

# 1SP0635V2A0D SCALE-2产品系列

适用于耐压在3300V以内的IGBT模块且具有通用光纤接口的门极驱动器

## 初步数据手册

### 产品特点

#### 高度集成, 外形紧凑

- 耐压在3300V以内的功率模块的即用型门极驱动器解决方案
- 单通道门极驱动器
- 35A峰值门极输出电流
- 在最高工作温度下提供3W输出功率
- 支持最多四个功率模块的并联
- -40°C至85°C工作环境温度范围
- 光纤状态指示灯

#### 保护/安全特性

- 短路保护功能
- 动态高级有源钳位(DA<sup>2</sup>C)
- 欠压锁定(UVLO)保护
- NTC温度检测
- 75kHz直流母线电压测量
- 门极监控
- 双面三防漆(使用Lackwerke Peters的ELPEGUARD SL 1307 FLZ/4涂层材料)
- 符合RoHS标准

### 应用领域

- 轨道逆变器
- 工业驱动
- 其他工业应用

### 描述

即插即用型1SP0635V2A0D门极驱动器是一款紧凑型单通道智能门极驱动器, 设计用于支持各种IGBT模块。它具有通用光纤接口。

1SP0635V2A0D需要与隔离型DC-DC变换器配合使用, 该变换器未集成到驱动器中, 需要单独购买。

Power Integrations的动态高级有源钳位功能允许在IGBT关断状态下维持较高直流母线电压的时间长达60秒。这一特性非常适合轨道和再生能源应用。

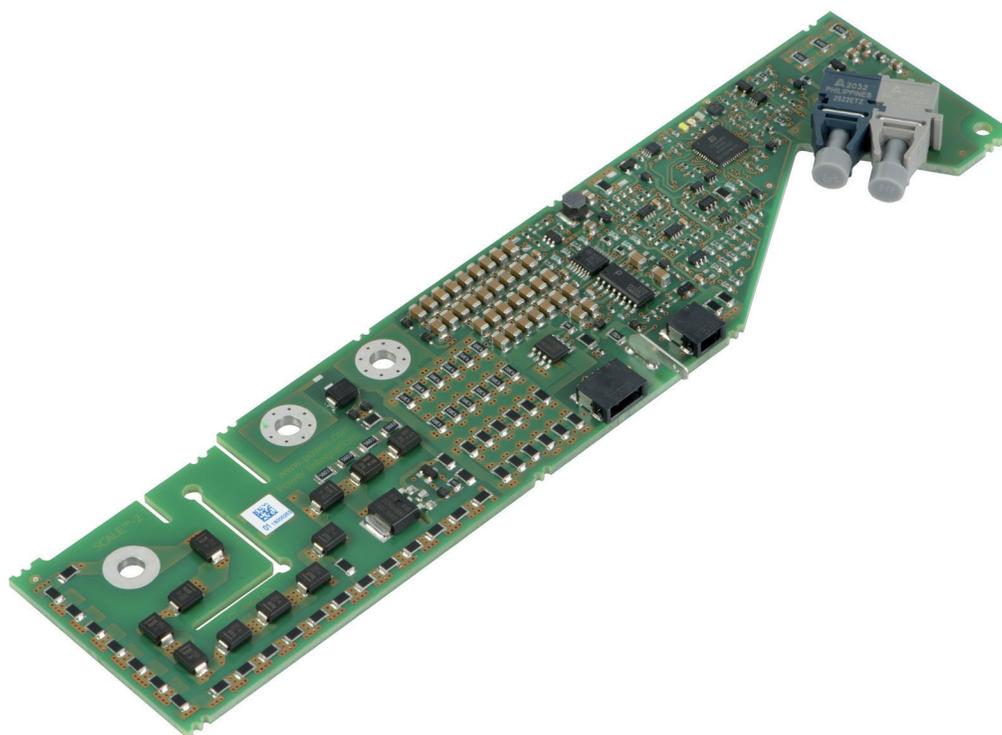


图1. 1SP0635V2A0D产品照

## 管脚功能描述

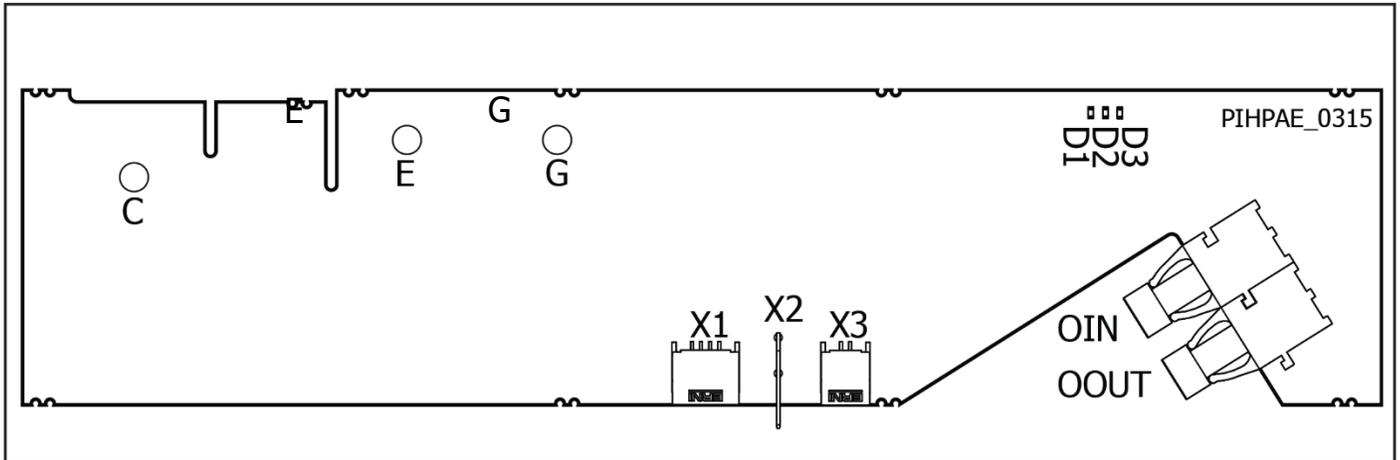


图2. 1SP0635V2A0D的接口

**连接器X1**

ERNI接口用于连接主驱动器的外部DC-DC变换器。  
元件型号：[ERNI 504255-E](#)，4针，直角。

**COM（管脚1、4）**

该管脚是副边接地电位的连接点。

**VISO（管脚2、3）**

该管脚是副边供电电压的连接点。

**连接器X2**

连接至直流母线测量输入的Quick FIT端子。  
元件型号：[Ettinger 019.25.131](#)。

**连接器X3**

用于NTC测量的ERNI接口。  
元件型号：[ERNI 504235-E](#)，2针，直角。

**NTC（管脚1）**

该管脚是第一个NTC端子。

**COM（管脚2）**

该管脚是第二个NTC端子。

**与半导体的连接****端子G**

IGBT的门极触点。

**端子E**

IGBT的辅助发射极触点。

**端子C**

IGBT的辅助集电极触点。

**光纤接口**

用于连接主驱动器和外部控制器（光纤接收器和发送器）。

**OIN（接收器）**

该光纤接收器是指令输入。  
元件型号：[Broadcom HFBR-2522ETZ](#)

**OOUT（发送器）**

该光纤发送器是状态输出。  
元件型号：[Broadcom AFBR-1529Z](#)

**光纤指示灯**

用于轻松验证门极驱动器的操作状态。

**D1**

白色LED用于监测电源。当驱动器有电压时，该指示灯亮起。

**D2**

绿色LED用于监测光纤输入状态。当驱动器收到开通指令时，该指示灯亮起。

**D3**

红色LED用于监测故障状态。  
当驱动器检测到故障（即VCE短路检测（SC\_VCE）、正欠压监测（UVLO\_POS）或低电平（UVLO\_NEG））时，LED将点亮并保持亮起状态。

在所有故障条件已清除的情况下，LED在下一个开通指令时熄灭。

## 功能描述

1SP0635V2A0D驱动器的基本框图如图所示图3。该驱动器是单通道智能门极驱动器。该驱动器具有以下特性：

- 动态V<sub>CE</sub>监测（短路保护）
- 动态高级有源钳位DA<sup>2</sup>C（关断时提供过压保护）
- 门极监控
- NTC温度检测
- 75kHz直流母线电压测量
- 正电压门极钳位
- 电源监控

驱动器1SP0635V2A0D未配备DC-DC变换器。信号通过通用光纤接口实现电气隔离。驱动器上未集成电源（隔离DC-DC变换器ISO6125R-33）。需单独配备电源。信号通过通用光纤接口实现电气隔离。

即插即用功能意味着驱动器安装后可立即使用，用户无需为匹配特定应用而投入精力设计或调试驱动器。

### X1、X2和X3描述

主驱动器配有一个4针接口连接器X1。建议同时连接COM和VISO管脚。

X2连接器是通过连接到直流母线的电阻来测量直流母线电压的输入。它参考发射极电压。该特性仅适用于下管驱动器（在两电平应用中）。对于上管驱动器，信号必须保持断开状态。X3连接器提供从外部NTC热敏电阻到驱动器测量输入的接口。

### 螺丝端子

主驱动器安装在功率模块顶部，并通过螺钉固定。

### X1的连接电缆

有关推荐的电缆，请参阅数据手册RLC-PSI-641-050-0。

### 电源及电气隔离

电源应为隔离型DC/DC变换器，例如Power Integrations的ISO6125R-33。

### 光纤接收器OIN

输入信号OIN由光纤接收器接收。OIN具有正逻辑（灯亮表示开通），且为边沿触发。如图5所示，门极驱动器信号从OIN接收器传输到门极，开通指令的传播延迟为 $t_{p(LH)}$ ，关断指令的传播延迟为 $t_{p(HL)}$ 。采用滤波是为了确保低于 $t_{FILTER(ON\_PULSE)}$ 和 $t_{FILTER(OFF\_PULSE)}$ 的任何正或负指令脉冲不会传输到门极。

### 光纤发送器OOUT

状态输出信号OOUT由光纤发送器传输到外部控制。OOUT根据“数据协议”一节中所述的UART协议提供数据流。

### 短路检测

图6所示为发生短路故障时的驱动器响应。在检测到短路时，在IGBT关断之前施加 $t_{P(HL),FAULT}$ 的延迟。状态寄存器的状态位SC\_VCE设置为二进制“1”，并以 $t_{SC\_VCE(LH)}$ 的响应时间延迟传输到状态输出OOUT反馈端子。

在故障状态消失并且经过连续的 $t_{BLK}$ 周期后，可以通过向光纤输入施加上升沿来再次开通IGBT。故障状态LED也会在检测到故障时使能。

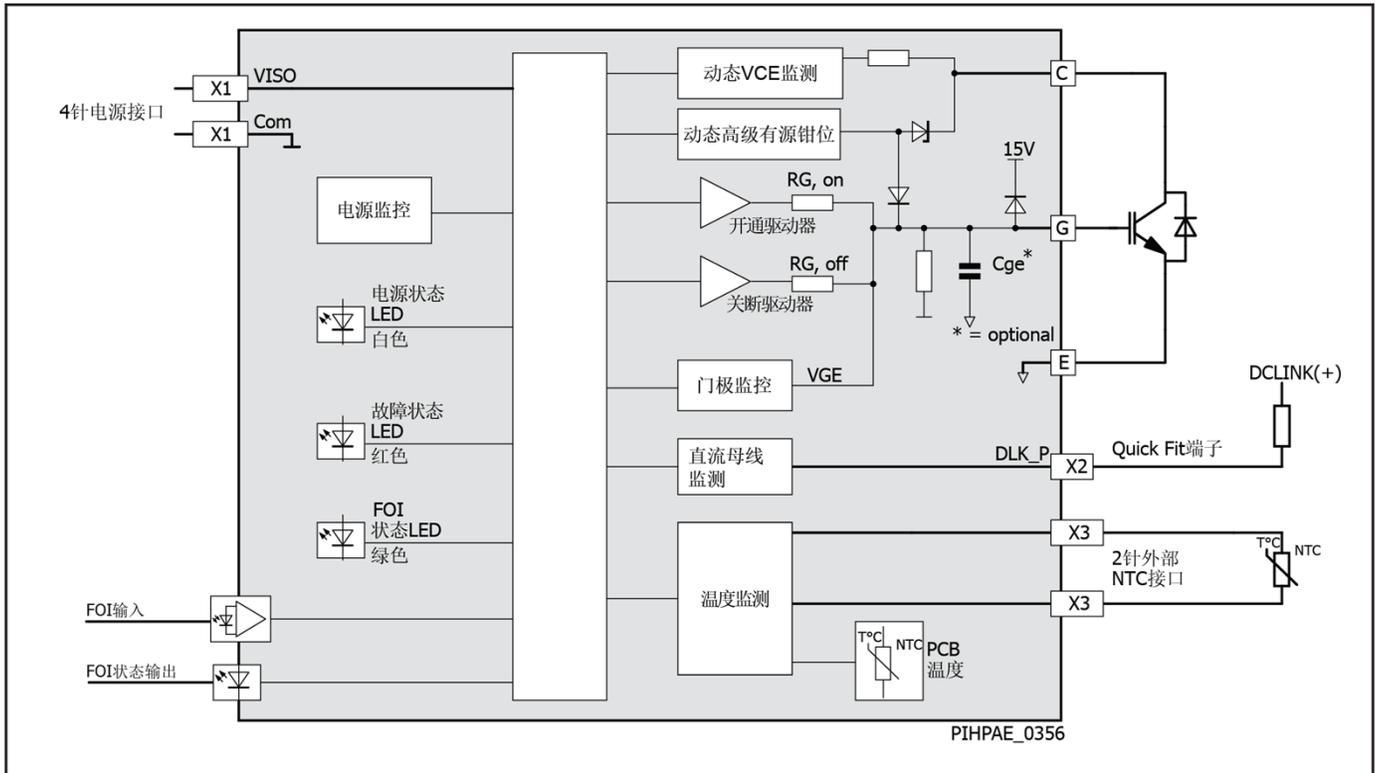


图3. 功能原理框图

## 欠压检测

如果在VISO-VEE或VEE-COM供电电压上检测到欠压故障，则只要欠压仍然存在，故障状态就会保持有效，并且驱动器将被锁定。如果VISO-VEE或VEE-COM进入欠压状态，则在 $t_{UVLO(LH)}$ 的延迟时间响应后，状态寄存器的状态位UVLO\_POS或UVLO\_NEG将相应地设置为二进制“1”。

在故障状态消失后，状态位被清除，并且在经过连续的阻断时间 $t_{BLK}$ 后，通过向光纤输入施加上升沿，IGBT可以再次开通。故障状态LED也会在检测到故障时使能。

## 门极监控警告检测

当门极-发射极电压低于阈值 $V_{GE\_mon(ON)}$ 或 $V_{GE\_mon(OFF)}$ 时，在VGE开关后的延迟时间 $t_{GE\_mon(FILTER)}$ 之后，状态寄存器的警告状态位VGE\_STAT\_HI相应地设置为二进制“1”并传输到光纤发送器，延迟响应时间为 $t_{GMON(LH)}$ 。图7所示为门极监控时序。

## 直流母线电压监测

驱动器包括一个输入，用于测量参考发射极电压的直流母线电压。此功能仅适用于两电平系统变换器的下管驱动器。X2连接器必须连接到直流母线电源的高额定电压外部电阻。

直流母线测量值通过DLK[11.0]数据位字段以 $S_{DLK}$ 速率传输到光纤发送器OOOUT。达到测量值95%的响应时间由 $t_{DLK}$ 给出。测量范围 $V_{DLK\_RANGE}$ 和测量输出精度 $V_{DLK\_RES}$ 根据外部电阻的特定值指定（请参阅特性部分）。

请注意以下事项：

- 将外部电阻连接到X2输入时应采取预防措施，以尽量减少连接回路和任何可能影响测量精度的不良耦合。
- 对于上管驱动器，X2输入必须保持断开或连接到驱动器发射极，并且忽略光纤传输返回的数据位字段DLK[11.0]。

## PCB NTC温度监测

该驱动器装配有一个热敏电阻，用于测量驱动器PCB的温度。测得的温度值通过DAT[11.0]数据位字段以 $S_{NTC1}$ 的速率传输到光纤发送器OOOUT（有关数据格式，请参阅“数据协议”部分的“NTC温度”小节）。达到测量值95%的响应时间由 $t_{NTC1}$ 给出。测量范围由参数 $V_{NTC1\_RANGE}$ 定义，测量输出精度由参数 $V_{NTC1\_RES}$ 定义。

## 外部NTC温度监测

该驱动器包括一个连接器(X3)，可用于连接外部NTC热敏电阻以测量散热片温度等。测得的外部温度值通过DAT[11.0]数据位字段以 $S_{NTC2}$ 的速率传输到光纤发送器OOOUT（有关数据格式，请参阅“数据协议”部分的“NTC温度”小节）。达到测量值95%的响应时间由 $t_{NTC2}$ 给出。测量范围由参数 $V_{NTC2\_RANGE}$ 定义，测量输出精度由参数 $V_{NTC2\_RES}$ 定义。NTC应根据系统隔离要求进行电气隔离。两个外部NTC端子不得连接到任何外部电位，例如发射极或集电极。

如果不使用外部NTC，则连接器X3应断开连接。缺失或断开连接的NTC热敏电阻将在DAT[11.0]数据位字段中产生恒定的负满量程值。

## 动态高级有源钳位(DA<sup>2</sup>C)

有源钳位技术的功能是在集电极-发射极电压超过预设的阈值时将IGBT部分地开通，从而令IGBT的集电极-发射极电压得到抑制，此时IGBT在线性区内工作。基本有源钳位电路是将IGBT的集电极电位通过瞬态电压抑制二极管(TVS)反馈到IGBT门极的单反馈电路。1SP0635V2A0D中的门极驱动器采用Power Integrations的动态高级有源钳位(DA<sup>2</sup>C)，其工作原理如下：

当有源钳位电路动作时，驱动器的关断MOSFET将会被线性关断，以增加有源钳位功能的效率，并且降低TVS二极管上的损耗。此功能称为高级有源钳位(AAC)。AAC的原理如图4所示。

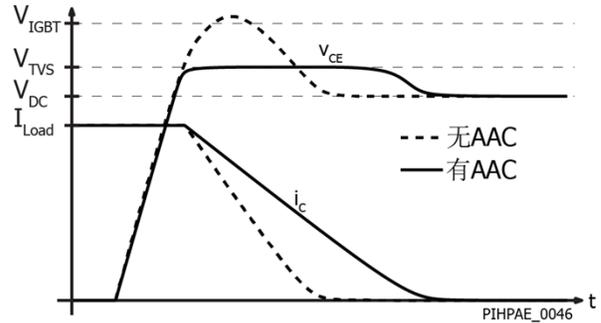


图4. 高级有源钳位功能

在原本开关状态下为耐受最大直流母线电压所需要的TVS二极管的基础上，再串联几个TVS二极管。这些额外的TVS二极管从IGBT导通开始，到收到关断指令后的大约15-20us内，都处于短路状态，以降低有源钳位的阈值，确保有源钳位的有效性。经过此15-20us延迟后，这些额外的TVS二极管被激活，驱动器的有源钳位的阈值被提高，这样可以允许直流母线电压在IGBT关断期间上升到更高的值。这种特性与高级有源钳位一起被称为“动态高级有源钳位(DA<sup>2</sup>C)”。请注意，直流母线电压超出正常水平的持续时间长度应限制在较短的时间内(<60s)。

## 阻断时间

短路检测或欠压检测后，门极信号关断，持续时间为 $t_{BLK}$ ，状态寄存器的状态位G\_BLOCKING在此期间保持二进制“1”，然后变为二进制“0”。

## 自检

执行驱动器内部自检是为了检查驱动器的功能。如果自检检测到参数超出预期范围，状态寄存器的警告状态位“ST”将设置为二进制“1”。否则，“ST”状态位设置为二进制“0”。

## IGBT的动态特性

由于所包含的IGBT和二极管芯片的特性有所不同，IGBT模块的动态特性取决于其类型和制造厂商。模块结构以及内部门极电阻和电感的分布也在确定动态响应方面发挥作用。请注意，来自同一制造厂商的不同型号的IGBT模块也需要进行专门的适配。

因此，Power Integrations提供特定版本的SCALE™-2即插即用驱动器，以适应每种类型的IGBT模块。这些驱动器不得用于非指定类型的IGBT模块。

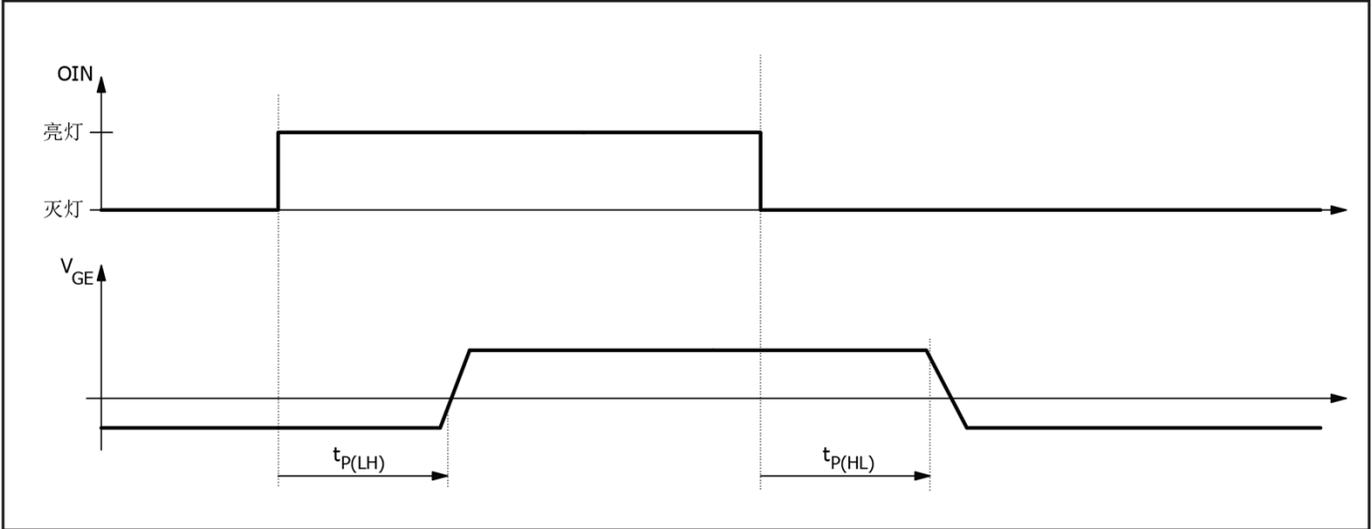


图5. 正常工作模式下的驱动器门极信号

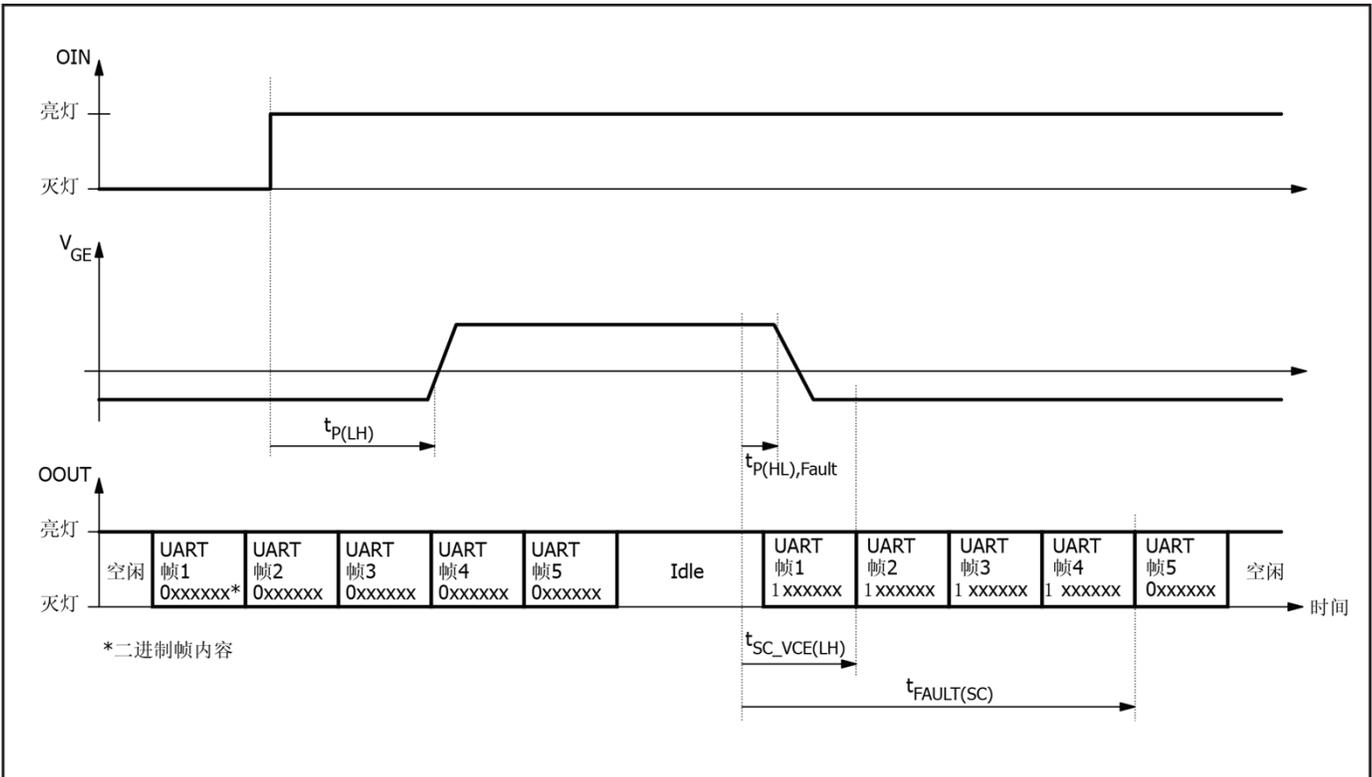


图6. 短路故障模式下来自驱动器的光纤反馈

**IGBT开通/二极管换流**

当驱动器输入高电平信号（亮灯）时，门极驱动器开通相应的IGBT。驱动器包含与相应IGBT模块匹配的门极电阻。驱动器经过适配，可以在功率单元杂散电感相对较低的情况下使开关损耗降到最低。因此建议在装配之后测试系统的换流特性。

**IGBT关断**

当相应的输入信号下降到低电平时，对应的IGBT关断（放置在‘下降到低电平’后）。门极电阻已经优化，不应更改。

快速关断IGBT可能会导致过压，该电压尖峰会随着直流母线电压或负载电流的升高而升高。关断过压值可通过下面的公式近似计算：

$$V_{TR} = L_s \times di_c/dt$$

此处， $V_{TR}$ 表示关断过压， $i_c$ 表示集电极电流， $L_s$ 表示杂散电感。

关断时限制过压对于大功率或高压IGBT极为重要。为了确保这一点，SCALE-2即插即用型驱动器提供了动态高级有源钳位功能DA<sup>2</sup>C。

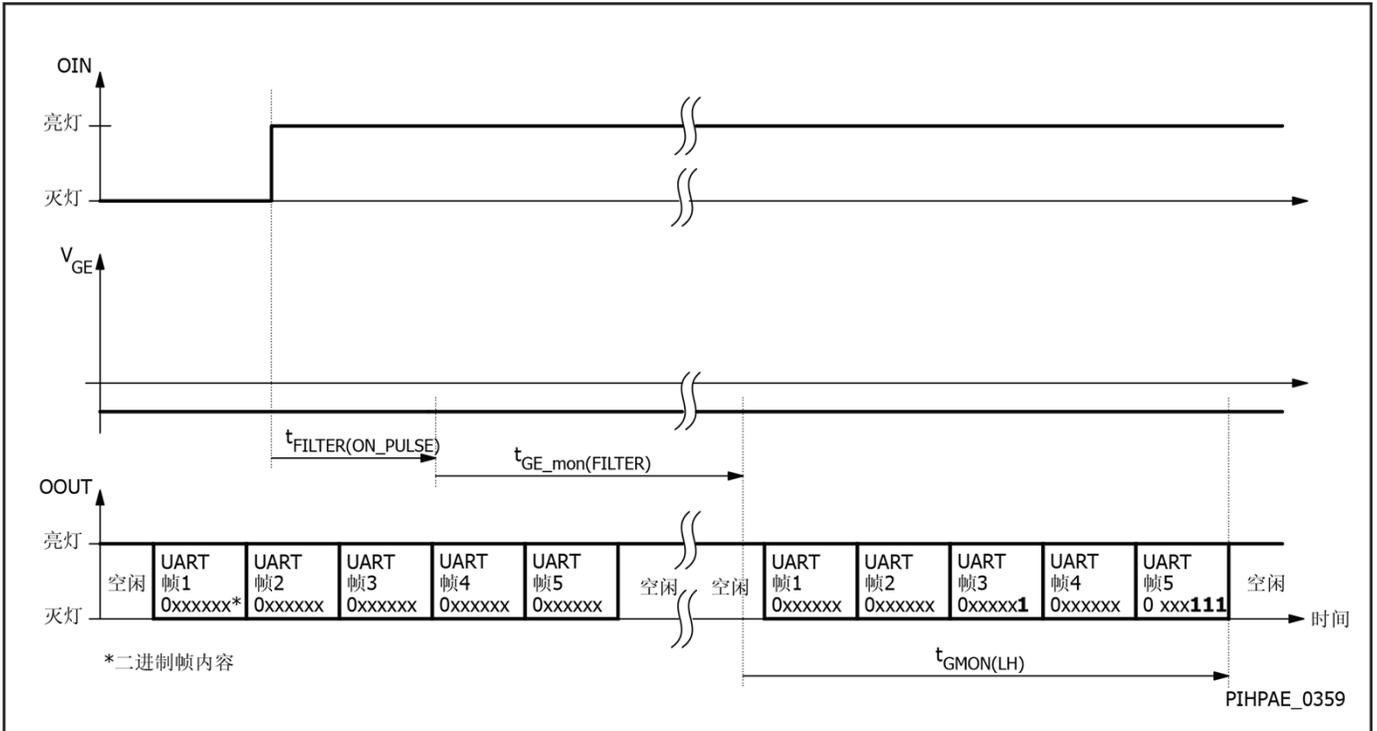


图7. 正常工作模式下的驱动器光纤反馈

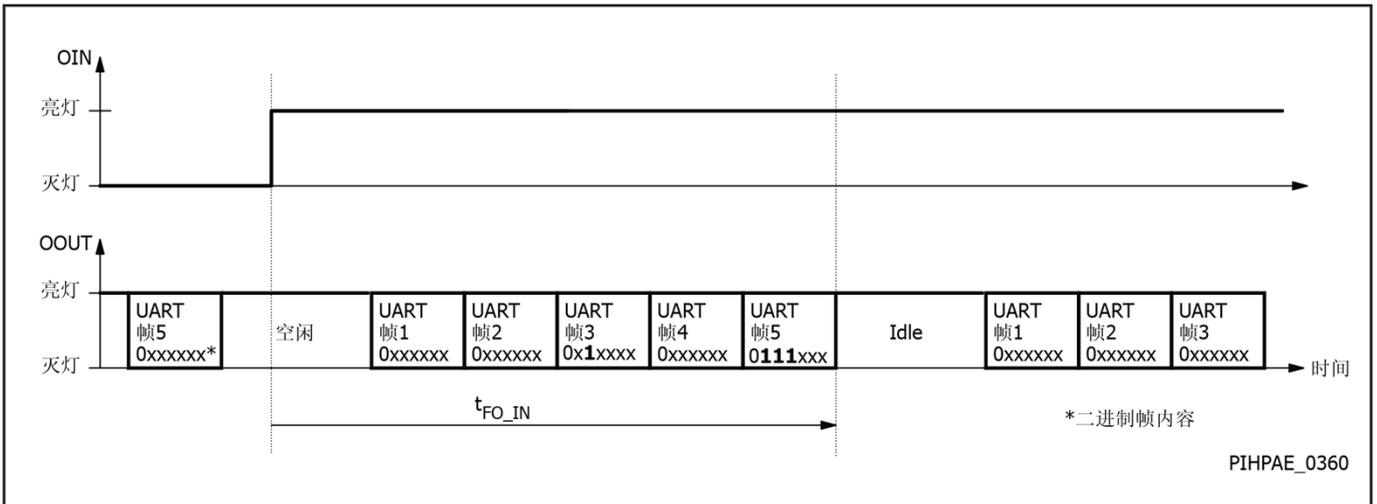


图8. 正常工作模式下的光纤状态寄存器位

## 数据协议

光纤输出根据Power Integrations的专有协议提供信号。该协议基于UART协议。

### UART帧

图9所示为UART帧的时序和光纤发送器的极性。协议的每个UART帧包括1个起始位，6个数据位（数据位0…5）、1 VCE\_SC（短路）数据位、1个奇偶校验位（偶数）和1个停止位。UART帧的长度由 $t_{\text{UART}}$ 定义，比特率由 $BR_{\text{UART}}$ 定义。

起始位和停止位的长度均为1个位。首先发送数据的最低有效位(LSB)。这意味着在发送起始位之后，发送数据位0，在发送停止位之前，发送奇偶校验位。

奇偶校验位定义为以下字段的偶校验计算：数据位0至数据位5以及SC\_VCE位。状态位SC\_VCE位指示短路检测。与光纤发送器相关的位的极性定义如下：

- 起始位是从亮灯到灭灯的切换
- 停止位是从灭灯到亮灯的切换
- 逻辑低数据（包括VCE\_SC）定义为亮灯
- 逻辑高数据（包括VCE\_SC）定义为灭灯
- 空闲状态定义为亮灯

### 数据包

该协议的定义方式是，以 $f_{\text{DATA}}$ 的频率定时发送五个连续UART帧（如图9所示）的数据包（参见图10）。数据包长度定义为 $t_{\text{PACKET}}$ ，在两个数据包之间有一个空闲时间 $t_{\text{IDLE}}$ ，在此期间不传输任何数据。

### 短路检测和空闲时间

由于协议与任何VCE短路检测都是异步的，因此可根据VCE短路检测的时间，减少空闲时间以向主控制器通知该事件。图11和图12显示了空闲时间 $t_{\text{IDLE}}$ 和数据频率 $f_{\text{DATA}}$ 受到影响的示例。

### 数据包格式

每个数据包都符合下表所示的格式：

	MSB					LSB	
	SC_VCE bit	Data bit5	Data bit4	Data bit3	Data bit2	Data bit1	Data bit0
UART FRAME1	SC_VCE	DLK[5]	DLK[4]	DLK[3]	DLK[2]	DLK[1]	DLK[0]
UART FRAME2	SC_VCE	DLK[11]	DLK[10]	DLK[9]	DLK[8]	DLK[7]	DLK[6]
UART FRAME3	SC_VCE	DAT[5]	DAT[4]	DAT[3]	DAT[2]	DAT[1]	DAT[0]
UART FRAME4	SC_VCE	DAT[11]	DAT[10]	DAT[9]	DAT[8]	DAT[7]	DAT[6]
UART FRAME5	SC_VCE	ADR[2]	ADR[1]	ADR[0]	CRC[2]	CRC[1]	CRC[0]

PIHPAE\_0365

## 数据位字段描述

### SC-VCE

这是一个状态位，指示何时检测到VCE短路。当检测到VCE短路时，它设置为二进制“1”，否则设置为二进制“0”。当检测到VCE短路时，主机侧的SC-VCE位以 $t_{\text{SC\_VCE(LH)}}$ 的延迟进行更新。

### DLK[11]..DLK[0]

这12个位用于直流母线测量值。格式为无符号整数，精度为1V。直流母线数据以 $S_{\text{DLK}}$ 速率刷新。

数据DLK[11..0]值及其对应的直流母线值示例：1001 1100 0100 = 2500V

### ADR[2]..ADR[0]

这三个位是地址位。它们用于定义在DAT[11..0]中返回的数据值的内容。

ADR[2]	ADR[1]	ADR[0]	DAT[11..0]
1	1	1	状态寄存器
1	0	1	外部NTC温度
1	1	0	PCB NTC温度
其他组合			保留用于其他用途

### DAT[11]..DAT[0]

12个数据位的数据由地址ADR[2..0]定义。它以 $f_{\text{DATA}}$ 定义的速率刷新。在正常工作（未检测到VCE短路）中，数据寄存器按以下时序更新：

- 状态寄存器在连续31个周期内以 $f_{\text{DATA}}$ 的速率复制并传输到DAT[11..0]。
- PCB NTC温度的一个值在一个周期内传输至DAT[11..0]。
- 状态寄存器在连续31个周期内以 $f_{\text{DATA}}$ 的速率复制并传输到DAT[11..0]。
- 外部NTC温度的一个值在一个周期内传输至DAT[11..0]。

PCB NTC温度和外部NTC温度分别以 $S_{\text{NTC1}}$ 和 $S_{\text{NTC2}}$ 速率刷新。如果检测到VCE短路，则重新启动上述时序。

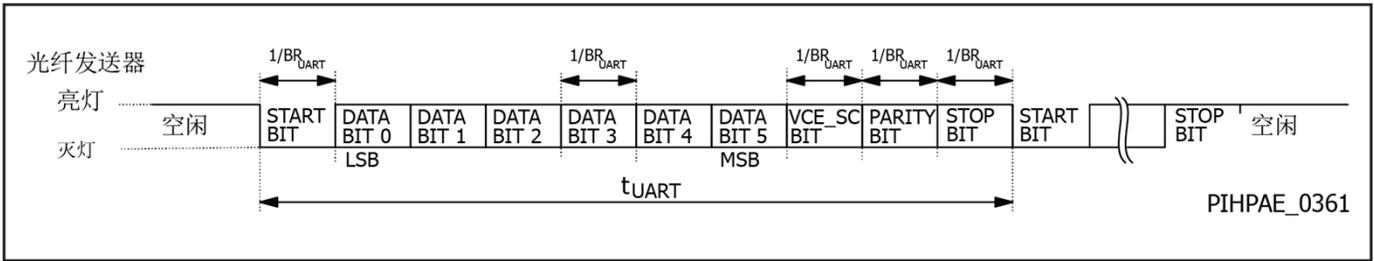


图9. UART帧时序和光纤发送器极性

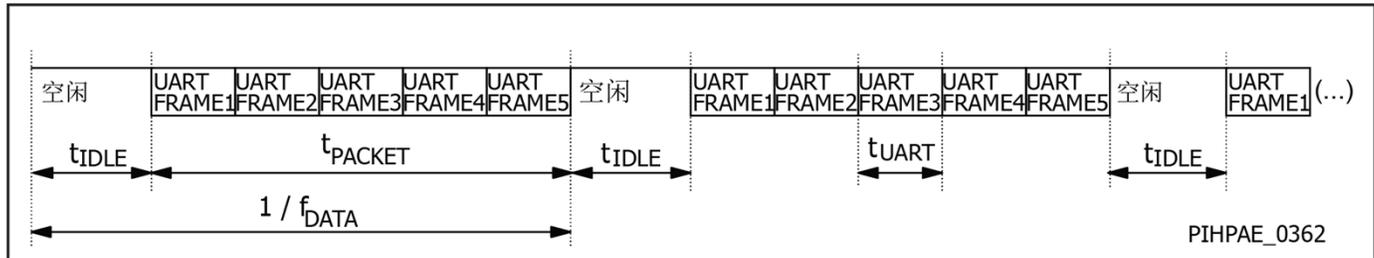


图10. 正常工作条件下的数据包时序

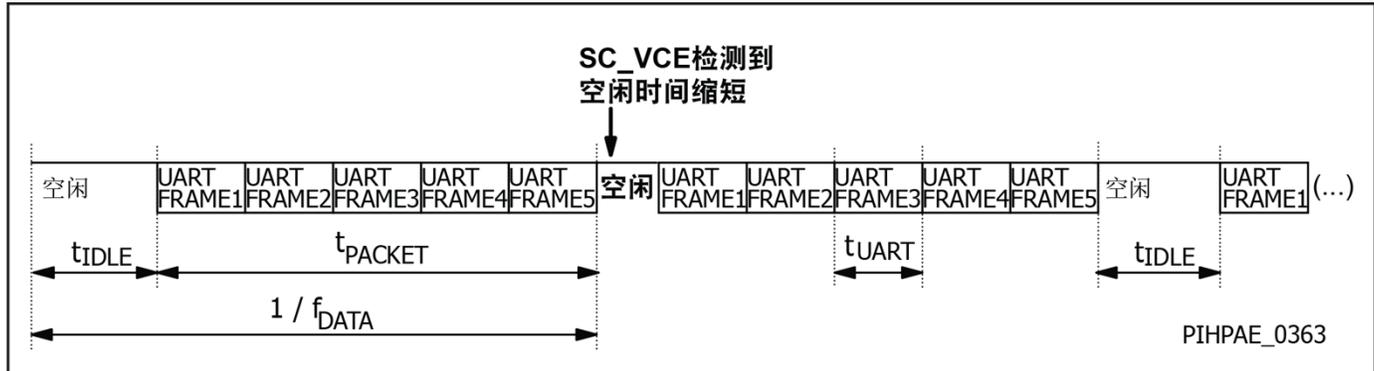


图11. 空闲期间检测到的短路情况的数据包时序

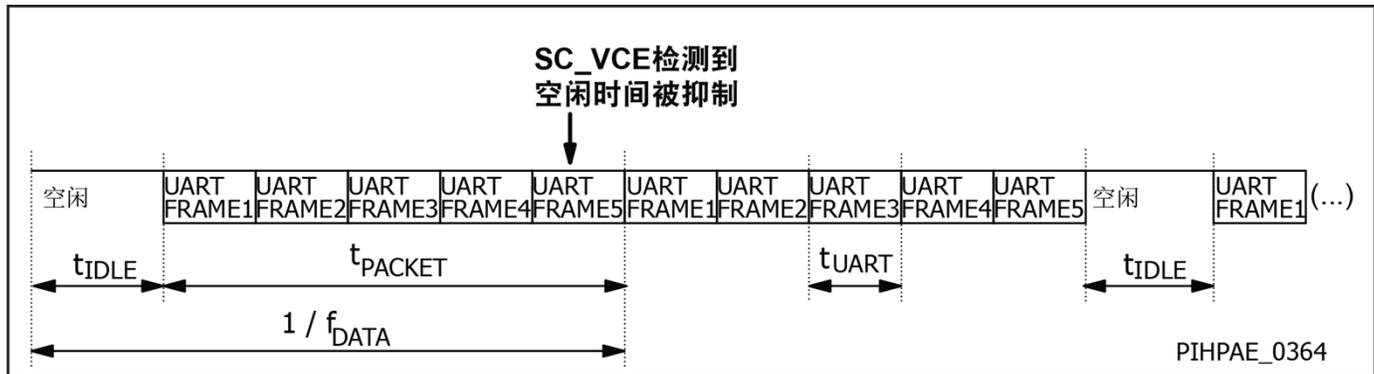


图12. 在数据包末尾检测到的短路情况的数据包时序

**状态寄存器**

状态寄存器包含12个位，用于指示驱动器状态。

状态寄存器	位名称	描述
SR[11] (MSB)		不使用
SR[10]		不使用
SR[9]		不使用
SR[8]		不使用
SR[7]	G_BLOCKING	门极阻断状态位。当门极输出被阻断时设置为二进制“1”，否则设置为二进制“0”
SR[6]	SUM_FAILURE	总和故障状态位。当至少设置了一个故障位时，设置为二进制“1”；当清除所有故障位时，设置为二进制“0”。总和包括VCE_SC故障的状态以及欠压监测故障 VGE_STAT_HI 和 VGE_STAT_LO
SR[5]	ST	驱动器自检警告状态位。当检测到内部故障时设置为二进制“1”，否则设置为二进制“0”
SR[4]	IN_STAT	光纤接收器状态位。当发送开通指令时设置为二进制“1”，否则设置为二进制“0”
SR[3]	UVLO_POS	VISO-VEE欠压故障状态位。当检测到故障时设置为二进制“1”，否则设置为二进制“0”
SR[2]	UVLO_NEG	VEE-COM欠压故障状态位。当检测到故障时设置为二进制“1”，否则设置为二进制“0”
SR[1]	VGE_STAT_HI	开通状态期间门极-发射极的门极监控，警告状态位。当检测到警告时设置为二进制“1”，否则设置为二进制“0”
SR[0] (LSB)	VGE_STAT_LO	关断状态期间门极-发射极的门极监控，警告状态位。当检测到警告时设置为二进制“1”，否则设置为二进制“0”

**NTC温度**

当相应地选择地址ADR[2..0]时，外部NTC温度和PCB NTC温度都通过数据DAT[11..0]提供给主控制器。NTC测量通过12个无符号位提供，精度为0.5K，数据偏移40K。驱动器PCB NTC温度数据以S<sub>NTC1</sub>定义的速率刷新。外部NTC温度数据以S<sub>NTC2</sub>定义的速率刷新。

数据值示例 DAT[11..0]	温度(°C)
0000 0000 0000	-40°C (最小值)
0000 0000 0001	-39.5°C
0000 0100 1111	-0.5°C
0000 0101 0000	0°C
0000 0101 0001	0.5°C
0001 0001 1000	100°C
0001 0101 0100	130°C (最大值)

请注意，断开连接的NTC将生成-40°C的温度值。

**CRC[2..0]**

这些是3位循环冗余校验(CRC)，分别覆盖以下位字段：DLK[5..0]、DLK[11..6]、DAT[5..0]、DAT[11..6]、ADR[2..0]。CRC参数计算如下：

CRC多项式系数	$x^3 + x + 1$
CRC宽度	3个位
CRC移位方向	右(little-endian)
CRC初始值	0

## 绝对最大额定值

参数	符号	条件 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$	最小值	最大值	单位
<b>绝对最大额定值<sup>1</sup></b>					
供电电压	$V_{\text{VISO-COM}}$	VISO至COM		28	V
平均供电电流	$I_{\text{DC}}$	平均供电电流		待定	mA
门极输出功率 <sup>2</sup>	$P_G$			3	W
开关频率	$f_{\text{SW}}$	连续		3	kHz
直流母线电压	$V_{\text{DC-LINK}}$	开关操作（连续）		2200	V
		开关操作 <sup>3</sup> （短时）		2500	
		关断状态 <sup>4</sup>		3000	
工作电压	$V_{\text{CE}}$	集电极-发射极电压		3300	$V_{\text{PEAK}}$
存储温度 <sup>5</sup>	$T_{\text{ST}}$		-40	50	$^{\circ}\text{C}$
工作环境温度	$T_A$		-40	85	$^{\circ}\text{C}$
元件表面温度 <sup>6</sup>	$T_{\text{SURF}}$			125	$^{\circ}\text{C}$
相对湿度	$H_R$	无冷凝		95	%
工作高度 <sup>7</sup>	$A_{\text{OP}}$			4000	m
<b>X2电压(DLK_P)</b>		参考发射极电压	-10	50	V

## 推荐的工作条件

参数	符号	条件 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $85^{\circ}\text{C}$	最小值	典型值	最大值	单位
<b>电源</b>						
供电电压	$V_{\text{VISO-COM}}$	VISO至COM	23.5	25	26.5	V

注释:

1. 应力超过“绝对最大额定值”所列的数值可能会对器件造成永久损坏。
2. 实际可实现的最大功率取决于若干参数，并且可能低于给定值。必须在最终系统中对其进行验证。它主要受最大表面温度限值的限制。
3. 该限制仅在开通状态条件（开关）下有效，并且必须限制在较短的时间段内（ $\leq 60$ 秒）。请注意，对于特定IGBT模块，此参数可能会限制为较低的值。
4. 该限制仅在关断状态条件（未开关）下有效，并且必须限制在较短的时间段内（ $\leq 60$ 秒）。
5. 原始封装内的存储温度（三防漆产品的三防漆可能接触外部元件）必须限制在给定值内。否则，将其限制在 $85^{\circ}\text{C}$ 。
6. 元件表面温度可能会因工作条件而有很大差异，因此必须将其限制在给定值内，以确保产品的长期可靠性。
7. 工作海拔高度高于此水平时，需要电压降额以确保适当的绝缘配合。

## 特性

参数	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位
		$V_{VISO-COM} = 25V, T_A = 25^\circ C$					
<b>电源</b>							
供电电流	$I_{VISO-COM}$	无负载			44		mA
		$P_G = 2.5W, f_{SW} = 3kHz, 50\%$ 占空比			149		
电源监控阈值	$UVLO_{VISO}$	参考端子E	清除故障（恢复工作）		13.0		V
			设置故障（暂停工作）		13.5		
			回差		0.5		
	$UVLO_{COM}$		清除故障（恢复工作）		-5.2		V
			设置故障（暂停工作）		-5.4		
			回差		0.2		
电源监控滤波时间	$t_{UVLO}$				4.0		$\mu s$
<b>时序特性</b>							
门极开通延迟	$t_{P(LH)}$	OIN亮灯至 $V_{GE(ON)}$ 的10%，无负载连接，1米FO电缆连接外部控制，包括脉冲抑制时间 $t_{PULSE(ON)}$			3.5		$\mu s$
门极关断延迟	$t_{P(HL)}$	OIN灭灯至 $V_{GE(OFF)}$ 的90%，无负载连接，1米FO电缆连接外部控制，包括脉冲抑制时间 $t_{FILTER(ON)}$			3.6		$\mu s$
最短门极导通脉冲抑制时间	$t_{FILTER(ON\_PULSE)}$				3.2		$\mu s$
最短门极关断脉冲抑制时间	$t_{FILTER(OFF\_PULSE)}$				3.2		$\mu s$
光纤发送器UART短路故障传播延迟 <sup>13</sup>	$t_{SC\_VCE(LH)}$	完整的UART帧。包括奇偶校验位和停止位。			1.9至4.2		$\mu s$
光纤发送器UART欠压故障传播延迟 <sup>13</sup>	$t_{UVLO(LH)}$				待定		$\mu s$
光纤发送器UART门极监控警告传播延迟 <sup>8</sup>	$t_{GMON(LH)}$	完整的数据包，包括状态寄存器、CRC和UART停止位。			待定		$\mu s$
光纤发送器UART OIN状态传播延迟 <sup>8</sup>	$t_{OIN}$				待定		$\mu s$
短路条件故障状态的持续时间 <sup>8</sup>	$t_{FAULT(SC)}$			3至5 UART帧			
阻断时间	$t_{BLK}$	检测到故障后			20		ms

## 特性 (续上)

参数	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位
		$V_{VSDO-COM} = 25V, T_A = 25^\circ C$					
<b>短路保护功能</b>							
静态 $V_{CE}$ 监控阈值	$V_{CE(SAT)}$				143		V
响应时间	$t_{RES}$	$V_{GE}$ 的 10%至 90%	直流母线电压 = 2400V		7.5		$\mu s$
			直流母线电压 = 1800V		7.7		
			直流母线电压 = 1200V		8.0		
检测到短路后的 关断延迟	$t_{P(HL)FAULT}$				0.2		$\mu s$
<b>门极监控<sup>9</sup></b>							
开通阈值	$V_{GE(ON)MAX}$	端子G至E, 设置故障			12.9		V
关断阈值	$V_{GE(OFF)MIN}$	端子G至E, 设置故障			-7.8		V
滤波延迟	$t_{D(FILTER)}$	开通			30		$\mu s$
		关断			30		
<b>直流母线电压测量</b>							
直流母线测量范围 <sup>10</sup>	$V_{DLK\_RANGE}$			0		3200	V
直流母线测量输出 精度 <sup>10</sup>	$V_{DLK\_RES}$				1		V
直流母线测量公差 <sup>11</sup>	$tol_{DLK}$	直流母线电压介于500V和3200V之间			$\pm 2$		%
直流母线滤波频率	$f_{DLK}$	截止频率点为-3dB			10		kHz
直流母线响应时间 <sup>11</sup>	$t_{DLK}$	达到测量值95%的响应时间			100		$\mu s$
直流母线数据刷新率	$S_{DLK}$				75		kHz
<b>驱动器PCB温度(<math>NTC_1</math>)测量<sup>12</sup></b>							
$NTC_1$ 测量范围	$V_{NTC1\_RANGE}$			-40		130	$^\circ C$
$NTC_1$ 测量输出精度	$V_{NTC1\_RES}$				0.5		K
$NTC_1$ 测量公差	$tol_{NTC1}$	温度为85 $^\circ C$			$\pm 3$		K
$NTC_1$ 滤波频率	$f_{NTC1}$	截止频率点为-3dB			50		Hz
$NTC_1$ 响应时间	$t_{NTC1}$	达到测量值95%的响应时间			待定		ms
$NTC_1$ 数据刷新率	$S_{NTC1}$				1.2		kHz

## 特性 (续上)

参数	符号	条件 $V_{\text{VISO-COM}} = 25\text{V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	最小值	典型值	最大值	单位
<b>外部温度(NTC<sub>2</sub>)测量<sup>13</sup></b>						
NTC <sub>2</sub> 测量范围	$V_{\text{NTC}_2\text{RANG}_E}$		-40		130	°C
NTC <sub>2</sub> 测量输出精度	$V_{\text{NTC}_2\text{RES}}$			0.5		K
NTC <sub>2</sub> 测量公差	$\text{tol}_{\text{NTC}_2}$	温度范围为-20°C至130°C, 不包括外部NTC公差		±2		K
NTC <sub>2</sub> 滤波频率	$f_{\text{NTC}_2}$	截止频率点为-3dB		50		Hz
NTC <sub>2</sub> 响应时间	$t_{\text{NTC}_2}$	达到测量值95%的响应时间		待定		ms
NTC <sub>2</sub> 数据刷新率	$S_{\text{NTC}_2}$			1.2		kHz
<b>UART协议特性</b>						
UART波特率	$\text{BR}_{\text{UART}}$			5		MBd
UART波特率公差	$\text{BR}_{\text{UART\_TOL}}$			1		%
UART帧持续时间	$t_{\text{UART}}$	包括起始位、数据位、奇偶校验位和停止位		2		µs
数据包持续时间	$t_{\text{PACKET}}$	未检测到短路		10		µs
数据包间延迟	$t_{\text{IDLE}}$	未检测到短路		3.3		µs
数据包速率	$f_{\text{DATA}}$	未检测到短路		75		kHz
<b>安装<sup>14</sup></b>						
安装孔	$D_{\text{HOLE}}$	螺丝孔S1直径		4		mm
安装扭矩	M	螺丝M4, 根据IGBT数据手册				Nm
弯折	$I_{\text{BEND}}$	依据IPC			0.75	%
<b>门极输出</b>						
门极开通输出电压	$V_{\text{GE(ON)}}$	稳态		15		V
门极关断输出电压	$V_{\text{GE(OFF)}}$	稳态		-10		V

注释:

- 指定的延迟显示出取决于协议的异步性质的变化。
- 门极-发射极电压值经过滤波并与开通和关断时的给定值进行比较。如果在给定的滤波延迟 $t_{\text{GE\_mon(FILTER)}}$ 之后超过指定值(开通时 $V_{\text{GE}} < V_{\text{GE\_mon(ON)}}$ , 关断时 $V_{\text{GE}} > V_{\text{GE\_mon(OFF)}}$ ), 驱动器会在状态寄存器中设置一个警告状态位。
- 外部电阻值为4.32MΩ。
- 使用16个串联电阻组成的外部电阻链进行评估, 单个电阻为270kΩ, 其公差为0.1% (即4.32MΩ)。从直流母线测量点到光纤发送器均有效。
- 这是在驱动器PCB上测得的温度, 通常比环境温度高10K到20K。
- 外部温度测量由具有以下特性的NTC指定:  $R_{25} = 10\text{k}\Omega$ ,  $B_{25/85} = 3435\text{K}$ 。

产品尺寸

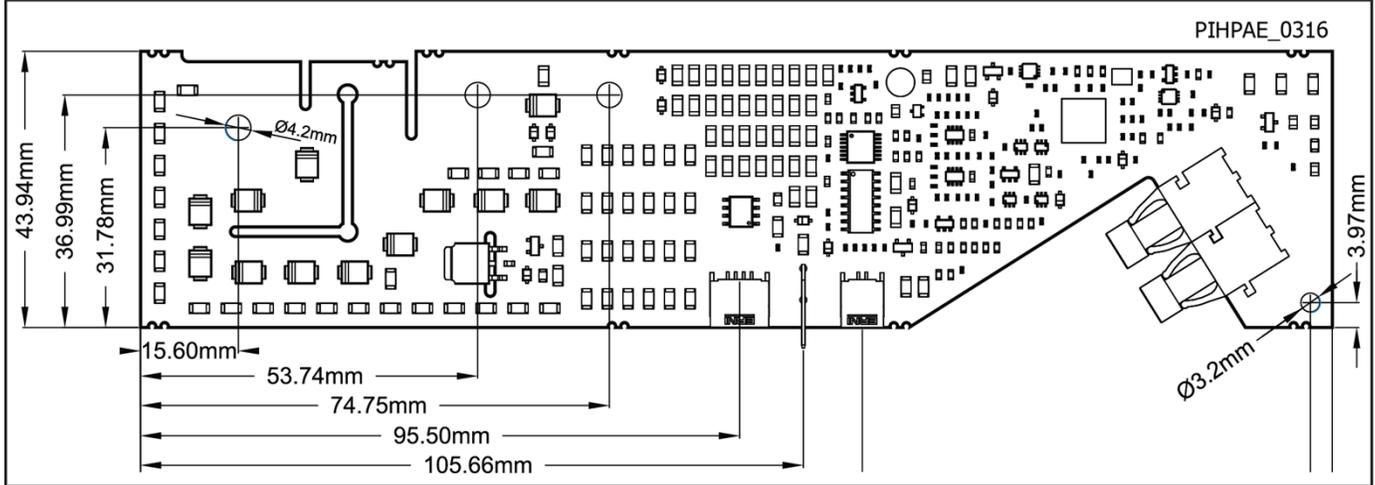


图13. 顶视图

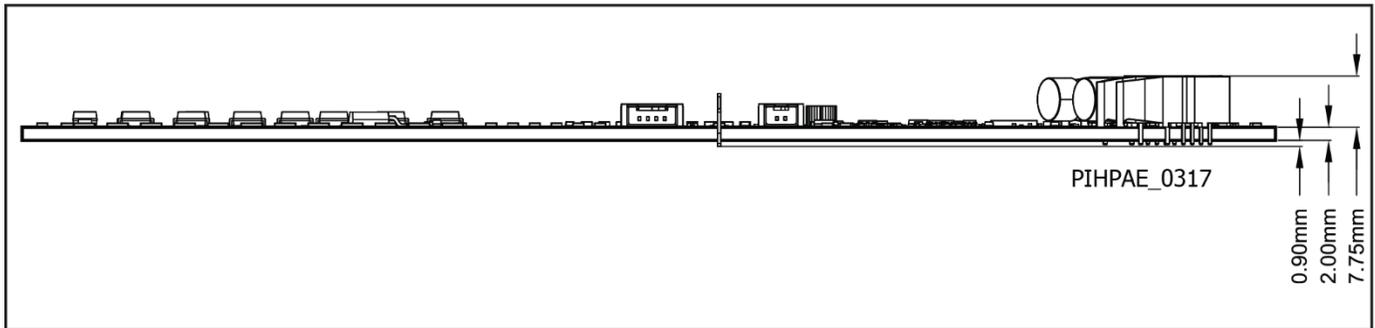


图14. 侧视图

三防漆

门极驱动器的电子元件由一层典型厚度为50 $\mu$ m的丙烯酸三防漆保护，使用的是Lackwerke Peters的ELPEGUARD SL 1307 FLZ/4，涂敷于PCB两面。当暴露在受污染的环境中时，该涂层可增加产品的可靠性。

注：必须防止涂层顶部积水（例如冷凝水）。这些积水会随着时间的推移扩散到涂层上，最终在PCB表面和涂层之间形成一层薄膜，从而导致泄漏电流增加。这种电流将干扰门极驱动器的性能。

运输和存储条件

有关运输和储存条件，请参阅Power Integrations的应用指南AN-1501。

RoHS符合性声明

我们特此确认，根据RoHS指令2011/65/EU第4条，所提供的产品不含任何限制性物质，且其含量不超过任何均质材料中按重量计算的最大容许浓度值。

此外，本产品符合2015年3月31日发布的RoHS指令2015/863/EU（称为RoHS 3），该指令修订了指令2011/65/EU的附件II。

## 产品详情

元件型号	功率模块	电压等级	电流等级	封装	IGBT 供应商	$R_{G(ON)}$	$R_{G(OFF)}$	$C_{GE}$
<b>1SP0635V2A0D- FZ2400R33HE4</b>	FZ2400R33HE4	3300V	2400A	IHV	Infineon	0.52Ω	3.58Ω	未装配

修订版本	注释	日期
A	初步数据手册。	04/23

**有关最新产品信息，请访问：[www.power.com](http://www.power.com)**

Power Integrations reserves the right to make changes to its products at any time to improve reliability or manufacturability. Power Integrations does not assume any liability arising from the use of any device or circuit described herein. POWER INTEGRATIONS MAKES NO WARRANTY HEREIN AND SPECIFICALLY DISCLAIMS ALL WARRANTIES INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, AND NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY RIGHTS.

**Patent Information**

The products and applications illustrated herein (including transformer construction and circuits external to the products) may be covered by one or more U.S. and foreign patents, or potentially by pending U.S. and foreign patent applications assigned to Power Integrations. A complete list of Power Integrations patents may be found at [www.power.com](http://www.power.com). Power Integrations grants its customers a license under certain patent rights as set forth at [www.power.com/ip.htm](http://www.power.com/ip.htm).

**Life Support Policy**

POWER INTEGRATIONS PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF POWER INTEGRATIONS.As used herein:

1. A Life support device or system is one which, (i) is intended for surgical implant into the body, or (ii) supports or sustains life, and (iii) whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use, can be reasonably expected to result in significant injury or death to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

Power Integrations, the Power Integrations logo, CAPZero, ChiPhy, CHY, DPA-Switch, EcoSmart, E-Shield, eSIP, eSOP, HiperLCS, HiperPLC, HiperPFS, HiperTFS, InnoSwitch, Innovation in Power Conversion, InSOP, LinkSwitch, LinkZero, LYTSwitch, SENZero, TinySwitch, TOPSwitch, PI, PI Expert, PowiGaN, SCALE, SCALE-1, SCALE-2, SCALE-3 and SCALE-iDriver, are trademarks of Power Integrations, Inc. Other trademarks are property of their respective companies. ©2022, Power Integrations, Inc.

**Power Integrations全球销售支持网络**

**全球总部**

5245 Hellyer Avenue  
San Jose, CA 95138, USA  
Main: +1-408-414-9200  
Customer Service: Worldwide:  
+1-65-635-64480  
Americas: +1-408-414-9621  
e-mail: [usasales@power.com](mailto:usasales@power.com)

**中国（上海）**

徐汇区漕溪北路88号圣爱广场  
2410室,  
上海|中国, 200030  
电话: +86-21-6354-6323  
电子邮箱: [chinasales@power.com](mailto:chinasales@power.com)

**中国（深圳）**

南山区科技南八路二号豪威科技大厦17层  
深圳|中国, 518057  
电话: +86-755-8672-8689  
电子邮箱: [chinasales@power.com](mailto:chinasales@power.com)

**德国**

(AC-DC/LED/Motor Control Sales)  
Einsteinring 24  
85609 Dornach/Aschheim  
Germany  
Tel: +49-89-5527-39100  
e-mail: [eurossales@power.com](mailto:eurossales@power.com)

**德国（门极驱动器销售）**

HellwegForum 3  
59469 Ense  
Germany  
Tel: +49-2938-64-39990  
e-mail: [igbt-driver.sales@power.com](mailto:igbt-driver.sales@power.com)

**印度**

#1, 14th Main Road  
Vasanthanagar  
Bangalore-560052 India  
Phone: +91-80-4113-8020  
e-mail: [indiasales@power.com](mailto:indiasales@power.com)

**意大利**

Via Milanese 20, 3rd.Fl.  
20099 Sesto San Giovanni (MI) Italy  
Phone: +39-024-550-8701  
e-mail: [eurossales@power.com](mailto:eurossales@power.com)

**日本**

Yusen Shin-Yokohama 1-chome Bldg.  
1-7-9, Shin-Yokohama, Kohoku-ku  
Yokohama-shi,  
Kanagawa 222-0033 Japan  
Phone: +81-45-471-1021  
e-mail: [japansales@power.com](mailto:japansales@power.com)

**韩国**

RM 602, 6FL  
Korea City Air Terminal B/D, 159-  
6 Samsung-Dong, Kangnam-Gu,  
Seoul, 135-728, Korea  
Phone: +82-2-2016-6610  
e-mail: [koreasales@power.com](mailto:koreasales@power.com)

**新加坡**

51 Newton Road  
#19-01/05 Goldhill Plaza  
Singapore, 308900  
Phone: +65-6358-2160  
e-mail: [singaporesales@power.com](mailto:singaporesales@power.com)

**台湾地区**

5F, No. 318, Nei Hu Rd., Sec.1  
Nei Hu Dist.  
Taipei 11493, Taiwan R.O.C.  
Phone: +886-2-2659-4570  
e-mail: [taiwansales@power.com](mailto:taiwansales@power.com)

**英国**

Building 5, Suite 21  
The Westbrook  
Centre Milton Road  
Cambridge  
CB4 1YG  
Phone: +44 (0) 7823-557484  
e-mail: [eurossales@power.com](mailto:eurossales@power.com)