

浅谈脉冲驱动变压器

在开关电源设计中，常常会用到驱动变压器来实现隔离、浮地、增大驱动能力等目的，是电源中非常重要的一部分，如果设计不好直接决定整个项目的成败，以及电源产品的品质好坏。

1、采用驱动变压器的原因

在开关电源设计中有较常用的电路拓扑：外驱 BUCK、外驱 BOOST、推挽、半桥、全桥、双管反激、双管正激等，这些电路拓扑中的开关管需要浮地、或互补、或同频同相同幅驱动，在手头只有较常规的单输出 PWM 控制芯片，又不想再增加成本引进新驱动芯片的情况下，采用驱动变压器是最好的选择，它不仅用作开关电源半导体元器件的驱动电脉冲（如功率 MOSFET 或 IGBT），还可用作电压隔离和阻抗匹配。此外，在二次侧同步整流管的驱动电路也常常选择使用驱动变压器来实现他激驱动控制。其实大多数开关电源加驱动变压器的最主要目的是为了隔离和实现浮地，上管跟下管不共地时，IC 只能直接推动下管，上管就必须隔离驱动了。其实，现在也有很多专用的隔离驱动 IC，也可以获得和驱动变压器相近的效果，但是这种集成的隔离驱动 IC 有些明显的缺陷，就是导通和关断有很大的延迟、需要增加额外的驱动电源、以及设计难度大。而驱动变压器则不同，这种变压器耦合方式的优点是延迟非常低，无需增加额外的驱动电源，而且通过匝比设计，还可以在很高的压差下工作。相比于专用的隔离驱动 IC，这种变压器驱动可设计的方式更多样，可以随时调整。

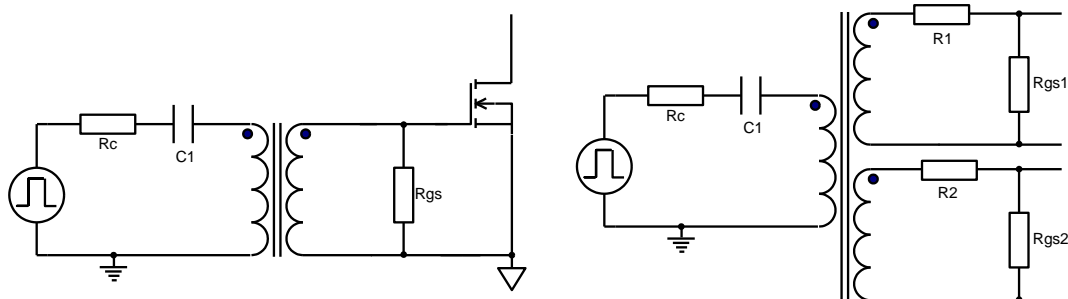


图 1 驱动变压器电路图

2、磁芯的选择

典型的脉冲驱动变压器一般多是用铁氧体磁芯设计制造的，这样可以降低成本。高频条件下铁氧体具有很高电阻率，涡流损耗小，价格低，是高频变压器磁芯的首选，缺点是磁导率通常较低。常用磁芯的外形大多数是 EE、EER、ETD 型。它们都是由“E”型磁芯和相应的骨架组成。这些骨架可以采用表面安装法或通孔安装法装配。在有些情况下，也采用环形磁芯设计制作驱动变压器，这样的优点是漏感很小，但磁环的绕制工艺比较麻烦由于是采用小磁环，所以必须要人工绕制，成本会增加。所以不同应用者：有的看性能、有的看价格、有的看性价比，不同的使用者关注点不一样。

3、驱动变压器的设计和关键参数分析

驱动变压器的计算可以参照正激的方式设计，初级匝数 $N_p = \frac{V_{in_min} * D_{max}}{\Delta B * A_e * f}$ ，通常情

况下，匝比一般选择 1:1 即可。

在设计驱动变压器时，其关键电气参数中的两个参数（漏电感值和绕组电容量）是需要控制的。因为大的漏电感值和绕组电容量可能引起诸如相位漂移、时间误差、噪声和上冲等不合乎使用要求的输出信号。理想情况下，驱动变压器是不储存能量的。不过实际上驱动变压器还是储存了少量能量在线圈和磁芯的气隙形成的磁场区域，这种能量表现为漏感和磁化电感。尽管 MOS 管驱动器变压器的平均功率很小，但是在开通和关闭的时候传递很高的电流，为了减少延迟，保证驱动的稳定、安全可靠，也为了抑制高频振荡，保持低漏感仍然是必须的。对于驱动变压器绕组的电容量我们希望其值小于 100pF。布板的时候尽量让驱动靠近开关管，高频电流回路面积尽量做小，控制电路尽量远离高频回路。

我们知道绕组越接近磁心表面漏感越小，绕组匝数越少，越容易作到这点；另外磁心的电感系数越高、磁导率越高，导磁能力越好，漏感越小。所以大多驱动变压器、网络变压器都用高导材料来做。另外在一个变压器中分布电容和漏感是两个矛盾的参数，但是通过绕制方法可以折中处理。对于上升沿的时间和下降沿的时间，磁心材料尤其是绕制工艺是非常关键的。

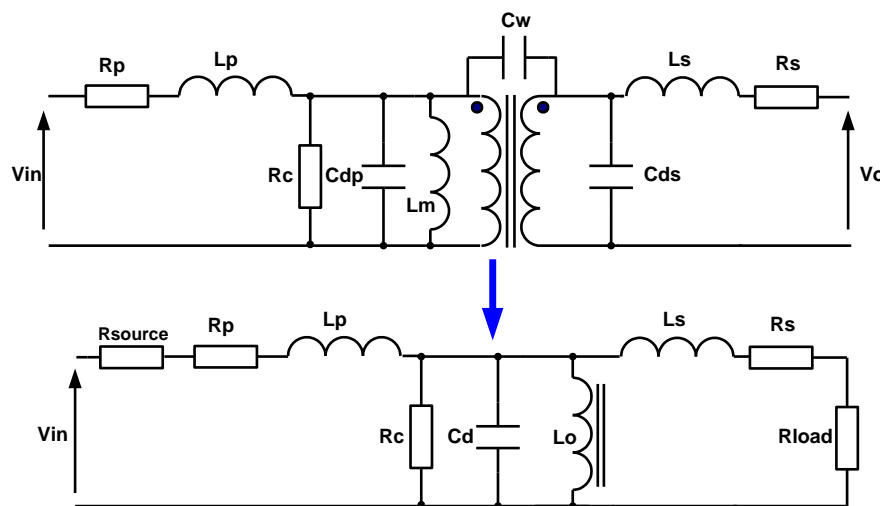


图 2 驱动变压器的微等效电路图

从图 2 可以看出，负载等效转换后是和励磁电感并联的，我们所希望的是能量都加在负载上，那么最好是要求励磁电感无穷大最好，但是实际不可能的。驱动变压器这种本身功率并不是很大的情况，尤其要求励磁电感要大些，不然励磁电流大了，那么驱动变压器的效率

就小了。驱动变压器、网络变压器等都属于弱信号类变压器，传输功率小、信号弱，这类变压器和大家最熟悉的开关电源功率类变压器差别较大，因此一定要区别对待。像这些弱信号变压器更加关注的是变压器波形的完整性，也就特别要关注微等效电路。相对开关电源功率类变压器，信号变压器更敏感，设计和工艺部分要求严格。

4、驱动变压器的绕制

驱动变压器主要作用是隔离驱动，将波形传递给需要浮地驱动的 MOSFET，如果绕制工艺设计不好，会导致波形严重失真，造成很大的干扰，影响整个产品的效率与 EMC。驱动变压器的电流并不大，一般对趋肤效应与临近效应考虑得不多，主要考虑的是耦合效果，也就是说对信号传递的不失真度和稳定性。绕组在弱耦合状态下会产生漏电感。绕组的匝数较多以及在制造过程中绕组的线匝排列不均匀时都将产生大的绕组电容量。在变压器的电气参数设计阶段和规范的制造过程中，可以保证漏感减至最小值。那接下来就以单端双管正激的驱动变压器为例，来说说其绕制方法。

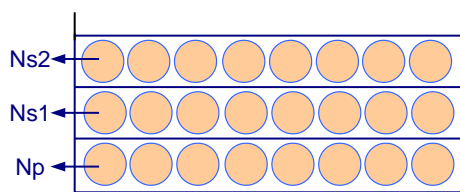


图 3 初级-次级绕法

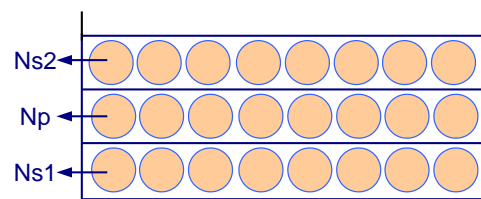


图 4 次级包初级绕法

图 3 这个是普通的初级-次级绕法。这样的变压器绕制工艺简单，绕组的用铜量少，成本低廉。但是缺点也明显，当用于传输的波形频率较高时，特别是大功率电源的驱动时，容易产生失真，上升沿与下降沿时间变长，且有明显的振荡。针对这样的情况，推荐使用次级包初级，初级包次级，三明治绕法等几种绕制方法来改进，如图 4、图 5 和图 6 所示。

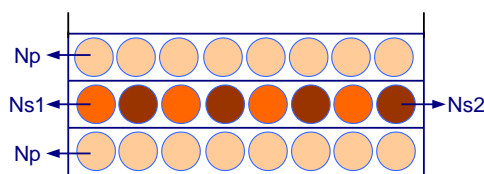


图 5 初级包次级绕法

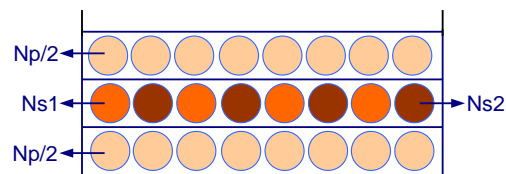


图 6 三明治绕法

如果要采用磁环绕制，能在一层内绕完初次级的所有线圈是最好的，而且初次级圈数相等是漏感最小的，如果初次级圈数不等，也要让初次级都能均匀分布在窗口上。也就是说初级或者次级紧密排绕一层绕不满整个窗口，就要均匀分开绕，让初级和次级整个绕组刚好能排满整个窗口。实际不一定非要只绕一层，只要均匀排满整个窗口，就算初次级各占一层，漏感也不会太大，一般驱动也够用了，除非对驱动速度要求极高。