SCALE™-2 1SC0450E

描述与应用手册

用于4500V和6500V IGBT的单通道、高性价比驱动核

摘要

SCALE™-2单通道驱动核1SC0450E集低成本、超紧凑于一身，并且有广泛的应用范围。该驱动器专门为要求高可靠性的工业和牵引应用领域而设计。1SC0450E可以驱动4500V和6500V以内的所有常见高压IGBT模块。可以驱动最多四个并联的IGBT模块，实现大功率的逆变器设计。1SC0450E还可支持使用3300V或4500V IGBT的多电平拓扑应用。

由于驱动器上未装配光纤接口，1SC0450E支持最大的设计灵活性。它通过专用电气接口连接器提供门极驱动输入和输出信号。

1SC0450E是目前工业应用中该电压和功率范围内最紧凑的驱动核，尺寸仅有60mm x 90mm，最大高度为27.5mm。这使其即使在最狭窄的空间也仍能有效应用。

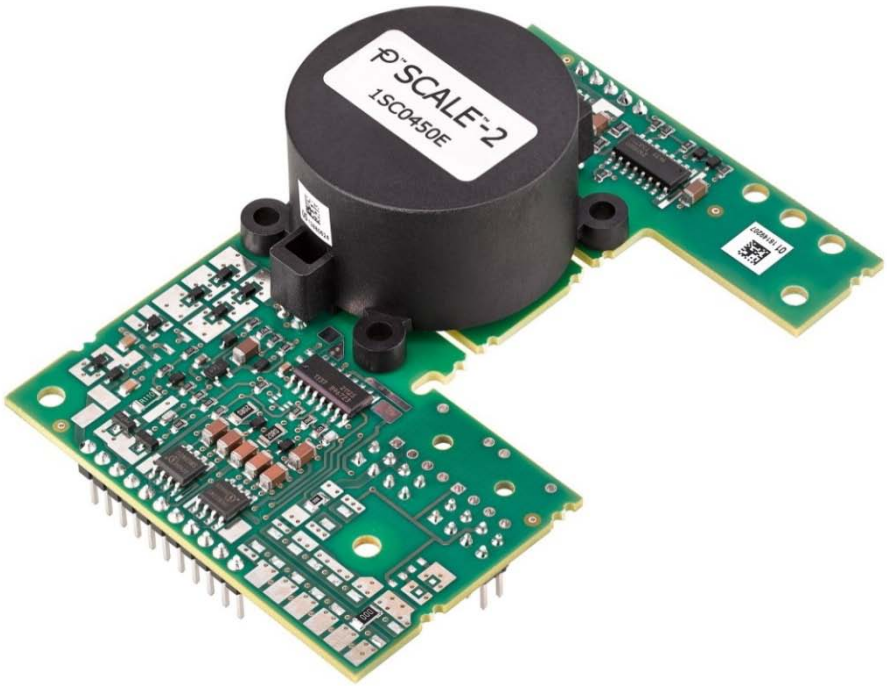

图1　　1SC0450E驱动核

描述与应用手册

目录

驱动器概述 4

机械尺寸 5

管脚定义 7

原方接口的推荐电路 8

原方接口电路描述 8

概述 8

VCC 端子 8

VDC 端子 8

GND 9

SO（状态输出） 9

副方接口的推荐电路 9

管脚 6 至 16 9

管脚 17 至 32 10

副方接口电路描述 10

概述 10

DC/DC 输出(VISO)、发射极(VE)和 COM 端子 11

参考端子(REF) 11

集电极电位检测端子(VCE) 11

故障时调整关断延迟时间的输入端(CSHD) 14

有源钳位(ACL) 15

门极开通(GH)和门极关断(GL)端子 15

门极升压电源(VGB) 16

门极升压信号(GBS) 16

门极驱动输入(IN) 16

状态反馈/故障输入(OUT) 17

1SC0450E SCALE-2驱动器的详细工作原理 19

电源及电气隔离 19

电源监控 19

支持 IGBT 模块并联 20
三电平或多电平拓扑 20
门极升压 20
参考文献 22
信息源：SCALE-2驱动器数据手册 23
特殊要求：定制SCALE-2驱动器 23
技术支持 23
质量 23
法律免责声明 23
订购信息 24
其他产品的信息 24
生产厂商 24
Power Integrations全球大功率客户支持网络 25

驱动器概述

1SC0450E装备了Power Integrations公司最新的SCALE-2芯片组的驱动核/1/。SCALE-2芯片组是一套专用集成电路(ASIC)，它包含智能门极驱动器所需的大部分功能。SCALE-2驱动器芯片组是在成熟的SCALE™-1芯片组技术/2/基础上的进一步开发。

1SC0450E的目标市场是6500V以下中大功率的IGBT应用。该驱动器支持的开关频率高达10kHz，效率一流。1SC0450E包含完整的单通道IGBT驱动核，具备隔离的DC/DC电源、供外部光纤收发器使用的电气接口、短路保护、高级有源钳位和电源电压监控功能。此外，还实现了额外的功能，例如，门极升压，或者可在发生VISO至COM或门极-发射极短路时为驱动器提供电源短路保护，以提供进一步的驱动优势。

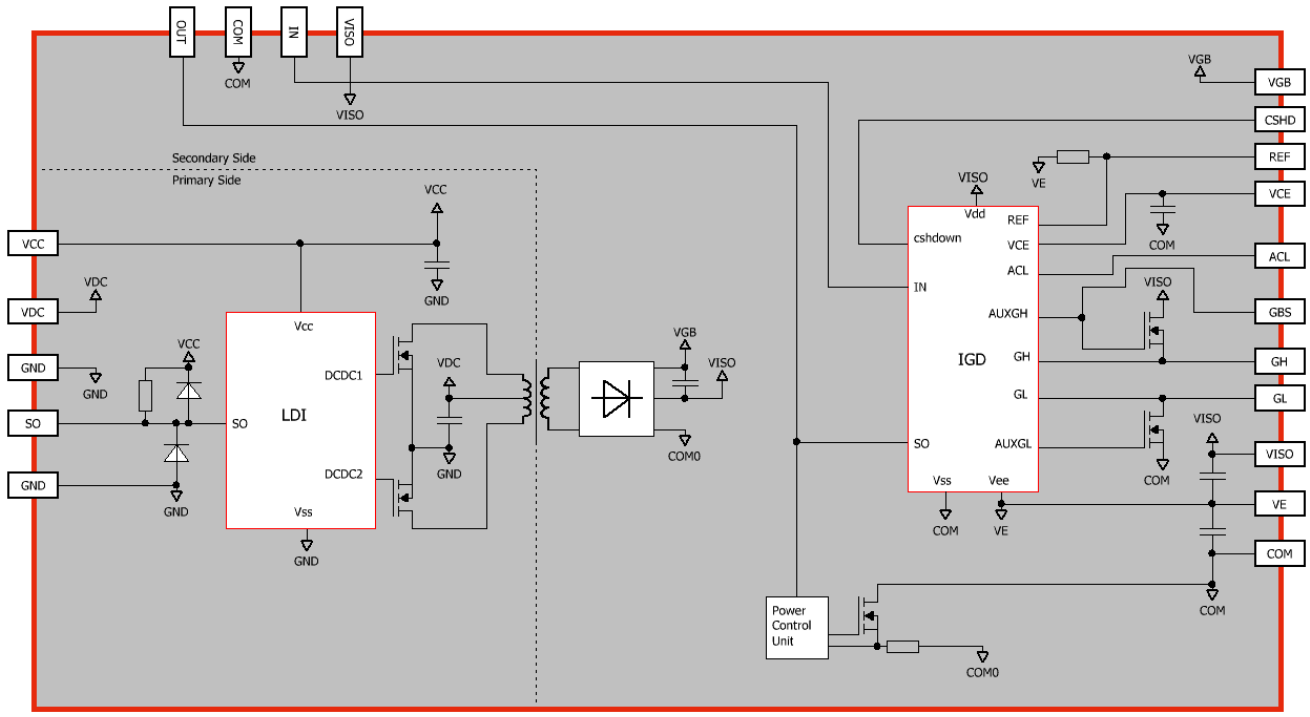

图2　　1SC0450E驱动核内部框图

机械尺寸

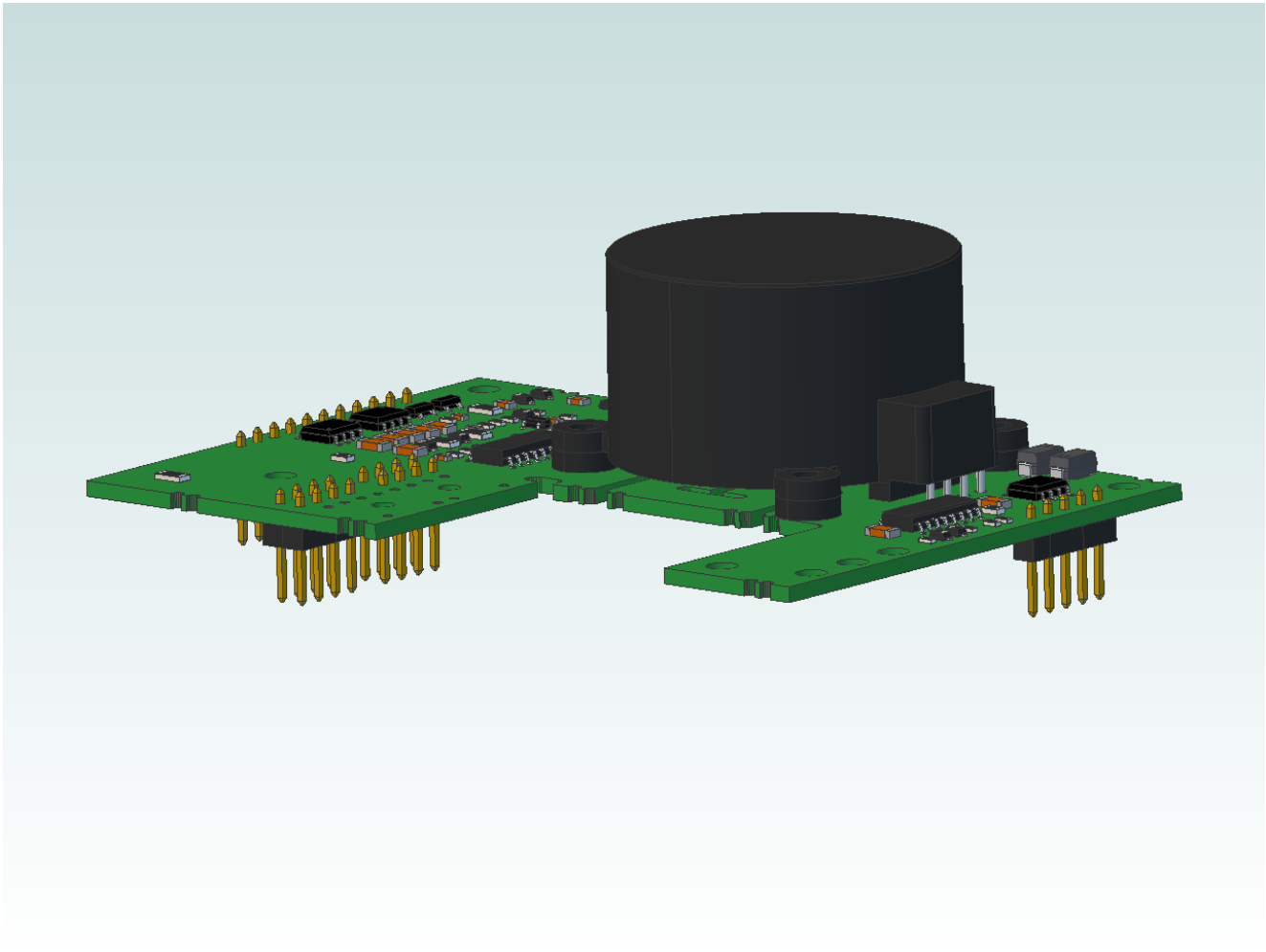

图3　　1SC0450E的3D图

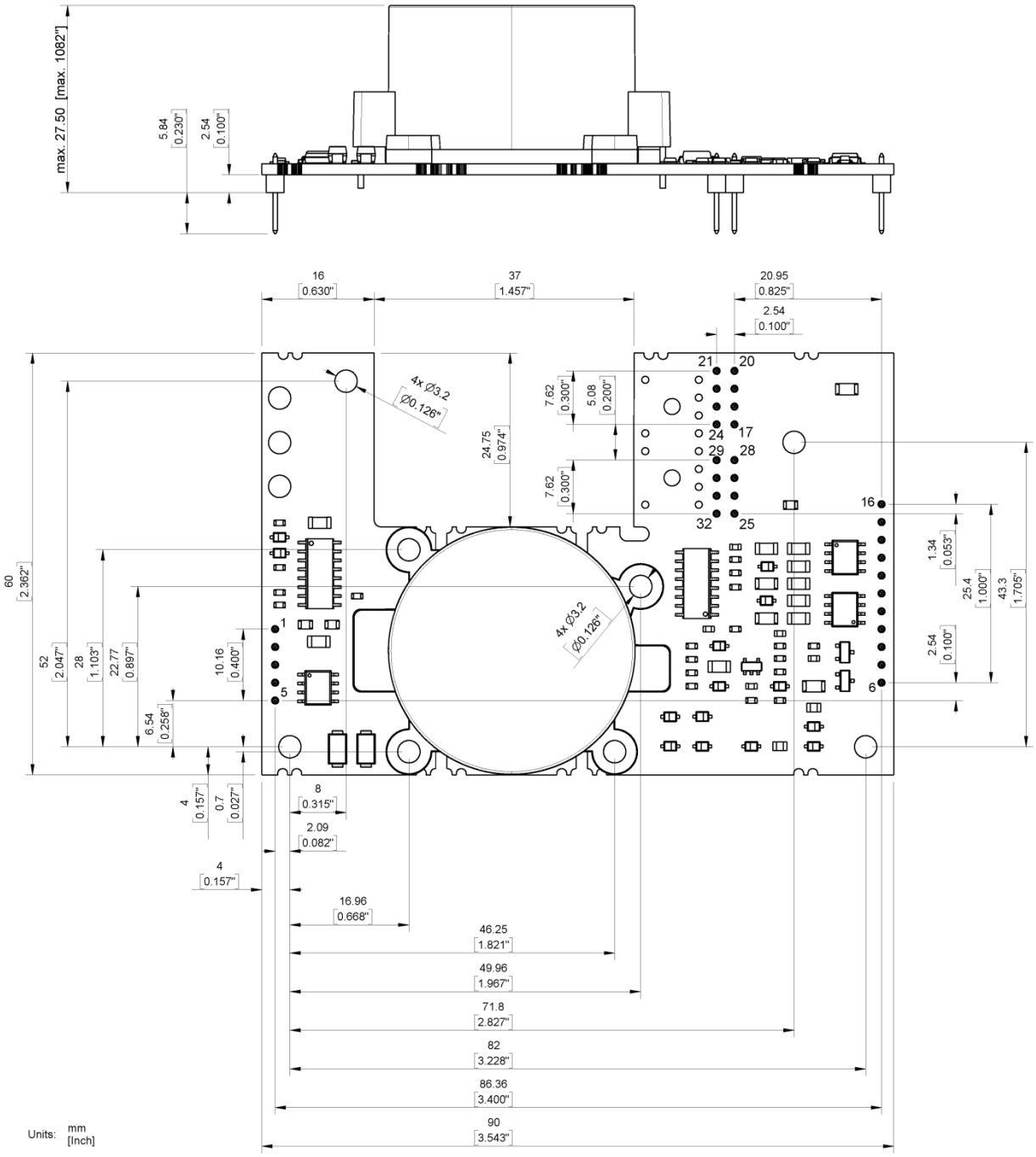

图4　　1SC0450E的机械图

原方及副方的管脚的间距为2.54mm（100mil），管脚的横截面尺寸为0.64mm x 0.64mm。板子的外形尺寸为60mm x 90mm。从管脚座底端至驱动器最顶端测得的整体高度最大为27.5mm（详见上图所示）。

请注意，机械固定点放置在电气间隙和爬电路径中。因此必须使用绝缘固定材料（螺丝、定距螺栓）以避免缩短这些路径。固定点支持M3螺丝尺寸。

推荐的焊盘直径：Ø 2mm (79mil)
推荐的焊孔直径：Ø 1mm (39mil)

管脚定义

管脚编号和名称		功能
原方		
1	SO	原方状态输出；正常时通过10kΩ电阻上拉至VCC，故障时下拉至低电平
2	GND	接地端
3	VCC	电源电压；原方的15V电源
4	VDC	DC/DC变换器供电电源
5	GND	接地端
副方		
6	VGB	门极升压电源
7	VISO	DC/DC输出
8	COM	副方接地
9	CSHD	检测到故障后设置关断延迟时间；连接电容至COM
10	GH	门极开通管脚；通过开通电阻将门极拉高
11	GBS	门极升压信号
12	VE	IGBT发射极
13	GL	门极关断管脚；通过关断电阻将门极拉低
14	ACL	有源钳位反馈端；如果不使用则悬空
15	REF	通过电阻设置V_{CE}检测阈值至VE
16	VCE	V_{CE}检测；通过电阻网络连接到IGBT集电极
17	COM	副方接地
18	VISO	DC/DC输出
19	COM	副方接地
20	COM	副方接地
21	COM	副方接地
22	IN	门极驱动输入；反相非隔离信号输入
23	COM	副方接地
24	COM	副方接地
25	COM	副方接地
26	OUT	状态输出和外部故障输入
27	COM	副方接地
28	COM	副方接地
29	COM	副方接地
30	OUT	状态输出和外部故障输入
31	OUT	状态输出和外部故障输入
32	COM	副方接地

原方接口的推荐电路

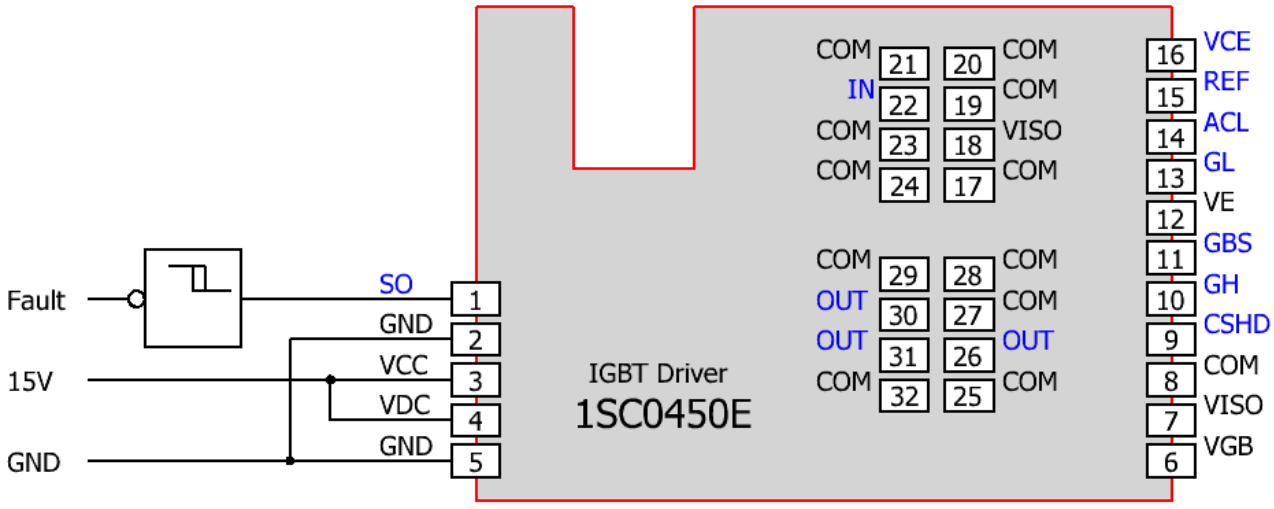

图5　　1SC0450E原方用户接口推荐电路

原方接口电路描述

概述

1SC0450E的原方接口电路非常简单且容易使用。

驱动器原方配有一个5针接口端子：

- 2x电源端子VCC和VDC
- 2x接地端子GND
- 1x状态输出SO（原方欠压时指示故障）

所有输入和输出端都具有静电防护功能。

VCC端子

该驱动器在接口处有1个VCC端子，用于向原方电子元件提供15V电压。

VDC端子

驱动器在接口处有一个VDC端子，用于向DC/DC电源供电。

应向VDC提供15V的电压。建议将VCC和VDC端子连接到公用15V电源。在这种情况下，驱动器在启动时可以自己限制启动冲击电流，而不需要为VDC的电压源增加外部限流电路。

GND

两个接地管脚必须连接在一起，且连接线寄生电感要低。强烈建议使用公用接地层。此外，建议用接地层屏蔽所有原方电路。两个接地管脚之间的连接距离必须保持最小。

SO（状态输出）

未检测到原方欠压情况时，10kΩ的内部上拉电阻使输出电压保持在VCC。如果检测到原方电源欠压，状态输出端SO被拉到低电平（连接到GND）。当原方电源欠压消失后，SO输出端自动复位（恢复到VCC）。

在故障状态下，最大SO电流不得超过驱动器数据手册/3/中规定的值。

副方接口的推荐电路

管脚6至16

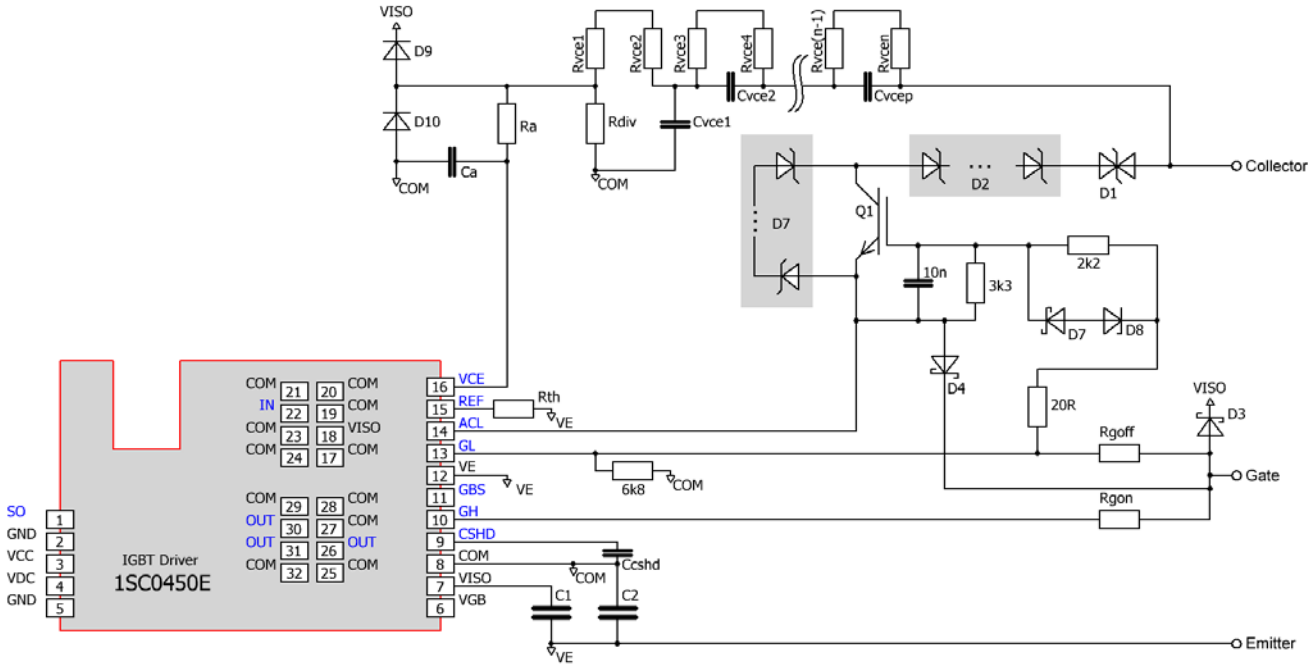

*图6　1SC0450E副方用户接口推荐电路（管脚6至16），不带门极升压（请参阅"**门极升压**"一章和图11，了解门极升压电路）*

管脚17至32

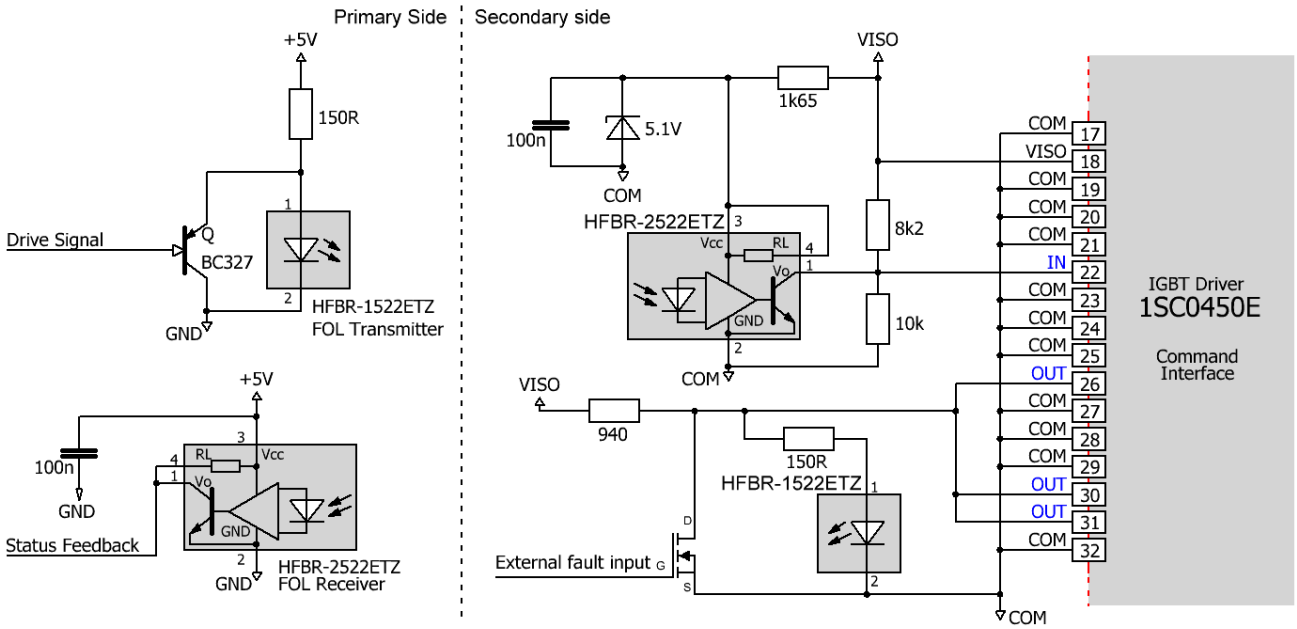

图7　　推荐的配合 Avago光纤接口HFBR-x522ETZ 的指令接口电路

副方接口电路描述

概述

驱动器的副方配有一个11针和两个8针接口连接器。

11针接口连接器具有下列端子：

- 1x DC/DC输出端子VISO
- 1x发射极端子VE
- 1x副方接地COM
- 1x集电极电位检测端子VCE
- 1x参考端子REF（用于短路保护）
- 1x 输入端子CSHD设置故障后的关断延迟时间
- 1x 有源钳位端子ACL
- 1x 开通门极端子GH
- 1x 关断门极端子GL
- 1x门极升压电源VGB
- 1x门极升压信号GBS

两个8针接口连接器包含指令接口，并且具有下列端子：

- 1x DC/DC输出端子VISO
- 1x副方接地COM
- 1x PWM输入（反相）
- 3x状态反馈输入/输出（反相）

所有输入和输出端都具有静电防护功能。

DC/DC输出(VISO)、发射极(VE)和COM端子

驱动器在DC/DC电源的副方配有支撑电容（数值请参阅数据手册/3/）。门极电荷4.7µC以内的IGBT，无需使用额外的外部电容即可驱动（图6中未装配C_1和C_2）。公式 1和公式 2给出了门极电荷大于4.7uC时C_1和C_2的推荐电容值：

$$C_1[\mu F] \geq (Q_G[\mu C]-4.7)\cdot 4$$

图6中的C_1；VISO与VE之间，每1µC门极电荷对应4µF支撑电容　　公式 1

$$C_2 = \frac{C_1}{2}$$

图6中的C_2；VE与COM之间，为C_1值的一半　　公式 2

举例：　门极电荷为42µC的IGBT模块，可以分别在VISO与VE端子之间使用149.2µF的外部电容以及在VE与COM端子之间使用74.6µF的外部电容进行驱动（图6中的C_1和C_2）。

如果电容C_1（或C_2）超过200µF（或100µF），请联系Power Integrations的技术支持人员。

支撑电容必须尽可能靠近驱动器端子管脚处，以使电感最小，推荐使用耐压≥25V的陶瓷电容。

VISO与VE之间或VE与COM之间不能施加静态负载。如有必要，可在VISO和COM之间施加静态负载。

参考端子(REF)

可通过在REF与VE之间连接一个电阻（图6中的R_{th}），以设置短路保护的阈值电压。68kΩ的内部电阻将默认阈值设为10.2V。根据下面的公式，使用外部电阻R_{th}可降低该阈值公式 3：

$$R_{th}[k\Omega] = \frac{68\cdot V_{th}[V]}{10.2-V_{th}[V]} \quad \text{且} V_{th}<10.2V$$

公式 3

建议将参考电压保持在10.2V的最大默认值（不使用外部电阻R_{th}）。

集电极电位检测端子(VCE)

集电极电位检测回路必须按照图6中所示的电路连接到IGBT集电极，以检测短路情况。

一般信息及建议：

- 电阻R_{vcei}的总电阻值R_{tot}按照公式 4计算得出：

$$R_{tot} = \sum_{i=1}^{n} R_{vcei} = R_{vce1} + \ldots + R_{vcen}$$

公式 4

- 建议设置总电阻值R_{tot}，以使在最大直流母线电压下电阻中流过大约0.6...0.8mA的电流I_{Vce}（公式 5）。该电流不得超过0.8mA。建议使用多个电阻串联；必须考虑实际应用中的最小爬电距离和电气间隙，并且不得超过最大电压、功率以及所使用电阻的温度额定值。设置建议如下所示。

$$I_{Vce} \cong \frac{V_{DC\text{-}link(max)}}{R_{tot}} = 0.6..0.8mA$$

公式 5

- 所有电阻R_{vcei} (i ≥ 1)都必须具有相同的值。
- R_{div}允许在必要时提高静态阈值检测电平V_{CEth}（与电阻R_{tot}分压）。可以按照公式 6计算R_{div}以确定静态V_{CEth}检测电平。

$$R_{div}[k\Omega] = R_{tot}[k\Omega] \cdot \frac{V_{th}[V] + |V_{GL}[V]|}{V_{CEth}[V] - V_{th}[V]} \qquad (V_{CEth} > V_{th}) \qquad \text{公式 6}$$

  $|V_{GL}|$是驱动器输出的门极-发射极关断电压的绝对值。它取决于驱动器的负载大小，可在驱动器数据手册/3/中找到。V_{th}是“参考端子(REF)”一节所描述的在参考端子REF设置的参考值。
- 总电容C_{tot}的推荐范围按照公式 7计算得出：

$$C_{tot} = \frac{1}{\sum_{k=1}^{p} \frac{1}{C_{vcek}}} = 1...4pF \qquad \text{公式 7}$$

- k≥2的所有电容C_{vcek}都必须具有相同的值。
- 所选择的电容C_{vce1}必须能够满足公式 8：

$$\frac{C_{vce1}}{C_{tot}} = (0.7...0.9) \cdot \frac{R_{tot}}{R_{vce1} + R_{vce2}} \qquad \text{公式 8}$$

- 不得超出所使用电阻和电容的最大电压额定值。必须考虑峰值和平均值。设置建议如下所示。
- 二极管D_9和D_{10}的漏电流必须极低，阻断电压必须超过40V（例如，BAS416），并且不能使用肖特基二极管。
- R_a和C_a用来设置响应时间。

对直流母线电压最高达4500V的6500V IGBT的推荐值

- $R_{vce1}=R_{vce2}=...=R_{vce30}$=200kΩ (500mW, 400$V_{peak}$, 1%)
- R_{div}=620kΩ (0603, 1%)
- C_{vce1}=15pF (C0G, 1000V, 5%)
- $C_{vce2}=C_{vce3}=...=C_{vce15}$=22pF (C0G, 630V, 5%)
- C_a=22pF (C0G, 50V, 5%)
- R_{th}未装配
- R_a参见下面表1 (0603, 1%)

该设置在每个通道使用30个电阻R_{vcei}和15个电容C_{vcek}，并产生一个大约201V的静态退饱和检测阈值。

$V_{DC-Link}$	R_a=68kΩ	R_a=91kΩ	R_a=120kΩ
4500V	5.3µs	6.9µs	9.0µs
3000V	5.3µs	7.0µs	9.1µs
2250V	5.5µs	7.0µs	9.1µs
1500V	7.2µs	8.0µs	9.4µs
1125V	9.9µs	10.3µs	11.1µs
900V	14.1µs	14.1µs	14.2µs

表1　　典型响应时间与电阻R_a和直流母线电压$V_{DC-Link}$

表1仅给出了象征性的值。响应时间取决于具体的PCB布局和所使用的IGBT模块。因此，建议在最终设计中测量短路响应时间。

请注意，速度较慢的IGBT模块可能会在导通时报告错误的V_{CE}退饱和故障。因此，建议在最恶劣的条件下（最大直流母线电压、最大集电极电流和最高IGBT结温）对设置情况进行测试。另请参阅AN-1101 /4/，以了解详细信息。

对直流母线电压最高达3200V的4500V IGBT的推荐值

- $R_{vce1}=R_{vce2}=...=R_{vce20}=220k\Omega$ (500mW, $400V_{peak}$, 1%)
- $R_{div}=620k\Omega$ (0603, 1%)
- $C_{vce1}=15pF$ (C0G, 1000V, 5%)
- $C_{vce2}=C_{vce3}=...=C_{vce10}=22pF$ (C0G, 630V, 5%)
- $C_a=22pF$ (C0G, 50V, 5%)
- R_{th}未装配
- R_a参见下面表2 (0603, 1%)

该设置在每个通道使用20个电阻R_{vcei}和10个电容C_{vcek}，并产生一个大约150V的静态退饱和检测阈值。

$V_{DC-Link}$	$R_a=68k\Omega$	$R_a=91k\Omega$	$R_a=120k\Omega$
3200V	5.1µs	6.8µs	8.8µs
2000V	5.2µs	6.8µs	8.9µs
1500V	6.1µs	7.0µs	8.9µs
1000V	8.8µs	9.3µs	10.3µs
800V	12.7µs	13.1µs	12.9µs

表2　　典型响应时间与电阻R_a和直流母线电压$V_{DC-Link}$

表2仅给出了象征性的值。响应时间取决于具体的PCB布局和所使用的IGBT模块。因此，建议在最终设计中测量短路响应时间。

请注意，速度较慢的IGBT模块可能会在导通时报告错误的V_{CE}退饱和故障。因此，建议在最恶劣的条件下（最大直流母线电压、最大集电极电流和最高IGBT结温）对设置情况进行测试。另请参阅AN-1101 /4/，以了解详细信息。

对直流母线电压最高达2200V的3300V IGBT的推荐值

- $R_{vce1}=R_{vce2}=...=R_{vce14}$=220kΩ (500mW, $400V_{peak}$, 1%)
- R_{div}=1.5MΩ (0603, 1%)
- C_{vce1}=15pF (C0G, 1000V, 5%)
- $C_{vce2}=C_{vce3}=...=C_{vce7}$=22pF (C0G, 630V, 5%)
- C_a=22pF (C0G, 50V, 5%)
- R_{th}未装配
- R_a参见下面表3 (0603, 1%)

该设置在每个通道使用14个电阻R_{vcei}和7个电容C_{vcek}，并产生一个大约50V的静态退饱和检测阈值。

$V_{DC-Link}$	R_a=68kΩ	R_a=91kΩ	R_a=120kΩ
2200V	5.3µs	7.0µs	9.0µs
1500V	5.3µs	7.0µs	9.0µs
1100V	5.4µs	7.0µs	9.1µs
700V	7.6µs	8.1µs	9.3µs
600V	17.0µs	14.4µs	13.7µs

表3　　典型响应时间与电阻R_a和直流母线电压$V_{DC-Link}$

表3仅给出了象征性的值。响应时间取决于具体的PCB布局和所使用的IGBT模块。因此，建议在最终设计中测量短路响应时间。

请注意，速度较慢的IGBT模块可能会在导通时报告错误的V_{CE}退饱和故障。因此，建议在最恶劣的条件下（最大直流母线电压、最大集电极电流和最高IGBT结温）对设置情况进行测试。另请参阅AN-1101 /4/，以了解详细信息。

故障时调整关断延迟时间的输入端(CSHD)

端子CSHD允许使用连接至COM的电容C_{cshd} (C0G/50V)，来设定在驱动器副方检测到故障（短路、欠压、电源/过载、外部故障输入）后的IGBT关断延迟时间。表4提供了与管脚CSHD处所使用电路成函数关系的典型关断延迟时间。

管脚CSHD处的电路	**典型关断延迟时间T_{cshd}**	
保留为开路：	T_{cshd}=0.2µs	公式 9
电容连接在CSHD和COM之间：	$T_{cshd}[\mu s]=\frac{C_{cshd}[pF]}{50}$	公式 10
CSHD连接至COM（短接）：	$T_{cshd}=\infty$ （驱动器不会自动关断。）	公式 11

表4　　关断延迟时间与CSHD连线方式的函数关系

只要故障关断延迟时间T_{cshd}一结束，驱动器的通道就会自动关断。

当副方检测到故障时，驱动器的通道还可以在关断延迟时间T_{cshd}（由管脚CSHD设定）内从驱动器的输入IN端关断。

请注意，在发生故障后的一定时间内，将不能导通IGBT，这个时间为连接在CSHD管脚的电容C_{cshd}值的每100pF对应100ns，从IGBT关断时刻开始算起（要求最小关断时间）。

有源钳位(ACL)

有源钳位技术的功能是，在集电极-发射极电压超过预设的阈值时，立即将IGBT部分地打开，从而令IGBT的集电极-发射极电压得到抑制，此时，IGBT保持在线性区内工作。

基本有源钳位电路是将IGBT的集电极电位通过瞬态电压抑制二极管(TVS)反馈到IGBT门极的单反馈电路。1SC0450E支持Power Integrations的高级有源钳位，通过此功能还可将反馈信号送进驱动器副方的管脚ACL（图6）：只要管脚ACL上的电压超过大约1.3V，驱动器推动级的关断MOSFET就会被逐步关断，以提高有源钳位的效率，降低TVS中的损耗。当管脚ACL上的电压达到20V（参考COM）时，关断MOSFET将会被完全关断。

推荐使用图6中所示的电路。下面的参数必须针对具体的应用进行修改：

- 对TVS D_1, D_2，推荐使用：
  - 对直流母线电压最高达2200V的3300V IGBT的推荐值：七个单向300V TVS和一个双向350V TVS。使用Diotec生产的七个单向TVS P6SMB300A和一个双向TVS P6SMB350CA可获得良好的钳位效果。
  - 对直流母线电压最高达3200V的4500V IGBT的推荐值：八个单向400V TVS和一个双向350V TVS。使用Diotec生产的八个单向TVS P6SMB400A和一个双向TVS P6SMB350CA可获得良好的钳位效果。
  - 对直流母线电压最高达4350V的6500V IGBT的推荐值：十个单向440V TVS和一个双向440V TVS。使用Diotec生产的十个单向TVS P6SMB440A和一个双向TVS P6SMB440CA可获得良好的钳位效果。

  必须使用至少一个双向TVS (D_1)（对于3300V IGBT其电压≥300V；对于4500V IGBT其电压≥350V，对于 6500V IGBT其电压≥440V），以免在IGBT模块的反并联二极管开通时由于其正向恢复行为而造成负序电流通过TVS链。根据具体的应用，此类电流可导致驱动器副方VISO对VE (15V)电源电压欠压。

  请注意，可以修改链中的TVS数量。如果总击穿电压仍保持相同的值，则可通过增加链中使用的TVS数量来提高有源钳位的效率。另请注意，有源钳位的效率高度依赖于所使用的TVS类型（如制造商）。

- D_3和D_4：建议使用耐压>35V的肖特基二极管（根据应用，电流超过1A）。

  请注意，如果使用高级有源钳位，则不得省略二极管D_3和D_4。

如果不使用有源钳位功能，则可以省略二极管D_4，但管脚ACL必须保留为开路。

门极开通(GH)和门极关断(GL)端子

通过这些端子可将开通(GH)和关断(GL)门极电阻连接到功率半导体的门极。GH和GL管脚可作为独立的端子分别设置开通和关断电阻，而不需要使用外加的二极管。请参阅驱动器数据手册/3/以了解所用门极电阻的限制值。

在GL和COM之间连接一个6.8kΩ电阻（也可使用更高的阻值），即使在驱动器掉电的情况下，这个电阻也可在IGBT门极和发射极之间提供一个低阻抗回路。GL与发射极端子Ve之间不允许再连接静态负载（例如电阻）。

但是请注意，在半桥电路中，建议不要在驱动器供电电压较低的情况下操作IGBT，否则，V_{CE}急剧升高可导致IGBT出现误导通。

门极升压电源(VGB)

驱动器支持一个增大的IGBT导通电压源，来执行门极升压功能。该电压由内部电路生成。不能对VGB施加静态负载。请参阅驱动器数据手册/3/，以了解详细信息。

门极升压信号(GBS)

门极升压信号GBS是与GH具有波形相位相同，但电压值有所不同的辅助信号。请参阅驱动器数据手册了解准确的电压值/3/，并参考“**门极升压**”一节了解详细信息。

请注意，不能对GBS施加静态负载。请参阅驱动器数据手册/3/，以了解详细信息。

门极驱动输入(IN)

门极驱动输入信号IN与门极输出相位相反。IN变低会生成驱动器导通指令，而变高则会生成驱动器关断指令。另请参见表5和图8。

推荐使用图7中的输入电路。根据表5，驱动信号则与门极输出相位相同。

如果使用其他驱动电路，必须考虑以下信息：

- 必须考虑驱动器数据手册/3/的绝对最大额定值。
- 输入IN的逻辑电平阈值在驱动器数据手册/3/中给出。
- 输入IN具有一个大约500µA的内部上拉电流源，可将其电位设置为高电平状态，并确保在管脚悬空时使IGBT处于关断状态。请参阅驱动器数据手册/3/了解相应的值。
- 管脚IN属于副方电气电路，跟随被驱动的IGBT的发射极电位。该管脚必须与原方电路隔离，例如通过光纤接口进行隔离。

驱动信号	T/R[1]指示灯	输入IN	门极输出
低	熄灭	高	关断状态
高	亮起	低	导通状态

表5　　与图7的原理图相关联的信号输入真值表

[1] T/R：外部光纤接口的发送器和接收器

状态反馈/故障输入(OUT)

OUT端子主要用作状态反馈输出。不过，它也可以用作输入。当OUT从外部被短路至COM的时间达到某一个最小的值（根据驱动器数据手册/3/中的时间和阈值）时，驱动器会检测到外部故障。然后，IGBT在延迟T_{CSHD}后被关断（请参阅“**故障时调整关断延迟时间的输入端**(CSHD)”一节）。请注意，不考虑最小保留时间可能会导致驱动器行为错误。

将OUT端子用作外部故障输入的推荐电路如图7中所示（通过晶体管与“外部故障输入”连接）。外部有效电容（包括元件和板子相对于VISO、VE和COM的寄生电容）不得大于驱动器数据手册/3/中给出的值，以避免在正常工作条件下意外触发驱动器故障。

在正常工作条件下，控制信号IN的每个跳变沿都由驱动器反馈短脉冲来确认（OUT短时进入低电平状态；请参阅驱动器数据手册/3/了解详细信息）。这可以通过主控制器观察到，因此这种方法可以方便、连续地监控系统中所有的驱动器和光纤（图8）。

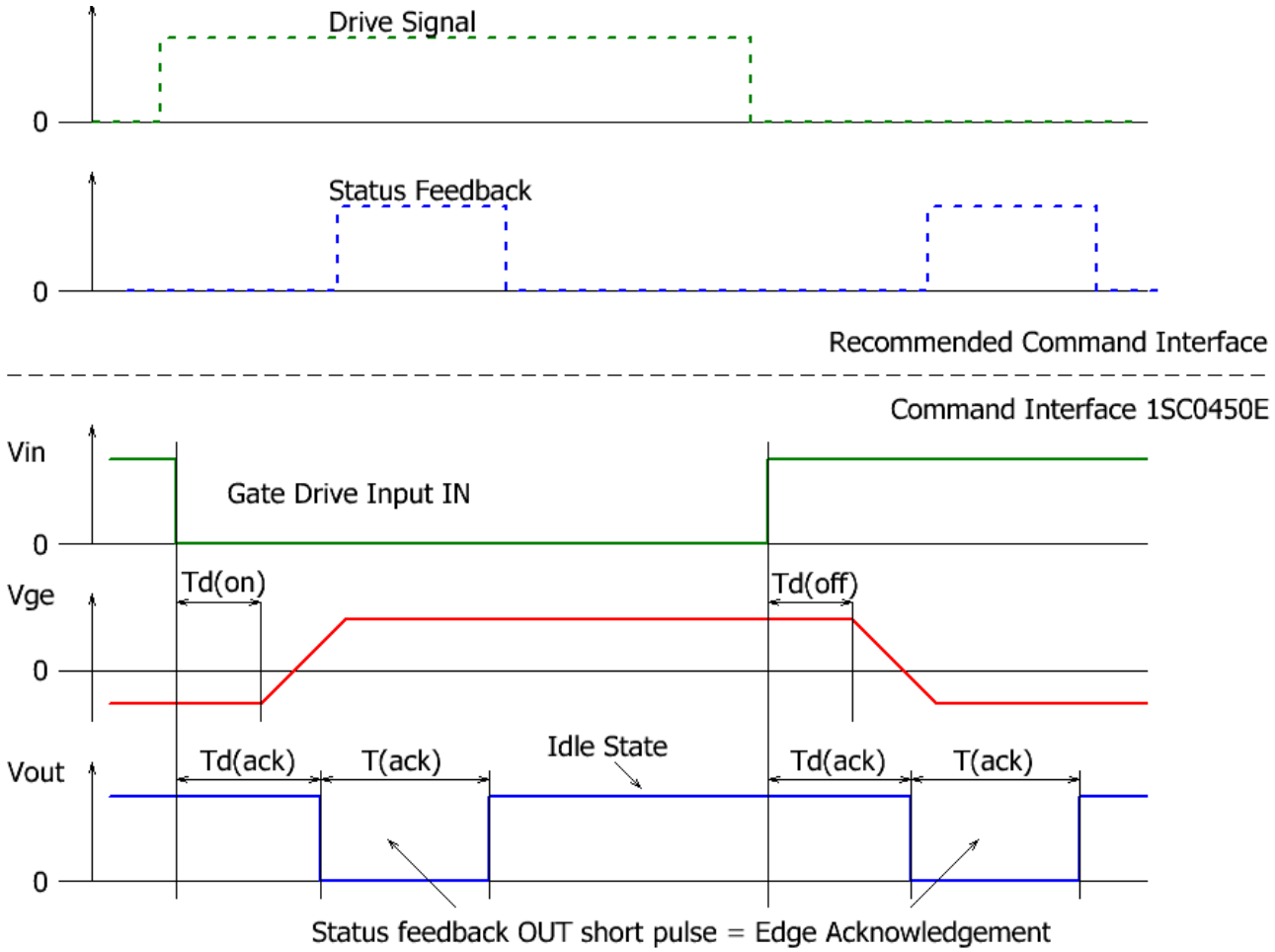

图8　正常工作条件下的驱动器行为和状态反馈（参考图7了解推荐的指令接口）

驱动器可以检测到四种不同的副方故障：

- 发生短路时的V_{CE}退饱和检测；请参考“**集电极电位检测端子**(VCE)”一章
- 副方电源欠压；请参阅“**电源监控**”一章
- 输出短路/重过载保护；请参阅“**电源监控**”一章

- 外部故障（如上所述）

表6所示的信号真值表显示了OUT信号在正常工作条件下以及故障条件下的行为。OUT的脉冲长度只是在正常工作条件下（确认）和故障条件下有差异。

状态	OUT	T/R[2]指示灯	状态反馈
空闲	高	亮起	低
确认或故障脉冲	低	熄灭	高

表6　　与图7的原理图相关联的信号真值表

图9所示为发生IGBT短路故障时的驱动器响应。故障状态在经过响应时间后传输到状态反馈端。反馈光纤在阻断时间内（8µs+T_{cshd}）处于“灭灯”状态，阻断时间结束后，故障状态被清除。驱动器会在响应时间结束后再过大约T_{cshd}的延迟时间关断IGBT。故障状态结束后，向输入IN施加一个下降沿脉冲，IGBT将重新开通。

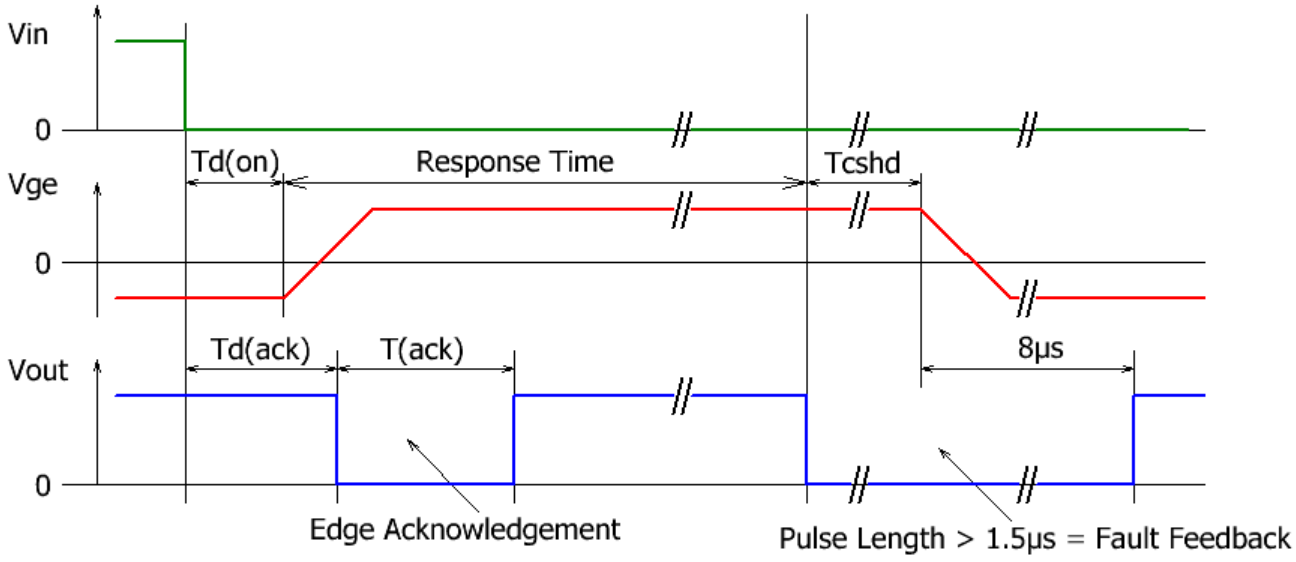

图9　　IGBT短路条件下的驱动器行为和状态反馈

[2] T/R：外部光纤接口的发送器和接收器

在副方电源发生欠压故障时，只要该欠压故障仍然存在，故障状态就保持有效。图10所示为VISO-VE上发生电源欠压时的驱动器响应。

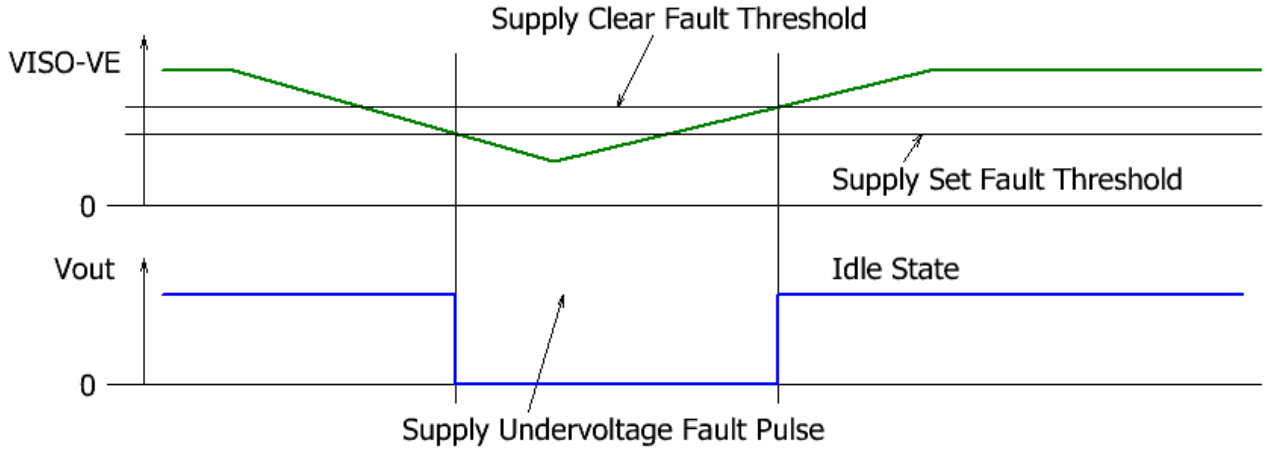

图10　　发生副方电源欠压时的状态反馈

如果发生电源短路/过载，故障状态重复激活大约1ms。

在上电过程中，状态反馈也将显示故障状况，直到电源欠压/电源过载保护消失。

如果不使用OUT端子，建议通过一个范围介于1.5kΩ到10kΩ之间的上拉电阻将OUT管脚连接至VISO。

1SC0450E SCALE-2驱动器的详细工作原理

电源及电气隔离

这款驱动器配有DC/DC电源，可实现电源和门极驱动电路的电气隔离。按照IEC 61800-5-1及IEC 60664-1标准，变压器在原方与副方之间满足基本绝缘要求。

请注意，驱动器需要稳定的电源电压。

电源监控

驱动器的原方和副方都配有一个本地欠压检测电路。

在原方电源发生欠压时，电气接口的SO会发出欠压信号。原方欠压将不会自动产生门极关断指令。这种情况必须被控制单元检测到，并且控制单元必须关断和阻断门极驱动信号。

在副方电源发生欠压时，对应的功率半导体将在经过IGBT关断延迟后（请 参阅“故障时调整关断延迟时间的输入端(CSHD)”）在负门极电压的驱动下保持关断状态（驱动器对应通道被封锁），故障信号在状态输出OUT端被监控，此时光纤一直为灭灯状态，直至电源电压超过参考水平才会被使能。

驱动器1SC0450E还配有输出短路/重过载保护。驱动器可在门极与发射极以及VISO与COM之间检测到任何大于检测阈值的短路/过载电流（请参阅数据手册/3/，以了解详细信息）。但不提供电源的轻过载保护。

请注意，门极与发射极之间的短路可能无法在IGBT关断状态（GL连接至COM）检测到。驱动器导通时（GH切换至VISO）才会检测到短路。VISO与COM之间的短路/过载可立即被检测到。

在驱动器的电源发生短路/过载时，光纤状态反馈输出端会立即报告故障。故障信号永久或重复施加大约1ms（取决于短路/过载条件）。原方电源VDC必须在驱动器数据手册/3/中给出的时间范围内关断，以防止损坏驱动器。

支持IGBT模块并联

推荐使用单通道1SC0450E驱动核来驱动并联IGBT模块。必须使用适当的门极电路。请联系Power Integrations技术支持人员，以了解详细信息。

三电平或多电平拓扑

在采用多电平拓扑的应用中，在检测到故障（如短路、过流）时，特别是在未采用高级有源钳位或动态高级有源钳位时，单个功率半导体的关断顺序通常需要由主控制器进行控制。

在这种情况下，不同驱动器在故障时的关断延迟时间可以进行调整，以匹配相应的时间参数。特别是这样可以设定三电平NPC拓扑中的内管IGBT的特定关断延迟时间（如“**故障时调整关断延迟时间的输入端**(CSHD)”一节中所述）。必要时，还可以相应地调整驱动器的响应时间。

但请注意，高级有源钳位可以提供简单且安全的保护功能，能够在三电平拓扑中出现短路故障时发生错误换流时序的情况下，避免集电极-发射极电压过高（请参阅/6/和/7/，以了解详细信息）。

门极升压

1SC0450E驱动器支持门极升压。该特性允许开通时集电极-发射极电压的下降速度在经过二极管反向恢复行为的关键阶段后进行加速，从而降低IGBT的开通损耗。

图11中所示为要求使用的专用外部电路。目前不提供详细的门极升压建议。

门极升压电路的原理

根据图11，“门极升压逻辑”必须在IGBT开通过程中的适当时间触发升压功能，如图12所示：

- GBS与要求的升压时间之间的延迟时间需要由“门极升压逻辑”电路确定。
- 升压脉冲的脉冲长度也需要由“门极升压逻辑”电路确定。必须将其限定到数微秒。

门极升压功率开关Q_1的导通脉冲将会被生成。这会导致开通门极电流增大，该电流将通过R_{gb}注入IGBT门极。

添加外部电容C_{gb}可增大升压电荷容量。外部电容的最小值C_{gb}可通过公式 12计算得出：

$$C_{gb}[nF] = \frac{Q_{gb}[nC]}{V_{GH}[V] + |V_{GL}[V]|} - 22 \qquad C_{gb} \geq 0$$ 公式 12

其中，Q_{gb}代表所要求的升压门极电荷，必须根据IGBT模块门极电荷要求来确定。V_{GH}和V_{GL}分别是驱动器输出端的导通电压和关断电压的绝对值。它们的值可以从驱动器数据手册/3/中找到。请注意，公式 12假定在门极升压过程中C_{gb}完全放电（最坏的情况）。

门极升压能力进一步受到两个连续门极导通指令之间的最小时间以及门极升压功率的限制。两个连续门极导通指令之间的最小要求时间T_{min}根据公式 13计算得出。如果忽视公式 13，门极升压效率会降低。

$$T_{min}[\mu s] = 11 \cdot \left(1 + \frac{22 + C_{gb}[nF]}{22}\right) + T_{gb}[\mu s]$$ 公式 13

T_{gb}代表门极升压脉冲长度(图12)。建议将其限制在1...5µs的范围内。

最大门极升压功率必须在驱动器数据手册/3/中规定的绝对最大额定值范围内。公式 14给出了实际门极升压功率P_{gb}在最差情况时的近似值。设计门极升压时使用该值已足够，它可以使P_{gb}小于驱动器数据手册/3/中对应的绝对最大额定值。

$$P_{gb}[W] = 10^{-6} \cdot (C_{gb}[nF] + 22 + 6.5 \cdot T_{gb}[\mu s]) \cdot (V_{GH}[V] + |V_{GL}[V]|)^2 \cdot f[kHz]$$ 公式 14

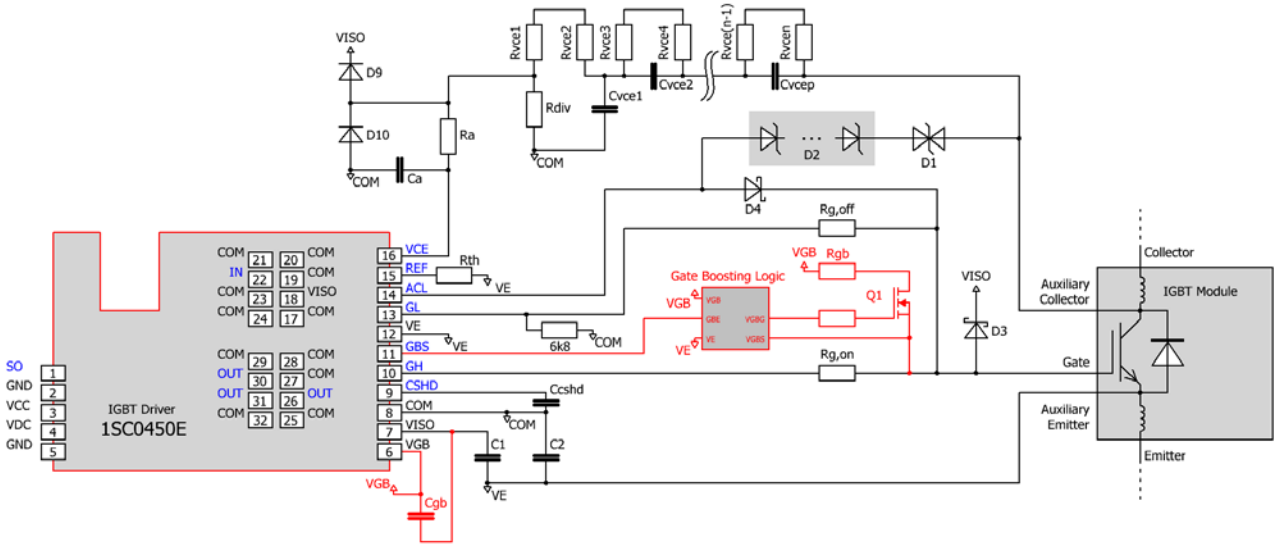

图11　　门极升压电路的原理 – 以红色突出显示

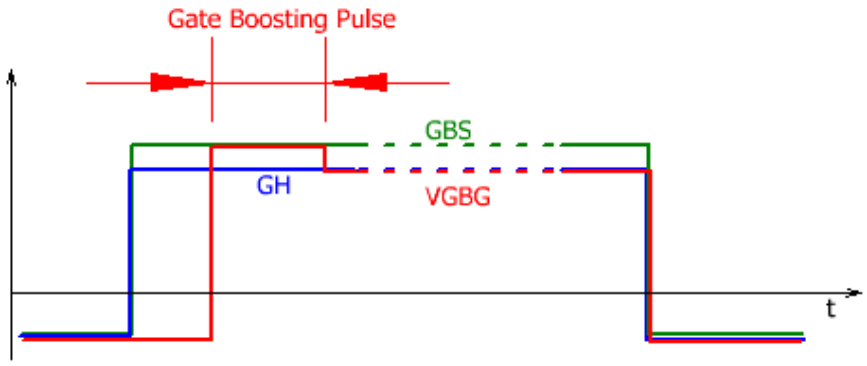

图12　　门极升压信号

门极升压的屏蔽方法

管脚VGB和GBS必须保留为开路。请注意，管脚VGB和GBS相对于COM的电压值分别为50V和35V（请留意电气间隙和爬电距离）。

参考文献

/1/ Paper: Smart Power Chip Tuning, Bodo's Power Systems, May 2007

/2/ "Description and Application Manual for SCALE™ Drivers", Power Integrations

/3/ Data sheet SCALE™-2 driver core 1SC0450E, Power Integrations

/4/ Application note AN-1101: Application with SCALE™-2 and SCALE™-2+ Gate Driver Cores, Power Integrations

/5/ Application note AN-0904: Direct Paralleling of SCALE™-2 Gate Driver Cores, Power Integrations

/6/ Application note AN-0901: Methodology for Controlling Multi-Level Converter Topologies with SCALE™2 IGBT Drivers, Power Integrations

/7/ Paper: Safe Driving of Multi-Level Converters Using Sophisticated Gate Driver Technology, PCIM Asia, June 2013

注： 本应用指南可从以下网址获得：www.power.com/igbt-driver/go/app-note，
论文请见www.power.com/igbt-driver/go/papers。

信息源：SCALE-2驱动器数据手册

对于几乎所有的应用需求，Power Integrations都能为功率MOSFET和IGBT提供最齐全的门极驱动器选择。我们的网站是最大的门极驱动电路网站，包含所有数据手册、应用指南和手册、技术信息以及支持部分：www.power.com。

特殊要求：定制SCALE-2驱动器

如果您在我们的交付范围中未找到自己需要的IGBT驱动器，请直接联系Power Integrations或您的Power Integrations销售合作伙伴。

Power Integrations在MOSFET和IGBT的智能门极驱动器的研发和生产领域拥有超过25年的经验，并且我们已经有了一大批客户定制的解决方案。

技术支持

Power Integrations为您提供专家级的帮助：

www.power.com/igbt-driver/go/support

质量

为客户提供高质量的产品是Power Integrations Switzerland GmbH的核心使命之一。我们的整体质量管理体系确保了在公司所有职能部门内执行最先进的流程，并且我们公司已通过ISO9001:2008标准认证。

法律免责声明

本文中的陈述、技术信息和建议在撰写之日被认为是准确的。技术信息中提供的所有参数、数字、数值以及其他数据均根据相关技术标准（如有）尽我们所知地进行计算和确定。它们可能基于并不能适用于所有情况的假设或工作条件。在本文所含陈述、技术信息和建议的准确性和完整性方面，我们不提供任何明示或暗示的申述或保证。我们不对所提供的任何陈述、技术信息、建议或观点的准确性或充分性承担任何责任，也不对由此所引起的任何直接、间接或后果性损失或损坏承担任何责任。

订购信息

适用Power Integrations Switzerland GmbH的一般交付条款和条件。

型号	描述
1SC0450E2A0-45	针对4500V IGBT的单通道SCALE-2驱动核
1SC0450E2A0-65	针对6500V IGBT的单通道SCALE-2驱动核

产品主页： www.power.com/igbt-driver/go/1SC0450

驱动器命名规则请参考：www.power.com/igbt-driver/go/nomenclature。

其他产品的信息

对于其他驱动核：

链接：www.power.com/igbt-driver/go/cores

对于其他驱动器、产品文档和应用支持：

请点击：www.power.com

生产厂商

Power Integrations Switzerland GmbH
Johann-Renfer-Strasse 15
2504 Biel-Bienne, Switzerland（瑞士）

电话 +41 32 344 47 47
传真 +41 32 344 47 40
电子邮件 igbt-driver.sales@power.com
网站 www.power.com/igbt-driver

电子邮件 igbt-driver.sales@power.com
网站 www.power.com/igbt-driver

中文技术支持：

400技术支持电话：+86 - 400 - 0755- 669
技术支持邮件： IGBT-driver.support@power.com

© 2014...2015 Power Integrations Switzerland GmbH. 版权所有。
我们保留在不作预先通知的情况下作任何技术改动的权利。

2015-08-04 1.0版

Power Integrations全球大功率客户支持网络

全球总部
5245 Hellyer Avenue
San Jose, CA 95138 | USA
Main +1 408 414 9200
Customer Service:
Phone +1 408 414 9665
Fax +1 408 414 9765
Email usasales@power.com

瑞士（**Biel**）
Johann-Renfer-Strasse 15
2504 Biel-Bienne | Switzerland
Phone +41 32 344 47 47
Fax +41 32 344 47 40
Email igbt-driver.sales@power.com

德国（**Ense**）
HellwegForum 1
59469 Ense | Germany
Phone +49 2938 643 9990
Email igbt-driver.sales@power.com

中国（上海）
徐汇区漕溪北路88号圣爱广场
2401 室
上海|中国，200030
Phone +86 21 6354 6323
Fax +86 21 6354 6325
Email 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
Phone +86 755 8672 8725
Fax +86 755 8672 8690
Hotline +86 400 0755 669
Email chinasales@power.com

英国（剑桥）
Westbrook Centre, Block 5, 2nd Floor
Milton Road
Cambridge CB4 1YG
Phone: +44 (0) 1223-446483
Email: eurosales@power.com

印度（班加罗尔）
#1, 14th Main Road
Vasanthanagar
Bangalore 560052 | India
Phone +91 80 4113 8020
Fax +91 80 4113 8023
Email indiasales@power.com

日本（神奈川）
Kosei Dai-3 Bldg., 2-12-11, Shin-Yokohama, Kohoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa 222-0033 | Japan
Phone +81 45 471 1021
Fax +81 45 471 3717
Email japansales@power.com

韩国（首尔）
RM 602, 6FL
Korea City Air Terminal B/D, 159-6
Samsung-Dong, Kangnam-Gu
Seoul 135-728 | Korea
Phone +82 2 2016 6610
Fax +82 2 2016 6630
Email koreasales@power.com

台湾（台北）
5F, No. 318, Nei Hu Rd., Sec. 1
Nei Hu Dist.
Taipei 11493 | Taiwan R.O.C.
Phone +886 2 2659 4570
Fax +886 2 2659 4550
Email taiwansales@power.com