

非常见问题解答—第158期

用双极性方法驱动单极性栅极驱动器

作者: Ryan Schnell

共享



问:

是否需要专门的栅极驱动器来提供正负电压?



答:

不需要。可以调整单极性栅极驱动器,改用双极性方式驱动。

如果一个特殊的功率器件需要正负栅极驱动,电路设计人员无需特别寻找可进行双极性操作的特殊栅极驱动器。使用一个简单的技巧,就可以使单极性栅极驱动器提供双极性电压!

当驱动中/高功率MOSFET和IGBT时,一旦功率器件上的电压变化率较高,就会存在密勒效应导通风险。电流通过栅极-漏极电容或栅极-集电极电容注入到功率器件的栅极。如果电流注入足够大,使栅极电压高于器件的阈值电压,则可以观察到寄生导通效应,从而导致效率降低,甚至出现器件故障。

通过使用一个从功率器件栅极到源极或漏极的超低阻抗路径,或者通过为栅极提供一个相对于源极或漏极的负驱动电压,可以缓解密勒效应。密勒效应导通缓解技术的目标是当通过密勒电容的电流达到尖峰时,保持栅极电压在期望的阈值以下。

某些功率器件类型的完全关断甚至需要负电压,必须要求来自栅极驱动器的负电压驱动。器件制造商建议使用负栅极驱动电压的器件包括标准的硅基MOSFET、IGBT、SiC和GaN器件。

可在副边(功率器件驱动边)单极性电源下工作的隔离栅极驱动器种类繁多,但是,允许显式双极性电压驱动的栅极驱动器器件相比之下要少很多。克服缺少负栅极驱动器件的一种方法是将栅极驱动器相对于功率器件偏移,从而形成相对于功率器件的源极或漏极的负栅极驱动电压,而栅极驱动器IC仍然只看到单极性电源。单极性和双极性栅极驱动波形示例如图1所示。

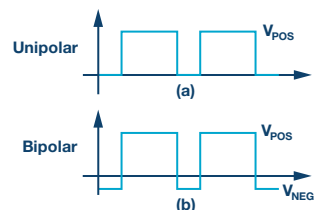


图1. (a)单极性和(b)双极性栅极驱动波形。

一个具有理想电压源的原理图如图2所示。在这个示例中,驱动器IC的供电电压等于 V_1 、 V_2 之和,而MOSFET的栅极驱动电压为导通状态下的 $+V_1$ 和关断状态下的 $-V_2$ (相对于MOSFET的源极节点)。请注意,在此示例中,两个电压源都已使用单独的电容去耦。栅极驱动器IC的有效去耦是电容的串联组合,小于每个单独电容的容值。如有需要,可以在 V_{DD} 和GND之间添加额外的去耦,但最重要的是要保持 C_1 和 C_2 作为提供低阻抗路径栅极电流的电容,在打开和关闭期间各自独立。

隔离栅极驱动器IC通常带有欠压闭锁(UVLO),以防止栅极驱动器的栅极电压太低时,功率器件发生弱驱动。如图2所示,在驱动单极性栅极驱动器时,必须注意UVLO的预期操作,因为UVLO通常以栅极驱动器的地为基准。考虑 $V_1 = 15\text{ V}$, $V_2 = 9\text{ V}$,且栅极驱动器UVLO约为11 V的情况,这是常见的IGBT的工作状况。如果 V_1 下降超过4 V,则UVLO不会触发,但在导通期间将在11 V以下驱动IGBT,因此IGBT发生欠压驱动。

为了解决这一问题,可以通过使用两个隔离电源来创建两个单独的电压源,但这种方法的成本往往令人担忧。如果使用反激式拓扑,则可以使用多个绕组抽头,从而可以相对容易地获得多个电压。

有些隔离电源模块可以提供隔离电源,并且一些制造商正选用适合功率器件的电压。其中一个例子是RECOM,其针对IGBT的器件产品线生成+15 V和-9 V的隔离电源轨。

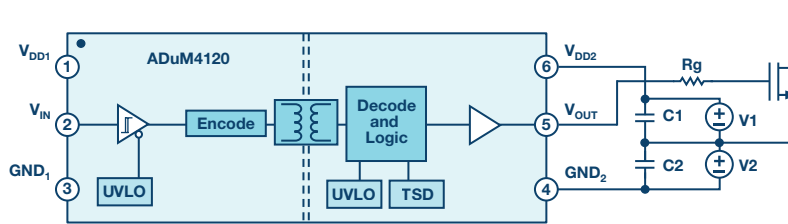


图2. 双极性电源的设置示例。

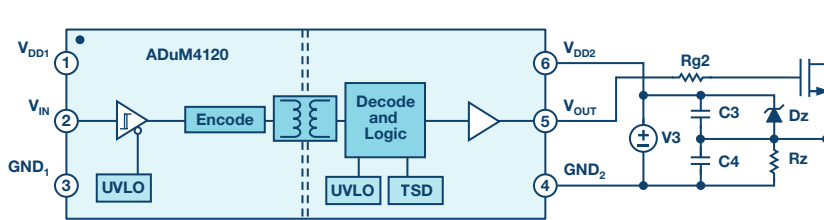


图3. 齐纳二极管示例。

对于如此大的电压摆幅，栅极驱动器所能承受的电压范围必须比其他器件更大。ADI采用*iCoupler*®技术的ADuM4135和ADuM4136 IGBT 栅极驱动器能在这种电压范围下正常工作，它们的建议电压范围可高达30 V。两款器件在输出边都提供了一个专门的接地引脚，使驱动器的UVLO能够以正电源轨为基准。ADuM4135还包括一个集成的密勒箝位，可进一步抑制密勒效应导致的栅极电压突变。

从单电压源产生双极性电源的一个简单方法是使用偏置齐纳二极管以生成第二个电压源。虽然栅极驱动器在功率器件的导通和关断期间提供高电流，但是实际需要电源提供的平均电流相对较低，对于大多数应用而言通常在几十毫安范围内。

使用齐纳二极管既可以调节正电压，又可以调节负电压，并且可以基于哪个电压轨需要更高的精度来进行选择。图3所示的设置示例是调节正电压，而不是负电压。需要正电压调节的一个可能原因是，栅极驱动器对栅极电压有严格的容差要求（例如某些GaN器件的情况）。调节正电源还有一个额外的优势，即允许栅极驱动器的UVLO按预期工作，因为 V_3 的任何波动都会被齐纳二极管衰减，直到 V_3 低至无法提供齐纳二极管的工作电压。

使用齐纳二极管由一个电源生成两个电源还具有节省布局空间的优势。齐纳二极管和电阻不仅有效地取代了整个隔离电压源，而且通过使用单极性隔离栅极驱动器，可以采用六引脚器件（例如ADI采用*iCoupler*技术的ADuM4120），从而可在栅极驱动器IC附近的隔离爬电区域节省更多空间。

使用ADI的ADuM4121和GaN Systems的GS66508T创建的齐纳二极管双极性设置参考示例，可创建一个半桥。这个示例的设计旨在以器件源极为基准生成一个+5 V和-4 V驱动。通过使用不同的齐纳二极管和相同的9V隔离电源，可以轻松地将这个示例改为+6 V和-3 V驱动。较大的死区时间用于将密勒突变与其他关断瞬变从视觉上区分开，但实际上，ADuM4121可实现更短的死区时间（几十纳秒范围内），这是高效GaN设计的一个重要指标。

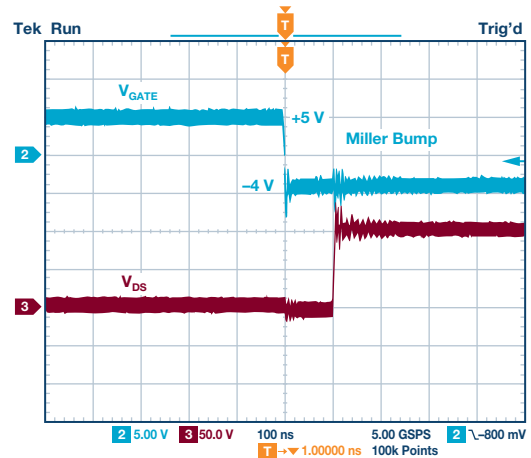


图4. ADuM4121和GS66508T的实验结果。

创建可以缓解密勒效应寄生导通的栅极负电压驱动器并不一定很复杂。许多现有的单极性工作的栅极驱动器，借助很少的外部电路就可以轻松驱动栅极负电压。确实还需要考虑一些其他因素（如有效UVLO电压），但这种方法的优势更大。

Ryan Schnell [ryan.schnell@analog.com] 是ADI公司的应用工程师。他的工作涉及使用*iCoupler*技术来实现隔离的隔离式栅极驱动器，以及各种电源管理产品。他拥有科罗拉多大学电气工程学士和硕士学位，以及电源电子学博士学位。



Ryan Schnell