

BridgeSwitch产品系列

集成器件保护和系统监测的高压自供电半桥电机驱动器

产品特点

最佳性能及设计适用性

- 完全集成的半桥级，效率可达98%
 - 在额定连续电流条件下无需外部散热片
- 600 V N沟道功率FREDFET
 - 超软快速恢复二极管
- 精确的实时相电流信息输出(BRD126X)
 - 无需外部检测和放大电路
- 自偏置供电下管和上管驱动器
 - 无需辅助电源
- 占板面积较小的表面贴装型inSOP-24C封装
 - 裸焊盘可通过PCB实现散热
- 受控的FREDFET开关速度可降低EMI

增强的安全性及可靠性特点

- 为两个FREDFET提供可调的逐周期电流限流点
 - 即使在故障情况下仍能保证安全运行
- 内置两级热过载保护
- 自配置系统级监测输入
 - 四级直流母线欠压
 - 直流母线过压
 - 系统温度
- 自适应死区时间
- 同时导通锁定保护

状态接口

- 双向母线式开漏极单线接口
- 可向系统MCU报告最新状态信息
 - 成功上电
 - 内部过流或温度故障
 - 系统级故障
 - 包括器件识别
- 通过系统MCU进行状态查询
- 通过系统MCU进行器件故障复位

应用

- 两相或三相高压PM和BLDC电机驱动器
 - 可达400 W的典型逆变器输出功率
- 包括洗碗机和冰箱在内的家电
- 高效率空调中的冷凝器风扇

产品描述

BridgeSwitch™系列集成半桥可大幅简化应用于两相或三相PM电机或BLDC电机驱动器的高压逆变器开发和生产。它集成了两个高压N沟道功率FREDFET，并且下管和上管驱动器采用一个小型封装。内部功率FREDFET采用适合硬开关逆变器驱动器的超软、超快速二极管。两个驱动器均采用自供电，无需外部辅助电源。BridgeSwitch可提供独特的瞬态相电流输出信号，简化无传感器控制方案的实现。占板面积较小的薄型表面贴装封装可增大爬电距离，并通过印刷电路板实现两个功率FREDFET的散热。

BridgeSwitch提供内部故障保护功能和外部系统级监测。内部故障保护包括为两个FREDFET提供逐周期电流限流点，以及两级热过载保护。外部

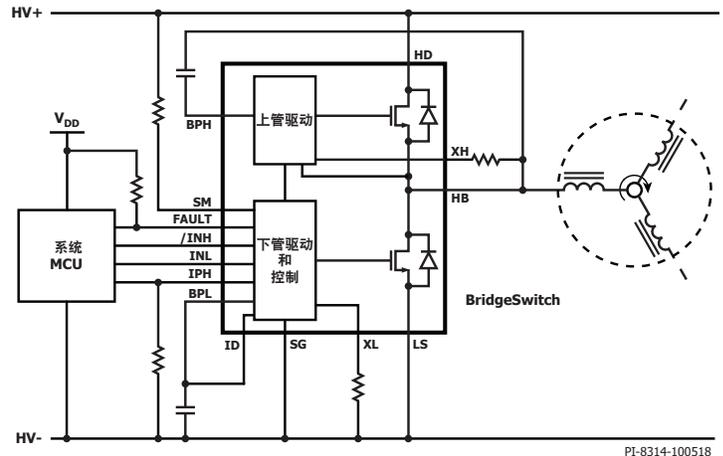


图1. 典型的三相逆变器电路原理图(BRD126X)

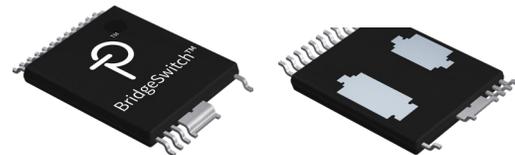


图2. InSOP-24C封装（顶层与底层）

产品系列

| 产品 ³ | FREDFET直流输出电流 ¹ | 连续相RMS电流 ² |
|---------------------|----------------------------|-----------------------|
| BRD1160C / BRD1260C | 1.0 A | 0.22 A |
| BRD1161C / BRD1261C | 1.7 A | 0.50 A |
| BRD1163C / BRD1263C | 3.0 A | 0.75 A |
| BRD1165C / BRD1265C | 5.5 A | 1.00 A |
| BRD1167C / BRD1267C | 11.5 A | 1.33 A |

表1. 产品系列

注释：

- 每个FREDFET的连续直流输出电流，在25 °C壳体温度和125 °C结温下计算得出。通常由内部电路控制。
- 连续相RMS电流，内部自供电，340 V母线，12 kHz上管PWM梯形换流，使用PCB板散热条件下IC壳体温升50 °C。
- 封装：InSOP-24C。

系统级监测包括提供四个欠压级别和一个过压级别的直流母线监测，以及对NTC等外部传感器进行驱动。双向母线式单线状态接口可报告监测到的状态变化。

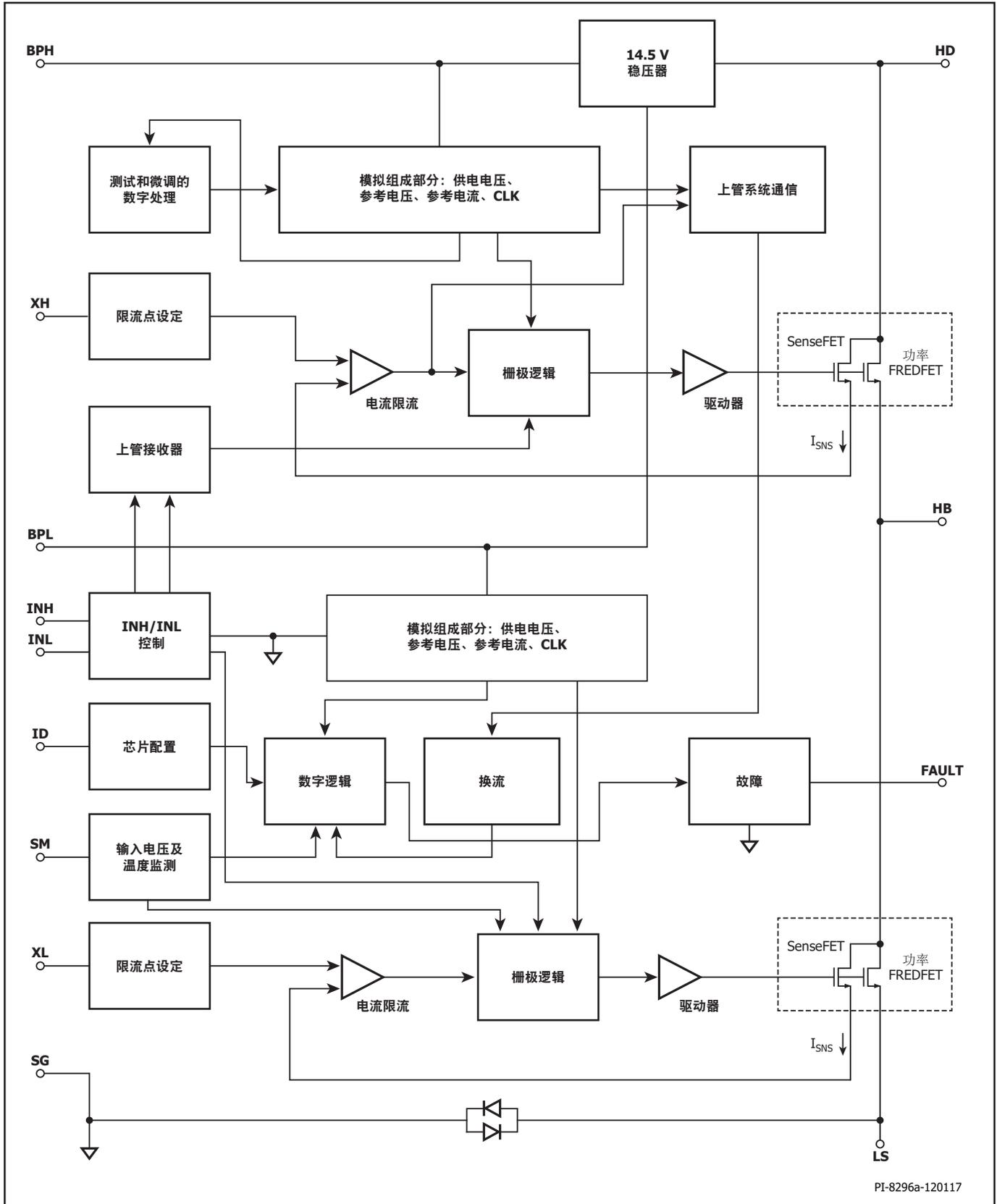
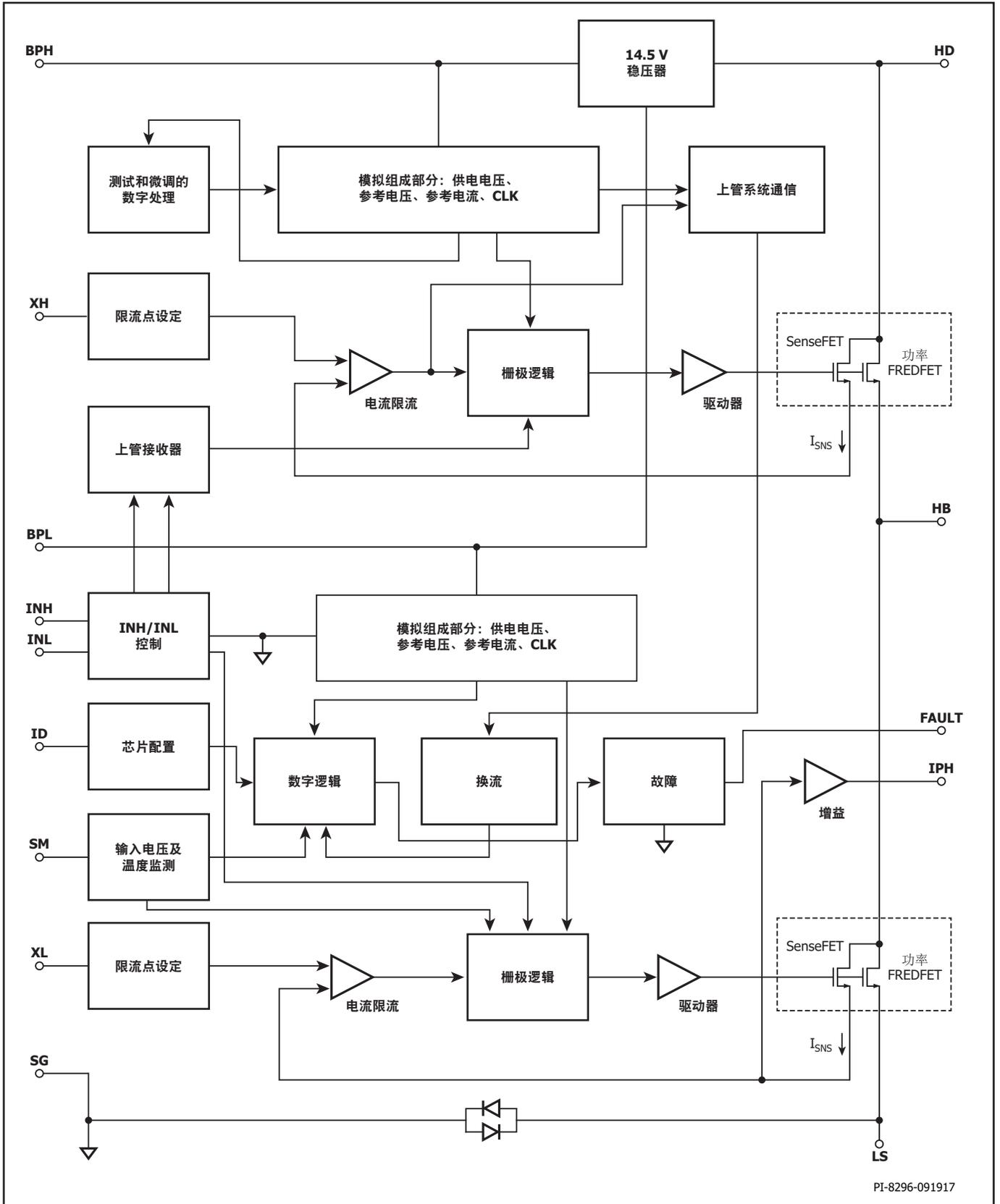


图3. 功能框图BRD116X



PI-8296-091917

图4. 功能框图BRD126X

引脚功能描述

上管漏极(HD)裸焊盘

HD裸焊盘与上管功率FREDFET漏极进行电气连接。它也是内部下管及上管自供电电路的输入端。

外部限流下管(XL)引脚 (引脚1)

此引脚连接一个电阻，可设置下管功率FREDFET的逐周期限流。

相电流输出(IPH)引脚 (引脚2, BRD126X)

此引脚连接小信号电阻，可提供下管FREDFET漏极电流信息。如果不使用此功能，应将此引脚悬空。BRD116X不提供此功能。

信号接地(SG)引脚 (引脚3和10)

这些引脚是下管控制器小信号引脚和系统微控制器的接地参考连接点。

旁路下管(BPL)引脚 (引脚4)

此引脚连接下管控制器和FREDFET栅极驱动器的外部旁路电容。

控制输入下管(INL)引脚 (引脚5)

下管功率FREDFET的有源高逻辑电平控制输入端。

控制输入上管(/INH)引脚 (引脚6)

上管功率FREDFET的有源低逻辑电平控制输入端。

状态通信(FAULT)引脚 (引脚7)

此开漏引脚连接系统微控制器的I/O端口，提供状态更新。如果不使用此功能，此引脚应连接信号接地。

系统监测(SM)引脚 (引脚8)

此引脚是自配置系统监测输入端。如果电阻在上电时连接高压母线，此引脚将会自行配置到高压母线检测输入端。如果在上电时，通过一个电阻接系统地，此引脚将会自行配置到外部温度检测输入端。如果不使用此功能，此引脚应连接信号接地。

器件ID (ID)引脚(11)

此引脚可在上电时设定器件ID。

外部限流上管(XH)引脚 (引脚13)

此引脚连接一个电阻，可设置上管功率FREDFET的逐周期限流。电阻以半桥连接作为参考点。

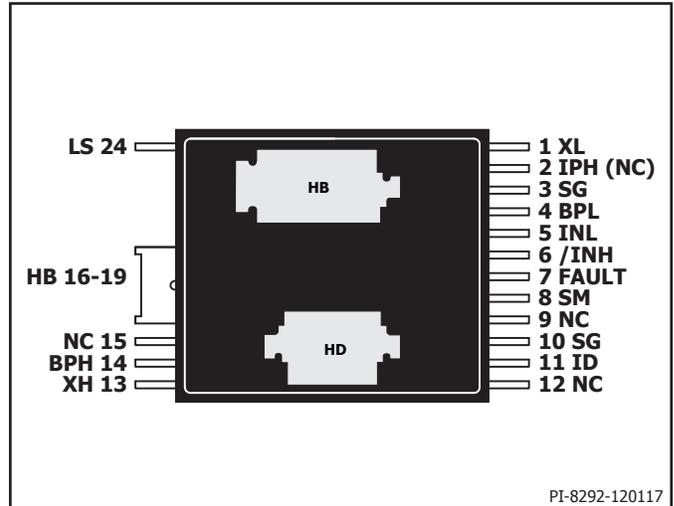


图5. 引脚配置 (底视图)

旁路上管(BPH)引脚 (引脚14)

此引脚连接上管FREDFET栅极驱动器的外部旁路电容。电容以半桥连接作为参考点。

半桥连接(HB) (引脚16-19)

此引脚连接上管功率FREDFET的源极和下管功率FREDFET的漏极。它还是旁路上管引脚和外部限流上管引脚的参考点。

下管源极(LS) (引脚24)

此引脚是上管功率MOSFET的源极连接点。它通过Kelvin连接方式连接信号接地。

非连接(NC)引脚 (引脚2 (仅适用于BRD116X)、9、12和15)

此引脚不进行连接，应保持悬空。引脚2仅适用于BRD116X。

BridgeSwitch功能描述

BridgeSwitch将两个高压功率FREDFET、栅极驱动器和控制器集成到了一个封装中。FREDFET采用半桥配置方式连接，这种二极管结构（超软和超快速恢复）使该器件非常适合基于逆变器的电机驱动器。

为减少外围元件，驱动控制器采用集成的高压电流源，可直接从高压直流母线拉出电流。高压控制器向下管控制器提供上管状态更新，下管控制器可生成瞬态相电流输出信号(BRD126X)。这一独特功能有助于实现无传感器的电机控制方案。控制器还可确保FREDFET关断快于导通，在热性能和EMI之间达到最佳平衡。

BridgeSwitch通过双向母线式单线状态接口提供集成故障保护和系统级监测。内部故障保护包括为两个FREDFET提供逐周期电流限值，以及两级热过载保护。BridgeSwitch可提供复杂的直流母线检测（四个欠压级别和一个过压级别的检测），并且还可支持NTC等外部传感器。图3所示为器件及重要特性的功能结构图。

旁路下管引脚和上管引脚稳压器

旁路下管引脚和旁路上管引脚有内部稳压器，该稳压器可将旁路下管引脚电容和旁路上管引脚电容分别充电至 V_{BPL} 和 V_{BPH} 。连接上管漏极的电流源对旁路下管电容充电。只要下管功率FREDFET导通，连接上管漏极的其他电流源就会对旁路上管电容充电。HD引脚电压达到 $V_{HD(START)}$ （最小值50V）时，两个电流源即开始充电。旁路下管引脚和旁路上管引脚是下管和上管控制器和栅极驱动器的内部供电电压节点。下管或上管功率FREDFET导通时，器件利用分别储存在旁路下管引脚电容或旁路上管引脚电容内的能量工作。

此外，当通过电阻（参见图6中的 R_{SL} 和 R_{SH} ）从外部直流源提供电流给旁路下管引脚和旁路上管引脚时，会有分流稳压器将旁路下管引脚箝位在 $V_{BPL(SHUNT)}$ ，将旁路上管引脚箝位在 $V_{BPH(SHUNT)}$ 。外部供电电压 V_{SUP} 大于旁路分流稳压器电压 $V_{BPX(SHUNT)}$ 与自举二极管的电压降 D_{SH} 之和。典型值为 $V_{SUP} = 17V$ 。电阻 R_{SL} 和 R_{SH} 可将外部供电电流限制在12mA以下（推荐值为1.5-2mA）。不推荐直接从各个器件将BPL引脚或BPH引脚短路。

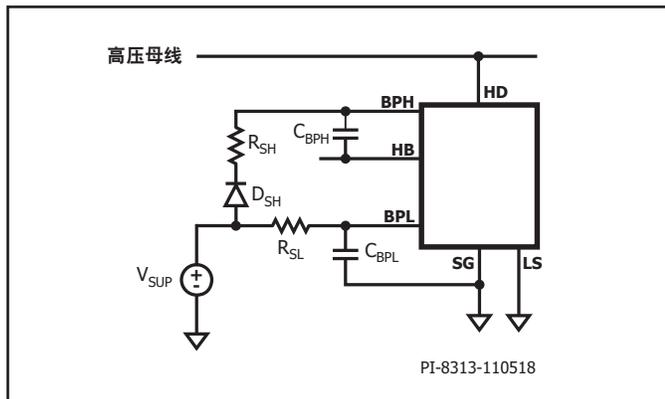


图6. 外部BPL引脚和BPH引脚电源示例

旁路下管引脚和上管引脚欠压阈值

旁路下管引脚和上管引脚欠压电路可在稳态工作条件下当旁路下管引脚电压或旁路上管引脚电压分别低于 $V_{BPL} - V_{BPL(HYST)}$ 或 $V_{BPH} - V_{BPH(HYST)}$ 时，禁止相应的功率FREDFET。只要旁路下管引脚电压或旁路上管引脚电压低于此阈值，就必须分别升回到 V_{BPL} 或 V_{BPH} 以使功率FREDFET的开关。

旁路下管引脚和上管引脚的电容选择

连接旁路下管引脚和旁路上管引脚的电容可为下管和上管控制器提供偏置电流，并为导通下管或上管功率FREDFET提供要求的栅极电荷。旁路上管引脚电容在一定的时间间隔内提供上管控制器偏置电流，该间隔与上管换流占空比和PWM调制频率成函数关系。旁路上管引脚电容在此时间间隔内的最大推荐电压纹波为250mV。旁路下管和旁路上管的最小要求电容值为0.33μF。旁路下管电容的推荐值为1μF。

给定的应用工作条件决定了使纹波电压始终低于250mV所要求的旁路上管电容。图7所示为与上管换流占空比 D_{HS} 和PWM调制频率成函数关系的最小旁路上管引脚电容推荐值。

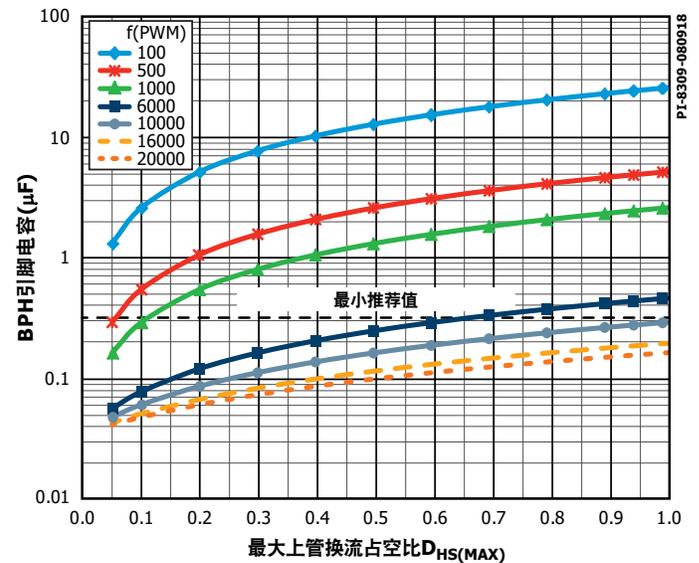


图7. 旁路上管引脚电容相对于上管换流占空比和PWM调制频率的变化

请注意，多层片式电容(MLCC)可以表现出显著的DC偏置特性。选择旁路上管引脚电容（参见图7）需要将偏置在 V_{BPH} 时可能的电容减小考虑在内。有关详细信息，请参见相应的电容数据手册。

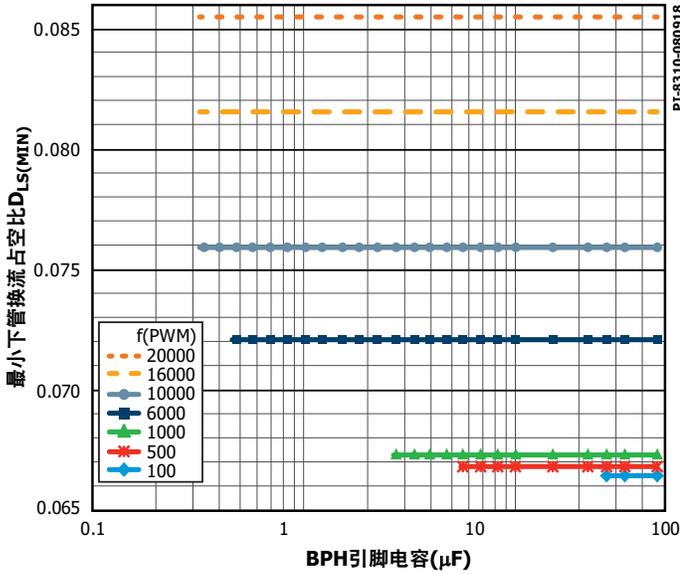


图8. 最小下管换流占空比相对于旁路上管引脚电容和下管PWM调制频率的变化，确保有足够的上管自供电电流（上管换流占空比 ≤ 0.95 ）

每当下管功率FREDFET导通时，旁路上管引脚电容都将再充电。为确保有足够的上管自供电电流，与所选的旁路上管电容、下管换流占空比 D_{LS} 和PWM调制频率成函数关系的下管功率FREDFET导通时间应满足图8所示的最小下管换流占空比要求 $D_{LS(MIN)}$ 。请注意，旁路上管电容的250 mV最大推荐电压纹波将限制选择PWM调制频率较低的可能电容值。

在给定应用中，图8中所示的最小下管换流占空比 $D_{LS(MIN)}$ 与适用的最大上管换流占空比成比例关系。例如，在工频 $f_{PWM} = 6 \text{ kHz}$ 和最大上管换流占空比 $D_{HS(MAX)} = 0.95$ 的应用中，最小下管换流占空比 $D_{LS(MIN)} = 0.0725$ 。举例来说，如果相同的应用以最大上管占空比 $D_{HS(MAX)} = 0.99$ 进行工作， $D_{LS(MIN)}$ 则以 $0.99/0.95$ 的系数增大至 $D_{LS(MIN)}^* = 0.0756$ 。

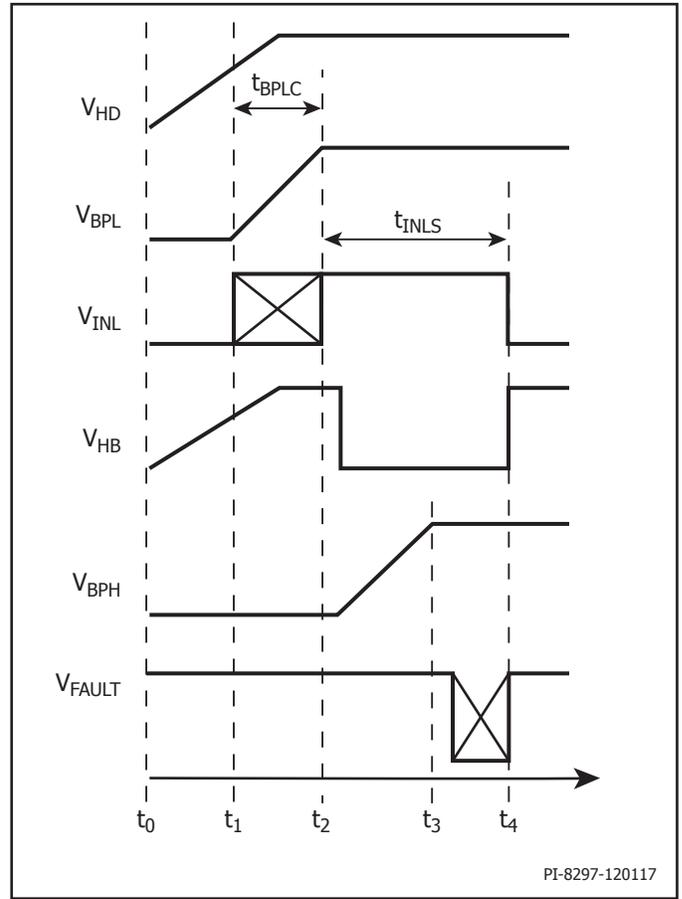


图9. 推荐的自供电上电时序

| 时间点 | 活动 |
|-------|---|
| t_0 | <ul style="list-style-type: none"> 应用高压直流母线 |
| t_1 | <ul style="list-style-type: none"> HD引脚电压达到$V_{HD(START)}$时，内部电流源开始为BPL引脚电容充电 系统MCU可以开始将下管功率FREDFET的驱动控制信号INL转为高电平 |
| t_2 | <ul style="list-style-type: none"> BPL引脚电压达到V_{BPL}（典型值14.5 V） 器件检测其外部电路的设定连接情况 一旦INL变成高电平或者已经处于高电平状态，器件检查完其设置状态后内部栅极驱动逻辑电路即将下管功率FREDFET开通 内部电流源开始对BPH引脚进行充电 |
| t_3 | <ul style="list-style-type: none"> BPH引脚相对于HB引脚的电压达到V_{BPH}（典型值14.5 V） 器件开始通过FAULT引脚传送成功的上电信息。 注：如果内部上电时序没有成功完成，器件不会传送状态更新。 |
| t_4 | <ul style="list-style-type: none"> BridgeSwitch准备就绪，可进入稳态工作（以在时间点t_3开始的状态更新通信表示） 系统MCU关断下管功率FREDFET |

表2. 自供电上电时序

自供电上电时序

BridgeSwitch器件具有最高20 kHz的内部自供电支持换流PWM调制频率。为确保旁路下管引脚电容和旁路上管引脚电容在逆变器启动时具有足够的供电电平，系统微控制器(MCU)应按照图9所示的推荐上电时序工作。

表2列出了在推荐上电时序中发生的活动。

旁路下管引脚电容 C_{BPL} 、BPL引脚充电电流 $I_{CH1(LS)}$ 和旁路下管引脚电压 V_{BPL} 决定了从时间点 t_1 开始的充电时间 t_{BPLC} ：

$$t_{BPLC} = t_2 - t_1 = \frac{C_{BPL} \times V_{BPL}}{I_{CH1(LS)}}$$

系统MCU通过控制时间点 t_2 以及下管功率FREDFET的导通和关断时间 t_{INLS} 来管理上电时序。MCU可在全直流母线电压可用（时间点 t_1 ）后随时拉高控制输入下管引脚。然而，器件只能在旁路下管引脚电压达到 V_{BPL} （典型值14.5 V）且完成器件设置后才能使功率MOSFET的开关。器件还可在 V_{BPL} 达到14.5 V典型值时通过FAULT引脚报告第一个状态更新。

上管控制器可在旁路上管引脚电压达到 V_{BPH} （典型值14.5 V，相对于半桥连接引脚）后的时间点 t_3 在内部将其状态报告给下管控制器。随后将通过状态通信引脚将器件状态更新报告给系统MCU。

对旁路上管引脚电容充电、器件设置和通过FAULT引脚完成状态更新通信都要求设置最小下管FREDFET导通时间 t_{INLS} 。导通时间由系统MCU控制，并取决于所选的电容CBPH：

$$t_{INLS} = t_4 - t_2 \geq \frac{C_{BPH} \times V_{BPH}}{I_{CH1(HS)}} + 1 \text{ ms}$$

如果已经发生锁存热关断，系统MCU应继续上述上电时序，它通过先发送一条FAULT锁存复位命令来决定重新启动逆变器（参见表7了解详细信息）。

栅极驱动控制输入

下管和上管功率FREDFET通过INL和/INH逻辑输入进行控制。两个输入均兼容3.3 V和5 V CMOS逻辑电平。下管功率FREDFET在稳态工作时的有效INL高电平信号边沿进行锁存开关。上管功率FREDFET在有效/INH低电平信号边沿进行锁存开关。INL输入具有内部弱下拉，/INH输入具有内部弱上拉。这可以防止当一个或两个控制输入悬空时功率FREDFET发生意外导通。

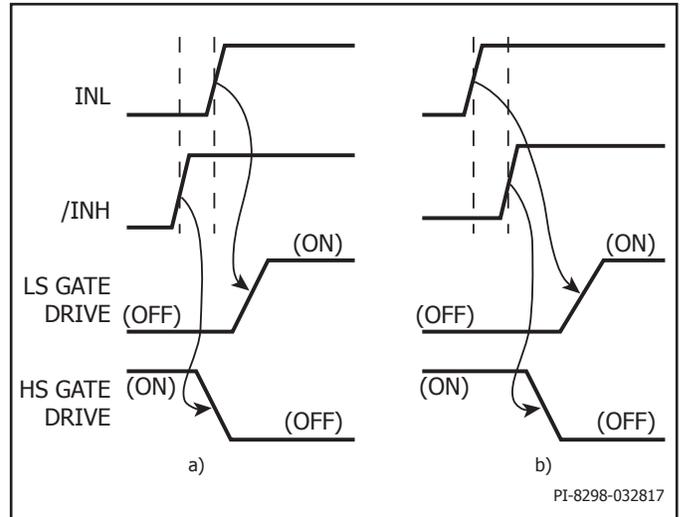


图10. 同时导通互锁 a) 未激活 b) 激活

BridgeSwitch集成了同时导通锁定保护。锁存可禁止导通下管功率FREDFET栅极驱动电路，直到上管控制信号/INH的上升沿已出现（参见图10）。锁存还可禁止导通上管功率FREDFET栅极驱动电路，直到下管控制信号INL的下降沿已出现。

INL和/INH控制输入的反向逻辑极性允许选择性将两者连接，通过一个PWM信号控制两个功率FREDFET。为防止可能出现的FREDFET交越导通，集成的栅极驱动逻辑采用自适应死区时间（如图11所示）。下管功率FREDFET控制输入INL的下降沿可触发 t_{DLH} 定时器（死区时间下管功率FREDFET关断到上管功率FREDFET导通）。集成的栅极控制逻辑仅在 t_{DLH} 结束后才使能上管FREDFET栅极驱动导通。上管功率FREDFET控制输入/INH的上升沿可触发 t_{DHL} 定时器（死区时间上管功率FREDFET关断到下管功率FREDFET导通）。集成的栅极控制逻辑仅在 t_{DHL} 结束后才使能下管FREDFET栅极驱动导通。

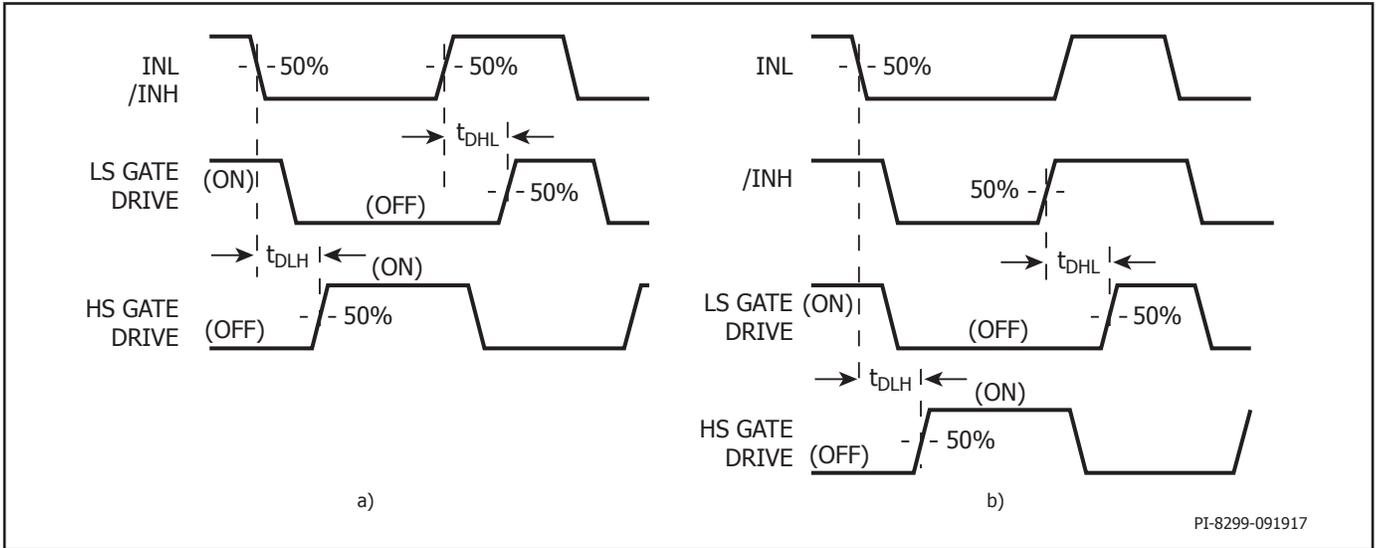


图11. 自适应死区时间 a) INL和/INH输入互连 b) INL和/INH输入分离

器件内部上管状态更新

BridgeSwitch上管控制器可向功率FREDFET提供状态更新。状态更新可通信触发的上管功率FREDFET过流或下管功率FREDFET过温告警或关断等器件级保护。它还包括XH引脚短路或开路以及上管电源丢失等检测到的器件故障。每当下管功率FREDFET导通时，上管控制器都会提供内部状态更新。为了正确通信内部状态更新，系统微控制器必须设高INL控制输入至少 $t_{INLH(COM)}$ （参见图24了解详细信息）。如果INL输入导通控制信号的持续时间短于 $t_{INLH(COM)}$ ，可导致内部状态更新不完整，随后器件将报告“上管驱动器未就绪”状态更新（见表4）。

可调节的逐周期限流

BridgeSwitch器件可同时对下管和上管功率FREDFET提供逐周期限流保护。只要功率FREDFET电流在前沿消隐定时器 t_{LEB} 结束后超过相应的限流水平阈值，器件就会关断功率FREDFET。FREDFET将保持关断，直到在相应的INL或/INH控制输入处相继收到关断边沿和导通边沿。器件还将通过状态通信引脚报告相应的过流故障（参见表4了解详细信息）。

实际限流水平通过连接外部限流下管引脚或外部限流上管引脚的小信号电阻 R_{XL} 或 R_{XH} （见图1）进行设定。图12所示为连接XL引脚或XH引脚的电阻与归一化到默认限流水平 $I_{LIM(DEF)}$ 的已设定归一化限流水平之间的关系。

实际设定限流水平的推荐工作范围为 $I_{LIM(DEF)}$ 的42%至100%， R_{XL} 或 R_{XH} 的电阻范围为44.2 kΩ至133 kΩ。

R_{XL} 或 R_{XH} 值小于35 kΩ时会禁止FREDFET开关，器件通过FAULT引脚报告下管驱动器未就绪或上管驱动器未就绪状态更新（参见表4）。这可以防止逆变器在设定电阻意外短路时出现故障。器件在检测到XH引脚短路时，将会继续接受LS FREDFET导通信号。在XL引脚检测到的短路最终也会导致HS FREDFET开关终止，因为BPH引脚电容仅在LS FREDFET导通时才再充电。 R_{XL} 或 R_{XH} 值大于133 kΩ时，归一化限流水平将继续低于 $I_{LIM(DEF)}$ 的42%到0%。这可以提供可能的XL引脚或XH引脚开路故障（此时的等

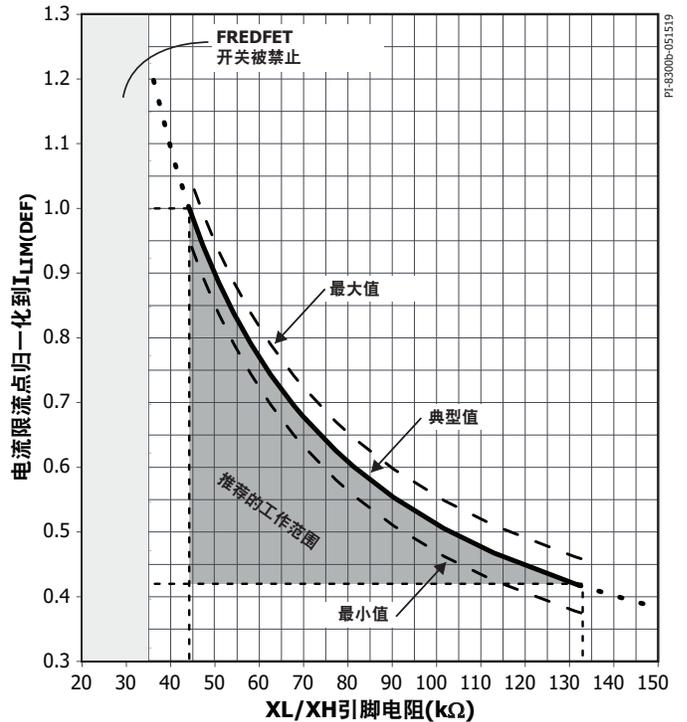


图12. 通过外部限流引脚完成逐周期限流水平设定

效限流阈值为0)保护。然而，低于指定限流水平42%的公差是无法得到保证的。

不推荐向XL引脚或XH引脚添加电容。

器件过温保护

BridgeSwitch 器件具有集成的两级热过载保护。只要下管功率FREDFET导通，器件就会监测其温度。只要它达到更低的器件警告温度水平 T_{WA} ，就会通过状态通信引脚发送状态更新（参见表4了解详细信息）。一旦FREDFET温度超过器件关断温度阈值 T_{SD} 时，器件将永久禁止FREDFET开关，防止器件受损。此外，它还将通过FAULT引脚报告过温故障。通过系统监测引脚实现的系统级监测将继续，器件将通过状态通信引脚报告任何额外发生的变化。系统MCU通过FAULT母线发送故障锁存复位命令，可重新使能FREDFET开关（参见表7了解详细信息）。或者，在系统MCU启动完整上电时序之后可恢复工作。

相电流信息输出

BridgeSwitch BRD126X器件通过连接相电流输出引脚的电阻传送电机绕组瞬态相电流信息。小信号电阻的电压直接代表了下管功率FREDFET漏源极通道电流。系统MCU可以将此电压数字化，然后进行其他操作，例如，将其用作所选电机控制算法的输入。器件支持通过独立的IPH引脚电阻传送独立相限流信息，也支持通过共用一个电阻的互连IPH引脚传送复合相电流信号，如图13所示。

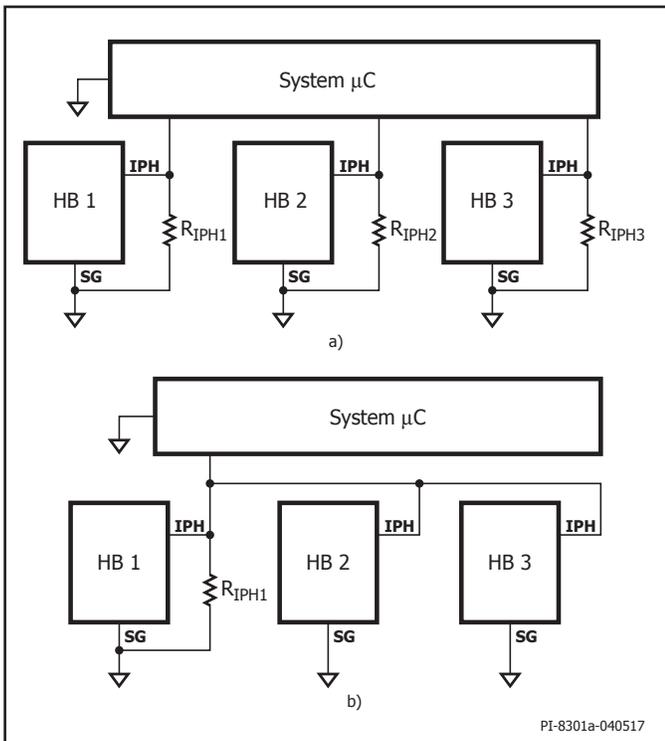


图13. 通过IPH引脚传送相电流信息（使用器件BRD126X） a) 独立相电流 b) 复合相电流

相电流增益 g_{IPH} 和连接相电流输出的电阻 R_{IPH} 决定了给定相电流 I_{PHASE} 下的电压幅值 V_{IPH} ：

$$V_{IPH} = R_{IPH} \times I_{PHASE} \times g_{IPH}$$

V_{IPH} 的最大允许电压幅值为3.0 V。

外部电流检测

BRD116X器件支持通过与LS引脚串联的外部电流检测电阻进行分立的下管FREDFET电流检测。图14所示为一个可能的实现示例。

电压 V_{SHUNT} 直接代表了电机绕组电流 I_{MOTOR} 。电阻R1和R2可设置外部放大器U1的增益。电阻R3、C1、C2和C3提供噪声滤波。电阻R4给放大器U1输出信号 V_{OP} 增加直流偏移电压 V_{OFFSET} 。

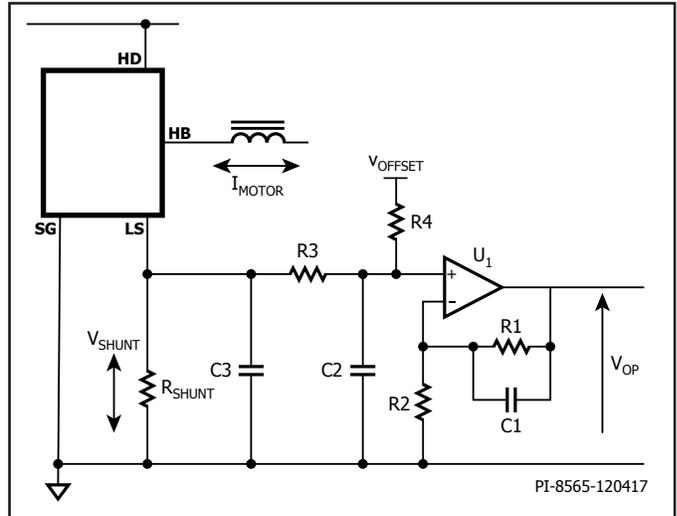


图14. 外部电流检测示例电路(BRD116X)

$$V_{OP} = \left(1 + \frac{R1}{R2}\right) \frac{V_{OFFSET} \times R3 + I_{MOTOR} \times R_{SHUNT} \times R4}{R3 + R4}$$

SG与LS引脚之间的电压差 V_{SHUNT} 不应超过 ± 0.33 V。与LS引脚串联的电流检测电阻 R_{SHUNT} 必须相应调整大小。

系统监测输入

BridgeSwitch通过系统监测输入实现系统级监测。SM引脚支持监测高压(HV)直流母线（见图14）或通过NTC热敏电阻（见图16）监测外围元件的温度。

SM引脚可自行配置。它可以自动检测外部连接的类型，并在上电时自动锁定各自的电路配置。

高压直流母线监测

系统监测引脚可通过检测流入此引脚的电流来连续监测高压直流母线电平。流入SM引脚的电流 I_{SM} 直接代表了高压母线电平 V_{BUS} ：

$$I_{SM} = \frac{V_{BUS} - V_{SM}}{R_{HV1}}$$

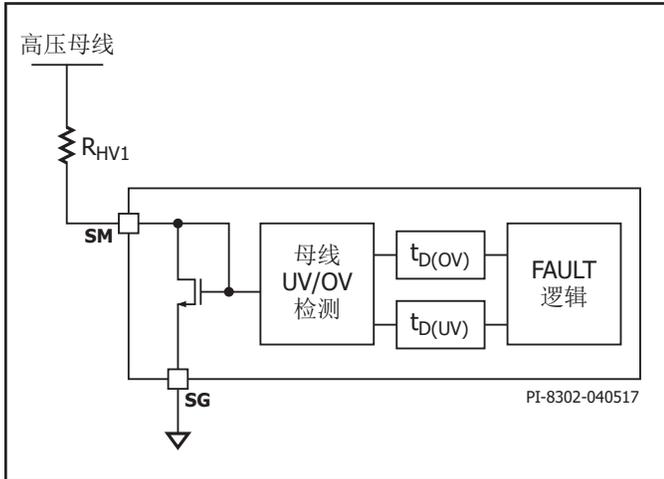


图15. 采用系统监测引脚的高压母线监测

母线电压检测电路具有五个不同的电流阈值，如图16所示。阈值 I_{UV55} 、 I_{UV70} 、 I_{UV85} 和 I_{UV100} 用于检测高压母线欠压情况。阈值 I_{OV} 用于检测高压母线过压情况。只要流入SM引脚的电流低于四个欠压阈值中的其中一个，或者超过过压阈值（参见表4了解详细信息），器件将立即通过状态通信引脚报告高压母线故障。

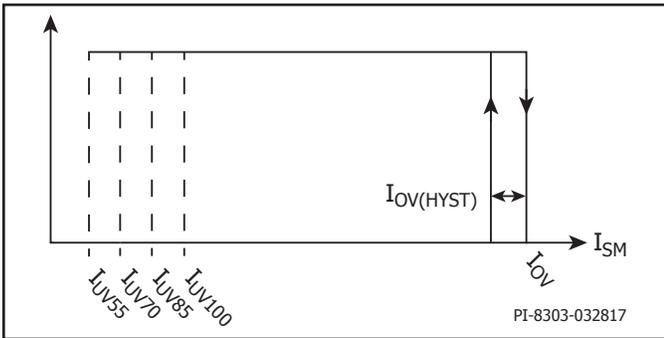


图16. 系统监测输入电流阈值

在报告给系统MCU之前，欠压情况必须至少持续的时间为 $t_{D(UV)}$ （典型值40 ms）。如果给定欠压情况的消除时间至少 $t_{D(UV)}$ ，器件也会进行通信。

请注意，在母线电压缓降期间，如果母线电压低于177 V的时间至少持续 $t_{D(UV)}$ 且检测电阻为7 M Ω （参见表3和表4），器件将报告欠压70%状态更新（举例）。在本例中，如果母线电压恢复并升高到177 V以上且持续时间至少为 $t_{D(UV)}$ ，欠压70%将清除，并且器件将报告欠压85%状态更新。

在SM引脚电流超过 I_{OV} 的时间至少持续 $t_{D(OV)}$ （典型值80 μ s）时，BridgeSwitch将终止当前的下管或上管功率FREDFET导通时间，并通过FAULT引脚向系统MCU报告故障。它将忽略在INL或INH接收到的任何后续FREDFET导通信号，直到SM引脚电流至少减小 $I_{OV(HYST)}$ 且持续时间为 $t_{D(OV)}$ 。高压母线过压情况清除后，FAULT引脚立即报告状态更新。

系统MCU可能决定停止向逆变器中的其他BridgeSwitch器件发送导通信号，直到母线过压故障已清除，并且母线检测器件已相应提供状态更新。母线过压故障清除后，建议启动完整的上电时序。在母线过压故障期间，上管旁路电容可能因为下管FREDFET开关已禁止而完成放电。表3列出了具有三个不同检测电阻 R_{HV1} 值的高压母线监测阈值。

| 检测电阻 R_{HV1} | 6 M Ω | 7 M Ω | 8 M Ω |
|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | 母线电压欠压或过压阈值 | | |
| I_{OV} （典型值60 μ A） | 362 V | 422 V | 482 V |
| I_{UV100} （典型值35 μ A） | 212 V | 247 V | 282 V |
| I_{UV85} （典型值30 μ A） | 182 V | 212 V | 242 V |
| I_{UV70} （典型值25 μ A） | 152 V | 177 V | 202 V |
| I_{UV55} （典型值20 μ A） | 122 V | 142 V | 162 V |

表3. 等效高压母线监测阈值

在多个器件上使用具有不同值的多个检测电阻，可进一步增加母线电压检测粒度。如图18所示，通过稳压管 V_{R1} 和电阻 R_{HV2} 将流入SM引脚的电流限制在 I_{OV} 阈值以下，即可禁止过压保护。在此配置中，母线欠压检测仍然有效。

向SM引脚添加一个小电容（最大容量100 pF）可提高在高噪声环境中的监测精度。

系统级温度监测

系统监测引脚支持通过NTC热敏电阻监测外围元件的温度，如图17所示。电阻 R_2 允许通过给定的NTC电阻将实际过温阈值微调至需要的水平。

电流源 I_{TM} （典型值96 μ A）会周期性地电流灌入NTC热敏电阻 R_{NTC} 。其电阻值随着温度升高而下降。一旦SM引脚的电平降到 $V_{TH(TM)}$ （典型值1.2 V）以下，检测到的系统级过温故障将在延迟定时器 $t_{D(TM)}$ 结束后通过FAULT引脚进行通信（参见表4了解详细信息）。热敏电阻 $R_{NTC(TSYS)}$ 处于所需系统过温阈值 T_{SYS} 时的电阻值决定了 R_2 ：

$$R_2 = 12.5 \text{ k}\Omega - R_{NTC(TSYS)}$$

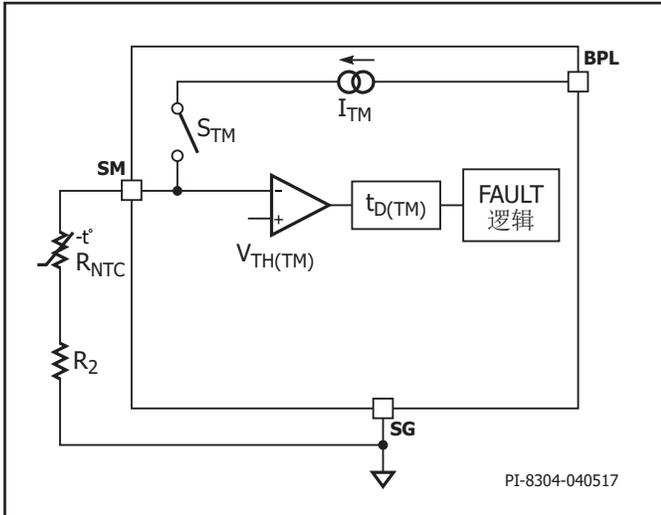


图17. 采用系统监测引脚的外部元件过温监测

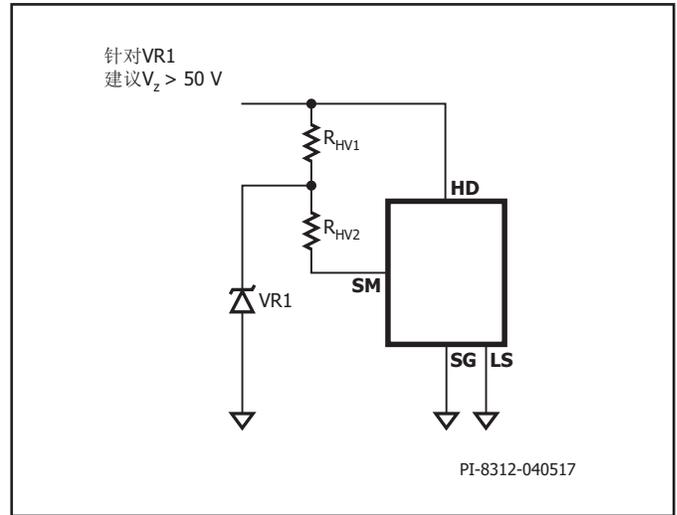


图18. 禁止过压保护功能的高压母线监测

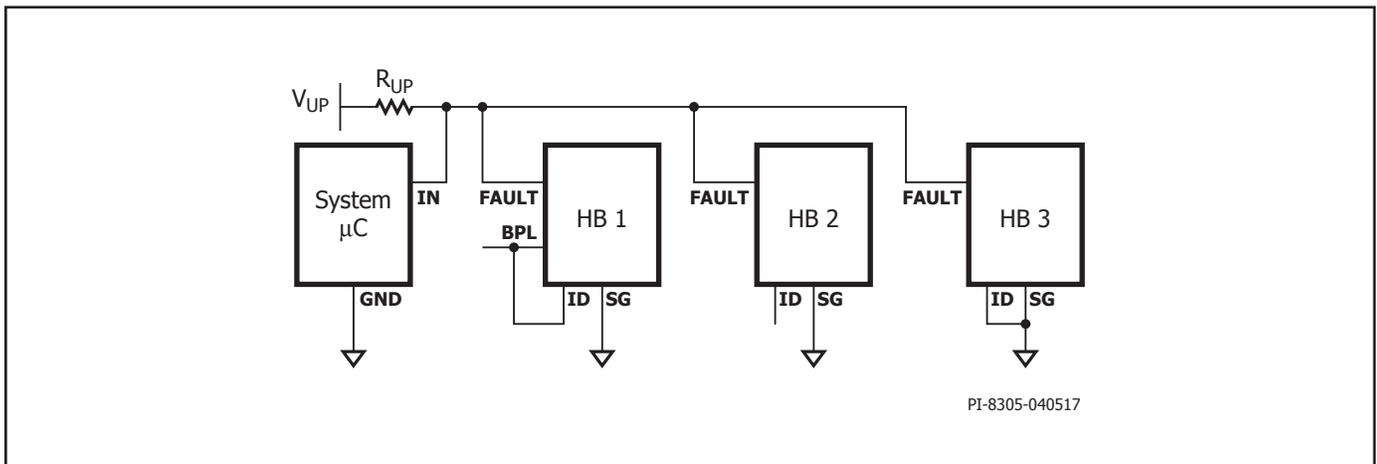


图19. 采用器件ID设定的单线状态通信母线

状态通信母线

BridgeSwitch 可以就状态更新进行通信，包括通过其开漏 FAULT 引脚将器件或系统级故障传递至系统 MCU。所有 FAULT 引脚都连接同一条母线，这可以减少在系统 MCU 占用的引脚数，如图 19 所示。通过上拉电阻 R_{UP} 将母线上拉到系统供电电压。状态通信引脚可以驱动的最小上拉电阻 R_{UP} 为 $2\text{ k}\Omega$ ($V_{UP} = 3.3\text{ V}$ 或 $V_{UP} = 5\text{ V}$ 时)。上拉电阻 R_{UP} 不应超过 $100\text{ k}\Omega$ 。

状态字

BridgeSwitch 采用 7 位字加一个奇偶校验位来报告状态更新（参见图 21 了解时序图）。表 4 汇总了不同故障情况的编码方式。7 位字包括五个含状态变化信息的块，这五个块组合在一起并且不可能同时发生。因此，这

种编码可以同时向系统 MCU 报告多个故障情况。故障状态分组还可以报告给定的故障情况是否已清除。已清除的故障报告适用于系统级故障（位 0、1 和 2）以及下管 FREDFET 过温告警和损耗（如果采用内部通信）（位 3 和 4）。最后一行的状态寄存器条目（7 位字“000 00 0 0”）编码为器件就绪状态，用于通信上电时序成功信息。已无故障存在时，器件也会发送此编码，表示收到系统 MCU 发出的状态请求（参见表 7 了解详细信息）。奇偶校验位使用奇校验生成。

表 5 列出了器件可能会传递给系统 MCU 的状态更新代码示例，以及各个状态更新的最终传送时间。传送时间介于 $290\text{ }\mu\text{s}$ 和 $470\text{ }\mu\text{s}$ 之间。

| 状态 | 参数 | 位0 | 位1 | 位2 | 位3 | 位4 | 位5 | 位6 |
|-----------------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|
| 高压母线过压 | I_{OV} | 0 | 0 | 1 | X | X | X | X |
| 高压母线欠压100% | I_{UV100} | 0 | 1 | 0 | X | X | X | X |
| 高压母线欠压85% | I_{UV85} | 0 | 1 | 1 | X | X | X | X |
| 高压母线欠压70% | I_{UV70} | 1 | 0 | 0 | X | X | X | X |
| 高压母线欠压55% | I_{UV55} | 1 | 0 | 1 | X | X | X | X |
| 系统热故障 | $V_{TH(TM)}$ | 1 | 1 | 0 | X | X | X | X |
| 下管驱动器未就绪 ¹ | 不适用 | 1 | 1 | 1 | X | X | X | X |
| 下管FET过温告警 | T_{WA} | X | X | X | 0 | 1 | X | X |
| 下管FET过温关断 | T_{SD} | X | X | X | 1 | 0 | X | X |
| 上管驱动器未就绪 ² | I_{COM} | X | X | X | 1 | 1 | X | X |
| 下管FET过流 | $V_{X(TH)}$ | X | X | X | X | X | 1 | X |
| 上管FET过流 | $V_{X(TH)}$ | X | X | X | X | X | X | 1 |
| 器件就绪（无故障） | 不适用 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表4. 状态字编码

注释:

1. 包括XL引脚开路/短路故障、IPH引脚与XL引脚短路故障。
2. 包括内部通信失败、供电超出范围和XH引脚开路/短路故障。

| 故障 | 7位字 | 奇偶校验位 | 传送时间 $t_{TRANSMIT}^1$ |
|--------------------------|------------|-------|--------------------------|
| 器件就绪（无故障） | 000 00 0 0 | 1 | 290 μ s |
| 高压母线欠压100% | 010 00 0 0 | 0 | 290 μ s |
| 下管FREDFET过温告警和过流 | 000 01 1 0 | 1 | 350 μ s |
| 系统过热故障，下管过温告警，上下管FET过流故障 | 110 01 1 1 | 0 | 410 μ s |
| 最长传送时间 | 111 01 1 1 | 1 | 470 μ s |

表5. 状态更新代码和最终传送时间示例

注释:

1. 假定 $t_{D0} = 80 \mu$ s（器件ID #3）。

图21所示为BridgeSwitch用于状态更新通信的位流时序图。两个逻辑状态按照状态通信引脚两个不同的电压信号高电平时间后跟一个低电平时间 t_{LO} （典型值10 μs ）进行编码。逻辑“1”按照时间 t_{BIT1} （典型值40 μs ）进行编码，逻辑“0”按照时间 t_{BIT0} （典型值10 μs ）进行编码。

只要BridgeSwitch检测到状态变化，它就会将实际FAULT寄存器加载到Transmit寄存器（参见图20中的步骤2），并继续状态更新传送。

器件只会在母线处于闲置状态的时间大于等于稳态时间 t_{SS} （典型值80 μs ）时才开始状态更新传送，以确保其他器件已不再使用母线（参见图20中的步骤3）。

状态更新通信总是从通信器件所触发的母线判优开始的。它会根据分配的器件ID时间 t_{ID} （参见表6）将FAULT引脚拉低，释放引脚，然后验证通信母线处于高电平（参见图20中的步骤4至6）。如果情况如此，器件将从母线判优中胜出，并可继续传送状态更新（参见图20中的步骤7至10）。如果母线在发送ID后处于低电压，其他器件同时已开始传送尝试（或母线判优）。此时，器件将返回到图20中的步骤3尝试进行其他通信。每次传送完成后，器件将会闲置一定的时间 t_{IDLE} （典型值 $2 \times t_{SS} = 160 \mu\text{s}$ ），然后再开始新的通信。这样可使母线上的其他器件传递可能发生的状态变化或者对系统MCU提出的状态查询做出响应。

器件传递每个检测到的状态更新的次数只有一次。它还会向系统微控制器报告所有系统级故障的状态变化。这些变化包括直流母线欠压及过压情况以及外部温度监测故障。此外，它还会报告器件内部故障的所有状态变化，但下管功率FREDFET热关断故障（已报告LS功率FREDFET过温警告警被清除）除外。

状态查询和故障锁存复位

器件可以在进入任务模式后，根据系统MCU所发送的可能命令来监测状态通信引脚。该指令可能是微控制器通过在 t_{SYSID} （典型值160 μs ）内拉低母线所产生的状态更新查询（参见图20中的步骤15）。该命令也可能是复位器件状态寄存器（包括过温关断锁存），并通过在 t_{LARES} （ $20 \times t_{SYSID} =$ 典型值320 μs ）内拉低故障母线进入上电时序模式（参见图2中步骤17）。请注意，在微控制器发送锁存复位命令后会建议应用上电时序（参见图9）。这可以确保旁路上管电压在开关恢复之前处于额定水平。表7汇总了可用的系统MCU命令。

| 母线下拉时间 | 命令 |
|----------------------------------|-----------------------------|
| t_{SYSID} | 状态查询 |
| $t_{LARES} (2 \times t_{SYSID})$ | 对锁存的包括过温信息的状态寄存器进行复位并启动上电程序 |

表7. 系统MCU器命令

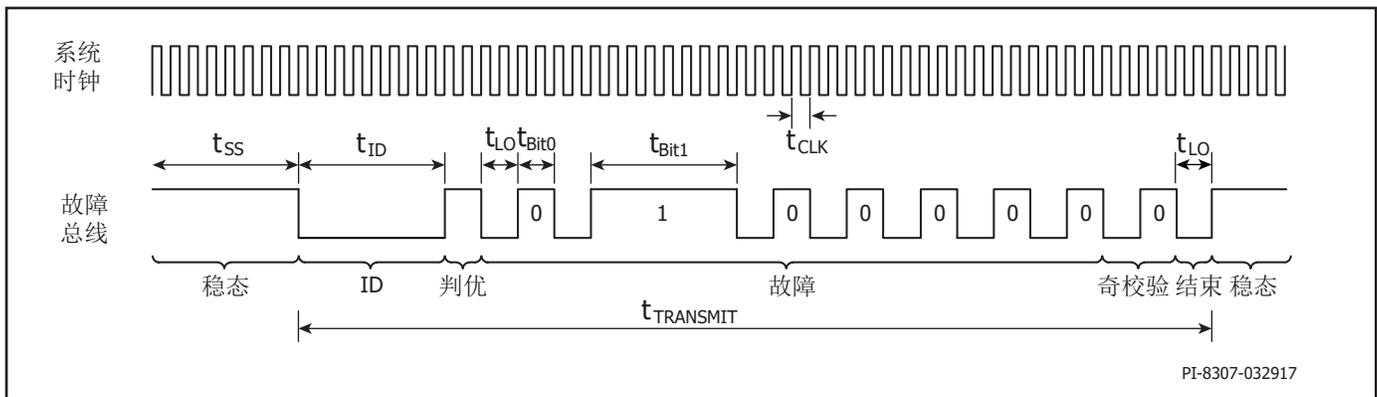


图21. 状态通信位流

应用范例

高效率的300 W三相逆变器

图22所示为使用BRD1265C器件的三相逆变器的电路原理图。此设计能够通过整流交流输入电压为高压三相无刷直流(BLDC)电机提供驱动。此设计可以340 V直流输入电压和12 kHz PWM调制频率提供300 W连续输入功率和1 A_{RMS}相电流，并且因其满载效率高于98%而无需散热片。

此逆变器与系统微控制器板通过适当的接口连接，可支持多种电机控制算法。此设计可在较宽的负载范围内通过非常高的效率，由于BRD1265C器件具有自供电功能而无需低压电源。这款逆变器可提供完善的器件故障保护特性和系统级遥测。器件级故障保护包括上下管FREDFET逐周期限流保护以及两级热过载告警和保护。系统级遥测包括高压直流母线监测和系统级过温监测。简单的单线接口可将所有检测到的状态更新传送给系统微控制器。

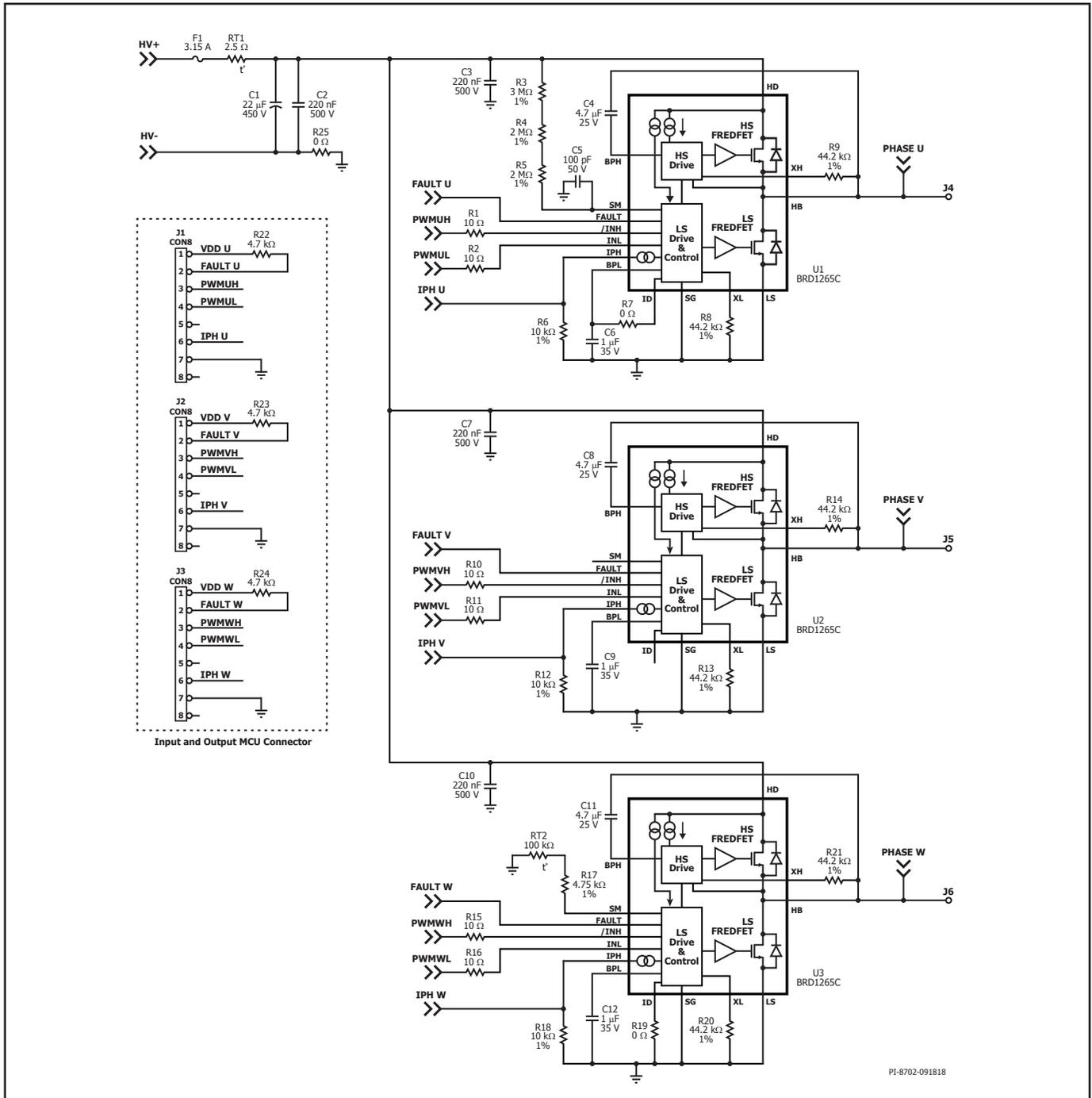


图22. DER-654的电路原理图。使用BRD1265CS的三相逆变器范例。

输入级

保险丝F1提供过流保护，热敏电阻RT1限制浪涌电流。C1和C2对整流的AC输入电压提供局部去耦。电阻R25位于主输入返回回路，可根据需要检测输入DC电流。使用一个零欧姆电阻进行占位。

BridgeSwitch三相逆变器

三个BridgeSwitch器件U1、U2和U3构成三相逆变器。逆变器的输出端通过连接器J4、J5和J6连接三相无刷直流电机。电容C3、C7和C10向BridgeSwitch提供直流母线电压的局部高频率去耦。

BridgeSwitch偏置供电

电容C6、C9和C12为BridgeSwitch集成的下管控制器和栅极驱动器提供去耦。电容C4、C8和C11为集成的上管控制器和栅极驱动器提供去耦。

PWM输入

输入信号PWMUH、PWMUL、PWMVH、PWMVL、PWMWH和PWMWL可控制集成上下管功率FREDFET的开关状态。系统微控制器通过J1、J2和J3进行连接，为BridgeSwitch的上下管FREDFET控制输入INL和/INH提供驱动。位于系统微控制器输出端和BridgeSwitch PWM控制输入端之间的电阻R1、R2、R10、R11、R15和R16可提高来自系统微控制器的控制信号的完整性。

逐周期限流

电阻R8、R13和R20设置集成下管FREDFET的逐周期限流水平，R9、R14和R21设置集成上管功率FREDFET的逐周期限流水平。选取44.2 kΩ电阻值可将限流点设置为默认值的100%，或将BRD1265C的限流点设置为3 A（请参见图12，了解设定限流点的详细信息）。

相电流信息

每个BRD1265C均通过IPH引脚提供实时相电流信息。电阻R6、R12和R18可决定小信号电压幅值。IPH引脚的输出增益为100 μA/A，在电阻R6、R12和R18的值选定后（10 kΩ），可转换为1 A漏极电流的1 V信号。电压信号通过连接器J1、J2和J3的引脚6提供，以便与系统微控制器进行通信。

直流母线欠压(UV)及过压(OV)监测

BridgeSwitch U1通过电阻R3、R4和R5监测直流母线电压。R3、R4和R5的合并电阻值可设置欠压阈值和过压阈值，如表3所示。可选电容C5可在高噪声环境中在SM引脚处提供高频率噪声去耦。推荐的最大值为100 pF。U1的FAULT接口可通过连接器J1向系统微控制器报告检测到的任何直流母线电压变化。

系统级温度监测

BridgeSwitch U3可通过连接SM引脚的热敏电阻RT2监测系统温度。电阻R17可系统级故障温度阈值调整至所需水平。在此例中，阈值为90 °C。

状态更新通信

U1、U2和U3的FAULT引脚可通过J1、J2和J3分别向系统微控制器报告检测到的任何状态更新。开漏FAULT引脚通过电阻R22、R23和R24被拉高到VDD_U、VDD_V和VDD_W。

器件ID

上电时，每个BRD1265C通过确定其ID引脚的连接方式为自己分配唯一的器件ID。器件ID可用于将检测到的状态更新的物理位置传送给系统微控制器（请参见图19，了解通过器件ID设定实现的单线状态通信总线）。在图22所示的设计中，U1的ID引脚通过R7短接到BPL引脚。U2的ID引脚保持开路，U3的ID引脚通过R19短接到SG引脚（请参见表6，了解有关ID分配的详细信息）。

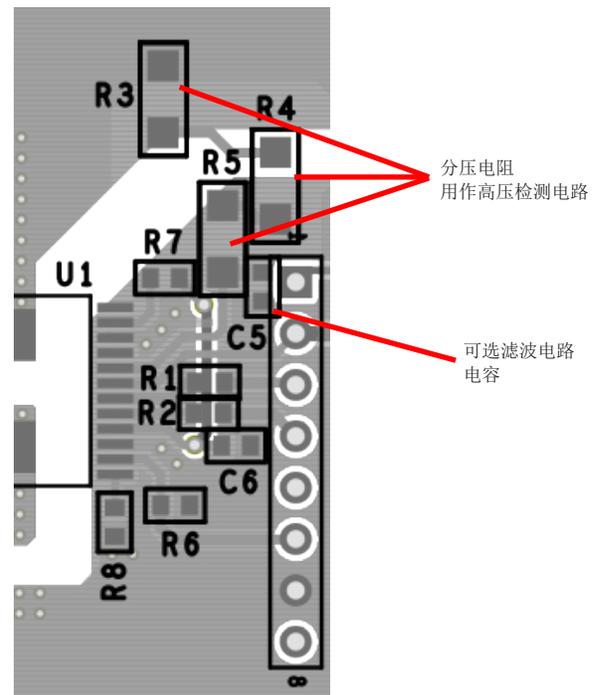
系统微控制器的信号连接器

连接器J1、J2和J3将三相逆变器电路连接到系统微控制器，传送PWM输入、IPH输出和状态更新信号。FAULT接口的外部上拉电平VDD_U、VDD_V和VDD_W为3.3 V或5 V。

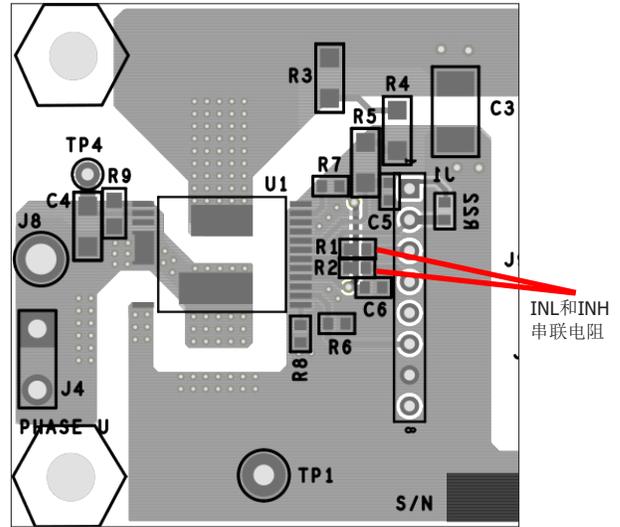
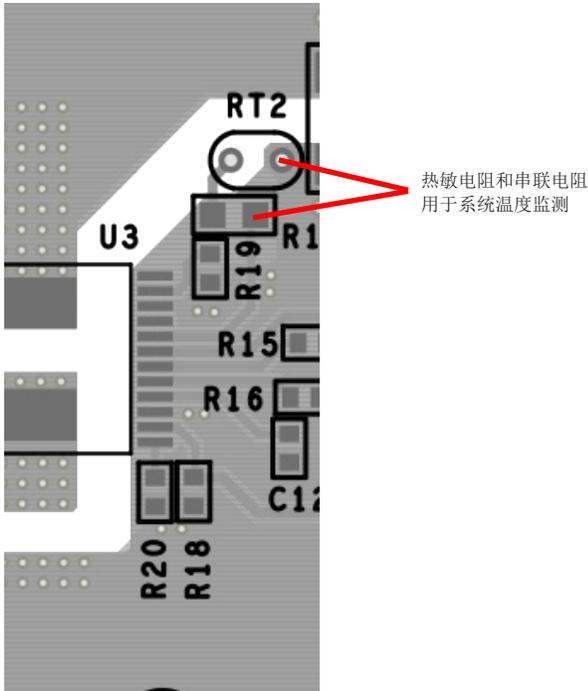
PCB设计指南

系统监测引脚电路

配置为高压检测电路时，连接直流母线电压和SM引脚的分压器电阻以最短的走线长度靠近IC放置。可以在靠近SM引脚以及SG引脚之间放置一个可选的滤波电容。



将SM引脚配置为系统级温度监测引脚时，热敏电阻和串联电阻靠近SM引脚放置。

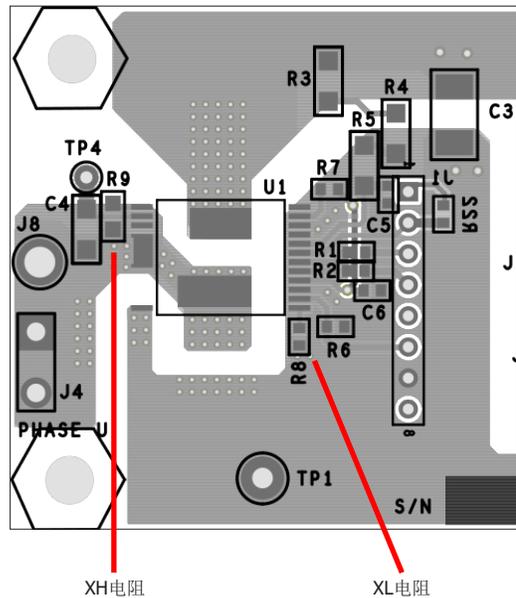
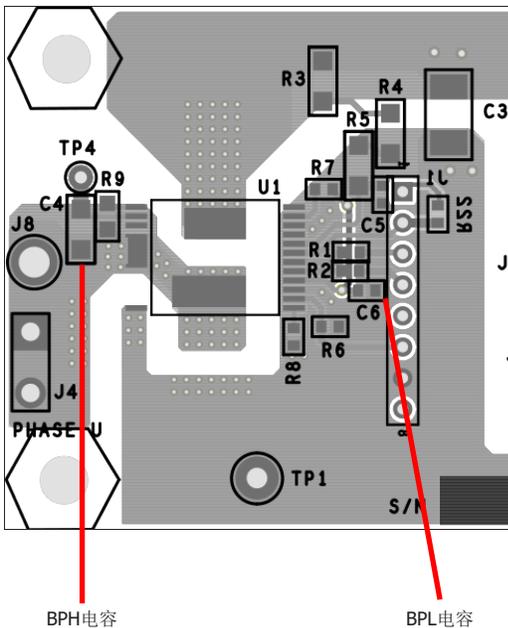


XL及XH电阻

XL电阻靠近XL引脚和SG引脚之间放置。XH电阻以HB引脚作为上管返回参考靠近XH引脚放置，并且环路面积最小。

BPL及BPH电容

BPH/BPL去耦电容尽可能靠近BridgeSwitch的BPH和BPL引脚放置，以提高噪声抗扰性和确保对IC稳定供电。BPL去耦电容负极直接连接至SG引脚，BPH去耦电容负极直接连接至HB引脚。

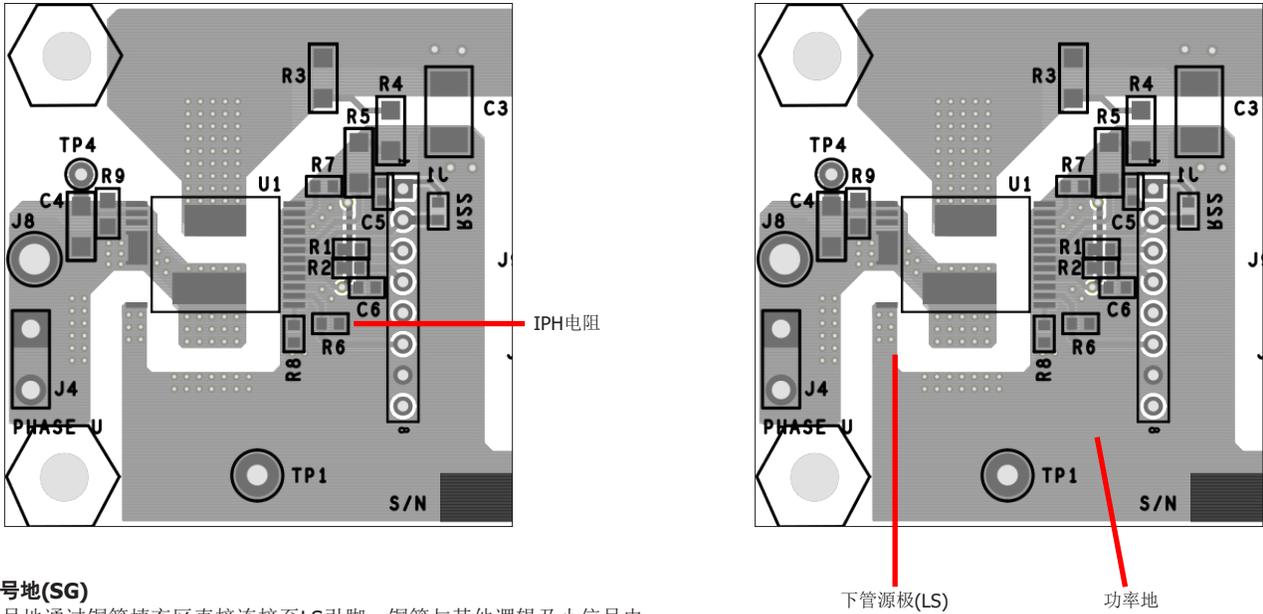


IPH电阻

IPH电阻靠近IPH引脚放置。承载IPH信号且连接系统微控制器的PCB走线的长度应尽量短，以避免噪声干扰并保持信号完整性。IPH电阻以SG引脚为参考。

INL及/INH输入电阻

将INL/INH电阻尽可能靠近INL/INH引脚放置。最好缩短微控制器与BridgeSwitch之间承载PWM信号的PCB走线长度，以提高信号的完整性。

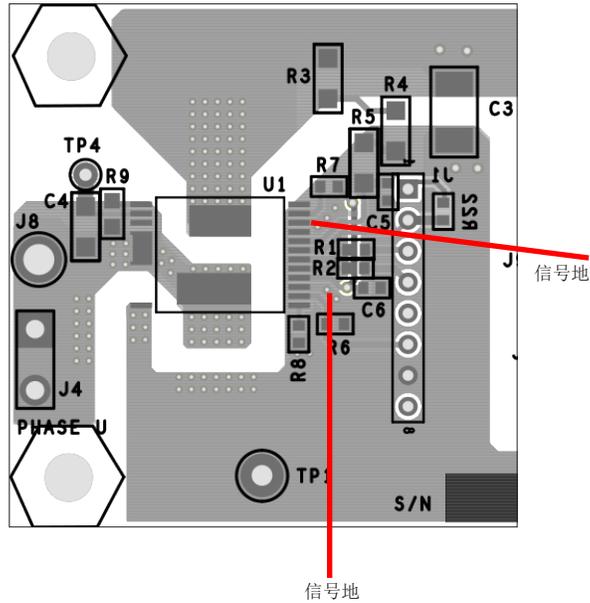


信号地(SG)

信号地通过铜箔填充区直接连接至LS引脚。铜箔与其他逻辑及小信号电路接地端之间的连线要单独走线。所有下管控制电路和系统微控制器信号均以SG引脚为参考。

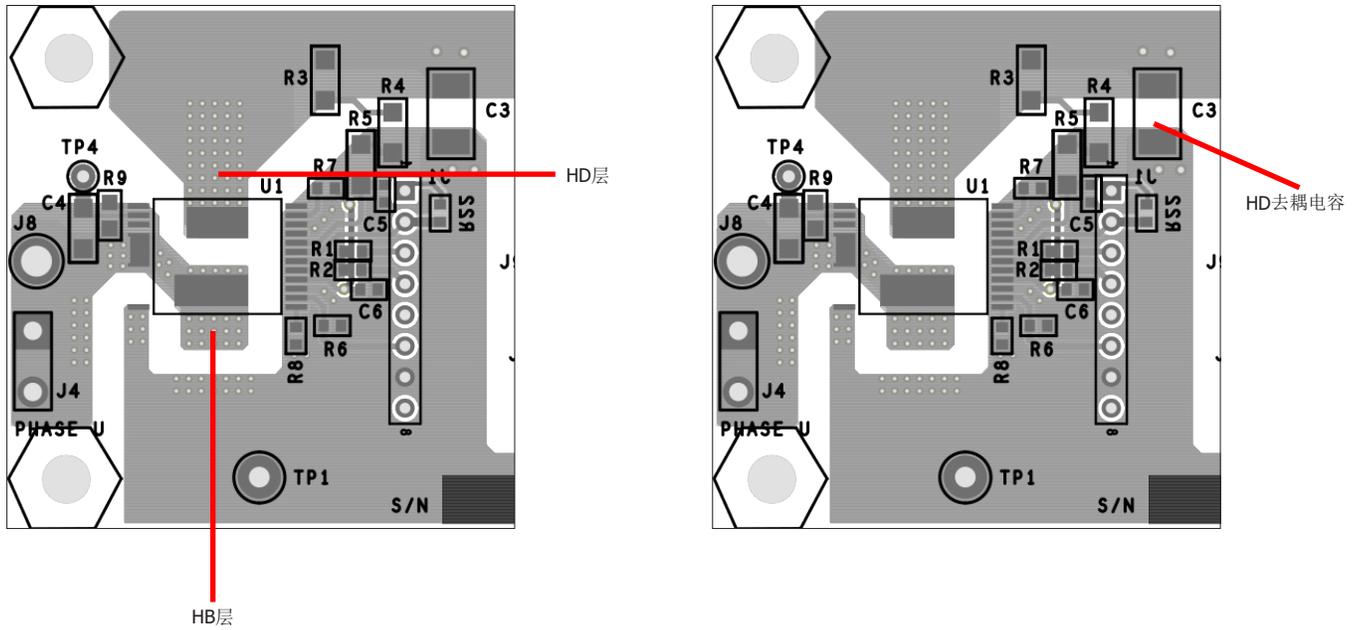
HD及HB层

BridgeSwitch的HD和HB裸焊盘的配置布局可为散热提供足够的铺铜区域。



功率地

LS引脚用作功率地。最好将LS引脚连接到接地层，后者连接至大容量电容的负极端并充当接地屏蔽。



直流母线去耦电容

HD引脚去耦电容向BridgeSwitch提供直流母线电压的局部高频率去耦。电容位于直流输入母线正层和负层之间且靠近BridgeSwitch，但须考虑到爬电距离和电气间隙要求。

BridgeSwitch

绝对最大额定值^{1,2}

| | | | |
|--|---------------------|--|---------------|
| HD引脚电压 ² : | -1.3 V到600 V | 结温度 ⁷ : FREDFET | -40 °C到160 °C |
| HB引脚电压: | -15 V到600 V | 驱动器 | -40 °C到150 °C |
| 直流输出电流 ^{6,7} : BRD1X60C | 1.0 A | 存储温度 | -65 °C到150 °C |
| BRD1X61C | 1.7 A | 引线温度 ⁴ | 260 °C |
| BRD1X63C | 3.0 A | 注释: | |
| BRD1X65C | 5.5 A | 1. 在短时间内施加器件允许的最大额定值不会引起产品永久性的损坏。但长时间用在器件允许的最大额定值时, 会对产品的可靠性造成影响。 | |
| BRD1x67C | 11.5 A | 2. 所有电压都是以 $T_A = 25\text{ °C}$ 时的下管源极LS和信号地SG为参考点(另行说明者除外)。 | |
| BPH引脚电压 ³ | -0.3 V到16.5 V | 3. 以 $T_A = 25\text{ °C}$ 时的半桥连接HB为参考点。 | |
| BPL/ID引脚电压 | -0.3 V到16.5 V | 4. 在距壳体1/16英寸处测量, 持续时间5秒。 | |
| 旁路引脚电流 | 15 mA | 5. 外部电流检测电阻与LS引脚串联。 $T_j = -20\text{ °C}$ 到 125 °C 。 | |
| XH引脚 ³ 电压 | -0.3 V到5.3 V | 6. 每个FREDFET的连续直流输出电流, 在 25 °C 壳体温度和 125 °C 结温下计算得出。 | |
| XL引脚电压 | -0.3 V到5.3 V | 7. 通常由内部电路控制。 | |
| FAULT/INL/INH引脚电压 | -0.3 V到5.3 V | | |
| SM引脚电压 | -0.3 V到5.3 V | | |
| SM引脚电流 | 2 mA | | |
| IPH引脚电压 | -0.3 V到5.3 V | | |
| IPH引脚电流 | 2 mA | | |
| LS引脚到SG引脚的电压 ⁵ | $\pm 0.33\text{ V}$ | | |

热阻

热阻(θ_{JA})³: inSOP-24C封装

| | |
|----------------|---|
| BRD1X60C | 80 °C/W ¹ , 65 °C/W ² |
| BRD1X61C | 78 °C/W ¹ , 63 °C/W ² |
| BRD1x63C | 74 °C/W ¹ , 59 °C/W ² |
| BRD1x65C | 68 °C/W ¹ , 53 °C/W ² |
| BRD1x67C | 63 °C/W ¹ , 51 °C/W ² |

注释:

- 裸焊盘焊在0.36平方英寸(232 mm²)、2盎司(610 g/m²)的铜箔区域。
- 裸焊盘焊在1.0平方英寸(645 mm²)、2盎司(610 g/m²)的铜箔区域。
- 两个功率开关管的功耗各占总功率的一半。

| 参数 | 符号 | 条件 下管源极 = 0 V $T_j = -20\text{ °C}$ 到 125 °C (除非另有说明) | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------------|--------------------------------------|---|---|------|------|----|
| 旁路供电功能 | | | | | | |
| 旁路电压 | V_{BPL} V_{BPH} | $T_j = 25\text{ °C}$ 见注释D | 13.8 | 14.5 | 15.2 | V |
| 旁路分路稳压器电压 | $V_{BPL(SHUNT)}$ $V_{BPH(SHUNT)}$ | $I_{BPL} = I_{BPH} = 6\text{ mA}$ $T_j = 25\text{ °C}$ 见注释D | 14.5 | 15.3 | 16.1 | V |
| 旁路电压迟滞 | $V_{BPL(HYST)}$ $V_{BPH(HYST)}$ | $T_j = 25\text{ °C}$ | 1.9 | 2.4 | 2.9 | V |
| 旁路下管供电电流 | $I_{BPL(S1)}$ | $V_{BPL} = 14.5\text{ V}$ 见注释A | $V_{INL} < V_{IL}$, $V_{INH} > V_{IH}$ | 0.37 | 0.45 | mA |
| | $I_{BPL(S2)}$ | | $V_{INL} < V_{IL}$, $V_{INH} > V_{IH}$ | 0.53 | 0.80 | |
| 旁路上管供电电流 | $I_{BPH(S1)}$ | $V_{BPL} = 14.5\text{ V}$ 见注释A | $V_{INL} < V_{IL}$, $V_{INH} > V_{IH}$ | 0.33 | 0.42 | |
| | $I_{BPH(S2)}$ | | $V_{INL} < V_{IL}$, $V_{INH} > V_{IH}$ | 0.51 | 0.67 | |
| | | | BRD1X67 | 0.68 | 0.75 | |
| 旁路下管充电电流 | $I_{CH1(LS)}$ | $T_j = 25\text{ °C}$ | $V_{BPL} = 0$ $V_{HD-to-LS} = 50\text{ V}$ | 3.0 | | mA |
| | $I_{CH2(LS)}$ | | $V_{BPL} = 14.5\text{ V}$ $V_{HD-to-LS} \geq 100\text{ V}$ 见注释C | 1.7 | | |

| 参数 | 符号 | 条件 下管源极 = 0 V $T_J = -20\text{ }^\circ\text{C}$ 到 $125\text{ }^\circ\text{C}$ (除非另有说明) | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | |
|-----------------------|----------------|---|---|-------|-------|------------------|------------------------|
| 旁路供电功能 (续上) | | | | | | | |
| 旁路上管充电电流 | $I_{CH1(HS)}$ | $V_{HB} = V_{LS}$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | $V_{BPH\text{-to-HB}} = 0$ $V_{HD\text{-to-HB}} = 50\text{ V}$ | 1.8 | | mA | |
| | $I_{CH2(HS)}$ | | $V_{BPH\text{-to-HB}} = 14.5\text{ V}$ $V_{HD\text{-to-HB}} \geq 100\text{ V}$ 见注释C | 10 | | | |
| 上管及下管FREDFET控制 | | | | | | | |
| INL下拉电流 | I_{INL} | $V_{INL} = 2.5\text{ V}$ | 0 | 1 | 1.15 | μA | |
| /INH上拉电流 | I_{INH} | $V_{INH} = 2.5\text{ V}$ | -1.15 | -1 | 0 | | |
| 输入电压高 | V_{IH} | | 2.5 | | | V | |
| 输入电压低 | V_{IL} | | | | 0.8 | V | |
| 死区时间低关断到高导通 | t_{DLH} | $V_{BPL} = V_{BPH} = 14.5\text{ V}$, $V_{DS} = 325\text{ V}$, $I_D = 0.1\text{ A}$ 见图11和图23 | 470 | 588 | 705 | ns | |
| 死区时间高关断到低导通 | t_{DHL} | $V_{BPL} = V_{BPH} = 14.5\text{ V}$, $V_{DS} = 325\text{ V}$, $I_D = 0.1\text{ A}$ 见图11 | 470 | 588 | 705 | ns | |
| 开关时间FREDFET导通 | t_{ON} | $V_{BPL} = V_{BPH} = 14.5\text{ V}$, $V_{DS} = 325\text{ V}$, $I_D = 0.1\text{ A}$ /INH > V_{IH} , 见图23, 注释C | | 0.7 | | μs | |
| 开关时间FREDFET关断 | t_{OFF} | $V_{BPL} = V_{BPH} = 14.5\text{ V}$, $V_{DS} = 325\text{ V}$, $I_D = 0.1\text{ A}$ /INH > V_{IH} , 见图23, 注释C | | 0.4 | | μs | |
| 器件保护及系统级监测 | | | | | | | |
| FREDFET结告警温度 | T_{WA} | 见注释C | 118 | 125 | 132 | $^\circ\text{C}$ | |
| FREDFET结关断温度 | T_{SD} | 见注释C | 143 | 150 | 157 | $^\circ\text{C}$ | |
| 电流限流点阈值 | $I_{LIM(DEF)}$ | $R_{XL} = R_{XH} = 44.2\text{ k}\Omega$ $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $di/dt = 250\text{ mA}/\mu\text{s}$ | BRD1X60 | 0.665 | 0.700 | 0.735 | A |
| | | | BRD1X61 | 1.425 | 1.500 | 1.575 | |
| | | | BRD1X63 | 2.138 | 2.250 | 2.363 | |
| | | | BRD1X65 | 2.850 | 3.000 | 3.150 | |
| | | | BRD1x67 | 3.875 | 4.100 | 4.330 | |
| | $I_{LIM(RED)}$ | | BRD1X60 | 0.286 | 0.308 | 0.330 | |
| | | | BRD1X61 | 0.586 | 0.630 | 0.674 | |
| | | | BRD1X63 | 0.878 | 0.945 | 1.012 | |
| | | | BRD1X65 | 1.172 | 1.260 | 1.348 | |
| | | | BRD1x67 | 1.600 | 1.720 | 1.840 | |
| 电流限流点延迟时间 | t_{ILD} | 见注释B | | 150 | | ns | |
| 前沿消隐时间 | t_{LEB} | 见注释B | 300 | | | ns | |
| 相电流输出增益 | g_{IPH} | $R_{XL} = R_{XH} = 44.2\text{ k}\Omega$, $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ $I_{D(LS)} = 0.75 \times I_{LIM(DEF)}$ 导通时间 $\geq 2\text{ }\mu\text{s}$ | BRD1260 | 388 | 400 | 412 | $\mu\text{A}/\text{A}$ |
| | | | BRD1261 | 194 | 200 | 206 | |
| | | | BRD1263 | 145 | 150 | 155 | |
| | | | BRD1265 | 97 | 100 | 103 | |
| | | | BRD1267 | 72.7 | 75 | 77.3 | |
| 相电流输出延迟时间 | t_{IPH} | $R_{XL} = R_{XH} = 44.2\text{ k}\Omega$, $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$, $I_{D(LS)} = 0.75 \times I_{LIM(DEF)}$, $di/dt = 250\text{ mA}/\mu\text{s}$ 导通时间 $\geq 2\text{ }\mu\text{s}$, 见注释B和I | | 500 | | ns | |

| 参数 | 符号 | 条件 下管源极 = 0 V $T_j = -20\text{ }^\circ\text{C}$ 到 $125\text{ }^\circ\text{C}$ (除非另有说明) | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | |
|-------------------------|------------------------------|---|----------------------|------|------|---------------|---------------|
| 器件保护及系统级监测 (续上) | | | | | | | |
| XL/XH引脚电压 | V_{XL} V_{XH} | $V_{BPL} = V_{BPH} = 14.5\text{ V}$ $R_{XL} = R_{XH} \geq 44.2\text{ k}\Omega$ $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | 1.15 | 1.20 | 1.25 | V | |
| XL/XH引脚短路电流 | $I_{XL(SC)}$ $I_{XH(SC)}$ | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | | -36 | -30 | μA | |
| SM引脚电压 | V_{SM} | SM引脚用作母线电压检测 $I_{SM} = 35\text{ }\mu\text{A}$ | | 1.6 | 1.9 | V | |
| 高压母线UV55阈值电流 | I_{UV55} | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | 18 | 20 | 22 | μA | |
| 高压母线UV70阈值电流 | I_{UV70} | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | 23 | 25 | 27 | μA | |
| 高压母线UV85阈值电流 | I_{UV85} | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | 28 | 30 | 32 | μA | |
| 高压母线UV100阈值电流 | I_{UV100} | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | 33 | 35 | 37 | μA | |
| 高压母线欠压延迟时间 | $t_{D(UV)}$ | $I_{SM} = I_{UV100}$ 见注释B | | 40 | | ms | |
| 高压母线过压阈值电流 | I_{OV} | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | 57 | 60 | 63 | μA | |
| 高压母线过压延迟时间 | $t_{D(OV)}$ | 见注释C | | 80 | | μs | |
| 高压母线过压关断迟滞 | $I_{OV(HYST)}$ | | | 4 | | μA | |
| 系统过温阈值 | $V_{TM(TH)}$ | SM引脚用作 外部温度检测 见图17 | 1.14 | 1.2 | 1.26 | V | |
| 过温延迟时间 | $t_{D(TM)}$ | 见注释B和C | | 1 | | ms | |
| 温度监测输出电流 | I_{TM} | | | 96 | | μA | |
| 温度监测电流导通时间 | $t_{ON(TM)}$ | 见注释C | | 10 | | ms | |
| 温度监测电流占空比 | D_{ITM} | 见注释B和C | | 1 | | % | |
| 状态通信母线 | | | | | | | |
| 内部通信所需的INLL高电平时间 | $t_{INLH(COM)}$ | $/INH > V_{IH} \geq t_{DHL}$ 见注释G和图24 | 2 | | | μs | |
| FAULT引脚电压高电平 | V_{FAH} | $R_{UP} = 267\text{ }\Omega$, $V_{UP} = 3.3\text{ V}$ | 2.5 | | | V | |
| FAULT引脚电压低电平 | V_{FAL} | $R_{UP} = 267\text{ }\Omega$, $V_{UP} = 3.3\text{ V}$ | | | 0.8 | V | |
| FAULT引脚下拉电流 | I_{FAS} | $R_{UP} = 267\text{ }\Omega$, $V_{UP} = 3.3\text{ V}$, 见注释F | 3 | | | mA | |
| 器件ID时间 | t_{ID} | $V_{FAULT} < V_{FAL}$ $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | $V_{ID} = V_{BPL}$ | 38 | 40 | 42 | μs |
| | | | $V_{ID} = \text{悬空}$ | 57 | 60 | 63 | μs |
| | | | $V_{ID} = V_{SD}$ | 76 | 80 | 84 | μs |
| 稳态时间 | t_{SS} | $V_{FAULT} > V_{FAH}$ 见注释C | | 80 | | μs | |
| 逻辑位0时间 | t_{Bit0} | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | 9.4 | 10 | 10.6 | μs | |
| 逻辑位1时间 | t_{Bit1} | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | 38 | 40 | 42 | μs | |
| 低电平时间 | t_{LO} | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | 9.4 | 10 | 10.6 | μs | |

| 参数 | 符号 | 条件 下管源极 = 0 V $T_j = -20\text{ }^\circ\text{C}$ 到 $125\text{ }^\circ\text{C}$ (除非另有说明) | | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|--|-----------------------------------|---|-----------------------------------|------|----------------------|-------|---------------|
| | | | | | | | |
| 状态通信母线 (续上) | | | | | | | |
| FAULT引脚下拉电流 | I_{FAS} | $R_{UP} = 267\ \Omega$, $V_{UP} = 3.3\ \text{V}$, 见注释F | | 3 | | | mA |
| 器件ID时间 | t_{ID} | VFAULT < VFAL $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | $V_{ID} = V_{BPL}$ | 38 | 40 | 42 | μs |
| | | | $V_{ID} = \text{悬空}$ | 57 | 60 | 63 | μs |
| | | | $V_{ID} = V_{SD}$ | 76 | 80 | 84 | μs |
| 稳态时间 | t_{SS} | $V_{FAULT} > V_{FAH}$ 见注释C | | | 80 | | μs |
| 逻辑位0时间 | t_{Bit0} | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | | 9.4 | 10 | 10.6 | μs |
| 逻辑位1时间 | t_{Bit1} | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | | 38 | 40 | 42 | μs |
| 低电平时间 | t_{LO} | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | | 9.4 | 10 | 10.6 | μs |
| 闲置时间 | t_{IDLE} | 见注释C | | | $2 \times t_{SS}$ | | μs |
| 系统控制ID时间 | t_{SYSID} | $V_{FAULT} < V_{FAL}$ 见注释C | | | 160 | | μs |
| 故障锁存复位时间 | t_{LARES} | $V_{FAULT} < V_{FAL}$ 见注释C | | | $2 \times t_{SYSID}$ | | μs |
| 功率FREDFET沟道和二极管 | | | | | | | |
| 漏源极击穿电压 | BV_{DSS} | $I_D = 250\ \mu\text{A}$, $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | | 600 | | | V |
| 上管漏极供电电压 | $V_{HD(START)}$ | | | 50 | | | V |
| 关断状态漏极漏电流 | I_{DSS} | $V_{DS} = 540\ \text{V}$ $T_j = 100\text{ }^\circ\text{C}$ 见注释H | | | | 65 | μA |
| 导通状态漏源极电阻 | $R_{DS(ON)}$ | BRD1X60 $V_{BPH} = V_{BPL} = 14.5\ \text{V}$ $I_D = 0.1 \times I_{LIM(DEF)}$ | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | | 6.84 | 8.21 | Ω |
| | | | $T_j = 100\text{ }^\circ\text{C}$ | | 9.65 | 11.58 | |
| | | BRD1X61 $V_{BPH} = V_{BPL} = 14.5\ \text{V}$ $I_D = 0.1 \times I_{LIM(DEF)}$ | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | | 2.95 | 3.54 | |
| | | | $T_j = 100\text{ }^\circ\text{C}$ | | 4.28 | 5.14 | |
| | | BRD1X63 $V_{BPH} = V_{BPL} = 14.5\ \text{V}$ $I_D = 0.1 \times I_{LIM(DEF)}$ | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | | 1.53 | 1.84 | |
| | | | $T_j = 100\text{ }^\circ\text{C}$ | | 2.11 | 2.53 | |
| | | BRD1X65 $V_{BPH} = V_{BPL} = 14.5\ \text{V}$ $I_D = 0.1 \times I_{LIM(DEF)}$ | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | | 0.83 | 0.99 | |
| | | | $T_j = 100\text{ }^\circ\text{C}$ | | 1.13 | 1.35 | |
| BRD1X67 $V_{BPH} = V_{BPL} = 14.5\ \text{V}$ $I_D = 0.1 \times I_{LIM(DEF)}$ | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | | 0.47 | 0.56 | | | |
| | $T_j = 100\text{ }^\circ\text{C}$ | | 0.61 | 0.73 | | | |
| 漏极电压下降时间 | t_{VF} | $V_{HVBUS} = 325\ \text{V}$ 见图23以及注释C和E | | | 115 | | ns |
| 漏极电压上升时间 | t_{VR} | $V_{HVBUS} = 325\ \text{V}$ 见图23以及注释C和E | | | 95 | | ns |

| 参数 | 符号 | 条件 | | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 | | | |
|--|----------|---|-----------------------------------|---|---|-----|----|-----|--|----|
| | | 下管源极 = 0 V $T_j = -20\text{ }^\circ\text{C}$ 到 $125\text{ }^\circ\text{C}$ (除非另有说明) | | | | | | | | |
| 功率FREDFET沟道和二极管 (续上) | | | | | | | | | | |
| 二极管正向电压 | V_{SD} | BRD1X60, $I_S = 0.5\text{ A}$ 见注释C | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | | 1.60 | | V | | | |
| | | | $T_j = 100\text{ }^\circ\text{C}$ | | 1.42 | | | | | |
| | | BRD1X61, $I_S = 0.7\text{ A}$ 见注释C | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | | 1.49 | | | | | |
| | | | $T_j = 100\text{ }^\circ\text{C}$ | | 1.22 | | | | | |
| | | BRD1X63, $I_S = 1\text{ A}$ 见注释C | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | | 1.46 | | | | | |
| | | | $T_j = 100\text{ }^\circ\text{C}$ | | 1.13 | | | | | |
| | | BRD1X65, $I_S = 1\text{ A}$ 见注释C | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | | 1.09 | | | | | |
| | | | $T_j = 100\text{ }^\circ\text{C}$ | | 0.91 | | | | | |
| | | BRD1X67, $I_S = 1\text{ A}$ 见注释C | $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | | 0.91 | | | | | |
| | | | $T_j = 100\text{ }^\circ\text{C}$ | | 0.80 | | | | | |
| | | 二极管反向恢复时间 | t_{RR} | $V_R = 400\text{ V}$ $T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$ 见注释C | BRD1X60, $I_S = 0.5\text{ A}$ $di/dt = 50\text{ A}/\mu\text{s}$ | | | 120 | | ns |
| | | | | | BRD1X61, $I_S = 0.75\text{ A}$ $di/dt = 50\text{ A}/\mu\text{s}$ | | | 100 | | |
| BRD1X63, $I_S = 1\text{ A}$ $di/dt = 50\text{ A}/\mu\text{s}$ | | | | | 130 | | | | | |
| BRD1X65, $I_S = 1\text{ A}$ $di/dt = 75\text{ A}/\mu\text{s}$ | | | | | 120 | | | | | |
| BRD1X67, $I_S = 1\text{ A}$ $di/dt = 75\text{ A}/\mu\text{s}$ | | | | | 130 | | | | | |

注释:

- 当两个FREDFET都关断时, 总电流消耗是 $I_{BPL(S1)}$ 或 $I_{BPH(S1)}$ 与 I_{DSS} 的总和; 当一个FREDFET开关时 (假定最大换流频率为20 kHz), 总电流消耗是 $I_{BPL(S2)}$ 或 $I_{BPH(S2)}$ 与 I_{DSS} 的总和。
- 由设计保证。生产时未经测试。
- 由特性保证。生产时未经测试。
- 旁路分流稳压器电压超过由设计保证的旁路电压。
- 在典型的三相逆变器应用电路中进行测试。通常由内部电路控制。
- 在器件时序测试中测量。
- 假定控制输入/INH在闲置期间 $t_{IDLE} > t_{DHL}$ 处于高电平。如果 $t_{IDLE} < t_{DHL}$, 要求的内部通信最小INL高电平时间将增大 $t_{DHL} - t_{IDLE}$ (参见图24)。
- FREDFET关断时, 控制器旁路引脚电压为 $V_{BPL} + 0.1\text{ V}$ 或 $V_{BPH} + 0.1\text{ V}$ 。
- IPH输出连接10 k Ω 电阻, 该电阻与8 k Ω 和7 pF的串联RC网络并联。

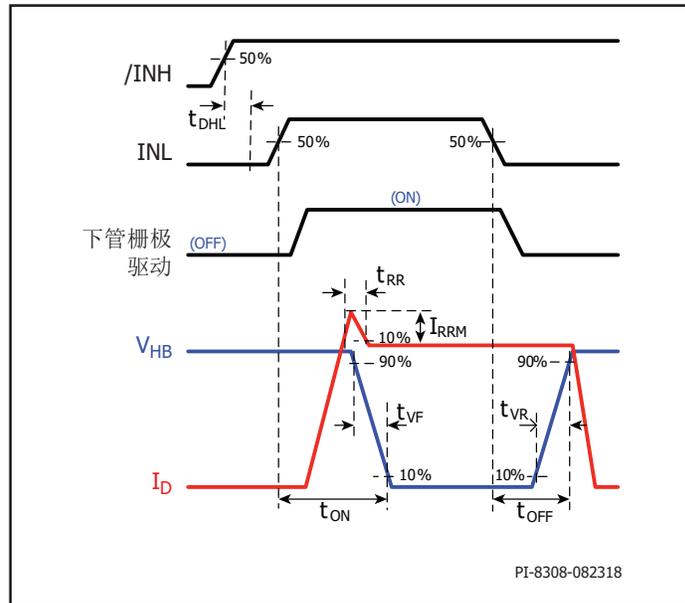


图23. 下管FREDFET开关时序

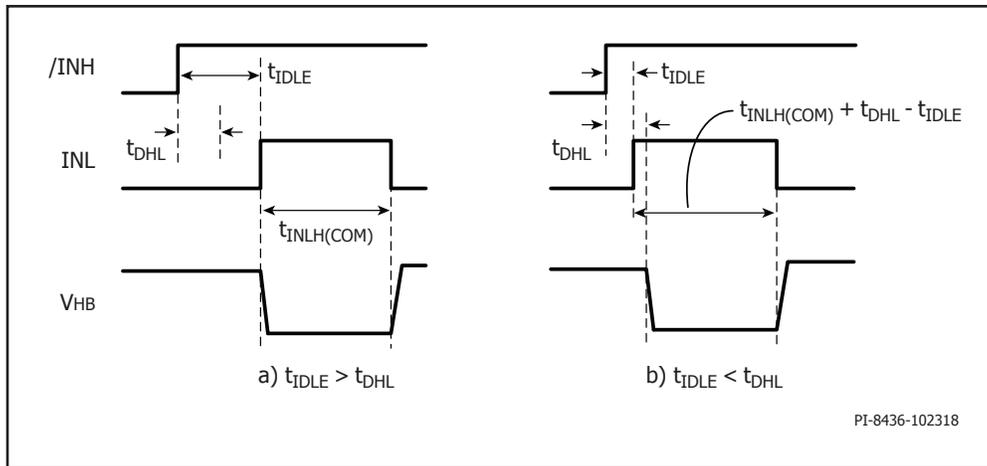


图24. 器件内部上管状态更新要求的最小INL高电平时间 a) $t_{IDLE} > t_{DHL}$ b) $t_{IDLE} < t_{DHL}$

典型性能特性

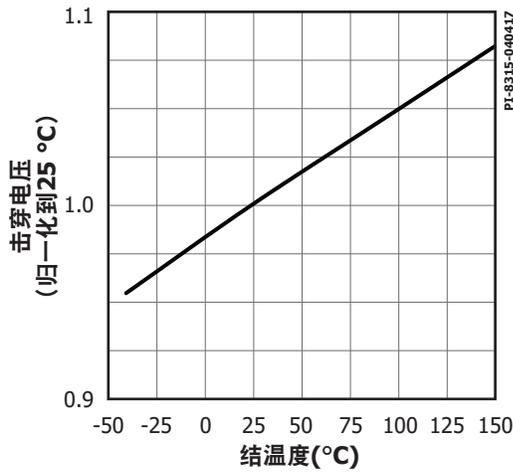


图25. 功率FREDFET击穿电压相对于温度的变化

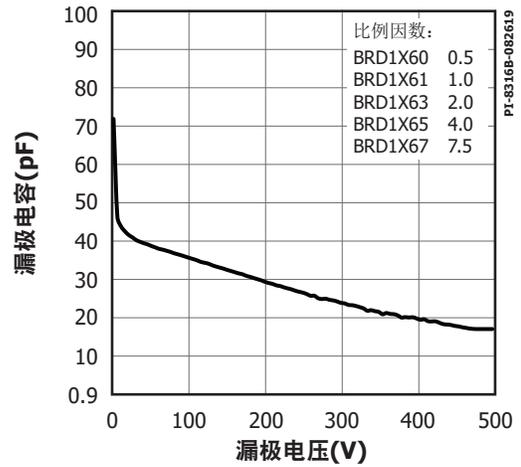


图26. 功率FREDFET C_{oss}相对于电压的变化

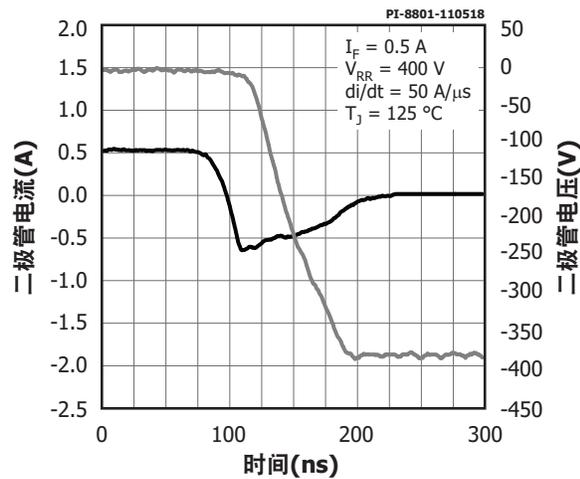


图27. 典型的二极管反向恢复(BRD1X60)

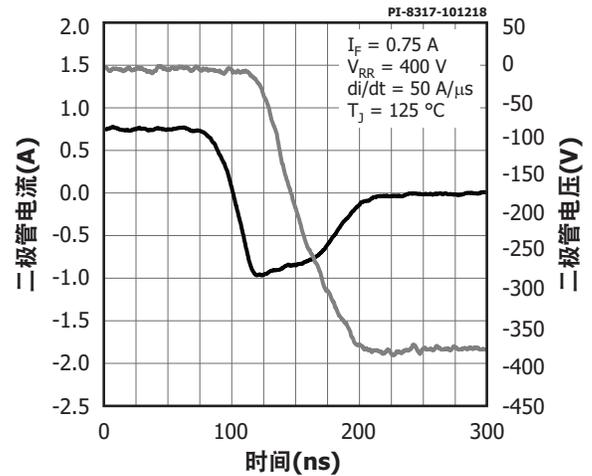


图28. 典型的二极管反向恢复(BRD1X61)

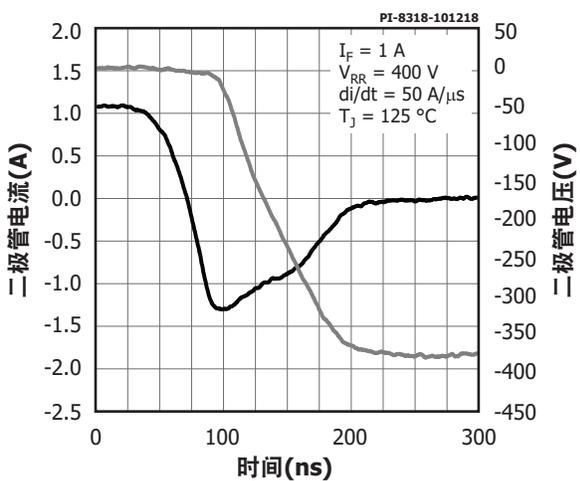


图29. 典型的二极管反向恢复(BRD1X63)

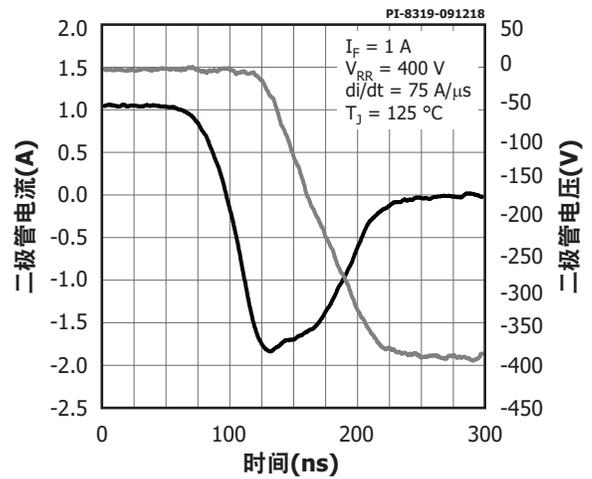


图30. 典型的二极管反向恢复(BRD1X65)

典型性能特性 (续上)

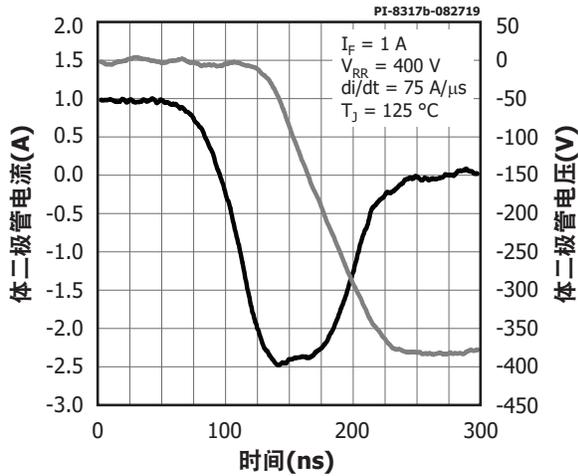


图31. 典型的反向恢复(BRD1X67)

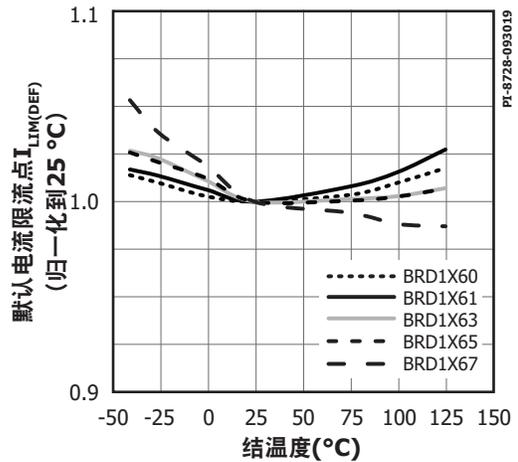


图32. 默认限流点相对于温度的变化

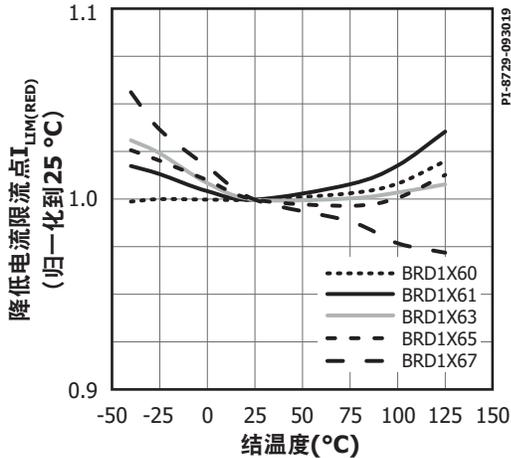


图33. 降低限流点相对于温度的变化

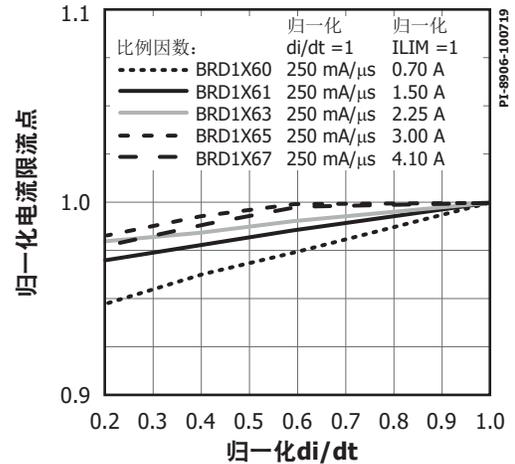


图34. 默认限流点相对于di/dt的变化

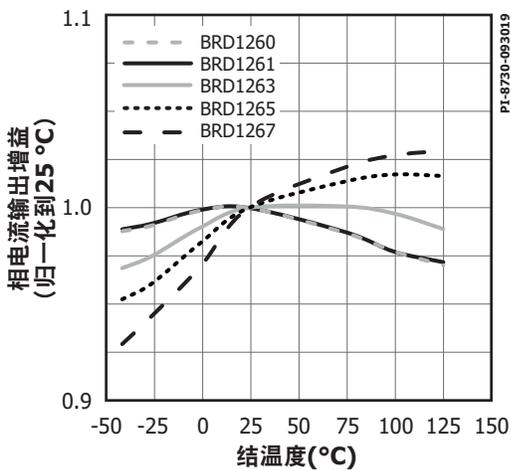


图35. 相电流输出增益相对于温度的变化

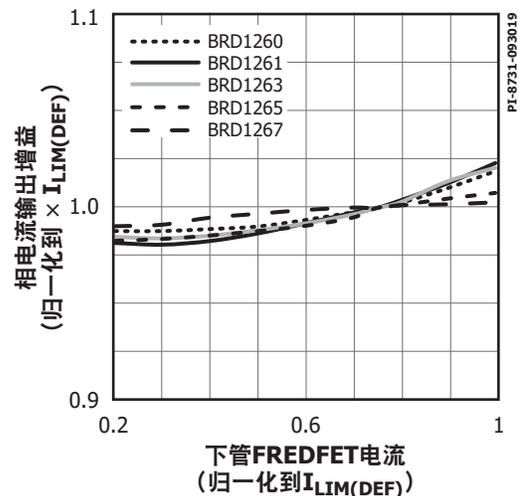


图36. 相电流输出增益相对于下管FREDFET电流的变化

典型性能特性 (续上)

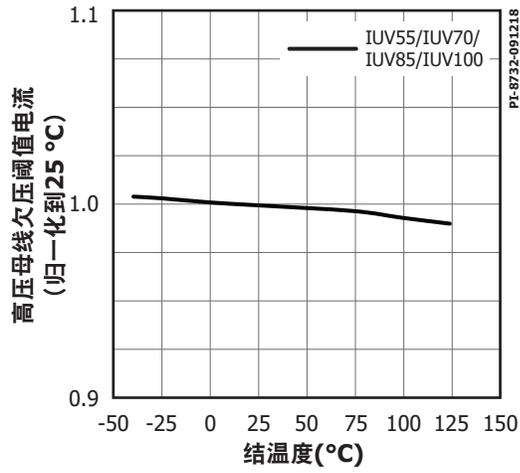


图37. 高压母线欠压阈值电流相对于温度的变化

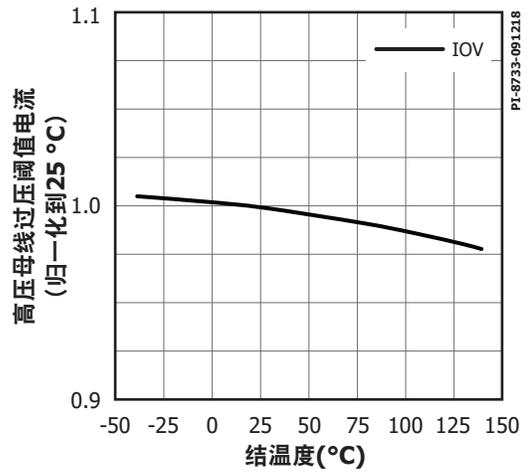
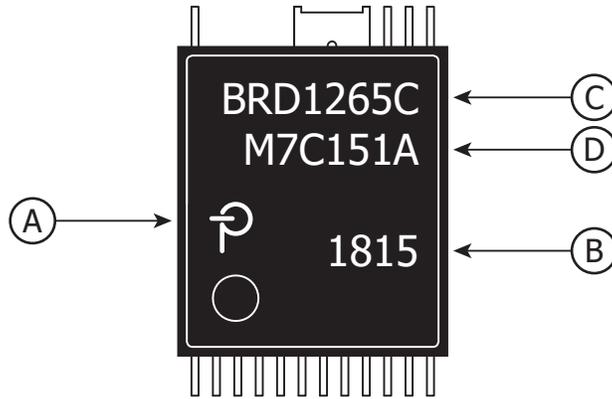


图38. 高压母线过压阈值电流相对于温度的变化

封装标识

InSOP-24C



- A. Power Integrations 注册商标
- B. 装配日期代码（表明年份的两个数字后紧跟表明周数的两个数字）
- C. 产品识别（元件号/封装类型）
- D. 批次识别代码

PI-8836-100118

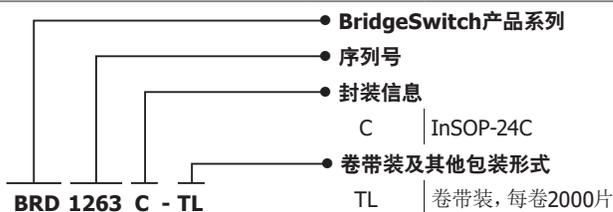
元件订购表和MSL信息

| 产品/元件型号 | MSL等级 |
|----------|-------|
| BRD1160C | 3 |
| BRD1161C | 3 |
| BRD1163C | 3 |
| BRD1165C | 3 |
| BRD1167C | 3 |
| BRD1260C | 3 |
| BRD1261C | 3 |
| BRD1263C | 3 |
| BRD1265C | 3 |
| BRD1267C | 3 |

ESD及门锁信息

| 测试 | 条件 | 结果 |
|-----------|-----------------------------|---|
| 125 °C下锁存 | JESD78D | > ±100 mA或> 1.5 × V _{MAX} , 所有引脚 |
| 人体模型ESD | ANSI/ESDA/JEDEC JS-001-2014 | BRD1X61、BRD1X63、BRD1X65、BRD1X67: > ±2 kV, 所有引脚 BRD1X60: > ±2 kV, 除HD和HB引脚的所有引脚 > ±1 kV, HD和HB引脚 |
| 充电器件模型ESD | ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2014 | > ±500 V, 所有引脚 |

元件订购信息



| 修订版本 | 注释 | 日期 |
|------|--|-------|
| E | 代码A发布 | 10/18 |
| F | 更新了第5页的图6和“旁路下管引脚和上管引脚稳压器”部分第2段。更新了图27并编辑了ESD及闩锁信息结果栏中间行的文字。 | 11/18 |
| G | 更新了“绝对最大额定值”中的HB引脚电压和 $I_{CH1(HS)}$ 条件右侧栏参数文字，在第27页新增了新的图33性能曲线。 | 01/19 |
| H | 细微的文字改到：更新了图12、 $I_{CH1(HS)}$ 右上方条件参数、 $I_{LIM(RED)}$ 以及其他最小值、典型值和最大值参数。 | 05/19 |
| I | 新增了元件BRD1167C和BRD1267C。 | 01/20 |

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.

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 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:

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.

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, HiperPLC, HiperPFS, HiperTFS, InnoSwitch, Innovation in Power Conversion, InSOP, LinkSwitch, LinkZero, LYTSwitch, SENZero, TinySwitch, TOPSwitch, PI, PI Expert, SCALE, SCALE-1, SCALE-2, SCALE-3 and SCALE-iDriver, are trademarks of Power Integrations, Inc. Other trademarks are property of their respective companies. ©2019, 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
1601-1603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业务销售）

Einsteinring 24
85609 Dornach/Aschheim
Germany
Tel: +49-89-5527-39100
e-mail: eurosales@power.com

德国（门极驱动器销售）

HellwegForum 1
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: eurosales@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

中国台湾

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: eurosales@power.com