

2SP0215F2Q0C SCALE EV产品系列

适用于17mm IGBT模块的汽车级双通道即插即用型门极驱动器

初步数据手册

产品特点

- 适合于耐压在1200V以内的17mm IGBT功率模块、提供加强绝缘的即插即用型双通道门极驱动器解决方案
- 支持开关频率最高至20kHz
- 数字比特流诊断输出
- 单个5V供电
- 集成两个2W DC/DC电源
- 稳压的轨到轨副边输出电压
- -40°C至+85°C工作环境温度
- ±50kV/μs共模瞬态抗扰性
- 支持在高达5500米海拔高度上工作
- 5V输入逻辑

高级的保护、安全及诊断功能

- 直流母线主动放电(AD)功能
- 主动短路(ASC)功能
- 电气隔离的IGBT模块NTC温度检测
- 电气隔离的PCB NTC温度检测
- 高级的电阻过压控制(AROC)
- 原边欠压监测(UVLO)和副边欠压告警(UVW)
- 副边过压监测(OVW)
- 门极监控
- 输入互锁

- DC/DC控制器过流监测
- 原边和副边两级IC温度监测
- 功率半导体短路检测(DESAT)
- FluxLink™信号传输监控
- 有源米勒钳位
- 三防漆
- 技术清洁度达1mm

功能安全合规性

- 在汽车牵引系统中达到ASIL D级
- SEooC符合ISO 26262标准

完全符合各项安规要求

- AEC-Q 100/101/200级元件
- 生产设施通过IATF 16949认证
- 原边和副边之间的电气间隙和爬电距离符合加强绝缘要求（根据IEC 60664-1和IEC 60664-3标准）
- 产品100%进行局部放电测试
- 产品100%进行3395 VRM 1秒的HIPOT合规性测试

应用领域

- 电动巴士和电动卡车牵引逆变器
- 纯电动汽车(BEV)牵引逆变器
- 柴电牵引逆变器
- 燃料电池逆变器
- 农用和建筑车辆及设备
- 其他汽车和工业应用
- 通用变频器

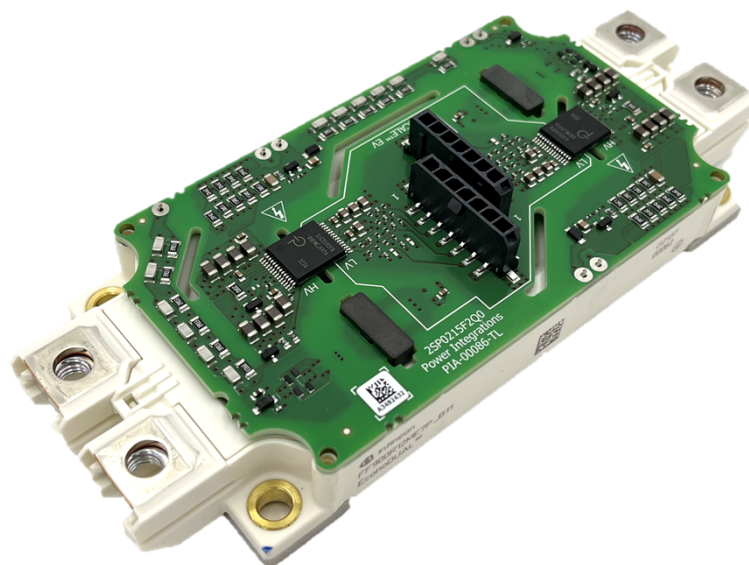


图1. 2SP0215F2Q0C安装在目标功率半导体模块上

产品组合

订购编码	模块技术	电压等级	电流等级	封装	IGBT模块 供应商
2SP0215F2Q0C-FF900R12ME7W_B11	第七代Si-IGBT, 硅二极管	1200V	900A	EconoDUAL	Infineon

表1 2SP0215F2Q0C产品组合

功能原理框图

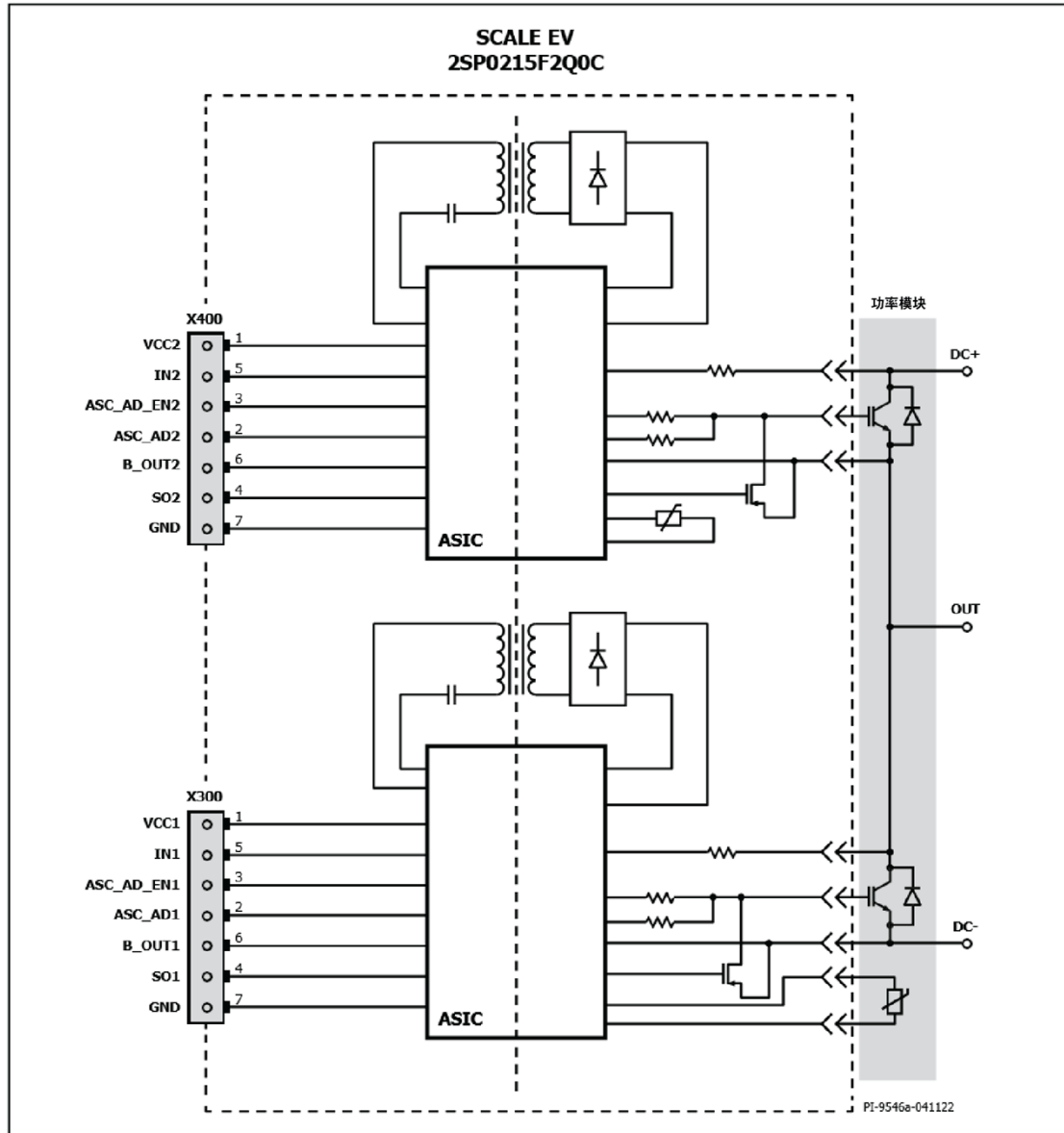


图2. 2SP0215F2Q0C原理框图

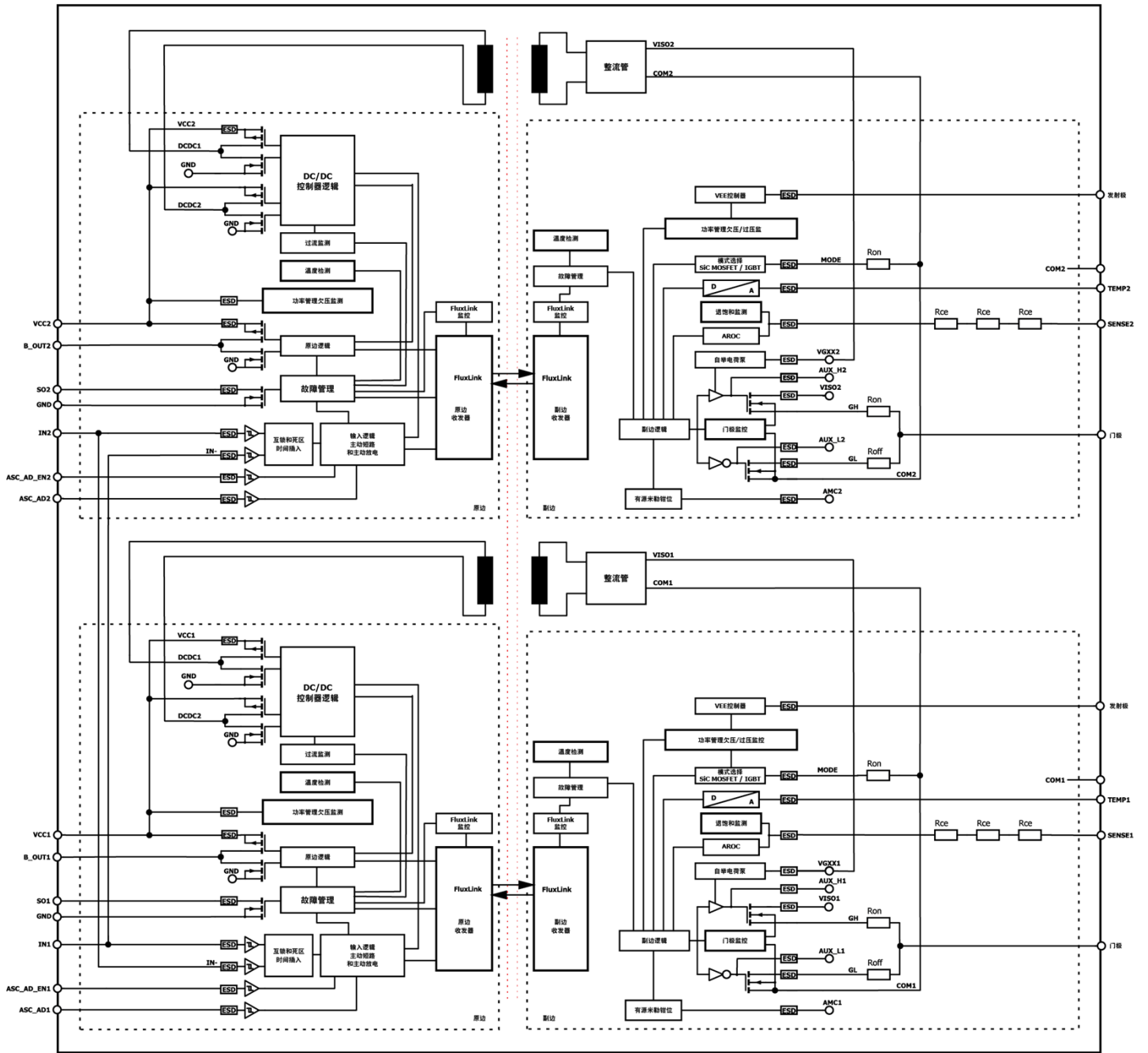


图3. 2SP0215F2Q0C功能原理框图

接口描述

连接器X300 (BOT通道)

从位于下部的连接到外部系统控制器 (Molex Micro-Fit 3.0连接器)。

<VCC1 (管脚1) >

原边5V电源。

<ASC_AD1> (管脚2)

该管脚与<ASC_AD_EN>一起确定主动短路(ASC)和主动放电(AD)工作模式。

<ASC_AD_EN1> (管脚3)

该管脚与<ASC_AD>一起确定主动短路(ASC)和主动放电(AD)工作模式。

<SO1> (管脚4)

漏极开路输出故障信号低电平有效。

<IN1> (管脚5)

原边控制输入信号。

<B_OUT1> (管脚6)

用于诊断和NTC温度值的比特流输出。

<GND> (管脚7)

VCC1的原边参考点GND。

连接器X400 (TOP通道)

从位于上部的连接到外部系统控制器 (Molex Micro-Fit 3.0连接器)。

<VCC2> (管脚1)

原边5V电源。

<ASC_AD2> (管脚2)

该管脚与<ASC_AD_EN>一起确定主动短路(ASC)和主动放电(AD)工作模式。

<ASC_AD_EN2> (管脚3)

该管脚与<ASC_AD>一起确定主动短路(ASC)和主动放电(AD)工作模式。

<SO2> (管脚4)

漏极开路输出故障信号低电平有效。

<IN2> (管脚5)

原边输入逻辑信号。

<B_OUT2> (管脚6)

用于诊断和NTC温度值的比特流输出。

<GND> (管脚7)

VCC2的原边参考点GND。

快速入门指南

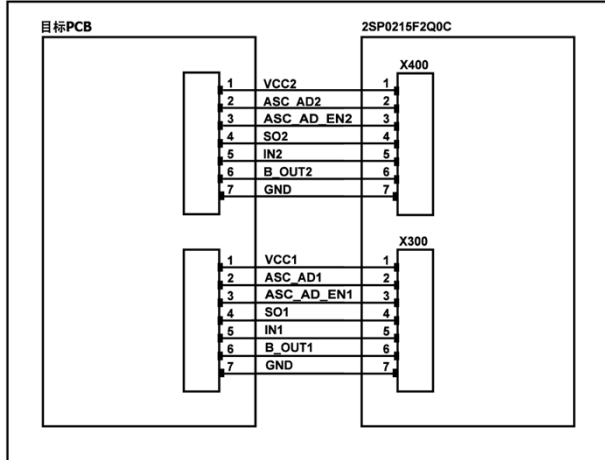


图4. 目标系统PCB与2SP0215F2Q0C的接口连接

连接器X300

从位于下部的连接到外部系统控制器（Molex Micro-Fit 3.0连接器）。

连接器X400

从位于上部的连接到外部系统控制器（Molex Micro-Fit 3.0连接器）。

2SP0215F2Q0C可以轻松调试，以评估各种应用的性能。为此，请按照以下步骤操作：

1. 关闭所有电源后，将目标系统连接到连接器X300和连接器X400。
2. 接通 V_{CC1} 和 V_{CC2} 的电源。
3. 根据表2在逻辑输入管脚<IN1>和<IN2>处施加PWM电压信号。

输入信号	波形	V_{LOW}	V_{HIGH}	f_{sw}	相位角
IN1	矩形	0V	5V	10kHz	0°
IN2	矩形	0V	5V	10kHz	180°

表2 PWM信号条件示例

注1：必须在PWM信号中插入>465ns的最小门极驱动器集成硬件死区时间，以避免死区时间告警。

4. ASC模式（主动短路）可以通过在假设的两电平三相逆变器的每个BOT通道或每个TOP通道上对<ASC_AD_EN>施加逻辑高电平来激活。ASC_AD_EN将覆盖IN1/IN2信号状态。

下面的表3显示了可能的模式：

ASC_AD_EN	ASC_AD	模式
0V	0V	正常模式
5V	0V	ASC模式 门极输出关断
5V	5V	ASC模式 门极输出开通

表3 主动短路模式

5. AD（主动放电）可以通过将逻辑高电平施加到<ASC_AD>同时将<ASC_AD_EN>保持在逻辑低电平来激活。

下面的表4显示了可能的模式：

ASC_AD_EN	ASC_AD	模式
0V	0V	正常模式
0V	5V	AD模式

表4 主动放电模式

6. <SOx>上的逻辑低信号表示存在严重故障。因此，目标系统必须将所有IN信号设置为逻辑低电平，以避免损坏功率半导体芯片。<B_OUTx>连续发送包含详细信息的串行数据流，其中包含实际状态、温度、错误和告警。

设计建议

为了实现2SP0215F2Q0C门极驱动器的最佳性能，请在目标系统控制器PCB的设计中考虑以下因素。

输入VCC1和VCC2

- <VCC1>和<VCC2>必须由独立电源供电，以符合功能安全要求。
- TOP通道和BOT通道必须有一个共用GND。
- <VCC1>和<VCC2>必须能够提供高达500mA的可变输出电流。实际值取决于功率半导体门极电荷和开关频率。

输入ASC_ADx、ASC_AD_ENx和INx

对于3.3V微控制器应用，建议在目标PCB上为输入<ASC_ADx>、<ASC_AD_ENx>和<INx>使用3.3V至5V的逻辑电平。建议考虑上电、断电序列期间的电平变换行为，以避免出现意外结果。

逻辑输入<IN1>和<IN2>的示例如图5所示。所有其他输入均应使用相同的电路。

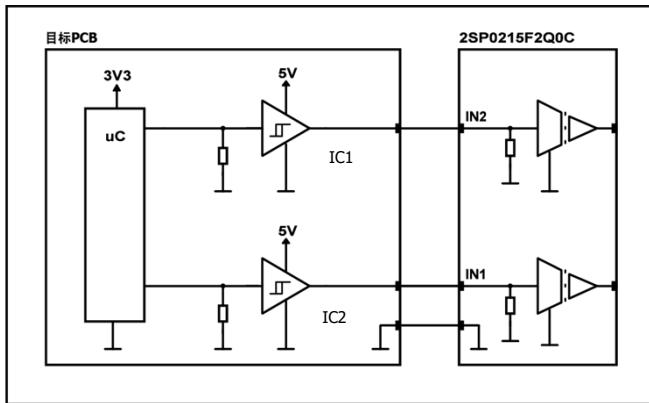


图5. 推荐用于3.3V微控制器应用的<INx>逻辑电平。

必须考虑以下要求：

施密特触发器IC1和IC2

- 使用供电电压为5V的施密特触发器
- 施密特触发器必须与3.3V输入信号兼容
- 在加电/断电条件下，施密特触发器输出必须保持逻辑低电平

输出B_OUTx和SOx

对于3.3V微控制器应用，建议在目标PCB上为输出信号<B_OUTx>和<SOx>使用5V至3.3V的逻辑电平。

逻辑输出SO1和SO2的示例如图6所示。所有其他数字输出管脚均应使用相同的电路。

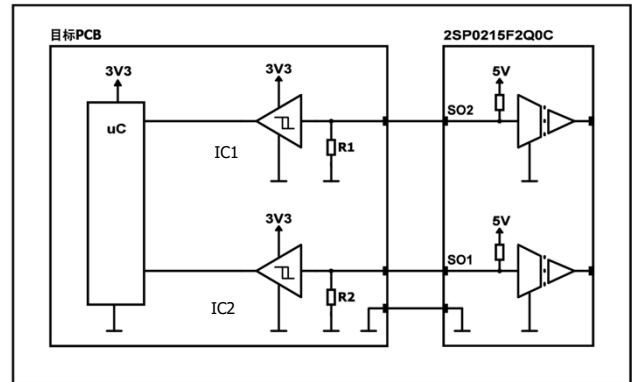


图6. 推荐用于3.3V微控制器应用的<SOx>输出的逻辑电平。

必须考虑以下要求：

下拉电阻R1和R2

- 在目标设计中使用100kΩ的弱下拉电阻来检测接线中断情况。

施密特触发器IC1和IC2

- 使用供电电压为3.3V的施密特触发器
- 施密特触发器必须与5V输入信号兼容
- 在加电/断电条件下，施密特触发器输出必须保持逻辑低电平

产品概述

2SP0215F2Q0C是一款适用于17mm EconoDUAL™3 IGBT模块的汽车级双通道门极驱动器。即插即用型门极驱动器专为要求汽车级认证的应用而设计，例如电动巴士、电动卡车、纯电动汽车、混合动力电动汽车或系统工作电压高达1000V的燃料电池逆变器。此外，即插即用型门极驱动器可以控制工业应用中的工业IGBT模块。2SP0215F2Q0C提供不同的产品变体，经过优化设计可满足特定IGBT模块的要求。

原边

- 集成LLC DC/DC电源
- 互锁
- 主动短路(ASC)功能
- 直流母线主动放电(AD)功能
- 故障输出（低时延）
- 数字比特流诊断输出
- IGBT模块和PCB温度输出

副边

- 副边稳压电源
- 电气隔离的IGBT模块NTC读数
- 电气隔离的PCB NTC读数
- 有源米勒钳位

诊断和监测

- 欠压和过压监测和告警
- 门极监控
- FluxLink™通信监控
- 通信奇偶校验
- 原边DC/DC过流监测
- 原边DC/DC两档过温监测
- 门极驱动器输出级过热监测
- 窄脉冲诊断

保护特性

- 最小死区时间
- PWM输入信号互锁
- 高级的电阻过压控制(AROC)
- 短路

在以下部分中，将简要描述所有功能和特性。更详细的说明请见“功能描述”一章。

原边电源

操作2SP0215F2Q0C需要分别使用两个单独的供电电压 V_{VCC2} 至GND（TOP通道）和 V_{VCC1} 至GND（BOT通道）。

安全上电和断电

在上电和断电期间，<INx>管脚必须保持逻辑低电平。任何与 V_{VCC} 和GND相关的供电电压都必须通过电容来稳定。供电电压达到各自的推荐额定值后，门极驱动器将在时间延迟 t_{START} 后开始工作。

集成DC/DC电源

每个门极驱动器通道均提供电气隔离的DC/DC控制器、功率电路、变压器和整流管，为副边供电。

输入门极控制信号

输入<IN1>（BOT通道）和<IN2>（TOP通道）逻辑可与使用5V CMOS逻辑的控制器配合工作。门极控制信号将通过电气隔离传输至副边，从而定义功率半导体芯片的开/关状态。

输入逻辑互锁

输入逻辑信号IN1和IN2彼此互锁。此功能可防止两个通道同时意外开通。

注：如果使能主动放电(AD)，则主动禁止此功能。

主动短路(ASC)功能

为了满足高压系统的功能安全要求和过压保护，2SP0215F2Q0C提供主动短路(ASC)模式，该模式可根据系统请求在电机端子之间产生短路。

直流母线主动放电(AD)功能

为了满足功能安全要求，2SP0215F2Q0C提供主动放电(AD)模式。激活后，此模式将使用IGBT模块对直流母线电容放电。相较于分立外部电路，这可以节省成本和电路板面积。

温度检测

2SP0215F2Q0C为BOT/TOP通道提供两个电气隔离的NTC读数。一个对应于功率半导体，另一个对应于PCB。

有源米勒钳位

有源米勒钳位可以防止在半桥配置中由于互补功率半导体的不必要开关而导致意外开通情况。2SP0215F2Q0C有源米勒钳位功能在相应的功率半导体芯片关断且门极电压低于一定阈值后导通。

门极驱动器输出级

2SP0215F2Q0C 包含一个高电流n沟道推挽驱动器级，与高电流IGBT模块的大门极电荷兼容。

欠压和过压监测和告警

每个门极驱动器通道连续监测供电电压 V_{CC} 。如果电源电压降至特定值以下，受影响的通道将进入UVLO模式，并通过<SOx>上的静态逻辑低电平和<B_OUTx>上的逻辑高电平来指示该情况。

此外，每个通道连续监测副边供电电压。如果出现过压和欠压情况，比特流输出中相应的告警位将被确认有效。

门极故障监控

2SP0215F2Q0C连续比较每个通道的门极电压与<IN1>/<IN2>给出的所需状态。如果出现意外情况，比特流输出中相应的告警位将被确认有效。

FluxLink™通信监控

2SP0215F2Q0C连续监控两个通道的原边和副边之间的通信(FluxLink™)状态。如果出现意外情况，比特流输出中相应的告警位将被确认有效。

通信奇偶校验

副边连续向原边发送状态信息。出于安全原因，副边在每个数据帧中插入奇偶校验位，以提供一种方法来检测目标系统损坏的数据。

注：奇偶校验位仅涵盖副边数据。

副边过温监测

门极驱动器2SP0215F2Q0C连续监测每个通道的副边功率半导体温度。如果出现过温情况，比特流输出中相应的告警位将被确认有效。

硬件死区时间

为了防止半桥击穿事件，2SP0215F2Q0C确保最小死区时间，如果目标系统死区时间低于特定值，则插入最小死区时间并确认比特流输出中的告警位有效。

高级的电阻过压控制(AROC)

如果门极驱动器处于关断过程或关断状态，则激活AROC过压限制算法。这提供了确定性的最大集电极电压，与集电极电流（包括短路事件后的关断）无关。

短路保护功能

当门极驱动器处于开通过程或导通状态时，短路检测算法会在延迟时间 $t_{SENSE(BL)}$ 结束后激活。

FluxLink™技术

FluxLink™技术允许信号穿过加强绝缘带传输，而无需磁性材料。通过固体绝缘提供>0.4mm的间距，加强绝缘带在物理上非常坚固。FluxLink™提供原边和副边之间的双向通信。

窄脉冲保护功能

2SP0215F2Q0C连续监控<IN1>/<IN2>。低于指定值的脉冲持续时间将延长，并且比特流输出中的相应告警位将被确认有效。

注：IGBT和二极管的最短导通时间对于避免二极管快速响应非常重要，尤其是在低温下。因此，建议PWM软件包含的最小导通时间应大于门极驱动器最小硬件导通时间。

功能描述

下面提供了功能和特性的详细说明。

原边电源

操作2SP0215F2Q0C需要使用两个单独的供电电压 V_{CC1} 至GND（TOP通道）和 V_{CC2} 至GND（BOT通道）。“电气数据”部分提供了非开关操作中的电流消耗。根据具体的IGBT模块、开关频率和温度，有功电流消耗会有所不同。

注1：为了提高功能安全性，建议对 V_{CC1} 和 V_{CC2} 用两个独立的电源。原边GND对于 V_{CC1} 和 V_{CC2} 是通用的。

注2：门极驱动器不提供反向电压保护。

注3：目标系统与X400和X300连接器之间的接线必须尽可能短。不允许接触或跨越高压电位。

集成DC/DC电源

为了生成隔离电压来驱动功率器件的门极，2SP0215F2Q0C的每个通道均包含一个集成DC/DC控制器、功率级MOSFET和变压器。

2SP0215F2Q0C监测每个通道的与DC/DC电源输出级相关的结温以及原边电流。

下表1概述了不同的传感器信号和相应的反应。以下传感器信号之间存在区别：

- 温度阈值 $OT1_{DCDC}$ （过温警告级别1）
- 温度阈值 $OT2_{DCDC}$ （过温警告级别2）
- 过流 I_{DCDC1} 和/或 I_{DCDC2}

表5概述了DC/DC控制器在启动阶段和正常工作期间的行为。“X”表示已达到传感器信号的相应阈值。“B_OUT”列列出了在出现错误/警告时置位为逻辑低电平的位。例如：在启动期间，检测到过流将导致DC/DC控制器停止。然而，一旦进入稳定工作状态，控制器将继续工作，但在这两种情况下，B_OUT[25]位将被确认有效以指示警告情况。

结温阈值 $OT1_{DCDC}$	结温阈值 $OT2_{DCDC}$	过流 I_{DCDC1} 和/或 I_{DCDC2}	<B_OUTx>	DC/DC控制器 器工作之启动阶段	DC/DC控制器 器工作之稳定工作
-	-	-	-	正常工作	正常工作
X	-	-	B_OUT[23]	正常工作	正常工作
-	X	-	B_OUT[23] B_OUT[24]	关断	关断
-	-	X	B_OUT[25]	关断	正常工作
X	-	X	B_OUT[23] B_OUT[25]	关断	正常工作
-	X	X	B_OUT[23] B_OUT[24] B_OUT[25]	关断	关断

表5 每个通道在不同条件下的DC/DC控制器状态

安全上电和断电

在上电和断电期间，<INx>以及<ASC_ADx>和<ASC_AD_ENx>输入必须保持逻辑低电平。任何与 V_{CCx} 和GND相关的供电电压都必须保持良好的稳定性。如果供电电压达到各自的额定值，门极驱动器将在延迟时间 t_{START} 后开始工作。

输入逻辑互锁

输入逻辑信号<IN1>和<IN2>彼此互锁。此功能可防止两个通道同时开通。

在标准工作条件下，可以安全地防止IGBT半桥短路。如果发生互锁事件，两个通道的B_OUT [28]将置位为逻辑低电平，并且两个门极驱动器输出级都将关断。

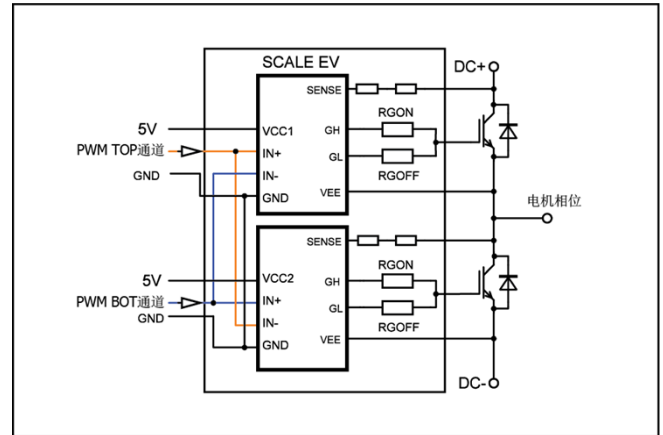


图7. 半桥配置中的互锁功能

注1：如果某个通道使能了主动放电功能，则该通道的互锁功能将被禁止。

电机主动短路模式(ASC)

为了实现功能安全并保护逆变器免受过高电压的影响，2SP0215F2Q0C提供主动短路(ASC)模式，该模式可根据系统请求在电机端子之间施加短路。

ASC模式允许系统将门极驱动器输出级保持在定义的状态，无论<INx>状态如何，都可以永久导通或永久关断。该功能可以短路电机端子以产生负扭矩，从而以可控的方式使车辆减速。

ASC模式可根据下表6激活。

ASC_AD_EN	ASC_AD	模式
0V	0V	正常模式
5V	0V	ASC模式 门极输出关断
5V	5V	ASC模式 门极输出开通

表6 主动短路模式

直流母线主动放电(AD)功能

为了避免需要额外的元件来对直流母线电容进行放电，2SP0215F2Q0C可提供主动放电(AD)模式。AD模式的原理是通过一个或多个半桥的IGBT模块释放直流母线能量。IGBT模块工作于线性区域(门极电压降低)，并以低占空比产生脉冲。线性工作允许IGBT模块充当限流器件。

AD模式通过将逻辑高电平施加到管脚<ASC_AD>同时将<ASC_AD_EN>保持在逻辑低电平来激活。

ASC_AD_EN	ASC_AD	模式
0V	0V	正常模式
0V	5V	AD模式

表7 主动放电模式

要对直流母线电容放电，必须遵循图9所示的方案。图8显示了目标系统中AD功能的实现示例。

注1: 首先，两个通道的门极驱动器必须在正常模式下工作；副边电压已达到稳定状态。

注2: 在AD模式下，输入逻辑互锁被忽略。

时间和细节

置位<ASC_AD_EN>和<ASC_AD>信号后，门极驱动器会降低副边供电电压，并且2SP0215F2Q在两个通道上发送欠压告警。随后，目标系统必须同时向<IN1>和<IN2>提供限定时常($\leq t_{SENSE(BL)}$)的逻辑高电平脉冲。

直流母线放电后，可通过将<ASC_AD>置位为逻辑低电平来恢复正常模式。门极驱动器恢复副边供电电压，并且恢复正常工作。

注2: 如果超过 $t_{SENSE(BL)}$ ，短路保护可能会意外激活。这也可作为一种安全机制，在系统微控制器指令高占空比时防止功率器件功耗过多。

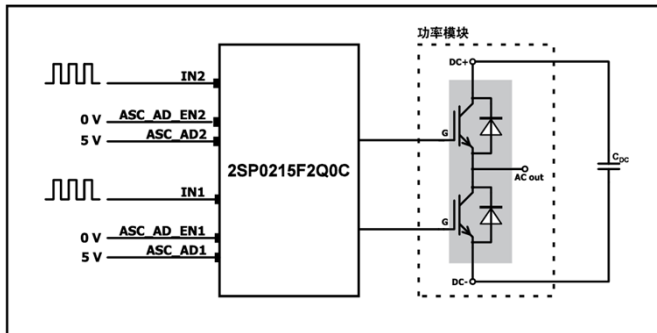


图8. 主动放电功能的实现

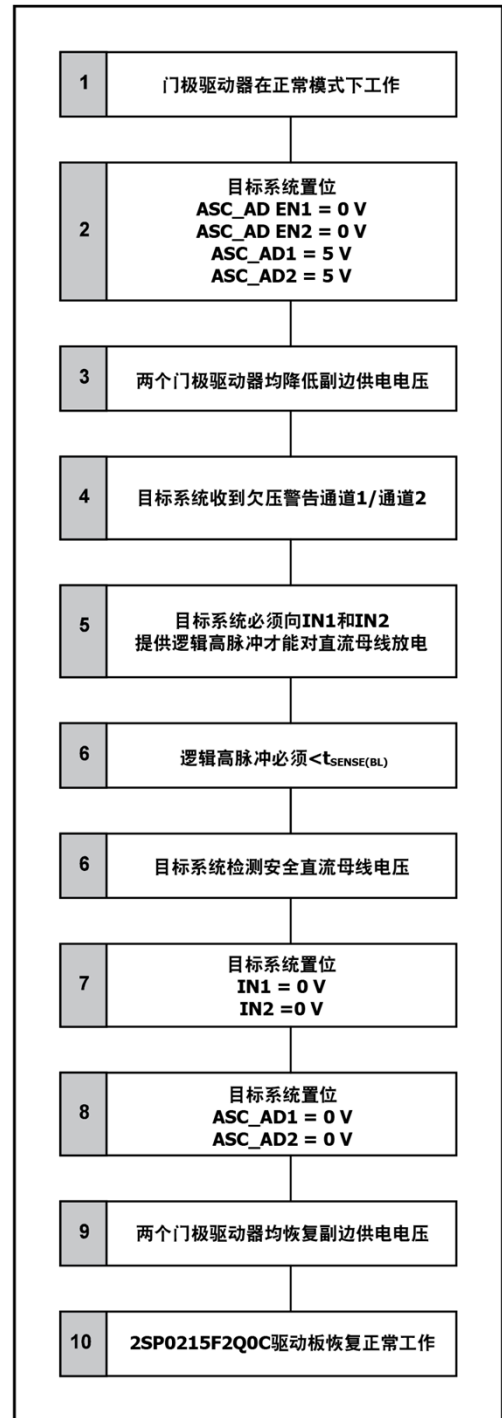


图9. 主动放电方案

举例：

图8和图10的仿真结果表明，使用2μs长度和1kHz重复速率的脉冲，可以在不到1秒内实现以850V充电的1100μF电容的放电。IGBT器件的温升为<5开尔文，即使在125°C基板温度下也能提供合适的裕量。

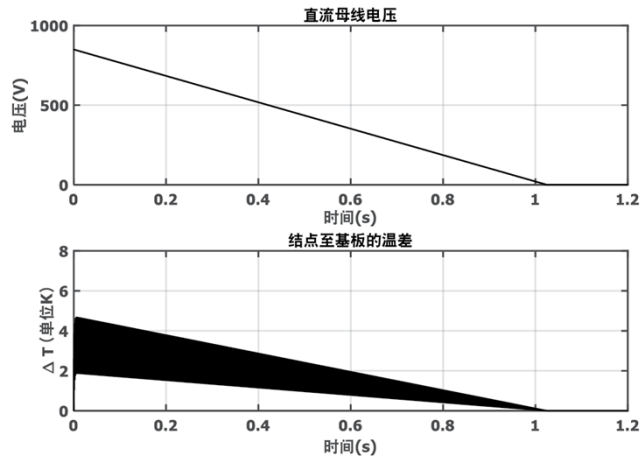


图10. 在850V、2μs、1kHz下使用具有1100μF电容的FF900R12ME7W_B11对主动放电进行热仿真

电容	1100 μF
直流母线电压	850V
PWM开关频率	1kHz
脉冲宽度	2μs
放电时间	< 2s
ΔT (单位K)	5K

表8 主动放电模式仿真结果

注：强烈建议评估最终应用中的真实温升性能，这可能与示例不同。在热应力过大的情况下，可以降低脉冲重复率。

副边电源

副边供电电压（ V_{VISO} 相对于COM）是通过电气隔离的DC/DC变压器从原边产生的单极电压。正门极-发射极电压由VISO-VEE提供，负门极-发射极电压由COM-VEE提供。集成稳压器使 V_{VISO} 至 V_{VEE} 保持稳定。

NTC温度检测

2SP0215F2Q0C提供电气隔离的NTC读数。BOT通道设计用于读取IGBT模块集成的NTC电阻。TOP通道设计用于读取PCB上的贴片NTC，位置如图11所示。

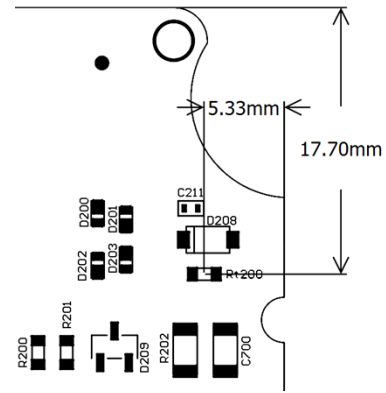


图11. 安装在PCB上的用于TOP通道的贴片热敏电阻

NTC电阻在传输到B_OUT之前由12位模数转换器(ADC)进行数字化。

方程式1通过应用以下公式描述函数R(B_OUT[2MSB:13LSB]):

$$R_{B_OUT} = 32 \times \frac{V_{TEMP}}{I_{TEMP} \times B_{OUT}[2:13]} \quad \text{方程式1}$$

举例：

对于B_OUT [2:13] = 011011100010₂，可以计算出以下电阻值：

$$R_{B_out} = 32 \times \frac{0.3 V}{20 \mu A \times 1762} = 272 \Omega$$

下图12显示了符合B_OUT[2:13]的PCB温度：

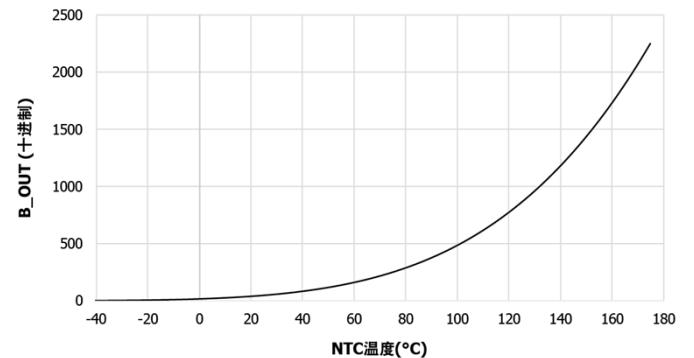


图12. B_OUT十进制温度值作为电路板NTC温度的函数

下图13显示了符合B_OUT[2:13]的IGBT NTC温度:

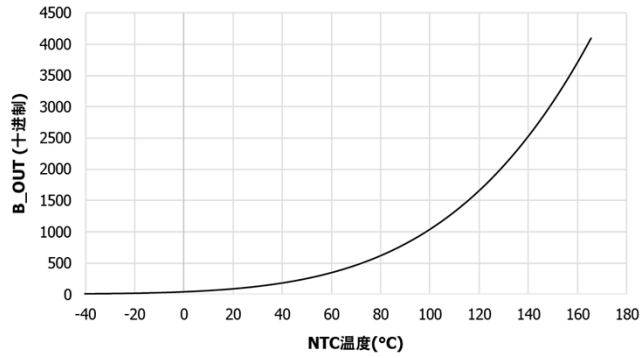


图13. B_OUT十进制温度值作为IGBT模块NTC温度的函数

集成有源米勒钳位

为了避免半桥拓扑中以及其他功率半导体芯片的开关事件期间的寄生导通效应, 有源米勒钳位在功率半导体的门极和负供电电压之间提供低阻抗连接。dv/dt变化通过米勒电容注入的电荷被短路至负门极电压, 从而使门极安全地保持在器件阈值电压以下。

硬件死区时间

为防止半桥短路, 如果目标系统死区时间插入低于特定值, 2SP0215F2Q0C可确保最小死区时间。

如果<IN1>和<IN2>之间的死区时间小于 t_{DT} , 门极驱动器将插入最小死区时间 t_{DT} , 并将B_OUT [28]置位为逻辑低电平以进行指示。

注1: 建议确保目标系统中有合适的死区时间。

注2: 建议在设置PWM软件时将IGBT的导通时间设为最短。由于di/dt和dv/dt较高, 短持续时间脉冲可能会损坏IGBT或二极管。

<SOx>和<B_OUTx>故障和诊断

门极驱动器每个通道使用两个逻辑输出管脚<SOx>和<B_OUTx>, 以支持故障管理和诊断。

<SOx>是一个漏极开路快速响应故障指示器。逻辑低电平表示故障状态, 相应的功率半导体将由门极驱动器关断。门极驱动器将保持在此状态, 直到相应通道输入INx发生下一个逻辑低-高电平转换。如果SO被识别为逻辑低电平, 建议立即关断所有通道。

注1: 副边故障会在<SOx>处产生一个最小 t_{SO} 的逻辑低电平脉冲。在该间隔时间 t_{SO} 之后, 门极驱动器将保持在此状态, 直到相应通道输入INx发生下一个逻辑低-高电平转换。

注2: 如果未超过UVLO的上限阈值, 则原边UVLO故障会产生连续逻辑低电平SO。在此故障条件下, 功率半导体将一直处于关断状态。门极驱动器将保持在此状态, 直到超过UVLO并且相应通道输入INx发生下一个逻辑低-高电平转换。

注3: 每当SO被确认有效(低电平有效)时, 下一个比特流数据包仅包含零。随后的数据包将反映有效信息, 包括要确认有效的故障原因。

B_OUT是数字比特流输出(图14)。结合使用<SO>和<B_OUT>可以确定多种不同的状态条件。

详细信息如表9所示:

SOx	B_OUTx[]	故障/告警
低	高	V_{CCx} 欠压故障
高	[14] = 低	V_{ISO} 欠压告警 UVV_{ISO}
高	[15] = 低	V_{ISO} 过压告警 OVV_{ISO}
高	[16] = 低	门极监控告警
高	[17] = 低	过压告警 $OT2_{GD}$
高	[18] = 低	过压告警 $OT1_{GD}$
高	[19] = 低	副边FluxLink™停止工作告警
低	[19] = 低	副边FluxLink™停止工作故障
低	[20] = 低	短路检测
高	[21] = 低或高	奇偶校验位, 设置方式为 B_OUT[2:21]高位之和为奇数
高	[22] = 高	原边FluxLink™停止工作告警
高	[23] = 高	过温告警 $OT1_{DCDC}$
高	[24] = 高	过温告警 $OT2_{DCDC}$
高	[25] = 高	启动期间原边DC/DC控制器过流告警
高	[25] = 高	启动后原边DC/DC控制器过流告警
高	[27] = 高	死区时间插入告警
高	[28] = 高	互锁告警

表9 SO和B_OUT的组合故障和状态反馈

注：<B_OUTx>位的逻辑低电平或高电平条件由图14中定义的脉冲宽度决定。

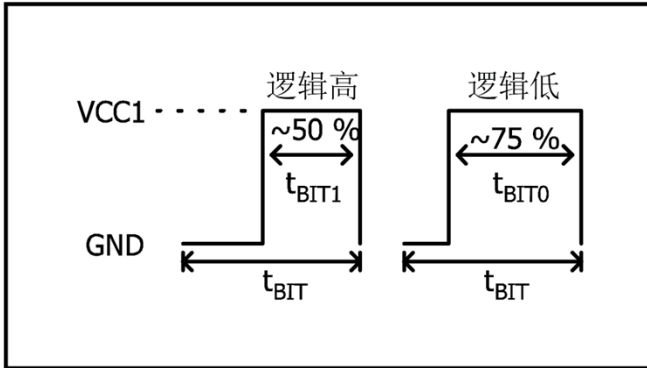


图14. B_OUT处逻辑低电平和逻辑高电平的定义

数字比特流B_OUT的信息由一个起始位逻辑高电平、27个有效负载位和1个终止位组成。在起始位之前，发送一系列逻辑低电平位(B_OUT[idle])。空闲位的数量不固定。它由异步帧时间 t_{B_OUT} 减去传输起始位、有效负载位和终止位所需的时间来定义。

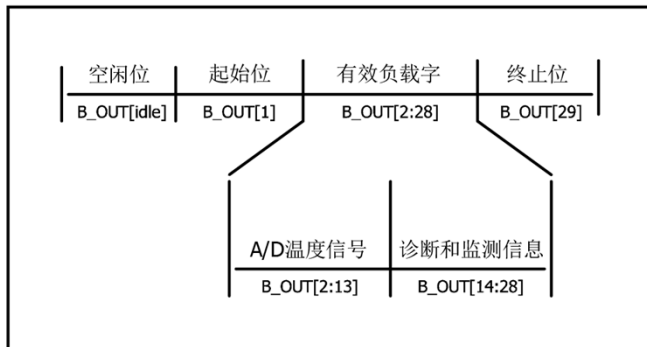


图15. B_OUT位分配

下面将解释表9中列出的各个故障、告警和反馈。

欠压和过压监控和告警

供电电压受到监控。如果出现欠压闭锁(UVLO)或过压告警(OVW)，则会生成故障或告警信号。

欠压监控功能可以检测：

- 如果 V_{VCC} （原边）达到欠压闭锁电平 $UVLO_{VCC1}/UVLO_{VCC2}$ ，相关门极驱动器通道将关断。<SOx>信号将置位为逻辑低电平，<B_OUTx>将保持逻辑高电平。
- 如果 V_{VISO} （副边）达到欠压告警电平 UVW_{VISO1}/UVW_{VISO2} ，相关的门极驱动器通道保持活动状态，仅在B_OUT[14]（逻辑低电平）处显示告警。
- 如果 V_{VISO} （副边）达到过压告警电平 OVW_{VISO1}/OVW_{VISO2} ，相关的门极驱动器通道保持活动状态，仅在B_OUT[15]（逻辑低电平）处显示告警。

门极监控故障诊断

2SP0215F2Q0C监控每个门极驱动器通道副边的门极输出，将预期电平与控制输入<IN1/2>进行比较。

如果在<IN1>或<IN2>处施加逻辑高电平，相应的门输出将接通。在 $t_{GM(ON)}$ 时间结束后，检测门极的输出电压。 V_{GE} 电压电平必须大于内部参考值 $V_{GM(ON)}$ 。否则，将通过激活告警位B_OUT[16]来生成门监控告警。

同样，如果在<IN1/2>处施加逻辑低电平，门极输出将关断功率半导体芯片的门极。在 $t_{GM(OFF)}$ 内部时间结束后，检测门极的输出电压。如果电压电平仍然高于内部参考电压 $V_{GM(OFF)}$ ，则将通过激活告警位B_OUT[16]来生成门极监控告警。

门极监控功能可以检测以下故障：

- 高阻门极电阻
- 门极驱动器通信故障
- 推动级故障
- 所驱动的功率半导体芯片的门极-发射极短路

注1：数字比特流的频率可能与<IN1>或<IN2>处施加的指令信号的频率不同。不过，所有开关事件都将受到监控，并报告任何故障信号，即故障状态将被锁定并在下一次比特流传输时进行报告。

FluxLink™通信监控

2SP0215F2Q0C持续监控两个通道的原边和副边之间的内部通信通道(FluxLink™)状态。

FluxLink™通信监控功能可以检测：

- 如果原边的通信受到干扰通常持续 $10\mu s$ ，并且未检测到有效消息，则门极驱动器将触发原边FluxLink™停止工作告警，并将位B_OUT [22]置位为逻辑低电平。
- 如果副边的通信受到干扰通常持续 $10\mu s$ ，并且未检测到有效消息，则门极驱动器将触发副边FluxLink™停止工作告警，并将位B_OUT [19]置位为逻辑低电平。

如果副边的通信故障持续时间超过 $20\mu s$ ，则会触发副边FluxLink™停止工作故障，并且在 $t_{SO(OL)}$ 延迟过后，SO将置位为逻辑低电平并持续 t_{SO} 。门极驱动器的相关通道关闭并保持在锁定状态，直到FluxLink恢复正常工作并在随后INx上接收到逻辑低电平至高电平的转换。

通信奇偶校验

从副边发送到原边的数据中添加一个附加奇偶校验位。奇偶校验位位于位置B_OUT[21]，如图16所示。

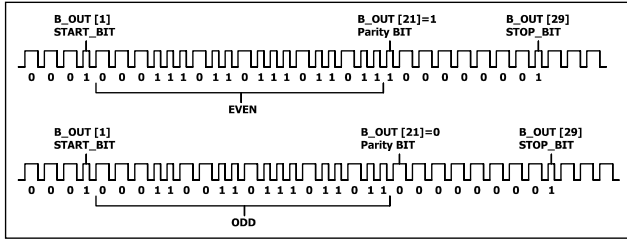


图16. 附加奇偶校验位的示例。

奇偶校验位的计算方式是逻辑高电平[2:21]的和为奇数。

门极驱动器输出级过温监控

每个门极驱动器通道的温度均在原边和副边进行监控。在原边监控DC/DC电源输出级，在副边监控门极驱动器输出级的温度。

过温监控功能可以检测：

- 如果副边的温度超过 $OT1_{GD}$ 阈值水平，则会发出告警。相关的门极驱动器通道保持导通状态，仅在B_OUT [18]（逻辑低电平）处显示告警。
- 如果温度进一步升高达到 $OT2_{GD}$ ，则会发出第二次告警。相关的门极驱动器通道也保持导通状态，仅在B_OUT [17]（逻辑低电平）处显示告警。
- 如果原边的温度达到 $OT1_{DCDC}$ 阈值水平，则会发出告警。相关的门极驱动器通道导通状态，仅在B_OUT [23]（逻辑高电平）处显示告警。
- 如果温度进一步升高达到 $OT2_{DCDC}$ ，则会发出第二次告警。相关的门极驱动器通道也保持导通状态，仅在B_OUT [24]（逻辑高电平）处显示告警。

注：门极驱动器不会停止其工作。因此，为防止门极驱动器受到任何热损坏，目标系统必须采取适当措施，将门极驱动器的工作条件保持在其建议水平之内。

高级的电阻过压控制(AROC)

AROC是一种先进的电路，用于限制IGBT关断期间的 V_{CE} 过压。如果门极驱动器处于关断过程或关断状态，则激活过压限制算法。控制由电流 I_{SENSE} 触发，该电流来源于受特定电阻限制的集电极-发射极电压，并馈入门极驱动器IC。如果触发AROC功能，请参见图17。门极驱动器将调整门极电流以限制关断 di/dt ，进而限制集电极-发射极电压。

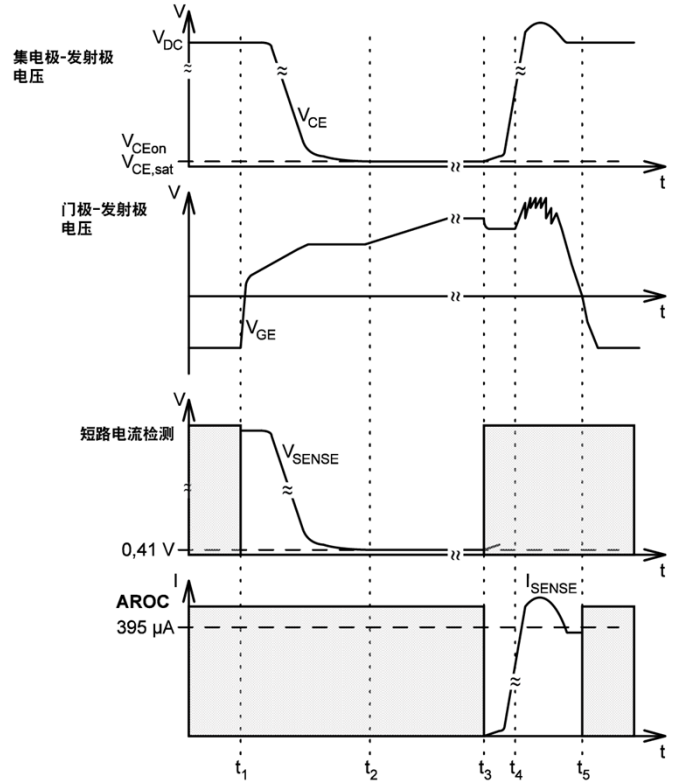


图17. SENSE电位的AROC和短路检测

短路保护功能

当门极驱动器处于开通过程或导通状态时，短路检测会在内部响应时间 $t_{SENSE(BL)}$ 结束后激活。当连接功率半导体芯片的集电极-发射极两端的 V_{CE} 电压达到设定阈值 $V_{SC(TH)}$ 时，门极驱动器就会检测到短路情况，并通过关断相关门极驱动器通道进行响应。如果发生短路事件，在经过 $t_{SQ(DL)}$ 延迟后， $\langle SOx \rangle$ 信号将转变为逻辑低电平并持续 t_{SO} 。此外，B_OUT[20]置位为逻辑低电平。

功能安全

2SP0215F2Q0C根据ISO 26262标准设计而成。该门极驱动器是为满足ASIL D标准的汽车安全应用而设计。2SP0215F2Q0C功能安全手册中介绍了功能安全方面的内容。

2SP0215F2Q0C包含Power Integrations的两个门极驱动器IC。

2SP0215F2Q0C配备多种报警和故障功能：

- 根据告警的定义，2SP0215F2Q0C将通过比特流向系统报告事件，但不会激活<SOx>故障输出。
- 根据故障的定义，2SP0215F2Q0C将通过比特流向系统报告事件，此外将激活<SOx>。

告警和故障可以进一步细分为自诊断和系统支持诊断。系统诊断旨在增强系统的诊断功能，从而支持系统设计人员达到所需的功能安全水平。

为了满足安全相关系统的要求，2SP0215F2Q0C提供了多种安全相关功能。从独立于环境的安全要素(SEoC)的角度来看，这些功能可以集成到安全概念中：

- 门极监控
- 主动放电
- 主动短路
- 对IGBT模块NTC进行电气隔离的温度检测
- 对PCB NTC进行电气隔离温度检测
- FluxLink控制
- 短路检测
- 有源米勒钳位
- DC/DC结温检测
- 低压侧欠压闭锁(UVLO)和高压侧UVW
- 高压侧过压告警(OVW)
- 死区时间和互锁
- 加强绝缘
- 诊断输出（比特流），两个独立通道

原边故障

每通道(1/2)欠压	<SOx>输出激活，并且关断指令发送至2SP0215F2Q0C的副边（高压侧）。 只要情况持续存在，B_OUTx就会被禁止，2SP0215F2Q0C将不再接受任何指令。
------------	---

表10 原边故障诊断

副边故障

每通道(1/2)短路监控	检测驱动的IGBT模块在导通期间是否短路。 这是一个与半桥相关的诊断，可检测电桥另一半是否导通或是处于短路状态。
每通道(1/2)副边FluxLink™停止工作故障	如果20 μs后未检测到消息，则在超时触发。 向原边发送SO指令，并向门极驱动器输出级发送关断指令。

表11 副边故障诊断

原边告警	
每通道（1和2）DC/DC过流	检测2SP0215F2Q0C上的DC/DC电源电流。 当DC/DC电源的电流负载超过内部阈值 $I_{DCDC1,th}$ 和/或 $I_{DCDC2,th}$ 时激活。
违反IN1/IN2互锁	检测<IN1>和<IN2>同时为高电平的情况
违反IN1/IN2死区时间	这是半桥相关告警。还添加了足够的死区时间以避免半桥短路。 检测开关门极驱动器之间的死区时间相对于电桥另一半的门极驱动器是否具有延迟。
原边FluxLink™停止工作告警	如果10 μs后未检测到有效消息，则在超时触发。
DC/DC过温档位1	当DC/DC电源的温度上升超过 $OT1_{DCDC}$ 时激活。
DC/DC过温档位2	当DC/DC电源的温度上升超过 $OT2_{DCDC}$ 时激活。 只要这种情况持续存在，DC/DC电源也会关断。

表12 原边诊断警告

副边告警	
每个通道1和2的欠压告警	当副边供电电压低于内部阈值 UVW_{VISO} 时激活。
每个通道1和2的过压告警	当副边供电电压高于内部阈值 OVW_{VISO} 时激活。
每通道1和2的副边FluxLink™停止工作告警	如果10 μs后未检测到有效消息，则在超时触发。
每个通道1和2的门极监控	读回门极状态，并与副边接收到的指令进行比较。如果值不正确，则它会锁存一个告警，并将该告警发送到原边。虽然告警更新比2SP0215F2Q0C开关频率 f_{SW} 慢 f_{SW} 倍，但任何错误都会被锁存并在下一帧中传输。
每个通道1和2的门极驱动器输出级温度档位1	当门极驱动器输出级的温度上升超过 $OT1_{GD}$ 时激活
每个通道1和2的门极驱动器输出级温度档位2	当门极驱动器输出级的温度上升超过 $OT2_{GD}$ 时激活
每个通道1和2的CRC奇偶校验位	从副边到原边的数字比特流中添加一个偶数奇偶校验位。它被添加到<B_OUTx>。

表13 副边诊断警告

最小/最大额定值

参数	符号	条件 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C	最小值	最大值	单位
绝对最小/最大额定值:					
原边供电电压	V_{VCC}	以GND管脚为参考	-0.5	6	V
逻辑输入电压 (指令信号) ²	V_{INx}	以GND管脚为参考	-0.5	$V_{VCC} + 0.5$	V
逻辑输入电压ASC_AD_ENx和ASC_ADx	V_{ASCx}	以GND管脚为参考	-0.5	$V_{VCC} + 0.5$	V
逻辑输出电压SOx (状态信号)	V_{SOx}	以GND管脚为参考	-0.5	$V_{VCC} + 0.5$	V
逻辑输出电压B_OUTx (比特流信号)	V_{B_OUTx}	以GND管脚为参考	-0.5	$V_{VCC} + 0.5$	V
输出电流SOx (状态信号)	I_{SOx}	漏极开路下拉, 1.5kOhm 内部上拉		3.5	mA
逻辑输出电流B_OUTx (比特流信号)	I_{B_OUTx}			±20	mA
每通道门极输出功率	P_{gx}			2	W
开关频率	F_{SW}			20	kHz
原边到副边测试脉冲耐压 (1.2/50μs) ⁶⁻⁸	$V_{IMP(PS)}$	符合IEC 60664-1:2020	4000		V_{PK}
副边到副边测试脉冲耐压 (1.2/50μs) ⁶⁻⁸	$V_{IMP(SS)}$	符合IEC 60664-1:2020	2500		V_{PK}
原边到副边工作电压	V_{OP}	仅瞬态		1200	V_{PK}
原边到副边工作电压 直流母线电压	$V_{DC-Link}$	永久施加		1000	VDC
		开关操作		950	VDC
共模瞬态抗扰性	$ dv/dt $		50		kV/μs
存储温度 ³	T_{st}		-40	50	°C
工作环境温度	T_A		-40	85	°C
表面温度 ⁴	T_{SF}			85	°C
工作相对湿度	H_R	无冷凝		85	%
工作高度 ⁵	A_{OP}			5500	m

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. INx信号必须静态地处于给定限值内。从低电平状态到高电平状态的转变必须在50ns内发生，反之亦然。
3. 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）必须将限制在给定值内。否则，将其限制在85°C。
4. 元件表面温度可能会因实际工作条件而有很大差异，因此必须将三防漆版门极驱动器限制在给定值内，以确保三防漆的长期可靠性。
5. 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。
6. 板上装配的门极驱动器IC SIC2192FQ根据其数据表进行测量。
7. 所有绝缘子系统均单独测试。产品绝缘未经生产线末端测试。
8. 要求客户根据其产品标准进行高压测试。

推荐的工作条件

参数	符号	条件 $T_a = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$ (除非另有说明)	最小值	典型值	最大值	单位
推荐的工作条件						
原边供电电压	V_{VCCx}	以GND管脚为参考	4.75	5	5.25	V
门极导通电压	$V_{GE,ON}$	以VEE管脚为参考		15		V
门极关断电压	$V_{GE,OFF}$	以VEE管脚为参考		-5		V
逻辑低输入电压 (指令信号)	$V_{INx(L)}$	以GND管脚为参考			0.7	V
	$V_{ASC_AD_ENx(L)}$					
	$V_{ASC_ADx(L)}$					
逻辑高输入电压 (指令信号)	$V_{INx(H)}$	以GND管脚为参考	4.2			V
	$V_{ASC_AD_ENx(H)}$					
	$V_{ASC_ADx(H)}$					
逻辑输出电流 I_{SOx} (故障信号)	I_{SOx}	$V_{VCCx} = 5\text{V}$, $R_{SOx} = 1.5\text{k}\Omega$, 漏极开路		- 3.3		mA
开关频率	f_{SW}	2SP0215F2Q0C-FF900R12ME7W_B11			10	kHz

参数	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位	
		$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$ (除非另有说明)						
电气特性								
逻辑低输入阈值电压 (指令信号)	$V_{\text{INx(HL)}}$	$V_{\text{VCCx}} = 5\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $f_{\text{SW}} = 210\text{kHz}$			1.3		V	
	$V_{\text{ASC_AD_ENx(HL)}}$	$V_{\text{VCCx}} = 5\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$			1.3		V	
	$V_{\text{ASC_ADx(HL)}}$							
逻辑高输入阈值电压 (指令信号)	$V_{\text{INx(LH)}}$	$V_{\text{VCCx}} = 5\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $f_{\text{SW}} = 10\text{kHz}$			3.5		V	
	$V_{\text{ASC_AD_ENx(LH)}}$	$V_{\text{VCCx}} = 5\text{V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$			3.5		V	
	$V_{\text{ASC_ADx(LH)}}$							
输入偏置电流	I_{INx}	$V_{\text{VCCx}} = 5\text{V}$, $R_{\text{INx+}} = 1.53\text{k}\Omega$			3.3		mA	
	$I_{\text{ASC_AD_ENx}}$	$V_{\text{VCCx}} = 5\text{V}$, $R_{\text{ASC_AD_ENx}} = 1.53\text{k}\Omega$			3.3			
	$I_{\text{ASC_ADx}}$	$V_{\text{VCCx}} = 5\text{V}$, $R_{\text{ASC_ADx}} = 1.53\text{k}\Omega$			3.3			
供电电流 (原边)	I_{VCCx}	$V_{\text{VCCx}} = 5\text{V}$, $V_{\text{INx}} = 0\text{V}$		待定	待定	待定	mA	
		$V_{\text{VCCx}} = 5\text{V}$, $V_{\text{INx}} = 0/5\text{V}$, $f_{\text{SW}} = 10\text{kHz}$		待定	待定	待定		
欠压电源监控阈值 (原边)	$\text{UVLO}_{\text{VCCx}}$	恢复工作		4.30	4.35	4.45	V	
		暂停工作		3.85	4.12	4.20		
欠压电源监控消隐时间 (原边)	$\text{UVLO}_{\text{VCCx(BL)}}$	V_{VCCx} 电压降, 从tbd到tbd (时间待定)		待定	待定	待定	ns	
欠压电源监控阈值 (副边)	$\text{UVW}_{\text{VISOx}}$	在 V_{VISO} 和 V_{VEE} 之间 测量		清除告警	12.3	12.85	13.5	V
				置位告警	11.6	12.3	13	
		回差		0.35	0.60	0.85		
欠压电源监控消隐时间 (副边)	$\text{UVW}_{\text{VISOx(BL)}}$	V_{VISO} 电压降, 从tbd到tbd (时间待定)		待定	待定	待定	ns	

参数	符号	条件 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$ (除非另有说明)	最小值	典型值	最大值	单位	
电气特性 (续)							
过压电源监控阈值 (副边)	OVW _{VISOx}	在V _{VISO} 和V _{VEE} 之间 测量	清除告警	17.3	18.5	19.8	V
			置位告警	18	19.1	20.4	
		回差	0.3	0.6	0.84		
通电启动时间	t _{START}	原边和副边供电电压达到门极驱动器正常工作所需的最低水平的的时间。			待定	ms	
SENSE故障监控消隐时间	t _{SENSE(BL)}		2.4		3.1	μs	
最小导通和关断脉冲	t _{GE(MIN)}	所有短于t _{GE(min)} 的信号都将延长至t _{GE(min)}	33		1000	ns	
开通传输延迟时间	t _{p(LH)}	V _{INx} 电位在10ns内从0V变为5V。延迟的测量范围为从<INx>管脚的电压升高50%到GH管脚的电压升高10%之间 T _J = 25°C 负载: 取决于模块 ¹	待定	待定	待定	ns	
		V _{INx} 电位在10ns内从0V变为5V。延迟的测量范围为从INx管脚的电压升高50%到GH管脚的电压升高10%之间 T _J = 85°C 负载: 取决于模块 ¹	待定	待定	待定		
关断传输延迟	t _{p(HL)}	V _{INx} 电位在10ns内从5V变为0V。延迟的测量范围为从INx管脚的电压升高50%到GL管脚的电压减小10%之间 T _J = 25°C 负载: 取决于模块 ¹	待定	待定	待定	ns	
		V _{INx} 电位在10ns内从5V变为0V。延迟的测量范围为从INx管脚的电压升高50%到GL管脚的电压减小10%之间 T _J = 85°C 负载: 取决于模块 ¹	待定	待定	待定		
门极监控导通阈值 门极监控 关断阈值	V _{GM(ON)}	V _{GM(ON)} = V _{VISO} - V _{GL} , V _{IN1} = 5V, V _{IN2} = 0V	2.8	3.1	3.4	V	
	V _{GM(OFF)}	V _{GM(OFF)} = V _{GH} - V _{COM} , V _{IN1} = 0V, V _{IN2} = 0V	2.3	2.7	3.4		
门极监控导通延迟	t _{GM(ON)}	副边收到导通信号(对应于GH信号的50%上升时间)到(V _{VISO} - V _{VGL})达到V _{GM(ON)} 之间的延迟时间	待定	待定	待定	μs	
门极监控关断延迟	t _{GM(OFF)}	副边收到关断信号(对应于GH信号的50%下降时间)到(V _{VGH} - COM)达到V _{GM(OFF)} 之间的延迟时间	待定	待定	待定	μs	
输出级过温1	OT1 _{GD}	设置位B_OUTx[18]	135	150	165	°C	
输出级过温2	OT2 _{GD}	设置位B_OUTx[17]	160	175	190	°C	
半桥死区时间	t _{DT}		465	660	870	ns	

注释:

1. 使用典型模块进行测量。时间可能会有所不同(不同的模块负载)。

参数	符号	条件 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$ (除非另有说明)	最小值	典型值	最大值	单位
----	----	---	-----	-----	-----	----

电气特性 (续)

DC/DC控制器过流阈值	$I_{DCDC1(TH)}$	设置位B_OUTx[25]	待定	待定	待定	A
	$I_{DCDC2(TH)}$	设置位B_OUTx[25]	待定	待定	待定	
DC/DC控制器过温	$OT1_{DCDC}$	设置位B_OUTx[23]	135	150	165	°C
	$OT2_{DCDC}$	设置位B_OUTx[24], DC/DC控制器工作关断	160	175	190	
内部TEMP参考电压	V_{TEMP}	内部参考电流通过连接在TEMP和COM管脚之间的外部电阻 $R_{TEMP}=400\Omega$ 进行调整	0.29	0.3	0.33	V
内部TEMP参考电流	I_{TEMP}		18.5	20	21	μ A
TEMP采样时间	$t_{B_OUT_TEMP_SAMPLING}$	B_OUTx处的温度输出比特流在这段时间内(8 x t_{B_OUT})根据新的温度采样进行更新	待定	待定	待定	ms
SOx输出电压逻辑低电平	$V_{SO(0)}$	$V_{VCCx} \geq 3.9V$, $I_{SOx} = 3.4mA$, 以GND管脚为参考	80	144	278	mV
SOx故障信号持续时间	t_{SO}	故障事件期间SO信号处于低电平的持续时间	待定	10	待定	μ s
SO故障信号延迟时间	$t_{SO(dI)}$	将故障从副边传输至SO管脚的延迟时间	待定	165	待定	ns

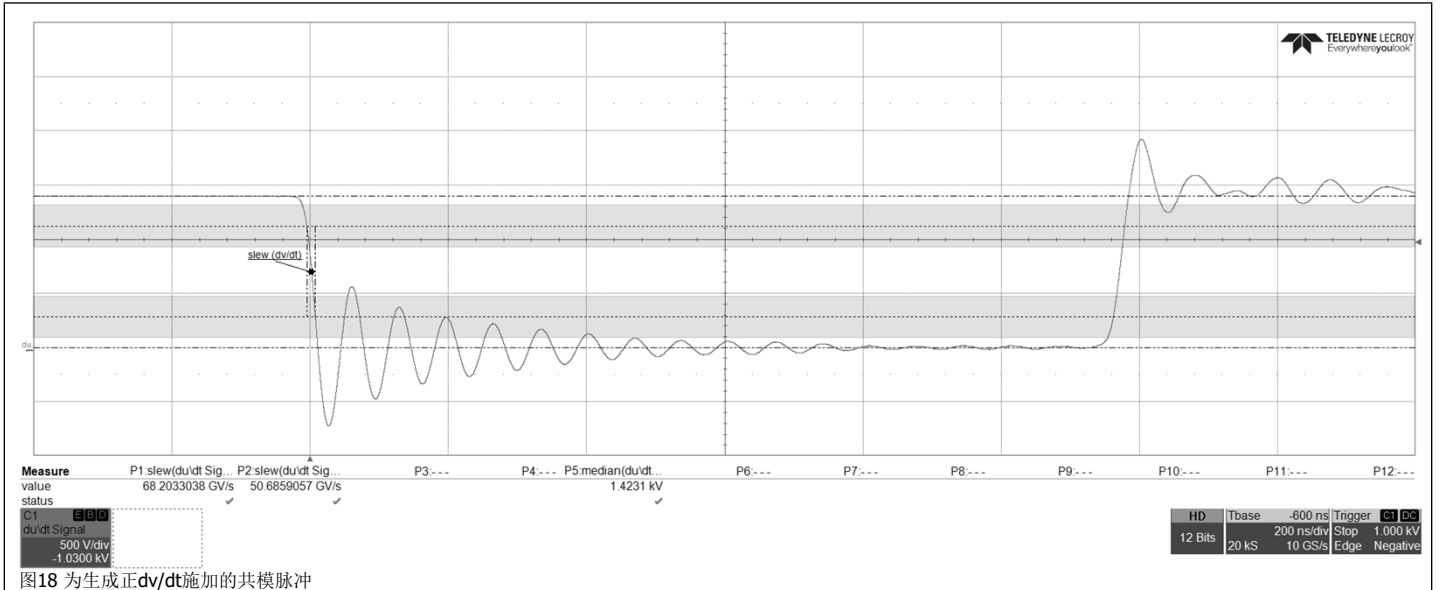
参数	符号	条件 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C (除非另有说明)	最小值	典型值	最大值	单位	
B_OUT特性通道1和2							
位长度	t_{BIT}	从B_OUT信号的一个位开始到下一个位开始的时间	2.25	2.35	2.49	μs	
位脉冲宽度	t_{BIT0}	B_OUT的百分比 > 位长度 t_{BIT}	72	73	74	%	
	t_{BIT1}		45	47	50		
位帧传输速率	$t_{\text{B_OUT}}$	从一个数据帧起始位到下一数据帧起始位的传输时间	588	615	631	μs	
数据字	B_OUT[idle]	始终为逻辑低电平, 注1	28			位	
	B_OUT[1:29]	B_OUT[1]	起始位, 逻辑高电平		1		
		B_OUT[2:13]	数字化TEMP信号, B_OUT[2] = MSB, B_OUT[13] = LSB		12		
		B_OUT[14]	WISO欠压告警, 低电平有效		1		
		B_OUT[15]	WISO过压告警, 低电平有效		1		
		B_OUT[16]	门极监控告警, 低电平有效		1		
		B_OUT[17]	过温告警OT2GD, 低电平有效		1		
		B_OUT[18]	过温告警OT1GD, 低电平有效		1		
		B_OUT[19]	副边FluxLink™停止工作告警, 低电平有效, 注2		1		
		B_OUT[20]	短路检测故障, 低电平有效, 注2		1		
		B_OUT[21]	原边到副边通信的奇偶校验位		1		
		B_OUT[22]	原边FluxLink™停止工作告警, 高电平有效		1		
		B_OUT[23]	过温告警OT1DCDC, 高电平有效		1		
		B_OUT[24]	过温告警OT2DCDC, 高电平有效		1		
		B_OUT[25]	原边DC/DC控制器过流告警, 高电平有效		1		
		B_OUT[26]	未使用, 始终为逻辑低电平		1		
		B_OUT[27]	死区时间插入告警, 高电平有效		1		
		B_OUT[28]	互锁告警, 高电平有效		1		
		B_OUT[29]	终止位, 逻辑高电平		1		
B_OUT输出电压逻辑低电平	$V_{\text{B_OUT}(0)}$	$V_{\text{VCC1}} \geq 3.9\text{V}$, $I_{\text{B_OUT}} = 3.3\text{mA}$, 以GND1为参考	23	41	80	mV	

1. 实际位数取决于实际帧持续时间, 并且可能因异步传输而有所不同。
2. 始终在2个连续的B_OUTx帧中发送两次

参数	符号	条件 $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ 至 $+85^{\circ}\text{C}$ (除非另有说明)	最小值	典型值	最大值	单位
绝缘特性						
原边和副边之间的爬电距离	CPG _{P-S}	外层, 符合IEC 60664-1:2020, 表F.5, 考虑技术清洁度	11			mm
	CPG _{S-S}	外层, 符合IEC 60664-1:2020, 表F.5, 未考虑技术清洁度	6			
原边和副边之间的间隙距离	CLR _{P-S}	外层, 符合IEC 60664-1:2020, 表F.2, 考虑技术清洁度, 包括海拔校正因数	4.9			mm
	CLR _{S-S}	外层, 符合60664-1:2020, 表F.2, 考虑技术清洁度, 包括海拔校正因数	3			mm
隔离电阻, 输入到输出	R _{IO}	$V_{IO} = 500\text{V}$, $25^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq T_{A(\text{MAX})}$	待定			MΩ
	R _{IO(S)}	$V_{IO} = 500\text{V}$, $T_S^3 = 85^{\circ}\text{C}$	待定			
隔离电容, 输入到输出	C _{IO}	$V_{CIO} = 2\text{V}$, $f_{CIO} = 1\text{MHz}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ (每通道)		10		pF
交流电压测试 (绝缘耐压测试)	V _{ISO}	符合IEC 60664-1:2020, 1s	3395			V _{RMS}
输入到输出局部放电消失电压	V _{PDext,PS}	该测试符合IEC 60664-3:2016的局部放电测试标准(第5.8.5节)。	1591			VRMS

电气特性(EMI)信息

参数	符号	条件	最小值	类型	最大值	单位
共模瞬态抗扰性	$ dV_{CM}/dt $	$ V_{CM} = 1400VDC$ 静态和动态, 符合VDE 0884-17 注1	± 50			kV/ μs
可变磁场抗扰性	H_{PEAK}	符合ISO11452-8/测试等级IV 15Hz – 1kHz: 1000A/m 1kHz – 10kHz: 1000A/m至10 A/m 10kHz – 150kHz: 10A/m		待定		
辐射抗扰性	E_{RAD}	符合ISO11452-3 80MHz – 1GHz 注2	待定			V/m



注释:

1. 测试信号路径: IN+/IN-/ASD_AD/ASC_AD_EN至GH/GL并观察到SO和B_OUT
2. 敞开式PCB, 无屏蔽或外壳

技术图纸

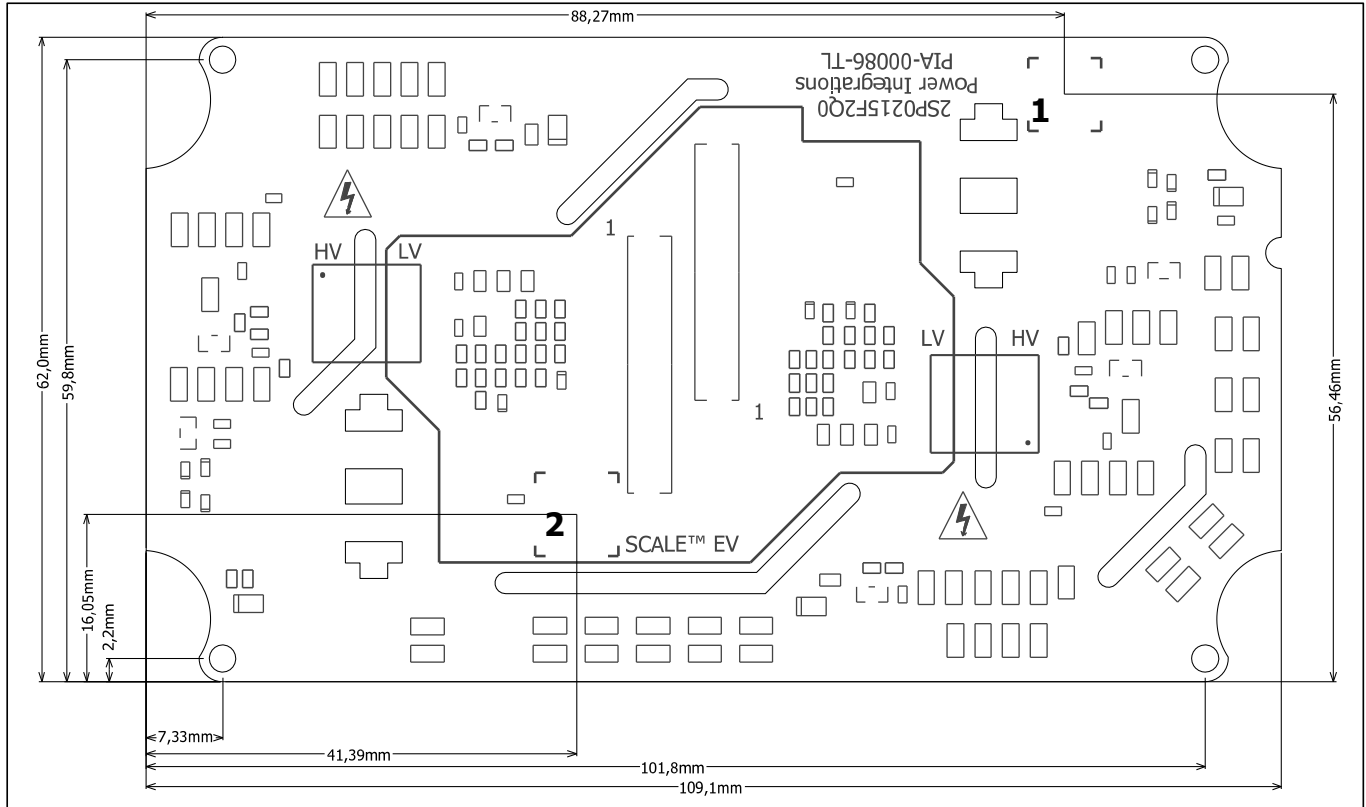


图19. 2SP0215F2Q0C门极驱动板技术尺寸，顶视图

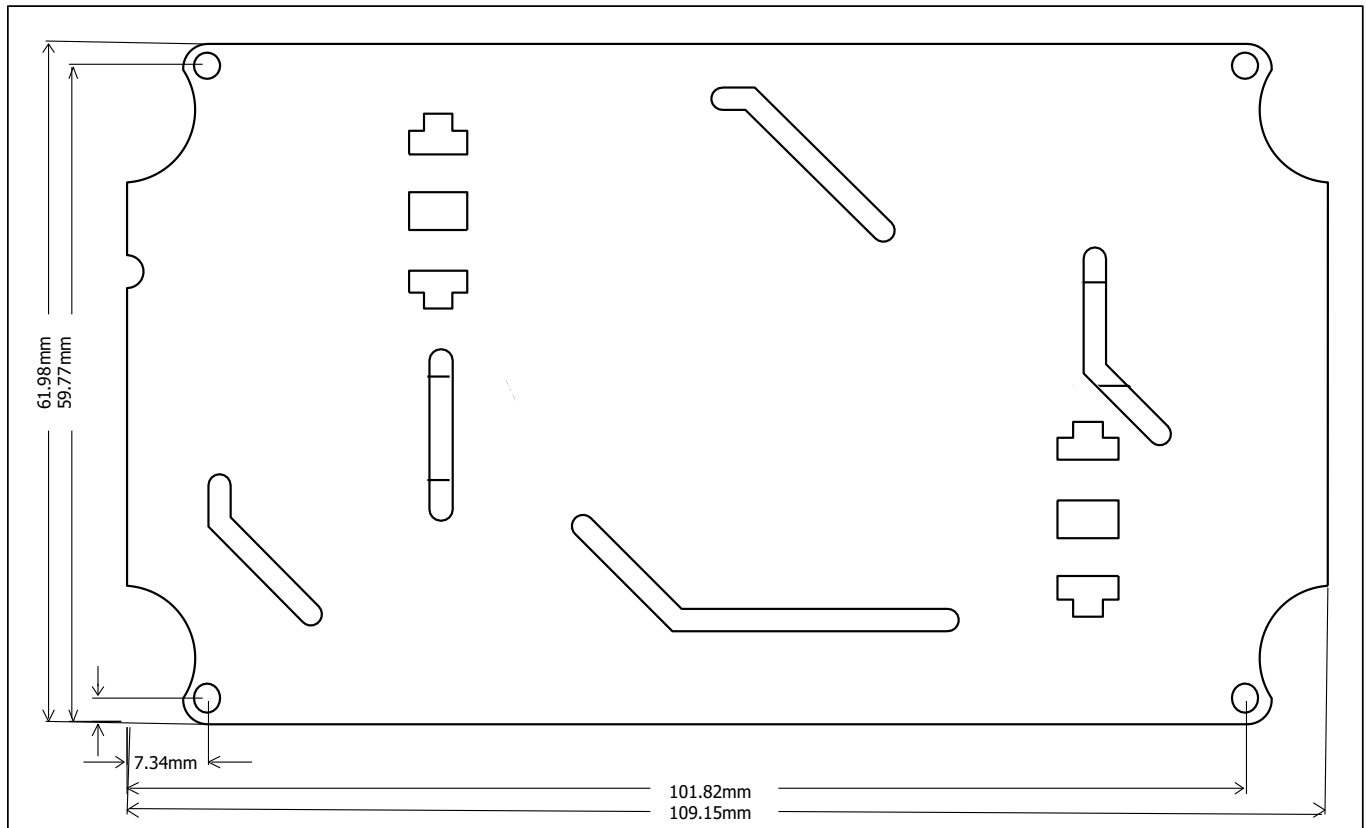


图20. 2SP0215F2Q0C门极驱动板技术尺寸，底视图

安装说明和PressFIT

PressFIT连接方式

门极驱动器PCBA通过与目标IGBT模块的门极、发射极、集电极和NTC端子进行压接，安装在其顶部。

如需PressFIT工具指南和设计，请联系当地的PI销售办事处。

电缆

连接门极驱动器连接器X300/X400与系统级控制器的电缆不是2SP0215F2Q0门极驱动器的一部分，必须由系统设计方提供。建议在走线时尽量减少从控制器到门极驱动器的寄生耦合。必须避免寄生耦合，特别是与门极驱动器的副边（即高压侧）和交流/或直流母线排的任何电位之间的寄生耦合。否则，增加的共模电流可能会循环，这可能会对指令、测量和/或状态反馈信号造成干扰。

建议使用Molex的下列电缆（见图21），可按产品编号145132-0701订购。



图21. Molex Micro-Fit 3.0连接器电缆

连接器

驱动板上的Molex Micro-Fit 3.0垂直SMD 7脚连接器的间距为3.0mm，两侧的SMD焊片具有更好的机械稳定性，连接器管脚镀锡，且已通过灼热丝耐燃测试。这符合国际标准IEC 60335-1第5版。

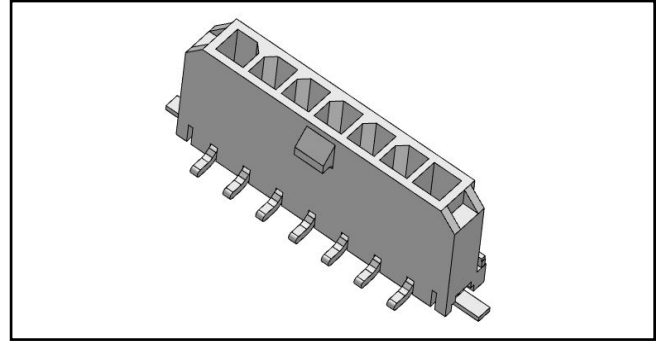


图22. Molex Micro-Fit 3.0垂直7脚连接器

门极驱动板之间的绝缘距离

在目标应用中，必须考虑门极驱动器电路板与其IGBT模块之间的最小距离为2mm。

RoHS符合性声明

我们特此确认，根据RoHS指令2011/65/EU第4条，所提供的产品所含的任何限制物质均不超过其均质材料中按重量计算允许的最大浓度值。

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。

喷涂

门极驱动器的电子元件由一层厚膜紫外线固化涂层保护。当产品暴露于污染环境，尤其是导电金属颗粒时，这种涂层可提高产品的可靠性。

注：必须避免涂层顶部有积水（例如冷凝水），因为这些水会随着时间的推移扩散到涂层上。最终它会在PCB表面和涂层之间形成一层导电湿气薄膜，从而导致潜在有害的漏电流增加。这种电流可能导致门极驱动器的性能受到干扰。

产品标识和可追溯性要求

数据矩阵代码（可追溯性标签1）

产品PCBA应在图19中定义的位置1处贴上标签。该标签是标准自动读码器标签。条形码内的信息是序列号，格式如下：



A204500002

- A = 供应商可追溯性代号（参见PLM HP-制造商）
- YY = 年份，例如2020年显示为20
- WW = 工作周（01到52）
- ZZZZ = 每周PCBA重置的5位唯一序列号（即每周的第一个样本的最后5位数字为00001）。

图23. 位置1处标签中包含的数据详细信息

根据ECC 200代码尺寸，数据矩阵大小约为3x3mm

计数方案应遵循十六进制的base-36，使用0到9和A到Z。

下表显示了转换示例以及base-36在二维码中的显示方式。请注意，唯一序列号始终包含5位数字。

十进制(base-10)	Base-36	二维码标记布局
1	1	00001
13	D	0000D
500	DW	000DW
1'000	RS	000RS
9'999	7PR	007PR

表14 如何在二维码中显示base-36的转换示例

元件型号和序列号标签2

产品PCBA应在图19中定义的位置2处贴上标签。标签2是ISO标准读码器标签。条形码内的信息包含元件型号和序列号，格式如下：

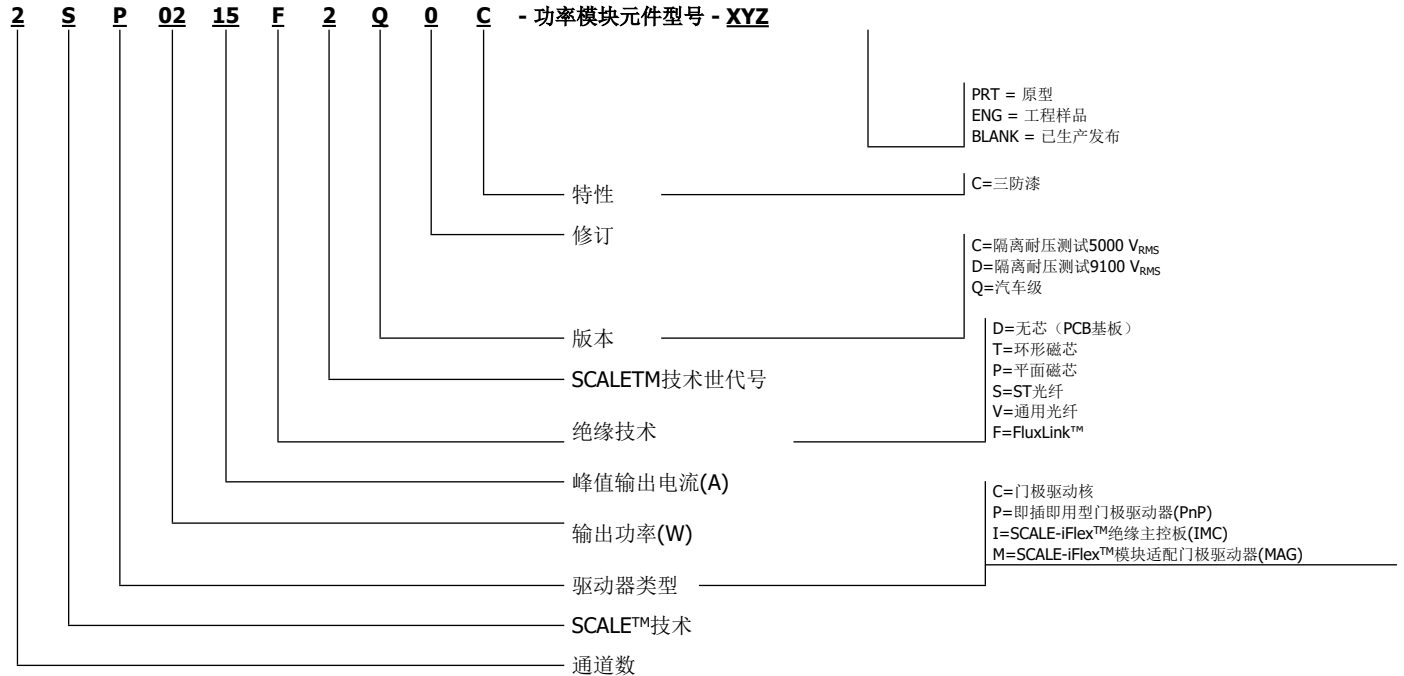


PPPYWWZZZZ

- PPP = 3位PLM元件型号 = 2SP0215F2Q0C-FF900R12ME7W_B11
- YY = 年份，例如2020年显示为20
- WW = 工作周（01到52）
- ZZZZ = PCBA的5位唯一序列号。每周重置（即每周的第一个样本的最后5位数字为00001）。

图24. 位置2处标签中包含的数据详细信息

元件订购信息表



修订版本	注释	日期
A	目标技术规格	10/21
B	目标技术规格更新	11/21
C	初步版本	06/22
D	初步版本更新	01/23

有关最新产品信息，请访问：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.

The statements, technical information and recommendations contained herein are believed to be accurate as of the date hereof. All parameters, numbers, values and other technical data included in the technical information were calculated and determined to our best knowledge in accordance with the relevant technical norms (if any). They may base on assumptions or operational conditions that do not necessarily apply in general. We exclude any representation or warranty, express or implied, in relation to the accuracy or completeness of the statements, technical information and recommendations contained herein.

No responsibility is accepted for the accuracy or sufficiency of any of the statements, technical information, recommendations or opinions communicated and any liability for any direct, indirect or consequential loss or damage suffered by any person arising therefrom is expressly disclaimed.

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. Power Integrations grants its customers a license under certain patent rights as set forth at <http://www.power.com/ip.htm>.

Safety Notice

The data contained in this datasheet is intended exclusively for technically trained staff. Handling all high-voltage equipment involves risk to life. Strict compliance with the respective safety regulations is mandatory.

Any handling of electronic devices is subject to general specifications for protecting electrostatic-sensitive devices according to international standard IEC 60747-1, Chapter IX or European standard EN 100015 (i.e. the workplace, tools, etc. must comply with these standards). Otherwise, this product may be damaged.

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.

The PI logo, TOPSwitch, TinySwitch, SENZero, SCALE, SCALE-iDriver, SCALE-iFlex, Qspeed, PeakSwitch, LYTSwitch, LinkZero, LinkSwitch, InnoSwitch, HiperTFS, HiperPFS, HiperLCS, DPA-Switch, CAPZero, Clampless, EcoSmart, E-Shield, Filterfuse, FluxLink™, StakFET, PI Expert and PI FACTS are trademarks of Power Integrations, Inc. Other trademarks are property of their respective companies. ©2021, 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

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

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

德国

（AC-DC/LED/电机控制销售）
Einsteinring 24
Einsteinring 2485609
Dornach/Aschheim Germany
Tel: +49-89-5527-39100
e-mail: 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

印度

#1, 14th Main Road
Vasanthanagar Bangalore-
560052 India
Phone: +91-80-4113-8020
e-mail: 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

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

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

新加坡

51 Newton Road
#19-01/05 Goldhill Plaza
Singapore, 308900
Phone: +65-6358-2160
e-mail:
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

英国

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