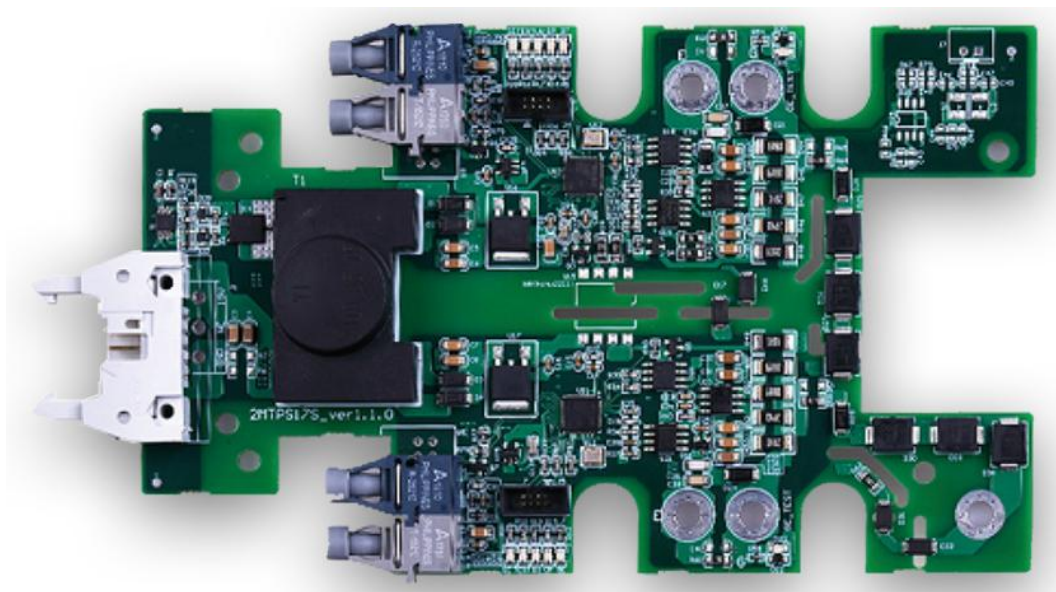


IGBT 驱动产品



IGBT 驱动器适用于高压大功率 IGBT，具备丰富的控制和保护功能，可以做到多级故障检测及分类编码回报，可靠性高，已经成功应用于多项柔直输电工程，其广泛应用于风力发电变流器，光伏发电，轨道交通，电工汽车及工业变频等各个能源变换领域。

使用步骤及注意事项

建议的使用步骤如下：

1. 驱动器选型

使用驱动器时，应注意驱动器适配的 IGBT 模块型号。对于非指定 IGBT 模块，不恰当的应用可能会引发 IGBT 和驱动器的失效和永久损坏。

2. 安装驱动器

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、IEC60340-5-2 要求的静电敏感器件保护的一般规范。如果不遵循这些规范，IGBT 和驱动器和可能会发生损坏。



3. 驱动器与供电单元及控制单元连接

将驱动器接插件（光纤/电缆）连接到控制单元，将驱动器输入电源口连接至供电单元。

4. 驱动器功能上电检查

门极电压检查：门极开通电压：15V；门极关断电压，请参照驱动器产品手册的具体参数。

驱动动、静态功耗检查：分别检查驱动器在无控制信号输入（静态）及有控制信号（动态）输入条件下，驱动器的板卡功耗。

板卡指示灯检查：正常情况下，板卡的驱动状态指示灯 TEST 常亮。

5. 装配和系统测试

以上的板卡级测试应在系统安装之前进行，因为模组安装之后可能无法解除门极端子，造成测试不便。

系统级的应用之前，强烈建议通过模组的单双脉冲测试来验证驱动器以及 IGBT 模块的正常性。在实际负载测试时，我们建议调试设备时，带载由轻载到重载逐级递增。特别指出，要确保 IGBT 模块在极端工况条件下也在器件的 SOA 区间范围。而这些情况都与变流器模组的机械和母排结构紧密相关。

2UEP0830V1A17

1700V 即插即用式驱动器

用于 Primepack™ 封装 1700V 的 IGBT
光纤 I/O 接口

产品亮点

集成度高

- 复杂数字控制方式
- 即时可用的门极驱动解决方案，适用于 1700V 的 PRIMEPACK 封装的 IGBT
- 双管驱动
- 光纤接口
- $\pm 30A$ 的极限电流驱动能力
- $-40\sim +85^{\circ}C$ 的运行温度范围

保护特性

- 有源钳位保护
- 双管互锁保护
- 栅极欠压保护
- 过温保护
- 过流保护
- 短路保护
- LED 故障显示

满足安规

- DC/DC 隔离变 100% DC 5kV/1min 耐压测试
- 爬电及电气间隙标注满足 IEC 61800-5-1

应用领域

- VSC-HVDC
- FACTS
- STATCOM
- 中压变频
- 风电变流

2UEP0830V1A17 是基于门极可编程逻辑器件 (FPGA) 的数字化 IGBT 驱动，具备光纤接口和 DC/DC 高隔离电源。

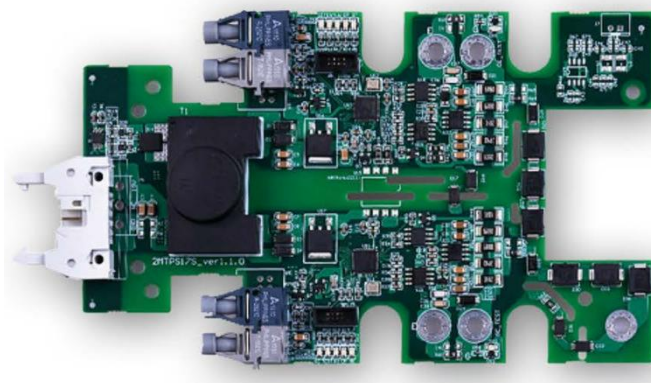


图 1： 2UEP0830V1A17 驱动器

驱动详细参数

最大额定值使用条件

参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
输入			15.5	V	
门极输出电流			30	A	
单驱动输出功率			8	W	
工作温度	-40		+85	°C	
存储温度	-40		+85	°C	

电气特性

参数	最小值	典型值	最大值	单位	备注
Vce		1700		V	
隔离电压 (VAC RMS 50Hz/1min)	5			kV, DC	
耦合电容		8		pF	
供电电压	+14.5	+15	+15.5	V	
静态功耗		2.4		W	
1kHz 开关频率功耗		3.5		W	
门极开通电压		15		V	
门极关断电压		-15		V	
最大开关频率		10		kHz	
输出峰值电流		±30		A	
软关断时间		10		us	
开通延时时间		400		ns	
关断延迟时间		400		ns	
供电欠压检测		12		V	
Vce 检测阈值		12.8		V	
NTC 过温检测值		85/105		°C	可选

驱动输入、故障回报 光纤		660		nm	
工作环境温度	- 40		85	°C	
储存温度	- 40		85	°C	
爬电距离				mm	
电气间隙				mm	

原理框图

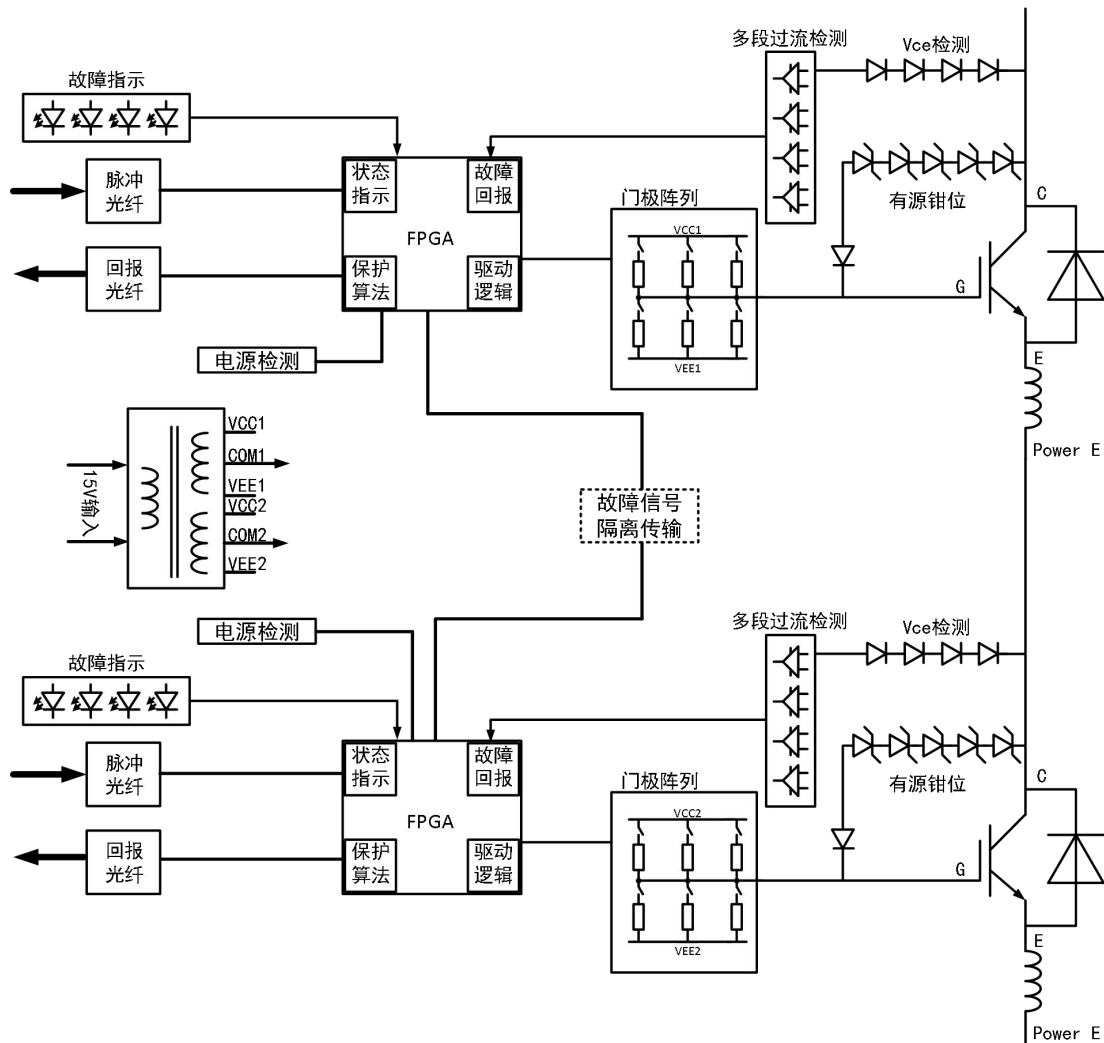


图 2： 产品原理框图

机械尺寸

- 1) PCB 板厚为 2.0mm;
- 2) 图中公差按照 GB/T1804-m 级计算;
- 3) 单位默认为 mm。

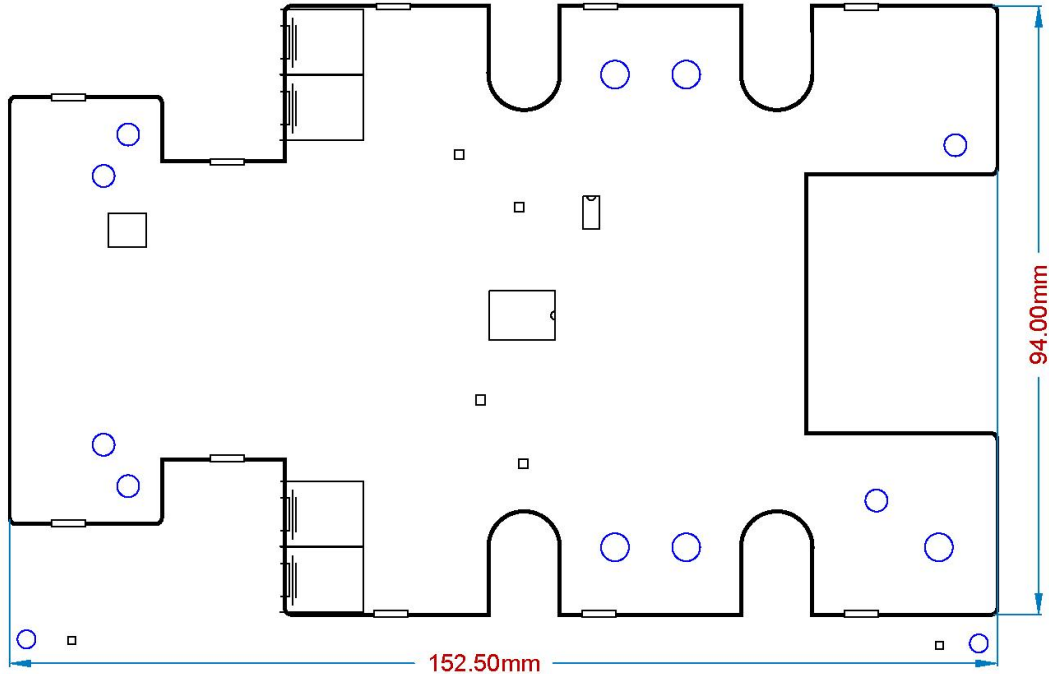


图 3： 产品机械尺寸图

状态灯说明

位号	丝印	说明
D1	Spiker	栅极异常触发指示灯，故障保持，重启消失，绿色
D2	Nopower	欠压故障指示灯，故障保持，重启消失，绿色
D3	Usat1	过流故障指示灯，故障保持，重启消失，绿色
D4	Switch	栅极控制信号指示灯，开通时亮，否则灭，绿色

接口

描述	型号	备注
光纤输入接口	HFBR-2521Z	Avago
光纤输出接口	HFBR-1521Z	Avago

电源接口	71922-110LF	Amphenol FCI
------	-------------	--------------

输入输出逻辑

描述	有光	无光
光纤输入	IGBT 开通	IGBT 关断
光纤输出	无故障	故障

功能说明

➤ 电源

2UEP0830V1A17 采用隔离 DC/DC 开关电源，可以分别为副边的两路驱动器提供开关和关断的+15V/-10V 电源。2UEP0830V1A17 只需要原边+15V 供电。

➤ 多段式退饱和保护（可选）

自主化驱动器拥有四段先进的退饱和保护功能，四段电压的数值和时间取决于各种 IGBT 的器件类型，根据客户的不同需求，可以硬件设定四段电压值。前三段基于 V_{cesat} 较高，跳闸时间较短，用来检测开通时段的硬短路。第四段基于较低的 $V_{ce sat}$ ，跳闸时间较长，用来检测软短路或则开通时的过流，在这种情况下，触发退饱和保护功能使之限流。

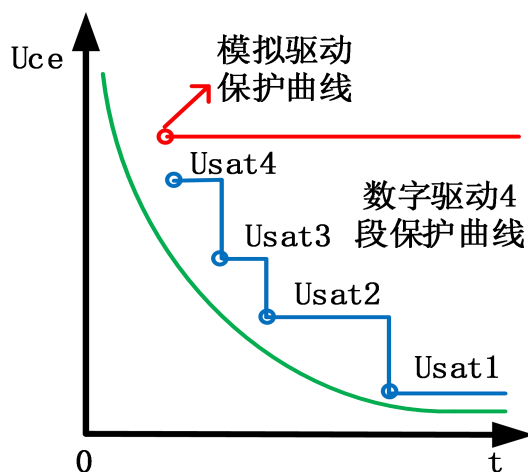


图 4： 4 段式 V_{ce} 退饱和和检测反时限曲线

➤ 短路保护

在正常工作情况下，IGBT 工作在饱和状态。这意味着集电极与发射极之间的电压已降至饱和值 V_{CEsat} 。然而，如果负载 I_C 增加至额定值的四倍一样，IGBT 将退出饱和，即集—射极电压升高，最终达到直流母线电压 V_{DC} 。

当短路时，集—射极电压迅速升高且超过正常的饱和值 U_{CEsat} ， U_{CEsat} 退饱和监控就是利用这个原理检测短路故障。如果 U_{CEsat} 测量电路检测到 U_{CEsat} 超过了先前设定的参考电压，测量电路认为产生了故障，就会采取软关断方式将 IGBT 缓慢关断，并发送故障信号给上位机控制器。

➤ di/dt 短路保护（可选）

IGBT 是一种先进的功率开关器件，兼有 GTR 高电流密度、低饱和电压和高耐压的优点以及 MOSFET 高输入阻抗、高开关频率、单极型电压驱动和低驱动功率的优点。由于大功率 IGBT 模块通常工作在高压大电流的条件下，在系统运行的过程中，IGBT 模块会出现短路损坏的问题，严重影响其应用。因此，IGBT 短路检测与保护是其中的一项关键技术。而大功率 IGBT 模块的短路检测和保护方法，一般是使用 VCE 退饱和检测，再配合适当的软关断电路进行保护。但使用 VCE 退饱和检测时，则需要较长时间(1~8us)的检测盲区和较高的集电极-发射极电压检测阈值。较长时间的检测盲区是为了防止 IGBT 在正常开通时进行误检测，但当 IGBT 发生一类短路时，集电极电流迅速上升，IGBT 一直工作在线性区，较长的短路检测盲区时间不仅不利于限制 IGBT 的短路电流和功耗，而且可能导致 IGBT 短路超过其 $10\ \mu\text{s}$ 的安全工作时间而损坏。

IGBT 的过流保护电路可分为 2 类：一类是低倍数的（1.2~1.5 倍）的过载保护；一类是高倍数（可达 8~10 倍）的短路保护。

桥臂内短路（直通），为一类短路，短路回路中电感量很小（100nH 级），需要用 V_{CEsat} 检测；桥臂间短路（大电感短路），为二类短路，短路回路中电感量稍大（ μH 级），可以用 V_{CEsat} ，也可以用霍尔，根据电流频率来决定。

绝大部分的短路，母线电压都是在额定点的，影响短路电流的因素主要是“短路回路中的电感量”。因此对短路行为进行分类定义时，短路回路中的电感量是主要的分类依据。

如果短路回路中的电感量再继续增大，那么电流变化率就变得更低，此时就不是短路了，变成“过流”了。这时驱动器是察觉不到这种异常状态的，因此在系统中需要电流传感器来感知电流的绝对数值，从而进行“过流保护”。我们认为，通常 IGBT 驱动器是不能进行过流保护的。二类短路与过流之间没有明显的界限，学术上没有进行定义，在工程上，可以做一个很粗略的假设： $10\text{A}/\mu\text{s}$ 以下的电流变化率视为“过流”。

通常我们说的短路保护和过流保护是不一样的，是两个很不一样的概念，不应该混为一谈。短路分为一类及二类两种，但这两种短路都有一个共同点，那就是，IGBT 会出现“退饱和现象”，当 IGBT 一旦退出饱和区，它的损耗会成百倍的往上升，那么允许持续这种状态的时会非常苛刻了，只有 $10\mu\text{s}$ ，我们需要靠驱动器发现这一行为并关掉门极。IGBT 过流的情况则是，回路电感较大，电流爬升很慢（相对于短路），IGBT 不会发生退饱和现象，但是由于电流比正常工况要高很多，因此经过若干个开关周期后，IGBT

的损耗也会比较高，结温也会迅速上升，从而导致失效。在这时，IGBT 驱动器一般是不能及时发现这一现象的，因为 IGBT 的饱和压降的变化很微弱，驱动器通常识别不到这种变化。所以需要靠电流传感器来感知电流的数值，对系统进行保护。所以，我们认为，IGBT 驱动器是为了解决短路保护，而过流保护则是由电流传感器来完成。

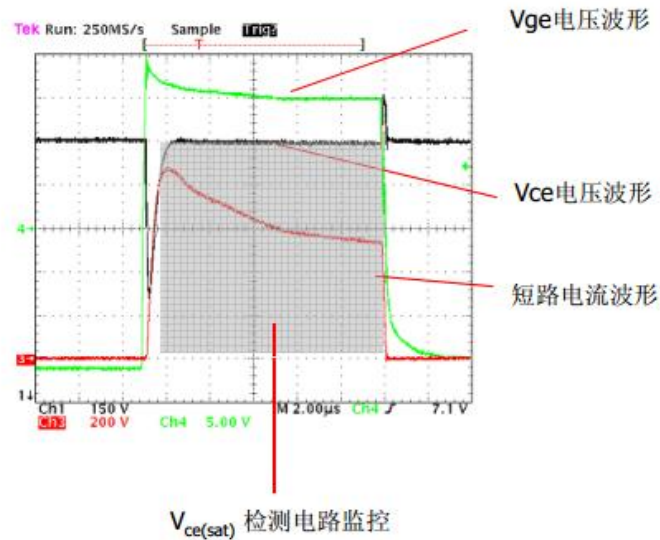


图 5：一类短路形式

发生一类短路时，IGBT 的电流会快速上升，当电流上升到一定数值时，（一般为 4 倍额定电流），IGBT 会发生退饱和现象，其标志是 IGBT 的电压会迅速上升至直流母线电压。当 IGBT 退出饱和区后，IGBT 的电流为 4 倍额定电流（此倍数与芯片类型有关），电压为母线电压，（外电路的所有电动势都压在 IGBT 外电路的所有电动势都压在 IGBT 上），IGBT 芯片的损耗非常大，根据规格书，其最多能耐受 10 μ s 的短路状态。驱动器需要在此时间内 VCEsat 检测电路监控短路状态。驱动器需要在此时间内把 IGBT 关掉，此时的关断是完全安全的。

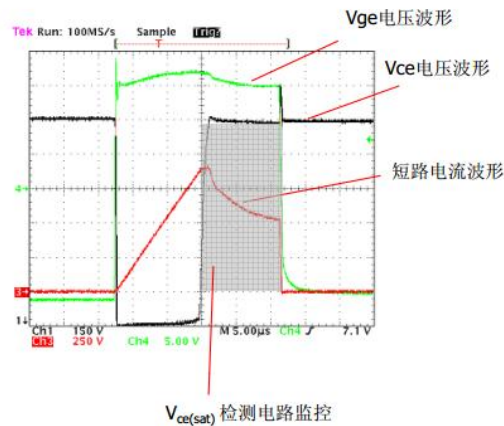


图 6：二类短路形式

发生二类短路时，由于回路的电感量稍大，电流爬升的速度慢了一些，（比一类短路慢，但实际还是很快的），门极脉冲打开时，IGBT 的 V_{ce} 下降至饱和压降，随着电流进一步加大，饱和压降轻微上升；当电流到达“退饱和点”时， V_{ce} 迅速上升至直流母线电压，我们把 V_{ce} 上升的过程称为“退饱和”行为。当 IGBT 退出饱和区后，其损耗要比未退饱和前高数百倍，因为 V_{ce} 从几伏上升至几百伏，而电流则没有明显变化。从退饱和算起，10us 内，必须关断 IGBT。另外，还需要注意的是，当 IGBT 电流上升的过程中， V_{ge} 也在上升，这是一种米勒效应，IGBT 在短路时，门极电压有被向上抬升的趋势。

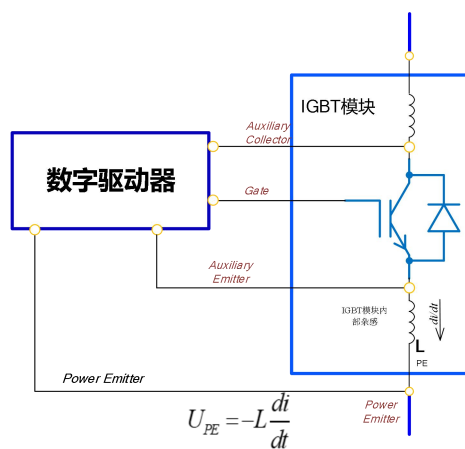


图 7: di/dt 保护原理

IGBT 发生一类电路时，短路电流达到额定电流 6~8 倍。如果不能做到快速地检测到短路故障，同时配合适当的软关断保护措施，IGBT 将会损坏。封装后的 IGBT 模块内部有两个发射极，一个是辅助 e 极，另一个是功率 E 极，辅助 e 极和功率 E 极之间有一个小于 10 nH 的寄生电感 L_{eE} ，这个很小的寄生电感 L_{eE} 在大的电流变化率下可以产生感应电压 V_{eE} ， V_{eE} 即可反映出集电极电流 I_c 的变化率。

✓ 故障软关断

IGBT 内部存在 3 个寄生电容 C_{GE} ， C_{CE} ， C_{CG} 。IGBT 开通和关断的过程，就是对门极电容 C_{GE} 充电和放电的过程。驱动器通过调节对门极电容 C_{GE} 充电和放电的速度就可以控制 IGBT 开通和关断的速度。

IGBT 发生短路时，IGBT 工作在线性区，流过的最大电流是额定值的数倍乃至十几倍，且与门极电压 V_{GE} 有较大关系，因此限制住 IGBT 的门极电压就能限制 IGBT 的短路电流。IGBT 承受短路的时间也与门极电压 V_{GE} 存在一定的关系。门极电压越高，IGBT 短

路电流越大，如果母线电压值一定，则单位时间内门极电压越高的 IGBT 产生的功耗就越大，IGBT 能够承受的短路时间就越短。

当驱动器检测到 IGBT 发生短路后不能立即关断 IGBT。因为如果 IGBT 发生软短路，此时电流还处在上升阶段，直接关断 IGBT 会使门极电压迅速下降，为了满足电流要求，IGBT 的集射极电压 V_{CE} 会被迫迅速上升并超过母线电压，且极有可能超过 IGBT 耐压值而导致 IGBT 损坏。因此，如果使用硬关断策略保护 IGBT，驱动器检测到短路后需要等待一定时间，直到 IGBT 退饱和使得 V_{CE} 稳定在母线电压值后方可关断 IGBT。IGBT 关断时，因为母线上存在杂散电感，IGBT 电流减小会在杂散电感上产生一个感应电压： $V_k=L_s*di/dt$ 。此电压与母线电压叠加在一起加在 IGBT 模块上。如果电流下降过快，产生的关断尖峰电压就非常高，若不采取保护措施，其足以击穿 IGBT 模块。

为了保护处于短路状态的 IGBT 模块，可通过慢降栅极电压的软关断策略。其核心思想是缓慢降低 IGBT 短路时的门极电压。在检测到 IGBT 发生短路后，缓慢地减小 IGBT 的门极电压 V_{GE} ，则 IGBT 集射极电压 V_{CE} 被迫上升的速率会比直接关断 IGBT 的小得多且能够保证 V_{CE} 只会小幅度超过母线电压，最后稳定在母线电压值。随着门极电压的缓慢减小，IGBT 短路电流也会缓慢地减小，杂散电感上感应的电压会非常小。如果能将门极电压缓慢地减小到 IGBT 开通阈值电压之下，IGBT 的电流会缓慢减小到 0，IGBT 完全关断。当驱动器检测到 IGBT 发生短路后，可以立即执行软关断动作，缓慢减小 IGBT 门极电压而不需要等待 V_{CE} 稳定在母线电压。软关断持续足够长的时间，在软关断过程中 IGBT 电流完全下降到 0，即 IGBT 完全关断。这样既能保证 IGBT 的短路时间不超过允许范围，又能减小 IGBT 短路电流和短路功耗，并且大大减小关断尖峰电压。大功率 IGBT 模块驱动器一般选择 +15V/-15V 作为开通/关断电压，通过调节门极电阻 R_g 控制 IGBT 模块的开通和关断速度。

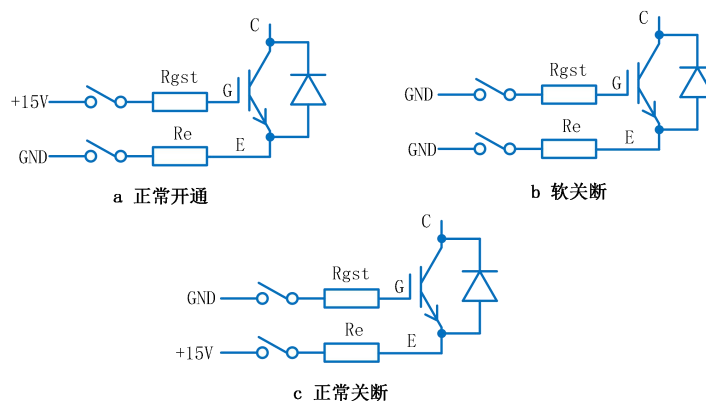


图 8： 软关断策略实现原理

上图 a 为 IGBT 正常开通状态。驱动器检测到 IGBT 发生短路后，如果能将驱动器的 G 极和 E 极同时接地，即此时驱动器提供的驱动电压为 0 V，并使用一个合适的电阻（十几 Ω 至几十 Ω ）使 IGBT 门极电容 C_{GE} 通过 R_{gst} 放电，如上图 b 所示，就能使门极电压缓慢下降，电流也会随着门极电压的下降而缓慢下降。软关断过程结束后可以正常关断 IGBT，如上图 c 所示。

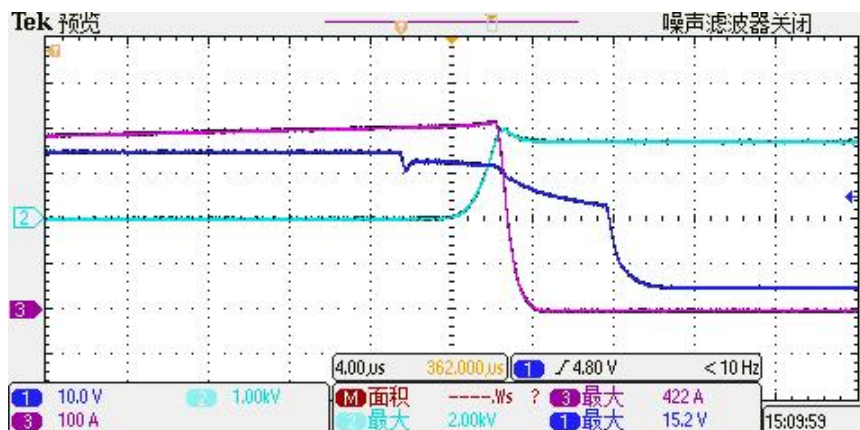


图 9： IGBT 过流关断波形

IGBT 发生退饱和故障时，软关断波形如图 14，关断电流 4kA，关断时间 10 μ s，电压超调 220V。数字驱动拥有多级软关断功能，软件灵活变换关断电阻，选择适合该故障下的关断特性曲线，实现多级软关断。故障时，软关断可以关断更高的短路电流，并防止 IGBT 振荡，限制集电极过压。

➤ 有源钳位技术

当出现电流过载或者短路时，由于 di/dt 很高且在换流通路存在杂散电感，会导致电压过冲，这将可能超过 IGBT 的击穿电压并损坏 IGBT。如果直流母线电压很高，将会严格限制 IGBT 的应用范围。一种保护 IGBT 免受高压过冲损坏的方法就是集—射极钳位，也称为有源钳位。

有源钳位电路的目标是钳住 IGBT 的集电极电位，使其不要到达太高的水平，如果关断时产生的电压尖峰太高，会使 IGBT 受到威胁。IGBT 在正常情况关断时会产生一定的电压尖峰，但是数值不会太高，但在变流器过载或者桥臂短路时，如果要关断管子，产生的电压尖峰则非常高，此时 IGBT 非常容易被打坏。所以有源钳位电路通常在故障状态下才会动作，或者说 IGBT 快接近安全工作区的边缘时会动作，正常时不会动作。

下图 15 所示为最基本的有源钳位电路，由 TVS 管和普通快恢复二极管即可构成。

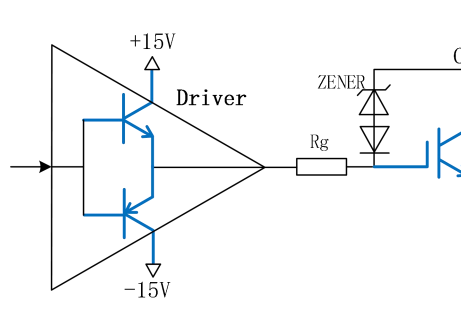


图 10: 有源钳位控制框图

当集电极电位过高时，TVS 被击穿，有电流流进门极，门极电位得以抬升，从而使关断电流不至于过于陡峭，进而减小关断电压尖峰，关断电压波形如图 7 所示。有源钳位只能保护 IGBT 关断的电压尖峰，无法保护电容过电压，当电容电压超过有源钳位动作之时，由于有源钳位的存在甚至会造成 IGBT 损坏。

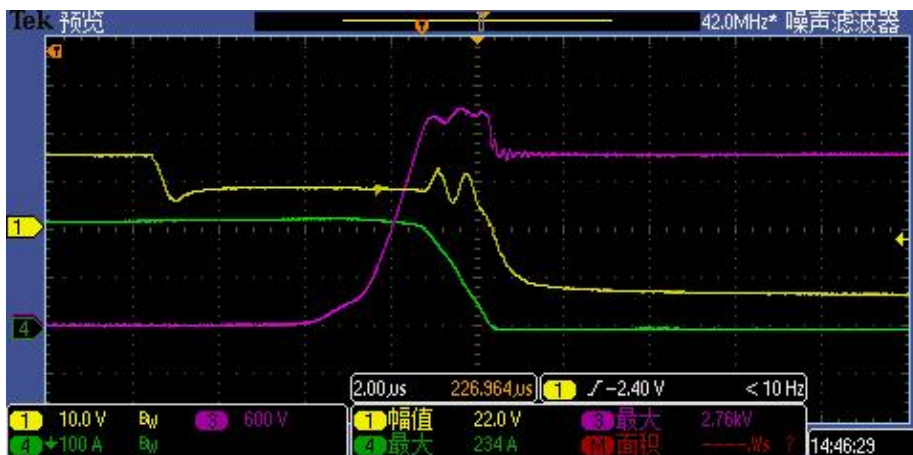


图 11: 驱动器有源钳位动作波形

➤ 驱动器保护逻辑

IGBT 驱动是实现 IGBT 器件正常开通、关断，以及 IGBT 器件在各种异常工况下可靠保护的电路。它是控制系统和功率器件 IGBT 之间链接的纽带，因此驱动器除需要对 IGBT 各种故障进行监测并保护外，还需对上一层控制系统的命令进行监测，当上层控制系统受到干扰发出异常脉冲时，驱动器也需可靠的关断 IGBT 防止 IGBT 损坏。

对于 IGBT 的和上层控制器可能会发生以下故障：电流变化率故障；过流故障；门级欠压故障；窄脉冲故障等。智能驱动可以通过不同的检测电路识别到 IGBT 发生的故障类型，然后通过不同的软关断算法，通过查表法在纳秒级切换不同门级电阻实现 IGBT 的可靠关断。通过不同的软管断算法，既可以保证 IGBT 在正常开通或关断时对损耗的要求，又可以满足 IGBT 在短路、过流等故障对电压尖峰抑制的需求。

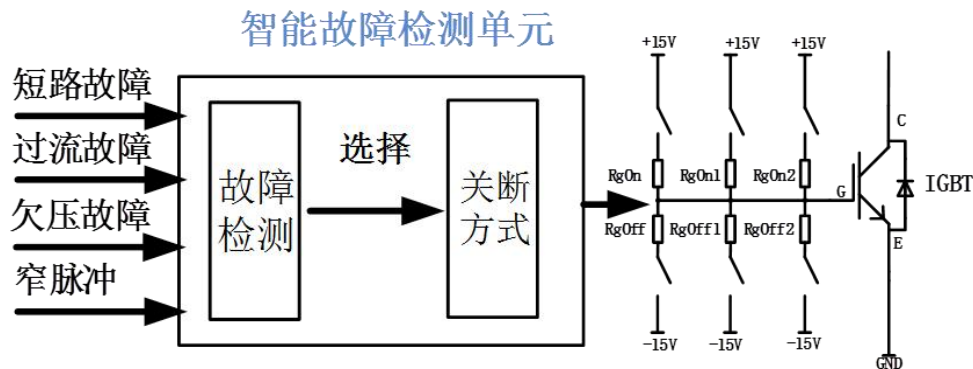


图 12 驱动器软关断控制框图

数字化智能驱动器包含了 FPGA 控芯片，因此它不仅可以对 IGBT 发生的故障进行识别，还可通过高速的串行协议在满足实时性前提下将故障故障分类的上报给上一层控制系统。此外从驱动级对 IGBT 故障进行分类，可以为通过大数据对系统故障进行分析定位提供依据。

➤ 过温保护

目前越来越多的 IGBT 模块内部集成了温变采集装置，NTC（Negative Temperature Coefficient，负温度系数）就是其中的一种实现方式。目前应用在风电光伏等新能源领域的 Primepack™ 以及 EconoDUAL™ 的 IGBT 模块，就应用了这项技术。根据 NTC 电阻的实测数值，通过查询给定芯片温度-NTC 电阻温度关系曲线，可以间接预估芯片温度，进而实现 IGBT 模块的过温检测和保护功能。

UniEdge 数字化驱动器采用了 NTC 过温保护电路，当 NTC 的阻值低于设定的某一值之后，驱动器便认定 IGBT 发生了过温保护。

订购信息

2UEP0830V1A17 支持目前市面上主流 IGBT 厂家的 PrimePack™ 封装的多个型号的 IGBT 应用。当您在选购我方驱动器时，请在现有驱动器的后面添加完整的 IGBT 型号，以便我们能够按照具体的型号提供符合您要求的驱动产品及技术。

产品型号

驱动型号	PWM 输入	散热方式
2UEP0830V1A17-OPT	光纤输入	风冷
		水冷
2UEP0830V1A17-ELE	电缆输入	水冷

技术支持

UniEdge 的技术团队会为您提供专业的技术支持，包括产品应用选型，技术相关业务支持，产品订货周期、价格等消息。我们承诺，针对您的疑问，在 24 小时内给予及时的回复。

法律免责声明

本产品手册介绍了 IGBT 驱动器的性能及具体参数，但并不承诺展示的具体参数对于交付产品的适用性。

UniEdge 团队保留随时修改该产品手册的权利，并且不需要提前通知。该权利适用于 UniEdge 的通用条款。

联系方式

电话：010-66601771

邮箱：putnam.chi@uniedge.me

网址：<http://www.uniedge.me/>

地址：北京市昌平区未来科学城滨河大道 18 号国家电网办公区 B 组团众创空间 B116 室内