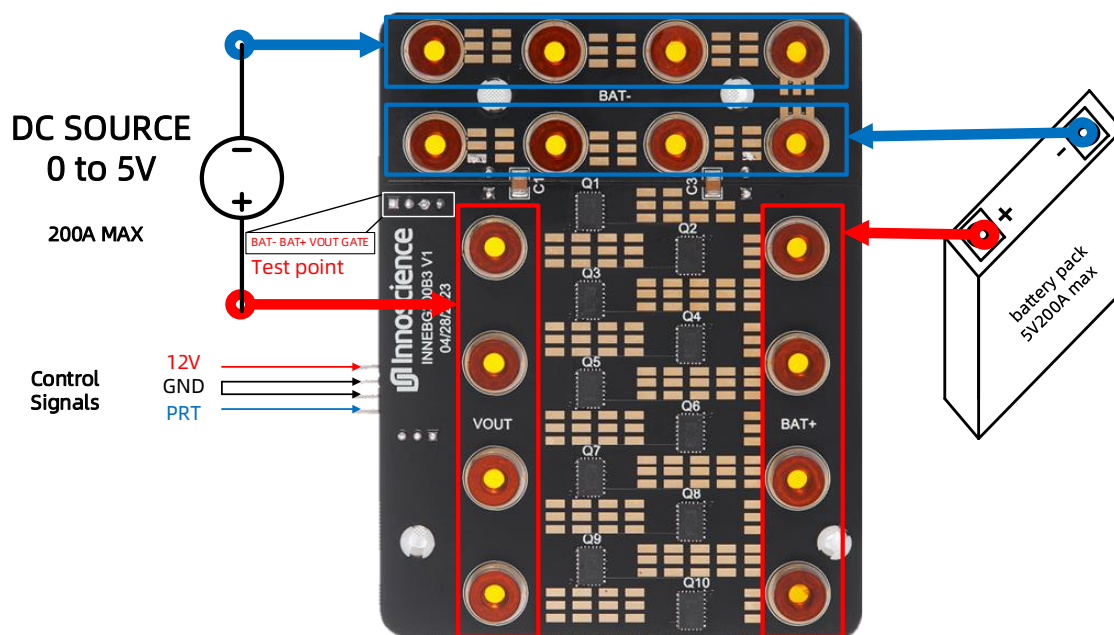
 Airflow : 2.5m/s 45.7, 47.3, 48.4, 49.1, 49.3, 46.5, 47.7, 48.8, 49.6, 50.3	测试条件 $V_{OUT}=5V$, $I_O=200A$, Airflow:2.5m/s $T_A=25^{\circ}C$ INN040FQ012A 并联数量 : 10pcs 2.5m/s 风 测试结果 $T_{min}:45.7^{\circ}C$ $T_{max}: 50.3^{\circ}C$
 Airflow : 2.5m/s 50.8, 53.2, 54.6, 55.4, 51.7, 53.9, 54.9, 54.8	测试条件 $V_{OUT}=5V$, $I_O=200A$, Airflow:2.5m/s $T_A=25^{\circ}C$ INN040FQ012A 并联数量 : 8pcs 2.5m/s 风 测试结果 $T_{min}:50.8^{\circ}C$ $T_{max}: 55.4^{\circ}C$
 80.0, 81.3, 81.5, 81.7, 80.9, 80.0, 81.3, 81.9, 83.1, 81.6	测试条件 $V_{OUT}=5V$, $I_O=200A$, Airflow:2.5m/s $T_A=25^{\circ}C$ INN040FQ012A 并联数量 : 10pcs 无风 测试结果 $T_{min}:80.0^{\circ}C$ $T_{max}: 83.1^{\circ}C$

附录Appendix

附录 A. 测试指导 Testing guidance

1、 测试点位置和接线示意图

Test point location and wiring diagram



附录图 1 Load Switch接线示意图

2、 上电顺序

Power on sequence

- 1) 将辅源连接到12V端和GND端，如图1所示（注意极性）。

Connect the auxiliary power supply to "12V" and "GND" as shown in Figure 1 (note polarity).

- 2) 将开关控制信号端口接到PRT和GND,且信号电平为0V，如图1所示（注意极性）。

Connect the switch control signal port to the "PRT" and "GND", with the signal level set to 0V (low state), as shown in Figure 1 (note polarity).

- 3) 将直流电压源连接到V_{OUT}端和GND端（注意极性）。

Connect the DC voltage source to the "V_{OUT}" and "GND" (note polarity).

- 4) 将电池连接到BAT+端和GND端，如图1所示（注意极性）。

Connect the battery to the "BAT+" and "GND", following Figure 1 (note polarity).

- 5) 打开辅源；辅源电压12V。

Power on the auxiliary supply; auxiliary voltage: 12V.

- 6) 外部控制信号端口给常高3V~5V。

External control signal port must maintain a constant high level of 3V~5V.

- 7) 直流电压源，注意设置限流模式，最大电压5V，限流模式0A，打开直流电压源，缓慢将输入电流增加到所需值（ $\leq 200A$ ）。

For the DC voltage source, set current limit mode with maximum voltage 5V and current limit 0A, power on the DC source, then gradually increase input current to the target value ($\leq 200A$).

- 8) 确认输出电压正常建立后，再打开电子负载，缓慢增加负载电流，注意器件最高温度不超过125℃，根据带载情况加风扇（带载 $> 100A$ 时加风 $\geq 5m/s$ ）。

During normal operation verification, ensure maximum device temperature $\leq 125^{\circ}C$; deploy cooling fan (airflow $\geq 5m/s$) when load current $> 100A$.

2、下电顺序

Power off sequence

- 1) 首先，将负载电流慢慢为0，然后关闭负载。

Set the load current to zero then turn off .

- 2) 然后，关闭主功率直流电压源。

Disable the main power DC output.

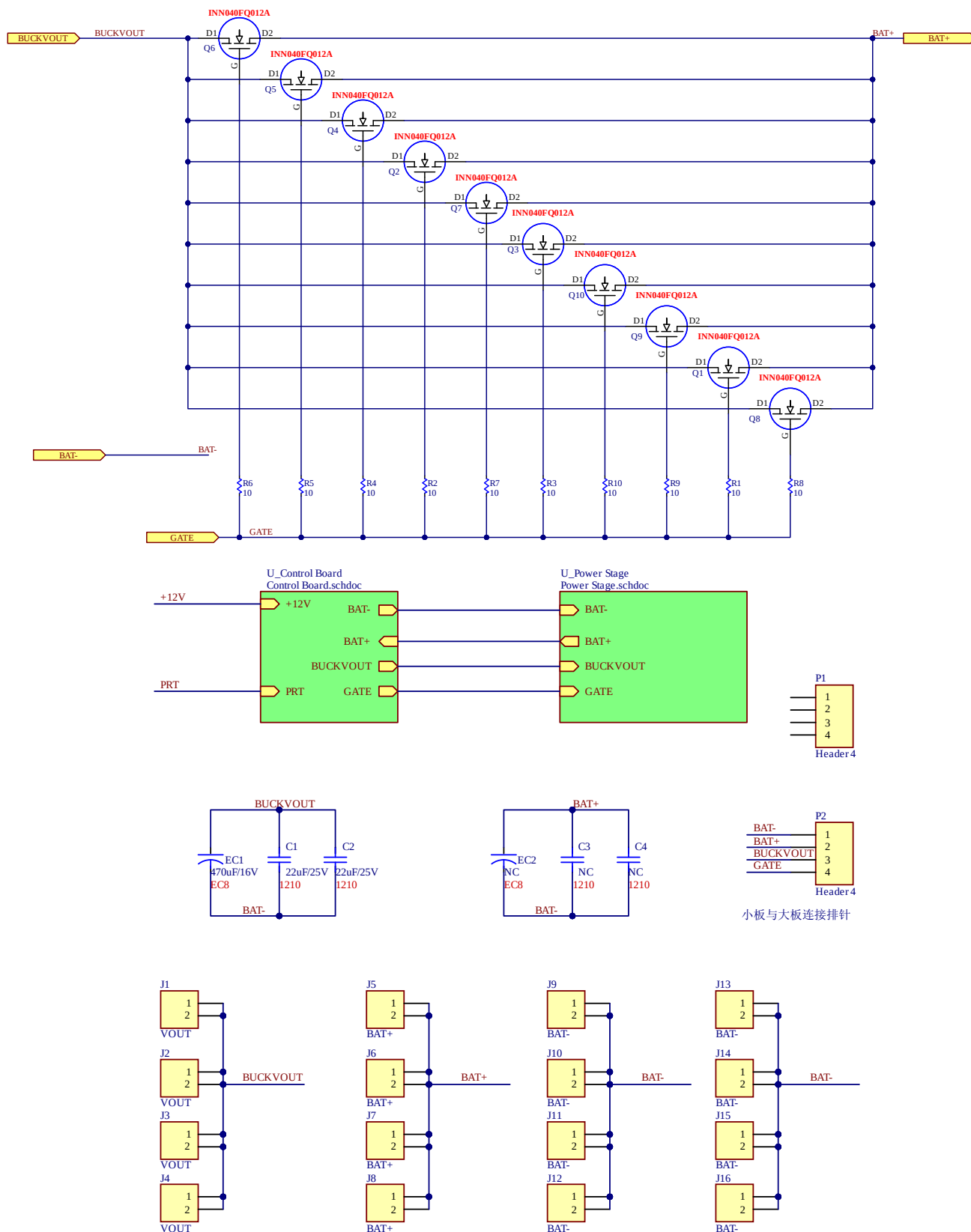
- 3) 其次，控制信号设为0V，然后关闭信号发生器。

Disable the signal generator output.

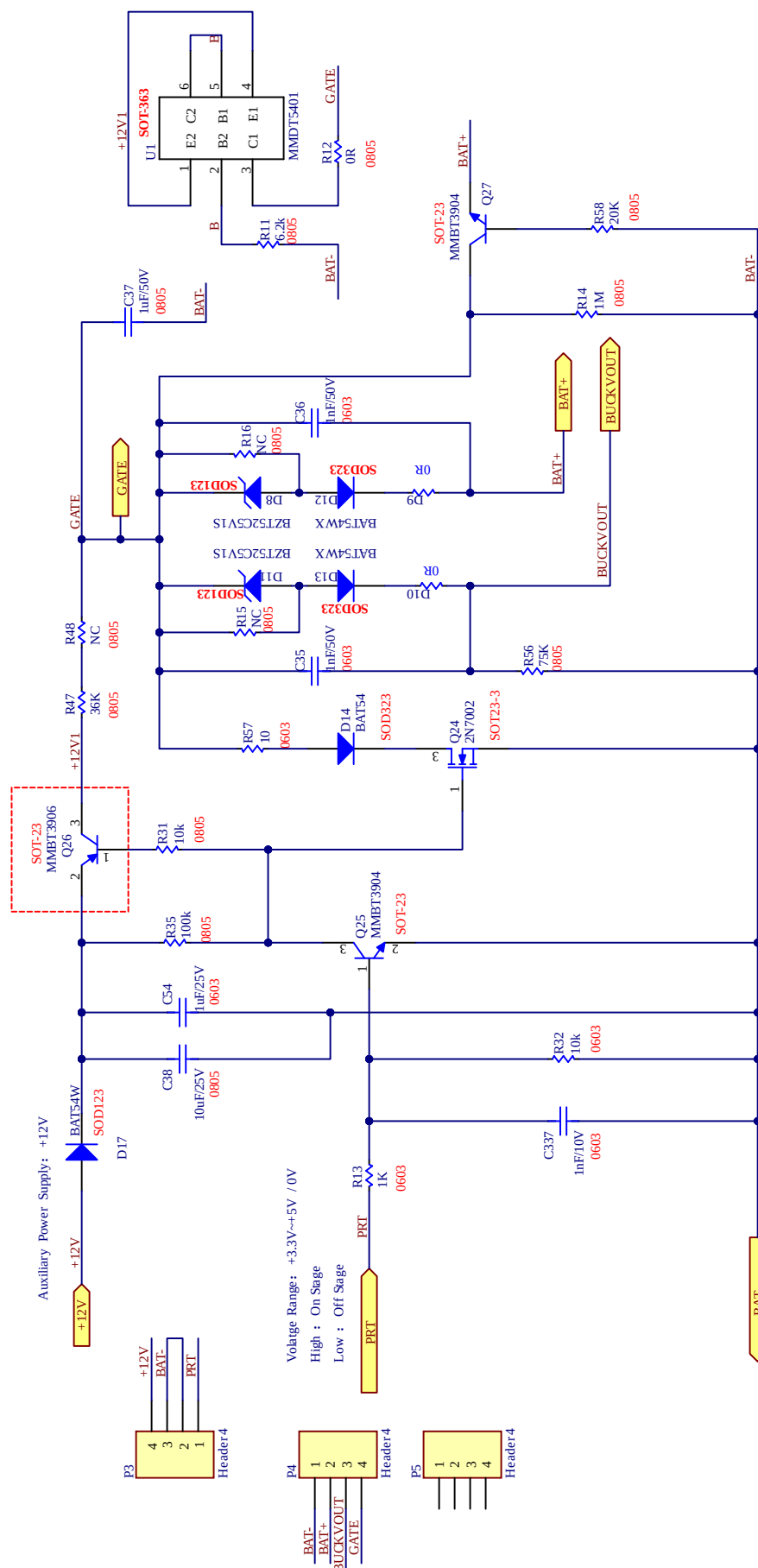
- 4) 最后关闭辅源。

Disable the auxiliary power supply output.

附录 B. 原理图

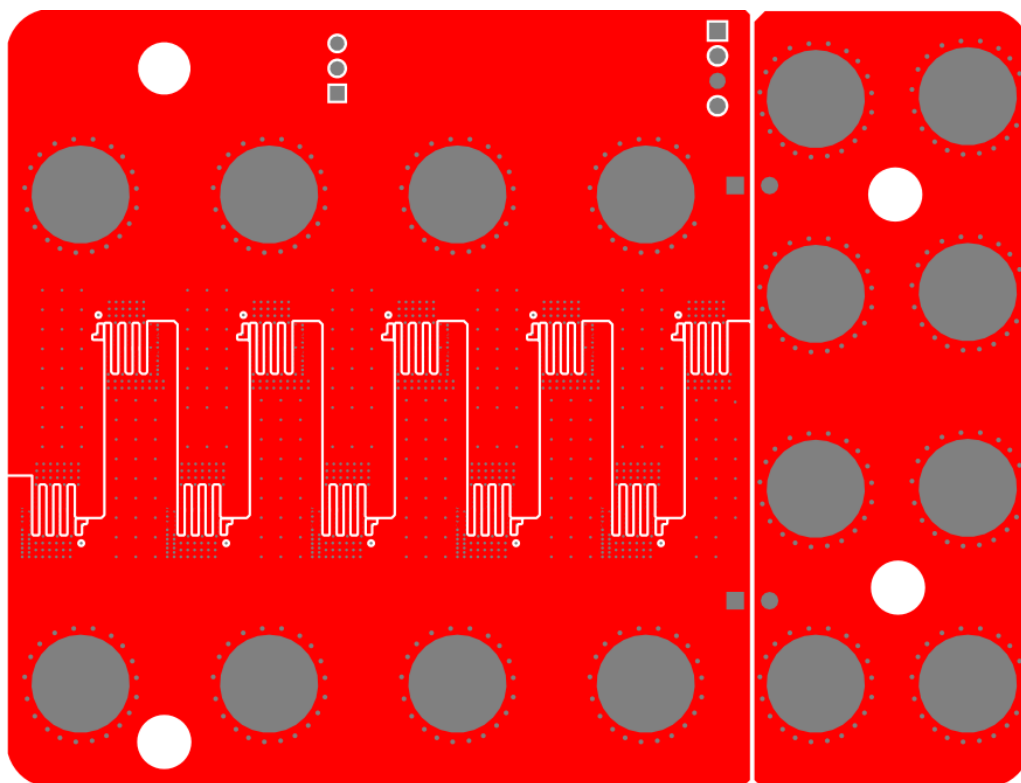


附录图 2 INNEBG200B3主功率电路原理图

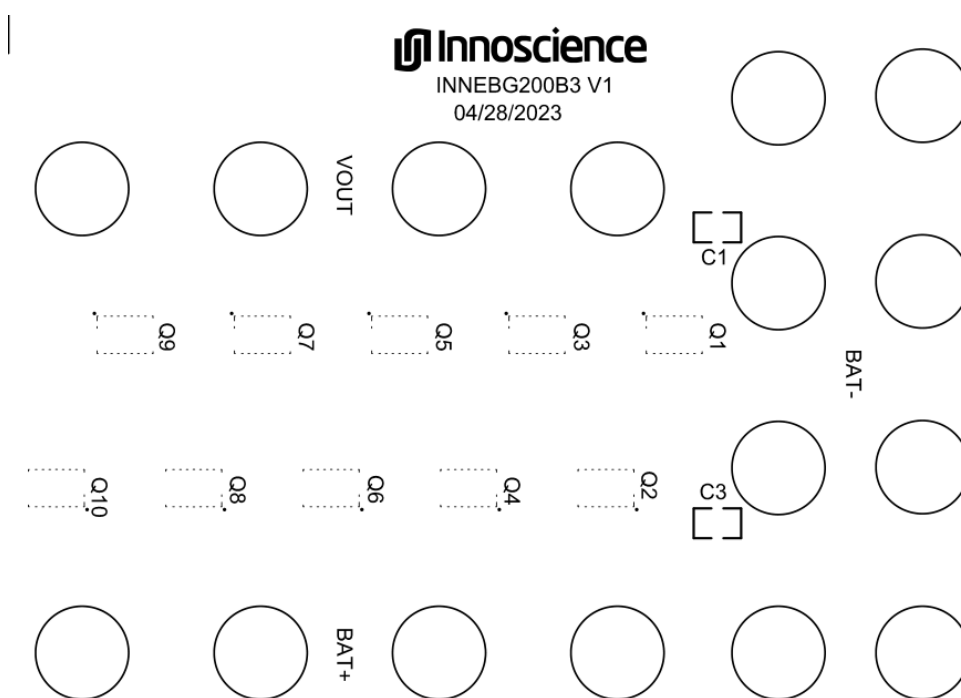


附录图 3 INNEBG200B3驱动电路原理图

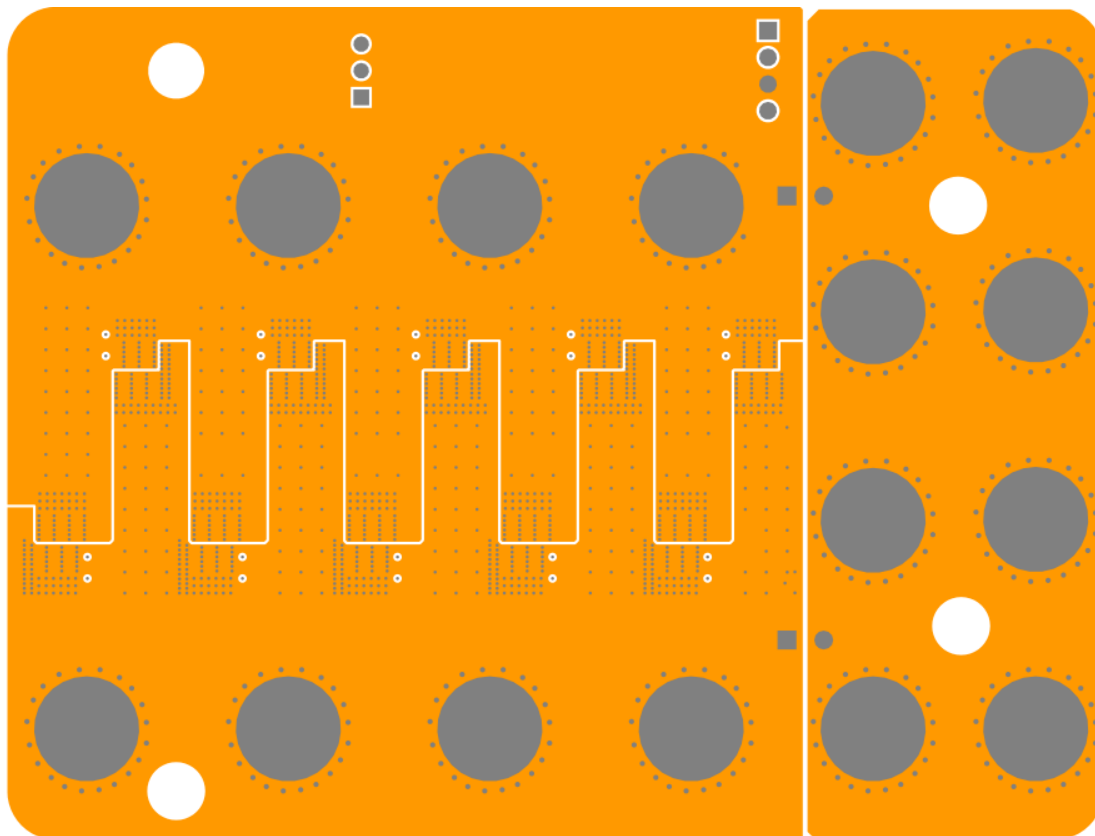
附录 C. PCB Layout



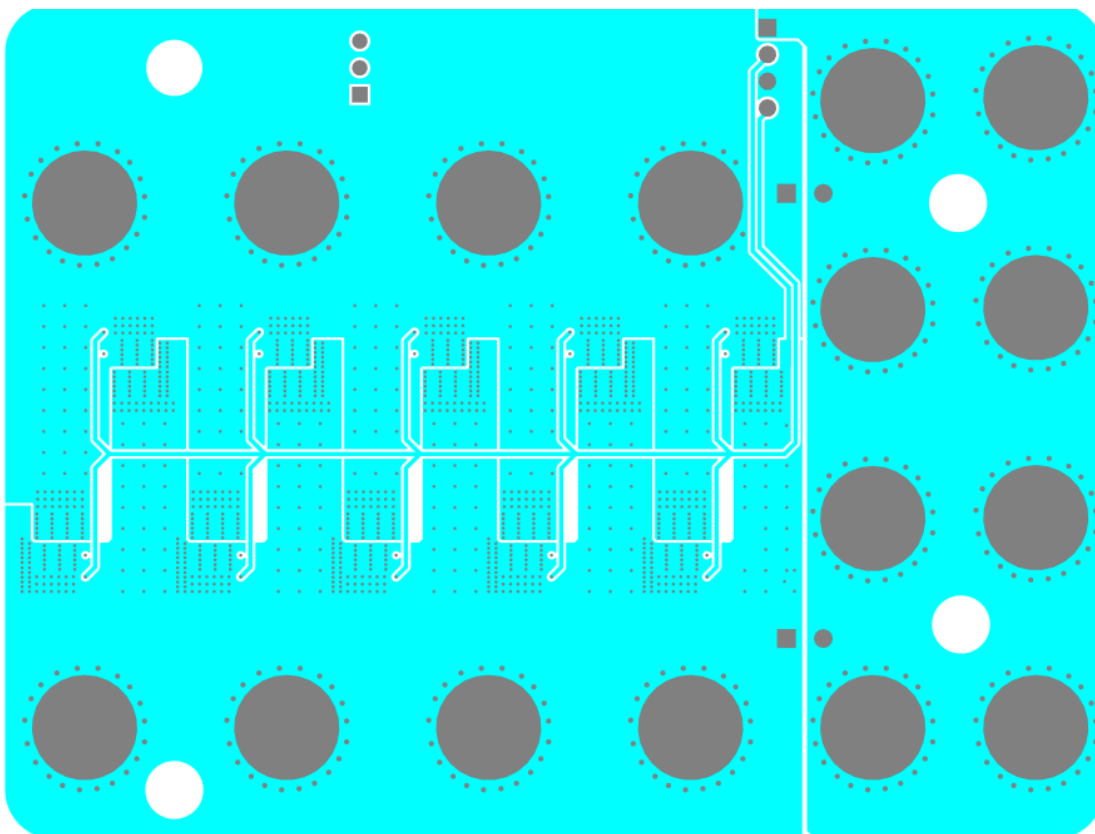
附录图 4 Top层



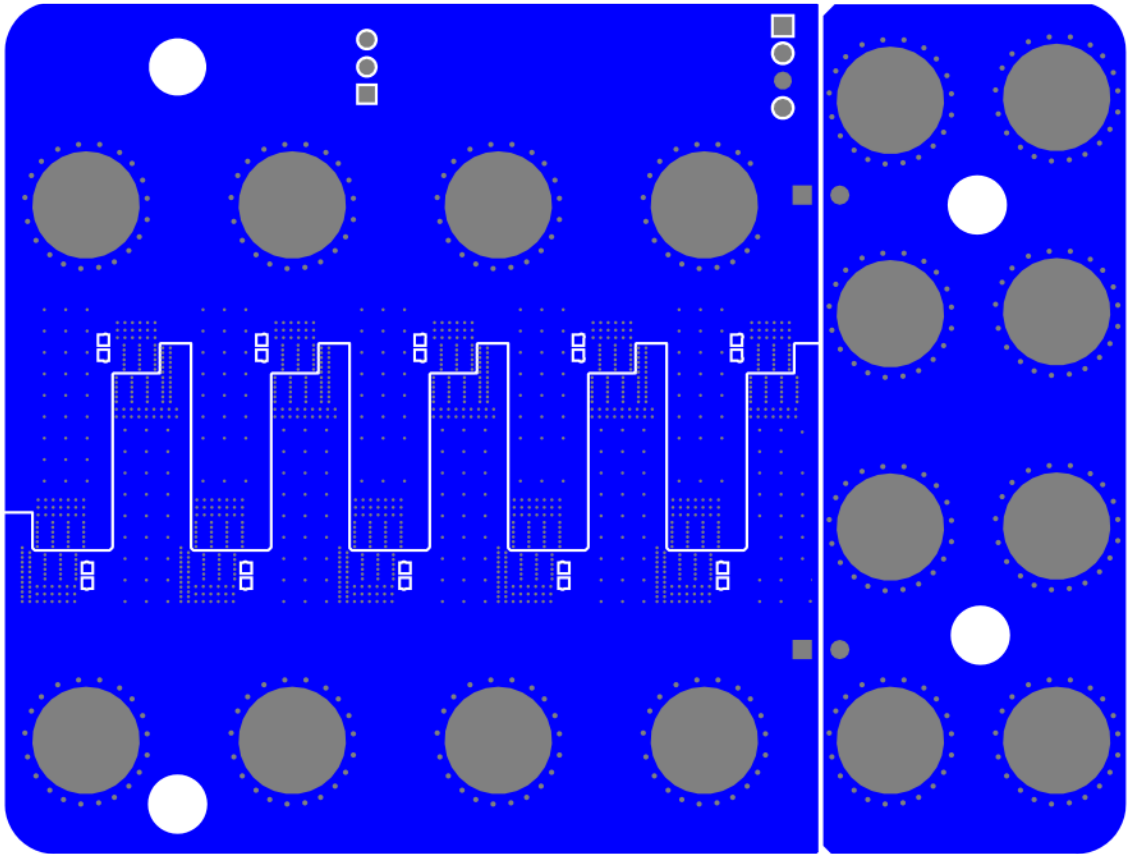
附录图 5 Top Overlay层



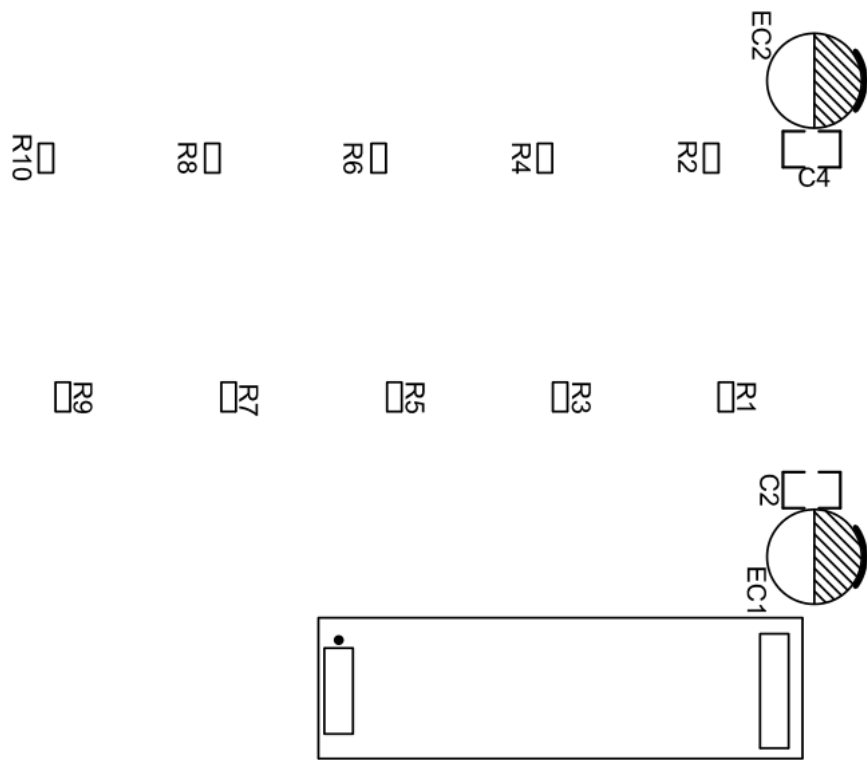
附录图 6 Mid1 层



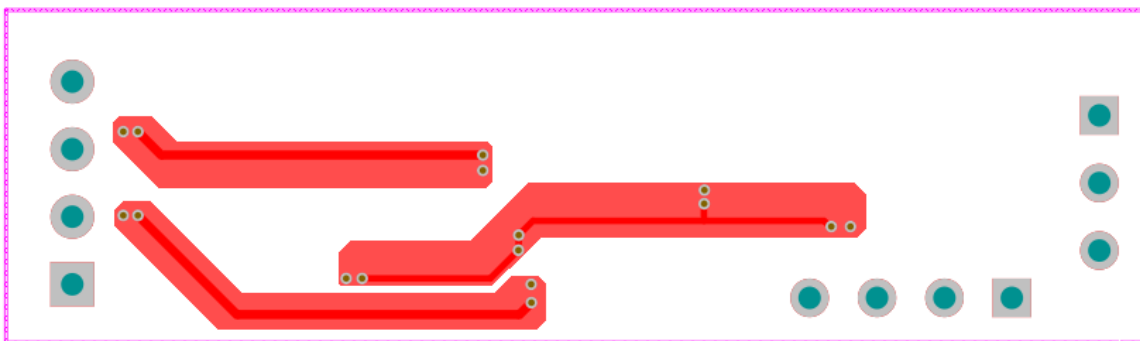
附录图 7 Mid2 层



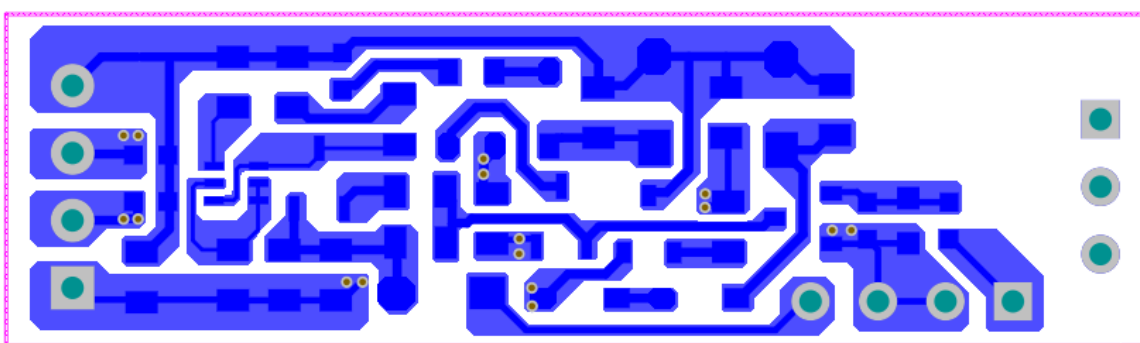
附录图 8 Bottom层



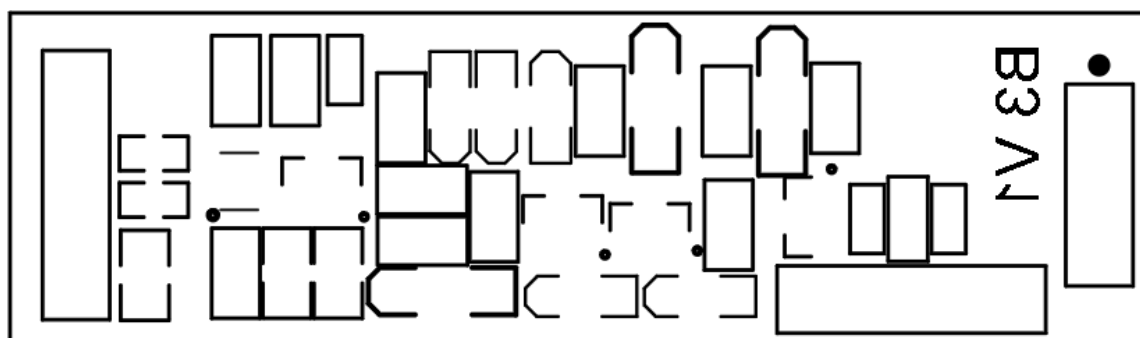
附录图 9 Bottom Overlay层



附录图 10 驱动板 Top层



附录图 11 驱动板 Bottom Overlay层



附录图 12 驱动板 Bottom Overlay层

附录 D. BOM

Part Number	Manufacturers	Description	Dsignator	Footprint	Quantity
C1210X7R226K250NT	SANYEAR	22uF 1210 ±10% 25V X7R	C1, C2,	C1210	2
RST470UF16V030	KNSCHA	470uF/16V, EC8*10.5	EC1, EC2	EC8*11.5*3.5	2
CC0603JRNPO9BN101	YAGEO	100pF 0603 ±5% 50V NPO	C35, C36	C0603	2
0603B102K500NT	FH	1nF 0603 ±10% 50V X7R	C337	C0603	2
CL21B105KBFNNNE	SAMSUNG	1uF 0805 ±10% 50V X7R	C37,	C0805	1
CL21A106KAYNNNE	SAMSUNG	10uF 0805 ±10% 25V X5R	C38	C0805	1
CL10B105KA8NNNC	SAMSUNG	1uF 0603 ±10% 25V X5R	C54	C0603	1
BZT52C5V1S	DIODES	Zener Diode, BZT52C5V1S, SOD-323	D8, D11	sod-323	2
BAT54WX	-	Default Diode, BAT54WX, sod-123	D12, D13, D14, D17	sod-123	4
1206W4F0000T5E	UNI-ROYAL	resistance,0R,1206,1%	D9, D10	R1206	2
-	-	Header, 3X1Pin, HDR2.54	P5	Header, 4X1Pin	1
-	-	Header, 4X1Pin, HDR2.54	P4	Header, 4X1Pin	1
-	-	Header, 4X1Pin, HDR2.54,90°	P3	Header, 4X1Pin	1
SMTSOM430BTR	YIYUAN	M4X3 SMD	VOUT,BAT+,BAT-	M4X3 SMD	16
2N7002		N-Channel MOSFET, SOT23-3L	Q24	SOT23-3L	1
MMBT3904	-	MMBT3904 NPN Bipolar Transistor, SOT23-3L	Q25, Q27	SOT23-3L	2
MMBT3906	-	MMBT3906, SOT-23, PNP, -40V, SOT23-3L	Q26	SOT23-3L	1
WR06X10R0FTL	Walsin	10R,0603,1%	R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R57	R0603	11
0805W8F1002T5E	UNI-ROYAL	10K,0805,1%	R47	R0805	2
0805W8F0000T5E	UNI-ROYAL	0R,0805,1%	R12	R0805	1
0603W8F1001T5E	UNI-ROYAL	1K,0603,1%	R13	R0603	1
0603WAF6201T5E	UNI-ROYAL	6.2K,0603,1%	R11	R0603	1
0805W8F1004T5E	UNI-ROYAL	1M,0805,1%	R14	R0805	1
0805W8F7502T5E	UNI-ROYAL	75k,0805,1%	R56	R0805	3
0805W8F1002T5E	UNI-ROYAL	10K,0805,1%	R31	R0805	1
0603W8F1002T5E	UNI-ROYAL	10K,0603,1%	R32	R0603	1

0805W8F1003T5E	UNI-ROYAL	100K,0805,1%	R35,	R0805	1
0805W8F2002T5E	UNI-ROYAL	20K,0805,1%	R58	R0805	1
MMDT5401	TECH PUBLIC	MMDT5401,	U1	SOT-363	1
INN040FQ012A	Innoscience	INN040FQ012A FCQFN 6*4	Q1,Q2,Q3,Q4,Q5,Q6,Q7,Q8, Q9,Q10	FCQFN 6*4	10

历史版本

日期	版本	描述	编写
2023/05/30	1.0	英文第一版	AE 团队
2023/07/31	1.1	更新封面图和3.1拓扑图，更新bom关键器件	AE 团队
2023/08/03	1.2	更新热测试数据	AE 团队
2025/06/17	1.3	格式更新，英文转中文，更新驱动参数 D8/D11: DDZ9689→BZT52C5V1S， R11:100K→6.2K，C37:1nF→1uF	AE 团队



Note:
There may be 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.



Disclaimer:
Innoscence reserves the right to make changes to the products or specifications described in this document at any time. All information in this document, including descriptions of product features and performance, is subject to change without notice. INNOIC ACCEPTSURBIT ACCEPTS NO LIABILITY ARISING OUT OF THE USE OF ANY EQUIPMENT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN. The performance specifications and operating parameters of the products described in this article are determined in a stand-alone state and are not guaranteed to be performed in the same manner when installed in the customer's product. Samples are not suitable for extreme environmental conditions. We make no representations or warranties, express or implied, as to the accuracy or completeness of the statements, technical information and advice contained herein and expressly disclaim any liability for any direct or indirect loss or damage suffered by any person as a result thereof. This document serves as a guide only and does not convey any license under the intellectual property rights of Innoscence or any third party.