

BridgeSwitch-2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

极高的性能及设计灵活性

- 完全集成的半桥级，效率可达99%
 - 在额定连续电流条件下无需外部散热片
- 600V 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(IPH)
 - 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
- 自供电时，325VDC母线下当工作于睡眠模式时的功耗小于4mW
- Error Flag (EF)在系统和器件发生严重故障时发出警告信号

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
 - 具有失效安全特性
- 内置两级热过载保护
- 自配置系统级监测输入
 - 四级直流母线欠压保护
 - 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
- 可选择的具有锁存或滞回特性的过温和持续过流保护

状态接口(Fault)

- 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
 - 内部过流或过温故障
 - 系统级故障
 - 包括各个器件的识别信息
- 通过系统MCU进行状态查询
- 通过系统MCU进行器件故障复位

支持的应用场景

- 单相或三相高压PM和BLDC电机驱动
- 包括洗碗机、冰箱和吊扇在内的家用电器
- 高效率空调中的风扇
- 循环泵

描述

BridgeSwitch-2™系列集成半桥可大幅简化应用于单相或三相永磁(PM)电机或无刷直流(BLDC)电机驱动的高压逆变器的开发和生产。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-2可提供独特的实时相电流输出信号，简化无感控制方案的实现。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。

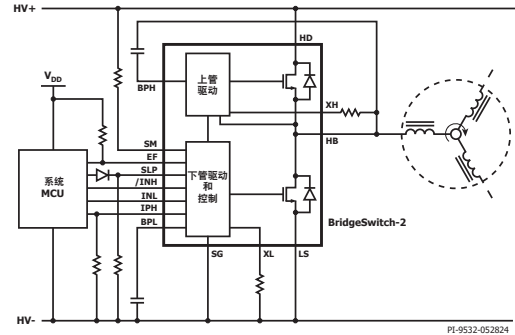


图 1. 典型的三相逆变器电路原理图(BRD246X)



图 2. InSOP-24C封装

产品系列

型号 ³	FREDFET直流输出电流 ¹	相线连续有效值电流 ²
BRD2x60C	1.0A	0.22A
BRD2x61C	1.7A	0.50A
BRD2x63C	3.0A	0.75A
BRD2x65C	5.5A	1.00A
BRD2x67C	11.5A	1.33A

表 1. 各产品系列的相输出电流对照表

备注:

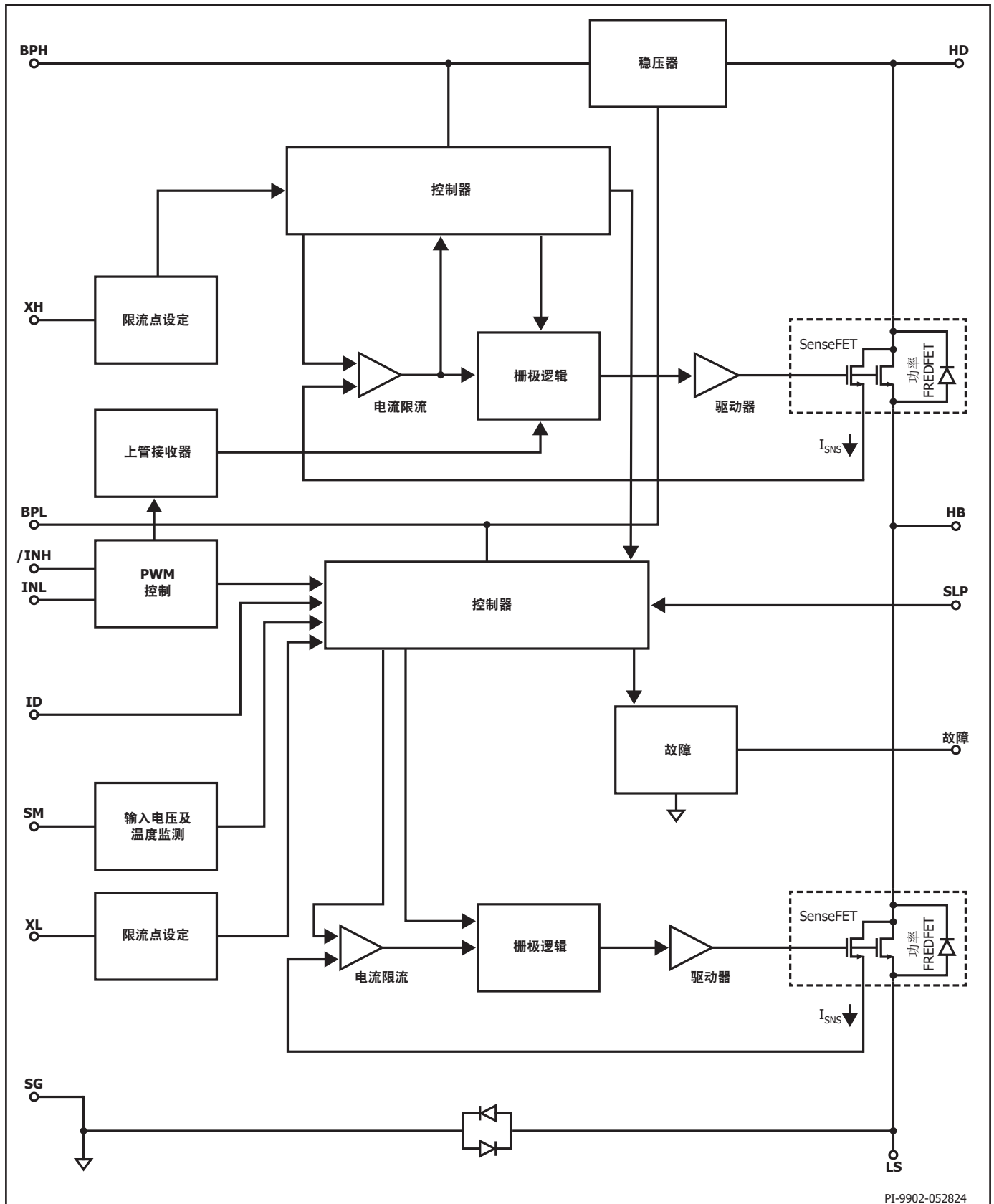
- 每个FREDFET的连续直流输出电流，在25°C壳体温度和125°C结温下计算得出。通常由内部电路控制。
- 相线连续有效值电流，内部自供电，340V母线，10kHz上管PWM梯形换流，使用PCB板散热条件下IC壳体升温50°C。
- 封装: C: InSOP-24C。

产品系列	报告方式	IPH电流信息
BRD216x	FAULT & ID	-
BRD226x	FAULT & ID	是
BRD236x	EF	-
BRD246x	EF	是

表 2. 产品系列功能概览

BridgeSwitch-2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。当使用自供电工作时，新的睡眠模式可将每个器件从经整流的交流市电母线获得的功率降低至4mW以下。

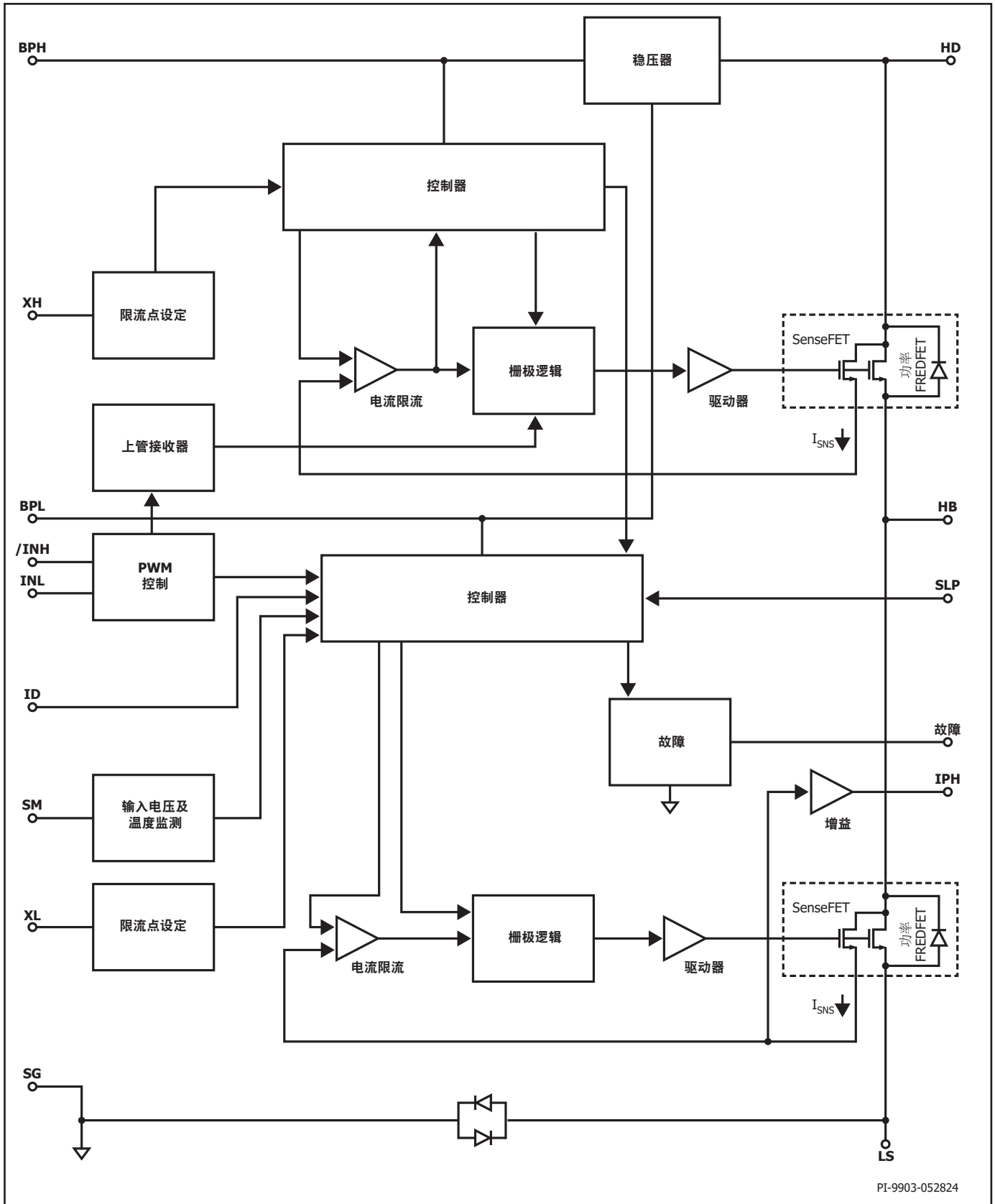
BridgeSwitch-2



PI-9902-052824

图 3. BRD216X功能框图

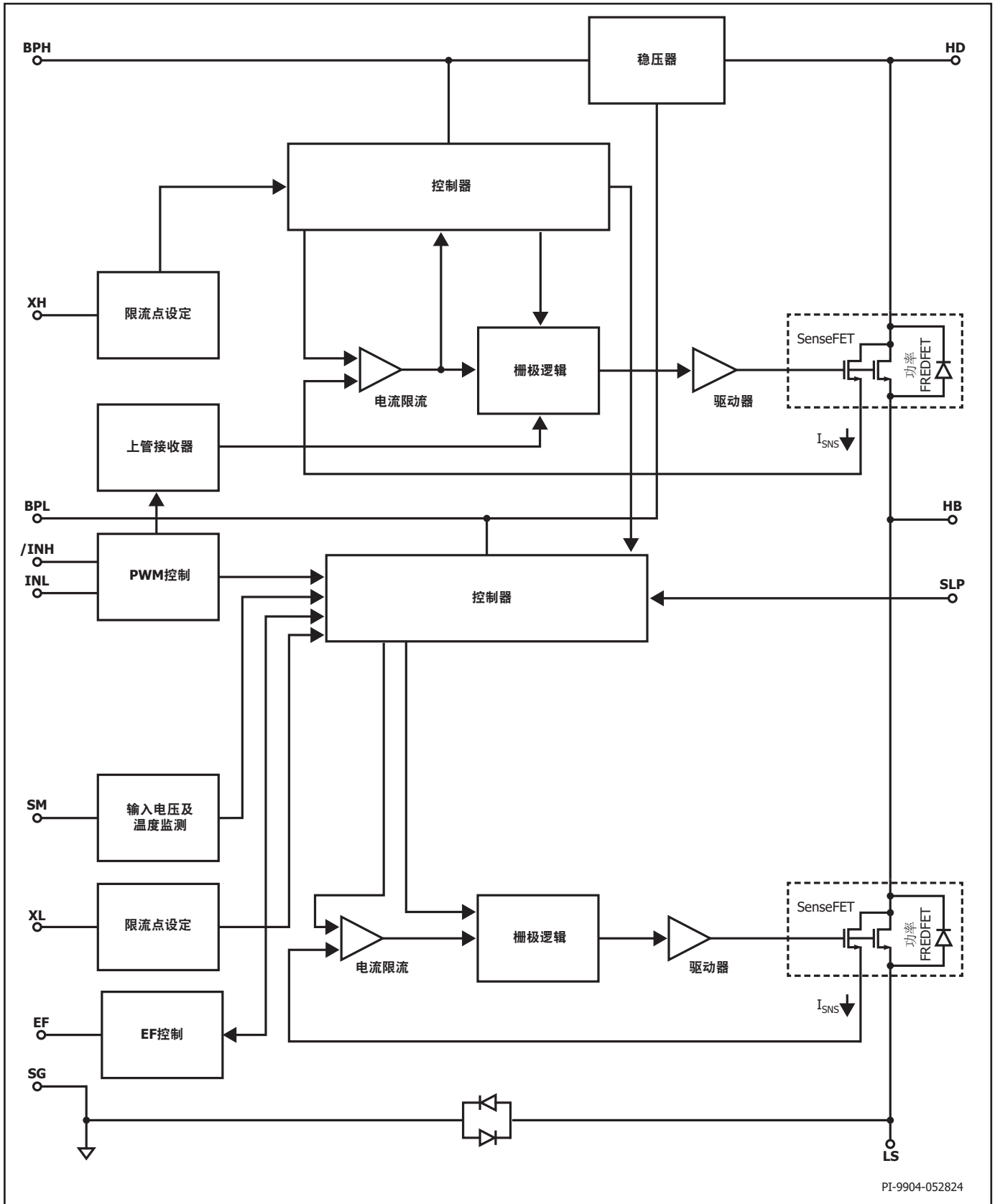
BridgeSwitch-2



PI-9903-052824

图 4. BRD226X功能框图

BridgeSwitch-2



PI-9904-052824

图 5. BRD236X功能框图

BridgeSwitch-2

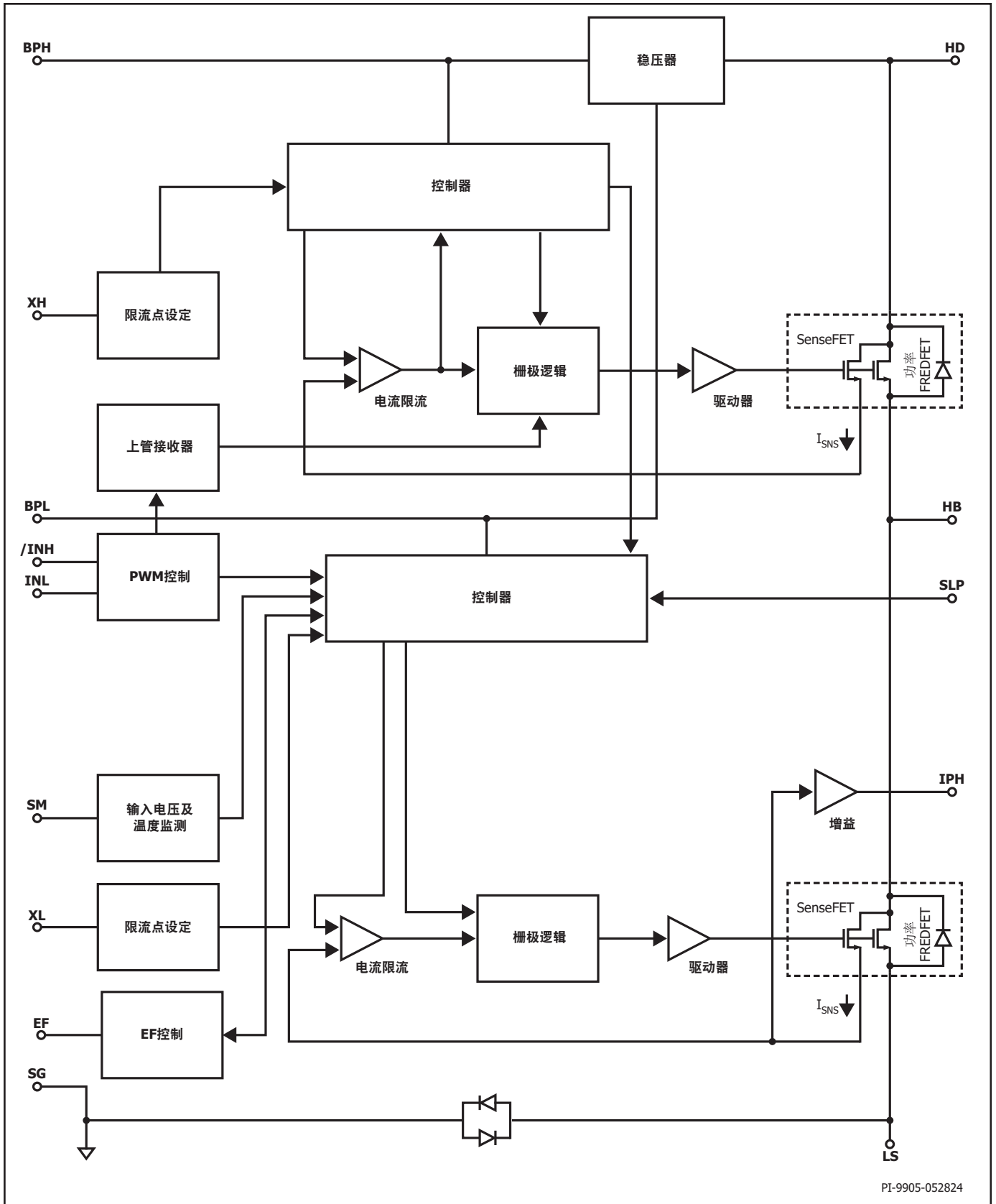


图 6. BRD246X功能框图

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, BRD226X/BRD246X)

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。RD216X/BRD236X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, BDR216X/BDR226X)

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。

睡眠模式和设定(SLP)引脚 (引脚9)

此引脚是使器件进入深度睡眠模式的控制输入端。通过外部设定电阻，可在过温或持续过流故障时选择滞回或锁存关断保护。如果不使用睡眠模式和设定功能，应将此引脚悬空。

器件ID (ID)引脚 (引脚11 BRD216X/BRD226X)

此引脚可在上电时设定器件ID。如果不使用此功能，应将此引脚悬空。

ERROR FLAG (EF)引脚 (引脚12, BRD236X/BRD246X)

此开路漏极引脚可标示严重的器件级故障。它还可用作可选锁存关断保护的复位信号输入。如果不使用这些功能，应将此引脚悬空。

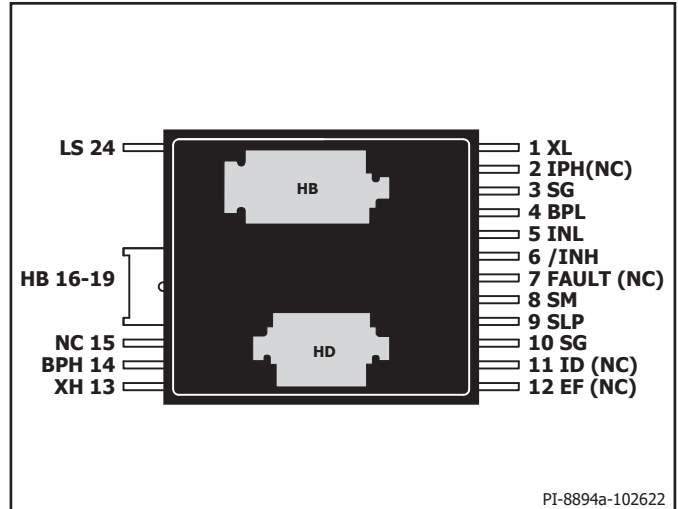


图 7. C封装(InsOP-24C)的引脚布局 (底部视图)

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。

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单点连接方式连接信号接地。

无连接(NC)引脚

BRD216X - 引脚2和引脚12

BRD226X - 引脚12

BRD236X - 引脚2、引脚7和引脚11

BRD246X - 引脚7和引脚11

这些引脚不进行连接，应保持悬空。

BridgeSwitch-2功能描述

BridgeSwitch-2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抽取电流实现自供电。上管控制器向下管控制器提供状态更新，下管控制器可生成实时相电流输出信号(BRD226X/BRD246X)。这一独特功能有助于实现无感电机控制方案。控制器还可确保FREDFET关断快于导通，在温升性能和EMI之间达到最佳平衡。

BridgeSwitch-2通过双向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提供逐周期电流限流点，以及两级热过载保护。BridgeSwitch-2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至6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

自供电时，旁路下管(BPL)引脚和旁路上管(BPH)引脚的内部稳压器可将 C_{BPL} 和 C_{BPH} 电容分别充电至 V_{BPL} 和 V_{BPH} 电压。连接上管漏极(HD)焊盘的电流源对 C_{BPL} 电容充电。只要下管FREDFET导通，连接HD焊盘的其他电流源就会对 C_{BPH} 电容充电。

HD焊盘电压达到 $V_{HD(START)}$ （最小值50V）时，两个电流源即开始充电。BPL和BPH引脚是下管和上管控制器以及栅极驱动器的内部供电电压节点。下管或上管FREDFET导通时，器件利用分别储存在 C_{BPL} 引脚电容或 C_{BPH} 引脚电容内的能量工作。

此外，当通过电阻RSL和RSH（参见图8）从外部直流源提供电流给BPL引脚和BPH引脚时，会有分流稳压器将BPL引脚钳位在 $V_{BPL(SHUNT)}$ ，将BPH引脚钳位在 $V_{BPH(SHUNT)}$ 。外部供电电压 V_{SUP} 大于旁路分流稳压器电压 $V_{BPH(SHUNT)}$ 与自举二极管DSH的电压降之和。典型值为 $V_{SUP} = 15V$ 。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1.5mA）。不推荐将不同器件的BPL或BPH脚直接短接在一起。PWM频率高于20kHz时，建议采用外部供电模式工作。

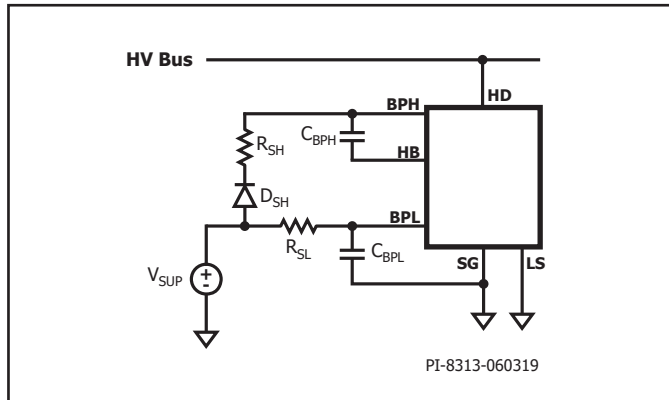


图 8. 外部BPL引脚和BPH引脚电源示例

旁路下管引脚和上管引脚欠压阈值

BPL和BPH引脚欠压电路可在稳态工作条件下当BPL或BPH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BPL或BPH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1 μ F。旁路下管电容的推荐值为1 μ F。

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9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。

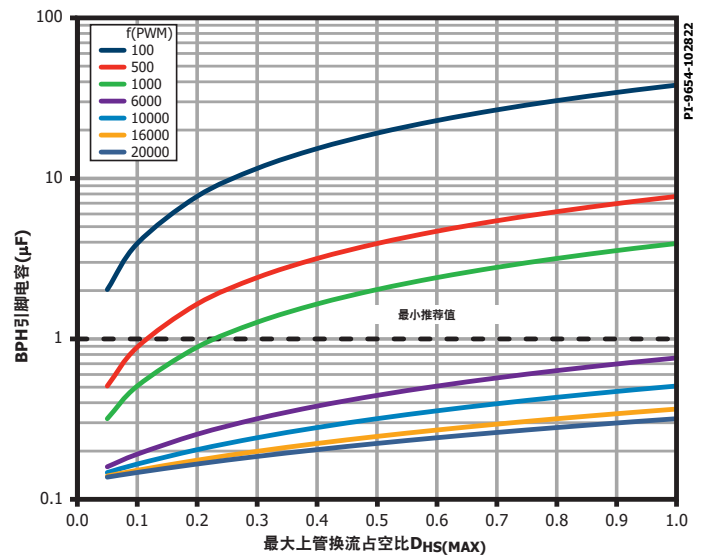


图 9. 旁路上管引脚电容容值相对于上管换流占空比和PWM调制频率的变化

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9）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。

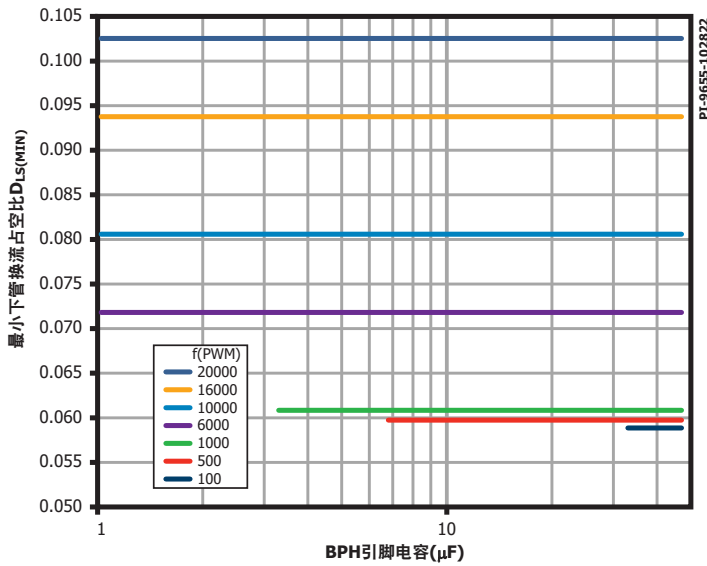


图 10. 最小下管换流占空比相对于旁路上管引脚电容容值和下管PWM调制频率的变化，确保有足够的上管自供电电流（上管换流占空比 ≤ 0.90 ）

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10所示的最小下管换流占空比要求 $D_{LS(MIN)}$ 。旁路上管电容的250mV最大推荐电压纹波将限制PWM调制频率较低的最小电容值。

图10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 $D_{HS(MAX)} = 0.90$ 的应用中，最小下管换流占空比 $D_{LS(MIN)} = 0.072$ 。如果相同的应用以最大上管占空比 $D_{HS(MAX)} = 0.95$ 进行工作， $D_{LS(MIN)}$ 则以 $0.95/0.90$ 的系数增大，使得新值为 $D_{LS(MIN)}^* = 0.076$ 。

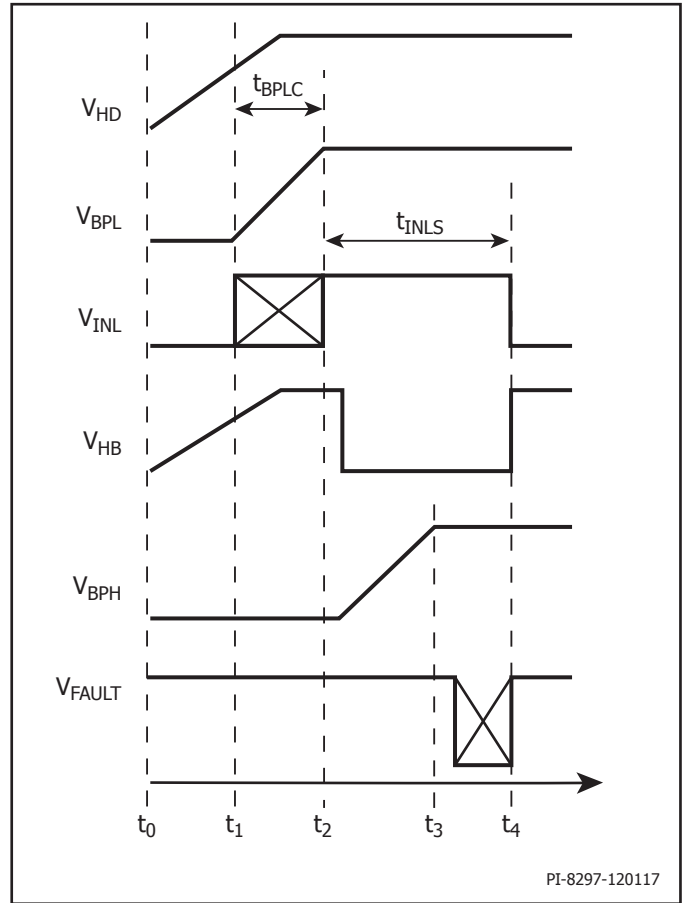


图 11. 推荐的自供电上电时序

时间点	活动
t_0	<ul style="list-style-type: none"> 高压直流母线开始上电
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12.8V） 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12.8V） 器件开始通过FAULT引脚传送给成功的上电信息。 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-2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 3. 自供电上电时序

自供电上电时序

BridgeSwitch-2 器件具有自供电功能，支持高达20kHz的换流PWM调制频率。PWM调制频率超过20kHz 时，建议使用图8所示的外部电源。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电压，系统微控制器(MCU)应按照图11所示的推荐上电时序工作。

表3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} (图11)：

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

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（从时间点 t_1 可用后随时拉高控制INL引脚。然而，BridgeSwitch IC在旁路下管引脚电压达到 V_{BPL} （典型值12.8V）且完成设置后才能使功率MOSFET的开关。

对BPH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，并取决于电容值 C_{BPH} ：

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

锁存关断后也应遵循此上电时序，此时MCU将发送FAULT锁存复位命令以重新启动（详见表10）。

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3.3V和5V CMOS逻辑电平。下管功率FREDFET采用边沿触发，在稳态工作期间，通过高电平INL信号的转换进行锁存开关。以类似的方式，上管功率FREDFET由低电平有效/INH信号控制。INL输入具有内部弱下拉，/INH输入具有内部弱上拉。

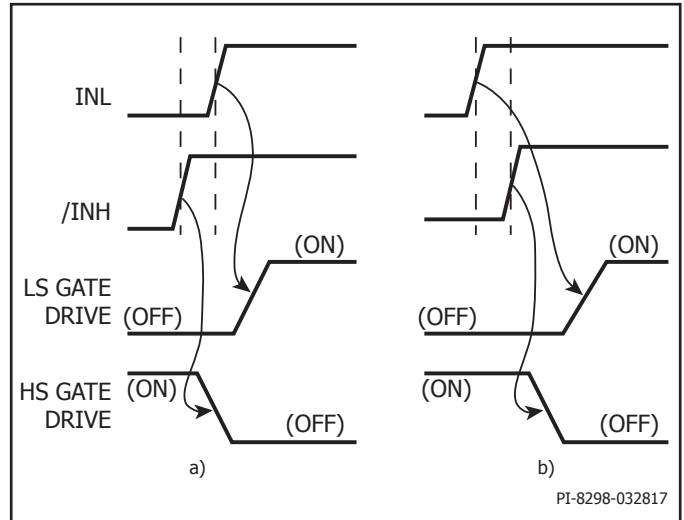


图 12. 同时导通互锁 a) 未激活 b) 激活

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。

BridgeSwitch-2提供同时导通互锁保护。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12）。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，以便通过一个PWM信号控制两个功率FREDFET。为防止可能出现的FREDFET交越导通，集成的栅极驱动电路插入了死区时间（如图13所示）。下管功率FREDFET控制输入INL的下降沿达到其初始值的50%时，可触发 t_{DLH} 计时器（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的上升沿达到其初始值的50%时，可触发 t_{DHL} 计时器（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。

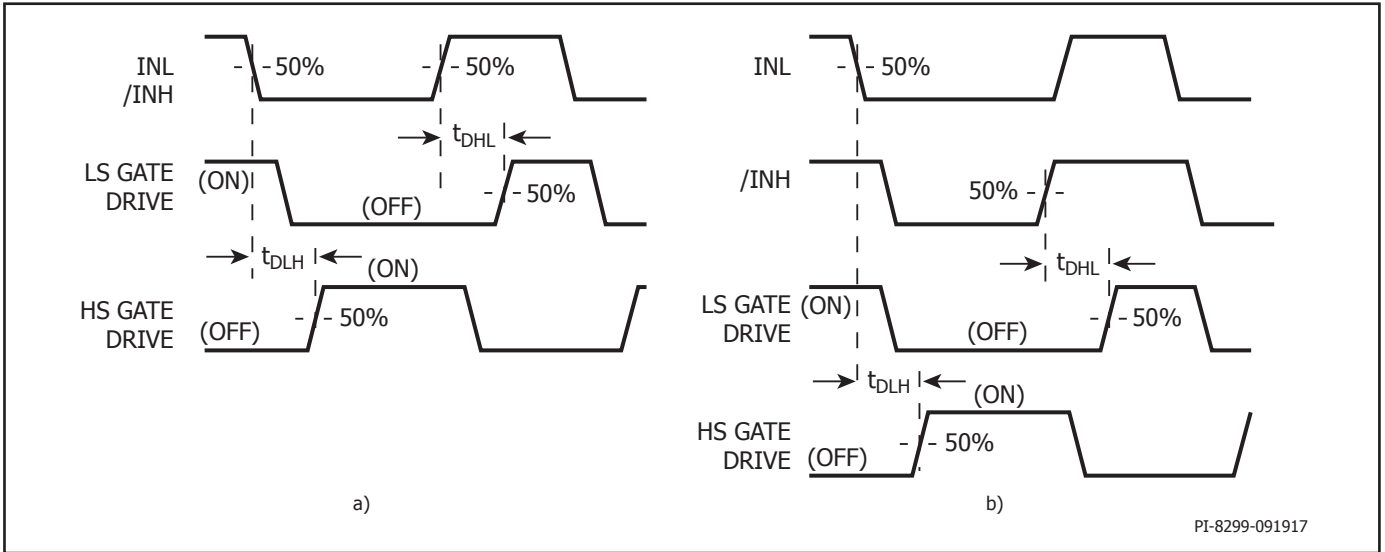


图 13. 自适应死区时间 a) INL和/INH输入互连 b) INL和/INH输入分离

器件内部上管状态更新

BridgeSwitch-2上管控制器可向下管控制器提供状态更新。状态更新可报告触发的上管功率FREDFET过流或下管功率FREDFET过温警告或关断等器件级保护。状态更新还包括XH引脚短路或开路以及上管功率丢失等器件故障。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。为确保正确报告内部状态更新，系统微控制器必须设高INL控制输入至少 $t_{\text{INLH(COM)}}$ （详见图28）。如果INL输入导通控制信号的持续时间短于 $t_{\text{INLH(COM)}}$ ，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7）。

可调节的逐周期限流

BridgeSwitch-2器件可同时为下管和上管功率FREDFET提供逐周期限流保护。一旦功率FREDFET电流超过相应的限流水平阈值，并且在前沿消隐计时器 t_{LEB} 过期后，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FAULT引脚（BRD216X/BRD226X，详见表7）或者通过EF引脚（BRD236X/BRD246X，详见表11）报告相应的过流故障。

器件上电时，限流水平由分别连接到XL引脚和XH引脚的外部小信号电阻 R_{XL} 和 R_{XH} （参见图1）的值来设置。一旦器件准备好进入稳态工作，XL和XH引脚的设定电压电平将分别从内部拉至SG或HB（参见图11中的时间点 t_4 ）。

表4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 $I_{\text{LIM(DEF)}}$ 的已选限流水平阈值之间的关系。

当BridgeSwitch-2 IC检测到16个连续开关周期，且每个周期均触发过流保护时，连接到SLP引脚的电阻（参见表6）允许将持续下管FREDFET过流故障的默认逐周期处理方式更改为锁存关断。

$R_{\text{XL}}/R_{\text{XH}} \text{ (k}\Omega\text{)}^2$	$I_{\text{LIMIT(NORM)}}$	$R_{\text{XL}}/R_{\text{XH}} \text{ (k}\Omega\text{)}^2$	$I_{\text{LIMIT(NORM)}}$
$\leq 20^1$	故障	280	$0.68 \times I_{\text{LIM(DEF)}}$
42.2	$1.00 \times I_{\text{LIM(DEF)}}$	442	$0.60 \times I_{\text{LIM(DEF)}}$
68.1	$0.92 \times I_{\text{LIM(DEF)}}$	806	$0.52 \times I_{\text{LIM(DEF)}}$
110	$0.84 \times I_{\text{LIM(DEF)}}$	开路	$I_{\text{LIM(MIN)}}$
174	$0.76 \times I_{\text{LIM(DEF)}}$		

表 4. 限流点选择

备注：

1. 构成XL/XH引脚短路故障，器件禁止开关。
2. 推荐的电阻公差为 $\pm 1\%$ 。

在器件进入可选设定的持续过流锁存关断模式后，系统MCU可以通过FAULT总线发送故障锁存复位命令（BRD216X/BRD226X，详见表10）或将ERROR_FLAG总线拉高（BRD236X/BRD246X，详见图24和25）来重新使能FREDFET开关。或者，在系统MCU启动完整上电时序之后可恢复工作。

R_{XL} 或 R_{XH} 值小于20k Ω 时会禁止FREDFET开关，BridgeSwitch IC通过FAULT引脚提供LS驱动器未就绪或HS驱动器未就绪状态更新（参见表6）。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开关终止工作，因为BPH引脚电容仅在LS FREDFET导通时才再充电。当XL引脚或XH引脚悬空时，器件会选择最低限流点阈值。

不推荐将电容连接到XL引脚或XH引脚。

器件过温保护

BridgeSwitch-2 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。只要下管 FREDFET 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 (BRD216X/BRD226X) 发送状态更新 (详见表7)。根据在 SLP 引脚上选择的故障响应模式 (参见表6)，一旦 FREDFET 温度超过器件关断温度阈值 T_{SD} ，器件就会永久禁止 FREDFET 开关，或者进入滞回关断模式以防止器件损坏。当 FREDFET 温度降至过温关断重启温度 $T_{RES(H)}$ 时，配置为滞回关断模式的器件会自动重新使能开关。

此外，BridgeSwitch IC 将通过 FAULT 引脚报告过温故障 (BRD216X/BRD226X)，或在 EF 引脚上标记故障 (BRD236X/BRD246X)。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的变化。系统 MCU 可以通过 FAULT 总线发送故障锁存复位命令 (BRD216X/BRD226X，详见表9) 或将 ERROR FLAG 总线拉高 (BRD236X/BRD246X，详见图24和25) 来重新使能 FREDFET 开关。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-2 BRD226X 和 BRD246X 器件通过连接相电流输出引脚的电阻传送电机绕组实时相电流信息，如图14所示。小信号电阻两端的电压

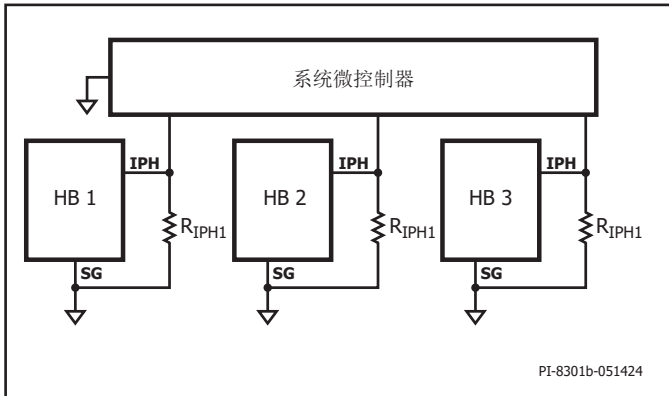


图 14. 利用 IPH 引脚得到相应的相电流信息 (BBD226X 和 BRD246X)

是下管功率 FREDFET 漏源极通道电流的模拟表示。系统 MCU 可以将此电压数字化，然后进行其他操作，例如，将其用作电机控制算法的输入。该器件通过单个 IPH 引脚电阻支持独立的相电流信息，如图14所示。

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

所有 BridgeSwitch-2 器件都支持通过与 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15所示为一个可能的实现示例。

电压 V_{SHUNT} 是电机绕组电流 I_{MOTOR} 的直接表示。电阻 R_1 和 R_2 可设置外部放大器 U_1 的增益。电阻 R_3 、 C_1 、 C_2 和 C_3 提供噪声滤波。电阻 R_4 给放大器 U_1 输出信号 V_{OP} 增加直流偏移电压 V_{OFFSET} 。

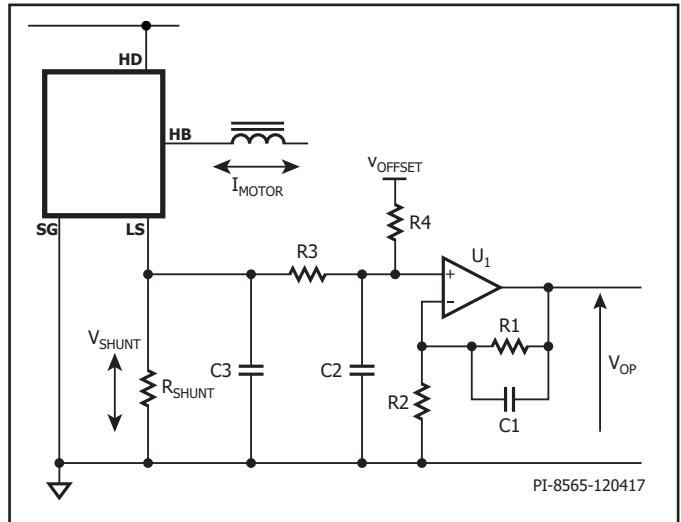


图 15. 外部电流检测电路示例

$$V_{OP} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \frac{V_{OFFSET} \times R_3 + I_{MOTOR} \times R_{SHUNT} \times R_4}{R_3 + R_4}$$

SG 与 LS 引脚之间的电压差 V_{SHUNT} 不应超过 $\pm 0.33V$ 。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-2 通过系统监测输入提供系统级状态更新。SM 引脚可用于跟踪高压 (HV) 直流母线电压 (参见图16)，或通过 NTC 热敏电阻跟踪外部元件的温度 (参见图18)。SM 引脚可自行配置。它会自动检测外部连接的类型，并在上电时采用适当的电路配置。

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} 可表示高压母线电平 V_{BUS} ：

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

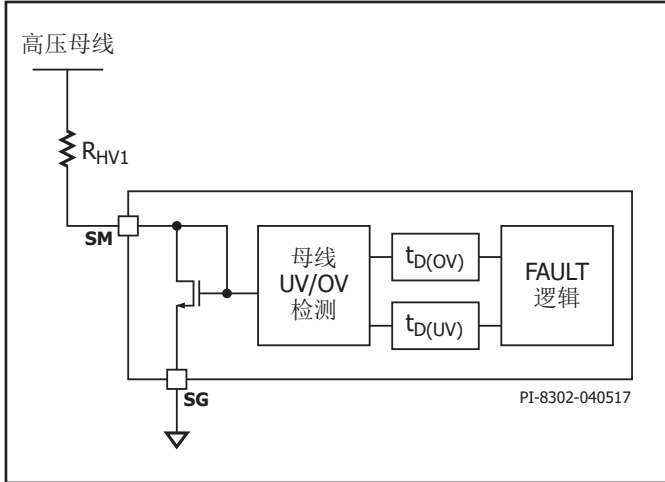


图 16. 采用系统监测引脚的高压母线监测

母线电压检测电路具有五个不同的电流阈值，如图17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（详见表7），器件将立即通过状态通信引脚报告高压母线故障。

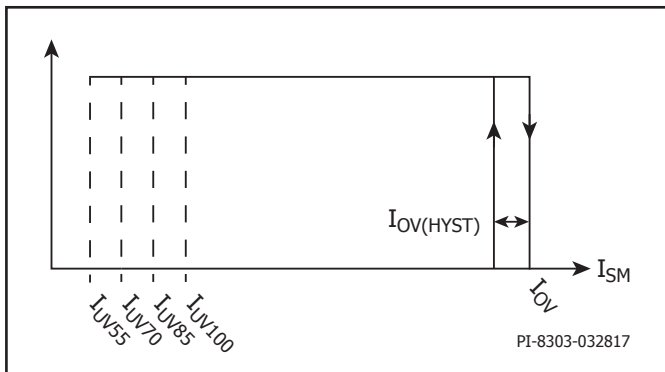


图 17. 系统监测输入电流阈值

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40ms）。如果给定欠压情况的消除时间至少 $t_{D(UV)}$ ，器件也会进行报告。

请注意，在母线电压跌落期间，如果母线电压低于177V的时间至少持续 $t_{D(UV)}$ 且检测电阻为7MΩ（参见表5和表7），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177V以上且持续时间至少为 $t_{D(UV)}$ ，欠压70%将清除，并且器件将提供欠压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80μs）时，BridgeSwitch-2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引脚立即提供状态更新。系统MCU可能决定停止向逆变器中的其他BridgeSwitch-2器件发送导通信号，直到母线过压故障已清除。母线过压故障清除后，建议启动完整的重启上电时序。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5列出了具有三个不同检测电阻 R_{HV1} 值的额定高压母线监测阈值。

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

表 5. 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19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100pF）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18所示。电阻 R_2 允许通过给定的NTC电阻微调实际过温阈值，使其达到所需的水平。

电流源 I_{TM} （典型值96μA）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1.2V）以下，检测到的系统级过温故障将在延迟计时器 $t_{D(TM)}$ 结束后通过FAULT引脚进行报告（详见表7）。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 ：

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

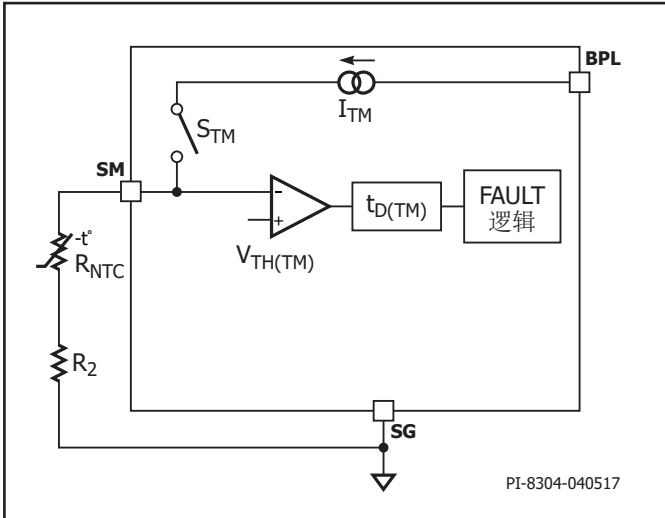


图 18. 采用系统监测引脚的外围元件过温监测

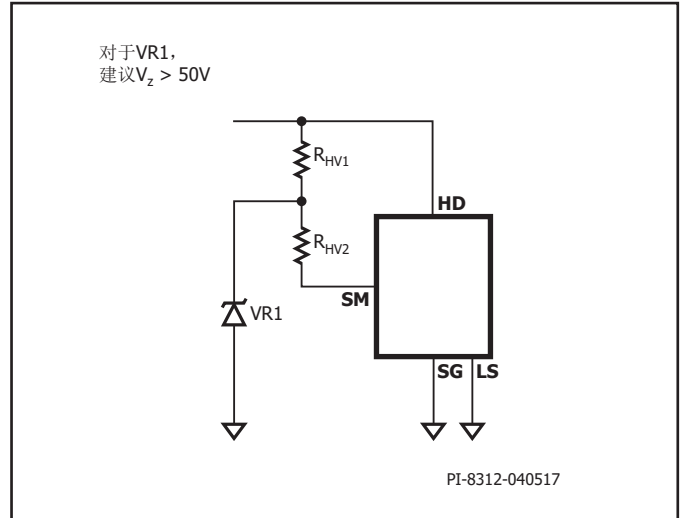


图 19. 禁止过压保护功能的高压母线监测

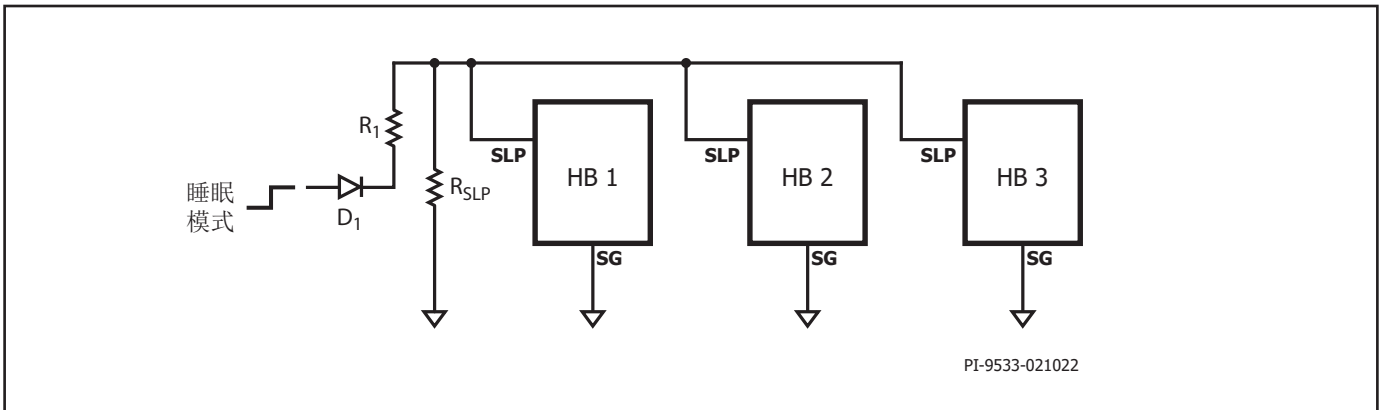


图 20. 睡眠模式设定，以及过流和过温故障响应

睡眠模式和设定

睡眠模式和设定引脚有两种功能。它将器件设置为可选的睡眠模式，并允许对BridgeSwitch-2响应持续过流和过温故障的方式进行设定。

上电时，BridgeSwitch-2确定连接到SLP的电阻 R_{SLP} 的阻值（参见图20）并设置故障响应，如表6所示。如果没有外部电阻(R_{SLP})连接到SLP引脚，则BridgeSwitch IC将采用默认模式。默认模式是逐周期电流限制和锁存过温保护，当下管FREDFET温度达到关断温度阈值 T_{SD} 时触发。

R_{SLP} (k Ω)	下管电流限流点	过温响应
9.53	逐周期	滞回过温关断保护
133	连续16个过流开关周期后的锁存	锁存保护
开路 ¹	逐周期	锁存保护

表 6. 故障响应设定
备注:

1. 默认设置。

表6中列出的设定电阻值既可用于单个SLP引脚（不使用睡眠模式功能），也可用于两个连接的SLP引脚（在单相电机驱动变频器中使用睡眠模式功能）或三个连接的SLP引脚（在三相电机驱动变频器中使用睡眠模式功能）。

在自供电模式下工作时，睡眠模式可完全禁止器件并将其功耗降低到4mW以下。在稳态工作期间，SLP引脚内部下拉电阻将电压保持在睡眠模式阈值电压 $V_{SLP(TH)}$ 以下。施加到二极管D1（参见图20）的控制信号通过将电压电平拉至阈值 $V_{SLP(TH)}$ 以上，将器件设置为睡眠模式。释放施加在D1上的控制信号后，BridgeSwitch-2将开始一个标准的上电周期（参见图11）并重新使能正常工作。电阻R1限制流入SLP引脚的电流。5V控制信号的推荐电阻值为3.3k Ω 。建议使用标准硅二极管来提供5V控制信号。建议使用低正向电压肖特基二极管来提供3.3V控制信号。

睡眠模式仅对采用内部自供电的器件有效。也就是说，BPL或BPH引脚不通过电阻从电压源外部供电。

从直流母线连接到SM引脚的电阻会增加逆变器的总功耗，具体取决于所选值（参见图16中的 R_{HV1} ）。例如，7M Ω 检测电阻从340VDC母线消耗16mW。

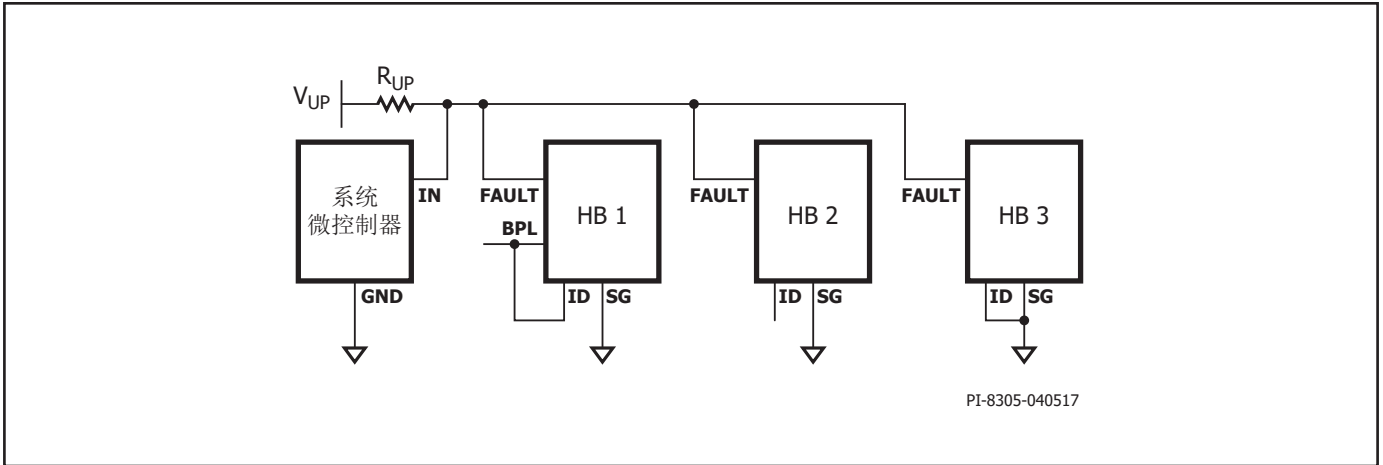


图 21. 采用器件ID设定的单线状态通信总线

状态通信总线

BridgeSwitch-2 IC可以提供状态更新，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引脚都连接到一条总线上，最大限度地减少了系统MCU占用的引脚数量（如图21所示）。总线通过上拉电阻 R_{UP} 上拉至系统供电电压。最小上拉电阻 R_{UP} 为 $2k\Omega$ （ $V_{UP} = 3.3V$ 或 $V_{UP} = 5V$ 时）。上拉电阻 R_{UP} 不应超过 $100k\Omega$ 。

状态字

BridgeSwitch-2采用7位字加一个奇偶校验位来提供状态更新（参见图23了解时序图）。表7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过温警告和损耗（如果采用内部通信）（位3和4）。最后一行的状态状态寄存器条目（7位字“000 00 0 0”）编码为器件就绪状态，用于报告上电时序成功信息。若无故障存在时，BridgeSwitch-2 IC也会发送此消息，表示收到系统MCU发出的状态请求（详见表10）。奇偶校验位使用奇校验生成。

表8列出了器件可能会发送给系统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 $290\mu s$ 和 $470\mu s$ 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
系统过热故障	$V_{TH(TM)}$	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过温警告	T_{WA}	X	X	X	0	1	X	X
下管器件关断 ³	$T_{SD}, t_{D(OCL)}$	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 7. 状态字编码

备注:

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引脚短路故障。
3. 包括下管FET过温锁存或滞回关断和下管FET持续过流保护。

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过温警告和过流	000 01 1 0	1	350 μ s
系统过热故障，下管FET过温警告，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 8. 状态更新代码和最终传送时间示例

备注:

1. 假定 $t_{D} = 80\mu$ s（器件ID #3）。

器件ID选择

上电时，每个器件根据器件ID引脚连接方式为自身分配唯一的器件ID。此器件ID允许将检测到的故障情况的物理位置报告给系统MCU。器件ID还用于总线判优。表9列出了器件ID、得出的器件ID时间 t_{ID} 以及如何通过ID引脚来设定各自的ID（参见图21）。请注意，系统MCU自动分配到默认的 $t_{ID} = 160\mu s$ ，因此应确保它始终能在总线判优中胜出。

器件ID	t_{ID}	ID引脚连接
1	40 μs	连接BPL引脚
2	60 μs	悬空
3	80 μs	连接SG引脚
系统MCU	160 μs	不适用

表 9. 上电时通过ID引脚选择器件ID

状态通信

FAULT总线通信可基于下面三个条件之一触发：

1. 成功上电后任务模式通信已就绪。
2. FAULT状态寄存器更新通信由其中一个器件触发。
3. 当前状态通信跟随着系统微控制器的查询。

图22汇总了上述所有三种情况的状态通信流程图。

除了状态查询外，系统微控制器还可以发送命令复位状态寄存器（参见表10以及图22中的步骤16和17）。在发送该复位命令后会建议应用上电时序（参见图11）。

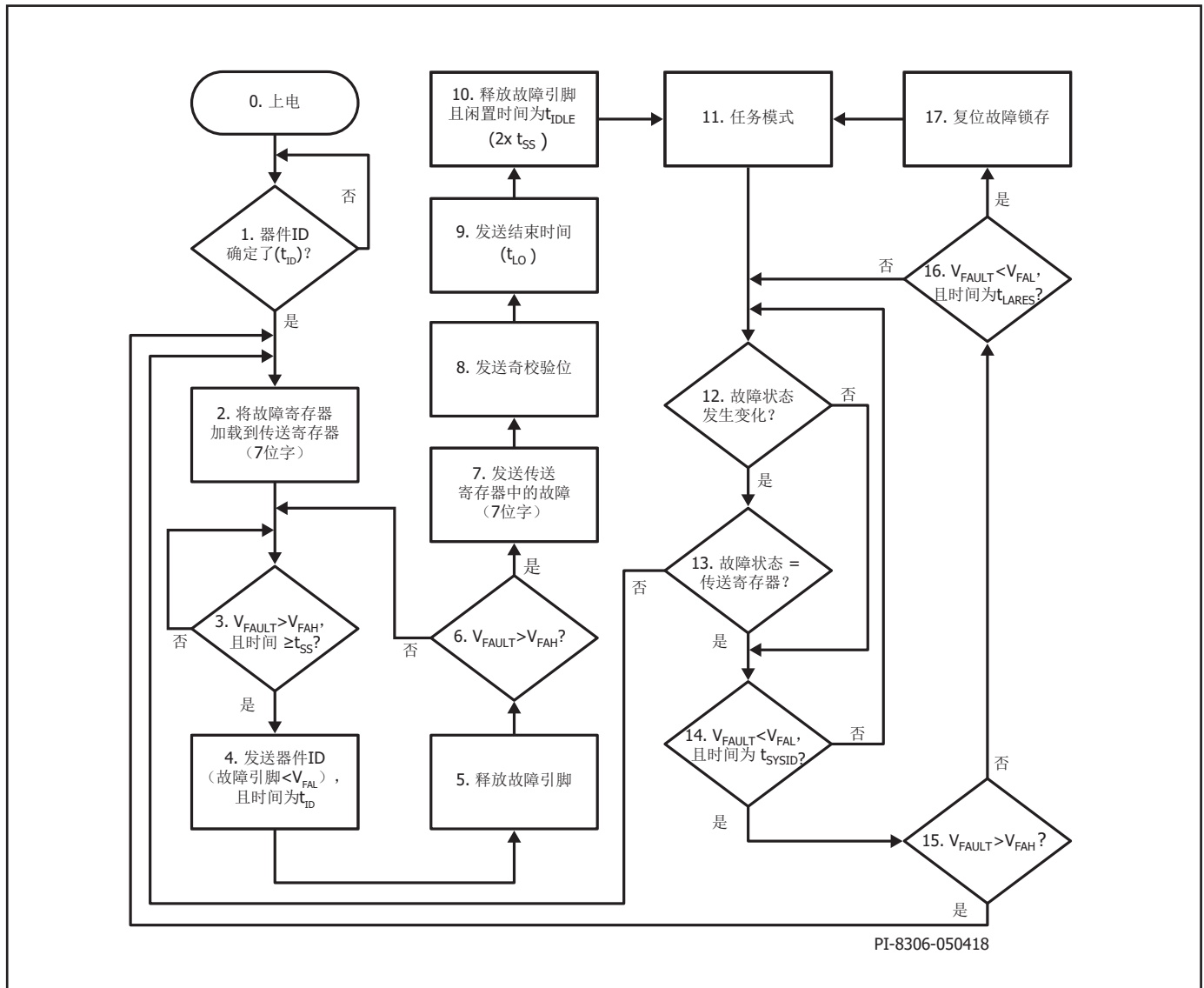


图 22. 状态通信流程图

图23所示为BridgeSwitch-2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 $10\mu s$ ）进行编码。逻辑“1”按照时间 t_{BIT1} （典型值 $40\mu s$ ）进行编码，逻辑“0”按照时间 t_{BIT0} （典型值 $10\mu s$ ）进行编码。

只要BridgeSwitch-2 IC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22中的步骤2），并继续状态更新传送。

BridgeSwitch-2 IC只会在总线处于闲置状态的时间大于等于稳态时间 t_{SS} （典型值 $80\mu s$ ）时才开始状态更新传送，以确保其他器件已不再使用总线（参见图22中的步骤3）。

状态更新通信总是从通信器件所触发的总线判优开始的。它会根据分配的器件ID时间 t_{ID} （参见表9）将FAULT引脚拉低，释放引脚，然后验证通信总线处于高电平（参见图22中的步骤4至6）。如果情况如此，器件将从总线判优中胜出，并可继续传送状态更新（参见图22中的步骤7至10）。如果总线在发送ID后处于低电压，其他器件同时已开始传送尝试（或总线判优）。此时，器件将返回到图22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 $2 \times t_{SS} = 160\mu s$ ），然后再开始新的通信。这样可使总线上的其他器件报告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。

BridgeSwitch-2 IC仅传送一次检测到的状态更新。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过温关断故障（已报告LS功率FREDFET过温警告被清除）除外。

状态查询和故障锁存复位

每个BridgeSwitch-2 IC都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。该命令可能是MCU通过在 t_{SYSID} （典型值 $160\mu s$ ）内拉低母线所产生的状态更新查询（参见图22中的步骤15）。或者，该命令也可能是复位器件状态寄存器（包括过温关断锁存），并由MCU在 t_{LARES} （ $2 \times t_{SYSID} =$ 典型值 $320\mu s$ ）内拉低FAULT总线进入上电时序模式（参见图2中的步骤17）。请注意，在MCU发送锁存复位命令后会建议应用上电时序（参见图11）。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10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 10. 系统微控制器命令

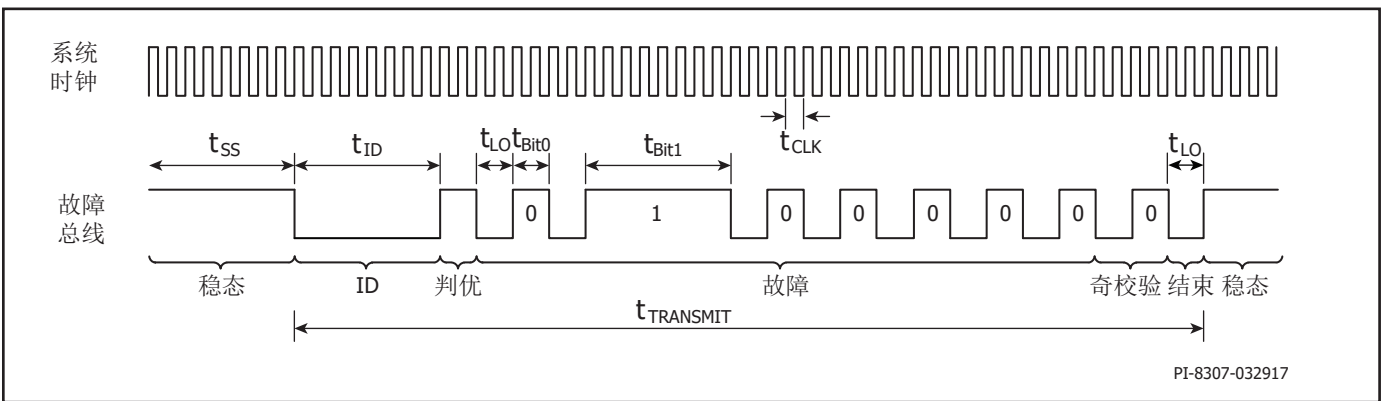


图 23. 状态通信位流

Error Flag

Error Flag功能(BRD236X/BRD246X)可在一个器件检测到需要关断整个逆变器的严重故障时，实现简单的器件间通信。如图24所示，所有EF引

脚都连接到一条总线上。总线通过上拉电阻 R_{UP} 拉至系统供电电压。 $V_{CC} = 3.3V$ 或 $5V$ 时，建议上拉电阻为 $43k\Omega$ 。

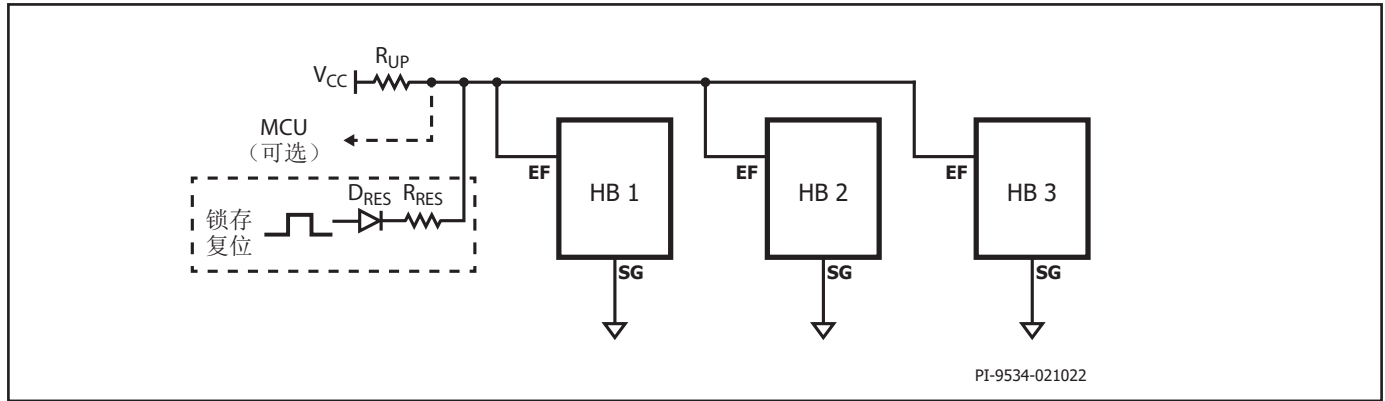


图 24. Error Flag器件间通信和可选锁存复位

如果BridgeSwitch-2 IC检测到表11中所列的任何故障存在，它就会将EF引脚拉低。在故障清除或接收到锁存复位信号后，

它会再次释放EF引脚。

故障	注释
直流母线过压	当流入SM引脚的电流超过 I_{OV} 阈值时，器件会标记故障，并在故障清除后（电流降至 $I_{OV} - I_{OV(HYST)}$ 以下）再次解除该故障模式。
锁存或滞回的过温特性	当下管FREDFET温度达到关断阈值 T_{SD} 时，器件会标记故障，并在接收到EF总线上的锁存复位信号（上升沿）后、上电后或当温度降至重启温度 T_{RES} 以下时（对于通过SLP引脚配置为滞回过温保护的器件），器件会再次解除该故障模式（参见表6）。
持续过流	如果配置为通过SLP引脚锁定持续过流关断保护，则器件会标记故障（请参阅表6中的睡眠模式和设定部分）。在EF总线上收到锁存复位信号或上电后，它会再次解除该故障模式。

表 11. Error Flag功能所涵盖的故障

在延迟时间 $t_{D(EF)}$ 之后，只要电压电平低于Error Flag电压低阈值 $VEFL$ ，则无论INL和/INH控制输入的状态如何，与Error Flag总线相连的所有其他器件都会关闭开关（见图25）。当EF器件间通信总线电压超过Error Flag电压高阈值 V_{EFH} 后，BridgeSwitch-2 IC重新启用开关。对于配置了锁存关断保护的器件，EF总线上的上升沿还会触发锁存复位（参见表6）。

通过 D_{RES} 和 R_{RES} 向EF总线施加外部信号，将EF总线暂时拉高，也可以复位锁存（见图24）。电阻 R_{RES} 限制流入EF引脚的电流，同时提供大于器件内部Error Flag输出下拉电流 I_{EFS} 的上拉电流。 $3.3V$ 或 $5V$ 外部锁存复位信号的典型电阻值为 $3.3k\Omega$ 。

器件具有内部上拉电流 I_{EFP} ，可确保在EF引脚悬空的情况下保持稳态工作。

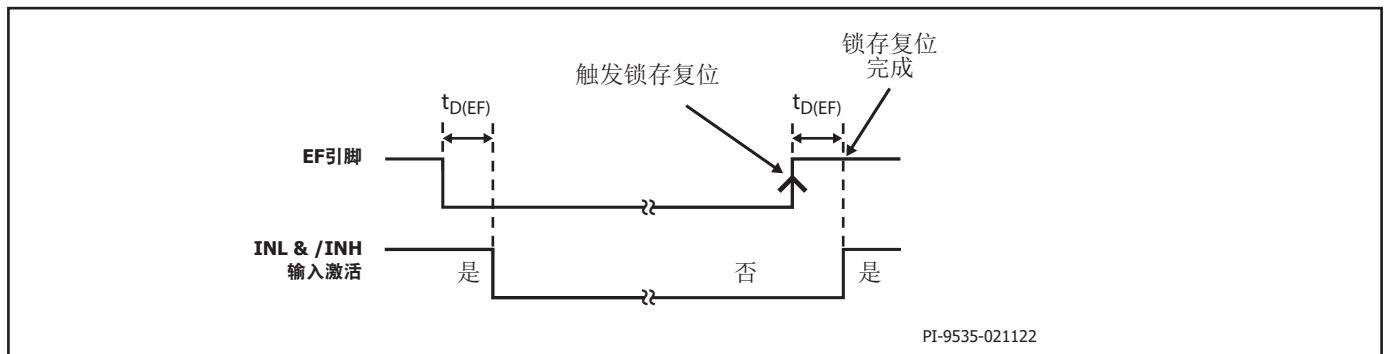


图 25. Error Flag时序和锁存复位

应用示例

高效率的150W三相逆变器

图26所示的电路原理图是一个采用三个BRD2463C器件的三相逆变器，用于从整流的交流输入电压驱动高压三相无刷直流(BLDC)电机。它可以在340VDC输入电压、750mA有效值相电流和10kHz PWM开关频率条件下提供高达150W的连续逆变器输出功率，且无需外部散热片。

开启睡眠模式后，所有三个BridgeSwitch器件的功耗均为10mW，待机效率极高。该设计可通过可用的微控制器接口支持各种电机控制方案。

使用外部电源配置可在较宽的负载范围内实现更高的效率。自供电模式无需外围供电元件，也可用于减少元件数量。

该板提供两种电流反馈模式 - 分流电阻和IPH反馈。前者利用下管分流电阻输入运算放大器信号调整电路，实现传统的电流检测方法。为进一步优化元件数，可使用IPH信号作为反馈。

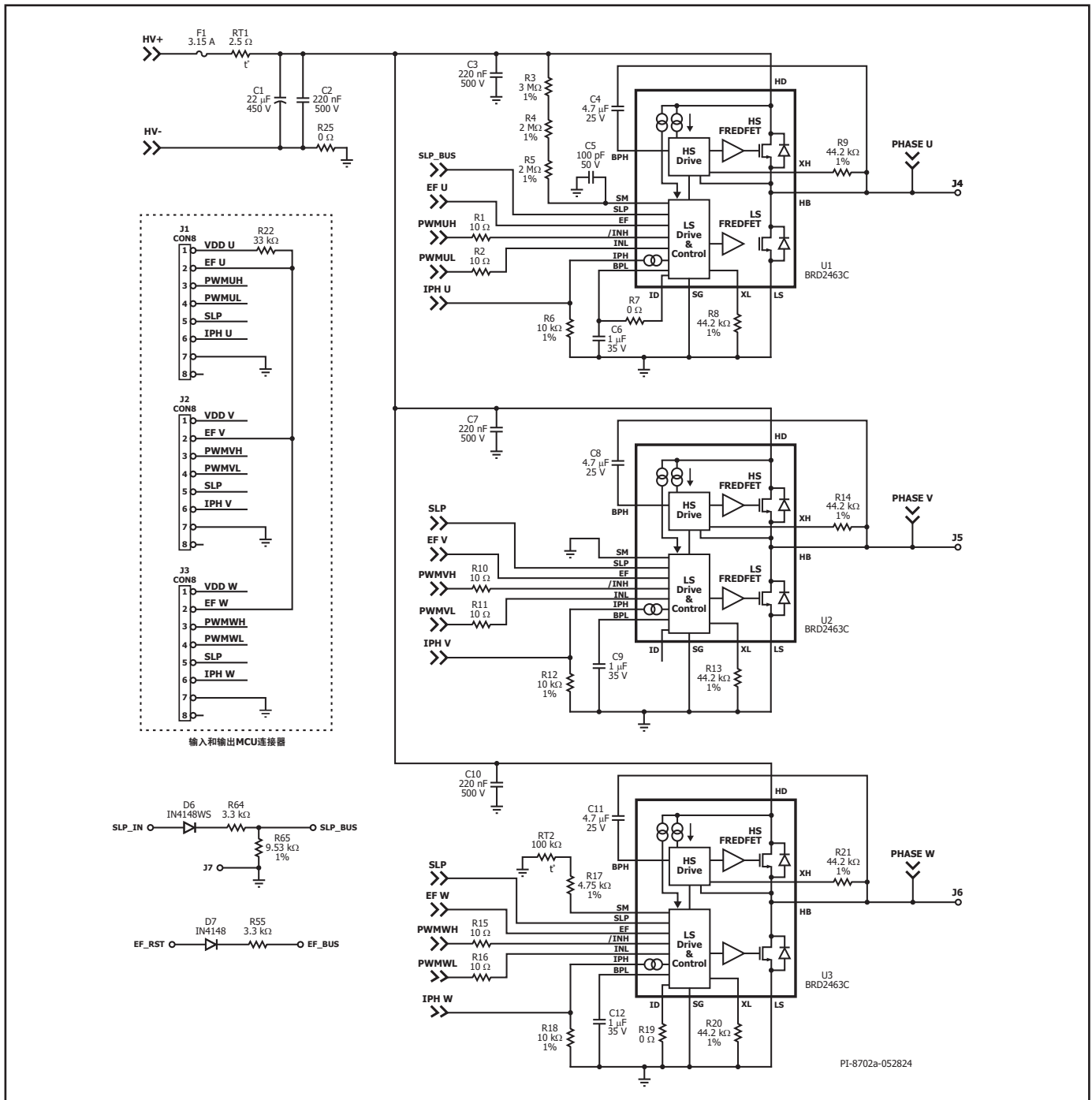


图 26. 使用BRD2463C的三相逆变器范例

BridgeSwitch-2器件通过新的Error Flag (EF)引脚提供改进的内置故障保护。这使得诸如持续下管过流(OC)、过温(OT)和过压(OV)等关键故障无需MCU干预即可抑制逆变器开关。系统监测(SM)引脚提供的其他保护方案包括高压直流母线检测和系统温度监测。

输入级

输入级包括保险丝F1、NTC RT1以及电容C1和C2。这些元件的额定值应基于计算得出的输入电流和最大直流母线电压。输入电压可以直接来自交流市电，也可以来自功率因数校正(PFC)前级电路。

BridgeSwitch-2三相逆变器

BridgeSwitch-2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J1、J2和J3连接高压三相无刷直流电机。电容C3、C7和C10向每个BridgeSwitch-2器件提供直流母线电压的板端高频去耦。

偏置供电

电容C6、C9和C12为BridgeSwitch-2集成的下管控制器和栅极驱动器提供稳定的电压电源。电容C4、C8和C11为集成的上管控制器和栅极驱动器提供稳定的电压电源。这些电容是BridgeSwitch-2正常工作所必需的。

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。位于MCU与BridgeSwitch-2的INL和INH引脚之间的电阻R1、R2、R10、R11、R15和R16可提高来自MCU的控制信号的完整性。BridgeSwitch-2提供了一个微调选项，允许/INH引脚处于高电平有效而不是低电平有效，从而为各种电机控制方案提供更大的灵活性。

限流点设定

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42.2kΩ电阻值可将限流点设置为默认值的100%，或将BRD2463C的限流点设置为2.5A（有关限流点选择，请参见表4）。

相电流信息

每个BridgeSwitch-2器件均通过IPH引脚提供实时相电流信息。电阻R6、R12和R18将该引脚的缩放电流输出转换为可用的电压信号，可直接连接到MCU的ADC引脚。当R6、R12和R18设置为10kΩ，BRD2463C的IPH增益为75 μA/A时，1A下管FREDFET相电流将转换为0.75V电流反馈信号。

过流(OCP)/过温(OTP)设定

通过SLP引脚上的设定电阻R65，可以在三种不同的过流和过温故障响应方式中进行选择。上电期间，器件锁定在所选的故障响应方式中（有关SLP引脚OCP/OTP故障响应设定选项，请参阅表6）。在此应用中，连接到SLP引脚的9.53kΩ电阻R65将OCP故障响应设置为逐周期，将OTP故障响应设为21置为滞回。

睡眠模式接口

睡眠模式通过禁止连接到HD的内部高压电流源来禁止下管驱动器的所有功能。在稳态工作期间，SLP引脚内部下拉电阻将电压保持在睡眠模式阈值电压 $V_{SLP(TH)}$ 以下。为激活睡眠模式，睡眠模式控制信号SLP被施加到二极管D6上，将电压拉高到 $V_{SLP(TH)}$ （最小值2.5V）以上。当控制信号释放时，SLP引脚的内部下拉电阻将电压拉至 $V_{SLP(TH)}$ 以下，促使BridgeSwitch-2器件开始正常的上电周期并重新使其正常工作。在图26所示的设计中，每个BridgeSwitch-2器件的SLP引脚连接在一起，仅使用一个睡眠模式控制信号即可同时激活睡眠模式。进入SLP引脚的电流受电阻R64限制，5V控制信号幅值下的推荐值为3.3kΩ。

Error Flag

此应用使用了BridgeSwitch-2新的Error Flag功能，可在一个器件检测到严重故障时实现简单的器件间通信。如果BridgeSwitch-2检测到表11中列出的任何故障，只要检测到的故障存在，EF引脚就会被拉低，从而禁止所有器件的开关。当故障被清除或EF_RST收到锁存复位信号后，EF引脚被释放，使BridgeSwitch-2能够恢复开关。

在图26所示的设计中，U1、U2和U3的EF引脚一起连接到EF_BUS，并通过电阻R22（33kΩ）上拉到辅助电源电压（5V）。通过D7和R55（3.3kΩ）施加的外部信号将EF_BUS暂时拉高，即可施加锁存复位信号。对于配置了锁存关断保护的器件，EF总线上的上升沿会触发锁存复位（参见表6）。

过压(OV)检测

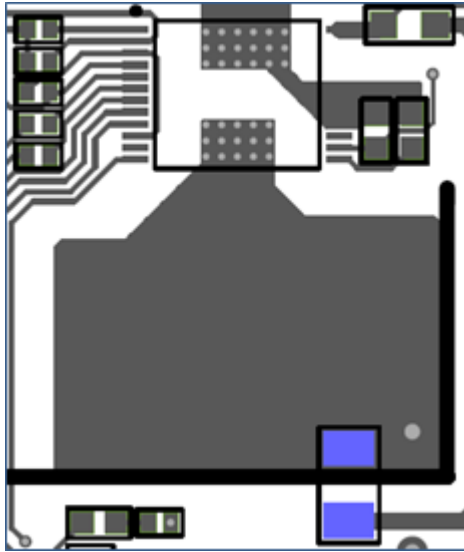
BridgeSwitch-2 U1通过电阻R3、R4和R5监测直流母线电压。R3、R4和R5的合并电阻值可设置过压阈值和欠压阈值，如表5所示。可选电容C5可在高噪声环境中在SM引脚处提供高频率噪声去耦。推荐的最大值为100pF。

EF总线标记检测到的直流母线过压情况。对于BridgeSwitch-2 EF衍生品（BRD236X/BRD246X），EF引脚仅在过压情况下被下拉，一旦直流母线调整到滞回复位电压阈值以下，EF引脚就会自动上拉。

系统级温度监测

除器件级过温保护外，U3可通过连接SM引脚的热敏电阻RT2监测系统温度。电阻R17可将系统级故障温度阈值调整至所需水平，在此应用中为90°C。

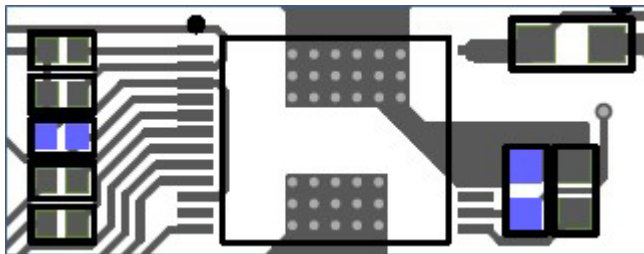
PCB设计指南



直流母线去耦电容

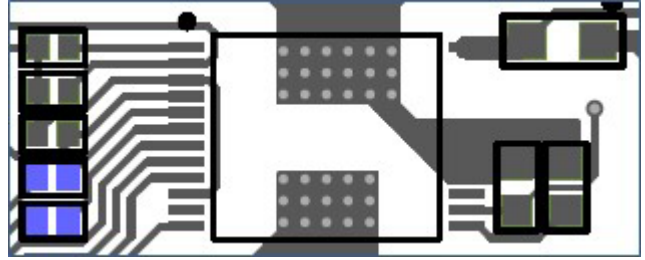
HD引脚去耦电容向BridgeSwitch-2提供直流母线电压的响应高频去耦。电容放置在直流母线(HD)连接至器件引脚之前，并靠近IC，同时考虑所需的爬电距离和间隙距离。

对于上面所示的示例，去耦电容直接放置在大电容正极旁边。这将在直流母线信号连接到HD焊盘之前将其滤除。



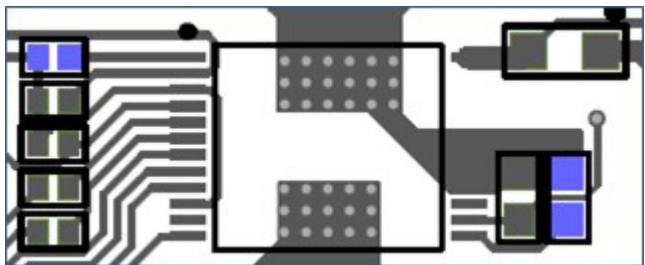
BPL和BPH电容

BPL和BPH去耦电容尽可能靠近各自的引脚放置，以最大限度地提高抗噪能力，并确保为器件提供稳定的电源。BPL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。



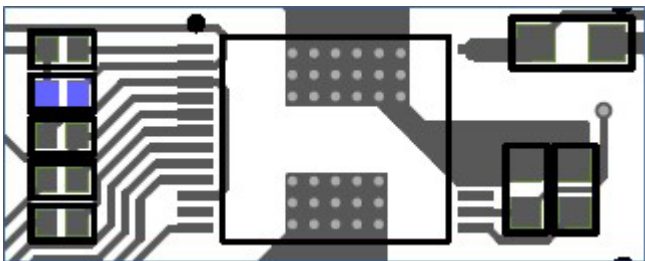
IN和/INH输入电阻

INL和INH电阻尽可能靠近各自的引脚放置，因为它们用作PWM信号的滤波器。为了获得良好的信号完整性，应尽量缩短从MCU到BridgeSwitch-2输入引脚的PWM信号走线。



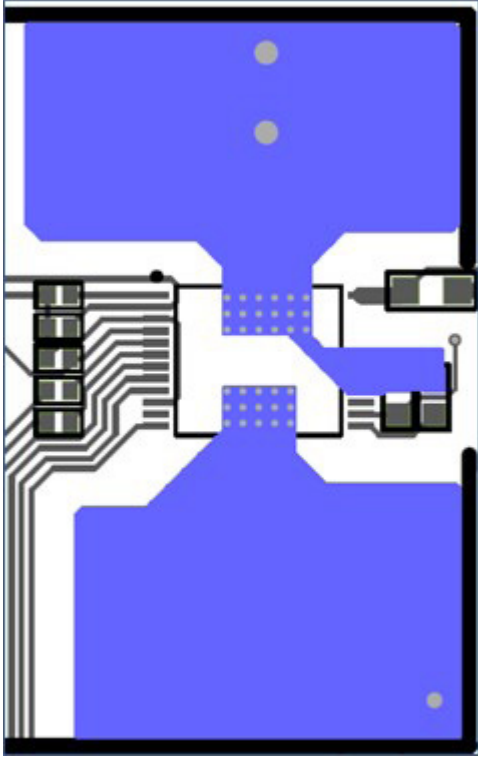
XL和XH电阻

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。这可确保上管和下管FREDFET的电流限流点设置正确。



IPH电阻

IPH电阻的位置应靠近其各自的引脚并以SG为参考。必须尽量缩短从BridgeSwitch-2器件到MCU的IPH信号走线长度，以避免噪声干扰并保持信号完整性。



HD和HB层可实现最大的PCB散热效果

BridgeSwitch-2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。

BridgeSwitch-2

绝对最大额定值^{1,2}

HD引脚电压 ² :	-1.3V到600V	结温度 ⁷ : FREDFET	-40°C到160°C
HB引脚电压:	-15V到600V	驱动器	-40°C到150°C
直流输出电流 ^{6,7} : BRD2x60	1.0A	贮存温度	-65°C到150°C
BRD2x61	1.7A	引线温度 ⁴	260°C
BRD2x63	3.0A	备注:	
BRD2x65	5.5A	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。	
BRD2x67	11.5A	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。	
BPH引脚电压 ³	-0.3V到16.5V	2. 所有电压都是以 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 时的下管源极LS和信号地SG为参考点(另行说明者除外)。	
BPL/ID引脚电压	-0.3V到16.5V	3. 以 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 时的半桥连接HB为参考点。	
BYPASS引脚电流	15mA	4. 在距壳体1/16英寸处测量, 持续时间5秒。	
XH引脚 ³ 电压	-0.3V到5.3V	5. 外部电流检测电阻与LS引脚串联。 $T_J = -20^\circ\text{C}$ 到 125°C 。	
XL引脚电压	-0.3V到5.3V	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。	
EF/SLP/FAULT/INL/INH引脚电压	-0.3V到5.3V	7. 通常由内部电路控制。	
SM引脚电压	-0.3V到5.3V		
SM引脚电流	2mA		
IPH引脚电压	-0.3V到5.3V		
IPH引脚电流	2mA		
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		备注:
BRD2x60C	80°C/W ¹ , 65°C/W ²	1. 裸焊盘焊在0.36平方英寸(232mm ²)、2盎司(610g/m ²)的铜箔区域。
BRD2x61C	78°C/W ¹ , 63°C/W ²	2. 裸焊盘焊在1.0平方英寸(645mm ²)、2盎司(610g/m ²)的铜箔区域。
BRD2x63C	74°C/W ¹ , 59°C/W ²	3. 两个功率开关管的功耗各占总功率的一半。
BRD2x65C	68°C/W ¹ , 53°C/W ²	4. 外壳温度在塑封体底侧的裸焊盘测得。
BRD2x67C	63°C/W ¹ , 51°C/W ²	
(θ_{JC}) ⁴ : InSOP-24C封装		
BRD2x60C	10°C/W ⁴	
BRD2x61C	7°C/W ⁴	
BRD2x63C	5°C/W ⁴	
BRD2x65C	3°C/W ⁴	
BRD2x67C	1.1°C/W ⁴	

参数	符号	条件 下管源极 = 0V $T_J = -20^\circ\text{C}$ 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}	$T_J = 25^\circ\text{C}$ 见注释D	12.1	12.8	13.4	V
旁路分流稳压器电压	$V_{BP(SHUNT)}$ $V_{BPH(SHUNT)}$	$I_{BPL} = I_{BPH} = 6\text{mA}$ $T_J = 25^\circ\text{C}$ 见注释D	12.6	13.3	14.0	V
旁路电压滞回	$V_{BPL(HYST)}$ $V_{BPH(HYST)}$	$T_J = 25^\circ\text{C}$	1.9	2.4	2.9	V
旁路下管供电电流	$I_{BPL(S1)}$	$V_{BPL} = 12.8\text{V}$ 见注释A	$V_{INL} < V_{IL}, V_{/INH} > V_{IH}$		0.37	0.45
	$I_{BPL(S2)}$		$V_{INL} > V_{IL}, V_{/INH} < V_{IH}$	BRD2x60 BRD2x61 BRD2x63 BRD2x65 BRD2x67	0.53	0.8
旁路上管供电电流	$I_{BPH(S1)}$	$V_{BPH} = 12.8\text{V}$ 见注释A	$V_{INL} < V_{IL}, V_{/INH} > V_{IH}$		0.33	0.42
	$I_{BPH(S2)}$		$V_{INL} > V_{IL}, V_{/INH} < V_{IH}$	BRD2x60 BRD2x61 BRD2x63 BRD2x65 BRD2x67	0.51	0.67
					0.68	0.75

BridgeSwitch-2

参数	符号	条件		最小值	典型值	最大值	单位
		下管源极 = 0V $T_j = -20^{\circ}\text{C}$ 到 125°C (除非另有说明)					
旁路供电功能 (续上)							
旁路下管充电电流	$I_{CH1(LS)}$	$T_j = 25^{\circ}\text{C}$	$V_{BPL} = 0$ $V_{HD-to-LS} = 50\text{V}$	3.0			mA
	$I_{CH2(LS)}$		$V_{BPL} = 12.8\text{V}$ $V_{HD-to-LS} \geq 100\text{V}$ 见注释C	1.7			
旁路上管充电电流	$I_{CH1(HS)}$	$V_{HB} = V_{LS}$ $T_j = 25^{\circ}\text{C}$	$V_{BPH-to-HB} = 0$ $V_{HD-to-HB} = 50\text{V}$	1.8			mA
	$I_{CH2(HS)}$		$V_{BPH-to-HB} = 12.8\text{V}$ $V_{HD-to-HB} \geq 100\text{V}$ 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	1.1	μA
/INH上拉电流	I_{INH}	$V_{INH} = 2.5\text{V}$		-1.1	-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}	$V_{BPL} = V_{BPH} = 12.8\text{V}$, $V_{DS} = 325\text{V}$, $I_D = 0.1\text{A}$ 见图14和图27 见注释B		470	588	705	ns
死区时间高关断到低导通	t_{DHL}	$V_{BPL} = V_{BPH} = 12.8\text{V}$, $V_{DS} = 325\text{V}$, $I_D = 0.1\text{A}$ 见图13		470	588	705	ns
开关时间FREDFET导通	t_{ON}	$V_{BPL} = V_{BPH} = 12.8\text{V}$, $V_{DS} = 325\text{V}$, $I_D = 0.1\text{A}$ /INH > V_{IH} , 见图26, 注释C			0.7		μs
开关时间FREDFET关断	t_{OFF}	$V_{BPL} = V_{BPH} = 12.8\text{V}$, $V_{DS} = 325\text{V}$, $I_D = 0.1\text{A}$ /INH > V_{IH} , 见图26, 注释C			0.4		μs
SLP阈值电压	$V_{SLP(TH)}$	$T_j = 25^{\circ}\text{C}$		2.5			V

参数	符号	条件 下管源极 = 0V $T_j = -20^{\circ}\text{C}$ 到 125°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							
FREDFET结警告温度	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	$^{\circ}\text{C}$	
FREDFET结重启温度	T_{RES}	$R_{SLP} = 3.3\text{k}\Omega$ 见注释C		100		$^{\circ}\text{C}$	
限流点阈值	$I_{LIM(DEF)}$	$R_{XL} = R_{XH} = 42.2\text{k}\Omega$ $T_j = 25^{\circ}\text{C}$ $di/dt = 100\text{mA}/\mu\text{s}$	BRD2x60	0.855	0.90	0.945	A
			BRD2x61	1.425	1.50	1.575	
			BRD2x63	2.375	2.50	2.625	
			BRD2x65	3.135	3.30	4.465	
			BRD2x67	4.180	4.40	4.620	
	$I_{LIM(RED)}$	$R_{XL} = R_{XH} = \text{开路}$ $T_j = 25^{\circ}\text{C}$ $di/dt = 100\text{mA}/\mu\text{s}$	BRD2x60	0.372	0.40	0.428	
			BRD2x61	0.605	0.65	0.696	
			BRD2x63	0.995	1.07	1.145	
			BRD2x65	1.302	1.40	1.498	
			BRD2x67	1.721	1.85	1.980	
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}	$R_{XL} = R_{XH} = 42.2\text{k}\Omega$, $T_j = 25^{\circ}\text{C}$ $I_{D(LS)} = 0.75 \times I_{LIM(DEF)}$ 导通时间 $\geq 2\mu\text{s}$	BRD2260/BRD2460	174.6	180	185.4	$\mu\text{A}/\text{A}$
			BRD2261/BRD2461	116.4	120	123.6	
			BRD2263/BRD2463	72.7	75	77.3	
			BRD2265/BRD2465	58.2	60	61.8	
			BRD2267/BRD2467	43.6	45	46.4	
相电流输出延迟增益	t_{IPH}	$R_{XL} = R_{XH} = 42.2\text{k}\Omega$, $T_j = 25^{\circ}\text{C}$ $I_{D(LS)} = 0.75 \times I_{LIM(DEF)}$, $di/dt = 100\text{mA}/\mu\text{s}$ 导通时间 $\geq 2\mu\text{s}$, 见注释B和I		500		ns	

BridgeSwitch-2

参数	符号	条件 下管源极 = 0V $T_j = -20^{\circ}\text{C}$ 到 125°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}	$V_{BPL} = V_{BPH} = 12.8\text{V}$ $R_{XL} = R_{XH} \geq 42.2\text{k}\Omega$ $T_j = 25^{\circ}\text{C}$	2.09	2.25	2.41	V
SM引脚电压	V_{SM}	SM引脚用作母线电压检测 $I_{SM} = 35\mu\text{A}$		1.6	1.9	V
高压母线UV55阈值电流	I_{UV55}	$T_j = 25^{\circ}\text{C}$ 见注释C	18	20	22	μA
高压母线UV70阈值电流	I_{UV70}	$T_j = 25^{\circ}\text{C}$ 见注释C	23	25	27	μA
高压母线UV85阈值电流	I_{UV85}	$T_j = 25^{\circ}\text{C}$ 见注释C	28	30	32	μA
高压母线UV100阈值电流	I_{UV100}	$T_j = 25^{\circ}\text{C}$	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}	$T_j = 25^{\circ}\text{C}$	57	60	63	μA
高压母线过压延迟时间	$t_{D(OV)}$	见注释B		80		μs
高压母线过压关断滞回	$I_{OV(HYST)}$			4		μA
系统过温阈值	$V_{TM(TH)}$	SM引脚用作 外部温度检测 见图18	1.10	1.17	1.23	V
过温延迟时间	$t_{D(TM)}$	见注释B		1		ms
温度监测输出电流	I_{TM}			100		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		%
状态通信总线						
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28	2			μs
FAULT引脚电压高电平	V_{FAH}	$R_{UP} = 267\Omega, V_{UP} = 3.3\text{V}$	2.5			V
FAULT引脚电压低电平	V_{FAL}	$R_{UP} = 267\Omega, V_{UP} = 3.3\text{V}$			0.8	V
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

BridgeSwitch-2

参数	符号	条件 下管源极 = 0V $T_j = -20^{\circ}\text{C}$ 到 125°C (除非另有说明)	最小值	典型值	最大值	单位	
状态通信总线 (续上)							
器件ID时间	t_{ID}	$V_{FAULT} < V_{FAL}$ $T_j = 25^{\circ}\text{C}$	$V_{ID} = V_{BPL}$	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B		80		μs	
逻辑位0时间	t_{BIT0}	$T_j = 25^{\circ}\text{C}$	9.5	10	10.5	μs	
逻辑位1时间	t_{BIT1}	$T_j = 25^{\circ}\text{C}$	38	40	42	μs	
低电平时间	t_{LO}	$T_j = 25^{\circ}\text{C}$	9.5	10	10.5	μs	
闲置时间	t_{IDLE}	见注释C		$2x t_{SS}$		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		$2x t_{SYSID}$		μs	
Error Flag							
EF引脚电压高电平	V_{EFH}	$R_{UP} = 43\text{k}\Omega, V_{UP} = 3.3\text{V}$	2.5			V	
EF引脚电压低电平	V_{EFL}	$R_{UP} = 43\text{k}\Omega, V_{UP} = 3.3\text{V}$			0.8	V	
EF引脚输出灌电流	I_{EFS}	$V_{EF} = 0.8\text{V}$ $T_j = 25^{\circ}\text{C}$ 到 125°C	112		320	μA	
Error Flag延迟时间	$t_{D(EF)}$	$R_{UP} = 43\text{k}\Omega, V_{UP} = 3.3\text{V}$ 见注释C		15		μs	

BridgeSwitch-2

参数	符号	条件 下管源极 = 0V $T_J = -20^{\circ}\text{C}$ 到 125°C (除非另有说明)		最小值	典型值	最大值	单位
功率FREDFET沟道和二极管							
漏源极击穿电压	BV_{DSS}	$I_D = 250\mu\text{A}, T_J = 25^{\circ}\text{C}$		600			V
上管漏极供电电压	$V_{HD(\text{START})}$			50			V
关断状态漏极漏电流	I_{DSS1}	$V_{DS} = 540\text{V}$ $T_J = 100^{\circ}\text{C}$				65	μA
导通状态漏源极电阻	$R_{DS(\text{ON})}$	BRD2x60 $V_{BPH} = V_{BPL} = 12.8\text{V}$ $I_D = 0.1 \times I_{LIM(\text{DEF})}$	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		6.84	8.21	Ω
			$T_J = 100^{\circ}\text{C}$		9.65	11.58	
		BRD2x61 $V_{BPH} = V_{BPL} = 12.8\text{V}$ $I_D = 0.1 \times I_{LIM(\text{DEF})}$	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		2.95	3.54	
			$T_J = 100^{\circ}\text{C}$		4.28	5.14	
		BRD2x63 $V_{BPH} = V_{BPL} = 12.8\text{V}$ $I_D = 0.1 \times I_{LIM(\text{DEF})}$	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		1.53	1.84	
			$T_J = 100^{\circ}\text{C}$		2.11	2.53	
		BRD2x65 $V_{BPH} = V_{BPL} = 12.8\text{V}$ $I_D = 0.1 \times I_{LIM(\text{DEF})}$	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		0.83	0.99	
			$T_J = 100^{\circ}\text{C}$		1.13	1.35	
BRD2x67 $V_{BPH} = V_{BPL} = 12.8\text{V}$ $I_D = 0.1 \times I_{LIM(\text{DEF})}$	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		0.47	0.56			
	$T_J = 100^{\circ}\text{C}$		0.61	0.73			
漏极电压下降时间	t_{VF}	$V_{HVBUS} = 325\text{V}$ 见图26 见注释C和E			115		ns
漏极电压上升时间	t_{VR}	$V_{HVBUS} = 325\text{V}$ 见图26 见注释C和E			95		ns
睡眠模式漏极漏电流	$I_{D(\text{SLP})}$	$V_{DS} = 325\text{V}$ $T_J = 75^{\circ}\text{C}$ $V_{SLP} > 2.5\text{V}$ 见注释C			10		μA

参数	符号	条件 下管源极 = 0V $T_J = -20^{\circ}\text{C}$ 到 125°C (除非另有说明)	最小值	典型值	最大值	单位			
功率FREDFET沟道和二极管 (续上)									
二极管正向电压	V_{SD}	BRD2x60, $I_S = 0.5\text{A}$ 见注释C	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		1.60	V			
			$T_J = 100^{\circ}\text{C}$		1.42				
		BRD2x61, $I_S = 0.7\text{A}$ 见注释C	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		1.49				
			$T_J = 100^{\circ}\text{C}$		1.22				
		BRD2x63, $I_S = 1\text{A}$ 见注释C	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		1.46				
			$T_J = 100^{\circ}\text{C}$		1.13				
		BRD2x65, $I_S = 1\text{A}$ 见注释C	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		1.09				
			$T_J = 100^{\circ}\text{C}$		0.91				
		BRD2x67, $I_S = 1\text{A}$ 见注释C	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$		0.91				
			$T_J = 100^{\circ}\text{C}$		0.80				
		二极管反向恢复时间	t_{RR}	$V_R = 400\text{V}$ $T_J = 125^{\circ}\text{C}$ 见注释C	BRD2x60, $I_S = 0.5\text{A}$ $di/dt = 50\text{ A}/\mu\text{s}$			120	ns
					BRD2x61, $I_S = 0.75\text{A}$ $di/dt = 50\text{ A}/\mu\text{s}$			100	
BRD2x63, $I_S = 1\text{A}$ $di/dt = 50\text{ A}/\mu\text{s}$					130				
BRD2x65, $I_S = 1\text{A}$ $di/dt = 75\text{ A}/\mu\text{s}$					120				
BRD2x67, $I_S = 1\text{A}$ $di/dt = 75\text{ A}/\mu\text{s}$					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20kHz), 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。
- 在器件时序测试中间接测量。
- 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28)。
- 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10kΩ电阻, 该电阻与8kΩ和7pF的串联RC网络并联。

典型性能特性

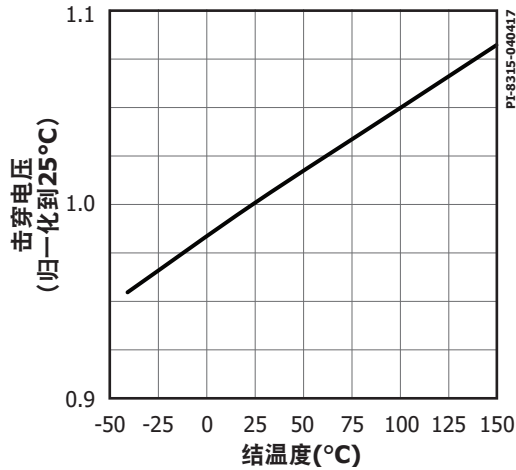


图 29. 功率FREDFET击穿电压相对于温度的变化

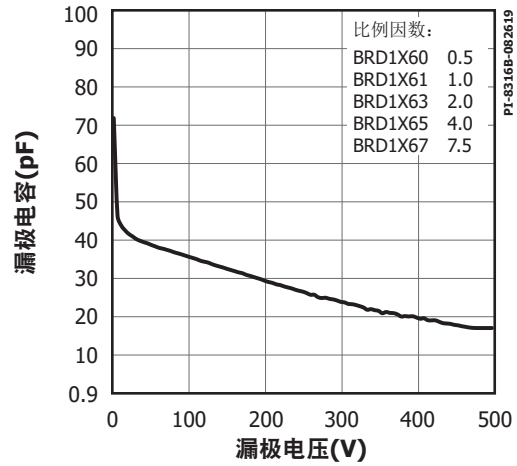


图 30. 功率FREDFET C_{oss} 相对于电压的变化

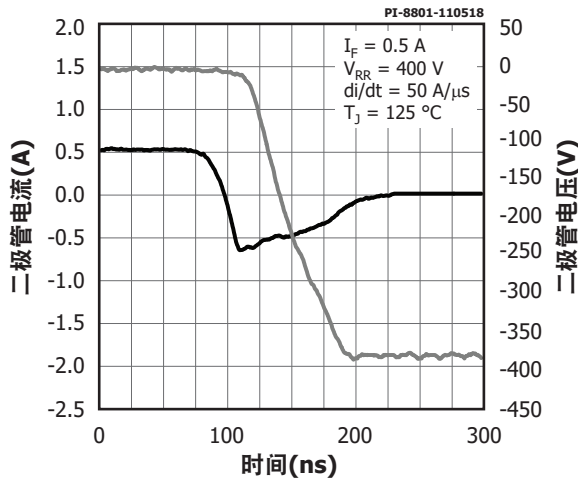


图 31. 典型的二极管反向恢复(BRD2X60)

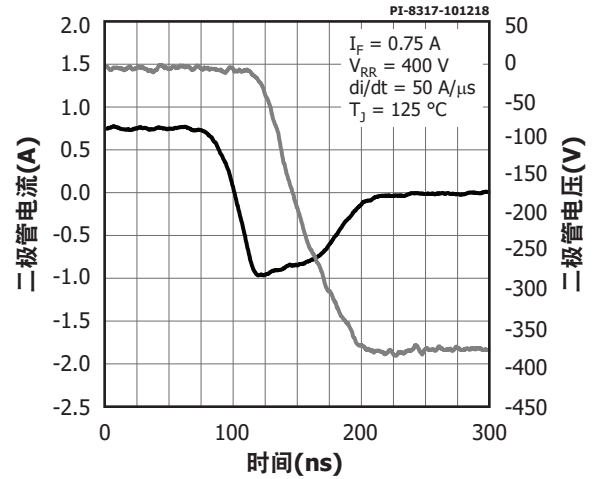


图 32. 典型的二极管反向恢复(BRD2X61)

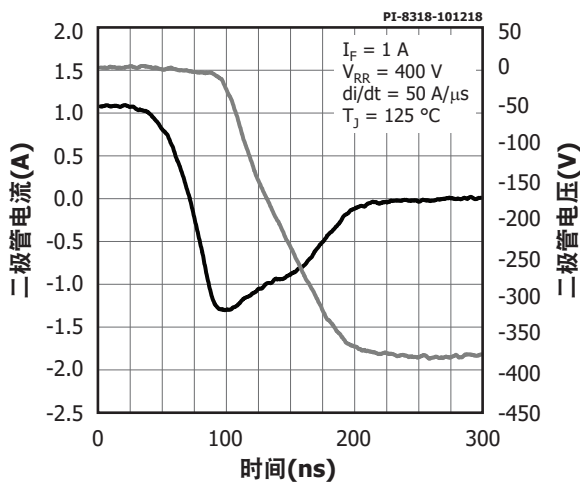


图 33. 典型的二极管反向恢复(BRD2X63)

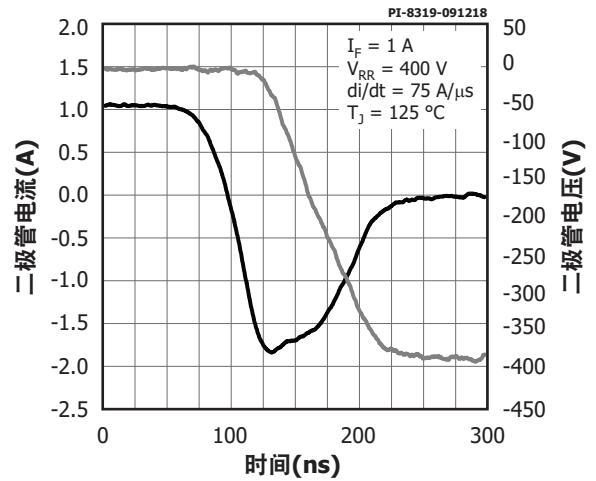


图 34. 典型的二极管反向恢复(BRD2X65)

典型性能特性 (续上)

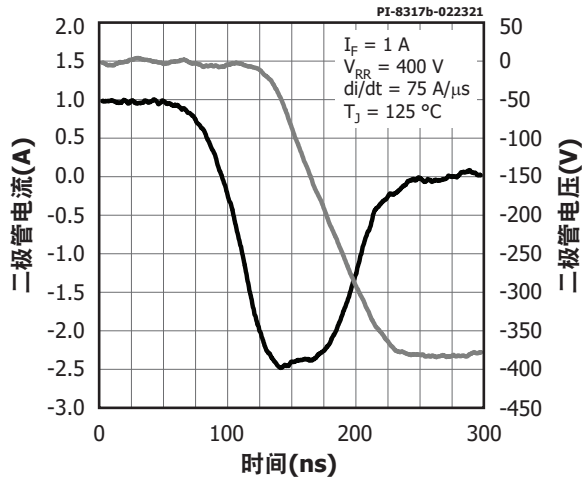


图 35. 典型的二极管反向恢复(BRD2X67)

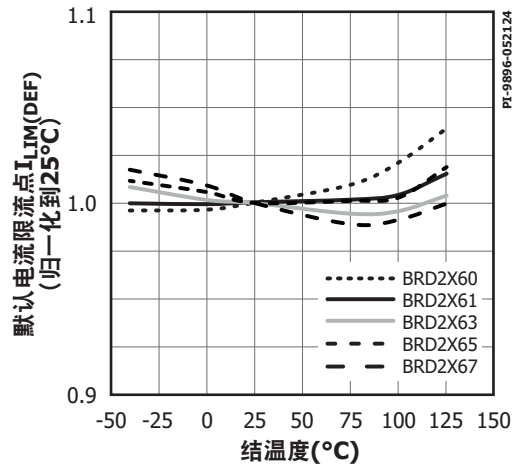


图 36. 默认电流限流点相对于温度的变化

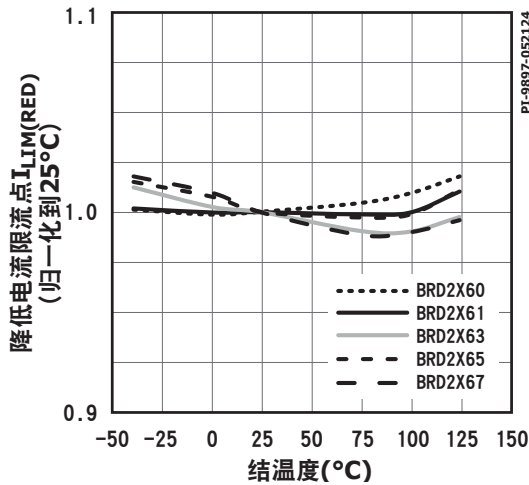


图 37. 降低电流限流点相对于温度的变化

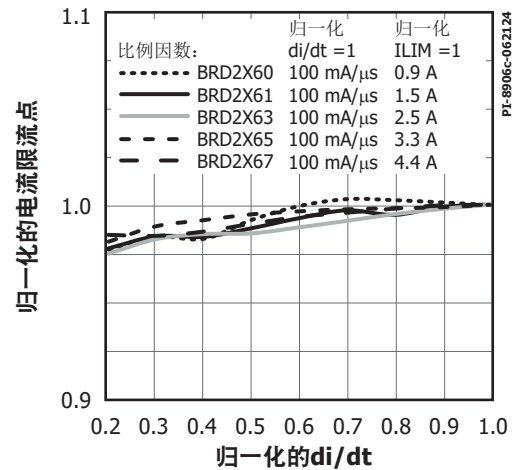


图 38. 默认电流限流点相对于di/dt的变化

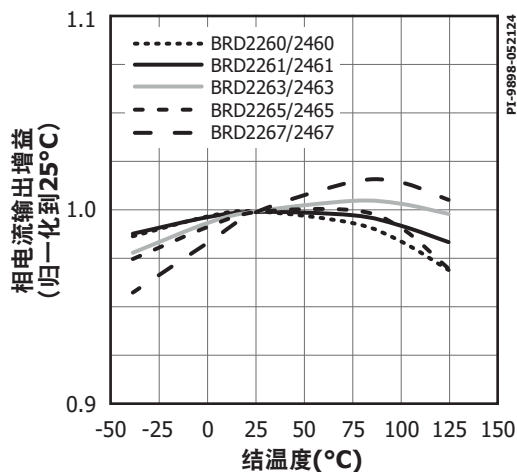


图 39. 相电流输出增益相对于温度的变化

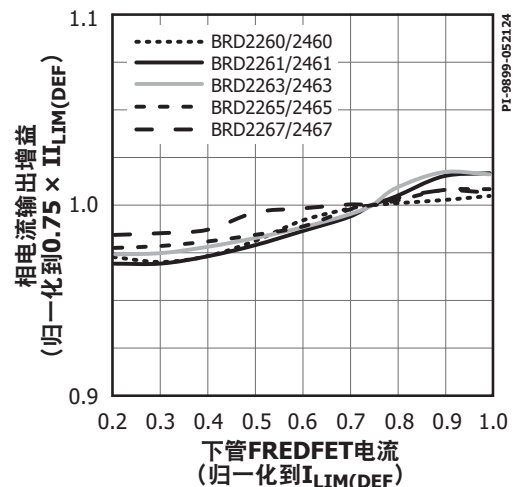


图 40. 相电流输出增益相对于下管FREDFET电流的变化

典型性能特性 (续上)

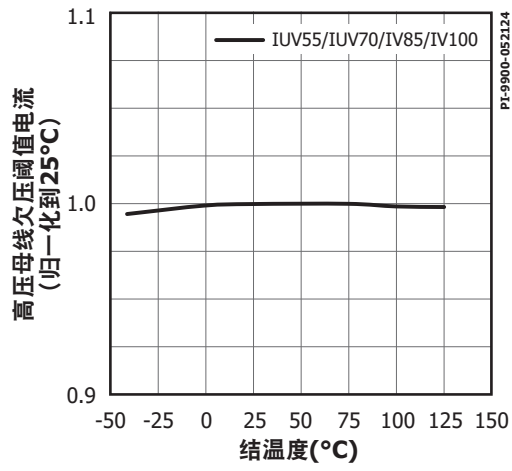


图 41. 高压母线欠压阈值电流相对于温度的变化

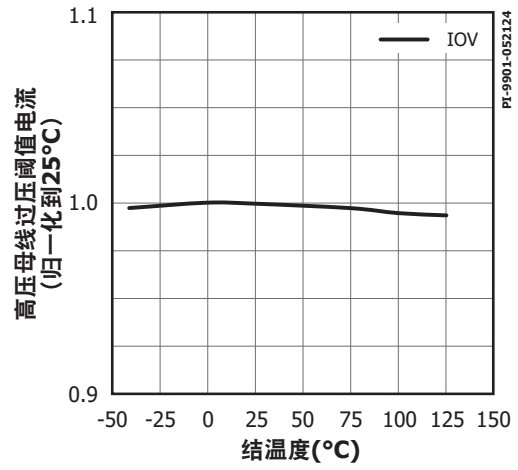
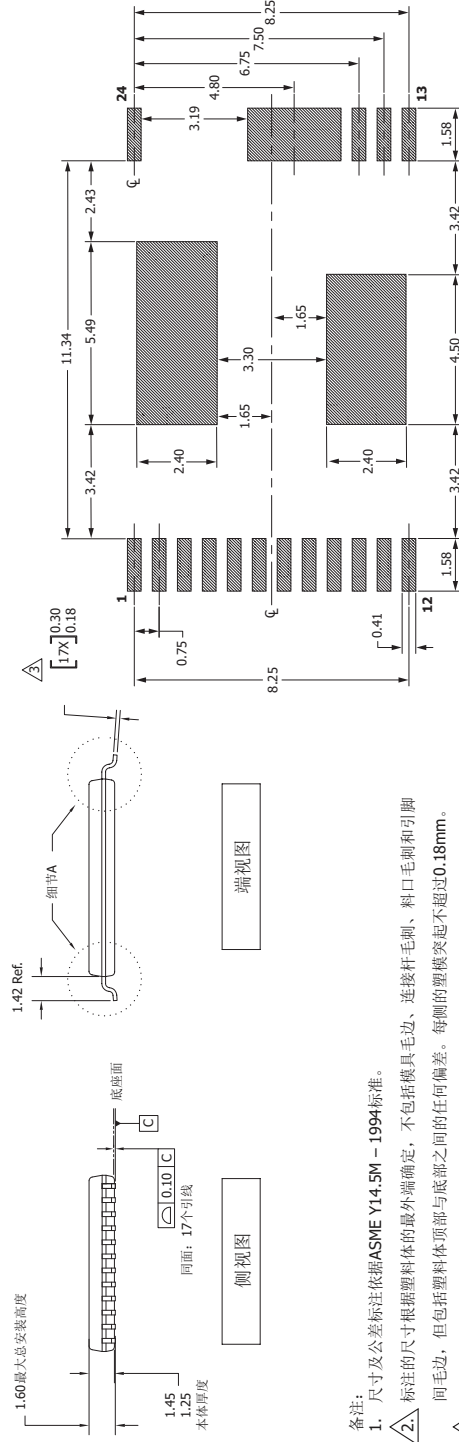
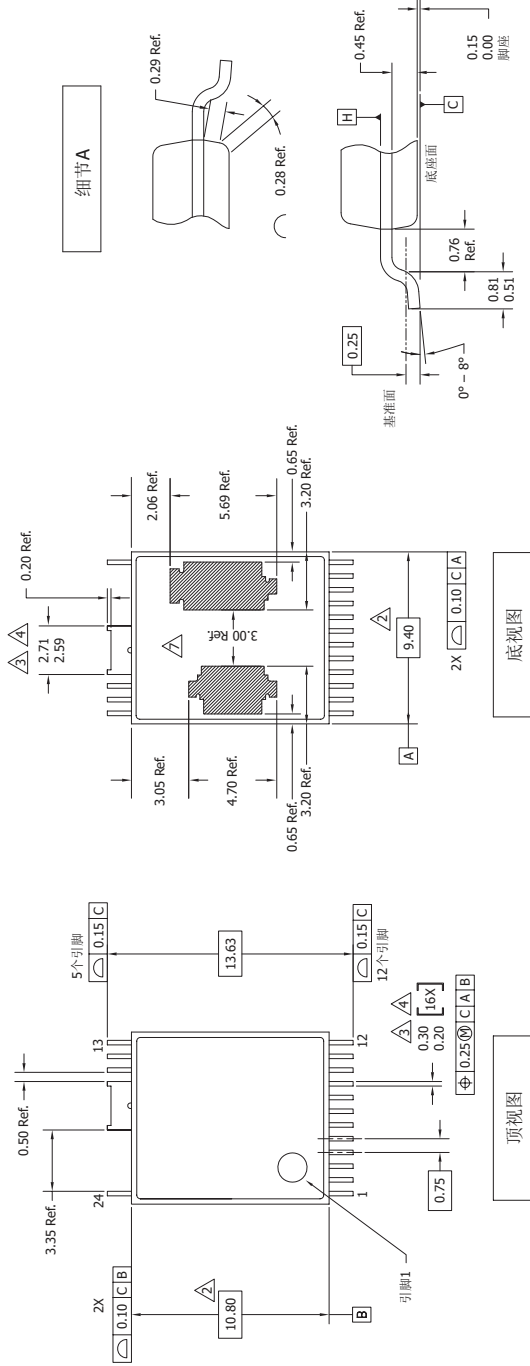


图 42. 高压母线过压阈值电流相对于温度的变化

InSOP-24C



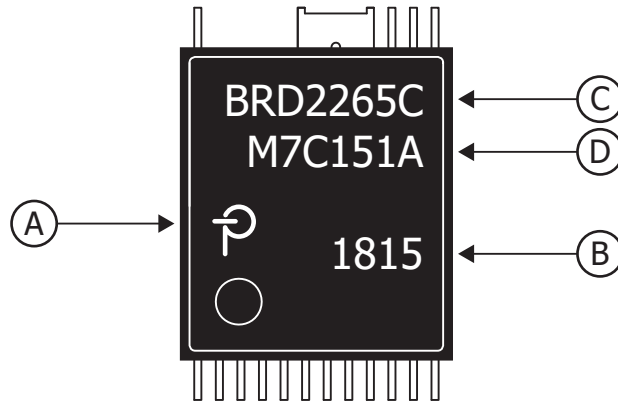
注：所示的PCB封装尺寸是基本的、机械和电气互连（包括封装至PCB的爬电距离）的最小建议布局。可以根据特定应用的要求进行修改，增加铜箔面积以改善热性能，或减小铜箔面积以增加PCB板上的爬电距离。

- 备注：
1. 尺寸及公差标注依据ASME Y14.5M - 1994标准。
 2. 标注的尺寸根据塑料体的最外端确定，不包括模具毛边、连接杆毛刺、料口毛刺和引脚间毛边，但包括塑料体顶部与底部之间的任何偏差。每侧的塑模突起不超过0.18mm。
 3. 标注的尺寸包括镀层厚度。
 4. 不包括管脚间毛边或突起。
 5. 尺寸以毫米(mm)为单位。
 6. 基准A及B将在基准H决定。
 7. 裸焊盘的大小和位置尺寸仅供参考。

PCB焊盘布局

封装标识

InSOP-24C



- A. Power Integrations 注册商标
- B. 封装日期代码（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-8836e-072522

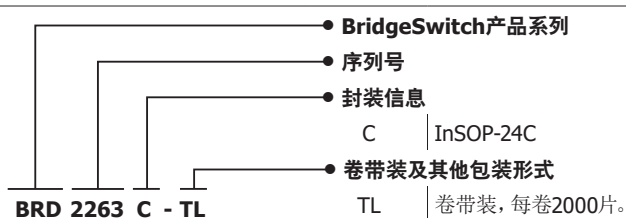
元件订购表和MSL信息

产品/元件型号	MSL等级
BRD2160C	3
BRD2161C	3
BRD2163C	3
BRD2165C	3
BRD2167C	3
BRD2260C	3
BRD2261C	3
BRD2263C	3
BRD2265C	3
BRD2267C	3
BRD2360C	3
BRD2361C	3
BRD2363C	3
BRD2365C	3
BRD2367C	3
BRD2460C	3
BRD2461C	3
BRD2463C	3
BRD2465C	3
BRD2467C	3

ESD及门锁信息

测试	条件	结果
125°C下锁存	JESD78D	> ±100mA或> 1.5 × V _{MAX} , 所有引脚
充电器件模型ESD	ANSI/ESDA/JEDEC JS-002-2014	> ±500V, 所有引脚

元件订购信息



修订版本	注释	日期
B	介绍发布。	05/24
C	文本和参考更改，并更新了图38。	07/24

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 <https://www.power.com/company/intellectual-property-licensing/>.

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, 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. ©2024, 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/电机控制销售)
Einsteinring 37
85609 Dornach/Aschheim
Germany
Tel: +49-89-5527-39100
e-mail: eurosales@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: 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

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: eurosales@power.com