

英飞凌CoolGaN™ 双晶体管 650V G5

140 mΩ / 650 V GaN 半桥

特性

- 两个140 mΩ GaN 开关采用半桥配置
- 超快速开关
- 不含反向恢复电荷
- 能够反向传导
- 低栅极电荷、低输出电荷
- 开尔文源极连接方式
- 耐热增强型 6 x 8 mm QFN-32 封装
- 符合 JEDEC 标准



描述

英飞凌 IGI65D1414A3MS 将由两个140 mΩ (典型值 $R_{ds(on)}$) / 650 V 增强模式 CoolGaN™ HEMT 组成的半桥功率级相结合, 采用 6 x 8 mm QFN-32 小型封装。因此, 在中低功率领域 (图1 中的示例应用), 它非常适合利用 CoolGaN™ HEMT 的卓越开关性能来支持高密度 AC/DC 充电器和适配器的设计。英飞凌的 CoolGaN™ 及相关功率开关提供非常坚固的栅极结构。当在“导通”状态下以几 mA 的连续栅极电流驱动时, 始终能保证最小的导通电阻 $R_{ds(on)}$ 。

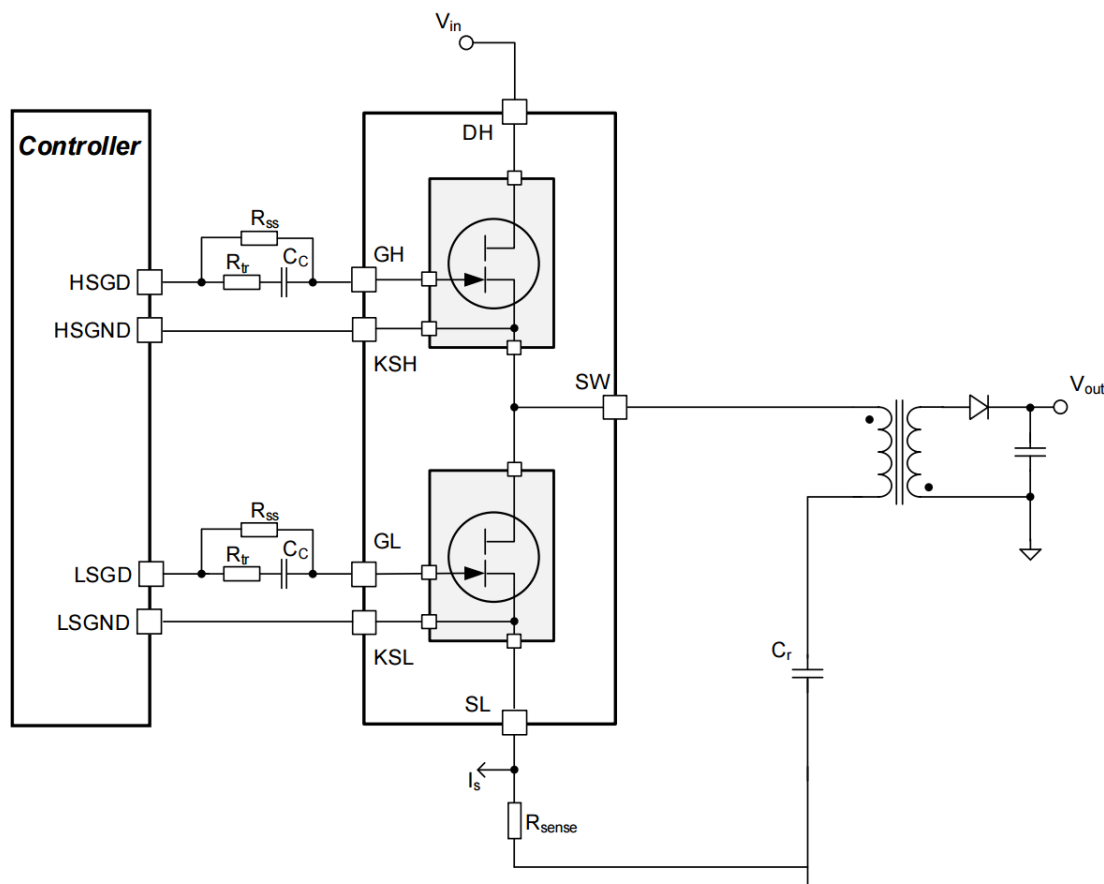


图 1 典型应用电路 (混合反激式变换器)

本数据手册的原文使用英文撰写。为方便起见, 英飞凌提供了译文; 由于翻译过程中可能使用了自动化工具, 英飞凌不保证译文的准确性。为确认准确性, 请务必访问 infineon.com 参考最新的英文版本 (控制文档)。

由于 GaN 特有的低阈值电压和快速开关瞬变，某些应用中需要负栅极驱动电压来实现快速关断并避免交叉传导效应。这可以通过驱动器和开关之间众所周知的 RC 接口来实现。一些外部 SMD 电阻器和电容可以轻松适应不同的电源拓扑。

应用

- 充电器和适配器
- 低功率电机驱动
- LED 照明

电源拓扑

- 有源钳位反激式或混合反激式转换器
- LLC 谐振转换器
- 单路或交错式同步降压或升压转换器
- 单相或多相两电平逆变器

产品版本

表1 CoolGaN™集成功率级半桥产品概览

Part Number / Ordering code	OPN	Package	Typ. R _{dson} high- / low-side	Marking
IGI65D1414A3MS	IGI65D1414A3MS XUMA1	PG-VIQFN-32-1 6 x 8 mm	140 mΩ / 140 mΩ	65D1414A

目录

目录3

1 引脚配置及说明4

2 代表性框图.....5

3 特征6

3.1 绝对最大额定值 6

3.2 热特性..... 7

3.3 电气特征..... 7

4 驱动 CoolGaN™ HEMT..... 10

5 典型特征 13

6 封装信息17

7 布局指南 18

8 附录 20

修订记录..... 21

1 引脚配置及说明

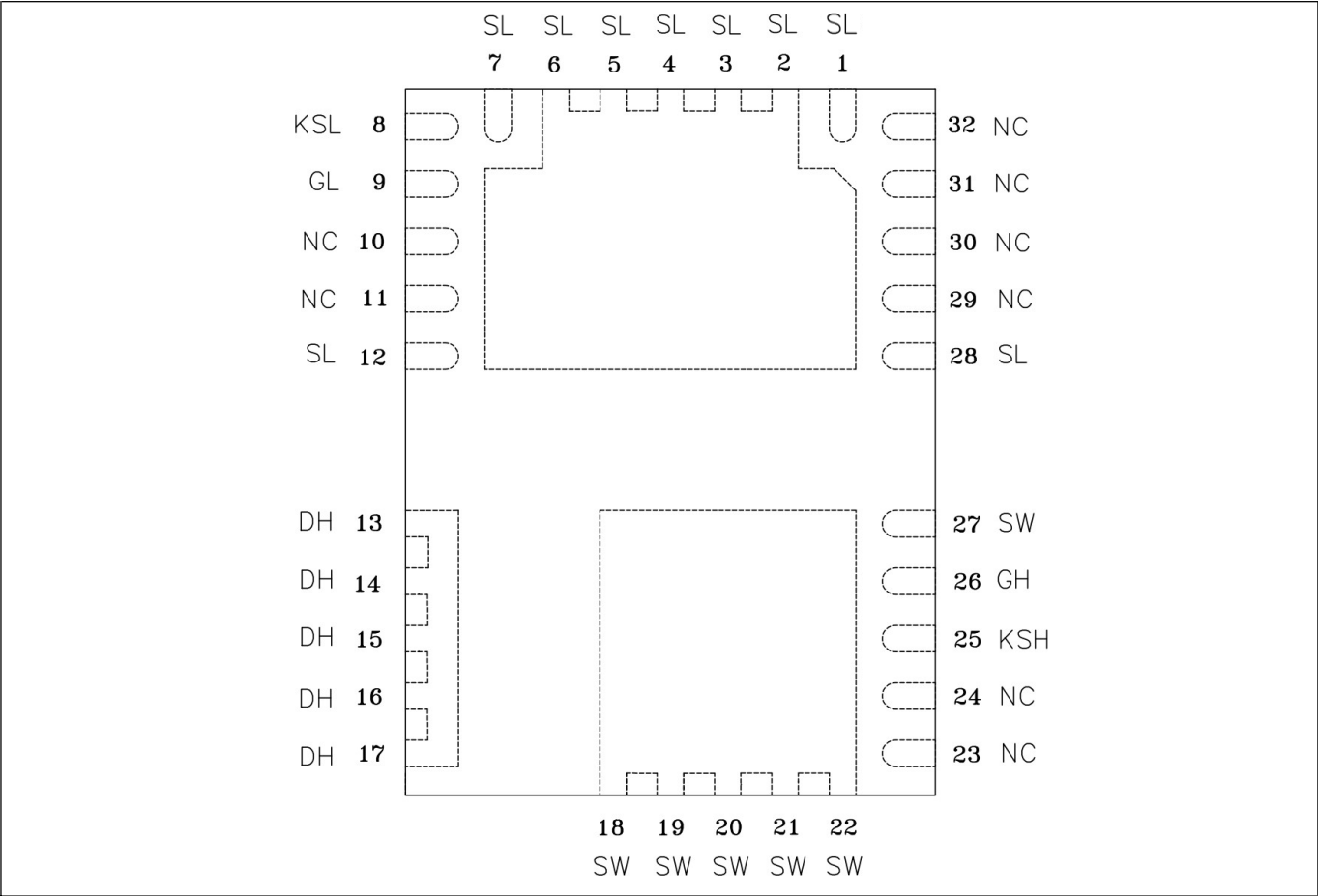


图2 PG-VIQFN-32-1 6 x 8 毫米封装的引脚配置和裸露焊盘，顶视图（未按比例绘制）

表2 引脚描述

Pin No.	Symbol	Description
1 – 7, 12, 28	SL	Source connection low-side switch
8	KSL	Kelvin source connection low-side switch
9	GL	Gate connection low-side switch
13 – 17	DH	Drain connection high-side switch
18 – 22, 27	SW	Half-bridge output (switching node)
25	KSH	Kelvin source connection high-side switch
26	GH	Gate connection high-side switch
10, 11, 29 – 32	NC	Not connected, can be connected to SL pad for more thermal cooling
23, 24	NC	Not connected, can be connected to SW pad for more thermal cooling

2 代表性框图

CoolGaN™ 功率级的简化功能框图见图 3。两个分立式 CoolGaN™ 开关采用半桥配置连接，并共封装于 QFN 6×8 封装中。高边和低边栅极驱动均提供开尔文源极连接，从而实现卓越的换向耐受性。

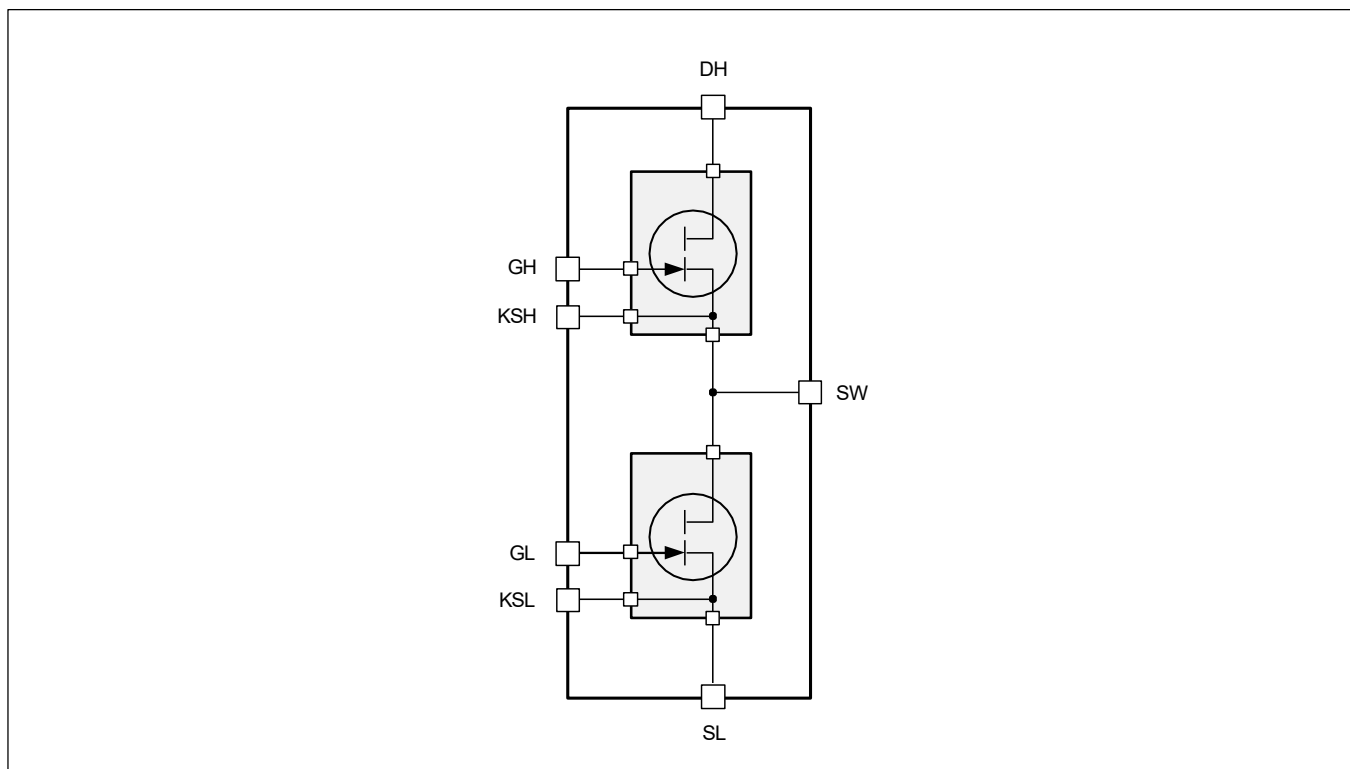


图3 IGI65D1414A3MS 框图

3 特征

3.1 绝对最大额定值

表 3 列出了绝对最大额定值。超过这些值的应力可能会对器件造成永久性损坏。长期暴露在绝对最大额定值条件下可能会影响器件的可靠性。

表 3 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Conditions
		Min.	Typ.	Max.		
Voltage between output pins DH, SW and SL	V _{DHSW}	—	—	650	V	V _{GHSW} = 0 V, V _{GLSL} = 0 V
	V _{SWSL}	—	—	650	V	
Drain-to-source voltage pulsed ¹	V _{DS,pulse}	—	—	750	V	T _J = 25°C, V _{GS} ≤ 0 V, cumulated stress time ≤ 1h
		—	—	650	V	T _J = 125°C, V _{GS} ≤ 0 V, cumulated stress time ≤ 1h
Continuous drain current ²	I _D	—	—	13.7	A	T _{Case} = 25°C
		—	—	6.5	A	T _{Case} = 125°C
Pulsed drain current ³⁴	I _{D,pulse}	—	—	23	A	T _J = 25°C; I _G = 10 mA
		—	—	14	A	T _J = 125°C; I _G = 10 mA
Gate current, continuous	I _{G, avg}	—	—	7.7	mA	T _J = -55 °C to 150 °C (see Figure 5)
Gate current, pulsed	I _{G, pulse}	—	—	770	mA	T _J = -55 °C to 150 °C T _{pulse} = 50 ns, f = 100kHz open drain (see Figure 5)
Junction temperature	T _J	- 55	—	150	°C	
Storage temperature	T _S	- 55	—	150	°C	Max shelf life depends on storage conditions
Soldering temperature	T _{solder}	—	—	260	°C	reflow/wave soldering ⁵
ESD capability	V _{ESD_HBM}	—	—	2	kV	Human Body Model ⁶
	V _{ESD_CDM}	—	—	1.0	kV	Charged Device Model ⁷

¹符合 JEDEC-JEP180 标准

²受 T_{Jmax} 限制。第一象限工作时最大占空比 D=0.5。频率 > 1kHz

³限值源自产品特性，并受 T_{Jmax} 限制，参数未在生产过程中测量

⁴参数受可靠性要求影响。请联系当地英飞凌销售办事处获取您的应用评估

⁵符合 JESD22A111标准

⁶符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001标准

⁷符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002标准

3.2 Thermal characteristics

表 4 热特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Conditions
		Min.	Typ.	Max.		
Thermal resistance junction-case	R_{thJC}	—	—	2.3	°C/W	
Thermal resistance junction-ambient	R_{thJA}	—	45	—	°C/W	Device mounted on four-layer PCB with 600 mm ² total cooling area

3.3 电气特性

在 $T_J=25^{\circ}\text{C}$ 条件下, 除非另有说明

表 5 GaN 开关的输出特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Conditions
		Min.	Typ.	Max.		
$R_{ds\text{on}}$ high-side	$R_{ds\text{hs}}$	—	140	170	m Ω	$I_G = 10\text{ mA}$, $I_D = 3.1\text{ A}$, $T_J = 25^{\circ}\text{C}$
		—	300	—	m Ω	$I_G = 10\text{ mA}$, $I_D = 3.1\text{ A}$, $T_J = 150^{\circ}\text{C}$
$R_{ds\text{on}}$ low-side	$R_{ds\text{ls}}$	—	140	170	m Ω	$I_G = 10\text{ mA}$, $I_D = 3.1\text{ A}$, $T_J = 25^{\circ}\text{C}$
		—	300	—	m Ω	$I_G = 10\text{ mA}$, $I_D = 3.1\text{ A}$, $T_J = 150^{\circ}\text{C}$
Drain-source leakage current	$I_{DSS\text{hs}}$, $I_{DSS\text{ls}}$	—	0.39	39	μA	$V_{DS} = 600\text{ V}$, $V_{GS} = 0\text{ V}$, $T_J = 25^{\circ}\text{C}$
		—	7.8	—	μA	$V_{DS} = 600\text{ V}$, $V_{GS} = 0\text{ V}$, $T_J = 150^{\circ}\text{C}$
Total gate charge (per switch) ¹	Q_G	—	1.8	—	nC	$V_{GS} = 0\text{ to }3\text{ V}$, $V_{DS} = 400\text{ V}$, $I_D = 3.1\text{ A}$

表 6 GaN 开关静态特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Gate threshold voltage	$V_{GS(th)}$	0.9 —	1.2 1.0	1.6 —	V	$I_{DS} = 1 \text{ mA}$, $V_{DS} = 10 \text{ V}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$ $I_{DS} = 1 \text{ mA}$, $V_{DS} = 10 \text{ V}$, $T_J = 150^\circ\text{C}$
Gate-source reverse clamping voltage	$V_{GS, \text{clamp}}$	—	—	-8	V	$I_{GSS}^1 = -1 \text{ mA}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$
Gate resistance	$R_{G, \text{int}}$	—	0.92	—	Ω	LCR impedance measurement

表 7 GaN 开关动态特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input capacitance	C_{iss}	—	155	—	pF	$V_{GS} = 0 \text{ V}$, $V_{DS} = 400 \text{ V}$; $f = 1 \text{ MHz}$
Output capacitance	C_{oss}	—	22	—	pF	$V_{GS} = 0 \text{ V}$, $V_{DS} = 400 \text{ V}$; $f = 1 \text{ MHz}$
Reverse transfer capacitance	C_{rss}	—	0.31	—	pF	$V_{GS} = 0 \text{ V}$, $V_{DS} = 400 \text{ V}$; $f = 1 \text{ MHz}$
Effective output capacitance, energy related ²	$C_{o(er)}$	—	26	—	pF	$V_{GS} = 0 \text{ V}$, $V_{DS} = 0 \text{ to } 400 \text{ V}$
Effective output capacitance, time related ³	$C_{o(tr)}$	—	35	—	pF	$V_{GS} = 0 \text{ V}$, $V_{DS} = 0 \text{ to } 400 \text{ V}$
Output charge	Q_{oss}	—	14	—	nC	$V_{DS} = 0 \text{ to } 400 \text{ V}$

¹ 栅极漏电流

² $C_{o(er)}$ 是一个固定电容，当 V_{DS} 从 0 上升至 400 V 时，其存储的能量与 C_{oss} 相同。

³ $C_{o(tr)}$ 是一个固定电容，当 V_{DS} 从 0 上升至 400 V 时，其充电时间与 C_{oss} 相同。

表8 反向传导特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note/Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Source-Drain reverse voltage	V_{SD}	—	2.2	2.5	V	$V_{GS} = 0V, I_{SD} = 3.1 A$
Pulsed current, reverse	$I_{S,pulse}$	—	—	23	A	$I_G = 10 mA$
Reverse recovery charge	Q_{rr}^1	—	0	—	nC	$I_{SD} = 3.1 A, V_{DS} = 400V$
Reverse recovery time	t_{rr}	—	0	—	ns	
Peak reverse recovery current	I_{rrm}	—	0	—	A	

¹不包括 Q_{oss}

4 驱动 CoolGaN™ HEMT

虽然与 pGaN 栅极欧姆连接的氮化镓高电子迁移率晶体管 (GaN HEMT) 是鲁棒的增强型 (“常关型”) 器件, 但它们与 MOSFET 存在显著差异。栅极模块与沟道未隔离, 而是表现得像一个正向电压 V_F 为 3 至 4 V 的二极管。等效电路和典型的栅极输入特性如图 4 所示。在稳定的“导通”状态下, 需要持续的栅极电流才能实现稳定的工作条件。开关处于“常关”状态, 但阈值电压 V_{th} 相当低 (约 +1 V)。因此, 在许多应用中, 需要负栅极电压 $-V_N$ (通常在几伏范围内) 才能安全地保持开关“关断” (图 4b)。

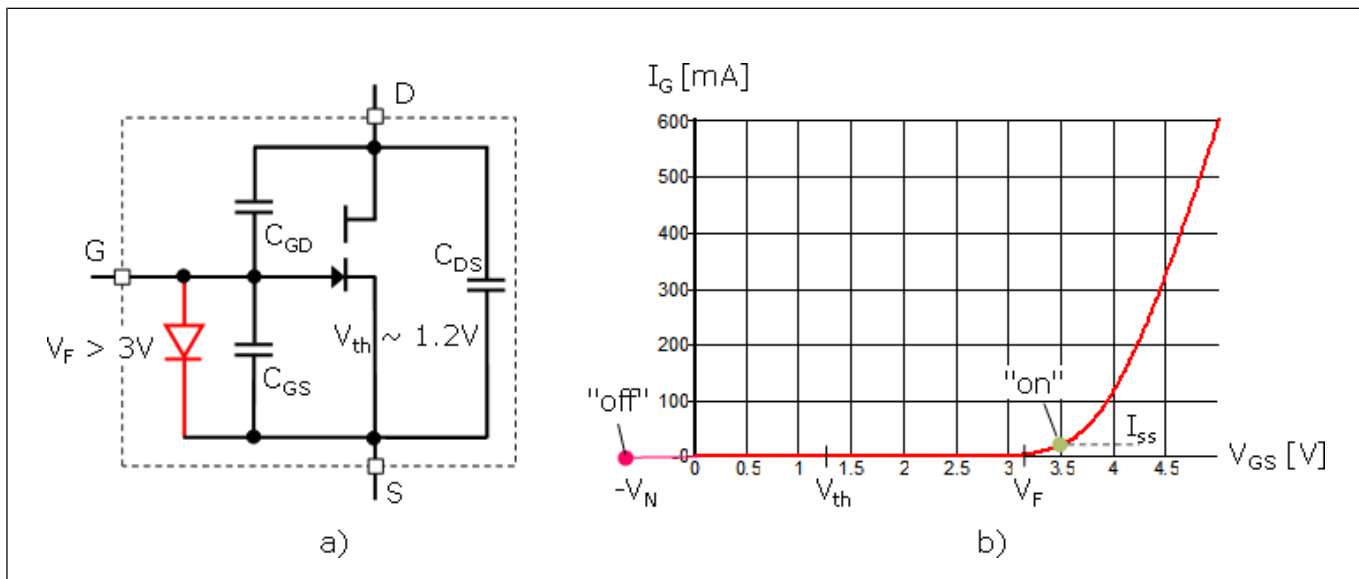


图 4 典型的“常断”GaN HEMT 等效电路 (a) 和栅极输入特性 (b)

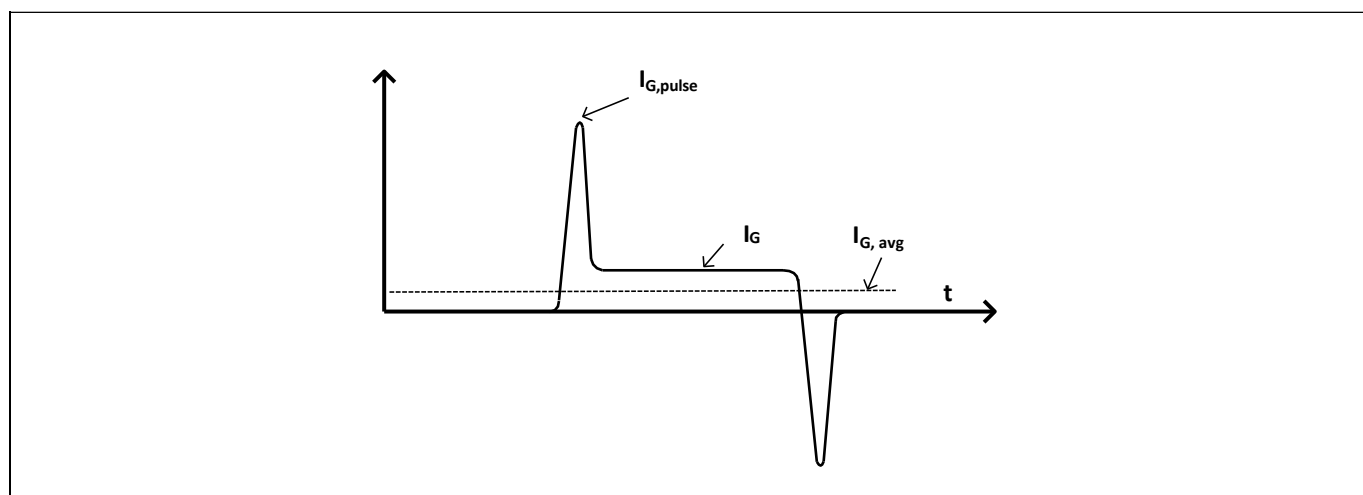


图 5 栅极电流开关波形

显然, 由于需要稳态“导通”电流 I_{SS} 和负“关断”电压 $-V_N$, 图 4 中的晶体管无法像传统 MOSFET 那样驱动。虽然几 mA 的 I_{SS} 即足够, 但快速开关瞬态需要 1 A 量级的栅极充电电流 I_{on} 和 I_{off} 。典型栅极电流开关波形如图 5 所示, 其中栅极充电电流 I_{on} 和 I_{off} 记为 $I_{G,PULSE}$, 栅极保持电流 I_{SS} 记为 I_G 。为避免使用具有两条独立“导通”路径和双极性电源电压的专用驱动器, 通常选用图 6 所示的方案, 将标准栅极驱动器与无源 RC 电路相结合, 以实现预期特性。包含小栅极电阻 R_{tr} 和 R_{off} 的高电流路径分别通过耦合电容 C_C 连接到栅极。

C_C 的选取对动态栅极电流 I_{on} 和 I_{off} 无显著影响。与大电流充电路径并联的更大的电阻器 R_{ss} 形成直接栅极连接，以持续提供小的稳态栅极电流 I_{ss} 。此外， C_C 可用于产生负栅极电压。显然，在"导通"状态下， C_C 充电至驱动电源 V_{DD} 与二极管电压 V_F 之差。关断时，该电荷在 C_C 与 C_{GS} 之间重新分配，并产生初始负 V_{GS} ，其值为：

$$V_N = \frac{C_C \cdot (V_{DD} - V_F) - Q_G}{C_C + C_{GS}} \quad (2)$$

Q_G 表示栅极总电荷 $Q_{GS} + Q_{GD}$ 。因此，可以通过适当选择 V_{DD} 和 C_C 来控制 V_{NO} 在"关断"状态下，由于 C_C 通过 R_{ss} 放电，负 V_{GS} 下降。相关的时间常数无法独立选择，但与稳态电流有关，通常在 $1\mu s$ 范围内。因此，"关断"阶段结束时的负栅极电压（图 6b 中的 V_{Nf} ）取决于"关断"持续时间。它会降低后续导通事件的有效驱动电压，导致开关动态特性略微依赖于频率和占空比。不过，在大多数应用中，这种影响可以忽略不计。

另一种情况也需要关注。如果半桥的两个开关因任何原因长时间处于"关闭"状态（如系统启动、突发模式运行等），两个电容 C_C 都将放电。这意味着，在经过如此长的非开关时间后的第一个开关脉冲中，没有负电压可用。为了避免在这种情况下由于杂散导通效应而导致的不稳定，应选择 C_C 以保证在器件关断期间有足够的栅极负电压。

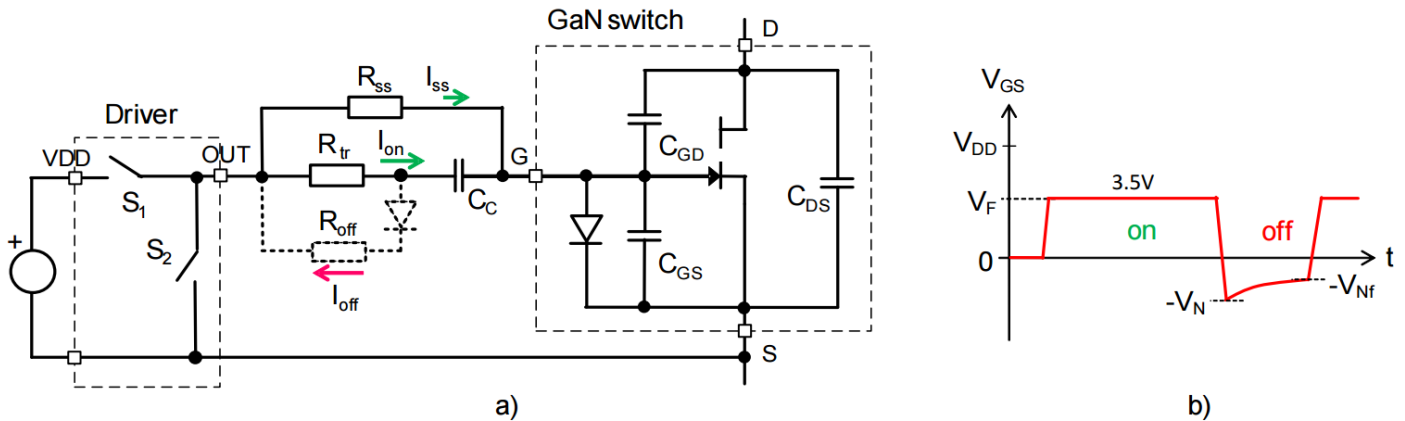


图 6 带有 RC 栅极驱动 (a) 和栅-源电压 V_{GS} (b) 的 GaN 开关等效电路

在图 6 的拓扑中，通常可以使用单个电阻 R_{tr} 来设置最大瞬态充电和放电电流。如果出于某种原因无法接受，可以使用一个附加电阻 R_{off} 以及与 R_{tr} 并联的串联二极管，分别实现"导通"和"关断"瞬态的独立栅极阻抗。

所有相关的驱动参数都可以通过选择 V_{DD} 、 R_{ss} 、 R_{tr} 、 R_{off} 和 C_C 按照关系轻松编程

$$V_N = \frac{C_C \cdot (V_{DD} - V_F) - Q_G}{C_C + C_{GS}} \quad (3)$$

$$I_{ss} = \frac{V_{DD} - V_F}{R_{ss}}, \quad I_{on,max} \sim \frac{V_{DD} - V_{Nf}}{R_{tr}}, \quad I_{off,max} \sim \frac{(V_{th} + V_N) \cdot (R_{off} + R_{tr})}{R_{off} \cdot R_{tr}}$$

确定栅极驱动参数的主要指导原则如下：

- V_N 必须始终为正；建议软开关系统中的目标值为 2 V，硬开关系统中的目标值为 4 V 至 5 V

- I_{SS} 的目标值约为几毫安， I_{SS} 电流越大，漏极-源极饱和电流也就越大。 R_{SS} 必须根据所需的输出特性来选择。
- R_{tr} 设定了硬开关 "导通" 事件的瞬态速度。对于软开关系统， R_{tr} 基本上并不关键。
- 如果使用单独的 R_{off} ，则应保证栅极环路中的振荡得到充分抑制。

有关如何驱动 GaN HEMT 的更多信息，请参阅 [用于GaN 功率 晶体管的栅极驱动器 配置](#)。

5 典型特征

下图指的是单个 GaN 开关。

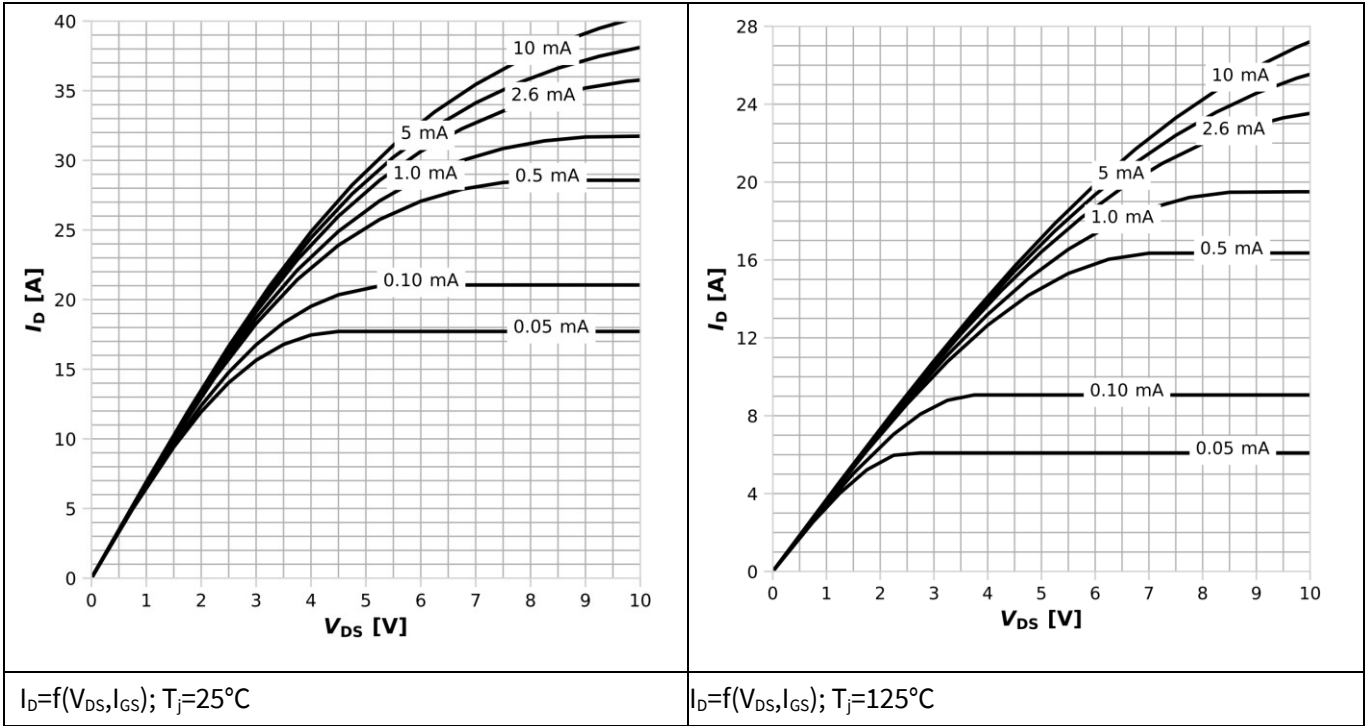


图 7 典型输出特性

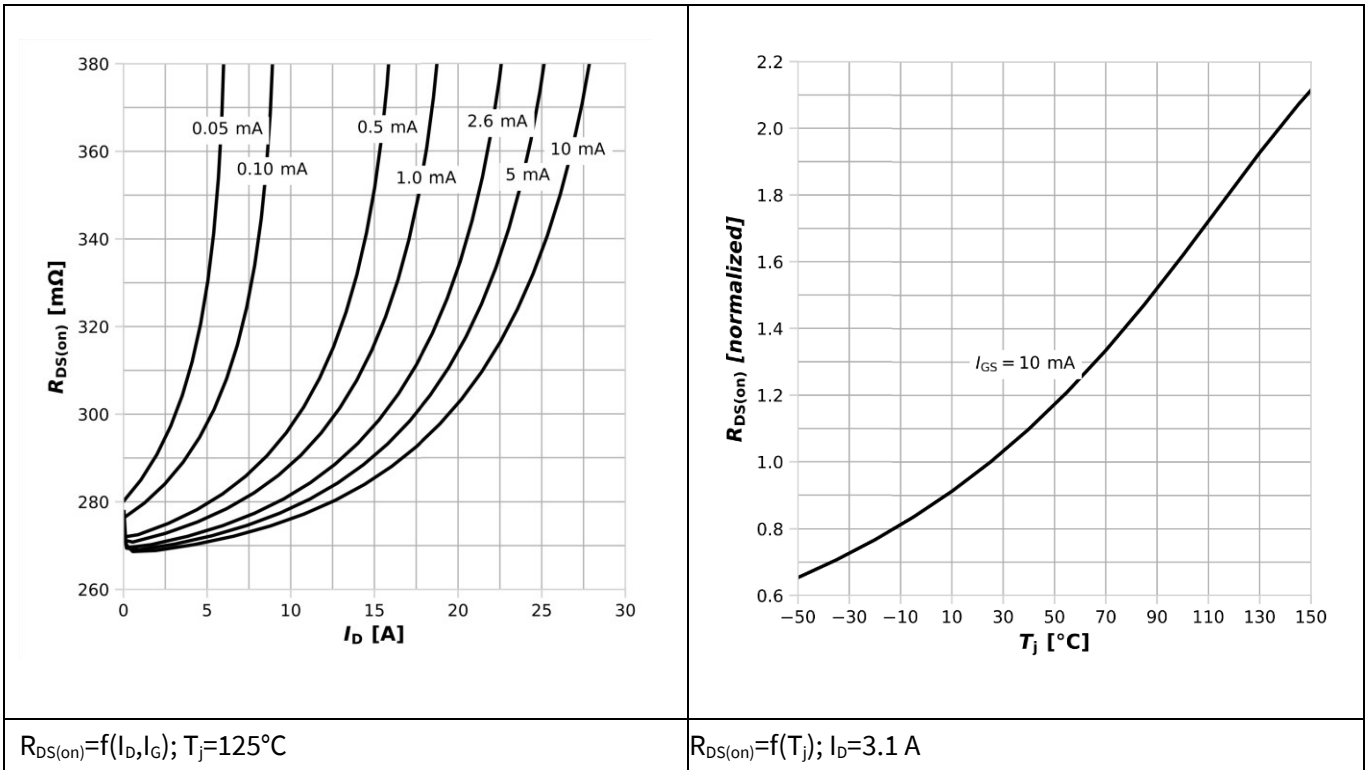


图8 典型漏源导通电阻

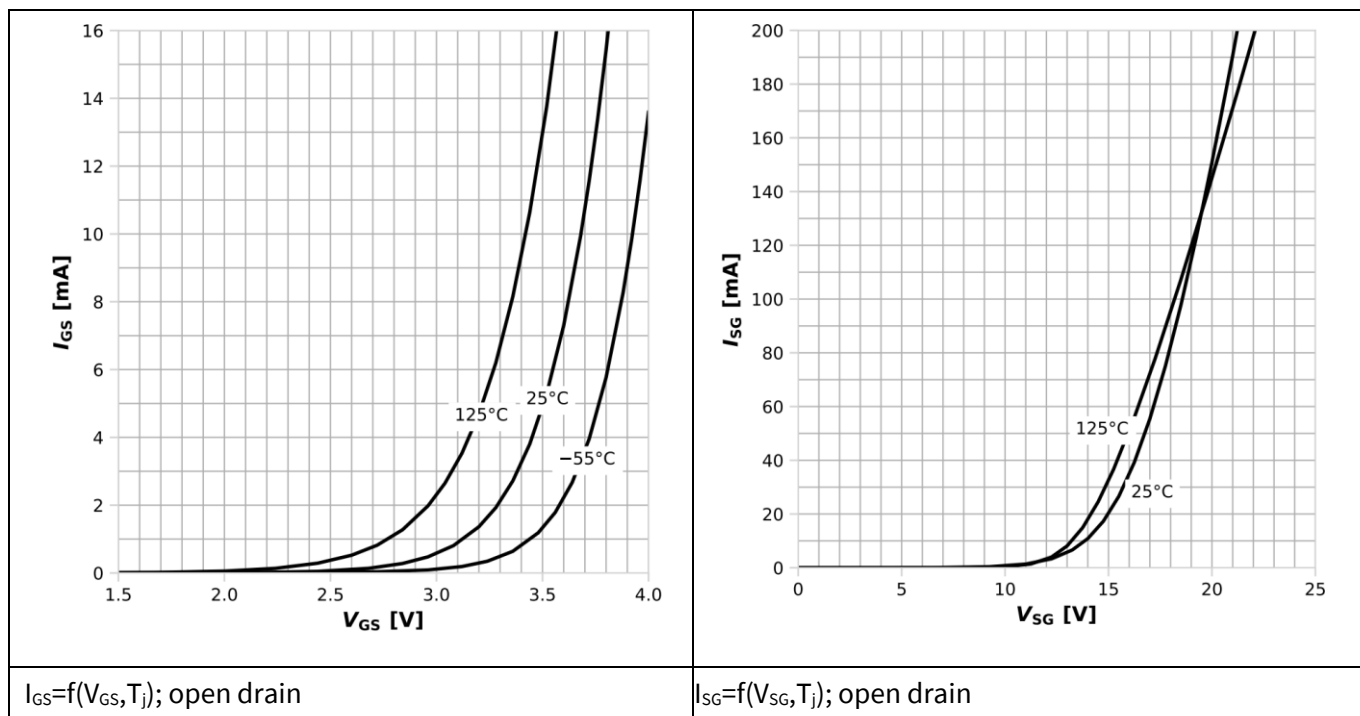


图9 典型的正向和反向栅极特性

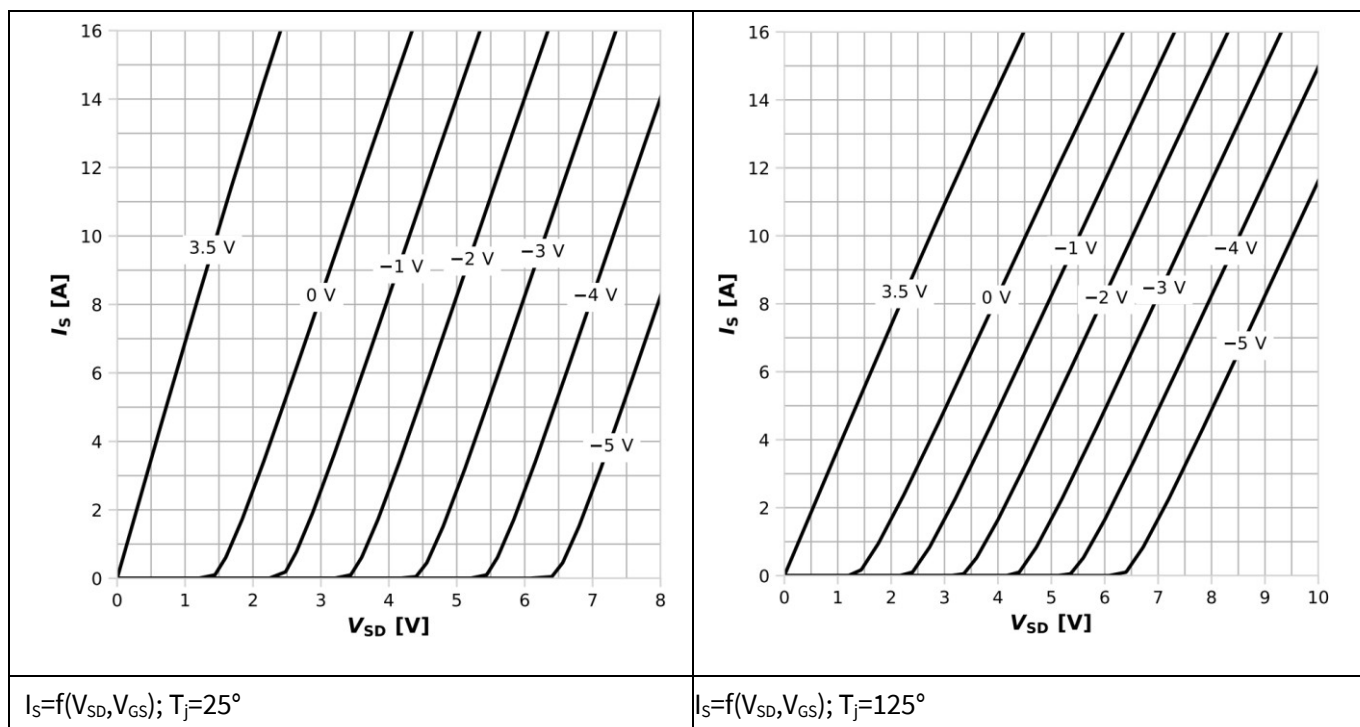


图10 正反向工作时的输出特性 I_{ds} (V_{ds}) (参数 V_{gs})

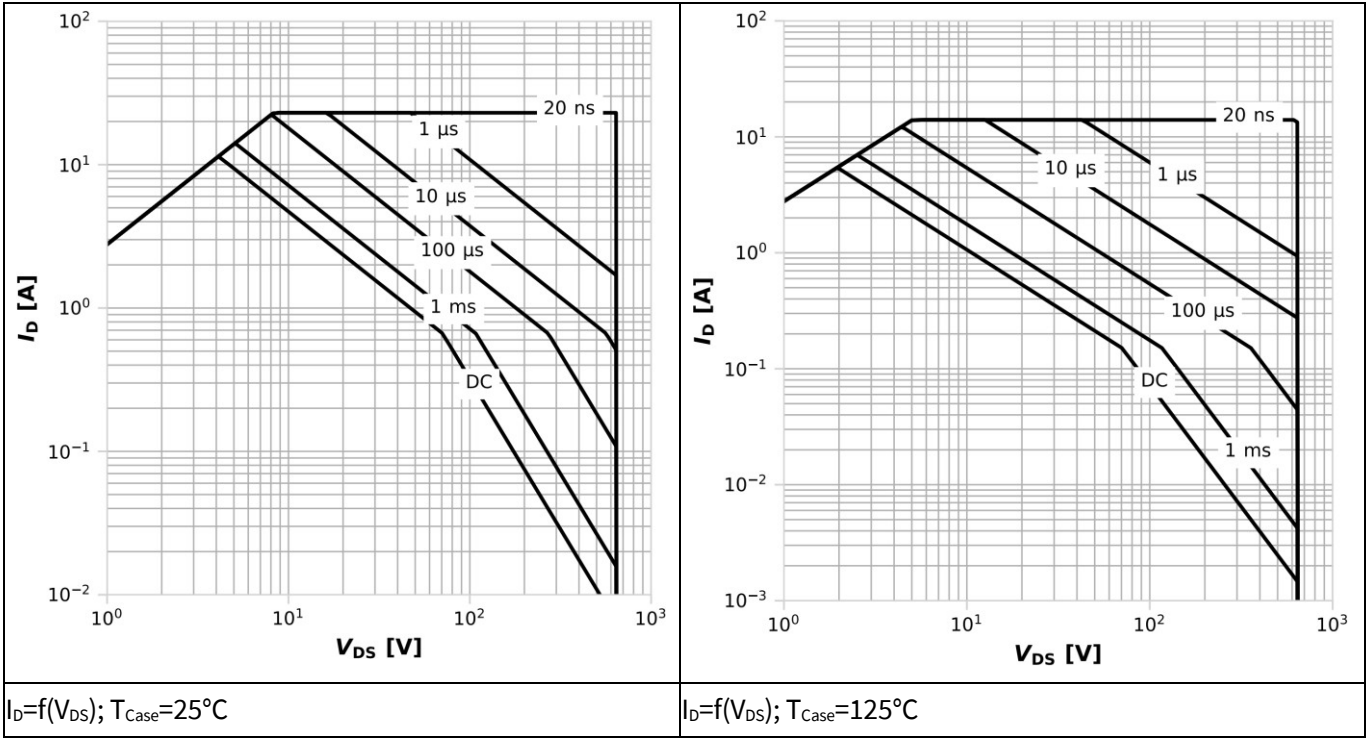


图 11 安全工作区 (SOA)

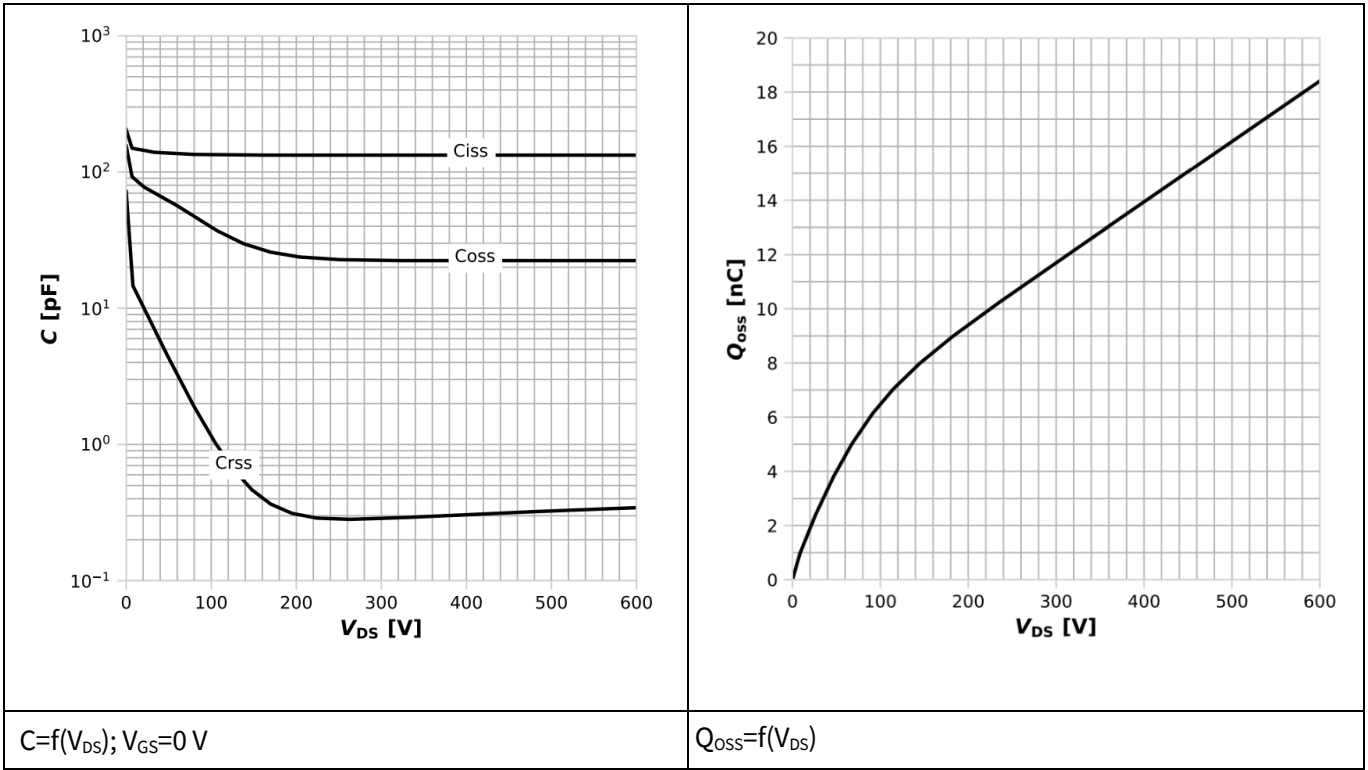


图12 端子电容和输出电荷 (单开关)

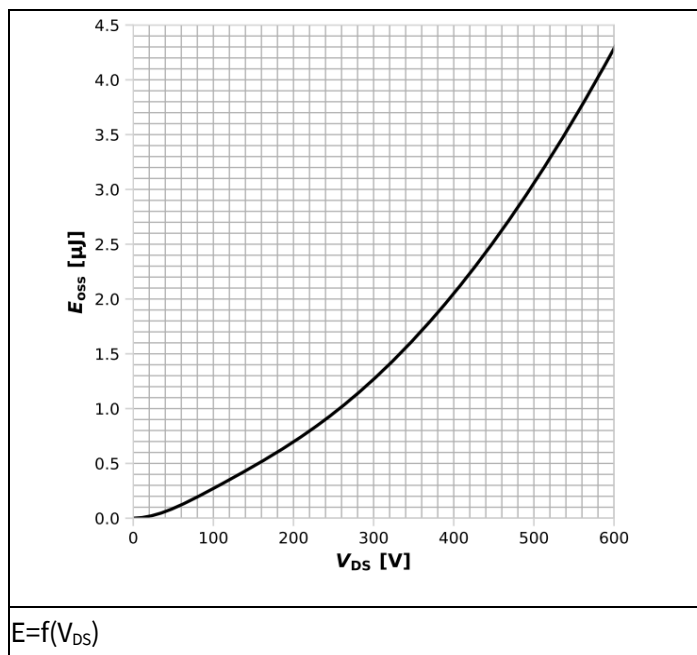


图13 典型输出能量（单开关）

6 封装信息

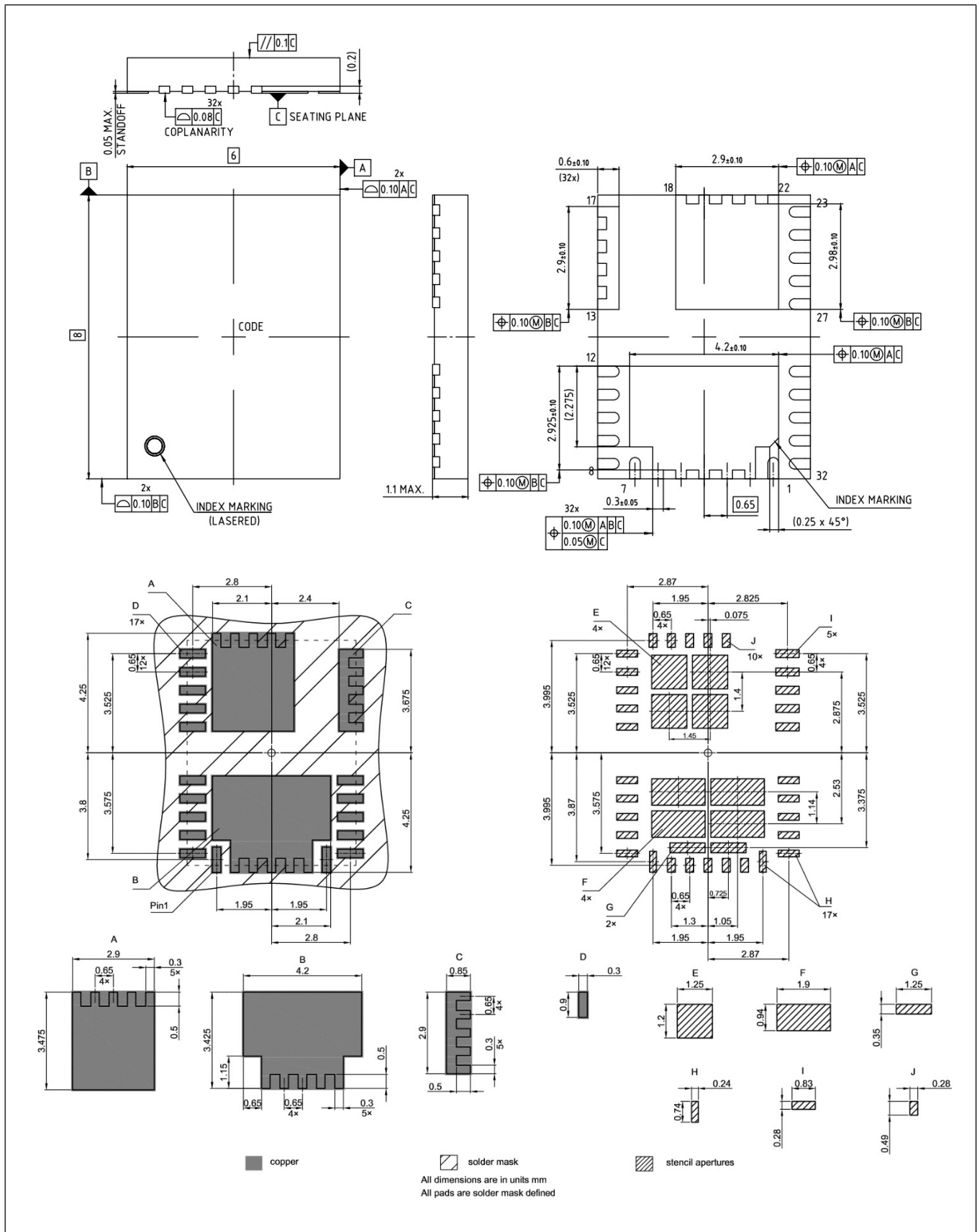


图 14 QFN-32 6x8 封装外形和封装尺寸

7 布局指南

图 15 显示了所需的完整电路。图 16 显示了 PCB 上芯片组周围元件的建议排列方式。

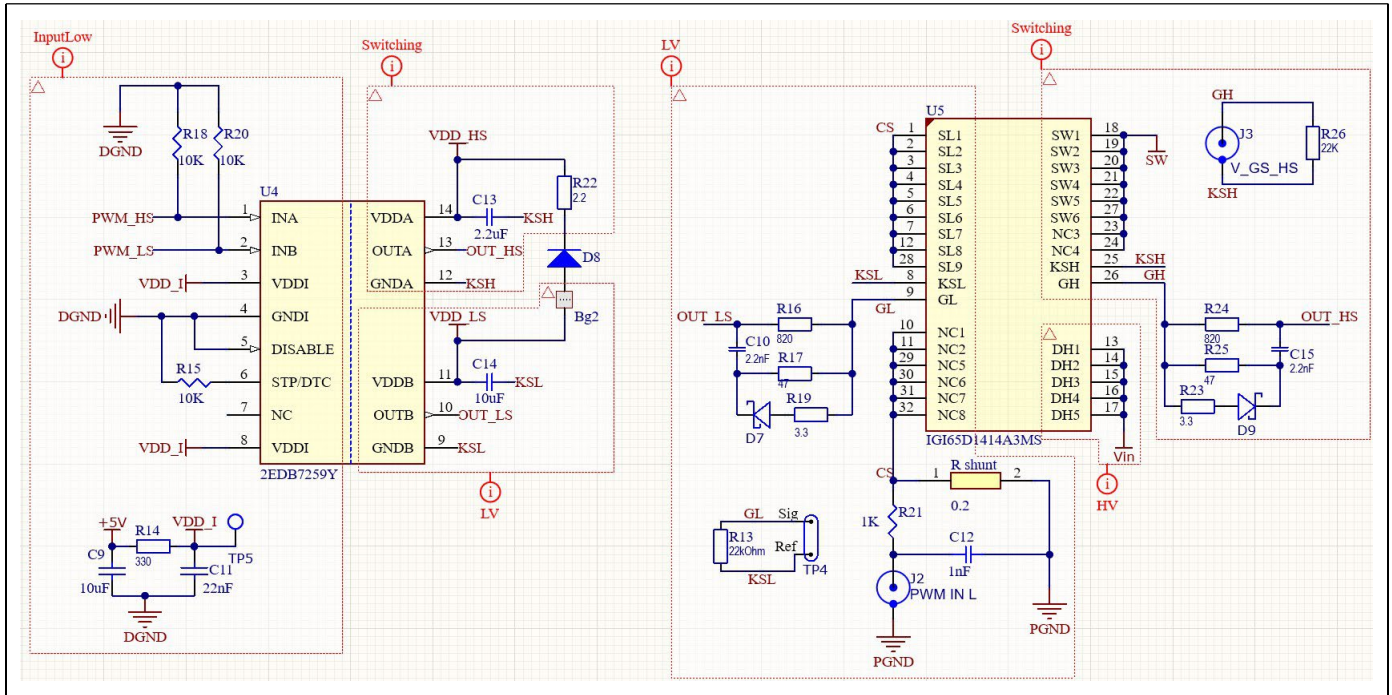


图 15 带有外接无源元件的CoolGaN™晶体管双驱动电路

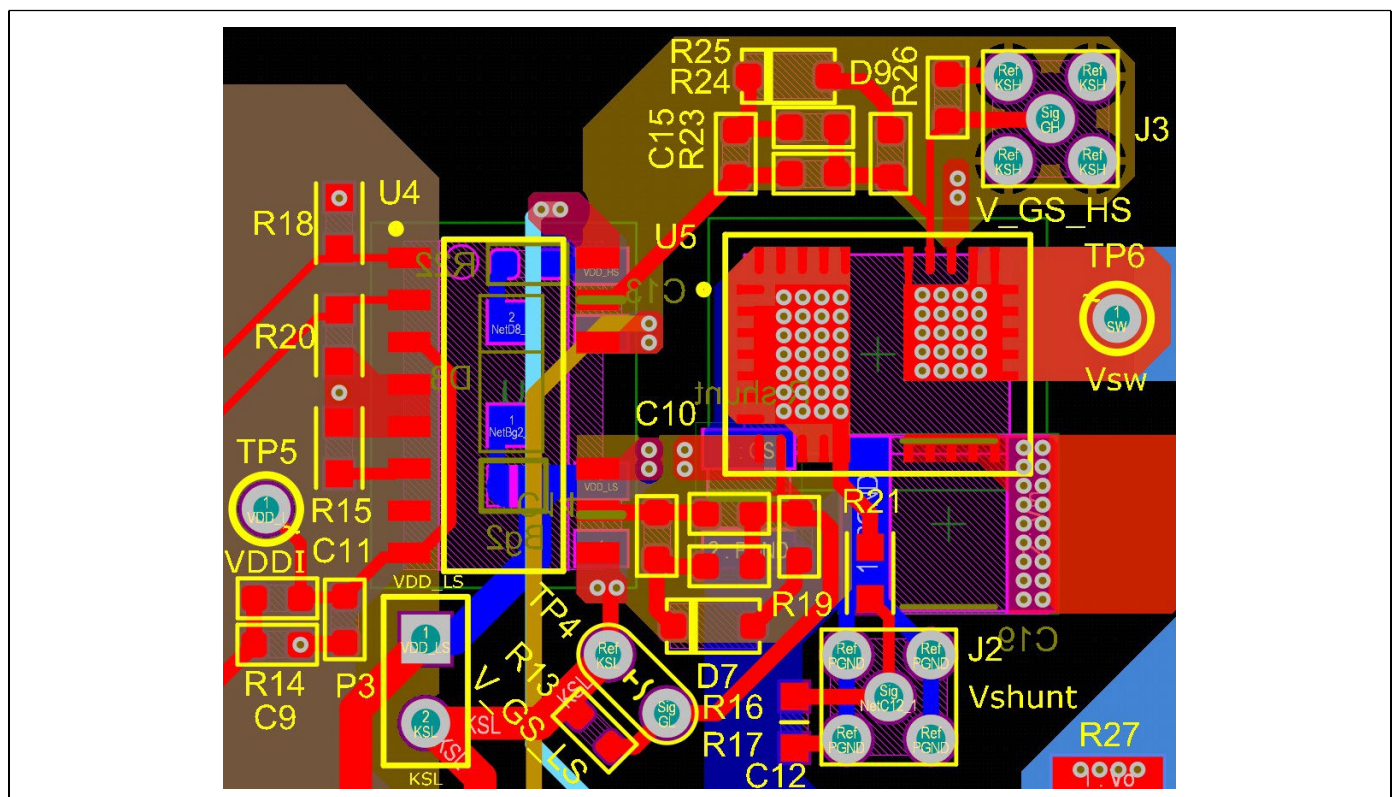


图 16 PCB 参考布局

上图 PCB 的顶层和底层。应考虑以下布局建议：

1. 在裸露焊盘的着陆区域上放置孔径为 0.3 毫米、间距为 <0.7 毫米（中心到中心）的过孔。
2. 使用阻焊层扩展 0.05~0.075mm 用于芯片组封装引脚和焊盘。
3. 将 GND 走线（用于电源返回的 PGND 节点）放置并对齐顶层的 DC 总线走线下方，以最大限度地减少电源路径中的电感环路。
4. 对于低压控制器参考地（DGND），请在 PGND 走线上选择无任何开关电流流经的位置，以避免开关引起的噪声耦合至 DGND（请勿将 DGND 走线连接到任何将旁路电容连接至 GaN 功率环路的走线上）。

8 附录

- I. PCB封装尺寸以及参考 PCB 设计的 Altium 文件可在[CoolGaN™ 半桥 IPS](#)页面上找到。（需注册评估板才能访问设计文件）

- II. 相关链接

IFX CoolGaN™ webpage: www.infineon.com/why-coolgan

IFX CoolGaN™ reliability white paper: www.infineon.com/gan-reliability

IFX CoolGaN™ applications information:

www.infineon.com/gan-in-server-telecom

www.infineon.com/gan-in-wirelesscharging

www.infineon.com/gan-in-adapter-charger

修订记录

Document version	Date of release	Description of changes
V1.0	2025-01-31	First final datasheet release



免责声明

请注意，本文件的原文使用英文撰写，为方便客户浏览英飞凌提供了中文译文。该中文译文仅供参考，并不可作为任何论点之依据。

由于翻译过程中可能使用了自动化程序，以及语言翻译和转换过程中的差异，最后的中文译文与最新的英文版本原文含义可能存在不尽相同之处。

因此，我们同时提供该中文译文版本的最新英文原文供您阅读，请参见 <http://www.infineon.com>

英文原文和中文译文版本之间若存有任何歧异，以最新的英文版本为准，并且仅认可英文版本为正式文件。

您如果使用本文件，即表示您同意并理解上述说明。英飞凌不对因翻译过程中可能存在的任何不完整或不准确信息而产生的任何直接或间接损失或损害负责。英飞凌不承担中文译文版本的完整性和准确性责任。如果您不同意上述说明，请不要使用本文件。

Trademarks

All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

重要通知

版本 2026-06-25

Infineon Technologies AG 出版，
德国 Neubiberg 85579

版权 © 2026 Infineon Technologies AG
及其关联公司。
保留所有权利。

**Do you have a question about this
document?**

Email:

erratum@infineon.com

Infineon Technologies AG 及其关联公司（以下简称“英飞凌”）销售或提供和交付的产品（可能也包括样品，且可能由硬件或软件或两者组成）（以下简称“产品”），应遵守客户与英飞凌签订的框架供应合同或其他书面协议的条款和条件，如无上述合同或其他书面协议，则应遵守适用的英飞凌销售条件。只有在英飞凌明确书面同意的情况下，客户的一般条款和条件或对适用的英飞凌销售条件的偏离才对英飞凌具有约束力。

为避免疑义，英飞凌不承担侵犯第三方权利的所有保证和默示保证，例如对特定用途/目的的适用性或适销性的保证。

英飞凌对与样品、应用或客户对任何产品的具体使用有关的任何信息或本文件中给出的任何示例或典型值概不负责。

本文件中包含的数据仅供具有技术资格和技能的客户代表使用。客户有责任评估产品对预期应用和客户特定用途的适用性，并在预期应用和客户特定用途中验证本文件中包含的所有相关技术数据。客户有责任正确设计、编程和测试预期应用的功能性和安全性，并遵守与其使用相关的法律要求。

除非英飞凌另行明确批准，否则产品不得用于任何因产品故障或使用产品的任何后果可合理预期会导致人身伤害的应用。但是，上述规定并不妨碍客户在英飞凌明确设计和销售的使用领域中使用任何产品，但是客户对应用负有全部责任。

英飞凌明确保留根据适用法律，如《德国版权法》（UrhG）第 44b 条，将其内容用于商业资料和数据勘探（TDM）的权利。

如果产品包含安全功能：

由于任何计算设备都不可能绝对安全，尽管产品采取了安全措施，但英飞凌不保证产品不会被入侵、数据不会被盗或遗失，或不会发生其他漏洞（以下简称“安全漏洞”），英飞凌对任何安全漏洞不承担任何责任。

如果本文件包含或引用软件：

根据美国、德国和世界其他国家的知识产权法律和条约，该软件归英飞凌所有。英飞凌保留所有权利。因此，您只能按照软件附带的软件授权协议的规定使用本软件。

如果没有适用的软件授权协议，英飞凌特此授予您个人的、非排他性的、不可转让的软件知识产权授权（无权转授权）：(a) 对于以源代码形式提供的软件，仅在贵组织内部修改和复制该软件用于英飞凌硬件产品；及 (b) 对于以二进制代码 (binary code) 形式对外向终端用户分发该软件，仅得用于英飞凌硬件产品。禁止对本软件进行任何其他使用、复制、修改、翻译或编译。有关产品、技术、交货条款和条件以及价格的详细信息，请联系离您最近的英飞凌办公室或访问 <https://www.infineon.com>。