2SP0115T

描述与应用手册

用于17mm双管IGBT模块的电气接口驱动器解决方案，支持2电平、3电平和多电平拓扑及并联应用

摘要

2SP0115T是一款带有电气接口的双通道驱动器。该驱动器基于CONCEPT的SCALE™-2芯片组设计而成，能够安全可靠地驱动IGBT。

该驱动器适用于所有的17mm双管IGBT模块。该即插即用驱动器可实现装配后立即使用，用户无需为特定应用调试驱动器而投入精力。

图1　焊接到17mm双管IGBT模块上的2SP0115T

目录

系统概述 **4**

使用方法 **5**

1. 选择合适的驱动器 5
2. 将驱动器安装到IGBT模块上 5
3. 将驱动器连接到控制单元 5
4. 选择工作模式 5
5. 检查驱动器功能 5
6. 设置和测试功率单元 5

机械尺寸 **6**

连接器X1的管脚定义 **8**

连接器X1的推荐接口电路 **8**

X1接口的描述 **10**

概述 10

VCC端子 10

MOD（模式选择） 10

INA、INB（驱动输入端，例如PWM信号） 11

SO1、SO2（状态输出） 11

TB（阻断时间Tb设定端） 12

X2接口的描述 **12**

NTC端子 12

2SP0115T SCALE-2驱动器的工作原理 **12**

概述 12

电源及电气隔离 13

电源监控 13

V_{CE}检测/短路保护 14

IGBT的动态行为 15

IGBT开通/二极管换流 15

IGBT关断 15

高级有源钳位功能 16
2SP0115T并联 17
三电平和多电平拓扑 18
低杂散电感结构要求 18
参考文献 18
信息源：SCALE-2驱动器数据手册 19
特殊要求：定制SCALE-2驱动器 19
技术支持 19
质量 19
法律免责声明 19
订购信息 20
其他产品的信息 20
生产厂商 20

系统概述

2SP0115T是由CONCEPT开发的基于高度集成的SCALE-2芯片组的即插即用驱动器/1/。该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芯片组技术/2/基础上的进一步开发。

2SP0115T驱动器的基本框图如图2所示。门极电阻和其他关键元件的值可在对应IGBT模块的驱动器的数据手册中找到/3/。

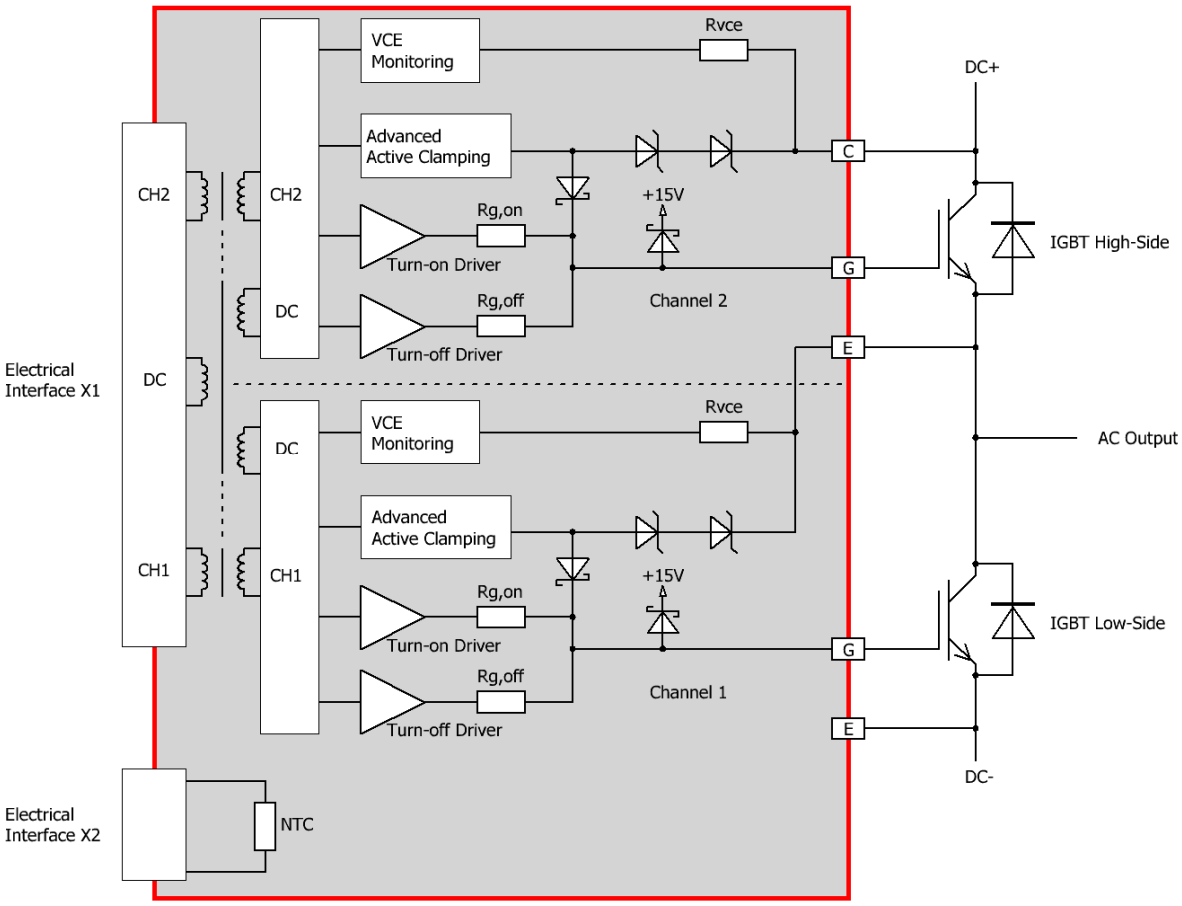


图2　2SP0115T驱动器的基本原理图

该驱动器包含最优化且可安全驱动IGBT模块所必需的所有元件及功能：将开关损耗降至最低的最小门极电阻、门极钳位、有源钳位二极管（关断时提供过压保护）、V_{CE}检测（短路保护）以及输入连接器X1。此外，它还包括用于设置Vce检测的门槛电压、响应时间和半桥模式下死区时间的元件。其即插即用功能意味着该驱动器安装后可立即使用，用户无需为特定应用调试驱动器而投入精力。

使用方法

下面的步骤指出在功率变换器中使用2SP0115T驱动器的简便方法：

1. 选择合适的驱动器

应用2SP0115T驱动器时，您应注意它们专为特定类型的IGBT模块进行过修改。

因此，驱动器型号中包括所匹配的IGBT模块的型号（请参阅"订购信息"）。

这些驱动器对于非指定类型的IGBT模块无效。使用不当可能会导致失效。

2. 将驱动器安装到IGBT模块上

对IGBT模块或驱动器的任何处理都应遵循国际标准IEC 60747-1第IX章或欧洲标准EN 100015要求的静电敏感器件保护的一般规范（即工作场所、工具等必须符合这些标准）。

如果忽视这些规范，IGBT和驱动器都可能会损坏。

驱动器可以通过焊接方便地安装到IGBT模块上。

3. 将驱动器连接到控制单元

将驱动器插头X1连接到控制单元，并为驱动器提供15V的电压。

4. 选择工作模式

工作模式可通过输入MOD端（接口X1：管脚17）设置。如需详细信息，请参阅第10页。

5. 检查驱动器功能

检查门极电压：对于关断状态，额定门极电压在相应的数据手册/3/中给出。对于导通状态，该电压为15V。另请分别检查对应有控制信号和无控制信号时驱动器的输入电流。

这些测试应在安装前进行，因为安装后可能无法接触到门极端子。

6. 设置和测试功率单元

系统启动之前，建议用单脉冲或双脉冲测试方法分别检查每个IGBT模块。CONCEPT特别建议用户要确保IGBT模块即使在最恶劣的条件下也不会超出SOA规定的工作范围，因为这强烈依赖于具体的变换器结构。

即使仅测试单个IGBT，也必须为系统内其余门极驱动器提供电源，确保所有其他IGBT的门极工作在负压关断状态。这在测试IGBT的开关行为时特别重要。

此时也可验证短路行为。

然后，系统可在实际负载条件下启动。同时可以评估整个系统装置的热量分布情况。

系统必须在指定温度范围和负载条件下重新验证。

注意：所有高压操作都有危及生命的风险。

必须遵守相应的安全法规！

机械尺寸

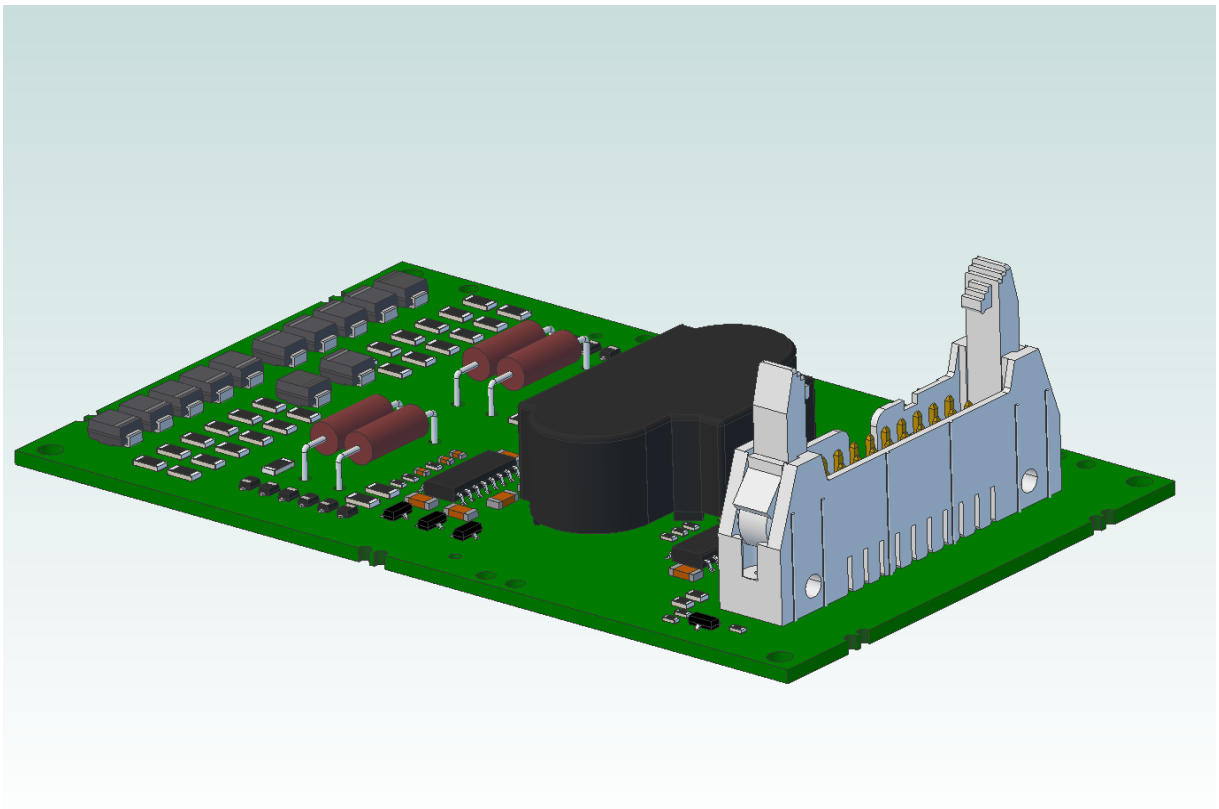
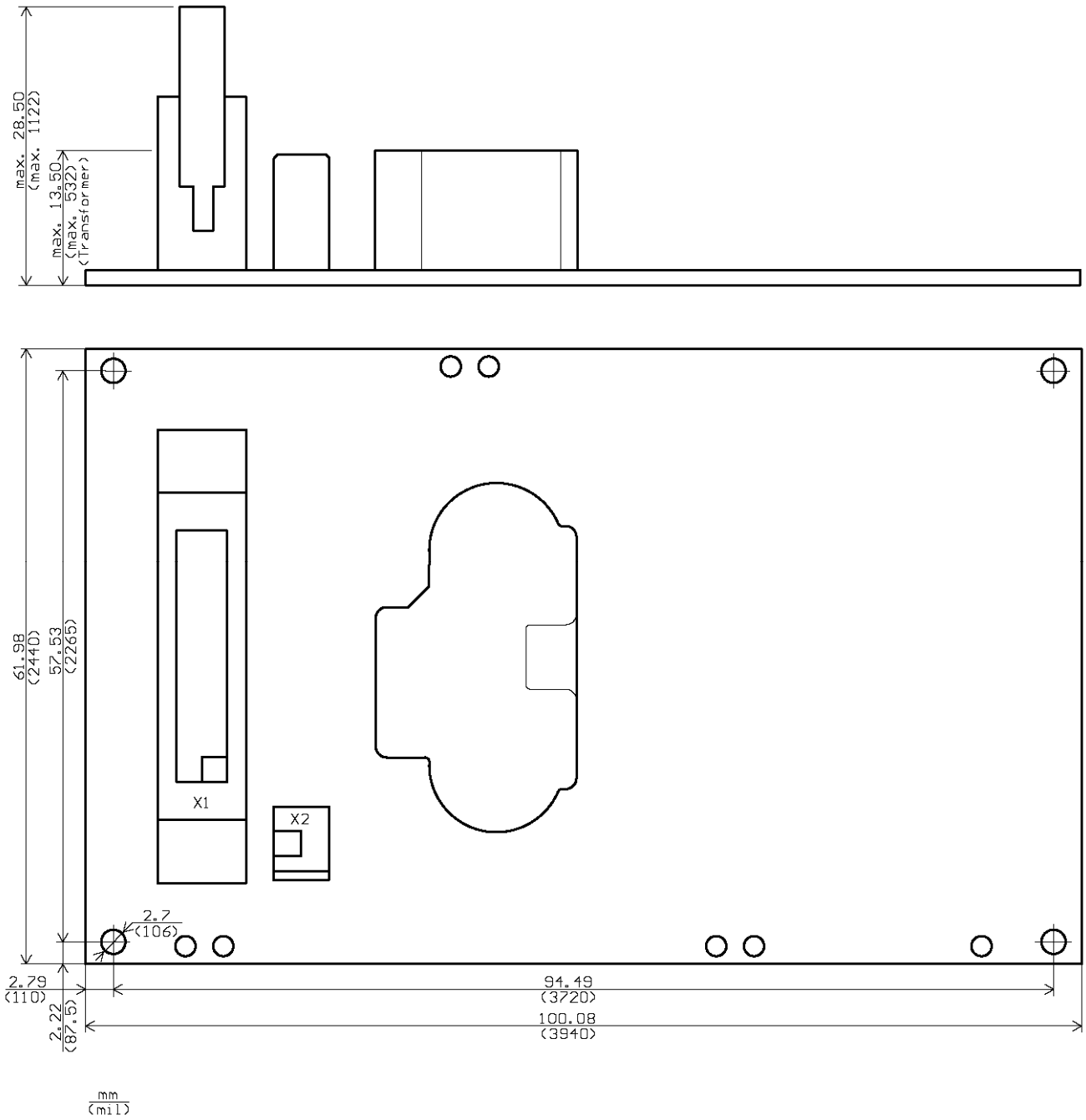


图3　2SP0115T的3D图



电气连接器X1：FCI提供的71918-120LF

连接器X2：未装配

推荐的电缆线连接器：FCI提供的71600-020LF

推荐的双绞的平板电缆：3M™提供的1700/20或2100/20

图4　2SP0115T机械图

连接器X1的管脚定义

管脚	定义	功能	管脚	定义	功能
1	N.C.	未连接	2	GND	接地端
3	N.C.	未连接	4	GND	接地端
5	VCC	15V电源电压	6	GND	接地端
7	VCC	15V电源电压	8	GND	接地端
9	SO2	通道2状态输出	10	GND	接地端
11	INB	信号输入B	12	GND	接地端
13	SO1	通道1状态输出	14	GND	接地端
15	INA	信号输入A	16	GND	接地端
17	MOD	模式选择（直接/半桥）	18	GND	接地端
19	TB	设置阻断时间	20	GND	接地端

连接器X1的推荐接口电路

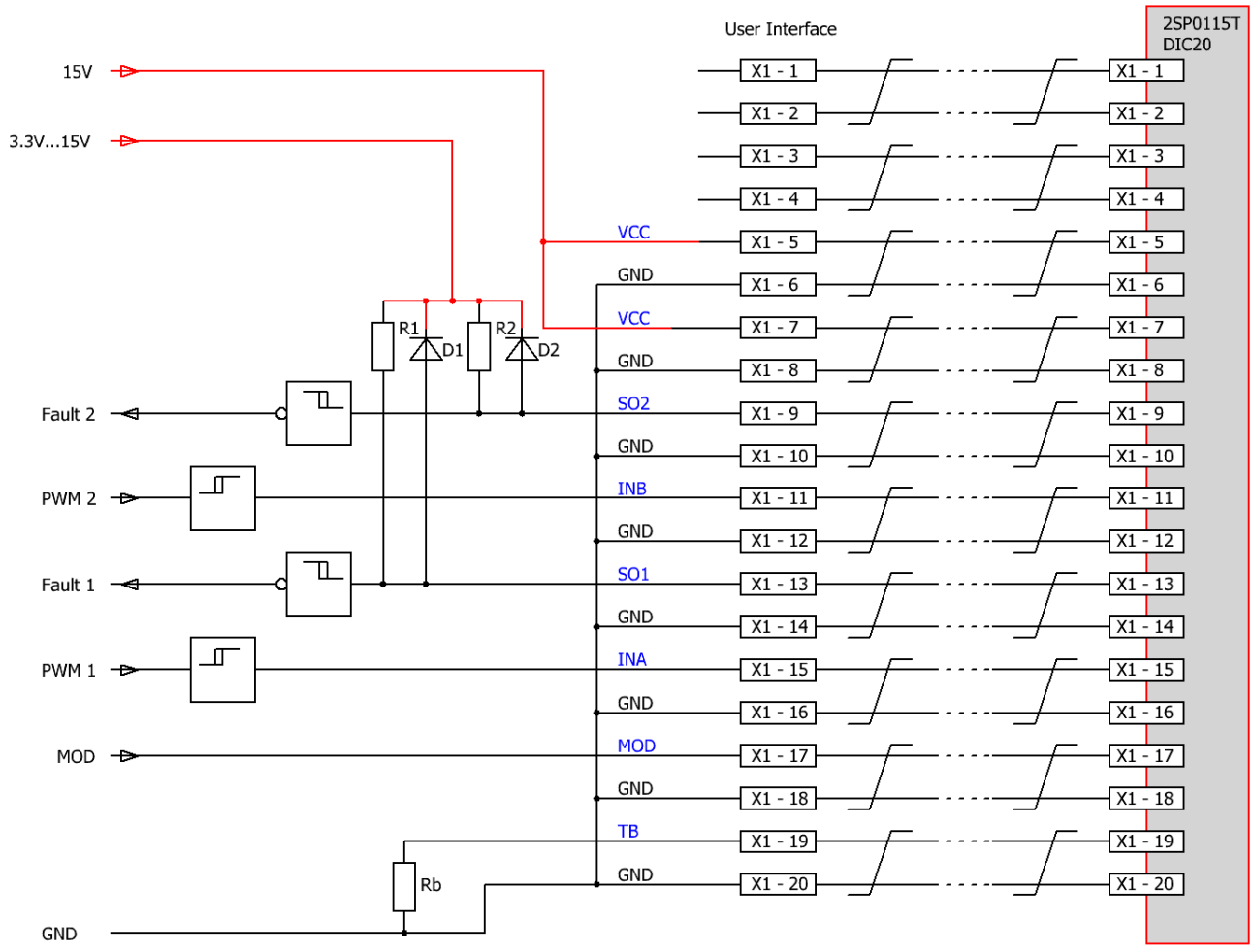


图5　2SP0115T2Ax和2SP0115T2Bx用户接口推荐电路

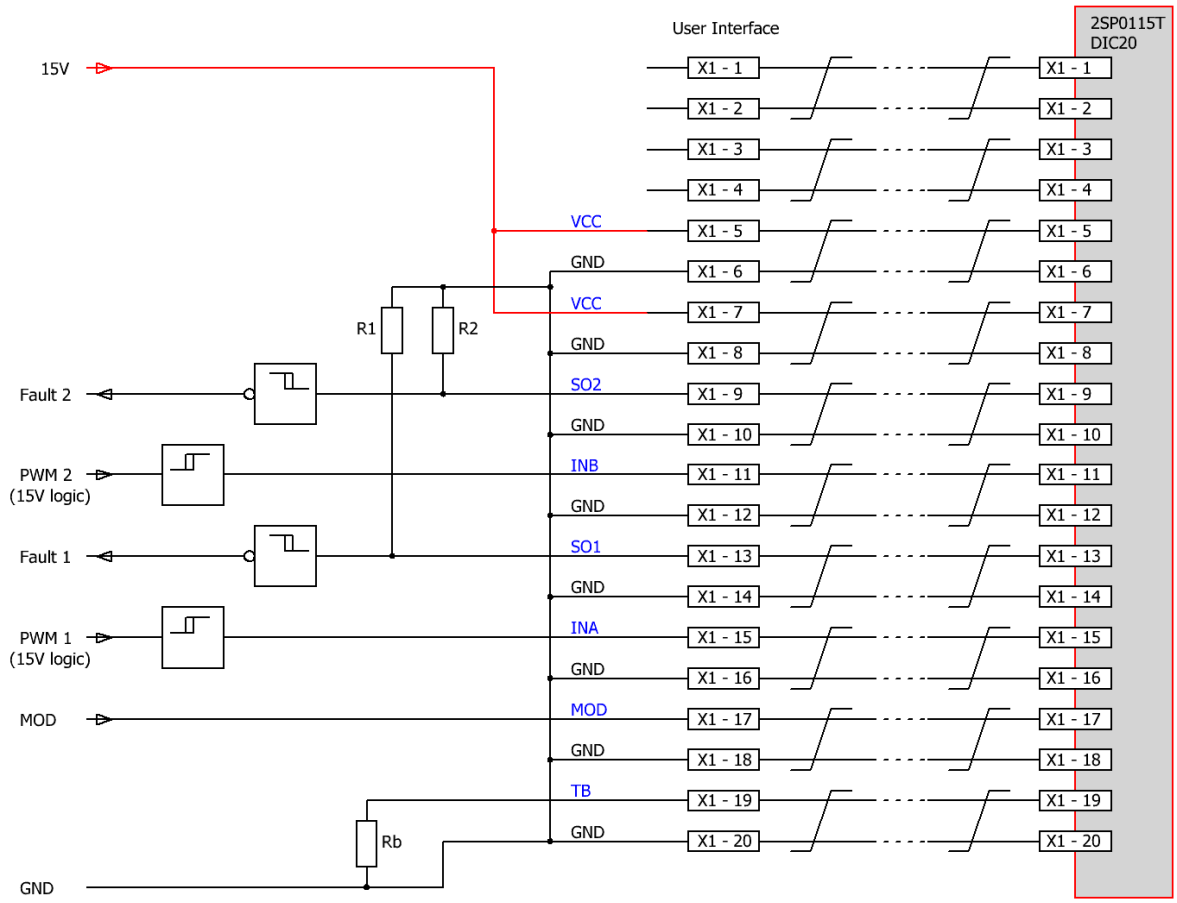


图6　2SP0115T2Cx用户接口推荐电路

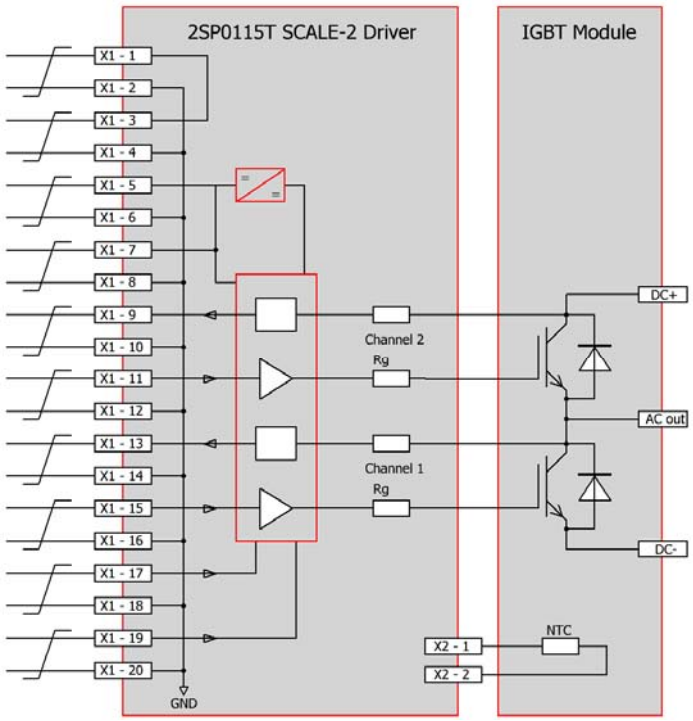


图7　包含SCALE-2驱动器2SP0115T和IGBT模块的内部框图

X1接口的描述

概述

驱动器2SP0115T的X1接口电路非常简单且容易使用。

该驱动器配备以下端子：

- 2 x 电源端子（但是只需要一个15V电源）
- 2 x 驱动信号输入端
- 2 x 状态输出端（故障信号反馈）
- 1 x 模式选择端（半桥模式/直接模式）
- 1 x 设置阻断时间的输入端

驱动器配有一个20针接口连接器。所有偶数管脚都用作GND连接端。所有奇数管脚都用作输入或状态输出端。建议使用20针双绞的平板电缆。然后，每个输入和输出信号线与其各自的GND线双绞。所有GND管脚在2SP0115T上都连接到一起，并应连接到控制板侧。这种配置方法产生的电感很低，同时抗扰性很强。

所有输入端都具有静电防护功能。并且，所有的数字信号输入端都有施密特特性。

VCC端子

驱动器在接口处有两个VCC端子，用于向原方电子元件和DC-DC电源供电。

由于驱动器的总功率为2 x 1W = 2W，因此从15V电源获得的最大输入电流大约为0.2A。驱动器在启动时可以限制启动冲击电流。

MOD（模式选择）

通过MOD输入端可以选择工作模式。

直接模式

如果MOD输入端未连接（悬空）或连接到VCC，则选择了直接模式。在这种模式下，两个通道之间相互独立，互不影响。输入INA直接影响通道1，而输入INB影响通道2。输入端（INA或INB）的高电平总是开通对应的IGBT。只有当控制电路产生了足够的死区时间，可使每个IGBT都安全接收其各自的驱动信号时，才能选择此模式。

注意：半桥的两个开关管同时导通或导通时间重叠会导致直流母线短路。

半桥模式

如果MOD输入端为低电平（连接到GND），则选择了半桥模式。在这种模式下，输入端INA和INB的功能分别为：INA是驱动信号输入端，INB充当使能信号输入端（请参考图8）。

当输入端INB为低电平时，两个通道都会被关断。如果电平升高，则两个通道都被使能，并采用输入端INA上的信号。当INA由低变高时，通道2的门极信号立即关断，再经过死区时间后，通道1的门极开通。死区时间通过2SP0115T上的电阻设置。

请注意，死区时间可能因样品而异。公差可能约为±20%。如果要求达到较高的时间精度，CONCEPT推荐使用直接模式并从外部产生死区时间（请参考应用指南AN-1101 /7/）。

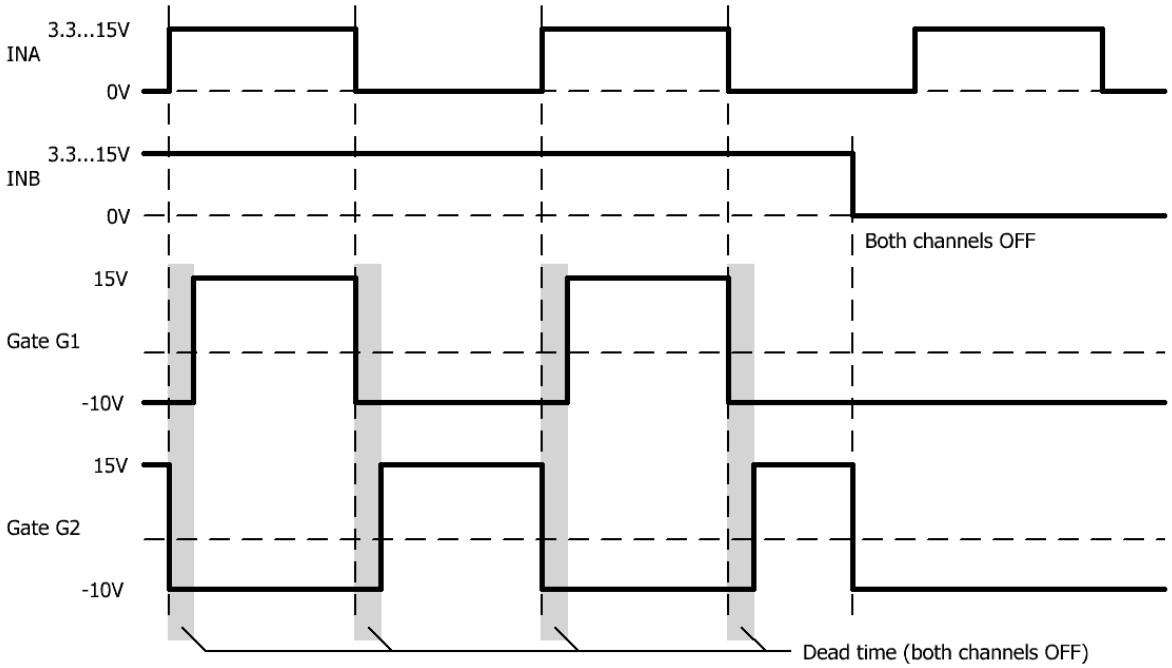


图8　半桥模式中的信号

INA、INB（驱动输入端，例如PWM信号）

INA和INB通常是驱动输入端，但是它们的功能取决于MOD输入端（见上文）。2SP0115T2Ax和2SP0115T2Bx可以有效地识别出3.3V到15V之间的所有逻辑电平信号，它们内置4.7kΩ的下拉电阻。2SP0115T2Cx可以安全地识别15V逻辑电平信号，它们内置总电阻为4.5kΩ的分压电阻。

INA和INB具备施密特特性（请参考对应IGBT模块的驱动器的数据手册/3/）。INA或INB输入信号的任何跳沿都可以触发驱动器动作。

SO1、SO2（状态输出）

输出端SOx为晶体管漏极开路形式。它们可以连接在一起，以提供公共故障信号（例如，同一相）。但是，推荐使用单独的故障信号以便快速精确地诊断故障。

在故障状态下，流过SOx的电流值不能超过数据手册/3/中规定的最大值。

2SP0115T2Ax/2SP0115T2Bx

未检测到故障时，输出为高阻抗。当SOx输出端悬空时，将会有一个500μA的内部电流源将其电压拉到大约4V。当在通道"x"中检测到故障时，状态输出SOx端被拉到低电平（连接到GND）。

推荐使用图5中所示的电路。二极管D1和D2必须为肖特基二极管，在3.3V逻辑电平下必须使用该二极管。而在5V...15V逻辑电平下，可以省略这两个二极管。

2SP0115T2Cx

未检测到故障时，10kΩ的内部上拉电阻使输出电压保持在VCC。当检测到故障时，对应的状态输出SOx端被拉到低电平（连接到GND）。推荐使用图6中所示的电路。两个下拉电阻R_1和R_2能够让SOx端悬空时被检测出来（电缆接触不良时能够提供安全的逻辑电平）。请注意，电阻R_1和R_2必须具有足够高的电阻值（如150kΩ），因为它们与驱动器上的10kΩ内部上拉电阻共同形成了分压网络。

如何处理状态信息

a) 当驱动器副方发生故障时（例如IGBT模块短路或副方电源欠压），故障信号会立即送到对应的SOx输出端。在经过阻断时间Tb后，相应的SOx输出端自动复位（请参阅相关的数据手册以了解时间参数/3/）。

b) 原方电源欠压时，两个SOx输出端都会报错。当原方电源欠压消失后，两个SOx输出端会自动复位（请参阅相关的数据手册以了解时间参数/3/）。

TB（阻断时间Tb设定端）

在TB端子与GND之间连接一个外部电阻，可以降低出厂设定的阻断时间（请参考图5或图6）。下面的等式计算需要在管脚TB和GND之间连接的电阻R_b，以设定所需的阻断时间Tb（典型值）：

$$R_b[k\Omega] = \frac{7650 + 150 \cdot Tb[ms]}{99 - Tb[ms]} - 6.8 \quad 20\text{ms} < Tb < 90\text{ms}$$

选择Rb=0Ω，也可将阻断时间设置为最小值9μs。

如果不使用，TB可保留为悬空。

X2接口的描述

NTC端子

驱动器在接口X2上使用非隔离IGBT模块NTC输出端。它与IGBT模块的NTC热敏电阻直接连接。

2SP0115T SCALE-2驱动器的工作原理

概述

2SP0115T系列即插即用型双通道驱动器用于17mm双管IGBT模块。SCALE-2驱动器家族中配有电气接口的所有驱动器都配有常规的保护功能，例如用于短路保护的V_{CE}检测、故障后阻断操作、电源欠压保护以及状态反馈。

2SP0115T SCALE-2驱动器的出色特性包括：外形紧凑、安装简单 —— 直接安装到IGBT模块上、高级有源钳位功能以及传输延迟时间极短。有源钳位设计用于限制IGBT在关断瞬间产生的过高电压。这种功能在高直流母线电压、大电流或短路的情况下关断IGBT时特别有效。2SP0115T还可直接并联以提高系统功率（请参阅第17页的“2SP0115T并联”）。

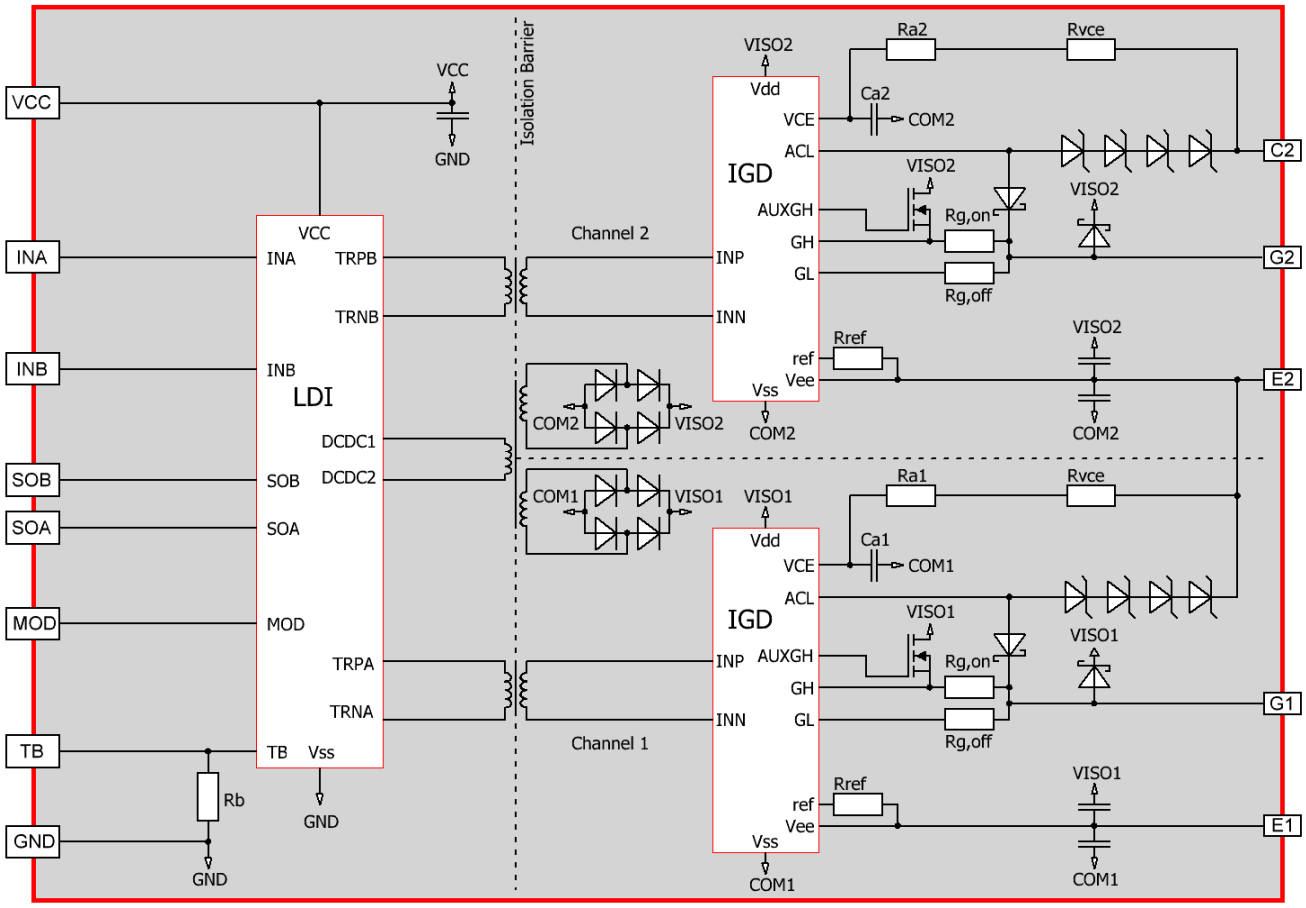


图9　2SP0115T SCALE-2驱动器内部框图

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。信号隔离通过变压器实现。所有的变压器（包括DC/DC电源变压器和信号变压器）都符合EN50178的安全隔离标准，原方与任何一个副方都可达到II级防护等级（请参阅数据手册/3/）。

请注意，驱动器的供电需要稳定的电源电压。

电源监控

驱动器的原方及两个副方驱动器通道都有本地欠压检测电路。

在原方电源发生欠压时，两个IGBT都在负门极电压的驱动下保持关断状态（两个通道全都阻断），故障信号被同时传送到SO1和SO2输出端，直到该故障消失。

在副方电源发生欠压时，对应的IGBT将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），故障信号被同时传送到对应的SOx输出端。在阻断时间结束后，该SOx输出端会自动复位。

即使在电源电压过低的情况下，该驱动器也可在IGBT门极与发射极之间形成低阻抗回路。

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，过高的V_{CE}变化率可导致IGBT出现误导通。

V_{CE}检测 / 短路保护

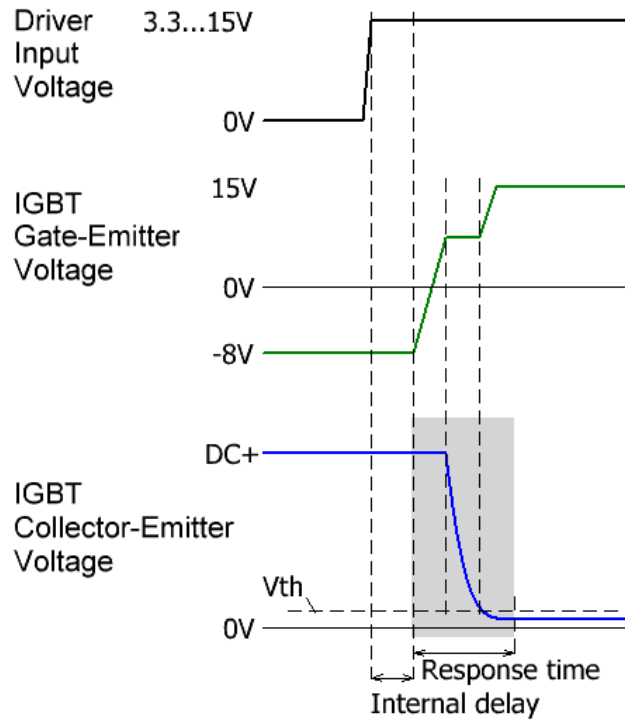


图10　IGBT的开通特性

图9所示为2SP0115T SCALE-2驱动器中配置的基本V_{CE}检测电路。IGBT集电极-发射极电压通过电阻网络测得。在导通状态下经过响应时间后再检测V_{CE}（请参考图10），以判断短路状况。如果此电压高于预设的阈值Vth，驱动器判断为IGBT短路，并立即将故障信号发送到相应的SOx输出端。在经过附加延迟时间后，关断相应的IGBT。该IGBT一直保持关断状态（截止），且管脚SOx一直指示故障，直到阻断时间结束。

每个通道的阻断时间Tb是各自独立的。该时间从V_{CE}超过V_{CE}检测电路的阈值时开始计算。

请注意，当直流母线的电压低于大约550V（1200V和1700V型号）或400V（600V型号）时，响应时间会延长。请参阅相关的驱动器数据手册以了解短路响应时间的参数/3/。

注：退饱和检测功能仅用于短路保护，无法提供过流保护。但是，过流检测的时间优先级较低，可在具体应用中设定。

IGBT的动态行为

IGBT模块的动态行为取决于其类型和制造商，因为这不仅涉及模块内部的IGBT芯片和二极管芯片的特性，还跟模块结构以及内部门极电阻和电感的分布情况有关。请注意，来自同一制造商的不同型号的IGBT模块也需要进行专门的适配。

因此，CONCEPT提供针对特定IGBT模块的SCALE-2即插即用驱动器。**这些驱动器不得用于非指定类型的IGBT模块。**

IGBT开通/二极管换流

当驱动器输入高电平信号时，门极驱动器开通相应的IGBT。驱动器包含与相应IGBT模块匹配的门极电阻。

适配后的驱动器，可以在功率单元杂散电感相对较低的情况下使开关损耗降到最低。建议在装配之后测试系统的换流行为。

IGBT关断

当相应的输入信号下降到低电平时，对应的IGBT关断。门极电阻由CONCEPT确定，不得改动。

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

$V_{tr} = -L_s * di/dt$

此处，V_{tr}表示关断过压，L_s表示杂散电感。

大多数驱动器无法在过载或短路的情况下抑制关断过压。但是，这对于大功率或高压IGBT极为重要。为了解决这个问题，SCALE-2即插即用型驱动器提供了高级有源钳位功能。

高级有源钳位功能

有源钳位技术的功能是，在集电极-发射极电压超过预设的阈值时将IGBT部分地打开，从而令IGBT的集电极-发射极电压得到抑制，此时IGBT在线性区内工作。/4/中介绍有源钳位的基本电路。

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。2SP0115T SCALE-2驱动器支持CONCEPT的高级有源钳位，基于此原理：当有源钳位电路动作时，驱动器的推动级的关断MOSFET将会被线性关断，以增加有源钳位功能的效率，并且降低TVS上的损耗。这种特性主要集成在副方ASIC中，电路如图9所示。

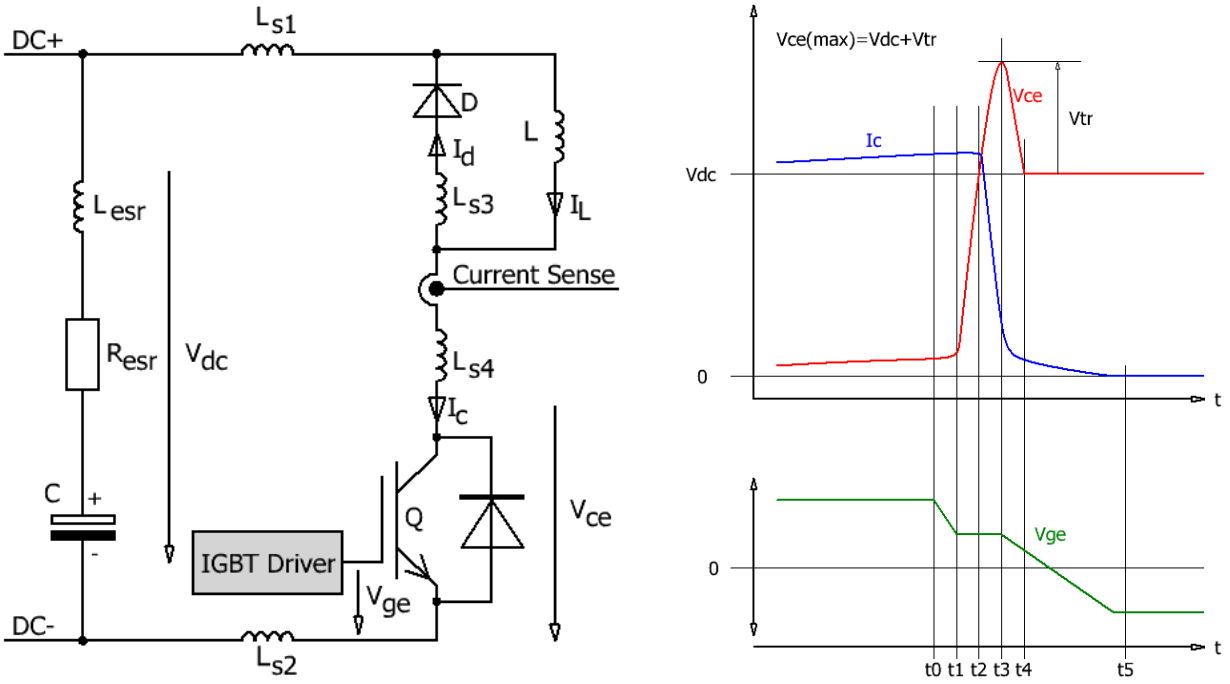


图11　测试电路（左）和典型开关行为（右）

图11说明

t0 = 关断过程开始
t1 = 关断时间起点
t2 = 集电极电流下降时间起点
t3 = 集电极最高电压
t4 = IGBT截止，拖尾电流起点
t5 = 拖尾电流终点

与其他驱动方法相比，使用有源钳位功能，可以配置较小的驱动电阻，以提高IGBT模块的开关速度，减少开关损耗，从而提高IGBT模块在正常工作期间的利用率。在故障关断时产生的过压也可通过有源钳位来抑制。如需了解关于最大允许直流母线电压的信息，请参考驱动器数据手册/3/。

图12所示为使用2SP0115T驱动器控制450A/1200V IGBT模块的典型关断过程。

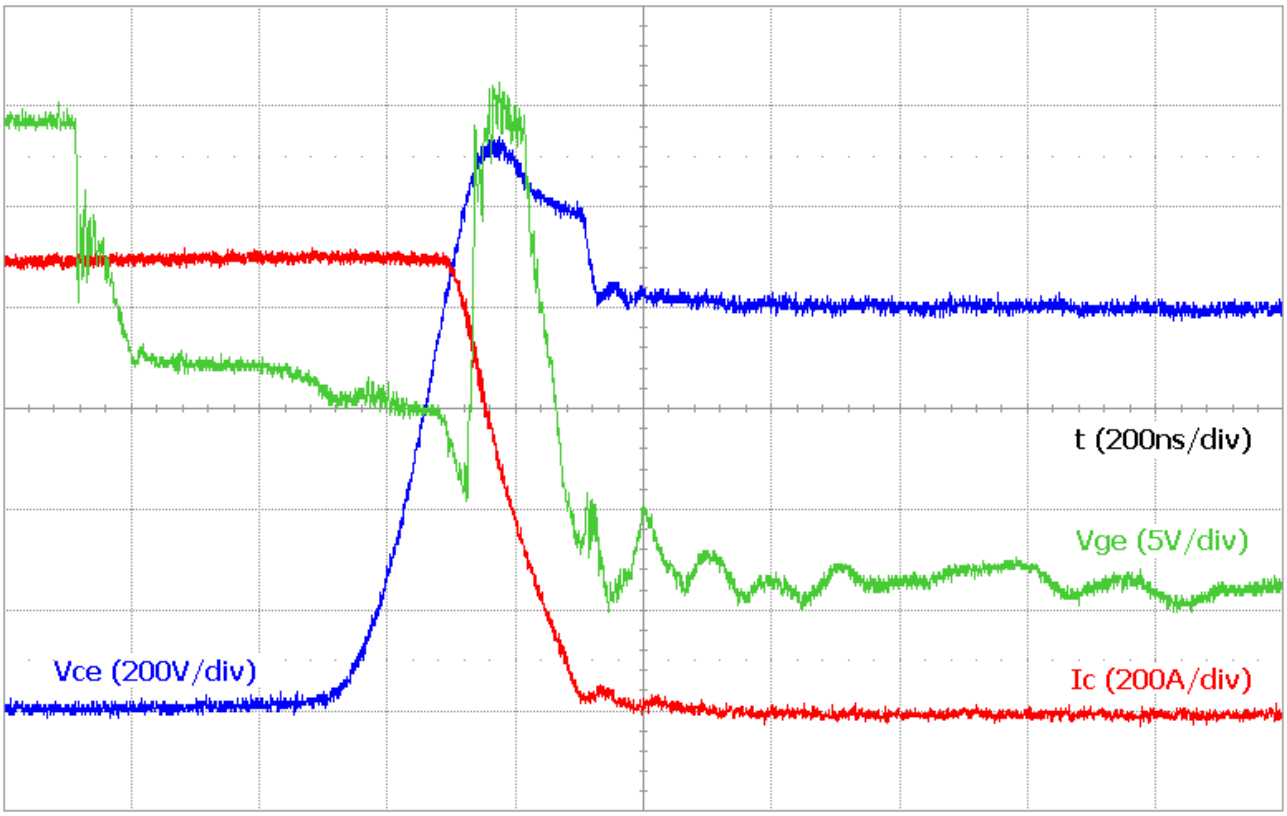


图12　直流母线电压为800V、集电极电流为900A（额定集电极电流的两倍）时的450A/1200V IGBT模块关断行为

2SP0115T并联

2SP0115T SCALE-2驱动器配合相应的IGBT模块在并联使用时可以提高系统的功率。这种可直接并联的优越特性源自于该驱动器极低的传输延迟以及极小的抖动（请参阅相应的数据手册/3/以了解时间参数，参阅/5/以了解关于并联的信息）。

CONCEPT建议用户按照下面的方法并联2SP0115T驱动器：

- 所有并联驱动器的电源电压VCC必须来自同一电压源，以确保驱动器对称地运行。
- 所有并联驱动器的输入信号INA和INB必须来自同一逻辑缓冲器（驱动器），以确保延迟差异极小。
- INA和INB的电压上升率必须足够高(> 0.25V/ns)，以确保最大限度地降低延迟抖动。特别是，如果输入到INA和INB的信号经过了RC网络滤波（例如，窄脉冲抑制），则必须使用施密特触发器整形，以使INA和INB的信号有较高的电压上升率。
- 所有从主控板连接到不同驱动器接口X1的电缆的长度差异应当低于40cm，以确保附加延迟差异低于大约2ns。
- 所有驱动器都必须工作在直接模式。半桥模式不适合并联2SP0115T。
- 发生故障关断时，必须等待所有并联的驱动器的故障反馈端全部复位之后再做进一步操作，以确保所有并联驱动器的阻断时间全都结束。
- 并联驱动器的状态输出SO1和SO2可进行单独检测以精确地诊断故障，也可以连接到一起。

正常运行

在系统正常运行时（无故障反馈），并联驱动器可按无并联电路的方式使用。所有并联IGBT模块会同步开通和关断。实验室测量显示，微小的信号延迟差异(<5ns)以及微小的负门极电压差异(<0.4V)，可导致关断或开通时的集电极电流以及开关损耗轻微不均衡。但是，这种影响比较小，因为大部分情况下变换器的机械结构的对称性占主导地位。

短路

在发生短路的情况下，最先检测到短路的第一个驱动器会将故障反馈发送回到相应的SOx输出端。经过大约1.4µs的附加延迟后，相应的IGBT将会关断。在这段延迟时间内，无法关断该IGBT。

在最坏的情况下，如果用户（偶然地）尝试在第一个驱动器检测到短路后立即关断IGBT模块。这时，检测到短路的驱动器将会忽略关断指令。而尚未检测到短路的驱动器将会关断相应的IGBT。这将会导致短路异步关断。但是，实验室测量显示，此类异步关断（延迟差异最多2µs）未表现出任何问题。低电感(~70nH)和大电感(>1.5µH)两种短路情况都已考虑在内。但是，CONCEPT建议用户在具体的应用中进行这方面的验证。

电源欠压

在电源欠压的情况下，相应的驱动器将故障反馈发送到相应的SOx输出端，并立即关断相应的IGBT。建议接着立即向所有并联驱动器发送关断指令。经过短时延迟后相应的IGBT将会被关断。

三电平和多电平拓扑

如果要将2SP0115T用于三电平或者多电平拓扑，请参考应用指南AN-0901 /6/。

低杂散电感结构要求

不能因为具备有源钳位功能而忽略功率单元的杂散电感。出于多种原因考虑， 在使用2SP0115T即插即用驱动器时仍然需要将直流母线杂散电感降至大约40nH…100nH。

参考文献

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

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

/3/ Data sheets SCALE™-2 plug-and-play driver 2SP0115Txxx-xxx, CONCEPT

/4/ Paper: Driver Solutions for High-Voltage IGBTs, PCIM Europe Magazine, April 2002

/5/ Paper: Intelligent Paralleling, Bodo's Power Systems, March 2009

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

/7/ Application Note AN-1101: Application with SCALE -2 Gate Driver Cores, CONCEPT

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

信息源：SCALE-2驱动器数据手册

对于几乎所有的应用需求，CONCEPT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.IGBT-Driver.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CONCEPT或您的CONCEPT销售合作伙伴。

CONCEPT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

CONCEPT为您提供专家级的帮助：

www.IGBT-Driver.com/go/support

质量

为客户提供高质量的产品是CT-Concept Technologie GmbH的核心使命之一。我们的质量管理体系覆盖产品开发、生产直至交付的所有阶段。SCALE-2系列驱动器的生产符合ISO9001:2000质量标准。

法律免责声明

本数据手册对产品做了详细介绍，但不能承诺提供具体的参数。对于产品的交付、性能或适用性，本文不提供任何明示或暗示的担保或保证。

CT-Concept Technologie GmbH保留随时修改技术数据及产品规格，且不提前通知的权利。适用CT-Concept Technologie GmbH的一般交付条款和条件。

订购信息

请参阅www.IGBT-Driver.com/go/2SP0115T上的最新列表

驱动器命名规则请参考：www.IGBT-Driver.com/go/nomenclature

适用CT-Concept Technologie GmbH的一般交付条款和条件。

其他产品的信息

对于针对其他高压或大功率IGBT模块进行过修改的驱动器

链接：www.IGBT-Driver.com/go/plug-and-play

对于其他驱动器、评估系统产品文档和应用支持

请点击：www.IGBT-Driver.com

生产厂商

CT-Concept Technologie GmbH
Power Integrations旗下子公司
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 Info@IGBT-Driver.com
网站 www.IGBT-Driver.com

中文技术支持：
瑞士CT-Concept Technologie Ltd. 深圳代表处

400电话： +86 - 400 - 0755- 669
技术支持邮件：Support.China@IGBT-Driver.com

© 2009...2014 CT-Concept Technologie GmbH - Switzerland. 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。
2014-03-24 2.1版