

英飞凌 1ED3010MC12I、1ED3011MC12I、1ED3012MC12I

带光电模拟器输入的单通道隔离栅极驱动器 IC

特性

- 带光电兼容输入的单通道隔离栅极驱动器
- 引脚对引脚兼容，可直接替换和升级光隔离栅极驱动器
- 与 IGBT、Si 和 SiC MOSFET 一起使用
- 典型峰值输出电流高达 6.5 A
- 纯 PMOS 拉电流级，可实现最佳导通效率
- 40 ns 传播延迟，10 ns 器件间匹配（偏差）
- 互补边的 17 ns 零件对零件匹配（偏差+）
- 35 V 绝对最大输出电源电压
- 高共模瞬态抗扰度 CMTI > 300 kV/μs
- 单输出，带主动关断和短路钳位功能
- 电气隔离无芯变压器栅极驱动器
- 适合在高环境温度下运行以及快速开关应用
- 安全认证：
 - UL 1577（文件 E311313）， $V_{ISO, test} = 6840 \text{ V (rms)}$ ，持续 1 秒； $V_{ISO} = 5700 \text{ V (rms)}$ ，持续 60 秒
 - 强化绝缘符合 IEC 60747-17 标准（计划）， $V_{IORM} = 1767 \text{ V (峰值)}$



潜在应用

- 工业电机驱动器
- 电动汽车充电桩
- 储能系统
- 太阳能逆变器
- 服务器和电信开关模式电源 (SMPS)
- UPS 系统
- 商用空调 (CAC)
- 高压 DC-DC 转换器及 DC-AC 逆变器

产品验证

符合 JEDEC JESD47/22 和 J-STD-020 相关测试的工业应用要求。

描述

英飞凌 1ED301xMC12I 栅极驱动器 IC 是光电兼容、电隔离型单通道栅极驱动器，用于 IGBT、Si 或 SiC MOSFET，采用 LDSO-6 300 mil 封装。它们提供高达 6.5 A 的典型输出电流。

其卓越的共模瞬态抗扰度、低传播延迟、出色的部件间偏移和极小的脉宽失真等性能参数，远远高于基于光耦合器的标准栅极驱动器。这使得这些栅极驱动器非常适合使用 SiC MOSFET 的高性能应用，而引脚对引脚的兼容性则为 IGBT 应用提供了一种简单的替代方案，并提高了可靠性。

跨越隔离栅的数据传输是通过无芯变压器技术实现的。所有型号都具有输出欠压锁定 (UVLO) 和主动关断功能。

描述

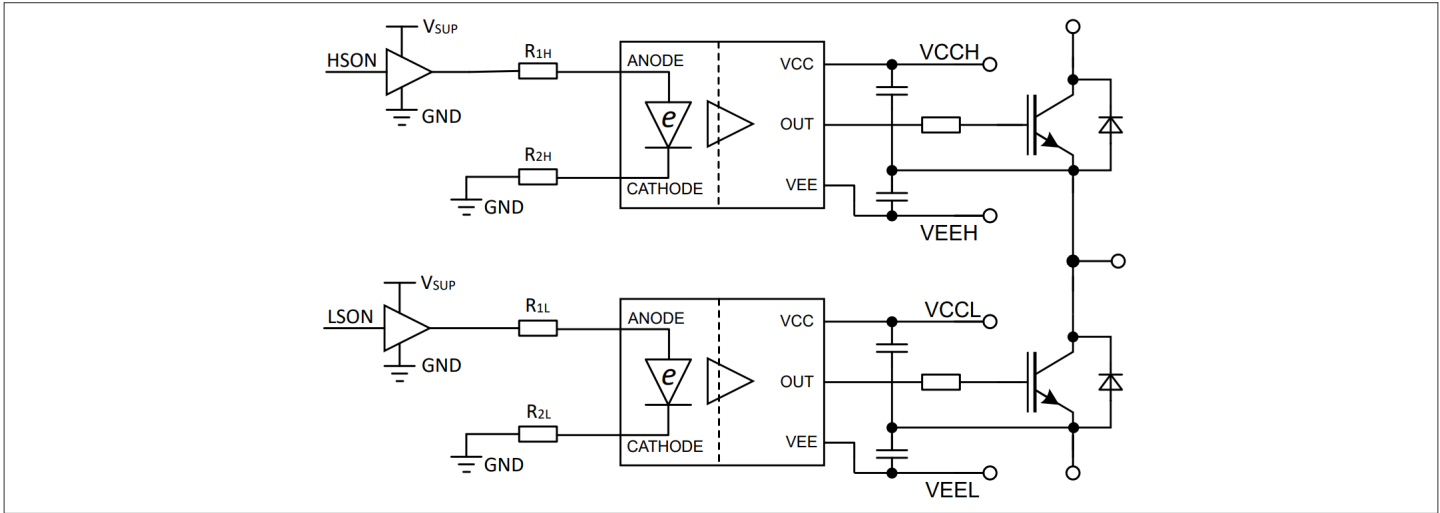


表 1 订购信息

Product type	Typical UVLO (V_{UVLOL2}/V_{UVLOH2})	Typical output current source/sink	UL 1577 Certification	IEC 60747-17 Certification	Package marking
1ED3010MC12I	8.5 V/9.3 V	6 A/6.5 A	File E311313	planned	13010MC12I
1ED3011MC12I	11.0 V/12.0 V	6 A/6.5 A	File E311313	planned	13011MC12I
1ED3012MC12I	12.5 V/13.6 V	6 A/6.5 A	File E311313	planned	13012MC12I

表2 相关评估板

Board name	Gate driver	Power transistor	Short description
EVAL-1ED3012MC12I-SIC	1ED3012MC12I	IMZC120R017M2H	Half-bridge evaluation board with 1ED3012MC12I gate drivers paired with IMZC120R017M2H CoolSiC™ in TO247-4 package

目录

	特性	1
	潜在应用	1
	产品验证	1
	描述	1
	目录	3
1	框图参考	5
2	引脚配置及说明.....	6
3	电气特性及参数	7
3.1	绝对最大额定值	7
3.2	热参数.....	7
3.3	推荐工作条件.....	8
3.4	电气特性.....	8
3.4.1	电源.....	8
3.4.2	输入.....	9
3.4.3	栅极驱动器.....	9
3.4.4	动态特性.....	9
3.4.5	主动关断.....	10
4	LDSO-6 300 mil 封装的绝缘特性（IEC 60747-17、UL 1577）	11
5	典型特征	12
6	参数测量.....	15
6.1	传播延迟、上升和下降时间.....	15
6.2	部件间偏差和偏差+	15
6.3	欠压锁定（UVLO）	16
6.4	CMTI 测量设置.....	16
7	功能说明	17
7.1	输入特征.....	17
7.2	输出特征.....	18
7.2.1	输出欠压锁定（UVLO）	18
7.2.2	主动关断.....	19
7.2.3	驱动器输出和电源.....	19
8	应用信息	21
8.1	输入电阻的选择.....	21
8.2	栅极电阻的选择.....	21
8.3	电源建议.....	22
8.4	功耗估算.....	22
9	封装尺寸	24



修订记录 26

免责声明..... 27

1 框图参考

1 框图参考

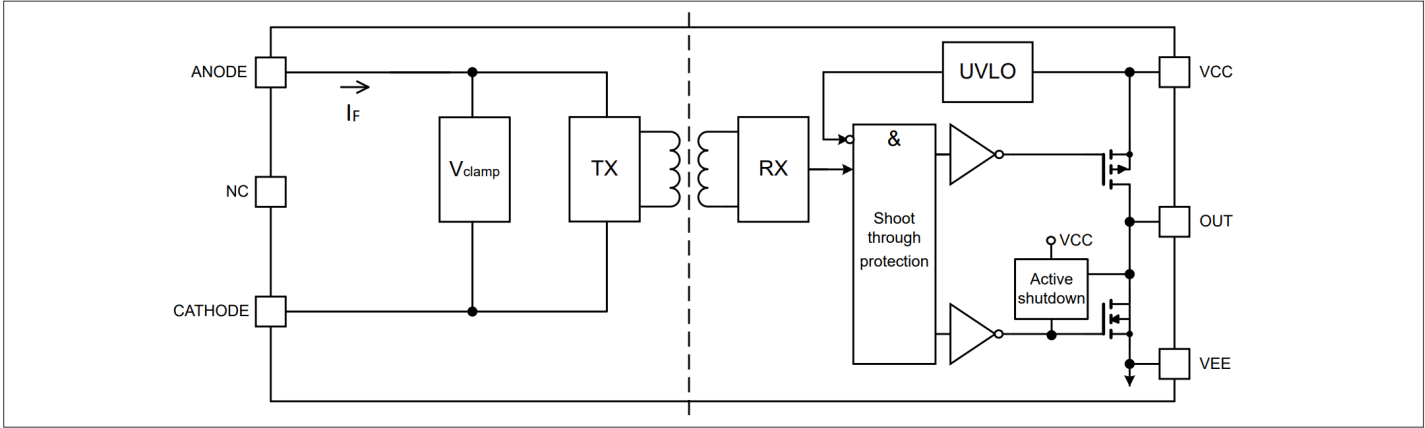


图 1 框图

2 引脚配置及说明

引脚配置

表3 引脚配置

Pin No.	Name	Function
1	ANODE	Anode connection of opto-emulator input
2	NC	Not connected
3	CATHODE	Cathode connection of opto-emulator input
4	VEE	Output side ground
5	OUT	Driver output
6	VCC	Positive power supply output side

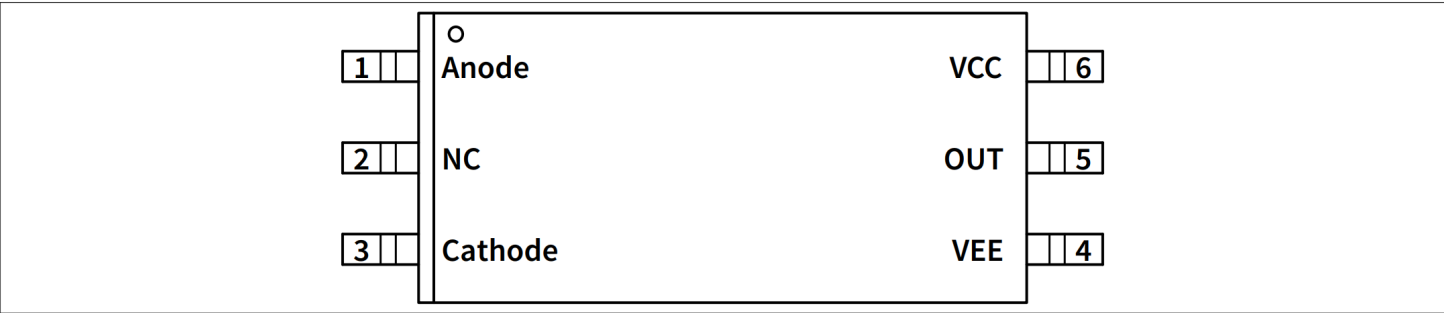


图 2 LDSO-6 300 mil（俯视图）

引脚说明

- ANODE: 输入模拟二极管的阳极连接。当流经该模拟二极管的正向电流超过给定阈值时，OUTPUT 被拉高
- CATHODE: 输入模拟二极管的阴极连接。当流经该模拟二极管的正向电流超过给定阈值时，OUTPUT 被拉高
- VCC: 输出正电源轨。连接一个去耦电容从此引脚到 VEE。使用低 ESR 和低 ESL 电容，并尽可能靠近器件放置。
- VEE: 输出地。所有输出侧信号 VCC 和 OUT 以此地为参考。如果采用双极性电源（正负电压均参考 IGBT 发射极或 MOSFET 源极），则此引脚应连接到负电源电压。
- OUT: 驱动器输出引脚，用于对外部晶体管（IGBT 或 MOSFET）的栅极进行充电和放电。
在 ON 状态下，该输出端连接至 VCC。在关断状态下，该输出端连接至 VEE。该输出由 ANODE 和 CATHODE 之间的电流流动进行控制。在发生 UVLO 事件时，OUT 将被主动拉低。在栅极驱动器输出没有供电的情况下，主动关断电路会将输出电压保持在低电平。

3 电气特性及参数

3 电气特性及参数

3.1 绝对最大额定值

表 4 绝对最大额定值

超出所列的绝对最大额定值的应力可能会对器件造成永久性损坏。这些仅为应力额定值，并不意味着器件可以在这些条件下或任何其他超出推荐工作条件的情况下工作。长时间暴露于绝对最大额定值条件下可能会影响器件的可靠性。

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Average input current	$I_{F(AVG)}$			20	mA	
Peak transient input current	$I_{F(TRAN)}$			1	A	<1 μ s pulse width, 300 pps
Reverse input voltage	$V_{R(MAX)}$			18	V	
Power supply output side voltage	V_{VCC}	-0.3		35	V	$V_{VCC} - V_{VEE}$
Gate driver output voltage	V_{OUT}	$V_{VEE} - 0.3$		$V_{VCC} + 0.3$	V	
Input to output offset voltage	V_{OFFSET}			2300	V	¹⁾ $V_{OFFSET} = V_{VEE} - V_{CATHODE} $
ESD robustness - human body model	$ V_{ESD,HBM} $			8	kV	²⁾
ESD robustness - charged device model	ESD_{CDM}			TC1500		³⁾
Junction temperature	T_J	-40		150	°C	
Storage temperature	T_{Stg}	-55		150	°C	

- 1) 仅用于功能操作
2) 根据 ANSI/ESDA/JEDEC-JS-001-2017 (通过 1.5 k Ω 串联电阻对 100 pF 电容放电)
3) 根据 ANSI/ESDA/JEDEC-JS-002-2014 (TC = 测试条件, 单位: 伏特)

3.2 热参数

表5 热参数

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Power dissipation (input side)	$P_{D,IN}$			100	mW	^{1) 2)} $T_A = 85^\circ\text{C}$
Power dissipation (output side)	$P_{D,OUT}$			380	mW	^{2) 3)} $T_A = 85^\circ\text{C}$
Thermal resistance junction to ambient	R_{THJA}			152	K/W	²⁾ $T_A = 85^\circ\text{C}$, $P_{D,IN} = 100$ mW, $P_{D,OUT} = 380$ mW
Characterization parameter junction to package top	Ψ_{Jtop}			18.3	K/W	²⁾ $T_A = 85^\circ\text{C}$, $P_{D,IN} = 100$ mW, $P_{D,OUT} = 380$ mW

- 1) IC 输入侧功耗在 134.5°C 以上按 6.58 mW/°C 线性降额
2) 根据 JESD 51-7 标准, 2s2p 和金属化为 70 / 35 / 35 / 70 [μ m]
3) IC 输出侧功耗在 85°C 以上时按 6.58 mW/°C 线性降额

3 电气特性及参数

3.3 推荐工作条件

表 6 推荐工作条件

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Power supply output side voltage	V_{VCC}	9.6		32	V	$V_{VCC} - V_{VEE}$, 1ED3010
Power supply output side voltage	V_{VCC}	12.35		32	V	$V_{VCC} - V_{VEE}$, 1ED3011
Power supply output side voltage	V_{VCC}	14		32	V	$V_{VCC} - V_{VEE}$, 1ED3012
Input diode forward current (Diode "ON")	$I_{F(ON)}$	5.5		15	mA	
Input voltage (Diode "OFF")	$V_{F(OFF)}$	-15		0.9	V	
Ambient temperature	T_A	-40		125	°C	
Junction temperature	T_J	-40		150	°C	

3.4 电气特性

电气特性包括电源电压、输入电流和推荐工作条件 ($T_J = -40\text{ °C}$ 至 150 °C , $I_{F(ON)} = 5.5\text{ mA}$ 至 15 mA , $V_{F(OFF)} = -15\text{ V}$ 至 0.9 V) 内温度下的数值分布。电气特性在 $T_A = 25\text{ °C}$ 时进行生产测试。典型值是在 $V_{VCC} - V_{VEE} = 15\text{ V}$ 和 $T_A = 25\text{ °C}$ 条件下测得的中值, 另有说明的除外。特性中的最小值和最大值由特性/设计验证。除非另有说明, 否则这适用于所有电气特性。

3.4.1 电源

表 7 电源

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Quiescent current output side, ON state	$I_{Q,ON}$			1.35	mA	$I_F = I_{F(ON)}$, $V_{VCC} - V_{VEE} = 15\text{ V}$
Quiescent current output side, OFF state	$I_{Q,OFF}$			1.0	mA	$V_F = 0\text{ V}$, $V_{VCC} - V_{VEE} = 15\text{ V}$

1ED3010

UVLO threshold output side (on)	V_{UVLOH}		9.3	9.6	V	$V_{VCC} - V_{VEE}$
UVLO threshold output side (off)	V_{UVLOL}	8.25	8.55		V	$V_{VCC} - V_{VEE}$
UVLO hysteresis output side	V_{HYS}		0.75		V	$V_{UVLOH} - V_{UVLOL}$

1ED3011

UVLO threshold output side (on)	V_{UVLOH}		12	12.35	V	$V_{VCC} - V_{VEE}$
UVLO threshold output side (off)	V_{UVLOL}	10.7	11.05		V	$V_{VCC} - V_{VEE}$
UVLO hysteresis output side	V_{HYS}		0.95		V	$V_{UVLOH} - V_{UVLOL}$

1ED3012

UVLO threshold output side (on)	V_{UVLOH}		13.6	14	V	$V_{VCC} - V_{VEE}$
UVLO threshold output side (off)	V_{UVLOL}	12.15	12.55		V	$V_{VCC} - V_{VEE}$
UVLO hysteresis output side	V_{HYS}		1.05		V	$V_{UVLOH} - V_{UVLOL}$

3 电气特性及参数

3.4.2 输入

表 8 输入

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Threshold input forward current low to high	I_{FLH}			4.5	mA	$V_{OUT} > 5\text{ V}$, $C_L = 1\text{ nF}$
Input forward voltage	V_F		2.35	2.65	V	$I_F = 5.5\text{ mA}$
Input forward voltage	V_F	2.65	3.2		V	$I_F = 15\text{ mA}$
Threshold input voltage high to low	V_{FHL}	0.9			V	$V_{OUT} < 5\text{ V}$, $C_L = 1\text{ nF}$
Temperature coefficient of input forward voltage	$\Delta V_F / \Delta T$	-1.5		1.5	mV/°C	¹⁾
Input reverse breakdown voltage	V_R	20			V	$I_R = 10\text{ }\mu\text{A}$

1) 参数不经过生产测试 - 通过设计/特征测试验证。

3.4.3 栅极驱动器

表 9 栅极驱动器

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
High level output peak current	I_{OUTH}	3.5	6		A	¹⁾ $V_{VCC} - V_{VEE} = 15\text{ V}$, $I_F = I_{F(ON)}$, $C_L = 100\text{ nF}$
High level output on resistance	$R_{DSON,H}$	0.3	0.9	2.1	Ω	$I_{OUTH} = 0.1\text{ A}$
Low level output peak current	I_{OUTL}	3.5	6.5		A	¹⁾ $V_{VCC} - V_{VEE} = 15\text{ V}$, $V_F = 0\text{ V}$, $C_L = 100\text{ nF}$
Low level output on resistance	$R_{DSON,L}$	0.2	0.5	1.1	Ω	$I_{OUTL} = 0.1\text{ A}$
Short circuit clamp voltage between OUT and VCC	$V_{CLP,OUT}$			1.0	V	$V_{OUT} - V_{VCC}$, $I_{OUT(H)} = -500\text{ mA}$, $t < 10\text{ }\mu\text{s}$, $I_F = I_{F(ON)}$
Clamp voltage between VEE and OUT	$V_{CLP,OUT}$			1.0	V	$V_{VEE} - V_{OUT}$, $I_{OUT} = -500\text{ mA}$, $t < 10\text{ }\mu\text{s}$, $V_F = 0\text{ V}$

1) 参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证

3.4.4 动态特性

表 10 动态特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input to output propagation delay ON	t_{PDON}	19	32	40	ns	$V_{VCC} - V_{VEE} = 15\text{ V}$, $C_L = 100\text{ pF}$, valid for 1ED3010 and 1ED3011 only

(表格续下页.....)

3 电气特性及参数

表 10 (续) 电气特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input to output propagation delay ON	t_{PDON}	19	32	40	ns	$V_{VCC} - V_{VEE} = 18\text{ V}$, $C_L = 100\text{ pF}$, valid for 1ED3012 only
Input to output propagation delay OFF	t_{PDOFF}	15	25	30	ns	$V_{VCC} - V_{VEE} = 15\text{ V}$, $C_L = 100\text{ pF}$, valid for 1ED3010 and 1ED3011 only
Input to output propagation delay OFF	t_{PDOFF}	15	25	30	ns	$V_{VCC} - V_{VEE} = 18\text{ V}$, $C_L = 100\text{ pF}$, valid for 1ED3012 only
Input to output propagation delay distortion	$ t_{PDISTO} $		7	15	ns	¹⁾ $ t_{PDOFF} - t_{PDON} $, $t_{ON} > 100\text{ ns}$ and $t_{OFF} > 100\text{ ns}$
Input to output, part to part skew	t_{SKEW}			10	ns	^{1) 2)} $C_L = 100\text{ pF}$, same input signal
Input to output, part to part skew plus	t_{SKEW+}			17	ns	^{1) 2)} $C_L = 100\text{ pF}$, complementary input signals
Rise time	t_{RISE}			15	ns	$V_{VCC} - V_{VEE} = 15\text{ V}$, $C_L = 1\text{ nF}$, valid for 1ED3010 and 1ED3011 only
Rise time	t_{RISE}			15	ns	$V_{VCC} - V_{VEE} = 18\text{ V}$, $C_L = 1\text{ nF}$, valid for 1ED3012 only
Fall time	t_{FALL}			15	ns	$V_{VCC} - V_{VEE} = 15\text{ V}$, $C_L = 1\text{ nF}$, valid for 1ED3010 and 1ED3011 only
Fall time	t_{FALL}			15	ns	$V_{VCC} - V_{VEE} = 18\text{ V}$, $C_L = 1\text{ nF}$, valid for 1ED3012 only
Output-side start-up time	$t_{START,VCC}$		5	10	μs	²⁾ $I_F = I_{F(ON)}$, $C_L = 100\text{ pF}$
Output-side deactivation time	$t_{STOP,VCC}$	0.5		1.5	μs	²⁾ $I_F = I_{F(ON)}$, $C_L = 100\text{ pF}$
High-level common-mode transient immunity	$ CM_H $	300			kV/ μs	²⁾ $V_{CM} = 1500\text{ V}$, $I_F = I_{F(ON)}$
Low-level common-mode transient immunity	$ CM_L $	300			kV/ μs	²⁾ $V_{CM} = 1500\text{ V}$, $V_F = 0\text{ V}$

1) 相同环境温度和电源电压下的值

2) 参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证

3.4.5 主动关断

表 11 主动关断

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition
		Min.	Typ.	Max.		
Active shut down voltage	V_{ACTSD}			1.8	V	$V_{OUT} - V_{VEE}$, $I_{OUTL} = 500\text{ mA}$, V_{CC} open

4 LDSO-6 300 mil 封装的绝缘特性 (IEC 60747-17、UL 1577)

4 LDSO-6 300 mil 封装的绝缘特性 (IEC 60747-17、UL 1577)

该耦合器仅适用于给定安全等级内的额定绝缘。应通过适当的保护电路确保符合安全额定值。

表 12 LDSO-6 300 mil 封装的绝缘规格

Description	Symbol	Characteristic	Unit
Safety limiting values			
Maximum ambient safety temperature	T_S	150	°C
Maximum input-side power dissipation at $T_A = 25^\circ\text{C}^{1)}$	P_{SI}	100	mW
Maximum output-side power dissipation at $T_A = 25^\circ\text{C}^{2)}$	P_{SO}	750	mW
General			
External clearance	CLR	> 8	mm
External creepage	CPG	> 8	mm
Comparative tracking index	CTI	> 600	–
Isolation capacitance	C_{IO}	< 1	pF
Overvoltage category according to IEC 60664-1, Table F.1 for rated mains voltage $\leq 150\text{ V (rms)}$ for rated mains voltage $\leq 300\text{ V (rms)}$ for rated mains voltage $\leq 600\text{ V (rms)}$ for rated mains voltage $\leq 1000\text{ V (rms)}$		I-IV I-IV I-IV I-III	–
Reinforced insulation according to IEC 60747-17 planned			
Climatic classification		40/125/21	–
Pollution degree (IEC 60664-1)		2	–
Apparent charge, method a $V_{pd(ini),a} = V_{IOTM}$, $V_{pd(m)} = 1.6 \times V_{IORM}$, $t_{ini} = 1\text{ min}$, $t_m = 10\text{ s}$	q_{pd}	< 5	pC
Apparent charge, method b $V_{pd(ini),b} = V_{IOTM} \times 1.2$, $V_{pd(m)} = 1.875 \times V_{IORM}$, $t_{ini} = 1\text{ s}$, $t_m = 1\text{ s}$	q_{pd}	< 5	pC
Isolation resistance at $T_{A,max}$; $V_{IO} = 500\text{ V}_{DC}$, $T_A = 125^\circ\text{C}$	R_{IO}	> 10^{11}	Ω
Isolation resistance at T_S ; $V_{IO} = 500\text{ V}_{DC}$, $T_S = 150^\circ\text{C}$	R_{IO_S}	> 10^9	Ω
Maximum rated transient isolation voltage	V_{IOTM}	8000	V(peak)
Maximum repetitive isolation voltage	V_{IORM}	1767	V(peak)
Maximum working isolation voltage	V_{IOWM}	1250	V(rms)
		1767	V(DC)
Impulse voltage	V_{IMP}	8000	V(peak)
Maximum surge isolation voltage for reinforced isolation; $V_{TEST} \geq V_{IMP} \times 1.3$	V_{IOSM}	11000	V(peak)
Recognized under UL 1577 File E311313			
Insulation withstand voltage (60 s)	V_{ISO}	5700	V(rms)
Insulation test voltage (1 s)	$V_{ISO,TEST}$	6840	V(rms)

1) IC 输入侧功耗在 133°C 以上时按 $6.1\text{ mW}/^\circ\text{C}$ 线性降额

2) IC 输出侧功耗在 25°C 以上时按 $6.1\text{ mW}/^\circ\text{C}$ 线性降额

5 典型特征

5 典型特征

除非另有说明，测量均在 $V_{CC} = 15\text{ V}$ 且在 V_{CC2} 与 V_{EE2} 之间有一个 $4.7\text{ }\mu\text{F}$ 电容的条件下进行的。

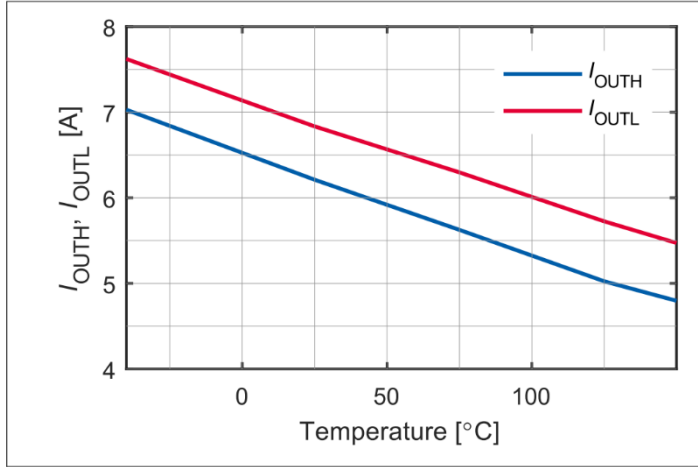


图 3 输出峰值电流与温度的关系

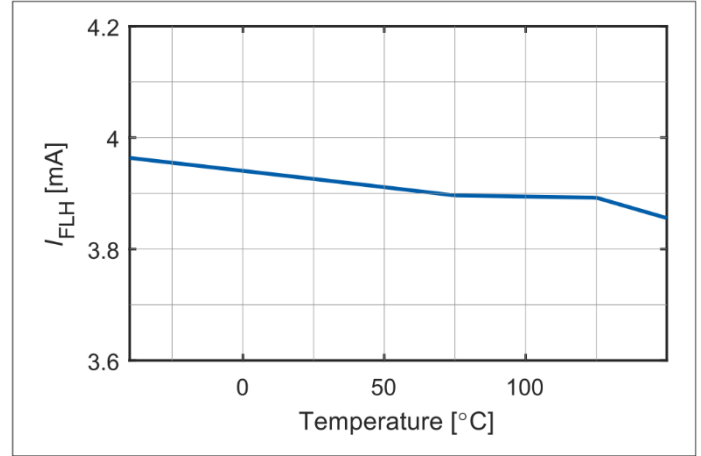


图 4 正向阈值电流与温度的关系

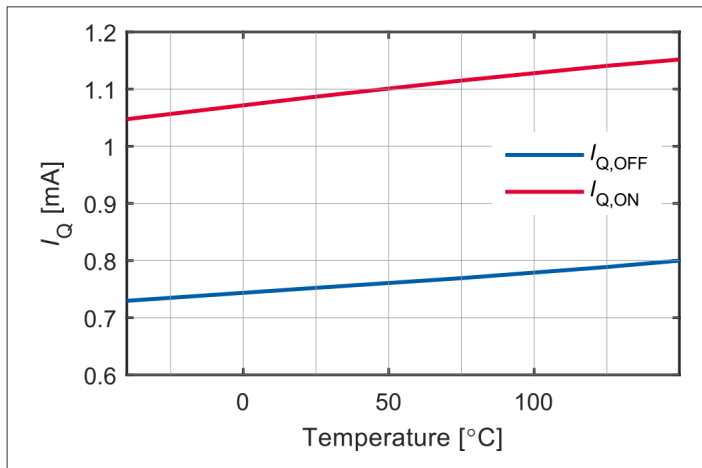


图 5 电源电流与温度的关系

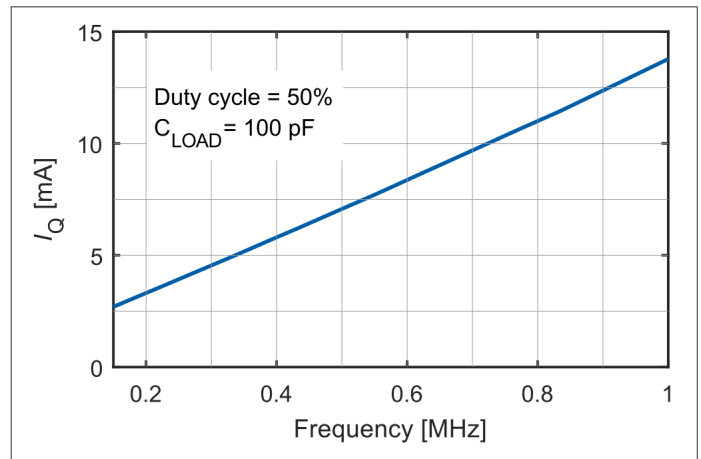


图 6 电源电流与频率的关系

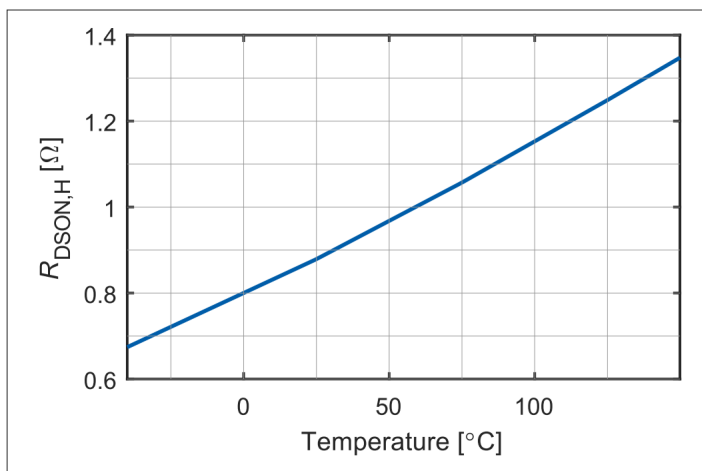


图 7 高电平输出导通电阻与温度的关系

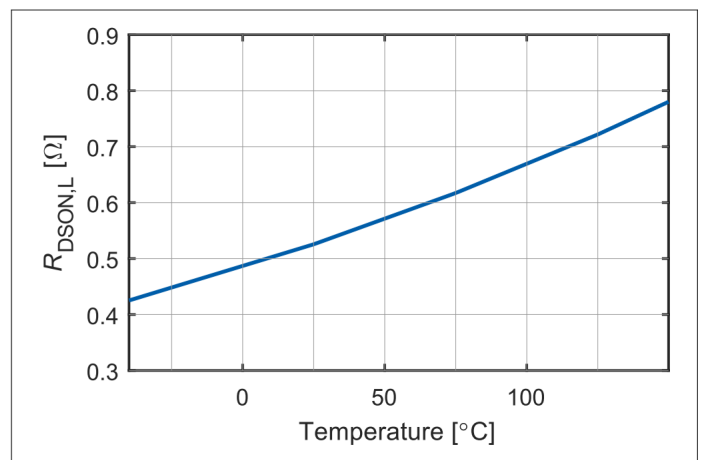


图 8 低电平输出导通电阻与温度的关系

5 典型特征

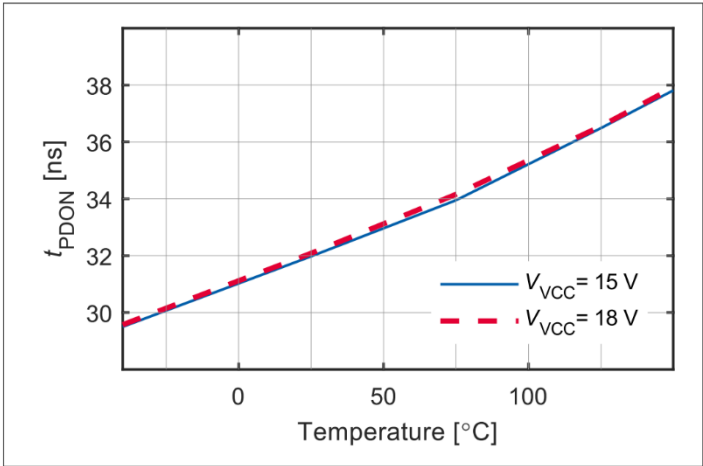


图 9 传播延迟 ON 与温度的关系

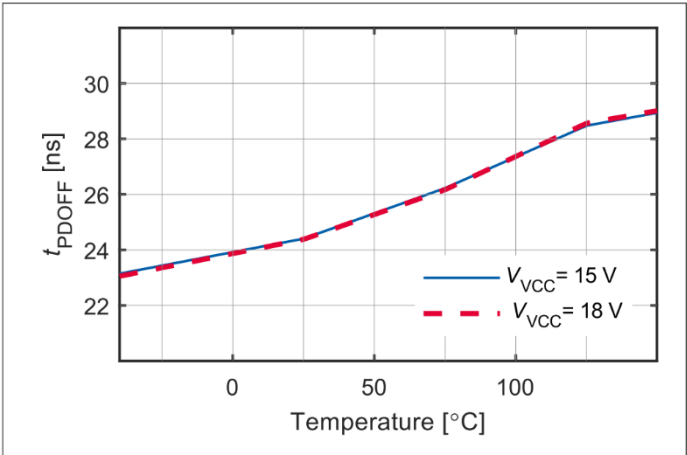


图 10 传播延迟 OFF 与温度的关系

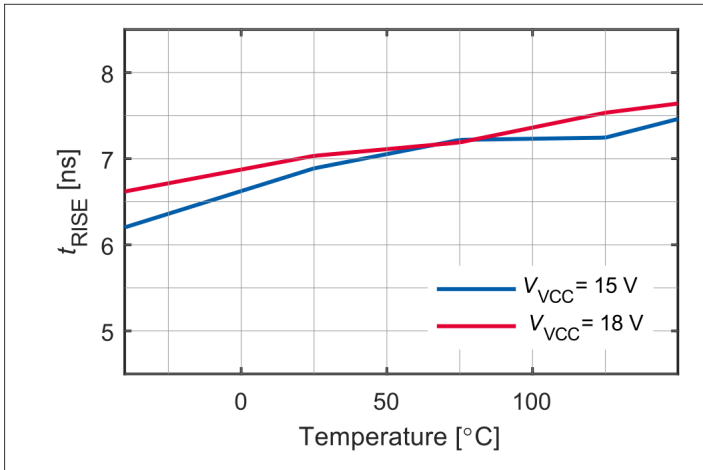


图 11 上升时间与温度的关系

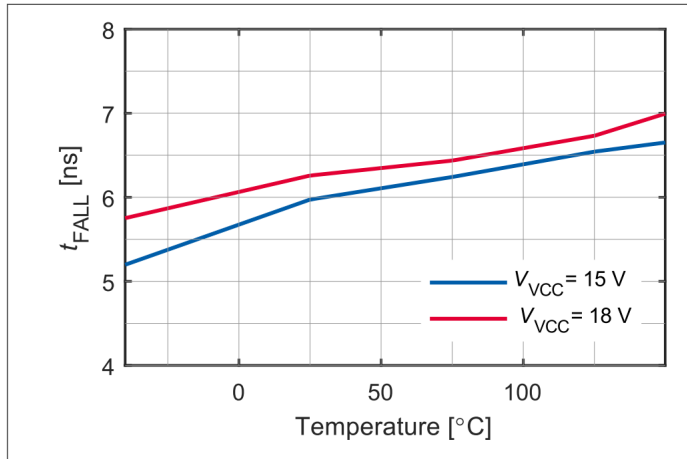


图 12 下降时间与温度的关系

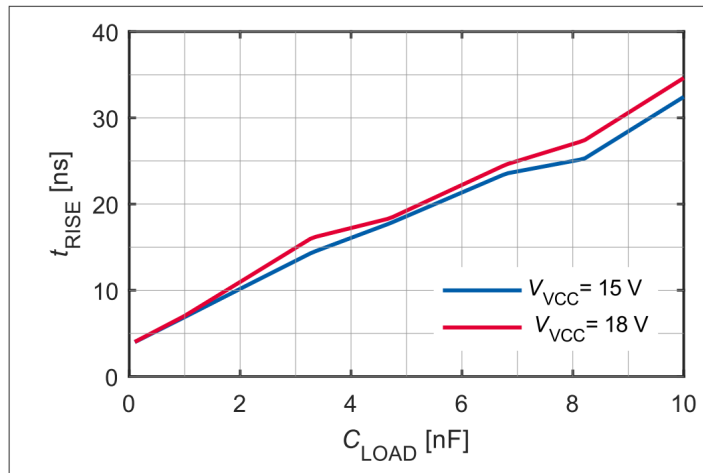


图 13 上升时间与负载电容的关系

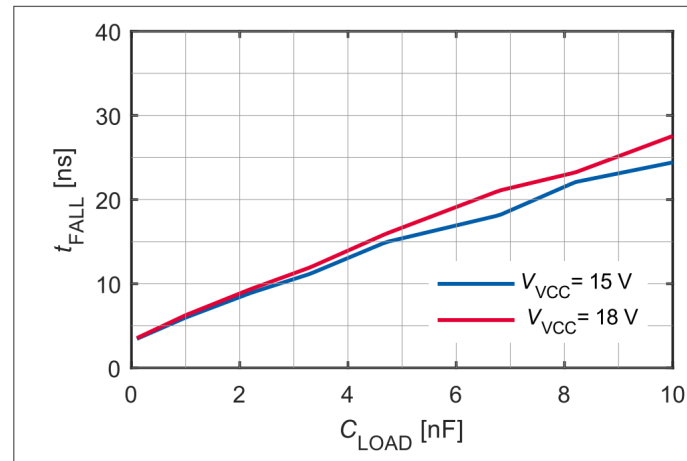


图 14 下降时间与负载电容的关系

5 典型特征

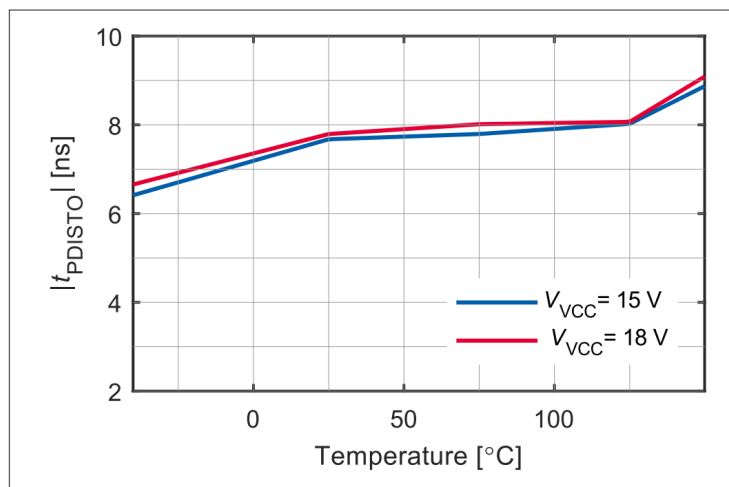


图 15 传播延迟失真与温度的关系

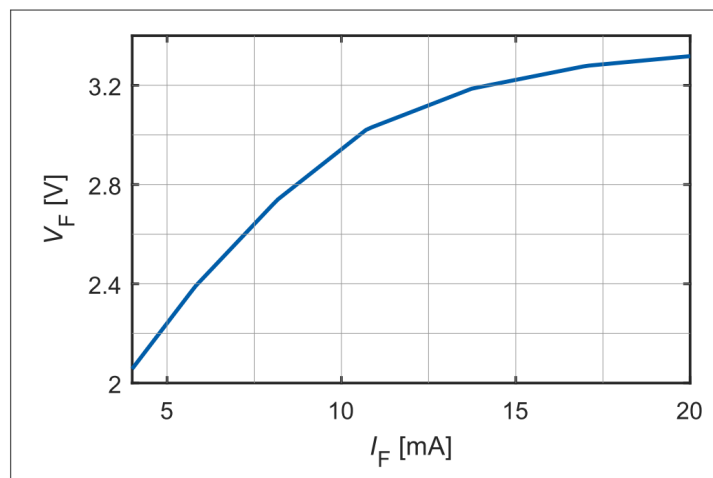


图 16 输入正向电压与输入正向电流的关系

6 参数测量

6.1 传播延迟、上升和下降时间

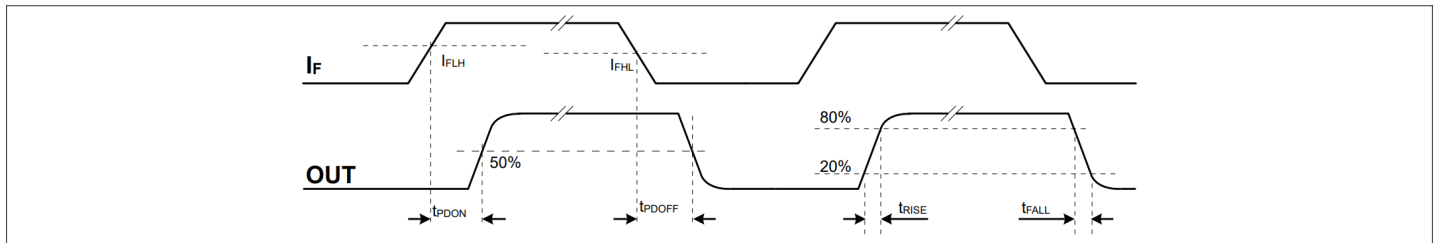


图 17 传播延迟、上升和下降时间

6.2 部件间偏差和偏差+

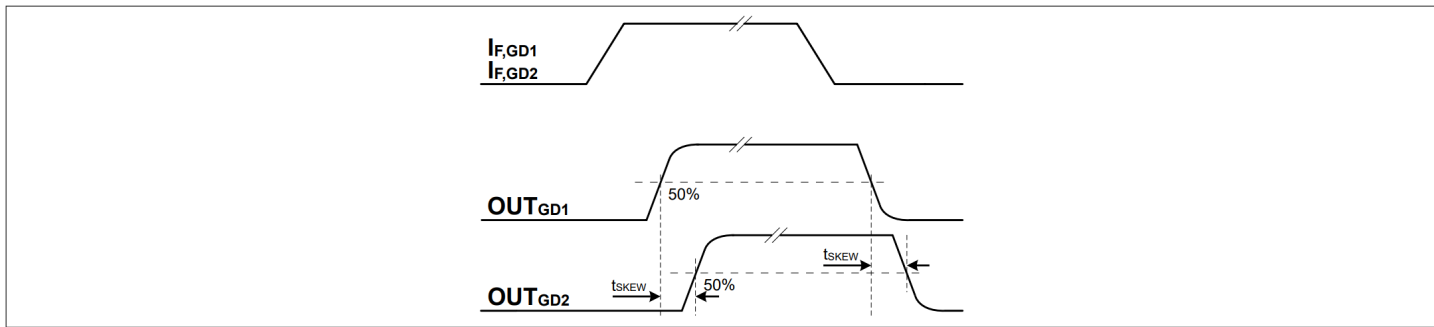


图 18 输入到输出、部件间偏差

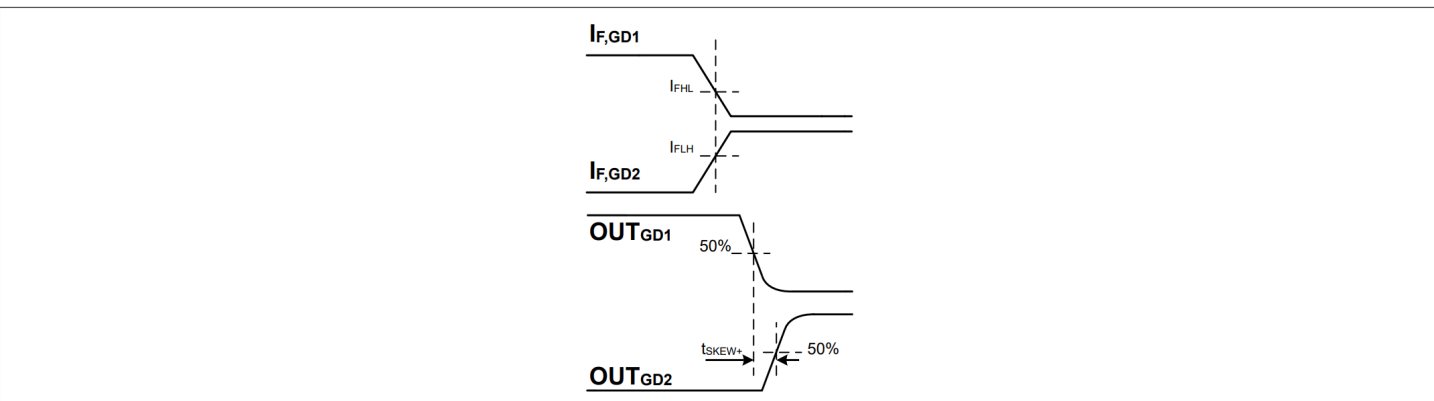


图 19 输入到输出、部件间偏差+

6 参数测量

6.3 欠压锁定 (UVLO)

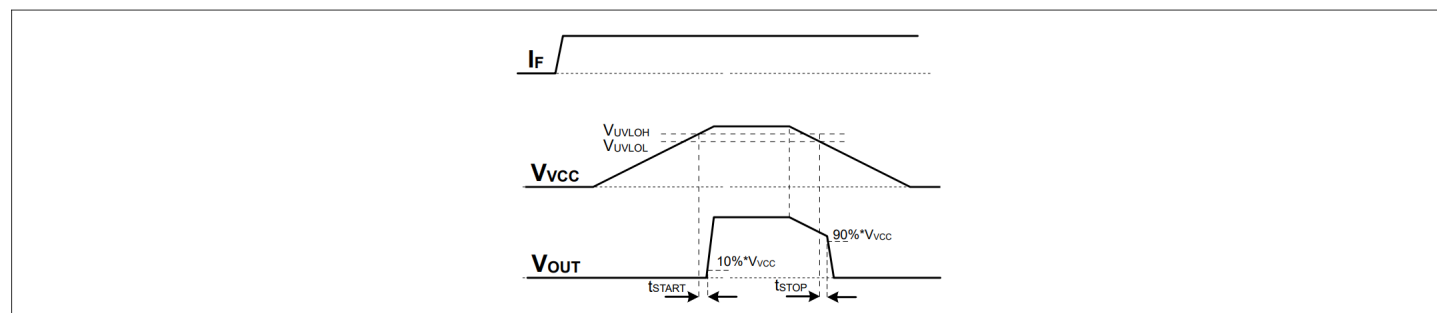


图 20 UVLO 行为

为确保 IGBT、Si 或 SiC MOSFET 的正确开关，该器件在输出侧均配备了欠压锁定功能。只有当供电电压均超过 V_{UVLOH} 水平时，器件才会开始工作。

如果输出芯片的电源电压 V_{VCC} 低于 V_{UVLOL} ，IGBT、Si 或 SiC MOSFET 将关闭，输入芯片的信号将被忽略，直到 V_{VCC} 再次达到上电电压 V_{UVLOH} 。

注释： V_{VCC} 始终指 VEE，并且不区分单极电源或双极电源。

6.4 CMTI 测量设置

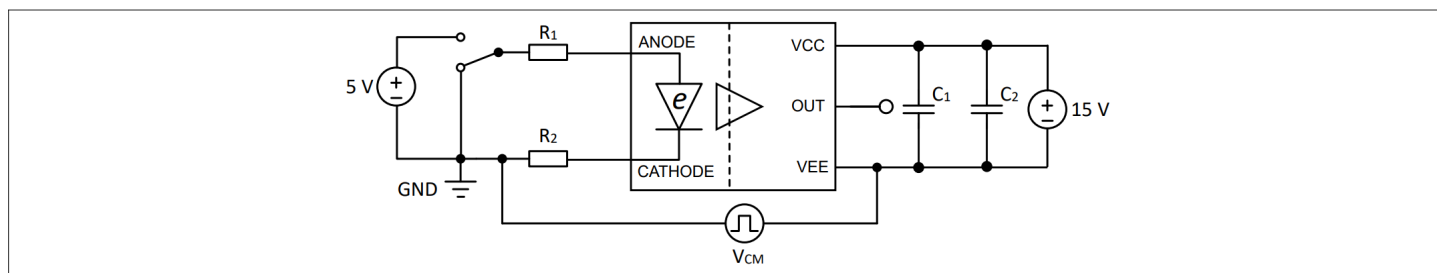


图 21 CMTI 测试电路

7 功能说明

EiceDRIVER™ 1ED301xMC12I 栅极驱动器 IC 是用于 IGBT 和 MOSFET 的紧凑型通用栅极驱动器。它们采用工业标准 6 引脚 (SO6) 封装，具有 >8 mm 爬电空间和间隙，引脚与标准光隔离栅极驱动器兼容。它们具有基本的控制和保护功能，能够快速、轻松地设计出高度可靠的系统。

输入控制端和驱动输出级之间通过无芯变压器实现了集成电隔离，从而加强了隔离效果，并提供了同类最佳的共模瞬态抗扰度 (>300 kV/μs)。

1ED301xMC12I 系列的输入级采用了模拟二极管，它不使用光发射来传输信号，因此与标准光隔离栅极驱动器相比具有多项优势：

- 同类最佳共模瞬态抗扰度
- 同类最佳传播延迟和部件间匹配（偏差和偏差+）
- 同类最佳的脉冲失真和传播延迟中的部件间偏差，使设计适用于使用 SiC MOSFET 的高性能应用
- 可靠性和老化特性优于使用光发射工作的标准光隔离栅极驱动器

7.1 输入特征

栅极驱动器的输入级是用来模拟二极管的，因此有两个连接：ANODE（引脚 1）和 CATHODE（引脚 3）。

当模拟二极管处于正向偏置状态（即在 ANODE 和 CATHODE 之间施加正向电压）时，会有正向电流 I_F 流过。如果该电流高于阈值 I_{FLH} ，则发射器被激活，从而导致栅极驱动器输出被驱动为高电平。建议外接电阻，以便将正向电流限制在建议值范围之内。如果 ANODE 至 CATHODE 的电压低于阈值 V_{FHL} 或 ANODE 相对于 CATHODE 反向偏置，栅极驱动器输出将被驱动为低电平。较大的允许反向电压可使栅极驱动器在互锁结构中运行。

栅极驱动器 IC 输入部分由以下功能块组成：

- 反向电压闭锁元件
- 正向电压钳位元件
- 输出部分的隔离信号发射器

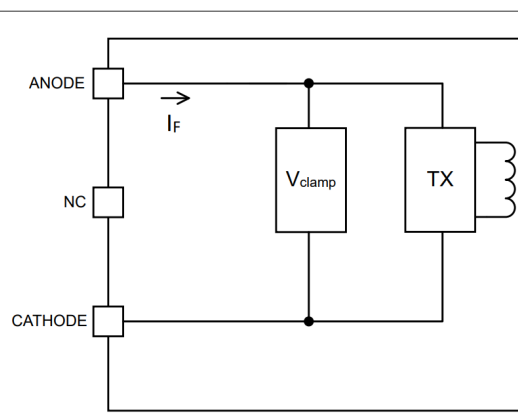


图 22 输入部分框图

7.2 输出特征

本节介绍栅极驱动器的输出部分。栅极驱动器 IC 的输出特征包括输出电源的欠压锁定、内部输出级的直通保护电路和主动关断电路。

栅极驱动器 IC 的电流源级设计采用纯 PMOS MOSFET。PMOS 不仅会在开始时提供强大的电流，而且会一直持续到 VCC 轨，从而确保 IGBT、Si 或 SiC MOSFET 快速导通。

栅极驱动器 IC 输入部分由以下功能块组成：

- 输出欠压锁定电路
- 与输入部分隔离的信号接收器
- 拉电流和灌电流输出级
- 主动关断电路

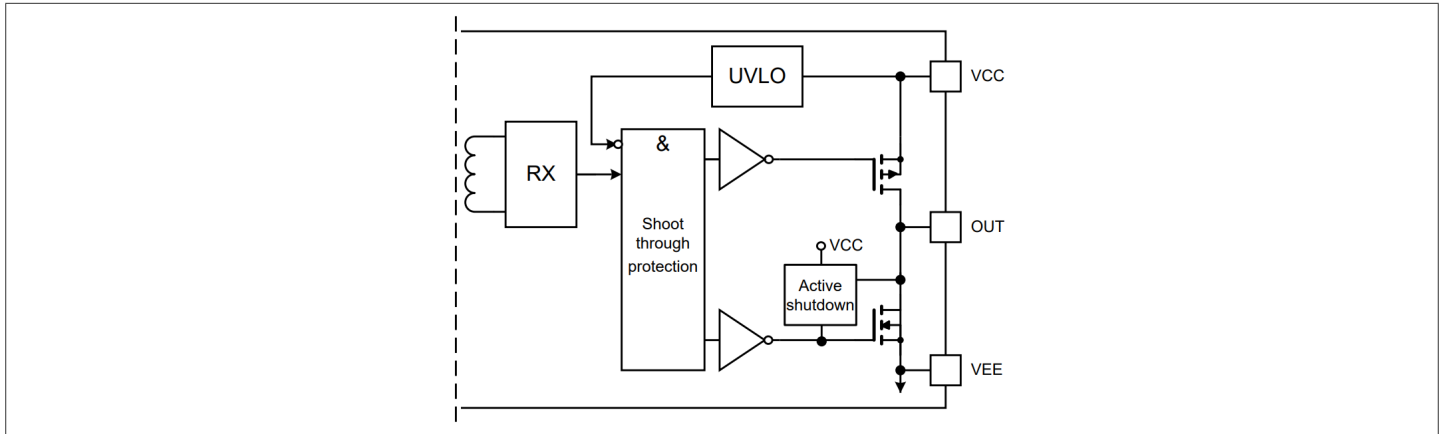


图 23 输出部分框图

7.2.1 输出欠压锁定 (UVLO)

对于所有型号，输出电源范围均为正绝对最大额定值 35 V。因此，栅极驱动器 IC 能够向连接的功率器件提供双极栅极电压。

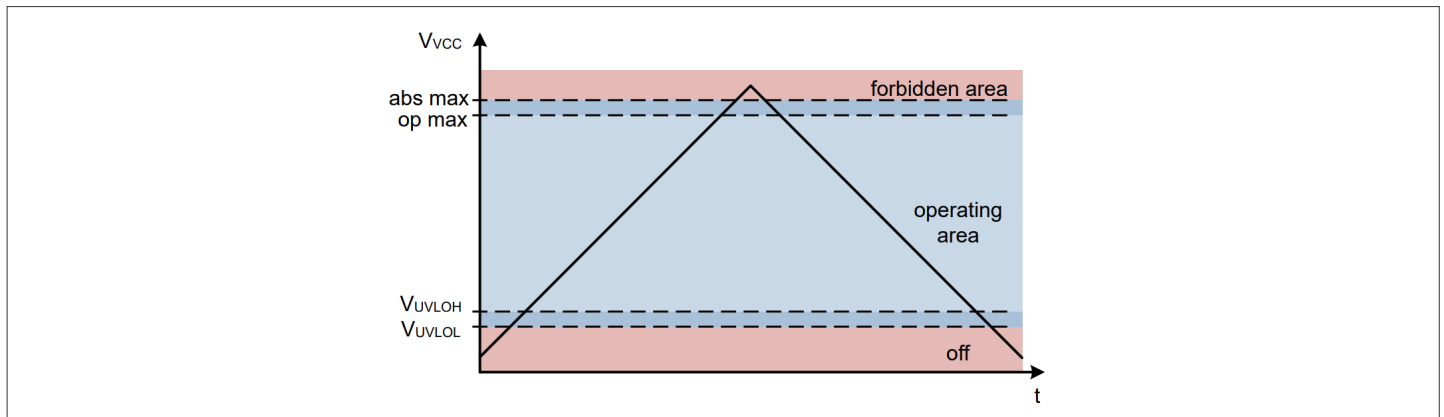


图 24 输出电源和 UVLO 阈值

在 VCC 引脚相对于 VEE 引脚的正斜坡期间，一旦越过开启欠压锁定阈值 (V_{UVLOH})，输出部分即开始工作。栅极驱动器输入端的指令在输出端接收和评估。在 VCC 下降和越过关断欠压锁定阈值 (V_{UVLOL}) 期间，输出部分将启动关断命令，而与输入部分接收到的命令无关。当电源电压接近阈值水平时，阈值 V_{UVLOL} 和 V_{UVLOH} 之间的滞后可确保稳定运行。

7 功能说明

任何超过绝对最大额定电压的电压过冲都会损坏驱动器电路。工作区域定义在开通欠压锁定阈值 (V_{UVLOH}) 与建议的最大工作电压之间。

7.2.2 主动关断

主动关断功能是驱动器的一项保护功能。其设计目的是防止所连接功率开关的自由浮动触发栅极开启。

主动关断功能可在输出芯片未连接到电源或欠压锁定功能生效时，确保 IGBT、Si 或 SiC MOSFET 处于安全关断状态。IGBT、Si 或 SiC MOSFET 栅极通过 $OUT-$ 引脚钳位至 VEE 。

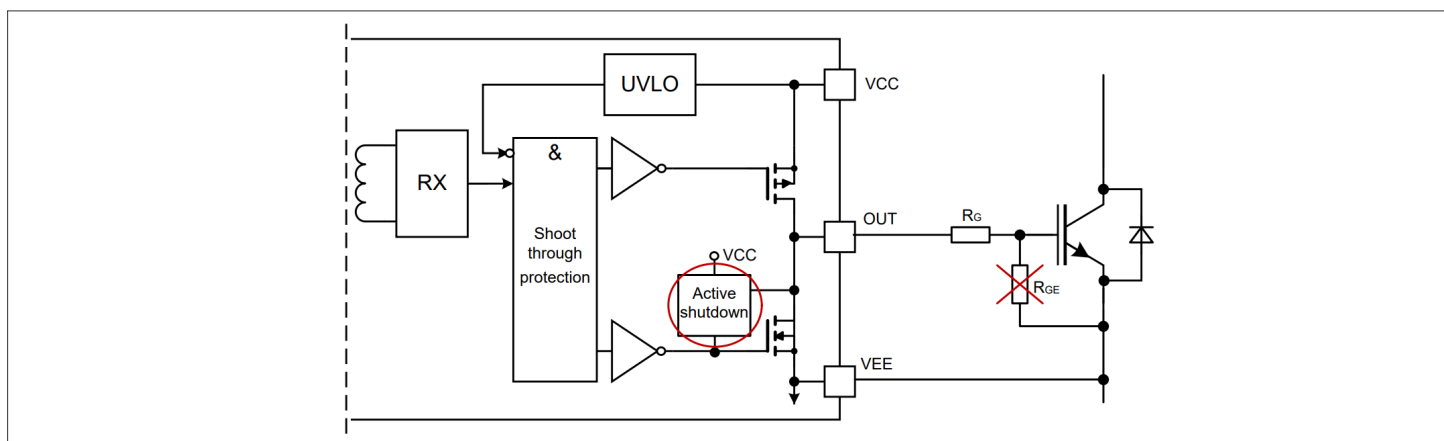


图 25 显示主动关断的框图

如果 VCC 引脚上的电源缺失或断开，驱动器的输出部分将以主动关断模式运行。在这种情况下，驱动器使用所连接栅极的浮动电压为内部电路供电。这种解决方案远远强于使用外部 R_{GE} 。与此同时，开关上的快速 dV/dt 事件会产生可能对栅极产生偏置的米勒电流，即使在栅极驱动器未接通电源的情况下，主动关断电路也会自供电，并主动将栅极拉低。

7.2.3 驱动器输出和电源

输出驱动器部分使用 MOSFET 提供轨到轨输出。这一特性使得在导通和短路期间，只要驱动器的电源电压稳定，就能保持定义明确的栅极电压。由于内部压降较低，只要不超过栅极驱动器的额定电流，IGBT、Si 或 SiC MOSFET 的开关行为主要由栅极电阻控制。此外，由于大部分能量都耗散在栅极电阻上，它还能降低驱动器的耗散功率。当使用单极电源驱动开关时， VEE 引脚应直接连接到功率晶体管的源极或发射极，如图 26 所示。

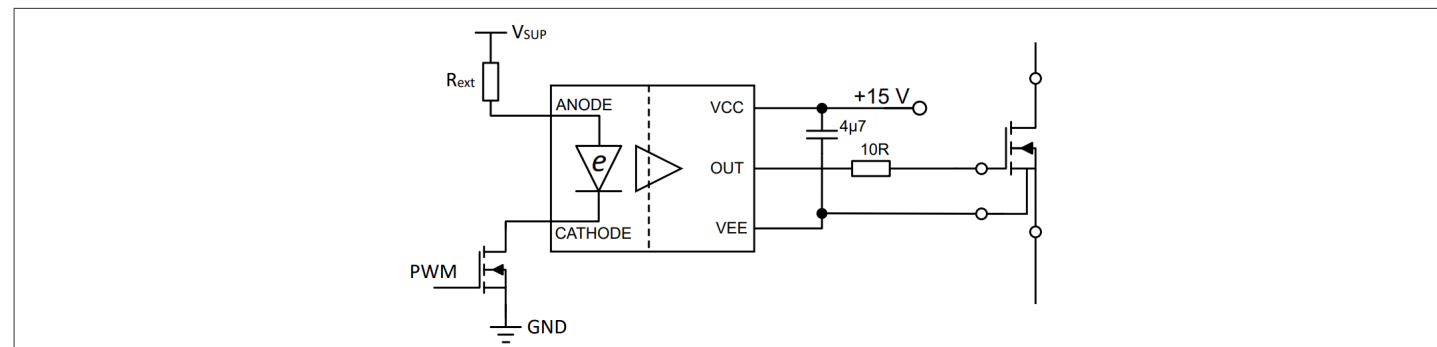


图 26 驱动 SiC MOSFET 的单极电源电路示例

7 功能说明

使用双极电源驱动开关时，应在连接到 V_{CC} 和 V_{EE} 引脚的两个电容之间建立虚拟地。然后，该虚拟地应连接到功率晶体管的源极或发射极，如图 27 所示。

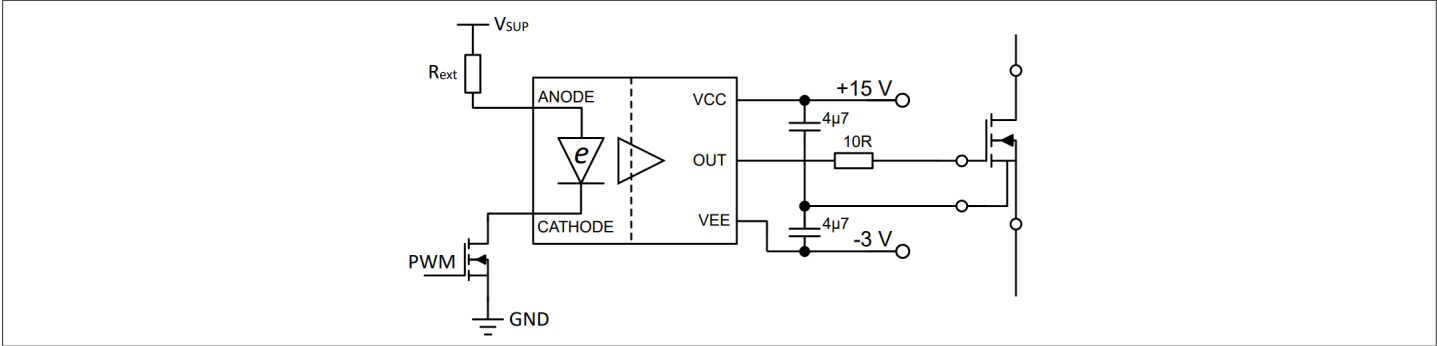


图 27 驱动 SiC MOSFET 的双极电源电路示例

8 应用信息

注释：英飞凌仅出于礼貌提供此信息，并不承担任何法律义务。以下应用章节中的信息不属于英飞凌元器件规格的一部分，英飞凌不保证其准确性或完整性。英飞凌的客户负责确定元器件是否适合其用途。客户应验证并测试其设计实施以确认系统功能。

8.1 输入电阻的选择

输入电阻限制了模拟二极管正向偏置时的电流，并确保模拟二极管导通时的正向电流保持在推荐的工作范围内。在选择输入电阻时，需要考虑几个设计方面：

- 电源电压 V_{SUP} 变化
- 模拟二极管正向压降变化
- 制造商对电阻的公差

为了计算 $V_{SUP} = 3.3\text{ V}$ 标称电压下允许的最大电阻值，需要做出以下假设：

- 电源电压比标称值 3.3 V 低 5%
- 模拟二极管的正向压降在 5.5 mA 时达到最大值 最大允许电阻值因此由以下公式给出：

$$R_{in, max} = \frac{V_{SUP, min} - V_{F, max}}{I_{F, min}} = \frac{3.135\text{V} - 2.65\text{V}}{5.5\text{mA}} \approx 88\Omega \quad (1)$$

为了计算 $V_{SUP} = 3.3\text{ V}$ 标称电压下允许的最小电阻值，需要做出以下假设：

- 电源电压比标称值 3.3 V 高 5%
- 模拟二极管的正向压降在 15 mA 时达到最小值 最小允许电阻值因此由以下公式给出：

$$R_{in, min} = \frac{V_{SUP, max} - V_{F, min}}{I_{F, max}} = \frac{3.465\text{V} - 2.65\text{V}}{15\text{mA}} \approx 55\Omega \quad (2)$$

在考虑公差的情况下，所选输入电阻值应介于这些限值之间：

$$R_{in, min} \leq R_{in, chosen} \leq R_{in, max} \quad (3)$$

输入侧的电源电压标称值为 3.3 V ，建议使用 $68\ \Omega$ 电阻，公差为 1% 。该值未考虑缓冲器或用于驱动栅极驱动器输入级的晶体管的任何电阻。如果该电阻与总外部电阻相比较，则应从所选的外部电阻值中减去。

8.2 栅极电阻的选择

栅极电阻是栅极驱动电路中的关键元器件。栅极电阻决定栅极驱动器的拉电流和灌电流，从而控制导通和关断操作期间相关功率晶体管的开关速度。因此，选择合适的栅极电阻器是设计过程中的重要一步。选择栅极电阻时需要考虑的一些重要因素包括：

- 优化开关损耗
- 限制关断期间功率晶体管漏源电压或集电极发射极电压的过冲和振荡

8 应用信息

- 限制导通期间漏极电流或集电极电流的过冲和振荡
- 抑制栅极环路中的寄生电感和电容引起的栅极源极或栅极发射极电压的振荡

作为栅极驱动器选择的起点，可以使用功率晶体管数据手册中用于表征导通和关断损耗的栅极电阻。电源条件很少与功率晶体管数据手册中使用的电源条件相同。因此，需要应用功率晶体管数据手册的值作为优化最终栅极电阻的起点。此处提出的方法假设实际应用和功率晶体管数据手册中的峰值栅极电流值相同。

根据功率晶体管数据手册，峰值栅极电流等于：

$$I_{G, pk} = \frac{\Delta V_{GS, datasheet}}{R_{G, datasheet} + R_{G, int}} = \frac{\Delta V_{GS, application}}{R_{G, application} + R_{G, int}} \quad (4)$$

with $\Delta V_{GS} = V_{VCC} - V_{VEE}$

解该方程中的 R_G 可得出：

$$R_{G, application} = \frac{\Delta V_{GS, application}}{I_{G, pk}} - R_{G, int} \quad (5)$$

该方法为栅极电阻的选择提供了一个起点。需要进行进一步评估（例如 EMI 测量）来确定栅极电阻的最终选择，因为它们必须进行调整以适应电路电感、裕度和允许的 dV/dt 瞬变。

8.3 电源建议

EiceDRIVER™ 1ED301x 栅极驱动器支持输出侧的宽范围供电电压。这些器件可以在输出侧采用单极和双极电源电压运行，以确保应用中的可靠和安全运行。为确保栅极驱动器正常工作，有必要在电源引脚上放置适当的去耦电容。输出侧的去耦电容器除了可以去耦电源上的任何干扰之外，还可以存储足够的能量以提供打开和关闭功率晶体管所需的门极电流。因此，这些电容的尺寸应适当调整，以限制功率晶体管导通和关断过程中的压降。使用单极性电源时，应在 VCC 引脚和 VEE 引脚之间放置一个低 ESR、表面贴装、多层陶瓷电容，其值应适当接近引脚。

如果是双极电源，建议在 VCC 和虚拟地（功率晶体管的源极或发射极电位）之间使用一个适当值的陶瓷电容。同样，建议在 VEE 引脚和虚拟地之间使用一个电容。根据功率晶体管的栅极电荷以及源极和栅极电流的峰值，可能需要更大的电容来限制功率晶体管导通和关断期间的压降。最后，建议在 VCC 和 VEE 引脚之间使用 100 nF 的去耦电容，以确保它们之间的路径较短，从而去耦任何高频噪声。

选择电容时，重要的是要考虑陶瓷电容相对于所施加的直流电压的电容下降。

8.4 功耗估算

栅极驱动器的输出侧损耗包括标称开关频率和无负载时的静态电流损耗 P_Q 、拉电流损耗 P_{source} 和灌电流损耗 P_{sink} ：

$$P_{OUT} = P_Q + P_{source} + P_{sink} \quad (6)$$

可以利用内部栅极驱动电阻 $R_{\text{DSON,H}}$ 或 $R_{\text{DSON,L}}$ 、外部栅极电阻 $R_{\text{G,ext}}$ 和开关内部栅极电阻 $R_{\text{G,int}}$ （如适用）、与应用相关的栅极电荷 Q_{G} 、总栅极驱动电压 $V_{\text{VCC}} - V_{\text{VEE}}$ 和开关频率 f_{sw} 来估算导通损耗 P_{source} 和关断损耗 P_{sink} ：

$$\begin{aligned} P_{\text{source}} &= \frac{1}{2} Q_{\text{G}} \cdot f_{\text{sw}} \cdot (V_{\text{VCC}} - V_{\text{VEE}}) \cdot \frac{R_{\text{DSON,H}}}{R_{\text{DSON,H}} + R_{\text{G,ext,ON}} + R_{\text{G,int}}} \\ P_{\text{sink}} &= \frac{1}{2} Q_{\text{G}} \cdot f_{\text{sw}} \cdot (V_{\text{VCC}} - V_{\text{VEE}}) \cdot \frac{R_{\text{DSON,L}}}{R_{\text{DSON,L}} + R_{\text{G,ext,OFF}} + R_{\text{G,int}}} \end{aligned} \quad (7)$$

此外，栅极驱动器周围的外部元器件会使 IC 发热。仅计算损耗和理论结温不足以证明栅极驱动器电路设计是可行的。需要通过测量进行验证，以避免应用中出现意外的影响。例如，使用红外摄像机就可以识别热点。

9 封装尺寸

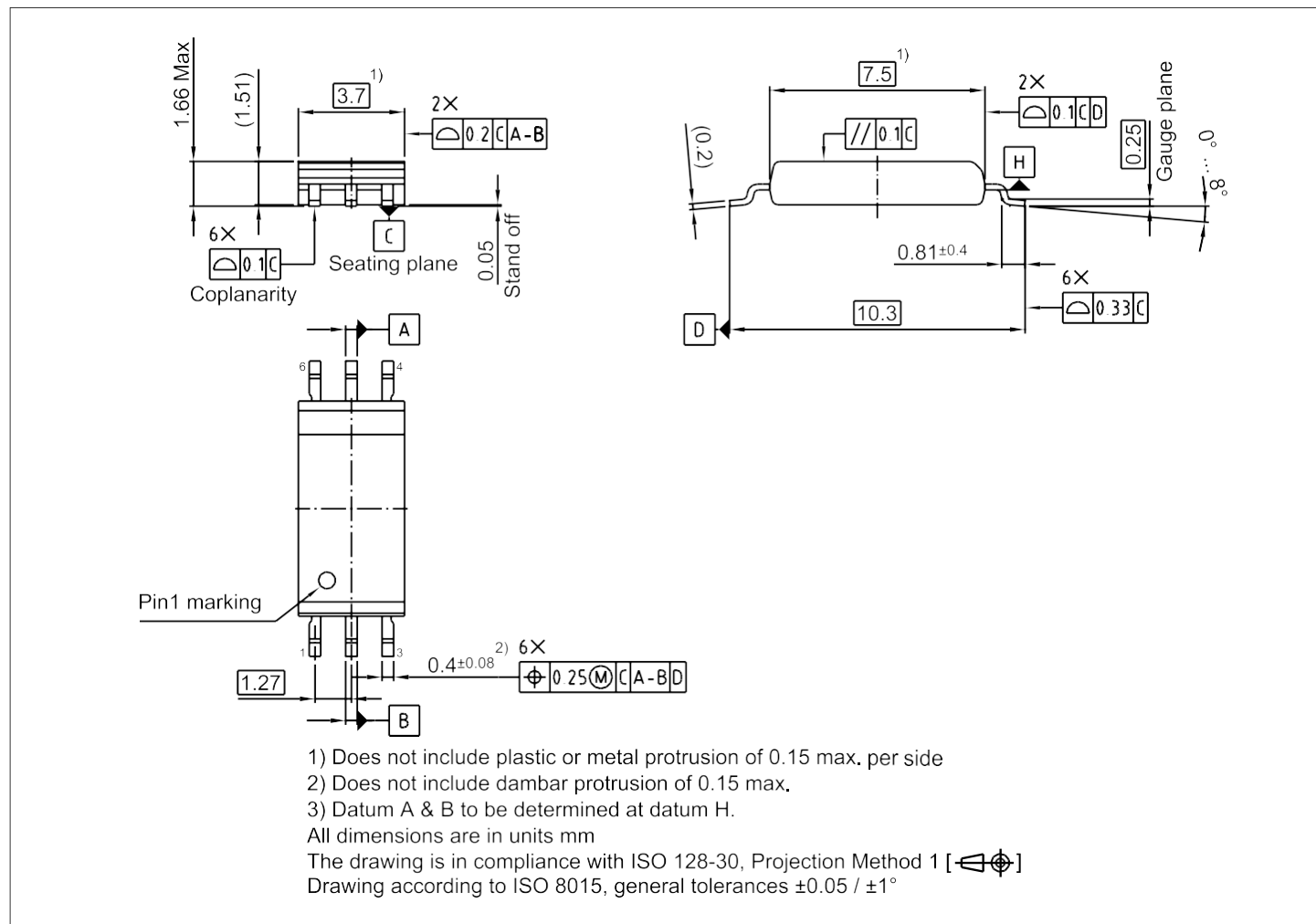


图 28 LDSO-6 300 mil (低矮型双小外形封装, 宽体, 300 mil)

9 封装尺寸

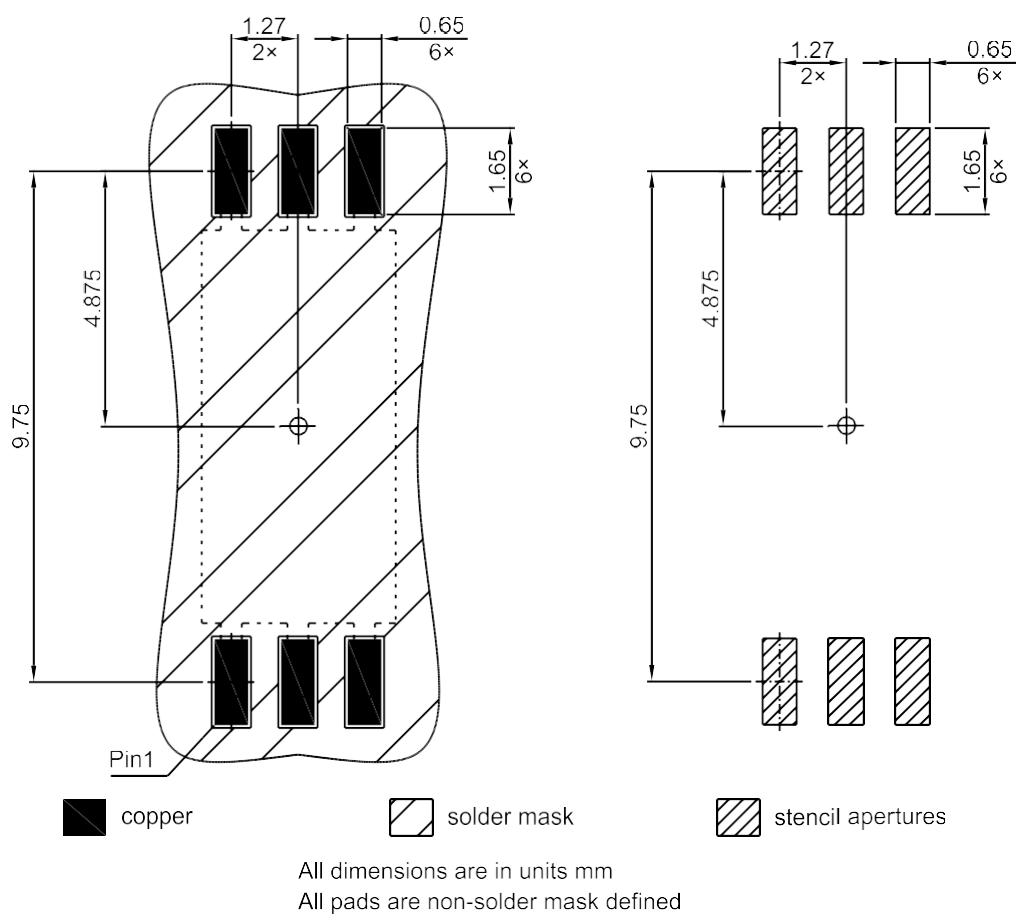


图 29 **LDSO-6 300 mil 推荐封装**

修订记录

修订记录

Document version	Date of release	Description of changes
v 1.00	2025-08-11	• initial release
v 1.10	2025-11-30	• Updated the UL 1577 certification status

Trademarks

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

Edition 2025-11-30

**Published by
Infineon Technologies
AG 81726 Munich,
Germany**

**© 2025 Infineon Technologies
AG All Rights Reserved.**

**Do you have a question about
any aspect of this document?
Email: erratum@infineon.com**

**Document reference
IFX-
zpi1697198241929**

Important notice

The information given in this document shall in no event be regarded as a guarantee of conditions or characteristics ("Beschaffenheitsgarantie").

With respect to any examples, hints or any typical values stated herein and/or any information regarding the application of the product, Infineon Technologies hereby disclaims any and all warranties and liabilities of any kind, including without limitation warranties of non-infringement of intellectual property rights of any third party.

In addition, any information given in this document is subject to customer's compliance with its obligations stated in this document and any applicable legal requirements, norms and standards concerning customer's products and any use of the product of Infineon Technologies in customer's applications.

The data contained in this document is exclusively intended for technically trained staff. It is the responsibility of customer's technical departments to evaluate the suitability of the product for the intended application and the completeness of the product information given in this document with respect to such application.

Warnings

Due to technical requirements products may contain dangerous substances. For information on the types in question please contact your nearest Infineon Technologies office.

Except as otherwise explicitly approved by Infineon Technologies in a written document signed by authorized representatives of Infineon Technologies, Infineon Technologies' products may not be used in any applications where a failure of the product or any consequences of the use thereof can reasonably be expected to result in personal injury.



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.

版本 2026-09-24

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

重要通知

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，英飞凌不承担不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>。