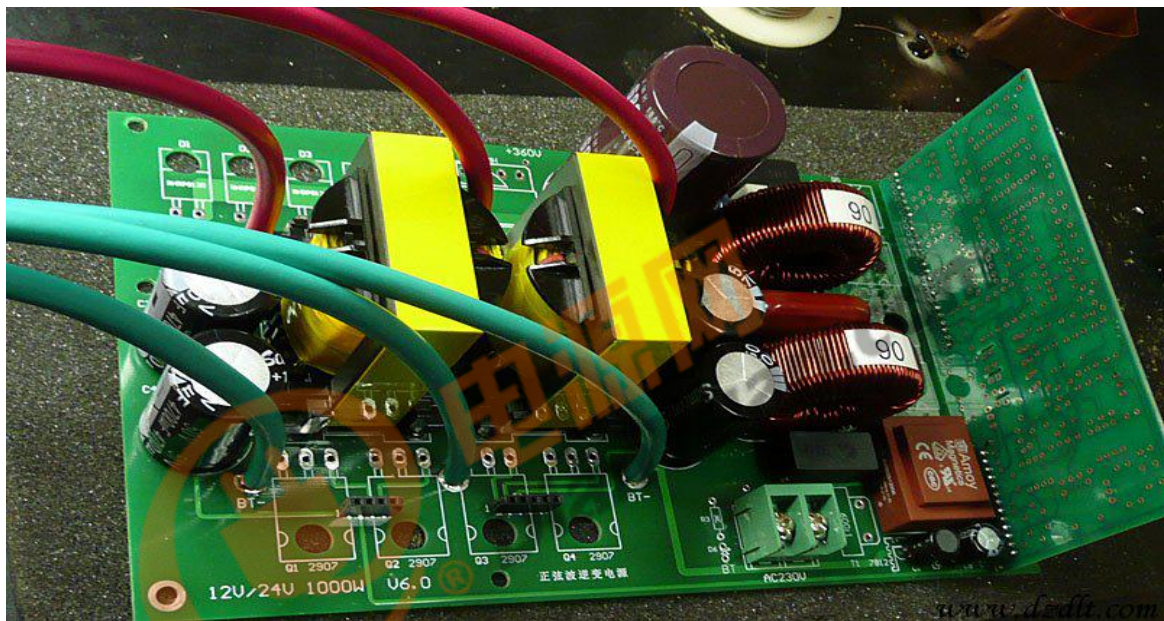


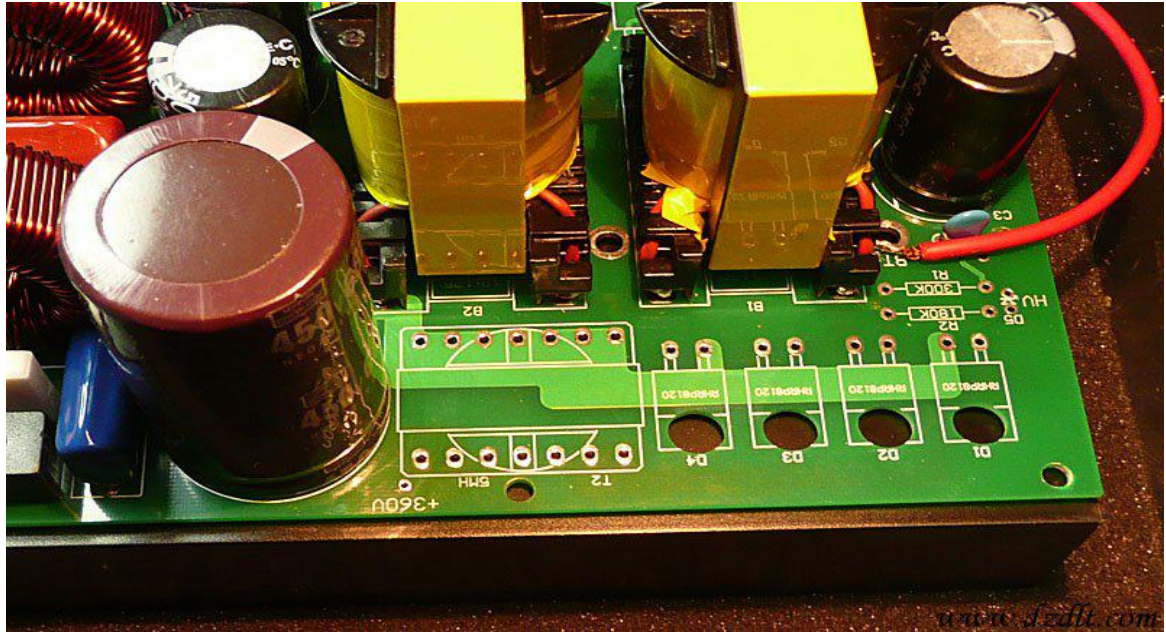
1000 瓦正弦波逆变器原理实图

这个机器，BT 是 12V, 也可以是 24V, 12V 时我的目标是 800W, 力争 1000W, 整体结构是学习了钟工的 3000W 机器, 也是下面一个大散热板, 上面是一块和散热板一样大小的功率主板, 长 228MM, 宽 140MM。升压部分的 4 个功率管, H 桥的 4 个功率管及 4 个 TO220 封装的快速二极管直接拧在散热板上; DC-DC 升压电路的驱动板和 SPWM 的驱动板直插在功率主板上。

因为电流较大, 所以用了三对 6 平方的软线直接焊在功率板上:



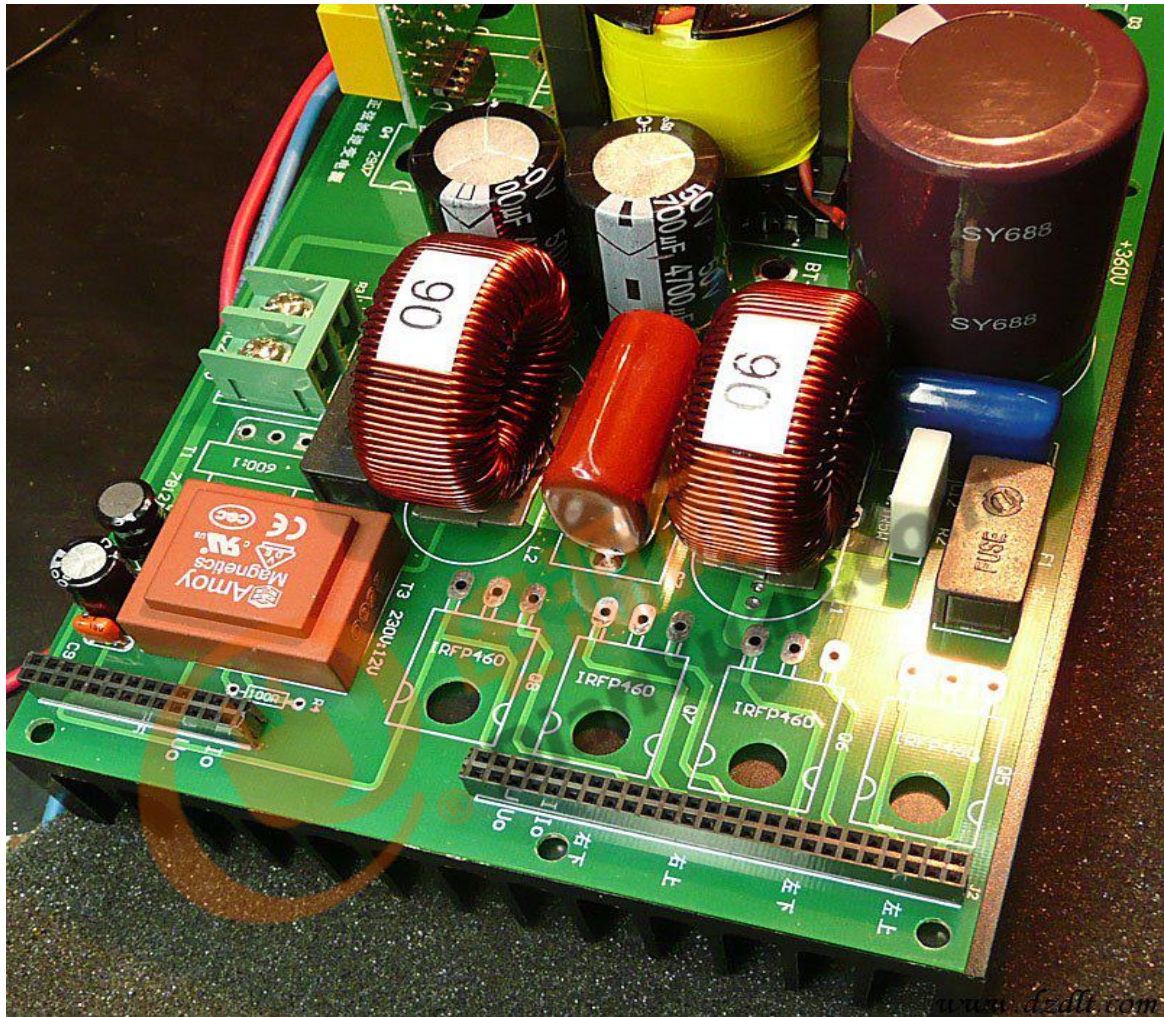
吸取了以前的教训: 以前因为 PCB 设计得不好, 打了很多样, 花了很多冤枉钱, 常常是 PCB 打样回来了, 装了一片就发现了问题, 其它的板子就这样废弃了。所以这次画 PCB 时, 我充分考虑到板子的灵活性, 尽可能一板多用, 这样可以省下不少钱, 哈哈。



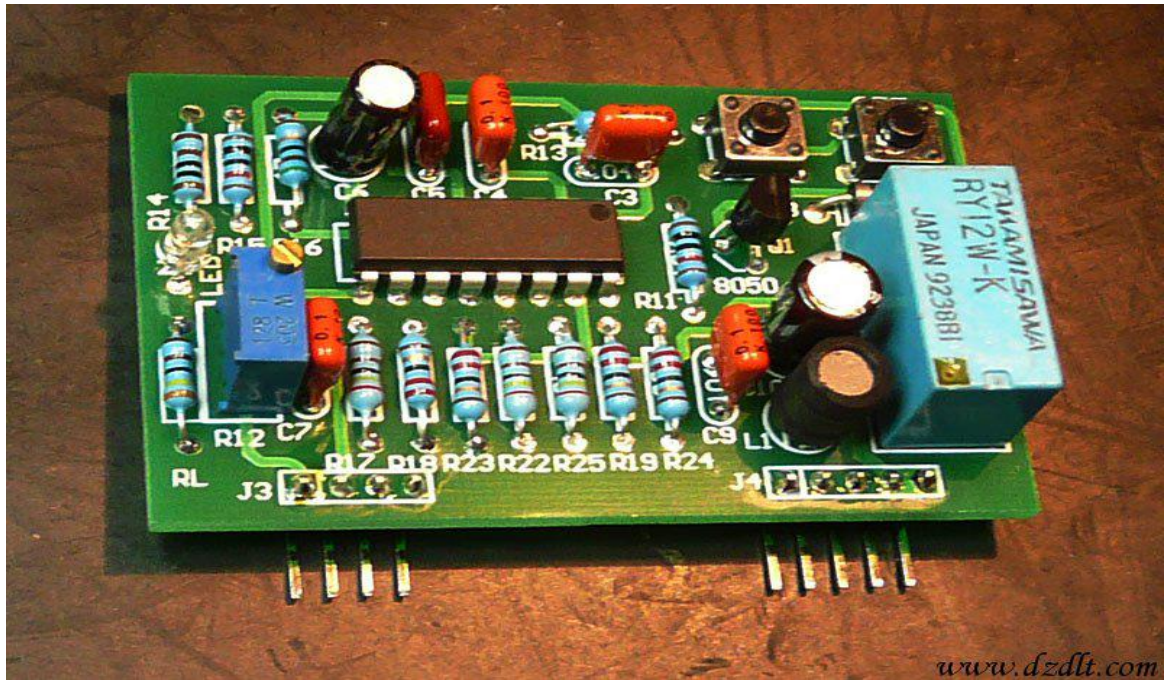
如上图：在板子上预留了一个储能电感的位置，一般情况用准开环，不装储能电感，就直接搭通，如果要用闭环稳压，就可以在这个位置装一个 EC35 的电感。



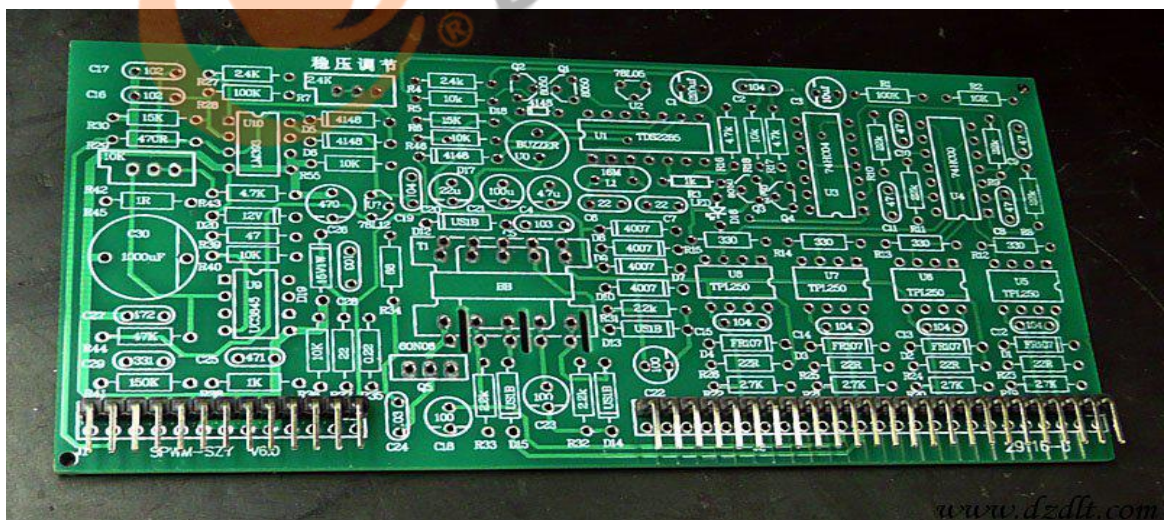
上图红色的东西，是一个 0.6W 的取样变压器，如果用差分取样，这个位置可以装二个 200K 的降压电阻，取样变压器的左边，一个小变压器样子的是预留的电流互感器的位置，这次因为不用电流反馈，所以没有装互感器，PCB 下面直接搭通。



上面是 SPWM 驱动板的接口，4 个圆孔下面是装 H 桥的 4 个大功率管，那个白色的东西是 0.1R 电流取样电阻。二个直径 40 的铁硅铝磁绕的滤波电感，是用 1.18 的线每个绕 90 圈，电感量约 1mH，磁环初始导磁率为 90。



上图是 DC-DC 升压电路的驱动板，用的是 KA3525。这次共装了二板这样的板，一块频率是 27K，用于普通变压器驱动，还有一块是 16K，想试试非晶磁环做变压器效果。

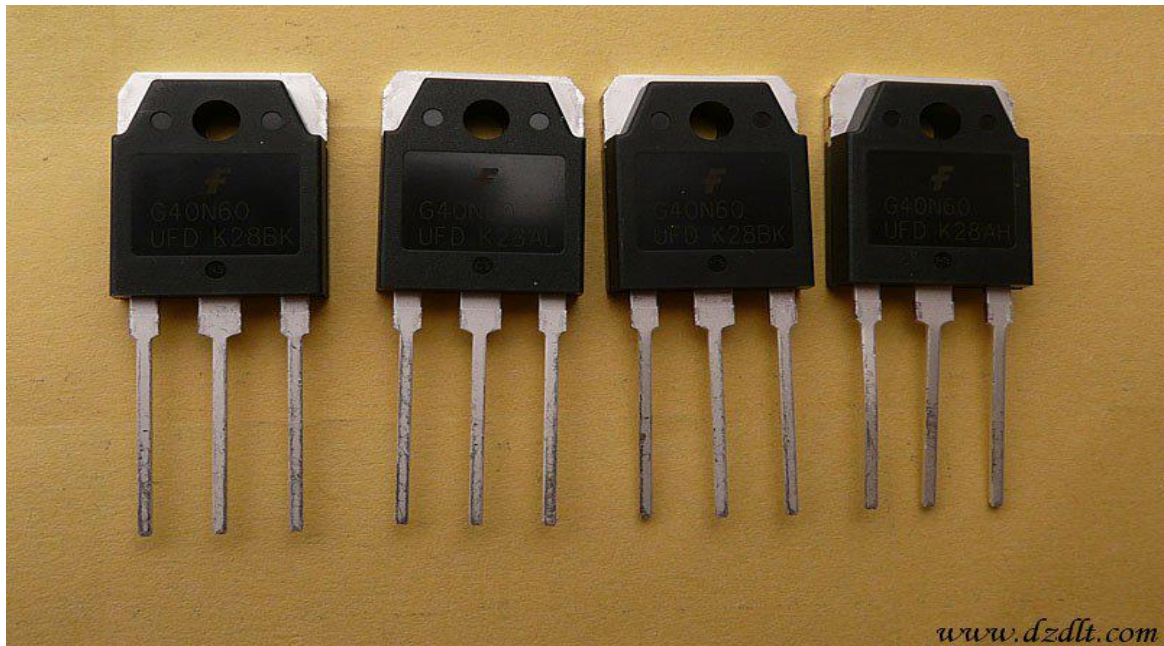


这是 SPWM 驱动板的 PCB，本方案用的是张工提供的单片机 SPWM 芯片 TDS2285，输出部分还是用 250 光耦进行驱动，因为这样比较可靠。也是为了可靠起见，这次二个上管没有用自举供电，而是老老实实在地用了三组隔离电源对光

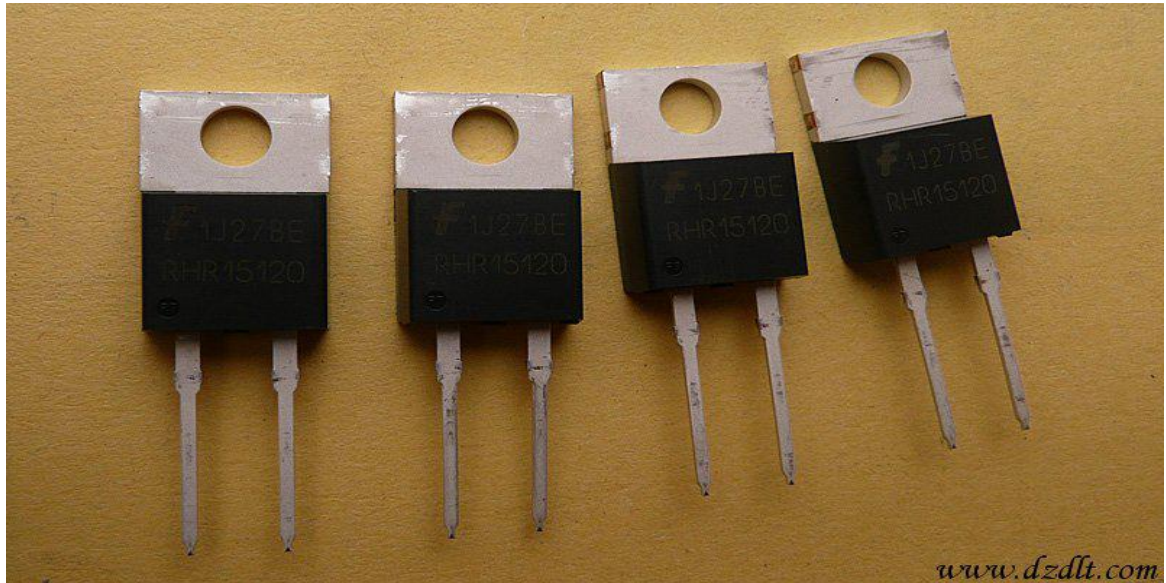
藕进行供电。因为上面的小变压器在打样，还没有回来，所以这块板子还没有装好。本方案中的 SPWM 驱动也是灵活的，既可以用单片机，也可以用纯硬件，只要驱动板的接口设计得一致，都可以插到本方案的功率板上，甚至也可以做成方波逆变器。



这次 DC-DC 功率部分的大管子，没有用 2907，而是用了深圳黄工向我推荐的 RU190N08(黄工 QQ541168979)，上图中的电流应该是 190A，错打了 180A。因为这管子比 2907 稍便宜点，所以我准备试一试。

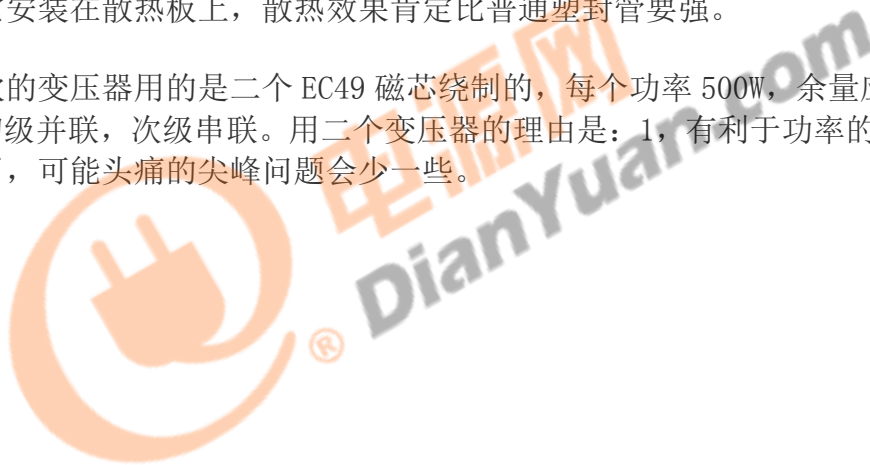


H 桥部分的大功率管，我有二种选择，一种是常用的 IRFP460，还有一种是 IGBT 管 40N60，显然这二种管子不是同一个档次的，40N60 要贵得多，但我的感觉，40N60 的确要可靠得多，贵是有贵的道理，但压降可能要稍大一点。



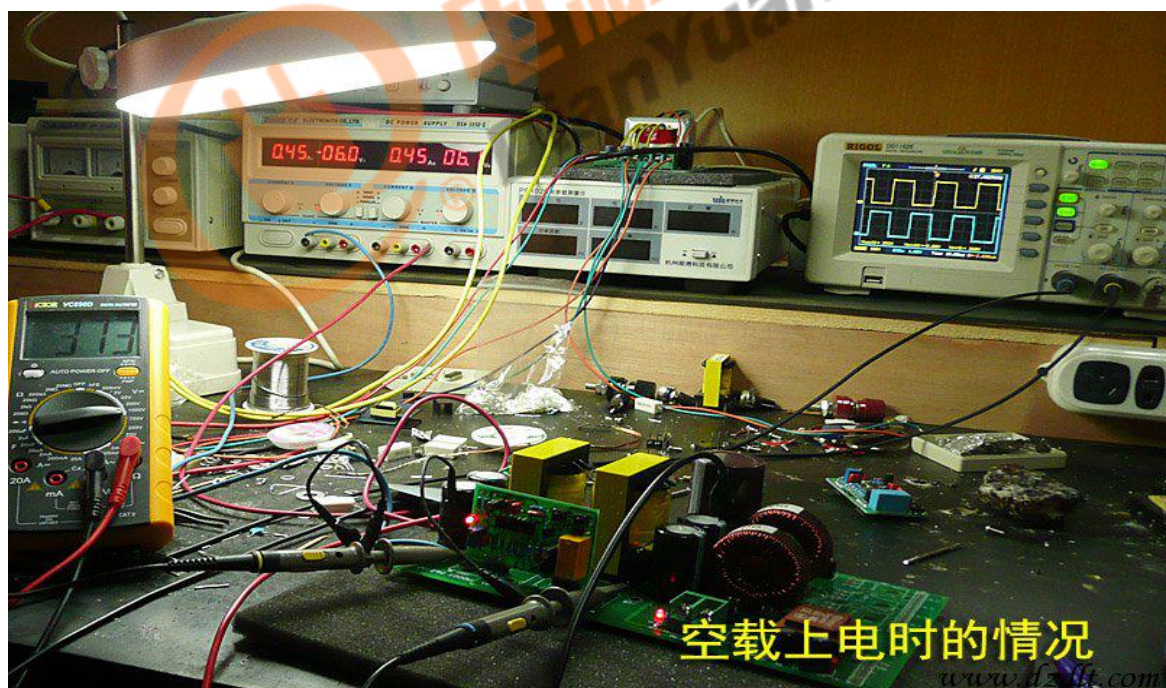
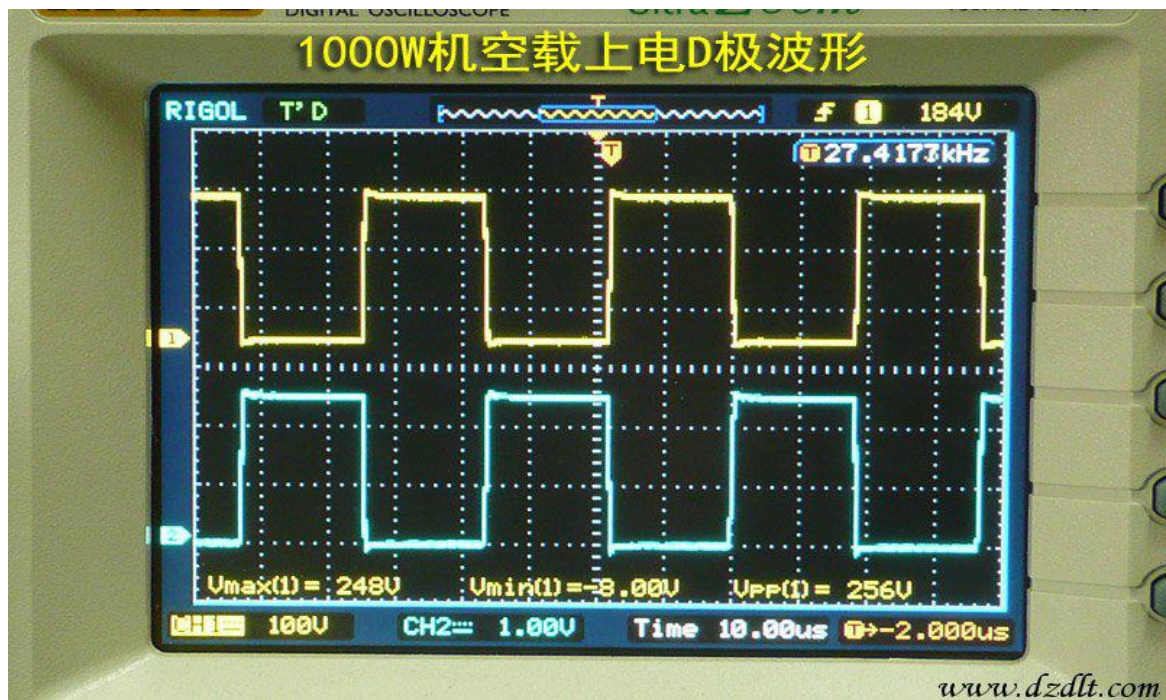
这是 T0220 封装的快恢复二极管，15A 1200V，也是张工提供的，价格不贵。我觉得它安装在散热板上，散热效果肯定比普通塑封管要强。

这次的变压器用的是二个 EC49 磁芯绕制的，每个功率 500W，余量应该比较大的，初级并联，次级串联。用二个变压器的理由是：1，有利于功率的输出，2，变比小了，可能头痛的尖峰问题会少一些。





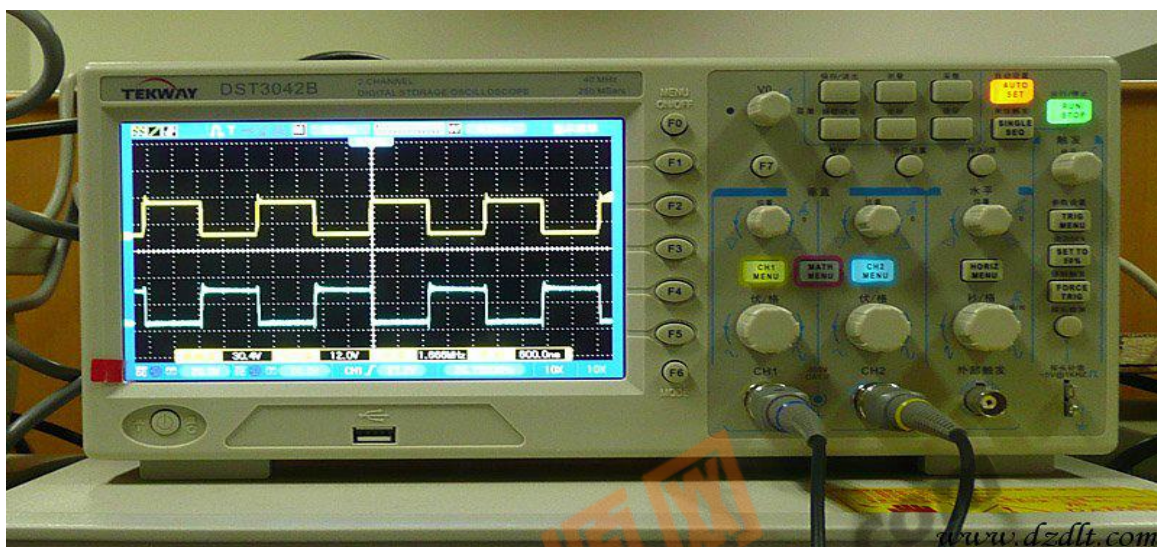
对前级进行上电，空载电流近 1A，查到是变压器的原因，后来换了磁芯，空载降到 360mA (每个变压器 180MH，基本可以接受)，可见磁芯的重要性，而现在要买到几付好的磁性实在太难了。所幸的是 D 极波形很好，这次的变压器应该做得还可以了，参数是：初级 3+3，用 0.2*29 的铜带，次级 44T，用 0.74 线二根。下一步准备为前级加载，因为一台逆变器，能不能输出预定的功率，前级质量是决定因素。只因那个大功率的开关电源还有一点小问题要解决，所以，加载可能还要过几天。



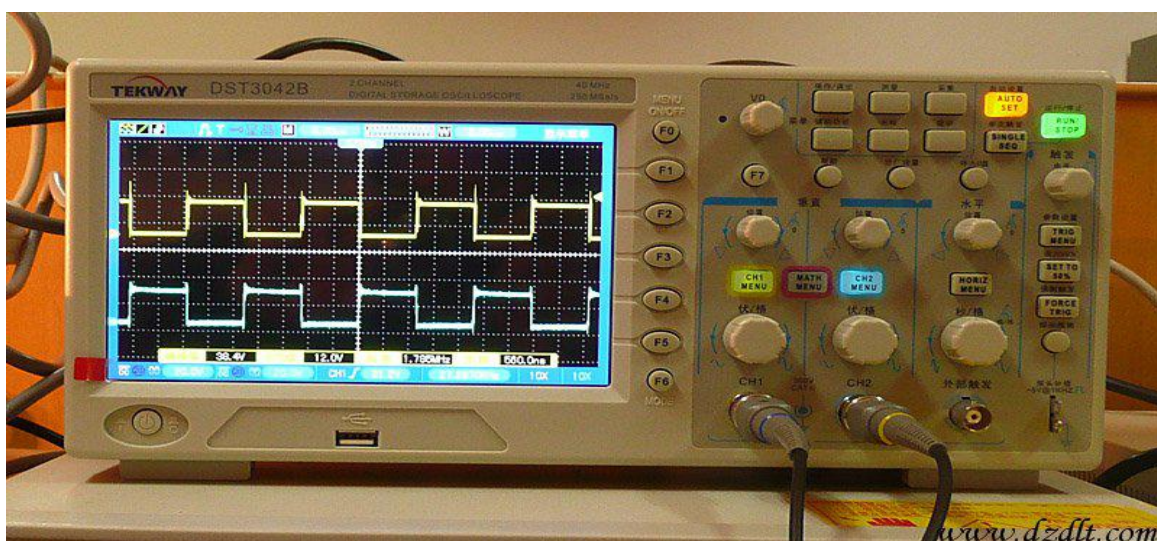
这照片上的稳压电源上显示电流为 450mA，因为并不是完全空载，我在高压处挂了一个 LED，用 150K2W 电阻降压，这个指示电路要消耗近 1W 功率，约增加 90mA 的电流。

对前级进行加载实验，前级为开环，也没有装储能电感，分二步：

第一步：加载约 630W，负载是一个 200R、1KW 的大电阻，这时工作电流为 54.5A。连续工作一小时，散热板和 190N08 大功率管及变压器只有微温，D 极波形还比较好，尖峰刚露，不明显，这时母线高压为 356V。



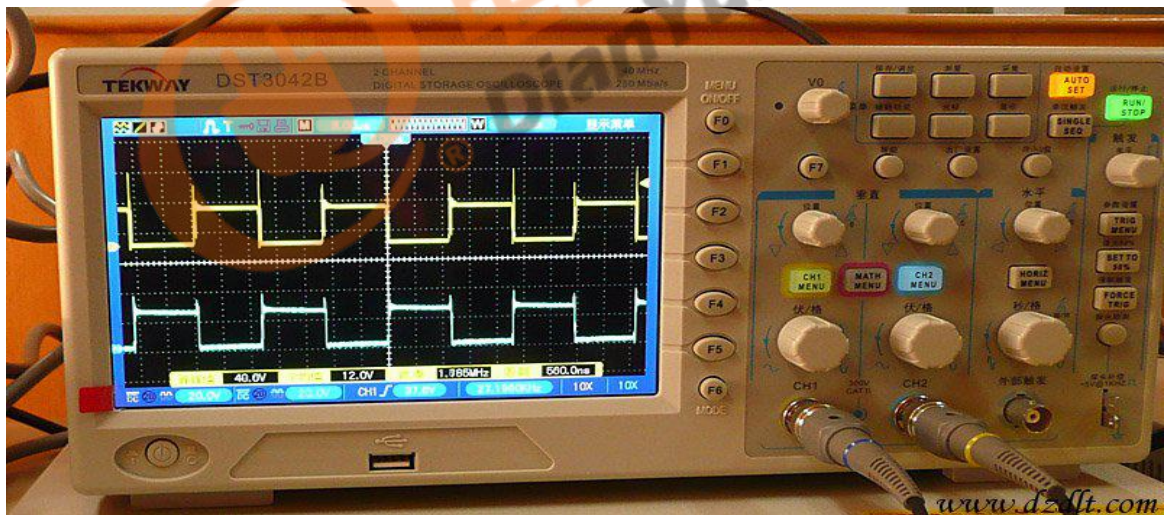
第二步：进一步加大负载，又挂上了二个串联的 200W 灯泡，这时工作电流 77.9A 左右，此时，实际输出功率在 900W 以上了，母线高压降至 347V，D 极波形有一路能看到明显的上冲尖峰。工作半小时，散热板温度为 45 度，4 个 190N08 管壳温度：3 个为 46 度，有一个为 51 度，变压器也有点热。但快速二极管一点也不热。



如果要逆变输出 1000W，前级起码要能输出 1100W 左右，从今天情况来看，温升好象快了些，温度主要集中在大功率 MOS 管和变压器。因为这样的结构，换管子很麻烦，本来想把 190N08 换成 2907，做一个对比实验。变压器热，我还是认为磁芯质量不过关，因为在 900W 时，每个变压器单边绕组的电流不到 20A，我用的是 0.2X29MM 的铜带，有 5.8 个平方 MM，电流密度只有 3A 多一些，初级绕组是不应该发热的；次级有 0.74X2，900W 时流过的电流不到 3A，也不应该热。看来磁芯实在太重要了。

明天准备用风机对散热板进行主动性散热，加载到 1050W 以上。

继续加大负载，再用二个 150W 灯泡串联接上去，因为考虑到大电流时线路的压降，把电源电压调高了 0.2V，为 12.4V，但到线路板还是只有 12.1V(我的电源线是用二根 10 平方并联的)。开机后，工作电流达到 98.7A，母线电压为 345V，母线电流为 3.151A，此时，实际输出功率为 1087W。D 极波形上的尖峰有点加高，达到 45V_{pp}(因为我在设计 PCB 时，没有考虑用吸收回路，再加上尖峰也没有达到管子的耐压值，所以也就不去理它了)。此时，功耗达到了 1194W，前级的实际效率只有 91%了。变压器温升很明显了，因为我在散热板下面放了一个小风扇，所以，管子的温度一直在 40 度以下，我只让它工作了约 20 分钟。



小结：前级的实验并没有结束，我还想用纳米晶磁环做一次实验，但年内肯定是没有时间了，过了年再试了。看来 BT 在 12V 时，要提高功率和效率，瓶颈主要是：1. 变压器，包括磁芯质量，绕制数据及工艺等；2. 大功率 MOS 管，内阻一定要小；3. 布线及结构，我 PCB 反面大电流路径都有 15-20MM 宽的铜箔，填锡达 2MM，还加焊了几根 4 平方的铜线，结构方面主要是散热一定要顺畅，加小风扇是很好的办法。

今天的工作本来想把 RU190N08 和 2907 做一个对比测试，测试这二种管子在不同输出功率时的效率情况，于是，先调整了各种测试仪表，先把已经装在板子上的 RU190N08 做了测试，测试结果如下，看来黄工的这几个管子还是算挣气，一路测下来，效率情况良好。

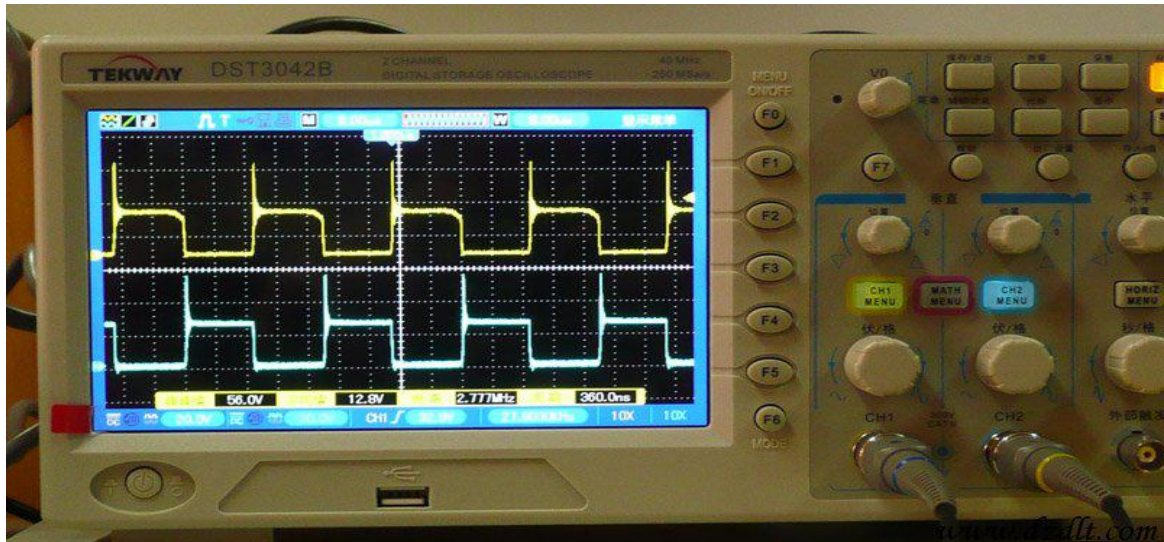
2010.02.09

序号	负载	RU190N80						
		输入电压 V	输入电流 A	输入功率 W	母线电压 V	母线电流 A	输出功率 W	效率 %
1	150W 灯泡二个 串联	12.59	21.9	275.7	374	0.71	265.5	96.3
2	200W 灯泡二个 串联	12.58	25.6	322.0	373	0.835	311.5	96.7
3	200R 大功率 电阻一个	12.49	53	662	361	1.742	628.9	95
4	200R 电阻 +2X200W 灯泡	12.44	72.7	904.1	353	2.392	844.4	93.4
5	200R 电阻 +2X200W+2X150W	12.37	95.1	1176.4	343	3.136	1075.6	91.4

接下来就是花了一个多小时换管子，装上了 4 个全新的 IRFP2907，本是兴冲冲开机，希望是一个很好的结果，但万万没有想到的是-----失败！

在挂上 1 号负载时(二个 150W 灯泡串联)，工作电流达 41.5A，输入功率达 523.3W，输出功率为 283.4W，效率仅为：54%。这可是做梦都没有想到的结果，2907 管子很快发热

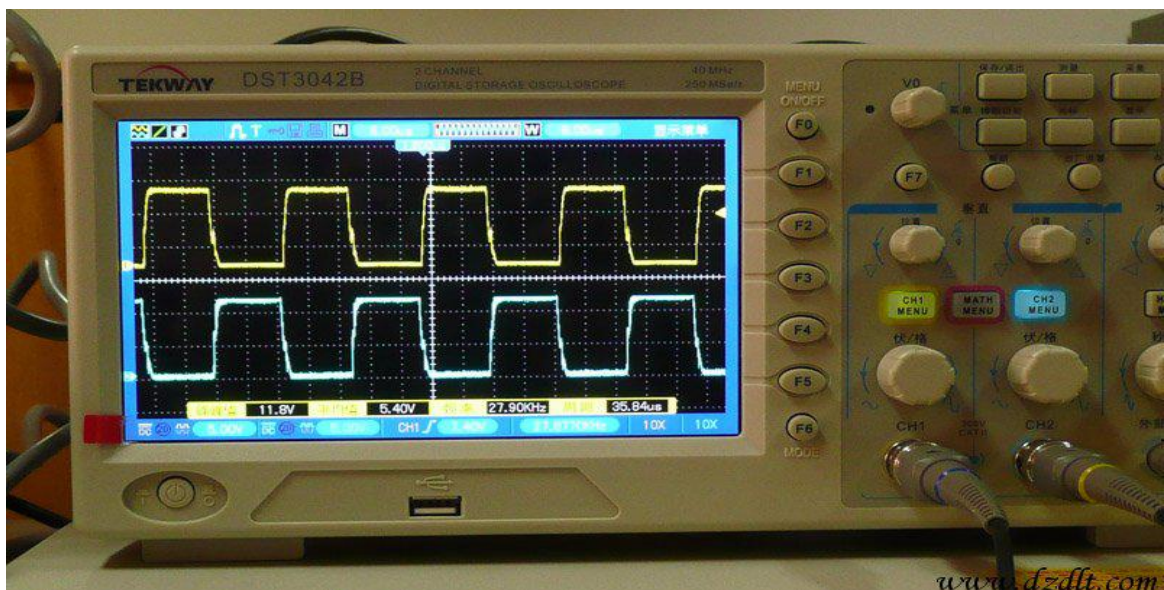
在百思不解的情况下，查看 D 极波形，居然出现了长长的尖峰：



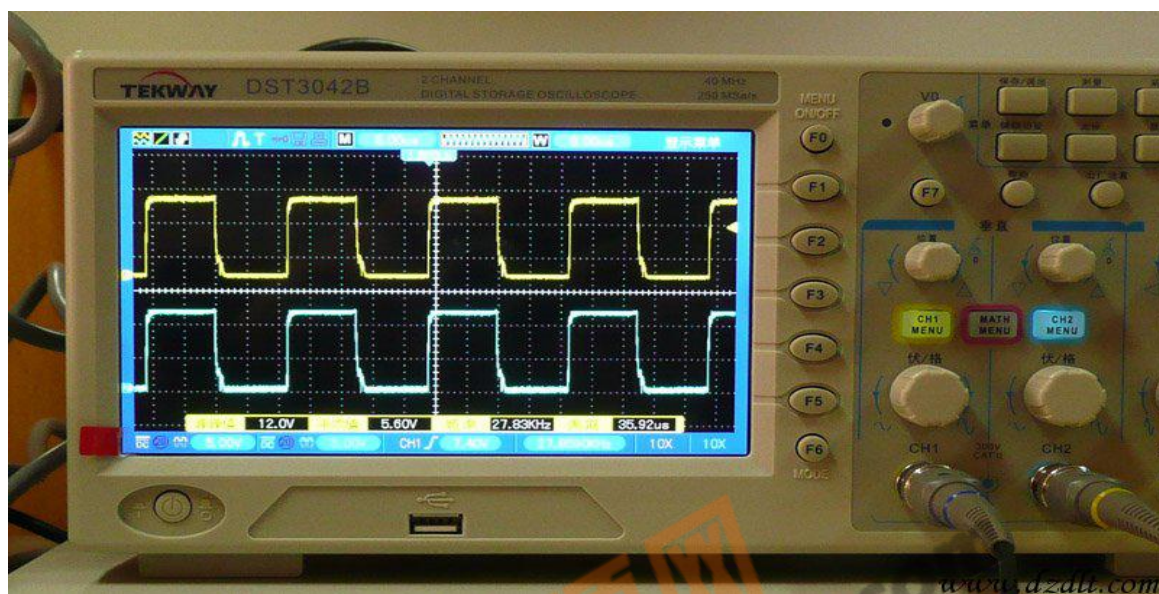
一般情况下，出现这样的波形，肯定是怀疑变压器漏感太大，但我这二个变压器在用 RU190N08 时，工作得很好，在挂 1 号负载时，根本看不到尖峰。

我再测 G 极波形，发现驱动方波全部变成了梯形波，这才恍然大悟，原来是 2907 的驱动功率不足所致。看来 2907 的结电容远远大于 RU190N08，用 3525 直接推动 4 个 2907 有点困难。为了证实我的想法，我把栅极电阻从原先的 20R 换成了 10R，再开机，这时，在同样负载下，电流下降为 28.3A (用 RU190N08 时只有 21.9A)，欠激是肯定的了，因为我的驱动板上没有装图腾柱输出，现在只好等重新做了驱动板再试了。

(驱动功率不足，D 极会出现长长的尖峰，这可是第一次遇到，长见识了啊!)

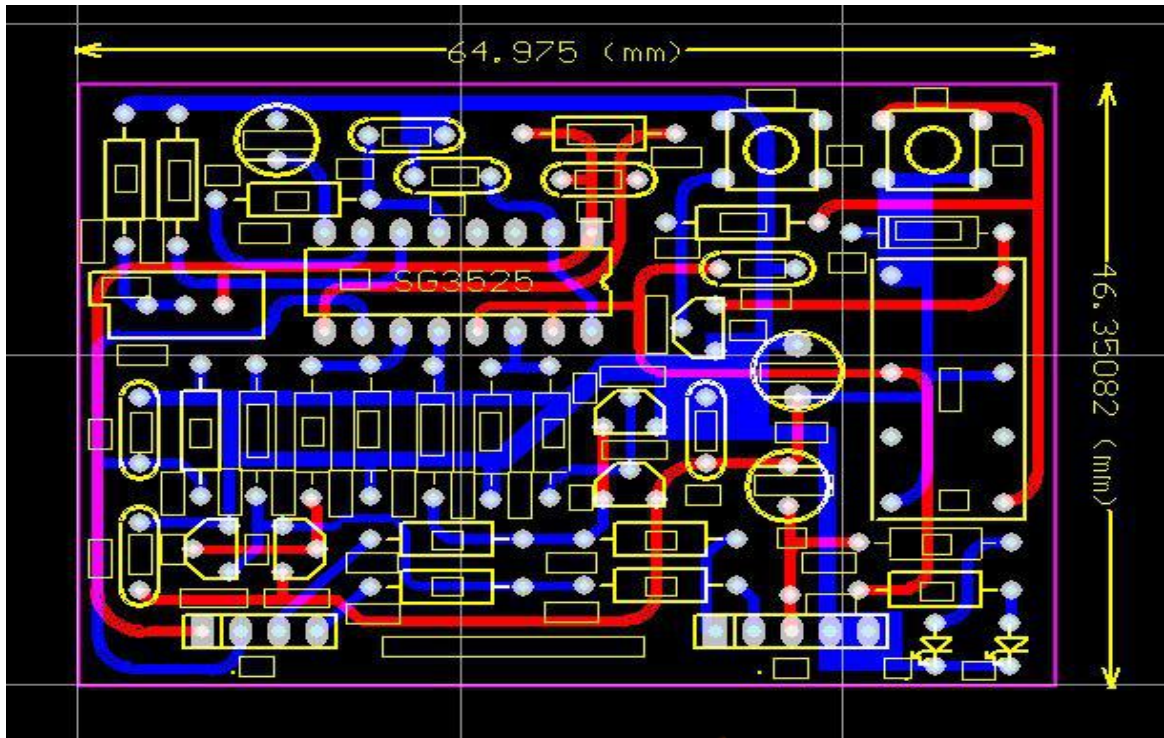


上图是栅极波形，这时电阻已经换成 10R，在用 20R 时情况还要糟很多。



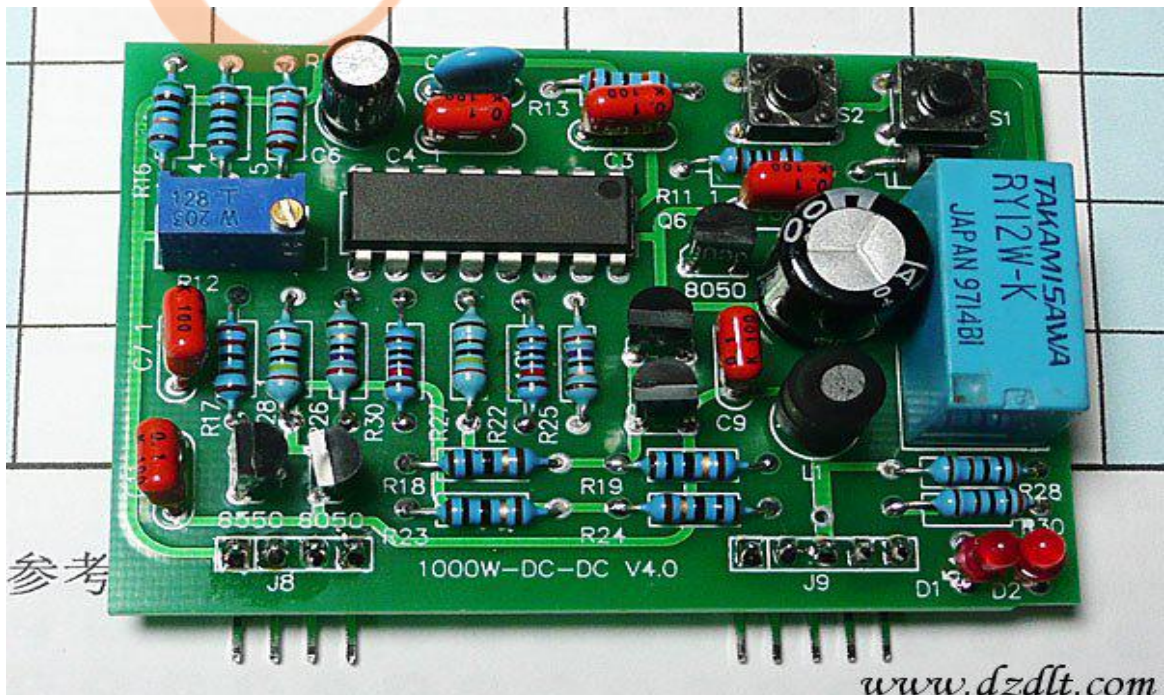
上图是从 3525 的 11、14 脚上测到的波形，已经有点变形。

画了一块带图腾柱输出的 DC-DC 驱动板



带图腾柱输出的 DC-DC 驱动板的 PCB 终于来了，今天装了一块进行试机。

因为加了图腾柱输出，所以 2907 欠激的情况大为改善，但空载电流却比用 190N08 时要大很多，不去管它了，继续实验下去。



下面的表格是 2907 和 190N80 的工作情况对比

IRFP2907 和 RU190N80 工作情况对比测试

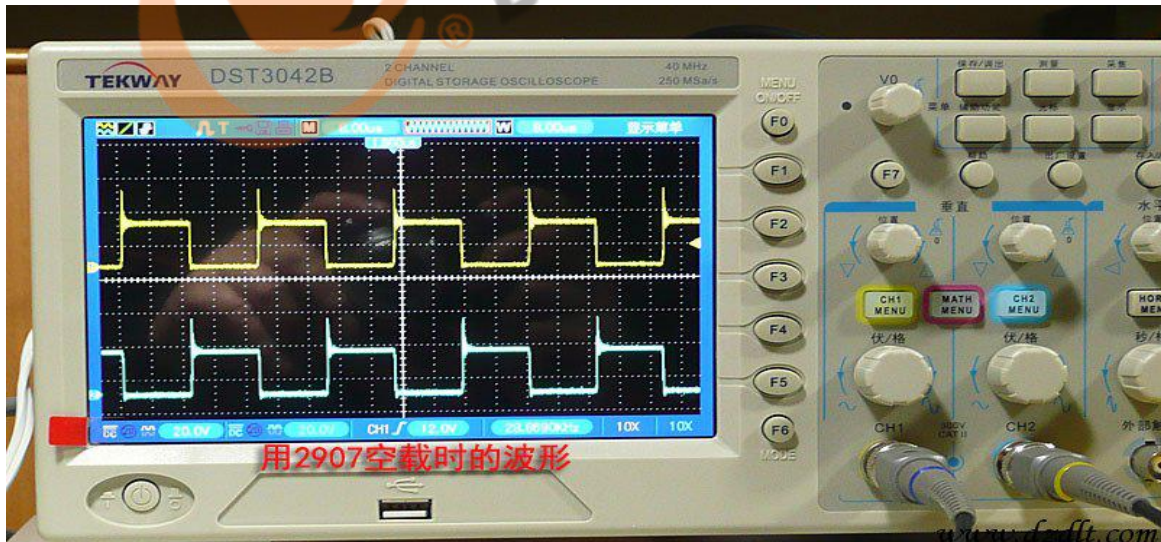
2010.02.09

序号	负载	IRFP2907							RU190N80						
		输入电压 V	输入电流 A	输入功率 W	母线电压 V	母线电流 A	输出功率 W	效率 %	输入电压 V	输入电流 A	输入功率 W	母线电压 V	母线电流 A	输出功率 W	效率 %
1	150W 灯泡三个串联	12.58	22.6	284.3	376	0.712	267.7	94.2	12.59	21.9	275.7	374	0.71	265.5	96.3
2	200W 灯泡二个串联	12.57	26.1	328.1	374	0.829	310.0	94.5	12.58	25.6	322.0	373	0.835	311.5	96.7
3	200R 大功率电阻一个	12.48	54.2	676.4	364	1.757	639.5	94.6	12.49	53	662	361	1.742	628.9	95
4	200R 电阻 +2X200W 灯泡	12.42	77.7	965.0	356	2.528	900.0	93.2	12.44	72.7	904.1	353	2.392	844.4	93.4
5	200R 电阻 +2X200W+2X150W	12.36	97.3	1202.6	349	3.175	1108.0	92.1	12.37	95.1	1176.4	343	3.136	1075.6	91.4

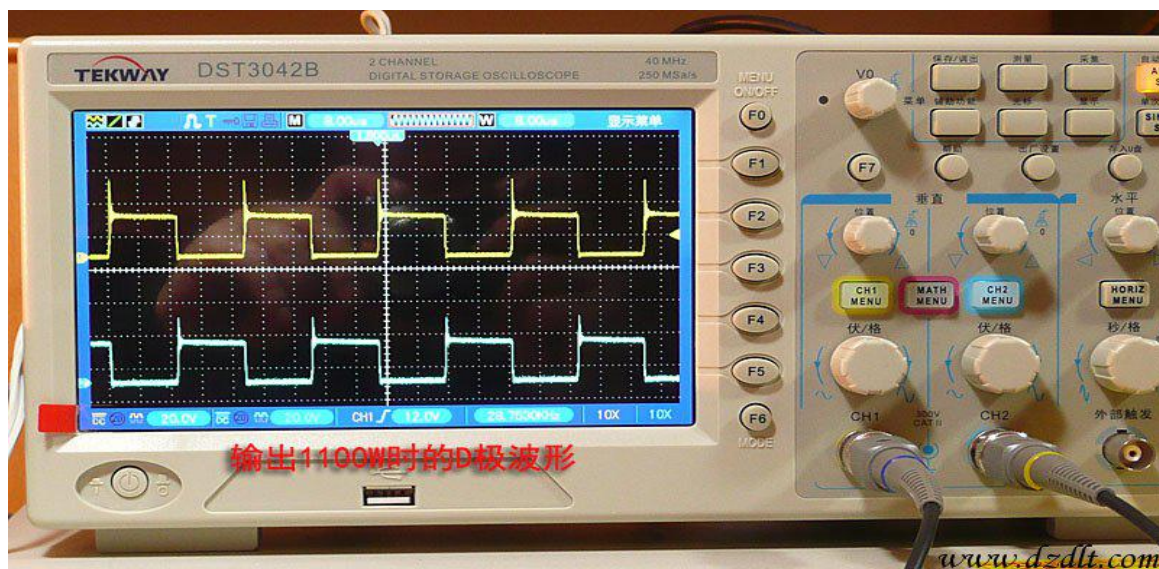
结果仅供参考。

www.dzdl.com

下图是用 2907 时的空载波形：



下图是用 2907 时，前级输出 1100W 时的波形照片：

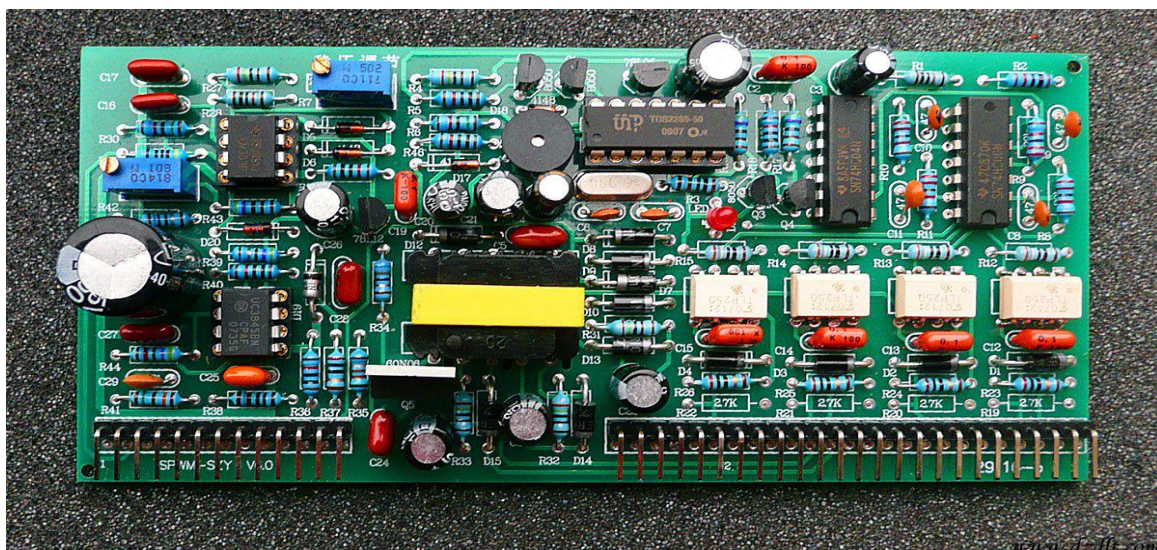


从上图可以看出，空载和满载时的波形差不多。

现在有二个问题弄不明白，请各位探讨：

1. 在变压器相同的前提下，用不同的功率管，D极的波形为什么会大不相同，用 190N08 时的尖峰要明显比用 2907 时要小，是不是结电容大小不同引起的？
2. 用双变压器的前级，用 2907 时的空载电流接近 1A，而用 190N08 时不到 400MA，是什么原因？小功率时，190N08 的效率比 2907 要高，但在最大功率时，2907 稍有优势。但发热量，2907 比 190N08 要小一些。

下图是今天刚装好的 SPWM 驱动板，经测试工作正常。



把 SPWM 驱动板插上去了，一开机，保护电路竟然误动作，蜂鸣器嘟嘟作响，后来请教了张工后，改了几个元件的数值，问题就解决了。

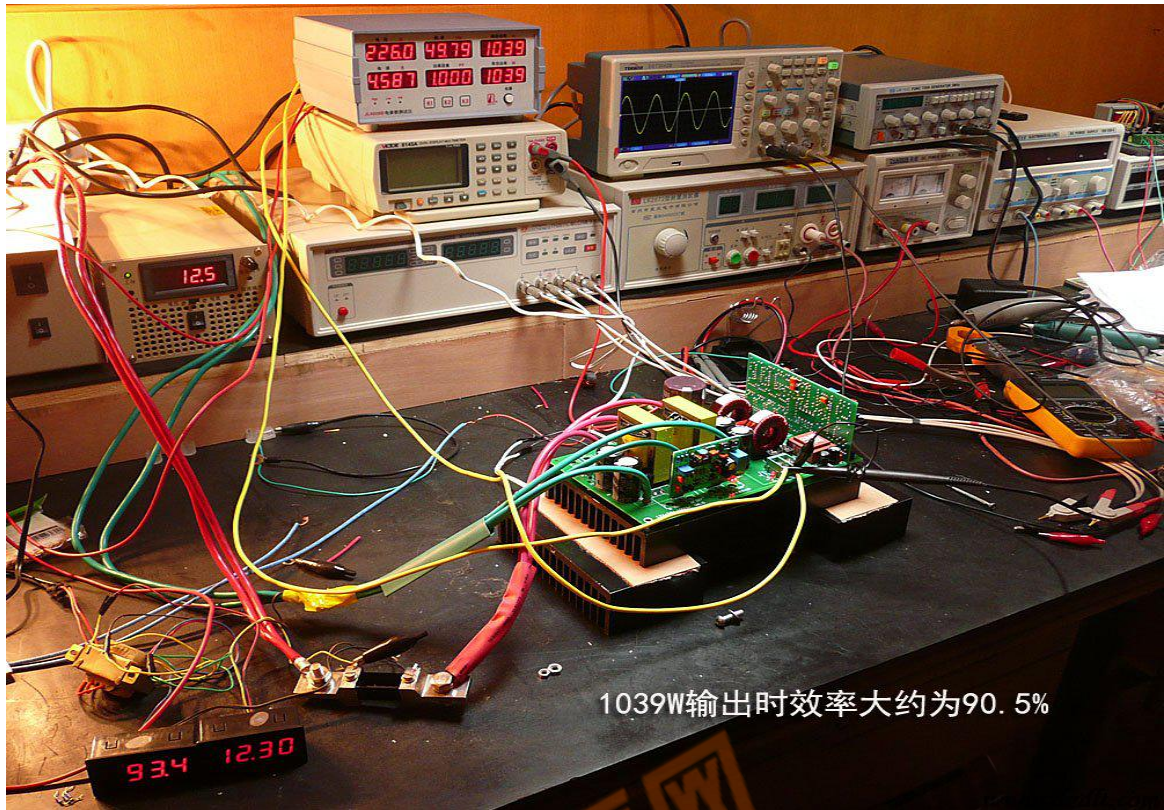
开机成功了(这次居然没有炸管子)，正弦波波形良好，我用了二个 200W 一个 150W 的灯泡做负载，电参仪上显示输出功率为 617W，算了一下，这时的效率大约在 91.5-92%左右(因为空载电流稍大，有点影响效率，可惜)。

本来准备明天继续加大负载到 1000W 左右，可是发现了一个问题，稳压部分不工作，调电位器没有反应，一查，发现是那个漂亮的取样变压器竟然没有输出，郁闷啊，因为要换变压器，就必须把整机全部拆下来，二个小时还不一定弄得好，烦啊！

先花了近二个小时检查不稳压的原因，终于查到问题的症结，是一个 PCB 毛刺把取样变压器的次级接地了，可能是 0.6W 的变压器阻抗实在太大了，居然没有烧掉。对 PCB 做了处理后，开机稳压功能就正常了，把空载输出调到 230V 左右，一切 OK！

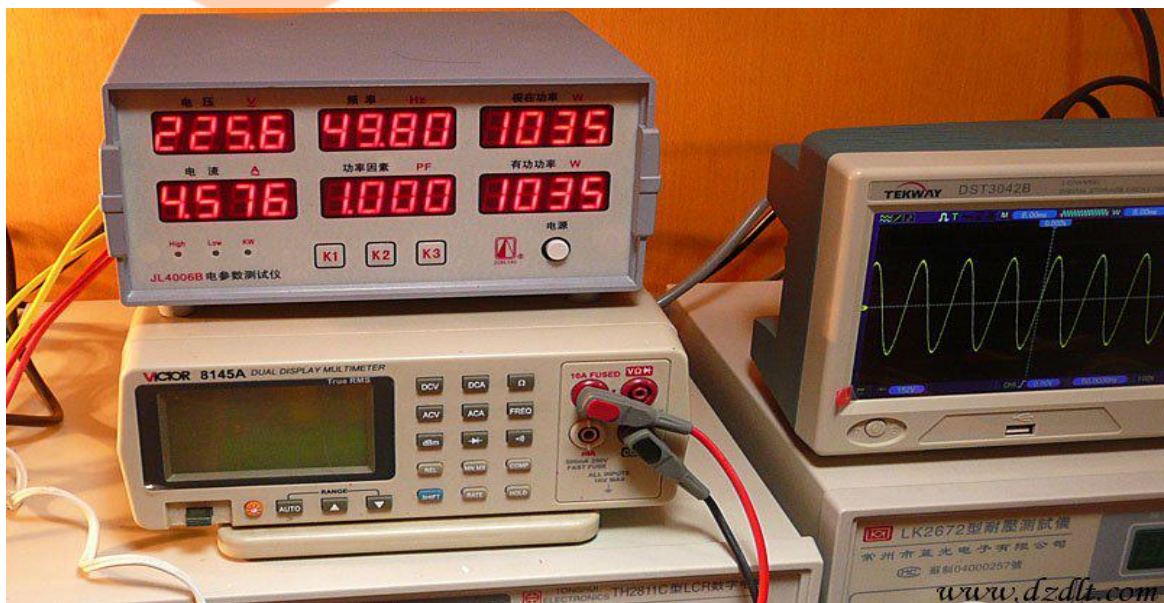
下午去买了几个灯泡，慢慢加大了负载，直加到 1000W 以上，连续工作了 30 分钟，除了高频变压器有点热，其它一切正常(散热板下面放了一个小风扇)。

下面是照片：

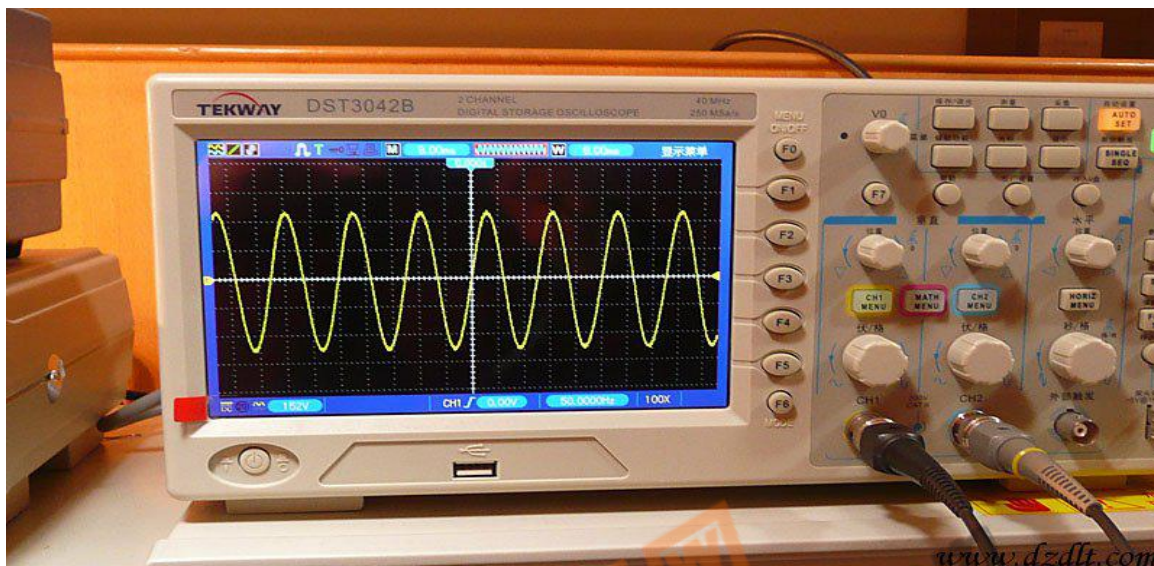


1039W输出时效率大约为90.5%

在 1039W 输出时，效率大约为 90%—90.5%，从变压器发热情况看，我这台机器的效率瓶颈应该在变压器或变压器磁芯，如果有质量好的变压器，效率还可以提高些。



电参数仪显示 1035W，在 1035-1039 之间跳动。



这是 1000 多 W 输出时的波形，还是非常漂亮！

今天做了二个工作：

1. 我对前级 DC-DC 升压部分进行了调整，调 R12 使 HV 高压空载时限止在 370V，这时，空载电流从近 1A 下降到 160mA，加上 SPWM 驱动板的 140mA，总共 300mA。

2. 试带了感性负载，手边只有一个 600W 的角向磨光机，试带了一下，发现波形和带灯泡时一样，没有出现变形毛刺等。

现在正在想：哪里有 100 升左右的冰箱，试试能不能启动。

试逆变器的负载能力：

1. 先启动一个 100 升的小冰箱，没有问题，二话没说，一下子就启动起来了——成功！

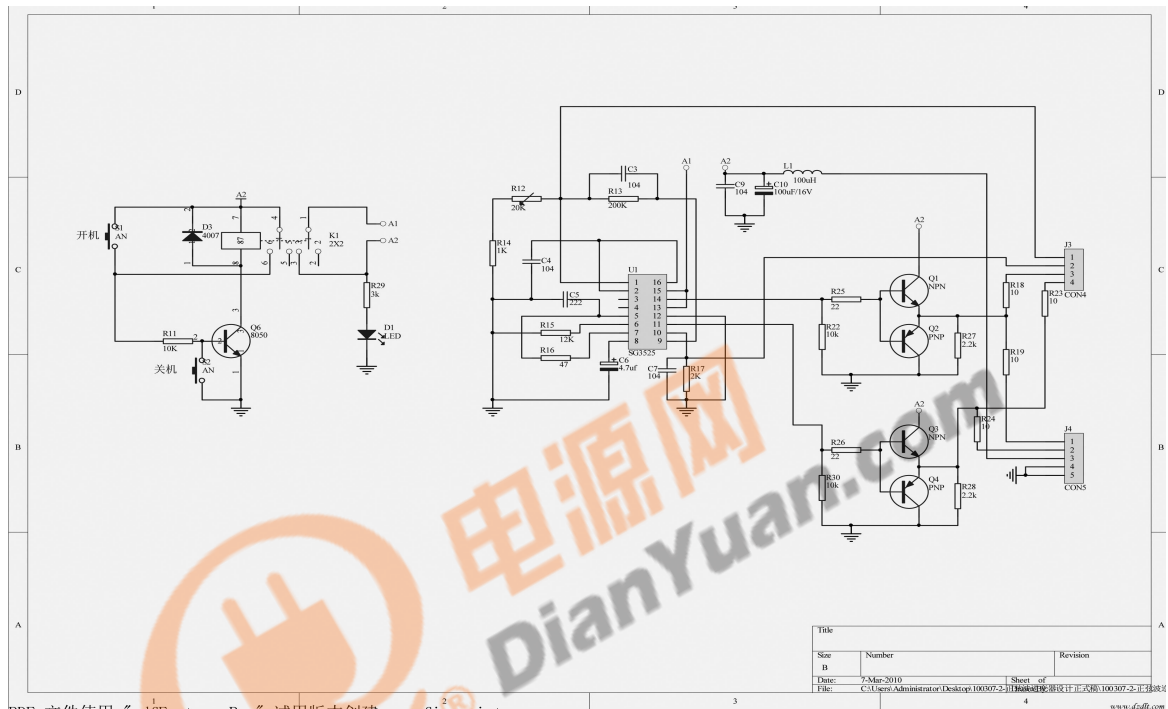
2. 接着试启动一支 1000W 的小太阳，冷阻很低的，一上电，闪了一下，我认为不行了，谁知一闪过后，竟然成功点亮了，哈哈，还不错。

3. 又接上一个大功率的冲击电钻，启动很顺利，而且冲击时力量很足。

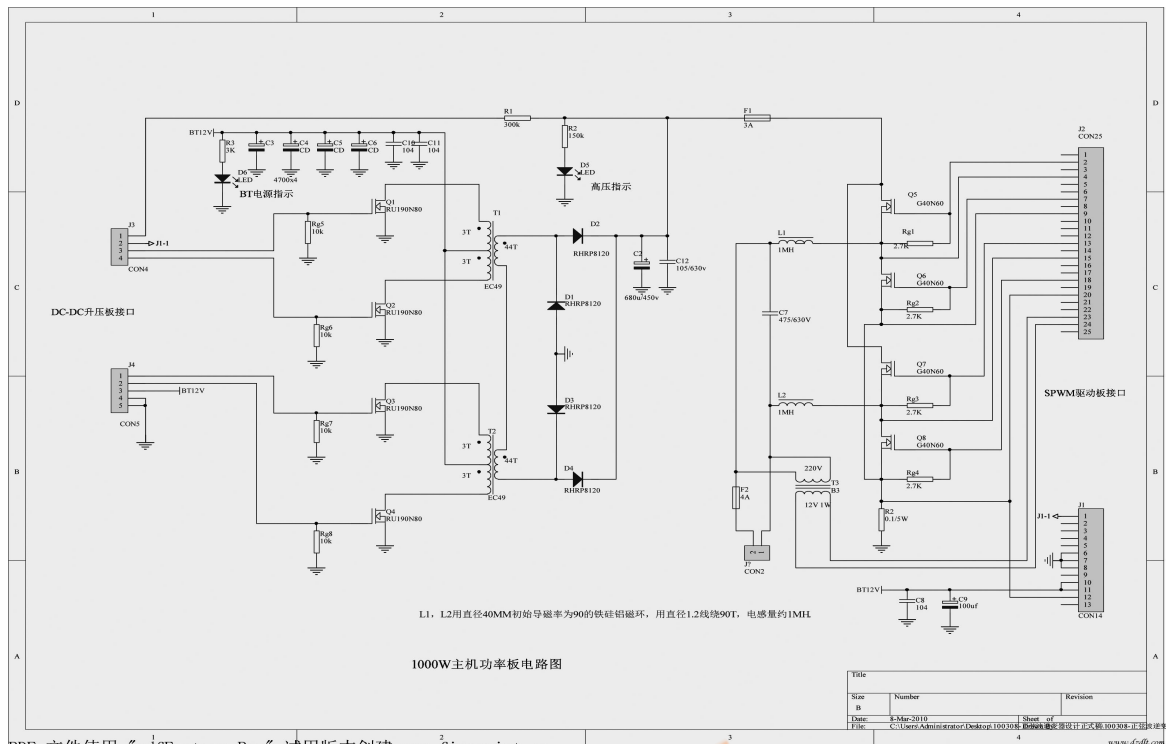
4. 最后，朋友从仓库里拖出一台小型空气压缩机，不知是多少功率，一插上去，逆变器翁的叫了一下，没有启动，可能是功率太大了，相当于短路，高压保险丝烧掉了，但逆变器没有坏。

下面是 1000W 机的电路方案，不一定成熟，尽供朋友们参考：

1. DC-DC 升压部分电路：用 RU190N08 功率管。



2. 功率主板电路图：



3. SPWM 驱动板，用张工的 TDS2285 芯片：

