

3000W 纯正弦波逆变器

一、机器基本参数

标称功率3000W

持续功率：2800W

峰值功率6000W 2S；

整机效率：87%以上

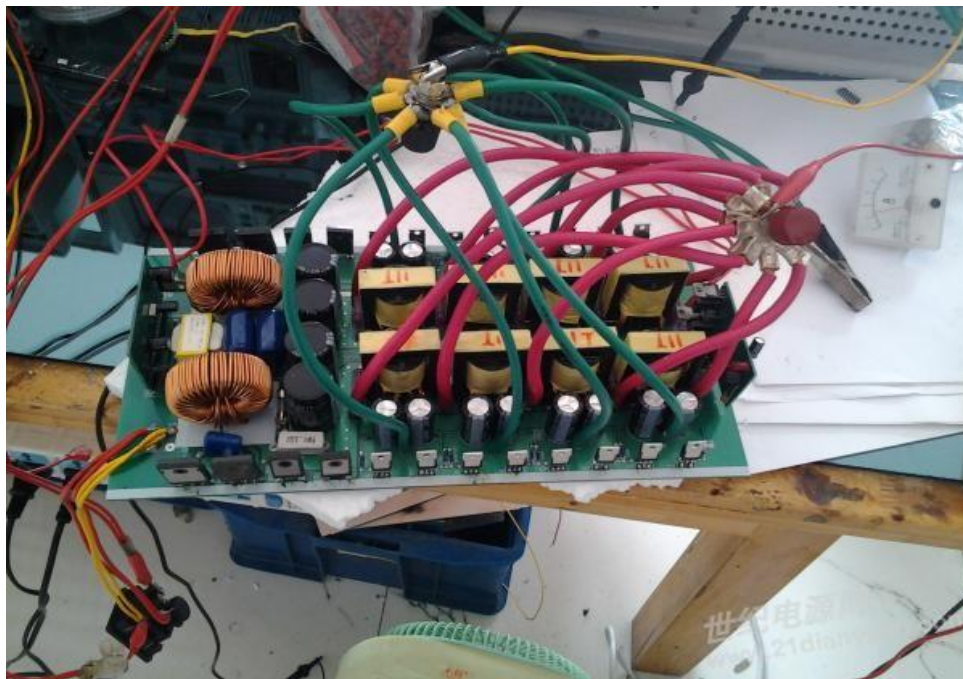
300次开机短路，200次短路开机

过载保护3200W 3S

短路立即保护

欠压保护20V 延时5S 关断，过压30V 保护立即关断

过热保护：65度



二、此款逆变器的基本情况（架构，组成）

总括的说，这是一款24V 逆变器，这款逆变器由三个部分组成，1、前级驱动板；2、后级驱动板；3、功率主板。

1、前级驱动板上主要是由三个小部分组成，一个辅助电源部分，一个部分是 PWM 驱动，第三个部分是保护部分；

2、后级驱动板主要由三个部分组成，一个是 SPWM 信号的产生（单片机完成）部分，一个是硬件 RC 死区时间设置部分；再一个就是 IR2110的驱动部分。

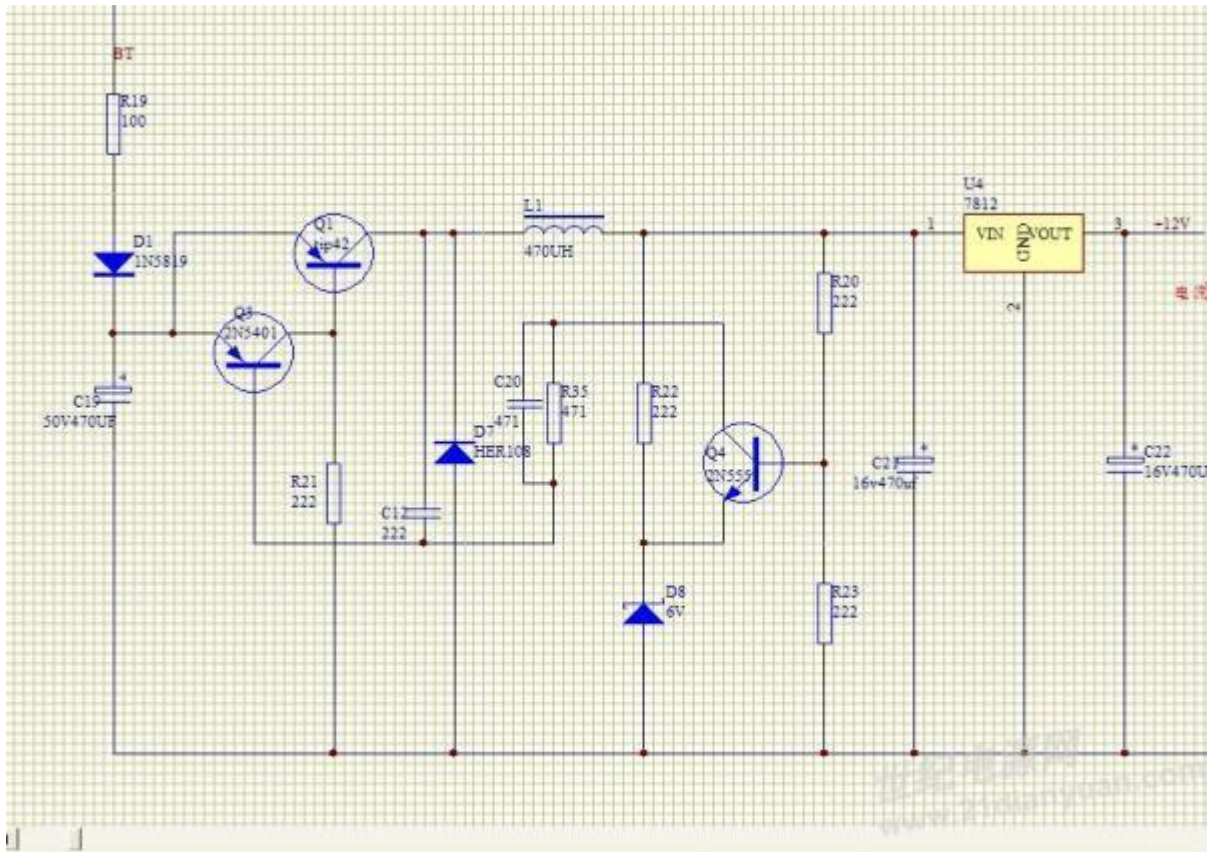
3、功率主板主要由四个部分组成，一个是前级升压及整流滤波，第二个是后级 H 全桥正弦变换部分，第三个是稳压反馈部分；第四个是 LC 滤波部分

三、电路结构及原理分析

1、前级驱动板

A、辅助电源

电路的功能就是将功24V 的电池电压降到13-15V 左右然后再经过 LM7812稳成12V 后供给整机电路的控制部分供电，先上图：

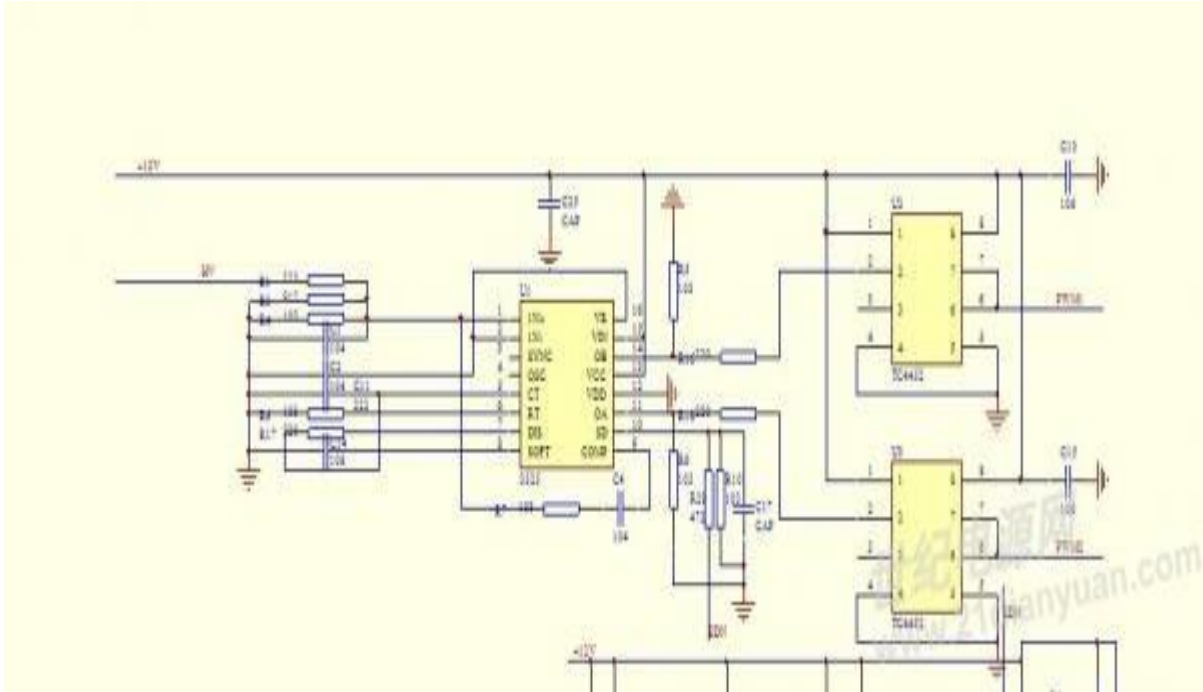


在这个电路中，BT 输入电压范围可以达到 15-36V,而输出稳定在 12V.Q1也可以用 P 型的 MOS 管,适当的选取不同型号的 P 管可以将电压做到 60V 左右。

下面来讲一下这个电路的工作原理，电路起动的瞬间，电源通过 R21 提供 Q1 足够大的基极电流，Q1 饱和导通，其集电极电流一部分通过 L1 给 C121 充电供给负载，一部分储存在 L1 里。当 C21 两端的电压超过 15V 时 Q4 导通，Q3 也导通导致 Q1 的基极电位上升，电流减小，C12 的上端的电位下降，由于 C12 两端的电压不能突变，Q3 基极的电位继续迅速下降，Q1 的基极电位迅速上升直到快速关断，Q1 关断后 L1 的储能通过续流二极管 D7 释放给 C15 和负载，然后开始下一个周期的循环。

B、PWM 驱动部分

先上图，再做解析



占空比变化到50%的状态的，主要是保护此信号所推动的 MOS 不是一开机步工作在较大的占空比状态，减轻了开机瞬间 MOS 的冲击压力。

了解一下 SG3525，其 PWM 输出是11脚和14脚且两脚输出波形相位相差180度，互为反相。这两路信号输出后通过两个限流电阻 R16 和 R18分别接到 TC4452的 PWM 信号输入端进行射随放大（就是幅度不变，电源放大的意思，因为射极跟随器本来就有这个功能），在引入 TC4452前大家看到了分别有两个10K 的电阻将 PWM 信号拉到地，这有什么用呢，共实这个下拉非常有必要，两个作用，一是给 SG3525的 PWM 信号加一个假负载，使信号稳定不浮跃，二是在关闭逆变器控制部分的开关后，能将 TC4452的信号输入端有一个稳定

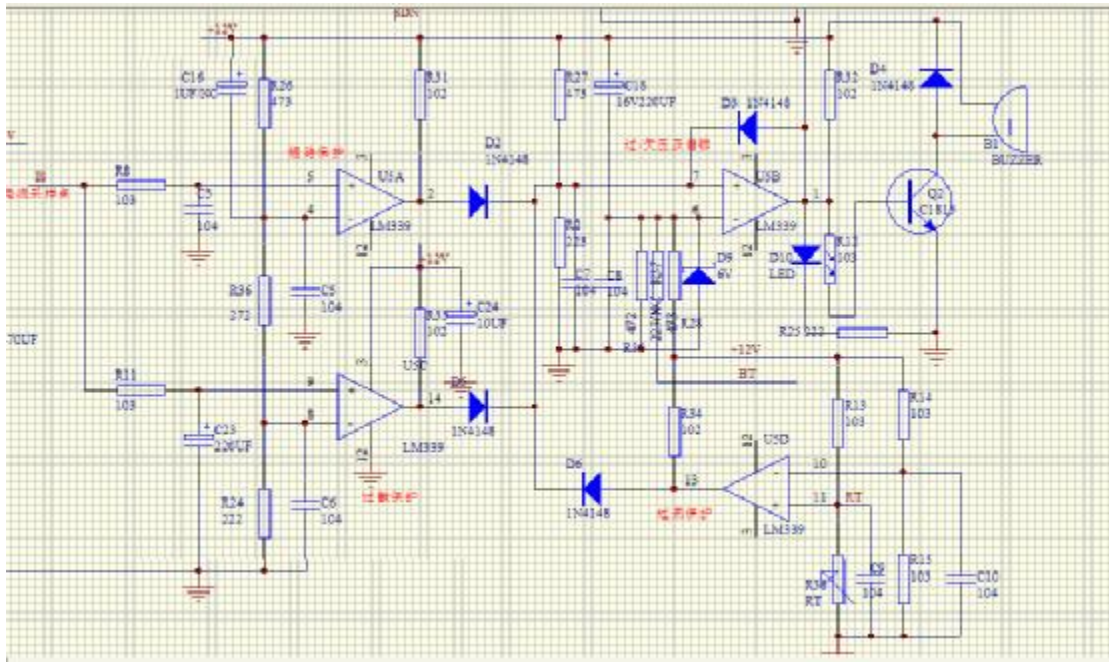
的低电平，使 TC4452在关机时不会因为一些干而产生高电平，使功率板上的 MOS 栅极同时产生高电平，在大容量电池供电情况下导通而炸管。

简单的提醒一下各位新学逆变的朋友，不管用的是专业驱动还是三极管组成的图腾柱电路，在 SG3525/TL494的 PWM 输出到专驱或图腾的输入端间一定要接一个1-10K 内的下拉以保证 MOS 管的安全！

在这部分电路 SG3525的应用时采用了浅闭环调制，其原理是，给 SG3525的2脚引入一个固定基准，就是现在的5V（由 SG3525的16脚产生），1脚接前级升压后的高压分量，当输出高压的分量大于2脚上的固定值时，SG3525的误差放大器将会将大于2脚的电压的变量作为误差，对其进行放大，误差放大的量来对 PWM 的占空比进行调制，使逆变器在开机空载时有一个很小的静电流。做好这一功能的原则是，在空载时能使 PWM 的占空比达到最小，在带载的时候要马上将占空比拉到最大，使用电路工作在最高效率状态。

C、保护部分

保护部分的电路如下：



这个电路是一个典型的非隔离式逆变器的保护部分电路，包括了欠压保护、过流保护、短路保护、过热保护及保护自锁。

过载保护：非隔离逆变的过载保护大多都是在后级功率 H 桥的下管 S 极到功率地间串接采样电阻，当出现过载时，会有较大电流流过采样电阻，进而产生压降，运用专业比较器采集此压降和一个固定阈值{比如说在3000W 的逆变器大于3000W 时过载，则此时的电流应该是 $(3000W/380V) * RS = US$ ，这个 US 就是这个阈值了}进么比较，大于些值时输出高电平，而后引这个高电平来做保护关断信号，在过载的时候关断 PWM 和 SPWM 驱动信号，保护 MOS 不因过大电流挂掉。

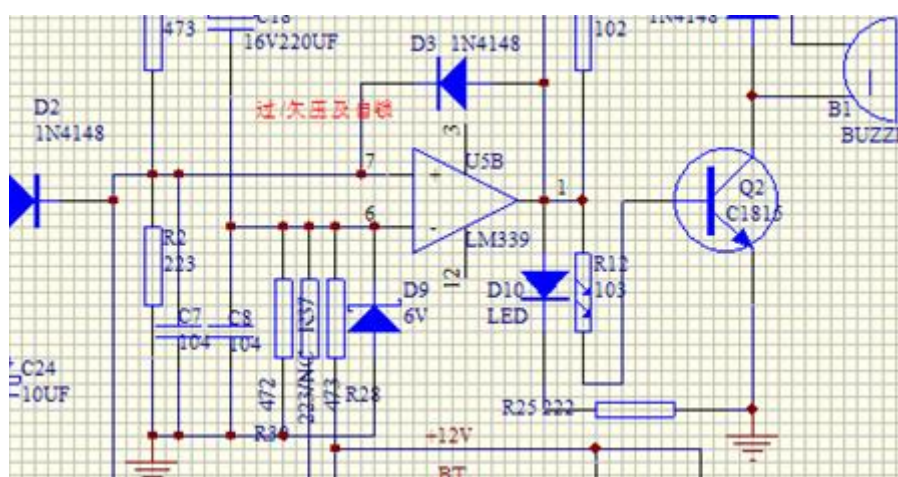
在上图电路中应用的就是这个原理，IS 是从采样电阻 RS 处采样过来的信号，通过 RC 延时网络后到 LM339的9脚，在8脚设置一个 0.5V 的阈值(3000W)，因为在带感了/容性负载时，刚接入负载时冲击很大同，此时的功率可能会超过逆变器所设计的过载功率，但又不能

一过载就关断，那这样就太麻烦了，所以在入比较器前将信号进行RC延时（此处是2S），如果在2S后仍然过载就关断了，如果2S内没有过载了也就继续工作，这样就有利于逆变器稳定有效的带动冲击性大的负载。

短路保护:在上图中.短路保护和过载保护的方式类似,短路保护就是严重过载,只是在过载时延RC常数要设置在短路后后级H桥不烧MOS的范围内就可。原理在这里不再多讲。

过热保护：这个保护很简单，基础级的理论，R14，R15分压得到6V作为比较器的反相输入阈值，正相端用热敏RT和R13同样组成分压电路，当温度达到65度时，其分压刚好于6V，此比较器输出高电平，引作保护信号就可。

保护自锁：看下图

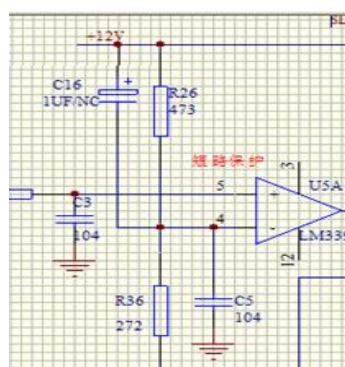


在这个部分中，我将自锁和欠压设计在一起当然，在3000W这款逆变器中，我的过欠压不是在前级做的，所以这里用于设置欠压的R30，R37并没有焊接在板子上，画出来主要是想在单一用这个驱动板时也可以设置欠压保护。取代R30和R37的是R28和6V稳压管，用于给

LM339的6脚一个6V 的基准，这样做的作用是，一是给6脚一个阈值，另一个就是钳位6脚电压，使用机器在瞬间带大负载时经得住冲击。

自锁的原理是：当过载、短路或过热任何一个比较器有保护信号时，都会分别通过 D5、D2、D6将一个11V 左右的高电平关到 LM339的5脚，5脚电压大于6脚电压，比较器反转，输出高电平，此高电平又通过 D3接到5脚，5脚一直大于6脚此比较器一直输出高电平！始终关断 PWM 及 SPWM，停止逆变，有效的保护 MOS 功率管的安全！

在这里，友情的提示一下各位，在应用 LM339时，每个输入脚都要接一个103左右的电容到地，很重要，输出脚一定要有上拉电阻 1K-3K 效果最佳。另外，在如果以反相端为基准，那么应该在开机时给予高电平预置，可以有效的避免一开机就是某个比较器输出高电平，导致整机一开机就保护！如下图的 C16就是这样的功能。



2、后级驱动

A、SPWM 生成：主要是由 PIC16F73产生，数字电路，不用多讲，我将 PIC 的引脚说明贴上来大家就明白了，如下：

1. 5V 供电，需要 5V 稳定的电源供电，需要最少提供 50MA 的电流；
2. 电流保护输入（高频机实际未用，工频机可用）：当此引脚输入

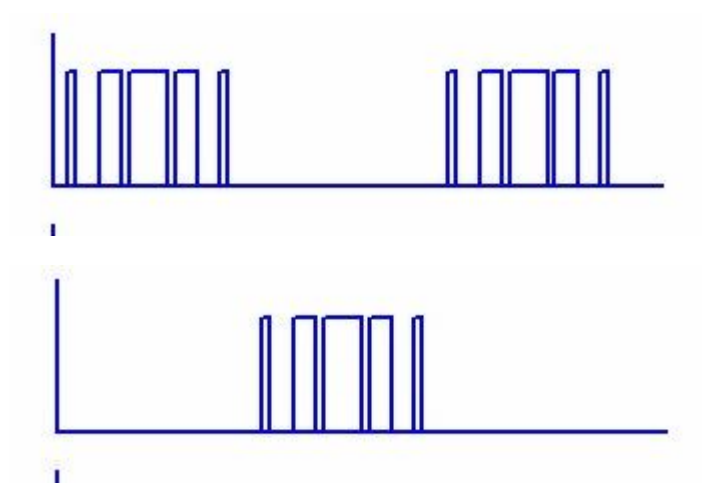
电压大于 2V 小于 4V 时视为过流，延时 5S 保护。大于 4V 视为严重过流或短路立即保护；当保护后 15 脚会输出低电平控制驱动关断。

3. 输出电压反馈引脚，当输出交流电降压整流滤波后变成 2.5V 左右的直流电输入此引脚可以使系统进入闭环稳压状态；

4. 电池输入过压欠压检测，当电池电压经电阻分压后输入此引脚低于 2V 时，延时 5S 关断本机，高于 3V 时立即关断，体现在 14 脚输出高电平，26,28 脚的 LED 灭。

9,10. 接晶振 50HZ 配套晶振为 16M,60HZ 配套晶振为 20M.

12,13.双极性 SPWM 输出，时序为



14. 单片机正常工作输出，低电平有效；

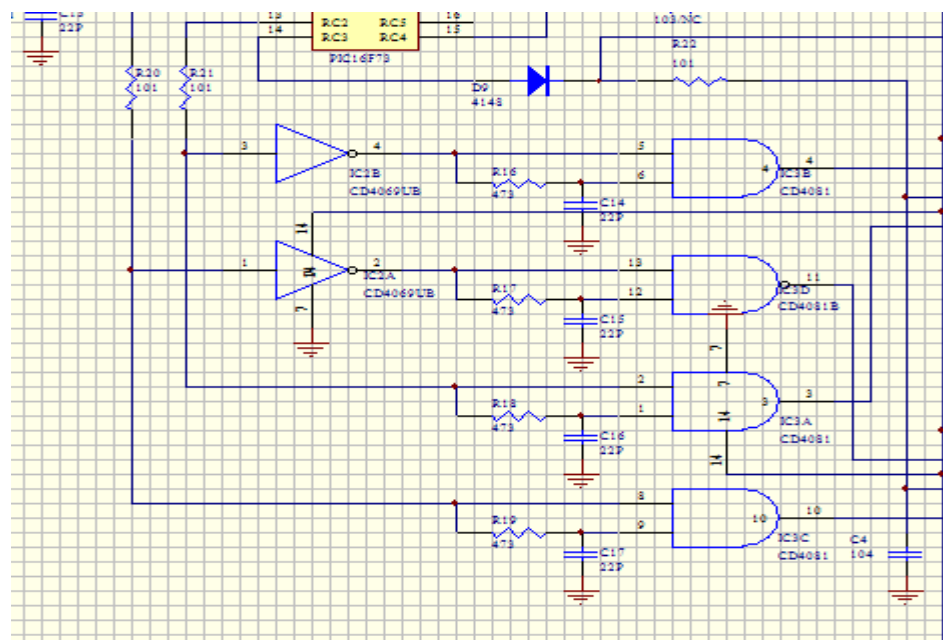
15. 过流保护输出（高频机未用），低电平有效；

26,28. 单片机正常工作指示，LED 亮表示正常工作；

27. 复位引脚；

19. 地。

B、RC 死区设置：为了不使 H 桥同边共导，给 SPWM 设置合适时死区是很有必要的，其工作原理如下图：



简单的讲下 RC 死区是如何这样硬件实现的，以 IC3C 这里为例：SPWM 实际上就是单片机按一定算法 DA 转换出来的的阶梯波，就是说它仍然是一个开关信号，以一个开关信号来分析它，在高电平时，一路接到与门的8脚，另一路经由 R19对 C17充电，在 C17充电未完阶段，9脚这里信号是“0”，此时与门输出低电平，当 C17充电完成后，9脚才为“1”与门才能输出合成后的信号，那么中间就间隔了 R19对 C17的充电时间，这个时间就是我们所说的死区时间。

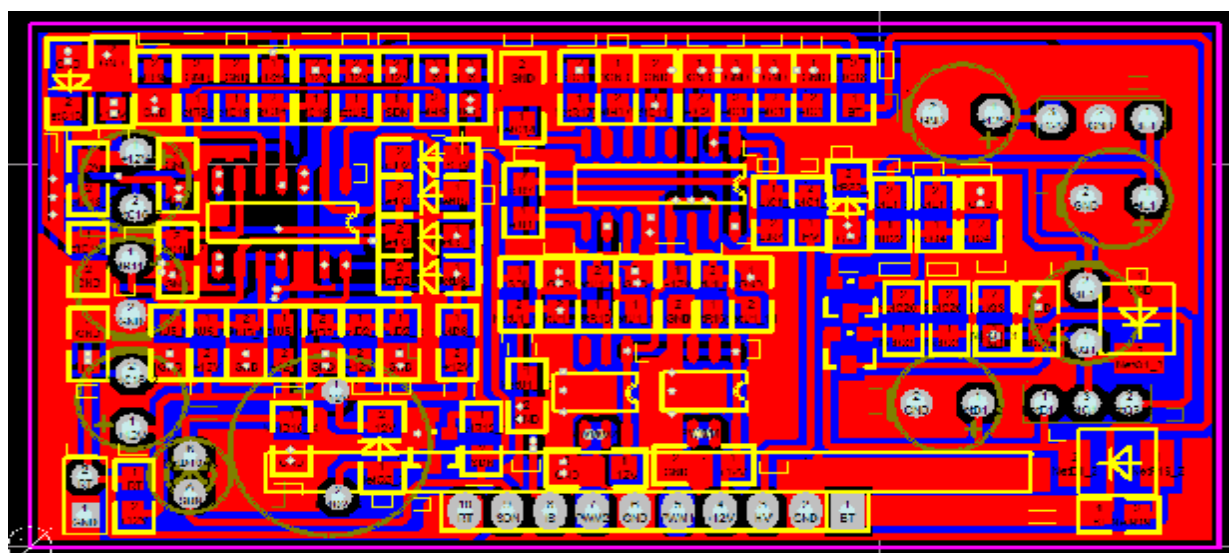
C、IR2110驱动电路是典型的应用电路，没有加入负压，因为些款机器是非隔离逆变器，做负压，不是那么好做，也就没太下功夫了，但可以放心，工作绝对正常。其工作原理就不多讲了，后面大家自己下载电路图后分析。

3、功率板

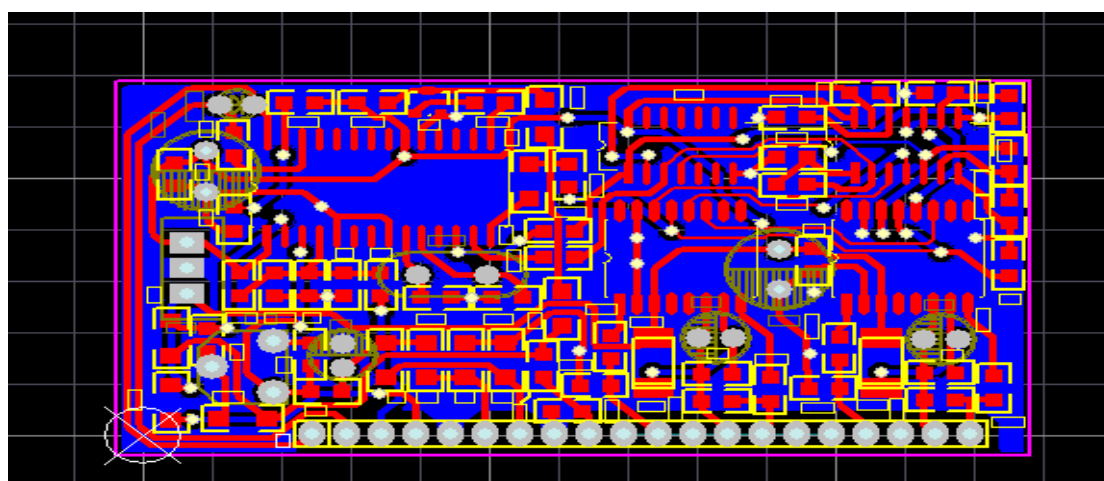
功率板前级采用之8个 IC4025的主变，16个190N08，做3000W 功率完全是小 CASE 了，后级用的是 FQL40N50 这个 N 管，共四个，但用四个还有功率小了点，如果想做大更大可以买120N50，120A500V 的 MOS，非常给力，但价格也很给力；另外本机是双极性调制，要个47的铁硅铝，60U-90U 的环做1.5UH 的电感进行输出滤波.大家可下载电路图后就清楚了.

四、PCB 剪图

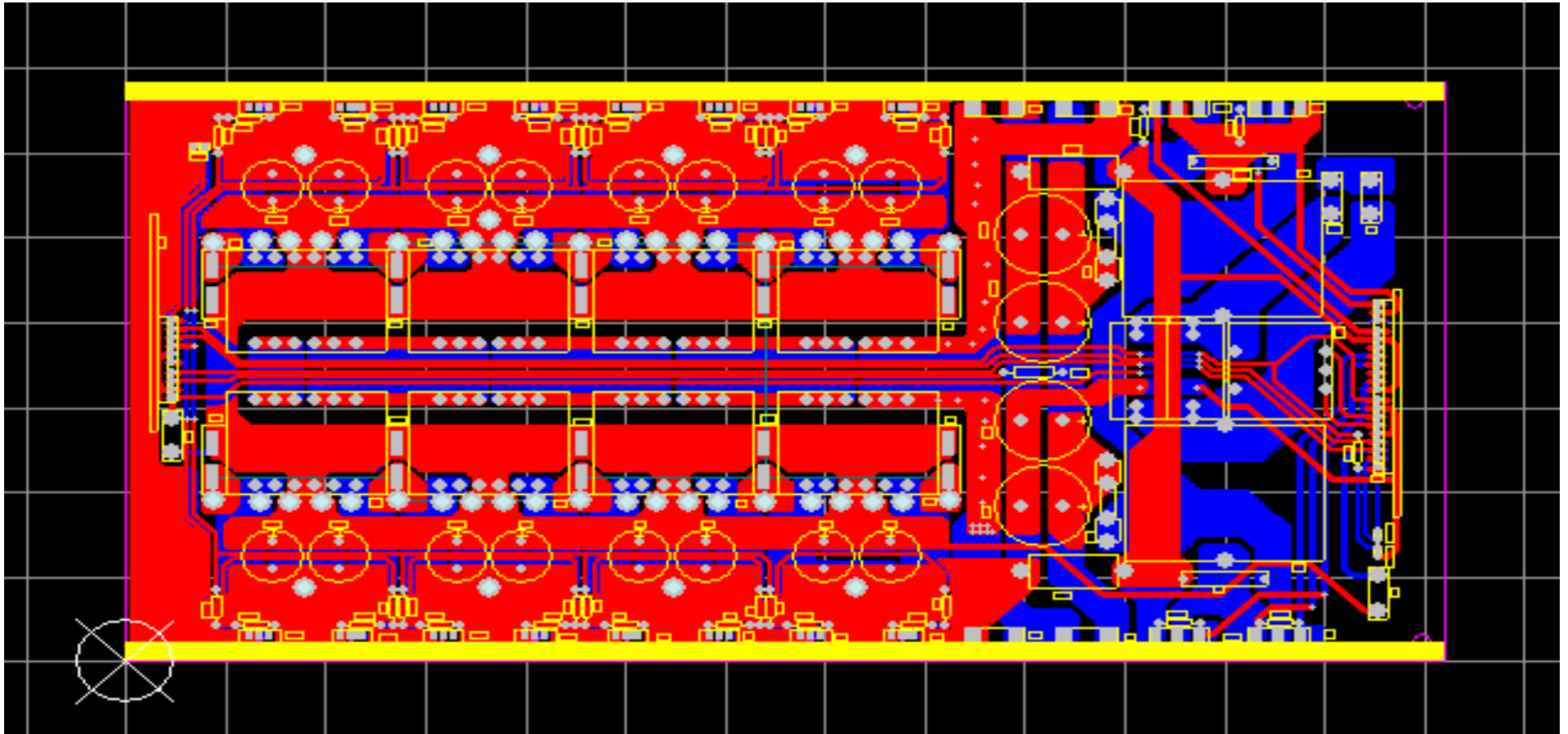
前级驱动板



后级驱动板



功率板

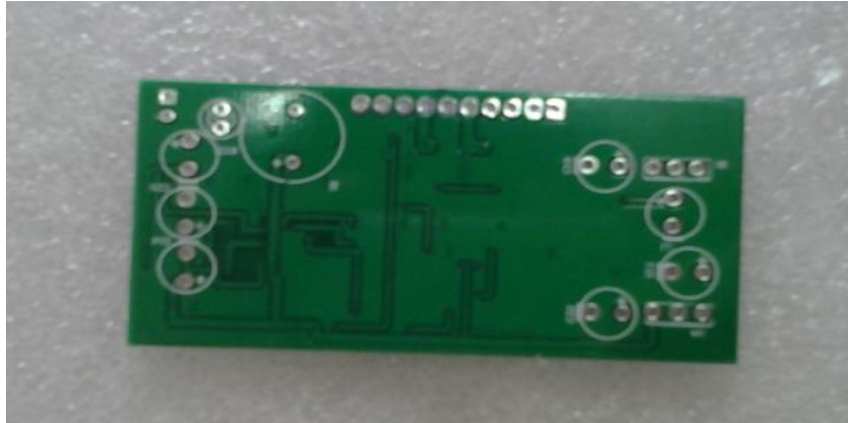
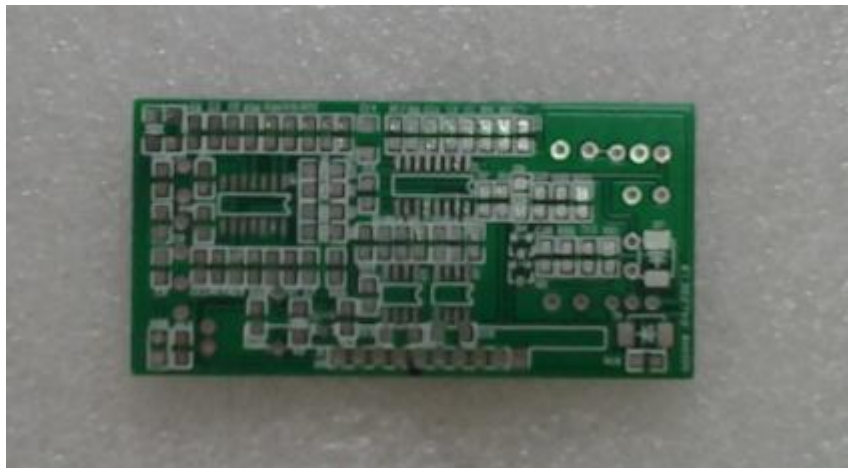


五、制作过程

1、前级驱动板

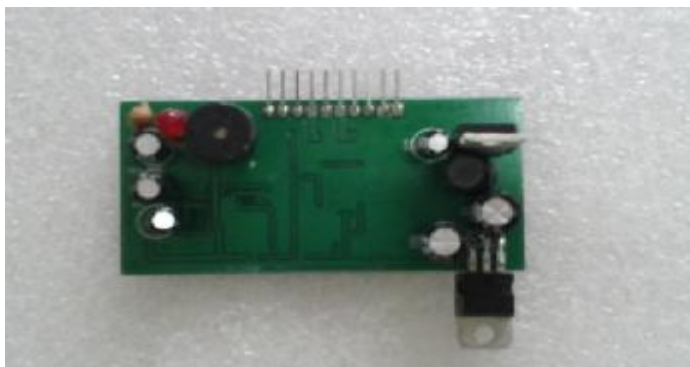
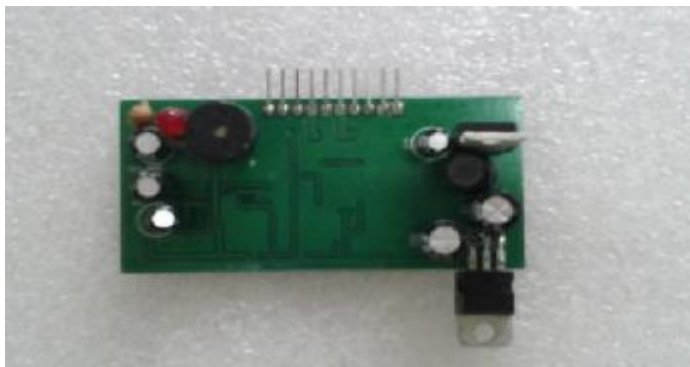
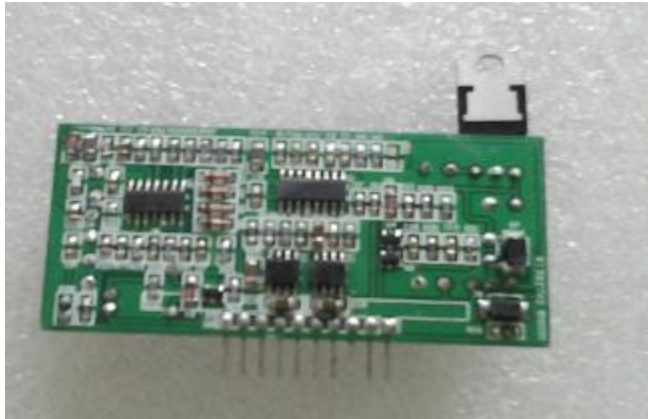
A、板子的焊接

双面板设计，一边完全放置贴片，一边完全放直插件，分布明确，安装简单，调试容易。上空板图：



下面讲解下些板的焊接：。。。。。。。。请先不要焊上 LM7812，切记切记（此处省略见100万字）

焊接完成了，上图！



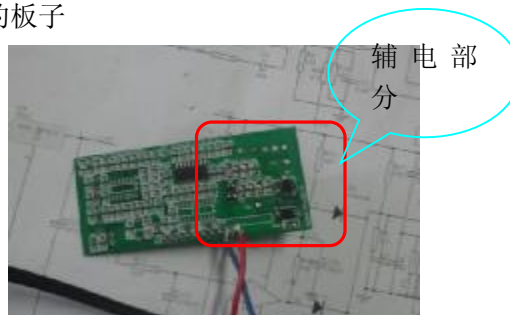
B、板子的调试

a、先调辅助电源

调试辅助电源是否有用很重要,因为如果没有先降到15V 而是24V 直接接到了 LM7812 上,那么只要在7812上流过100MA 的电流,那么在 LM7812上就会产生1.2W 的耗散功率,这样7812的温升是很快的,容易烧坏.

首先在焊这个板子时,不要将 LM7812焊上,因为如果辅助电源没有将24V 降到15V,那就有可能出大问题的。

看一下辅助电源部分的板子



在驱动板排针的1脚接一根红线, 作为24V 正极接入线, 2脚接一根蓝线, 作为地线(你可以随便用什么线的), 先将可调电源调到20V(因为机器的工作范围内20-30V)然后分别接到这两根线上



空载20MA,电压19.8,用万用表测试 LM7812的输入端,看下降到多少 V:



LMXXX 系列管子只要主控电源有1V 的压降就可以稳压,这个 DATASHEET 里有说到,不用多说,所以在20V 时电压降为13.3V 足够 LM7812稳压输出.下面再看到更高电压时.

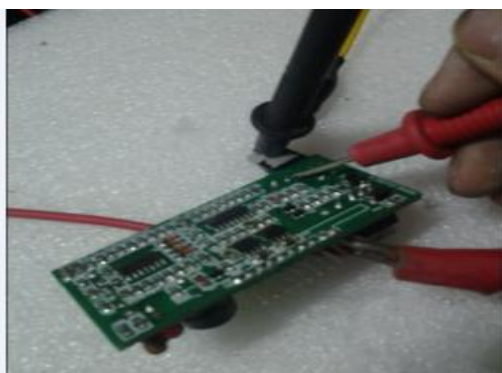


输入电压是30V了,我的电源表头有点问题,空载电流40MA(大点是可以想通的,因为降大了电压为13.7V 相当于有16V 的压降了),电压降到13.7V,说明辅助电源的稳定度是在可靠范围内的,所以应该是可以给 LM7812提供一个稳定的主控源的.现在接上 LM7812,看下效果

如何:



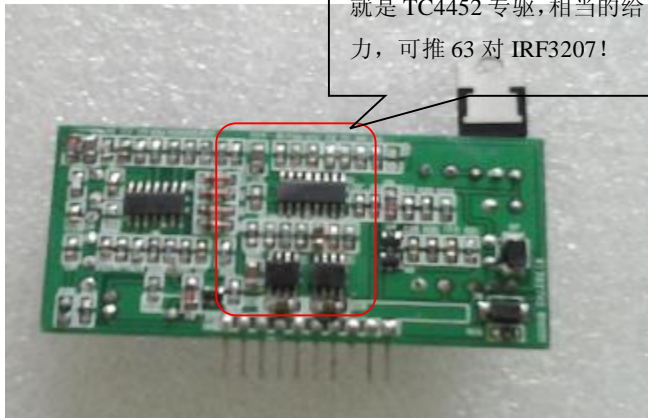
看好,黑表笔黑线和电源负极是接到了 LM7812的金属片上的,这里就是地!红表笔这样接不会错.能看到0.07A 是因为我将 SG3525部分和保护部分也焊好了,省事.看下 LM7812的稳压:



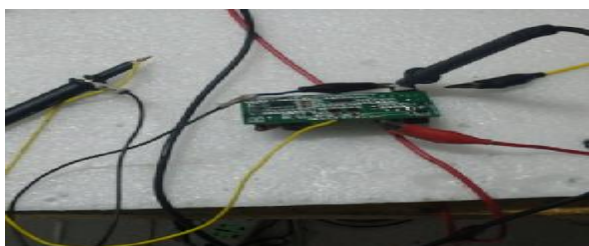
很正常,相当好,不错,辅助电源调试很顺利!下面就是 PWM 驱动了.

b、SG3525驱动部分的调试,拿到电路图后,将对电路将相关元件焊好,仔细点,不要把参数焊错了!如下图:

驱动部分，另外两个八脚 IC 就是 TC4452 专驱，相当的给力，可推 63 对 IRF3207!



继续上测试图：



找不到示波器的套子了，接根线吧效果还是可以看到的如下：

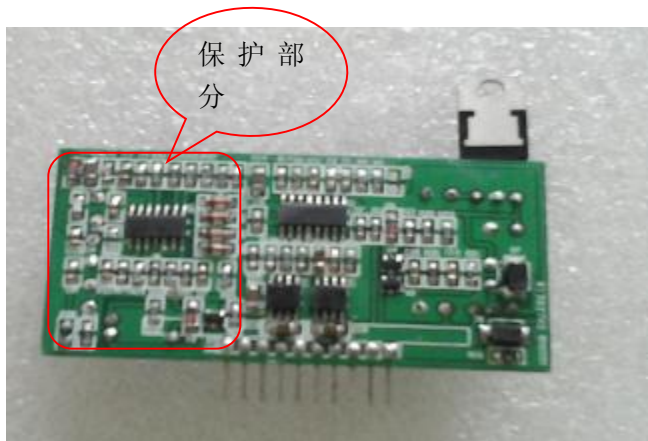


很漂亮，很平滑的波形，专驱就是 NN!!



在制作过程中，如果可以测试到这样的波形，那么说明前级驱动已成功了，80%了。下面要做的就是保护电路的调试了。

C、保护电路：



其实这部分我不打算多说，因为是比较简单的比较器而已，而且前面已经说过了原理，这里主要提一点，加上保护部分后，接通24V 电压，如果会发出“D”声，那可能是因为短路保护比较器那里有浮动，造成了误动作使保护部分进入自锁，解决这个问题只要将 IS 就是驱动板排针的8脚接一根导线到6脚（GND），再开机就不会有这种情况了，因为设计时已经解决了反相端置高电平的问题了。

不难吧，一下子就把前级驱动解决了！接下来我们来制作后级驱动板。

2、后级驱动板的制作

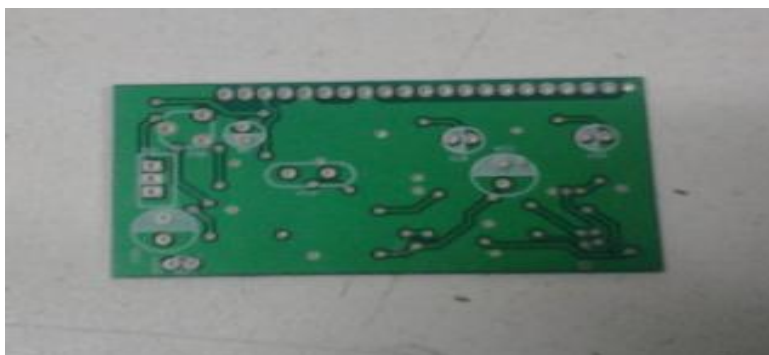
A、元件的安装和板面的焊接

其实大家都会焊，我作为一个余业的我只是简单的提一下：如果大家想一次性成功，那么就按这样的顺序焊：单片机-----各贴片阻容-----各直插件阻容及 IC ，注意，上在没有说到除单片机外的其它贴片 IC，所以就先不要焊了。

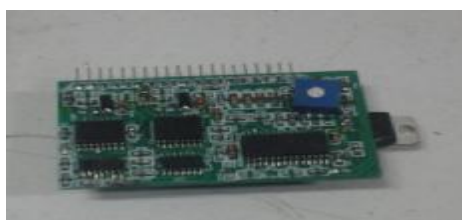
看下空板：贴片层



直插件层



焊好的板子：



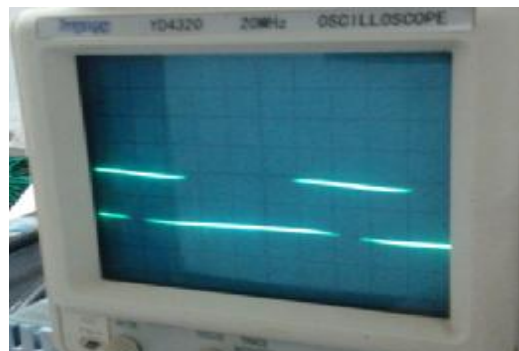
上面那个电位器大家下载了电路图后就知道是用来调压的。

B、调试

按 A 中的步骤做了后，在驱动板的第三、四、五排针分别用不同色的线引出，看电路图，3脚为驱动板的电池电量采集脚，4脚为12V 供电脚，5脚是 GND，做了这些准备后。上电（这里要台电源，在玩家制作过程中，如果没有两台电源，也不急将调试好的前级驱动拿来用就可以了，因为上面有12V 和24V 的接口，共用就是了）！在单片机的12，13脚要测到如图波形：（将示波器作下图调整周期调到0.5MS 档）



应该看到这样的波形



做完了这一步，那么现要要把那些没焊的 IC 贴上去了，不是一齐贴，现在我们贴 CD4069，在相对的输入输出脚也应该看到如上图的波形，说明装到这一步仍然上成功了！

再装上 CD4081，进行测试，看电路图，在与门的两个不同的输入脚波形是不一样的，分别是这样的：

过 RC 延时的应该是这样的



没有 RC 延时原保持单片机输出的波形！

一切正常, 往后走, 那么现在就要贴上那两个看起来比较麻烦的东西了, 对, 就是 IR2110 这个损管! 贴上后, 如果正常, 在两个 IR2110 的低端能测到如下波形:



请注意些看, 我的示波器没有调运过幅度档, 但现在的波形明显幅度更大了, 很简单, 因为这个波形的驱动图腾是12V 供电。所以。。。。。

注意看, 这个波形和单片机出来时的波形有什么区别呢, 自己分析下吧。

不要去测高低的波形, 因为你测不到, VS 没有回馈是不可能测到波形的。

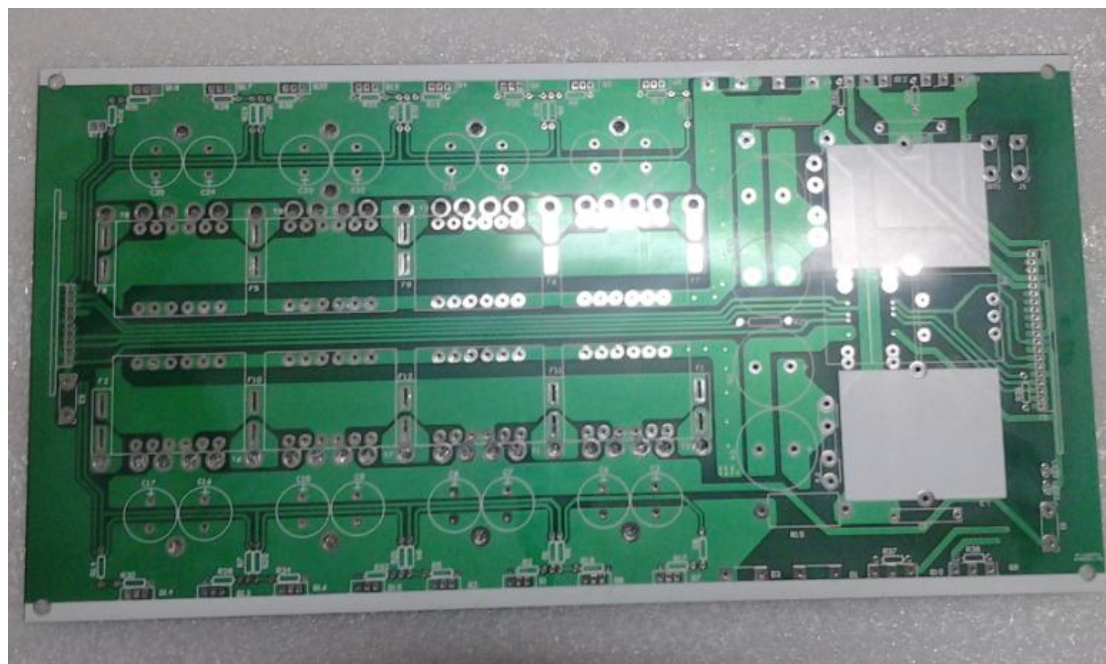
有人会问这波形为什么长这样, 我只能告诉你, 他生出来就长这样!

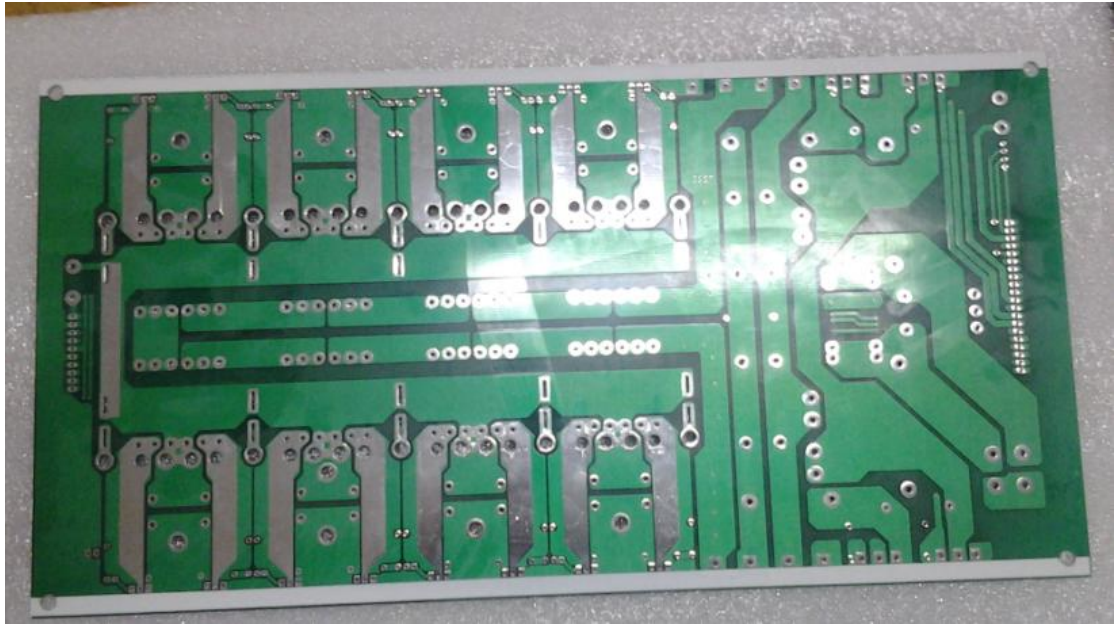
做完了这些后, 很欣慰的告诉您, 你的前后级驱动都调度好了, 离整机成功不远了。

不能停, 停下来就没兴趣了, 要保持兴奋! 我们现在做功率板!

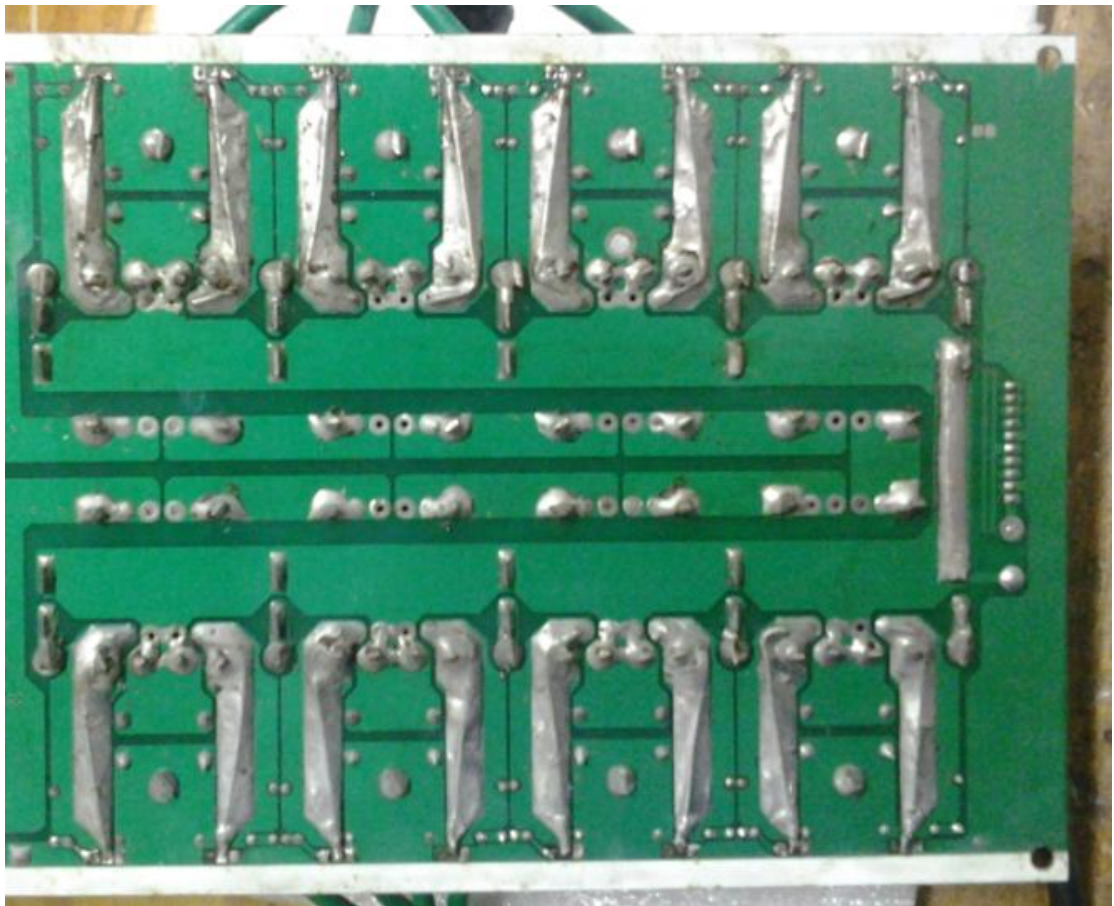
3、功率板;

A、焊接组装, 有朋友从我这里申请过套件, 我一般都会很慷慨的帮他把前后级调试好, 然后功率板让他自己去装, 为什么呢? 因为功率板的焊接组装件耗钱, 耗时, 耗精力的事, 比较悲催。下面来看下有多少悲催吧, 上空板图:



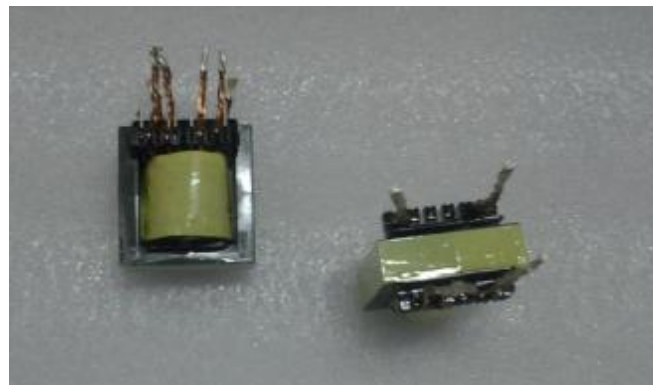
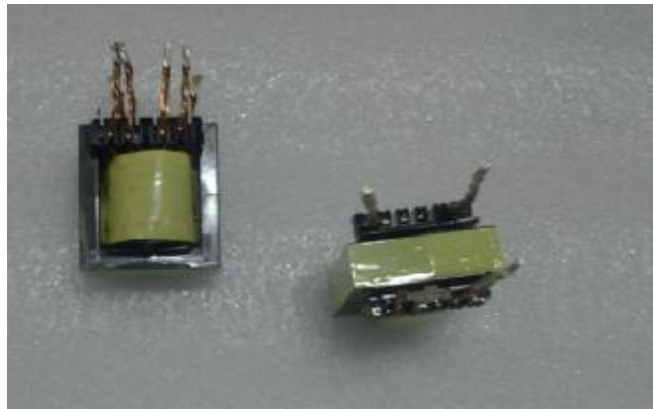


看到露铜的地方了吗，这些地方都要加铜线和加锡了，铜线还好，锡丝就贵了。讨厌的进，加铜线的时候很麻烦，只能手工上，而且要准备一把功率100W左右的烙铁，要不然不好啃动它，最后要将功率板后板面处理成这样：



有人曾和我开玩笑说，光这铜线和这锡就够几十块的了，这机器不怎么DIY啊，我觉得也是，但喜欢和爱好是不计成本的！

看下变压器吧，这个是我自己绕的，工艺不可见人，但还是拿出来看下！



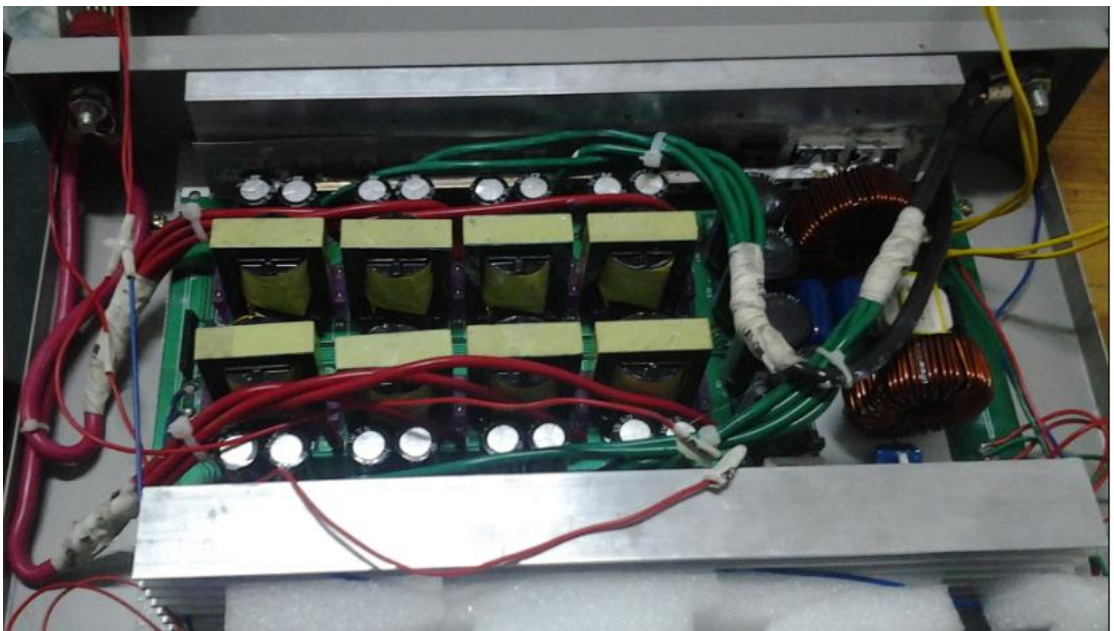
引脚线有点长，就是想用它来代替要加的铜线的。但焊接出来的美感就不如用铜线的了，忘了说了铜线是2.5平方的。

再看下磁环吧：是不90导率47的环，感量为1.5MH，价格也是相当的贵。



没办法，我现在已经没有没安装的环了，拍这个顶下吧。

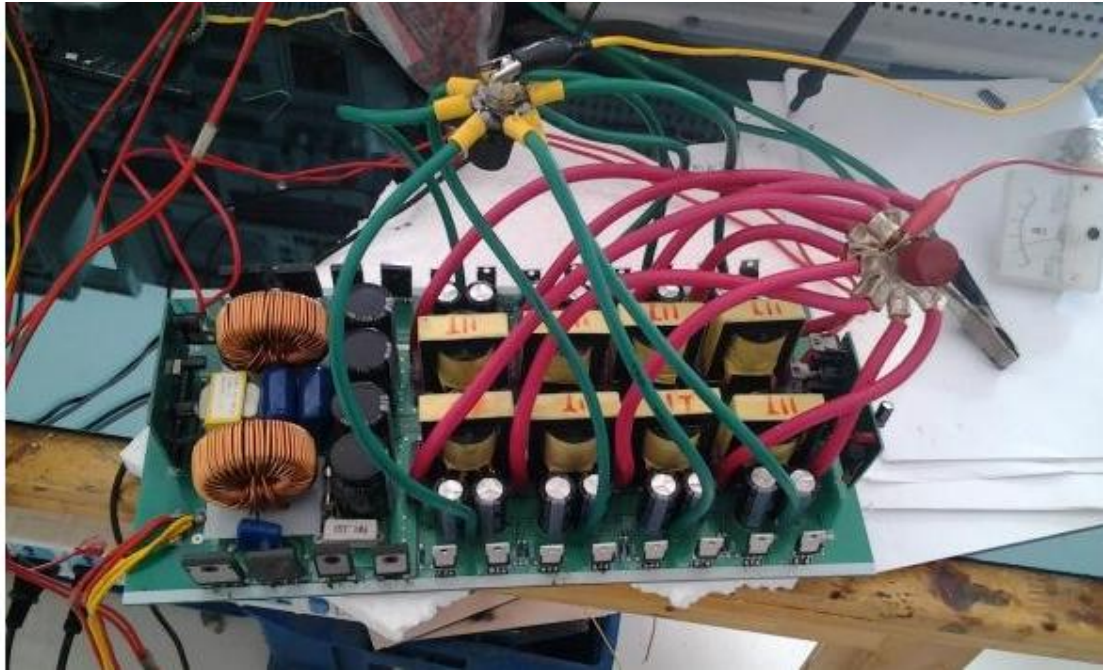
那么整板组装出来 是什么样的呢，看一下一款组装好的机器里的板子吧。



功率板是12V/24V/48V 通用的，最近有朋友说最好做成兼容 EG 的板子的，还在考虑中。

那么在前级升压部分，功率 MOS 可以选择 RU190N08，也可以选择 IRF2907 都是 TO-220 封装的，看您用的感觉如何，个人建议用 IR 的 N 管，进口原装管很耐操，这是公认的。当然，国产也难得有锐骏这们的企来，大家也要支持下（此句绝对是实话实说，没有带任何的攻击性质，本人与本人的言论无关）。

再上张装好没加散热器的图片吧：



装成上图这个样子后将底面和导线都接好焊好后，仔细检查板面有没有桥接，用万用表测试下电池正负输入线间是否短路，检查无误后，请将前后级驱动板都拔下来，高压保险也不能装上，因为我们要上电测试下功率板有没有短路和 MOS 烧坏。

将小电源（0-30V 可调，5A 电流输出的电源）调到24V。将组装好并检查过的板子的电池输入线与电源的输出线正确，再强调下，一定要正确联接（首次接触，会有很大的电火花，没关系，很正常，因为在板子上有16个50V2200UF 的电解电容要充电）。观查一下小电源是否有短路，如果没有短路，说明功率板安装正确，而且很成功。

做下一步：测试前级的工作情况

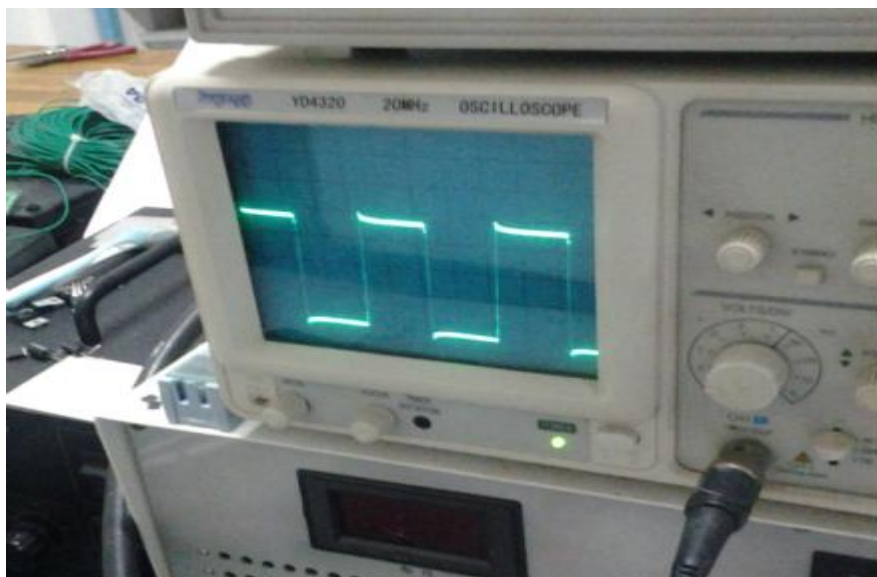
电源线脱掉，只将前级驱动板插入到功率板上相应的插座上（意思是后级驱动板 and 高压保险丝是不能插的），插稳！接24V 电源线开机。

在接上小电源后开机，如果是线性电源，应该一开机就能正常启动，但如果是开关稳压电源，那么机器会在前四次左右的开机过程中发出报警“D”声。多开关几次就好了，因为高压电解电容要充电，开机瞬间相当于短路；而开关稳压电源的抗冲击能力又差才会这样的。

按着电路图上的元件参数制作出来的机器，前级工作时，如果接成开环空载电流为1.4A 左右,如接成闭环,则空载电流为100MA 左右.(现在没有单一前级工作的图片了)如果前后级都一起工作，则接成闭环时空载电流如下图：



现在测试前级的空载开环空载 MOS D 极波形如下图：



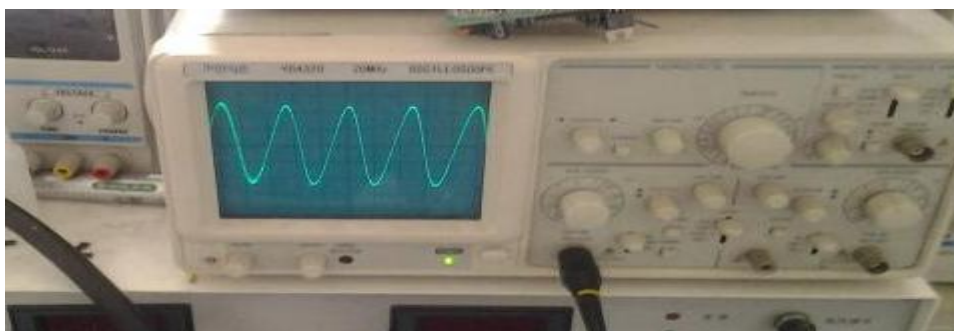
没办法，是硬开开关逆变器，空载就有点尖波了，开关频率33KHz，但个人觉得这样的波形已经很漂亮了。看到它们的开环 D 极波形，说明前级工作正常。关机且将高压电容两端的电荷放掉（这一步在整机组装完成前都要做，要不然会被电！）

插入后级驱动板，（不装保险丝）开机，用示波器分别探测各个 H 桥 MOS 管的 G 极，应该看到如下漂亮平滑的波形。

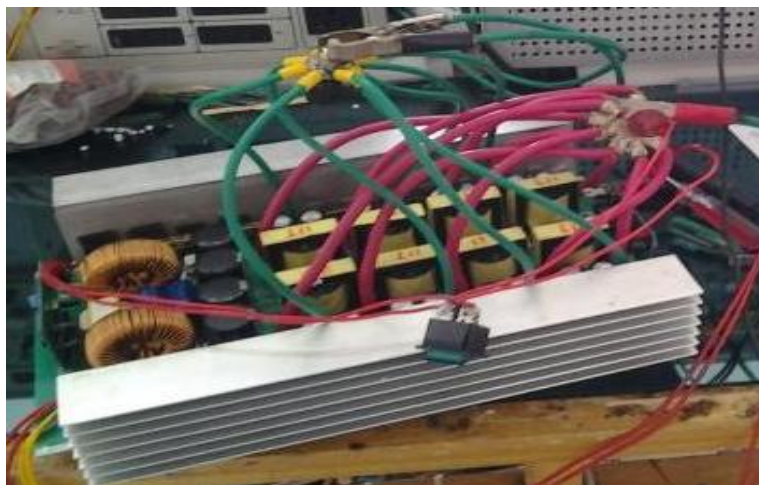


如果波形杂了，是不行的，有可能是后级驱动板的 VS 没有联接到各半桥的中间，这个很重要，一般测如果上管 G 极没有波形，那么就用万有表测量一下，IR2110的 VS 端有没有 9V 以上的电压，若有，则说明 VS 与半桥中间联接正常，反之则不正常，检查后级驱动板上相应的 IR2110有无烧坏，同时也检查后级全桥 MOS 有同有烧坏，这种烧坏有可能是人体静电导致的，所以说有时候静电手环还是有必要的，因为一个后级 MOS 就20多 RMB。

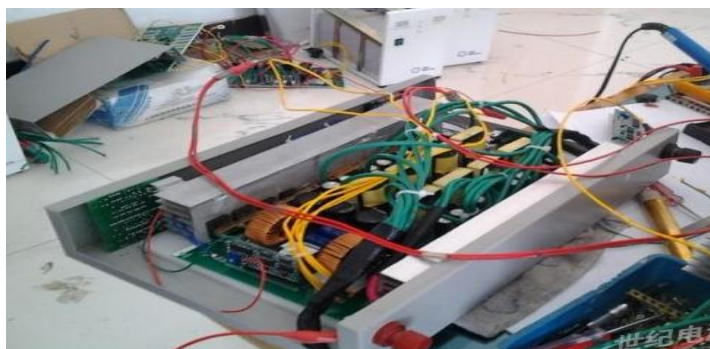
一切正常后，关机，放电，装上高压保险，将示波器的探针分别接到逆变器的 AC 输出注要衰减一下到十倍档，然后开机。不出意外示波器上会出机这样的波形：



已经基本调试成功了，让机器工作半小时已上，然后关机，放高压电，放低压电，将上散热器成下面这个样子：



然后就是开始测试各种负载了，但不要急于求成，慢慢来，先从小负载带起，慢慢的加大，然后找个外壳，装起来，像这样：



如此后，就算是有一台自己的大功率纯正弦波逆变器了。（当然我的外壳难看了点）

六、编后语

谢谢大家对我这个 **DIY** 的支持，非常感谢21世纪电源网给予我们这些业余电源爱好者这样的机会，提供一个广交朋友和技术交流的平台！

关于本机的测试，在贴子里有很多了，我不必说得太多，大家可以贴子里再看下，最后祝世纪电源网本届 **DIY** 大奖赛取得圆满成功！祝各位电源爱好都工作愉快，**DIY** 快乐!!!