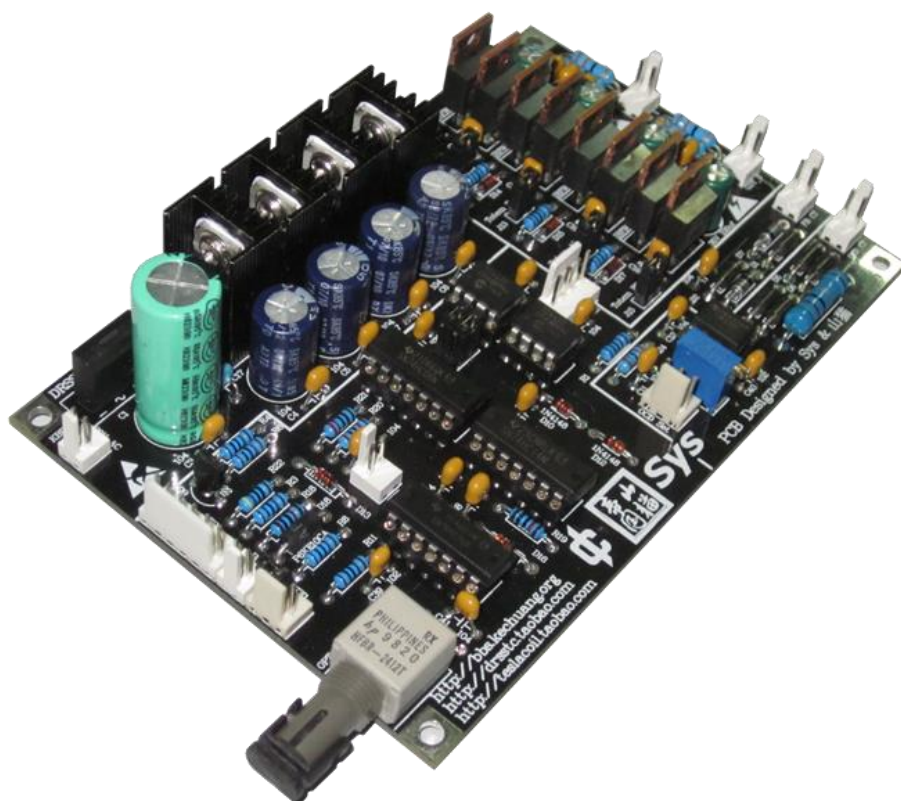




电子特斯拉线圈驱动板使用手册

(适用于 DRSSTC driver board UD-1.3B extreme edition)



130mm × 84mm

双面 FR-4 板材

感谢您购买由山猫 & Sys 精心设计的固态特斯拉线圈驱动板，为了在使用中减少不必要的麻烦，以及更好的使用驱动板，在您使用前请认真阅读使用手册，谢谢！



年龄声明

由于无法准确获取使用者的真实年龄，购买者在使用前首先确定自己年满 16 周岁，如未年满 16 周岁请不要进行操作或实验，年满 16 周岁未
满 18 周岁的，在进行操作或实验前要确保仔细阅读过本手册中相关的安全
信息，并在家长的监督下进行操作或实验。



免责声明

制作与操作固态特斯拉线圈可能会导致人身伤害或财产损失，由此造
成的后果与本驱动板设计者无关。设计者并非专业人员，本文档仅供参考
之用，不保证其完整性和准确性。另外，设计者也没有义务提供除本驱动
板外的其他额外的技术支持。



安全警告

由于固态特斯拉线圈工作在强磁场、强电场状态下，会在周围的金属物件上包括电线、电缆、以及附近的电子设备上产生感应电流，并产生强烈的电磁辐射。因此周围如有植入/非植入式电子医疗设备携带者时，开机实验可能会造成这些设备的失灵导致有生命危险。

出于以上原因，请确保使用的设备良好接地，并确保操作期间距固态特斯拉线圈至少 5 米的距离。固态特斯拉线圈是非常危险的装置，操作要时刻注意保持安全距离！

固态特斯拉线圈控制与功率输出部分均有大于安全电压的电压，操作与调试时禁止与肢体部位的直接接触。

固态特斯拉线圈中有大容量储能器件，断电后其仍有足以致命的电压，调试时要先释放储能器件中的电荷。装有泄放元件时，待数分钟后再进行调试，禁止手动短路放电，这样会损坏储能器件。

严禁拆下光纤头使用同轴线传输调制信号。

固态特斯拉线圈在放电期间会产生大量臭氧，要确保实验场合良好通风。

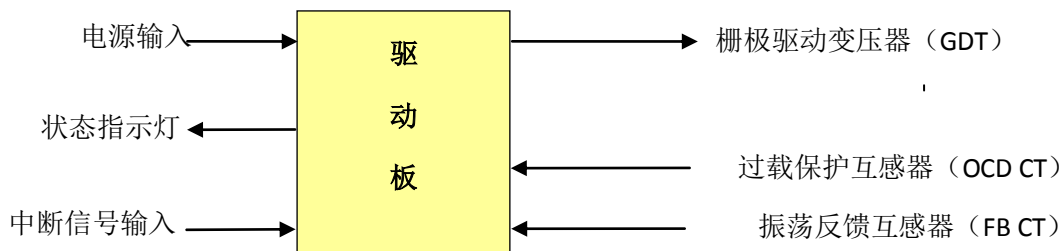


火灾警告

由于固态特斯拉线圈在工作时，功率元件、散热器等部分会产生热量，特别是连续工作时将会非常的明显，所以要在固态特斯拉线圈工作场合放置相关的灭火设施，附近严禁放置易燃易爆物品，并保证散热风扇在整个工作过程中都处于工作状态。

必备仪器

固态特斯拉线圈的调试过程中，需要用到示波器、信号发生器、万用表，其中示波器是必备的仪器，如果没有示波器不要盲目调试。



驱动板连接示意图

驱动板特点：

- 以 ST 的 UD1.3b (DR4) 为基础，优化了部分设计。
- 全板采用优质电子元件！
- 双组图腾输出，每组采用独立供电，驱动能力更强。
- 自带 CW 抑制功能，默认开启。
- 整板功耗极低，最大不超过 10W（空载）。
- 3LED 指示，全部插件引出。
- 光纤接口输入中断信号。
- 专业的双面布线设计。全部采用直插元件。
- 本驱动电路适用于大中小型电子特斯拉线圈，可以用于 DRSSTC, SSTC, ISSTC！用于大型 TC 可 GDT 直推 IGBT 模块！



应用参数：

		最小	缺省	最大	单位	备注
振荡反 馈输入	输入电流峰值			2	A	
	频率范围	20		600	KHz	
过载保 护输入	输入电流峰值			1	A	1
	负载电阻		5.1		Ω	1
	基准电压调整范围	1.4	3	7.6	V	2
驱动输 出	输出电容		3		μf	
	输出电阻		33		Ω	
	输出电压峰值		± 18		V	
	输出电流峰值			35	A	3
中断信 号输入	脉宽	2.5		500	us	
	频率	1		4000	Hz	4
	占空比	1		40	%	
	光纤头型号		HFBR2412			
	光纤接口类型		ST			
脉宽保 护限制	额定脉宽限制				us	
电源输 入	输入电压	15	18	22	V	
	工作电流		500		mA	
尺寸	PCB 尺寸		130 $\times$ 84		mm	
	固定孔间距		X-123.2	Y-77.2	mm	
电气接 口类型			KF2510			

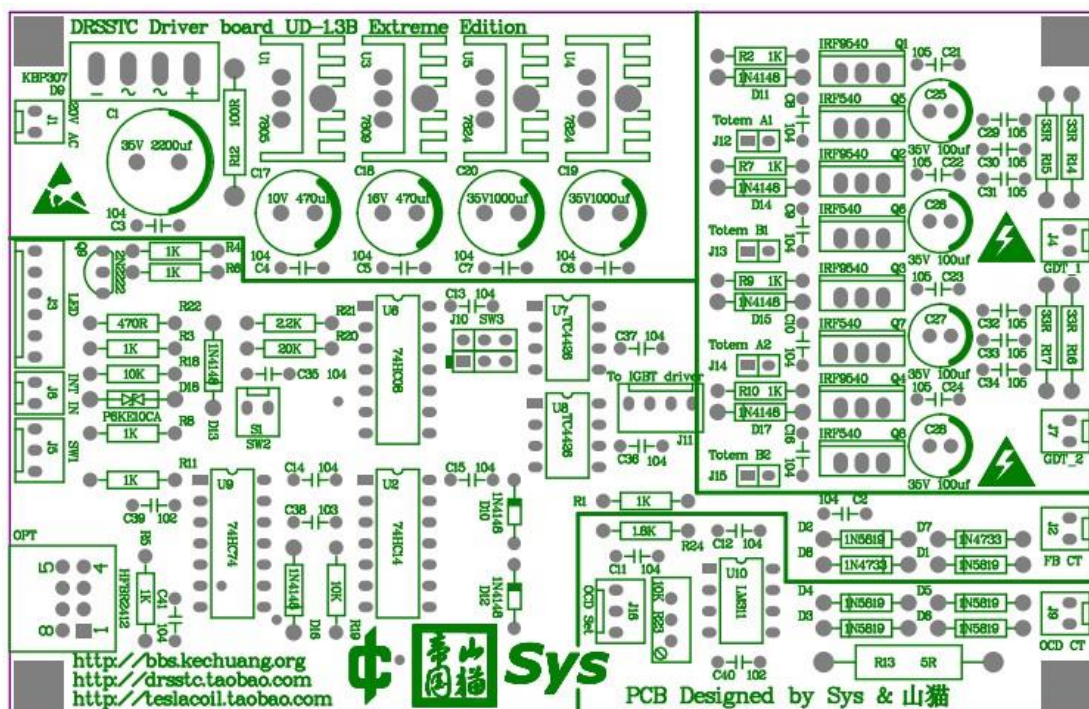
备注 1：默认取样电阻下的数值，详见第 9 页，取样电阻的选择

备注 2：详见第 9 页，基准电压的调整

备注 3：条件测试

备注 4：最高频率受输入脉宽的限制

备注 5：本驱动板不适合连续波（CW）工作模式



接口定义：

20V AC : 电源输入。

INT IN : 中断信号输入，用于金属线缆传输信号。

SW1 : 切换光纤和电缆之间的中断信号输入。

SW2 : 脉宽保护功能选择。

To IGBT driver: 连接 IGBT 驱动电路的接口。

OCD set : 调试 OCD 动作电压与电流监控。

GDT_1 : 输出，连接栅极驱动变压器。

GDT_2 : 输出，连接栅极驱动变压器。

FB CT : 信号反馈接口。

OCD CT : 电流检测接口。

SW3 : 输出相位切换。

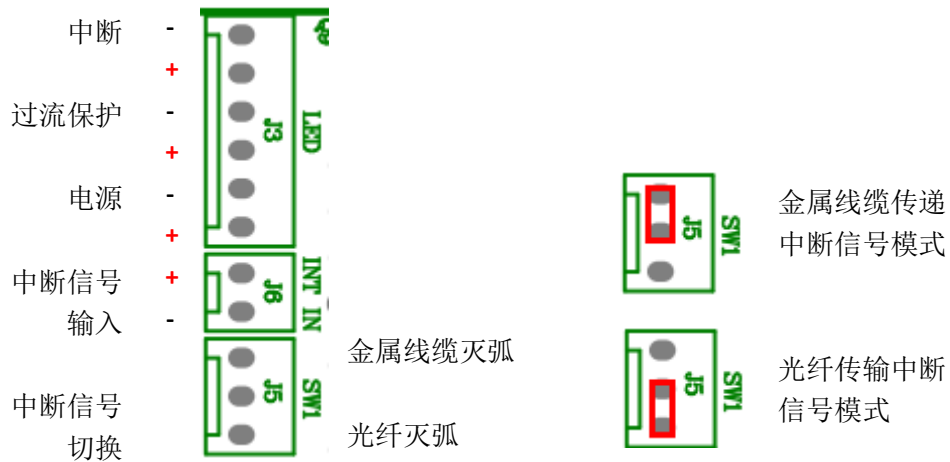
J12-J15 : 图腾柱功能选择，决定是否开启。

Update: 2013-1-31

山猫



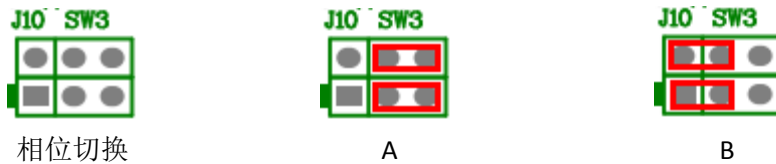
接口定义图示：



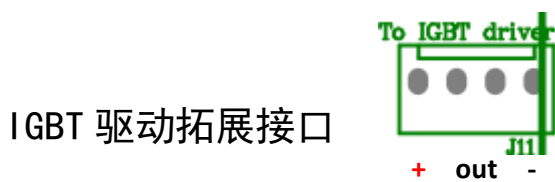
图一



图二



图三



图四



图五



驱动板的连接与安装：

1. 为了降低电磁干扰对驱动板的影响，强烈建议为驱动板搭配合适的非磁性金属外壳，本套件中已经配好了铝型材外壳，直接使用即可。
2. 准备一个 10W 左右 220V 转 18-24V 的变压器，将次级输出线绕成双绞线，并做好 KF2510-2P 插头（无压线工具时，可采用焊接方式做插头）并插到 20V AC 座上，变压器要单独供电，不要和桥供电接到一起。
3. 将附带的机压 KF2510 带线簧片引线端焊接 LED，另一端插入 6P 插头内，注意极性（如图一），然后插到板子上的 6P 插座上。（购买驱动器的用户，LED 插头已经做好了，可以跳过这一步）
4. 将做好的振荡反馈互感器（过流保护互感器接法与此相同）的两根线绕成双绞线，然后破皮并使用压线工具压在附带的 KF2510 簧片上，没有压线工具可采用焊接的方式将线焊接在簧片上，做好簧片后插入到 KF2510 2P 插头里，然后插到驱动板的 FBCT（过流保护互感器插到 OCD CT）插座上。振荡反馈互感器与过流保护互感器的制作方法详见第 12~13 页。
5. 将做好的栅极驱动变压器的初级引出两根线并绕成双绞线，然后破皮并使用压线工具压在附带的 KF2510 簧片上，没有压线工具可采用焊接的方式将线焊接在簧片上，做好簧片后插入到 KF2510 2P 插头里，然后插到驱动板的 GDT 插座上。GDT_1 和 GDT_2 可以任选一个，驱动模块的时候需要同相位并联使用，相位见（图五）。栅极驱动变压器的制作方法详见第 14~16 页。



在调试过程中有可能会不会出现不起振的情况，是因为振荡反馈互感器的相位接反，可以通过 J10 SW3 的跳线调整输出相位，如图三 A 或图三 B 所示。**注意：调试时先释放掉储能元件（桥主滤波）中的电荷。**

过流保护的调整：

1、 取样电阻的选择

默认的取样电阻 R8 为 5.1Ω / 2w 的金属膜电阻。按互感器的比例 1：1000，保护电路最大输入电压 7.6v，取样电阻两端电压最大为 7.6，最小为 1.4v，流经取样电阻的电流最大= $7.6 \div 5.1 = 1.49A$ ，最小= $1.4 \div 5.1 = 0.27A$ ，允许 LC 回路的最大谐振电流为 $1.49 \times 1000 = 1490A$ ，最小谐振电流为 $0.27 \times 1000 = 270A$ 。这只是理论计算值，如需得到精确的谐振电流，需要自己另外做一个 1：1000 的互感器，并联精度高的取样电阻，使用示波器进行测量。如谐振电流小于 250A 时保护电路始终不会动作，谐振电流大于 1490A 时，根据 $R = 5 \div (I \div 1000)$ 算出取样电阻的阻值并代换 R8，或者在 R8 两引脚上并联相应阻值的电阻，这里要说明一下，由于实际使用中各种误差的存在，同时也要给保护电路一个宽的调整范围，R8 的选择要比计算值小一些，如计算 R8 为 5.6Ω 可以选择 5.1Ω 或者 4.7Ω 的取样电阻。

2、 基准电压的调整

基准电压是当保护电路输入电压达到或超过基准电压时，动作并输出保护控制的参考电压。板载 10k Ω 多圈精密电位器，调整时使用数字万用表测量 J16 端子基准电压引脚（见图二）对地的电压，最大可调整到 7.6v，为了让保护电路有一个较宽的工作范围，实际使用中不要超过 3.6v。基准



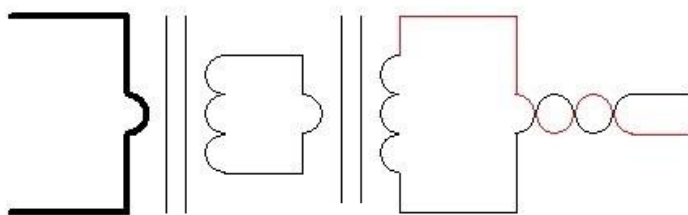
电压的计算，根据 $U_{ref} = I \div 1000 \times R - 1.4$ 进行计算， I 为需要保护的谐振电流峰值单位 A， R 为取样电阻阻值单位 Ω 。



互感器的制作

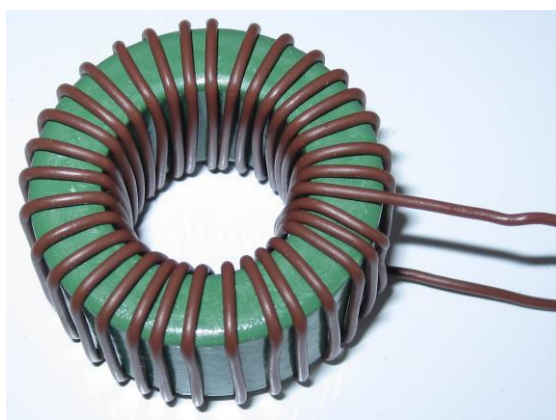
互感器的制作方法多种多样，这里只介绍一种目前使用比较普遍也非常适合本驱动板的互感器，比例 1: 33: 33 的双磁环结构，总比例为 1: 1089，后续

计算时可按 1: 1000 计算（原理图见图六）。推荐使用 $25 \times 15 \times 12$ 的锰锌铁氧体黑环或绿环（严禁使用铁粉或铁硅铝磁环），线材推荐使用超 5 类网线，去护套后将线对拆成单根拉直，这里需要说明一下，市场上网线种类繁多，购买时要注意线径最好大于 0.5mm 且为纯铜。制作方法：



图六

1、准备好四个磁环、拆成单根的网线 4 根，并分别在四个磁环上缠绕 33 匝后引出，引线长度自己掌握，圈数计算按穿过磁环内芯的条数，间距掌握好，正好绕磁环一周为佳，如图七。



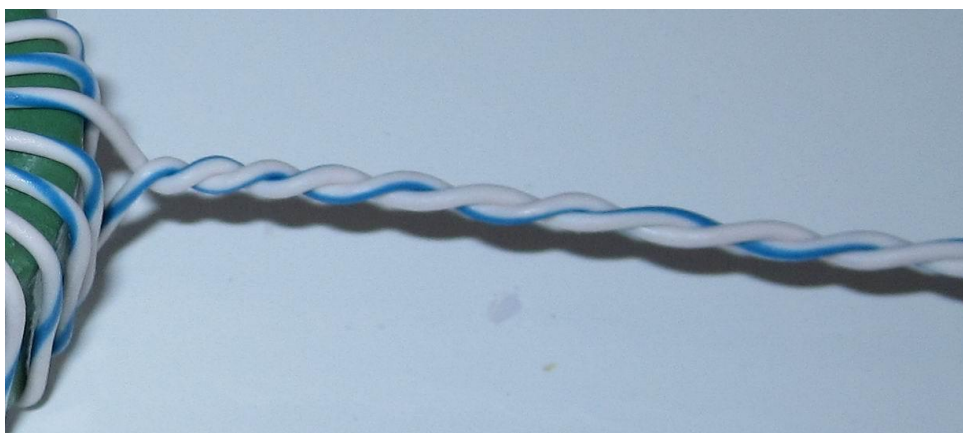
图七



2、互感器做好后，将其中的一个互感器的引线单根的穿到另一个互感器，并直接焊接，为了方便理解，见图八。然后引出合适长度的引线并绕成双绞线。见图九。



图八



图九

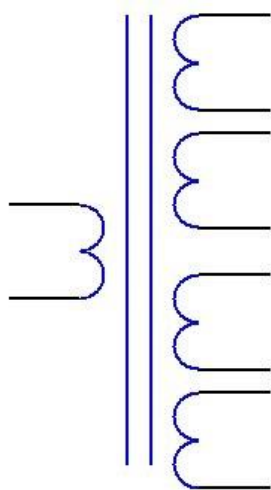
3、以上内容中振荡反馈互感器，针对 DRSSTC 工作模式下的初级反馈，在 SSTC 工作模式下应采用次级反馈，并且使用单磁环采用 0.25mm 漆包线绕制 50 圈或者 100 圈。



栅极驱动变压器的制作

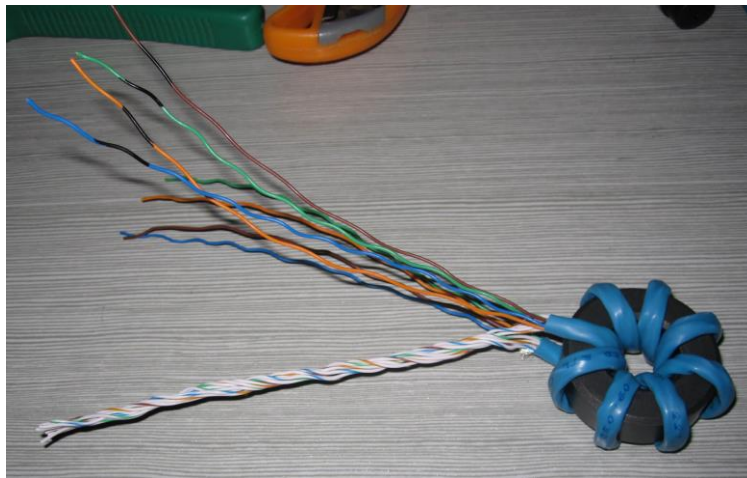
栅极驱动变压器的制作方法也是多种多样，这里只介绍一种通用、简洁、漏感低、耦合高，合适半桥、全桥的栅极驱动变压器，比例 1:1（原理图见图十），**注意：此种制作方式只适用于 UD 系列版本的驱动板使用，DR1 系列版本的驱动板不适用。**推荐使用 $38 \times 19 \times 13$ 的锰锌铁氧体黑环或绿环（严禁使用铁粉或铁硅铝磁环），线材使用超 5 类网线直接绕制。制作方法：

准备好磁环、整根的网线，在磁环上穿绕 8 匝*后引出，注意力度，原则上让网线紧贴磁环，引线长度自己掌握，圈数计算按穿过磁环内芯的次数，间距掌握好，正好绕磁环一周为佳，如图十一。



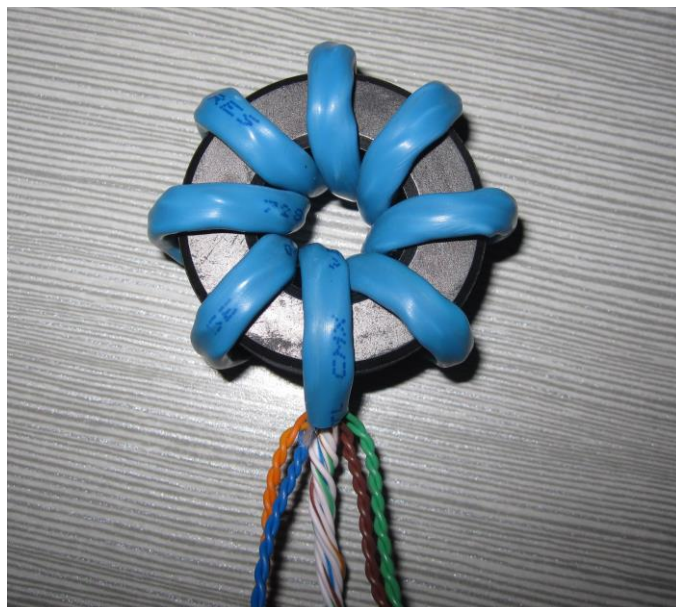
图十

***:使用 $38 \times 19 \times 13$ 的磁环按 8 匝绕制在工作频率小于 80kHz 时，最高可驱动结电容为 12nF 的 IGBT 组成的全桥。如需驱动结电容大的模块需自行计算，并选择合适的磁环以及绕线匝数。**



图十一

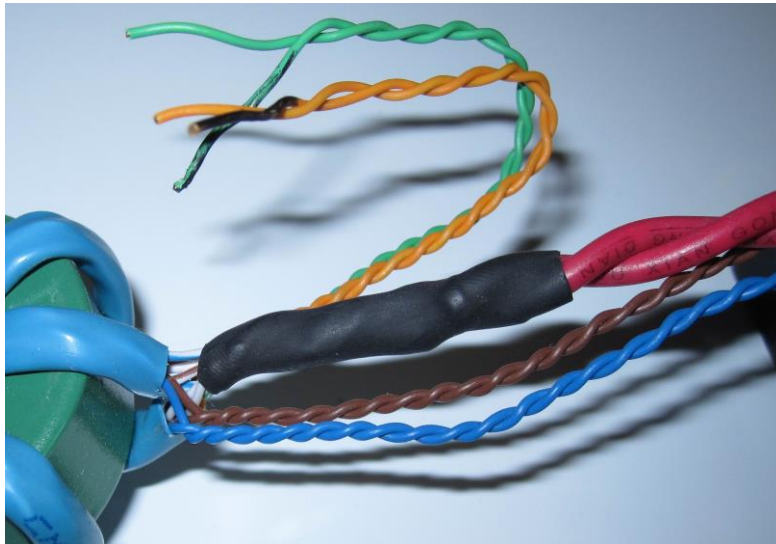
绕好后把所有线对全部拆分，以图七为例，先将白色线绕在一起，防止脱匝，也可以使用尼龙扎带或者胶带固定。然后需要做的是标记次级同名端，用记号笔把上端引线或者下端引线的颜色线头涂色标注，稍等片刻让墨水干后把上下两端的同色线绕成双绞线，如图十二。



图十二



次级引线绕好后，把初级（半白色线）引线拆散开，留出 3 厘米的引线然后剪断，因每端引线是由 4 根线组成，在连接 KF2510 的插接件时不容易连接，所以在这里要转换到单股线，找一根 0.75 的单股多芯的电线（需要注意的是最好能找到绝缘外皮薄的那种线，否则做好簧片后插不到 KF 插头里），将上端的四根线和下端的四根线分别焊接到两根单股多芯的电线上，接头处使用热缩管或者胶带进行绝缘处理，然后从磁环的根部将初级引线绕成双绞线，如图十三。

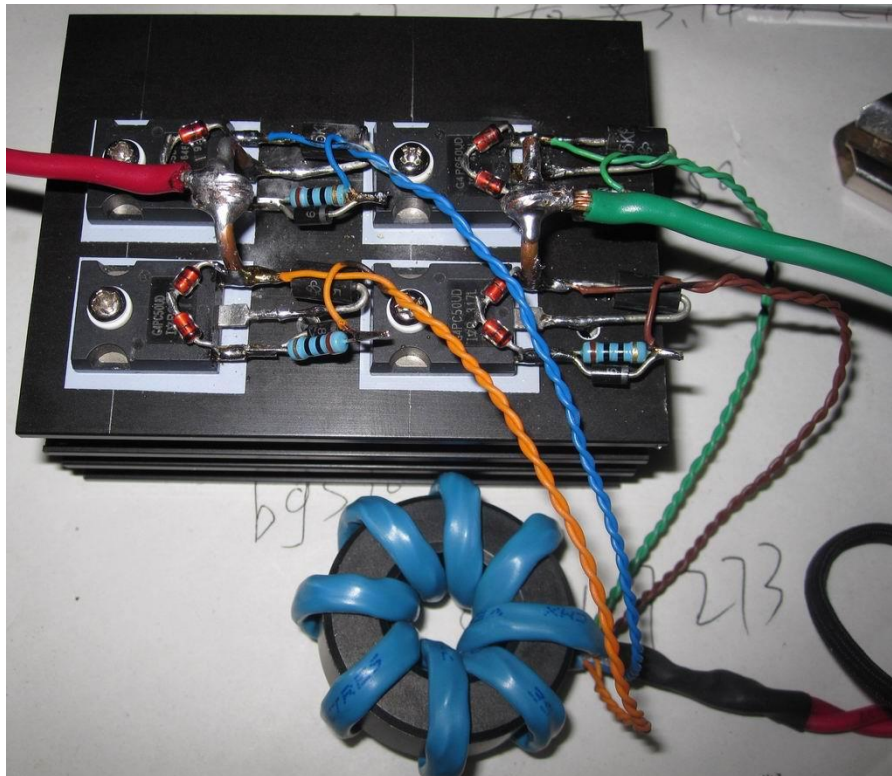


图十三



桥电路

桥电路看似简单但在固态特斯拉线圈中，确是最让人头痛地方，无意的损坏都要付出金钱、时间的代价，IGBT 管子虽然不贵但更换起来繁琐，IGBT 模块少则二三百元，重则上千元，所以设计一个完美的固态特斯拉线圈要在桥上下很多功夫，首先是保证栅极完美的波形、开启时间、关断时间，还要做好尖峰的吸收。在这里只给出作者自己做的桥的部分图片，仅供参考，请自行理解，或网上搜索相关资料。





功率桥的连接：

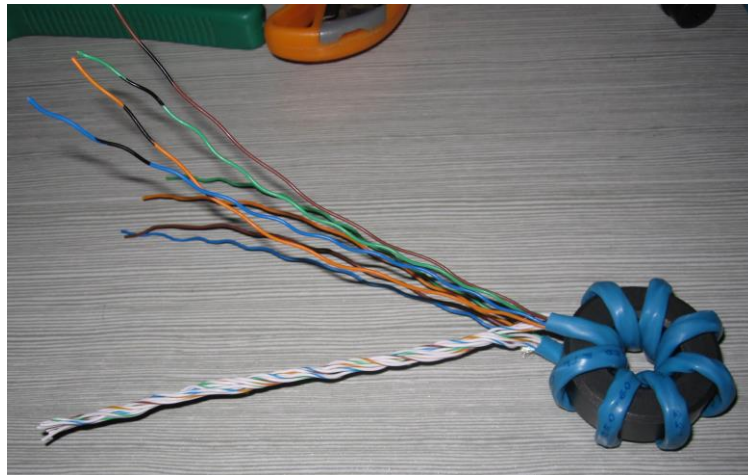
为了给大家提供一点捷径，这里用图片的方式说说如何将 GDT 连接到功率桥。

T0247 封装的功率管全桥：

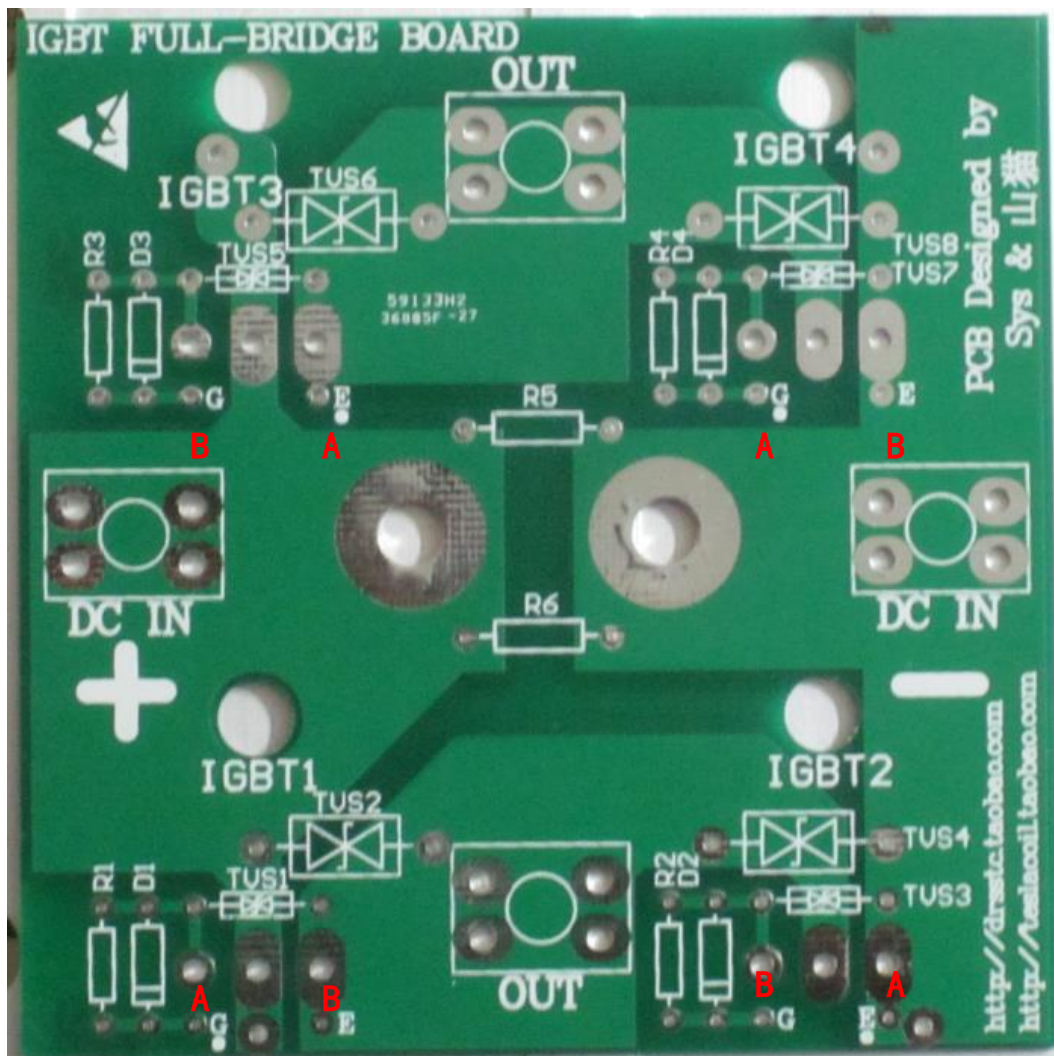




接法：

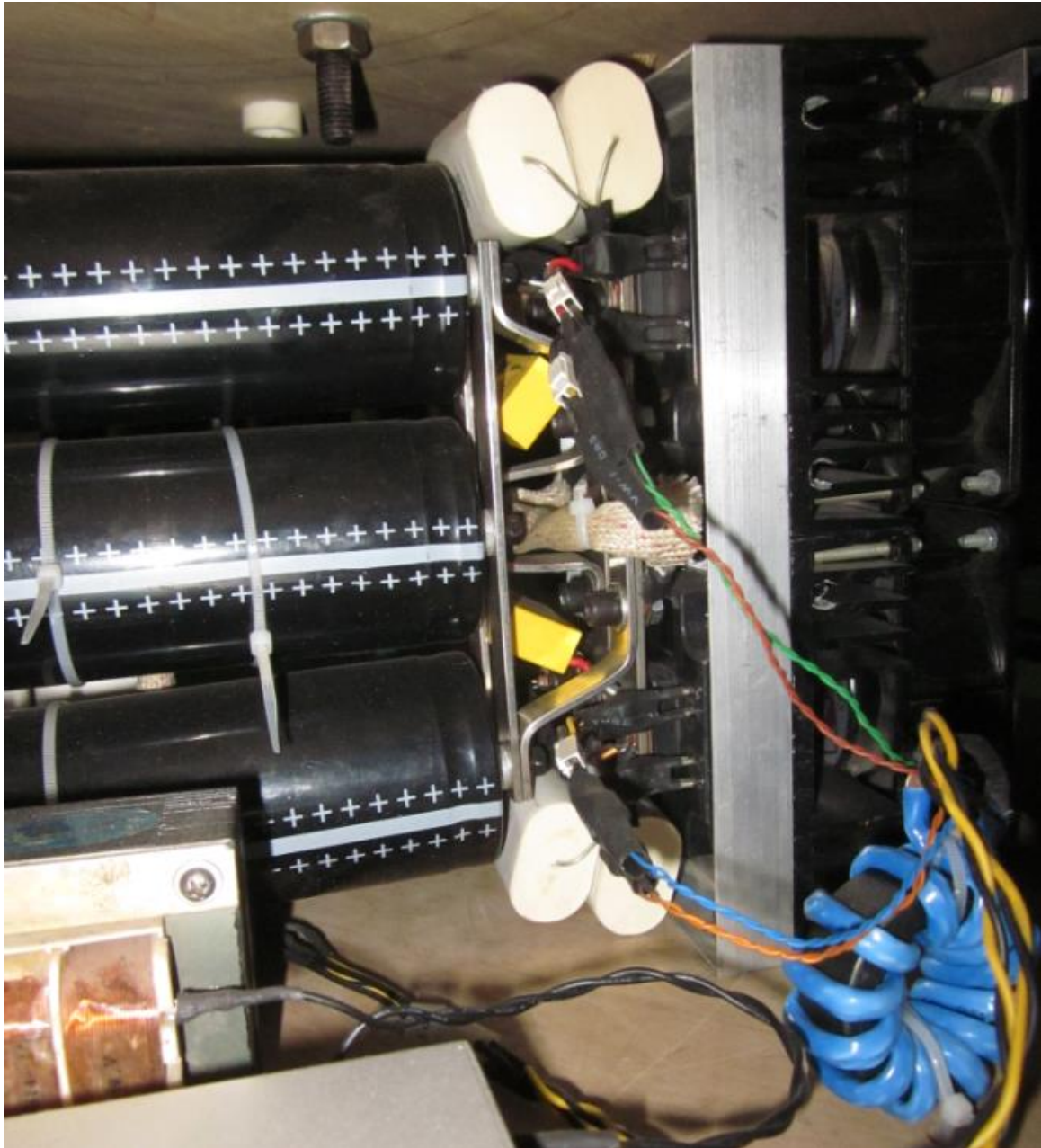


按照制作 GDT 时候做的标记，若将用记号笔涂色过的部分标记为 A，没有涂色部分标记为 B，接法如下。





IGBT 功率模块全桥：





IGBT 模块全桥接法如下：

注意，不同的模块，栅极电阻的阻值也不同。

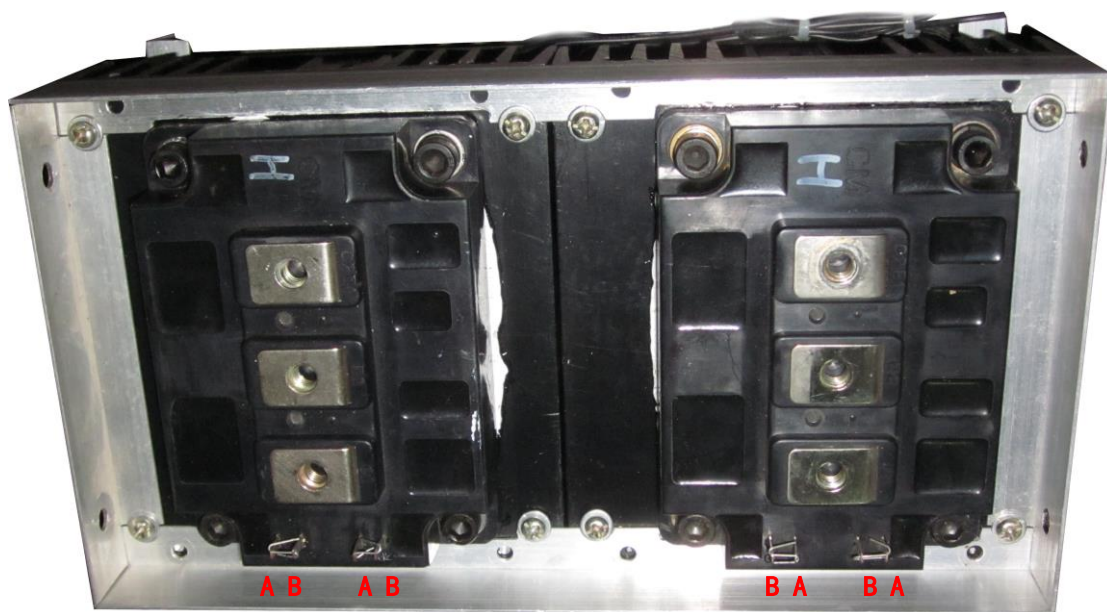
根据笔者测试过的数据得出下表，仅供参考（**完全按照以下参数制作，出现任何损失笔者不负任何责任**）：

模块型号	栅极电阻阻值
CM300DY-12H	5.1 Ω
CM300DY-12NF	5.1 Ω
CM300DY-24H	2.5 Ω

GDT 磁环参数：49*32*19

匝数：12:12:12:12:12

GDT 相位接法：





电弧击中地面，使用该款驱动器+IGBT 模块全桥 的效果

精彩视频请访问: <http://i.youku.com/DRSSTC>



感谢您的支持

此文档为原始版本
由于时间紧难免会出现错误
不当之处请及时告知作者更改
如有更新会及时与您联系