

英飞凌 EiceDRIVER™ 1ED38x0Mc12M 增强型单通道

5.7 kV (rms) 隔离栅极驱动器 IC

数据手册

单通道 5.7 kV (rms) 隔离栅极驱动器 IC，可通过 I2C 配置 DESAT、软关断、UVLO、米勒钳位和可选两级关断

特性

- 650 V、1200 V、1700 V、2300 V IGBT、SiC 和 Si MOSFETs
- 40 V 绝对最大输出供电电压
- ± 3 A、 ± 6 A 和 ± 9 A 典型灌和拉峰值电流
- 独立的灌和拉电流，用于硬开关或可选的两级关断，并带有有源米勒钳位
- I2C 总线用于参数配置和状态寄存器读取
- 精确、可调且具有温度补偿的 V_{CEsat} 检测 (DESAT)，并带有故障输出
- 退饱和检测后可调节 IGBT 软关断
- 可在高达 125 °C 的高温下运行，并在 160 °C (± 10 °C) 时过温关闭
- 严格的 IC 到 IC 传播延迟匹配 ($t_{PDD,max} = 30$ ns)
- 具有滞回功能的输入和输出侧欠压锁定保护，并具有主动关断功能
- 集成 ADC 比较器的结果可为反馈或故障关闭行为提供配置
- 高共模瞬变抗扰度 CMTI = 200 kV/ μ s
- 节省空间的小型 DSO-16 细间距封装，具有较大的爬电距离 (>8 毫米)
- 安全认证
 - UL 1577 认证 (文件 E311313)， $V_{ISO,test} = 6840$ V (rms)，持续 1 秒， $V_{ISO} = 5700$ V (rms)，持续 60 秒
 - VDE 0884-11 认证 (证书编号 40053980)， $V_{IORM} = 1767$ V (峰值，增强型)
- 其他[参考手册](#)可查看详细功能描述

潜在应用

- 工业电机驱动器 - 紧凑型、标准型、高级型、伺服驱动器
- 太阳能逆变器
- UPS 系统
- 焊接
- 商用和农用车辆 (CAV)
- 商用空调 (CAC)
- 高压隔离式 DC-DC 转换器
- 隔离开关电源 (SMPS)



产品验证

符合 JEDEC47/20/22 相关测试的工业应用要求

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）。

设备信息

设备信息

Product type	Output current	Isolation class	Marking	OPN
1ED3830MC12M	3 A (typ)	reinforced	3830MC12	1ED3830MC12MXUMA1
1ED3860MC12M	6 A (typ)	reinforced	3860MC12	1ED3860MC12MXUMA1
1ED3890MC12M	9 A (typ)	reinforced	3890MC12	1ED3890MC12MXUMA1
1ED3830MU12M	3 A (typ)	UL 1577	3830MU12	1ED3830MU12MXUMA1
1ED3860MU12M	6 A (typ)	UL 1577	3860MU12	1ED3860MU12MXUMA1
1ED3890MU12M	9 A (typ)	UL 1577	3890MU12	1ED3890MU12MXUMA1

描述

1ED38x0Mc12M 系列 (X3 Digital) 由电气隔离的单通道栅极驱动器 IC 组成，采用小型 PG-DSO-16 封装，具有较大的爬电距离和 8 毫米的电气间隙。栅极驱动器 IC 提供的典型峰值输出电流为 3 A、6 A 和 9 A。包括可调节的控制和保护功能，以简化高可靠系统的设计。所有参数调整均通过 I2C 接口（引脚 SDA 和 SCL）从输入侧完成。

所有逻辑 I/O 引脚均与电源电压相关，与 3.3 V 或 5 V CMOS 兼容，并且可直接连接到微控制器。

跨电气隔离的数据传输是通过集成无芯变压器技术实现的。

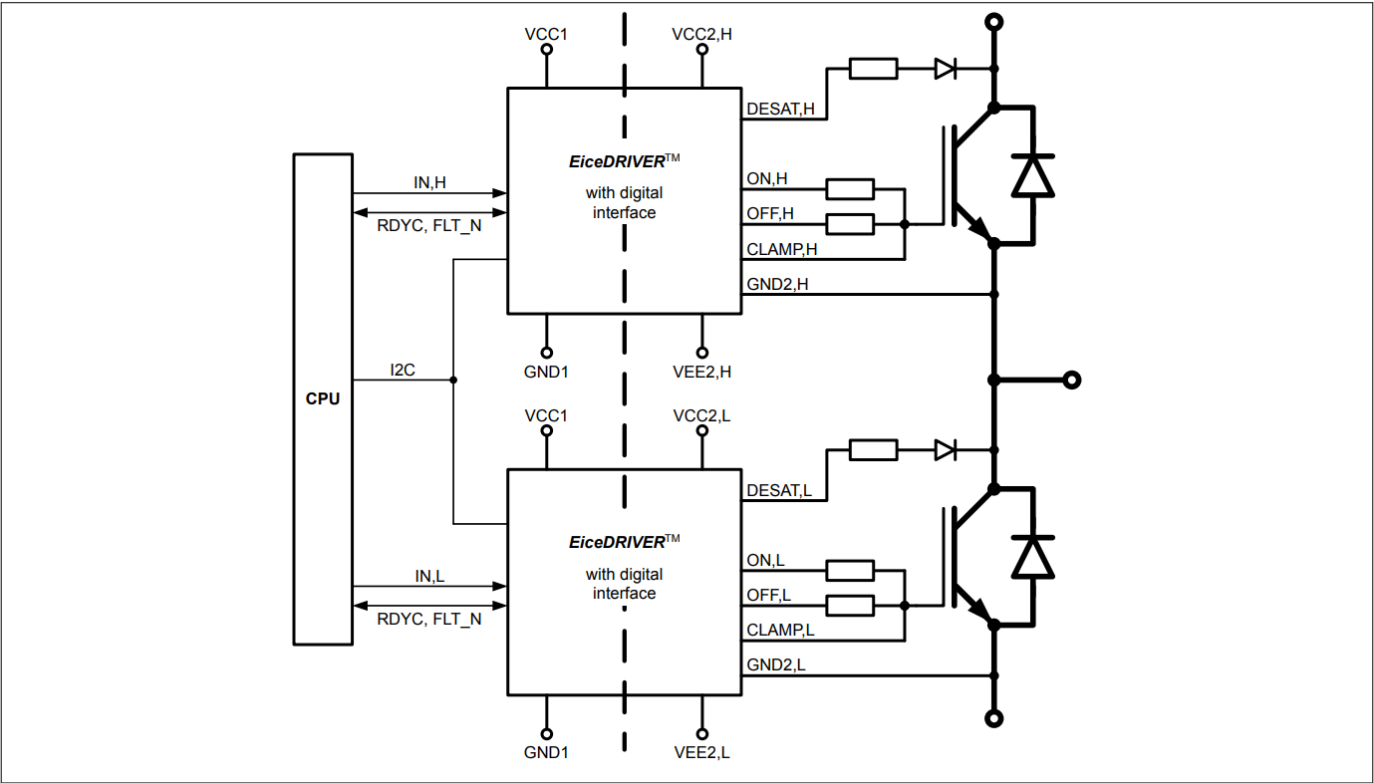


图1 典型应用

目录

目录

	目录	3
1	框图	5
2	相关链接	6
3	引脚配置和功能	7
3.1	引脚配置	7
3.2	引脚功能	8
3.3	通过I2C配置参数	10
4	功能说明	11
4.1	启动和故障清除	11
4.2	电源	12
4.3	输入侧逻辑	13
4.4	I2C总线	13
4.5	运行状态	15
4.6	测量	15
4.7	监控	16
4.8	退饱和保护	18
4.8.1	DESAT 行为	18
4.9	栅极驱动器输出	20
4.9.1	开启 行为	21
4.9.2	关断和故障关断行为	21
4.9.2.1	硬开关关断	22
4.9.2.2	两级关断	22
4.9.2.3	软关断	23
4.9.3	主动关断	24
4.9.4	有源米勒钳位	24
4.10	短路钳位	24
5	电气参数	25
5.1	绝对最大额定值	25
5.2	热参数	26
5.3	工作参数	26
5.4	电气特性	28
5.4.1	电源电压	28
5.4.2	逻辑输入和输出	30
5.4.3	栅极驱动器	31
5.4.4	有源米勒钳位	32
5.4.5	动态特性	33
5.4.6	退饱和保护	35
5.4.7	两级关断	39



目录

5.4.8 软关断电流源..... 40

5.4.9 过温保护 41

5.4.10 ADC测量..... 42

6 绝缘特性 43

6.1 经过VDE 0884-11 加强绝缘认证(证书编号： 40053980) 43

6.2 获得UL 1577认证 （文件 E311313） 44

7 封装信息 45

 修订记录 45

 免责声明 46

1 框图

1 框图

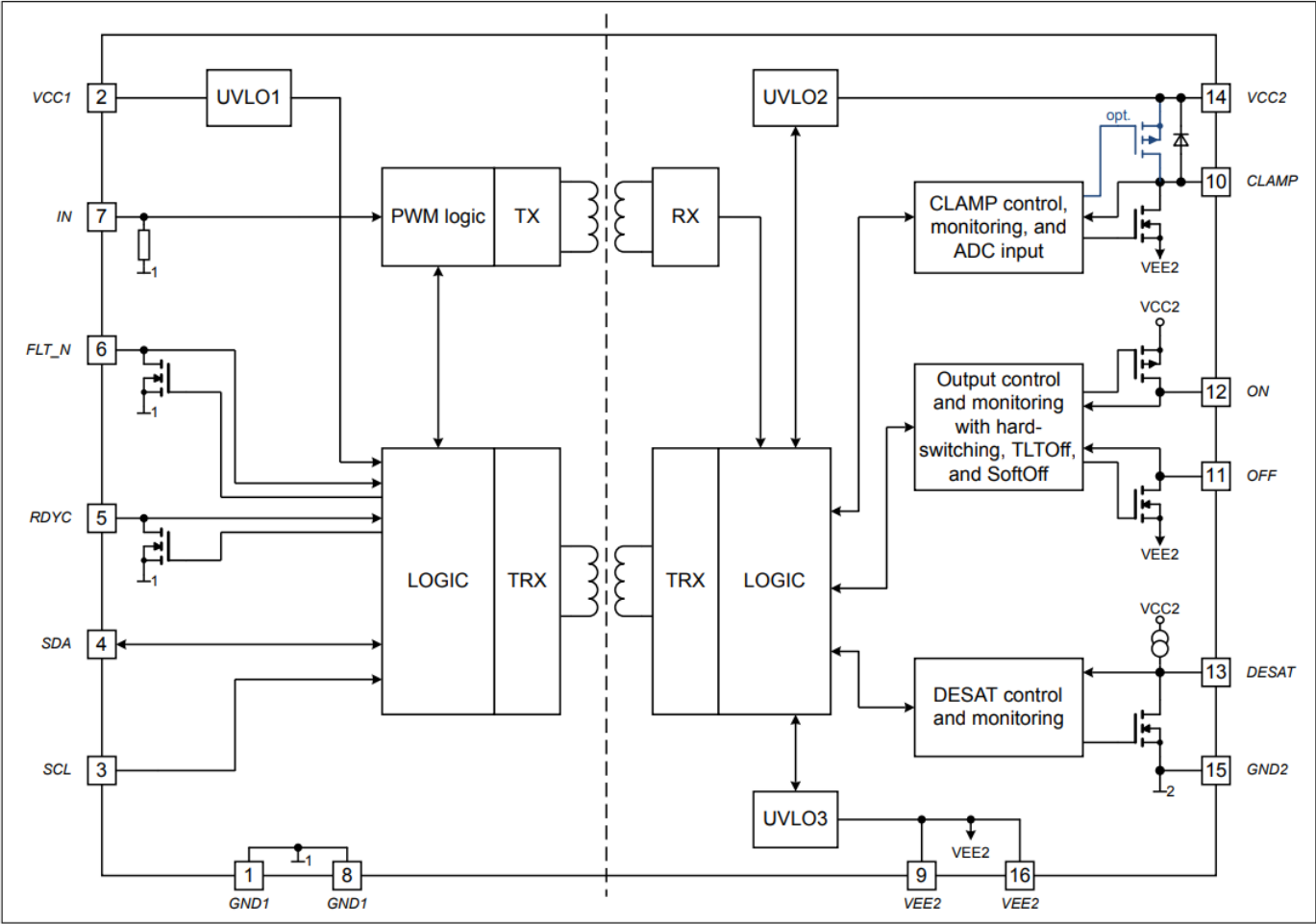


图 2 框图

2 相关链接

2 相关链接

注： 请为所选功率开关和运行条件考虑栅极驱动器IC 的功率耗散和绝缘要求。

Product group	Product name	Description
TRENCHSTOP™ IGBT Discrete	IKQ75N120CS6	High Speed 1200 V, 75 A IGBT with anti-parallel diode in TO247-3
	IKW15N120BH6	High Speed 1200 V, 15 A IGBT with anti-parallel diode in TO247
	IHW40N120R5	Reverse conducting 1200 V, 40 A IH IGBT with integrated diode in TO247
CoolSiC™ SiC MOSFET Discrete	IMBF170R650M1	1700 V, 650 mΩ SiC MOSFET in TO263-7 package
	IMBG120R045M1H	1200 V, 45 mΩ SiC MOSFET in TO263-7 package
	IMZ120R350M1H	1200 V, 350 mΩ SiC MOSFET in TO247-4 package
CoolSiC™ SiC MOSFET Module	FS45MR12W1M1_B11	EasyPACK™ 1B 1200 V / 45 mΩ sixpack module
	FF23MR12W1M1_B11	EasyDUAL™ 1B 1200 V, 23 mΩ half-bridge module
	FF6MR12W2M1_B11	EasyDUAL™ 2B 1200 V, 6 mΩ half-bridge module
	F3L11MR12W2M1_B74	EasyPACK™ 2B 1200 V, 11 mΩ 3-Level module in Advanced NPC (ANPC) topology
	F4-23MR12W1M1_B11	EasyPACK™ 1B 1200 V, 23 mΩ fourpack module
TRENCHSTOP™ IGBT Modules	F4-100R17N3E4	EconoPACK™ 3 1700 V, 100 A fourpack IGBT module
	F4-200R17N3E4	EconoPACK™ 3 1700 V, 200 A fourpack IGBT module
	FS150R17N3E4	EconoPACK™ 3 1700 V, 150 A sixpack IGBT module
	FF650R17IE4	PrimePACK™ 3 1700 V, 650 A half-bridge dual IGBT module
	FF1000R17IE4	PrimePACK™ 3 1700 V, 1000 A half-bridge dual IGBT module
	FF1200R17IP5	PrimePACK™ 3+ 1700 V, 1200 A dual IGBT module
	FF1500R17IP5	PrimePACK™ 3+ 1700 V, 1500 A dual IGBT module
	FF1500R17IP5R	PrimePACK™ 3 1700 V, 1500 A dual IGBT module
	FF1800R17IP5	PrimePACK™ 3+ 1700 V, 1800 A dual IGBT module
	FP10R12W1T7_B11	EasyPIM™ 1B 1200 V, 10 A three phase input rectifier PIM IGBT module
	FS100R12W2T7_B11	EasyPACK™ 2B 1200 V, 100 A sixpack IGBT module
	FP150R12KT4_B11	EconoPIM™ 3 1200V three-phase PIM IGBT module
	FS200R12KT4R_B11	EconoPACK™ 3 1200 V, 200 A sixpack IGBT module

3 引脚配置和功能

3 引脚配置和功能

栅极驱动器 IC 上的引脚分配通常区分为输入侧和输出侧。

表 1 通用引脚分配

Pins	Designation
1 to 8	input side, input logic signal side, or low voltage side
9 to 16	output side, driver power side, or high voltage side

为了简单起见，驱动器被描述为 IGBT 驱动器。要与 MOSFET 和其他电源开关一起使用，只需用相应的引脚名称替换集电极和发射极即可。

3.1 引脚配置

表2 引脚配置表缩写

Abbreviation	Description
引脚类型	
PWR	Power supply and gate current output pins
I/O	Digital input and output pin
I	Digital input pin
GND	Ground reference pin
AI	Analog input pin
缓冲区类型	
OD	Open drain output
CMOS	CMOS compatible input threshold levels
PP	Push/pull output buffer
analog	Analog input buffer
special	Special output/input function, see individual description
拉动装置	
PD	Pull-down resistor
CS	Current source

表3 引脚配置

Pi n no .	Pin name	Pin type	Buffer type	Pull device	Function
1	<i>GND1</i>	GND	–	–	Ground input side
2	<i>VCC1</i>	PWR	–	–	Positive power supply input side
3	<i>SCL</i>	I	CMOS	–	Clock input of serial I2C bus
4	<i>SDA</i>	I/O	OD, CMOS	–	Data I/O of serial I2C bus
5	<i>RDYC</i>	I/O	OD, CMOS	–	Combined ready output, high active and fault clear input and soft-off input, low active
6	<i>FLT_N</i>	I/O	OD, CMOS	–	Fault output, low active and soft-off input, low active

(表格续下页.....)

3 引脚配置和功能

表 3 (续) 引脚配置

Pin no.	Pin name	Pin type	Buffer type	Pull device	Function
7	IN	I	CMOS	PD, 40 kΩ	Non inverted driver input
8	GND1	GND	–	–	Ground input side
9	VEE2	GND	–	–	Negative power supply output side
10	CLAMP	PWR, AI	OD, PP, analog	–	Active Miller clamping with open drain to VEE2, clamp driver for external MOSFET, or ADC input
11	OFF	PWR, AI	OD	–	Driver sink output
12	ON	PWR, AI	OD	–	Driver source output
13	DESAT	AI	special	CS, 500 μA	Enhanced desaturation protection
14	VCC2	PWR	–	–	Positive power supply output side
15	GND2	AI	–	–	Signal ground output side
16	VEE2	GND	–	–	Negative power supply output side

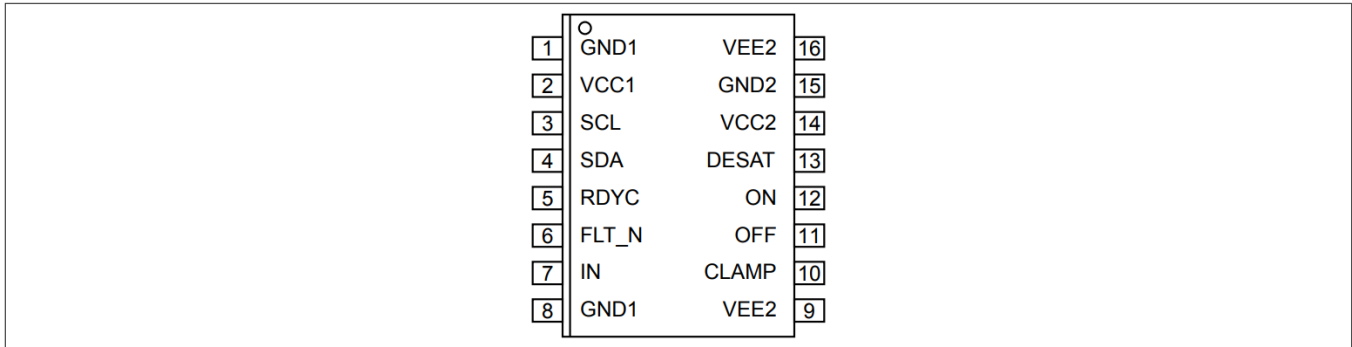


Figure 3 PG-DSO-16 (top view)

3.2 引脚功能

GND1

输入侧的参考地。直接连接至输入信号地。

VCC1

输入侧正电源端，连接5 V或3.3 V以确保正常工作。在此引脚和GND1附近放置一个去耦电容。

SCL和SDA串行总线连接

I2C 总线的串行数据 I/O 和时钟输入引脚。连接到 5 V 或 3.3 V 微控制器的I/O，并在正电源电压 VCC1 上添加一个上拉电阻。信号 SCL 和 SDA 以 GND1 为参考。

RDYC就绪状态输出、故障关闭输入和故障清除输入

开漏输出报告器件工作正常，就绪输出为高电平有效。故障清除输入和故障关闭输入用于清除栅极驱动器故障或通过故障关闭功能关闭栅极驱动器输出，输入为低电平有效。微控制器的 5 V 或 3.3 V I/O 通过外部上拉电阻连接至VCC1。该电阻的典型值为 2.2 kΩ。RDCY信号以GND1为参考。

3 引脚配置和功能

FLT_N故障输出和故障关闭输入

开漏输出将与逆变器系统运行相关的故障报告给微控制器，故障输出低电平有效。故障关断输入通过故障关断功能将栅极驱动器输出切换至关闭状态，输入低电平有效。微控制器的5 V 或 3.3 V I/O通过外部上拉电阻连接到 *VCC1*。该电阻的典型值为2.2 kΩ。*FLT_N* 信号以 *GND1* 为参考。

IN同相栅极驱动器输入

*IN*输入控制栅极驱动器 IC 的输出，如果 *IN*设置为高电平，IGBT 将导通。连接到微控制器的 5 V 或 3.3 V IO 的 PWM 输出。内部下拉电阻确保 IGBT 在未连接时处于关断状态。

VEE2

输出侧的负电源端子。为了确保正常工作，请连接到以*GND2*为参考的 0 V 至 -25 V 电压。请在靠近以下引脚的位置放置一个去耦电容：

- *VCC2*和*VEE2*
- *GND2*和*VEE2*

如果不使用负电源电压，则所有*VEE2*引脚都必须连接到*GND2*。

CLAMP米勒钳位输出、米勒钳位预驱动器输出、ADC输入

该引脚的功能和操作模式取决于寄存器配置。

高电流钳位输出，在集电极-发射极电压上升期间保持栅极电压低。直接连接到 IGBT 的栅极。

钳位预驱动输出，用于使用外部钳位开关。直接连接到 n 沟道 MOSFET 的栅极。

8位ADC的传感输入。将外部信号源连接在*CLAMP*和*VEE2*之间。

OFF 驱动器输出

高电流驱动器拉电流输出，用于对外部 IGBT 栅极放电，并提供可选的两级关断控制输出。栅极驱动器 IC 也在此引脚提供软关断的拉电流。该引脚用与检测输入高电平指示器 **PINSTAT.OFF_PIN** 和 TLTOff 比较器 **PINSTAT.TLTO_LVL** 的检测输入。通过选定的关断栅极电阻连接到 IGBT 栅极。

ON驱动器输出

大电流驱动器源极输出，用于为外部 IGBT 栅极充电并使其导通，同时作为 CLAMP 功能的检测输入。它也是栅极低电平的指示器 **PINSTAT.ON_PIN**。通过选定的导通栅极电阻连接到 IGBT 栅极。

DESAT增强型退饱和检测输入

去饱和检测输入用于监测 IGBT 集电极-发射极电压 (V_{CE})，以检测短路事件引起的退饱和。通过串联保护电阻和高压二极管连接到驱动IGBT的集电极。*DESAT* 信号以 *GND2* 为参考。

VCC2

输出侧正电源端子。连接以*GND2*为参考的电源电压，以确保正常工作。在靠近以下引脚的位置放置一个去耦电容：

- *VCC2*和*VEE2*
- *VCC2*和*GND2*

3 引脚配置和功能

GND2参考地

输出侧的参考地。连接到双极电源的公共电压和 IGBT 的发射极。将去耦电容放置在靠近以下引脚的位置：

- VCC2和GND2
- GND2和VEE2

3.3 通过I2C配置参数

以下参数可通过 I2C 接口完全配置。如果在将 **CFGOK.USER_OK** 写入 1_B 之前仅设置了地址配置，则默认行为描述的是栅极驱动器配置。

表 4 I2C的可配置性

	Adjustable parameter	Default behavior/value
UVLO	VCC2-GND2 turn-on UVLO (max)	12.6 V
	VEE2-GND2 UVLO (n.a./-3.5/-6/-12.0 V)	Not active
Output drive	CLAMP pin mode (3 A, pre-driver, or ADC)	3 A sink only
	Filter time for CLAMP and pin status monitoring	235 ns
	CLAMP and switch on filter type	Up-reset
	Two-level turn-off	Hard switch-off A = 30 V/ns; 9.0 V; 2.0 μs; B = hard switch-off
	Soft-off current (set as default fault-off method)	CSSOFCFG.CSSOFF_I =9 _b , 1ED3830M: 146 mA, 1ED3860M: 291 mA, 1ED3890M: 437 mA
	Driver input filter length	103 ns
DESAT	DESAT1 threshold voltage	9.18 V
	Leading edge blanking time	400 ns
	DESAT1 filter time	225 ns
	DESAT1 filter type	Up-reset
	DESAT2 threshold, filter, and action configuration	Disabled
Fault/fault clear	Fault clear source (RDYC or self clear time)	RDYC
	Self clear time (not active, 400 μs, 1600 μs)	Not active
	Fault-off mode (hard switch-off, soft-off, TLTOff)	Hard switch-off
	Over-temperature warning action (warning or fault off)	Warning
	Over-temperature warning level	140°C

4 功能说明

4 功能说明

1ED38x0Mc12M 系列 (X3 Digital) 由电气隔离的单通道栅极驱动器 IC 组成，具有丰富的数字可调功能参数集。所有调整都是在启动期间通过 I2C 总线从低压输入侧完成的。配置存储到寄存器中。

为了启动栅极驱动器 IC 并使其正常运行，栅极驱动器 IC 的输入侧和输出侧都需要通电。

1ED38x0Mc12M 系列 (X3 Digital) 旨在支持输入和输出侧的各种电源配置。输出侧可以采用单极或双极供电。输出级可以实现轨到轨。栅极驱动器电压跟随电源电压，没有额外的电压降。此外，它还能在外部 IGBT 短路时轻松钳位栅极电压。

RDYC 状态输出报告栅极驱动器 IC 是否运行正常，例如电压供应是否充足。FLT_N 状态输出报告应用程序中的故障，如退饱和检测。

为了确保安全运行，栅极驱动器 IC 配备了输入和输出侧欠压锁定电路。UVLO 水平针对 IGBT 和 MOSFET 进行了优化，并且可调。

退饱和检测电路可保护外部 IGBT 免受短路损坏。栅极驱动器 IC 通过使用以下可配置方法之一关闭 IGBT 来对 DESAT 故障做出反应：

- 两级关断
- 可调软关断
- 硬关断

两级关断 (TLTOff) 是一种电压控制关断功能。

软关断功能用于在过流条件下以软控制方式关断外部 IGBT，以保护 IGBT 免受集电极发射极过压的影响。

可调节的有源米勒钳位功能可保护 IGBT 在快速开关应用中免受寄生导通的影响。

1ED38x0 系列还提供多种测量和监控功能。监控功能可分为：

- 基于硬件的功能和
- 基于 ADC 测量的功能。

注：详细功能描述请参阅本产品的参考手册。本章并未提供完整操作该产品所需的全部信息。

4.1 启动和故障清除

为了正常运行，栅极驱动器 IC 的输入侧和输出侧都需要供电。低水平 FLT_N 引脚始终指示故障状态。在这种情况下，IC 会启动内部机制来清除故障。

输入侧启动

1. VCC1 电压达到输入 UVLO 阈值：栅极驱动器 IC 输入侧开始工作
2. FLT_N 跟随输入电源电压
3. 输入侧准备好通过 I2C 总线进行通信，等待用户栅极驱动器参数配置
4. 记录通过 I2C 总线接收的参数
5. 等待输出侧通电
6. 开始内部启动：将配置值传输到输出侧
7. 执行内部自检

完整启动时间 t_{START1} 取决于用户参数配置的持续时间。

4 功能说明

输出侧启动

1. VCC2 电压达到输出 UVLO 阈值：栅极驱动器 IC 的输出侧开始工作
2. 激活关闭栅极驱动器输出：连接的栅极保持放电状态
3. 等待输入侧通电
4. 开始内部启动：从输入端接收配置值
5. 执行内部自检

完整启动时间 t_{START2} 取决于用户参数配置的持续时间。

栅极驱动器 IC 将 RDYC 释放至高电平，表示启动成功并准备就绪。栅极驱动器 IC 将跟踪 IN 信号的状态。

使用 RDYC 清除故障至低周期

1. 将 IN 设置为低
2. 将 RDYC 设置为低电平，持续时间长于故障清除时间 t_{CLRMIN}
3. 释放 RDYC 至高
 - a. 如果故障源不再存在，FLT_N 被释放至高
 - b. 如果另一个故障源处于活动状态，FLT_N 保持低位，并且需要重复该循环
4. 继续 PWM 操作

通过自清除定时器清除故障

1. 将 IN 设置为低
2. 自清除定时器开始计数
3. 自清除定时器达到自清除时间
 - a. 如果故障源不再存在，FLT_N 被释放至高
 - b. 如果另一个故障源处于活动状态，FLT_N 保持低位，定时器重新启动
4. 继续 PWM 操作

4.2 电源

1ED38x0Mc12M 系列 (X3 Digital) 旨在支持各种电源配置。输入侧可使用 3.3V 或 5V 电源。

输出侧需要单极电源 ($VEE2 = GND2$) 或双极电源。

- VCC2 和 GND2 或 GND2 和 VEE2 之间的单独电源电压不得超过 25 V。
- VCC2 和 VEE2 之间的总电源电压不得超过 35 V。

为确保栅极驱动器 IC 的安全运行，配备了输入侧和输出侧欠压锁定电路。

单极电源

在单极电源配置中，栅极驱动器 IC 通常由 VCC2 供电，电压为 15 V。GND2 和 VEE2 连接在一起，并将该公共电位连接到 IGBT 发射极。

4 功能说明

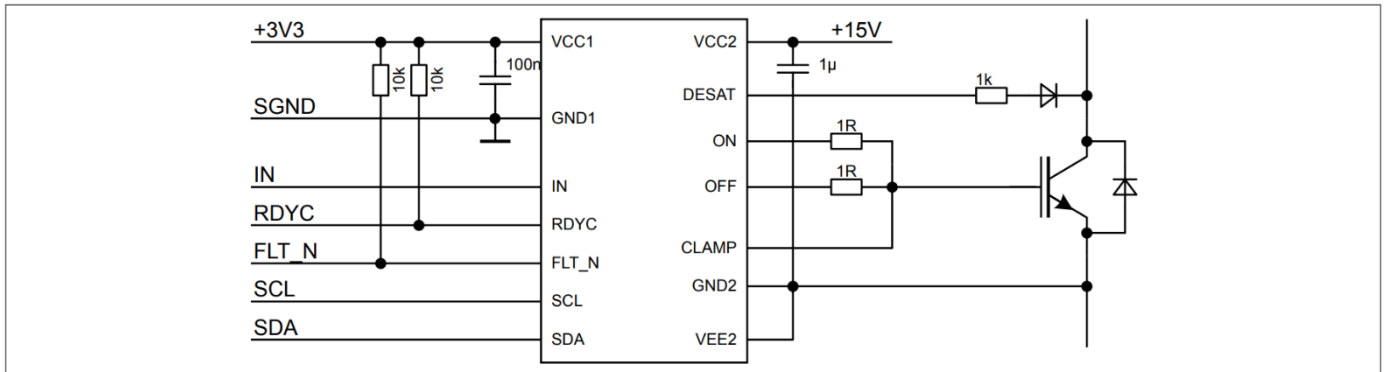


图4 单极电源应用示例 双极电源

对于双极电源，栅极驱动器 IC 通常在 $VCC2$ 处提供 15V 的正电压，在 $VEE2$ 处提供 -8 V 或 -15 V 的负电压（相对于 $GND2$ ）。

$VCC2$ 和 $VEE2$ 之间的最大电位差为 35 V。

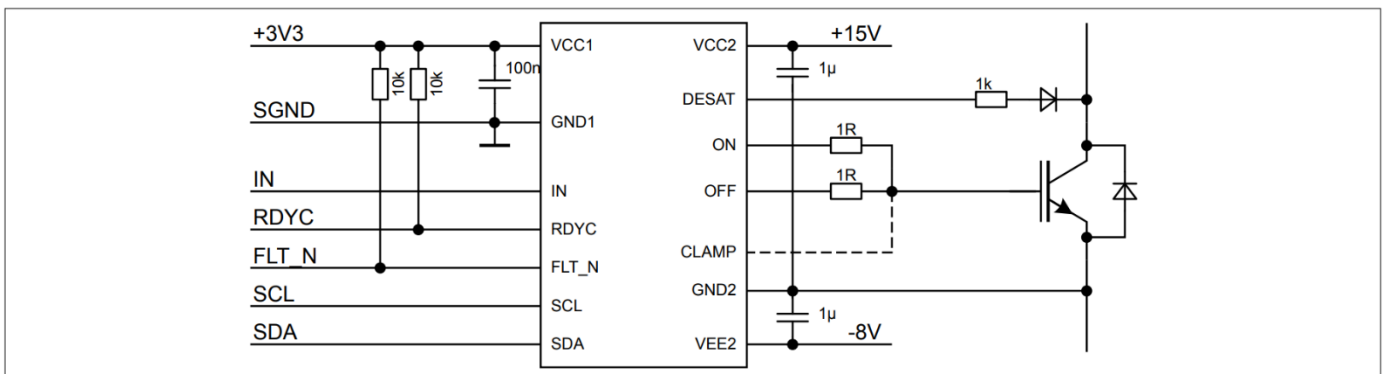


图5 双极性电源应用示例

负电源可防止寄生导通，因为栅极导通阈值有额外的电压裕度。

VEE2 通过 GND2 供电连接检查

栅极驱动器 IC 内置 $VEE2$ 连接检查功能 $VEE2$ 连接断开时，系统会检测到该连接，并通过 $RDYC$ 发出信号。

4.3 输入侧逻辑

输入阈值始终符合 CMOS 标准。低电平时阈值为 $VCC1$ 的 30%，高电平时阈值为 $VCC1$ 的 70%。

引脚 IN 和 SCL 仅用于输入，引脚 SDA 、 FLT_N 和 $RDYC$ 为输入/输出引脚。

4.4 I2C 总线

1ED38x0 系列配备标准 I2C 总线接口，用于配置栅极驱动器 IC 的各种参数以及读取测量和监控寄存器。

主要 I2C 特性包括：

- I2C 总线从设备，实现规范 [UM10204 的所有强制从属总线协议 rev.6](#)。
- 7 位设备地址，用于单独寻址和组寻址
- 初始 I2C 设备地址：1A_H（MSB 对齐，位 7:1）

4 功能说明

- 信号电压电平兼容3.3 V和5 V
- 栅极驱动器数据引脚支持的总线速度(SDA)和时钟引脚(SCL):
 - 标准模式 (Sm) , 比特率高达 100 kbit/s
 - 快速模式 (Fm) , 比特率高达 400 kbit/s
 - 快速模式加 (FM+) , 比特率高达 1 Mbit/s

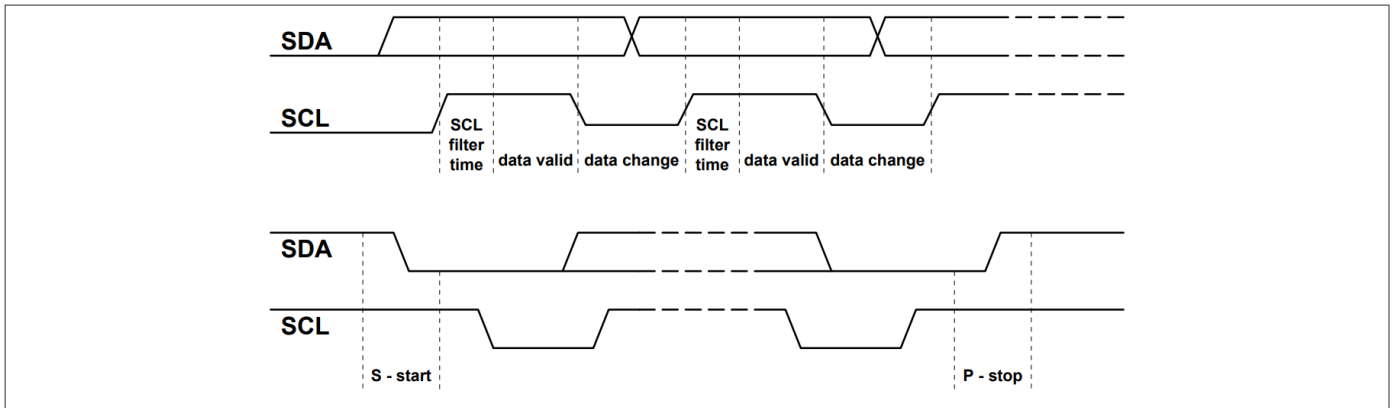


图6 开始、停止和数据条件

所有 I2C 总线命令均以启动条件开始，以停止条件结束。如果 SCL 电平高于 CMOS 电平阈值且滤波时间已过，则 SDA 引脚上的数据有效。

4 功能说明

4.5 运行状态

1ED38x0 系列栅极驱动器 IC 可采用以下状态：

- 关闭状态，设备未通电
- 地址配置状态，可以设置I2C地址，栅极驱动器IC未激活
- 参数配置状态，可设置和更改栅极驱动器参数，栅极驱动器 IC 未激活
- 参数传输状态，栅极驱动器 IC 正在将参数从输入侧传输到输出侧，栅极驱动器 IC 未激活
- 正常运行时，栅极驱动器 IC 处于活动状态，ON 和 OFF 输出跟随 IN 信号，寄存器为只读
- 未就绪状态，栅极驱动器 IC 根据故障关闭设置关闭，状态通过RDYC的低电平发出信号引脚
- 故障状态，栅极驱动器 IC 根据故障关闭设置关闭，状态通过FLT_N引脚上的低电平发出信号
- 有关故障清除、软复位、恢复和断电后参数配置恢复的更多子状态，请参阅后面的部分

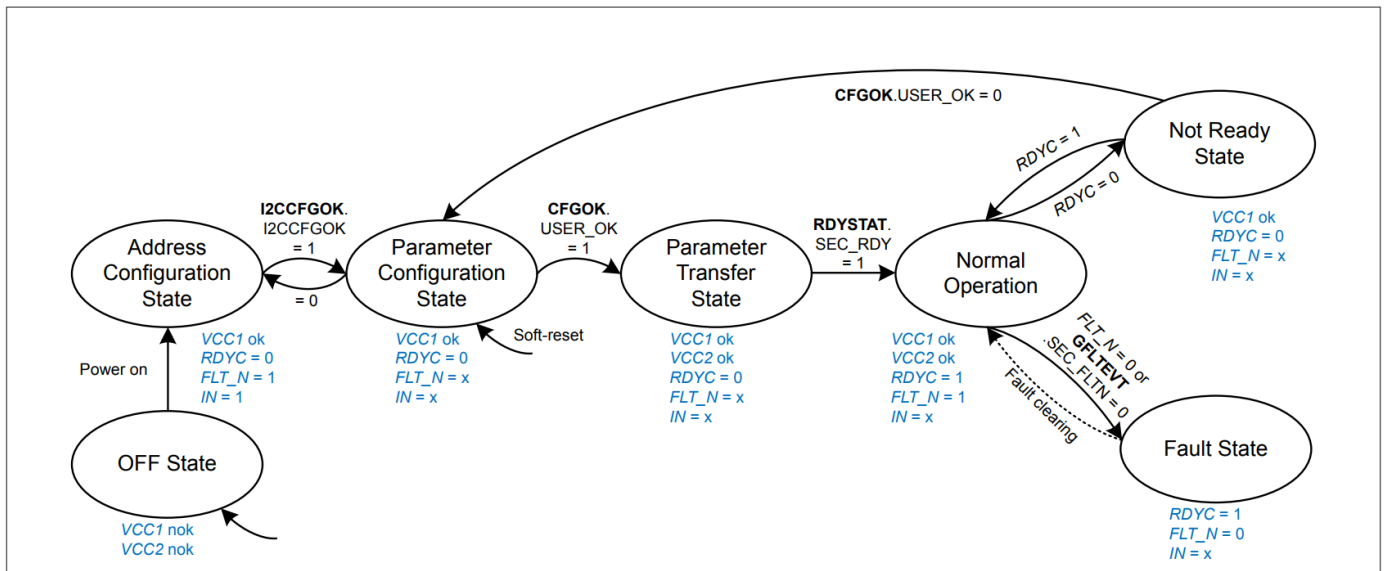


图 7 运行状态图

- 引脚名称采用大写斜体字母，电源引脚状态列为正常 (ok) 或不正常 (nok)，逻辑引脚状态列为低 (0)、高 (1) 或 (x)
- 寄存器名称采用大写粗体字母，后跟寄存器位名称和值
- 气泡中的状态，其转换用箭头标记，并附加条件

4.6 测量

1ED38x0 系列提供多种测量功能，并使用自由运行的逐次逼近寄存器模数转换器 (SAR-ADC)。SAR-ADC 具有 8 位分辨率，结果通过三点二通移动平均滤波器进行数字滤波。

可以进行以下内部和外部参数测量：

- **ADCMVCC2**测量VCC2至VEE2
- **ADCMVDIF**测量和计算VCC2至GND2
- **ADCMGND2**测量GND2至VEE2

4 功能说明

- **ADCMTEMP** 测量结温 T_j
- **ADCMVEXT** 测量外部电压，例如NTC

测量结果寄存器将根据所选的样本源依次更新。更新率通常低于 100 μ s。

SAR-ADC 配置寄存器**ADCCFG**用于激活测量通道和外部电压比较行为。内部结温测量始终处于激活状态。激活 SAR-ADC 测量还可以启用监控功能。

4.7 监控

1ED38x0 系列提供多种监控功能。监控功能可分为：

- 基于硬件的功能
基于硬件的监控功能使用专用硬件，例如快速欠压锁定 (UVLO)。
- 基于ADC的功能
基于 ADC 的功能收集不同参数的测量值并将其与极限值进行比较。启用 ADC 测量以使用相关的基于 ADC 的监控功能。

两组均包含不可配置和可配置的功能。不可配置的硬件监控：

- $VEE2$ 超过 $GND2$ ，例如 $VEE2$ 连接失败
- 关断监控， $V_{ON} > VEE2 + 2V$ (**FLTEVT**.VOUT_ST = 1_B)
- 栅极电压监控低于 $VEE2 + 2V$ (**PINSTAT**.ON_PIN = 1_B)
- 栅极电压监控高于 $VCC2 - 2V$ (**PINSTAT**.OFF_PIN = 1_B)
- 栅极电压监控高于 V_{TLTOFF} (**PINSTAT**.TLTO_LVL = 1_B)
- IN 引脚高电平的引脚状态监控 (**PINSTAT**.PWM_IN = 1_B)
- $RDYC$ 引脚高电平的引脚状态监控 (**PINSTAT**.RDYC = 1_B)
- 引脚状态监控 FLT_N 引脚高电平 (**PINSTAT**.FLT_N = 1_B)
- $VCC1$ 电源电压 UVLO 尖峰检测 (**UV1FCNT**)
- $VCC2$ 电源电压 UVLO 尖峰检测 (**UV2FCNT**) 可配置

置硬件监控：

- 正常 $VCC2$ 电源 UVLO 事件 (**SECUEVT**.UV_VCC2)
- 正常 $VEE2$ 电源 UVLO 事件 (**SECUEVT**.UV_VEE2)
- 关闭超时， $V_{ON} > VEE2 + 2V$ 且最大关闭超时时间已过 (**FLTEVT**.SOTO_EVT) 不可配置的基于 ADC 的监控：
- 过温保护事件 (**FLTEVT**.OTP_EVT) 可配置基于 ADC 的监控：
- $VCC2$ 电源软 UVLO 事件 (**SECUEVT**.UVSVCC2)
- $VEE2$ 电源软 UVLO 事件 (**SECUEVT**.UVSVEE2)
- 外部电压比较事件 (**FLTEVT**.VEXTFLT)
- 过温警告事件 (**FLTEVT**.OTW_EVT)

检测到栅极驱动器对 $VEE2$ 和 $GND2$ 之间的反应

$VEE2$ over $GND2$ 事件触发以下序列：

1. IC 检测到 $VEE2$ 高于 $GND2$
2. IC 启动输出侧复位，包括
 - 启动主动关闭作为安全措施

4 功能说明

- 将所有配置寄存器重置为其重置值
- 忽略所有 PWM 信号并报告未就绪状态

3. IC 监听其先前配置的 I2C 地址

- 如果 **RECOVER**.RESTORE= 1_B，则栅极驱动器 IC 将从输入侧恢复输出侧配置
- 如果 **RECOVER**.RESTORE= 0_B，则栅极驱动器 IC 执行软复位并等待通过 I2C 总线重新配置

4. 输出侧配置再次有效后，IC 继续运行

注意： 为避免意外的 VEE2 超过 GND2 检测，请格外小心这些引脚的电源设计、布线和电容阻塞。

4 功能说明

4.8 退饱和保护

退饱和检测电路可保护外部 IGBT 免受短路损坏。退饱和保护遵循给定的顺序：

1. DESAT 引脚电压达到 DESAT 阈值水平（例如 9.18 V），持续时间超过滤波时间
2. 栅极驱动器 IC 输出使用定义的故障关闭方法关闭外部 IGBT
3. 栅极驱动器 IC 将 FLT_N 引脚切换至低电平，以向连接的微控制器指示故障
4. 短路情况已解决
 - 当 ON 引脚电压降至 $V_{EE2} + 2\text{ V}$ 阈值以下后，
 - 没有其他故障情况存在，
 - 输入已关闭，并且
 - 已使用定义的故障清除方法清除故障

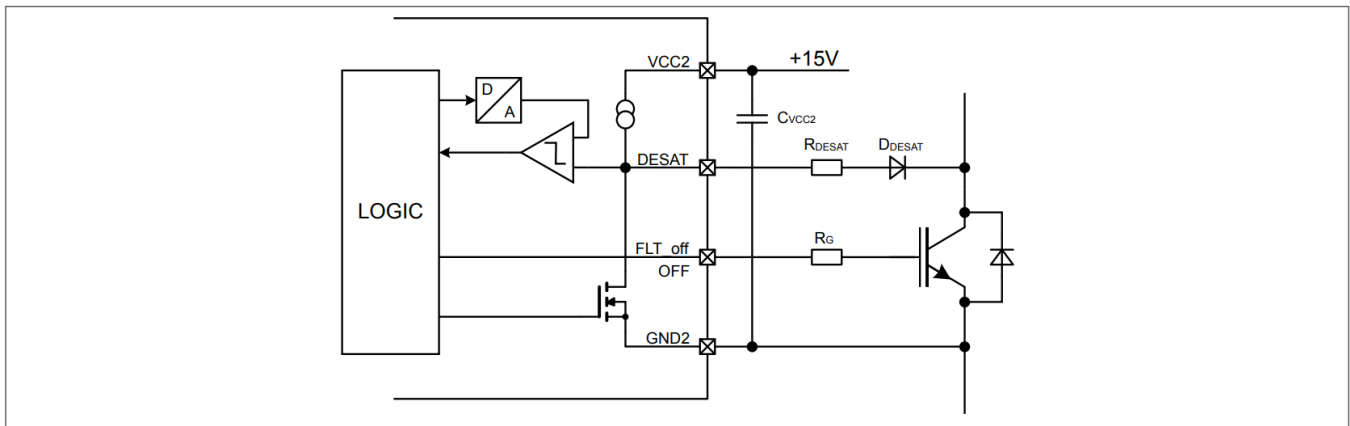


图 8 DESAT 电路（仅显示相关引脚）

高精度内部电流源对 DESAT 检测变化的影响最小。

4.8.1 DESAT 行为

DESAT 功能提供前沿消隐时间和滤波器，以优化 DESAT 检测以满足应用需求。

前沿消隐功能会在 IGBT 开启阶段抑制阈值检测。典型的 IGBT 开启行为始于栅极充电、应用负载电流换向，最终 V_{CE} 电压降至 V_{CEsat} 电压水平。为了防止栅极驱动器 IC 检测到错误的 DESAT 事件，前沿消隐功能会暂停 DESAT 电路，直到 $t_{DESATlebb}$ 时间过去。

在前沿消隐时间之后，栅极驱动器 IC 强制 DESAT 电流进入外部 DESAT 电路。电流通常流过保护电阻、快速高压二极管和 IGBT 的集电极-发射极路径。DESAT 引脚上产生的电压是该路径上压降的总和。

在短路情况下， V_{CE} 电压升高，导致 DESAT 二极管出现反极性。剩余的 DESAT 电流也会增加 DESAT 引脚的电压，并触发 DESAT 阈值。如果引脚电压在 DESAT 滤波时间 $t_{DESATfilter}$ 的持续时间内保持高于阈值，则栅极驱动器 IC 会记录 DESAT 事件并采取相应措施。

DESAT 阈值越过、滤波和故障关断开始后的内部处理时间定义为 $t_{DESATOUT}$ 。故障关断期间栅极放电的持续时间定义为 $t_{FLTOfftot}$ ，取决于定义的故障关断功能和栅极负载。

4 功能说明

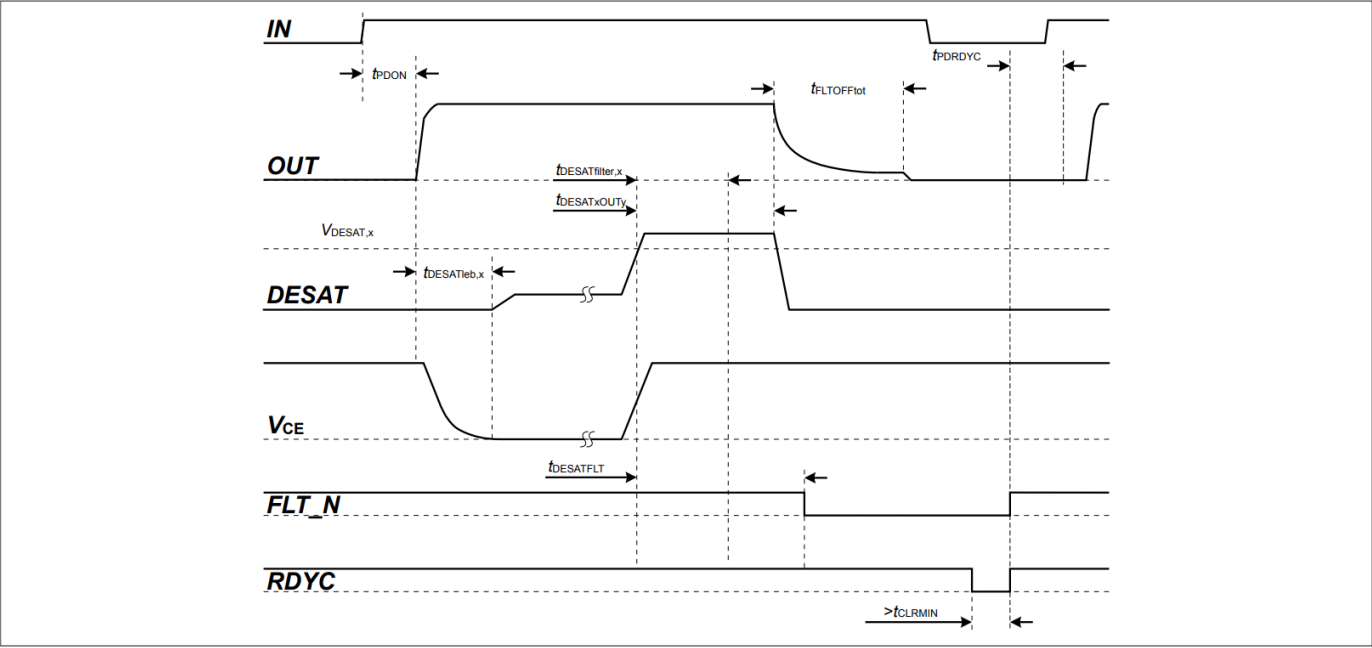


图 9 具有前沿消隐、滤波和反应时间的 DESAT 时序

4 功能说明

4.9 栅极驱动器输出

栅极驱动器输出侧使用 MOSFET 提供轨到轨输出。因此，栅极驱动电压紧密跟随电源电压。

由于内部电压降较低，IGBT 的开关行为主要由外部栅极电阻控制。栅极驱动器 IC 提供单独的灌电流和拉电流输出，以分别调节栅极电阻的开启和关闭，无需额外的旁路元件。

下表中的单元格值 x 是高或低的占位符，表示该引脚不会影响最终的栅极驱动器输出状态。单元格中的箭头 (→) 表示由逻辑输入引脚和栅极驱动器电源引脚发起的转换，导致转换到所列的栅极驱动器输出状态。

表 5 驱动器输出状态（包括转换行为）

Logic input and gate driver supply					Gate driver output	
IN	RDYC	FLT_N	VCC1	VCC2	ON	OFF
静态栅极驱动器输出状态：开启和关闭						
high	high	high	high	high	high	tri-state
low	high	high	high	high	tri-state	low
过渡到未就绪状态和静态未就绪状态						
x	high → low	high	high	high	→ tri-state	→ fault off
x	low	high	high	high	tri-state	low
转换至故障状态和静态故障状态						
x	high	high → low	high	high	→ tri-state	→ fault off
x	high	low	high	high	tri-state	low
VCC1 功率损失和无电源输入侧的转换						
x	x	x	high → low	high	→ tri-state	→ fault off
x	x	x	low	high	tri-state	low
VCC2 功率损失和输出侧无供电时的转换						
x	x	x	x	high → low	→ tri-state	→ fault off
x	x	x	x	low	tri-state	active shut down

4 功能说明

4.9.1 开启行为

1ED38x0Mc12M 系列 (X3 Digital) 针对硬开关开启进行了优化。开启命令切换ON引脚内部连接至VCC2。

4.9.2 关断和故障关断行为

栅极驱动器 IC 支持不同的关断序列，以适应正常开关操作和故障情况下的不同应用和 IGBT 电流。

表 6 关断序列

Turn-off reason	Turn-off sequence			Remark
	Hard switching	Two-level turn-off	Soft turn-off	
normal off	X	X		adjustable
fault turn-off	X	X	X	adjustable

可以在寄存器 **DRVCFG.STD_OFF** 中配置栅极驱动器关闭行为。

栅极驱动器故障关闭行为可以在寄存器**DRVFOFF.DRV_FOFF** 中配置。

在某些拓扑结构中，故障关断需要根据各个开关位置进行延迟。故障关断延迟时间 $t_{\text{FAULTOFFn}}$ 可在寄存器 **F2ODLY.F2O_DLY** 中调整。

栅极驱动器监控栅极电压，只要ON引脚上的电压高于 $V_{\text{EE2}} + 2\text{ V}$ ，就将寄存器位**FLTEVT.VOUT_ST**设置为 1_{Bo}。

一旦启动，故障关闭序列就无法被IN = 低关闭信号中断。

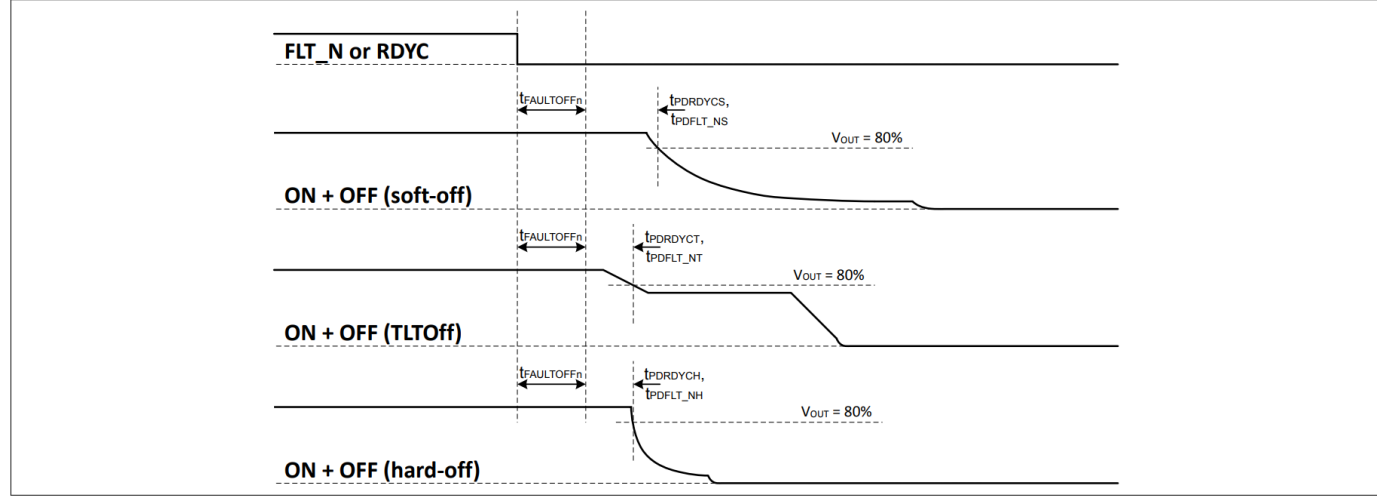


图10 由 FLT_N 或 RDYC 启动的故障关断序列

4 功能说明

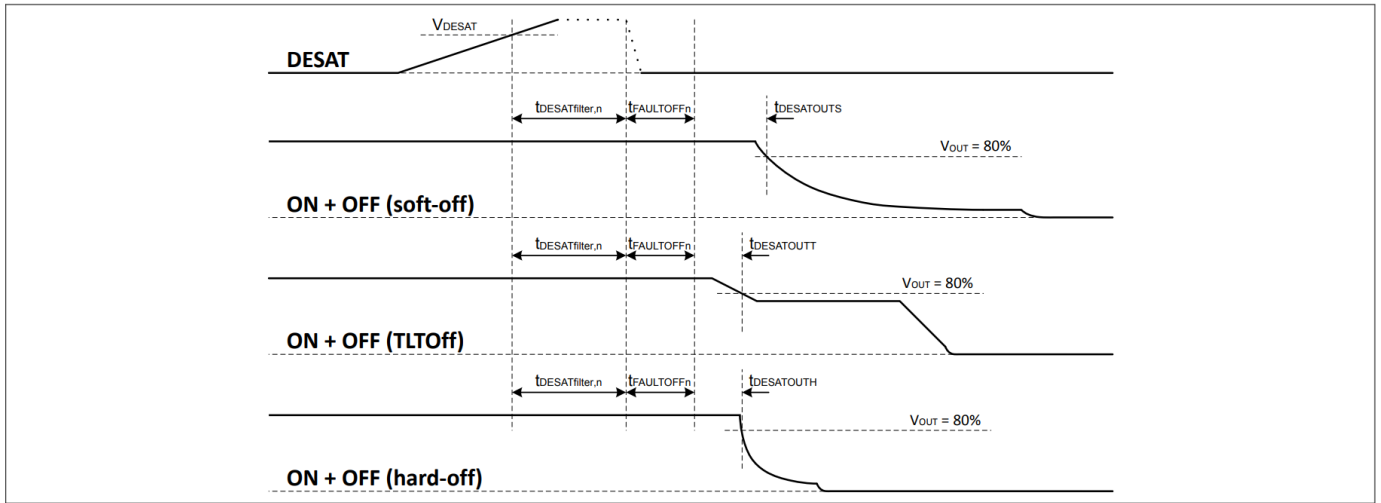


图 11 由 DESAT 事件引发的故障关断序列

4.9.2.1 硬开关关断

硬开关关断支持快速开关应用以及带有射极跟随器升压级的应用。通过调节 *OFF* 引脚和 IGBT 栅极之间的外部栅极电阻来控制 IGBT 的开关行为。

4.9.2.2 两级关断

两级关断 (TLTOff) 是一种电压控制关断功能。

两级关断功能即使在过载条件下也能确保 IGBT 安全关断，且 V_{CE} 过冲较低。它还适用于射极跟随器升压级应用，这类应用通常用于 di/dt 较大的高功率应用。在两级关断模式下，IGBT 的开关行为由平台电压和斜坡速度控制。

栅极驱动器 IC 通过从正电源放电至中间电压电平平台来关闭 IGBT 栅极，以减少集电极过流并随后继续关闭。具体来说包括：

1. 通过受控电压斜坡 A 将栅极从 V_{CC2} 电压电平放电至中间电压电平。
2. 在中间栅极电压水平下，IGBT 集电极电流在过载应用条件下受到限制。
3. 斜坡 A 和中间电压水平的配置持续时间取决于个别应用要求。
4. 最后，栅极电压通过受控电压斜坡 B 进一步降低，直到 IGBT 完全关断且栅极电压达到 V_{EE2} 。

栅极驱动器两级关断功能可在寄存器 **DRVCFG.STD_OFF** 中激活。该功能可通过寄存器 **TLTOC1** 和 **TLTOC2** 中的四个参数进行调整。

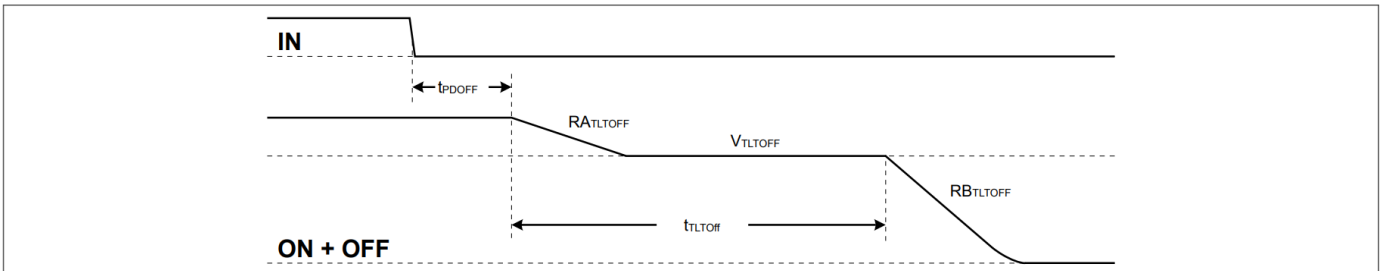


图 12 两级关断时序和斜坡下降行为

4 功能说明

在两级关断模式下，导通传播延迟是平台时间和栅极驱动器传播延迟的函数，不包含TLTOFF函数 t_{PDON} 。这意味着栅极驱动器传播延迟将因平台时间的增加而增大，以确保开关的导通时间恒定。两级关断不会改变IN脉冲的导通时间。TLTOFF电压将在栅极驱动器IC的OFF输出引脚处以闭环方式控制。

对于由以下方式启动的关闭：

- IN信号，栅极驱动器IC在传播延迟后启动TLTOFF序列
 - DESAT功能，栅极驱动器关闭被去饱和感测关闭延迟和可选故障关闭延迟所延迟
 - 非DESAT故障事件或输出侧未就绪事件，栅极驱动器将立即关闭或在可选故障关闭延迟后关闭
- 经过平台时间后，栅极驱动器IC从平台电压切换至VEE2电压。

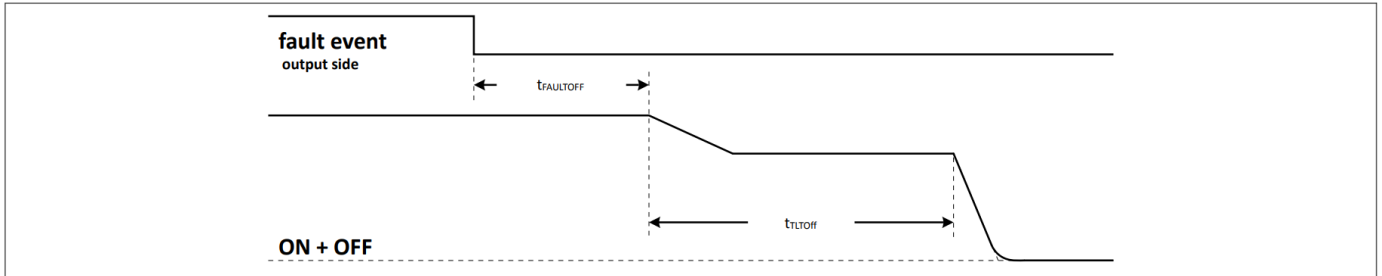


图13 故障事件后的两级关断（输出侧）

对于由以下方式启动的关闭：

- FLT_N或RDYC信号或来自输入侧的内部故障事件，输出在传播延迟后关闭，并使用定义的故障关闭功能进行可选的故障关闭延迟

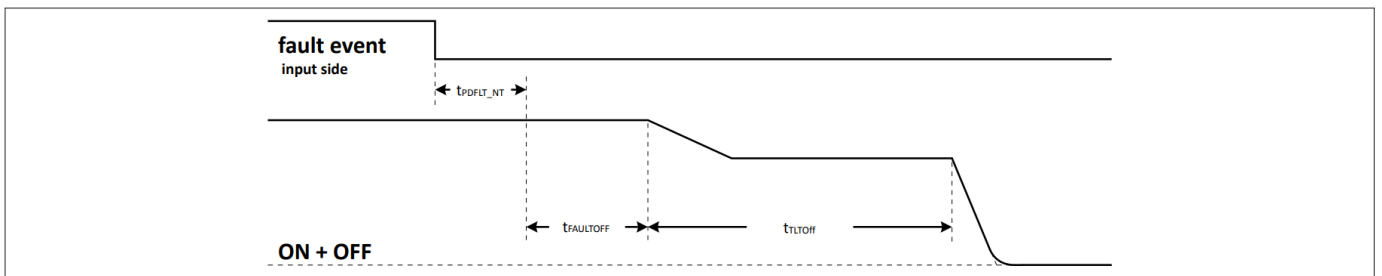


图14 故障事件后的两级关断（输入侧）

4.9.2.3 软关断

软关断功能可在过流情况下关断时保护IGBT免受集电极-发射极过压的影响。该功能通过降低栅极电流来关断IGBT，从而降低 di/dt 引起的过压。

IGBT栅极通过OFF连接到内部电流吸收电路。放电电流通常低于正常工作时的硬关断电流。由于软关断是故障后的单一事件，因此栅极驱动器IC可以在内部处理额外的功耗。

软关断功能通过电流源实现，可通过寄存器CSSOFCFG中的4位值进行调整。

可调范围取决于栅极驱动器IC的电流强度：

- 1ED3830M：15 毫安 - 233 毫安
- 1ED3860M：29 毫安 - 466 毫安
- 1ED3890M：44 毫安 - 699 毫安

4 功能说明

4.9.3 主动关断

主动关断功能可在输出芯片断电时确保 IGBT 处于安全关断状态。该功能可保护 IGBT 免受浮栅影响。IGBT 栅极始终通过 OFF 钳位至 VEE2。

4.9.4 有源米勒钳位

1ED38x0Mc12M 系列 (X3 Digital) 配备可配置的有源米勒钳位功能，可在快速开关应用中保护 IGBT 免受寄生导通的影响。

发出关闭命令后，栅极驱动器 IC 遵循以下实施序列：

1. IGBT 栅极放电，同时监测 ON 引脚的电压水平
2. 检测到 ON 引脚电压低于 $VEE2 + 2.0\text{ V}$
3. 过滤检测以避免错误的 CLAMP 激活并且不影响正常的关断行为
4. 激活钳位功能，使 IGBT 栅极保持在 VEE2 电平

4.10 短路钳位

集成的短路钳位二极管限制短路期间的 IGBT 栅极过电压。过压通常由米勒电容的电容反馈触发。

从 ON 和 CLAMP 引脚到 VCC2 的内部二极管将栅极驱动器电压限制到略高于电源电压的值。这些二极管路径的额定最大电流为 0.75 A，持续时间为 6 μs 。如果预计电流更大或需要更严格的钳位，则需要添加外部肖特基二极管。如果有源米勒钳位电路使用预驱动器输出配置，也需要使用外部二极管。

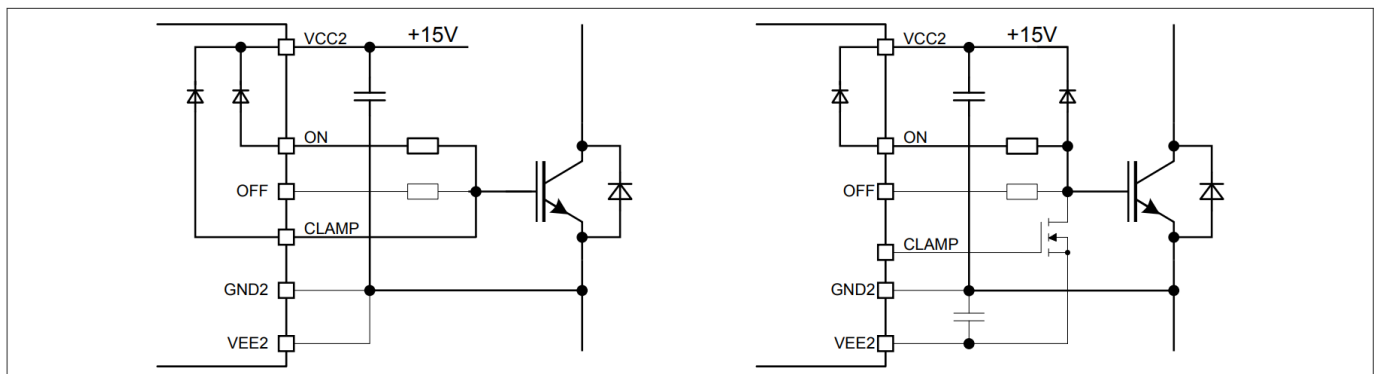


图15 短路钳位电路

5 电气参数

5 电气参数

5.1 绝对最大额定值

注意： 绝对最大额定值定义为当超过该额定值时可能导致集成电路损坏的额定值。除非另有说明，所有电压均相对于其各自的GND 给出（引脚1 至8 为GND1，引脚9 至16 为GND2）。

表7 绝对最大额定值

Parameter	Symbol	Values		Unit	Note / Test Condition
		Min.	Max.		
Input to output offset voltage	V_{OFFSET}	–	2300	V	$V_{\text{VEE2,max}} - V_{\text{VEE2,min}}$ with $V_{\text{VEE2,max}} \geq V_{\text{GND1}}$ ^{1) 2)} $\geq V_{\text{VEE2,min}}$
Supply voltage input side	V_{VCC1}	-0.3	6.5	V	–
Logic input voltage (IN)	V_{LogicIN}	-0.3	6.5	V	–
Logic input voltage (RDYC, FLT_N)	V_{LogicRF}	-0.3	6.5	V	–
I2C logic input voltage (SDA, SCL)	V_{LogicI2C}	-0.3	6.5	V	–
Open drain logic output current (RDYC, FLT_N)	I_{LogicOC}	–	10	mA	–
I2C logic output current (SDA)	I_{SDA}	–	50	mA	–
Positive supply voltage output side	V_{VCC2}	-0.3	40	V	–
Negative supply voltage output side	V_{VEE2}	-40	0.3	V	–
Maximum supply voltage difference output side ($V_{\text{VCC2}} - V_{\text{VEE2}}$)	V_{max2}	–	40	V	–
DESAT input voltage	V_{DESAT}	-0.3	$V_{\text{VCC2}} + 0.3$	V	–
CLAMP input voltage	V_{CLAMP}	$V_{\text{VEE2}} - 0.3$	$V_{\text{VCC2}} + 0.3$	V	³⁾
Maximum CLAMP output current	I_{CLAMP}	–	2.4	A	$t < 5 \mu\text{s}$
Gate driver output voltage (ON, OFF)	V_{OUT}	$V_{\text{VEE2}} - 0.3$	$V_{\text{max2}} + 0.3$	V	–
Maximum CLAMP to VCC2 diode IGBT short circuit clamping time	t_{CLP}	–	6	μs	$I_{\text{CLAMP/OUT}} = 0.75 \text{ A}$
Junction temperature	T_{J}	-40	150	°C	–
Storage temperature	T_{Stg}	-55	150	°C	–
Power dissipation, input side	$P_{\text{D,IN}}$	–	100	mW	@ $T_{\text{A}} = 25^\circ\text{C}$
Power dissipation, output side	$P_{\text{D,OUT}}$	–	700	mW	@ $T_{\text{A}} = 25^\circ\text{C}$ ⁴⁾
ESD capability: Human body model	V_{ESDHBM}	–	2	kV	⁵⁾
ESD capability: Charged device model	V_{ESDCDM}	–	500	V	⁶⁾

1) 仅用于功能操作

2) 另请参阅章节 6 在第 43 页

3) 短路钳位期间可能会超过此值。

5 电气参数

- 4) 65°C 以上时, 功率降低 8 mW/°C
- 5) 根据 ANSI/ESDA/JEDEC-JS-001-2017 (通过 1.5 kΩ 串联电阻放电 100 pF 电容器)。
- 6) 根据 ANSI/ESDA/JEDEC-JS-002-2014 (TC = 测试条件, 单位: 伏特)

5.2 热参数

热性能可能会随着近距离组件的布局和散热而发生显著变化。

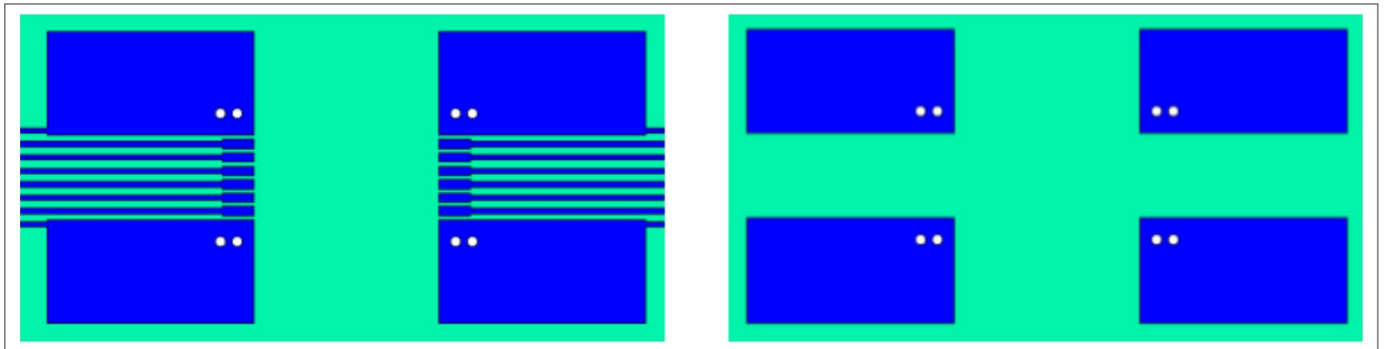


图 16 热数据参考布局 (双层 PCB; 铜厚 35 μm; 左: 顶层; 右: 底层)

PCB 布局代表用于热特性测试的参考布局。引脚 1 和 8 (GND1) 以及引脚 9 和 16 (VEE2) 需要接地层连接, 以实现最大功耗。1ED38x0Mc12M 系列 (X3 Digital) 的设计旨在消散通过这些引脚产生的大部分热量。

表8 热参数

Parameter	Symbol	Value	Unit	Note / Test Condition
Thermal resistance junction to ambient	$R_{THJA,OUT}$	122	K/W	@ $T_A = 65^\circ\text{C}$, $P_{D,OUT} = 400\text{ mW}$, $P_{D,IN} = 50\text{ mW}$, 4 layer test PCB, PG-DSO-16
Characterization parameter junction to package top input side	Ψ_{Jtop}	8	K/W	

5.3 工作参数

注: 在工作范围内, IC 按照电路说明中的描述运行。除非另有说明, 所有电压均相对于其各自的 GND 给出 (引脚 1 至 8 为 GND1, 引脚 9 至 16 为 GND2)。

表9 工作参数

Parameter ¹⁾	Symbol	Values		Unit	Note / Test Condition
		Min.	Max.		
Supply voltage input side	V_{VCC1}	3.0	5.5	V	–
Logic input voltages (IN, RDYCN, FLT_N, SDA, SCL)	$V_{LogicIN}$	-0.3	5.5	V	–
Positive supply voltage output side	V_{VCC2}	13	25	V	–

(表格续下页.....)

5 电气参数

表 9 (续) 工作参数

Parameter ¹⁾	Symbol	Values		Unit	Note / Test Condition
		Min.	Max.		
Negative supply voltage output side	V_{VEE2}	-25	0	V	–
Supply voltage difference output side ($V_{VCC2} - V_{VEE2}$)	V_{max2}	13	35	V	–
Ambient temperature	T_A	-40	125	°C	²⁾
Switching frequency	f_{SW}	0	250	kHz	max P_D applies
Common mode transient immunity	$ CMTI $	0	200	V/ns	$V_{OFFSET, test}$ = 1500 V

- 1) 参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证
2) T_J 必须低于过温保护温度 T_{OTPOFF}

5 电气参数

5.4 电气特性

注：除非另有说明，电气特性包括工作参数和默认参数设置下的电源电压、负载和结温的数值范围。典型值代表 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 时的中值。除非另有说明，所有电压均相对于其各自的GND（引脚1至8为GND1，引脚9至16为GND2）。

5.4.1 电源电压

表 10 电源电压

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
VCC1 UVLO threshold	V_{UVLO1H}	–	2.95	3.05	V	–
	V_{UVLO1L}	2.6	2.8	–	V	–
VCC1 UVLO hysteresis ($V_{UVLO1H} - V_{UVLO1L}$)	V_{HYS1}	0.1	0.14	–	V	–
VCC1 quiescent current	I_{Q1}	–	2.4	4.0	mA	$V_{CC1} = 3.3\text{ V}$, $IN = \text{High}$, $RDYC = \text{High}$, $FLT_N = \text{High}$
VCC1 operating current	I_{O1}	–	2.4	4.0	mA	$V_{CC1} = 3.3\text{ V}$, $IN = 16\text{ kHz}$, 50% , $RDYC = \text{High}$, $FLT_N = \text{High}$, $SCL = \text{Low}$
VCC2 UVLO threshold	$V_{UVLO2H,0}$	–	12.0	12.6	V	UVTLVL.UVCC2TL = 0_H
	$V_{UVLO2L,0}$	10.4	11.0	–	V	
VCC2 UVLO hysteresis ($V_{UVLO2H,0} - V_{UVLO2L,0}$)	$V_{HYS2,0}$	0.75	1.0	–	V	
VCC2 UVLO threshold	$V_{UVLO2H,1}$	–	9.4	10.0	V	UVTLVL.UVCC2TL = 1_H
	$V_{UVLO2L,1}$	8.0	8.7	–	V	
VCC2 UVLO hysteresis ($V_{UVLO2H,1} - V_{UVLO2L,1}$)	$V_{HYS2,1}$	0.6	0.7	–	V	
Soft VCC2 UVLO voltage level	$V_{UV2S,0}$	–	9.5	–	V	¹⁾ UVSVCC2C.UVSVCC2L
	$V_{UV2S,1}$	–	10.0	–	V	
			...			
	$V_{UV2S,E}$	–	16.5	–	V	
	$V_{UV2S,F}$	–	17.0	–	V	
VEE2 not connected detection threshold	$V_{VEE2,NC}$	–	0.5	–	V	$V_{VEE2} - V_{GND2}$
VEE2 UVLO threshold	$V_{UVLO3H,1}$	-3.6	-3.5	–	V	UVTLVL.UVVEE2TL = 1_H
	$V_{UVLO3L,1}$	–	-3.0	-2.9	V	

(表格续下页.....)

5 电气参数

表 10 (续) 电源电压

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
VEE2 UVLO hysteresis ($V_{UVLO3L,1} - V_{UVLO3H,1}$)	$V_{HYS3,1}$	0.4	0.5	–	V	
VEE2 UVLO threshold	$V_{UVLO3H,2}$	-6.15	-6	–	V	UVTLVL.UVVEE2TL = 2 _H
	$V_{UVLO3L,2}$	–	-5.5	-5.35	V	
VEE2 UVLO hysteresis ($V_{UVLO3L,2} - V_{UVLO3H,2}$)	$V_{HYS3,2}$	0.4	0.5	–	V	
VEE2 UVLO threshold	$V_{UVLO3H,3}$	-12.3	-12.0	–	V	UVTLVL.UVVEE2TL = 3 _H
	$V_{UVLO3L,3}$	–	-11.0	-10.7	V	
VEE2 UVLO hysteresis ($V_{UVLO3L,3} - V_{UVLO3H,3}$)	$V_{HYS3,3}$	0.8	1.0	–	V	
Soft VEE2 UVLO voltage level	$V_{UV3S,0}$	–	-2.0	–	V	1) UVSVEE2C.UVSVCC2 E
	$V_{UV3S,1}$	–	-3.0	–	V	
			...			
	$V_{UV3S,E}$	–	-16.0	–	V	
	$V_{UV3S,F}$	–	-17.0	–	V	
VCC2 quiescent current	I_{Q2}	–	3.9	5	mA	$V_{VCC2} = 15\text{ V}$, $V_{VEE2} = -8\text{ V}$, $OUT = \text{High}$, $DESAT = \text{Low}$, DRVCFG.STD_OFF = 0 _H , DRVFOFF = 00 _H /01 _H
VCC2 operating current	I_{O2}	–	3.9	5	mA	$V_{VCC2} = 15\text{ V}$, $V_{VEE2} = -8\text{ V}$, $OUT = 16\text{ kHz}$, 50%, $DESAT = \text{Low}$, $C_{LOAD} = 100\text{ pF}$, DRVCFG.STD_OFF = 0 _H , DRVFOFF = 00 _H /01 _H

1) 参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证

5 电气参数

5.4.2 逻辑输入和输出

表11 逻辑输入和输出

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Logic low input voltage (<i>IN</i> , <i>RDYC</i> , <i>FLT_N</i> , <i>SDA</i> , <i>SCL</i>)	V_{LogicINL}	–	–	30	%	of V_{CC1}
Logic high input voltage (<i>IN</i> , <i>RDYC</i> , <i>FLT_N</i> , <i>SDA</i> , <i>SCL</i>)	V_{LogicINH}	70	–	–	%	of V_{CC1}
Logic low output voltage (<i>RDYC</i> , <i>FLT_N</i>)	V_{RDYC5} , $V_{\text{FLT_N5}}$	–	–	300	mV	$I_{\text{SINK}} = 5 \text{ mA}$
Logic low output voltage <i>SDA</i>	V_{SDA20}	–	–	400	mV	$I_{\text{SINK}} = 20 \text{ mA}$
Logic input pull down resistor (<i>IN</i>)	R_{INPD}	33	40	47	k Ω	–
Logic input pull down resistor (<i>RDYC</i> , <i>FLT_N</i>)	R_{RDYCPD} , $R_{\text{FLT_NPD}}$	0.8	1.0	1.2	M Ω	–
Logic input current (<i>SDA</i> , <i>SCL</i>)	I_{SDA} , I_{SCL}	-10	0	+10	μA	$0.1 \cdot V_{\text{CC1}} < V_{\text{I}} < 0.9 \cdot V_{\text{CC1}}$
Logic input pull down resistor (<i>SDA</i> , <i>SCL</i>)	R_{SDAPD} , R_{SCLPD}	0.8	1.0	1.2	M Ω	–
Logic pin input capacitance (<i>SDA</i> , <i>SCL</i>)	C_{SDA} , C_{SCL}	–	–	10	pF	¹⁾

1) 参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证

5 电气参数

5.4.3 栅极驱动器

注： 高、低电平输出电流为绝对值，不包含电流方向信息。

表 12 栅极驱动器

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
High level output voltage	V_{ON0}	–	$V_{VCC2} + 0.87$	$V_{VCC2} + 1.01$	V	$I_{ON} = 500 \text{ mA}^{1)}$
High level output peak current 1ED3830M	I_{ON}	2.6	3.8	–	A	$^{2) 3)} C_{LOAD} = 33 \text{ nF}$
High level output on resistance 1ED3830M	$R_{DS(on),H}$	0.51	1.12	2.24	Ω	$I_{ON} = 67 \text{ mA}^{3)}$
Low level output peak current 1ED3830M	I_{OFF}	2.0	2.5	–	A	$^{2) 4)} C_{LOAD} = 33 \text{ nF}$
Low level output on resistance 1ED3830M	$R_{DS(on),L}$	0.31	0.82	1.64	Ω	$I_{OFF} = 67 \text{ mA}^{4)}$
High level output peak current 1ED3860M	I_{ON}	5.2	7.5	–	A	$^{2) 3)} C_{LOAD} = 68 \text{ nF}$
High level output on resistance 1ED3860M	$R_{DS(on),H}$	0.26	0.56	1.13	Ω	$I_{ON} = 133 \text{ mA}^{3)}$
Low level output peak current 1ED3860M	I_{OFF}	4.0	5.0	–	A	$^{2) 4)} C_{LOAD} = 68 \text{ nF}$
Low level output on resistance 1ED3860M	$R_{DS(on),L}$	0.16	0.41	0.83	Ω	$I_{OFF} = 133 \text{ mA}^{4)}$
High Level output peak current 1ED3890M	I_{ON}	7.9	11	–	A	$^{2) 3)} C_{LOAD} = 100 \text{ nF}$
High level output on resistance 1ED3890M	$R_{DS(on),H}$	0.17	0.38	0.75	Ω	$I_{ON} = 200 \text{ mA}^{3)}$
Low Level output peak current 1ED3890M	I_{OFF}	6.0	7.5	–	A	$^{2) 4)} C_{LOAD} = 100 \text{ nF}$
Low level output on resistance 1ED3890M	$R_{DS(on),L}$	0.11	0.28	0.55	Ω	$I_{OFF} = 200 \text{ mA}^{4)}$
Active Shut Down Voltage OFF 1ED3830M	$V_{ACT_{SD}}^{5)}$	–	–	$V_{VEE2} + 2.4$	V	$I_{OUT} = 67 \text{ mA}, V_{VCC2}$ open
Active Shut Down Voltage OFF 1ED3860M	$V_{ACT_{SD}}^{5)}$	–	–	$V_{VEE2} + 2.4$	V	$I_{OUT} = 133 \text{ mA}, V_{VCC2}$ open
Active Shut Down Voltage OFF 1ED3890M	$V_{ACT_{SD}}^{5)}$	–	–	$V_{VEE2} + 2.4$	V	$I_{OUT} = 200 \text{ mA}, V_{VCC2}$ open

1) 集成二极管 导通与VCC2钳位测试

2) 参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证

3) I_N = 高, I_{ON} = 高; $V_{CC2-ON} = 15 \text{ V}$; $R_G = 0.1 \Omega$; $V_{CC2} = 15 \text{ V}$; $V_{EE2} = -8 \text{ V}$

4) I_N = 低, I_{OFF} = 低; $I_{OFF-VEE2} = 15 \text{ V}$; $R_G = 0.1 \Omega$; $V_{CC2} = 15 \text{ V}$; $V_{EE2} = -8 \text{ V}$

5 电气参数

5) 参考VEE2

5.4.4 有源米勒钳位

表 13 有源米勒钳位

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
High level clamp voltage	$V_{CLAMPH0}$	–	$V_{VCC2} + 1.5$	$V_{VCC2} + 1.63$	V	$I_{CLAMP} = 500 \text{ mA}$ ^{1) 2)}
	$V_{CLAMPH1}$	–	$V_{VCC2} + 0.9$	$V_{VCC2} + 1.1$	V	$I_{CLAMP} = 50 \text{ mA}$ ^{1) 2)}
Clamp-driver high level output voltage	$V_{CLAMPDH1}$	$V_{VEE2} + 7.5$	$V_{VEE2} + 9.5$	$V_{VEE2} + 11.5$	V	$I_{CLAMP} = 5 \text{ mA}$ ³⁾
	$V_{CLAMPDH2}$	$V_{VEE2} + 4.5$	$V_{VEE2} + 6.7$	–	V	$I_{CLAMP} = 50 \text{ mA}$ ³⁾
Clamp-driver high level output peak current	I_{CLAMP}	0.20	0.27	–	A	⁴⁾ $V_{CC2} = 15 \text{ V}$; $V_{EE2} = 0 \text{ V}$; $C_{CLAMP} = 100 \text{ nF}$; $R_{CLAMP} = 1 \Omega$
Clamp/Clamp-driver output low level current	$I_{CLAMPL,2}$	1.1	1.8	–	A	⁴⁾ $V_{CC2} = 15 \text{ V}$; $V_{EE2} = 0 \text{ V}$; $V_{CLAMP} = 2 \text{ V}$; $C_{CLAMP} = 100 \text{ nF}$; $R_{CLAMP} = 0.1 \Omega$
Clamp/Clamp-driver output low level current	$I_{CLAMPL,5}$	2.2	3.5	–	A	⁴⁾ $V_{CC2} = 15 \text{ V}$; $V_{EE2} = 0 \text{ V}$; $V_{CLAMP} = 5 \text{ V}$; $C_{CLAMP} = 100 \text{ nF}$; $R_{CLAMP} = 0.1 \Omega$
Clamp/Clamp-driver output low level ON resistance	$R_{DS(on),CLP}$	0.50	0.85	1.35	Ω	$I_{CLAMPL} = 200 \text{ mA}$
Clamp threshold voltage	V_{ON_CLAMP}	1.5	2.0	2.5	V	Related to V_{EE2}
Filter time for CLAMP and pin status monitoring	$t_{CLAMPfilter,1}$	90	105	120	ns	CLCFG.CLFILT_T
	$t_{CLAMPfilter,2}$	123	145	167	ns	
	$t_{CLAMPfilter,3}$	159	190	221	ns	
	$t_{CLAMPfilter,4}$	195	235	275	ns	
	$t_{CLAMPfilter,5}$	225	275	325	ns	
	$t_{CLAMPfilter,6}$	263	325	387	ns	
	$t_{CLAMPfilter,7}$	296	370	444	ns	
CLAMP reaction time in CLAMP mode	t_{CLAMP_ON}	16 + $t_{CLAMPfilter}$	23 + $t_{CLAMPfilter}$	35 + $t_{CLAMPfilter}$	ns	^{4) 5)} $C_{LOAD} = 100 \text{ pF}$
CLAMP reaction time in CLAMP driver mode	t_{CLAMPD_ON}	24 + $t_{CLAMPfilter}$	35 + $t_{CLAMPfilter}$	53 + $t_{CLAMPfilter}$	ns	^{4) 6)} $C_{LOAD} = 100 \text{ pF}$
Switch-off time-out time	$t_{CTT,0}$	–	0.2	–	μs	⁴⁾ SOTOUT.SOTOUT_T
	$t_{CTT,1}$	–	0.4	–	μs	
	$t_{CTT,2}$	–	0.6	–	μs	

(表格续下页.....)

5 电气参数

表 13 (续) 有源米勒钳位

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
	$t_{CTT,3}$	–	0.8	–	μs	
	$t_{CTT,4}$	–	1.2	–	μs	
	$t_{CTT,5}$	–	1.6	–	μs	
	$t_{CTT,6}$	–	2.4	–	μs	
	$t_{CTT,7}$	–	3.2	–	μs	
Switch-off time-out soft-off offset time	t_{CTSOOS}	–	2.4	–	μs	⁴⁾ additional time-out delay during soft-off

- 1) 集成二极管CLAMP与VCC2钳位测试
- 2) 仅适用于直接钳位: $IN = \text{高}$, $OUT = \text{高}$
- 3) 仅对钳位预驱动器输出有效: $IN = \text{低}$, $OUT = \text{低}$
- 4) 参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证
- 5) CLAMP 模式反应时间规定为 3.3 k Ω 上拉电阻, 从CLAMP到 3.3 V, 从 CLAMP 阈值直到达到CLAMP引脚的 0.8 V (下降)
- 6) CLAMP 驱动模式反应时间从 CLAMP 阈值开始直至达到 0.8 V (上升) 在CLAMP(DRV)引脚

5.4.5 动态特性

除非另有说明, 动态特性是在 $V_{CC1} = 5\text{ V}$ 、 $V_{CC2} = 15\text{ V}$ 和 $V_{VEE2} = -8\text{ V}$ 、短滤波时间 (PSUPR)、硬关闭 (DRVCFG) 和激活 CLAMP 功能的情况下测量的。

表 14 动态特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input pulse suppression time IN	$t_{INMIN,0}$	98	103	108	ns	PSUPR.IN_SUPR
	$t_{INMIN,1}$	174	183	192	ns	
Input pulse suppression time $RDYC/FLT_N$ for enable / fault off	$t_{RDYCMIN,0}$	85	100	115	ns	PSUPR.IN_SUPR
	$t_{RDYCMIN,1}$, $t_{FLT_NMIN,1}$	153	180	207	ns	
Input pulse width $RDYC$ for FLT_N reset (Fault clear time)	t_{CLRMIN}	–	1.0	1.2	μs	FCLR.FCLR_CFG = 0
Fault self clear time for FLT_N reset	$t_{FSCLR,0}$	–	400	440	μs	FCLR.FCLR_CFG = 1, FCLR.FSCLR_T
	$t_{FSCLR,1}$	–	1600	1760	μs	
Input pulse suppression for I2C (SDA, SCL)	$t_{I2CMIN,0}$	41	50	59	ns	PSUPR.IN_SUPR
	$t_{I2CMIN,1}$	74	90	106	ns	
Output fall time for I2C (SDA)	$t_{I2CFALL}$	20	–	120	ns	¹⁾ $V_{CC1} = 5\text{ V}$; $V_{LogicIN} = V_{CC1} * 70\% \dots V_{CC1} * 30\%$

(表格续下页.....)

5 电气参数

表 14 (续) 动态特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Input <i>I/N</i> to output propagation delay <i>ON</i>	t_{PDON}	226	244	270	ns	$C_{LOAD} = 100 \text{ pF}$, $V_{IN} = 70\%$, $V_{OUT} = 20\%$, with $t_{INMIN,0}$
Input <i>I/N</i> to output propagation delay <i>OFF</i>	t_{PDOFF}	218	236	262	ns	$C_{LOAD} = 100 \text{ pF}$, $V_{IN} = 30\%$, $V_{OUT} = 80\%$, with $t_{INMIN,0}$
Input to output propagation delay distortion ($t_{PDOFF} - t_{PDON}$)	t_{PDISTO}	-23	-8	7	ns	$C_{LOAD} = 100 \text{ pF}$
Input <i>I/N</i> to output propagation delay distortion between any devices ($t_{PDON} - t_{PDOFF}$) or ($t_{PDOFF} - t_{PDOFF}$)	t_{PDD}	–	–	30	ns	¹⁾ same conditions (V_{IN} , V_{VCC1} , V_{VCC2} and V_{VEE2} , C_{LOAD} , T_A , $t_{INMIN,0}$)
State synchronization time between input and output	t_{SSIO}	–	–	13	μs	¹⁾
Input <i>RDYC</i> to output on propagation delay	t_{PDRDYC}	447	523	600	ns	$C_{LOAD} = 100 \text{ pF}$; <i>I/N</i> high; $V_{RDYC} = 70\%$, $V_{OUT} = 20\%$, with $t_{INMIN,0}$
Input <i>RDYC</i> or <i>FLT_N</i> to Soft-off output propagation delay	$t_{PDRDYCS}$, t_{PDFLT_NS}	323	361	407	ns	$C_{LOAD} = 100 \text{ pF}$, $V_{Signal} = 30\%$, $V_{OUT} = 80\%$, with $t_{MINRDYC,0}$, Soft-off function $I_{CSOFF,15}$
Input <i>RDYC</i> or <i>FLT_N</i> to hard switch-off output propagation delay	$t_{PDRDYCH}$, t_{PDFLT_NH}	303	342	384	ns	$C_{LOAD} = 100 \text{ pF}$, $V_{Signal} = 30\%$, $V_{OUT} = 80\%$, with $t_{MINRDYC,0}$, OFF function
Input <i>RDYC</i> or <i>FLT_N</i> to TLTOff output propagation delay 1ED3830M	$t_{PDRDYCT}$, t_{PDFLT_NT}	330	387	452	ns	$C_{LOAD} = 100 \text{ pF}$, $V_{Signal} = 30\%$, $V_{OUT} = 80\%$, with $t_{MINRDYC,0}$, TLTOff function,
Input <i>RDYC</i> or <i>FLT_N</i> to TLTOff output propagation delay 1ED3860M	$t_{PDRDYCT}$, t_{PDFLT_NT}	360	417	482	ns	TLTOC1 .TLTO_RA = 3 _H ; .TLTO_V = 13 _H ; DRVCFG .TLTO_GCH = 3 _H
Input <i>RDYC</i> or <i>FLT_N</i> to TLTOff output propagation delay 1ED3890M	$t_{PDRDYCT}$, t_{PDFLT_NT}	390	447	512	ns	
	$t_{FAULTOFF,00}$	–	0	–	μs	

(表格续下页.....)

5 电气参数

表 14 (续) 动态特性

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Fault off event to fault off delay time	$t_{\text{FAULTOFF},01}$	-5%	0.263	+5%	μs	F20DLY.F2O_DLY Step size 0.25 μs , initial step is 12.5 ns longer
	$t_{\text{FAULTOFF},02}$	-5%	0.513	+5%	μs	
			...			
	$t_{\text{FAULTOFF},1E}$	-5%	7.513	+5%	μs	
	$t_{\text{FAULTOFF},1F}$	-5%	7.763	+5%	μs	
Rise time 1ED3830M	t_{RISE}	–	15	30	ns	$C_{\text{LOAD}} = 1 \text{ nF}$, V_{OUT} : 20% to 80%
Fall time 1ED3830M	t_{FALL}	–	15	30	ns	$C_{\text{LOAD}} = 1 \text{ nF}$, V_{OUT} : 80% to 20%
Rise time 1ED3860M	t_{RISE}	–	15	30	ns	$C_{\text{LOAD}} = 2.2 \text{ nF}$, V_{OUT} : 20% to 80%
Fall Time 1ED3860M	t_{FALL}	–	15	30	ns	$C_{\text{LOAD}} = 2.2 \text{ nF}$, V_{OUT} : 80% to 20%
Rise Time 1ED3890M	t_{RISE}	–	15	30	ns	$C_{\text{LOAD}} = 3.3 \text{ nF}$, V_{OUT} : 20% to 80%
Fall Time 1ED3890M	t_{FALL}	–	15	30	ns	$C_{\text{LOAD}} = 3.3 \text{ nF}$, V_{OUT} : 80% to 20%

1) 参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证

5.4.6 退饱和保护

除非另有说明，所有参数均在 $V_{\text{CC1}} = 5 \text{ V}$ 、 $V_{\text{CC2}} = 15 \text{ V}$ 和 $V_{\text{EE2}} = 0 \text{ V}$ 时有效。

表 15 退饱和保护

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
DESAT charge current	I_{DESATC}	470	500	525	μA	$V_{\text{DESAT}} = 0 \text{ V}$
DESAT voltage divider resistance	R_{DVD}	259	312.5	366	$\text{k}\Omega$	between <i>DESAT</i> and <i>GND2</i> pins
DESAT clamp and discharge ON resistance	$R_{\text{DSON},D}$	–	7.7	25.0	Ω	$I_{\text{DESATD}} = 200 \text{ mA}$
DESAT threshold level	$V_{\text{DESAT},1F}$	8.88	9.18	9.48	V	D1LVL.D1_V_LVL , D2LVL.D2_V_LVL
	$V_{\text{DESAT},1E}$	8.50	8.89	8.99	V	
	$V_{\text{DESAT},1D}$	8.23	8.61	8.70	V	
	$V_{\text{DESAT},1C}$	7.96	8.33	8.70	V	
	$V_{\text{DESAT},1B}$	7.68	8.05	8.42	V	

(表格续下页.....)

5 电气参数

表 15 (续) 退饱和保护

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
	$V_{\text{DESAT},1A}$	7.41	7.77	8.13	V	
	$V_{\text{DESAT},19}$	7.14	7.49	7.84	V	
	$V_{\text{DESAT},18}$	6.86	7.20	7.54	V	
	$V_{\text{DESAT},17}$	6.63	6.96	7.29	V	
	$V_{\text{DESAT},16}$	6.36	6.68	7.00	V	
	$V_{\text{DESAT},15}$	6.08	6.40	6.72	V	
	$V_{\text{DESAT},14}$	5.81	6.12	6.43	V	
	$V_{\text{DESAT},13}$	5.54	5.84	6.14	V	
	$V_{\text{DESAT},12}$	5.26	5.55	5.84	V	
	$V_{\text{DESAT},11}$	4.99	5.27	5.55	V	
	$V_{\text{DESAT},10}$	4.72	4.99	5.26	V	
	$V_{\text{DESAT},0F}$	4.52	4.79	5.06	V	
	$V_{\text{DESAT},0E}$	4.33	4.59	4.85	V	
	$V_{\text{DESAT},0D}$	4.13	4.39	4.65	V	
	$V_{\text{DESAT},0C}$	3.94	4.19	4.44	V	
	$V_{\text{DESAT},0B}$	3.73	3.98	4.23	V	
	$V_{\text{DESAT},0A}$	3.54	3.78	4.02	V	
	$V_{\text{DESAT},09}$	3.35	3.58	3.81	V	
	$V_{\text{DESAT},08}$	3.16	3.38	3.60	V	
	$V_{\text{DESAT},07}$	2.96	3.18	3.40	V	
	$V_{\text{DESAT},06}$	2.77	2.98	3.19	V	
	$V_{\text{DESAT},05}$	2.57	2.78	2.99	V	
	$V_{\text{DESAT},04}$	2.38	2.58	2.78	V	
	$V_{\text{DESAT},03}$	2.17	2.37	2.57	V	
	$V_{\text{DESAT},02}$	2.02	2.21	2.40	V	
	$V_{\text{DESAT},01}$	1.83	2.01	2.19	V	
	$V_{\text{DESAT},00}$	1.67	1.85	2.03	V	
DESAT leading edge blanking time	$t_{\text{DESATleb},00}$	65	100	134	ns	DLEBT.D_LEB_T , V_{ON} 20% rising to V_{DESAT} $= 1\text{ V}$, $C_{\text{LOAD}} = 100\text{ pF}$, $C_{\text{DESAT}} = 2\text{ pF}$, $t_{\text{FAULTOFF},00}$
	$t_{\text{DESATleb},01}$	163	200	237	ns	
	$t_{\text{DESATleb},02}$	211	250	288	ns	
			...			
	$t_{\text{DESATleb},3E}$	3094	3250	3406	ns	
	$t_{\text{DESATleb},3F}$	3142	3300	3458	ns	

(表格续下页.....)

5 电气参数

表 15 (续) 退饱和保护

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
DESAT filter time	$t_{\text{DESATfilter},00}$	–	–	–	ns	D1FILT.D1FILT_T , D2FILT.D2FILT_T
	$t_{\text{DESATfilter},01}$	48	75	105	ns	
		–	...	–	ns	
	$t_{\text{DESATfilter},06}$	286	325	368	ns	
	$t_{\text{DESATfilter},07}$	333	375	421	ns	
	$t_{\text{DESATfilter},08}$	429	475	526	ns	
			...			
	$t_{\text{DESATfilter},0E}$	1000	1075	1158	ns	
	$t_{\text{DESATfilter},0F}$	1095	1175	1263	ns	
	$t_{\text{DESATfilter},10}$	1286	1375	1474	ns	
			...			
	$t_{\text{DESATfilter},16}$	2429	2575	2737	ns	
	$t_{\text{DESATfilter},17}$	2619	2775	2947	ns	
	$t_{\text{DESATfilter},18}$	3000	3175	3368	ns	
			...			
	$t_{\text{DESATfilter},1E}$	5286	5575	5895	ns	
	$t_{\text{DESATfilter},1F}$	5667	5975	6316	ns	
DESAT1 sense to FLT_N low delay	$t_{\text{DESAT1FLT}}$	623	743	883	ns	$V_{\text{FLT_N}} = 30\%$, $I_{\text{FLT_N}} = 5 \text{ mA}$, $t_{\text{DESATfilter},04}$, $C_{\text{FLT_N}} = 100 \text{ pF}$
DESAT2 sense to FLT_N low delay	$t_{\text{DESAT2FLT}}$	673	793	933	ns	
DESAT1 sense to OFF low delay, Soft-off	$t_{\text{DESAT1OUTS}}$	$287 + t_{\text{DESATfilter}}$	$333 + t_{\text{DESATfilter}}$	$382 + t_{\text{DESATfilter}}$	ns	$V_{\text{OUT}} = 80\%$, $C_{\text{LOAD}} = 100 \text{ pF}$, $t_{\text{FAULTOFF},n} = 0 \mu\text{s}$, $I_{\text{CSOFF},15}$
DESAT2 sense to OFF low delay, Soft-off	$t_{\text{DESAT2OUTS}}$	$337 + t_{\text{DESATfilter}}$	$383 + t_{\text{DESATfilter}}$	$432 + t_{\text{DESATfilter}}$	ns	
DESAT1 sense to OFF low delay, TLTOff, 1ED3830M	$t_{\text{DESAT1OUTT3}}$	$294 + t_{\text{DESATfilter}}$	$359 + t_{\text{DESATfilter}}$	$427 + t_{\text{DESATfilter}}$	ns	$V_{\text{OUT}} = 80\%$, $C_{\text{LOAD}} = 100 \text{ pF}$, $t_{\text{FAULTOFF},n} = 0 \mu\text{s}$, TLTOC1.TLTO_RA = $3H$, TLTOC1.TLTO_V = $13H$, DRVCFG.TLTO_GCH = $3H$
DESAT1 sense to OFF low delay, TLTOff, 1ED3860M	$t_{\text{DESAT1OUTT6}}$	$324 + t_{\text{DESATfilter}}$	$389 + t_{\text{DESATfilter}}$	$457 + t_{\text{DESATfilter}}$	ns	
DESAT1 sense to OFF low delay, TLTOff, 1ED3890M	$t_{\text{DESAT1OUTT9}}$	$354 + t_{\text{DESATfilter}}$	$419 + t_{\text{DESATfilter}}$	$487 + t_{\text{DESATfilter}}$	ns	
	$t_{\text{DESAT2OUTT3}}$	$344 + t_{\text{DESATfilter}}$	$409 + t_{\text{DESATfilter}}$	$477 + t_{\text{DESATfilter}}$	ns	

(表格续下页.....)

5 电气参数

表 15 (续) 退饱和保护

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
DESAT2 sense to <i>OFF</i> low delay , TLTOff, 1ED3830M						
DESAT2 sense to <i>OFF</i> low delay , TLTOff, 1ED3860M	$t_{\text{DESAT2OUTT6}}$	374 + $t_{\text{DESATfilter}}$	439 + $t_{\text{DESATfilter}}$	507 + $t_{\text{DESATfilter}}$	ns	
DESAT2 sense to <i>OFF</i> low delay , TLTOff, 1ED3890M	$t_{\text{DESAT2OUTT9}}$	404 + $t_{\text{DESATfilter}}$	469 + $t_{\text{DESATfilter}}$	537 + $t_{\text{DESATfilter}}$	ns	
DESAT1 sense to <i>OFF</i> low delay, hard switch- off	$t_{\text{DESAT1OUTH}}$	267 + $t_{\text{DESATfilter}}$	314 + $t_{\text{DESATfilter}}$	359 + $t_{\text{DESATfilter}}$	ns	$V_{\text{OUT}} = 80\%$, $C_{\text{LOAD}} = 100 \text{ pF}$, $t_{\text{FAULTOFF},n} = 0 \mu\text{s}$
DESAT2 sense to <i>OFF</i> low delay, hard switch- off	$t_{\text{DESAT2OUTH}}$	317 + $t_{\text{DESATfilter}}$	364 + $t_{\text{DESATfilter}}$	409 + $t_{\text{DESATfilter}}$	ns	

5 电气参数

5.4.7 两级关断

表 16 两级关断

Parameter ¹⁾	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Two-level turn-off time ²⁾	$t_{TLTOff,00}$	–	0	–	μs	TLTOC2.TLTO_T ; $C_{LOAD} = 100 \text{ pF}$; $t_{MININ,0}$; $V_{VCC2} = 15 \text{ V}$; $V_{VEE2} = -8 \text{ V}$; V_{VCC1} $= 5 \text{ V}$; $RA_{TLTOff,3}$; $RB_{TLTOff,0}$; $V_{TLTOff,13}$
	$t_{TLTOff,01}$	-5%	0.25	+5%	μs	
		–	...	–		
	$t_{TLTOff,1E}$	-5%	7.50	+5%	μs	
	$t_{TLTOff,1F}$	-5%	7.75	+5%	μs	
Two-level turn-off ramp A	$RA_{TLTOff,0}$	–	7.5	–	$\text{V}/\mu\text{s}$	TLTOC1.TLTO_RA
	$RA_{TLTOff,1}$	–	15	–	$\text{V}/\mu\text{s}$	
	$RA_{TLTOff,2}$	–	30	–	$\text{V}/\mu\text{s}$	
	$RA_{TLTOff,3}$	–	60	–	$\text{V}/\mu\text{s}$	
Two-level turn-off ramp B	$RB_{TLTOff,4}$	–	7.5	–	$\text{V}/\mu\text{s}$	TLTOC2.TLTO_RB
	$RB_{TLTOff,5}$	–	15	–	$\text{V}/\mu\text{s}$	
	$RB_{TLTOff,6}$	–	30	–	$\text{V}/\mu\text{s}$	
	$RB_{TLTOff,7}$	–	60	–	$\text{V}/\mu\text{s}$	
	$RB_{TLTOff,0}$	–	max	–	$\text{V}/\mu\text{s}$	hard switch-off, not controlled, compare to driver fall time
Two-level turn-off plateau voltage	$V_{TLTOff,00}$	–	4.25	–	V	TLTOC1.TLTO_V
	$V_{TLTOff,01}$	–	4.5	–	V	
			...			
	$V_{TLTOff,1E}$	–	11.75	–	V	
	$V_{TLTOff,1F}$	–	12.0	–	V	

1) 参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证

2) 两级关断时间定义为：从关断阈值 ($V_{IN}=30\%$) 到输出关断检测阈值 ($V_{OFF} = V_{VEE2} + 2 \text{ V}$) 的时间减去关断传播延迟 t_{PDOFF}

5 电气参数

5.4.8 软关断电流源

当 $V_{OFF} = 3\text{ V}$ 且单极电源为 $V_{VCC2} = 15\text{ V}$ 时，OFF 引脚处指定的软关断电流源值。

表 17 电流源关断

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Soft-off current source current 1ED3830M	$I_{CSOFF,0}$	10	15	19	mA	CSSOFFCFG.CSSOFF_ I
	$I_{CSOFF,1}$	24	29	36	mA	
	$I_{CSOFF,2}$	35	44	52	mA	
	$I_{CSOFF,3}$	47	58	70	mA	
	$I_{CSOFF,4}$	58	73	87	mA	
	$I_{CSOFF,5}$	70	87	105	mA	
	$I_{CSOFF,6}$	82	102	122	mA	
	$I_{CSOFF,7}$	93	116	140	mA	
	$I_{CSOFF,8}$	105	131	157	mA	
	$I_{CSOFF,9}$	116	146	175	mA	
	$I_{CSOFF,10}$	128	160	192	mA	
	$I_{CSOFF,11}$	140	175	210	mA	
	$I_{CSOFF,12}$	151	189	227	mA	
	$I_{CSOFF,13}$	163	204	245	mA	
	$I_{CSOFF,14}$	175	218	262	mA	
	$I_{CSOFF,15}$	186	233	280	mA	
Soft-off current source current 1ED3860M	$I_{CSOFF,0}$	22	29	36	mA	CSSOFFCFG.CSSOFF_ I
	$I_{CSOFF,1}$	45	58	72	mA	
	$I_{CSOFF,2}$	70	87	105	mA	
	$I_{CSOFF,3}$	93	116	140	mA	
	$I_{CSOFF,4}$	116	146	175	mA	
	$I_{CSOFF,5}$	140	175	210	mA	
	$I_{CSOFF,6}$	163	204	245	mA	
	$I_{CSOFF,7}$	186	233	280	mA	
	$I_{CSOFF,8}$	210	262	314	mA	
	$I_{CSOFF,9}$	233	291	349	mA	
	$I_{CSOFF,10}$	256	320	384	mA	
	$I_{CSOFF,11}$	280	349	419	mA	
	$I_{CSOFF,12}$	303	379	454	mA	
	$I_{CSOFF,13}$	326	408	489	mA	
	$I_{CSOFF,14}$	349	437	524	mA	

(表格续下页.....)

5 电气参数

表 17 (续) 电流源关断

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
	$I_{CSOFF,15}$	373	466	559	mA	
Soft-off current source current 1ED3890M	$I_{CSOFF,0}$	34	44	54	mA	CSSOFFCFG.CSSOFF_ I
	$I_{CSOFF,1}$	70	87	105	mA	
	$I_{CSOFF,2}$	105	131	157	mA	
	$I_{CSOFF,3}$	140	175	210	mA	
	$I_{CSOFF,4}$	175	218	262	mA	
	$I_{CSOFF,5}$	210	262	314	mA	
	$I_{CSOFF,6}$	245	306	367	mA	
	$I_{CSOFF,7}$	280	349	419	mA	
	$I_{CSOFF,8}$	314	393	472	mA	
	$I_{CSOFF,9}$	349	437	524	mA	
	$I_{CSOFF,10}$	384	480	577	mA	
	$I_{CSOFF,11}$	419	524	629	mA	
	$I_{CSOFF,12}$	454	568	681	mA	
	$I_{CSOFF,13}$	489	612	734	mA	
	$I_{CSOFF,14}$	524	655	786	mA	
	$I_{CSOFF,15}$	559	699	839	mA	

5.4.9 过温保护

表 18 过温保护和过温警告

Parameter ¹⁾	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Over-temperature protection level	T_{OTPOFF}	150	160	170	°C	
Over-temperature warning level	$T_{OTW,7}$	–	95	–	°C	OTWCFG.OTW_LVL
	$T_{OTW,6}$	–	101	–	°C	
	$T_{OTW,5}$	–	108	–	°C	
	$T_{OTW,4}$	–	114	–	°C	
	$T_{OTW,3}$	–	120	–	°C	
	$T_{OTW,2}$	–	127	–	°C	
	$T_{OTW,1}$	–	134	–	°C	
	$T_{OTW,0}$	–	140	–	°C	

5 电气参数

1) 参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证

5.4.10 ADC测量

表19 ADC电压和温度测量

Parameter ¹⁾	Symbol	Values			Unit	Note or Test Condition
		Min.	Typ.	Max.		
Internal ADC voltage max	$V_{\text{ADCINTmax}}$	–	38.67	–	V	ADCMVCC2/ ADCMGND2/ ADCMVDIF = FF_H
Internal ADC voltage resolution	$V_{\text{ADCINTres}}$	–	151.5	–	mV	
External ADC voltage max	$V_{\text{ADCEXTmax}}$	–	2.86	–	V	ADCMVEXT = FF_H
External ADC voltage resolution	$V_{\text{ADCEXTres}}$	–	11.2	–	mV	
Internal temperature ADC max	$T_{\text{ADCTEMPmax}}$	140	150	160	°C	ADCMTEMP = 84_H
Internal temperature ADC min	$T_{\text{ADCTEMPmin}}$	–	–40	–	°C	ADCMTEMP = 49_H
Internal temperature ADC resolution	$T_{\text{ADCTEMPres}}$	–	3.21	–	°C	

1) 参数无需经过生产测试 - 通过设计/特性验证

6 绝缘特性

6 绝缘特性

1ED38x0Mc12M 系列 (X3 Digital) 提供以下隔离等级。

表 20 产品隔离等级

Product name	Marking	Insulation characteristics	Values specified in	UL values
1ED38x0MU12M	38x0MU12	UL 1577 certified insulation	-	Table 23
1ED38x0MC12M	38x0MC12	Reinforced insulation	Table 22	Table 23

表 21 安全限值

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。

Description	Symbol	Characteristic	Unit
Maximum ambient safety temperature	T_S	150	°C
Maximum input-side power dissipation at $T_A = 25^\circ\text{C}$	P_{SI}	100	mW
Maximum output-side power dissipation at $T_A = 25^\circ\text{C}$ ¹⁾	P_{SO}	1000	mW
Maximum driver output current (ON, OFF) ²⁾	I_{OUT}		A
1ED3830MC		2.4	
1ED3860MC		4.8	
1ED3890MC		7.2	

1) IC 输出侧功耗在 65°C 以上线性降额，降幅为 8mW/°C

2) 最大脉冲长度 $t = 5 \mu\text{s}$

6.1 经过 VDE 0884-11 加强绝缘认证（证书编号：40053980）

适用于零件名称为 1ED38x0MC12M 的零件，x 表示不同的变体。

该耦合器仅适用于安全等级内的安全电气绝缘。应通过适当的保护电路确保符合安全额定值。

表 22 符合 VDE 0884-11 的加强绝缘

Description	Symbol	Characteristic	Unit
Installation classification per EN 60664-1, Table 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-III I-II	-
Climatic classification		40/125/21	-
Pollution degree (EN 60664-1)		2	-
Minimum external clearance	CLR	>8	mm
Minimum external creepage	CPG	>8	mm
Minimum comparative tracking index	CTI	400	-

（表格续下页.....）

6 绝缘特性

表 22 (续) 符合 VDE 0884-11 的加强绝缘

Description	Symbol	Characteristic	Unit
Apparent charge, method a $V_{pd(ini),a} = V_{IOTM}$, $V_{pd(m)} = 1.6 \times V_{IORM}$, $t_{ini} = 1 \text{ min}$	q_c	<5	pC
Apparent charge, method b $V_{pd(ini),b} = V_{IOTM} \times 1.2$, $V_{pd(m)} = 1.875 \times V_{IORM}$, $t_{ini} = 1 \text{ s}$	q_c	<5	pC
Isolation resistance at $T_{A,max}$	R_{IO}	$> 10^{11}$	Ω
Isolation resistance at T_s	R_{IO_S}	$> 10^9$	Ω
Maximum rated transient isolation voltage	V_{IOTM}	8000	V(peak)
Maximum repetitive insulation voltage	V_{IORM}	1767	V(peak)
Maximum surge isolation voltage for reinforced isolation $V_{TEST} = V_{IOSM} \times 1.6$	V_{IOSM}	6875	V(peak)
Insulation capacitance	C_{IO}	1.7	pF

6.2 获得 UL 1577 认证 (文件 E311313)

表 23 经 UL 1577 认可

Description	Symbol	Characteristic	Unit
Insulation withstand voltage/1 min	V_{ISO}	5700	V(rms)
Insulation test voltage/1 s	$V_{ISO, TEST}$	6840	V(rms)

7 封装信息

7 封装信息

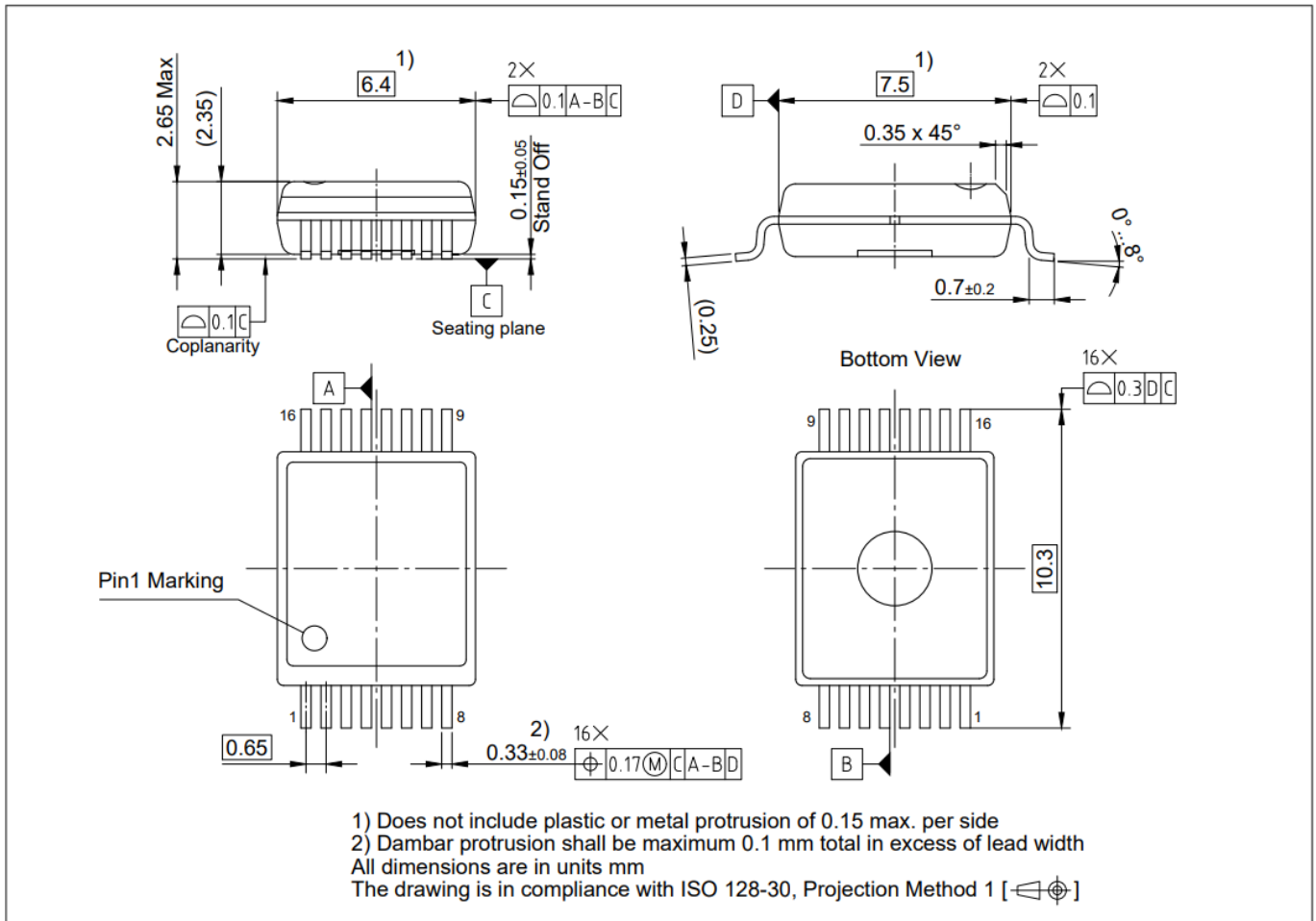


图 17 PG-DSO-16-28/33 - 300 mil 16 引脚细间距塑料绿色双列小外形封装

修订记录

修订记录

Reference	Description
v2.1 (2021-02-15)	- Change footnotes to tablenotes, added parameter V_{OFFSET} - Product links and certification information update
(2021-09-01)	New version number schema: Target/Preliminary datasheet: 0.XY; Final datasheet: 1.XY
1.10 (2021-10-08)	- Certification information update (VDE certification) - Fix unit and conditions in certification table according to standards - Related product list update



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 2025-08-28

Infineon Technologies AG 出版，
德国 Neubiberg 85579

版权 © 2025 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>。