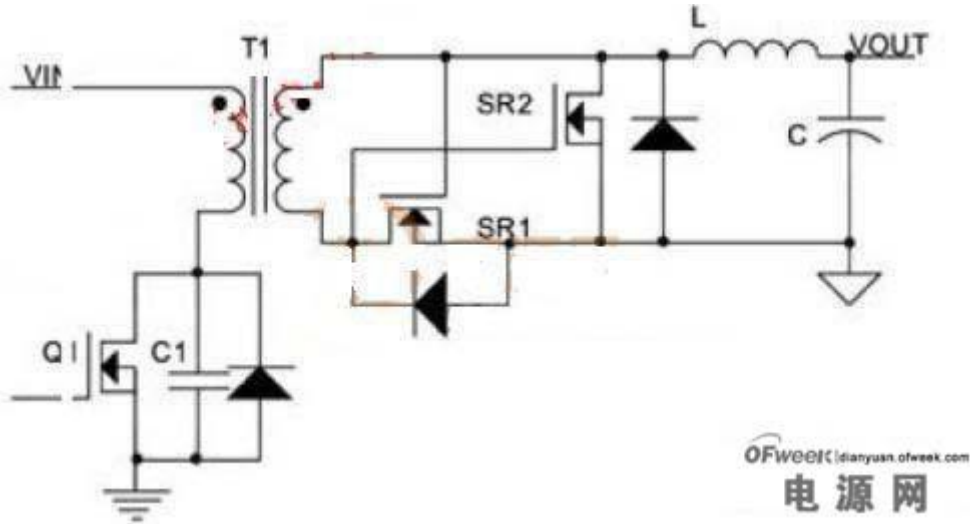


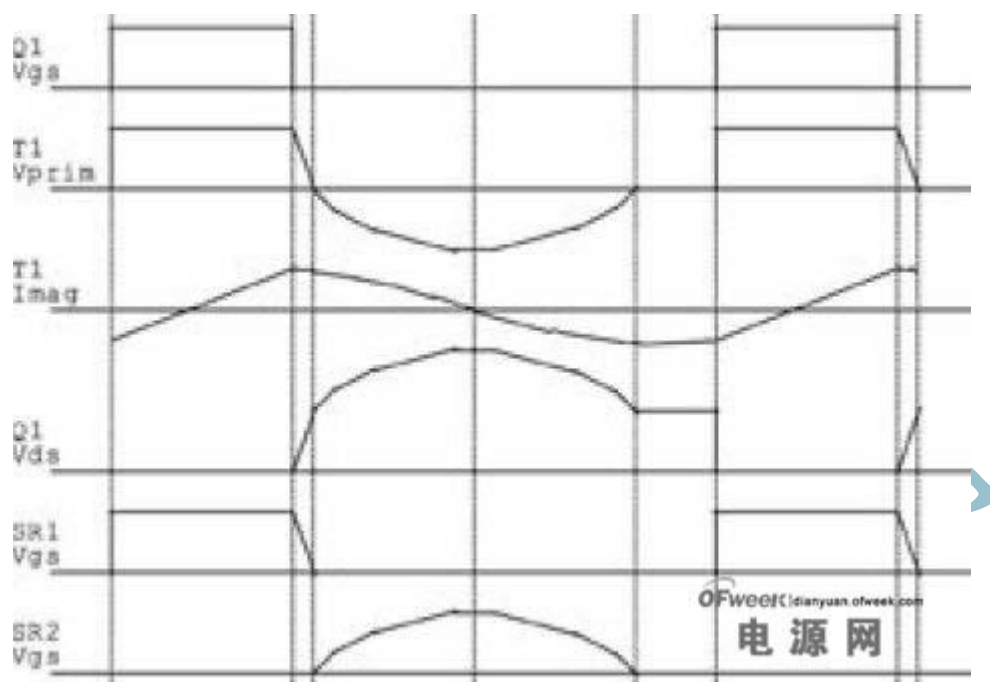
同步整流技术的 DC-DC 模块电源设计

1、基本电路



2、基本同步整流电路

如图 1 所示电路，其副边为基本同步整流电路，关键波形见图 2. 当原边主开关管 Q1 开通时，通过变压器 T1 向副边传输能量，副边工作在整流状态，此时 SR1 的 V_{gs} 电压为变压器副边绕组电压，极性为正，SR2 的 V_{gs} 电压为零，因而 SR1 导通，SR2 关断；当原边主开关管 Q1 关断时，变压器 T1 原边绕组的励磁电流和负载电流流经 C1，C1 上的电压开始上升，当 C1 电压升至 V_{in} 时，原边绕组中的负载电流下降为 0，在励磁电流的作用下原边励磁电感 L_m 与电容 C1 进行谐振，谐振电压 V_r 为正弦波，谐振周期 $T_r=2\pi \sqrt{L_m C_2}$ ，谐振电压 V_r 加到变压器 T1 的原边绕组上使 T1 磁复位，同时，副边也进入到续流状态，此时 SR1 的 V_{gs} 电压为 0，SR2 的 V_{gs} 电压为变压器副边绕组电压，电压波形为正弦波，极性为正，因而 SR1 关断，SR2 导通；这样的工作状态会周期性重复。



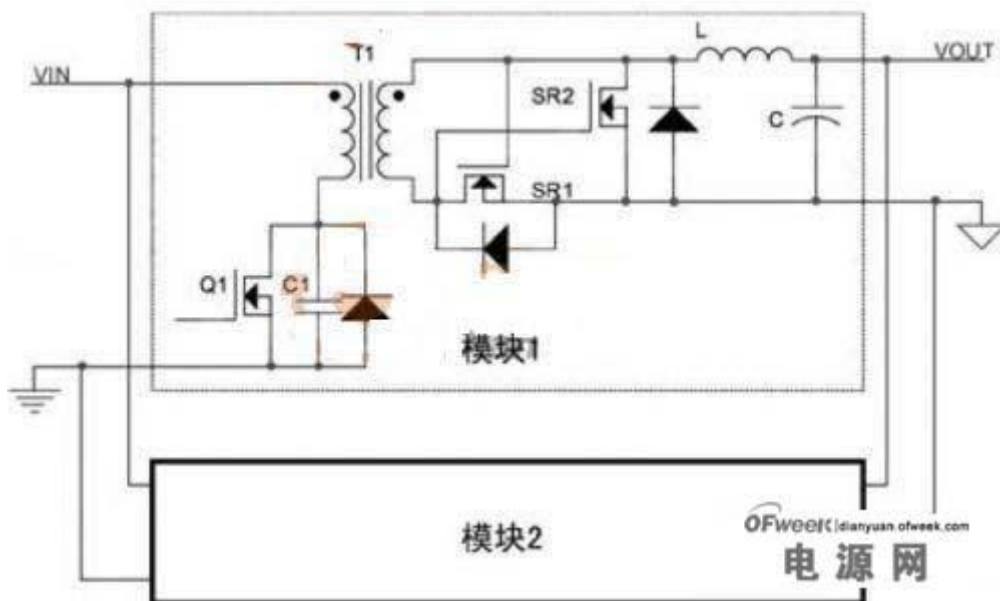
3、基本同步整流电路的问题

3.1、续流管的驱动

如图 2 中 SR2 的 Vgs 波形，由于驱动 SR2 的是正弦波谐振电压，受主开关的占空比和谐振参数的影响，电压波形变化较大，驱动效果也不理想，模块效率较低。

3.2、输出并联

将两个采用基本同步整流电路的 DC-DC 模块电源输出并联将会产生很多问题，其中的一个严重问题就是“电流反灌”。下面通过一个简单的例子说明“电流反灌”现象。如图 3 所示，当模块 2 正常工作而模块 1 被关断时，模块 2 的输出电压 VOUT 会通过模块 1 内部的 L、T1 的副边绕组分别加到 SR1、SR2 的 G、S 之间，SR1、SR2 会因此导通并流过较大的电流，同时，模块 2 的输出电压 VOUT 会被拉低。对于模块 1 来说，此时的电流是反向流入模块的，称之为“电流反灌”现象。在 N 个模块并联的系统中，设每个模块的最大输出电流为 I_0 ，当其中一个模块被关断时，流入这个模块的反灌电流将会达到 $(N-1) \times I_0$ ，这将会带来严重的后果。

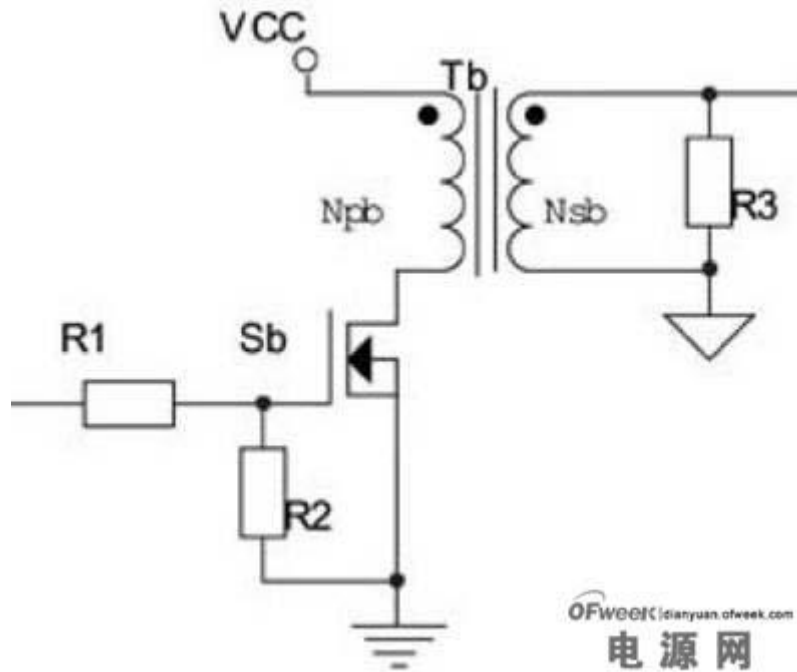


4、改进的同步整流电路

4.1、电路描述

改进的同步整流电路如图 4，副边同步整流管 SR1 移到上端，SR1、SR2 采用共漏极接法，从变压器抽取 N1、N2 绕组，N1 绕组用于驱动 SR1，N2 绕组经半波整流用于驱动 SR2，原边同步信号 SYNC 经隔离，驱动小功率 MOSFET S1，用于关断 SR2。其中的隔离驱动电路可以采用类似图 5 的典型电路。关键信号的时序关系如图 6 所示。





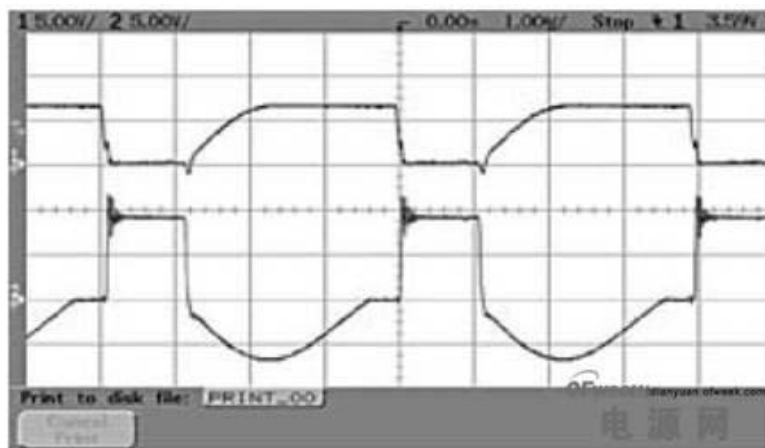
4.2、续流管的驱动

改进的同步整流电路通过半波整流的方式驱动 SR2, 驱动信号通过二极管 D1 给 SR2 的 G、S 间的等效电容 C_i 充电, 由于 MOSFET 门极的输入阻抗很大, V_{gs} 将保持驱动信号的峰值不变, 直到 SYNC 信号导通 S1, 将 SR2 的 G、S 间的电荷放掉。因而 SR2 的 V_{gs} 波形接近方波, 并能维持到续流过程结束 (见图 6 中 SR2 的 V_{gs} 波形)。改进后的效率会更高。

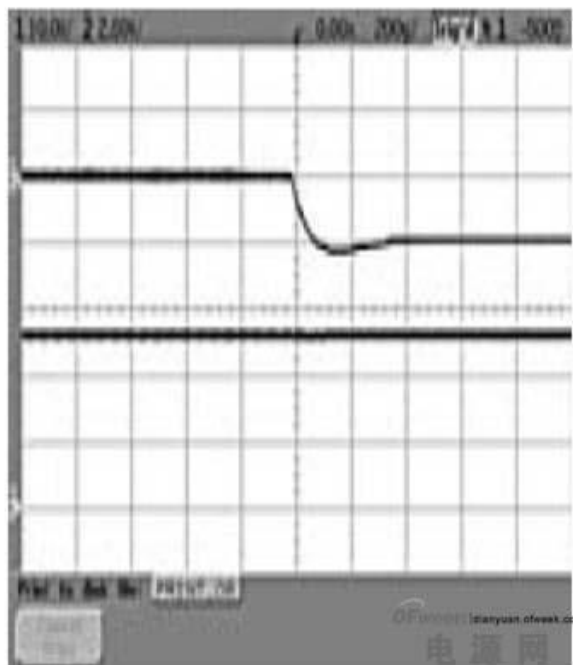
4.3、输出并联

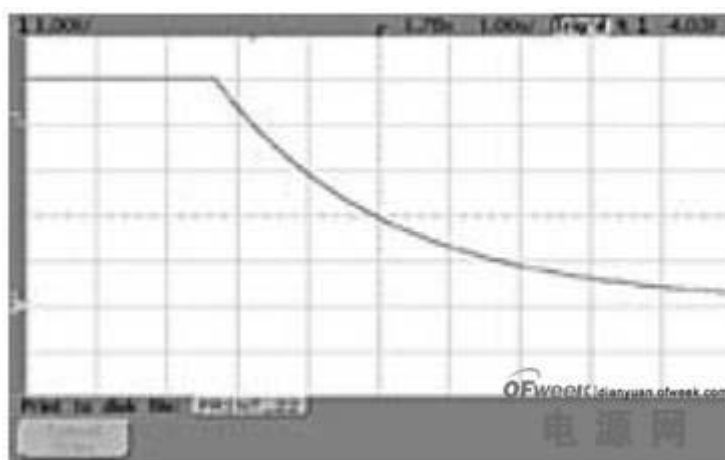
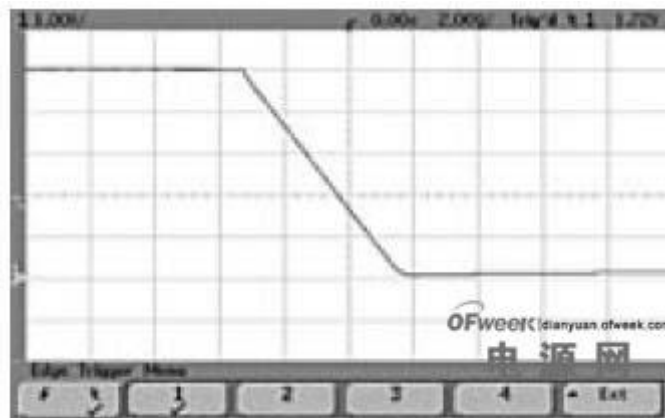
改进后的同步整流电路能够支持多个模块输出并联。如图 7 所示, 由于采用单独的绕组 N1、N2 驱动同步整流管 SR1、SR2, 同步整流管的门极与输出端 VOUT 没有直接联系, 当模块 1 关机后, SR1、SR2 的驱动电压均为 0, 相当于二极管特性。在其它工作状态, 如启动、待机、动态负载等情况下, 并联模块也能正常工作。

5、应用结果



改进的同步整流技术应用在 48V 输入，5V@20A 输出的 DC-DC 模块电源上，效率可达到 90% 以上。图 8 显示了正常工作期间同步整流管的驱动波形，其中通道 1 是续流管的驱动波形，通道 2 是整流管的驱动波形。可见两管的驱动波形既保证了适当的死区以避免直通，又能使通过二极管导通的时间尽量缩短，因而同步整流的效率很高。图 9 显示了两个模块并联，当其中一个模块关机时，在输出并联母线上的电压波形，其中通道 1 是模块 1 的关机信号，通道 2 是输出并联母线上的电压波形。可见当其中一个模块关机时，输出并联母线上的电压不受影响。图 10 显示了单个模块在输出轻载和空载情况下关机的输出端电压波形，可见在关机后模块的输出电压平缓下降，不会出现振荡，其特性与肖特基整流的模块电源基本一致。





6、总结

本文针对基本同步整流技术在应用中存在的一些问题进行了分析,并提出了改进的同步整流技术和具体的电路,该技术已应用在具有工业标准的砖系列DC-DC 模块电源中,并在实际应用中表现出优良的性能和兼容性。