

2012-06-02

Rev 04

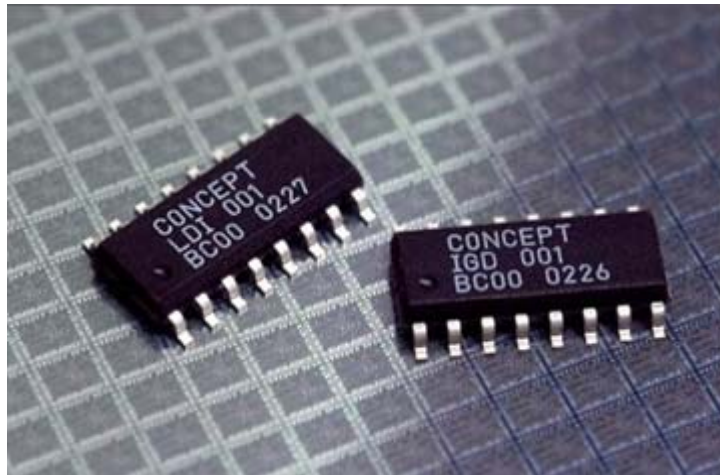
SCALE-2芯片组的功能介绍

Winson Wei (魏炜)

CT-Concept Technologie AG - Switzerland

Wei.wei@igbt-driver.com

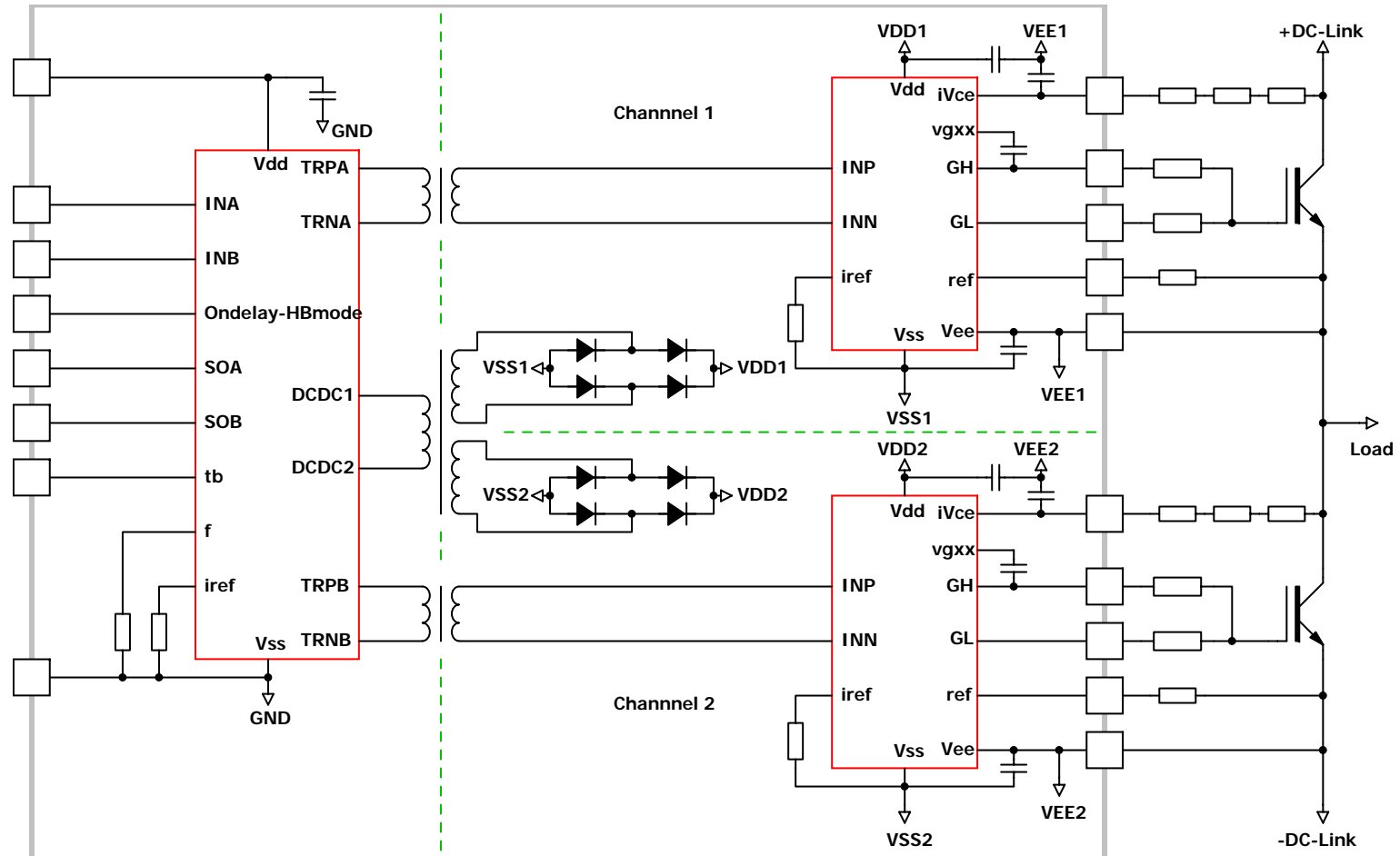
Mobile: 186-8878-5868



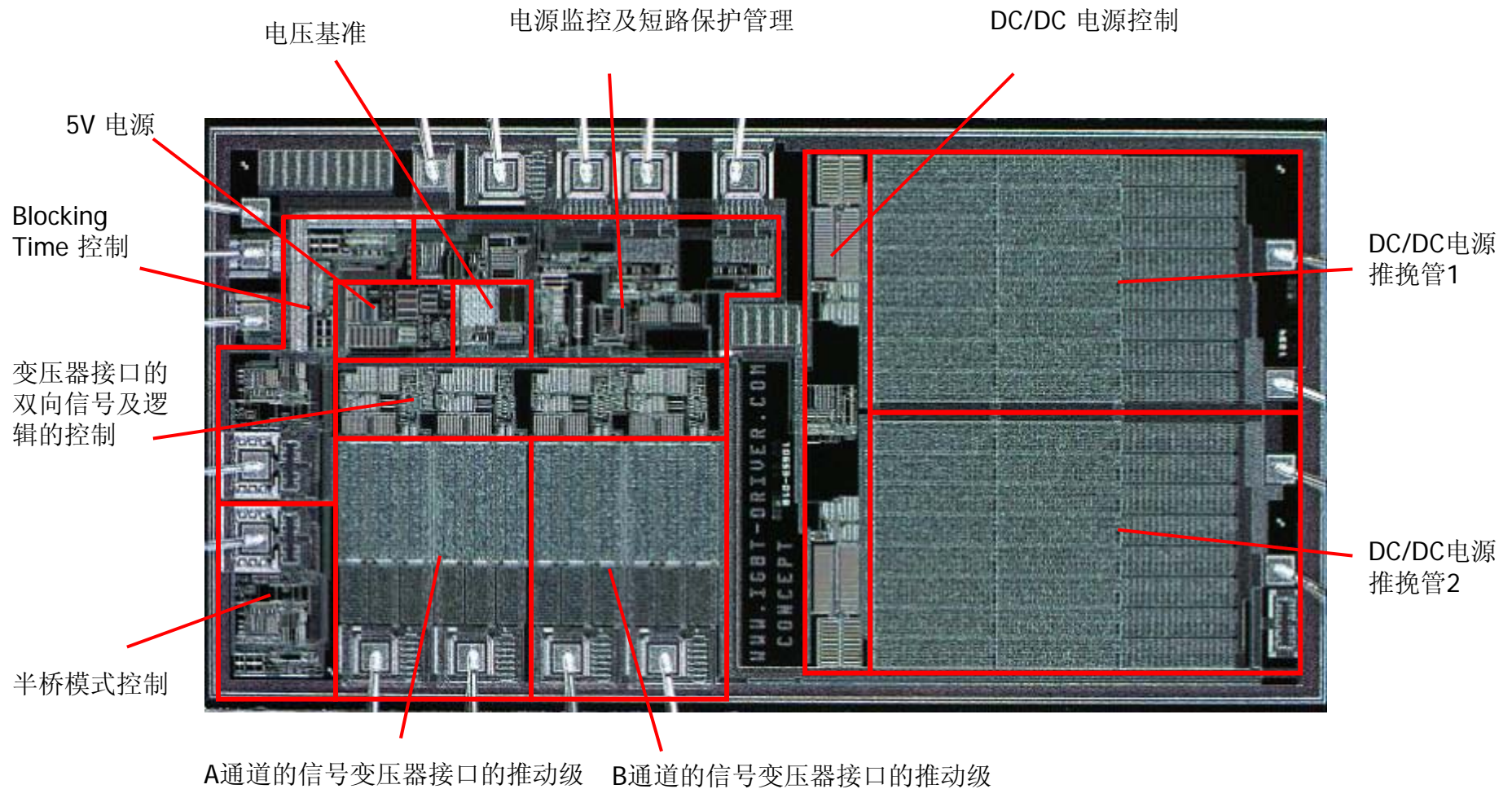
SCALE-2 芯片组的特征

- ▶ 全定制专用集成电路(ASIC), 高电压数模信号混合, C-MOS技术
- ▶ Compatible SCALE Cores and SCALE- Plug-and-Play drivers
- ▶ 延迟时间 80ns \pm 4ns, 抖动量 \pm 1ns
- ▶ 比传统驱动器减少90%的元件
- ▶ 副方芯片内集成了 8A 的N沟道mosfet输出推动级, 外部可以并联N沟道双mosfet将最大输出电流提升至60A
- ▶ 副方芯片集成了先进的有源钳位(advanced active clamping-- AAC)
- ▶ IGBT 短路保护
- ▶ 门极电压为+15V / -7...-15V
- ▶ 副边的+15V为稳压输出
- ▶ 原方ASIC集成了DC/DC控制器
- ▶ ASIC中所有的输入及输出管脚都有静电保护 (不需要外部元件)
- ▶ 副方ASIC有变压器接口及光纤接口两种版本
- ▶ 产品中装备了普通变压器或平板变压器

磁隔离的IGBT驱动器的原理框图(2SC0108T)



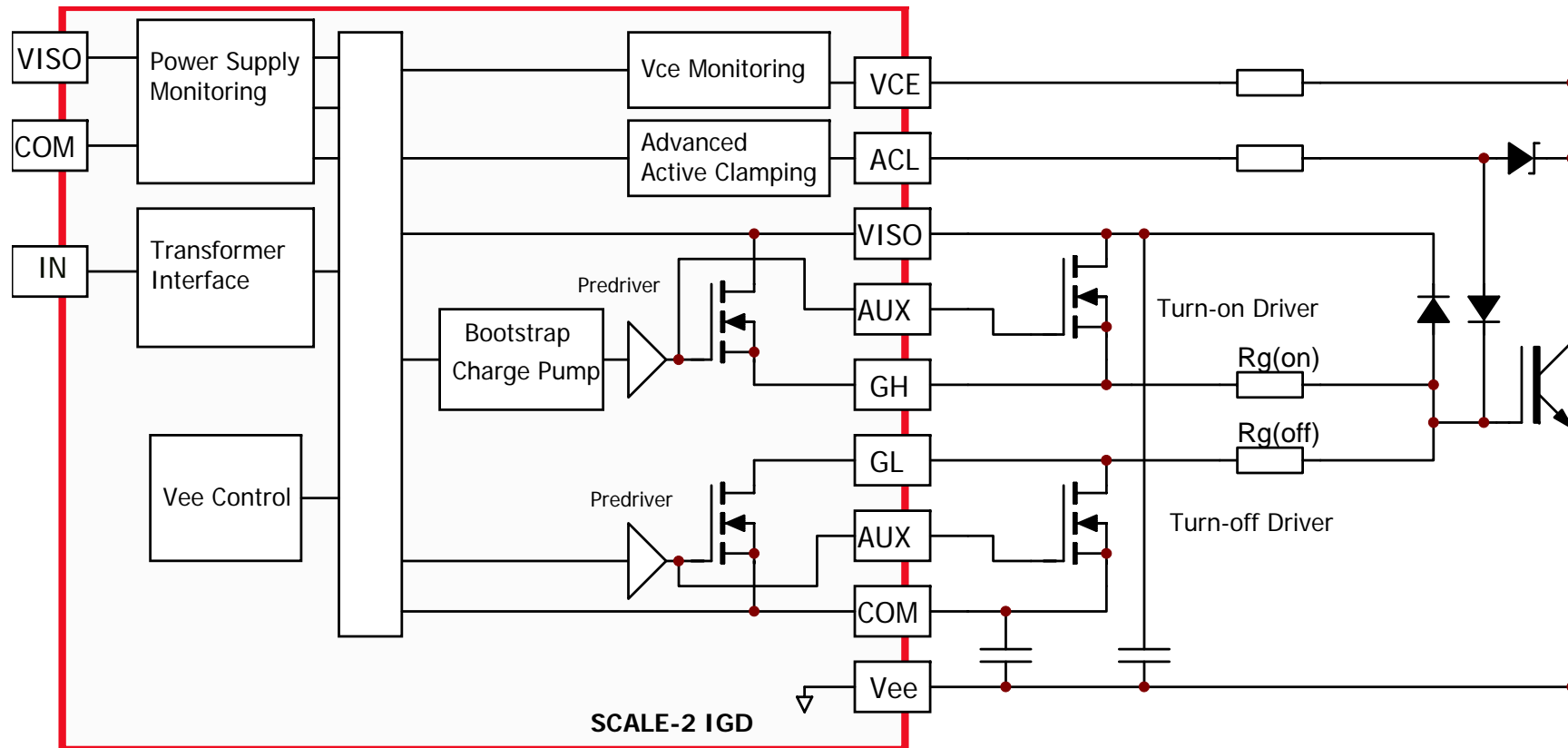
SCALE-2原方芯片的照片(LDI)



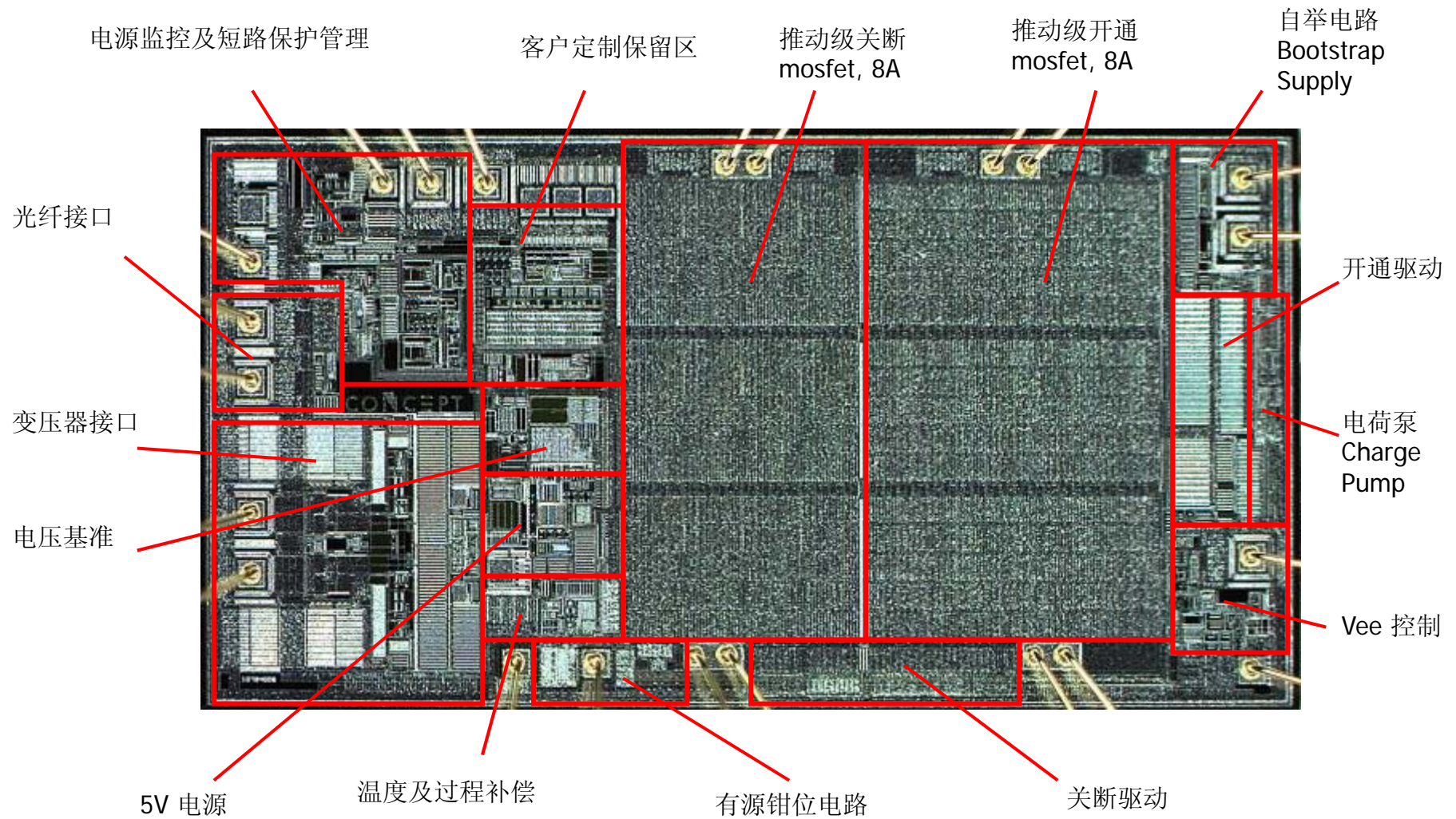
SCALE-2原方芯片介绍

1. SCALE-2原方芯片集成了DC/DC电源所需要的控制电路以及1对用在推挽逆变电路上的Mosfet，如上图右侧所示。
2. A,B通道的隔离信号变压器的推动级
3. 其他逻辑电路

副方芯片的原理框图



SCALE-2 副方芯片的照片(IGD)



配备SCALE-2 芯片组的驱动器型号

驱动核 (driver core) :

2SC0108T

2SC0435T

2SC0650P

1SC2060P

2SD300C17

即插即用驱动器 (Plug & play driver) :

2SP0115T (for Econodual3)

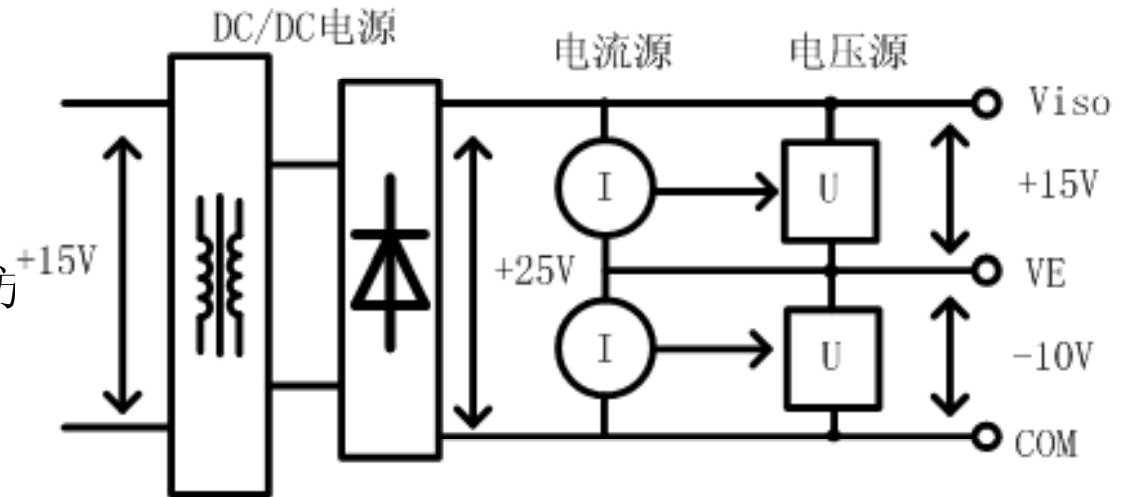
2SP0320T/V (for Primepack)

1SP0635 (for 3.3kV, 140*130,140*190)

1SP0335 (for 4.5kV,6.5kV, 140*190)

副边稳压电路的介绍

驱动器原方的供电为+15V，经过DC/DC处理后得到+25V，这个电压是开环的，这意味着，如果原方+15V波动，这个+25V也会波动。



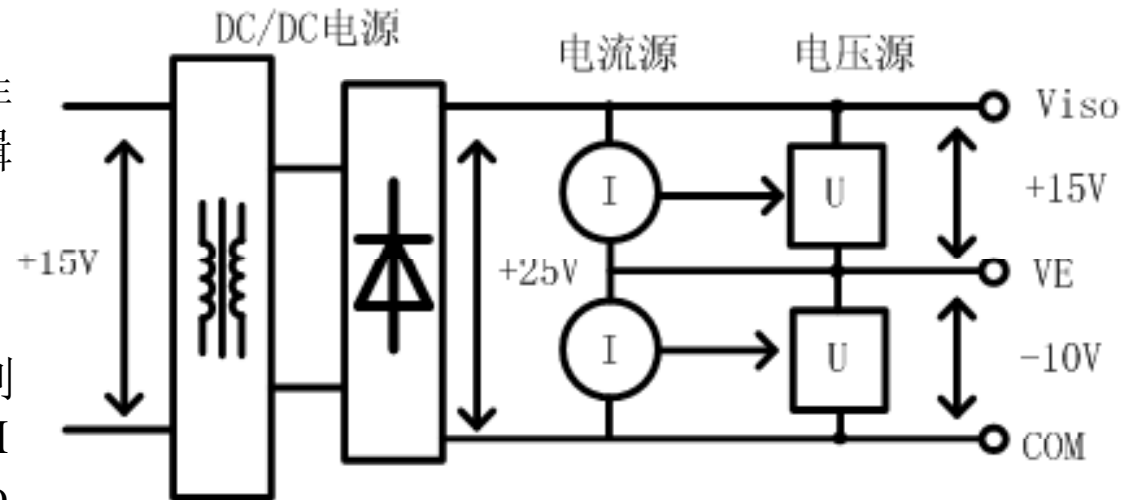
SCALE-2副边的ASIC将+25V分割成+15V及-10V，其中+15V是被稳压的，这是一个闭环电路，如果Viso与VE之间的电压不是+15V，则内部电流会调整使得输出电压稳定在+15V；而-10V则是开环的，是不稳压的。VE管脚是芯片“造”出来的，内部是靠电流源来控制输出的电压源。Viso是+15V，VE是0V，COM是-10V。

这种稳压的方法与常见的用稳压二极管或者三端稳压电压电路是完全不同的。

副边电源欠压保护原理的介绍

在控制电掉电的过程中，系统是非常危险的，驱动器的掉电保护逻辑是极其重要的。

在驱动器原方电压下降的过程中，由于DC/DC电源是开环的，所以副边的+25V会跟着下降，VE和COM之间的-10V会跟随着下降，而Viso与VE间的电压则被稳定在+15V；



如果Viso与COM之间的电压继续下降至COM与VE之间的电压只有-5.5V时，芯片会将这个-5.5V稳住，使之不再下降；同时，Viso与VE之间的+15V开始下降，这个电压掉到+12V时，芯片报欠压保护。IGBT被关掉，且门极关断电压被维持在-5.5V。

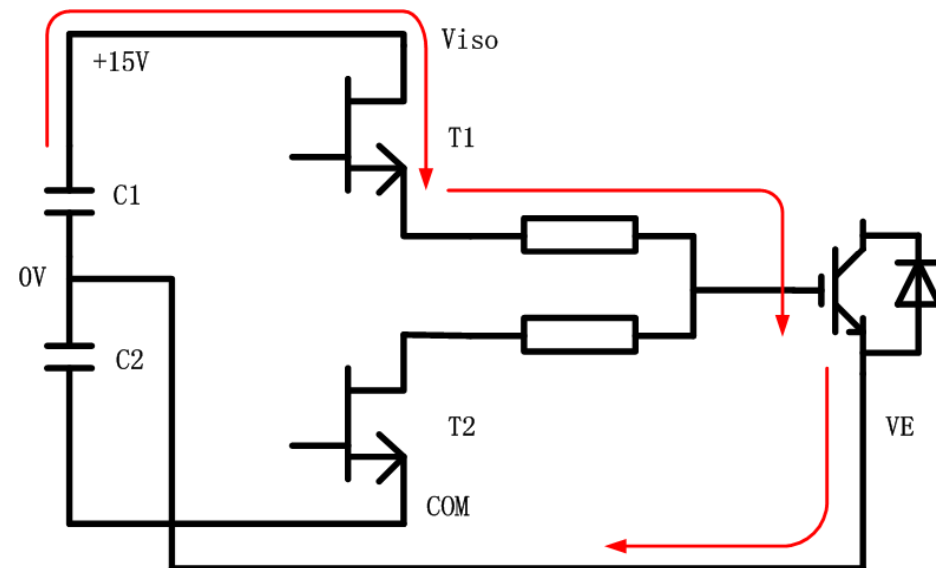
在驱动器掉电过程中，IGBT的关断电压要保持在至少-5.5V，这样做的原因是因为大功率的IGBT都有较强的米勒效应，必须要有负压来保证其可靠关断，零压关断是不够安全的。

副边电源支撑电容的介绍(1)

驱动器DC/DC电源的副边需要有支撑电容，其目的是为了稳定副边的电压，以及为IGBT提供门极电荷。

IGBT的门极电荷量的数值是选择支撑电容的**最重要**的依据。

下面将陈述单次开通IGBT时，电路中发生的变化。



在IGBT的门极被开通的过程中，门极电压从负压(-10V或-15V)提升到正压(+15V)，驱动器需要向IGBT门极注入数值为 Q_g 的电荷量，如下图示，IGBT的datasheet通常会给出-15V至+15V的 Q_g 。

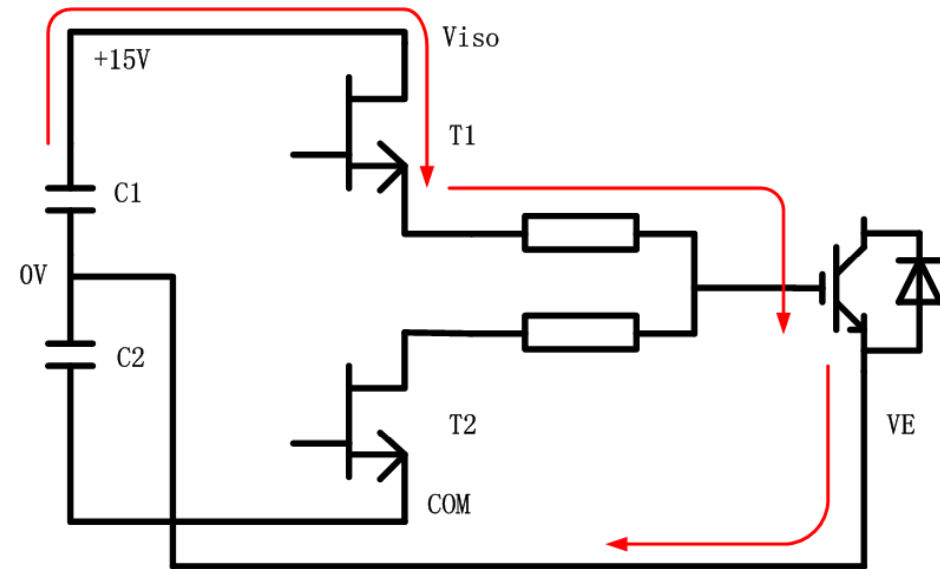
Gateladung gate charge	$V_{GE} = -15 \text{ V} \dots +15 \text{ V}$	Q_g	4,60	μC
---------------------------	--	-------	------	---------------

通常的IGBT模块根据容量大小，门极电荷量从几 μC 到几十 μC 不等。

副边电源支撑电容的介绍(2)

门极电荷的意义：

如右图示，C1，C2是副边电源的支撑电容，当T1导通时，C1的电荷通过T1流向IGBT的门极，当门极的电压达到+15V时，流入门极的电荷量大约为Q_g。这意味着，在单次IGBT开通的过程中，IGBT的门极得到的电荷，全部来自C1。



根据电荷守恒，门极得到的电荷，等于支撑电容贡献出来的电荷。
我们知道如下公式：

$$\Delta Q = C \cdot \Delta U$$

根据这个式子，我们可以知道，支撑电容在向门极提供电荷时，电压会出现一定的下跌。

副边电源支撑电容的介绍(3)

如果使用SCALE-2的驱动器，门极电压的摆幅可能是23V (-8~+15V, 2SC0108T)，或者是25V(-10~+15V,2SC0435T)，根据具体型号不同有别。这里还存在一个折算，因为IGBT的datasheet定义Qg时使用的门极电压摆幅为30V(-15~+15V)，如果不折算则计算结果裕量更大。当电容C1向门极充电时，C1要贡献电荷量，这意味着C1的电压会有跌落，而跌落的幅值为：

$$\Delta U = \frac{Qg}{C1}$$

通常在驱动IGBT时，C1的电压会有些波动，是正常的。我们推荐，每1uC的门极电荷对应3uF的电容量。如果在设计时按照这个推荐选电容，则电容电压的跌落值为：1uC/3uF=0.33V

电容最好是选贴片陶瓷电容，例如：1206/25V/X7R

电解电容由于有温度和寿命的问题，可靠性略差。

C1和C2的值不宜过大，否则在DC/DC电源启动时，原方的mosfet应力过大。

用三极管构成的推动级电路的介绍(1)

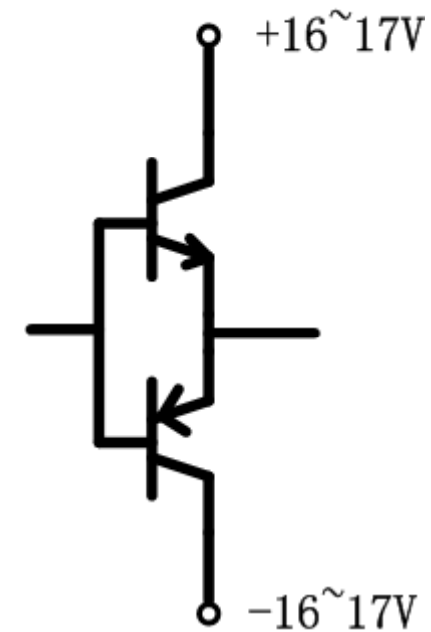
右图是最常见的推动电路，上管用NPN，下管用PNP，组成推挽放大电路。

优点：

正逻辑，简单，非常容易用。

缺点：

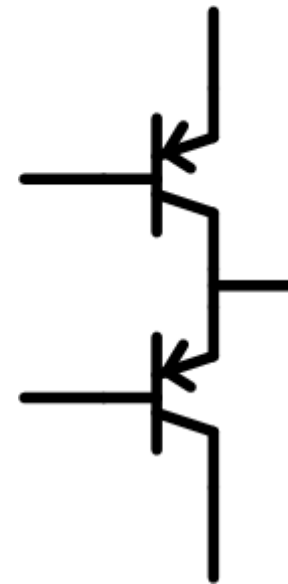
- 1.饱和导通时有0.7V的饱和压降；在做驱动器的推动级时，损耗较大，在开关频率较高时，发热尤其明显；
- 2.在峰值驱动电流较大时，三极管的CE电压降变得较高，因此为了保证门极电压为15V，电源电压需要设计为17V~18V；
- 3.三极管响应速度较慢，基极到发射极的反应时间稍长，在做有源钳位电路的反馈端通道时，显得有点慢。



用三极管构成的推动级电路的介绍(2)

右图的两个电路，在实际的分立元件的电路中比较少见，但在集成电路中，这种电路也比较常见。在此仅供参考。

在CONCEPT的老一代产品2SD106AI及2SD315AI中有这种电路的应用。



双PNP



双NPN

用MOSFET构成的推动级电路的介绍(1)

右图是一种比较常见的用MOSFET构成的推动级电路，上管用P沟道，下管用N沟道，且两个MOSFET的门极连在一起。

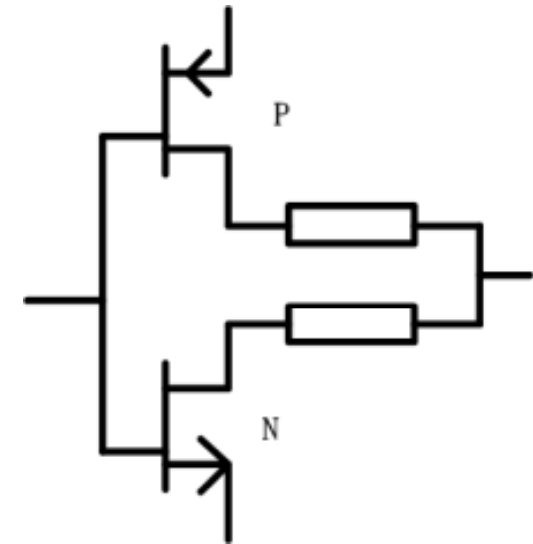
这个驱动器是反逻辑的，即输入为1，输出则为0。

优点：

损耗比三极管小，速度快；

缺点：

1. P沟道的MOSFET导通电阻较大，不容易购买；
2. 如果使用0V-15V逻辑时，MOSFET的门极会承担超过30V的电压，需要选用比较特殊的MOSFET才行。



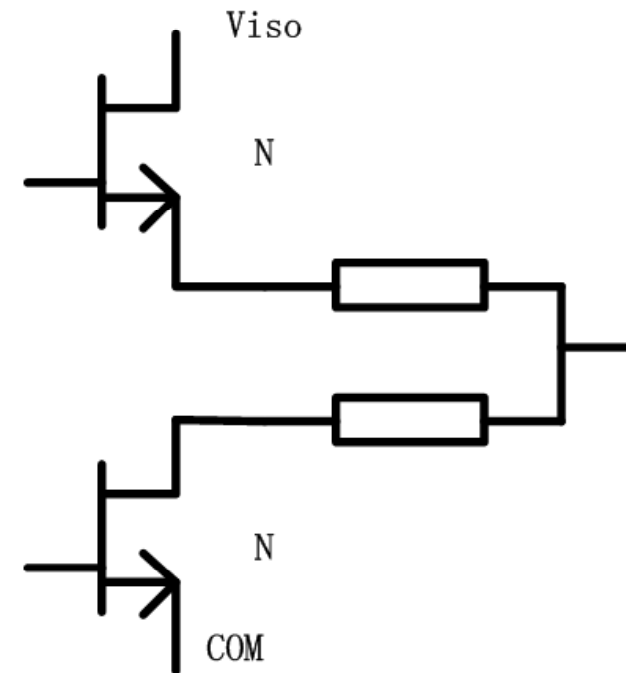
用MOSFET构成的推动级电路的介绍(2)

右图的电路中上下管都使用了N沟道的MOSFET，这种电路的特点：

1. 是N沟道的导通电阻比较小，容易购买；
2. N沟道的mosfet比P沟道的mosfet在同等导通电阻的情况下，芯片面积要小，若集成在IC中，成本优势很明显；
3. 整体损耗比较低，驱动器容易输出较大的峰值电流；

这种电路的难点在于：如何驱动上管MOSFET？

右侧所示电路正是CONCEPT推出的SCALE-2驱动器的推动级所采用的电路。

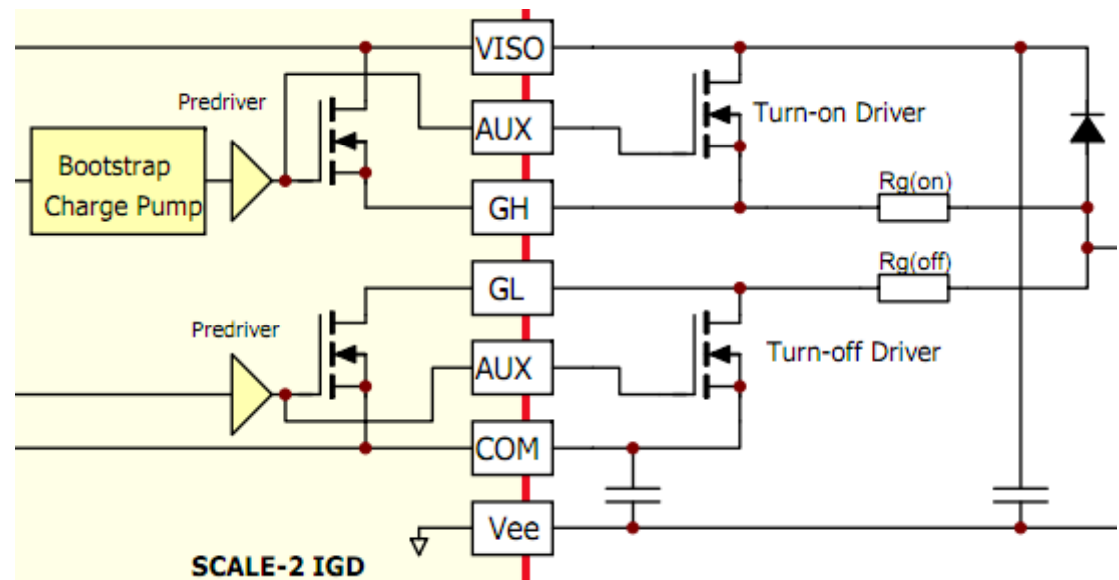


SCALE-2采用的推动级电路(1)

右下图中，Viso已经是系统的最高电压了(+15V)，如果驱动上管mosfet导通，则意味着，AUX比GH的电位高10V，且GH的电位等于Viso，这时上管mosfet的门极电压AUX会比Viso要高10V，而Viso已经是系统的最高电压了。这意味着：需要制造出一个比系统最高电压还要高10V的电压，为上管mosfet提供自举电压，进行驱动。

除了自举电路(Bootstrap)外，还需要电荷泵电路(Charge pump)，在下一页介绍。

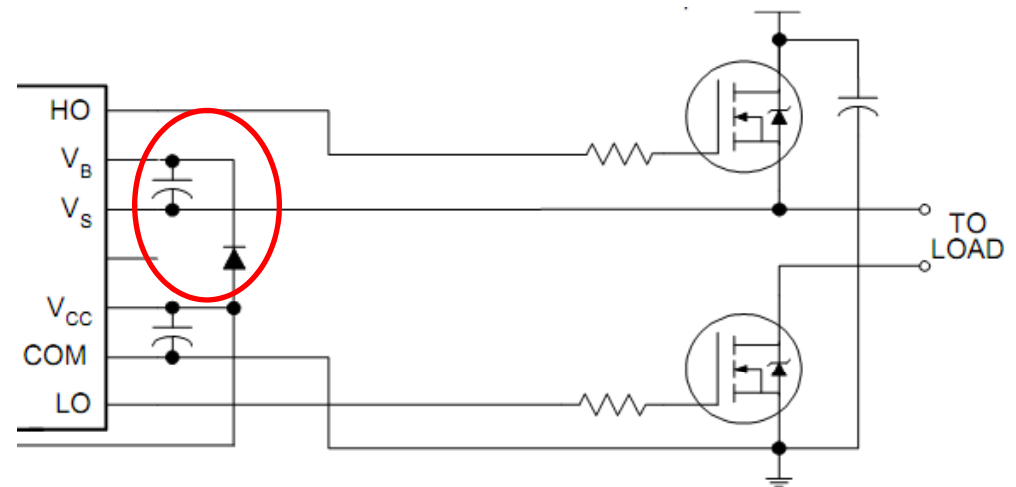
这是这款驱动芯片的精髓之一。



SCALE-2采用的推动级电路(2)

右图所示为一个典型的Bootstrap(自举)电路，它由一个二极管和一个自举电容构成，但是这种电路有一个很大的缺点。上管mosfet的驱动电荷来自自举电容，而自举电容能被充电的条件是----下管mosfet被打开；如果下管不打开或者开关频率特别低，都会影响到自举电容上的电压，从而影响上管mosfet的驱动。这就意味着，mosfet的开关行为与自举电路建立了联系，或者可以理解成，驱动电路与主电路有耦合，而这是不允许的。

因此，在SCALE2芯片的推动级加入了电荷泵电路(charge pump)，这种电路的目的就是解决：即使下管mosfet不开通的情况下，自举电容上面仍然有电压，可以顺利驱动上管mosfet。



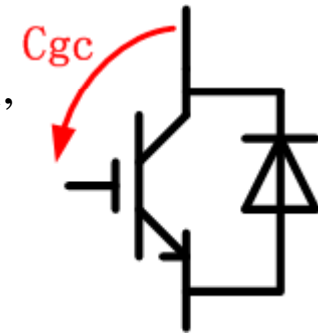
门极钳位电路的目的

在介绍门极钳位电路前，需要先介绍一下IGBT在短路时米勒效应的表现。

我们知道IGBT短路时会进入了线性区，这意味着，在线性区内，门极电压可以强烈地影响短路电流，如果门极电压高于15V，则短路电流也会冲高，比datasheet上给定的短路电流倍数要高，而这却是危险的。

在IGBT短路时，集电极电流 I_c 剧烈增大，由于米勒效应(C_{gc})的存在，在这个过程中，门极电位有上升的趋势。这种作用是来自集电极的，并不是来自驱动电路的。

如果不对门极电位进行钳位，短路电流可能会跑得非常高，IGBT也会超出短路安全工作区(SCSOA)，甚至latch up，从而出现危险。



门极钳位电路的目的：为了保证IGBT在短路时，短路电流不至于超过规定的范围。

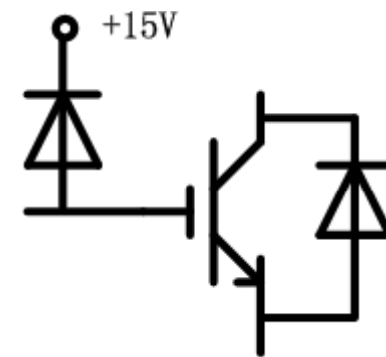
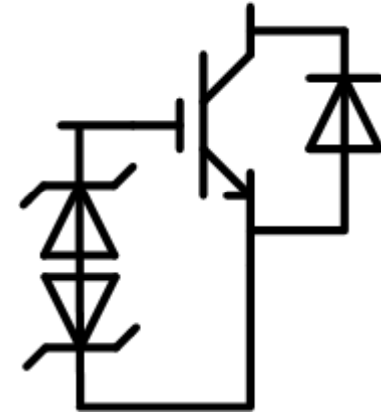
注意：门极钳位电路的价值只有在短路测试中才能看出来。

门极钳位电路的介绍(1)

门极钳位电路如右图所示，有两种办法：

1. 在IGBT的G和E直接接一个双向TVS，例如SMBJ13CA（反向击穿电压最低14.4V，另一TVS正向导通还有0.7V）；
2. 在门极上增加一个肖特基二极管，将门极钳位在+15V

这两种电路的目的是：在IGBT短路时，门极电位会上升，门极钳位电路会动作。通过TVS击穿将门极电压钳住(右上图)，或者是肖特基二极管导通将门极电压钳住(右下图)。

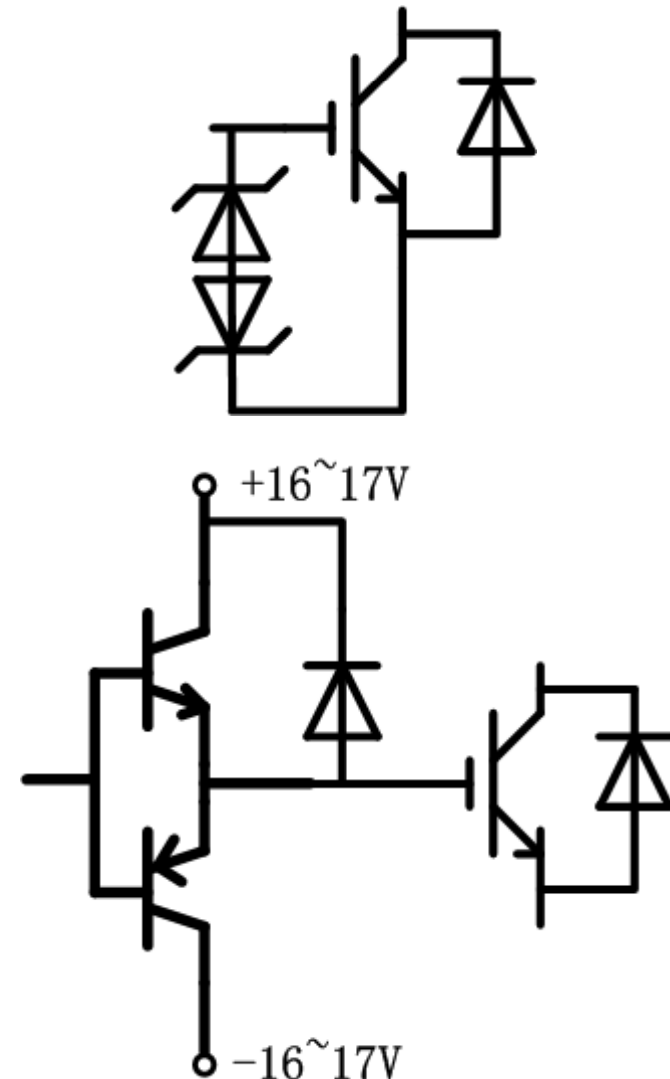


门极钳位电路的介绍(2)

右图所示门极钳位电路有一些缺点：

1. TVS为正温度特性，在温度较低时，TVS的击穿点会下降，可能会导致在正常工作时TVS导通；
2. TVS的击穿点有较大的离散性，导致设计时有一定的不确定性

右图所示电路，使用了推挽三极管，但由于三极管的CE压降，为了使门极上能得到+15V的电压，需要将电源电压做高一点，例如16V~17V，而且这个电压可能不是稳压源。在这种情况下使用肖特基二极管做门极钳位效果就不太好，因为门极电压要到17.5V才能被钳位，这个值太高了。



SCALE2驱动器的门极钳位电路的介绍

右图所示是基于SCALE2芯片组的IGBT驱动器的门极钳位电路。在这里有3个要素紧密结合，缺一不可：

1. mosfet组成的推动级，
2. 芯片组实现的被稳压的+15V，
3. 用肖特基二极管构成的门极钳位

三者的关系是：

- 1.用了mosfet做推动级，可以使电源电压控制在+15V即可；
- 2.用了+15V的稳压电源，再配合肖特基二极管构成的门极钳位，钳位的效果会比较好，且没有温度特性的问题。

门极钳位的使用与否的判断标准是短路测试时米勒效应的强弱程度。通常来讲，容量越大的IGBT，或者电流越大的IGBT，其短路时的米勒效应会越强。

